ワクワク沼津流星会議
2017

日本流星研究会

2017.8.26-27

於　沼津市立図書館

ワクワク沼津流星会議 2017 のご案内

既にご案内のように、以下のように静岡県沼津市でワクワク沼津流星会議 2017 を開催致します。これまでに 30 人以上の方からご参加の申し込みを受け付けています。また、前回開催された富山会議での溝口実行委員長からは会議用具や引継ぎ金のご送付をいただいています。更に、多くの方々から会議開催に関するサジェスチョンをいただき、このような会議開催運営にうといスタッフにとりまして大変心強く有りがたく、痛み入るばかりです。

沼津市では、かつて、1971 年に(当時の)流星観測者会議が開催されています。その会議では、長沢工氏によるジャコビニ流星群への期待、鈴木和博氏らのグループによる FM 電波での流星観測の可能性の初めての紹介などがありました。出席者には故長谷川一郎氏をはじめとして、現在もご活躍されている方々の若いころの姿も散見されています。

再び、沼津の地で、流星会議を開催致します。ご参加いただける皆様に流星会議でのワクワク感を感じていただけるよう、スタッフ一同も張り切っております。
沼津へ、ようこそ!!

会場は以下の沼津市立図書館です。青い矢印が、わかりにくいですが沼津駅南口ロータリーです。赤く白抜きの場所に民間駐車場があります。

この矢印示したところがイーラｄｅ、　懇親会は 3 階の駿河屋久兵衛です。

スケジュール等は以下の通りです(研究発表申込みが予想より多く、当初案内から変更しています)。

日時　　2017年8月26日(土)13時~27日(日)12時
会場　　沼津市立図書館　第4講座室　(4階までおいでください)
410-8533 沼津市三枚橋町9番1号 TEL.055-952-1234
https://www.tosyokan.city.numazu.shizuoka.jp/
JR東海　沼津駅下車徒歩7分　東海道新幹線三島下車東海道線乗り換え1駅
東名高速道路(沼津IC)又は新東名高速道路(長泉沼津IC)から15分ほど

スケジュール
8月26日(土)　　この間で適宜写真撮影
13時00分　受付開始
14時00分　開会セレモニー
14時10分　開催地沼津案内
14時20分　講演　長沢工先生　　「日本流星研究会と私」
15時30分　研究発表 1　プレゼン時間は質疑応答込みで各題につき約20分
小林美樹さん　眼視観測ビギナーエイド
渡邊美和　　江戸時代の流星痕スケッチの発見
藤原康徳さん　α 7s 用ハウジングと遠隔運用
嵯峨山亨さん　ペルセウス座ε群について（9月の観測指針から)
17時00分　(17：00～18：30　幹事会)　幹事以外はホテルチェックインと沼津案内
19時00分　(～21:00　懇親会　　沼津魚がし鮨 駿河屋久兵衛 沼津店)
会場へはスタッフが案内　また地図用意
8月27日(日)
09時30分　流星研究会総会
10時00分　研究発表 2プレゼン時間は質疑応答込みで各題につき約20分
司馬康生さん　SonotaCo Network の観測によるκはくちょう群
前田幸治さん　4 K ビデオ観測による流星スペクトルの分類
前田幸治さん　鉄流星の特徴と紹介
中根純夫さん　流星電波観測のビーコン送信についての状況の紹介
藤由嘉昭さん　(TELSTAR の配布)
11時30分　講評
次回開催地案内
閉会セレモニー

ご注意いただきたい事項等について以下に記しますが、ご不明の場合はどうぞお問い合わせください。

宿泊は各自手配(実行委員会では設定しません)にてお願いしていますが、沼津市内の JR 南口に多くのホテルがあり、会場へは便利です。

なお、沼津北口にもホテルが多くありますが、沼津駅は橋上駅ではなく、通り抜け通路は駅内にありませんので、なるべく南口側のホテルをご利用になると便利です。また、駿河湾を望む地区に多くのホテルなど宿泊施設もあります(例 KKR はまゆう)が、会場からは遠くなりますので駅前ホテルが便利です。

念のためですが、沼津市立の図書館としては会場となる沼津市立図書館のほかに沼津市立戸田(へだ)図書館があります。通常は「市立図書館」というと会場の図書館のことを指しますがご承知おきください。タクシーなどの場合は「沼津駅近くの」「三枚橋(さんまいばし)の」などと指定すればよろしいです。

自動車でおいでの場合は、事前にホテルでの駐車したうえで会場においでになるとよろしいかと存じます。

沼津市立図書館には地下に駐車場がありますが、駐車スペースの多くは貸し出しなどの短時間用途が想定されています。長時間止める場合(例えば 27 日のホテルチェックアウト後など)は前述地図の民間駐車場が近くで便利です。

沼津駅は JR 東海の駅ですが、JR 東日本のスイカで JR 東日本から継続して乗車した場合は、沼津駅の自動改札を通ることができません。この場合は有人改札での清算が必要となります。

JR 沼津駅は古いタイプの駅です。橋上駅ではありませんし南北自由通路は駅構内にはありません。北口に宿舎をとられた場合は、「あまねガード」などのアンダーパス通路をご利用ください(駅構内を通行する場合は入場券が必要になります)。

会議参加費は 2,000 円を予定していますが、もう少し安くなる見通しです。また、懇親会費は 5,000 円(予定)です。いずれも受付時に会場にてお支払ください。

問い合わせ先　410-0815 沼津市南本郷町 8-30　渡邉美和　090-5524-8562
メール： junowat@hi3.enjoy.ne.jp

協力団体　沼津天文同好会、御殿場星の会、Kanuki 村 21、沼津工業高校物理部 OB 会

ご参考　　1971年沼津流星観測者会議の集合写真

前列椅子の方々　左から富岡さん、藪さん、長谷川一郎さん、長沢工さん、小槙さん、富田さん、不明、星野かずえさん

前列でしゃがんでいる人たち　左から渡邉、高桑さん、片山さん、小和田さん、

中列　左から、　不明、鈴木義雄さん、品川さん?、上田さん、杉本さん、不明、竹内さん、三人不明、岡村修さん、不明、不明、不明、鈴木和博さん(その後ろ隠れている人は芳賀さんか)、吉岡さん、小関さん、佐藤達夫さん、不明、不明

上列　不明、牧田さん、不明、不明、木下さん、不明、不明

(不明の方のなかでお名前がわかる場合はお知らせください)

最近の活動　自己紹介等

塩谷　一昭(しおたに　かずあき)	昨年は富山で開催の流星会議にお越しいただき、ありがとうございました。大変充実した会議になったのではないかと、確信しております。今年の夏は富山は天候が安定せず、梅雨明けも遅れてしまいました。昨今星を見る機会そのものが減りつつある中、流星会議でまた皆様から熱気と刺激をいただきに参加したいと思います。
藤原康徳(ふじわら　やすのり)	ついに還暦になってしまいました。最近は、物覚えは悪く、記憶はあいまいになる一方です。体力も落ち、毎月医者がよいと冴えない状況です。
上山泰巨(ウエヤマ　ヨシヒロ)	20数年ぶりの参加です。よろしくお願いいたします。
溝口秀勝	昨年の富山流星会議では大変お世話になりました。今年は2日目のみの参加となりますが、よろしくお願いいたします。
竹田　浩章 (たけだ　ひろあき)	2003年NMS入会。暗い空での観測がままならず、大阪平野の光害にめげずに眼視観測を続けています。
苧側　正明(おがわ　まさあき)	1969年から50MHz電波による観測を始める　西日本初の大学衛星「空海」の通信システム援助
苧側　純子(おがわ　じゅんこ)	
司馬康生(しばやすお)	このところ、流星群の軌道共鳴に注目しています。よろしくお願いします。
田中正一(たなかしょういち)	流星会議には久しぶりの参加となります。最近の活動は年数回の主要群眼視観測と、流星物理セミナーでお話を聞く程度です。なお、今年のNMS総会では幹事選挙を行いますので、よろしくお願いします。
前田幸治　まえだこうじ	4年ぶりの流星会議です。最近出不精で体重も増えてきました。感受性も落ちてきているので、いろいろな流星の刺激を受けたいと思います。よろしくお願いします。
杉本　智　(すぎもと　さとる)	流星眺めて50年。やっと流星の研究に専念できる環境になりました。シルバーパワーを発揮したいと思っています。流星観測や研究の楽しさを伝えられたらと思います。
泉 潔	今年は全日程参加出来そうです。夏はやはり流星会議ですね。
松岡 義一(まつおかよしかず)	
吉田　孝次(よしだ　たかつぐ)	毎年、流星会議への参加を楽しみにしています。
小林　美樹(こばやし　みき)	観測可能な日は曇られるという日々が続いています。最近では観測態勢の出来ていない時に限って、流星からの音を聞きます(年に1～2度)。今年も皆様にお目にかかれることを楽しみにしております。
小関正広(こせき　まさひろ)	会員になって50年以上が経ちました。最近は星空を眺めることも少なくなっていますが、天文回報のアンケートを書きながら、昔の流星シーンを思い出しました。流星会議では、昔ばなしだけでなく、未来についても語りましょう。
藤由　嘉昭　(ふじよし　よしあき)	
嵯峨山　亨	
豆田勝彦	2017沼津流星会議に参加できることに。全日参加できます。久しぶりです。
松本誠樹(まつもと　せいき)	掲示板でお世話になっています。
植原　敏(うえはら　さとし)	日食から帰ってきたばかりで、頭がボケてるかもしれません。最近、ジョギングを始めまして、先日のペルセウス群の極大夜、これまで流星を一度も見たことないという同級生と、深夜にジョギングしました。－2等ほどの長経路の群流星が出現した時は、ものすごく感動してくれ、観測を始めた頃の純粋な気持ちを思い出しました。
鳥沢　好史　(とりさわ　よしふみ)	初めて参加させていただきます。趣味で天文にとりくんでおり、現在は電波観測の結果を流星電波観測国際プロジェクトに報告しています。以前彗星会議に参加したこともあります。勉強になるので参加させてください。よろしくおねがいします。
柳　信一郎（やなぎ　しんいちろう	３大流星群の極大日だけは晴れて欲しい！　もう一つ、５月の「みずがめ座イータ流星群」も晴れて欲しい！　ここ数年、ケアンズ遠征観測を行っております。今年は３夜の観測を計画して、晴れたのは僅かに　２０分だけでしたが　.....　。来年は満月だけど、やっぱり行くつもりです。また、どうせ行くならと、４Ｋビデオ撮影も始めました。これからも、よろしくお願いいたします。
杉本幸子(すぎもとさちこ)	2013. 3月末に閉館しました荒川区民プラネタリウムの解説をしておりました。1964年製の五藤光学のビーナス(S3)という古い投影機でした。
長沢　工(ながさわ　こう)	年齢のせいと病気のせいで、すつかり衰えました、皆さんの前で話をするのも今回が最後と思います。NMSの皆さんには本当にお世話になりました。
佐藤　幹哉（さとう　みきや）	この７月から新しい職場となり（世田谷区教育センタープラネタリウム）、ようやく新しい生活リズムに慣れてきたところです。
中根　純夫（なかね　すみお）	個人的な無線技術の興味から、電波と宇宙と数理科学に興味がつきません。アマチュア無線を用いた流星電波観測も20年を過ぎました。手法に興味を持っています。
橋本岳真	
戸田雅之	27日のみ参加

研究発表一覧とその概要

藤原康徳（ふじわら　やすのり）　　α7s用ハウジングと遠隔運用

α7sを日光避けシャッター付きハウジングに入れて自動運転している。外部からネット経由で操作とモニターを行っている。

司馬康生（しばやすお）　　「SonotaCo Networkの観測によるκはくちょう群」

日本におけるTV自動流星観測網SonotaCoNetworkの2007-2016年の観測結果から、κはくちょう座流星群(KCG)とその周辺を調査した。KCGは、2007と2014年に静穏な年と比べて約8倍の突出した出現数がSL=145°付近であり、7年の活動周期が確認できた。また、2013年にも平年の約3倍の出現数がSL=135°付近であった。KCGの光度は、出現数が増加した2007,2013,2014年で平年より明るかった。2007と2014年で輻射点分布はほぼ同様だったが、2013年は赤緯で5°程度北側に分布し、軌道要素の分布も2007,2014年とは系統的な差があった。これらが連続した流星体分布に起因するなら、歪んだswarmが存在している。平年のKCGは輻射点や軌道の分布で複数のピークが存在する複合群で、発光高度は突出した出現のある年と比べて有意に低かった。流星群の帰属を判断するD'判定を使うとKCGと定常流星群である8月りゅう座流星群(AUD)の両方に判定される流星が多く存在する。しかし、AUDはKCGと違った特徴を示す独立した流星群である。9月中旬までの長期間活動し、輻射点は円弧を描き西に移動する異例の動きを示す。近接した流星群があるときそれが同一群であるか別群であるかの判断基準について提言する。

前田幸治　まえだこうじ　　1，4Kビデオ観測による流星スペクトルの分類　2，鉄流星の特徴と紹介
別途　梗概を添付

小林　美樹（こばやし　みき）　　眼視観測ビギナーエイド

嵯峨山　亨(さがやま　とおる)　　ペルセウス座ε群について（9月の観測指針から）

渡邉　美和(わたなべ　よしかず)　　江戸時代の流星痕スケッチの発見

甲府市在住の信清由美子氏により再発見された江戸時代の大流星の痕の時系列スケッチを紹介する。このスケッチは茨城県の当時の土浦城下で薬種業と醤油醸造業に携わり国学研究にも励んでいた色川美年(ミトシと読む)による記録で、現象の日付は弘化二年十一月六日(1845.12.04)である。現代の流星痕の連続写真のように時間の経過によりその形が変化している様が残されている。

中根　純夫（なかね　すみお）　　流星電波観測のビーコン送信について、状況をお話ししたいと思います。

近世日本の火球の連続観察図の発見

渡辺美和*　信清由美子**　戸田雅之***

1．.はじめに

流星は昔から観察されている。天文関係者でよく知られているのは、清少納言により書かれた平安時代の随筆「枕草子」の「星は」の段の一文であろう。「よばひ星すこしをかし。尾だになからましかば、まいて。」(*1)と流星の出現のしかたが描かれている。「よばひ星」が流星のことで、もともとは「夜這う」「星」の意である(よばひ星と尾の関連については渡辺&長沢 2000(*2)の考察がある)。一方で、いつどのような流星が出現したかという観察記録も古い時代にさかのぼることができる。神田 1935(*3)によれば、垂仁天皇の十五年の記録として「水鏡」に記されている「其年の八月に、星の雨の如くに降りしをこそ見侍りしか、あさましかりし事に侍り」が最も古い観察記録と見られる。神田がこれをまとめたのは 1935 年であり、当時の史観を反映して西暦で BC15 年とされているが、実態はそれよりも大きく繰り下がった時代であろう。これを不確かなものとして排除すると、次に古い記録は舒明天皇九年(637 年)の、日本書紀に記された「二月戊寅、大星従東流西、便有音似雷、時人曰、流星之音、又曰、地雷、於是、僧旻僧曰、非流星、是天狗也、其吠声似雷耳、」(神田 1935(*4))で、同時にこれは、大規模な流星現象である火球の最古の観察記録である。史書に流星の観察記録は多く存在する。その多くは、とりわけ明るい大規模な流星現象や、流星雨などの現象である。流星出現に際して生じる永続痕の観察も、「文徳実録」に仁寿元年正月三十日(851.03.06) に記録された「正月癸卯、是夜有流星、大如斗、余光久之滅」神田 1935(*5)が初出と見られ、その後も多くの記録が残されている。

日本の史料の中に存在していた天文現象の記録の抽出と整約は、「古事類苑　天部」(*6)でも見られるが、前述の神田によって「日本天文史料」で史書などから網羅的に初めて集約された。「日本天文史料」が包含した天文記録は西暦 1600 年(以下特に断りのない限り、西暦年月日は算用数字で、当時の暦による年月日は漢数字で示し、西暦は、1582 年 10 月 15 日以降はグレゴリオ暦、それ以前はユリウス暦、換算は主に(*7)を用いた)までで、神田は以降の記録も収集していたが、生存中にまとめられることはなく、結実には、大崎正次「近世日本天文史料」(*8)の集約を待たねばならなかった。これら過去の天文記録の整理から、その活用による成果が得られてきた(例えば(*9) など)。一方、杉 2007(*10)のように独自の史料収集に基づいた彗星観察例の紹介と民俗学的解析もある。

流星が地域的な現象であることや、一過性のものであることから、これまで過去の記録に立ち返って分析の対象になることは少なかった。篠田 1994(*11)・平沢 1998(*12)・小和田 2013(*13)などの 隕石落下の検証や、信清 et al 2003(*14)・信清&渡辺 2010(*15)の流星雨記録の発見、渡辺&長沢 2000(*16)・渡辺 2012(*17)などの文化史からのアプローチに断片的に紹介されるにとどまっていて、長谷川 1997(*18)のような流星記録の推移分析や比較は多くなかった。

ところで、観察記録の一手段としてのスケッチについては、特に江戸時代からは、文献の残り易さとあいまって、彗星などについて、幕府天文方の観測例や地方史料に残されたものについて大崎 1994(*19)により紹介されている。だが、これまで流星に関しては、スケッチによる近世以前の観察例は、大崎 1994(*19)による 2 例と、回顧して描かれたものとしての流星雨の情景(信清 et al 2003 (*14))や、観察ではなく簡単な絵による例示などを除いては、知られていなかった。

本稿では、日本の近世の江戸時代に日本各地で記録された天文現象の収集・集約する中で、これまでに明らかになったスケッチを中心とした流星現象の記録について、紹介ともに簡単な分析を試みる。さらに、「観察」がさらに進化したスケッチとして、あたかも現在の分解写真が画像で流星を記録したスケッチも新たに発見でき、これらを紹介するともに、簡単な分析を以下に行う。

2．江戸時代の天文現象に関する記述

「近世日本天文史料」に収録された天文現象の記録の活用に当たっては、以下の 3 点に関わる問題点が存在した。第一に、「近世日本天文史料」の天文記録の抽出の対象となった史料に地域的な偏在があるか否かが分かりにくい点である。第二に、抽出の対象となった史料の記録者の階層が庶民階層にまで至っていないと思われる点である。第三は、抽出された天文記録の原典史料が分かりにくく、記録活用に際して原典の再調査を行うに難があるのである。

一方、情報環境の充足を背景に、各地で郷土史との関連からの天文記録の整理も進んでいる。筆者も、このような環境を利用して、庶民の天文現象に対する見方感じ方を再検討してきた。天文現象は、江戸時代の庶民に対して凶兆感のみをもたらしたのだろうか、という疑問がその原点である。このためには、前述のような問題点から、「近世日本天文史料」に限定されない、更に広い範囲での記録の収集の必要性を感じ、地方に残る多くの史料から改めて天文記録を抽出し、これを整約し「続近世日本天文史料　暫定版」(*20)をまとめた。これには、史料数 517 から記録数 2,847 が収められている。さらに現在も関係者の協力のもとに記録収集中である(これまでにさらに収集できた史料数は約 130、記録数は 700 である)。その過程で順次、分析を試みると共に記録を提供してきた。これらの成果として既に渡辺 2002(*21)、長谷川&中野 2001(*22)、長谷川&中野 2003(*23) 、戸田 et al 2004(*24)などがある。本稿で紹介する土浦の記録もこの過程で筆者 (信清) により採集された。なお、本稿では、天文現象に関する個々の記述を「記録」と呼び、それらが掲載されている文献を「史料」と呼ぶこととする。天文記録は主に各地の図書館などで地方自治体史や郷土史料などを閲覧し、そこから抽出した。これら史料が含まれている自治体史などを、ここでは「出典」と呼ぶ。

---

*　渡辺美和　東亜無天文学会
**　信清由美子　**東亜無天文学会
***　戸田雅之

3．流星とその痕の連続スケッチの発見

新たに著者(信清)は現在の茨城県土浦市に残る「家事志」(*28)という史料に、これまで確認されていなかった流星(光り物)の出現から永続無根の消滅までを文章による記録と連続した８枚の図による描写から成る連続スケッチ記録を発見した。

「家事志」は、解題に従えば、土浦城下で薬種業と醤油醸造業に携わり国学研究にも勤しんでいた色川三中(ミナカと読む、通称を恵助、諱を英明、号を三中・東海・瑞霞園)とその弟の色川美年(ミトシと読む、通称は金次郎)による記録で、文政九年から安政五年にわたる家人の動向や見聞などを記した記録である。三中が「家事志」として天保九年までを日記として綴り、重複期間をはさんで、弟の美年が天保九年以降を「家事記」として書きついでいる。

スケッチは色川美年によるもので、流星現象の発生は 1845 年 12 月 04 日(弘化二年十一月六日)である。なお、色川兄弟による天文関連記録としては、三中のものとして文政十一年のシーボルト事件による天文方高橋の拘束や文政十三年十二月の彗星など 18 例が、美年のものとして天保十四年二月の彗星など 19 例が「家事志」から抽出されているが、ここではそれらの評価にはあえて触れない。集約中の天文記録集の更新に際して、その他の色川兄弟の記録について言及する予定である。

流星の痕は、流星が大気圏に突入して発光し消滅した後にその飛跡の大気成分がプラズマ状態を保ち、それかが発光を継続させる現象である。高層の大気の動きにも影響されながら、次第に拡散し、やがて消滅する。しし座流星群のような高速で大気に突入する流星体で生じやすい。

3-1 色川美年による連続スケッチ

このスケッチで特に注目されるのは、そのスケッチが専門の天文関係者によるものでないことと、その時間の経過に従いスケッチが連続していることだ。2001 年のしし座流星群の大出現時に得られた筆者(渡辺)による痕の連続画像を参考のため掲げた。痕の変化は相対的な位置関係と高層大気の風などによって影響されるため、必ずしもここに掲げた図のようにみかけ上で円形になるとは限らない。しかし、最近の写真画像と同様な変化をするスケッチが得られていることが分かる。なお、写真は、流星の出現後に現れた永続痕を撮影したものであり、図一~二に該当する流星本体の画像はない。写真の共通データは、2001 年 11 月 19 日の 01h 47m26 s に出現した流星について得られたもので、撮影機材は Nikomat　FTn　NIKKOR50mmF2 開放、撮影地は群馬県新治郡である。

色川美年は、図中にも含まれているように、文章でも記録を残している。その解読された結果(*28)を以下に示す。なお、以下の図番は原記録の中で示されている図番の意である。日付は、弘化二年十一月六日(1845.12.04)である。

夕方日没方未申ノ方ニ当ル、中天ニ不思儀ナル光物出ル、初ハ大ナル星ノ如ク西ヨリ東行ス、月ニ近テ三ツニ分ル、程ナク消テ中天ニ一筋ノ白気横ニ残リ漸々ニ消失ス、左ニ図ス、我ヲ初メ家内ノ者大勢是ヲ見ル、不思儀ナルコト言計ナシ、何ノ兆ナルヲ知ラズ、凶兆ナル可シ、尋常ノ光物ナラズ、白気ニ類ス

変物白気図(第一図)(注；以下「」は朱書)「美年按ニ白気ニあらず、流星是なり、左ニ上たる、二条見合べし、美年按後漢書十天文之部孝章帝建初元年二月九日甲寅流星遇紫宮中長数丈散為三滅ス同六年七月丁酉夜有流星起軒轅大如拳歴文昌余気正白勾曲ス西如文昌久久乃滅ス、草木子言星横行日レ流下上奔上下隕云々」(注；以下の「」は図一への書き込み)「西ヨリ東行」「白光人目ヲ射ル」

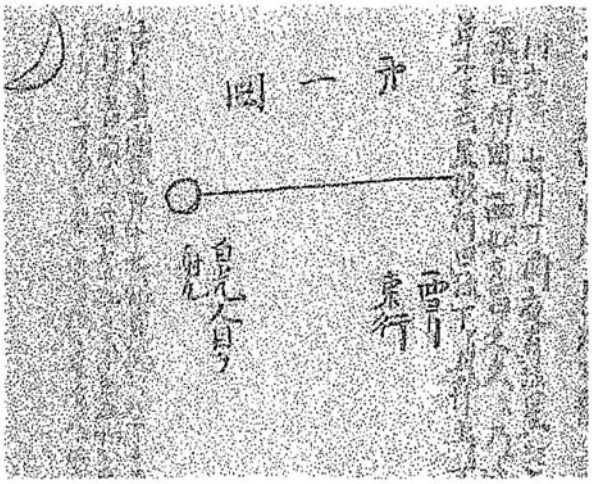


図 20

(第二図)(注；以下の「」は第二図への書き込み)「三ツニ分テ東行如元、月ニ近ツキテ先ノ方ノ玉より消、又元ノ玉一ツ暫ク残、是モ月ニ近キニテ消ユ、至是玉ナシ」

(注；以下の「」は朱書)「古今著門集第十七怪異部初丁延長八年七月十五日酉ノ時におほきなる流星東北をさして引けるか其あと化して雲となりにけり云々、美年按ニ是全く此度の図にあたれり」

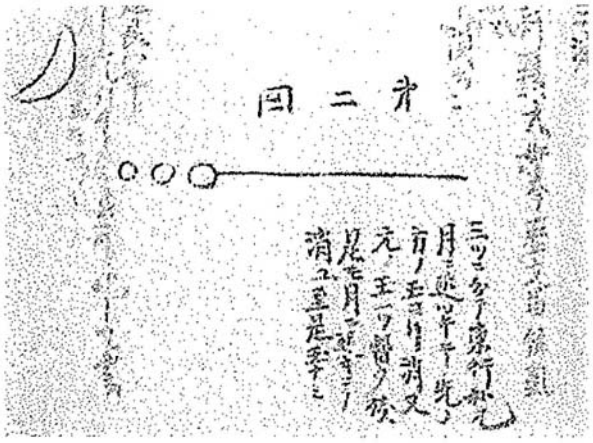


図21

(第三図)(注；以下の「」は第三図への書き込み)「玉消ルニ至テ跡ニ一筋ノ白気残ル、甚鮮明元末ナシ、アタカモ白キ紐ヲ横ニ引延タルガ如シ、首尾共ニ太細ナシ、暫アツテ卒ニ動キ初ム、下ニ図ス」

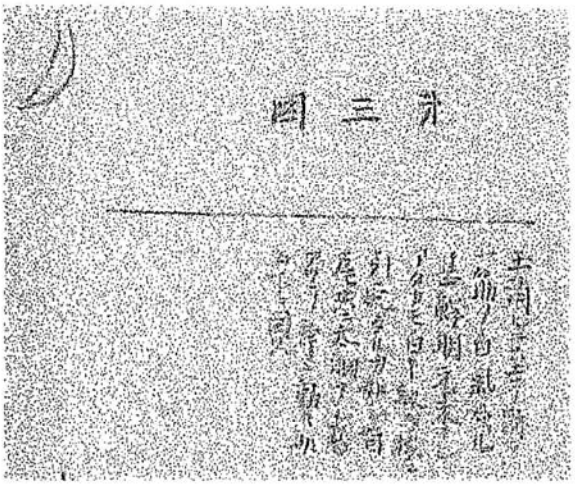


図23

写真1　流星出現6秒後から露出5秒

(第四図)(注；以下の「」は第四図への書き込み)「此図ニ至リテ其筋活動シツヽマル、生活スル物ノ如シ」

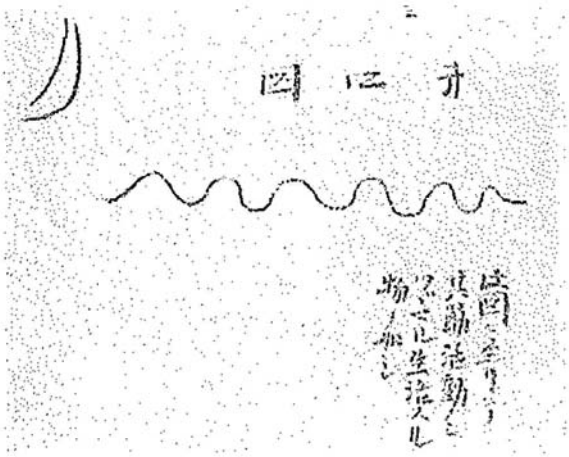


図24

写真2　流星出現14秒から露出5秒

(第五図)(注；以下の「」は第五図への書き込み)「此図ニ至リテ屈曲アタカモ剣ノミダレ、焼刃ノ形ノゴトシ」

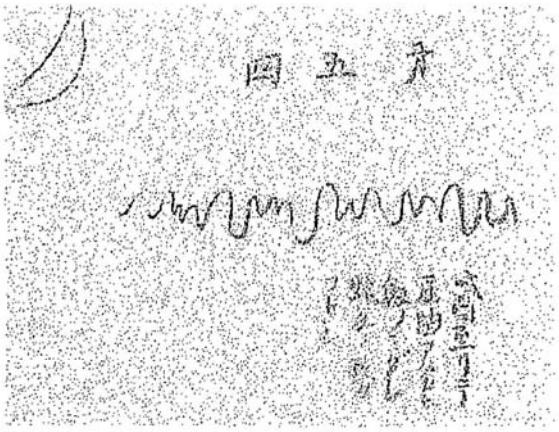


図 25

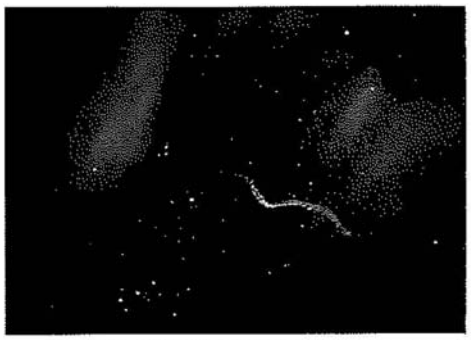


写真 3　流星出現 32 秒後から露出 5 秒

(第六図)(注；以下の「」は第六図への書き込み)「此図ニ至リテ首尾相寄輪形ヲ成サントス」

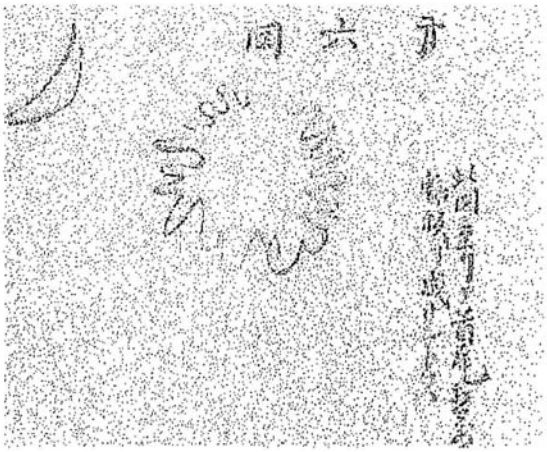


図 26

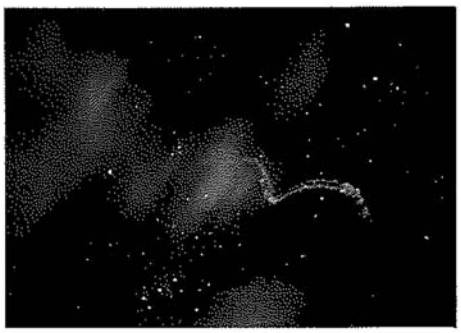


写真 4　流星出現後 139 秒から露出 17 秒

(第七図)(注；以下の「」は第七図への書き込み)「此図ニ至リテ中天遙ニ上リタルヤウニ見エ鮮明漸薄ク、タヾ三ノ大星オボロニ曇リタルカゴトク光リミユ」

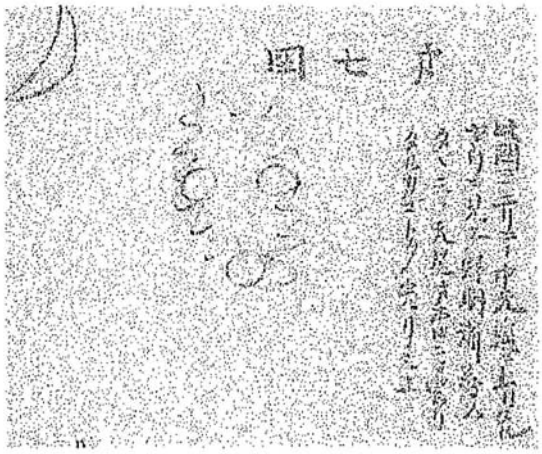


図 27

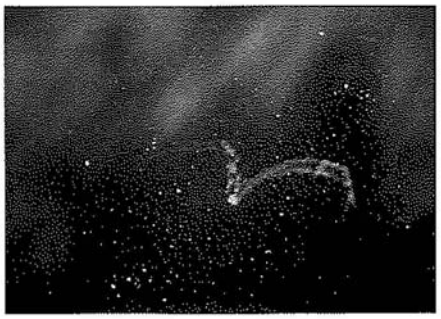


写真 5　流星出現 186 秒秒から露出 10 秒

(第八図)(注；以下の「」は第八図への書き込み)「此図ニ至リテ星ノ如キモノ分明タシカナラズ、中天ニ消失イサヽカ前形ノ芒ヲノコス、月光明ナルニ及テ自ラ消失ス、第一図ヨリ終迄二剋計ノ時ヲウツス」

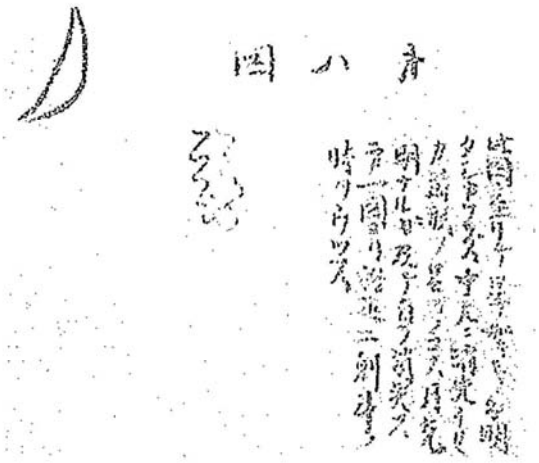


図28

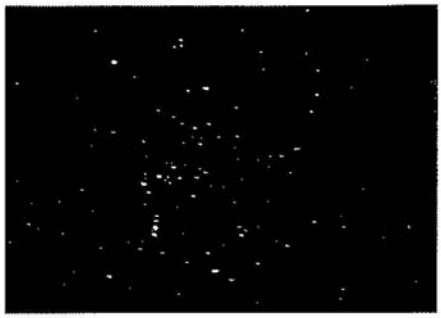


写真6　流星出現後不明秒から露出不明秒

このころの美年の家事志への記述は毎日続いている。この六日は「晴」という天候が記載された後は、上記記録のみがつづられているが、前日の五日は土蔵の修理が大工により行われたこと、翌七日は結納の世話をしたことなどが書かれている。したがって、この現象は六日の当夜または翌七日の昼間に書かれたものと推察される。記録の要約を次に示す。

・現象の目撃は、「我ヲ初メ家内ノ者大勢」と、本人によることが明示されている。
・大流星の出現は、弘化二年十一月六日の「夕方日没方」と記載されている。痕の変化を追って記録していることから、日没以降でそれなりに暗くなった薄明終了「日暮れ」の前と思われる。
・大流星の見かけの出現位置は、「未申ノ方」に「中天」に「西ヨリ東」へ「月ニ近」づいて消滅と記述されていることで、気が付かれたのは南西の空で地平より高い位置、そこから1845年12月4日の月の位置(およそ方位角170°　高度50°)に向かって、大まかな方向として西から東に向かって流れ、月に近づいて消滅した。
・大流星は3つに分裂した。「先ノ玉」から消滅していった。
・大流星本体の消滅とともに、その飛跡に「一筋ノ白気」として流星の永続痕が残った。
・残ったばかりの永続痕に発光点側と消滅点側の明るさの違いはなく、「甚鮮明元末ナシ」であった。
・痕は、はじめは「白キ紐ヲ横ニ引延タル如」く、白い紐を伸ばしたように一直線に見えた。
・その後暫くして(「暫アツテ」)にわかに(「卒ニ」、卒は「にわか」と読むか)躍動するように動き始めた(「動キ初ム」)。
・第四図のような波型になるとともに躍動は終わった(「其筋活動シツヾマル」)。生き物のようであった(「生活スル物ノ如シ」)。
・その後第五図のように、破型に見えた痕は曲がってみえる波形の振幅がところどころで異なり、刀の刃文のように(「屈曲アタカモ剱ノミダレ、焼刃ノ形のゴト」く)波形に見えた。
・それから第六図のように、痕は発光点側と消滅点側が近づき、丸い輪を形成するかのように(「首尾相寄輪形ヲ成サントス」)なった。
・第七図のように、丸い輪がひしゃげたような頃になると、先ほどと比べると高度が高くなったように、移動したように見え(中天遙ニ上リタルヤウニ見エ)、それとともに全体の光は薄く（鮮明漸薄ク)、三つの点だけが三つの明るい星が朧に光って見えるようになった(「タヾ三ノ大星オボロニ曇リタルカゴトク光リミユ」)。
・第八図のようになると、痕は、明るく見えた部分も分からなくなり、消失しはじめ、その頃までは先ほどのようなひしゃげた形も薄く見えた(「星ノ如キモノ分明タシカナラズ、中天ニ消失イサヽカ前形ノ芒ヲノコス」)、薄明が完全に終わり月が明るく輝く頃には月の光のためであろうか、消滅して見えなくなった（「月光明ナルニ及テ自ラ消失ス」)。第　一図から終わりまでは約「二剋」の時間だった(二剋計ノ時ヲウツス)。

3-2 時間の検討

どうにも分かりにくいのが、現象が継続していたと見られる「二剋」という時間である。

江戸時代の時刻制度は、よく知られているように、不定時法の12進法であり、時刻の単位は刻(=剋=時)である。朝と夜の基準は日の出と日の入りではなく、薄明の始まりと終わりである。また時刻の呼び方は数字の場合と十二支の場合があり、それぞれは表6のように対応していた。また、現在で言い習わすところの分のような時の補助単位はあいまいで、いわば無いといってよい。また時間の経過を表す「分間」(たとえば10分間)のような単位もない。このような時刻制度は当時それだけの精度を持っていた時刻が一般的には容易には得られなかったことが背景にあり、刻さえわかればそれ以下の単位の生活上の必要性も乏しかったからである。

しかし、何らかの事情から刻以下の時刻を指定する必要が生じ、補助単位を用いて時刻を設定する場合もある。

一般的には、刻を半分にして「半」、四分の1は「四半」を用いる。既出しているが、「七ツ」と「七ツ半」では、正時の七ツ(このばあい「時」が略されている、正式には「七ツ時」または「申の刻」)に対して、「半」は一刻の半分である。「四半時」は時刻を表すのではなく時間を表す単位として現在でも耳にすることがある。ただし、「時」が江戸時代までの十二時制から現在の24時制に変わったことにより、現在の30分を指すか、15分を指すかあいまいさを残している。もちろん30分とか15分と言い換えれば曖昧さを

排除できるため、「四半時」を使用する範囲はかなり狭くなっている。

四半時に該当する一般的な江戸時代の時刻制度での呼び名は上刻・中刻(ただし「中刻」に代えて、現在でも多用される「半」が用いられる)・下刻であった。たとえば七つの正時から四半時たった時刻の呼び方は「七ツの上刻」であったが、この場合には十二支での「申の上刻」との呼び方が多い。

この使用例で「下刻」の表記はたとえば、現在の兵庫県で旧播州龍野藩の儒者股野玉川（享保15～文化3）の日記である「幽蘭堂年譜」の文化元年六月十六日(1804.07.22)に次のような記述がある。

「今夕子ノ下剋ヨリ寅ノ剋迄之内ニ月食九分程有之」(*29)

この場合の四分の1を表すには上刻や下刻などを数字で置き換えて表すこともある。たとえば「丑三ツ時」なとの深夜を表す言葉が今でも通用するが、これは「丑の三ツの時」すなわち「丑の下刻」の意と同じである。

また、「刻」を別の定義の単位として使用した例として、暦計算での「刻」がある。この場合の「刻」は専門家の間でしか用いられない定時法での1日の100分の1である。すなわち現在の約15分ほどにあたる(現代中国語ではこれを映して1時間の四分の1を刻と表現している。たとえば「7時15分」は書き言葉では「7時1刻」)。ただし、日食予報などで暦に掲げて一般に周知する場合にはこれを公開する場合、混乱を避けるため「七ツ三分」などとして「刻」または「時」の補助単位として十分の一を表す「分」を用いて換算し発表している。

事態をややこしくしているのは、日月食などで「分」の代わりに「刻」を用いる例も見られることだ。たとえば、本論の史料リストにも掲げた「石原家記」では安永二年三月十六日(1773.04.07)に以下のように記載がある。

「今宵月帯食酉の六刻四歩はかり掛なから出戌初刻西南の方におはると暦に有」(*30)

「初」はこの場合「一」の意である。「六刻」と四より多くなっていることから、10進法または8進法での補助単位と見られるが暦に掲載されている「分」を 「刻」として置き換えて示したものと考えられる。

同様な記載例で「剋」を用いている例としては現千葉県東庄町の東大社の神主家が記録した「神私事実記」の天保十四年十一月朔日(1843.12.21)に次のような例がある。

「天保十四年十一月朔日己巳晴九ツ時後ヨリ陰今日未之五剋ヨリ申之六剋迄日食七分」(*31)

いろいろと例をあげたのは、前述した「家事記」の流星痕と見られるものの継続時間として「二剋」と記されていたためである。古典籍で「二剋」と言えば、通常は「一刻」の二倍として「約2時間×2=4時間」と考える。だが、この流星痕に関する記述の場合、4時間は以下の点から妥当性を欠くのである。

①流星の永続痕の継続時間は、これまでの例では、長くとも1時間程度であり、4時間もしくは数時間という長時間にわたることは非常に珍しいと思える。

②流星痕は時間を追って、自らの形が変形するだけでなく、そのみかけの位置も移動する。これは高層大気により流されるためと、流星痕が高さ100km弱の減少であることから、移動に際してみかけの位置が大きく変動するためである。家事記記録でも若干の移動　の様は記述されているが、この程度の移動に4時間かかることは、通常では、考えにくい。

この2点に関しては、「通常でないほどの偶然性のある現象であった」と考えることにより棄却される。だが、次の事項を考慮すると、4時間の妥当性は疑われるのである。

③図に記載されている月と流星痕の相対位置が多きくは異なっていない。月は日周運動していて、片や流星痕は地球大気内の現象であり日周運動はしない。4時間という時間の経過があれば、流星痕の地表から見たみかけ位置が変化しないなら、月は、図で見て流星痕の右側(西)に大きく移動するはずである。

表7　月の位置の推定

日の入りの時刻		16時25分
日暮れの時刻		17時01分
月の入りの時刻		23時26分
月の位置	高度	方位角
17時00分	50.5	172.2
17時01分	50.5	172.6
18時00分	49.9	195.2
19時00分	44.9	215.7
20時00分	36.8	232.0
21時00分	26.9	244.6
22時00分	16.0	255.0
23時00分	4.7	264.2

注;単位は度
方位角は北から東を通って測る角度

ただしこれも、たまたま月の日周運動の方向に流星痕が移動したので相対位置の変化がなかったかもしれない、と見なすことは、相当無理があるが、可能である。

④当日はグレゴリオ暦で1845年12月4日、当日の土浦での日没時刻は16時25分頃、日暮の時刻は17時00分頃である。日付が「六日」と記載されていて、月齢はおよそ6だった。月の動きを厳密にさかのぼることは難しいので2013年の同じような季節で比較すると2013年12月9日が月齢6日であり、この日の計算例では表のようになる。なお、観測地は土浦市とし、月の出没や

位置などの計算は国立天文台暦計算室「こよみの計算」webによる。http://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi

月の視直径は約30分であり、図一～八と月が若干大きく描かれていることなどを加味して粗く推定すると、当初の流星は、月から消滅点までの距離は約3～5度、痕のみかけ長さは約10度程度と見られる。これらから推定すると、二剋を4時間と考えた場合の流星出現から凡そ4時間後の21時頃なら、すべての相対的位置関係が変化していないと考えた場合、当初の流星の位置で痕が残った付近は既に地平にかかる頃である。

これらから推定をまとめると、この記録に記載された「二剋」に示された「一剋」は、いわゆる「一刻(=剋)≒現在の2時間」ではなく、特殊例としての、長い場合で四半時に該当する30分、短い場合で約15分と推定され、「二剋」は30分～1時間となる。
上記①～④に関しても、30分～1時間の経過時間と考えると無理がない。

3-2 何が描かれたか

流星の永続痕は、前述したように、主に流星体が地球大気に突入したとき、高層大気分子を励起またはイオン化させ、その電子の遷移が定常状態に戻る間、プラズマ状態となり、それが発光して見える現象である。これまでの観測で、高度は、発光点側が100km前後、消滅点がわが75～90km前後である。痕は螺旋型のミクロ構造と高層に吹く風の影響によるマクロ構造を見せることが多い。この内、ミクロ螺旋構造の成因についてはまだ不明な点も多いが、実態の大きさとしては直径1,000mほどまで拡散して見える。また、高層大気の風速は高さ90kmから100kmについて約150m/分との値もある。
これら要素から、流星の永続痕は

①速度の速い流星または流星体そのものに起因する痕の成形しやすさから、流星の発性とともに痕が形成される。
②痕は成形とともにミクロ構造で拡散しはじめるが、外部ほど表面積が大きくなるためにあるレベルまでの拡散で止まるように見える。またみの遷移電子はただちに定常状態に戻り始め、発光は止む。イオン化または励起の広がりは直径で1,000mほどである。この時の構造であたかもパイプの径が広がるようなプラズマ状態の移動により、みかけ上、プラズマの濃く見える部分と薄くみえる部分の広がりが、二本線のように見えたり、らせん状または波紋状にみえたりする状況を生む。
③その間にマクロ変化として高層大気に影響され、大きな変形を見せる。視線方向によっては、さらに螺旋状に広がる場合もあり、視線方向によっては、円形に見えることもある。
その際、みかけ上の屈曲部分などで視線方向のプラズマの濃い部分は周囲の痕の域より光ってみえる。
④やがて、電子の遷移が元通りの定常状態に戻るともに、痕は段々と薄くなり、やがて消滅する。

実際の痕の長さは、大気への突入速度の速いオリオン座流星群やしし座流星群で約10～20km程度との数値もある。

特に筆者による最近の流星の永続痕の観測写真と比べてみても、美年の観察によるスケッチが上記の痕の形成ストーリーや観測写真と一致していることが分かる。刃紋のような波とそれが「生き物のように脈動して」見えたことは、おそらくはらせん状に広がりつつある活発なプラズマ化の進展をキャッチしたものと見られる。
また、それが成長して見えるとともに、マクロ構造として痕が移動し、美年の観察地点からはあたかも先と末が同じ方向となり、円形に見えた。その際、ミクロ構造もまだ残って観察されていたことも、写真画像とも一致する。
さらに円形の痕は、おそらくは3点で実際にはプラズマの濃くみえるような屈曲をしていて、その明るさが周囲と異なり朧な星のように見えたのであろう。
そして痕自体が全体的な風の影響から移動し、やがてプラズマ状態がもとにもどるともに消滅する。この間の事情もスケッチとともに記録でも明確に示されている。そして発生から消滅まではおそらく30分～1時間程度であったのだろう。

4．連続スケッチの検討

4-1 背景

流星痕記録を「家事志」に残した色川美年は三中と兄弟であり、その年譜を、この兄弟に影響をおよぼした可能性のある長島尉信(以下「尉信」と略)と沼尻墨僊(以下「墨僊」と略)の二人とともに一覧すると表　のようになる。尉信も墨僊も共に土浦と地縁がある。
尉信は現在のつくば市に生を受け、広く知られている伊能忠敬と同じように、45歳で隠居後に江戸で測量や算学等を学び、さらにそれにより水戸藩や土浦藩に召し抱えられた学者である。
墨僊は、従兄弟であり師でもある沼尻修平に学ぶために江戸へ遊学し、のちに土浦に戻り天章堂という塾を開く。江戸滞在中に「大清広輿図」を見て感銘をうけた旨の記録が残っている。彗星の観測や天体の南中の測定、さらに傘式の地球儀や渾天儀の製作なども土浦で行っていた市井の学者であり、書画にも優れた才能を見せている(*32)。
このような表8を作成してみたのも、美年の流星スケッチの近代的観察眼のよって来たるところを概観してみたかったためである。筆者(木塚)は既に、兄である三中の学問的興味は、大きくわけて家業の薬種業に基づく本草学と、国学であったと示している。(*33)(*34)。三中の国学研究は1830年(文政十三年)に始まり、ここでは略しているが、「新編常陸国誌」の修訂などの実績を残しているとともに、「片葉雑記」という黒船来航時の土浦周辺の動向を伝える日記も別に残している。なお、「片葉雑記」からも天文現象は抽出され、中には弘化～嘉永年間に冬至の日影測定を行っている記録(*35)もある。ただし冬至の決定のためではなく、日影の長さで

表８　色川兄弟、墨僊、尉信の年譜

		色川美年 いろかわみとし 金二郎(徳右衛門) 諱は英文		色川三中 いろかわみなか 恵助(三郎兵衛) 諱は英明		長島尉信	沼尻墨僊	出来事
		年	事項	年	事項			
安永四年	1775						土浦の薬商家に生	
天明元年	1781					現つくば市で生		
天明二年	1782							天明飢饉
寛政五年	1793						この頃江戸沼尻修平のもとへ遊学＊	
寛政七年	1795							伊能忠敬、高橋至時に師事
寛政八年	1796						塾を開く	
寛政十一年	1799						寛政十二庚申暦を作る	
寛政十二年	1800						地球万国図説を著	
享和元年	1801				現土浦市で生			
文化五年	1808					28歳で名主		フェートン号事件
文化十年	1813				江戸へ奉公(2年余)		測検草の記録開始	
文化十一年	1814		現土浦市で生				高橋景保「万物総界図」模写	
文化十三年	1816			15?	営業一時停止			土浦大火
文化十四年	1817							八王子隕石
文政四年	1821						長久保赤水「大清広輿図」模写	大日本沿海輿地全図完成
文政五年	1822				日記執筆開始			
文政六年?	1823			22?	半夏栽培開始			
文政八年	1825	12	江戸へ奉公(3年)	24			彗星観測	父英恵没
文政九年	1826				在村医師への薬行商開始	この頃45歳で隠居後江戸遊学、天文・暦学・測量などを学ぶ		
文政十一年	1828				「本草啓蒙」等借受け	この頃墨僊に教授	この頃尉信から暦算暦法の書状	シーボルト事件
文政十二年	1829			29?	町年寄就任(10か月)		山村才助「訂正増訳采覧異言」筆写	
文政十三年	1830				「大同類聚方」入手、尉信を初訪問、国学研究開始	三中が初訪問		
天保二年	1831				三郎兵衛襲名			
天保三年	1832				甥が墨僊塾入門		「新訂万国輿地全図」模写	
天保四年	1833		日記執筆開始		歌合せに和歌提出、「諸薬品考」の出版要請			天保飢饉～八年
天保五年	1834		薬種店経営を三中から継ぐ	40?	醤油醸造経営を祖父から継ぐ			
天保八年	1837							米納津隕石
天保九年	1838				日記執筆終了 片葉雑記執筆開始	水戸藩に仕官		
天保十一年	1840							アヘン戦争
天保十二年	1841							天保の改革
天保十三年	1842		書物等取扱い開始					
天保十四年	1843		尉信と交流開始			土浦藩地方掛拝命	彗星観測	土浦大火
天保十五年	1844						帯刀御免、火星観測	
弘化二年	1845		稲荷社で揮毫					
弘化三年	1846		水害で尉信が美年宅に避難			水害で尉信が美年宅に避難		土浦水害
嘉永六年	1853							黒船来航
安政二年	1855				片葉雑記執筆終了、没		大輿地球儀・渾天儀製作	
安政三年	1856						没	
安政五年	1858		日記執筆終了					安政の大獄
慶応三年	1867					没		

＊書のほか「大清広輿図」を見て感銘をうけた記録残る

＊上表は木塚"沼尻修平-墨僊に影響を与えた従兄"(土浦市博物館第30回特別展図録、2009)、木塚"家事志家事記"解題(平成16～23)、国土地理院「測量・地図ミニ人物伝：長島尉信」http://www.gsi.go.jp/KIDS/MEMORI/nagasima.htmなどにより作成した。

吉凶を占うというものである。吉凶占いということや天文現象への現在とはことなる付会で、三中の学問態度が損なわれるものではない。天気予報もないこの時代にあって、経験則の蓄積による災害の忌避は当然であった。
三中の学問的思考について、孫引きになるが、筆者(木塚)は、「(長島尉信は)特に土浦藩においては安政期に町方の検地を施行した。検地を非とする三中は、是とする尉信の論拠を検証するため多くの古文書や典籍を独自に研究していく。中井信彦氏によれば、三中の国学研究の内容が古典の校合や比較検討といった、いわゆる尊王主義の古典解釈から田制史研究へと転換した契機は、この検地を是認して領主の過剰な年貢収奪を許してはならないという点にあったと指摘し、尉信が三中に与えた影響の大きさについて触れている。」(*36)と明らかにしている。
三中の中には、思想としての国学と、技術としての漢学蘭学が混在しているようにも見える。

一方、美年の学問的指向については三中のような際立った特徴は、残された家事志などの史料からはうかがえない。ただ、もともとは兄の三中が交流を始めた尉信とは、土浦の水害により尉信が美年宅に避難してしばらく生活を共にするなど、三中以上の交流を深めている。美中が彗星などについて尋ねる記録も残されている。また、同時代の土浦には、墨僊も塾を開いていた。尉信が墨僊に対して暦学などの教授をしたなどの書簡や記録も残され、また不明確ではあるが美年は墨僊の塾に属していた可能性も示唆されている(*37)。複雑にからみあっていながらも、この同じ時代に、三中と美年の兄弟、そして尉信と墨僊の二人の市井の学者は、同じ土浦付近のごく狭い地域で影響を与え合っていたことは容易に推察される。図29にその関連を示すが、墨僊の師である沼尻修平を介して、墨僊自身が江戸遊学時代に「大清広輿図」を見て感銘をうけた旨が残っているなど、蘭学との関連もうかがえる。

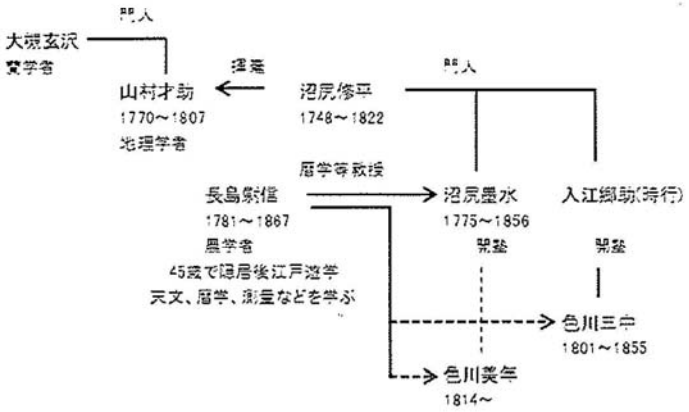


図29　色川兄弟をめぐる人々と学問

三中と美年の兄弟の稼業が薬種問屋であり、醤油醸造も営んでいたことは、事象の観察に基づいた対処のフィードバックが日常から醸されていたことを推察させる。体系的な科学による観察以外に実践技術としての観察は、農業でもその周辺技術である水利や土木などの技術を進めるに当たっても当然必要とされてきたのであり、醤油醸造などの醗酵を扱う産業でも必携の実践技術であった。一方で、体系的な科学として日本に導入されたのは、もともとは中国の「本草綱目」で、色川兄弟の家業であった薬種店はまさに「本草綱目」以来の薬学研究の流れに従っていたのである。また、三中は書物からの知識だけにとどまらず、地域の学者とも交友を深めてそれを吸収している。本稿では火球ではないために触れていないが、弘化三年十一月廿九日の日記に記載されている十一月廿八日の流星について、美年は尉信に対して「そちらでも見えたか」との質問をしたのであろう。これに関して尉信が美年宛てに出した書簡が残っている。そこには次のように記されている。(*38)

「廿八日夜の光物とんと見受不申よほと大物と申本在所辺並府中辺之ものもたまけタと申事ニ御座候、世直しの光り物ニ可有之候」

美年の周囲には、三中が示し稼業でもあった薬学に関する事例や経験に基づいた資料、尉信の測量をベースにした計量的な見方、天体の運行をデータとしてとらえる試行としての墨僊の天体高度測定や三中の日影測定、墨僊の残した写実的な肖像画や多くの図、さらに墨僊による彗星の経路の線描写図(図30)などは、観察の客体化と抽象化など、多くの近代科学的観察観を思わせる。美年の身近にこのような手段が用意されていたのである。なお、土浦に地縁のある学者など兄弟の身近な人々との関係を図29に示した。

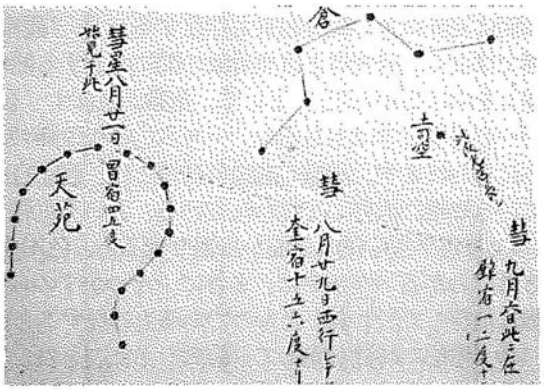


図30　墨僊の彗星の経路図

江戸時代の薬学は、臨床からの遊離に対する批判や実証を重視する医学などを背景に、本草学から博物学に展開された。その中から薬物としての植物の分類体系化が西洋学問として取り入れられ、1837年に宇田川榕菴による化学書「舎密開宗」が発刊されている。このような本草学の展開について、杉山1994(*39)は、前述の展開を述べた後に、「このように,鎖国体制下においてすでに,一部の人たちによってではあれ,西洋科学が理解されていたのであ

り,そのことが,開国してからの科学の「めざましい」発展に寄与しなかったはずがない.たとえば,次章で述べるように明治のごく初めに科学用語の訳語を制定することが行なわれたが,これなど,幕末期までの蓄積なくしてはほとんど不可能であったろう.とはいえ,江戸時代にわが国で花開いていた科学と,明治以降の近代科学との関係(連続性あるいは断絶)は,化学のように連続性の強いものもあれば,数学(和算から西洋数学へ)や医学(漢方医学　から西洋医学へ)のように断絶の大きいものもあり,一般化は難しい.」としつつも、薬物から発展した化学の近代科学へ連続性を強調している。

4-2 評価

私たちが、通常それとなく認識している江戸時代の流星の絵というと、図 31 のようなものであろうか。この絵は、図版など復刻された「天保新選永代大雑書万暦大成」(*40)に「流星の図説」(流星には「よばいぼし」とルビ)として掲げられている。いかにもおどろおどろしいイメージであり、火の玉とか人魂のようものを想像させる。図 32 に掲げたのは著名な浮世絵師である葛飾北斎により「北斎の絵手本」(*41) として、いろいろな事象を、いわばイラストとして刊行されたものである。このイメージは、より私たちの抱く流星像と似通っていて、簡潔な線とわずかに変えていて筆致で流星がよく示されていて、なおかつ時間を積分して描いたような複数の流星が同じ方向に向かっていることは、何かの流星群活動期にスケッチしたことを想像させる。

これらの江戸時代の流星の図版や先に紹介した各地でスケッチが残された火球と比較すると、色川美年による MN2031845 年 12 月 04 日(弘化二年十一月六日)の火球に関する記と 8 葉にわたるスケッチはひときわ目をひくものである。

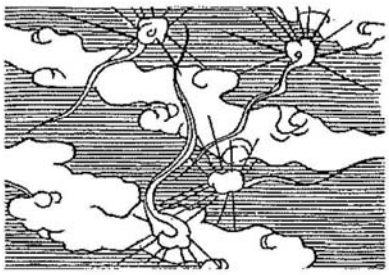


図 31　「流星の図説」

図 32「北斎」の流星

それは、第一に、観察の緻密さが言葉を通じて克明に記述されているとともに図示して示したことがあり、これまでに見てきたようにその観察はスケッチともども、現在の私たちが行っている観測によって得られるデータと比べても、詳細な情報が含まれている。もとより秒まで図るシステムが一般化されていない時代であり、得られたデータの質が見劣りすることは、止むをえない。第二に、現象を時間分割して、それを図示した点だ。美年自身は感じていないようであり、もともとこの史料が家伝記録として公開されることが前提となっているわけでもない。しかし、時間という抽象スケールで短時間の現象を分類し、スケッチという手段でそれを客観化している。おそらく、稼業の醸造で育まれた、「ある事象が起きたのを観察できたなら、次のアクションをとる」という醗酵の事象をいわば這う低的に時間分割して観察する態度が基になっているのではないかと推察される。

美年を取り巻く環境には、近代的な科学的見方を育くんだ萌芽も見られる。だが、それを市井の一個人が何のわだかまりも抱かず実現させた点にこの記録が評価される点がある。

5．結語

これまで「観察」とか「観察眼」という語を多用して述べてきた。しかし、改めて色川美年による時間分割された流星スケッチを、科学における「観察」として位置づけようとすると、何に基づいて考察できるかの曖昧さに気付く。それは、一方で、科学だけが「観察」に依存するものでないことを意味している。前述したように、農業が多くの観察に基づいて運営されてきたことは明確であり、「人間観察」という言葉があるように、社会文化でも「観察」が基礎となっていることは時代の経過や社会の発展とは無関係に存在しているのである。

井山 2000(*42)は「実験と観察は経験的知識を得るための代表的な方法であり、とくに自然科学において果たす役割は大きい。」として「実験と観察を一連の系統的手続に含まれるものとして語り始めたが、実験の最終段階にある測定値の読みとりなどの観察行為とは別に実験ぬきの純粋観察も存在する。」と「観察」の性質による区分を述べ、「実験と観察とを分かつ基準は、実験装置や器具の有無ではなく、研究者と自然対象の間に成立する関係に存在する。実験は自然に操作を加えるが、観察は手つかずの自然そのものに眼差しを向けるからだ。」として、実験が及ぼす「自然の変化」への科学史を論じている。また、川崎(*43)による「ポアンカレーやポパーの科学哲学はもちろん、一九六〇年代以降の新科学哲学で主張される『観察の理論負荷性』も、この一点に深い繋がりがあるように思われます。観察の理論負荷性とは、西欧自然科学で行われる観察は「ありのまま」に行われるのではなく、それまでに獲得している知識に依存して行われている、という主張です。」との見方もある。

こうして科学哲学的な側面から振り返ると、色川美年による MN203-1845 年 12 月 04 日(弘化二年十一月六日)の火球に関する記述と 8 葉にわたるスケッチは、まさに「手つかずの自然そのものに眼差しを向け」て得られたものであり、「それまでに獲得している知識に依存して行われ」たものであるとみなすことができる。たとえば、「分」や「秒」という言葉さえなかったこの時代に、おそらく「秒」単位に時間分割して「観察」したことは、美年の環境にその要素を求めることができるのであろう。そして、それは、おそらくは多くの交流による知識と、『観察の理論負荷性』として、発酵の観察や、兄である三中が後に実践した日影測定での時間分割の考え方が既にあったと想像されるのである。

現代の教育では、「観察」を「実際の時間の流れの中での変化や順序性などや,実際の空間の中での位置関係や距離などに注意を払いつつ,諸感覚を働かせながら文字記録を取ったり,写真などの映像記録を取ったりする」(*44)と定義されていると見られる。もとより「写真などの映像記録」は、現在の時代性の反映であるが、このような定義が自然科学の中での「観察」として広く受け入れられていると見られる。

この定義は、まさに色川美年による 1845 年 12 月 04 日(弘化二年十一月六日)の火球の観察に当てはまるものである。美年の先見性は現代においても圧倒的な輝きを保っている。

本稿では、江戸時代の火球観察例として近代的な観察眼と手法による次の新たな知見が得られた。

①色川美年による 1845 年 12 月 04 日(弘化二年十一月六日)の火球の連続観察例が発見できた。この観察図の記録とスケッチの確からしさが確認できた。そしてそれが観察者を取り巻く種々の環境により育まれた、土浦ならではの環境であったことが推察できた。

②沼尻墨僊による彗星の観察のうち位置の表現を抽象化した経路図(ただし、星食の相対的な星の位置の線による抽象化例としては、渡辺 2010(*45)による 1850 年(嘉永 3 年)の現在の神奈川県に残る記録がある)が、確認できた。

色川三中美年の兄弟は、本稿で掲げた流星のみならず、彗星や月などの天文現象も記録している。とりわけ「月」に関しては、三日月のように大きく欠けた際の形についてもスケッチが残されている。収集途上にあるが、流星以外の天文現象に関する記録もさらに多く集まっている。稿を改めて今後も紹介等に励みたい。

Remarks & References

(*1) 松尾聡・永井和子校注・訳、新編日本古典文学全集18「枕草子」、小学館刊、1997.11、p371

(*2) 渡辺美和・長沢 工,「流れ星の文化誌」、成山堂書店、2000、pp

(*3) 神田茂編、「日本天文史料」、1935、1978原書房復刻 下巻p603

(*4) 神田茂編、「日本天文史料」、1935、1978原書房復刻、下巻p603

(*5) 神田茂編、「日本天文史料」、1935、1978原書房復刻、下巻p608

(*10) 杉岳志、「近世前期の民衆と彗星」、日本歴史学会編集「日本歴史」(第709号)、2007.6、pp38-54

(*6) 神宮司庁編、「古事類苑 天部」、1908

(*7) 湯浅吉美、「日本暦日便覧」、汲古書院刊、平成2年2月

(*8) 大崎正次編、「近世日本天文史料」、原書房、1994.2

(*9) Ichiro Hasegawa、"Approximate Orbits of Ancient and Medieval Comets",Publ. Astron. Soc. Japan (54). pp1091-1099 2001

(*11) 篠田皎、「元禄 御畳奉行が記録した笹ヶ瀬隕石」、東亜天文学会『天界』1994.1

(*12) 平澤康男、『『鸚鵡籠中記』に記録された天文現象 元禄時代の名古屋城お畳奉行の日記より」、東亜天文学会発行『天界』1998.3

(*13) 小和田稔、「」、東亜天文学会「天界」vol, No.、pp 2013

(*14) 信清由美子・信清憲司・渡辺美和、「日本の近世の流星雨の絵」、東亜天文学会「天界」vol84, ,No.933、pp71-85 2003.2

(*15) 信清由美子・渡辺美和、「1885年に日本で目撃されたアンドロメダ座の流星雨記録の発見」、
跡見学園女子大学花渓記念資料館学芸員課程紀要「にいくら」第15号、pp5-13、2010.3

(*16) 渡辺美和・長沢 工,「流れ星の文化誌」、成山堂書店、2000

(*17) 渡辺美和、「流星と日本人-流れ星のイメージ」、人間文化研究機構「人と自然」No.4、pp16-19、2012.4

(*18) Ichiro Hasegawa; "Daytime fireballs recorded in China and Japan", International Conference in Oriental Astronomy 1997 、pp127-142

(*19) 大崎正次編、「近世日本天文史料」、原書房、1994.2、口絵及び巻末付図

(*20) 渡辺美和編、「続近世日本天文史料-暫定版」、私家版、2007

(*21) 渡辺美和、「日本でも見られていたC/1661c1彗星」、東亜天文学会「天界」vol83, No. p569-、2002

(*22) Ichiro Hasegawa & Syuich Nakano; Possible Kieutz Sungrazing Comets found in Historical Records、
Publications of Astronomical Society of Japan (53), pp931-949 2001

(*23) Ichiro Hasegawa & Syuich Nakano ;" Oobit of periodic comet 153P/Ikeya-Zhang " Mon. Notices of Roy. Astron. Soc. 345 pp883-888 2003

(*24) Toda "Catalogue of Persistent Trains Ⅰ : Meteor Train during 1988-1997 and the Development of an
Optimum Observation Technique" Publ. Nati. Astron. Obs. Japan Vol.7 53-66(2004)

(*25) 鈴木夜光著、新撰増補懐宝年代記、書肆 江戸本銀町前川六左衛門前川弥兵衛、文化四年頃刊か、千葉県立中央図書館蔵

(*26) 岩戸屋喜三郎抜、文安年代記萬徳大雑書、書物地本問屋栄林堂、文政十一年頃刊か、千葉県立中央図書館蔵

(*27) 渡辺美和・長沢 工,「流れ星の文化誌」、成山堂書店、2000

(*28) 土浦市立博物館編発行、「家事志」一～五巻、

(*29) 大谷女子大学資料館編集、「幽蘭堂年譜3」、大谷女子大学資料館発行、p74 、S55

(*30) 石原為平、「石原家記(上下巻)」筑後史談会の昭和16年刊の復刻、名著出版刊、下巻p80、S48.1

(*31) 東庄町郷土史研究会編集、「神私事実記 (正・続)」、千葉県香取郡東庄町教育委員会発行、p24、S62.3

(*32) 土浦市立博物館編集発行、第30回特別展、「沼尻墨僊一城下町の教育者」図録、2009.3

(*33) 木塚久仁子、土浦市史史料「家事志 色川三中日記 第一巻」解題、土浦市立博物館発行、p13-16、平成16.3

(*34) 木塚久仁子、土浦市史史料「家事志 色川三中日記 第二巻」解題、土浦市立博物館発行、P12-16、平成18.3

(*35) 中井信彦編、「片葉雑記-色川三中黒船風聞日記」、慶友社刊、p51・p151、1986.7

(*36) 木塚久仁子、土浦市史史料「家事志 色川三中日記 第二巻」解題、土浦市立博物館発行、P16、平成18

(*37) 土浦市立博物館、第30回特別展、「沼尻墨僊一城下町の教育者」図録、p77、2009.3

(*38) 色川徳治家文書「来翰集二十、弘化三年十二月六日」、家事志第五巻資料編、土浦市立博物館、p80

(*39) 杉山滋郎、「日本の近代科学史」、株式会社朝倉書店発行、1994、p60

(*40) 神宮館編集部著、株式会社神宮館刊、昭和27年、p40

(*41) 「北斎の絵手本五」、岩崎美術社、S61

(*42) 井山弘幸・金森修、「現代科学論-科学をとらえ直そう」、新曜社刊、2000.11、pp69-70

(*43) 川崎謙、「神と自然の科学史」、株式会社講談社刊、2005.11、p79

(*44) 文部科学省編、「小学校理科の観察,実験の手引き」, p14-15平成23年3月

(*45) 渡辺美和、「江戸時代の星食観察記録-1,2」、東亜天文学会「天界」vol,90 No1010-1011、pp311-314, pp354-3357 20009. 7,8

4K ビデオによる流星スペクトルの分類

NMS　前田 幸治

背景　流星のスペクトルは、流星の組成の情報が得られることから、流星観測法の一つとして古くから行われてきた。しかし、その撮影効率の悪さなどからあまり一般的ではない。ビデオ観測時代になってからは、撮影自体は容易になったが、解像度が非常に低いので、日本ではそれほど行われていない。近年、電子機器の進歩と低価格化により、これまでビデオ流星観測で標準的だった SD フォーマット（640-720×480）から HD（1280×720）や 4K（4096×2160）フォーマットで観測できるようになってきた。そこで、4K ビデオを用いて、年間を通してスペクトルを大量に観測し、これまであまり行われていなかった流星スペクトルの分類を行うことを目的に観測を行った。

観測システム　ミラーレスカメラの SONYα7s にキャノン 24mmF1.4 のレンズをつけ UFOCaptureHD2V4.10 を用いて 4K フォーマットで撮影、検出を行った。4K フォーマットは情報量が多いためカメラから高性能のパソコンに直接データを送っている。そのためカメラとパソコン間の距離が 5m 以内という制約がある。分光はエドモンド製の 600 本/mm の透過型グレーティングを用いた。これにより、400-600nm の波長範囲でスペクトルが得られる。観測された流星は、UFOAnalyzerV2.42 用いて、群判定を行った。スペクトルの分類は Borovicka(*1)が行った Mg-Na-Fe の輝線強度比を用いた分類を簡易化して行った。スペクトルの同定、強度比の判定は一部を除き肉眼で行なった。

観測結果　2015 年 7 月から 2017 年 4 月までの 2 年弱の観測より 1108 個のスペクトルが得られた。これらのデータのうち 2015,16 年の積算したスペクトル画像とリストは、SonotaCoNetwork Japan Forum (*2)で公開している。今回はこの 15, 16 年分のデータを用いて解析を行った。図 1 は得られた全スペクトルを分類したもので、N0 から N7 になるに従って Na の割合が多くなっている。Fe 型は Na と Mg のラインがほとんど見えない特殊なスペクトルである。um, un はそれぞれ Mg と Na のラインが 1 本のみしか見られなかった暗いスペクトルで、それらが全体の約 1/3 を占めた。これらの分布は Borovicka らの結果とほぼ一致した。群別に統計を取ると、ふたご群と δ みずがめ南群が他の群流星とスペクトルの分布が大きく異なり、Na/Mg の比が小さい流星の割合が多くなった。この原因は、近日点が小さいため Na が蒸発し、枯渇したためでないかと言われている(*1)。今後さらに詳細にスペクトルを調べていきたい。

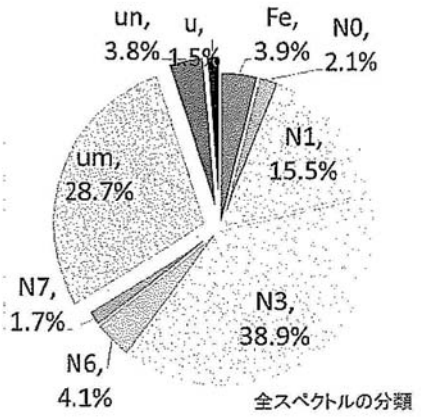


図 1　スペクトルの分類結果

参考文献

*1 J. Borovi˘cka, et al., Icarus 174, 15（2005）

*2 http://sonotaco.jp/forum/viewtopic.php?t=3650　（右はこの QR コード）

鉄流星の特長と紹介

NMS　前田 幸治

背景　4K ビデオ観測システムでは、これまでのビデオ観測より高分解能のスペクトルを大量に得ることができる。その結果、これまでのシステムでは判断することが難しかった鉄流星(Iron meteorids)を検出することができるようになった。ここでは、あまり知られていない鉄流星の特徴とこれまでの観測結果を紹介する。

観測方法　"4K ビデオによる流星スペクトルの分類"を参照。

特徴　鉄流星は、Borovi˘cka(*1)による流星のスペクトル型をまとめた論文に詳しく記載されている。以下その論文から引用する。*通常強い強度を持つ Mg や Na の輝線がみられず、Fe のスペクトルバンドが主要な部分を占める特異的なスペクトル形状を持つ。97 個のリスト中に 14 個がこのタイプに判定され、すべて散在流星。速度は 20km/s 以下で最大でも 28km/s だった。軌道のわかった 9 個はすべてアポロタイプの小惑星型の軌道。光度曲線も特異で最初に急増光し、ゆっくり減光するものが約半数を占めた。このような光度カーブは他にない。経路は短いものが多い。(中略)これらの考察から鉄流星は鉄隕石のように Fe と Ni が主成分の流星と思われる。*

観測結果　今回の 4K ビデオでの観測は、1 点観測なので残念ながら軌道に関する情報は得られていない。結果をまとめると、鉄流星は 2015、16 年の 956 個中 37 個得られ、分類のできた散在のスペクトル中の約 8%にあたった。群判定ではおうし群が 4 つなど、群と判定されたものが、11 個もあり、この点は Borovi˘cka の特徴とは異なる。ただし、1 点観測なので、群の判定が間違っているもの含まれている可能性は高い。スペクトル形状に特徴が少なく、短経路でかつ暗い。積算スペクトル画像では、刷毛で掃いたような傷の集まりのような像のことが多い。平均等級は-0.15 等で全流星の平均より 0.25 等暗かった。

図 1 は、かなり明るい鉄流星のスペクトルの積算画像、図 2 はその強度の図である。4K ビデオでは、分解能が SD のものより高いので、これまでにバンドとしてしか観測されなかった鉄のスペクトルがある程度分離して観測でき、詳細を比較できた。Mg の特徴的な 517nm の輝線は実は 3 重線で、本観測システムではこれを 517.0 と 518.4nm の 2 重線としてはっきりと分離できる。従って、鉄の 517.0nm の輝線と区別できた。これより鉄流星のスペクトルには Mg の成分はほとんど含まれていないことが明らかになった。また、分離のよい 10 個ぐらいのスペクトルを比較しても Fe の輝線の強度比はほとんど同じで鉄流星内でばらつきは小さいようだった。

また、これまで知られていなかった特徴として、12 月、1 月に多く出現することが明らかになった。これは、単純にランダムな散在流星と考えると説明が難しく、興味深い結果である。

まとめ　これまでに知られている鉄流星の数倍の数のスペクトルが得られ，しかも分解能

も高い。軌道データが無いのは残念だが、これからも解析を続けていきたい。

参考文献

*1 J. Borovi˘cka, et al., Icarus 174, 15 (2005)

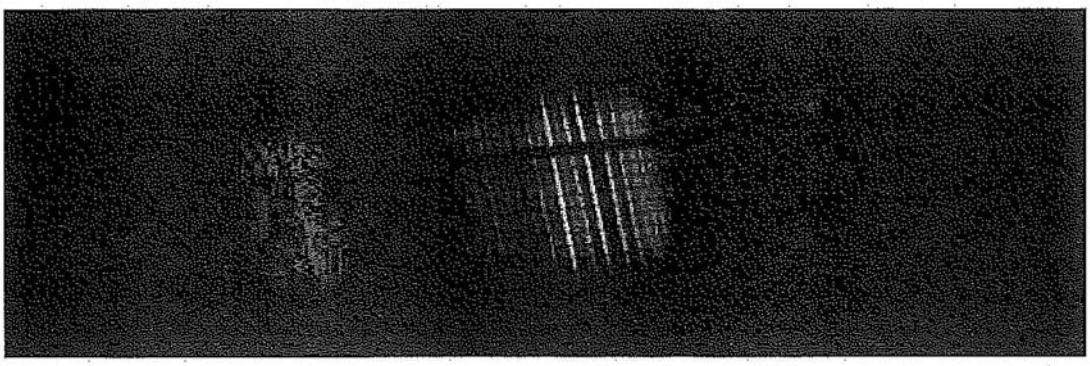


図1　2016年2月7日　1時37分07秒出現の鉄流星の積算スペクトル画像
−0.9等、散在。下から上方向へ流れた。最も明るい輝線が516.75nm、その右の2番目に明るいのが526.95nmのどちらもFeの輝線。約30本の輝線が見えているがすべてFeのもの。横方向に伸びる黒い帯はフレーム落ちによるもの。

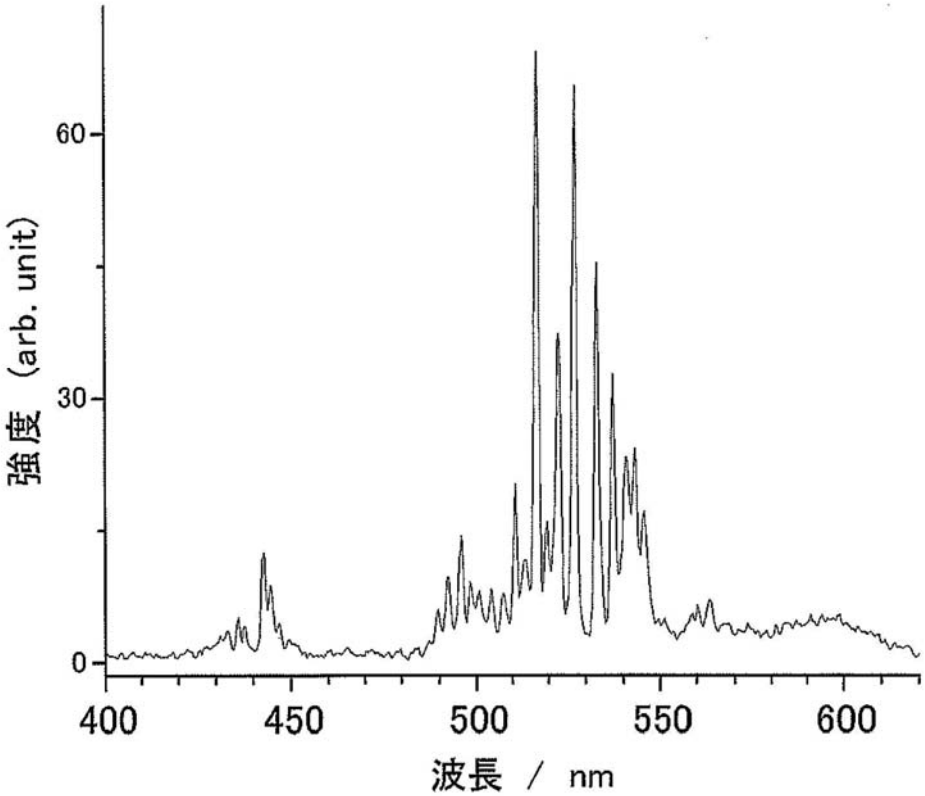


図2　図1の流星のスペクトルチャート
スペクトルを経路に沿って（波長ごとに）積算してバックグラウンドを除いたもの。波長による感度の補正は行っていないが、450−550nm 付近ではほとんど補正は必要ない。

TV 流星観測による κ はくちょう座流星群(KCG)

司馬康生(SonotaCo Network)

要旨

日本におけるTV自動流星観測網SonotaCo Networkの2007-2016年の観測結果から、κはくちょう座流星群(KCG)とその周辺を調査した。KCGは、2007と2014年に静穏な年と比べて約8倍の突出した出現数がSL=145° 付近であり、7年の活動周期が確認できた。また、2013年にも平年の約3倍の出現数がSL=135° 付近であった。KCGの光度は、出現数が増加した2007,2013,2014年で平年より明るかった。2007と2014年で輻射点分布はほぼ同様だったが、2013年は赤緯で5° 程度北側に分布し、軌道要素の分布も2007,2014年とは系統的な差があった。これらが連続した流星体分布に起因するなら、歪んだswarmが存在している。平年のKCGは輻射点や軌道の分布で複数のピークが存在する複合群で、発光高度は突出した出現のある年と比べて有意に低かった。流星群の帰属を判断するD'判定を使うとKCGと定常流星群である8月りゅう座流星群(AUD)の両方に判定される流星が多く存在する。しかし、AUDはKCGと違った特徴を示す独立した流星群である。9月中旬までの長期間活動し、輻射点は円弧を描き西に移動する異例の動きを示す。近接した流星群があるときそれが同一群であるか別群であるかの判断基準について提言する。

序論

κ はくちょう座流星群(KCG)は、7月下旬から8月下旬の約1ヶ月に渡って見られる小流星群である。大流星群であるペルセウス座流星群とほぼ同時期に出現するが、ZHR=3(Rendtel 2016)でペルセウス座流星群の 1/50 の出現数にとどまる。輻射点分布も広く、付近に複数の小流星群の輻射点が分布するため、眼視観測で詳細を調べることが困難な群である。それでも速度の遅い火球が爆発を伴い飛行する様子は多くの観測者の興味を惹いた。

KCG の母天体として 153311(2001MG1)の可能性が高いとしている(Moorhead et al 2015)。一方、付近で活動する8月りゅう座流星群 AUD の母天体は、小惑星 361861(2008ED69)が有力とされている(Jenniskens & Vaubaillon 2008)。

最近の KCG の活動記録では 2007 年、2014 年には活発な出現が報告されている(Jenniskens 2007, Trigo-Rodriguez et al 2009, Moorhead et al 2015, Rendtel & Arlt 2016)。それ以前の活動からも KCG に7年の活動周期が認められてきた(Koseki 2014, Moorhead et al 2015)。KCG の活動の7年周期は木星周期との 5:3 の関係にある軌道周期(7.116 年)による共鳴が理由とされてきた。IAU MDC に登録されていた 1950-1993 年の写真流星の記録数を図1に示す(Lindblad 1995)。この図では、X 軸に年を7年間隔でラベルした。図1から KCG に属する大きな流星物質の 7 年強周期の存在が確認できる。図1では KCG と分類された流星に加えて α Lyrids と分類された流星を積算して表した。KCG と α Lyrids は、輻射点や軌道の差はあるが連続して分布する流星体で、同じ力学の中で進化したと考えられるからである。他方、41 年間に渡る眼視観測記録から周期性を研究した(Rendtel & Arlt 2016)では、明確な7年周期は見いだすことができなかった。つまり、中程度のサイズの流星物質では7年の活動周期が不明確である。最も小さな流星物質を観測する電波観測では、2014 年には

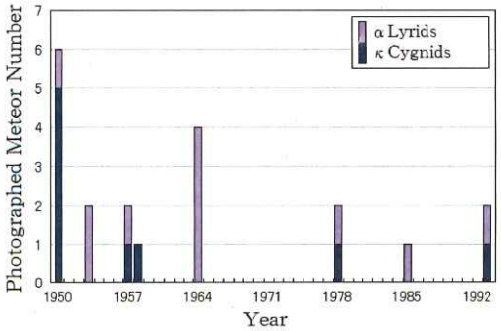


図1　写真観測で記録された KCG 群(Lindblad 1995)

平年の 10 倍程度の出現を記録したが、2007 年には増加が観測されたが 2014 年の 20%程度の出現に止まった(Moorhead et al 2015)。これらの結果は、KCG に7年の活動周期が存在を強く示唆するが、相互の結果に矛盾も認められる。これらの研究は 1990 年代まで似よく使われた写真観測は明るいごく少数の流星の軌道について、精度の高いデータを提要してきた。しかし、統計的研究を実現できる軌道数を手にすることができなかった。一方、眼視観測では統計的なデータ量は残されているが、記録の信頼性で困難な問題を含んでいる。KCG の活動時期にはペルセウス座流星群など他に注目を惹く流星が多時期に活動する。さらに KCG の輻射点領域が広いことに加えて近くに他の複数の流星群活動が存在するからである。

2000 年代に入り TV 観測が広がった。TV 観測は精度で写真観測に劣るが統計的な研究に十分な軌道データ数が取得可能になった。初期の観測成果は単点観測によるものだった(Cekada 2005, Molau & Rendtel 2009)。その後多点による自動 TV 観測網が広がった。2007 年からは日本における SonotaCo Network (SonotaCo 2009)が活動を開始し、ヨーロッパにおいてクロアチアンネットワーク(Segon et al 2015)、EDMOND(Kornos et al 2012)が活動し、アメリカでは CAMS が稼働(Jenniskens et al 2011)した。CAMS の初期的では有るが包括的な成果は(Jenniskens 2016a,b,c,d)で発表されている。ここに私は SonotaCo Net のデータを元に、はくちょう座 κ 流星群の活動領域について調査をした結果を記述する。

1．データ処理

SonotaCo Network のデータベース(http://sonotaco.jp/)を使い 2007 年から 2016 年の 10 年間について調査した。活動期間と、輻射点位置周辺の領域として表1の範囲に存在する輻射点を抽出した。表1の領域に対して、太陽黄径－輻射点赤経を図 2、太陽黄径－輻射点赤緯を図 3、太陽黄径－対地速度を図 4、輻射点分布を図 5 に各年毎に示した。図2～5には、2007 年と 2014 年を重ね合わせた図(k)もそれぞれ示した。また、明確な KCG の活動が読み取れない 208,209,2010,2011,2012,2015,2016 年(normal year)を重ねた図(m)もそれぞれ示した。活発な活動を認めた 2007,2014 年は、天候不良による遮蔽を考慮すると同様の明確な群活動が認められる(図 5(k))。また、2013 年は弱い群活動があったことが読み取ることができる。図 5(m)では、KCG 群より西に半円形を描くまばらな輻射点の集中が認められる。この研究では、IAU の meteor shower list(Porubcan & Jopek 2017)を参照して、図 5(k)から明確に読み取ることができる輻射点の集中を κ Cygnids(#12 KCG)と定義した。この連続体の位置は、α Lyrids の輻射点の位置(Lindbrad 1995, Jones 2006)を含んでいる。また、図 5(m)に見られる輻射点の集中を8月りゅう座流星群(#197 AUD)と定義した。この2つの集中部はそれぞれ天候不良による集中の薄い部分があるが途切れは見いだせない。AUD は東西に広い分布のため、構成する流星軌道を D 判定によって抽出するため西側に出現する成分を iota Draconids (#703 IOD)と別に扱って抽出した。個々の流星が定義したこれらの群に含まれるかどうかを分布図を目視で決定し、その平均値から基準軌道を次のように定めた。

表1　KCG 群の調査範囲

	集計範囲
Solar longitude [deg:J2000.0]	127～160
Right Ascension [deg:J2000.0]	260～305
Declination [deg:J2000.0]	+30～+75

表2　KCG 群と AUD 群の基準となる軌道

	a[AU]	q[AU]	e	p[yr]	peri	node	inclination
KCG	4.09	0.968	0.763	8.28	205.7	140.8	34.9
AUD	3.08	1.004	0.674	5.40	185.1	146.5	33.3
IOD	3.27	1.004	0.693	5.92	172.8	154.7	32.8

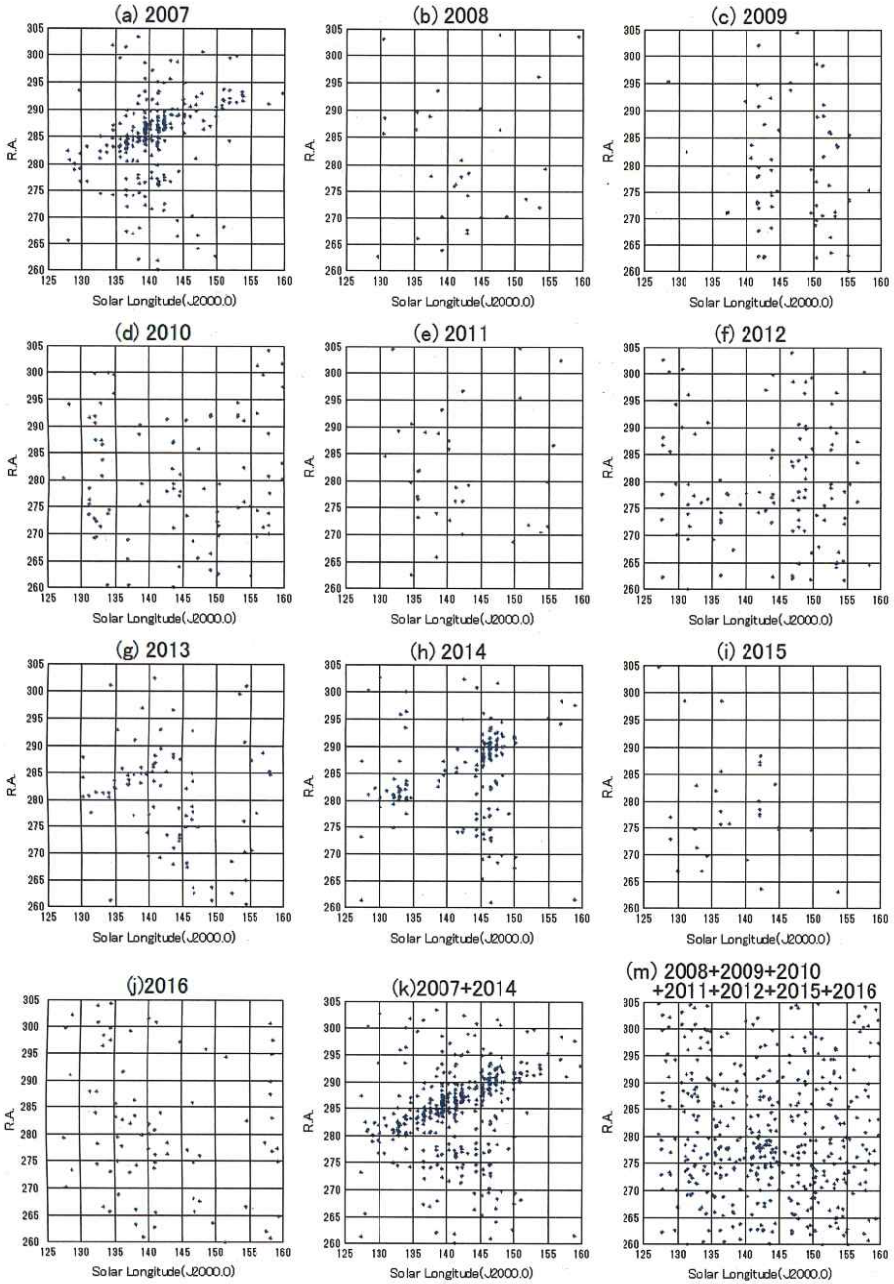


図 2　KCG 群の輻射点領域(R.A.)

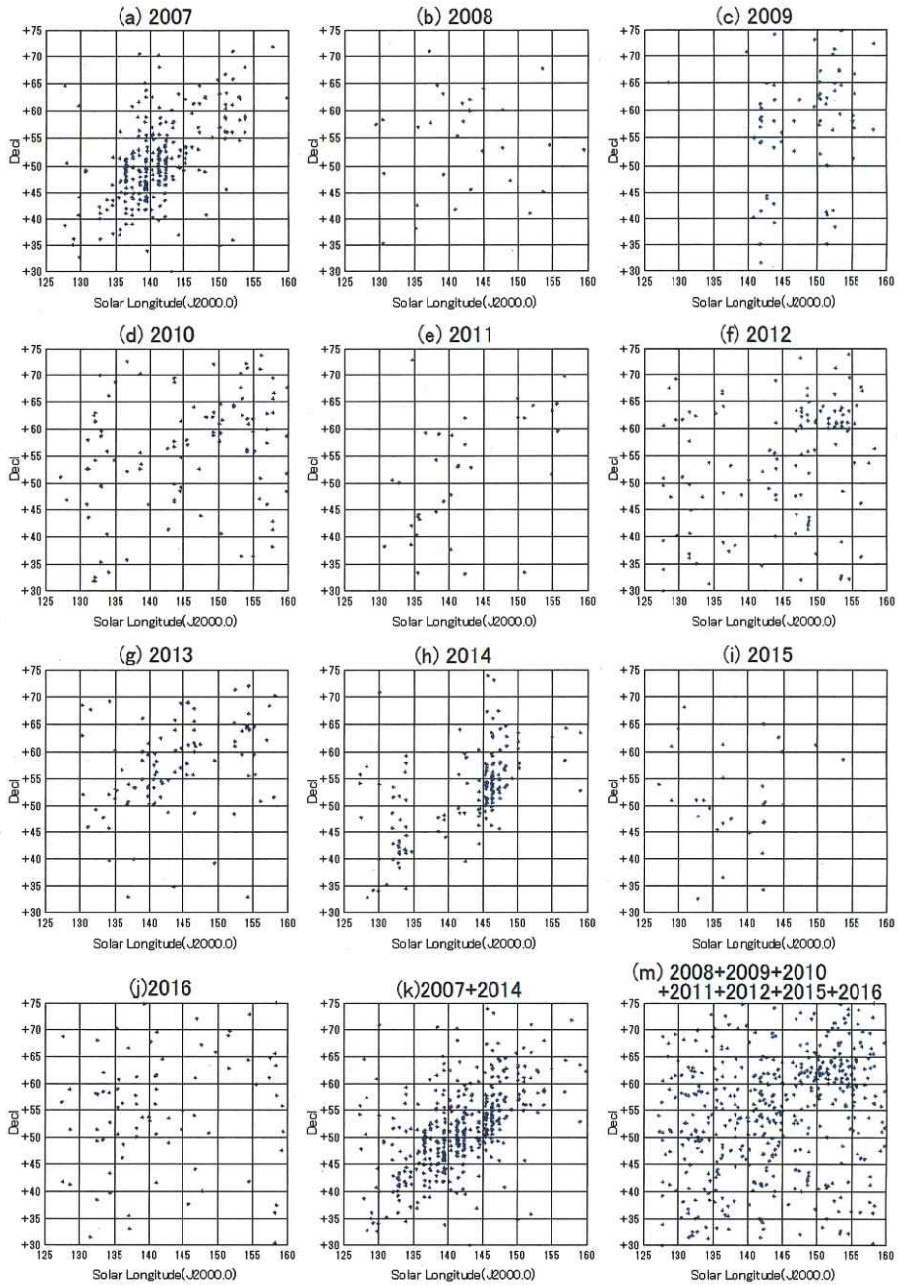


図 3　KCG 群の輻射点領域(Decl)

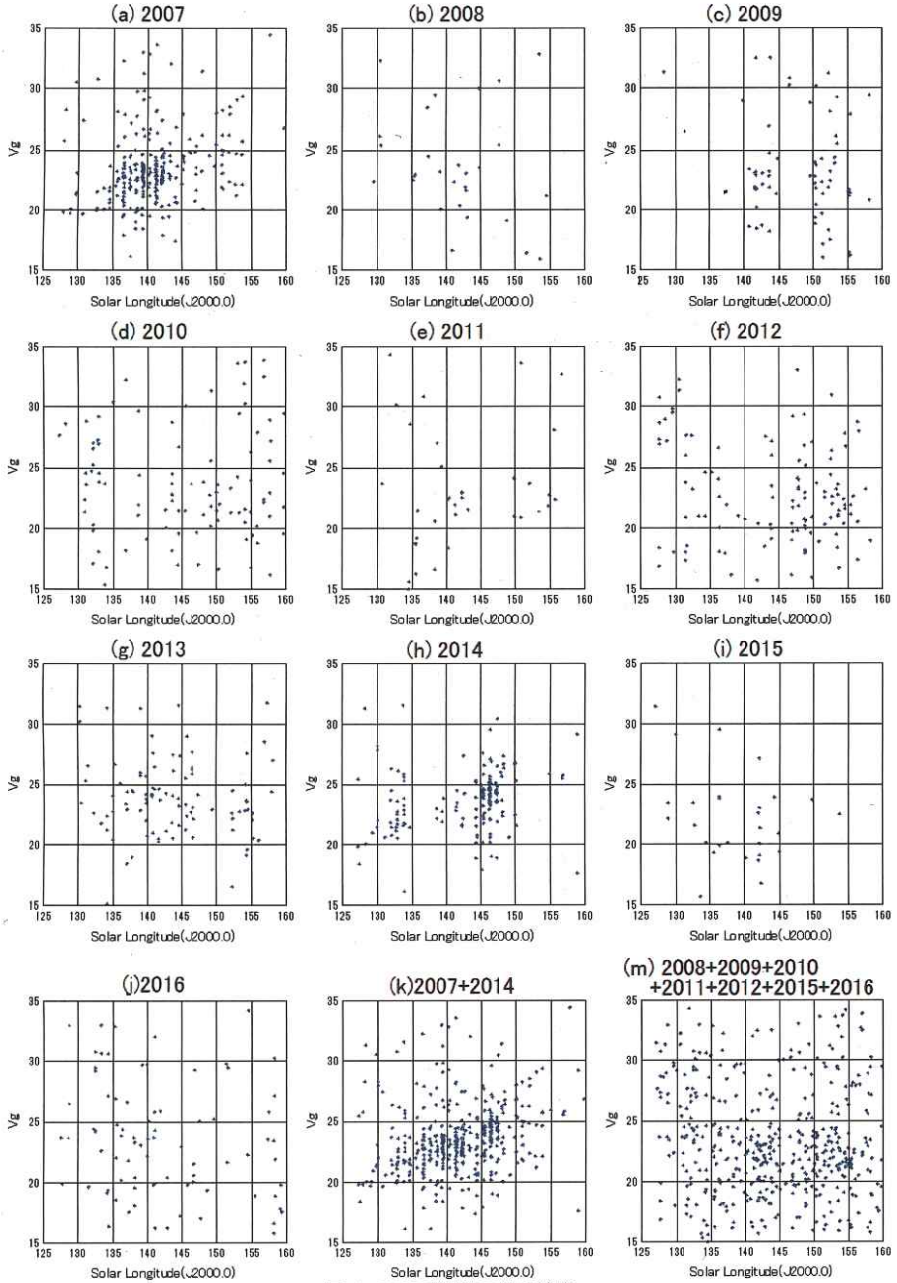


図 4　KCG 群付近の流星速度

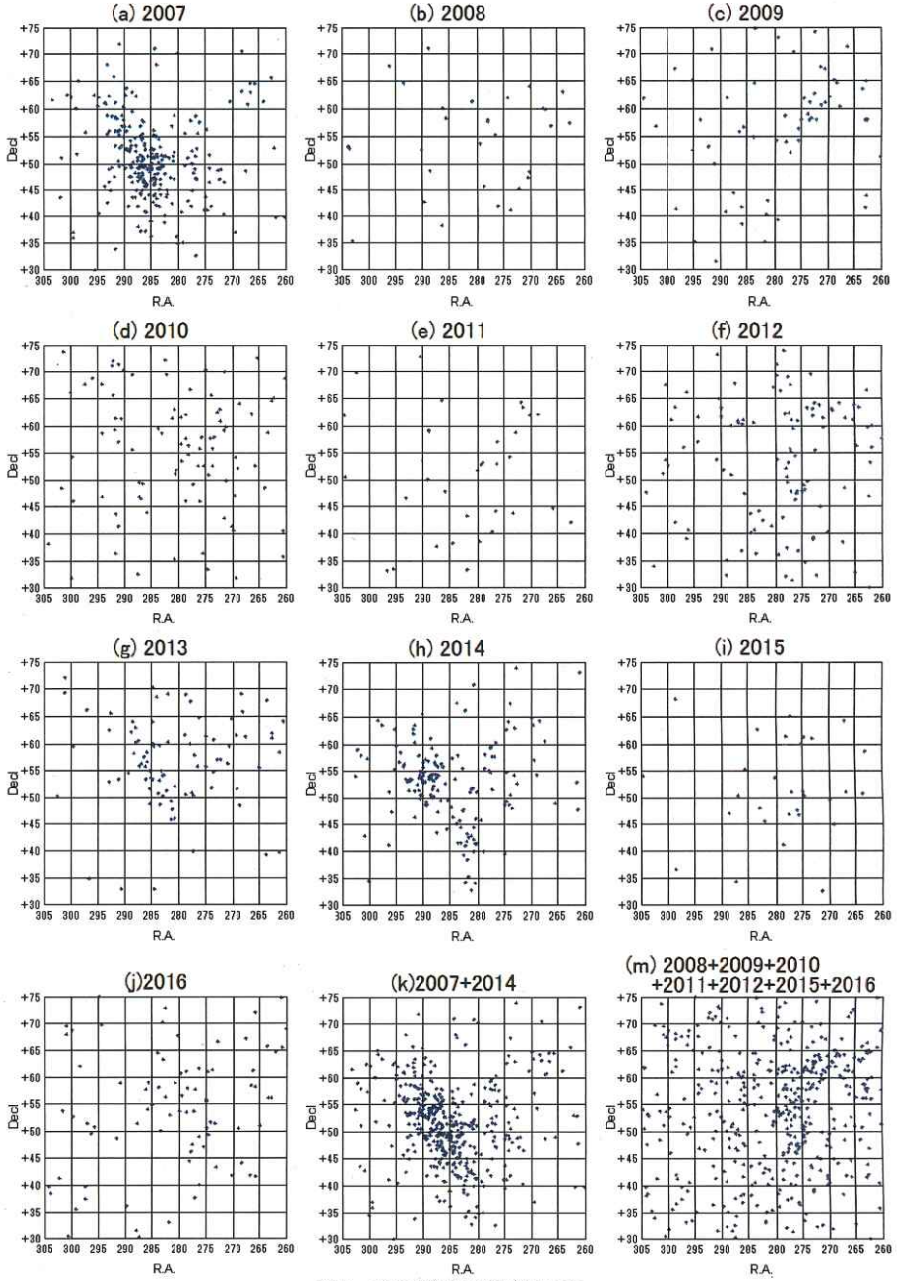


図 5　KCG 群付近の輻射点分布

KCG の輻射点移動を直線近似すると次の通りである。ここで、R.A.,Decl はそれぞれ輻射点の赤経、赤緯、Vg は対地速度である。SL は太陽黄径(J2000.0)である。

$$R.A.=0.59(SL-140.8)+286.5 \quad [deg]$$

$$Decl=0.87(SL-140.8)+49.4 \quad [deg]$$

$$Vg=0.20(SL-140.8)+23.3 \quad [km/s]$$

AUD,IOD の輻射点移動は後述する。

表２の軌道を元に、調査範囲の全ての流星軌道に対して D'判定(Drummond 1981)を実施し、流星群の帰属を判断した。すなわち表２の基準軌道に対して、判定値 D'が

$D'<1.05$

であるものをその流星群に属するとした。ただし、KCG と AUD の基準軌道を相互に D'判定すると

$D'=0.094$

となり、同じ流星群となる。すなわち、多くの流星が KCG でもあり、AUD でもあると判定される。KCG 群の基準軌道との D'値を D'_K、AUD 群の基準軌道との D'値を D'_A と表すと、どちらの群にも属すると判断される流星、

$D'_K<0.105$ and $D'_A<0.105$

に対し、

$D'_K < 2^* D'_A$

であれば、KCG 群と判断し、

$D'_K > 2^* D'_A$

であれば AUD 群と判断した。AUD 群に対する D'値に KCG 群より厳しい２倍の係数を与えた理由は、この係数を与えることで、より 2007,2014 年の輻射点の集中部分を KCG として表現できたからである。また、AUD 群より西側に位置する IOD 群の一部も KCG 群と二重に判定される流星が含まれる。これも、IOD 群には KCG 群に対して２倍の厳しい係数を使って判断した。なお、(Jenniskens & Nenon 2016c)による AMD 群は、AUD 群と IOD 群の中間に位置し、いずれかに含まれると見込み、独立して判断しなかった。AUD 群と判断した流星と IOD 群と判断した流星はこれらの分布に途切れが認められない(図５(m))ので併せて AUD 群として集計した。

なお、散在流星は、調査対象期間の全流星から表３に示した流星群に属するものを取り除いた残りと判断した。表３にはこの時期に活動する Established meteor shower(Porubcan & Jopek 2017)の全を含んでいる。587 FNC, 523 AGC, 701 BCE の３群は 2017 年６月時点で Working list に示される流星群である。これらの群判断は、軌道計算に用いた UFOOrbit Ver2 による自動判定に従った。表３の 184 GDR, 587 FNC, 523 AGC, 701 BCE の４群は結果の章で詳しく述べる。

表３　除外した流星群

IAU No.	Code	Shower Name
00001	CAP	alpha Capricornids
00005	SDA	Southern delta Aquariids
00007	PER	Perseids
00026	NDA	Northern delta Aquariids
00033	NIA	Northern iota Aquariids
00191	ERI	eta Eridanids
00183	PAU	Piscis Austrinids
00184	GDR	July Gamma Draconids
00187	PCA	psi Cassiopeiids
00188	XRI	Daytime xi Orionids
00206	AUR	Aurigids
00208	SPE	September epsilon Perseids
00533	JXA	July xi Arietids
00587	FNC	59 Cygnids
00523	AGC	August gamma Cepheids
00701	BCE	beta Cepheids

２．結果

２－１．毎年の流星活動

2007 年から 2016 年の太陽黄径 127-160°(J2000.0)の期間について D'判定を１章の方法で適用し、KCG 群、AUD 群の帰属を決定し、その数を表４に示した。ここで、平均光度の「Sp(near)」は、調査天球領域に輻射点のある散在流星の平均光度、「Sp(far)」は、調査太陽黄径範囲において調査天球領域以外に輻射点を持つ散在流星のうち Vg=22 ～ 27km/s の範囲にある流星の平均である。散在流星に対する KCG、AUD の割合の年変化を図６に、KCG,AUD,散在流星の平均光度の年変化を図７に示した。

表４　流星数と平均光度

年	流星数					流星数割合		平均光度			
	全数	群	Sp	KCG	AUD	KCG/Sp	AUD/Sp	KCG	AUD	Sp(near)	Sp(far)
2007	4424	2756	1407	212	26	15.07%	3.48%	−1.13	−0.70	−0.50	−0.81
2008	2167	1334	802	13	18	1.62%	2.24%	−0.30	−0.01	−0.55	−0.94
2009	2117	836	1219	23	39	1.89%	3.20%	−0.61	−0.34	−0.22	−0.67
2010	4198	1824	2268	39	67	1.72%	2.95%	−0.70	−0.63	−0.67	−0.85
2011	2477	1566	869	16	26	1.84%	2.99%	−0.87	−0.59	−1.31	−1.29
2012	4490	2010	2355	47	78	2.00%	3.31%	−0.30	−0.21	+0.02	−0.72
2013	3476	2008	1376	53	39	3.85%	2.83%	−1.60	−1.03	+0.03	−0.85
2014	1844	893	787	122	42	15.50%	5.34%	−1.34	−0.61	−0.48	−0.90
2015	1665	1017	615	18	15	2.93%	2.44%	−0.29	−0.88	−2.03	−1.27
2016	4216	2484	1655	32	45	1.93%	2.72%	−0.73	−0.54	−0.44	−0.85

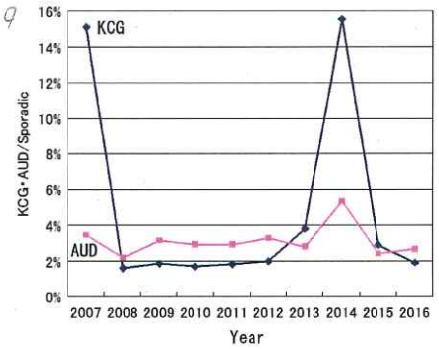


図６　出現数割合の年変化

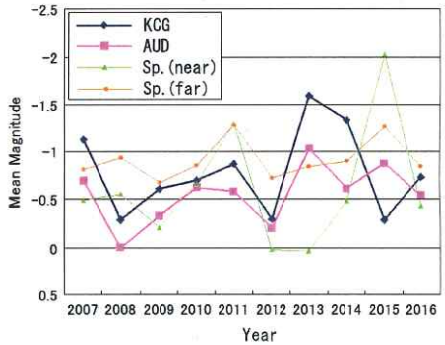


図７　平均光度の年変化

図６から、2007 年と 2014 年に KCG 群の出現が平年の８倍程度増加していることが分かる。また、2013 年も２倍程度増加している。一方、AUD 群はほぼ毎年一定の出現である。2014 年に増加したように見えるが、KCG との分離が悪く、混入が有ると思われる。KCG の平均光度は 2007,2013,2014 年で明るく、図６から読み取れる活動的な年と対応している。AUD 群が明るく観測された 2011,2015 年は散在流星の明るくなっており、天候の事項などから暗い流星が捉えられなかったために平均光度が明るくなった可能性が高い。

２－２．活動の変化

次に、太陽黄径で５°ずつの出現数の散在流星に対する割合を集計した。2007,2014 年の KCG は同様の活動特徴を示しているため併せて集計した。明らかな出現が見られなかった 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2015, 2016 の KCG は、annual としてまとめた。AUD は全ての年の合計である。結果を図８に示す。

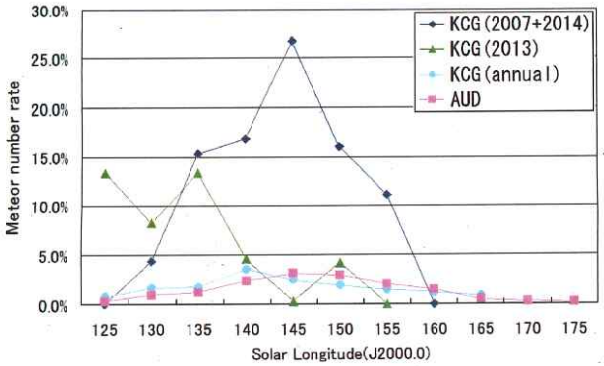


図 8　太陽黄径に対する活動変化

KCG 群が多数出現した 2007,2014 年のピークとなる太陽黄径は 145°付近だった。しかし、2013 年の出現では 10°ほど早く平年の約 3 倍のピークとなっている。なお、2013 年の 125°での天候は悪かったため KCG 数は 2 個のみである。AUD は KCG (annual) より約 1 週間遅くに幅広い極大を示す。

2－3．発光高度

発光点と消滅点の地上高度を調査した結果が表 5 である。ここでは流星の発光点、消滅点高度を絶対光度に対して直線近似した。KCG (annual) の意味は図 8 と同じ。Sp. (near), Sp. (far) の意味は表 4 と同じ。AUD 群、Sp. (near), Sp. (far) はそれぞれ 2007 年から 2016 年の 10 年間の合計である。発光点、消滅点を表す式中の"mag"は絶対光度、$\overline{Vg}$は平均の対地速度、$\overline{mag}$は平均光度、γ は光度比、n は資料数である。発光点・消滅点高度分布と、その直線近似は図 9 に示した。ここで、発光点および消滅点の高度は Vg に従って変化することに注意が必要である。同時期、同程度の速度 (Vg=20 ～ 27km/s) の散在流星について Vg に対する発光点、消滅点の平均高度を直線近似し図１０に示した。表 5 の右側 2 列の"BEG"，"END"はこの速度の影響を修正し、KCG (2007,2014) と同じ速度 (23.33km/s) で 0 等の流星に規格化した高度である。

表 5　発光点と消滅点の地上高度

	発光点 [km]	消滅点 [km]	$\overline{Vg}$[km/s]	$\overline{mag}$	γ	n	BEG	END
KCG(2007&2014)	93.8−0.32mag	82.0+1.38mag	23.25	−1.2	2.1	334	93.8	82.0
KCG(2013)	92.1−0.71mag	81.8+1.36mag	23.85	−1.6	2.0	53	91.8	81.5
KCG(Annual)	91.4−0.60mag	79.5+1.75mag	22.15	−0.5	2.1	189	91.8	79.9
AUD	90.6−0.69mag	78.7+2.16mag	21.05	−0.5	2.3	418	91.8	79.8
Sp(near)	91.8−0.54mag	80.6+2.56mag	24.22	−0.5	3.3	209	91.3	80.1
Sp(far)	90.2−0.03mag	79.6+2.65mag	23.21	−0.4	3.9	659	90.2	79.6

2007,2014 年の KCG の発光点、消滅点はいずれも他より高い。特に KCG (annual) より有意に高い。散在流星のうち KCG 群の輻射点近傍に輻射点を持つものが遠方に輻射点があるものより高度が高いことも興味深い。

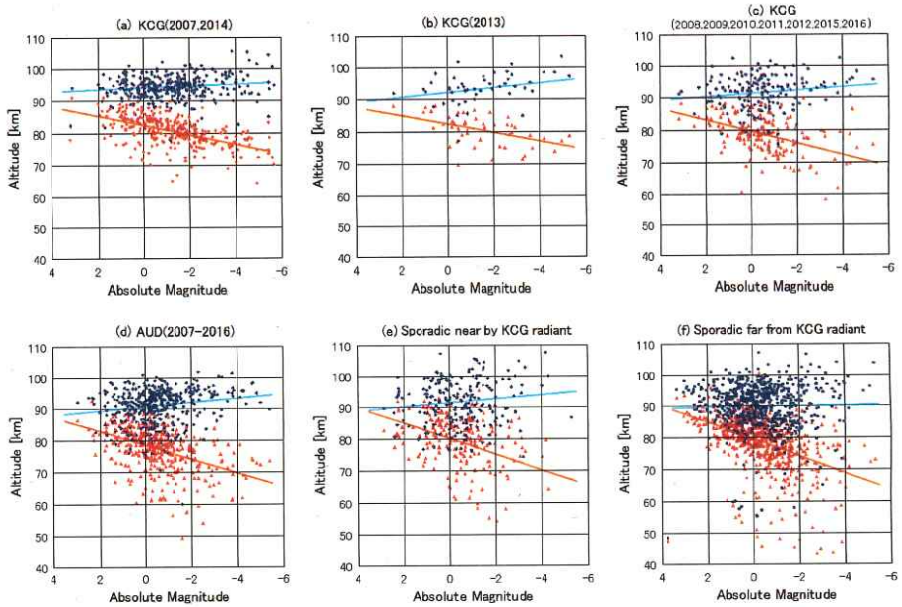


図 9　発光点・消滅点高度

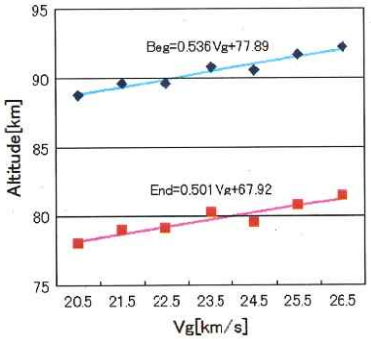


図 10 発光点・消滅点高度の速度依存

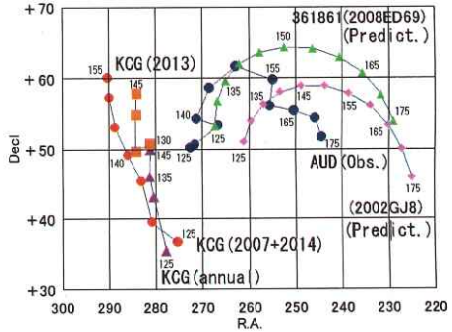


図 11　KCG と AUD の輻射点移動
記号の横の数値は太陽黄径 (J2000.0)

2－4．輻射点移動

KCG と AUD の輻射点移動は表 6 の通りである。太陽黄径 (J2000.0) で 5°ずつに区切り、その区間で赤経と赤緯を平均した結果である。表の S.L.は太陽黄径、２つの"Predict"は小惑星 361861 (2008ED69)、(2002GJ8) (NASA JPL 2017) から放出されたとして、(Hasegawa 1990) の方法に基づく輻射点予報位置である。これらは図１１にも示した。なお、(2002GJ8) からの放出予報は、2015 年 6 月の木星接近の後の軌道に基づく。

表 6　KCG と AUD の輻射点移動

	KCG(2007+2014)			KCG(2013)			KCG(annual)			AUD(Observation)			Predict.(2008ED8)			Predict.(2002GJ8)		
S.L.	α	δ	Vg	α	δ	Vg	α	δ	Vg	α	δ	Vg	α	δ	Vg	α	δ	Vg
J2000.0	deg	deg	km/s	deg	deg	km/s	deg	deg	km/s	deg	deg	km/s	deg	deg	km/s	deg	deg	km/s
125	275.4	+36.6	20.0				277.7	+35.4	21.1	272.6	+50.1	21.0	267.3	+53.3	21.5	261.1	+51.0	18.8
130	280.7	+39.4	21.6	281.0	+50.7	23.0	280.3	+43.0	21.9	271.7	+50.7	20.5	266.8	+56.8	22.0	259.6	+54.0	19.1
135	283.0	+45.2	22.2	284.2	+49.6	23.2	281.2	+45.9	21.9	266.6	+53.4	20.4	265.1	+59.7	22.5	256.9	+56.4	19.4
140	285.9	+49.0	23.0	284.2	+54.8	24.4	281.1	+50.6	22.5	271.2	+54.3	20.8	262.1	+62.0	22.9	253.2	+58.1	19.6
145	*288.6*	*+53.0*	*24.0*	*284.0*	*+57.8*	*25.2*	*281.1*	*+49.8*	*22.2*	*268.6*	*+58.6*	*21.7*	*257.7*	*+63.6*	*23.2*	*248.7*	*+58.9*	*19.7*
150	289.9	+57.3	25.2							262.9	+61.6	22.1	252.3	+64.3	23.3	243.6	+58.9	19.7
155	290.2	+60.0	25.9							254.7	+59.8	21.2	246.3	+64.1	23.3	238.5	+57.9	19.7
160										255.4	+30.9	20.1	240.5	+62.9	23.2	233.9	+56.1	19.6
165										250.3	+55.5	20.1	235.6	+60.7	23.0	230.0	+53.4	19.4
170										*245.6*	*+54.5*	*20.4*	*231.7*	*+57.7*	*22.7*	*227.0*	*+49.9*	*19.2*
175										244.3	+51.7	19.9	228.9	+54.0	22.3	224.8	+45.8	19.0

KCG の輻射点は北北東に向けて移動する。ただし、活動末期には北への移動のみになる。KCG(2013)の輻射点は、2007,2014 年より 5° 程度北側である。一方、AUD の輻射点は特異である。弧を描きながら西に移動する。観測結果は、(2002GJ8) より 361861(2008ED69)から放出されたと予報するダストにやや近いがが細部は一致しない。また、Vg は両小惑星の中間程度として観測された。

2－5．軌道要素

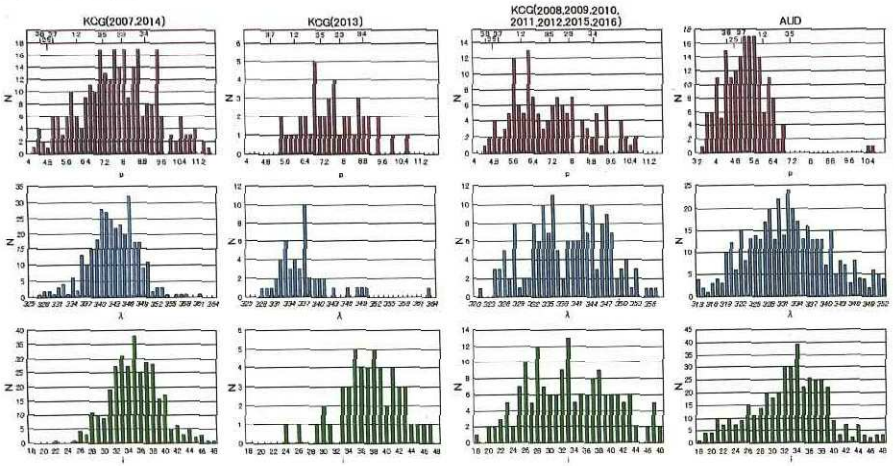


図１２　軌道要素分布

いくつかの軌道要素分布を図１２に示す。図１２の上から軌道周期 p(top)、近日点黄径 λ (middle)、軌道傾斜角 i(bottom)の分布を示した。 軌道周期の図には木星周期との整数比の場所を示した。また、左から右に向けて、KCG(2007,2014)、KCG(2013)、(KCG(annual)、AUD の順である。KCG(2007,2014)の軌道周期のピークは 7.0-8.6 年の間にあり、明確なピーク位置が読み取れない。KCG(2013)は、やや短い 6.8-7.6 年にピークがある。KCG(2013)は KCG(2007,2014)より近日点黄径で 10° 程度小さく、軌道傾斜角で約 5° 大きい。KCG(annual)はいずれの図でも２つ以上のピークがあるように見える。３つの図で AUD 群のピークは一つだけである。AUD 群の軌道周期は 5.6 年付近であるが、母天体 361861(2008ED69)の 4.97 年よりやや長い。

図１３には太陽黄径(eq:2000.0)に対する近日点距離 q(top)、近日点引数 ω (middle)、軌道傾斜角 i(bottom)

の分布を示した。KCG(2013)、KCG(annual)の近日点距離、近日点引数は KCG(2007,2014)と AUD の中間的な性質を持つ。KCG(2013)の軌道要素はいずれの図でも KCG(2007,2014)の太陽黄径を 10° 程度左へシフトさせた位置に分布している。KCG(annual)はいずれの図でも特に拡散している。AUD 群の q の分布は母天体の 361861(2008ED69)より(2002GJ8)に類似している。

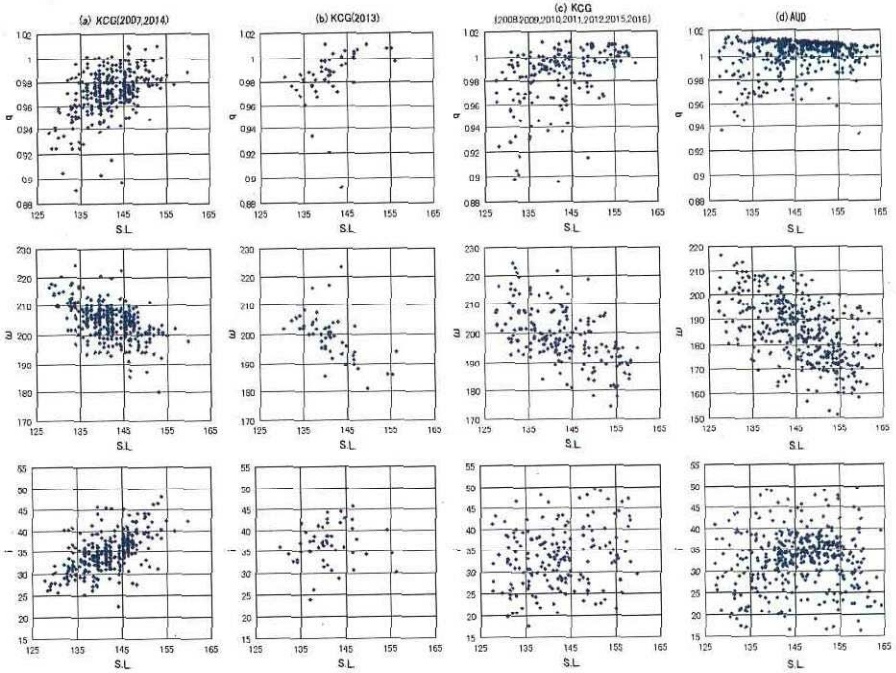


図１３　軌道要素の変化

2－6．付近の流星群

表７　付近の流星群の検証

IAU	IAU MDC			This work (average)											
Code	S.L.	α	δ	D'	N	S.L.	α	δ	Vg	a	q	e	peri	node	i
GDR	124.0	280.1	+50.3	0.053	54	125.2	280.6	+50.6	28.3		0.977	1.011	202.3	125.2	41.2
FNC	137	314.2	+47.5	0.105	44	135.3	312.9	+46.6	35.7	23.5	0.851	0.964	227.6	135.3	54.6
C/1940 O1 (Whipple-Paraskevopoulos)										*56.5*	*1.082*	*0.981*	*235.7*	*135.1*	*54.7*
AGC	156.0	354.2	+76.6	0.053	44	154.5	356.9	+75.9	45.0	27.2	1.005	0.963	188.3	154.5	76.6
BCE	153.0	325.4	+75.8	0.053	15	154.4	315.9	+75.9	38.7	24.3	1.006	0.959	187.2	154.4	63.4
TLA	133	332.2	+44.8	It couldn't judged existence or absence.											
ODR	110.0	259.3	+55.8	Not detected											
ETP	135.4	334.6	+32.7												
ZED	115.7	251.6	+66.5												
ZDR	122	261.7	+67.8												

続いて、KCG,AUD の活動時期に近くに輻射点がある流星群を検証した。IAU MDC(Porubcan & Jopek 2017)

に 2017 年 2 月時点で記載されていた 9 群を調査した。９つの流星群について SL-α, SL-δ, SL-Vg, α-δの図を描き、輻射点の集中を目視で判断した結果、４つの流星群が存在すると判断した。結果を表 7 に示す。

表の左側、IAU MDC は、(Porubcan & Jopek 2017)の記載である。右側の This work がこの調査の結果である。D'は群判断に採用した D'閾値、N は調査した 10 年間でその群に属すると判断した流星数、S.L.は太陽黄径(J2000.0)で、これ以降は平均値である。α, δ は輻射点の赤経,赤緯、Vg は対地速度、a は軌道半長径、q は近日点距離、e は離心率、peri は近日点引数、node は昇交点黄径、i は軌道傾斜角である。

GDR (July Gamma Draconids #184)

KCG の活動初期に KCG と極めて近い輻射点から出現する。活動期間は SL=120-133°で、集中した輻射点と明確な極大がある。活動期間が短く、輻射点も集中しているため D'は半分の数値で群判断を行った。輻射点移動は次のとおり。

R.A.=-0.07(SL-125.2)+280.6

Decl=0.02(SL-125.2)+50.6

Vg=-0.15(SL-125.2)+28.3 [km/s]

平均光度は-1.0 等、光度比 γ=2.5 である。発光点、消滅点の高度は光度を"mag"として次の通り。

Hb=96.6-0.64mag [km]

He=84.2+2.9mag [km]

これは速度の速さを考慮したとき KCG(2007,2014)と同程度の発光点高度で、消滅点はやや低い。この流星群は KCG の活動初期に短期間出現するために、TV 観測では分離は可能である。しかし、眼視観測では分離は難しいだろう。

FNC (59 Cygnids #587)

KCG の活動時期に、やや東にやや速い Vg で出現する(図１４)。図１４は太陽黄径 130-145°の期間を示す。活動期間は SL=128-148°(J2000.0)程度。拡散した輻射点であるため、D'は一般的な数値を使った。輻射点移動は次の通り。

R.A.=0.02(SL-135.3)+312.9

Decl=0.17(SL-135.3)+46.6

Vg=-0.20(SL-135.3)+35.7 [km/s]

平均光度は-1.4 等、光度比 γ=2.8 である。発光点、消滅点高度は流星光度を"mag"として次のとおり。

Hb=97.8-1.08mag [km]

He=87.8+1.24mag [km]

KCG(2007,2014)と比べて、発光点は同程度、消滅点がやや高い。活動時期が KCG 群と重なるが、TV 観測では輻射点と速度が違うため分離は容易である。ただし、眼視観測で分離することは困難だろう。彗星 C/1940 O1 (Whipple-Paraskevopoulos)の軌道(NASA JPL 2017)と類似している。

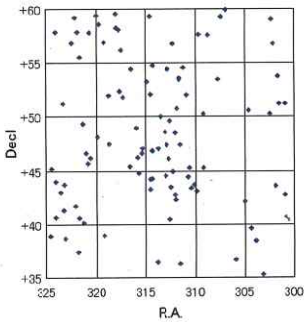


図１４ FNC の輻射点領域

AGC (August gamma Cepheids #523)

太陽黄径 SL=149-161°程度の期間に活動する。輻射点はやや拡散している。BCE 群の輻射点も近いが、両群の間には輻射点がほぼ存在しない空隙がある(図 15)。やや拡散した輻射点だが、D'は一般的な数値(0.105)を使うと、BCE 群と重複して判定される例が含まれるため、その半分の数値を使った。輻射点移動は次の通り。

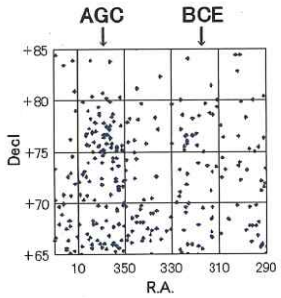


図 15 AGC と BCE の輻射点

α=0.71(SL-154.5)+356.9

δ=0.38(SL-154.5)+75.9

Vg=0.06(SL-154.5)+45.0 [km/s]

この群の軌道要素の q, ω, Ω は、AUD 群と酷似する。

平均光度は-1.3 等、光度比 γ=2.8 である。発光点、消滅点高度は光度を"mag"として次のとおり。

Hb=104.3+0.70mag [km]

He=93.2+3.09mag [km]

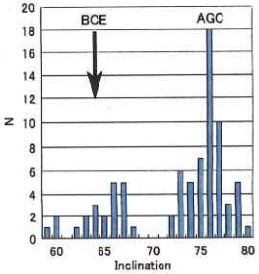


図１６ 軌道傾斜分布

BCE (beta Cepheids #701)

(Jenniskens et al 2016d)では、SonotaCo deta では認められないとされたが、図１５のとおり弱い出現が確認できた。太陽黄径 SL=151-160°の短い期間である。輻射点移動はわからない。D'は AGC 群と同じく一般的な値の半分の数値を使った。平均光度は-1.8 等で明るい流星が多い。AGC 群より軌道傾斜角が 10°程度小さいがその他の特徴は酷似している。両群の間には何らかの関連があるのかもしれない。ただし、軌道傾斜角の分布でも両者の間にはつながりは見られない(図 16)。なお、図１６は太陽黄径 150-160°、輻射点赤緯+73 ～+80°、輻射点赤経 305 ～ 10°の流星について集計したものである。

３. Discussion

この研究において、流星群の帰属を判断する２種類の方法を使った。一つは軌道計算ソフト、UFOOrbit V2 による輻射点の位置と速度に基づく判定である。その方法は、あらかじめ流星群を定義する csv ファイルに活動期間、輻射点の位置とその移動、対地速度、輻射点の位置誤差、速度の誤差を入力する。更に、UFOOrbit V2 では活動期間、輻射点位置、Vg の誤差を拡張できる。これは、速度誤差に対してより緩い判断をすることを可能にした。写真観測以上に速度誤差が大きくなる傾向がある TV カメラによる観測に対応した仕様である。ここでは Vg が広く分布する輻射点の赤緯に強く相関する KCG の速度誤差を+-6.5km/s まで、AUD の速度誤差を± 3.9km/s まで許した。計算される軌道要素には、結果として速度誤差に依存する軌道要素の誤差が大きい傾向が示される。i や q に与える影響より、a, ω に大きく影響する傾向がある。もう一つの流星群の判断基準として軌道の類似性を判断する判定式を採用した。ここではより適切ではないかと推定した軌道の類似性による群判定、D'判定(Drummond 1981)によって KCG と AUD(IOD を含む)の区別を決めた。これら２つの流星群判断は必ずしも一致しない。2007,2014 年の D'判定による KCG の 78%が UFOOrbit で KCG と判断され、22%が AUD や散在と判断された。2013 年の KCG で D'判定と UFOOrbit で KCG と判断が一致した流星はわずか 8%、KCG(annual)ではわずか 15%だった。余りにも多くの流星がいずれかの判断基準で誤判定されたことになる。この背景には、KCG と AUD は、それぞれの基準軌道を比較しても同一群となってしまう(D'=0.094)ほど類似していることがある。ここでは 2007,2014 の大出現で特徴的に現れた輻射点や軌道要素の集中を KCG として説明する方法を採った。そのために、KCG に対して AUD(IOD を含む)に対してより２倍厳しい判断基準を使って帰属を決定した。それでもこの判断によって作図した SL-R.A.などの図では、誤判定を疑う流星がなおも残存する。この研究ではより正確な群判断を追求したが、なおも評価困難な疑いを除去することには成功していない。この課題を解決するためには、向上した観測精度の多数の軌道データを使った研究が必要であろう。

発光点、消滅点の高度集計について注釈する。全経路が撮影できず、発光点や消滅点が視野外になっている映像や雲などの遮蔽によって途切れた映像を元に経路計算された流星が含まれていると推定する。ただ、SonotaCo Network では撮影レンズの多くが広角レンズであるため、全経路写っている映像が多いと推定する。従ってこの誤差が生じる流星は含まれるだろうが割合は少ないだろう。発光点や消滅点を誤らせる原因はこ

の他にカメラやレンズによって決まる感度や流星までの距離もあり得る。流星解析ソフトウェア "UFOAnalyzer"では、流星光跡の特に暗い部分を認識できない。これらの場合全てで、誤差の方向は常に発光点と消滅点が近づく向きである。ところで SonotaCo Network の同じ時期の観測では観測機材がほぼ同じであるため、統計的な差はごく少ないだろう。一方、違う観測時期の比較であればいくらかの機材の差違があるだろう。これが統計誤差に与える影響は幾分含まれる恐れはあるが小さいだろう。ここでは集計した流星数が多く、流星群の高度の相互差に系統的誤差をもたらさないと推定する。

TV 観測では写真観測より計算された軌道の誤差は大きい。ただし、軌道要素分布のピーク位置に対する影響は小さく、広がりが広くなる傾向となるだろう。その詳細については(Shiba 2016)参照。

KCG 群の活動が 7 年周期で増加することは、これまでたびたび指摘されてきた(Moorhead et al 2014, Rendtel et al 2016)。この研究では、指摘どおり TV 観測から 2007,2014 年に共に平年の 8 倍程度の増加が確認できた。これは、過去の大きな流星物質を捉えた写真観測による増減(Lindblad 1995)と整合する。一方、中程度の流星物質を観測する眼視観測による 7 年周期は不明確である(Rendtel & Arlt 2016)。更に、最も小さな流星物質を観測する電波観測では、2014 年は平年の 10 倍に増加したのに対して、2007 年の増加はその 20%に止まっている(Moorhead et al 2015)。これらの事実は、流星物質の増加をもたらした"塊"の成分は流星物質のサイズに依存することになる。そのような特殊なことがあるのか、何らかの観測結果の歪みが含まれる可能性があるのか疑問は残る。

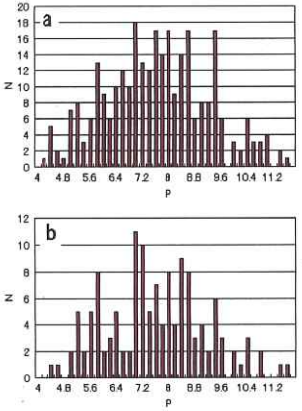


図１７　KCG の軌道周期と誤差

KCG の 7 年強の活動周期が木星周期(11.862 年)と 5.3 の共鳴関係が成り立っている(7.116 年)と仮定すると 1950 年からの写真観測(Lindblad 1995)記録と 2007,2014 年の出現の増加を合理的に説明できる。しかし、この研究で求められた軌道周期は 7.116 年より長いものがやや多く完全には一致しない(Fig.12)。一般には観測誤差により流星軌道周期が短く観測される理由は多いが、逆は少ない。そこで、得られた軌道周期について、より軌道周期が正確と思われる流星を抽出して比較を行った(図１７)。図１７－a は、全 KCG(2007+2014)、図１７－b は angle Q>25°で、継続時間>0.5 秒のもののみを抽出した KCG(2007+2014)である。精度の高い集計では軌道周期の長い流星の比率が低下しており、5.3 共鳴に近づいている。ただし完全に一致しているわけでは無い。この結果の真偽は今後の精度を高めた観測結果の発表を待ちたい。

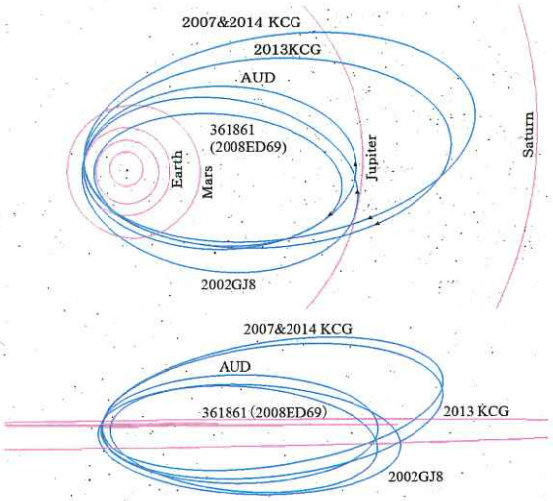


図１８　KCG 群の軌道

KCG 群の 7 年周期の出現が木星軌道周期との共鳴であると仮定したとき、Swarm(Asher & Izumi 1998)が形成されているのだろう。Swarm の中央からはずれた 2013 年出現の KCG は 2007,2014 年より流星数が少ない以外に輻射点位置や軌道が系統的にずれていること、活動終了が早いという特徴がある。これは KCG 群の

swarm 形状が空間的に歪んでいることを示唆する。この成因として、図１８に示した KCG 群の軌道の昇交点(▲印)の前と後ろで黄道面に対して反対方向から木星重力が摂動として働いているためだろう。ただし、2013 年の調査期間初期の観測データは天候不良で非常に少ない。図 8 における 2013 年太陽黄径 125°の元データは、散在流星=15、KCG=2 のみである。次回、2020 年の KCG 群の観測を期待する。

AUD 群に対して D判定を使うと小惑星 361861(2008ED69)より 2002GJ8 が類似した軌道と判断される。これは、AUD 群の母天体候補として 2002GJ8 がより有力であることを思わせる。しかし 2002GJ8 は 2015 年 6 月に木星に 0.052AU まで接近して軌道が大きく変わった(NEODyS-2 2017)。以前の軌道傾斜角はわずか 5.1°など、AUD 群とはあまりにも違う(MPEC 2002-G63)ため、AUD 群の母天体とは考えにくい。最も類似した軌道の小天体だが、母天体の可能性はかなり低い例として記録しておく。それでも、軌道が不安定な 2002GJ8 は、Cygnids comolex のメンバーなのかもしれないし、今後、AUD に酷似する流星群を生み出す可能性がある。

大出現した年の KCG 群は、大きな出現が無い年と比べて流星光度が明るい。また、大出現しない年の KCG (annual)は、軌道要素に単一の極大を認めない複合群の特徴を示す。これらは、軌道共鳴が確認された STA 群における Swarm components と annual components の関係(Shiba 2016)と似ている。流星群の Swarm 形成や進化に関連する一般的な特徴かもしれない。KCG(annual)は、複合群としての特徴を持つと共に、KCG (2007,2014)と比べて AUD にやや近い特徴を含む。近接する２つの流星群 KCG(2007,2014)と AUD は軌道や出現の周期性の違いから別流星群として認識できる。これに対し、KCG(annual)は両者の性質を混合した性格を持つ流星群とも言える。また、KCG や AUD の近くに輻射点を持つ散在流星で発光点、消滅点高度が遠方の散在流星より高いことは、KCG や AUD から散在流星へ進化している流星物質があるのかもしれない。この空域には、KCG や AUD に起源を発し、様々な進化段階にある流星が、連続体として広がっている可能性もある。

KCG の付近に、ハレータイプの彗星または、長周期彗星に起因すると考えられる４つの小流星群の存在を確認した。このうち AGC,BCE の関係は興味深い。軌道傾斜角のみが１０°以上違うがその他はほとんど一致している。両群の間には明確な空隙があるため別流星群と扱ったが、今後の観測の進展により、空隙が埋められるかどうか興味深い。両群の起源について何らかの関連がある可能性がある。

Cygnids Complex と表現されてきたこの複雑な領域を正しく理解するために、正しい流星群の区分が必要である。ここで、近接する２つの流星群が本当に２つの独立した流星群と判断するべき条件は、次の２つの条件のいずれかを満たすときと考えた。

(1)それぞれ別の母天体から放出されたと推察できる。

(2)出現期間、輻射点、速度、軌道のいずれかに明確な途切れが証明されている。

伝統的な流星群の認識に次のような例がある。And 群は観測史の中で輻射点位置や出現期間が大きく変化した。しかし、一つのの母天体から生じ、広がった活動時期や輻射点の分布に切れ目を確定できないこの群は単独群に扱われる(Kronk 1988)。また、ハレー彗星に起因し、昇交点、降交点での出現する流星群はそれぞれ ETA 群,ORI 群という別群として扱われる。これらは輻射点位置も活動時期も全く繋がらないからである。おうし座流星群は同時期に近接した天球座標から出現する NTA,STA と２つに分けて扱う。これらは、昇交点、降交点で出現し、軌道傾斜ゼロに空隙が存在する。上に示した判断基準は流星観測史におけるこれらの慣例と整合する考え方である。なお、(2)において、活動の途切れは、活動の低下とは違うことに注意して欲しい。活動の低下がある場合には、shower の中の内部構造として評価されてきた。もし観測密度が低いなら、活動の低下が活動の途切れの如く見えることがある。正確な判断のためには個々の流星の高い軌道精度に加えて十分な軌道数も必要である。

この判断に基づき、ここでは(Lindblad 1995)による α Lyrids を KCG に含めた。また、(Jenniskens & Nenon 2016c)に記載された(#464)KLY、(#413)MUL も KCG に含めるべきだろう。これは 2014 年だけの観測から求めた軌道とも記載されている。つまり、これらの流星活動は、輻射点の赤緯が大きく広がり、軌道傾斜角が 10°以上も広がって分布しても、単一の母天体から生まれ、木星との軌道共鳴により構成されたひとかたまりの Swarm を構成している可能性が高い。それに対して、軌道は似ていても平年に出現する KCG は、

違った軌道進化を経験した可能性が強い。独立した流星群として分離する検討対象ではあるが、活動時期や軌道要素において明らかな境界線は引けないことからここでは KCG とラベルした。

AUD 群は、長い活動期間にばらけた輻射点分布が他の流星群で例を見ない軌跡を描いて移動する。しかし、単一の母天体 2002GJ8 から放出された一つの流星群として説明可能である。(Jenniskens 2016a) では (#470) AMD, (#703) IOD 群を途切れがあるとして AUD から分離して扱っている。一方ここでは２種類の軌道条件で含まれる流星を抽出したが、輻射点の移動に途切れは見いだせず、軌道要素の分布はおおむね単一のピークを示し、分離する境界線を見つけ出すことができなかった。すなわち、活動期間、輻射点位置の幅は広くとも AMD 群、IOD 群は AUD 群と同じ単一の流星群に属すると見なすべきだと考える。今後、付近の流星群である (#279) ZED 群、(#73) ZDR、(#220) NDR 群も AUD や KCG との関連を検討するべきだろう。

自動 TV 観測や電波観測によって多くの流星群が検出される時代になった。検出感度が上がった結果、近接した時期、空間位置の流星群の検出報告が今後増えるだろう。自動で流星群を判定するという CAMS の試み (Jenniskens & Nenon 2016c) は自動 TV 観測の時代にふさわしく、今後の進展が期待される。そのとき、近接する群を独立した別の流星群と見なすか、一つの流星群と見なすかについて一貫した判断基準が求められる。従来使われてきた D 判定の基準は、伝統的な流星群の認識と整合することが多いと説明されてきた (Southworth & Hawkins 1963 ie)。それに対して (Jenniskens & Nenon 2016c) では、より厳しい D 判定値を使って流星群を特定した。これは、活動期間が短く、顕著に集中した JUD 群のような流星群には優れた方法である。反面、この方法は拡散した流星群を複数の流星群に分割して判定する傾向がある。つまり、輻射点の集中度が高く活動期間も短い流星群には厳しい判定基準を使うことが望ましい。他方、AUD 群のように長い期間拡散した輻射点で活動する流星群に対しては広がる方向に対して緩い判定基準が必要である。ここで、近接した流星群 KCG とは確実に分離しなければならないという難問を含んでいる。

4．結論

日本における自動 TV カメラネットワーク：SonotaCo Net の 2007-2016 年の観測から、はくちょう座 κ 流星群 (KCG 群) 付近を調査した。

KCG 群は 2007,2014 年に平年の 8 倍程度の出現が確認できた。これはこれまで説明されてきた (Koseki 2014, Moorhead et al 2015) 約 7 年周期を確認した (図６)。この周期は木星軌道周期との 5:3 共鳴 (7.116 年) によって流星物質の集中した Swarm が有ると考えると合理的に説明できる。ただ、計算された KCG 流星軌道の周期はやや長い 8 年程度まで分布のピークが有り (図 12)、何らかの未解決課題を含んでいると思われる。出現数が増加した 2007,2014 年の KCG 群は、平年と比べると明るい光度で (図７)、発光点、消滅点高度が高かった (表５)。これらは、流星群を構成する物質が平年とは違う構成になっていることを示す。一方、平年の KCG 群は軌道要素の分布に複数のピークが見られる (図 12) 複合群の特徴を持つ。これらの関係は、STA の Swarm 成分と annual 成分との関係に似ている。大出現の１年前である 2013 年の出現は平年の３倍程度の出現数 (図８) で明確な輻射点の集中が認められた (図 5(g))。また、流星光度が明るい、発光点、消滅点の高度が高いという 2007,2014 と共通する特徴があった。反面、輻射点の位置は５° 程度北にあり (図 5(g))、軌道要素も 2007,2014 年の KCG とは系統的にずれており (図 13)、活動の終了も 2007,2014 年よりは早かった (図 2,3)。もし、2007,2013,2014 年の KCG の増加が切れ目の無い Swarm との遭遇によるなら、Swarm の太陽系空間内での形状が非対称に歪んでいると推定できる。

KCG 群の出現する時期に、その西側に輻射点がある AUD 群の拡散した弱い活動 (図５(m)) が９月下旬まで続く。この流星群は小惑星 361861 (2008ED69) から放出された流星群と考えて予報した輻射点は、観測結果と移動は似ているが位置に差がある (図 11)。ほぼ近日点で地球軌道と交差するため活動期間が長く、輻射点が弧を描きながら西に移動する。活動期間の長さと特異な輻射点移動はこの単一の流星群を複数の流星群の複合体では無いかと思わせてきた。しかし、この研究では軌道分布の特徴から複合群としての性質を見いだすことはできなかった (図 12)。

KCG 群と AUD 群との軌道は、D判定では同一群と判断されるほど接近した軌道を持っている。それでも輻射点分布、物質の違い、周期的な増減の有無で明確に分離できる。

KCG 群、AUD 群の付近には他にもいくつかの流星群が存在する (表７)。いずれも軌道周期が長い長周期彗星、もしくは Halley type の軌道である。それらの起源で KCG、AUD との関係は見つけられなかったが、眼視観測では困難な分離に注意を払わなければならない。

謝辞

この研究に使ったデータは SonotaCo Network の観測データである。10 年に及ぶ観測データを提供し続けた観測者の皆様と、このネットワークを支え続けてきた SonotaCo 氏に感謝する。この研究に対しては、十三塾：Local meteor workshop in western Japan のメンバーには度重なる助言を頂いた。とりわけ、嵯峨山亨氏には文献の紹介、上田昌良氏には、小惑星からの流星群輻射点予報の計算をして頂いた。これら両氏を含む十三塾のメンバーに感謝する。

Refarences

Asher,D.J.,Izumi,K., (1998), *Mon.Not. R.Astron.Soc.*, **297**, p.23-27

Cekada M.T-,(2005), "The Radiant Ephemerides of κ Cygnids from IMO Video Database", *Proceedings of the IMC,* 74-84.

Drummond J. D. (1981). "A test of comet and meteor shower associations". *Icarus*, **45**, 545–553.

Hasegawa I. (1990). "Predictions of the meteor radiant point associated with a comet". *Publications of the Astronomical Society of Japan*, **42:1**, 175–186.

IAU Minor Planet Center, (2002) ,*MPEC 2002-G63*

Jenniskens P., (2007) "Kappa Cygnids 2007", *CBET*,1055

Jenniskens P.,J.Vaubaillon, (2008) ,"Miner planet 2008 ED69 and kappa Cygnid meteor shower",*Astron.J.*,**136**, 725-730.

Jenniskensa P., P.S.Guralb, L.Dynnesonc, B.J.Grigsbyd, K.E.Newmane, M.Bordene, M.Koopc, D.Holmana, (2011) ,"CAMS: Cameras for Allsky Meteor Surveillance to establish minor meteor showers",*Icarus*, **216:1**, 40–61

Jenniskens P., Q.Nenon, J,Albers, P.S.Gural, B.Haberman, D.Holman, R.Morales, B.J.Grigsby, D.Samuels, C.Johannink, (2016a), "The established meteor showers as observed by CAMS",*ICARUS*, **266**,331-354

Jenniskens P., Q.Nenon, P.S.Gural, J, Albers, B.Haberman, B.Johnson, D.Holman, R.Morales, B.J.Grigsby, D.Samuels, C.Johannink, (2016b), "CAMS confirmation of previously reported meteor showers", *ICARUS*, **266**, 355-370.

Jenniskens P., Q.Nenon, (2016c) ,"CAMS verification of single-linked high-threshold D-criterion detected meteor showers",*Icarus*,**266**, 371-383.

Jenniskens P.,Q.Nenon, P.S.Gural, J,Albers, B.Haberman, B.Johnson, R.Morales, B.J.Grigsby, D.Samuels, C.Johannink, (2016d), "CAMS newly detected meteor showers and the sporadic background", *ICARUS*, **266**, 384-409.

Jones,D.C., I.P.Williams, V.Porubcan, (2006) ,"The Kappa Cygnids meteoroids complex", *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **371**, 684-694

Kronk,G.W., (1988) ,"Meteor Showers", Enslow Publishers Inc.

Kornos,L., J.Koukal, R.Piffl, and J.Toth, (2012) ,"Database of meteoroid orbits from several European video networks"*Proceedings of the IMC*,21-25.

Koseki M., (2014) ,"Various meteor scenes II: Cygnids-Draconids Complex (κ -Cygnids) ",*wgn*,**42:5**,181-197.

Lindblad B.A., (1995),"The orbit of the Kappa Cygnids and related meteor streams" *Earth,Moon &Planets*, **68**, 397-404

Moorhead A.V.,P.G.Brown,P.Spurny,W.J.Cooke,L.Shrbeny,(2015),"The 2014 KCG Meteor Outburst:Clues to a Parent Body",*Astron.J.*,**150:122**,1-13.

Molau, S. J. Rendtel, (2009)"A Comprehensive List of Meteor Showers Obtained from 10 Years of Observations with the IMO Video Meteor Network" ,*wgn*, **37:4**. 98-121

NASA JPL(2017), https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi#top

Near Earth Objects - Dynamic Site,(2017),http://newton.dm.unipi.it/neodys2/index.php?pc=1.1.8&n=2002GJ8

Porubcan,V.,T.J.Jopek, (2017), *IAU Meteor Data Center*, https://www.ta3.sk/IAUC22DB/MDC2007/

Rendtel J. S.Molau, (2015)"Enhanced kappa-Cygnid activity 2014", *wgn* **43:2**, 43-46.

Rendtel J, (2016),"2017 Meteor Shower Calendar", *International Meteor Organization*, http://www.imo.net/files/meteor-shower/cal2017.pdf

Rendtel J., R.Arlt,(2016), "Kappa Cygnids Rate Variastions over 41 Years", *wgn*, **44:4**, 62-66.

Shiba,Y. (2016)"Taurid swarm exists only in southern branch (STA)",*wgn*. **44:3**, 78-91

Segon D., Z.Andreic, K.Korlevic, and D.Vida(2015). "Croatian Meteor Network: ongoing work 2014-2015", *Proceedings of the International Meteor Conference*, 51-57.

SonotaCo,(2009),"A meteor shower catalog based on video observations in 2007-2008",*wgn*,**37:2,** 55-62

Southworth, R., B., G. S.Hawkins , (1963), "Statistics of meteor streams",*Smithson. Contrib. Astrophys.* **7**, 261-285.

Trigo-Rodriguez J.M., J.M.Madiedo, I.P.Williams, A.J.Castro-Tirado,(2009), "The outburst of the κ Cygnids in 2007: clues about the catastrophic break up of a comet to produce an Earth-crossing meteoroid stream",*Mon. Not. R. Astron. Soc.,* **392:1,** 367-375

流星眼視観測ビギナーエイド（群判定の巻）

ワクワク沼津流星会議
平成29年8月26日・27日

小　林　美　樹

眼視観測ビギナーの陥りやすい過ち

- 群流星の区別がついていない

　ペルセウス座流星群の極大日の場合、その日に流れる流星は全部ペルセウス座流星群だと計測する

　ペルセウス座流星群の場合、7月17日頃から8月24日頃まで活動

　この間には、みなみのうお座流星群、みずがめ座δ（デルタ）南流星群、みずがめ座δ北流星群、みずがめ座ι（イオタ）南流星群、みずがめ座ι北流星群、やぎ座α流星群、はくちょう座κ流星群、ぎょしゃ座流星群（微妙）があり、これらを全てペルセウス座流星群とカウントする。

眼視観測ビギナーの陥りやすい過ち

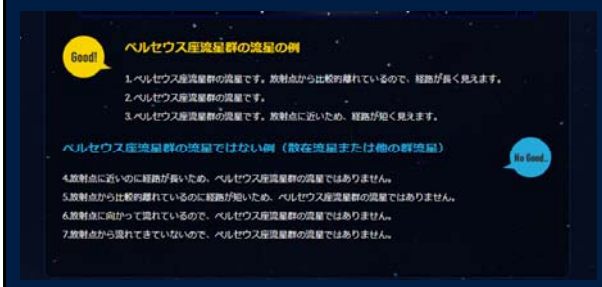
- 散在流星をみない

　極大日のみ観測する

　前スライドのとおり、その日極大日となっている流星群と思い込み観測する

ペルセウス座流星群を例に

国立天文台HPより



国立天文台HPより

ビキナーの場合

1　輻射点から近いが経路が長い
　輻射点から流れている以上ペルセ群とみる
2　輻射点から遠いが経路が短い
　上記1と同じか見逃す
3　輻射点に向かっている
　？？？となる
　今流れた！といってカウントする
4　輻射点から流れていない
　5度、人によっては10度程度のズレは判別できない

眼視観測ビギナーの陥りやすい過ち

- 散在流星ばかりで群流星がない

  全てを群流星と判断する傾向にあるため慎重になりすぎ、ナーバスになる

  結果

  経路が短い、長いといって散在にする

  輻射点からずれていると勝手に思い込む

流星群毎の特徴

- ペルセウス座流星群の場合

  速　痕　対地速度59km/s
- はくちょう座κ流星群の場合

  緩　まれに経路の末端で爆　対地速度25km/s
- みずがめ座δ南流星群の場合

  中速　対地速度41km/s
- やぎ座流星群

  緩　火球　対地速度25km/s

ビギナーにこれを見極めろと言われても

無理

こんな場合は？

2つの流星群の輻射点を結ぶ延長線上に流れた流星

① ペルセウス座流星群とは方向が違う

② やや明るめ

③ 若干長経路

④ ペルセウス座流星群よりはゆっくり

やぎ群かみずがめ群か

迷った場合は散在へ

天頂引力

速度の速いペルセウス座流星群等はほとんど影響を受けないとされているので関係ないと思われる。

初心者の場合、輻射点が高い位置ある時間、観測方向を天頂付近にするのも一つの方法。

流星の発光点高度が低い場合は要注意

迷った場合は散在へ

視野

人間の視野は約直径100度とされているが、実際どの位の範囲を見ているのだろうか？

自宅屋上で障害物の無い空の範囲

平成29年8月5日確認

慣れない間はラムカの範囲前後でよいのでは？

極大日8月13日午前4時

せめてこの範囲を観測したい

比嘉さんからのアドバイス

比嘉 義裕 眼視計数観測は、最初は「目的の流星群と、その他（＝散在扱い）」でいいと思います。
もっとも、観測夜に流星群活動が１つだけ、ということはなかなかないと思いますから、次は「主だった流星群と、その他（＝散在扱い）」かと。

プロットしない限りは（しかも正確に）、小規模活動の群流星は判別難しいですね。

ペルセ群が舞う夜は、できればはくちょう群とみずがめ複合群くらいは、眼視計数観測でも判別したいところです（方向だけでなく、スピードや色や末端爆発などの形状でも見分けがつきそうです）。

結論

① ビギナーは欲張らない
② 自分の観たものを信じる
③ 三大流星群の時は群流星に集中
④ パトロール回数を多くすることでプロット力をつける
⑤ 小規模活動の群流星は参考記録とし、後日ベテラン観測者の結果と見比べる

最近疑問に思っていること

本来、速度が速いものは明るい、そして重さが重いものは明るい流星

とされているのだが

ゆっくりと流れる流星＝明るい流星と思う人が意外に多い

- 次回、機会がございましたら、光度比較について考察したいと存じます。
- ご静聴、ありがとうございました。