

MS5-033

KORING

No. 33-MSS
理大野田 =本木、米上、佐藤3、柿口、舟田((年) 佐藤水丸、(丹年) Date 1984·9·30
流星放射の特徴
流星放射は、主に、第一に原子の相互、衝突と、第二に、自由
電子と付この再結合とうれに続く急激な変化しくたよ、
て起こる。しかし、我々か見る時には後者っかニズム
ほ余り重要な役割を見たさない、 泉なと内側はレハルに落ち、あたいなか
流星放射が起こるのは、いわゆる「コマ」、すなわち、流星
物質を囲むがての中である。がスは大気と流星の
蒸気の混合物でする。
流星のスペクトルを調べると、光っているものは王に
) 風星の 熱気の原子やイオンで あることかわかる。
流至のスペットルは流星物質を作り上け"ている元素
(Fe, Mg, Na, Ca, Ni, Si Al, Co, Cr, Mr,
して、の原子やイオンの種類がかっている。それに対し
(、人気中の)、系(N2)の周夜数市の5日度は以射工人
しんの中にたナナマカは、こし、注目、大臣の人やう
から来すまって、たて、これは、沉全か、人気のいずれな
1. 版書 網 は 添見 。 各方 射 コネルキャー 1.1 エビル
ていないので、ナラの国法教書、網絡は、気見う財
の弱度のうかにもばたたいたいていくたらくれる
酮味 妥 、 、 、 」 · · · · · · · · · · · · · · · ·
明らいたのでさえた、その娘っへのしり、テナン部分に並通の
明るい流星を変わりはしないことである。つきり連続的な
衝撃波の放射は何と観測されないのである。以下に
この方盾を説明しよう。最近20年間分光写真器。分解能
か、向上しているので、その結果 流星の連続スペクトルは、
分子間のハンドシステム道加されるべきものとしてたいてい
普通に確認されているのである。

MSS-033 No. Date 流星放射を決定 ついける基本的な過程の授構を考えてみ

よう。 流星 として 罷んで、いる 段階すないち、流星物質の前方に、衝撃波が形成でいる以前には、流星物質を囲むコマの中で、原子の非弾性的な衝突が起き、それらの原子の防起やイオン化を起こす。 それに加えて分子解離の間にも、いくつかの励起原子が作られる、オビック氏によると、その メカニス、ムロ中・低速(レベ30km/s)である時に重要となる。

コマの中の粒子の衝突のほとんどは弾性衝突である。 流星蒸気粒子は運動量とエネルギーを大気原子へ伝達しなから、流星速度から熱速度へと非放射的に減速を行う。 なせならば、流星速度においては、運動量移動断面積 (the momentum - transfer cross section) Od は光度の示標と して励起断面積(the excitation cross section) Oe セインン 化断面積(the ionization cross section) Oi よりも有効 である。 オビック氏の見積りによると、衝突の3% たいけかい 非弾性衝突である。

1984、9、30(日) 教论 法政大学馆 矮人
13736 自己额位
14hoo Lutur
14400 今回から読む文献の目视躬介(九西译)
14h10 文献講流「LUMINOSITES AND SPECTED OF WITT
15h25 休愿
1545 観測地 緯度.轻度 规定 。 精度について 重の
16"15 東京近郭地区流星観測者集合 10 周年或 出座 0 纪念 北四
16h 20 流星,極大時刻来鬼法について(流星会儀と同内容)时、低之木
ZHR な項式近似でやっちかうまといかない。
× × × 正規分布の上りと下毎りの個きを変えた棒な
エモ ちえて、当つはめて最小=要法は使ったるかよい.
6°%。 流星会議 a 啓想·報告 大西美
MSS. KPM開除のんが裏るませっていたので、発表件数が少なかったの 原京で会達が行われたので、
30 同上 兵平工

37 同上

北回 12月9日(日)

MSF 41 1986 oct 5

The theoretical Radiants of P/Giarobini-Zinner and the Dracowids display of 1985 and 1998

Katsuhito Ohtsuka

	snower	L'UD P	議程q	е	i	node	omega	R.A.	DCL.	dist(A.U.)	Vg
	供之边	、通過時									
)	1985.D 1985.C 止地	194.7 194.6 紅画過時	1.03 1.00 (R=	0.708 0.708 r)	31.9 31.9	194.7 194.6	172.5 172.3	$\begin{array}{c} 260.6\\ 261.3 \end{array}$	57.1 55.9	0.0329 0.0327	20.5
)	1992.D 1998.D	$194.7 \\ 194.7$	$1.03 \\ 1.03$	0.707 0.707	$\begin{array}{c}31.8\\31.9\end{array}$	$194.7 \\ 194.7$	$172.5 \\ 172.6$	$260.5 \\ 260.5$	57.3 57.3	0.39E-01 0.38E-01	$^{20}_{20}.$
)	1979.C	195.1	1.00	0.715	31.7	195.1	172.0	263	58	0.0003	21
				014			70				
			~	4	111	/	-				
				X	Na	/					
				1	1	70					
				.\	C	20					
				ix	D	Y	~				
				X							
				- 1	1			Ð			
					1						
			anti								
)	Observed	. Radi	- mu				12			Vala	
>	Observed	. Radi	n . Ll	2 1-		TTT	by N	aquesan	a and	1 nanda	
)	Observed d 265	Radi	\$ + 55	.3 (3	2000)	SIT	. by N	aga saw	a and	handa	
	observed d 265 d 263	. Radi 5.2 .4	27 + 2 12 + 2	.3 (J	2000) 950.0)	S I T Photos	by N by O	aga saw htsu ka	a and	Randa	
>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	d 265 d 265	. Radi 5.2 .4	2+ + 2 2+ 2 22+ 2	.3 (J	2000) 950.0)	S I T Photos	by N by O	aga saw htsu ka	e and	h Nanda	
いいい	Observed d 265 d 262 D:splay	Rad: 5.2 .4 .6	22 + 2 22 + 2 22 + 2 8 P P	28 (J	2000) 950.0)	JS I T Photos	by N by O	aga saw htsu ka	a and	. Nancia	
いいい	Observed d 265 d 262 D:splay	Rad: 5.2 .4 .5 .4	+ 55 + 55 + 55 9 9 9 9	5 5 7 3 7 3 7 3 7 3 7 3 7 3 7 3 7 7 7 7	2000) 950.0)	J' I T Photos	by N by O	aga sawa htsu ka	a and	n conda	
いいい	Observed d 265 d 262 D:splay O a	Radi i. 2 .4 of 1 to 29	27 + 5 27 + 5 27 + 5 8 + 5 8 + 6	5 5 7 3 7 3 7 3 7 3 7 3 7 3 7 3 7 7 7 7	2000) 950.0)	J I T Photos	by N by O	aga saw htsu ka	a and	Kanda	
いつい	Observed d 265 d 265 D:splay @ a \oplus -	Red: . 2 . 4 . 5 . 1 . 5 . 1 . 5 . 1 . 5 . 1 . 5 . 1 . 5 . 1 . 4 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1	\$ + 5 \$ + 5 9 9 8 5 3 (.3 (J 28 (J 2	2000) 950.0) d:st	5 I T Photos 0.030	. by N by О 8 п.u	aga sawi htsu ka Meteor	a and	er will impossi	ble
いいい	Observed d 265 d 265 D:splay D:splay D a D -	Rad: . 2 . 4 . 5 . 1 . 4 . 5 . 1 . 5 . 1 . 5 . 1 . 5 . 2 . 4 . 6 . 1 . 4 . 1 . 4 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1 . 1	8 + 53 8 + 9 9 9 8 5 3 (.3 (J 28 (J 2 .4)	2000) 950.0) d:st	5 I T Photos 0.030	by N by O S A.U	aga sawi htsu ka Meteor	a and	r will impossi	ble
、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	Observed d 265 d 262 D:splay D a D -	Rad: . 2 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4	2 + 5 2 + 5 2 + 2 9 9 8 5 3 (.3 (उ दि .स. ८१	2000) 950.0) d:st	J I T Hhotos 0.030	. by N by О S A.U	aga sawi htsu ka Meteon	a and	r will impossi be	ble
> > > > > 、 et,	Observed d 265 d 265 D:splay D:splay D a D - evences	Rad: . 2 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4	\$ + 55 \$ + 55 9 9 8 5 3 (.3 (J .4)	2000) 950.0) d:st	5 I T Photos 0.030	· by N by O & A.U	aga sawi htsuka Meteon	a and	r will impossi be	ble
>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	Observed d 265 d 262 D:splay D a D - enences Yeomans, D Stiml-EP	Rad: . 2 . 4 . 4	$\begin{array}{c} \begin{array}{c} \begin{array}{c} \begin{array}{c} \\ \\ \end{array}\end{array} \\ \begin{array}{c} \\ \end{array}\end{array} \\ \begin{array}{c} \\ \end{array}\end{array} \\ \begin{array}{c} \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} \\ \end{array} \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} \end{array} \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} \\ \end{array} \\ \end{array} \\ \end{array} \\ \end{array} \\ \begin{array}{c} \\ \end{array} \\ $	(3) (3) (3) (3) (4) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5) (5	2000) 950.0) d:st 2000)	J I T Photos 0,030 2:nuer f	by N by O S A.U	nga sawi htsuka Meteon , NANA , :	a and showe	r will impossi be	ble
>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	Observed d 265 d 262 D:splay D a D - enerces Yeomans, D Edini-tip	Rad: . 4 of 1 to 29 of +	$\begin{array}{c} f + f(x) \\ f + $.3 (J .3 (J .4) .d) Connet G	2000) 950.0) d:st iacobini P 354 9 P 104	J I T Photos 0,030 2:mer t	by N by O S A.U	nga sawi htsuka Meteor , NANA, :	a and showe	ur will impossi be	ble
>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	Observed d 265 d 262 D:splay D:splay D a D - evences Yeomans, D Edini-tip Marsden, B.	Rad: . 4 of 1 to 29 of + e.K., (1955 C.1955 G., Roeme	f + f(x) = f(x	(3) (3) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4) (4	2000) 950.0) d:st iacobini P 354 g P 104 Comets	J I T Photos 0,030 2:mer t : (L.L. W:	by N by O S A.U land book, Ikening, e	nga sawi htsuka Meteor NANA, : d) P.P. 70	s showe JPL.	ur will impossi be	ble
>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	Observed d 265 d 262 D:splay D:splay D a D - evences Yeomans, D Filin1-tip Mansden, B. Druvend, J.	Rad: . 2 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4	F + 55 $F + 55$ F	(3 (3 (3) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1	2000) 950.0) d:st iacobini P 354 g P 104 Comets 1 500.	J I T Photos 0,030 2:nner t (L.L. W;	by N by O S A.U lowel book, Ikening, e	aga sawi htsu ka Meteo , NANA , : d) P.P. 70	n showe JPL. 17, AR	er will impossi be	ble
>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>	Observed d 265 d 265 D:splay D:splay D a D - evences Yeomans, D Elinit-tip Mansden, B. D rungend, J. N R(Jashwa, 1)	Rad: . 2 . 2 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4 . 4	f + f(x) = f(x) = f(x) f +	(J) (Connet G (hui va (HE vol.2 (HE vol.2 (HE vol.2 (HE vol.2 (HE vol.2)) (Connet G (HE vol.2) (HE	2000) 950.0) d:st 2000) p 354 g p 1066 Comets 500.	J I T Hhotos O. O 3 (2: mer f (L.L. W: (L.L. W:	. by N by O S A.U loud book, Ikening, e -274, 315	nga sawi htsuka Meteo , NANA, : d) P.P. 70 9.	s showe JPL.	r will impossi be	ble :



as a function of solar longitude. Telescopic observation(T.Yoshida, 1987) Vertical bars indicate standard deviation in the moving average of hourly rates.)

12 14

19 1 - 19 4 A

MSS-044 H計画サ-もう-NO.7 J')

H計画サーキュラーNo.1「望遠鏡流星の再放射点を求める」(吉田) (1986.4)で GUTH(グート)の方法の紹介と裴の使い方の説明をした。 この中で、表1の精度は20°く Z <60°(Zは放射点の天頂距離) の範囲で充分な精度があるとし、表3~表5についても、高度30°~60° (30°くZ<60°)の範囲で変化しても、放射点から発光点までの角度 年の値には利かないと説明した。

 $\sum_{i=1}^{N} (i_i \cdot \cdots \cdot i_i)$

diamat n

2.

方文 身寸 令頂 拉或





M88-071

1994.6.26

1993年オリオン群の輻射点分布と軌道

MSS-WG 田中正一 塩井宏幸 重野好彦

§1. はじめに

オリオン座流星群は10月に活動する主要群で、母彗星はハレー彗星である。こ の群の輻射点は過去に停止輻射点ではないかという論争があったくらい複雑な構 造をしており、眼視観測ではかなり拡散した輻射点分布が得られている。望遠鏡 観測でも詳しい研究が成されており、輻射点は東側に拡散しているとの報告があ る。一方、写真観測やTV観測では逆にコンパクトな輻射点が観測されている。

そこで、MSS-WGの1993年10月、11月のTV観測結果よりオリオン群の輻射点分 布とその軌道について考察してみた。

§ 2. 観測結果

極大に近い10月 24/25日のTV2連同時観測によるオリオン群の真輻射点分布 を図1に示す。この夜のオリオン群と考えられる流星数は20個であった。また、 その軌道を表1に示す。10月 11/12日と11月 15/16日のものも合わせて示してあ る。ID番号が4で始まるものが 11/12日、5 が 24/25日、6 が11月 15/16日に観 測されたものである。

§ 3. 考察

図1をみると赤緯15°を境とした2つの集中とその他の拡散した流星が存在す ることが分かる。ここでは仮に各集中をAグループ、Bグループ、拡散している ものをまとめてCグループとして考えることにする。

各グループに対応する軌道を見てみると、まず軌道長半径方向に違いがあるこ とに気が付く。表1は軌道長半径方向を示す日心近日点黄道座標(黄経: λ c, 黄緯: β c)の黄緯の小さな順番に並べてあるが、見れば分かるようにAよりも Bのほうが β cが大きく、Cはさらに大きいことが分かる。また、各グループ間 にはそれぞれ 1.5°、1.7°の断絶があり明らかに別れている。

ここで、軌道傾斜角 i をみると、Aに比べB、Cになるにつれて黄道面に近づ いており、より惑星の摂動を受けやすいことが分かる。このため、輻射点が拡散 したと考えられる。これは、軌道長半径 a のばらつきが β c が小さくなるにつれ て大きくなることからも言える。さらに、近日点距離 q をみると、β c が小さく

MSS-071

なるにつれ大きくなっているのがわかる。これはB、Cになるにつれ、流星群の ストリームの、より外側のものを観測していることを示している。

母彗星であるハレー彗星のiは 162.2°であることから、Aのほうが母彗星の 軌道面に近いことが分かる。従って、なんらかの効果によりAとBの大きなグル ープに分れた後、BからしだいにCへの拡散が進んでいる構造が推測される。

§ 4."結論

TV2連同時観測結果より1993年オリオン群の輻射点分布とその軌道について 考察した。その結果、輻射点は主に $\alpha = 98^\circ$, $\beta = +16^\circ$ を中心とするものと、 $\alpha = 99^\circ$, $\beta = +14.5^\circ$ を中心にする2つの大きな集中と、東側に拡散したもの とに分かれ、それぞれの軌道は近日点方向、軌道傾斜角、軌道長半径、近日点距 離に差異があり、群の進化の方向を示唆していることが分かった。

*謝辞

この研究発表は、発表者のみならず他のMSS-WGのメンバーの協力によっ て成されたものです。感謝の意を込めてここに全メンバーを記します。 軍野好彦 進藤泰昭 塩井宏幸 戸田雅之 柳信一郎 田中正一(以上6名)

星図の作成にはRISA(Ver 1.1)長田健太郎作を使用させていただきました。 お礼を申し上げます。



参考図:流星の日心軌道(流星 II, P32より)

M35-071



図1 真幅射点分布(1993年10月 24/25日)2000年点

表1 机道要素表

	ID DATE(UT)	與 RP(2000)	地速	a	e	q	ω	Ω	i	λC	ßC
	5I 931024.71	107.1 19.5	66.5	3.10	0.760	0.743	65.5	31.4	174.1	326.0	4.3
	6D 931115.71	121.3 18.0	63.4	2.63	0.819	0.475	98.9	53.4	174.8	314.5	4.7
	5Z 931024.75	103.5 17.7	64.5	2.49	0.746	0.634	81.3	31.4	169.5	310.2	9.5
	5B 931024.70	100.6 16.4	68.7	-19.	1.034	0.657	70.6	31.4	166.7	321.3	10.4
	40 931011.72	87.2 15.7	69.6	-6.2	1.110	0.678	67.0	18.5	164 9	312 2	11 2
	5t 931024.77	100.1 17.4	65.3	4 14	0.860	0.579	84 4	31 5	168 0	307 2	11 3
	5P 931024 72	97 9 15 8	68 3	-9 4	1 084	0 800	76 7	31 4	164 7	315 2	13 0
	5p 931024 77	97.7 16.4	66 8	28 9	0.981	0 563	82 9	31 5	165 4	308 8	13.4
	56 931024 71	97.2 17.1	64 6	4.78	0.894	0 508	92 1	31 4	166 3	299 2	13 4
	56 931024.69	102.0 13.0	69.1	-14	1.052	0.713	63 4	31 4	160.7	329 3	13 6
	5A 931024 70	98 6 15 6	67 2	63 7	0 991	0 597	78 7	31 4	184 1	313 1	13 9
2	5N 931024 72	97 9 15 7	67 1	361-	0 998	0 578	80.7	31 4	164 1	311 1	14 3
\geq	5X 931024 75	97 0 16 6	85 4	7 52	0 030	0 523	80.0	31 4	165 4	302 4	14.5
	53 931024 69	98 2 15 7	66 4	12 5	0 954	0 573	82 4	31 4	164 1	300 3	14.9
	54 931024.05	97 8 15 8	88 4	15 6	0.004	0.584	93 2	31.4	164.1	309.5	14.0
	AP 031011 72	89 0 14 3	68 6	9 01	0.010	0.304	77 0	10 6	104.1	306.0	14.7
	Fb. 031024 75	07 1 18 1	00.0	7 70	0.910	0.000	73.0	71.4	101.0	303.7	15.0
	50 931024.75	97.1 10.1	03.0	3.10	0.009	0.495	94.7	31.4	104.0	295.5	15.2
	5H 931024.71	97.1 10.9	03.5	3.40	0.000	0.491	95.0	51.4	103.5	295.6	15.5
	5K 951024.71	99.3 14.4	60.8	1.79	0.732	0.481	102.9	31.4	160.2	287.7	17.0
	4%.931011.73	87.0 15.0	62.0	2.06	0.742	0.532	95.6	18.5	161.6	282.6	17.3
A	5f 931024.75	98.1 14.7	64.9	5.11	0.893	0.547	87.4	31.4	161.6	304.1	17.9
1	51 931024.76	99.3 14.4	64.2	3.45	0.838	0.559	87.7	31.4	161.2	303.8	18.3
	5E:931024.71	97.7 14.3	62.6	2.65	0.814	0.493	97.2	31.4	159.9	293.7	18.5
	57:931024.70	98.4 14.5	63.5	3.11	0.831	0.527	92.0	31.4	161.0	299.3	18.6

M55-075

13

流星群カタログの作成 Waking of the meteor streams catalogue

塩井 宏幸 (Shioi Hiroyuki)、重野 好彦 (Shigeno Yoshihiko) 流星物理セミナー・ワーキンググループ (MSS-WG) 〒146 東京都大田区南久が原2-17-7

- 1952~5

反論 {期間か長すぎる

要旨

北半球での全ての流星観測において基準となる流星群カタログの作成を、ハーバード大学流星プロジェクトの一環である、マクロスキーとポゼンの写真流星軌道リストを使用して行った。

1. はじめに

流星観測をしていて必ずつきあたる壁に、流星群の群判定をする明確な基準が身近に存在しないという事がある。実際の問題点としては以下のような事が上げられる。

1) 眼視観測での小流星群の観測は対象の正体が判っていない場合が多い

2) 眼視観測で検出された輻射点と流星群の関係が不明確な事が多い

3) T V観測で得られた軌道の大半をしめる"散在流星"が本当に"散在"なのか?

4)輻射点移動の方向や速度が変化する流星群はあるのか?

5) 流星群の活動期間において軌道要素はどのように変化しているのか?

6)大中流星群を基準に決定されたD・D'判定の境界値が、小流星群にも適応できるのか?

これらを解決するために、全ての観測法においても基準となる流星群カタログの作成を行なった。

- 2. カタログの内容
 - 1) 流星群一覧(近日点黄経順)
 - 2) 同上 (平均太陽黄経日付順)
 - 3) 基準軌道一覧(平均太陽黄経相当)
 - 4) 各群の輻射点移動と軌道変化の表(通常10日毎)
 - 5) 各群の日心軌道図(4の表の10日毎データ)
 - 6)輻射点移動図(4枚)

3. 流星群の分類

前項で記した内容は便宜上、流星群を軌道要素の特徴から下記のように分類し、それぞれでまとめ る事にした。

大分類	小分類	平均軌道傾斜角	備考
黄道系	黄道北系	10度以下	順行、降交点出現
	黄道南系	"	〃 、昇交点出現
準黄道系		10度より30度以下	黄道系と同時に南北別でまとめる
順行高角		30度より90度以下	
逆行高角		90度より150度以下	
逆行低角		150度より180度以下	
地球型			順行、遠日点が平均火星軌道半径以内

4. 作成の手順

最大のボイントは、輻射点を軌道要素から逆算する事である。これまでの方法は直線回帰した移動 式を求めていたが、これでは移動が変化していても判らない。これに対して、軌道要素から逆算され た輻射点移動は、赤経方向にも赤緯方向にも活動期間の中で変化している事が判った。また、地心速 度が、活動期間内でかなり変化する事も注目される。 カタログ作成の手順は以下の通り。

- 1) ハーバード大学流星プロジェクトの一環である、マクロスキーとポゼンの写真流星軌道リストを パソコンでテキストファイル形式で打ち込み、2000年分点に変換する。
- 2)上記のデータを近日点黄経でソートし、10度のオーバーラップをとって軌道傾斜角による分類 を行う。
- 3)近日点黄経と軌道傾斜角のギャップと他の軌道要素の連続性を目標に既知・未知に限らず、全ての流星群を検出する。
- 4)検出した各群に関して、太陽黄経に対する離心率・近日点距離・近日点引数・昇交点黄経・軌道 傾斜角の各要素について最小自乗法による直線回帰式を計算する。
- 5) 各群の最初の出現日から最後の出現日を出現期間と仮定し、10日毎の各軌道要素を上記の直線 回帰式によって逆算する。日付は2000年相当のものとする。
- 6)残りの軌道要素、軌道長半径・近日点黄経・近日点黄緯を、逆算した軌道要素から計算する。
- 7) 輻射点位置と地心速度は、10日毎の軌道要素から長谷川一郎氏作の太陽黄経を指定して輻射点 位置を計算するプログラムを使用して逆算する。
- 8) 各群の平均太陽黄経を極大と仮定し、それに対する軌道要素を基準軌道として計算する。
- 9) 基準軌道に対する10日毎の軌道要素のD・D'判定を行う。
- 10)4・5・6・7・10のデータをまとめて、輻射点移動と軌道変化の表を作成する。
- 11) 流星群一覧と基準軌道一覧を作成する。
- 12) 各群の日心軌道図を田中憲明氏作の軌道図作成ソフトを使用して作成する。
- 13)全ての群の輻射点移動を星図にプロットする。

文末に、カタログの紹介として黄道北系から例を示した。

5. 流星群名に関して

流星群名については、NMSで通常使用している群名を優先するが、複数の群に分離される場合は 末尾にアルファベットの大文字を付記した。未知の群または同定が不確実な群は仮称群とし、基準軌 道の輻射点に近いバイヤー名(ギリシャ文字)をもつ恒星名を使用する。黄道系に関しては、南北群 が存在するものは同一名の北群・南群とするが、それぞれが別の群名を有する場合は、それを使用す る。

6. 今後の目標

今回作成した流星群カタログは、全ての流星観測の基準になりうるものと考えるが、使用した軌道 リスト自体の精度に問題があると思われるので、今後はTV観測などによってデータ数を増やし、精 度の向上を目指したいと思う。また、流星群名に関しては既存の流星群リストとの同定も行いたい。 そして、眼視観測では各群の活動期間の確認や極大の決定などを目標としたい。

7. 参考文献

Richard E.McCrosky and Annette Posen, 1961, Orbital Elements of Photographic Meteors. Smithsonian Contributions to Astrophysics 4-2

Ichiro Hasegawa, 1990, Predictions of the Meteor Radiant Point Associated with a Comet,

Publ. Astron. Soc. Japan 42,175-186

橋本岳真、1993、観測指針、天文回報 No.605~617 天体観測データ・ブック、1974改訂版、東亜天文学会編 流星I、1984初版、斉藤馨児・長沢工編 流星観測ガイドブック、1974初版、日本流星研究会編

表1. 黄道北系流星群一覧(近日点黄経順)

とうえられた流星教

1

6.

			_			極大	(平均太	陽黄経)				
群番号	流星群名	別表記	出現期間	太陽黃経	日付	輻射点(2000.0)	地心速度	近日点	〔方向	活動度	備考
				(2000.0)		α	δ	km/s	λ	β	個/黃経1°	
EN01	仮称わしv群	仮 v Aq1	6/ 9~ 9/13	119	7/21	291	-1	20.9	13	-12	0.14	準黄道系
EN02	やぎ α 北群 A	α Cap(N)-A	7/15~10/13	136	8/9	308	-9	20.1	31	-6	0.20	
EN03	やぎ a 北群 B	α Cap(N)-B	6/ 9~10/ 9	139	8/11	316	-10	22.1	42	-5	0.13	
EN04	やぎ α 北群 C	α Cap(N)-C	6/29~10/29	156	8/29	331	-6	21.1	57	-4	0.13	
EN05	<u>ペガススµ群</u>	μPeg	7/27~11/12	195	10/ 8	350	12	16.9	72	-6	0.10	突発群
EN06	みずがめι北群A	ι Agr(N)-A	8/ 5~10/24	180	9/22	355	7	22.7	86	-6	0.12	
EN07	みずがめι北群B	ι Aqr(N)-B	8/18~10/ 3	177	9/19	1	5	25.4	98	-4	0.25	
EN08	アンドロメダα群	α And	8/10~12/13	198	10/11	5	28	22.3	98	-16	0.09	準黄道系
EN09	うお北群	Psc(N)	9/16~12/20	216	10/29	24	20	20.2	112	-6	0.15	
EN10	おひつじ群A	Ari-A	9/25~12/14	226	11/ 8	38	21	20.5	127	-4	0.19	
EN11	おひつじ群 B	Ari-B	10/16~ 1/ 2	241	11/23	50	25	19.3	137	-4	0.09	
EN12	おうし北群A	Tau(N)-A	9/25~ 1/20	223	11/ 5	48	21	25.9	149	-3	0.06	
EN13	おうし北群B	Tau(N)-B	10/10~12/12	226	11/ 8	55	22	28.5	160	-3	0.28	
EN14	オリオンχ北群	χOri(N)	11/ 7~ 1/30	276	12/27	94	29	22.2	180	-4	0.11	
EN15	仮称ふたごχ群A	仮χGem-A	12/14~ 4/11	307	1/28	120	30	19.0	195	-5	0.10	
EN16	仮称こぐまα群	仮αUMi	3/21~ 4/ 5	16	4/5	204	78	17.1	200	-2	0.21	準黄道系
EN17	仮称ふたごχ群B	仮χGem-B	1/13~ 5/ 3	332	2/21	137	23	16.5	207	-2	0.05	
EN18	仮称やまねこα群	仮αLyn	1/13~ 4/ 7	314	2/4	137	38	19.9	207	-11	0.08	準黄道系
EN19	仮称ししヵ群	仮ηLeo	1/15~ 4/15	343	3/ 3	150	21	16.2	220	-3	0.12	
EN20	ふたご群	Gem	12/ 4~12/16	261	12/13	112	32	34.7	227	-13	5.62	準黄道系
EN21	仮称おおぐまη 群	仮ηUMa	3/20~ 5/21	28	4/18	204	51	16.6	233	-9	0.08	準黄道系
EN22	ししα北群	αLeo(N)	1/15~ 5/ 6	344	3/4	161	17	20.7	238	-5	0.17	
EN23	ししる群	δLeo	2/6~6/5	9	3/30	181	30	17.4	238	-10	0.10	準黄道系
EN24	仮称かみのけβ群	仮βCom	2/17~ 6/ 5	29	4/18	208	41	17.6	246	-13	0.06	準黄道系
EN25	ししβ群	βLeo	3/ 8~ 5/28	34	4/23	193	26	14.8	250	-7	0.10	準黄道系

1455-075

GJ .

						極大	(平均太	陽黄経)				
群番号	流星群名	別表記	出現期間	太陽黄経	日付	輻射点(2000.0)	地心速度	近日点	(方向	活動度	備考
1				(2000.0)	1 2.2	α	δ	km/s	λ	β	個/黄経1°	
EN26	ししχ北群	χLeo(N)	2/ 5~ 4/12	5	3/26	180	7	19.9	259	-4	0.14	
EN27	仮称かみのけα群	仮αCom	3/ 9~ 6/ 2	27	4/17	197	16	18.8	263	-9	0.09	準黄道系
EN28	おとめ北群A	Vir(N)-A	2/11~ 6/ 2	20	4/10	192	0	18.9	273	-3	0.09	
EN29	うしかいα群A	α Boo-A	3/28~ 6/14	54	5/15	226	32	17.0	273	-13	0.20	準黄道系
EN30	うしかい α 群 B	α Boo-B	3/19~ 6/14	49	5/9	214	18	16.4	275	-9	0.08	準黄道系
EN31	うしかいα群C	a Boo-C	4/16~ 6/25	56	5/16	229	24	17.9	283	-14	0.10	準黄道系
EN32	おとめ北群B	Vir(N)-B	3/ 1~ 6/14	27	4/16	200	-4	20.8	284	-3	0.12	
EN33	仮称おとめτ群	仮τVir	2/12~ 6/19	25	4/14	209	2	25.2	295	-11	0.05	準黄道系
EN34	おとめα北群	α Vir(N)	3/20~ 5/ 7	28	4/18	207	-6	23.1	296	-4	0.21	
EN35	てんびん北群A	Lib(N)-A	4/ 8~ 6/23	54	5/15	224	-13	20.3	308	-2	0.07	
EN36	仮称おとめμ群	仮μVir	3/6~6/4	33	4/23	221	-3	26.2	314	-12	0.13	準黄道系
EN37	てんびん北群B	Lib(N)-B	4/ 4~ 6/23	60	5/20	233	-11	21.2	317	-5	0.10	
EN38	さそり χ 群	x Sco	4/17~ 7/25	71	6/1	245	-9	21.1	328	-8	0.16	
EN39	仮称へびつかいλ群	仮λOph	4/12~ 8/ 9	80	6/11	254	3	21.3	328	-15	0.07	準黄道系
EN40	仮称へびつかいo群	仮 o Oph	4/30~ 8/13	102	7/4	273	18	21.4	340	-21	0.07	準黄道系
EN41	仮称へびく群	仮ζSer	5/ 7~ 8/20	90	6/21	266	-6	22.3	349	-12	0.08	準黄道系
EN42	へびつかい θ 北群	θ Oph (N)	4/26~ 9/16	85	6/16	265	-17	22.3	356	-5	0.10	
EN43	仮称たて B 群	仮 ß Sct	5/12~10/6	113	7/15	281	0	19.5	358	-12	0.05	進黃道系

É.

M55-075

表 2. 黄道北系流星群一覧(平均太陽黄経日付順)

				1		極大	(平均太	陽黄経)				
群番号	流星群名	別表記	出現期間	太陽黄経	日付	輻射点(2000.0)	地心速度	近日点	方向	活動度	備考
				(2000.0)		α	δ	km/s	λ	β	個/黄経1°	
EN15	仮称ふたごχ群A	仮χGem-A	12/14~ 4/11	307	1/28	120	30	19.0	195	-5	0.10	
EN18	仮称やまねこα群	仮αLyn	1/13~ 4/ 7	314	2/4	137	38	19.9	207	-11	0.08	準黄道系
EN17	仮称ふたごχ群B	仮χGem-B	1/13~ 5/ 3	332	2/21	137	23	16.5	207	-2	0.05	
EN19	仮称ししη群	仮ηLeo	1/15~ 4/15	343	3/ 3	150	21	16.2	220	-3	0.12	
EN22	ししα北群	αLeo(N)	1/15~ 5/ 6	344	3/4	161	17	20.7	238	-5	0.17	
EN26	ししχ北群	χLeo(N)	2/ 5~ 4/12	5	3/26	180	7	19.9	259	-4	0.14	- 10
EN23	ししる群	δLeo	2/ 6~ 6/ 5	9	3/30	181	30	17.4	238	-10	0.10	準黄道系
EN16	仮称こぐまα群	仮αUMi	3/21~ 4/ 5	16	4/5	204	78	17.1	200	-2	0.21	準黄道系
EN28	おとめ北群A	Vir(N)-A	2/11~ 6/ 2	20	4/10	192	0	18.9	273	-3	0.09	
EN33	仮称おとめτ群	仮τVir	2/12~ 6/19	25	4/14	209	2	25.2	295	-11	0.05	準黄道系
EN32	おとめ北群B	Vir(N)-B	3/ 1~ 6/14	27	4/16	200	-4	20.8	284	-3	0.12	
EN27	仮称かみのけα群	仮αCom	3/ 9~ 6/ 2	27	4/17	197	16	18.8	263	-9	0.09	準黄道系
EN34	おとめ α 北群	αVir(N)	3/20~ 5/ 7	28	4/18	207	-6	23.1	296	-4	0.21	
EN21	仮称おおぐまη群	仮ηUMa	3/20~ 5/21	28	4/18	204	51	16.6	233	-9	0.08	準黄道系
EN24	仮称かみのけβ群	仮βCom	2/17~ 6/ 5	29	4/18	208	41	17.6	246	-13	0.06	準黄道系
EN36	仮称おとめμ群	仮µVir	3/ 6~ 6/ 4	33	4/23	221	-3	26.2	314	-12	0.13	準黄道系
EN25	ししβ群	βLeo	3/ 8~ 5/28	34	4/23	193	26	14.8	250	-7	0.10	準黄道系
EN30	うしかいα群B	α Βοο-Β	3/19~ 6/14	49	5/9	214	18	16.4	275	-9	0.08	準黄道系
EN29	うしかいα群A	α Boo-A	3/28~ 6/14	54	5/15	226	32	17.0	273	-13	0.20	準黄道系
EN35	てんびん北群A	Lib(N)-A	4/ 8~ 6/23	54	5/15	224	-13	20.3	308	-2	0.07	
EN31	うしかいα群C	a Boo-C	4/16~ 6/25	56	5/16	229	24	17.9	283	-14	0.10	準黄道系
EN37	てんびん北群B	Lib(N)-B	4/ 4~ 6/23	60	5/20	233	-11	21.2	317	-5	0.10	
EN38	さそり χ 群	χSco	4/17~ 7/25	71	6/1	245	-9	21.1	328	-8	0.16	
EN39	仮称へびつかいん群	仮 λ Oph	4/12~ 8/ 9	80	6/11	254	3	21.3	328	-15	0.07	準黄道系
EN42	へびつかい 0 北群	θ Oph (N)	4/26~ 9/16	85	6/16	265	-17	22.3	356	-5	0.10	

M55-075

			-			極大	(平均太	陽黄経)				
群番号	流星群名	別表記	出現期間	太陽黄経	日付	輻射点((2000.0)	地心速度	近日点	(方向	活動度	備考
				(2000.0)		α	δ	km/s	λ	β	個/黄経1°	
EN41	仮称へびく群	仮ζSer	5/ 7~ 8/20	90	6/21	266	-6	22.3	349	-12	0.08	準黄道系
EN40	仮称へびつかい o 群	仮 o Oph	4/30~ 8/13	102	7/4	273	18	21.4	340	-21	0.07	準黄道系
EN43	仮称たてβ群	仮βSct	5/12~10/ 6	113	7/15	281	0	19.5	358	-12	0.05	準黄道系
EN01	仮称わしぃ群	仮ν Aql	6/ 9~ 9/13	119	7/21	291	-1	20.9	13	-12	0.14	準黄道系
EN02	やぎα北群A	α Cap(N)-A	7/15~10/13	136	8/9	308	-9	20.1	31	-6	0.20	
EN03	やぎα北群B	α Cap(N)-B	6/ 9~10/ 9	139	8/11	316	-10	22.1	42	-5	0.13	
EN04	やぎα北群C	α Cap(N)-C	6/29~10/29	156	8/29	331	-6	21.1	57	-4	0.13	
EN07	みずがめィ北群B	ι Aqr(N)-B	8/18~10/ 3	177	9/19	1	5	25.4	98	-4	0.25	in page 4
EN06	みずがめィ北群A	ι Agr(N)-A	8/ 5~10/24	180	9/22	355	7	22.7	86	-6	0.12	
EN05	ペガススμ群	μPeg	7/27~11/12	195	10/ 8	350	12	16.9	72	-6	0.10	突発群
EN08	アンドロメダα群	α And	8/10~12/13	198	10/11	5	28	22.3	98	-16	0.09	準黄道系
EN09	うお北群	Psc(N)	9/16~12/20	216	10/29	24	20	20.2	112	-6	0.15	
EN12	おうし北群A	Tau(N)-A	9/25~ 1/20	223	11/ 5	48	21	25.9	149	-3	0.06	
EN10	おひつじ群A	Ari-A	9/25~12/14	226	11/ 8	38	21	20.5	127	-4	0.19	
EN13	おうし北群B	Tau(N)-B	10/10~12/12	226	11/ 8	55	22	28.5	160	-3	0.28	
EN11	おひつじ群 B	Ari-B	10/16~ 1/ 2	241	11/23	50	25	19.3	137	-4	0.09	
EN20	ふたご群	Gem	12/ 4~12/16	261	12/13	112	32	34.7	227	-13	5.62	準黄道系
EN14	オリオンχ北群	χOri(N)	11/ 7~ 1/30	276	12/27	94	29	22.2	180	-4	0.11	1

M55-075

表3. 黄道北系基準軌道(平均太陽黄経)

群番号	流星群名	太陽黄経	日付	輻射点(2000.0)	地心速度			軌道	要素			近日点	反方向
		(2000.0)		α	δ	km/s	а	е	q	ω	Ω	i	λ	β
EN01	仮νAq1	119	7/21	291	-1	20.9	2.81	0.76	0.67	254	119	13	13	-12
EN02	α Cap(N)-A	136	8/9	308	-9	20.1	2.84	0.76	0.67	255	136	6	31	-6
EN03	α Cap (N) -B	139	8/11	316	-10	22.1	2.95	0.79	0.62	263	139	5	42	-5
EN04	α Cap (N) -C	156	8/29	331	-6	21.1	2.68	0.77	0.62	261	156	4	57	-4
EN05	μ Peg	195	10/ 8	350	12	16.9	3.37	0.78	0.74	237	195	7	72	-6
EN06	ι Aqr(N)-A	180	9/22	355	7	22.7	3.09	0.81	0.58	266	180	6	86	-6
EN07	ι Aqr(N)-B	177	9/19	1	5	25.4	2.55	0.81	0.47	281	177	4	98	-4
EN08	α And	198	10/11	5	28	22.3	2.51	0.76	0.61	260	198	16	98	-16
EN09	Psc(N)	216	10/29	24	20	20.2	2.73	0.76	0.65	256	216	6	112	-6
EN10	Ari-A	226	11/ 8	38	21	20.5	2.34	0.74	0.62	261	226	4	127	-4
EN11	Ari-B	241	11/23	50	25	19.3	2.32	0.72	0.66	256	241	4	137	-4
EN12	Tau(N)-A	223	11/ 5	48	21	25.9	2.14	0.80	0.42	286	223	3	149	-3
EN13	Tau(N)-B	226	11/ 8	55	22	28.5	2.29	0.84	0.36	294	226	3	160	-3
EN14	χOri(N)	276	12/27	94	29	22.2	2.63	0.77	0.59	264	276	4	180	-4
EN15	仮χGem-A	307	1/28	120	30	19.0	2.67	0.74	0.68	248	307	5	195	-5
EN16	仮αUMi	16	4/5	204	78	17.1	3.60	0.73	0.99	184	16	24	200	-2.
EN17	仮χGem-B	332	2/21	137	23	16.5	2.75	0.73	0.75	235	332	3	207	-2
EN18	仮αLyn	314	2/4	137	38	19.9	2.29	0.70	0.67	253	314	12	207	-11
EN19	仮ηLeo	343	3/3	150	21	16.2	2.49	0.69	0.76	238	343	4	220	-3
EN20	Gem	261	12/13	112	32	34.7	1.40	0.90	0.14	324	261	23	227	-13
EN21	仮ηUMa	28	4/18	204	51	16.6	3.03	0.69	0.93	207	28	21	233	-9
EN22	α Leo (N)	344	3/4	161	17	20.7	2.73	0.76	0.66	254	344	5	238	-5
EN23	δLeo	9	3/30	181	30	17.4	2.95	0.74	0.78	230	9	13	238	-10
EN24	仮βCom	29	4/18	208	41	17.6	2.71	0.68	0.86	219	29	21	246	-13
EN25	BLeo	34	4/23	193	26	14.8	3.21	0.73	0.88	217	34	11	250	-7

1455-075

群番号	流星群名	太陽黄経	日付	輻射点(2000.0)	地心速度			軌道	要素			近日点	京方向
		(2000.0)		α	δ	km/s	а	е	q	ω	Ω	i	λ	β
EN26	<u>χ Leo (N)</u>	5	3/26	180	7	19.9	2.60	0.73	0.69	254	5	4	259	-4
EN27	仮αCom	27	4/17	197	16	18.8	3.76	0.79	0.77	236	27	11	263	-9
EN28	Vir(N)-A	20	4/10	192	0	18.9	2.32	0.70	0.69	253	20	3	273	-3
EN29	α Boo-A	54	5/15	226	32	17.0	2.55	0.65	0.89	221	54	20	273	-13
EN30	a Boo-B	49	5/9	214	18	16.4	2.91	0.71	0.85	227	49	13	275	-9
EN31	a Boo-C	56	5/16	229	24	17.9	2.66	0.68	0.85	229	56	19	283	-14
EN32	Vir(N)-B	27	4/16	200	-4	20.8	2.56	0.75	0.64	257	27	3	284	-3
EN33	仮τVir	25	4/14	209	2	25.2	2.93	0.81	0.54	270	25	11	295	-11
EN34	αVir(N)	28	4/18	207	-6	23.1	2.57	0.77	0.58	268	28	4	296	-4
EN35	Lib(N)-A	54	5/15	224	-13	20.3	2.79	0.76	0.68	254	54	2	308	-2
EN36	仮μVir	33	4/23	221	-3	26.2	2.38	0.79	0.49	281	33	12	314	-12
EN37	Lib(N)-B	60	5/20	233	-11	21.2	2.89	0.77	0.66	257	60	5	317	-5
EN38	χSco	71	6/ 1	245	-9	21.1	2.73	0.76	0.66	257	71	8	328	-8
EN39	仮 λ Oph	80	6/11	254	3	21.3	3.03	0.77	0.69	249	80	16	328	-15
EN40	仮 o Oph	102	7/4	273	18	21.4	2.87	0.73	0.77	240	102	24	340	-21
EN41	仮ζSer	90	6/21	266	-6	22.3	2.85	0.78	0.62	259	90	12	349	-12
EN42	θ Oph (N)	85	6/16	265	-17	22.3	2.23	0.74	0.58	271	85	5	356	-5
EN43	仮BSct	113	7/15	281	0	19.5	2.76	0.75	0.70	246	113	13	358	-12

9 12

各流星群の輻射点移動と軌道変化例(黄道北系より)

$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	-++ /		++++++			(1/16~12	/20 (N=14	4) 3	平均LS=	216(1	0/29)	in the second		
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	表4-	1. 2:	初北非	5	NC		0	0	ω	Ω	i	2	β	D	D'
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	DATE	LS	α	0	00 0	0.04	0.83	0.39	295	177	6	112	-5	0.28	0.25
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	9/20	177	6	8	26.0	2.29	0.81	0.46	285	187	6	112	-6	0.20	0.17
D(10) 197 16 14 21.0 10.12 205 205 205 207 6 112 -6 0.00	9/30	187	11		20.1	2.40	0.01	0.53	275	197	6	112	-6	0.13	0.10
10/20 207 20 11 22 2 10 10 10 20 22 22 13 0.76 0.66 236 216 6 112 -5 0.09 0.00 0.00 11/10 228 28 24 17.8 2.83 0.74 0.73 244 228 6 112 -5 0.09 0.06 11/20 238 30 32 14.1 2.97 0.67 0.80 234 238 6 112 -5 0.23 0.18 12/10 258 29 35 12.4 3.03 0.67 1.00 204 268 7 112 -3 0.38 0.22 12/10 258 26 38 10.9 3.08 0.67 1.00 204 268 7 112 -3 0.30 0.31 19 12/10 27 74 0.01 0.01 0.01 0.13 0.1	10/10	197	16	14	24.0	2.00	0.78	0.59	265	207	6	112	-6	0.07	0.05
10/30 216 24 20 20.73 0.73 0.73 0.744 228 6 112 -5 0.98 0.06 11/00 228 28 24 77.8 2.83 0.74 0.73 0.244 228 6 112 -5 0.98 0.06 11/20 238 30 27 15.7 2.90 0.71 0.87 224 248 7 112 -5 0.23 0.15 11/20 258 29 35 12.4 3.03 0.69 0.94 214 258 7 112 -3 0.38 0.22 12/20 268 26 38 10.9 3.08 0.67 1.08 286 7 112 -3 0.38 0.22 12/20 268 263 0.81 0.33 301 187 4 28 0.207 4 1427 -4 0.28 0.28 121 1.27 -4	10/20	207	20		22.2	2.04	0.76	0.65	256	216	6	112	-6	0.00	0.00
11/16 228 28 6 112 -5 0.16 0.11 11/20 238 06 7.2 0.80 234 238 6 112 -5 0.16 0.11 11/20 248 30 32 14.1 2.97 0.71 0.87 224 248 7 112 -5 0.23 0.15 12/10 258 29 35 12.4 3.03 0.69 0.94 124 258 7 112 -3 0.38 0.22 12/20 268 26 38 10.9 3.08 0.67 1.00 204 258 7 112 -3 0.38 0.22 12/20 268 26 34 238 0.22 112 -3 0.30 0.31 0.21 0.77 0.48 288 207 4 127 -4 0.13 0.32 0.22 1.17 -4 0.60 0.07 0.48	10/30	216	24	20	20.2	2.10	0.74	0.73	244	228	6	112	-5	0.09	0.06
11/20 238 30 2/2 1 1 2.97 0.71 0.87 224 248 7 112 -5 0.23 0.15 12/10 258 29 35 12.4 3.03 0.69 0.94 214 258 7 112 -4 0.31 0.15 12/20 268 26 38 10.9 3.08 0.67 1.00 204 268 7 112 -4 0.31 0.18 0.22 21/20 266 38 10.9 3.08 0.67 1.00 204 268 7 112 -4 0.31 0.32 0.33 0.31 1.3 1.4 1.8 0.33 0.31 1.37 1.9 1.2 7.7 1.4 2.8 1.2 -4 0.23 0.22 10/10 224 31.2 1.97 0.48 2.80 1.6 1.27 -4 0.10 0.01 1.1 1.2 -4	11/10	228	28	24	17.8	2.00	0.79	0.10	234	238	6	112	-5	0.16	0.11
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	11/20	238	30	27	15.7	2.90	0.72	0.87	224	248	7	112	-5	0.23	0.15
12/10 258 29 35 12.4 3.08 0.67 1.00 204 268 7 112 -3 0.38 0.22 ※10月下旬が極大? 同時に軌道値斜角が1 7 度前後で幅射点の赤緯が高いものが散見される ※ ※ 10月下旬が極大? 同時に軌道値斜角が1 7 度前後で幅射点の赤緯が高いものが散見される 数4-2. おひつじ群A 9/25~12/14 (N=15) 平均LS=226 (11/8) ※ 4 2 6 0 0 i â β 0 0 30 0.31 0.71 4 128 -3 0.30 0.31 0.30 0.31 0.31 127 -4 0.30 0.31 0.31 127 -4 0.30 0.31 0.33 0.32 0.31 0.33 0.31 127 -4 0.08 0.07 10/30 216 33 19 2.5 2.38 0.76 0.53 228 4 127 -4 0.08 0.07 11/10 228 48 127 -4 0.08	11/30	248	30	32	14.1	2.91	0.69	0.94	214	258	7	112	-4	0.31	0.19
12/20 268 261 38 10.9 3.38 0.01 0.03 est the start of the s	12/10	258	29	30	12.4	3.03	0.05	1 00	204	268	7	112	-3	0.38	0.22
************************************	12/20	268	26	38	10.9	3. 10	7. 使前:	当で福計	占の赤	緯が高	114,0	つが散り	しされる	3	
表 4 - 2. おしつじ祥A 9/25~12/14 (№15) 平均LS=226 (11/8) DATE LS α δ VG a e α Ω λ β D D' MATE LS α δ VG a e α Ω λ β D D' J9/30 187 19 12 27.5 1.78 0.81 0.33 001 187 4 128 -3 0.30 0.22 10/10 197 24 14 25.5 2.23 0.76 0.54 271 216 4 127 -4 0.08 0.07 11/10 228 38 22 19.9 2.36 0.71 0.70 249 238 4 126 -3 0.12 11/20 238 42 126 -3 0.12 1.17 0.12 11/20 238 42 15 grist 0.67 0.68 <td>※10</td> <td>月下旬</td> <td>が極大</td> <td>?同時</td> <td>こ則,迫19,</td> <td>新門 加工</td> <td>17度的</td> <td>X C 440/3 1</td> <td>111.02.01.</td> <td>14411 1-1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td>	※10	月下旬	が極大	?同時	こ則,迫19,	新門 加工	17度的	X C 440/3 1	111.02.01.	14411 1-1					
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $		552 B202		T1)/ A			0/25~1	2/14 (N=1	5)	亚均LS:	=226(11/8)			
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	表4-	2. お	ひつじ	群A	NO 1		9/25-01	2/14 (N-1	0	0	i	2	ß	D	D'
9/30 187 19 12 27.5 1.78 0.33 0.33 0.31 197 4 127 -4 0.23 0.22 10/10 197 24 14 25.9 1.97 0.79 0.40 290 197 4 127 -4 0.23 0.22 10/20 207 28 17 24.0 2.12 0.77 0.48 280 207 4 127 -4 0.08 0.07 11/20 238 42 17.9 2.45 0.71 0.70 249 238 4 127 -4 0.09 0.06 11/20 238 42 126 -3 0.17 0.12 11/10 158 4 126 -3 0.17 0.12 11/20 238 42 126 3 10.7 0.15 0.024 0.16 12/10 258 47 29 13.8 2.66 0.67 0.85	DATE	LS	α	8	VG	1 70	0.01	0 33	301	187	4	128	-3	0.30	0.31
10/10 197 24 14 25.9 1.97 0.79 0.79 0.70 0.88 200 1 <	9/30	187	19	12	27.5	1.78	0.01	0.35	290	197	4	127	-4	0.23	0.22
10/20 207 28 17 24.0 2.12 0.71 0.74	10/10	197	24	14	25.9	1.97	0.79	0.40	280	207	4	127	-4	0.15	0.13
10/30 216 33 19 22.5 2.23 0.76 0.94 211	10/20	207	28	17	24.0	2.12	0.77	0.40	200	216	4	127	-4	0.08	0.07
11/10 228 38 22 19.9 2.36 0.73 0.03 203 1.23 1.27 -4 0.09 0.06 11/20 238 42 24 17.9 2.45 0.71 0.70 249 238 4 127 -4 0.09 0.06 11/30 248 45 26 15.7 2.52 0.69 0.78 238 248 4 126 -3 0.24 0.16 12/10 258 47 29 13.8 2.59 0.67 0.85 228 258 4 126 -3 0.24 0.16 ※10月中旬が極大? 同時に急い道傾斜角が1 5度前後で輻射点の赤緯が高いものが散見される 3 137 -3 0.23 0.21 10/20 207 34 17 23.6 1.60 0.73 0.43 290 207 3 37 -3 0.23 0.21 10/30 216 38 19 22.66 0.71 0.72	10/30	216	33	19	22. 5	2.23	0.70	0.62	259	228	4	127	-4	0.01	0.01
11/20 238 42 24 17.9 2.45 0.71 0.70 243 230 1 12 -3 0.17 0.12 11/30 248 45 26 15.7 2.52 0.69 0.78 238 248 4 126 -3 0.24 0.16 12/10 258 47 29 13.8 2.59 0.67 0.85 228 258 4 126 -3 0.24 0.16 12/10 258 47 29 13.8 2.59 0.67 0.85 228 258 4 126 -3 0.24 0.16 X1070 P#blx5et1 0.7 9.07 3 137 -3 0.23 0.21 0.17 0.15 10/30 216 38 19 22.8 1.80 0.71 0.70 284 4 137 -4 0.02 0.02 11/20 238 49 25 19.7	11/10	228	38	22	19.9	2.36	0.73	0.03	209	238	4	127	-4	0.09	0.06
11/30 248 45 26 15.7 2.52 0.67 0.85 226 3 120 3 120 0.24 0.16 12/10 258 47 29 13.8 2.59 0.67 0.85 228 258 4 126 -3 0.24 0.16 ※1 0月中旬が極大? 同時に軌道傾斜角が1 5度前後で輻射点の赤緯が高いものが散見される 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 0.23 0.21 0/20 207 34 17 23.6 1.60 0.73 0.43 290 207 3 137 -3 0.23 0.21 10/20 207 34 17 23.6 1.60 0.73 0.49 281 216 3 137 -3 0.17 0.15 10/30 216 32 1.79 2.26 0.72 0.67 238 4 137 -4 0.02 0.02 11/30	11/20	238	42	· 24	17.9	2.45	0.71	0.70	249	200	1	126	-3	0.17	0.12
112/10 258 47 29 13.8 2.59 0.67 0.83 223 233 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 0 1	11/30	248	45	26	15.7	2.52	0.69	0.78	200	240	4	126	-3	0.24	0.16
※10月中旬が極大?同時に軌道傾斜角が15度前後で輻射点の赤綿が高いもちのかれ方とものの 表4-3. おひつじ群B 10/16~1/2(N=7) 平均LS=241 (11/23) DATE LS α δ VG a e q ω Ω i λ β D D' 10/20 207 34 17 23.6 1.60 0.73 0.43 290 207 3 137 -3 0.21 0.21 10/30 216 38 19 22.8 1.80 0.73 0.49 281 216 3 137 -3 0.17 0.15 11/10 228 44 23 21.1 2.05 0.72 0.57 269 228 4 137 -4 0.09 0.07 11/10 228 49 25 19.7 2.26 0.71 0.77 239 258 4 137 -4 0.09 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.0	12/10	258	47	29	13.8	2.59	0.67	0.85	220	200	1	つが散	ヨキカ	7	
表4-3. おひつじ群日 $10/16 \sim 1/2 (N=7)$ 平均LS=241 (11/23) DATE LS α δ VG a e q ω Ω i λ β D D' 10/20 207 34 17 23.6 1.60 0.73 0.43 290 207 3 137 -3 0.23 0.21 0.21 10/20 216 38 19 22.8 1.80 0.73 0.49 281 216 3 137 -3 0.17 0.15 11/10 228 44 23 21.1 2.05 0.72 0.64 259 238 4 137 -4 0.09 0.07 11/20 238 49 25 19.7 2.26 0.71 0.77 239 258 4 137 -3 0.11 0.08 0.12 12/20 268 59 31 14.7 2.84 0.71 0.77 239 268	₩10	月中旬	が極大	?同時	に軌道傾	は斜角が	15度則	依で輻射	息の赤	、市平八-「同	10.91	0 10- HAD		2	
表 4 - 3. おひろと群岛 10/10 10/10 1/20 10/10 1/20 10/10 1/20 10/10 1/20 10/10 1/20 10/10 1/20 10/10 1/20 10/10 1/20 10/10 1/20 10/20 207 34 17 23.6 1.60 0.73 0.43 290 207 3 137 -3 0.23 0.21 10/20 207 34 17 23.6 1.60 0.73 0.43 290 207 3 137 -3 0.17 0.15 10/20 216 38 19 22.8 1.80 0.73 0.49 281 216 3 137 -3 0.17 0.15 11/10 228 44 23 21.1 2.05 0.72 0.64 259 238 4 137 -4 0.02 0.02 11/20 288 57 29 16.3 2.65 0.71 0.77 239 2				n)(50			10/160	1/2 (N=7)		亚均LS	=241 ((11/23)			
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	表4-	3. ≵	いっし	群B	NO		10/10-0	1/2(1-1)	(1)	0	i	λ	B	D	D'
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	DATE	LS	α:	0	VG	<u>a</u>	e 0.72	0.43	290	207	3	137	-3	0.23	0.21
$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	10/20	207	34	17	23.6	1.00	0.73	0.40	281	216	3	137	-3	0.17	0.15
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	10/30	216	38	19	22.8	1.00	0.10	0.10	601			and the second			
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	11/10			00	01 1	0 05	0 72	0 57	269	228	4	137	-4	0.09	0.07
11/30 248 53 27 17.9 2.46 0.71 0.70 249 213 1 1 0.77 239 258 4 137 -3 0.11 0.08 12/10 258 57 29 16.3 2.65 0.71 0.77 239 258 4 137 -3 0.11 0.08 12/20 268 59 31 14.7 2.84 0.71 0.84 229 268 4 137 -3 0.18 0.12 12/30 278 60 35 13.1 3.03 0.70 0.90 219 278 5 137 -3 0.25 0.16 表 9/25~1/20 (N=7) 平均LS=223 (11/5) <td>111/20</td> <td>228</td> <td>44</td> <td>23</td> <td>21.1</td> <td>2.05</td> <td>0.72</td> <td>0.57</td> <td>269</td> <td>228</td> <td>4</td> <td>137 137</td> <td>-4</td> <td>0.09</td> <td>0.07</td>	111/20	228	44	23	21.1	2.05	0.72	0.57	269	228	4	137 137	-4	0.09	0.07
12/10 258 57 29 16.3 2.65 0.71 0.77 235 200 1 10.1 12/20 268 59 31 14.7 2.84 0.71 0.84 229 268 4 137 -3 0.18 0.12 12/30 278 60 35 13.1 3.03 0.70 0.90 219 278 5 137 -3 0.25 0.16 大35 20 1 λ β D D<		228	44 49	23 25	21.1 19.7	2.05	0.72	0.57	269 259 249	228 238 248	4	137 137 137	-4 -4 -4	0.09 0.02 0.04	0.07 0.02 0.03
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	11/30	228 238 248	44 49 53	23 25 27	21.1 19.7 17.9	2.05 2.26 2.46	0.72 0.72 0.71	0.57 0.64 0.70	269 259 249	228 238 248 258	4 4 4	137 137 137 137	-4 -4 -4 -3	0.09 0.02 0.04 0.11	0.07 0.02 0.03 0.08
12/30 278 60 35 13.1 3.03 0.70 0.90 213 210 0 101 101 表 4 - 4. おうし北群A 9/25~1/20 (N=7) 平均LS=223 (11/5) DATE LS α δ VG a e q ω Ω i λ β D D' 9/30 187 29 13 31.6 1.47 0.88 0.18 321 187 3 148 -2 0.26 0.40 10/10 197 34 16 30.6 1.73 0.86 0.25 311 197 3 148 -2 0.18 0.26 10/20 207 39 18 29.1 1.92 0.84 0.31 302 207 3 149 -3 0.12 0.15 10/20 207 39 18 29.1 1.92 0.84 0.31 302 207 3 149 -3 0.12 0.15 10/30 216 44 20 27.5 2.06 <	11/30 12/10	228 238 248 258	44 49 53 57	23 25 27 29	21.1 19.7 17.9 16.3	2.05 2.26 2.46 2.65	0.72 0.72 0.71 0.71	0.57 0.64 0.70 0.77	269 259 249 239	228 238 248 258 268	4 4 4 4 4	137 137 137 137 137	-4 -4 -4 -3 -3	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12
表4-4.おうし北詳A9/25~1/20 (N=7)平均LS=223 (11/5)DATELS α δ VGaeq ω Ω i λ β DD'9/30187291331.61.470.880.183211873148-20.260.4010/10197341630.61.730.860.253111973148-20.180.2610/20207391829.11.920.840.313022073149-30.120.1510/30216442027.52.060.820.372932163149-30.050.0611/10228512225.02.200.790.462812283149-30.110.1111/20238562422.92.290.770.522712383149-30.180.1711/30248612520.92.370.750.592612483149-20.250.2312/10258662518.72.440.730.662512582149-20.320.2712/30278732814.62.540.690.792312782149-20.390.311/102897629 <td< td=""><td>11/30 12/10 12/20</td><td>228 238 248 258 268</td><td>44 49 53 57 59</td><td>23 25 27 29 31</td><td>21.1 19.7 17.9 16.3 14.7</td><td>2.05 2.26 2.46 2.65 2.84</td><td>0.72 0.72 0.71 0.71 0.71</td><td>0.57 0.64 0.70 0.77 0.84</td><td>269 259 249 239 229</td><td>228 238 248 258 268 278</td><td>4 4 4 4 4 5</td><td>137 137 137 137 137 137</td><td>-4 -4 -4 -3 -3 -3</td><td>0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25</td><td>0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16</td></td<>	11/30 12/10 12/20	228 238 248 258 268	44 49 53 57 59	23 25 27 29 31	21.1 19.7 17.9 16.3 14.7	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84	269 259 249 239 229	228 238 248 258 268 278	4 4 4 4 4 5	137 137 137 137 137 137	-4 -4 -4 -3 -3 -3	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	11/30 12/10 12/20 12/30	228 238 248 258 268 278	44 49 53 57 59 60	23 25 27 29 31 35	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.71 0.70	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90	269 259 249 239 229 219	228 238 248 258 268 278	4 4 4 4 4 5	137 137 137 137 137 137 137	-4 -4 -4 -3 -3 -3	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	11/30 12/10 12/20 12/30	228 238 248 258 268 278	44 49 53 57 59 60	23 25 27 29 31 35	21.1 19.7 17.9 16.3 14.7 13.1	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.71	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90	269 259 249 239 229 219	228 238 248 258 268 278	4 4 4 4 4 5 $5=223$	$ \begin{array}{r} 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ (11/5) \\ \end{array} $	-4 -4 -4 -3 -3 -3	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16
$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$	11/30 12/10 12/20 12/30 表4-	228 238 248 258 268 278 - 4. ≵	44 49 53 57 57 59 60	23 25 27 29 31 35 二群 A	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20 (N=7	269 259 249 239 229 219	228 238 248 258 268 278 平均LS	$\begin{array}{c} 4\\ 4\\ 4\\ 4\\ 5\\ 5\\ 5\\ 5\\ 5\\ 5\\ 5\\ 1\\ 1 \end{array}$	$ \begin{array}{c} 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ (11/5)\\ \lambda \end{array} $	-4 -4 -4 -3 -3 -3 -3 -3	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	11/30 12/10 12/20 12/30 表 4 - DATE	228 238 248 258 268 278 - 4. ≵ LS	44 49 53 57 59 60 55しま	23 25 27 29 31 35 27 29 31 35	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20 (N=7	269 259 249 239 229 219) ω	228 238 248 258 268 278 平均LS Ω	$\begin{array}{c c} 4\\ 4\\ 4\\ 4\\ 5\\ 5=223\\ i\\ 3\\ 3\end{array}$	$ \begin{array}{c} 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ (11/5)\\ \lambda\\ 148\\ \end{array} $	$\begin{array}{c} -\frac{3}{-4} \\ -\frac{4}{-4} \\ -\frac{3}{-3} \\$	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 D 0.25	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16 D' 0.40
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	11/30 12/10 12/20 12/30 表 4 - DATE 9/30	228 238 248 258 268 278 - 4. ≵ LS 187	44 49 53 57 59 60 3うしま 29 29	23 25 27 29 31 35 2# A δ 13	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03 a 1.47	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20 (N=7 q 0.18	269 259 249 239 229 219) ω 321	228 238 248 258 268 278 Ψ±5LS Ω 187	4 4 4 4 5 5=223 i 3 3	$ \begin{array}{c} 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\$	$ \begin{array}{c}4 \\4 \\4 \\3 \\3 \\3 \\3 \\3 \\2 $	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16 D' 0.40 0.26
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	11/30 12/10 12/20 12/30 表 4 - DATE 9/30 10/10	228 238 248 258 268 278 - 4 . ≭ LS 187 197	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	23 25 27 29 31 35 2# A δ 13 16	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6 30. 6	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03 a 1.47 1.73	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88 0.86	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20 (N=7 9 0.18 0.25	269 259 249 239 229 219) ω 321 311	228 238 248 258 268 278 Ψ±9LS Ω 187 197 207		$ \begin{array}{r} 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\$	$ \begin{array}{c}4 \\4 \\4 \\3 \\3 \\3 \\3 \\2 \\2 \\2 \\3 \\ \end{array} $	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 D 0.25	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16 D' 0.40 0.26 0.15
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	11/30 12/10 12/20 12/30 麦 4 - DATE 9/30 10/10 10/20	228 238 248 258 268 278 -4. ≵ LS 187 197 207	44 49 53 57 59 60 5うしま 60 5うしま 29 34 39	23 25 27 29 31 35 2# A δ 13 16 18	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6 30. 6 29. 1	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03 8 1.47 1.73 1.92	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88 0.88 0.86 0.84	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20 (N=7 q 0.18 0.25 0.31	269 259 249 239 229 219) ω 321 311 302 202	228 238 248 258 268 278 Ψ±5LS Ω 187 197 207 216	$ \begin{array}{c} 4 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \\ 5 $	$ \begin{array}{r} 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\$	$ \begin{array}{c} -4 \\ -4 \\ -4 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -2 \\ -2 \\ -2 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3$	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 D 0.26 0.18 0.12 0.05	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16 D' 0.40 0.26 0.15 0.06
$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	11/30 12/10 12/20 12/30 麦 4 - DATE 9/30 10/10 10/20 10/30	228 238 248 258 268 278 -4. ≭ LS 187 197 207 216	44 49 53 57 59 60 5うし計 α 29 34 39 44	23 25 27 29 31 35 2# A δ 13 16 18 20	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6 30. 6 29. 1 27. 5	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03 8 1.47 1.73 1.92 2.06	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88 0.88 0.86 0.84 0.82	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20 (N=7 9 0.18 0.25 0.31 0.37	269 259 249 239 219 ω 321 311 302 293	228 238 248 258 268 278 Ψ ² ±5LS Ω 187 197 207 216 228	4 4 4 4 5 5 5 223 i 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	$ \begin{array}{c} 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\$	$\begin{array}{c} -4 \\ -4 \\ -4 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\$	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 D 0.26 0.18 0.12 0.05 0.04	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16 D' 0.40 0.26 0.15 0.06 0.05
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	11/30 12/10 12/20 12/30 麦 4 - DATE 9/30 10/10 10/20 10/30 11/10	228 238 248 258 268 278 -4. ≭ LS 187 197 207 216 228	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	23 25 27 29 31 35 2# A δ 13 16 18 20 22	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6 30. 6 29. 1 27. 5 25. 0	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03 8 1.47 1.73 1.92 2.06 2.20	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88 0.88 0.88 0.86 0.84 0.82 0.79	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20 (N=7 9 0.18 0.25 0.31 0.37 0.46	269 259 249 229 219 219 321 311 302 293 281 271	228 238 248 258 268 278 Ψ±5μ5 Ω 187 197 207 216 228	$ \begin{array}{r} 4 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \\ 3 \\ $	$ \begin{array}{c} 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\$	$\begin{array}{c} -\frac{3}{-4} \\ -\frac{4}{-3} \\ -\frac{3}{-3} \\ -\frac{3}{-3} \\ -\frac{3}{-3} \\ -\frac{2}{-2} \\ -\frac{2}{-3} \\ -\frac{3}{-3} \\$	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 0.25 0.26 0.18 0.12 0.05 0.04 0.11	0.07 0.02 0.03 0.12 0.12 0.16 0.40 0.26 0.15 0.06 0.05
$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	11/30 12/10 12/20 12/30 麦4 - DATE 9/30 10/10 10/20 11/10 11/20	228 238 248 258 268 278 - 4 . ‡ LS 187 197 207 216 228 238	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	23 25 27 29 31 35 2# A δ 13 16 18 20 22 24	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6 30. 6 29. 1 27. 5 25. 0 22. 9	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88 0.88 0.88 0.86 0.84 0.82 0.79 0.77	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20 (N=7 9 0.18 0.25 0.31 0.37 0.46 0.52	269 259 249 229 219 219 321 311 302 293 281 271 271	228 238 248 258 268 278 Ψ±5LS Ω 187 197 207 216 228 238 238	$ \begin{array}{c} 4 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \\ 5 \\ 5 \\ 5 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3$	$ \begin{array}{c} 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\ 137\\$	$\begin{array}{c} -\frac{3}{-4} \\ -\frac{4}{-4} \\ -\frac{3}{-3} \\ -\frac{3}{-3} \\ -\frac{3}{-3} \\ -\frac{2}{-2} \\ -\frac{2}{-2} \\ -\frac{3}{-3} \\$	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 0.25 0.26 0.18 0.12 0.05 0.04 0.11 0.18	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16 0.40 0.26 0.15 0.06 0.05 0.11
12/20 268 70 26 16.6 2.50 0.71 0.72 241 268 2 149 -2 0.32 0.21 12/30 278 73 28 14.6 2.54 0.69 0.79 231 278 2 149 -2 0.32 0.31 1/10 289 76 29 12.7 2.59 0.67 0.87 221 289 2 150 -1 0.47 0.36 1/20 299 76 30 11.0 2.63 0.65 0.93 211 299 2 150 -1 0.53 0.39	11/30 12/10 12/20 12/30 麦 4 - DATE 9/30 10/10 10/20 11/10 11/20 11/30	228 238 248 258 268 278 - 4. ‡ LS 187 197 207 216 228 238 238 248	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	23 25 27 29 31 35 次群 Α δ 13 16 18 20 22 24 25	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6 30. 6 29. 1 27. 5 25. 0 22. 9 20. 9	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88 0.88 0.86 0.88 0.88 0.88 0.82 0.79 0.77 0.75	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20 (N=7 9 0.18 0.25 0.31 0.37 0.46 0.52 0.59	269 259 249 229 219 219 321 311 302 293 281 271 261	228 238 248 258 268 278 Ψ±5LS Ω 187 197 207 216 228 238 248 258	$ \begin{array}{c} 4\\ 4\\ 4\\ 4\\ 5\\ 5\\ 5=223\\ 1\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\$	$\begin{array}{c} 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 149 \\ 148 \\ 148 \\ 148 \\ 149 \\ 140 \\$	$\begin{array}{c} -4 \\ -4 \\ -4 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\$	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.18 0.12 0.05 0.04 0.11 0.18	0.07 0.02 0.03 0.12 0.16 0.16 0.40 0.26 0.15 0.06 0.05 0.11 0.17 0.23
12/30 278 73 28 14.6 2.54 0.69 0.79 231 278 2 149 -2 0.39 0.31 1/10 289 76 29 12.7 2.59 0.67 0.87 221 289 2 150 -1 0.47 0.36 1/20 299 76 30 11.0 2.63 0.65 0.93 211 299 2 150 -1 0.53 0.39	11/30 12/10 12/20 12/20 12/30 表 4 - DATE 9/30 10/10 10/20 10/30 11/10 11/20 11/30 12/10	228 238 248 258 268 278 - 4 . ‡ 187 197 207 216 228 238 248 248 258	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	23 25 27 29 31 35 λ δ 13 16 18 20 22 24 25 25	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6 30. 6 29. 1 27. 5 25. 0 22. 9 20. 9 18. 7	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88 0.88 0.88 0.88 0.88 0.88 0.88 0.	$\begin{array}{c} 0.57\\ 0.64\\ 0.70\\ 0.77\\ 0.84\\ 0.90\\ \hline \\ /20 (N=7\\ q\\ 0.18\\ 0.25\\ 0.31\\ 0.37\\ 0.46\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ 0.66\\ 0.52\\ 0.59\\ $	269 259 249 229 219 219 321 311 302 293 281 271 261 251	228 238 248 258 268 278 Ψ±5LS Ω 187 197 207 216 228 238 248 258	$ \begin{array}{c} 4\\ 4\\ 4\\ 4\\ 5\\ 5=223\\ i\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\$	$\begin{array}{c} 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 149 \\ 148 \\ 148 \\ 148 \\ 149 \\ 140 \\$	$\begin{array}{c c}4 \\4 \\4 \\3 \\3 \\3 \\3 \\2 \\2 \\2 \\2 \\3 \\3 \\3 \\3 \\3 \\3 \\3 \\2$	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.18 0.12 0.05 0.04 0.11 0.18 0.25	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16 0.16 0.40 0.26 0.15 0.06 0.05 0.11 0.17 0.23 0.27
1/10 289 76 29 12.7 2.59 0.67 0.87 221 289 2 150 -1 0.47 0.30 1/20 299 76 30 11.0 2.63 0.65 0.93 211 299 2 150 -1 0.53 0.39	11/30 12/10 12/20 12/20 12/30 麦 4 - DATE 9/30 10/10 10/20 10/30 11/10 11/20 12/10 12/20	228 238 248 258 268 278 - 4 . ≭ 187 197 207 216 228 238 248 248 258 268	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	23 25 27 29 31 35 λ 13 16 18 20 22 24 25 26	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6 30. 6 29. 1 27. 5 25. 0 22. 9 20. 9 18. 7 16. 6	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88 0.88 0.86 0.84 0.82 0.79 0.77 0.75 0.73 0.71	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20(N=7 9 0.18 0.25 0.31 0.37 0.46 0.52 0.59 0.66 0.72	269 259 249 229 219 219 321 311 302 293 281 271 261 251 251 241	228 238 248 258 268 278 Ψ±5LS Ω 187 197 207 216 228 238 248 258 258 258 258 258 258 258 258 258 258 258	$ \begin{array}{r} 4 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \\ 4 \\ 5 $	$\begin{array}{c} 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 149 \\ 148 \\ 148 \\ 149 \\ 140 \\$	$\begin{array}{c} -4 \\ -4 \\ -4 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\$	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 0.25 0.25 0.25 0.26 0.18 0.12 0.05 0.04 0.11 0.18 0.25 0.04 0.11	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16 0.16 0.40 0.26 0.15 0.06 0.05 0.11 0.17 0.23 0.27
1/20 299 76 30 11.0 2.63 0.65 0.93 211 299 2 150 -1 0.53 0.59	11/30 11/30 12/10 12/20 12/20 12/30 麦4 - DATE 9/30 10/10 10/20 10/30 11/10 11/20 12/10 12/20 12/30	228 238 248 258 268 278 LS 187 197 207 216 228 238 248 258 248 238 248 258 268 278	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	23 25 27 29 31 35 27 29 31 35 27 29 31 35 26 22 24 25 26 28	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6 30. 6 29. 1 27. 5 25. 0 22. 9 20. 9 18. 7 16. 6 14. 6	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03 1.47 1.73 1.92 2.06 2.20 2.29 2.37 2.44 2.50 2.54	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88 0.88 0.88 0.86 0.84 0.82 0.79 0.77 0.75 0.73 0.71 0.69	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20(N=7 9 0.18 0.25 0.31 0.37 0.46 0.52 0.59 0.66 0.72 0.79	269 259 249 239 219 321 311 302 293 281 271 261 251 241 231	228 238 248 258 268 278 Ω 187 197 207 216 228 238 248 258 238 249 238 248 258 268 278 268 278	$ \begin{array}{c} 4\\ 4\\ 4\\ 4\\ 5\\ 5=223\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\$	$\begin{array}{c} 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 149 \\ 148 \\ 148 \\ 149 \\ 140 \\$	$\begin{array}{c} -4 \\ -4 \\ -4 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\$	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 0.25 0.25 0.25 0.25 0.26 0.18 0.12 0.05 0.04 0.11 0.18 0.25 0.04 0.11 0.18 0.25	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16 0.16 0.16 0.40 0.26 0.15 0.06 0.05 0.11 0.17 0.23 0.27 0.31
	11/30 12/10 12/20 12/20 12/30 麦4 - DATE 9/30 10/10 10/20 10/30 11/10 11/20 12/20 12/20 12/30 1/10	228 238 248 258 268 278 LS 187 197 207 216 228 238 248 258 268 278 289	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	23 25 27 29 31 35 27 29 31 35 27 29 31 35 21 22 24 25 25 26 28 29	21. 1 19. 7 17. 9 16. 3 14. 7 13. 1 VG 31. 6 30. 6 29. 1 27. 5 25. 0 22. 9 20. 9 18. 7 16. 6 14. 6 12. 7	2.05 2.26 2.46 2.65 2.84 3.03	0.72 0.72 0.71 0.71 0.71 0.70 9/25~1 e 0.88 0.86 0.88 0.86 0.84 0.82 0.79 0.77 0.75 0.73 0.71 0.69	0.57 0.64 0.70 0.77 0.84 0.90 /20 (N=7 9 0.18 0.25 0.31 0.37 0.46 0.52 0.59 0.66 0.72 0.79 0.87	269 259 249 239 229 219 0 321 311 302 293 281 271 261 251 241 231	228 238 248 258 268 278 Ω 187 197 207 216 228 238 248 258 216 228 238 249 259 269	$ \begin{array}{c} 4\\ 4\\ 4\\ 4\\ 4\\ 5\\ 5=223\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 3\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\ 2\\$	$\begin{array}{c} 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 137 \\ 149 \\ 148 \\ 148 \\ 149 \\ 150 \\ 150 \\ 10 \\ 100 \\ $	$\begin{array}{c} -4 \\ -4 \\ -4 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\ -3 \\$	0.09 0.02 0.04 0.11 0.18 0.25 0.25 0.25 0.25 0.26 0.18 0.12 0.05 0.04 0.11 0.18 0.25 0.04 0.11 0.18 0.25 0.32 0.32 0.39 0.47	0.07 0.02 0.03 0.08 0.12 0.16 0.16 0.40 0.26 0.15 0.06 0.05 0.11 0.17 0.23 0.27 0.31 0.36 0.36 0.36

各流星群の輻射点移動と軌道変化例(黄道北系より)

要1-	5 43	うし北日	Ĕ Β			10/10~	12/12(N=	=18)	平均LS	=226(11/8)			
DATE	15	0101	δ	VG	а	e	q	ú	Ω	i	λ	β	D	D'
10/10	197	39	17	35.6	1.98	0.93	0.13	322	198	3	160	-2	0.25	0.47
10/20	207	44	19	33.2	2.15	0.90	0.21	312	208	3	160	-2	0.16	0.27
10/20	216	49	20	31.4	2.23	0.88	0.28	303	217	3	160	-3	0.09	0.13
11/10	228	56	23	28.3	2.30	0.84	0.37	292	228	3	160	-3	0.01	0.01
11/20	220	62	24	25.9	2.33	0.81	0.45	282	238	3	160	-3	0.10	0.11
11/20	248	68	26	23 6	2.36	0.78	0.53	273	248	3	161	-3	0.18	0.19
12/10	258	73	29	21.3	2.38	0.75	0.61	263	258	4	161	-4	0.27	0.26

表1-	6 7	リオン	~北群			11/7~1/	/30 (N=9)		平均LS	=276(12/27)		10.2	- Second
DATE	15	a	δ	VG	а	e	q	(J)	Ω	i	λ	β	D	D'
11/10	228	66	23	29.7	1.44	0.84	0.24	311	228	2	179	-2	0.36	0.42
11/20	238	72	25	28.4	1.76	0.82	0.31	302	238	3	180	-3	0.29	0.31
11/20	248	78	26	27.3	2.03	0.81	0.38	292	248	3	180	-3	0.22	0.22
12/10	258	84	27	25.7	2.27	0.80	0.46	282	258	3	180	-3	0.14	0.13
12/20	268	90	27	24.0	2.48	0.79	0.53	272	268	3	180	-3	0.07	0.06
12/20	200	95	29	21.9	2.67	0.77	0.61	262	278	4	180	-4	0.02	0.02
1/10	210	101	30	19.8	2 85	0.76	0.69	251	289	4	180	-4	0.10	0.08
1/20	299	101	31	17.8	3.00	0.75	0.76	241	299	4	180	-4	0.17	0.13

※同時に軌道傾斜角が11度前後で近日点黄経が170度前後の幅射点の赤緯が高く赤経が小さいものが 散見される

略号解説(輻射点及び軌道要素は2000年分点)

DATE	\rightarrow	2000年相当の日付
LS	\rightarrow	太陽黄経(度)
α	\rightarrow	輻射点の赤経(度)
δ	\rightarrow	輻射点の赤緯(度)
VG	\rightarrow	地心速度(km/s)
а	\rightarrow	軌道長半径 (AU)
е	\rightarrow	離心率
q	\rightarrow	近日点距離 (AU)
ω	\rightarrow	近日点引数(度)
Ω	\rightarrow	昇交点黄経(度)
i	\rightarrow	軌道傾斜角(度)
λ	\rightarrow	近日点黄経(度)
ß	\rightarrow	近日点黄緯(度)
D	\rightarrow	各群の基準軌道に対するD判定値
D'	\rightarrow	各群の基準軌道に対するD'判定値

図1-)a. うお北群(黄道北極より)



図1-1ト、うお北群(黄経30、より)



図1-2b.おひつじ群A(黄経50*より)

図1-3b.おひつじ群B(黄経50°より)



TURTER SATURN

図1-3a.おひつじ群B(黄道北極より)



図1-4a.おうし北群A(黄道北極より)



TRUTTER TRUTTER SATURN

図1-4b.おうし北群A(黄経60*より)



図1-5a.おうし北群B(黄道北極より)









図1-6b.オリオンz北群(黄経80°より)

図1-5b.おうし北群B(黄経60*より)



図1-7b. 各群の基準軌道(黄経50°より)



図1-8b. 各群末期軌道の近日点付近(黄経50°より)



図1-7a,各群の基準軌道(黄道北極より)



図1-8a. 各群末期軌道の近日点付近(黄道北極より)



図2. 輻射点移動図例(黄道北系より)



w

M55-075

参考-1. 黄道北系検出データ例

9.	うお北群														
NO	DATE (UT)	LS	α	δ	VG	а	е	q	ω	Ω	i	λ	β	D	D,
1624	520916, 23	173.944	2.6	10.3	30.0	2.65	0.87	0.34	295.0	173.7	11	109.1	-7.9	0.36	0.32
1780	531003.27	190.396	14.7	11.3	27.9	2.94	0.86	0.42	285.0	190.7	5	115.8	-4.2	0.26	0, 22
1845	531010.40	197.434	16.7	13.3	21.6	1.90	0.72	0.54	276.0	197.7	4	113.7	-3.7	0.13	0.10
1864	521013 26	200 510	20.7	11.3	24.2	2.65	0.80	0.52	273.9	200.8	2	114.7	-1.9	0.16	0.12
1865	521013 28	200.530	18 7	18.3	24.9	2.60	0.81	0.51	276.0	200.7	8	116.8	-7.5	0.17	0.13
1000	521016 10	203 415	16.7	15 3	20 1	2 15	0.71	0.62	264.0	203.7	5	107.7	-4.7	0.08	0.05
1040	521010.15	200.410	20.7	17 3	20.1	2 18	0.71	0 63	264 0	208.7	5	112.7	-4.7	0.06	0.04
1042	521021.24	208 474	19.7	16.3	22 4	3 40	0.82	0.62	261.0	208.7	5	109.7	-4.5	0.08	0.05
1945	521021.28	200. 474	29.7	27 3	17 7	2 80	0.73	0.76	243 0	225 7	8	108.5	-5.6	0.13	0.08
2094	521107.11	220.295	01 7	12 0	16 0	2.00	0.68	0.74	249 0	225 7	0	114 7	0.0	0 16	0.10
2105	531107.40	225.394	01.7	10.2	17.4	2.29	0.00	0.14	236 0	220.7	10	106 3	-6.2	0.18	0.11
2130	521112.23	230. 439	21.7	01.0	10.1	2 60	0.79	0.70	238 0	230.7	10	108.3	-6.4	0.17	0.10
2134	521112.26	230. 470	22.1	32.0	10.1	0.00	0.10	0.19	216 0	250.1	5	114 6	-2.1	0.26	0.16
2213	521209.20	257.725	33.7	29.2	13.0	0.04	0.75	0.90	210. 9	201.0	0	112 4	-2 4	0.34	0.20
2399	521220, 36	269, 082	23.7	43.3	11.2	2, 81	0.00	0,95	204.0	200. 1	5	112.4	2.4	0.04	0.20
10.	おひつじ群A									1 1020					
NO	DATE (UT)	LS	α	δ	VG	а	е	q	ω	Ω	i	λ	β	D	D
1708	520925.46	182.973	18.7	9.3	27.9	1.52	0.81	0.28	307.0	182.7	2	129.7	-1.2	0.35	0.38
1750	520928.44	185.897	14.7	8.3	30.5	3.30	0.90	0.34	293.0	185.7	2	118.7	-1.5	0.35	0.31
1821	531009.25	196, 297	24.7	15.3	27.6	1.97	0.82	0.36	295.0	196.7	6	131.8	-4.3	0.29	0.27
1843	531010 32	197.355	22.7	13.3	25.4	2.01	0.79	0.43	287.0	197.7	3	124.7	-2.4	0.20	0.18
1877	531014 31	201.305	24.7	14.3	26.8	2.63	0.84	0.43	283.9	201.8	3	125.7	-2.5	0.22	0.19
1894	521016 29	203 514	26.7	21.2	25.9	2.07	0.79	0.43	287.0	203.7	9	130.9	-7.3	0.22	0.19
1909	521016 38	203 604	28 7	13.2	23.4	1 76	0.74	0.46	285.9	203.8	2	129.7	-1.6	0.17	0.15
2022	521024 22	211 402	20.1	27.2	19 1	1 45	0.61	0.56	278.0	211.7	9	129.8	-8.2	0.17	0.11
2023	521024.22	222 532	40.7	30.2	19.7	2 43	0.72	0.67	256.0	233.7	8	129.6	-6.8	0.10	0.05
2150	521115.30	255, 552	50.7	24.2	14 3	2.40	0.66	0.83	232 8	257 9	2	130.7	-1.2	0.23	0.16
2221	521209.27	251.790	12.1	25.2	12.0	2.44	0.66	0.00	221 9	261 8	7	123.5	-3.3	0.29	0.19
2291	521213.13	201.721	45.0	01.2	10.0	2.00	0.60	0.00	224 6	262 1	1	126.7	-0.5	0.29	0.20
2296	521213.18	201.112	50.7	21.2	14.5	2.34	0.02	0.00	224.0	262.1	1	126.7	-0.5	0.25	0 16
2317	521213.39	261.986	50.7	20.2	14.5	0.40	0.75	0.00	224.0	262.1	1	123.7	-0.5	0.28	0.18
2346	521214.24	262.851	48.7	20.2	12.1	0.70	0.00	0.00	220.0	203.1	8	120. 1 199 A	-3.6	0.20	0.19
2349	521214.28	262, 891	41.8	40. Z	13.3	2.12	0.67	0.89	220.0	202. (0	122.4	5.0	0.00	0.15
11.	おひつじ群 B												1		
NO	DATE (UT)	LS	α	δ	VG	а	е	q	ω	Ω	i	λ	β	D	U
1893	521016.29	203.514	31.7	16.2	23.0	1.42	0.71	0.41	293.9	203.8	3	137.7	-2.2	0.25	0.23
1923	521019.39	206.594	32.7	16.2	25.8	1.97	0.79	0.41	288.9	206.8	3	135.7	-2.4	0.26	0.24
2079	531103.29	221.211	42.7	19.2	20.7	1.61	0.67	0.53	278.9	221.8	2	140.7	-1.8	0.15	0.12
2193	531204.40	252.595	55.8	34.2	19.4	3.18	0.77	0.72	247.0	252.7	8	139.5	-6.0	0.11	0.06
2208	531208.35	256.607	53.7	24.2	14.8	2.47	0.67	0.81	235.8	256.9	2	132.7	-1.2	0.17	0.11
2309	531213.33	261.670	59.8	33.1	16.3	2.73	0.71	0.79	237.9	261.8	6	139.6	-3.9	0.14	0.09
12	540102.23	281.935	59.8	31.1	12.2	3.00	0.70	0.91	214.9	281.8	3	136.7	-1.2	0.25	0.16
12	おうし北群A														
NO.	DATE (UT)	IS	Ω.	δ	VG	а	е	a	ω	Ω	i	λ	β	D	D'
1706	520925 41	182 924	27 7	13.2	27.8	1.05	0,83	0.18	324.0	182.7	3	146.7	-1.2	0.25	0.40
1852	531012 28	199 294	34 7	15 2	33 3	2.33	0.91	0.22	309.9	199.8	2	149.7	-1.1	0.23	0.32
1072	521022 30	209 490	40 7	19.2	28 5	1 82	0.83	0.31	300.9	209.8	3	150.7	-2.0	0.12	0.15
2011	521022.30	210 625	41 7	19.2	30 2	2 26	0.87	0.31	299.9	210.8	4	150.8	-2.7	0.13	0.16
2011	521025.44	220.020	48 7	22 2	22 6	2 12	0.75	0. 54	273 9	229.8	3	143.7	-2.9	0.15	0.13
2110	521111 24	220. 400	52 7	21.2	25.0	2 27	0.79	0.47	280.8	229.9	2	150.7	-1.8	0.06	0.06
119	520120 26	300 565	75 8	31 1	10.6	2 56	0.64	0.93	209 8	300.9	2	150.7	-0.7	0.54	0.39
1.10	000120.20	000.000	1010	OT 1	10.0										

参考-1. 黄道北系検出データ例

13.	おうし北群B											1044		145	
NO	DATE (UT)	LS	α	δ	VG	а	e	q	ω	Ω	i	λ	β	D	D.
1834	531010.21	197.246	38.7	16.2	34.5	1.80	0.92	0.15	320.9	197.8	1	158.7	-0.4	0,23	0.41
1897	521016.34	203.564	41.7	18.2	34.6	2.15	0.92	0.17	315.9	203.8	3	159.7	-1.5	0.21	0.36
2036	521024.39	211.572	44.7	19.2	31.1	2.15	0.88	0.27	303.9	211.8	3	155.7	-1.9	0.12	0.15
2109	531109.26	227.202	54.7	23.2	28.3	2.33	0.84	0.37	291.9	227.8	4	159.7	-3.0	0.02	0.02
2080	531103.30	221.221	48.7	21.2	27.5	2.11	0.82	0.38	291.9	221.8	4	153.7	-3.0	0, 10	0.04
2081	531103.32	221.241	54.7	22.2	31.0	2.05	0.87	0.27	304.9	221.8	4	166.8	-2.4	0.14	0.15
2086	531106.33	224.259	54.7	22.2	31.1	2.77	0.89	0.31	297.9	224.8	3	162.7	-2.1	0.08	0.08
2096	521107.17	225.354	55.7	20.2	28.0	1.92	0.82	0.34	296.7	226.0	1	162.7	-0.7	0,06	0.04
2104	531107.44	225.374	52.7	22.2	28.0	2.34	0.84	0.38	290, 9	225.8	4	156.7	-3.1	0.06	0.03
2106	531107.48	225.414	54.7	21.2	28.6	2.26	0.84	0.35	293.9	225.8	3	159.7	-2.2	0.01	0.01
2121	531111.47	229.425	57.7	24.2	26.3	1.87	0.79	0.39	291.9	229.8	4	161.7	-3.0	0.07	0.05
2128	521112.20	230.409	57.7	24.2	29.1	2.76	0.87	0.37	289.9	230.8	4	160.7	-3.1	0.04	0.02
2143	521112.37	230, 580	57.7	22.2	27.7	2.41	0.84	0.40	288.8	230, 9	2	159.7	-1.6	0.04	0.05
2149	531113.34	231.307	56.7	22.2	29.3	3.73	0.89	0.40	284.8	231.9	2	156.7	-1.7	0.08	0.06
2150	531113.35	231.317	61.7	23.1	28.8	2.07	0.84	0.34	296.9	231.8	3	168.7	-2.1	0.13	0.05
2155	521115.29	233. 522	60.7	24.1	27.4	2.19	0.82	0.39	289.9	233, 8	3	163.7	-2.3	0.06	0.05
2157	521115.32	233.552	59.7	23.1	27.0	2.36	0.82	0.42	285.9	233.8	3	159.7	-2.5	0.06	0.08
2260	521212.26	260.836	73.8	27.1	19.3	2.28	0.71	0.66	257.9	260.8	3	158.7	-2.6	0.33	0.31
14.	オリオン文北	羘													-
NO	DATE (UT)	LS	α	δ	VG	а	е	q	ω	Ω	i	λ	β	D	D'
2100	531107.39	225.324	63.8	24.1	31.6	1.63	0.87	0.21	313.9	225.8	4	179.8	-2.0	0.40	0.48
2194	531204.40	252.595	80.8	25.0	26.9	2.18	0.81	0.41	287.8	252.9	2	180.7	-1.6	0.19	0.18
2244	521211.28	259.840	87.8	26.0	26.1	2.17	0.80	0.43	284.8	259.9	2	184.7	-1.7	0.18	0.16
2319	521213.42	262.016	83.8	27.0	23.4	2.23	0.76	0.53	273.9	261.8	3	175.7	-2.9	0.09	0.06
2332	531213.45	261.792	84.8	26.0	24.3	2.30	0.78	0.50	276.9	261.8	3	178.7	-2.8	0.09	0.08
136	530119.19	299.476	102.8	30.9	15.7	2.57	0.69	0.81	235.9	299.8	4	175.6	-2.5	0.24	0.17
155	530121.38	301.705	107.8	26.9	17.5	3.02	0.75	0.77	240.8	301.8	2	182.6	-1.4	0.19	0.13
187	540126.20	306.344	107.8	37.9	14.6	2.46	0.66	0.84	231.0	306.7	6	177.5	-3.4	0.28	0.19
192	540130.36	310.571	113.8	33.9	18.6	5.59	0.86	0.80	234.0	310.7	6	184.6	-3.6	0.25	0.16

参考-2. 黄道北系解析データ例

9. うお北群					
流星数	14			а	b
太陽黃経平均値	215.82	10/29	а	0.0082608	0.9821225
黄経毎出現数	0.147		е	-0.001665	1.1200163
軌道傾斜角平均值	6.21		q	0.0067263	-0.798835
同標準偏差	2.673		ω	-0.999564	471.57313
下日占 去 怒 亚 均 值	111 79		0	0.9977114	0.669648
近日常與駐于の順	3 016		i	0 0123465	3.5496104
近日息與莊悰平禰左	1. 7/1			0.0120100	0.0100101
近日 品 貝 稱 惊 準 m 定	1,741				
10. おひつじ群A					
流星教	15			a	b
大唱黄経平均值	225.66	11/8	а	0.008609	0.4226186
苦怒每川围数	0.188		е	-0.001998	1.1881686
前诸原刻帝亚均值	A 27		n	0.0072865	-1.0316
<u>乳担限</u> 行用于另但	0 052		4	-1 019732	491, 26582
问保 理[#] 定	106 OF		0	0 000017/	0 1722503
近日息與產半均個	120.95		24	-0 005719	5 5568913
近日点黄経標準偏差	3.137		1	-0.005116	0.0000010
近日点黄緯標準偏差	2.045				
1 1. おひつじ群B					
流星数	7			а	ь
大限黄経亚均值	240.59	11/23	а	0.0198056	-2. 426066
去叙伝山祖粉	0 089	11,00	e	-0.000416	0.8172662
與莊毋山先效	3 86		0	0.0066619	-0.948859
乳 通復新再干均值	1 706		ч	-1 00077	497 58496
回標準備左	1.790		0	0.0024426	1 0750660
近日 点 黄 衽 平 均 恒	137.51		52	0.9924430	-1 678344
近日点黄経標準偏差	2.127		1	0. 023003	-1.070344
近日点黄緯標準偏差	1.302				
12. おうし北群A					
流星数	7			а	b
大唱黄络亚均值	223, 13	11/5	а	0.0087616	0.1036035
去以后出租粉	0 060		e	-0.002078	1.266584
赴 造師創 角 亚 均 値	2 71		a	0 0067249	-1.077661
11月11月11月11月11月11月11月11月11月11月11月11月11月	0 612		4	-0.986121	505, 631
門係準備定 にのと共知可わば	140 00		0	1 0024348	-0 285425
近日点更栓平均恒	149.00		54	0.0024340	4 5040213
近日点黄経標準偏差	2.171		1	-0.008429	4. 0949210
近日点黄緯標準偏差	0.661				
 13 おうし北群B 					
流星数	18			а	b
太陽黃経平均値	225.74	11/8	а	0.0092762	0.2146828
黄経毎出現数	0.283		е	-0.003102	1.5457014
軌道傾斜角平均值	3.00		q	0.0078087	-1.409098
同標準偏差	0.667		ω	-0.957521	510.27033
近日占诸经亚均值	160.32		Q	0.9946408	1.6628666
近日志黄経西淮恒美	2 754		i	0.0156805	-0.539123
近日点黄緯標準偏差	0.602		at a	0.0100000	0.000120
14. オリオン χ 北根 売目数	库			9	b
711年数 十四 基 xx 页 长ki	975 50	19/97	1440	0 026049	-4 493357
A 勝 與 柱 半 均 胆 共 奴 伝 山 胆 對	210.02	14/21	4	-0 00199	1 1991115
更栓毋 出現数	0.106		e	-0.00128	-1 46000
則迫惧斜角半均恒	3.56		q	0.0074373	-1.40023
同標準偏差	1.284		ω	-0.991068	537, 3906
近日点黄経平均值	179.99		Ω	0.9995392	0.2977484
近日点黄経標準偏差	2.810		i	0.025889	-3.577323
近日点黄緯標準偏差	0.674				

参-3. 黄道南系流星群一覧(平均太陽黄経日付順)

群番号	流星群名	別表記	出現期間	太陽黄経	日付	輻射点(2000.0)	地心速度	近日点	京方向	活動度	備考
				(2000.0)		α	δ	km/s	λ	β	個/黃経1°	
ES18	ししα南群	α Leo(S)	$1/13 \sim 3/21$	319	2/ 8	139	9	24	226	5	0.12	
ES17	仮称かにβ群	仮βCnc	1/16~ 3/20	326	2/15	128	8	16	204	4	0.14	
ES19	ししχ南群A	χ Leo(S)-A	1/23~ 3/20	336	2/25	156	4	24	245	5	0.14	
ES20	ししχ南群B	χ Leo(S)-B	1/16~ 5/22	7	3/27	177	-4	20	260	3	0.06	
ES21	おとめ南群	Vir(S)	3/ 5~ 6/ 4	26	4/15	193	-9	18	276	2	0.12	
ES22	おとめα南群A	$\alpha Vir(S) - A$	2/12~ 6/ 5	36	4/26	208	-16	21	297	3	0.10	
ES23	おとめ α 南群 B	$\alpha Vir(S) - B$	3/14~ 6/14	40	4/30	215	-18	23	307	3	0.06	
ES24	てんびん南群	Lib(S)	4/ 5~ 6/25	57	5/18	231	-23	22	322	3	0.12	
ES25	<u>さそり x 南群</u>	χ Sco(S)	3/19~ 7/15	63	5/24	241	-23	24	334	2	0.04	100 th 110 m
ES26	<u>仮称さそり ε 群</u>	仮ε Sco	5/ 5~ 7/ 3	72	6/2	250	-36	24	343	11	0.09	準黄道糸
ES27	さそり α 群	αSco	5/ 5~ 8/ 6	79	6/10	257	-27	24	349	3	0.07	
ES01	へびつかい θ 南群	θ Oph(S)	5/ 9~ 8/ 6	79	6/10	266	-28	27	5	5	0.13	
ES02	いて群	Sgr	5/29~ 8/14	97	6/29	284	-31	27	17	8	0.05	
ES03	やぎ南群	α Cap(S)	6/24~10/13	128	7/31	308	-22	23	33	2	0.06	
ES04	みずがめι南群	ι Aqr(S)	7/19~10/16	157	8/30	343	-11	24	73	3	0.10	
ES05	仮称くじらι群	仮ιCet	7/21~11/ 6	179	9/21	6	-14	22	88	11	0.06	準黄道系
ES06	うお南群A	Psc(S)-A	9/20~10/24	192	10/ 5	9	-3	21	93	4	0.30	
ES07	うお南群B	Psc(S)-B	8/31~12/ 9	196	10/ 9	17	3	23	108	3	0.12	
ES09	くじら群A	Cet-A	9/19~12/10	203	10/16	31	6	25	127	6	0.17	
ES10	くじら群B	Cet-B	9/25~12/11	200	10/13	33	8	27	137	5	0.17	
ES11	くじら群C	Cet-C	10/ 2~ 1/15	207	10/20	39	10	28	143	5	0.17	
ES13	おうし南群A	Tau(S)-A	10/ 9~11/17	207	10/20	42	11	28	149	5	0.42	
ES08	うお南群C	Psc(S)-C	9/17~ 1/17	221	11/ 3	35	4	21	117	6	0.05	
ES14	おうし南群B	Tau(S)-B	10/14~ 1/ 1	233	11/14	58	15	27	156	5	0.27	
ES12	仮称エリダヌスβ群	仮βEri	11/ 9~ 1/14	252	12/4	73	-6	28	145	22	0.06	準黄道系
ES15	オリオン χ 南群 A	χ Ori (S)-A	11/ 2~ 1/20	259	12/10	81	14	23	171	7	0.11	
ES16	オリオン χ 南群 B	χ Ori (S)-B	12/ 4~ 2/ 5	268	12/20	91	18	24	183	5	0.14	

M55-075

参一4. 地球型流星群一覧 (平均太陽黄経日付順)

						極大	(平均太	陽黄経)				
群番号	流星群名	別表記	出現期間	太陽黄経	日付	輻射点(2000.0)	地心速度	近日点	〔方向	活動度	備考
				(2000.0)		α	δ	km/s	λ	β	個/黃経1°	
TR03	仮称おおぐまγ群	仮γUMa	1/13~ 4/11	339	2/28	182	52	8	226	-10	0.06	降交点
TR02	仮称おおぐまμ群	仮μUMa	1/13~ 5/ 3	344	3/ 5	152	40	5	206	-3	0.04	11
TR04	仮称コップθ群	仮θCrt	2/20~ 6/ 3	2	3/23	172	-6	7	257	2	0.05	昇交点
TR06	仮称かみのけα群	仮αCom	1/15~ 6/ 4	4	3/25	196	19	9	278	-7	0.04	降交点
TR05	仮称うしかいβ群	仮βBoo	3/13~ 6/ 4	26	4/5	227	46	10	261	-13	0.07	11
TR07	仮称うしかいσ群	仮σBoo	2/26~ 6/ 9	26	4/5	218	28	12	281	-14	0.04	11
TR08	仮称おとめv群	仮vVir	3/13~ 5/ 9	22	4/12	212	-1	10	310	-4	0.07	11
TR09	仮称おとめφ群	仮φVir	2/12~ 6/23	27	4/17	221	1	9	321	-5	0.04	11
TR01	仮称ペルセウスν群	仮 v Per	10/ 9~12/31	226	11/ 8	59	42	4	166	-3	0.05	11

参-5. 順行高角流星群一覧(平均太陽黄経日付順)

4. A.A.

				極大(平均太陽黄経)								
群番号	流星群名	別表記	出現期間	太陽黄経	日付	輻射点(2000.0)	地心速度	近日点	〔方向	活動度	備考
-				(2000.0)		α	δ	km/s	λ	β	個/黄経1°	-
DH06	しぶんぎ群	Qua	1/ 1~ 1/13	283	1/4	230	49	41	100	9	1.76	11
DH17	仮称りょうけんα群	仮aCVn	1/ 4~ 4/26	344	3/4	197	37	32	244	-40	0.07	降交点
DH14	仮称うしかい ι 群	仮ιBoo	1/26~ 5/ 8	3	3/24	220	50	27	221	-27	0.09	11
DH12	こと群A	Lyr-A	3/19~ 5/ 1	23	4/12	283	46	39	201	4	0.17	II
DH11	仮称りゅうφ群	仮øDra	3/18~ 6/ 3	23	4/13	274	68	24	199	3	0.17	11
DH13	こと群B	Lyr-B	3/21~ 4/22	27	4/17	265	34	45	218	-39	0.22	11
DH18	ことα群	αLyr	1/16~ 6/ 9	32	4/22	252	38	36	246	-39	0.12	11
DH15	仮称ヘルクレスι群	仮 ι Her	3/20~ 6/ 8	40	4/29	278	52	36	225	-8	0.14]]
DH22	かんむりα群	α CrB	4/ 1~ 5/ 9	40	4/30	247	25	35	286	-47	0.14	11
DH21	へび北群	Ser(N)	3/13~ 8/ 5	59	5/19	276	32	41	266	-47	0.05	11
DH20	ポン・ウィンネッケ群	ι Dra	4/ 2~ 6/25	62	5/23	251	49	24	264	-15	0.20	11
DH19	仮称はくちょうγ群	仮γCyg	4/ 6~ 6/13	63	5/24	294	38	45	250	-31	0.11	11
DH23	かんむりと群	ξCrB	4/ 1~ 7/ 3	66	5/27	250	34	24	288	-23	0.13]]
DH24	へび南群	Ser(S)	3/30~ 8/25	83	6/13	288	35	38	296	-44	0.04	11
DH25	仮称ことµ 群	仮µlyr	4/30~ 8/ 5	92	6/23	273	41	26	305	-24	0.11	11
DH26	はくちょう群A	Cyg-A	5/ 6~ 8/25	112	7/14	283	43	24	326	-23	0.10	11
DH07	みずがめδ南群	δ Aqr(S)	7/21~ 7/29	124	7/27	340	-18	41	102	14	0.52	昇交点
DHP1	みなみのうおα群	a PsA	7/28	125	7/28	339	-27	41	85	23	-	昇交点
DH08	ペガススβ群B	βPeg-B	7/15~10/13	145	8/18	343	16	35	102	-31	0.06	降交点
DH04	ペガススβ群A	βPeg-A	7/15~10/22	164	9/6	346	29	27	88	-31	0.07	11
DH01	はくちょう群B	Cyg-B	7/24~10/12	169	9/11	314	55	27	19	-23	0.08	降交点
DH27	仮称ケフェウスκ群	仮ĸCep	9/ 1~ 9/28	173	9/16	306	83	37	356	-5	0.15	11
DH03	はくちょう群C	Cyg-C	7/29~10/10	176	9/19	323	48	23	39	-23	0.06	11
DH02	仮称きりんγ群	仮γCam	8/13~11/19	197	10/10	42	72	44	38	-55	0.04	11
DH09	仮称ペルセウスφ群	仮φPer	9/10~12/14	205	10/18	25	50	35	116	-45	0.05]]
DH10	仮称ぎょしや ε 群	仮 ε Aur	10/ 7~12/11	227	11/ 9	76	44	31	194	-22	0.06]]
DH05	仮称きりんα群	仮αCam	8/18~ 1/13	228	11/10	82	74	39	98	-58	0.05	11
DHP2	オリオン x 群M	χOri-M	11/12~11/20	234	11/16	83	15	46	211	12	-	降交点
DH16	いっかくじゅう群	Mon	12/10~12/17	261	12/13	106	9	42	225	24	0.83	昇交点

4.4 6.14

455-075

輻射点分布図による小流星群の研究

流星物理セミナー・ワーキンググループ 重野好彦

1、はじめに

流星群の分類は、大流星群と中流星群までに関して は、観測の手引き書などがあり、流星観測ガイドブッ クで42群、Handbook for Visual Meteor Observers で38群を紹介しています。しかし、小流星群までを 含むものは、その分類の困難さから、まとまったもの がありませんでした。ところがここに来て、クロンク によるものと、塩井によるものが入手できました。ま たさらに写真及びTVによる同時観測から得られた輻 射点、軌道データが、4,776個入手できました。

これらはあまりにデータ量が多く、数字ばかりのた め、分類作業を困難にしています。そこで1年を10 日づつに分け、36の季節に於ける輻射点分布図を作 成してみました。これにより、1年間の流星群の活動 状況やクロンク、塩井の流星群分類の様子が分かりや すくなりました。

2、クロンクと塩井の流星群分類

クロンクは過去の多くの流星関係の文献を調査し、 119群を分類しています。その中でも比較的活動の はっきりしたものとはっきりしていないものに分けて います。比較的活動のはっきりしたものに関しては、 活動期間と極大日、輻射点と輻射点移動を示していま す。また活動のはっきりしないものに関しては、調査 した文献のデータをそのまま掲載しているだけのため、 それらをまとめて活動期間と極大日、輻射点と幅射点 移動を推定しました。またクロンクは、速度をほとん ど示していないため、掲載されている軌道要素から地 心速度を計算で求めました。まとめた結果は表1に示 しました。なお分点は特に示されていないのですが、 軌道要素から推定して、1950年分点と思われます。

塩井はマクロスキー&ポゼンの2,413個の輻射 点と軌道データから、

1) 流星軌道の近日点黄経(λ)、軌道傾斜角(i) が同一かどうか。

2) 観測時の太陽黄経の変化に伴い、流星軌道の離心 率(e)、近日点距離(q)、近日点引数(ω)、昇 交点黄経(Ω)、軌道傾斜角(i)が直線的に変化す る。

という独自の理論により、148群を分類しています。

極大日は大流星群に関しては当てはまりますが、小 流星群に関しては極大がはっきりしないため、活動期 間の中央日としました。塩井の場合、輻射点移動は活 動期間の時期により異なるため、極大日前後の移動量 を示しました。まとめた結果は表1に示しました。な お分点は2000年分点です。

3、輻射点分布図

写真及びTVによる同時観測から得られた、4,7 76個の輻射点を使用して、星図上に輻射点を×印で 示しました。この×印は流星の地心速度によりサイズ を変えてあります。また各月を上・中・下旬に分けて、 1年間で36通りの輻射点分布図になっています。な お分点は2000年分点です。

輻射点データの出典の内訳は以下の通りです。

1)マクロスキー&ポゼン	2,	4	1	3個
2)ババジャノフ、セプレハ他	1,	9	2	6個
3) M S S – W G		4	3	7個
合 計	4,	7	7	6個

4、流星群輻射点分布図

クロンク、塩井の極大時に於ける流星群の輻射点位 置をクロンクは×印、塩井は+印で示しました。この ×印、+印も流星の地心速度によりサイズを変えてあります。各月ごとに12通りの流星群輻射点分布図に なっています。クロンクは1950年分点、塩井は2 000年分点ですが、双方とも度の単位までの表示の ため、そのまま使用しました。

5、流星群分類と輻射点分布図の考察

クロンク、塩井の流星群分類と輻射点分布図から簡 単な考察を行ってみました。

1月:ししの東にある群は塩井がかみのけ:Com -A、B群としてとらえているが、クロンクはとらえ ていない。

2月:ししの北の群は単発的なものなのか、クロン クも塩井も指摘していない。 2月下旬は流星数が少 ない。黄道群の活動を調べるためにも観測を行いたい。

3月:てんびんの北東の群は、クロンク、塩井共に とらえていない。3月6~31日にかけて出現数6個、 平均輻射点は(238, +1)、地心速度は62km/s。 (塩井氏によると、活動期間が長いわりに流星数が少 ないため、まとめられなかったとのこと) 3月下旬 は流星数が少ない。黄道群の活動を調べるためにも観 測を増やしたい。

4月:おとめ周辺に広く輻射点が分布している。ク ロンクは γ Vir、 α Vir、Vir-Aprと3群 を指摘しているが、塩井は10群に分類している。

5月: さそり付近の南北群はクロンクが、へびつか い: Oph-May-N、Oph-May-Sとして とらえているが、塩井には必ずしもこれに相当する群 がない。 みずがめ η の初期活動、終期活動を調べる ために、4月20日ごろ、5月15日ごろの観測が欲 しい。塩井のみずがめ η の速度はやや速い。

6月:黄道が南に下がっているため黄道群の活動が 分かりにくい。

7月:ペルセウスの初期活動はかなり早そうだ。輻 射点データから見ると7月8日に1個出現している。 この時期から観測を行いたい。

8月:塩井のペルセウスの活動の様子は、クロンク やその他の観測の手引き書とは大きく違う。 やぎα に関してクロンクは1群のみだが、塩井は4群に分け ている。

9月:8月上旬にみずがめδ南北群ではっきりして くる黄道群が、9月うお群でややぼやけて、10月お ひつじ、11月におうしとはっきりしてくる様子がお もしろい。この様子を図1に示す。8月下旬、9月上 旬に流星数が少ないのが残念。



図1、7月下旬~11月下旬の黄道付近の輻射点分布

10月:塩井のこじし:LMi-Octをクロンク はとらえていない。活動期間が短いためか。

11月:クロンクのしし群の活動期間は11月14 ~20日と短いが、塩井のしし群は9~12月と非常 に長い。まずは11月上旬、11月下旬の観測数を増 やしたい。

12月:こぐま:UMiは突発性があるが、得られ た流星数は2個と少ない。ぜひ突発時に同時観測を成 功させたい。

6、まとめ

1) 黄道群などで輻射点の広がりが大きいのは分かる が、塩井の分類は多すぎるようにも思う。(塩井氏に よると、1つの群をA群、B群などと分けており、こ れを1群にまとめることは可能とのこと)

2)クロンクの119群と塩井の148群が、主要群 を除いて、思いの他一致が見られない。これは塩井に よる流星群の活動期間が長いことと、輻射点移動量が 時期により変化するために、一致の検出を困難にして いることも原因となっている。

活動期間に関して、同時流星数の不足を補うため、 流星数の不十分な期間の観測を充実させ、塩井の言う 長い活動期間が事実かどうか調べたいと考えています。

7、謝辞

塩井宏幸氏にはマクロスキー&ポゼンの軌道データ をいただき、考察にコメントをいただきました。小関 正広氏にはババジャノフ、セプレハ他の軌道データを いただきました。司馬康生氏にはクロンク著:Meteor Showers をご紹介いただきました。ここに感謝をいた します。

8、参考文献

- [1] 日本流星研究会編, 流星観測ガイドブック, 誠文堂新光社, 1974.
- [2] Rendtel, J. and Arlt, R. and McBeath, A., Handbook for Visual Meteor Observers, International Meteor Organization, 1995.
- [3] Kronk, G. W., Meteor Showers, Enslow Publishers, Inc., 1988.
- [4] 塩井宏幸, 重野好彦, 流星群カタログ, 1995.
- [5] McCrosky, R. E. and Posen, A., Orbital Elements of Photographic Meteors, Smithsonian Contributions to Astrophysics, Vol. 4, 1961, pp. 15-84.
- [6] Koseki, M., Analysis of meteor data on a microcomputer system, J. Brit. astron. Assoc., 96, 4, 1986, pp. 232-240.

MS5-079

[表1、クロンクと塩井による流星群分類] 出曲 毎印: クロンク s印: 塩井

	山州州山	• / -		140	- mile	~		
	群名で	-p は.	、仮行	名の	家味			
群	活動期間	極大	輻射	封点	速度	輻射和	多動 b	Ц
<january></january>	M D M D	M D	α	δ	km/s	$\Delta \alpha$	$\Delta \delta $	與
Z Aur-N	1211-0115	0102	65	+57	13			
<i>C</i> Aur	1211-0121	1231	77	+35	13			
ø Gem	1228-0128	0108	108	+32	20	+1.1	-0.2	
CVn	0113-0130	0124	112	+10	18	+1.0	-0.4	
Y Gem-A-p	1214-0411	0128	120	+30	19	+0.4	+0.1	S
γ Vel	1219-0106	0101	125	-49	41			
δCnc	1214-0214	0115	128	+20	26	+1.0	-0.2	
δ Cnc-S	-	0119	133	+14	26			
αHya	0115-0130	0120	140	-09	41			
αLeo	0113-0213	0127	156	+09	31			
n Car	0114-0127	0121	160	-59	41			
n Crt	0111-0122	0116	176	-17	57			
Com-A	0113-0123	0118	189	+19	64	+0.7	-0.4	S
Com-B	0102-0116	0107	190	+19	66	+0.2	+0.0	S
γ Hya-p	1220-0218	0123	204	-22	71	+0.7	-0.2	S
Boo-Jan	0109-0118	0115	226	+44	28			
Qua	1228-0107	0103	229	+49	41			
Qua	0101-0113	0104	230	+49	41	+1.5	-1.3	S
Dra-Jan	0113-0117	0115	246	+62	31			
<february< td=""><td>></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></february<>	>							
Aur	0131-0223	0207	74	+42	8	+0.7	+0.3	
BCnc-p	0116-0320	0215	128	+08	16	+0.3	-0.2	S
δLeo-S	0113-0224	0203	135	+08	22			
χGem-B-p	0113-0503	0221	137	+23	17	+0.3	+0.0	S
αLyn-p	0113-0407	0204	137	+38	20	+0.7	+0.1	S
a Leo-S	0113-0321	0208	139	+09	24	+0.5	-0.4	S
χ Leo-S-A	0123-0320	0225	156	+04	24	+0.4	-0.2	S
δLeo	0205-0319	0222	156	+18	22			
σ Leo	0209-0313	0226	169	+14	26	+0.9	-0.4	
γ UMa-p	0113-0411	0228	182	+52	8	+0.7	-0.1	S
β Cen	0202-0225	0208	208	-58	59			
α Cen	0202-0225	0208	216	-60	57			
BooFebA	0113-0313	0206	217	+21	61	+0.5	-0.4	S
BooFebB	0121-0220	0210	230	+11	64	+0.5	-0.5	S
CrB-Feb	0205-0308	0222	243	+22	59	+0.1	-0.1	S
Cap-Sgr	0113-0228	0201	299	-15	27			
χ Cap	0129-0228	0213	315	-24	27			
<march></march>								
η Leo-p	0115-0415	0303	150	+21	16	+0.4	+0.0	S
μUMa-p	0113-0503	0305	152	+40	5	+0.6	+0.2	S
<i>p</i> Leo	0217-0313	0301	157	+05	22			
α Leo-N	0115-0506	0304	161	+17	21	+0.5	-0.1	S
θCrt-p	0220-0603	0323	172	-06	1	+0.4	-0.3	S
Leo-UMa	0318-0407	0328	176	+23	16			
BLeo	0214-0425	0320	177	+11	15			
x Leo-S-B	0116-0522	0327	177	-04	20	+0.5	-0.2	S
χLeo-N	0205-0412	0326	180	+07	20	+0.5	-0.1	S
o Leo	0206-0605	0330	181	+30	17	+0.5	+0.3	S
π Vir	0213-0408	0306	182	+03	30			
ηVir	0224-0327	0318	185	+03	23			
0 Vir	0310-0421	0320	194	-02	31	+0.9	-0.3	
ε Vir-p	0115-0604	0325	196	+19	9	+0.5	+0.1	S
LM1	0104-0426	0304	197	+37	32	+1.0	+0.0	S
l воо-р	0126-0508	0324	220	+50	21	+1.0	+0.2	S
7 Dra	0322-0408	0330	244	+62	21			
7 NOT	0910 0010	0310	240	-49	01			
Aqr-Mar	0312-0316	0314	340	-08	31			
o men	0314-0321	0318	55	-80	34			
(April)	0410 0405	0400	110	. 10	15			
IMa_Ara	0410-0420	0423	140	-43	10			
w Vir	0310-0309	0419	149	-01	14	10 7	10 0	
Vir_N_A	0211_0602	0414	100	-01	14	+0 F	-0 1	c
ALeo	0308-0528	0410	102	+26	15	+0 2	+0 4	0
Vir-S	0305-0604	0415	193	-09	18	+0.5	-0.2	S

α Com-p Vir-N-B η UMa-p α UMi-p α Vir α Vir-N β Com-p α Vir-S-A τ Vir-p	0309-0602 0301-0614 0320-0521 0321-0405 0310-0506 0320-0507 0217-0605 0212-0605 0212-0619	0417 0416 0418 0405 0412 0418 0418 0426 0414	$\begin{array}{rrrrr} 197 & +16 \\ 200 & -04 \\ 204 & +51 \\ 204 & +78 \\ 204 & -11 \\ 207 & -06 \\ 208 & +41 \\ 208 & +16 \\ 209 & +02 \\ 212 & -01 \end{array}$	19 21 17 24 23 18 21 25	+0.4 +0.1 s +0.5 -0.1 s +0.5 +0.7 s -1.8 +1.2 s +0.5 -0.1 s +0.5 +0.5 s +0.5 -0.2 s +0.5 -0.1 s +0.7 +0 2 s
α Vir-S-B Vir-Apr σ Boo-p ϕ Vir-p μ Vir-p	0314-0614 0401-0416 0226-0609 0212-0623 0306-0604	0430 0411 0405 0417 0423	215 -18 216 -01 218 +28 221 +01 221 -03	23 27 12 9 26	+0.4 -0.3 s +0.7 +0.1 s +0.5 -0.1 s +0.6 +0.0 s
βBoo-p Lib αCrB αLyr Lyr-B	0313-0604 0413-0421 0401-0509 0116-0609 0321-0422	0405 0416 0430 0422 0417 0420	$\begin{array}{r} 227 +46 \\ 236 -15 \\ 247 +25 \\ 252 +38 \\ 265 +34 \\ 272 +33 \end{array}$	10 31 35 36 45 48	+0.7 +0.1 s +0.8 +0.1 s +0.9 +0.3 s +1.1 +0.1 s
bra-p μ Her-p Lyr-A τ Dra δ Pav	0318-0603 0320-0608 0319-0501 0313-0417 0403-0408	0420 0413 0429 0412 0401 0401	272 + 53 274 + 68 278 + 52 283 + 46 285 + 69 303 - 63	24 36 39 21 59	+1.3 +0.2 s +0.6 +0.6 s +2.1 +0.2 s
Psc-Apr <may></may>	0408-0429 0319-0614	0420	7 +05 214 +18	27 16	+0.4 +0.4 s
Lib-N-A α Boo-A α Boo-C Lib-S	$\begin{array}{r} 0408 - 0623 \\ 0328 - 0614 \\ 0416 - 0625 \\ 0405 - 0625 \end{array}$	0515 0515 0516 0518	224 -13 226 +32 229 +24 231 -23	20 17 18 22	+0.4 -0.1 s +0.4 +0.4 s +0.5 +0.5 s +0.5 -0.2 s
Lib-N-B Lib-May χ Sco-S ξ CrB	0404-0623 0501-0509 0319-0715 0401-0703 0402-0625	0520 0506 0524 0527 0523	233 -11 233 -18 241 -23 250 +34 251 +49	21 26 24 24 24	+0.5 +0.0 s +0.5 -0.1 s +0.4 +0.5 s +0.8 +0.6 s
OphMayS OphMayN & Aq1 Ser-N	0402 0023 0421-0604 0408-0616 0504-0527 0313-0805	0515 0518 0517 0519	$\begin{array}{r} 251 & +43 \\ 252 & -23 \\ 253 & -15 \\ 276 & +13 \\ 276 & +32 \end{array}$	31 29 31 41	+0.9 +0.4 s
γ Cyg-p η Aqr η Aqr Psc-May	0406-0613 0421-0512 0505-0512 0504-0527	0524 0505 0510 0512	294 +38 336 -01 340 +00 13 +22	45 64 69 35	+1.2 +0.5 s +1.0 +0.4 s
o Cet Ari-May & Ari <june></june>	0507-0609 0504-0606 0425-0527	0519 0516 0509	$\begin{array}{r} 28 & -03 \\ 37 & +18 \\ 44 & +21 \end{array}$	36 25 21	
τ Her ω Sco χ Sco-N	0627-0705 0519-0619 0519-0711 0417-0725	0627 0628 0609 0604 0601	$\begin{array}{r} 192 & -19 \\ 223 & +58 \\ 236 & +41 \\ 243 & -22 \\ 245 & -09 \end{array}$	16 16 20 21	+0.9 -0.2 +0.4 -0.1 s
χ Sco ε Sco-p λ Oph-p α Sco Oph	0506-0702 0505-0703 0412-0809 0505-0806 0519-0702	0601 0602 0611 0610 0620	$\begin{array}{r} 245 & -12 \\ 250 & -36 \\ 254 & +03 \\ 257 & -27 \\ 263 & -20 \end{array}$	20 24 21 24 24 24	+0.5 -0.2 s +0.4 +0.3 s +0.5 -0.1 s
θ Oph-N θ Oph ζ Ser-p	0426-0916 0521-0616 0507-0820	0616 0610 0621	$\begin{array}{r} 265 & -17 \\ 265 & -28 \\ 266 & -06 \end{array}$	22 27 22	+0.5 +0.0 s +0.4 +0.3 s
θ Oph-S μ Lyr-p Lyr-Jun Sct-Jun	0509-0806 0430-0805 0610-0621 0602-0729 0601-0715	0610 0623 0615 0627 0618	266 -28 273 +41 278 +35 278 -04 278 -25	27 26 27 19 28	+0.6 -0.1 s +0.3 +0.6 s
Sgr Ser-S Aql-Jun	0529-0814 0330-0825 0602-0702	0629 0613 0611	284 -31 288 +35 289 -06	27 38 37	+0.6 +0.0 s +0.7 +0.6 s

M55-079

Sgr	0608-0616 0	611 3	04 -35	34				And	0810-1213	1011	5 +28	22	+0.3	+0.5	S
λPeg	0523-0715 0	610 3	24 +25	59	+0.7	-0.1	S	Psc-S-A	0920 - 1024 0920 - 1102	1005	9 -03	18	TU. J	10. 2	0
Ari	0522-0702 0	613	45 +24	28	+1 1	+0.3		Psc-S-B	0831-1209	1009	17 +03	23	+0.4	+0.1	S
ζ Per	0520-0705 0	630	79 +21	28	11.1	10.4		CetOctN	-	1010	21 +03	3 22			
$\langle u v \rangle$	0003 0110 0	000	10 . 41	10				CetOctS	<u>14</u> 2	1001	21 -10) 24			
oDra	0706-0724 0	715 2	71 +59	29				Psc-N	0916-1220	1029	24 +20) 20	+0.4	+0.4	S
o Oph-p	0430-0813 0	704 2	73 +18	21	+0.4	+0.6	S	φPer−p	0910-1214	1018	25 +50) 35	+0.7	+0.7	S
αLyr	0709-0720 0	714 2	80 +38	24	-			Psc-N	-	1012	26 +10	20	10 5	+0 1	
₿Sct-p	0512-1006 0	715 2	281 +00	20	+0.3	+0.4	S	Cet-A	0919-1210	1016	31 +00	20	+0.0	+0.1	5
Cyg-A	0506-0825 0	714 2	283 +43	24	+0.2	+0.6	S	Ar1-Oct	0907-1027	1018	32 +00	2 27	+0.9	+0.4	c
ν Aql-p	0609-0913 0	721 2	291 -01	21	+0.4	+0.2	S	Cet-B	1022-1020	1013	39 +00) 25	10.0	10.1	0
σ Cap	0714-0725 0	1720 3	307 - 15	28	+0 5	+0 0	c	Cet-C	1023 - 1030 1002 - 0115	1021	39 +10	28	+0.5	+0.2	S
α Cap-S	0616-0720 0	1131 3	211 - 15	23	τ υ. σ	TU. U	9	Tau-S-A	1009-1117	1020	42 +1	1 28	+0.4	+0.1	S
	0716-0729 0	730 3	337 - 28	39				γ Cam-p	0813-1119	1010	42 +7:	2 44	+2.0	+0.6	S
S Aar-S	0714-0818 0	729 3	339 -17	40	+0.9	+0.4		εPer	0813-1102	1001	58 +44	4 59	+1.1	+0.1	S
aPsA	- 0	728 3	339 -27	41			S	λOri-p	0710-1024	1004	78 +14	4 62	+0.8	+0.1	S
δ Agr-S	0721-0729 0	0727 3	340 -18	41	+0.9	-0.2	s	δAur	0922-1023	1010	85 +53	2 60	+1.2	+0.1	
BAri-p	0622-0829 0	0728	24 +21	70	+0.7	+0.3	S	Ori-A	0917-1107	1021	95 +1	5 67	+0.7	+0.1	S
λAri-p	0430-0830 0	0712	25 +25	67	+0.7	+0.3	S	Ori	1015-1029	1021	95 +1	6 66	+1. 2	+0.1	-
Phe-Jul	0709-0717 0)714	32 -48	46				γ Gem	0926-1106	1021	96 +1	5 60	+0.4	+0.1	S
<august></august>	0014 0010 0	NO.0 5 1	150 100	0.0				OF1-B	1010-1023	1018	103 +2	5 69	+0.7	-0 1	0
γ Leo	0814-0912 0	1825 1	165 +69	24				E Gem	1010 - 1021 1014 - 1027	1020	103 + 2	7 69	+0.7	-0.1	S
a uma	0725-0025 (1823 1	285 +46	21	-0 5	+0 /	S	EHva	0830-0121	1023	109 +1	3 70	+0.7	-0. 2	S
Cyg-D K Cyg	0726-0923 (1819 2	290 +54	26	+0.5	+0.2		Sex	0924-1009	1001	153 -0	2 31			
a Cap	0715-0911 0	0801 3	307 -08	21			1.	LMi-Oct	1022-1024	1024	161 +3	6 62			s
α Cap-N-A	0715-1013 (0809 3	308 -09	20	+0.3	+0. 3	s	<november2< td=""><td>></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></november2<>	>						
α Cap-N-B	0609-1009 (0811 3	316 -10	22	+0.5	+0.2	s	αPeg	1029-1112	1104	340 +2	3 11			
α Cap-N-C	0629-1029 (0829	331 -06	21	+0.5	+0.2	s	And	-	1114	26 +3	7 19			
ℓ Aqr-S	0701-0918 (0806	337 -12	30	+1.1	+0.2	2	Psc-S-C	0917-0117	1103	35 +0	4 ZI	+0.5	+0.0	S
δAqr−N	- (0805	341 -01	41	10 F		S	Ar1-A	0925-1214	1108	30 ±2	1 26	+0.4	+0.2	10
BPeg-B	0715-1013	1818 A	343 +10	30	+0.0	+0.0	S	Ari-B	1016-0102	1123	40 +2 50 +2	5 19	+0.4	+0 2	S
2 Aqr-S	0716-0910 (0000 0 0813 9	343 - 11 311 + 02	35	+0.0	+0.9	2	Tau-S	0917-1127	1103	53 +1	2 28	+1.0	+0. 3	3
n Peg	0725-0819 (0808 3	349 +18	49	10.0			Tau-N	1012-1202	1105	54 +2	1 29	+0.8	+0.2	1
ι Agr-N	0811-0910 (0825	350 +00	26	+1.0	+0.1		Tau-N-B	1010-1212	1108	55 +2	2 29	+0.6	+0.2	s
π Cas-p	0715-0821 (0806	8 +45	58	+0.7	+0. () s	Tau-S-B	1014-0101	1114	58 +1	5 27	+0.6	+0.0	S
Cas	0716-0814 (0801	16 +58	56	+0.1	+0.1	s	ν Per-p	1009-1231	1108	59 +4	2 4	+0.5	+0.1	S
βPer-p	0511-1104 (0827	40 +41	64	+0.8	+0.1	S	ε Aur-p	1007-1211	1109	76 +4	4 31	+0.7	+0.0	IS
Per-A	0729-0831 (0810	40 +58	59	+0.0	+0.1	ls	α Cam-p	0818-0113	1110	82 +1	4 39	+2.0	+0.4	i S
Per Eri-Aug	0123-0822 (0012	40 +01	63	τ1. 4	τυ. α)	X OI I-NOV	1027-1209	1116	107 +0	5 59	+0 8	-0 1	S
Per-B	0808-0830	0814	51 +59	59	+0 5	+0 !	i s	Mon-Nov	1113-1202	1121	109 -0	6 56	+0.8	-0.4	i
λ Tau-p	0810-0917	0825	56 +16	70	+0.7	+0.1	ls	ζ Mon-p	0917-0121	1107	119 -0	3 66	+0.7	+0. () s
<september< td=""><td>r></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>Leo-A</td><td>0918-1214</td><td>1104</td><td>142 +2</td><td>8 70</td><td>+0.9</td><td>-0.3</td><td>3 s</td></september<>	r>							Leo-A	0918-1214	1104	142 +2	8 70	+0.9	-0.3	3 s
ηDra	0828-0923 (0912	249 +63	20				Leo-B	0930-1214	1109	148 +2	2 71	+0.9	-0.2	s
к Сер-р	0901-0928	0916	306 +83	37	-3.2	+0. 3	3 s	Leo	1114-1120	1117	153 +2	2 72	+1.0	-0.4	ł
μCep-p	0724-1012	0911	314 +55	27	+0.0	+0.	S	<december< td=""><td>></td><td>1204</td><td>15</td><td>0 10</td><td></td><td></td><td></td></december<>	>	1204	15	0 10			
π Cyg-p	0729-1010 0	0007	323 +48	23	+0.0	+0. () S	Pne SAri-S	1208-0102	1204	10 -0	1 15			
BPeg-A	0715 - 1022	0901	316 +29	27	+0 1	+0 6	i s	SAri-N	1208-0102	1221	54 +2	5 13			
γ Psc	0910-1005	0924	350 +03	18			, 0	BEri-p	1109-0114	1204	73 -0	6 28	+0.6	-0.2	2 s
¿ Agr-N-A	0805-1024	0922	355 +07	23	+0.4	+0. 3	3 s	x Ori-S-A	1102-0120	1210	81 +1	4 23	+0.5	-0.1	S
Psc	0812-1007	0911	0 +04	27				χOri-N	1116-1216	1210	82 +2	3 23			
ℓ Aqr-N-B	0818-1003	0919	1 +05	25	+0.4	+0. 3	3 s	χOri-S	1202-1218	1210	88 +2	0 24			21
ℓ Cet-p	0721-1106	0921	6 -14	22	+0.5	+0.() s	χOri-S-B	1204-0205	1220	91 +1	8 24	+0.5	+0. () s
κPer	0716-1021	0906	59 +49	64	+0.6	+0.1	ls	χOri-N Man Dec	1107-0130	1227	94 +2	9 22	+0.5	+0.2	S
a Per	0809-1006	0908	00 +02 70 ±99	67	+0.7	+0. 4		Mon-Dec	1210-1210	1211	101 +1	0 42	+0 2	+0 4	2 0
α Aur	0812-0927	0928	81 +40	68	+0.8	+0.0	2 8	CMi	1204-1215	1213	109 +1	2 38	+0.5	-0.4	1
α Aur	0825-0906	0901	85 +41	67	.0.0			Gem	1204-1216	1213	112 +3	2 35	+0.7	-0.1	s
ßAur	0831-1029	0928	108 +44	68	+0.9	+0. () s	Gem	1206-1219	1213	113 +3	3 35	+0.8	-0. 3	3
<october></october>								σ Hya	1204-1215	1211	127 +0	2 59			
Dra	1006-1010	1009	262 +54	20				σ Hya	1204-1215	1212	128 +0	2 58	+0.9	-0.1	S
γDra	1004 1010	1009	271 +47	17			S	LMiDecB		1212	157 +3	4 62	+0.8	-0.4	S
O Lyg	1004-1010	1009	300 +51 311 ±55	17				LM1 DecA	1210-0115	1220	165 +2	20 0	+0.1	-0. 8	1 5
a Cvg	0922-1011	1004	316 +52	17				UMi	1217-1224	1222	217 +7	6 34			
μPeg	0727-1112	1008	350 +12	17	+0.0	+0.3	3 s	UMi	1217-1223	1222	218 +7	6 34			S

MS5-079



MSS-079



4月下旬 補正輻射点分布

4月


Late in Jun. Corr.Radiants. (2000.0) 6月 流星群輻射点分布 Jun. Meteor Shower Radiants. (2000.0)







星座名	所有格	略号	和名	Lacerta		Lac	とかげ
Andromeda	-dids	And	あんどろめだ	Leo	-onids	Leo	LL
Antlia		Ant	ぽんぷ	Leo-Minor	e j,	LMi	こじし
Apus	-	Aps	ふうちょう	Lepus	(Lep	うさぎ
Aquarius	-ids	Aqr	みずがめ	Libra	-rids	Lib	てんびん
Aquila	-lids	Aq1	わし	Lupus	-	Lup	おおかみ
Ara	_	Ara	さいだん	Lynx		Lyn	やまねこ
Aries	-etids	Ari	おひつじ	Lyra	-rids	Lyr	こと
Auriga	-gids	Aur	ぎょしゃ	Mensa	-aids	Men	てーぶるさん
Bootes	-tids	Boo	うしかい	Microscopium	<u>1</u> . 1. 1995	Mic	けんびきょう
Caelum	-	Cae	ちょうこくぐ	Monoceros	-otids	Mon	いっかくじゅう
Camelopardalis	<u></u>	Cam	きりん	Musca	-	Mus	はえ
Cancer	-crids	Cnc	かに	Norma	-mids	Nor	じょうぎ
Canes-Venatici	-ids	C∛n	りょうけん	Octans	-	Oct	はちぶんぎ
Canis-Major	-rids	CMa	おおいぬ	Ophiuchus	-hids	Oph	へびつかい
Canis-Minor	-rids	CMi	こいぬ	Orion	-nids	Ori	おりおん
Capricornus	-nids	Cap	やぎ	Pavo	-onids	Pav	くじゃく
Carina	-nids	Car	りゅうこつ	Pegasus	-sids	Peg	ペがさす
Cassiopeia	-	Cas	かしおぺあ	Perseus	-eids	Per	ぺるせうす
Centaurus	-rids	Cen	けんたうるす	Phoenix	-icids	Phe	ほうおう
Cepheus	-	Cep	けふぇうす	Pictor	-	Pic	がか
Cetus	-tids	Cet	くじら	Pisces	-cids	Psc	うお
Chamaeleon	<u>_</u>	Cha	かめれおん	Pisces-Austrinus	-ralids	PsA	みなみのうお
Circinus		Cir	こんぱす	Puppis	-ids	Pup	とも
Columba	-	Col	はと	Pyxis	-	Рух	らしんばん
Coma-Berenice	-cids	Com	かみのけ	Quadrant	-tids	Qua	しぶんぎ
Corona-Australis	-	CrA	みなみのかんむり	Reticulum		Ret	れちくる
Corona-Borealis	-	CrB	かんむり	Sagitta	-	Sge	や
Corvus	-vids	Crv	からす	Sagittarius	-iids	Sgr	いて
Crater	-rids	Crt	こっぷ	Scorpius	-iids	Sco	さそり
Crux	-	Cru	みなみじゅうじ	Sculptor	-	Scl	ちょうこくしつ
Cygnus	-nids	Cyg	はくちょう	Scutum	-tids	Sct	たて
Delphinus		Del	いるか	Serpens	-	Ser	へび
Dorado	-	Dor	かじき	Sextans	-ntids	Sex	ろくぶんぎ
Draco	-onids	Dra	りゅう	Taurus	-rids	Tau	おうし
Equuleus	-	Equ	こうま	Telescopium	-	Tel	ぼうえんきょう
Eridanus	-nids	Eri	えりだぬす	Triangulum	-	Tri	さんかく
Fornax	-	For	3	Triangulum-Australe	12-22	TrA	みなみのさんかく
Gemini	-ids	Gem	ふたご	Tucana	-	Tuc	きょしちょう
Grus	-	Gru	つる	Ursa-Major	-rids	UMa	おおぐま
Hercules	-lids	Her	へるくれす	Ursa-Minor	-rids	UMi	こぐま
Horologium		Hor	とけい	Vela	-lids	Vel	ほ
Hydra	-rids	Hya	うみへび	Virgo	-ginids	Vir	おとめ
Hydrus	-	Hyi	みずへび	Volans	-	Vol	とびうお
Indus	-	Ind	いんでぃあん	Vulpecula	-	Vu1	こぎつね

日本流星研究会(NMS)に報告された眼視観測による輻射点を調査した。星図上にプロットし、 同時観測から得られた輻射点と比較した。また眼視による角速度と実際の観測速度との関係を調べ た。さらに小惑星関連の流星群の検出を行った。その結果、簡単な観測方法にもかかわらず小流星 群の検出に有効であることが分かった。

1. はじめに

NMSでは1970年から眼視輻射点観測結果を機関誌[1]に掲載している。NMS輻射点幹事 の橋本岳真は、1970年1月から1997年6月までに観測された4,905輻射点をPCに入 力した。

このデータを使用して輻射点チャートを作成した。1年間を10日間隔で区切り、輻射点の位置 を星図上に×印で示した。また同時観測で得られた輻射点の位置を星図上に×印で示し比較した。 本報告の主な目的はNMSに於ける長年の眼視輻射点観測結果を視覚的に見てもらうことにある。 星図は36枚と多くなってしまったが、大量の観測結果を分かりやすく公表したかった。

また眼視による角速度の観測の精度を調べてみたかった。輻射点観測により流星群が分かるため、 実際の観測速度との比較を行うことができた。

さらには、このようにして長年行われてきた眼視輻射点観測の目的を考えたかった。写真観測や TV観測が普及している現状での、眼視輻射点観測の意味を検討した。

2. 観測

眼視輻射点は以下の方法により求められる。

1)眼視により流星を観測し、経路を星図上に記入する。

2)それぞれの流星経路を逆方向に延長する。

3)複数の流星経路が交差する位置から輻射点を推定する。

報告に際し、小槙(1967)[2]は以下の基準を推奨している。しかし基準を満たしていない報告も 多い。

1)1 観測者による1夜の4時間以下の観測。

2)4流星以上。

3)3流星の場合は翌日の2流星を加える。

4)それぞれの流星の角速度が似ている。

5) 交差した経路の広さが5度以下。小槙によると2度である。しかし狭すぎるため、 橋本が5度をNMSに提案した。

6)静止流星の場合は1流星で輻射点を求める。

主な観測者は次の通りである。()内は報告数。富岡(310)、藪(251)、関口(242)、長田(202)、河 越(179)、殿村(155)、塩井(133)、泉(131)、及川(106)、下田(99)。

3. 角速度

眼視流星観測では角速度を記録する。最も遅い流星(Very Slow)から最も速い流星(Very Rapid) までを7種類の角速度に分類する。さらにその間の角速度を記録する場合もあり、合計すると13 種類となる。角速度をNMSの機関誌に掲載し始めたのは近年のことである。よって角速度の記載 のあるものは1,018輻射点であった。

眼視による角速度の観測は誤差が大きい。しかしおおよその様子を調べることができる。観測さ れた輻射点の位置と角速度から流星群を推定した。そして観測された角速度と流星群の実際の観測 |速度との比較を行った。流星群の実際の観測速度は、Kronk(1988)[3]の軌道から、長谷川(1990)[4] の方法で求めた。

比較結果を表1に示す。Rather Rapid と Rapid の間を除けば、順番に観測速度が増加する様子 が分かる。また Rather Rapid 未満はゆっくりと観測速度が増加している。一方、Rather Rapid 以 上は急激に観測速度が増加している。

観測者により角速度の見積に大きな違いの出ることが分かる。例えば、ふたご座流星群は、Rather Slow から Rapid までに記録されている。また、ふたご座流星群の輻射点は一晩をかけて大きく移 動する。輻射点が地平線付近のときと天頂付近のときとでは、角速度も大きく変化する。

現在、NMSに於いて最も活発に眼視観測を続けている観測者は長田和弘である。1997年は 275夜に421時間13分間の観測を行った。長田は1991年から眼視輻射点観測を行い、2 02輻射点を報告している。その内、角速度の記録のあるものは182輻射点である。

長田の観測した角速度と流星群の実際の観測速度との比較を表2に示す。Rather Rapid 未満は ゆっくりと観測速度が増加している。一方、Rather Rapid 以上は急激に観測速度が増加している。 この結果は他の観測者と同じであった。

重野好彦

		MSS-08	6
Table.1 Vi	sual a	angular velocity and observed velocity. (all da	$\frac{ta}{(km/s)}$
Vis.angular	obs.	$\frac{1}{1-2} = \frac{1}{1-2} = \frac{1}$	(km/s)
velocity	no.	meteor streams (vo km/s) 1/ 0	-
very Slow	2		-
	6	Alpha-Capricornids(24) Chi-Orionids(26) etc.	23.6
Slow	69	Alpha-Capricornids(24) Chi-Orionids(26)	24.9
	43	Piscids(29) etc. Kappa-Cygnids(29) Piscids(29)	27.0
	10	Northern-Taurids(31) etc.	3.5
Rather Slow	76	October-Cetids(28) Northern-Taurids(31) Geminids(37) etc.	30. 5 6. 4
	71	October-Cetids(28) Kappa-Cygnids(29) etc.	31.8
Vadium	190	Southorn-Lota-Aquarids (32)	33.1
Medium	190	Northern-Delta-Aquarids(37) etc.	10.8
	74	Geminids(37) Quadrantids(43) etc.	34.6
			8.3
RatherRapid	131	Northern-Delta-Aquarids(37)	46.1
		November-Monocerotids(57) etc.	16.2
	92	Sigma-Hydrids(60) Orionids(67)	63.9
		Leonids (72) etc.	<u>10.9</u>
Rapid	255	Geminids(37) Lyrids(49) Perseids(61)	10 0
	00	Eta-Aquarids($b5$) Orionids($b7$) Leonids(72) etc.	65.6
	30	Sigma-Hydrids(60) Orionids(67)	5.9
Verne Danid	20	Epsilon-Geminius (10) etc. Etc. Aqueride (65) Orionide (67) Leonide (72) etc.	68 2
very kapid	28		3.5
Total	1, 018		
able.2 Visu	al ang	ular velocity and observed velocity. (Kazuhiro	Osada)
Vis. angular	obs.	mean Vo	o(km/s)
velocity	no.	meteor streams (Vo km/s) +/-S.D.	(km/s)
Very Slow	0		-
	4	Alpha-Capricornids(24) Ophiuchids(27) etc.	25.1
01	10	Quere Disside (01) Orega Coomide(02)	2.4
Slow	10	Northern-Tauride(31) Urside(36) etc	8 3
-	12	Kappa-Cygnids(29) Northern-Taurids(31) etc.	29.7
	12	Ruppa of ghilds (10) nor morn saurias (01) over	2.3
Rather Slow	10	Geminids(37) etc.	37.0
	30	Kappa-Cygnids(29) October-Arietids(31)	32.2
	00	Alpha-Pisces-Australids(42) etc.	6.6
Medium	29	Northern-Piscids(28) October-Arietids(31)	38.8
		Southern-Delta-Aquarids(42) Lyrids(49) etc.	8.5
	33	Southern-Iota-Aquarids(32)	39.2
		Southern-Delta-Aquarids(42) Lyrids(49) etc.	8.0
RatherRapid	17		-
	25	Perseids(61) Orionids(67) Leonids(72) etc.	66.6
Rapid	7	Orionids(67) etc.	67.0
		<u>× · · · 2=0\</u>	-
	4	Leonids(72) etc.	72.0
Very Rapid	1		-
Total	182		

4. 輻射点チャート

眼視輻射点の分布を分かりやすくするため、輻射点チャートを作成した。各月を上旬、中旬、下 旬に分け、12か月間を36通りに分けた。輻射点位置を×印で示した。角速度から推定した観測 速度により×印の大きさを変えた。速度不明のものは小さな×印とした。

比較のため、同時観測により得られた輻射点チャートも作成した。これも12か月間を36通り に分けた。地心速度により×印の大きさを変えた。使用した同時流星は以下の5,273流星であ

MS5086

る。これらの輻射点チャートを図1に示す。

2,413 1)McCrosky and Posen[5] 2)Babadzhanov, Ceplecha[6] 1,926 934 3)0ur TV obs. [7]

図1により、眼視輻射点と同時観測から得られた輻射点を比較してみる。主な流星群に関しては 良く一致が見られる。ただし眼視輻射点は多少広がりが大きい。

7月下旬のみずがめ座付近には複数の輻射点が存在している。眼視観測では、これらを分類する ことが困難である。

12月中旬のふたご座流星群は眼視観測では Alpha-Gemini 付近だけでなく Beta-Gemini 付近 にも輻射点が存在している。しかし同時観測では全く存在しない。眼視観測では Beta-Gemini 付 近にも輻射点が存在すると言う先入観があったものと思われる。

5. 小惑星関連の流星群

眼視輻射点から小惑星関連の流星群の検出を試みた。長谷川(1992,93,97)[8,9,10]の予報を参考 にし、368予報を調べた。そして85予報に関して眼視輻射点が検出された。しかし角速度の記 載のない観測が多く、確実な結果は少ない。比較的確実な観測結果として、表3の3流星群を紹介 する。全て長田による観測である。

表3の予報は長谷川(1990)[4]のqアジャストメント法を使用した。Delta は地球と小惑星軌道 間の距離(AU)である。眼視観測の速度は表2から観測速度(Vo)を求め、地心速度(VG)に変換した。

予報との速度のずれは大きい。しかし眼視観測による速度の誤差は大きいので、小惑星関連の流 星群と考えて、ほぼ間違いないだろう。

01.1	Deta(UT)	DA	Doc	VC	Dolta o Peri NODE i
Object	Date(01)	R. A.	Dec.	10	Derta e q rerr. nobb r
1991BA					$0.\ 682\ 0.\ 713\ \ 70.\ 7\ 118.\ 9\ 2.\ 0$
Predict		108. 3	18.9	18.6	0.041 0.682 0.685 75.5 114.1 2.0
Obs.	1997 Jan 14.	1 108	21	25	4meteors Rad. width=2deg. HR=4.0
1996JG				- 100 March 100	0.661 0.612 279.7 53.4 5.3
Predict		243.6	-13.2	19.8	0.030 0.661 0.627 267.6 65.5 5.2
Obs.	1995 May 27.	8 241	-15	27	6meteors Rad.width=4deg. HR=1.5
1996SK					0.797 0.494 283.4 198.3 2.0
Predict		24.7	412.7	24.7	0.012 0.797 0.488 278.6 203.1 2.0
Obs.	1996 Oct 16.	0 28	+12	37	3meteors Rad. width=3degHR=1.4 _
Predict		25. 2	2 +12.9	24.5	0.004 0.797 0.495 277.7 204.0 2.0
Obs.	1996 Oct 17.)6 30	+11	37	3meteors Rad.width=4deg. HR=1.5

Table 3 Predicted radiants and observed radiants.

6. 結論

眼視輻射点観測は機材を必要とせず、簡単な観測である。しかし多くの情報が得られる。小惑星 関連の流星群で示したように、彗星や小惑星の接近に伴う小流星群の観測は今後の良いテーマとな る。先入観を取り除き、位置と角速度の観測精度向上を図りながら、多くの眼視輻射点観測を期待 したい。

7. 謝辞

橋本岳真氏は4,905眼視輻射点データを快く公開された。さらに助言をいただいた。また、 長谷川一郎先生から助言をいただいた。心から感謝いたします。

川村(1991)[11]は日本での1928年から1969年までの2,924眼視輻射点をまとめてい る。本報告にはこれらのデータは含まれていない。

8. References

- 8. Kererences
 [1] Ed. Y. Yabu, (Ed. S. Suzuki since 1997), "Astronomical circular", The Nippon Meteor Society.
 [2] K. Komaki, Y. Yabu, "Meteors and Observations", Kosei-sha Kosei-kaku Inc., 1967, p. 88.
 [3] G. W. Kronk, "Meteor Showers", Enslow Publishers, Inc., 1988.
 [4] I. Hasegawa, "Predictions of the Meteor Radiant Point Associated with a Comet", Publications of the Astronomical Society of Japan, 42, 1990, pp. 175-186.
 [5] R. E. McCrosky, A. Posen, "Orbital Elements of Photographic Meteors", Smithsonian Contributions to Astrophysics, Vol. 4, 1961, pp. 15-84.
 [6] M. Koseki, "Analysis of meteor data on a microcomputer system".

- [6] M. Koseki, "Analysis of meteor data on a microcomputer system", J. Brit. astron. Assoc., 96, 4, 1986, pp. 232-240.
 [7] Y. Shigeno, H. Shioi, S. Tanaka, "Double-Station TV Meteor Observations in 1996", WGN 25:4, 1997, pp. 161-165. (ftp://ftp.imo.net/pub/data/msswg)
 [8] I. Hasagawa, Y. Ueyama, K. Ohtsuka, "Predictions of the Meteor Radiant Point Associated with an Farth-Approaching" [8] I. Hasagawa, F. Deyama, K. Ohtsuka, "Predictions of the Meteor Radiant Point Associated with an Earth-Approaching Minor Planet", Publications of the Astronomical Society of Japan, 44, 1992, pp. 45-54.
 [9] I. Hasagawa, "Predictions of Radiants Associated with Minor Planets", WGN 21:1, 1993, pp. 29-31.
 [10] I. Hasagawa, "Predictions of Radiants Associated with Minor Planets", WGN 25:2, 1997, pp. 85-89.
 [11] N. Kawamura, "Radiant Map 1928-1969 Derived from Visual Observations in Japan",

- WGN 19:2, 1991, pp. 51-52.

MSS-086



MSS-086



Middle in Mar. App. Radiants by visual obs.

Middle in Mar. Corr.Radiants by double-station obs.







MSS-086



Late in Aug. App. Radiants by visual obs.

Late in Aug. Corr.Radiants by double-station obs.

MSS-086 60 60 MULTIZ ×お D Early in Sep. Corr.Radiants by double-station obs. Early in Sep. App. Radiants by visual obs. they 60 80 NENTRY うか 57 90 90 Middle in Sep. App. Radiants by visual obs. Middle in Sep. Corr.Radiants by double-station obs. 1 × 1 80 e ××× うあ -De 90 45 45 Late in Sep. App. Radiants by visual obs. Late in Sep. Corr.Radiants by double-station obs. 6d × オリオン うあ Ť 90 Early in Oct. App. Radiants by visual obs. Early in Oct. Corr.Radiants by double-station obs.



MSS-086



Late in Dec. App. Radiants by visual obs.

Late in Dec. Corr.Radiants by double-station obs.

《論文紹介》

散在流星の輻射点分布 – 軌道サーベイ結果から

橋本岳真

Jones, J.; Brown, P., 1993, Sporadic meteor radiant distributions - Orbital survey results Royal Astronomical Society, Monthly Notices, vol. 265, p. 524-532.

Abstract:

The structure of the sporadic meteor complex is determined from the data in 10 orbital surveys. In addition to the previously known apex, helion, antihelion and northern toroidal sources, we find a southern toroidal source and a splitting of the apex source. The size of the sources and possible origin of meteoroids from each region are discussed.

アブストラクト:

10 組の軌道サーベイデータから散在流星複合体の構造を決定した。これまでに知られていた地球向点、太陽方向、 反太陽方向、北トロイダルソースに加えて、私達は南トロイダルソースの存在と地球向点ソースが二成分に分化している ことがわかった。各ソースの領域サイズとそれぞれの領域からの流星体の可能な起源について議論した。

はじめに:

流星天文学の歴史を通して科学者は流星群の研究に余念がなく、流星のバックグラウンドという一面は片隅に追いやられていた。

流星のバックグラウンドの概念は主として流星群との関係で重要になるもので、通常は既知の流星群活動以外の何かとみっなされていた。

- 散在流星の輻射点分布を研究しているもっとも初期の研究者のうち何人かは大部分の、またはすべての流星は今日既知 の一般的な流星群よりも格段に弱い大多数の流星群に属しているという仮定を実行した。
- この論文の目的は散在流星を主要群に属していないものと定義することに決めて実用的な理由のためにその定義を用いるもので、散在流星がどんな特別な起源や歴史をも持っていると示すものではない。

Schiaparelli(1866): 散在流星についての概念をもっとも早く提唱。

一様な強さの輻射点が放物線軌道の範囲で移動する流星とともに天球上に一様に分布していると考えた。

その結果、地球向点方向への地球の軌道運動による集中があるとした。

Denning(1866,1899): 散在流星の重要な観測的研究を出版。

長期間に渡って流れる流星を同じ輻射点に関連付けるという間違った仮定にもとづいて多くの流星群を同定した。 地球向点の西側に過剰な流星群輻射点の徴候を見つけた。

流星の輻射点は基本的にランダム分布で、散在流星の成分は唯一地球向点方向に集中がある。

その当時の最優先課題は散在流星の中に双曲線軌道の流星があるかどうかにあったにもかかわらず、多くの観測努力は 日変化や季節変化の決定に注がれた。

Hoffmeister(1948):散在流星のバックグラウンドの中に強い黄道成分を見つけた。

Hawkins(1956b):レーダー観測で散在流星の輻射点が黄道面上の主に3ソース(地球向点、太陽方向ソースおよび 反太陽方向成分に集中していることを見つける。

Hawkins and Prentice (1957): 可視観測で地球向点、反太陽方向ソースを検出し Hawkins(1956b)を裏付ける。

Weiss and Smith(1960):南半球のオーストラリアでの電波観測で Hawkins(1956b)を確認。

Keay(1963):各ソースの強度をH:A:AH=2:1:2とした。

Stohl(1968):地球向点と同じ黄経の黄緯 60°の位置にトロイダルソースを見つける。

方法:

IAUMDC(国際天文学連合 流星データセンター)に登録された 10 組の軌道サーベイデータを使用(表 1)。

D 判定(Hawkins and Southworth, 1963)にて主要流星群の群流星データを削除。

判定基準はD>0.5、削除対象の主要流星群(20流星群)とその軌道要素はMcKinley(1961), Cock(1973)を使用(表 2)。 輻射点密度のコントアマップを作成。

星図を5°×5°のメッシュに分割して輻射点をプロットし、各領域の輻射点数をもとにコントアマップを作成。 赤道座標系(α , δ)から黄道座標系(λ - λ_{0} , β)に変換、ここで λ - λ_{0} は太陽中央黄経を表す。

2004.10.24 第108回流星物理セミナー

結果:

散在流星をソースに分類。

10組の軌道サーベイのデータごとにソースを分類し、その平均半径、平均位置、強度を求める(表3)。

なお、平均半径および平均位置はその半値幅、強度は各軌道サーベイの中で最も強いソースを基準(1.0)とした相対強度を表す。

6組の電波観測による軌道サーベイからソースごとの平均半径、平均位置、強度を求める(表4)。

写真観測による軌道サーベイはデータ数が少ないので削除。

散在流星の輻射点は南北地球向点(SA, NA)、太陽方向(H)、反太陽方向(AH)、南北トロイダル(ST, NT)ソースに分類できる。

議論:

太陽方向(H)、反太陽方向(AH)ソース

順行で軌道傾斜角が小さく、離心率が大きい。

軌道は基本的に短周期彗星と同じで、小惑星的要素をもあわせ持っているかもしれない。

地心速度 Vg=31km/s にピーク。

太陽方向ソースと反太陽方向ソースは基本的に同じ母集団の粒子で構成されているので同じ強度であるはずだが、 他の研究(Keay, 1963; Stohl, 1968)では太陽方向ソースに比べて反太陽方向ソースの方が優勢である。 →強度の差はおそらく大気圏の昼夜効果による。

北地球向点(NA)ソース

離心率は大きいものもあるが、それより円軌道に近いものが優勢。

逆行で軌道傾斜角が大きいものが優勢だが、同様にちょうど 90°の下に局部的な極大がある。

前者は正面衝突してきた粒子で、後者は地球に追いついてきた粒子。

速度分布もふたコブあり、平均地心速度 Vg=53km/s は逆行軌道の粒子が優勢であることを示す。

電波観測による軌道サーベイで最も顕著に出るのは主な成分がより小さな粒子からなることが示唆される。 軌道要素は長周期彗星のそれに良く似ている。

南地球向点(SA)ソースは対称的な理由から、おそらく NA ソースと同じく一般的な粒子構成をしている。 北トロイダル(NT)ソース

平均軌道傾斜角 i=60°付近にピークを持つガウス分布を示し、離心率は小さく円軌道に近い。

(地心速度は Vg=30km/s あたりにピーク)

長周期彗星に起源を持ち、ポインティングーロバートソン効果によって現在は円軌道化したものであろう(Davies, 1957)。 軌道傾斜角の大きな軌道は比較的安定している。

ここで Davies(1957)では Jodrell Bank ほかのレーダーで得られた 2000 個あまりの散在流星の軌道から、i=60°と140° 付近に明らかなピークを持つことを示した。しかし、輻射点が i=120°付近で南北半球に分かれるような単一のソース を生み出すことは幾何学的に想像しがたい。代わりに i=60°が特別に安定した軌道傾斜角で、そのような粒子をひ いきに選択する効果を導いているのかもしれない。

電波による研究から、地球向点方向からの粒子の強い集中は実はトロイダルソースにあるといっても過言ではない。 同様に、利用可能ないくつかのデータでは南トロイダルソースがより研究の進んでいる北成分と基本的に同じふるまい を反映している。

ただし、破砕はエコーのフレネルパターンを乱すことから破砕した流星はこれらのサーベイにはかからない可能性があ る。それゆえ、電波観測によって観測されたデータは小さく、破砕していない流星に対して高いバイアスを持ち、そ れが系統的な選択効果として現れた結果かもしれない。

> 1、速度中1、2000年の11月20日年6月、1963年にで主要連びたけの活躍現著一次利用除。 中国語語舞台につける「単位はない主要新発酵(2016年4月に、1990<mark>回路影響は NelGe</mark>er 2016年9月のションドワート・・・・「1963年



MSS-108





Antihelion Source

Figure 8. The orbital elements for the antihelion source region. Details as in caption to Fig. 7.

© Royal Astronomical Society • Provided by the NASA Astrophysics Data System

4

Table 1. Details of surveys employed for sporadic distributions (see Lindblad 1992).

Name	Type of Survey	No. of Meteor Orbits	Less Six Showers	Less Twenty Showers	Year
Harvard I	Radar	19327	17838	15186	1961-1965
Harvard II	Radar	19698	18853	16269	1968-1969
Adelaide I	Radar	2092	1774	1336	1960-1961
Adelaide II	Radar	1667	1527	1335	1968-1969
Obninsk	Radar	9354	8000	7215	1967-1968
Kharkov	Radar	5327	5093	4560	1975
Super-Schmidt	Photo	2529	2213	1679	1952-1954
Soviet Photo	Photo	1111	622	419	1952-1976
Harvard Precise	Photo	1245	1015	712	1936-1959
Fireball	Photo	554	512	354	1963-1983

Table 2. Meteor streams and their associated orbital elements filtered out of the surveys. Here ω is the argument of perihelion in degrees, e is the orbital eccentricity, q is the perihelion distance in au, *i* is the inclination, and Ω is the longitude of the ascending node (1950.0). From McKinley (1961) and Cook (1973).

Stream	യ	c	q	i	0
Perseids	151.5	0.965	0.953	113.8	139
Geminids	324.3	0.896	0.142	23.6	261
Orionids	82.5	0.962	0.571	163.9	28
Arietids	29	0.94	0.09	21	77
Quadrantids	170	0.683	0.977	72.5	282.7
Delta Aquarids	152.8	0.976	0.069	27.2	305
Zeta Perseids	60	0.79	0.35	0	78
North Delta Aquarids	333	0.973	0.07	20	139
South Iota Aquarids	128	0.92	0.23	6	311
North Iota Aquarids	308	0.84	0.27	5	151
Kappa Cygnids	204	0.76	0.97	37	144
Lyrids	214	0.97	0.92	80	32
Eta Aquarids	109	0.83	0.70	158	44
Beta Taurids	246	0.85	0.34	6	276
South Taurids	112	0.84	0.37	5	45
North Taurids	298	0.85	0.32	3	222
Alpha Capricomids	271	0.78	0.57	4	133
Giacobinids	172	0.72	0.996	30.7	196.2
Leonids	174	0.92	0.97	163	235
Ursids	212	0.85	0.92	53	265

MSS-10%Table 3. Characteristics of sporadic sources. Radii are in deg, longitude is Sun-centred, and latitude is ecliptic.

Survey	I	Data	AH	н	NA	SA	ŇT	ST
		adii	25	20	23		23	
Harvard I	5	trength	.58	.35	.46	.18	1	
	b	ong	199	341	269	275	273	
	Ŀ	at	3	2	28	-11	59	2.9
	, î	adji	18	19	22		18	
Harvard I	I s	trength	.37	.20	.35	.10	1	
	b	ong	199	341	270	270	274	
	b	at	2	2	25	-15	59	2
	r	adii	16	15				17
Adelaide	I 8	trength	1	.57	.14	.24		33
	b	ong	193	345	273	272	-	267
	h	at	-4	0	11	-15	-	-59
		adii	14	10		_		15
Adelaide l	11 8	trength	1	.44	47	44		63
	h	ong	195	344	272	273		280
	h	at	-5	0	7	-6	-	-60
		iibe			22			
Obninsk	5	trength			23		3 5 33	. :
	h	ong-	2		268	2		
	h	at		-	20		1.00	-
		adii	17	16	15		17	
Kharkov	5	trength	33	27	1	S	57	50
	h	ong	201	341	272	8	267	3
	ŀ	at	5	3	20	-	55	
	A 5.0		10					
SunarSch	midt m	adu treneth	17		1.0		19705	.
ouperocin		ana	190					
	1	at	3	-			1.0	1
	6							
Soy Photo	. 1	adii trength	19	-		.		•
00111 401	, i	one	197	525				
	i	at	3	2	-	÷.		
			1 Sector					
User Des		adii	13	-	33 5 3	-	•	
fiary.rick	150 5	ong	190	100	2.27			
	i	at	3		-	÷.	-	2
			1					
	3	adii	15	-	8			
Fireball	5	trength	1	-134	.14	-	-	
	1	ong	184	Ξ.	273	-	1.0	2
-	一理	6						•
R	2100	同、大司	具认为					
Table 4	han	Course at	411.4					
Lable 4.	Iviean	source chi	racteris	sucs.	1 .+	11-F	ADex.	\$ ADOV
Avit	Helion	Helion	1t Tov	roida	一度	1-1	. Prov	HINKEN
Source	AH	н	NT		ST	NA		SA
Position	198,0	342,1	271	58	274,-60	271	,19	273,-11
Dedii	10		10					

Combined Harvard Radio Surveys



Apex

ダストのおうな暗い流星を対応たして しるので、眼視では このような輻射点、 は見られない

Figure 3. Activity contours for the combined Harvard radio surveys (a compilation of the Harvard I and Harvard II surveys). The abrupt ending of the contours near the edges of the projection is an artefact of the contour-smoothing method employed.



Figure 4. Activity contours for the combined Adelaide radio surveys (a compilation of the Adelaide I and Adelaide II surveys). See caption to Fig. 3 for details.



Sporadic meteor radiant distributions 531

North Toroidal Source





 $\ensuremath{\textcircled{}^{\circ}}$ Royal Astronomical Society $\, \bullet \,$ Provided by the NASA Astrophysics Data System

9月のぎょしゃ群の輻射点分布と考察 114回 MSS MSS27-輻射点 2006.10.15 関ロ







SonotaCo Network Japan Forum で得られた同時流星から、9月のぎょしゃ群と思われる流星の輻射点分布を 作成しました。大きく α 、 β 、 δ 、 ϵ 、 μ 群の 5 つの分に分類できそうです。輻射点分布図から各群の移 動が何とか認められました。全同時流星の分布からははっきりしませんが、これらの 5 つの群に分類する と輻射点の移動が明らかといえそうです。

MSS-114 輻射点

2006.08.25-27 西はりま流星会議

《眼視観測分科会資料》

橋本岳真

●IMO 流星群新ワーキングリスト

【変更なし】 Quadrantids (QUA) α Centaurids (ACE) δ Leonids (DLE) γNormids (GNO) Lyrids (LYR) π Puppids (PPU) Piscis Austrinids (PAU) Southern δ Aquarids (SDA) α Capricornids (CAP) κ Cygnids (KCG) α Aurigids (AUR) Draconids (GIA) ε Geminids (EGE) Orionids (ORI) α Monocerotids (AMO) Dec Phoenicids (PHO) Puppid/Velids (PUP) Monocerotids (MON) σHydrids (HYD) Geminids (GEM) Coma Berenicids (COM) Ursids (URS)

【変更】 カAquarids (ETA) June Bootids (JBO) Perseids (PER) るAurigids (DAU) Southern Taurids (STA) Northern Taurids (NTA) Leonids (LEO)

【新規採用】 Antihelion source ηLyrids (ELY) September Perseids (SPE) Leo Minorids (LMi)

●反太陽方向(Antihelion)ソース <参考文献> Jones, J.; Brown, P., 1993, Sporadic meteor radiant distributions - Orbital survey results Royal Astronomical Society, Monthly Notices, vol. 265, p. 524-532.

太陽方向(H)/反太陽方向(AH)ソース

・軌道傾斜角が小さく、離心率が大きい順行軌道。

・軌道は基本的に短周期彗星と同じで、小惑星的要素をもあわせ持っているかもしれない。

・地心速度 Vg=31km/s にピーク。

・太陽方向ソースと反太陽方向ソースは基本的に同じ母集団の粒子で構成されているので同じ強度であるはずだが、 他の研究(Keay, 1963; Stohl, 1968)では太陽方向ソースに比べて反太陽方向ソースの方が優勢である。 →強度の差はおそらく大気圏の昼夜効果による。



末

Figure 3. Activity contours for the combined Harvard radio surveys (a compilation of the Harvard I and Harvard II surveys). The abrupt ending of the contours near the edges of the projection is an artefact of the contour-smoothing method employed.



Antihelion Source

Figure 8. The orbital elements for the antihelion source region. Details as in caption to Fig. 7.



Figure 8 - continued

2

Table 1 – New Working List of Meteor Showers to be adopted starting in 2007. The solar longitude λ_{\odot} refers to equinox J2000.0. The date of maximum has to be computed for each individual year. The dates given here are only approximate and may vary by ± 1 day. The entry-velocity V_{∞} is the geocentric encounter velocity plus acceleration by the gravity of the Earth. The radiant positions can be taken from Table 2. Radiants for the time of maximum are not given, because of the risk of being used for the entire activity period by less involved observers. The same holds for the population index which varies during the activity periods of each shower. Meteor showers typically exhibit a population index of r = 2.0 to 2.5 during their maximum. Values in this range should be used for tentative analyses; otherwise r must be determined as a function of time before any activity computation of a meteor shower. The ZHR of the Antihelion Source is not a maximum ZHR but an average value throughout the year.

Shower	Code	Activity per	iod	λ_{\odot} of maximum	Approx. date	V_{∞} km/s	ZHR
4 1 . 1.	4 3777	- Ion 01 Dog	21	-	-	30	~ 3
Antihelion source	ANI	Jan 01-Dec	runhl	o during NTA /STA			
o 1 11	0114	ANI HOLODSE	05	283 °16	Jan 03	41	120
Quadrantids	AUU	Jan UI-Jan	00	210 02	Feb 07	56	5
α -Centaurids	ACE	Jan 28-reb	. 10	2260	Feb 24	23	2
∂-Leonids	DLE	Feb 15-Mar	. 22	2520	Mar 13	56	4
γ -Normids	GNU	Feb 25-Mar	22	20 020	Apr 22	49	18
Lyrids	LYR	Apr 16-Apr	20	22.52	Apr 24	18	var
π -Puppids	PPU	Apr 15-Apr	20	33.5 AE 0E	Mov 05	66	60
η -Aquarids	ETA	Apr 19-May	128	40.0	May 00	14	3
η -Lyrids	ELY	May 03-May	/ 12	40.4	Jun 97	18	var
June Bootids	JBO	Jun 22–Jul	02	90.7	Jul 27	25	5
Piscis Austrinids	PAU	Jul 15-Aug	g 10	125*	JUI 20	41	0 00
Southern δ -Aquarids	SDA	Jul 12-Aug	ς 19	125°	JUI 20	41	20
α -Capricornids	CAP	Jul 03-Aug	g 15	127~	Jui 30	20	100
Perseids	PER	Jul 17-Aug	g 24	140.0	Aug 12	09 05	100
κ -Cygnids	KCY	Aug 03–Aug	g 25	145°	Aug 17	20	5 7
α -Aurigids	AUR	Aug 25–Sep	08	158.6	Sep 01	00	
September Perseids	SPE	Sep 05 –Sep	17	166 ?7	Sep 09	64	5
δ -Aurigids ,	DAU	Sep 18–Oct	10	191°	Oct 04	64	2
Draconids	GIA	Oct 06-Oct	; 10	195?4	Oct 08	20	var
ε -Geminids	EGE	Oct 14-Oct	; 27	205°	Oct 18	70	2
Orionids	ORI	Oct 02-Nov	v 07	208°	Oct 21	66	23
Leo Minorids	LMI	Oct 19-Oct	; 27	211°	Oct 24	62	2
Southern Taurids	STA	Sep 25-Nov	v 25	223°	Nov 05	27	5
Northern Taurids	NTA	Sep 25-No	v 25	230°	Nov 12	29	5
Leonids	LEO	Nov 10-No	v 23	$235^{\circ}27$	Nov 17	71	var
α -Monocerotids	AMO	Nov 15-No	v 25	239 °32	Nov 21	65	var
December Phoenicids	PHO	Nov 28-Dec	c 09	254?25	Dec 06	18	var
Puppid/Velids	PUP	Dec 01-Dec	c 15	255°	Dec 07	40	10
Monocerotids	MON	Nov 27–De	c 17	257°	Dec 09	42	2
σ -Hydrids	HYD	Dec 03-De	c 15	260°	Dec 12	58	3
Geminids	GEM	Dec 07-De	c 17	262 °2	Dec 14	35	120
Coma Berenicids	COM	Dec 12-Jar	1 23	268°	Dec 19	65	5
Ursids	URS	Dec 17–De	c 26	270 °7	Dec 22	33	10

 $+54^{\circ}$

 $+2^{\circ}$ $+1^{\circ}$ 0°

 $+3^{\circ}$ $+2^{\circ}$ $+1^{\circ}$

Table 2 - Radiant ephemeris of the showers in the new Working List in Table 1. Positions (RA & Dec) refer to eq. J2000.0.

80000000000														
Dat	te	Al	TV	Q	UA.	CO	ЭM							
Dec	31	112°	$+21^{\circ}$	228°	$+50^{\circ}$	186°	$+20^{\circ}$							
Jan	5	117°	$+20^{\circ}$	231°	$+49^{\circ}$	190°	$+18^{\circ}$							
Jan	10	122°	$+19^{\circ}$			194°	$+17^{\circ}$							
Jan	15	127°	$+17^{\circ}$			198°	$+15^{\circ}$							
Jan	20	132°	$+16^{\circ}$			202°	$+13^{\circ}$							
Jan	25	138°	$+15^{\circ}$				1.000	A	CE					
Ian	30	1/3°	+130					200°	-57°					
Feb	5	1/00	+110					208°	-59°					
Feb	10	1540	100					2140	_60°	D	LE			
reb	10	1509	+9					214 2200	-00 60°	1500	1100			
Feb	15	159	+1	C 1				220	-02	109	+19			
Feb	20	164°	$+5^{-}$	G.	NU			225	-03	104	+18			
Feb	28	172°	$+2^{\circ}$	225°	-51					171°	$+15^{\circ}$			
Mar	5	177°	0°	230°	-50°					176°	$+13^{\circ}$			
Mar	10	182°	-2°	235°	-50°					180°	$+12^{\circ}$			
Mar	15	187°	-4°	240°	-50°									
Mar	20	192°	-6°	245°	-49°									
Mar	25	197°	-7°											
Mar	30	202°	-9°											
Apr	5	208°	-11°											
Apr	10	213°	-13°	T	YB	PI	PU							
Apr	15	210	_15°	263°	13/0	1060	_44°	E	ТΔ					
Ann	20	210	-10	200	1940	1000	450	2020						
Apr	20	222	-10	209	+04	1110	-40 450	040 9000	- I					
Apr	25	227	-18	214	+34	111	-40	020	-0	177	T 37			
Apr	30	232	-19°					332	-3	E.	LY			
May	05	237°	-20°					337°	-1°	283°	$+44^{\circ}$			
May	10	242°	-21°					341°	00	288	$+44^{\circ}$			
May	15	247°	-22°					345°	$+3^{\circ}$	293°	$+45^{\circ}$			
May	20	252°	-22°					349°	$+5^{\circ}$					
May	25	256°	-23°											
May	30	262°	-23°					7						
Jun	5	267°	-23°											
Jun	10	272°	-23°											
Jun	15	276°	-23°						4					
Jun	20	281°	-23°	.1	BO									
Jun	25	286°	-22°	223°	+48°									
Jun	30	201°	-21°	225°	$+47^{\circ}$	C	AP							
Jul	5	2060	20°	220	1 11	285°	-16°	SI	Δ					
Jul	10	2000	-20 10°	D	БD	200	159	2050	100	D	ATT			
Jui	10	2050	-19	60		209	140	2200	100	2200	24			
Jui	10	505 0109	-10	110	+00	294	-14	049	-19	0040	-34			
Jul	20	310	-17	11	+02	299	-12	0070	-18	004	-33			
Jul	25	315	-15-	22-	$+53^{\circ}$	303*	-11-	337-	-17	3381	-31		99	
Jul	30	319°	-14°	29~	$+54^{\circ}$	308°	-10°	340°	-16°	343°	-29	K	CG	
Aug	5	325	-12°	37°	$+56^{\circ}$	313	-8°	345°	-14°	348°	-27	283	$+58^{\circ}$	
Aug	10	330°	-10°	45°	$+57^{\circ}$	318°	-6°	349°	-13°	352°	-26	284°	$+58^{\circ}$	
Aug	15	335°	-8°	51°	$+58^{\circ}$			352°	-12°			285°	$+59^{\circ}$	
Aug	20	340°	-7°	57°	$+58^{\circ}$	A	\mathbf{UR}	356°	-11°			286°	$+59^{\circ}$	
Aug	25	344°	-5°	63°	$+58^{\circ}$	76°	$+42^{\circ}$					288°	$+60^{\circ}$	
Aug	30	349°	-3°			82°	$+42^{\circ}$	S	\mathbf{PE}			289°	$+60^{\circ}$	
Sep	5	355°	-1°			88°	$+42^{\circ}$	55°	$+46^{\circ}$					
Sep	10	0°	$+1^{\circ}$			92°	$+42^{\circ}$	60°	$+47^{\circ}$					
Sep	15	5°	$+3^{\circ}$				~ 1.778-81	66°	+48°	D	AU			
Sen	20	10°	$+5^{\circ}$	N	$T\Delta$	S	ТΔ	71°	$+48^{\circ}$	710	$\pm 48^{\circ}$	12		
Sep	25	140	17°	100	+11°	21°	+6°		1 10	770	+40°			
Sop	20	1.4	212.1	200	1100	21	1.70	0	DT	630	1 400			
Oct	50			22 06°	1140	40	100	OE O	1140	000	+49			CITA
Oct	10	17	C117	20	+14	20	+0	00	+14	09	+49			0600 15
Oct	10	- CO	GL 070	30	+10	32	+9	00	+10	92	+42	-	A .67	202 +0
Oct	15	99°	$+27^{\circ}$	34*	$+16^{\circ}$	36°	$+11^{\circ}$	91°	$+15^{\circ}$			L	MI	
Oct	20	104°	$+27^{\circ}$	38°	$+18^{\circ}$	40°	$+12^{\circ}$	94°	$+16^{\circ}$			1580	$+39^{\circ}$	
Oct	25	109	$+27^{\circ}$	43	$+19^{\circ}$	43°	$+13^{\circ}$	980	$+16^{\circ}$			163°	$+37^{\circ}$	
Oct	30			47°	$+20^{\circ}$	47°	$+14^{\circ}$	101°	$+16^{\circ}$			168°	$+35^{\circ}$	
Nov	5			52°	$+21^{\circ}$	52°	$+15^{\circ}$	105°	$+17^{\circ}$	\mathbf{L}	EO			
Nov	10			56°	$+22^{\circ}$	56°	$+15^{\circ}$			147°	$+24^{\circ}$			AMO
Nov	15			61°	$+23^{\circ}$	60°	$+16^{\circ}$			150°	$+23^{\circ}$			112° +
Nov	20	A	\mathbf{NT}	65°	$+24^{\circ}$	64°	$+16^{\circ}$			153°	$+21^{\circ}$			116° +
Nov	25	75°	$+23^{\circ}$	70°	$+24^{\circ}$	72°	$+17^{\circ}$	\mathbf{M}	ON	P	но	P	$_{ m UP}$	120°
Nov	30	80°	$+23^{\circ}$	\mathbf{G}	EM	0.000		91°	$+8^{\circ}$	14°	-52°	120°	-45°	HYD
Dec	5	85°	$+23^{\circ}$	103°	$+33^{\circ}$	C	ОM	96°	+8°	18°	-53°	122°	-45°	122° +
Dec	10	90°	$+23^{\circ}$	108°	+33°	169°	$+27^{\circ}$	100°	180	220	-53°	125°	-45°	126° +
Dec	15	06°	+220	1130	+330	1730	+260	1040	1.80	T	BS	128°	-45°	130° +
Dec	20	101°	+220	1180	+300	1770	+240	104	10	917º	176°	120		
Dec	20	1060	1200	110	F02	1810	1920			917°	1749			
Dee	20	1110	1 910			1950	T 20			211	714			
Dec	30	111	741			100	741							

Apollo 型小惑星と Antihelion source

内山 茂男

1. Antihelion source とは

- ・従来、黄道群として、反太陽方向からほぼ1年中活動が認められてきた領域。IMOの2007 Meteor Shower Calendar では、黄道群を廃止して Antihelion source (ANT)とまとめ、散在流星の供給源の1つとしている (Jones & Brown, 1993; Rendtel, 2006)。
- ・正確には、反太陽方向より15度程度東を中心とし(Arlt & Rendtel, 2006)、黄経方向30度・黄緯方向15度
 程度の広がりを持つ(Rendtel, 2006)。
- ・ZHR は 2.5 程度(Rendtel, 2006)。
- ・対地速度は 30km/s を中心とする。遠日点が小惑星帯付近にある物質が起源である。(Jones & Brown, 1993)



図 1. 典型的な Antihelion の軌道 (輻射点は反太陽方向の 15 度東、対地速度は 30km/s) M: 流星物質の運動、 E: 地球の運動、 R: 相対速度。これが輻射点方向。

- ・地球軌道に外側から接近するときに、Antihelion source となる。
- ・地球軌道に内側から接近するときには、Helion source となる。
- Antihelion と Helion はほぼ同じくらい出現しているはず。
 ただし、Helion は主に昼間に出現し、光学観測が困難。
- 2. 地球接近小惑星は、Amor型、Apollo型、Aten型に分類
- ・Amor型: 近日点が火星軌道の内側で、地球軌道の外側。
- ・Apollo型: 近日点が地球軌道の内側、遠日点が火星軌道の外側。
- ・Aten型: 近日点が地球の内側、遠日点が地球軌道・火星軌道間。
- ・小惑星の中には、枯渇した(彗星活動の止まった)元彗星もある。→ 過去に流星物質放出。
- ・通常の岩石質の小惑星であっても、小天体の衝突があれば破片が飛び散る。→破片が流星物質に。
 - → 主に Apollo 型小惑星が、Antihelion source の供給源と考えられる。

3. Apollo型小惑星による流星の輻射点を調べる

(1) 輻射点計算法

ほとんどの Apollo 型小惑星は、地球軌道と交差しない。(そのままでは、輻射点が計算できない) ただし、一般に、惑星摂動による軌道進化により「軌道面の回転」が起きる。 (軌道傾斜角、近日点黄経は大きく変化せず、昇交点黄経が変化していく)

→地球軌道に外側から接近するときに、降交点となるときもあるはず。このときの輻射点を求める。
 (昇交点となるときもあるが、昇交点との違いは輻射点の黄緯がマイナスになるだけ)

→輻射点は反太陽方向に対する黄経と黄緯を求める。

(軌道要素で使うのは、近日点距離q、離心率e、軌道傾斜角iの3つだけ)

(2) 計算に使用したデータ

・Minor Planet Center の"List Of Apollo Minor Planets"にある 2006 年 10 月 20 日までの 2062 個。

・番号の付いた周期彗星で、近日点距離q<1AU、遠日点距離Q<8AUのもの8個。

番号	彗星	q [au]	e	i [deg]	ΔL [deg]	ß [deg]	Vg [km/s]
$2\mathbf{P}$	Encke	0.3393	0.847	11.754	13.2	9.3	29.77
3D	Biela	0.8157	0.769	8.0466	-19.9	16.8	17.31
$5\mathrm{D}$	Brorsen	0.5863	0.817	22.453	3.3	26.5	26.31
15P	Finlay	0.8885	0.742	6.6896	-30.4	17.3	14.54
45P	Honda-Mrkos-Pajdusakoba	0.5305	0.824	4.2527	1.3	5	25.04
72P	Denning-Fujikawa	0.7969	0.817	9.1077	-18.3	17.7	18.69
96P	Machholz 1	0.1244	0.958	60.053	32.3	16.9	43.89
141P	Machholz 2	0.7528	0.75	12.795	-11.4	22.8	19.52

4. 輻射点 Map



※ ここでは黄経0度、黄緯0度が反太陽方向。

昇交点での流星は黄緯がマイナス (ここには図示せず)。







参考文献

Arlt R. and Rendtel J. (2006). "A new Working List of meteor showers". WGN, 34:3, 77-84.

Rendtel J. (2006). "Visual Sporadic Meteor Rates". WGN, 34:3, 71-76.

Jones J. and Brown P. (1993). "Sporadic meteor radiant distributions: orbital survey results". MNRAS, 265, 524-532. "List Of Apollo Minor Planets" http://cfa-www.harvard.edu/iau/lists/Apollos.html

北トロイダルソースと流星群

橋本岳真

輻射点

はじめに

Jones, J., and Brown, P.,(1993)によると、6組の電波流星軌道サーベイデータから散在流星は南北地球向点(SA, NA)、 太陽方向(H) / 反太陽方向(AH)、南北トロイダル(ST, NT)ソースに分化していることがわかった。 ここではこれら6つのソースのうち北トロイダルソースについて、その位置と付近で活動する流星群について調べた。

方法

1ヶ月を上中下旬の3期に分けて末尾の数字が5になる日で代表させた。その日の太陽黄径から北トロイダルソースの 位置を求め、赤経/赤緯を中心に直径40°の円内に輻射点を持つ流星群をピックアップした。

表し、北トロイダル・ワームの小自わよいての中心中辺の生産と	沉至群
-------------------------------	-----

Date	Ls2000	αδ	Const	Shower	Date	Ls2000	α δ	Const	Shower
01/05	284.5	222 +46	Воо	QUA	07/05	103.8	337 +56	Lac/Cep	
01/15	294.6	229 +43	Boo		07/15	113. 3	344 + 60	Cep/Cas	
01/25	304.8	235 +41	Boo/CrB		07/25	122.8	351 + 64	Cep/Cas	PER
02/05	316.0	242 +39	CrB/Her		08/05	133. 4	000 + 68	Cep/Cas	PER
02/15	326.1	249 +37	Her		08/15	143. 0	010 +72	Cep/Cas	PER
02/25	336.2	255 + 36	Her		08/25	152.6	023 + 75	Cep/Cas	AUR
03/05	345.2	261 + 35	Her		09/05	163.2	042 + 79	Cep/Cas	AUR, SPE
03/15	355.2	268 +35	Her		09/15	172.9	069 +81	Cep/Cam	SPE
03/25	005.1	274 +35	Her/Lyr		09/25	182.7	103 +81	Cep/Cas	DAU
04/05	016.0	281 +35	Lyr		10/05	192.5	133 +79	Cam	DAU
04/15	025.8	287 +36	Lyr	LYR	10/15	202.4	153 +76	Cam/Dra	
04/25	035.6	293 +38	Lyr/Cyg	LYR	10/25	212.4	167 +73	UMa/Dra	
05/05	045.3	300 +39	Cyg		11/05	223.4	178 + 68	Dra/UMa	
05/15	055.0	306 +41	Cyg		11/15	233.4	187 + 64	Dra/UMa	
05/25	064.6	312 +44	Cyg		11/25	243.5	195 +60	UMa	
06/05	075.1	319 +47	Cyg		12/05	253.7	202 +56	UMa	
06/15	084.7	325 +50	Cyg		12/15	263.8	209 +53	UMa/Boo	
06/25	094.2	331 +53	Cyg/Lac		12/25	274.0	216 +49	Boo/UMa	

参考文献

Jones, J.; Brown, P., 1993, Sporadic meteor radiant distributions - Orbital survey results Royal Astronomical Society, Monthly Notices, vol. 265, p. 524-532.

表2. 各ソースの位置(Jones & Brown, 1993より)

and the second se	the second s						
ソース	AH	Н	NT	ST	NA	SA	
λ-λ.	198	342	271	274	271	273	
β	0	1	58	-60	19	-11	
半径	18	16	19	16	21		

北トロイダルソース要約(Jones & Brown, 1993より)

平均軌道傾斜角 i=60°付近にピークを持つガウス分布を示し、離心率は小さく円軌道に近い。

(地心速度は Vg=30km/s あたりにピーク)

長周期彗星に起源を持ち、ポインティングーロバートソン効果によって現在は円軌道化したものであろう(Davies, 1957)。 軌道傾斜角の大きな軌道は比較的安定している。

Davies(1957)では Jodrell Bank ほかのレーダーで得られた 2000 個あまりの散在流星の軌道から、i=60°と 140°付近に明らかなピークを持つことを示した。しかし、輻射点が i=120°付近で南北半球に分かれるよう な単一のソースを生み出すことは幾何学的に想像しがたい。代わりに i=60°が特別に安定した軌道傾斜角で、 そのような粒子をひいきに選択する効果を導いているのかもしれない。



Figure 9. The orbital elements for the north toroidal source region. Details as in caption to Fig. 7.

Super-Schmidt Photographic Survey (six showers removed),



Figure 2. Individual radiant points for the meteors remaining in the Super-Schmidt survey after six showers have been removed.



Figure 3. Activity contours for the combined Harvard radio surveys (a compilation of the Harvard I and Harvard II surveys). The abrupt ending of the contours near the edges of the projection is an artefact of the contour-smoothing method employed.

Combined Adelaide Radio Surveys



Figure 4. Activity contours for the combined Adelaide radio surveys (a compilation of the Adelaide I and Adelaide II surveys). See caption to Fig. 3 for details.

M55-116 橋本岳真







SonotaCo Network同時流星計算用CSV ハブ(http://sonotaco.jp/forum/viewforum.php?f=15) に集められた 2004年12月10日~2007年02月10日までの観測データを、解析ツールUFOOrbitにて加工して使用。


流星雨の命名法規則

Nomenclature rules for meteor showers.*1

次の命名法規則は流星雨の極大がいつであるか、そしてその時の輻射点がどの位置にあるかが、発見時 にいつも正確にわかっているというわけではないという流星雨を念頭において採用されます。既知の流 星群では、作業部会は輻射点が確立された後でいっそう正しい名称(δこいぬ群という名称を提案した であろう)よりは伝統的に受け入れられた名称(例えば、αいっかくじゅう群)を選ぶかもしれません。

一般的な規則として、流星雨(または流星群)は特にラテン語の所有格を使って、輻射点のあるその当時の星座の名にちなんで名付けられるべきであるということです。星座のラテン語の所有格の名称は 7つの語尾変化の1つで終わります。

ae (e.g., Lyrae), * 1 : <u>http://www.ta3.sk/IAUC22DB/MDC2007/Dokumenty/shower_nomenclature.php</u> is (e.g., Leonis), i (e.g., Ophiuchi), us (e.g., Doradus), ei (e.g., Equulei), ium (e.g., Piscium), or orum (e.g., Geminorum).

慣例では最終の接尾語を"-id"あるいは複数形の"-ids"で置き換えます。みずがめ座(Aquarii)からの流星雨は"Aquarids"ではなく"Aquariids"です。唯一の例外は、みずへび座(Hydrus)からの流星雨のために設けられたもので"Hydrusids"と呼ばれるでしょう。それは、うみへび座(Hydra)からの流星雨と混乱しないためです。

星座名称が2語から成っているとき、ただ2番目の語尾変化だけが"id"によって置き換えられるはずです。それゆえ、りょうけん座(Canum Venaticorum)からの流星雨は「Canum Venaticids」となるでしょう。2つの星座をまとめるときはダッシュを使います。そして両方の星座名に"id"が付きます。 それゆえ、とも群ーほ群(Puppids - Velids)となります。ガイドラインとして、星座の順序は輻射点の日々の移動と同じ順序であるべきです。

もしより高い精度が必要なら、ヨハン・バイエル(1603年)によってウラノメトリア星図に初めて導入さ れたギリシャ文字が割り当てられたか、その後に導入されたローマ字が割り当てられた最も近くの星 (もし最も明るいということが不確かだとしても)で流星雨は名付けられます。もし疑わしいなら、流 星雨(発見年)の極大時の輻射点位置にするべきです。それゆえ、IRAS-Araki-Alcock 彗星からの流星雨 は"ηこと群"と命名されるでしょう。

既存の慣例に従い、同じ星座から流星雨を区別する月の名称を加えるかもしれません。この場合、流星 雨はより有名な"4月こと群"と区別するために、IRAS-Araki-Alcock 彗星からの流星雨を"5月こと群" と呼ぶこともできるでしょう。

昼間流星群については"昼間の"を加えるのが慣例です。それゆえ、その名称は10月のおひつじ群に 対して6月の"昼間のおひつじ群"となります。ガイドラインとして、流星群の輻射点は昼間流星雨と 呼ばれるためは太陽から32°以内であるべきです。このことは、その地点の航海薄明の始まりにおいて 水平線上20°以上上に輻射点がないことを保証します。

南と北は同じ(起源の)母天体の流星体に起因して黄道面(厳密には木星の軌道面)の南と北にある流 星雨の"分枝"を示します。それらは決められた太陽黄経でほとんど同じ近日点黄経を持ち(南と北の 間で近日点引数と昇交点黄経が180°異なる)、2つの分枝はほぼ同じ期間にわたって活動する。

もし流星群が他の交点で(地球と)遭遇するときは慣例的に"双子流星雨"と呼ぶ。オリオン群と ηみずがめ群は双子流星雨ですが、それぞれ異なった時期に放出されたダストを表しており、そして現 在はまったく異なった軌道にあります。慣例の問題として、双子流星雨と流星群の南北分枝は異なった 名称で呼ばれます。流星雨はその母天体の名にちなんで名付けないものとします(例えば、ジャコビニ 群, IRAS-Araki-Alcock 群)。なぜなら、彗星の名称は名称が同一ではではなく、ラテン語ではない傾向 があります。同様に、彗星の名称はそれらが行方不明になった後で再発見されたとき、彗星名が変化す る可能性があるからです。

流星雨命名法のための作業部会は各流星雨に唯一の名称(例えば、5月こと群ではなく、ηこと群)を 確定するため、新たに同定した流星雨の名称に対して可能な代替案の名称の中から選択するであろう。

【流星雨の命名法規則作業部会】

メンバー: Peter Jenniskens (USA:議長), Vladimir Porubcan (Slovakia: IAU MDC センター長), Pavel Spurny (Czech Republic:第22委員会委員長), William J. Baggaley (New Zealand), Juergen Rendtel (Germany: IMO 会長), Shinsuke Abe (Japan), Robert Hawkes (Canada), Tadeusz J. Jopek (Poland:連絡窓口)

		Table l Latin possessive n	ames of meteor showe	ers		
Constellation	Latin possessive	Shower	Constellation	Latin possessive	Shower	
Andromeda	Andromedae	Andromedld	Leo	Leonis	Leonid	
Antlia	Antliae	Antliid	Leo Minor	Leonis Minoris	Leonis Minorid	
Apus	Apodis	Apodid	Lepus	Leporis	Leporid	
Aquarius	Aquarii	Aquariid	Libra	Librae	Librid	
Aquila	Aquilae	Aquilid	Lupus	Lupi	Lupid	
Ara	Arae	Arid	Lynx	Lyncis	Lyncid	
Aries	Arietis	Arietid	Lyra	Lyrae	Lyrid	
Auriga	Aurigae	Aurigid	Mensa	Mensae	Mensid	
Bootes	Bootis	Bootid	Microscopium	Microscopii	Microscopiid	
Caelum	Caeli	Caelid	Monoceros	Monocerotis	Monocerotid	
Camelopardalis	Camelopardalis	Camelopardalid	Musca	Muscae	Muscid	
Cancer	Cancri	Cancrid	Norma	Normae	Normid	
Canes Venatici	Canum Venaticorum	Canum Venaticid	Octans	Octantis	Octantid	
Canis Major	Canis Majoris	CanisMajorid	Ophiuchus	Ophiuchi	Ophiuchid	
Canis Minor	Canis Minoris	Canis Minorid	Orion	Orionis	Orionid	
Capricornus	Capricorni	Capricornid	Pavo	Pavonis	Pavonid	
Carina	Carinae	Carinid	Pegasus	Pegasi	Pegasid	
Cassiopeia	Cassiopeiae	Cassiopeiid	Perseus	Persei	Perseid	
Centaurus	Centauri	Centaurid	Phoenix	Phoenicis	Phoenicid	
Cepheus	Cephei	Cepheid	Pictor	Pictoris	Pictorid	
Cetus	Ceti	Cetid	Pisces	Piscium	Piscid	
Chamaeleon	Chamaeleontis	Chamaeleontid	Piscis Austrinus	Piscis Austrini	Piscis Austrinid	
Circinus	Circini	Circinid	Puppis	Puppis	Puppid	
Columba	Columbae	Columbid	Pyxis	Pyxidis	Pyxidid	
Coma Berenices	Comae Berenices	ComaeBerenicid	Reticulum	Reticulii	Rectuliid	
Corona Australis	Coronae Australis	CoronaeAustralid	Sagitta	Sagittae	Sagittid	
Corona Borealis	Coronae Borealis	CoronaeBorealid	Sagittarius	Sagittarii	Sagittariid	
Corvus	Corvi	Corvid	Scorpius	Scorpii	Scorpiid	
Crater	Crateris	Craterid	Sculptor	Sculptoris	Sculptorid	
Crux	Crucis	Crucid	Scutum	Scuti	Scutid	
Cygnus	Cygni	Cygnid	Serpens	Serpentis	Serpentid	
Delphinus	Delphini	Delphinid	Sextans	Sextantis	Sextantid	
Dorado	Doradus	Doradid	Taurus	Tauri	Taurld	
Draco	Draconis	Draconid	Telescopium	Telescopii	Telescopiid	
Equuleus	Equulei	Equuleid	Triangulum	Trianguli	Triangulid	
Fornax	Fornacis	Fornacid	Triangulum Australe	Trianguli Australis	Trianguli Australid	
Gemini	Geminorum	Gemlnid	Tucana	Tucanae	Tucanid	
Grus	Gruis	Gruid	Ursa Major	Ursae Majoris	UrsaeMajorid	
Hercules	Herculis	Herculid	Ursa Minor	Ursae Minoris	Ursae Minorid	
Horologium	Horologii	Horlogiid	Vela	Velorum	Velorid	
Hydra	Hydrae	Hydrid	Virgo	Virginis	Virginid	
Hydrus	Hydri	Hydrusid	Volans	Volantis	Volantid	
Indus	Indi	Indid	Vulpecula	Vulpeculae	Vulpeculid	
Lacerta	Lacertae	Lacertid				

【原文】

Nomenclature Rules for Meteor Showers

The following nomenclature rules are adopted for meteor showers, keeping in mind that it is not always known precisely during discovery when is the peak of a meteor shower and what is the position of the radiant at that time. For known showers, the Taks Group may choose a traditionally accepted name (e.g., alpha-Monocerotids) over the more correct name after a radiant has been established (which would have suggested the name of delta-Canis Minorids).

The general rule is that a meteor shower (and a meteoroid stream) should be named after the then current constellation that contains the radiant, specifically using the possessive Latin form. The possessive Latin name for the constellations end in one of seven declensions:

ae (e.g., Lyrae), is (e.g., Leonis), i (e.g., Ophiuchi), us (e.g., Doradus), ei (e.g., Equulei), ium (e.g., Piscium), or orum (e.g., Geminorum).

Custom is to replace the final suffix for '-id', or plural '-ids'. Meteors from Aquarius (Aquarii) are Aquariids, not Aquarids. An exception is made for meteors from the constellation of Hydrus, which will be called 'Hydrusids', in order not to confuse with meteors from the constellation of Hydra.

When the constellation name has two parts, only the second declension is to be replaced by 'id'. Hence, meteors from Canes Venatici (Canum Venaticorum) would be 'Canum Venaticids'. When two constellations are grouped together, a bracket is used and both constellation names will have 'id'. Hence, Puppids-Velids. As a guideline, the order of the constellations should be in the same sequence as the radiant daily motion.

If a higher precision is needed, then the shower is named after the nearest (if in doubt: brightest) star with a Greek letter assigned, as first introduced in the Uranometria atlas by Johann Bayer (1603), or one with a later introduced Roman letter. If in doubt, the radiant position at the time of the peak of the shower (in the year of discovery) should be taken. Hence, the meteors of comet IRAS-Araki-Alcock would be named 'eta-Lyrids'.

Following existing custom, one may add the name of the month to distinguish among showers from the same constellation. In this case, one could call the shower from comet IRAS-Araki-Alcock the 'May Lyrids', in order to differentiate from the more familiar 'April Lyrids'

For daytime showers, it is custom to add 'Daytime', hence the name for the 'Daytime Arietids' in June as opposed to the Arietids in October. As a guideline, the stream radiant should be less than 32 degs from the Sun to be called a daytime shower. This ensures that no where is the radiant more than 20 degs above the horizon at the start of local Nautical twilight.

South and North refer to 'branches' of a shower south and north of the ecliptic plane (stricktly the orbital plane of Jupiter), resulting from meteoroids of the same (original) parent body. Because they have nearly the same longitude of perihelion at a given solar longitude (the argument of perihelion and longitude of ascending node differing by 180 degrees between South and North), the two branches are active over about the same time period.

If the meteoroid stream is encountered at the other node, it is customary to speak of 'twin showers'. The Orionids and eta-Aquariids are twin showers, even though each represent dust deposited at different times and are now in quite different orbits. As a matter of custom, twin showers and the north and south branches of a stream carry different names. Meteor showers are not to be named after their parent bodies (e.g., Giacobinids, IRAS-Araki-Alcockids). The names of comets tend not to be Latin, making the naming not unique. Also, comet names can change when they get lost and are recovered.

The Task Group for Meteor Shower Nomenclature will choose among possible alternative proposed names for newly identified meteor showers, in order to establish a unique name for each meteor shower (e.g., eta-Lyrids, not May Lyrids).

Task Group on Meteor Shower Nomenclature

Members of the Group:

Peter Jenniskens (USA: Chair), Vladimir Porubcan (Slovakia: IAU Meteor Orbit Data Center), Pavel Spurny (Czech Republic: IAU C22 president), William J. Baggaley (New Zealand), Juergen Rendtel (Germany), Shinsuke Abe (Japan), Robert Hawkes (Canada), Tadeusz J. Jopek (Poland),

橋本岳真

【要旨】

●基本ルール:輻射点がある星座名のラテン語所有格の語尾を"-id"または複数形の"-ids"に置き換 える。

ae (e.g., Lyrae), is (e.g., Leonis), i (e.g., Ophiuchi), us (e.g., Doradus), ei (e.g., Equulei), ium (e.g., Piscium), or orum (e.g., Geminorum).

慣例:「みずがめ座」"Aquarius (Aquarii)"は"Aquariids"で"Aquarids"とはならない。 例外:「みずへび座」"Hydrus (Hydri)"は"Hydrusids"とする。これは「うみへび座」"Hydra (Hydrae)" との混同を避けるため。

- ●星座名が二語からなる星座の場合は二語目を"id"にする。 例) Canes Venatici (Canum Venaticorum) は"Canum Venaticids"
- ●星座名が2つにまたがる場合はハイフン"-"を用いて両方ともに"id"にする。このとき、星座の 順序は輻射点の日々の移動と同じ順序にする。 例)Puppids-Velids
- ●高い精度が必要な時は、極大時の輻射点に最も近い星のギリシャ文字または後で用いられたローマ文字(バイエル名)を用いる。疑わしい場合は、流星群の(発見年の)極大時の輻射点位置で決める。例)IRAS-Araki-Alcock 彗星からの流星群は"ηLyrids"とする。
- ●同じ星座で別の月に出現する場合は月名を先頭に付ける。
 例) IRAS-Araki-Alcock 彗星からの流星群は "May Lyrids" とし、"April Lyrids" と区別する。
- ●昼間流星群(輻射点の太陽離角が 32°以内の流星群)には「昼間」"Daytime"を先頭に付ける。 例)Daytime Arietids
- 「南」と「北」は「分枝」"branches"と呼び、別の流星群名になる。これは、昇交点黄径と近日点 引数が 180 度違うだけで、同じ(起源の)母天体からの流星群であるため。 また昇交点と降交点で発生する流星群は、「双子流星群」"twin showers"と呼び、別の流星群名になる。
 例)Orionids(昇交点側)とη Aquariids(降交点側)

●母天体名を流星群名にしない。 母天体名がラテン語でないことや、失踪し再検出されると別名になることもあり厄介なため。 例)Giacobinidsや IRAS-Araki-Alcockids など。

新流星雨の報告

New Meteor Shower Reports^{*1}

新しい流星雨の発見者はできる限りしっかりと流星雨命名法規則に則って流星データセンター(MDC,連絡先: T.J.Jopek)にただ一つの名称を提案するように求められます。名称はただ一つのものであって、そしてすべての 流星雨のリストで他の流星雨と混乱するような名称を作るべきではありません。もし発見がワーキングリストの中に ある他のそのような流星雨の基準を満たすなら、その流星雨は IAU 番号と3文字コードを割り当てられてワーキ ングリストに加えられるでしょう。3文字コードはコードの方が数字よりも覚え易く、認識しやすいことから流星雨を 区別するための代替的で一般的な方法です。

私たちは科学雑誌で発表されるであろうすべての新しい流星雨を受理します。どうか、雑誌に完成原稿を投稿 する前に、MDC に論文のコピーを送ってください。新しい名称と番号は発見の発表とその後の議論で使われる はずです。

国際流星機構 (IMO) は可能性のある新しい流星群のこの最初の評価で MDC を助けています。 IMO によって 受理された流星群は IMO の機関誌 WGN に論文として報告されるべきで、そして WGN の編集者は名称と番号 を収集するために MDC と連絡を取ることができます。

新しい流星雨がワーキングリストに加えられるときには、IAU小惑星センターと共同してCBETを定期的に発行されるでしょう。

MDCに報告する前に、眼視観測やビデオの一点観測から新しい流星雨を識別したアマチュア天文家はIMOと 連絡を取って、関連する主張を提供するべきです(連絡先:Juergen Rendtel)。観測は流星雨を強く示唆したも のであるべきです。例えば、短時期に狭くまとまった輻射点からの有意な数の突発的な出現(例: β みずへび 群)や、あるいは予想される移動量で移動して数晩にわたって一点観測で検出された連続的な輻射点などで す。

次の研究の目標は、提案された流星雨の妥当性を確立し、もし分析によってこのような妥当性が確認されたなら、 その後に流星群をワーキングリストから確立された流星雨のリストに移動することです。ワーキングリストの中にあ る(あるいはリストから排除されている)流星雨を確立する手助けとなる証拠は論文で発表すべきで、その論文の コピーは MDC に提出すべきです。タスクグループによる証拠の再調査の上で MDC はその流星群をワーキング リストから確立された流星雨のリストに移動するでしょう。

確立された流星雨のリスト中にあるそれぞれの流星雨は、ブラジルのリオデジャネイロで行われる 2009 年 IAU 総会において、第 22 委員会による推薦でその公式の名称と公認を受けるでしょう。

* 1 : http://www.ta3.sk/IAUC22DB/MDC2007/Dokumenty/new_reports.php

【要旨】

新流星群の検出からワーキングリスト掲載までの手順

新流星群の検出

ļ

観測者(著者)は流星群の命名法に則って流星群名を決めたうえで論文原稿を執筆。完成原稿を論文誌に投稿 (submit)する前に MDC の T.J.Jopek 氏に完成原稿の<u>コピーを送付</u>

- MDC が送られてきた投稿前完成原稿のコピーをもとに流星群名を承認し IAU 番号と3文字コードを発行
- 観測者(著者)は承認された流星群名で論文誌に論文を投稿。校正(revise)/受理(accept)を経て掲載
- MDC は新流星群をワーキングリストに掲載、MPC と共同して CBET を定期的に発行して新流星群を告知

※なお、アマチュア観測者の場合は手続きを IMO に代行してもらうことができる。

この場合、観測者(著者)は流星群の命名法に則って流星群名を決めたうえで IMO と連絡を取って論文を投稿 する。IMO は観測者(著者)に代わって MDC に連絡を取り、流星群名、IAU 番号、3文字コードの承認を得る。 ただし、論文は WGN に掲載される。

【原文】

The discoverer of a probable new shower is asked to propose a unique name to the Meteor Data Center (contact T.J. Jopek), following the shower nomenclature rules as closely as possible. The name should be unique and not create confusion with other showers in the list of all showers. If the discovery meets the standards of other such showers in the Working List, the shower will be added and assigned an IAU number and a three-letter code. The thee-letter code is an alternative and popular way to discriminate among showers because the code is easier to remember and recognize than numbers.

We accept all new showers about to be published in scientific journals. Please send a copy of the paper to the MDC before submitting the final version to the journal. The new name and number are to be used in that publication of the discovery and in subsequent discussions.

The International Meteor Organization (IMO) is assisting the MDC in this initial evaluation of 'probable' new streams. Streams accepted by the IMO should be reported in a paper in WGN, the Journal of the IMO, and the editor of WGN can contact the MDC to collect name and number.

In collaboration with the IAU Minor Planet Center, a CBET telegram will be issued periodically to indicate when new showers are added to the working list.

Before reporting to the MDC, amateur astronomers that recognize new meteor showers from visual and single-station video observations should contact the International Meteor Organization and present their claim for referal (point of contact: Juergen Rendtel). Observations should strongly suggest a shower. For example, an outbursts of a significant number of meteors from a compact radiant in a brief period of time (e.g., beta Hydrusids), or a persistent radiant detected in single-station observations over several nights, moving at the expected rate.

The goal of subsequent research is to establish the validity of the proposed shower and, if analysis confirms such validity, subsequently move the stream from the Working List to the List of Established Showers. Evidence that helps establish a shower in the Working List (or eliminate from the list) should be published in the literature, a copy of the paper should be provided to the MDC. Upon review of the evidence in the Task Group, the MDC will move that stream from the Working List to the List of Established Showers.

Each shower in the List of Established Showers will receive its official name, and official recognition as being established, on recommendation to Commission 22 at the 2009 IAU General Assembly in Rio de Janeiro, Brasil.

IAU Meteor Shower List

IAU MDC Catalogue - shower_list_all - version 01/2008 The catalogue contains several parameters of the meteoroid showers.

Column No	Column Name	Description
1	No I AU	shower IAU number,
2	Code	shower IAU three letter code,
3	ShowerName	latin name of the shower,
4	Sst	shower status: e - established, w - working,
5	Sty	shower type: 0 - single shower,
		> 0 – group of showers (Sty = NoIAU of the main shower),
6	Gco	group component: 0 - root of the group of showers (shower complex), usually mean values of parameters are given; 1,2 the sub-group of the shower complex, e.g. S-Taurids, N-Taurids,
7	SLon	Solar longitude at peak of shower (degrees, epoch J2000),
8	RA	Right Ascension of the shower radiant at peak (degrees, epoch J2000),
9	DE	Declination of the shower radiant at peak (degrees, epoch J2000),
10	VG	Geocentric Speed (km/s), before acceleration by Earth's gravity,
11	ZHR	peak rate in terms of zenith hourly rate (per hour),
12	ParentBody	shower parent body,
13	Remarks	notes, remarks about the shower,
14	Author	discoverer, references to the shower parameters.

No.	NoIAU	Code	ShowerName	Sst	Sty	Gco	SLon	RA	DE	VG	ZHR	ParentBody	
1.	1	CAP	alpha Capricornids	e	0	0	127	306.6	-8.2	22.2	0	169P/NEAT (= 2002 EX12)	
2.	2	STA	South. Taurids	e	247	1	224	49.4	13	28	0	2P/Encke	member of Taurid
3.	3	SIA	South. iota Aguariids	e	0	0	131.7	339	-15.6	34.8	0		
4.	4	GEM	Geminids	e	0	0	262.1	113.2	32.5	34.6	0	3200 Phaethon (=1983 TB)	
5.	5	SDA	South. delta Aquariids	e	0	0	125.6	342.1	-15.4	40.5	0	Marsden group	
6.	6	LYR	April Lyrids	e	0	0	32.4	272	33.3	46.6	0	C/1861 G1 (Thatcher)	
7.	7	PER	Perseids	e	0	0	140.2	48.3	58	59.4	0	109P/Swift-Tuttle	
8.	8	ORI	Orionids	e	0	0	208.6	95.4	15.9	66.2	0	1P/Halley	
9.	9	DRA	October Draconids	e	0	0	195.1	264.1	57.6	20.4	0	21P/Giacobinni-Zinner	
10.	10	QUA	Quadrantids	e	0	0	283.3	230	49.5	41.4	0	2003 EH1	
11.	11	EVI	eta Virginids	e	0	0	354	182.1	2.6	29.2	0	D/1766 G1 (Helfenzrieder)?	
12.	12	KCG	kappa Cygnids	e	0	0	145.2	284	52.7	24	0	•	
13.	13	LE0	Leonids	e	0	0	235.1	154.2	21.6	70.7	0	55P/Temple-Tuttle	
14.	14	XOR	chi Orionids Complex	e	14	0	259	*	*	25	0		
15.	15	URS	Ursids	e	0	0	271	219.4	75.3	33	0	8P/Tuttle	
16.	16	HYD	sigma Hydrids	e	0	0	265.5	131.9	0.2	58	0		
17.	17	NTA	North. Taurids	e	247	2	224	58.6	21.6	28.3	0	2004 TG10	member of Taurid
18.	18	AND	Andromedids	e	0	0	232	24.2	32.5	17.2	0	3D/Biela	
19.	19	MON	Dec. Monocerotids	e	0	0	260.9	101.8	8.1	42	0	C/1917 F1 (Mellish)	
20.	20	COM	Dec. Comae Berenicids	e	0	0	274	175.2	22. 2	63.7	0		
21.	21	AVB	alpha Virginids	e	0	0	28	179.9	-7.7	17.6	0	1998 SH2?	
22.	22	LMI	Leonis Minorids	e	0	0	209	159.5	36.7	61.9	0	C1739 K1 (Zanotti)	
23.	23	EGE	epsilon Geminids	e	0	0	206	101.6	26.7	68.8	0		
24.	24	PEG	mu Pegasids	W	0	0	230.4	335.5	21.8	11.2	0		
25.	25	NOA	North. October delta Arietids	W	0	0	201.7	34.7	20.2	36.3	0		part of NTA
26.	26	NDA	North. delta Aquariids	W	0	0	123.4	344.7	0.4	40.5	0		
27.	27	KSE	kappa Serpentids	e	0	0	15.7	230.6	17.8	45	0		
28.	28	SOA	South. October delta Arietids	W	0	0	198.5	33.1	10.6	25.6	0	2P/Encke?	part of STA
29.	29	DLE	delta Leonids Complex	W	29	0	334.7	*	*	20	0		
30.	30	PSC	Piscids Complex	W	30	0	179	*	*	28	0		
31.	31	ETA	eta Aquariids	e	0	0	46.9	336.9	-1.5	65.9	0	1P/Halley	
32.	32	DLM	Dec. Leonis Minorids	e	0	0	262.4	156.1	32.7	62.3	0	C/1798 X1 (Bourvard)?	
·				•••••			··	~				1	

Ramarks	Author
s Complex (247)	
	<u>-</u>
0	
s complex (247)	

											2008.01.21 Solar System	Minor Body Seminar 橋本岳真
33	3.	33	NIA	North. iota Aquariids	e (0 147.7	328	-4.7	27	. 6	0	
34	4.	34	DSE	delta Serpentids	w (0 323	237	9.6	65		0 1947 F2 (Becvar)?	
35	5.	38	CUR	xi Ursae Majorids	w (0 358	175.	4 30.1	18	. 9	0	
36	δ.	39	NAL	North. alpha Leonids	w (0 349	158.	7 31	11	. 1	0 2003 YG118?	
37	7.	40	ZCY	zeta Cygnids	w (0 20	303.	8 44.8	39		0	
38	3.	43	ZSE	zeta Serpentids	w (0 365	266.	3 -6.3	67	. 4	0	
39)	45	PDF	phi Draconids	w (0 368	267	1 69.4	22	9	0	
4()	46	BCR	beta Craterids	w (0 13 5	176	8 -26 9	22	6	0	
4		47	DII	mu Virginids	w ($0 \ 39$	226	8 -8 7	28	3	0	
42	2	49	LVI	lambda Virginids	w (0 20	210	7 -10.2	26	. 8	0	
4	3	50	VIR	March Virginids Complex	w 50	0 354	*	*	23			
	1	52					174	7 66 7	27	····	<u>0</u>	
Δ.	<u>.</u>	55	ASC			$\frac{1}{1}$ $\frac{1}$	247	-28.8	31	·	0 2004 B7742	
	<u>.</u>	61	ΤΔH	tau Herculids		$\frac{0}{1}$ $\frac{0}{1}$ $\frac{00.2}{72}$	2247	5 39 8	15		0 73P/Schwassmann-Wachmann 3	
	,	63	COR	Corvids			192	6 -19 4	9	1		
	2	65	GDE	gamma Delphinide			3/2	2 12 2	55	·	0 2004 11	
	<u>,</u> 	66	NSU	North omega Scorpiids		$\frac{1}{1}$	2/8	1 _15 3	10	. /	0 1006 162	
	<u>,</u> 	67	NON	North mu Sagittariide		0 70	240.	1 - 17.0	22	<u>0</u>	0 0 / 0 / 0 1 0 / 0 0 / 0 1 0 / 0 0 / 0 1 0 / 0	
51	/.	60	000	South mu Sagittariide		<u> </u>	271.	<u>з 17.5</u> 4 _27 Б	10	6		
5	. 	72	200			$\frac{1}{10}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{10}$	270.	4 <u>-</u> 27.5	19	. 0	$O = \frac{O}{O}$	
52	<u>.</u>	76					200.	<u> </u>	14			
50). 1	01		Kappa Aquarrius		$\frac{1}{105}$	110	17 0	65	. 0	0 2000 ANS?	
50	*.	01		October Cymride			217	9 47.9 0 52 6	17		0	
). 	00	000				517.	0 02.0		· <u> </u>		
). ;	00					00.	4 -0.9	00	. 3		
5	/. 	88			W (285	61.3	28	. 0		
50	5. 	89	100	January pi virginids			1/9	9	04	. 0		
55	<u>).</u>	90		January Comae Berenicids	e (188.		03	. 9		
00).	91		January zeta Aurigids	W (<u> </u>	/0.	3 <u>60.</u> I	12	·		
0		92					0 09.	3 -29	10	.		
62	<u>.</u>	93	VEL		W 93	3 0 296	123	-48.3	33	· !		
0.	5.	94	KGE			0 297	115.	8 24.9	23			
64	¥.	95	DUA		W 95		*	*	25	. /		
65	<u>).</u>	96	NCC	North. delta Cancrids	(0 296.3	130	20	26		0 1991 AU?	
60	<u>)</u> .	9/	SCU	South. delta Cancrids	(0 296.3	134.	1 10.1	25	. 2	0 2001 YB5?	
6	<u>.</u>	98	ECU	epsilon Columbids	(0 307.1	82.	4 -34.7	16	. 6	0	
68	3.	99	JSC	Dayt. Scutids	W () 0 280.4	2/8.	2 -1.8	24	.]	0	
69).	00	XSA	Dayt. xı Sagittarıids	(0 304.9	284.	8 -18.6	26	. 3	0	
/(). 1	101	PIH	pi Hydrids	w (0 317.1	210.	3 -23	/0	. /	0	
/1	1	102	ACE	alpha Centaurids	e () 0 319.4	210.	9 – 58. 2	59	. 3	0	
72	2. 1	103	TCE	Centaurids II Complex	w 103	3 0 321	203.	8 –39.6	60	. 2	0	
73	3. 1	104	GBC) gamma Bootids	w (0 321	224.	4 39.1	50	. 3	0	
74	<u>1. 1</u>	105	OCN	Centaurids Complex	w 105	o 0 323.4	165.	6 <u>–</u> 60. 3	41	. 5		
75	<u>p. 1</u>	06	API	alpha Pictorids	w () 0 325	110.	1 -65. 1	30			
76	<u>5. 1</u>	07	DCH	l delta Chamaeleontids	w (0 325	254.	4 –86.1	42	. 6	0	
77	7. 1	08	BTU	Jbeta Tucanids	w () 0 340.4	49.	6 -77.8	36	. 3	0 C/1976 D1 (Bradfield)	
78	3. 1	09	ACN	alpha Carinids	w (0 311.2	100.	7 -54. 8	21	. 7	0	
79). 1	110	AAN	alpha Antiliids	w (0 313.1	140	-10	42	. 6	0	
80). 1	[11]	FCN	I February Canis Majorids	w (0 330.6	104.	3 -25.6	70		0	
8	1.] 1	112	NDL	North. delta Leonids	w] (0 334.7	168	16	20	.1]	0 1999 RD32?	
82	2.] 1	113	SDL	South. delta Leonids	w] (0 334.7	137.	7 17.8	17	. 4	0	
83	3.] 1	114	DXC	Dayt. chi Capriconids	w] (0 311.3	321.	4 6	18	. 5	0	
84	Ā. 1	115	DSC	Dayt. Sagittariids-Capricornids	w (0 312.5	315	-23.3	26	. 8	0 2001 ME1?	
85	5. 1	116	DEG	Dayt. epsilon Aquariids	w (0 315.8	310.	2 –6.8	23	. 1	0	
86	3. 1	117	DCC	Dayt. c Aquariids	w (0 325	346.	7 –23. 7	14	. 1	0 2004 NL8?	
87	7. 1	118	GNC)gamma Normids	w (0 353	251.	6 -51.3	64		0	
88	3. 1	119	LCE	lambda Centaurids	w (0 359	173.	7 –59.5	38	. 4	0	
89	9. 1	20	DPA	delta Pavonids	w (0 11.1	309.	1 -62.8	58		0 C/1907 G1 (Grigg-Mellish)	
90	D. 1	21	NHY	nu Hydrids	w (0 343.1	159.	1 –12.2	19	. 7	0 1999 RM45?	
91	í. 1	22	APX	alpha Pyxidids	w (0 345.9	135.	5 -35.2	25	. 9	0	
92	2. 1 1	23	NVI	Northrn March Viginids	w (0 354	185.	7 2.3	23		0 1998 SJ70?	

										2008.01.21 Solar System Minor Body Seminar 橋本岳真
93.	124	SVI	South. March Virginids	W	0	0	354 179.7	-8.5	22.9	0
94.	125	SAL	South. alpha Leonids	W	0	0	359 141.8	-7	11.9	0
95.	126	SGE	March delta-Geminids	W	0	0	361 114.5	12.2	8	0
96.	127	MCA	March Cassiopeiids	W	0	0	350 352.8	52.3	14.5	0
97.	128	MKA	Dayt. kappa Aquariids	W	0	0	354 338.7	-7.7	33.2	0 2002 EV11?
98.	129	QPE	Dayt. q Pegasids	W	0	0	354 352.3	12.9	21.7	0 2005 EM169?
99.	130	DME	delta Mensids	W	0	0	356.7 58	-80	33	0
100.	131	DAL	delta Aquilids	W	0	0	23 310.6	-0.2	66.2	0 C/1984 S1 (Meier)?
101.	133	PUM	April psi Ursae Majorids	W	0	0	23 188.6	58.7	10	0
102.	134	NGV	Nothern gamma Virginids	W	0	0	24.3 180.6	17.7	11.7	0 2002 FC?
103.	135	SGV	South. gamma Virginids	W	0	0	22.7 183.2	-15.5	13.9	0 2003 BD44?
104.	136	SLE	sigma Leonids	W	0	0	27.7 192.6	3.1	23	0 2002 GM5?
105.	137	PPU	pi Puppids	e	0	0	33.6 110.4	-45.1	15	0 26P/Grigg-Skjellerup
106.	138	AB0	alpha Bootids	W	0	0	36.7 218.8	14.5	20.9	0
107.	139	GLI	gamma Librids	W	0	0	39 226.8	-8.7	28.3	0
108.	140	XLI	April chi Librids	W	0	0	39 236.3	-18.9	34.2	0
109.	141	DCP	Dayt. chi Piscids	e	0	0	19.2 19.6	21	18	0
110.	142	MDR	mu Draconids	W	0	0	29.2 281	57.9	28.2	0
111.	143	LPE	Davt. lambda Pegasids	w	0	0	29.7 343.5	19.9	38.4	0
112.	144	APS	Davt. April Piscids	e	0	0	30.3 7.6	3.3	28.9	0 2005 NZ6?
113.	145	ELY	eta Lvrids	e	0	0	49.1 292.5	39.7	45.3	0 C/1983 H1 (IRAS-Araki-Alcock)
114.	146	CAU	beta Coronae Australids	w	0	0	54.7 285.1	-39.9	56.4	0
115.	147	PAQ	phi Aquariids	W	0	0	60 350.9	-3.5	64	0
116.	148	MLV	Mav gamma Virginids	W	0	0	45 217.7	-31.2	25.6	0
117.	149	NOP	North, May Ophiuchids	W	0	0	49.7 249	-14	27.8	0
118.	150	SOP	South. May Ophiuchids	W	0	0	56.7 258	-24	27.8	0
119.	151	EAU	epsilon Aquilids	W	0	0	59 284.9	15.6	30.8	0
120.	152	NOC	North. Davt. omega Cetids	e	0	0	46.7 2.3	17.8	33	0 C/2003 Q1 (SOHO)?
121.	153	0CE	South. Davt. omega Cetids	e	0	0	46.7 22.5	-3.6	36.6	0
122.	154	DEA	Davt. epsilon Arietids	W	0	0	55 44.7	21.2	20.6	0 2002 SY50?
123.	155	NMA	Nothern Davt. May Arietids	w	0	0	55 37.2	18.1	25.2	0 2003 QC10??
124.	156	SMA	South. Davt. May Arietids	W	0	0	55 33.7	9.2	28.9	0
125.	157	ICA	iota Cassiopeiids	W	0	0	62 43.1	69.2	19.1	0
126	158	CET	pi Cetids	w	0	0	95 24.1	-11.7	66.8	0 C/1874 G1 (Winnecke)?
127	159	TAQ	tau Aquariids		0	0	97.3 340.3	-11.5	64.3	
128	160	OSC	omega Scorpiids Complex		160	0	71.9 *	*	19.6	0
129	161	SSC	South omega Scorpiids	w	0	0	70 243.7	-22.1	23	0
130	162	ACI	alpha Circinids		0	0	73.9 218.6	-70.2	27.1	0
131.	163	SAG	Scorpiids-Sagittariids Complex	W	163	0	97 *	*	22.9	0
132	164	NZC	North, June Aquilids	e	0	0	86 298.3	-7.1	36.3	0
133.	165	SZC	South June Aquilids	e	Ō	0	80 297.8	-33.9	33.2	0
134	166	JLY	June Lvrids	Ŵ	Ŏ	Ō	85.2 280.3	55	33.4	0
135.	167	NSS	Nothern sigma Sagittariids	w	0	0	87 278.6	-25.3	29.3	0 2001 MEW1?
136.	168	SSS	South. sigma Sagittariids	W	0	0	92.3 293.1	-14	23.2	0
137	169	SCU	Scutids	w	0	0	94.9 281.7	0.9	18.9	0 2004 CL??
138	170	JB0	June Bootids	e l	0	Ō	96.3 222.9	47.9	14.1	0 7P/Pons-Winnecke
139.	171	ARI	Davt. Arietids	e	0	0	76.7 40.2	23.8	35.7	0 Marsden group of sunskirters
140	172	ZPE	Davt. zeta Perseids	e	0	0	78.6 64.5	27.5	25.1	0 2P/Encke
141.	173	BTĀ	Davt. beta Taurids	e	0	0	96.7 84.9	23.5	29	0 2004 TG10
142.	174	TAS	Davt. theta Aurigids	W	0	0	96 93.3	31.3	15.8	0
143.	175	JPE	Julv Pegasids	w	0	0	107.5 340	15	61.3	0 C/1979 Y1 (Bradfield)??
144.	176	PHE	Julv Phoenicids	W	0	0	110.3 31.6	-47.7	47	0
145.	177	BCA	beta Čassiopeiids	w	0	0	126.6 352.9	58.8	50.4	0
146.	178	JCE	Julv Centaurids	W	0	0	103.3 225	-35	15.3	0 1997 QK1??
147.	179	SCA	sigma Capriconids	w	0	0	110 311.1	-14.5	26.9	0
148.	180	MSE	mu Serpentids	W	0	0	114 240	11	7.7	0
149.	181	KPA	kappa Pavonids	w	0	0	114.8 282.3	-66.9	18.9	0
150.	182	0CY	omicron Cygnids	W	0	0	117.2 304.5	49.7	39.4	0
151.	183	PAU	Piscis Austrinids	e	0	0	123.7 347.9	-23.7	44.1	0
152.	184	GDR	gamma Draconids	w	0	0	124.4 278.8	48.8	25.1	0

													2008.01.21 Solar System Minor Body Semina	ar 橋本岳真
153.	185	DBA	Dayt. beta Andromedids	W	0	0	100.5	15	37.5	26) 96P/Machholz?		
154.	186	EUM	epsilon Ursae Majorids	w	0	0	106	192.5	61.7	15	. 2)		
155.	187	PCA	psi Cassiopeiids	e	0	0	106	389.4	71.5	40	. 3)		
156.	188	XRI	Dayt. xi Orionids	e	0	0	117.7	94.4	15	44)		
157.	189	DMC	Davt. mu Cancrids	w	0	0	126	122.7	22.4	24	. 3)		
158.	190	BPE	beta Perseids	W	0	0	135.4	52.8	40.2	66	. 2)		
159.	191	ERI	eta Eridanids	W	0	0	137.5	45	-12.9	64		C/1852 K1 (Chacornac)?		
160	192	TRI	August Triangulids	w	0	0	139 8	37 5	30 7	57	3			
161	193	7AR	zeta Arietids	w	0	0	146	49 7	14 2	70	1	C/1862 N1 (Schmidt-Tempel)?		
162	194	UCE	upsilon Cetids	w	0	0	146	38.6	-2.8	61	····			
163	195	RIN	heta Indids	w	0	<u> </u>	157 3	342 8	-51 7	14	1	C/1991 3 (Levv)		
164	196	NPH	nu Phoenicids	w	ŏ	<u> </u>	129 7	20	-43	44	····	C/1951 C1 (Padiusakova)?		
165	107		August Draconids		- <u>ŏ</u>	<u>ŏ</u> -	142	272 5	65 1	17	3			
166	108	RHY	heta Hydruside	<u> </u>	0	<u> </u>	1/3 8	26 3	-74 5	22	8	<u>/</u>		
167	100		August delta Capriconida	w	0	<u> </u>	145.0	228 7		21	6	/ 15P/Honda-Mrkos-Paidusakova		
160	200	ECE	August derta dapi iconitus	w	-0	0	151	20.7	_2 7	2 I Q	6	1 - 431 / 1010a mir kos 1 a juusakova		
160	200		gemme Deredide	W	-0		155 7	61 2	-5.7	40	1	<u>/ 2000 u37 !</u>		
170	201	704	Bailina Dorautus	W	-0		1/7	110 7	10	40	0	<u><u>/</u></u>		
170.	202		Dayt. Zeta Gancinus	W	0	0	14/	120 0	19	40	. 0			
170	203		Dayt. gamma Leonius	W			140. /	139.9	12.4	19	. 0	1 1999 KU32?		
172.	204		Dayl. Chi Leonids	W	0	<u> </u>	104		12.8	21	. 4			
174	200		XI AUFIGIOS	W	0		100 7	93.5	02.0	20	. 9			
1/4.	200	AUK	Aurigias	e	0		158.7	89.8	38.7	05	. /) G/I9II NI (KIESS)		
1/5.	207	303	Sept. Deta Gassiopeilos	W	0		1/3	33	08.9	69	<u>. </u>	/		
1/0.	208	3PE	Sept. epsilon Perseids	W	0	0	170	50. Z	39.4	04	. 5			
1//.	209	EEK	epsilon Eridanids	W	0	0	1/0	56.6	-13.8	59) [C/1854 L1 (Klinkerfues)?		
1/8.	210	BAU	beta Aurigids	W	0	0	1/9.3	86	43	66	. 5) C/1/90 A1 (Hershel)?		
1/9.	211	AUR	Sept. alpha Urionids	W	0	0	183	86.7	9	62				
180.	212	KLE	Dayt. kappa Leonids	W	0	0	181	162. /	15. /	43	. 6) C/191/F1 (Mellish)		
181.	213	BRC	beta Gruids	W	0	0	160.3	337	-4/	21)		
182.	214	BCP	beta Capricornids	W	0	0	167.7	305.7	-12.8	37)		
183.	215	NPI	North. delta Piscids	W	0	0	184	9.2	7.7	31	. 2)	part of NTA	
184.	216	SPI	South. delta Piscids	W	0	0	1/4	23.6	5.1	26	. 5) 2003 QC10??	part of SIA	
185.	217	OPC	omega Piscids	W	0	0	174	0.5	-8.8	21	. 4) 2001 HA4?		
186.	218	GSA	Sept. gamma Sagittariids	W	0	0	170.1	270.8	-31	6	. 2) 107P/Wilson-Harrington?		
187.	219	SAR	Sept. mu Arietids	W	0	0	179	28.5	18.6	36	. 3)		
188.	220	NDR	nu Draconids	W	0	0	170.3	265.4	59.8	20	. 3)		
189.	221	DSX	Dayt. Sexantids	e	0	0	188.4	154.5	-1.5	31	. 2	2005 UD		
190.	222	DDI	Dayt. delta Leonids	W	0	0	183	172.7	21.2	31	. 1)		
191.	223	GVI	Dayt. gamma Virginids	W	0	0	184	168.4	3.6	23	. 3			
192.	224	DAU	October delta Aurigids	W	0	0	191	83.5	50.4	64	. 9)		
193.	225	SOR	sigma Orionids	W	0	0	191.7	86	-3	65	I)		
194.	226	ZTA	zeta Taurids	W	0	0	196	86.1	14.7	67	. 2)		
195.	227	OMO	October Monocerotids	W	0	0	206	101.9	-1.4	63	. 5) C/1723 T1 (Keggler-Crossat-Saunderson)?		
196.	228	OLY	October Lyncids	W	0	0	206	111.3	48.8	64	. 8			
197.	229	NAU	nu Aurigids	W	0	0	207.3	87.9	39.6	53	. 1			
198.	230	ICS	October iota Cassiopeiids	w	0	0	209	36.7	66	66	. 3			
199.	231	ACM	Dayt. alpha Canis Majorids	W	0	0	204	92.1	-14	58	. 8			
200.	232	BCN	Dayt. beta Cancrids	w	0	0	213	121.7	4.9	66	. 1			
201.	233	000	October Capricornids	e	0	0	189.7	303	-10	10	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	D/1978 R1 (Haneda-Campos)		
202.	234	EPC	October epsilon Piscids	w	0	0	195	3.4	8.1	21	. 7			
203.	235	LCY	lambda Cygnids	w	0	0	199	338.6	31.3	18) 2005 CA?		
204.	236	GPS	gamma Piscids	w	0	0	200	377.7	9.3	13	. 4	0 6344 P-L ?		
205.	237	SSA	sigma Arietids	w	0	0	202	44.7	14.2	40	. 5	<u>, </u>		
206	238	DOR	alpha Doradids	w	0	0	208	69.3	-55.9	20	;	<u>, </u>		
207	239	GPU	gamma Puppids	w	0	0	202 7	110 1	-44	39	. 2	<u>, </u>		
208	240	DFV	Davt. psi Virginids	w	0	0	202	193 7	-9.6	21	.1	<u>-</u>		
209	241	011	October Ursae Minorids	w	0	0	208	246 6	74 3	30	9	;		
210	242	XDR	xi Draconids	w	0	<u>0</u>	210 8	170 3	73 3	35	. 8	<u>, </u>		
211	243	ZCN	zeta Cancrids	w	0	0	225	120 5	14.3	63	. 4	<u>, </u>		
212	244	PAR	psi Aurigids	w	0	0	227	94	50	56	. 7	;		

											2008.01.21 Solar System Minor Body Semina	ar 橋本岳真
213.	245	NHD	[Nov. Hydrids]	w] 0]	0 235		130.3	-6.3	65.5		0 C/1943 W1 (Van Gent-Peltier-Daimaca)?	
214.	246	AMO	alpha Monocerotids	e 0	0 239	3	117.1	0.8	63			
215.	247	TAU	Taurids Complex	e 247	0 224		*	*	28		0	
216.	248	IAR	Nov. iota Aurigids	<u>w 0</u>	0 233	6	/6.3	33.3	34			
217.	249	NAR	Nov. nu Arietids	<u>w 0</u>	0 241		39	23.2	12.3			
218.	250	NUU	Nov. Urionids		0 245	,	90.6	15.7	43.7			
219.	251		Dayt. lota virginids	W U	0 223	<u> </u>	210.4	-3.8	29			
220.	252		alpha Lyncius		0 200	9	130.0	43.8	50.4 40			
221.	253	PHO	Phoenicids		0 252	4	112.9	<u> </u>	11 7		D D/1819 W1 (Blannain) /2003 WY25	
222	255	PIIV	Puppids-Velids Complex	w 255	0 254		128	-45	36.8			
220.	256	ORN	North chi Orionida	e 0	0 257	3	83 9	25 5	24 9		0 2002 XM35?	
225	257	ORS	South, chi Orionids	e 0	0 260		78.7	15.7	21.5			
226.	258	DAR	Dec. alpha Aurigids	w 0	0 262	2	84.9	35.5	19.5	;;		
227.	259	CAR	Carinids Complex	w 259	0 264	1	129	-58	38.9	1 1		
228.	260	GTI	gamma Triangulids	w 0	0 272		43.3	41.6	11.3	1	0	
229.	261	DDC	Dayt. delta Scorpiids	w 0	0 254	2	246.6	-26.3	25.3	1	0 2004 YD5?	
230.	262	KLI	Dayt. kappa Librids	w 0	0 259	2	231.3	-20.8	31.9			
231.	263	NAN	nu Andromedids	w] 0	0 286	3	20	40	7.7		0 2002 X014? asteroidal	
232.	264	XCE	xi Cetids	w 0	0 286	3	37	8	7.7		0 asteroidal	
233.	265	JGD	January gamma Delphinids	w 0	0 289	4 3	311	18	14	(0 asteroidal	
234.	266	ACC	alpha Cancrids	w 0	0 303	5	135.4	6.3	19.3		0 asteroidal	
235.	267	JNO	January nu Orionids	<u>w 0</u>	0 307	9	88	12	12	!	0 2003 AC23? asteroidal	
236.	268	BCD	beta Cancrids	<u>w 0</u>	0 316	2	119.4	11	14.6		0 2002 M13?	
237.	269		omega Cassiopeiids	<u>w 0</u>	0 317	5	/.4	66.4	9.4	· !		
238.	2/0	FAU	Febuary alpha Urionids	<u>W 0</u>	0 318		88.8 100 E	9.4	9.4		U asteroidal	
239.	2/1	WL I	March Lyncids	W U	0 339	4	123.5	50.3	9.4			
240.	212		April alpha comae Berenicids	W 0		0 1 0	193.1	ZZ. 9	10./			
241.	273	NUM		w 0	0 42		217.0 172 5	03.7 15.2	15.1			••••••
242.	274				0 54	4	173.0	40.Z	9.2	;+;		
245.	275		alpha Draconids	w 0	0 75	5 2	223.2	66 4	11 6		asteroidal	
245	277	GCA	gamma Camelopardalids	w 0	0 109		88 7	79	22 7		asteroidal	
246	278	MSR	July mu Serpendids	w 0	0 112	2 2	240 8	4 7	98		asteroidal	
247.	279	ZED	July zeta Draconids	w	0 115	7	251.6	66.5	20.6	;	asteroidal	
248.	280	ADL	delta Librids	w 0	0 141	7 2	234.5	-2.5	7.1		0 2003 MU? asteroidal	
249.	281	0CT	October Camelopardalids	e 0	0 193	1	166	79.1	46.6	; (
250.	282	DCY	delta Cygnids	w 0	0 200	8 2	294.6	46.5	14	(0 2004 BE68? asteroidal	
251.	283	OPL	pi Leonids]	w 0	0 218	1 1	146	8	5.8		0 asteroidal	
252.	284	OMA	Omicron Ursae Majorids]	w 0	0 228	9	115	70	9.4	Ī	0 asteroidal	
253.	285	GTA	gamma Taurids	w 0	0 232	8	60	17.5	14.1		0 asteroidal	
254.	286	FTA	omega Taurids	w 0	0 240	2	58	16.8	21.7	<u> </u>	0 2002 UK11? asteroidal	
255.	287	NER	Nov. epsilon Eridanids	w 0	0 240	8	52	-7	11.1	. +!	U 2000 KA? asteroidal	
256.	288	DSA	South. Dec. delta Arietids	<u>w 0</u>	0 256	5	66.6	15.6	15.2			
257.	289	UNA	North. Dec. delta Arietids	<u>W 0 0 </u>	0 256	5	53	29	14.6		U 1990 HA? asteroidal	
258.	290	ALL		W 290	- 0 3	+9	*	*	12	-+		
209.	291		ganina virginias complex	W 291	·····	20	*	*	12			
200.	292		may uprilucrilds Complex	W 292	0 46	<u>7</u>	*	*	27.8			
201.	293		Dayt May Aristide Complex	w 293	0 40	5	*	 ≁	34 99		v	
202.	294		June Aquilide Complex	w 205		22	* *	····· *	26		<u>v</u>	
263	200	515	sigma Sagittariide Compley	w 295		50	*	*	28		<u>× </u>	
265	297	DAO	delta Aquariids Complex	w 297	0 125	6	*	····· *	41		<u>ŏ</u>	
266	298		iota Aquariids Complex	w 298	0 147	7	*	*	34			
267	299	OAR	October Arietids Complex	e 299	0 2	14	*	*	29.8			
268.	300	ZPU	zeta Puppids	w 0	0 254	7	123	-43	39			
269.	301	PUP	gamma Puppids	w 0	0 2	55	123	-45	38			
270.	302	PVE	b Puppids	w 0	0 256	3	128	-45	39		0	
271.	303	LVL	lambda Velids	w] 0	0 269	7	133	-46	33			
272.	304	CVE	c Velids	w] 0	0 2	73	135	-46	36	Τ		

2008.01.21

												-0001011
273.	305	SPU	sigma Puppids	W	0	0	253.7	102	-45	36	0	
274.	306	COL	Columbids	W	0	0	244.7	86	-34	*	0	•
275.	307	TPU	tau Puppids	W	0	0	270.7	104	-50	31	0	
276.	308	PIP	pi Puppids	W	0	0	290.7	113	-43	33	0	
277.	309	GVE	gamma Velids	W	0	0	288	125	-47	33	0	
278.	310	APY	alpha Pixidids	W	0	0	304.7	132	-34	*	0	
279.	311	DVE	delta Velids)	W	0	0	319.7	132	-56	33	0	
280.	312	ECA	epsilon Carinids	W	0	0	263.7	129	-58	39	0	
281.	313	ECR	eta Carinids	W	0	0	280.7	160	-60	*	0	
282.	314	ACR	alpha Crucids	W	0	0	299.7	192	-63	48	0	
283.	315	0CA	omega Centaurids	W	0	0	322.7	177	-56	51	0	
284.	316	BHD	beta Hydrids	W	0	0	320.7	187	-34	*	0	
285.	317	TCN	theta Centaurids	W	0	0	322.7	210	-40	59	0	
286.	318	MVE	mu Velids	W	0	0	262	155	-41	54	0	
287.	319	JLE	January Leonids	W	0	0	282.5	148.3	23.9	52.7	0	
288.	320	OSE	omega Serpentids	W	0	0	275.5	242.7	0.5	38.9	0	
289.	321	TCB	theta Coronae Borealids	W	332	1	296.5	232.3	35.8	38.66	0	member of Bootic
290.	322	LBO	lambda Bootids	W	332	2	295.5	219.6	43.2	41.75	0	member of Bootic
291.	323	XCB	xi Coronae Borealids	W	332	3	294. 5	244.8	31.1	44. 25	0	member of Bootic
292.	324	EPR	epsilon Perseids	W	0	0	95.5	58.2	37.9	44. 8	0	
293.	325	DLT	Dayt. lambda Taurids	W	0	0	85.5	56.7	11.5	36.4	0	
294.	326	EPG	epsilon Pegasids	W	0	0	105.5	326.3	14.7	29.9	0	
295.	327	BEQ	beta Equuleids	W	0	0	106.5	321.5	8.7	31.6	0	
296.	328	ALA	alpha Lacertids	W	0	0	105.5	343	49.6	38.9	0	the shower was
297.	330	SSE	sigma Serpentids	W	0	0	275.5	242.8	-0.1	42.67	0	
298.	331	AHY	alpha Hydrids	W	0	0	285.5	127.6	-7.9	43.6	0	
299.	332	BCB	Bootid-Coronae Borealids Complex	W	332	0	296	230	37	42	0	
300.	333	0CU	Oct. Ursae Majorids	W	0	0	202	144.8	64.5	54.1	0	

Solar System Minor Body Semina	ar 橋本岳真
	Brown et al. 2007
	Brown et al. 2007
Coronae Borealids Complex (332)	Brown et al. 2007
Coronae Borealids Complex (332)	Brown et al. 2007
Coronae Borealids Complex (332)	Brown et al. 2007
	Brown et al. 2007
alled July sigma Cassiopeiids	Brown et al. 2007
	Uehara et al. 2006

流星物理セミナー2009/2/8

日本流星研究会 小関正広

1. 流星群研究概史

19世紀に見られたしし座流星雨が契機となって「流星群」という概念が形作られ、19世紀末にはデニングに よって流星輻射点リストが編集された。この時点では、輻射点は天球に固定されており、ある流星群は年間を 通して同じ位置から放射すると考えられていた。

その後、オリヴィヤーによって、輻射点は移動するものであることが確認されたが、一方で、主要流星群に は副次的な輻射点が伴うと考えられていた。この時代における眼視観測の主要な目的は、輻射点を正確に決定 することであり、副次的な輻射点の存在自体はかなり確かなものと考えられていた。

一方、ホフマイスターによって、輻射点決定に確率的な考え方が導入された。経路の延長が交差する位置を 輻射点である可能性(確率)としてとらえ、交差点の密度が高い場所に輻射点を推定するのである。従って、 ホフマイスターのリストを単純に輻射点表とみなすことは誤りである。

第2次世界大戦以後は、近代的な観測技術の発達によって、写真・電波観測で見いだされた流星群を眼視観 測で追跡することが行われるようになる。しかし、眼視観測と写真・電波観測の結果は必ずしも良い一致を示 さなかった。一つには、眼視観測の精度の問題もあるが、以下に述べるように観測方法・手段の違いによる理 由が大きかった。現在では、精度の高い経路記入をできる観測者は少数になっている。

2. 眼視観測による流星群記録の整理

以下では、デニング、ホフマイスター、AMS、NMSの輻射点表を筆者が整理したものをもとにする。再 録するには分量が多くなるので、概要のみを示す。すべて、輻射点の赤道座標を黄道座標に変換し、黄経から 観測時刻の太陽黄経を減じたものをプロットして、集約したものである。

(1)デニングのカタログ

19世紀に多数の観測者によって記録された「輻射点」の総合カタログである。長期間の観測から導かれた流 星経路の収束点が掲げられ、ものによっては観測年が記されていないものもある。デニングは前述の輻射点理 解に基づいて「輻射点」を278の流星群に整理しているが、もちろん、そのままでは利用できない。観測記録 のうち、短期間の記録であるもののみをとりだして100の輻射点グループに整理した。

(2)ホフマイスターのカタログ

ホフマイスターは黄道型流星群の研究に力を注いだことで有名である。経路の交差点を敢えて輻射点とは呼ばず、「収束点」のリストとして掲げている。主としてホフマイスター自身の観測に基づくリストで、南北両 半球での観測が含まれている。これらの収束点から、特に黄道型群では、輻射点が5-15度に広がり、東方移動 とは別に、日々、収束点の中心が5度以上動くとしている。この数値が示すように、ホフマイスターの収束点 分布は、AMSやNMSの輻射点より広がっている。ホフマイスター自身で整理した流星群表とは別に、筆者 はデニングのカタログと同様の基準で整理し、138の輻射点グループとした。

<u>(3)AMSの輻射点</u>

AMSが作成した輻射点一覧は未見であり、オリヴィヤーが雑誌(会報)に発表したものを収集したが、一 部でしかない。また、悪いことにフロッピに入力したデータが蒸発したため、生データは現在手元にはない。 NMSはオリヴィヤー(AMS)の輻射点決定基準を踏襲しており、基本的にAMSの輻射点表はNMSと同 じ性質を持っている。経路記入が正確であるものを利用して「輻射点」を決定することが主要な目的とされて いる。これも同一の基準を用いて112の輻射点グループとした。

<u>(4)NMSの輻射点</u>

小槇、小関がまとめたリストにより、94の輻射点グループとした。AMSの輻射点理解を引き継ぎ、主要流 星群の際には副次的な輻射点が活動するという理解の下に誘導されたグループも存在する。年代的にはほぼ、 AMSの観測と重なる。

3. 写真・電波による観測

1950年代以降、写真や電波による観測から輻射点だけでなく、太陽系内における流星軌道が多数得られるようになった。さらに、ビデオ観測の普及により、一層詳しい資料が得られている。ここでは、小関とイェニスケンスによるまとめを取り上げる。

(1)小関によるまとめ

写真・電波により発表されていた「流星群」の軌道をD-基準を用いた樹形図で分類、整理したものである。 223の「流星群」(軌道グループ)にまとめ、255の「流星雨」としているが、軌道の類似度から機械的に判定 したものであることに注意が必要である。観測方法の特質・精度によって、みずがめη群はオリオン群と同一 グループになるものと、独立したものとに二分されている。また、流星群の軌道が二カ所で地球軌道と交差す る場合には、2つの流星雨として扱っている。

(2)イェニスケンスによるまとめ

IAUのリストとしても提出されたため、昨年の流星会議等で大きな話題となった。しかし、基本的には、 イェニスケンス個人の研究結果であり、全部の流星群を全ての研究者・観測者が認めているわけではない。写 真・電波等の近代的観測法によるものだけでなく、眼視観測による突発出現の報告も含めていることに大きな 特徴がある。281まで番号が振られているが、南北群がある場合には、それぞれの番号に加えて総体としての 番号も付けられている。

<u>4. 検討</u>

結論は至って平凡かつ単純であるが、イェニスケンス(特にIAUとしての)によるまとめに対する問題点の指摘として具体的な例をいくつか示すことにする。

(1)主要流星群

眼視観測による4つのリストに、小関とイェニスケンスのまとめを加えた対照表を第1表として示す。眼視 観測では軌道が得られていないため、眼視観測の整理に利用した黄道座標系を用いた方法で比較を行っている。 輻射点領域が十分重なり、輻射点が観測された太陽黄経の平均に10度程度以上の差がないことを同定の基準と している。表には2つ以上の眼視観測リストに対応があるもののみを掲げている。

三大流星群の他は、全てのリストに上げられている流星群はごく一部であることが分かる。

みずがめη群がデニングのリストにないのは、地理的な問題である。しし群すら、小関による写真・電波観 測のまとめには見出せない。また、ジャコビニ群、こぐま群はNMSの輻射点表以外にはまとまった記録がな いため、第1表には含まれていない。これらは、出現が周期的に大きく変動するためである。

(2)黄道型流星群

おうし群、おとめ群等の活動は複雑で、IMOはそれらについてかなりの部分を「太陽と反対方向の流星活動」 として一括している。木星軌道付近に遠日点をもつ流星群(彗星)は多数あり、その輻射点がこの付近に集中 するためである。例として、みずがめδ群の活動領域について、眼視輻射点の分布を第1図に示す。図中、そ れぞれ、●=NMS、○=ホフマイスター、△=AMS、▲=デニングの輻射点を示す。

みずがめδ南群の輻射点はよく集中しており、やぎ群も分離できる。しかし、みずがめδ北群はいささか不 明瞭となり、みずがめι群は分布の中に埋もれている。

4つの眼視観測とイェニスケンスによる各群の位置を比べたものを小さい図で示したが、みずがめδ北群と みずがめι群は不一致が目立つ。ここには示さないが、写真観測された流星について検討しても、明瞭に認め られるのはみずがめδ南群とやぎ群だけであり、残りの二者について確定的なことは言えない。写真観測のデ ータからは、さらにみずがめδ南群、やぎ群も7月と8月の群で分割される可能性がある。

(3)地球向点付近の流星群

逆行軌道をもつ流星群(彗星)による輻射点が集中し、特に電波観測では、多数の散在流星の輻射点が認め られる領域である。しし群、みずがめη群、ペルセウス群のように出現数が多く、地球向点から離れているも のは別格として、小流星群の活動を確認することは困難である。ここでは、例として「かみのけ群」について の問題を検討する。第2表に「かみのけ群」の議論に登場する「流星群」をまとめておく。また、これらの活 動期間における眼視輻射点の分布を第2図に示す。なお、これらの流星群の輻射点は(L-Ls, Beta)で示すとほと んど一致するため、図中では統一して+の記号で表している。

第2表:通称「かみのけ群」の論拠

No).	R.A.	Dec.	Vg	Stream name	Duration	Source
	1	156.1	34.6	63.7	Leo Minorids	12-17Dec.	Cook et al. (1973)
	2	176	24	65	Coma Beremicids	3-4Jan.	Lindblad(1971)
-	3	187	18	65.7	Coma Berenicids	13-23Jan.	McCrosky and Posen(1959)
4	4	175	25	65	Coma Berenicids	12Dec23Jan.	Cook(1973)

IMO(レンテル他, 1995)やイェニスケンス(2006)が掲げるものはクック(1973)の表からの引用である。さらに クロンク(1988)も基本的にはクックの表を元にして記述している。クックはかみのけ群について「クック他 (1973)はこの群の12月の活動を12月こじし群としているが、リンドブラッド(1971)はこれと1月のかみのけ群を 結ぶ流星群を見つけた」と述べているが、リンドブラッド自身は特にそのような考えを述べていない。恐らく、 クックが第2表のNo.2をNo.1とNo.3を結びつけるものとして解釈したものであろう。

イェニスケンスの表では、Nos.1-3を合成したNo.4に加えて、No.1とNo.3はそれぞれDecember Leonis Minorids、 January Comae Berenicidsとして単独でも取り上げられている。イェニスケンスはNo.4をDecember Comae Berenicidsとしており、極大のデータとしてIMOのデータ(レンテル他, 1995)を採用している。しかし、それ自 体にはVMDBからのZHR変化が示されて、極大を12月19日としているものの、「検出限界をちょっと超えてい るだけで、今後、活動期間全体にわたって調査する必要がある」と述べられている。

クロンクは第2表のNo.1とNo.3の間を埋める眼視観測を独自に調査しているが、地球向点付近に観測される 輻射点を個別に結びつければどのような結論でも引き出すことができよう。彼は1個の写真流星によって出現 期間をさらに12月8日までさかのぼらせている。また、2群に分けられる可能性を示唆している。

天文回報では1962年の1月号から第2表のNo.3が紹介されている。第2図のN-82がNo.3の「かみのけ群」の 輻射点とよく一致しているのは当然である。当時、眼視観測の主要な目的は「輻射点の決定」にあった。流星 群の存在を既知のものとすれば、「輻射点」の分散は小さくなる。

NMS以外の眼視観測と、これらの「かみのけ群」は明瞭な一致を見せない。IMOのハンドブックが指摘するように、眼視観測での散在流星からの判別限界=小流星群の典型と言えよう。

写真流星のリストを調べると、Nos.1-3の3つの輻射点群を見出すことができる。しかし、それらを隔てる 期間には、写真流星のリストの主要部分を占める1952-54年のハーバードでの観測が行われていないことに注 意する必要がある。従って、Nos.1-3をそれぞれ別群と見なすか、1つの統一された群と見なすかについては、 まだ研究が不十分であり、クックの'working list'を根拠とするのは如何にも軽率であろう。

<u>5. まとめ</u>

1. 流星群の活動は年々変化するものであり、大流星群を除いては、毎年観測されるとは限らない。

百年を単位に考えれば、ペルセウス群やふたご群ですら、かなりの変動をする(Lovell, 1954)。しかし、ほぼ 毎年見られる流星群と突発的な(あるいは変動の大きい)ものとは何らかの区別が必要であろう。特に初心者 が触れる機会の多い流星群表(具体的にはNMSやIMO)は毎年出現するものだけでよいであろう。 2. 小流星群の分類には様々な考え方が成り立ちうる。

小流星群の活動も年々、変化するのは当然であり、観測同士を同じ流星群の活動と認めるためには十分の補 足観測、研究が必要である。輻射点の位置、観測日時の類似だけを根拠とすることはできない。多数の観測が 蓄積されている中から、意図的な選択をすることはいくらでも可能である。

3. 流星群に対する固定的な名称は大流星群だけで十分である。

不確定な流星群に対して、固定的な名称、活動期間を示すと、観測者に先入観を与えることになる。特に計 数観測者は、そのような「流星群」に対しても活動を認めることになりやすい。彗星や小惑星に対するような 仮符号で十分であろう: Comae Berenicids(2009A1)。

References:

- Cook A.F. (1973), 'A Working List of Meteors', <Evolutionary and Physical Properties of Meteoroids;NASA SP-319> 183-191.
- Cook A.F., Lindblad B.A., Marsden, B.G., McCrosky, R.E and Posen A., (1973), 'Yet another stream search among 2401 photographic meteors', Smithsonian Contr. Astorophys., **15**,1-5
- Dennning W.F. (1899). 'General Catalogue of the Radiant Points of Meteoric Showers and of Fireballs and Shooting Stars observed at more than one station'. Memoirs of the Royal Astronomical Society, **53**, 201-293.
- Hoffmeister C. (1948). < Meteorstr'me>, Johann Ambrosius Bath, Verlag, Leipzig.

Jenniskens P. (1988), <DMS Visueel Handboek>

Jenniskens, P.(2006), < Meteor Showers and Their Parent Comets>, Cambridge University Press.

Komaki K. (1964). 'General Catalogue of Radiants'

- Koseki M. (1986).'Analysis of meteor data on a microcomputer system'. Journal of the British Astronomical Association, **95**, 232-240.
- Koseki M. (1971). 'The Results of the Observations in the period of 1950-1969: The Catalogue of Radiants', 12th Japanese Meteor Conference.
- Koseki M. (1979a). 'Meteor Radiant observed between 1928-69 in Japan', The Heavens, **60**, 237, 270 and 295.(in Japanese).
- Koseki M. (1980). 'Meteor Radiant observed by the AMS', 21st Japanese Meteor Conference.(in Japanese).
- Koseki M. (1978). 'Reanalysis of Hoffmeister's observations', 19th Japanese Meteor Conference(in Japanese).
- Koseki M. (1979b). 'An attempt to recompilation of Denning's general catalogue', Japanese Amateur Astronomical Meeting (in Japanese).
- Kronk, G.W., (1988), 'Coma Berenicids', < Meteor Showers>Chapter 12, 243-245, Enslow Publishers Inc.
- Lindblad B.A. (1971), 'Meteor streams', <Space Research XI>, 287-297.
- McCrosky, R.E. and Posen, A. (1959), •New Photographic Meteor Shower', Astron. J.64,25-27
- Lovell A.C.B. (1954). < Meteor Astronomy>, Oxford, Clarendon Press.
- Olivier C.P. (1925). < Meteors>, Williams & Wilkins Company.
- Rendtel, J. et al., (1995), 'Meteor shower descriptions : Coma Berenicids (COM)', < Handbook for Visual Meteor Observers>, Chapter 6, 270-272, Potsdam:International Meteor Organization.
- Roggemans P. (1987), <Handbook Visual Meteor Observations>
- Southworth R.B. and Hawkins G.S. (1963). 'Statistics of Meteor Streams', Smithsonian Contributions to Astrophysics, 7, 261-285.

第1表	長:眼視褌	観測を基本	本とした洌	充星群の対	讨応表(Ls、	R.A., Dec.,	L-Ls、Betaは該当	する観測平	均のさらに	単純平均で	あり、参考値	である)
No.	Ls	R.A.	Dec.	L-Ls	Beta	Denning	Hoffmeister	AMS	NMS	Ref-List	Jenniskens	Shower
1	3	191	26	175	28		2	4	1			
2	5	218	10	207	23		5		92			
3	9	251	58	204	77	1	8,137					
4	18	211	39	172	47		12	5		18		
5	23	230	28	194	45	4	9		4			
6	32	274	36	243	59	6	16	13	5	25	6	Lyrids
7	34	208	25	162	33		13	15		28	141	
8	36	223	19	191	3		14	17				
9	36	292	10	260	31	10		12	6			
10	47	335	-2	289	8		18	18	7	40	31	h-Aquariids
11	68	247	34	169	54		21	24	13			
12	84	226	28	130	42			30	14			
13	93	299	-15	206	6		34	34			168	
14	93	264	56	156	77			33	15			
15	96	220	54	85	62		36	39	16		170	
16	98	290	36	203	57	12		32				
17	103	309	22	216	39	13	40	31				
18	103	294	37	203	57	12	43	32				
19	108	310	47	229	61	16		42			177	
20	123	314	69	273	73	20,32			18			
21	123	8	39	261	32		49	51		102		
22	125	179	-23	224	-21		57	64				
23	127	335	4	211	14	23	54		23	103	26	Northernd-Aquariids
24	128	308	-11	180	8	29	58	54	20	127	1	Capricornids
25	128	340	-12	209	-3	28	59	55	21	107	5	Southernd-Aquariids
26	128	340	-27	204	-18	30	51	61			186	
27	129	275	44	149	67	33		49	28	125	178	
28	130	298	27	177	47	50	55	56	19			
29	131	334	-6	203	5	22	59	57	27	106		i-Aquariids
30	134	5	19	238	15			69	24	114		
31	136	43	56	282	37	38	61	74	26	129	7	Perseids
32	137	337	13	207	21		64	72				
33	138	38	38	270	22	46		75		124	191	
34	138	19	43	256	32	45			32	126		
35	139	325	47	213	56	35	69	71	34	142	12	

No.	Ls	R.A.	Dec.	L-Ls	Beta	Denning	Hoffmeister	AMS	NMS	Ref-List	Jenniskens	Shower
36	141	336	62	243	63	61	70	76	25	135		
37	143	280	56	151	78			79	35			
38	148	352	46	228	44	55	77					
39	158	9	-11	207	-13		80	81				
40	163	35	31	240	16		88	82				
41	168	18	21	217	13		87		36			
42	168	352	25	196	26		84	84,90	37			
43	172	64	42	258	21	65	93	89	38			
44	175	40	54	241	37		96	86	41			
45	189	71	43	246	21	68	100		43		81	
46	197	25	39	201	27	69	105					
47	206	92	16	246	-7	72	106	94	48	175	8	Orionids
48	208	111	28	261	6	73			49	177	23	
49	208	64	20	218	-2	70			50			
50	210	42	15	195	1	77	92,110	96	54	179	2	Taurids
51	214	9	30	166	25	86	97,107,112,122	85,92,97	52	183	18	Andromedids
52	232	77	30	207	7	79			59	188	247	
53	233	145	51	256	34			99	57			
54	233	151	23	272	11	84	113	98	60		13	Leonids
55	234	157	41	269	29	81			62			
56	237	127	27	246	8	83	114		65			
57	256	109	10	213	-12		117		68	208	19	
58	258	86	7	188	-17		118		71			
59	259	145	35	236	20	90,93			73		32	
60	260	112	32	209	10	91	121	103	70	214	4	Geminids
61	264	168	41	248	32		120		75			
62	283	146	49	208	34	95	126					
63	284	229	53	272	65	96	127	107	79	220	10	Quadrantids
64	313	145	36	183	22		129		88			
65	314	229	30	262	46	98			89			
66	327	158	13	188	3	99			90	244		
67	345	241	9	252	29	100		112				
68	348	162	14	169	6		133	110	94	252	125	
69	355	264	36	265	59		136		93			
70	357	185	3	187	5	99	3	2	2	248	11	



かみのけ群付近の眼視輻射点の分布:Ls=255-270





かみのけ群付近の眼視輻射点の分布; Ls=270-285



かみのけ群付近の眼視輻射点の分布:Ls=300-315



みずがめδ(南・北)群、やぎ群の眼視輻射点分布(Ls=120-135)



デニングとイェニスケンスとの比較



AMSとイェニスケンスとの比較



ホフマイスターとイェニスケンスとの比較



NMSとイェニスケンスとの比較

観測輻射点とIAUシャワーリスト

重野好彦

×印:MSS-WG 3, 787

+印:マクロスキー&ポゼン 4,339

〇印:IAUシャワーリスト

313 (図上で半径6度の円または楕円)

◎:地球向点



MSS-122 輻射点



流星群のリスト:IMOの場合

流星物理セミナー2009/2/8

日本流星研究会 小関正広

<u>1. IMOの流星観測ガイドブック</u>

I MOから"Handbook for visual meteor observers"(以下ではIMO_1と表記する)がRendtel, Arlt, McBeathの連著 で出版されたのは1995年のことである。この本は、序文にもあるようにRoggemansの"Handbook visual meteor observations (1987)をループとして強い影響を受けている。Roggemansが掲げている流量群表はCook(1973、以 下ではCookと表記する)の表の引き写しである。

昨年(2008年)にRendtel, Arltの連著というかたちで、"Handbook for meteor observers"(以下ではIMO_2と表記する)が出版された。書名から分かるように、眼視観測用のガイドブックからビデオ、写真、電波、望遠鏡観測 と対象を広げている。それに応じるかたちで、掲げられている流星群にも多少の変化が見られる。しかし、い まだにCookの影響を強く受けている点がある。今回はCook, IMO_1、IMO_2の流星群表を比較する。

2. 流星群表の比較

(1)IMO 2では「黄道型流星群」をANTとして一括する

「黄道型流星群」とはHoffmeister以来の用語であるが、いわゆる「木星族」の彗星を起源とすると考えられ る流星の輻射点は太陽と反対方向に集中して分布しているために、輻射点も出現期間も互いに重なり合ってい る。そのため、IMO_2ではおうし群を除いて、ANT(Antihelion source)として括っている。

(2)追加と削除

南半球からの突発目撃情報により、IMO_1以降では、α-ケンタウルス群、γ-じょうぎ群、とも-ほ群が付け 加えられているが、<国際的配慮>が働いていると言っても言い過ぎではない。

IMO_1には7月のペガスス群が取り上げられたが、IMO_2では割愛されている。Cookの表にある6月のこと 群はIMO_1&2では取り上げられていないが、これらは、一部でしか観測・研究されなかったものである。η-こと群はIRAS-Araki-Alcock彗星に関連するものとしてIMO_2で追加されているが、定常的に観測されている群 とは言い難い。

π-とも群(26P/Grigg-Skjellerup関連)や9月のペルセウス群のように新しい観測によって追加されたものもある。SonotaCo-Netによる新流星群の検出等で、今後も追加・削除が見込まれる。

(3)3つの表に共通する流星群の問題点

四分儀群、ペルセウス群、ふたご群等の大流星群やその他のよく取り上げられる流星群は別として、みなみ のうお群、ほうおう群、かみのけ群が共通して掲載されている。観測者への注意喚起という意味はあろうが、 出現期間、極大日等を示すことには問題があろう。いずれの群についても、個々の観測の同定自体に問題があ り、それぞれの観測が別の流星群である可能性もある。

さらに、α-やぎ群やκ-はくちょう群も活動自体は確認されるが、確定した流星群というには、あまりに不明 な点が多い。十分なデータ量がなければ、統計的に意味のある結論は導けない。なお、このα-やぎ群、δ-しし 群、12月のいっかくじゅう群などはANTとの判別についても問題がある。

3. 1 MOO Meteor shower descriptions におけるVMDB使用の問題点

I MOの流星群紹介では、VMDBのデータをもとにした出現数曲線を示しているが、VMDBは I MOの流星 群表を既定のものとし、与えられた輻射点から放射するように見られる流星数が報告されたものである。しか も、報告された流星群が主目的の観測ではなく、視野方向がかなり離れた観測も含まれている。また、基本的 に計数観測者の報告によるものであり、小流星群の群判定にはかなりの散在流星の混入があると考えられる。 しかし、一旦、出現数のグラフが与えられると、流星群の活動が定常的にあるものとの先入観を観測者に与え てしまう。計数観測の対象となりうる群は限定されるべきであり、グラフを示すものも主要群で十分である。

EVOLUTIONARY AND PHYSICAL PROPERTIES OF METEOROIDS

			Longitude of Sun (1950)					Geocentric radiant			
Name	Dates*	Max.	Begin- ning (deg)	Half max. (deg)	Max. (deg)	Half max. (deg)	End (deg)	R.A. 1950 (deg)	Decl. 1950 (deg)	Velocity (km s ⁻¹)	Sun (deg)
Quadrantids	Jan. 1–4	Jan. 3	280.8	282.5	282.7	282.9	283.4	230.1	+48.5	41.5	282.7
& Cancrids	Jan. 13-21	Jan. 16	293		296		301	126	+20	28	296
Virginids	Feb. 3-Apr. 15		314			1	25	186	0	35	350
8 Leonids	Feb. 5-Mar. 19	Feb. 26	316		338	1	359	159	+19	23	338
Camelo- pardalids	Mar. 14-Apr. 7		353			1	17	118.7	+68.3	6.8	359.0
σ Leonids	Mar. 21-May 13	Apr. 17	1		27	1	52	195	- 5	20	28
8 Draconids	Mar. 28-Apr. 17		7		1		27	281	+68	26.7	14
* Serpentids	Apr. 1-7		11				17	230	+18	45	14
μ Virginids	Apr. 1-May 12	Apr. 25	12		35	1.1	51	221	- 5	29	35
a Scorpiids	Apr. 11-May 12	May 3	21		42	1 ·	51	240	-22	35	42
a Boötids	Apr. 14-May 12	Apr. 28	24		36		51	218	+19	20	36
φ Boötids	Apr. 16-May 12	May 1	26		40		51	240	+51	12	40
April Lyrids	Apr. 20-23	Apr. 22	30.7	31.2	31.7	32.2	32.7	271.4	+33.6	47.6	31.7
η Aquarids	Apr. 21-May 12	May 3	30	39	42.4	45	51	335.6	- 1.9	65.5	42.4
τ Herculids	May 19-June 14	June 3	58		72		83	228	+39	15	72
x Scorpiids	May 27-June 20	June 5	65		74		89	247	-13	21	74
Daytime Arietids	May 29–June 19	June 7	67	71	76	83	88	44	+23	37	77
Daytime 5 Perseids	June 1-17	June 7	70	72	76	83	86	62	+23	27	78
Librids	June 8–9, 1937	June 8	77.6		78.2		78.4+	227.2	-28.3	16 ± 2	78.2
Sagittariids	June 8-16, 1957-8	June 11	77	-	80	1	82	304	- 35	52	80
θ Ophiuchids	June 8–16	June 13	77		82		85	267	-28	26.7	82
June Lyrids	June 11–21, 1969	June 16	79	81	84.5	87.5	90	278	+35	31 ± 3	84.5
Daytime β Taurids	June 24–July 6	June 29	91	93	96	99	103	86	+19	30	96
Corvids	June 25–30, 1937	June 26	94.8	94.9	95.2	97.6	97.9	191.9	-19.1	10 ± 2	95.9
June Boötids	June 28, 1916	June 28	97.5		97.6		97.7	219	+49	13.9	98
July Phoenicids	July 3-18	July 14	101	1	1112		116	31.1	-47.9	47±3	109.6
o Draconids	July 7-24	July 16	104		100		121	271	+59	23.6	113
Northern δ Aquarids	July 14-Aug. 25	Aug. 12	111	101	139	100	152	339	- 5	42.3	139
Southern 5 Aquarids	July 21-Aug. 29	July 29	102	121	120	129	100	333.1	-10.5	41.4	125.0
α Capricornids	July 15-Aug. 10	July 30	123	1	120		151	007	-10	22.8	121
Aquarids	July 15-Aug. 25	Aug. 5	112		101		151	000.0	-14.7	00.8	131.0
Northern 4 Aquarids	July 15-Sept. 20	Aug. 20	112		147		177	327	- 6	31.2	147
Perseids	July 23-Aug. 23	Aug. 12	120	138	139	141	150	46.2	+57.4	59.4	139.0
K Cygnids	Aug. 9-Oct. 6	Aug. 18	136	1	145	1	193	286	+59	24.8	145
Southern Piscids	Aug. 31-Nov. 2	Sept. 20	158		177	8	219	6	0	26.3	177
Northern Piscids	Sept. 25-Oct. 19	Oct. 12	182		199		206	26	+14	29	199
Aurigids	Sept. 1, 1935	Sept. 1		1	157.9			84.6	+42.0	66.3	157.9
« Aquarids	Sept. 11-28	Sept. 21	168	1	178		184	338	- 5	16.0	178
Southern Taurids	Sept. 15-Nov. 26	Nov. 3	172		220		244	50.5	+13.6	27.0	220.0
	1	1	1	1	1	1	1 1		1	1 1	

I.-Working List of Meteor Streams

184

A WORKING LIST OF METEOR STREAMS

				Longitu	ide of Su	n (1950)	Geocentric radiant				
Name	Dates*	Max.	Begin- ning (deg)	Half max. (deg)	Max. (deg)	Half max. (deg)	End (deg)	R.A. 1950 (deg)	Decl. 1950 (deg)	Velocity (km s ⁻¹)	Sun (deg)
Northern Taurids	Sept. 19-Dec. 1	Nov. 13	176	206	230	240	249	58.3	+22.3	29.2	230.0
Daytime Sextantids	Sept. 24-Oct. 5	Sept. 29	179		184		190	152	0	32.2	183.6
Annual	Sept. 25-Nov. 12	Oct. 3	182	184	190	195	230	5	+ 8	23.2	190 228
Andromedida	Nov 27 1885	Nov 27	246 6	246 65	246 7	246 75	246 8	25	+44	16.5	247
Orionida	Oct. 2-Nov. 7	Oct. 21	189	206 7	207.7	208.3	225	94.5	+15.8	66.4	208.0
October Draconids	Oct. 9	Oct. 9	196.25		196.3		196.35	262.1	+54.1	20.43	196.3
« Geminids	Oct. 14-27	Oct. 19	201		206		214	104	+27	69.4	209
Leo Minorids	Oct. 22-24	Oct. 24	209		211		211	162	+37	61.8	211
Pegasids	Oct. 29-Nov. 12	Nov. 12	215		230		230	335	+21	11.2	230
Leonids	Nov. 14-20	Nov. 17	231	234.447	234.462	234.477	237	152.3	+22.2	70.7	234.5
Monocerotids	Nov. 27-Dec. 17	Dec. 10	245		258		265	99.8	+14.0	42.4	257.6
σ Hydrids	Dec. 3-15	Dec. 11	251		259		263	126.6	+ 1.6	58.4	259.0
Northern χ Orionids	Dec. 4–15	Dec. 10	252		258		261	84	+26	25.2	258
Southern χ Orionids	Dec. 7-14	Dec. 11	255		259		262	85	+16	25.5	259
Geminids	Dec. 4–16	Dec. 14	252	260.6	261.7	262.1	264.2	112.3 15	+32.5 -55	34.4 21.7	$261.0 \\ 253$
December Phoenicids	Dec. 5, 1956	Dec. 5	253.18	253.45	253.55	253.65	253.70	15	-45	11.7	254
ð Arietids	Dec. 8-14		256				262	52	+22	13.2	257.6
Coma Berenicids	Dec. 12–Jan. 23		260				303	175	+25	65	282
Ursids	Dec. 17–24	Dec. 22	265	269	270	271	272	217.06	+75.85	33.4	270.66

I.-Working List of Meteor Streams-Continued

* Unless otherwise indicated, all calendar dates are for the year 1950.

II.-Working List of Meteor Streams

Name	Daily motio	on of radiant	Number in sample of	Maximum visual	Maximum radar	
	R.A. Decl. (deg) (deg)		McCrosky and Posen (1961)	zenithal rate (hr ⁻¹)	echo rate (hr ⁻¹)	
Quadrantids			17	140		
δ Cancrids	10.91	0.22	6			
δ Leonids	+0.81 +0.75	-0.50	24			
Camelopardalids	+1.35	+0.51	4			
σ Leonids	+0.44	+0.11	19			
8 Draconids			4			
	1	1	L	I ·	l .	

Chapter 8:

QUICK REFERENCE

This chapter repeats a number of tables for quick reference which help in analyzing meteor observations. Refer to Chapters 2 and 3 for details.

Table 8-1: The *IMO* working list of visual meteor showers. The radiant position refers to the date of the maximum. Please keep in mind that most minor showers, particularly the ecliptical complexes, show a flat activity profile and no distinct maximum. In these cases the given date is only the reference date for the radiant position. The radiant drift is given in the shower descriptions. There you will also find a table containing the radiant position in α, δ as well as in x, y for the appropriate chart of Atlas Brno. α, δ , and λ_{\odot} refer to J2000.

C)	A attiniter a suit of	Maximum		Radiant		voo		7110	IMO Code	
Snower	Activity period	Date	λ_{\odot}	α	δ	km/s	Ŧ	LHR	INO-Code	
Quadrantids	Jan 01 - Jan 05	Jan 3/4	283 ?2	230°	+49°	41	2.1	120	QUA	
δ -Cancrids	Jan 01 - Jan 24	Jan 16	297°	130°	+20°	28	3.0	4	DCA	
α -Centaurids	Feb 01 - Feb 21	Feb 07	318°	210°	-59°	56	3.0	6	ACE	
δ -Leonids	Feb 15 - Mar 10	Feb 25	336°	168°	+16°	23	3.0	2	DLE	
γ -Normids	Feb 25 - Mar 22	Mar 14	353°	249°	-51°	56	2.4	8	GNO	
Virginids	Jan 25 - Apr 15	Mar 25	4°	195°	-4°	30	3.0	5	VIR	
Lyrids	Apr 16 - Apr 25	Apr 22	32 ?1	271°	+34°	49	2.9	15	LYR	
n-Aquarids	Apr 19 - May 28	May 06	45°5	339°	-1°	66	2.7	60	ETA	
Sagittarids	Apr 15 - Jul 15	May 20	59°	247°	-22°	30	2.3	5	SAG	
Pegasids (July)	Jul 07 - Jul 13	Jul 11	108°	340°	+15°	70	3.0	3	JPE	
Piscis Austrinids	Jul 15 - Aug 10	Jul 28	125°	341°	-30°	35	3.2	5	PAU	
Southern δ -Aquarids	Jul 12 - Aug 19	Jul 28	125°	339°	-16°	41	3.2	20	SDA	
α -Capricornids	Jul 03 - Aug 15	Jul 30	127°	307°	-10°	23	2.5	4	CAP	
Southern <i>i</i> -Aquarids	Jul 25 - Aug 15	Aug 05	132°	334°	-15°	34	2.9	2	SIA	
Northern δ -Aquarids	Jul 15 - Aug 25	Aug 09	136°	335°	-5°	42	3.4	4	NDA	
Perseids	Jul 17 - Aug 24	Aug 13	140 ?1	46°	+58°	59	2.6	100	PER	
ĸ-Cygnids	Aug 03 - Aug 25	Aug 18	145°	286°	+59°	25	3.0	3	KCG	
Northern <i>i</i> -Aquarids	Aug 11 - Aug 31	Aug 20	147°	327°	-6°	31	3.2	3	NIA	
a-Aurigids	Aug 25 - Sep 05	Sep 01	158 .6	84°	+42°	66	2.5	10	AUR	
δ -Aurigids	Sep 05 - Oct 10	Sep 09	166°	60°	+47°	64	3.0	6	DAU	
Piscids	Sep 01 - Sep 30	Sep 20	177°	5°	-1°	26	3.0	3	SPI	
ε-Geminids	Oct 14 - Oct 27	Oct 18	205°	100°	+27°	71	3.0	3	EGE	
Orionids	Oct 02 - Nov 07	Oct 21	208°	95°	+16°	66	2.9	20	ORI	
Southern Taurids	Oct 01 - Nov 25	Nov 06	223°	52°	+13°	27	2.3	5	STA	
Northern Taurids	Oct 01 - Nov 25	Nov 13	230°	58°	+22°	29	2.3	5	NTA	
Leonids	Nov 14 - Nov 21	Nov 18	235 ?2	153°	+22°	71	2.5	var.	LEO	
α-Monocerotids	Nov 15 - Nov 25	Nov 20	237°	117°	~6°	60	2.7	5	AMO	
χ-Orionids	Nov 26 - Dec 15	Dec 02	250°	82°	+23°	28	3.0	3	XOR	
Phoenicids (Dec.)	Nov 28 - Dec 09	Dec 05	253°	18°	-53°	22	2.8	var.	PHO	
Puppid-Velids	Dec 01 - Dec 15	Dec 06	255°	123°	-45°	40	2.9	10	PUP	
Monocerotids (Dec.)	Nov 27 - Dec 17	Dec 08	257°	100°	+8°	42	3.0	3	MON	
σ -Hydrids	Dec 03 - Dec 15	Dec 11	260°	127°	+2°	58	3.0	2	HYD	
Geminids	Dec 07 - Dec 17	Dec 14	262°0	112°	+33°	35	2.6	110	GEM	
Coma Berenicids	Dec 12 - Jan 23	Dec 19	268°	175°	+25°	65	3.0	5	COM	
Ursids	Dec 17 - Dec 26	Dec 22	270 . 7	217°	+76°	33	3.0	10	URS	
Periodically and occasi	ionally active showe	rs								
π -Puppids	Apr 15 - Apr 28	Apr 24	33 ?5	110°	-45°	18	2.0		PPU	
Phoenicids (July)	Jul 10 - Jul 16	Jul 14	111°	32°	-48°	47	3.0		PHE	
Draconids	Oct 06 - Oct 10	Oct 10	196°5	262°	+54°	20	2.6		GIA	

Table 8.1: Working List of Meteor Showers. The solar longitude λ_{\odot} refers to equinox J2000.0. The date of maximum has to be computed for each individual year. The dates given here are only approximate and may vary by ± 1 day. The entry-velocity V_{∞} is the geocentric encounter velocity augmented with the contribution of the acceleration by the gravity of the Earth. When observing on other dates than the maximum, please refer to Table 8.2 for the radiant position. The population index varies during the the activity period of each shower. Typical values are in the range between r = 2.0 to 2.5 near shower maxima. Values in this range should be used for tentative analyses; otherwise r must be determined as a function of time before any activity computation of a meteor shower. Details are described in the sections for each shower. For the COM/CBE please refer to section 8.35 on page 173.

Shower Code Activity per			Maximu	m	Radia	nt at max.	V_{∞}	ZHR
		-	λ_{\odot} .	date	α	δ	$\rm km/s$	
Antihelion source	ANT	Jan 01-Dec 31	-	-	see	Table 8.2	30	(4)
		ANT not observable	e during NTA/S	TA				
Quadrantids	QUA	Jan 01–Jan 10	283 °16	Jan 03	230°	+49°	41	120
α -Centaurids	ACE	Jan 28–Feb 21	319 °2	Feb 08	210°	-59°	56	6
δ -Leonids	DLE	Feb 15-Mar 10	336°	Feb 25	168°	$+16^{\circ}$	23	2
γ -Normids	GNO	Feb 25-Mar 22	353°	Mar 13	239°	→50°	56	4
Lyrids	LYR	Apr 16-Apr 25	32°32	Apr 22	271°	+34°	49	18
π -Puppids	PPU	Apr 15-Apr 28	33 ?5	Apr 23	110°	-45°	18	var
η -Aquariids	ETA	Apr 19-May 28	45 ° 5	May 05	338°	-01°	66	60
η -Lyrids	ELY	May 03-May 12	48 °4	May 08	287°	+44°	44	3
June Bootids	JBO	Jun 22-Jul 02	95 ° 7	Jun 27	224°	+48°	18	var
Piscis Austrinids	PAU	Jul 15-Aug 10	125°	Jul 27	341°	−30°	35	4
δ -Aquariids	SDA	Jul 12-Aug 19	125°	Jul 27	339°	-16°	41	15
α -Capricornids	CAP	Jul 03-Aug 15	127°	Jul 29	307°	-10°	23	4
Perseids	PER	Jul 17-Aug 24	140 °0	Aug 12	49°	$+58^{\circ}$	59	100
κ -Cygnids	KCG	Aug 03-Aug 25	145°	Aug 17	286°	+59°	25	3
Aurigids	AUR	Aug 25-Sep 08	158 °6	Aug 31	84°	$+42^{\circ}$	66	6
September Perseids	SPE	Sep 05-Sep 17	166 °7	Sep 09	60°	$+47^{\circ}$	64	5
δ -Aurigids	DAU	Sep 18-Oct 10	186°	Sep 28	80°	+49°	64	3
Draconids	DRA	Oct 06-Oct 10	195 °4	Oct 08	262°	+57°	20	var
ϵ -Geminids	EGE	Oct 14-Oct 27	205°	Oct 18	102°	$+27^{\circ}$	70	3
Orionids	ORI	Oct 02-Nov 07	208°	Oct 21	95°	$+16^{\circ}$	66	22
Leonis Minorids	LMI	Oct 19-Oct 27	211°	Oct 24	162°	$+37^{\circ}$	62	2
Southern Taurids	STA	Sep 25–Nov 25	223°	Nov 05	52°	$+15^{\circ}$	27	5
Northern Taurids	NTA	Sep 25-Nov 25	230°	Nov 12	58°	$+22^{\circ}$	29	5
Leonids	LEO	Nov 10-Nov 23	$235^{\circ}27$	Nov 17	152°	$+22^{\circ}$	71	var
α -Monocerotids	AMO	Nov 15-Nov 25	239 °32	Nov 21	118°	+01°	65	var
Phoenicids	PHO	Nov 28-Dec 09	254 °25	Dec 06	18°	-53°	18	var
Puppid-Velids	PUP	Dec 01-Dec 15	(255)	Dec 06	123°	-45°	40	10
Monocerotids	MON	Nov 27-Dec 17	257°	Dec 08	100°	$+08^{\circ}$	42	2
σ -Hydrids	HYD	Dec 03-Dec 15	260°	Dec 11	127°	$+02^{\circ}$	58	3
Geminids	GEM	Dec 07-Dec 17	262 ° 2	Dec 13	112°	+33°	35	120
Comae Berenicids	COM	Dec 12-Jan 23	268°	Dec 20	177°	$+25^{\circ}$	65	5
Ursids	URS	Dec 17-Dec 26	270 ° 7	Dec 22	217°	+76°	33	10

IIによる流星群カタログ

重野好彦

要旨

Image Intensifier(II)で観測した3,668同時流星に関して、D判定/D'判定を利用して、IAU流星群リストと照合を行った。その結果12未知群と22既知群を検出した。IAUリストには295群が登録されているが、毎年定常的に出現していると思われる群は少ないことが分かった。またIIは8等までの暗い流星を対象としているため、多くの未知群が地球向点付近の高速で暗い流星であった。

IAUリストは流星群数が多いため全体のイメージがつかみ難い。そこで星図上にプロットする ことで観測者に理解しやすくした。加えて多くの研究者に役立てていただくため、同時流星ビデオ 画像(動画像)を希望者に配付することにした。

1. はじめに

1992年12月からIIを使用した同時ビデオ観測を開始した。今までに3,668流星が得られており、幾つかの観測報告(Shigeno et al. 2003, Shigeno Y&T 2004, etc.)を行ってきた。 従来、既知群と照合するためCookの論文(Cook 1971)、Cronkの冊子(Cronk 1988)、IMOの Handbook(Rendtel et al. 1995)などを参考にした。ところでIAU Meteor Data Centerが流星群リ スト(Jenniskens et al. 2009)を発表した。295群もあるため、観測結果と照合するにも扱いが 容易でない。そこでまずは星図上にIAUリストと観測した輻射点をプロットすることから始めた。 そして次に、未知群及び既知群を検出し、幾つかの考察を行ったので紹介する。

2. 観測機材

観測機材の外観を図1に示す。IIは浜松ホ トニクス(V3287P)またはデルフトハイテック (XX1470)を使用した。これらは第2世代IIと 言われ、増幅率は約5万倍である。画像は41 万画素CCDで撮影し、Hi8ビデオテープに 録画した。2005年以降はDVフォーマット でPCに録画している。

主に使用した対物レンズは 85mm F1.2、視野 は12度×9度、最微恒星等級は約9.5等、



図 1. I I を使用したビデオ機材と 撮影された流星

最微流星等級は約8等である。位置の測定精度(標準偏差)は約70秒、輻射点の平均計算精度(標 準偏差)は約0.6度である。この観測機材は約50台製造され、日本の観測者に配付されている。

- 3. 流星群の検出方法
 - 3.1. 未知群の検出方法
 - 1) 星図上に、IAUリストの輻射点と観測した輻射点を月ごとに分けてプロットした(図2)。
 - 2) 目視で、未知の輻射点の集まりを探し、おおよその赤経、赤緯を求めた。
 - 3) 求めた赤経、赤緯に近い輻射点を持ち、速度がほぼ一致する流星をピックアップした。そし て平均輻射点、速度、軌道要素を求めた。(この方法により未知の15群を探し出した)
 - 4) 求めた平均軌道要素を親データとして、D判定(Southworth & Hawkins 1963) / D'判定
 (Drummond 1979) により、全観測データから関連のありそうな流星を探し出した。
 - 5) 探し出した流星から、観測日や輻射点のまとまりを見て、さらにふるいにかけた。そして 平均輻射点、速度、軌道要素を求めた。

- 6)輻射点がほぼ同じでも、速度の少しの違いにより、軌道が大きく異なる場合があり、3群 削除して12群を残した。→表1の仮番号901~912。
- 3.2. I A U リストを使用した既知群の検出方法
 - 1) Ι Α U リストの太陽黄経、輻射点、速度から軌道要素を求めた。
 - 2) 求めた軌道要素を親データとして、上記4) ~5) の方法で輻射点、速度、軌道要素を求めた。
 3) これらの処理により既知の22群を検出した。→表1のIAU番号001~342.
- 3.3.備考
 - 1)流星群の検出及び平均を求めるにあたり、我々のビデオ観測データのみを使用した。
 - 2) 観測が複数日にまたがり、流星数が多い場合は、最も流星数の多い1日の観測データを使用 して平均を求めた。
 - 3) 全観測データから関連のありそうな流星を探し出すにあたり、参考のためM&Pの観測デー タ (McCrosky & Posen 1961) から、同群と思われる流星数を求めた。
 - a) M&Pは1952~4年の写真観測であり、我々のビデオ観測と同群が求められたと言う ことは、少なくとも50年間活動していることになる。
 - b) M&Pの写真はおよそ3等までの明るい流星、我々のビデオ観測はおよそ8等までの暗い 流星を対象としており、明るい流星、暗い流星のどちらも出現していることが分かる。
- 4. まとめ
 - 1) 輻射点分布図(図2)に示すとおり、IAUリストの輻射点は1年中を通じて、全天に分布していることが分かる。一方、観測した輻射点を当てはめてみても、一部しか適合しない。上記既知群の検出に示すように22群しか適合しなかった。この結果は先にIAUリストと照合したSonotaCo氏の報告とも一致する(SonotaCo 2009)。SonotaCo氏の報告では未知群13、既知群25となっており、本報告の結果と近い。よってIAUリストは突発群や年によって出現にむらのある群が多く含まれているようだ。
 - 2)未知群に関しては、北半球が冬(11月~1月)の地球向点付近の高速流星が多い。これは以下 が原因と考えられる。
 - a) 地球向点が早朝に高度が高くなり観測しやすくなる。
 - b)地球向点付近の流星は高速で暗いものが多いがIIは8等までの暗い流星を対象としている。
 - 3) その他の未知群に関しても、暗い流星の活動を検出した可能性がある。我々は過去にIIで 暗いうお群を捕らえたことがある。同時に行った眼視観測では全く見ることができなかった。 (Shigeno & Shioi 2002)。
- 5. 同時流星ビデオ画像(動画像)の配付

1995年~2005年に同時観測したH i 8テープ160本を全てH i 8→DVファイル変換 した。約6TBになり、このままでは使い勝手がわるいので、6等より明るい流星だけ、流星部分 を切り出したファイルを作った。主に3秒間だが、永続痕のあるものは120秒間になった。そし て2005年以降にDVフォーマットで観測した流星も含めて合計579流星で15.6GBにな る。これをDVD-Rに記録して希望者に配付することにした。詳しくは以下を参照されたい。

http://meten.net/meteor

DVフォーマットはMedia Player、Quick Timeなどほとんどの動画像ソフトで再生可能で、MPEG-2 よりも画質が良いがファイルサイズは大きくなる。画像サイズは640px×480pxで、1秒 あたり29.97コマ(30コマではない)である。



図2-1.1月~6月の輻射点分布 ×印:我々の輻射点 +印:M&Pの輻射点 ©:地球向点 実線の円・楕円(半径6度):IAUリストの輻射点 点線の円・楕円(半径7度):今回検出した未知群の輻射点



図2-2.7月~12月の輻射点分布

表1. 流星群の検出結果

仮番号:901~912が未知群、IAU番号:001~342が既知群。全て2000年分点。DATEで年の表示が あるものは最も流星数の多い1日の観測データを使用して平均を求めた場合。年の表示がないもの は複数年、複数日の観測から平均月日を求めた場合。S.Long:太陽黄経、AcoRP, DcoRP:補正輻射 点、VG:地心速度、a, e, q, Peri, NODE, i:軌道要素、Hb, He:発光/消滅高度、Amag:絶対等級、clc: 平均を求めるために使用した流星数。MSS:我々の観測で同群と思われる流星数。M&P:M&Pで同 群と思われる流星数。

誤差について:各流星群で上段が平均値、下段がデータのバラツキを標準偏差で表したもの(注意:誤差ではない)。上段のAcoRP, DcoRP, VGの右側のSDは誤差の平均値を表している。

未知群の仮番号(IAU番号に相当), CODE, ShowerNameは以下の通り。

IAU	CODE	ShowerName	IAU CODE	ShowerName	IAU	CODE	ShowerName
901	NBO	nu Bootids	902 ETP	eta Pegasids	903	BAR	beta Arietids
904	MPR	mu Perseids	905 GCP	gamma Cepheusids	906	NLY	Nov. Lyncids
907	MLE	mu Leonids	908 ASX	alpha Sexantids	909	NLM	Nov. Leonis Minorids
910	LDR	lambda Draconids	911 RLE	rho Leonids	912	DCL	Dec. Leonids

Peri NODE IAU DATE (UT) S. Long AcoRP SD DcoRP SD VG SD i He Amag clc MSS M&P а е Hb q 206.0 .8 12.6 .3 62.8 2.5 2.75 .691 .850 221.7 299.8 140.5 901 0119.74 299.18 111.3 97.6 3.9 8 13 1 NB0 4.39 4.29 4.1 - 2.7 -2.5 -- .166 .086 24.6 4.4 4.9 1.8 5.21.1 334.6 .4 32.7 .4 34.5 .9 1.46 .685 .460 293.1 134.8 55.1 902 0808.16 135.40 101.7 88.1 5.0 6 7 3 ETP 2.82 2.93 5.2 - 2.0 -7.9 – – .147.067 17.2 3.2 10.9 2.6 8.31.4 903 0808.16 135.38 28.8 .4 21.9 .9 65.5 2.8 3.25 .728 .882 226.2 135.0 161.1 111.4 101.5 4.2 6 12 1 BAR 2.20 2.6 - 2.7 - 2.2 - - .135.072 14.8 2.1 4.1 2.34 5.8 4.7.8 88.4 139.5 121.3 904 0812.10 139.64 70.4 .9 50.0 .3 54.2 2.6 1.91 .691 .592 108.1 99.04.1 5 5 2 MPR . 56 . 54 4.6 - 2.6 -3.8 - - .042.099 15.8 . 4 7.2 3.2 6.2.5 905 1117.32 234.99 47. 6 10. 79. 5 . 8 33. 8 1. 5 6. 12 . 864 . 830 228. 9 235. 6 51. 6 105.1 98.04.5 4 4 1 GCP 1.36 1.31 15.4 - 5.0 - 1.4 - - .058.048 7.9 1.2 3.3 . 6 2.2.8 906 1120.35 237.92 141.8 .8 40.0 .4 60.6 2.0 2.57 .709 .748 246.1 237.9 132.5 110.8 98.04.2 1 8 15 NLY 5.6 - 3.4 - 3.7 - - .144.101 18.7 3.68 3.81 3.8 9.1 4.2 499 142. 4 . 5 29. 3 . 2 66. 0 2. 9 3. 31 . 740 . 860 225. 2 235. 8 153. 6 907 1118.09 235.70 109.7 97.93.5 7 31 0 MLE 2.5 - 2.6 - 2.2 - - .119.067 13.6 . 60 . 74 . 7 4.2 3.5 4.5 1.0 908 2 6 17 3.1 - 2.0 - 2.3 - - .191.055 11.8 3.4 4.1 ASX 3.60 3.60 10.3 1 6 2 0 162. 2 1. 6 33. 0 . 2 65. 2 1. 8 3. 83 . 750 . 959 171. 0 237. 4 138. 9 909 1120.28 237.99 111.8 100.4 3.4 9 29 1 NLM 3.25 3.29 6.4 - 1.4 -1.6 - - .119.033 20.6 2.7 4.5 6.3 4.2 1.8 910 177. 3 7. 2 70. 4 . 6 41. 7 1. 4 2. 57 . 630 . 953 200. 8 236. 0 74. 8 2 1118 52 236 07 104.3 87 5 3 9 9 17 LDR . 75 12.1 - 3.6 - 2.6 - - .156.034 13.5 . 7 3.8 9.7 4.9 1.9 . 64 911 155.6 .5 5.2 .8 65.6 3.0 3.00 .771 .686 72.8 82.2 170.8 12 23 0 1214.31 262.18 112.3 96.04.4 2.1 - 2.7 - 2.3 - - .117.078 13.2 RI F 1.04 1.02 1.0 4.8 4.8 4.8.7 155.3 .4 20.8 .3 64.1 2.0 3.27 .835 .539 270.1 262.3 159.0 912 1214.42 262.19 109 0 94 9 4 0 19 24 2 3.0 - 3.4 - 2.2 - - .102.082 11.3 DCI 3.20 3.21 3.3 8.1 6.6 5.51.5 001 19980731.62 128.23 305.0 .3 -8.7 .8 20.8 1.1 2.32 .728 .632 264.0 128.2 7.1 98.4 87.1 5.0 7 26 20 CAP . 02 . 02 1.6 - 1.3 - .8 - - .022.026 3.2 . 0 . 9 3.4 2.6.6 003 19980801.65 129.21 340.7.2 -15.6 .5 38.2 1.2 2.07 .952 .100 148.1 309.2 20.7 101.0 83.5 3.9 6 24 6 SIA . 04 . 04 1.0 -.8 – 1.1 - - .009.005 . 9 . 0 2.7 . 9 2.62.3 004 19991212.70 260.22 111.7 .2 32.8 .1 33.4 1.1 1.27 .883 .149 324.1 260.2 22.8 101.6 85.84.7 50 242 147 1.1 - - .012.007 GEM .5 – . 9 . 06 . 06 1.0 -. 1 1.3 1.7 3.2 1.6 005 19980801.65 129.22 343.3.5 -15.8 .7 38.6 1.1 1.82 .953 .085 151.3 309.2 26.7 99.8 85.93.5 16 34 13 .6 - 1.6 - - .012.007 SDA 1.4 -2.3 4.21.5 . 03 . 03 1.6 . 0 2.4 007 19970812.66 140.00 47.3 .6 58.1 .3 58.8 1.0 10.9 .913 .950 150.5 140.0 112.6 119.3 99.0 1.7 20 142 330 PER . 06 . 06 1.2 - .6 - 1.0 - - .071.009 2.5 .0 1.3 7.3 2.6 1.9

008 19961021.76 208.68 95.9 .8 15.8 1.1 66.2 2.0 8.47 .932 .574 83.1 28.7 164.1 115.8 99.0 2.2 16 37 46 0R1 . 06 . 06 1.0 -.5 – 1.4 - - .071.028 4.7 . 1 1.0 1.5 5.0.9 010 19970103.67 283.38 230.1 .9 49.7 .4 41.1 .9 2.95 .668 .979 172.0 283.4 71.5 105.8 96.32.4 16 33 22 QUA . 04 . 04 2.1 - 1.2 -.9 - - .037 .004 3.8 . 1 1.4 2.9 - 1.7 013 20011118.78 236.48 $154.\ 3 \quad .\ 3 \ \ 21.\ 5 \quad .\ 1 \ \ 70.\ 6 \ \ 1.\ 1 \ \ 9.\ 57 \ \ .\ 897 \ \ .\ 986 \ \ 174.\ 4 \ \ 236.\ 5 \ \ 162.\ 5$ 125.8 92.3.9 35 141 23 .3 – .8 – - .061 .001 . 03 . 2 1 F0 . 03 .1 -1.2 17.0 4 3 3 0 . 0 015 20061222.75 270.66 219. 2 2. 3 75. 1 . 2 32. 4 1. 0 4. 19 . 776 . 939 206. 3 270. 7 52.3 105.7 97.14.6 10 10 3 URS . 04 .7 – 1.2 -- .054 .006 1.7 . 0 2.1 . 04 3.7 -1.4 1.1.6 016 1215.25 262.85 130.4 .3 1.5 .4 57.7 1.0 9.76 .978 .217 125.3 82.9 126.8 116.4 94.7 3.2 4 6 5 . 74 .8 – HYD . 83 - .007 .007 . 9 1.5 1.4 1.3 .4 – .5 – . 7 _ 019 1212.95 260.51 102.1 .2 7.8 .4 40.1 1.1 7.29 .973 .199 128.3 80.3 33.8 103.2 88.8 5.1 4 11 8 MON . 59 . 66 . 9 .5 – 1.6 -- .020 .004 . 9 . 5 1.7 3.6 4.9 1.1 028 19931011.67 198.44 32.9 1.4 9.0 4.9 27.0 1.1 1.66 .805 .323 121.2 18.4 5.0 103.6 90.7 3.6 33 6 6 SOA . 03 . 03 1.4 -1.6 - 1.7 -- .041 .032 3.7 . 0 1.7 4.0 3.41.3 031 19950506.72 45.79 $338.\ 1 \quad .\ 6 \quad -.\ 8 \quad .\ 3 \ \ 66.\ 0 \ \ 1.\ 9 \ \ 21.\ 7 \ \ .\ 972 \ \ .\ 599 \ \ 100.\ 1$ 45.8 162.9 114.4 99- 1.9 2 5 19 ETA .5 – .6 – - .026 .024 1.2 . 02 . 02 1.4 -2.8 . 0 - 1.7 032 1214.08 261.90 158.0 .4 33.0 .3 61.9 1.8 4.80 .878 .587 262.3 261.8 133.3 113.9 100.0 4.2 4 7 5 DLM . 51 . 59 2.7 -.5 – 1.3 -- .081 .027 3.0 . 5 1.0 1.3 2 4 3 $215.\ 7 \quad .\ 3 \ -6.\ 8 \ 1.\ 3 \ 26.\ 5 \quad .\ 9 \ 1.\ 50 \ .\ 723 \ .\ 414 \ 293.\ 7$ 049 20070414.68 24.24 24.3 7.0 102.8 93.4 5.2 3 3 6 LVI . 10 . 10 3.7 -3.2 - 4.7 -- .060 .026 4.1 . 1 4. 2 3.5 3.6.3 245 1118.68 235.91 130.0 .5 -7.1 1.0 64.5 2.5 7.26 .877 .895 36.8 55.8 134.5 113.1 95.73.8 5 6 0 NHD . 35 . 26 1.9 -3.5 -1.9 -- .113 .027 6.2 . 3 5.8 6.2 5.3 1.3 256 1212.25 259.96 $86. \ 5 \ . \ 2 \ 29. \ 3 \ . \ 1 \ 22. \ 9 \ 1. \ 1 \ 1. \ 76 \ . \ 723 \ . \ 487 \ 282. \ 0 \ 259. \ 9$ 100.2 4.9 90.56.1 5 19 23 ORN . 51 . 25 - 2.1 -1.4 -- .036 .064 9.0 . 2 1.8 2.1 1.3.8 5.5 257 20011211.65 259.65 $80.\ 8 \quad .\ 3 \quad 14.\ 1 \quad .\ 3 \quad 20.\ 4 \quad 1.\ 0 \quad 1.\ 97 \quad .\ 706 \quad .\ 579$ 79.6 97.2 14 89.5 6.2 87.66.2 4 29 5.0 -ORS 3.0 -. 05 . 05 4.6 -- .063 .090 10.1 3.4 5.4 2.6.2 . 0 258 1212.87 260.65 83.8 .4 35.1 .2 19.9 .8 1.60 .652 .559 275.4 260.7 8.1 95.3 82.4 6.5 5 24 6 DAR 1.39 1.31 2.0 -4.0 -2.8 -- .071.067 6.2 1.3 2.6 5.9 9.3.4 286 1123.06 240.72 60.5 5.2 98.5 58.7 .3 11.7 .3 19.4 .8 1.86 .661 .630 84.6 86.64.8 5 10 6 FTA 4.09 4.22 29 -1.3 -1.4 -- .035 .056 7.0 4.3 . 3 6.0 2.3 1.9 288 1212.16 260.19 72.9.516.0.316.0.91.80.601.719 73.6 80.0 3.0 92.0 84.1 6.0 5 16 12 DSA 1.9 -- .055 .046 . 91 1.07 4 4 -3.1 -6.6 1.0 2.4 5.2 4 0 1 0 342 345.0 .6 4.5 1.6 36.1 1.2 1.38 .907 .129 326.7 139.4 100.2 0811.90 139.51 24.8 84.23.4 9 16 11 BPI . 39 . 35 .7 – 3.0 -3.0 -- .031 .016 4.2 3.4 2.8 1.4 . 9 . 2

References

1) Cook A.F., A Working List of Meteor Streams, EVOLUTIONALY AND PHYSICAL PROPERTIES OF METEOROIDS, NASA SP-319, 1971, pp. 183-191.

2) Cronk G.W., METEOR SHOWERS, Enslow Publ., 1988.

3)Rendtel J. & Arlt R. & McBeath A. eds., Handbook for Visual Meteor Observers, IMO Monograph no. 2, 1995.

4) Shigeno Y. & Shioi H. & Shigeno T., Radiants and orbits of the 2001 Leonids, The Institute of Space and Astronautical Science Report SP No. 15, 2003, pp.55-62.

5) Shigeno Y. & Shigeno T., Radiant distributions of the Capricornid-Aquarid complex, WGN 32:3, IMO, 2004, pp. 77-80.

6) Jenniskens P. & Jopek.Y.J & Rendtel J. & Porubcan V. & Spurny P. & Baggaley J. & Abe S. & Hawkes R., On How to report new meteor showers, WGN 37:1, IMO, 2009, pp.19-20.

7) Southworth R. B. & Hawkins G. S., Statistics of Meteor Streams, Smithsonian Contributions to Astrophysics, Vol. 7, 1963, pp. 261-285.

8) Drummond J.D., ON THE METEOR/COMET ORBITAL DISCRIMINANT D, Proceedings of the Southwest Regional Conference for Astronomy and Astrophysics, 5, 1979, pp. 83-86.

9) McCrosky R. E. & Posen A., Orbital Elements of Photographic Meteors, Smithsonian Contributions to Astrophysics, Vol. 4, 1961, pp. 15-84.

10)Shigeno Y. & Shioi H., Outburst of Faint Piscids in 2001, WGN 30:3, IMO, 2002, pp.56-58.

11)SonotaCo, A meteor shower catalog based on video observation in 2007-2008, WGN 37:2, IMO, 2009, pp.55-62. 12)All meteors have been opened to the public. http://www.imo.net/files/data/msswg/

I I ビデオ同時観測により検出された流星群輻射点カタログ

から抜粋。我々の同時流星観測から得られた輻射点とIAU流星群リスト(295群)との比較

重野好彦



図4. II同時観測により得られた3,770例の輻射点分布(1月~6月、続く)



図4(続き).輻射点分布(続き、7月~12月)

 ×印(青色): 我々の輻射点(平均を求めるために使用した流星は赤色)
 +印(緑色): M&Pデータの輻射点
 ©印(紫色): 地球向点(各月15日の位置)
 実線の楕円(緑色)(半径6度): IAUリストの輻射点。established meteor showers は太線で 青色の楕円とした。我々の観測で同定された場合は赤色とした。
 点線の楕円(赤色)(半径7度): 今回検出した未知群の輻射点
1. 「かみのけ群」とは

かみのけ群が注目を集めるようになったのは、McCrosky と Posen がスーパーシュミットカメラによる写真 観測から1月中旬の活動を指摘して依頼である。これが紹介されて、日本でも眼視観測されるようになった。 その後、Lindblad が1月初旬の活動を、さらに、Cook が12月の活動(こじし群)を指摘して、三者の連続 性が注目されるようになった。

2. 現在の注目点

IMO では「かみのけ群」を12月から1月にかけて活動するとして扱い、IAU でもほぼ同様の扱いとなっている。最近、CCD 観測によって、12月の活動がかなり活発であることが指摘され、注目を集めるようになっている。しかし、眼視等では特に盛んな活動が見られているわけではない。

3. 流星活動の活発な領域

流星群以外の「散在流星」の輻射点が集中する領域として、次のものが知られている。

(1)太陽と反対方向に輻射点をもつもの:<木星族>の彗星を起源とすると見られる:近日点通過前。(2)太陽の方向に輻射点をもつもの:<木星族>の彗星を起源とすると見られる:近日点通過後。

(3)地球向点の方向に輻射点をもつもの:多くは逆行軌道をもつもの。

(4)黄緯の高い輻射点をもつもの:軌道半径が小さく、傾斜角の大きいもの。

これらに加えて、「かみのけ群」と称される領域も同様に周年の活動をしていると推測される。

4. 「かみのけ群」の輻射点分布

黄道座標を用いて、太陽の方向を固定した(L-Ls, B)の座標系で輻射点を表すと、輻射点移動をほぼ無視できる。第1図はシュミットカメラと小型カメラによる写真観測の結果を示したものであり、△が「こじし群」、 ●が1月初旬の「かみのけ群」、*が中旬の「かみのけ群」に相当する。

<u>5. 周年の活動</u>

第1図の範囲から放射する流星の活動はほぼ1年を通してみられる。写真観測された流星数を第2図に示す。 確かに、年末から年初にかけての撮影数が多くなっているが、これには、輻射点の天球上の位置も関係してい ると考えられる。第3図に上田の CCD 観測による輻射点集中域(写真観測もほぼ同様)である(L-Ls, B)=(243, +22)の位置が赤道座標上でどのように移動するかを示した。ただし、それぞれ、太陽黄経で0度から30度刻 みで月を示したので、表示位置はほぼ各月の22日頃に相当する。第2図で撮影数の少ない時期は輻射点が低 緯度にあることが分かる。

7月のペガスス、9月のペルセウス、10月のぎょしゃ等、眼視観測によってもしばしば、高速の流星活動 が指摘されてきているが、これらの活動は年間を通してのものである可能性がある。

第1表に写真撮影数の多い時期について活動中心と考えられる位置を示す。なお、日付は目安である。

<u> </u>	衣.	ししし 戦い	別ーみる	<u>) </u>	<u>い(L-L8=</u>	-243, D=·	+∠∠)∪ノ小	迎庄倧					
Day	9/22	10/2	10/12	10/22	11/2	11/12	11/22	12/2	12/12	12/22	1/2	1/12	1/22
Ls	180	190	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300
R.A	. 55	68	81	94	107	120	132	143	154	164	174	183	192
Dec	. 42	44	45	45	45	43	41	38	34	31	27	23	19

第1表: CCD 観測による活動中心(L-Ls=243, B=+22)の赤道座標

<u>6. 考察</u>

軌道傾斜角が大きく、離心率も1に近い特徴的な軌道であり、このような軌道をもつものが年間を通して活動するとは考えにくい。しかし、「3」で示した領域の他では、この領域が際だった輻射点の集中領域であることから、何らかの起源を検討する必要があろう。

また、この活動領域の大きな特徴は、明るい流星に特異的に見られるということである。第4回はハーバー ドの電波観測による輻射点分布を示す。第1回のような集中は見られない。また、第5回は暗い流星を対象と する別の観測方法による分布である。

この領域での活動は、明るい(mag<2)流星が HR<1 程度の出現を見せることによって特徴づけられている。 CCD 観測によって俄に注目されるようになったのは、このためである。従って、今後の観測、研究にも特性 に応じた方法が必要になろう。



第2図:第1図の領域で観測された写真流星数:Ls=太陽黄経、Vg=地心速度









第5図: ____による輻射点分布

MSS-127 輻射点

IIビデオ同時観測により検出された流星群輻射点カタログ

(MSS127用に一部のみ紹介)

重野好彦

2. 観測機材

観測に用いた機材の外観とブロック図を図 1に示す。IIは浜松ホトニクス製V3287P、 またはデルフトハイテック製XX1470を使用し た。これらは第2世代IIと言われ、増幅率 は約5万倍である。1992年当時の可能な 限りの観測方式として、画像は41万画素C CDで撮影し、Hi8ビデオテープに録画し た。2005年以降はDVフォーマットでP Cに録画している。



図1. ΙΙを使用したビデオ機材とブロック図

対物レンズは交換式で、主に使用したレン

ズは Canon製 85mm F1.2、視野は12度×9度、最微恒星等級は約9.5等、最微流星等級は約8 等である。位置の平均測定誤差は約70秒角(標準偏差)、三角測量による輻射点算出の平均誤差は 約0.6度(標準偏差)である。この観測機材は約50台製造され、日本の観測者に配付されている。

著者のグループの主な観測地は群馬県赤城山(E:139°11'33″N:36°28'42″)と埼玉県秩父郡 (E:139°06'10″N:36°05'56″)(世界測地系)で、ほぼ南北に並んでおり、基線は42.9kmであ る。視野が狭いのでファインディング星図を作成し、最大の同時率が得られるように約0.5度の 精度で視野設定を行った。

図4. II同時観測により得られた3,770例の輻射点分布

月ごとに星図を分けて理解しやすくした。

1) 左図は我々の観測した輻射点、M&Pデータの輻射点、IAUリストの輻射点を表す。 2) 右図は今回検出された輻射点を表す。これには既知群、未知群が含まれる。

×印 : 我々の観測した輻射点

- +印 : M&Pデータの輻射点
- 〇印 : 地球向点(各月15日の位置)

実線の楕円(半径6度): IAUリストの輻射点295群(2009年6月現在)

established meteor showers 65群は太線で表した

点線の楕円(半径7度):今回検出した未知群の輻射点



図4-1(1月~4月) 左図:輻射点分布 右図:検出された輻射点



図4-2(5月~8月) 左図:輻射点分布 右図:検出された輻射点



図4-3(9月~12月) 左図:輻射点分布 右図:検出された輻射点

I I ビデオ同時観測により検出された流星群輻射点カタログ

Meteor shower catalog based on 3,770 triangulation analyses of double-station Image-Intensified video observations over Japan

重野好彦 山本真行

要旨

1992年12月から2009年10月までにImage Intensifier(II)付きビデオで2点観測 し軌道の求まった3,770例の同時流星に関して、D判定及びD'判定を利用して、IAU流星 群リストと照合を行った。その結果22既知群と12未知群を検出した。IAUリストには295 群(2009年6月現在)が登録されているが、毎年定常的に出現している群は少ないことが分かっ た。またIIは8等までの暗い流星を対象としているため、得られた未知群の多くが地球向点付近 の高速で暗い流星群であった。IAUリストは流星群数が多いため全体のイメージがつかみ難い。 そこで本論文では星図上にプロットすることで読者に理解しやすくした。本研究のためには輻射点 の誤差を正しく示すことが重要である。そこで輻射点の誤差楕円の考え方を導入し検証した。多く の研究者に役立てていただくため、本研究で用いた独自のII観測による同時流星ビデオ動画像と 軌道データをカタログ形式で収録した。

1. はじめに

1992年12月からIIを使用した同時ビデオ観測を開始した。2009年10月までに3, 770流星が得られており、幾つかの観測報告(e.g. Shigeno et al., 1997; Y. Shigeno & T. Shigeno, 2004.)を行ってきた。

従来の研究でも、既知群と照合するため幾つかの文献を参考にしてきた。Cookのリスト(Cook 1971) はMcCrosky & Posenによる観測結果(McCrosky & Posen, 1961)などを参考にして58流星群の輻射 点、軌道要素などを一覧にしている。写真観測による古典的リストと言うことができる。Cronkの 冊子(Cronk, 1988)は非常に多くの文献をまとめ、119群を紹介しており、流星群の集大成とな っている。IMOのHandbook(Rendtel et al., 1995)は観測方法の説明とともに、主要な38群を 紹介している。

ところでIAU Meteor Data Centerが流星群リスト(Jenniskens et al., 2009)を発表した。29 5群もあるため、観測結果と照合するにも扱いが容易でない。そこでまずは星図上にIAUリスト の輻射点と今回観測された3,770個の同時観測流星から得られた輻射点をプロットすることか ら始めた。そして次に、既知群及び未知群を検出し、幾つかの考察を行ったので紹介する。

2. 観測機材

観測に用いた機材の外観とブロック図を図 1に示す。IIは浜松ホトニクス製V3287P、 またはデルフトハイテック製XX1470を使用し た。これらは第2世代IIと言われ、増幅率 は約5万倍である。1992年当時の可能な 限りの観測方式として、画像は41万画素C CDで撮影し、Hi8ビデオテープに録画し た。2005年以降はDVフォーマットでP Cに録画している。

対物レンズは交換式で、主に使用したレン





ズは Canon製 85mm F1.2、視野は12度×9度、最微恒星等級は約9.5等、最微流星等級は約8 等である。位置の平均測定誤差は約70秒角(標準偏差)、三角測量による輻射点算出の平均誤差は 約0.6度(標準偏差)である。この観測機材は約50台製造され、日本の観測者に配付されている。 著者のグループの主な観測地は群馬県赤城山(E:139°11'33″N:36°28'42″)と埼玉県秩父郡 (E:139°06'10″N:36°05'56″)(世界測地系)で、ほぼ南北に並んでおり、基線は42.9kmであ る。視野が狭いのでファインディング星図を作成し、最大の同時率が得られるように約0.5度の 精度で視野設定を行った。

3. 流星群の検出方法

295群にも及ぶIAU流星群リストは、今までの流星観測の集大成と言えるだろう。よってこれを基準として、我々の観測結果を当てはめ、既知群を同定した。次に既知群には該当しないが流 星群活動と思われる未知群を探し出した。

3.1. D/D'判定による群の検出

基本的な考え方として、以下 1-1)~1-4)に示す流れで、全データより流星群をピックアップ することとした。

- 1-1)目的の流星群(軌道要素)に関連する流星を検出するにあたり、まずはD判定(Southworth & Hawkins, 1963)及びD'判定(Drummond, 1979)により分類した。軌道要素により検出されや すさが異なるため、D判定とD'判定のどちらか一方でも検出されれば同一群とみなした。 次に検出された流星をさらにふるいにかける方法で絞り込んだ。ここでD判定及びD'判定 を簡単に紹介する。
 - a) D判定は2つの軌道要素間の類似度を調べる方法で、要約すると(1)式で表される。多くの実データへの当てはめ結果から、経験的にDの値が0.2以下を同一群とみなす。
 - D² = (離心率の差)²
 - + (近日点距離の差)^2
 - + {2sin(軌道面間の角度)}^2
 - + {2sin(近日点黄経間の角度)}² (1)
 - b) D'判定は、D判定に改良を加えた方法で、(2)式で表される。
 - D'^2 = (離心率の差)²
 - + (近日点距離の差)^2
 - + sin(軌道面間の角度)^2
 - + sin(近日点方向間の角度)² (2)
 - D'判定の改良点は以下の通り。
 - ・近日点黄経間の角度の代りに、実際の近日点方向間の角度にした。
 - ・判定式の4項それぞれの値が、0~1の間の値を取る様に4項それぞれの計算式を工夫して、判定値に平等に影響を与える様にした。D判定では、離心率の差、近日点距離の差は0~1の値、2sin(軌道面間の角度)、2sin(近日点黄経間の角度)は0~2の値を取っていたため、項目によって判定値に与える影響が異なっていた。
 - ・D'判定はD判定の1/2程度になることが多く、経験的にD'の値がO.1以下を同 一群とする判定が採用されている。
- 1-2) 流星群の平均を求めるにあたり、我々のビデオ観測データのみを使用した。
- 1-3) 観測が複数日にまたがり、流星数が多い場合は、最も流星数の多い1日の観測データを使 用して平均を求めた。
- 1-4) 我々の全観測データから関連のありそうな流星を探し出すにあたり、参考のため
 McCrosky & Posen (1961) による観測データ (以下M&Pデータ)から、同一群と思われる流 星数を求めた。両者の比較で分かることは、
 a) M&Pデータは1952~1954年の写真観測であり、我々のビデオ観測と同群が求

められたと言うことは、少なくとも50年間活動していることになる。

- b) M&Pデータの写真はおよそ4等までの明るい流星、我々のビデオ観測はおよそ8等ま での暗い流星を対象としており、明るい流星、暗い流星のどちらも出現していることが 分かる。
- 3.2. I A U リストを使用した既知群の同定方法

上節の流れで得られたデータとIAUリストの比較で問題となることは、IAUリストは流星 群の軌道要素を扱っていないことである。そこで以下 2-1)~2-4)の手法を採用した。

- 2-1)極大時太陽黄経、輻射点、速度から軌道要素を求めた。
- 2-2) 求めた軌道要素を親データとして、D判定及びD'判定により、全観測データから関連の ありそうな流星を探し出した。
- 2-3)探し出した流星から、観測日や輻射点の平均と標準偏差(σ)を求め、2σを基準として、 原則としてそれ以上平均から離れている場合は切り捨てた。そして平均輻射点、速度、 軌道要素を求めた。
- 2-4) これらの処理により既知の22群を同定した。表1に示すように、これらはIAU番号 001~342に該当すると考えられる。
- 3.3. 未知群の検出方法

295群のIAUリストに対する3.2節のデータ比較には該当せず、独自データにより検出 された未知の流星群についてその検出手法を述べる。

- 3-1) 星図上に、IAUリストと我々の観測及びM&Pデータの輻射点を月ごとに分けてプロットした。M&Pデータは論文(McCrosky & Posen, 1961)から塩井宏幸氏がキーインしたものを譲り受けた(Shioi, 1994, private communication)。
- 3-2) 目視で、IAUリストの輻射点には含まれていない未知の輻射点の集まりを探し、おおよ その赤経、赤緯を求めた。
- 3-3) 求めた赤経、赤緯に近い輻射点を持ち、速度がほぼ一致する個々の流星をピックアップした。そして平均輻射点、速度、軌道要素を求めた。この方法により未知の15群が検出された。
- 3-4) 求めた軌道要素を親データとして、上記既知群の2-2) ~2-3) の方法で平均輻射点、速度、 軌道要素を求めた。
- 3-5)輻射点がほぼ同じでも、速度の少しの違いにより、軌道が大きく異なる場合があり、3群 削除して12群を残した。例えば地球向点付近に輻射点を持つ流星の場合、速度が3%違 うと離心率が0.1変わり、D'判定の範囲を超えてしまう。ビデオ観測の場合、速度の 誤差は大きいので、速度の速い流星群の判定は慎重を要する。結果を仮番号901~ 912として表2に示す。
- 4. 誤差楕円による輻射点の評価

流星群を検出する場合、輻射点の誤差の評価はたいへん重要である。そこで本報告では図2に示 す誤差楕円(Shigeno et al., 2003)を使用して輻射点の誤差を求めた。

4.1. 誤差楕円の求め方

図2のように流星経路の測定点を $P_1, P_2, ..., P_n$ とするとき、それぞれ楕円で示す誤差を持っているものとする。ここで $\sigma_1, \sigma_2, ..., \sigma_n$ は、それぞれの測定点の流星経路と直交する向きの誤差(標準偏差)である。このとき流星経路を平行移動させる誤差(σ_u)と、 流星経路を傾かせる誤差(σ_t)は、それぞれ(3)式で表すことができる。ただしここで x_i は流星経路全測定点の平均位置から各測定点までを流星経路に沿って測った距離(radian)。

$$\sigma_{u} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\sigma_{i}^{2}}}}, \quad \sigma_{t} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{x_{i}^{2}}{\sigma_{i}^{2}}}}$$
(3)

流星経路大円の極において、誤差楕円は流星経路全測定点の平均位置に向かう方向に σ_u、それと直交する方向に σ_tの大きさを持つ。同じ流星を2地点以上で観測すると、それぞれの流星 経路大円の極とその誤差楕円が求められる。複数の流星経路大円の極から輻射点を求めると、以 上と全く同様の方法で輻射点の誤差楕円を求めることができる。



図2.

(a) 流星経路と、楕円で示す誤差を持つ 測定点。

(b) 流星経路と、その大円の極。流星経路を平行移動させる誤差は σ_u 、流星経路を傾かせる誤差は σ_t で表される。

(c) 2 地点で観測したそれぞれの流星経 路大円の極から求めた輻射点と誤差楕 円。



4.2. 観測された輻射点の広がりと誤差

観測で得られた輻射点の誤差楕円の例を図3に示す。中心付近に小さい誤差楕円が集まり、周辺に大きい誤差楕円が広がっている。しかも誤差楕円の長径軸が中心から放射状になっており、 誤差により輻射点が中心からずれたことをよく表している。



図3.2001年11月18日の同時写真観測で得られた輻射点の誤差楕円分布。 分かりやすくするため楕円のサイズを1/5に縮小している。

5. 輻射点の分布と比較

5.1. 輻射点分布図について

図4に月ごとの輻射点分布を示す。左図の×印は我々の観測した輻射点、+印はM&Pデータ の輻射点、◎印は地球向点である。実線の楕円(半径6度)はIAUリストの輻射点を表す。IA Uリストの中で65例が定義されているestablished meteor showersは太線とした。

右図は今回検出された流星群を示す。我々の観測で同定された既知群は実線の楕円(半径6度)、 点線の楕円(半径7度)は今回検出した未知群の輻射点を表す。平均を求めるために使用した流星 は×印で示した。(星図は平面に投影した場合、中心から離れるに従って円周方向に伸びるため、 楕円に見えるが、正しい半径の円を表している)。

IAUリストを表すのに半径6度の円を使用した理由は、多くの群でこの円内にほとんど全ての輻射点計算結果が分布するからである。既知群は流星群CODEを付記した。未知群の輻射点を表すのに半径7度の円を使用した理由は、未知群は既知群よりも少し広い輻射点分布までを採用したためである。未知群は仮番号(IAU番号に相当)901~912を付記した。

図中に地心速度(VG)と×印サイズの関係を示した。×印のサイズはVGと比例し、VGが速 いほど×印サイズを大きくプロットした。+印も同様にVGに比例して+印サイズを変えている。 地球の公転運動の影響を反映し、地球向点付近は速い流星が多く、離れるに従ってVGが遅くな っていく様子が良く分かる。



図4-1(1月~4月) 左図:輻射点分布 右図:検出された輻射点



図4-2(5月~8月) 左図:輻射点分布 右図:検出された輻射点



図4-3(9月~12月) 左図:輻射点分布 右図:検出された輻射点

図4. II同時観測により得られた3,770例の輻射点分布

月ごとに星図を分けて理解しやすくした。

1) 左図は我々の観測した輻射点、M&Pデータの輻射点、IAUリストの輻射点を表す。 2) 右図は今回検出された輻射点を表す。これには既知群、未知群が含まれる。

×印 : 我々の観測した輻射点

+印 : M&Pデータの輻射点

◎印 : 地球向点(各月15日の位置)

実線の楕円(半径6度): IAUリストの輻射点295群(2009年6月現在)

established meteor showers の65群は太線で表した。

点線の楕円(半径7度):今回検出した未知群の輻射点

5.2.表1の既知群の同定結果の誤差について

各流星群で上段は平均値、下段はデータの拡がりを標準偏差で表したものである。例えば 輻射点であれば、下段は輻射点の拡がりを標準偏差で表したものになる。一方、上段のAcoRP, DcoRP, VG の右側の Ea は個々の流星の測定に含まれる計測・解析誤差の平均を表している。

例えばふたご群(IAU004:GEM)を見ると、輻射点の(赤経,赤緯)は(111.7,32.8)となって おり、誤差はそれぞれ (0.2度,0.1度)である。一方、下段のデータの拡がりを見ると、それ ぞれ(1.0度,0.5度)となっている。つまり輻射点データの拡がりは、我々の観測における計測・ 解析誤差の5倍大きく、明らかに輻射点の拡がりを表していることが分かる。このような傾向は ペルセウス群やしぶんぎ群などの主要群で同様に見られる。

このように主要群で観測精度が良いのは、主要群(しぶんぎ群、ペルセウス群、ふたご群など) の輻射点位置を知った上で、輻射点に直交する方向に写野が来るように観測場所の2地点の配置 を考え、撮影方向を決めたためである。主要群以外は輻射点方向がランダムになり、個々の輻射 点の決定精度は良くない。全観測3,770例の輻射点の決定精度(誤差の平均)は約0.6度(標 準偏差)である。

主要群の中でもしし群(IAU013:LE0)は傾向が異なる。輻射点の平均決定精度が(赤経,赤緯) =(0.3度,0.1度)であるが、データの拡がりもそれぞれ(0.3度,0.1度)となっている。誤差 とデータの拡がりが同じと言うことは、データの拡がりはこれ以上小さかった可能性があるが、 誤差のために検出できていないことになる。このしし群は2001年の大出現を捉えたものであ り、集中度が高かったことが分かる(Shigeno et al., 2003)。

5.3. 表2の未知群の検出結果について

表2のデータについても観測精度は上述した主要群以外の場合と同様である。未知群は流星数 が少ないため、長い観測期間に対応し、広い輻射点を採用するため精度的には問題ないと言える。 検出した全ての群に於いて複数年、複数日の観測から平均を求めている。実際に平均を求めるに あたり、観測日は最大で±6日以内、輻射点は最大で±6度以内の範囲を使用した。より多くの 観測結果から同質の流星を得られるように絞り込みを行った結果、この範囲内が最適と考えた。

表1. 既知群の同定結果

全て2000年分点。DATEで年の表示があるものは最も流星数の多い1日の観測データを使用して平 均を求めた場合。年の表示がないものは複数年、複数日の観測から平均月日を求めた場合。S.Long: 太陽黄経、AcoRP, DcoRP:補正輻射点、VG:地心速度、a,e,q,Peri,NODE,i:軌道要素、Hb,He:発 光/消滅高度、Amag:絶対等級、clc:平均を求めるために使用した流星数。MSS:我々の観測で同 群と思われる流星数。M&P:M&Pデータで同群と思われる流星数。

誤差について:各流星群で上段が平均値、下段がデータの拡がりを標準偏差で表したもの(注意: 個々の流星の計測・解析誤差ではない)。上段のAcoRP, DcoRP, VGの右側のEaは個々の流星の計測・ 解析誤差の平均値を表している。

同定された既知群のIAU番号, CODE, ShowerNameは以下の通り。

IAU	CODE	ShowerName	IAU	CODE	ShowerName
001	CAP	alpha Capricornids	003	SIA	South. iota Aquariids
004	GEM	Geminids	005	SDA	South. delta Aquariids
007	PER	Perseids	008	OR I	Orionids
010	QUA	Quadrantids	013	LE0	Leonids
015	URS	Ursids	016	HYD	sigma Hydrids
019	MON	Dec. Monocerotids	028	SOA	South. Oct. delta Arietids
031	ETA	eta Aquariids	032	DLM	Dec. Leonis Minorids
049	LVI	lambda Virginids	245	NHD	Nov. Hydrids
256	ORN	North. chi Orionids	257	ORS	South. chi Orionids
258	DAR	Dec. alpha Aurigids	286	FTA	omega Taurids
288	DSA	South. Dec. delta Arietids	342	BPI	Aug. Beta Piscids

IAU DATE (UT) S. Long AcoRP Ea DcoRP Ea VG Ea NODE i Hb He Amag clc MSS M&P а е q Peri 001 19980731.62 128.23 305.0 0.3 -8.7 0.8 20.8 1.1 2.32 0.728 0.632 264.0 128.2 71 98 4 87 1 5 0 7 26 20 CAP 0.02 0.02 1.6 -1.3 - 0.8 -- 0.022 0.026 0.9 3.2 0.0 3.4 2.6 0.6 003 19980801.65 129.21 340.7 0.2 -15.6 0.5 38.2 1.2 2.07 0.952 0.100 148.1 309.2 20.7 101.0 83.5 3.9 6 24 6 SIA 0.04 0.04 1.0 -0.8 -1.1 -- 0.009 0.005 0.9 0.0 2.7 0.9 2.6 2.3 004 19991212. 70 260. 22 111. 7 0. 2 32. 8 0. 1 33. 4 1. 1 1. 27 0. 883 0. 149 324. 1 260. 2 22. 8 101. 6 85. 8 4. 7 50 242 147 GEM 0.06 0.06 1.0 - 0.5 - 1.1 -- 0.012 0.007 0.9 0.1 1.3 1.7 3.2 1.6 005 19980801.65 129.22 343.3 0.5 -15.8 0.7 38.6 1.1 1.82 0.953 0.085 151.3 309.2 26.7 99 8 85 9 3 5 16 34 13 1.4 - 0.6 - 1.6 -- 0.012 0.007 1.6 0.0 SDA 0.03 0.03 2.4 2.3 4.2 1.5 007 19970812.66 140.00 47. 3 0. 6 58. 1 0. 3 58. 8 1. 0 10. 9 0. 913 0. 950 150. 5 140. 0 112. 6 119. 3 99. 0 1. 7 20 142 330 1.2 -0.6 - 1.0 -- 0.071 0.009 PER 0.06 0.06 2.5 0.0 1.3 7.3 2.6 1.9 008 19961021.76 208.68 95. 9 0. 8 15. 8 1. 1 66. 2 2. 0 8. 47 0. 932 0. 574 83. 1 28.7 164.1 115.8 99.0 2.2 16 37 46 1.0 -5.0 0 9 OR I 0.06 0.06 0.5 - 1.4 -- 0.071 0.028 4.7 0.1 1.0 1.5 010 19970103. 67 283. 38 230. 1 0. 9 49. 7 0. 4 41. 1 0. 9 2. 95 0. 668 0. 979 172. 0 283. 4 71. 5 105. 8 96.3 2.4 16 33 22 QUA 0.04 0.04 2.1 -1.2 -0.9 -- 0.037 0.004 3.8 0.1 1.4 2.9 1.7 013 20011118. 78 236. 48 154. 3 0. 3 21. 5 0. 1 70. 6 1. 1 9. 57 0. 897 0. 986 174. 4 236. 5 162. 5 125. 8 92. 3 0. 9 35 141 23 LE0 0.03 0.03 0.3 -0.1 - 0.8 -- 0.061 0.001 1.2 0.0 0.2 17.0 4.3 3.0 015 20061222.75 270.66 219.2 2.3 75.1 0.2 32.4 1.0 4.19 0.776 0.939 206.3 270.7 52.3 105.7 97.1 4.6 10 10 3 - 0.054 0.006 1.7 0.0 URS 0.04 0.04 3.7 -0.7 - 1.2 -1.1 0.6 1.4 2.1 1215. 25 262. 85 130. 4 0. 3 1. 5 0. 4 57. 7 1. 0 9. 76 0. 978 0. 217 125. 3 82. 9 126. 8 116. 4 94. 7 3. 2 016 6 5 HYD 0.83 0.74 0.4 -0.8 - 0.5 -- 0.007 0.007 0.9 0.7 1.5 _ 1.4 1.3 11 019 1212.95 260.51 102.1 0.2 7.8 0.4 40.1 1.1 7.29 0.973 0.199 128.3 80.3 33.8 103.2 88.8 5.1 4 8 MON 0.59 0.66 0.9 -0.5 - 1.6 -- 0.020 0.004 0.9 0.5 1.7 3.6 4.9 1.1 028 19931011.67 198.44 32.91.4 9. 0 4. 9 27. 0 1. 1 1. 66 0. 805 0. 323 121. 2 18. 4 5.0 103.6 90 7 36 6 33 6 SOA 0.03 0.03 1.4 -1.6 - 1.7 -- 0.041 0.032 3.7 0.0 1.7 4.0 3.4 1 3 031 19950506.72 45.79 338.1 0.6 -0.8 0.3 66.0 1.9 21.7 0.972 0.599 100.1 45.8 162.9 114.4 99-1.9 5 19 2 ETA 0.02 0.02 1.4 - 0.5 - 0.6 - - 0.026 0.024 2.8 0.0 1.2 _ 1.7

032 DLM	1214. 08 0. 51	261.90 0.59	158.00.4 2.7 -	33.00.3 0.5 -	61.9 1.8 1.3 -	4.80 0.878 - 0.081	0. 587 0. 027	262. 3 3. 0	261.8 0.5	133. 3 1. 0	113.9 1.3	100. 0 2. 4	4. 2 0. 3	4	7	5
049 LV I	20070414.68 0.10	24. 24 0. 10	215.70.3 3.7-	-6.8 1.3 3.2 -	26.50.9 4.7 -	1.50 0.723 - 0.060	0. 414 0. 026	293. 7 4. 1	24. 3 0. 1	7. 0 4. 2	102. 8 3. 5	93. 4 3. 6	5.2 0.3	3	3	6
245 NHD	1118.68 0.35	235. 91 0. 26	130.00.5 1.9 -	-7.11.0 3.5 -	64.52.5 1.9 -	7.26 0.877 - 0.113	0. 895 0. 027	36. 8 6. 2	55. 8 0. 3	134. 5 5. 8	113. 1 6. 2	95. 7 5. 3	3.8 1.3	5	6	0
256 ORN	1212. 25 0. 51	259. 96 0. 25	86.50.2 5.5 -	29.30.1 2.1 -	22.91.1 1.4 -	1.76 0.723 - 0.036	0. 487 0. 064	282. 0 9. 0	259. 9 0. 2	4.9 1.8	100. 2 2. 1	90.5 1.3	6. 1 0. 8	5	19	23
257 ORS	20011211.65 0.05	259. 65 0. 05	80.80.3 4.6 -	14.10.3 5.0 -	20.41.0 3.0 -	1.97 0.706 - 0.063	0. 579 0. 090	89. 5 10. 1	79.6 0.0	6. 2 3. 4	97. 2 5. 4	87.6 2.6	6. 2 0. 2	4	29	14
258 Dar	1212. 87 1. 39	260. 65 1. 31	83.8 0.4 2.0 -	35.10.2 4.0 -	19.90.8 2.8 -	1.60 0.652 - 0.071	0. 559 0. 067	275. 4 6. 2	260. 7 1. 3	8. 1 2. 6	95.3 5.9	82. 4 9. 3	6.5 0.4	5	24	6
286 FTA	1123.06 4.09	240. 72 4. 22	58.70.3 2.9 -	11.70.3 1.3 -	19.40.8 1.4 -	1.86 0.661 - 0.035	0. 630 0. 056	84.6 7.0	60.5 4.3	5. 2 0. 3	98. 5 6. 0	86. 6 2. 3	4.8 1.9	5	10	6
288 DSA	1212. 16 0. 91	260. 19 1. 07	72.90.5 4.4 -	16.00.3 3.1 -	16.00.9 1.9 -	1.80 0.601 - 0.055	0. 719 0. 046	73.6 6.6	80. 0 1. 0	3. 0 2. 4	92. 0 5. 2	84. 1 4. 0	6.0 1.0	5	16	12
342 BP I	0811.90 0.39	139. 51 0. 35	345.00.6 0.7 -	4.51.6 3.0 -	36.11.2 3.0 -	1.38 0.907 - 0.031	0. 129 0. 016	326. 7 0. 9	139. 4 0. 2	24. 8 4. 2	100. 2 3. 4	84. 2 2. 8	3.4 1.4	9	16	11

表2. 未知群の検出結果

データの項目、内容は表1と同様。検出された未知群の仮番号(IAU番号に相当), CODE, ShowerName はここで以下の通り定義する。

IAU	CODE S	Showerl	lame	I Al	J CO	DE	Showe	rNam	е		I A l	J CODE	Sho	werN	lame			
901	NBO r	nu Boo	tids	902	2 ET	Ρ	eta Po	egas	ids		903	3 BAR	bet	a Ar	ieti	ds		
904	MPR n	nu Pers	seids	90	5 GC	Р	gamma	Сер	heus	ids	906	5 NLY	Nov	. Ly	ncid	s		
907	MLE n	nu Leor	nids	908	B AS	Х	alpha	Sex	anti	ds	909) NLM	Nov	. Le	onis	Mi	nor	ids
910	LDR I	lambda	Draconid	ls 91 ⁻	RL	E	rho Lo	eoni	ds		912	2 DCL	Dec	. Le	onid	s		
IAU	DATE (UT)) S. Lon	g AcoRP Ea	DcoRP Ea	VG	Ea	а	е	a	Peri	NODE	i	Hb	Не	Amag	clc	MSS	M&P
901 NB0	0119. 4.	74 299.1 39 4.2	- 8206.00.8 94.1-	3 12.6 0.3 2.7 -	62. 8 2. 5	2.5	52.750 – (). 691). 166	0. 850 0. 086	221.7 24.6	299. 8 4. 4	140.5 4.9	111.3 1.8	97. 6 5. 2	3.9 1.1	8	13	1
902 ETP	0808. 2.	16 135.4 82 2.9	0 334.6 0.4 3 5.2 -	32.70.4 2.0 -	34. 5 7. 9	0.9) 1.46 (– (). 685). 147	0. 460 0. 067	293. 1 17. 2	134. 8 3. 2	55. 1 10. 9	101.7 2.6	88. 1 8. 3	5.0 1.4	6	7	3
903 BAR	0808. 2. 2	16 135.3 20 2.3	8 28.8 0.4 4 2.6 -	21.90.9 2.7 -	65. 5 2. 2	2.8	3 3.25 (– (). 728). 135	0. 882 0. 072	226. 2 14. 8	135. 0 2. 1	161.1 5.8	111.4 4.1	101. 5 4. 7	4. 2 0. 8	6	12	1
904 MPR	0812. 0.	10 139.6 56 0.5	4 70.40.9 4 4.6 -	50.00.3 2.6 -	54. 2 3. 8	2.6	6 1.91 (- (). 691). 042	0. 592 0. 099	88. 4 15. 8	139. 5 0. 4	121.3 7.2	108. 1 3. 2	99. 0 6. 2	4. 1 0. 5	5	5	2
905 GCP	1117. 1. :	32 234.9 36 1.3	9 47.610. 1 15.4 -	79.50.8 5.0 -	33. 8 1. 4	1. 5 _	56.120 - (). 864). 058	0. 830 0. 048	228. 9 7. 9	235.6 1.2	51.6 3.3	105. 1 0. 6	98. 0 2. 2	4.5 0.8	4	4	1
906 NLY	1120. 3.	35 237.9 68 3.8	2 141.8 0.8 1 5.6 -	40.00.4 3.4 -	60. 6 3. 7	2.0) 2.57 (– (). 709). 144	0. 748 0. 101	246. 1 18. 7	237. 9 3. 8	132.5 9.1	110. 8 4. 2	98. 0 4. 9	4. 2 0. 9	8	15	1
907 MLE	1118. 0.	09 235.7 60 0.7	0 142.4 0.5 4 2.5 -	29.30.2 2.6 -	66. 0 2. 2	2.9) 3.31 (- (). 740). 119	0. 860 0. 067	225. 2 13. 6	235. 8 0. 7	153.6 4.2	109. 7 3. 5	97. 9 4. 5	3.5 1.0	7	31	0
908 ASX	1119. 3.	71 237.3 60 3.6	7 154.60.5 0 3.1 -	-3.40.5 2.0 -	68. 8 2. 3	2.4	4 16.9 (- (). 947). 191	0. 898 0. 055	325.3 11.8	56.6 3.4	155.6 4.1	116.6 10.3	99. 7 1. 6	3. 2 2. 0	6	17	2
909 NLM	1120. : 3. :	28 237.9 25 3.2	9 162.2 1.6 9 6.4 -	33.00.2 1.4 -	65.2 1.6	1.8	3 3.83 (– (). 750). 119	0. 959 0. 033	171. 0 20. 6	237. 4 2. 7	138.9 4.5	111.8 6.3	100. 4 4. 2	3.4 1.8	9	29	1
910 LDR	1118. 0.	52 236.0 64 0.7	7 177.37.2 5 12.1 -	2 70.4 0.6 3.6 -	41.7 2.6	1.4 _	4 2.57 (- (). 630). 156	0. 953 0. 034	200. 8 13. 5	236. 0 0. 7	74.8 3.8	104. 3 9. 7	87.5 4.9	3.9 1.9	9	17	2
911 RLE	1214. 1.	31 262.1 04 1.0	8 155.60.5 2 2.1 -	5.20.8 2.7 -	65.6 2.3	3. (_) 3.00 (– (). 771). 117	0. 686 0. 078	72. 8 13. 2	82. 2 1. 0	170.8 4.8	112.3 4.8	96. 0 4. 8	4. 4 0. 7	12	23	0
912 DCL	1214. 3. 1	42 262.1 20 3.2	9 155.30.4 1 3.0 -	20.80.3 3.4 -	64. 1 2. 2	2. () 3.27 (– (). 835). 102	0. 539 0. 082	270. 1 11. 3	262. 3 3. 3	159.0 8.1	109.0 6.6	94. 9 5. 5	4.0 1.5	19	24	2

6. 議論

- 1) 輻射点分布図(図4)に示すとおり、IAUリストの輻射点は1年中を通じて、全天に分布していることが分かる。一方、観測した輻射点を当てはめてみても、一部しか適合しない。上記既知群の同定に示すように22群しか適合しなかった。この結果は2007年~2008年の結果を用いてIAUリストと照合したSonotaCo氏の報告とも一致する(SonotaCo, 2009)。SonotaCo氏の報告では既知群25、未知群13となっており、本報告の結果と近い。よってIAUリストには突発群や年によって出現にむらのある群が多く含まれているようだ。
- SonotaCo氏が報告している未知群IAU342:BPI (August β Piscids)はIAUJストに登録済みで あり、我々はこれを既知群として同定した。SonotaCo氏の未知群13例の内、我々の観測結果 との関係が得られたのは、この1群のみであった。
- 3)未知群に関しては、北半球が冬(11月~1月)の地球向点付近の高速流星が多い。これは以下 が原因と考えられる。
 - a) 夜が長く、地球向点が北半球にあるため、早朝に付近の地平高度が高くなり、観測しやすく なる。
 - b) 地球向点付近の流星は高速で暗いものが多いがIIは8等までの暗い流星を対象としている。
- 4)その他の未知群に関しても、暗い流星の活動を検出した可能性がある。我々は過去にIIで 暗いうお群を捕らえたことがある。同時に行った眼視観測では全く見ることができなかった。 (Shigeno & Shioi, 2002)。
- 5) M&Pデータとの比較では、平均光度が暗い群に関して、我々の観測の方が多い流星数を得ていることが分かる(表1、2)。M&Pデータで1例しか得られなかった群が十分な数の群として検出された例もあり、今後さらに暗い分布を持つ群が検出される可能性を示唆する。しかし暗い流星群を捉えたと考えられる電波流星観測による輻射点を含むIAUデータとの間にも良い一致は見られなかったと言える。
- 6)本研究は2009年6月現在のIAU流星群リストに基づいている。その後も検出され登録された流星群は増加し続けており、例えばMolau & Rendtel (2009)による12新群が追加されている。一方、Koseki (2009)は流星群の細分化や小流星群の増加に以下の疑問を呈している。
 - a) 流星群の活動は年々変化するものであり、大流星群を除いては、毎年観測されるとは限らない。
 - b) 写真観測による明るい流星と、電波観測による暗い流星では、流星群が一致するとは限ら ない。
 - c) 小流星群の分類には様々な考え方が成り立ちうるので、観測者を架空の結果に導く可能性 があり、注意が必要である。

よって流星群に対する固定的な名称は大流星群だけで十分である、とKoseki (2009) は述べて いる。IAUリストはこのような議論に重要な役割を果たすが、我々のデータとの比較結果も この考えを支持するものと考える。

7. 結論

我々は1992年から2009年に渡り、季節によるムラの無いように配慮しつつ、継続してI Iを用いた同時ビデオ観測を行った。合計3,770例の同時流星から高精度な輻射点解析を行い、 日本(北緯35度)から観測できる全ての領域について詳細な輻射点マップを作ることに成功した。 赤緯-45度以北の輻射点に対するIAUリストなど過去の輻射点データを評価する良いデータセ ットである。2009年6月現在のIAUリスト295群との比較から表1の既知群22例を同定 し、表2の未知群12例を新たに報告した。約50年前のM&Pデータとの比較では最微等級8等 のII観測のメリットとして平均等級の暗い群に関して良い検証を与えた。

付記. 同時流星ビデオ動画像の配付

1995年~2005年に同時観測したHi8テープ160本を全てDVファイルに変換した。 約6TBになり、このままでは使い勝手がわるいので、6等より明るい流星だけ、流星部分を切り 出したファイルを作った。ファイルには1流星に関し主に3秒間だが、永続痕のあるものは120 秒間になった。そして2005年以降に、観測時点からDVフォーマットで記録された流星も含め て合計579流星、15.6GBになる。このデータセットをDVD-Rに記録して希望者に配付 することにした。詳しくは以下を参照されたい。

http://meten.net/meteor

DVフォーマットはMedia Player、Quick Timeなどほとんどの動画像閲覧ソフトで再生可能で、 ファイルサイズは大きいがMPEGより画質が良い。画像サイズは640×480ピクセルで、1 秒あたり29.97コマである。

謝辞

本観測は、流星物理セミナーワーキンググループの戸田雅之、塩井宏幸、柳信一郎、進藤泰昭、田中正一各氏の協力により行われた。誤差楕円の理論は長沢工博士に指導いただいた。

References

Cook A. F. : 1971, A Working List of Meteor Streams, EVOLUTIONALY AND PHYSICAL PROPERTIES OF METEOROIDS, NASA SP-319, 183-191.

Cronk G.W.: 1988, METEOR SHOWERS, Enslow Publ.

Drummond J.D.: 1979, ON THE METEOR/COMET ORBITAL DISCRIMINANT D, Proceedings of the Southwest Regional Conference for Astronomy and Astrophysics, 5, 83-86.

Jenniskens P., Jopek.Y.J, Rendtel J., Porubcan V., Spurny P., Baggaley J., Abe S., and Hawkes R.: 2009, On How to report new meteor showers, WGN, Jounal of the IMO 37:1, 19-20.

Koseki M.: 2009, Meteor Shower Records: A Reference Table of Observations from Previous Centuries, WGN, Jounal of the IMO 37:5, 139-160.

McCrosky R.E. and Posen A.: 1961, Orbital Elements of Photographic Meteors, Smithsonian Contributions to Astrophysics, Vol.4, 15-84.

Molau S. and Rendtel J.: 2009, A Comprehensive List of Meteor Showers Obtained from 10 Years of Observations with the IMO Video Meteor Network, WGN, Jounal of the IMO 37:4, 98-121.

Rendtel J., Arlt R., and McBeath A. (ed.):1995, Handbook for Visual Meteor Observers, IMO Monograph no.2.

Shigeno Y., Toda M., and Shioi H.: 1997, Double-Station Observations of the Eta-Aquarids, WGN, Jounal of the IMO 25:5, 217-221.

Shigeno Y. and Shioi H.: 2002, Outburst of Faint Piscids in 2001, WGN, Jounal of the IMO 30:3, 56-58.

Shigeno Y., Shioi H., and Shigeno T.: 2003, Radiants and orbits of the 2001 Leonids, The Institute of Space and Astronautical Science Report SP No. 15, 55-62.

Shigeno Y. and Shigeno T.: 2004, Radiant distributions of the Capricornid-Aquarid complex, WGN, Jounal of the IMO 32:3, 77-80.

Southworth R.B. and Hawkins G.S.: 1963, Statistics of Meteor Streams, Smithsonian Contributions to Astrophysics, Vol.7, 261-285.

SonotaCo:2009, A meteor shower catalog based on video observation in 2007-2008, WGN, Jounal of the IMO 37:2, 55-62.

All meteors have been opened to the public. http://www.imo.net/files/data/msswg/

Meteor shower catalog based on 3770 triangulation analyses of double-station Image-Intensified video observations over Japan

Yoshihiko Shigeno¹ and Masa-yuki Yamamoto²

The D-criterion and D'-criterion were used to cross-check against the IAU meteor shower list, 3770 simultaneous meteors that we observed between December 1992 and October 2009 by double-station observation with an image intensifier (II) and for which orbits were determined. As a result, we detected 22 known and 12 unknown meteor showers. There are 295 showers recorded on the IAU list (as of June 2009), but we were aware that only a few appear regularly each year. Since an II targets faint meteors with magnitudes as faint as 8, many of the unknown meteor showers we found were fast, faint meteor showers close to the apex. The number of meteor showers on the IAU list is so large that it is hard to grasp the full picture. Therefore, in this paper, we made it easier for the reader to understand by plotting the meteor showers on a star chart. It was important for this study to accurately show the radiant error. Hence, we introduced and investigated the concept of using error ellipses for radiants. We recorded the double-station video images and orbital data from the independent II observations used in the study in catalog form so the data can be used by other researchers.

Received 2011 July 30

1 Introduction

In December 1992, we began double-station video observation using an image intensifier (II). By October 2009, we had recorded 3 770 meteors and produced a number of observational reports (e.g., Shigeno et al., 1997; Shigeno & Shigeno, 2004).

In traditional reports, a number of references are used to cross-check against known meteor showers. Cook's list (1971) refers to observational results, such as those of McCrosky and Posen (1961), listing details such as the radiants and orbital elements of 58 meteor showers. This can be considered the classic type of list, which is from photographic observation. The volume by Kronk (1988) drew together an extremely large number of references to describe 119 showers, becoming a true compilation of meteor showers. Meanwhile, the IMO Handbook (Rendtel et al., 1995) presents 38 main showers, in addition to explaining observation methods.

Most recently, the IAU Meteor Data Center published a list of meteor showers (Jenniskens et al., 2009). Because there are as many as 295 showers, it is no easy task to check them against observational results. Therefore, we began by plotting the radiants obtained from the 3770 double-station observations we made, together with the radiants from the IAU list, on a star chart. Then, we determined which meteor showers were known and which were unknown, following a number of lines of inquiry, which we shall introduce below.

2 Observational equipment

Figure 1 shows a photograph and block diagram of the equipment used in the observations. The IIs used were the Hamamatsu Photonics K.K. V3287P and the Delft High Tech Corporation XX1470. These are referred to

²Kochi University of Technology 185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami, Kochi, 782-8502, Japan.

Email: yamamoto.masa-yuki@kochi-tech.ac.jp

IMO bibcode WGN-401-shigeno-catalog NASA-ADS bibcode 2012JIMO...40...24S



Figure 1 - Video equipment using II and block diagram.

as second-generation IIs and have amplification factors of approximately 50 000. The best observation acquisition method possible at the time in 1992 involved images taken with a 410 000 pixel CCD, recorded to Hi8 video tape. In 2005, we began recording to PC using the DV format.

The objective lens was a replaceable type. Our primarily lens was a Canon 85 mm f/1.2, with a $12^{\circ} \times$ 9° field of view, limiting stellar magnitude of approximately 9.5 and limiting meteor magnitude of approximately 8. The mean measurement error of position was approximately 70 arc seconds (standard deviation), and the mean error in calculation of radiants by triangulation was approximately 0.6° (standard deviation). Around 50 units of our observational equipment were produced and distributed to observers around Japan.

The main observation sites for the authors group were at Mount Akagi in Gunma Prefecture, Japan $(139^{\circ}11'33'' \text{ E}, 36^{\circ}28'42'' \text{ N})$ and Chichibu District in Saitama Prefecture, Japan $(139^{\circ}06'10'' \text{ E}, 36^{\circ}05'56'' \text{ N})$, arranged roughly North-South, with a baseline of 42.9 km. The field of view was narrow, so a star chart was drawn up, and the field of view set with a precision of approximately 0.5° in order that the maximum rate of concurrency could be achieved.

¹Meteor Science Seminar 5-6 Kizuki-Sumiyoshi, Kawasaki City, 211-0021, Japan. Email: cyg@nikon.co.jp

3 Method of detecting meteor showers

The IAU meteor shower list, which boasts as many as 295 showers, can be considered a compilation of all meteor observations to date. Therefore, using this as a basis, we examined our observation results and identified the known meteor showers. We then searched out the as-yet-unknown meteor showers from among any activities that we suspected might be meteor shower activity but that did not correspond to any known meteor showers.

3.1 Detection of showers by the D/D' Criteria

Our basic procedure was to follow the process outlined in 1-1) to 1-4) below to pick out the meteor showers from the overall data.

- 1-1) To detect meteors associated with the objective meteor showers (orbit elements), we first classified them using the D-criterion (Southworth & Hawkins, 1963) and the D'-criterion (Drummond, 1979). Because each of detection based on orbital elements can differ, we considered a shower identified if the detection was made with either the D-criterion or the D'-criterion. We then used a screening method to further narrow down the detected meteors. We will now explain the D-criterion and D'-criterion in simple terms.
 - The D-criterion is a means of investigating the degree of similarity between two orbital elements that can be summarized in the form of equation (1). When it is applied to a large quantity of raw data, the result is taken to indicate an identified shower when the *D* value is 0.2 or lower, based on experience.

$$D^{2} = (\Delta e)^{2} + (\Delta q)^{2} + (2\sin(\Delta i))^{2} + (2\sin(\Delta \varpi))^{2}$$
(1)

where Δe is the difference in eccentricity, Δq the difference in perihelion distance, Δi the angle between the orbital planes and $\Delta \varpi$ the difference between longitudes of perihelia.

• The D'-criterion is an improvement upon the D-criterion method and is expressed as equation (2).

$$D'^{2} = (\Delta e)^{2} + (\Delta q)^{2} + \sin(\Delta i)^{2} + \sin(\varphi)^{2} \quad (2)$$

where φ is the actual angle between the perihelion points.

The points of improvements in the D'-criterion are as follows.

- Instead of the difference between longitudes of perihelia, it uses the actual angle between the perihelion points.
- The formulae used to calculate each of the four items in the equation has been devised to ensure that it takes a value between 0 and

1, thus making them have an equal effect on the determined value. In the D-criterion, on the other hand, the difference in eccentricity and the difference in perihelion distance took values between 0 and 1, while $2\sin(\Delta i)$ and $2\sin(\Delta \varpi)$ took values between 0 and 2. The effects on the determined value therefore differed depending on the item.

- It is common for the D'-criterion to be around ¹/₂ of the D-criterion; based on experience, a D' value of 0.1 or lower has been adopted as a criteria for an identified shower.
- **1-2)** In determining the mean of a meteor shower, we used only our video observation data.
- 1-3) In cases in which the observation stretched over multiple days and the number of meteors was large, the mean was determined using the observation data of the day that had the largest number of meteors.
- 1-4) In searching our entire observation data for meteors that appeared to have a connection, we referred to the observational data of McCrosky & Posen (1961) (hereinafter referred to as M&P data), from which we determined the number of meteors thought to be an identified shower. We learned the following from comparisons between the two sets.
 - M&P data were from photographic observation made between 1952 and 1954. Therefore, finding the same shower in our video observation meant that the shower in question had been active for at least 50 years.
 - The photographs in M&P data targeted bright meteors of magnitude 4 and brighter, while our video observation targeted faint meteors as faint as roughly magnitude 8. It is clear that both bright meteors and faint meteors are observable.

3.2 Method of identifying known meteor showers using the IAU list

The problem that we encountered when comparing data obtained via the process outlined in the previous section with the IAU list was that the IAU list did not deal with the orbital elements of meteor showers. Hence, we adopted the technique outlined in 2-1) to 2-4) below.

- **2-1)** We determined the orbital elements from the solar longitude of the maximum shower date, radiant and velocity.
- **2-2)** The orbital elements so determined were taken as parent data, and we searched the observation dataset using the D-criterion and D'-criterion for meteors that appeared to be related.
- **2-3)** From the meteors found, we determined the day of observation, and the mean and standard deviation (σ) of the radiant. Taking 2σ as our criteria,

we discarded any which were 2σ or more from the mean. We then determined the mean radiant, velocity and orbital elements.

2-4) By following this process, we identified 22 known meteor showers. As shown in Table 1, these appear to correspond to meteor showers on the IAU list in the range 001 to 342.

3.3 Method of identifying unknown meteor showers

We will now discuss the technique we used to identify the unknown meteor showers that were detected from our data but that did not correspond to any of the 295 showers on the IAU list according to the comparison of data described in Section 3.2.

- **3-1)** On the star chart, we plotted the radiants of the IAU list, our observations and the M&P data, month by month. The M&P data we received was a version which Hiroyuki Shioi had organized (Shioi, 1994, private communication) from the M&P paper (McCrosky & Posen, 1961).
- **3-2)** We visually searched for clusters of unknown radiants that were not included in the radiants from the IAU list and determined their approximate right ascension and declination.
- **3-3)** We picked out the individual meteors which had radiants close to the determined right ascension and declination and which had closely matching velocities. Then, we determined the mean radiant, velocity and orbital elements. 15 showers were detected using this method.
- 3-4) The orbital elements so determined were taken as parent data, and with the method outlined in 2-2) to 2-3) above for known meteor showers, the mean radiant, velocity and orbital elements were determined.
- **3-5)** Even when the radiants were almost the same, small differences in velocity would lead to orbits that could differ dramatically. Consequently, 3 showers were excluded, leaving 12. For example, when the velocity differed by 3% in the case of a meteor with a radiant close to the apex, the eccentricity changed by 0.1, which was outside the range of the D'-criterion. In the case of video observation, there is a large error in velocity. Therefore, making judgments about meteor showers with high velocities requires caution. The results are shown in Table 2, using numbers assigned by IAU from 432 to 443.

4 Evaluation of radiants by error ellipses

When a meteor shower is identified, it is of the utmost importance to evaluate the error in the radiants. Hence, in this report, we used the error ellipses shown in Figure 2 (Shigeno et al., 2003) to determine the radiant errors.

4.1 Method of determining error ellipses

If the points of observation of the meteor path are taken as P_1, P_2, \ldots, P_n , as shown in Figure 2, then their errors are as indicated by the ellipses. Here, $\sigma_1, \sigma_2,$ \ldots, σ_n are the errors (standard deviation) which are orthogonal to the meteor path at each respective point of observation. In this case, the error which translates the meteor path parallel σ_u and the error which inclines the meteor path σ_t can be represented by

$$\sigma_{u} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{1}{\sigma_{i}^{2}}}}, \sigma_{t} = \frac{1}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} \frac{x_{i}^{2}}{\sigma_{i}^{2}}}}$$
(3)

where x_i is the distance (radians) measured along the meteor path from the mean position of all the measurement points on that meteor path to the *i*-th measurement point.

On the pole of the great circle along the meteor path, the error ellipse has size σ_u in the direction facing the mean measurement point and size σ_t in the orthogonal direction. When the same meteor is observed at two or more points, the pole of the great circle along each meteor path and its error ellipse can be determined. When the radiant is determined from multiple poles of great circles along the meteor path, then it is possible to determine the error ellipse of the radiant using the same method as above.

4.2 Extent and error of observed radiants

An example of the error ellipses of radiants obtained by observation is shown in Figure 3. The small error ellipses are gathered near the center, while the large error ellipses are spread out around the outside. It is clearly evident that the long axes of the error ellipses are oriented radially outward from the center, and that the radiants are shifted from the center due to the error.

5 Comparison of radiant distributions 5.1 Distribution and comparison of Radiant

In Figure 4, the month by month radiant distributions are shown. The \times 's of left figure indicate radiants we observed, the +'s indicate radiants from the M&P data, and the Double circles indicate the apexes. The solid-lined ellipses (radius 6°) represent the radiants of the IAU list. 65 of which are defined as the established meteor shower in the IAU list, are represented using bold lines.

The right figure represent meteor showers identified using our observations. The solid-lined ellipses (radius 6°) represent the radiants of known meteor showers. The dotted-lined ellipses (radius 7°) represent the radiants of unknown meteor showers detected in this study. The meteors used to determine averages are indicated by ×'s. (Due to the circumferential stretch produced by projecting a star chart onto a plane, which is propor-



Figure 2 – (a) Meteor path and measurement points with errors shown by ellipse. (b) Meteor path and its pole of great circle. The error translating the meteor path parallel to itself is labeled σ_u and the error inclining the meteor path is labeled σ_t . (c) The radiant and error ellipse determined from the pole of the great circles along each of the meteor paths measured at two points.



Figure 3 – Distribution of error ellipses of radiants obtained via double-station photographic observation on 2001 November 18. Size of ellipses reduced by 1/5 for ease of viewing.

tional to the distance from the center, these appear as non-circular ellipses but represent circles with correct radii).

Circles of radius 6° were used to represent the IAU list meteor showers because for many such showers almost all the results of radiant calculations were distributed within a circle of 6° . For these known meteor showers, we have added the meteor shower code. Circles of radius 7° were used to indicate the radiants of unknown meteor showers because these had a slightly wider radiant distribution than the known meteor showers. For the previously unknown meteor showers, the IAU has assigned numbers from 432 to 443.

The sizes of the \times 's on the graph are proportional to the geocentric velocity (V_G): the faster the V_G, the larger the \times . The sizes of the +'s are similarly proportion to the V_G's. The influence of the orbital motion of the earth is reflected by the high velocities of the meteors near the apex and by V_G decreasing with distance.

5.2 Error in the results of identification of known meteor showers in Table 1

For each meteor shower, the top row shows the mean value and the bottom shows the spread of data in terms of standard deviation. For example, in the case of radiants, the bottom number refers to the spread of radiants in terms of standard deviation. Each column RA_G, Dec_G and V_G showing mean measurements for the individual meteors is followed by an Ea column showing the analytical error incorporated into the measurement.

For example, in the case of Geminids (IAU #004: GEM), (right ascension, declination) of the radiant are (111 °7, 32 °8), and the errors are (0 °2, 0 °1). The spread of data, shown in the next row, are (1 °0, 0 °5). In this case, the spread of radiant data is five times the measurement and analytical error in our observations and this clearly represents the spread of the radiants themselves. Such a trend can similarly be seen in major showers (e.g., Perseids, Quadrantids and Geminids).

With the major showers, the accuracy of observation is very high. This is because the imaging direction was decided after determining the radiant positions of the major showers, taking into account the arrangement of the two observation points, to allow a range of imaging aligned orthogonal to the radiants. The radiant directions of the other showers were random, and thus the accuracy of determining the individual radiants was lower. The overall accuracy of determining the 3770 radiants (average error) was approximately 0 °.6 (standard deviation).

Even among the major showers, the Leonids (IAU #013: LEO) shows a different trend. The mean accuracy of the determination of radiants in terms of (right ascension, declination) is $(0^{\circ}3, 0^{\circ}1)$, and the spread of the data is $(0^{\circ}3, 0^{\circ}1)$. The fact that the error and the spread were the same suggests that the spread of the data was actually smaller than this but could not be detected due to the error. The Leonids was seen as a meteor storm in 2001, and its degree of concentration was high (Shigeno et al., 2003).

5.3 Detection results of the unknown meteor showers in Table 2

For the data in Table 2, the accuracy of observation is the same as described above of non-major showers. In this case, there are no problems in accuracy because the unknown meteor showers have fewer numbers of meteors and therefore we include longer observational periods and use wider radiants.

In all of the showers detected, the mean was determined from multiple-year, multiple-day observations. In actually determining the mean, we used a maximum range of ± 6 days for the observation day, and a maximum of $\pm 6^{\circ}$ for the radiant. Given the larger number of observational results used (in order to obtain the same quality of meteor data), we consider these ranges to be appropriate.

6 Discussion

1. As shown in the distribution of radiants (Figure 4), the radiants of the IAU list are distributed across the whole sky throughout the year. The radiants we observed, on the other hand, were confined to just one area. As shown above in the identification of known meteor showers, only 22 such showers were matched. This result agrees with the report of SonotaCo, which used the results from 2007 to 2008 to cross-check with the IAU list (SonotaCo, 2009). In SonotaCo's report, there are 25 known meteor showers and 13 unknown meteor showers, which is close to the results of this report. It seems, therefore, that there may be many sudden showers and showers that are uneven in their yearly arrival time on the IAU list.

- 2. The unknown meteor shower reported by SonotaCo as IAU #342: BPI (August Beta-Piscids) is already registered on the IAU list; we identified it as a known meteor shower. Of the 13 unknown meteor showers reported by SonotaCo, this was the only one corresponding to our observational results.
- 3. There are many fast meteors close to the apex in the northern hemisphere in winter (November to January). This is thought to be due to the following: a) Because the nights are long and the apex is in the northern hemisphere, the horizontal altitude nearby gets higher early in the morning, making them easier to observe. b) There were many fast but faint meteors among those near the apex, and the II targeted meteors as faint as magnitude 8.
- 4. There is a possibility that the activity of faint meteors was detected for other unknown meteor showers. Indeed, we have used the II to perceive faint Piscids in the past. In visual observation carried out concurrently, it was not possible to see these at all (Shigeno & Shioi, 2002).
- 5. Comparing to the M&P data, it is clear that our method of observation of showers with faint mean luminosity detects a greater number of meteors (Tables 1 and 2). There are cases in the M&P data in which showers were identified from only one meteor observation, which suggests the showers with even fainter distributions will be detected in the future. However, there was no good match to with any of the IAU data of radiants detected via radio meteor observation (which is thought to have perceived faint meteor showers).
- 6. This study was based on the current IAU meteor shower list of June 2009. However, the number of meteor showers that have been detected and registered continues to grow. For example, 12 new showers have been added by Molau & Rendtel (2009). Meanwhile, Koseki (2009) has presented the following problems regarding the break-down of meteor showers and the increase in number of small meteor showers. a) The activity of meteor showers changes yearly, and, with the exception of the large meteor showers, they are not necessarily observed every year. b) Photographic and

⊙: Apex (position on the 15th of each month).

Figure 4 - (following pages) – The month by month radiant distributions are shown. The left figure indicate radiants we observed, the radiants from the M&P data, and the radiants from the IAU list. The right figure represent meteor showers identified using our observations. The known and unknown meteor showers are included.

^{×:} Radiants found in this study. +: Radiants of M&P data.

[—] The solid-lined ellipses (radius 6°) represent the radiants of known meteor showers. The 295 showers on the current IAU list of June 2009, Established 65 meteor showers are bold-lined.

[—] The dotted-lined ellipses (radius 7°) represent the radiants of unknown meteor showers detected in this study. (Due to the circumferential stretch produced by projecting a star chart onto a plane, which is proportional to the distance from the center, these appear as non-circular ellipses but represent circles with correct radii).







radio observations do not always agree regarding faint meteors. c) In the classification of small meteor showers, there are a number of different schools of thought, which raises the possibility that observers may be overinterpreting their results. Caution is therefore required.

Consequently, Koseki (2009) has stated that fixed names for meteor showers should be reserved for only the larger meteors showers. The IAU list fulfills an important role in this kind of discussion, and we think that the results of comparison with our data do support this idea.

7 Conclusion

From 1992 through 2009, we carried out sustained double-station video observation using an II, taking care to ensure that observations were distributed evenly throughout the year. From a total of 3770 observed simultaneous meteors, high-accuracy radiant analysis was performed, from which we succeeded in creating a detailed radiant map for each of the regions in Japan (north latitude 35°) at which observation was possible. This dataset is useful for evaluating past radiant data, in particular the IAU list for radiants north of declination -45° . Through comparison with the 295 showers on the current IAU list of June 2009, we identified the 22 known meteor showers shown in Table 1 and newly reported a further 12 unknown ones in Table 2. Compared to the M&P data of about 50 years previous, the benefit of our II observation of meteors as faint as magnitude 8 was verified for showers with high (faint) mean magnitudes.

Appendix. Distribution of double-station video meteor footage

We converted all 160 Hi8 tapes used for double-station observation from 1995 to 2005 to DV files. This came to approximately 6 TB, which is not a very manageable size. Accordingly, we made files of only the meteors of magnitude 6 and brighter, discarding the others. In the files, observations are generally around 3 seconds per meteor, but meteors with persistent trains take up to 120 seconds. We ended up with a total of 579 meteors, including those recorded direct to DV format at the observation points after 2005, coming to 15.6 GB of data. This dataset can be recorded to DVD-R and distributed to individuals who desire it. For further details please refer to the following link: http://meten.net/meteor. The DV format can be played on almost any application for viewing video files, such as Media Player or Quick Time. The file size is large, but image quality is better than MPEG. Image size is 640×480 pixels, and the frame rate is 29.97 fps.

All meteors have been opened to the public and are accessible at http://www.imo.net/files/data/msswg/.

Acknowledgements

These observations were made with the cooperation of Masayuki Toda, Hiroyuki Shioi, Shinichiro Yanagi, Yoshiaki Shinto and Shoichi Tanaka of the Meteor Science Seminar Working Group. Dr. Ko Nagasawa provided instruction on the theory of error ellipses.

References

- Cook A. F. (1971). "A working list of meteor streams". In Evolutionaly and physical properties of meteoroids, pages 183–191. NASA SP-319.
- Drummond J. D. (1979). "On the meteor/comet orbital discriminant D". In Proceedings of the Southwest Regional Conference for Astronomy and Astrophysics, volume 5, pages 83–86.
- Jenniskens P., Jopek T. J., Rendtel J., Porubčan V., Spurný P., Baggaley J., Abe S., and Hawkes R. (2009). "On how to report new meteor showers". WGN, Journal of the IMO, 37:1, 19–20.
- Koseki M. (2009). "Meteor Shower Records: A Reference Table of Observations from Previous Centuries". WGN, Journal of the IMO, 37:5, 139–160.
- Kronk G. W. (1988). Meteor showers. Enslow Publ.
- McCrosky R. E. and Posen A. (1961). "Orbital Elements of Photographic Meteors". Smithsonian Contributions to Astrophysics, 4, 15–84.
- Molau S. and Rendtel J. (2009). "A Comprehensive List of Meteor Showers Obtained from 10 Years of Observations with the IMO Video Meteor Network". WGN, Journal of the International Meteor Organization, 37:4, 98–121.
- Rendtel J., Arlt R., and McBeath A., editors (1995). Handbook for Visual Meteor Observers. International Meteor Organization, Potsdam. IMO Monograph no.2.
- Shigeno Y. and Shigeno T. (2004). "Radiant distributions of the Capricornid-Aquarid complex". WGN, Journal of the IMO, **32:3**, 77–80.
- Shigeno Y. and Shioi H. (2002). "Outburst of Faint Piscids in 2001". WGN, Journal of the IMO, **30:3**, 56–58.
- Shigeno Y., Shioi H., and Shigeno T. (2003). "Radiants and orbits of the 2001 Leonids". The Institute of Space and Astronautical Science Report, SP No. 15, 55–62.
- Shigeno Y., Toda M., and Shioi H. (1997). "Double-Station Observations of the Eta-Aquarids". WGN, Journal of the IMO, 25:5, 217–221.
- SonotaCo (2009). "A meteor shower catalog based on video observations in 2007-2008". WGN, Journal of the IMO, **37:2**, 55–62.
- Southworth R. B. and Hawkins G. S. (1963). "Statistics of meteor streams". Smithsonian Contributions to Astrophysics, 7, 261–285.

Handling Editor: Javor Kac

Table 1 – Results of identification of known meteor showers.

All measurements are with respect to Equinox J2000. Those with year indicated under DATE are cases in which the mean has been determined using observational data from the day with the greatest number of meteors. Those with no year indicated are cases in which an average date has been determined from the observation of multiple years and days. λ_{\odot} : solar longitude; RA_G and Dec_G: corrected radiants; V_G: geocentric velocity; *a*, *e*, *q*, ω and Ω , *i*: orbital elements; *H*_b and *H*_e: beginning and end height; Amag: absolute magnitude; clc: number of meteors used to determine mean; MSS: number of meteors thought to be of the same shower in our observation data; M&P: number of meteors thought to be of the same shower in M&P data.

Regarding errors: For each meteor shower, the top row indicates the mean values and the bottom row represents the spread of data in terms of standard deviation (Note: these are not the measurement and analytical errors for the individual meteors). Each column RA_G , Dec_G and V_G showing mean measurements for the individual meteors is followed by an Ea column showing the analytical error incorporated into the measurement. IAU number, code and shower name for the known meteor showers identified are as follows:

IAU cc	ode Shower N	ame]	IAU code	She	ower Nε	ame	e IAU code Shower Name IAU code Shower Name							_				
001 CA	AP alpha Car		(003 SIA	So	uth. iot	a Aqu	ariids	004 G	GEM Ge	eminids		0	05 SDA	South	n. delta A	Aquar	iids	_	
$007 \ PE$	ER Perseids			(008 ORI	Or	ionids			010 G	QUA Qu	uadrantio	ds	0	13 LEO	Leon	ids			
015 UF	RS Ursids			(016 HYD	sig	ma Hyd	lrids		019 N	ION De	ec. Mono	ocerotids	0	28 SOA	South	n. Oct. d	elta A	rietids	
031 ET	TA eta Aquai	riids		(032 DLM	De	c. Leon	is Min	orids	049 L	VI lai	mbda Vi	rginids	2	45 NHD	Nov.	Hydrids			
256 OI	RN North. ch	i Orionid	s	4	257 ORS	So	uth. chi	Orior	nids	258 E	DAR De	ec. alpha	a Aurigida	s 2	86 FTA	omeg	a Taurid	s		
288 DS	SA South. De	ec. delta	Arietids	•	342 BPI	Au	g. Beta	Pisci	ds											
IAU	DATE (UT)	λ_{\odot}	$\operatorname{RA}_{\operatorname{G}}$	Ea	$\mathrm{Dec}_{\mathrm{G}}$	Ea	V_{G}	Ea	a	e	q	ω	Ω	i	$H_{\rm b}$	$H_{\rm e}$	Amag	clc	MSS	M&P
001	19980731.62	128.23	305.0	0.3	-8.7	0.8	20.8	1.1	2.32	0.728	0.632	264.0	128.2	7.1	98.4	87.1	5.0	7	26	20
CAP	± 0.02	± 0.02	± 1.6	—	± 1.3	_	± 0.8	—		± 0.022	± 0.026	± 3.2	± 0.0	± 0.9	± 3.4	± 2.6	± 0.6			
003	19980801.65	129.21	340.7	0.2	-15.6	0.5	38.2	1.2	2.07	0.952	0.100	148.1	309.2	20.7	101.0	83.5	3.9	6	24	6
SIA	± 0.04	± 0.04	± 1.0	—	± 0.8	—	± 1.1	—		± 0.009	± 0.005	± 0.9	± 0.0	± 2.7	± 0.9	± 2.6	± 2.3			
004	19991212.70	260.22	111.7	0.2	+32.8	0.1	33.4	1.1	1.27	0.883	0.149	324.1	260.2	22.8	101.6	85.8	4.7	50	242	147
GEM	± 0.06	± 0.06	± 1.0		± 0.5		± 1.1			± 0.012	± 0.007	± 0.9	± 0.1	± 1.3	± 1.7	± 3.2	± 1.6			
005	19980801.65	129.22	343.3	0.5	-15.8	0.7	38.6	1.1	1.82	0.953	0.085	151.3	309.2	26.7	99.8	85.9	3.5	16	34	13
SDA	± 0.03	± 0.03	± 1.4		± 0.6		± 1.6			± 0.012	± 0.007	± 1.6	± 0.0	± 2.4	± 2.3	± 4.2	± 1.5			
007	19970812.66	140.00	47.3	0.6	+58.1	0.3	58.8	1.0	10.9	0.913	0.950	150.5	140.0	112.6	119.3	99.0	1.7	20	142	330
PER	± 0.06	± 0.06	± 1.2		± 0.6		± 1.0			± 0.071	± 0.009	± 2.5	± 0.0	± 1.3	± 7.3	± 2.6	± 1.9			
008	19961021.76	208.68	95.9	0.8	+15.8	1.1	66.2	2.0	8.47	0.932	0.574	83.1	28.7	164.1	115.8	99.0	2.2	16	37	46
ORI	± 0.06	± 0.06	± 1.0		± 0.5		± 1.4	—		± 0.071	± 0.028	± 4.7	± 0.1	± 1.0	± 1.5	± 5.0	± 0.9			
010	19970103.67	283.38	230.1	0.9	+49.7	0.4	41.1	0.9	2.95	0.668	0.979	172.0	283.4	71.5	105.8	96.3	2.4	16	33	22
QUA	± 0.04	± 0.04	± 2.1		± 1.2		± 0.9			± 0.037	± 0.004	± 3.8	± 0.1	± 1.4	± 2.9		± 1.7			
013	20011118.78	236.48	154.3	0.3	+21.5	0.1	70.6	1.1	9.57	0.897	0.986	174.4	236.5	162.5	125.8	92.3	0.9	35	141	23
LEO	± 0.03	± 0.03	± 0.3		± 0.1		± 0.8			± 0.061	± 0.001	± 1.2	± 0.0	± 0.2	± 17.0	± 4.3	± 3.0			
015	20061222.75	270.66	219.2	2.3	+75.1	0.2	32.4	1.0	4.19	0.776	0.939	206.3	270.7	52.3	105.7	97.1	4.6	10	10	3
URS	± 0.04	± 0.04	± 3.7		± 0.7		± 1.2			± 0.054	± 0.006	± 1.7	± 0.0	± 1.4	± 2.1	± 1.1	± 0.6			
016	1215.25	262.85	130.4	0.3	+1.5	0.4	57.7	1.0	9.76	0.978	0.217	125.3	82.9	126.8	116.4	94.7	3.2	4	6	5
HYD	± 0.83	± 0.74	± 0.4		± 0.8		± 0.5	—		± 0.007	± 0.007	± 0.9	± 0.7	± 1.5		± 1.4	± 1.3			

IAU	DATE (UT)	λ_{\odot}	$\operatorname{RA}_{\operatorname{G}}$	Ea	$\operatorname{Dec}_{\mathrm{G}}$	Ea	$V_{\rm G}$	Ea	a	e	q	ω	Ω	i	$H_{\rm b}$	$H_{\rm e}$	Amag	clc	MSS	M&P
019 MON	$1212.95 \\ \pm 0.59$	260.51 ± 0.66	102.1 ± 0.9	0.2	$^{+7.8}_{\pm 0.5}$	0.4	40.1 ± 1.6	1.1	7.29	0.973 ± 0.020	$0.199 \\ \pm 0.004$	$128.3 \\ \pm 0.9$	$\begin{array}{c} 80.3 \\ \pm 0.5 \end{array}$	33.8 ± 1.7	$103.2 \\ \pm 3.6$	$\begin{array}{c} 88.8 \\ \pm 4.9 \end{array}$	5.1 ± 1.1	4	11	8
028 SOA	$\begin{array}{c} 19931011.67 \\ \pm 0.03 \end{array}$	198.44 ± 0.03	32.9 ± 1.4	1.4	$^{+9.0}_{\pm 1.6}$	4.9	27.0 ± 1.7	1.1	1.66 —	0.805 ± 0.041	$0.323 \\ \pm 0.032$	$121.2 \\ \pm 3.7$	$\begin{array}{c} 18.4 \\ \pm 0.0 \end{array}$	5.0 ± 1.7	$103.6 \\ \pm 4.0$	90.7 ± 3.4	3.6 ± 1.3	6	6	33
031 ETA	$\begin{array}{c} 19950506.72 \\ \pm 0.02 \end{array}$	45.79 ± 0.02	338.1 ± 1.4	0.6	-0.8 ± 0.5	0.3	$\begin{array}{c} 66.0 \\ \pm 0.6 \end{array}$	1.9	21.7	0.972 ± 0.026	$0.599 \\ \pm 0.024$	100.1 ± 2.8	45.8 ± 0.0	$162.9 \\ \pm 1.2$	114.4	99-	$\begin{array}{c} 1.9 \\ \pm 1.7 \end{array}$	5	19	2
032 DLM	1214.08 ± 0.51	261.90 ± 0.59	158.0 ± 2.7	0.4	$^{+33.0}_{\pm 0.5}$	0.3	61.9 ± 1.3	1.8	4.80	0.878 ± 0.081	0.587 ± 0.027	262.3 ± 3.0	261.8 ± 0.5	$133.3 \\ \pm 1.0$	$113.9 \\ \pm 1.3$	100.0 ± 2.4	$\begin{array}{c} 4.2 \\ \pm 0.3 \end{array}$	4	7	5
049 LVI	20070414.68 ± 0.10	24.24 ± 0.10	215.7 ± 3.7	0.3	-6.8 ± 3.2	1.3	26.5 ± 4.7	0.9	1.50	0.723 ± 0.060	0.414 ± 0.026	293.7 ± 4.1	24.3 ± 0.1	7.0 ± 4.2	$102.8 \\ \pm 3.5$	93.4 ± 3.6	5.2 ± 0.3	3	3	6
245 NHD	1118.68 ± 0.35	235.91 ± 0.26	$130.0 \\ \pm 1.9$	0.5	-7.1 ± 3.5	1.0	64.5 ± 1.9	2.5	7.26	0.877 ± 0.113	0.895 ± 0.027	36.8 ± 6.2	$\begin{array}{c} 55.8 \\ \pm 0.3 \end{array}$	$134.5 \\ \pm 5.8$	113.1 ± 6.2	95.7 ± 5.3	3.8 ± 1.3	5	6	0
256 ORN	1212.25 ± 0.51	259.96 ± 0.25	$\begin{array}{c} 86.5 \\ \pm 5.5 \end{array}$	0.2	$^{+29.3}_{\pm 2.1}$	0.1	22.9 ± 1.4	1.1	1.76	0.723 ± 0.036	0.487 ± 0.064	$282.0 \\ \pm 9.0$	259.9 ± 0.2	$\begin{array}{c} 4.9 \\ \pm 1.8 \end{array}$	100.2 ± 2.1	90.5 ± 1.3	$\begin{array}{c} 6.1 \\ \pm 0.8 \end{array}$	5	19	23
257 ORS	20011211.65 ± 0.05	259.65 ± 0.05	$\begin{array}{c} 80.8 \\ \pm 4.6 \end{array}$	0.3	$^{+14.1}_{\pm 5.0}$	0.3	20.4 ± 3.0	1.0	1.97	0.706 ± 0.063	$0.579 \\ \pm 0.090$	89.5 ± 10.1	$\begin{array}{c} 79.6 \\ \pm 0.0 \end{array}$	6.2 ± 3.4	97.2 ± 5.4	87.6 ± 2.6	$\begin{array}{c} 6.2 \\ \pm 0.2 \end{array}$	4	29	14
258 DAR	1212.87 ± 1.39	260.65 ± 1.31	83.8 ± 2.0	0.4	$^{+35.1}_{\pm 4.0}$	0.2	$19.9 \\ \pm 2.8$	0.8	1.60	0.652 ± 0.071	$0.559 \\ \pm 0.067$	275.4 ± 6.2	260.7 ± 1.3	$\begin{array}{c} 8.1 \\ \pm 2.6 \end{array}$	95.3 ± 5.9	82.4 ± 9.3	6.5 ± 0.4	5	24	6
286 FTA	1123.06 ± 4.09	240.72 ± 4.22	58.7 ± 2.9	0.3	$^{+11.7}_{\pm 1.3}$	0.3	19.4 ± 1.4	0.8	1.86	0.661 ± 0.035	$0.630 \\ \pm 0.056$	84.6 ± 7.0		$5.2 \\ \pm 0.3$	98.5 ± 6.0	86.6 ± 2.3	$\begin{array}{c} 4.8 \\ \pm 1.9 \end{array}$	5	10	6
288 DSA	1212.16 ± 0.91	260.19 ± 1.07	72.9 ± 4.4	0.5	$^{+16.0}_{\pm 3.1}$	0.3	16.0 ± 1.9	0.9	1.80	0.601 ± 0.055	0.719 ± 0.046	73.6 ± 6.6	$\begin{array}{c} 80.0 \\ \pm 1.0 \end{array}$	3.0 ± 2.4	92.0 ± 5.2	84.1 ± 4.0	$\begin{array}{c} 6.0 \\ \pm 1.0 \end{array}$	5	16	12
342 BPI	0811.90 ± 0.39	$139.51 \\ \pm 0.35$	${345.0} {\pm 0.7}$	0.6	$^{+4.5}_{\pm 3.0}$	1.6	36.1 ± 3.0	1.2	1.38	0.907 ± 0.031	$0.129 \\ \pm 0.016$	326.7 ± 0.9	139.4 ± 0.2	24.8 ± 4.2	100.2 ± 3.4	84.2 ± 2.8	3.4 ± 1.4	9	16	11

Table 1 – Results of identification of known meteor showers — continued from previous page.

Data items and details are the same as Table 1. The shower numbers assigned by IAU, CODE and ShowerName for the previously unknown meteor showers detected are defined here as follows:

IAU co	de Shower N	ame		IAU co	ode Sh	lower l	Name			IAU code	Shower	Name	IAU	code	Shower N	ame	_			
432 NI	30 nu Bootid	ls		433 E	ΓP eta	a Pega	sids			434 BAR	beta A	rietids	435	MPR	mu Perse	ids				
436 G(CP gamma C	epheids	• 1	437 NI	LY No	ov. Lyı	ncids		,	438 MLE	mu Leo	onids	439	ASX	alpha Sex	tantids				
440 MI	IM NOV. Leon	iis Minor	as	441 M	LD NO	ov. lan	ibda Dr	acomo	18	442 RLE	rno Leo	onias	443	DCL	Dec. Leor	nas				
IAU	DATE (UT)	λ_{\odot}	RA_G	Ea	$\operatorname{Dec}_{\mathrm{G}}$	Ea	$V_{\rm G}$	Ea	a	e	q	ω	Ω	i	$H_{\rm b}$	$H_{\rm e}$	Amag	clc	MSS	M&P
432	0119.74	299.18	206.0	0.8	+12.6	0.3	62.8	2.5	2.75	0.691	0.850	221.7	299.8	140.5	111.3	97.6	3.9	8	13	1
NBO	± 4.39	± 4.29	± 4.1		± 2.7		± 2.5			± 0.166	± 0.086	± 24.6	± 4.4	± 4.9	± 1.8	± 5.2	± 1.1			
433	0808.16	135.40	334.6	0.4	+32.7	0.4	34.5	0.9	1.46	0.685	0.460	293.1	134.8	55.1	101.7	88.1	5.0	6	7	3
ETP	± 2.82	± 2.93	± 5.2		± 2.0		± 7.9			± 0.147	± 0.067	± 17.2	± 3.2	± 10.9	± 2.6	± 8.3	± 1.4			
434	0808.16	135.38	28.8	0.4	+21.9	0.9	65.5	2.8	3.25	0.728	0.882	226.2	135.0	161.1	111.4	101.5	4.2	6	12	1
BAR	± 2.20	± 2.34	± 2.6		± 2.7		± 2.2			± 0.135	± 0.072	± 14.8	± 2.1	± 5.8	± 4.1	± 4.7	± 0.8			
435	0812.10	139.64	70.4	0.9	+50.0	0.3	54.2	2.6	1.91	0.691	0.592	88.4	139.5	121.3	108.1	99.0	4.1	5	5	2
MPR	± 0.56	± 0.54	± 4.6		± 2.6		± 3.8			± 0.042	± 0.099	± 15.8	± 0.4	± 7.2	± 3.2	± 6.2	± 0.5			
436	1117.32	234.99	47.6	10.	+79.5	0.8	33.8	1.5	6.12	0.864	0.830	228.9	235.6	51.6	105.1	98.0	4.5	4	4	1
GCP	± 1.36	± 1.31	± 15.4		± 5.0		± 1.4			± 0.058	± 0.048	± 7.9	± 1.2	± 3.3	± 0.6	± 2.2	± 0.8			
437	1120.35	237.92	141.8	0.8	+40.0	0.4	60.6	2.0	2.57	0.709	0.748	246.1	237.9	132.5	110.8	98.0	4.2	8	15	1
NLY	± 3.68	± 3.81	± 5.6		± 3.4		± 3.7			± 0.144	± 0.101	± 18.7	± 3.8	± 9.1	± 4.2	± 4.9	± 0.9			
438	1118.09	235.70	142.4	0.5	+29.3	0.2	66.0	2.9	3.31	0.740	0.860	225.2	235.8	153.6	109.7	97.9	3.5	7	31	0
MLE	± 0.60	± 0.74	± 2.5		± 2.6		± 2.2			± 0.119	± 0.067	± 13.6	± 0.7	± 4.2	± 3.5	± 4.5	± 1.0			
439	1119.71	237.37	154.6	0.5	-3.4	0.5	68.8	2.4	16.9	0.947	0.898	325.3	56.6	155.6	116.6	99.7	3.2	6	17	2
ASX	± 3.60	± 3.60	± 3.1		± 2.0		± 2.3			± 0.191	± 0.055	± 11.8	± 3.4	± 4.1	± 10.3	± 1.6	± 2.0			
440	1120.28	237.99	162.2	1.6	+33.0	0.2	65.2	1.8	3.83	0.750	0.959	171.0	237.4	138.9	111.8	100.4	3.4	9	29	1
NLM	± 3.25	± 3.29	± 6.4		± 1.4		± 1.6			± 0.119	± 0.033	± 20.6	± 2.7	± 4.5	± 6.3	± 4.2	± 1.8			
441 NH D	1118.52	236.07	177.3	7.2	+70.4	0.6	41.7	1.4	2.57	0.630	0.953	200.8	236.0	74.8	104.3	87.5	3.9	9	17	2
NLD	± 0.64	± 0.75	± 12.1		± 3.6		± 2.6			± 0.156	± 0.034	± 13.5	± 0.7	± 3.8	5 ±9.7	± 4.9	± 1.9			
442 DI D	1214.31	262.18	155.6	0.5	+5.2	0.8	65.6	3.0	3.00	0.771	0.686	72.8	82.2	170.8	112.3	96.0	4.4	12	23	0
RLE	± 1.04	± 1.02	± 2.1		± 2.7		± 2.3			±0.117	± 0.078	± 13.2	± 1.0	± 4.8	± 4.8	± 4.8	± 0.7			
443 DCI	1214.42	262.19	155.3	0.4	+20.8	0.3	64.1	2.0	3.27	0.835	0.539	270.1	262.3	159.0	109.0	94.9	4.0	19	24	2
DCL	± 3.20	± 3.21	± 3.0		± 3.4		± 2.2			± 0.102	± 0.082	± 11.3	±3.3	± 8.1	± 0.0	± 0.5	± 1.5			

ZCSとペルセウス群の初期活動

2013/2/3 流星物理セミナー

小関 正広

<u>1. はじめに</u>

昨年、新たに IAU リストに追加された流星群に ZCS(ζ-Cassiopeiids)がある。IAU のリストでは、ポーランド の観測者によって見いだされたものとされており、WGN 最新号に彼らの観測が詳しく報じられている[資料 1]。この流星群は、日本でも 2005 年に話題となった[資料2] ものである。経緯を振り返り、改めてペルセ ウス群との関係について検討する。

2.ペルセウス群の初期活動

小関は近日点の方向が維持されるという簡単な仮定の下に主要流星群の活動を推算している[資料3]。この推算は多くの流星群でほぼ妥当なものとなり、ペルセウス群の初期活動については7月末に始まるとみられる。また、小関はペルセウス群の眼視観測からも、この推算が妥当であることを裏付けている(IMO のハンドブックでも活動は7月下旬に始まるというグラフが掲載されている)。

重野(MSS, 2005)は、7月中旬の流星活動とペルセウス群のでは輻射点の分布が折れ曲がることを指摘している。これらのことから、日本において7月の流星群活動はペルセウス群ではない、別群のものであるという考え方が広まった。

<u>3. カシオペア群の記録</u>

ペルセウス群と同時、あるいは先行してカシオペア群が活動するという眼視観測は広く知られている。しか し、8月中の「カシオペア群」はほぼペルセウス群との混同とみられる。一方、7月中旬の観測は多くないが、 旧ソ連における、アスタポビッチ、テレンチェワの報告は今回取り上げる活動に当たるものとみてよいであろ う[資料4]。テレンチェワは「カシオペア群」の眼視観測として今回取り上げる流星群活動よりも北の輻射 点をあてはめているが、むしろ、旧ソ連でα-Cassiopeiids とされていたものの方が ZCS に近い。

<u>4. ζ-Cassiopeiids の観測</u>

SonotaCo ネットの観測により輻射点分布(λ - λ s, β)を太陽黄経で1度ごとに区切って λ - λ s=280, β =+40を中心に 描くと、ペルセウス群の初期活動と ζ -Cassiopeiids の活動とを明確に区別することができる[図1]。

2005年に「ペルセウス群の初期活動?」として、NMS 同報を賑わせたことは前述の通りであるが、同じ年 にポーランドの観測者によって「突発出現」として捉えられていたことは興味深い。

過去の眼視観測の記録(Denning, Hoffmeister, AMS, NMS)では、少なくとも活発な活動は記録されていない [図2]。また、様々な研究者が編集した写真・電波観測による流星群表でも確実に該当するものは見られな い(1950年代を中心とする写真観測には、それらしき流星が記録されていることは重野の指摘の通りである。 また、図2において*で示した流星群がテレンチェワの指摘する「カシオペア群」であるが、活動期がわずか にλs>120となっている)。流星群活動の常として、活動の強さは年々かなり変化するものと考えられる。

<u>5. あらためてペルセウス群の初期活動について</u>

8月に入ってのペルセウス群の輻射点は、ほぼλ-λs=283, β=+38 で一定の位置を占めている。しかし、7月末の輻射点はλ-λs=281, β=+41 のあたりにあって、微妙にずれている[図2]。Denning が眼視観測によって求めた輻射点移動と写真観測によって Whipple が求めた輻射点移動が7月末で差が大きくなるのは、写真観測が極大期の観測を延長したものになっているためと考えられる。7月末から8月にかけて、ペルセウス群の構造に何らかの変化があるのか、今後の検討課題である。

<u>6. まとめ</u>

The new July meteor shower

Przemysław Żołądek¹ and Mariusz Wiśniewski²

WGN, the Journal of the IMO 40:6 (2012), 189-194.

ポーランドでは、1996年以降、ポーランド彗星・流星観測グループによって何回もの夏季合宿が行われて おり、7月の流星群はよく観測されてきた。2002年以降はビデオ、写真、電波の観測も行われている。2005 年の合宿は7月1日から15日まで実施され、多くの観測者は経路観測を実施した。日程最後の7月14/15日 に眼視観測者が通常よりも多くの明るい流星を記録した。ビデオカメラによって得られた軌道は次の通り。

Designation	mag	α_{g}	δ_{g}	V_{geo}	q	e	i	ω	Ω	H_{beg}	$\mathrm{H}_{\mathrm{end}}$
20050714PFN231115	-2	7.8	45.1	55.2	1.002	0.569	112.46	163.9	112.519	111	92
20050714PFN232601	-4	2.3	51.6	56.1	0.994	0.906	105.54	162.55	112.525	105	93
20050714PFN235506	+2	5.9	49.0	56.4	1.003	0.835	108.10	166.23	112.548	102	93
20050715PFN011103	-6	3.4	51.1	58.7	1.007	1.136	106.57	169.78	112.598	114	85
						<u>→</u> / →					—

SonotaCo ネットの 2007-09 年のデータも検討したが、悪天候のためであろうが、この群に属する流星はほとんどが 2009 年のものであった。

New shower in Cassiopeia

Damir Šegon¹, Željko Andreić², Korado Korlević³, Peter Gural⁴, Filip Novoselnik⁵, Denis Vida⁶ and Ivica Skokić⁷

WGN, the Journal of the IMO 40:6 (2012), 195-200.

クロアチアでは 2007 年から流星観測ネットが活動を開始し、2007 年には 1211 個の軌道が得られた。この 中から次の 13 個の流星は新しい流星群に属するものである。

ID	$\lambda \odot$	Mabs	α	δ	vg	q	e	Ω	ω	i	D_{SH}
67	112.897	-3.4	6.06	50.75	57.29	0.999	0.961	112.9	164.7	107.2	0.02
101	114.018	0.9	7.67	51.93	57.41	0.995	0.996	114.0	163.4	106.6	0.04
61	112.109	-5.3	4.68	50.72	56.78	1.000	0.939	112.1	165.2	106.3	0.05
87	113.932	-4.7	7.40	51.79	56.59	0.996	0.928	113.9	163.2	106.1	0.06
77	113.095	-0.5	6.72	51.10	58.22	0.997	1.044	113.1	164.4	107.7	0.07
65	112.144	-4.8	2.89	51.53	55.89	1.004	0.922	112.1	167.0	104.2	0.09
78	113.846	0.2	9.71	51.31	57.34	0.987	0.947	113.8	160.0	107.9	0.09
112	114.821	-0.9	8.02	51.65	56.11	0.997	0.872	114.8	163.6	106.2	0.11
32	110.075	-2.5	2.65	49.22	58.79	1.003	1.078	110.1	167.2	108.4	0.13
73	113.006	0.4	3.82	50.13	55.28	1.007	0.801	113.0	168.2	105.7	0.19
57	112.068	-0.4	8.71	49.70	55.66	0.981	0.773	112.1	157.0	107.9	0.24
95	113.973	1.2	9.00	42.61	59.58	1.011	0.785	114.0	171.0	119.4	0.30
102	114.019	1.0	7.85	50.41	61.40	1.001	1.271	114.0	166.7	110.9	0.30

その後も 2010 年までの観測で、毎年 ZCS が観測されている。D_{SH}<0.15 の条件を満たす流星は総計で 25 個 となった。SonotaCo ネットで 2007-09 年に観測された ZCS の軌道は、同じ条件で 30 個あった。

2005/07/12 (火) 1:54[nms 23830] ペルセ群 NMS 同報 7/11日 <<前田

10/11 に今年始めてのペルセと判定される流星がでました。これが、8月のペルセとどう関係があるのでしょうね。輻射点移動的には大体のるようですが、出現数の増減が単純で無く一度切れる?〔減る〕ようにみえるあたりがおもしろいです。単に、観測が少ないので、統計的な揺らぎかもしれませんが。

7月11日25時53分曇り前田幸治2005/07/12(火)12:59[nms 23831] Re: ペルセ群NMS同報 7/12 重野好彦

ここのところNMS同報が寂しいので、少しだけ盛り上げるため、前田幸治さんの書き込みに、ひさびさ レスします。マクロスキー&ポゼンなどなどの軌道リストから、輻射点移動・速度を考慮してペルセウス群 らしいものをピックアップすると表1のようになります。――略:表

ピックアップに何の理論的な根拠もありません。しかし、輻射点を星図上にプロットしてみると、カシオ ペア座の南側をペルセウス座に向かって進んでいく様子がよく分かります。そしてこれはペルセウス群に違 いないと勝手に確信を持ち始めます。

と言うわけで、個人的にですが、「ペルセウス群は7月8日ぐらいから始まるんだ~」と思っていました。 皆さん、ペルセウスはもう始まってますよ!

2005/07/30 (土) 20:16[nms 23870] ペルセ群の先駆活動について NMS 同報 7/30 < 橋本 ——途中を部分的に引用。

ペルセ群の初期出現についての話題が盛り上がっていますね。確かに流星群の進化について考えさせる面白 いテーマですが、なにか無理に結びつけようと(前に伸ばそうと)しているようで気になります。私も7月 中旬~下旬にまさにペルセ群のような流星をいくつも見ているし、輻射点移動を無理に遡るとなんとなくそ れらしい位置に来るのでもしかしたら・・・とは思うのですが、やはり前田さん同様に7月下旬を中心とし た出現数の推移や輻射点位置にまとまりのない状態がどうしても気になるのです。そこで、7月中旬~下旬 のカシオペア付近に輻射点がある流星群活動を一つの流星群として確定し(出現期間、極大、輻射点位置、 輻射点移動を出す)、これとペルセ群との関係を議論していけばいいのではないでしょうか。

テレンチュワのリストの中に No.100:カシオペア群というのがあります。出現期間は 7/14-8/15 となっていますが括弧付きで(-7/28)と記されています。というのも、これを構成する写真流星は5 個あって、それぞれ以下のようになっています。

---略:軌道要素

活動期間はおそらく Denning(1899)などの眼視観測にもとづく旧来の流星群カタログを意識したものでしょう。また、大部分が精度のあまりよくない M&P(1961)というのは気になりますが、何もないよりは随分ましです。

2005/10/17(月)19:31[nms 24188] 第111回流星物理セミナー報告 3.7月のペルセウス群(重野好彦) 写真、TVの同時観測から得られた7月の輻射点から、ペルセウス群と思われる流星を探し出した。7月 8日が最初の出現だった。輻射点移動を見ると、7月23日前と後で大きく様子が異なっている。qアジャ ストメント法の予測輻射点と比較すると、7月23日以降は観測結果と比較的一致しているが、7月23日 以前は大きくずれている。7月23日以前の軌道は、Brown&Jonesの10万年間の軌道シミュレーションを 見ても、一致が見られない。輻射点移動の継続性を考慮すると7月23日前後ともに母彗星は 109P/Swift-Tuttle であろうが、軌道がどのような進化を経たのか説明できない。

橋本:この時期の観測を続けて今後の分析を待つのも方法だ。

大塚: ロシアの1960年ごろの論文を読むとカシオペア群と呼んでいるが、なぜペルセウス群と言わないのか理由がわかった。
資料3:ペルセウス座流星群について

ーーー流星会議発表研究の再考察ーーー

<u>2005年第46回流星会議</u>

群馬県安中市

小関 正広

要旨:ペルセウス座流星群の活動について考察した。活動は7月末から8月下旬まで続くが、7月中旬の流星 活動は別群とみなす方が妥当である。

1. はじめに

NMS同報上で「ペルセウス座流星群の初期活動」が話題にされているのを読み、自分自身が発表してきた ペルセウス座流星群に関する研究を総括しようと思い立った。以下は筆者自身が行った次の5つの研究を再構 成したものであり、4を除いてはいずれも流星会議において発表したものである。なお、以下では元の研究の まま、1950.0 分点を用いている。

- [1] On the Perseid meteor stream, 1972, 第13回流星会議
- [2] ペルセウス座流星群について(第2報),1976,第17回流星会議
- [3] ペルセウス座流星群の写真流星についての小統計,1982, 第23回流星会議
- [4] ペルセウス座流星群の出現状況, 1980, 天界, 61, 203-209, 234-237
- [5] 流星群の軌道構造に関する一考察, 1975, 第16回流星会議
- 2. 活動期間と活動の消長

小関は日本での 1945 年以降の眼視観測から太陽黄経 L と ZHR との間に次の関係を得ている [4]。この式 を外挿すると、7月 20 日以前の活動はほぼ 0 であると推定される。

極大前	log <i>ZHR</i> =-0.936+0.272(<i>L</i> -130)	極大直前	$\log ZHR = -4.412 + 0.655(L - 130)$
極大後	logZHR=3.862-0.241(L-130)	極大直後	logZHR=6.516-0.514(L-130)

また、小関はペルセウス座流星群の軌道から次の仮定に基づいて、出現数を予測している[5]。 (1)流星群の近日点方向は活動期間中一定である。

- (2)地球軌道と交差する流星軌道と極大時の(平均)軌道との違いにより出現数が変化する。
- 軌道面の交差角 I が 15 度、または平均軌道との離心率の差 δe が 0.05 以上になると出現数は極大時の

1/10 となる: $N=N_0^*\exp(-(5\sin|I|+30|\delta e|)^2)$

(3) 極大時におけるペルセウス座流星群の ZHR(=N₀)を 60 とする。

 L
 110
 115
 120
 125
 130
 135
 140
 145
 150
 155

 N
 0.0
 0.1
 0.4
 2.5
 14.0
 43.8
 57.6
 21.8
 2.0
 0.1

3. 分枝または周辺で活動する小流星群

小関は写真流星をサウスワース・ホーキンスのD-判定により分類整理し、ペルセウス座流星群の近傍では、 次の小流星群が活動している可能性を指摘した[2]。

Cassiopeids(*N*=8)

 $\alpha = 6, \delta = +51, e = 1.05, q = 1.01, \omega = 165, i = 108, \Omega = 113$ (Jul.10~27)

無名(N=8)

 α =43, δ =+38, e=0.94, q=0.95, ω =155, i=143, Ω =133(Jul.12~Aug.30)

 α -Perseids(*N*=9)

 $\alpha = 41, \delta = +54, e = 0.97, q = 1.01, \omega = 190, i = 119, \Omega = 149$ (Aug.14~Aug.30)

資料4:旧ソ連における「カシオペア群」

付 録 1. (Астрономический календаль—Постоянная часть. Изп. 5-е. Метеорные радианты. сост. И.С. Астаповин. М. Физматгиз, 1962. より,

No 156	活動期間 17 Ⅶ —15Ⅷ	極 大 28-7I	1時間 平均数 14	R.P X 6 14 463	名称 又は 付近の星 Cassiopeids	速度 56	備 考 速い。ペルセラス番の 分変、変、豊富である。
187	6 VII −1 1 VII	8	14	29 +46	9-Perseids	56	大士口群它及不明瞭 ペルセウス群の分板?
192	8711 13711	8?	6?	8 +52	d-Cassiopeids	R	1887年以後ずと観測 されている。明るく、D=8, 移動は知られていない。
198	9711 - 14711	11	4	33 +57	X-Perseids		1944年にHR=15(1) 移動は10°5。ペルス新の板
199	10 VII - 12 VII	11	7	47 +49	x-Perseids	R	火获。痕。、< 火获。痕。、 、 <li< td=""></li<>
203	127 <u>11</u> -17711	12	25	46 +44	Perseids	61	主分歧、輻射点は0+41°, δ=+49°にもある。

18^{*} 7 √∏ −14 √∏

31+46 P-Perseids

65 18711に関連。 ペルセウス群の東分枝、

※主要充星群という表の番号でNe156,…とは通し番号になっていない。

2. А.К. Терентьева "Малые Метеорные Рон" Сборник "Исследование Метеоров" Изд-во «Наука», 1966 51)

100. Casds. 豊富は群でまる一月にわたり活動する。明るく痕を有する。現在までのところ写真観測は眼視の輻射点 23(14),164(22)」と46(14),156(22),即ちべ-Casds と Casds との区別を与えていない。筆者の観点ならは一つの流星群である。恐らく、この群に流星8050(21)サ:1953伍159,43, Rg(8+39°); \mathcal{E}_g =32°; \mathcal{V}_{∞} =63,7 km/s, \mathcal{V}_R =40.8 km/s も属している。 軌道は、

Q E P P Q W Q I TT 11.63 0.91 1.02 22.2 175° 113° 126° 288° Casds と Berds の軌道を検討してみると歴史に関連していると思われる。 これについて И.С. Астапович は中国での流星記録を調査して「、大茶星 雨、一Berds の輻射点は驚くべき移動をした; 11-12世紀にはカミオペア 座にあった…… ニニでは現在、同じ時期に Casds な活動しているひ、この ことひらこれは古ペルセラス群の残存物であろう; 輻射点は大円上を16% 動した」と述べている (31)



図2:観測時期、時代、方法による違い



SonotaCo_2007

•."

SonotaCo_2011



SonotaCo_2008

SonotaCo_2011_120~



AMS



•-••

ORBPME_2000



NMS



SonotaCo_2010





:

Denning(眼視)とWhipple(写真)による輻射点の移動経路

2013/7/7 流星物理セミナー

日本流星研究会 小関正広

「流星群」という言葉がどのような定義で使われているのか、実は曖昧である。「流星群は共通の起源をもつ 流星体の集合」というだけでは、甚だ不十分である。観測方法によって、捉えられる流星現象にかなりの違い があることを本セミナーでも触れてきた。現実的には、観測方法また集約方法によって、「流星群」と理解さ れている内容に違いがあることを認識する必要がある。本稿では、その違いについて考察し、具体的な「流星 群」でどのような違いがあるのかを示す。

1.「流星群」の定義:歴史的また方法による変遷

(1)眼視観測

Denning

流星経路の逆延長が一点に収束する場所、輻射点の存在が流星群そのもの。ペルセウス群を除いては、輻 射点の位置は年間を通して固定していると考えられていた。

Olivier

眼視観測による輻射点決定の原則を提唱。NMS もその流れを継承している。「1人の観測者によって4時 間以内に観測された4個以上の流星が直径2度以内で交差する」等々である。

Hoffmeister

流星経路を逆延長した交点の密度で判定する。この方法は現在でも、ヨーロッパ諸国で行われているビデ オ観測、また、カナダの電波観測 CMOR でも用いられている [参考資料(1)]。

(2)写真観測

McCrosky & Posen

輻射点を等積図法の星図に記入して判定。既知の流星群について輻射点の広がり(分布)が 5-10 度であること、また、速度も参考に判定する。

Southworth & Hawkins

軌道の類似度による判定を提唱する D_{SH} 。D<0.2 が一応の基準とされる。その後、Drummond による改良 D_D が行われたが、現在でも D_{SH} が広く用いられている。

Lindblad

流星数が多くなった場合に対応するために D_{SH}<0.80×N^(-1/4)とすることを提唱したが、観測精度の壁があり、双曲線軌道を持つペルセウス群、オリオン群が分離された。

(3)電波

Nilsson

観測精度の問題から、 D_{SH} 判定は電波観測向きではないとして、独自の基準を設定。 $\delta(1/a) \leq 0.15, \& \leq 0.07, \delta \leq 7, \delta w \leq 7$

Kashcheyev & Lebedinets

彼らも観測精度を考慮して、D_{SH}とも Nilsson とも異なる独自の2段階方式の基準を使用。

(a)観測期間(5~10 日)の観測輻射点を速度で区分(10km/s)した図に記入して、「流星群」の平均要素を求める。

(b)軌道要素の仮の平均値からのずれが、観測輻射点、観測速度からの推定誤差内のものを群流星と認 める。 $\delta e < 2\sigma e, \delta i < 2\sigma i, \delta q < 2\sigma q, \delta w < 2\sigma w - - - \sigma e_{,,,}$ は観測誤差から推定される軌道の誤差範囲

Sekanina

D_{SH}判定の累積分布が散在流星の分布から一定の基準でずれるとき流星群の存在を認定[参考資料(2)]。

CMOR

彼らも観測精度を考慮して、軌道ではなく、輻射点と速度の観測値分布密度から判定。

(4)総合リスト

Terentjeva

写真観測と眼視観測を同定するには、輻射点の位置、速度、日時だけでなく、輻射点の面積と形状、移動 方向等々他の特性に加えて、輻射点の天球上での位置も考慮する必要がある。これら類似度と観測数を考慮 した評価 W を表中に記載した(「小流星群」T1の表)。

Cook

Nilsson までの電波観測を含めたリストを編集している。具体的な同定基準は示されていないが、次のように述べている。「写真観測による 6 つの群は、検出限界に近く、母彗星も知られておらず、(10 年間)継続して活動していることも確認されていない。(写真観測の)前後の活動が確認されるか、関連する彗星が出現することがなければ、これらの群はリストから外されることになろう。筆者としては、このリストに新しいものを加えるよりも、削除する方が妥当と考えている。6月のこと群のように、眼視観測で明らかに認められるという条件を超えてこそ、恒久的な群と位置づけられるべきである」

小関

クラスター分析によって、「流星群」として公表されている者同士の関連性、また、写真流星からの「流 星群」の検出を行っている。基本的には、D_{SH}判定による<距離>の近いもの同士を結合(セントロイド法) させて、平均軌道による D_{MN}<0.15 を判定基準としている。

IAU/Jenniskens

観測相互の同定基準は示されていない。

2. GUM 群の見え方

γ-Ursae Minorids(GUM)については、第 124 回流星物理セミナーで触れており、今回はこれを取り上げる。 GUM は CMOR の電波観測によって見いだされた流星群である。

<u>(1)GUM に関する基本情報</u>

[IAUMDC に掲載されたデータ]

No.	RA	Dec	Ls	L-Ls	В	Vg	e	q	i	ω	Ω
404	231.8	66.8	299	222.5	75.1	31.80	0.772	0.9593	51.1	199.54	299

GUM gamma Ursae Minorids(References:Brown et al. 2009)

この軌道要素に比較的近い流星群としては次のものがある。分点の違いを無視して D=0.23 である(以下同様に本稿では分点の違いについて考慮しない)。

No.	RA	Dec	Ls	L-Ls	В	Vg	e	q	i	ω	Ω
T3-11	237	62	293	249.2	75.2	36.4	0.78	0.98	57	189	293
テレン	イチェワが	元にして	いる写真	〔流星は次	のもので	ある。					

No.	RA	Dec	Ls	L-Ls	В	Vg	e	q	i	ω	Ω
H1-6112	237	62	293	249.2	75.2	34.5	0.78	0.98	57	189	293

また、テレンチェワはアスタポヴィッチによる「19世紀の流星輻射点基本リスト」の No.555 と同定してい るが、これは、デニングのカタログを基礎に再編したものとみられる。デニングの輻射点表に次のものがある。 180.η-Draconids.

No.	RA	Dec	出現	観測者	流星数
1	241	+63	Jan.1-15,'72	D.M.A.	6
2	244	+64	Jan.16 S.Z.		

(2)GUM とバックグラウンドの活動

γ-Ursae Minorids の活動がバックグラウンドと比較して区別可能であるか検討する。GUM の昇降点黄経を± 30 度変化させた軌道要素に対して D<0.3 の条件にあてはまる「流星群」を示す。

No.	RA	Dec	Ls	L-Ls	В	Vg	e	q	i	ω	Ω
LE-47	232.4	65.3	282.5	244.8	74.8	33.8	0.64	0.97	53.4	193.6	282.5
LE-778	202.7	73.2	259.1	234.7	67.3	38.6	0.77	0.93	61.3	208.5	259.1
LE-793	230.4	73.1	259.3	237.3	75.2	31.9	0.58	0.97	50.4	198.1	259.3
LE-801	257.2	75.2	257.2	212.7	80.4	31.1	0.78	0.97	46.0	194.0	257.2
S1-11	223.2	61.8	280.9	250.2	69.6	37.6	0.761	0.968	63	194.7	280.9
T2-249	274.8	71.8	269.6	164.6	84.5	26.1	0.678	0.979	37.3	188.5	269.6
このう	5、 S1 -1	11とT2-2	249 は原著	著者はそれ	ιぞれ、Ľ	December	Ursids (3	こぐま群)	ω-Drad	sとしてい	いる。

<u>Ω=269</u> (γ -Ursae Minorids \pounds ϑ -30)

<u>Ω=299 (γ-Ursae Minorids</u>と同じ) ---T3-11 以外にはない

<u>Ω=329 (γ-Ursae Minorids より+30) ---該当する流星群はない</u>

このことから、GUM に類似した軌道をもつ流星活動は、GUM よりも早い時期に多いが、遅くなるにした がって低下することがわかる。S1-11の観測が「こぐま群」とは言い難いように、この時期、この領域の流星 活動は活動レベルの平均的な変動なのか、「流星群」の活動なのかを判定することは容易ではない。GUM の 活動がバックグラウンドを越えるものであるのか、観測年代、観測方法による比較によって詳しく検討する。 (3)観測年代・観測方法

「流星群」の活動を軌道要素の分布によって判定 する方法(Sekanina)もあるが、流星群の発見が電波観 測によって行われたものであることも考慮して、輻 射点分布という古典的な方法を用いることにする。

輻射点の移動をほぼ消去して活動の状況を把握す るには、(L-Ls, B)という座標系を用いると便利である。 残念ながら、CMOR について個別の流星軌道は公表 されていないので、SonotaCo ネットによる輻射点分 布で、GUM の位置を確認する。SonotaCo ネットで観 測(2007-2011 年)された流星のうち、GUM の活動期間 とされる Ls=294~304 の流星を(L-Ls, B)の座標上に記 している。このうち、D_{SH}<0.3 となる流星については D_{SH}<0.1, 0.1<D_{SH}<0.2, 0.2<D_{SH}<0.3 の 3 段階に分けて 円の大きさを変えている。L-Ls=220, B=75 付近の集 中が GUM に関連する可能性のある輻射点である。 SonotaCo ネットの流星について詳しくは後述する。 (a)眼視観測

Denning, AMS(Olivier), Hoffmeister, OAA-NMS の観 測は 1800 年代後半から、1970 年頃までの観測を含ん でいる。分布図上で4者の観測を色で区別している が、いずれにしても、輻射点の集中は見られない。 先に Denning のリストについて触れたが、そのよう な個別的な観測は存在するにせよ、継続的に観測さ



れている様子は見られない。しかし、先にふれたよ うに、観測時期が遅くなるほど流星活動が低調にな ることは眼視観測からも見て取れる。

(b)電波観測

ハーバードで行われた 1961-65 年、1968-69 年の2 回の電波観測による輻射点分布を考察する。ハンメ ル図法による全球図では、GUM の活動が認められる ようにも見えるが、GUM の輻射点位置を中心にとっ て、輻射点分布を拡大すると、輻射点密度が左側(天 球上の東/太陽側)に向かって増加している様子が 明らかである。また、GUM に近い軌道をもつ流星の 分布もその傾向に埋もれているともみられる。明瞭 な活動とは言い難い。

(c)写真観測

流星の大半は 1950 年代に観測されたものであり、 少なくとも眼視観測よりは明るい流星が対象である。 分布図からは、GUM の活動は認められない。

(d)ビデオ観測

SonotaCo ネットの観測を用いているので、観測は 2007-2011 年、対象となる流星は写真観測とほぼ同じ 範囲である。

先にハンメル図法による分布を示したが、(a)~(c) に比べて、全体の流星数だけでなく GUM 周辺の輻射 点が多い。電波観測同様に輻射点付近の様子を詳し く検討する。

IAUMDC(CMOR)による輻射点より右下にずれて はいるが、輻射点の集中が明瞭にみられる。また、 輻射点を観測年によって、赤(2007)、黄(2008)、緑 (2009)、淡青(2010)、濃青(2011)と区別しているが、 この集中は明らかに 2010-11 年の観測によるもので ある。

GUM がヨーロッパのビデオ観測で捉えられたと 報じられたのが2010年のことであり[参考資料(3)]、 SonotaCo ネットでもその活動を捉えていたと言える。

3. 検討

眼視、写真、また、初期の電波観測において GUM の活動が確認できないことは注目される。小流星群 の活動レベルと変動を考慮すれば、活動を検出でき なかった可能性もあり得る。しかし、先に述べた



Denning のリストに見られる観測のように単発的な観測は存在しても、以前においては GUM が継続的に観測 されることはなかったと言える。 CMOR の観測においても 2001-6 年の観測報告にお いては認められず、2001-8 年の観測に拡張、また、 検出方法を改良したもので確認されている。ヨー ロッパの初観測が 2010 年であり、SonotaCo ネットの 観測も 2010 年以降であることは GUM の活動が近年 において活発化した、または活動を開始したものと 考えてよいであろう。

近年において、眼視観測でGUMは検出できていな い。また、1950年代の写真観測から考えても眼視観 測における出現数はHR<1であろうと考えられる。 また、SonotaCoネットの流星数から考えても、ビデ オ観測における出現数はDR<1程度(1日1個以下) であろう。つまり、明るい流星の数は少ないと考え られる。一方、ハーバードの電波観測では、この領 域から放射する流星が一定程度存在するので、当時



においても GUM の活動が暗い流星の領域においては認められた可能性はある。

現在(2010-11 年)においては、電波、ビデオの領域において GUM の存在が認められるとしても、それは、過 去において、あるいは他の観測法で活動が確認できるということではない。

4. 結語

流星の運動を表す基本要素は4つである:

1)出現日時、2,3)輻射点の座標(a, d)、4)速度。

これを軌道要素に変換すると5つあるように見える:

1)昇降点黄経、2)近日点引数、3)軌道傾斜角、4)離心率、5)近日点距離

いかにも軌道要素で「流星群」を定義することが学術的であるかのように見えるが、両者はまったく同等の 意味・重みをもっている。彗星や小惑星ほどの観測精度がない流星の軌道においては、一見、原初的に思われ る前者の方法が有効である場合が多い。実際には、バックグラウンドの流星と速度の差はあまりない場合が多 く、出現日時、輻射点の位置だけで判定することも十分に可能である。本稿ではこの2つ(正しくは3つ)で 考察したが、有効に機能していることが明らかである。つまり、眼視観測(経路記録)で得られるデータで十 分である。Cook が'working list'の中で述べているように、「眼視観測で継続的に活動が確認される」ことが「流 星群」として認定される要件だと言える。

きわめて当然の結論であるが、「流星群」の見え方は観測年代、観測法によって異なる。現在、<同一の> 「流星群」として括られている観測が同一起源をもつものであるという保証はない。観測年代・観測方法によ る個別の「流星群の定義」があることを認識して、観測を見つめる必要がある。

「流星群」の見え方は観測年代、観測方法によって変化する。今まで見えていた「流星群」が見えなくなり、 一方で、新しい「流星群」が見えるようになる。

本稿の拡大版を流星会議で発表すべく、準備中である。

5. 参考資料

(1)CMOR による四分儀群の観測:単点観測による経路延長の密度分布



(2)D_{SH}の累積分布による流星群の判定: 1961-65年の電波観測における四分儀群



(3)流星物理セミナーの発表から引用 観測方法による流星の見え方: IIとCCD

小関正広

γ-Ursae Minorids

果たして、電波観測で検出された流星群が眼視領 域で観測され得るか、また、活動が突発的なものか 定常的なものか、これからの観測が注目される。も ちろん、電波観測とビデオ観測が果たして同定され 得るものかの検証も必要である。Space weather watch というサイトに掲載された文章を引用する。

The shower has attracted attention before. It was discovered by Peter Brown and coworkers at the





2013/10/7 日本流星研究会 小関 正広

《はじめに》

この発表は、前回のMSSの「流星群の定義」、流星会議の「流星群の見え方」に続くものである。<流星 群>という確定的な定義は存在せず、観測手段、研究者によりそれぞれの定義が用いられており、そこには< 主観>の入る余地が非常に大きいことを指摘してきた。また、具体的にいくつかの小流星群を例として、流星 群の見え方が、観測手段、観測年代によって異なることを示した。

本稿では、IIという観測方法が写真・ビデオとは異なる光度領域の流星を捉えており、検出される<流星 群>も特徴あるものであることを示す。そのために、重野が発表している12の<流星群>が他の観測手段に よってどのように捉えられているか、また、観測年代によって違いはあるのかを検討する。

《ΙΙで検出された12群の概要》

重野によって報告されている12群の要素を示す。これらの輻射点の(λ-λs, β)を中心として、σλsの2倍の 範囲に入る写真、ビデオ流星の輻射点および、流星群を示したものが第1-12図である。なお、'NAS'については後述する。

第1表:I	AUに登録され	れた重野群											
IAU	λs	σλs	α	δ	λ-λs	β	Vg	е	q	i	ω	Ω	
NBO	299.18	4.29	206.0	12.6	260.0	21.7	62.8	0.691	0.850	140.5	221.7	299.8	
ETP	135.40	2.93	334.6	32.7	215.9	39.7	34.5	0.685	0.460	55.1	293.1	134.8	
BAR	135.38	2.34	28.8	21.9	259.1	9.5	65.5	0.728	0.882	161.1	226.2	135.0	
MPR	139.64	0.54	70.4	50.0	296.3	27.5	54.2	0.691	0.592	121.3	88.4	139.5	
GCP	234.99	1.31	47.6	79.5	201.6	58.1	33.8	0.864	0.830	51.6	228.9	235.6	
NLY	237.92	3.81	141.8	40.0	253.2	23.7	60.6	0.709	0.748	132.5	246.1	237.9	
MLE	235.70	0.74	142.4	29.3	259.6	13.7	66.0	0.740	0.860	153.6	225.2	235.8	
ASX	237.37	3.60	154.6	-3.4	280.4	-13.0	68.8	0.947	0.898	155.6	325.3	56.6	
NLM	237.99	3.29	162.2	33.0	272.5	23.4	65.2	0.750	0.959	138.9	171.0	237.4	
NLD	236.07	0.75	177.3	70.4	254.7	59.1	41.7	0.630	0.953	74.8	200.8	236.0	
RLE	262.18	1.02	155.6	5.2	253.3	-4.6	65.6	0.771	0.686	170.8	72.8	82.2	
DCL	262.19	3.21	155.3	20.8	247.3	9.8	64.1	0.835	0.539	159.0	270.1	262.3	
NAS	231.5		149.9	-3.4	281.7	-14.7							

<u>(1)NBO:第1図</u>

T3-8 は 1 個の写真流星(H1-10088)と、旧ソ連の天文年鑑に掲載されたα-Bootids(α=210, δ=+18, Jan.14-17, HR=1-2, 速、痕)という 1944 年の眼視観測によっている。

第2表:NI	3O近傍の》	流星群										
NBO	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
T3-8	293.7	201.6	16.7	259.5	23.9	63.4	0.68	0.90	135	218	294	

(2)ETP:第2図

LE-456, 458, 465 という電波観測による流星群に囲まれている。また、ETP の南(下) 側に写真流星の輻射 点が散在し、T1-119(η-Pegasids)が注目される。Terentjeva は「高速の流星で活発な群。眼視観測でこの輻射点 は 1867 年から観測されている」と記している。

第3表:ET	P近傍の流	星群										
Code	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
T1-119	140.8	341.7	32.4	217.0	36.7	46.0	0.969	0.467	75.2	274.7	140.8	
LE-456	139.8	332.0	31.8	208.4	40.0	39.7	0.87	0.52	57.8	272.3	139.8	
LE-458	138.5	338.3	39.5	220.7	44.2	41.6	0.76	0.59	69.4	268.1	138.5	
LE-465	139.3	346.7	37.6	226.3	39.2	45.7	0.82	0.53	79.9	273.9	139.3	

写真流星が ETP 周辺に散在している様子が第2図に示されているが、Terentjeva が T1-119 としているもの (第5表、上の2行)の他に低速のものが存在していて、詳細は不明である。

第4表:ET	P近傍の写	写真流星										
Code	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
H1-8472	140.7	341.6	34.3	218.2	38.3	45.3	0.940	0.500	75.0	272.0	140.7	
H2-8528	141.0	341.9	30.5	215.9	35.0	46.7	0.997	0.433	75.4	277.3	141.0	
H1-8199	133.7	331.6	31.2	213.8	39.6	18.9	0.470	0.470	30.0	313.0	133.7	
D3-620672	132.6	333.1	31.5	216.5	39.3	43.8	0.918	0.515	71.6	271.7	132.6	
D4-64156	135.7	326.6	32.0	207.2	42.2	36.9	0.842	0.565	55.8	268.2	135.7	
H1-8159	132.7	337.6	27.3	218.4	33.7	14.3	0.450	0.440	20.0	325.0	132.7	
03-314	138.4	345.0	28.7	220.5	32.1	47.5	0.938	0.387	82.6	286.7	138.4	
H1-8184	133.7	346.6	25.3	224.8	28.4	11.8	0.460	0.410	14.0	335.0	133.7	

<u>(3)BAR:第3図</u>

IAU のリストでは、'working'とされている AUP と TRI が近くにある。AUP はビデオ流星による群で、軌道

要素は示されていない。また、TRIの要素として示されているのは、S3-138のものである。電波による流星群である LE-402, 404, 408, K1-128 も近い。第17回に見られるように、流星向点付近は電波、IIの流星が多い。

第5表:BA	AR近傍の流	記星群										
Code	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
AUP	132.0	7.5	18.3	242.2	13.8	66.0						
TRI	139.8	37.5	30.7	265.2	15.1	57.3	0.166	0.886	150.0	264.7	139.8	
LE-402	139.9	28.9	23.8	255.4	11.2	61.6	0.570	0.700	157.1	263.1	139.9	
LE-404	139.4	33.8	17.6	258.1	3.8	67.8	0.790	0.860	172.8	229.7	139.4	
LE-408	139.3	36.9	23.4	262.8	8.4	64.7	0.490	0.930	164.4	222.1	139.3	
K1-128	135.7	29.7	16.2	257.6	3.9	65.0	0.600	0.800	172.0	243.0	135.7	

(4)MPR:第4図

ペルセウス群に近い。電波、ビデオともにそれらしい輻射点の集中は見られない。近い写真流星が1個だけ ある。

4

第6表:M	PR近傍の ¹	写真流星										
Code	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
O4-523	140.3	71.6	48.4	296.3	25.8	55.4	0.712	0.552	122.4	84.6	140.3	

<u>(5)GCP:第5図</u>

右上に S2-65(November Cepheids)があるが、Harvard の電波流星でも、基本的には左上方に向けて輻射点分布 密度は上昇している。

第7表:GC	P近傍のテ	「「「星群」										
Code	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
S2-65	235.5	354.7	70.2	170.1	61.1	24.3	0.820	0.891	33.8	218.5	235.5	

<u>(6)NLY:第6図</u>

MLE と NLM は重野群である。しし群に近く、また、流星向点にも近いことから、電波流星もビデオ流星も 多数記録されている。LE-590, 594 は電波による流星群である。

第8表:NL	Y近傍の流	前星群										
Code	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	е	q	i	ω	Ω	
UUM	240.0	148.0	59.0	246.4	42.7	55.1	0.954	0.823	100.0	229.0	240.0	
LE-590	235.2	139.3	42.3	253.1	25.2	63.3	0.780	0.780	132.0	238.4	235.2	
LE-594	235.7	142.8	36.1	257.6	20.2	63.2	0.610	0.810	141.4	239.1	235.7	

本群には直接関係ないが、UUM はクロアチアのグループが自分たちのデータと SonotaCo ネットのデータ他 を組み合わせて検出したと WGN(2013), 41, 103-108(最新号)で述べているが、図6からも輻射点の集中は見られ、UUM に属しているように見える II の流星も1 個ある。

(7)MLE:第7図

第7図はNLM と NLY を含む範囲であるが、MLE の出現期間が短く想定されているので、この2つの群が 登場していない。LE-592, 597 の他も、第7図に現れている流星群のほとんどは電波によるものである。

第9表:MI	E近傍の湯	充星群										
Code	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
LE-592	234.9	141.4	28.1	260.0	12.3	66.7	0.650	0.870	157.0	227.1	234.9	
LE-597	235.4	147.6	29.2	264.4	15.1	57.3	0.230	0.710	148.4	301.2	235.4	

<u>(8)ASX:第8図</u>

ASX は流星向点の近くにあるが、電波流星の空白域とも言えるところに位置し(第17図)、ASX の領域に ほぼ重なってビデオ流星の輻射点が集中している。第8図の楕円で囲まれた領域を新たに ASX の活動領域と 見做して SonotaCo ネットの観測を集計する。赤緯におけるわずかなずれはあるものの、ASX を捉えたものと みて間違いないであろう。また、SonotaCo ネットによって、毎年の活動が追跡されていることから、「定常的」 な群と分類される。

第10表:	第8図の楕	円領域内(こあるビデス	オ流星(Sor	notaCoネット	-)の平均	匀要素							
Year		Day	λs	α	δ	λ-λ	s	β	Vg	e	q	i	ω	Ω
2007-12	mean	19.78	237.0	154.1	-6.4	28	1.4	-16.0	68.2	0.931	0.874	150.8	319.4	57.0
	SD	3.82	3.8	3.4	3.1	2	2.3	2.6	4.4	0.177	0.100	6.6	20.4	3.8
第11表:第	第8図の楕P	日領域内にな	あるビデオア	記星(Sonota	Coネット)の	出現状況	5							
λs	230~	231~	232~	233~	234~ 2	35~	236~	237~	- 238-	~ 239~	240~	241~	242~	243~
Ν	5	3	11	4	3	3	5	13	9	4	1	8	3	3
	第12表:	第8図の楕	円領域内(こあるビデ	才流星(Son	otaCo≯	・ット)の	年別出現	見状況					
	Year	2007	2008	2009	2010	201	1 2	2012	Total					
	Ν	17	13	19	5	1:	5	8	77					

楕円内部に存在する II の流星は次の通りである。対地速度が ASX の平均値よりもかなり小さいものが含まれていることには注意が必要である。これについては、次のような要因が考えられる。

(A)観測誤差であり、いずれも ASX に属している。

対地速度が大きく、見かけの角速度が大きいことにより、流星像の先端部分の測定が困難になる。特に 暗い流星では、電波観測でも速度決定は困難になり、誤差が大きい。

(B)速度の小さい別の群が重なっている。

後述のように NAS という群の存在も想定されているので、偶然2つの群が近接している可能性もあり

得る。しかし、NASの速度は与えられていないので、詳細は不明である。

第13表:第	第8図の楕	円領域内に	あるII流星	1										
Code	Year	Month	Day	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω
MSSIFD	1995	11	18.75	236.0	152.8	-6.6	281.2	-16.6	62.4	0.500	0.833	148.1	301.9	56.0
MSSIFL	1995	11	18.76	236.0	154.7	-6.8	283.1	-16.1	61.8	0.509	0.775	148.2	291.2	56.0
MSSJB4	2001	11	18.72	236.4	151.8	-4.1	278.9	-14.7	59.1	0.287	0.788	150.4	275.3	56.4
MSSJBf	2001	11	18.77	236.5	154.1	-0.8	279.8	-10.8	62.1	0.393	0.819	158.8	293.1	56.5
MSSJBH	2001	11	18.74	236.5	154.1	-7.8	282.5	-17.2	64.5	0.655	0.842	147.5	308.8	56.4
MSSIFn	1995	11	18.82	236.1	151.6	-2.1	278.3	-12.9	67.9	0.760	0.926	156.8	328.5	56.1
MSSISe	1996	11	16.75	234.7	151.6	-4.9	280.7	-15.4	71.9	1.180	0.916	153.3	329.8	54.7
		mean	18.47	236.0	153.0	-4.7	280.7	-14.8	64.2	0.612	0.843	151.9	304.1	56.0
		SD	0.76	0.6	1.3	2.6	1.8	2.3	4.3	0.295	0.059	4.5	20.0	0.6

(A)であれば、ASX が SonotaCo ネットによって確立されたことは明白である。次に(B)の仮説について検討 する。重野はASX に所属する流星を与えていない。ASX の要素は6個の流星から決定されているので、ASX の対地速度に近い流星を6個選択すると第8図で白抜きの◇で示したものになる(第14表)。

第14表:A	ASXに近い	要素を持つ	II流星											
Code	Year	Month	Day	λs	α	δ	λ-λs	β	Vg	e	q	i	ω	Ω
MSSJB1	2001	11	18.72	236.4	158.5	-3.0	284.9	-11.1	67.4	0.815	0.796	158.9	304.6	56.4
MSSJBH	2001	11	18.74	236.5	154.1	-7.8	282.5	-17.2	64.5	0.655	0.842	147.5	308.8	56.4
MSSIFn	1995	11	18.82	236.1	151.6	-2.1	278.3	-12.9	67.9	0.760	0.926	156.8	328.5	56.1
MSSJdm	2005	11	25.79	243.5	156.7	-1.3	275.4	-10.3	68.4	0.722	0.960	161.7	339.0	63.5
MSSIFa	1995	11	18.79	236.0	157.2	-3.2	284.1	-11.8	68.5	0.883	0.827	158.1	310.8	56.0
MSSISe	1996	11	16.75	234.7	151.6	-4.9	280.7	-15.4	71.9	1.180	0.916	153.3	329.8	54.7
		mean	19.60	237.2	155.0	-3.7	281.0	-13.1	68.1	0.836	0.878	156.1	320.3	57.2
		SD	3.14	3.2	3.0	2.3	3.6	2.7	2.4	0.186	0.065	5.0	14.0	3.2

ここで選択された流星のうち、3 個は楕円内にあるが、3 個は外側(上方)に存在する。しかし、この場合でも、平均の太陽黄経、輻射点の位置に大きな違いは見られない。逆に選択されなかった楕円内に存在する対地速度が小さい4 個の流星も、出現日時は選択された6 個と一致している。このように選択すれば、対地速度はほぼ SonotaCo のものとも一致し、対地速度が大きな群活動の存在はほぼ確実とみられる。一方、対地速度が小さい群活動の存在は、データ数の多い SonotaCo ネットの観測では認められない。対地速度の分布に二極化の傾向は認められない。

第15表:貧	第8図の楕	円領域内に	こあるビデス	†流星(Son	otaCoネット	·)の速度分	·布							
Vg	~63	63~	64~	65~	66~	67~	68~	69~	70~	71~	72~	73~	74~	75~
N	4	0	4	2	4	8	14	17	18	4	0	1	0	1

対地速度の違いについては、観測される流星体による違い、バックグラウンドの混入(IIの観測ではデータ 数が少ないので影響は大きくなる)等々の検討が必要である。これらを解決するには、IIの観測が行われて、 データ数を増すことともに、前述のように、暗い、角速度の大きい流星についての速度決定について更なる技 術革新が必要であろう。

NAS は Jenniskens 等がビデオ観測によって指摘したものである。NAS は ASX よりも太陽黄経で 6 度ほどの 違いがあるが、ほぼ輻射点は一致している。SonotaCo ネットの観測流星数が $232 \leq \lambda s < 233$ で副極大とも見え る増加を示している点は興味深いが、現在の段階では $\lambda s=237$ 付近の活動と区別できるだけのデータはない。 NAS は ASX とほぼ同定(同一群と見做せる)してよいであろう。NAS の要素は重野群とともに上掲した。 (9)NLM:第9図

MLE と NLY と状況はほぼ同一で、周囲には多数の電波によって検出された流星群が存在する。また、しし 群、流星向点に近いため、ビデオ流星も多数捉えられている。

第16表:N	ILM近傍の) 流星群										
Code	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
LE-604	235.1	155.7	32.7	270.1	21.0	61.6	0.31	0.98	140.6	184.1	235.1	
LE-605	235.0	155.7	37.6	268.1	25.5	50.0	0.30	0.55	123.3	346.1	235.0	
LE-612	235.7	164.3	36.0	275.1	26.9	50.6	0.27	0.60	121.4	24.5	235.7	
LE-684	240.8	166.6	32.0	273.8	24.1	66.0	0.74	0.98	137.5	167.7	240.8	

時、加生间点に近いため、ヒケオ加生も多数捉ん

(10)NLD: 第10図

<トロイダル>の領域に存在し、ビデオ流星では少数の輻射点しか存在しないが、電波流星では近傍に多数の流星輻射点が存在する。LE-623,624 だけでなく、Harvardの電波流星では、<流星群>と判定されていないものの輻射点分布(第18図)にはかなりの集中が見られる。

	第17表:N	NLD近傍の	流星群										
LE-623 177.4 64.5 49.3 0.8 1.0 85.7 191.79 235.70 235.7 263.0 55.1	NLD	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
	LE-623	177.4	64.5	49.3	0.8	1.0	85.7	191.79	235.70	235.7	263.0	55.1	
LE-624 187.6 65.3 45.6 0.7 1.0 79.0 183.19 234.60 234.6 268.5 58.8	LE-624	187.6	65.3	45.6	0.7	1.0	79.0	183.19	234.60	234.6	268.5	58.8	

(11)RLE:第11図

争	第18表:R	LE 近傍の	流星群										
F	RLE	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
Г	Г3-110	263.4	168.6	9.2	262.6	4.0	74.4	1.19	0.94	173.0	202.9	263.3	
L	LE-730	260.6	154.8	-1.5	256.6	-11.1	67.8	0.76	0.80	159.0	54.1	80.6	
I	LE-733	260.2	158.3	6.0	257.4	-2.9	67.8	0.69	0.79	174.5	58.6	80.3	

流星向点に近いが、Harvardの電波流星では空白域とも言える領域である。さらに出現期間が短いと想定されているため、第11図に含まれる範囲のビデオ流星、写真も少数である。

(12)DCL: 第12図

RLE に近いが、この領域には Harvard の電波、また、写真、ビデオでも輻射点が多数捉えられている。現在、 IAU では DLM は抹消されているが、この時期の活動を JCO に含めることには無理があろう。CMOR でも DLM としている。

第19表:D	DCL近傍の	流星群										
DCL	λs	α	δ	$\lambda - \lambda s$	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	
LE-725	259.5	149.6	19.5	245.5	6.7	66.8	0.92	0.52	165.6	269.3	259.5	
LE-726	259.5	150.3	24.1	244.5	11.2	60.4	0.77	0.39	152.9	293.0	259.5	

《検討:電波観測、写真観測とIIで捉えられる<流星群>の違い》

第13回は、IIと写真観測による輻射点分布の違いを示したものである。IIが写真に比べて、流星向点領域の輻射点を多くとらえていることがわかる。第14回から、<重野群>に比べて、Lindbladによる写真流星群はANTから反太陽方向の領域に多いことがわかる。第15回は、<重野群>と電波観測による流星群を比較したものである。電波観測と言っても、Sekanina(Harvard)とCMORでは、分布に大きな開きがある。電波観測では、<トロイダル>及び流星向点の流星が多くとらえられということは、Harvardの観測によって指摘されたものであり、Sekaninaの群もそれに対応した分布を示しているが、CMORのものは流星向点を中心とした円形分布という大きな特徴を示している。IIは電波観測で優勢な<流星向点領域>の活動を写真観測より多くとらえており、電波観測と写真・ビデオ観測の中間的な特性を持つことが明らかである。

このように、<流星群>と括られても、どのような観測によって捉えられたのかを理解しなければ、一様に は扱えないことが明らかである。写真観測による流星群は、必ずしも II や電波によって捉えられるわけでは ない。もちろん、その逆もある。現在のビデオ観測の特性は、写真観測の特性に近いと考えられるが、観測年 代が約半世紀異なることに注意が必要である。Terentjeva の言葉を引用する。

19世紀に得られた輻射点と20世紀前半に行われたバハーレフの1938年、アスタポビッチによる1926年、 1933年、1942-45年の再観測を比べると半世紀の間の変化がわかる。およそ1/3は古い輻射点が消滅して新し いものに入れ替わり、1/3は出現数、出現期間、輻射点の位置が大きく変化し、残り1/3だけがほぼそのまま 残っている。最後のグループの多くは、軌道傾斜角が大きく、周期の長い軌道を持つものが圧倒的である。

第16図から第18図は、<重野群>がどのような特徴を持つかを示す、代表例である。BARとASXは流 星向点、NLDは<トロイダル>領域の群である。これらの図にはIIの観測とともにHarvardの電波観測によ る輻射点をともに示しているので、IIの輻射点また<重野群>は電波群に近いものであることが分かる。

第13図から第18図を見て、<重野群>の位置は写真流星、電波流星の密集領域から微妙にずれていることが読み取れる。これは、重野が当時IAUに登録されていた流星群を除いて流星群の検出を試みたことから、当然のことである。

<重野群>のさらなる検証のためには、IIを用いた観測を行うか、電波観測による個別の流星データを取得 するかのいずれかが必要と考えられる。また、流星群の活動は年々変化することを考慮すれば、<重野群>が 一時期だけの<突発出現>や活動のピークを捉えたものかもしれず、継続的な追跡も必要であろう。

《まとめ》

- 1. <重野群>は、他の観測で同定できるものがなかなか見つからない。
- ―――他の観測者・研究者が指摘していない活動を探している。
- 2. <重野群>と電波観測の比較から見えることIIは写真(ビデオ)と電波の中間的な特性を持つ。
- (1)電波観測による<流星群>は、<個性的>:特に CMOR の流星群輻射点の分布は印象的。
- (2)写真観測による<流星群>は、電波観測のものとは異質:明るく空間密度が低い(出現数が少ない)。 (3)<重野群>と同定あるいは検証すべき対象の観測が見出された:特に ASX=NAS。



第1図:NBO

















第6図:NLY



第7図:MLE



第9図:NLM



第11図: RLE



第8図:ASX



第10図:NLD



第12図:DCL

SonotaCo Net のデータから調べた

「おうし座流星群」

内山 茂男 NMS 日本流星研究会 IMO 国際流星機構 S☆AS さいたま天文同好会

おうし座流星群のデータ

主に、IMO Meteor Shower Calendar より

	活動期間	極大日	ZHR	出典年
STA	10/01~11/25	11/05	5	2004~2006
NTA	10/01~11/25	11/12	5	
STA	9/25 ~ 11/25	11/05	5	2010
NTA	9/25 ~ 11/25	11/12	5	
STA	9/10~11/20	10/10	5	2011~2014
NTA	10/20~12/10	11/12	5	
STA	9/21 ~ 12/27	11/02	Soi	notaCo (2013)
NTA	10/16~12/10	11/17	(太陽費	黄経表示 → 2013日付)

おうし群流星数/散在流星数

※3夜平均の値



9/13 9/23 10/3 10/13 10/23 11/2 11/12 11/22 12/2 12/12 12/22 1/1

※ STA 9/10~11/20 10/10 5 IMO 2011~2014 NTA 10/20~12/10 11/12 5

アンチヘリオンの比率 と おうし群



輻射点位置と移動



 $\lambda - \lambda s$



輻射点位置と移動

※各夜の平均値より













J5_sTenti-helion

















おうし群の活動期間

 STA
 9/10~11/20
 10/10
 5
 IMO 2011~2014

 NTA
 10/20~12/10
 11/12
 5

 STA
 9/21~12/27
 11/02
 SonotaCo (2013)

 NTA
 10/16~12/10
 11/17
 (太陽黄経表示 → 2013 日付)

SonotaCo Net の輻射点の集中を参考にすると

STA 10/02~12/6
NTA 10/31~12/2
(STA の終わりは難しい)



IIビデオ同時観測により検出された流星群輻射点カタログ (IAUに登録された輻射点番号432番~443番を表記した) (MSS138用に一部のみ紹介)

重野好彦

要旨

1992年12月から2009年10月までにImage Intensifier(II)付きビデオで2点観測 し軌道の求まった3,770例の同時流星に関して、D判定及びD'判定を利用して、IAU流星 群リストと照合を行った。その結果22既知群と12未知群を検出した。IAUリストには295 群(2009年6月現在)が登録されているが、毎年定常的に出現している群は少ないことが分かっ た。またIIは8等までの暗い流星を対象としているため、得られた未知群の多くが地球向点付近 の高速で暗い流星群であった。IAUリストは流星群数が多いため全体のイメージがつかみ難い。 そこで本報告では星図上にプロットすることで読者に理解しやすくした。

観測機材

観測に用いた機材の外観とブロック図を図 1に示す。IIは浜松ホトニクス製V3287P、 またはデルフトハイテック製XX1470を使用し た。これらは第2世代IIと言われ、増幅率 は約5万倍である。1992年当時の可能な 限りの観測方式として、画像は41万画素C CDで撮影し、Hi8ビデオテープに録画し た。2005年以降はDVフォーマットでP Cに録画している。

Object 1.1. Macro CCD Lens Lens



対物レンズは交換式で、主に使用したレン

ズは Canon製 85mm F1.2、視野は12度×9度、最微恒星等級は約9.5等、最微流星等級は約8 等である。位置の平均測定誤差は約70秒角(標準偏差)、三角測量による輻射点算出の平均誤差は 約0.6度(標準偏差)である。この観測機材は約50台製造され、日本の観測者に配付されている。

著者のグループの主な観測地は群馬県赤城山(E:139°11'33″N:36°28'42″)と埼玉県秩父郡 (E:139°06'10″N:36°05'56″)(世界測地系)で、ほぼ南北に並んでおり、基線は42. 9kmであ る。視野が狭いのでファインディング星図を作成し、最大の同時率が得られるように約0.5度の 精度で視野設定を行った。

図2. II同時観測により得られた3,770例の輻射点分布

月ごとに星図を分けて理解しやすくした。

1) 左図は我々の観測した輻射点、M&Pデータの輻射点、IAUリストの輻射点を表す。 2)右図は今回検出された輻射点を表す。これには既知群、未知群が含まれる。

×印 : 我々の観測した輻射点

- +印 : M&Pデータの輻射点
- 〇印 : 地球向点(各月15日の位置)

実線の楕円(半径6度): IAUリストの輻射点295群(2009年6月現在) established meteor showers 65群は太線で表した

点線の楕円(半径7度):今回検出した未知群の輻射点

432番~443番はIAUに登録された輻射点番号

1





図2-1(1月~4月) 左図:輻射点分布 右図:検出された輻射点



図2-2(5月~8月) 左図:輻射点分布 右図:検出された輻射点



図2-3(9月~12月) 左図:輻射点分布 右図:検出された輻射点

天文回報4月号の観測指針に「輻射点の広がり」という解説を載せたが、スペースの関係で説明しきれなかった部分があるので、この場を借りて補足しておくことにする。



第1図:オリオン群の極大期に地球の進行方向を正面に見たときの位置関係

この図は、オリオン群の極大期における地球の進行方向を示すものである。地球進行方向正面を「地球向点」 と呼ぶが、星座ではかに座のあたりである。この頃、太陽は地球の進行方向から左手 90 度の方向、星座では おとめ座、スピカの方角になる。地球向点から右手 90 度が太陽の反対方向で「ANT」(アンチへリオン)と呼 ばれる。上図は展開図なので、進行方向の 180 度反対は図の左右両端になり、「地球背点」と呼ばれる。いて 座からやぎ座のあたりになる。地球の軌道面(黄道)は中心を通る水平な線で示される。座標の目盛は黄道座 標により、天体の黄経から太陽黄経を引いたものと黄緯、(λ-λs, β)で表しているので、地球向点が(270, 0)、太 陽は(0, 0)、ANT は(180, 0)である。

太陽系内での流星体と地球の運動方向と地球から観測される流星の 運動方向の関係は、地球軌道面の北側から見下ろし、地球の進行方向 を左向きで表すと、右図のようになる。ここで、*V_H、V_E、V_G*はそれぞ れ流星体と地球の運動速度、地球から見た流星の運動速度を表してい る。また、*ε_H と ε_G*はそれぞれ地球の運動方向(地球向点)と流星体の 運動方向及び地球から見た流星の運動方向のなす角度である。

今回取り上げるのは、*EH*が変化すると、*EG*はどのように変化するのかという問題である。次ページに示した図は、P/Halleyから放出された流星体が地球付近を通過するときの速さ41.6km/sで運動する粒子が地球に様々な角度で突入する様子を示したもので、地球の公転速度を

29.8km/s として流星体の運動が地球から見るとどのようになるかを表している。粒子の速さは41.6km/s で一定として地球向点の方向から15



第2図:日心速度と地心速度

度ずつ地球への突入方向が変化した場合(円周上から中心に向かう 1~13 の矢印)、地球からの見かけの運動方向・速度はそれぞれ中心から外に向かう 1~13 の矢印になる。

地球と粒子が正面衝突する1の場合は、見かけの速度は両者の和となり、速さは41.6+29.8=71.4km/sであり、 地球から見ると進行方向から突っ込んでくるように見える。先の図では「地球向点」からくる(地球向点が輻 射点)流星が見られることになる。一方、13の場合は粒子が地球の背後からの追突型であり、見かけの速度 は両者の差となり、速さは41.6-29.8=11.8km/sで、地球から見ると背面からやってくる流星になる。地球背点 に輻射点がある流星になる。

このように書くと、 $\vec{V}_{G} = \vec{V}_{H} + \vec{V}_{E}$ のように思われがちであるが、 V_{H} 、 V_{E} が太陽を基準とした(宇宙から見

た) ものであるのに対して、 V_G は地球から見たものなので単純に和として表すことはできない。高校で物理を選択すれば相対速度として、地球から見た場合には<地球の運動ベクトルの先から流星体の運動ベクトルの先を見る>、つまり、 $\vec{V}_G = \vec{V}_H - \vec{V}_E$ としなければならない。もちろん、これはベクトルでの話であり、スカラー(数値)として $V_G = V_H - V_E$ ではない。この例では、流星体が地球の運動方向側から突入してくるので、 V_G は V_H よりも大きくなる。逆に流星体が地球の運動方



第3図:ベクトルとしての関係



第4図:粒子が地球に向かってくる方向が変化した場合の地球からの見え方

向の後ろ側(背点)から突入してくる場合も図で示す。この場合には、 V_G は V_H よりも小さくなる。先ほど触れた下図は、この関係を連続的に示したものである。1 と 13 だけでなく、途中の変化を見ることによって、ベクトルとして扱った場合の V_H 、 V_E 、 V_G 、 ε_H 、 ε_G の関係が理解されるであろう。注目すべきは、矢印 10(地球向点からの角度が 135 度)になって、地球から見える流星の突入方向が地球向点から 90 度、つまり、ANT の方角になることである。

観測指針には木星族の彗星を起源とする流星を想定して、次の表を示した。 V_G 、 V_H 、 V_E 、 ε_H 、 ε_G の関係式は付録として詳しく示したので参照されたい。

第1表:木星族の彗星を起源とする粒子が、地球進行方向に対し様々な角度で突入する場合

• • • •			, - ,	•			• • •	- ,	2		
\mathcal{E}_{H}	0	30	60	90	120	130	140	150	160	170	180
\mathcal{E}_{G}	0.0	16.8	33.9	51.7	71.5	79.2	87.9	98.7	113.7	138.4	180.0
Vg	68.0	63.0	56.7	46.7	33.9	29.2	24.5	19.9	15.6	12.2	8.0
$\mathrm{d}arepsilon_{\mathrm{G}}/\mathrm{d}arepsilon_{\mathrm{H}}$	0.56	0.56	0.58	0.62	0.73	0.81	0.96	1.24	1.85	3.26	4.75

 $ε_H$ が 130~150 度のときに $ε_G$ は 80~100 度、つまり(λ-λs, β)=(270,0)から 80~100 度離れたところ(λ-λs, β)=(170~190, 0)になる。これが ANT に相当するので、逆に言えば、ANT は $ε_H$ が 130~150 度で地球に向かって くる粒子の群れだということになる。上図は粒子が地球軌道の外側からやってくる、太陽に接近する際の状況 を示したものであるが、流星が太陽から遠ざかる場合には、上図を中心の水平な線を対称軸として上下を入れ 替えた形になる。ANT に相当する粒子の群れが太陽を回ってくる時には、同様に $ε_H$ が 130~150 度で $ε_G$ は 80~100 度、(λ-λs, β)=(270,0)から 80~100 度離れたところ(λ-λs, β)=(340~10, 0)のところに輻射点が集中して、Helion source と呼ばれる昼間群となっているのである。

話を元に戻そう。このように、注意が必要なのは*ε*_Gが*ε*_Hに比例するわけではないことである。重要な点は、 *ε*_Hが小さいときには、*ε*_Hが変化しても*ε*_Gはあまり変化しない。つまり、流星群内で粒子の運動方向に多少の ばらつきがあったとしても、地球から観測される流星の突入方向(輻射点)に大きな違いは現れない。逆に*ε*_H が大きいときには、*ε*_Hが少し変化しても、*ε*_Gが大きく変化し、輻射点が広がることになる。

L.Kresak("Structure and Evolution of Meteor Streams", < Physics and Dynamics of Meteors>, 1968)が(地心)輻射

点が地球軌道と流星軌道との位置関係によってどのように変化するかを示しているので引用する。真ん中の列が地球の位置における流星群の広がり(太陽を基準にした宇宙空間が視点であることに注意)、上下の円・楕円が地球から見た流星群(輻射点)の広がりである。左側は流星体が地球向点から突入する場合であり、右側は地球背点からの場合である。 ϵ_G が ϵ_H に比例しないで、 ϵ_H が小さいときには ϵ_G の変化の割合は小さいが、 ϵ_H が大きくなると ϵ_G の変化は急激に大きくなる。なお、Kresakの図で上段は軌道半長径 a が無限大(ペルセウス群やオリオン群のような場合)、下段は a=2 で母天体が木星族(おうし群やジャコビニ群)の場合と考えてよい。



Fig. 2. Transformation of the true radiant area (middle row) into the apparent radiant area (above for $a = \infty$, below for a = 2) at different elongations from the apex.



一般に軌道半長径が大きい流星群は逆行型で地球向点か ら、また、木星族の場合には順行型で地球背点から突入す ることが多い。従って、ペルセウス群やオリオン群はおう し群やジャコビニ群よりも見かけ上、輻射点の広がりは小 さくなる。

L.Kresak("The Dispersion of Meteoroids in Meteor Streams. I. The Size of the Radiant Areas", BAC, 21(1970), 153-170.)は、 さらに地球から見た輻射点の広がりと流星群の太陽を基準 とした宇宙空間(地球軌道の位置)での広がりについて詳 しく説明している。先ほどの模式図を数値で示したものが 次の表である。W=1km/s というのは、流星群内での流星体 の運動方向・速度の違いを 1km/s と仮定して求めた数値で あることを意味する。この数値は写真観測の結果と比較し て妥当なものであることが示されている。2行目の a は先 ほどと同じ軌道半長径で、この場合には5通り示されてい る。次の Q_H は W=1km/s の仮定をベクトル的に考えて、流 星体が流星群の中心線となす角(宇宙空間における輻射点 の広がりと考えられる)を求めたものである。 ϵ_H の欄は ϵ_H が 0~180 度まで変化したとき、 ε の欄は ε が 0~180 度まで 変化したとき、それぞれ地球から見た流星輻射点の分布が 中心から何度広がるのかを示している。

Kresak はこの論文で、主要流星群の輻射点の広がりを写 真観測のデータから図示している。W=1km/s とした場合に 計算される輻射点の広がりが図中に円で示されている。こ の当時に得られていた写真流星のデータは多くないが、お

а		1	2	5	10	8
		0	0	0	0	0
₽ _H		1.924	1.571	1.434	1.396	1-360
<u> </u>	0	1		1]
8 ⁹³	0	0.962	0.865	0.821	0.809	0.797
	30	0-996	0.895	0.820	0.837	0.824
	60	1.111	0.997	0.945	0.930	0.916
	90	1.360	1.217	1.150	1.130	1.111
	120	1.924	1.703	1.593	1.559	1.528
	150	3.716	3.126	2.788	2.687	2.593
	180	(∞)	8.559	5.631	5.084	4.644
		<u>.</u>	}			. <u></u>
£G	0	0.962	0.865	0.821	0.809	0.797
	30	1.111	0.970	0.911	0.894	0.879
	60	1.924	1.408	1.262	1.223	1.189
	90	(∞)	2.720	2.151	2.028	1.924
	120	(∞)	5.255	3.666	3.361	3.113
	150	(∞)	7.633	5.076	4.597	4.211
	180	(∞)	8.559	5-631	5.084	4.644

第2表:Kresakによる輻射点の広がりの推算値

おむね、W=1km/s という仮定が妥当であり、粒子の地球に対する突入角により、流星群の輻射点の見かけの 広がりが大きく変わることが明瞭に示されている。

Table VIII $\rho_G (W = 1 \text{ km/s})$



Fig. 1. The observed dispersion of apparent radiants of meteor showers corrected for the diurnal motion. Co-ordinates $\Delta \alpha_G \cos \delta_G$ and $\Delta \delta_G$, markers by 1°. Full lines, direction to the poles of the ecliptic; dashed lines, direction to the Earth's apex; circles, computed maximum deviations ρ_G for W = 1 km/s.

第6図:Kresakによる輻射点の広がりの推算値と観測値の比較

[補注1]

 V_G 、 ε_G と V_E から ε_H 、 V_H を求めるのが、流星観測により軌道を求めることであり、 V_H 、 ε_H と V_E から ε_G 、 V_G を求めることが彗星(小惑星)軌道からの輻射点予報にあたる。実際には三次元のベクトルを成分に分解して計算するため、三角関数が登場するので難しく見えるが、原理はベクトルの加減であり、中学校の理科で学習する力の作図と同じことである。

[補注2]

GHが小さいときには、GHが変化してもGGはあまり変化せず、GHが大きいときには、GHが少し変化しても、GGが大きく変化するということは、輻射点の広がりの問題だけでなく、流星の出現数と流星群の空間密度の問題にも大きくかかわってくる。もちろん、GHが大きいと地心速度(流星体に対する相対速度)が小さくなることによって、流星群内を単位時間に通過する距離が異なることが一番大きな要因である。雨の中を走行する自動車のフロントには雨粒が多く当たるが、リアウィンドには少ないことと同じである。さらには、地心速度が小さくなると、流星の発光量が減少するので、粒子の空間密度が同じであってもGHが大きい流星群の出現数は少なくなる。出現数が少ないことに加えて、輻射点の広がりが大きくなると、通常の眼視観測では「流星群」に属するとか否かの判定が極めて困難になってしまうのである。

$$\begin{aligned} [ftig] V_{GV}, V_{FV}, V_{FV}, son, son, colling density \\ &= \hbar m B C (Cov) V(T), T m density \\ &= \hbar m B = \frac{b}{\sin A} = \frac{c}{\sin C} \\ &= \frac{b}{\sin A} = \frac{c}{\sin A} \\ &= 2 + c + a + 180 - (B + C) \tau \delta n (n, k) \\ &= 2 + c + a + 180 - (B + C) \tau \delta n (n, k) \\ &= 2 + c + a + 180 - (B + C) \tau \delta n (n, k) \\ &= 2 + c + a + 180 - (B + C) \tau \delta n (n, k) \\ &= 2 + c + a + a + a + a \\ &= 2 + c + a + a + a \\ &= 2 + c + a + a \\ &= 2 + c \\ &= 2$$

[おまけ] 2013 年のビデオ流星に Kresak の輻射点の広がりをあてはめたものを次ページに示す。破線は地球向点の方向。


SonotaCo Network データから見る地球速度による流星群の放射点への影響 土屋 智恵

・研究目的

本研究では、SonotaCo Network に集められたデータにおいて、地球速度を考慮すること によりその年に出現が確認されていなかったり、これまでに検出されていない流星群を見 つけ出すことを目的とする。新たな流星群候補を見つけ出すことで、流星群の活動や出現 状況により、その流星群の母天体である彗星や小惑星の活動について予測できる可能性が ある。

・原理

しし群やオリオン群など高速の流星群は放射点が集中しているが、10月りゅう座(ジャ コビニ)流星群などの低速群は放射点の広がりが大きく、放射点が離れていても軌道要素 は似ている。流星群ごとの速度の違いは、流星物質の突入方向によるものであり、放射点 分布の範囲は流星物質の速度に依存することがわかっている。(詳しくは第136回流星物理 セミナー 低速流星群の放射点分布に対する修正効果(佐藤幹哉氏)の資料を参照)

・方法

本研究では SonotaCo Network に集められた 2007 年~2013 年までの流星輻射点のデー タセットを使う。今回は予備実験として、2008 年 11 月に出現が予測されており、低速で あることでも知られているほうおう座流星群が SonotaCo Network でも捉えられていたの か、地球速度を考慮した計算を行い、放射点の分布から検出できるのか試みる。比較のた めに 2007 年~2013 年までの 11 月のデータについても同様の計算を行う。地球の速度ベク トルなどのデータは Horizons のデータを用いる。

・結果

2008 年 11 月の流星放射点の元のデータを使用し放射点の分布を黄経黄緯で表したもの からは、毎年定常的に活発な活動を見せているしし群、おうし南・北群、オリオン群の集 まりが見られる。しかし、予測されていたほうおう群の黄経黄緯には流星群と見られる集 まりは確認できない。地球速度を考慮し、放射点分布を示すとほうおう群と見られる流星 の集まりが確認できた。さらに、修正前には見られなかったいくつかの放射点の集まりが あることがわかった。

また、2007年~2013年の11月も同様について調べたところ、ほうおう群と見られる放 射点の集まりは見られなかったが、2011年と2013年にうみへび群の集まりが2つにわか れていることがわかった。







2008年11月 修正後



90



2013年11月 修正後



2011年11月うみへび群

2013年11月うみへび群

・考察

地球速度を考慮して計算した結果、ほうおう群のように低速の流星群には地球速度の影響が大きく、しし群のように高速の流星群では放射点の位置や集まりにさほど変化は見られなかった。この結果からも低速であるほど地球速度が与える影響は大きく、放射点の広がりが大きくなることがわかった。したがって、今までにも低速である流星群の出現が見落とされてきた可能性もあり、流星群とはみなされなかったものもあるのではないかと考えられる。

それに加えて、地球速度を考慮することで元のデータからは見えてこなかった放射点の 集まりが見えてきた。うみへび群に関しては速度が低速ではないにも関わらず放射点が集 まったのは、周りの散在流星の放射点の位置が変わったことによるものではないかと考え ている。以上のことより、これまでの軌道要素からだけではなく、放射点分布から流星群 を見つけ出す方法も有用だと言える。

・今後について

SonotaCo Network にあるデータのすべてにおいて地球速度を考慮した計算を行い、これ までに活動が確認できていない流星群を検出できるか探ってみる。また、流星速度がどの くらいから地球速度の影響を受けやすいか、放射点はどの程度の広がりを見せるのかとい う検証も必要である。

また、うみへび群についても詳しく調べる必要がある。

1. はじめに

「どこから」というのには2つの意味がある。一つは地球上で観測して「どの方向から飛来するのか」であ り、もう一つは「何を起源とするのか」ということである。もちろん両者には関係があり、起源によって飛来 方向が規定され、逆に飛来方向から起源を推定することも可能である。本稿は流星の飛来方向を分析すること によって、<流星>は何を起源とするのかということに迫る試みである。

2. 流星の飛来方向

1. 卓越する飛来方向

流星の飛来方向としては、(1)地球進行方向(Apex)、 (2)太陽方向(Hellion)、(3)反太陽方向(ANT)、(4)トロイ ダルグループ(Toroidal)の4方向が卓越すると言われ ている。これは 1960 年代に行われたハーバード・ス ミソニアンのレーダー観測によって指摘されたもの である。(4)は Adelaide の南半球からの観測によって 南北両方向に存在することが確認された。

上の図は Harvard の 1961-65 年の観測、下の図は Adelaide の 1960-61、1968-69 年の観測で、図に示す 囲み線は、 $(\lambda-\lambda s,\beta)=(270,0)$ 、 $(\lambda-\lambda s,\beta)=(340,0)$ 、 $(\lambda - \lambda s, \beta) = (200, 0), (\lambda - \lambda s, \beta) = (270, 65), (\lambda - \lambda s, \beta) = (270, -65)$ をそれぞれ中心とする半径 30 度の円である。図法の 関係で歪んで見えるが、それぞれが(1)~(4)の飛来方向 を表している。

電波観測では、主要流星群であっても輻射点は際 立った存在とならず、(1)~(4)への輻射点集中が顕著で ある。

2.2.観測方法と飛来方向

まずは、この4つの飛来方向が他の観測でも確認 Figure 2 Adelaide 1960-61 & 1968-69 できるのか検証しよう。

日本の眼視観測(NMS)では、この4方向への集中は明確ではない。これは Denning、Hoffmeister、AMS 等の 観測でも同様である。基本的に(1)~(4)の飛来方向は眼視観測によっては<散在>と認識されるためと考えられ る。複数の流星の飛跡が輻射点(流星群)の存在を

認識させるために必要である以上、眼視観測におけ る輻射点分布とレーダー観測や写真同時観測におけ る輻射点分布とは区別して考える必要がある。

しかし、実際に NMS で観測された輻射点分布は写 真観測の分布によく似て、両者ともに、主要流星群 の存在が際立っている。これは後で述べるように観 測される流星体の大きさが電波と眼視・写真とでは 異なっていることによる。

その他、ANT における輻射点の集中がともに見ら れ、ANT から Toroidal(N)の西側にかけて弧状に輻射 点密度が高くなる傾向が両者に共通している。

Apex 方向の輻射点は、やや眼視観測の方が多く、 写真観測では集中は明瞭ではない。

CCD や II の観測でも、主要流星群と ANT への輻 射点集中は明瞭である。この他、CCD と II の観測で は、眼視や写真に比べて Apex 方向での輻射点増大が 強く認められる。

総じて、光学観測では、電波観測に比べて、Toroidal 方向における輻射点集中は明瞭ではなく、主要流星 群とANTへの集中が卓越していると言える。4方向

流星物理セミナー2015/2/1 日本流星研究会 小関正広

Figure 1: Harvard 1961-65





Figure 3: Visual observations (NMS)



Figure 4: Photographic observations



Figure 5: CCD observation (2013 SonotaCo)

Figure 6: II observations

3. 彗星と流星

流星は彗星または小惑星に由来すると考えられ、特に彗星が母天体として重要と考えられてきた。前2回の 発表では、非周期彗星、小惑星を取り上げた。本報告では周期彗星を扱うこととする。

JPL Small-Body Database Browser(<u>http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi</u>)からダウンロードした周期彗星のデータによると(昨年4月)、Dead と付されているものも含め、番号は1~297 であるが、分裂した核も含めると365 個の 周期彗星が存在する。これらから、D<0.5 の条件によって74 個の彗星から126 個の輻射点が求められた。



Figure 7: Estimated radiants from periodic comets

ほとんどの輻射点は、輻射点集 中域とされる4つの領域の外側に 位置している。非周期彗星による 輻射点がApex、小惑星による輻射 点がANTとHellionに集中してい るのとは極端な対比をなしている。 さらには、先に取り上げたいずれ の観測手段によっても周期彗星か ら予測される輻射点領域の流星は 多くないことは注目される。

右の図は、予想輻射点の天球上 における単位面積当たりの密度を 最大10に規格化して示したもので ある(ただし、今回は SOHO によ



る太陽をかすめる彗星群を除いている)。横軸は Apex からの離角(ε_A)を表す。3者の違いは明瞭である。少な くとも、我々が見ている「流星」の多くについて、起源を彗星に求めることは妥当でなさそうである。

4. 検討:流星はどこから来るのか、起源はどこにあるのか

4.1. 観測方法による違い

先に見たように、観測方法に よって見える流星の飛来方向は異 なっている。観測方法ごとに第8 図と同様な輻射点分布の密度を周 期彗星、非周期彗星、小惑星によ る予想輻射点と比較してみよう。

右図は、II と CCD(SonotaCo 2013)から得られた輻射点より、群 流星とされているものを除いたく 散在流星>の輻射点分布密度であ る。II と CCD ではほぼ一致した傾 向を示している。Apex 方向が卓越 し、非周期彗星からの予想輻射点 分布に近いことが分かる。

10 8 nonperiodic comets 7 asteroids 6 5 × 4 3 2 60 150

Figure 9: II and CCD observation with the estimates

逆に言えば、Ⅱと CCD では、周期彗星と小惑星を起源とする流星をほとんど捉えていないことになる。 II と CCD では、かなり特性が異なり、II は CCD で捉えることのできない暗い流星が主体である。それにも かかわらず、CCD が II と同様に Apex 方向の流星を多くとらえているのはなぜか。この問題については、次 項(4.2)で取り上げることとする。

次に電波観測を取り上げる。電 波観測の軌道データには、流星群 への帰属は記されておらず、また、 先に述べたように電波観測におけ る流星群の流星数の比重は相対的 に低いので、ここでは全流星の輻 射点分布密度を示している。

II や CCD 同様、Apex 方向の流 星が多く、非周期彗星を起源とす る流星を捕えていることが推察さ れるが、注目すべきは Apex からの 離角が60度付近で密度が最大とな ることである。つまり、Toroidal と呼ばれる領域の流星が圧倒的に

ここで Toroidal は軌道にどのよ うな特徴をもつのか、起源はどこ にあるのか簡単に考察しておこう。

右図は、6つの流星群について 他の軌道要素は変化させず、軌道 傾斜角のみ360度回転させると輻 射点がどのように変化するのか示 したものである。

Toroidal 領域にまで輻射点が移 動するのは、ジャコビニ群、ペル セウス群、κ-はくちょう群である。 昼間おひつじ群、おうし南群、オ リオン群は比較的狭い範囲にとど まる。後者は軌道傾斜角が±90度



Figure 10: Havard 1961-65 with the estimates 多いという点である。しかし、第10図から分かるように Toroidal に直接結びつく天体は存在しない。



Figure 11: RP drifts by the orbital inclination

前後になっても、輻射点の黄緯が±90度に近づくことはない、前者は軌道傾斜角が±90度に近い場合には Toroidal の領域にまで移動する。

前者と後者との違いは、近日点引数にある。つまり、近日点の近傍で地球軌道に交差するか否かである。 Toroidalの流星は近日点・遠日点が地球軌道付近にある、軌道傾斜角が大きい流星体なのである。起源は周期・ 非周期彗星の(または単独で飛来する)流星物質の軌道が何らかの原因で変化したものと推定される。

最後に写真流星について考えてみよう。 ◇でしめしたものが、群流星を除いた流 星全体の分布である。ほぼ、非周期彗星 と小惑星のところにピークが一致してい ることが分かる。つまり、写真観測は、 2つの起源をもつ2種類の流星を捕えて いると考えられる。

ここで、質量が求められているものか ら質量が1g以上の写真流星に限定して、 改めて第13図に輻射点分布を示す。

第4図と比較すれば、Apex 方向の流星 が大幅に減少している様子が分かる。こ の点については、CCD がなぜ、Apex 方向 の流星を多数記録しているのかという問 題と合わせ、次項で検討する。

第12図に質量が1g以上の写真流星の分布を■で 示した。質量が1g以上の流星はほぼ完全に小惑星に よる輻射点分布と一致している。写真流星のうち、 Apex 方向から来るものは、ほぼ質量の小さいものに 限られ、質量の大きいものがANT(正確にはANTの 中心より西側)領域からやって来ているのである。 前回の発表で「隕石の起源は小惑星と考えられる」 と結論付けたが、同様に写真流星の半分はマイクロ 隕石で小惑星と同一起源と見てよいであろう。



Figure 12: Photographic meteors with the estimates



Figure 13: Photographic meteors (mass>=1g)

<u>4.2.周期彗星を起源とする流星はなぜ少ないのか</u> 彗星から予想される輻射点について、地心速度の分布を以下に示す。

Vg	0~5	5~10	10~15	15~20	20~25	25~30	30~35	35~40	40~45	45~50	50~55	55~60	60~65	65~70	70~
Ν	0	5	47	34	17	7	4	2	1	2	1	1	0	3	2

輻射点が地球進行の背面方向に多いことから推測されるように、地心速度 20km/s 未満が 86/126=68%と圧倒 的多数である。小惑星や非周期彗星に比べて周期彗星の数が少ないだけでなく、地心速度が小さいということ により、観測される流星数が少なくなると考えられる。

流星が観測・記録されるには一定程度の光度が必要であるが、この光度に流星体の質量だけでなく、速度が 大きく影響している。先に NMS 同報でも取り上げられたが、スーパーシュミットにより撮影され、詳しく測 定された 413 個の流星から高度と質量等の関係を表す式として Jacchia は次の式を求めている。

 $M_{\rm max} = 55.34 - 8.75 \log v_{\infty} - 2.25 \log M_{\infty} - 1.5 \log \cos Z_R$

類似の式は様々な研究者によって報告されている が、以下ではこの式を用いて考察する。

lgの質量をもつ流星体が様々な対地速度と天頂離角(輻射点高度ではないことに注意)で大気に突入するとどのような明るさの流星になるかをグラフ化すると右図のようになる。

地心速度 v_s と大気圏外速度 v_∞ には次のような関係がある。

 $v_{\infty} \approx \sqrt{v_g^2 + 125}$

 v_g =15のとき、 v_∞ =18.7であるから、周期彗星からの流星の大多数は右図のv=20の線にあてはまる。 v=20とv=70の場合を比べると、実に4.76等級の差



Figure 14: Magnitude change with velocity and Z_R

になる。また、Jacchiaの式で質量を 0.1(g)に変えて考えたとしても、この差に変化はない。 $\Delta M_{\rm max} = 8.75 \times (\log 70 - \log 20) \approx 4.76$

さらに、彗星からの予想輻射点が地球進行の背面(背点)、つまり、日没時の天頂方向であり、夜間の観測 では輻射点の天頂離角が大きくなる(第14図で右側)ことを考慮すればこの差は一層大きくなると推定でき る。v=70となるのは交点方向からの流星であり、夜半過ぎから夜明け前の観測時間では背点の場合より輻射 点の天頂離角が小さいと考えられるからである。従って、以下の考察で向点方向の流星と背点方向の流星では、 同じ質量でも4.76等級の光度差があるとみなす。

この光度差は観測し得る流星体の質量に大きく影響する。この4.76 等級の差が流星体の質量だけによってもたらされるとすると、

 $\Delta M_{\max} = 2.25 \log \Delta m_{\infty} = 4.76$ から、 $\Delta m_{\infty} = 10^{4.76/2.25} \approx 130$ 、 つまり 2 桁以 上の質量比になる。この関係をグラフ化したものが右図である。通常の 光学的観測(写真・CCD)では、v=20の群は0.1(g)の流星体までしか捉 えられないのに、v=70の群では0.001(g)或いはそれ以下の流星体まで捉 えているということになる。

次にこのような違いが観測され得る流星数にどれだけの影響を及ぼ すのか考察しよう。m 等級の流星数 N は m₀等における流星数を N₀、光 度比をrとすると次のように表せる。

 $N = N_0 \cdot r^{(m-m_0)}$

ここで、仮に $m_0=0$ 、 $N_0=1$ と置く。r=2.5とすると、これはよく見ら れる流星群の活動状況を表していることになる。Kresakovaの視認率を Figure 15: Mass-magnitude relation 最微等星=6.5 として適用した場合には次の表に示した流星が出現して



いること	とを仮定	したこと	とに相当	すること	:が分か	る。以下	「で用い	る Z _R =0	と考えれ	ιば、Ζ	HR=11.0	に相当	する。
等級	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6 合	計	
流星数	0.0	0.1	0.2	0.4	1.0	2.5	6.3	15.6	39.1	97.7	244.1		
視認率	0.95	0.87	0.73	0.57	0.48	0.42	0.343	0.232	0.064	0.008	7E-05		
観測数	0.02	0.06	0.12	0.23	0.48	1.05	2.14	3.63	2.50	0.78	0.02	11.0	

 $m_0=0, N_0=1$ という設定を v=20と v=70にあてはめると、 $m_0=0$ となる流星体の質量はそれぞれ、0.488g、0.004g であり、v=20 に比べて v=70 では、小さい流星体の個数を1個と考えていることになる。

先ほどの式の対数をとると、

 $\log N = m \log r$

一方、Jacchia の式で質量以外の項を定数項として C で表すと、

 $M_{\rm max} = C - 2.25 \log M_{\infty}$

この M_{max}に流星の等級と流星数の関係を代入して整理する。 $\log N = (C - 2.25 \log M_{\odot}) \log r$

これにより、異なる対地速度の群について、同じ光度で同数の流星 数を観測するときに、流星体の質量にどのような違いがあるのかが分 かる。この関係を v=20、r=2.5、M_∞=1(g)、Z_R=0 の場合で v=70、r=2.5、 $M_{\infty}=1(g), Z_{R}=0$ の場合と比較したものが右図である。このようにvだけ が異なる条件で、流星体数の比は次式から約78倍ということになる。

 $\log \frac{N_{\nu=20}}{N} = -8.75 \times (\log 20 - \log 70) \times \log 2.5 = 1.894$ $N_{v=70}$

つまり、右図で2つのグラフの差は v=20 と v=70 の流星群について 同じ光度ではなく、同じ質量の流星数の比を表している。

前述の表が ZHR を表していると考えれば、これらの直線を任意の範 囲で積分し、観測視野面積、観測時間(3600秒)、大気圏外速度で割るこ とにより、任意の等級に相当する流星体の空間密度を求めることがで きる。観測視野面積を仮に 5000km²とすると、1g以上の流星体の空間



密度は v=20の群で 3.75×10-9(個/km³)、v=70の群で 1.37×10⁻¹¹(個/km³)となる。つまり、同数の流星を観測する とき、空間密度で約274倍の違い(大気圏外速度が異なるので、その比が差を増大して78の3.5倍になる) があることを意味する。言い換えると、同じ空間密度であれば、観測流星数には約274倍に違いを生じること になるのである。これが光学観測(特に CCD)で Apex 方向の流星が卓越する理由である。

電波観測においては、Apex 方向の流星も光学観測に比べて少なくなる理由がある。大気圏に高速で突入す る Apex 方向の流星は発光点高度が高くなる。これは、光学観測では何の障害にもならないが、電離層という 電波を反射する存在により、それ以上の高度における流星からの反射波を観測できなくなるのである。つまり、 電離層によって、高速の流星は一部が遮蔽されてしまい、電波観測では光学観測より流星数が少なくなるという宿命的な問題が存在している。

5. まとめ

流星体が流星として観測されるには、発光(プラズマ生成)がなされなければならない。これには対地速度 が大きいものほど有利である。非周期彗星の多くは逆行軌道をもち、それを起源とする(或いは彗星雲からやっ てくる)流星体は Apex 方向から地球大気に突入する。従って、それらの対地速度は大きくなり、小さな流星 体でも十分観測し得る明るさとなる。小惑星を起源とする(或いは小惑星帯からやってくる)流星体は ANT 方向から大気に突入する。この場合には、Apex 方向より突入速度は小さくなるが、大きな粒子が多いことが 想定され、多数の流星が観察される。周期彗星を起源とする流星体(或いはそれらの末裔)は Antapex 方向か ら突入することになり、速度は小さくなる。従って、これらが流星として観測されるのは、よほど空間密度が 高い場合に限られるのである。彗星を直接の起源とする流星が見られるのは彗星核から放出されて時間が経過 していないか、摂動の影響が小さく空間密度が極めて高い一部の流星群の場合に限られるのである。

最初に示した、4つの飛来方向は電波で観測されるものであり、光学観測される流星のかなりの部分は、 Apex 方向からの微小流星体、そして、ANT 方向からの小惑星と起源をともにする比較的大きな流星体なので ある。彗星を起源とするものは、むしろ特殊な場合と考えていいだろう。

6. 補足:主として П.Б.Бабаджанов, «Метеоры и их наблюдение» による 流星体の大気中での運動

$$M \frac{dv}{dt} = -\Gamma S \rho v^2 \qquad F = ma = S \rho v \times (-\Gamma v)$$

M;流星体の質量、v;流星体の速さ、Γ;流星体の正面抵抗係数、S;流星体の断面積、ρ,大気密度 流星体によって、排除される大気の単位時間当たりの運動エネルギー

$$K = \frac{1}{2}S\rho v^{3} \qquad K = \frac{1}{2}mv^{2} = \frac{1}{2}S\rho v \times v^{2}$$
$$\frac{dM}{dt} = -\frac{\Lambda}{2Q}S\rho v^{3} \quad \frac{dM}{dt} = -\frac{\Lambda}{Q}K$$

 Λ ;熱伝導係数(運動エネルギーが流星体に伝えられる割合)、Q;蒸発熱(石質でも鉄でもほぼ 8×10^{3} [J/g])

$$I = -\tau \frac{dM}{dt} \frac{v}{2} \qquad I = -\tau \times \frac{1}{2} \Delta m v^2$$

τ,流星体の運動エネルギー(減少)が光エネルギーに変換される割合

Öpik は肉眼の波長(4500-5700Å)による感度曲線、恒星の光度と太陽光度との比較、太陽の可視光域の放射を 検討して、次の関係を導いている。

 $m = 24.3 - 2.5 \log I$

これら様々な仮定を用い、さらに数値を想定することによってババジャノフは次式を導いている。

$$I_{\max} = \frac{2\tau}{9H^*} M_{\infty} v_{\infty}^3 \cos Z_R$$

$$\tau = 5.25 \times 10^{-10} v \qquad (m < 0)$$

m>=0の場合、

$$\tau = \frac{2 \times 10^3}{v} >= 17 (\text{km/s})$$

τ=6.8×10⁻¹⁰ν 10≤ν<17(km/s) H*=5.64(km) (標準大気の密度を流星の出現領域 H=90(km)で指数近似するための定数)

これらを組み合わせて、ババジャノフは明るい流星について、

 $M_{\rm max} = 63.50 - 10 \log v_{\infty} - 2.5 \log M_{\infty} - 2.5 \log \cos Z_R$

また、暗い流星について、

 $M_{\rm max} = 32.0 - 5.0 \log v_{\infty} - 2.5 \log M_{\infty} - 2.5 \log \cos Z_R$

と理論的に導いている。しかし、実際にソビエトにおける 300 個の明るい写真流星からは、

 $M_{\rm max} = 49.7 - 8.0 \log v_{\infty} - 2.0 \log M_{\infty} - 1.5 \log \cos Z_R$

本文中で引用した Jacchia の式も観測値から求められたものである。

 $M_{\rm max} = 55.34 - 8.75 \log v_{\infty} - 2.25 \log M_{\infty} - 1.5 \log \cos Z_R$

<u>理論値には仮定が多く、また、観測値については使用した観測手段、流星に差があるので、これらの式はどの ような観測方法についても厳密にあてはまるわけではない。桁数のレベルで扱う(使用する)ことが適切と言 える。</u>

ANT, Apex, Toroidal ——観測方法による捕捉率の違いと見え方の違い

2015 July 5 流星物理セミナー

日本流星研究会 小関正広

要旨:筆者は、繰り返し、観測方法によって流星・流星群の見え方が異なることを示してきた。観測方法によっ て流星の速度による捕捉率に大きな差があり、写真観測は ANT、CCD 観測は Apex、電波観測は Toroidal を得 意分野とすることを示した。





(Kasheev, 1967)。これを第1図の電波観測と比べると

非常に似通っていることが分かる。Taylor と

Figure 1: 観測方法による速度分布の違い

Elford(1998)もハーバードの電波観測から得られた流星体の空間分布には大きな偏りがあることを示している。 基本的には電波観測では高速の流星の捕捉率が極めて低いのである。

第1図から光学観測の捕捉率にも違いがあると推 ¹⁰ 定される。第3図は第1図の写真とCCDによる流星 [,] 数の比(*N_{CCD}/N_{photo})をグラフ化したものである(図中 ⁸* の●)。明らかに速度との相関がみられるので、二次 ⁷ 回帰を求め実線で示した。McKinley(1961)によると写 ⁶ 真観測の効率は次式で示される。 ⁵

$$E = k \frac{a^2 A_s}{(1+x)f^n}$$

kはレンズの質によって決まる定数、aはレンズの 口径、Asは写野面積、xは回転シャッターの開閉比、 fはレンズの焦点距離、nはほぼ1として良いだろう が、2に近い場合もあり得るとしている。この式を第 3図に合わせて変形すると次式が求められる。

$$E_{CCD} = k \frac{A_s}{(1+x) fF^2} \qquad \qquad E_{photo} = k' \frac{A_s}{(1+x)V_a^2 fF^2}$$



$$A_{s}$$

CCD について、*f*=6mm, *F*(=*f*/*a*)=0.8, *A_s*=56×43 度、写真について *f*=50mm, *F*=1.4, *A_s*=24×36 度として *E_{CCD}/E_{photo}*の比を第3図に+で示した。なお、*k*'=28.4 とすれば、*V_g*=50 で *E_{photo}*=0.1、*k*=1.59×10⁻³ で *E_{CCD}*=1 となる。

このように、電波、光学観測を問わず、捕捉率は流星の速度に大きく依存していると考えられる。そこで第 1図の速度分布が捕捉率によって生じた見かけの違いであると近似して捕捉率を求めると第1表が得られる。

第1表:第1図の速度分布で最大値によって、各速度の流星数を除した数値。捕捉率を示す。

Vg	2.5	7.5	12.5	17.5	22.5	27.5	32.5	37.5	42.5	47.5	52.5	57.5	62.5	67.5	72.5	77.5
photo	0.067	0.431	0.876	1.000	0.916	0.745	0.567	0.361	0.369	0.173	0.223	0.431	0.438	0.431	0.097	0.010
HAR6165	0.000	0.000	0.045	0.167	0.448	0.800	1.000	0.848	0.485	0.237	0.212	0.227	0.168	0.067	0.012	0.002
SonotaCo	0.001	0.089	0.180	0.223	0.226	0.235	0.219	0.273	0.293	0.183	0.275	0.517	0.830	1.000	0.224	0.008
II	0.076	0.290	0.449	0.666	0.737	0.700	0.456	0.434	0.307	0.234	0.407	0.759	1.000	0.922	0.332	0.002

第4図 a は地球向点からの離角 ϵ_A による輻射点密度を示したものであるが、観測方法によって分布に大きな 違いが見られる。観測法によって捉えられる<流星>が異なることは当然であるが、その違いを補正して本来 の分布を考察するには補正が不可欠である。第4図 b はこれを速度による捕捉率で補正したものである。補正 によって、Apex が分布の中心であることが明確になり、さらに ϵ_A =60~70度に共通して副次的な極大が見られ る。これは Toroidal と ANT が合成されたものと考えられる。全体として輻射点密度の変化が共通して表され、 この補正が近似的には十分有効であることが分かる。





2. 1 Apex

第4図a、bで示したように地球向点方向に輻射 点が集中していることは明確であり、眼視観測でも 明け方に流星数が増大する現象として知られていた。 第4図a、bでは最大値が10になるよう規格化して 示しているが、第5図 a ~ c は Apex;(λ - λ s, β)=(270,0), Toroidal;(λ - λ s, β)=(270,65), ANT; (λ - λ s, β)=(200,0) β · β の距離に応じて輻射点の分布密度がそれぞれの観測 における輻射点の平均分布密度の何倍であるかを示 したものである。これらの図では前節で提唱した< 速度による捕捉率>を適用した推算輻射点密度を用 いている。第4図bでは、各観測方法で輻射点の分 布密度はApexからの離角 & によって似た変化を見せ ているように見えるが、第5図aから観測方法に よって見え方にかなりの違いがあることが分かる。 Apex 方向からの流星を一番多くとらえているのが電 波観測であり、輻射点の平均分布密度の約 6 倍程度 であるのに対して、写真観測ではそのおよそ半分の3 倍に過ぎないことが示される。Apex 方向からの流星 は暗い(小さい)ものが主体であることが示唆され る。

2. 2 Toroidal

まず、'Toroidal'の原義について述べておく必要が ある。NMS 同報で指摘したように(nms 31882)、最初 にこの単語を用いたのは Hawkins(1963)で、本稿で用 いている Harvard-Smithsonian の電波観測から離心率 が小さく、軌道傾斜角の大きな流星体が検出され、 流星体があたかも太陽を中心としたドーナツ状に分 布し「軌道が空間で環状体(円環体)=トロイドを 形成している。」ことから命名された。第6回に示す トロイダル・コアを参照されたい。つまり、'Toroidal source'とは流星体の軌道分布を指し、原義からする と輻射点の領域のことではない。第7図 a は 1961-65



Figure 6: トロイダル・コア



Figure 5c: 輻射点分布密度(平均値との比、ANT) 年の Harvard-Smithsonian の電波観測で(λ-λs,β)=(270,65) から 30 度以内に輻射点を持つ流星の軌道半長径の分布 を移動平均で示したものである。1au 付近に明瞭な極大 を持つことが分かる。このような流星体の軌道分布 が'Toroidal'の意味するものである。第7図 a は速度によ る補正を施していないので、実際の流星体分布はこれと

100

120

140

160

20

40

60

かなり異なるものになり、軌道半長径の大きいもの が多くなる。このことから現在では、'Toroidal source' が輻射点の領域を指すように転用して用いられるこ とが多い。ただし、Campbell-Brown(2008)が CMOR のデータに対して補正した軌道半長径分布を示して いるが、1au付近に極大があることに変化はない。な お、補正した観測速度分布も示されているが、本稿 で用いている速度による捕捉率で補正した速度分布 と極めて類似している(煩雑になるので速度による 補正をした分布は省略する)。

しかし、第7図bに示すように、写真観測でも (λ-λs,β)=(270,65)から 30 度以内に輻射点を持つ流星 の軌道半長径の分布で lau 付近に極大が現れる。写 真観測では、Southworth と Hawkins(1963)によっ て'Cyclids'という存在が指摘されている。'Cyclids'は もともと、軌道傾斜角の小さいグループであるが、 写真流星で e<0.15 のものの輻射点分布を調べると第 8図 a のように、'Toroidal'領域に輻射点を持つもの が目立つ。'Cvclids'は'Toroid'の一部を捕えたものと も言えるだろう。第5図bからも写真観測で電波観 測と同程度の強度で'Toroidal'が捉えられていること が分かる。第5図bからIIとCCDの観測では、それ ほど Toroidal 領域の輻射点密度が高いようには見え ない。しかし、第7図cと第7図dを比較するとⅡ では 1au 付近で流星数の増加が見られるが、CCD で は全く認められない。

ここで改めて電波観測と CCD 観測がもつ捕捉率の 速度依存性を考えてみよう。次の表は $\lambda s=270$ 度の経 線に沿って Toroidal 領域を $\beta=35$ から 10度毎に軌道半 長径 a によって対地速度 V_s がどのように変化するの かを示したものである。なお、 $\beta=95$ は(λs , β)=(90,85) を意味し、電波観測に合わせて a=1.5 とa=2.0、また CCD 観測に合わせて a=2.5 とa=3.5を選んでいる。

第2表:軌道半長径、輻射点の黄緯と推定される流星の対地速度

β	35	45	55	6
Vg:a=1.0	48.8	42.1	34.2	2
Vg:a=1.5	54.2	48.3	41.3	3
Vg:a=2.5	58.0	52.3	45.8	3
Vg:a=3.5	59.4	53.9	47.5	4

第8図b、cに電波観測とCCD観測による輻射点 分布を示す。電波観測ではToroidal 領域の中心は (λ s, β)=(270,65)であるが、CCD観測では分布の中心が Apex 領域に接した(β が小さい)側に偏っている。 この違いは捕捉率の速度依存性によって説明される。 それぞれの観測における分布の中心は、上の表から それぞれの得意とする速度範囲に当たっていること が分かる。

この「CCD 観測では分布の中心が Apex 領域に接 した (β が小さい) 側に偏っている」ことは、捕捉率 の速度依存性を示すと同時に、Toroidal の起源を考え るうえで示唆的である。このことは次節で扱うことにする。

2. 3 ANT

第5図 c に第5図 a、 b 同様、ANT を中心とした輻射点の分布密度が輻射点の平均分布密度の何倍である かを示した。電波観測を除き、光学観測では3つの輻射領域のうち ANT が最も活発であることが分かる。Apex、





Figure 8c: CCD 観測による散在流星の輻射点分布(SonotaCo2013) Toroidal がほぼ同程度の密度であるのに対して、2倍程度という歴然とした差を示している。



Figure 9a: 彗星・小惑星からの予想輻射点分布

Figure 9b: 輻射点の分布領域

第5図は速度による捕捉率の補正をしたものであり、電波観測は質量の小さい流星体を捉えていると考えられるので、この違いは ANT の光度比が Apex や Toroidal に比べて小さいことを示唆していると推定される。

3. 流星の起源に対する小考察

MSSでは非周期彗星、小惑星、周期彗星の輻射 点分布について触れたが、第9図aに地球向点から の離角 $\epsilon_A \ge V_g$ の関係を3つのグループに分けて示す。 同図bは3つのグループの存在する領域を模式的に 表している。3つのグループがきちんとすみ分けて いる様子が確認できる。ここで注目されるのは(ϵ_A , V_g)=(54,52)と原点を結ぶ線に小惑星からの輻射点分 布の限界があることである。

第10図は同様にIIの観測について $\epsilon_A \ge V_g$ の関係 δ_0 を示したものであるが、第9図a、bと極めて似た **Figure 1** 分布であることが分かる。先ほど注目した(ϵ_A, V_g)=(54, 52)と原点を結ぶ線に分布の境界線が明瞭にみられる。ここでは 省略するが、この境界線は電波、写真、CCD のいずれでも明ら

かである。第8図b、cにおいて Apex 領域を取り巻くように 分布している輻射点が希薄な領域に該当する。 境界線で区切られた2つの領域について、CCD による観測を

見外線で区切られた22500頃頃について、CCDによる観測を 元に物理的性質に違いがあるのか検討する。以下では破線より 左側を領域 c (cometary)、右側を領域 a (asteroidal)と呼ぶことに する。CCD 観測で得られた流星を破線で2分してそれぞれの光 度分布を図示したものが第11図である。光度が大きくなるに つれて捕捉率は低下するので、グラフの直線部分(領域 c では $m=-6\sim-2$ 、領域 a では $m=-4.5\sim-1.5$)を用いて最小二乗法で直線 の傾きを求めると、領域 c について r=4.09、領域 a で r=2.95 が 得られる。直線部分を用いるという限定的な結果ではあるが、 領域 c の流星は暗い流星に富み、領域 a の流星は明るい流星に 富んでいると考えられる。領域 c の流星が彗星に起源をもち、 領域 a の流星が小惑星と共通の起源をもつという仮説と矛盾 しない。

次に領域 a と領域 c の発光・消滅点を比較する。対地速度に よって発光・消滅点は変化するので、ともに 50 × vg < 60 の流星 のみを対象として発光・消滅点の高度を流星の光度の分布図か ら最小二乗法によって得られた結果をグラフ化したものが第 12図である。発光点、消滅点ともに領域 c の流星の方が高い ことが分かる。これは、領域 c の流星体が領域 a の流星体に比 べて脆いことを示唆していると考えられ、これも領域 c の流星 が彗星に起源をもち、領域 a の流星が小惑星と共通の起源をも っことを示唆している。







第13図a、bに2つの領域に分けた輻射点分布を示すが、地球向点からの離角 & で区切っているから当然 ながら、先に述べた「第8図b、cにおいて Apex 領域を取り巻くように分布している輻射点が希薄な領域」



 Figure 13a:領域 c の流星の輻射点分布(CCD)
 Figure 13b:領域 a の流星の輻射点分布(CCD)

 が起源的なものによることが推察される。これに対し、Campbell-Brown(2008)は Apex 領域の逆行軌道をもつ
 流星体と希薄領域の外側の惑星間塵との衝突破砕によって失われるためとしている。

また、領域 a と b の流星が Toroidal 領域において接触している点は興味深い。Pokorný 他(2014)はハレー彗 星タイプ(長周期彗星)を起源と考えているが、Campbell-Brown と Wiegert(2009)は、Toroidal 領域において 12 の活動を区別している。まず、いわゆるトロイダルを構成する要素として、Toroidal, Toroidal A, Toroidal B, Toroidal C、さらにそれに付随するものとして, Helion Arc, Antihelion Arc を挙げている。後の二者はトロイダル から Helion、ANT に伸びる輻射点領域である。また、トロイダル領域で活動する流星群として、Quadrantids, Psi Cassiopeids, Alpha Lacertids, Theta Coronae Borealids, lambda Bootids, xi Coronae Borealids の6群を示している。

さらには近傍に、こと群、こぐま群も見られている。 このように、トロイダルと言っても単純に一つの 起源を想定することは無理があろう。Campbell-Brown (2008)は希薄領域が Apex から55度に位置する としているが、これはトロイダル領域に重なる。彼 のように希薄領域が惑星間塵との衝突により生じる のであれば、トロイダル領域の流星体の一部は長周 期彗星(逆行軌道)から、他は惑星間塵(小惑星帯) から来たものと考えるのが自然であろう。先に CCD 観測では Toroidal 領域の下側に輻射点が多く、軌道半 長径も 3au 程度のものが多いことを指摘した。これは CCD 観測ではハレー彗星型からの移行期にある流星 体を捕えていると考えられるであろう。



Figure 14: 軌道傾斜角を5度ずつ変化させた輻射点

蛇足になるが、前回の MSS で示した輻射点変化を5度の刻みで第14図に示す。見かけ上、Apex や Toroidal 領域では輻射点の分布密度が高くなることが明らかである。

4. まとめ

流星観測は方法によって非常に大きな特性の違いがある。第1図に示した速度分布が捕捉率そのものを表しているという極めて単純な補正法がかなり有効であることが分かった。

また、観測結果そのものからみると、ANT は写真観測、Toroidal は電波観測、Apex は CCD 観測で顕著であるが、速度分布による補正を施すと、その差はかなり縮小する。ANT と Apex が目立ち、Toroidal は一歩退くというのは、眼視観測以来の知見によく一致していると思われる(第3表参照)。

第3表:輻射点の平均分布密度に対する比。それぞれの領域の最大値を示す。右側は速度補正を施した。

Apex; $(\lambda - \lambda s, \beta) = (270, 0)$,	Toroidal; $(\lambda - \lambda s, \beta) = (270, 65)$, AN	Γ ; (λ-λs,β)=(200,0)

Observe	a				Corrected						
Photo	Radar	CCD	II	Average	Photo	Radar	CCD	II	Average		
9.4	12.5	32.0	30.0	21.0	15.0	32.1	17.6	23.7	22.1		
15.3	30.7	14.7	9.9	17.7	20.2	20.3	17.5	12.8	17.7		
30.0	19.1	16.8	29.4	23.8	25.7	11.6	23.7	28.5	22.4		
	Photo 9.4 15.3 30.0	Photo Radar 9.4 12.5 15.3 30.7 30.0 19.1	Photo Radar CCD 9.4 12.5 32.0 15.3 30.7 14.7 30.0 19.1 16.8	Photo Radar CCD II 9.4 12.5 32.0 30.0 15.3 30.7 14.7 9.9 30.0 19.1 16.8 29.4	Photo Radar CCD II Average 9.4 12.5 32.0 30.0 21.0 15.3 30.7 14.7 9.9 17.7 30.0 19.1 16.8 29.4 23.8	Photo Radar CCD II Average Photo 9.4 12.5 32.0 30.0 21.0 15.0 15.3 30.7 14.7 9.9 17.7 20.2 30.0 19.1 16.8 29.4 23.8 25.7	Photo Radar CCD II Average Photo Radar 9.4 12.5 32.0 30.0 21.0 15.0 32.1 15.3 30.7 14.7 9.9 17.7 20.2 20.3 30.0 19.1 16.8 29.4 23.8 25.7 11.6	Photo Radar CCD II Average Photo Radar CCD 9.4 12.5 32.0 30.0 21.0 15.0 32.1 17.6 15.3 30.7 14.7 9.9 17.7 20.2 20.3 17.5 30.0 19.1 16.8 29.4 23.8 25.7 11.6 23.7	Photo Radar CCD II Average Photo Radar CCD II 9.4 12.5 32.0 30.0 21.0 15.0 32.1 17.6 23.7 15.3 30.7 14.7 9.9 17.7 20.2 20.3 17.5 12.8 30.0 19.1 16.8 29.4 23.8 25.7 11.6 23.7 28.5		

参考文献

McKinley, D.W.R., 1961, 'Meteor Science and Engineering', p.56, McGraw-Hill.

B.L.Kasheev, V.N.Lebedinets, M.F.Lagutin, 1967, "Meteoric phenomena in the Earth's atmosphere", <Investigations meteor No.2>, «Nauka», p.84.

A. D. Taylor, and W. G. Elford, 1998, 'Meteoroid orbital element distributions at 1 AU deduced from the Harvard Radio Meteor Project observations', Earth Planets Space, 50, 569–575.

G.S.Hawkins, "The Harvard Radio Meteor Project", Smithsonian Contr. Astrophys, 7(1963), 53-62.

Southworth R.B. and Hawkins G.S. (1963). 'Statistics of Meteor Streams', Smithsonian Contributions to Astrophysics, 7, 261-285.

M.D. Campbell-Brown, 2008, 'High resolution radiant distribution and orbits of sporadic radar meteoroids', Icarus 196, 144–163.

M. Campbell-Brown and P. Wiegert, 2009, 'Seasonal variations in the north toroidal sporadic meteor source', Meteoritics & Planetary Science 44, Nr 12, 1837–1848.

Petr Pokorný, David Vokrouhlický, David Nesvorný, Margaret Campbell-Brown, and Peter Brown, 2014, 'Dynamical Model for the Toroidal Sporadic Meteors', The Astrophysical Journal, 789:25 (20pp).

MSS-141 輻射点

ペルセウス群輻射点拡大撮影

重野好彦

- 撮影日時 過去の観測結果: 2006年8月13/14日 00:00 ~ 04:10 (JST) 2008年8月11/12日 00:00 ~ 03:32 (JST) 12/13日 00:30 ~ 04:00 (JST)
- 観測地 新潟八海山
- 撮影機材 IIによる動画像(DV-AVI)撮影 高橋P型+ビクセンモードラ自動ガイド レンズ170mmF2.4(写野: 6.0度× 4.5度) 50mmF1.4(写野:20 度×15 度)
- 撮影方向 ペルセウス座流星群輻射点



		(JST)	(現地標準時)	光度分布	2	3	4	5	6	7	(等)
撮影日時	2015年8月11/12日	17:48 ~ 20:58	00:48~03:58		0	0	1	1	4	1	(個)
	12/13日	14:40~21:00	21:40~04:00		1	0	1	5	2	0	(個)

観測地 Yosemite付近 CA

撮影機材 Nikon D4 ISO:10万 1920×1080 30fps動画 1/125secシャッター 恒星最微等級8.6等 高橋 P型+ビクセンモードラ自動ガイド レンズ135mmF2 クロップ(トリミング2.7倍)(写野:5.9度×3.2度)





IAUの確定群(流星会議発表の詳細・拡大版)

第141回流星物理セミナー 2015/10/4

日本流星研究会 小関正広

1. はじめに

3年ごとに開催される IAU 総会に合わせて「確定群」が拡張されてきたが、IAU-MDC から 8 月 15 日に新 しい版が公表された。概要は 8 月 22-23 日の流星会議で紹介したが、公表からの時間がなかったので、一部に ついてしか触れることができなかった。今回の発表は流星会議での発表を発展させ、「確定群」で問題がある もの個々について検討したものである。なお、その後 Aug.25 版が出ているので、一部それを利用した。

2. データ間の D_{SH}

「確定群」の多くでは、複数の観測データが登録されている。まず、それらのデータ間の Southworth-Hawkins によるD判定(*D*_{SH})を求めることにより、同一群の観測でどの程度の違いが見られるか、また、どの程度がD 判定での目安になるのか見ていくことにしよう。

表 1:やぎ群で登録されているデータ間の D_{SH}

	1CAP0	1CAP1	1CAP2	1CAP3	1CAP4	1CAP5	1CAP6
1CAP1	0.054						
1CAP2	0.058	<u>0.072</u>					
1CAP3	0.023	0.046	0.071				
1CAP4	0.020	0.040	0.067	0.010			
1CAP5	0.050	0.058	0.023	0.060	0.055		
1CAP6	0.020	0.040	0.067	0.010	<u>0.000</u>	0.055	
1CAP7	0.064	0.056	0.048	0.068	0.063	0.054	0.063

やぎ群(IAU-No.1、略号 CAP)に は合計 8 つの観測データが 0~7 の 番号が付加されて登録されており、 表1はそれらの間の D_{SH}を示した ものである。

注目されるのは、1CAP4-1CAP6 の間で $D_{SH}=0$ となっていることで ある。これは両者の軌道が完全に 一致していることを意味している。

1CAP-6の SonotaCo ネットによる

データは wgn 誌上で発表されておらず、本来は空欄(以下では指摘しない限り、SonotaCo ネットのように軌道が掲載されていないものについては、筆者が輻射点と地心速度から計算した軌道を用いている)であるべきであるが、1CAP-4(Jopek et al., 2003)のデータによって(誤って)埋められたために生じた現象である。

 D_{SH} が最大となっているのは、1CAP1-1CAP2 の組み合わせで D_{SH} =0.072 である。これは、同一群と判定する値としては妥当な値と考えられる。ただし、やぎ群に登録されている軌道がよく集中していることは、黄道型群の中で例外的なことなのである。

表 2:ふたご群の D_{SH}

表 2:四分儀群の D_{SH}

	4GEM0	4GEM1	4GEM2	4GEM3		10QUA0	10QUA1	10QUA2	10QUA3
4GEM1	0.009				10QUA	0.017			
4GEM2	0.009	0.012			10QUA	2 0.066	0.070		
4GEM3	0.019	0.019	0.021		10QUA	3 0.078	0.066	0.124	
4GEM4	0.015	0.008	0.015	0.018	10QUA	4 0.053	0.050	0.028	0.099

他の群をいくつか見ていくことにしよう。表2にふたご群の場合を示す。最大でも*D*_{SH}<0.021と極めてよく 一致している。しかし、これほど一致している群は例外と言ってよい。四分儀群(表3)も豊富な出現でよく 観測されているが、最大で*D*_{SH}=0.124となっている。表4にみずがめδ南群の*D*_{SH}を示すが、*D*_{SH}=0.15を越え

表 4:みずがめδ南群の D_{SH}

	5SDA0	5SDA1	5SDA2	5SDA3	5SDA4	5SDA5	5SDA6
5SDA1	0.092						
5SDA2	0.071	0.119					
5SDA3	0.075	0.090	0.036				
5SDA4	0.121	0.055	0.126	0.095			
5SDA5	0.041	0.082	0.041	0.034	0.099		
5SDA6	0.096	0.027	0.107	0.075	0.036	0.075	
5SDA7	0.087	<u>0.155</u>	0.048	0.082	<u>0.163</u>	0.076	0.147

るものは一部である。出現が豊富 で、周囲の群や散在流星との分離 が容易なものについてはD_{SH}<0.15 がほぼ妥当な判別基準になる。こ こでは表1~4のような対照表を 省略するが、こと群やオリオン群 もこの基準を満たしている。

IAU の流星群番号で 31 以下の ものは Harvard の写真観測で使わ れたもので、写真観測だけでなく、

眼視観測でもよく知られたものである。「確定群」はこの中に 24 群あり、これらについての最小値・最大値を 比べてみよう。

表5で最大値が空欄(---)となっている11EVI、18AND、23EGE、27KSE は掲載されているデータが2つしかないため、その2つのデータによる D_{SH} の組を最小値の欄に示している。表5に D_{SH} >0.2 となるものがいくつかあるが、「出現が豊富で、周囲の群や散在流星との分離が容易なものについては D_{SH} <0.15 がほぼ妥当な判別 基準」であるとするならば、 D_{SH} >0.2 となるものには何らかの原因があると考えられる。様々な原因が絡み合っ ていると考えられるが、以下のように分類しておく。

- A. 高速の流星なので、精度が不十分: 7PER、13LEO
- B. ANT に近く、散在・他群との分離が不十分: 2STA、11EVI、17NTA、21AVB
- C. 構造が複雑で、研究が不十分: 2STA、12KCG、17NTA、20COM
- D. 出現が少なく、観測が不十分:11EVI、12KCG、15URS、16HYD、21AVB

表 3:「確定群」中で No.31 までの群についての D_{SH}の最小、最大値。

min max	1CAP 0.072 0.010	2STA 0.028 <u>0.230</u>	4GEM 0.008 0.021	5SDA 0.027 0.163	6LYR 0.009 0.077	7PER 0.012 <u>0.341</u>	80RI 0.019 0.098	9DRA 0.026 0.197	
min	10QUA 0.017	0.259	12KCG 0.063	13LEO 0.008	15URS 0.096	16HYD 0.092	1/NIA 0.040	18AND 0.024	(
max	0.124		<u>0.227</u>	<u>0.348</u>	<u>0.323</u>	<u>0.220</u>	0.290		i
	19MON	20COM	21AVB	22LMI	23EGE	26NDA	27KSE	31ETA	2
min	0.022	0.135	0.094	0.041	0.107	0.008	0.155	0.036	1
max	0.091	<u>1.120</u>	0.345	0.078		0.126		0.186	1

逆に別群とされていて も、 $D_{SH}<0.15$ となる場合 には、それらが同一群で ある可能性を示唆するこ とになる (D_{SH} が 0.15~0.20の間について は、個別に検討する必要 があるだろう)。次項では、 No.31 までのものを中心 として $D_{SH}>0.2$ となる流 星群について検討する。

3. D_{SH}>0.2 となる流星群

A. 高速な流星群

表 4:ペルセウス群の D_{SH}

	7PER0	7PER1	7PER2	7PER3	7PER4
7PER1	0.031				
7PER2	0.012	0.041			
7PER3	0.216	0.187	0.225		
7PER4	0.128	0.158	0.118		
7PER5	0.151	0.122	0.161	0.069	0.277

A. 1 ペルセウス群

表6で 7PER0 は Kresak and Porubcan、7PER2 は Jopek et al.が既知の写真観測データを分析して得た もので、元データの大部分が共通するから極めてよ く似た軌道になっている($D_{SH}=0.012$)。7PER1 は DMS による独自の写真観測、7PER4 は SonotaCo ネットに よるビデオ観測である。この2つも写真観測 7Per0 とよく似た軌道を得ている。他と大きく異なる軌道

になっているのが 7PER3 と 7PER5 であるが、これはともに Brown et al.による CMOR の電波観測である。 7PER3 と 7PER5 の間で *D*_{SH}が小さくなっているのは当然と思われる。 7PER2、 7PER3 と 7PER4 の軌道を比較してみよう。 *D*_{SH}の欄はいずれも 7PER4 に対する値である。

表 7: D_{SH}が大きくなっているペルセウス群軌道の比較

No.	α	δ	Vg	λ - λ s	β	e	q	i	ω	Ω	λs	$D_{ m SH}$
7PER4	47.2	57.8	58.7	283.3	38.3	0.844	0.917	111.9	147.8	139.2	139.2	
7PER2	47.3	58.2	59.0	283.3	38.7	0.951	0.948	112.7	150.3	139.4	139.4	0.118
7PER3	46.9	56.9	62.1	282.4	37.6	1.15	0.963	116.2	155.1	139.8	139.5	0.341

7PER3 は輻射点、地心速度にやや違いが見られるものの、いずれもそれほど大きなものではない。しかし、 このわずかな差が Apex に近い流星群では軌道にかなり大きな差を生じる。電波観測である CMOR の2つの データはいずれも地心速度が放物線限界を越えている。一般に電波観測では、観測速度に何らかの補正を加え るが、過修正になっている可能性がある。

表 8:しし群の D_{SH}

	13LEO0	13LEO1	13LEO2	13LEO3	13LEO4	13LEO5	13LEO6
13LEO1	0.014						
13LEO2	0.008	0.014					
13LEO3	0.035	0.023	0.034				
13LEO4	0.017	0.010	0.017	0.025			
13LEO5	0.144	0.155	0.145	0.173	0.161		
13LEO6	0.057	0.046	0.056	0.031	0.044	0.195	
13LEO7	0.296	0.307	0.297	0.327	0.312	0.158	0.348

A. 2 しし群 しし群(表8)では、13LEO7 が異質である。13LEO5と13LEO7 は Brown et al.の CMOR による電 波観測である。13LEO0~4 までは 典拠が不明のものもあるが、基本 的には 20 世紀中の写真観測(特 に 1970年以前)を用いたもので、 処理の仕方に研究者の考えが入 るだけなので、互いによく似てい

ることは当然である。13LEO6 は SonotaCo によるもので、21 世紀に入ってからのデータであるが、これも 13LEO0~4 とよく似ている。

表 9: D_{SH}が大きくなっているしし群軌道の比較

No.	α	δ	Vg	λ-λs	β	e	q	i	ω	Ω	λs	$D_{ m SH}$
13LEO6	153.9	21.9	70.0	272.5	10.3	0.955	1.007	162.3	172.5	235.4	235.4	
13LEO7	155.1	21.1	67.3	272.2	10.0	0.610	0.984	162.0	171.1	237.0	237	0.348

表9から13LEO6と13LEO7の地心速度の差が D_{SH} の違いに直接結びついていることがわかる。ちなみに、13LEO5の地心速度は $V_{g=69.0(km/s)}$ であり、表8で見られるように、13LEO5は13LEO7ほど他の軌道との D_{SH} は大きくない。13LEO5と13LEO7の速度差が何によるのかは不明であるが、3D waveletという輻射点の位置と地心速度を元にした流星群検出法では、Apexに近い高速の流星群の場合には速度決定の誤差と相まって、散在流星からの分離が不十分になっていると推定される。なお、しし群の活動期間の終わりを13LEO5は $\lambda s=238$ 、13LEO7は $\lambda s=237$ としており、後期の出現が捉えられていないことは注目される。

13LEO0 と 20COM2 との間で D_{SH} =0.228 になることから、 D_{SH} =0.348 という値がいかに大きいかが分かる。 このように、Apex に近い高速の流星群では、わずかの地心速度の差が大きな軌道要素の違い、さらには D_{SH} の開きに結びつくことに十分注意が必要である。20COM については「C.構造が複雑な流星群」で触れる。

<u>B. ANT に近い流星群</u>

表 10:おうし南群の D_{SH}

B. 1 おうし群

2STA1 2STA0 2STA2 2STA3 2STA1 0.106 2STA2 0.213 0.117 2STA3 0.028 0.122 0.229 2STA4 <u>0.214</u> 0.110 0.041 0.230

最初におうし南群を見てみよう。表10におうし南群の D_{SH} を示す。一見すると、まとまっているように見えるが、 Apex に近い高速の流星群とは逆に ANT 付近の流星(群)の 場合には $D_{SH}>0.2$ というのはかなり、違いがあることを意味 している。注意してみると、2STA0、2STA1、2STA3の間、 また 2STA2 と 2STA4 の間ではそれぞれ $D_{SH}<0.15$ に収まって

いる。ペルセウス群、しし群の場合同様、2STA2 と 2STA4 が CMOR で他は光学観測である。電波観測(CMOR) と光学観測の性質の違いがここでも現れている。2STA0 は Porubcan and Kornos、2STA1 は Jopek et all.が写真観 測をまとめたもの、2STA3 は SonotaCo によるビデオ観測である。CMOR の特徴は、おうし南群の活動期間を 長く見ていることで、2STA2 がλs=172~218、2STA4 がλs=173~217 としている。

表 11:	1:おう	し南群の軌道比較。	$D_{\rm SH}$ は2STA1 る	と 2STA3 は 2STA0、	2STA4 は 2STA2 に	こ対す	る値である。
-------	------	-----------	-----------------------	------------------	-----------------	-----	--------

No.	α	δ	Vg	λ - λ s	β	e	q	i	ω	Ω	λs	$D_{ m SH}$
2STA0	49.4	13	28	186.5	-5.0	0.830	0.352	5.4	115.4	37.3	224	
2STA1	40.6	10.3	27.8	193.8	-5.2	0.820	0.340	6.0	117.9	27.6	207.6	0.106
2STA3	50.1	13.4	27.2	191.5	-4.8	0.815	0.371	5.4	114.0	39.7	219.7	0.028
2STA2	31.0	8.0	27.9	195.2	-4.3	0.814	0.31	3.0	122.5	16.0	196.5	
2STA4	30.9	8.1	28.2	195.6	-4.2	0.82	0.308	5.3	122.3	16.0	196	0.041

表 11b: 2STA4 に対して D_{SH}<0.15 となる流星群。D_{SH}は 2STA4 に対する値である。

No.	α	δ	Vg	λ - λ s	β	e	q	i	ω	Ω	λs	$D_{ m SH}$
28SOA0	33.1	10.6	25.6	196.0	-2.6	0.768	0.333	2.9	122.5	18.5	198.5	0.081
216SPI0	23.6	5.1	26.5	199.7	-4.4	0.840	0.247	6.3	130.6	4.0	184.0	0.087
115DCS0	315	-23.3	26.8	345.7	-6.0	0.789	0.355	6.8	242.5	145.1	325.1	0.113
172ZPE2	67.4	23.4	26.4	354.8	1.6	0.784	0.335	3.8	58.4	75.0	74.5	0.116
172ZPE1	63.8	27.1	28.8	348.1	5.8	0.850	0.35	8.0	61	77.0	78.6	0.135
100XSA1	283.2	-21.9	24.4	337.3	1.0	0.736	0.285	1.1	46.9	304.9	304.9	0.137
216SPI1	18.7	5.2	28.6	196.2	-2.5	0.83	0.279	5.4	125.7	3.0	183.0	0.142
476ICE1	4.6	-0.7	26.2	188.4	-2.5	0.811	0.419	2.6	107.7	355.5	175.5	0.149
172ZPE0	64.5	27.5	25.1	348.8	6.0	0.755	0.365	6.5	60.5	81.5	78.6	0.149

2STA2 と 2STA4 では出現期間を長くとらえているこ ともあり、 D_{SH} <0.15 となる流星群が IAUMDC の表に多 数存在する。ここでは 2STA4 を取り上げるが、2STA2 では 216SPI1 が圏外になるだけでほぼ同一の内容であ る。表11bで172ZPE と 100XSA は「確定群」である が、他は'working list'のものである。(λ-λs, β)の値から 115DCS、172ZPE、100XSA は昼間群、その他は夜間群 であることが分かる。ここでは、相同流星群'twin shower' である昼間群は除いて考察する。

図1に写真とビデオ観測によるおうし群の出現状況 を示す。これは筆者のおうし群が3つの群に分離され るという考えに基づいている。南群を活動時期の異な る S_E と S_F に分離し、輻射点の位置から、北群を区 別したものである。実線の折れ線が写真、破線がビデ オ観測による3つのグループを合わせた「おうし群」



図 1: 写真とビデオ観測によるおうし群の出現状況

の総数(最大値が10になるよう規格化している)である。光学観測からは、CMORで捉えられているλs=196 前後の活動は「おうし群」本体ではなく、S_Eとそれ以前の ANT の混在したものと考えられる。また、CMOR は活動終了をλs=217~218としていることから、「おうし群」の定義は一般に用いられているものと異なること が分かる。従来の「おうし群」ではなく、おひつじ群あるいは、うお群を指しているとみられる。

表 12: 光学観測の南群に対して D_{SH}<0.15 となる群

2ST	A0	2ST	A1	2STA3				
17NTA5	0.090	28SOA0	0.098	17NTA5	0.092			
173BTA0	0.125	172ZPE0	0.132	173BTA0	0.137			
				17NTA3	0.144			

表 13:おうし北群の D_{SH}

	17NTA0	17NTA1	17NTA2	17NTA3	17NTA4
17NTA1	0.118				
17NTA2	0.127	0.050			
17NTA3	0.040	0.099	0.097		
17NTA4	0.091	0.189	0.209	0.128	
17NTA5	0.122	0.098	0.080	0.086	<u>0.290</u>

光学観測で STA0 はほぼ S_F に相当する「おうし群」の主流を表しているが、STA1 は S_E と S_F の中間、 STA3はSEとSFの加重平均に相当すると考えられ る。従って、STA1 は光学観測の中でも CMOR の結 果に近く、D_{SH}<0.15の条件に入る流星群が CMOR と 共通して 28SOA0 と 172ZPE0 である。眼視観測によ る「おうし群」にもっとも近いのが STAO と考えられ、 *D*_{SH}<0.15 には 17NTA5 と 173BTA0 がある。

> 次におうし北群を見てみよう。図1のグラフで もわかるように北群は単一であり、観測間の差は 小さい(表13)。17NTA0 が Porubcan and Kornos、 17NAT1 が Kresak and Porubcan、NTA2 が Jopek et al.、 17NTA3 と 17NTA5 が Brown et al.、17NTA4 が SonotaCo である。南群とは異なり、CMOR よりも SonotaCo と他のデータの差が比較的大きい。これ は、SonotaCo が「おうし北群」の出現期間、特に

後半を長くとり、λs=202.9~258.0 としている影響が大きいと考えられる。図1にも見られるようにλs>240にも う一つの群活動が想定され、眼視ではχオリオン群と呼ばれていたものに相当する。しかし、現在の IAUMDC ではχオリオン群として ORN(「確定群」ではない)、ORS(「確定群」)を掲げているが、活動期をふたご群の 極大期としている。図2aとbは昨年の天文回報の観測指針から2007-11年のビデオ観測を転載する。図2a の ORN の円内をおうし群とみなすのか、それともxオリオン群とみなすのか検討が必要であろう。なお、 IAUMDCのORN、ORSの活動期は図2bに相当する。

一方、CMOR の方は 17NTA3 がλs=207~235、17NTA5 がλs=217~241 としており、CMOR 内でも不一致であ る。さらに、17NTA5では輻射点の黄緯Bが負になっていて、南群の混入がかなりあると推定される。

表 14:おうし北群の軌道比較

No.	α	δ	Vg	λ - λ s	β	e	q	i	ω	Ω	λs
17NTA0	58.6	21.6	28.3	197.0	1.3	0.835	0.35	3.1	294.9	226.2	224
17NTA1	44	18.9	30.7	183.1	2.0	0.871	0.284	2.9	302.3	212.7	224
17NTA2	44.7	19.8	29.6	193.9	2.7	0.853	0.317	3.4	298.8	214.1	214.1
17NTA3	53.3	21.0	28.1	191.6	1.8	0.828	0.354	2.3	294.8	223.8	224.5
17NTA4	62.0	24.0	29.7	190.2	3.0	0.882	0.361	3.7	291.8	234.4	234.4
17NTA5	48.9	17.7	28.1	192.2	-0.4	0.830	0.351	0.4	115.1	39.1	219



図 2a: 240≦λs<255 における ANT の輻射点分布 図 2b: 255 ≦λs < 270 における ANT の輻射点分布

B. 2 みずがめ4群

流星会議ではみずがめι北群だけを取り上げたが、今回はみずがめδ南・北群、ι南・北群をまとめて取り上 げる。みずがめδ南群は古くから知られていたが、残りの3群については Wright et al.が Harvard の写真観測を 元に論じてから、注目されるようになったものである。彼女らの研究を軸に4つの群を検討することが妥当と 考えられる。



図 3a-f: ANT 領域における $110 \leq \lambda s < 170$ での輻射点分布の変化。〇は実線がδ南群、点線が北群、△は実線 が ι 南群、点線が北群。いずれも Wright et al.の推算輻射点で、2 つあるものは期間中の輻射点移動を示す。 □は IAUMDC の流星群で本文を参照のこと。

図 3 a~f にみずがめ 4 群の輻射点領域における 110 $\leq \lambda s < 170$ の期間の輻射点分布を太陽黄経で 10 度ごとに 写真令、SonotaCo ネットによるビデオ×(2007-13)で示した。Wright et al.による推算輻射点は論文に掲載され ている範囲で示しているが、(λ - λs , β)の座標系上でわずかに移動している。みずがめ8南群は図上で右下に移動 しているが、その他の3群は黄経がほぼ一定で黄緯は変化している様子が覗える。IAUMDCの輻射点位置は、 報告によりかなり変動があるので、みずがめ4群においても必要に応じて記している。具体的には表15を参 照されたい。また、この領域にはIAUMDC に登録された流星群がかなり存在するので、それらについては個々 の略号を示している。これらのほとんどはなじみがないものなので、表16で紹介する。 表 15:みずがめ4群の軌道

No.	α	δ	Vg	λ - λ s	β	e	q	i	ω	Ω	λs	Shower
3SIA0	334.7	-14.2	33.8	199.7	-3.5	0.912	0.208	6.9	131.8	311.7	131.7	Southern iota Aquariids
3SIA1	339.0	-15.6	34.8	203.1	-6.3	0.929	0.190	8.6	137.5	306.9	131.7	Southern iota Aquariids
3SIA2	332.9	-14.7	30.5	200.1	-3.3	0.859	0.218	5.3	134.3	309.1	129.5	Southern iota Aquariids
5SDA0	342.1	-15.4	40.5	212.0	-7.2	0.972	0.087	26.4	148.9	312.2	125.6	Southern delta Aquariids
5SDA1	340.4	-16.3	40.2	208.6	-7.4	0.966	0.067	30.8	154.5	307.2	127.2	Southern delta Aquariids
5SDA2	339.6	-16.1	41.0	208.4	-7.0	0.972	0.079	25.5	150.6	306.7	126.7	Southern delta Aquariids
5SDA3	<u>305.7</u>	-16.1	41.4	178.6	3.2	0.976	0.069	27.2	152.8	<u>305.6</u>	125.6	Southern delta Aquariids
5SDA4	340.1	-17.0	40.8	208.7	-8.0	0.970	0.07	32.5	152.4	306.5	126.5	Southern delta Aquariids
5SDA5	341.0	-15.8	40.8	208.3	-7.2	0.972	0.078	26.9	151.1	308.2	128.2	Southern delta Aquariids
5SDA6	341.0	-16.1	41.1	209.9	-7.5	0.973	0.065	30.9	153.9	306.2	126.5	Southern delta Aquariids
5SDA7	341.9	-16.2	39.4	207.4	-7.9	0.954	0.100	23.8	147.1	309.7	129.7	Southern delta Aquariids
26NDA0	344.7	0.4	40.5	207.1	6.4	0.972	0.071	23.0	332.6	139.0	139.0	Northern delta Aquariids
26NDA1	345.3	+0.5	39.8	206.0	6.3	0.966	0.096	19.8	327.4	140.7	140.7	Northern delta Aquariids
26NDA2	339.6	-4.7	42.3	199.8	3.6	0.973	0.070	20.4	332.6	139.6	139.6	Northern delta Aquariids
26NDA3	344.9	2.2	37.7	208.5	8.0	0.946	0.097	24.1	329.3	138.6	138.5	Northern delta Aquariids
26NDA4	346.4	1.4	38.3	208.0	6.7	0.948	0.097	19.8	328.6	140.0	140.0	Northern delta Aquariids
26NDA5	345.7	2.3	37.3	208.7	7.8	0.944	0.096	23.4	329.9	139.0	139	Northern delta Aquariids
26NDA6	352	4.1	39	207.3	6.9	0.954	0.099	20.8	327.4	147	147	Northern delta Aquariids
26NDA7	351.5	4.0	38.1	207.3	7.0	0.951	0.102	21.1	328.0	146.5	146.5	Northern delta Aquariids
33NIA0	328.4	-5.6	31.2	180.9	6.8	0.840	0.260	5.0	308.0	147.7	147.7	Northern iota Aquariids
33NIA1	328	-4.7	27.6	183.4	7.8	0.852	0.358	7.4	297.4	145.1	145.1	Northern iota Aquariids
33NIA2	356.0	3.0	28.6	198.0	4.3	0.825	0.266	5.7	309.0	158.8	159.5	Northern iota Aquariids
33NIA3	355.4	3.4	28.7	198.1	4.9	0.827	0.271	6.9	308.1	159.0	159	Northern iota Aquariids
33NIA4	334.0	-8.3	29.4	190.9	2.3	0.864	0.359	2.7	292.0	142	142	Northern iota Aquariids
表 16:図] 3a~f	こ登場	する济	起群	(やぎ群	を除く)						
No.	α	δ	Vg	λ - λ s	β	e	q	i	ω	Ω	λs	Shower
179SCA0	311.1	-14.5	26.9	199.6	3.5	0.792	0.272	4.5	311.2	110.2	110	sigma Capricornids
199ADC0	328.7	-16	21.6	179.3	-3.1	0.753	0.597	2.8	87.3	327.0	146	August delta Capricornids
215NPI0	0.8	3.9	27.4	194.0	3.3	0.816	0.344	3.8	298.5	168.3	168.3	Northern delta Piscids
379ACT0	7	-5.6	20.2	211.2	-7.9	0.692	0.254	8.3	146.2	333.0	153.0	August Cetids
467ANA0	317.1	-13.1	21.8	176.2	3.2	0.781	0.618	2.6	263.6	139.4	139.4	August nu Aquariids
467ANA1	318.1	-12.2	21.4	177.3	3.8	0.752	0.612	2.6	265.6	139.5	139.5	August nu Aquariids
473LAQ0	342.3	-5.5	30.6	194.0	1.9	0.877	0.297	2.6	300.3	148.0	147.6	lambda Aquariids
473LAQ1	341.0	-5.1	31.1	195.2	2.7	0.881	0.279	4.1	303.2	145.3	145.3	lambda Aquariids
505AIC0	356.8	-9.6	37.2	207.8	-7.5	0.942	0.106	21.3	148.2	325.4	145.4	August iota Cetids
548FAQ1	318.2	-2.1	37.7	207.0	13.4	0.929	0.140	34.8	322.2	112.7	113	15 Aquariids
623XCA0	303.9	-10.9	24.5	183.6	8.7	0.786	0.509	7.6	277.4	119.7	120.0	xi2 Capricornids
640AOA0	348.5	-14.4	38.2	206.8	-8.7	0.950	0.112	24.9	146.1	317.0	137.0	August omicron Aquariids
642PCE0	8.2	-05.3	36.5	204.4	-8.1	0.931	0.145	19.4	140.8	341.1	161.0	phi Cetids
689TAC0	311.7	-15.7	28.2	188.9	2.2	0.849	0.393	2.3	289.5	120.9	121	tau Capricornids
[註]] 623X0	CAO、	640AC	DA0、6	42PCE0	はAug.	25 版に	再登场	易した	(2013	Dec.13	反で一時的に記載され、そ

の後、削除とも示されずに不掲載となっていた) Jenniskens et al., 2014. Icarus (sub.)によるものである。

B. 2. 1 みずがめ**δ**南群

みずがめ4群の中でもっとも活発な活動を見せるので、IAUMDCの輻射点、写真・ビデオの観測はWright et al.の推算値とよく一致していることが分かる。なお、5SDA3の輻射点の赤経は305.7 ではなく、335.7 の誤り であろう。また、IAUMDCに掲載されている5SDA3の昇降点黄経は152.8 と近日点引数と同じ数値が入って いるが、正しくは305.6 のはずであり、ここでは訂正しておいた。

なお、130 $\leq\lambda$ s<140(図3c)で本群の輻射点分布の中心に 640AOA0 が存在する。これは IAUMDC に登録 する際の検討不足であろう。また、140 $\leq\lambda$ s<150(図3d)に本群の末期出現とも思える輻射点分布が見られ、 分布が右下と左上側に分かれる。それぞれが Wright et al.の推算位置と 505AIC0 に相当するように見えること は興味深い。その後、379ACT0 より右側に輻射点の分布域が残り、642PCE0 に連なっているようでもある。 みずがめδ南群も末期出現になるとこれらの弱い流星活動と区別することは困難になる。CMOR 流の流星群判 定では、異常に出現期間が長く観測される原因でもある。

B. 2. 2 みずがめδ北群

Wright et al.の研究でみずがめδ北群とされている軌道はわずか2個であり、2点観測されたものの輻射点の 位置のみ求められていた9個の流星、1個の単点観測、1個の帰属が不確実な流星も利用されている。太陽黄 経で 115 度前後と 140 度前後に分布は2分されているように見える。この 115 度付近の流星は 110≦λs<120 (図 3 a) に見られる 548FAQ1 に相当すると見られる。

120≦λs<130(図3b)では、Wright et al.による推算位置に輻射点の集中は見られず、130≦λs<150(図3c、 d)では推算位置とビデオ観測による輻射点の集中域が合致している。彼女等はこれら2つの流星活動を合わ せてみずがめ北群と称したものであろう。輻射点の推算位置は両者を結ぶように移動している。

なお、26NDA2 は Wright et al.によるみずがめι北群の推算位置に近い。これは 1963 年の Jacchia によるもの で、資料が不十分であった時代にはこのような混同はやむを得ないであろう。みずがめδ南群程度の活動度が なければ、資料が豊富になった現在でも確定的なことは言えないのである。

B. 2. 3 みずがめ1南群

Wright et al.は 6 月 29 日~8 月 22 日に 2 点観測され軌道も決定された 6 個の流星を本群としており、みずが めδ南群に次いで活動的ということになる。しかし、図 3 からは Wright et al.の推算輻射点(Δ)で輻射点分布 の集中が見られるのは 130 \leq λ s < 140 (図 3 c) だけである。黄道型群の基本形である「おうし群」の活動が長 期にわたることに引きずられて、比較的活動の消長が明確なみずがめδ南群を除いて、他の 3 群は活動期間を 長期に想定したものと思われる。3SIA0~2 も λ s=130 前後に集中し、軌道もよく似ている(D_{SH} <0.1)ことから、 実在のみずがめ ι 南群は、Wright et al.の後半部と考えてよいであろう。

B. 2. 4 みずがめu北群

150≦λs<160(図3e)で33NIA2、3の周囲にビデオ輻射点のやや集中している領域があるが、Wright et al. の指摘したみずがめu北群(点線の△)とは別物と考える方が良いであろう。この輻射点の領域は、160≦λs<170(図3f)の215NPI0にも近く、「うお群」と呼ばれるべきものかもしれない。McIntoshの観測を引用して 名づけられた群ではあるが、元の活動時期とも輻射点とも離れており、南北両群ともに旧来の名前で呼ぶこと はふさわしくないであろう。

みずがめい南・北群ともに Harvard のレーダー観測ではそれらしい輻射点の集中は見られない。

C. 構造が複雑な流星群

C. 1 かみのけ群の周囲

表 17:「かみのけ群」の D_{SH}

20COM3~4 は 499DDL0~1、

	20COM0) 20COM1	20COM2	20COM3	20COM	4 20COM5	5 20COM6	20
20COM1	<u>0.000</u>							記
20COM2	0.898	<u>0.898</u>						り
20COM3	0.252	0.252	<u>0.893</u>					\mathcal{O}
20COM4	0.135	0.135	<u>0.986</u>	0.308				
20COM5	0.380	0.380	<u>1.120</u>	0.492	0.256			13
20COM6	0.407	0.407	<u>0.756</u>	0.463	0.386	0.400		28
20COM7	0.231	0.231	<u>0.967</u>	0.214	0.190	0.286	0.352	20

20COM5~7 は 32DLM0~2 として 記載されているものと同一であ り、32DLM と 499DDL は 20COM の一部とされて削除されている。 20COM0 は Jenniskens の大著 によっているが、昇降点黄経が

 .352
 283.3 であるのに対して、極大時の太陽黄経は 274 としていていたのの

かにも奇妙である(表18)。これは輻射点及び軌道要素は Jenniskens 自身が求めた値であり、極大は論文作 成時の IMO のデータを採用しているからである。

表 18:「かみのけ群」と図5に登場する流星群

No.	α	δ	Vg	λ - λ s	β	e	q	i	ω	Ω	λs	Shower
20COM0	175.2	22.2	63.7	252.5	18.4	0.962	0.541	139.4	265.0	283.3	274	Comae Berenicids
20COM1	159.7	31.6	63.0	243.3	21.3	1.012	0.613	135.3	257.8	265.7	265.7	Comae Berenicids
20COM2	174.5	18.2	67.7	263.6	14.5	0.869	0.978	154.7	203.0	264	264	Comae Berenicids
20COM3	168.8	27.2	67.0	242.8	20.5	1.152	0.611	137.3	253.0	275.9	275.9	=499DDL0
20COM4	169.5	26.6	63.1	242.2	20.2	0.955	0.536	135.3	266.1	277.4	277.4	=499DDL1
20COM5	156.1	32.7	62.3	243.4	21.1	0.953	0.554	133.8	265.6	262.2	262.2	=32DLM0
20COM6	163.7	39.7	64	246.8	30.0	0.785	0.810	138	249	261.7	261.7	=32DLM1
20COM7	161.5	30.5	64.0	243.0	20.9	1.066	0.618	136.4	256.1	268.0	268	=32DLM2
90JCO0	188.9	16.8	63.9	240.3	18.9	1.068	0.544	138.2	264.2	301.0	301	January Comae Berenicids
90JCO1	192.7	15.0	65.7	241.6	18.8	1.142	0.593	140.2	257.3	304.0	304	January Comae Berenicids
722SCR0	145.5	+32.3	65.2	247.9	17.4	0.914	0.646	144.5	253.9	248.9	249.0	sigma Cancrids

20COM1 は 20COM0 と同じ軌道要素となっているが、輻射点等の数値は異なっている。以下に示す表では、 輻射点と地心速度から筆者が独自に計算した軌道要素を示している。この値を元に D_{SH}を新たに計算すると、 20COM0=0.256、 20COM2=0.991、 20COM3=0.298、 20COM4=0.172、 20COM5=0.201、 20COM6=0.321、 20COM7=0.089 となり、旧 DLM である 20COM5~7 に近いことが分かる。

既に表5で見たように本群の D_{SH}の最大値は極端に大きい。表17により詳しく見ると 20COM2 が一般的には同一群と見做せないものであることが分かる。このように、このグループの名前のもととなる「かみのけ群」20COM0~2 は強引な寄せ集めに過ぎないことが分かる。

なぜ、このような混乱が起きているかを説明する には歴史的な経過をたどる必要がある。図4に写真 観測で 200≦λs<310 の期間に 230≦λs<255、10≦β <30の領域から出現した流星の速度分布を示す。明 らかに3つのグループに分かれている。

DLM の存在は small camera による 144 個の流星軌 道から Whipple によって存在が指摘された。その後、 Lindblad 等によって Super Schmidt の観測でも活動が 確認され、DLM(December Leo Minorids)の名称が与え られた。

次に、McCrosky & Posen は graphical reduction によ る Super Scmidt の観測輻射点から JCO (当時はこれ) を Coma Berenicids と称した)を見出した。

この両者の類似性は当初から指摘されていたが、 Lindblad によって両者の間を結ぶ流星の存在(図4の COM) が指摘され、これが Comae Berenicids と呼ば れるようになり、当初の Coma Berenicids には January が冠せられることになったのである。

しかし、図4からは3つのグループが別群として 存在しているように見える。単に観測の中断期間が あることでは説明できない。現在、IAUMDC では DLM は COM の一部としているが、JCO は独立した 群として扱われている。一方、Kronkは3つをまとめ て Comae Berenicids としている。

仮に(λ-λs, β)=(243,21)を中心としてビデオ観測に よる輻射点分布を見ることにする(図5)。ここでは 流星群名を IAUMDC の「旧名」で示しているが、 20COM0、20COM2、32DLM1(=20COM6)は範囲外と なっている。20COM0 の場合には、極大時の太陽黄 経を昇降点黄経283.3とすれば、範囲内に入ってくる。 ビデオ観測からは DLM、COM、JCO が一連の活動の ように見える。

ここで 240≦λs<310 で(λ-λs, β)=(243,21)から 5 度 以内になる SonotaCo ネットの 2007-13 年の流星数を グラフ化したものを図6に示す。なお、縦軸は流星 数を最大値が 10 になるよう規格化したものである。 また、点線は MSS で報告した事のある、流星群のプ ロファイルの計算法による出現の推定値である。流 星数の変化は見かけ上、一連の変化のように見える が、推定値と比べると、極大後の出現数が推定値を かなり越えていることが分かる。DLM が活動の中心 で、COMやJCOの活動がそれに重なっているとも考 えられる。表18に示すように、これらの軌道は黄 道面に対してかなりの傾斜角をもっており、長期間 の活動を想定するのは無理があろう。IAUMDC が示 しているように DLM+COM、JCO の2グループなの か、それとも3つは1つの群なのか、あるいは、写 真観測が示唆するように3つの独立した群なのか、 まだ検討が必要である。





図 5:「かみのけ群」周囲の輻射点分布。 SonotaCo ネッ トによる 2007 年(+)、2013 年(○)と写真観測(◇塗りつ ぶし)。楕円は推定される輻射点の広がり、破線は Apex の方向を示す。



図 6:2007-13年のビデオ観測と推算値

C. 2 Kはくちょう群の周囲

D_{SH}の最大値が 0.227 であるのに、「かみのけ群」と並べて<構造が複雑な流星群>としている理由は、平年 の出現と再帰的な出現と二面性を持つからであり、また、周囲の流星活動との区別が不十分で様々な誤解があ るからである。

まず、図7a、bを比べてみよう。図7aはSonotaCoネットによる2007年、図7bは2008-12年のビデオ観

測のうち、120≦λs<160の輻射点を(λ-λs, β)=(160, 75)を中心に描いたものである。2007年に見られる輻射点の集中が他の年には見られない。そして、2014年のビデオ観測では再び、2007年と同じ場所で活発な出現が



図 7a: 2007年のビデオ観測

図 7b: 2008-12 年のビデオ観測

起きた。平年では再帰的活動よりも 5~10 度右側(西側)に輻射点が集まっている。 図 7bをよく見ると中心よりやや左下に輻射点の集中した箇所が存在し、2007年の活動と一致するように見 えるが、これは活動期間が異なっている。これが誤解されて、「7月下旬にκはくちょう群の活動が見られた」 と報告される場合を散見する。表19、図8の GDR がこれに相当する。

表 19:「κはくちょう群」と図7に登場する流星群

No.	α	δ	Vg	λ - λ s	β	e	q	i	ω	Ω	λs	Shower
12KCG0	286.2	59.1	24.8	177.0	79.6	0.680	0.99	38	194	145	145.2	kappa Cygnids
12KCG1	284	52.7	24	158.1	74.5	0.808	0.984	35.9	201.4	139.4	145.2	kappa Cygnids
12KCG2	286	+59	24.8	176.4	79.5	0.727	0.970	38.7	196.8	145	145.0	kappa Cygnids
12KCG3	289.5	+55.6	24.9	172.0	75.7	0.763	0.980	38.5	201.9	147.6	147.6	kappa Cygnids
12KCG4	285.0	+50.1	21.9	161.5	71.9	0.709	0.951	32.8	204.1	140.7	140.7	kappa Cygnids
12KCG5	280.3	+50.1	22.0	155.7	72.7	0.746	0.957	32.6	201.3	137	137	kappa Cygnids
12KCG6	267.3	+61.1	23.1	106.5	84.4	0.754	0.988	35.5	183.4	150	150	kappa Cygnids
73ZDR0	261.7	67.8	25	33.2	86.6	0.766	0.983	38.8	176.4	122	122	zeta Draconids
184GDR0	280.1	51.1	27.4	167.8	73.7	0.964	0.951	39.5	201.5	125.3	125.3	July Gamma Draconids
184GDR1	280.9	51.7	27.3	170.5	74.2	0.933	0.951	39.8	201.6	125	125	July Gamma Draconids
184GDR2	279.6	50.4	27.5	166.2	73.1	0.972	0.978	40.2	202.4	124.7	125.3	July Gamma Draconids
197AUD0	272.5	65.1	17.3	164.2	88.2	0.335	1.007	30.4	185.6	141.9	142	August Draconids
413MUL1	267	41.9	18.1	144.7	65.3	0.659	0.981	26.5	204.0	120.8	120	mu Lyrids
463JRH0	265.1	+36.4	15.6	137.6	59.7	0.633	0.981	21.3	203.8	124.6	124.6	July rho Herculids
463JRH1	265.9	+36.2	14.8	137.7	59.5	0.553	0.982	19.7	204.5	125.8	125.8	July rho Herculids
464KLY0	277.5	+33.3	18.6	154.5	56.4	0.698	0.939	24.7	215.1	126.8	126.9	kappa Lyrids
464KLY1	276.3	+34.8	18.6	153.9	58.0	0.695	0.945	25.1	213.6	125.9	125.9	kappa Lyrids
470AMD0	253.7	+58.8	19.5	73.2	79.3	0.654	1.011	30.3	177.2	145.4	145.4	August mu Draconids
470AMD1	254.8	+58.2	19.0	78.5	79.1	0.631	1.012	29.5	178.4	144.4	144.4	August mu Draconids
699GCY0	300.5	+38.8	21.3	172.2	57.4	0.692	0.879	30.1	227.0	145.8	145.0	gamma Cygnids
701BCE0	325.4	+75.8	39.8	258.9	70.9	0.948	1.006	65.8	188.3	153.2	153	beta Cepheids

また、図 7 b の第一象限に見られる輻射点領域が平年では「κはくちょう群」と見做されていると推測される。表19の12KCG6はこの状況を反映しているものであろう。図8に示す領域 G の AUD や ZDR は IAUMDC の版によってどの観測(輻射点、時期)が一定しないことは 2013 年の流星会議で指摘したとおりである。

さらに、話を複雑にしているのが、写真観測とビデオ観測の時間差である。写真観測は 1950 年代が中心で あるのに対して、ビデオ観測はほぼ 50~60 年後のものである。表19で KCG0~3 は実質的に写真観測による ものであるのに対して、KCG4~6 はビデオ観測である。極大時の太陽黄経を見ると写真観測は λ s=145 前後に なっており、特に KCG1 は昇降点黄経がΩ=139.4 であるにもかかわらずλs=145.2 としているのは、実際の観測 結果は前者であるにもかかわらず、過去の記録(KCG0)に引きずられていると考えられる。

具体的に筆者が求めた数値を表20に示す。写真観測の数値が KCG0~3 とかなり異なっているのは、1950 年の観測を含めて、図8のDの領域を合わせているためである。

表 20:写真観測とビデオ観測によるκはくちょう群の比較

Month	Day	α	δ	λ - λ s	β	Vg	e	q	i	ω	Ω	λs	Ν
8	22.92	289.1	58.7	176.8	78.3	25.5	0.757	0.987	40.0	198.6	150.1	150.1	12 Photo
8	15.02	287.0	49.6	164.4	70.9	22.3	0.703	0.968	33.8	206.5	141.4	141.4	144 Video

D. 観測が不十分な流星群、その他

かなり出現がある、また、かなり観測されている 流星群でも、どの活動をもって特定の流星群と見做 すかという判定には違いが大きい。活動の弱いもの になると同一群との判定に疑問を生じたり、また、 逆に独立した群とされているものの中に同定が可能 であったりするものが存在している。しかし、それ らを一々取り上げるには紙数がかなり必要になるの で、最後に掲載の仕方自体に問題があると考えられ る例を1つだけ取り上げることにする。

表 21:NCC の D_{SH}

96NCC0 96NCC1 96NCC2 96NCC3 96NCC4

96NCC1	<u>1.548</u>				
96NCC2	0.157	1.564			
96NCC3	0.133	1.538	0.040		
96NCC4	<u>1.566</u>	0.100	<u>1.581</u>	<u>1.557</u>	
96NCC5	0.110	1.649	0.204	0.196	1.663

本年新たに「確定群」とされたもので正式な和名 はないが、慣例に従えば<かに座δ北流星群>という ことになる。表21には異常に大きな D_{SH}の値が並 んでいる。これは軌道要素に不合理な値が掲載され ているためである。

表 22: IAUMDC に掲載されている NCC の軌道要素

O _{BCE0}	Ozdro AMD0
	AUD0
KCG0	
KCG2 GDRI	KCG1 F
-20 -15 -10 A	5 10 15 20 CG4 KCG5
CGDR2	
B	JRH0
GCY0	

20 T

図 8:ビデオ観測による輻射点領域と IAUMDC の群

No.	α	δ	Vg	λ - λ s	β	e	q	i	ω	Ω	λs	Shower
96NCC0	130	20	26	190.9	1.6	0.779	0.391	1.7	294.0	296.3	296.3	Northern delta Cancrids
96NCC1	134.2	14.1	26.7	192.4	-3.0	0.77	0.371	0.3	116.7	<u>297.1</u>	300.2	Northern delta Cancrids
96NCC2	126.6	19.5	26.2	187.9	0.3	0.803	0.448	0.3	282.9	297.1	296.3	Northern delta Cancrids
96NCC3	124.8	20.8	25.8	189.4	1.2	0.777	0.425	1.2	287.9	292.9	292.9	Northern delta Cancrids
96NCC4	130.7	19.7	26.4	190.8	1.5	0.783	0.397	4.9	291.3	<u>120.2</u>	297.1	Northern delta Cancrids
96NCC5	131.4	17.6	29.9	190.1	-0.4	0.876	0.360	0.5	112.5	119	299	Northern delta Cancrids

表21から96NCC1と96NCC4に問題があることが分かる。表22を見ると、NCC1の黄緯が負であるのだ から昇降点黄経Ωは極大時の太陽黄経λsとは180度逆にならなければならず、NCC4の黄緯は正なので昇降点 黄経Ωは極大時の太陽黄経λsと一致しなければならないのに奇妙な数字が入れられている。奇妙というのは、 それぞれの原著では正しい値が与えられているのに IAUMDC では変更(誤入力?)されているからである。

最初に写真観測から'δ-Cancrids'を検出したのはLindbladと思われるが、南北群に分けておらず、Sekanina の電波観測でも同様である。これに対して Terentjeva は γ -Cncds(北)、 θ -Cncds(南) という δ -Cancrids と異な る名称を用い、南北群であるという指摘もしていないが、この両者は NCC と SCC に対応すると言える。さら に、この研究は Lindblad のものに先行している。しかし、IAUMDC ではこれについて何も触れず、SCC には それと異なる Terentieva の研究を引用・掲載している(原著と数字が合わない部分がある)。

4. まとめ

IAUMDC を権威あるものとしてではなく、資料倉庫と考えて利用すべきである。本稿では「確定群」の中 でも Harvard の写真観測時代から知られ、比較的よく観測されている Nos.1~31 までの流星群を中心に検討し てきたが、見てきた通り多くの問題が存在している。

観測方法によって流星群の見え方が異なること、流星群の定義が異なることにより、研究者の発表するデー タには大きな差異が生じる可能性がある。そのことを十分理解した上で利用するならば、IAUMDC の流星群 表は資料が蓄積された「倉庫」となる。

2月のりゅう群の考察

MSS 142回資料 関口孝志

今年は、2月5日前後に7個の同時流星が判定され、トレイル予報と一致していた。また、SonotaCo Networkの2006年から2016年の1月と2月のデータから ら軌道計算してみたら、10年間で46個のFED群が判定された。さらに、近くに1月20日頃に極大を迎えるGUM群があることに気づいた。この2つの群は、同 一群の可能性があると考えられる。また、10度離れてJZD群もこの群と関係がありそうです。2つの群の軌道平均は、下の表に示した。



GUMとFEDと	GUM																
						+80											
		+	60														
	_sol	_amag	_ra_t	_dc_t	_vg	_a	_q	_e	_p	_peri	_node	_incl	_mag	_Qo	_dur	_H1	_H2
平均軌道 FED	313.77	-0.59	239.52	61.98	33.05	7.66	0.97	0.83	332.60	195.06	313.77	52.89	0.55	5.11	0.45	97.09	86.58
20050126-20160204																	
平均軌道 GUM	299.38	-0.06	227.56	65.97	32.38	4.70	0.95	0.76	42.81	202.11	299.38	52.25	0.92	5.29	0.54	94.32	82.99
20050126-20160204																	

MSS-142 観測結果

しぶんぎ群輻射点拡大撮影

重野好彦

撮影日時 2016年1月4/5日 00:50 ~ 05:50 (JST)

観測地 足柄観測所

撮影機材 Nikon D4 ISO:10万 1920×1080 30fps動画 1/125secシャッター 恒星最微等級6→7等 レンズ Nikkor 135mm F2 (写野:15.2度×8.6度) 高橋P型+ビクセンモードラ自動ガイド

撮影方向 しぶんぎ座流星群輻射点



2016/7/3 第 143 回流星物理セミナー 日本流星研究会 小関正広

1. 輻射点予報の方法

彗星(あるいは小惑星?)といった天体からの流星活動について輻射点を予想する場合の問題は、それらの 母天体の軌道が一般に地球軌道とは交差しないことである。従って、輻射点を予想するには、母天体の軌道に 何らかの変更をする必要がある。廣瀬秀雄(1951)は次の3つの方法を紹介している。

- 近日点調整法(ω法):軌道の形と軌道面傾斜はそのままで、近日点の方向だけ変えて地球軌道と交差させる。
- 2) 離心率調整法(e法): 軌道の離心率だけ(近日点距離も)を変更して、地球軌道と交差させる。
- 3) 通常法:母天体の日心距離 r が地球の日心距離 R となる点での母天体の速度及び方向を、そのまま推 算時刻の地球の位置に於ける流星の速度及び方向と仮定する。
- また、長谷川一郎は次の方法を推奨している。

4) 流星は母天体と地球の両軌道の最接近点で出現するものと仮定する。以後は、ω法によって計算する。 さらに、小関正広(2014)は別法を提唱している。

5) 近日点の方向と軌道の大きさが一定に保たれている(D 判定を最小にする)と仮定する。

本稿ではこの5つの方法について比較検討するが、補足として次の2法を追加する。

6) 4)と同様に最接近点での出現を仮定するが、軌道の変更は 5)と同じ条件を用いる。

7)素朴に母天体が黄道面を通過する際の速度ベクトルを用いて昇降点(降交点)で出現するとする。

2. 計算結果の比較

IP/Halley による流星群 (ηみずがめ群とオリオン群)の重野による I I 観測と5つ (捕捉を合わせれば7つ)の方法による計算結果を比較する。4)~7)は自動的に出現時刻が決定されるが、1)~3)については出現時刻を別に定める必要がある。最接近点で出現すると考えれば、1)と4)は同じものとなる。ここでは、1)~3)についての流星出現時刻を IAUMDC からηみずがめ群、オリオン群についてそれぞれλs=46.9、 λ s=208.6 とした。観測輻射点と予想輻射点を(λ - λ s, β)の座標で示す。



7)はいずれの場合も図の範囲外になる。つまり、母天体の軌道面と地球軌道が交差する場所で、母天体が黄 道面を通過する際の速度ベクトルをもった流星が出現するわけではない。5)がいずれについても観測輻射点分 布の中心に近く、母天体と流星体の近日点の方向及び軌道の大きさが等しいように変更された軌道上に流星体 が分布するという仮定が妥当であることが分かる。また、当然のことだが 1)と 4)はほぼ同一の結果になる。 従って、出現時刻を推定できれば、最接近点を求める手間を省いて、1)(ω法)が簡便で有効だと考えられる。

3. D法における問題点

D法が一般的には優れていると言えるが、これにも弱点がある。「太陽をかすめる彗星と流星」の発表の際 にも母天体と地球軌道の交点から遠く離れた場所では極端な軌道を算出することに気付いてはいたが、 IAUMDCの軌道チェックをしていてω法の方がよい結果を出す場合があることを確認した。





例として 86OGC を取り上げる。仮定から元の軌道と同じ数値になる箇所は表中で空欄としている。また 1)~3)で昇降点黄経が元の数値と異なるのは IAUMDC で出現時の太陽黄経を昇降点黄経に対応する 206.7 でな く 206.4 としているので、流星出現の予報としてはこちらを優先したためである。備考欄で 86OGC0 としてい るのは、IAUMDC で付されている流星群内での補助数字の 0 を付け加えたからである。86OGC0 の場合には、 D法は交点法より更に悪い。実はD法では D_{SH}が最小となる点での流星出現を考えるのだが、左図に見られる ように部分的に D_{SH}が計算不可能となっている(横軸に張りついている)。D法では近日点の方向と軌道長半 径を厳密に固定し、なおかつ地球軌道と交差するような軌道が存在しない場合があるからである。ここでは、 表におけるD法の数値は 86OGC0 の昇降点黄経での値を示している。右図で円に近い線が 86OGC0 本来の軌 道で、離心率が大きくなっている線がD法によって変形された軌道である。

4. 検討

最も簡便な方法はω法である。実際に最接近点を求めることは、軌道の形と位置によっては長谷川の示した 方法ではかなり手間がかかり、それぞれの2点間の距離を計算しながら逐次計算した方が早い場合もある。ト レイルによる軌道では、地球軌道の極めて近傍を通過する流星体の軌道から輻射点を計算することになり、ω 法で十分な精度が得られるはずである。もちろん、そのようなトレイルが存在せず、予想していなかったトレ イルに遭遇する場合もあるので、輻射点の推算位置はあくまで目安である。

D法では厳密に近日点の方向を一定に保とうとするため、母天体の軌道が円に近い場合には適切な解を与えられない場合がある。しかし、円軌道に近い流星群の場合にはわずかな軌道の差異で輻射点が大きく変化するものであり、いずれの方法による予報でも放出間もない新鮮な流星物質に出会う場合を除けば、「点」という概念ではなく輻射領域としてとらえる必要がある。

参考文献

廣瀬秀雄, 1951, 彗星の軌道要素よりの流星輻射点の計算法と東京天文台での方法とに就いて, 東京天文台報10, 11, 288-296.

長谷川一郎, 1983, 「天体軌道論」, §81 流星放射点の予報, 354-364. 小関正広, 2014, 太陽をかすめる彗星と流星, 第137 回流星物理セミナー

1. IAUMDC の使い方のヒント

IAUMDC のリストは「倉庫」としての利用には便利だと説明してきたが、実際に使う場合にはコツを知っておくとよい。その一つが流星群の要素を表示させたときにどのデータを利用するかである。例として7月のペガスス群(JPE)の表示を示す。

00175	JPE	JPE July Pegasids					Single Sho	wer - Statu	Next Previous To the list Help								
Activity	S, Lon	RA	DE	dRA	dDE	VG	а	q	e	Peri	Node	Ind	N	OT	References		
		[deg] J2000				[km/s]	[AU]	[AU]			[deg] J2000						
annual	107.5	340	15	0.6	0.2	61.3	(44)	0.536		267.2	107.5	131.6		v	1. Jenniskens, 2006		
annual	108	347.2	11.1	0.9	0.2	68.1							0591	т	2. Molau and Rendtel, 2009		
2008/11	110.9	349.6	11.3	0.71	0.17	63.9	14.78	0.564	0.962	264.73	110.9	148.77	0063	т	3. Ueda, 2012		
annual	109	348.8	11.1			64.5		0.598	0.883	260.5	109.1	149.3		T	4. Holman and Jenniskens 2013		
annual	120.8	358.6	14.2			62.6		0.524	0.904	273.8	120.8	150.0	0008	т	5. Rudawska and Jenniskens, 2014		
annual	120.5	357.1	13.3			62.31		0.484	0.922	275.2	120.5	149.4	0012	т	6. Komos et al., 2014		
annual	108.0	347.2	10.0	0.90	0.39	64.0	7.26	0.562	0.960	265.0	112.4	149.2	0104	т	7. Jenniskens et al., 2016. Icarus, 266, 331		
Parent body:		C/1979 Y1 (Br	adfield), C/17	71 A1													
Notes:																	

合計7件のデータが示されているが、一番上のデータをつい使いたくなる。しかし、IAUMDC で表示しているデータは古いものから新しいものへの順になっている。流星群が観測方法、また、年代によって変化しない場合はそれでも良いが、JPEのように新しい流星群の場合(おとめ座η群 EVI もその例である)には、上位に掲載されているデータが<別の>流星群であったり、観測精度(散在との分離)がよくなかったりする。JPE について D_{SH} を計算したものが次の表である。右側の2列は D_{SH} の平均値を示す。

	175JPE0	175JPE1	175JPE2	175JPE3	175JPE4	175JPE5	175JPE6	July Peg	gasids
								mean0~6	mean2~6
175JPE0		0.513	0.315	0.356	0.365	0.352	0.329	0.372	
175JPE1	0.513		0.343	0.366	0.413	0.434	0.333	0.400	
175JPE2	0.315	0.343		0.098	0.115	0.130	0.023	0.171	0.092
175JPE3	0.356	0.366	0.098		0.138	0.175	0.094	0.205	0.136
175JPE4	0.365	0.413	0.115	0.138		0.052	0.104	0.198	0.098
175JPE5	0.352	0.434	0.130	0.175	0.052		0.125	0.211	0.117
175JPE6	0.329	0.333	0.023	0.094	0.104	0.125		0.168	0.108

上位2件のデータは他との差が大きいことがわかる。JPE2は上田昌良さんのデータであり、これがほぼ JPE の中心を表しているとみることが出来る。要は IAUMDC のデータは新しいものを選ぶか、よく眺めて他から 大きく外れているデータを除くかするとよいだろう。

この新しいデータを選ぶ方が良いというのは、流星群の極大を読み取る場合にも言える。古いデータ(上位のもの)では、流星群の極大における太陽黄経を意味する S.Lon の項目が軌道の太陽黄経から大きく離れている場合があるからである。Jenniskens が例の大著で元データを彼自身の判断によって改変(別のデータとつなぎ合わせる、別の観測による極大に合わせており、IAUMDCはこの大著を発展させたもの)しているためである。新しいデータではそのようなことがないので観測による極大をそのまま表している。

2. IMO との意見交換:続き

A. その後の IMO

(1)Juergen Rendtel から

日本からの文書は"Meteoroids"での招待講演で紹介しました。また、杉本弘文さん、小川宏さんと 2016 年の四分儀群の活動についての論文を wgn に向けて作成したところです。IMC では流星経路、スペクトルを高精度で観測するための発表・議論が行われました。

アマチュアの立ち位置については同感です。プロのような束縛なしに新しい企画を始めたり、止めたりで きるのです。

ビデオ観測から質量分布指数を求める方法については改善が行われています。しかし、指数は質量の大き さによって、異なることに注意が必要で、電波観測では暗い流星に対する値となります。フラックスや出現 数は容易に求められても、質量・光度分布についてはさらなる研究が必要と思われます。

南半球でのビデオ観測者の増加はゆっくりですが、今後は多くのデータが得られると期待しています。 (2)Juergen Rendtel から第二信

輻射点リストは膨張を続けています。何を「流星体束(meteoroid stream)」、「流星群(meteor shower)」と 呼ぶのかという問いと切り離して考えることはできないでしょう。これらの用語は天球上または宇宙空間で の事象を表すのに用いられていますが、母天体から放出された粒子の軌道変化を考えると、現在の用法はあ まり適切ではないと感じています。母天体から放出された粒子が全く異なる軌道上に広く拡散していること もあるからです。遅かれ早かれ、天球は輻射点で埋め尽くされてしまうでしょう。そのとき、それらを何と 呼べばいいのでしょう。

流星群のモデル研究と観測の連携はもっと強力にする必要があるでしょう。観測者が予測されたトレイル を検出し、観測された時刻、出現数、質量分布指数によってモデルを修正していくことにもっと注意が払わ れるべきと考えます。

日本での流星会議参加者の皆さんによろしく。

(3)Marc Gyssens (今回の IMC の運営の中心人物)から

IMC は参加者、発表者が多くて、大成功を収めましたが、課題について話し合う時間はほとんどとれま せんでした。しかし、日本からの文書も含めて課題についての進展状況を Juergen と wgn に投稿しようとい うことになりました。8月7-8日には Juergen を訪ねて原稿作成について話し合う予定です。wgn に掲載さ れたら、更なる議論のスタートになると考えています。

(4)Sirko Molau から

すでにビデオ観測については、IMOとSonotaCoネットのように部分的な協力体制ができています。観測結果を共有し、共通の問題について解決法をともに探っています。2014年のKCGの突発については、wgn誌上で日本の観測が紹介され、IMOの観測・解析に活かされています。

相互の連携はもっと活発にすることが出来ると思います。日本から突発、新流星群の活動、モデル計算からの予報等の情報提供があれば、私に直接連絡してください。それにより、私たち自身の観測をチェックしたり、IMOのビデオ観測者たちに直ちに情報を流したりすることが出来ます。現状では、情報に偶然接したか否かに左右されていますが、交流が定常化すればそのようなことはなくなります

日本に交流拠点ができれば、私たちの知見や疑問を共有したり、他の日本人観測者と情報を共有したりすることもでき、さらにはそれらを深化させることもできるでしょう。

ビデオによるスペクトル観測等の高度な技術については単なる交流の域を越えるので、どのようなことが可能かまだ検討する必要があります。

(5)Cis Verbeeck(IMO 会長)から日本側から出された質問(4)と(5)に対する回答

前方散乱干渉計とは、次のような仕組みです。1台の発信機に対して、離れた場所に多数の受信機を設置 します。CMORやBRAMS (Martínez Picar et al. IMC Proceedings 2016, p. 175)のように受信アンテナの配置が 適切であれば、反射点の方向を知ることが出来ます。付近の受信機のデータと合わせれば、経路上で数点の 反射点を求めることができ、経路が決まります。

多重散乱観測または多点観測は流星体の経路を求めるもう一つの方法です(Lamy et al., IMC Proceedings 2016, p. 143)。複数の受信点で同一の発信機の電波をとらえますが、干渉計は用いません。観測点と流星経路、反射点についての幾何学的な要件をすべて満たすような解を見出すことによって、少し精度は落ちますが経路を決定できます。私の知る範囲では運用レベルにまでは至っていないようです。発信機からのエネルギーは広く放射され、ほんの一部が流星経路から反射されて複数の受信機に到達するので、エネルギー保存則に反することはありません。瞬間、瞬間で流星経路の異なる場所(近くではありますが)から反射されています。(訳注:これは(5)の質問の回答になっていませんが、そのまま掲載します。Lamyの論文も複数の発信機ではなく1台の発信機を用いたシステムに関するものです)。

(5)Detlef.Koschny から

Regina Rudawska はすでに IMC と'meteoroids'の期間中にスペクトル観測に関する議論を始めています。目的は協力体制の強化とデータ共有化のシステム作りです。今後は webex で議論を進めるようです。彼女が休暇から戻ったら、進行状況を聞いてみます。

Gerhard Drolshagen は9月に流星体の流入密度(flux)に関する会合を予定しています。メンバーを限定した もので、Stuttgart、UWO、NASAの流星体関連の人たちで、Sirko もメンバーの一人です。もし、そこに参 加するのが適当と思われる人がいたら私に連絡してください。

今後の協力体制には、一人が中心になり、他の人が建設的な方法でその考えを援助することが必要と考え ます。

B. 流星会議での意見

(1)より精度の高い観測を目指して: Sony α7 の利用

前田幸治さん、藤原康則さん、柳信一郎さんの例を紹介。柳さんがオーストラリア遠征で使用した f=24mm/F=1.6, ISO=160000 という条件では眼視以上のηみずがめ群が記録されている。SonotaCo ネット等で は Sony α7 による 4K 動画の撮影も試行されている。

(2)学生に対する支援

NMS では、会費、流星会議参加費について学生割引を実施している。さらに、積立金を利用して機器の 貸し出し制度を設けてもよいのではないかという提案があった。

(3)眼視観測

眼視観測は我々にとって基本であり、初心者にとっては新しい観測へのステップとなり、何よりも流星を
見るという楽しいチャンスを与えるものである。学生によるグループ観測は初心者によるものであるが、大 量のデータから十分信頼できる光度分布・光度比が得られる。彼らにとって四分儀群、ペルセウス群、ふた ご群は最適な流星群である。多数の流星を眺めることは楽しく、また、更なる観測への招待状となる。今夏 のペルセウス群は月明の影響も少なく、豊富な出現も予想されるのでお勧めである。小流星群の観測には経 路記入という特別な技能が必要になる。

(4)参加者による意見交換

テープからの記録起こしが簡単にできるとよい。CCD 観測で太陽光を避けるためのシャッターが必要だ が、簡単にはできない。眼視、ビデオ、電波による同時観測を実施すれば新しい視点が得られる。流星か らの輻射(低周波、電磁波音、電波)を観測することは興味深い。流星スペクトルの分析には化学、物理 の専門家との協力が必要である。流星のヘッドエコー、前方散乱を複数の観測点で捉えて軌道を求めると いう新しい電波観測を進められるとよいが、継続的な電波発信源が必要である。都市周辺の観測者には市 街光をカットすることのできるメガネが出来るとよい。学生のグループ観測にはもっと勇気づけを与える べきだ。輻射点が低い時の長経路流星は美しく、精度よく経路を求めることが出来る。高高度で発光する 流星また超長経路の流星は興味深く、どのような物理現象が起きているのか研究の必要がある。光度比(質 量分布)は重要であるが、写真、眼視、電波という異なった観測手段による数値をどのようにつなぐとこ とができるのかわからない:それらの同時観測が解決手段だろうか?言語の障壁は大きく、アイデアを自 由に交換することには困難がある。IMOの眼視観測はどのような状況なのだろうか?

ここで結論を出す必要はない。次回の MSS でも継続的に話題として取り上げていくことになる。

3. 3つの D 判定の比較

流星(群)どうしの近縁度を示す値として用いられるものを総称してD判定と呼んでいる。一番よく知られているものが Southworth-Hawkins のものである。

 $[D_{\rm SH}]^2 = (e_2 - e_1)^2 + (q_2 - q_1)^2$

+
$$\left(2\sin\frac{I_{21}}{2}\right)^2 + \left(\frac{e_2 + e_1}{2}\right)^2 \left(2\sin\frac{\Pi_{21}}{2}\right)^2$$

これを改良したものが Drumond によるものである が、あまり使われていない。

$$[D_{\rm D}]^2 = \left(\frac{e_2 - e_1}{e_2 + e_1}\right)^2 + \left(\frac{q_2 - q_1}{q_2 + q_1}\right)^2 + \left(\frac{I_{21}}{180^\circ}\right)^2 + \left(\frac{e_2 + e_1}{2}\right)^2 \left(\frac{\theta_{21}}{180^\circ}\right)^2,$$

この両者は軌道要素を利用したものだが、観測さ れたデータ(輻射点、速度、出現時)によるものが Valsecchi, Jopek, Froeschleによって提案されている。

$D_N^2 = [U_2 - U_1]^2 + w_1 [\cos \theta_2 - \cos \theta_1]^2 + \Delta \xi^2$

Uは地心速度を地球の軌道速度で規格化したもの、 $\theta \geq \phi \geq v$ う角度によって、輻射点の方向を表す(右 図参照)。 ξ についての説明は省略するが、この項に $\phi \geq 出現点の太陽黄経が含まれている。<math>w_1$ は彼らの論 文では1として扱われている。

文では1として扱われている。 3つの D 判定を四分儀群の例で比較したものが次 の表である。D 判定の数値、カタログコード、所属すると

phi u u theta y

の表である。D 判定の数値、カタログコード、所属するとされる流星群の名称の順に示した。第1行の10QUA0 という軌道データを基準にした D 判定の数値の小さいものから並べたもので、当然、10QUA0の D 判定の値 は0となっている。値の大きさに違いはあるものの、どの判定を用いても結果に大きな違いがないことがわか る。最後の D_Rについての説明は後回しにする。

DMN			DDR			DN			DR		
0.000	10QUA0	Quadrantids	0.000	10QUA0	Quadrantids	0.000	10QUA0	Quadrantids	0.000	10QUA0	Quadrantids
0.017	10QUA1	Quadrantids	0.010	10QUA1	Quadrantids	0.008	10QUA1	Quadrantids	0.004	L1-171	Northern δ Aquarids
0.033	LE-46	Quadrantids	0.016	LE-46	Quadrantids	0.014	LE-46	Quadrantids	0.005	LE-787	Quadrantids
0.035	10QUA5	Quadrantids	0.019	S1-5	Quadrantids	0.022	10QUA4	Quadrantids	0.007	10QUA1	Quadrantids
0.053	10QUA4	Quadrantids	0.022	10QUA4	Quadrantids	0.024	10QUA5	Quadrantids	0.010	26NDA8	Northern delta Aquariids
0.057	S1-5	Quadrantids	0.024	10QUA5	Quadrantids	0.033	10QUA2	Quadrantids	0.010	770LCA0	lambda Caelids
0.066	10QUA2	Quadrantids	0.037	10QUA2	Quadrantids	0.033	L1-216	Quadrantids	0.010	164NZC3	Northern June Aquilids
0.073	L1-216	Quadrantids	0.054	L1-216	Quadrantids	0.036	S1-5	Quadrantids	0.012	26NDA4	Northern delta Aquariids
0.100	10QUA3	Quadrantids	0.075	10QUA3	Quadrantids	0.055	10QUA3	Quadrantids	0.012	342BPI0	August Beta Piscids
0.286	S3-8	Quadrantids	0.103	LE-52		0.191	LE-44		0.012	LE-46	Quadrantids
									0.013	LE-239	Arietids



上の散布図は 10QUA0 と登録してある全ての軌道間の 3 つの D 判定の数値の相関を示したもので、横軸が D_{SH} 、縦軸が D_{DR} または D_N の値である。濃青色の+が D_{SH} と D_{DR} 、赤色の×が D_{SH} と D_N との関係を表している (モノクロの図でしかも記号が小さいが、上側に広く分布するのが×、下側が+である)。×が横軸上にかなりの数存在するが、これは、文献に示された計算式によると平方根内が負になるためで、恐らく元の文献上で式が不完全な状態にあるためと考えられる。

D 判定の値が D<0.2 (群判定の一般的な閾値) ではほぼ D_{SH} と比例関係にあり、上でみたようにどの判定で も同じ結果になることがわかる。一方、傾きが 1 の直線(つまり D_{SH} と D_{DR} または D_N がほぼ等しい)を想定 すると、 D_{DR} はそれより下、 D_N はほぼこの直線に沿うが分散が大きくなっている。このような大きな D 値の 領域を問題にすることはないので、物理的意味合いや式の明解さを抜きにして今でも D_{SH} が広く使われている のである。

最後に*前ページ*に示した $D_{\rm R}$ を紹介しよう。これは $D_{\rm N}$ の第3項を除いたもので、輻射点の流星向点からの 離角と速度の大きさだけを問題にした式である。これを流星群の判別に用いることはできないことは表からも 明らかである。四分儀群とされている 10 群のうち、 $D_{\rm N}$ では4 群しか表に出てこないで、みずがめ北群が二番 目に登場している。

しかし、この D_N の面白さは、みずがめ北群だけでなく、最下行には昼間おひつじ群が出てくることである。 ピンときた人もいるかもしれないが、四分儀群はみずがめ群や昼間おひつじ群と共通の母天体 96P/Machholz をもつのではないかという説がある。この D_N と D_R を提唱した著者たちはこの点に注目している。群判定に 直接は使えなくても、共通の母天体をもつ可能性のある流星群を捜索するには役立つ可能性もある。

2017/7/2 流星物理セミナー 日本流星研究会 小関正広

1. はじめに

CAMS とは Cameras for All sky Meteor Surveillance の略であり、Jenniskens の主導の下、表1に示すような統 ーされた機材によって運用されている。カメラ1台の写野は22.5×29.9度であり、SonotaCoネットで一般的 に使われているものに比べてかなり狭い。詳細については"CAMS Cameras for All sky Meteor Surveillance: Manual for the CAMS BeNeLux network. Edition July 2015", Paul Roggemans (how_to_start_with_cams.pdf)を参照 されたい。

Table 1: Required equipment and prices in Euro (according to recent purchases)

Watec 902H Ultimate	360
Pentax 12mm f/1.2	118
C-CS Mount adapter	2
Ez-Cap Framegrabber	35
CCTV video cable	20
BNC-cinch adapter	2
Adapter 12V (be sure to buy one of good quality)	13
Total costs in Euro	550
If not available yet a PC with recent multi core processor	600
If the cameras are installed outdoors, security camera housing	50

<u>http://cams.seti.org/</u>に掲載された 2017 年 5 月 1 日の記事に、「2016 年のデータ処理が終了した。CAMS 全体 では 106,000 個の軌道を得ている。内訳は、California: 38,331; BeNeLux: 25,132; New Zealand: 16,118; LOCAMS(Arizona): 12,267; UAE: 10,118; Florida: 3,137; Mid-Atlantic: 942」と記されている。

CAMS で得られたデータのうち、論文発表が行われた 2010 年 10 月 21 日から 2013 年 3 月 29 日の期間のデー タは公表されている。110,259 まで番号が振られているが、実際に存在するデータは 109,548 個である。デー タの使用に際しては、引用元として次の論文が指定されている。

P. Jenniskens, Q. Nénon, J. Albers, P. S. Gural, B. Haberman, D. Holman, R. Morales, B. J. Grigsby, D. Samuels, C. Johannink, 2015. The established meteor showers as observed by CAMS. Icarus (in press) http://dx.doi.org/10.1016/j.icarus.2015.09.013

今回はCAMSのデータ期間に合わせて2010-13年のSonotaCoネットのデータを使用して両者の比較を行う。

第	2	表	:	デー	·タ中	って	眻流		の占	める	割	} 。	上位	20
位	ŧ	でを	ŀ	IAU	の略	} 号	によ	っ	て示	す。	補約	主参	照。	

rank	SonotaCo		CAMS	
1	11.34	GEM	5.02	GEM
2	6.17	PER	4.40	PER
3	2.98	ORI	2.87	ORI
4	1.82	COM	1.40	SDA
5	1.60	STA	0.95	ETA
6	1.59	HYD	0.85	STA
7	1.29	LEO	0.64	CAP
8	1.26	NTA	0.62	QUA
9	1.12	ETA	0.56	HYD
10	0.73	SDA	0.47	NTA
11	0.70	QUA	0.47	COM
12	0.64	DAD	0.41	NZC
13	0.52	NOO	0.38	PPS
14	0.48	SPE	0.36	NOO
15	0.47	MON	0.34	AOA
16	0.36	CAP	0.29	NUE
17	0.30	BPI	0.28	XAR
18	0.26	LYR	0.26	NDA
19	0.25	_S26	0.25	LYR
20	0.24	ERI	0.25	MON

CAMS が2年半、SonotaCo ネットが4年間であるが、両者の軌道数がほぼ等しくなる。

CAMS のデータで注意が必要なのは日付の列を別の ブックにコピーしようとすると、勝手に日付が変更され てしまうことである。作成したエクセルは日付の開始を 1904 年 1 月 1 日としている (マックのエクセル仕様) た め、windows 版のエクセルで使用するには 1462 日を加 える操作が必要になる。

2. ビデオ観測における主要流星群

一般に三大流星群と言えば、しぶんぎ群、ペルセウス 群、ふたご群を指している。しかし、ビデオ観測の結果 によると、ふたご群、ペルセウス群は同じだが、第3位 にはオリオン群が入ってくる(第2表参照)。NMS同報 に投稿されたメールを確認すると 2010 年は活発(2006 年ほどではない)、2011-12 年は平年並み、2013 年は地 味という表現なので、本稿で扱っている期間に突発が あったわけではない。第1 図に年間を通じた太陽黄経1 度ごとの軌道数(総数を10,000 個に規格化)を5 度間隔の 移動平均で示しているが、やはり、これら3 群のピーク が明確である。しぶんぎ群の活動が短時間だから総流星 数が少ないというだけの問題ではなく、眼視観測とビデ 才観測で捕捉率に違いがあると考えた方が良い。

また、η-みずがめ群(ETA)が両者ともに上位に入って いる点は目を引く。全流星数の1%という割合はかなり



第1図:太陽黄経1度あたりの捕捉数(5度の移動平均)。全流星数を10,000個として規格化して比較。 の高率であり、日本やカリフォルニアの緯度を考えると従来の眼視観測よりも捕捉率が高いようである。

第3表はIAUMDCで古典的な流星群であるNo.1-31に対する捕捉率を示したものである。捕捉率が'0'となっているものは、「流星群」として扱われていないことを意味する。また、'others'とは IAUMDCNo.32 以降の 群、または、SonotaCo ネットで設定されているこの他の群の割合を示している。ここでも眼視観測で名の知 れた流星群捕捉率がビデオ観測特有の流星群よりも低い場合がしばしばみられる。こと群 IAU6 (LYR)を例に とると、これよりも捕捉率が大きい群に IAU16(HYD)、IAU19(MON)、IAU20(COM)がある。

第3表: IAUMDCNo.1-31 の流星群についての捕捉率

IAUNo.	SonotaCo	CAMS		
1	0.36	0.64	CAP	alpha Capricornids
2	1.60	0.85	STA	Sorthern Taurids
3	0	0	SIA	Southern iota Aquariids
4	11.34	5.02	GEM	Geminids
5	0.73	1.40	SDA	Southern delta Aquariids
6	0.26	0.25	LYR	April Lyrids
7	6.17	4.40	PER	Perseids
8	2.98	2.87	ORI	Orionids
9	0.00	0.03	DRA	October Draconids
10	0.70	0.62	QUA	Quadrantids
11	0.06	0.00	EVI	eta Virginids
12	0.14	0.03	KCG	kappa Cygnids
13	1.29	0.20	LEO	Leonids
14	0	0	XOR	chi Orionid Complex
15	0.21	0.07	URS	Ursids
16	1.59	0.56	HYD	sigma Hydrusids
17	1.26	0.47	NTA	Northern Taurids
18	0.05	0.03	AND	Andromedids
19	0.47	0.25	MON	December Monocerotids
20	1.82	0.47	COM	Comae Berenicids
21	0.01	0.01	AVB	alpha Virginids
22	0.08	0.06	LMI	Leonis Minorids
23	0.15	0.03	EGE	epsilon Geminids
24	0.00	0	PEG	mu Pegasids
25	0	0.05	NOA	Northern October delta Arietids
26	0.00	0.26	NDA	Northern delta Aquariids
27	0.01	0.02	KSE	kappa Serpentids
28	0	0.15	SOA	Southern October delta Arietids
29	0	0	DLE	delta Leonid Complex
30	0	0	PSC	Piscid Complex
31	1.12	0.95	ETA	eta Aquariids
	6.82	8.59		others
	60.76	71.71		sporadics

CAMS と SonotaCo ネットを比べる と、SonotaCo ネットではふたご群の 割合が群を抜いているのに対して、 CAMS はそれほどでもない。また、 みずがめδ南群(SDA)はふたご群とは 逆に CAMS の捕捉率が SonotaCo ネッ トの倍近い。この他、おうし南・北 群(STA, NTA)については SonotaCo ネットが CAMS のほぼ倍である等々 の違いがみられる。 これらには次のような原因がある

- と考えられる。
 - (1)機材の違い

(2)天候等の観測条件

(3)流星群の定義・群判定の方法の 違い

これらの問題については次項で考察 することにして、こと群より捕捉率 が高く、両者に共通する流星群をビ デオ観測における主要流星群として 以下に掲げる。

やぎ群(CAP)、おうし南群(STA)、 ふたご群(GEM)、みずがめδ南群 (SDA)、こと群(LYR)、ペルセウス 群(PER)、オリオン群(ORI)、しぶん ぎ群(QUA)、うみへび群(HYD)、お うし北群(NTA)、12 月いっかくじゅ う群(MON)、かみのけ群(COM)、η みずがめ群(ETA)、11 月オリオン群 (NOO)。

補欠として CAMS ではこと群を下回 る、しし群(LEO)、を挙げておく。 「1. はじめに」で述べたように、両者が使用している機材には、かなりの違いがある。当然、大きなレンズを使用している CAMS の方が暗い流星まで捉えられるはずであり、焦点距離の長いレンズだから観測精度も上がることが予想される。

まずは、CAMS と SonotaCo ネットで捉えられてい る流星の光度分布を比べると、確かに CAMS の流星 数のピークが暗い流星の側にずれ、また、SonotaCo ネットよりも暗い流星を捉えていることがわかる。 しかし、その差は1等級程度で小さいものと言える。

ここで注目されるのは、CAMS において-10 等を越 える大火球が記録されていることである。また、よ く見ると光度分布の傾きも CAMS の方が SonotaCo ネットのものに比べて緩やかである。測光方法の違 いといった原因も考えられる。

また、観測された流星の速度分布を第3図に示す が、30km/s以下の低速の流星を CAMS は SonotaCo ネットよりも多く捉えている。これは SonotaCo ネッ トで一般的に使われている短焦点のレンズでは緩速 で短経路の流星を検出しにくいためだろうと推測さ れる。

第4 図は撮影された流星を地心速度の順番に並べ て 1,000 個ごとに光度の移動平均を求めたものであ る。SonotaCo ネットでは速度による変化は小さいが、 CAMS では地心速度が小さいほど暗い流星を捉えて いることが明らかである。地心速度 20km/s 程度では 平均光度で 1.0 等級の差があり、それ以下になると 1.5 等級に達している。地心速度が 70km/s 程度では両 者にほとんど差が見られなくなる。短焦点のレンズ では暗くて見かけの角速度が小さい流星は見逃され がちになるのに対して、焦点距離が長くなると逆に 角速度の大きい流星は捉えにくくなると考えられる。

第5図はふたご群(Vg=34)、ペルセウス群(Vg=60) について出現点、消滅点と光度との関係を示したも のである。SonotaCoネットで出現点と消滅点の直線 がクロスしているが、SonotaCoネットのシステムで3 等級程度の流星が実質的な観測限界であることを示 している。両群ともにSonotaCoネットの方が消滅点 を低いところまで捉えていることは興味深い。流星 の検出方法の違いが表れているのかもしれない。ふ たご群では発光点もSonotaCoネットの方が高くから











第4図 : 地心速度による撮影光度の変化。1,000 個の移 動平均。



第5図;出現点、消滅点と流星光度との関係(最小二乗法による直線解)。ふたご群(a)、ペルセウス群(b)

捉えているが、第4回で見たように、基本的には CAMS の方が平均で 0.9 等級暗い流星まで捉えているのだか ら、常識的には CAMS の方が発光点を高くから捉えていてもよいはずである。このことからも、両者の流星 検出の方法の差異が伺われる。

(2)天候等の観測条件

第1図で、太陽黄経 70~120 度のあたりは SonotaCo ネットよりも CAMS の方が多くの流星を捉えている。 これは梅雨の影響が大きい。第2表でふたご群、ペルセウス群の比率が SonotaCo ネットよりも CAMS の方が 低くなっているのは、CAMS の観測が行われている 2011-12 年のうち 2011 年は両群ともに満月に近い悪条件 であったことが原因と考えられる。SonotaCo ネットは 2011-13 年の観測を使用しているために月齢の条件が緩 和されている。

(3)流星群の定義・群判定の方法の違い

SonotaCo ネットでは"ALL_SHOWER_NAMES"というファイルによって流星群が定義づけられている。第4 表に示すように、活動期間を示す太陽黄経の範囲、赤経・赤緯で表された輻射点、地心速度が基本である。最 下欄に示した、おうし南群(STA)は太陽黄経で178度(sol1)から275度(sol2)までの非常に長い活動期間を想定 している。

第4表: SonotaCo ネットで使用されている流星群の定義表"ALL_SHOWER_NAMES"の一部を示す。

_code	_name	_sol1	_sol2	_solp	_ra	_dec	_dra	_ddec	_vg	_R	_dv	_IAU#	_IAUcode
_J5_Cap	_Alpha Ca	114.2554	138.378	126.1396	305.7054	-9.42002	0.498843	0.260231	22.35723	6	3	_#1	CAP
_J5_Com	_Dec. Com	243.981	311.1886	265.6826	159.7097	31.57298	0.794832	-0.32215	62.9684	6	4	_#20	COM
_J5_etA	_Eta Aqua	34.74393	68.66069	46.28019	338.3489	-0.76604	0.621568	0.290403	65.36826	5	5	_#31	ETA
_J5_Leo	_Leonids	220.9246	247.1227	235.4331	153.9164	21.85383	0.559125	-0.39007	69.96555	4	7	_#13	LEO
_J5_Lyr	_April Lyri	24.26708	41.59422	32.53246	272.5742	33.17207	0.817925	-0.29445	46.66568	5	5	_#6	LYR
_J5_Ori	_Orionids	178.8869	234.0035	207.9266	95.45098	15.52253	0.609658	0.013442	66.21321	4	8	_#8	ORI
_J5_Per	_Perseids	119.0332	160.4565	139.2121	47.18002	57.70816	1.165757	0.189175	58.7264	5	20	_#7	PER
_J5_Qua	_Quadrant	276.4105	291.086	283.1022	229.9551	48.96732	0.148969	0.166294	39.96465	5	6	_#10	QUA
_J5_sdA	_South. De	118.0303	145.4059	129.7355	341.88	-16.1768	0.619841	0.263918	39.41088	4	4	_#5	SDA
_J5_sTa	_South. Ta	177.9942	275.2837	219.7113	50.07141	13.36862	0.726863	0.161376	27.22767	6	5	_#2	STA

これに対して CAMS では Jopek の $D_{\rm H}$ という軌道要素を元にして判定方法行われている。 $D_{\rm H}$ は以下に示すように、 $D_{\rm SH}$ の近日点距離の項を変形したもので、これと第6回に示すような軌道要素の分布密度を併用して、流星群の広がりを個別に判断している。さらには、赤経・赤緯による輻射点分布も併用して、おうし群などのANT 領域の流星群をかなり細かく分割している。ここには主観の入る余地がかなりある。

$$[D_{\rm SH}]^2 = (e_2 - e_1)^2 + (q_2 - q_1)^2 \qquad [D + \left(2\sin\frac{I_{21}}{2}\right)^2 + \left(\frac{e_2 + e_1}{2}\right)^2 \left(2\sin\frac{\Pi_{21}}{2}\right)^2$$

具体的にどのような仕様なのかは示されていない が、"CAMS StreamFinder"というソフトを用いている。 これによって、流星群の出現レベルが散在流星以下 になる裾野部分や極端なデータを除外し、散在流星 による見せかけの集合を流星群と誤認することが避 けられるとしている。

4. CAMS と sonotaCo ネットのデータにみるふたご 群とペルセウス群の違い

前章でみたように観測機材、条件、群判定の方法 等に違いがある CAMS と SonotaCo ネットのデータで、 流星群の見え方にどのような違いがあるのか、具体 的にふたご群とペルセウス群を取り上げて比べてみ ることにする。

第5表にふたご群とペルセウス群の諸要素につい ての統計量を示す。SonotaCoネットは前章で述べた ように"ALL_Shower_Names"で定義された範囲に 入っているが、CAMSには異常値が存在する。例え ば、 λ - λ s と β (太陽を中心とした黄道座標)をみると、

$$D_{\rm H}]^2 = (e_2 - e_1)^2 + \left(\frac{q_2 - q_1}{q_2 + q_1}\right)^2 + \left(2\sin\frac{I_{21}}{2}\right)^2 + \left(\frac{e_2 + e_1}{2}\right)^2 \left(2\sin\frac{\Pi_{21}}{2}\right)^2.$$



第6図: CAMS の軌道要素(軌道傾斜と近日点黄経)

Min (最小値) がそれぞれ 174.3 と-39.2、最大値がそれぞれ 305.6 と 61.0 である。Mean (平均値)、Median (中

第5表a:ふたご群の諸要素についての統計。各統計量の1行目はCAMS、2行目はSonotaCoネット。

	λ-λs	β	Sol long	H beg	H end	Max Mv (n	Vg	е	q	i	ω	Ω	1/a
Min	174.3	-39.2	243.2	85.3	54.1	-6.1	6.8	0.128	0.059	4.0	0.7	81.5	-1.792
	195.8	1.0	236.0	50.8	40.5	-5.5	18.6	0.604	0.038	2.4	301.2	236.0	-0.221
Max	305.6	61.0	269.8	117.6	114.4	5.0	65.9	1.148	0.829	148.0	338.8	269.7	1.602
	217.6	17.2	289.2	189.0	173.0	3.9	48.5	1.036	0.346	55.9	340.3	289.2	1.290
Mean	208.1	10.5	261.1	97.0	85.0	1.6	34.1	0.891	0.144	23.3	324.0	261.0	0.749
	208.1	10.4	261.4	94.5	80.9	0.5	34.0	0.890	0.145	23.0	324.2	261.4	0.754
SD	2.40	1.56	2.21	2.51	4.41	1.38	1.99	0.026	0.020	4.02	8.13	4.89	0.119
	1.37	1.35	3.07	4.52	7.09	1.00	1.85	0.023	0.019	3.49	2.53	3.07	0.105
Median	208.1	10.5	261.7	97.0	85.5	1.7	33.8	0.889	0.145	22.9	324.3	261.7	0.766
	208.1	10.5	261.8	94.5	82.2	0.5	33.9	0.890	0.145	22.9	324.3	261.8	0.763

第5表b:ペルセウス群の諸要素についての統計。各統計量の1行目はCAMS、2行目はSonotaCoネット。

	λ-λs	β	Sol long	H beg	H end	Max Mv (n	Vg	е	q	i	ω	Ω	1/a
Min	275.9	29.5	116.0	89.4	65.8	-6.5	53.4	0.609	0.819	97.9	126.8	116.0	-3.265
	274.0	30.6	109.8	57.1	45.7	-7.3	34.6	0.187	0.360	82.1	18.0	109.8	-0.909
Max	292.2	47.3	157.2	142.7	115.8	4.7	84.8	4.070	1.002	128.9	167.9	157.2	0.411
	292.5	43.3	170.2	160.8	133.1	3.6	69.8	1.817	1.003	128.1	171.8	170.2	1.407
Mean	283.4	38.6	137.9	111.5	97.6	0.3	59.5	0.993	0.947	113.1	150.3	137.9	0.009
	283.1	38.4	138.2	108.3	93.5	-0.2	59.0	0.948	0.947	113.0	149.9	138.2	0.058
SD	1.85	1.77	5.54	4.04	4.79	1.52	2.40	0.218	0.020	2.98	4.99	5.54	0.226
	1.83	1.53	5.73	4.15	6.07	1.12	1.98	0.123	0.031	2.89	8.22	5.73	0.143
Median	283.3	38.5	139.3	110.9	98.0	0.4	59.1	0.951	0.949	113.1	150.4	139.3	0.052
	283.0	38.5	139.3	108.2	94.4	-0.2	59.2	0.956	0.951	113.1	150.8	139.3	0.047

央値)と比べてみると、その異常さがわかる。公表されている軌道を入力する際に手作業でしたために起きた ミスなのか、ソフト上の欠陥なのか理由は不明である。

しかし、SD(標準偏差)を比べると、ふたご群についてもペルセウス群についても、両者がほぼ同一であることがわかる。これは両群のデータ数が多く(CAMS、SonotaCoネットの順にふたご群 5,064 個、11,804 個、ペルセウス群 8,161 個、9,437 個)、異常値が埋もれたためであり、また、両者の観測精度がほぼ同一であることを示していると考えられる。

前章(第5図)で述べたように、発光点・消滅点において CAMS と SonotaCo ネットには違いが見られ、第5表でも Hbeg(発光点)、Hend(消滅点)の SD は CAMS よりも SonotaCo ネットの方が大きくなっている。 輻射点、地心速度、さらには軌道要素に影響を及ぼさないのだから、基本的に観測経路の延長上で SonotaCo ネットは CAMS よりも、より高い(より低い)部分まで捉え(検出)しているのかもしれない。

最後にここで CAMS と SonotaCo ネットにおける流星群の定義の違いがどのように現れるか、出現期間と周 囲の小流星群の扱いを見ることにする。第7図のグラフで示されるように、極大前後の流星数の推移は CAMS と SonotaCo ネットでほぼ一致しているが、CAMS では散在流星に埋もれる期間を除外しているのに対して SonotaCo ネットでは定義される期間に規定された出現開始・終了の時期となっている。

第8回にペルセウス群の輻射点分布を示すが、CAMSでは散在流星または別群とされる期間、位置の流星が SonotaCoネットではペルセウス群と判定されていることがわかる。分布図の右下方向はApex(地球の軌道運動の進行方向)にあたり、CAMSのλs≥160の分布図に見られるように、右下方向に向けて輻射点が増加する 判定の難しい領域であることに注意が必要である。



第7図:資料自体が群流星と判定した観測流星数の出現分布。縦軸は対数による。





8

6

40

-10 +-8

-6

IAU549

+

-10 \perp +



10

+

SonotaCo



























5. まとめ

CAMS は SonotaCo ネットよりも長焦点のレンズを使用しており、得られるデータはより高精度と推測され るが、今回のデータ比較で精度に関して大きな差異は認められなかった。しかし、SonotaCo ネットで低速の 流星数が CAMS に比べて少ないことには、レンズの焦点距離の違いが影響しているとみられる。また、消滅 点高度に差がみられるのは、流星像を自動検出するソフトの違いによるものと考えられる。

CAMSとSonotaCoネットで大きな違いがみられるのは、流星群の定義法である。前者は軌道要素、後者は 輻射点を基本にしており、この違いによって、流星群の出現期間、平均要素に違いを生じている。特にSonotaCo ネットの群判定においては、出現期間がかなり長く設定されていることに注意が必要である。また、小流星群 になると、どのように流星群を定義するかによって、存在の有無自体も相違してくることに留意しなければな らない。

<u>補注1</u>:第2表における_S26は以下のデータに基づいている。 Sirko Molau, 2008, "A NewAnalysis of the IMO Video Meteor Database", Proceeding of the International Meteor Conference, 76-90.

ID Period Maximum δ β Vel. Name α $\lambda - \lambda s$ _sm_026 87-127 101 15.3 23.5 282 23 70 N.Apex 補注2:輻射点分布図内において SonotaCo ネットで使用されている Iw XXX は IAUMDC の working list の流 星群で XXX にあたる略号は IAUMDC のものである。













63.2 275~290













×× ×

-5 -

-5

-10

5

10

5



































241.9



"確定群"の中で輻射点の位置または極大時期が大きく異なるデータが存在するものについては次ページで補足する。

補足







ペルセウス群輻射点拡大撮影

重野好彦

2006年以降、ペルセウス群輻射点の拡大撮影を行っている。昨年との比較を紹介する。

撮影日時 2017年8月11/12日 22:00~04:00(現地標準時)(極大11:00) 21流星

- 観測地 ヨセミテ西
- 撮影機材 Nikon D500 4K(3840×2160) 30fps動画 1/30secシャッター ISO:5万 レンズ 85mm F1.4 (35mm版200mm相当) 写野11度×6度 恒星最微等級9.0等 流星最微等級7等 高橋P型+ビ クセンモードラ自動ガイド
- 昨年との 1) シャッター 1/125sec→1/30sec (露出時間を4倍にした)
- 違い 2) ISO: 10万→5万 (感度を下げたことで画質が改善された)
 3) 恒星最微等級7.5等→9.0等 (感度は1/2になったがシャッターが4倍になり、さらに画質の改善により最微等級が 暗くなったと思われる)
 - 4) 面積のある流星痕は感度が下がったためやや写りにくくなった

輻射点付近 の正三角形

図 1. 動画とほぼ同視野の星図(ステラナビゲータ) 最微等級9.0等 動画と較べてやや視野が回転している



図 2. 2016.08.11/12+12/13 16流星 1/125secシャッター ISO:10万 恒星最微等級7.5等



2017/10/1 147回流星物理セミナー

日本流星研究会 小関正広

1. はじめに

前回の MSS で「CAMS と SonotaCo ネットで得られたデータ」という発表をした。その後、いくつかの流星 群について、電波観測を含めた観測方法による見え方の比較を天文回報の詰草原稿として書いている。今回の 発表は秋から冬にかけての流星群について CAMS と SonotaCo ネットの見え方を比較したものである。

2. ηエリダヌス(ERI)群、vエリダヌス(NUE)群、オリオン群の尻尾?

Jenniskens らは CAMS の論文でオリオン群に連なる一連の流星活動を「オリオン群の尻尾」と名付けた。8 月から11月までの流星活動を単一の起源に帰するには無理があるだろうが、実際に輻射点分布を見ると(付 録の図を参照)、ERI から始まり、オリオン群に吸い込まれるように輻射点が移動していくように見える。 Jenniskens らは「オリオン群の尻尾」としている流星活動をオリオン群まで含めて全部で10の流星群に分割し ている(第1表)。

表1:オリオン群の尻尾とされる流星群。

IAU#	Object	Ν	R.A.	Dec.	λs	Vg	$\lambda - \lambda s$	β	e	q	i	ω	Ω	a
191	ERI	214	43.7	-11.9	137	64.5	260.3	-27.3	0.945	0.953	132.7	28.4	317.7	10.3
738	RER	24	44.8	-4.0	137	67.3	264.1	-20.1	0.945	0.988	145.7	18.7	316.7	8.94
337	NUE	291	61.5	+4.3	163	67.1	257.3	-16.2	0.916	0.867	150.7	43.7	53.2	7.04
552	PSO	99	70.5	-2.3	159	65.8	269.5	-24.3	0.893	1.004	138.3	17.2	342.4	7.53
225	SOR	40	87.9	+0.5	187	66.2	260.7	-22.9	0.919	0.934	139.7	30.6	9.6	9.70
479	SOO	40	80.9	+12.5	187	67.6	254.0	-10.7	0.911	0.777	159.9	57.6	7.7	8.11
718	XGM	33	96.9	+12.7	206	68.1	250.8	-10.6	0.952	0.726	159.9	60.8	26.3	5.78
8	ORI	3024	95.9	+15.7	209	66.3	246.7	-7.6	0.944	0.578	163.9	82.2	28.3	6.87
558	TSM	7	121.8	-5.8	227	64.6	258.5	-25.4	0.858	0.899	134.4	37.4	46.6	6.27
719	LGM	11	106.8	+17.5	232	60.6	234.1	-5.0	0.981	0.220	164.7	128.1	52.2	4.68

この中で ERI は大塚勝仁さんらが写真観測を端緒に、また、NUE は SonotaCo ネットで検出されたものであり、日本に縁があるので少し詳 しく見ていくことにする。

CAMS と SonotaCo ネットの観測を合成した(λ - λ s, β)=(260, -27)を中心 とした輻射点分布を示す(図1)。ERI の輻射点がよく集中しており、 太陽黄経 5 度幅の移動平均で示した流星活動の変化もはっきりとした 極大を示している(図2)。

これに対して、NUE は付録に示したように「オリオン群の尻尾」の 一部に過ぎず、独立した流星群ではないようにも見える。図中で CAMS による NUE(△)の位置は尻尾から少し外れているように思われ、CAMS が NUE と判定した流星数の変化を太陽黄経 5 度幅の移動平均で示した もの(図3)を見ても明確な極大は見られない。これに対して、SonotaCo ネットの観測では明確な極大が表れる。これは、両者における NUE の 判定基準が異なるためである。

例として(λ - λ s, β)=(259, -19)を中心とした SonotaCo ネットによる輻射 点分布を示す(図 4)。中心右上に散在と判定された流星があるが、この 位置は CAMS では NUE とされている。SonotaCo ネットの判定では散 在とされている NUE の左下に連なる流星は CAMS では NUE に近い側 から ERI、PSO とされている。(λ - λ s, β)=(259, -19)から 5 度以内に入る NUE と判定されている流星だけに限っても、また、5 度以内に入る散 在流星を含めた流星数の変化を調べても CAMS では極大が明確でない。 NUE は「オリオン群の尻尾」の一部の中で少しだけ周囲より流星活動 が盛んな部分とみられ、大量のデータを慎重に分析しなければ、輻射点 の位置(移動)、極大といった基本的な数値すら明確にするのは容易で はない。しかし、これでも IAUMDC では確定群に位置付けられている。

この後、「オリオン群の尻尾」はオリオン群本体に接するようになり (付録右下の図)、479SOO(9月oオリオン群)と名付けられた流星群が 設定されている。オリオン群とSOO との分離が困難なことからわかる ように、オリオン群の初期活動がいつから始まるのかは不明確と言わざ るを得ない。同様にオリオン群の活動末期の活動についても散在流星・ 「オリオン群の尻尾」の活動によって判断は分かれている。



図 1 : ERI の輻射点分布。



図 2: ERI の活動変化。



3. おうし南群と北群

写真観測された流星数の太陽黄経で5度ずつの移動平均とSonotaCo ネットで撮影された流星数の変化はよく似ている(図5a、b)。南側の 活動は太陽黄経で200度付近と220度付近の2つの極大をもち、北側の 活動は太陽黄経で230度付近に単一の極大をもっている。

これに対して、CAMS で STA また NTA と判定された流星数の変化は 極めて特異である。STA は複数の極大を持つように見え(図6a)、NTA では SonotaCo ネットまた写真観測での極大に当たる部分は凹部になり、 その後に二次的な極大をもっている(図6b)。これは「おうし群」の 活動がそのように変化するのではなく、CAMSの群判定が特殊だから である。

CAMS による STA の平均軌道に対して $D_{SH}<0.2$ になる流星群は CAMS 中だけで次のものがある: 626LCT0(0.026), 628STS0(0.082), 637FTR0(0.087), 624XAR0(0.097), 625LTA0(0.114), 630TAR0(0.172), 28SOA1(0.176), 631DAT0(0.176), 25NOA1(0.184)。同様に NTA に対して は:630TAR0(0.030), 631DAT0(0.064), 632NET0(0.090), 25NOA1(0.103), 635ATU0(0.108), 629ATS0(0.129), 637FTR0(0.145), 628STS0(0.149), 633PTS0(0.164), 625LTA0(0.168), 626LCT0(0.183) がある。さらに、 215NPI4、216SPI4、256ORN2、257ORS3、286FTA1 も輻射点分布では 「おうし群」と重なり合う。CAMS による STA と NTA の流星数変化 は、これらの CAMS が定義する別群をそぎ落とした残りである。

 $(\lambda - \lambda s, \beta) = (190, 0)$ を中心とした CAMS による輻射点分布(図7)を見 ると、STA また NTA と別群(この場合、STA には 625LTA、NTA には 629ATS)が重なっている。この分布と流星数の変動を見れば、CAMS の群判定の在り方にはいささかの無理があるといえる。

CAMS が「おうし群」を分割するのに対して、CMOR は黄道型群を 結合しようという方向で(●が SIA○が STA)、活動は連続しているの ではないかという提起をしている。STA と NTA の区別はあるものの、 CAMS のようには「おうし群」を分割していない。CMOR のまとめの 表では図と異なり、活動期間を太陽黄経で 172~217 度、極大を 196 度 としている。おうし群とは何か。謎は多い。





図 4:NUE の輻射点分布(SonotaCo)。



図 5a:写真の流星数。



図 5b: SonotaCo ネットの流星数。



図 6b:NTA の流星数。

4. しし群

前回の大出現時には組織的な写真観測はアマチュアが行っただけで あり、ビデオ観測は CCD ではなく、II が用いられており観測数は少な い。また、CMORの観測はまだ始まっていない。このような中で、1998 年に NMS が中心となって実施された写真観測、また、2001 年に行われ た重野による Ⅱ 観測は貴重である。輻射点分布を見ると、極めて狭い 範囲に集中していることがわかる。

CAMS ではしし群をあまり捉えていないが、2011年11月18日及び 2012年11月17-18日の観測がほとんどない(欠測)ためであり、観測 条件に恵まれているとみられるカリフォルニアであっても 2 年程度の 期間では、流星群の活動状況を把握するには不十分であることが示され る。33 年という長い年月を同じシステムで観測することは不可能と いっても過言ではなく、しし群の全体像はまだつかめていないのが実情 である。





図 9: 重野によるしし群のⅡ観測。



図 11:村上先生によるしし群の活動 サイクル。

5. ふたご群

語っている。

全ての観測方法ではっきりととらえられている流星群は多くない。し かし、それでもふたご群の全貌を捉えるには十分とは言えない。CAMS と SonotaCo ネットの観測について撮影された流星数を年毎に見るとグ ラフは「櫛型」になる。流星数の変動を知るだけであれば、輻射点高度 の補正によって、それらしいグラフを得ることはできる。しかし、流星 群の構造を捉えるために、極大と前後の流星体の違いを調べたりするに は2~3年の観測では足りないことが分かる。このグラフでSonotaCoネッ トの2012年の観測はふたご群の極大に遭遇していると考えられるが、 CAMS の 2011 年の観測は極大から微妙に外れている。このことは SonotaCo ネットが CAMS に比べて多数のふたご群を撮影できた原因の 一つと言える。

地球の公転周期に約0.25日の端数がつくために1年ごとに同一地点 で観測できる流星群の位置は太陽黄経で 0.25 度ずつずれる。流星群の 全体像をつかむには4年かかるというのは、眼視観測だけではない、電 波観測、写真観測でも同様である。このことを忘れて、電波観測、写真 観測の結果に重きを置くことは誤りである。IAUMDC が記載する流星 群の平均太陽黄経を流星群の極大そのものと考えることはできない。流 星観測団体の多くでは、長年の眼視観測によって求められた極大の太陽 黄経を用いている。月の巡りを考えれば12年、天候条件を考慮すれば さらに長期間の観測に拠らなければ詳しいことはわからないのである。







図 13: SonotaCo net10 年の観測。

SonotaCo ネットの 2007-16 年の全観測を用いてふたご群の流星数の変化をグラフにしたものを見ると、これ でもグラフに凹凸がみられる。一部は実際の変動、一部は観測条件の違い(悪天候による観測数減少)による。 しかし、まったく同じではないにせよ、同じようなシステムで 10 年間観測が続けられたことにより、ほぼふ たご群の全体像を明らかにできているということは大きな成果である。

ふたご群に関して CAMS の観測は不思議な「発見」をしている。ふたごの輻射点分布にまったく重なるよ うな 641DRG (12月pふたご群) が活動していると指摘している。DRG がふたご群と区別されるという彼らの



図 14: CAMS による GEM と DRG。

主張は、引用したものからも分かるように極めて単純な根拠に基づいている。速度分布のグラフは彼らの主張 を裏付けるものとは到底言えない。おうし群同様、CAMSの流星群の定義は主観的と言わざるを得ない。

As a final curiosity, a group of unusual Geminids was found to have relatively high ~39.5 km/s entry speed (7σ above the median 33.8 km/s of other Geminids) and a resulting high i ~ 28° and semi-major axis a ~ 1.5–3.0 AU (Fig. 11). Based on the medium measurement error, we expected only 3 such outliers. These are here called here the December ρ -Geminids (#641, DRG).

6. しぶんぎ群と 12 月αりゅう群(DAD)

SonotaCo ネットのデータでしぶんぎ群を考えるときには、12月αりゅう群(DAD)との関係に触れる必要がある。DAD は SonotaCo ネットの 2007-08 年の観測で指摘されたものであり、CAMS のデータでもその存在は確認されている。しかし、両者の結果には大きな違いがある。

SonotaCo ネットと CAMS のデータで DAD の統計量を見てみよう。まず、活動時期だが、太陽黄経の平均

H end Max Mv (m Vg $\lambda - \lambda s$ Sol long H beg Min 249.1 59.3 94.1 37.5 0.493 0.950 66.3 165.0 248.8 0.147 248.8 82.7 -1.0 237.3 52.8 227.0 82.1 55.8 33.5 0.194 0.902 58.2 133.5 227.0 -0.298 -3.2 Max 282.1 65.9 262.6 108.3 102.9 4.0 43.4 0.857 0.986 77.4 202.7 262.6 0.515 299.2 72.5 288.1 116.4 103.9 3.4 49.0 1.293 0.990 87.8 217.4 288.1 0.858 0.379 Mean 270.9 100.4 40.9 0.628 0.980 72.3 179.5 255.3 62.7 255.4 89.9 1.8 266.0 63.3 267.4 98.8 87.6 0.6 413 0.691 0 975 719 184 5 267.4 0 317 SD 7.57 1.47 3.79 3.93 4.81 1.16 1.45 0.081 0.006 2.37 8.98 3.79 0.082 10.19 3.34 16.25 4.69 6.32 1.09 3.10 0.153 0.013 5.16 11.69 16.25 0.157 Median 273.0 62.9 254.8 100.1 88.8 2.1 40.9 0.606 0.982 71.9 177.1 254.8 0 4 0 1 267.6 63.4 270.6 98.4 87.9 0.7 40.9 0.653 0.981 71.7 183.2 270.6 0.354

表 2: DAD の統計量。表の意味については表1についての説明を参照。

または中央値のいずれも 10 度以上違っている。一般的に、同一の流星 群であれば、このような大きな差異を生じることはない。活動期間も SonotaCo ネットでは太陽黄経で 227.0~288.1、CAMS では 248.8~262.6 と大きな違いがみられる。

DAD と判定された流星数の変化を図 16 に示す。ここでは、太陽黄経の順番に並べた DAD の流星 7 個ごとの太陽黄経の差 $\Delta\lambda$ s を用いて N=7/ $\Delta\lambda$ s によって移動平均を算出している。これは CAMS では DAD の 数が少ないために太陽黄経 1 度毎では流星数の変動を見にくいためで ある。太陽黄経 1 度あたり DAD と判定されている流星数を表している

ことになるが、図中の縦軸は左側 が CAMS、右側が SonotaCo ネット に対応している。

DAD と判定された流星の平均太 陽黄経は CAMS で 255.4、SonotaCo ネットで 267.4 であるが、太陽黄経 は 267.4 付近では DAD と判定され る流星はほとんどないことがわか る。CAMS による太陽黄経 255 度 付近で CAMS の流星数が極大を迎



図 16 : DAD の流星数変化。



図 17 : DAD の輻射点分布。SonotaCo net(左;a)、CAMS(右;b)。

えるのは当然であり、SonotaCo ネットでも流星数の増加がみられる。

太陽黄経 250~255 度における輻射点分布を見てみよう(図 17a, b)。中央やや左に見られる塗りつぶした菱形 が DAD であり、右側の三角形はやはり SonotaCo ネットによって見出された 12 月 kりゅう群(DKD、SonotaCo ネットでは kDr)である。SonotaCo ネット、CAMS ともに DAD は DKD よりも弱い活動であることがわかる。 また、a、b の図を比較すると、SonotaCo ネットで CAMS よりも DAD の数が多くなっているのは、CAMS が 散在と判定している範囲まで DAD を拡張していることも一因であることが分かる。。

しかし、さらに注目すべきは、SonotaCo ネットでは、太陽黄経 267.4 以降に DAD と判定される流星数は増加し、太陽黄経 283 度付近で著し い増加を示している。太陽黄経 280~285 におけるしぶんぎ群の輻射点 分布を図 18a、b に示す。CAMS と SonotaCo ネットで全体的にはよく似 た分布であるが CAMS でしぶんぎ群と判定されている領域(図の右側) を、SonotaCo ネットの判定では DAD (この図中では三角形)が占めて いることがわかる。このことから、SonotaCo ネットの判定では DAD の 活動期間を長く取り過ぎたことによって、しぶんぎ群との混同が起きて いると考えられる。

このことを両者でしぶんぎ群と判定された流星数の太陽黄経 1 度あ たりの移動平均で見てみよう。ここでは流星数が多いので流星数 15 個 ごとの平均を DAD の場合同様に求めている。極大付近で SonotaCo ネッ トでしぶんぎ群と判定された流星数が CAMS のものより明らかに少な いことがわかる。従って、しぶんぎ群また DAD のデータを考察するに は SonotaCo ネットのデータを再判定する必要がある。太陽黄経 265 度 以前を DAD、以後をしぶんぎ群とみなすことが妥当であろう。

CMOR では、しぶんぎ群はトロイダル活動の一部とみなされており、 背景となる散在流星の数をは多い。軌道が似ている、輻射点移動経路の 延長上に位置するということだけで群流星と判断し、しぶんぎ群の活動 期間を長く取り過ぎると大きな問題を生じる。





図 18: QUA と DAD の輻射点分布。 SonotaCo net(上;a)、CAMS(下;b)。

図 19: しぶんぎ群と判定された流星数の変化。

7. おわりに

この他にも秋から冬にかけての流星群には、うみへび群、いっかくじゅう群(と 11 月オリオン群)、12 月 こじし群(かみのけ群)等もあるが、これらについては天文回報誌上でいずれ CAMS と SonotaCo ネットだけ ではなく、いろいろな観測によって見え方がどのように違うか解説する予定である。

ふたご群、オリオン群、しし群といった大流星群であっても、まだまだ知られていないこと、観測の届かないところがある。それらよりも活動の低い流星群になれば、どのようにその流星群を定義するか(活動期間、輻射点の範囲等々)が観測者、研究者によって異なっているために様々な混乱がある。本報告では、それらの問題点を明らかにして、今後の観測・研究課題を提示したつもりである。

・継続は力なり:2年、3年の観測では一部しかわからない。同じ方法で観測を続けることが解決の道。

・疑問があれば調べる:研究結果を鵜呑みにしないで、自分の目と手で元データを確認する。

付録:オリオン群の尻尾

上段左→右、中段、下段の順に太陽黄経 20 度ずつ重ねて(λ-λs, β)=(254, -18)を中心とした輻射点分布を示す。

$\begin{array}{c} 10 \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ $	$\begin{array}{c} & & & & & & & & & & & & & & & & & & &$	x x x 10 x x x x 10 x x x x x x x x x x x x x x x x x x x
10	$\begin{array}{c} & & & & & & & & & & & & & & & & & & &$	10 × × × × × × × × × × × × × × × × × × ×
$\begin{array}{c} 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 \\ 10 $	10, 5 5 10, 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	10, - , × × × × × × × × × × × × × × × × ×
10, 10, 10, 10, 10, 10, 10, 10,	10,	-10 -10 * * * 5 * * * * * * * * * * * * * * * *

ふたご群輻射点拡大撮影

重野好彦

撮影日時 2017年12月13/14日 23:00~06:00(JST)(極大14日15:00) 21流星

- 観測地 秩父郡
- 撮影機材 Nikon D500 4K(3840×2160) 30fps動画 1/30secシャッター IS0:5万 レンズ 85mm F1.4 (35mm版200mm相当) 写野11度×6度 恒星最微等級9等 流星最微等級7等 高橋P型+ビクセンモードラ自動ガイド



図1. 輻射点付近の星図(ステラナビゲータ) 最微等級8.5等 +印は1999.12.13/14ビデオ同時観測輻射点



図2. 2017.12.13/14 21流星

ペルセウス群の場合は、流星最微7等まで全ての流星に短痕が見られた。ふたご群の場合は、 まれに流星最微7等まで短痕が見られる。

1. はじめに

SonotaCo ネットが 10 年間の観測を継続し、その結果を公表している。これは大きく称えるべきことである。 CAMS や EDMONd といったビデオ観測のデータは一部を除いて外部の利用は不可である。CAMS や EDMONd のグループが SonotaCo ネットのデータを自由に用いているのに対して不公平だとの感は否めない。しかし、 SonotaCo ネットのメンバーでない筆者もデータ公開の恩恵に預かっているのだから、SonotaCo ネットの流星 天文学に対する貢献を大いに称賛したい。

IAUMDCの"確定群"についての問題はたびたび取り上げているが、今回は SonotaCo ネット 10 年間の観 測を通して"確定群"の実態を見ていくことにする。

2. "確定群"の実態

No Code	Name	No	Code	Name	No	Code	Name	No	Code	Name
1 CAP	alpha Capricornids	96	NCC	Northern delta Cancrids	206	AUR	Aurigids	337	NUE	nu Eridanids
2 STA	Southern Taurids	97	SCC	Southern delta Cancrids	208	SPE	September epsilon Perseids	338	OER	omicron Eridanids
4 GEM	Geminids	100	XSA	Daytime xi Sagittariids	212	KLE	Daytime kappa Leonids	339	PSU	psi Ursae Majorids
5 SDA	Southern delta Aquariids	102	ACE	alpha Centaurids	221	DSX	Daytime Sextantids	341	XUM	January xi Ursae Majorids
6 LYR	April Lyrids	110	AAN	alpha Antliids	233	OCC	October Capricornids	343	HVI	h Virginids
7 PER	Perseids	128	MKA	Daytime kappa Aquariids	242	XDR	xi Draconids	346	XHE	x Herculids
8 ORI	Orionids	137	PPU	pi Puppids	246	AMO	alpha Monocerotids	348	ARC	April rho Cygnids
9 DRA	October Draconids	144	APS	Daytime April Piscids	250	NOO	November Orionids	362	JMC	June mu Cassiopeiids
10 QUA	Quadrantids	145	ELY	eta Lyrids	252	ALY	alpha Lyncids	372	PPS	phi Piscids
11 EVI	eta Virginids	151	EAU	epsilon Aquilids	254	PHO	Phoenicids	388	CTA	chi Taurids
12 KCG	kappa Cygnids	152	NOC	Northern Daytime omega Cetids	257	ORS	Southern chi Orionids	390	THA	November theta Aurigids
13 LEO	Leonids	153	OCE	Southern Daytime omega Cetids	281	OCT	October Camelopardalids	404	GUM	gamma Ursae Minorids
15 URS	Ursids	156	SMA	Southern Daytime May Arietids	319	JLE	January Leonids	411	CAN	c Andromedids
16 HYD	sigma Hydrids	164	NZC	Northern June Aquilids	320	OSE	omega Serpentids	427	FED	February eta Draconids
17 NTA	Northern Taurids	165	SZC	Southern June Aquilids	321	TCB	theta Coronae Borealids	428	DSV	December sigma Virginids
18 AND	Andromedids	170	JBO	June Bootids	322	LBO	lambda Bootids	431	JIP	June iota Pegasids
19 MON	December Monocerotids	171	ARI	Daytime Arietids	323	XCB	xi Coronae Borealids	445	KUM	kappa Ursae Majorids
20 COM	Comae Berenicids	172	ZPE	Daytime zeta Perseids	324	EPR	epsilon Perseids	446	DPC	December phi Cassiopeiids
21 AVB	alpha Virginids	173	BTA	Daytime beta Taurids	325	DLT	Daytime lambda Taurids	506	FEV	February epsilon Virginids
22 LMI	Leonis Minorids	175	JPE	July Pegasids	326	EPG	epsilon Pegasids	510	JRC	June rho Cygnids
23 EGE	epsilon Geminids	183	PAU	Piscis Austrinids	327	BEQ	beta Equuleids	512	RPU	rho Puppids
26 NDA	Northern delta Aquariids	184	GDR	July gamma Draconids	328	ALA	alpha Lacertids	524	LUM	lambda Ursae Majorids
27 KSE	kappa Serpentids	187	PCA	psi Cassiopeiids	330	SSE	sigma Serpentids	526	SLD	Southern lambda Draconids
31 ETA	eta Aquariids	188	XRI	Daytime xi Orionids	331	AHY	alpha Hydrids	529	EHY	eta Hydrids
33 NIA	Northern iota Aquariids	191	ERI	eta Eridanids	333	OCU	October Ursae Majorids	530	ECV	eta Corvids
61 TAH	tau Herculids	197	AUD	August Draconids	334	DAD	December alpha Draconids	533	JXA	July xi Arietids
63 COR	Corvids	198	BHY	beta Hydrusids	335	XVI	December chi Virginids	549	FAN	49 Andromedids
69 SSG	Southern mu Sagittariids	202	ZCA	Daytime zeta Cancrids	336	DKD	December kappa Draconids	569	OHY	omicron Hydrids
Total: 112 est	ablished showers.									

(1) "確定群"の分類

見え方という観点から次の6類に分けて考えることにする。

基本群:ほぼすべての観測方法によって捉えられているもの:23群。

CAP, STA, GEM, SDA, LYR, PER, ORI, QUA, LEO, URS, NTA, MON, NDA, ETA, ARI, DSX, NOO, JLE, AHY, PPS, CTA, THA, GUM

光学群:電波観測によっては明瞭にとらえることが出来ないもの:40群。

EVI, KCG, HYD, COM, LMI, EGE, ELY, JPE, GDR, ERI, AUR, SPE, AMO, ORS, OCT, OCU, DAD, XVI, DKD, NUE, OER, PSU, XUM, HVI, XHE, CAN, FED, DSV, JIP, KUM, DPC, FEV, JRC, LUM, SLD, EHY, ECV, JXA, FAN, OHY

電波群:光学観測によっては明瞭(下線のものは曖昧)にとらえることが出来ないもの:12群。

AAN, NZC, SZC, XDR, OSE, TCB, LBO, XCB, EPG, BEQ, ALA, SSE

史的群・周期群:過去に突発が捉えられた歴史的な群、または、活動の変動が大きいもの:7群。 DRA, AND, TAH, COR, PPU, JBO, PHO

昼間群・南天群:北半球の光学観測では観測不能または困難なもの:15群。

XSA, MKA, APS, ACE, NOC, OCE, SMA, ZPE, BTA, XRI, BHY, ZCA, KLE, EPR, DLT

不詳群:光学観測はあっても、SonotaCoネットの観測で明確には認められないもの:15群。

AVB, KSE, NIA, SSG, NCC, SCC, EAU, PAU, PCA, AUD, OCC, ALY, ARC, JMC, RPU

もちろん、分類の境界は曖昧であり、電波群のNZC、XCB などは、基本群との境界上にある。厳密な分類 よりも、"確定群"という名称からは、「すべての観測方法によって捉えられている」と考えられがちである が、そのような基本群は全体のほぼ 1/5 であるという点を強調しておきたい。

(2)基本群

「すべての観測方法によって捉えられている」といっても、PERのように光学観測の方が電波観測よりも活発な活動がみられるものもある。両方で同じように見えているわけではない。また、PER、GEMのように非常に出現数の多いものもあれば、THA、GUMのように眼視観測ではまず捉えることが困難な極小流星群もあ

る。以下に 10 年間の SonotaCo ネットの観測によって GEM、URS、GUM の輻射点分布を示す。各図の下部に 4GEM3、SonotaCo、208.1、10.4、255~270 のように基本データを示した。これは IAUMDC の No.4 が GEM で あり、その中で 4 番目(3 という数字は IAUMDC では最上位に表示されるものを 0 としているためである)に SonotaCo ネットのデータが示され、(λ-λs, β)という黄道座標で(208.1, 10.4)が輻射点の中心であり、極大を挟ん で太陽黄経 255~270 度の輻射点を表示したものであることを表している。10 年間の蓄積により極めて大量の データが得られていることが分かる。ここでは輻射点の広がりの問題には触れずに、他の群を見ていくことに する。中央は URS である。「史的群・周期群」とも言えるが、近年小規模の突発が繰り返されて、光学的に も電波によっても捉えられている。小流星群の例と言える。右は GUM という群でなじみがないが、CMOR の 電波観測で見出されて以降、光学的にも捉えられている。10 年間の蓄積でこの程度のデータであるから、眼 視観測ではまず気付くことはできない極小流星群である。



(3)光学群

眼視観測では存在が示唆される程度、写真観測でも小流星群としか考えられていなかった流星群の中に CCD 観測によって主要流星群に匹敵するほどの活動を示すものが見出されてきた。その後、SonotaCo ネット またそれに続く CAMS 等の活動により、非常に多くの流星活動が見出されている。これらの多くは眼視観測 ではほぼ知られていなかったものである。観測機器の特性から、高速で明るい流星の割合が高い流星群と考え られる。COM がこれほど多く捉えられているのに、眼視観測では貧弱な出現しか見られないことから、それ よりも活動の低い群を眼視観測で捉えることは困難と考えられる。近年では OCU よりもさらに出現数の少な い活動が CCD 観測によって<流星群>として多数報告されている。



(4)電波群

実は電波群といっても、電波観測の中だけでも一致する流星群を見出すことは困難である。これが電波観測の数だけ群判定基準があることによるのか、微小な流星体の領域では流星活動の変動が激しく年毎に活動する 流星群が異なるのか、あるいはほかの原因があるのかよく分かっていない。

ここでは IAUMDC で重用されている CMOR の観測を例にとる。もちろん、CMOR の観測で基本群も捉えられているし、'working list'のままのものもある。 "確定群"とされている中で、CMOR の観測が筆頭(各流 星群の先頭に掲げられている)とされているものだけを取り上げる。

表中で LaSun は極大時の太陽黄経、N は帰属流星数である。(λ - λ s, β)でβが大きいものはトロイダル、 λ - λ s が 300 よりも大きいものは昼間群と考えてよい。

	shower name	Ra	De	Vg	LaSun	λ-λs	β	e	q	inc	peri	node	a	Ν
319JLE0	January Leonids	148.3	23.9	52.7	282.5	220.3	10.4	0.9913	0.055	109.3	333.7	282	6.3	138
3200SE0	omega Serpentids	242.7	0.5	38.9	275.5	324.6	21.2	0.88	0.164	56.5	38.8	275.9	1.37	60
321TCB0	theta Coronae Borealids	232.3	35.8	38.66	296.5	279.2	52.4	0.1662	0.924	77	124.9	296.5	1.108	1123
322LBO0	lambda Bootids	219.6	43.2	41.75	295.5	259.9	54.4	0.3579	0.956	79.3	206.6	295.4	1.49	354
323XCB0	xi Coronae Borealids	244.8	31.1	44.25	294.5	299.7	51.5	0.6509	0.817	79.6	124.7	294.5	2.34	185
324EPR0	epsilon Perseids	58.2	37.9	44.8	95.5	328.2	17.3	0.9714	0.13	63	39.7	96	4.55	203
325DLT0	Daytime lambda Taurids	56.7	11.5	36.4	85.5	331.6	-8.2	0.9337	0.104	23.2	210.8	1.7	1.57	406
326EPG0	epsilon Pegasids	326.3	14.7	29.9	105.5	228.9	26.5	0.7711	0.173	55.4	334.9	105.2	0.757	65
327BEQ0	beta Equuleids	321.5	8.7	31.6	106.5	220.7	22.6	0.8164	0.163	49.7	330.3	106.2	0.887	89
328ALA0	alpha Lacertids	343	49.6	38.9	105.5	266.5	50.7	0.0799	1.002	81.1	217.1	105.3	1.089	66
330SSE0	sigma Serpentids	242.8	-0.1	42.3	275.5	324.9	20.6	0.9168	0.16	64	41.3	275.9	1.92	540
331AHY0	alpha Hydrids	127.6	-7.9	43.6	285.5	207.3	-26.0	0.9774	0.287	57.1	115.6	105	12.7	193

後者のうち、光学観測が困難な EPR、DLT、SSE を除いた輻射点分布を示す。







-10

-10 -

-10



JLE、XCB、AHYを除いては、光学的に確認できないことがわかる。表中で CAMS と記したものは CAMS で確認したとしているが SonotaCo ネットの観測からは確認できない。

特に TCB は流星数が表中で最も多いが、SonotaCo ネットの観測では、ほぼ背景の散在流星の活動に埋もれている。TCB はトロイダル活動の典型である。トロイダル全般を散在流星とみなすこともできるが、CMOR によってトロイダルの活動に1年間の間に大きな変動があることが見出され、それらを分割して<流星群>としている。

(5)史的群・周期群

代表的な例は Hoffmeister が記録した COR だが、これはその後観測されていない。Jenniskens は CAMS の観 測から Hoffmeister の輻射点からかなり離れた位置に活動を認めたとしているが、SonotaCo ネットの観測では どちらについても輻射点の集中は認められない。地球背後から衝突する型であり、輻射点が拡散して D 判定 でならある程度の活動を検出することが出来るかもしれないが、少なくとも輻射点分布からは存在を確認でき ない。PPU も南半球の眼視観測だけに基づいており、状況はよく似ている。

DRA は広く知られているように、流星群の軌道が地球と遭遇すれば、光学観測でも電波観測でも捉えられる基本群である。2007~2016年の SonotaCo ネットの観測は出現期から外れているので、この位置づけになる。

AND は指摘されている場所に輻射点の弱い集中がみられるが、これが歴史的なアンドロメダ流星雨と直接 関係するか明らかではない。IAUMDC には COR のような歴史的観測は掲載されていない。

TAH と JBO の状況は似ている。いずれも 20 世紀前半に彗星からの流星出現が予報され、それに対応する眼 視観測が得られた。その後、TAH は写真観測を用いた D 判定によって関連するとみられる流星の出現が認め られた。しかし、写真観測でもビデオ観測でも輻射点は極めて拡散しており、輻射点分布から確認することは できない。一方、JBO はその後の軌道変化によって、流星体と地球軌道の接近が予報され、それに応じた弱い 出現が認められている。

PHO は 1956 年の観測後、2014 年に出現が予報され、観測されているが、IAUMDC に掲載されている輻射 点は 1956 年のものであり、2014 年の輻射点とは遠く離れている。図中で原点付近と縦軸上で-4 付近の 2 つの 輻射点が 2014 年に捉えられたものである。



最新の IAUMDC の'working list'には CAMS が展開しているニュージーランドでの観測と思われる日本から では観測できない赤緯のものが含まれている。また、昼間群の光学観測は無理であるので、今後、この分類に 入る流星群は増加する可能性が高い。

(7)不詳群

不詳群とは"不確定群"という意味でもあるので、個々の説明を簡単にしておこう。AVB は σ -Leonids というくくりの中に入れられたこともあり、非常に漠然としている。KSE は Harvard の写真観測によって指摘されたが、突発なのか、偶然の集団なのか不明である。NIA は"確定群"から格下げされた SIA とともに Harvard の写真観測で検出されたもので、不詳群の中ではよく名前の知られた<流星群>である。SSG は眼視観測以来、黄道群として知られていた<いて群>を写真観測から固定化したものである。NCC と SCC は黄道群であり、南北に分離できるかも含めて曖昧な存在である。EAU は Harvard の電波観測を取り上げたもので、CAMS で確認したとしているが、不確実である。PAU は南半球の眼視観測で指摘されていたが、SDA の南側に位置しており、分離は不確実である。PCA は Harvard と CMOR の電波観測、また、CAMS でも捉えられているが、SonotaCo ネットでは確認できない。AUD は KCG に接しており、特に CAMS の KCG とは分離しがたい。OCC は地球背点に近く、IAUMDC で掲載している 3 つの資料の根拠はほぼ 1 件の眼視観測報告である。ALY は IAUMDC で 2 件のデータを載せているが、1 件は出典不明である。ARC は CMOR の電波観測を取り上げたもので、IMO

のビデオ観測と CAMS で確認したとしているが、不確実である。RPU は CAMS と Segon らのビデオ観測によるが、両者にはかなりの不一致がある。



□51EAUI CAMS 238.1 41.3 55-70 183PAU2 SonotaCo 212.0 -15.8 125-140 187PCA2 CAMS 306.6 53.2 110-125 このような問題を生じる原因はいくつかある。第一には、写真観測時代に行われた研究の権威を尊重したことである。写真観測は現代のビデオ観測に比べてはるかにデータ数が少なく、その中で似た輻射点、軌道を持つものを<流星群>と称したのである。そして、その研究を尊重したことをいまだに引きずり続けている。第二には、研究者・グループへの外交的配慮(忖度)が入り込んでいることである。あちらとこちらのバランスをとるという、科学的とは言えない扱いがある。第三としては、散在流星や他の流星活動との区別について明確な規定がないことである。活動の変動も考えられるが、いずれも"確定群"と呼ぶには当たらないだろう。

3. 'working list'の中で注目される<流星群>

"確定群"の中にも不詳群がある一方で、現在は'working list'に含まれているが、SonotaCo ネットの観測で 輻射点の集中が明瞭なものもある:TPY、ASX、ZCS。

昨年の NMS 同報上で取り上げられた、「崩れる流星」を主とした流星群が IAUMDC に登録された。最後



に新しく登録される<流星群>の例として見ておこう。最初に注目されたのは群の活動ではなく、流星の外観であった。既に動画は削除されているが、痕が拡散していく様子は極めて印象的であった。その後、SonotaCoネットのフォーラムで検討が進められ、合計4個の流星を同一群として IAUMDC に申請し受理されたものである。

右図で黒い菱形が 2017 年の観測、×は 2007~2016 年の観測である。 恐らく、特異な外観に注目が集まらなければ<流星群>の存在は気付かれなかったものと思われる。

4. まとめ

電波、ビデオそれぞれの特性があり、また、活動の変動を考慮すれば、 毎年、眼視観測で捉えられる可能性がある流星群(これを確定群と呼び たい)は 20 群程度であろう。



しぶんぎ群輻射点拡大撮影

重野好彦

撮影日時 2018年1月3/4日 02:00~06:00(JST)(極大予想4日5:00)(月齢17)

観測地 秩父観測所

撮影機材 Nikon D500 4K(3840×2160) 30fps動画 1/30secシャッター ISO:5万 レンズ 85mm F1.4 (35mm版200mm相当) 写野11度×6度 恒星最微等級8.5等 流星最微等級7等 高橋P型+ビクセンモードラ自動ガイド



図 1. 輻射点付近の星図(ステラナビゲータ) 赤枠:今回の撮影範囲 +印:1997.01.03/04 同時I.I.補正輻射点 〇印:1997.01.03/04 Qua平均 230.1 49.7



図2. 2018.1.3/4 5等より明るい4流星 しぶんぎ群の場合、5等より明るい4流星全てに短痕が見られた。6等より暗い流星には短痕が見られ なかった。
第 149 回流星物理セミナー 2018/7/1 ロオ法見研究会 小開正広

日本流星研究会 小関正広

<u>1. はじめに</u>

MSS でも、IAUMDC の流星群リストがかなり混乱したものであることを繰り返し述べてきたが、その原因 は流星群をどのように定義するかの違いにあるといってよい。NMS の機関誌、天文回報で様々な定義の仕方 について紹介しているので、繰り返すことは避け、要点だけを述べることにする。

流星群への帰属を軌道要素から判定する方が、輻射点から判断するよりも高等であるように考えがちだが、 両者は同等である。

(出現時刻、輻射点 α ,δ、速度)⇔軌道要素 (e, q, i, ω , Ω)

どちらか一方の数値が与えられれば他方に変換することは、それほど難しいことではない。ここでは観測された値、目に見える輻射点から流星群を定義することを考えることにする。

2. 輻射点の分布密度

まず、眼視観測で NMS でも長年にわたって使用されてきた Olivier C.P.による輻射点決定の方法について触れておく。

(1)1人の観測者の1晩における4時間以内の観測で、4個以上の流星経路の延長が2度以内に交差すること。

(2)3個の流星と翌晩のほぼ同時間帯における最低2個以上の計5個の延長が2度以内に交差すること。 以下ではこれに類する形の単純明快な流星群の定義を目指す。

輻射点は通常赤経 α 、赤緯 δ で与えられるが、10日程度の期間を扱う場合は具合が悪いので、黄道座標(λ , β) に変換し、俗に「太陽中心黄道座標」と呼ばれる黄経から太陽黄経を引いた(λ - λ s, β)を用いると良い。これは、流星群の輻射点が日々移動するからであり、輻射点の移動量を $\Delta \alpha$ 、 $\Delta \delta$ で表すことがよくなされる。しかし、これは球面座標を平面座標で禁じたものであり、赤緯が大きい場合には不都合を生じる。しかし、(λ - λ s, β)を用いると、短期間であれば、輻射点の移動を無視でき、かなりの長期間でも扱いが容易になる。

実際のビデオ観測、SonotaCo ネットと CAMS の観測でペルセウス群とふたご群の輻射点分布密度を計算したものを示す。以下では、2007~2016年の SonotaCo ネットによる観測を用いる。ペルセウス群はλs=135~145、ふたご群はλs=255~265の期間の中心輻射点をそれぞれ、(λ-λs, β)=(283.2, 38.5)、(λ-λs, β)=(208.1, 10.5)と固定して、それからの個々の観測輻射点について距離を求めたものである。ほぼ、中心輻射点が固定されているとみなせる分布になっており、さらには SonotaCo ネットと CAMS の観測がよく一致していることも見られる。ペルセウス群の方がやや広がりが大きいがそれでも、ほとんどの輻射点は中心輻射点から3度以内に存在してい



ることがわかる。

輻射点を(λ-λs, B)座標で表し、中心輻射点から3度以内ということが群判定の基本になる。

こと群を例に、(λ-λs, β)=(241.5, 56.6)を中心としたλs=27.5~37.5の輻射点分布を示す。ペルセウス群とふたご 群でみたように、中心輻射点から3度以内に観測輻射点の大部分が存在することがわかる。

こと群のように周囲に別群の活動がみられず、散在流星の活動もそれほど盛んでない場合には、中心から3 度以内の輻射点数だけで判定すればよいが、そうでない場合には群流星とその他の活動との判別が必要になる。 個々の流星についての判別は確率の問題になってしまい、ここでは必要ない。中心輻射点から3度以内の輻射 点数の3度から6度の範囲の輻射点数に対する比を用いることにする。6度でなしにもっと範囲を広げてもよ さそうであるが、近接した流星群の活動等を考慮すると6度が適当だということになる。

既にここまでも、太陽黄経で10度以内と対象範囲を区切っている。一つは(λ-λs, β)座標を用いたとしても輻射点はその座標上をわずかずつ移動するのであまり期間を長く取ると移動量が無視できなくなるためである。 もう一つは流星群の中心となる活動期間は太陽黄経で10度の範囲に収まるからである。図はペルセウス群の



こと群の輻射点分布。内側が中心から3度、外が6度。 ^{12 TN}



輻射点分布から見た「確定群」

活動を示すものだが、(λ-λs, β)座標上での輻射点移動 から推算される予想輻射点から3度以内の流星数の 3~10度の流星数に対する比を示している(ペルセウ ス群というように隣接する活発な流星群のない特定 の流星群を選択する場合には3~6度から3~10度のよ うに対象範囲を広げても差し支えない。一般論とし ては上述のように10度では広げすぎになる)。ペル セウス群も太陽黄経で10度(たとえば133~143度)の 範囲で活動の中心を表せることがわかる。

流星群の判定で残る重要な要素は速度であるが、 直径 3 度という狭い範囲に速度の異なる流星群が重 なる可能性はまずないので、流星群の存否を考える うえでは無視しても差し支えない。

従って、次の2つの項目で流星群の活動の有無が 確認できる。

(1)活動期間の中心部が太陽黄経で10度の範囲。

(2)中心部(3 度以内)と外側(3~6 度)の輻射点数の 比が一定以上。

3. 流星群の定義と「確定群」

厳密にいえば、輻射点数そのものではなく、単位 面積当たりの輻射点密度の比を取る方が妥当である が、中心から3度あるいは6度という範囲であれば、 有効数字の上では球面を平面とみなしても差し支え ないので、輻射点密度でなく輻射点数を用いる。

SonotaCo ネットの 2007~2016 年の観測によって「確 定群」を調査した結果を以下に示す。

表中で code の欄は IAUNo.+AdNo.+Code を示して いる。IAUNo.は IAUMDC で付された流星群の番号、 AdNo.は同一群の中に複数の報告がある場合に付さ れる識別番号で、最初の報告が 0 で順次増加する。 Code は 3 文字の流星群の略号である。また、N3/N3~6 および N3 が"-"となっているものは南天群または昼 間群で今回の検証対象から外れているものである。

1											
code	1CAP6	2STA3	4GEM3	5SDA7	6LYR5	7PER4	80RI4	9DRA3	10QUA3	11EVI2	12KCG4
N3/N3-6	3.93	2.83	10.30	5.06	7.85	6.99	7.93	1.00	2.59	1.14	0.75
N3	381	975	16951	1356	644	9958	7465	5	1976	83	78
code	13LEO6	15URS4	16HYD2	17NTA4	18AND1	19MON3	20COM1	21AVB4	22LMI3	23EGE3	26NDA4
N3/N3-6	5.74	3.32	6.44	5.67	1.03	3.86	5.17	1.18	4.75	1.26	1.49
N3	2194	242	1617	867	35	676	195	20	190	219	145
code	27KSE2	31ETA4	33NIA6	61TAH0	63COR1	69SSG1	96NCC6	97SCC3	100XSA0	ACE	110AAN4
N3/N3-6	0.58	11.16	1.50	0.17	1.00	0.82	0.45	0.43	0.00	-	1.45
N3	15	1573	51	1	1	14	35	29	0	-	16
code	MKA	PPU	APS	145ELY4	151EAU0	NOC	OCE	SMA	164NZC3	165SZC3	170JBO0
N3/N3-6	-	-	-	1.71	0.60	-	-	-	1.48	1.86	1.20
N3	-	-	-	94	9	-	-	-	31	26	6
code	MKA	PPU	APS	145ELY4	151EAU0	NOC	OCE	SMA	164NZC3	165SZC3	170JBO0
N3/N3-6	-	-	-	1.71	0.60	-	-	-	1.48	1.86	1.20
N3	-	-	-	94	9	-	-	-	31	26	6
code	171ARI3	ZPE	BTA	175JPE2	183PAU2	184GDR0	187PCA3	XRI	191ERI1	197AUD0	BHY
N3/N3-6	7.67	-	-	2.88	0.57	3.42	0.38	-	2.17	0.26	-
N3	23	-	-	138	32	65	3	-	169	11	-
code	ZCA	206AUR4	208SPE1	KLE	221DSX2	233OCC0	242XDR0	246AMO1	250NOO3	252ALY2	PHO
N3/N3-6	-	2.00	3.43	-	1.29	0.00	0.30	0.80	3.20	0.53	-
N3	-	76	483	-	9	0	8	73	617	8	-
code	257ORS3	2810CT3	319JLE4	3200SE2	321TCB1	322LBO2	323XCB4	EPR	DLT	326EPG1	327BEQ0
N3/N3-6	0.78	2.71	1.93	1.67	0.32	0.29	1.33	-	-	0.63	0.33
N3	141	38	52	5	12	18	28	-	-	5	1
code	328ALA1	330SSE2	331AHY1	3330CU1	334DAD0	335XVI0	336DKD0	337NUE0	3380ER0	339PSU2	341XUM2
N3/N3-6	0.29	1.00	1.78	2.95	0.50	4.83	1.55	0.95	1.00	1.04	2.91
N3	5	4	114	115	58	111	181	122	41	132	102

code	3/311/13	346VHE1	348ADC1	3621MC2	3770057	388CTA1	300THA1	404GIM2	411CAN1	427EED1	428DSV2
coue	54511 15	540AIIL1	J46ARC1	JUZJIVICZ	5721152	JOOUTAI	JJUIIAI	404001012	411CAN1	42/ITEDI	42005 12
N3/N3-6	1.25	2.24	0.87	0.50	1.11	0.86	0.83	2.20	2.36	1.43	2.24
N3	35	47	20	5	51	65	64	33	52	20	121
code	431JIP1	445KUM1	446DPC0	506FEV2	510JRC1	512RPU2	524LUM1	526SLD1	529EHY1	530ECV3	533JXA3
N3/N3-6	2.45	1.90	1.38	1.29	1.22	1.04	1.58	1.31	0.59	1.37	3.08
N3	27	169	22	81	22	25	52	51	187	70	40
code	549FAN1	569OHY0									
N3/N3-6	0.74	1.62									
N3	45	55									

いずれも code 欄に示す報告による活動中心から太陽黄経が前後5度の範囲内で輻射点の(λ-λs, β)を中心とした輻射点数を求めている。N3 が中心から3度以内の流星数、N3/N3~6は3度以内の流星数の3~6度の範囲の流星数に対する比である。

いわゆる主要群はN3、N3/N3~6のいずれも大きく、だれの目で見ても「確定群」といえる。これに対して、N3やN3/N3~6が小さいものもかなりの数存在することがわかる。これらについて複数の報告が存在する場合には、N3やN3/N3~6が大きくなる報告を用いているにもかかわらず、表に示す程度の数値にしかならない。つまり、それらを「確定群」とするには大きな疑問があることになる。しかし、本稿はIAUMDCの問題点を検討することが目的ではないので、深入りはしない。

表の数字を見ただけではイメージし難いのでいくつかの流星群について輻射点分布の様子を示す。

322LBO は、CMOR によって見出された電波群であり、トロイダルの一部である。CMOR の中では流星数が8番目に多い、活発な群なのだが、ビデオ観測では、周囲の散在流星の活動レベルは高いが、LBO の活動を認めることはできない。

97SCCは1月に活動するANTの一部で、かに群として96NCCと対になると写真観測で指摘されてきたが、 輻射点分布を見ての通りSCCについては明瞭な輻射点の集中は見られず、IAUMDCに掲載されている報告に よって、輻射点の中心はまちまちである。

110AAN は輻射点が日本ではなじみのないポンプ座にある。電波観測では、かなりの活動が捉えられているが、ビデオ観測、特に北半球からの観測では、散在流星の活動が低い領域にあるために辛うじて存在を指摘できる程度である。

529EHY は輻射点分布で右下に 16HYD という大物が活動しているために、観測量が少ない時代には区別が つき難く、ビデオ観測で大量のデータが得られるようになって初めて存在が指摘されるようになったものであ る。先の表で N3/N3~6が 0.59 となっているのは、HYD が隣接している影響を強く受けたものである。1平方 度あたりの EHY の輻射点密度を求めると、0~1 度が 19.4、1~2 度が 7.6、2~3 度が 3.4、3~4 度が 2.0 と輻射点 の集中は明瞭であるが、4 度以降で HYD の影響を受けるため、N3/N3~6 は低い値になっている。これほど強 力な流星群が至近距離にある場合には、N3/N3~6 だけで流星群を定義することに無理がある。ふたご群、みず がめ8群、おうし群などから別群を分離しようという試みがなされているが、N3/N3~6 という評価では判定で きない。現在なされているような主観的判断ではなくするには、N3/N3~6 という評価法よりもさらに広く適用 できる判定法が求められる。

11EVIと31ETAについての説明は不要であろう。輻射点の集中は明瞭である。



322LBO2, N3=18, N3/N3~6=0.29, wt=0

97SCC3, N3=29, N3/N3~6=0.43, wt=1









31ETA4, N3=1573, N3/N3~6=11.16, wt=5

「確定群」といってもN3またN3/N3~6にはかなりの違いがあることが明らかなので、N3とN3/N3~6によっ て、下表のように wt=0~5 にランクづけることにする。これによって「確定群」を格付けしたものを次ページ の表に示す。同一の格付けの中ではN3の順番である。

N3とN3/N3~	-6による判定	2表		
N3/N3-N6	N3>30	20 <n3<30< td=""><td>5<n3<20< td=""><td>N3<5</td></n3<20<></td></n3<30<>	5 <n3<20< td=""><td>N3<5</td></n3<20<>	N3<5
1.5~	5	4	3	0
1~1.5	4	3	2	0
0.5~1	3	2	1	0
0.33~0.5	2	1	0	0
~0.33	0	0	0	0

次ページの表中で、ARI、DSX、OSE、 SSE、XSA は「昼間群」と位置付けられる ものであり、wt が低いからといって、流星 群としての活動度が低いことにはならな い。あくまで、SonotaCo ネットの 2007~16 年の観測で、これまで述べてきた「流星群 の定義」に当てはまる度合いを示したもの である。

また、複数の報告が存在する流星群の中には、報告によって活動中心が太陽黄経で10度以上異なるものが あったり、輻射点の位置に大きな違いがあったりするものも相当数存在する。この表では、判定が高くなる報 告を選んでおり、最初に IAUMDC に報告されたものとは異なる流星群である可能性が高いものが選択されて いる場合もあることに注意する必要がある。

判定表	による「	確定群」	の格付け								
wt=5	GEM	PER	ORI	LEO	QUA	HYD	ETA	SDA	COM	STA	NTA
	MON	LYR	NOO	SPE	CAP	URS	LMI	DKD	ERI	KUM	JPE
	DSV	OCU	AHY	XVI	XUM	ELY	AUR	GDR	OHY	JLE	CAN
	LUM	NIA	XHE	JXA	OCT	HVI	GUM				
wt=4	EGE	NDA	PSU	EVI	FEV	ECV	PPS	SLD	OER	AND	NZC
	JIP	SZC	ARI								
wt=3	EHY	ORS	NUE	KCG	AMO	CTA	THA	DAD	FAN	PAU	XCB
	RPU	DPC	JRC	AVB	FED						
wt=2	NCC	ARC	AAN	DSX	JBO	DRA	OSE				
wt=1	SCC	KSE	SSG	EAU	ALY	EPG	JMC				
wt=0	LBO	TCB	AUD	XDR	ALA	SSE	PCA	TAH	COR	BEQ	XSA
	OCC										
-	ACE	MKA	PPU	APS	NOC	OCE	SMA	ZPE	BTA	XRI	BHY
	ZCA	KLE	PHO	EPR	DLT						

くどくなるが、この「流星群の定義」は、その時期、場所で流星群が活動していることを確認する目的であ る。Olivierの場合と同様に、ある活動を流星群と見なせるか否かの判定基準である。そのことを踏まえれば、 wt=3~5の場合には流星群の活動を認めることができると判定してもよいであろう。IAUMDCで「確定群」と されている112の流星群のうち、本稿で定義する流星群に該当するものはwt=5が40群、wt=4が14群、wt=3 が16群の合計70群ということになる。wt=2以下の26群については2007~16年の10年間のビデオ観測で明 瞭な流星群としての活動は認められなかったということになる。wt=2のDRA(ジャコビニ群)が流星群では ないという意味ではない。あくまで、ここで使用したデータ中では「流星群の定義」にあてはまる活動がなかっ たということである。この他、昼間群・南天群が16群である。

4. 流星群の定義の応用

ここまでは SonotaCo ネット 10 年間のデータについての数値であったが、次に眼視観測(あるいは写真、ビデオの単点観測)の場合について考えてみよう。先に Olivier の定義について触れたが、それに N3/N3~6 の条件を加えて考えてみよう。矢印は流星の飛来方向で経路の延長線を示すとする。延長線の交点が輻射点を表すとして中心から 3 度以内、また、3~6 度の範囲にある交点の数の比で N3/N3~6 が表せるものとすれば、先ほどと同様の判定基準を用いることができると考えられる。

最後に、IAUMDC で'working'と位置付けられている流星群が本稿で提案している定義によってどのように評価されるのか、いくつかの例を挙げておく。

439ASX0 と 440NLM0 は、ともに重野好彦さんが II による観測で指摘したものである。今回はさらに長期 間の SonotaCo ネットのデータを用いて、主観ではなく「流星群の定義」に当てはまるかを検証する。以前の MSS で 439ASX について Jenniskens 等がその後に見出した 483NAS と同定できるのではないかと報告している。 ASX も NLM も、しし群の活動期に、しし群の輻射点近傍で見出されている。このため、N3 は多いが、N3/N3~6 は低くなっているが、ともに N3/N3~6>0.5 の条件を越えている。ここでは省略するが、NAS の方は ASX より も早い活動期であり、しし群の活動が低いために NAS の方が N3/N3~6 は高くなる。



340TPY0は SonotaCo ネットの論文で報告された流星群のうち、唯一「確定群」から外されているものである。しかし、この輻射点分布に示されるように、「流星群の定義」からは活動の存在が明瞭に確認できる。

440ZCS0 についても MSS で報告したことがある。日本ではペルセウス群の初期活動ではないかという議論 が長くされている間に IAUMDC への報告で先んじられてしまったものである。輻射点分布に見られるように 活動は明瞭であるが、恐らく、ペルセウス群の初期活動との判別が問題となって「確定群」とされていないも のと思われる。

<u>5. まとめ</u>

軌道要素を用いた流星群の判定基準は様々提唱されているが、視覚的に分かり難く、計算もやや複雑である。 今回「輻射点中心から3度以内の流星数及びそれと3~6度の範囲に入る流星数の比が一定以上(具体的には1 以上でwt=3以上)」という単純な定義を提唱した。輻射点分布または観測星図上で視覚的に判定できる簡便さ がある。

IAUMDC の「確定群」によって新しい定義を検証したが、単純であるが十分に実用に耐えることが確認された。観測期間が10日程度にわたる場合にも(λ-λs, β)座標を用いることによりこの定義を使用できる。本稿では2007~16年の SonotaCo ネットによる20万個以上の流星を用いているので、輻射点から3度以内の流星数が20個程度以上の場合を流星群活動としているが、この制限は使用するデータ量により変更する必要がある。













10

440ZCS0, N3=159, N3/N3~6=2.21, wt=

-10

2018/10/7 日本流星研究会 小関 正広

1. はじめに

9月13日のNMS同報に内山茂男さんが「CMORのデータをほぼ毎日チェックしているのですが、このところ、おおぐま座とりゅう座の境界付近から多くの流星が出現しています。」という書き込みをされた。翌14日には杉本弘文さんが「下記のホームページに過去の3年分を仮りに掲載しました。毎年、数日間継続して活動をしています。」と応じ、16日に関口孝志さんが「新流星群?が、まだ活動していますね。群名は、SEPTEMBER URSIDSです。KDRと同一のようですが」と書き込んだ。

2. 同報で取り上げられた流星活動

まずは、ここで報じられている「新流星群」がどのようなものなのか調べることとする。(λ - λ s, β)座標で示 した CMOR の結果を昨年と本年で比較する。ここに示すものは CMOR で発表しているものの色相を反転し、 「新流星群」の部分を拡大したものである。ともに斜めの破線が右が λ - λ s=330 左が λ - λ s=0(=360)を表し、横の 破線が β =60 である。昨年も活動が見られるものの、明らかに本年の方が活発であったことが分かる。この活 動は「トロイダル」と呼ばれる活発な流星活動領域の東端にあたる。同じ時期の「トロイダル」中心部の活動 も見ておこう(縦の破線が λ - λ s=270、横が β =60)。かなり活発な活動が絶えず続き、また、輻射点の集中する 位置も変動していることが分かる。これに比して、2018 年の「新流星群」は強い活動が一定の場所で継続し ていることがわかる。

3. 「新流星群」と言えるのか

同報では、KDR と September Ursids(S3-183)との関係が取り上げられた。KDR と S3-183 とは D_{MN} からみて、別群と見た方がよさそうである。

Source	α	δ	λs	λ-λs	β	Vg	е	q	i	ω	Ω	$D_{\rm MN}$
380KDR0	189.4	73.1	158.0	332.4	63.7	38.0	1.085	0.899	57.5	142.2	158.0	
S3-183	196.9	61.8	169.5	344.0	59.7	32.8	0.916	0.857	48.4	133.4	169.5	0.286
それでは、	どちらに	関係がな	あるのか、	または、	どちらに	も関係	がない、	新しい	活動な	のか見て	ていこう	

3.1 KDR との関係

IAUMDC の中でこの「新流星群」に最も近いものが KDR である。内山さんが KDR とは別群だろうと指摘 しているが、まずは、この KDR とはどのような流星群なのかを検討する。「新流星群」の場合と同様に(λ - λ s, β)座標で示した CMOR の結果を示す(中央付近の縦の破線が λ - λ s=330、横が β =60)。2017 年、2018 年ともに 明確な流星活動が見られていないことが分かる。CMOR で報告された流星群の多くが「確定群」とされてい るのに対して KDR は'working'の位置づけのままであるのは当然と言える。KDR の活動は少なくとも2017 年、 2018 年の CMOR の観測からは確認できない。

KDR の位置(λ-λs, β)=(332.4, 63.7)を中心とした Harvard-Smithsonian のレーダー観測による輻射点分布を見て みよう。これはλs=150~180 の間の観測を示したものであるが、61~65 年はλs=157.3~164.4, 171.7~178.0、また、 68~69 年は長いものでλs=145.5~151.8, 157.5~164.1, 170.1~174.8, 175.2~178.7 という欠測期間がある。従って、 KDR の時期の観測は少なく、Harvard の観測で捉えられていなくても不思議はないが、KDR は「トロイダル」 領域内の変動で一時的にみられた輻射点の集中であった可能性がある。

今回話題になっている活動はλs=166~172、(λ-λs, β)=(348, 57)を中心としており、KDR からは離れすぎている。CMOR が最初に KDR を検出した時からの時間経過で出現時期、輻射点の位置が変化した可能性はあるが、 そもそも KDR 自体がはっきりした流星群ではないのだから、別の流星活動と見なすのが妥当であろう。

3. 2 September Ursids との関係

関口さんの'September Ursids'(=S3-183)ではないかとの指摘を検討してみよう。ここでも Harvard の観測には 欠測期間がかなりあるので S3-183 のデータについても偏りがあることを考慮しなければならない。しかし、 今年 CMOR で見られた流星活動は λ s=166~172、(λ - λ s, β)=(348, 57)を中心としているわけだから、同一の流星 活動である可能性は S3-183 の方が KDR より高いと言える。

しかし、CMOR が既に発表している 2001~8 年の観測結果に今年見られた活動を検出したとは記されていない。つまり、この流星活動が停止していたのか、CMOR の判定基準を満たさなかったのかである。

小惑星や彗星の同定と異なり、流星群の観測を同一群と認めるにはかなりの困難がある。今回の流星活動の 場合を例として、その理由を3つに分けて説明しよう。実は、IAUMDC でも同定基準がないための混乱が大 きいのである。



2017年の CMOR の観測。左から2s=166, 167, 168, 169, 171, 172。





「トロイダル」の活動。2017年の CMOR の観測。左から\s=166, 167, 168, 169, 171, 172。



KDR の活動。2017 年の CMOR の観測。左から2s=154, 155, 156, 158, 160, 162。



KDR の活動。2018 年の CMOR の観測。左から\s=154, 156, 159, 160, 161, 162。

(1)観測機器・方法の違い

眼視、写真、ビデオ、電波等々の観測方法によって流星群の見え方がかなり違うことは、いろいろな機会に 述べてきている。電波観測で認められた流星活動がビデオ観測で捉えられないことはよくある。KDR の輻射 点を中心にした Harvard の電波観測を SonotaCo ネットと比較すると大きな違いがみられる。一つには KDR が 準昼間群であるために光学観測が困難であることにより、もう一つは「トロイダル」領域の活動は光学観測で はなく電波観測で強くとらえられるからである。また、同じ電波観測であっても違いがみられる。Harvard と CMOR の輻射点分布は比較的似ているが、MU レーダーによるものとは大きく異なっている。 (2)群判定基準の違い

Harvard の電波観測と CMOR の観測では、輻射点分布自体は似ているが、検出された流星群の分布は大きく 異なっている。個々の観測輻射点の分布図は省略して、輻射点分布の違いのみを示す。天文回報誌上で多少詳 しく、両者の違いを説明しているので、ここで理由を詳しく述べることは避けるが、Sekanina は D 判定を用 い、CMOR は輻射点情報をもとにしている。

改めて、KDR の輻射点を中心とした Harvard の電波観測による分布を見てみよう。中心の×点が KDR、三角は Sekanina による流星群の位置である。S3-183 も含まれているが、注意してみなければ気づかない、なんとなくそれらしく見える程度の輻射点の集中度合いである。決して、強い活動が見られたとは言えない。



Havard-Smithsonian の電波観測による輻射点分布。

SonotaCo ネットの観測。

(3)観測年代の違い

しし群やジャコビニ群は活動の変動が大きいことは良く知られている。小流星群についてもまったく同じで、 毎年同じように観測されるわけではない。Harvardの分布で+が1961~65年、〇が1968~69年の観測によるも



のだが、S3-183 付近の分布は○が多く、+は少ない。λs=166~172 の期間の観測は1962~64 年と1969 年のものであり、S3-183 は1969 年に突発的に観測されたものだという可能性もある。KDR の場合 にも活動が変化した可能性を指摘したが、S3-183 も同様で、1969 年に出現したものが、また、近年出現したとみることもできるし、 このような変動は「トロイダル」周辺や Apex の領域では定常的 な変動の域を出ないとみることもできる。

今年見られた突発的な流星活動。

今年、活発な流星活動が見られ、CMOR では流星群名が表記されなかったものを示す。左の流星活動はλs=316 のもので、位置は

ほぼ S3-183 と同じでトロイダル外縁に位置する。斜めの破線が右が λ - λ s=330 左が λ - λ s=0(=360)を表し、横の 破線が β =60 である。右のものは λ s=154 の Apex 領域のもので、破線は λ - λ s=270 を表している。

このように、小惑星や彗星と異なり、観測方法、研究方法、観測年代が違えば同じものを見ているのかどう かさえはっきりしないことがしばしば起きるのである。顕著な活動を示す一般に知られている流星群は、観測 方法、研究方法、観測年代が違っても、容易に検出できる。この固定観念で小流星群を扱おうというのは大き な誤りである。現在、「新流星群」といわれるものの多くは、ある観測方法、研究方法、年代でだけ見られた



流星群の輻射点分布。左:Harvard(Sekanina)、右:CMOR

というものが圧倒的に多い。従って、よほど顕著な活動で、どのような観測方法、研究方法でも認められるような流星活動でない限りは「新流星群」と称するには慎重でなければならない。もし、「新流星群」の活動を 記録したという場合にはどうしたらよいかを検討して本稿を締めくくることにする。

4. 「新流星群」というためには

(1)「流星群」と判定する際に満たすべき条件

現在、IAUMDC内でそのような条件が明文化されていないことにより、IAUMDCの流星群リストには大き な混乱がある。天文回報誌上で、研究者によってどのように違うか、かなり具体的に説明しているので、ここ では省略するが、光学観測、電波観測という違いによって条件設定に本質的な違いが生じてしまうところにこ の問題の複雑さがある。光学(ビデオ)観測についてはMSSで次のような提言をした。

- ・Δλs<10の期間の輻射点を用いる。
- ・輻射点の分布密度が一定値以上(D3/D6>2)であること。
- ・輻射点中心から3度以内の輻射点数が一定値以上(N>20)であること。

(2)IAU での登録に必要な要件

まずは、査読誌に論文として投稿する必要がある。アマチュア誌としては唯一 wgn が推奨されている。これに投稿したら、IAUMDCに既定のフォーマットで申請すればよい。最初は'pro tempore'(仮登録)という状態でIAUMDCに登録され、論文が掲載されれば、'working'という位置づけになる。その後、IAUの'working group'が検討(通常はIAU総会に合わせて会合がもたれる)して、'established'という格付けが与えられる。 (3)'working list'に載せられている「流星群」はどうなのか

これらの「流星群」は「新流星群」とも言える。報告者が何らかの流星活動を<認めた>ということなのだ が、(1)で提案している基準を満たすものもあれば、満たさないものも多数存在している。実は'established'と いう格付けの中にも基準を満たさないものがある。それだけ IAUMDC でも、何を「流星群」として認めるか の基準が定かでないということである。最近、日本で IAUMDC の番号が付された2つの「流星群」を例にと ろう。752AAC0、927AAQ0 ともに<突発的>出現であったとされ、過去に相当する記録はない。また、その 後も継続的に同様な活動が見られているわけでもない。IAUMDC に記載されているものの多くは、周期彗星 や小惑星のように再び(回帰ごとに)観測が期待されるものばかりではない。





まとめ

今回、同報上で話題となった「新流星群?」は Sekanina の'September Ursids'(=S3-183)の活動による可能性が 考えられるが、そうであるとすると、S3-183 の活動は周期的?に大きく変動しているとみられる。S3-183 は 既に消滅して、今回の活動は別群によるものと考えることもできる。また、トロイダル領域の周辺では電波観 測で捉えられる流星活動の変化は激しく、その変化の範囲内と見ることもできる。光学的な観測は困難な位置 であるので、最終的な判断には CMOR による今後の継続的な観測が必要である。

「新流星群」の判定は極めて複雑であり、断定することは困難である。しかし、突発した時に観測していた ものだけが「新流星群」を見出しうるのである。

ふたご群・しぶんぎ群輻射点拡大撮影

重野好彦

撮影日時 2018年12月13/14日23:00~04:30 + 14/15日22:00~05:00 (極大予想14日21時) 2019年01月03/04日01:00~06:00 (極大予想04日11時)

撮影機材 Nikon D500 4K(3840×2160) 30fps動画 1/30secシャッター ISO:5万 観測地 秩父郡

流星の発光の様子を見るにあたり、2016年ペルセウス群~2018年しぶんぎ群は、85mmF1.4(35mm 版188mm相当)で撮影してきた。しかし写野が11度×6度と狭いため、明るい流星が写野内に入って こない。そこでより広角なレンズを試してみた。ふたご群としぶんぎ群の性状の違いはあるものの 図1の35mm F1.4→2 (35mm版78mm相当)であれば何とか使えそうである。図2の20mm F2.8 (35mm版44mm 相当)はちょっと厳しい感じがする。またF値はF2より明るいレンズが望まれる。



図1. ふたご群 2等より明るい18流星 レンズ 35mm F1.4→2 (35mm版78mm相当)



図2. しぶんぎ群 1等より明るい6流星 レンズ 20mm F2.8 (35mm版44mm相当)