

流星物理七三十一資料集 上

第50回記念



流星物理セミナー資料集 ～第50回記念～

目次

流星物理セミナー50回に寄せて (長沢工)	上	2
MSSことはじめ (小笠原雅弘)		4
流星物理セミナーと私の流星研究 (重野好彦) / (大西洋)		6
MSS雑感 (寺田充)		8
MSS活動状況		9
1) 解析法		26
2) 観測		74
3) 軌道計算		137
4) 空間密度	下	2
5) スペクトル		30
6) 軌道計算の精度		56
7) 痕		76
8) 観測機器		96
9) 隕石落下シミュレーション		112
10) 測光		128
11) 豆まき現象		143
12) 輻射点		156
13) 電波		168
14) 構造		175
15) 発光		180

流星物理セミナー50回に寄せて

東大地震研究所 長沢 工

流星物理セミナーの開催が1989年4月23日で50回目になるということで、これは私にとって本当に嬉しいことです。天文グループの集会は数回で自然消滅することが多いと言われますから、50回まで続いたということだけでもたいへん立派なことです。しかし、それだけではなく、この会では、非常に多くの観測結果が発表され、研究が報告されていて、これは、何にも増して特筆されていることです。この流星物理セミナーは、日本におけるアマチュア流星研究の最先端の一翼をになっているといっても決して言い過ぎではありません。これは、いままで幹事役をやってきた小笠原雅弘氏、寺田充氏、重野好彦氏、大西洋氏らの努力によるとともに、この会に参加して流星についての話題を話し合い、論文を読み合ってきた大勢の人々のおかげです。この会の参加者の一人として、私はこれらの方々に厚く御礼申し上げます。

昔の記録を見てみますと、流星物理セミナーの第一回は1978年10月8日に東京理科大で開かれています。今から11年も前のことで、現在、会の重要メンバーである大西君はまだ高校1年生にすぎません。私の記憶では、それまで日本で行なわれてきた流星の観測やそのまとめ方に飽き足らず、「もうすこし流星の本体に踏み込んだことを調べていきたい」という人が数人集まってこの流星物理セミナーを始めたように思います。

それ以来、とてもたくさんの方がこのセミナーに来ました。1回だけ顔をだした人もいました。ときおり、ぼつりぼつりと出席してくれた人もいました。また、ほとんど毎回現れて、精力的に発表をした人もいました。私立武蔵高、都立千歳高を中心として、高校生も大勢参加しました。中学生すら来たことがありました。もちろん、理科大、日大、明大、・・・などからの大学生が中心でした。女性もたくさん出席してくれました。たくさんの人で会場が一杯になったこともありましたし、ごく僅かの人数で細々と会を進めた日もありました。思い出せる人もたくさんいますし、忘れてしまった人もいます。どの人も、この流星物理セミナーに貢献してくれた人です。

ここでは、流星の軌道が計算されました。流星痕について激論がありました。豆まき現象が話し合われました。パソコンを持ち込んでシミュレーションが行われました。観測装置まで紹介されました。そのほかにも、まだまだ多くのことが語られました。こうして、たくさんの方を参加者の心に残して、流星物理セミナーは50回を迎えたのです。天文グループは日本に数多くありますが、この流星物理セミナーほど、特定の天体だけを中心に、しばしば集まり、研究し、議論し、長続きしたグループは

少ないと思います。ここに50回を数えて、私には感慨深いものがあります。

考えてみますと、「流星」というのは、天文学で取り扱う天体としては、非常に特殊なものです。「流星」は天体には違いありませんが、一般の天文学の対象としては無視されるぐらいにマイナーな存在とってよいでしょう。しかし一方、流星にはまだ突き止められていない問題が数多く残されていることを見逃すことはできません。このセミナーでも何回も話題になった「流星永続痕」の発光源もそのひとつです。母彗星から流星物質がどのように拡散していくかがよくわからないため、流星雨が出現するかどうかがよく議論されます。ジャコビニ群はそのよい例です。流星が大気中で発光する過程でさえ、確かなことはわかっていません。一方、さかんに行なわれているFM観測のカウントと通常の眼視観測のカウントとを比較できるようにすることも、身近なところで残っている問題です。もっと極端な例では、眼視観測の条件の違いがある場合の流星数カウントを同一条件の場合に引き直しをする、いわゆる「小楨F」の問題すら、やっと改正が始まったところなのです。これらのことのいくつかは、このセミナーでも話し合われました。

流星は、目で直接見える天体として、かつまた動きのわかる天体として、天文学にあまり関心のない人にとっても、天文アマチュアにとっても、親しみ易い対象です。私なりの解釈ですが、この親しみ易さ、観測のし易さが、さらにまた誰でも手がつけられるところに問題が残されていることが、アマチュアの関心をそそり、この流星物理セミナーにかなりの人を集める理由になっているのでしょう。

流星物理セミナーは今後も続きます。はたして、第100回のセミナーが開かれるかどうかは、ちょっと予想できませんが、できることなら、そこまで続いてほしいとは思っています。しかし、仮にそこまで続いていたとしても、このセミナーがしだいに老人サロン化してしまったのでは、その存在意義はあまりありません。そうならないようにするためには、会に絶えず若いメンバーを加えていく必要があります。若い人がいてこそ、この種の会合は魅力あるものになるのです。

そのためには、このセミナーの話題が、高校生や、初めて参加した人をひきつける内容をもたなくてはなりません。内容が易しいことは、決して会のレベルを下げることではありません。むしろ、難しい内容を平易に説明することがもっとも価値のあることで、レベルの高いことなのです。ある程度高度な内容と、比較的易しい話題とを併せもつことで、このセミナーが、今後も、流星に初めて興味をもち、これから流星についての勉強をしていこうという人に役立つ集まりになってほしいと私は期待しています。50回目の開催となりました流星物理セミナーへの感謝とともに、参加者の一人として、感想を述べさせていただきました。

MSS ことはじめ

小笠原雅弘

MSSって何？ はじめのころずいぶん分間かれたことを覚えている。
「流星物理セミナー のことだよ。」
「何でMSSなの？」
「Meteor Science Seminar の略だよ」

”流星科学セミナー” ではどうも語呂が悪いし、流星の物理現象を勉強する会なのだから「流星物理セミナー」にしようと思った。

10年も昔のこと。ただし、ここまでは表向きの話。

本当のことを告白せねばならない。私、小笠原と、寺田、重野の三人は、1978年3月無事大学を卒業した。（もう少し残っていた人もいたが、とにかくOBになってしまった）と同時に、かの大天連も卒業と相なった。さて卒業はしたものの、どうも自分らの行き場がない。いってみれば無所属のようなものである。

そこで悪知恵を働かせた奴がいて、勝手に団体をつくってしまって、あとから形をつけたのがこのMSSこと流星物理セミナーである。

したがって会則もなければ会費もなし、一体だれがメンバーでいつやるかも不明。ただ日を決めて集り、勝手に発表して、勝手にかかっただけの費用を集めてゆくというとんでもないスタイルの会が生れた。

まあ、つくった本人達も、こんな調子だから2~3回もやれば上々かなと思っていたが、それが10年、50回も続き、のべ1600名もの参加者を集めることになろうとは、世の中わからないものである。

逆に考えてみれば、このいいかげんさが長続きの秘訣だったのかもしれない。

このようにして生れたMSSであったが、そのなかで生れたものは実にみのり多いものだったと思う。

最初の会合、1978年10月8日には、長沢先生のスペクトル概論、P. M. MillmanのMeteor Spectra論文講読、小笠原の大天連で撮影された6個のスペクトル紹介、木村直人氏（五島ブラネタリウム）のOrion群放射線の広がり、などの発表が行なわれた。

流星スペクトルの撮影が1977年のふたご群を期に可視光だけでなく、HSIRを用いて近赤外部でも成功するようになったことを受けて、さかんに研究が行なわれ、流星スペクトルで卒業論文を書く人もでた。

軌道計算も、当初の大型計算機によるものから、パソコンで実行できるもの、多点観測を処理できるものなどさまざまなものが開発され、膨大なデータ解析がされてきた。

変わったところでは、隕石落下シミュレーションや、現在までも尾をひいている永続痕は何物だという議論、豆まき現象の話などがあげられよう。

最後になるが、この10年にわたるMSSを支えたものは何であろう。そこに集った人達の熱意はもちろんだが、やはり、長沢先生の存在に負うところが大きいと思う。

ともすれば、あちこち向いてしまうベクトルをひとつの方向へ収束させてもらったことで、ここまで来れたのではないだろうか。

ここ10年間の長沢先生の御指導に感謝し、さらにこれから10年間もよろしくとお願いして、本文を終わりたい。

1989年4月25日 記

1970年1月3/4日の四分儀座流星群、これが私にとって流星に関する重要なインプリンティングだったと思います。七輪でモチを焼きながら、キャノンのハーフサイズカメラを北斗七星に向けて、ただ観望するだけの体験でしたが、後にこのときの記憶が大きな意味を持つことになります。

そして1974年12月8日の大学天文連盟研究発表会が、流星研究に関する起源になりました。今ではその場でどの様な研究発表があったのか、すっかり忘れてしまいましたが、ただ全体として格調が高く、感動に近いものがあったことを覚えています。この時から、自分も何かこの場で発表できる様な研究をしてみたいと思う様になりました。

ちょうどその年の双子座流星群で、明大天文部として初めての流星写真観測に成功し、多くの単一流星が得られました。そして次の年の春休みはこれの処理に当てることとなります。部室に保存されていた天文雑誌を全てひっくり返し、とうとう見つけたのが、「杉浦忠機：流星写真の整理法」(天文と気象1970.5)でした。その後しばらくの間は輻射点計算に熱中していました。1978年からは豆まき現象についての研究を始め、輻射点計算も含めてコンピュータを使用し始めたのはこの時期からです。

研究発表も何度か行い、大学の天文部も卒業となりましたが、なんらかの形でこの研究が続けられないものか、そして後輩達に引き継いで行くことはできないものかと考える様になりました。こうして流星物理セミナーの発足へと進んでいきます。

1978年7月9日、関東写真ネットワークの集会で理大から軌道計算プログラムのリストを3000円で購入しました。これを明大計算センターにあるFACOM230-38に移植することにしたのです。8月29日、プログラムの説明を受けるため、理大に於て寺田充氏と会い、この日の夕方入った神楽坂のソバ屋で彼の口から出たのが、何かやろうということだったのです。そして小笠原氏も何かやろうと言っているとのことで、奇しくも同期の3人が、偶然にも考えが一致したわけです。

9月15日、調布にある小笠原氏のアパートに集い、研究会の結成について話合いが行われ、10月8日には、第1回流星物理セミナーの開催となりました。発足当初は、この様な研究会はいつまで続けられるのか、すぐネタ切れになるのではないかと不安がありましたが、次々と新しいテーマが生みだされ、とうとう50回を数えるに至りました。私自身も、流星物理セミナーに参加する中で、幾つかの新しいテーマを見つけだし、成果を出すことができました。

表1に私の流星研究年表を示しますが、いろいろなことをやって来たものだと思います。そしてまだそれが続いているわけですから、流星物理セミナーとその仲間たちの存在に感謝しなければなりません。

流星を観測、研究する多くの人達にとって、この流星物理セミナーが、これからも大きな意味を持ち続けてくれる様に願って行きたいと思います。

表1、流星研究年表

- 1975~79 写真流星を使用した単一流星からの輻射点計算、その広がり
- 78~79 自動流星カメラ用インターバルタイマーの製作
- 78~80 流星の豆まき現象について
- 81~82 明るい流星のみによる群流星の光度関数
- 82~83 比較星測定方法の比較
- 83 同時流星判定のための簡易実経路計算
- 84~85 空中写真と三角点を使った経緯度の高精度測定法
- 85~ 歪曲収差補正の実際例(写真、ビデオ)
- 85~ 水晶制御DC/ACインバータの製作
- 86~ オーストラリア遠征観測
- 87~88 流星写真観測作戦ハンドブック、
1988年5月上旬のオーストラリアの天気
- 88~ 四連カメラの製作
- 88~ キヤノンT-70を利用した全自動流星カメラの製作
- 88~ ZHR指数 η

初めてMSSに顔をだしたのは、高校1年・15歳の夏でした。 当時は1年に6回、二ヶ月ごとに集まっていたのです。 とにかく毎回出席することを目標にかよっていたのです。 あるとき、文献講読の時間がおもしろくない、と当時幹事だった小笠原氏に文句をいいたら次回の当番に当てられてしまいました。 それどころか、結婚して幹事をしりぞいた小笠原氏の後任になってしまったのだからひどいものです。 わたしも結婚するのをチャンスに引退したいのですが、まずは相手をさがすのが先決です。 (大西)

50回のMSSを振り返ってみると、私はどちらかというと「話す側」より、「聞く側」の方が多かったと思います。聞くためだけに参加したとしても、毎回、最新の流星研究や観測の状況をフォローできるので大きなメリットがあり、話題に取り残されずに済んでいるような気がします。

MSSが50回目を迎え、持回り幹事を初期から担当していた私としては、「感無量」とか「感慨深い」といった感情を持つのが一般的かと思います。KPMのときも10年目を迎えて、「10年もよく続いたなあ」などと感慨深かったものです。ところがMSSに関して、そのような感情があまりありません。このような差異は、何に起因するかを偏見に満ちた考えをしてみました。

KPMのような組織は、中心的な人たちの負担はかなり大きいものがあります。会を存続させる努力をしなければなりません。このような会では、中心的な人が負担に耐えられなくなると、一気に重力崩壊してしまうのではないかと思います。

一方、MSSでは、会を存続させるための努力などなく、持回り幹事は、とりわけ大し

たこともしないで、ここまで継続しました。

MSSは、一部の人の努力によって存続させられているものではなく、多分多くの人の希望によって、なんとなく自然に50回続いてしまったという感じがしています。このような会ですから、きっと今後も継続されると思っています。

MSS発足当時、外堀だった飯田橋駅の北側に高層ビルがたち、神楽坂の交差点にマクドナルドができ、サンがカレスパとともに無くなり、軽い心のイタリア風雑炊がマイアミのココアになり. . . 。周りりはずいぶん変わったけど、50回のうち48回も会場を確保してくれた理科大神楽の現役の方々、ありがとう。これからも、よろしくお願いします。

寺田 充

MSS 活動状況

	開催日	発表件数	参加人数				
1	78.10.8	5	16	26	5.8	4	44
2	79.2.12	6	40	27	7.3	6	45
3	4.15	4	20	28	10.2	2	41
4	6.24	4	33	29	12.18	7	45
5	9.9	3	34	30	84.3.11	2	32
6	11.11	6	35	31	5.13	1	30
7	80.1.20	6	18	32	7.22	4	30
8	3.16	8	37	33	9.30	2	33
9	5.18	7	30	34	12.9	5	31
10	7.13	7	35	35	85.3.17	2	20
11	9.28	7	50	36	6.2	4	40
12	11.16	7	35	37	9.1	2	28
13	81.1.18	3	?	38	12.22	5	30
14	3.29	6	40	39	86.4.20	3	32
15	5.17	8	63	40	7.6	4	?
16	7.19	7	20	41	10.5	4	29
17	9.6	8	32	42	87.1.11	6	24
18	11.1	7	36	43	4.19	3	20
19	82.1.15	6	37	44	7.5	6	31
20	3.21	4	26	45	10.4	5	18
21	5.16	4	45	46	88.1.10	1	17
22	7.11	4	47	47	4.17	7	21
23	10.3	7	41	48	7.3	4	38
24	83.1.9	8	50	49	10.16	7	25
25	3.8	6	36	50	89.4.23	6	32

分類	発表件数	発表者	発表件数		
軌道計算	36	長沢	38	田口	5
測定・解析法	34	小笠原	28	保科	3
スペクトル	22	重野	27	鈴木和	2
観測機器	21	大西	16	菊地	2
彗星関連	19	長谷川均	12	富岡	2
観測痕	20	白川	10	小林	2
	16	大塚	11	河越	2
落下シミュレ	14	寺田充	8	高梨	2
星間物質	14	落合	7		
質量分布	13	渡辺美	8		
輻射点	12	寺田博	6		
FM・電波	7	戸田	6		
豆まき	6	佐々木	6		
質量・発光	6	木村直	5		
密度	5	二見	5		
構造	4				

1. 小笠原雅弘: 電卓利用による軌道計算 (T1-59, 日心軌道まで), <2>
2. 寺田・村中: 多点観測による流星経路の決定 (ある1つの切断点位置と正確輻射点方向の決定), <4>
3. 木村直人: 流星軌道計算における緯度・高度の決定について (従来より収束の良い方法), <5>
4. 木村直人: 多点観測による流星経路の決定 (視輻射点と地球重心を含む平面で運動), <8>
5. 落合孝志: 79/12/15 - 8 mag 火星軌道 (数枚撮影, 19 km/sec), <9>
6. 落合孝志: 散在流星の軌道計算結果 (25個, ハーバードリストと比較, $a-e$ ダイアグラム, 出現高度分布), 11
7. 寺田亮: 流星の速度の指数関数近似 (大気中の速度 $v = a + be^{ct}$, 最小2乗逐次近似), <12>
8. 落合孝志: 散在流星の軌道計算結果 2 (11個, 小流星群, おし座尾部 RP の小惑星群), <12>
9. 長沢工: 流星の軌道要素とその分散 (輻射点 → 流星進行方向 → 速度 → 軌道要素の各分散), <13>
10. 長沢工: 大気の抵抗による流星軌道のずれ (地球引力と大気抵抗の解析, 速度ずれ大, 進行方向ずれ小), <14>
11. 落合孝志: 主要流星群の平均軌道 (Qua, Per, Ori, Gem 他) の軌道統計, <14>
12. 長沢工: 大気による流星速度の変化 (<14> a 内容を学会報告), <15>
13. 長沢工: 本初軌道における流星の位置, 速度 (厳密な天頂引力・大気減速補正), <16>
14. 落合孝志: マシンを利用した軌道計算 (日立 8KB, 対地軌道), <18>
15. 寺田博: おがみ群 流星の軌道計算結果 (1982.5.5 田峰 vs 越山), 22
16. 保科顕一: シャッターアパレーションについて (相対誤差は 1% 未満と小さい), 23
17. 寺田博: Ori 群同時流星軌道計算結果 (1982.10.23 日大文理 vs 電通大), 24
18. " : IRAS-ARAKI-ALCOCK 彗星の伴う流星群 (極大時刻・出現確率), 27
19. 寺田亮: 大気の抵抗による流星の速度変化について (ルンゲクッタでシミュレート), 27
20. 文献 J. Jones: On the period of the Geminid meteor stream, 29
21. 文献 D.W.R. McKinley: METEOR SCIENCE AND ENGINEERING (流星群と母彗星), 28
22. 重野好孝: 同時流星判定のための簡易実経路計算, 29
23. 保科顕一: 軌道計算の精度 (実際例), 29
24. 寺田博: パソコンによる流星の軌道計算 (パソコン版プログラムができた), 29
25. 保科顕一: 理大における軌道計算の現状と未来 (今後の予定), 29
26. 白川健一: 質の高い軌道計算結果の蓄積と活用, 41
27. " : 単純放出モデル (母天体からのダストの放出を仮定し軌道をシミュレート), 41
28. " : 軌道計算ファイルの標準化について (ファイル構造を同じにして流通をはかる), 42
29. 大西洋: 4 Aqr, Ori 軌道要素の補足 (種々の軌道計算結果の表), 44
30. 大塚重野: 1985.7.29 の Per 群同時流星 (観測と結果), 47
31. 浦崎重野・戸田: 流星写真観測作戦ハンドブック (精度と効率のよい同時流星観測布陣のシミュレート), 48
32. 長沢工: 簡単な流星の軌道計算 (輻射点, 速度, 太陽筋経だけから軌道要素を出す), 49
33. 寺田博: 彗星軌道からの流星群の輻射点 (彗星軌道が地球軌道面と交差する点), 27
34. 大塚勝仁: Orbits of Minor Shower Meteors (72個の小流星群の軌道要素), 50
35. 日高英治: 流星軌道計算における大気減速補正についての一考察 (種々の大気減速補正の比較), 50
36. 長沢工: 軌道計算に都合のよい流星観測方向 (速度と位置の決定精度の高い観測方向とは), 50

1. 小笠原雅弘: 流星写真測光1 (特性曲線, 大気吸収, 分光特性, 等補正の問題), <5>
2. 重野好彦: 誤差について (正規分布, χ 分布, 標準偏差, 95%信頼限界等誤差の表現法), <10>
3. 小笠原雅弘: 流星写真測光2 (H-D特性曲線 → 見かけの等級 → 絶対等級 → 測光質量), <13>
4. 大西洋: 引伸機による位置測定 (方眼シートによる印画紙のマスキング, 確率誤差 28"), <17>
5. 長沢工: 誤差楕円の計算法 (分散・共分散・固有方程式; 具体例), <20>
6. 重野好彦: 流星写真位置測定方法間の比較 (コンプレタ・グラフ用紙投影・フツキ・方眼シートマスク法), <21>
7. 大西洋: 引伸法における歪曲収差 (マイコン, 歪曲収差描画), <21>
8. 河越彰彦: 眼視観測の問題点 (経路記入をアラベリックで練習した), 23
9. 小笠原雅弘: 流星の写真測光4 (比較星用にSAO星表は精度が悪い), 25
10. 大西洋: HRの見積りについて (1時間より短い観測からのHR推定), 27
11. 長沢工: 流星の出現数, 観測数と修正係数 F_1 , 28
12. 重野好彦: 流星写真測定における比較星の取り扱い (比較星を片よつとると誤差を生む), 29
13. 長沢工: モデルによる流星数の推定 (観測データが真の流星数を求めるには確率の考えを導入), 32
14. 重野, 戸田: 観測地緯度, 経度測定の精度について ($1/25000$ 地形図と空中写真を比較し, 標準偏差は 22m), 33
15. 佐々木道治: Per群の極大についての考察 (正規分布の上りと下りの傾きを変えた式をあげはめる), 34
16. 文献 J. Zvolankova: DEPENDENCE OF THE OBSERVED RATE OF METEORS ON THE ZENITH DISTANCE OF THE RADIANT (Per群, 9年間, 17000個の眼視流星を使い, $\cos^2 z \alpha \tau = 1.47 \pm 0.11$), 35
17. 重野好彦: 歪曲収差補正の実際例 (補正により精度が向上), 36
18. 重野, 戸田: 空中写真と三角点を使った観測地経緯度の高精度測定法 (1~2mの精度で位置決定可能), 36
19. 大西洋: On Multi Counter Observation (多重計数による真の流星数は天候, 光度比の影響を大きく受ける), 36
20. 長沢工: 流星観測データの分点変更の手法 (1950.0 → 2000.0の手法), 38
21. 白川健一: KPM BBS 利用の手引 (メディア紹介), 43
22. " : 天文計算ライブラリー (時刻系, 分点変換などのライブラリー紹介), 44
23. " : KPM BBS の現状, 44
24. " : 流星角速度観測装置 (4本の異なる角度のスリットを使い, 流星通過パルスを検出), 44
25. 長沢工: 天頂修正係数の新提案 (新しい理論により $\cos^2 z$ の $\tau = 2$ を提案), 45
26. " : 流星軌道の極位置と χ の分散の計算 (比較星の分散, 大円極の分散), 46
27. 重野好彦: 写真流星報告用紙について, 47
28. 高梨雅彰: パソコン通信, 「PC-VAN」の紹介 (瀬戸内ネットの活動他), 47
29. 渡辺美和: 眼視観測による流星の光度認識モデルの検討 (1) (光度認識誤差のシミュレーション), 47
30. 白川健一: KPM BBS の現状, 49
31. 重野好彦: みずがみ座の流星群の観測から求めた Z HR係数 τ (観測結果より $\tau = 1.7$), 49
32. " : " 輻射点高度表 (東京と Mt. Isa での輻射点高度表), 50
33. " : II & TV 観測と歪曲収差 (一般に II の精度は $100 \sim 200''$, トライクは $10 \sim 20''$), 50
34. 渡辺美和: 眼視観測で得られた輻射点の軌道 (輻射点データから軌道に拡張してみた), 50

1. 長沢工: スペクトル概論 (分子回転, 原子間振動, 電子励起), <1>
2. 文献 Millman: Meteor Spectra Solar System, <1>
3. 小笠原雅弘: Spectroscopic Identifications of 6 Shower Meteors (AUU 6個のスペクトル紹介), <1>
4. 鈴木文二 (東京学芸大): 流星スペクトルの解析 (45°N 135°E 4連, 77 Gem で 6個), <2>
5. 小笠原雅弘: スカイ & テレスコ誌紹介 (79.1号, 105mm F0.75 TV, 格子300本/mm, 74 Gem 1300個/4夜), 3
6. 文献 K.Nagasawa: Analysis of the Spectra of Leo Meteors 及び解説 (熱平衡理論, 輝線強度算出), <5>
7. 徳永健: 流星スペクトル (79/12/15の観測, 可視 Fe I · Mg I · Ca II · Na I, 赤外 O I · Ni I · Ca II), <7>
8. 今井二見: " (79/11/19 " , 輝線34本, Fe I有効励起温度3108°K), <7>
10. 寺田亮: スカイ & テレスコ誌干エコ流星スペクトルの紹介 (81.5号, 爆発時のCa増光), <15>
9. 文献 P.M. Millman: The chemical composition of cometary meteoroids (流星スペクトル・地球外ガス・マイクロメータ残存物・E層中の大気イオンなどはC1コンドライトの組成に近い), <14>
11. 長沢工: 流星とこのスペクトル (太陽系小天体シンポ, 観測プロジェクト, 物質の起源・構造・組成), <16>
12. 文献 G.A. Harvey: Four Years of Meteor Spectra Patrol (さまざまなスペクトル, 太陽系創成のこの組成を知ることが出来る), <17>
13. 小笠原雅弘: Geminid Spectrum (80/12/14の3例, 輝線: 25 · 12 · 11本), <20>
14. 中島 (理大): 初等流星のスペクトル分析 (流星発光原理の簡単な説明), 22
15. 木田 (電通大): 分子分光学の基礎 (スペクトルの特徴, 発光メカニズム), 23
16. 小笠原雅弘: 最近の大気光観測から (Na, OH マイネンバント. 05577), 24
17. 鈴木文二: 流星スペクトルのシミュレーション (1°Vコントによる), 25
18. 小笠原雅弘: Air Radiation in Photographic Meteor Spectra (僅し流星から空気の発光 N, O, N₂ がみられた), 26
19. 佐々木道治: 田口観測 (1982.10.23 Ori) の4色分光写真のフォトメータ結果, 26
20. 文献 V.A. Bronshten: LUMINOSITIES AND SPECTRA OF METEORS (ほとんどの流星起源で大気の発光は3%以下), 33
21. 佐々木道治: 流星のスペクトル (1983.8.12 前田幸治撮影のそがの観測結果), 34
22. 栗原直樹 (信大): 高感度ネガカラーと赤外線カメラによる分類 (1985 Per をタイプ分け), 42

観測・解析機器

MSS分類

1. 富岡啓行(カヤの会): 自動流星カメラ(78秋より対角魚眼), 回転カメラ(痕継続時間), <2>
2. 重野好彦: 自動流星カメラ用インターバルタイマーの製作(タイマー全回路, 水晶制御, 5・10・20・30分), 6
3. 富岡啓行(カヤの会): 流星のTV観測(NHK・SITカメラ, 最微5 mag, 2個/2夜), <6>
4. 草野聡(FACOM): 3Dグラフィック(軌道図, ミニコン, フロッタ), <8>
5. 小林時美: タイムプリンター(ボタンを押す→出現時刻をプリント), <8>
6. 馬込伸貴(日本光学): ホログラフィック・グレーティング(原理, 作り方), <10>
7. 理大: 痕カメラ(フィルター: なし・054・058 同時で 05577 Å・Na5890 Å を区別), <10>
8. 鈴木重則: マイコンとホビーストの集い報告, <14>
9. 加藤隆之(NMS): Phase Locked Loop 回転シャッター(DCモーターの水晶PLL制御), <14>
10. パネルディスカッション: マイコン(長谷川均・鈴木重則・佐々木道治・木村直人・小笠原雅弘), <17>
11. 藤原邦義(鳥山工高): 流星のガイド撮影(振動カメラによる流星の尾の撮影), 23
12. 鈴木和博(豊川工高): 液晶板を利用した電子シャッターの開発, 24
13. 重野好彦: 四連を作りました, 32
14. 文献 渡辺美和訳: Double-Station Observations of 454 TV Meteors (ウエストホーリオ大の報告, 測定精度が
7 mag の流星まで観測可能), 37
15. 文献 大西洋 紹介: 454 TV METEORS の速報, 43
16. 重野好彦: インバタ 露取リセータ 製作記(製作日記), 45
17. 二見広志: 山北流星観測所参加へのおさそい, 45
18. 重野好彦: 四連カメラパンフレット(四連カメラを作ったら売ります), 48
19. 重野・戸田: キャンドク0を利用した全自動流星カメラの製作(赤道儀の自動指向機), 48
20. 重野好彦: 四連カメラ製作記, 49
21. " : 浜松製IIとケンコー防曇フィルターの紹介, 49

観測


MSS分類

1. 前田幸治(電通大): α Gem群の光度変化について(途中で減光するのは23%(79)-30%(80)), <15>
2. 大西洋: 1947 Per群(武蔵高校の古記録紹介), <16>
3. 丹羽雅彦(日流研): 新流星群の突発(81/08/30~09/02, δ Lyr 付近, HR5), <17>
4. 長谷川均: A Fireball in Jupiter's Atmosphere (Cook & Duxbury, Voyager 1, 64 km/sec, 1.17 sec, 11 kg), <19>
5. 文献 P.M. Millman & D.W.R. McKinley: Meteor velocities (流星観測速度の統計), <19>
6. " : Meteor heights (流星発光高度の統計, 明流星は暗流星より発光点は変らないが, 消滅点が低い), <20>
7. " : Meteor heights (電波流星発光高度の統計, 電波流星の高度は高い), <21>
8. 河越 落合: 1982.6.15/16 の突発群 (α 220, δ +30), 22
9. 落合孝志: ϵ Boo群の活動(ϵ Boo と π CrB の関係), 27
10. 岡本 柴崎(明大): 明大天文部 眼視観測の古記録(継続時間と速度のまとめ), 37
11. 大西洋: ショコゼニ群の出現をどう考えるか(種々資料の紹介), 38
12. 重野 戸田 大塚 白川: 同時流星写真観測オーストラリア遠征報告, 40
13. 高梨雅彰: 1987年の四分儀群速報, 42
14. 重野 戸田 寺田博 大西 柳田口: 同時流星写真観測オーストラリア遠征報告 MoAMA編, 44
15. 長沢工: 1987.9.11 火球におよ音(地震計の記録), 45
16. 大塚 田口: 1987.10.4 γ -D₁₁ 1^o -12 mag 火球の紹介, 47
17. 長沢工: 1988.2.29 空震による流星軌道, 47
18. 文献 長沢工 紹介: 電磁波火球(ソ連の電磁波火球の音の研究), 47
19. 大塚 勝仁: 1988.2.16 γ -D₁₁ 1^o -15 mag 火球の紹介, 48
20. " : 1988年度の海外観測関連文献紹介, 50

彗星関連

MSS分類

1. 長沢工: 流星物質の母彗星からの分離(分離に作用する力, 分離速度, 分離後の分布), <4>
2. 小笠原雅弘: 彗星と星間物質 第1回研究会報告(彗星の起源, アポロ・アモール型, 彗星回帰回数), <6>
3. 長沢工: 流星物質の母彗星からの分離(<4>の内容と同じで学会発表), <6>
4. 菊地祥一郎: 彗星核から放出されたダストの運動(ダストの放出速度: 100 m/s, 彗星核はよごれた雪ダルマ, ダストの運動方程式, マイコン・シミュレーション), <12>
5. 小笠原・菊地: Cometary Dust in the Type II Tails (Anti-Tail 中の $\beta \approx 0.002$ の粒子は流星にたどり着く), <12>
6. 文献 Z. Sekanina: Meteor streams in the making (大抵のものは彗星が離れたい, 粒子個数 \propto 直径⁻⁵), <12>
7. " : <12>の続き(太陽系に残る粒子直径限界: $d_{lim} = 2.4 (Q_{rp}/P) \cdot (Q/r_{em})$), <13>
8. 長谷川均: 物理的寿命から見た流星群母彗星(蒸発による消滅時間, Gem 群は 309 年), <17>
9. " : Comet Tempel-Tuttle & Leo Meteors (D.K. Yeomans, 摂動計算, 地球と Leo 彗星(流星)物質の位置関係), <20>
10. 文献 D.K. YEOMANS: Comet Tempel-Tuttle and the Leonid Meteors, 24, 25
11. 長谷川均: 彗星核からの dust の放出(放出可能ダスト直径のシミュレーション), 27
12. 小笠原雅弘: TRAJECTORIES OF THE HALLEY EXPLORERS (11L - の人工衛星観測), 39
13. 大西洋: Giacobini shower and comet Giacobini-Zinner (母彗星と流星の軌道要素の違い), 39
14. " : Encounters with Comet Halley (種々の外国文献紹介), 40
15. " : 11L - 彗星の化学(清水幹夫氏の文献紹介), 42
16. 大塚勝仁: グレグ・シエレルの彗星群関連他文献紹介, 42
17. " : P/Schwassmann-Wachmann 3 に伴う流星群(1990.5.22 に予報), 44
18. 長沢工: NTT 彗星とふたご座 ϵ 流星群(紹介), 45
19. 白川健一: 彗星の質量放出量と年齢(11L - 彗星から放出された質量の異なる粒子のフラックスを比較), 49

1. 討論: Fe, Na etc の励起 time は μsec だが痕は長時間発光している。痕のスペクトルを撮ろう, <3>
2. 文献 P.M. Millman: Survey of Observations of Meteor Trails (Meteor Wakes (fragmentationによる), Metastable Trains (酸素禁制遷移), Persistent Train (永続痕)), <7>
3. 討論: 流星痕について(痕とは何か。流星が消えてもまだ光って見えるもの: MSS 流定義), <7>
4. 二見広志: 夜天光と流星痕(夜天光 OI 5577 Å と痕の発光は同じでないが, 観測にはない(小笠原)), <8>
5. 文献 W.J. Baggaley: Sodium emission in persistent meteor trains (Na, O₃), <10>
6. 文献 D.W. Hughes: Persistent meteor trains (痕はきまった高さに出る: 85~90 km), <10>
7. 文献 G.S. Hawkins & W.E. Howard: Decay of light from a meteor train (痕の Decay (減衰) は 93 km で 0.2 mag/s, 83 と 102 km で 1.5 mag/s), <10>
8. 小笠原雅弘: 流星痕 (Na 5890 Å の濃度分布の max は 94 km で痕発光点と一致, O 5577 Å の濃度分布の max は 99 km で痕発光点とずれる), <10>
9. 田口泰雄: 痕の色の眼視観測及び4色写真撮影 (1982.10.27 Ori), 24
10. 佐々木道治: 痕のスペクトルが撮れた (1982.10.23 Ori 火球), 24
11. 高橋支穂 (日電): 流星痕の発光機構 (痕の色がオ₃ と Na と OH の可能性が強い), 24
12. 田口泰雄: 流星痕の色とカラーフィルムの再現性 (写真はオ₃ が眼視ではオ₃ と青が混った色に見える), 25
13. 鈴木邦彦 (野田): 痕の双眼鏡スナ干 (1982.10.23 の痕は見事なコイル状  だった), 25
14. 田口泰雄: 流星痕と永続痕の思いあたると (地球磁場により痕がコイル状になるのではないかと), 30
15. 文献 W.J. BAGGLEY: Sodium emission from long enduring meteor trains (Na を触媒とした連鎖反応を用いて発光を説明), 32
16. 大西洋: 化学反応としての永続痕 (化学反応による励起種の生成を考える), 32

隕石落下シミュレーション

MSS 分類

1. 長谷川均: 隕石落下シミュレーション, <8>
2. 長谷川均: " (隕石落下方程式, ルンゲ・クッタ法), <9>
3. 寺田亮: 流星の大気中の運動について(単体モデル, 大型計算機, 光度・速度変化), <9>
4. 長沢工: 微分方程式の数値解析についてのメモ(ルンゲ・クッタ, 計算誤差), <9>
5. 小笠原・長谷川: 金星と地球のクレータ形成(隕石落下, クレータ直径分布), <9>
6. 長谷川均: マイコンを使った隕石落下シミュレーションの実演(ロスト・シティのシミュレーション), <11>
7. 小笠原雅弘: 隕石落下シミュレーション(79/12/15 蘇火球の質量推定, 初2~300kg → 残数百g), <12>
8. 小笠原・長谷川: 隕石落下の条件(コンピュータ・シミュレーションより20km/s以上のものはほとんど燃えつきる), <15>
9. 小笠原雅弘: 流星のコンピュータ・シミュレーション(Per-Gem 流星現象の数値積分, Fragmentation の再現不能), <17>
10. 長沢工: 隕石落下の力学の問題点(隕石は大気摩擦でほとんどすり減る ↔ そんなことはない(隕石学者)), <18>
11. 小笠原雅弘: 隕石の大気中での摩擦(宇宙線生成²¹Ne測定, 大気外質量推定), <19>
12. 高増(東大地球研): 隕石落下シミュレーション(原理の説明), 25
13. 大西洋: 隕石落下シミュレーションにおける質量欠損の取り扱い, 31
14. 渡辺美和: 火星の流星はみえるか(シミュレーションより地球より経路長く, 発光消滅点共に高い), 42

1. 文献 R.B. Southworth: Dynamical Evolution of the Per & Ori (惑星摂動数値解析, 摂動以外の影響が大きい), <4>
2. 小笠原・寺田・長沢: 小惑星起源の流星 (77/12/14 の流星, アポロ・アモル型, Fe-Na中性線), <6>
3. 小笠原雅弘: 太陽系内小天体シミュレーションの紹介 (惑星空間塵, 流星, 隕石, 彗星, 小惑星, 衛星, リングダスト), 12
4. 寺田・二見・小林: 流星物質の空間密度について (Per軌道全質量推定: 1900億t), <17>
5. 長沢工: 惑星間固体物質研究会紹介 (小惑星・彗星・隕石・流星などの相互関係), <17>
6. 長谷川均: 流星はどこから来たか? (dustの進化), 22
7. 石崎昌春 (東大地球研): 惑星系の形成 (星間雲 → 微惑星 → 原始惑星), 23
8. 文献 G.W. WETHERILL: Which Fireballs are Meteorites? (アポロ・アモル天体の写真から隕石のものを探し出す), 26
9. 長谷川均: 短周期彗星からアポロ・アモル天体への進化 (双子座の母彗星に関し), 29
10. 長沢工: 散在流星数変化のモデル計算 (一様に空間に静止しているときとの出現シミュレーション), 34
11. 伊東秀高: モデルによる流星群 (彗星核から放出された流星物質かどの様な軌道になるか), 34
12. 大西洋: 群流星の空間分布に関するモデル, 35
13. 長沢工: 散在流星の出現数変化のまとめ, 36
14. 渡辺美和: 散在流星の年間変化 (1968~86の3919個の流星を使い解析), 39

質量分布・光度分布(関数)

MSS分類

1. 小笠原雅弘: 流星写真測光3 (Per・Gem群流星の写真等級と質量の関係), <14>
2. 文献 J.S.Dohnanyi: Current Evolution of Meteoroids (質量分布: 衝突・PR効果・擾動・輻射圧, 92-11-ネット: $N = 10^{-16.96} m^{-0.62}$), <15>
3. 日大天文研: 流星群の光度関数 (Per・Gem 他 の観測結果), <15>
4. 小笠原雅弘: Cumulative flux (<14> の光度 → 質量の関係から質量分布を求めた), <15>
5. 文献 H.Feching: Cosmic Dust in the Atmosphere & in the Interplanetary Space at 1 AU Today & in the Early Solar System (種々の観測から得られた広質量範囲の Cumulative flux), 16
6. 渡辺美和: Qua群の光度関数について (光度関数の信頼性を上げるために μ 等を使用した), <16>
7. 文献 Millman・Mckinley: Meteor in Solar System (光度関数, 面種比補正), <18>
8. 重野好彦・明大天文部: 明るい流星のみによる群流星の光度関数 (Per・Gem 10年, 経年変化, 観測者別), 18
9. 須藤正: 日大天文研光度関数の簡単な報告 (Gem, 3.55~2.29), <18>
10. 小笠原雅弘: Cumulative flux of the Prairie Data (<15> のデータに流星体の大気摩擦を考えた), 19
11. 長沢工: 真の光度関数と見かけの光度関数の関係 (明大に於き出現高度が同じなら見かけと真は同じ), 21
12. 重野好彦: 明るい流星のみによる群流星の光度関数 (第2報), 23
13. 府川正明 (明大): Cumulative flux (紹介), 26

輻射点

MSS分類

1. 木村直人: オリオン座流星群輻射点ととの広がり (77, 11個, weight・天頂力補正, $\sigma: 1.646$), <1>
2. 重野好彦: Per群輻射点観測結果 (75~78, 10観測, $\Delta\alpha: +3^\circ/\text{日}$, $\Delta\delta: \pm 0^\circ/\text{日}$, 広がり $\sigma: 0.8$), <3>
3. 木村直人: 流星群の輻射点移動 (77 Gem, 19個/4夜, $\Delta\alpha: +0.12/\text{日}$, $\Delta\delta: +0.08/\text{日}$, $\sigma: 0.416$), <4>
4. 長沢工: 二点写真観測によって決めた流星輻射点の精度 (誤差楕円, 分散・共分散), <11>
5. 小笠原雅弘: 主要流星群の真輻射点リスト (KPMデータ, Qua・Per・Gem の790ット), <18>
6. 大塚勝仁: 写真観測より求めた1985年シヨコゼニ群の輻射点, 17, 38
7. 長沢工: 東京天文台 SITカメラによるシヨコゼニ群輻射点 (1985.10.8/9 のSITカメラ写真), 38
8. NAGASAWA, KANDA: TV Observation of 1985 Giacobinid Meteor Shower (視輻射点 $\alpha 265.28 + 55.3$), 40
9. 佐々木道治: KPMリストにおけるGem群の真放射点の分布, 40
10. 長沢工: 不確かさのある2点を通る大円の極の不確かさの計算 (輻射点精度の計算), 41
11. 大塚勝仁: The theoretical Radiants of P/Giacobini-Zinner and the Draconids display of 1985 and 1988, 41
12. 長沢工: 流星輻射点の位置精度 (誤差楕円の求め方), 43

FM・電波

MSS分類

1. 小山泰三郎(星遊会): マイコン利用のFM流星観測(シグナルをマイコンのメモリーにストア), <22>
2. 鈴木和博・吉田孝次: FM観測で同定される流星の極限等級について(双眼鏡とFMで同定率50%, 最微等級9 mag), <15>
3. 金子弘生(東海大): 流星から電波が出ている(81/08/13 Per, 名大空電研, 100~1000Hz), <18>
4. 長沢工: 流星の電波散乱(電波散乱理論, 放送局と観測される流星との位置関係), <19>
5. 渡部(東大): 定時FROとその定量比較(毎日定時FM観測, 他観測点との相関がない), <19>
6. 白川健一: FROで観測する流星の分布(コンピュータによる視覚的シミュレーション), 38
7. 渡辺美和: FM電波観測による流星の位置決定(I)(アンテナ277°干渉計の原理を利用), 49

質量・発光現象

MSS分類

1. 長沢工: 流星の質量計算 (力学質量: $mdv = -\Gamma F P V^2$, 発光質量: $I = -\sum \frac{1}{2} m_p V^2$), <2>
2. " : 流星の明るさについてのメモ (星との比較, 眼視観測と写真観測, τ : 光力係数), <3>
3. " : 流星プラズマの拡散 ($P(r, t) = P_0 / 4\pi D t \cdot e^{-r^2/4Dt}$), <7>
4. " : 流星の光度変化 (発光エネルギー: 単位時間に摩擦する質量に比例), <8>
5. 佐々木道治: 1982.10.23 Ori 火球の写真観測, 24
6. 文献 Hapgood 他: Two-station television observations of Perseid meteors
(発光点は流星の大きさに無関係, 消滅点は大きい程低い), 30

豆まき

MSS分類

1. 重野好彦: 流星の豆まき現象について (フーリエ・スペクトル, ランダム・データの待ち時間), <2>
2. 大西洋: 群流星出現率の周期的変動について (ランダム現象の待ち時間, 周期性, 流星観測シミュレーション, 太陽風 カルマン渦), <11>
3. 須永勲 (群馬星の会): 流星の出現間隔について (χ^2 検定), <11>
4. 重野好彦: 流星の豆まき現象について 2 (χ^2 検定, 周期性, ランダムデータの豆まき現象の論証, 生活現象への当てはめ), <11>
5. 長谷川均: マイコンを使った豆まきの実演 (ランダム流星発生), <11>
6. 淡路健雄 (高宮学園): 流星の待ち時間における出現数の確率的考察, 23

密度

MSS分類

1. 小笠原雅弘: 彗星と小惑星の間の密度と相互関係(彗星・小惑星・隕石などの密度を通じた関係), <6>
2. 文献Z.Ceplecha: Meteoroid Populations & Orbits (P:3.7.2.1.1.0.0.6.0.2 の5種類の分類), 8
3. 小笠原 寺田: 流星の密度(剝光質量と力学質量との比較, 隕石・彗星起源), <9>
4. 文献Z.Ceplecha: <8>と同じ (Asteroidal: Oコンドライト・Cコンドライト, P:1 (Gem)~0.2 (Qua)), <9>
5. 小笠原雅弘: 流星の密度(太陽系小天体シンポ, KPMの6個, 高密度グループ, 低密度グループ), <16>

△

構造

MSS分類

1. 文献 F.Verniani: Structure & Fragmentation of Meteoroids (bulk density of 413 meteors, cometary origin), <6>
2. 小笠原雅弘: Fragmentation of the Meteor (空気分子の衝突により流星体から分離した小さなかけらは本体から遅れて尾を引く), <7>
3. 木村直人: 南極の隕石 (C-chondrite を指でつまむと簡単につぶれてくずれた), <16>
4. 渡辺美和: 流星物質モデルの製作 (1) (発泡スチロール製の模型), 40

解析法

隕石落下シミュレーション、豆まき現象や痕の理論についての議論が落ち着いた頃から解析法にかんする発表が増えはじめました。重箱のすみをつつくような話だとまゆをひそめるむきもありましたが、多くの新しい技術がここから育っていったのです。

先頭の4編は、フィルム整約と天球上の位置測定に関する研究、そのつぎは観測地点の経緯度決定法と簡易実経路計算法です。流星の日心軌道を精度よくきめるためには、その角速度を正しく決めなければなりません。これまでは回転シャッターの回転速度をどうやって一定にたもつか、という発想とはことなるユニークなアイデアが、そのつぎの論文にのっています。だれかやってみませんか。後半の4編は、眼視観測をまとめる場合に注意しなければいけない問題点を指摘しています。

引伸機による位置測定

——引伸機はコンパレーターを超えられるか——

○近年、マイコン・電卓等の計算機器の進歩・普及はめざましく、流星の軌道計算など比較的簡単にできるようになってきた。しかし、コンパレーター等測定機器の不足のため、我々アマチュアが実際に軌道を手にする機会は多くない。

長沢先生の「流星にむかう」の中には、次の一節がある。「コンパレーターのない場合は、フィルムを写真の引伸機にかけて方眼紙に投影し、比較星、中心星、未知点を方眼紙上に書き入れていく方法で、座標測定の代用にもすることもできる。もちろん、多少精度が落ちるのはやむをえない。」

そこで、実際にはどの位の精度になるのか実験してみた。

○計算方法 測定精度を求めると実験なので、比較星の視位置は比較的厳密に計算した。すなわち、バクバル星表からの (α, δ) に固有運動・歳差・章動・年周光行差・大気差の影響を考慮した。こうして求めた (α, δ) を標準座標 (ξ, η) に換算し、撮影レンズ・引伸レンズの歪曲収差を補正した補正測定座標 (X, Y) との対応を定める。次に、各比較星の (X_i, Y_i) から逆算して (α_i, δ_i) を求め、真の値 (α, δ) との誤差を調べる。なお、以上の計算は全てカシオのFX-502Pで行った。

○測定方法 方眼紙に直接投影して座標を読みとる、あるいは書き込む方法は、方眼紙の伸縮等の影響が大きいので、透明な1mm方眼をネガと共に半切

印画紙に焼き付けてみた。そして、ごきあがった
 (1mm方眼入り)ホジを×15ルーペで拡大して0.1mmまで
 読みとった。(引伸機:フジF690MF, 引伸レンズ
 : ILニッコール105mmF3.5, ネガキャリア:フジD935)
 ネガ: 1979.8.15/16 21h50m~59m 固定 A81付近
 f50mm タイムマーク 50m 10^s~30^s 比較星110ヶ。

○結果 110ヶの全比較星ホジの誤差(50%の確率誤
 差)Eは47"5であった。計算違いと思われる極端に
 誤差の大きいものを除くとE=28"1に改善された。
 コンパレーターによる測定では普通E=5"~20"なので
 これには及ばなかったものの、一応、満足すべき
 精度といえよう。

また、より実戦的な実験(写野の四半分を対象
 に、10ヶの比較星を撰び、その他の星の位置を計算
 してみる)ではE=44"2が得られた。

○今回の実験では、Eが30"前後という良好な結果
 を得たが、なにしろ、実験に用いたネガホ1枚き
 りであり、まだまだ追試ホ必要である。

また、引伸機による投影ホジ(x,y)を求める過程
 は、いろいろの工夫ホありうると思われる。

しかし、E≒30"という精度は一応のものである
 ホら、軌道計算その他の研究に、コンパレーターを持た
 ないアマチュアとしては、引伸機による位置測定を
 利用していくべきであろう。

○参考文献 「天文計算入門」 長谷川一郎 恒星社
 「天体の位置計算」 長沢 工 } 地人
 「流星にむかう」 " } 書館
 「流星の軌道計算」 木村直人 } コピ-版

1981年流星会議(於宇都宮) 武蔵高OB 大西 洋

星野写真位置測定方法間の比較

1982.5.16.日 21-MSS 重野好秀

1. はじめに

XYコンパレータ(測定顕微鏡)を使用しない星野写真の測定方法が幾つか行われているが、それら測定方法間の比較は大変手間がかかる上に比較そのものがあまり意味を持たないので今まで行われることがなかった。また流星写真の測定の場合には、流星が長さを持ったために測定範囲も広く、レンズの収差やフィルムのたわみの影響がかなり大ききいてくるため、測定誤差としては50%標準レンズの場合、標準偏差15~30"というがだいたいの目安となっている。そしてレンズ収差やフィルムたわみによる誤差が大きいならば、わざわざ手間と費用のかかる高精度測定をやらなくてもよいと考えることもできる。

そこで今回究極どの程度の高精度測定ができるかコンパレータにより測定を行い、それとの比較として4人の測定者にそれぞれ自分なりの測定方法を実践してもらった。測定に使用したフィルムは24%と55%の2種類のレンズでガイド撮影されたもので、また測定範囲はレンズ収差・フィルムたわみ等の影響が入らない様に、小さくフィルム上で3mm程度にとり、フィルム中心付近と周辺部分の2ヶ所を使った。以下にそれぞれの測定方法の特徴と測定結果について報告する。

2. 測定方法

a) コンパレータ法

測定フィルムをXY測定ステージの上に乗せ、低倍率の顕微鏡の十字線で星の中心に位置決めして、そのときのXY測定ステージのマイクロメータの値を読みとる方法。本測定の場合、三豊製作所製の測定範囲25×25mmのものを使用した。測定精度は30:5 μ m程度。(特徴:この方法はラチテードの広いネガをそのまま使用するので、収差のあるにじんだ星像であってもその中心部分に正確に位置決めすることができる。マイクロメータにより1/1000mmの測定ができる)

b) 重野測定法

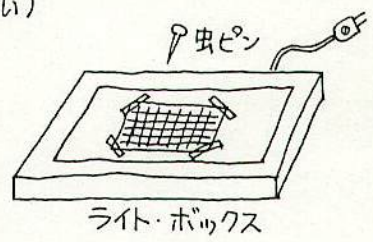
引き出し機のスタンドにスライド・プロジェクターを取り付け測定フィルムをクラフ用紙に投影する。(キャビン工業製のスライド・プロジェクターはフィルムをマウントしなくても投影できるキャリアが使用可能)次に投影された星のまわりを囲む様にシャープ・ペンシルで円を描く。



(ノハウ: シャープ・ペンシルは 0.3 mm 。一気に円を描かず、星を囲む $4\sim 6$ 角形を作る) 全ての測定対象に目印を付け終ったら、目印の位置を $10\times$ スケール・ルーペで $1/100\text{ mm}$ まで読み取る。(特徴: フィルムを引き伸ばしプリントする必要がないので、作業が大がかりにならない。少量の測定でもめんどうでない)

c) 落合測定法 (つつき法)

測定フィルムを引き伸ばしプリントし、ライト・ボックスの上にセロテープでとめる。そして虫ピンで比較星をつつく。



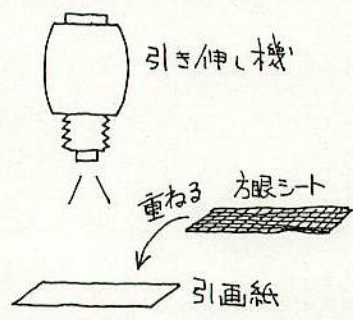
(これは省くときもある) 次に方眼トレシング・ペーパーを

これに重ねてセロテープでとめる。(ノハウ: このとき流星と方眼の軸を平行にしておく)

そして再び虫ピンでつつく。全ての測定対象をつつき終ったら、トレシング・ペーパーだけをライト・ボックスにとめ、ピン・ホルの位置を $5\times$ スケール・ルーペで $1/50\text{ mm}$ まで読み取る。(特徴: 天文雑誌等のフィルムが手に入らない流星写真もこの方法で測定できる)

d) 大西測定法 ¹⁾²⁾

方眼シートを引画紙に重ね測定フィルムを引き伸ばしプリントする。できたプリントからスケール・ルーペを使って測定対象の位置を $1/10\text{ mm}$ まで読みとる。(特徴: 測定位置をつつくなど間接的測定作業がないので、その分だけ高い精度が得られる。また引き伸ばしてしまえば測定はいつでもどこでも行える。よってサークルなどでの大量測定が容易である)



e) 保科測定法 ³⁾

だいたい大西測定法と同じである。本測定で違う点はネガキャリアが、大西測定法の場合は普通のものであるのに対して、保科測定法の場合はガラスの密着ネガキャリアを使用している。読みとりは $1/10\text{ mm}$ 。

3. 測定結果

表1~2 はそれぞれの測定方法別の標準偏差と比較星1つ1つの偏差である。測定誤差のところでは対星表とあるのは、比較星の赤道座標を中心星を使って標準座標に変換し、測定座標との関係(乾板定数)を求めた後、測定座標から逆算して得られた比較星の赤道座標と星表の赤道座標との距離(角度)である。また対コンパレータとあるのは、コンパレータ測定での比較星の位置を真値とした場合のそれぞれ4人の方法の偏差である。方法は上記乾板定数法⁴⁾と同様である。

表1. 24mm 撮影フィルム測定結果

測定方法	コパル-9		重野		落合		大西		保科	
引伸倍率	—		12.8×		10.9×		12.1×		13.3×	
測定誤差	対屋表	対コパル-9	対屋表	コパル-9	屋表	コパル-9	屋表	コパル-9	屋表	
標準偏差	21.3"	4.1 ^{μm}	36.2"	5.4	41.7	4.7	41.6	6.1	53.8	
比較星1	25.6	3.0	43.2	2.4	21.3	2.0	12.6	3.8	43.9	
2	10.7	1.7	23.5	3.8	32.4	3.7	24.5	3.7	38.4	
3	27.7	0.5	29.0	4.4	44.0	3.9	14.2	3.9	13.3	
4	8.1	2.2	19.4	2.6	24.6	1.9	8.5	4.7	33.8	
5	10.7	1.7	6.2	.	.	4.0	22.4	7.3	61.1	
6	12.3	3.8	18.8	7.1	55.8	4.9	45.7	.	.	
7	13.5	1.0	8.0	4.7	24.4	6.2	53.4	3.7	39.1	
8	8.4	7.1	60.7	2.1	20.9	4.2	32.0	4.2	39.6	
9	19.6	5.5	33.6	5.6	37.9	2.4	37.7	.	.	
10	25.8	1.5	16.8	4.7	28.5	4.1	56.8	.	.	
標準偏差	29.3	7.2	46.1	6.5	45.0	6.9	45.5	5.6	34.8	
比較星11	25.1	4.8	27.0	1.0	26.7	3.6	32.8	6.4	28.7	
12	14.8	5.6	30.8	2.3	30.0	3.6	31.0	4.2	24.8	
13	18.1	6.1	29.7	1.3	25.7	3.6	14.5	6.8	28.8	
14	7.0	0.9	1.6	5.0	28.8	5.2	32.1	4.4	25.6	
15	30.2	3.1	49.7	7.4	30.1	1.6	39.4	4.2	19.2	
16	
17	29.5	2.2	28.1	3.7	54.2	5.3	44.0	2.3	43.4	
18	27.7	11.2	63.7	8.8	38.4	9.3	37.6	.	.	
19	35.1	7.0	44.5	3.4	25.2	6.9	23.5	1.8	26.2	
20	11.7	5.5	30.2	7.6	55.5	7.7	60.8	2.8	14.4	

・フィルム上の比較星の位置

フィルム中心 — 比較星1~10の中心距離: 8.4 mm ($\alpha: 4^h 30^m, \delta: +20^\circ$)

" の広さ: 2.8 × 1.1 mm ($6.7^\circ \times 2.6^\circ$)

— 比較星11~20の中心距離: 14.9 mm ($\alpha: 4^h 10^m, \delta: +08^\circ$)

" の広さ: 2.6 × 0.9 mm ($6.2^\circ \times 2.2^\circ$)

・フィルム上の星野の縮尺: 1 mm = 2.39' 1 μm = 8.59"

・撮影データ: キヤノン 24mm F:2.8 20分露出 トライX ミクロフイン9.5分(20°C)

表2. 55% 撮影フィルム測定結果

測定方法	コンポラ			重野		落合		大西		保科	
引伸倍率	—			12.8x		10.4x		12.3x		12.4x	
測定誤差	対屋表	対コンポラ	対屋表	コンポラ	屋表	コンポラ	屋表	コンポラ	屋表	コンポラ	屋表
標準偏差	8.2	6.0	19.2	6.6	20.5	4.9	13.8	5.4	14.6		
比較星1	9.8	6.4	24.5	2.4	6.6	7.1	18.4	4.4	10.8		
2	6.1	5.5	20.0	1.6	2.7	7.4	25.4	4.6	7.8		
3	5.9	4.4	22.0	5.8	15.5	2.2	7.3				
4	9.3	2.0	1.9	5.4	11.4	4.3	6.6				
5	10.8	9.6	24.4	9.6	29.2	1.9	3.8	5.6	12.2		
6	4.9	6.9	20.9	2.1	2.7	1.4	0.8	4.8	10.3		
7	6.6	3.1	5.0	5.1	18.8	3.8	7.3				
8	3.8	0.6	2.0	4.4	17.9	3.2	8.5	2.8	10.0		
9	4.7	2.1	3.9	7.5	24.1	2.5	4.7	3.8	16.7		
10	0.9	1.4	4.5	5.8	20.4	2.4	9.4	1.4	6.7		
標準偏差	9.5	5.7	18.3	5.2	15.5	2.1	12.9	6.4	22.5		
比較星11	11.0	6.7	23.9	4.0	3.4	1.7	14.9	1.2	8.7		
12	3.4	3.1	13.5	3.1	12.2	1.1	3.3	1.1	6.3		
13	4.2	4.3	11.3	1.3	4.4	1.6	9.4	6.9	23.2		
14	7.2	5.5	14.0	8.9	24.7	1.2	9.6	3.6	15.6		
15	5.0	4.7	13.6	3.6	12.2	1.4	5.0	6.5	17.5		
16	15.4	1.1	11.7	2.0	10.2	1.4	20.1	2.4	16.7		
17	0.7	3.1	10.6	5.6	19.5	2.4	9.4	4.6	16.4		
18	3.6	2.7	7.1	1.9	4.1	1.9	4.4	5.7	22.7		
19	10.3	8.5	25.7	2.0	4.7	2.2	4.9	9.4	23.9		
20	7.4	3.1	10.5	5.3	14.4	1.8	14.0	6.1	26.9		

・フィルム上の比較星の位置

フィルム中心 — 比較星 1~10 の中心距離 : 0 mm ($\alpha: 0^h 08^m, \delta: +47^\circ$)

” の広さ : 3.7 x 2.3 mm (3.8 x 2.4)

— 比較星 11~20 の中心距離 : 14.9 mm ($\alpha: 0^h 54^m, \delta: +38^\circ$)

” の広さ : 3.6 x 2.8 mm (3.7 x 2.9)

・フィルム上の屋野の縮尺 : 1 mm = 1.04 μ m = 3.75

・撮影データ : アサヒペンタックス 55% F:1.8 4分露出 トライ× パンドール 12分 (20°C)

a) 24mm 撮影フィルムの測定結果 (表1)

1. 比較屋1~10の範囲

- 1) 4人の測定結果がコンパレータ測定に比べて1.70~2.53xの誤差を持っている。
- 2) コンパレータ測定の標準偏差21.3をフィルム上の縮尺に単純換算すると $1/8.5 \times 21.3 = 2.48$ ^{mm}。

2. 比較屋11~20の範囲

- 1) フィルムの周辺部分で特に収差がひどいため比較屋16を除外した。
- 2) 4人の測定結果がコンパレータ測定に比べて1.19~1.57xの誤差を持っている。

3. フィルム中程の誤差に比べて、周辺部分での誤差はコンパレータ:1.38x, 4人:

0.65~1.27xであり、コンパレータ測定での誤差の落ち込みが大きい。

b) 55mm 撮影フィルムの測定結果 (表2)

1. 比較屋1~10の範囲

- 1) 4人の測定結果がコンパレータ測定に比べて1.68~2.50xの誤差を持っている。
- 2) コンパレータ測定の標準偏差8.2をフィルム上の縮尺に単純換算すると $1/3.75 \times 8.2 = 2.19$ ^{mm}。

2. 比較屋11~20の範囲

- 1) 4人の測定結果がコンパレータ測定に比べて1.36~2.37xの誤差を持っている。

3. フィルム中央の誤差に比べて、周辺部分での誤差はコンパレータ:1.16x, 4人:

0.76~1.54xであり、コンパレータ測定での誤差の落ち込みはさほど大きくない。

c) コンパレータ測定は4人のどの測定よりも精度が高い。(1.19~2.53x)

d) 4人の測定間: 1) 24mm 測定では……めだた差は無い。

2) 55mm " ……大西測定法の精度が高い。

4. まとめ

- a) 全ての測定結果を比較し精度の高い順番に並べるとコンパレータ → 大西・保科 → 重野・落合 である。よって条件が許せばこの順番に測定法を選ぶ必要がある。
- b) コンパレータは最も精度が高いが、24mmでの周辺部分の様に屋像が悪ければ精度が落ちる。ところが4人の測定ではこれがさほどでもない。よってはじめにも書いたようにある程度測定範囲が広く、レンズ収差やフィルムたわみによる誤差が予想される場合には、無理に高精度測定をしなくてもよいと考えることもできる。例えば24mmレンズの場合で40"、55mmレンズの場合で20"以下の精度の測定しかできない様な写真の場合。
- c) 55mmレンズであってもフィルム中心部分の狭い範囲をコンパレータで測定すれば、標準偏差8.2の測定が行える。よって新屋や小惑星など点光源の位置測定には、できる限りコンパレータを使用したい。

5. 参考

a) 比較星数について……これはあくまでも著者の経験によるものだが、比較星数を多くすれば精度が良くなるとは限らないようである。比較星数を30個以上もとったとしても必ずと言っていい程、特に誤差の大きいものが幾つか含まれており、1つ1つ取り除いては計算を直ししたりするものである。それよりも10~10数個程度で星像の良い比較星をていねいに測定した方がはらつきの小さい測定ができる様である。

b) 計測目盛の目視十分割について 5) 封図の説明

図1よりちょうど目盛線上又は目盛線間の真中に指針が来た場合には分割精度もよきはらつきも小さいが、0.2~3及び0.7~8分割のところでは中央寄りに測定してしまう傾向にあることがわかる。よって計測目盛の目視十分割の際にはこの点に注意し、なるべくルーペを使って測定した方がよい。また測定はなるべく静かな環境で心を静めて行う必要がある。特にサークルなどで和気あいあいとして落ち着きのない測定は禁物である。

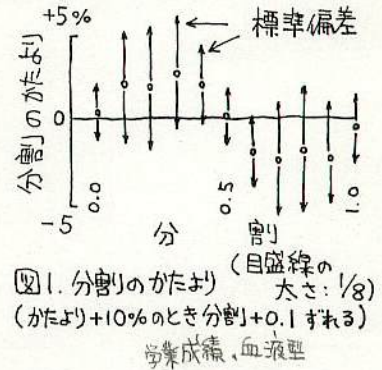


図1. 分割のかわり (目盛線の大きさは1/8) (かたより+10%のとき分割+0.1する) 学業成績、血液型

c) 著者の測定(重野測定法)では、引き伸ばしたグラフ用紙上での位置測定を目視による1/10 mm測定と10xステールルーペによる1/100 mm測定を行って比較をした。(24%データに於て)結果は標準偏差が目視: 65".5, 64".1 に対しルーペ: 36".2, 46".1 と誤差が1/1.81, 1/1.39xにわたった。

d) 中心星について……本報では一般に行われているように標準座標法により、赤道座標(α, δ)を標準座標(直行平面座標)に置き換えて測定座標(x, y)との関係を一次関数で求めている。よってフィルム中心の(α_0, δ_0)は必要であるが、(x_0, y_0)は必ずしも必要ではない。つまりフィルム中心に適当な星がない場合には適当に(α_0, δ_0)を決めてもかまわない。そして同様に(x, y)の原点が必ずしもフィルム中心にある必要はない。この場合乾板定数の定数項が変化するだけである。また中心星の位置については、著者の経験では、中心から2~3 mmずれても問題ないようである。 こは人によって意味の分れるところだが。

最後に大変手間のかかるフィルム測定まで下さった落合孝志、大西洋、保科顕一の各氏に感謝の意を表します。

参考資料 1) 大西洋: 引伸機による位置測定, 1981流星会議資料及びKPM会報No.3

2) 大西洋: マイクンと引伸機による天体の位置測定, 天文と気象(1982.5)

3) 保科顕一: 新測定法の実践, KPM会報No.5

4) 長沢工: 流星に向かう, 地人書館

5) 山口、岩崎、山本: 計測器目盛の目視十分割の精度評価(第2報), 昭56精機学会春委大会

眼視観測の問題点

——経路記入時の注意——

日本流星研究会 河越彰彦

§ 1 流星データ

去る4月25日、狭山市の中央児童館プラネタリウムにおいて、模擬流星を発生させて経路記入の練習をした。その時のデータを参加者のうち9人から提供していただいたので、その内容を調べてみた。

発生させた流星9個は、次のような特徴をもっていた。(No 2欠)

第1表 流星ごとの特徴

No	発光点	消滅点	光度	備考	\overline{wt}	天頂距離		経路長	
						z	z'		
1	2 6 7 + 5 2	2 4 9 + 3 6	3	中心→周辺	1.6	1 5	2 4	2 1	
3	2 9 6 + 3 6	2 9 0 + 4 9	2	北行 } 東行 } 等仰角 西行 }	2.0	1 4	1 3	1 4	
4	2 5 5 + 3 3	2 8 9 + 2 4	1			1.3	2 0	1 6	2 9
5	2 9 1 + 2 7	2 5 9 + 3 7	1			2.1	1 6	1 6	2 9
6	2 5 5 + 3 0	2 5 3 + 1 5	3	周辺→外	1.6	2 0	3 3	1 5	
7	2 7 3 + 2 0	2 5 9 + 1 1	3	中心→周辺	1.9	1 0	3 3	2 3	
8	2 8 0 + 4 0	2 6 6 + 5 2	0	中心	3.0	1	1 6	1 5	
9	2 6 7 + 7	2 9 2 + 1 7	2	外→周辺	1.7	3 3	2 5	2 6	
10	2 8 4 - 5	2 8 0 - 2 7	-1	外(南行)	2.1	4 4	6 6	2 2	

但し、視野中心を天頂とし、そこに α Lyr (α 279 δ + 39) をおいた。また、有効視野面積を直径 30° の円内とした。

§ 2 観測者ごとの誤差

練習時に各自が最少限とつたデータは経路記入だけである。背景の星座は固定させているので、 α , δ から簡単に A, H が出せる。また視野の中心も決まっているので、中心からの離角や、プロット流星と発生流星との位置の誤差 ($\Delta\alpha$, $\Delta\delta$) や方向の誤差 ($\Delta\theta = \varphi$) も調べることができた。

第2表 観測者ごとの観測誤差

Obs	発 $\Delta\alpha \pm \sigma$	発 $\Delta\delta \pm \sigma$	消 $\Delta\alpha \pm \sigma$	消 $\Delta\delta \pm \sigma$	長さ Δd	方向の誤差 ϕ
長沢	1.4 ± 6.2	-6.0 ± 8.8	5.0 ± 7.7	-2.2 ± 5.4	-3.9 ± 8.6	4.8 ± 13.4
指田	-3.1 ± 10.1	-1.2 ± 6.0	-1.4 ± 6.5	0.1 ± 3.3	0.8 ± 5.4	5.6 ± 21.2
山本	0.9 ± 9.7	-2.8 ± 5.2	1.2 ± 2.7	-0.7 ± 6.7	-5.7 ± 4.9	6.7 ± 17.4
落合	-1.7 ± 5.5	-3.2 ± 4.9	0.2 ± 5.4	0.8 ± 5.6	-3.8 ± 6.5	-0.6 ± 6.2
渡辺	-1.5 ± 3.6	-1.8 ± 6.4	0.5 ± 4.3	0.3 ± 4.6	-2.8 ± 4.9	-7.8 ± 11.9
丹羽	-1.9 ± 4.4	-3.0 ± 4.9	1.7 ± 10.2	0.1 ± 5.7	-1.0 ± 6.7	5.6 ± 17.5
庄司	-1.9 ± 9.4	-1.1 ± 6.4	-1.3 ± 10.8	0.6 ± 4.9	1.8 ± 6.6	13.0 ± 23.8
斉藤	3.3 ± 8.7	-5.2 ± 10.4	7.1 ± 9.3	-4.2 ± 11.0	-0.6 ± 12.0	8.0 ± 8.3
河越	2.3 ± 3.6	-0.9 ± 4.4	3.8 ± 3.0	0 ± 2.9	-1.0 ± 4.2	3.4 ± 12.0

§ 3 視野中心からの離角と位置の誤差の関係

- ★ 視野中心付近の流星は誤差が少ない。
- ★ 中心から遠ざかる流星は一般に消滅点誤差が少ない。
- ★ 離角一定のものは誤差が大きい。 → ^{天頂距離一定} 東西、西東に流れる流星。
- ★ 視野外の流星でも、明るく、わかりやすい配列の星の近くを通ると誤差が少ない。

§ 4 視野中心からの離角と方向誤差の関係

- ★ 視野中心付近の流星は誤差が少ない。
- ★ 離角一定のものは誤差が少ない。
- ★ 視野外の流星でも、明るく、わかりやすい配列の星の近くを、視野の縦断方向に飛んだものは誤差が少ない。

§ 5 その他の傾向とまとめ

- ★ 誤差（位置・方向）が小さいのは
視野中心付近に出た明るい流星で、しかも、わかりやすい星座内を縦断方向（頭↔鼻）に飛んだ場合。視野外のものにも、誤差の小さいものもある。
- ★ 誤差（位置・方向）が大きいのは
視野中心から離れるほど誤差が大きくなるが、横断方向（離角一定）に飛ぶ場合。
また、わかりにくい星座ほど精度悪。
- ★ 経路の長さや位置・方向の誤差の間には、強い関係はないようだ。むしろ、経路の長さより、離角と飛行方向と、背景の星座で決まる。
- ★ この他、角速度にも関係があるかもしれない。

今回「双子座」←Sua角速度



H.R. の見積りについて

大西 洋

1時間より短い観測。(例えば30分)から、H.R. (hourly rate) を推定する場合の問題を考えてみる。

事象 A_n : 1時間に流星が n 個出現する。 \Leftrightarrow H.R. が n である。

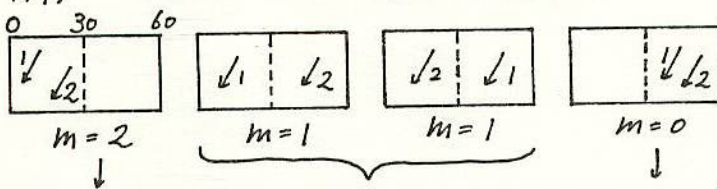
事象 B_m : 30分間の観測で m 個を確認した。

B_m が実現した条件のもとで A_n が実現する条件付き確率 $P_{B_m}(A_n)$ を求める。

$$P_{B_m}(A_n) = \frac{P(B_m \cap A_n)}{P(B_m)} = \frac{P(A_n \cap B_m)}{P(B_m)} = \frac{P_{A_n}(B_m) \cdot P(A_n)}{P(B_m)} = \frac{P(A_n)}{P(B_m)} P_{A_n}(B_m)$$

$\left\{ \begin{array}{l} P(A_n) \text{ は } n \text{ に対して一定} \\ P(B_m) \text{ は } m \text{ に対して一定} \end{array} \right.$ を仮定 $\therefore P_{B_m}(A_n) = k \cdot P_{A_n}(B_m)$

例) $n=2$ (はじめの30分間観測)



$$P_{A_2}(B_2) = \frac{1}{4} \quad P_{A_2}(B_1) = \frac{2}{4} \quad P_{A_2}(B_0) = \frac{1}{4}$$

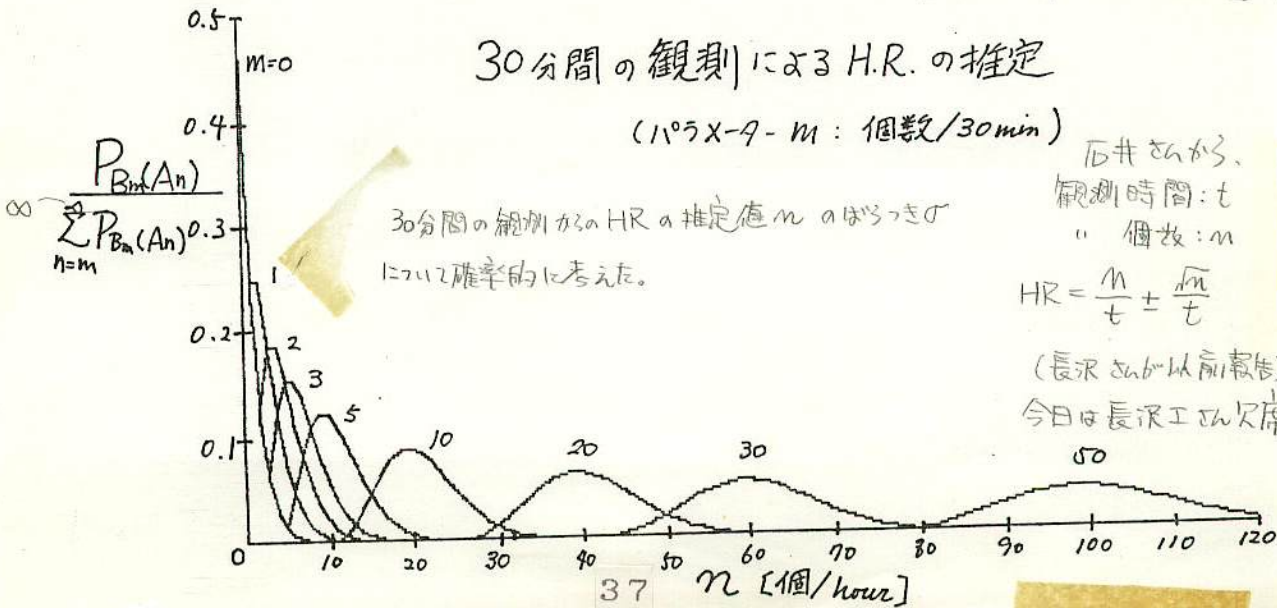
一般に $P_{A_n}(B_m) = \frac{n C_m}{2^n} = \frac{n!}{2^n \cdot (n-m)! \cdot m!}$

推定値 n のはらつき

m	σ	σ /最確値
1	2.24	(111.80%)
2	3.46	(86.60%)
3	4.58	(76.38%)
4	5.66	(70.71%)
5	6.71	(67.08%)
10	8.25	(41.23%)
20	10.54	(26.34%)
30	13.19	(21.98%)
40	16.03	(20.04%)
50	18.97	(18.97%)
60	21.98	(18.31%)
70	25.02	(17.87%)

30分間の観測によるH.R.の推定

(1975X-9-m: 個数/30min)



30分間の観測からH.R.の推定値 n のはらつき σ について確率的に考えた。

石井さんから、
観測時間: t
" 個数: m

$$HR = \frac{m}{t} \pm \frac{\sqrt{m}}{t}$$

(長沢さん以前報告)

今日は長沢さんの欠席

流星写真測定に於る比較星の取り扱いについて

重野好孝

1. はじめに 流星写真測定時に比較星の中に特に誤差の大きなもの(異常な比較星)が含まれる場合、それを取り除いて計算し直すことがある。本報ではこれについて考察を行った。

2. 順次取り除き計算プログラム 異常な比較星が1つだけのときは、その誤差の大きさが、他の正常な比較星に比べて特筆して大きいのが発見が簡単である。しかし、2つ以上ある場合には、それらに引張られて乾板定数が大きく変化し、全ての比較星の誤差が非常に大きくなってしまい、どれとどれが異常な比較星か判断ができない。このような状態から異常な比較星を発見するためには、全比較星を1, 2, 3, ... 個づつ、順次全ての組み合わせで取り除いては、乾板定数を計算し直す方法が考えられる。

表1は、これを行った結果である。7番の誤差が非常に大きく、次いで4番が大きいとわかる。

12345678910	SD	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	比較星番号
0000000000	107.0	39.0	21.4	22.5	24.2	60.1	80.9	229.9	100.5	61.5	16.0	
1000000000	113.8	0.0	39.5	32.5	24.8	66.8	89.3	224.1	97.1	47.7	7.0	
0100000000	115.2	47.8	0.0	30.1	23.9	58.7	82.9	226.8	101.3	60.3	12.5	
0010000000	115.2	44.1	29.4	0.0	25.0	54.1	80.2	227.9	102.3	64.5	14.2	
0001000000	115.1	39.2	21.1	23.3	0.0	58.3	79.7	230.1	100.7	61.9	16.4	
0000100000	111.2	58.1	16.8	7.2	29.5	0.0	106.4	216.3	100.7	44.2	15.4	
0000010000	108.6	58.1	29.5	19.7	23.1	89.7	0.0	197.8	118.9	64.9	20.4	
0000001000	21.1	8.9	19.5	6.4	28.9	14.9	15.9	0.0	21.1	8.3	18.8	
0000000100	105.8	31.8	24.6	30.1	24.8	60.3	101.2	198.9	0.0	97.2	32.9	
0000000010	111.0	16.0	17.4	32.1	27.0	42.5	83.9	211.7	128.7	0.0	36.9	
0000000001	115.4	36.9	19.3	21.5	24.4	60.0	81.6	228.4	102.7	65.1	0.0	
1100000000	122.3	0.0	0.0	55.7	0.0	29.1	66.9	98.7	213.7	97.1	37.5	
1010000000	123.4	0.0	0.0	55.7	0.0	28.9	58.8	89.7	219.9	99.2	49.5	
1001000000	124.0	0.0	0.0	40.5	34.4	0.0	64.2	87.8	224.4	97.2	48.3	
1000100000	118.2	0.0	0.0	39.6	14.1	29.0	0.0	121.5	206.6	96.1	23.3	
1000010000	114.4	0.0	0.0	58.1	33.7	22.1	104.5	0.0	184.0	116.6	46.0	
1000001000	22.6	0.0	0.0	18.1	8.2	28.9	16.3	13.3	0.0	21.0	0.0	
1000000100	114.3	0.0	0.0	38.0	25.3	65.8	107.4	195.1	0.0	84.9	23.3	
1000000010	121.1	0.0	0.0	26.3	35.8	27.3	47.5	87.5	210.9	124.1	0.0	
1000000001	124.6	0.0	0.0	38.5	31.9	25.1	66.7	89.3	223.9	97.5	49.0	
0110000000	125.1	61.0	0.0	0.0	29.2	48.8	83.0	222.0	104.5	64.2	7.9	
0101000000	125.6	48.9	0.0	32.6	0.0	55.1	81.2	226.9	101.6	61.2	13.0	
0100100000	121.5	56.5	0.0	12.4	25.5	0.0	107.4	214.3	101.3	43.6	12.7	
0100010000	117.9	58.3	0.0	30.2	20.3	88.8	0.0	191.9	120.7	63.3	15.7	
0100001000	20.6	9.7	0.0	11.8	25.2	15.8	17.7	0.0	19.3	8.2	16.0	
0100000100	115.1	42.1	0.0	38.9	25.3	58.7	103.8	195.0	0.0	96.1	29.1	
0100000010	121.2	23.6	0.0	38.1	27.8	41.7	85.5	209.5	128.9	0.0	33.7	
0100000001	126.0	44.7	0.0	28.7	24.1	58.7	83.3	225.9	102.9	63.2	0.0	
0011000000	125.5	46.6	31.9	0.0	0.0	48.5	77.4	228.1	103.0	66.3	14.4	
0010100000	121.7	58.1	18.9	0.0	26.6	0.0	106.3	216.3	100.8	44.9	15.0	
0010010000	118.5	59.3	36.4	0.0	19.6	84.4	0.0	198.4	120.3	67.4	18.7	
0010001000	22.9	16.0	20.7	0.0	27.3	15.3	15.9	0.0	20.9	9.9	18.6	
0010000100	114.8	38.5	35.4	0.0	27.7	52.0	100.6	195.4	0.0	102.1	30.9	
0010000010	120.4	21.9	28.7	0.0	32.7	32.7	82.9	207.5	133.4	0.0	35.7	
0010000001	126.0	41.2	27.2	0.0	25.0	54.2	80.7	226.7	104.2	67.5	0.0	
0001100000	120.7	49.8	9.6	8.2	0.0	0.0	112.2	213.8	100.4	38.7	17.1	
0001010000	118.3	54.7	27.2	16.0	0.0	92.6	0.0	196.9	119.0	63.7	21.4	
0001001000	18.0	9.0	14.8	4.9	0.0	10.9	16.4	0.0	21.2	6.3	20.3	
0001000100	115.2	32.0	24.9	31.7	0.0	58.1	99.7	199.2	0.0	98.0	32.8	
0001000010	120.8	16.3	18.9	36.1	0.0	36.8	81.3	211.8	129.9	0.0	36.8	
0001000001	125.8	36.2	19.1	22.3	0.0	58.5	80.4	228.7	102.7	65.2	0.0	
0000110000	104.8	84.0	25.5	21.2	62.5	0.0	0.0	156.8	129.5	36.5	22.0	
0000101000	21.5	11.0	20.3	8.6	24.9	0.0	11.8	0.0	22.4	9.1	18.5	
0000100100	110.4	42.0	19.8	11.2	28.6	0.0	126.8	185.2	0.0	79.6	32.3	
0000100010	118.8	29.0	14.9	16.9	20.9	0.0	103.0	205.3	122.5	0.0	32.1	
0000100001	121.6	47.2	14.7	6.6	30.2	0.0	107.0	215.0	102.8	47.7	0.0	
0000011000	21.2	3.9	21.2	6.5	28.9	11.0	0.0	0.0	18.5	6.6	19.9	
0000010100	101.5	51.0	36.4	27.9	23.8	69.3	0.0	149.5	0.0	110.2	43.7	
0000010010	112.9	31.5	26.5	29.6	20.6	72.3	0.0	177.1	149.4	0.0	43.1	
0000010001	118.6	51.3	26.9	18.3	23.9	89.9	0.0	195.4	122.1	69.7	0.0	
0000001100	20.1	8.6	17.5	6.1	29.0	16.4	13.6	0.0	0.0	11.6	13.5	
0000000110	22.6	7.1	19.5	8.1	28.0	15.2	14.9	0.0	20.4	0.0	20.3	
0000000101	21.3	10.9	17.3	6.1	29.8	14.7	16.7	0.0	17.4	11.1	0.0	
0000000011	97.9	16.9	19.0	52.7	34.9	26.7	117.8	147.2	0.0	0.0	83.7	
0000000010	114.8	24.4	20.4	28.3	24.7	60.1	103.9	193.8	0.0	107.2	0.0	
0000000001	120.2	4.5	11.6	31.0	26.9	39.7	86.2	204.9	139.2	0.0	0.0	

[表1]
数値の意味
左側から、
1) 取り除いた全数
2) 取り除いた比較星は1
3) 乾板の標準偏差
4) 各比較星の乾板からの残差
(単位: 角度秒)

流星:
1983.8.12/13.
0h21m28s
明大撮影

3. 取り除き方の注意点 種々の順次取り除き計算を行ったところ、比較星の取り除き方によって、全体の誤差が非常に小さくなる場合が生ずることがわかった。以下にこれについて2例を紹介する。

例1は、比較星が流星の発光点側又は消滅点側に集中している場合。例2は、発光点側では左側(又は右側)、消滅点側では右側(又は左側)に片寄っている場合である。いずれの場合も全体の誤差が小さくなる傾向にあるが、流星の進行方向は大きくおぼれて、偏ることがわかった。

表2. 乾板定数計算結果

PLATE CONST. A=-1.4719475 B= 1.2831825 C= -.0000586 LズFL= 50.0 (M/M)
D= 1.2762838 E= -.5262236 F= -.0004307 GラSD= 21.1 (°)

PLATE CONST.	ALPHA	DELTA	X	Y	サンタ(°)
19 54 25.60	34 56 57.0	.390	.150		
1 20 18 9.00	41 26 37.0	3.425	4.315	8.9	
2 20 27 23.00	42 33 34.0	3.825	5.595	19.5	
3 20 34 44.90	43 52 52.0	4.455	6.670	6.4	
4 20 36 8.70	44 44 8.0	5.000	6.855	28.9	
5 20 40 16.50	46 12 24.0	5.820	7.680	14.9	
6 20 29 30.10	46 7 38.0	6.045	6.455	15.9	
8 20 16 2.20	44 4 10.0	5.140	4.580	21.1	
9 20 8 4.90	42 23 34.0	4.375	3.348	8.3	
10 20 19 18.10	43 13 1.0	4.500	4.780	18.8	
1 20 50 36.98	49 3 43.7	7.500	9.265		
2 20 48 2.84	48 36 39.4	7.245	8.915		
3 20 43 .75	47 41 50.0	6.740	8.218		
4 20 38 10.23	46 45 41.8	6.235	7.530		
5 20 31 58.64	46 29 15.2	6.213	6.795		
6 20 28 15.59	44 44 20.5	5.188	6.075		
7 20 23 7.41	43 37 29.5	4.633	5.293		
8 20 18 17.68	42 30 11.4	4.083	4.533		
9 20 13 28.60	41 20 30.9	3.526	3.755		
10 20 8 42.38	40 6 16.5	2.938	2.955		
11 20 5 10.73	39 9 58.0	2.500	2.350		

PLATE CONST. A=-1.4752248 B= 1.2803696 C= .0003930 LズFL= 50.0 (M/M)
D= 1.2761257 E= -.5246399 F= -.0005427 GラSD= 8.2 (°)

PLATE CONST.	ALPHA	DELTA	X	Y	サンタ(°)
19 54 25.60	34 56 57.0	.390	.150		
1 20 18 9.00	41 26 37.0	3.425	4.315	4.9	
2 20 27 23.00	42 33 34.0	3.825	5.595	3.8	
3 20 16 2.20	44 4 10.0	5.140	4.580	3.2	
4 20 8 4.90	42 23 34.0	4.375	3.348	4.3	
5 20 31 52.97	46 29 38.1	6.213	6.795		
6 20 28 12.01	44 44 36.7	5.188	6.075		
7 20 23 5.31	43 37 39.1	4.633	5.293		
8 20 18 17.01	42 30 15.1	4.083	4.533		
9 20 13 29.37	41 20 28.9	3.526	3.755		
10 20 8 44.62	40 6 9.1	2.938	2.955		
11 20 5 14.06	39 9 46.8	2.500	2.350		

PLATE CONST. A=-1.4865125 B= 1.2871174 C= .0008539 LズFL= 50.0 (M/M)
D= 1.2836086 E= -.5284661 F= -.0008927 GラSD= 9.5 (°)

PLATE CONST.	ALPHA	DELTA	X	Y	サンタ(°)
19 54 25.60	34 56 57.0	.390	.150		
4 20 36 8.70	44 44 8.0	5.000	6.855	4.6	
5 20 40 16.50	46 12 24.0	5.820	7.680	1.4	
8 20 8 4.90	42 23 34.0	4.375	3.348	4.0	
10 20 19 18.10	43 13 1.0	4.500	4.780	7.2	
1 20 50 36.98	49 3 43.7	7.500	9.265		
2 20 47 53.71	48 37 23.6	7.245	8.915		
3 20 42 53.80	47 42 26.7	6.740	8.218		
4 20 38 3.83	46 46 11.5	6.235	7.530		
5 20 31 52.97	46 29 38.1	6.213	6.795		
6 20 28 15.20	44 44 16.0	5.188	6.075		
7 20 23 8.82	43 37 13.9	4.633	5.293		
8 20 18 20.88	42 29 45.1	4.083	4.533		
9 20 13 33.57	41 19 54.3	3.526	3.755		
10 20 8 49.22	40 5 29.4	2.938	2.955		
11 20 5 18.93	39 9 3.5	2.500	2.350		

図1. 比較星の分布

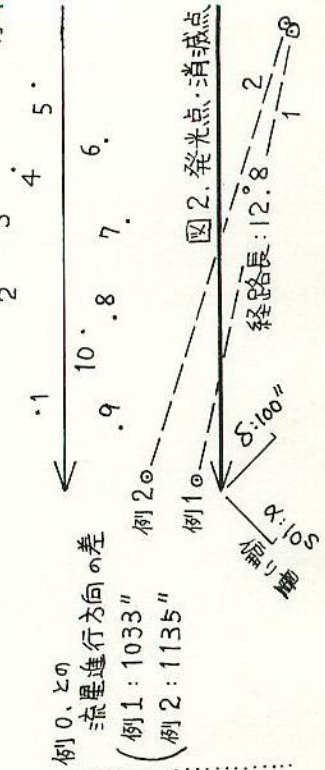
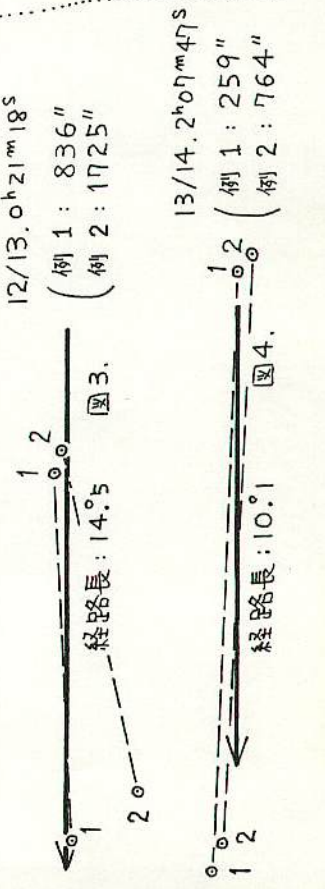
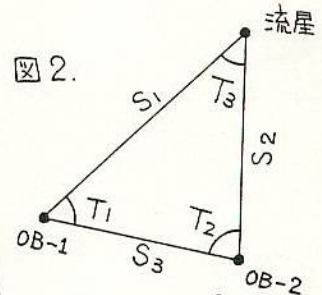
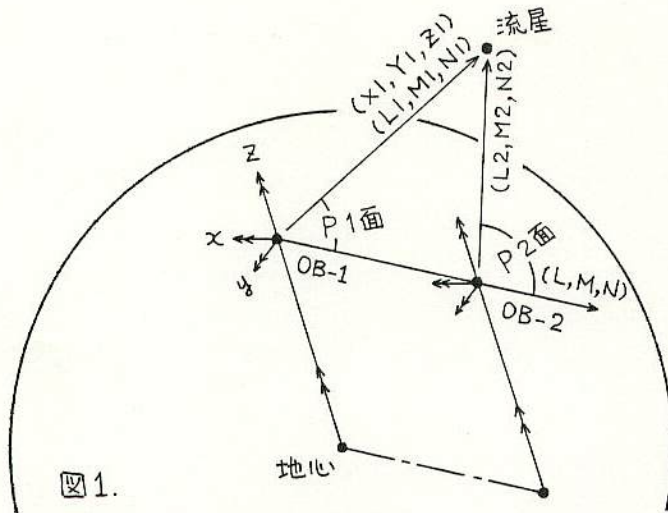


図3. 別の流星の場合



同時流星判定のための簡易実経路計算

重野好孝



$$\frac{S_3}{\sin T_3} = \frac{S_1}{\sin T_2}$$

$$S_1 = S_3 \frac{\sin T_2}{\sin T_3}$$

```

C      IMPLICIT REAL (L-N)
C      DATA R/6370.0/
C      1 PRINT*, '
C      PRINT*, '
C      PRINT*, 'KOUSEI-JI.'
C      READ*, T0
C      PRINT*, '
C      PRINT*, 'OB-1 HOKUJ,TOUKEI,KAIBATSU,A,D,'
C      READ*,F1,E1,H1,A1,D1
C      PRINT*, '
C      PRINT*, 'OB-2 HOKUJ,TOUKEI,KAIBATSU,A,D,'
C      READ*,F2,E2,H2,A2,D2
C      RDN=ARCOS(-1.0)/180.0
C      T0=T0*15.0*RDN
C      F1=F1*RDN
C      E1=E1*RDN
C      A1=A1*RDN
C      D1=D1*RDN
C      F2=F2*RDN
C      E2=E2*RDN
C      A2=A2*RDN
C      D2=D2*RDN
C      H1=H1/1000.0
C      H2=H2/1000.0
C      U1=(R+H1)*COS(F1)*COS(E1)
C      V1=(R+H1)*COS(F1)*SIN(E1)
C      W1=(R+H1)*SIN(F1)
C      U2=(R+H2)*COS(F2)*COS(E2)
C      V2=(R+H2)*COS(F2)*SIN(E2)
C      W2=(R+H2)*SIN(F2)
C      X=(U2-U1)*SIN(F1)*COS(E1)+(V2-V1)*SIN(F1)*SIN(E1)-(W2-W1)*COS(F1)
C      Y=-(U2-U1)*SIN(F1)*SIN(E1)+(V2-V1)*SIN(F1)*COS(E1)
C      Z=(U2-U1)*COS(F1)*COS(E1)+(V2-V1)*COS(F1)*SIN(E1)+(W2-W1)*SIN(F1)
C      A=ATAN2(-Y,X)
C      H=ATAN2(Z,SQRT(X**2+Y**2))
C      L=COS(H)*COS(A)
C      M=COS(H)*SIN(A)
C      N=SIN(H)
C      L1=-COS(F1)*SIN(D1)+SIN(F1)*COS(D1)*COS(T0-A1)
C      M1=-COS(D1)*SIN(T0-A1)
C      N1=SIN(F1)*SIN(D1)+COS(F1)*COS(D1)*COS(T0-A1)
C      L2=-COS(F1)*SIN(D2)+SIN(F1)*COS(D2)*COS(T0-A2)
C      M2=-COS(D2)*SIN(T0-A2)
C      N2=SIN(F1)*SIN(D2)+COS(F1)*COS(D2)*COS(T0-A2)
C      CALL CROSS(P1,Q1,R1,L,M,N,L1,M1,N1)
C      CALL CROSS(P2,Q2,R2,L,M,N,L2,M2,N2)
C      PRINT*, '
C      PRINT*, 'KAKUDO=',ARCOS(P1*P2+Q1*Q2+R1*R2)/RDN,'(deg.)'
    
```

地心半径: R = 6370 km
 OB-1 の恒星時入力
 OB-1 の北緯・東経・海拔高度,
 OB-1 から見た流星の α, δ 入力
 OB-2 の同上データ入力
 $\text{ARCOS}(-1) \rightarrow \text{COS}^{-1}(-1) \rightarrow 3.14159 \dots$
 degree \rightarrow radian 変換
 m \rightarrow km 変換
 OB-1 の地心位置
 OB-2 の地心位置
 OB-1 から見た
 OB-2 の位置
 OB-1 から見た OB-2 の方位角, 高度
 " " 方向余弦
 OB-1 から見た流星の方向余弦
 OB-2 " " (ただし
 OB-1 の地平座標系と
 平行な座標系に於て)
 P1面の極の方向余弦
 P2面 " "

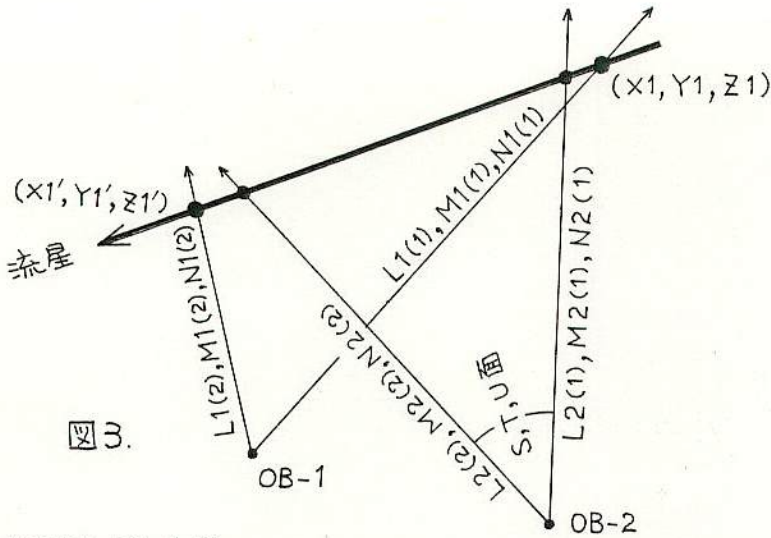


図3.

```

IMPLICIT REAL (L-N)
DIMENSION A1(2),D1(2),A2(2),D2(2),
+ L1(2),M1(2),N1(2),L2(2),M2(2),N2(2) .....配列宣言
DATA R/6370.0/

```

[表4. 計算プログラム FORTRAN リスト]

```

C
1 PRINT*, ' '
PRINT*, ' '
PRINT*, 'KOUSEI-JI.'
READ*, T0

C
PRINT*, ' '
PRINT*, 'OB-1 N,E,H,A1,D1,A2,D2.'
READ*, F1,E1,H1,A1(1),D1(1),A1(2),D1(2) } OB-1 の北緯・東経・海拔高度,
                                           } OB-1 から見た流星の発光点(α,δ)・消滅点(α,δ)
                                           } を入力

C
PRINT*, ' '
PRINT*, 'OB-2 N,E,H,A1,D1,A2,D2.'
READ*, F2,E2,H2,A2(1),D2(1),A2(2),D2(2) } OB-2 の同上データ 入力

C
RDN=ARCOS(-1.0)/180.0
T0=T0*15.0*RDN
F1=F1*RDN
E1=E1*RDN
F2=F2*RDN
E2=E2*RDN
DO 10 I=1,2
A1(I)=A1(I)*RDN
D1(I)=D1(I)*RDN
A2(I)=A2(I)*RDN
D2(I)=D2(I)*RDN
H1=H1/1000.0
H2=H2/1000.0
} 発光点・消滅点で2回くり返し

C
U1=(R+H1)*COS(F1)*COS(E1)
V1=(R+H1)*COS(F1)*SIN(E1)
W1=(R+H1)*SIN(F1)

C
U2=(R+H2)*COS(F2)*COS(E2)
V2=(R+H2)*COS(F2)*SIN(E2)
W2=(R+H2)*SIN(F2)

C
X=(U2-U1)*SIN(F1)*COS(E1)+(V2-V1)*SIN(F1)*SIN(E1)-(W2-W1)*COS(F1)
Y=(U2-U1)*SIN(F1)*SIN(E1)+(V2-V1)*COS(E1)
Z=(U2-U1)*COS(F1)*COS(E1)+(V2-V1)*COS(F1)*SIN(E1)+(W2-W1)*SIN(F1)

C
A=ATAN2(-Y,X)
H=ATAN2(Z,SQRT(X**2+Y**2))

C
L=COS(H)*COS(A)
M=-COS(H)*SIN(A)
N=SIN(H)

C
DO 20 I=1,2
L1(I)=-COS(F1)*SIN(D1(I))+SIN(F1)*COS(D1(I))*COS(T0-A1(I))
M1(I)=-COS(D1(I))*SIN(T0-A1(I))
N1(I)=SIN(F1)*SIN(D1(I))+COS(F1)*COS(D1(I))*COS(T0-A1(I))

C
L2(I)=-COS(F1)*SIN(D2(I))+SIN(F1)*COS(D2(I))*COS(T0-A2(I))
M2(I)=-COS(D2(I))*SIN(T0-A2(I))
N2(I)=SIN(F1)*SIN(D2(I))+COS(F1)*COS(D2(I))*COS(T0-A2(I))
} 発光点・消滅点で2回くり返し

C
CALL CROSS(P1,Q1,R1,L,M,N,L1(I),M1(I),N1(I))
CALL CROSS(P2,Q2,R2,L,M,N,L2(I),M2(I),N2(I))

C
PRINT*, ' '
20 PRINT*, 'KAKUDO=',ARCOS(P1*P2+Q1*Q2+R1*R2)/RDN,'(deg.)'

```

```

C
C ***** CHISIN-KIDO
C
C T0=T0+E2-E1 OB-2 の 恒星時
C DO 30 I=1,2
C L2(I)=-COS(F2)*SIN(D2(I))+SIN(F2)*COS(D2(I))*COS(T0-A2(I))
C M2(I)=-COS(D2(I))*SIN(T0-A2(I))
C 30 N2(I)= SIN(F2)*SIN(D2(I))+COS(F2)*COS(D2(I))*COS(T0-A2(I))
C
C CALL CROSS(S,T,U,L2(1),M2(1),N2(1),L2(2),M2(2),N2(2)) S,T,U 面の極の方向余弦
C
C DO 40 I=1,2
C F=(S*X+T*Y+U*Z)/(S*L1(I)+T*M1(I)+U*N1(I))
C X1=L1(I)*F
C Y1=M1(I)*F
C Z1=N1(I)*F
C
C U3= X1*SIN(F1)*COS(E1)-Y1*SIN(E1)+Z1*COS(F1)*COS(E1)+U1
C V3= X1*SIN(F1)*SIN(E1)+Y1*COS(E1)+Z1*COS(F1)*SIN(E1)+V1
C W3=-X1*COS(F1) +Z1*SIN(F1) +W1
C
C F3=ATAN2(W3,SQRT(U3**2+V3**2))
C E3=ATAN2(V3,U3)
C H3=W3/SIN(F3)-R
C
C PRINT*,', '
C 40 PRINT*, 'N,E,H =',F3/RDN,E3/RDN,H3
C GO TO 1
C
C DEBUG INIT
C END

```

OB-2 から見た流星の方向余弦
(OB-2 の地平座標系に於る)

S,T,U 面と L1, M1, N1 との交点の位置 (発光点・消滅点の OB-1 から見た位置)

KOUSEI-JI:
22.056

表5. プログラム実行例 (各変数の内容を詳細出力した場合)

OB-1 N,E,H,A1,D1,A2,D2: 36.0900 140.6069 8 312.651 49.065 301.295 39.165	T0 = 5.7727795		
OB-2 N,E,H,A1,D1,A2,D2: 36.2836 140.5228 4 321.104 39.867 310.140 28.499	L2 (1) = -.68930961-001 M2 = -.12868623 N2 = .98928679 L2 (2) = .10214471 M2 = -.30943569 N2 = .94541842		
U1 = -.3978.0835 V1 = 3266.8325 W1 = 3752.2871 U2 = -.3953.4725 V2 = 3264.5864 W2 = 3769.6566 X = -21.527137 Y = -7.5369072 Z = -.44844747-001 A = 2.8048182 H = -.19661489-002 L = -.94382360 M = -.33044387 N = -.19661476-002	F = 112.88776 X1 = -27.523283 Y1 = -23.088147 Z1 = 107.01893 U3 = -4017.7350 V3 = 3329.2702 W3 = 3837.5686 F3 = .63413401 E3 = 2.4496285 H3 = 107.12640		
L1 (1) = -.24381105 M1 = -.20452304 N1 = .94801185 L2 (1) = -.72385058-001 M2 = -.12979671 N2 = .98889494	N,E,H = 36.333202 140.35337 107.12640 36.3372 140.3494 107.30...		
KAKUDO= 1.0696577 (deg.)	F = 98.995066 X1 = -11.189417 Y1 = -37.847874 Z1 = 90.787434 U3 = -4005.6670 V3 = 3338.4586 W3 = 3814.8080 F3 = .63160867 E3 = 2.4467950 H3 = 90.915833		詳細軌道計算の 北緯・東経・高度
L1 (2) = -.11303005 M1 = -.38232082 N1 = .91709050 L2 (2) = -.98681562-001 M2 = -.31064266 N2 = .94539043	N,E,H = 36.188511 140.19103 90.915833 36.1917 140.1869 91.13		
KAKUDO= .40614150 (deg.)			

6. 奥経路直接計算 表1のプログラムでは、発光点・消滅点の位置をそれぞれ別々に求めていたが、表4のプログラムは発光点・消滅点を一緒に扱った計算法である。DIMENSION (配列) を使っているので少し難くなるが、発光点・消滅点の位置が OB-1, 2 で一致していなくても、流星経路上にさえあれば精度の高い奥経路が直接計算できる。

流星の位置測定をお願ひした 明大天文部流星班及び大塚勝仁さんにお礼を申し上げます。

1983.12.17.

参考文献 1)長沢工:流星に向う, 地人書館 2)長沢工:天体の位置計算, 地人書館

4. 実際例 すでに同時流星が判定して、詳細軌道計算も済んでいる流星に対してこの計算を行い、詳細軌道計算の結果と比較してみた。いずれの場合もかなり誤差が出ているが、これは発光点・消滅点の位置が OB-1, 2 で一致していないためである。特に例 3~4 の誤差がかなり大きくなっているのは、OB-1 から流星までの距離が 170 km (足柄一甲都宮, 地上から流星までの仰角が 30°) と大へん遠いためである。よって同時流星判定には、1) 図 1 の P1 面と P2 面の角度 2) 流星の高度の他にも OB-1, 2 の距離、OB-1 から流星までの距離等も考慮した方がよさそうである。

例 1. 1983.8.12/13. 0^h21^m18^s

明大 * 明大流星 OB

(詳細軌道計算の結果と比べると、北緯・東経で 0°.01 (約 1 km)、高度で 2~7 km の誤差がある)

KOUSEI-JI: 22.056 (発光点)
 OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.0900 140.6069 8 312.651 49.065
 OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.2836 140.5228 4 321.104 39.867
 KAKUDO= 1.0696348 (deg.)
 36.347227 140.33869 113.42725
 36.3372 140.3494 107.30
 KOUSEI-JI: 22.056 (消滅点)
 OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.0900 140.6069 8 301.295 39.165
 OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.2836 140.5228 4 310.140 28.499
 KAKUDO= .40614150 (deg.)
 36.191367 140.17886 93.614197
 36.1917 140.1869 91.13

例 2. 1983.8.12/13. 2^h21^m56^s

明大 * 明大流星 OB

KOUSEI-JI: 0.422
 OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.0900 140.6069 8 354.611 47.030
 OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.2836 140.5228 4 0.250 34.470
 KAKUDO= 1.3711288 (deg.)
 36.305032 140.48630 106.08063
 36.316 140.479 109.57
 KOUSEI-JI: 0.422 (詳細軌道計算の北緯・東経・高度)
 OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.0900 140.6069 8 357.578 48.673
 OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.2836 140.5228 4 2.920 37.247
 KAKUDO= .90371273 (deg.)
 36.265414 140.45481 97.062927
 36.278 140.444 102.08

例 3. 1983.1.3/4. 2^h21^m35^s (KPM83-1)

大塚 * 明大流星 OB

(詳細軌道計算と、北緯・東経で 0°.01~0°.1 (約 1~10 km)、高度で 4~8 km の誤差がある)

KOUSEI-JI: 9.483
 OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.6519 139.7731 25 94.608 88.584
 OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.3304 139.1798 208 254.521 75.454
 KAKUDO= 1.0087912 (deg.)
 36.911960 139.73725 107.40210
 36.819 139.743 99.52
 KOUSEI-JI: 9.483
 OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.6519 139.7731 25 56.135 82.355
 OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.3304 139.1798 208 267.332 78.421
 KAKUDO= 1.1837012 (deg.)
 36.788740 139.53758 95.140686
 36.700 139.561 87.32

例 4. 1983.1.3/4. 4^h20^m42^s (KPM83-2)

大塚 * 明大流星 OB

KOUSEI-JI: 11.469
 OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.6519 139.7731 25 70.358 61.834
 OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.3304 139.1798 208 44.320 72.505
 KAKUDO= .79761143 (deg.)
 37.335418 138.50046 111.86920
 37.260 138.567 106.42
 KOUSEI-JI: 11.469
 OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.6519 139.7731 25 69.309 60.074
 OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D: 36.3304 139.1798 208 44.431 71.013
 KAKUDO= .70602897 (deg.)
 37.297127 138.45764 104.84485
 37.233 138.519 100.34

5. 応用例 実際は同時判定のできないままになっている。1983.8.12/13の流星5組について計算を行った。表3はその結果である。1) 角度、2) 高度 だけでは判断がつきにくいので、3) 奥経路長 $(\sqrt{(X_1 - X_1')^2 + (Y_1 - Y_1')^2 + (Z_1 - Z_1')^2})$ 、4) 切断点数から求めた継続時間、5) 速度もあわせて示した。

これらの結果から同時の可能性の高いのは、

例5だけであることがわかった。 [表3]

例	角度 °	高度 km	奥経路長 km	時間 s	速度 km/s
5	発 1.1 消 1.5	108 87	37.2	0.59	63.1
6	×(30.4 32.2)	102 91	13.0	0.39	×33.3
7	3.6 4.0	101 88	16.5	0.39	×42.3
8	0.3 0.4	×(67 57)	10.5	0.51	×20.6
9	3.1 3.9	102 92	11.0	0.35	×31.5

KOUSEI-JI:
23.447

OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
35.6519 139.7731 25 62.6 55.8

OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
36.2836 140.5228 4 26.0 21.498

KAKUDO = 30.374279 (deg.)

N.E.H = 36.448886 140.70897 102.33063

KOUSEI-JI:
23.447

OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
35.6519 139.7731 25 65.6 55.4

OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
36.2836 140.5228 4 25.179 18.702

KAKUDO = 32.159947 (deg.)

N.E.H = 36.406044 140.66280 91.045837

KOUSEI-JI:
0.366

OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
35.6519 139.7731 25 85.6 56.1

OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
36.2836 140.5228 4 2.920 37.247

KAKUDO = .33168666 (deg.)

N.E.H = 36.296453 140.48573 66.708801
36.316 140.479 109.57

KOUSEI-JI:
0.366

OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
35.6519 139.7731 25 90.7 54.5

OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
36.2836 140.5228 4 0.250 34.470

KAKUDO = .40734418 (deg.)

N.E.H = 36.266344 140.47176 56.821167
36.278 140.444 102.08

例6、

大塚
1h37~54m

明大流星OB

1h48m05s

KOUSEI-JI:
23.458

OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
35.6519 139.7731 25 62.6 55.8

OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
36.2836 140.5228 4 2.023 48.127

KAKUDO = 3.5641493 (deg.)

N.E.H = 36.438653 140.69731 101.33594

KOUSEI-JI:
23.458

OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
35.6519 139.7731 25 65.6 55.4

OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
36.2836 140.5228 4 357.467 45.754

KAKUDO = 3.9786795 (deg.)

N.E.H = 36.376955 140.62867 87.756470

KOUSEI-JI:
0.366

OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
35.6519 139.7731 25 64.0 55.5

OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
36.2836 140.5228 4 2.920 37.247

KAKUDO = 3.1171470 (deg.)

N.E.H = 36.265408 140.51496 101.56927
36.316 140.479 109.57

KOUSEI-JI:
0.366

OB-1 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
35.6519 139.7731 25 65.9 54.8

OB-2 HOKUJ, TOUKEI, KAIBATSU, A, D:
36.2836 140.5228 4 0.250 34.470

KAKUDO = 3.9336106 (deg.)

N.E.H = 36.220789 140.48535 92.150330
36.278 140.444 102.08

例5、

大塚

23h37m56s

明大

23h35~39m

(発光点)

(消滅点)

例7、

大塚

1h37~54m

明大流星OB

1h48m46s

例9、

大塚

2h29~47m B

明大流星OB

2h43m15s

(別の同時流星
との詳細軌道)

歪曲収差補正の実際例

重野好寿

1. はじめに 天体写真から流星の位置を測定する場合、レンズの歪曲収差の補正が考えられます。特に広角レンズや経路の長い流星の場合は歪曲収差などの程度結果に影響を及ぼすのでしょうか。実際例を使って調べてみましたので報告します。

2. 補正方法

$$\beta = \frac{\tan \theta}{\tan \theta'} = \frac{\tan \theta}{R/f} = \frac{\tan \theta}{r} \quad \dots (1)$$

ここで $R = \sqrt{x^2 + y^2}$ (x, y は中心星位置を原点とした比較星の測定座標)

$$\theta = \cos^{-1}(\sin \delta \sin \delta' + \cos \delta \cos \delta' \cos(\alpha - \alpha'))$$

比較星をそれぞれ $r - \beta$ の関係をグラフにすると図2のようになります。そこで

$$\beta = ar^2 + br + c \quad \dots (2)$$

の関係式を作り、最小二乗法により a, b, c を求めます。

次に比較星、流星切断点、それぞれ $r = \sqrt{x^2 + y^2} / f$ を(2)式に代入して β を求め

$$x' \leftarrow x \cdot \beta$$

$$y' \leftarrow y \cdot \beta$$

より得られる x', y' を補正測定座標として使用します。

3. 実際例

レンズは、1) キヤノン 24mm F:2.8 2) ペンタックス 55mm F:1.8 の2種類を使用し、図3の位置を測定しました。

測定方法は、三豊製作所製のコンプレタ(精度 $3\sigma = 5\mu\text{m}$)を使用しました。

図4が $r - \beta$ の関係のグラフです。

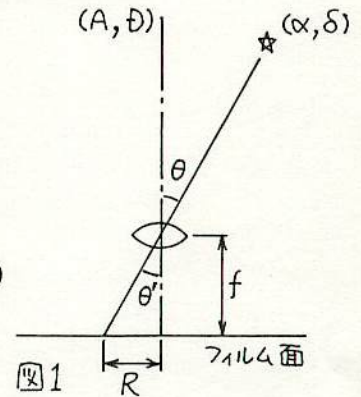


図1

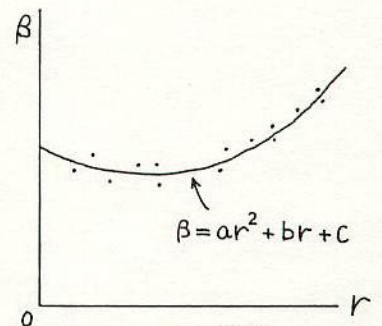
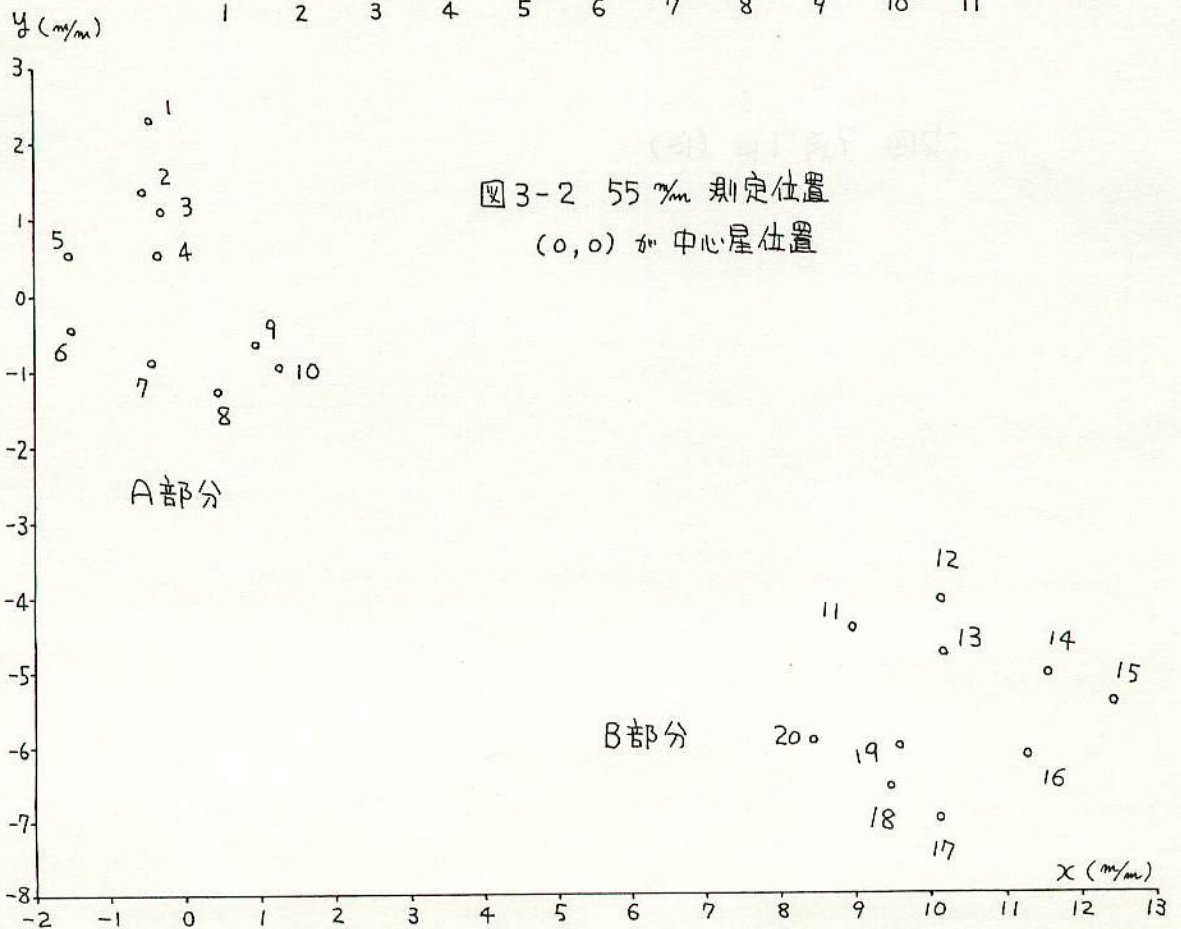
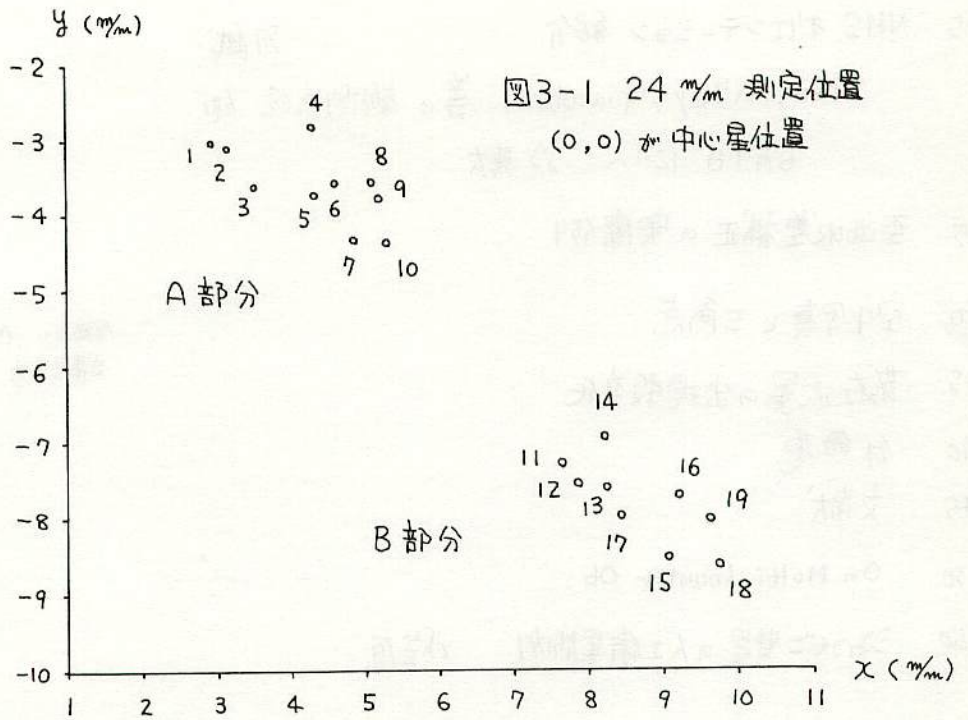
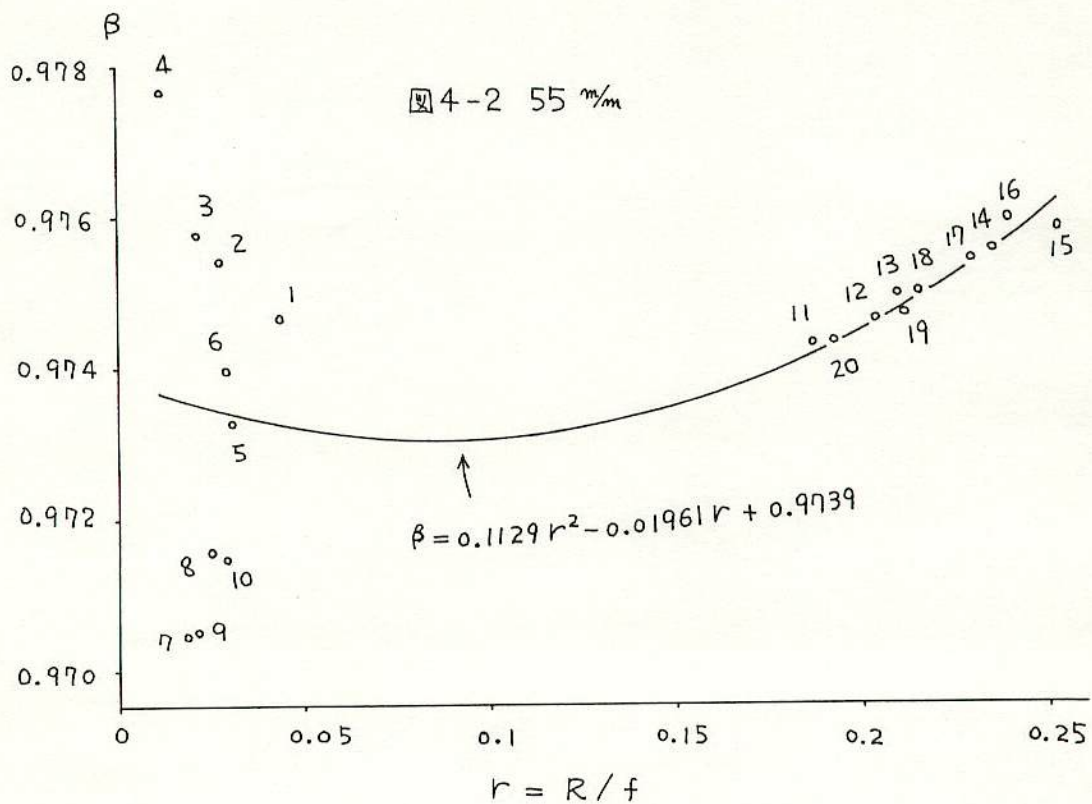
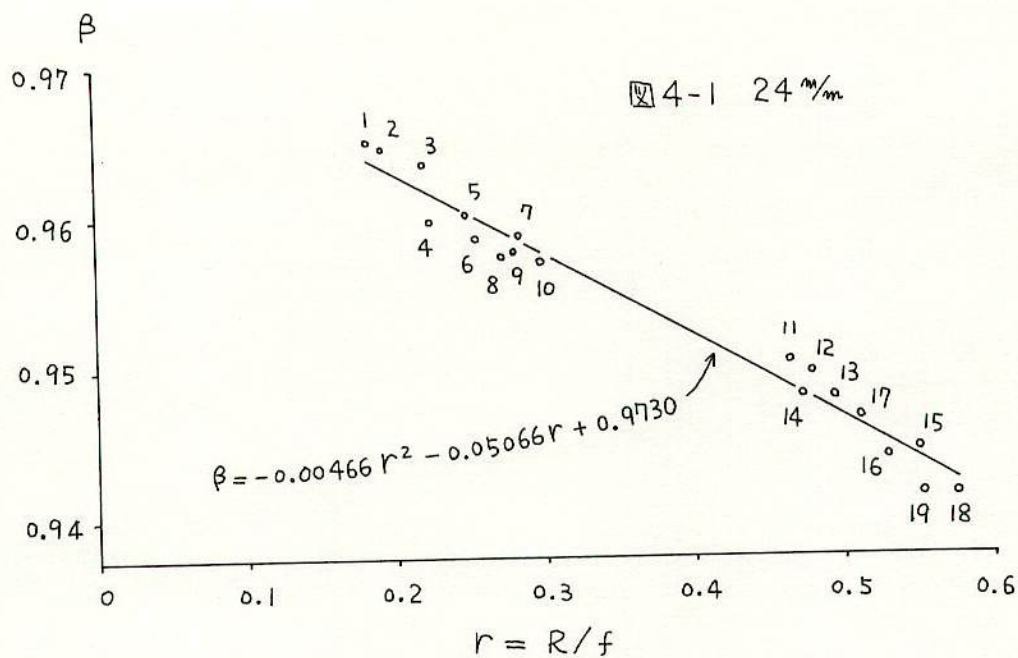


図2





4. まとめ

以上の結果をまとめて表1に示しました。

24mm、55mm共に狭い範囲では歪曲収差補正の効果は出ていませんが、A+Bの広い範囲の場合は顕著な効果が出ています。

参考文献

1) 流星の精密軌道計算, KPM会報 NO.10-P7,

1982.10.5

2) 大西洋: 引伸法における歪曲収差, MSS 21回, 1982.5.16

表1. 測定誤差の標準偏差

対象	補正なし	補正あり
24 A	21.3	25.1
B	29.3	26.6
55 A	8.2	10.3
B	9.5	9.1
24 A+B	153.4	49.9
55 A+B	20.4	9.5

PLATE CONST. A = -.6373064 B = .8849307 C = -.0022934 レンズFL = 24.0 (M/M)
D = -.8592134 E = -.6473797 F = -.0065548 コマSD = 153.4 (*)

フュージョン 位	ALPHA	DELTA	X	Y	ガンマ (*)
	4 46 4.70	32 30 8.0	9.274	19.717	
ビカ7 位	1 4 28 12.80	23 14 24.0	12.345	16.544	238.0
	2 4 28 36.00	22 44 21.0	12.566	16.486	181.6
	3 4 25 2.40	21 30 36.0	12.928	15.919	85.8
	4 4 35 18.60	20 35 9.0	13.751	16.720	53.6
	5 4 27 21.70	19 43 59.0	13.778	15.793	13.0
	6 4 30 5.40	19 14 38.0	14.106	15.961	18.5
	7 4 24 11.00	18 5 47.0	14.339	15.158	109.4
	8 4 31 58.30	18 18 39.0	14.587	15.966	78.0
	9 4 30 39.10	17 54 46.0	14.699	15.760	128.2
	10 4 25 55.10	17 10 34.0	14.818	15.144	130.6
	11 4 10 50.20	10 5 12.0	17.349	12.007	207.9
	12 4 9 32.70	9 31 22.0	17.558	11.726	185.0
	13 4 10 48.30	8 45 52.0	17.994	11.671	113.6
	14 4 15 40.90	9 21 60.0	17.940	12.360	140.6
	15 4 6 46.60	6 35 44.0	18.888	10.648	81.6
	16 4 13 35.50	7 2 14.0	19.006	11.537	73.1
	17 4 8 36.40	8 9 35.0	18.189	11.265	52.0
	18 4 8 40.10	5 23 40.0	19.621	10.539	247.7
	19 4 12 47.70	6 4 17.0	19.472	11.194	195.6

表 2.

歪曲収差 補正前



補正式(2)の係数: a, b, c = -.0046605 -.0506574 .9729691

PLATE CONST. A = -.6248268 B = .9335030 C = -.0000392 レンズFL = 24.0 (M/M)
D = -.9123275 E = -.6117488 F = -.0002837 コマSD = 49.9 (*)

フュージョン 位	ALPHA	DELTA	X	Y	ガンマ (*)
	4 46 4.70	32 30 8.0	.000	.000	
ビカ7 位	1 4 28 12.80	23 14 24.0	2.999	-3.057	54.5
	2 4 28 36.00	22 44 21.0	3.170	-3.112	29.9
	3 4 25 2.40	21 30 36.0	3.514	-3.652	38.3
	4 4 35 18.60	20 35 9.0	4.304	-2.881	42.1
	5 4 27 21.70	19 43 59.0	4.324	-3.767	19.1
	6 4 30 5.40	19 14 38.0	4.638	-3.605	13.0
	7 4 24 11.00	18 5 47.0	4.853	-4.368	23.6
	8 4 31 58.30	18 18 39.0	5.056	-3.997	27.9
	9 4 30 39.10	17 54 46.0	5.199	-3.793	55.6
	10 4 25 55.10	17 10 34.0	5.308	-4.378	9.7
	11 4 10 50.20	10 5 12.0	7.658	-7.312	71.1
	12 4 9 32.70	9 31 22.0	7.850	-7.572	72.4
	13 4 10 48.30	8 45 52.0	8.256	-7.618	42.9
	14 4 15 40.90	9 21 60.0	8.215	-6.974	44.7
	15 4 6 46.60	6 35 44.0	9.072	-8.558	5.9
	16 4 13 35.50	7 2 14.0	9.195	-7.729	35.3
	17 4 8 36.40	8 9 35.0	8.432	-7.994	23.7
	18 4 8 40.10	5 23 40.0	9.749	-8.648	78.9
	19 4 12 47.70	6 4 17.0	9.622	-8.041	74.0

歪曲収差 補正後



空中写真と三角点を使った観測地経緯度の高精度測定法

重野好彦・戸田雅之 (明大流星OB)

1. はじめに 流星までの距離を100 kmとして、フィルムの測定精度が標準偏差20"ならば、流星の位置の標準偏差は約10 mとなります。これに対して1/25000地形図で測定する観測地の経緯度の測定精度はどの程度のものでしょうか。またより精度の高い測定方法はないものでしょうか。空中写真と三角点を使って良い結果が得られましたので報告します。

2. 1/25000地形図の測定精度

図1に示す10点について、空中写真から測定したXY座標を乾板座標、1/25000地形図から測定したX'Y'座標を測定座標とし、測定座標の乾板座標に対する残差を乾板測定数法¹⁾により求めました。測定方法は透明グラフ用紙を資料に重ねて0.1 m/mまで読み取りました。

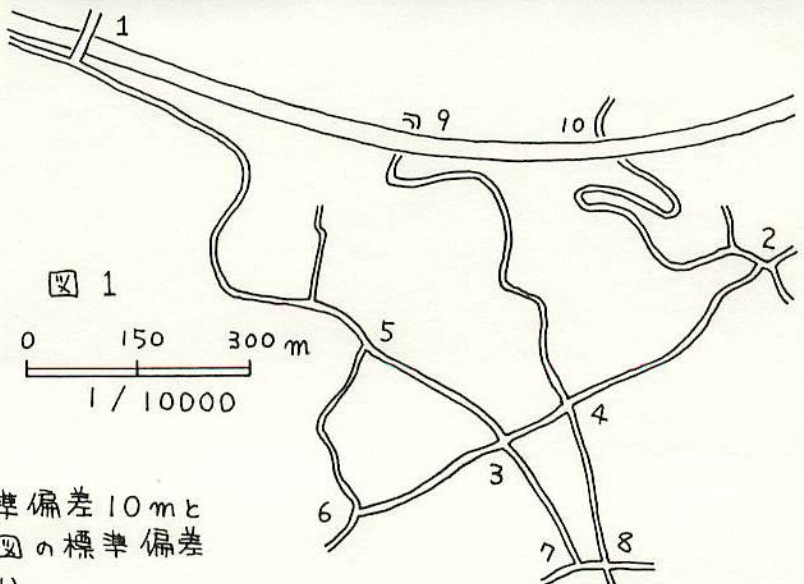
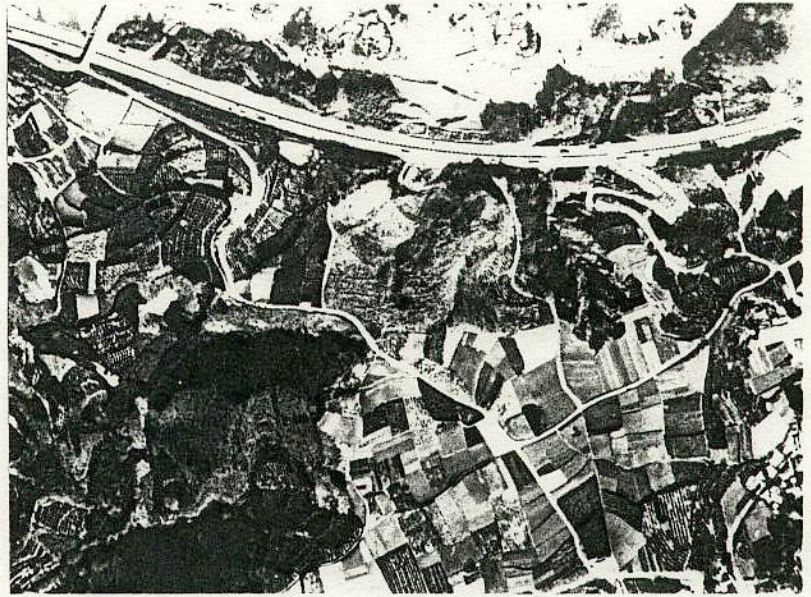
表1がその結果です。測定座標の標準偏差は1.7594 m/mで、これを25000倍すると44.0 mになります。

次に表1から測定精度の悪い1, 5, 6を除いた場合が表2で、測定座標の標準偏差は22.0 mです。

3. 1/25000地形図の精度の考察

1) 流星の位置の標準偏差10 mと比較して、地形図の標準偏差は22 mと大きい。

2) 図2で1, 5, 6を除いて計算しましたが、5, 6に関しては十字路でなく、地形図上で位置がはっきりしないことが残差の大きくなった



た原因と考えられます。

DATA N= 10 SD= 1.7594 = 44.0 m [表1]
 CONST= .39620260+001 -.12274420+000 .17879763+001
 CONST= -.27696151-001 .42743120+001 -.24422425+002

- 3) 以上の結果より、
 a) 比較的位 置 の は
 っ き り し て い る 十
 字 路 で も あ ま り 精
 度 は 良 く な い。 b)
 実 際 の 観 測 地 の よ
 う に 山 野 の 中 で は
 さ ら に 精 度 が 悪 く
 な る こ と が わ か り
 ま し た。

KANPAN		SOKUTEI		ZANSA	O-C:X	O-C:Y
.6000	111.0000	.3000	31.7000	1.5158	(-1.5144	.0650)
150.6000	61.8000	38.0000	20.3000	.9022	(-.7467	-.5063)
93.2000	24.0000	23.5000	11.4000	.4556	(.2963	-.3461)
107.5000	32.0000	26.9000	13.3000	.8298	(-.7660	-.3191)
61.3000	47.2000	15.6000	17.3000	1.8989	(.1721	1.8911)
61.1000	7.3000	15.7000	7.1000	2.7123	(2.0203	-1.8096)
109.9000	-3.6000	27.1000	5.1000	1.3857	(-1.3671	.2260)
115.3000	-4.2000	28.7000	5.2000	1.2867	(-.4401	1.2091)
72.7000	88.9000	19.0000	26.5000	1.2554	(1.1137	-.5794)
115.0000	87.0000	29.7000	26.3000	1.2436	(1.2320	.1694)

DATA N= 7 SD= .8803 = 22.0 m [表2]
 CONST= .40325021+001 -.20423516+000 .12011669+001
 CONST= -.40070138-001 .43136719+001 -.24668343+002

KANPAN		SOKUTEI		ZANSA	O-C:X	O-C:Y
150.6000	61.8000	38.0000	20.3000	.5246	(-.3097	-.4235)
93.2000	24.0000	23.5000	11.4000	.6158	(.4367	-.4341)
107.5000	32.0000	26.9000	13.3000	.6578	(-.5409	-.3744)
109.9000	-3.6000	27.1000	5.1000	.4849	(-.4596	-.1545)
115.3000	-4.2000	28.7000	5.2000	.9938	(.5720	.8127)
72.7000	88.9000	19.0000	26.5000	.2940	(-.2935	-.0174)
115.0000	87.0000	29.7000	26.3000	.8388	(.5951	.5911)

- 4) 国土地理院では、
 各種表現対象物の
 平面位置のずれを
 図上で標準偏差 0.7 m/m (25000 倍して 17.5 m) 以内、最大 1.5 m/m
 (同じく 37.5 m) 程度としている²⁾ので、本報の結果はほぼ適当な値
 といえるようです。

また標高の精度は、等高線が密でない平坦地で等高線間隔の
 1/2 程度と な っ て い ま す の で 1/25000 地 形 図 の 場 合 は、5 m 程 度
 と な り 水 平 方 向 に 比 べ て 精 度 が 良 く な っ て い ま す。

- 5) よってできればより精度の高い測定方法を考えたいわけですが、
 本報では空中写真と三角点を使った方法を試してみました。

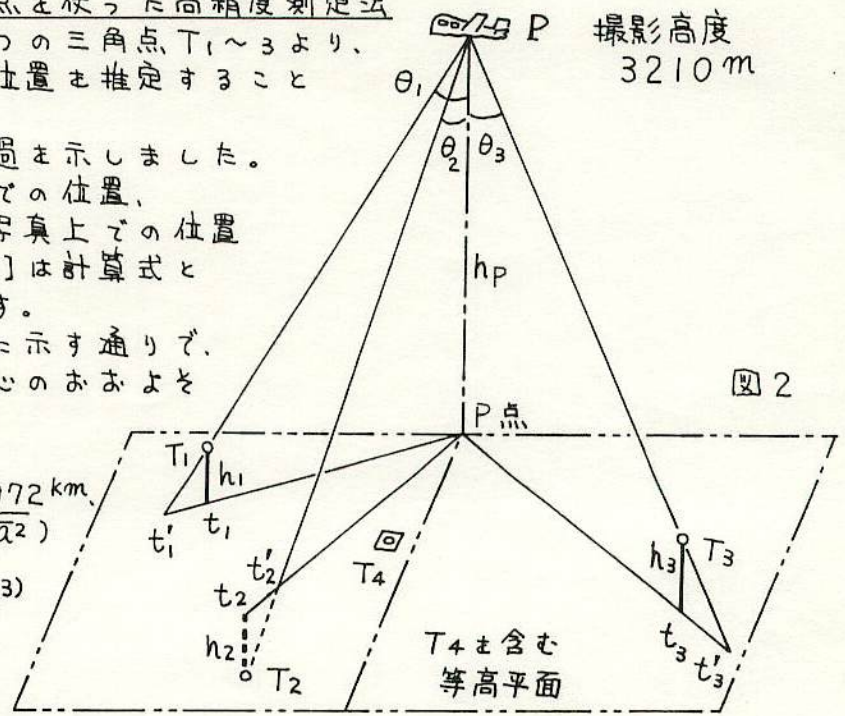
4. 空中写真と三角点を使った高精度測定法

図2のように3つの三角点T₁~T₃より、
 1つの三角点T₄の位置を推定すること
 を考えます。

表3に計算の経過を示しました。
 [1]~[5] は地上での位置、
 [6]~[7] は空中写真上での位置
 を表し、[8]~[10]は計算式と
 結果を表しています。

[1],[2]は表3に示す通りで、
 P点は空中写真中心のおおよそ
 の位置です。

[3]は
 赤道半径: 6377.3972 km
 離心率 (e = $\sqrt{1 - b^2/a^2}$)
 : 0.08169683
 (バッセル楕円体)³⁾
 として、T₄の地心
 距離: R₄ =



6370.52667 km より、
 経度方向: X = R₄ · tan([2]の経度) · cos([1]の緯度)
 緯度方向: Y = R₄ · tan([2]の緯度) から求めます。

表 3

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]
	経・緯度、標高	P点を原点とした経緯度	T4を含む等高平面に地心より投影した座標	θ_i の値	$t_i t_i'$ の距離
P	139° 11' 9".8 35 20 3.6	0".0 0.0	0.0 m 0.0		
T ₁	139 10 29.430 35 20 0.527 229.140 m	-40.370 -3.073	-1017.27 -94.91 1021.69 (距離)	18.9192	3.37 m
T ₂	139 10 36.955 35 19 12.383 183.58	-32.845 -51.217	-827.65 -1581.85 1785.29 (距離)	30.5364	-21.08
T ₃	139 12 2.909 35 19 26.598 233.130	53.109 -37.002	1338.28 -1142.81 1759.83 (距離)	30.5902	8.16

T ₄	139 11 3.337 35 19 39.688 219.320
----------------	---

	[6]	[7]
	空中写真測定座標	$t_i' \rightarrow t_i$ 補正した座標
P	0.0 m/m 0.0	0.0 m/m 0.0

T ₁	-193.90 -16.85	-193.26 -16.80
----------------	-------------------	-------------------

T ₂	-161.75 -306.60	-163.66 -310.22
----------------	--------------------	--------------------

T ₃	269.00 -236.40	267.76 -235.31
----------------	-------------------	-------------------

T ₄	-27.65 -148.13	同左
----------------	-------------------	----

[8]
T₁~3 の補正測定座標 [7] と経緯度 [2] の関係式
経度の式

$$\begin{aligned}
 -193.26 a - 16.80 b + c &= -40.370 \\
 -163.66 a - 310.22 b + c &= -32.845 \\
 267.76 a - 235.31 b + c &= 53.109
 \end{aligned}$$

緯度の式

$$\begin{aligned}
 -193.26 d - 16.80 e + f &= -3.073 \\
 -163.66 d - 310.22 e + f &= -51.217 \\
 267.76 d - 235.31 e + f &= -37.002
 \end{aligned}$$

[9]

[8] より得られた a ~ f より T₄ の補正測定座標 [7] の位置の経緯度を推定
経度: $-27.65 a - 148.13 b + c \rightarrow -6.502$
緯度: $-27.65 d - 148.13 e + f \rightarrow -23.954$

[10]

P点を原点とした経緯度を一般の経緯度に直し、元の三角点の値と比較すると
139° 11' 3".298 -0.98 m (誤差)
35 19 39.646 -1.29
1.62 (距離)

($\frac{[3] \text{の距離}}{[3] \text{の距離} + [5] \text{の距離}}$)

[4],[5] は図2に示す通りです。

[6] は空中写真上に透明グラフ用紙を重ねて0.05m/mまで読み取った値です。

[7] は[6]のx,y座標にそれぞれ $(1 - \frac{[5] \text{の距離}}{[3] \text{の距離}})$ をかけたもので、P点からT1~3点を見た場合、標高の違いによりT1~3に見えるので、これをT1~3に補正したものです。

[8] は[2]の経緯度を $(E_1, N_1), (E_2, N_2), (E_3, N_3)$ 、[7]の補正判定座標を $(x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3)$ としたとき以下の関係式となります。

$$\begin{array}{ll} \text{経度の式} & a x_1 + b y_1 + c = E_1 \\ & a x_2 + b y_2 + c = E_2 \\ & a x_3 + b y_3 + c = E_3 \\ \text{緯度の式} & d x_1 + e y_1 + f = N_1 \\ & d x_2 + e y_2 + f = N_2 \\ & d x_3 + e y_3 + f = N_3 \end{array}$$

この三元連立方程式より、a~fを求め[9]の式になります。

表4にこの連立方程式の計算結果を示します。

経度の式	緯度の式
a, b, c =	d, e, f =
-193.26 -163.66 267.76 .20018169	-16.80 1 -40.370 -310.22 1 -32.845 -235.31 1 53.109 -.00545165 -1.77447509 -193.26 -16.80 1 -3.073 -163.66 -310.22 1 -51.217 267.76 -235.31 1 -37.002 .00439259 .16452091 .53793141

[10] はこの手法で推定したT4の経緯度と[1]で示した三角点の経緯度との比較を行って、本報の方法の誤差を求めています。
緯度1" = 30.8mとして計算し、1.62mの誤差がありました。

5. まとめ

- 1) 1/25000地形図の標準偏差は20m程度あって、どの様に正確に観測地を地形図上にプロットしても20m以上の精度は出ないことがわかりました。
- 2) 実際の観測地のような山中では40~50m程度の誤差が予想されます。
- 3) 本報の空中写真と三角点を使った方法では、1~2mの精度で位置を求めることができるとわかりました。また観測地そのものが空中写真に写っているので、山中であっても正確に位置をプロットできます。
- 4) その他、本報では空中写真の撮影高度を空中写真に記録されている高度計の値をそのまま使ったり、表3-[2]のP点を原点とした経緯度を直交座標として扱ったり、[3]で地理緯度と地心緯度を同一とみなすなど、多少あいまいなところがありますが、本報の精度であれば問題ありませんでした。

6. 空中写真と三角点について

空中写真申込先 財団法人 日本地図センター
 〒153 東京都目黒区青葉台4-9-6
 電 話 03-485-5415~6

表 6

種 別	平均距離	全 国	管 内
一等三角点	40km	330点	34点
一等補点	20km	639点	100点
二等三角点	8km	5,056点	728点
三等三角点	4km	32,770点	4,997点
四等三角点	1.5km	45,464点	4,645点
計	—	84,259点	10,504点

〒100 東京都千代田区大手町1-3-1

表 7

大手町合同庁舎1号館4階
 電話 03 (201) 7581-5

表 5

空中写真(白黒)M 定価表

57.4.1現在

符号	種 類	規格(cm)	定 価
G	密着焼印画	縦24×横24	780円
2B	二倍引伸印画	" 48×" 48	1,600円
3B	三倍引伸印画	" 75×" 75	3,600円
4B	四倍引伸印画	" 90×" 90	4,500円
×10	部分引伸印画	" 10×" 10	780円
×24		" 24×" 24	930円
×48		" 48×" 48	1,900円
×75		" 75×" 75	3,900円
×90		" 90×" 90	5,000円
PF	密着陽画原版	" 24×" 24	2,600円

1) 空中写真は米軍及び国土地理院が撮影したもので、フィルムサイズは24×24cmです。縮尺は白黒：1/10000, 1/20000, 1/40000, カラー：1/8000, 1/10000, 1/15000 があり、表5の印画を購入することができます。購入方法は1/25000地形図上に印を付けて、この写っている写真が欲しいと日本地図センターに申し込めば手に入ります。

本報で使用した空中写真は白黒1/20000の四倍引伸印画です。撮影高度は3210mで約4km四方が写っています。

2) 三角点は陸軍陸地測量部、地理調査所及び国土地理院が設置したもので、表6に示したように1~2kmに1ヶ所程度あり、その水平位置の精度は、何等三角点であっても同じで経緯度0.003(地上で10cm)程度となっています²⁾。

なお三角点の資料は表7に示す国土地理院関東地測部で入手することができます。

残念ながら三角点は空中写真にはほとんど写っていません。本報でも写っていたのは丁だけでした。ですから実際には1/25000地形図と空中写真と巻き尺を持ってフィールド調査をしなければなりません。周りの立木からの距離や角度を調べて、空中写真上にプロットします。また標石の紛失している場所もありますので多少多めに目標を決めておく必要があります。4点以上の三角点があれば最小二乗法を使って、より信頼性の高い測定が可能です。ただし1ヶ所フィールド調査するのに約1時間かかりますので、3~4点程度が良いところだろうと思います。

最後に本報をまとめるにあたり長沢工先生のご指導をいただきました。厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 長沢工：流星にむかうP158, 地人書館, 1972.1
- 2) 友田、鈴木、土屋：地球観測ハンドブックP23,54, 東大出版会,
- 3) 長沢工：天体の位置計算P182, 地人書館, 1981.2 1985.2

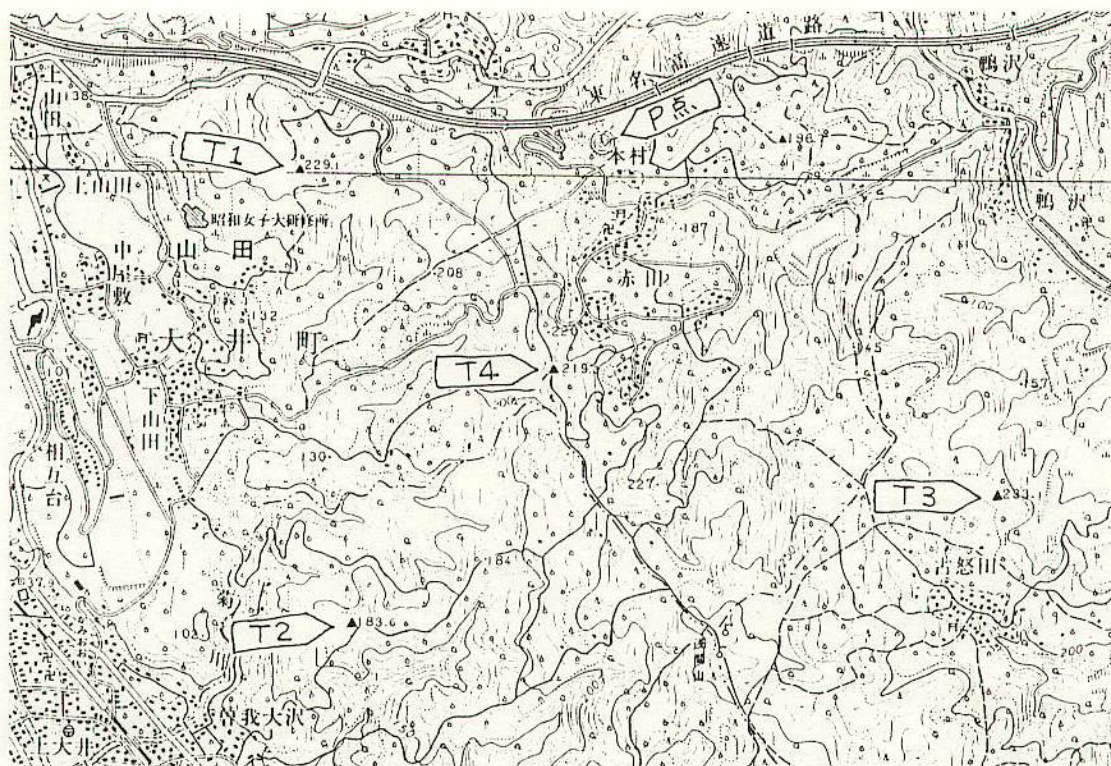


图 3、1/25000 小田原北部

图 4、三角点標石 (T4)

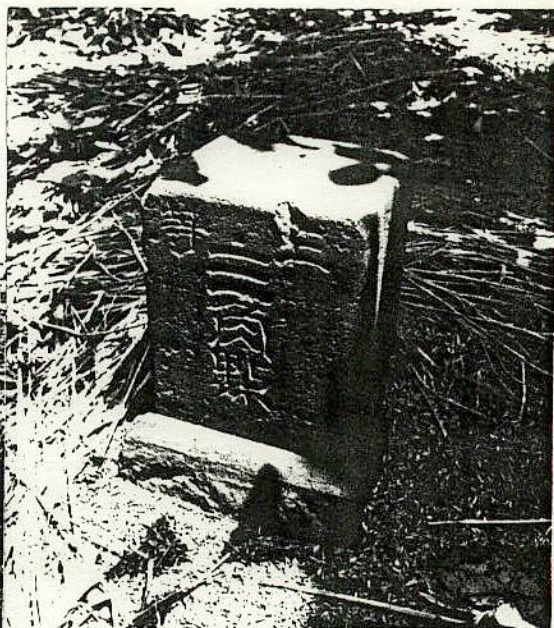
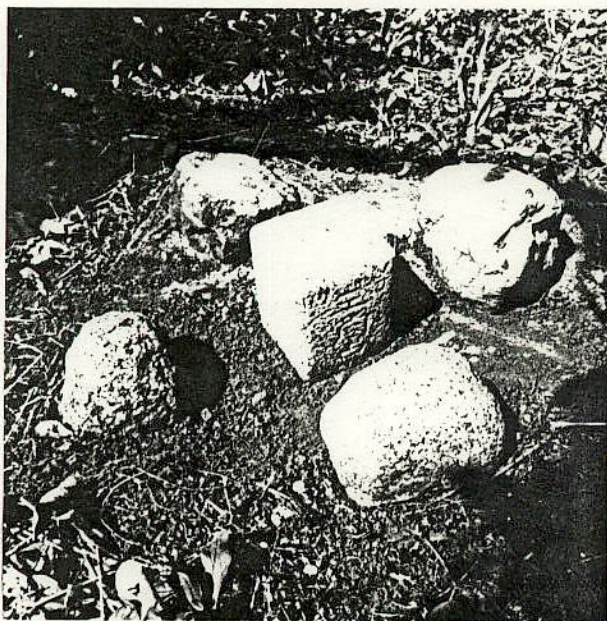


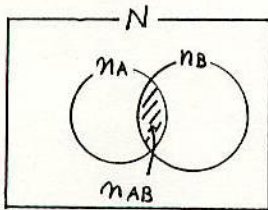
图 5、三角点標石 (T2)

On Multi Counter Observation.

36th M.S.S. Jun. 2, 1985

H. Ohnishi

1. 原理



$$n_A = N \cdot P_A ; \text{ Aの見た流星数}$$

$$n_B = N \cdot P_B ; \text{ Bの見た流星数}$$

$$n_{AB} = N \cdot P_A \cdot P_B ; \text{ A, Bが共に見た流星数}$$

このとき、
$$N = \frac{n_A \cdot n_B}{n_{AB}} ; \text{ 真の流星数}$$

$$P_A = \frac{n_{AB}}{n_B}, \quad P_B = \frac{n_{AB}}{n_A} ; \text{ A, Bの流星捕捉率}$$

① N に期待される性質

捕捉率は流星速度
により違ふはず

i) 観測者によるばらつき^{の排除} $\longleftrightarrow P_A/P_B \neq 1$

ii) 天候によるばらつき^{の排除} $\longleftrightarrow \begin{cases} P_A = P \cdot P_A' \\ P_B = P \cdot P_B' \end{cases}$
天候
個人差

iii) 統計的ゆらぎとして標準偏差 \sqrt{N} なるばらつきのみ残る。

② 暗黙の仮定

i) 観測者 A, Bは独立 \longrightarrow 一般 a.k.

ii) 流星はみな等価 \longrightarrow 同じ明るさの流星について成立

$$2. \text{ 一般化 } \quad n_A = \int_{-\infty}^{\infty} f(m) \cdot g_A(m) \, dm \quad \text{--- (1)}$$

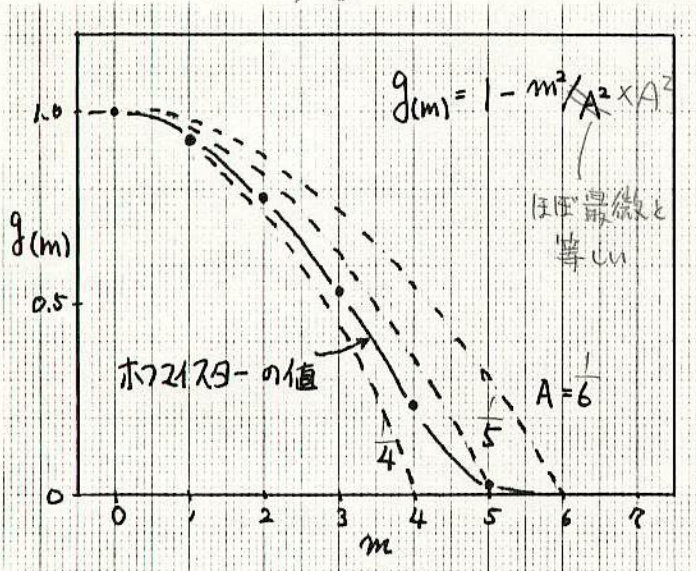
$$n_B = \int_{-\infty}^{\infty} f(m) \cdot g_B(m) \, dm \quad \text{--- (2)}$$

$$n_{AB} = \int_{-\infty}^{\infty} f(m) \cdot g_A(m) \cdot g_B(m) \, dm \quad \text{--- (3)}$$

ここで、 $f(m) = N_0 e^{m/B}$; 流星の光度分布。

(N_0 ; 0等級の流星の頁の数
光度比 σ と B の関係. $\sigma = e^{1/B}$)

$g_A(m), g_B(m)$; A, Bのm等級の流星の構採率.



$$g_A(m) = g_B(m) = g(m) \text{ とする}$$

gの形は、永井(1981)に従い

$$g(m) = \begin{cases} 1 & (m \leq 0) \\ 1 - m^2/A^2 & (0 < m \leq 1/A) \\ 0 & (1/A < m) \end{cases}$$

(1), (2), (3) の積分結果

$$n_A = n_B = 2AB^2(1-AB)e^{1/AB} \cdot N_0 + B(2A^2B^2 - 1) \cdot N_0$$

$$n_{AB} = 8A^2B^3(1-3AB+3A^2B^2)e^{1/AB} \cdot N_0 - (1-4A^2B^3+24A^4B^5)N_0$$

● Bの値	散在	0.8	→ AB = 0.1 ~ 0.4
	Gem	1.1	
	Per, Leo	1.6	

{ 最微 A と
光度指数 B の
両方に関係する

したがって、

$$\begin{aligned} \frac{n_A \cdot n_B}{n_{AB}} &\doteq \frac{[2AB^2(1-AB)e^{1/AB}N_0]^2}{8A^2B^3(1-3AB)e^{1/AB} \cdot N_0} \\ &= \frac{B}{2} \cdot \frac{(1-AB)^2}{1-3AB} \cdot e^{1/AB} \cdot N_0 \end{aligned}$$

3. 結論.

多重計数観測によって求められる"真の流星数" N は、天候, 光度比によってかなり、変化可.

----- はじめに -----

現在の流星写真観測による軌道決定で最大の問題は、流星の速度の決定精度にある。この装置は、写真観測の欠点を補い流星の天球上での速度を正確に求めるために考えたものである。またこの装置により出現時刻の正確な記録も出来る。

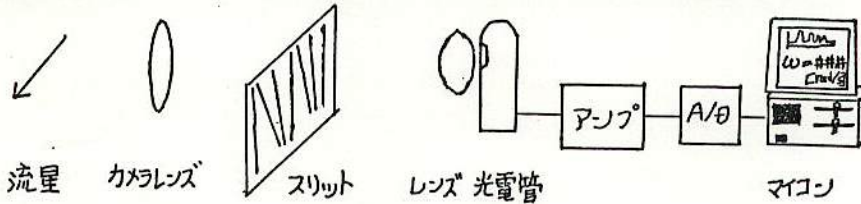


図1：システム

----- 概要 -----

カメラレンズの像面に図2の様なスリットを取り付け、像面の全光度を光電管で測光する。流星がスリットを通過するとパルスが発生する。このパルス間隔から流星の角速度を決定できる仕組みである。パルスの時刻は、A/Dコンバーターとマイコンを使用することにより1/10000秒単位で記録できる。

装置の特徴はスリットのパターンにある。平行スリットに2本の平行でないスリットを加えることによりパルス間隔の比から流星の像面での経路を決定している。

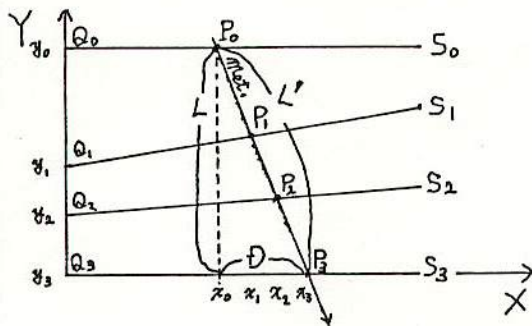


図2 スリット

スリット S_0 と S_3 は互いに平行で、その間隔は L [mm] である。

スリット S_1 、 S_2 の形状は次の直線の式で与えられる。
 \vec{U} 、 \vec{V} は単位ベクトル、
 s_1, s_2 は直線のパラメーター。

$$S_1 : \vec{Q}_1 + s_1 * \vec{U}$$

$$S_2 : \vec{Q}_2 + s_2 * \vec{V}$$

流星がスリット S_i を通過する点を P_i 、その時刻を t_i とすると図3の様なパルスが観測される。以下、パルス間隔の比 T_1, T_2 からスリット S_0, S_3 間の流星の経路長 L' を決定することを考える。ここで T_1, T_2 は次式で決まる量である。

$$T_1 = (t_1 - t_0) / (t_3 - t_0)$$

$$T_2 = (t_2 - t_0) / (t_3 - t_0)$$

スリット $S_0 - S_3$ 間の流星を表すベクトル \vec{M} は、

$$\vec{M} = \vec{P}_3 - \vec{P}_0$$

である。

\vec{P}_1, \vec{P}_2 は流星が等速であると仮定すると T_1, T_2

を使って次のように表せる。

$$\vec{P}_1 = \vec{P}_0 + T_1 * \vec{M}$$

$$\vec{P}_2 = \vec{P}_0 + T_2 * \vec{M}$$

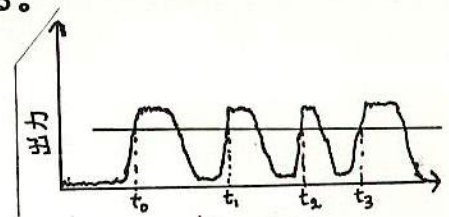


図3 出力波形 | 七 時刻

パルス幅の違いはスリット幅を表してスリットの間定に使う。

--- 退屈な計算 ---

よって次の方程式が得られる。

$$\vec{P}_0 + T_1 * \vec{M} = \vec{Q}_1 + s_1 * \vec{U}$$

$$\vec{P}_0 + T_2 * \vec{M} = \vec{Q}_2 + s_2 * \vec{V}$$

スリット S₀-S₃間の流星の経路長 L' は、

$$L' = | \vec{P}_3 - \vec{P}_0 |$$

これらの式から L' を L, T₁, T₂, \vec{U} , \vec{V} , \vec{Q}_1 , \vec{Q}_2 で表せばよい。

\vec{P}_1 の X 座標を x₁、 \vec{Q}_1 の Y 座標を y₁ で表すと L=y₃-y₀ なので

$$x_0 + T_1 * (x_3 - x_0) = s_1 * U_x \tag{1}$$

$$y_0 + T_1 * L = y_1 + s_1 * U_y \tag{2}$$

$$x_0 + T_2 * (x_3 - x_0) = s_2 * V_x \tag{3}$$

$$y_0 + T_2 * L = y_2 + s_2 * V_y \tag{4}$$

$$L'^2 = (x_3 - x_0)^2 + L^2 \tag{5}$$

$$D = x_3 - x_0$$

まず s₁, s₂ を消去する。(1), (2) (3), (4) 式より

$$s_1 = (x_0 + T_1 * D) / U_x \tag{6}$$

$$s_2 = (x_0 + T_2 * D) / V_x \tag{7}$$

となり

$$y_0 + T_1 * L = y_1 + (x_0 + T_1 * D) * U_y / U_x \tag{8}$$

$$y_0 + T_2 * L = y_2 + (x_0 + T_2 * D) * V_y / V_x \tag{9}$$

u = U_y/U_x , v = V_y/V_x と表すと

$$y_0 + T_1 * L = y_1 + (x_0 + T_1 * D) * u \tag{10}$$

$$y_0 + T_2 * L = y_2 + (x_0 + T_2 * D) * v \tag{11}$$

(10)*v - (11)*u を計算すると

$$v * (y_0 + T_1 * L - y_1) - u * (y_0 + T_2 * L - y_2) = u * v * D * (T_1 - T_2) \tag{12}$$

$$\begin{aligned} D &= \{ v * (y_0 - y_1) - u * (y_0 - y_2) + L * (v * T_1 - u * T_2) \} / u * v * (T_1 - T_2) \tag{13} \\ &= (y_1 - y_0) / u * (T_2 - T_1) \\ &\quad - (y_2 - y_0) / v * (T_2 - T_1) \\ &\quad + L * (u * T_2 - v * T_1) / u * v * (T_2 - T_1) \end{aligned}$$

D を、観測値 T₁, T₂ とスリットの定数 y₁, u, v, L で決定できた。

(5)式より L' は

$$\begin{aligned} L'^2 &= (x_3 - x_0)^2 + L^2 \tag{14} \\ &= D^2 + L^2 \end{aligned}$$

カメラレンズの焦点距離から スリット間隔 L に対応する 天球上での角距離が決まれば L' とパルス間隔 T より流星の角速度が決定できる。

--- 問題点 ---

- ・スリットの工作精度
- ・光電管に流星が反応するか？

MSS 44 6111

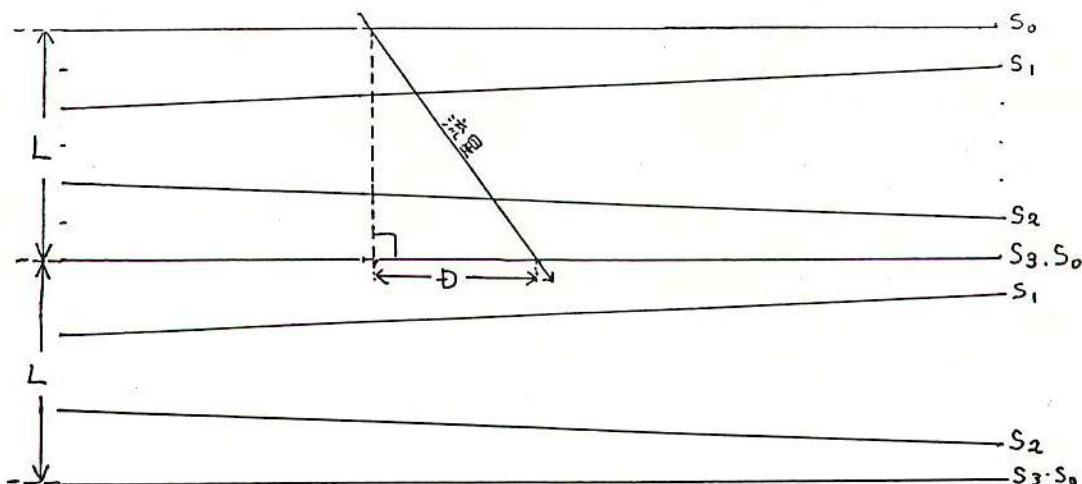
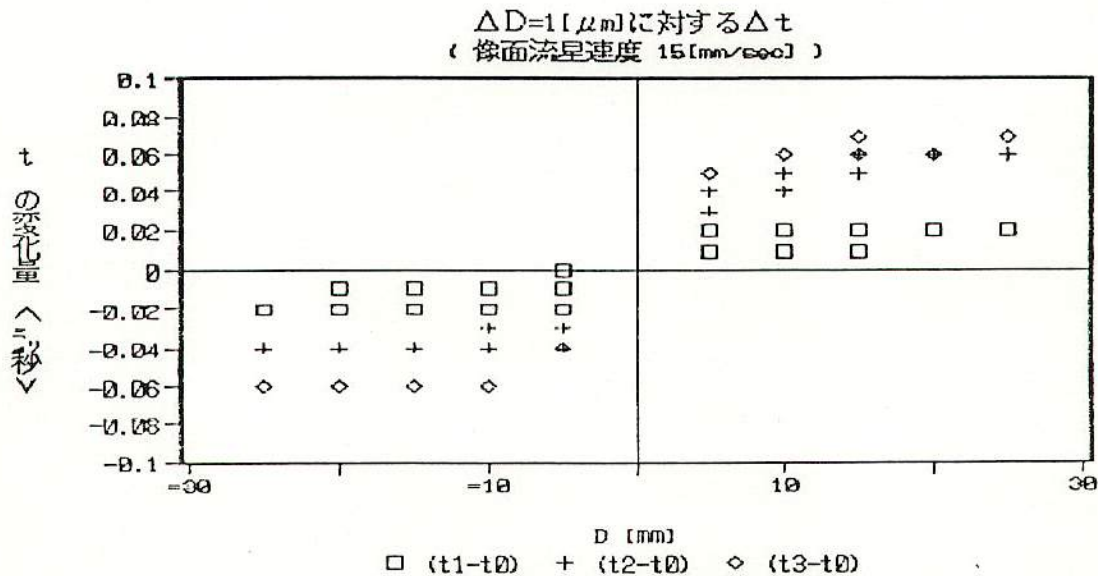
--- 精度の評価 ---

フィルム上での流星の速度を 15 [mm/sec] と仮定し、Dの値を +0.001 [mm] 変化させたときの t_i と T_i の変化量を計算してみた。

(図4: t の変化量が小さいほど測定が難しくなる。)

t の変化量が 0.01 [m sec] 程度の所があるので D を $1\mu\text{m}$ で決定するには 10 μsec 程度の分解能が必要になる。

安価な A/Dコンバーターのサンプリング間隔は 100 μsec であるので、もう1桁速いものを使う必要がある。



天頂修正係数への新提案

東大地震研究所 長沢 工

1. はじめに

流星の出現状況、その変化を知るためには、実際に観測した流星数にいろいろの補正を行ない、ある標準的な状態に対する出現数に換算する必要がある。この種の補正のひとつに、輻射点の天頂距離に対する補正がある。これは、流星群の観測のとき、その輻射点の天頂距離が流星の出現数に大きく影響するため、輻射点为天頂にあると仮に考えた場合の出現数に換算するための補正である。このときに乗ずる数値を、天頂修正係数という。

これを求めるには、まず、輻射点为天頂にある場合にの流星出現数に比べて、輻射点の天頂距離が z のときには出現数がどのぐらい減少するかを知る必要がある。この減少の割合を、ここでは減少関数 $g(z)$ と書くことにする。

日本でこれまで通常使われていた $g(z)$ の式は、小楨(1967)による、

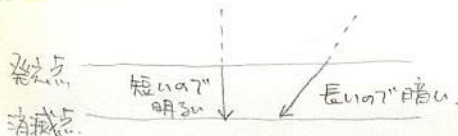
$$g(z) = \cos(z + 7^\circ \sin z)$$

の形のものであった。これは、斜入射による幾何学的条件から流星数が減少する影響の補正に加えて、天頂引力により輻射点が高まる効果をも補正したもので、理論的には一応納得できるものである。それにもかかわらず、この関係は、輻射点が高い場合にはよく成立せず、いままでにも多くの人からその欠点が指摘されていた。そして、より妥当な減少関数の導入が望まれていた。

一方、減少関数として、このほかにも、いろいろの形のもものが提案されている。たとえば、

$$g(z) = \cos(z - 6^\circ) \quad (\text{Prentice, 1953})$$

がある。これは本質的には、小楨と同じ考え方の式である。また、天頂距離 z で入射する流星は、その明るさが、天頂入射のときの明るさに $\cos z$ を乗じただけ暗くなるであろう。その効果が完全なら減少関数は $\cos^2 z$ になるに違いない。したがって、実際の減少関数は $\cos z$ と $\cos^2 z$ との間にあるはずだという立場から、つ



ぎのような式がつけられている。

$$g(z) = [B \cos z + (1-B) \cos^2 z] \quad (\text{Öpik, 1940})$$

$$g(z) = \cos^n z \quad n = 1.6 \quad (\text{Sciaparelli, 1871})$$

$$n = 1.47 \quad (\text{Zavolánková, 1983})$$

こういった形をふまえ、ここでは、流星入射の天頂角とその絶対等級の間に成り立つ簡単な関係式をもとに、より有効な修正係数の式を導くことを考える。

2. 斜入射による流星の明るさの減少

質量 ρ の流星物質が大気に入射して流星となるとき、その流星の絶対等級は、入射角によって変わることが知られている。

簡単な理論では、流星の最大絶対等級 M は、質量 ρ (g)、流星の速度 v (cm/s)、入射の天頂角 z によって、

$$M = 24.3 - 2.5 \log_{10} (6.84 \times 10^{-17} \rho v^4 \cos z)$$

と表すことができる (Hawkins, 1964)。この式は、見方を変えれば、速度が一定のときは、 $\cos z$ と $10^{0.4M}$ が反比例することを示しているといつてよい。つまり、天頂角が大きくなるにつれて流星は暗くなるのである。したがって、一般に、斜入射によって幾何学的に流星数が減少することだけでなく、流星が暗くなるために出現数が減少する影響を併せて考えなければ正しい減少関数を決めることはできない。そこで、まず、この場合の流星の暗くなり方を具体的に求めてみる。

ある流星物質が天頂から入射したときの絶対等級を M_0 、

天頂角 z で入射したときの絶対等級を M 、

天頂入射に比べて暗くなった分の等級を Δ_m とすると、

$$M_0 + \Delta_m = M$$

である。ここに $\cos z$ と $10^{0.4M}$ とが反比例する関係を使うと、

$$10^{0.4M} = (\cos z) 10^{0.4M} = (\cos z) 10^{0.4(M_0 + \Delta m)}$$

が成り立つことがわかる。ここから Δm は、

$$\Delta m = -2.5 \log_{10}(\cos z)$$

となる。つまり天頂角 z で入射する流星は、天頂入射の場合に比べて、いつでもこれだけ暗く見えるのである。この暗くなり方は、絶対等級に対してだけではなく、見かけの等級に対しても同様に成り立つ。

3. 明るさ減少による観測流星数の減少

つぎに、流星が暗くなることにより、観測流星数がどのくらい減るかを検討してみる。

観測していた空で、見かけの等級が m_0 等より明るい流星だけが観測可能であったものとする（この値 m_0 が空の場所場所で異なっても、以下の結論は変化しない）。そうすると、輻射点の天頂距離が z のときに観測できた流星は、もし輻射点为天頂にあったなら、どれも $m_0 - \Delta m$ 等より明るい流星として出現したはずである。

いま、観測した流星群の流星の光度比が σ であったとする。この場合に、等級が m と $m + \Delta m$ の間にある流星数 N_{dm} は、 C を定数として、

$$N_{dm} = C \sigma^m dm$$

という形に書くことができる。ここから、 m_0 等より明るい流星の総数 N_{m_0} は、

$$N_{m_0} = (C / \ln \sigma) \sigma^{m_0}$$

となり、また $m_0 - \Delta m$ 等より明るい流星の総数 $N_{m_0 - \Delta m}$ は、

$$N_{m_0 - \Delta m} = (C / \ln \sigma) \sigma^{m_0 - \Delta m}$$

となる。この比をとると、

$$N_{m_0 - \Delta m} / N_m = \sigma^{-\Delta m}$$

になる。つまり、観測できる極限等級が Δm 等明るくなると、流星出現数は $\sigma^{-\Delta m}$ の比で減少するのである。

4. 天頂修正係数の計算式

以上の考察から、輻射点の天頂距離が z のときの流星群の流星出現数は、

(a). 斜入射の幾何学的条件によって $\cos z$

(b). 斜入射によって流星が暗く見えることにより $\sigma^{-\Delta m} = \sigma^{2.5 \log(\cos z)}$ の比で減少することがわかる。この両方の要因をとり入れれば、減少関数は、

$$g(z) = (\cos z) \sigma^{2.5 \log(\cos z)}$$

と書くことができる。ここでさらに

$$\sigma^{2.5 \log(\cos z)} = (\cos z)^{2.5 \log \sigma}$$

の関係を使って書き直すと、

$$g(z) = (\cos z)^{1+2.5 \log \sigma}$$

になる。これが斜入射により流星が暗くなることを考慮した減少関数である。

ここで、観測流星数を輻射点为天頂にある場合に換算する天頂修正係数を $F_2(z)$ とすれば、これは減少関数の逆数であるから、

$$F_2(z) = (\sec z)^{1+2.5 \log \sigma}$$

となる。これが辿りついた最終の修正係数の形である。

5. 光度比の推定と具体例

こうして求めた天頂修正係数の式を使って実際の補正を行うには、光度比 σ になにか具体的な数値を与える必要がある。流星群の光度比がはっきりわかっているなら、その値をそのまま使用すればよいが、一般的な場合に対しては流星群の平均的な光度比を採るのがよいであろう。これがどんな数値になるかについてはいろいろの意見があるが、議論を進めるためのたたき台として、私はここで、やや大胆に、

$$\begin{aligned}\sigma &= 2.5 \\ 1 + 2.5 \log_{10} \sigma &= 2\end{aligned}$$

を採ることを提案する。つまり、天頂修正係数の式を、

$$F_2(z) = \sec^2 z$$

にしようというのである。これは、かなり妥当な補正ができそうだということから決めた値であることはもちろんだが、記憶しやすく、計算しやすい形であることにも配慮したものである。

単に提案しただけでは、その有効性に不安があるだろうから、さきにオーストラリアで観測した5月4/5日の「みずがめ η 群」の出現数（柳信一郎，1987）に対して補正を行った実例を表1に示しておく。

表1 新旧の修正法の比較

輻射点天頂距離	C.H.R.	在来の補正		新しい補正	
		係数	補正した値	係数	補正した値
78°.4	4	3.195	12.6	24.733	98.9
69 .4	17	2.191	32.7	8.078	137.3
57 .9	34	1.623	55.2	3.541	120.4
47 .4	55	1.351	74.3	2.182	120.0

新しく提案した式による修正係数の方が良い補正をしていることは、容易に見てとれるであろう。

なお、在来の補正式には天頂引力の影響を考えた部分があったが、新しく提案した

式ではこれを省いている。天頂引力の影響が大きいのは輻射点が低いときであるが、その場合には、

(a).ほんの少しの z の差で修正係数 $\sec^2 z$ が大きく変わること。

(b).輻射点の天頂距離 z を厳密に決めることができないこと。

などのため、修正係数の値そのものに大きな誤差が含まれやすい。したがって、仮に天頂引力の影響を補正するように式を変更したとしても、実質的な効果があまりないと思われる。省略をしたのはこういう理由からである。

6. おわりに

流星観測数に対する補正の問題は、在来の係数が不十分であることがはっきりしているにもかかわらず、議論だけにはしり、変更の具体的な成案が出されることは少なかった。こうした状態を少しでも前進させるため、ここでひとつの提案をしたのである。もちろんこれが決定的なものであると考えているわけではないので、理論的な方面からも、観測に適用した経験からも、さまざまな批判、新提案があることを期待している。それによって、さらによい方向への合意ができるようになってほしい。

参考文献

Hawkins, G.S., 1964, "Meteors, Comets and Meteorites" (McGraw-Hill), p.25.

小楨孝二郎, 1967, "流星とその観測" (恒星社厚生閣), p.81.

Öpik, E.J., 1940, Tartu Obs. Publ. 30, 33.

Prentice, J.M.P., 1953, J. Brit. Astron. Assoc., 63, 176.

Sciaparelli, J.V., 1987, "Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen" (Stettin)

柳信一郎, 1987, 同時流星写真観測オーストラリア遠征報告, WOMBOOTA-MOAMA篇 (東京写真流星観測グループ)

Zavolánková, J., 1983, Bull. Astron. Inst. Czechosl. 34.122.

1、要旨

4大流星群の眼視観測結果より、ZHR補正係数 $F = \sin^{\gamma} h$ に於ける γ の推定を行い、 h が 30° 以上の条件に於て、おおよそ $\gamma = 1.5$ との結論を得た。

2、はじめに

従来、日本流星研究会では輻射点の高度 h による流星数の変化を補正するため、ZHR補正式として小楨の式 (1) 式を使用して来た。

$$F = \sin(h + 7 \cos h) \quad (1)$$

しかし、この補正式では輻射点高度が小さいときに十分補正ができず、特に、みずがめ座 n 流星群の様に輻射点が高くない流星群に対しては、ほとんど役に立っていない。

最近では、長沢 (1987) により (2) 式が提案され、

$$F = \sin^2 h \quad (2)$$

また小関 (1988) により (3) 式が提案されている。

$$F = \sin^{1.5} h \quad (3)$$

その他、 $F = \sin^{\gamma} h$ に於ける γ の値は、1~2の間で諸説が提案されている。

そこで4大流星群の眼視観測結果を使用して、 γ の推定を行ったので報告する。

3、 γ の推定方法

1) 輻射点高度 h と ZHR との関係に (4) 式を当てはめ、最小二乗法により (4) 式の傾き B を求める。このとき h が小さいときの ZHR は補正率が高くなり、誤差が大きいため、同じ比重で扱うことができない。そこでそれぞれの ZHR には、CHR の値の割合で加重を行った。

$$ZHR = A + B \cdot h \quad (4)$$

2) γ を少しずつ変化させ、 B が 0 に最も近づくときの γ をもって推定値とする。

4、眼視観測データの選択について

本報で使用したデータは、

1) 1986、7、9年5月のオーストラリア遠征での眼視観測結果

2) 1986~9年に日本流星研究会の上田昌良氏がまとめられた眼視観測結果の中から、おおよそ以下の条件により選択した。

- 1) 旧CHRの F が 0.7 以上
- 2) 旧CHRの F の変化が 0.1 以内
- 3) 輻射点高度が 20° 以下の観測を含む
- 4) 観測値が 4 水準以上

Per、Gem群に関しては、観測数が多いわりに、輻射点高度の低いときの観測が少なく、採用できるものが非常に少なかった。

また当然、極大前後の真の ZHR の時間変化を考慮しなければならないが、本報では簡単のため、この影響を考慮していない。

5、結果

表1～4にそれぞれの群流星の観測値と γ の推定値を示す。また表1～4の全ての観測値を使用して、 γ 別のZHR-hの関係のグラフを示した。

結果は非常にばらついているので、飛び抜けたデータを取り除き、簡単にまとめたのが表2である。

表2、 γ 値計算結果のまとめ

分類	群	データno	おおよその γ	備考
1	$n-Aqr$	(1)～(4)	1.8	
2		(5)～(12)	1.0	
3	Qua	(1)～(4)	1.4	
4		(5)～(7)	0.8	極大直後
5	Per	(1)～(4)	1.4	
6	Gem	(1)	0.5	極大後?
7		(2)	1.8	

表2に関しても、かなりばらつきが見られる。また真のZHRの時間変化が明らかに含まれているデータもある。

$n-Aqr$ 群の分類1と2に関しては、真のZHRの時間変化が少ないと思われるにもかかわらず、なぜこの様に大きく(1.8 vs 1.0)違いが生じたのかは全く不明である。

6、まとめ

本報の結果より、以下のまとめができる。

- 1) $\gamma = 1.0$ では明らかに小さい。
- 2) $\gamma = 1.5$ がおおよそ適当と思われる。
- 3) 2)の場合、 h が小さい時に飛び抜けたZHR値が得られる場合がある。よってこの時にはより高次の補正項が必要である。
- 4) よって $\gamma = 1.5$ を使用し、 h の値は 20° 以上(できれば 30° 以上)の場合に適用するのが望ましい。
- 5) h が 30° 以下の観測の場合、当面は $\gamma = 1.5$ を使用し、今後より高次の補正項及び他の因子を考えて行く必要がある。

7、参考資料

- 長沢 工、1987、「天頂修正係数への新提案」、第45回流星物理セミナー
小関正広、1988、「ZHRの輻射点高度の補正について」、第29回流星会議
戸田雅之、1986、「同時流星写真観測オーストラリア遠征報告」、第27回流星会議
戸田、柳、1987、「同時流星写真観測オーストラリア遠征報告」、第28回流星会議

[Table.1 E-Aqr]

		visual observations				CHR-F	computed -Gamma	data -no	group -no
1986. 5. 4/5	h		25.0	36.8	45.8		2.11	(1) --	g-1
M. Toda	CHR		14.5	32.1	45.0	(F:0.70-0.83)			
1987. 5. 4/5	h	11.5	20.5	32.0	41.3		1.79	(2)	
M. Toda	CHR	6.0	13.5	24.0	44.6	(F:1.0)			
1987. 5. 4/5	h	11.6	20.6	32.1	42.6		1.94	(3)	
S. Yanagi	CHR	4.0	17.0	34.0	55.0	(F:1.0)			
1987. 5. 5/6	h		21.3	32.8	41.5		1.59	(4) --	
M. Toda	CHR		14.5	35.0	40.5	(F:1.0)			
1989. 5. 4/5	h	8.5	19.0	32.9	45.3		1.42	(5) --	
M. Toda	CHR	4.0	11.0	18.0	33.6	(F:1.0)			
1989. 5. 5/6	h	9.4	19.9	33.2			1.13	(6)	
M. Toda	CHR	4.0	18.0	25.1		(F:1.0)			
1989. 5. 4/5	h	8.5	17.8	32.3	45.3		1.08	(7)	g-2
Mas. Takanashi	CHR	6.0	9.6	25.1	28.8	(F:1.0)			
1989. 5. 5/6	h	9.4	18.7	30.9			0.89	(8)	
Mas. Takanashi	CHR	6.0	13.2	18.0		(F:1.0)			
1989. 5. 4/5	h		17.8	31.7	45.3		1.96	(9)	
Mik. Takanashi	CHR		3.6	10.8	19.2	(F:1.0)			
1989. 5. 5/6	h	9.4	16.4	32.6			0.77	(10)	
Mik. Takanashi	CHR	6.0	10.0	15.6		(F:1.0)			
1989. 5. 4/5	h	8.5	19.0	32.9			1.26	(11)	
S. Yanagi	CHR	4.0	17.0	28.0		(F:1.0)			
1989. 5. 5/6	h	9.4	19.9	33.2			0.64	(12) --	
S. Yanagi	CHR	6.0	28.0	28.0		(F:1.0)			

[Table.2 Qua]

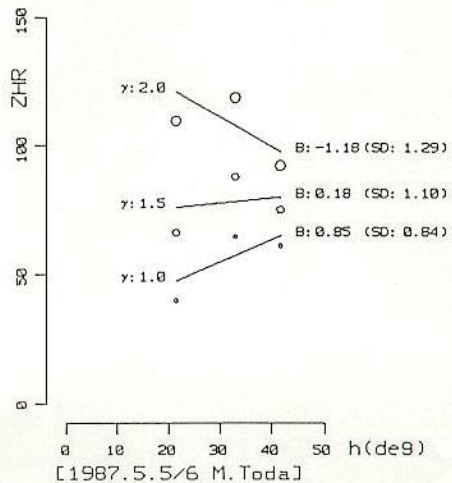
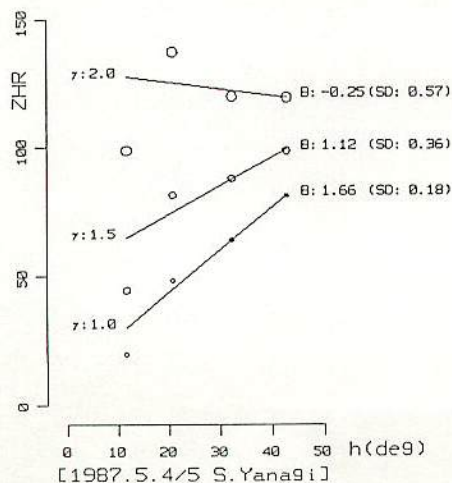
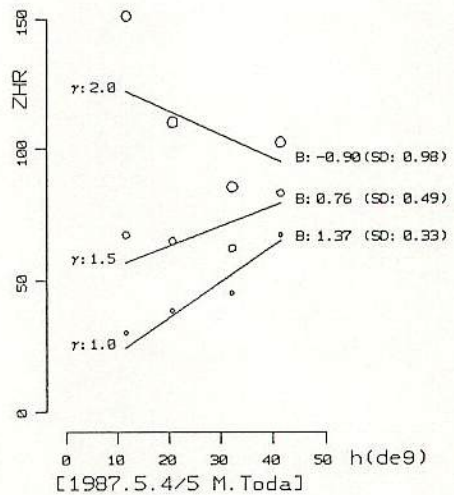
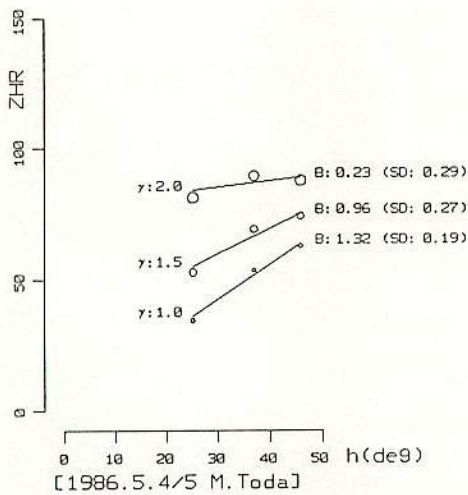
		visual observations				CHR-F	computed -Gamma	data -no	group -no	
1987. 1. 3/4	h	10.0	18.0	47.0	54.0		1.27	(1) --	g-3	
M. Ueda	CHR	14.8	11.4	63.5	80.6	(F:0.7-0.8)				
1987. 1. 3/4	h	19.0	27.0	38.0	48.0		1.53	(2)		
K. Sano	CHR	17.7	26.7	71.1	58.9	(F:0.9)				
1987. 1. 3/4	h	30.0	37.0	49.0	56.0		1.39	(3)		
D. Ito	CHR	25.0	50.0	63.8	62.5	(F:0.8)				
1987. 1. 3/4	h	29.0	36.0	48.0	56.0		2.07	(4) --		
M. Kato	CHR	15.2	31.0	50.9	54.2	(F:0.9)				
1989. 1. 3/4	h	10.9	18.9	25.5	47.2		0.81	(5) --		
S. Yanagi	CHR	15.0	13.8	25.7	38.8	(F:0.8)				
1989. 1. 3/4	h	10.9	18.9	25.5	47.2	54.7	0.60	(6)		g-4
M. Oka	CHR	10.5	11.5	26.4	26.8	29.3	(F:0.76-0.83)			
1989. 1. 3/4	h	10.9	18.9	25.5	47.2	54.7	0.96	(7) --		
T. Hashimoto	CHR	10.3	11.5	22.0	26.3	40.4	(F:0.76-0.78)			

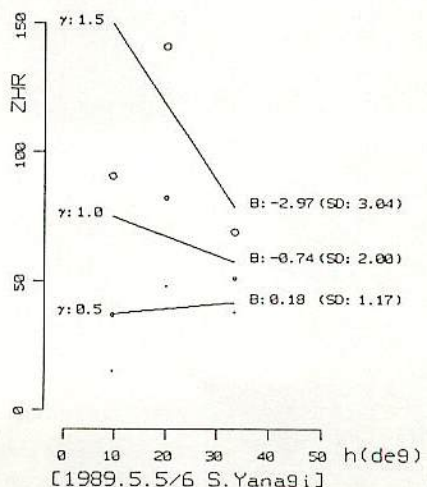
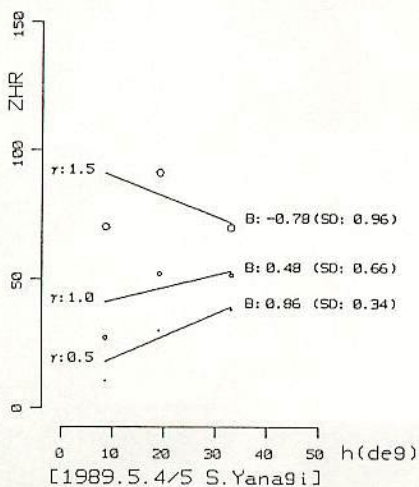
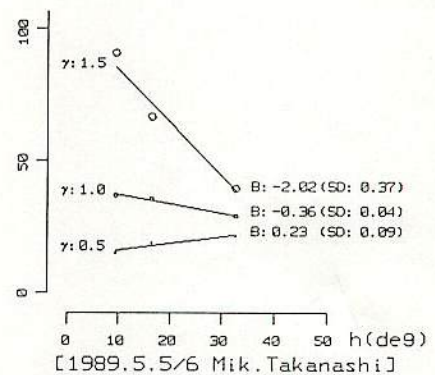
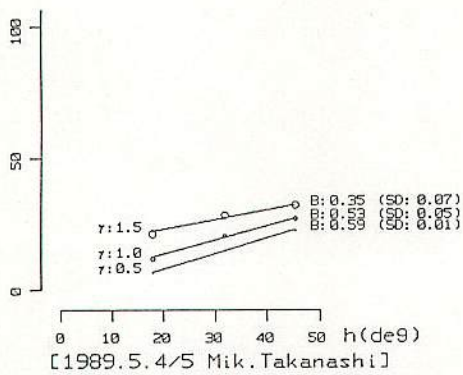
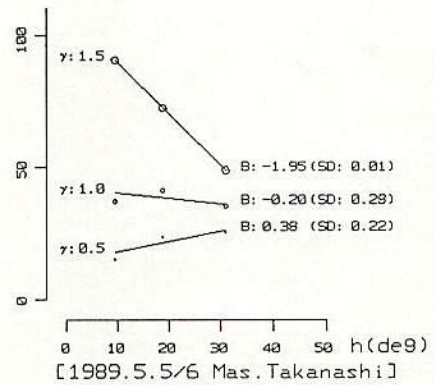
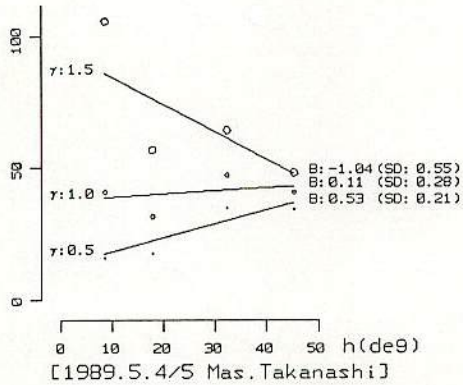
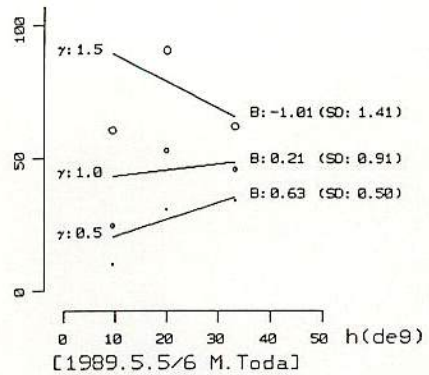
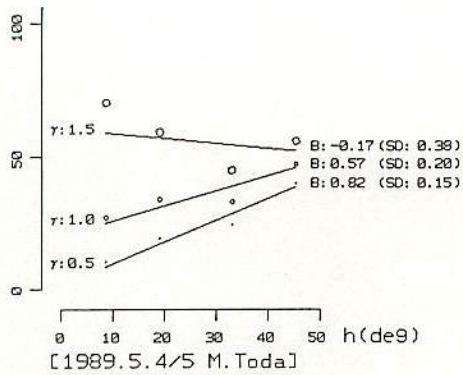
[Table.3 Per]

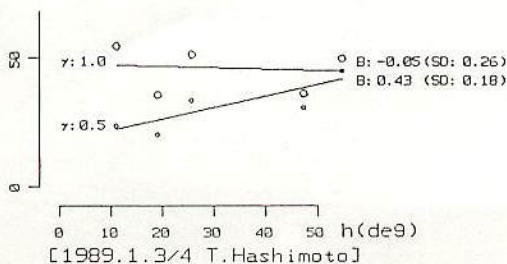
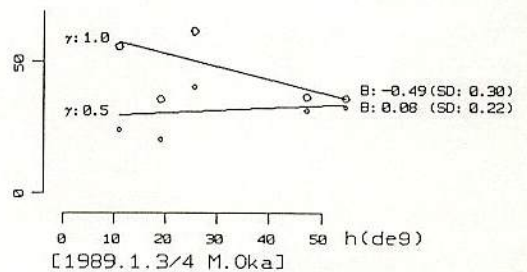
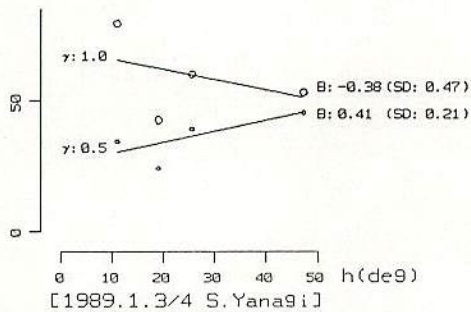
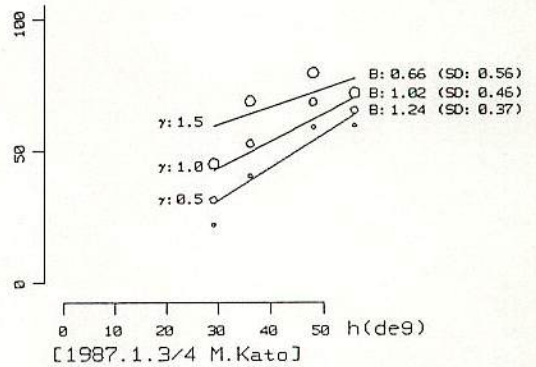
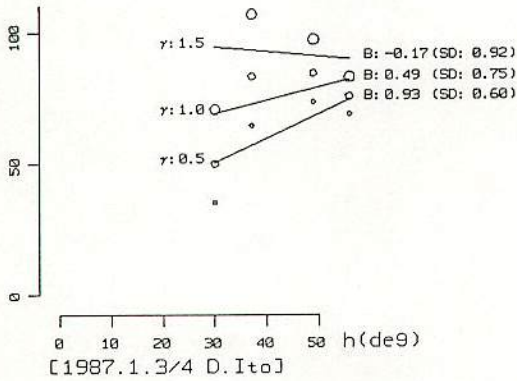
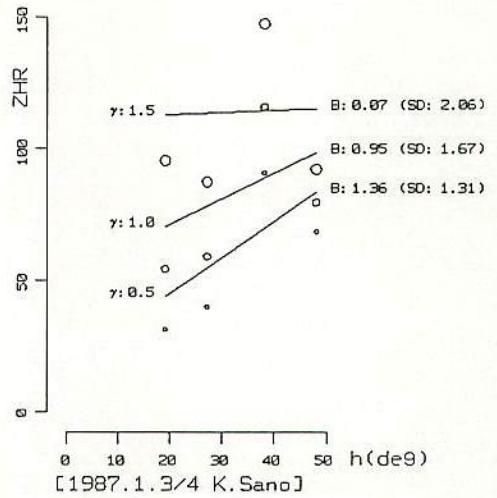
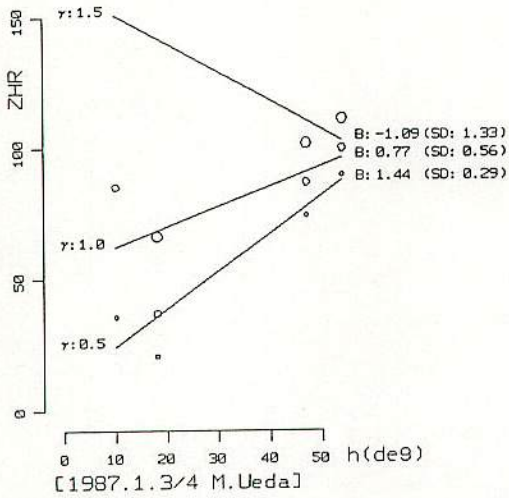
		visual observations					CHR-F	computed	data	group
								-Gamma	-no	-no
1986.8.12/13	h	20.0	26.0	45.0	51.0	58.0		1.41	(1) --	g-5
M. Kameta	CHR	25.0	20.0	60.0	48.8	80.0	(F:0.8-0.9)			
1986.8.12/13	h	26.0	34.0	44.0	50.0	57.0		1.22	(2)	
T. Hiroe	CHR	21.1	20.0	42.2	30.0	45.0	(F:0.8-0.9)			
1988.8.12/13	h	27.6	35.3	50.7	60.2			1.18	(3)	
H. Mizoguchi	CHR	34.0	36.9	84.0	52.5		(F:1.0)			
1988.8.13/14	h	15.9	20.5	35.3				1.76	(4) --	
M. Oka	CHR	6.2	10.3	24.0			(F:0.8-0.9)			

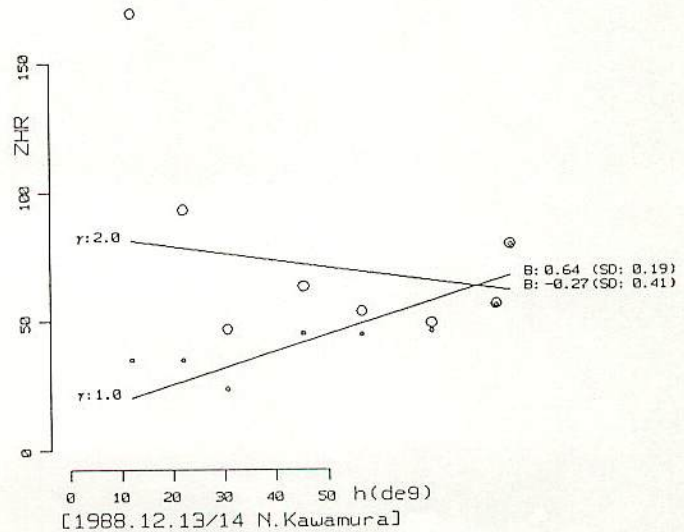
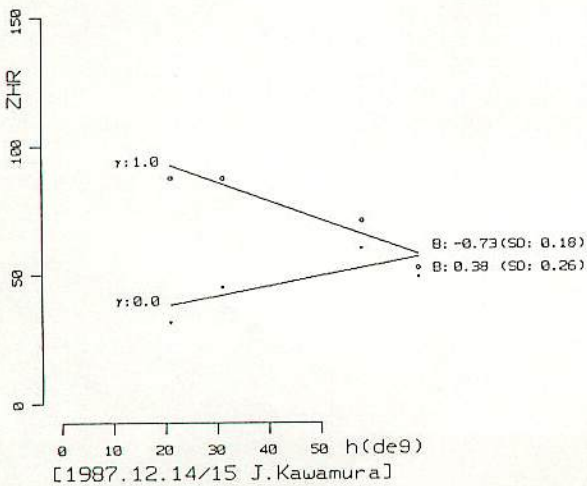
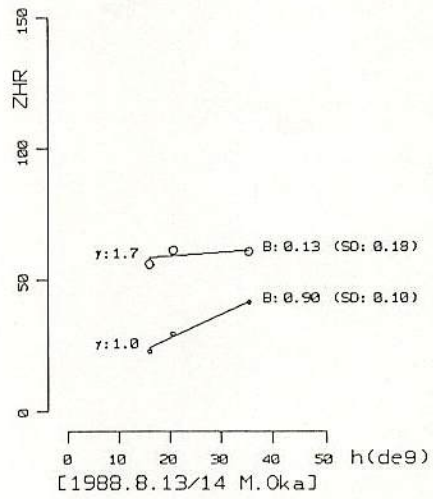
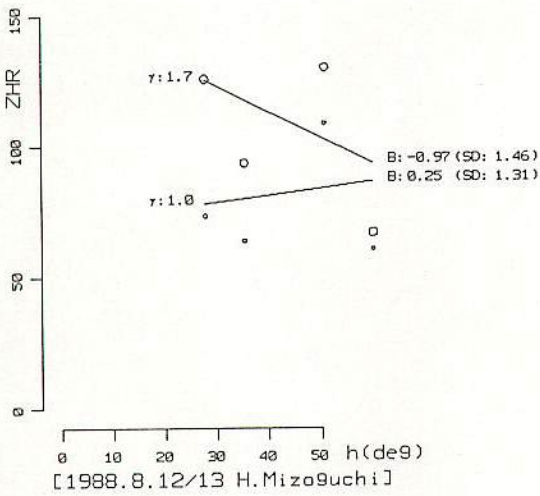
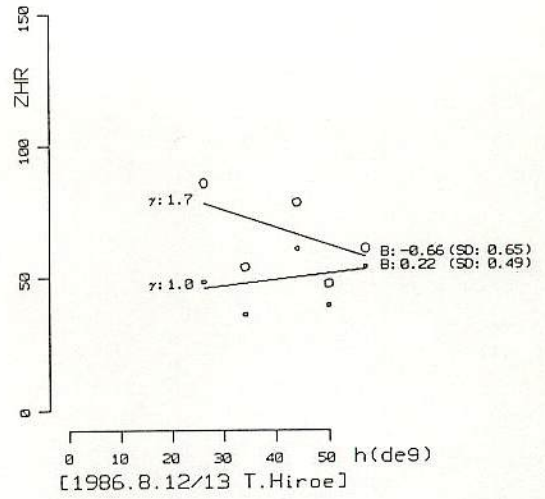
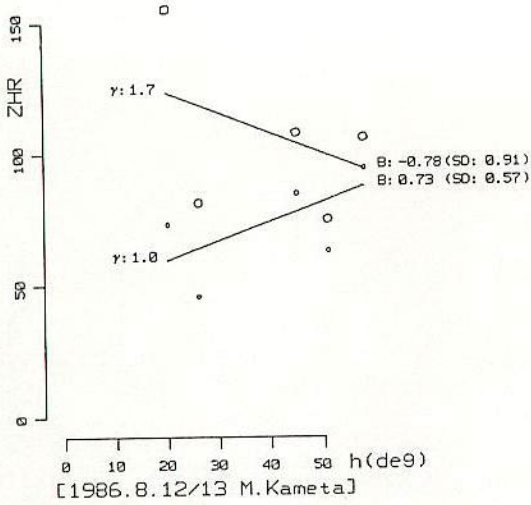
[Table.4 Gem]

		visual observations					CHR-F	computed	data	group
								-Gamma	-no	-no
1987.12.14/15	h	21.0	31.0	58.0	69.0			0.46	(1) --	g-6
J. Kawamura	CHR	31.4	45.0	60.0	48.6		(F:0.7-0.8)			
1988.12.13/14	h	11.9	21.9	30.4	45.2	56.4		1.80	(2) --	g-7
N. Kawamura	CHR	7.2	13.0	12.0	32.0	37.2	(F:0.6-0.8)			
		69.7	82.1	84.8						
		43.0	55.0	79.0						









観測

突発群、散在、速報の他、火球による空震、ジャコビニ群観測など、観測結果の報告はここにまとめました。みずがめ座 η 流星群の観測にオーストラリアまで出かけたグループは、MSSの参加メンバーから結成されました。

ペルセウス群の母彗星

回帰をまえに

流星物理セミナー 小笠原雅弘

マースデン、中野氏らの予報によると、ペルセウス流星群の母彗星である、スイフト・タートル彗星(1862Ⅲ)が、1981年前後に回帰をむかえるという。昨年(1978年)各地で観測された大火球は、彗星接近の前ぶれだろうか? ここ数年間の出現状況はどうだろうか? 今後どういった観測を行なえばよいのだろうか?

こういった種々の問題を話し合うために、5月20日、国立科学博物館で、ペルセウスの母彗星をむかえるにあたっての流星観測者の集まりが催された。当日は関東・中京・近畿地区のアマチュアと、東京天文台の富田弘一郎、斉藤馨児両氏、地震研の長沢工氏らプロの研究者をまじえ、20名以上の参加があり狭い会場は熱気につつまれていた。

眼視観測からみたペルセウス流星群の出現状況

第1表は、藪保男氏(日本流星研究会)によってまと
【第1表】 ペルセウス流星群の出現状況(藪氏提供)

太陽黄経 (1950.0)	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79
138°20'	28.1*				18.9					29.0	
30	41.0		24.0							25.4	
40			29.5					36.9			
50			33.0				33.8				
139°00'			37.7				36.2			66.7	
10		44.8								55.8	
20		61.6								65.7	
30	56.3		38.2						40.9		
40			45.1				31.9				
50			22.2				32.0				
140°00'			20.2			28.6				34.7	
10		29.6				23.5				49.1	
20										33.5	

- ・日本流星研究会に送られてきた4~20名程度の観測者のZHRの算術平均である。
- ・極大は太陽黄経139°25'ころである。
- ・1969、'70年は観測可能時間帯が太陽黄経で139°20'付近にあったので、2年の観測の平均をとった。ほかの2年にまたがる数値も同様である。
- ・**半月印は月の影響があり、修正係数が大きくなるため注意を要する。

められた眼視観測の結果である。この表をみると、1978年の出現は、ちょうど10年前の1969年のものとよく似ていることがわかる。ただ、1978年は極大をすぎてもかなり多くの流星が捕えられているのが一つの特徴になっている。藪氏は、この表をみるかぎり母彗星の回帰にむかって、流星数が増加していると結論することはできず、それを決めるために、今年と来年の観測が重要であると指摘をされた。

光度分布、光度関数を調べることによって火球や、微光流星の割合を決めてゆくことは、流星群の構造をしらべる意味で興味深い。

富岡啓行氏(かやの会)から、ペルセウス流星群の流星出現には、数十分の周期があるのではないかという「豆まき現象説」が提出された。一方この問題に関して重野好彦氏(流星物理セミナー)は、統計学的手法を用いて計算した結果を発表、ランダムなデータを用いても「豆まき」的な現象がめられることから、流星出現はランダムであるという結論を発表した。いずれにせよ、全天係数観測で数多くの流星がとらえるときに確かめてみたい現象であろう。

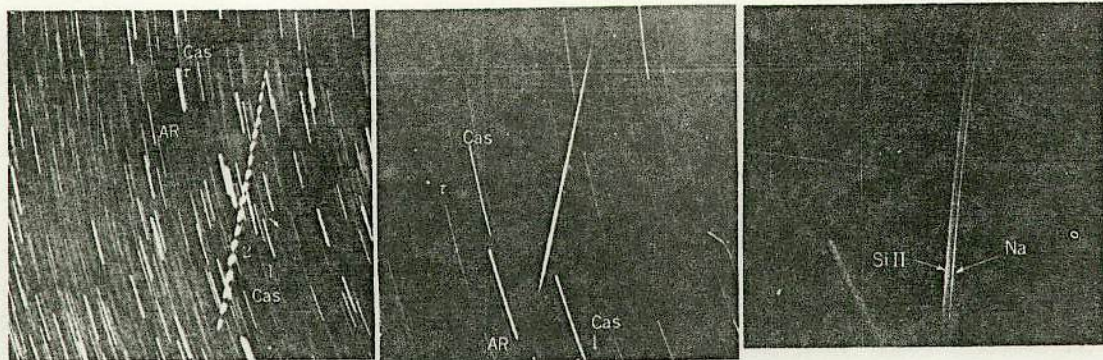
鈴木和博氏(FM流星研究会)によれば、FM電波観測では、ペルセウス流星群は目でみるはなやかさとはうらはらに出現が少なく、この現象はFM電波観測者の間で七不思議の一つに数えられているということである。

写真流星

杉本智氏(日本流星研究会)から、1971年8月13日、00時45分15秒に山口県地方で観測された火球を詳しく調べた結果が発表された。この流星は、1972年—78年にかけて観測された十数個のペルセウス流星群の火球とは全く異なった光度変化をしている。増光地点の高度が他のものに比べて約10 kmも低くなっていて、かなり特異な流星と考えられる。

ここで斉藤馨児氏から、この火球はいわゆるダストボールではなく、もっと密度の高いもので彗星核の中心部から放出されたものの破片ではないかというコメントが出され、彗星核からのダスト放出について、活発な意見のやりとりがあった。

次いで流星写真観測ネットワークの話に移った。まず関東写真流星ネットワークの奈良部英男氏から関東地区の紹介があった。1978年のペルセウス流星群のときには第1図にあるような体制がとられ、8月11~14日にかけて300個もの流星が撮影され、40個近い同時流星が観測された。そのなかの10個程度は3~6点観測がなされている。現在測定を急いでおり軌道計算は各大学のコンビ



1978年8月14日02^h13^m10^sに出現した、-2等のアペルセウス群流星、左からトライX、ハイスピードインフラレッド、プリズム使用によるスペクトル写真（御嶽山長尾平にて、いずれも日大文理学部天文学研究会撮影）

ュータによって実行されるという現状報告がなされた。近畿ネットワークからも、10台程度の四連カメラで目標点を決めて観測している様子が発表された。

一部から、近年各ネットワークで多くの同時流星が捕えられているが、群流星の場合軌道はある程度確定しているのだから、これほど多くの軌道を計算する必要があるのかといった意見も出されたが、長沢氏等により、いまだに個々の流星物質の軌道内の分布が十分に分かっていないので、できるだけ多くのデータを統計的に扱い、軌道分布であるとか、精密な輻射点の決定、その移動量、あるいは発光点、爆発点、消滅点高度などを調べる必要があるのではないかという見解が出された。

筆者は、1978年のペルセウス流星群の火球のスペクトル（写真）について発表を行った。

この流星は同時に赤外域（ハイスピードインフラレッド）、可視域（トライX）でも撮影された。この流星は軌道が双曲線になってしまったが、これは速度決定がむずかしいため、他の要素はペルセウス群のものと同様一致する。このスペクトルでは珍しいことにFeの輝線がほとんどみられずNaとSi IIの2本の輝線だけが強く光っている。赤外域でよくみられるO、Nなどのガスによる輝線はみられなかった。

頂角30°程度の市販対物プリズム分光器でも、流星が-2等級以上ならば20本以上の輝線が撮影でき、流星の起源をさぐる上で大変重要な組成を調べたり、流星プラズマ温度の推定なども可能であることがわかる。

今年のペルセウス流星群は月が明るいのでハイスピードインフラレッドによる撮影がのぞましい。そのさい、R64、R60程度のフィルターをかけるとSi II (6347, 6371Å)、N₂の分子発光バンド(6300~6900Å)を含むのでわりあい流星は写りやすくなる。

以上4時間にもわたった討論をまとめたので詳しくは述べられなかったが、この会場で今後ペルセウス流星群



【第1図】1978年ペルセウス群観測体制（関東）

にむかう姿勢が打ち出された。

★眼視による係数観測や、FM電波観測によって彗星の回帰にむかって出現数がどう変わってゆくかを調べる。また光度関数を調べて変化がみられるかどうかをみる。

★写真観測では各地のネットワークを生かした同時流星の撮影によって流星群の軌道内分布、輻射点などを調べる。明るい火球が出現し永続痕がみられることが考えられるので、痕の連続観測や、スペクトル撮影ができれば得られる情報は大きい。

最後に各ネットワークの連絡先をあげておくので、連絡をとりあって、有意義な観測をされることを望みます。
 関東地区：関東写真流星ネットワーク 奈良部英男 〒124 東京都葛飾区お花茶屋 2-5-9 正和荘
 関西地区：近畿流星ネットワーク 上田昌良 〒583 大阪府羽曳野市飛鳥 43-2 ☎ 0729-58-0504

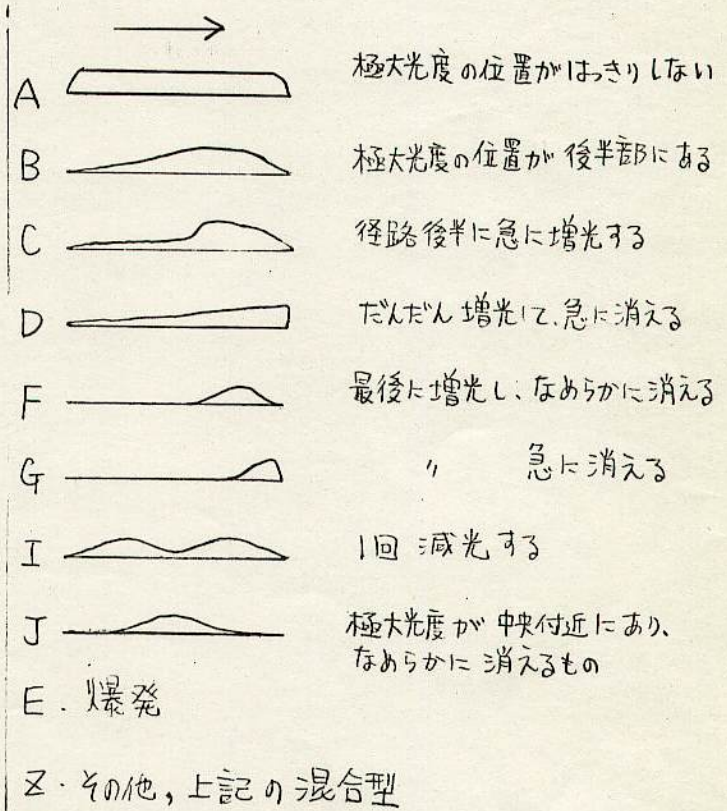
α Gem 群の光度変化について 15th MSS

電通通信大学天文同好会 前田幸治

α Gem 群は例年よく写真に撮れるが、数個が同時流星として解析されるほかは、ほとんど使われないので、それらを使って、光度変化を調べてみた。

方法 1 G 群と散在を分けて、右の図のような光度変化型のどれにあたるかを分類する。これは、「流星観測ガイドブック」の P201 のものを参考にしている。

結果 1 下記の表のようになった。80 年分は、整理中なので、整理の終わった分のデータ。このことから、α Gem は、A, B, I, J 型がほとんどを占めていることがわかる。A, B, J は、他の群でも多いが I 型は、他ではあまり見られない。では、なぜ 1 回減光するのだろうか。



型		A	B	C	D	F	G	I	J	E	Z
79年	α Gem	18	25	5	2	0	0	19	6	1	7
	散在	5	0	1	1	2	0	1	0	0	2
80年	α Gem	7	5	1	0	0	0	11	7	0	6
	散在	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0

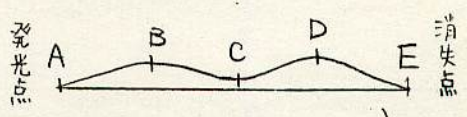
方法2

1回減光の様子をもと詳しく知るために、流星の

写真を引き伸して、スリバーで径路長、発光点から最も減光又は増光した位置までの距離を測る。それぞれの長さを径路長で割って、径路中のどの位置で、減光、増光がおこるかを調べる。

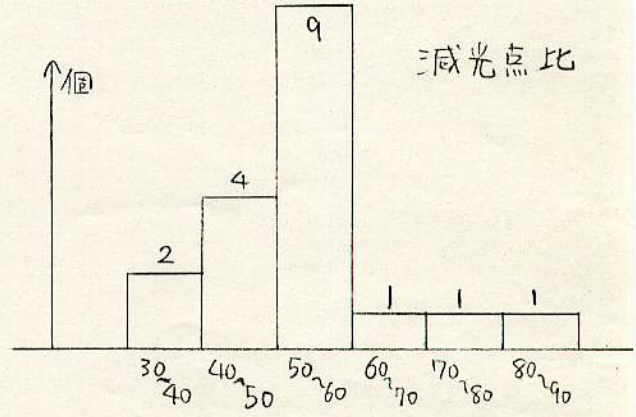
結果2

(79年、α Gem 群より)



比の値 %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	平均値	↓
	? 10	? 20	? 30	? 40	? 50	? 60	? 70	? 80	? 90	? 100		
減光点比	0	0	0	2	4	9	2	2	2	0	56.4	$\frac{AC}{AE}$
増光点比 ①	0	0	7	7	4	2	0	1	0	0	38.1	$\frac{AB}{AE}$
増光点比 ②	0	0	0	0	0	2	9	5	4	1	72.0	$\frac{AD}{AE}$
増光比 ①+②	0	0	7	7	4	4	9	6	4	1		

これらの結果を見ると、どれも集中度がよく、特に減光点の位置は、約半数が全径路の50~60%の位置に集まっている。



減光の原因として、流星本体にある場合と、地球の大気にある場合が考えられる。前者は、石曜める方法がないが、Gem 群は、周期が小さく、密度も大きいなど他の群とかなり違った特長を持っていることから可能性がある。また、大気に原因があるとするれば、散在流星も同様な光度変化をするはずだが、散在流星はなかなか写真に撮れないのでなんともいえない。Gem 群は、発光点 100km 消失点 80km くらいだといわれているから、(理科年表) 減光点は、約 90km となる。減光点の集中度が高いことから、あまり厚くない層の可能性がある。

このように、同時流星でない写真からも、いろいろおもしろいことがわかります。

ICARUS 47, 492-499 (1981)

'Comet Tempel-Tuttle and the Leonid Meteors.'

D. K. Yeomans の紹介

月惑星研究会 長谷川 均

1. Comet Tempel-Tuttle の軌道.

1865 Dec 19. Tempel } か独立に見
1866 Jan 5. Tuttle }

1965 に Schubart (1965) の努力により再発見

20 間に得られた.

1965 4ヶ }
1865-1866 51ヶ }

$a = -\tau$ をもとに、軌道を決定。軌道決定は 9 惑星の摂動を加え
1日ステップで数値積分した。(Yeomans, 1977) 2の軌道を 1699 年の
1ヶの観測から計算すると、 $\Delta T = +7.3d$ となる。このずれを非重力効果と
考え、運動方程式にこの項を加える。一般に、非重力効果は、日心距
離に対する H_2O の氷の蒸発として表わすことができる。軌程 (r) 方向の加
速度とこれと直角な加速度を加える。氷は $> 1/2$ [A₁g(r)]
[A₂g(r)]

$$g(r) = 0.111262 [r/2.808]^{-2.15} [1 + (r/2.808)^{5.093}]^{-4.6142}$$

が得られている。軌道を変化させるのは主として、A₂ である。A₂ を 113113 と変化
させて、1699 年の ΔT が最小になるように軌道を求めた。これを用いると Kanda
(1932) による、1366 年の $\tau - \tau$ が $\Delta T = -0.34$ days になる。

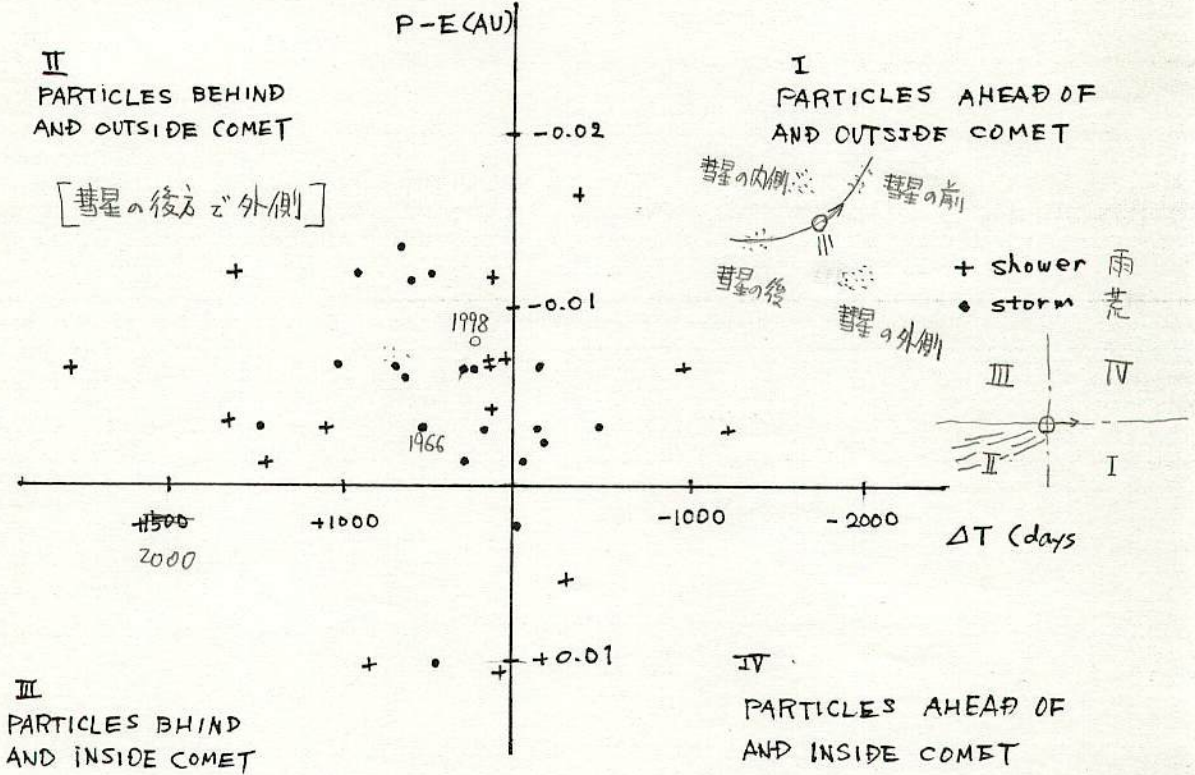
2. 902-1998 までの LL 座流星群.

Comet Tempel-Tuttle の記録は 1366 までだが、流星群 (Leonid Meteors)
は、902 までさかのぼれる。

流星群の出現は、母彗星の近日点通過前後数年間 (1ヶ観測±1ヶ)
と仮定。particles は、若し、McIntosh (1973) は、1966 と 1969 年の観測
から、particles は母彗星に離れて 5-6 公転しかしていないと見積った

1. で得られた軌道を用いて、各流星群 (Leonid Meteors について) の出現の概況について調べる。

meteor particles は、母彗星と同じ軌道と、時間差をもちて運動するとし、各接触軌道について、shower の前後、2体問題として地球と最接近したときの地球と particle の距離 $P-E$, ΔT を求める。



図上の particles は、彗星の後方で、軌道の外側に分布していることがわかる。
 β は輻射圧と重力の比とすると、 $\beta < 10^{-3}$ の小さな dust は、母彗星の後方、外側へ移動するようになる。(図の II 象限) I, II, IV は、大きな particles や rocks が残る。1498, 1601, 1602 は、III, IV 象限であるが、火球が多かった。

流星物質の広がりかガス放出のみで説明しようとすると、幾何学的に広がっていないわけにならない。particles の力学的な変化は、放出過程よりも輻射圧や擾動力の方が強く働く。

流星雨が出現するためには、comet が地球より 0.025 AU 内側か 0.010 AU 外側を通過する必要がある。(例外 1933, 1902 etc.)

1998 と 1999 は、非常に良い条件にある。はたしてどうなるか?

I. E Boo 群の活動

27日 資料 暮合

- 1) 昨年、突発したE Boo群とπ CrB群の活動と関連を調べてみた。
- 2) 観測報告

E Boo 群	日付	時間帯	時間	RP 数	C.H.R	F	R.P (1950.0)	↓	wt	mag	速さ	色	Sec
		2/1	21~①	50①	3	6	.6	207° 340	3	P	2.7 mag	M	BW
	1/2	21~②	60②	6	8.6	.7	208° 33	6	"	3.9 "	M	-	0.4
	3/5	21~	30	3	12	.5	214 33	3	"	3.0 "	M	-	0.4
	9/10	22~③	60③	7	10	.7	217 32	7	1	2.9 "	M	BW	0.43
	10/11	22~	30	3	12	.5	217.5 30	3	P	3.7 "	M	-	0.4
	11/12	21~	30	2	8	.5	219 30	2	"	3.8 "	YR	BW	0.6
	13/14	21~④	110④	9	15.7	.7	220.5 31	12	2	3.9 "	rs-R	BW	0.5
	14/15	22~⑤	60⑤	8	12.5	.8	221 31	10	1	3.8 "	S-R	-	0.5
	8/9	22~	30		0	.5		0					

π CrB 群	日付	時間帯	時間	RP 数	C.H.R	F	R.P (1950.0)	↓	wt	mag	速さ	色	Sec
		13/14	21~										
	14/15	22~	60	4	2.5	.8	2	"	4.0 "	rs.M	-	0.4	

3) 考察

・他の観測者ではほとんど観測されていないのは、なぜか。きちんと経路記入観測したいと比較はなすたい。

自分の観測からは、E Boo群は昨年並かやや少な目の活動を捕えたと言える。π CrB群も活動していて別群の様に思える。①~⑤の結果からは、13/4日にピークがありR.Pの移動として約 $\alpha \pm 1^\circ$ $\delta \pm 0.93$ と言えそうである。平均光度は3~4 mag。フロー情報等によると、昨年と同様、あまり確認されているとは言えなさそうである。

II. B And 群 (1983e 彗星に伴う流星群) の活動

1) 結果

14/15	21~	75	4	6.4	.7	19° 39°	8	P	3.0 mag	rs-R	BW	0.5
-------	-----	----	---	-----	----	---------	---	---	---------	------	----	-----

2) 考察

ほぼ、予想R.P位置から B And 群や Pcy 群の様を感じのする流星が見られた。特に明るい流星は見られなかった。

III. 単一字流星の光度変化の研究

1844個の直観的光度変化の分類をまとめてみた。第2表の)内はII-2型をす。各群の特長が表わされている。

(第1表)

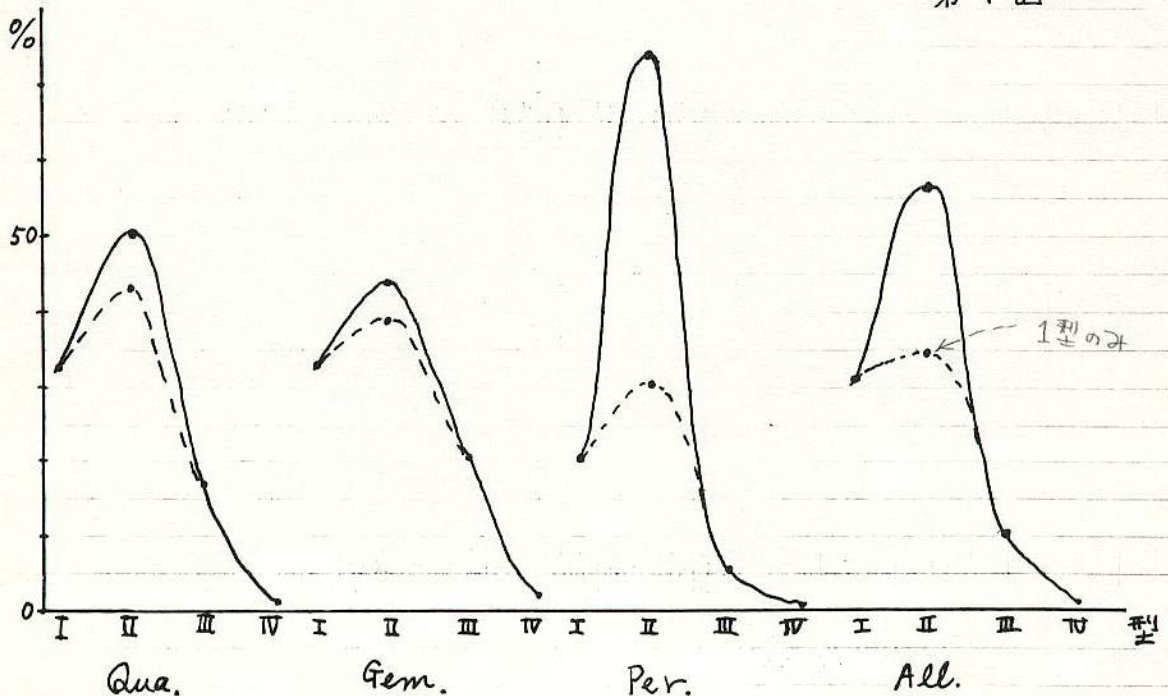
No. 型	I	II	III (I')	IV	備考
1	—	—	—	—	基本型
2	—	—	—		複合型
3		—	—		
4		—	—		
5		—	—		
6		—	—		
7		—	—		

爆発的増光 中より増光

(第2表)

型	Qua	Per	Ori	Tau	Leo	Gem	Spo	All
I	46	106	24	7	64	172	158	577
II	69 (60)	382 (157)	27 (21)	15 (5)	91 (53)	229 (204)	231 (137)	1044
III	24	28	0	3	1	106	41	203
IV	1	3	4	0	0	10	2	20
計	140	519	55	25	156	517	432	1844

第1図



他の観測者と違い、ほとんども出現があったと思う。経路記入観測も少ない。

別報として、1844個の写真流星の直線的亮度変化の分類をしとめたところ、各流星群の特長がよくわかった。

● はじめに

大学天文連盟流星分科会では、1978年より眼視（主にグループ計数観測）のデータバンクを作り、観測データを保存している。そこで、Per 群のデータを1978年までさかのぼり解析し、極大時刻、その他を統計的に考察する。

● 使用データについて

1. 1981年以前のデータは、CHRより1人あたりのZHRに補正し直す。
2. 全てのデータは雲量及び最微星を合せた係数、0.4以上で30分以上の観測を1ラウンドとし、この条件に満たないものは用いない。

● 解析手段

1. 1ラウンドごとの観測中央時刻より、1950.0分点における太陽黄経 (L_0) を求める。
2. 1人あたりのZHRデータを平均化する。
3. 以上の前処理を行った上で、最小2乗法のn次近似を行ない、近似式を求め各データポイントの残差、及び、標準偏差、近似式の決定係数を求める。
4. グラフを書き、考察を行なう。

● 結果

1. 極大時刻の決定

年	L_0	ORDER	備考
19-78	139.9	(6)	
-79	139.1	(7)	
-80	139.9	(5)	極大前日の係数(雲量・最微)が悪い。
-81	-	-	天候不良のため観測出来ず。
-82	139.2	(4)	極大日の観測が1ラウンド。
-83	139.6	(6)	

- ・以上より、年をX軸、 L_0 をY軸にとって最小2乗法で直線近似を行なった結果、極大時刻の L_0 がしだいに減少している。すなわち、極大時刻はしだいに早くなってきている。
- ・月や天候の影響を考慮した上でも、活動が減少傾向にあるのではないか。(1983年は例外か?)
- ・極大をはさんでの増加・減少のカーブの傾きが年々ゆるやかになっているのではないか。
- ・1983年は前進した2次極大があったのではないか。

● 同題点

- ・ラウンドデータを平均化しないで検定を行なうべきではないか。
- ・はたして、最小2乗法で極大時刻を検定することは可能か。
- ・データ数が少ないので、これだけでは極大時刻が早くなっているとは言えないのではないか。
- ・観測法(グループ計数)にも問題があるのではないか。
- ・現在の流星出現数の補正では、観測どうしを比較することは難しい。

Fig-2. 1978 6次近似

* Least squares approximation by M-th order polynomial *

* Least squares approximation by M-th order polynomial *

order of polynomial (M): 1
no. of given data points: 5

* approximated polynomial *

$$P_m(X) = 1.43192E+02 - 4.54184E-02 * X$$

I	X	Y	Pm	Y-Pm
1	7.80000E+01	1.39900E+02	1.39449E+02	2.50977E-01
2	7.90000E+01	1.39100E+02	1.39604E+02	-5.03586E-01
3	8.00000E+01	1.39900E+02	1.39558E+02	3.41812E-01
4	8.20000E+01	1.39200E+02	1.39467E+02	-2.67349E-01
5	8.30000E+01	1.39600E+02	1.39422E+02	1.78085E-01

sum of residual squares: 5.34413E-01
coefficient of determination: 2.42082E-01
standard deviation: 4.22932E-01

Fig - 1

最小二乗法で求めた極大時刻(Lo:1950.0)により、直線近似を行い、極大時刻の前後の有差を調べた (Fig-1).

Fig-2. 1978. 6次近似

Fig-3. 1979. 7次近似

Fig-4. 1980. 5次近似

Fig-5. 1982. 4次近似

Fig-6. 1983. 6次近似

Fig-3. 1979 7次近似

* Least squares approximation by M-th order polynomial *

order of polynomial (M): 7
no. of given data points: 8

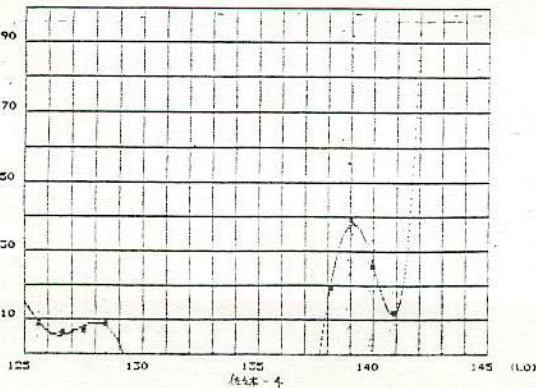
* approximated polynomial *

$$P_m(X) = -1.55999E+02 + 3.00346E+01 * X - 1.40983E+01 * X^2 - 1.25735E+00 * X^3 - 4.85750E-01 * X^4 + 1.67780E-03 * X^5 + 5.62549E-05 * X^6 + 2.91203E-04 * X^7$$

I	X	Y	Pm	Y-Pm
1	-9.41000E+00	8.90000E+00	9.07878E+00	-1.78782E-01
2	-8.37000E+00	6.20000E+00	5.32866E+00	9.41342E-01
3	-7.48000E+00	6.60000E+00	6.06064E+00	-1.46064E+00
4	-6.59000E+00	8.80000E+00	8.07825E+00	7.21758E-01
5	-3.12000E+00	1.91000E+01	1.98728E+01	-7.72779E-01
6	3.98001E+00	2.93000E+01	3.72806E+01	1.71942E+00
7	4.92999E+00	2.54000E+01	2.67674E+01	-1.56744E+00
8	5.86000E+00	1.17000E+01	1.12969E+01	4.03110E-01

sum of residual squares: 9.12998E+00
coefficient of determination: 9.95134E-01

Z.H.R (one) Z.H.R (one) graph



図表-4

order of polynomial (M): 6
no. of given data points: 7

* approximated polynomial *

$$P_m(X) = -3.97564E+00 + 4.19490E-01 * X - 3.55319E-01 * X^2 + 1.02092E-01 * X^3 - 4.56452E-01 * X^4 + 1.55042E-01 * X^5 + 1.35211E-02 * X^6$$

I	X	Y	Pm	Y-Pm
1	-8.42000E+00	4.80000E+00	4.80782E+00	-7.82967E-03
2	4.40002E-01	8.50000E+00	8.47201E+00	2.79942E-02
3	2.31000E+00	1.07000E+01	9.02254E+00	1.67746E+00
4	3.28000E+00	1.40000E+01	1.41916E+01	-5.19156E-00
5	4.25000E+00	4.25000E+01	3.65080E+01	5.99197E+00
6	5.20000E+00	3.67000E+01	2.98242E+01	-3.12417E+00
7	6.12001E+00	1.02000E+01	9.27441E+00	6.23590E-01

sum of residual squares: 7.28222E+01
coefficient of determination: 9.71389E-01

Z.H.R (one) Z.H.R (one) graph

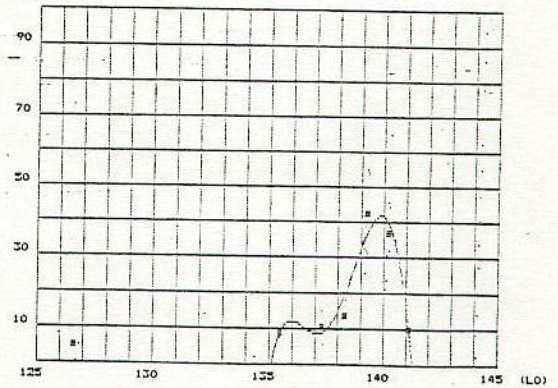


Fig-4. 1980 5次近似

* Least squares approximation by M-th order polynomial *

order of polynomial (M): 5
no. of given data points: 6

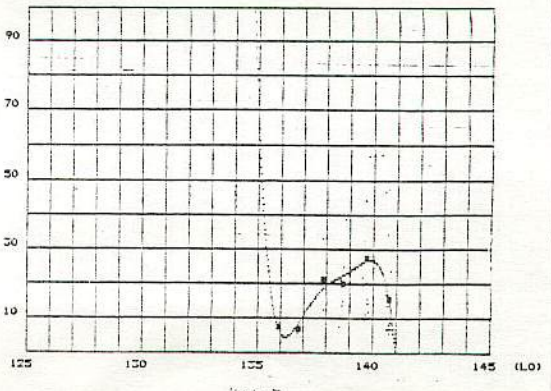
* approximated polynomial *

$$P_m(X) = 6.67220E+01 - 1.38175E+02 * X + 1.08901E+02 * X^2 - 3.74977E+01 * X^3 + 6.05424E+00 * X^4 - 5.72869E-01 * X^5$$

I	X	Y	Pm	Y-Pm
1	9.10004E-01	7.40000E+00	6.82252E+00	5.74473E-01
2	1.79001E+00	6.70000E+00	8.54344E+00	-1.84344E+00
3	2.84000E+00	2.13000E+01	1.85126E+01	2.78735E+00
4	3.79999E+00	2.03000E+01	2.24209E+01	-2.13086E+00
5	4.70000E+00	2.74000E+01	2.66854E+01	7.14655E-01
6	5.67000E+00	1.25000E+01	1.58061E+01	-1.06075E-01

sum of residual squares: 1.65602E+01
coefficient of determination: 9.75054E-01

Z.H.R (one) Z.H.R (one) graph



図表-5

明治大学天文部眼視流星観測の古記録 1985.9.1日

38回 12月8日(日)

参加 28人

37th MSS

明大 岡本 肇 崎

1. はじめに

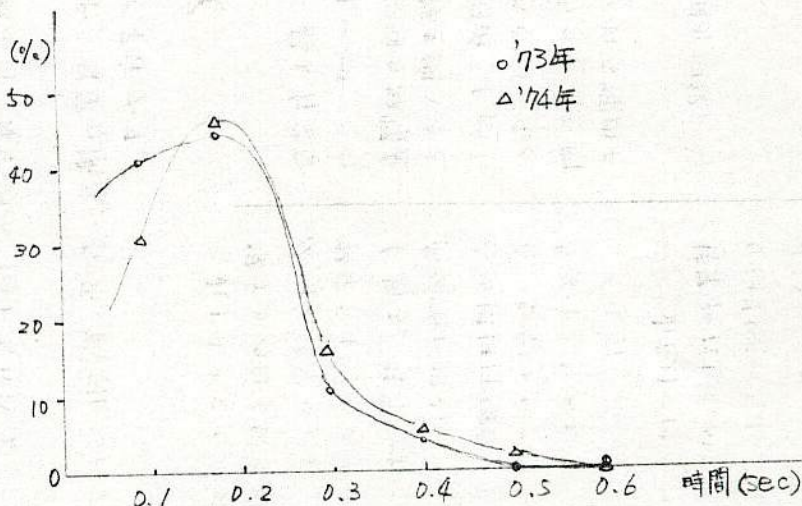
明大天文部の古記録を調べて何かおもしろい研究発表がないか捜しましたが、残念ながら適当なものはありませんでした。その代り今まであまり日の目を見たことのない、継続時間及び速さの観測結果がありましたので紹介します。

2. 観測結果の表とグラフ

・ペルセウス群 (73, 74年)

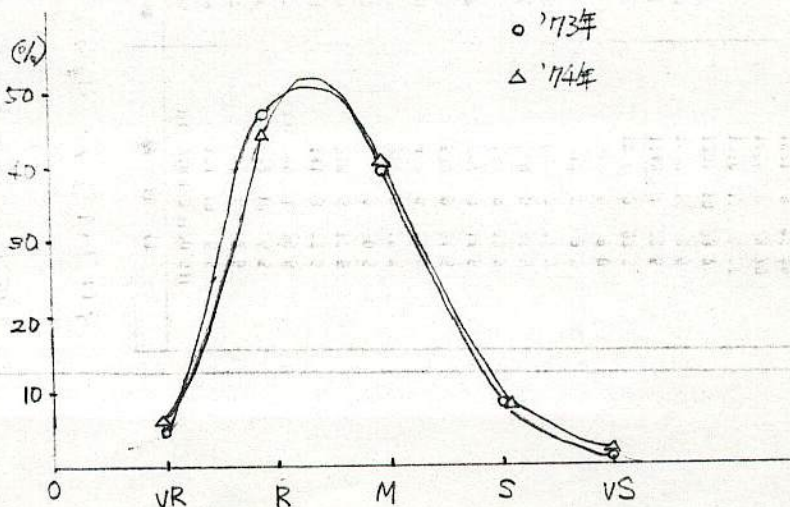
継続時間

時間 (s)	'73 (%)	'74 (%)
0.1	41	31
0.2	44	46
0.3	11.5	16
0.4	3	5
0.5	0	2
0.6	0.5	0



速度

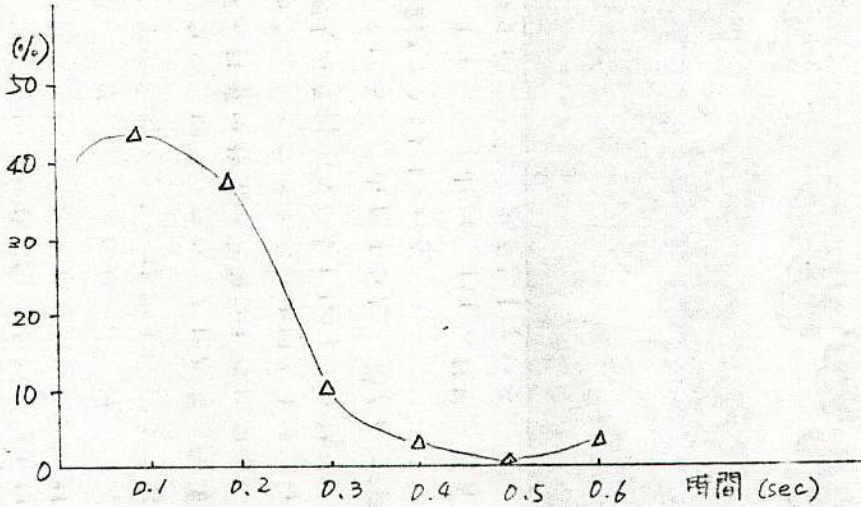
速さ	'73 (%)	'74 (%)
VR	4	6
R	47	43
M	40	41
S	8	8
VS	1	2



ふたご群

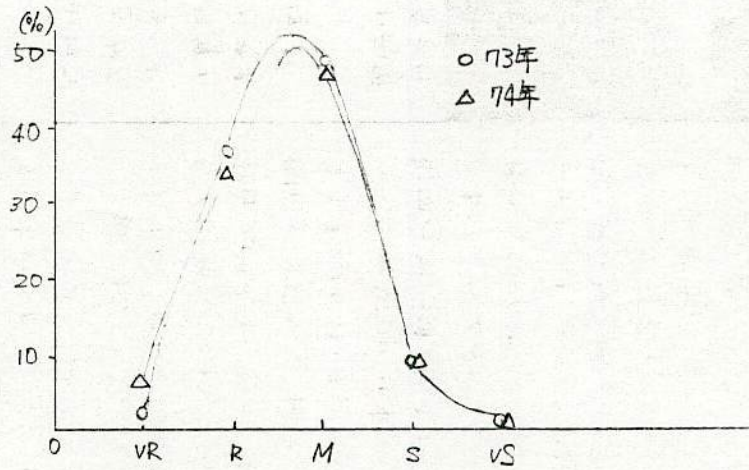
継続時間

時間 (s)	'74 (%)
0.1	44
0.2	38
0.3	11
0.4	3
0.5	1
0.6	3



速度

速さ	'73 (%)	'74 (%)
VR	2	7
R	38	34
M	49	47
S	10	10
VS	1	1



3. まとめ

1973~1974年頃は、眼視流星記録用紙に日流研の経路記入用の用紙を使用しており、それには継続時間、速度の他に色、痕、その他があります。ここでは継続時間と速度をとりあげてみました。

別にこれといった結論はないのですが、珍しいためと、日の目を見させるためという2つの理由で発表しました。これが何らかの役に立てば幸いです。

又、他サークルのちも、これを機会に珍しい観測や研究を発表して頂ければと思います。

TVにより2点観測された454個の流星 (Double-Station Observations of 454 TV Meteors)

T. Sarma, J. Jones (佐々木タリイ大学, Canada)

(訳) 渡辺美和 (江東区木場6-6-6303)

§1. はじめに

高感度のテレビによる流星の観測は、他の観測方法と比べ観測上の種種の制約を受けにくく、研究上、貴重なデータを提供してくれる。特に、レーダーや望遠鏡などの観測手段が本質的エラーを受けやすい+5等級よりも暗い流星を充分観測できるということが大きな重要な点である。レーダー観測はアンテナスコーンによる遮蔽効果に悩む弊害を受けている。この影響としては、まず流星レーダーによって“見えない”だけでなく“見える”流星についてもそのイオン化の確しかな情報が得にくい、ということがあげられる。望遠鏡による観測には肉眼による観測と同様、否定的な点がある。それは人間の眼というその反応時間が遅いことであり、方向・光度見直しなどが常に不確実性を伴うという点である。

流星のTV観測についてはすでに Hawkes & Jones (1980) や Hawkes, Jones, Cepelach (1983) などにより報告されている。流星物質の構造や惑星空間塵の進化の解明をめぐって限定的な2点観測が行われていた。今回の論文では、今現在行われているプログラムにより得られた結果について述べてみようと思う。

Hawkes et al. により得られた結果は平均光度 +3 等級という比較的明るい流星についてであった。一方、今回我々はシステムを2度わたってアップグレードした。今や平均光度 +6.1 等級まで観測することに成功している。最初の改良は、3ステージ・ゲイン・インテンシファイアー内ビジコンを2ヶ所の観測機で用いたことであり、これは更にインテンシファイアーとビジコンの光ファイバーを4チャンネル・インテグレーションで結合した。この改良により観測できる暗さを +9 等級まで感度アップさせることができた。また1982年に至って、複眼的な目指がついたことにより、ビジコンカメラをISITカメラに置き換えている。

TVカメラによる観測の大きな問題は、得られた大量のデータをいかにすばやく処理するかという点である。それは、例えは、2点でとらえられた流星1個につき、その1点のカメラから測定されるべき画像は15画像生じ、さらにその1つ々の画像に1ダース以上の比較星データが含まれている。このような事である。もちろんこの比較星自体も測定されるなくてはならないので、この画像により処理しなければならないデータは非常に多い。TVカメラの感度を上げることにより得られる流星数も多くなる。それにより処理しなければならないデータは尚更に増大する。従ってこれは膨大な量のデータをより効率的に処理する必要がある。我々はこれをコンピュータ・援助システムを作ることにより対処した。

このシステムは、まず各々の画像をフレームグラバーを通してコンピュータ・メモリーに読み取らせることである。そのメモリーの内容は“frozen”画像としてディスプレイされるようになっていた。また比較星の位置等のデータもファイル化されていて画像の歪みをデータ処理上で修正させたり、画面上の感度の非均一性を修正するためにも用いられている。このシステム完成以前は、我々はモニター画面を写真にとり、これを×Yデジタイザーを使って測定していた。この写真にとるというステップがなくなったことにより測定・計算処理プロセスは大幅スピードアップされた。今や2点観測された流星は15分以内は完璧に計算できるようになっている。

§2. 観測ステーション

1981年末までの観測は3ステージ・ゲイン・インテンシファイアー内ビジコンのカメラで行われていた。このカメラの視野は $13^{\circ} \times 17^{\circ}$ あり、そこで得られる最微流星の等級は+9であった。そしてこのカメラシステムの作像反応時間は約0.1秒であった。このカメラはOntario州 Delaware (西経 $81^{\circ}23'$ 北緯 $42^{\circ}51'4''$)とOntario州 Elginfield (西経 $81^{\circ}19'$ 北緯 $43^{\circ}11'5''$)に設置され、その2点間の距離は約39kmであった。視野はElginfield上空をおおおうべくを差すよう調整した。1982年にISITカメラ(RCA製TC1040モデル)が用いられるようになった。このカメラで得られる最微流星は+9等と変わらぬが、反応時間は0.017秒と短縮された。またこのカメラの視野は $9^{\circ} \times 13^{\circ}$ と狭くはなりました。このISITカメラはOntario州 Kilworth (西経 $81^{\circ}23'6''$ 北緯 $42^{\circ}57'5''$)とElginfieldに設置され、その基線長は約26km、そしてElginfield上空をおおおうよう方向が決められた。またこの両者のカメラの分光感度

特性はほぼ肉眼と近似している。

流星の出現時刻はVTRの音声チャンネルに放送による標準時間(通常CHUがWWVのどちらか)を同時記録することによって得られるようにしている。時刻の誤差は極力悪くなることだったが、そのような時にはVTRのカウンターを流星出現と同時に読み取り、おとどこの時刻を決定した。このため本来2点でみられていた流星をそれぞれ別のものと認識した事があったが、通常それは各々の経路計算の過程で訂正された。

§3 測定の確しき

このTVカメラシステムの垂直解像度は240本であり、これは約300本に相当する2.4MHzのVTRの能力とマッチングしている。フレームグラバーを通してデジタル化された像はその各々16のグレイレベルをもった256×256の構成要素から成っている。

我々はこのシステムを特に解像度に関して各部分がいかにマッチングするよう苦慮した。として点光源の方向測定誤差を角度の2'におさえることのできたのである。

光度測定の不確しきは、ビジコンのシステムで0.2等級のオーダー、そしてISITカメラシステムでは0.5等級のオーダーである。この差はISITカメラの応答速度が早いためではないかと考えられる。というのは大気によるシンチレーションや、地表的なノイズが、比較的遅い応答速度を持つビジコンカメラシステムでは、とらえられず、ISITシステムではこれがとらえられてしまったためではないかと考えるのである。

何々の流星について経路の誤差は幾何学上の影響を受け、その誤差は流星1つにつきとも相当量減ってくる。それでも観測地点位置の平均誤差は2'にとどまった。観測速度の誤差は0.8km/s、発光消滅点の高さは1kmのオーダーで正しいであろう。一方最も光度が明るくなった(最大輝)高さは、おびやかさの次第が必ずおしい。そのため、この誤差は3kmほどあるであろうと考える。

光度には、その流星の距離による修正と、画像上の輝度を薄めしてしまう作用の修正を行なっている。また質量は次の公式を用いて光度から算出した。

$$mass = 2 \int I dt / (T_{op} v^2)$$

ここで T_{op} は光度の単位を基準としたとき $T_{op} = 1 \times 10^{-9}$ (c.g.s.) であらわしている光力係数である。

§4 経路

Table I, IIに各TV流星454個の種々のパラメーターを示す。I, II表に分れているのはI表が初期のビジコンカメラでとらえられたもの、II表がISITカメラでとらえられたもの、という区別であり、その表中の各項目の略号は以下のとおりである。

- | | |
|-----------------|--|
| I. D. No. | 何々の流星ごとのコードであり、9桁であらわす。その9桁は、それぞれをYYMMDDNNNとしたとき各桁は次の意味を表わす。すなわちYYは西暦年下2桁、MM, DD, は各々その流星のとらえられた月、日を示し、NNNの3桁は日ごとの一連番号である。 |
| E. S. T | 流星出現の時刻、東部標準時刻(Eastern Standard Time)の時、分、秒の意である。 |
| R. A. | 真経緯点赤経(1950年分点)、角度の°であらわす。天頂引力と日周光行差修正済。 |
| d(R. A.) | 上記の相対誤差。 |
| Dec. | 真緯度赤緯(1950年分点)、角度の°であらわす。天頂引力と日周光行差修正済。 |
| d(Dec.) | 上記の相対誤差。 |
| Vobs. | 平均観測速度(km/s)。 |
| dV | 上記の相対誤差。 |
| Vinf | 大気の大気による減速を修正した速度(km/s)。 |
| Vg | Vinfに天頂引力、日周光行差などの修正をした、大気突入以前の地心速度。 |
| cos(α) | 流星経路の天頂距離のコサイン。 |
| Mag | 流星の絶対等級。 |
| log(mass) | 大気突入前の流星質量(単位グラム)の常用対数値。 |

ISIT CAMERA METEORS
BEGINNING HEIGHTS VERSUS VELOCITY

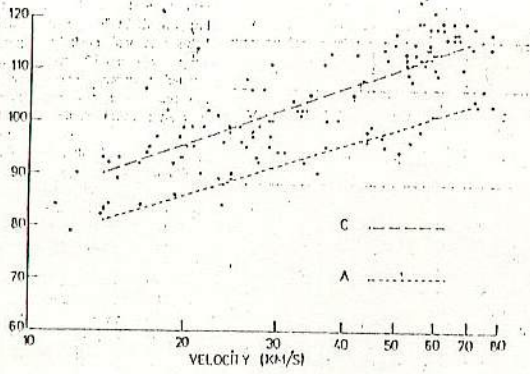


Fig. 6a.

COMBINED VIDICON AND ISIT CAMERA METEORS.
HEIGHTS AT MAXIMUM LUMINOSITY VERSUS VELOCITY

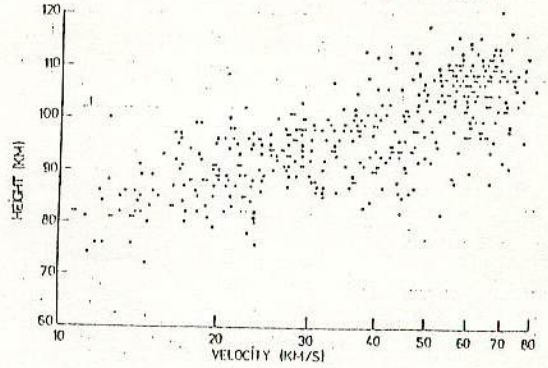


Fig. 7.

VIDICON CAMERA METEORS
BEGINNING HEIGHTS VERSUS VELOCITY

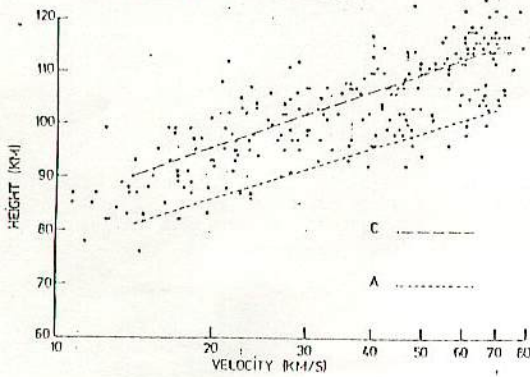


Fig. 6b.

COMBINED VIDICON AND ISIT CAMERA METEORS.
END HEIGHTS VERSUS VELOCITY

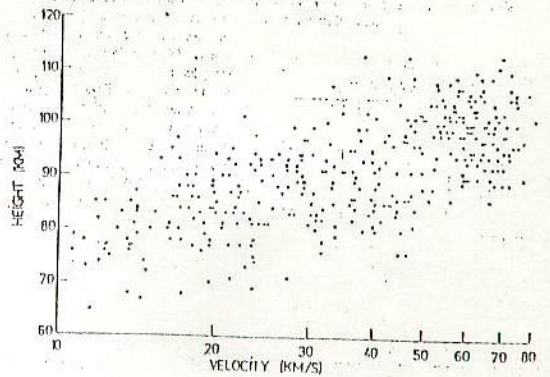


Fig. 8.

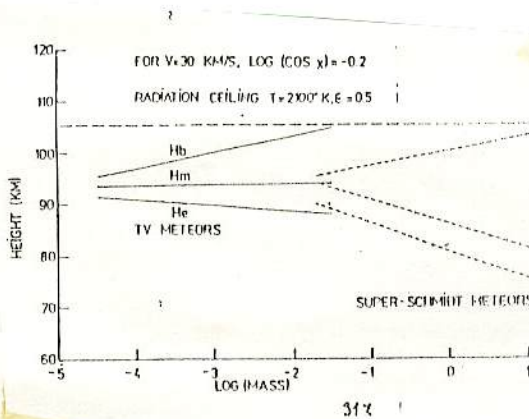


Fig. 9.

TABLE III
Magnitudes
Coefficients in the equation
 $M = a + b \log(\text{mass}) + c \log(V_{\text{obs}}) + d \log(\cos \chi)$

	Vidicon	ISIT	All meteors
<i>a</i>	9.78 ± 0.36	10.06 ± 0.33	9.88 ± 0.36
<i>b</i>	-2.11 ± 0.15	-1.85 ± 0.14	-2.02 ± 0.15
<i>c</i>	-7.33 ± 0.41	-6.86 ± 0.39	-7.17 ± 0.41
<i>d</i>	0.17 ± 0.23	-0.02 ± 0.24	0.10 ± 0.24

TABLE IV
Beginning heights
Coefficients in the equation
 $H_b = a + b \log(\text{mass}) + c \log(V_{\text{obs}}) + d \log(\cos \chi)$

	Vidicon	ISIT	All meteors
<i>a</i>	43.47 ± 2.89	44.75 ± 3.64	45.25 ± 2.34
<i>b</i>	4.91 ± 1.13	8.64 ± 1.72	3.06 ± 0.79
<i>c</i>	47.56 ± 3.28	57.16 ± 4.69	43.32 ± 2.41
<i>d</i>	2.98 ± 1.78	-0.42 ± 2.70	1.13 ± 1.53

TABLE V
Heights at maximum brightness
Coefficients in the equation
 $H_m = a + b \log(\text{mass}) + c \log(V_{\text{obs}}) + d \log(\cos \chi)$

	Vidicon	ISIT	All meteors
<i>a</i>	48.34 ± 2.90	46.88 ± 3.41	48.48 ± 2.23
<i>b</i>	0.98 ± 1.12	2.36 ± 1.61	0.18 ± 0.75
<i>c</i>	32.49 ± 3.25	37.17 ± 4.39	30.98 ± 2.28
<i>d</i>	-5.54 ± 1.80	-9.05 ± 2.53	-6.84 ± 1.46

TABLE VI
Terminal heights
Coefficients in the equation
 $H_t = a + b \log(\text{mass}) + c \log(V_{\text{obs}}) + d \log(\cos \chi)$

	Vidicon	ISIT	All meteors
<i>a</i>	44.74 ± 3.02	47.28 ± 3.77	45.73 ± 2.33
<i>b</i>	-0.91 ± 1.18	-1.47 ± 1.78	-1.26 ± 0.79
<i>c</i>	26.75 ± 3.43	23.73 ± 4.86	25.38 ± 2.40
<i>d</i>	-13.07 ± 1.86	-16.38 ± 2.80	-13.99 ± 1.53

TABLE VII
a) Delta Aquarid meteors

Date	Meteor No.
July 30/81	1, 5, 6, 7, 12, 13, 15 16, 17, 18, 33, 38
July 31/81	17, 22, 25, 30, 52

mean R. A. = 340.7° mean Dec. = -18.5° 2.1°
mean V_{inf} = 42.3 0.6 km/s
mean H_b = 98 km
mean vertical trail length = 13 km.
mean solar longitude = 127.3°

b) Perseid meteors

Date	Meteor No.
August 12/82	4, 14, 28, 29, 30 34, 35, 37, 39, 40

mean R. A. = 49.3° 1.1° mean Dec. = 55.7° 1.2°
mean V_{inf} = 59.2 1.0 km/s
mean H_b = 118 km.
mean vertical trail length = 19 km.
mean solar longitude = 138.3°

えは、その経路長が母と娘の間であるとして、カメラで群を撮る最低の速度が90km/sであることを考慮に入れると、その速度は、 3×10^{-6} に近く測定される。ということによって説明されるであろう。

58 群流星

ところでこのデータには確にカメ群に属している流星も数多く含まれているが、特別な手段を用いて特定できる群は、わずかに2つである。その一つは δ Agr 群であり、もう一つは Per 群である。Table VII にそれぞれの群に属すると思われる群流星の No. およびその母の群の平均値を示す。これを一覽して見だちに言えるのは、 δ Agr 群は Cepolecha の方が速いところの A タイプであることである。Cepolecha (1968) によれば、スーパースピットデータの従来規則されているクラッシュな群には A タイプに該当する例はないとのことである。もとも Cepolecha (1968) 自身の検証によれば、 δ Agr 群と δ Agr 群は系統的にみて A タイプと B タイプとを区別できる、としている。TV 流星での δ Agr 群の平均発光点高度は 98 km、これに対しスーパースピットのそれは 101 km である。この差は向によるものがよくわかっていない。

Per 群に属する流星は Cepolecha によれば「2 タイプ(グループ)」であるとされている。右に今度のデータの Per 群の平均発光点高度は通常採用されている値、例えば Cook 1973 とは異なる。この原因として Per 群の活動がグループを跨ぐことを示し (Mason & Sharp 1980) しているからであろう。我々のデータは、群の活動が極大に達する前に昇められたもののため、それに Per 群のいくつかが混入している可能性がある。

δ Agr 群の平均経路長は 13 km、Per 群のそれは 19 km であった。この値は、スーパースピットの値とはほぼ一致する。

59 おわりに

この論文のほとんどは、材料としての TV データは、TV カメラによる大量のデータとして初めてのものである。計測された経路の精度はかなり良い。とはいえ、観測ステーションが増えることにより、これは将来改められるであろう。

流星の発光点高度による Cepolecha のグループは大変明瞭なものであったといえる。また他の機会に我々は流星の軌道まで論じたいと思う。

また我々は今回のこと、流星空間ダストの解明について重要な進展のための一助とならんことを願うものである。

<了>

出典: Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia vol.36 No.1, P.9~24 (1985)

"流星 II" より

172 太陽系内の流星物質

表 6-10 セブレハ・システムによる流星物質の分類

観測装置	スーパー・シュミット・カメラ	箱型カメラ	P-N 火球ネットワーク	密度 g/cm ³	推定される流星物質
概略の質量範囲	$10^{-3} \sim 10^0$ g	$10^{-1} \sim 10^3$ g	$10^2 \sim 10^6$ g		
小惑星タイプ	< 1%	5%	32%	~ 3.7	普通コンドライト(石質隕石)
A	54	37	37	~ 2.1	炭素質コンドライト
B	6	7	—	~ 1.0	重い
C ₁	9	16	9	} ~ 0.6	軌道傾斜が小さく 軌道傾斜が大きく 離心率が1に近い
C ₂	31	30	9		
D	< 1	5	13	~ 0.2	軽い

普通
の
星
起
源
物
質

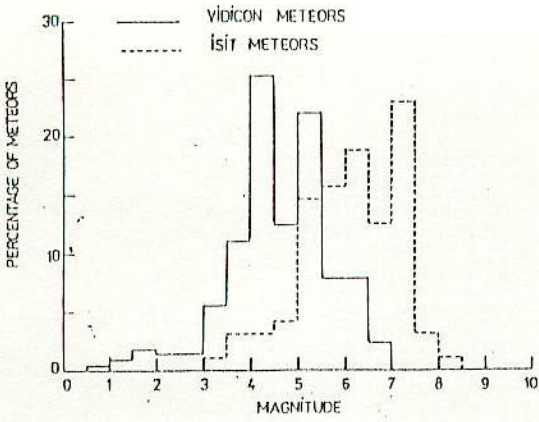


Fig. 1.

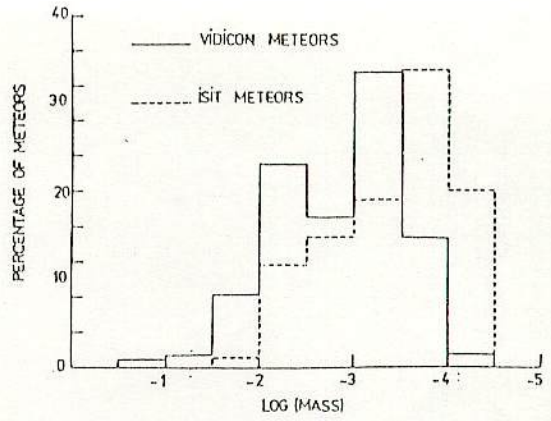


Fig. 2.

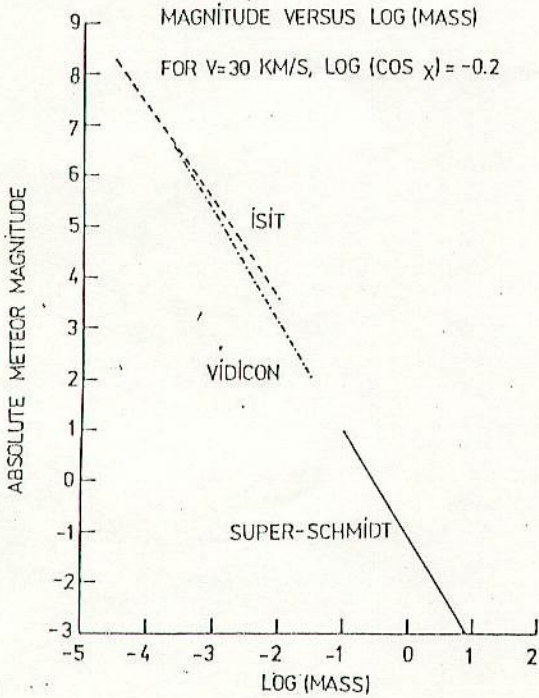


Fig. 3.

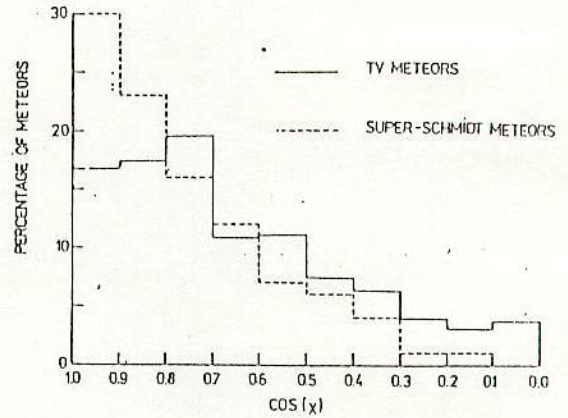


Fig. 5.

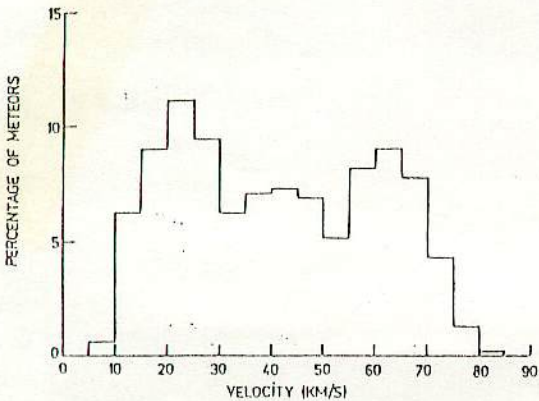


Fig. 4.

Hb	流星の発火点の高さ (km)。
Hm	最も明るくなるときの流星の高さ (km)。
He	流星の消滅点の高さ (km)。
Type	Ceplechaの流星分類案(1958)による流星のタイプ。

大気による減速のための速度修正は、最大輝の時点の速度はほとんどの場合、その平均速度に近い値をとり、またアブレーション係数はほぼ等しい、という仮定のもとに組み立てられている。我々はここで σ という流星の出現高度に起因する値を3つに分けてみた。それをCeplechaの分類に当てはめるとAグループに対し $\log(\sigma) = -1.3$, Bグループに対し $\log(\sigma) = -1.1$, Cグループに対し $\log(\sigma) = -0.9$ というようにである。だが我々が思うには、ここでグループ分けするにまだ1つの値 -1.1 を増やす方が好ましいのではないかと思う。

この大気による減速は通常0.4km/sよりむしろ低い値であるから、Vintの確しからしさは主として修正による不確しからしよりも観測の精度により大きく影響を受けるのである。

Table I, IIの後半の項で、我々はCeplechaの分類案に従って流星を分類してみた。我々は今回この分類をA, C1, C2に分けるにとどめた。としてBという分類はみとめられずからE。これは我々がBというグループの分類に疑問を呈している、ということではなく、今回のデータ中に充分Bグループに該当するような流星を見出せなかったためである。

初期の経路決定のプログラム上の欠陥により、観測点の位置誤差について表中の最初から半日間の流星については、この誤差の扱いは有効でない。そのため、その値は平均的な値におまかせである。

§5 光度と質量

Fig IにTVカメラにより得られた光度分布のヒストグラムを示す。この分布はMcClosky & Posenのスペースシャットによる分布(1961)とも、もっともTVカメラの方がより等級分ほど暗い流星まで含んでいるのだが、類似している。またビジコン, ISITによる、それ以外の分布も2等級分ずれているだけで、分布の形としてはよく似ている。これはFig 2に示される質量分布についても同様である。通常、流星の質量を厳密に決めることは不可能である。というのは我々は、流星の全経路のうち光っている経路しか観測できないからである。このことばTable I, IIには質量は示さなかった。

光度に応じて質量、速度、 $cm(\alpha)$ などどのような関係を示すか、ということには非常に興味深い。そこで我々はTable IIIのような表と関係式を作ってみた。

ビジコンカメラで得られた流星の平均等級は4.6等級、一方ISITカメラのそれは6.1等級であった。また、これに対応する流星の質量は各々 1.3×10^{-3} グラム、 2.4×10^{-4} グラムであった。

質量に対する光度の変化の様子は(速度は30km/sと仮定) Fig 3に示す。ここではビジコン, ISIT, スペースシャットによるものを各々あげた。

§6 速度

Fig 4にビジコンとISITにより得られた速度の分布を示す。ここでは両者を別々にではなく一緒にして分布を求めた。ビジコンとISITの間には若干の違いがあるはずであるが、その差は認識されないほど小さい。

Fig 4の双極ピークのうち高いほうと低いほうのピークの比は約1.3であった。これはスペースシャットで得られたその双極ピーク比2.7よりも小さい。TV流星の双極ピークの低い側の数の比率が大きいのは、流星の放出(Whipple 1951)による結果かもしれない。また、衝突が完全な弾性衝突ではないという条件のもとでの惑星内空間での流星物體の相互衝突により、小さな物體がより加速される結果に原因が求められるかもしれない。またその双極ピークの比率が小さいのは、一考で観測方法そのものに原因があるのかもしれない。というのは、TVカメラは赤道緯度0°近くの天球上をスキャンしているため、赤道傾斜角が大きい流星は、その経路が視線方向に近く入り、初速度も小さくなるからではないのだろうか。このことば流星を明るく見せぬのカウントも大きくさせることとつながるであろう。このことば速い側のピークに対する流星の比率を、低い側のピークを作る原因となる軌道半中堅のCタイプ流星と比較して、観測上の「偏行」として増加させるのではないだろうか。

観測上の偏りは Fig 5 に示される天球距離の分布にも見られるようである。というのは Hawkes & Southworth (1958) によるスパー・シュミットのデータがかなりよく観測点の群特性モデルに一致していることと比べ、TV流星のそれは天球距離 40° 付近に予想されない小ピークがある。この 40° 付近のピークは今回の TV カメラデータだけでなく Hawkes et al の TV カメラ観測にも存在する。この Hawkes et al のシステムは今回のものと地理的には別口のシステムである。そのためこの小ピークはこの観測地におけるデータの偏りという内因とどのような関係があるのかわからない。

Fig 4 の速度分布の 40 km/s 付近の小ピークは Agt 南群の結果によるものかもしれない。

§7 出現高度

(i) 発光点高度

種々の流星群各データを代表し、流星物質の特性を端的に表わすのは発光点の高度である。(Cepelcha & Padevitz 1961, Cepelcha 1967, 68, 77) このことはスパー・シュミットによる流星データの分析 (Cepelcha 1968) によって確立され、Hawkes et al の TV 流星の分析でも Cepelcha の結果と同じ結果が得られた。すなわちそれは、発光点高度に 2 つの大きなレベルがあるということである。A というレベルは、それより 10 km 高い C というレベルに属する流星に比較し高い密度の流星物質と関係があるとみられている。この 2 つのレベルの間に Cepelcha はその中間にあまり差はないが、B というレベルを見い出している。

我々は Fig 6a, 6b に観測速度 V_{obs} に対する発光点高度 H_b をプロットしてみた。そこに我々は McCrosky & Posen のスパー・シュミット (1961) から得られたと同じように、明瞭に A, C のレベルを見い出すことができる。このレベルの傾きは $v^{-2.5}$ に比例する発光のこのときの空気の密度に比例しているのだと思う。ただしこの $v^{-2.5}$ という値は熱伝達メカニズムは周囲の温度と関係があるとの仮定によるものであり、もしその熱放射がより大きければこの値は -2.5 から -3.0 へと変化する。

Fig 6a, 6b では、A, C レベルとも明瞭にその存在の意味があるように見える。スパー・シュミットのデータとは対照的であるが、 $H_b = 83 \text{ km}$, $V_{obs} = 17 \text{ km/s}$ 付近には A に属するグループの流星の集まらない。これは Hawkes et al の初期のテレビ流星の観測による結果と一致する。彼らはこのスパー・シュミットとの違いについて詳しく他に検討し、この差は現実に存在するものガラジェ・ジョン・クレーグのための物質の昇華抑制による結果かもしれないと述べている。

一方低速度の A グループの流星は TV 流星の結果には見られない。また 40 km/s を越える速度を持つ A グループに属する流星も多く見られているが、これはスパー・シュミットのデータではあらわれないものである。

我々は H_b の $\log(\text{mass})$, 速度, $\cos(\alpha)$ に対する関係式を作ってみた。これは Table IV に示す。

(ii) 最輝点高度

Fig 7 に流星が最も明るくなった点の高さとその流星の観測速度をプロットして示す。発光点でのプロット図とは対照的に明確なグループ分けがあらわれない。これは最輝点高度 H_m の値を正確に決めることがむずかしいからであろう。前述と同様、 H_m の $\log(\text{mass})$, 観測速度, $\cos(\alpha)$ に対する関係式を Table V に示す。

(iii) 消滅点高度

消滅点の高度は最輝点高度に比べ良い値を求めることができる。このため我々は消滅点高度の観測速度 V_{obs} のプロット図はそれらのグループ分けができるであろうと予測していた。ところが Fig 8 の図からはこのグループ分けは見い出せなかった。A, C グループの消滅点高度は全く同じ位である。Table VI に消滅点高度 H_e に対する $\log(\text{mass})$, V_{obs} , $\cos(\alpha)$ に対する関係式を示す。

Fig 9 は速度を 30 km/s とした時の $\log(\text{mass})$ に対する消滅点の一例である。同時にスパー・シュミットによるデータと流星の限界高度を記入してある。ここでその限界の環境は 2100° K , $E = 0.5$ である。この図に示してはビジオン, ISIT の 2 種のカメラでの明らかな差というものが認められる。そのため、これらのデータを一緒にして示してある。また TV 流星の発光点に関しては、その質量とは無関係に決まるとして、発光の原因となる周囲の環境 - 熱放射の状態 - によってその高度の限界を受けるといってあらわされている。

我々は漸滅的な形を示している H_b , H_e の直線の様子を次のように解釈した。すなわち、明るい流星については観測された発光点、消滅点高度はかなりの実際に近い。というのはこのシステムの限界速度より、よほど明るいためである。ところが、暗い流星については消滅点そのものが最輝点と接近してみえることとなるため漸滅してみえる。この

SHORT COMMUNICATION

写真観測より求めた1985年ジャコビニ群の輻射点について
 On the Radiant of 1985 Giacobinid from photographic meteors

大塚勝仁

1985-10-8/9の7方、日本で多数のジャコビニ群がみられた。この日写真観測を行ったところ、 $19^h38^m55^s \sim 20^h04^m05^s$ (25^m10^s 間)に4個の同群流星を撮影する事ができ、これらよりジャコビニ群の輻射点を精度よく求める事ができた。

- (撮影データ)
- 観測地 代沢 $\lambda 139^{\circ}46'23''$ $\varphi 35^{\circ}39'07''$ h 35m $\Rightarrow \lambda 139^{\circ}40'42''$
 - カメラ 50mm f1.4 ~ 2付 35mm 版 4連 \wedge 訂正
 - フィルム コダック 2481
 - 撮影方法 追尾撮影 回転シャッター - 25 1/4 1/s
 - 最微等級 4.0 ~ 4.5
- (流星データ) 1950.0年

	時刻	APP	Dis APP	Pass	比較星 SD	Pass SD
1	19:38:55 ~19:51:15	$\alpha 270.9870$ $\delta +52.8712$	271.1904 $+52.6521$	0.251	15.5s	3s
2	19:45:30	313.6470 $+65.1339$	316.8022 $+65.1257$	1.327	14.9	8
3	19:51:45 ~20:04:05	256.6210 $+55.8308$	256.0080 $+55.7869$	0.347	13.8	7
4	19:55:40	307.0213 $+47.9919$	309.7989 $+46.6868$	2.290	17.9	6

各流星は方眼焼付法にて測定し、位置整約はDEBUG METEOR 88 (KPM版)にて処理、50mm標準レンズとしては十分な結果を得る事ができた。(1, 3は輻射点付近に出現したもので経路長が短く、しかも出現時刻不明である。)

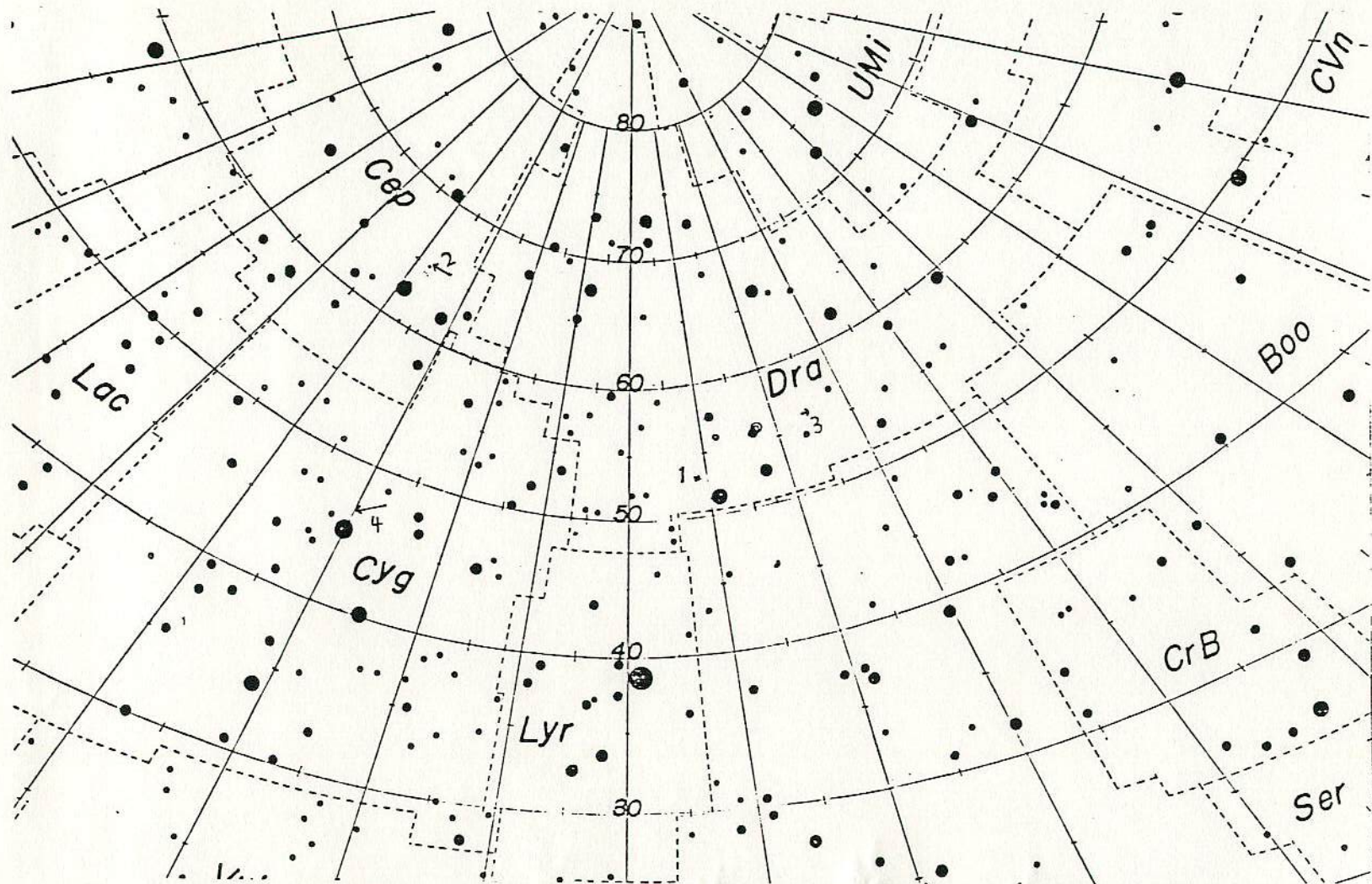
これら4流星より求めた視輻射点は以下の通り(今回は重みは考慮していない)

1985-10-8.45 UT $\odot 194.61$ ($\Delta \odot 0.02$) 1950.0年
 $\alpha 267.97$ $\delta +56.04$ 標準偏差 0.14

又この輻射点を瞬時分点に直してから、日周光行差、天傾引力の補正を行って得た修正輻射点は以下の通り(本当は各流星について補正をなすべきであるが、時刻不明流星がある為行なわなかった。VG 20 km/sと仮定)

$\alpha 262.46$ $\delta +55.86$ 1950.0年

今回はとり急いだので不備な点があるかも知れない。最後に本文を書くに当たり貴重な文献を送って下さった長沢先生に謝意を表したい。



1985-10-8/9 19:38:55 ~ 20:04:05 に出現したジャコビニ群
 の経路図 ○ 視輻射点, ⊙ 修正輻射点,

散在流星の年周変化

渡辺美和 (江東区木場6-6-G303)

(東京流星観望会、星の会MAOCY)

§1 はじめに

散在流星の日周変化については過去に(木1) Hoffmeister, Schmitz, 前川, 菟らの研究があり、一般に夜半前に比べ夜半後の出現数が多いことが知られている。またその年周変化についても春に少なく夏~秋の(いわゆる"流星シーズン")に多いという研究がある。(木2 村上, 毅) ところが、例えば2月に観測を行ない、たまたま視相その他の条件に恵まれた時など、思いのほか多くの出現に出会ったりもする。そこに生ずる疑問は「これは単なる出現のバラつきのためであろうか。」「はたまた年当り年間変化というほどの変化はななく、観測しやすい明るい流星とそうでない暗い流星の各々の割合が変化しているのではないだろうか?」などである。幸い筆者の手許には自身のデータがあり、今回これを分析し、先人の研究の検証を兼ね、検討してみようと思う。

§2 データの集約方法

基礎データとして筆者により1988年1月~1989年1月の間、230夜 29,502分間の観測で得られた3919個の流星を用いる。群に属するものとして Q, V, Y, D, P, O, T, L, G, U のいわゆる大群と、その分枝と明らかに分類されるものをカウントし、それ以外をここでは散在として扱う。この結果3919個の流星は群 1918個, 散在 2001個とに分類される。またこれらの観測では方法としては殆ど経路記入であり、一部に目視による計数観測、望遠鏡観測を含んでいる。次にこのデータ中から視相条件の悪いもの(最低星が5.0以上に満たないもの)、小径Fが0.7に満たないものと条件の悪い観測で得られたものを排除する。更に日周変化を求める制約上、毎時00m~60mの単位ごとの、この60mの中で30m以下の観測(例えば00R45m~02R00mの観測では0R代としての15mは排除)を排除する。最終的に上記3919個の流星からかなりの流星を排除し、1307個の散在流星をデータとして用いる。19年間に渡るデータの均一性と欠点も問題となるが、本来的な年周変化(もしあるとすれば)と観測者側のファクターに起因するものなど、その不均一性にも種々の因子が色まられることが予想される。このためもあり、今回はこの点については言及しない。

§3 データ集約一覧

表1

時刻	1月	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	平均	群	散
20R	-	4.3	-	-	4.8	-	2.8	0.0	-	2.5	-	-	3.4	6	5.4
21	5.8	1.4	-	0.0	1.5	2.6	2.8	-	-	3.5	5.5	2.7	4.9	5	5.9
22	5.5	5.1	7.5	2.6	6.1	2.8	4.2	-	-	5.0	2.8	4.4	5.6	7	6.7
23	3.9	-	6.1	-	5.2	3.9	5.0	3.9	-	3.4	2.6	5.7	5.8	8	8.2
24	6.0	3.9	6.8	5.7	-	-	4.7	4.6	-	4.0	5.7	5.6	6.5	12	10.0
01	7.1	2.6	6.9	4.4	5.1	-	3.4	5.7	-	3.6	6.6	6.7	7.1	13	10.9
02	8.5	-	7.0	7.7	3.5	-	3.2	4.2	1.5	8.7	5.7	7.6	10.0	11	11.2
03	7.7	5.1	7.8	3.5	1.7	-	-	5.9	-	4.7	5.2	2.8	3.7	12	10.3
04	11.7	2.6	4.5	-	-	-	-	1.9	-	5.8	2.0	10.0	9.0	12	11.2
05	3.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.4	-	12.4
平均	7.3	4.4	7.7	3.9	4.6	3.1	5.3	6.9	2.6	7.2	7.5	8.0	7.0		
MY平均	6.5	4.6	6.8	3.6	4.9	3.7	5.5	5.1	9.8	7.9	6.9	7.9			
(参考)															
村上	5.81	4.16	4.17	3.36	4.54	5.13	6.66	9.28	9.29	8.25	6.78	6.53			
毅	7.19	5.54	4.97	4.86	5.87	6.83	9.99	9.85	10.26	8.82	8.92	8.57			

表1に§2で述べた(1307個)のデータをまとめたものを示す。ここでは各時刻帯ごとにまとめたCHRを平均してある。時刻1の20Rとは20R台の観測でのCHRを示し、数字はそのサンプル数を示す。また(1)は(1307個)の流星ごとの時刻帯に観測の有無を示す。

MY平均とは日周変化を制御して24R台に帰算した加重平均を示している。参考として村上、毅により求められた年周変化を掲げた。筆者の観測量に不満足な点はあるが、村上、毅の結果とほぼ符合している。

ところでこれだけでは果してデータのバラツキなどの程度あるか、換言すれば年周変化の統計上の値しか示さずどの程度よく似ているか。このため表1中の24R, 01R台の観測データより出してその平均と標準偏差を求めてみたのが表2と図1である。これをみると年周変化というものは、確信に迫るようではあるが、確信はかなりの。

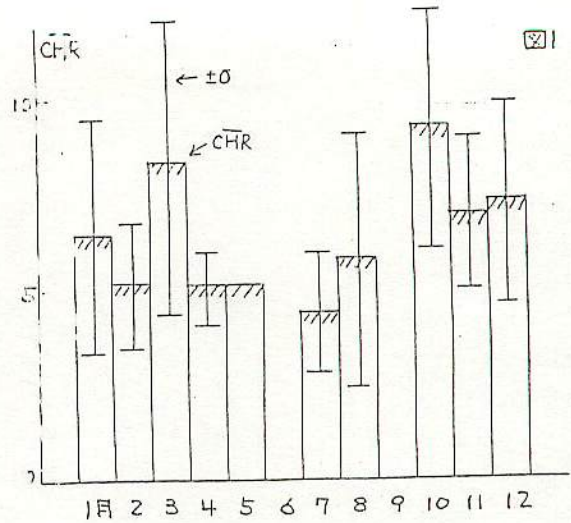
流星の少ない季節でもかなりの出現を見られること、又逆もありうるといえるのであろう。

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n	15	4	12	2	1	-	7	11	-	5	16	11
CHR	6.5	5.2	8.4	5.1	5.1	-	4.4	5.8	-	9.3	7.0	7.3
CHR(σ)	3.1	1.6	4.0	0.9	-	-	1.6	3.3	-	3.2	2.1	2.6
① ≥ 2 HR	1.3	1.3	2.5	1.3	1.3	-	1.0	1.2	-	3.2	1.8	2.0
①(σ)	1.3	0.9	1.7	0.7	-	-	0.8	2.3	-	2.4	1.3	1.5
② 2.5~4.0 HR	2.7	2.3	2.1	2.0	1.3	-	2.0	2.6	-	3.4	3.5	3.3
②(σ)	1.9	1.3	1.1	1.0	0.7	-	0.9	1.4	-	1.3	1.3	2.1
②(σ)	0.3	0.4	0.5	0.4	0.5	-	0.3	0.3	-	0.5	0.4	0.4

(表2)

(σ)は各々の標準偏差を示す。

① ≥ 2 HR とは 2.0等星より明るい流星のHR平均を示し、②の2.5~4.0とは同様に、2.5~4.0等星級の流星のHR平均を示す。



§4 流星の光度の年周変化

次に冒頭で述べた流星の明るさの割合の変化について見てみようと思う。表2の①、①(σ)などの数字は(注)で示したように、0.24R₀₁台で観測された流星の明るさごとのHR平均である。観測条件を統てはあるものの、このデータ中には最微小星5.0以上での条件の違いがあるため、厳密には4.0等級までの分布を用い、便宜上「明るい流星」とは2.0等より明るいもの、「暗い流星」とは2.5~4.0等のものとしてみた。

表2のHRをグラフ化したものが図2である。このうち①の2.0等より明るいもののHRを斜線表示し、①(σ)が2.5~4.0等のものである。①(σ)のヒストグラムはほぼ図1と符合している。また明るい流星の構成比を求めたのが表2の②①+②の項である。4月のデータが0.1を示しているが、4月のものは大きく、ほぼ全量にほぼ同じレベルであるように見受けられる。

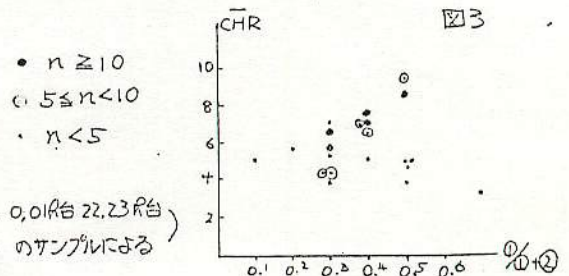
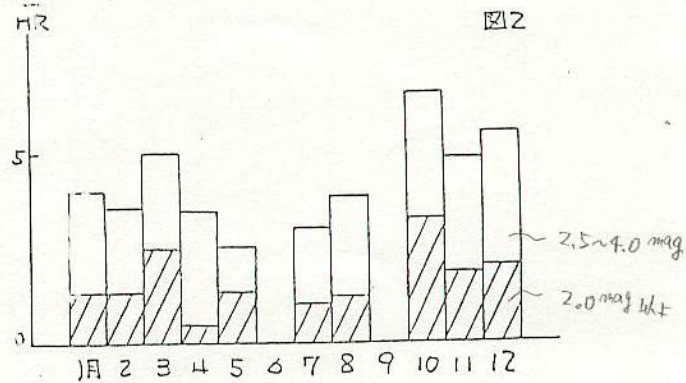
また明るい構成比②①+②とCHRが相関しているかどうかを見るのが図3である。両者の相関はハッキリと見えないが、これは見る限りCHRが多いほど明るい流星が多い(もしくはその逆)という相関はないように思える。

いずれにせよ、4月と1月、9月のデータ数が少ないことはおぼろげである。とりわけ4月、9月は過去4年間変化の研究では各々年間の最小値、最大値を示している月で、これは確認し得る限り原因は非常に心残りである。

§5 まとめ

自身の観測データと比べずまとめてみたが、流星の不足、またその月別、時刻別偏りのため概観を述べるにとどまる点は残念なことである。

今回のデータ全体で最初の疑問については少なくとも決定的なことは言えようと思う。それはまず①に明確ではないにせよ、やはり近日流星(流星群)の年周変化は存在しているということ、②にその変化のパラメータはある程度大きい、すなわち少ないという値に達する時期は、また出現する(もしくはその逆)を、むしろ③に明るい流星の構成比にあまり変化はるからうということである。今後の観測者による工夫を踏まえ、他の観測者との比較、南半球でのデータなどを含め、24日の原因について追求してみたい。



1987年の四分儀群速報

1987-1-11 M.S.S.

1. 出現数

個人計数

	1	2	3	4	5	Loc.
河越	6.0	11.0	25.0	29.0	45.0	HR
5.5~6.0	13.6	18.5	36.6	37.9	61.9	ZHR 取手
齊藤	5.0	9.0	26.0	33.0	41.0	御殿場
5.5~6.0	10.2	15.2	38.0	43.2	56.4	
鈴木			55.0	82.7	74.7	御殿場
5.5			99.7	127.7	108.5	
進藤			92.0	139.2	149.3	御殿場
5.5			162.0	220.3	214.6	
渡辺			55.0	81.0	93.3	御殿場
6.0			88.6	112.5	119.2	
高梨			69.0	86.7	114.0	御殿場
6.0			111.2	120.4	146.7	
柳				45.0	42.0	越谷
5.0				80.8	68.2	越谷
丸山			46.0			穂高
6.0			74.1			

同じ場所

2. 性状

	✓	平均光度	光度開数	有痕率
河越	116	1.6		
齊藤	114	0.9		
鈴木	173	2.4	2.1	2
進藤	274	2.0	2.8	
渡辺	206	2.6	1.9	10
高梨	210	2.4	2.0	12
柳	80	1.6	1.4	

3. 特記

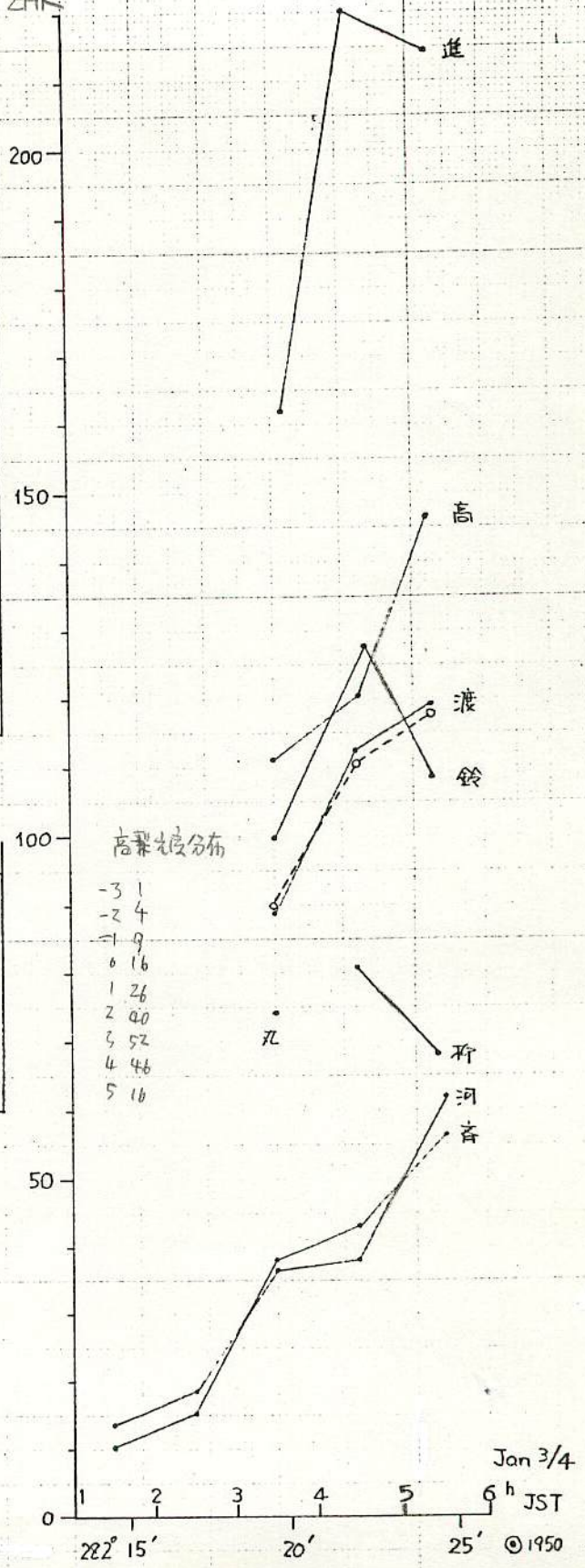
- 05^h 41^m 出現の ↓ に同時音? (丸山)
- 05^h 20~30^m 特に出現多し. ✓ 17 (柳)
(このとき高梨は ↓ 27)

(参考)

- 突発群700-情報 No 298
- 柳くんの年賀状

理大神泉 早夏 174 露微 2 mag 15IX

ZHR



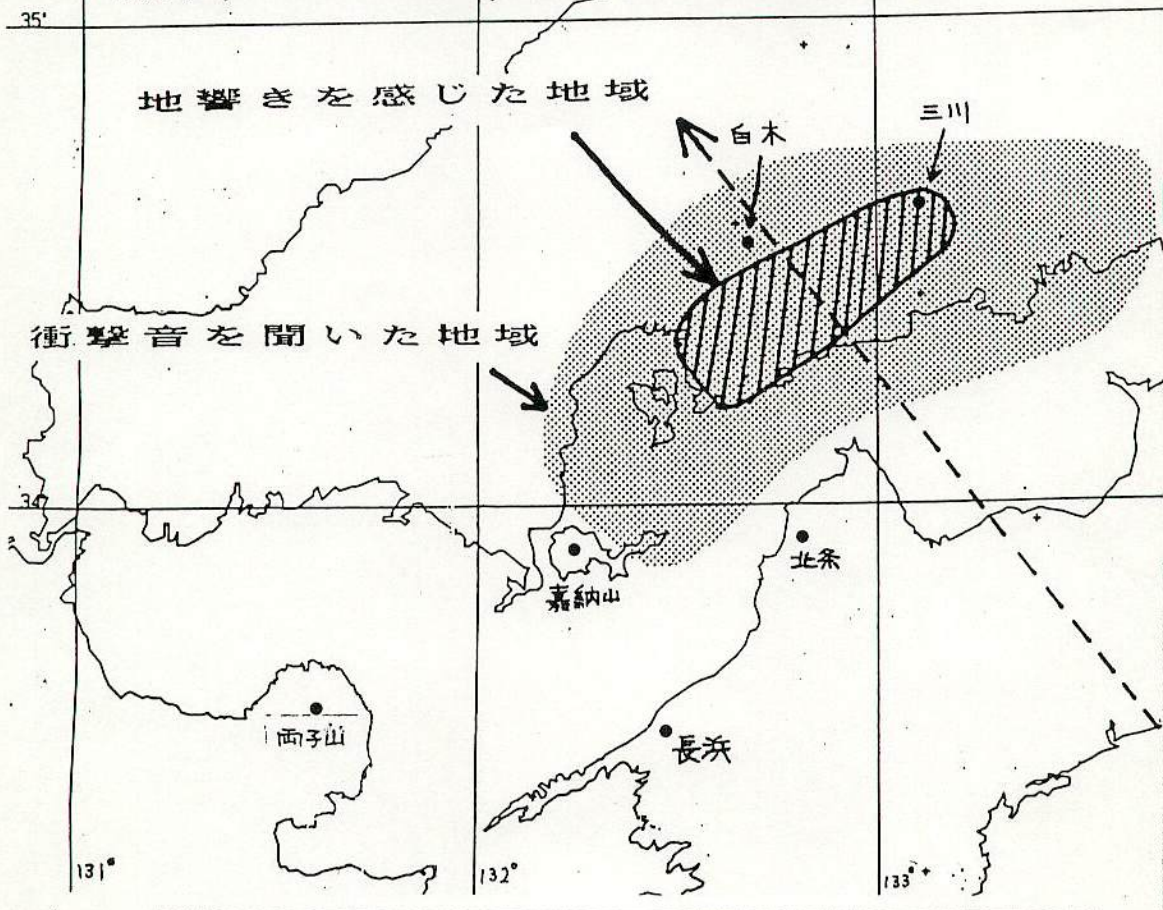
from 長沢

95th MSS

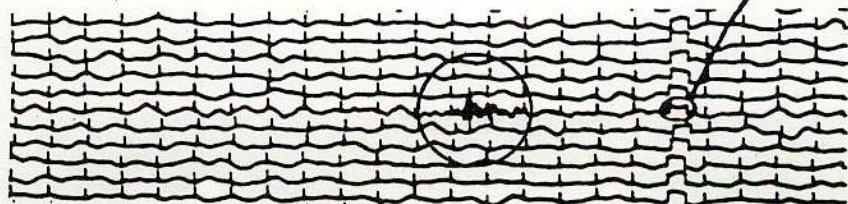
Station	Time	Latitude	Longitude	Height
Shiraki	22 ^h 10 ^m 42 ^s	34°.5322	132°.6775	285 m
Mikawa	11 42	34 .6111	133 .1069	320
HoJo	12 58	33 .9300	132 .8153	360
Kanozan	13 54	33 .9117	132 .2466	680
Nagahama	15 7	33 .5333	132 .4685	350
Futagoyama	17 12	33 .5794	131 .6042	720

Earthquake
 312 m/s
 (地震波)
 1600 m/s 速度は約
 6.0 震動でこれは
 物に計算可能

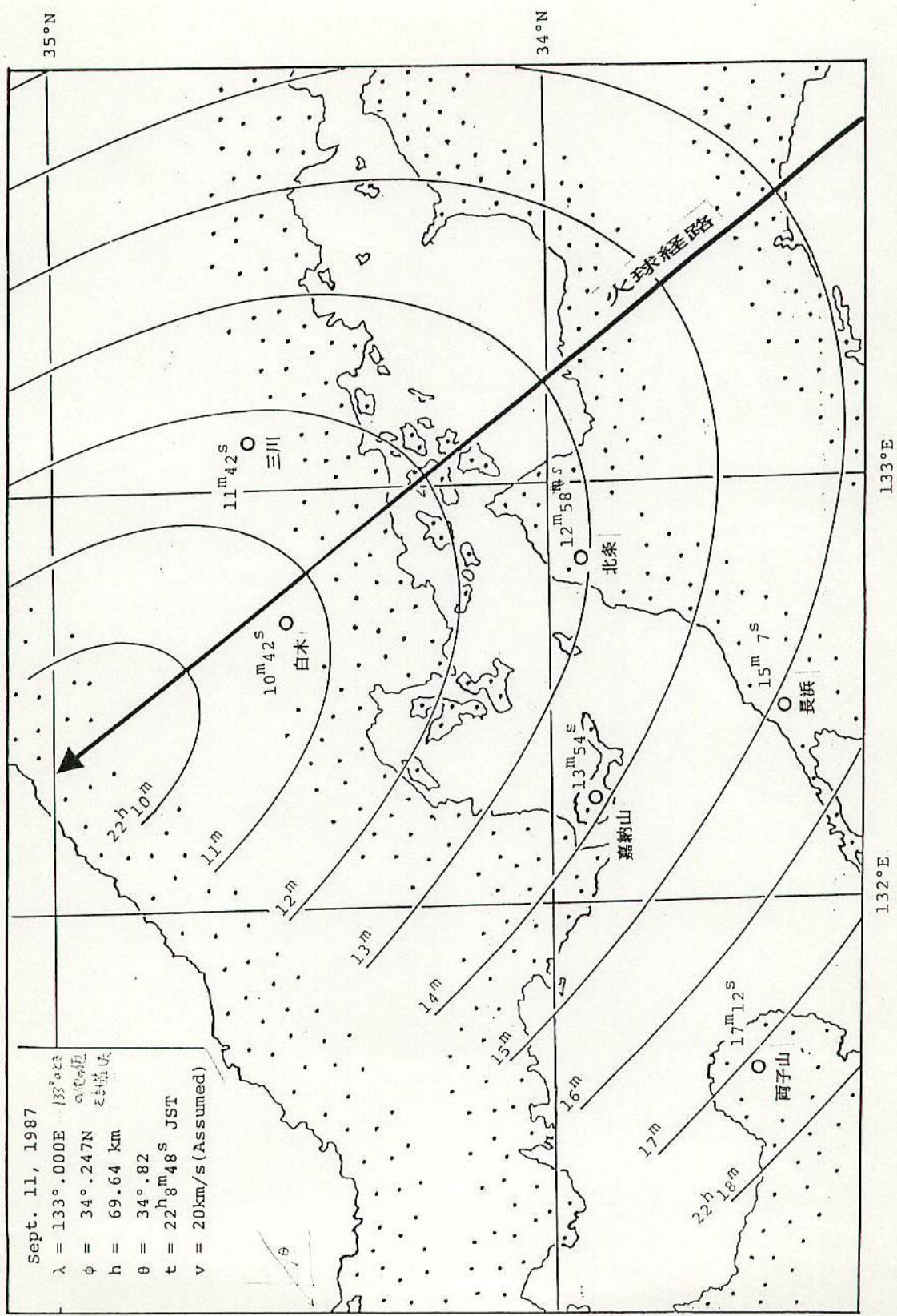
1987年9月11日 22時10分ごろの火球による音



嘉納山の地震記録



from G:R 45 MSS



Sept. 11, 1987

$\lambda = 133^{\circ}.000E$
 $\phi = 34^{\circ}.247N$
 $h = 69.64 \text{ km}$
 $\theta = 34^{\circ}.82$
 $t = 22^h 48^m S \text{ JST}$
 $v = 20 \text{ km/s (Assumed)}$

Observations of the 1985 Giacobinid Meteor Shower in Japan

K. NAGASAWA

Earthquake Research Institute, University of Tokyo, Yayoi 1-1-1, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

AND

A. KAWAGOE

Association of Meteor Observers in and around Tokyo Area, Ino-Danchi 3-14-201, Toride-shi, Ibaraki-ken, Japan

Received July 14, 1986; revised October 26, 1986

A strong meteor shower was observed by members of the Nippon Meteor Society (NMS) during the evening of October 8, 1985, across Japan which was believed to be a display of the Giacobinids, the first strong display in Japan since the 1965 Leonids. Favorable weather allowed several types of observations to be made. Most observations were visual but some were made telescopically or photographically. FM radio and TV camera techniques were also used. The data obtained by observation and by photography are analyzed below. Main results are as follows:

(1) Considering the position of the radiant and the orbital elements of the meteors, the shower was undoubtedly the Giacobinids.

(2) The maximum zenithal hourly rate of the shower was 154 at 10^h10^m UT. This rate was, however, much lower than 5000 during the display of the Giacobinids in 1933 or in 1946. © 1987 Academic Press, Inc.

I. INTRODUCTION

The Giacobinid meteor shower is one of the greatest showers to be observed this century. The shower has Comet Giacobini-Zinner as its parent comet. Although activity was expected every 13 years, it had not been visible since the splendid display in 1946 (Jacchia *et al.*, 1950; Lovell *et al.*, 1947; Prentice, 1947).

The Giacobini Project was formally begun in 1983 by the Nippon Meteor Society (NMS). The main objectives of the project were to detect the shower and to determine the activity as precisely as possible.

To carry out the project, observers from all over Japan were enlisted. To prepare for the event, the NMS held training sessions for participants.

By the day predicted for the shower, all arrangements had been made. Nevertheless, there was much apprehension that no meteor would appear because of the unpre-

dictability of the shower and the poor 1972 results.

Early in the evening of October 8, 1985, however, large numbers of meteors began to appear throughout Japan and the project was successfully carried out.

Some NMS members missed the shower because it began about 3 hr earlier than predicted (Yeomans and Brandt, 1985). The observations were collected and analyzed by the NMS, and results are given below.

II. VISUAL OBSERVATIONS

2.1. General

The meteors were first detected on October 8, 1985, in the evening twilight, when the activity was very high and the meteor rate exceeded 100/h in some places. Then the activity decreased rapidly and ceased in 5 hr.

The meteors were short and slow interspersed with many bright ones. About one-

tenth of them were brighter than magnitude 0. Where observing conditions were good, wakes of short duration were seen for about 20% of the meteors.

Almost everyone was impressed with the meteors, which looked like melting snowflakes. The meteors were very different in appearance from, for example, Perseids or Geminids.

2.2. Variation of the Hourly Rate

Visual data were collected from 50 individuals and 10 groups in Japan. They covered the time period from 9^h30^m to 15^h15^m UT. Data were selected according to the following criteria:

(1) limiting magnitude of stars: fainter than 4.0;

(2) the cloud cover in the field of view: less than 0.4;

(3) observed time period: longer than 25 min.

Then we added some in the early time, when the data were scarce. The data are listed in Table I.

As an index of shower activity, the variation of the zenithal hourly rates is most significant. So, converting the apparent hourly rates into the zenithal ones, using three types of reductions, we get:

(1) reduction to a cloudless field: A correction factor, $1/(1 - C)$, is applied, where

TABLE I
METEOR COUNTS

Observer	Midtime (UT)	Meteor count ^a	Observed time interval	Hourly rate	Limiting star mag.	Cloud cover	Zenithal hourly rate
Shiojima	9 ^h 37 ^m 5	22	15 ^m	88	—	—	(107.1)
Unknown	9 45	30	30	60	—	—	(74.0)
Matsumoto	10 7.5	80	30	160	—	—	(206.0)
Unknown	10 10	20	10	120	—	—	(155.3)
Mameda	10 15	82	30	164	6.0	0	214.6
Shimizu	10 15	41	30	82	6.0	0.35	165.1
Yabu	10 15	29	30	58	4.5	0.2	313.8
S. Watanabe	10 15	8	30	16	5.5	0	31.2
Ochiai	10 15	7	30	14	4.5	0	60.0
K. Watanabe	10 35	43	30	86	6.0	0.3	175.0
Shiba	10 40	7	40	10.5	4.3	0.2	70.8
Mizoguchi	10 45	63	30	126	5.5	0	264.4
Takanashi	10 45	52	30	104	5.0	0	325.2
Unknown	10 45	50	30	100	5.0	0	312.7
Mameda	10 45	61	27	135.6	6.0	0	190.9
Tomioka	10 45	28	30	56	6.5	0	52.9
Ryukyu Univ.	10 45	27	30	54	5.5	0	113.3
Matsubara	10 45	20	30	40	5.0	0	125.1
Ito	10 45	18	30	36	5.5	0	75.5
Yabu	10 45	12	30	24	4.5	0.1	122.6
S. Watanabe	10 45	10	30	20	5.5	0	42.0
Ochiai	11 0	9	30	18	5.0	0	58.7
K. Watanabe	11 5	27	30	54	6.0	0.1	89.5
Mameda	11 15	34	30	68	6.0	0	104.6
Ito	11 15	11	25	26.4	5.0	0	90.1
Tomioka	11 15	13	30	26	6.5	0.2	33.6
M. Ueda	11 15	13	30	26	4.5	0	132.3
Ryukyu Univ.	11 15	11	30	22	5.5	0	50.4
Takanashi	11 15	9	30	18	5.5	0	41.3
Shiba	11 15	7	30	14	4.3	0	83.5

TABLE I—Continued

Observer	Midtime (UT)	Meteor count ^a	Observed time interval	Hourly rate	Limiting star mag.	Cloud cover	Zenithal hourly rate
Yabu	11 ^h 15 ^m	4	30 ^m	8	5.0	0	27.3
S. Watanabe	11 15	4	30	8	5.5	0.1	20.4
Katsumata	11 15	2	30	4	5.0	0.1	15.2
Takahashi	11 30	31	60	31	5.0	0	111.2
Tomita	11 30	26	60	26	5.0	0	93.3
Yamamoto	11 30	24	60	24	5.0	0	86.1
Oka	11 30	15	60	15	4.5	0	80.2
Saito	11 30	11	60	11	5.5	0	26.5
Kawagoe	11 30	9	60	9	5.5	0	21.7
Ochiai	11 32.5	11	35	18.9	5.5	0.1	50.9
Mizoguchi	11 39	28	42	40	5.5	0	99.4
Shiotani	11 40	22	40	33	5.5	0	82.3
Mameda	11 45	17	30	34	6.0	0	58.0
M. Ueda	11 45	11	30	22	4.5	0	124.1
Takanashi	11 45	10	30	20	5.5	0.2	63.5
Yabu	11 45	8	30	16	5.0	0	60.6
Shimizu	11 45	6	30	12	6.0	0.2	25.6
Sagayama	11 45	12	70	10.3	5.0	0	38.9
Tomiooka	11 45	5	30	10	6.5	0.4	19.1
Ito	11 45	5	30	10	5.0	0	37.9
Ryukyu Univ.	11 45	3	30	6	5.5	0	15.3
Katsumata	11 45	2	30	4	5.0	0.1	16.8
Maruyama	12 27.5	11	55	12	4.5	0	80.7
Ito	12 30	9	55	9.8	5.0	0	44.8
Yabu	12 30	9	60	9	5.5	0	27.6
Mameda	12 30	9	60	9	6.0	0	18.5
Fukui	12 30	7	60	7	5.5	0	21.4
M. Ueda	12 30	6	60	6	4.5	0	40.8
Takahashi	12 30	6	60	6	5.0	0	27.4
Yoshikawa	12 30	6	60	6	5.5	0	18.4
Tomita	12 30	6	60	6	5.0	0	27.4
Takanashi	12 30	5	55	5.5	5.0	0	24.9
Ryukyu Univ.	12 30	5	60	5	5.0	0.3	32.6
Oka	12 30	5	60	5	4.5	0	34.0
Saito	12 30	4	60	4	5.5	0	12.3
Shiotani	12 30	4	60	4	5.5	0	12.3
Fujiwara	12 30	4	60	4	5.0	0	18.3
Kawagoe	12 30	3	60	3	5.5	0	9.2
Sugai	12 30	3	60	3	4.0	0	30.4
Sekiguchi	12 30	3	60	3	4.0	0	30.4
Tachihara	12 30	3	60	3	4.5	0	20.4
Ochiai	12 35	9	60	9	5.0	0	42.0
Mizoguchi	12 37.5	5	38	7.9	6.0	0	16.8
H. Ueda	12 37.5	4	45	5.4	4.5	0.1	41.7
Kawasaki	12 42.5	5	35	8.6	5.5	0	27.8
Sagayama	12 45	5	50	6	5.5	0	19.7
Ueyama	12 45	2	30	4	5.5	0	13.2
Kubo	13 0	3	60	3	4.5	0	23.6
Urakawa	13 15	2	30	4	4.5	0.3	48.8
Ryuku Univ.	13 15	0	30	0	4.0	0.3	0

TABLE I—Continued

Observer	Midtime (UT)	Meteor count ^a	Observed time interval	Hourly rate	Limiting star mag.	Cloud cover	Zenithal hourly rate
Maruyama	13 ^h 20 ^m	6	40 ^m	9	5.0	0	53.1
Oka	13 25	2	50	2.4	5.0	0	14.6
Fukui	13 25	2	50	2.4	5.5	0	9.8
Kawasaki	13 30	5	60	5	5.5	0	21.0
Ueyama	13 30	4	60	4	5.5	0	16.8
Tomioka	13 30	4	60	4	6.5	0.1	8.4
Yabu	13 30	4	60	4	5.5	0	16.8
Yoshioka	13 30	3	60	3	5.5	0	12.6
Ito	13 30	2	55	2.2	5.0	0	13.6
H. Ueda	13 30	2	60	2	4.5	0.1	20.7
Takanashi	13 30	2	60	2	5.5	0	8.4
Takahashi	13 30	2	60	2	5.0	0	12.5
M. Ueda	13 30	1	60	1	4.5	0	9.3
Kawagoe	13 30	1	60	1	5.5	0	4.2
Shiba	13 30	1	60	1	4.7	0.2	9.9
Saito	13 30	0	60	0	5.5	0	0
Tomita	13 30	0	60	0	4.0	0	0
Tachihara	13 30	0	60	0	4.0	0	0
Mizoguchi	13 35	2	50	2.4	6.0	0	7.0
Sagayama	13 37.5	0	45	0	5.5	0	0
Onodera	13 45	0	30	0	6.0	0.2	0
H. Ueda	14 15	1	30	2	4.5	0	25.0
Sato	14 15	1	30	2	6.0	0.2	9.5
Tomioka	14 15	0	30	0	6.5	0	0
Kawagoe	14 15	0	30	0	5.0	0	0
Saito	14 15	0	30	0	5.5	0	0
Kawasaki	14 30	3	60	3	5.5	0	18.9
Onodera	14 30	0	60	0	6.0	0	0

^a Giacobinids only.

C is the cloud cover in the field of view;

(2) reduction to a uniform limiting magnitude: A correction factor, $r^{(6-L)}$, is applied, where r is apparent luminosity ratio and L the limiting magnitude at each site. Here, $r = 2.22$ is used (cf. subsequent section);

(3) reduction to the radiant in the zenith: A correction factor, $1/(\cos^n z)$, is applied, where z is the zenith distance of the radiant. Here, $n = 1.47$ is used according to Zvořánková (1983). In these calculations, we take $\alpha = 270^\circ$ and $\delta = 56^\circ$ as the position of apparent radiant and long = 138° and lat = 35° as the position of each site. This simplification does not introduce serious errors in the results.

Obtained zenithal hourly rates are given in the last column in Table I.

In order to estimate the variation in the shower activity, we assume that the zenithal hourly rate, h , is a function of time, t , in the form

$$h = A \exp[-B(t - t_0)^2],$$

where A , B , and t_0 are constants; A is the maximum zenithal hourly rate and t_0 the time of shower maximum.

The numerical values of A , B , and t_0 are determined by least squares using the data in Table I. The zenithal hourly rates are taken at the middle of the observation interval. We have found

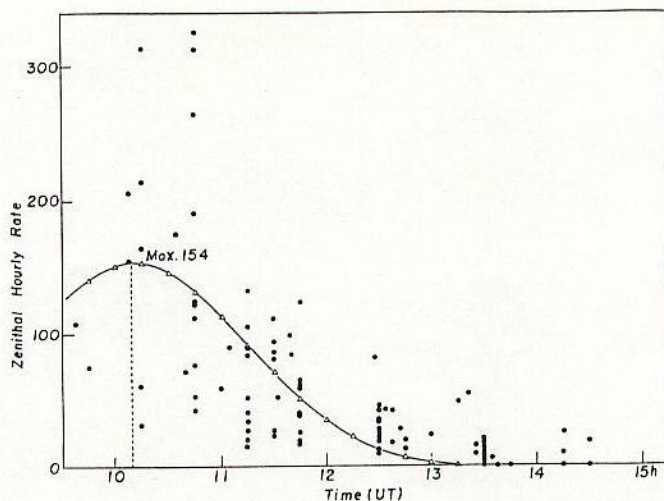


FIG. 1. Zenithal hourly meteor rate versus time.

$A = 154 \pm 14$ (number per hour) (SD)

$B = 0.44 \pm 0.15$ (SD)

$t_0 = 10^{\text{h}}10^{\text{m}} \pm 15^{\text{m}}$ (SD)

The fitted curve is shown in Fig. 1.

The calculated maximum rate 154/hr may be an underestimate because the shower maximum occurred at the beginning of observation when it was not yet dark. In the dark sky, the maximum rate would have reached 200/hr or more.

TABLE II
MAGNITUDE DISTRIBUTION OF THE SHOWER

Observer	Magnitude										Total
	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	
Mameda	1	0	4	14	11	41	89	45	8		213
Mizoguchi	1	2	2	7	8	21	23	20	3		87
Shimizu		3	8	6	6	19	18	15	2		77
K. Watanabe		1	0	0	7	9	18	13	16	6	70
Yabu		1	1	6	7	15	17	12			59
Fukuoka Astr. Group			1	2	8	16	14	14	1		55
Hashimoto			1	4	9	7	20	10			51
Ito			1	1	11	11	10	10	1		45
Takahashi			2	7	9	8	8	5			39
Shimoda		1	4	2	6	10	7	8			38
Ochiai	1	1	0	1	4	14	4	7			32
M. Ueda				4	12	10	4	1			31
Takanashi	1	1	1	1	4	4	9	5			26
S. Watanabe			1	1	0	2	9	10	3		26
Shiotani				3	4	3	8	6	1		25
Yamamoto					1	8	11	4			24
Hoshino				2	3	10	6	2			23
Oka			1	1	2	6	7	4			21
Total	4	10	27	62	112	214	281	191	35	6	942

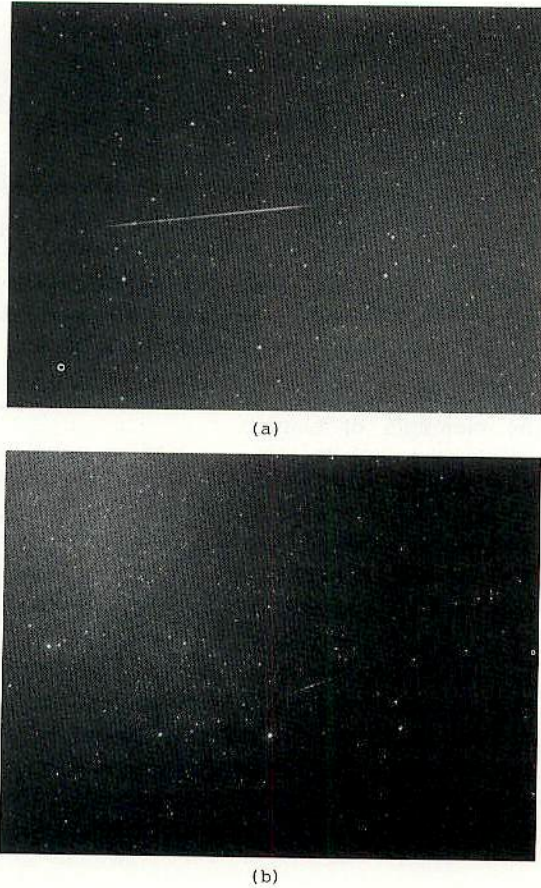


FIG. 2. Giacobinid meteors. (a) $9^{\text{h}}53^{\text{m}}50^{\text{s}}$ UT, -2 mag. (photographed by Mr. Odagiri); (b) $10^{\text{h}}55^{\text{m}}40^{\text{s}}$ UT, 0 mag. (photographed by Mr. Otsuka).

2.3. Magnitude Distribution

Data for the magnitude distribution were reported from 29 individuals and 4 groups. Here, 18 reports containing more than 20 meteors are used in our analysis. They are given in Table II.

The apparent luminosity ratio, r , between the number of meteors with magnitude m and those with magnitude $m - 1$ becomes 2.22 ± 0.11 (SD) for meteors brighter than second magnitude. This ratio is nearly the same as that for the shower of 1933 or 1946 (Watson, 1934; Prentice, 1947).

This calculation was done without any correction for incomplete statistics of

fainter meteors. If the correction is applied, the real ratio could exceed 3.0.

III. PHOTOGRAPHIC OBSERVATIONS

As stated, the shower maximum occurred in the evening twilight, under marginal conditions for meteor photography. Photographs were taken until midnight by NMS members. Two are reproduced in Fig. 2.

Using a pair of photographs, one taken with a rotating shutter, we calculated the orbital elements of the meteor. The method of calculation was essentially that given by Whipple and Jacchia (1957). Unfortunately, the results are not very accurate because the angle subtended by the two lines of

TABLE III
ORBITAL ELEMENTS OF A METEOR

Element	Meteor	Comet Giacobini-Zinner ^a	
Perihelion distance (<i>q</i>)	0.994 AU	1.0282614 AU	
Eccentricity (<i>e</i>)	0.6110	0.7075300	
Longitude of ascending node (Ω)	194°6	194°70595	
Inclination (<i>i</i>)	30°0	31°87829	
Argument of perihelion (ω)	170°8	172°48887	

^a Yeomans and Brandt, 1985.

sight was only 2.5°. The results are given in Table III, with the elements of Comet Giacobini-Zinner (Yeomans and Brandt, 1985) shown for reference. The meteor obviously was a Giacobinid.

IV. RADIANT

The radiant of the shower was determined by several NMS members from visual and photographic observations. The obtained positions are given in Table IV and Fig. 3, which include the result obtained by using a TV technique (Nagasawa and Kanda, 1986). The scatter area is about 10° in diameter.

TABLE IV
DERIVED RADIANT

Method	Observer	Radiant (1950.0)				Number of meteors	Remarks
		Apparent		True			
		α	δ	α	δ		
Visual	Katsumata	278°	57°			4	
	Kawagoe	274	62			4	
	Kubo	260	52			3	
	Takanashi	272	55			13	
Photographic	Otsuka	267.97	54.04	262°46	55°86	4	
	Maeda	266	55	261	55	4	
	Tomita	274	57.5	269	57.2	3	
	Otsuka	266.14	56.16	259.56	55.63	1	Double photographs
TV camera	Nagasawa and Kanda	269.1	55.9	265.0	55.3	7	Nagasawa and Kanda, 1986; converted from J2000.0
	Mean			263.4	55.8		Mean of photographic and TV results
	Predicted			260.63	57.09		Yeomans and Brandt, 1985

The positions obtained by photographic and TV methods were quite reliable. Applying the corrections for the zenith attraction, we calculated the mean true radiant to be

$$\alpha = 263^{\circ}4 \quad (1950.0)$$

$$\delta = 55^{\circ}8$$

which differs by only 2° from the predicted radiant for the Giacobinids (Yeomans and Brandt, 1985).

V. CONCLUSION

NMS members observed the activity of a strong shower on October 8, 1985, for over 5 hr. Date of appearance, orbital elements, and position of the radiant indicate that this was the Giacobinid shower. The main results are summarized as follows:

- (1) time of maximum: 10^h10^m UT \pm 15^m, October 8, 1985;
- (2) maximum zenithal rates: 154 \pm 14/hr. This activity was weaker than that in 1933 or 1946;
- (3) duration of the shower: 5 hr;
- (4) apparent luminosity ratio: 2.22 \pm 0.11

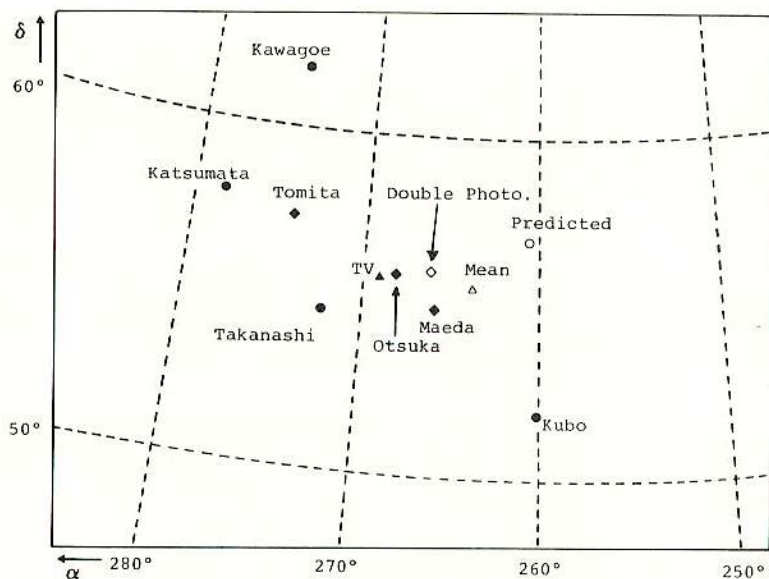


FIG. 3. Observed radiants. Apparent radiants: (●) visual, (◆) photographic, (◇) double photographs, (▲) TV. True radiants: (△) mean, (○) predicted.

per magnitude for meteors brighter than second magnitude;

(5) true radiant: $\alpha = 263^{\circ}.4$, $\delta = +55^{\circ}.8$ (1950.0).

ACKNOWLEDGMENTS

This work was made possible by the observations of many NMS members as well as some others. We express our gratitude to all of them. We are especially grateful to M. Koseki, the NMS General Secretary, and H. Tomioka for collecting data. We are also indebted to K. Otsuka for the photographs and the orbital calculation of the meteor. We also express our thanks to the members who were involved in the less successful 1972 venture.

REFERENCES

- JACCHIA, L. G., Z. KOPAL, AND P. M. MILLMAN (1950). A photographic study of the Draconid meteor shower of 1946. *Astrophys. J.* **111**, 104–133.
- LOVELL, A. C. B., C. J. BANWELL, AND J. A. CLEGG (1947). Radio echo observations of the Giacobinid meteors 1946. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **107**, 164–175.
- NAGASAWA, K., AND T. KANDA (1986). TV observations of 1985 Giacobinid meteor shower. *Tokyo Astron. Obs. Bull. 2nd Ser.* **274**, 3159–3162.
- PRENTICE, J. P. M. (1947). The Giacobinids, 1946. *J. Brit. Astron. Assoc.* **57**, 86–91.
- WATSON, F. (1934). Luminosity function of the Giacobinid meteors. *Bull. Harv. Coll. Obs.* **895**, 9–16.
- WHIPPLE, F. L., AND L. G. JACCHIA (1957). Reduction methods for photographic meteor trails. *Smithson. Contrib. Astrophys.* **1**, 183–214.
- YEOMANS, D. K., AND J. C. BRANDT (1985). *The Comet Giacobini-Zinner Handbook*, II-3, and II-8–II-11. NASA, JPL, Pasadena, CA.
- ZVOLÁNKOVÁ, J. (1983). Dependence of the observed rate of meteors on the zenith distance of the radiant. *Bull. Astron. Inst. Czech.* **34**, 122–128.

21人参加 7月3日(日)

1985年7月29日のPer群同時流星

東京都 大塚勝仁
神奈川県 重野好彦

1985年7月29日2時49分14秒JSTに、末端で増光した-4等級の流星が、関東の3地点から同時撮影された。使用されたカメラは35版カメラで、月明があった為、フィルムはKodak 2481と加えて赤フィルターが用いられた。観測地点の地平座標や機材は以下の通りである。

観測地	λ	ϕ	H	レンズ	回転シャッター
代沢	-139°40'41"1	+35°39'07"4	35m	50mmF2.0	一切断0.04s
三門	-140 22 09	+35 16 46	40	50mm	0.05
足柄	-139 10 47.3	+35 19 49.5	208	24mmF1.4	不明

観測は、代沢では大塚、三門では東京理科大、足柄では明治大OB会によりそれぞれ行われた。現像は各観測者によって処理され、流星像は大塚と重野により方眼焼付(大西 1984)にて測定された。その位置精度は27~34"であった。比較星は、SAO星表より引用した。流星経路と軌道要素はWhipple and Jacchia(1957)、また視輻射点の拡がりは長沢(1987)の方法によった。それらの結果は以下になった。

1985- 7-28.74252UT \odot (1950.0) 125°09App.R.P. (1950.0) α 25°11 δ +54°87(σ \pm 0°07 \pm 0°08)Cor.R.P. (1950.0) α 24°98 δ +55°17

み-み南

三門→足柄

北

南

 $\sin Q$ 0.915 V_{obs} 59.1km/s ω (1950.0) 155°6 152°8 H_B 106.9km V_{∞} 59.2km/s Ω (1950.0) 125°1 138°7 H_E 79.1km V_G 58.0km/s i (1950.0) 109°5 113°6 $\cos Z$ 0.868 V_H 41.3km/s e 0.956 0.960 q (AU) 0.971 0.963 a (AU) 22.27 24.33

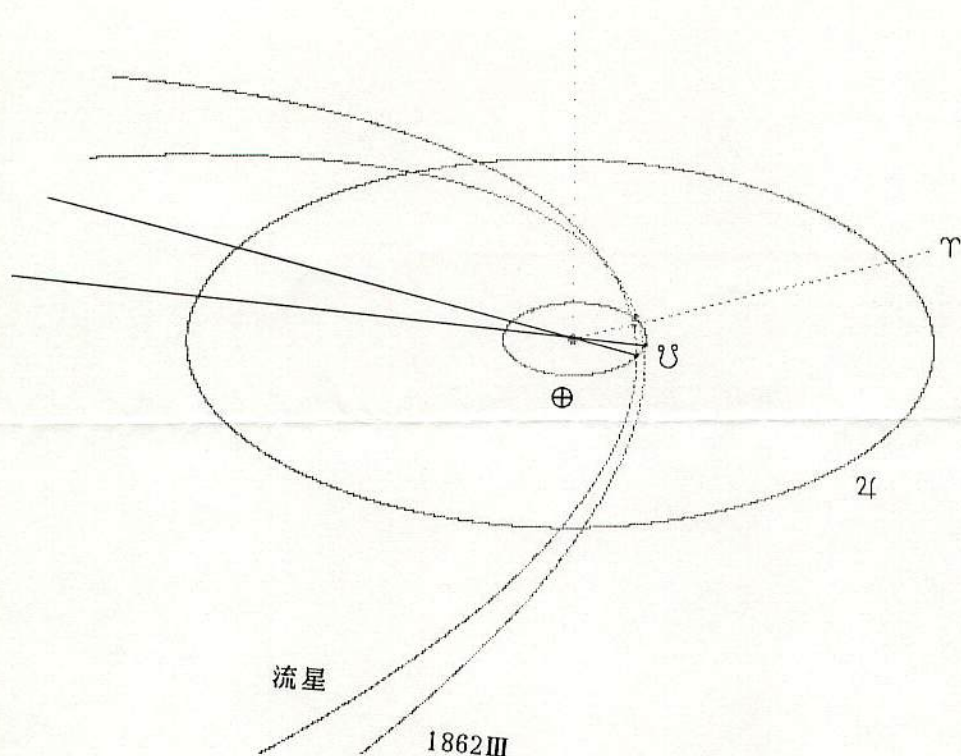
スイト・タートル 彗星

流星 1862III

この流星は7月中のPer群に属するものと思われる。Per群の母彗星は1862IIIであり、Marsden(1986)より引用した軌道要素は上に掲げてある。1862IIIからの、この頃の理論的輻射点は次のように予想される。尚、 Δ は彗星-地球の軌道間距離である。

 \odot (1950.0) 125°0 R.P. (1950.0) α 30° δ +53° Δ 0.226AU V_G 58.8km/s

観測輻射点とは約4°の隔たりがあり、軌道もやや異なっている(図参照)。流星体の放出方向と長年の惑星の摂動の影響によるものと思われる。流星群の軌道の進



化を考える上で、この時期に多数のPer群流星の軌道を得る事は、大変意味のある事で今後の観測が望まれる。

最後に、文献に関しては長沢工博士、コンピュータープログラムに関しては寺田充氏の御協力を得た。流星のネガは白川健一氏より拝借した。

以上の方々には、心から御礼申し上げます。

References

大西 洋:1984, 流星 II, P.23 (恒星社厚生閣)

Marsden, B.G.:1986, Catalogue of Cometary Orbits (SAO, Cambridge MA)

長沢 工:1987, 流星輻射点の位置精度, (44th流星物理セミナー)

Whipple, F.L. and Jacchia, L.G.:1957, Smithson. Contr. Astrophys., 1, 183

Nippon Meteor Society

Orbits of Minor Shower Meteors
Photographed in Japan
(during 1949 and 1988)

by T.Ochiai

First Published in "The Friend of Stars", No.30, pp.59~62, 1984.

Revised and Enlarged,

by K. Ohtsuka and T. Sekiguchi

A collection of observations of radiant points, velocities and heliocentric orbital elements for 73 meteors photographed in Japan is presented. The Quadrantids, the Perseids, the Orionids and the Geminids are excluded from the Table.

Of these, 8 meteors belong to the χ Orionids, 5 to December Monocerotids, and the others are the members of Lyrids, η and δ Aquarids, Capricornids, κ Cygnids, Taurids, Leonids, ν Hydrids and etc.

Most of the observations have been made by Kanto Photographic Meteor(KPM) Network, using 35mm-size camera with F.L.50mm lens, and the other some observations done by professional astronomers at Tokyo Astronomical Observatory.

Almost meteors are contained in the catalogue of Ochiai(1985), however, orbital elements for 25 meteors were revised, and most of them were re-measured and/or re-computed.

No.	Date			Corr. α (1950)	R.P. δ	V_G (km/s)	V_H (km/s)	e	q (AU)	i (1950)	ω (1950)	Ω (1950)	Shower	
	Yr	M	D											JST
2	79	1	4	1 ^h 16 ^m 32 ^s	73°4	-34°5	15.1	38.1	0.63	0.95	19°6	26°1	102°3	
3	78	1	4	2 05 23	105.2	+18.4	23.2	36.0	0.674	0.572	3.0	92.2	102.6	
4 1)	74	1	4	2 22 34	200.7	+18.2	30.8	33.1	0.809	0.104	79.7	359.5	282.6	
8	71	2	13	19 28 04	34.9	+37.3	11.4	40.8	0.857	0.986	6.0	175.3	323.8	
10 2)	83	3	17	22 52 22	219.6	+31.4	41.5	41.9	0.981	0.612	61.1	257.2	356.0	
12 /	80	4	20	3 23 30	250.2	-51.5	21.7	22.9	0.608	0.283	27.1	154.4	209.8	
13	79	4	22	1 03 57	271.3	+32.7	46.4	41.2	0.926	0.911	78.9	216.3	30.6	Lyr
83 3)	86	5	5	2 17 58	336.4	- 2.4	65.5	40.3	0.917	0.531	164.9	90.6	43.4	η Aqr
14 1)	82	5	5	3 32 08	336.1	- 1.7	66.0	41.4	0.968	0.582	163.7	98.1	43.5	η Aqr
17 4)	49	7	30	0 32 12	268.3	+ 1.2	9.5	35.6	0.483	0.954	6.5	215.5	126.2	
18 5)	81	7	30	23 22 07	305.9	-29.3	20.5	—	0.744	0.662	6.3	79.4	306.9	S-Cap
19	79	7	31	2 36 10	290.7	-14.5	16.3	38.0	0.704	0.800	3.6	239.0	126.6	α Cap
20	78	7	31	21 21 00	248.	-18.	6.6	35.1	0.42	1.00	0.6	200.0	127.5	
21 /	65	7	31	23 51 00	249.	+61.	17.8	37.0	0.59	0.97	28.	175.5	128.	
22	77	8	10	0 16 10	353.5	-23.6	41.8	39.0	0.954	0.180	51.2	133.2	316.5	
23	77	8	10	0 47 43	310.3	+25.2	24.6	37.3	0.698	0.704	30.1	253.8	136.5	
24	80	8	10	2 06 26	276.9	- 5.4	11.5	37.4	0.63	0.95	5.5	213.9	136.8	
25	77	8	10	2 52 41	51.6	+46.5	60.7	38.1	0.694	0.838	129.6	127.2	136.6	
26	80	8	12	0 41 47	310.5	-21.4	19.1	38.1	0.755	0.727	1.8	70.0	318.6	S-Cap
27 1)	77	8	12	0 45 56	8.9	+67.8	46.4	38.6	0.702	1.013	85.3	181.0	138.5	
28 1)	83	8	12	2 21 29	4.5	+15.2	59.1	41.2	0.984	0.244	142.7	302.1	138.0	
29	75	8	12	23 30 14	270.0	-29.2	13.9	36.4	0.531	0.974	1.4	27.6	318.8	
31 1)	80	8	13	0 41 00	341.8	- 0.3	35.5	36.3	0.925	0.153	15.4	320.0	139.7	N- δ Aqr
32 1)	69	8	13	1 30 59	338.7	- 5.3	15.8	38.4	0.743	0.826	1.5	124.6	319.4	
33 /	83	8	13	2 21 21	320.2	+ 5.1	22.6	—	0.727*	0.579	14.2	271.1	139.0	
35	75	8	14	0 31 28	308.3	-25.5	17.5	38.1	0.734	0.779	3.3	63.1	319.9	S-Cap
36	78	8	14	0 57 30	19.9	+23.9	60.8	36.7	0.741	0.537	148.5	275.1	140.1	
37	78	8	14	1 18 15	286.2	+47.2	21.5	38.7	0.699	0.956	31.9	206.8	140.2	κ Cyg
38	83	8	14	2 10 12	315.6	+ 2.5	19.9	—	0.676	0.671	12.2	267.4*	139.7	
39 1)	83	8	14	2 20 34	30.4	+19.4	69.1	41.9	1.000	0.825	167.9	231.1	139.9	
40	78	8	14	3 02 35	284.2	+53.5	22.7	38.7	0.692	0.974	35.0	200.4	140.2	κ Cyg
42	75	8	14	23 31 47	4.3	-31.2	39.3	37.8	0.876	0.338	57.1	115.3	320.8	
43	76	8	17	21 33 00	315.4	-16.5	17.5	37.1	0.684	0.740	0.2	250.3	144.9	
45	80	9	15	21 01 00	333.1	+ 1.5	17.2	38.5	0.747	0.785	5.8	240.9	172.4	
46	79	10	21	1 04 06	35.9	+10.1	27.2	36.5	0.805	0.387	4.3	111.8	26.3	S-Tau
47	79	10	21	1 26 09	41.2	+11.2	33.0	38.0	0.901	0.260	7.2	124.0	26.3	S-Tau
48	79	10	21	1 32 37	100.3	+35.3	72.0	45.5	1.26	0.798	157.8	230.0	206.3	ϵ Gem
49	77	10	21	2 48 19	102.2	+10.2	69.9*	43.0	1.064	0.834	157.0	46.7	26.8	
52 1)	78	11	4	23 17 46	13.1	-20.0	14.2	39.9	0.798	0.911	8.5	35.3	41.4	
53 1)	78	11	5	0 55 41	52.9	+14.4	29.0	37.3	0.846	0.341	5.5	115.6	41.5	S-Tau

No.	Date			Corr. R.P.	V_0	V_H	e	q	i	ω	Ω	Shower			
	Yr	M	D										JST	α (1950)	δ
55	1)	80	11	17	2 ^h 54 ^m 52 ^s	150.6	-21.0	63.1	41.7	0.941	0.864	124.2	317.8	55.1	
56		75	11	17	4 32 00	153.5	+21.1	71.4	42.4	1.031	0.984	163.8	165.5	233.4	Leo
57		64	11	17	5 07 07	153.0	+20.2	71.2	42.0	0.992	0.990	165.5	168.4	234.2	Leo
59		72	11	19	4 57 39	156.0	+21.0	71.0	41.7	0.938	0.979	162.4	169.1	236.6	Leo
61	1)	77	12	10	23 52 52	87.2	+25.3	27.5	37.6	0.824	0.399	2.0	288.4	258.0	N- χ Ori
62	6)	77	12	11	2 18 37	100.2	+ 7.9	42.5	42.3	0.998	0.185	37.1	128.7	78.2	Mon
63		77	12	11	3 12 04	150.1	+34.3	64.3*	43.1	1.035	0.556	135.1	261.7	258.2	Dec.LMi
84		88	12	11	3 30 25	79.5	+16.3	21.8	37.0	0.72	0.564	5.	91.	78.5	S- χ Ori
64	6)	77	12	11	22 23 44	100.8	+ 7.7	41.2	41.5	0.983	0.195	35.4	128.1	79.0	Mon
65		79	12	12	0 03 45	85.0	+30.9	27.2	38.1	0.827	0.441	7.6	282.7	258.6	N- χ Ori
66		76	12	12	0 53 09	129.0	+ 1.0	52.4	35.8	0.892	0.186	120.7	136.2	79.4	σ Ilya
85		88	12	13	0 10 44	74.5	+49.1	27.9	40.2	0.87	0.633	20.	257.	260.3	
67	1)	79	12	13	0 11 09	86.7	+27.4	28.1	38.7	0.855	0.420	4.2	284.1	259.5	N- χ Ori
68	1)	77	12	13	22 18 16	80.1	+18.5	22.7	38.1	0.772	0.573	3.4	87.7	81.1	S- χ Ori
69		80	12	13	23 59 07	86.8	+17.2	28.9	38.4	0.830	0.462	6.0	99.8	81.4	S- χ Ori
70		72	12	14	0 04 00	89.2	+19.2	26.4	37.4	0.81	0.44	4.0	103.6	81.7	S- χ Ori
71		76	12	14	0 49 27	129.9	+ 1.4	59.2	42.1	0.990	0.255	129.1	119.3	81.4	σ Ilya
72		77	12	14	1 58 08	101.6	+ 7.4	39.1	40.4	0.959	0.221	31.8	125.9	81.2	Mon
73		77	12	14	2 09 33	102.4	+ 6.1	40.5	41.1	0.979	0.218	36.8	125.5	81.2*	Mon
82	2)	83	12	14	2 13 55	129.4	- 0.0	59.6	42.5	1.002	0.289	127.1	114.2	80.7	σ Ilya
74		75	12	14	2 37 41	77.6	+18.0	24.7	39.5	0.862	0.581	3.9	84.6	80.7	S- χ Ori
75		77	12	14	2 52 50	103.8	+ 7.9	43.4	41.8	0.989	0.181	37.5	130.0	81.2	Mon
76	7)	77	12	14	3 14 58	48.1	+17.4	10.9	37.2	0.569	0.892	0.2	41.2	81.8	S- δ Ari
77		80	12	15	1 03 29	183.9	+32.6	67.8	44.8	1.222	0.979	128.3	187.7	262.4	
78	/	74	12	15	1 17 31	107.5	+68.9	9.9	29.2	0.272	0.682	11.7	296.1	261.9	
79		79	12	15	2 20 45	256.5	+56.5	17.3	33.2	0.243	0.963	30.7	152.5	261.7	
80	1)	74	12	15	3 42 45	135.4	+55.6	35.6	33.6	0.698	0.396	59.3	297.0	262.1	
81		73	12	23	2 05 55	145.0	+20.1	59.2	41.2	0.981	0.138	161.4	323.4	276.0	

JST Japan Standard Time, =UT+9h.

/ not in concordance with the radiant and orbital elements.

* corrected data, misprinted in the original list.

1) re-computed by Shirakawa(1988).

2) Nos.10 and 82 are TN(Tokyo Meteor Network) Nos.3 and 9, respectively, re-measured and re-computed by Ohtsuka(1989).

3) observed and measured by Iwate Group, computed by Hidaka(1989).

4) =M35 by Hirose and Tomita(1950).

5) Watanabe and Nakano(1982).

6) re-measured and re-computed by Ohtsuka(1988).

7) Ogasawara, Terada and Nagasawa(1979).

The photographic meteors of Ochiai Nos.1,5,6,7,9,11,15,16,30,34,41,44,50,51,54,58 and 60 were listed in the original edition, however, they were omitted in this revised edition, because, Nos.6 and 51 were of visual observations, No.41, of which angle Q was only 0°3, was a Perseid meteor, and the other 14 meteors were without rotating shutters. The velocities and orbital elements of Nos.5, 15,50 were assumed in the original edition.

The meteor Nos.83,84,85 are in addition to the new edition. Nos.83 and 84 are η Aquarid and χ Ori-
onid, respectively.

The authors are grateful to Dr. Hasegawa for some helpful suggestions.

References

- Hidaka, E.: 1989, unpublished.
Hirose, H. and Tomita, K.: 1950, Proc. Jpn. Acad., 26, 23.
Ogasawara, M., Terada, M. and Nagasawa, K. (小笠原雅弘・寺田 充・長沢 工): 1979, 日本天文学会秋季年会.
Ochiai, T.: 1985, Werkgroepnieuws, 13, 88.
Ohtsuka, K.: 1988, Heavens, 69, 199 (in Japanese).
— : 1989, unpublished.
Shirakawa, K.: 1988, 46th Meteor Sci. Semin.
Watanabe, K. and Nakano, S. (渡辺和郎・中野主一): 1982, 星の手帳, Vol. 15, 110.

主な軌道カテゴリー

Harverd

Dushanbe

Odessa

Kiev

Russia

Czechos

1989みずがめ流星群・眼視観測報告

高梨雅彰・高梨美華
戸田雅之・柳信一郎

1. 概要

1989年5月2/3日、4/5日、5/6日の3晩、オーストラリア・マウントアイガ市郊外にてみずがめ流星群を対象とした眼視流星観測を実施した結果、4名の観測者でへのべ458個の同群流星を観測することができた。

2. 観測条件

- 観測者：高梨雅彰 (2/3 全天計数(東) 4/5, 5/6 ラムカ)
高梨美華 (2/3 全天計数(東) 4/5, 5/6 全天計数(30))
戸田雅之 (2/3, 4/5, 5/6 全天計数(北))
柳信一郎 (2/3, 4/5, 5/6 ラムカ)

- 観測地：「北観測地」(2/3 高梨雅彰・高梨美華のみ)

{ 東経 139°28'58"
南緯 20°32'15"
標高 350 m

「南観測地」

{ 東経 139°23'58"
南緯 20°57'36"
標高 400 m

3. 観測結果

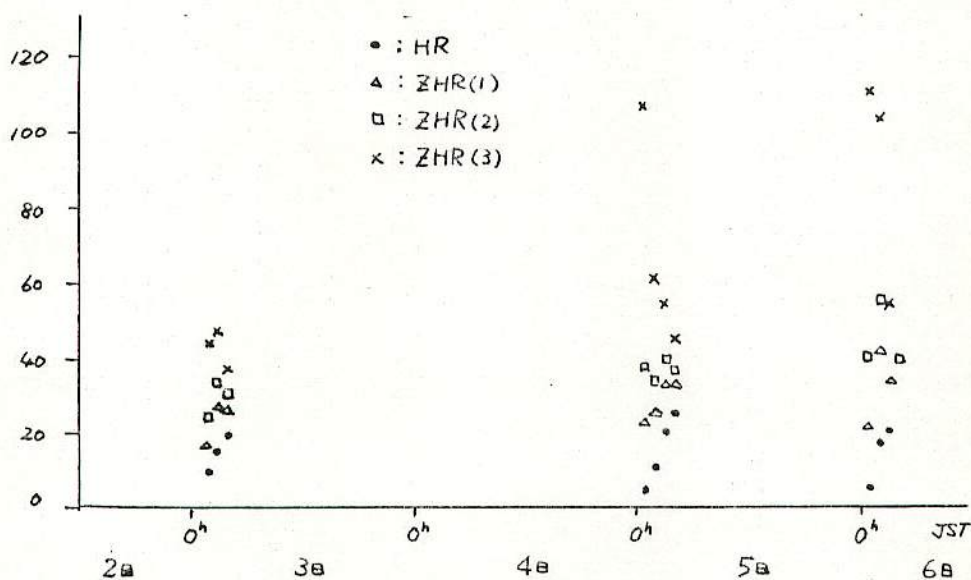
		高梨雅彰	高梨美華	戸田雅之	柳信一郎
5-2/3	2 ^h	17, 4, (50)	17, 4, (50)	13, 7, (30)	18, 3, (30)
	3 ^h	8, 5, (30)	20, 9, (50)	51, 24, (60)	35, 20, (60)
	4 ^h		17, 6, (50)	28, 20, (40)	23, 11, (30)
4/5	1 ^h	11, 3, (30)		9, 2, (30)	16, 2, (30)
	2 ^h	21, 8, (50)	14, 3, (50)	21, 11, (60)	35, 17, (60)
	3 ^h	39, 23, (55)	18, 9, (50)	32, 18, (60)	50, 28, (60)
	4 ^h	38, 24, (50)	20, 16, (50)	39, 28, (50)	25, 10, (30)
5/6	1 ^h	16, 3, (30)	12, 3, (30)	14, 2, (30)	30, 3, (30)
	2 ^h	24, 11, (50)	10, 5, (30)	36, 18, (60)	85, 28, (60)
	3 ^h	18, 9, (30)	21, 13, (50)	39, 23, (55)	64, 25, (55)

[凡例：全流星，みずがめ流星，観測時間(分)]

4. 出現数

以下に HR 及び 3 種類の方法で算出した ZHR について、4 名の
平均値を表とグラフにて示す。

日付	時間帯 (JST)	観 測 数	HR	ZHR(1): 1BZHR	ZHR(2): $\gamma=1$	ZHR(3): $\gamma=1.5$
			平均 (Min-Max)	平均 (Min-Max)	平均 (Min-Max)	平均 (Min-Max)
5- 2/3	2h	4	9.9 (4.8-14.0)	14.4 (13.4-30.7)	24.5 (18.6-37.8)	44.8 (32.8-67.0)
	3h	4	16.2 (10.0-24.0)	28.1 (18.8-37.8)	33.3 (22.9-46.4)	47.9 (33.4-64.7)
	4h	3	19.7 (7.2-30.0)	27.3 (9.8-40.7)	30.1 (10.8-44.5)	37.2 (13.3-54.2)
5- 4/5	1h	3	4.7 (4.0-6.0)	22.7 (15.0-25.5)	38.0 (27.0-52.2)	108.9 (70.2-153.8)
	2h	4	10.3 (3.6-17.0)	25.4 (9.3-42.1)	34.8 (13.1-57.6)	60.8 (25.0-106.3)
	3h	4	20.5 (10.8-28.0)	33.8 (18.4-46.5)	39.4 (21.7-54.3)	54.8 (30.7-75.7)
	4h	4	25.4 (19.2-33.6)	33.8 (25.6-43.7)	36.8 (27.9-47.3)	44.4 (33.6-56.1)
5- 5/6	1h	4	5.5 (4.0-6.0)	21.6 (14.2-24.1)	40.5 (24.5-45.8)	110.9 (60.6-127.7)
	2h	4	17.3 (10.0-28.0)	42.0 (27.5-67.0)	56.8 (37.8-90.3)	104.0 (77.4-161.8)
	3h	4	20.9 (15.6-25.1)	34.3 (26.0-40.7)	40.0 (30.4-47.3)	55.4 (42.6-64.9)



上記、ZHR(1)とは修正に $\sin(R+7^\circ \cos R)$ を使用したもので、旧来 NMS
で使用されていたものである。ZHR(2)とは修正に $\sin R$, ZHR(3)とは修正
に $\sin^{1.5} R$ を使用したもので、現在 NMS で試用されている。

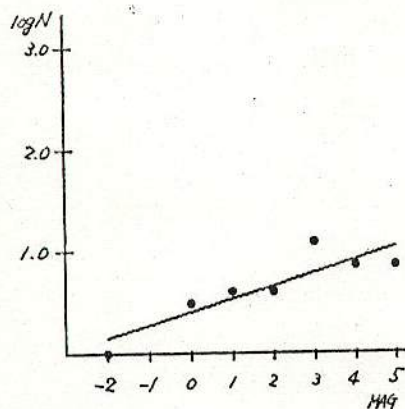
日本で観測できるみずがめ群の出現数は、ZHR(1)で 15~20 ぐらい
の極大値であり、今回の値はその約 1.5~2 倍となる。

5. 光度関数

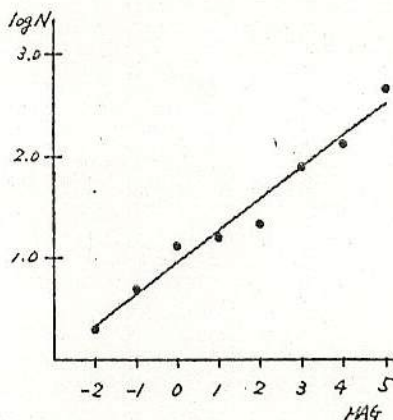
眼視観測を行なった、柳・戸田・高梨(雅)・高梨(美)の等級とLOG(N)のグラフを示し、光度関数(α)を求めた。

柳・高梨(雅)については、ラムカ内に発光点を持つ流星数と、全流星数の2通りの数値を求めた。

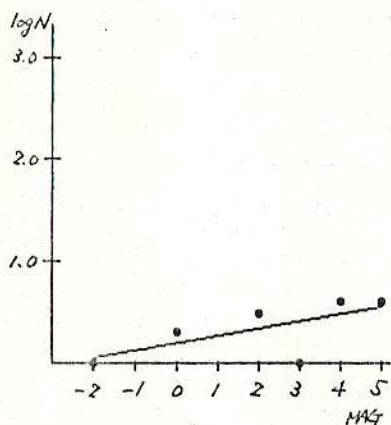
S.YANAGI(ラムカ) $B=0.125$
 $\alpha=1.33$



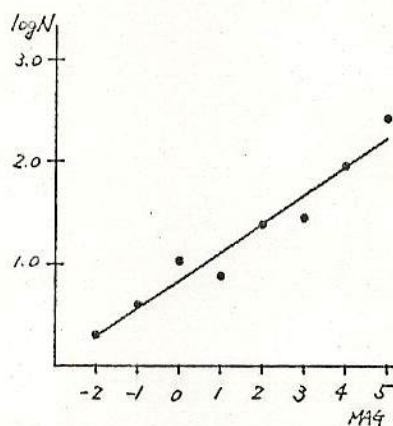
S.YANAGI(ALL) $B=0.311$
 $\alpha=2.05$



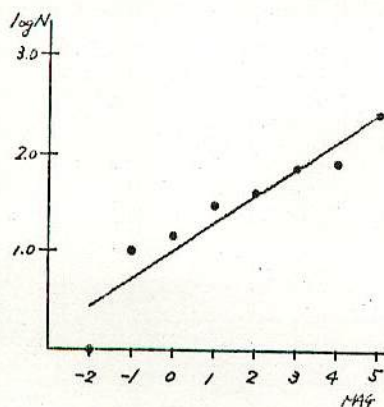
MASAAKI TAKANASHI(ラムカ) $B=0.070$
 $\alpha=1.17$



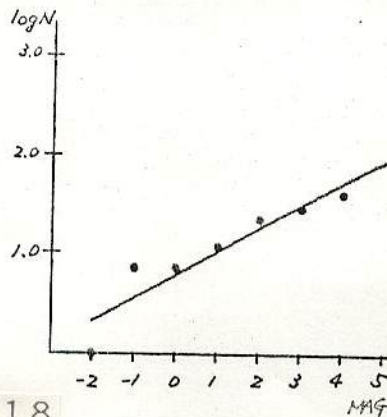
MASAAKI TAKANASHI(ALL) $B=0.277$
 $\alpha=1.89$



M.TODA $B=0.284$
 $\alpha=1.92$



MIKA TAKANASHI $B=0.232$
 $\alpha=1.70$



1. はじめに

ハレー彗星が母天体とされているみずがめ座 η 流星群(以下、 η -Aqr群とする。)は、毎年5月5日頃に極大を迎える。母天体の1986年の回帰に伴い、 η -Aqr群の出現数の変化が期待され、現在も多くの観測者によって監視されているが、現在まで突発的な大出現は認められていない。我々は、好条件の下で大量かつ良質な眼視観測データと流星軌道を得るために、1986年・1987年に続き1989年も5月始めのオーストラリアへ遠征して、 η -Aqr群の観測(眼視計数・ラムカ観測・同時流星写真観測)を実施した。ここでは、1989年の眼視計数の観測結果と、1986年以来の3回の観測からのまとめを報告する。

2. 観測地と観測方法

今回はQueensland州西部のMt. Isa市郊外、南約30kmの観測地点において眼視計数を実施した(図1)。いままでの遠征経験を基に天候調査を行い、晴れやすい場所を選んだ結果である(浦崎・重野・戸田:1988)。

観測方向は写真撮影方向と同じ真北、仰角 60° で実施した。そのため、天頂方向を観測する時と比べて天の川や黄道光の影響が少なく、流星の光度見積りが容易だった。

○観測地要素

観測地 : Mount Isa City Queensland St. Australia

観測位置 : λ (東経) = $139^\circ 23' 58.''0$ E

: ϕ (南緯) = $20^\circ 57' 36.''2$ S

: h(標高) = 400m

○観測方法

観測方向 : 真北 仰角 60° 記録法 : 5分(4/5日のみ10分)コールによる探り書き

時刻 : アラーム付クォーツ式腕時計を使用

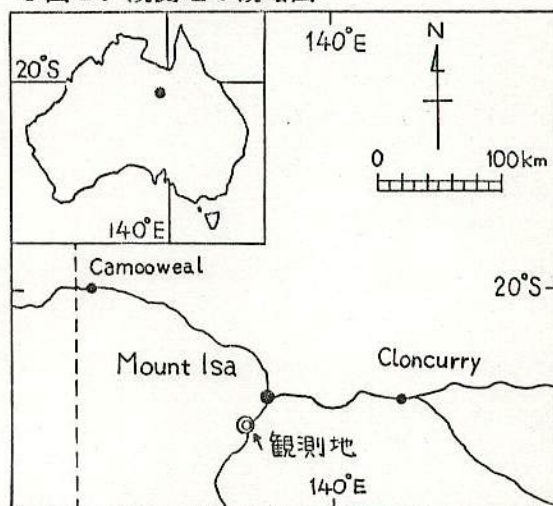
雲量 : 0 最微等級 : 6.5等

月明 : 5月2/3日04h25m以降東低空に月あり。最微等級に影響なし。

5月4/5日・5月5/6日は月明なし。

観測者 : 戸田 雅之

○図1. 観測地の概略図



3. 観測結果

○表1. 観測データ(η-Aqrの1時間毎の出現数: 1989年5月)

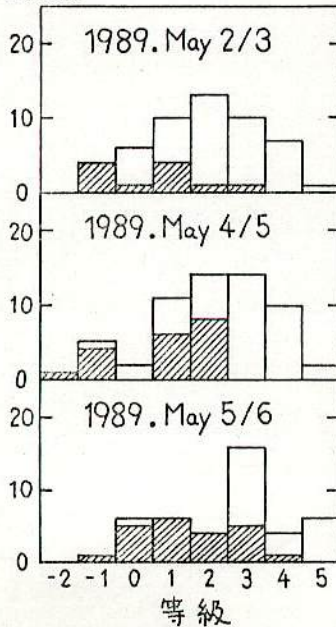
date	Start-End(EST)	☉	分	全✓	群✓	H.R	CHR	R.P °	F'	ZHR
2/3	03:30-04:00	42.44	30	13	7	14.0	14.0	20.6	0.456	30.7
2/3	04:00-05:00	42.47	60	51	24	24.0	24.0	31.1	0.603	39.8
2/3	05:00-05:40	42.50	40	28	20	30.0	30.0	42.4	0.738	40.7
4/5	02:30-03:00	44.34	30	9	2	4.0	4.0	8.5	0.266	15.0
4/5	03:00-04:00	44.37	60	21	11	11.0	11.0	19.0	0.432	25.5
4/5	04:00-05:00	44.41	60	32	18	18.0	18.0	32.9	0.626	28.8
4/5	05:00-05:50	44.44	50	39	28	33.6	33.6	45.3	0.769	43.7
5/6	02:30-03:00	45.31	30	14	2	4.0	4.0	9.4	0.281	14.2
5/6	03:00-04:00	45.34	60	36	18	18.0	18.0	19.9	0.446	40.4
5/6	04:00-04:55	45.38	55	39	23	25.1	25.1	33.3	0.631	39.8

*表1の備考: 太陽黄経はJ2000.0で計算。
 観測時刻は全てオーストラリア東部標準時(Eastern Standard Time)、
 UT+10h = EST: JST+1h = EST
 ZHR算出に使用した式は、 $F' = \sin(h+7^\circ) \cos h$ を使用。
 η-Aqr群の輻射点は $\alpha: 335^\circ$ $\delta: -2^\circ$ として輻射点高度を計算した。

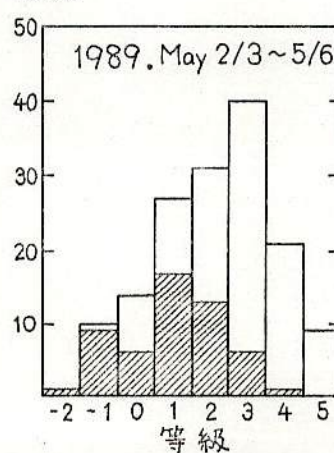
○表2. η-Aqr群の1日毎の光度分布と有痕率

	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	合計
η-Aqr群(5月2/3)		4	6	10	13	10	7	1	0	n= 51
内Tr✓		4	1	5	1	1				n= 12
有痕率(光度別%)		100	17	50	8	10				23.5
η-Aqr群(5月4/5)	1	5	2	11	14	14	10	2	0	n= 59
内Tr✓	1	4	0	6	8					n= 19
有痕率(光度別%)	100	80	0	55	57					32.2
η-Aqr群(5月5/6)		1	6	6	4	16	4	6	0	n= 43
内Tr✓		1	5	6	4	5	1			n= 22
有痕率(光度別%)		100	83	100	100	31				51.2
全η-Aqr群	1	10	14	27	31	40	21	9	0	n=153
内Tr✓	1	9	6	17	13	6	1	0	0	n= 53
有痕率(光度別%)	100	90.0	42.9	63.0	41.9	15.0	4.8			34.6

流星数



流星数



○図2. η-Aqr群の光度分布
 斜線棒グラフは痕流星を示す。

4. まとめ

今回は天気恵まれ、5月2/3、4/5、5/6日の3晩のデータが得られた。その3日間の観測から1時間毎の出現数データを表1に、光度分布を表2・図2に示した。ここでは1986年・1987年、そして1989年の眼視観測結果をまとめた。

表1より、1989年の1時間当り出現数(以下、HRとする。)の最大値は33.6だった。1986年のHR=45.0、1987年のHR=44.6は、1989年の出現数と比べると30%強の増加だった事になる。これは1986・1987年は母彗星の回帰に伴い、出現数が増加したものとも考えられる。この時期の出現数の傾向をよくつかむために、戸田の3回の観測に母彗星回帰前の富岡(1984)の観測を加え、それぞれのHR最大値をプロットしたのが図3の出現数グラフである。図3を見た限り、1989年は1984年とほぼ同程度の出現数だが、この時期と比べて1986・1987年は出現数が多いのがわかる。

○図3. η-Aqr群の出現数グラフ

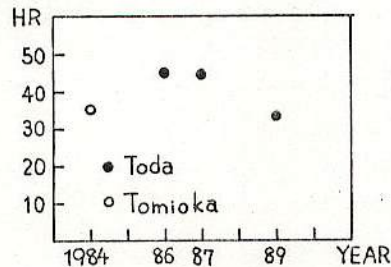


図4に今回までの3回の観測で得られた光度分布図と光度関数グラフを示した。今回の観測中に、明るい流星が多いという声があったが、光度分布・光度関数双方とも、1989年は明るい流星が多かった事を示している。有痕率も戸田の3回の観測で最も高い値を示し、1986年は $22/77=28.6\%$ 、1987年は $33/144=22.9\%$ 、そして1989年は $53/153=34.6\%$ だった。この増減傾向は-2~+3等までの平均光度の推移とよく一致している(図5)。過去3回の観測からの等級別有痕率を図6に示した。サンプル数が十分に多くない事や年によりばらつきがあるが、流星の光度が明るくなると有痕率も上昇していることがわかる。+2等の有痕率は20%強だが、0等以上では80%~100%に達している。

以上の結果をまとめると、出現数については1986・1987年は1984・1989年と比べると3割ほどの増加を示した。光度分布・平均光度・光度関数とも1989年は明るい流星が多かった事を示し、有痕率も1989年が最も高かった。

○参考文献(アイウエオ順)

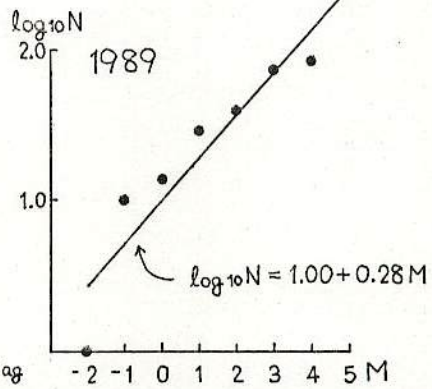
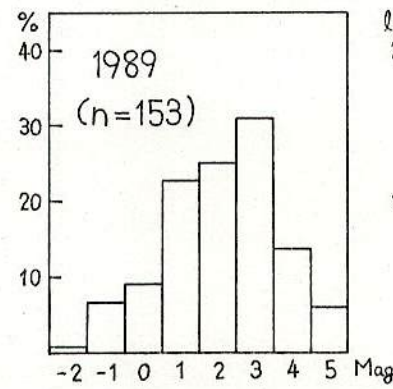
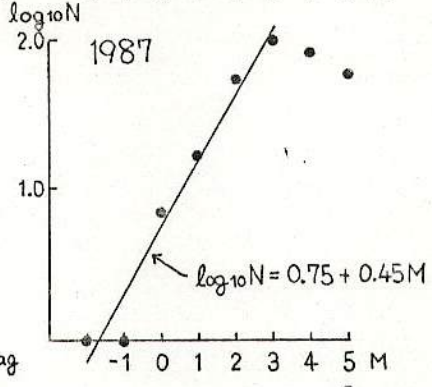
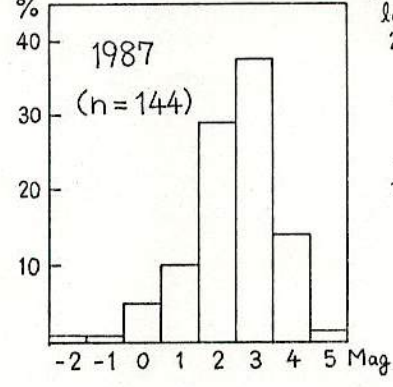
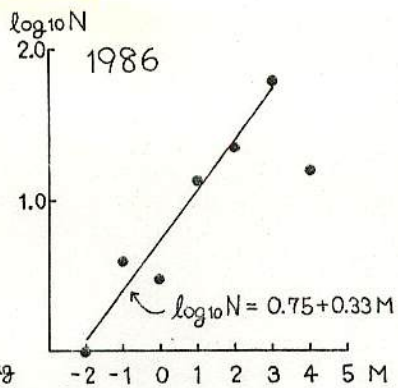
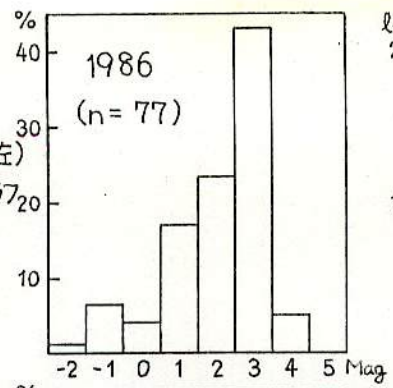
浦崎太郎・重野好彦・戸田雅之(1988):1988年5月上旬のオーストラリアの天気。流星写真観測ハンドブック。東京写真流星観測グループ

戸田雅之(1986):みずがめ座η流星群眼視観測報告。同時流星写真観測オーストラリア遠征報告。東京写真流星観測グループ

戸田雅之(1987):みずがめ座η流星群眼視観測報告。同時流星写真観測オーストラリア遠征報告。東京写真流星観測グループ

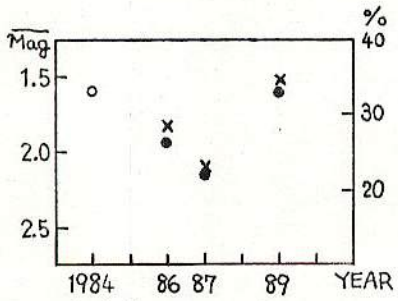
富岡啓行(1984):1984年の水がめ座η流星群のオーストラリアでの観測報告。第25回流星会議予稿集

○図4.
光度分布図(左)
と光度関数グラフ(右)

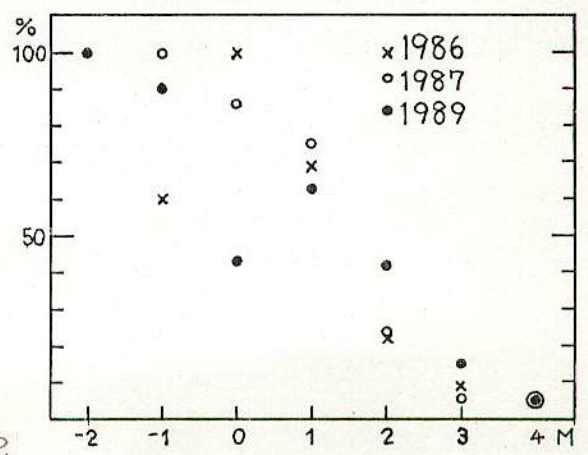


年度 光度関数値 (標準偏差上限~下限) 計算使用光度

1986	$10^{0.33} = 2.14$	(1.91 ~ 2.40)	-2 ~ 3
1987	$10^{0.45} = 2.79$	(2.52 ~ 3.09)	-2 ~ 3
1989	$10^{0.28} = 1.92$	(1.76 ~ 2.10)	-2 ~ 5



○図5. 有痕率と平均光度(上の図)
平均光度: ● Toda (-2~+3の平均)
○ Tomioka (-3~+3の平均)
有痕率: × Toda



○図6. 等級別有痕率の図(右の図)

1989みずがめη流星群写真観測報告

寺田 博・白川健一・重野好彦

1. 概要

1989年5月2/3日, 4/5日, 5/6日の3日間にAustralia Queensland州 Mt. Isa市において, 6連カメラ2台による2点同時写真流星観測を行った結果, 同時流星14個(うち12個がみずがめη群, 2個が散在)の撮影に成功した。

2. 観測地

	Mt. Isa南観測地	Mt. Isa北観測地
東経	139° 23' 58" . 0	139° 28' 57" . 7
南緯	20° 57' 36" . 2	20° 32' 15" . 4
標高	400m	350m

南-北の距離は約50km

3. 機材

<南> 架台: 五藤Mark-X一式+汎用軸+SAE4連×2
モータドライブ: 五藤コメットトラッカー
カメラ: キヤノンT-70×6台
レンズ: 50mm F1.4開放
回転シャッター: 50切断/秒

<北> 架台: 五藤Mark-X一式+汎用軸+SAE4連×2
モータドライブ: 五藤モータドライブP
カメラ: キヤノンT-70×3台+ミノルタα-7000×3台
レンズ: 50mm F1.4開放
回転シャッター: 50切断/秒

4. 観測時間・露出・フィルム

観測時間は, 3日間共, 3時18分~5時6分(JST)

フィルム	露出
2/3日: フジネオバン400	5分59秒(巻き上げ1秒)
4/5日: コダックT-MAX400	2分59秒(巻き上げ1秒)
5/6日: コダックTRI-X	2分59秒(巻き上げ1秒)

5. 観測結果

撮影された同時流星数は、以下の通りである。

2/3日	群流星：0個	散在流星：1個
4/5日	7個	1個
5/6日	5個	0個

コメント：2/3日は、北観測地の6台のカメラの内、3台が露出設定またはピントのミスにより壊滅していた。

5/6日は、南観測地が4時台に約30分間雲に覆われた。

6. 計算結果

① 軌道要素

表1に今回撮影された14個の同時流星の計算結果を掲載した。

e8901とe8905は散在流星で、残りの12個が群流星である。

また、参考までに1987年のオーストラリア遠征で撮影された2個(e8701, e8702)、田峰G、越山氏及び電通大の3点から1982年に撮影されたもの(KPM8201)、ハーバードカタログにあるもの(HV11862)、及びハレー彗星の軌道を掲載した。

測定は、ネガを引き延ばし方眼紙で読み取る方法により重野が行った。

計算は、白川作成のプログラム(KPMのMET98S.342に誤差楕円計算を加えたもの、C言語)で行った。(HV11862とハレー彗星を除く)

② 真輻射点分布図

図3、図4は、真輻射点の分布図である。(図4は、図3の一部を拡大したもの。)小さい黒丸は、過去に得られた輻射点で、大きい黒丸は4/5日に、白丸は5/6日に得られたものである。

③ 視輻射点誤差楕円図

図5に、視輻射点の誤差楕円の分布を示した。

図6、図7に、ペルセウス群とふたご群の視輻射点の誤差楕円も示した。(KPMのデータのうち精度の良いものを選んだ。

④ $\lambda - \beta$ 図

図8は、流星の日心速度方向逆向き（簡単に言うと日心黄道座標系における輻射点方向：以下日心輻射点という）と昇交点黄経（いいかえれば太陽黄経=時刻）の関係を示したものである。

- 第1象現
昇交点黄経と日心輻射点の黄経成分のグラフである。
- 第2象現
日心輻射点の黄経黄緯のグラフである。（図3の日心輻射点版）
- 第3象現
昇交点黄経と日心輻射点の黄緯成分のグラフである。

⑤ 対地軌道図

図9は、今回の14個の流星の軌道を地上に投影したものである。
「Mt. Isa」の地点は、Mt. Isa市の中心部を示す。
黒丸が発光点，白丸が消滅点である。

⑥ 日心軌道図

図10は、今回の群流星12個の地球付近の軌道を重ね併せたものである。
参考までに、ハレー彗星の軌道も示した。

図11は、同様に太陽系内の様子を示した。

7. 考察・所感

① 精度

比較星の乾板誤差は、だいたい15から25秒程度で写真流星の精度としては、やや良い方である。また、速度誤差も1から3 km/秒で60 km/秒台の流星としては、良い方にはいる。

② 輻射点

全体的に過去のデータに比べ特筆すべき変化はない。

図3, 4を見れば判るように明らかに輻射点は移動している。

真輻射点の位置は、

$$\alpha 336.5^\circ \quad \delta -1.7^\circ \quad (\text{太陽黄経 } 43.7^\circ)$$

$$\alpha 337.0^\circ \quad \delta -1.7^\circ \quad (\text{太陽黄経 } 44.7^\circ)$$

で広がり、 1° 程度であることが図から判る。

過去に求められた輻射点に比べ今回の輻射点が東に寄っているのも輻射点移動によるものと考えられる。

また、他の大流星群の輻射点の広がりと比較すると集中しているように見えるが、ペルセウス群やふたご群は、長期にわたって観測されているので一概に結論は言えない。

一方、日心輻射点には、ほとんど移動はみられない。

③ 日心軌道

図11を見るとかなり軌道がバラついているように見えるが、これは速度誤差によるもので実質的にはみんな同じ軌道とみても大きな問題はない。

母彗星であるハレー彗星の軌道とも大変良く一致している。

8. 今後の課題

今回12個のみずがめ η 群同時流星を得られたことは、世界的にも画期的なことである。しかし、これらはほぼ同一日に撮られたものであり、輻射点の移動などの解析にはあまり使えない。また、12個という数は、ペルセウス群やふたご群に比べ大変少なく、軌道の分布を研究するには不十分である。

よって、今後も今回のような観測法により多くの流星を得る必要がある。特に、5月初めから10日ぐらいまでの長期間の精度のよいデータが必要である。

表1 7-Aqr 写真流星軌道リスト 1989 in Australia (1/2)

ID	出現時刻 yy/mm/dd hh:mm:ss (JST)	等級	比較星数		切断点数		乾板誤差(°)		経路長		見込角 deg	発光点 経度 deg	緯度 deg	高度 km	消滅点		緯度 deg	高度 km	突入角 deg
			s	n	s	n	s	n	deg	deg					deg	deg			
----[this work]----																			
e8902	89/05/05 3:35:18	-1	10	10	18	23	20	20	7.5	12.4	18.5	139.35	-20.01	105.18	139.14	-20.05	90.60	33.09	
e8903	89/05/05 3:46:14	1	9	10	13	12	22	18	5.9	4.5	16.7	138.72	-21.14	109.89	138.62	-21.17	102.32	34.10	
e8904	89/05/05 3:49:35	1	10	10	9	9	20	18	2.1	2.6	37.0	139.80	-20.59	111.35	139.73	-20.61	106.12	36.24	
e8906	89/05/05 4:26:37	1	10	9	10	11	25	19	3.6	3.7	15.5	138.54	-21.10	111.77	138.47	-21.12	104.77	42.41	
e8907	89/05/05 4:34:00	2	10	10	10	12	22	21	1.6	1.8	13.2	140.14	-19.75	112.14	140.06	-19.77	102.76	46.54	
e8908	89/05/05 4:45:09	-2	9	10	26	12	22	20	5.8	1.7	23.9	140.00	-19.93	114.81	139.82	-20.00	91.31	48.73	
e8909	89/05/05 5:05:04	2	10	10	10	9	17	21	3.9	2.9	14.9	138.65	-21.18	107.59	138.60	-21.21	100.00	51.77	
e8910	89/05/06 3:23:51	-1	14	18	38	38	23	38	16.7	19.6	15.5	139.03	-19.98	115.86	138.65	-20.04	92.42	29.99	
e8911	89/05/06 3:26:48	1	10	10	16	20	21	16	3.7	5.0	23.1	140.17	-20.01	112.66	139.99	-20.04	101.11	31.24	
e8912	89/05/06 3:31:12	0	10	10	18	15	15	17	6.1	6.2	28.9	139.87	-20.91	107.02	139.72	-20.94	96.56	32.13	
e8913	89/05/06 3:36:29	1	10	10	14	9	21	20	4.2	2.6	15.3	140.02	-21.22	104.73	139.89	-21.25	95.11	33.69	
e8914	89/05/06 4:24:21	0	9	10	21	23	18	12	4.2	4.6	51.7	140.01	-20.27	112.20	139.83	-20.33	92.95	44.56	
----[reference]----																			
e8701	87/05/05 4:08:01	0	11	9	4	9	23	11	4.7	4.0	11.6	144.45	-35.44	110.72	144.34	-35.49	101.11	39.28	
e8702	87/05/05 4:26:12	0	10	10	4	12	20	24	2.3	2.1	42.9	145.49	-35.69	108.23	145.34	-35.78	93.33	42.01	
KPM8201	82/05/05 3:32:08	-2	14	8	11	3	28	27	2.4	3.3	38.7	139.14	34.02	108.33	138.81	34.13	91.98	26.39	
HV11862	54/05/03 19:48:**	**	**	**	**	**	**	**	****	****	****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
Halley 1982i	*****	**	**	**	**	**	**	**	****	****	****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****
----[sporadic]----																			
e8901	89/05/03 3:59:06	0	14	14	45	30	23	21	11.9	9.4	17.9	139.82	-20.36	96.60	140.01	-20.28	81.69	34.01	
e8905	89/05/05 4:22:37	1	9	9	26	18	24	12	5.2	3.9	56.7	139.09	-20.80	104.94	139.22	-20.82	89.40	48.55	

表1 η - A q r 写真流星軌道リスト 1989 in Australia (2/2)

ID	視放射点		真放射点		観測速度 km/s	S.D. km/s	日心速度ベクトル			速さ km/s	軌道要素						
	赤経 deg	赤緯 deg	赤経 deg	赤緯 deg			Vx km/s	Vy km/s	Vz km/s		Vh km/s	Ω deg	i deg	ω deg	q a.u.	e	a a.u.
e8902	335.60	-1.61	335.79	-1.45	67.19	2.633	-39.98	3.81	-9.22	41.21	43.70	163.11	98.80	0.590	0.960	14.7	56.0
e8903	336.42	-1.78	336.58	-1.61	67.41	3.119	-40.56	3.20	-8.75	41.61	43.71	163.91	97.87	0.577	0.982	32.7	186.9
e8904	336.28	-2.10	336.43	-1.93	66.49	2.208	-39.63	3.14	-8.35	40.62	43.71	164.28	94.93	0.564	0.931	8.1	23.2
e8906	337.36	-2.11	337.42	-1.95	65.23	3.417	-38.91	1.76	-7.77	39.71	43.74	164.58	88.17	0.517	0.894	4.9	10.8
e8907	336.52	-1.86	336.53	-1.71	65.59	3.712	-38.89	2.64	-8.43	39.88	43.74	163.69	91.56	0.545	0.897	5.3	12.0
e8908	336.63	-1.88	336.61	-1.74	66.65	1.874	-39.92	2.99	-8.51	40.93	43.75	164.04	95.50	0.565	0.947	10.6	34.4
e8909	336.11	-1.81	336.04	-1.65	65.51	2.529	-38.62	3.07	-8.68	39.71	43.77	163.30	92.47	0.555	0.886	4.9	10.7
e8910	336.79	-1.72	337.02	-1.55	67.42	1.865	-40.38	3.09	-8.62	41.41	44.66	164.26	98.85	0.588	0.971	20.4	91.7
e8911	337.40	-1.91	337.62	-1.75	66.42	3.131	-39.71	2.23	-8.04	40.58	44.67	164.76	93.97	0.556	0.930	8.0	22.4
e8912	336.80	-1.34	337.01	-1.16	66.19	2.367	-39.25	2.48	-8.87	40.32	44.67	163.18	94.42	0.564	0.916	6.7	17.2
e8913	336.80	-2.01	336.98	-1.84	66.83	2.073	-39.82	3.05	-8.26	40.78	44.67	164.69	96.92	0.579	0.938	9.3	28.4
e8914	337.01	-1.92	337.04	-1.78	67.06	3.034	-40.10	3.08	-8.34	41.08	44.71	164.66	97.91	0.584	0.953	12.5	44.2
e8701	334.61	-2.26	334.62	-2.00	68.42	0.819	-40.79	5.58	-9.31	42.21	43.27	163.80	105.11	0.633	1.016	-39.0	0.0
e8702	335.68	-2.00	335.66	-1.72	66.09	3.755	-39.17	3.53	-8.85	40.31	43.28	163.26	94.65	0.566	0.915	6.6	17.0
KPM8201	335.85	-1.36	336.05	-1.68	67.20	4.112	-40.22	3.62	-8.87	41.35	43.50	163.69	98.05	0.582	0.968	18.1	76.7
HV11862	*****	*****	335.57	-1.88	*****	*****	*****	*****	*****	41.12	42.4	163.5	95.2	0.560	0.958	13.19	47.9
Halley	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	58.1	162.2	111.8	0.587	0.967	17.9	76.1
e8901	223.43	-30.44	220.72	-29.88	31.50	1.305	38.97	-0.93	6.92	39.59	221.78	14.55	98.78	0.457	0.901	4.6	9.9
e8905	250.50	-10.33	249.43	-10.03	44.87	2.421	35.26	18.42	-9.06	40.80	43.75	39.29	320.99	0.118	0.987	9.4	28.8

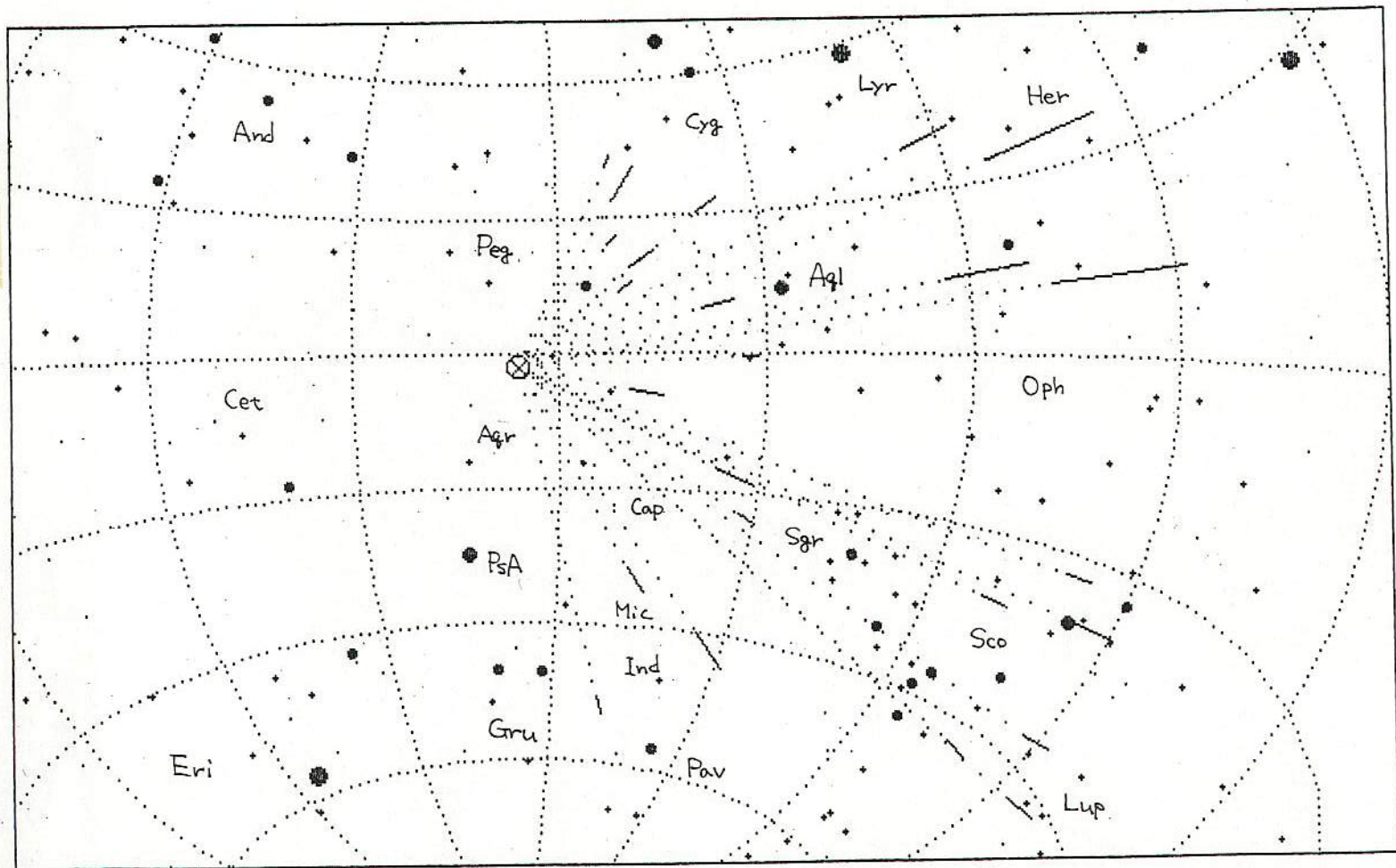


図2 今回撮影された全群流星の経路

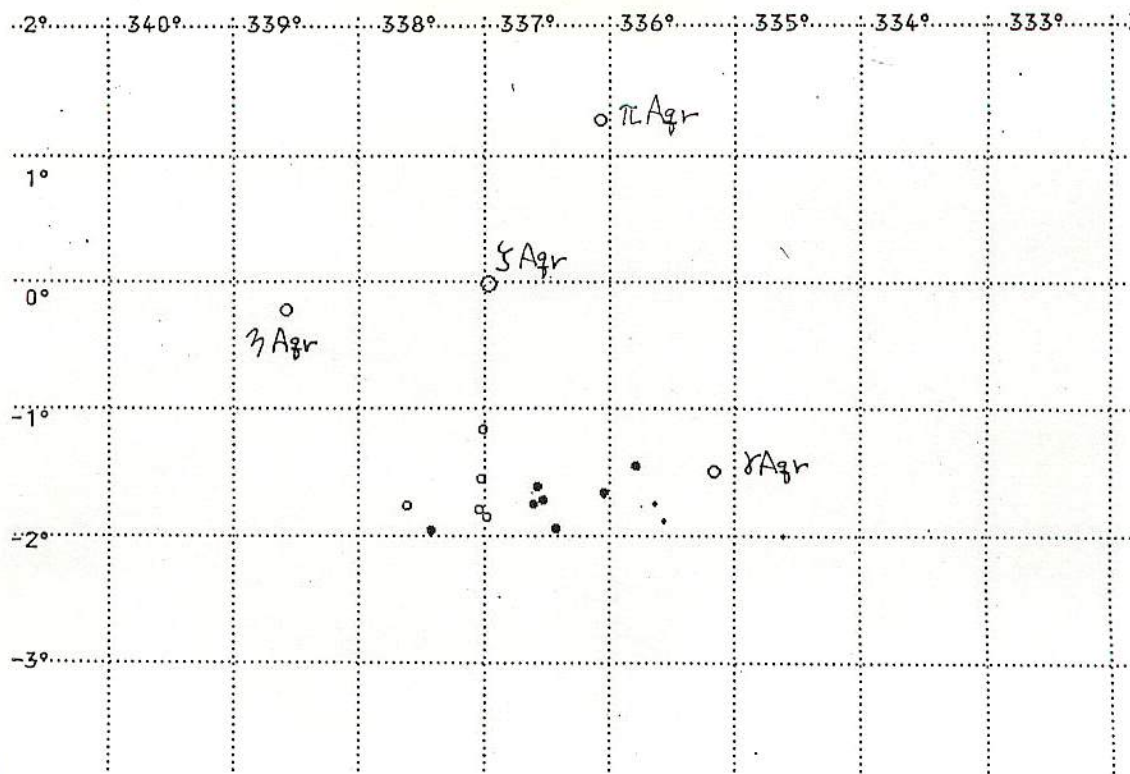


图3 真輻射点分布

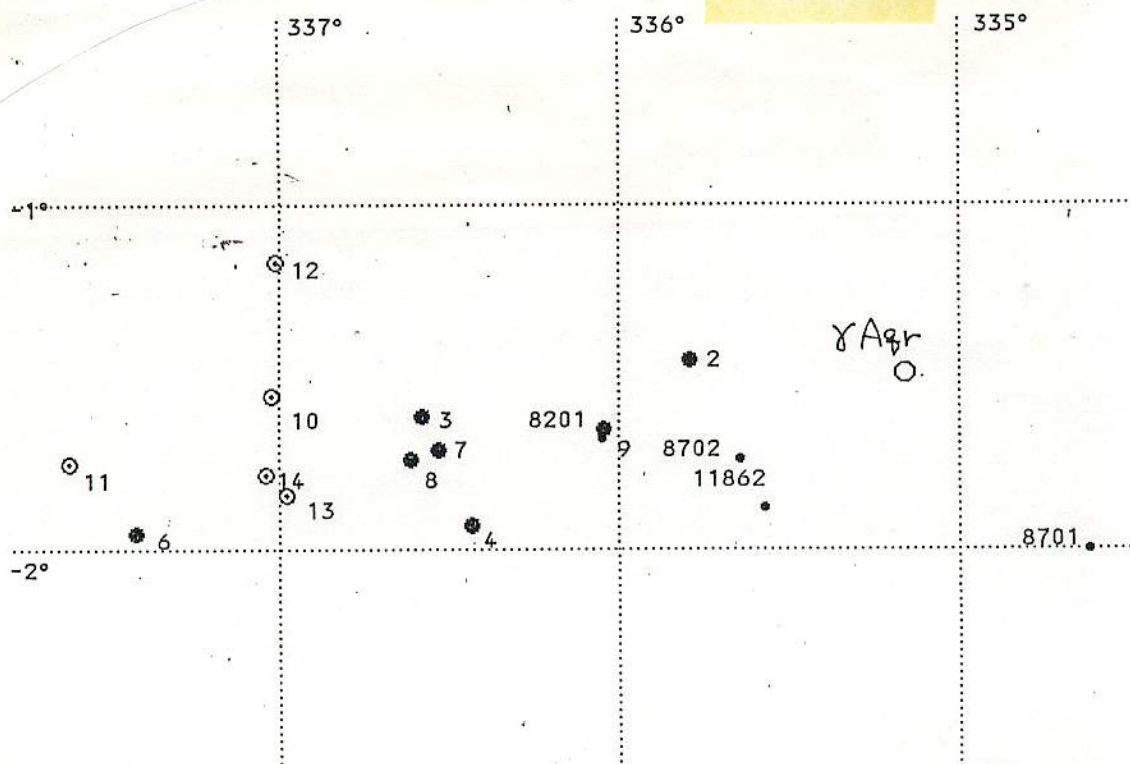


图4 真輻射点分布

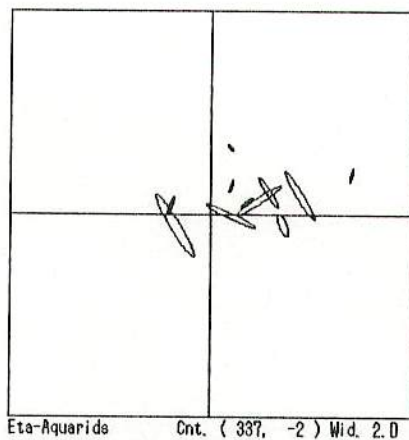
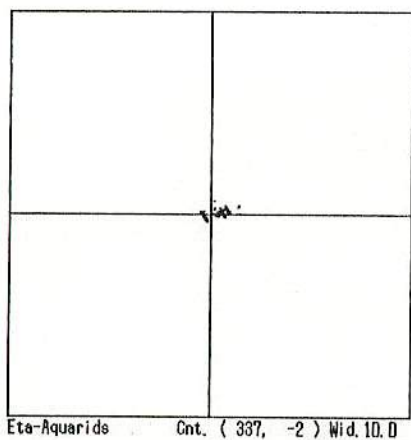


図5 η -Aqr ARP & 誤差楕円

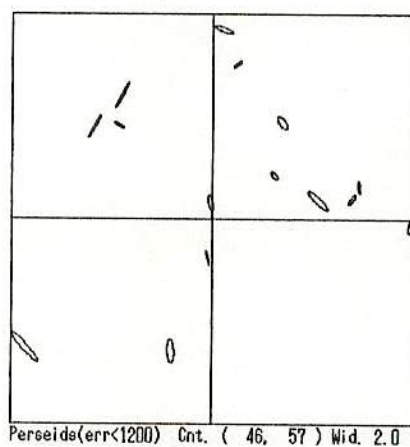
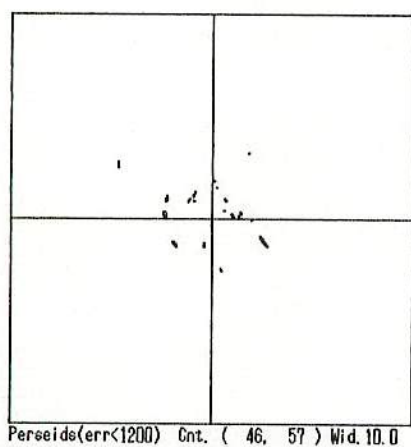


図6 Per ARP & 誤差楕円

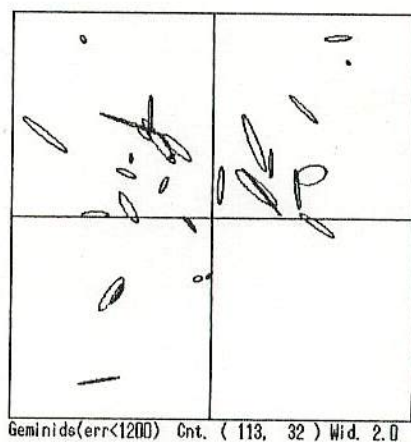
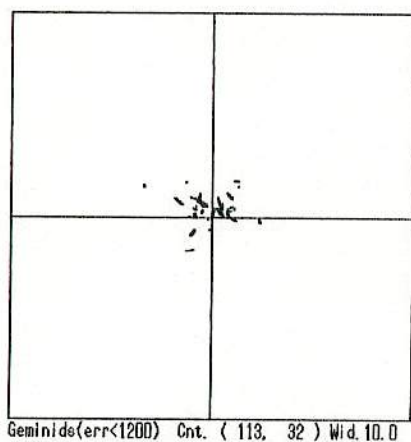


図7 Gem ARP & 誤差楕円

各図は $2 \cdot \text{Wid} \times 2 \cdot \text{Wid}$ の範囲を表示している

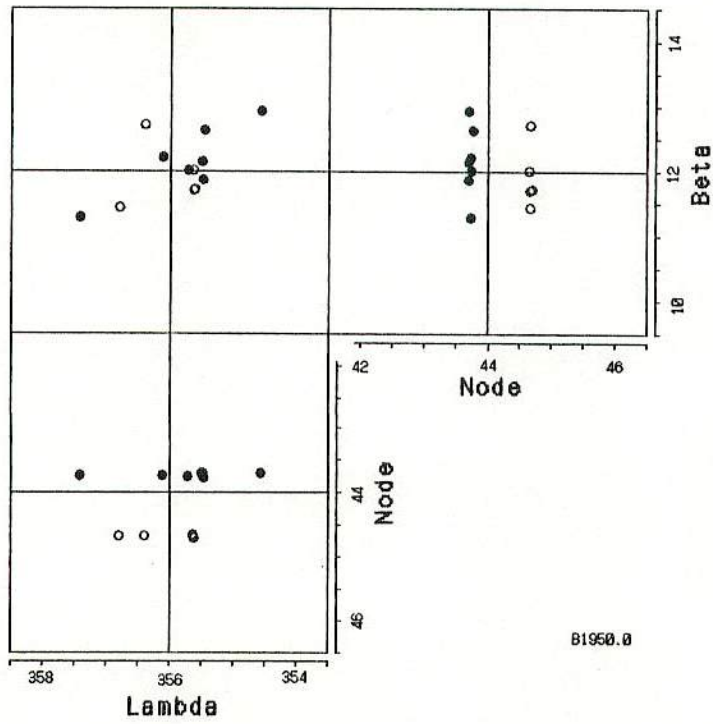


图 8 $\eta - A q r$ 日心放射点

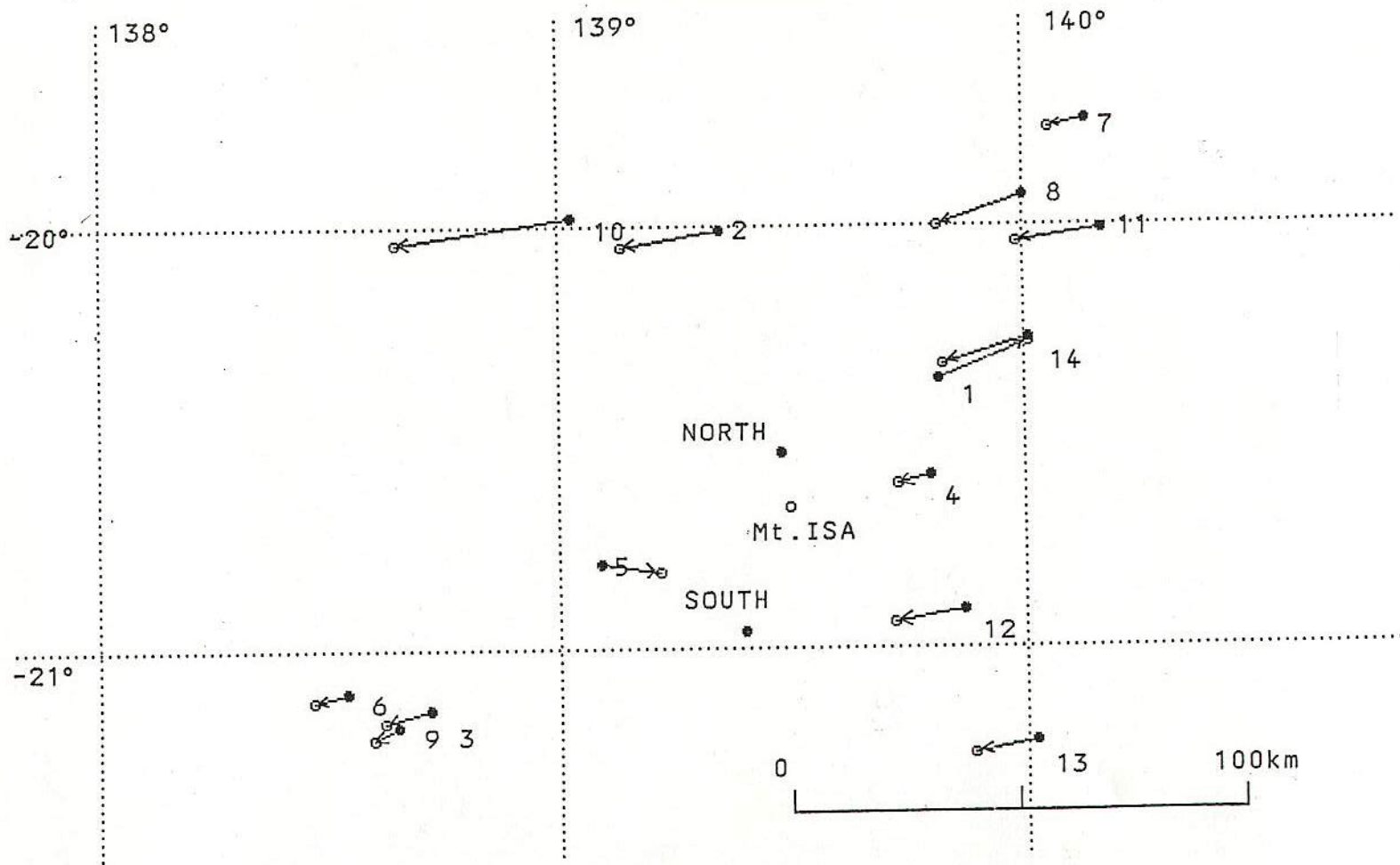


图9 灯地軌道

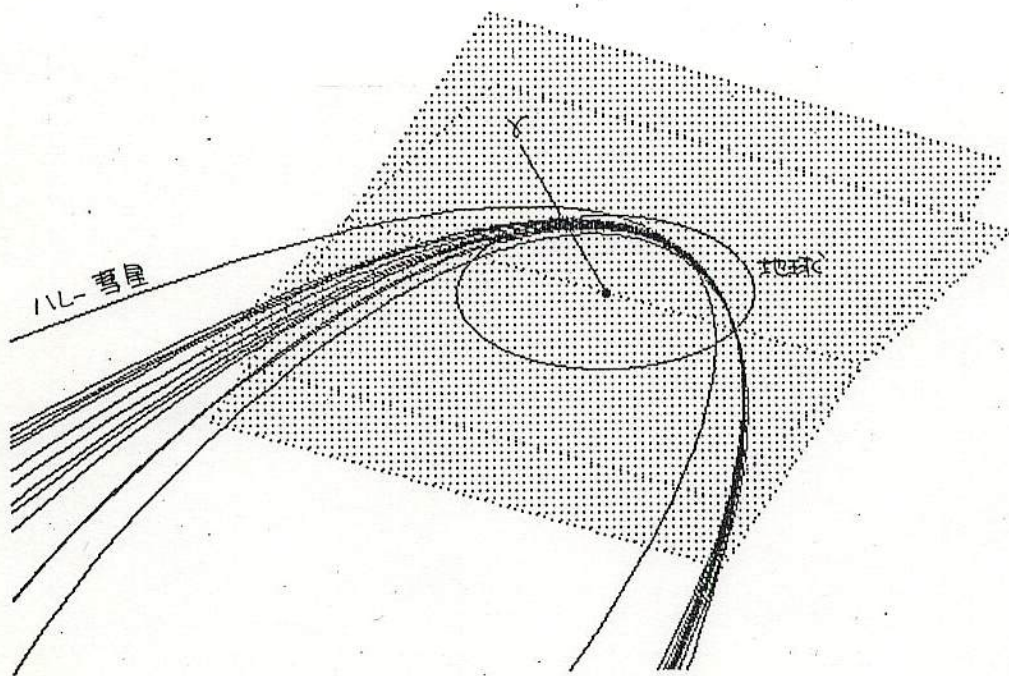


圖10 日心軌道

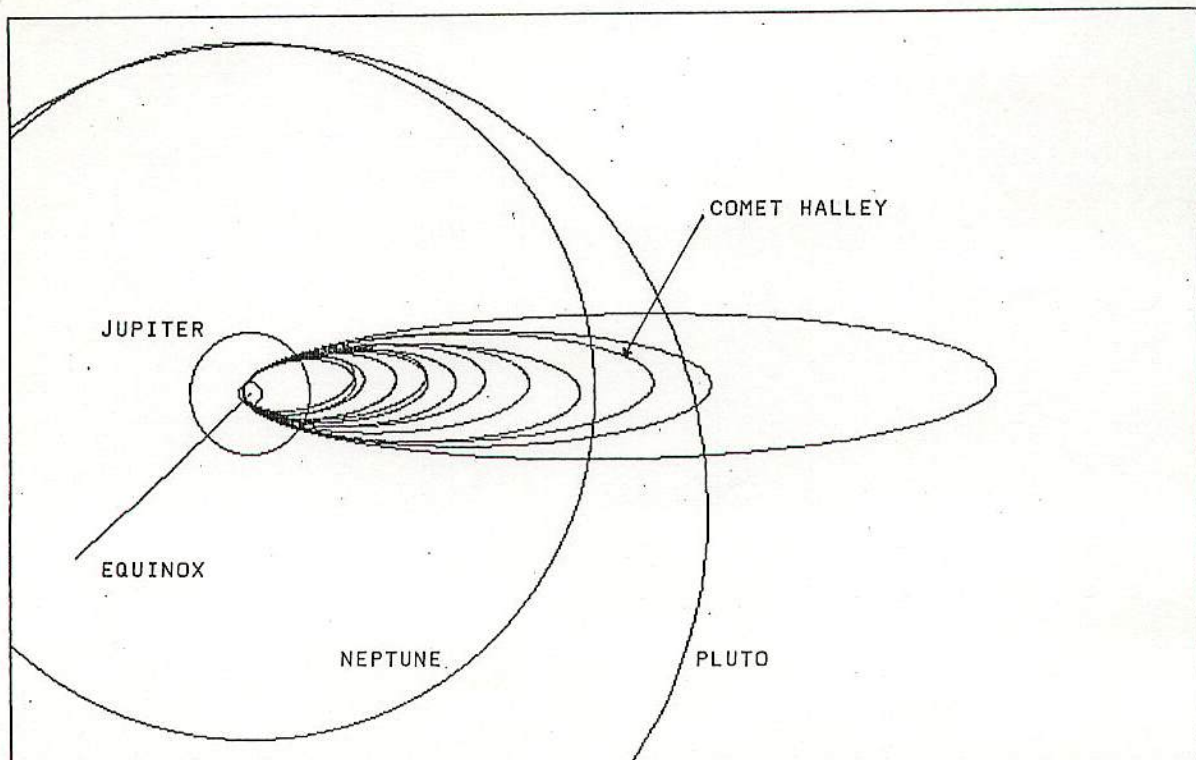


圖11 日心軌道

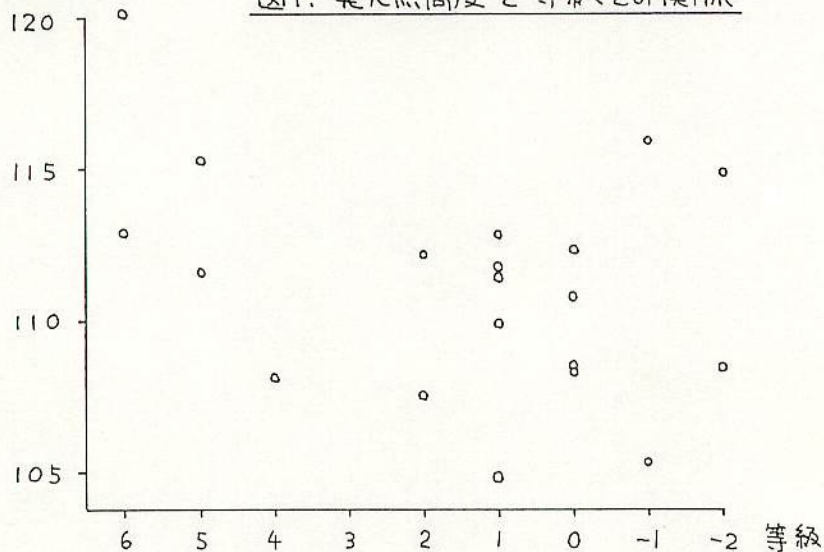
その他のグラフ

1. はじめに 1987.9年のオーストラリア遠征、KPMカタログ、田峰グループの軌道要素から特に等級との関係についてグラフを書いた。

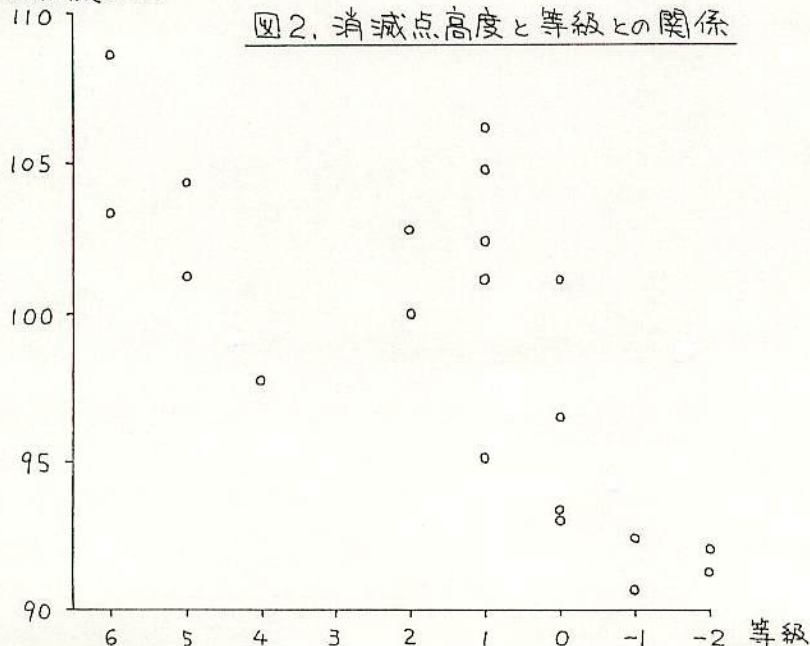
2. 発光点・消滅点高度

流星の眼視等級と発光点高度には目立った傾向はない。しかし消滅点高度は明るい流星ほど低くなることわかる。

発光点高度 (km)



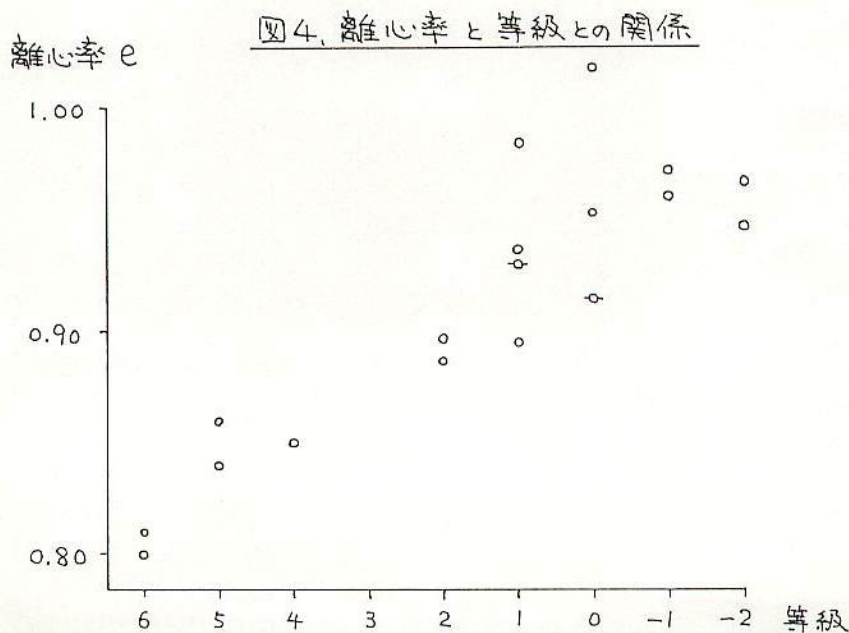
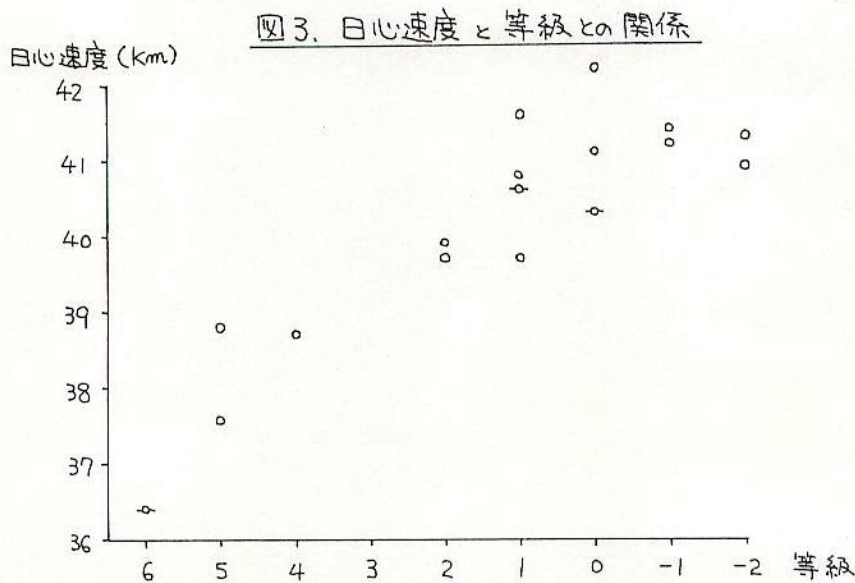
消滅点高度 (km)



3. 日心速度・離心率

暗い流星は日心速度が遅いことがわかる。このため離心率が小さくなり円軌道に近づいて行く。また他の軌道要素にも影響が出ている。

これはポインティング・ロバートソン効果等により、小さな流星物質の軌道が変化したことによるものであるか。軌道要素に誤差が付記されていないので確かなことはわからない。おそらく系統的誤差を含むものと思われる。



軌道計算

軌道計算は、過去には大型の計算機を使って行うものであったが、電卓による簡易計算、パソコンによる軌道計算プログラムの発表がなされた。

軌道計算方法の改良は、最小自乗法を用いた計算方法が4回M S Sで発表され、ほぼ終止符が打たれた。

また、彗星の軌道から流星輻射点を求めた発表もいくつかなされた。

電車による軌道計算

小笠原、雅弘

1974 Dec. 15 03^h38^m24^s JST

Geminids Meteor

A: Mitake station (Nihon Univ.)

B: Utunomiya Univ. (S. Sugimoto)

$$A \begin{cases} 35.7783 & \varphi_A \\ 139.1572 & \lambda_A \\ 855. & h_A \text{ (m)} \end{cases}$$

$$B \begin{cases} 36.5461 & \varphi_B \\ 139.9183 & \lambda_B \\ 131. & h_B \text{ (m)} \end{cases}$$

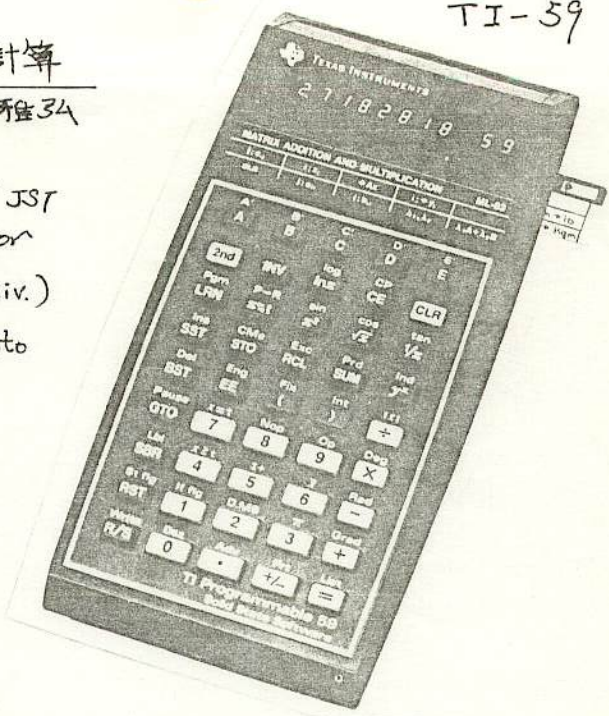
2.645347476 θ_T Sidereal Time

$$A \begin{cases} 122.90038 \\ 21.30379 \end{cases} \begin{matrix} A\text{の} \\ \text{発光点} \end{matrix}$$

$$\begin{cases} 132.8829 \\ 3.30166 \end{cases} \begin{matrix} \text{消滅点} \end{matrix}$$

$$B \begin{cases} 107.7742 \\ -7.6001 \end{cases} \begin{matrix} B\text{の} \\ \text{発光点} \end{matrix}$$

$$\begin{cases} 104.7135 \\ -25.0269 \end{cases} \begin{matrix} \text{消滅点} \end{matrix}$$



RADIANT POINT

112.2936861
 114.9720336 ALP
 132.90162804 DLT

1974.
/PREC

-.3540222744 A
 .7613171667 B
 .5431983072 C

(1950.0 Equinox での R.P.)

GEOCENTRIC ORBIT

(各切断点の地理的
位置)

1	(1)	138.7907973	LAMD	— λ_1
		35.38055842	PAI°	— φ_1 (Geocentric Lat.)
		104.7237477	HEIT	— h_1 Km
2	(2)	138.8071596	LAMD	
		35.38027904	PAI°	
		100.9939984	HEIT	
		4.022863575	L	— 1/2までの Length Km
3	(3)	138.8224776	LAMD	
		35.38001474	PAI°	
		97.50639389	HEIT	
		3.762015321	L	
4	(4)	138.8368531	LAMD	
		35.37976532	PAI°	
		94.23708114	HEIT	
		3.526856744	L	
: Break Points : 5 ~ 37 省略 : : :				
38	(38)	139.0680461	LAMD	
		35.37552609	PAI°	
		42.14365192	HEIT	
		√.8134924873	L	
39	(39)	139.0713107	LAMD	
		35.37546265	PAI°	
		41.41447235	HEIT	
		√.7877052155	L	
40	(40)	139.0744869	LAMD	
		35.37540179	PAI°	
		40.70532228	HEIT	
		√.7861629594	L	
41	(41)	139.0775708	LAMD	
		35.37534219	PAI°	
		40.0168913	HEIT	
		.7437241406	L	

DIURNAL - PATH DEF. (日周光行差)

35.81505596 KM W
 .3460652986
 -.7665244105
 -.5409982784

ZENITH ATTRACTION (天頂引力)

34.04018205 KM U
 .9988797518 P_H
 141.6375536 Q_H

32.60582267 DLT } Corrected R.P.
 113.6246462 ALP } (1950.0)

HELIOCENTRIC ORBIT

33.78817992 KM H (Heliocentric Velocity)

ORBITAL ELEMENT (1950)

		cf. Orbital Element (1950)	
		M.O	(Cook, 1973)
262.0738861	NOOO		
23.71821215	I	$a = 1.34$	1.36
.8915780511	E	$e = 0.892$	0.896
1.344891141	A	$g = 0.146$	0.142
1.563932948	P	$\omega = 323.9$	324.3
323.9335897	ONEG	$\Omega = 262.1$	261.0
		$i = 23.7$	23.6

1979 2/12 MSS Conf.

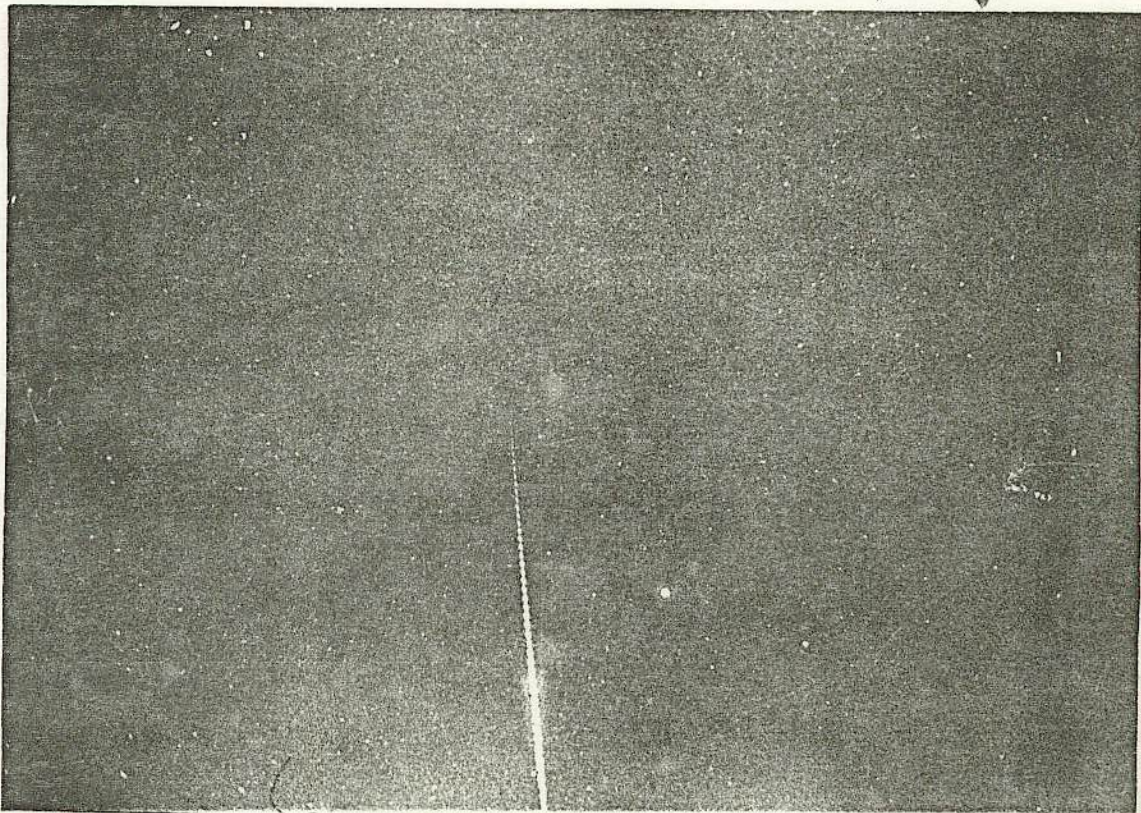
H.G.

1979, 2.12, 2nd MSS



↑ A Mitake

Utunomiya B ↓



多点観測による流星径路の決定

寺田, 村中

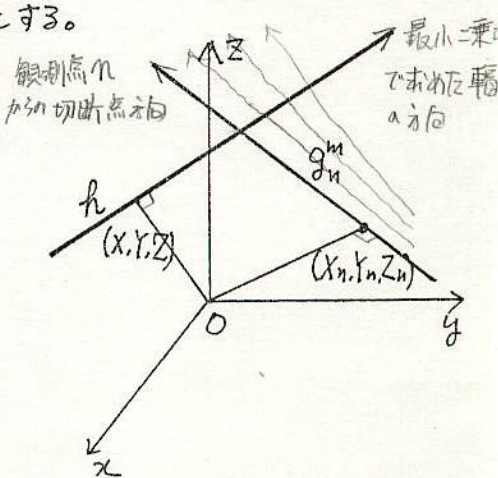
3次元空間での流星径路 h の方程式を

$$h: (x, y, z) = (X, Y, Z) + t(A_x, A_y, A_z) \quad (1)$$

とする。

ここで (A_x, A_y, A_z) は流星の輻射点の方向余弦であり、すでに最少自乗法により求められているものとする。

直角座標系 $O-xyz$ は、どのような座標系でもよいが、原点を地球の中心、 z 軸を北極の方向にとるのが好都合である。
 x 軸の方向として、春分点の方向あるいは、赤道上の経度が 0° の点の方向のどちらでもよい。前者を赤道座標系、後者を地球座標系と呼ぶことにする。



(1) に於いて (X, Y, Z) は、一般には、任意の直線上の点でかまわないが、この場合、原点 O から直線 h に下した垂線の足の座標とする。 t はパラメータである。

n 番目の観測地点の座標を (X_n, Y_n, Z_n) 、その観測地点で観測された m 番目の切断点の方向余弦を (l_n^m, m_n^m, n_n^m) とする。直線 g_n^m を次のように定める。

$$g_n^m; (x, y, z) = (X_n, Y_n, Z_n) + u_n^m (l_n^m, m_n^m, n_n^m) \quad (2)$$

ここに u_n^m は、パラメータである。この直線は、 n 番目の観測地点と m 番目の切断点を結ぶ直線である。

直線 h と直線 g_n^m との距離の平方和 (n, m に関する総和) が最少になるような h が最も確からしい流星径路である。このような h を求めるために、(1) に於いて (X, Y, Z) を決定することを考える。

座標系の回転を考える。

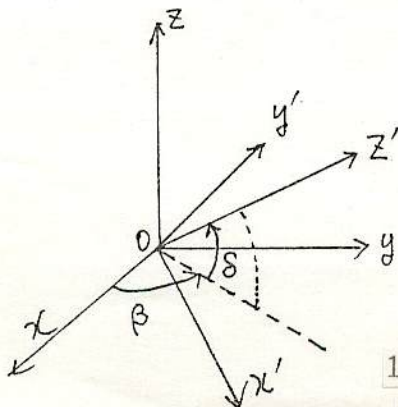
z 軸に関して反時計回りに θ 回転する行列を $R_z(\theta)$ 、 $R_y(\theta)$ とする。

$$R_z(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad R_y(\theta) = \begin{pmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{pmatrix} \quad (3)$$

z 軸を軸射点方向に向けた座標系 $O-x'y'z'$ を考える

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = R_y(90^\circ - \delta) R_z(\beta) \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (4)$$

ここで $\sin\delta = A_z, \tan\beta = (A_y/A_x)$ である。(但し $0 \leq \beta < 2\pi$)



赤道座標系では $\beta = \alpha$ (赤経) である。
 R と置けば、

(4) の行列の積の部分を

$$R = R_y(90^\circ - \delta) R_z(\beta) = \begin{pmatrix} \sin \delta & 0 & -\cos \delta \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos \delta & 0 & \sin \delta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \beta & \sin \beta & 0 \\ -\sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} \sin \delta \cos \beta & \sin \delta \sin \beta & -\cos \delta \\ -\sin \beta & \cos \beta & 0 \\ \cos \delta \cos \beta & \cos \delta \sin \beta & \sin \delta \end{pmatrix} \quad (5)$$

(4) により直線 g_n^m の座標変換が、

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} X_n + U_n^m l_n^m \\ Y_n + U_n^m m_n^m \\ Z_n + U_n^m n_n^m \end{pmatrix} \quad (6)$$

R_{ij} ($i=1,2,3, j=1,2,3$) を R の要素として、(6) を成分に分けて書けば、

$$x' = X_n R_{11} + Y_n R_{12} + Z_n R_{13} + U_n^m (l_n^m R_{11} + m_n^m R_{12} + n_n^m R_{13}) \quad (7)$$

$$y' = X_n R_{21} + Y_n R_{22} + Z_n R_{23} + U_n^m (l_n^m R_{21} + m_n^m R_{22}) \quad (8)$$

$[R_{23} = 0]$

(7)(8) より U_n^m を消去して

$$\frac{x' - (X_n R_{11} + Y_n R_{12} + Z_n R_{13})}{y' - (X_n R_{21} + Y_n R_{22} + Z_n R_{23})} = \frac{l_n^m R_{11} + m_n^m R_{12} + n_n^m R_{13}}{l_n^m R_{21} + m_n^m R_{22}} \quad (9)$$

変形して

$$y' = \frac{l_n^m R_{21} + m_n^m R_{22}}{l_n^m R_{11} + m_n^m R_{12} + n_n^m R_{13}} \{ x' - (X_n R_{11} + Y_n R_{12} + Z_n R_{13}) \}$$

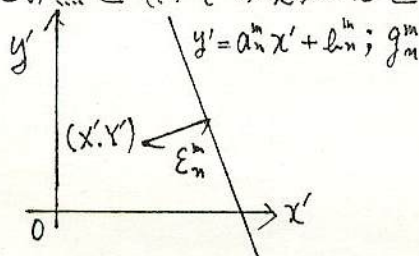
$$+ (X_n R_{21} + Y_n R_{22} + Z_n R_{23})$$

$$= a_n^m (x' - l_n^m) + c_n^m$$

$$= a_n^m x' + l_n^m \quad (10)$$

式を簡明にするために、 a_n^m, l_n^m を導入した。

(10) 式は直線 g_n^m の $x'y'$ 平面への写影を与える。もちろん直線 h の $x'y'$ 平面への写影は点となり、その点の座標を $(x', y', 0)$ とすれば、この点と (10) で与えられた直線との距離 ϵ_n^m は、



$$\epsilon_n^m = \frac{|a_n^m x' - y' + l_n^m|}{\sqrt{1 - (a_n^m)^2}} \quad (11)$$

$$E^2 = \sum_n \sum_m p_m \{\varepsilon_n^m\}^2 = \sum_n p_n \sum_m \frac{\{a_n^m X' - Y' + b_n^m\}^2}{1 - (a_n^m)^2} \quad (12)$$

とする。ここに p_m は、 m 番目の観測地点に於ける位置観測の精度 (確率誤差) の平方に比例するようにとったウェイトである。

このように E^2 を最小にする $X' Y'$ が最も確からしい h を与える。
すなわち $\frac{\partial}{\partial X'} E^2 = 0$ か $\frac{\partial}{\partial Y'} E^2 = 0$ である。

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial X'} E^2 &= \sum_n p_n \sum_m \frac{a_n^m (a_n^m X' - Y' + b_n^m)}{1 - (a_n^m)^2} \\ &= \left[\frac{p a^2}{1 - a^2} \right] X' + \left[\frac{-p a}{1 - a^2} \right] Y' + \left[\frac{p a b}{1 - a^2} \right] = 0 \quad (13) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial Y'} E^2 &= \sum_n p_n \sum_m \frac{a_n^m X' - Y' + b_n^m}{1 - (a_n^m)^2} \\ &= \left[\frac{p a}{1 - a^2} \right] X' + \left[\frac{-p}{1 - a^2} \right] Y' + \left[\frac{p b}{1 - a^2} \right] = 0 \quad (14) \end{aligned}$$

連立方程式 (13) (14) により、 $X' Y'$ を得る。直線 h の方程式は $O-X'Y'Z'$ 系に於いて

$$\begin{aligned} h; (x', y', z') &= (X', Y', 0) + t'(0, 0, 1) \\ &= (X', Y', t') \quad (15) \end{aligned}$$

t' は h の長さ

$O-xyz$ 系にもとすと、

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} &= R^{-1} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = R_z(-\beta) R_y(\delta - 90^\circ) \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ t' \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta & 0 \\ \sin \beta & \cos \beta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\sin \delta & 0 & -\cos \delta \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos \delta & 0 & -\sin \delta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ t' \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} -\sin \delta \cos \beta & -\sin \beta & -\cos \delta \cos \beta \\ -\sin \delta \sin \beta & \cos \beta & -\cos \delta \sin \beta \\ \cos \delta & 0 & -\sin \delta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ t' \end{pmatrix} \quad (16) \end{aligned}$$

(16) で $t' = 0$ とし、(1) との比較により

$$\begin{cases} x = -\sin \delta \cos \beta x' - \sin \beta y' \\ y = -\sin \delta \sin \beta x' - \cos \beta y' \\ z = \cos \delta x' \end{cases} \quad (17)$$

これにより h を決定することができた。

次の操作は、(1)式に於いて、 m 番目の観測地点で観測された m 番目の切断点に対応するパラメータ t_m^m を決定することである。地上の点のうち、 g_m^m に最も近い点はその切断点であるとする。地上の点と g_m^m 上の点との距離 L_m^m は、

$$(L_m^m)^2 = (X + t_m^m A_x - X_m - U_m^m l_m^m)^2 + (Y + t_m^m A_y - Y_m - U_m^m m_m^m)^2 + (Z + t_m^m A_z - Z_m - U_m^m n_m^m)^2 \quad (18)$$

これが最少となるには $\frac{\partial}{\partial t_m^m} (L_m^m)^2 = 0$ かつ $\frac{\partial}{\partial U_m^m} (L_m^m)^2 = 0$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t_m^m} (L_m^m)^2 &= A_x (X + t_m^m A_x - X_m - U_m^m l_m^m) + A_y (Y + t_m^m A_y - Y_m - U_m^m m_m^m) \\ &\quad + A_z (Z + t_m^m A_z - Z_m - U_m^m n_m^m) \\ &= t_m^m (A_x^2 + A_y^2 + A_z^2) - U_m^m (l_m^m A_x + m_m^m A_y + n_m^m A_z) \\ &\quad + \underbrace{A_x X + A_y Y + A_z Z}_{\substack{\uparrow \\ \text{if} \\ 0}} - (A_x X_m + A_y Y_m + A_z Z_m) \end{aligned}$$

$$\text{よって } t_m^m - U_m^m (l_m^m A_x + m_m^m A_y + n_m^m A_z) = A_x X_m + A_y Y_m + A_z Z_m \quad (19)$$

$$\begin{aligned} -\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial U_m^m} (L_m^m)^2 &= l_m^m (X + t_m^m A_x - X_m - U_m^m l_m^m) + m_m^m (Y + t_m^m A_y - Y_m - U_m^m m_m^m) \\ &\quad + n_m^m (Z + t_m^m A_z - Z_m - U_m^m n_m^m) \\ &= t_m^m (A_x l_m^m + A_y m_m^m + A_z n_m^m) - U_m^m (l_m^m{}^2 + m_m^m{}^2 + n_m^m{}^2) \\ &\quad + l_m^m X + m_m^m Y + n_m^m Z - (l_m^m X_m + m_m^m Y_m + n_m^m Z_m) \end{aligned}$$

よって

$$\begin{aligned} t_m^m (A_x l_m^m + A_y m_m^m + A_z n_m^m) - U_m^m \\ = l_m^m X_m + m_m^m Y_m + n_m^m Z_m - (l_m^m X + m_m^m Y + n_m^m Z) \end{aligned} \quad (20)$$

(19)(20)により t_m^m を得る。この t_m^m に対応する座標は、(1)により求めることができる。

m 番目の観測地点の観測から速度を求めることを考える。

m 番目の切断点から $m+1$ 番目の切断点の間の平均速度 v_m は

$$v_m = |t_m^{m+1} - t_m^m| / T \quad (21)$$

で与えられる。T は切断時間である。O-XYZ系の長さの単位として、地球の赤道半径を用いるのが普通であるが、そのような場合は、6377.4 (km) を乗すれば、 v_m の単位は (km/s) となる。

同時観測から 流星の起源をさぐる (I)

流星物理セミナー 小笠原雅弘

1977年12月14日, 03時14分58秒, 非常にゆっくりした速さの火球が, 関東の空を西から東へよぎった. 折からふたご群の極大期で観測にあたっていたため, 関東各地のカメラ網がつぎつぎとこの火球をとらえた. 御岳山での日大天文研の観測や, 堂平観測所での自動流星写真機による観測から, 切断点が100個以上あることがわかり, 1切断が0.04秒であることから, この火球は4秒以上にわたって飛んだことが判明した. この火球の末端近くを, 千葉県関宿町で観測していた星遊会のネガには, 爆発と, 2つの破片に分裂してゆくようすが写し出されていた. 各地の測定結果が集められ整理された.

その結果, この流星の軌道はかなり丸く, 小惑星帯に起源があり, 消滅点が45 km と低いことから, 密度がかなり大きいと考えられることがわかった.

こうして軌道が確定すると, この流星は KPM No. 7711 というナンバーが付けられファイルに収められた.

ここでは, ここ数年来, 関東写真流星連絡会 (KPM) で観測, 解析された流星を中心にして, ハーバード・スミソニアン・スーパーシュミットによる観測, 最近刊行されたマクロスキーラによる, プレーリーネットワークによって観測された火球のデータ. それらの資料をもとにしなが, 流星の起源を力学的な面と, 物理的な面からさぐってみたい.

【第1表】 ふたご群の流星軌道のばらつき

	No.	a	$*v$	誤差
1	7703	1.49	34.73km/s	±0.92%
2	7706	1.28	33.29	0.64
3	7707	1.27	33.23	2.33
4	7716	1.28	33.32	0.33
5	7723	1.46	34.56	0.46
6	7725	1.09	31.44	6.80
7	7730	1.01	30.34	0.77
8	7732	1.36	33.46	—
9	7737	1.83	36.30	0.31
	**ハーバード	1.36	33.5	—

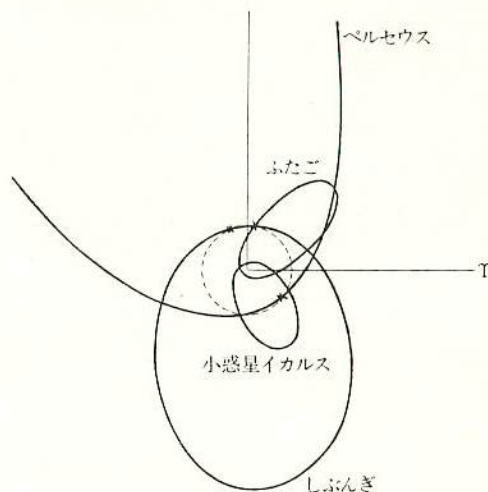
* v は日心速度. ** ハーバードの値はクックによって1973年に発表された平均値.

流星の起源

いったい流星はどこからやってくるのだろうか?. この問題は, 古くから多くの先人たちによって, 研究が続けられてきた. 19世紀になって軌道が計算されるようになると, 流星群と呼ばれるものは, 彗星の残骸であることがわかってきた. 5月のみずがめ群, 10月のオリオン群はハレー彗星, 10~11月のおうし群はエンケ彗星, 11月のしし群はテンペル彗星ということは, よく知られている. 8月のペルセウス群の母彗星, スイフト・タートル彗星が近く回帰するといわれ, ペルセウス群が多く出現することが期待されている. (詳しくは本誌9月号 p 32-33を参照)

しかし, 1月のしぶんぎ群, 12月のふたご群の母彗星は見つかっていない.

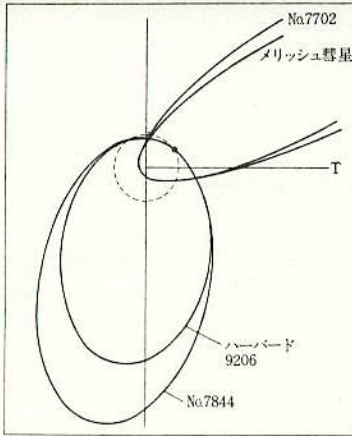
一方散在流星と呼ばれ, 群には属さないと考えられている流星もある. その多くは数が少なく, もはや, 群



【第1図】 しぶんぎ, ペルセウス, ふたご群の軌道

写真1 1977年12月13日 27'00" 19" ハイスピードインフラレット
R64 フィルター バンドール 10分 東京・御岳 日本大学天文学研究会撮影

写真2 1977年12月13日 27'10" 19" Tri X バンドール 10分
回転シャッター 0.04秒 東京・御岳 日本大学天文学研究会撮影



【第2図】メリッシュ群、くじらβ群の軌道

とはみなせなくなったものと考えられているが、なかには、軌道が地球を横切るアポロ・アモール型の小惑星に似ているものもあり、流星の地球大気中での振まいから、これら小惑星タイプの流星は、密度が2~3g/cm³と大きいことがわかった。プリムラム、ロストシティ、インスフリーなど、軌道のわかった隕石が見つかるにつれて、特に隕石となるようなものは、小惑星起源と考えられるようになった。

群流星と彗星

第1図は、しぶんぎ群、ペルセウス群、ふたご群の、 i (軌道傾斜角) を 0° としたときの、黄道平面における軌道図である。ペルセウス群は、スイフト・タートル彗

【第2表】メリッシュ彗星に関する流星群

No.	7702	7704	7728	2405	1917 I
観測者	東京理大	東京理大	星遊会	ハーバード	メリッシュ
年月日	1977 12. 11	1977 12. 14	1977 12. 14		
時刻	22:23:46	02:52:51	02:09:33		
真の α	$101^\circ.2$	$103^\circ.6$	$102^\circ.4$	$103^\circ.5$	
輻射点 δ	$+7^\circ.2$	$+8^\circ.9$	$+6^\circ.1$	$+8^\circ.1$	
ω	$128^\circ.7$	$131^\circ.0$	$125^\circ.5$	$126^\circ.9$	$121^\circ.3$
Ω (1950)	$79^\circ.0$	$81^\circ.2$	$81^\circ.6$	$82^\circ.7$	$88^\circ.0$
i	$36^\circ.0$	$37^\circ.2$	$36^\circ.8$	$34^\circ.4$	$21^\circ.9$
a (AU)	6.7	—	10.4	—	27 ^o .6
e	0.971	1.011	0.979	1.004	0.993

星と軌道がよく一致している。

ところが、ほかの2つの群は一致する彗星は知られていない、ふたご群の軌道は彗星というよりは、むしろアポロ型小惑星の1つのイカルスとよく似ている。しぶんぎ群は、 $i=71^\circ$ という黄道面となす角が大変大きい軌道をもっていて、軌道は小惑星と似ているものの、よく似た小惑星は知られていなかった。

しかし最近になって、アポロ・アモール型小惑星のなかに i の大きなものが見つかった。近ごろ見つかった1973 NA という小惑星は、 $i=68^\circ$ と大きく傾いた軌道をもっている。しぶんぎ群とよく似た軌道をもつ小惑星も、今後見つかるかもしれない。

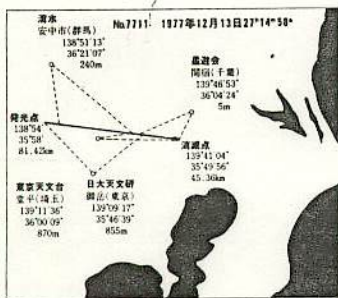
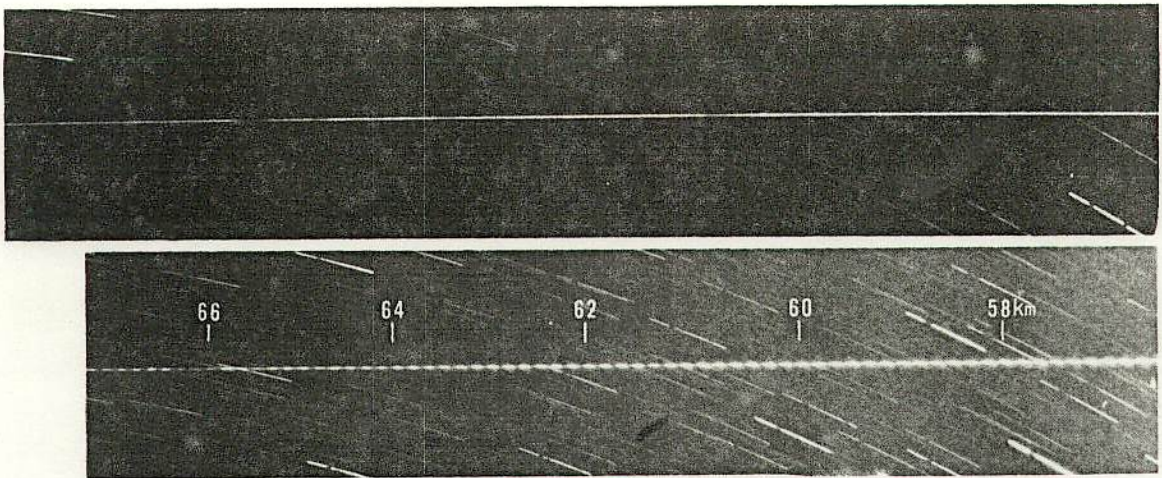
さて、流星群の軌道はただ1本の楕円で表わすことが多いが、実際はかなりの広がりをもっている。1977年のふたご群の際、KPMで捉えられたなかで、速度のよくなった10個の群流星軌道のばらつきを第1表に示す。

速度がわずかに違っていても a (軌道長半径) が大きく変わってしまう。ふたご群の平均速度誤差を1%、日心速度を35 km/s と考えると速度誤差は0.35 km/s となる、しかし第1表でもわかるように、個々の流星の速度分布はその誤差より大きく、30~36 km/s まで差があり、軌道がかなりひろがっていることをうかがわせる。これは、以前から考えられていたものよりずっとひろがっている。この原因はどこにあるのだろうか。

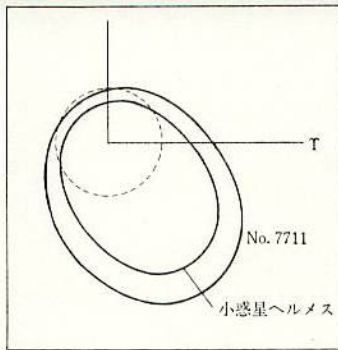
彗星から流星物質が離脱する場合、核から放出されるガスの圧力に押されることにより、彗星核の脱出速度を超え離脱すると考えられる。その際の脱出速度が1 km/s

【第3表】くじらβ群

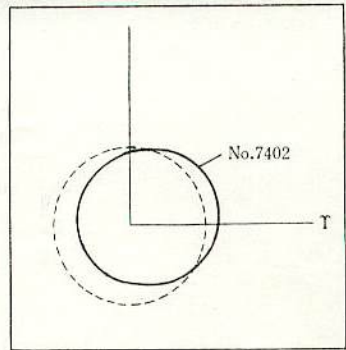
No.	7844	5254	9208
観測者	日大-伊藤	ハーバード	ハーバード
年月日	1978 11. 5	—	—
時刻	00:55:15	—	—
真の α	$13^\circ.5$	19°	17°
輻射点 δ	$-15^\circ.6$	-18°	-15°
ω	$37^\circ.9$	53°	39°
Ω (1950)	$41^\circ.5$	31°	44°
i	$7^\circ.3$	10°	8°
a (AU)	4.39	2.25	3.48
e	0.80	0.52	0.74



【第3図】 写真の流星から得た対地軌道



【第4図】 ヘルメスと No. 7711 流星の軌道



【第5図】 No. 7402 流星の軌道

に達することは考えにくいので、軌道のひろがり、その後大惑星の摂動を受けたり、ポインティングロバートソン効果のような、非重力的作用を受けたためと考えられる。したがって、記事の後編で記述するが、ふたご群はかなり古い群で、長年こういった作用を受けたため、軌道がひろがってしまったのだと考えられる。

新流星群の発見

散在流星と考えられているものを、ハーバードリストにある2,500個ほどの流星軌道リストと比較すると、何個か軌道のよく似た流星が見つかることがある。このような例を2例紹介しよう。1つは、1977年ふたご群のときに見つかったメリッシュ彗星に関する流星群で、もう1つは1978年11月に観測された、くじら座β付近に輻射点をもつ流星群である。

【第4表】 小惑星起源の流星

No.	7711	ヘルメス	7402
観測者	日大一堂平一関宿	—	理大一星遊会
年月日	1977 12. 14	—	1974 12. 15
時刻	03 : 14 : 47	—	01 : 17 : 31
ω	41°.2	90°.7	296°.1
Ω	81°.8	35°.3	261°.9
π (1950)	123°.1	126°.0	—
i	0°.16	6°.22	11°.7
a (AU)	2.07	1.64	0.94
e	0.569	0.624	0.272

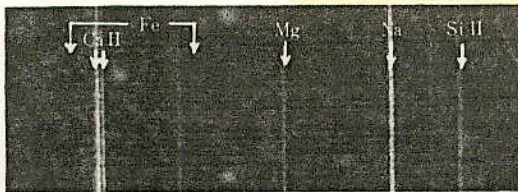
12月のメリッシュ彗星に関する流星群については、本誌1978年4月号に東京理科大の報告がある。この年KPMネットワーク内で、東京理科大で2個観測され、さらに千葉の星遊会でも、この流星群の流星を1個観測していることがわかった。それらの軌道データを、ハーバードリストのメリッシュ彗星の軌道とともに第2表にまとめる。

この軌道はたいへん長周期のうえ、速度が速いため双曲線軌道になっているものもあるが、それは、速度決定誤差のため生じたものである。輻射点は、いっかくじゅう座の17番星に近いところにある。

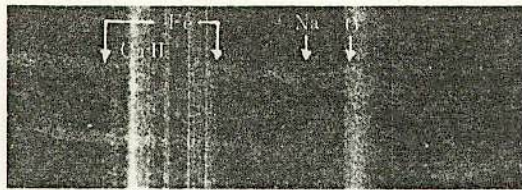
1978年11月4日にKPM、東京五日市町の日大グループと、千葉勝浦市の伊藤氏によって撮影された流星は、速度が17 km/s とかなりおそい特徴的なものだった。

ハーバードリストに2個同じような軌道をもつ流星があるが、関連した彗星は見つかっていない。第3表にこれらの軌道データをまとめる。

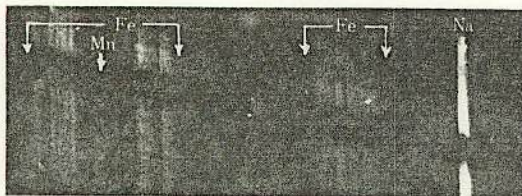
メリッシュ彗星に関する流星群とくじら座β群の軌道図を第2図に示す。このように、写真流星からその日心軌道を求めることができるので、眼視でよく観測されている小流星群を、ネットワークで観測して軌道を調べることによって、彗星との関係を調べるといふ、たいへん意義のある研究ができると思う。



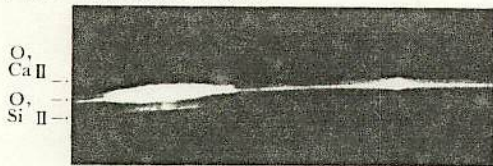
【写真1】 $V = 72 \text{ km/s}$ しし群
1985年11月16日 27h21m トライX, グレーティング使用。
(東京天文台堂平観測所)



【写真2】 S7702 $V = 34 \text{ km/s}$ ふたご群
1977年12月13日 26h41m21s ハイスピード・インフラレッド,
プリズム使用。(日大天文研究会 御岳山)



【写真3】 No. 7711 $V = 15 \text{ km/s}$ 散在流星
1977年12月13日 27h14m58s. ネオパン SSS. グレーティン
グ使用。(東京天文台堂平観測所)



【写真4】 赤外スペクトル
1979年8月18~19日ハイスピード・インフラレッド・R60
フィルター分光プリズム使用。(吉村浩文氏撮影 長野県
上田市)

い周期彗星があった、しかしこの彗星は、太陽の強力な輻射を受けてどんどん分解し、ついには消滅してしまった。後には流星物質がたくさん残された。それらの流星物質に含まれていた水などの揮発性物質は、太陽の輻射で急速に蒸発していった。あとには、揮発性物質を失った割合密度の大きい物質が残った。一方、ジャコビニ群の方は、まだ若い母彗星のほんの表面から分離した、まるで雪ダルマのような物質が、揮発性物質を失なう前に、地球に突び込んで流星雨をふらせた。」

このように、流星体の密度は、その流星が小惑星的なものか彗星的なものか、また流星群ならば、その形成年代を知る上で大変有用な情報を与えてくれる。

流星スペクトル

今度は目を流星の組成に向けてみる。組成を調べるうえで、なんといってもスペクトル観測が必要であるが、流星スペクトルは、かなり明るいものしか写らない

とされ、長年の努力にもかかわらず、なかなか良質なものは得られなかった。しかし、超高感度のフィルムが開発され、相当数のスペクトルが得られるようになった。1968年から、NASA とスミソニアン天体物理観測所は、ハーベイを中心として大規模なスペクトル観測を開始し、1972年までの5年間に800個余りのスペクトルを得た。カナダのミルマンらは、イメージオルシコンTVカメラを用いて、3~4等の流星までのスペクトル観測を開始した。

我が国でも、長沢工氏らを中心として、東京天文台堂平観測所で、1963~1978年に、100個近いスペクトルが撮影され、すぐれた研究成果を上げている。KPMのネットワークでも、1976年から日大グループを中心として、スペクトル観測が始まり、1978年の末までに、日大(4例)、東京理科大(4例)、東海大(2例)、かやの会(1例)で、合計11個のスペクトルが撮影された。

流星スペクトルを3例ながめてみる(写真1~写真3)。速度が72 km/sと、流星群のなかでも一番早いしし群、S 7702と名付けられた速度34 km/sのふたご群、そして、小惑星起源の速度が15 km/sと、大変おそいNo. 7711を速度順に並べてみた。

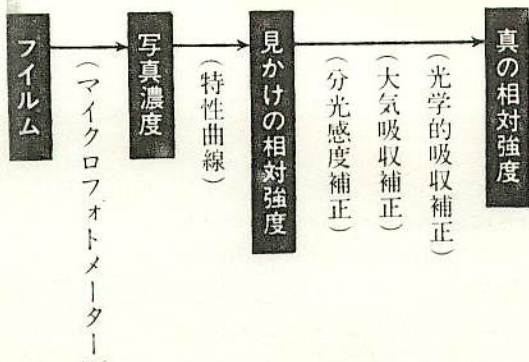
速度の大きなしし群のスペクトルでは、波長3934 Å, 3969 ÅのCa II(カルシウムの電離線)、5172 ÅのMg(マグネシウム)、5890 ÅのNa(ナトリウム)、6347 ÅのSi II(ケイ素の電離線)が目立つ。それが、中程度の速度をもつふたご群のスペクトルでは、3860 Åとその周辺のFe(鉄)のブレイクが最も目立ち、4000~4300 ÅにはFeの輝線が連なっている。

このスペクトルは、ハイスピード・インフラレッドフィルムで撮影されているので、このフィルム特有の強いグリーンリュック(グリーンの感度が著しく落ちる現象)によって、波長5890 ÅのNaのD線は、あまり目立たない。赤外部では7774 ÅのO(酸素)が強く光っている。その他にも輝線は多いが、赤外部のピントがあまりなので、あたかも連続スペクトルのように写っている。

赤外域スペクトルは、1950年代にカナダでミルマン、ハリディらによって初めて撮影されて以来、世界でも十例ほどしかない。これまでの赤外スペクトルは、全て速度の速いものだけであったのに対して、速度が34 km/sと中程度のふたご群でも、赤外部に輝線が観測されたのはこの写真が初めてで、大変貴重なものといえる。

写真4は1979年夏、ハイスピード・インフラレッドで撮影されたものでOの輝線が強く光っている。

Oの他にN(窒素)の輝線もみつかっている。これらのガスによる発光は、流星体に含まれるものと、大気そ



【第3図】 スペクトルから物理量を調べる手順

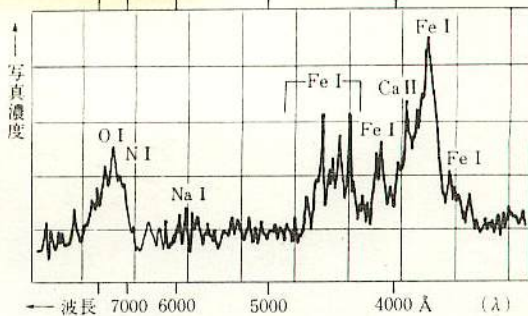
のものが光っているという二つの考え方ができる、この問題はまだ未解決である。もし、O、Nが流星体内に含まれているとすると、酸化物として含まれるのか、あるいはH₂O(氷)として存在するのか、また、彗星核に検出されるCN(シアン)として存在するのだろうか。そうだとすると、流星の母天体とその進化を考えるうえで、非常に興味深い。また大気の発光によるならば、超高層の原子、分子の状態を考えるうえで、有用なデータとなるだろう。

流星スペクトルは、いったい何を物語っているのだろうか。流星の成分は、だいたい同じと考えられているから、速度がちがうことによって、現われる輝線がちがうというのは、何か意味がありそうだ。一般に速度のおそい流星では、励起エネルギーの低い輝線が強く、速度が速くなるにつれて電離線(Ca II, Si II)が強くなり、励起エネルギーの高い輝線が強くなってゆく。つまり質量が同じ場合、速度の速いものほど、流星体のもつ運動エネルギー(質量×(速度)²の形で表わされる)が、増加してくるためだと考えられる。それならば、スペクトルを調べることから、そういった物理量を調べることができそうだ。写真2のS 7702のスペクトルを用いて、その手順を追ってみる。第3図にその手順を示す。第4図は、マイクロフォトメーターで測定した写真濃度である。

さまざまな補正を行なって、輝線の真の相対強度が算出されると、波長や、量子論的な量を加味した、サハの電離公式を用いて、流星プラズマの温度推定をすることができる。S 7702を著者が解析したところ、2750±740°K

【第2表】 流星と隕石の組成比

	しし群	ふたご群	散在	プリムラム隕石
Fe	28	28	28	25.4
Ni	—	3.7	4.1	1.62
Mn	0.01	0.01	0.50	0.19
Cr	—	0.01	0.06	0.42
Ca	0.02	0.36	0.32	1.4
Mg	99	52	36	14.3
Na	—	1.2	2.6	0.7
O	172	—	—	34.0
	長沢(1978)	ハーベイ(1973)		



【第4図】 マイクロフォトメーターによるトレース

という温度が算出された、長沢氏は、写真1のしし群のスペクトルの同様な解析の結果、その温度は3200°K程度であると算出している。

熱的な平衡状態にあると考えると、流星プラズマはおよそ3000°Kくらいであることがわかった。その値をもとに、計算をしてゆくと、流星物質の組成比を求めることができる。このあたりの論議はまだまだ多くの問題を含んでいるが、ハーベイ(1973)、長沢(1978)らによって、先駆的研究がされて組成比が発表されている。第2表にそれらの値をまとめる。

流星の成分とその母天体

組成についての研究は始まったばかりで、細かいところではいろいろ差があるが、大ざっぱに言って、流星はFe, Mg, Si(表からはぶいてある)を主体とした酸化物、FeO, MgO, SiO₂などで構成されていると考えられる。隕石分類による普通コンドライト、炭素質コンドライト等々を、成分の上から区別できるところまでは、っていない。

最近、彗星と流星との関係を知るうえで、重要な発見が行なわれた。セブレハの発表によると、高分散スペクトルでC(炭素)やCNが検出されたという。一方、NASAのハーベイは、高山で紫外フォトメーターを用いて、OH(水酸基)を検出していることから、流星体中に、H₂OやCなどの元素があることがわかり、彗星に豊富なこれらの元素が流星にも見つかったことで、彗星と群流星との関係を、軌道の一致という力学的な面だけでなく、成分の上からも裏付けた。

このように、多くのことが分かってきたにもかかわらず、流星をめぐる謎も多くなる一方である。流星スペクトルに見られるSiは励起しにくい元素であるのに、強い輝線がみられるのはなぜか。流星のプラズマは、本当に熱的に平衡状態にあるのだろうか。流星群としての寿命はどれくらいあるのだろうか。

これらの疑問に答えることは、現在ではできない。しかし、観測技術や理論、そして、近年注目された、実験室でのシミュレーションなどによって、流星の物理的過程の全容がわかったとき、我々は地球にいながらにして太陽系内の微小物質の、あらゆる種類のサンプルを調べるのが可能になるだろう。

同時観測から 流星の起源をさぐる(II)

流星物理セミナー 小笠原雅弘

12月号で、軌道を調べることによって、流星には彗星に起源をもつものと、小惑星に起源をもつものがあることを述べた。それでは、両者の物理的性質にはどんな違いがあるだろう。今回は、そういったことを考えてみたい。

流星の物理的な特徴には、その質量、大きさ、密度、組成、そしてプラズマとしてのプラズマ温度、電波反射体としての電子密度といったものがあげられる。そういった要素を調べるため、写真測光や大気中での減速度の研究、あるいはスペクトルの撮影、レーダーなどによる電波観測などが続けられてきた。

そのなかでも、彗星起源か小惑星起源かを知る上で、大きな手がかりを与える、密度、組成といった問題を、彗星・小惑星の性質と関連づけながら考え、あわせて流星スペクトルの特徴と、そのプラズマとしての性質にまで目を向けてみようと思う。

流星の密度

軌道のところでも考えたように、流星は、彗星起源のもの小惑星起源のものが考えられる。その両者の特徴づけるものは、密度のちがいであろう。彗星核は、ホイップルが提唱しているような、“汚れた雪ダルマ”である

【第1表】 流星の密度による分類

質量	スーパーブレーリー シュミット ネット		密度	分類
	0.001 ~10g	100 ~10 ⁶ g		
グループ	%	%	g/cm ³	
小惑星型	<1	32	3.7	普通コンドライト
A	54	37	2.1	炭素質コンドライト
B	6	—	1.0	密な彗星物質
C	40	18	0.6	普通の彗星物質
*D	<1	13	0.2	軽い彗星物質

* グループDは、10月のジャコビニ群に属するもの

ことが最近はっきりしてきた。とすると、彗星に起源をもつ流星の密度は、1 g/cm³ かそれ以下にちがいない。ところが小惑星は岩石であり、その種類によって差はあるものの、隕石との類似性から、密度は2.1~3.7 g/cm³程度と考えられている。

このような2種類の密度のちがった物体が、地球大気にふりそそいでくるとすると、大気中での振るまいに、当然ちがったものが現われるに違いない。密度の低い彗星的なものは、急な減速をうけ、短い飛跡しか残さず割合高い高度で消滅する。逆に、小惑星的な密度の大きいものは、減速度は小さく、長い飛跡を残して、低高度で消滅することになる。

こういった観点に立つて、スミソニアン・ヤッヒヤらは、スーパーシュミットで得られた流星のうち、精度の良い413個の流星の大気中での振るまいを調べた結果を、1967年論文として発表している。それによると、群流星では10月のジャコビニ群が異常に密度が低く、12月のふたご群は割合高密度であることがわかった。また413個の流星をたんねんに調べた結果、ハーバード・リスト No. 7946という流星は、密度が大きく、小惑星起源であるという結論がくだされた。

10~72 km/s という、さまざまな速度で地球大気に突入してくる流星の発光点と消滅点について、1972~1978年にKPMで得られた、60個ほどの流星についてプロットしたものが第1図である。参考のため、ハーバードのNo. 7946も付け加えてある。速度が速くなればなるほど、発光点、消滅点とも高度が高くなる傾向が、はっきりわかる。

KPMのNo. 7711、ハーバードのNo. 7946などは速度がおそく、0~2等級の明るさながら、消滅点が40~50 kmと大変低く、その特徴がはっきりでている。

定量的に密度を算出してみよう。一般に、流星の質量を調べるには2種類の方法がある。それを組み合わせて

みてはどうだろう。

質量算出の第1の方法は、「力学的質量」と呼ばれ、速度と抵抗を受けて減速するようすから質量を調べるもので、密度をパラメータとして、 $1 \sim 3.7 \text{ g/cm}^3$ まで変えて計算してみた。第2の方法は「測光質量」と呼ばれ、写真測光を行うことによって各部分での質量を計算し、それを数値積分して求めるものである。第2図で、この2つの方法を用いて、質量を計算したものを比較してみると、密度を $1 \sim 2 \text{ g/cm}^3$ 程度と考えては、質量が大きすぎて、測光質量とは全く合わないことがわかった。密度を 3.7 g/cm^3 と考えたときに良く合う。

このことから、No. 7711の流星密度はかなり大きく、 3.7 g/cm^3 程度の、隕石でいうならば、普通コンドライトと考えるのが妥当という結論が得られた。

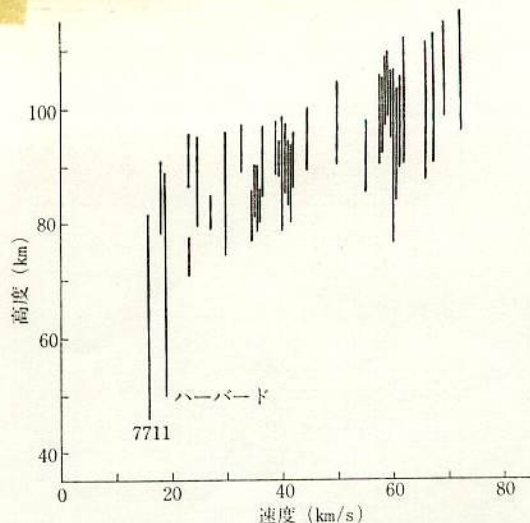
チェコのセブレハは、別の方法で種々の写真流星を調べた結果、流星には、密度の大きい普通コンドライト型から、ジャコビニ群のような密度がわずかに 0.2 g/cm^3 しかないような軽いものまで、さまざまあることを1977年に発表した(第1表)。

これによると、スーパーシュミットで観測される0~3等の流星では、彗星起源のものが多く、プレーリーネットワークで観測されるような、明るい火球では、比較的小惑星起源のことが多いことがわかった。

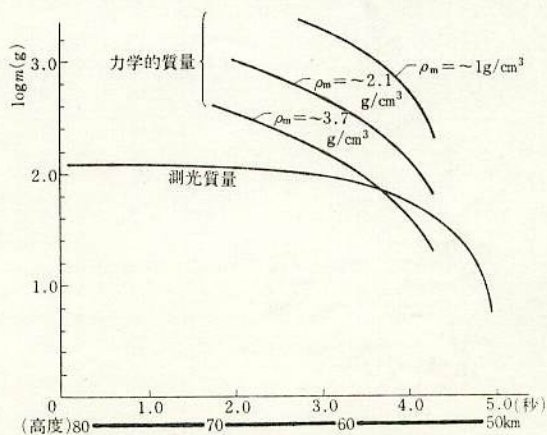
1970年代になって、チャップマン、マコードらによる、 $0.3 \sim 1.5 \mu$ 帯での小惑星の反射スペクトルの測定結果は、地上に落下してこれまでに調べられた隕石と、小惑星が関連付けられるという、画期的な情報をもたらした。それによると、小惑星の反射スペクトルは大変バラエティーに豊んでおり、例えば最大の小惑星ケレスは、炭素質コンドライトに、ベスタは玄武岩質エイコンドライトと似ているという。

とすれば何度も話題にのぼるアポロ・アモール型小惑星は、どのような反射スペクトルを示すだろうか。残念ながら、アポロ・アモール型小惑星は光度が暗く、観測期間が短いことから、すべてが調べられたわけではないが、(1685)トロと(433)エロスについては、ギャフィー、マコード、チャップマンらによって測定がされた。それによると、この2つの天体は、小惑星のメインベルトでは少ない、Hタイプの普通コンドライトに属していることが分かった。地球に落下した隕石のうち、多くのものが普通コンドライトであることから、隕石の母天体は、アポロ・アモール型小惑星であろうという考え方が、その物理的性質のうえからも有力になってきた。

こうして考えてみると、1977年12月に関東のネットワークで捕えられたNo. 7711流星は、小惑星ヘルメスを



【第1図】 流星の速度と発光点、消滅点高度



【第2図】 力学的質量と測光質量の比較

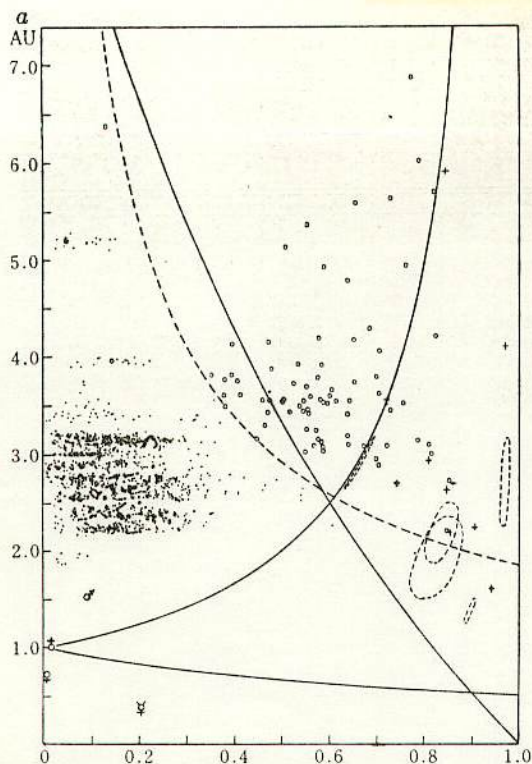
母天体とする、質量が100 g程度の、普通コンドライトであった可能性が高い。

流星群の年令

さて、ふたご群は、わりあい密な彗星物質と呼ばれ、密度が 1 g/cm^3 と、群流星にしては一番大きく、ジャコビニ群は、密度が 0.2 g/cm^3 と、大変軽い彗星物質でできているということは、前にも述べたが、このような違いはなぜ生じたのだろうか。

ふたご群は近日点距離が小さく、知られた流星群としては最も小さな軌道をまわっている。ジャコビニ群の母彗星はジャコビニ・チンナー彗星で、近日点はIAUと、あまり太陽には近づかない。1972年に大出現が期待されたが、見られなかった。そこから、ジャコビニ群は大変若く、まだ母彗星の近くにしか、流星物質が分布していないと考えられる。一方、ふたご群は毎年良く観測されることから、軌道にまんべんなく流星物質がまきちらされているとみられる、このことを考え合わせると、ふたご群とジャコビニ群の密度のちがいは、この2つの流星群の年令のちがいを反映しているのではないだろうか。

「かつてふたご群の軌道をまわる、周期の極めて短か



【第6図】 クレサックの発表したa/e ダイアグラム

小惑星起源の流星

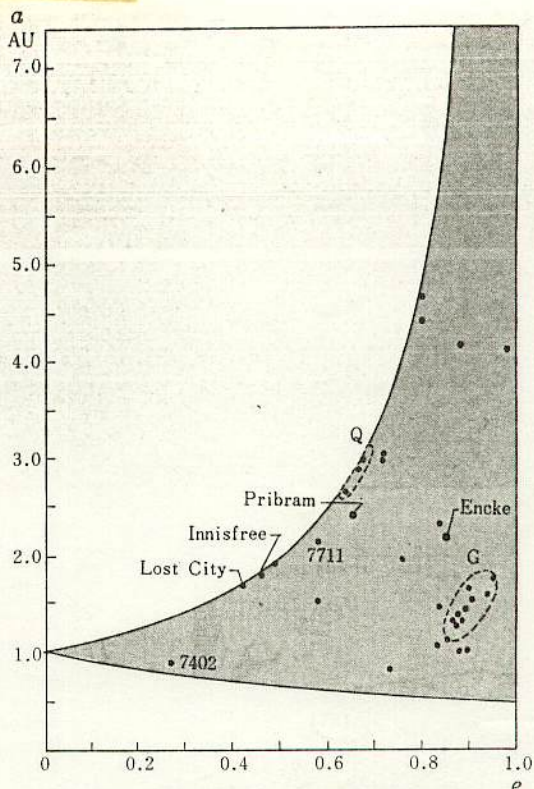
最初に紹介した KPM No. 7711 と名付けられた流星の TriX による可視光写真と、R64 フィルターを付けて、ハイスピードインフラレッドを用いて撮られた、赤外写真を写真1, 2 にのせる。あわせて高度も示しておいた。

さて、この流星軌道が算出されるとすぐにアポロ・アモル型小惑星と比較した。するとこの流星の軌道は、ヘルメスと名付けられた小惑星と、よく一致していることがわかった(第4図)。1937年10月28日、ラインムートが発見したヘルメスは、10月30日に地球まで80万 km に接近した。これは月までの距離の2倍という驚くべき接近だった。

軌道と比較してみると(第4表) ω, Ω の値が大きく違っているが、No. 7711 の軌道は $i=0^\circ$ に近いのでほぼ黄道面内にあり、 ω, Ω の値はあまり意味がない。そこでこういった場合は、 π (近日点経度 $\pi = \omega + \Omega$) で比較する。比較するとほぼ同じ値になり、両者がよく似た軌道であることがわかる。

かつて、小惑星ヘルメスに他の微天体が衝突して多くの破片がそのまわりに拡がった。そのうちの一つが地球と衝突、ついに流星となったのだろう。

第4表にある、もう一つの小惑星的軌道をもつ流星 No. 7402 は、1974年に観測された流星で計算の結果、地球軌道より、 a が小さな軌道をまわっていることがわか



【第7図】 KPM の観測により得た a/e ダイアグラム

った。これは、最近相次いで見つかったアテン型小惑星プといわれる、 a の小さな小惑星グループの一員であるラ・シャロムなどと関連がありそうである(第5図)。

a/l ダイアグラム

たくさんある流星軌道から、個々の流星の起源を調べるには、どのような方法を用いればよいのだろうか。

1960年代から、チェコのクレサックが、a/e ダイアグラムというものを発表している。

a/e ダイアグラムは第6図にあるように、横軸に e (離心率)、縦軸に a (AU) を目盛ったものである。軌道が丸くなればなるほど左側に寄り、 a が大きくなるほど上側に寄る。大惑星は左側に、その間に小惑星が位置している。彗星は一般に e が1に近いので右側に多い。

さて、流星物質が地球軌道を横切るには

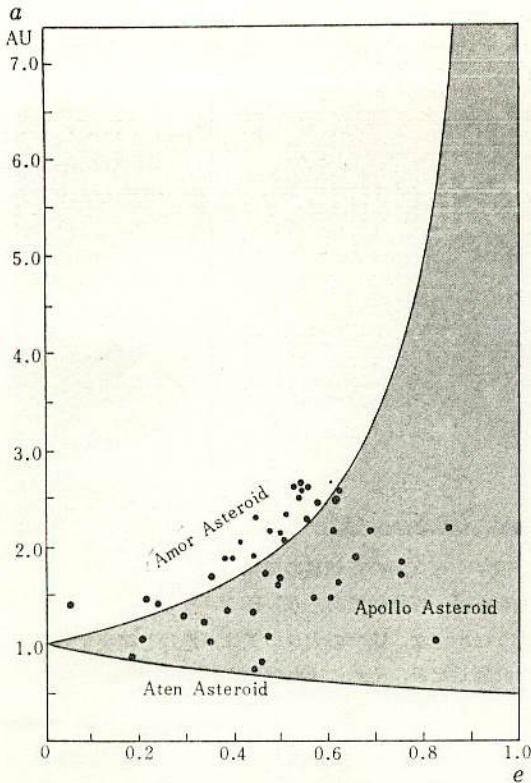
$$a(1-e) < 1 < a(1+e)$$

でなければならない。つまり、近日点と遠日点が地球軌道をはさんでいなければならない。したがって流星として観測されるには、その範囲内にあることが必要で、逆に言えば流星の研究から調べられるのは、この範囲に限られるということになる。

ホイッブルは1954年に K 条件を発表した。

$$K = \log \frac{a(1+e)}{a(1-e)}$$

という式であらわされ、 $K > 0$ ならば彗星を、 $K < 0$



【第8図】 アポロ・アモール型特異小惑星とアテン型小惑星の a/e ダイアグラム

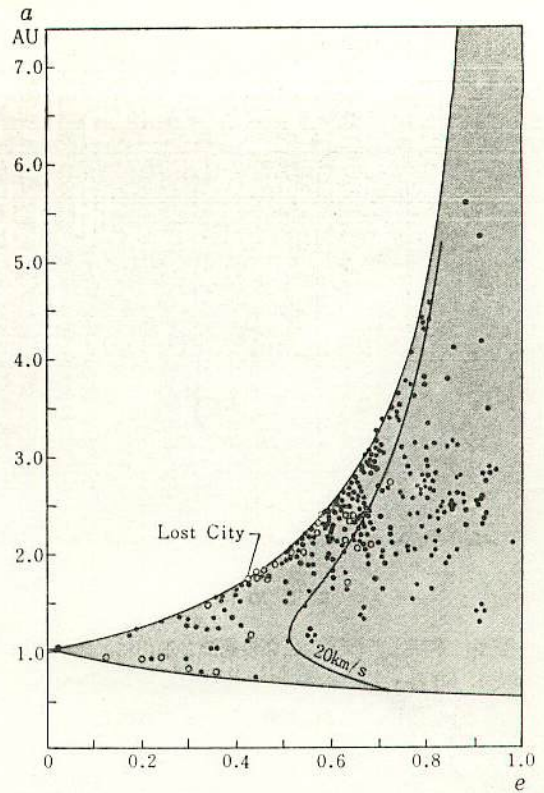
ならば小惑星をあらわすとしている。大半のものはこの条件を満足するが、例外も多いので、おおよその目安として見る必要がある。

われわれが得たデータを、このダイアグラムにプロットしてみると第7図、のようになる。同時にプリムラム、ロストシティ、イニスフリー隕石、エンケ彗星も記入してみた。ふたご群、しぶんぎ群といった、よく観測される群への集中がよくわかる。このなかでは、離心率の小さな No. 7711, No. 7402が目をひく。

第8図は、アポロ・アモール型特異小惑星と、最近見つかったアテン型小惑星($a < 1$ のもの)をプロットしたものである。アモール型は近日点が1天文単位より大きいので、現状では地球軌道と交差することはないが、木星などの摂動をうけて、地球軌道の内側まで入り込むことも、考えられる小惑星群である。こんな小惑星はどのようにして生まれたのだろうか。これについて最近興味ある考えが、エピック・ウェザリルらによって提出されている。

それは、これらの小惑星は死んだ(活動を停止した)彗星核であるというものである。もしそうだとすると、小惑星に関する流星群の可能性も考えられる。しぶんぎ群、ふたご群はこういったものなのかもしれない。

小惑星-火球-隕石といった関連を調べるには、KPMで得られた流星数が少ないので、1976年に、マクロス



【第9図】 プレーリーネットワークから得た a/e ダイアグラム

キー、ポーゼン、シャオらの、スミソニアングループによって発表された、プレーリーネットワーク(大平原計画)の結果をしてみる(第9図)。論文中には、プレーリーネットでもとえられた、-4~-20等級300個以上の軌道がまとめられている。速度決定精度は2%程度なので、KPMで計算された流星の速度誤差と同程度である。

この分布をみると、ホイップル条件でいうと、彗星起源と考えられるものと小惑星起源のものと、半々ぐらいの分布を示している。白丸で印をうったものは、写真測光の結果、終端での質量が250gを超えているもので、隕石落下の可能性のあるものと考えられているものだ。ロストシティ隕石もこのなかに含まれている。 $i = 0^\circ$ のときの流星の大気外速度も記入してある。隕石落下は、大気外速度が20 km/sより小さい場合には、可能性があるようである。速度が速すぎたのでは、大気中で燃えつきてしまうからだ。

こういった点を考えると、近日点距離が1AUに近くて、軌道傾斜角が 0° に近く、地球との衝突速度のおそい、アポロ・アモール型小惑星の小型のもの、あるいはその破片が、隕石として落下が観測されるのだろう。

ロストシティ、イニスフリー隕石はまさにこの条件にぴったりである。

今回は軌道を調べることによって、彗星に起源をもつ流星群と母彗星が発見されていない流星群のなぞ、小惑星起源の火球や隕石について考えてみた。

(A) 北海道流星ネット7-7 ⑩① ~ ⑩④

A-1 厚田, A-2 無意根山, A-3 名寄, A-4 知床, A-5 浜頓別

- ⑩① 北大 (積丹町)
- ⑩② 北大 (厚田)
- ⑩③ 札天同時流星G (洞爺湖)
- ⑩④ 札天同時流星G (滝野)
- ⑩⑤ 札天同時流星G (由仁)
- ⑩⑥ 札幌天文台 (滝野)
- ⑩⑦ 札幌北高 (中山峠)
- ⑩⑧ 小樽星の会 + 余市天文同 (余市)
- ⑩⑨ 函館天文同好会 (駒ヶ岳)
- ⑩⑩ 千歳天文同好会 (千歳)
- ⑩⑪ 木村直軌 (苫小牧)
- ⑩⑫ 札幌南高 (桂沢湖)

以上 札幌地区

- ⑩⑬ 野幌国雄 (富良野)
- ⑩⑭ 剣淵天文同好会 (剣淵)
- ⑩⑮ 名寄天文同好会 (名寄)
- ⑩⑯ 旭川竜谷高校 (興部)
- ⑩⑰ 浜田文人 (白滝)
- ⑩⑱ 旭川天文同好会 (東川)

以上 旭川地区

- ⑩⑲ 旭川天文同好会 (遠軽)
- ⑩⑳ 遠軽天文同好会 (遠軽)
- ⑩㉑ 網走向陽高 (網走)

以上 網走地区

- ⑩㉒ 深井直 (歌登)
- ⑩㉓ 武石正憲 (浜頓別)
- ⑩㉔ 稚内天文同好会 (稚内)

以上 稚内地区

<代表> 〒065 札幌市東区北15条東4丁目 鹿野方
草野 完也

155

(B) 東北ネット7-7 ⑩⑩ ~ ⑩⑯

B-1 吾妻山, B-2 鷲頂山

- ⑩⑩ 仙台市天文台 (仙台近郊)
- ⑩⑪ 山形大 (山形 蔵王)
- ⑩⑫ 山形大 (山形 月山)
- ⑩⑬ 白河出張班 (福島 吾妻山)
- ⑩⑭ 白河観測所 (福島 白河)
- ⑩⑮ 杉本智 (栃木 鷲頂山)
- ⑩⑯ 巻天文台 (新潟 巻)
- ⑩⑰ かやの会 (茨城 日立)
- ⑩⑱ すずきの会 (茨城 十王町)

<代表> 〒320 宇都宮市 鶴田町 1958-4
杉本 智

(C) KPM (関東写真流星連絡会) ネット7-7 ⑩㉑ ~ ⑩㉔

C-1 筑波山, C-2 堂平山, C-3 英ヶ原, C-4 高尾山

- ⑩㉑ 工学院大 (東京 八王子市)
- ⑩㉒ 東海大 (長野 荒船山)
- ⑩㉓ 東京理大 (長野 英ヶ原)
- ⑩㉔ 日本文理 (東京 五日市)
- ⑩㉕ 日大理工 (栃木 今市市)
- ⑩㉖ 法政大 (長野 戸隠)
- ⑩㉗ 電通大 (長野 木曾駒)
- ⑩㉘ 神奈川大 (長野 湯の丸)
- ⑩㉙ 明治大 (栃木 那須)
- ⑩㉚ 東大 (長野 乗鞍)
- ⑩㉛ 東大 (長野 栢池)
- ⑩㉜ 柏天文同好会 (千葉 勝浦)
- ⑩㉝ 栢橋天文研究会 (長野 野辺山)
- ⑩㉞ 東京天文台 (埼玉 堂平山)

12th Miss

(conti.)

- ③5 星遊会 (千葉 勝浦市)
③6 星遊会 (千葉 市原市)

③7 谷川政敏 (富士山頂)

<代表> 〒114 東京都北区滝野川 3-85-11
村中 博志

(D) 長野ネットワーク ⑤0 ~ ⑤6
D-1 美ヶ原

- ⑤0 飯田天文同好会 (長野 飯田)
⑤1 小諸高 (長野 小諸)
⑤2 松本県ヶ丘高 (長野 野辺山)
⑤3 松本星の会 (長野 乗鞍高原)
⑤4 松本躰ヶ崎高 (長野 千ヶヶ丘高原)
⑤5 松本美須ヶ丘高 (長野 小谷村)
⑤6 ちび天同好会 (長野 小諸)

<代表> 〒390-11 長野県東筑摩郡朝日村針尾178
下田 力

(E) 北陸ネットワーク ⑥0 ~ ⑥3
E-1 白山

- ⑥0 富山大 (福井 大野市)
⑥1 高岡高 (富山 高岡市)
⑥2 兼島高 (福井市 近郊)
⑥3 森本中 (金沢市 近郊)

<代表> 〒921 石川県石川郡野々市町本町1-24-6
高梨 雅彰

[] その他

- ⑥④ 石古屋大 (長野 山ノ内町)
⑥⑤ 田峰微小天体観測所 (愛知 信楽)
⑥⑥ 鳥取大 (鳥取 鳥取大)
⑥⑦ 広島大 (山口 錦町)

[F] 近畿ネットワーク ⑦0 ~ ⑦8

F-1 伊賀上野市

- ⑦0 室生観測所 (奈良 室生)
⑦1 小林健一 (三重 関町)
⑦2 上田昌良 (大阪 羽曳野)
⑦3 花岡麻一郎 (岐阜 恵那市)
⑦4 神中丈 (兵庫 加美町)
⑦5 神戸丈 (鳥取 大山)
⑦6 神戸丈 (奈良 吉野村)
⑦7 井田伸夫 (大阪 枚方市)

<代表> 〒583 大阪府羽曳野市巖島43-2
上田 昌良

[G] 九州ネットワーク ⑧0 ~ ⑧2

G-1 天草, G-2 久住山

- ⑧0 新長崎天文研, 長崎天体 (長崎 付近)
⑧1 熊本大, 熊本天文研 (熊本 付近)
⑧2 大分天文協会, 大分大 (大分 付近)

<代表> 〒852 長崎市岩見町216-16
布袋 厚

[H] 高天連ネットワーク ④0 ~ ④9

H-1 杵原湖

- ④0 開成 (福島 細野)
④1 武蔵 (福島 沼尻)
④2 武蔵 (福島 熱塩)
④3 小林川 (福島 吾妻山)

H-2 毛無山付近

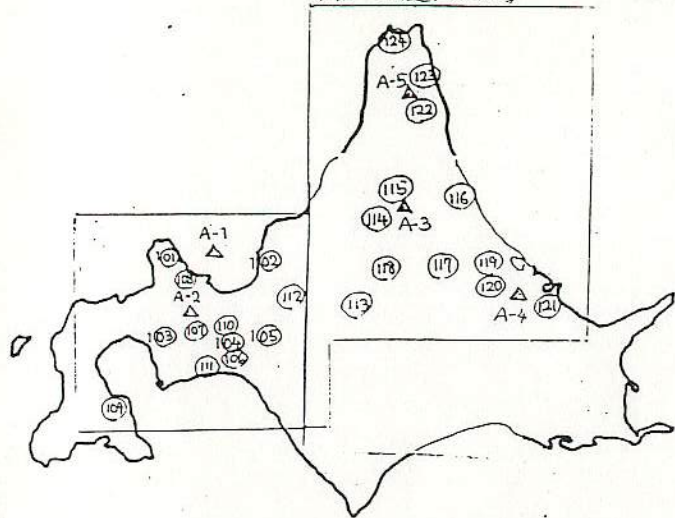
- ④4 竹早 (新潟 妙高高原)
④5 学芸大付 (新潟 湯沢)

H-3 粟科山

- ④6 麻布 (長野 入笠山)
④7 芝 (長野 荒船山)
④8 立川 (長野 美ヶ原)
④9 都立西 (長野 八ヶ岳)

<代表> 〒332 川口市西青木2-4-25 杉浦 敏

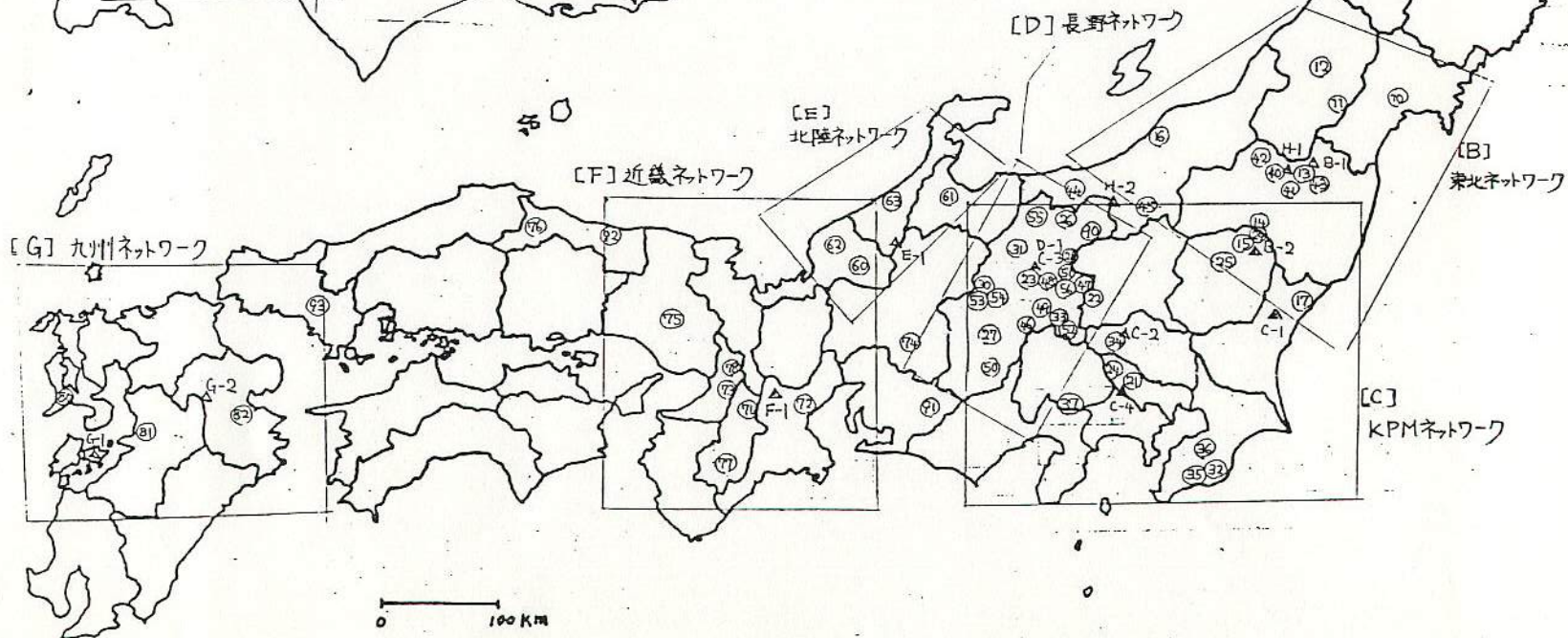
[A] 北海道ネットワーク 12th MSs



全国ネットワーク大集合

天文と気象誌12月号では、ページ数の関係で各点の観測グレードと、地名、目標点などを記入することができませんでした。そこでここに別紙として、各点の名前を記入したものをまとめることにしました。天文と気象誌といっしょにご覧ください。(ほか他誌等への転載はお断わりいたします。)

1980 Oct. 10 流星物理セミナー
小笠原 雅弘

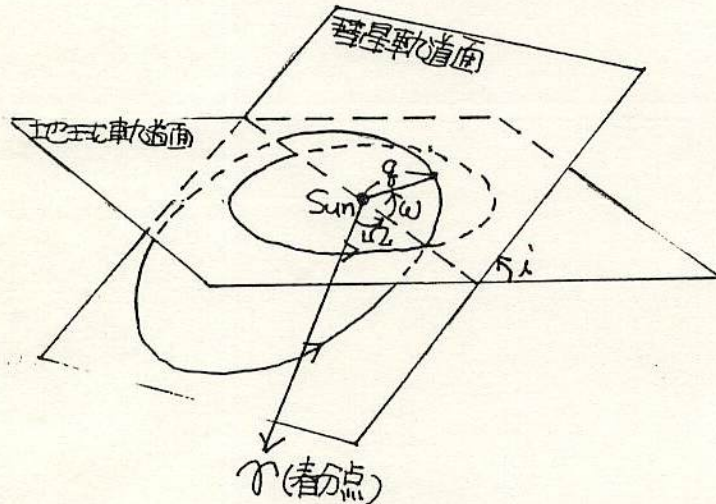
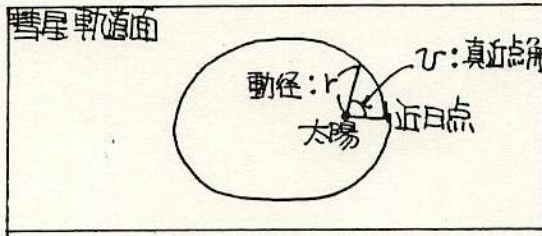


流星物理セミナー1983.7.3

彗星軌道からの流星群の輻射点

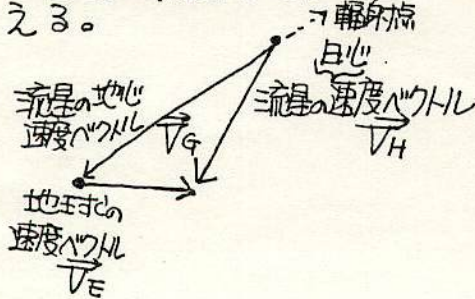
東京理科大神楽 寺田 博

§1. 輻射点の求め方



- Ω : 昇交点黄経
- ω : 近日点引数
- q : 近日点距離
- e : 離心率

彗星の軌道がその交点で地球と完全に交差する場合について考える。



流星群の輻射点の方向は、流星の地心速度ベクトルの反対方向であり地心速度ベクトル V_G は次の式であらわされる。

$$\vec{V}_G = \vec{V}_H - \vec{V}_E$$

よって \vec{V}_H と \vec{V}_E が求まれば輻射点は求まる。

彗星軌道が地球軌道面と交差する点で地球と交差する場合に、流星群の輻射点の方向は流星の地心速度ベクトルの反対方向である。IRAS-アキオーロック彗星に伴う流星群を例に輻射点を求めた。

(1) 流星の日心速度

昇交点出現: $v = -\omega$

$$L_0 = \Omega + 180^\circ$$

降交点出現: $v = 180^\circ - \omega$

$$L_0 = \Omega$$

(i) 楕円軌道の場合

$$\dot{x} = fe(-P_x \sin v + Q_x(e + \cos v)) / \sqrt{p}$$

$$\dot{y} = fe(-P_y \sin v + Q_y(e + \cos v)) / \sqrt{p}$$

$$\dot{z} = fe(-P_z \sin v + Q_z(e + \cos v)) / \sqrt{p}$$

(ii) 放物線軌道の場合

$$\dot{x} = \frac{fe\sqrt{2q}}{r} (Q_x - P_x \tan \frac{v}{2})$$

$$\dot{y} = \frac{fe\sqrt{2q}}{r} (Q_y - P_y \tan \frac{v}{2})$$

$$\dot{z} = \frac{fe\sqrt{2q}}{r} (Q_z - P_z \tan \frac{v}{2})$$

ただし $p = q(1+e)$, $fe = 0.0172021$, $r = q(1 + \tan^2 \frac{v}{2})$

$$P_x = \cos \omega \cos \Omega - \sin \omega \sin \Omega \cos i$$

$$P_y = (\cos \omega \sin \Omega + \sin \omega \cos \Omega \cos i) \cos E - \sin \omega \sin i \sin E$$

$$P_z = (\cos \omega \sin \Omega + \sin \omega \cos \Omega \cos i) \sin E + \sin \omega \sin i \cos E$$

$$Q_x = -\sin \omega \cos \Omega - \cos \omega \sin \Omega \cos i$$

$$Q_y = (-\sin \omega \sin \Omega + \cos \omega \cos \Omega \cos i) \cos E - \cos \omega \sin i \sin E$$

$$Q_z = (-\sin \omega \sin \Omega + \cos \omega \cos \Omega \cos i) \sin E + \cos \omega \sin i \cos E$$

$$E = 23.446 \text{ とする.}$$

また太陽の速度成分はつぎの式で近似できる。

$$\dot{X}_0 = -0.017205 \sin L_0 + 0.000282$$

$$\dot{Y}_0 = 0.015784 \cos L_0 + 0.000055$$

$$\dot{Z}_0 = \dot{Y}_0 \times 0.433688$$

(2) 流星の地心速度と輻射点

$$V = \sqrt{(\dot{X} + \dot{X}_0)^2 + (\dot{Y} + \dot{Y}_0)^2 + (\dot{Z} + \dot{Z}_0)^2}$$

$$V \cos \delta \cos \alpha = -(\dot{X} + \dot{X}_0)$$

$$V \cos \delta \sin \alpha = -(\dot{Y} + \dot{Y}_0)$$

$$V \sin \delta = -(\dot{Z} + \dot{Z}_0)$$

$$V_G = 1731.5 V \text{ (km/s)}$$

計算例：IRAS-ARAKI-ALCOCK彗星に伴う流星群

COMET
IRAS-ARAKI-ALCOCK
(1983-d)
NODE = 48.3985
OMEGA = 192.7812
i = 73.3738
q = 0.99138
e = 1.00000

* Radiant Point *
ALPHA = 287.93
DELTA = 44.03
UG = 44.00

参考文献「天体軌道論」長谷川一郎著
恒星社

2.2 極大時刻の求め方

極大時刻についての考え方は二通りある。ひとつは、彗星の昇交点（または降交点）を地球が通る時刻を極大時刻と見るみかた。もう一つは彗星と地球が最接近する時刻を極大時刻と見るみかたである。

前者の場合は、計算をするよりも交点の黄経を求めて、その位置に地球が来る時刻を天文観測年表などで調べた方が早い。

後者の場合は、彗星の位置推算を行い、地球-彗星間の距離が最小となるような時刻を計算をしなければならない。

一般には、極大時刻というのは前者の方を言うようである。

2.3 流星群の出現する確率・出現し易さ

同期彗星に伴う流星群については、いろいろな説があり、一概にどうこうとは、言えない。つまり、流星物質の分布にムラがあるということである。しかし、彗星が通った後に地球がその交点を通る場合が出現し易いらしい。

一方、今回のIRAS-ARAKI-ALCOCK彗星（以下I.A.A彗星と略す。）のような一度きり現れて、一生帰ってこないような彗星の場合は、極めて出現しにくいと思われ

る。その理由は、太陽のそばにいた期間が短いこと、一度しか太陽に近づかないこと、流星物質の彗星から分離する時の速度が遅いこと、などである。

流星物質が彗星から分離するためには、太陽の近くに彗星がいなければならない。しかしながらI.A.A彗星のような彗星は、その期間が非常に短く、しかも一度だけなのであまり分離しない。(つまり流星物質の量が少ない。)

また彗星から分離する時の速度は、せいぜい数十m/sなのである。

例えば、I.A.A彗星の場合について考える。I.A.A彗星と地球の最接近時の距離は約500万kmである。この時に、この彗星が起源である流星が地球上で観測されるならば、この物質は、いつ彗星から分離したかを考える。彗星から分離する時の速度を100m/sとする。彗星から地球へ等速で向かって来たとする。この物質は、約580日前に彗星から分離したことになる。当然ながら580日前にこの彗星が太陽のそばにいたとは考えられない。よってこのような物質が存在する確率は非常に少ないと考えよう。

ゆえに、流星群が観測されるためには、もっと地球に接近しなければならない。

パソコンによる流星の軌道計算

理大神楽 寺田 博

今まで流星の軌道計算というと大型コンピュータに頼らざる得ない状態であった。しかし最近のパソコンブームは、パソコンの高性能化と一般普及化を進めた。そこで、流星の軌道計算をパソコンで実行しようということになり、理大神楽の保科氏が富士通「FM-8」用プログラムを製作した。ついでNEC「PC-8801」用の移植版を寺田が、NEC「PC-8001」用移植版を理大神楽の岡島氏が製作した。

理論は今まで言われていた理論が特に変わった所はない。また、プログラムを小型化するために誤差に関する部分は省いてある。

理大神楽ではこのプログラムを販売します。

○富士通「FMシリーズ」用

適用機種 FM-7, FM-8

ディスク版 ¥2500

カセット版 ¥1000

○NEC「PC8800シリーズ」用

適用機種 PC-8801, PC-8801mkII, PC-9801, PC-9801F

ディスク版 ¥2500

○NEC「PC8000シリーズ」用

適用機種 PC-8001, PC-8001mkII

ディスク版 ¥2500

計算例

KPM83-1 1983年1月3/4日2時21分35秒

		METEOR N88 (PC8801)	METEOR 4 (大型計算機)
視輻射点	α δ	226°.99 47°.93	227°.25 47°.81
発光点	λ φ h	139° 44'.6 36° 51'.3 102.23 km	139° 44'.62 36° 49'.88 100.71 km
消滅点	λ φ h	139° 30'.3 36° 41'.8 86.22 km	139° 29'.84 36° 40'.02 84.33 km
対地速度		45.6 km/s	44.6 km/s
真輻射点	α δ	228°.12 47°.88	228°.86 47°.73
日心速度		39.93 km/s	39.23 km/s
昇交点黄経		282°.3	282°.31
軌道傾斜角		76°.2	74°.92
近日点引数		170°.7	169°.11
離心率		0.7682	0.7075
近日点距離		0.978 AU	0.976 AU
軌道半長径		4.22 AU	3.34 AU
周期		8.66年	6.09年

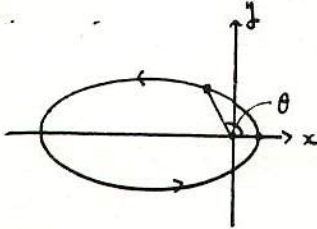
実行時間 PC8801 約5分
PC9801F 約30秒

$$r^2 \frac{d\theta}{dt} = c \text{ -- 定数 (ケプラーの第2法則)}$$

$$c = \frac{\pi a^2 \sqrt{1-e^2}}{\frac{1}{2} P} \dots \dots \dots \textcircled{2}$$

この c をもとめると

$$c_{\text{Encke}} = 34.45987257 \text{ km}^2/\text{sec} \quad c_{\text{Tuttle}} = 62.0619002$$



$$\begin{cases} x = r \cos \theta \\ y = r \sin \theta \\ \dot{x} = \dot{r} \cos \theta - r \dot{\theta} \sin \theta \\ \dot{y} = \dot{r} \sin \theta + r \dot{\theta} \cos \theta \end{cases}$$

Encke	a (A.U.)	e	P (年)	進行方向に放出
2.233982555		0.8486699015	34.01533632	
2.19088324		0.8456929176	3.303573342	逆方向に放出

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 0.09796 \text{ 年}$$

Tuttle

0.8244156138 5.748505	0.8244156138	14.04066025	:
0.8229281942 5.7002175	0.8229281942	13.86411801	:

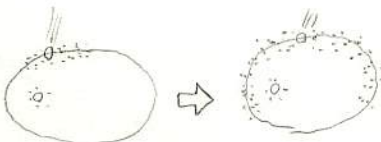
$$\Delta P = P_1 - P_2 = 0.17654224$$

これより放出した粒が軌道の全域に分布する年数

$$T = \frac{P^2}{24P} \text{ (年)}$$

$$T_{\text{Encke}} = 55.58 \text{ 年}$$

$$T_{\text{Tuttle}} = 551.1 \text{ 年}$$



軌道全域に粒子が
分散する時間

単純放出モデル

41st MSS 86/10/05

K. SHIRAKAWA

母天体からのダストの放出速度の大きさを仮定し、放出される流星物質のうちその軌道が、地球軌道と交わるものだけを選んで、地球軌道との交点における速度を計算してみた。地球で観測できる流星の位置と速度の分布を推測することができるであろう。

1) 放出方法

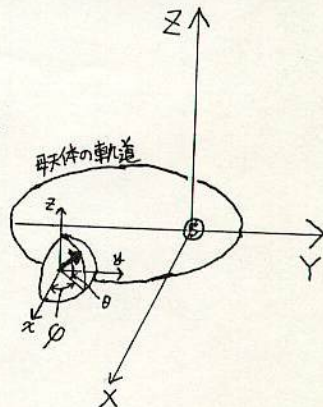
①放出位置の選び方

動径 R を与えた時、その点での単位時間における、ダストの放出量と、母天体の移動量を考える必要がある。

母天体から放出された位置は、近日点、周りに 30° まで 6 点、 R を与えた

②放出方向の決め方:

放出方向を、軌道平面座標に Z 軸を加えた座標系の、極座標表示における2つの角度成分 θ 、 ϕ で表し、いくつかの θ について、ダストの軌道と地球軌道が交わるような速度を与える ϕ を下に記した方法で計算する。

 ϕ の計算方法:

ϕ を 10 度ずつ変化させて、

放出点でのダストの速度を計算する。

ダストの軌道要素を計算する。

真近点角 $-\omega$ (又は、 $-\omega + \pi$) での動径 $R(\phi)$ を求める。

$F(\phi) = R(\phi) - 1$ を計算する。

$F(\phi)$ と $F(\phi + 10)$ の符号を比較し、異符号の場合

ϕ と $\phi + 10$ の間に、 $F(\phi) = 0$ を満たす ϕ が存在するので、二分法で、その値を求める。

2) 地球軌道上の流星の位置、速度の分布

1) で求めた ϕ を使って放出点における、ダストの速度を計算する。

ダストの、軌道要素を計算する。

真近点角 $-\omega$ (又は、 $-\omega + \pi$) での位置と速度を、黄道座標系で表わす。

こうして地球軌道上の流星の位置、速度の分布を求めれば、それを使って

RPの分布、移動 あるいは流星出現数の時間変化(地球軌道に沿った分布)などを計算できることになる。

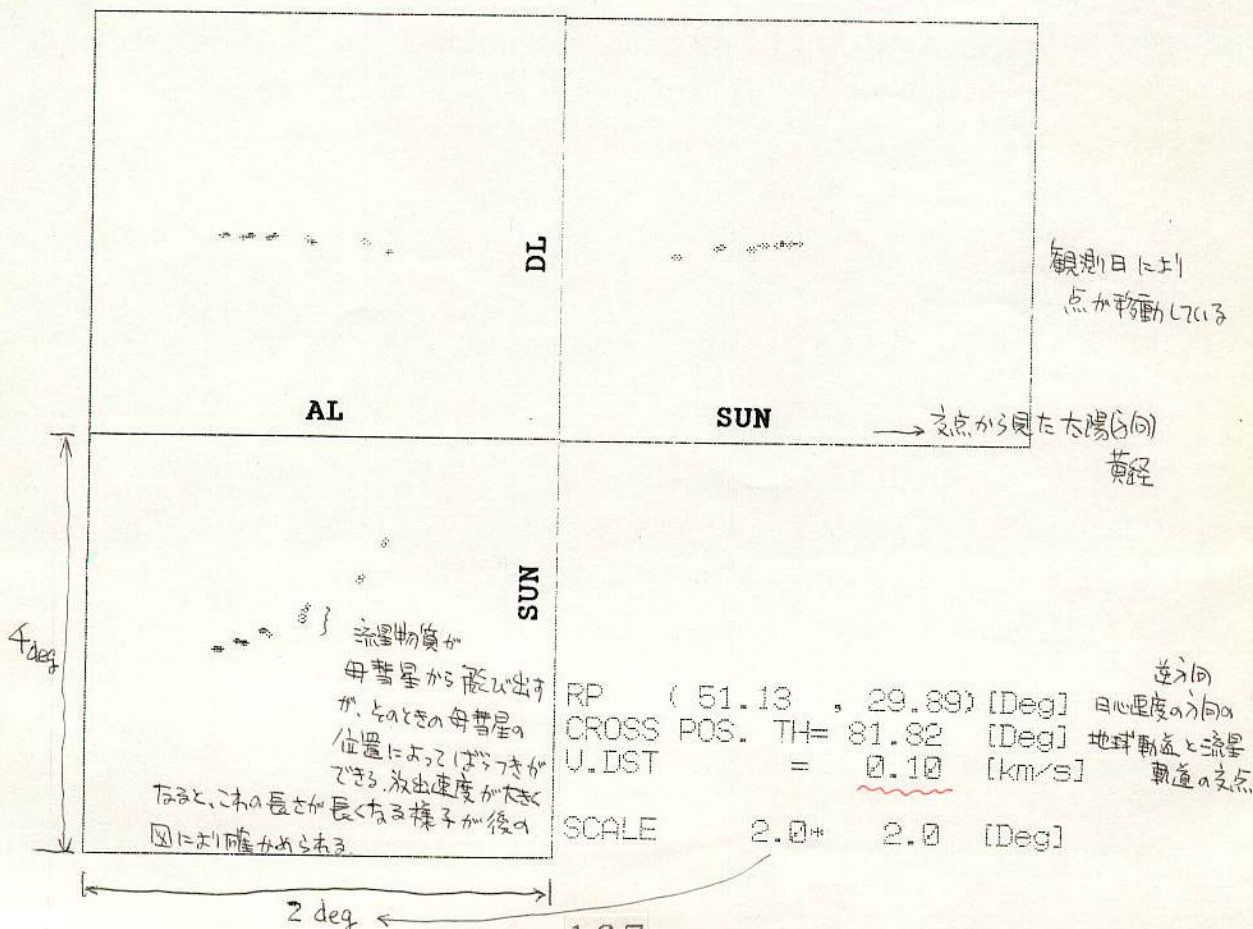
3) RPの予報位置の計算は、このモデルで十分できると考えている。
 流星群の構造を決定する要因は、惑星などの摂動の方が大きいと言われているので、このモデルを更に発展させる方向で考えていきたい。
 そろそろ流星群について語るときの視点を、日心位置、日心速度に移していった方がいいのではないだろうか？

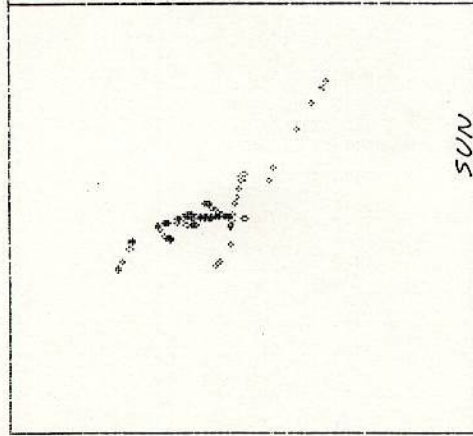
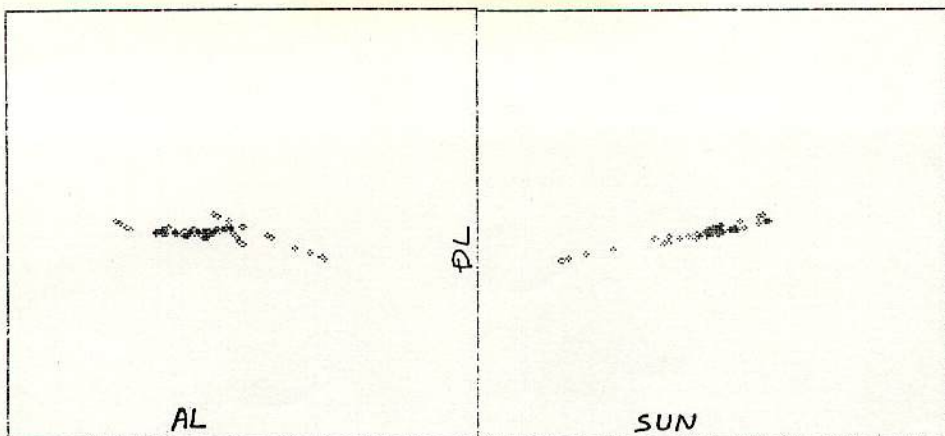
出現状況は、日心位置の分布としてとらえ、
 RPの移動は、速度ベクトルの分布としてとらえ
 RPの広がり、地球軌道上の1点における流星速度ベクトルの分散としてとらえて議論していきたいものだ。

4) 計算結果 (Gem群のシミュレート)

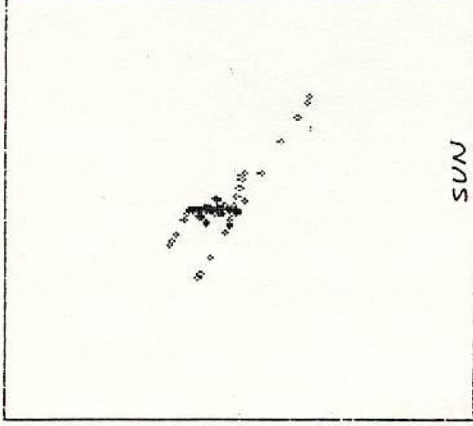
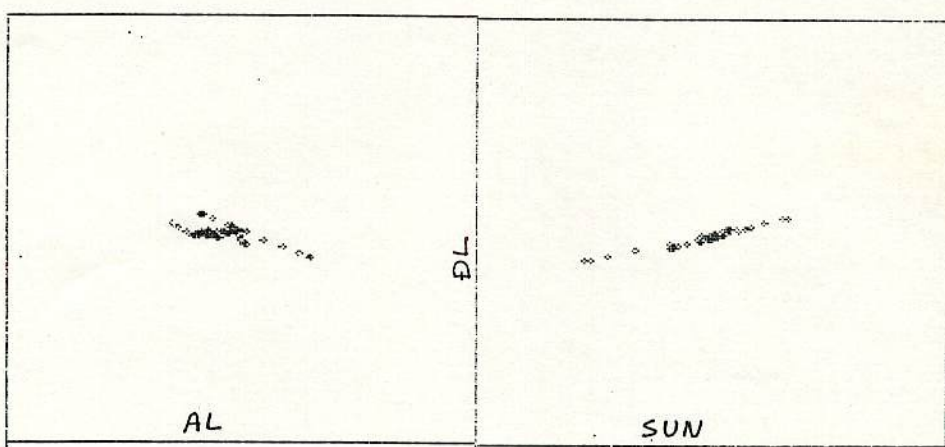
母天体の軌道として、KPM82005の軌道要素を用い。
 放出速度を、100,500,1000 [m/sec] の場合について、それぞれ、
 日心速度の方向を、赤経、赤緯 (AL, DL) で表し
 地球軌道との交点を、太陽黄経 (SUN) で表した。

KPM82005 : NODE= 261.82 [Deg]
 i= 24.15 [Deg]
 ω= 325.00 [Deg]
 a= 1.3100 [au]
 e= 0.8940





RP (51.13 , 29.89) [Deg]
 CROSS POS. TH= 81.82 [Deg]
 U.DST = 0.50 [km/s]
 SCALE 4.0* 4.0 [Deg]



RP (51.13 , 29.89) [Deg]
 CROSS POS. TH= 81.82 [Deg]
 U.DST = 1.00 [km/s]
 SCALE 8.0* 8.0 [Deg]

資料。(流星2より)

ダストの相対速度 (ホイップルの式) は、

$$V^2 = 43 \times \left[\frac{R}{s \rho r^{0.14}} - 0.013 R^2 \right] \text{ (m/s)}^2$$

であらわされる。式の第1項はガス分子の圧力の作用に、第2項は彗星核の引力の影響にもとづき、数字は1天文単位での太陽熱の大きさと、粒を球形と仮定したこととからでてくる係数である。sは流星物質の半径(単位cm)、ρは密度(g/cm³)、Rは彗星核の半径(km)、rは太陽までの距離(天文単位)をあらわす。

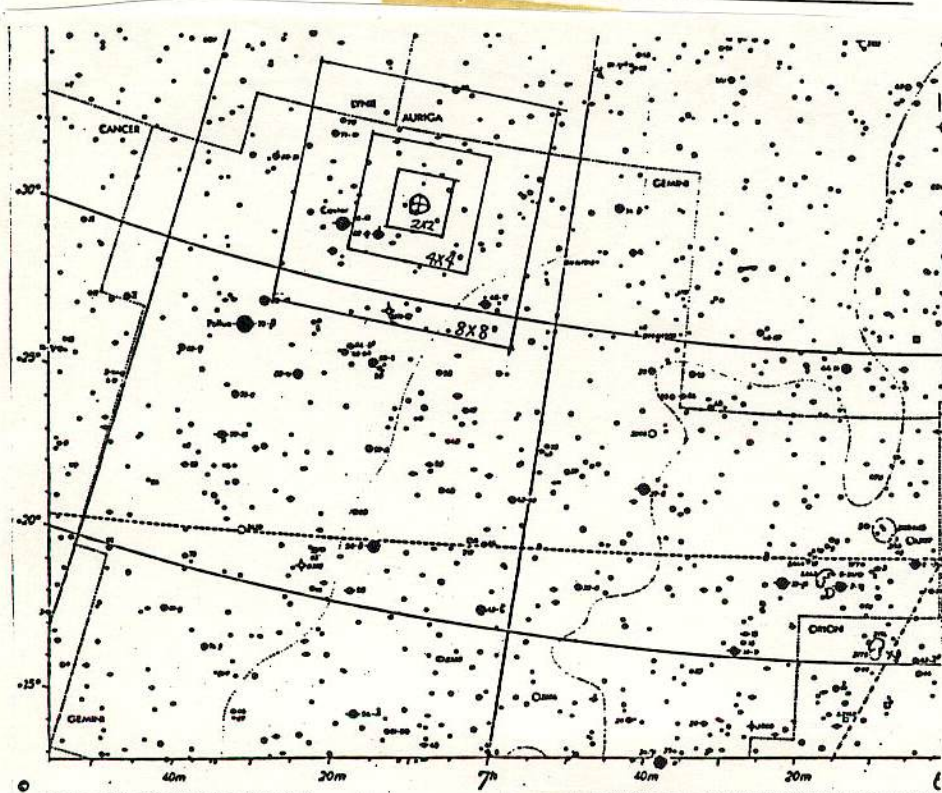
この式によって具体的に速度をもとめるため、流星物質の代表としてつぎの3種類の粒をとりあげてみる。

表 6-10

	質量(g)	半径(cm)	密度(g/cm ³)
眼視流星	0.1	0.3	0.8
電波流星	2×10^{-4}	0.04	0.8
ダスト	10^{-11}	9×10^{-5}	3.5

表 6-11 流星物質の彗星核に対する放出速度

流星群	しぶんぎ	ペルセウス座	ふたご座
	母彗星の値		
核の質量 g	0.14×10^{15}	6.0×10^{15}	2.6×10^{15}
半径 km	0.32	1.11	0.84
軌道長半径 a. u.	3.07	20.26	1.35
近日点距離 a. u.	0.97	0.96	0.14
近日点速度 km/s	39.0	41.7	109.1
	粒の放出速度(m/s)		
眼視流星 0.1g	3.8	10	37
電波流星 2×10^{-4}	11	30	100
ダスト 10^{-11}	110	300	1000



LGemの
R.P.付近

P/Schwassmann-Wachmann 3に伴う流星群

A Meteor stream associated with P/Schwassmann-Wachmann 3

大塚勝仁 (東京写真流星観測グループ)

要旨(Abstract)

↓ 新彗星
P/Schwassmann-Wachmann 3彗星は、1930年5月初めにドイツのSchwassmann及びWachmannによって発見された。発見当時は9等級で短い尾が認められた。6月2日には地球に0.06A.U.まで接近したが、拡散した7等級の小彗星として観測されたにとどまった。軌道計算の結果、6月8日に地球が彗星の軌道の降交点付近から僅か0.006A.U.の所を通ることが判り、流星雨出現の期待が持たれ各新聞に報道された。又昇交点付近で木星に近づき周期が5.4年であることも判明した。確定番号は1930VIとなった。(神田 1930, Landgraf 1983, 斎藤 1983) Landgrafによる軌道データから予報される輻射点(1950.0分点)は以下の通りである。

◎77.0° α 219.8° δ +44.8° Δ 0.006A.U. V_e 13.7km/s

予報に従い中村は6月9日の晩、月齢が不利であったにもかかわらず、この彗星に伴うと思われる流星雨を観測した。H.R.は60で輻射点は α 236° δ +42°であった。その多くは5~6等の微光流星で4等以上のものは12個にすぎなかった。この時、塩見も観測に成功した。(中村 1930a, b)

P/Schwassmann-Wachmann 3はその後行方不明となったが1979年8月中旬オーストラリアのJohnstonによって13等級の小彗星として偶然再検出された。近日点通過は予想より35日遅れた。確定番号は1979VIIIIである。(長谷川 1979, Landgraf 1983) 1979年に観測されたH₀は11.5等で周期彗星としては暗いほうであり、1930年以来10公転しているはずであるが、H₀は1930年当時と殆ど変わらない。(Meisel and Morris 1982) 1985年にも回帰が期待されていたが再び見失われた。

この彗星に伴う流星群はその後、明かな活動は示していないが小関(1981)は各種流星群の軌道カタログから1930VIに関連すると思われるものを9個みいだした。Polonskaya(1967)によるとこの彗星は1886年頃より地球に接近する軌道を持つようになった。その結果今日まで20回公転していることになるが、その程度ではとても定常流星群としてのFilamentが完成されているようには思われない。流星群として観測される場合、ジャコビニ群と同様に母彗星回帰前後に限られるのではなかろうか。

P/Schwassmann-Wachmann 3はMarsdenとRoemer(1982)によると1990年には、比較的好条件下に位置し、流星群出現の期待も持たれる。(軌道図参照) MarsdenとRoemerの予報軌道から計算される輻射点(1950.0分点)は、

◎60.34° α 209.5° δ +25.0° Δ 0.043A.U. V_e 13.2km/s うかがい、おぼろ

となり1930年時に比べ両天体の軌道間距離が約7倍と大きいのが、彗星が交点(最接近点)を通過してから24日後に地球がその点を通る為、この群の観測には絶好の機会である。それは5月22日頃になる。1930年同様微光流星が豊富であれば、観測には眼視、望遠鏡、電波、TV等による方法が有利であろう。

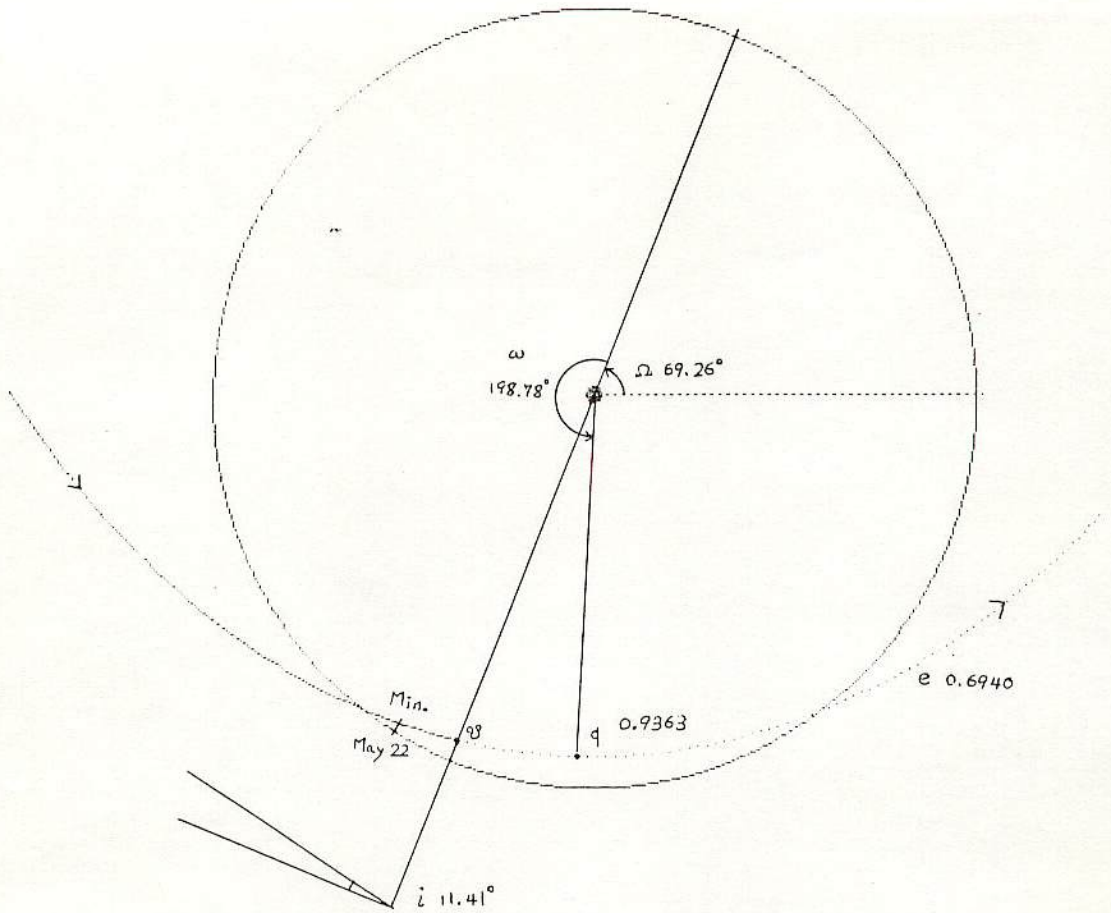


図 P/Schwassmann-Wachmannの1990年の地球付近における軌道

参考文献(References)

- 長谷川一郎(1979) 山本速報 No.1921,1922,1924
 神田 清(1930) 流星と隕石(三省堂) pp.60.
 Kazimirchak-Polonskaya,E.I.(1967) Trudy Inst.Teor.Astron., 1 2 ,63.
 小関正広(1981) 天界, 6 2 ,123.
 Landgraf,W.(1983) Sterne, 5 9 ,159.
 Marsden,B.G. and Roemer,E.(1982) In Comets, ed.L.L.Wikening(Arizona) pp. 707.
 Meisel,D.D. and Morris,C.S.(1982) ibid.,pp.413.
 中村 要(1930a) 天界, 1 0 ,268.
 (1930b) Monthly Notices, 9 1 ,204.
 斎藤馨児(1983) 彗星(講談社) pp.66.

流星物理セミナー資料集 ～第50回記念～

発行者 : 流星物理セミナー(担当: 重野好彦)
協力 : 寺田充、大西洋、戸田雅之
表紙 : 藤山浩司
発行部数 : 150部
発行日 : 1989年7月16日

