

ふたご座流星群の光度別出現数

内山 茂男 (NMS)

◇ 光度別 ZHR(ZHRm)の算出法

(1) 一般的な ZHR 算出法

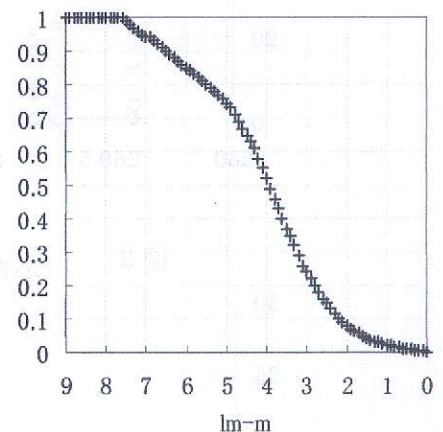
$$ZHR = \frac{N}{T_{eff}} \times \frac{r^{6.5-lm}}{1-Cl/10} \times \frac{1}{\sin^2 h_R} \dots (A)$$

N: 観測群流星数、T_{eff}: 観測時間(hr)、
r: 光度比、lm: 最微星、
Cl: 雲量、h_R: 輻射点高度

(2) 光度別 ZHR (ZHRm) の算出法

- * 最微星補正以外は ZHR と同じ。
(ZHR 算出時の最微星補正は “r^{6.5-Lm}”)
- * 最微星補正は、lm-m で決まる認識率 P(lm,m)を利用する。
(m: 流星等級)。
ZHR は最微星 6.5 等のときの出現数であるから、最微星補正は “P(6.5,m)/P(lm,m)” を乗じる。
- * 補正例: 流星等級 2 等の場合
最微星 6.5 等の空であれば認識率 0.65。
観測最微星が 5.4 等であれば認識率は 0.35。
→ 最微補正は、0.65 ÷ 0.35 = 1.86 倍にする。

図 1. 認識率



◇ 使用データ

- (1) 2007 年 NMS 同報への報告データ
- (2) 2007 年 IMO “Geminids 2007: visual data quicklook” に報告されたデータ
- (3) 2002 年 NMS 同報への報告データ

表 1. 使用データ量

	観測者数	観測時間	群流星数	
(1) '07 NMS	25 名	87.7h	8074	国内
(2) '07 IMO	41 名	153.2h	8905	17 カ国
(3) '02 NMS	12 名	67.5h	5094	国内
合計	約 78 名	318.9h	22302	18 カ国

※ 使用条件

- 輻射点高度 20 度以上、雲量 3 未満、
- 最微星 5.0 等以上 (IMO データは個人補正後の最微星 5.0 等以上)。

※ 太陽黄経 0.1 度毎に集計

◇ 個人補正

- (1) NMS 同報への報告データ (02 年、07 年) は、速報集計で用いている個人補正をそのまま利用。
(過去のふたご群、ペルセ群の群流星数と散在流星数をもとに最微星補正値を算出)
- (2) IMO に報告されたデータの個人補正方法
過去のふたご群の出現状況から、標準 ZHR 曲線を決定。
→ 今回の各観測者の観測区分毎の ZHR から、仮補正値を算出。
→ 今回の各観測者の仮補正値を平均し、各観測者の個人補正値 (最微星補正値) を決定。

◇ 結果

図 2. ふたご座流星群の等級別出現状況 (ZHRm)

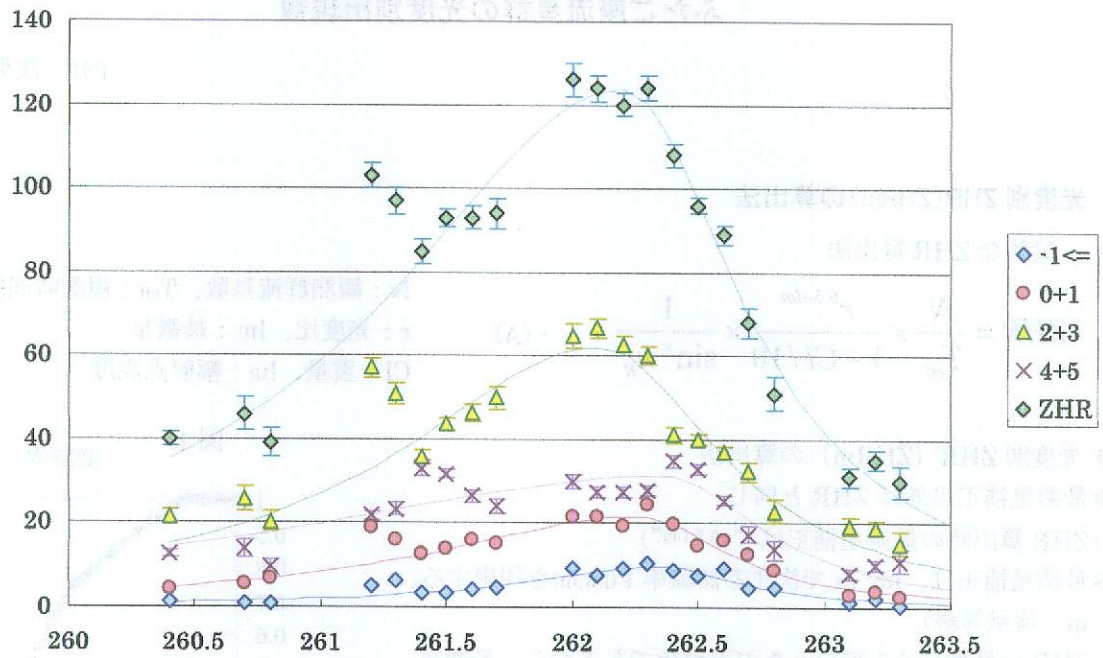


図 3. ふたご座流星群の等級別出現状況 (ZHRm)

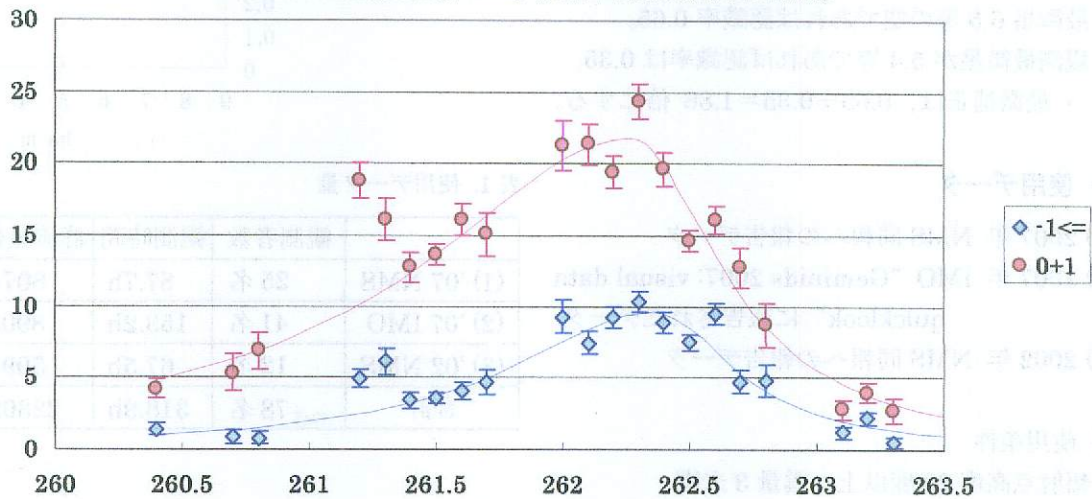


表 2. Lorentz 曲線データ

	ZHR	マイナス等級	0+1 等級	2+3 等級	4+5 等級
極大値	123.8	9.6	21.7	62.0	31.2
極大太陽黄経	262.20°	262.36°	262.27°	262.11°	262.37°
半値幅(上昇時)	1.14°	0.68°	1.00°	0.97°	1.8°
半値幅(下降時)	0.57°	0.38°	0.43°	0.58°	0.47°

※ ここでの ZHR は、各等級の ZHRm を合計して算出。

※ 4+5 等級に関しては、観測誤差、補正誤差ともに大きいと思われる。

1. VMDB とは

- * IMO (国際流星機構) の収集した眼視観測データ
- * Visual Meteor Data Base (<http://www.imo.net/data/visual>)
- * Rate data と Mag data がある。基本的に Mag data を使用。ただし、Mag data には Teff と F が記載されていないため、Rate data との照合が必要。

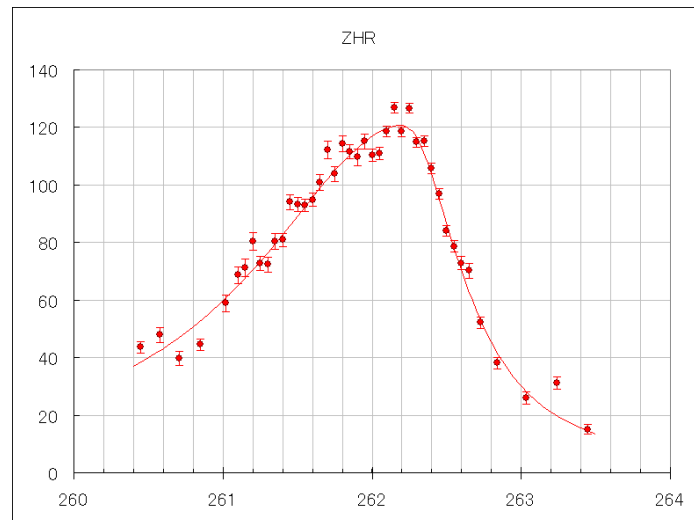
2. データ使用条件

- (1) 月明かりの影響が少ない年 (1993、1996、1998、1999、2001、2002、2004、2007年)
- (2) 輻射点高度 25 度以上
- (3) 視野遮蔽係数 F が 1.4 未満 (雲量 2.9 未満)
- (4) 観測区分時間 2 時間以内
- (5) 個人補正 (最微星補正) の絶対値が 1.0 等未満
- (6) 最微星 5.0 等以上 かつ 個人補正後の最微星 5.0 等以上

3. 使用データ量

年	1993	1996	1998	1999	2001	2002	2004	2007	合計		
観測時間(hr)	58.8	124.9	106.5	170.6	160.1	107.0	317.7	252.9	1298.3		
群流星数	4646	7206	5309	8812	8577	5473	20727	12492	73242		
等級	≤-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
流星数	165	244.5	596.5	1545.5	3377.5	6763.5	10519	14808	16651	12194	4986.5

4. 全ふたご群 ZHR

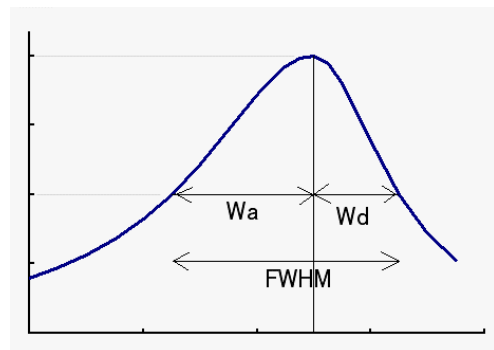


5. ローレンツ曲線

$$ZHR = ZHR_{\max} \times \frac{W_h^2}{(T - T_{\max})^2 + W_h^2}$$

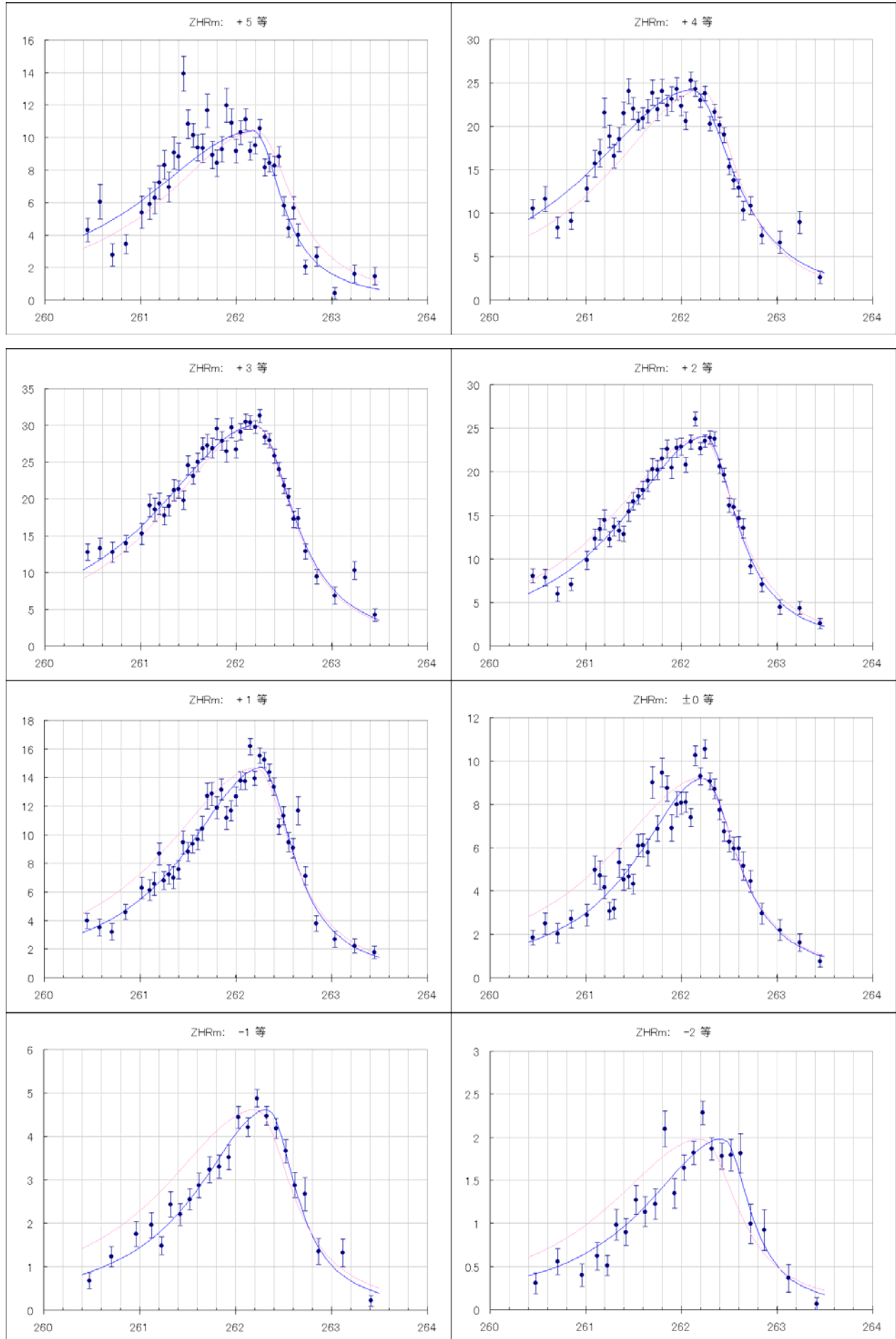
極大値 ZHR_{\max} 、極大太陽黄経 T_{\max} 、半値半幅 W_h (極大前 W_a と極大後 W_d) の値は、最小二乗法 (誤差で重み) で決定。

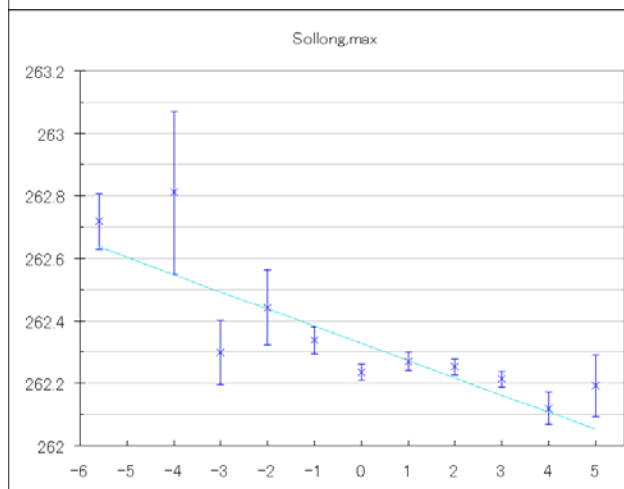
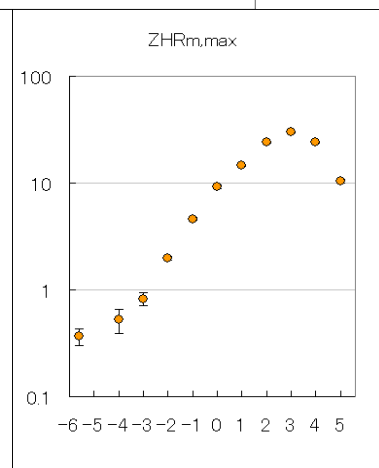
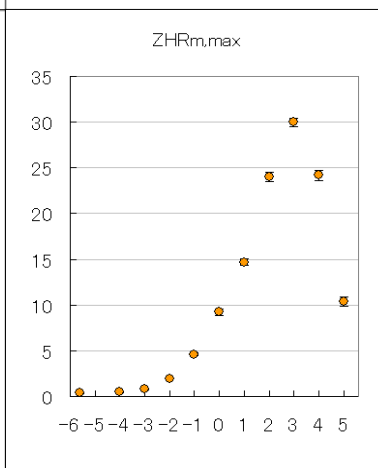
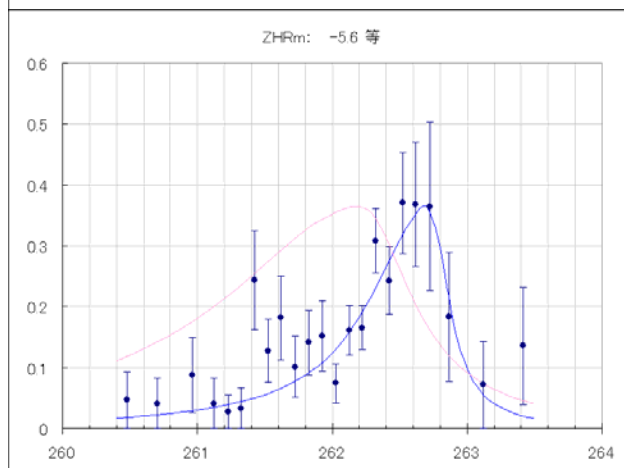
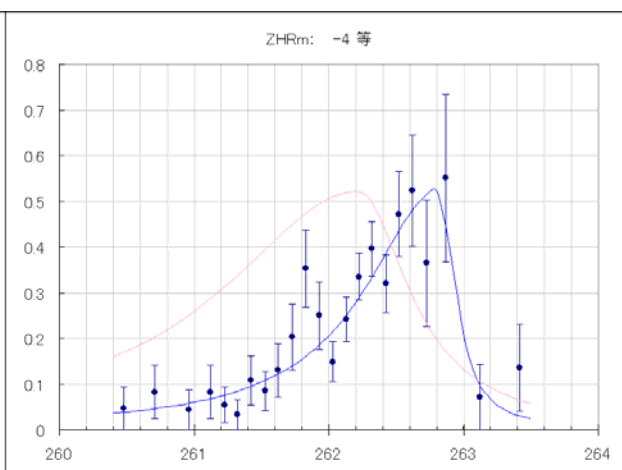
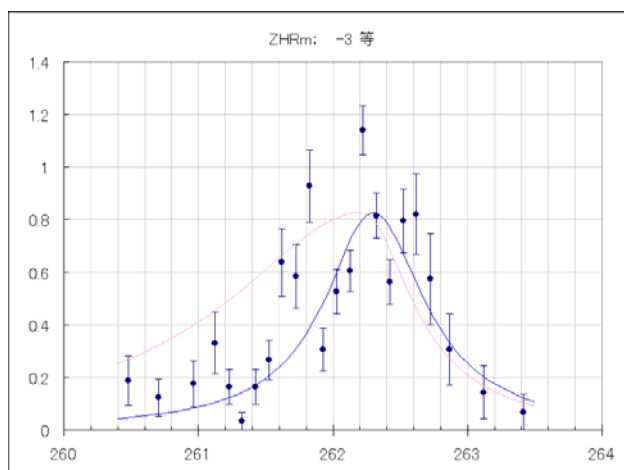
※ 各等級の極大時刻はピークだけでなく全体の出現状況から決定



6. 等級別 ZHR (ZHRm) 集計結果

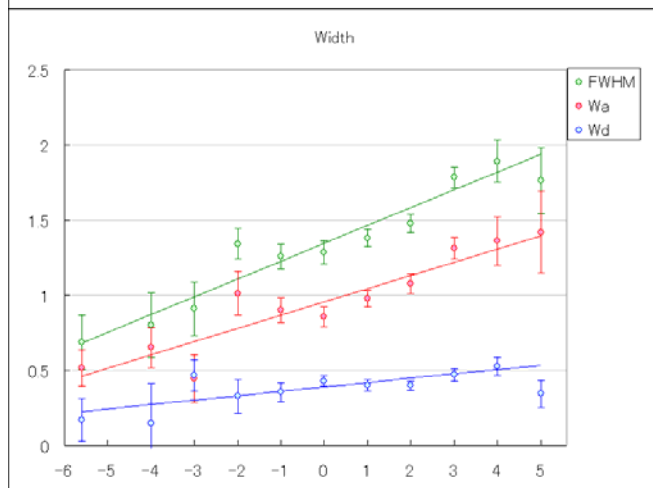
(※ ピンクのラインは全 ZHR と同じ形で各 ZHRm の極大値に合わせたもの)





$$L_{s,max} = 262.33 - 0.055 \cdot M$$

(1 等級あたり 1.3 時間変化)



$$W_a = 0.956 + 0.088 \cdot M$$

$$W_d = 0.390 + 0.029 \cdot M$$

$$FWHM = 1.347 + 0.119 \cdot M$$

(FWHM は 1 等級あたり 2.8 時間変化)

CCD/CMOS センサの選択と応用

(Ⅱ) ロボット編

日本流星研究会 (NMS)

日本宇宙ロボットフォーラム

松村 健太郎

「ロボットの目をつくる」(CQ 出版社) より丸写し。

本章では、「ロボットの目」を使うユーザの目線で、電子カメラの技術について解説する。ロボット目、すなわちロボット用電子カメラだが、そうした専用のカテゴリがあるわけではない。いずれロボットが普及すればそれも実現するだろうが、現時点では汎用の電子カメラから適当な電子カメラを選択することになる。そこで本章ではまず、市販の電子カメラを機能別に分類する。次に、電子カメラのもっとも重要な、入り口と出口の機能と動向について説明する。これらは、カメラの機能を決定的に左右するからである。そのうえで最後に、ロボットの目の用途別に使える電子カメラを実在の商品から選択して使用する上で配慮すべき事項を解説する。(筆者)

1. カメラの視点からロボットを「民生用ロボット」と「産業用ロボット」に分類する

1.1 ロボットとカメラを分類する

まず、「ロボット」という言葉があいまいなので、ここでは少々乱暴ですが、目(カメラ)という視点から、民生用ロボットと、産業用ロボットに分類します。ちなみにこの分類は、2005 国際ロボット展の Web サイト

上の分類であるサービス・ロボットと製造用ロボットに合致します。なお、本来産業用途に分類されるべき極限環境作業用ロボットが民生用ロボットと同列に扱われていますが、この乱暴さは容赦ください。

表 1 に、二つのロボットの目に要求される基本的な機能や性能の違いを示しました。前者は人間の目と同様な被写体を見るのに対し、後者は人間が見えない、または見続けることが困難な被写体を見る機能を求めています。

民生用ロボットの代表は、人型ロボットです。これ自体が動くため、カメラの撮像環境も被写体との位置関係も変化します。したがって、撮像条件を自動的に最適にセットするオート機能が重要なポイントになります。ようするに人間の目のような、環境に自由に適應できる視力が必要ということです。なお、このカメラは取り付けられる場所の制約も大きく、小型であることが重要な条件です。

産業用ロボットといえば、関節ロボットがその代表になります。ただし、本稿ではこの対象範囲を広げて、部品検査装置のような製造装置もこれに含めます。よ

表 1 カメラから見たロボットの分類

ロボットの種類	人間の目との対比	撮像条件、被写体	ロボットの目に要求される機能と性能
人型ロボット お掃除ロボット 介護ロボット 医療ロボット 極限環境作業 ロボット	民生用ロボット (サービス・ロボット) (移動式ロボット) 人間の目と同じように 見る	撮像条件の変化が大きい ロボットが移動する 照明条件が変化する 画面内の輝度変化が大きい	高感度、ワイド・ダイナミック・レンジ オート機能への要求度が高い 自動焦点、パン/チルト機構、全方位撮像 自動絞り、オート・ホワイト・バランス
		カメラの設置場所が限定される	小型で機器組み込みが容易であること
製造用ロボット	産業用ロボット (製造用ロボット) -- マンビジョン -- 人間の目で見えにくい ものを見る 見えない視点から見 る	撮像条件は固定であることが多い 被写体が人の眼に見えにくい 高速で動く 微細である 巨大である	オート機能への要求度が低い 高機能、高性能 電子シャッター機能(トリガ機能)、高速走査 高解像度 ライン・センサ
		使用環境、使用条件が厳しい	堅牢であること

コラム1 カメラ・モジュールの話

カメラ・モジュールとは、機器組み込み用の半完成型カメラのことです。現在は携帯電話用カメラの部品として有名です。将来の民生用ロボットの目にとっても専用のカメラ・モジュールが最有力候補でしょう。現にロボットの目として重要なオートフォーカスを4ccサイズに組み込んだものもできています。

ところで、ソニーのマシンビジョン・カメラXCシリーズは、完結したカメラにも関わらずカメラ・モジュールと名乗っています。22年前からの習慣です。なぜでしょう？ 今や同社内にもそれを知る人は少なくなりました。そのいわれは、世界初のCCDマシンビジョン・カメラXC-37にあります。1983年当時、半導体部門CCD開発部隊所属の筆者らは当時誰も使い方を知らないCCDを普及させるために機器組み込み用の「CCDカメラ部品」を開発しました。これを「カメラ・モジュール」と名付けて世に出したのがその始まりです(写真A)。元祖カメラ・モジュールは出力コネクタがそれらしい形をしています。部品だからSONYのロゴがついていません。ソニーのXCカメラは今もその習慣を

守って、ロゴをつけていません。

マシンビジョン・カメラXC-37は、以降15年近くも売り続けられ、その羊羹を半分にしたような形状は現在のマシンビジョン・カメラの事実上の業界標準になっています。カメラ・モジュール——この言葉が表す超小型の機器組み込み用カメラが、ロボットの目など、ビジョンを必要とするあらゆる機器の目としてさらに大きな商品カテゴリへと育っていくとなれば、命名者はそれで本望です。



写真A 元祖カメラ・モジュール:XC-37(マシンビジョン・カメラ)

うするにマシンビジョンと呼ばれるカテゴリです。これは、据え置き使用が多く撮像環境は一定に整えられているので、オート機能の要求は少ないです。一方で、人間の目では見られない被写体を見る能力が、おもな要求事項です。頑丈さや高解像度とか高速性といった高い撮像機能です。

● 映像を撮るのが民生用、画像データを取るのが産業用
さて次は、市販の電子カメラを機能別に分類します。

その前に、二つのカメラ業界用語を紹介しておきます。カメラ・モジュール(コラム1, 第4節図26, 図29参照)とボード・カメラ(第4節図20参照)です。これらは、機器組み込みを前提とした筐体なしの半完成品カメラをいいます。表2は、市販の動画用電子カメラの一覧です。これも、用途別に大きく二つに分類できます。映像を見るためのカメラと、画像データを取得するためのカメラです。結論を先にいうようで

表2 動画用電子カメラの一覧

基本機能	用途	撮像方式	サイズ(cm ³)	ロボットの種類
映像目視	放送用テレビ・カメラ	おもに3板カラー	—	—
	家庭用ビデオ・カメラ	おもに単板カラー(補色)	300~400(記録部を含む)	—
	顕微鏡用カメラ	3板, 単板カラー(原色)	70(カメラ・ヘッド)	民生用ロボット
	監視カメラ	単板カラー(補色)	100~300	
	ネットワーク・カメラ	単板カラー	—	
	USBカメラ	単板カラー	—	
—	半完成型カメラ (ボード・カメラ, カメラ・モジュール)	単板カラー 単板 B&W	16(ボード型) 1(カメラ・モジュール)	民生用/産業用 ロボット
画像データ取得	マシンビジョン用カメラ	単板 B&W 単板カラー(原色方式)	30~200	産業用ロボット
		ライン・センサ方式	—	

すが、民生用ロボットには映像を見るためのカメラが、産業用ロボットには画像データを取得するためのカメラが適しています。

映像を見るためのカメラには、ハイエンドの放送用からローエンドには監視カメラやUSBカメラなどがありますが、いずれも人間の目の代替役ですから、各種のオート機構を備えています。したがって、この中から小型サイズのカメラを選べば民生用ロボットに使えます。

次は、画像データを取得するためのカメラです。その代表格は、マシンビジョン用カメラです。マシンビジョンとは、製造工程で使われる画像処理装置で、製造用ロボットビジョンはその一部分にあたります。当然ながら、産業用ロボットの目はこのカメラ群から選ぶことになります。マシンビジョン用カメラには高解像度とか高速とか、さまざまな機能・性能が要求されるため、カメラの種類はまさに千差万別です。なお、小型化優先のためにマシンビジョン用ボード・カメラもあります。

1.2 レンズ/撮像素子/信号処理回路/入出力インターフェースからなる電子カメラとその機能

次に、電子カメラの基本的な構成とその機能について簡単に解説します。カメラを選択して使用するための基礎知識とするためです。図1に、基本的なカメラのブロック図を示します。電子カメラは大きく四つの構成要素からなります(表3)。

第一の構成要素は、レンズとマウントです。レンズ

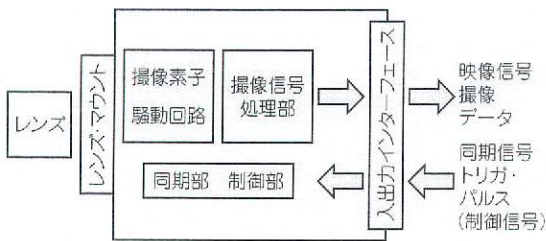


図1 カメラを構成する要素機能(ブロック図)

表3 カメラを構成する要素機能は大きく四つにわけられる

レンズ	レンズ・マウント(表14)	撮像素子(表5)	撮像信号処理部	入出力信号インターフェース規格
ズーム・レンズ 固定焦点レンズ 全方位光学系 ピンホール・レンズ オート・フォーカス機構 オート・アイリス機構 (パン/チルト機構)	3板式テレビカメラ用マウント 一眼レフ・カメラ用マウント Cマウント、CSマウント 親指カメラ、小指カメラ M17、M13 組み込みレンズ	CCD撮像素子 インタレース型 プログレッシブ型 CMOS撮像素子 従来型CMOS(cv) 新型CMOS(adv) (ライン・センサ)	前処理 プリアンプ 利得調整アンプ 後処理 プロセス回路 エンコーダ	入出力信号形式 撮像信号(表10) 制御信号(表11) 伝送規格(表12)

の種類については多くを語る必要はないでしょう。レンズの選択はカメラの選択と同等に重要なので、4節で改めて解説します。

第二の要素は、撮像素子です。いうまでもなく、この性能がカメラの仕様を決定する最大の要素です。現時点ではCCD撮像素子が主流ですが、CMOS撮像素子が撮像性能を向上させて猛烈に追いつけています。次節では、こうした技術動向をまとめて説明します。

第三の構成要素は、撮像信号処理回路です。これは、カメラ設計者がプロセス回路と呼ぶ撮像信号の整形回路と、エンコーダと呼ぶRGB3原色信号から映像信号[複合テレビ信号(NTSC信号)またはYUV信号(Y=輝度信号、U、V=色差信号)]を合成する回路からなります。アナログ出力の場合、ここで同期信号が挿入されます。これらは撮像信号を目で見るための映像信号へと変換する回路なので、映像目視を目的とするカメラ群では必要不可欠ですが、一方の画像データ取得を目的とするカメラ群では、原理的には不要です。

表4 電子カメラのオート機能とレンズ操作

オート機能	略称	実現方式	実行部分
オート・フォーカス	AF	光学式	組み込みレンズ
光量調整、感度調整 オート・アイリス 電子アイリス	AE	光学式 電子式	交換レンズ 組み込みレンズ 撮像素子
自動利得制御	AGC	電子式	撮像信号増幅器
オート・ホワイト・バランス	AWB	電子式	撮像信号増幅器

(a) オート機能

レンズ操作	略称	実現方式	実行部分	実現の条件
ズーム	Z	光学式	レンズ	
電子ズーム		電子式	撮像信号処理部	高解像度撮像素子
パン/チルト*	PT	機械式 電子式	カメラ・ハウジング 撮像信号処理部	高解像度撮像素子 全方位レンズ

パン/チルト*:カメラを上下左右に振ること

(b) レンズ操作

しかし、多くのカメラでは習慣的に撮像信号処理回路を省いていません。

表4に撮像のオート機能を一覧として示しました。同表からわかるように、カメラの自動制御の多くが撮像信号処理部特にプロセス回路内で実行されています。また、電子ズームや電子パン/チルト(Pan/Tilt、上下左右コントロールのこと)操作は高解像度の撮像素子を利用することで電子化できますが、これも撮像信号処理部で実行されています。

最後の構成要素は入出力インターフェースです。これは、ロボット・システム設計にもっとも深く関わる技術要素で、目下そのデジタル化が急速に進んでいます。その機能と動向は3節で詳細に解説します。

2. イメージ・センサ(撮像素子)技術の基礎——CCD/CMOSの二つの素子

2.1 2大撮像素子 CCD と CMOS——どちらも受光部/走査部/プリアンプからなる

撮像素子は、電子カメラの機能を決定的に左右するもっとも重要な構成要素なので、まずはその基礎を理解しておきましょう。表5に、主要な撮像素子の種類を示します。

撮像素子は大きく分けて、CCD(Charge Coupled

Devices)とCMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor)の二つに分類されます(図2、図3)。CCDには多くの種類がありますが、主流はインタライン(IT)型CCDです。CMOSには従来型[ここではCMOScv(cv=conventional)と表記]と、CCDとCMOSの複合型といえる最新型[CMOSadv(adv=advanced)と表記]があります。

まず、CCDとCMOS両撮像素子の基礎を、その構成要素を比較することで説明しましょう。撮像素子の構成要素は、以下の3点からなります。

- (1) 光電変換部(画素)——光を電子に変換して(光電子)これを蓄える機能。
- (2) 走査部——光電子を外部へ読み出す機能。
- (3) プリアンプ——光電子(光電流)を電圧に変換する機能。

各撮像素子の構成要素を表6に示します。以下、この表をベースに各撮像素子の基礎を説明します。

2.2 CCDが光を電圧信号に変換するまで

CCDの光電変換部は、埋め込み型フォト・ダイオード(PD、ソニーのHADセンサ: Hall Accumulated Diode Sensor)です。図4に、CCDにおけるHADセンサの構成例を示します。HADセンサは、その表面

表5 主要な撮像素子の種類

撮像素子の種類		用途の一例	構造	スマア	フリーズ機能	
CCD	FFT	Full Frame Transfer	電子スチル・カメラ	簡単	*	
	FT	Frame Transfer	携帯電話用カメラ	↑	大	
	IT	Interline Transfer	汎用	↑	小	
		インタレース走査型	ビデオ・カメラ 電子スチル・カメラ	↑		不可
		プログレッシブ走査型	マシンビジョン	↓		可能
FIT	Frame Interline Transfer	放送用カメラ	複雑	極小		
MOS(CMOS撮像素子の祖先)						
CMOS	CMOScv	グローバル・シャッタ機能付き	マシンビジョン		なし	可能
	CMOSadv	ローリング・シャッタ機能付き	ビデオ・カメラ デジタル・カメラ		なし	不可

大きく分けると CCD と CMOS。
CCD の主流は IT 型。
CMOS には CMOScv と CMOSadv がある。

*:スマアとは、高輝度被写体を撮像して発生する縦筋ノイズのこと

表6 撮像素子の基本構造

撮像素子	光電変換部(画素)	走査部	プリアンプ
CCD	埋め込み型 PD マイクロレンズ装着	CCD レジスタ	FDA (CCD 最終段)
CMOS ファミリ	MOS	PD	XY アドレス・スイッチ 光電流増幅器*
	CMOScv	PD	XY アドレス・スイッチ FDA (毎画素)
	CMOSadv	埋め込み型 PD マイクロレンズ装着	XY アドレス・スイッチ FDA (毎画素)

*:撮像素子外に設置

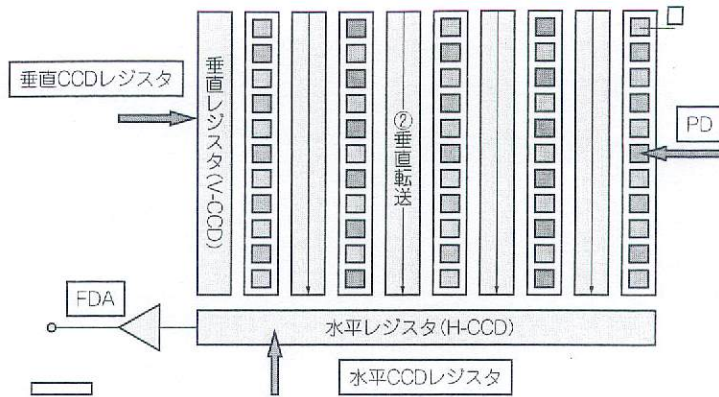


図2 インターフェース・ライン型 CCD 撮像素子

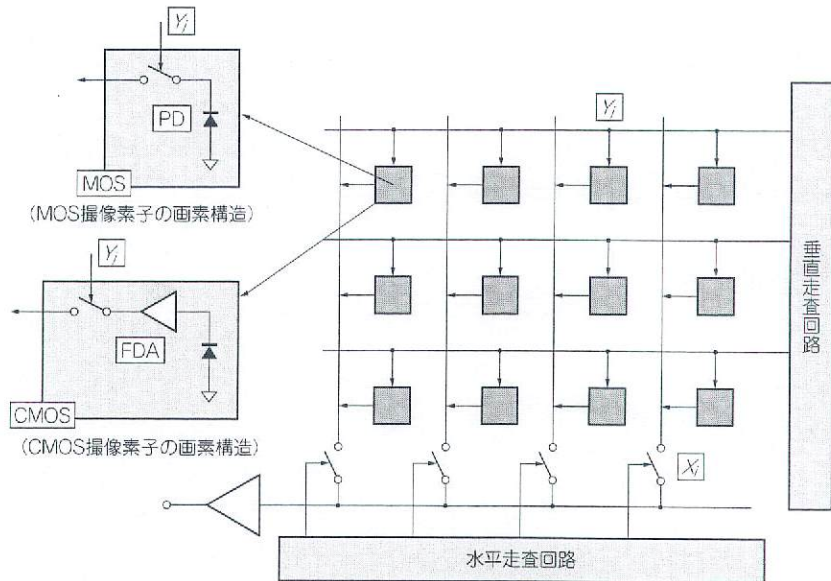


図3 MOS 撮像素子と CMOS 撮像素子の画素構造

部分は暗電流の吸収層を設けて雑音を軽減します。さらにその表面上に、画素ごとのマイクロレンズを乗せて入射光の利用率を高めて大幅に感度を稼いでいます。

なお、同図のフォト・ダイオードの最下層に、オーバフロー・ドレイン(P層)が設けられています。これは、過剰な光電子を吸収して、ブルーミング(過度の光電子が画素からあふれ出すことで、輝点の周囲が白く大きくにじむ現象)を防止します。また、ここに正パルスを加えて、光電子を吸収廃棄させる動作で電子シャット機能を実現しています。

CCDの走査回路は、CCDシフト・レジスタ動作で光電子を移動させます。CCDは前述のとおりCharge Coupled Device(電荷結合素子)の略で、電子のシフト・レジスタという意味をもちます。その動作のモデルを図5に示します。CCDの転送はほぼ完全なので、高いS/N比を維持して転送できます。しかし、この

シフト動作ではCCD電極の容量をパルス駆動することから、大きな電力を消費します。CCD撮像素子の長所も短所もここにあります。CCDが画質は良いが、電力を食うといわれるのはこのCCDレジスタのためです。

CCDのプリアンプは、FDA(Floating Diffusion Amp)と呼ばれる超高性能アンプです。FDAは、CCDレジスタから送られてきた光電子を直接微小な容量(FD)に充電することで、高感度な電圧への変換を実現しています。ちなみに、その感度はたとえば電子1個で30μV、30個でおよそ1mVという高感度です。もう電子を数えているようなもので、CCDでは光ショット・ノイズが見えるといわれるゆえんは、ここにあります。なお、FD(Floating Diffusion)とは、図6のCfdにあたります。トランジスタQtrは光電子をFDに充電するスイッチ、Grsは電圧変換を終了

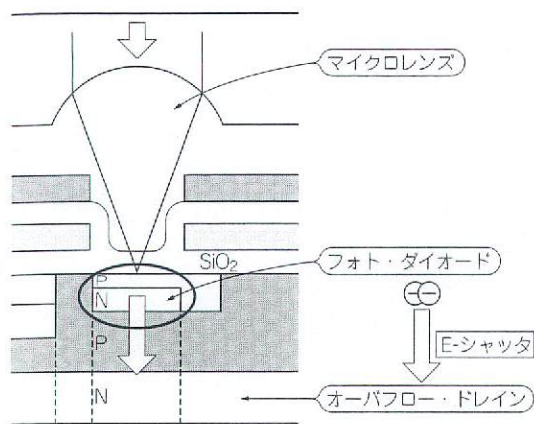


図4 組み込み型フォト・ダイオード(IMAD センサ)

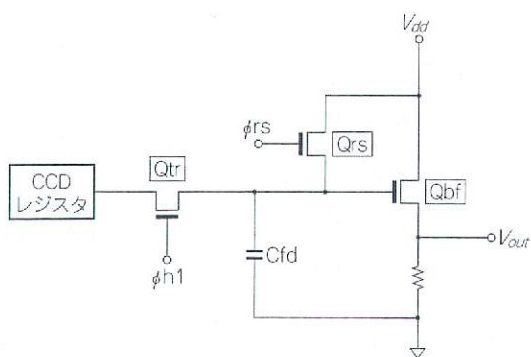


図6 電荷検出回路(FDA: Floating Diffusion Amp)

した光電子を放電(廃棄)するためのスイッチ、Qbf はバッファ・アンプです。

図7にCCD(FDA)出力信号を示します。CCDカメラの設計に必ず出てくるCDS回路(相関二重サンプリング回路)とは、同図の充電レベル(V_d)から放電レベル(V_{rs})を差し引く回路をいいます。

2.3 CMOSのしくみ

次は、CMOS撮像素子です。まず光電変換部のPD(フォト・ダイオード)ですが、従来型のCMOS_{cv}と最新のCMOS_{adv}との違いはここにあります。CMOS_{cv}はDRAM工程で簡単に作れるPDであり、CMOS_{adv}はCCD工程を必要とする埋め込み型PDです。この結果、CMOS_{cv}の感度はCCDに一步劣るものの、CMOS_{adv}はCCDに迫ることができました。なお、CMOS_{cv}は標準的なCMOS工程のできるので、既存のCMOS論理回路をそのまま撮像素子上に簡単に搭載できるメリットが生まれます。

CMOS撮像素子の走査機能は、XYアドレス走査といえます(図3)。これはDRAMと同様な機構で、CCDとCMOS両撮像素子との決定的な差はここにあ

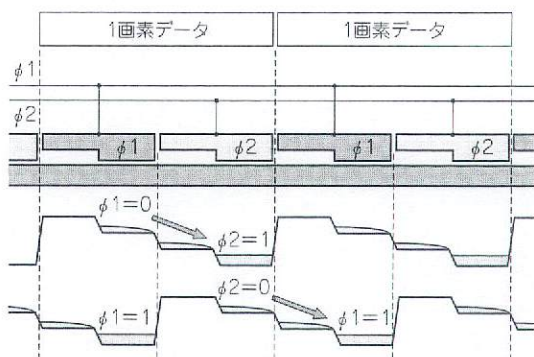


図5 CCDシフト・レジスタの転送動作

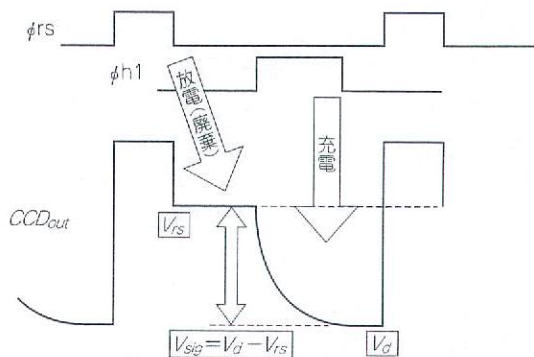


図7 CCD出力波形とCDSの原理

ります。この走査回路はCMOSスイッチで構成されるので消費電力が小さいうえ、DRAM同様に自由な走査(読み出し)が可能です。これにより、WOIとかマルチタップ出力といった新しい機能が実現されることになりますが、これは後述します。

CMOS撮像素子のプリアンプにも特徴があります。その構成はCCDと同じFDAですが、これを画素ごとに設置しているところが異なります。XYアドレス走査回路のS/N比は良くないのですが、FDAで増幅した信号を電送するため、S/N比の劣化を防げます(図3)。

2.4 CCD vs CMOS——その特徴と比較

ここでは、CCDとCMOS撮像素子を比較します。表7～表9を見ながら、カメラを作る上での比較、およびカメラを使う上で重要な比較に分けて説明します。

●カメラのつくりやすさ

まず、CCDカメラとCMOSカメラの設計の容易さを比較してみましょう。表9を見ると、CMOS撮像素子が圧勝に見えます。必要とする電源の種類も少なく、撮像素子上にCMOS回路を搭載できるのが強

みです。カメラを作る上でノウハウを必要とする部分の走査タイミング発生回路や撮像信号前処理系(アナログ回路)のほとんどがチップ上に搭載されるため、撮像素子からはA-D変換されたデジタル信号が出力されます。さらに後処理のプロセス回路や出力インターフェースなどを搭載した1チップのカメラも商品化されていて、CMOS撮像素子ならカメラのプロ

でなくともカメラを設計できるともいえそうです。一方のCCDはやはりアナログ的なノウハウが必要でカメラのプロの腕のふるいどころが多いのですが、その代わりにプロが作ったCCDカメラの画質はCMOSカメラを上回ることになります。

●民生用ロボットの目に向いているのはどちら?

次は性能、機能の比較です。まず、CCD/CMOS撮

コラム2 CCD vs CMOSの戦い(?)の歴史

CCDとCMOS撮像素子の歴史は、30年にわたる競合の歴史です。1970年のベル研究所のスマithとボイル両氏によるCCDの発明直後から、筆者はカメラ技術者としてその競合の歴史に立ち会いました。その目で見た競合の歴史を10年ごとに編年史風に綴ってみます。キーワードは「感度」です。

まず、発明は1963年のMOSが先行しました。ただし、CMOS撮像素子ではなくMOS撮像素子のPhoto Scannerでした。

1970年代は研究開発の争いでした。CCD派が米国勢RCA、フェアチャイルドといった強豪、日本勢はNEC、ソニー、東芝、松下でした。MOS派の日立は単独でしたがその鼻息は荒く、進歩著しいDRAMの技術を利用できるメリットを主張しました。今のCMOS撮像素子と同じ主張です。

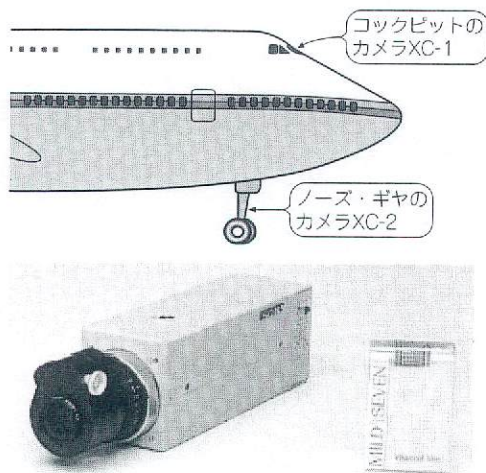
当時、両者とも解像度(画素数)不足はもちろん、とくに感度は先行する撮像管の1桁も2桁も下というありさまでした。筆者らソニーのCCD撮像実

験でも、あまりに強い照明のため、被写体のプラスチックおもちゃが熱で歪むありさまでした。MOSも同様であったに違いありません。

1980年代は実用化の競争です。ここで差が始めました。まず1980年、筆者らは世界初のCCDカラー・カメラを商品化し、MOSを出し抜きました。全日空ジャンボの離着陸光景を乗客にお見せする、ちょっと高価なカメラでした(XC-1、Sony、IT型、12万画素、2板方式で計24万画素。図A)。ここでは航空機搭載用にCCDの頑丈さが生きました。いわば世界初の産業用CCDカラー・カメラです。CCDの感度が撮像管に近づいたことが商品化のきっかけでした。

日立のMOSも負けじとがんばります。1981年民生用単板カラー・カメラ商品化世界初を果たします(18万画素、単板方式)。しかし、ソニーがたたみかけます。1983年、CCD(IT型18万画素)量産が開始されました。XC-37カメラ・モジュールも商品化されました。

1985年、決着がつきます。ソニーがCCDの大量生産を開始しました(IT型、25万画素)。実現した



図A 世界初のCCDカラー・カメラ、XC-1

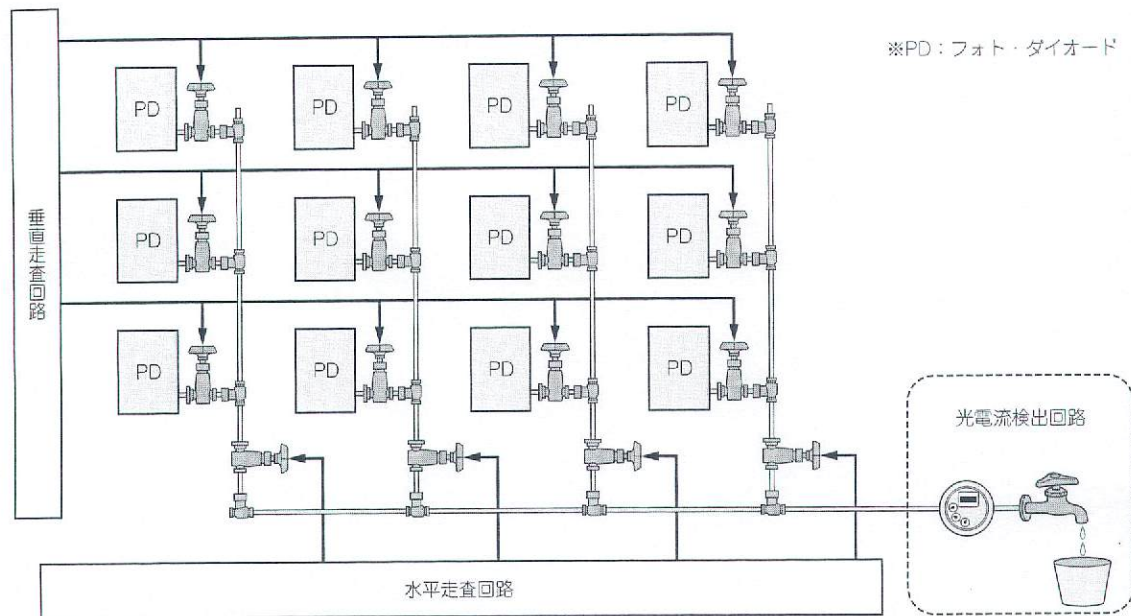


写真A 8mm方式VTR一体型カメラ、CCD-V8

像素子の比較を、民生用ロボットの目という視点から整理します(表 8)。民生用ロボットの目に要求される機能や性能(表 1)でもっとも重要な事項は、感度や画質です。この意味では、CCD に一日の長があります。一方ダイナミック・レンジについては、CMOS に分があります。対数変換型フォト・ダイオードとか、マルチスロープ方式といった機能を実現できるからで

すが、一方で感度が犠牲になるので、今のところ特殊用途に限られています。

カメラのサイズと消費電力については CMOS が大いに有利です。CMOS 撮像素子上に CMOS の信号処理回路を乗せた 1 チップ・カメラも実現されています。ただし、現時点で実現されている 1 チップ・カメラは従来型の撮像素子 CMOScv に限られているので、



※PD：フォト・ダイオード

図 B CMOS 撮像素子の模式図

商品は 8mm 方式 VTR 一体型カメラ (CCD-V8、写真 A) です。CCD が撮像管から主役の座を奪いました。もう MOS は眼中にありません。この時点で、CCD は撮像管の感度を上回りました。

MOS の敗因は、感度不足が致命的でした。走査回路は鉛でできた水道管のようなものだし、プリアンプ(光電流を電圧に変換)は撮像管と同様、撮像素子の外部に設置された粗っぽい水道メータのようなものです(図 B)。一方の CCD のプリアンプが、超精密のてんびん秤に似て精度が抜群であったのと好対照でした。

CCD の感度向上の速度はその後ろも衰えることはありませんでした。画素構造の進歩がそれを支えました。暗電流を吸収できる埋め込み型フォト・ダイオード(ソニーの HAD センサ: Hall Accumulated Diode Sensor) と画素の上に作りつけたマイクロレ

ンズなどのお陰で、いまやかつての撮像管の数十倍の高感度を達成しているはずですが。なお、こうした急速な進歩に CCD 陣営の間にも優劣の差が生じ、ソニーを中心にした寡占化が進みます。真っ先に脱落したのは米国勢です。ちょうど日本がバブル景気であつたか、米国製造業が意気消沈していた時代の出来事です。

次の 10 年、1995 年前後、CCD 全盛の時代が続く間に MOS のリベンジが始まります。米国半導体勢による DRAM 技術を背景にした巻き返しといっても良いでしょう。今度は CMOS が CCD と同じ構造のプリアンプ(FDA)をしかも画素ごとに設ける構造を採用して感度を大幅に改善しました。こうして、CMOS が CCD に追いつき追い越せの改善を始め、CCD がまたその先を行く展開になります。こうした競争の末、今に至っています。

表 7 カメラ設計に関する比較

撮像素子	消費電力	駆動電源	撮像素子に内蔵可能な回路		
			走査回路	撮像信号 前処理系 (アナログ)	撮像信号処理系 (デジタル)
IT-CCD	大 例 1: 135mW	例 1 15V, 3.3V, - 5.5V	No	FDA	No
CMOScv	小 例 2: 31mW	例 2 3.3V	タイミング発生回路 駆動回路	FDA, 利得調整アンプ CDS, A-D 変換回路	プロセス回路, エンコーダ デジタル・インターフェース (USB1.1 など)
CMOSadv					-

例 1 = 1/4 型 33 万画素 CCD 例 2 = 1/3 型 33 万画素 CMOS

表 8 民生用ロボットの目に関する性能比較

撮像素子	感度, 画質	ダイナミック改善	消費電力	カメラのサイズ
IT-CCD	優		大	
CMOScv	良	対数変換 PD	小	最小(1 チップ・カメラ)
CMOSadv	優	マルチスロープ方式		小(回路内蔵)

表 9 産業用ロボットの目に関する性能比較

撮像素子	走査回路	走査速度の限度	高速走査		電子シャッタ	
			並列読み出し	部分読み出し	構造	フリーズ
IT-CCD	CCD シフト・レジスタ (自由度が低い)	30M 画素/秒 (仕様一例)	2 タップ (左右観音開き)	パーシャル・スキャン	インタレース走査型	フィールド同時読み出し
					プログレッシブ走査型	フレーム同時読み出し
CMOScv	XY アドレス回路 (自由度が高い)	30M 画素/秒 (仕様一例)	-	-	グローバル・シャッタ型	フレーム同時読み出し
CMOSadv			マルチタップ 2 タップ ~ 16 タップ	WOI (Window of Interest)	ローリング・シャッタ型	不可

CCD には感度と画質で引けを取ります。

● 産業用ロボットの目に向いているのはどちら？

産業用ロボットの目への要級求事項(表 1)は高機能、高性能にあります。高機能の第一は走査機能ですが、その比較結果が表 9 です。総論でいうと、現状では IT 型 CCD に一日の長があります。高感度と電子シャッタ機能とを備えているからです。一方の CMOS 撮像素子は、XY アドレス方式ゆえの自由度の高い走査が魅力です。CCD はシフト・レジスタ走査なので、どうしても自由度が乏しくなります。

さて次は各論として、まず走査速度を比較します。走査速度の限度は CCD も CMOS も機構の相違にかかわらず、仕様書上は約 30M 画素/秒と同等です。たとえば 29M 画素/秒で 38 万画素、60fps(フレーム周波数)の駆動ができます。

走査速度の限度を破る方法としては、並列読み出し(マルチタップ読み出し)があります。CMOS 撮像素子の場合、10 並列(10 タップ)で、およそ 10 倍の高速走査素子が実現されています。一方 CCD はせいぜい 2 タップ程度が実用限界なので、さらなる高速化という点では CMOS 撮像素子に軍配が上がります。

高速走査を実現するもう一つの工夫に、読み出す領域を必要なところに限定する手法があります(図 8)。CCD の場合はパーシャル・スキャンといい、走査線数を限定します。一方、CMOS には WOI(Window of Interest)という機能があります。外部から操作することで画面上の任意の領域を切り出して読み出す走査ですが、DRAM に似た XY アドレス型の CMOS 撮像素子の得意技です。必要に応じて切り出す窓(Window)を任意に変化できれば、ロボットの目として大いに効果的です。

次は、電子シャッタ機能の比較をしましょう。電子シャッタとは露光時間、すなわち光電子蓄積時間を限定する機能です。言い換えれば無用な期間の光電子を蓄積せず廃棄する機能です。

光電子を廃棄する方法ですが、CCD ではフォト・ダイオードからその基底部にあるオーバフロー・ドレインへ光電荷を廃棄します(図 4 の矢印)。CMOS 撮像素子では、図 6 の Q_{tr} と Q_{sr} を同時に ON として V_{dd} へ廃棄しています。

電子シャッタの役割は二つあります。一つは電子アイリスです。これはレンズの絞りの代替となります。

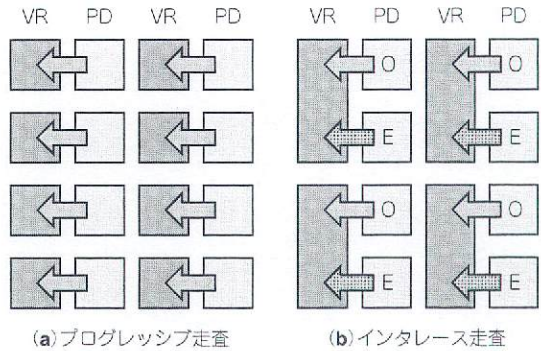
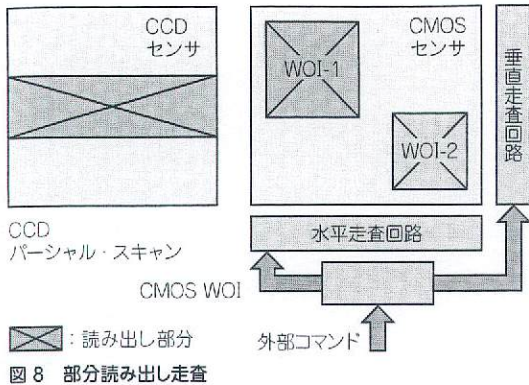


図 9 プログレッシブ走査とインタレース走査

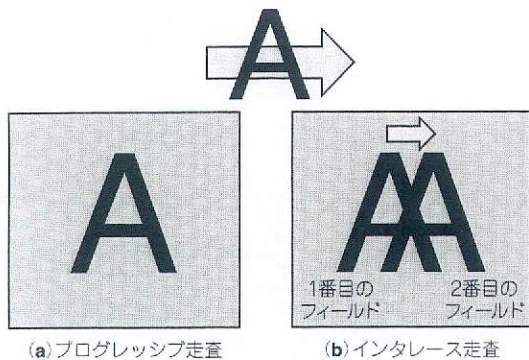


図 10 CCD 撮像素子のフリーズ機能

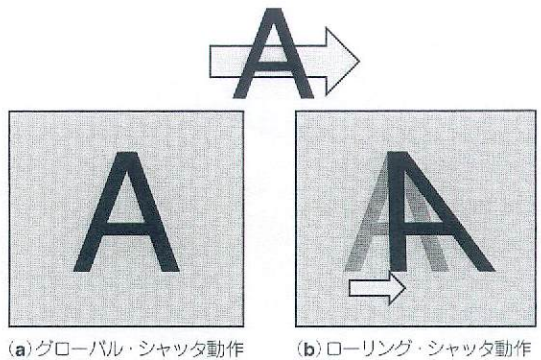


図 11 CMOS 撮像素子のフリーズ機能

CCD でも CMOS いずれでも実現できます。もう一つは、高速に移動する被写体をフリーズする機能です。じつは CCD も CMOS も、これができる構造とそうでない構造があります。

CCD の主流であるインターライン型 CCD には、二つの型があります(図 9)。インタレース走査型と、プログレッシブ走査型です。インタレース走査とはテレビでいう飛び越し走査ですが、奇数番の走査線(奇数フィールド)と偶数番の走査線(偶数フィールド)を交互に読み出します。したがって、フリーズ画面はフィールド間の時間差分の 2 重像になります[図 10 (b)]. 2 重像が許されないなら、片方のフィールドのフリーズ画像を使うことになるので、垂直の解像度は半分に落ちます。一方プログレッシブ走査(順次走査)は、全走査線上の画素を同時に読み出せるため、こうした歪みも解像度の低下もない正規のフリーズが実現します[図 10(b)].

CMOS 撮像素子の電子シャッタにも二つの型があります。ローリング・シャッタとグローバル・シャッタです。ローリング・シャッタは簡単に実現できますが、フリーズした画像には歪みがあります(図 11)。画面の下部の画像が上部に比べちょうど 1 フレーム

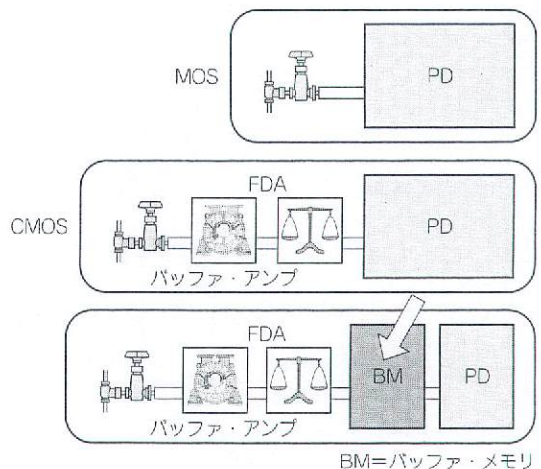


図 12 グローバル・シャッタ型 CMOS 撮像素子

時間遅れるためです。グローバル・シャッタは、この問題を解決しました[図 11(a)]. その構造では、画素の中にバッファ・メモリを追加します(図 12)。

このメモリは、フリーズした画素上の光電子を一時蓄積し、走査線順序にしたがって読み出すタイミングまで待ってこれを出力します。これで、歪みのないフリーズ画像出力が可能になります。

しかしバッファ・メモリを追加すると、フォト・ダイオードの面積を削らざるを得ず、感度が低下します(図12)。こうした理由で、現状ではグローバル・シャッタ構造を採用したCMOS撮像素子は、画素が大型の産業用途に限られています。

2.3 CCD vs. CMOS——主役は CCD から新しい CMOS に明け渡される(?!)

2005年に、CMOS撮像素子の感度がCCDについて追いつきました。その感度と $3\mu\text{m}^2$ の小型化を実現しました。高画素CMOSも実現し、携帯電話用途などに進出しています。従来では考えられなかったビデオ・カメラ、それもハイビジョン用の高画質ビデオ・カメラにさえも採用されました。ただし、その構造はCMOSではなくCMOSとCCDの複合素子といったほうが正しいでしょう。そのフォト・ダイオードはCCDと同じ埋め込み型PDで、マイクロレンズをもつ構造だからです(CMOSAdv)。こうなると、標準のCMOS製造プロセスをそのまま使えないので、CMOSの回路設計資産をそのまま持ち込むことはできません。いわば、CMOS撮像素子の利点を一部失った形です。

この新しいCMOS撮像素子(CMOSAdv)を産業用

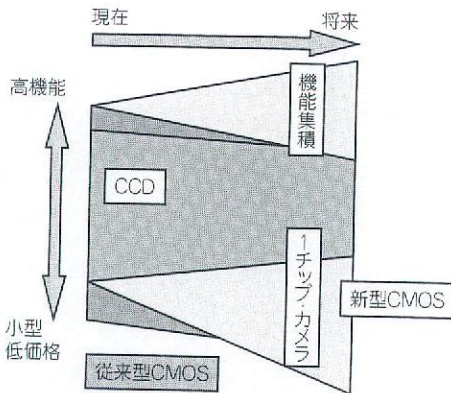


図13 CCD vs CMOSの将来予測

ロボットに使うには、欠点があります。現時点ではグローバル・シャッタ機能を搭載していないことです。これを実現するとなると、感度が低下します。だからCMOSAdvは、映像用途的を絞っています。マシンビジョンに使えるCMOSAdvの実現は、しばらく先になりそうです。

従来型のCMOS撮像素子は、マシンビジョン用途で生きています。大きな画素構造が許されるからグローバル・シャッタを作り込めるし、画面の一部を選択的に読み出す機能WOIなども容易に備えるなど、CCDにない高機能な産業用ロボットの目が実現できます。

さてここで、CCDとCMOS撮像素子の今後を占ってみましょう。私見を図13に集約します。

いままでは「画質のCCD」が主役でした。脇役のCMOS撮像素子は、安くて小型のUSBカメラなどの用途や高機能、超高速のマシンビジョン用途に限られてきました。しかし、画質の向上した新しい撮像素子CMOSAdvが低消費電力と高速性を武器に携帯用途などCCDの領域を下から浸食し始めました。この先、CMOS回路の集積度が向上するにつれ、主役の座はCCDから新しいCMOS撮像素子に明け渡されるでしょう。ワイド・ダイナミック・レンジの感度不足もいずれ改善されるでしょう。そのときにはCCD級の高画質、ワイド・ダイナミック・レンジでしかも撮像素子上に回路を集積した1チップ・カメラという、超小型のロボットの目がCMOSで実現されるはずで、産業用の新しいCMOS撮像素子は少々遅れて登場しますが、これも高速化、高機能化を集積し、いままでにない機能を実現するはずで、

図13は、そうした動向を図式化しました。CCDからCMOSへと移り変わるであろう予測は見逃せません。マシンビジョンから放送用ハイビジョンまで、研究開発から事業担当まで約30年間CCDカメラと連れ添った筆者にもCCDの行く末が見えはじめたように思います。

表10 撮像信号の規格

撮像出力信号形式(映像信号)	信号数	帯域(相対値)
B & W(1線信号)=VS	1	4
複合テレビ信号=VBS=NTSC信号	1	4
Y/C	2	4:1
YUV(コンポーネント信号)	3	4:2:2
RGB(3原色信号)	3	4:4:4
RAWデータ・カラー(デジタル)	1	4

VS = Video 信号 Sync. (同期信号)付き、VBS = Video 信号 Sync. + Burst 付き、日本ならNTSC複合テレビ信号を指す。

表11 制御信号

制御信号類
同期信号
内部同期信号(出力)
外部同期信号(入力)
トリガ・パルス(入力)
カメラ制御信号(入力)
電源供給線

表12 伝送規格

入出力インターフェース伝送規格		
アナログ伝送規格		デジタル伝送規格
BNC	同軸線路	USB1.1, USB2.0
	PIN端子	Ethernet
	S端子	Gig-E
丸形12ピン・コネクタ(EIAJ規格)		IEEE1394.a, 1394.b
		カメラリンク
専用インターフェース		専用インターフェース

ペルセウス群輻射点拡大撮影

重野好彦

撮影日時 2008年8月11/12日 00時00分から03時32分 (JST)
12/13日 00時30分から04時00分 (JST)

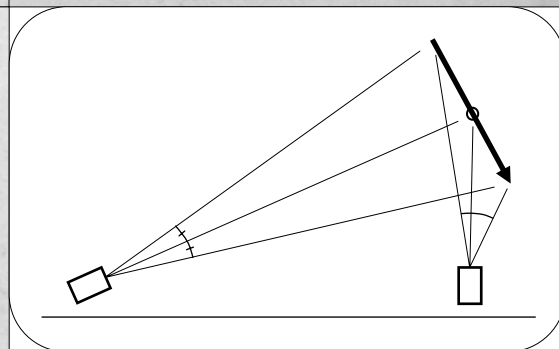
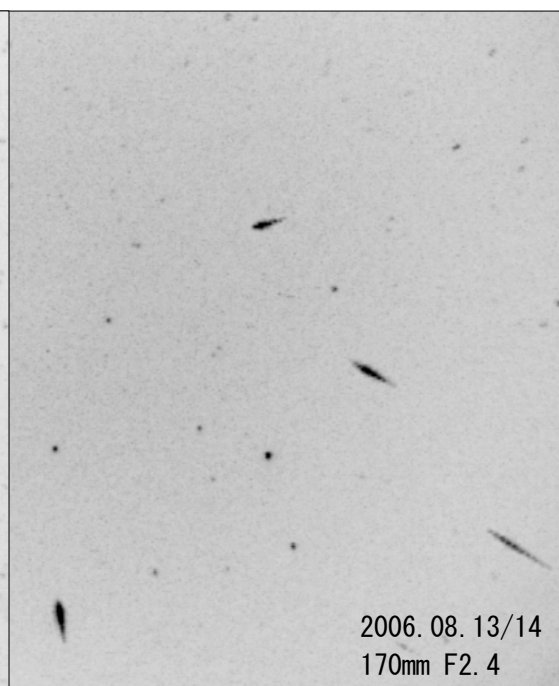
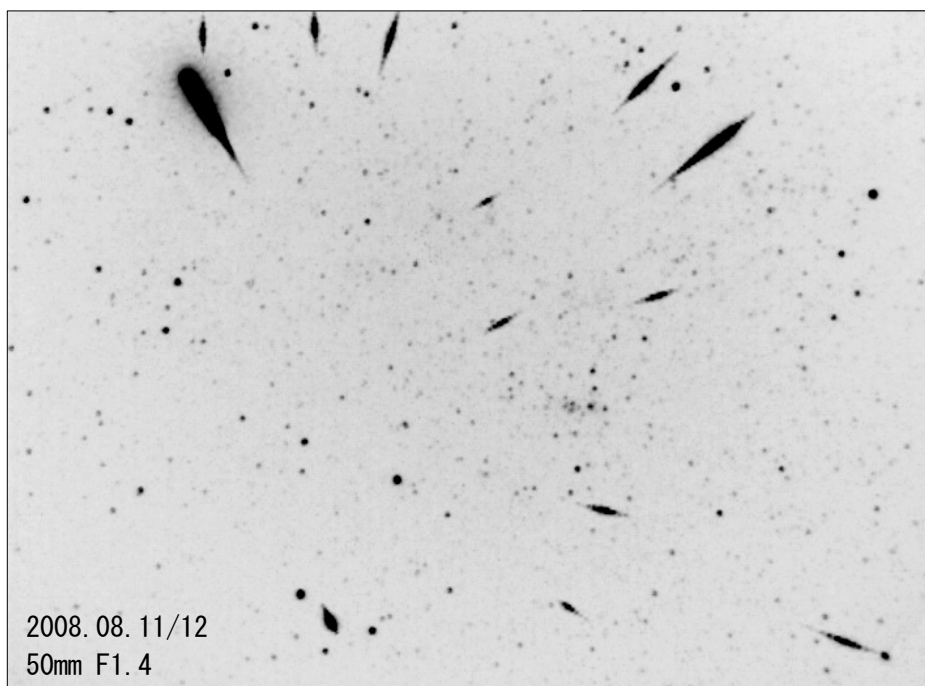
観測地 新潟八海山

撮影機材 I I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50mm F1.4

写野 20度×15度

撮影方向 ペルセウス座流星群輻射点

画像処理 ペルセウス群13流星(11/12)、12流星(12/13)をコンポジット



系外流星の起源

海老塚 昇 (名古屋大学/理研)

1. はじめに

前回 (120 回) の流星物理セミナーのときに発表した「太陽系外からの流星の分光観測」[1]に対して、後日、重野さんから「太陽から 1AU と 10 光年の距離の比が約 50 万倍あるので近傍星からの粒子密度は悲観的に少ないのではないか。」とのコメントをいただきました。そこで最も近い α Cen 星 (4.4 光年) について粒子密度を検討してみました。中心星から粒子が等速で放射状に広がる場合に密度比は距離の 2 乗に反比例します。そのため一点から等速で粒子が放出された場合に 1AU と 4.4 光年の比が 1:280,000 なので密度比は、

$$1/280,000^2 = 1.3 \times 10^{-13} \quad \dots (1-1)$$

になり、近傍星からの系外流星が到来する確率は悲観的な値になりそうです。

私の発表では、「銀河中心方向や外縁部の物質の組成比が太陽系近傍と異なると面白い。」と締めくくり、また、「星によって物質比が異なると思うか?」という質問に対して、「近傍星と太陽系の物質比はあまり変わらないのではないか、一方、おうし座とオリオン座の分子雲では物質比が異なるかもしれない。」と答えました。重野さんのコメントをきっかけに近傍星や分子雲、赤色巨星等から、それぞれどのくらいの系外流星が到来するか検討をしてみました。

2. 近傍星

質量放出のプロセスとして彗星やダスト・トレイルが木星に接近したときにはじき飛ばされる場合が支配的ではないかと思われれます。直径 10km の彗星 (10^{15} kg) が年間に 1 個太陽に接近して彗星質量の 1/1,000 のダスト (水を含まない。彗星質量の 80% が水の氷とした場合に直径 1km の彗星 5 個分。) を放出すると仮定します。木星から 1AU 以内を通過するダストの半分が太陽系外に飛び出すと仮定すると、その質量放出は木星の軌道長半径が 5.2AU なので、

$$10^{15} * 0.5 * \pi * 1^2 / (1,000 * 4 \pi * 5.2^2) = 4.6 * 10^9 \text{ kg/年} \quad \dots (2-1)$$

になります。ダストのサイズ分布を直径の -3.5 のベキとすると、各サイズの合計質量は直径の -0.5 のベキになります。この場合に最小サイズのダストの合計質量が全体の 68% を占めます。最小サイズの粒子が直径 0.1 μ m, 質量 $2 * 10^{-19}$ kg (彗星の密度 1 g/cm^3 の 1/5、 0.2 g/cm^3 を仮定) とすると、

$$4.6 * 10^9 * 0.68 / (2 * 10^{-19}) = 1.6 * 10^{28} \text{ 個/年} \quad \dots (2-2)$$

の粒子が太陽系から放出されることになります。サイズ分布を直径の -3.5 乗のベキとすると直径 1.7mm の粒子 (10^{-6} kg、2 等級の流星サイズ) の放出は、

$$1.6 * 10^{28} * (1.7 * 10^4)^{-3.5} = 2.5 * 10^{13} \text{ 個/年} \quad \dots (2-3)$$

すなわち、

$$2.5 * 10^{13} / (365 * 24 * 60 * 60) = 7.9 * 10^5 \text{ 個/秒} \quad \dots (2-4)$$

になります。粒子が等方的に秒速 1km/s で放出されたとして 4.4 光年の距離における空間密度は、

$$7.9 * 10^5 / \{1 * 4 \pi * (4.4 * 300,000 * 60 * 60 * 24 * 365)^2\} = 3.6 * 10^{-23} \text{ 個/km}^3 \quad \dots (2-5)$$

になります。面積 10,000km (直径 112 km、高度 112km において 1 ステラジアン) を 1 時間あたりに 1km/s で通過するフラックスは、

$$3.6 * 10^{-23} * 1 * 10,000 * 60 * 60 = 1.3 * 10^{-15} \text{ 個/時} \quad \dots (2-6)$$

すなわち、

$$1 / (1.3 * 10^{-15} * 365 * 24) = 8.8 * 10^{10} \text{ 年/個} \quad \dots (2-7)$$

になって、宇宙年齢を超えてしまいます。

3. 分子雲

惑星形成の標準モデル[2]では木星サイズの惑星が誕生する段階において 1/100,000 ~ 1/1,000 太陽質量のダストや微惑星を系外に放出する可能性があります。イメージとして星生成領域すなわち分子雲が太陽系における彗星のようにチリをまき散らしながら、銀河にダスト・トレイルを形成しているといった感じでしょうか。おうし座分子雲 (距離 430 光年) やオリオン座分子雲 (1,200 光年) 等では、それぞれ現在約 100 個と数 1,000 個の星・惑星形成が行われています。これらから粒子が秒速 30km/s で放出されたとすれば、それぞれ 430 と 1,200 万年かけて太陽系に到達することになります。

太陽系の各惑星の固体質量および軌道半径から、その母体となった原始太陽系円盤の半径は 40au 程度で、その範囲の固体質量が 1/10,000 太陽質量 (円盤総質量の 1~2%)、固体面密度分布は中心星 (太陽) からの距離を r とすると $r^{-3/2}$ に比例すると推測されています。太陽系惑星形成の標準モデルではいくつか問題点を指摘されていますが、原始太陽系円盤の 40au の範囲で乱流が収まると 1,000~10,000 年かけて赤道面にダストが沈殿し、その間にダストは直径 1cm くらいに成長して、重力不安定によって 1~10 年くらいで一気に 1~

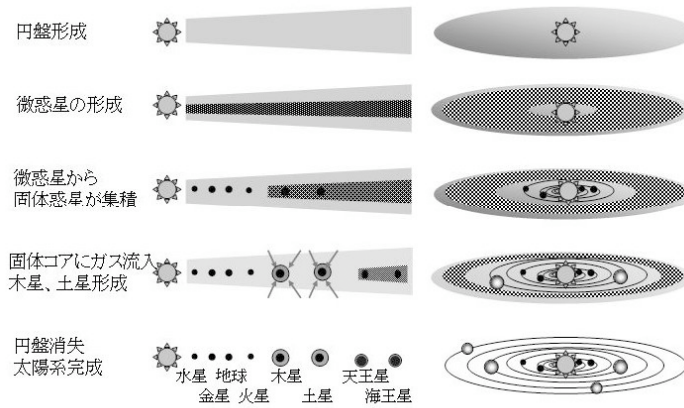


図 1. 惑星形成の標準モデル (東京工業大学 井田研究室のホームページ[2]より)

10km くらいの微惑星に成長すると考えられています。5AU (木星軌道) においては微惑星形成から 1,000 万年くらい経って地球質量の 5 倍以上の岩石惑星ができると周囲の円盤ガスが流れ込んで暴走的に地球質量の数 100 倍のガス惑星に成長します。また、5AU 近傍に多くのダストが残っていると、惑星の外側の軌道にある天体は加速されるためにガスの抵抗を受けないサイズ ($10\mu\text{m}$ 以上?) の大量のダストが太陽系外に放出されると考えられます。さらに木星の内側では木星によって加速 (減速) された微惑星同士の高速度衝突によって破片が飛び散り、多数の小惑星ができるとともに、その一部が太陽系外に放出されるプロセスも考えられます。

太陽程度の中質量の星形成が行われている、おうし座分子雲において木星質量の惑星が成長する段階の恒星系が 10 個あり、1 恒星系あたり 100 万年間に $1/100,000$ 太陽質量の固体成分 (80%が水の氷) が放出され、粒子の最小サイズが直径 $10\mu\text{m}$ 、質量 10^{-12}kg (密度 1g/cm^3 を仮定、多少怪しい?) とすると、

$$2 \cdot 10^{30} \cdot 10/10^5 / 10^6 \cdot 0.68/10^{-12} = 1.4 \cdot 10^{32} \text{ 個/年} \quad \dots (3-1)$$

の粒子がまき散らされることとなります。サイズ分布を直径の-3.5 乗のベキ (この仮定も多少怪しい) とすると直径 1.7mm ($5 \cdot 10^{-6}\text{kg}$) の粒子 (氷が蒸発すると 10^{-6}kg) の放出は、

$$1.4 \cdot 10^{32} \cdot (1.7 \cdot 10^2)^{-3.5} = 2.2 \cdot 10^{24} \text{ 個/年} \quad \dots (3-2)$$

になります。粒子が等方的に放出されたとして 430 光年の距離における面積 $10,000\text{km}^2$ を 1 時間あたりに通過するフラックスは、

$$2.2 \cdot 10^{24} \cdot 10,000 / (365 \cdot 24) / \{4\pi \cdot (430 \cdot 300,000 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365)^2\} = 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ 個/時} \quad \dots (3-3)$$

すなわち、9,500 年に 1 個になり、残念ながら 7 桁くらい増えないと観測に引っかけられないでしょう。

4. 晩期型星

AGB 星 (漸近巨星枝) は太陽質量程度の晩期型赤色巨星であり、その質量の半分を放出してやがて白色矮星になります。AGB 星では $0.01 \sim 1,000\mu\text{m}$ 程度のダスト (密度 0.01g/cm^3 以下、グラファイトや SiO_2 が主成分で、主に原子間力によって結合されている) が大量に生成されると考えられています。なお、星間ダストの一部は起源が超新星爆発の残骸であるとされていますが、 $0.01\mu\text{m}$ より大きなダストが生成されないと考えられています。

1 恒星系あたり 10 億年間に $1/10$ 太陽質量の固体成分が放出されると仮定して、粒子の最小サイズが直径 $0.01\mu\text{m}$ 、質量 10^{-23}kg (密度 0.01g/cm^3 を仮定) とすると、

$$2 \cdot 10^{30} / 10/10^9 \cdot 0.68/10^{-23} = 1.4 \cdot 10^{43} \text{ 個/年} \quad \dots (4-1)$$

の粒子がまき散らされることとなります。サイズ分布を直径の-3.5 乗のベキとすると直径 4.6mm (10^{-6}kg) の粒子の放出は、

$$1.4 \cdot 10^{43} \cdot (4.6 \cdot 10^5)^{-3.5} = 2.1 \cdot 10^{23} \text{ 個/年} \quad \dots (4-2)$$

になります。粒子が等方的に放出されたとして 500 光年の距離 (ベテルギウス) における面積 $10,000\text{km}^2$ (直径 112km) を 1 時間あたりに通過するフラックスは、

$$2.1 \cdot 10^{23} \cdot 10,000 / \{365 \cdot 24 \cdot 4\pi \cdot (500 \cdot 300,000 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 365)^2\} = 8.5 \cdot 10^{-10} \text{ 個/時} \quad \dots (4-3)$$

すなわち、13 万年に 1 個になります。

5. 終わりに

いずれの見積もりでも放出される質量や粒子の直径、ベキ等のさじ加減で値が大きく変わります。しかし、近傍星の見積もりではこの値より 10 桁以上も大きな質量放出プロセス ($\sim 10^{20}\text{kg/年}$) は考えにくいので、近傍の恒星系からの寄与はほとんど無いといえそうです。

分子雲の見積もりでは固体質量の半分が惑星や小天体として残っている太陽系の惑星形成（標準モデル）を想定していますが、エキセントリック・プラネットが形成されるような原始惑星系円盤（原始太陽系円盤の数倍重いと考えられている）等からは数桁も多くのダストが放出されている可能性があります。さらにオリオン座分子雲は、おうし座分子雲よりも約 1,000 倍重く、多数の大質量星を形成していますが、大質量星における惑星形成のプロセスはよくわかっていません。大質量星の近傍では強力な紫外線によりダストが蒸発してしまうと考えられておりますが、オリオン座分子雲では褐色矮星や木星質量の数倍程度の浮遊惑星も発見されており、大量のダストが放出されている可能性もあります。

晩期型星起源のダストは密度が極めて小さいので、地球大気との衝突によって破碎され、流星として観測することができないかも知れません。一方で、タールのような有機物が主成分のダストは 200K 以上で粘着性が高くなり、3AU（スノーライン）より内側ではコンパクトになって、彗星ダストに近い密度になっている可能性もあります。また、AGB 星は最晩期に激しい質量放出（新星爆発）を起こして、それ以前に放出されたダストをかき集めて球殻状（惑星状星雲）や砂時計状に広がります。この部分では密度が何桁あるいは十何桁も高くなっていると思われます。このような領域が太陽系を通過する際には大量の系外流星が降り注ぐことでしょうか。そして氷河期？

今回の見積もりでは f30mm 口径 25mm の光学系と I.I.-TV による分光の限界等級として 2 等としていますが、最新の電波観測では 10^{-10} kg（12 等程度）の流星軌道を求めることができ、流星数を約 5 桁稼ぐことができます。また、銀河面の体積と天文学的な時間を積分すると、かなり大きな値になります。太陽系は銀河系のオリオン腕にあります。近傍の腕に沿った方向と鉛直方向に系外流星の異方性が見られるかも知れません。そこで、電波観測による系外流星の到来方向に関する文献を調査しました。図 2 のキエフの電波観測データ[3]は $1 < e < 1.1$ なので太陽系天体が多く含まれていると思われるが、おひつじ座から、さんかく座あたりのピークは、おうし座分子雲やオリオン座腕、ペルセウス腕の方向とほぼ一致します。一方、New Zealand のデータ[4]には、いて座 ($\lambda: 260^\circ$, $\beta: 0^\circ$) 近傍にピークが見られ、いて座腕や銀河中心方向になります。ただし、双方のデータには、うお座近傍以外の相関が見られません。

現時点では写真やビデオ等の光学観測によって系外流星を捉えた例 [5, 6]は多くありませんが、分光観測による物質組成比の統計的なデータが得られるようになると、その起源についての描像が浮かび上がってくることでしょう。

参考文献

- [1] 海老塚 昇, 前田 幸治, 中村 卓司, “太陽系外からの流星の分光観測”, 第120回流星物理セミナー集録, (2008)
- [2] http://www.geo.titech.ac.jp/lab/ida/STUDIES/basic_process.html
- [3] B.L. Kashcheyev, S.V. Kolomiyets, “Interstellar particle Detection and Selection Criteria of Meteor Streams”, *Proc. the Meteoroids 2001 Conference*, **ESA SP-495**, 643 - 650, (2001).
- [4] Baggaley, W. Jack, “Advanced Meteor Orbit Radar observations of interstellar meteoroids”, *JGR*, **105**, 10353-10362, (2000)
- [5] R.L. Hawkes, S.C. Woodworth, “Optical detection of two meteoroids from interstellar space”, *J. R. Astron. Soc. Can.*, **91**, 218, (1997)
- [6] S.C. Woodworth, R.L. Hawkes, “Optical Search for High Meteors in Hyperbolic Orbits”, *ASP Conf. Ser.*, **104**, 83, (1996)

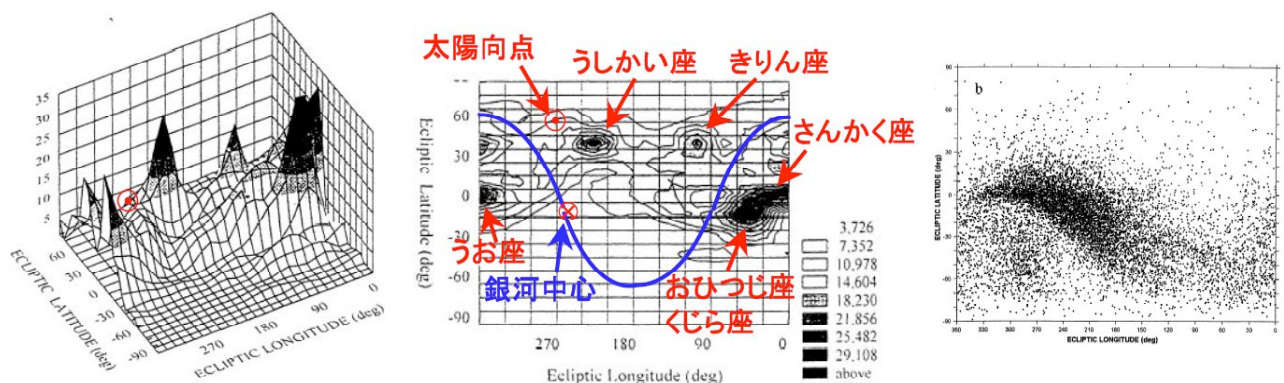


Fig. 2. $N=N(\beta, \lambda)$ of 1102 hyperbolic orbits with $1 < e < 1.1$ (1972-1978) in Kharkiv AMOR, $45 < V_h < 60$ (1995-1998)

図2 Kharkivにおける $1 < e < 1.1$ の双曲線軌道の流星の到来方向分布（左と中央） [3]。

New Zealandにおける日心速度45-60 km/sの流星の到来方向分布（右） [4]。

この秋注目のダスト・トレイル ~ぎよしゃ座群・オリオン群・ほうおう群~

佐藤 幹哉 (NMS・NAOJ・FAS)

●ぎよしゃ座流星群

【概要】

- ・昨年(2007年)突発出現をみせた。出現規模は、9月1日11時27分(UT)にZHR=216 (IMO 2008 No.1)であった。
- ・予報は、Jenniskens & Vaubaillon (2008) などによって行われていた。当方も追計算を行ってほぼ同様の結果が得られた。
- ・2008年は、昨年よりもだいぶ距離が離れるが、観測できる可能性がある。
- ・母天体は、C/1911 N1 (Kiess) が候補として挙げられていた。2007年の出現で確定的となった。

表 ゑよしゃ群のダスト・トレイルの状況 (2007年、2008年)

出現年	トレイル 放出年	日付 (UT)	期待される極大		LS (2000.0)	Δr (AU)	放出 速度 (m/s)	fM	予報 放射点位置		Vg (速度) (km/s)
			時刻 (UT)	時刻 (JST)					α (deg.)	δ (deg.)	
2007	-18	2007/09/01.47	11:22	09/01 20:22	158.553	-0.00011	+1.80	1.0	91.20	+39.16	66.14
2008	-18	2008/08/31.64	15:27	09/01 00:27	158.469	+0.00092	+1.81	1.1	91.12	+39.11	66.15
		※最接近点	16:28	09/01 01:28	158.510	0.00056			91.16	+39.11	66.16

【計算結果】

- ・母天体の軌道要素は、中野主一氏の計算による(前回回帰は-18年)。この年に放出した場合の、一回帰トレイルを計算した。
- ・2007年の出現は、実際の観測と誤差5分で一致している。
- ・2008年は、2007年と比較するとかなり遠いが、0.001AU以内で、出現する可能性は高い。
- ・距離がやや離れるため、地球が軌道間の最小距離となる地点を通過するのは約1時間後とずれる。このため、実際の極大も1時間程度の誤差が見込まれる。
- ・昨年は日本で観測できなかったが、今年は極大が日本の夜にあたる!!
 → ぜひ検出観測を!

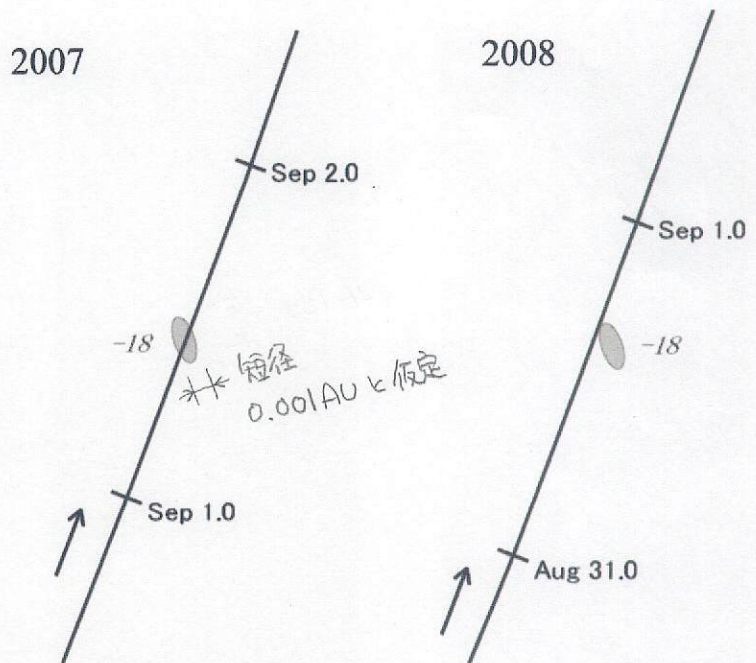


図 ゑよしゃ群のダスト・トレイルの分布

●オリオン座流星群

【概要】

- ・2006年に突発出現が観測。
- ・観測された極大は、IMOのデータとして10月21日20:41(UT)にZHR=57および同22日3:32(UT)にZHR=56 (IMO 2008 No.2)。国内として21日18:00(UT)にZHR=89.9 (Uchiyama 2008)など。
- ・またピークが20日~24日と4日間に渡って継続。ZHRが30を越えた。
- ・約3000年前に母天体であるハレー彗星から放出されて形成されたダスト・トレイルが、2006年に接近したことが筆者らの研究で判明している (Sato & Watanabe 2007)。
- ・2007年も、2006年には劣るものの中規模な活動を予想。実際には、2006年とほぼ同等規模の突発出現が観測された。IMOでは、10月22日0:28(UT)にZHR=70、同4:44(UT)にZHR=68など (IMO 2008 No.3)。

表 オリオン群のダスト・トレイルの状況 (2006年、2007年、2008年)

出現年	トレイル 放出年	日付 (UT)	期待される極大		LS (2000.0)	Δr (AU)	放出 速度 (m/s)	fM	予報		Vg (速度) (km/s)
			時刻 (UT)	時刻 (JST)					放射点位置 α (deg.)	δ (deg.)	
2006	-1265	2006/10/21.10	02:28	10/21 11:28	207.464	+0.0006	+10.77	0.14	95.14	+15.45	66.88
	-1197	2006/10/21.58	13:59	10/21 22:59	207.942	+0.0076	+11.98	0.019	95.41	+15.47	66.67
	-910	2006/10/23.05	01:14	10/23 10:14	209.404	-0.0089	-10.26	0.023	96.56	+15.47	66.94
	-910	2006/10/23.13	03:03	10/23 12:03	209.480	-0.0086	-10.76	0.036	96.66	+15.47	66.94
	-910	2006/10/23.19	04:31	10/23 13:31	209.540	-0.0075	-10.75	0.015	96.71	+15.47	66.91
	-910	2006/10/23.31	07:20	10/23 16:20	209.657	-0.0039	-9.87	0.33	96.76	+15.48	66.81
	-910	2006/10/23.36	08:32	10/23 17:32	209.707	-0.0034	-9.73	0.039	96.79	+15.49	66.79
	-910	2006/10/23.47	11:21	10/23 20:21	209.824	-0.0007	-9.62	0.14	96.88	+15.49	66.72
	-910	2006/10/23.66	15:51	10/24 00:51	210.011	-0.0005	-11.12	0.089	97.03	+15.50	66.71
2007	-1265	2007/10/19.95	22:52	10/20 07:52	206.067	-0.0038	+19.24	0.0016	94.28	+15.33	67.12
	-1197	2007/10/21.71	17:05	10/22 02:05	207.815	+0.0052	+13.34	0.0018	95.35	+15.48	66.73
	-1197	2007/10/21.71	17:02	10/22 02:02	207.813	+0.0051	+13.34	0.0019	95.35	+15.48	66.73
	-1197	2007/10/21.84	20:06	10/22 05:06	207.940	+0.0058	+13.84	0.0017	95.47	+15.48	66.71
2008	-1265	2008/10/19.09	02:13	10/19 11:13	205.946	-0.0094	+20.11	0.0062	94.14	+15.33	67.25
	-1265	2008/10/19.27	06:32	10/19 15:32	206.125	-0.0081	+19.82	0.0069	94.26	+15.35	67.20
	-1265	2008/10/19.34	08:08	10/19 17:08	206.191	-0.0074	+19.70	0.0026	94.32	+15.35	67.18

【計算結果など】

- ・2006年～2010年にかけてダストが地球軌道を横切る。
- ・2006年にダストが集中している。
-1265年、-1197年、-910年の3つのトレイルが接近。
- ・次いで、2007年、2009年、2010年
が同じ程度の規模で集中。
- ・2008年はダストが地球軌道の内側
に入り込んでしまうため、距離が
遠い ($|\Delta R| > 0.007 \text{ AU}$)。この期間
の中では一番望み薄か。
- ・ただし2006年よりも少ないと予想
された2007年も2006年並の出現。
→今年も多い可能性あり。
- ・トレイルからの予想極大は、10月
19日。ただし数日後まで要注意。

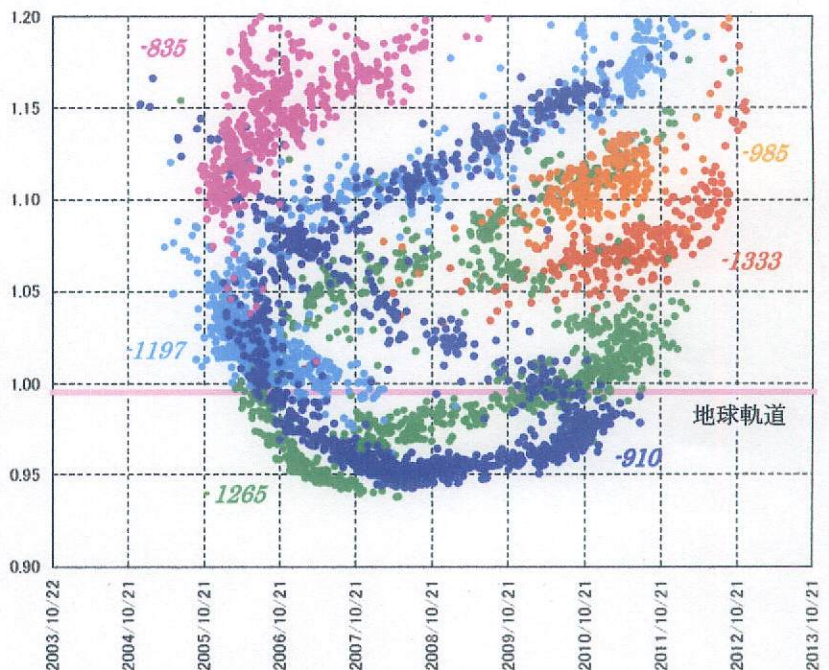


図 ダストの分布

●ほうおう座流星群

【概要】

- ・1956年に大出現。12月5日16:30(UT)にZHR=300 (Huruhata & Nakamura 1957)。
- ・母天体候補だった、D/1819 W1 (Blanpain) が小惑星 2003 WY25 として再発見。
- ・リンクされた軌道要素からダスト・トレイルを計算し、1956年の出現を筆者らが再現した (Watanabe, Sato & Kasuga 2005)。
- ・次回期待される出現は2014年。ただし20世紀前半に母天体がダストを放出していなければならない。
→流星出現から過去の彗星活動を推定できる貴重な機会として期待される。
- ・2008年にも条件は好くないがダスト・トレイルが接近。

【計算結果など】

- ・2008年は、摂動を大きく受けている部分で、出現時期は1カ月早い。
- ・放射点はくじら座β星付近まで北上している。放射点の位置からは、日本でも観測可能となる。

表 ほうおう群のダスト・トレイルの状況 (1956年、2008年、2014年)

出現年	トレイル 放出年	日付 (UT)	期待される極大		LS (2000.0)	Δr (AU)	放出 速度 (m/s)	fM	予報		Vg (速度) (km/s)
			時刻 (UT)	時刻 (JST)					放射点位置 α (deg.)	δ (deg.)	
1956	1814	1956/12/05.67	16:08	12/06 01:08	254.127	-0.00022	+1.46	0.063	3.46	-41.73	10.47
	1808	1956/12/05.68	16:26	12/06 01:26	254.139	+0.00045	+0.73	0.031	3.50	-41.79	10.45
	1803	1956/12/05.69	16:30	12/06 01:30	254.142	+0.00065	+0.50	0.021	3.51	-41.80	10.45
	1797	1956/12/05.69	16:33	12/06 01:33	254.144	+0.00067	+0.49	0.021	3.52	-41.82	10.45
	1792	1956/12/05.69	16:35	12/06 01:35	254.145	+0.00068	+0.49	0.020	3.52	-41.84	10.45
	1819	1956/12/05.69	16:35	12/06 01:35	254.146	-0.00136	+2.21	0.095	3.23	-41.63	10.48
	1787	1956/12/05.69	16:37	12/06 01:37	254.146	+0.00068	+0.49	0.021	3.53	-41.86	10.45
	1760	1956/12/05.69	16:37	12/06 01:37	254.147	+0.00054	+0.68	0.025	3.56	-41.95	10.47
	1782	1956/12/05.69	16:38	12/06 01:38	254.148	+0.00067	+0.50	0.021	3.53	-41.87	10.46
	1776	1956/12/05.69	16:39	12/06 01:39	254.148	+0.00067	+0.52	0.020	3.54	-41.89	10.46
	1766	1956/12/05.69	16:39	12/06 01:39	254.148	+0.00061	+0.62	0.023	3.55	-41.93	10.46
1771	1956/12/05.69	16:40	12/06 01:40	254.149	+0.00065	+0.54	0.021	3.54	-41.91	10.46	
2008	1866	2008/11/07.99	23:49	11/08 08:49	225.826	+0.00072	-12.11	0.0034	7.04	-5.51	11.46
		※最接近点	04:10	11/08 13:10	226.008	0.00012			6.99	-5.55	11.45
	1861	2008/11/09.98	23:34	11/10 08:34	227.824	-0.00364	-14.61	0.0025	6.77	-6.32	11.26
	※最接近点	00:43	11/09 09:43	226.867	0.00076			7.07	-6.13	11.33	
2014	1914	2014/12/01.96	23:02	12/02 08:02	249.470	-0.00074	-1.28	0.016	7.88	-27.32	9.83
	1919	2014/12/01.97	23:14	12/02 08:14	249.479	-0.00050	-2.03	0.025	7.90	-27.34	9.83
	1925	2014/12/02.00	23:58	12/02 08:58	249.510	+0.0000026	-2.40	0.028	7.95	-27.42	9.82
	1909	2014/12/02.02	00:26	12/02 09:26	249.530	+0.00015	-1.76	0.021	7.99	-27.55	9.82
	1930	2014/12/02.05	01:07	12/02 10:07	249.559	+0.00086	-3.03	0.034	8.02	-27.57	9.80

- 1866年放出トレイルと接近する。黄道面上で0.0007AU、最接近点では0.00012AUとほぼ交差。
- 軌道傾斜角が小さい(2~3度)ため、軌道断面は非常に伸びている。
- fM値は、個々のダスト・トレイルとしては1956年の10分の1。ただし、1956年は約10本のダスト・トレイルの束と交差したため、実際には100分の1程度。1956年をZHR=300としても、2008年はZHR=3。さらに放出速度が大きいため、ZHR値は限りなく0に近い。
- 2008年は、出現数ではなく、出現が認められるかどうか注目。出現すれば、1866年に彗星活動があったことになる。
- 観測に適した地域は、南米の西側、北米の南西側等。ハワイでは薄明時に極大(最接近)を迎える。
- 1861年放出トレイルも出現の可能性はある。

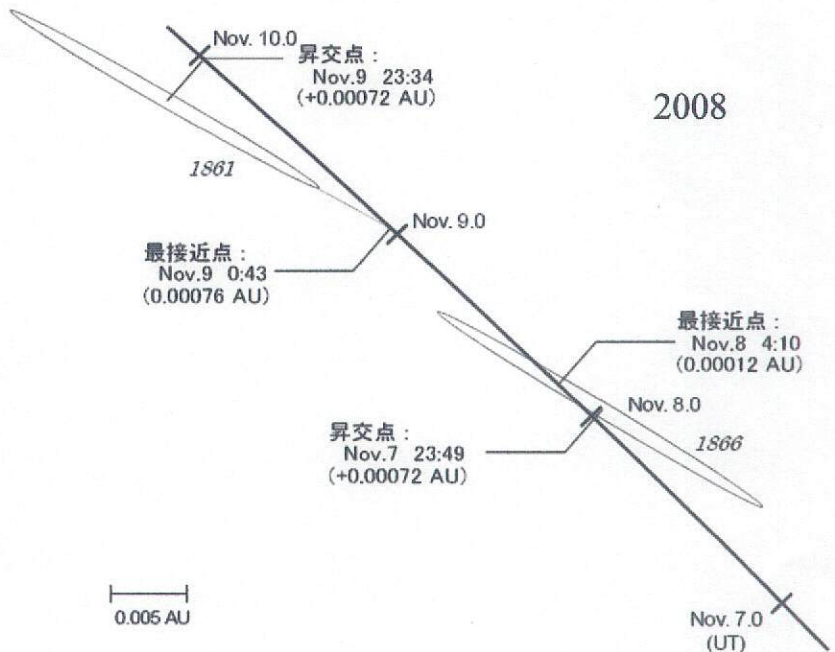


図 ほうおう群のダスト・トレイルの分布

【参考文献】

Huruhata & Nakamura 1957, Tokyo Astron. Bull. 2nd Ser., No.99.
 IMO 2008 No.1 (Web), <http://www.imo.net/live/alpha-aurigids2007/>
 IMO 2008 No.2 (Web), <http://www.imo.net/news/orionids2006>
 IMO 2008 No.3 (Web), <http://www.imo.net/live/orionids2007/>
 Jenniskens & Vaubaillon 2008, EM&P vol.102, Issue1-4, p.157-167.
 Sato & Watanabe 2007, PASJ vol.59, No.4, p.21-24.
 Watanabe, Sato & Kasuga 2005, PASJ vol.57, No.5, p.45-49.
 Uchiyama 2008 (Web), <http://homepage2.nifty.com/s-uchiyaama/meteor/shwr-act/10oriact/ori-act.html>

2008年のしし座流星群のダスト・トレイル

佐藤 幹哉 (NMS・NAOJ・FAS)

2008年に接近するしし座流星群のダスト・トレイルについてまとめた。

【概要】

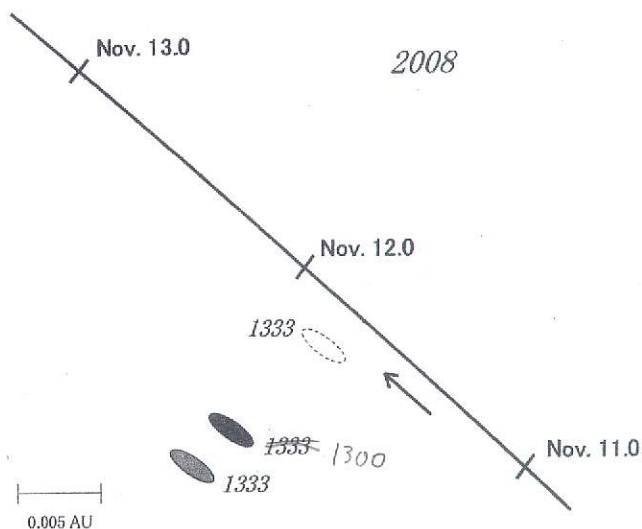
・ダスト・トレイルの状況を表にまとめた。1300年と1466年トレイルからの出現の可能性がある。

表 しし群のダスト・トレイルの状況

トレイル 放出年	日付 (UT)	期待される極大 時刻 (UT)	時刻 (JST)	LS (2000.0)	Δr (AU)	放出 速度 (m/s)	fM	予報 放射点位置 α (deg.) δ (deg.)	Vg (速度) (km/s)	条件
1300	2008/11/11.79	18:52	11/12 03:52	229.637	-0.0026	+19.29	0.0041	150.16 +24.08	70.41	
1300	2008/11/11.86	20:35	11/12 05:35	229.709	-0.0097	+18.06	1.1	150.20 +24.03	70.58	※
1300	2008/11/11.89	21:24	11/12 06:24	229.743	-0.013	+17.69	0.32	150.21 +23.99	70.66	
1466	2008/11/17.01	00:10	11/17 09:10	234.893	-0.0044	+7.78	0.082	153.43 +22.18	70.69	
1466	2008/11/17.03	00:39	11/17 09:39	234.913	-0.0051	+7.82	0.032	153.43 +22.14	70.71	
1466	2008/11/17.05	01:06	11/17 10:06	234.932	-0.0010	+8.54	0.42	153.48 +22.21	70.60	◎
1466	2008/11/17.12	02:46	11/17 11:46	235.002	+0.0031	+9.15	0.019	153.56 +22.26	70.50	

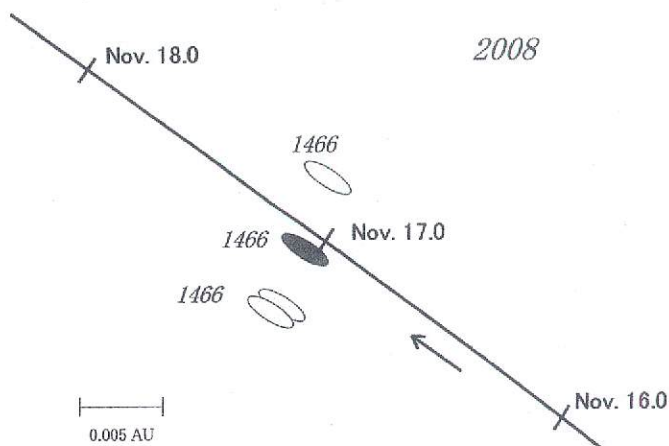
【1300年トレイル】

- ・11月11～12日に接近する。
- ・最も濃い部分は、fM値が1.1である。実際には20回帰目であるが、数値上は1回帰トレイル程度の濃さとなる。
- ・ただしこの部分は、0.01AU離れていて、流星出現に関与するかどうかは微妙である。
- ・一方で0.0026AUまで接近する部分があるが、こちらはfM値が0.004と非常に引き延ばされた部分であり、条件はあまり良くない。
- ・放出速度は17～19m/sで、あまり明るい部分ではない。このため、この時期の出現を検出するのは少々難しいかもしれない。
- ・ただし、日本時刻で12日の4時～6時頃なので、観測は可能である。



【1466年トレイル】

- ・11/17に接近する。
- ・最も濃い部分は、fM値が0.42である。実際には16回帰目であるが、数値上は2～3回帰程度の濃さに相当する。
- ・接近距離は0.001AUである。これは、数値上はかなりの出現が期待される値である。場合によると、100個/時程度となるかもしれない。
- ・放出速度は7～8m/sで、明るい流星が多めに出現する可能性がある。
- ・このほかにも接近傾向の部分が数多く存在するため、分布は少々広いことが予想される。極大自体は数時間に渡ることが考えられる。
- ・しかし日本では夜明け後にあたり（最も接近する部分が10:06、全体として9時～12時頃）、光学的な観測は難しい。電波観測による検出が期待される。



2009年のしし座流星群の出現予報(第一報)

佐藤 幹哉 (NMS・NAOJ・FAS)

【概要】

2009年には、15世紀から16世紀にかけて、母天体テンペル・タットル彗星 (55P/Tempel-Tuttle) から放出されたダストが作るダスト・トレイルと地球が接近する。J. Vaubailion 氏らは、1466年放出のダスト・トレイルによって ZHR=500 程度のしし群の出現がもたらされると予報している。

(<http://www.imcce.fr/en/ephemerides/phenomenes/meteor/DATABASE/Leonids/2009/index.php>)

今回、当方の計算結果を示し、実際の出現状況について第一報として考察する。

【計算結果】

2009年に接近するおもなダスト・トレイルを表と図にまとめた。

表 しし座流星群のダスト・トレイルの状況 (2009年)

トレイル 放出年	日付 (UT)	期待される極大 時刻 (UT)	時刻 (JST)	LS (2000.0)	Δr (AU)	放出 速度 (m/s)	fM	予報 放射点位置 α (deg.)	δ (deg.)	V_g (速度) (km/s)
1466	2009/11/17.88	21:12	11/18 06:12	235.524	-0.00085	+10.10	0.085	153.97	+22.11	70.61
1466	2009/11/17.91	21:52	11/18 06:52	235.552	-0.00066	+10.25	0.031	153.97	+22.08	70.61
1533	2009/11/17.90	21:30	11/18 06:30	235.536	+0.00031	+12.68	0.083	154.30	+22.89	70.44
1533	2009/11/17.89	21:17	11/18 06:17	235.527	-0.00053	+13.01	0.012	154.26	+22.82	70.47

表と図の通り、2009年にはおもに1466年と1533年のダスト・トレイルが地球に接近する。これらの接近距離は一般的な大出現となる目安の0.001AUよりも近く、確かにそれなりの出現が予想される。

【他との比較】

1466年のダスト・トレイルは、2008年にも地球と接近した。このダスト・トレイルによる出現は、ZHR=99 (11/17 2:04 UT, IMO) として観測された。この2008年のケースと2009年の状況を比較する。また、J. Vaubailion 氏の予報とも比較する。

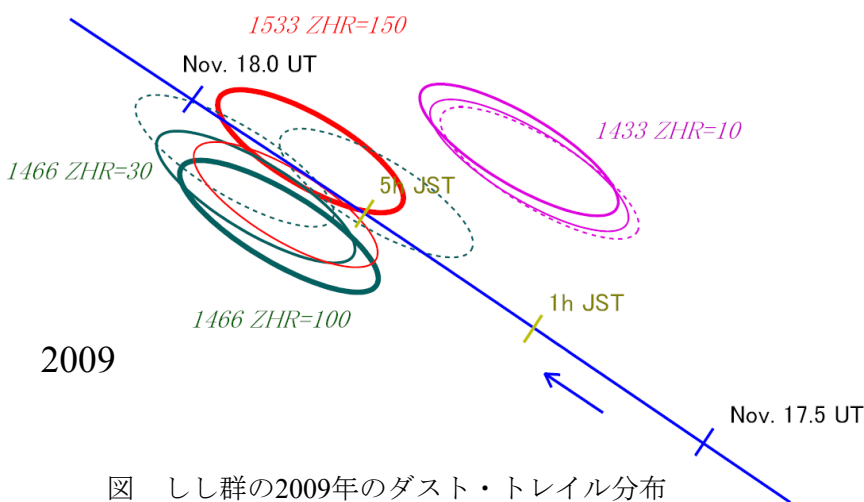


図 しし群の2009年のダスト・トレイル分布

表 2008年との条件の比較と、計算者ごとの状況の比較

計算者	出現年	放出年	極大予報 時刻	Δr (AU)	放出 速度 (m/s)	fM	ZHR	実際の 極大
M. Sato	2008	1466	01:06	-0.0010	+8.54	0.42	100	2:04
	2009	1466	21:12	-0.00085	+10.10	0.085	100?	?
	2009	1533	21:30	+0.00031	+12.68	0.083	150?	?
Vaubailion	2008	1466	0:54	-0.003683		0.377	130?	2:04
	2009	1466	21:43	+0.000447		0.195	500?	?

当方の計算の場合、fM値が2008年の約5分1である。確かに距離は近くなるが、1466年、1533年どちらのトレイルもせいぜいZHRで100台ではないかと推測している。

一方、Vaubailion 氏の計算では、2008年の

接近距離が約0.004AUと、かなり遠く計算されている。このため、2009年には出現数が大幅に増加すると期待しているようだ。またfM値は、2008年については、当方とほぼ同じだが、2009年については当方の計算より大きく、2008年の約2分の1程度である。これらの計算結果の違いから、Vaubailion 氏のZHR値について2009年は500という大きな値が出てきていると推測される。

ただし、2008年の予報極大時刻については、Vaubailion 氏、当方ともに1時間程度も誤差がある。これらの状況から、11月までにはさらなる詳細な検討が必要と考えられた。

Comparison of TV Magnitudes and Visual Magnitudes of Meteors

Yoshihiko Shigeno and Masayuki Toda

The generally accepted belief is that a meteor, with a large amount of infrared rays, can be captured brighter than it actually is by infrared-sensitive image intensifiers (I.I.) or CCD. We conducted observations of meteors using three methodologies: 1) I.I. attached with a filter that has visual magnitude equivalent to human eye spectrum sensitivity at night vision, 2) I.I. without the filter and 3) visually to determine meteor magnitudes. A total of 31 members of the astronomical club at Meiji University observed 50 meteors in Perseids, 19 meteors in Geminids as well as 44 sporadic meteors and the results were tabulated. The results helped us understand that on average I.I. can capture meteors brighter than visual observation by the magnitude equivalent of 0.5 for Perseids, 1.0 for Geminids and 0.5 for sporadic meteors.

For I.I. with a filter that has equivalent spectrum magnitude with the human eye at night vision, it turned out that we could obtain almost the same magnitude with observation by the human eye.

We learned that a bright meteor with negative magnitude can be observed by I.I. brighter than the human eye. From several examples, we found I.I. could capture a meteor with about -1 visual magnitude brighter by about three magnitudes. We could probably do so because a bright meteor with negative magnitude may contain more infrared rays and the brightness could be amplified.

1 Introduction

Magnitudes are important yardsticks to express the mass of meteoric materials and conventionally visual magnitude or photographic magnitude have been used as the index (Opic, 1958; Verniani, 1967). Since a meteor contains more infrared rays (Borovicka et al., 1999), the generally accepted belief is that meteors can look brighter when photographed by new observation instruments such as I.I. or CCD with more sensitivity to infrared rays. By obtaining precisely the difference between conventional and new magnitudes of the same meteors, we are able to compare the conventional and new observation in a correct manner. However, it appears that this comparison has not yet been implemented in a full scale. We would like to report the results of the comparison of I.I. and visual observations.

2 Comparison between TV Magnitudes and Visual Magnitudes

Shigeno and Toda conducted a series of observations to determine meteor magnitudes by both I.I. and visual observations: one time in April and two times in August 2004. During the observations, we found a total of 21 meteors; for each meteor, its TV magnitudes were brighter than visual magnitude by 0.2 to 2.6 magnitude or 1.2 magnitude on average. It will be attributed to I.I. that is also sensitive to infrared rays and capture brighter image of meteors as they contain more infrared rays.

We studied between TV magnitudes and visual magnitudes ($M_{TV}-M_V$) could be changed or not by other factors. Figure 1 shows the relation between visual magnitude (M_V), angular velocity (V_a) and velocity of observation (V_O) where the trend is not clear yet (Shigeno and Toda, 2005).

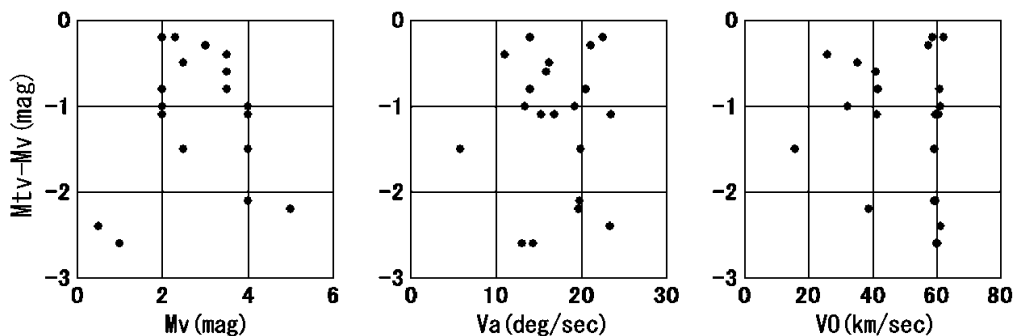


Figure 1 - Comparison between deviation(TV magnitude - Visual magnitude)($M_{TV}-M_V$) and Visual magnitude(M_V), Angular velocity(V_a), Observed velocity(V_O).

3 Observation by I.I. with Filter for Spectrum Magnitude Equivalent of Visual Magnitude

The above observation method cannot determine the correct visual magnitude. We, therefore, observed to determine meteor magnitudes by three other methods: 1) I.I. with a filter that has the same amount of spectrum magnitude with visual magnitude at night vision (MtvF), 2) I.I. without the filter (Mtv) and 3) visually. Magnitudes of TV meteors were obtained from the relations between brightness, size and magnitudes of fixed stars and corrected by angular velocity. A total of 31 members of Meiji University's astronomical club observed 50 meteors in Perseids, from August 11 to August 13, 2007, 19 meteors in Geminids on December 14 of the same year and 44 sporadic meteors. The results are shown in Table 1 as tabulations by observers for comparison of magnitudes by I.I. and visual observation.

3.1 Comparison of Mtv with MtvF

As shown by the upper column titled "Mtv-MtvF" of Table 1, we obtained the following data: -0.5 magnitude for Perseids, -1.0 magnitude for Geminids and -0.5 magnitude for sporadic meteors. These results suggest that without filter observation shows brighter than the observation with filter by 0.5 to 1.0 magnitude. In the table, SD indicates the dispersion of data as standard deviation and the results ranged from ± 0.6 to 0.7 magnitude, meaning they were the variation of data but not errors in the average values.

3.2 Comparison of Mv with MtvF

The middle column of Table 1 shows the tabulated results by observers. Negative values mean that the observers had estimated brighter than actual while positive values mean they had estimated darker. We learned that some observers had estimated brighter by almost one magnitude while others had estimated darker. However, from the total results of all the observers, i.e., "All Visual Observation Data" in the bottom column of Table 1, it turned out that the difference between the average of Mv and the average of MtvF was somewhere between 0.0 to 0.2 magnitude and the difference was minimal. That means MtvF in this report was almost meant to be Mv. However, we also learned data variation by the observers was rather large at ± 0.8 to 0.9 magnitude.

3.3 A bright meteor with negative magnitude

A bright meteor with negative magnitude can be caught by I.I. brighter than visual observation. Figure 2 is a list of typical examples of meteors with negative magnitudes. They are classified as approximately -1 magnitude by visual observation whereas 1) MtvF are brighter by approximately 1 magnitude and 2) Mtv are further brighter by approximately 2 magnitudes.

We assume the reason for the above item 1 is due to the fact that the magnitude by TV observation is to determine the brightest spot instantaneously while visual observation determines averaged magnitude. Therefore, as a brighter meteor may likely generate more light instantaneously, TV observation may estimate the magnitude brighter than visual observation.

For the reason noted in item 2, we assume that brighter meteors with negative magnitude may be caught brighter as they may contain a large amount of infrared rays.

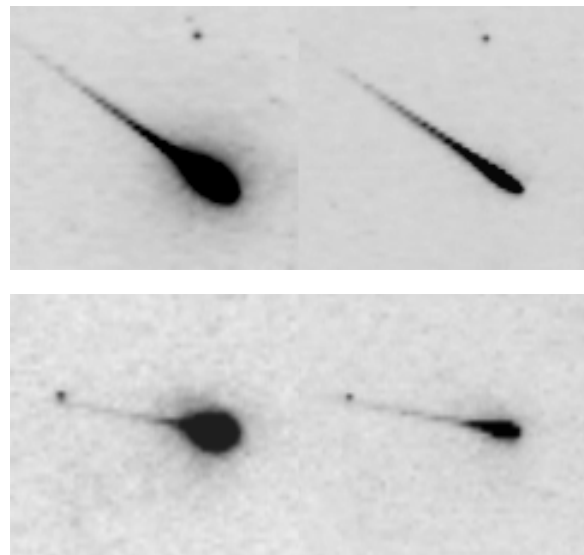


Figure 2- Bright meteors with negative magnitude.

Upper photo. : No.P40 Aug.12,2007 17:07:50(UT) Per.

Upper left : Mtv = -4.0mag.

Upper right : MtvF = -1.7mag.

Mv = -0.5mag.

Lower photo. : No.G05 Dec.14,2007 13:42:39(UT) Gem.

Lower left : Mtv = -4.8mag.

Lower right : MtvF = -2.2mag.

Mv = -1.4mag.

Filter : SCHOTT BG18 2mm (Filter that has equivalent spectrum magnitude with the human eye at night vision (400nm-600nm).)

Spectrum sensitivity of I.I. : 350nm-900nm.

Table 1 - Tabulations by observers for comparison of magnitudes by I.I. and visual observation.

Mtv-MtvF : Comparison of magnitudes by without a filter(Mtv) and with a filter(MtvF).

Mv-MtvF : Comparison of magnitudes by Visual magnitude(Mv) and with a filter(MtvF).

Perseids				Geminids				Sporadic			
Observer	No.	Mean	SD	Observer	No.	Mean	SD	Observer	No.	Mean	SD
Mtv-MtvF	50	-0.5	0.7	Mtv-MtvF	19	-1.0	0.6	Mtv-MtvF	44	-0.5	0.6
Mv-MtvF				Mv-MtvF				Mv-MtvF			
Hosogi	2	-1.4	0.4	Sato	3	-0.9	1.2	Sakaguchi	1	-1.4	0.0
Yamashita	2	-0.9	0.3	Hirota	2	-0.7	0.6	Saito.Y	3	-1.1	0.4
Katabami	2	-0.7	0.1	Oshima	3	-0.5	1.6	Saito.S	1	-1.1	0.0
Kitagawa	1	-0.5	0.0	Arai	1	-0.4	0.0	Katabami	2	-1.0	0.5
Okuyama	3	-0.3	0.9	Kanaya	4	-0.3	0.7	Yamada	2	-0.6	0.8
Sakaguchi	2	-0.3	0.7	Yamashita	2	-0.2	0.3	Iino	2	-0.6	1.3
Shinsha	2	-0.3	0.4	Ogawa.H	2	-0.2	0.3	Sato	8	-0.5	0.9
Kinoshita	13	-0.3	0.7	Yuriya	2	-0.2	1.0	Okuyama	2	-0.4	0.1
Yuriya	18	-0.3	0.6	Matsuzaki	1	0.0	0.0	Kitamura	5	-0.4	0.5
Sato	9	-0.2	0.6	Kinoshita	6	0.0	0.9	Kanaya	12	-0.3	0.7
Wakasa	10	-0.2	0.6	Wakasa	4	0.2	1.1	Kinoshita	9	-0.2	1.0
Ogawa.Y	21	-0.2	0.8	Ogawa.Y	9	0.3	0.8	Kato.T	7	-0.1	0.7
Matsuzaki	3	-0.2	1.4	Shigeno	3	0.5	0.6	Ogawa.Y	15	-0.1	0.9
Doi	3	-0.2	0.3	Matsuda	5	0.5	0.7	Matsuda	4	-0.1	0.7
Kanaya	7	-0.1	0.7	Kitamura	5	0.7	0.9	Oshima	7	-0.1	0.7
Saito.Y	3	-0.1	0.5	Yamada	2	0.8	0.8	Yuriya	21	-0.1	0.5
Noto	4	-0.1	1.7	Saito.Y	3	1.7	0.7	Matsuzaki	4	0.0	0.5
Arai	20	0.0	0.8					Arai	11	0.1	0.6
Iino	8	0.0	1.0					Wakasa	9	0.1	0.6
Kato.T	2	0.1	1.0					Yamashita	3	0.2	0.3
Oshima	8	0.1	0.7					Doi	3	0.3	0.6
Kato.S	2	0.2	0.9					Kurosaki	4	0.4	0.4
Kurosaki	3	0.5	0.4					Toda	9	0.5	0.9
Hirota	3	0.6	1.0					Kato.S	1	0.6	0.0
Toda	13	0.7	1.1					Hirota	2	0.6	0.2
Shigeno	17	1.0	0.7					Hosogi	2	0.9	0.8
Kitamura	2	1.2	0.3					Shigeno	17	0.9	0.6
								Kitagawa	1	1.6	0.0
All Visual	183	0.0	0.9	All Visual	57	0.2	0.9	All Visual	167	0.0	0.8

4 Conclusion

Previous infrared spectrum observation of Perseids had discovered several molecular bands such as 630-670nm and 730-780nm nitrogen molecular bands as well as many kinds of atomic luminescent lines such as 777nm oxygen atomic luminescent lines (Ebizuka, N., personal communication). We learned that these infrared rays make meteors look brighter by 0.5 to 1.0 magnitude; especially meteors of negative magnitudes can make the difference of brightness larger. Meanwhile, we also learned that I.I. with the filter that has the same amount of spectrum magnitude with visual magnitude at night vision can observe meteors with almost identical magnitude of visual observation.

We would like to express our gratitude for valuable advice from Mr. Mitsuru Terada for the relations between magnitude and mass of meteors and from Mr. Noboru Ebizuka for the infrared spectrum.

5 Supplementary Notes

We studied the relation between magnitudes and image sizes of fixed stars in order to precisely obtain magnitudes of meteors. Figure 3 shows the results of observations from two types of often-used objective lenses: 85mm/F1.2 and 24mm/F1.4, respectively. The relation between magnitudes of fixed stars darker than 0 magnitude and the size of image can be approximated into an almost straight-line. However, we learned that fixed stars brighter than 0 magnitude may make the image size bigger rapidly. This would be because of the characteristics of I.I. Then, we chose straight-line approximation at an area darker than 0 magnitude while we used quadratic functional approximation at another area brighter than 0 magnitude in Figure 3 by

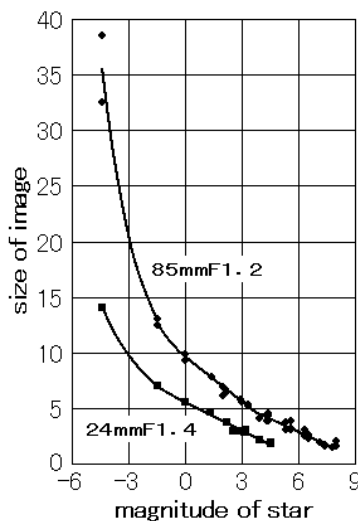


Figure 3 - Comparison between magnitude of star and size of image.

straight-line and curved line. Figure 3 shows the case of observation without the filter and the approximation is different in the case of observation with the filter.

Figure 4 shows a fire ball discovered at TV observation of a Leonids meteor swarm in 2001 (Shigeno et al., 2003). The original data was recomputed by the methodologies in this report and the magnitude turned out to be Mtv: -7.6. Unfortunately, however, we did not observe this meteor visually. That particular day happened to be a meteor storm occasion and a large number of people were observing but there was no report of such a bright meteor. The actual magnitude of visual observation of the meteor is assumed to be about -4 as there is a difference of approximately 3.5 magnitudes between Mv and Mtv as shown in Figure 2.

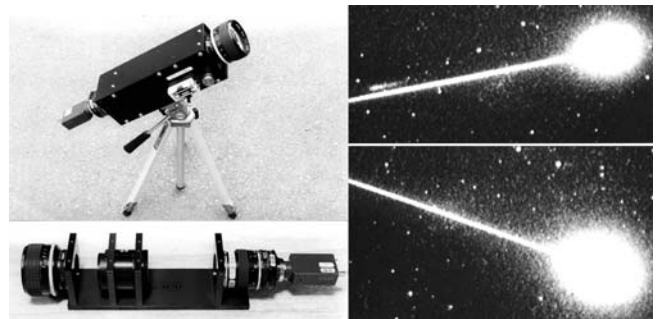


Figure 4 - The figure on the left shows the TV observation equipment. The device with the Image Intensifier (Delft High Tech XX1470 etc.). The figure on the right shows an example of a double station TV meteor. ID: MSSJBZ on Nov 18 2001 at 18:19:34 (UT). TV magnitude (Mtv) = -7.6.

References

- Opic E. J. (1958). "Physics of meteor flight in the atmosphere", Interscience Publishers, Inc, 148.
 - Verniani F. (1967). "Meteor Masses and Luminosity", Smithsonian Contributions to Astrophysics, Vol.10, 181-195.
 - Borovicka J., Stork R., Bocek J. (1999). "First results from video spectroscopy of 1998 Leonid meteors", Meteoritics & Planetary Science, 34, 987-994.
 - Shigeno Y., Toda M. (2005). "Double-station TV meteor observations(2004.08.11-12)", Nippon Meteor Society, Apr,2005.
 - Shigeno Y., Shioi H., Shigeno T. (2003). "Radiants and orbits of the 2001 Leonids", The Institute of Space and Astronautical Science Report SP No.15, 55-62.
- All meteors have been opened to the public.
<http://www.imo.net/files/data/msswg/>

太陽系外からの流星の分光観測

海老塚 昇¹、前田 幸治²、中村 卓司³

1. 名古屋大学 理学研究科 2. 宮崎大学 工学部 3. 京都大学生存圏研究所

1. はじめに

MARS (Meteor Automatic Radio System、ウクライナ)、AMOR (Advanced Meteor Orbital Radar、ニュージーランド)、Arecibo (プルトリコ) 等の電波観測やパイオニア 10 号、11 号、Ulysses (太陽極軌道探査機)、ガリレオ (木星探査機) 等に搭載された粒子検出器 (検出感度 10^{-19} - 10^{-11} kg) および、写真やビデオ観測により放物線や双曲線 (離心率: $e \geq 1$) の日心軌道*を持つ多くの粒子が検出されている [1-7]。

MARS (31.1 MHz) において 1972-1978 年の 7 年間に軌道が決定された 250,000 個の流星 (10^{-8} - 10^{-6} kg) のうち 7,911 個 (3.2%) が $e \geq 1$ であった。そのうち 1102 個が太陽向点方向から到来して $1 < e < 1.1$ であった (図 1)。 $1 < e < 1.1$ の流星は $0.9 < e < 1$ の楕円軌道とは分布が本質的に異なる (軌道傾斜角が大きく、逆行が多い?) [5]。Arecibo の口径 300 m の電波望遠鏡 (430 MHz) において 1997 年と 1998 年の 11 月にそれぞれ 6 日間の観測によって軌道が決定された 3000 個の流星 (10^{-14} - 10^{-9} kg) のうち 143 個 (4.8%) が $e > 1$ であった [4]。AMOR (26.2 MHz) では 350,000 個の流星 (10^{-10} - 10^{-7} kg) のうち 1,600 個 (0.46%) が日心速度 70km/s 以上であり、200 km/s を超える微粒子も検出されている [3, 4]。数 100 km/s にも達する高速の星間粒子の放出メカニズムとして前主系列の巨星による光圧や原始惑星系円盤における惑星による力学的な相互作用が有力である。

国際天文連盟 (IAU) の Meteor Data Center (MDC) カタログの銀塩写真の観測 [2]において 4,581 個の流星 (10^{-4} - 10^{-1} kg) のうち 59 個 (1.3%) が、カナダのビデオ観測 [6, 7]においても 160 個の流星 (10^{-9} - 10^{-4} kg) のうち 2 個 (1-2%) が日心速度 46.4 km/s**を超えていた。

2. 星間粒子の光度と流量

図 2 は 1AU における $e > 1$ の星間粒子の流量を 10^{-19} - 10^{-3} kg のレンジにわたってプロットしたものである。太い実線は $e > 1$ の星間粒子、細い実線と破線は惑星間粒子の流量を 2 次の多項式でフィッティングしたものである。 10^{-11} - 10^{-10} kg 近傍で傾きが-1 を超えて 10^{-5} kg 近傍では傾きが-2 程度である [2]。しかし、 $e > 1$ と判定された粒子には速度の誤差がある。そこで、太陽系脱出速度に近い 5 流星群 (ペルセウス座、オリオン座、しし座、こと座、みずがめ座 η) について、最も速度精度が良いと考えられる MDC カタログの銀塩写真データから日心速度の分布を調べてみると図 3 のように $e > 1$ と判定された流星が多く見られた。ペルセウス座流星群 (41.7km/s) を例に挙げると 835 流星中 224 流星が 42.1km/s ($e > 1$, -0.2σ) であり、5 流星が 46.6 km/s ($e > 1.45$, -2.5σ) であった。

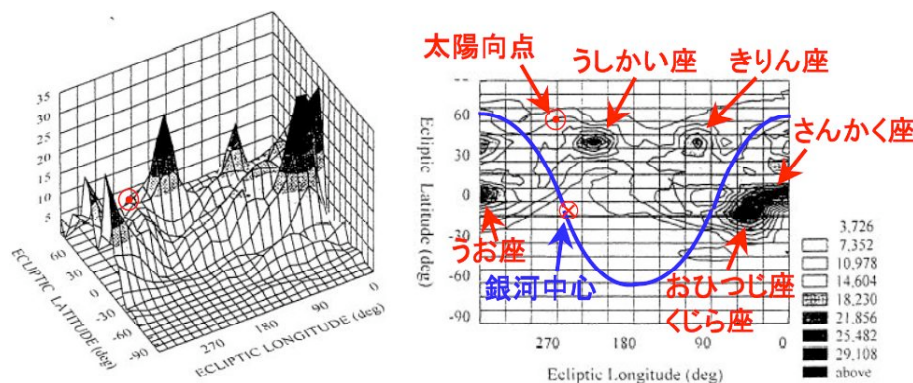


Fig. 2. $N = N(\beta, \lambda)$ of 1102 hyperbolic orbits with $1 < e < 1.1$ (1972-1978) in Kharkiv

図 1 Kharkiv における $1 < e < 1.1$ の双曲線軌道の流星の到来方向分布。 [5]

* 1AU (天文単位) における $e = 1.0$ の天体の日心速度 (太陽系の脱出速度) は平均 42.1 km/s。

**近傍星に対する太陽の平均速度 (標準太陽運動: 19.5 km/s [8]) で太陽系に流入する星間粒子の 1AU における日心速度は 46.4 km/s ($e = 1.45$) 。

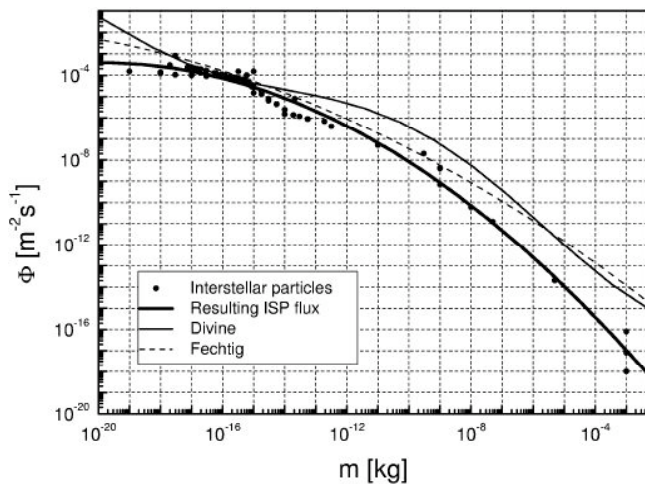


図2 星間粒子の1AUにおける流量（点と太い実線）。細い実線と破線は惑星間粒子の流量。[2]

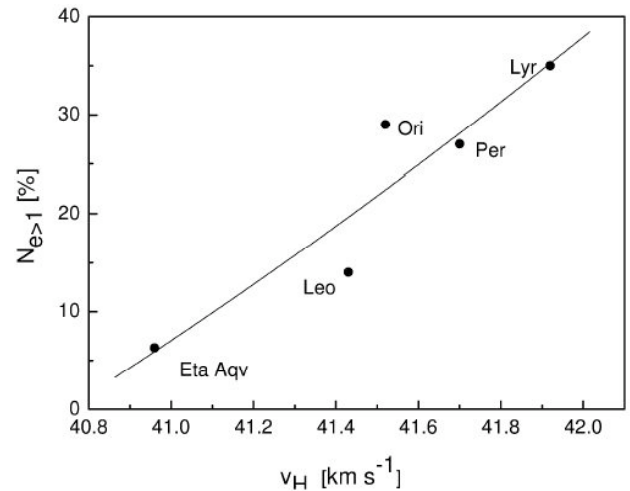


図3 太陽系脱出速度に近い流星群の日心速度と銀塩写真データから求めた流星軌道が離心率1を超える割合。[2]

この結果から $e=1.0$ の流星が $e>1.45$ と判定される確率は1%程度 (2.3σ) と考えられる。MDC カタログの銀塩写真データの全4,581流星中59流星が $e>1.45$ なので、銀塩写真データにおける星間粒子の流星の全流星に対する割合の上限値を1.3% ($59/4,581$) と仮定する [2]。

表1は図2の流量から見積もられた、星間粒子の流星が標準レンズの視野に検出される数を示す。質量から等級の換算は図4から読み取った。表1の流星数 (N_{is}) と前述の星間粒子の上限値1.3%から検出される全流星数 ($N_{all} = N_{is}/0.013$) を計算すると標準レンズの視野において1時間あたり4.5等級が600~920個、2等級が36~54個、観測されるはずである。しかし、実際には表2(表3の観測データを使用)の高感度ビデオ観測 [9, 10] のように標準レンズのビデオ観測によって検出される流星数は4~5等級の群流星(しし座流星群は除外)が1時間に2~6個、散在流星が1~20個であり、2等級の流星数は群流星(同)が1~5個、散在流星が0.2~3個である。このことから実際の N_{is} は表1より1~2桁少ない値であると思われる。 N_{is} が表1の1/50の値であると仮定すると、星間粒子の流星は標準レンズの視野に、4.5等級が4~6時間に1個程度、2.0等級が70~100時間すなわち7~10日に1個程度が検出できることになる。

3. 流星のスペクトル観測

前田等はワテック社製の高感度ビデオカメラ(視野: $30^\circ \times 22.8^\circ$)とグリズム(直視回折格子)および動体検出ソフト(UFO Capture)のシステムにより、流星等の自動検出観測を行っている。2006年10月下旬にはオリオン座流星群が突発出現して、600本/mmのグリズム(分解能: $R = \lambda/\Delta\lambda \sim 200$ 、限界等級: -0.5等)によって9日間に19個のスペクトルを取得した。その後も普段は200本/mmのグリズム($R \sim 70$ 、限界等級: 0.5等)によって多くの散在流星群や小流星群のスペクトルを取得している [11, 12]。

表1 星間粒子の1AUにおける流量および空間密度と太陽向点が天頂にある場合の流星出現数

質量(等級) [kg]	流量 [N/(m ² s)]	空間密度* [N/km ³]	出現数 [N/Hour/4,000km ²]**		備考
			50 km/s***	75 km/s***	
10 ⁻¹⁰ (12.0)	9.0 × 10 ⁻¹⁰	1.9 × 10 ⁻⁵	14,000	21,000	
10 ⁻⁹ (9.5)	1.0 × 10 ⁻¹⁰	2.1 × 10 ⁻⁶	1,600	2,300	
10 ⁻⁸ (7.0)	8.0 × 10 ⁻¹²	1.7 × 10 ⁻⁷	120	190	
10 ⁻⁷ (4.5)	5.0 × 10 ⁻¹³	1.1 × 10 ⁻⁸	7.8	12	
10 ⁻⁶ (2.0)	3.0 × 10 ⁻¹⁴	6.4 × 10 ⁻¹⁰	0.47	0.70	

* $e=1.45$ の場合。

** 4,000 km²は標準レンズの視野 ($37^\circ \times 28^\circ$) の高度110 kmにおける面積。

*** 50 km/s: 太陽向点が反太陽方向付近にある場合の $e=1.45$ の粒子の地心速度。

75 km/s: 太陽向点が地球向点付近にある場合の $e=1.45$ の粒子の地心速度。

表2 標準レンズの視野*内における1時間あたりの流星出現数 (表3のデータを使用)

等級群	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	備考
しぶんぎ 下段：散在	0	0.47	0.47	0.63	1.7	2.2	2.8	6.3	5.6	1.2	
	0.16	0	0.16	0	0.47	0.31	1.7	5.0	5.5	1.6	
ペルセウス 下段：散在	1.1	1.1	1.1	0	1.1	4.3	2.1	4.3	8.5	19	
	0	0	0	0	1.1	1.1	3.2	1.1	7.5	20	
オリオン ** 下段：散在	0	0	0	2.4	4.8	12	4.8	4.8	9.5	26	
	2.4	0	0	2.4	2.4	4.8	21	7.1	17	64	
しし ** 下段：散在	4.8	8.4	25	67	53	77	67	43	7.2	-	
	0	0	0.60	0	3.0	6.0	11	13	4.8	-	
ふたご 下段：散在	0	0.19	0.39	0.78	1.2	0.58	3.1	3.7	4.1	0.39	
	0	0	0.19	0	0.19	0.58	1.6	3.5	2.1	0.58	

* 4,000 km².

** おうし座流星群が同時期に活動しており、散在流星数に含まれている。

波長 400~600nm における R=200 の流星分光観測によってカルシウムやマグネシウム、ナトリウム等の存在比率を求めることができる。しかし、この波長帯に数多く現れる鉄のスペクトルを分離して存在比率を決定するためには R>500 の分光観測が望ましい。イメージ・インテンシファイアを組み合わせた高感度ビデオカメラ (I.I.- CCTV) は標準レンズ (視野: 37°×28°) の撮像の限界等級が 9 等級程度、R=200 の分光が 4 等級程度である。ただし、分光観測の場合には限界等級より 2 等級以上明るいことが望ましい。ハイビジョンは従来のビデオカメラ (NTSC) の約 6 倍の画素数であるために背景雑音が増加した場合に視野が同じであっても限界等級が約 1 等級暗くなる。

星間粒子に含水鉱物や有機物が存在する場合、その粒子が高温環境を経験していない証拠であり、原始惑星系円盤から放出された可能性が高い。すなわち、太陽系の彗星と同様に原始惑星系円盤が属する分子雲 (暗黒星雲) の元素組成比の情報が得られる可能性がある。流星スペクトルにおいて含水鉱物や有機物の証拠として CN や OH の輝線の検出が有望であり、紫外線における R >500 の分光観測が有効である。

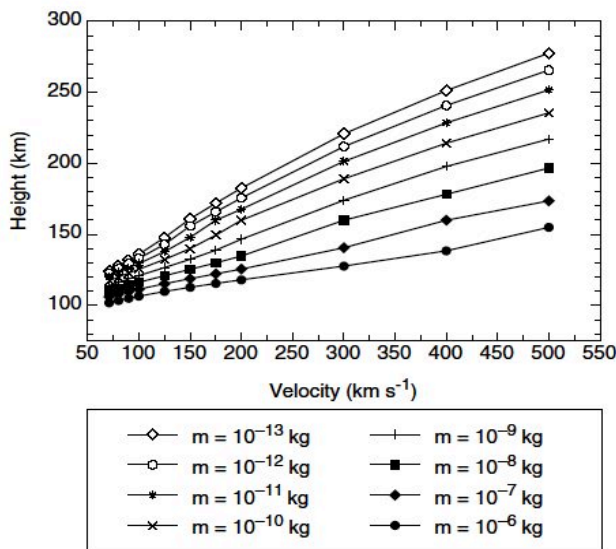


Fig. 4. Meteor heights at the point of peak light intensity (H_{max}) for cometary structure meteoroids.

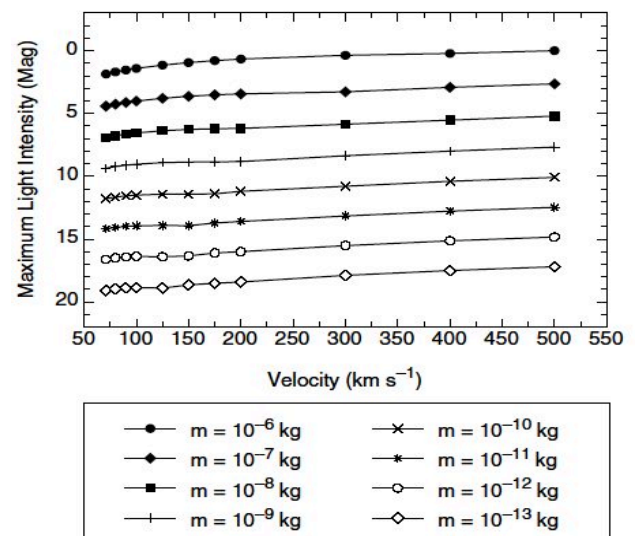


Fig. 10. The maximum light intensity (I_{max}) of cometary structure meteoroids expressed in absolute astronomical magnitude.

図4 彗星起源の流星 (密度: 1.0 g/cm³) の質量と速度による最大光度の高度 (左図) および最大光度 (右図)。100 km/s 以上の発光効率は速度 60-100 km/s の観測値から得られた曲線を外挿。最大光度の高度は対地速度に依存し、最大光度は対地速度には大きく依存しない。小惑星起源の流星 (密度: 3.3 g/cm³) は最大光度の高度が低くなる (70-100 km/s の場合に約 10km 低くなる) が最大光度はほとんど変わらない。[3]

表3 I.I.-CCTV による流星の観測データ

等級 群	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	観測 時間	視野面積 [km ²]*	観測日
しぶんぎ [9] 下段：散在	0	3	3	4	11	14	18	40	36	6	309.0	5,000 (f=24mm)	1992 Jan. 3/4
	1	0	1	0	3	2	11	32	35	8			
ペルセウス [9] 下段：散在	1	1	1	0	1	4	2	4	8	18	554.5	410 (f=85mm)	1991 Aug. 11/12/13
	0	0	0	0	1	1	3	1	7	19			
オリオン [9] 下段：散在	0	0	0	1	2	5	2	2	4	11	248.5	410 (f=85mm)	1990 Oct. 20/21
	1	0	0	1	1	4	9	3	7	27			
しし [10] 下段：散在	8	14	42	11	89	12	11	72	12	-	210.0	6,700 ** (f=24mm)	2002 Nov. 19
	0	0	1	0	5	10	18	22	8	-			
ふたご [9] 下段：散在	0	1	2	4	6	3	16	19	21	2	248.0	5,000 (f=24mm)	1990 Dec. 11/12/13
	0	0	1	0	1	3	8	18	11	3			

* 高度 110 km における視野面積。

** $\phi 45.4^\circ$ の円形視野。

しし座流星群の観測のために海老塚等が開発した紫外線-可視光・高感度ハイビジョンカメラ (UV-I.I.-HDTV) は視野が $28^\circ \times 17^\circ$ 、流星に対する撮像の限界等級が 10.5 等級、 $R=200$ の分光が 5.5 等級、 $R=500$ が 4.5 等級である [13-15]。

この UV-I.I.-HDTV に回折格子の対物分光器を組み合わせたシステム ($R=500$) によって、しし座流星群 (彗星起源) の観測を行い、その流星体に OH (310nm) の輝線の存在を示唆した [16]。また、彗星には CN (388 nm) の強い輝線が観測されている。流星の場合には 388 nm 近傍に鉄等の多くの輝線が発光するために低分散分光観測では CN の分離が困難であり、 $R > 500$ の S/N が充分高いデータが必要であると考えられる。

我々は紫外線高感度ハイビジョンカメラおよび UFO Capture による流星のスペクトルの自動検出システムの構築によって紫外線から可視光の高品位な星間粒子の流星の高分散スペクトルを取得することを目指している。 [17, 18]。

4. 終わりに

星間粒子の流星スペクトルは太陽系と他の恒星系との元素組成比の相違を知る有効な手段である。特に波長 300-400nm には多くの金属輝線以外に、含水鉱物や有機物の存在を示唆する CN や OH の輝線があり、太陽系以外の惑星形成に関する新しい知見が得られる重要な波長帯である。

紫外線に感度を持つイメージ・インテンシファイアが多少高価ではあるが、近年、紫外線用 CCTV レンズが市販されたために比較的容易に紫外線の高感度ビデオカメラを構築できるようになった。また、ハイビジョンのホームビデオが普及したことにより、限界等級が暗くなるばかりでなく、 $R=500$ の分光観測が容易になった。

近年の写真やビデオ観測の結果から、高感度のビデオ観測によって肉眼等級 (4.5-2 等級) に達する 0.1-1mg 程度の星間粒子の流星を数時間から 10 日程度に 1 個の確率で観測できると見積もられる。紫外線-可視光・高感度ハイビジョンカメラおよび UFO Capture の組み合わせによって星間粒子の流星の高品位な高分散スペクトルを取得することは実現可能性が充分高い。

本研究は日本宇宙フォーラムの「宇宙環境利用に関する公募地上研究」、国立天文台の特別研究推進経費および、すばる望遠鏡 R&D 経費、理研の産業界連携制度予算、甲南学園平生太郎基金科学研究奨励助成金等の援助により推進されている。

参考文献

- [1] W.J. Baggaley, S.H. Marsh, S. Close, "Interstellar Meteors", *Proc. Dust in Planetary Systems, ESA SP-643*, 27-32 (2007).
- [2] M. Hajduková Jr., A. Hajduk, "Mass Distribution of Interstellar and Interplanetary Particles", *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, **36**, 15 - 25, (2006).

- [3] K.A. Hill, L.A. Rogers, R.L. Hawkes, “High Geocentric Velocity Meteor Ablation”, *A&A* **444**, 615-624 (2005).
- [4] D.D. Meisel, D. Janches, J.D. Mathews, “Extrasolar Micrometeors Radiating from the Vicinity of the Local Interstellar Bubble”, *ApJ*, **567**, 323-341, (2002).
- [5] B.L. Kashcheyev, S.V. Kolomiyets, “Interstellar particle Detection and Selection Criteria of Meteor Streams”, *Proc. the Meteoroids 2001 Conference*, **ESA SP-495**, 643 - 650, (2001).
- [6] R.L. Hawkes, S.C. Woodworth, “Optical detection of two meteoroids from interstellar space”, *J. R. Astron. Soc. Can.*, **91**, 218, (1997)
- [7] S.C. Woodworth, R.L. Hawkes, “Optical Search for High Meteors in Hyperbolic Orbits”, *ASP Conf. Ser.*, **104**, 83, (1996)
- [8] 国立天文台編, “理科年表”, (2008).
- [9] 前田 幸治, “TV観測による光度分布”, *ビデオ流星広報* **13**, 13-15, (1993)
- [10] S. Abe, H. Yano, N. Ebizuka, M. Sugimoto, T. Kasuga, J. Watanabe, “Twin Peaks of the 2002 Leonid Meteor Storm Observed in the Leonid MAC Airbone Mission”, *PASJ.*, **55**, 559-565, (2003)
- [11] 前田幸治, 影山和久, 海老塚昇, “大出現した2006年オリオン群の自動TV観測”, 第3回始原天体研究会, 国立天文台, (2006), http://www5b.biglobe.ne.jp/~maeda/showers/2006Orion_3rd.pdf
- [12] 前田幸治, 影山和久, 海老塚昇, 阿部新助, “自動観測による流星スペクトルの観測と分類”, 第4回始原天体研究会, 国立天文台, (2007)
- [13] 海老塚 昇, 羽根坂 円彩, 唯野 歩, 新山 陽子, 小館 香椎子, 川手 俊憲, 下寄 ゆり, 大西 浩次, 矢野 創, 阿部 新助, 杉本 雅俊, 渡部 潤一, 前田 幸治, 大塚 勝仁, 流星分光ネットワーク, “流星および流星痕の分光観測”, 第12回天体スペクトル研究会集録, pp.36-41, (2008)
- [14] 海老塚 昇, 矢野 創, 阿部 新助, 杉本 雅俊, 春日 敏測, 富士 航, 平松 正顕, 渡部 潤一, “紫外線高感度ハイビジョンカメラおよび対物分光器の開発へしし座流星群分光観測ネットワーク”, 第8回天体スペクトル研究会集録, pp.45-48, (2003)
- [15] 海老塚 昇, 矢野 創, 阿部 新助, 杉本 雅俊, 春日 敏測, 富士 航, 平松 正顕, 渡部 潤一, “流星分光観測装置の開発”, 第8回レオニード流星群観測小研究会講演集, pp.72 -74, (2003).
- [16] S. Abe, N. Ebizuka, H. Yano, J. Watanabe, J. Borovika, “Search for OH(A X) and detection of N₂+(B X) in ultraviolet meteor spectrum”, *Advances in Space Research*, **39**, 538-543, (2007)
- [17] 海老塚 昇, 梶野 文義, 阿部 新助, 中村 卓司, “宇宙から見た流星”, 第2回天文台サイエンス・シンポジウム集録, 梶野 文義 他 編, pp. 239-244, (2008)
- [18] 海老塚 昇, 前田 幸治, 中村 卓司, 流星分光ネットワーク, “太陽系外からの流星の分光観測”, 第13回天体スペクトル研究会集録, in press, (2008)

1. 入手方法

0) 流星物理セミナー会場にて200円

1) CD-R送付

以下まで500円をお振り込みください。CD-Rをお送りします。必ず郵送先を正確に記入ください。

郵便振替口座：00200-7-95069

口座名称：流星物理セミナー

<http://www004.upp.so-net.ne.jp/msswg/>

2. pdf化に適した原稿の作り方

- a) 原則としてA4サイズ片面印刷
- b) 原稿の右上に「MSS-何回目」を記入
- c) 原稿の右上に「分類」を記入（観測機器、軌道シミュレーション、痕、電波など）
- d) やめて欲しい原稿
 - ・ A3で2つ折りにした時に、折り目に文章がまたがっている
→ A4に切り離せない
 - ・ A3両面印刷
→ A4に切り離れた時に、ページの順番が分かりにくい



3. 分類別ファイル一覧

ファイル名	ページ	MB	ファイル名	ページ	MB
MSS00-1-はじめに.txt	6	0	MSS13-1-議事録.pdf	53	9
MSS00-2-ごあいさつ.txt	4	0	MSS13-2-議事録.txt	31	0
MSS00-3-インデックス.txt	-	-	MSS14-空間密度.pdf	78	27
MSS00-3-インデックス.xls	-	-	MSS15-構造.pdf	5	1
MSS00-A-50回記念誌上.pdf	174	33	MSS16-痕.pdf	217	56
MSS00-B-50回記念誌下.pdf	187	34	MSS17-シューメ9.pdf	32	7
MSS01-隕石.pdf	49	9	MSS18-出現予報.pdf	43	13
MSS02-隕石落下シミュ.pdf	78	19	MSS19-スペクトル.pdf	82	18
MSS03-遠征観測報告.pdf	225	58	MSS20-測光.pdf	19	7
MSS04-音.pdf	19	6	MSS21-その他.pdf	233	58
MSS05-解析法.pdf	123	30	MSS22-電波.pdf	124	26
MSS06-観測機器.pdf	165	49	MSS23-同時観測.pdf	132	34
MSS07-観測結果.pdf	247	58	MSS24-同時観測MSS-WG.pdf	160	43
MSS08-観測理論.pdf	42	10	MSS25-同時観測理論.pdf	46	14
MSS09-軌道計算研究発表.pdf	187	41	MSS26-発光.pdf	11	2
MSS10-軌道計算精度.pdf	87	18	MSS27-輻射点.pdf	73	21
MSS11-軌道計算論文.pdf	120	35	MSS28-豆まき現象.pdf	24	5
MSS12-軌道シミュ.pdf	126	25	合計	3,202	752

[MSS-001回から118回までを集計]

4. 活動状況

回	年.月.日	発表	人数	回	年.月.日	発表	人数	回	年.月.日	発表	人数
1	1978.10.08	5	16	40	07.06	4	?	79	07.07	-	19
2	1979.02.12	6	40	41	10.05	4	29	80	10.13	-	7
3	04.15	4	20	42	1987.01.11	6	24	81	1997.01.26	-	14
4	06.24	4	33	43	04.19	3	20	82	04.12	-	12
5	09.09	3	34	44	07.05	6	31	83	07.13	-	31
6	11.11	6	35	45	10.04	5	18	84	10.05	-	27
7	1980.01.20	6	18	46	1988.01.10	1	17	85	1998.01.11	5	29
8	03.16	8	37	47	04.17	7	21	86	04.19	3	25
9	05.18	7	30	48	07.03	4	38	87	07.12	7	31
10	07.13	7	35	49	10.16	7	25	88	10.18	5	25
11	09.28	7	50	50	1989.04.23	6	32	89	1999.01.10	8	34
12	11.16	7	35	51	07.16	-	51	90	04.18	3	18
13	1981.01.18	3	?	52	10.29	-	?	91	07.11	5	21
14	03.29	6	40	53	1990.01.14	-	?	92	10.17	7	25
15	05.17	8	63	54	04.15	-	?	93	2000.01.30	8	40
16	07.19	7	20	55	07.15	-	?	94	07.09	5	21
17	09.06	8	32	56	10.07	-	?	95	10.15	8	21
18	11.01	7	36	57	1991.01.15	-	?	96	2001.02.12	10	41
19	1982.01.15	6	37	58	04.14	-	38	97	04.15	12	30
20	03.21	4	26	59	07.07	-	34	98	07.08	5	23
21	05.16	4	45	60	10.06	-	36	99	10.14	9	27
22	07.11	4	47	61	1992.01.15	-	40	100	2002.02.17	16	46
23	10.03	7	41	62	04.12	-	41	101	07.07	8	24
24	1983.01.07	8	50	63	07.05	-	26	102	10.20	6	20
25	03.08	6	36	64	10.04	-	31	103	2003.01.19	10	18
26	05.08	4	44	65	1993.01.17	-	37	104	07.06	4	20
27	07.03	6	45	66	04.11	-	48	105	10.19	4	11
28	10.02	2	41	67	07.04	-	26	106	2004.02.29	8	29
29	12.18	7	45	68	10.17	-	22	107	07.04	6	28
30	1984.03.11	2	32	69	1994.01.16	-	30	108	10.24	6	13
31	05.13	1	30	70	04.10	-	25	109	2005.02.20	4	11
32	07.22	4	30	71	06.26	-	42	110	07.03	4	11
33	09.30	2	33	72	10.16	-	18	111	10.16	9	22
34	12.09	5	31	73	1995.01.08	-	23	112	2006.02.05	10	22
35	1985.03.17	2	20	74	04.23	-	15	113	07.09	6	9
36	06.02	4	40	75	07.16	-	16	114	10.15	10	12
37	09.01	2	28	76	10.15	-	12	115	2007.02.04	8	15
38	12.22	5	30	77	1996.01.07	-	27	116	07.01	8	30
39	1986.04.20	3	32	78	04.07	-	17	117	10.21	4	12
								118	2008.02.17	8	14

5. 後付

- 著作権 本資料集に登録した全ての原稿の著作権は発表者が所有します
- 連絡先 重野好彦 (211-0021 川崎市木月住吉町 5-6)
- pdf作成 重野智子
- CD表紙絵 原画：藪山浩司 CD版作成：寺田充 (以下の編集日 2005.01.09)
- 編集協力 岡安裕之 重野好彦 寺田充 中根純夫 長谷川隆 藤由嘉昭 柳信一郎
- インデックス協力 内山茂男 海老塚昇 是恒邦通 重野好彦 寺田充 戸田雅之 松村健太郎 柳信一郎
- 2008年度版 2008年7月 (MSS-116回~118回を追加)

天文現象キャンペーンの観察報告に対するサイエンス的考察の試み

○佐藤幹哉、渡部潤一、石崎昌春、渡邊香理、平井明
(国立天文台 天文情報センター 広報室)



1. 国立天文台「天文現象キャンペーン」とは？

国立天文台では、2004年より、普段はあまり天文に興味を持たない一般層に向けて、星空を見上げるきっかけを作ってもらおうと、比較的容易に観察できる天文現象を紹介して観察結果を報告してもらった「キャンペーン」という広報普及活動を展開してきた。

これまで「流れ星を眺める」「望遠鏡にチャレンジする」「水星(内惑星)を見る」など、一般層に対して実際に観察を行ってもらったこと自体を第一の目的として展開してきた。しかし回を重ねるにつれて、キャンペーンスタッフもキャンペーンへの参加層も蓄積してきたことが伺える。このような状況から、「サイエンスの要素を含んだ観察結果へとつながる報告項目」を加えて、サイエンスの面から結果を考察する以下の試みを行った。

2. 皆既月食中の月の色の測定

「皆既月食どんな色?」キャンペーン (2007年8月27日) より

●概要

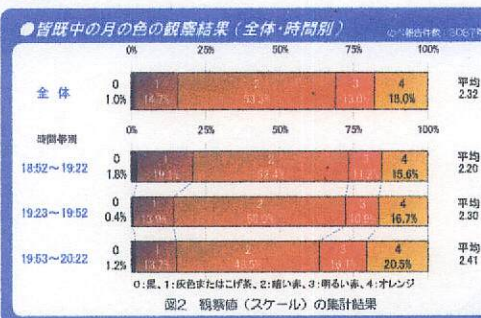
皆既月食中の月の色は、地球大気で屈折した太陽光によって照らされて色が付いて見える。一般的には、赤銅色と呼ばれる赤黒い色になるが、時には明るい黄色に見えたり、逆に**大規模な火山噴火等により大気中の微粒子(エアロソル)の量が増えると、真っ黒くなってしまふ**ことが知られている。この観察方法として、フランスのダンジョン氏(Danjon, MA)によって考案された尺度(ダンジョンスケール)が古くから知られ、現在も国内の天文雑誌や「SKY&TELESCOPE」誌などで広く紹介されている。そこで2007年8月27日の皆既月食で「皆既月食どんな色?」キャンペーンとして、月食の観察を広く促すと同時に、このダンジョンスケールに準じた尺度での報告を受け付けた。

●観察方法 ~ダンジョンスケール~

Danjon, MA. 1920 に掲載されたダンジョンスケールを参考に、より簡単な色の表現を用いた(表1)。また、観察しやすくするために、スケールの例をイラストにて作成し、これと比較してもらった(図1)。また皆既継続時間が90分に及ぶため、30分ごとに分けた観察時間帯も合わせて報告してもらった。

スケール	本家ダンジョンスケールに用いた月の様子	物目の報告に用いた色
0	皆既月食の真っ黒い月。ほとんど、ほとんど見えない。	黒
1	皆既月食の暗い赤銅色。ほとんど、ほとんど見えない。	赤黒
2	皆既月食の暗い赤銅色。ほとんど、ほとんど見えない。	赤黒
3	皆既月食の暗い赤銅色。ほとんど、ほとんど見えない。	赤黒
4	皆既月食の暗い赤銅色。ほとんど、ほとんど見えない。	赤黒

●結果

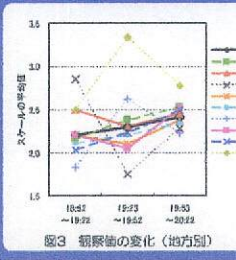


- 全データの集計では、スケールの「2(暗い赤)」の報告が最も多く、53.3%にのぼった。
- スケールを単純に平均した値は2.32となり、皆既月食としては標準的な、やや暗めの赤い月食であったことが判明した。
- 皆既の時間帯を30分ごとに区切って報告をした結果では、時間帯が進むほどスケール値は大きくなり、明るくなっていった。地球の本影により入り込むまん中の時間帯で暗くなりそうだが、そうならなかった。
- この理由として、今回は皆既のはじめの頃の月の地平高度が低かったため、大気による減光が大きく影響し、皆既のはじめの時間帯で、月の色が暗く見られたと考えられる。

●まとめ

皆既の前半に大気減光の影響で暗く見られた地域が多かったが、おおむねスケール値で2の前半であり、平均的な、やや暗めの赤い色の月食と観察された。これは、近年のエーロソル量がほとんど増加していないこと²⁾とも一致する結果であった。

●皆既中の月の色の変化(観察地別)



- 満天だった関東地方、時間帯によって報告数が大きく異なる中国地方、報告数の少ない海外を除くと、2つのグループに分かれた。
- 北海道・近畿・九州では、全体の傾向と同様で、皆既中の時間が経つにつれてスケール値が大きくなった。皆既のはじめに低空で大気減光を受けたことがうかがわれた。
- 東北・中部・四国地方では、食分の大きいまん中の時間帯で最もスケール値が小さく、月が暗くなった。大気減光の影響が少なかったことが考えられる。
- とくに東北地方では、全国で唯一、はじめの時間帯でスケール値が最も大きくなった。天候が良かったこと、東日本本道が早く高く上ったことが理由として考えられる。

●2007年8月27日の皆既月食は、やや暗めの赤い色で、平均的な明るさの月食であった。
→大気中のエアロソル量は、あまり多くないと推測された。

3. 流れ星の一時間あたり平均数(HR)の推測

「ふたご座流星群を眺めよう」キャンペーン (2007年12月13~16日) より
「夏の夜、流れ星を眺めよう」キャンペーン (2008年 8月11~15日) より

●概要

流れ星のキャンペーンは、これまで6回と、本天文現象キャンペーンにおいて最も多く行っているキャンペーンである。また天候に恵まれた場合は、数千~万件と非常に多くの報告が寄せられる。そこで、観察報告の項目を工夫し、一般的な観測でも用いられる一時間あたり平均流星数(HR)を推測する試みを行った。

●結果(右のグラフ・解説参照)

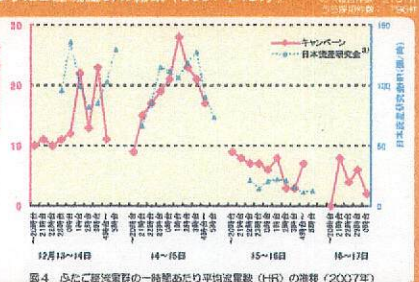
なお、今回の集計にあたっては、群流星かどうかを判別して流星を数えた報告のみを使用した。

●まとめ

日本流星研究会の速報データと比較したところ、流星数ではふたご座流星群がおよそ5分の1、ペルセウス座流星群がおよそ4分の1と差があった。しかしながら、**流星数の増加については、大変似た傾向を示すことがわかった**。これにより、本キャンペーンにおける集計でも、流星群の活動の概要を知り得る可能性が示される結果となった。

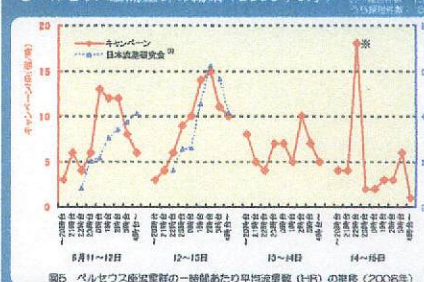
なお流星数の比較から、キャンペーンで報告された観察の(平均的な)空の条件を、日本流星研究会の観測と比較して推測すると、ふたご座流星群では約1.5等、ペルセウス座流星群では約1.7等、空が明るい(露光量度が悪い)条件の観測値であることがわかった。今後も継続することで、この値からさらに流星数自体の推測も可能となるかもしれない。

●ふたご座流星群の結果(2007年12月)



- 本結果、日本流星研究会の結果とも値は14~15日であった。
- 本キャンペーンでは15日1時台に鋭いピークが見られたが、日本流星研究会では、22時~3時台に大きなピークが見られた。
- 13~14日にも、14~15日に匹敵する程度の活発な出現がどちらにも報告された。時間帯は違うものの、ばらつきが多い点も似通っていた。
- 全般を通して、本キャンペーンの流星数(HR)は、日本流星研究会のおよそ5分の1程度であった。

●ペルセウス座流星群の結果(2008年8月)



- 本結果、日本流星研究会とも値は12~13日であった。また時間帯も13日1時台で一致した。
- 11~12日は、期間推移の傾向は違うものの、12から13日よりやや少なめという傾向は似た結果となった。
- 本キャンペーンでは、14日22時台に鋭いピーク(※)が出ているが、報告数が大変少ないため、誤差が大きいものと推測された。
- 全般を通して、本キャンペーンの流星数(HR)は、日本流星研究会のおよそ4分の1程度であった。

●条件の揃った観測と比較すると「流星数」は少なかった(約4分の1~5分の1)。しかし、流星群活動の「変化」を捉えることができる可能性が示された。

4. まとめ

これらのキャンペーンでは、幅広い不特定多数層が観察した報告結果にも関わらず、サイエンスにつながる考察をし得ることがわかった。単に観察を促すだけでなく、このような考察に結びつく点をアピールすることで、好奇心をくすぐり、科学的思考をより身近なものにする効果が狙えると考えられる。

一方で、数層が高くなり参加しづらくなるということが無いよう、流星群では「初級編」の報告も並行して受け付ける試みをおこなっている。今後もより広い層に参加してもらえようキャンペーンを行い、天文現象について、さらには科学全般について、広くアウトリーチ活動ができるよう継続していきたい。

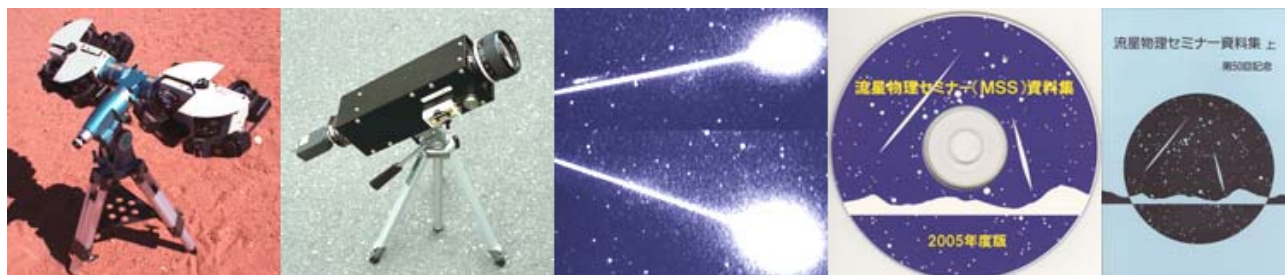
①内山直男氏「主要流星群 出現状況」より
http://homepages2.nifty.com/~u-chiyama/meteor/shnr_sct/act_index.html

MSS資料集ホームページ

重野好彦

MSS資料集をホームページで公開しました。CDでの配付に限界を感じていましたので、これで少しでも読者が増えてくれればと思っています。今までもインデックスだけ公開しており、検索していくと結局、自分の原稿にたどり着くことができました。最終的には1原稿1ファイルにして検索→閲覧しやすくすることが理想です。

 <http://meten.net/mss>



流星物理セミナー(MSS)資料集

第1回MSS(1978.10.08)から現在までの全ての配布原稿約3,000ページをPDF化しました。

1. DVDで配付

全てのファイルはこのサイトから入手可能です。しかし合計すると700MB以上になるため、希望があればDVD-Rでお送りします。以下まで300円をお振り込みください。必ず郵送先を正確に記入ください。銀行振込の場合、メールで郵送先をお知らせください。 重野好彦 cyg@nikon.co.jp

- 1) 郵便振替口座 00200-7-95069 流星物理セミナー
- 2) 銀行振込 → ゆうちょ銀行 〇二九(029)支店 当座:95069 リュウセイブツリセミナー

2. 資料集

本資料集は2008年7月版です。

- | | |
|--|---------------------------------------|
| MSS00-1-はじめに.txt | MSS13-1-議事録.pdf |
| MSS00-2-ごあいさつ.txt | MSS13-2-議事録.txt |
| MSS00-3-インデックス.txt | MSS14-空間密度.pdf |
| MSS00-3-インデックス.xls | MSS15-構造.pdf |
| MSS00-A-50 回記念誌上.pdf | MSS16-痕.pdf |
| MSS00-B-50 回記念誌下.pdf | MSS17-シューメーカーレビー9.pdf |
| MSS01-隕石.pdf | MSS18-出現予報.pdf |
| MSS02-隕石落下シミュレーション.pdf | MSS19-スペクトル.pdf |
| MSS03-遠征観測報告.pdf | MSS20-測光.pdf |
| MSS04-音.pdf | MSS21-その他.pdf |
| MSS05-解析法.pdf | MSS22-電波.pdf |
| MSS06-観測機器.pdf | MSS23-同時観測.pdf |
| MSS07-観測結果.pdf | MSS24-同時観測 MSS-WG.pdf |
| MSS08-観測理論.pdf | MSS25-同時観測理論.pdf |
| MSS09-軌道計算研究発表.pdf | MSS26-発光.pdf |
| MSS10-軌道計算精度.pdf | MSS27-輻射点.pdf |
| MSS11-軌道計算論文.pdf | MSS28-豆まき現象.pdf |
| MSS12-軌道シミュレーション.pdf | |

流星の電波観測事始

MSS-119

2008/07/06

東京都立総合工科高等学校

課題研究 流星の電波観測機器の製作(観測)班

発表者 小野 好貴

島野 明

藪亀 周子

中林 正泰

0 課題研究について

目 標

工業に関する課題を設定し、その課題の解決を図る学習を通して、専門的な知識と技術の深化、総合化を図るとともに、問題解決の能力や自発的、創造的な学習態度を育てる。

内 容

作品製作、調査・研究・実験、産業現場等における学習、職業資格の習得

本校では、3年次に3単位が設けられている。週3時間 水曜日に行っている。

1 今までの経過

私たちは、流星の電波観測機器の製作を選んだ。アイテック電子研究所のMRX-50をキットにしてもらい、これを製作する予定だったが購入時に行き違いがあり完成品が手元にきてしまい、製作したのは電波時計キットだけとなってしまった。地球惑星科学連合が5月25日に行われたが、この時は電波時計の製作、というタイトルになってしまった。この時は、まだ電波時計は完成していなかった。ここまでの5回授業があったが、ガイダンスと連合の準備があり、実習は3回だった。

学校に戻り、5月28日に電波時計を完成させたが、電波は受信するが、動作を始めない。それから2週間以上時間を費やしてしまった。結局LANケーブルを変えることにより正常に動作することができた。

その後、パソコンに電波時計関連、流星の電波観測用のソフトウェアをインストールした。

電波時計



機器設置場所 すぐ屋上です。



電波時計 腕時計とキットを比べてみました。3秒ほど時間は違うのですが、この理由は分かりません。

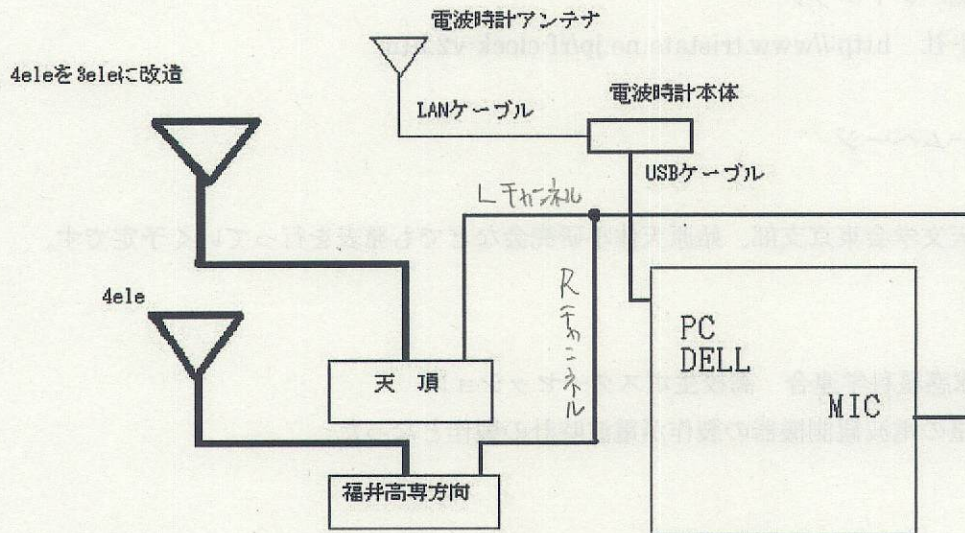
機器設置場所 倉庫なのですが、3階屋上なのであまり使い道はありません。

3 アンテナの設置



これで観測を開始し始めた。このアンテナは福井高専の方向に向けて6月26日から試験運用を始めた。7月2日に天頂にエレメントを向けたアンテナを設置、受信を開始した。これから24時間連続観測を行っていく。

構成図



都立総合工科高校 流星の電波観測 構成図

受信機 AITEC MRX-50

アンテナ Radix RY-64C 4エレ (福井高専)

Radix RY-64C 3エレ (天頂)

電波時計 TriState 電波時計 Ver.2 キット

USB シリアル変換器を使用

パソコンで利用しているソフト

HROFFT HROView HROReport を使用

パソコンと電波時計合わせには ClockKeeper

今後の予定

流星の電波観測を行い、データーをまとめていく。

9月からは雷レーダーの製作なども行っていく予定。

RADIO WAVES 22kHz <http://www.vlf.it/>

参考文献

流星の電波観測ハンドブック

トライステート社 <http://www.tristate.ne.jp/rf-clock-v2.htm>

他 多数のホームページ

今後は、東亜天文学会東京支部、始原天体小研究会などでも発表を行っていく予定です。

発表履歴

08/05/25 地球惑星科学連合 高校生ポスターセッション

流星の電波観測機器の製作が電波時計の製作となった。

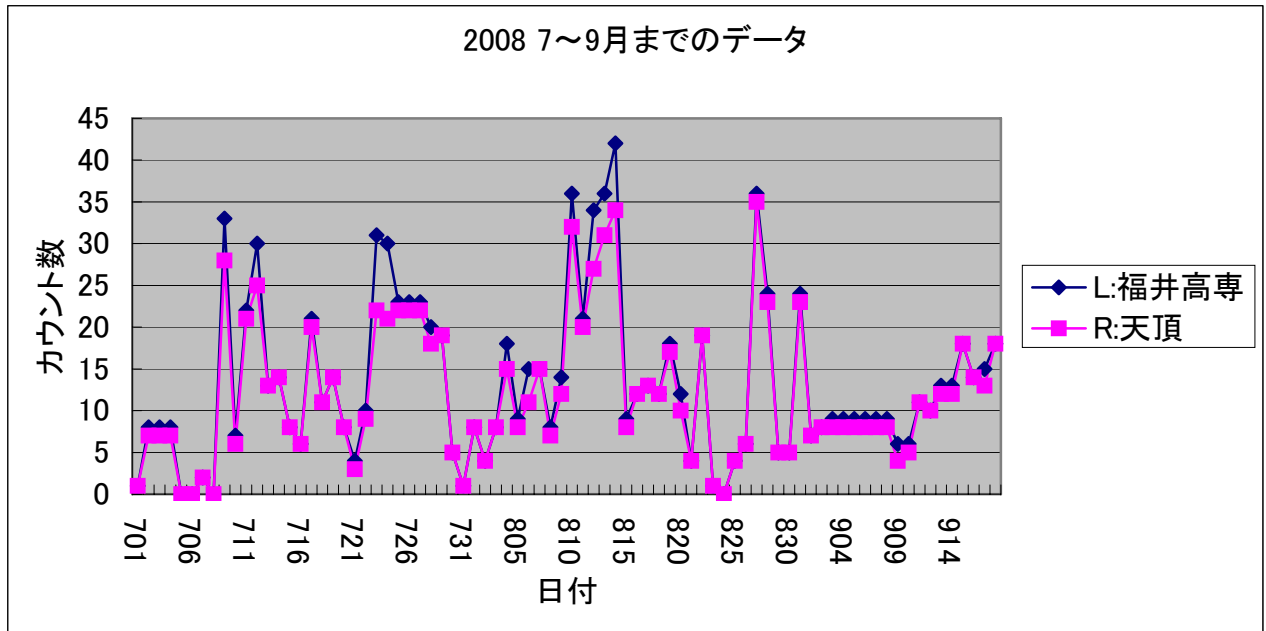
電波観測結果 2008 7～9月

MSS-120
2008 OCT 5

電波

都立総合工科高校 藤由 嘉昭

7～9月までのグラフ



7月上旬は、受信機とソフトウェアの調整のためカウント数は極端に少ない。
最初は、慣れないためにかなりノイズをカウントしてしまったため、その後見直して修正。
今年、上空大気の影響で、ノイズが多く流星をカウントするのが大変だった。
7月31日は、データをロスト、8月22日15時20分～25日8時40分までは、電気設備メンテナンスのため休止。

ロングエコー データ

Date	start time	end time	継続時間 Second	備考	備考
7月1日	8:12:36	8:12:42	6		
7月2日	5:26:00	5:26:48	48		
7月2日	16:51:00	16:51:18	18		
7月2日	19:19:24	19:19:33	9		
7月2日	21:38:45	21:38:52	7		
7月4日	1:39:06	1:39:18	12		
7月4日	9:20:18	9:20:48	30		
7月12日	9:56:54	9:57:18	24		
7月13日	5:59:36	5:59:50	14		
7月19日	18:21:45	18:24:50	185		
7月31日	0:14:06	0:14:18	12		
8月6日	14:44:12	14:44:28	16		
8月11日	1:53:30	1:54:03	33	相原氏と同時	
8月12日	7:27:51	7:28:03	12		

8月12日	14:18:54	14:19:54	60	相原氏と同時
8月12日	19:20:30	19:20:45	15	
8月13日	0:41:33	0:41:39	6	
8月13日	0:47:54	0:48:12	18	
8月13日	0:49:44	0:49:55	11	
8月13日	20:55:24	20:55:52	28	
8月15日	10:51:15	10:51:24	9	
8月17日	23:05:15	23:06:00	45	相原氏と同時
8月19日	9:07:45	9:08:00	15	
8月21日	4:53:30	4:53:42	12	
8月27日	6:53:14	6:53:42	30	相原氏と同時
8月28日	4:56:45	4:57:15	30	相原氏と同時
8月28日	5:14:00	5:14:36	36	
8月28日	9:13:51	9:14:09	18	
8月28日	21:48:54	21:49:11	15	
8月28日	23:34:30	23:35:00	30	
8月31日	7:21:21	7:21:39	18	
9月2日	4:54:13	4:54:43	30	
9月4日	2:39:38	2:40:00	22	
9月5日	5:13:28	5:13:52	14	
9月5日	11:41:33	11:42:03	30	
9月6日	6:53:06	6:53:12	6	
9月6日	18:28:06	18:28:24	18	
9月6日	22:27:15	22:27:24	9	
9月8日	12:55:18	12:55:27	9	
9月9日	16:51:36	16:51:57	21	
9月14日	6:46:09	6:46:30	21	
9月14日	8:46:39	15:47:18	24	
9月14日	23:18:30	23:18:45	15	
9月15日	6:20:33	6:20:51	18	
9月15日	7:57:45	7:57:54	9	
9月19日	21:54:08	21:54	10	杉本氏と同時
9月19日	23:31:36	23:31:48	12	杉本氏と同時
9月20日	15:21:06	15:21:26	20	杉本氏と同時
9月21日	7:56:10	7:56:38	28	杉本氏と同時
9月21日	9:42:16	9:42:26	10	杉本氏と同時 相原氏と同時
9月21日	10:48:20	10:48:30	10	杉本氏と同時
9月22日	11:20:45	11:22:54	9	
9月24日	5:04:09	5:04:18	11	杉本氏と同時
9月25日	7:42:36	7:43:00	24	杉本氏と同時 相原氏と同時
9月25日	8:48:09	8:48:33	24	杉本氏と同時 相原氏と同時
9月25日	11:10:24	11:10:39	15	杉本氏と同時
9月25日	21:31:54	21:32:12	18	杉本氏と同時
9月26日	12:38:42	12:39:15	33	杉本氏と同時
9月27日	8:00:42	8:01:15	33	杉本氏と同時 相原氏と同時
9月28日	18:53:12	18:53:27	15	杉本氏と同時
9月30日	17:08:48	17:09:12	24	杉本氏と同時
9月30日	23:27:54	23:28:03	9	アップせず

第 120 回流星物理セミナー

2008 年 10 月 5 日 神宮前区民会館

松村 健太郎 (日本流星研究会)

第 49 回流星会議 (2008 年 8 月 2 日) 電波観測分科会議事録

座長(コーディネーター):小関正広氏(日本流星研究会(以下当会)会長)

割り当てられた部屋(303 室)に人数がなかなか集まらず分科会が成立するか否か危ぶまれた。しかし三々五々年少の方々を含めて何人かが入室してきた。突如、その場で座長を務める会長より小生が議事録の作成を仰せ付かった。

最初に若い方から順に自己紹介をしていった。各自の興味や関心のある事柄を披露してもらった。

・丸山な(当会事務局丸山卓哉氏の長女)

宇宙はどうやってできたのか?

・白沢亜紀

探査機(フェニックス)により火星表面に水氷が発見されたニュースに刺激された。

・高梨夕輝(御殿場星の会々員高梨美華氏の長女)

星座の形状や惑星表面の状態はどうなっているのか?

・川崎隆寛(当会幹事長川崎康寛氏の長男)

ロケットや人工衛星に関心がある。

・松村健太郎(当会及び日本アマチュア衛星通信協会会員, 流星物理セミナー常連)

幼少時(1972 年ジャコビニ群騒動期=不発)の無念と情熱を再燃させ流星界に再突入した。そこでの電波観測の進歩と普及を目の当たりにして、ドロナワ式にアマチュア無線を開始した。その中でも特に人工衛星を利用した通信に取り組んできた。そこから得られた無線通信の技術や成果を電波観測の進歩に役立てていきたい。電波観測とその研究は関西方面では盛んに行われているが、関東では低調なように見受けられる。関東在住者としてこちらでも盛んになるように尽力したい。

・小川宏(当会電波観測担当幹事)

かつて鈴木和博氏が開発した **FRO**(FM 放送電波を利用した観測)に次いで開発され、次第に普及してきた **HRO**(アマチュア無線の電波を利用した観測)を行い、観測結果の集計をしてきた。国内のみならず、海外からも定期的に報告が送られてくる。天候に左右されずに観測できる利点を生かして今後も観測を継続していきたい。

・山本真行(高知工科大学准教授)

電波干渉計についての技術的な概説。高校生向けのソフトを用いての電波観測の紹介。年少の出席者の方々にはやや難解だったか?

WATEC カメラを利用して携帯電話より発射される赤外線の小形テレビ画面上への可視再生を実演した。(注:この手法は警報装置等の発射する電磁波を透視するのも利用可能です。くれぐれも悪用なさないよう、お子さん方の良識を信頼致します。)

予期された危惧に反して賑やかな議論となり、予定時間を超過して閉会した。しかし、次年以降は準備をより十分に行う必要性も痛感した。

流星の電波観測報告

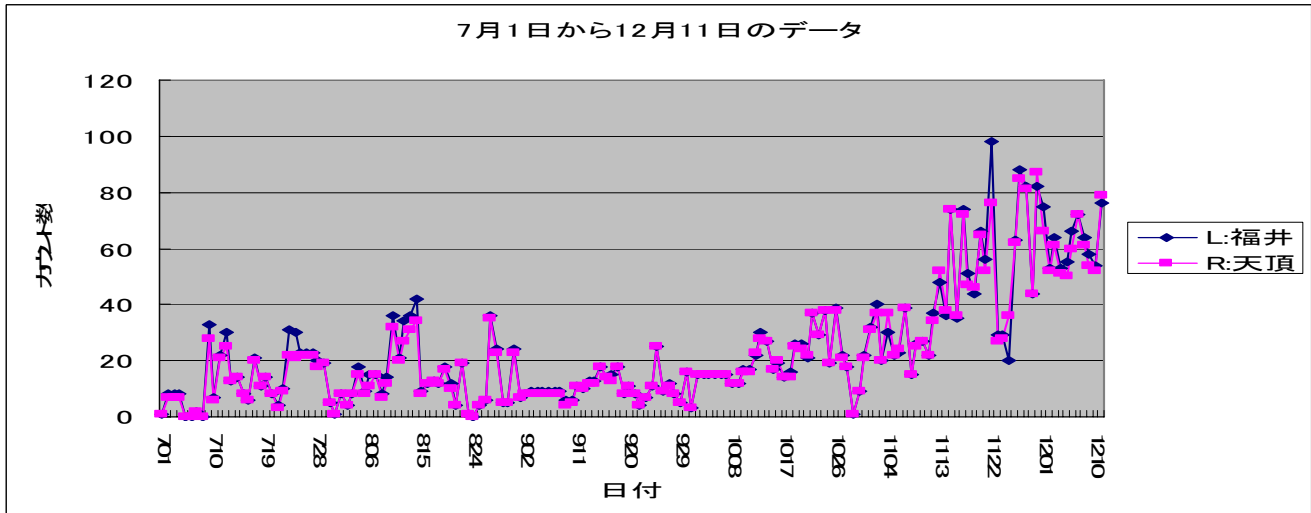
2008年7月1日～2009年1月

MSS-121

2009.2.08

藤由 嘉昭

7月1日～12月11日まで



7月31日は、データをLost

8月22日15時10分まで。24日 電気設備メンテナンスのため休止

25日8時50分より開始

10月10日8時50分～14時30分までパソコンメンテナンスのため休止

10月28・29日は、データを削除してしまい復活できたデータのみを使用。

10月30日は、3時間分データがなかった。

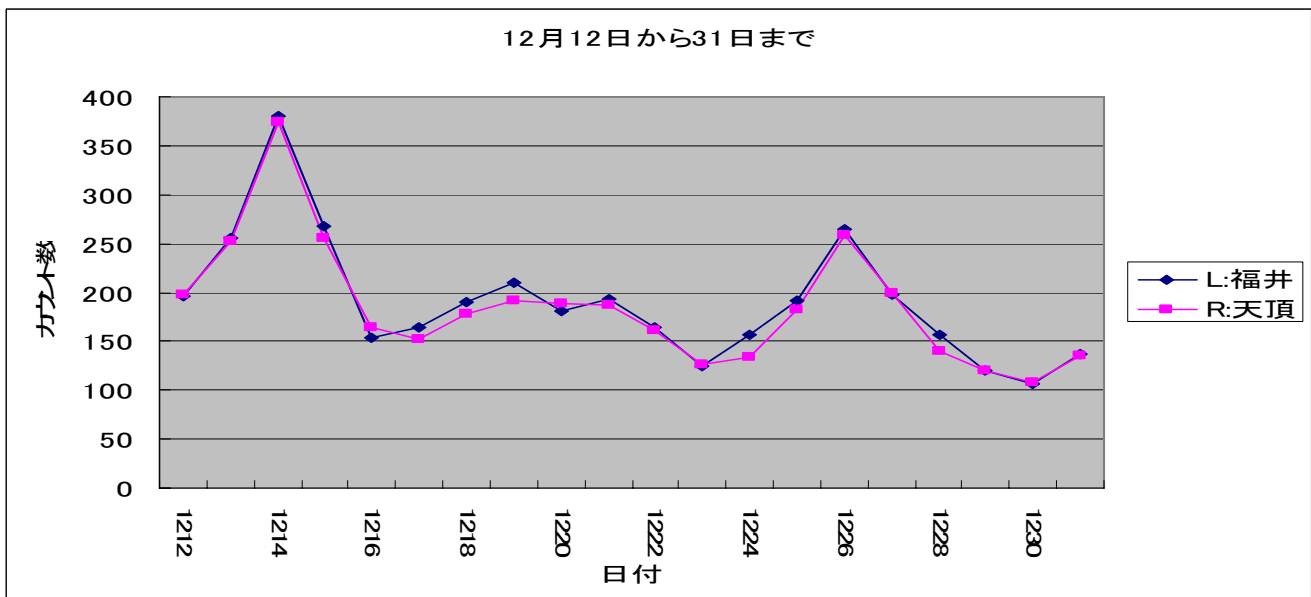
11月14日11時20分 パソコンハングアップのためデータ欠落

12月11日9h20m-14h40mまでHROFFT ハングアップ、そのためデータ欠落、HROFFT のレベルを軽く調整

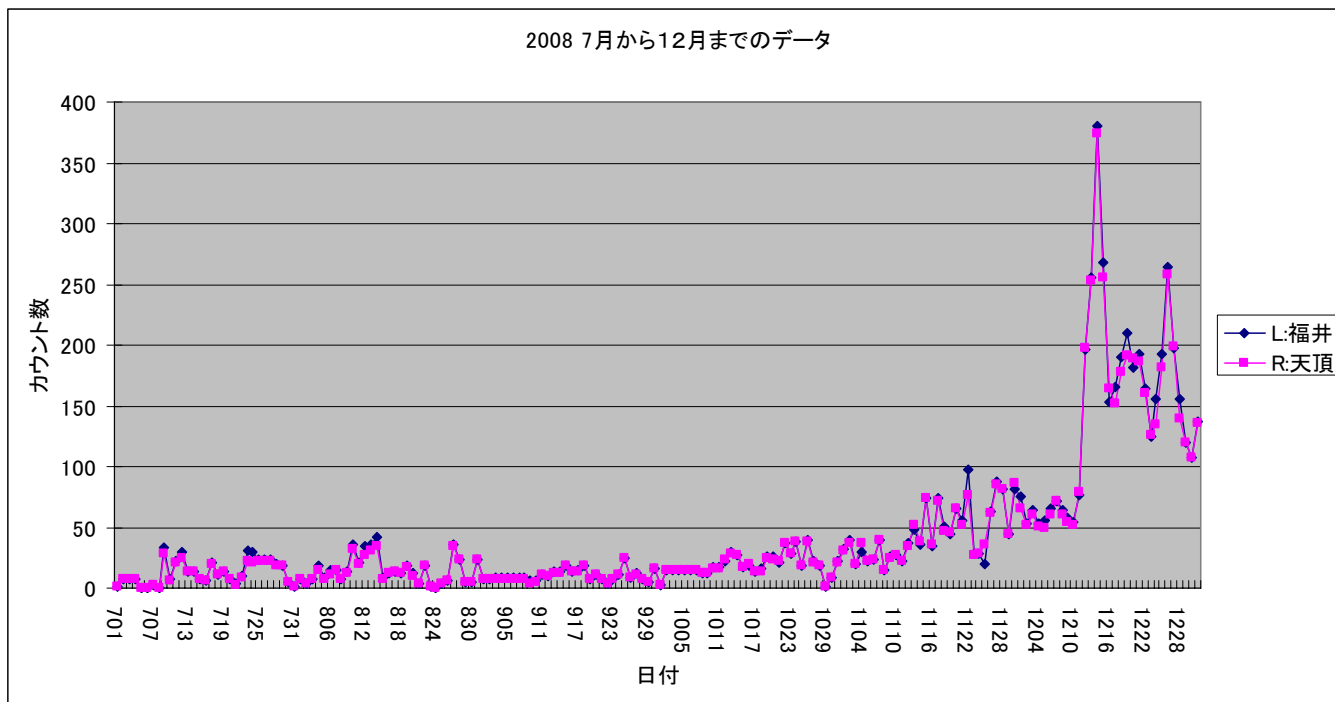
及びMRX-50の2台の間にスチロール板をいれた。エコー数はシャープに捕らえられるようになった。

また、寒さ対策を行う。

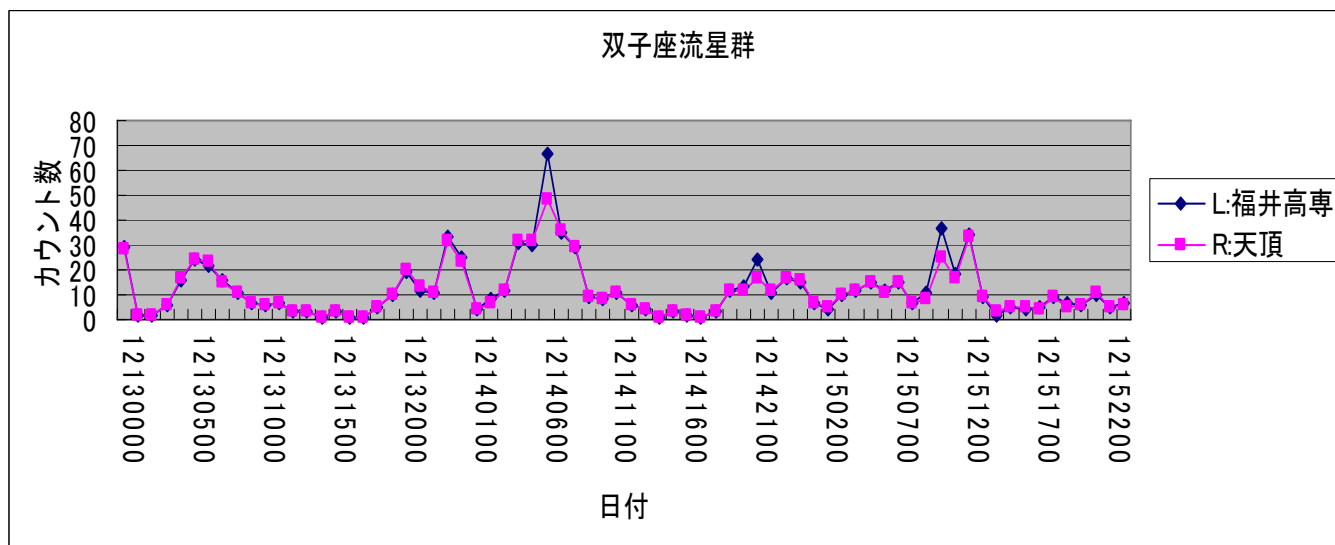
12月12日から31日まで。



2008年7月1日～12月31日 半年間



双子座流星群 12月13日0時～12月15日23時



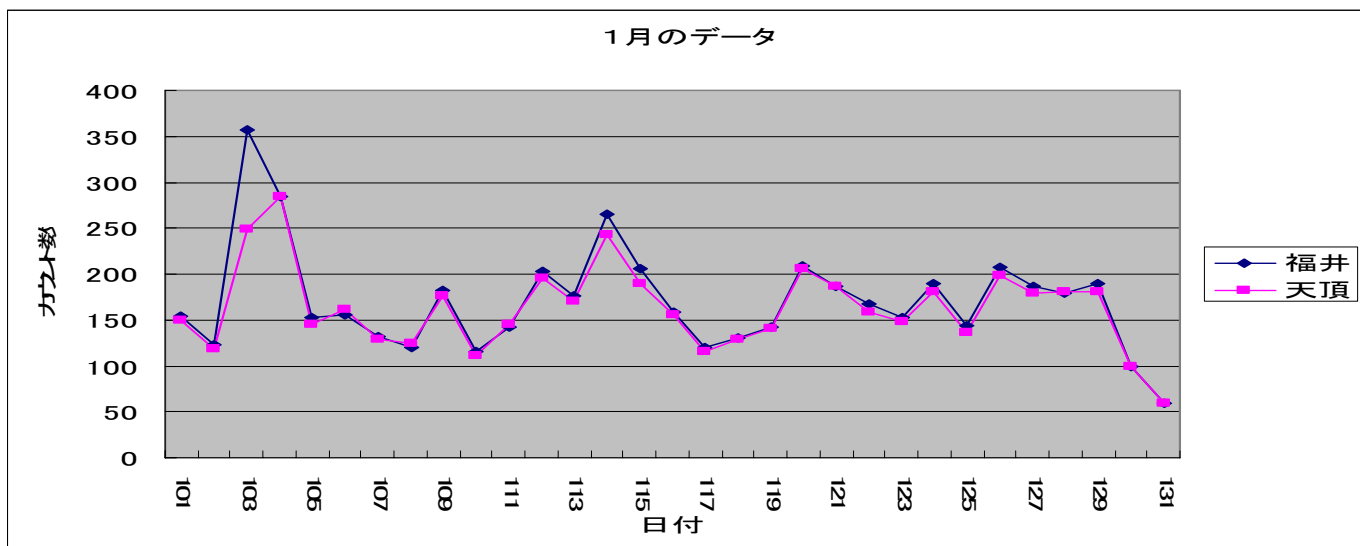
2008年7月1日～12月31日 ロングエコー数 82個

八王子 杉本さんとの同時 33個

横浜 相原さんとの同時 24個

面倒でいくつか確認を取っていない時はあった。

2009年1月のデータ



1月29日から31日は雨のためカウントするのが大変だった。

1月のロングエコー数 24個

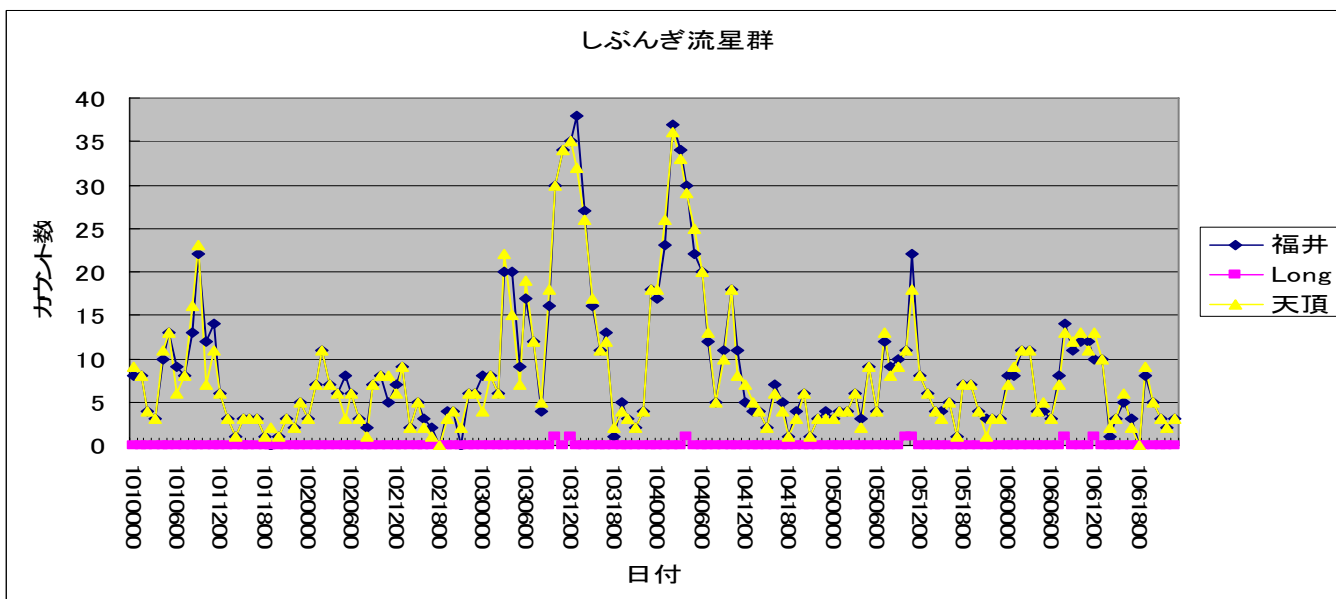
同時エコー数

八王子 杉本さん 23個

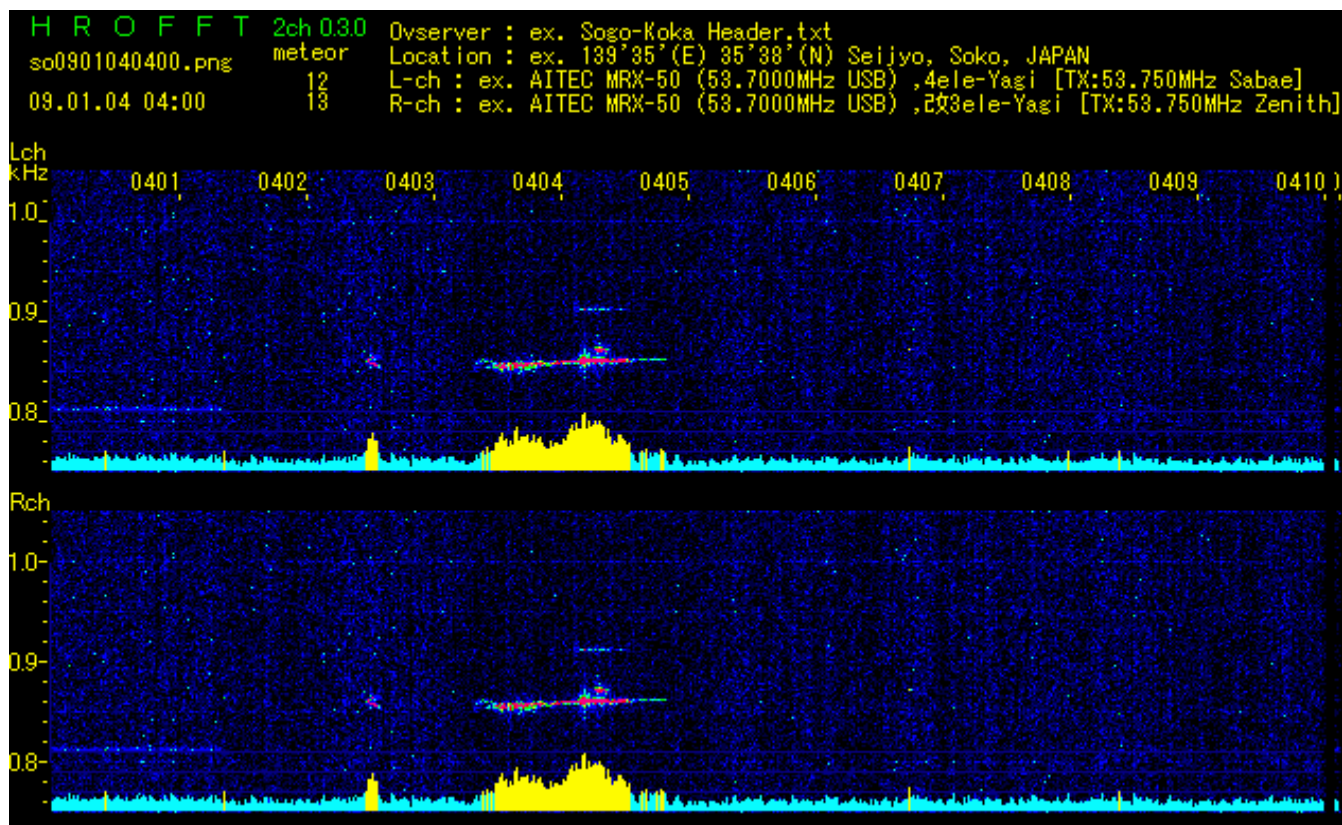
横浜 相原さん 5個

横浜 野地さん 1個

しぶんぎ流星群データ 1月1日0時から6日23時



1月4日のロングエコー



冬支度 1



観測場所



冬支度 2



Meteor Science Seminar Working Group (MSS-WG) 重野好彦

2008.04.05/06 撮影時間 JST 22:00-04:00 I I - 2点同時 85mm F:1.2 DV 写野:12.0dx9.2d 基線:42.9km

P1:群馬赤城電研 Lm:9.2mag +3°C P2:埼玉長瀬壺下 Lm:9.3mag +0°C

Co. Rad(2000)	SD	VG	a	e	q	ω	Ω	i	Co. Rad(2000)	SD	VG	a	e	q	ω	Ω	i	
118.8	40.8	.4	5.0	1.52	0.341	1.001	180.3	16.1	244.2	-18.2	2.3	53.1	1.79	0.962	0.068	334.3	16.2	164.9
174.6	70.7	.9	6.9	1.38	0.275	0.999	187.2	16.3	247.0	55.3	.1	26.6	2.77	0.651	0.966	204.4	16.2	43.1
175.2	-8.3	1.7	12.8	1.73	0.514	0.839	58.4	196.1	252.8	60.4	.3	24.6	2.55	0.611	0.989	194.2	16.1	40.2
183.5	45.5	.2	12.5	2.11	0.551	0.948	211.5	16.1	255.2	34.7	.2	40.5	3.09	0.723	0.857	228.8	16.2	69.7
190.2	7.3	.5	17.1	2.01	0.630	0.743	250.5	16.2	256.1	12.7	1.0	8.4	.762	0.338	0.504	344.6	16.2	11.5
190.6	-20.7	.7	22.1	1.90	0.695	0.582	91.3	196.0	256.1	-2.8	.8	60.6	6.07	0.923	0.466	276.5	16.2	132.8
190.6	2.3	2.7	20.4	2.60	0.738	0.681	255.6	16.1	256.8	-6.9	1.1	66.5	-4.3	1.123	0.529	263.7	16.2	144.8
193.7	-9.6	.8	20.4	1.78	0.666	0.596	90.7	196.0	266.5	19.6	.4	39.3	.927	0.344	0.609	302.1	16.1	84.0
194.1	.6	3.1	23.3	3.09	0.802	0.611	262.8	16.2	268.7	-4.4	.8	62.6	2.59	0.713	0.744	247.5	16.2	142.5
194.3	-4.3	.3	21.2	2.07	0.707	0.606	267.2	16.3	272.9	23.6	.4	39.9	1.00	0.179	0.824	279.4	16.2	83.8
194.9	-15.7	6.3	20.2	1.55	0.634	0.567	96.8	196.2	273.9	14.5	1.1	28.3	.636	0.597	0.256	352.0	16.1	65.7
195.8	17.0	2.0	10.4	1.26	0.341	0.832	250.3	16.3	275.0	-9.5	.9	67.4	5.09	0.824	0.898	219.4	16.2	155.0
200.9	-7.7	.4	22.9	1.66	0.703	0.494	283.1	16.1	276.7	9.8	.7	62.5	12.5	0.923	0.971	200.3	16.2	123.0
212.4	-16.7	1.5	32.4	1.72	0.874	0.216	132.9	196.2	278.4	7.6	.6	62.1	4.71	0.792	0.979	198.1	16.2	126.2
214.1	-30.4	1.6	38.9	2.31	0.926	0.170	136.5	196.1	279.2	-10.9	1.2	71.2	-14.	1.070	0.968	200.6	16.2	159.1
215.6	-14.0	.7	30.5	1.34	0.846	0.206	316.9	16.2	282.0	23.3	.6	49.4	1.82	0.449	1.001	178.2	16.2	97.2
217.6	-19.5	1.8	38.8	2.22	0.952	0.107	146.3	196.2	283.2	40.8	.1	41.3	3.15	0.684	0.995	170.7	16.2	73.0
218.8	7.4	.4	23.6	1.18	0.650	0.414	299.3	16.1	284.1	-5.4	.6	60.5	1.34	0.257	0.999	188.2	16.2	147.2
221.9	29.0	.6	21.0	1.37	0.499	0.686	266.8	16.1	287.2	-22.5	.2	29.7						地球向点
222.6	-14.9	2.7	15.1	.806	0.535	0.374	322.6	16.2	289.0	-1.8	1.2	62.8	2.04	0.522	0.977	158.6	16.2	143.0
223.1	-24.6	1.1	19.0	.782	0.651	0.273	147.6	196.1	302.4	6.8	.8	58.0	2.16	0.682	0.688	103.2	16.2	126.6
237.0	20.5	.6	44.6	24.3	0.978	0.526	267.6	16.1	311.6	66.8	1.3	16.7	3.10	0.697	0.938	148.0	16.0	21.2
238.9	22.2	.5	27.4	1.05	0.542	0.482	298.3	16.1										

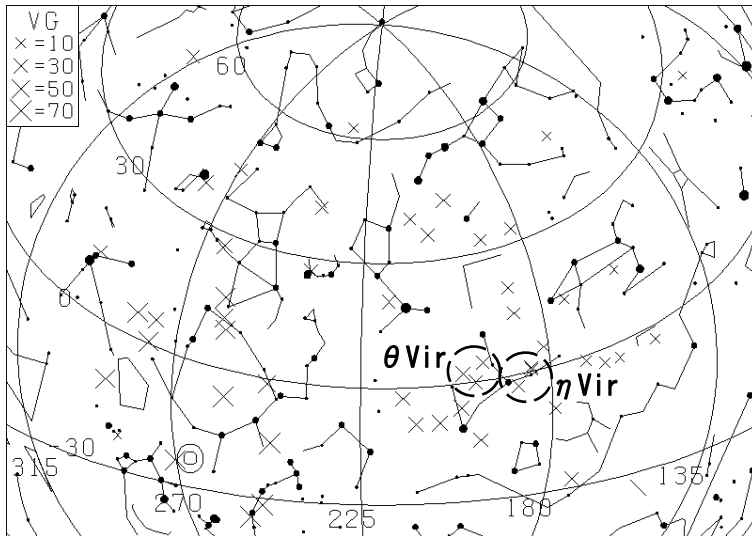


図1. 3月中旬 930320(9)+940317(1)+070317(46)

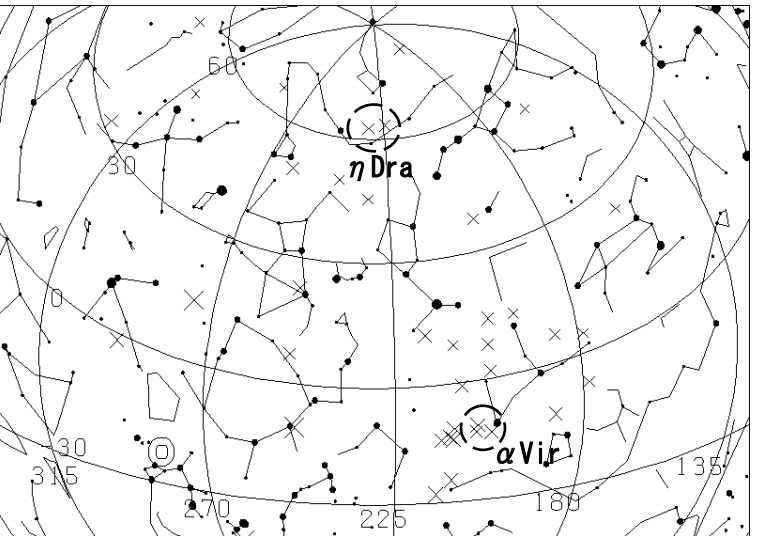


図2. 3月下旬 060331(42) ©Apex

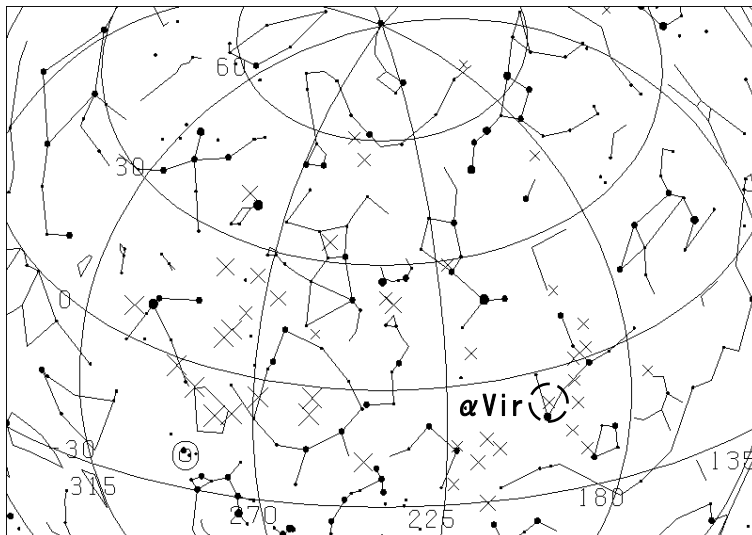


図3. 4月上旬 080405(44)

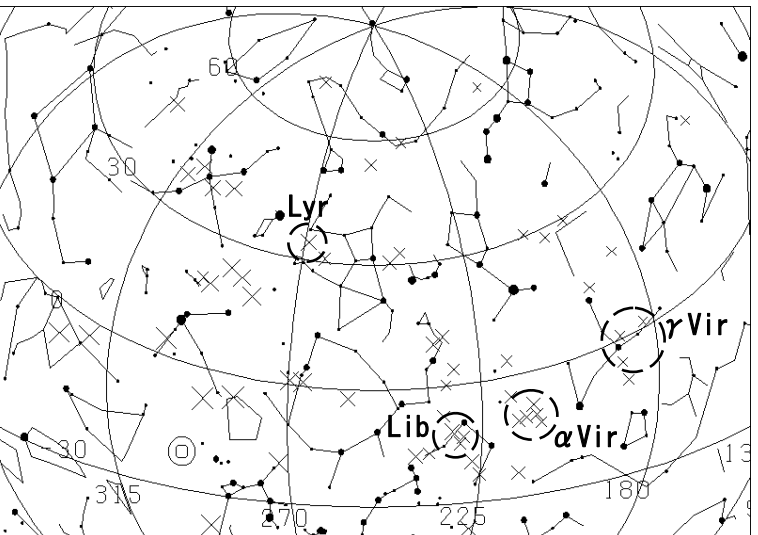


図4. 4月中旬 040420(28)+070414(33)

同時流星観測報告 (2008.06.13/14)
Double-station TV meteor observations

Meteor Science Seminar Working Group (MSS-WG) 重野好彦

撮影時間 JST 21:50-03:00 前半雲多し
検出同時流星 21 測定不能 0 精度不良等 0 軌道計算同時流星 21
平均測定誤差 84" 平均交差角 28d 平均輻射点誤差 0.71d

MSS-WG I I - 2点同時 85mm F:1.2 DV 写野:12.0dx9.2d 基線:43.7km
P1:群馬赤城電研 E:139d11'45".0 N:36d28'31".2 H:530m Lm:9.5mag +16°C
P2:埼玉登谷牧場 E:139d09'23".6 N:36d04'58".6 H:635m Lm:9.1mag +13°C

ID	DATE	UT	Co.	Rad(2000)	SD	VG	a	e	q	ω	Ω	i	
MSSJq2	20080613	134259	210.8	-25.2	2.4	6.2	1.49	0.338	0.985	28.1	262.7	2.2	
MSSJqG	20080613	171845	235.2	33.6	.3	12.8	2.17	0.548	0.980	205.7	82.9	16.0	
MSSJqB	20080613	164309	249.8	9.0	.4	19.2	3.49	0.764	0.823	235.8	82.9	16.1	
MSSJqK	20080613	175808	254.2	2.0	.9	12.3	1.43	0.424	0.823	248.8	83.0	9.3	
MSSJq1	20080613	133026	257.2	-9.6	1.9	5.6	1.07	0.182	0.879	262.9	82.8	2.5	
MSSJq4	20080613	153009	262.4	-29.6	7.5	21.8	2.05	0.718	0.578	91.8	262.8	4.7	θ 0ph
MSSJq9	20080613	161635	264.1	-29.6	2.7	23.1	2.17	0.749	0.545	94.7	262.9	5.1	θ 0ph
MSSJq3	20080613	142623	272.8	-2.4	.9	13.6	1.06	0.410	0.623	289.2	82.8	10.2	
MSSJqE	20080613	170055	301.0	63.5	.2	33.0	3.75	0.729	1.014	175.6	82.9	55.9	
MSSJq5	20080613	153612	306.8	49.4	.3	32.2	1.43	0.308	0.986	208.9	82.9	61.0	
MSSJqC	20080613	164835	314.7	-13.9	1.3	61.6	-7.2	1.027	0.193	306.8	82.9	169.5	
MSSJq6	20080613	154422	326.1	54.6	.6	17.7	.833	0.229	0.642	12.9	82.9	36.5	
MSSJqL	20080613	175948	331.5	70.1	.6	28.0	1.63	0.426	0.935	137.3	83.0	50.0	
MSSJqD	20080613	164956	335.9	17.7	.5	63.0	4.18	0.768	0.969	206.5	82.9	134.6	
MSSJqJ	20080613	174549	337.6	2.0	.8	58.7	1.19	0.426	0.686	275.0	82.9	158.3	
MSSJq8	20080613	161328	339.1	54.2	.3	42.9	2.41	0.609	0.943	144.1	82.9	79.3	
MSSJqI	20080613	174203	340.1	33.3	.3	48.5	1.16	0.153	0.983	139.2	83.0	106.4	
MSSJq7	20080613	160019	341.1	15.7	.6	65.6	6.17	0.837	1.004	192.8	82.9	142.2	
MSSJqA	20080613	163627	346.9	44.3	.5	42.5	1.17	0.321	0.795	96.0	82.9	88.9	
MSSJq-	20080613	133026	353.8	-2.7	.	29.3	地球向点						
MSSJqH	20080613	173256	46.2	26.5	.5	38.8	1.61	0.956	0.070	25.3	82.9	33.2	
MSSJqF	20080613	170150	47.1	36.1	.6	42.0	4.07	0.960	0.162	44.3	82.9	51.0	

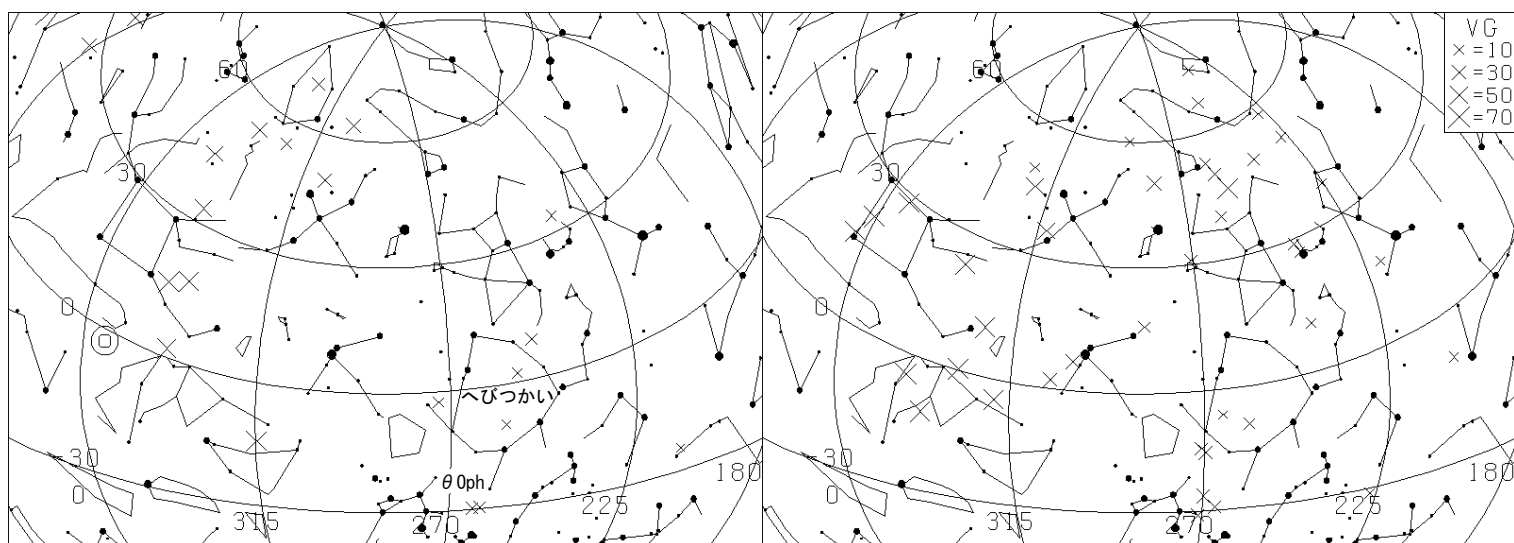


図1. 今回の観測 2008.06.13/14 21流星 ©Apex

図2. マクロスキー&ポゼン 6月中旬 43流星

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 : http://www.ta3.sk/IAUC22DB/MDC2007/Dokumenty/shower_nomenclature.php
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が。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-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には太陽から 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られないものとします（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 1 Latin possessive names of meteor showers					
Constellation	Latin possessive	Shower	Constellation	Latin possessive	Shower
Andromeda	Andromedae	Andromedid	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	Taurid
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 (strictly 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),

【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“ η Lyrids”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ます。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

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



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いうで論文原稿を執筆。完成原稿を論文誌に投稿(submit)する前にMDCのT.J.Jopek氏に完成原稿のコピーを送付



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いうで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 three-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 referral (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 Hydrids), 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	NoIAU	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	Remarks	Author
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 Taurids Complex (247)	
3.	3	SIA	South. iota Aquariids	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	LEO	Leonids	e	0	0	235.1	154.2	21.6	70.7	0	55P/Tempel-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 Taurids Complex (247)	
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)?		

33.	33	NIA	North. iota Aquariids	e	0	0	147.7	328	-4.7	27.6	0	
34.	34	DSE	delta Serpentids	w	0	0	323	237	9.6	65	0	1947 F2 (Becvar)?
35.	38	CUR	xi Ursae Majorids	w	0	0	358	175.4	30.1	18.9	0	
36.	39	NAL	North. alpha Leonids	w	0	0	349	158.7	31	11.1	0	2003 YG118?
37.	40	ZCY	zeta Cygnids	w	0	0	20	303.8	44.8	39	0	
38.	43	ZSE	zeta Serpentids	w	0	0	365	266.3	-6.3	67.4	0	
39.	45	PDF	phi Draconids	w	0	0	368	267.1	69.4	22.9	0	
40.	46	BCR	beta Craterids	w	0	0	13.5	176.8	-26.9	22.6	0	
41.	47	DLI	mu Virginids	w	0	0	39	226.8	-8.7	28.3	0	
42.	49	LVI	lambda Virginids	w	0	0	20	210.7	-10.2	26.8	0	
43.	50	VIR	March Virginids Complex	w	50	0	354	*	*	23	0	
44.	52	OUM	omega Ursae Majorids	w	0	0	62	174.7	66.7	27.1	0	
45.	55	ASC	alpha Scorpiids	e	0	0	55.2	247	-28.8	31	0	2004 BZ74?
46.	61	TAH	tau Herculids	e	0	0	72	228.5	39.8	15	0	73P/Schwassmann-Wachmann 3
47.	63	COR	Corvids	e	0	0	94.9	192.6	-19.4	9.1	0	2004 HW
48.	65	GDE	gamma Delphinids	w	0	0	80.4	342.3	12.2	55.7	0	
49.	66	NSC	North. omega Scorpiids	w	0	0	70	248.1	-15.3	19.6	0	1996 JG?
50.	67	NSA	North. mu Sagittariids	w	0	0	78	271.9	-17.3	22.9	0	C/1770 L1 Lexell?
51.	69	SSG	South. mu Sagittariids	w	0	0	78	276.4	-27.5	19.6	0	
52.	73	ZDR	zeta Draconids	w	0	0	141	260.5	30	14	0	6P/d"Arrest
53.	76	KAQ	kappa Aquariids	w	0	0	179	334	-13.8	12.8	0	2006 AR3?
54.	81	SLY	Sept. Lyncids	w	0	0	185	110.9	47.9	65	0	
55.	83	OCG	October Cygnids	w	0	0	206	317.8	52.6	17.2	0	
56.	86	OGC	October gamma C etids	w	0	0	206.4	50.4	-6.9	3.3	0	
57.	88	ODR	omicron Draconids	w	0	0	115.5	285	61.3	28.6	0	
58.	89	PVI	January pi Virginids	w	0	0	295	179	9	64.6	0	
59.	90	JCO	January Comae Berenicids	e	0	0	301	188.9	16.8	63.9	0	C/Lowe 1913 I
60.	91	JZA	January zeta Aurigids	w	0	0	292	70.3	60.1	12.1	0	
61.	92	UER	upsilon Eridanids	w	0	0	295.6	69.3	-29	10.1	0	2004 TB18?
62.	93	VEL	Puppids-Velids II Complex	w	93	0	296	123	-48.3	33.1	0	
63.	94	RGE	rho Geminids	w	0	0	297	115.8	24.9	23	0	
64.	95	DCA	delta Cancrids Complex	w	95	0	296.3	*	*	25.7	0	
65.	96	NCC	North. delta Cancrids	w	0	0	296.3	130	20	26	0	1991 AQ?
66.	97	SCC	South. delta Cancrids	w	0	0	296.3	134.1	10.1	25.2	0	2001 YB5?
67.	98	ECO	epsilon Columbids	w	0	0	307.1	82.4	-34.7	16.6	0	
68.	99	JSC	Dayt. Scutids	w	0	0	280.4	278.2	-7.8	24.1	0	
69.	100	XSA	Dayt. xi Sagittariids	w	0	0	304.9	284.8	-18.6	26.3	0	
70.	101	PIH	pi Hydrids	w	0	0	317.1	210.3	-23	70.7	0	
71.	102	ACE	alpha Centaurids	e	0	0	319.4	210.9	-58.2	59.3	0	
72.	103	TCE	Centaurids II Complex	w	103	0	321	203.8	-39.6	60.2	0	
73.	104	GBO	gamma Bootids	w	0	0	321	224.4	39.1	50.3	0	
74.	105	OCN	Centaurids I Complex	w	105	0	323.4	165.6	-60.3	41.5	0	
75.	106	API	alpha Pictorids	w	0	0	325	110.1	-65.1	30	0	
76.	107	DCH	delta Chamaeleontids	w	0	0	325	254.4	-86.1	42.6	0	
77.	108	BTU	beta Tucanids	w	0	0	340.4	49.6	-77.8	36.3	0	C/1976 D1 (Bradfield)
78.	109	ACN	alpha Carinids	w	0	0	311.2	100.7	-54.8	21.7	0	
79.	110	AAN	alpha Antiliids	w	0	0	313.1	140	-10	42.6	0	
80.	111	FCM	February Canis Majorids	w	0	0	330.6	104.3	-25.6	70	0	
81.	112	NDL	North. delta Leonids	w	0	0	334.7	168	16	20.1	0	1999 RD32?
82.	113	SDL	South. delta Leonids	w	0	0	334.7	137.7	17.8	17.4	0	
83.	114	DXC	Dayt. chi Capricornids	w	0	0	311.3	321.4	6	18.5	0	
84.	115	DSC	Dayt. Sagittariids-Capricornids	w	0	0	312.5	315	-23.3	26.8	0	2001 ME1?
85.	116	DEQ	Dayt. epsilon Aquariids	w	0	0	315.8	310.2	-6.8	23.1	0	
86.	117	DCQ	Dayt. c Aquariids	w	0	0	325	346.7	-23.7	14.1	0	2004 NL8?
87.	118	GNO	gamma Normids	w	0	0	353	251.6	-51.3	64	0	
88.	119	LCE	lambda Centaurids	w	0	0	359	173.7	-59.5	38.4	0	
89.	120	DPA	delta Pavonids	w	0	0	11.1	309.1	-62.8	58	0	C/1907 G1 (Grigg-Mellish)
90.	121	NHY	nu Hydrids	w	0	0	343.1	159.1	-12.2	19.7	0	1999 RM45?
91.	122	APX	alpha Pyxidids	w	0	0	345.9	135.5	-35.2	25.9	0	
92.	123	NVI	Northrn March Viginids	w	0	0	354	185.7	2.3	23	0	1998 SJ70?

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	ABO	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	Dayt. lambda Pegasids	w	0	0	29.7	343.5	19.9	38.4	0	
112.	144	APS	Dayt. April Piscids	e	0	0	30.3	7.6	3.3	28.9	0	2005 NZ6?
113.	145	ELY	eta Lyrids	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	May 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. Dayt. omega Cetids	e	0	0	46.7	2.3	17.8	33	0	C/2003 Q1 (SOHO)?
121.	153	OCE	South. Dayt. omega Cetids	e	0	0	46.7	22.5	-3.6	36.6	0	
122.	154	DEA	Dayt. epsilon Arietids	w	0	0	55	44.7	21.2	20.6	0	2002 SY50?
123.	155	NMA	Nothern Dayt. May Arietids	w	0	0	55	37.2	18.1	25.2	0	2003 QC10??
124.	156	SMA	South. Dayt. 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	w	0	0	97.3	340.3	-11.5	64.3	0	
128.	160	OSC	omega Scorpiids Complex	w	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	w	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	0	0	80	297.8	-33.9	33.2	0	
134.	166	JLY	June Lyrids	w	0	0	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	JBO	June Bootids	e	0	0	96.3	222.9	47.9	14.1	0	7P/Pons-Winnecke
139.	171	ARI	Dayt. Arietids	e	0	0	76.7	40.2	23.8	35.7	0	Marsden group of sunskirters
140.	172	ZPE	Dayt. zeta Perseids	e	0	0	78.6	64.5	27.5	25.1	0	2P/Encke
141.	173	BTA	Dayt. beta Taurids	e	0	0	96.7	84.9	23.5	29	0	2004 TG10
142.	174	TAS	Dayt. theta Aurigids	w	0	0	96	93.3	31.3	15.8	0	
143.	175	JPE	July Pegasids	w	0	0	107.5	340	15	61.3	0	C/1979 Y1 (Bradfield)??
144.	176	PHE	July Phoenicids	w	0	0	110.3	31.6	-47.7	47	0	
145.	177	BCA	beta Cassiopeiids	w	0	0	126.6	352.9	58.8	50.4	0	
146.	178	JCE	July Centaurids	w	0	0	103.3	225	-35	15.3	0	1997 QK1??
147.	179	SCA	sigma Capricornids	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	OCY	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	

153.	185	DBA	Dayt. beta Andromedids	w	0	0	100.5	15	37.5	26	0	96P/Machholz?		
154.	186	EUM	epsilon Ursae Majorids	w	0	0	106	192.5	61.7	15.2	0			
155.	187	PCA	psi Cassiopeiids	e	0	0	106	389.4	71.5	40.3	0			
156.	188	XRI	Dayt. xi Orionids	e	0	0	117.7	94.4	15	44	0			
157.	189	DMC	Dayt. mu Cancri	w	0	0	126	122.7	22.4	24.3	0			
158.	190	BPE	beta Perseids	w	0	0	135.4	52.8	40.2	66.2	0			
159.	191	ERI	eta Eridanids	w	0	0	137.5	45	-12.9	64	0	C/1852 K1 (Chacornac)?		
160.	192	TRI	August Triangulids	w	0	0	139.8	37.5	30.7	57.3	0			
161.	193	ZAR	zeta Arietids	w	0	0	146	49.7	14.2	70.1	0	C/1862 N1 (Schmidt-Tempel)?		
162.	194	UCE	upsilon Cetids	w	0	0	146	38.6	-2.8	61	0			
163.	195	BIN	beta Indids	w	0	0	157.3	342.8	-51.7	14.1	0	C/1991 L3 (Levy)		
164.	196	NPH	nu Phoenicids	w	0	0	129.7	20	-43	44	0	C/1951 C1 (Pajusakova)?		
165.	197	AUD	August Draconids	w	0	0	142	272.5	65.1	17.3	0			
166.	198	BHY	beta Hydrusids	e	0	0	143.8	36.3	-74.5	22.8	0			
167.	199	ADC	August delta Capricornids	w	0	0	146	328.7	-16	21.6	0	45P/Honda-Mrkos-Pajusakova		
168.	200	ESE	eta Serpentids	w	0	0	151	287.7	-3.7	8.6	0	2000 QS7?		
169.	201	GDO	gamma Doradids	w	0	0	155.7	61.2	-50.2	40.1	0			
170.	202	ZCA	Dayt. zeta Cancri	w	0	0	147	119.7	19	43.8	0			
171.	203	GLE	Dayt. gamma Leonids	w	0	0	148.7	139.9	12.4	19.6	0	1999 RD32?		
172.	204	DXL	Dayt. chi Leonids	w	0	0	154	142.1	12.8	27.4	0	2001 YB5?		
173.	205	XAU	xi Aurigids	w	0	0	158	93.5	62.6	56.9	0			
174.	206	AUR	Aurigids	e	0	0	158.7	89.8	38.7	65.7	0	C/1911 N1 (Kiess)		
175.	207	SCS	Sept. beta Cassiopeiids	w	0	0	173	33	68.9	69.1	0			
176.	208	SPE	Sept. epsilon Perseids	w	0	0	170	50.2	39.4	64.5	0			
177.	209	EER	epsilon Eridanids	w	0	0	170	56.6	-13.8	59	0	C/1854 L1 (Klinkerfues)?		
178.	210	BAU	beta Aurigids	w	0	0	179.3	86	43	66.5	0	C/1790 A1 (Herschel)?		
179.	211	AOR	Sept. alpha Orionids	w	0	0	183	86.7	9	62	0			
180.	212	KLE	Dayt. kappa Leonids	w	0	0	181	162.7	15.7	43.6	0	C/1917 F1 (Mellish)		
181.	213	BRC	beta Gruids	w	0	0	160.3	337	-47	21	0			
182.	214	BCP	beta Capricornids	w	0	0	167.7	305.7	-12.8	37	0			
183.	215	NPI	North. delta Piscids	w	0	0	184	9.2	7.7	31.2	0		part of NTA	
184.	216	SPI	South. delta Piscids	w	0	0	174	23.6	5.1	26.5	0	2003 QC10??	part of STA	
185.	217	OPC	omega Piscids	w	0	0	174	0.5	-8.8	21.4	0	2001 HA4?		
186.	218	GSA	Sept. gamma Sagittariids	w	0	0	170.1	270.8	-31	6.2	0	107P/Wilson-Harrington?		
187.	219	SAR	Sept. mu Arietids	w	0	0	179	28.5	18.6	36.3	0			
188.	220	NDR	nu Draconids	w	0	0	170.3	265.4	59.8	20.3	0			
189.	221	DSX	Dayt. Sexantids	e	0	0	188.4	154.5	-1.5	31.2	0	2005 UD		
190.	222	DDI	Dayt. delta Leonids	w	0	0	183	172.7	21.2	31.1	0			
191.	223	GVI	Dayt. gamma Virginids	w	0	0	184	168.4	3.6	23.3	0			
192.	224	DAU	October delta Aurigids	w	0	0	191	83.5	50.4	64.9	0			
193.	225	SOR	sigma Orionids	w	0	0	191.7	86	-3	65	0			
194.	226	ZTA	zeta Taurids	w	0	0	196	86.1	14.7	67.2	0			
195.	227	OMO	October Monocerotids	w	0	0	206	101.9	-1.4	63.5	0	C/1723 T1 (Keggler-Crossat-Saunderson)?		
196.	228	OLY	October Lyncids	w	0	0	206	111.3	48.8	64.8	0			
197.	229	NAU	nu Aurigids	w	0	0	207.3	87.9	39.6	53.1	0			
198.	230	ICS	October iota Cassiopeiids	w	0	0	209	36.7	66	66.3	0			
199.	231	ACM	Dayt. alpha Canis Majorids	w	0	0	204	92.1	-14	58.8	0			
200.	232	BCN	Dayt. beta Cancri	w	0	0	213	121.7	4.9	66.1	0			
201.	233	OCC	October Capricornids	e	0	0	189.7	303	-10	10	0	D/1978 R1 (Haneda-Campos)		
202.	234	EPC	October epsilon Piscids	w	0	0	195	3.4	8.1	21.7	0			
203.	235	LCY	lambda Cygnids	w	0	0	199	338.6	31.3	18	0	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	0			
206.	238	DOR	alpha Doradids	w	0	0	208	69.3	-55.9	20	0			
207.	239	GPU	gamma Puppids	w	0	0	202.7	110.1	-44	39.2	0			
208.	240	DFV	Dayt. psi Virginids	w	0	0	202	193.7	-9.6	21.1	0			
209.	241	OUI	October Ursae Minorids	w	0	0	208	246.6	74.3	30.9	0			
210.	242	XDR	xi Draconids	w	0	0	210.8	170.3	73.3	35.8	0			
211.	243	ZCN	zeta Cancri	w	0	0	225	120.5	14.3	63.4	0			
212.	244	PAR	psi Aurigids	w	0	0	227	94	50	56.7	0			

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	0		
215.	247	TAU	Taurids Complex	e	247	0	224	*	*	28	0		
216.	248	IAR	Nov. iota Aurigids	w	0	0	233.6	76.3	33.3	34	0		
217.	249	NAR	Nov. nu Arietids	w	0	0	241	39	23.2	12.3	0		
218.	250	NOO	Nov. Orionids	e	0	0	245	90.6	15.7	43.7	0		
219.	251	IVI	Dayt. iota Virginids	w	0	0	223	210.4	-3.8	29	0		
220.	252	ALY	alpha Lyncids	w	0	0	268.9	138.8	43.8	50.4	0		
221.	253	CMJ	Dec. Canis Minorids	w	0	0	252.4	112.9	7.7	40	0		
222.	254	PHO	Phoenicids	e	0	0	253	15.6	-44.7	11.7	0	D/1819 W1 (Blanpain) /2003 WY25	
223.	255	PUV	Puppids-Velids I Complex	w	255	0	254	128	-45	36.8	0		
224.	256	ORN	North. chi Orionids	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	0		
226.	258	DAR	Dec. alpha Aurigids	w	0	0	262.2	84.9	35.5	19.5	0		
227.	259	CAR	Carinids Complex	w	259	0	264	129	-58	38.9	0		
228.	260	GTI	gamma Triangulids	w	0	0	272	43.3	41.6	11.3	0		
229.	261	DDC	Dayt. delta Scorpiids	w	0	0	254	246.6	-26.3	25.3	0	2004 YD5?	
230.	262	KLI	Dayt. kappa Librids	w	0	0	259	231.3	-20.8	31.9	0		
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	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	w	0	0	307.9	88	12	12	0	2003 AC23?	asteroidal
236.	268	BCD	beta Cancrids	w	0	0	316.2	119.4	11	14.6	0	2002 MT3?	asteroidal
237.	269	OCS	omega Cassiopeiids	w	0	0	317.5	7.4	66.4	9.4	0		asteroidal
238.	270	FAO	Febuary alpha Orionids	w	0	0	318	88.8	9.4	9.4	0		asteroidal
239.	271	MLY	March Lyncids	w	0	0	339.4	123.5	50.3	9.4	0		asteroidal
240.	272	ACO	April alpha Comae Berenicids	w	0	0	17.8	193.1	22.9	16.7	0		asteroidal
241.	273	PBO	phi Bootids	w	0	0	42.1	217.5	53.7	15.1	0		asteroidal
242.	274	NUM	nu Ursae Majorids	w	0	0	54.4	173.5	45.2	9.2	0	2003 Q0104?	asteroidal
243.	275	CLI	chi Librids	w	0	0	79.7	223.2	-20.4	12.2	0		asteroidal
244.	276	ADR	alpha Draconids	w	0	0	80.5	220	66.4	11.6	0		asteroidal
245.	277	GCA	gamma Camelopardalids	w	0	0	109	88.7	79	22.7	0		asteroidal
246.	278	MSR	July mu Serpendids	w	0	0	112.2	240.8	4.7	9.8	0		asteroidal
247.	279	ZED	July zeta Draconids	w	0	0	115.7	251.6	66.5	20.6	0		asteroidal
248.	280	ADL	delta Librids	w	0	0	141.7	234.5	-2.5	7.1	0	2003 MU?	asteroidal
249.	281	OCT	October Camelopardalids	e	0	0	193	166	79.1	46.6	0		
250.	282	DCY	delta Cygnids	w	0	0	200.8	294.6	46.5	14	0	2004 BE68?	asteroidal
251.	283	OPL	pi Leonids	w	0	0	218.1	146	8	5.8	0		asteroidal
252.	284	OMA	Omicron Ursae Majorids	w	0	0	228.9	115	70	9.4	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	0	2002 UK11?	asteroidal
255.	287	NER	Nov. epsilon Eridanids	w	0	0	240.8	52	-7	11.1	0	2000 KA?	asteroidal
256.	288	DSA	South. Dec. delta Arietids	w	0	0	256.5	66.6	15.6	15.2	0		asteroidal
257.	289	DNA	North. Dec. delta Arietids	w	0	0	256.5	53	29	14.6	0	1990 HA?	asteroidal
258.	290	ALL	alpha Leonids Complex	w	290	0	349	*	*	12	0		
259.	291	GVR	gamma Virginids Complex	w	291	0	23	*	*	12	0		
260.	292	OPH	May Ophiuchids Complex	w	292	0	52	*	*	27.8	0		
261.	293	DCE	Dayt. omega Cetids Complex	w	293	0	46.7	*	*	34	0		
262.	294	DMA	Dayt. May Arietids Complex	w	294	0	55	*	*	22	0		
263.	295	JAQ	June Aquilids Complex	w	295	0	83	*	*	36	0		
264.	296	SIS	sigma Sagittariids Complex	w	296	0	90	*	*	28	0		
265.	297	DAQ	delta Aquariids Complex	w	297	0	125.6	*	*	41	0		
266.	298	IAQ	iota Aquariids Complex	w	298	0	147.7	*	*	34	0		
267.	299	OAR	October Arietids Complex	e	299	0	214	*	*	29.8	0		
268.	300	ZPU	zeta Puppids	w	0	0	254.7	123	-43	39	0		
269.	301	PUP	gamma Puppids	w	0	0	255	123	-45	38	0		
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	0		
272.	304	CVE	c Velids	w	0	0	273	135	-46	36	0		

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	OCA	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		Brown et al. 2007
288.	320	OSE	omega Serpentids	w	0	0	275.5	242.7	0.5	38.9	0		Brown et al. 2007
289.	321	TCB	theta Coronae Borealis	w	332	1	296.5	232.3	35.8	38.66	0	member of Bootid-Coronae Borealis Complex (332)	Brown et al. 2007
290.	322	LBO	lambda Bootids	w	332	2	295.5	219.6	43.2	41.75	0	member of Bootid-Coronae Borealis Complex (332)	Brown et al. 2007
291.	323	XCB	xi Coronae Borealis	w	332	3	294.5	244.8	31.1	44.25	0	member of Bootid-Coronae Borealis Complex (332)	Brown et al. 2007
292.	324	EPR	epsilon Perseids	w	0	0	95.5	58.2	37.9	44.8	0		Brown et al. 2007
293.	325	DLT	Dayt. lambda Taurids	w	0	0	85.5	56.7	11.5	36.4	0		Brown et al. 2007
294.	326	EPG	epsilon Pegasids	w	0	0	105.5	326.3	14.7	29.9	0		Brown et al. 2007
295.	327	BEQ	beta Equuleids	w	0	0	106.5	321.5	8.7	31.6	0		Brown et al. 2007
296.	328	ALA	alpha Lacertids	w	0	0	105.5	343	49.6	38.9	0	the shower was called July sigma Cassiopeiids	Brown et al. 2007
297.	330	SSE	sigma Serpentids	w	0	0	275.5	242.8	-0.1	42.67	0		Brown et al. 2007
298.	331	AHY	alpha Hydrids	w	0	0	285.5	127.6	-7.9	43.6	0		Brown et al. 2007
299.	332	BCB	Bootid-Coronae Borealis Complex	w	332	0	296	230	37	42	0		Brown et al. 2007
300.	333	OCU	Oct. Ursae Majorids	w	0	0	202	144.8	64.5	54.1	0		Uehara et al. 2006

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。

(3)AMSの輻射点

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ー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。

(4)NMSの輻射点

小楨、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、小関とイエ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)イエ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、今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、イエ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。

4. 検討

結論は至って平凡かつ単純であるが、イエニスケンス（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、小関とイエ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つの眼視観測とイエ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

一タからは、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 Berenicids	3-4Jan.	Lindblad(1971)
3	187	18	65.7	Coma Berenicids	13-23Jan.	McCrosky and Posen(1959)
4	175	25	65	Coma Berenicids	12Dec.-23Jan.	Cook(1973)

IMO(レンテル他, 1995)やイエニスケンス(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。

イエ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。イエニスケンスは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るれば、「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。

5. まとめ

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。特に初心者に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かでも可能である。

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)。

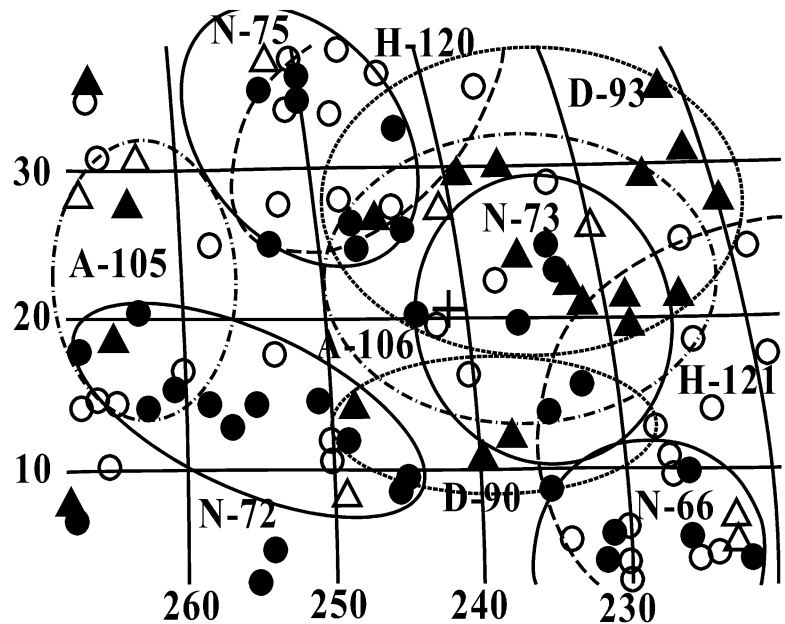
References:

- 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. Astrophys.*, **15**, 1-5
- Denning 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.

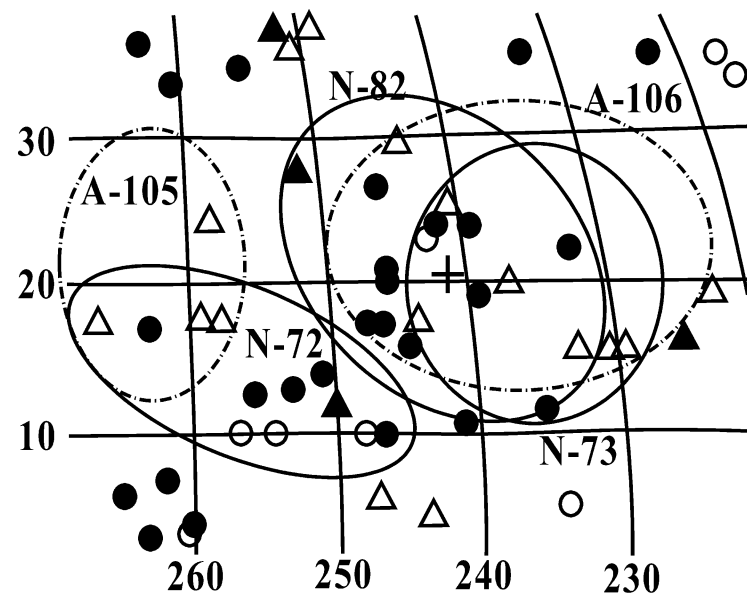
第1表：眼視観測を基本とした流星群の対応表(Ls、R.A.、Dec.、L-Ls、Betaは該当する観測平均のさらに単純平均であり、参考値である)

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	

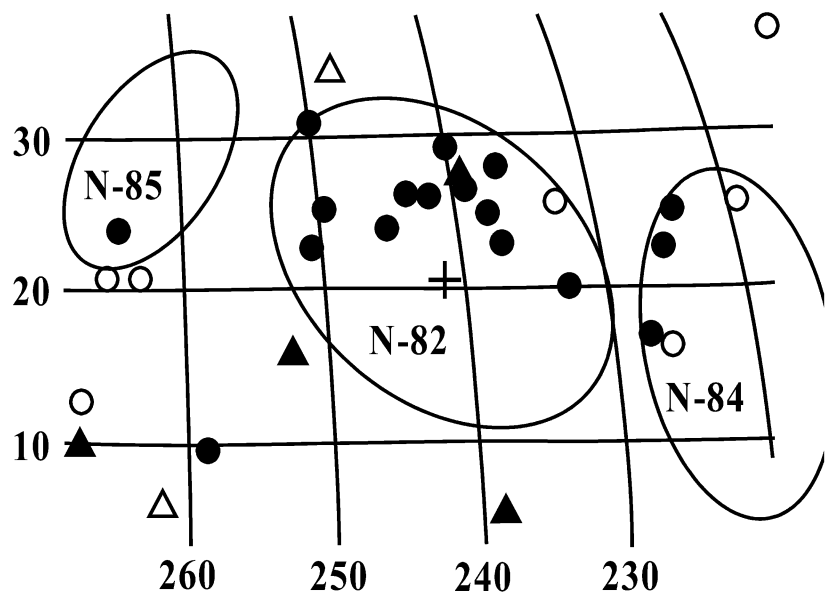
No.	Ls	R.A.	Dec.	L-Ls	Beta	Denning	Hoffmeister	AMS	NMS	Ref-List	Jenniskens	Shower
36	141	336	62	243	63	61	70	76	25	135		
37	143	280	56	151	78			79	35			
38	148	352	46	228	44	55	77					
39	158	9	-11	207	-13		80	81				
40	163	35	31	240	16		88	82				
41	168	18	21	217	13		87		36			
42	168	352	25	196	26		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	



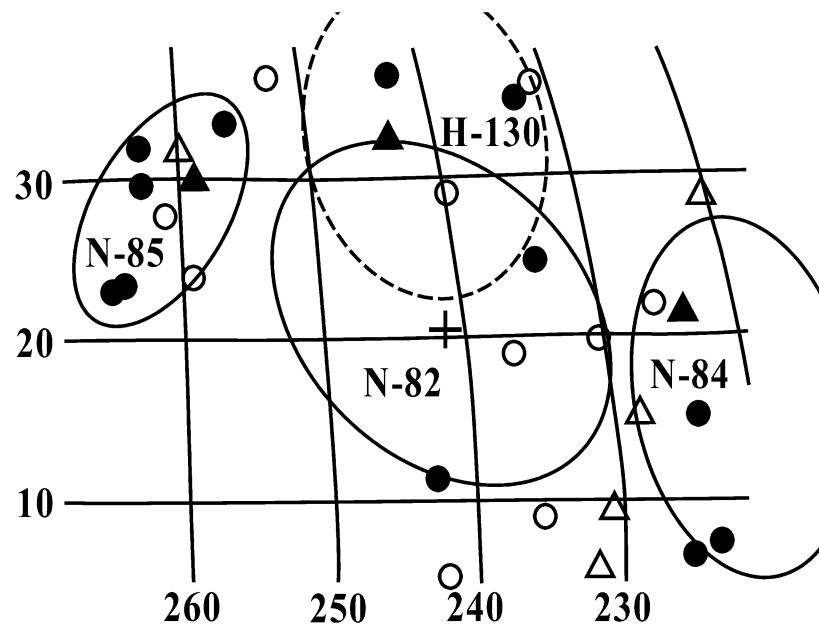
かみのけ群付近の眼視輻射点の分布 : Ls=255-270



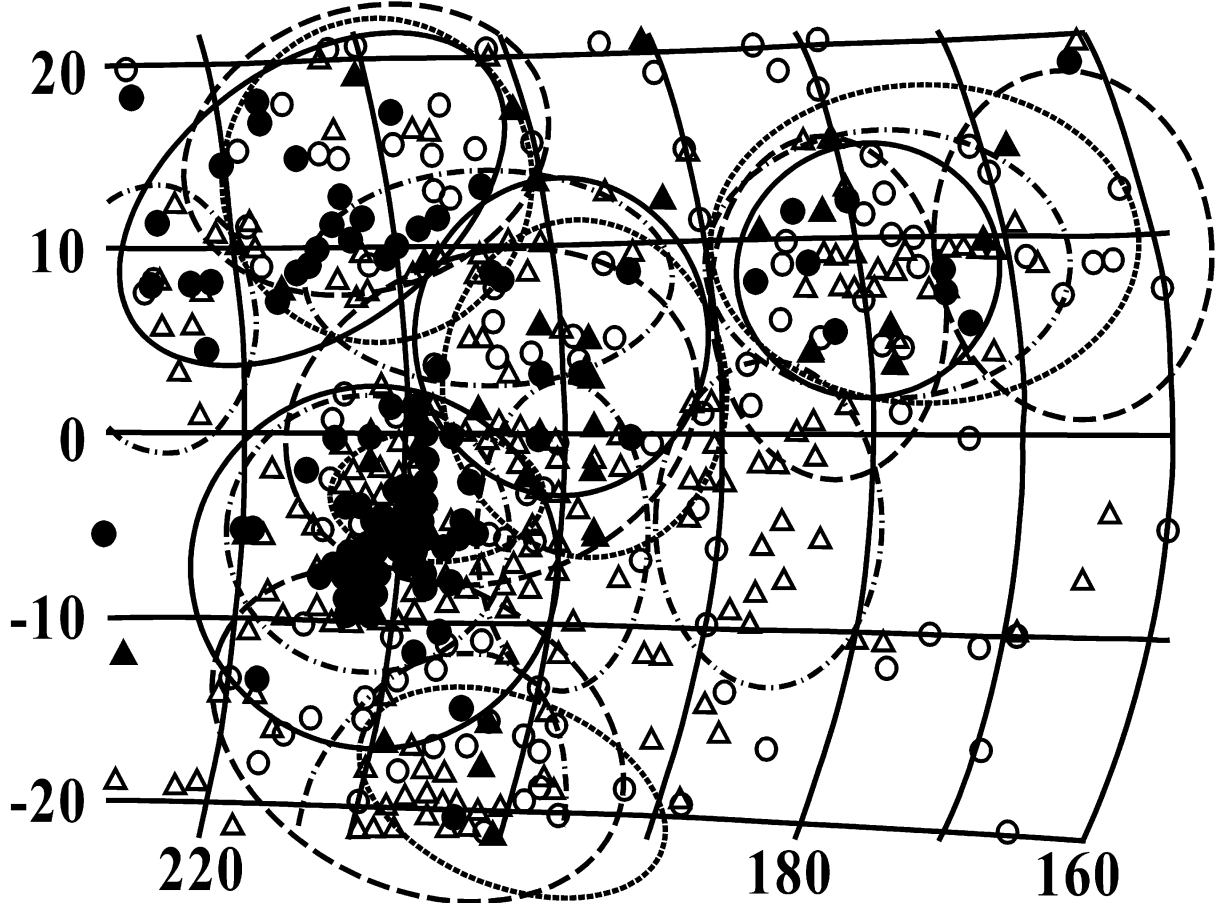
かみのけ群付近の眼視輻射点の分布 ; Ls=270-285



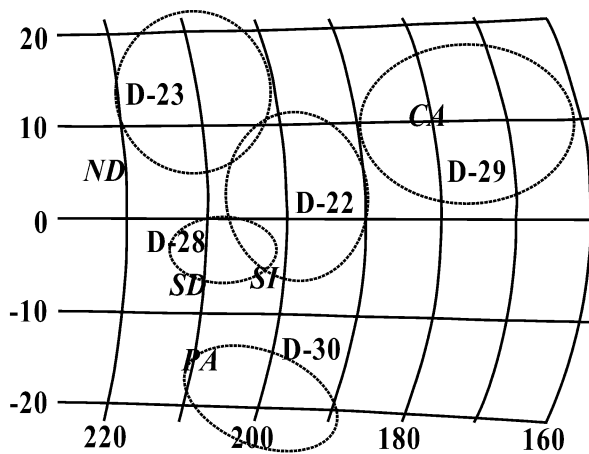
かみのけ群付近の眼視輻射点の分布 : Ls=285-300



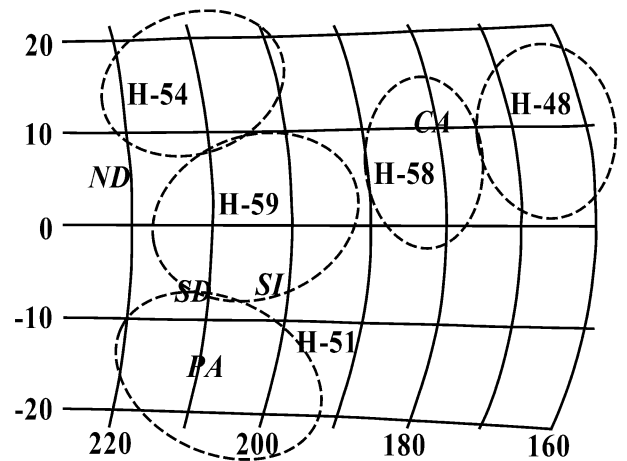
かみのけ群付近の眼視輻射点の分布 : Ls=300-315



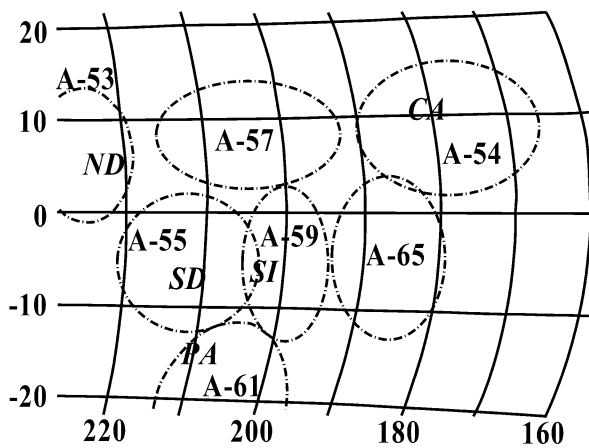
みずがめ δ (南・北) 群、やぎ群の眼視輻射点分布 (Ls=120-135)



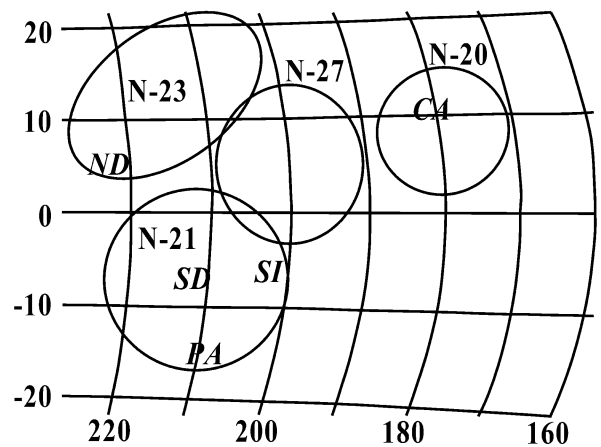
デニングとイエニスケンスとの比較



ホフマイスターとイエニスケンスとの比較



AMSとイエニスケンスとの比較



NMSとイエニスケンスとの比較