



in 有田川町

日本流星研究会発足50周年記念

きのくに和歌山流星会議

2018 9/8^土~9^日

メイン会場

鳥屋城公民館 (有田川町大字中井原154番地)

9月8日(土) 13:00~15:30 9月9日(日) 9:00~12:00

講演会会場

金屋文化保健センター (有田川町大字金屋7番地)

9月8日(土) 16:00~17:30 (15.30開場)

後援：有田川町教育委員会

共催・協力団体（順不同）：

有田川町天文クラブ、紀の川市天文サークル、みさと天文台友の会、高野山天文同好会、橋本市天文同好会

主催：日本流星研究会 第59回流星会議実行委員会

ご挨拶

本年で日本流星研究会は創立 50 周年を迎えた。日本流星研究会の生みの親である小槇孝二郎先生の活動拠点であった金屋でこの年に流星会議が開催されることには大きな意義がある。先生は 1969 年にお亡くなりになったので、今年は仏式でいう 50 回忌（弔い上げ）にあたる。50 年たっても縁者が集まれるというので、お祝いになるともいう。今回の流星会議は、小槇孝二郎先生の弟子、孫弟子たちが集う、お祝いの会ということができよう。

1968 年に日本流星研究会が紀伊天文同好会から分離して後も、小槇孝二郎先生夫人の茂代様はじめ地元の方々のお世話で、天文回報の印刷（ガリ切）・発送が続けられた。事務局が藪氏のもとに移転され、次第に金屋とのつながりが失われていったが、日本流星研究会にとって、金屋は生地であり、聖地であった。

日本流星研究会の設立 50 周年が近づくにつれて、会員・幹事の中で流星会議の金屋開催ができないだろうかというつぶやきが多くなっていった。関西地区の会員を通して、準地元に住まれる上山泰巨さんに打診したところ、快諾をいただき、本日開催の運びとなった次第である。

金屋町（現有田川町）での流星会議開催は今回で 4 回目となる。前回は 1979 年であったので、ほぼ 40 年ぶりということである。当時、体育館に雑魚寝をしたという思い出の持ち主も少なからずいる。当時の青年も年をとったので、今回は宿泊施設にお世話になる。これも小槇孝二郎先生のご縁が長く続いている証であろう。

個人的なことになるが、前回 1979 年開催の折には、申し込みをし、前泊の宿の手配までしていたが、やむを得ない事情が発生して参加を断念した。それだけに今回の開催には特別な思いがある。また、茂代様、清嗣様のご厚意に甘えて、ご自宅に泊めて頂いて、文献調査をした思い出もある。その折には夏蜜柑を揺すりながら走る電車に乗ったことを思い出す。金屋（有田川町）がどのように変わったのか、また、変わっていないのか、楽しみである。

本会、会員の少ない地域にあたり、教育委員会また地元の天文愛好家の方々の大いなるご助力なしには到底、開催は不可能であった。会員の中で、地元の援助がなければ無理との声があり、組織内部でも開催をお願いすることに些かの躊躇があったことを告白する。本日を迎えられたことには、ひたすら感謝するのみである。

日本流星研究会
会長 小関正広

きのくに和歌山流星会議ようこそ

流星会議は今年で 59 回目を迎え和歌山地区での開催は 4 回目となります。前回は 1979 年に金屋中学校で開催、その時の参加者約 110 名でした。今回参加された方の中で、39 年前の 1979 年に参加された方が 11 名おられます。当時は地方鉄道の有田鉄道が金屋口まで運行されており、丘の上の金屋中学校まで歩かれた方もおられたことと思います。時代も変わり有田鉄道の鉄道部門は 2002 年に廃止となり、そのころの名残が鉄道公園とポッポ道が残っているのみです。当時は参加者も若い人が多く、夜のグラウンドで流星観測も行われた方もおられたと思います。当時は金屋町でしたが、周辺の町と合併して現在は有田川町となっています。

日本流星研究会の発足 50 年に金屋で流星会議の開催についての数年ほど前に打診がありました。スタッフとして和歌山県内の天文愛好者グループに呼びかけ、5 グループの協力を得て開催できる運びになりました。又、有田川町教育委員会から後援をいただき開催の弾みをつけることができました。

当初は 8 月開催を目指していましたが、諸事情により 9 月開催になり、参加者が少なくなることを懸念しましたが、ほぼ例年並みの参加者となりまして安堵しました。実行委員一同、充実した会議になるように努力してきましたが、いろいろと不手際もおかけすることもあるかと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

第 59 回きのくに和歌山流星会議実行委員会
代表 上山泰巨



プログラム

9月8日

13:00～13:30 受付

13:30～13:45 開会行事

- ・ 歓迎の挨拶 きのかに和歌山流星会議実行委員
- ・ 開会の挨拶 小関正広（日本流星研究会会長）

13:50～15:10 研究発表 I

- ・ 嵯峨山亨 オリオンテイルと呼ばれる流星群の活動
- ・ 司馬康生 η おとめ群の4年周期
- ・ 河越彰彦 オリオン座 χ 流星群の軌道的性質と放射点構造(分枝)についての考察
- ・ 杉本智 流星動画から分かること

15:10～15:40 参加者の自己紹介 I

15:40～15:50 記念撮影

16:00～17:30 講演会

「小槇孝二郎先生と日本流星研究会」小関正広（日本流星研究会会長）
会場：金屋文化保健センター

9月9日

9:00～9:30 日本流星研究会総会

9:30～9:40 参加者の自己紹介 II

9:40～11:40 研究発表 II

- ・ 小林美樹 流星眼視観測ビキナーエイド 2
- ・ 上田昌良 地球大気で流星が顕著な減速を始める高度
- ・ 鈴木悟 散在流星の年周変化からの考察
- ・ 藤原康徳 流星のクラスター現象
- ・ 柳信一郎 1/30 秒間の流星のイメージ
- ・ 佐藤幹哉 ダスト・トレイルモデル解析による各流星群の動向

11:40～12:00 閉会行事

- ・ 講評 吉田孝次（日本流星研究会副会長）
- ・ 次期開催地挨拶
- ・ 実行委員閉会挨拶

※午後より、オプションツアーとして、小槇孝二郎先生のお墓参りを実施。

研究発表一覧

口頭発表

- 嵯峨山亭 オリオンテイルと呼ばれる流星群の活動
- 司馬康生 η おとめ群の4年周期
2007年から2018年までの12年間のSonotaCo Networkの観測から η おとめ座流星群の活動を調査した。その結果、4年間隔で明確な出現が見られる事が分かった。これは、木星周期と1:3の共鳴関係によると推察できる。
- 河越彰彦 オリオン座 χ 流星群の軌道的性質と放射点構造(分枝)についての考察
- 杉本智 流星動画から分かること
撮影された流星動画をどのように解析して何がわかるのか。実物をもとに動画で見た流星・流星痕・流星スペクトルについて解析結果の一部を紹介する。
- 小林美樹 流星眼視観測ビギナーエイド 2
流星の眼視観測は金銭的な負担を考慮せずに行える。しかし、初心者にとってはバードルの高い部分もある。眼視観測の難しい点を初心者はどうクリアすれば良いかを皆で考えたいと思います。
- 上田昌良 地球大気で流星が顕著な減速を始める高度
TV同時流星の軌道計算から顕著な減速を始める高さを調べた。この流星の突入角、速度、質量(明るさ)との関連をも調べてみた。
- 鈴木悟 散在流星の年周変化からの考察
2015年7月から3年間のTV一点観測から作成した年周変化を元に分かったこと、特に散在流星を中心として考察をした。できれば、散在流星と境目にあるような小流星群にも目を向けていきたい。
- 藤原康徳 流星のクラスター現象
2018年4月19日03時13分53秒にビデオ観測で捉えられた流星のクラスター現象について紹介する。
- 柳信一郎 1/30秒間の流星のイメージ
最近では4Kカメラを用いた流星ビデオ観測も普及している。今回の発表は4K30pで撮影された流星動画から、1フレームごとに画像を切り出し、1/30秒間の流星のイメージを考察する。
- 佐藤幹哉 ダスト・トレイルモデル解析による各流星群の動向

ポスター発表

- 松本誠樹 惑星電波と流星電波観測の機器
自宅での機器例の紹介

1. はじめに

日本流星研究会 (NMS) は本年で創立 50 周年を迎えたが、その源流は紀伊天文同好会 (KTD)、さらに、東亜天文学会 (OAA) の流星課に遡る。これは、NMS が山本一清を始祖とし、小槇孝二郎という学識のみならず、指導力に優れた弟子が継承、発展させたということである (以下では、小槇孝二郎と敬称を略させていただき失礼をお許しいただきたい)。

参会者のみなさまに小槇孝二郎のこの「学識」、「指導力」という両面についてお伝えできればと願う。

2. 教育者として

小槇孝二郎は教職にあったのであり、その意味での「教育者」を語るとしたら、小生は適任でない。しかし、小槇孝二郎は天文学普及、流星観測・研究の推進にあたって、優れた教育者・指導者であった。アマチュア向けの流星観測の手引書として長年にわたって読み継がれてきた『流星とその観測』の冒頭に載せられた〈涼み台の夕〉から、少し長くなるが初めの部分を引用する。

洋之 (中学 3 年)、安子 (中学 1 年)、幸子 (小学 5 年) の兄妹 3 人は、ちょうど墓参に帰ってきている叔父から、涼み台で、すみきった夏の夜空をおおきながら、星の話をきいている。

天頂近く青白い織女星 (こと座 α) が輝いており、天の川をはさんで東に牽牛星 (わし座 α) と、その北方天の川の中にはデネブ (はくちょう座の α) とが夏の大三角形をつくっている。南天にはアンタレス (さそり座 α) が妖しい赤い光を投げている。

洋之、 “すると叔父さん、惑星はいつもだいたい黄道付近に見えているわけですね”

叔父、 “そうだよ、黄道からはなれた、おおぐま座やカシオペア座に惑星がくくることもなければ、また織女星や牽牛星の付近にくることもないわけだ。これとちがって、彗星 (ほうきぼし) の方は黄道をはなれてどこにみえるかも知れないのだ”

その時、東の空高く、大きい流星が尾をひきながら、北から南へ飛ぶのを、安子と幸子が見つけた。
“あれっ！ すごい流れ星”

ときげんだ、南の空をながめていた叔父も洋之も東天に眼を向ける。

長年、教壇にたつてこられた経験、また、語り掛ける対象に対する姿勢がよくわかる文章である。書物全体としては、決して小中学生だけを対象にして書かれたものではない。成人の観測者が座右に置くものとして高度な内容にも触れられている。しかし、小中学生が自然にその高みにまで挑戦しようと意欲をそそられるよう意図されていることがわかる。

『流星とその観測』の中でも、鳥屋城中学校の観測が紹介されている。また、NMS が主催する流星会議でも鳥屋城中学校の生徒たちが発表をされたことがある。

特に金屋周辺では、小槇孝二郎が教職から去った後も、その流れの中で中学校での優れた指導がなされている。日本学生科学賞学校賞に 1969 年 (金屋町立鳥屋城中学校「流星の継続研究」天文部・垣内永次口ほか 26 人)、1977 年 (金屋町立金屋中学校「流星を追って」天文クラブ・小槇克也ほか 30 人) という特筆すべき成果が上げられている。

生石高原天文台が創設されたことも、金屋地区における天文愛好者のレベルの高さ、伝統を物語っているといえる。

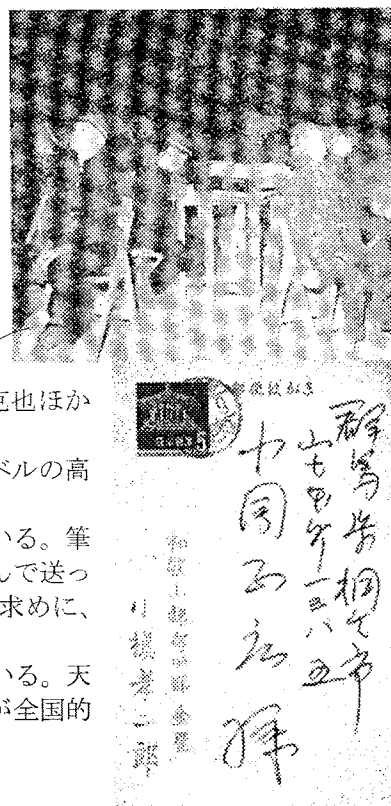
小槇孝二郎の指導を受けた者は、金屋地区にとどまらず、全国に及んでいる。筆者もその恩恵に与った一人である。中学生の時、『流星とその観測』を読んで送った質問にお返事で頂いた葉書は宝物である。全国各地から送られた様々な求めに、丁寧に応じられた姿こそ、小槇孝二郎という「教育者」の姿であった。

この小槇学校は、アマチュア天文家として有名な人々を多数輩出している。天文愛好家が指折り数えれば、十指に余るであろう。現在の日本流星研究会が全国的に活動しているのは、小槇学校の弟子、孫弟子の活動によるものである。



略年表

1903	岡山県で誕生
(1920	天文同好会(OAA)発足)
1921	OAA 入会
1925	鳥屋城小学校着任。結婚。
1928	流星課長就任
1935	『流星の研究』出版
1943	紀伊天文同好会を組織
1956	日本流星員会を組織
1968	日本流星研究会発足
1969	逝去



3. 流星研究家として：国内と海外

OAA 入会の後、当時の流星課長であった中村要とともに流星群の観測を開始する。その後 OAA の流星課長になるとともに、京都帝大嘱託として国内の流星観測の普及に尽力する。活躍ぶりは OAA の機関誌「天界」に発表されている論文から知ることができる。

“Meteors”という書籍、また、その筆者である C.P.Olivier から受けた影響がその後の活躍の場を海外へと広げることになる。‘Meteors’を骨子とした『流星の研究』の出版は京都帝大嘱託として花山天文台で行っていた文献調査の成果であるとともに、国際的な活躍への契機となる大きな意義を持っている。小槇孝二郎には山本一清と C.P.Olivier という二人の師がいたと言っている。

まずは、国内での活躍ぶりを見ることにする。『流星の研究』から山本一清による序文の一部を引用する。

一前略一流星の専門書は欧米にも二つ三つしか現はれてゐない。こゝに我が國に於いて小槇君が始めて自信に満ちた本書を著されるに至ったことを自分は心から喜ぶものである。小槇君と流星との因縁は可なり長い。確か昭和二年の夏の頃であつたか、自分は小槇君が堺濱の假寓を訪れられた時『流星の専門家として、一つウンとおやりなさい』と勧めたときのことを思ひだすが、それ以来、同君が實地観測上の努力と全國の同志を指導される熱心とは、遂に此の書物を生み出すに至つたものである。此の書が廣く讀まれて、更に多くの流星観測者が世に現はれ、日本の學界が實力上いよいよ諸外国のそれ等と伍して、宇宙學的にも、實用的にも益々進歩發展せんことを望んで止まない。

国内における眼視観測で指導的な立場であつただけでなく、1945 年にはこと座流星群の突発出現に遭遇し、貴重な記録を残している。

小槇孝二郎は 1930 年頃から喘息の発作に悩まされていたが、1953 年に肝臓炎で入院治療した後に喘息も平癒する。1954 年には教職から退き、静養に努めたとの言葉が残されているが、1955~60 年の間、OAA 流星課の筆頭観測者であつた。

どのような経路で伝えられたのかは、不明だが旧ソ連で発刊された“Физическая теория метеоров и метеорное вещество в Солнечной системе”, Б.Ю.Левин, 1956, «Наука», Москва に輻射点高度による流星数の補正について研究が引用されている。

В Яннии К. Комаки по наблюдениям Геминид нашел эмпирическую формулу

$$N_z'(m) = N_0'(m) \cos z (1 - 0,2 \sin z).$$

При низком положении радианта, когда $\sin z \approx 1$, эта формула дает $N_z'(m) \approx N_0'(m) 0,8 \cos z$, что едва ли правильно, но при малых z получается более крутой ход, чем $\cos z$, что соответствует теоретическим ожиданиям.

1957 年に Provisional Report という英文の流星観測報告を発刊するようになって以降は、海外で日本を代表する流星観測・研究家として広く知られるようになった。‘Second Catalog of Hourly Meteor Rates’ (Olivier, C. P., Smithsonian Contributions to Astrophysics, Vol. 8, No.6, 1965, 171-180)には、Olivier による次のような謝辞が載せられている。

(用いられたデータの)多くが日本の金星観測所また日本流星委員会委員長の小槇孝二郎先生によるものであり、深く感謝する。また、彼は長年にわたる重要な AMS(American Meteor Society)の会員であり、彼によって Provisional Report が提供されてきた。—中略一本カタログの多くをアメリカと日本の観測によっている。

右に Olivier のカタログを一部示すが、地方時で毎日、毎時の 1 時間当たりの流星数を示すものである。小槇孝二郎は 1936 年以來の AMS の会員であり日本流星研究会を The Nippon Meteor Society(NMS)と称するのも AMS と兄弟の関係であることを示している。

no. 6

SECOND CATALOG OF HOURLY METEOR RATES

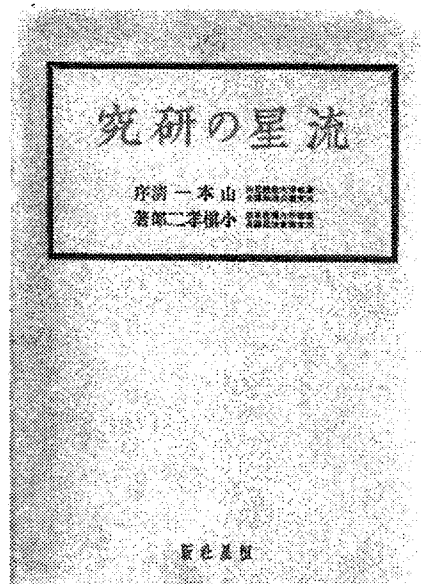
179

AVERAGE HOURLY RATES OF VISUAL METEORS—Continued

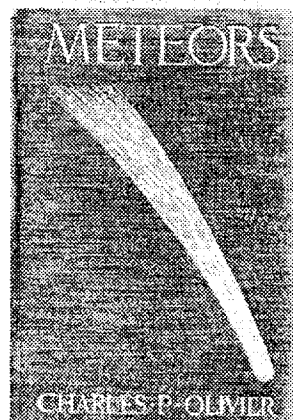
Month and Day	Local Astronomical Time															
	M ^{0h} O	M ^{1h} O	M ^{2h} O	M ^{3h} O	M ^{4h} O	M ^{5h} O	M ^{6h} O	M ^{7h} O	M ^{8h} O	M ^{9h} O	M ^{10h} O	M ^{11h} O	M ^{12h} O	M ^{13h} O	M ^{14h} O	M ^{15h} O
September																
1			6	2	14	4	10	2					4	2	10	2
2			4	1	7	7	12	2	14	2		8	1		10	4
3			5	3	8	10	12	7	(2)	1				15	1	8
4			8	2	7	2	11	3	3	1		1	2	5	3	(5)
5		4	5	9	5	6	9	6	9	2	11	3	14	4	10	2
6			1	1	8	5	10	5	17	5	12	1	16	1		4
7			19	3	12	5	10	4	7	3	(9)	1				8
8			6	1	10	5	15	3	8	2			8	1	6	4
9			18	2	7	5	3	4	9	1	10	1	12	1	8	1
10			12	2	12	5	8	3	6	5	10	2	8	2	10	4



山本一清



新装版



4. 小楨孝二郎と日本流星研究会

略年表に示したように、日本流星研究会を名乗ってから、小楨孝二郎が日本流星研究会を直接指導したのは1年間に過ぎない。しかし、小楨孝二郎によってしっかりと据えられた基礎の上に、日本流星研究会は発展をすることができたのである。決して、1968年に突然、日本流星研究会が生まれたわけではない。日本流星研究会は、OAA 流星課、紀伊天文同好会、日本流星委員会という大きな流れの末流なのである。

紀伊天文同好会の設立は1943年であり、これを含めて小楨時代が26年、それ以降が49年である。小楨孝二郎の死後も、事務局・本部はしばらく金屋町に置かれていたが、藪保男が小楨孝二郎の担ってきたもののほぼすべてを引き継いでいた。しかし、現在では事務局、出版局と分担を分け、幹事会の諸連絡もメールが中心となり、幹事も全国各地に広がっている。

天文回報の発行は、前身の天文速報を継承し、昨年7月で900号に達した。本年の8月号(No.913)は24ページ、表紙はカラー印刷になっている。内容は流星の観測報告が主体であり、伝統の眼視観測のまとめの他、近年盛んとなっているビデオ観測の報告、メール上のやりとりの抄録等、新しいものも取り入れている。

また、星の友は紀伊天文同好会の会誌として1949年に発行されたものを引き継ぎ、昨年の長谷川前会長追悼号でNo.41となっている。紀伊天文同好会時代の編集方針を受け継ぎ、内容は流星の観測・研究に限らず、会員相互の交流誌となっている。

Provisional Report は、輻射点を求めるのに眼視観測よりも写真観測が主流になりつつあった1970年のNo.84をもって終刊となった。この他、星の友、天文回報に分散して掲載されていた会員の論文をまとめようという気運が高まり、6号まで出している。

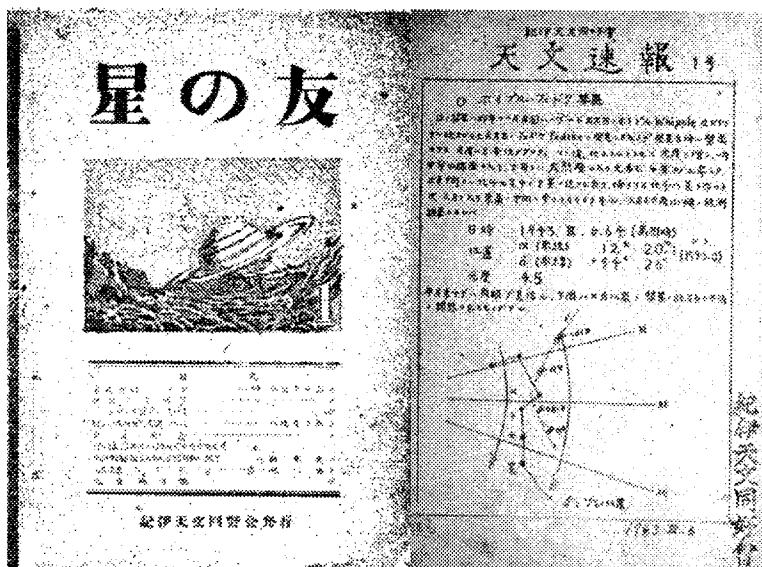
流星会議の第1回を小楨孝二郎は1954年に山本天文台で開催されたものとし、1962年に山口市で開催された「西日本流星及び流星塵観測者会議」を第8回としている。しかし、天文回報では1967年のものを第8回流星観測者会議としており、現在はそれに従った回数表記になっている。初期においては流星観測者会議と称されることが多かったが、1975年に滋賀県で開催されて以降は流星会議という名称で定着している。本年で59回目となるが、有田川町(金屋町)では第5回、11回、20回と開催しており、今回で4回目となる。日本流星研究会創立50周年を記念して、金屋で流星会議を開催できないかという願いは幹事会で数年前から聞かれていた。このたび、和歌山および関西地区の会員の働きかけに地元の方々が快く応じてくださり、本日を迎えることができたことを会を代表して心より感謝申し上げる。

5. おわりに

日本流星研究会が小楨孝二郎というOAA、KTDという流れの中で誕生したことを述べてきたが、第二代村上忠敬、第三代長谷川一郎の会長もこの系譜につらなるものである。小楨学校の伝統は受け継がれ続けている。小楨孝二郎生前、最後の星の友となったNo.18に掲載された文章を引用して、本稿を締めくくるとしたい。星の友No.18「協力と永続を望む」

一前略アマチュアは無論名利のために働くものでもなく、これによって実利を得ようなど考えてはなるまい。観測すること自体に喜びを味わうべきであろう。アマチュアはアマチュア精神に徹すべきものであるという広瀬秀雄先生(東京天文台長)の言を十分かみしめてほしいものである。

自分には協力する同志がいる。利害関係でなく楽しい趣味を等しくするあたたかい血の通った集いこそ真のよろこびである。



η おとめ座流星群 (EVI) の 4 年周期

司馬康生 (SonotaCo Net)

要旨

η Virginids (EVI; #11) について日本における自動 TV 流星観測網、SonotaCo Network の 2007-2018 年の活動を調査した。その結果 4 年周期で出現数が増減していた。また、IAU MDC における写真流星の記録から、1942 年以降に同様に 4 年周期が認められた。この 4 年周期は木星軌道と 1 : 3 の共鳴関係の結果生じた流星物質の集中部分 (swarm) の存在を示唆する。EVI 群は、消滅点高度の低い火球の割合が高い。

はじめに

η おとめ座流星群 (EVI) は 3 月、太陽黄径で $350^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 付近で活動する流星群である。極大は 357。付近である (Jenniskens et al., 2016)。眼視観測では、ZHR は 2 から 3 程度 (Kronk 1988) の小流星群である。2 月から 4 月に活動する "Virginids Complex" の一部を構成する (Kronk 1988) とされる。写真観測では Harvard Meteoric Program で 1940 年頃から記録されている (Letfus 1955)。

観測

この研究は、日本における自動流星観測ネットワーク "SonotaCo network". (SonotaCo 2009) の観測データに基づく。観測者によって日々アップロードされている解析データをダウンロードして使った。期間は 2007 年から 2018 年である。輻射点分布は、太陽黄径 340° から 10° に対して描いた。また、太陽黄径 $350^{\circ} \sim 5^{\circ}$ の期間に対して EVI 群の得られた軌道数を集計した。

一方、IAU meteor data base による photographic orbit data に対して D 判定 (Drummond 1981) を使って EVI 群を抽出した。その際、基準になる軌道要素は、上記 SonotaCo Network の観測結果から決定した数値を使った。

結果

SonotaCo Network のデータから太陽黄径 $340 \sim 10^{\circ}$ (J2000.0) の期間に、修正輻射点の赤経 $165^{\circ} \sim 200^{\circ}$ 、赤緯 $-15^{\circ} \sim +15^{\circ}$ の範囲から出現した流星の輻射点分布を図 1 に示す。その結果、2009, 2013, 2017 年の 4 年間隔で最も顕著な輻射点の集中が見られる (以下、Phase 3 とする)。その 1 年後の 2010, 2014, 2018 年にもそれに次ぐ輻射点の集中が確認できる (Phase 4 とする)。その他の年には明確な集中は見られない (Phase 1 と 2 とする)。

ここで、2009, 2013, 2017 の集中部分から EVI 群の平均軌道を求めた。結果を表 1 に示す。

表 1 EVI 群 (Phase 3) の平均軌道

R.A.	Decl	Vg	-a	-q	-e	-p	-peri	-node	-incl
183.919	+2.819	26.922	2.298	0.441	0.8081	3.48	284.32	355.32	5.05

表 1 の項目は次のとおりである。"R.A." は輻射点赤経 [deg], "Decl" は輻射点赤緯 [deg], "Vg" は地心速度 [km/s], "a" は軌道長半径 [AU], "q" は近日点距離 [AU], "e" は離心率, "p" は軌道周期, "peri" は近日点引数 [deg], "node" は昇交点黄径 [deg], "incl" は軌道傾斜角 [deg] である。

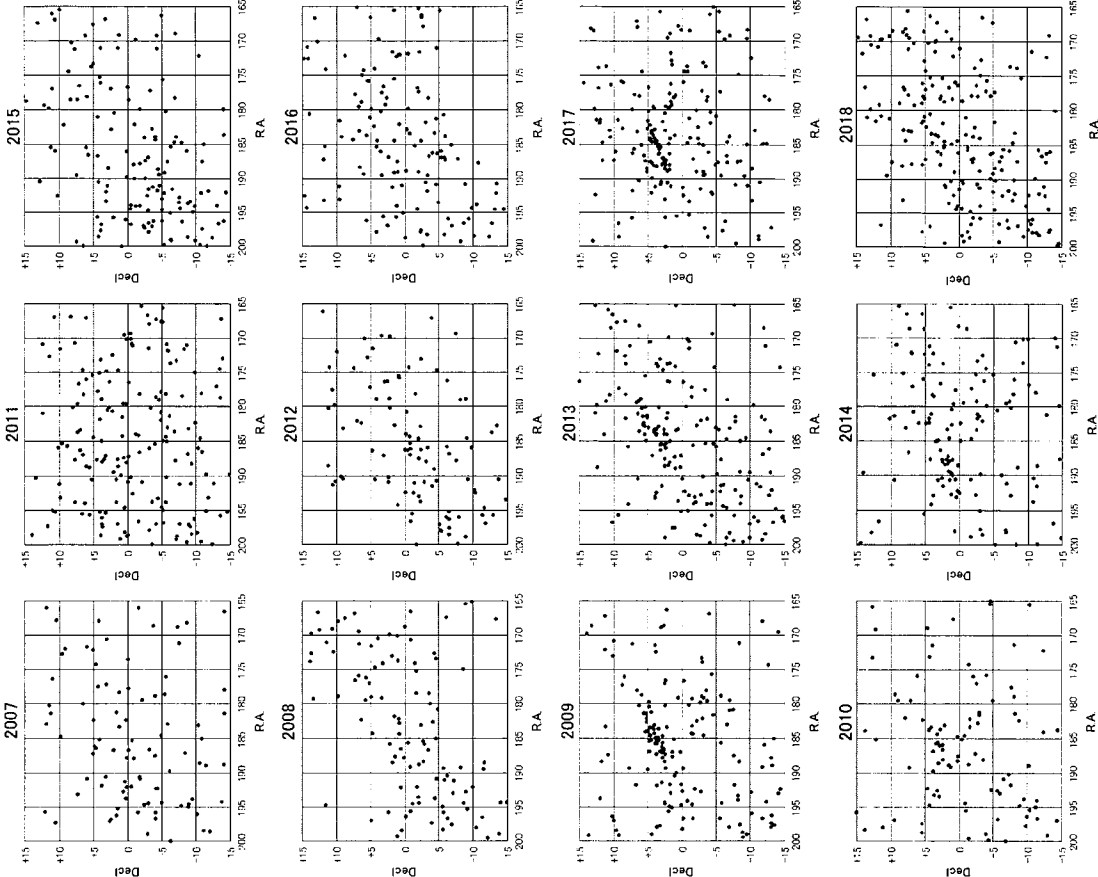


図 1 各年の輻射点分布

また、輻射点移動は次の通りである。

$$R.A. = -0.748(R.A. - 355.32) + 183.919$$

$$Decl = -0.243(R.A. - 355.32) + 2.818$$

表 1 の軌道要素を元に、Phase 4、および Phase 1&2 の EVI 群を D 判定 (Drummond 1981) を使って

抽出した。抽出した流星によるそれぞれの平均軌道は表 2 の通りである。

表 2 η おとめ群の平均軌道

	R. A.	Decl	V _g	_a	_q	_e	_p	_peri	_node	incl
Phase4	185.466	+1.556	27.057	2.246	0.433	0.8073	3.37	285.26	356.72	4.75
Phase1.2	185.566	+0.791	27.091	2.325	0.437	0.8121	3.55	284.71	357.48	4.36

また、輻射点移動は次の通り。

Phase 4

R. A. = 0. 831 (R. A. -356. 724) + 185. 466

Decl = -0. 236 (R. A. -356. 724) + 1. 556

Phase 1,2

R. A. = 0. 8194 (R. A. -356. 386) + 185. 566

Decl = -0. 1096 (R. A. -356. 386) + 0. 7913

Phase 3、Phase 4、Phase 1,2 の輻射点赤緯を比べると、出現が弱くなるほど南に位置する。

表 2 観測流星数と平均光度					
Year	Sporadic	EVI	EVI/SP[%]	Mag(EVI)	Mag(Sp)
2007	352	10	2.84	+0.10	-0.34
2008	194	3	1.55	-0.46	-0.46
2009	497	61	12.27	-0.68	-0.41
2010	339	16	4.72	-0.27	-0.52
2011	349	6	1.72	-0.30	-0.52
2012	352	14	3.98	-0.46	-0.71
2013	566	34	6.01	-0.36	-0.38
2014	348	25	7.18	-0.55	-0.78
2015	469	11	2.35	-0.60	-0.60
2016	359	15	4.18	-0.19	-0.71
2017	376	43	11.44	-1.20	-0.48
2018	547	24	4.39	-0.98	-0.52

観測、計算された軌道数と平均光度を表 2 に示す。
このうち、散在流星に対する EVI 群の割合を図 2 に、平均の光度を図 3 に示す。集計に用いたデータは太陽黄径で 350 ～ 5 ° である。表 2 は、左より、観測年、散在流星数、D 判定により EVI 群と判定された流星数、散在流星に対する EVI 群の割合[%]、EVI 群の平均光度、散在流星の平均光度、である。

EVI 群の割合は、2009,2017 年に目立って高い。続いて 2014,2013 年である。また、EVI 群が多かった 2009,2017 年は、平均光度も明るかった。なお、2008 年が明るく見えるが、資料が少ないことに注意して欲しい。

太陽黄径の 1 ° 間隔に対する、EVI 群の割合を、Phase1,2、Phase3、Phase4 のそれぞれに対して求め、図 4,5,6 に示した。

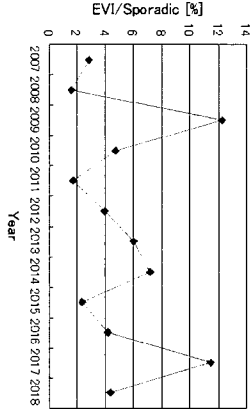


図 2 毎年の EVI 群流星の割合

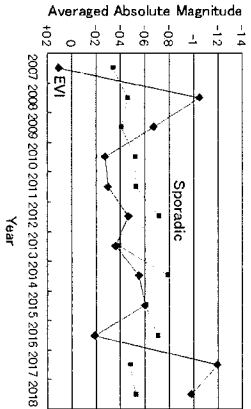


図 3 EVI 群と散在流星の平均光度

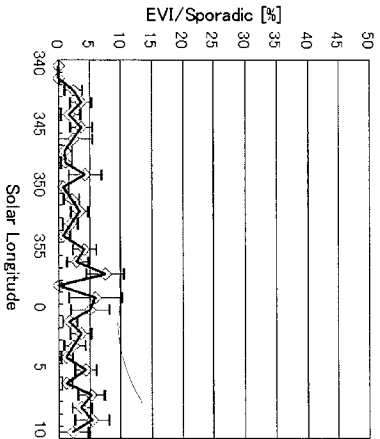


図 4 Phase1,2 の活動曲線

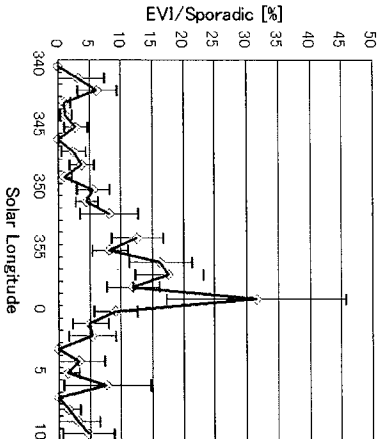


図 5 Phase3 の活動曲線

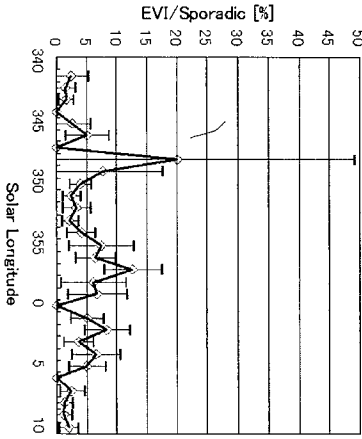


図 6 Phase4 の活動曲線

Phase3、Phase4、Phase1,2 の軌道要素について、太陽黄径に対する軌道半長径 (a)、近日点黄径 (β)、軌道傾斜角 (i)、近日点距離 (q) を図 7 に示した。Phase1,2 の分布はいずれも幅広い。それに対して Phase3 は明らかな集中部分が認められる。Phase4 は、Phase1,2 に Phase3 が弱く加わったような分布である。

Phase1,2 (2007,2008,2011,2012,2015,2016 年) では、明確なピークが見られず、Anti-helion の一部を見ている可能性が高い。Phase 3 (2009,2013,2017 年) は、350 ～ 6 ° に EVI 群の活動が認められる。極大は 357 ～ 359 ° 付近である。極大出現数は Phase1,2 の 5 倍程度である。Phase4 は 354 ～ 6 ° の活動期間で極大は 357 ° と読み取れる。極大出現数は Phase1,2 の 2 倍程度である。図 6 では 348 ° の割合が大きい。観測流星数が少なく、エラーバーが目立って大きいことに注意して欲しい。

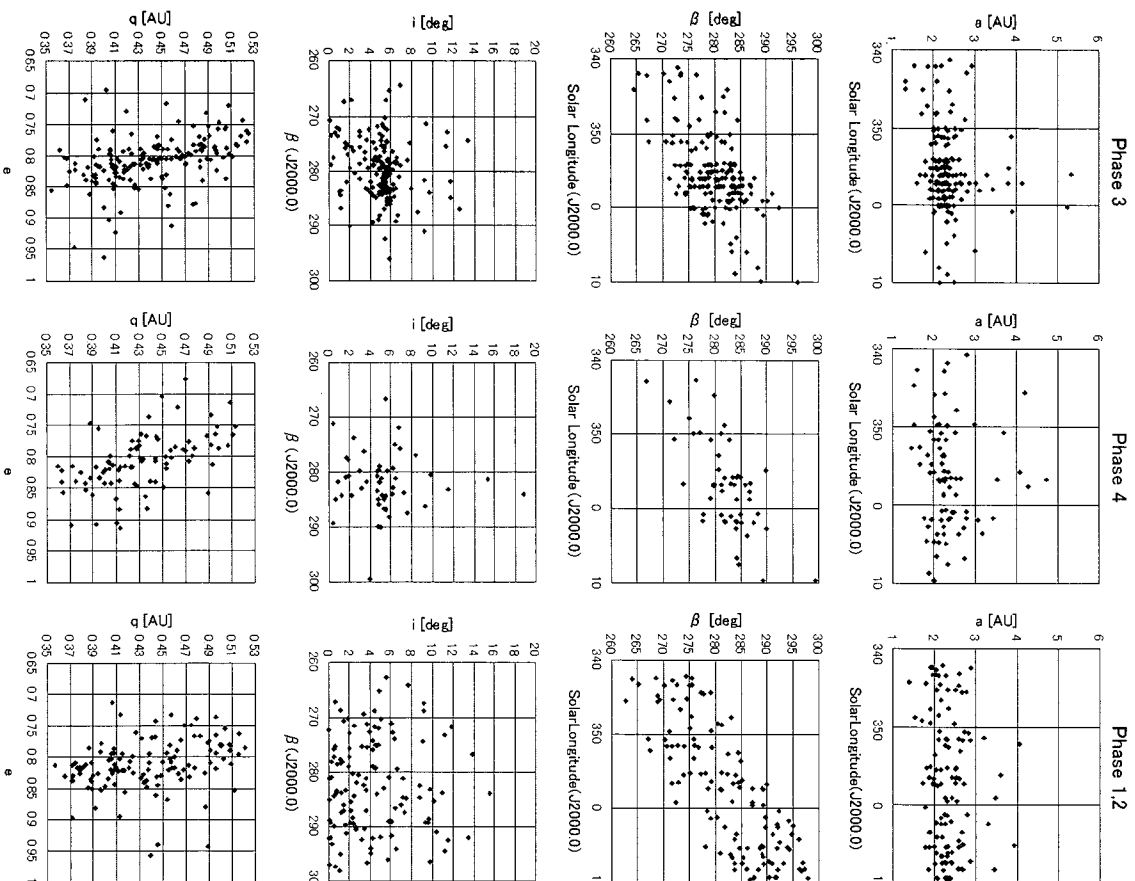


図7 EVI 群の軌道要素分布

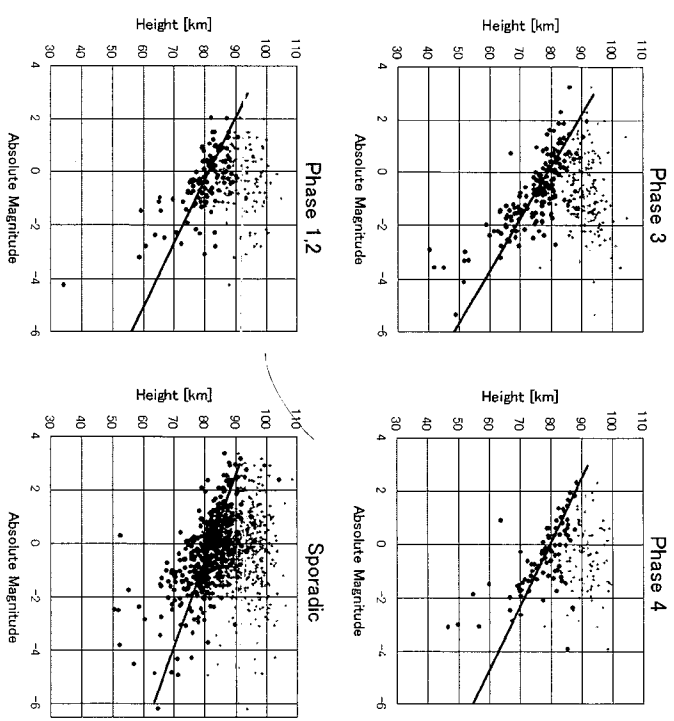


図8 EVI 群の発光点・消滅点高度

図8は、絶対光度に対する発光点(緑)、消滅点(赤)の地上高度の分布である。Phase3,Phase4,Phase1,2に加えて同時期の出現で $V_g=25 \sim 29.4\text{km/s}$ の散在流星を示した。また、発光点と消滅点はそれぞれ直線近似も合わせて図示した。散在流星の平均 V_g は、 27.26km/s で、Phase3のEVIと同じである。EVI群の明るい流星が目立って消滅点高度が低い流星が含まれる。

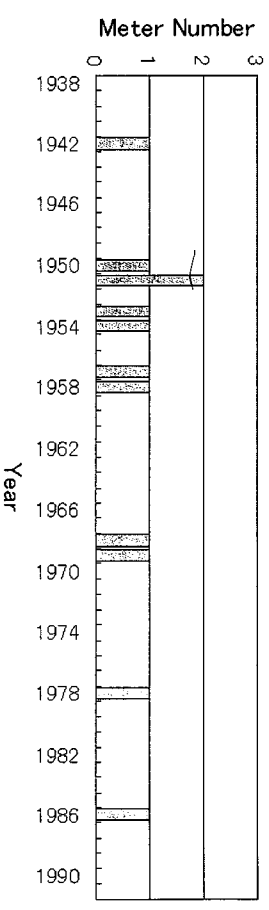


図9 IAU MDC の photographic orbit database による EVI 群の記録

IAU MDC の photographic orbit database (Neslusan 2016) から D判定 ($D<0.105$) を使って EVI 群を抽出した。その結果を観測年に対して集計した(図9)。図9では横軸の年数を4年間隔でラベルした。記録された流星は、4年間隔に該当する年が多い。

議論

12 年間の観測で EVI 群は 262 個である(表 2)。この数は小流星群のため統計的に質の高い解析を実施するには十分多いとは言えない。今後観測を続け、更に統計データを増やすことで解析の質を高められることを期待する。

EVI 群の活動が 4 年周期であることは、Sonotaco Net による 12 年間の観測と、1940 年代以降の写真観測 (Fig.9) からほぼ確実である。これに対して、表 1 に示した EVI 群の軌道周期は 3.48 年でありより短い。この差は、軌道計算の誤差と考えられる。EVI 群のような低速の流星で、消滅点が高い場合、一般に顕著な大気減速が認められる。その結果、UFOOrbit を使って計算される流星の速度が過小評価され、軌道周期は過小見積りになるだろう。この効果を考慮すると、EVI 群は木星の軌道周期 11.861 年と 1:3 の共鳴関係が成り立っている (3.954 年) と推察する。木星周期との軌道共鳴が成り立つことで、流星物質の集中部分 (swarm) が形成され、観測上の出現数の増減が観測できると考えられる。共鳴が成立する周期は 4 年より少し短いため、4 年後には平均近点角で約 17° ずれる。その結果、87 年後にはほぼ同じ EVI 群 swarm の平均近点角に遭遇する大周期も存在すると考えられる。もし、2009.35 年に Swarm の中心と遭遇したならば、1954 年頃、swarm の中央付近と遭遇したはずだ。写真観測の記録 (図 9) では、その頃にやや多いように見えるが、観測密度が一定とは言えないため、確認はできない。更にもう一周期前の 1867 年頃は流星についての科学的な観測の萌芽期である。Denning (1889) によると、おとめ群について「火球が多い」との記述があるが、正確な観測年は分からない。EVI 群の過去の 87 年の大周期の存在については、明確な資料は見できなかった。今後、swarm の中央付近と地球が遭遇するのは 2037.2041 年頃である。その頃、EVI 群の雄大な火球が現在より増加するかと興味深い。

一方、2007.2008.2011.2012.2015.2016 年は EVI 群はほとんど出現しなかったと言って良い。D 判定で EVI 群と見なされたが、実質的には Anti-helion の一部で軌道の類似した流星が抽出されたと考えて良いだろう。つまり、Fig.1 の輻射点分布、Fig.4 の活動曲線、Fig.7 の軌道要素分布で Phase1.2 では集中部分が無く、anti-helion の一部が D 判定によって切り出された見えていいると考える。つまりこの時期の Virginds complex (McBeath 1992) の主要な構造は、3 月を一定に近い割合で annual な出現を見せる anti-helion と、4 年間隔で出現する EVI 群が重なったものである。この判断は 2 月～4 月に領域で活動する 3 つの群に分類した (Molau et al 2013) を修正するものである。

Phase3 と Phase4 で観測された EVI 群の軌道要素は相互に明確な差は認められない (図 7)。軌道共鳴によって流星物質の集まった部分 (swarm) の違う場所で軌道の特徴の差は誤差の範囲と思われる。EVI 群が活発に出現した年には、その他の年と比べて平均光度が明るかった (図 3) ことが分かる。また、消滅点高度が散在流星と比べて低かった (図 8) ことも分かる。軌道共鳴によって集中した EVI 群の流星物質 (Phase3) は、散在流星より大きく、機械的強度の高い流星物質が多い。anti-helion に含まれる流星 (Phase1,2) はそれらの中間の性質を示している。

謝辞

この研究データは Sonotaco Network の公開された観測データを使ったものである。ネットワークを運営される Sonotaco 氏、および日々観測、報告をされ、品質の高いデータを提供される Sonotaco Net の観測者の皆様に感謝をする。小関正広氏からは、文献について助言を頂いた。

文献

- Denning W.F., (1899), "General Catalogue of the radiant of meteoric showers and of fireballs and shooting stars observed at more than one station", *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, Vol. 53, p.203
- Drummond J. D.(1981), "A test of comet and meteor shower associations", *Icarus*, **45**, 545-553.
- Jemiskens, P.; Neron, Q.; Albers, J.; Guzel, P. S.; Haberman, B.; Holman, D.; Morales, R.; Grigsby, B. J.; Samuels, D.; Johannik, C., (2016), "The established meteor showers as observed by CAMS", *Icarus*, **266**, 331
- Kronk, G.W., (1988), "Meteor Showers", Enslow Publishers Inc.
- Letfus, V., (1955), "The orbits of the Virginds and kappa Cygnids", *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*, vol.6, p.143
- McBeath, A., (1992), "UK visual results for the Virginds, 1988 - 1992.", *WGN, J. of the International Meteor Organization*, **20**, No. 6, p.226-237
- Molau, S., Kac, J., Berko, E., Crivello, S., Stomoe, E., Igaz, A., Barentsen, G., Goncalves, R., (2013), "Results of the IMO Video Meteor Network - March 2013", *WGN, J. of the International Meteor Organization*, **41**, No.3, p.96-100
- Neslusan, L., "IAU Meteor Data Center Photographic and Video Databases Version 2016", <https://www.astro.sk/~mef/IAUMDC/PhV2016/photo.html>

ANTVの軌道、
おぼろ --- DELTA1100
ANTVの軌道、
おぼろ --- DELTA1100

ダスト・トレイルモデル解析による各流星群の動向

佐藤 幹哉

■母天体の種類による分類

●短周期彗星

- ・木星族短周期彗星 10月りゅう座流星群、6月うしかい座流星群など
- ・ハレー型短周期彗星 しし座流星群、ペルセウス座流星群など

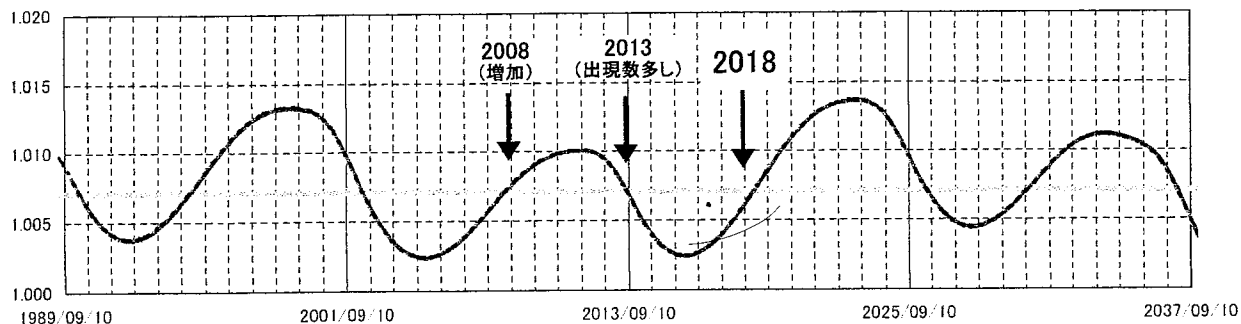
●長周期彗星

- ・母天体既知 こと座流星群(サッチャー彗星)、9月ぎょしゃ座流星群
- ・母天体未知 いくつかじゅう座 α 群、10月きりん座群など

■長周期彗星からの流星群一覧

名前	極大	概略	今後の出現		
■母天体既知のもの					
4月こと座流星群	4/22頃	C/1861 G1 (Thatcher)が母天体	2040	2041	
ぎょしゃ座群	9/1頃	C/1911 N1 (Kiess)が母天体			
■母天体不明(未知)のもの					
2月りゅう座 η 群	2/4頃	2011年にNASAのCAMSから発見	2023	2029	
4月やぎ座 α 群	4/7頃	2014年に下田さんが発見	2025	2032	2039
9月ペルセウス座 ε 群	9/10頃	2008, 2013年に流星数増加	2018	2026	2030
ぎょしゃ座 β 群	9/22頃	1968年に突発出現	2018	2019	2028
10月きりん座群	10/5頃	2005年にフィンランド・ドイツで発見	2018	2029	
いくつかじゅう座 α 群	11/22頃	1925, 1935, 1985, 1995年に突発出現	2018	2019	2041

■9月ペルセウス座 ϵ 流星群

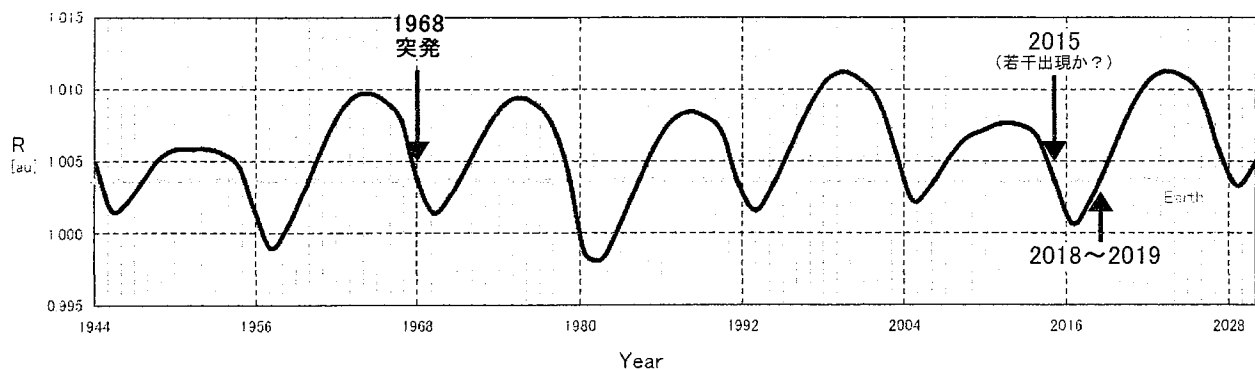


9月ペルセウス座 ϵ 流星群の1回帰ダスト・トレイル解析

放出年	予報極大時刻		Δr (距離) (AU)	放出 速度 (m/s)	fM	予報放射点		Vg (速度) (km/s)	備考
	日付 (UT)	時刻 (UT) 日本時 (JST)				α (°)	δ (°)		
1085	2018/09/09.80	19:12 09/10 04:12	166.801	-0.0011	+0.34	1.2	46.59	+39.23	64.70
1583	2018/09/09.80	19:15 09/10 04:15	166.803	-0.0011	+1.22	1.1	46.68	+39.26	64.65

- ・約1000年周期と約450年周期の仮定で、予報結果は「ほぼ」変わらない。
- ・今年は、ダスト・トレイルとかなり接近する可能性が高い
- ・時刻は9月10日4:15頃(日本時)、東京の天文薄明開始は3:50頃。
→ 西日本の方が条件が好い(福岡薄明開始:4:33)

■ぎょしゃ座β流星群

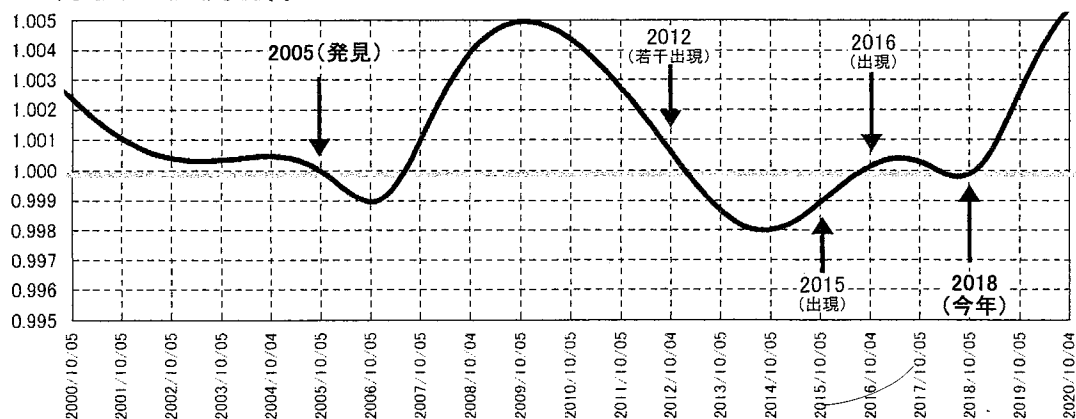


ぎょしゃ座β群のダスト・トレイル解析

放出年	日付 (UT)	予報極大時刻 時刻 (UT)	日本時 (JST)	太陽黄経 (J2000.0)	Δr (距離) (AU)	放出 速度 (m/s)	FM	予報放射点 α (°)	δ (°)	V_g (速度) (km/s)	備考
1054	2015/09/22.76	18:12	09/23 03:12	179.210	+0.00044	+3.69	1.2	87.97	+44.03	68.36	※若干出現か?
1054	2018/09/22.29	06:51	09/22 15:51	178.972	-0.0011	+3.92	1.3	87.76	+44.12	68.37	
1054	2019/09/22.56	13:23	09/22 22:23	178.983	+0.00095	+3.99	1.2	87.78	+44.12	68.33	

- ・2015年に赤木誠司さんによって出現が捉えられている
時刻は2時台 → 当方のダスト・トレイル解析とは若干の差がある
- ・今年(2018年)も比較的好条件だが、残念ながら昼間である。
- ・来年、再びチャンスが訪れる。 → 確認してみたい。

■10月きりん座流星群

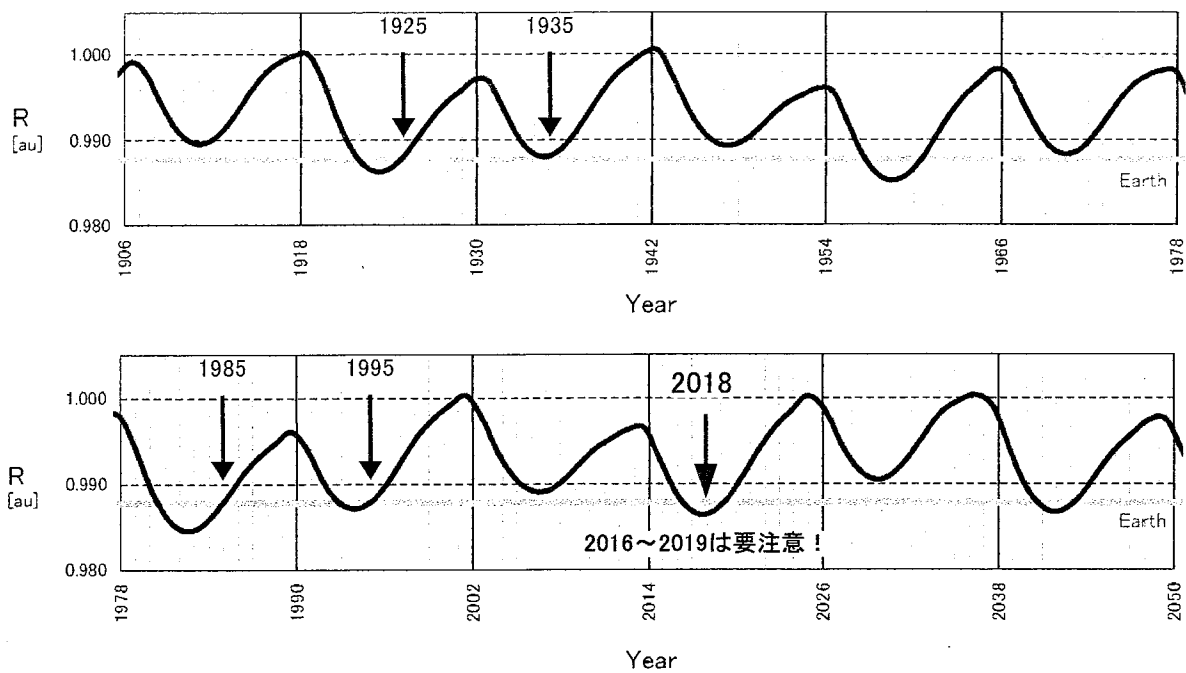


10月きりん座流星群のダスト・トレイル解析

放出年	日付 (UT)	予報極大時刻 時刻 (UT)	日本時 (JST)	太陽黄経 (J2000.0)	Δr (距離) (AU)	放出 速度 (m/s)	FM	予報放射点 α (°)	δ (°)	V_g (速度) (km/s)	備考
1068	2012/10/05.71	16:58	10/06 01:58	192.677	+0.00081	+0.53	1.0	163.67	+78.81	46.83	若干出現
1068	2015/10/06.38	09:03	10/06 18:03	192.580	-0.00090	+0.77	1.0	163.93	+78.89	46.81	出現
1068	2016/10/05.62	14:49	10/05 23:49	192.564	+0.00030	+0.84	1.0	164.05	+78.87	46.78	出現
1068	2017/10/05.86	20:43	10/06 05:43	192.557	+0.00047	+0.92	1.0	164.25	+78.90	46.75	
1068	2018/10/06.09	02:16	10/06 11:16	192.529	+0.000010	+0.99	1.0	164.33	+78.93	46.73	

- ・今年、2005年とほぼ同条件までダスト・トレイルが接近
- ・時刻は 10月6日 11:16頃(日本時) → 昼間 → (光学的に)観測するには、ヨーロッパ等の遠征が必要
- ・電波観測では、日本でも可能。

■いっかくじゅう座α流星群

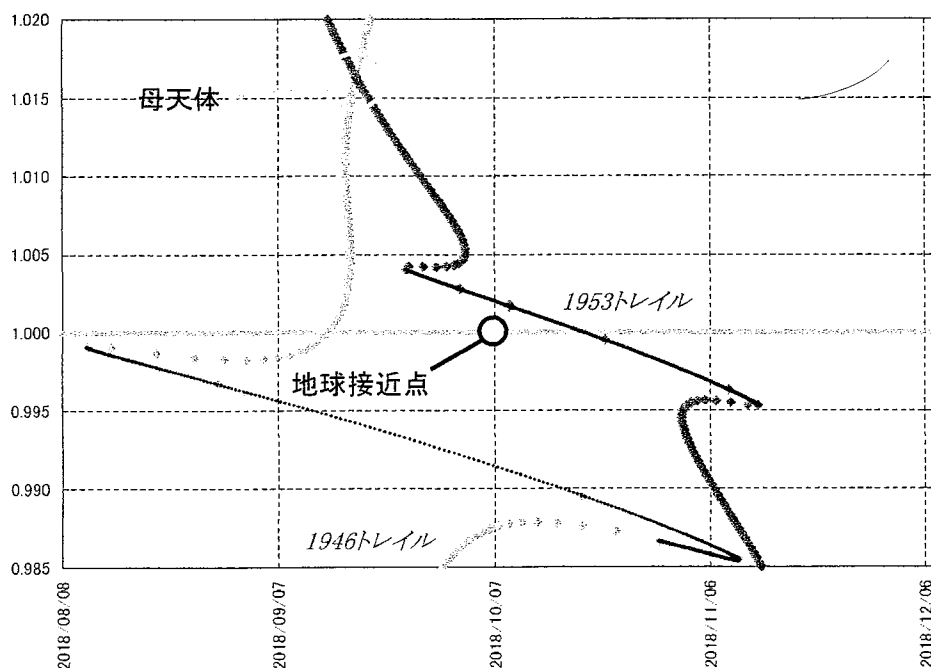


いっかくじゅう座α流星群のダスト・トレイル解析

放出年	日付 (UT)	予報極大時刻 (UT)	日本時 (JST)	太陽黄経 (J2000.0)	Δr (距離) (AU)	放出 速度 (m/s)	FM	予報放射点 α (°)	δ (°)	V_g (速度) (km/s)	備考
1068	2016/11/21.77	18:30	11/22 03:30	239.651	+0.00088	+1.14	1.0	117.19	+0.98	62.55	若干出現?
1068	2017/11/21.89	21:26	11/22 06:26	239.522	-0.0010	+1.20	1.1	117.12	+0.99	62.60	
1068	2018/11/22.03	00:50	11/22 09:50	239.402	-0.0013	+1.25	1.1	117.03	+0.99	62.61	
1068	2019/11/22.21	04:56	11/22 13:56	239.310	-0.00031	+1.30	1.1	116.99	+1.01	62.62	

- ・来年(2019年)が好条件。ただし、2018年、2019年とも日本では昼間である。
- ・電波観測も国内では難しい(放射点が沈んでいる)。

■10月りゅう座流星群(ジャコビニ群)

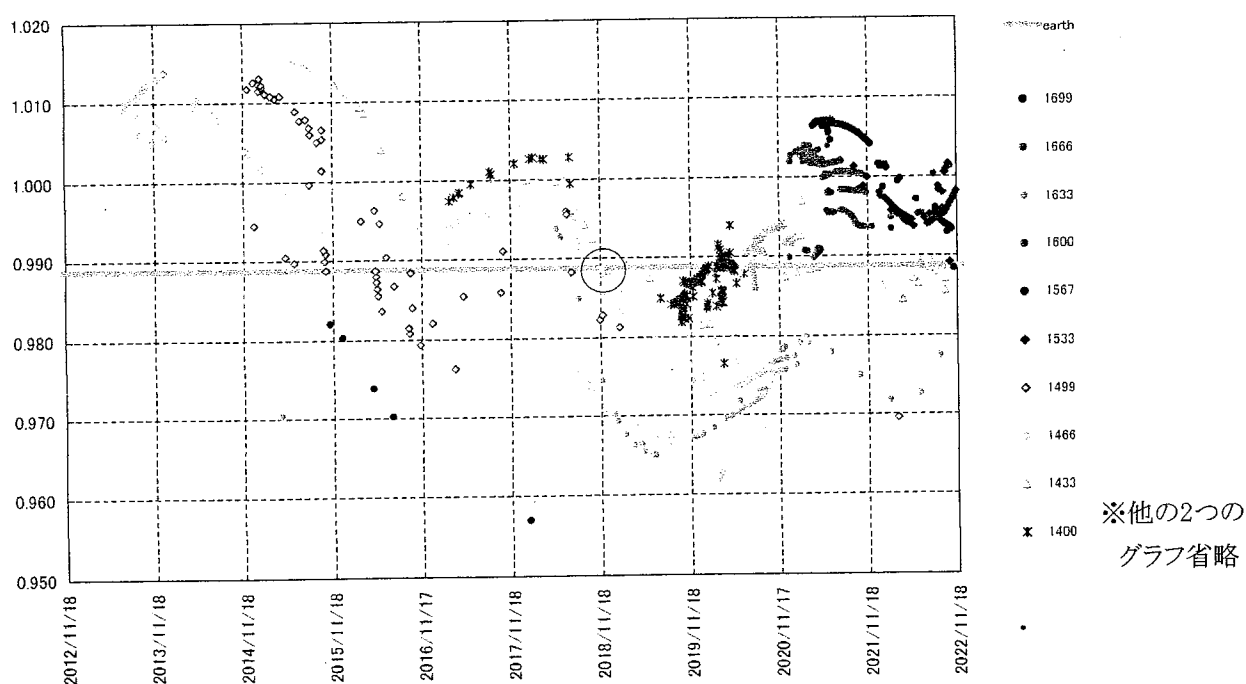


10月りゅう座流星群(ジャコビニ群)のダスト・トレイル解析

放出年	予報極大時刻			Δr (距離) (AU)	放出 速度 (m/s)	fM	予報放射点		Vg (速度) (km/s)	備考
	日付 (UT)	時刻 (UT)	日本時 (JST)				α (°)	δ (°)		
1953	2018/10/09.01	00:14	10/09 09:14	195.406	+0.0026	+9.28	0.011	262.67	+56.15	20.99
1946	2018/10/08.94	22:28	10/09 07:28	195.333	-0.0079	+13.16	0.0043	263.41	+55.73	21.13 条件悪い

- ・ 10月9日7時～9時頃(日本時)にダスト・トレイルが少々接近傾向。
- ・ ただし、1985年に地球に接近したときの影響で、トレイルは引き延ばされている(fM値が小さい)。
- ・ 出現したとしても、小規模なレベルであろう(ZHR = 20～50 ?)。
ただし、拡散していて別のダストが接近してくる可能性もあり、要注意。
- ・ 出現の確認には遠征(ヨーロッパなど)が必要

しし座流星群



しし座流星群のダスト・トレイル解析

放出年	予報極大時刻			Δr (距離) (AU)	放出 速度 (m/s)	fM	予報放射点		Vg (速度) (km/s)	備考
	日付 (UT)	時刻 (UT)	日本時 (JST)				α (°)	δ (°)		
1433	2018/11/20.29	07:03	11/20 16:03	237.645	+0.0024	-7.89	2.9	155.10	+20.75	70.67 やや速い
1433	2018/11/20.29	07:04	11/20 16:04	237.645	+0.0024	-7.89	2.4	155.10	+20.75	70.67 やや速い
1102	2018/11/19.46	11:00	11/19 20:00	236.802	+0.000031	-6.02	0.0056	154.60	+21.15	70.67 密度小さい
968	2018/11/20.57	13:42	11/20 22:42	237.924	-0.0012	-5.98	0.0036	155.27	+20.71	70.75 密度小さい
968	2018/11/20.40	09:37	11/20 18:37	237.753	-0.000028	-5.91	0.0071	155.13	+20.66	70.73 密度小さい
1069	2018/11/19.93	22:20	11/20 07:20	237.278	-0.0015	+33.84	1.2	154.79	+21.02	70.76 放出速度大きい

- ・ いくつかの古いダスト・トレイルと接近傾向にある。
- ・ 放出速度は、マイナス(母天体の運動の逆方向)が多い→ プラス側よりも太陽光圧の影響でダスト密度が小さい
- ・ ただし、距離が遠かったり、引き延ばされていたりするため検出は困難であることが予想される。
- ・ 残念ながら、日本で観測可能なものは無い。

オリオンテイルと
呼ばれる流星群の活動

流星群の活動は、
流星の活動と異なり、
流星の活動は、
流星の活動は、

オリオンテイル

- 8月から11月にかけて活動する流星群。オリオン群の放射点の南側に位置する。
- P.Jenniskensが、“The established meteor showers as observed by CAMS”, Icarus で発表した。

ERI(#191)、NUE(#337)は、Established（確定群）となっているが、その他の流星群は、Working list に掲載されている。

[illegible]

軌道要素と活動期間 (2)

■ 活動期間からみると、オリオンテイルというよりはオリオンの先鋒から末期にかかると見る

本図参照

R.Jennikens, "The established meteor showers as observed by CAMS", Icarus の表を図式化、赤色部分が最大期。

■ SOO(#479), XGM(#718), LGM(#719)は、オリオン群 (ORI,#8)の放射点に近く、活動期間も重なる。

■ PSO(#552), NUC(#337)も活動期間、放射点に近い。

流星群認定の根拠(論文)

479 SDO Kornos 2014
Confirmation and characterization of IAU temporary meteor showers in EDMOND database
Rudawska, PJ 2014
New meteor showers identified in the CAMS and SonotaCo meteoroid orbit surveys

225 SSR IMO 1995
SSR TSM Andreic
Results of CMN 2013 search for new showers across CMN and SonotaCo database I

552 PSO Segon
A possible new shower on Endarus-Orion border

Q337 NUE SonotaCo
A meteor shower catalog based on video observations in 2007,2008
Merau and Rendtel
A Comprehensive List of Meteor Showers Obtained from 10 Years of Observations
with the IMO Video Meteor Network

Q191 ERI Ohtsuka
The new meteor shower ERI
SonotaCo
A meteor shower catalog based on video observations in 2007,2008

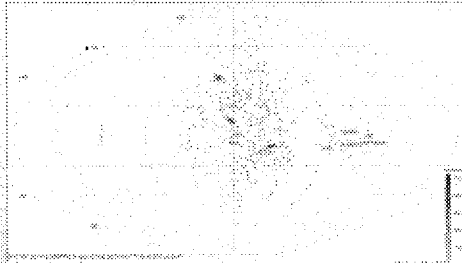
◎ S ORI 金柳 ※天印は Established (確定群)

SonotaCoネットの観測(1)

■ 2017年8月1日～11月30日までの放射点
P.Jenniskens の論文に掲載されているほど明確ではなく、拡散した放射点分布

SonotaCoネットの観測(2)

- 2017年8月1日～11月30日までの放射点部類基準を厳しめ(UO V2のQualityレベルをQ2に設定)にした場合、オリオンテイルと呼ばれる放射点分布は不明瞭になる)

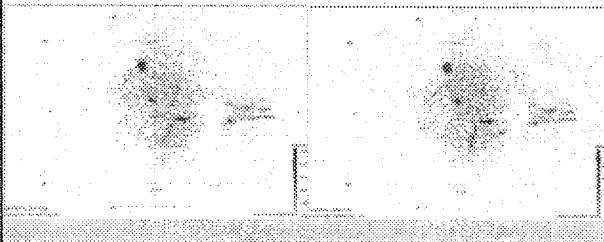


SonotaCoネットの観測(3)

- 2012年、2013年は、オリオンテイルと称される領域の放射点の密度が高い

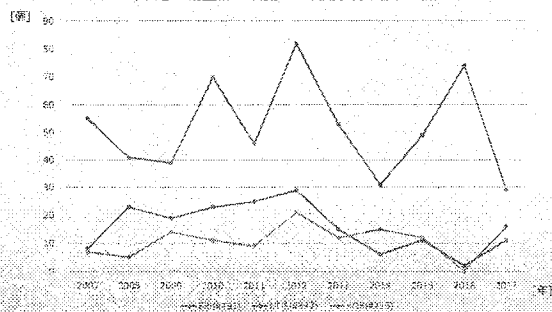
2012年8月1日～11月30日の放射点分布

2013年8月1日～11月30日の放射点分布



SonotaCoネットの観測(4)

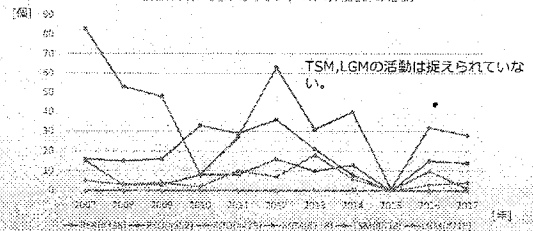
- Established (確定) 流星群の活動は、比較的安定して捉えられている



SonotaCoネットの観測(5)

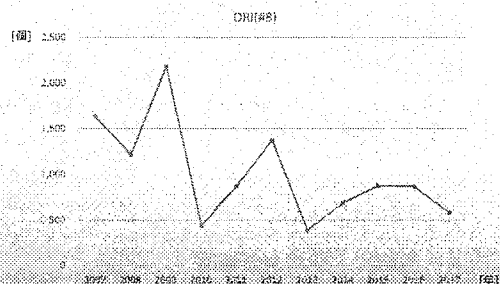
- 他の流星群の活動は、不明瞭なものがある (TSM, LGM)
UO V2の流星群カタログにオリオンテイルの流星群の情報を追加して処理してみると、下図のように可能性のある活動が抽出された。

Establishedでないオリオンテイルの流星群の活動



オリオン群の活動

- UO V2 で同定されたもの。他の流星群との相関はないように見える。



まとめ

- オリオンテイルは、放射点分布、軌道要素から抽出された小流星群
オリオン群の活動との関連は現時点では不明と考える
- 確定群は一定レベルの活動が見られる
#191、#225、#337
- その他については、活動が不明瞭な群があるが、
#552、#718
は比較的顕著な活動がSonotaCoネットでも捉えられている

きのくに流星会議発表(2018)

11 月オリオン座 λ 流星群の軌道的性質と放射点構造(分枝)についての考察

茨城県 河越彰彦

概要

この流星群は 1970 年代前半に観測されたが、筆者は 2001 年 1 月横浜天文研究会の YAA 天文会報 No.645 で、この群の日心軌道を検討した結果から以下の点について反証、し、安易な個人的感想に警鐘を鳴らした。それは例えば黄道の南側に分布する南北 2 群の黄道型流星群だとか、出現期間が長いが放射点移動がほとんど移動しないだ、とか、おうし座流星群の南群に近い云々であった。また同時に筆者は同群軌道が小惑星的であることや、その性質がふたご座流星群に似ていることを指摘している。その後さらに過去の観測例や見落されている観測事実を加え再検討した。その結果同群の放射点構造を解明したので続報として参考に供したい。

緒言

夜空に現れた無名な流星群は、その背景に隠された真実を解明しない限り後世の評論家の好みによって解釈が固定化する嫌いがある。標記の流星群も例外でなく、発表されている放射点位置や活動期間が妥当なものなのか検討の余地があった。殊に斉藤和子(1973 年の同群独立観測者)らの観測事実が殆ど反映されていないことに違和感を抱いたので、その整合性を評価するために種々の調査検討を実施した。

研究の方法

第1に眼視観測で得られた放射点をもとに日心軌道を仮定計算する。方法は故長谷川一郎先生の軌道長半径を仮定するものである。ここでは軌道長半径(a)を 1.3AU とした。第2は参考としてそのほかの放射点リストから該当しそうなものを抽出して比較検討する。但し、日本流星研究会等に報告された放射点は独立性を考慮し 1973 年までを対象とした。第3は各放射点の観測日時と位置の妥当性の検討である。実はこの研究の最終目的が前項の緒言中でいう違和感の解消である。

結果

表 1 に計算結果を示す。双子群やパエトンによく似た小惑星的な軌道をもっている。YAA 天文会報 No.645 で明らかにしたように、おうし群とは全く異なるし、その続後群でもない。表 1 の λ $\odot$ に着目すると -149 と -159 付近の二つに分布していることに気が付く。この二つはその他の特徴を見ても少なからず異なる。前者を A、後者を B グループとすると A の方が双子群の λ $\odot$ に近い。しかしながら書籍などで目にするオリオン λ 群は B グループを指している。どち

らも対地速度は 35km/s前後であることや観測者の報告でもみかけの性状は同じようなので、A グループを全く別物の流星群とするには疑問がある。

結果の解釈と考察

観測者の「双子群の性状とよく似ている」という証言を重視して、双子群を主流と見なし A・B グループを分枝と考えた場合のお互いの関係性を簡易的に解析する。

(1) $\lambda \odot$ についての考察 (小関正広会長提唱の同一群判定方法)

複数の放射点の $\lambda \odot$ がほぼ同じであればそれぞれがほぼ同一群と判定できるとき

放射点 X(主群)の黄経と太陽黄経が($\lambda \odot$)

放射点 Y(分枝)の黄経と太陽黄経が($\lambda \odot'$) とすると、

$$\lambda \odot = \lambda - \odot' \quad ①$$

が成り立つと同一群と判定できる。①は

$$\lambda - \lambda \odot - \odot' = D \quad ②$$

と変形できこれを D とする。これは黄経の差と太陽黄経の差が等しいことをあらわしている。

ここで、 $D > 0$ ならば

$\lambda > \lambda \odot$ かつ $\odot > \odot'$ だから

主群の位置は分枝の東にあり、活動期は分枝の後、言い換えると分枝の位置は主群の西にあり、活動期は主群の前。

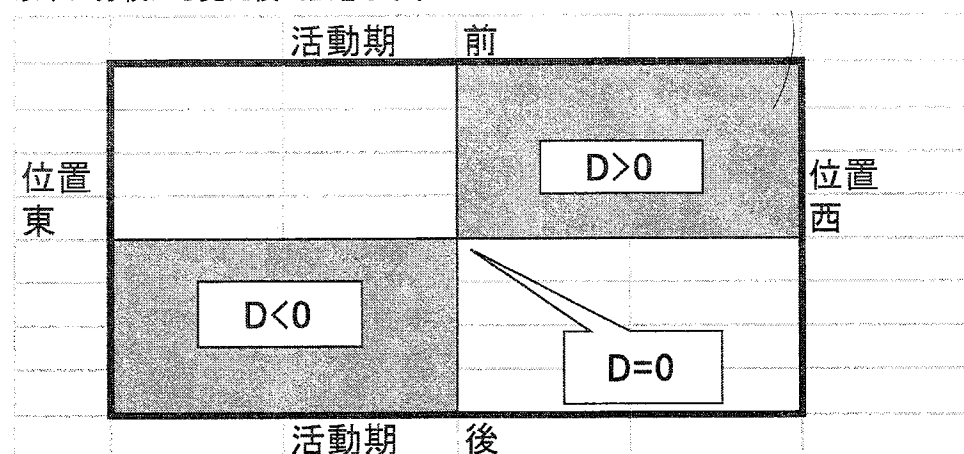
また $D < 0$ の場合も同様に

$\lambda < \lambda \odot$ かつ $\odot < \odot'$

これは、主群の位置は分枝の西にあり、活動期は分枝の前。言い換えると分枝の位置は主群の東にあり、活動期は主群の後。

因みに $D = 0$ ならば、分枝は存在しない。

以下に分枝から見た模式図を示す。



本対象は $D > 0$ なので分枝の後者が先に活動し西に位置するタイプである。

各観測放射点と双子群との関係を表2に一覧する。

(2)分枝の特徴

差と○差が等しくない場合があるので、その比をとると、

$$(\odot - \odot') / (\lambda - \lambda) = 1$$

の A グループと

$$(\odot - \odot') / (\lambda - \lambda) = 2/3$$

の B グループがある。

これらの関係を図 1 に示す。

A グループは典型的な主流類似の分枝で、西方分枝(Western branch)と称す。図中央右上りの破線付近に分布している。

B グループは日々移動量が大きい分枝で、A グループの後で活動するので続行分枝(Following branch)と称す。図中央緩やかな右上りの破線付近に分布している。

どちらもオリオン座流星群であるが、当初は A グループの観測事例が少なかった為に同群扱いされていなかったように思われる。ここに違和感が生じたようだ。

結言

11 月オリオン座流星群は見かけの性状は同じだが、放射点の移動速度が違う二つの分枝がある。ここに西方分枝と続行分枝の存在が明らかになった。観測事例の多い後者方が広く知られて、前者が薄い存在になったと断定する。このような構造的な分枝事情が解明されずに長く放置されると、前述のような誤った認識や解釈が生まれ違和感が醸成されてしまう。但し、双子座流星群を主流とした考えは議論の余地があるし、似た性状でも同一群と見なす境界は明確ではない。

参考文献

YAA 横浜天文研究会会報No.645,649

日本流星研究会、天文回報多数

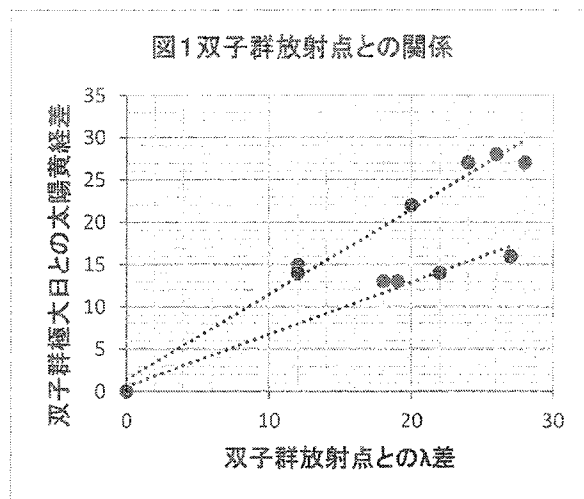
天文計算入門、長谷川一郎著 § 49

天体観測年表 1983～2008 年版、地人書館

表1		軌道計算結果				軌道長半径を1.3と仮定									
	観測者	観測年	UT	VG	α	δ	λ	β	$\lambda - \odot$	Ω	ω	q	e	i	K
#	小関2557	1956	Nov.28.50	28	84	22	84	-1	-162	56	129	0.27	0.92	2	0.12
Y	藤井澄枝	1968	Nov.16.62	36	85	22	85	-1	-149	54	155	0.07	0.94	1	0.62
Y	前川 光	1968	Nov.16.66	36	82	21	83	-2	-152	54	150	0.10	0.94	6	0.62
Y	藤沢支部	1968	Nov.16.80	39	87	13	87	-11	-148	54	153	0.08	0.95	37	0.71
	斉藤和子	1973	Nov.22.75	38	91	22	91	-2	-149	59	157	0.06	0.96	6	0.89
*	藪 保男	1970	Nov.29.76	37	100	22	99	-1	-148	67	158	0.06	0.96	4	0.76
*	樋口 孝	1970	Nov.30.76	33	100	25	99	2	-149	248	336	0.07	0.94	6	0.65
	佐野和夫	1973	Nov.22.76	30	88.5	19	89	-5	-159	58	133	0.22	0.85	7	0.27
	岡 雅行	1973	Nov.22.77	33	93	24.5	93	1	-156	244		0.16	0.89	1	0.43
	渡辺美和	1973	Nov.22.78	32	92	24	92	1	-157	242	311	0.17	0.88	1	0.39
	Gem		a=1.37	35	114	32	111	10	-151	261	324	0.14	0.90	23	0.42
	パエトン		a=1.27							266	322	0.14	0.49	22	0.34
	S-Tau		a=2.3	28						46	112	0.37	0.84	5	0.42
	N-Tan		a=21	29						223	269	0.32	0.85	3	0.41

小関正弘氏リスト
Y 横浜天文研究会会員,おうしく群として観測
* 双子u群として観測
K値は参考

表2 放射点の観測日時と位置の整合性									
観測者	λ	β	$\odot$	$\lambda - \odot$	UT	λ 差	$\odot$ 差	D	$\odot$ 差/ λ 差
小関2557	84	-1	246	-162	28.50	27	16	$\neq$	0.59
藤井澄枝	85	-1	234	-149	16.52	26	28	>0	1.08
前川 光	83	-2	235	-152	16.66	28	27	>0	0.96
藤沢支部	87	-11	235	-148	16.80	24	27	>0	1.13
斉藤和子	91	-2	240	-149	22.75	20	22	>0	1.10
藪 保男	99	-1	247	-148	29.76	12	15	>0	1.25
樋口 孝	99	2	248	-149	30.76	12	14	>0	1.17
佐野和夫	89	-5	248	-159	30.76	22	14	$\neq$	0.64
岡 雅行	93	1	249	-156	32.65	18	13	$\neq$	0.72
渡辺美和	92	1	249	-157	32.65	19	13	$\neq$	0.68
Gem	111	10	262	-151		0	0		



流星眼視観測ビギナーエイド (Part2)

きのくに和歌山流星会議
平成30年9月8日・9日

小 林 美 樹

眼視観測ビギナー 光度判定編

- 光度判定
流星の明るさ

流星の明るさとは？

どこでみるの？

昨年の宿題

- 昨年の流星会議でゆっくりと流れる流星を明るい流星と判断しがちという例をあげました。
- その時、オレンジ色系は明るくみえるというご意見がありました。
- 観望会で統計をとってみると申しました。
- しし座流星群でしか観望会を行えず、参考になる結果は得られませんでした。

申し訳ありません

ビギナーの場合

- 1 流星の明るさについてよく分からない
- 2 近くの星と比べろと言われても、、、
- 3 そもそも論だけど、何で判断する？

別事例ではありますが、熒惑屋見を試みまして朝方明るくなってから観測しておりました。

カペラ(0.08等級)は日の出直前までみえていましたがアルデバラン(0.86等級)はかなり早い段階で見えなくなりました。

肝心の火星はその時間、建物に邪魔され観測できず、お粗末な話です。

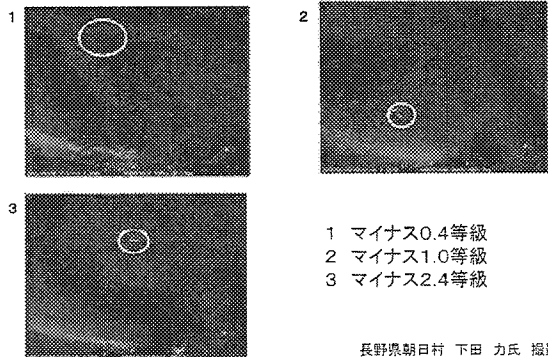
2018年1月21日5時29分03秒の火球



マイナス3.8等級

長野県朝日村 下田 力氏 撮影

2018年8月18日 ペルセウス座流星群



- 1 マイナス0.4等級
- 2 マイナス1.0等級
- 3 マイナス2.4等級

長野県朝日村 下田 力氏 撮影

眼視観測ビギナー 光度判定編

- ・ 小林観測結果 かなり怪しい？

月日	時刻	状況	流星数
8月14日夜 ～ 8月15日朝	21時頃 0時頃 3時頃	観測出来ず 4.5～3.6 観測出来ず	8
8月15日夜 ～ 8月16日朝	0時頃 1時頃 2時頃	4.7～4.8 4.5～4.7 4.0	3 5 4

- ・ 光度判定

光度	-0	0	1	2	3	4
8月14日	2	1	4	1		
8月15日		1	6	4	1	

ますます怪しい？

ビギナーの場合

- 1 瞬時に判断するの？
- 2 絶対に迷いがでる！

結論

光度判定難しすぎ！！

眼視観測ビギナーの陥りやすい過ち

- ・ 暗い流星をどうしても見落とす

対策

- ・ 慣れるしかない？！

眼視観測ビギナー 光度判定編

- ・ 流星数予測(佐藤幹哉氏による)

2015年ペルセウス座流星群

時刻	時刻	流星数予測(佐藤幹哉氏による)	流星数予測(佐藤幹哉氏による)	流星数予測(佐藤幹哉氏による)
8月14日21時頃～8月15日0時頃	21時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月15日0時頃～8月15日3時頃	0時頃	4.5～5.0	4.5～5.0	4.5～5.0
8月15日3時頃～8月15日6時頃	3時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月15日6時頃～8月15日9時頃	6時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月15日9時頃～8月15日12時頃	9時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月15日12時頃～8月15日15時頃	12時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月15日15時頃～8月15日18時頃	15時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月15日18時頃～8月15日21時頃	18時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月15日21時頃～8月16日0時頃	21時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月16日0時頃～8月16日3時頃	0時頃	4.5～5.0	4.5～5.0	4.5～5.0
8月16日3時頃～8月16日6時頃	3時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月16日6時頃～8月16日9時頃	6時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月16日9時頃～8月16日12時頃	9時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月16日12時頃～8月16日15時頃	12時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月16日15時頃～8月16日18時頃	15時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月16日18時頃～8月16日21時頃	18時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0
8月16日21時頃～8月17日0時頃	21時頃	2.5～3.0	2.5～3.0	2.5～3.0

眼視観測ビギナー 光度判定編

- ・ 慣れるまではマイナス等級だけ
- ・ 極大期はカウントのみに集中する
- ・ プロットと併せて行う

我が師匠 永田宣男語録より ※元名古屋市科学館学芸員

注

講演会で話されたものをテープ起こしておりますので、固有名詞等に曖昧な表記がされている可能性があります。

夕方起きて見ているか、朝早く起きて見ているかどっちかなんですが、とにかく流星を見ていました。朝方だけ見るということはありませんで、夕方も見ていました。それは自分の生活の翌日の予定もありますから、それに合わせて流星なんか見ていたんですが、とにかくそういう風で出発していくんですね。

だから今の人達とはいささか星の見方、星座の見方というのは違ってるんじゃないかなあと思います。だから流星観測するためにはどうしても星座を知らなきゃいけないと、星の位置を知らなきゃいけないということで、星座をさらにさそり座だけじゃなくて、いての並びだとか、へびつかいの並びだとか明るい肉眼星のあの辺までがへびつかいだとかということは、雨の日に星図を見て星座を覚えたりなんかしたんですね。流星を見てきたんですね。ですからそういう所にスタート地点があったのか今になりますと、もちろん一時期ですね、より大きな望遠鏡で見えないものを見たいという、そういう時期もありましたけれど、現在はどんなものでも双眼鏡で見ればよく見える事はわかっていますので、なるべく肉眼で見たいなあという、肉眼のこだわりのほうが強いんですね。星見るときはですね。だから双眼鏡もあまり使いませんし、今は生活の中では望遠鏡も使いません。

だから結構僕らの年代の古い人達はですね、星の入門は流星観測からスタートしているんですね。流れ星から。で、流れ星からスタートしますから当然それに伴って、星の位置を知っていないと。まあ皆さんも知っていますように、1つ2つ数えるんじゃないと、0.5秒0.6秒という短時間のあいだにその流星が、たとえばこ座のベガから彥星まで何秒で飛んだとか、その間に色が変わったとか、明るさはどうだったとか、早かったか遅かったかスピードはどうだったかという、そんな0.3秒とか0.5秒の間に読み取る訳ですから。それをまた星図に書いてそれを送る訳ですからね。だから相当流れ星なら流れ星を見慣れていないと、スケッチもできませんし、通った後もできませんし、それからスピードがどれくらいであったかというのも、キャッチができないですね。そんなものは適当でいいじゃないかと皆さん思うかもしれませんが、全国で随分たくさんの人が見ている訳ですね。自分の見ている流れ星も一緒に見ている訳ですよ。だからベテランの人はそれを集めてますから、比較すればこの人のデータは駄目だな、この人はいいな、選択できる訳ですね。

謝辞

写真をご提供下さいました、下田様
データをご提供下さいました、佐藤様

いつも、いつも、ありがとうございます。

僕は、今のアマチュア流星委員会の前の日本流星委員会というのが和歌山に本部がありましてね、小旗孝二郎さんという、まあ過去には学校の校長先生をされてた方なんですが、まあ大変な流星観測者でして、その人がアマチュアの日本の元締めだったんですよ。そこへ毎月データを送っていました。若いものですから夜寝ずにですねえ、夢中に流星観測をやったんですね。だいたい3年くらいは、データを送りますとね、それを発表してくれるんですね、天界に。東亜天文学会の月報に。自分の名前が出てこないんですよ、全然。どうしてかな？どうしてかな？と思いながら毎月毎月送っていたんですが、結局僕のデータというのは信頼度が無い。3年ちょっと過ぎてから信頼されるようになって、そのデータが出るようになったんです。だからもう本当にそういう形で晴れている限り、もうそれは今見ているのは流星群のときだけでしょ。そういうの関係無いんですよ。流星群も流星群じゃないのも。晴れて月が無いときはいつも流星。時間があるときはですね。だからもちろんテレビはあんまり見なかったですし、あの頃はだいたい寝る前に2時間は見ていましたね。

ご静聴ありがとうございました。

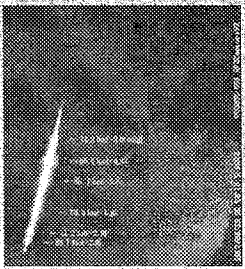
きのくに和歌山流星会議

「地球大気で流星が顕著な減速を始める高度」

上田昌良

流星は地球大気と衝突し、流星先端の大気が圧縮・高温になりそれに耐えられなくなり発光する。

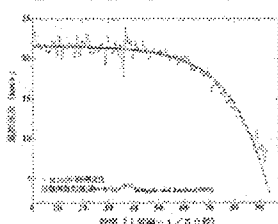
その大気との衝突で流星が観測にかかる著しい減速をすることがある。



TV同時流星の軌道計算から著しく減速を始めた高さを調べた。

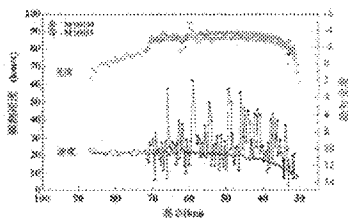
今回は、2010年～2017年の間にSonotaCo Network、火球掲示板、OAA流星課に報告のあった中で、著しく減速した38個のTV同時流星を使った。

各フレームの観測速度が消滅点付近で指数関数的に減速している。



※ 左のグラフは速度の対数と消滅点からの距離の対数の関係を示す。右のグラフは速度の対数と高度の対数の関係を示す。

右軸に高さ(km)をとり、著しく減速を始めた高さを図から読みとる。この例では39km。



※ 左のグラフは速度の対数と消滅点からの距離の対数の関係を示す。右のグラフは速度の対数と高度の対数の関係を示す。

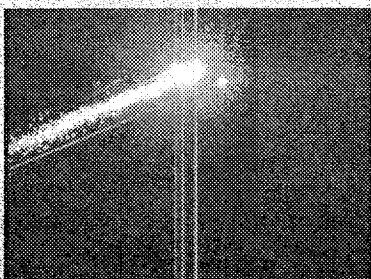
2010年～2017年の間に得られたTV同時流星の中で、著しい減速がみられた38個の流星一覧

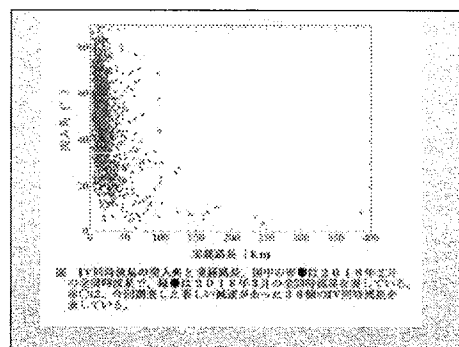
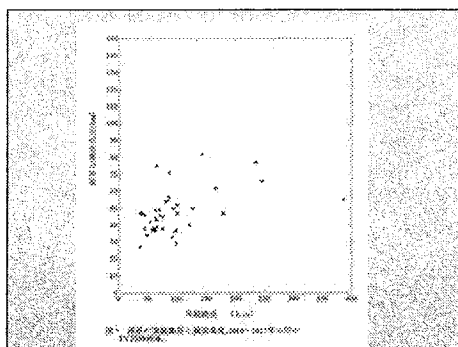
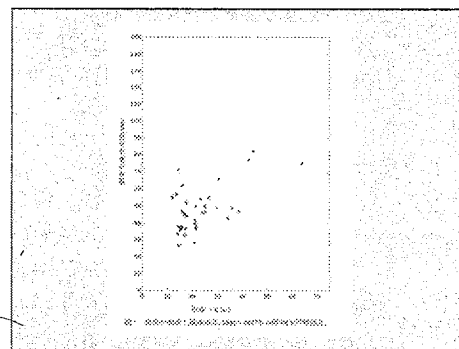
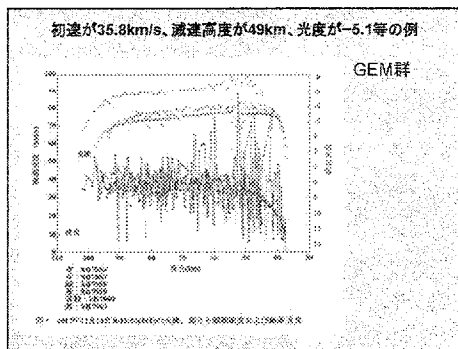
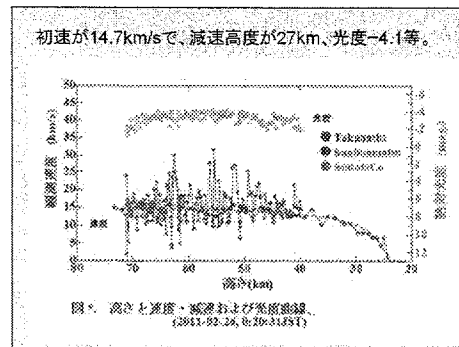
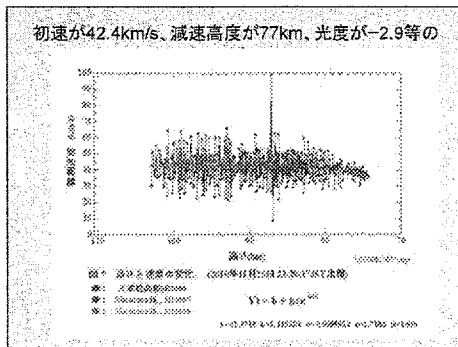
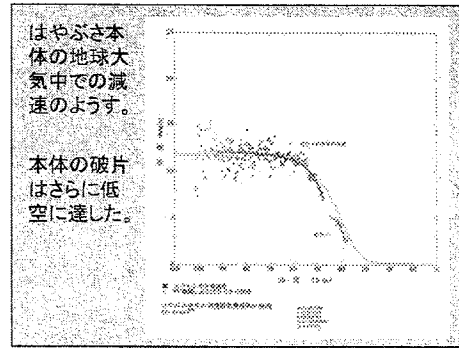
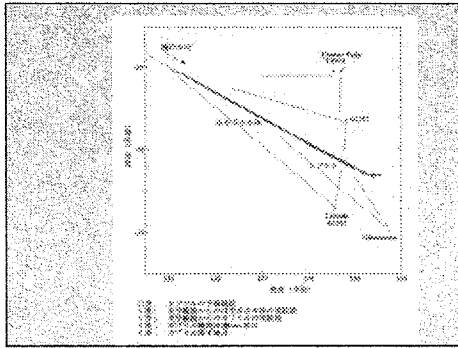
No.	出現年月日	出現時刻 (JST)	方位	速度 (km/s)	高度 (km)	観測者	流星の減速高度 (km)	注
1	2010.02.19	00:04:01	45.4	42.0	92.5	53	54.8	74 SPO
2	2010.02.19	04:25:57	84.4	28.0	73.2	30	102	47 不明な流星
3	2010.03.30	18:41:57	-10	17.0	8.0	25	82	20 SPO
4	2010.10.13	23:04:07	-18	24.0	24.0	08	79	43 SPO
5	2010.11.25	23:05:17	-20	42.0	18.8	7	254	12 SPO
6	2010.12.26	24:46:00	-24	44.0	40.8	8	143	34 FVE
7	2011.01.12	22:02:42	-13.0	72.0	2.7	9	308.4	107 不明な流星
8	2011.03.08	03:31:05	-41	14.7	1.3	58	37	37 SPO
9	2011.09.02	00:01:43	-49	17.4	2.5	09	27.8	27 SPO
10	2011.09.20	17:45:06	-8.5	25.4	9.3	54	103.0	47 SPO
11	2011.10.18	05:46:27	-4.5	17.8	8.9	33	100.1	52 SPO
12	2011.12.04	10:29:20	-6.8	13.0	9.7	62	40	28 SPO
13	2012.04.04	09:15:06	-3.5	15.8	6.1	11	179	47 SPO
14	2012.12.28	01:06:14	-63	21.6	8.4	70	81.2	37 SPO
15	2013.03.17	21:17:02	-27	17.0	12.8	51	75.3	47 SPO
16	2013.04.14	14:46:06	-30.0	19.9	8.7	54	84.3	37 SPO
17	2013.06.02	20:27:58	-4.0	20.9	22.4	4	248.3	60 SPO
18	2013.10.04	01:23:07	-4.0	17.8	4.8	38	83.9	47 SPO
19	2013.12.01	10:28:02	-3.4	23.2	6.8	24	80	54 SPO

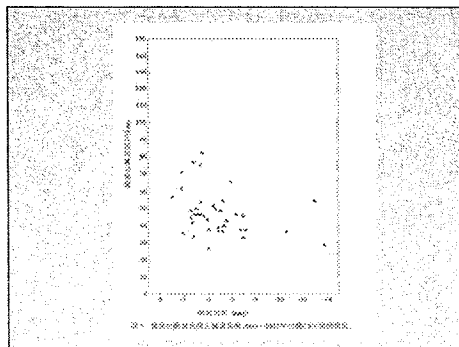
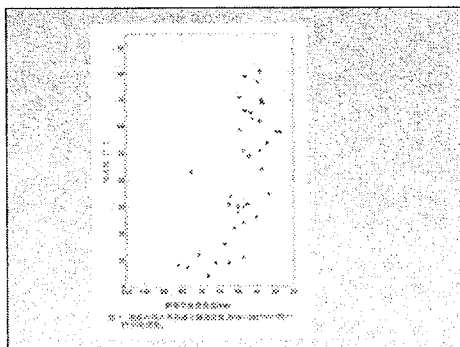
2010年～2017年の間に得られたTV同時流星の中で、著しい減速がみられた38個の流星一覧

No.	出現年月日	出現時刻 (JST)	方位	速度 (km/s)	高度 (km)	観測者	流星の減速高度 (km)	注
20	2013.12.13	18:26:47	-2.0	13.4	5.0	64	83.8	38 SPO
21	2014.02.24	18:43:26	-2.1	21.3	14.3	20	82.8	40 SPO
22	2014.04.08	17:42:27	-4.0	21.9	4.1	61	64.0	28 SPO
23	2014.04.18	20:06:12	-3.0	14.0	8.0	64	44.0	64 SPO
24	2014.09.14	00:02:20	-2.6	21.2	10.7	53	23.0	47 SPO
25	2014.09.26	19:19:47	-5.4	27.2	7.5	37	37	40 SPO
26	2014.11.13	18:21:47	-2.0	18.7	10.9	61	34.0	47 SPO
27	2014.12.03	15:29:20	-12.8	22.2	7.3	69	86.5	39 SPO
28	2015.01.11	21:00:01	-1.1	13.8	1.9	18	89	57 SPO
29	2015.05.27	22:09:20	-3.7	18.4	11.4	70	40	40 SPO
30	2015.09.28	05:05:00	-1.9	21.2	2.7	77	20.8	39 SPO
31	2015.10.16	22:05:16	-0.6	14.2	1.8	61	78.2	39 SPO
32	2015.10.22	04:01:00	-1.8	18.0	0.4	8	140	60 SPO
33	2015.06.07	04:20:58	-4.7	13.1	5.1	59	120	40 SPO
34	2017.01.02	21:28:18	-2.0	24.1	3.4	70	20.0	39 SPO
35	2017.02.20	03:01:11	-2.7	20.9	3.0	70	82.0	40 SPO
36	2017.04.19	03:06:19	-2.0	22.0	18.2	31	30	30 SPO
37	2017.04.25	22:45:47	-1.8	14.2	10.1	14	64	77 SPO
38	2017.12.16	04:05:09	-1.4	20.9	7.3	71	20	30 SPO

はやぶさ再突入(2010年6月13日)、例外の事例
撮影: JAXA光学観測班 飯山青海氏







「TV同時流星の軌道計算から著しく減速をはじめた高さ」を調べた結果のまとめ

1. 流星の速度が遅ければ顕著な減速は高い高度で起こる。その逆に速度が遅ければ低い高度で起こる傾向が強かった。
2. 流星の来経路長が長いと顕著な減速は高い高度で起こり、その逆に来経路長が短いと低い高度で起こる傾向が強かった。
3. 流星の突入角と来経路長の関係から、例えば、突入角が 60° 付近の範囲でその中の来経路長が長い流星に顕著な減速が起っていた。このことはどの突入角でも同じ傾向にあった。
4. 流星の突入角だけでは、顕著な減速高度との関連はみられなかった。
5. 流星の光度だけでは、顕著な減速高度との関連はみられなかった。
6. 全体で顕著な減速は高度27kmから82kmの範囲で起こっており、この範囲ならどの高度でも起こる現象だった。ただし、今回の調査では、顕著な減速は高度30kmから69kmの範囲で起こった流星の集みがあった。

謝辞

今回調査したTV同時流星のデータや画像などを快く提供していただいた多くの撮影者の皆様に感謝申し上げます。

また、SonotaCo Network、火球掲示板、東亜天文学会流星課、JAXAはやぶさ光学観測班の関係者の皆様にお世話になりました。

お礼申し上げます。

散在流星の年周変化からの考察

～2015 年 7 月から 3 年間の TV 一点観測より～

愛知県岡崎市 ダナの会 鈴木 悟

E-mail : ssshattle@nifty.com

1 TV 観測の概要

(1) 機材と観測、集計

観測機材レンズ : Watec 社 WAT-100N レンズ : CBC 社 8 mmF0.8

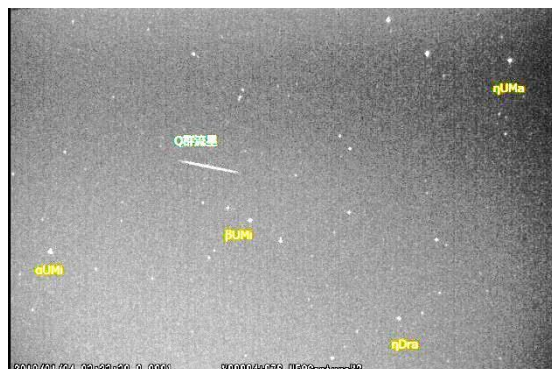
PC:Lenovo Corei7,3.6GHz RAM:8GB

使用ソフト : SonotaCo 氏作、UFOCaptureV2 (UC2 と略す) UFOAnalyzer 2 (UA2 と略す)

観測方向 北北東 仰角 45° 視野 4 5° × 3 4° Lm=4

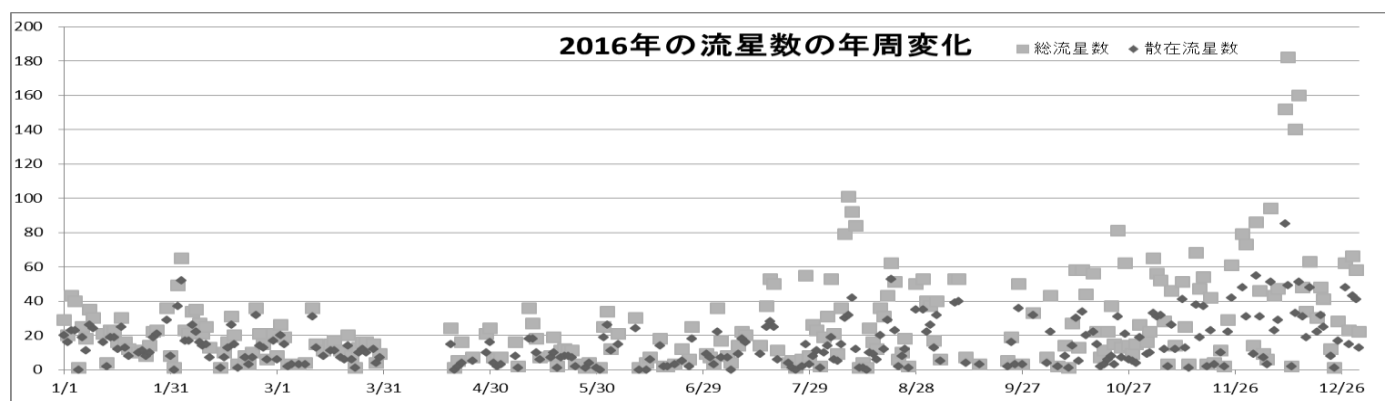
観測地 愛知県岡崎市 λ:137:08:06 φ:34:58:18N h=17m

(2) 処理 UC2 により得られた画像を見ながら、ノイズ、動物や人工物体を削除し、一応の流星リストを作成する。J6 リストを使用し UA2 により群の判定等を行う。それぞれのソフトのデータ・画像等を見て、流星ではないもの、群の判別等を点検し、その日の自分の観測データとする。上田昌良氏に報告するため月毎にまとめながら、群の活動を再点検した。その中で、黄道群や AntiHelionSouce (反太陽方向からの領域、以下 ANT と略す) などを別に考えることなく、確実に活動していると思われる群流星を決め、残りを散在流星と考えた。3 年間の総流星数は 18969 個、そのうち散在は 11351 個で約 60% であった。



2 年周変化のグラフの作成

2016 年の日々の総流星数、並びに散在流星数を Y 軸に、X 軸方向に年初からの日数を取って日ごとの値をプロットして作成したのが、次の図である。◆が 1 日の散在流星数、■が総流星数である。



この年のしぶんぎ群は天気も良くなくあまり捉えられなかった。同様に 4 月のこと群も少なかった。それらを除けば、主な流星群は通常の活動をとらえられたといえるだろう。逆に、2 月当初の流星数は異常に多い。7 月中旬、8 月末、11 月初旬なども多い。

3 様々な観測から得られた流星数の年周変化 (略)

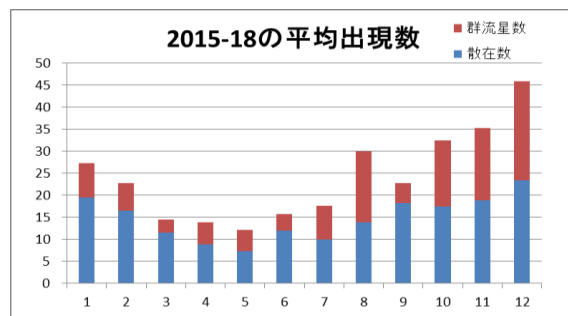
4 散在流星数の年周変化

1 観測の概要のところでも述べたが、何をもって散在流星とするかというのは、「群流星とは何か、どこまでをいうのか、あるいは、群とまでは言えないが、大きなまとまりとして存在していると考えられるものをどうするか」という定義の問題にもなっていくのではないかと。ここでは、従来型のある程度まとまった輻射点をもち、観測からまとまって捉えられたものを群流星と考え、それ以外を散在流星とした。つまり、個々の群の判別や群の活動を調べることは、ここでの目的ではないからだ。また、散在流星から黄道群 (あるいは ANT) として分ける考え方もあるが、今回は、それらに入るといわれているものも、群として活動が見られると思われる場合は、それらも群の数に入れて、それ以外を散在とした。おうし複合群、7 月のやぎやみずがめ座からの群などを ANT から除外するというのは、ある種の矛盾を抱え込んでいると思われるからだ。というより、今回の定義によるものだ。

さらに、元となる流星数も、一晩中晴天で、透明度もよくという理想的な日は少なく、また、眼視観測と違ってその修正値を求めることも難しい。いろいろ考えてみたが、今回は、単純に日々の散在流星数の月毎の平均値を求め、平均値以上の日は、有効な観測ができたとし、そのみを有効データとしてプロットした。多い日は、実際に出現数は多いであろうが、少ない日は、実際の出現数が少ない日も存在するだろうが、それよりも雲の広がりや空の透明度などの条件が悪くて実際数よりも少なくなってしまう日が多くあろう。また、眼視の修正の様なことは現在の観測システム、ソフトでは難しい。また、散在の出現数を見ると、大きな群のある頃は、散在も増加している。これは、大きな群の一部が、散在と判定されているからだろうか。さらに、3 年間の大きな傾向を見ると、1 月末に意外なピークがあることに気づく。あとは、春に少なく、夏から秋にかけて増加していくという傾向が見え、これは、天候や透明度の影響と共に群流星に引っ張られている感じもする。

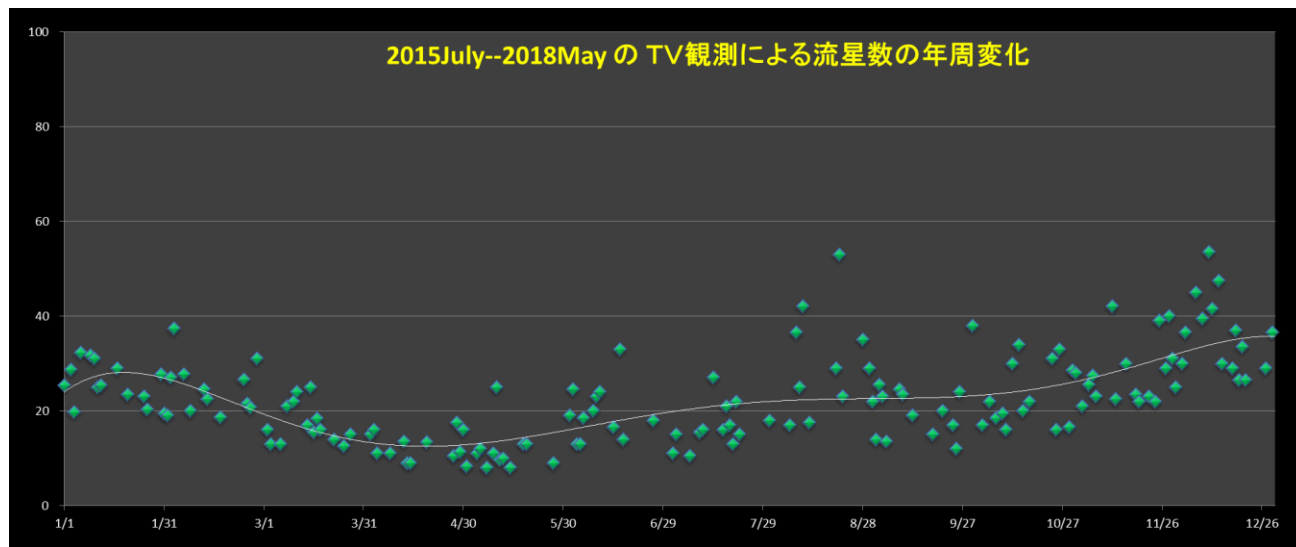
(1) 月ごとの平均流星数

右のグラフは、3年間の月ごとの平均値である。横軸は1月～12月、縦軸は流星数で、散在の上に群流星が載っている形である。2016、2017年とも、しぶんぎ群が余り捉えられず、その分1月の値がやや小さいように思う。2015年7月～2018年6月の3年間の平均値を表したのが、右のグラフである。いずれの年も天候に出現数は左右されることもあるが、春から夏の出現数が小さく、秋から冬が多くなるのが分かる。



(2) 有効観測からの散在流星(群流星)の年周変化

図中の◆が有効値と考えた散在流星数、曲線は6次近似曲線である。

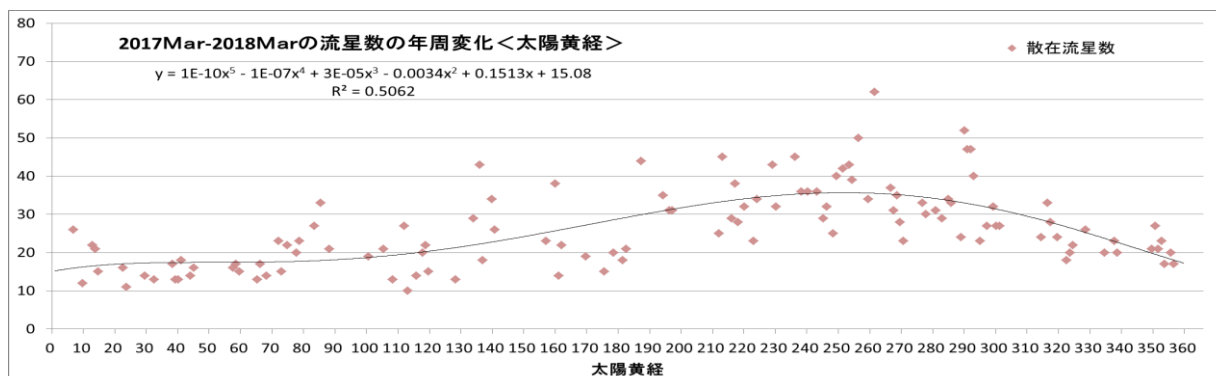
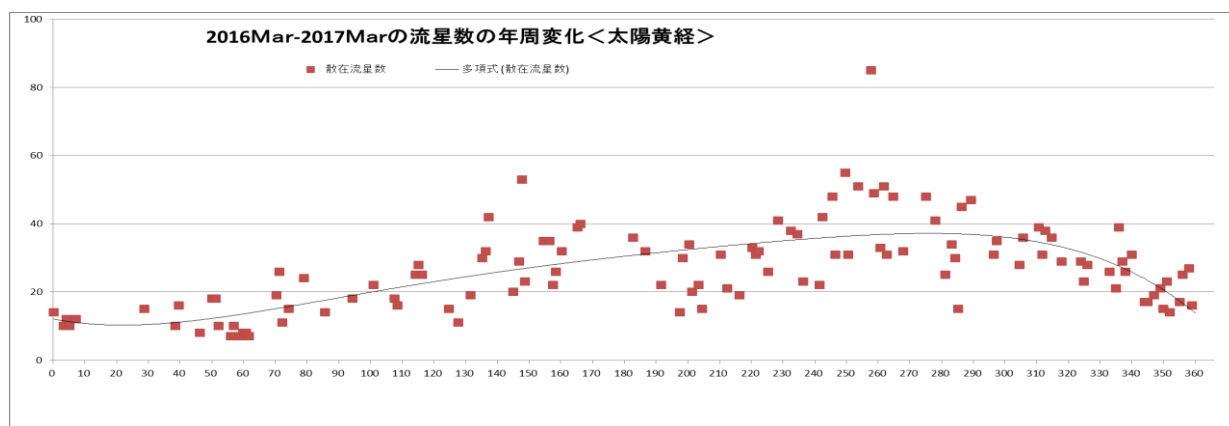


このグラフでは、散在は、先に述べたように、月の平均値以上あるものだけである。年によって違いはあるが、3年分をまとめてみると、散在だけのグラフにもかかわらずペルセ群やふたご群の活動がはっきりわかる。

散在は、先に述べたようにセレクトされたものの生データを平均したものである。流星レーダーの観測では春も多いが、TV観測では、やはり秋から冬の透明度の高い時期が多い。最も、流星レーダーは、光学的には暗い流星の割合が多く、また昼間の観測も行われているので、そのような条件に大きな違いがある。

(3) 太陽黄経順にした年周変化

他の年周変化と比較するために、太陽黄経の順に1年分ずつのグラフにしてみた。(他のグラフは略)



(4) 年周変化についての議論

TV 1 点観測でも、3 年間の年周変化をまとめてみると次のようなことが分かった。

散在流星の平均的な活動をとらえることができた。 1 月から少しずつ減っていき、太陽黄経が 0° になるころから散在流星数はもっとも少ない時期となり、6, 7 月頃から増加していく。1 2 月頃に最大となる。今まで言われてきたように、春が少なく、秋から冬が多いということがいえる。これについては、空の透明度が左右しているのではない、透明度の良い時期は、暗い流星まで撮影できるわけで、その分、数が増えるのではないかと考えて、調べてみた。なお、北天を撮っているのでも月の影響はあまり感じられないので、ここでの議論からは、省く。

A. 秋・冬は、透明度がよく、暗い流星まで撮影でき数も多くなるか。

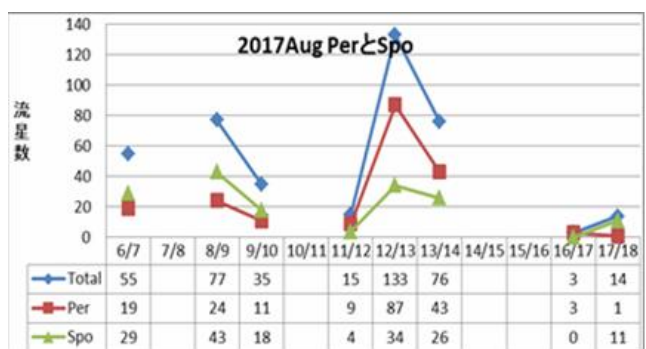
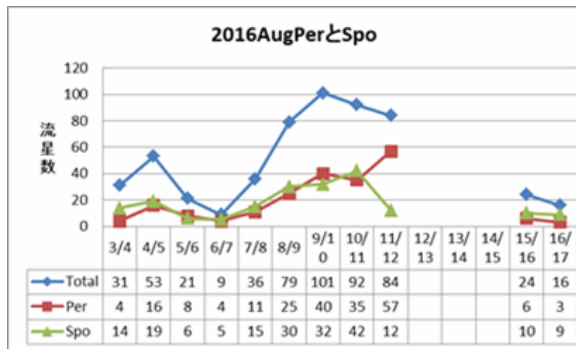
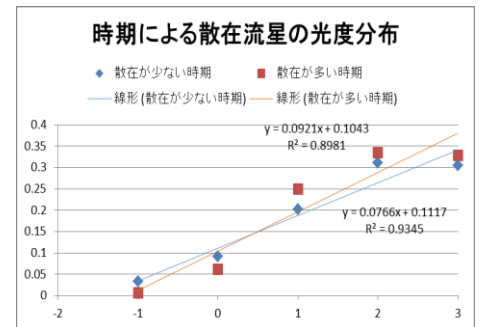
右のグラフのように、暗い流星が多くなるという傾向はなく、季節による流星には大差がないだろうといえる。

B. 次に、一晩中クリアな夜空の多さはどうか

グラフは省略するが、秋から冬は好天の日が多く、1 晩あたりの流星数の平均値が上がるということがいえる。

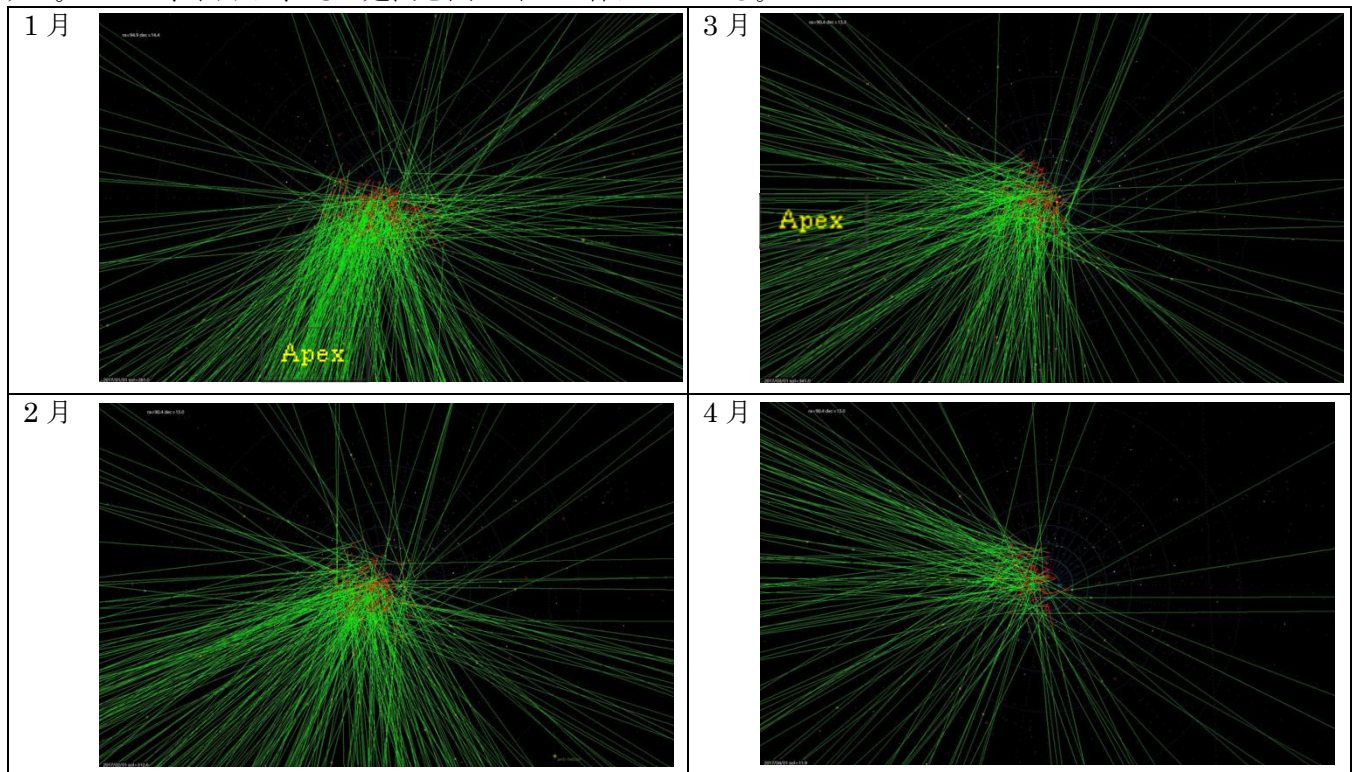
C. 群流星が活発なときに散在も増加するのではないかとという点である。

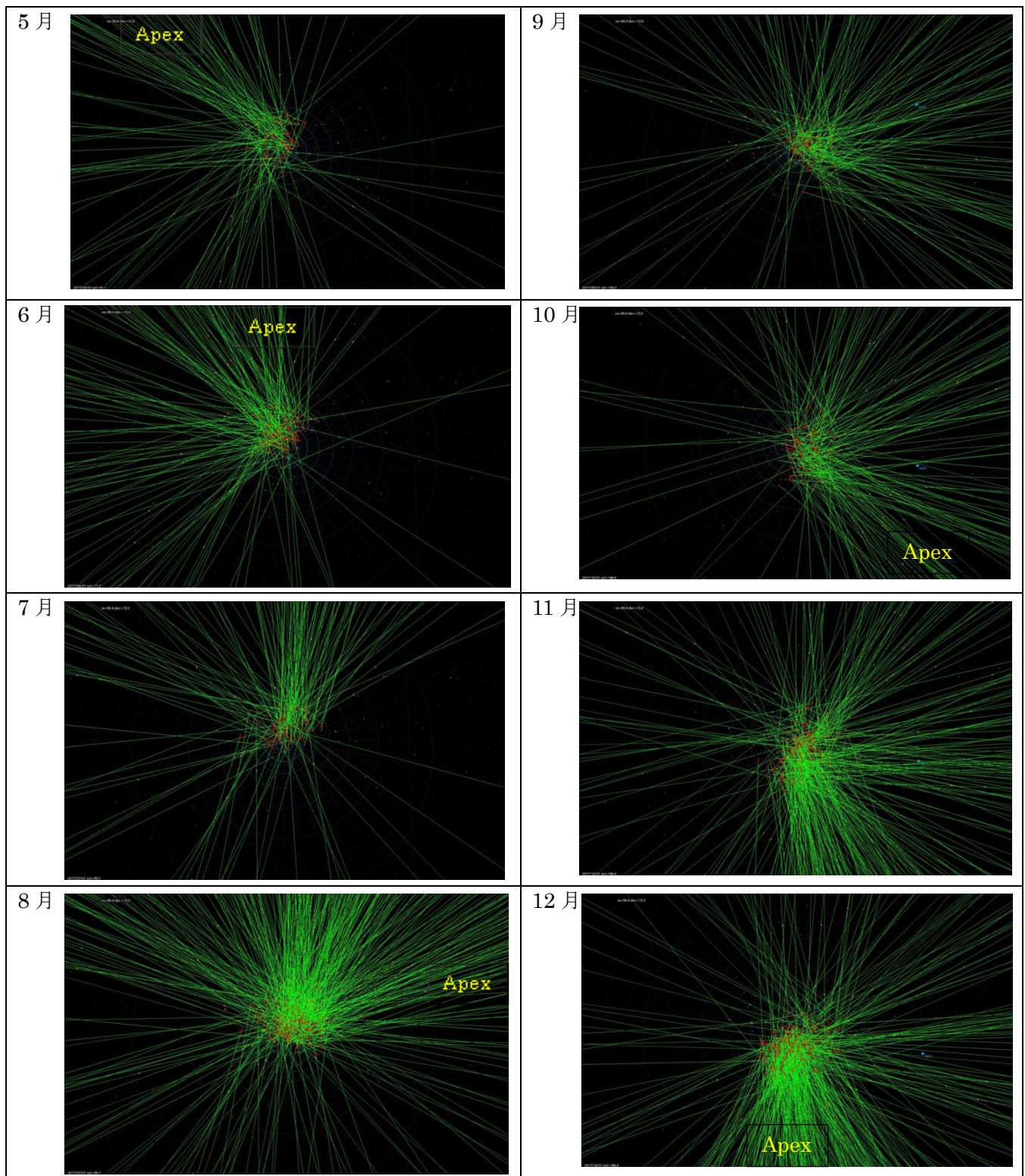
秋から冬は、活発に活動する様々な流星群が多いし、それもあって総流星数も多い。UA2 の群判定を見ていると、明らかに群と思われるものが、散在になっていたり、逆に散在になっていたりすることがある。ペルセの時期の総流星数、ペルセの数、散在の数を表している下の 2 図からは、よく比例していることが分かる。オリオン群やふたご群でもこのような傾向はみられる。それには、活発な群の分枝のようなものが存在していることもうかがわれる。また数の少ない小流星群も散在にカウントしているの、これらがアクティブになる。例えば秋に多いおうし複合群などに含まれるような群が実際には活動していることが考えられる。



D 流星の多くは Apex (地球の向点方向の領域) であり、この出現に偏りがあるのではない。

以下の図は、赤緯 90° を中心に、上が赤経 0° 度、右が赤経 90° 度、下が 180° 度、右が 270° 度として、出現した散在流星の経路を示したものである。観測視野は北天で、毎日少しずつずれていくが、赤緯 60° あたりまでを回るようにカバーして撮影している。なお、輻射点は、図の外側の場合もあるが、かなりの流星は輻射点が図の中にあるはずだ。しかし、表示は、その延長を図の外まで伸ばしている。





各月の図を見ていただくと分かるようにどの季節でも Apex が明らかに多いことが分かる。Apex は、地球の公転方向であり、夜中から明け方の頃の東の空に輻射点がある。

右図は、南半球、アデレードでの電波観測による、流星の輻射点分布図である。黄経・黄緯で表している。昼間も観測ができるので、Helion という太陽方向からの流星もたくさん得られている。いずれにしても、黄道を中心にした辺りからの流星が多いことが分かる。

そのことから言えるのは、季節による黄道の高度の違いである。昼間の太陽の南中高度が最も低いのは冬至のころである。つまり黄道の高度が低い。ところが夜は、反対に黄道の高度が高くなる。これは北半球でのことであり、南半球では逆になるはずだ。

次のページの図は、竹内雄幸氏が、調査された。IMO 眼視データから調査された、北・南半球別の年周変化（夜半後）

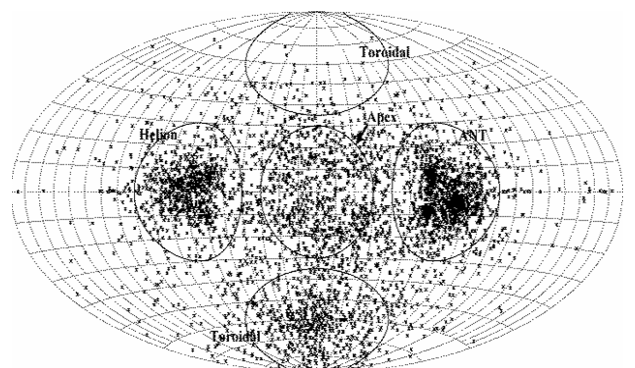
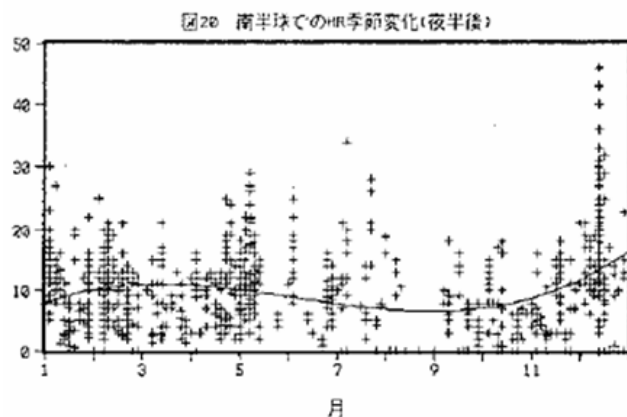
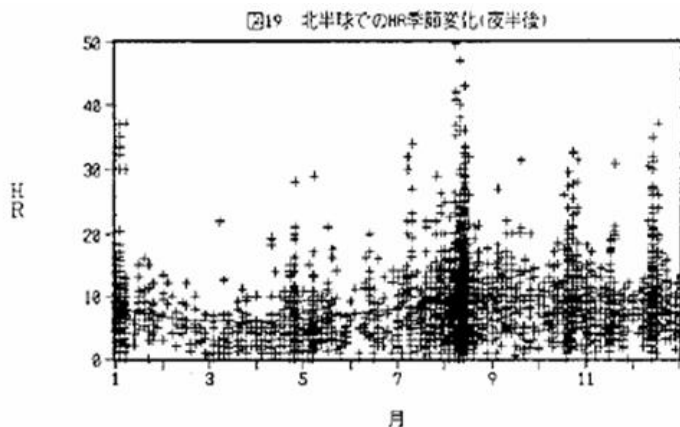


図 D2-1: Adelaideにおける電波観測



である。観測量は違うが、共にふたご群の時期は多く、北半球はペルセ群、南半球は η みずがめ群が多いというように特徴がある。しかし、群を除いて見ると北半球は後半が、南半球は前半が多いと、逆になっている。北半球では、冬至を中心に夜の時間が長く、夏至では逆になるので、明け方に近い時間ほど出現数は多いということは自明のことであろうが、それと共に、黄道域の高度が高い秋・冬に Apex からの流星が多くなるのであろう。

5. 結論と今後の課題

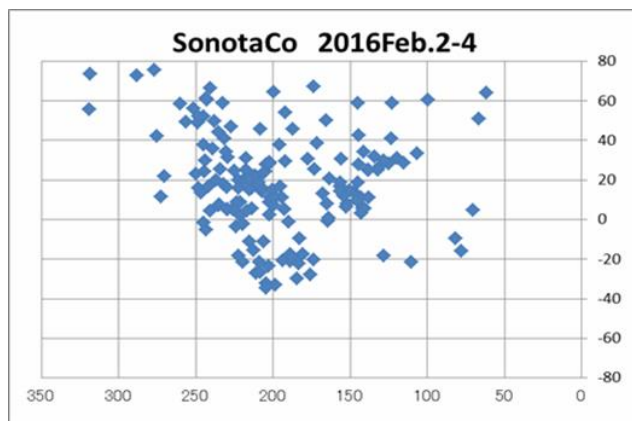
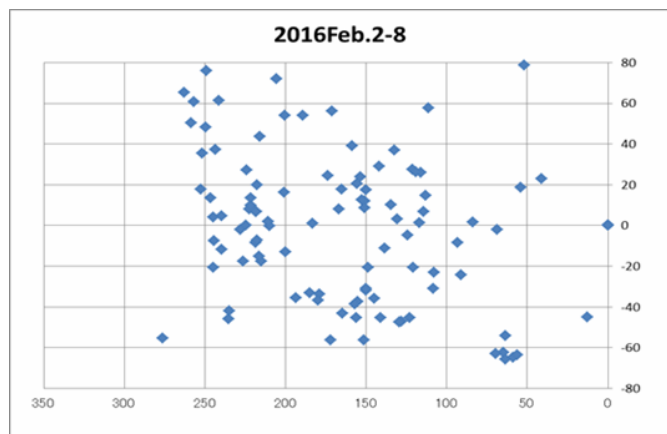
2015年7月から2018年6月までの3年間の散在流星の出現数から年周変化を求めた。3年間同じ北の空を視野にした機材なども全く同じ条件での観測のみという均一なデータである。それによると、秋から冬にかけて増加し、春から初夏にかけて減少していくという変化パターンがあることが分かった。年が変わった厳冬期には減少するというを書いたものを読んだ記憶もあるが、そういうことはなく、2月頃までは散在流星は明らかに多い。この理由については、好天が多いことや活動的な流星群が多い時期にあたり、それらに伴うような流星が増加すること、夜の時間が長く、光学観測が長時間できること、さらに地球の公転方向にあたる Apex とされる領域の高度が高いことなどがその理由であることが分かった。

また、主要群の時期だけでなく、2月初旬、6月中旬、7月中旬、8月末、11月初旬など散在流星が多いときがある。このような日は、一晩中好天が続き、総流星数が多いことがいえるが、その多くは散在流星である。可能性は少ないが、何かの活動があったのではないかと考えられないこともない。

そこで、UA2の輻射点を推定したデータを使って、輻射点分布を調べてみた。まず、すでに輻射点の定まっている定常群の輻射点とのUA2による推定値の間に差がどれくらいあるかを確認してみた。そうすると、赤緯が小さい、つまり輻射点が南にあるものは精度が落ちるが、大雑把な推測に使えるそうということが分かった。ただ、UA2は全ての流星について輻射点の推定位置を出しているわけではないのが少々残念だ。

2016年2月初頭の散在流星の増加では、2月2/3日：散在数／総流星数=37/49、3/4日=52/65などが目立つ。左下図のようなUA2が推定した輻射点の分布図作ってみると、残念ながら、特に何かの集中が顕著であるとはいえない。参考に SonotaCo ネットの皆さんの観測データをもとに軌道計算から求めた輻射点分布図を右下につけた。ANTあたりを除けば、同じような傾向であろう。散在数の多い他のデータも同様に見てみたが、特別な活動は見つけることができなかったが、機会を作ってもう少し追ってみたい。

今後は、この結果をベースに UFO Orbit を活用させていただき、小流星群の活動を調べていきたいと考えている。また、暗い流星まで撮影できるシステムにより観測を進化させたいと思っている。



6 謝辞

この観測、分析は SonotaCo 氏の素晴らしいソフトウェアがなくてはまったくできませんでした。感謝を申し上げます。また、ダナの会の皆さんとの議論からも得るものが多くありました。

1/30秒間の流星のイメージ

東京近郊地区流星観測者会 柳 信一郎

1. はじめに

これまで自分が行ってきた流星のビデオ観測は広角レンズを用いた単点観測によって、主に計数観測を目的としてきた。当初はNTSC規格(いわゆる日本のテレビ規格)の水平走査線525本・インターレース方式のアナログカメラ(Watec wat-100N)を利用した。極めて高い感度を有しているが、今風に言えば35万画素(640×480画素相当)の一般的なカメラである。

しかし近年は超高感度で800万画素(3840×2160画素)の4K動画撮影可能なデジタルカメラを入手することができるようになった。4Kカメラを使えば計数以外にも何かに使えるのでは? ということで、1つの流星に注目して『1/30秒間の流星のイメージ』を考察する。但し今回の発表は個人的な感想であり、科学的な根拠は無い。

2. 使用機材

現在使用している撮影機材のスペック等は次の通りである。

カメラ: SONY α7s

レンズ: Canon EF 24mm F1.4

マウント変換アダプタ: TECHART製

設定: ISO 160000 絞り F1.6 露出 1/30秒 WB 5500K

HDMI端子から4K 30pで外部出力

レコーダー: ATOMOS SHOGUN INFERNO SSDに記録

設定: 10bit 4K HDMI Apple ProRes 422

ビデオ編集ソフト: EDIUS Pro 8 8bitで編集

外部レコーダーを使うまでは動画をカメラ本体のSDカードに記録していたが、解像力(α7sはFull HDまで)、画像圧縮の違いで今回のようなイメージは得られなかった。

設定: Full HD XAVC S

メモリ(本体記録): サンディスク Extreme PRO 64GB 90MB/秒 CLASS 10

やはりFull HD(200万画素)から4K(800万画素)への変更、映像フォーマットのXAVC SからApple ProResへの変更の効果が大きい。尚、XAVC Sは4Kに対応した業務用機器フォーマットXAVCを民生機向けにしたものである。

写真-1は日食観測の様子であるが、外部レコーダーが写っている。



写真-1 外部レコーダー

2. 対象とした流星

2017年12月13/14日 00時44分35秒 ふたご座流星群の流星

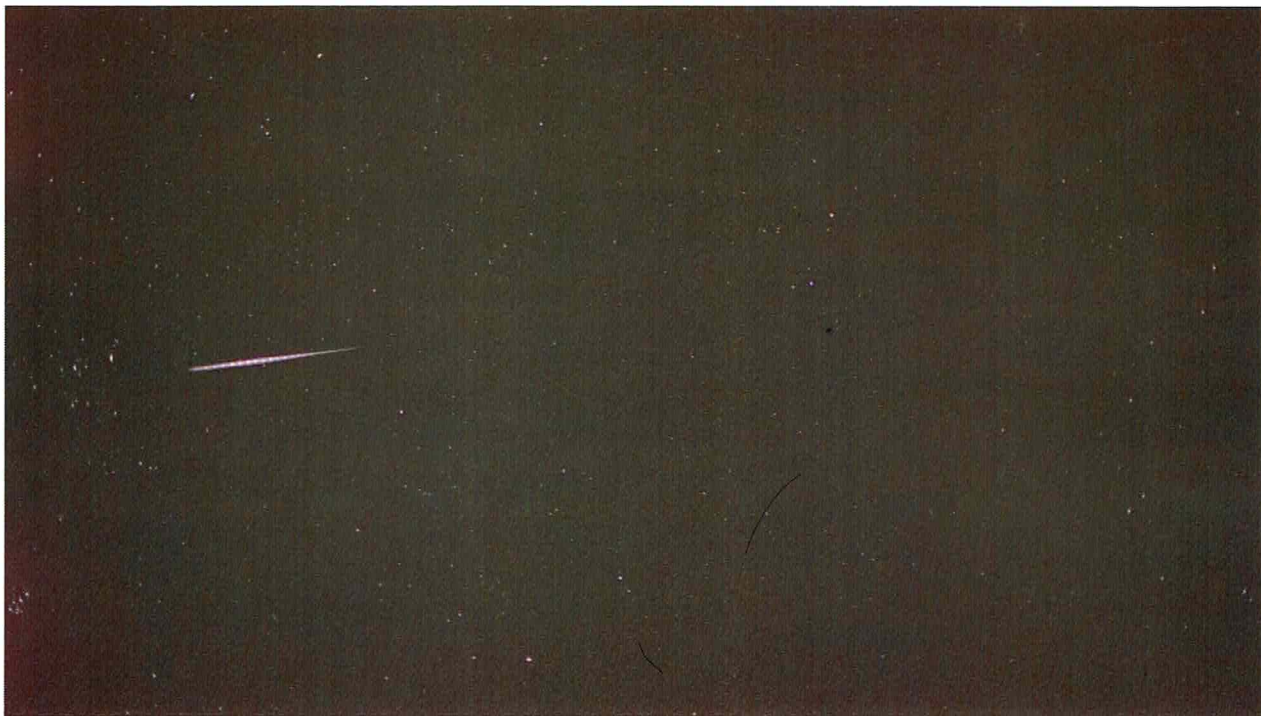


写真-2 流星 4 K イメージ (全体画像)

写真-2は動画から1フレームごとの静止画を作成し、このうち55枚を比較明コンポジットしたものである。画素数は3840×2160である。

写真-3は最も明るい付近の1フレームから150×100画素部分を切り出したものである。
画像処理によって高画質化してある。

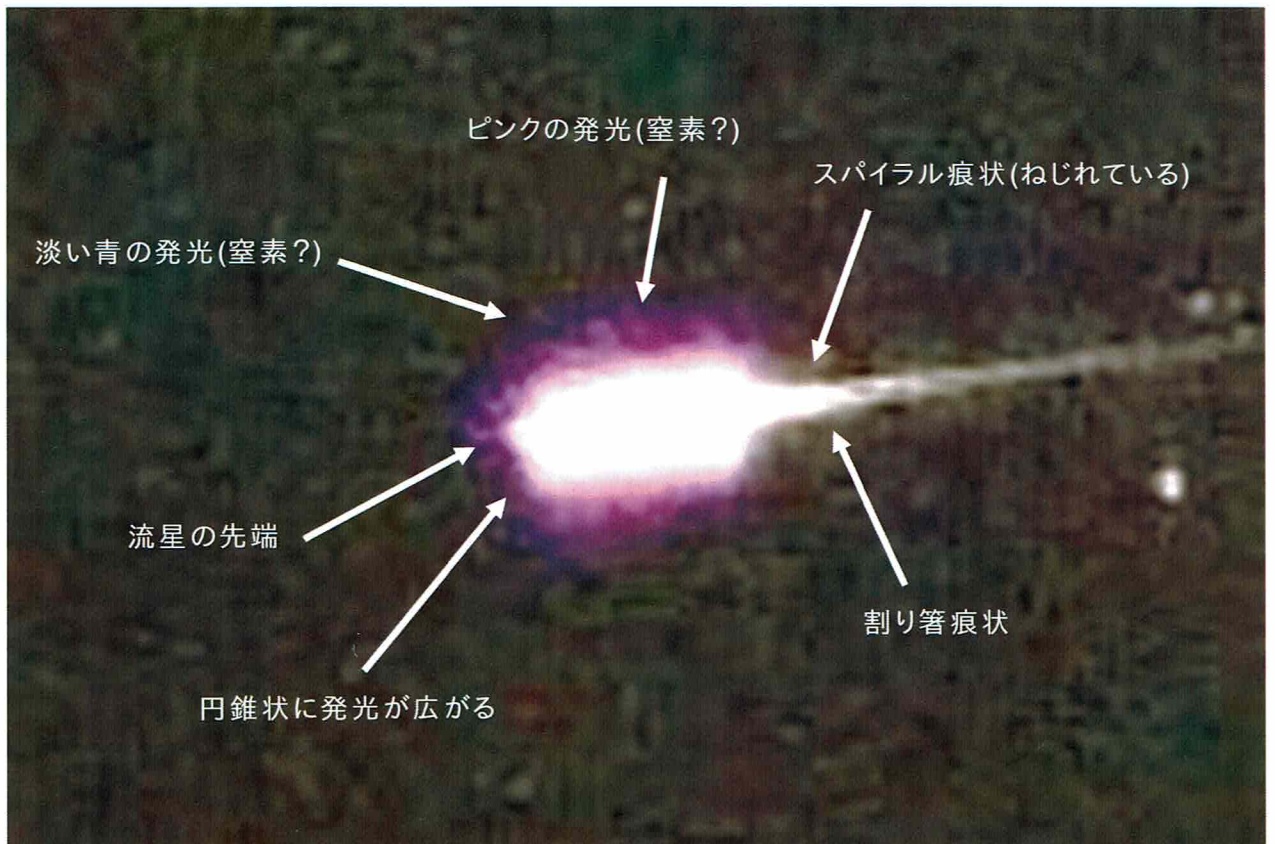


写真-3 1/30秒間の流星のイメージ

流星の動画から分かること

2018.9.8 和歌山流星会議にて

日本流星研究会 杉本 智

1. 始めに

流星の写真撮影はフィルムからデジタルへと変わり撮影方法も大きく変化した。フィルムで撮影していた当時はISO400で10分程度の露出であったがデジタル時代になりISO3200、露出は数秒を連続して繰り返すように変わった。ISO感度の向上により撮影できる流星数は多少増えたが大きくは変わらなかった。ところが数年前から高感度デジタルカメラが販売されるようになりISO10,4000といった超高感度で流星を撮影できるようになり状況は一変した。これにより今まで解明できなかった多くのことが明らかになり、また次の研究課題も見えてきている。

2. 沢山の流星を写すには

一般に流星の撮影ではレンズを解放にしてカブリ・画質が酷くならない程度のISO感度と露出時間の組み合わせを決めるが、露出時間を長くすると流星+痕を写すことになり暗い流星がよく写るが流星の速度変化の情報が荒くなるため宇宙軌道は算出しにくくなる。目的によって露出時間は変わってくるものと思う。私はSONY $\alpha 7s$ に35mm F1.4 のレンズを付けてISO 64,000~10,4000 1/30秒 30P で撮影している。対地速度の速いペルセ群などでは1コマの流星像が伸びることもあるがやぎ群などではコマとコマの切れ目が繋がってしまう。RPからの角距離によっても見かけの速度は大きく変わるので最適な組み合わせはその都度考えることななのだと思う。



私は通常カラーで撮影しているが、おそらく最も沢山の流星を写すカメラは紫外・赤外域をカットするフィルターを除去したいわゆる赤外改造カメラだと思う。このカメラでは流星によって励起された赤外部の窒素分子や酸素原子・分子の輝きも写し込むことができるからだ。

実際の映像をご覧ください！

赤外改造カメラ → ・たくさん写る ・明るく写る
・流星体の周りに広がるのは励起した大気？ハレーション？

改造カメラでなくとも動画ではペルセの極大期には1時間に数十個近く流星が写る。これらの多量のデータを分析することによって、たとえば大きく広がったペルセ群のRPをグループ分けしたり、小流星群の出現動向や検出ができるのではないかな？

3. カラー動画から分かること

まずは幾つかの流星の動画をご覧ください！

静止画の撮影では分からなかった

①流星や痕の時間経過による変化

②大気の発光のようす（流星痕）

③超高層大気の高さによる成分や密度の変化

が詳しくわかるようになった。これらの情報により流星痕の正体はほぼ解明することができた。

この作業のためには右の写真のように、動画から一コマずつ静止画を取り出して調べることが必要で、1コマ、1コマをずらして並べてある。こうすると短時間の流星痕の変化のようすがよく分かる。緑色に写っているのは酸素原子の励起痕で青紫に写っているのは窒素分子イオンによる痕、この痕はしだいに窒素分子の励起痕である赤い色に変化していく。これについては幾つかの例によって説明する。

高度130km~70kmについてはどのような痕が発生するかが見えてきたので、逆に流星出現後1, 2秒間の痕を調べればその流星の経路を推定することが可能となってきた。しかし、対地速度の遅い流星の発光高度は低いいため窒素分子による赤い痕がほとんどで、高度を特定できるようになるにはより多くのデータが必要な状況である。

双子群の火球と痕の動画をご覧ください！

痕の発光のようすは高度によって決まっている

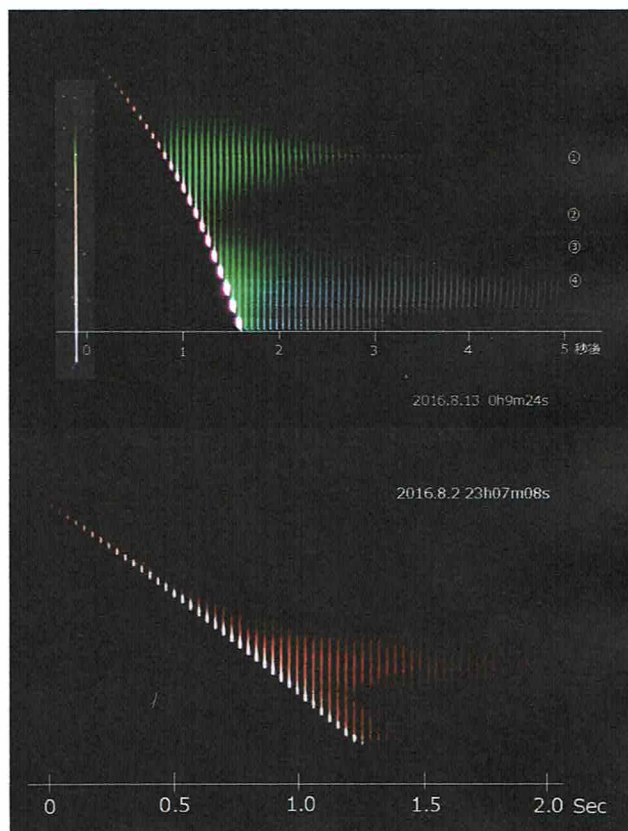


写真 上 ペルセ群 下 やぎ群

4. スペクトル写真がザックザク

動画撮影で一番衝撃的だったのは**流星のスペクトル写真が容易に撮影できる**こと。あれほど撮影が困難だったスペクトルの撮影が嘘のようである。今までは火球のように明るい流星しか撮影できなかったがISO感度10,4000の威力は凄い！ 先ずは**流星のスペクトル動画をご覧ください！**

流星のスペクトルを撮影すると流星体を構成する金属元素などがプラズマになった際に発する輝線を検出することができ、どのような元素を含んでいたかを知ることができる。Fe,Ca,Mg,Naなどの金属元素と窒素分子や酸素原子、酸素分子などが励起して発する輝線や帯スペクトルが検出される。これらの元素で構成される鉱物を考えるとカンラン石と輝石、長石となる。

カンラン石 $(\text{Mg}_2,\text{Fe}_2)\text{SiO}_4$

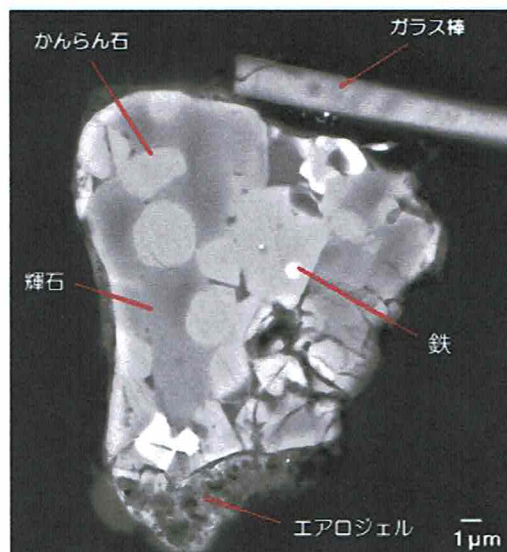
輝石 $(\text{Mg,Fe,Ca,Na,Al})_2\text{SiO}_6$

斜長石 $(\text{NaAlSi}_3\text{O}_8)$ $(\text{CaAl}_2\text{SiO}_8)$

ウィルト第2彗星から採取されたダストが輝石の中にカンラン石が入っている構造であったのでおおよそ間違いのないと思われる。隕石の殆どをしめるコンドライト隕石に見られるコンドリュール（球粒）とも良く似ている。しかし流星体の構造・密度・大きさについては定かでない。

軌道周期が長い流星と短い流星ではスペクトルに違いがあるとか短周期のものは太陽に強く照らされてNaが失われるという研究もあるが、私の少ないデータからは検証できないでいる。同じ群の流星であっても少しずつ異なる個性は感じるが基本的には同じように見える。また、ペルセ群と双子群の流星スペクトルを比べても殆ど同じように思われる。強いて言えば対地速度の遅い流星の方が短波長側のFeやCaの輝線がよく写っているように感じられる。また、近赤外の窒素や酸素分子の発光が見られない。後者は発光高度が低く酸素原子の割合が少ないことと大気密度が大きいが関係するのかも知れない。対地速度が異なると流星体が加熱される温度も異なってくるため、異なる群の流星を一概に比較することは難しいように思われる。

写真2のスペクトルはやぎ群の流星と推測されるがNaの輝線しかみられないもので、この流星は永続痕も発生させている。今後、対地速度の遅い流星のスペクトルの撮影に力を入れたい。



彗星ダスト「Torajiro」の電子顕微鏡写真。

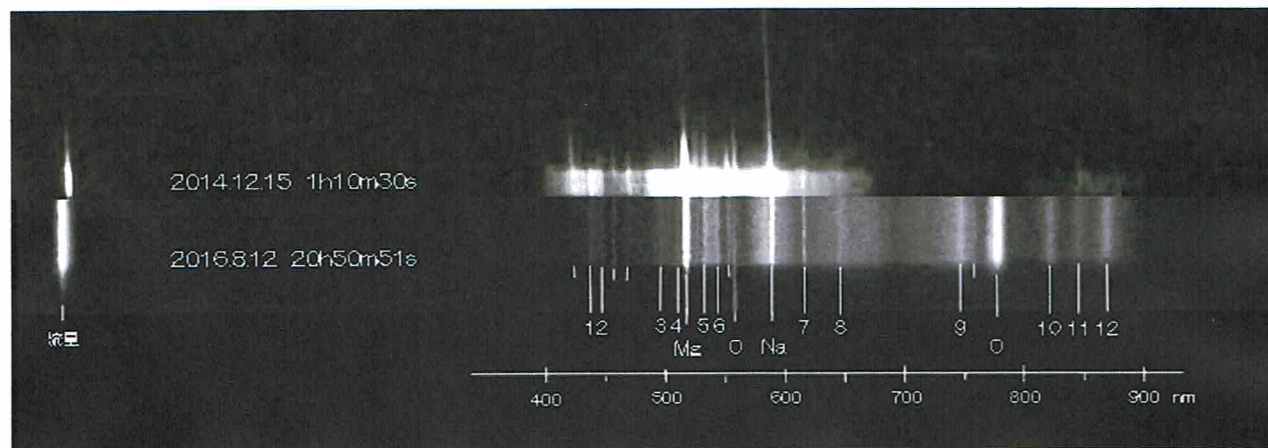


写真1 双子群とペルセウス群流星のスペクトル比較



写真2 やぎ群流星のスペクトル

右端が流星の0次像。Naと酸素原子の輝線、窒素分子のバンドスペクトルが見られる。



ミルトン・ロイ 150本/mm 52mm角
SONY α7s(赤外) + FD85mm f1.2

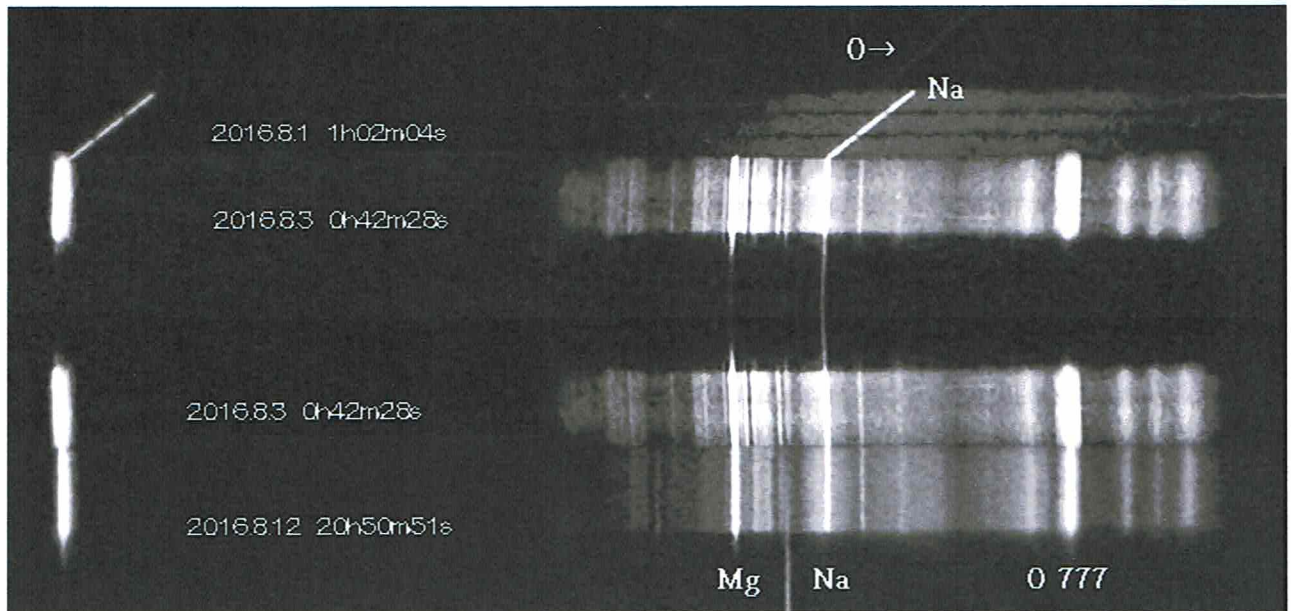
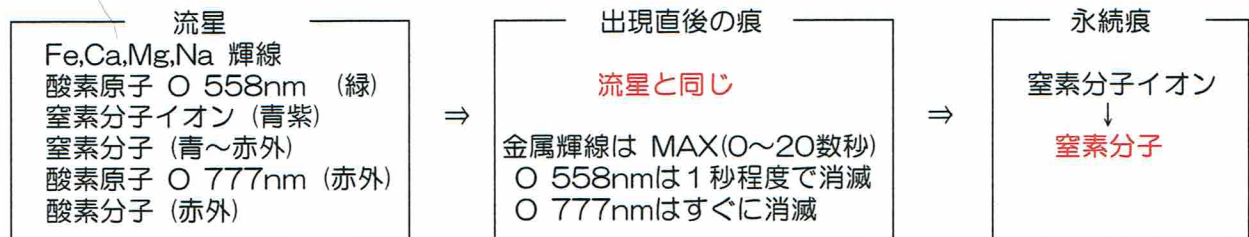


写真3 流星スペクトルの比較 (やぎ群・みずがめ群・ペルセウス群)

5. 流星痕の正体は

流星痕のスペクトルは2001年の獅子座流星群の大出現の際に5流星の永続痕のスペクトル撮影に成功しており、**流星と流星痕のスペクトルは同じ**であることが分かった。しかし、このときの撮影装置はFD 85mm F1.2レンズに浜松フォトニクス社のI・I(イメージンテンシファイア)を付けて蛍光面を家庭用ビデオカメラSONY PC-1で撮影するというものであった。時間とともにMgやNaの輝線が消えて窒素分子のバンドスペクトルが輝くことは分かったが、窒素分子イオンと窒素分子の変化は分らなかった。

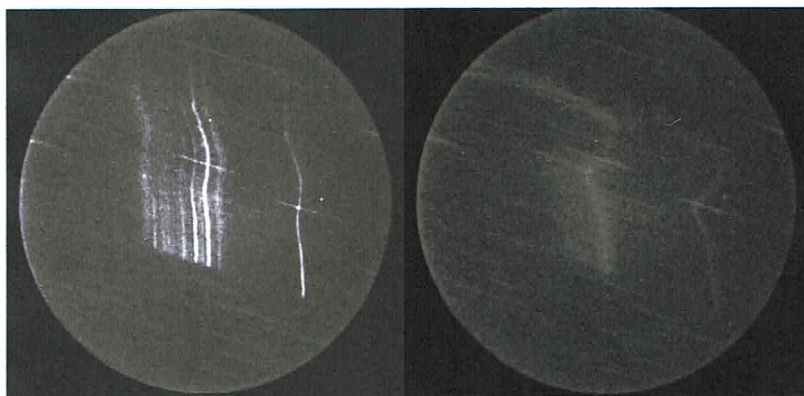
[流星痕と流星痕のスペクトル動画をご覧ください！](#)



窒素分子イオンの励起から窒素分子の励起に変化していくようすは、デジタルカメラで撮影した痕の色の变化で分かる。2016.8.13 2h36m40sに出現した火球でもよく分かる。そのようすは次の①、②のどちらであるかはさらに詰めていきたい。流星の対地速度と高度による大気成分の違いが要素となって①②③のパターンが生じると考えられる。

- ①窒素分子イオン(青紫色)の励起と窒素分子(黄色から赤)の励起は同時に発生するが時間経過と共に窒素分子イオンが消えて窒素分子の赤のみが残る。
- ②窒素分子イオン(青紫色)の励起から窒素分子の励起(黄色から赤色)の発光に変化していく。
- ③窒素分子イオンの発光は生ぜず窒素分子の励起による黄色～赤のバンドスペクトルが始めから見られる。(対地速度の遅い流星)

I・Iで撮影された流星痕のスペクトル



出現6秒後の痕のスペクトル

出現30秒後の痕のスペクトル

2001年しし座流星雨 流星・流星痕撮影装置



グーティング + 85mm F1.2 + I・I + ビデオカメラ
150本/mm



85mm F1.2 + I・I + ビデオカメラ

I・Iを使った撮影装置



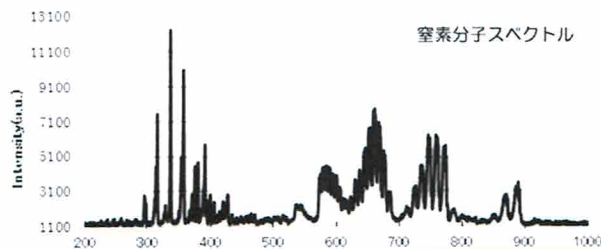
流星と流星痕のスペクトル比較



上6秒後 下30秒後

永続痕は窒素分子が励起されて発光しているもの

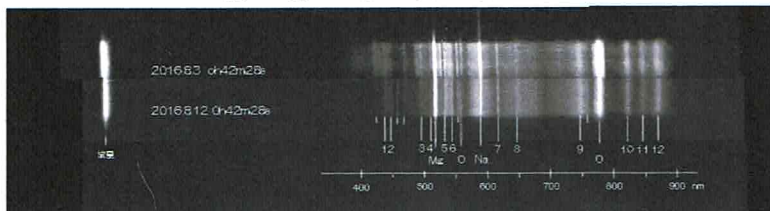
流星と出現直後の流星痕のスペクトルは同じであるが、 $0.777\mu\text{m}$ の輝線は消滅して見られない。出現30秒後のスペクトルでは輝線は見られずバンドスペクトルが見られるが、これは窒素分子のバンドスペクトルである。流星の永続痕は窒素分子の発光であることが分かる。



窒素分子スペクトル

実験によって得られた窒素分子のスペクトルと流星スペクトルを比較すると輝線の背後に写っているバンドスペクトルが窒素分子の励起によるものということが分かる。スペクトル写真では輝きの弱い波長のところが黒い筋となって写っているがグラフと良く一致している。

オーロラでは 428nm 付近に窒素分子イオンが励起して発するバンドスペクトルが見られる。エネルギーが弱いとこのバンドスペクトルは見られない。



流星と窒素分子のスペクトル比較

チャレンジ

超高感度デジタルカメラによる永続痕のスペクトル動画はまだ無い！

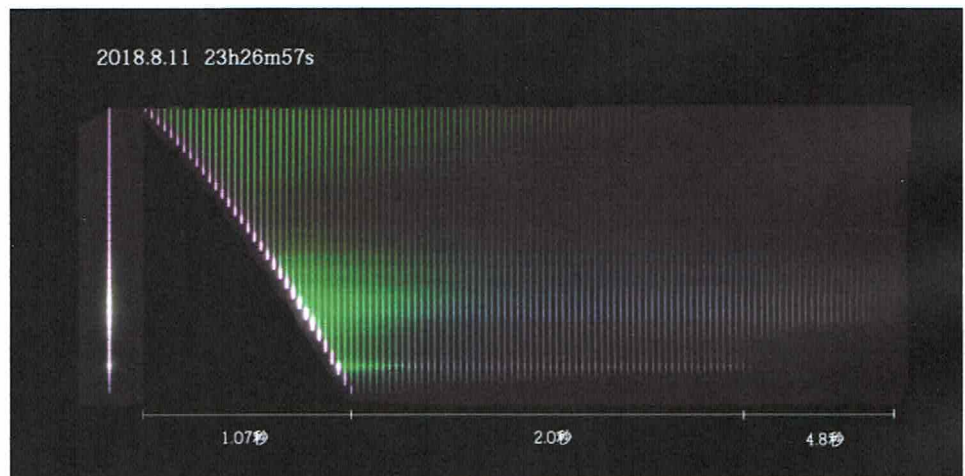
6. 流星の発光や痕の生成は高度によって決まってくる！ オーロラに学ぼう！

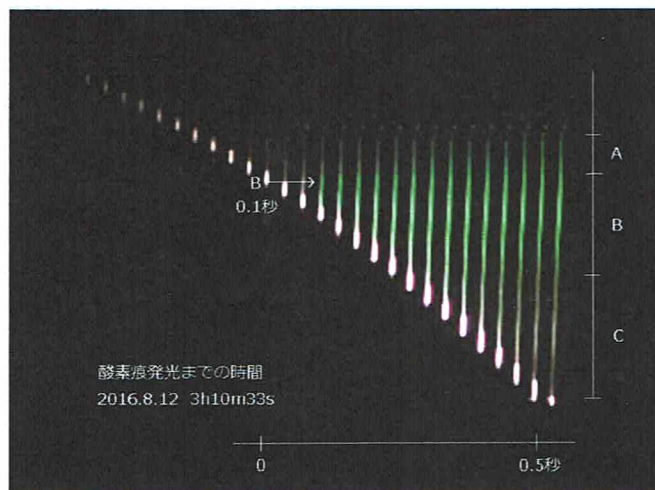
2018.8.11 23h26m57s に出現したペルセウス座流星群の流星と1ページにある2016.8.8.11 23h26m57s 出現のペルセウス座流星群の流星を比較すると良く一致することが分かる。このように**同じ高度で発光した流星の痕はその高度の大気の状態を表して同じになる。**

この高度での大気発光現象としてはオーロラがある。オーロラは $150\text{km} \sim 100\text{km}$ で酸素原子が励起して輝く緑色(557nm)のオーロラが主であるが、活発なオーロラでは $100\text{km} \sim 90\text{km}$ の緑色のオーロラの下部にピンク色のオーロラが見られる。これは窒素分子イオンと窒素分子による青紫+赤→ピンク色と考えられる。この高度は流星痕では青紫色の痕が発生する高度である。

写真で緑色のオーロラに写っている部分も動画で調べると酸素原子の発光より短時間で輝く窒素分子の小豆色(赤茶色)の発光が先導していくことが分かる。時間が許せば高感度ビデオカメラで撮影可能となった**オーロラの動画をご覧ください！**

右写真 2017.4.23 フェアバンクスにて 松尾 研 撮影





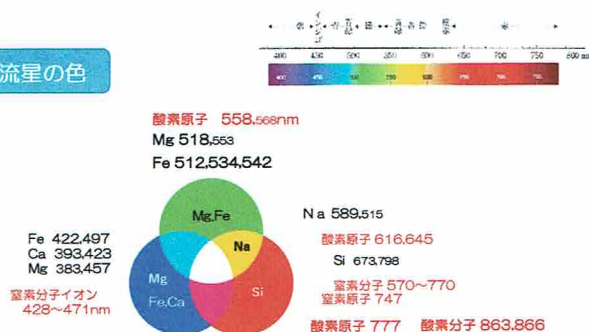
酸素原子が励起して輝くまでの時間

オーロラの場合、O 557nmの発光は平均0.7秒と言われているが流星の場合はそれよりも短い。Aの高度では次第に明るくなりピークまで0.7秒かかっているがBの高度では0.1秒で明るくなっている。これはどのように解釈すればよいのだろうか？

右のオーロラの写真では酸素原子が緑色に輝く前に赤茶色の窒素分子の輝きが見られるが、輝きが弱いため緑色の酸素原子の輝きに染まってしまう。このようすはオーロラの動画をみると良く分かる。



流星の色



流星や流星痕の色が示すもの

流星や流星痕の色は励起している元素を調べる手がかりとなるが、いくつもの元素が発光しているためそれらが混じった色となる。流星動画で流星がピンク色に写っているのは窒素分子イオンの青紫と窒素分子の赤茶色の混合色と推定される。金属元素のFeやCaの青色とMgやNaの緑色が混ざるとどのような色になるかは輝線の輝きのために難しい。流星が非常に明るいときには各元素の発光が合わさって白色に見える。

流星の光度変化を調べると、特定の高度で増光していることが分かる。また、その高度の上下で流星痕が超高層大気の流れに流されていくようすが異なることも分かる。大気の組成や密度が急変する特異点については理科年表の大気組成の表からも分かるが、超高層大気については測定が困難であるためにデータが少なく明らかになっていない。流星によって超高層大気の様子を調べることができるのと逆にロケットによるデータを流星の発光の解明に役立てることができると思われる。

大気の組成や密度は連続的に変化していくのではなく、急激に変化する特異点がある！

7. 2016.8.13 2h36m40s出現のペルセ群火球から

この火球は多くの人に観測されており私も栃木県那須町で動画と静止画の撮影に成功している。福島県伊達市で野田利勝氏が滝根町で山崎明宏氏が写真撮影されており、現在、この3データを組み合わせて解析を進めている。 [火球と痕の動画をご覧ください！](#)

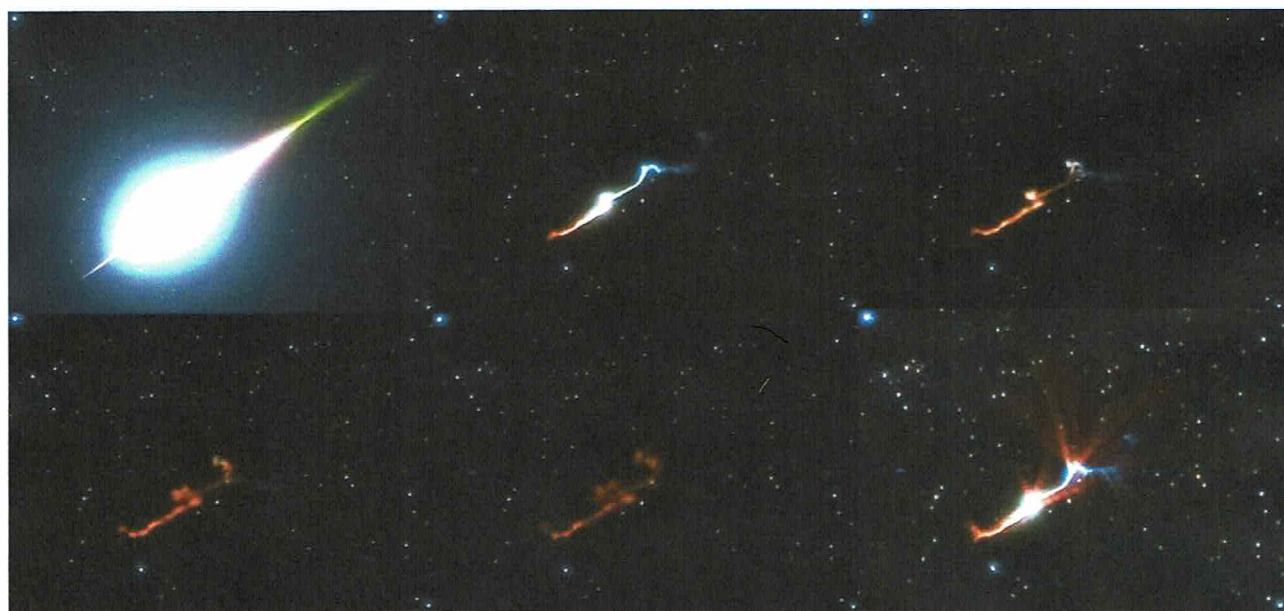
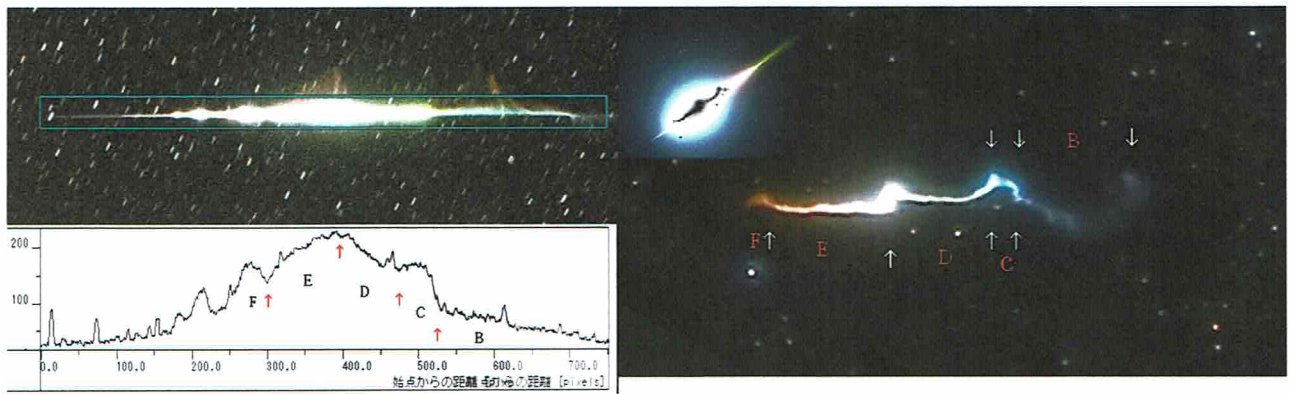


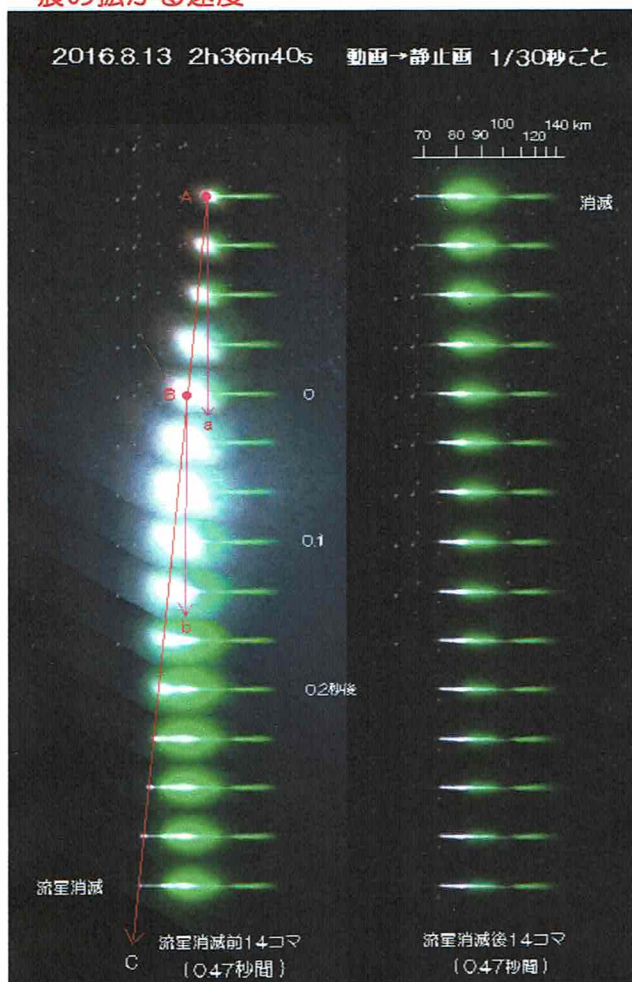
写真1 2016.8.13 2h36m40s Canon 5D MarkIII 24mm F1.7 ISO 3200 5秒間の連続撮影



この流星の痕は高度130km～105kmに見られるO557nmの緑色の痕とその下部の窒素分子による痕に2分されるが、痕の色や移動方向は幾つかに分けられる。この流星の光度変化と痕の変換点の対応は解析中であるが、野田利勝氏の撮影した流星との対応はおおむね上図のようになる。

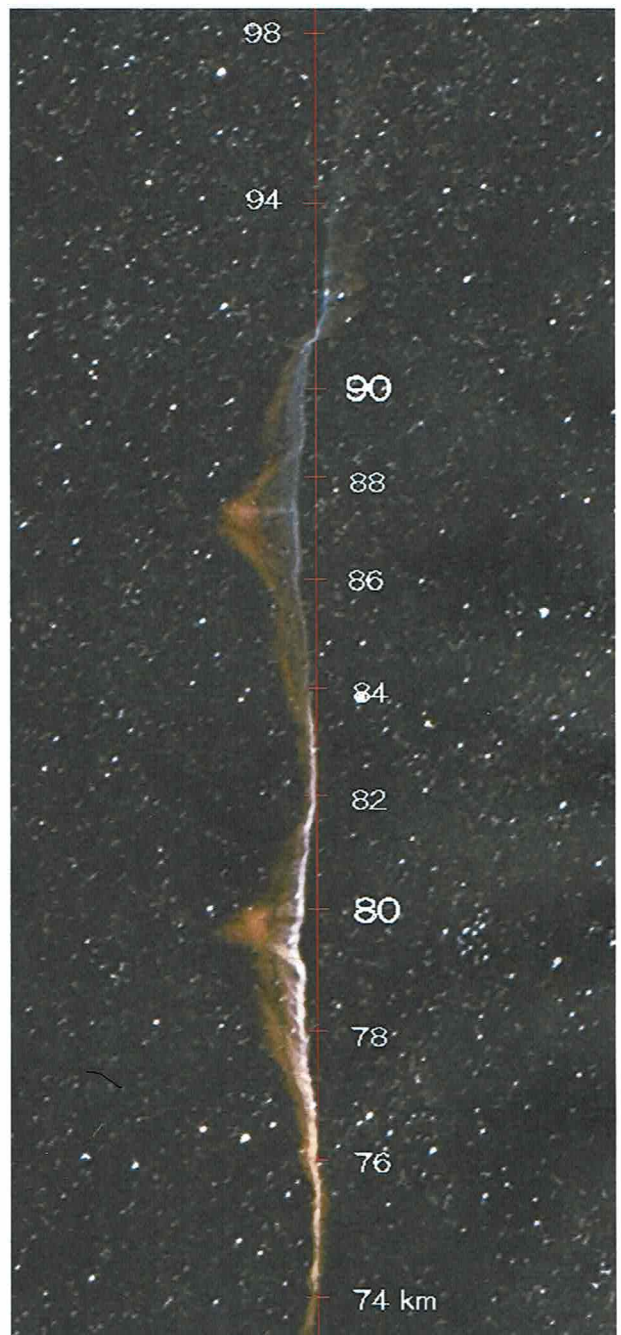
写真1でも分かるが高度91km～84kmの青紫色の痕がオレンジ色に変化していくようすは山崎明宏氏の写真で鮮明に分かる。(窒素分子イオン→窒素分子の励起へ)

痕の拡がる速度



高度110km付近の他にも高度100km～75kmにかけて酸素原子痕(緑色)の発光がみられるが、この高度での発光は明るい流星でないとみられない。この高度では大気中の酸素原子は少なくなっているため、**流星体から放出された酸素原子と考えることはできないだろうか？**

この流星の動画を解析すると、酸素痕が形成されていく速度を算出できる。最大の速度は毎秒13kmにもなる。高度85km付近の薄い大気中では数千度に加熱された流星体から、このような高速で原子や電子が飛び出していくのだろうか。**解明していきたい。**



山崎明宏 撮影の流星痕 15秒露出 2枚合成