長良隕石の落下情報に関する考察 アブスト

沼津市 渡邊美和 WATANABE Yoshikazu

1. はじめに

2018 年 3 月、岐阜県で新たに隕石が確認されたことがメディアをにぎわした。

筆者による江戸時代の流星現象観察記録としては、これまでに 583 例が集められている。また、先行す る大崎史料集には、一部重複があるが 303 例が収められている。なお、大崎史料集には観察地点が不明な どの利用しにくさも散見される。

勿論、前述したように、長良隕石(Nagara)の落下の可能性は江戸時代に限られるものではない。或い は何億年以前に遡ることも考えられ、或いは、明治以降さらには、ごく最近の可能性もある。

史料検索が可能な江戸時代記録に基づき、或いはそれを彷彿させる事象が得られたなら、更にそこから 史料発掘も可能となるかもしれないと考え、この時代のそれらしい記録を検討する。そのために発見地点 である岐阜市長良に近いものピックアップすることにした。

この結果、筆者史料から選び出した岐阜・愛知・三重・滋賀・長野の各県に残る流星らしき記録として 77 例を検討した。これを更に吟味した結果、22 例が 8 事象に関して重複観察(同時観察)されていた。当初、 大流星の観察記録ではないとされたものの内、雷かもしれない現象 4 例、花火のことを記載した例が 1 例、 竜巻かもしれない現象が 2 例、流星雨現象が 4 例(1 事象)で、既知または知られていない隕石に関する例 が 4 例含まれていた。なお、雷かもしれない記録と隕石に関する記録が混在しているもの 1 例がある。こ れら大流星の観察記録ではないと見られるものを排除すると、61 例となる。

2. 長良隕石の候補記録

この 61 例で検討した中では、仮N o 34 の金明録に記録された安永八年一月七日 1779.02.22 の記録が興 味深い。金明録は、一般には「猿猴庵日記」とも称されている尾張藩士高力種信の日記で、明和 9~文政 5 から成っている。名古屋叢書三編第 14 巻にも集録されていて接しやすい。

この記録は次のように記述されている。

「夜戌ノ刻比、大成ひかり物、東より西へ飛、わるゝ音、雷のごとく。東の方より星落る。同時、北西 の方より星落る沙汰有り。光り物は星にて有之由。見届たる人の咄し也。鳴音、二度聞へる。」

記録者が音を聞いていると見られる状況からは、落下地と記録者の距離は 2-30km と推察され、長良と 名古屋の関係に一致する。また、「星落る」と何らかの落下現象があり、「星落る沙汰有り」と何らかのこ れに対するアクション(例えば報告など)があったことも推察される。「光り物は星にて有之由」「見届たる 人の咄し」などは何らかの現物が誰かにより確認されたような印象を受ける。

もとより、長良隕石の候補を探るとしたら、何億年間に遡ることもあるかもしれない。ただ、長良川近 くという条件なら、案外、この1000年間くらいに絞ることも可能かもしれない。ここでは候補の一つと

して安永八年一月七日 1779.02.22 の記録を提示するにとどめる。今後、安永年間についての現地記録な どの精査が望まれよう。

岐阜県揖斐川町の西美濃プラネタリウムに勤務されていた松本幸久によると、重さ 4.2kg の隕石らしき ものがかつてあった。大正 2 年 4 月 23 日に村の若者 4 人が、旧坂内村川上と旧徳山村門入の村境である ホハレ峠近くで拾ったとのこと。たまたま拾い上げた石がずしりと重く、これは通常の石ではないと思い 持ち帰ったとのことだ。ホハレ峠は滋賀県に近い揖斐川町にある。この「坂内隕石」との関係にも今後注 目していきたい。

3. 追記 曽根隕石の新史料

兵庫県三田市の史料である「諸事風聞日記」から、新たに曽根隕石の落下時の史料が2018年2月に筆 者により発掘できた。

この史料は北摂三田鍵屋重兵衛家の史料で、摂津国有馬郡三田町の商家で、南町東組の町年寄を務めて いた鍵屋重兵衛(朝野庸太郎)家の所蔵史料のうち、「諸事風聞日記」と題された幕末から明治維新期(慶応 元年~明治七年)の日記である。記載された内容は以下の通り。。

「爰ニ天変不思議之事御座侯、丹州天田郡曽根村と申田地江、四月廿五・六日頃ニ昼九ツ時ニ大音致シ、 大筒之音也、曽根村百姓田中へ罷出侯処、其音之時土煙上り、天より真直ニ四貫目斗り之石落ル、田地へ 三尺斗り入、其石弐ツニ割レ、此曽根村ハ天下領ニ侯間、その殿様篠山様隣国ニ侯間、申上ルニ付見聞有 之侯処、丸石ニてなし、割石ニて、角石ニ付、鉄鉋江ハ不入侯と申事也、下方ニて天狗しわざと申、其石 ハそのべ様へ持帰り被成侯、笹山近辺数多見物ニ行、笹山之村方へ石之われを持帰り侯、其石金気まぜり ニて光り有と申、此事篠山之人申、廿九日無相違事也」

これまで曽根隕石に関しては国立天文台で所蔵されている、慶応二年六月三日付けの「丹波国隕石之事」 だけだったと見られる。

「諸事風聞日記」史料の特徴として次の点があげられる。

・四月廿九日に情報を入手したことが記され、これは形式的には慶応二年六月三日付けの「丹波国隕石之 事」の報告より早い。

・おおむね、内容は「丹波国隕石之事」と一致していて「丹波国隕石之事」の確かさらしさを補強。

・「天より真直ニ四貫目斗り之石落ル」はいかにも隕石のダークフライトと最終的な垂直方向への落下を示している。

「鉄鉋江ハ不入候」と、先ずこれの鉄砲や大砲との関係が調べられている。

3. 追記

長良隕石については、岐阜市民から2つ目のものかと見られる隕石様のものか岐阜聖徳学園大学教育学 部に2018年3月22日に連絡の上で持ち込まれている。更に、隕石に関係する現象かとして、「2018年4 月2日に、岐阜県内に住む90歳の女性から電話があり、昭和19年秋に岐阜市長良上空に火球が出現した という目撃情報が寄せられた。この女性は当時16歳で、家族とともに長良隕石の発見場所に近い岐阜市 長良新屋敷に住んでいた。夕刻に長良橋の上空から岐阜市雄総に向かって大きさ50センチぐらいの火の 玉が飛んできた」との紹介もある。



与其は44数回から神に急を分り出した気候明音 成画像(背景の星空はISO80000で撮影)、高感 度域での撮影でも低ノイズで諸語豊かに読星を とらえている。

LEICA DG SUMMLUX 12mm / F1.4 ASPH. GH55 テュアルネイティフISO設在:高度度 ISO80000-160000 シャックースビード1/25沙 2K/ 25p(VMA) ホフイトバランス: AWB ビグセン SX2赤道儀 電動迎尾撮影 2018年5月22日0時36分02抄~(儒鰲出時間2時 間01分) 撮影地:常士山留士宮口(標語2400m) 西和勝時度

※天文ガイドYouTubeチャンネルで視聴できます。



高感度画質を強化したGH5の派生モデル「LUMIX GH5S」. 星空をリアルタイムで動画撮影できる本機で流星群を動画撮影すると, どのような結果が得られるのか.8月のペルセウス座流星群に向けて、本機の試写を行なった.

流星のリアルタイム動画撮影

デュアルネイティブISOテクノロジーという先進 技術で低ノイズ・超高感度での撮影を可能にした パナソニックの「LUMIX GH5S」. 今年のペルセウ ス座流星群を本機で撮影してみたいと考え, 試写 を行なった. 月齢と天候の関係で比較的条件のよ い空で撮影できたのは1夜のみであったが, その結 果をレポートしよう.

撮影地は富士山富士宮口(標高2400m)で,流 星をリアルタイム動画で撮影した.デュアルネイテ ィブISO設定は「高感度」, ISOは80000~160000, シャッタースピード1/25秒, 4K/25p (MP4) という 設定で, レンズはLEICA DG SUMMILUX 12mm / F1.4 ASPH.を使用し,赤道儀で追尾撮影をした. F1.4に固定し, ISO感度, シャッタースピードを変 えながら,高感度ノイズの状況を確認,撮影地の 空は6等星が見え,天の川が比較的濃く見える状況 だったが, ISO102400, シャッタースピード1/25 秒が高感度ノイズの点から設定できる上限と判断 した. これを超えると, 輝度ノイズが増加してザラ ザラとした映像になる. なお, カラーノイズ・シェ ーディングはほとんど目立ず, ISO128000. シャッ タースピード1/10秒までは、少しずつノイジーにな っていくが、映像的には鑑賞に堪えられる画質だ. 星像を確認するとISO80000, シャッタースピー ド1/25秒で6等星が充分確認でき, ISO128000で は7等星まで確認できた. 流星の角速度にもよるが, 4等までの流星が撮影可能と思われる. 流星は、恒 星と異なり高速で移動する対象なので、恒星の映 像同様には映り込まない. 経験的ではあるが,最 微星より2等級ほど明るい流星であれば撮影が可能 であると想定した.

文·写真:及用聖彦



今回の流星試写ではLEICA DG SUMMILUX 12mm / F1.4 ASPH.レン ズをメインで使用、ほか、LEICA DG SUMMILUX 15mm / F1.7 ASPH., LUMIX G 14mm / F2.5 II ASPH., LUMIX G 20mm / F1.7 II ASPH.で 星野磯影を行なったが天候に声まれず、涼星をとらえるに至らなかった。



低感度域と高感度域の2系統の感度・ゲイン回路

GH55は「デュアルネイティブISOテクノロジー」という、毎I50感度用と毎 ノイズ・高I50感度用の2系板の毎用回路をイメージセンサーの各画素に 装備している、高ISO感度設定時でもノイズの増加を極限まで抑えた、踏 調豊かで解像感のある美しい描写が得られるようにした機能だ。



GH55のMFアシスト機能は、これまでの最大倍率10倍から 20倍にアップし、より確実な ビント合わせが可能になった。 ほかにも、「ライブビューブース ト」機能を搭載しており、画面 上で増感し明るく表示するこ とが可能、暗闇での構図作り が格段に容易になった。

流星撮影結果と映像

左上の写真は2時間の撮影でとらえられた12個の 流星のうち、比較的明るい2等級以上の流星6個を 合成した画像である(ISO80000の映像を背景とし て比較明合成した).流星群の少ない時期であるが、 明るいものを含め予想以上に撮影できたと思う.

ISO感度ごとに流星像を比較した写真(次ページ) を見るとISO80000のものは、非常にカラフルである. ISO128000でも劣化は少ない、さすがにISO160000 になると彩度が低下してくる、よく見ると、赤い色



p.80の写真から、流星部分だけを切り取り、ISO80000~ ISO160000でとらえた流星の光度変化や色の変化を比較した。シャッタースピ ードは1/25秒、動画映像から静止画を作成しているので、フレームごとに映像が切れ、音の回転シャックーで撮影した写真のようになって いる。1/25秒 間に移動した読星の移動角度を見ると、激状になっていっろため、毎星と同じように光が蓄薄されたものではないことがわかる

の光が流星の光跡本体からはみ出しており、流星 発光の様子を詳細にとらえているのかもしれない、 より長焦点のレンズによる撮影が楽しみなところで ある.また、GH5SはC4K/60p撮影も可能なこと から、研究分野でも成果をあげられる可能性があ るかもしれない.

星雲星団のリアルタイム動画撮影

マイクロフォーサーズは、フルサイズの1/4のセン サーサイズを持っている。写真撮影の際は、解像 力で不利になる点もあるが、動画では、撮影倍率 を上げられるので星雲星団の拡大撮影では有利に なると考え、撮影を試みた、散開星団と球状星団 を撮影したが、拡大率が高くなり、映像的に見栄 えのするものになった。また、色彩も豊富である。 これが肉眼で見た場合の実際の色に近いのかもし れない、当日は風が強く、プレのある動画映像しか 得られなかったのは残念である.スピードブースタ ーのように光学系のF値を明るくできるマウント変 換アダプターを用意すれば,星雲の撮影も充分可 能だろう.

GH5Sの可能性

今回, 天候と月齢の関係で, 残念ながら, Cinema 4K/60p, MP4 HEVC・MP4 (LPCM), 4Kフォト での流星撮影を充分に行うことができず, 星野写 真のみの撮影を短時間試写するに留まったが, マイ クロフォーサーズのレンズは, 比較的小型で焦点距 離の種類も豊富であり, 選択肢が広い. システム的 に比較的軽量で済むので機動力もある. 小型の赤 道儀との組み合わせでも, さまざまな対象の撮影に 適している点がメリットだろう.

本機による8月のペルセウス座流星群の撮影後に 結果をレポートしたい.

GH5Sで動画撮影したM22球状星団

スカイウォッチャー製口径40cm反射望遠鏡(焦点距離1800m F4) GH55 (ISO102400) シャッタースピード1/4秒 (単正地際可能)



重野 DVD で游ぶ Part2

2019/2/3 流星物理セミナー

日本流星研究会 小関正広

1. はじめに

「 重野 DVD で 游ぶ」と 題した 発 表をMSS で行ったのが6年半前に なる。遊ぶネタの宝庫だと書きな がら、その後、手付かずであった。 最近、IAUMDC のネタが多くて、 少し飽きてきたところに、前回の MSS で重野さんが流星画像の話を された。また重野 DVD をネタにし ようと閃いた。

2. 流星画像の処理

前回は Stella Image を使ったが、 今回はその時取り込んだ画像、い くつかのやり方を試して得られた 画像等が混在している。windows10 のフォトで再生し、そこで「編集 と作成」、「写真の保存」、「ビ デオからフレームを作成する」と 進むと簡単にフレームごとの画像 を取得できる。今回の画像はこの

方法を用いたものが多く、最終的にはフォトショップで加工している。

3. 流星経路の位置測定

現在では UFOCapture による自動測定が一般的だが、あえて、手作業によって1フレームごとの流星の位置 を測定することを試みた。きっかけとなった重野さんの発表から思いつい

たのは、測定精度がどの程度のものか自分の手で確かめてみることであっ た。しかし、それ以上に<遊ぶ>ことが本発表の目的であるので、精度の 話は次回、続編とすることにした。 (1)流星画像のどこを測定するか?

重野 DVD には 2011 年のしし群の見事な火球が収録されている。プリン トするためにコントラストを調整しているが、実際の動画はコントラスト の良いきれいな画像である。ところで、この火球の経路を測定するときに 1~4 のどこを測定点とすれば良いだろうか?今回、4 はハレーションと見 做して1~3の3通りの測定をしてみた。

グラフは各フレーム間のフォトショップの画面上 での流星画像の距離で単位は mm である。破線と点 線で描かれた測定が異常であることが見て取れる。 実線で表された測定点は? (2)流星の見かけの角速度

我々が流星を眺めるときに、発光点から消滅点に 向かって角速度(見かけの速さ)が変化していると 感じたことはあるだろうか?

他の流星群の流星についても同様の測定を行った が、右図のように発光点から消滅点に向かうに従っ て、測定点間の移動距離(角速度)が大きくなる例 が多く見られた。流星の速度が一定であるならば、 これは流星が観測者に近づいてくることを意味する。

一般に流星群の観測では、輻射点に近い空を見る (撮影する)。幾何学的に輻射点から90度以内であ れば、流星は観測者に近づくことになる。今回の測 定でこのことを体験的に理解できた。流星群の流星 は観測者に向かってくるのだ。







4. 見栄えのする流星画像を得るために=測定精度も上げられる

明るい流星の見栄えがいいのは当然だが、こればかりは運だのみになる。ここでは、画面上で経路の大部分 が捉えられ、しかも、見かけの経路長が長いという意味で見栄えと称することにする。

流星の見かけの経路は輻射点から直角方向で最大となる。また、空間における実経路であれば、輻射点の地 平高度が低い方が長くなる。このことに関して、η-みずがめ群とオリオン群について得られた流星軌道を比較 して、オリオン群の分散が大きいのは経路長が関係しているのではないかと推定したことがある。オリオン群 は輻射点高度が高くなり、撮影される流星も輻射点近傍のものが多いため、流星の経路が短くなって軌道の精 度が落ちるのではないかと考えたのである。

重野 DVD で両者の画像を比較してみよう。上がη-みずがめ群、下がオリオン群である。η-みずがめ群 の方は発光点、消滅点がともに含まれていないが 15 の測定点が得られた。オリオン群は両方が含まれて いるにもかかわらず 13 点である(これでも長い方)。

詳しくは次回とするが、測定値の回帰直線(η-み ずがめ群は2次曲線)からの推定値と実際の測定値 の差を求めるとオリオン群の方が大きくなった。経 路が短いと、ピクセルの大きさの影響が出て、回帰 直線がきれいに求められないためと考えられる。

ー番下はふたご群の流星で見かけの経路長はオリ オン群のものより短いが、測定は 21 点できている。 対地速度だけでなく、見かけの角速度もふたご群は η-みずがめ群より小さいので(η-みずがめ群の輻射点 ごく中心を観測すれば違う)、多くの測定点が得ら れている。

筆者は wgn 誌で撮影効率は写野の広さに比例する ことは無論だが、焦点距離fに反比例、F値の二乗に 反比例すると論じたことがある。明るい焦点距離の 短いレンズの方がたくさんの流星を捕えることがで きる。しかし、数多く撮影できても、経路の短い見 栄えのしない流星では面白くない。数と見栄え(精 度)の兼ね合いを考えてみよう。

輻射点付近を狙うのであれば、見かけの経路が短 く、角速度も小さいので、長めの焦点距離のレンズ が良い。しかし、輻射点から離れると長焦点レンズ では経路の一部しかとらえられないことが多くなる ので、輻射点から離れるにしたがって、短めのレン ズを使うことが適当と考えられる。

なお、補足だが、輻射点高度が低い方が実経路は 長くなることが多いので、そのことも考えに入れる と良い。輻射点高度が低いと出現数が小さく、撮影 効率は悪いが長経路の見栄えのする画像を得ること ができる。その場合には、当然、短めのレンズが適 当である。撮影効率も幾分改善され、全経路を写し 込めるようになる。

5. まとめ

今回の発表は、観測、測定経験の豊富な方々にとっ ては当たり前であろうが、自分自身の手を動かして、 実感するということは楽しいことである。

まだまだ重野 DVDにはいろいろな楽しみ方がある と思われる。また、たくさんの流星画像を撮りため

た方も、見方を変えると死蔵されている?記録が新しい宝の山に生まれ変わるだろう。 次回は続編として、測定誤差についてやや詳しく検討するとともに、得られる像の流星群による違いについ て述べることとする。

流星の軌道計算における速度誤差の求め方(第1報)

重野好彦

1. 切断点の測定誤差

軌道計算における観測速度の求め方。



第2観測地

3. 大気減速

図3~10は切断点ごとの速度分布。発光点・消滅点が写野内にある流星を使用した。ビデオ流星は 切断点ごとの速度変化が非常に大きく、写真観測で行われて来た大気減速補正を行うことができない。 何か新しい補正方法を検討しなければならない。



表1. 上段がIAUリスト、下段が我々の観測結果。低速流星になるほどIAUリストに比べて地心速度がより遅くなっている。低速流星は空気密度の高い低空まで発光を続け、大気減速を大きく受けることが原因ではないか。

I AU DATE (UT)	S. Long	corrRad	VG err	IAU	DATE (UT)	S. Long	corr	Rad	VG err
LE0 20001117		154.2 21.6	70. 7	PER	20000812		48.3	58.0	59.4
013 20011118.78	236. 48	154.3 21.5	70.6 1.1	007	19970812.66	140.00	47.3	58.1	58.8 1.0
SDA 20000728 005 19980801.65	129. 22	342. 1 –15. 4 343. 3 –15. 8	40.5 38.6 1.1	GEM 004	20001213 19991212. 70	260. 22	113. 2 111. 7	32. 5 32. 8	34.6 33.4 1.1

Stereoscopic and Spectroscopic Observations for Extra-Solar Meteors

upite

海老塚 昇、 理化学研究所、

第151回 流星物理セミナー Earth Distance: 0.531 AU Sun Distance: 0.926 AU

重野 好彦 流星物理セミナー

2019年2月3日

Apr. 22, 1996

太陽系における星間物質の検出





- 探査機等のParticle counterによって10⁻¹⁹~10⁻¹¹kg(直径: 0.005~2 µm@1g/cm³)の粒子を検出。
- 木星近傍では半数以上が星間ダストと思われる。
- 1auにおける粒子の3~30%は星間ダストと見積もられる。
 M. Baguhl et.al. 1996







•10⁻¹⁴~10⁻⁹kg (直径: 0.2~10 µm@1g/cm³): 4.8% (143/3000) が c>1.0 (Arecibo, プエルトリコ, 口径300m, 430MHz)。
•5x10⁻⁹~10⁻⁶kg (直径: 10~100 µm@1g/cm³): 3.2% (7,911/250,000)がc>1.0 (MARS: ウクライナ, 31.1MHz)。
•>10⁻¹⁰kg (直径: >5 µm@1g/cm³): 0.46% (1,600/350,000) が地 心速度 > 100 km/s (c>2.5, AMOR, ニュージーランド)。

Optical Observations

- Japanese video network (SonotaCo Net, 2 mag.~) $V_{\rm H} > 42.1 \text{ km/s}^*: 0.13\% (19/14,763), V_{\rm H} > 46.6 \text{ km/s}^{**}: 0.$ M. Hajduková Jr. (2011)
- Canadian image-intensified video (9.5 mag.~) $V_{\rm H} > 42.1 \text{ km/s}^*: 1.0\% (> 1\sigma:17/1739), V_{\rm H} > 46.6 \text{ km/s}^{**}: 0.$ R. Musci (2014)
- Most of recent reports about existence of extra-solar meteors by optical observations had expressed in a negative sense.
 M. Hajduková Jr. (2016)
 - * 42.1 km/s: parabolic limit
 - ** 46.6 km/s: interstellar limit (initial velocity with 20 km/s = means relative velocity to nearby stars)

ExoMeteors are not exist?

Oumuamua 1I/2017 U1

a: -1.28 au
e: 1.20
q: 0.26 au
ω: 241.7°
Ω: 24.6°
i: 122.7°

©Wikipedia



Image-Intensified Video Data





- Photograph in 1983, 1987, 1989, 1991, 1992 and 2001 Leonids.
- I.I. video camera from 1992 to 2009.
- 3,886 trajectory data of meteors (9.0 mag.~).

Y. Shigeno et al. (1997)

List of video and photographic meteor data

Instrument*	FOV** [Deg.]	LM*** Star	LM*** Meteor	All	All $e > 1.0^{\dagger}$	Shower	Shower e >1.0 [†]	Sporadic	Sporadic e >1.0 [†]	Remarks
II85/1.2	12 x 9	10.5	9.0	2,651	74	429	10	2,222	64	
II50/1.2	20 x 15	9.3	7.8	902	71	161	22	741	49	
II28/1.4	36 x 27	7.7	6.2	42	6	7	4	35	2	
II24/1.4	42 x 31	7.4	5.9	184	16	84	11	100	5	
P50/1.4×6	79 x 81	3.5	2.0	103	0	99	0	6	0	
P50/1.4×4	79 x 54	3.5	2.0	2	1	2	1	0	0	1987/05/04 η Aquarids
P24/1.4, P50/1.4×4	79 x 54	-	_	2	0	2	0	0	0	1983/01/03 Quadrantids
Total	_	_	_	3,886	168	782	48	3,104	120	

* II: Image intensifier, P: Photograph, Focal length/Focal ratio. ** FOV: field of view. *** LM: Limiting magnitude. † e: eccentricity.

Geocentric Speed and Eccentricity



VH and absolute magnitude of meteor showers

Minimum absolute magnitude is arranged the same value within shower

Shower	Date	Instrum	Number V		'H [km/s	8]	Absolute Magnitude			Remarks
Shower	y/m/d	ent	Inumber		Mean	δ	Min.	Mean	Max.	Kemarks
Lao	2011/11/19	P50/1.4	75	11 2	41.3	0.26	1.8	0.5	-4.4	
Leo	2011/11/16	II85/1.2	35	41.3	41.3	0.82	4.9	0.9	-6.4	
Gem	1999/12/12	II85/1.2	47	31.3	33.2	0.75	7.0	4.6	0.5	
	1996/08/12	1195/1 2	34		40.7	1.19	5.0	2.7	-1.3	
Per	1997/08/12	1103/1.2	24	40.7	40.6	1.16	5.3	2.2	-1.4	
	2004/08/12	II24/1.4	66		40.6	1.10	4.1	2.2	-2.3	
	1993/10/24		20		40.5	2.06	4.3	2.8	0.8	
Ori	1996/10/20	1130/1.4	18	39.3	41.1	1.78	3.7	2.2	0.7	
	2009/10/20	II85/1.2	25		39.9	1.61	5.5	3.5	1.9	
T	2011/11/10	P50/1.4	27	41.2	41.3	0.17	0.5	-0.8	-4.4	
Leo	2011/11/18	II85/1.2	19	41.3	41.5	0.69	0.5	-1.4	-6.4	
	1996/08/12	1105/1 2	15		41.0	0.63	3.0	1.2	-1.3	
Per	1997/08/12	1103/1.2	13	40.7	41.0	0.84	2.9	0.7	-1.4	
	2004/08/12	II24/1.4	44		40.7	0.90	3.0	1.5	-2.3	
	1993/10/24	1150/1 /	15		41.1	1.76	3.5	2.4	0.8	
Ori	1996/10/20	1130/1.4	18	39.3	41.0	1.98	3.4	2.1	0.7	
	2009/10/20	II85/1.2	12		40.8	0.82	3.5	2.8	1.9	

Heliocentric speed (Vн) and V Standard Deviation





Selection Results of ExoMeteor Candidates

Instrum	nstrum Spora Spora		42.1+3δ < V [km/	Vн < 46.6 /s]	46.6 < Vi	ı[km/s]	Ratio [km/s]			
ent	dic	e >1.0	1σ < VH -	3σ< VH	1σ < VH -	3σ < VH	VH - 42.1	VH - 42.1	VH >	
			42.1 <3σ	-42.1	$42.1 < 3\sigma$	- 42.1	> σ	>3σ	46.6	
II85/1.2	2,222	64	6*	2	0	2	0.45%	0.18%	0.09%	
II50/1.2	741	49	2*	0	1*	0	0.40%	0 %	0.13%	
II28/1.4	35	2	1	0	0	0	2.9 %	0 %	0 %	
II24/1.4	100	5	0	0	0	1	1.0 %	1.0 %	1.0 %	

Candidates of ExoMeteor

No.	Date	UT	VH [km/s]	s [km]	n= (VH- 42.1) /s	Abs. mag.	Cross angle [Deg.]	Path length 1 [Deg.]	Path length 2 [Deg.]	Focal length [mm]	Remarks
	1994/03/06	17:41:19	54.7	7.5	1.7	3.9	4	3.2	2.7	50	Removed
1	2006/08/20	16:16:40	50.1	1.8	4.5	3.4	22	3.4	6.3	85	
2	2002/08/06	16:54:23	49.8	2.1	3.7	0.3	11	2.9	4.4	85	
	1994/03/06	17:11:24	49.5	4.4	1.7	4.6	2	2.8	4.5	50	Removed
3	2004/04/20	15:08:36	47.2	1.2	4.4	3.4	20	5.0	4.8	24	
4	1993/10/24	18:33:28	46.9	3.4	1.4	3.4	77	1.9	1.6	50	
5	1992/12/30	18:06:56	45.8	2.2	1.7	3.7	24	2.2	3.3	50	
6	2006/12/22	19:08:54	45.7	0.9	4.0	3.6	23	2.4	3.4	85	
7	2004/01/24	18:24:08	45.4	1.0	3.3	3.7	15	6.3	6.4	85	
8	1994/11/16	18:17:57	45.2	2.4	1.3	0.9	52	2.8	2.9	28	
	1994/10/14	16:58:11	45.1	2.1	1.5	2.5	8	4.2	5.4	50	Removed
	2006/12/22	17:24:33	45.1	1.1	2.7	2.9	7	4.9	4.5	85	Removed
	1993/11/16	16:03:11	44.8	2.7	1.0	3.5	7	2.7	3.0	50	Removed
9	1996/10/20	18:32:52	44.8	2.4	1.1	3.8	27	3.9	3.4	50	
10	2006/12/22	18:40:56	44.7	1.4	1.8	3.0	12	3.0	3.2	85	
	2006/12/22	16:20:42	44.6	1.9	1.3	3.4	4	6.9	7.2	85	Removed
11	1996/08/12	17:29:12	44.6	1.7	1.5	4.1	14	3.2	5.2	85	
12	2008/04/04	17:01:44	44.5	2.3	1.1	3.6	18	3.2	3.7	85	
13	2001/12/14	15:26:15	44.2	1.8	1.2	6.1	73	1.0	1.3	85	
14	1997/08/12	17:04:30	44.0	1.2	1.6	4.6	64	2.8	3.7	85	
15	2001/12/12	19:22:11	44.0	0.9	2.1	-0.4	60	2.0	1.6	85	

Candidate 1 of ExoMeteor

q: 1.012	e: 1.860
Ω: 146.4	ω: 181.7
i:177.8	

Asymptote direction: Leo Approached 2 au from Saturn







Candidate 3 of ExoMeteor

q: 0.822	e: 1.382
Ω: 211.5	ω: 225.5
i:118.7	

Asymptote direction: CVn







Candidate 5 of ExoMeteor

q: 0.882	e: 1.244
Ω: 54.7	ω: 36.4
i:134.5	

Asymptote direction: Ant





Candidate 8	of ExoMeteo
q: 0.979	e: 1.208
Ω: 140.1	ω: 200.2
i:143.0	

Asymptote direction: Aur









Arrival direction of exometeoroid candidates on equatorial coordinates

Orbital elements and arrival direction of exometeoroid candidates

		Orbital elements							Arriv	val dire	ection			
No.		q^*	<i>i</i> *	ω*	Ω^*	Το*	Abbr	R.A.	Dec.	β*	λ*	<i>b</i> *	<i>l</i> *	Remarks
	e	[au]	[deg.]	[deg.]	[deg.]	10*	Addr.	[deg.]	[deg.]	[deg.]	[deg.]	[deg.]	[deg.]	
1	1.86	1.01	178	182	146	2006/08/23	Tau	87	25	87	2	183	-2	
2	1.78	0.95	133	25	314	2002/08/22	Eri	66	-26	58	-47	224	-43	
3	1.44	0.85	149	223	31	2004/05/05	Aql	297	11	302	31	49	-8	
4	1.38	0.82	119	226	212	1993/11/19	Dra	176	75	123	61	129	42	
5	1.28	0.84	165	222	279	1993/01/24	Vir	203	7	199	15	331	67	
6	1.15	0.46	137	90	91	2007/01/27	Pyx	126	-21	144	-37	247	15	
7	1.28	0.96	151	18	123	2004/02/05	Sgr	274	-36	274	-13	357	-9	
8	1.24	0.88	135	36	54	1994/12/09	Ant	10	-34	168	-43	267	16	
9	1.17	0.70	86	116	209	1996/09/18	Pic	84	-60	64	-83	269	-33	
10	1.16	0.73	144	121	271	2006/11/22	Nor	244	-45	250	-24	336	4	
11	1.11	0.40	169	99	320	1996/09/18	Cet	18	-2	16	-9	134	-65	
12	1.12	0.53	148	264	16	2008/04/04	Oph	263	9	261	33	32	22	
13	1.03	0.15	42	312	263	2001/11/15	Per	46	41	56	23	149	-15	
14	1.21	0.98	143	200	140	1997/08/27	Aur	93	53	190	23	161	16	
15	1.13	0.84	156	223	260	2002/01/09	Com	199	17	92	29	331	78	



Spectroscopic Observations for ExoMeteor

- Automated 3 stations observations of video imaging and spectroscopy like as Telescope Array.
- All meteors (>8 mag.) : 120 meteors/h × 6h × 200 nights = 144,000/year
- ExoMeteor candidats (II85/1.2): V_H > 42.1+3δ, V_H - 42.1>σ : 10/2,222 (0.45%), V_H > 46.6, V_H - 42.1>3σ: 2/2,222 (0.09%) 144,000 × 0.0009~0.0045 = 130~650/year
- Spectra (>6 mag.): 130~650 × 2.0^{(6-8) *}
 = 33~163/year
 →Metal abundance of ExoMeteor.

*Luminosity function of sporadic meteor: 1.8~2.2

Telescope Array (Univ. Tokyo, Utah states, USA)





Spectroscopic Observation System





HDTV Spectrum of 2001 Leonid Meteor



Summary

- 3886 of meteor trajectory taken by Mr. Shigeno and Meteor Science Seminar Working Groupe (MSS-WG) are analyzed.
- Number of trajectory data of Perceids, Orionids and Leonids meteors have e > 1.0.
- SD of VH of Perseids: 0.63km/s (II85/1.2) 0.90 km/s (II24/1.4).
- Candidates of ExoMeteors (II85/1.2): V_H > 42.1+38, V_H - 42.1> σ : 10/2,222 (0.45%), V_H > 46.6, V_H - 42.1>3 σ : 2/2,222 (0.09%)
- Spectroscopy \rightarrow Metal abundance of ExoMeteor.

Oumuamuaからの流星がもし出たら

重野好彦

昨年、太陽系外小惑星(11/2017 U1 Oumuamua)が話題になりました。そうなると太陽系外流星は どんなものなのか知りたくなります。あり得ないことですが、Oumuamuaに伴う流星がもし出たら、 いつどこに出るのか調べてみました。輻射点予想はωアジャストメント法(Hasegawa I., 1999)です。

昇交点側は輻射点がろくぶんぎ座(しし座の南)にありますが、地球と小惑星軌道の距離が0.318AU 離れており、出現は望めません。降交点側は輻射点がわし座になりますが、距離が0.555AUとさらに 離れてしまいます。流星の出現はあきらめるとして、軌道要素を見ると、速度と軌道傾斜角がペルセ ウス群によく似ていることが分かりました。

表1. Oumuamuaの軌道要素と予想輻射点

ID	DATE	UT	Co. Rad2000 Cns	dist.	VG	а	е	q	ω	Ω	i
Oumuamuaの軌道	2018						1.199	0. 255	241.7	24.6	122. 7
昇交点での流星	20181017	19	151.0 -7.3 Sex	0. 318	58.3	-1.3	1. 199	0. 255	240. 8	24.1	122. 7
降交点での流星	20180527	03	296.4 -8.1 Aql	0.555	59.9	-1.3	1.199	0.255	299. 8	65.5	140. 5



図 1. Oumuamuaの軌道図。Robert J. Weryk(University of Hawaii), Wikipedia. によるものです。この図は黒い部分が多いためネガにしてあります。

アンドロメダ流星群の回帰と2018年の観測の重要性泉

泉 潔

アンドロメダ流星群(ビエラ群)は19世紀の夜空を飾った大流星雨として、しし座流星雨と共によく知られた流 星群である。しかし、母彗星のダストトレイルからの距離が離れ20世紀以降流星群としても弱小化し、眼視的に はほとんど注目されない存在になっている。しかし、流星群自体が決して消滅してしまったわけでは無く、暗い 流星が主体ではあるが、散発的な出現が電波やTV観測で捕らえられている。特に2011年12月上旬に推定Z HR50 クラスの突発出現がカナダのCMOR(電波)や自動TV観測で捕らえられ、これらは軌道計算の結果、 1649 年にビエラ彗星が近日点を通過した際に放出されたダストトレイルの回帰である可能性が高いようである。 また、このダストトレイルが今年2018年12月に再び地球軌道に接近するとのシミュレーションの結果がでてい る(*1)。月齢条件も良好であるのでこれを是非、様々な観測手段を駆使して確認してみたい。ここではアンドロ メダ流星群のこれまでの観測歴史を振り返り、今年回帰が予報されているダストトレイルの詳細を述べたい。こ

1 ビエラ彗星について

ビエラ彗星は周期 6.6 年の周期彗星であり、エンケ彗星などと共に短周期彗星として知名度は高い。ビエラ 彗星は周期彗星と確定される以前に発見されていた。

1772 年 3 月 8 日にフランスのモンタギュによって発見され、29 日間観測された。1805 年 11 月 10 日フランス のポンによって発見され、36 日間観測された。1826 年 2 月 26 日にドイツのビエラによって発見され 72 日間観 912 - 21



測された。ビエラはこれらが同一彗星の回帰であることを指摘した。その後、1836年の回帰は条件が悪く未発見に終わったが、1845年11月26日にはイタリアのデビコによって再発見された。12月には観測が少ないながら、興味深い核の分裂が観測された。1つの分裂核がゆっくり離れて行き3月末には中心角から14分の距離になった。1852年の回帰では分裂核が2つとも観測された。1859年の回帰は注目されたが、彗星は消滅し、その後ビエラ彗星は検出されていない(*2、7)。

2 21世紀までのアンドロメダ流星群の観測史

文末に揚げた文献より調査した 18-21 世紀のアンドロメダ流星群の観測状況をまとめたものが表1である。 出現数については複数の記述の仕方があるため、筆者の独断による推定値であり、およそのものであることを お断りしておく。また、21 世紀のカナダ CMOR は電波観測による値である。同様に観測史をまとめたものに信 清由美子・渡辺美和氏によるもの(*4)や、河越彰彦氏によるもの(*6)がある。

·			
年	月日	観測記録	王
1741	Dec6	many shooting star	アメリカ(古記録)
1797	Dec7	star fell like rain	中国(古記録)
1798	Dec6	large display of shooting star	ドイツ(古記録9
		数千の流星	日本 中国
1830	Dec7	fallling star	フランス、南米
1838	Dec	流星雨	アメリカ、フランス
			イタリア、イングランド
1847	Dec7-10	21 個の流星から輻射点を決定	ドイツ
		$\alpha 25^{\circ} \delta + 40^{\circ}$	* 101
1867	Nov30	α 17° δ + 48° より弱い活動。極大が 11	イタリア
		月にずれ込んでいることを確認	
* 1872	Nov27	HR5000 (4人で)	イタリア
		PM8:00 HR 2 4 万以上 火球多い	
		PM6:30 HR1800, 7:45 HR2160	フランス
		PM10:45 HR840	the state of the s
		HR2400 肋ント不可能	イングランド
		90%が暗い流星 RPの東方移動確認	
	Nov24	HR40-50	西ヨーロッパ
	Nov25	HR20-25	西ヨーロッパ
	Nov28	HR1000 遅く暗い流星多い	西ヨーロッパ
		輻射点をα26° δ+44°に決定	
* 1885	Nov27	HR6000 輻射点 α 21° δ + 44° に決定	スコットランド
÷		永続痕を伴う火球も多し。	· · · · · · ·
	÷.,	デニング HR3600	イングランド
		HR14000	フランス
:	1	ニュートン HR75000	アメリカ
1892	Nov24	HR700	アメリカ
1899	Nov24	HR100	アメリカ
1904 .	Nov21	HR20	アメリカ
1928		12.5 c m屈折(視野1°)の望遠鏡	アメリカ
		観測で 102 分間で11 個(6-8mag)	
1940	Nov15	HR30(暗い流星)	アメリカ
	Nov27-Dec4	プレンテスが HR5 を記録	イングランド
2008	Nov27	ZHR30 CMOR 電波	カナダ
2011	Deci	ZHR50 CMOR 電波	カナダ
2011	Dec4-6	SonotaCo Net TV19 Vg16km/s	日本
2007-12	Oct5-	SonotaCo Net Total629	日本
	Dec26	TV 観測	

表1 アンドロメダ流星群の観測史 *特に著しい流星雨

19 世紀では 1872, 1885 年の出 現が特に著しく、多くの記録が残さ れている。18 世紀も古記録で詳細 は不明であるが、記述内容から流 星雨をもたらしていたことは確実で あろう。1940年以降、明確な眼視観 測記録はおそらくない。ただし、日 本では1960-70年代の眼視プロッ ト観測が盛んであった時代にはビエ ラ群関連の可能性のある輻射点は 多く検出されている(*6)。1950 年代 のハーバード大学写真流星プロジ ェクトの中からアンドロメダ群と思わ れる流星が見いだされた。(ホーキ ンズ.サウスワース,レモン.1959) 1950-1956 年のスーパシュミットカ メラで捕らえられた流星で(α=0~ 50°、δ=0~50°)の領域から放 射した流星の軌道決定の結果、ア ンドロメダ群と判定された流星が 49 個見いだされた。内23個は対地速 度 19km/sであった。写真流星の 極大は 11 月 14 日であり、HR=1 である。眼視観測に換算するとおよ そHR=5になると見込まれる。出現 期間は 11 月 2 日-22 日であった (*3)。1971 年、マースデンとクレサ ックは彗星軌道の摂動による変化 で、極大は従来より12日早まり、11

912 - 22

2018.7.1. 1955

月 17 日と予報した。また、輻射点予報も($\alpha = 26, 2^{\circ}$ 、 $\delta = +24.6^{\circ}$)と算出した。これは大流星雨をもたらした 19 世紀の位置よりも 20° 南下している。地球と母彗星軌道の最接近距離は 0.05AUで、流星出現が期待できる 0.1AU以内に接近する期間は 11/6-12/1 日であった。リンドブラッドは 865 個の流星軌道のD判定解析で、アンドロメダ群を2つのストリームに分けた。クックはアンドロメダ群とされるいくつかの流星は 9 月のうお群に属することを指摘し、単純に2つのストリームに分けられるものではなく、広く複合的なアンドロメダコンプレックスの考えを示した(*2)。

20 世紀末までは現在のようなダストトレイルの理論が確立されておらず、単純に母彗星軌道と地球軌道との 接近距離や位置関係のみで論じられていたわけだが、この時代の出現は流星雨をもたらした母彗星の分裂に 伴い放出されたダストが広く拡散し、いくつかのストリームを作り、それとタイミングが合えば地球との遭遇が起こ り、流星がもたらされたのではないだろうか。近年ではSonotaCo Network により得られた流星軌道 DATAから ある条件をつけて抽出した結果、2007-2012年の延べ6年間で629個のアンドロメダ群が検出された(*5)。これ らは19世紀に大流星雨をもたらしたストリームの拡散によるものと思われる。このストリームは2120年以降昇交 点において地球軌道に接近し、彗星の分裂片が残存していれば再び流星雨をもたらす可能性があるとの計算 もある(*8)。

3 近年のアンドロメダ群の回帰と2018年の観測の重要性

21世紀になり、アッシャーらによって確立されたダストトレイル理論を駆使し、様々な流星群の予報が行われ、 良く的中するようになった。的中しなくても、母彗星のダストの含有量の個体差などが原因であり、この理論そ のものは確立されたと言って良いのではないだろうか。近年の主に電波観測で見いだされたアンドロメダ群の 出現も詳細に各年代ごとのダストトレイルとの遭遇シミュレーションによる同定が試みられている。

カナダの CMOR は 2011 年 12 月初旬(3-5 日)にアンドロメダ流星雨の出現を捕らえた。これはおよそ1世紀 ぶりの大きな出現である。その輻射点は 19 世紀の大流星雨をもたらした時の輻射点の位置に近く、いわゆるク ラシカルなアンドロメダ群を捕らえたといえる。位置はカシオペア座の近くで(α 18.2°、 δ +57.2°)である。 極大は太陽黄径(λ)=252.8°(2011,Dec5.12UT)で合計 122 個の流星が電波で捕らえられている。ピーク時 の ZHR=50 である。ほとんどがダスト直径 500 μ m以下の粒子で、光学的には対地速度も遅いので、暗い流星 となる。この突発出現は日本の SonotaCoNet でも捕らえられ、カシオペア座に輻射点を有する群としていち早く、 植原 敏氏が報告されている。2008 年にも CMOR の後の調査でZHR30 クラスの出現が捕らえられていたこと が判明した(*1)。この年の輻射点位置は 2011 年の位置と異なるが近い。19 世紀末の流星雨は 1845 年の母彗 星の分裂に伴うダストトレイルに伴うものだと考えられている(*5)。以降、このダストトレイルは軌道進化し、結果 的に 20 世紀以降は活動期間が 11月中旬頃に早まり、輻射点位置の南下をもたらしている。また、拡散も進 行している。2011 年に起こった流星雨はこれとは異なるダストトレイル起源である。それはビエラ彗星が発見前 の 1649 年に近日点を通過した際に放出されたダストから形成されたダストトレイルと地球が遭遇したとシミレー ションすると、2011 年の流星雨の活動期間や輻射点位置を説明できる。ただし、若干の理論とのずれもあるよう である。このダストトレイルは木星と 3:5 のレゾナンスの関係にあり、これによる安定軌道への捕獲で軌道変化 が遅く1800 年代の流星雨の輻射位置に近くなったものと思われる。

今年 2018年にこのダストトレイルと地球の接近が予報されている。2011年以上の出現が期待できる。今後の 回帰は今年と2023, 2036年になる。今年の予報は極大が太陽黄径(λ)=254°(Dec6.月齢 29)、輻射点は(α 24°δ+50°)でカシオペア座に近い(*1)。11月下旬から12月上旬の月のない時間帯を狙い観測されてみ てはいかがであろうか。微光流星が主体とはいえ、流星の速度はおうし群よりも遅いので判別はしやすいので はないだろうか。また、2011年にはカナダの写真流星ネットワークでこの群と思われる-1等級の流星も撮影さ れている。

912 - 23

現在は観測機材の進歩で手軽に高感度デジカメでの動画撮影が可能になった。筆者は、SONY α 7s に 35mmmF1.4 のレンズ搭載で7~8等の流星まで捕らえられることがわかっているので予報輻射点付近をなるべ く長時間撮影してみる予定である。また、それなりの出現があれば眼視観測でも捕らえられるはずなので、なる べく空の条件の良い所での眼視プロット観測も有効であろう。様々な観測方法を駆使し、19世紀の夜空を飾っ たアンドロメダ流星群の残党を是非捕らえていただきたい。

参考文献

- 1 PAUL.A.WIEGERT, PETEOR G., BROWN, ROBERT J.WERYK, AND DANIEL.K.WONG THE RETURN OF THE ANDROMEDIDS METEOR SHOWER THE ASTORONOMICAL JOURNAL 145-70(11pp) 2013 March
- 2 KRONK. METEOR SHOWERS (p257-266) 2014
- 3 OAA 天界 437 1961 年 10 月
- 4 信清由美子 渡辺美和 第50回流星会議資料 2009 1885年に日本で目撃されたアンドロメダ座流星雨記録の発見
- 5 司馬康生 第54回大阪ヘイサイト流星会議資料集 2013 SonotaCo Network の自動 TV 流星観測によるアンドロメダ流星群
- 6 河越彰彦 アストラルシリーズ流星Ⅱ p142-145 1984
- 7 長沢工 流星にむかう 1972 p22-26
- 8 PETEOR JENNISKENS Meteor Showers and their parent comet p380-38


Leonids

Leonid prediction for the period 2001-2100 Mikhail Maslov WGN 35:1 2007 から L計画IIへの提言 2019.2.3 MSS 泉 潔 MSS-15

2019:通常極大が Nov17、23hUT ZHR15-20。Nov16、02hUT 1400 年トレイルによる 増加で ZHR15-20、やや明るい流星。Nov19,05hUT、1800 年トレイルによる明るい流星の 増加が予想される。

2020: レベルの低い通常ピークが Nov17,03hUT、ZHR10-15 程度。ダストトレイルとの 遭遇なし。

2021:レベルの低い通常ピーク、Nov17、07hUT ZHR10 程度。ダストトレイルとの遭 遇なし。

2022::中レベルの通常ピーク Nov17、16hUT、ZHR10-15.Nov19,06hUT。1733 年トレイルとの遭遇で強い突発の予想あり。ZHR250-300 で明るい流星が多く期待できる。Nov21、15hUT、1800 年トレイルとの接近で ZHR5-10 の活動が期待できて、通常より明るい流星が多い。

2023:Nov17、22hUT ZHR15 以上の通常極大。Nov21,12hUT、1767 年トレイルによる わずかの増加で ZHR10-15、明るい流星が多い。

2024: Nov17、04hUT、通常極大が強まり、ZH15-20 ダストトレイルの遭遇はない。

2025:Nov17、10hUT、ZHR15-20。Nov17、19-23hUT、1699 年トレイルとの遭遇で ZHR60-90 の明るい流星の突発が期待できる。

2026: Nov17、16hUT 穏やかな ZHR15 程度の通常ピーク。ダストトレイルとの遭遇なし。

2027:55P回帰が近づき、強い通常極大 Nov17.22hUT、ZHR40-50、Nov20、04hUT、1167 年トレイルによる ZHR40-50 の予報。明るい流星が多い。

2028:穏やかな通常極大 Nov17、05hUT、ZHR30-40. ダストトレイルとの遭遇なし。

2029:通常極大 Nov17、11hUT、ZHR30-40 ダストトレイルとの遭遇なし。

2030:55p 回帰。Nov17,17hUT、ZHR10-15。他の年の ZHR10 以下の通常ピークより強い が低調な活動。ダストトレイルとの遭遇なし。 2031:前年同様に55 p回帰にもかかわらず、ダストトレイルの予報がないため、Nov17、 23hUT に ZHR15-20 程度の活動。

2032:Nov17、05hUT に ZHR15 程度の通常極大。ダストトレイルの回帰なし。

2033:通常極大 Nov17、11hUT、ZHR25-35、Nov17、17hUT に 1932 トレイルによる暗い流 星の多い ZHR30 程度の活動。1899 年トレイルによる強い回帰が Nov17、20h53m に ZHR300-400 になる予報だが暗い流星が多い。

2034: 複数のトレイルが接近するため、突発出現が予想されている。通常極大 Nov17、18hUT ZHR40-50、Nov18、3h4UT、1932 年トレイルによる ZHR400-500 の出現、暗い流星が主体。Nov18、9h2UT、1899 トレイルによる ZHR30-40 の出現。暗い流星が主体。Nov18、22h4UT、1767 年トレイルによる ZHR150-250 の出現。光度は平均的。Nov19、5-6hUT、ZHR300-400 の出現。

2035:通常極大 Nov18、0hUT、ZHR30-40、Nov19、15h24UT、1800,1834 トレイルによる ZHR50-60 の出現、光度は平均的。Nov19、22h10UT、1866 トレイルによる弱い増加。 ZHR30 暗い流星がやや多い。Nov20、6h06UT、1633 トレイルによる ZHR300-350. 明る い流星が多い。

まとめ

次回帰のしし座流星雨は前回帰(1998-2002)のような有望なダストトレイルの接近がな く、流星雨になる可能性はあまりなさそうだ。55p回帰後の2033、2034、 2035の3年間がダストトレイルとの接近が多く予想され、一番期待はできる。しかし ZHR300-400程度の予報である、

注目したいのは、55p回帰以前の2022、2025,2027にトレイル接近による活発な出現が予報されていることである。特に2022はZHR300クラスで注目に値する。 2019年は前回帰の1987年に相当する。1987年には L 計画が立ち上がり、来るべき大流星雨に向けて活発な議論が展開されていた。当時はなかったダストトレイル理論や進歩した観測手段に基づいた L 計画 II を立ち上げたらいかがだろうか。

RSpecソフトウエアを使った流星スペクトル分類の考察

2018年7月1日 流星物理セミナー 渋谷区立 勤労福祉会館 第1洋室(2階) VSOLJ 永井和男



流星スペクトル撮影方法



- 固定撮影と同じ方法だけど
- レンズの前に回折格子を貼る
- A型星ならHβも写る
- スペクトル解析
 マカリを使った例





回折格子の位置

回折格子の位置 ペンタミラー レンズ 本体 (塩 素子)

レンズの前 レンズの後ろ

光害地ではレンズの前では街灯が写ってしまう



レンズフードを付ける。ただし、斜めに



これでも良くなければレンズの後ろに付けます。フードも 通常品が使えます。 ただし、基本的にフォーカスが合いませんので、推奨は 出来ないです。

※レンズを外して裏から貼る







- ブレーズド回折格子(300gr)を用いた対物式分光器です
- CANON EOS Kiss X4,f=28mm ISO6400 3秒露出でインターバル 4秒の固定撮影です
- TV観測と同方向に向けて動体検出された時刻の画像を チェックする

回折格子

グレーティング(レプリカとブレーズド)

回折格子シート レプリ力500 ケニス カスタマーレビューを書きませんか?

価格: ¥ 4,817

在庫あり。在庫状況について

通常配送を利用した場合、最短で5/2~4のお届け予 この商品は、SUZUMORI【4/29~4/30休業】 が販 ATM・ネットバンキング・電子マネー払いが利用で

新品の出品:4¥ 4,374より

- レプリカ数 500本/mm
- 大きさ 300×150mm

最初はこれで



この商品の仕様

透過型ブレーズド回折格子

Facet Normal

Surface Normal



格子周波故 (本/mm)	波長坡 (nm)	ブレーズ角度 T	寸法 (mm) T	商品コード	製品価格	注文数量房価格	構入		
Ŧ					Ť				
300	400 - 700	17.5*	127 x 127	#49-575	¥11,050	見種信頼する	Star Qtv. SAX		
300	400 - 700	17.5*	25.0 x 25.0	#49-579	¥13,650	見種依頼する	Tate Qty Total		
300	400 - 700	17.5*	50.0 x 50.0	649-583	¥25,350	見種結婚する	State Qty WIX		
600	400 - 700	28.7*	12.7 x 12.7	#49-576	¥11,050	見種族静する	Sam Qtv WEA		
	格子佩波数 (木/mm) 300 300 300 500	修子段波数 (水/mm) 波長坡 (nm) マ マ 300 400 - 700 300 400 - 700 300 400 - 700 300 400 - 700 300 400 - 700 300 400 - 700	修子段波数 (水/mm) 波長城 (nm) プレーズ角度 マレーズ角度 マレーズ角度 300 400 - 700 17.5° 300 400 - 700 17.5° 300 400 - 700 17.5° 300 400 - 700 28.7°	格子段波数 (水/mm) 波長坡 (nm) プレーズ角度 寸法 (mm) マ マ マ 300 400 - 700 17.5* 12.7 x 12.7 300 400 - 700 17.5* 25.0 x 25.0 300 400 - 700 17.5* 50.0 x 50.0 300 400 - 700 28.7* 12.7 x 12.7	特子段波教 (水/mm) 波長枝 (nm) プレーズ角度 寸法 (nm) 商品コード エ エ エ ス エ 300 400-700 17.5* 12.7 x 12.7 #49-575 300 400-700 17.5* 25.0 x 25.0 #49-579 300 400-700 17.5* 50.0 x 50.0 019-583 600 400-700 28.7* 12.7 x 12.7 #49-576	修子段波数 (水/mm) 波長枝 (nm) プレーズ角度 寸法 (mm) 商品コード 製品価格 エ エ ア エ マ 300 400-700 17.5* 12.7 x 12.7 #49-575 ¥11,050 300 400-700 17.5* 25.0 x 25.0 #49-579 ¥13,650 300 400-700 17.5* 50.0 x 50.0 049-583 ¥25,350 600 400-700 28.7* 12.7 x 12.7 #49-576 ¥11,050	格子段波数 (水/mm) 波長璇 (nm) グレーズ角度 寸法 (mm) 商品コード 製品価格 注文数量別価格 エ </td		

ブレーズド回折格子

図3 ブレーズド回折格子



・回折格子の溝の角度を斜めにすることで、 ほとんどの光の成分を一つの方向に回折 させることができる。

・すべての波長の光を100%曲げるのは難しく、 一部は他の次数で曲がってしまう。

- ブレーズド回折格子は、特殊な回折格子です。エ シェレット格子とも呼ばれます。
- 任意の回折次数において最大回折効率が得られる ように最適化されています。
- 要するに最大屈折を望む回折次数に集中され、他 の次数は最小となっています。
- 今回の回折格子は1次が最大となる物を使っています。



流星TV観測用カメラは南側のベランダに設置した。今までの流星の進行方向を見ると上限 方向に運動しているものが多く見られた。よって水平に分散するように回折格子を調整し取 り付けてある。ブレーズド回折格子を用いたので右側の1次回折像が最も高い輝度になる。

スペクトル型





Fig. 8. Classification of meteor spectra. The ternary graph of the Mg I (2), Na I (1), and Fe I (15) multiplet relative intensities. Every group of meteoroids is represented with a different symbol.

スペクトル分類法

Borovicka (*1) の方法 (右図黒字) Mg(マグネシウム)-Na(ナトリウム)-Fe(鉄) の3元素の強度比で、7種類に分類

This work (右図 青字) Borovickaの方法に準じて6種類に分類 ただし、暗い流星はこれとは別

スペクトルはMg(518.2nm)、 Na(589.2nm)、Fe(526.9nm)の3本を基 準に同定

スペクトルの強度比は一部は、強度 を測定(*3)したが、ほとんどのス ペクトルは、目視で決めた



*1 J. Borovi cka, P. Koten, P. Spurný, J. Bo cek, R. Stork., Icarus 174, 15 (2005)

恒星のスペクトル分類は波長強度や吸収線の出方で決められ、主 に恒星の温度(と組成)に依存する

流星はMg, Na, Feの輝線強度比で分類される(J.Borovi ca et. Al, 2005)

宮崎県の前田さんは更に独自の分類法を用いている

スペクトル分類するには



波長較正



- 分散を求める
 - A型星を撮影
 - 0次からHβまでのピクセル数を数える
 - 分散=4861/ピクセル数 (Å/pixel)
- ・ 流星スペクトルの輝線が写ったら
 - 0次からのピクセル数を数える
 - 輝線の波長 = ピクセル数 x 分散
- ところが!
 - 画像の場所によって分散が異なる





軸別の波長分解能



- X軸を関数とした波長分解能は二次関数にフィットできた
 - この二次関数からのズレ量の標準偏差を測定誤差と定義出来る
 - 図中の二次関数はエクセルの近似式を用いたもの
- Y軸方向は波長分解能に相関が無かった

分光感度補正

- 機械のレスポンスや大気状態など一切合切を含めて分光標準星のレスポンスを使って補正する
- 青はA型星のスペクトル、赤は撮影したA型星のスペクトル



- 機械のレスポンス(周波数特性)は標準星のスペクトルを使って求めます
 - 撮影したスペクトルをライブラリのスペクトルで割る
- 流星のスペクトルが撮影出来たら機械のレスポンスで割ると正しいレスポンスが得られる
- 機械のレスポンスを求める時は標準星と流星は同じ日の同じ高度にする
 - 時刻も同じだとさらに良い
 - 流星観測では難しい(いつ、どこに現れるか分からない)

分光解析ソフト

- BeSpec (美星天文台)
 - <u>http://www.bao.city.ibara.okayama.jp/soft/bespec/index.html</u>
- 虹星 (やまねこランド)
 - <u>http://yamaneco.webcrow.jp/nijibosi.html</u>
- BASS Project

 すがわらさんが使ってます
- Visual Spec
 - <u>http://www.astrosurf.com/vdesnoux/</u>
- ISIS
 - <u>http://space.mit.edu/asc/isis/</u>
- 全てFree
 - 感想:スリット式に適していると思います



Niii Boshi







RSpec

- RSpec / Real-time Spectroscopy
 - <u>https://www.rspec-astro.com/</u>



AR ANALYSER

RSPEC ASTRONOMICAL SPECTROSCOPY SOFTWARE

RSpec makes astronomical spectroscopy easy. Our award winning Windows program takes you up a gentle learning curve with a collection of short tutorial videos. You'll be delighted at how quickly you'll be...

STAR ANALYSER 100 GRATING

The Star Analyser 100 (SA-100) was designed specifically for amateur astronomical spectroscopy. It can be mounted on your telescope just like any other 1.25" filter. It's is easy to use, and...

- すいません 有料です
- グレーティングも売っています
- O次を基準にあつかうソフト
 - 波長較正
 - 分光感度補正
 - 標準星のライブラリ
 - FTIS以外に Jpeg や AVI も扱える
 - ノイズ・吸収線の除去



\$10900

\$19500

*** * * * 5 reviews

五藤テレスコープ

- 「スペクトル観測キット」を販売開始 ¥48,000-
 - <u>http://gototelesco.co.jp/spectroscopy_kit.html</u>



スペクトル観測キット(回折格子STARANALYSER100・解析ソフトRSpee日本語版) 製品チランもございます(PDFファイル形式) 詳しくは<u>こちら</u> 解析ソフトRSpec 紹介ビデオを追加(Windows Media Player形式) 詳しくは<u>こちら</u>

スペクトル観測入門キット(回折格子・解析ソフト・小冊子)価格48,000円(消費税別)
 オブション AD-58(回折格子カメラフィルターネジ取付アダプタ)価格4,500円(消費税別)
 (58mmフィルター径対応:他のフィルター領に取ける場合市販のステップUP・DOWN)ングが必要です)

※海外製品のため、円根場によって価格を変更する場合がございます





AD-58(オブション)でデジタル一眼レフに取付





波長較正



分光感度補正 Raw Spectrum



分光感度補正 Library Spectrum



分光感度補正 Instrument Response





Raw を Library で割り算し てInstrument Responseを 求める

この割り算もRspecで行い ます

分光感度補正 Calibrated Profile Calibrated Profile = <u>Raw Spectrum</u> Instrument Response





Raw を Inst. で割り算すれば分光 感度補正が出来ます

この割り算もRspecで行います

Rawの所を流星スペクトルにすれ ば輝線の強度補正が行えます

流星分光は(恒星との違い)



Mg, Na, Fe の強度



Na/Mg比とFe/Mg比



- Borovika式分類(左図)
 - Mg = 19, Na = 15 なので Na/Mg=0.8
 - Feが6なので Fe/Mg=0.3
 - 分類はNormalとなる



- 前田さん式分類(右図)
 - N6付近

まとめ

- 回折格子
 - 回折シート: 安い、 0次から順に暗くなる
 - ブレーズド: 高い、 +1次を明るくする事が出来る
- 対物式分光器
 - レンズの前に回折格子: 基本形(お勧め)、外灯が入ってしまう
 - レンズの後ろに回折格子: 基本的にピンボケ、光害が避けられる
- 手順
 - 撮影
 - 傾き補正・回転・ビニング
 - 波長較正
 - 分光感度補正
 - 解析はRspecで全て出来ます
- 前準備
 - シリウスやベガなどの明るいA型星で分散量や機械レスポンスを求めておく
- 課題
 - Instrument Responseを作る時のRaw Spectrumは流星と同じ高度・同じ頃の
 時刻が望ましい

- ・ Rspecは
 - 0次基準で処理・解析できる
 - 傾き補正が出来る

この夏の流星スペクトルを眺める

2018/10/7 第150回 流星物理セミナー 渋谷区立 勤労福祉会館 第1洋室(2階) 平塚市博物館 天体観察会 流星分科会 永井和男

流星スペクトルの撮影方法



レンズの前に回折格子を貼る





撮影システム イメジャー レンズ FOV 回折レプリカ 監視ソフト

SONY IMX225 f=8mm 30×20deg程度 140本/mm UFO Capture V2



大島上空 100km

撮影システム 過去・現在・未来











過去

ブレーズド回折格子 300本/mm CANON EOS Kiss X4 f=28mm ISO6400 / 3秒露出

現在 2018/5~

回折レプリカ 140本/mm SONY IMX225 f=8mm, 30 × 20deg程度 UFO Capture V2 1次が暗い

未来

ブレーズド折格子 200本/mm



撮影システムの Pros Cons

- 回折レプリカ
 - 安価
 - 適正分散を調べる際に優位
 - 0次が明るく、解析したい1次が暗い
 - 結果、流星スペクトルの撮影効率が悪い(写らない)
- ブレーズド回折格子
 - 高価
 - 1次が明るく、解析しやすい(S/Nが向上する)
 - 撮影の効率も良い(検出数が増やせる)
- EOS Kiss X4からIMX225高感度ビデオカメラ
 - 回折レプリカでもたくさん流星が写るようになった
 - UFO Captureが検出してくれる
 - UA2解析もできる
 - モノクロになってしまった(実は連続スペクトルは解析に都合が良い)
- 最終的には
 - 高感度ビデオカメラにブレーズド回折格子を付ける事になります
 - SONYのα7...も最終形



No	年月	localtime	Wavelength(nm)	amag	а	q	e	р	peri	node	incl	stream
1	2018年5月	M20180523_022840	84,106,121,127,144		5.417	1.003	0.815	12.613	168.509	61.325	45.832	spo
2	2018年7月	M20180718_015903	91,104,113,134,148	-3.88	-0.085	0.949	12.113	0.000	201.753	114.819	166.073	spo
3		M20180729_211540	111,130,140									
4		M20180731_223326	70,91,103,112,129,134,141,145,149	-3.21	3.336	0.950	0.715	6.094	147.834	128.051	110.910	J5_Per
5	2018年8月	M20180801_033809	130	-1.01	1.842	0.087	0.953	2.501	150.911	308.253	25.168	J5_sdA
6		M20180803_021629	137,152									
7		M20180809_221038	131,146	0.47	1.127	0.777	0.310	1.196	269.231	136.653	28.574	spo
8		M20180810_010321	128	-0.30	0.641	0.167	0.740	0.514	344.729	136.769	45.331	spo
9		M20180810_031427	106,119,124,139	0.23	0.537	0.060	0.889	0.394	359.429	136.856	42.796	spo
10]	M20180810_033741	125,139	0.05	0.555	0.096	0.828	0.413	0.270	136.871	25.981	spo
11		M20180810_035102	131	0.76	0.613	0.209	0.659	0.480	357.341	136.880	17.291	spo
12]	M20180810_234622	108,127,139	-2.09	28.125	0.962	0.966	149.214	153.771	137.677	113.273	J5_Per
13		M20180811_041718	129,144	0.47	0.562	0.108	0.807	0.421	1.390	137.857	89.520	spo
14		M20180813_040111	100,109,125,130,138,000	-1.90	1.145	0.857	0.251	1.225	103.497	139.767	104.789	J5_Per
15		M20180813_215801	126	0.67	1.553	0.713	0.541	1.937	261.049	140.484	23.244	spo
16]	M20180817_203658	108,125,130,137,144	-1.93	7.070	0.905	0.872	18.808	140.586	144.275	114.776	J5_Per
17		M20180819_030951	102	-0.69	2.447	1.011	0.587	3.830	183.524	145.498	26.459	spo
18		M20180820_001819	85,107,127,141	0.08	2.400	0.221	0.908	3.719	309.984	146.344	14.563	spo
19	2018年9月	M20180907_200953										
20		M20180918_221248		-2.39	-8.125	0.814	1.100	0.000	230.434	175.324	135.322	spo
21		M20180927_224833		1.29	2.248	0.978	0.565	3.372	21.126	4.153	1.738	spo

8月は多くのスペクトルが取得できましたペルセ群よりも散在が多かった

スペクトル解析手順







M20180718_015903 spo



M20180731_223326 J5_Per



M20180801_033809 J5_sdA



M20180813_040111 J5_Per


M20180813_215801 spo



M20180817_203658 J5_Per



解析例 M20180523_022840 spo



NEMERSE ORISELL. (LIN

分散は 4.05±0.15nm/pix とバラツキが大きい

測定の標準偏差は少なく見て 6.5nm程度 と見積 もっています

輝線のピークがブロードなのが原因



解析例 M20180718_015903 spo



2018/07/18 01:59:08.B(LT) 0047



解析例 M20180731_223326 J5_Per



2018/07/81 22:88:28. OLT) 0024



-7750 -7500 -7250 -7000 -6750 -6500 -6250 -6000 -5750 -5500 -5250 -5000 -4750 -4500 -4250 -4000 -3750 -3500 -3250 -3000 -2750 -2500 -2250 -2000 -1750 -1500 -1250 -1000 -750 -500 -250 - 0 250 -500

解析例 M20180927_224833



M20180731_223326 Perseids



20180731_223326 (UNIFIED_3) J5_Per rt(30.9, 54.3) vg 55.9 vs 38.5 a 3.3 q 0.950 e 0.715 peri 147.8 node 128.1

M20180801_033809 South. Delta Aquariids



20180801_033808 (UNIFIED_4) J5_sdA rt(341.9, -16.0) vg 38.4 vs 35.6 a 1.8 q 0.087 e 0.953 peri 150.9 node 308

まとめ

- TV観測のレンズの前に回折格子を置けば分光観測が始められます
- 分散角など確認が出来たらブレーズド回折格子に変更する
- 解析用に基準光を撮影する、A型星が良いです
- 軌道が求まるので群毎の特徴が比べられます
- 三角ダイアグラムにプロットする



Fig. 8. Classification of meteor spectra. The ternary graph of the Mg I (2), Na I (1), and Fe I (15) multiplet relative intensities. Every group of meteoroids is represented with a different symbol.

モノクロの流星TV分光観測における 輝線波長同定とレスポンス補正方法



理由があって基準光源・連続スペクトルを撮影しない場合 に流星スペクトルの輝線波長を求める方法 2019年2月3日 流星物理セミナー 渋谷区立 勤労福祉会館 第一洋室(2階) 日本変光星観測者連盟(VSOLJ) 永井和男

アブストラクト

EOS Kissにグレーチングを付けて流星スペクトルを撮影しているときは 色から輝線の波長が推定できました

モノクロの流星TV観測にグレーチングを付けてから輝線の波長が判断しにく くなり、変光星の測光観測に使っているV band filter(バンドパスフィルタ)を 付けて恒星スペクトルを撮影し、撮影システムの帯域と大凡の分散量を見 積もる事ができました

以降はA型星の水素バルマー線が同定できるようになり正確な分散量も求 まりました

同時に恒星の連続スペクトルも取得できていますので、これを使ってFlux補 正も可能となった事でNa:Fe:Mg比の測定が可能となりました

この手法部分を自身の実施した順にまとめましたので発表します

カラーカメラの分光は輝線波長が目で見てわかる



- カラーの流星スペクトル画像は輝線の色から波長がわかる
- しかし、ISO1600では月に1つしか流星スペクトルが取得できない
- より高感度なTV観測にグレーチングを付けた

モノクロのTV観測では



- SA-200回折格子をf=8mmレンズ(+IMX225)の前にテープで固定しています
- その結果、流星スペクトルがたくさん写ります
- しかし、色が無いので輝線波長が推定できません
- この例では内側からMg,Na,Oと思われますが確証がありません

SA-200回折格子



- SA-200は200本/mmのブレーズド回折格子です
- 1.25インチフィルター枠になっていて冷却CCDカメラにねじ込んで取り付けられます
- +1次の効率が良いです
- ・ 219ドル https://store.fieldtestedsystems.com/collections/astronomical-spectroscopy

恒星の吸収線から分散量を求める



- 上図はαOri(ベテルギウス)のスペクトルです
- 右が本システムで撮影したもの、左は他の観測者の観測結果
- 本システムの結果は他の観測と似ていますがどの吸収帯が対応するか分からない

A型星の吸収線から分散量を求める



- ・ 水素のバルマー線が卓越しているA型星のαCMa(シリウス)を撮影した
- TVカメラが子午線と赤道の重なる方向に向いていたためカメラの向きを変えないとシリウス は写らないので最初に(カメラの向きを変えなくて良い)ベテルギウスで試した(ベテルギウ スは短波長の放射なく目的には不適当)
- 取得されたシリウスのスペクトルは予想に反して、どれがバルマー線か分からなかった
- そこで、測光用のバンドパスフィルターを用いて大凡の分散量を求めた。

測光用フィルターの応用





- 測光用のバンドパスフィルターを全面に付ける
- Vバンドフィルターの中心波長は 550nm
- 撮影されるスペクトルはバンドパスの帯域だけとなり、帯域から分散量求まる
- 光路はVフィルター→グレーチング→カメラレンズ→イメージャーの順

バンドパスフィルターの効果

ベテルギウス



- 観測を再開したいのでカメラを子午線・赤道に戻した
- この状態でフィルターの有無でベテルギウス撮影し違いを検討した
- この撮影システムでは可視光はスペクトル線の短波長の一部分で、かなり広範囲で長波長に感度がある事がわかった
- ベテルギウスはVフィルター帯域より短波長のエミッションが乏しい事にも 注意が必要です

イメジャー感度



- IMX225の周波数レスポンスはたいへん広く
- 近赤外では1000nm程度までならかろうじて感度がある
- ・ たとえば、850nmは0.45しか無いように見えるがRGBそれぞれが0.45ある
- 例)Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B
- 参考)測光用VバンドフィルターはGreenとレスポンスが似ています

レスポンスの実測



- Vフィルターをつけてベテルギウスを撮影した
- 画角の3箇所(左端・中央・右端)にベテルギウスを向けて
- それぞれの0オーダーが重なるようにグラフを合わせた
- 分光結果は概ねどれも重なっているので分散量に大きな違いはなさそうです。

Vバンドフィルターを付けて流星を撮影



- 二つの流星スペクトル画像の0オーダーを合わせた
- 200ピクセル付近に輝線があるが、重なってないので異なる性質の物と
 思われます

二つのグラフを重ねる



- Vフィルターのレスポンスの長波長側に流星の輝線があります
- このように輝線は赤っぽい物でした
- これだけでは波長は測定できません
- そこで、このグラフにVバンドフィルターのレスポンスを重ねます

Vバンドフィルターの標準レスポンス



- 上図がVフィルターのレスポンスです(ジョンソンシステム)
- これを測定したレスポンスカーブと重ねます





- 赤の太線がVバンドフィルターのレスポンスです
- 赤字は波長(Å)です
- 172457とした流星スペクトルの輝線はNaの589nmとなります
- 0オーダーの位置から大凡43.96 Å / Pixの分散量とわかりました

分散量の計測



- 大凡の分散量が分かったので今までに取得した流星スペクトルに写っている Mg, Na, Oの輝線を使って分散量の精測をした
- この時、0オーダーの画像上のX軸も測定した
- これらをグラフにしX軸に対する分散量を数式にした
- 以降は0オーダーの位置を知る事で分散量が分かるようになった

波長校正された流星スペクトル



- 0次の位置から分散量が求められれば
- 流星スペクトルの波長校正が出来るようになります
- 分光感度補正(Flux補正)をしていないので輝線の強さは測定できません

Flux補正(感度補正)



Figure 1 – Relative spectral sensitivity of CCD chip Sony ICX 673AKA.

Calibration of the emission line intensity (y-axis) was performed using a diagram of relative sensitivity CCD Sony ICX 673AKA at a wavelength between 3500 and 9000 Å. For identification of the emission wavelengths of the individual elements revised tables were used (Moore, 1972).

イメジャーの分光感度



Fig. 1. Sensitivity of the spectral equipment (the S-VHS-C camera and the Mullard XX1332 image intensifier and lens) that we used for our observations. This calibration curve was obtained by measuring stellar spectra. The relative spectral intensity has been normalized to unity at 5500 Å. The dip at 7600 Å is due to O_2 atmospheric absorption.

Figure 1: The spectral sensitivity of the AMOS-Spec system. The spectral response curve was determined by measuring the spectrum of Jupiter, and is normalized to unity at 480 nm.

 流星スペクトル解析ではイメジャーのレスポンスを使ってFlux補正する例があります がこれでは不十分です(レンズ、グレーティングが除かれている)



木星で補正

次はCCDカメラの特性測定です



2台のカメラを比較

- 南カメラ KN9_01 CMOS
 - 大島上空100km
 - IMX225 SONY CMOS イメージャー 3.75x3.75µm 1/3type
 - f=8mm F1.2, 720p
 - グレーチング 200本/mm
 - FOV 30x20deg.
- 南低空カメラ KN9_02 CCD
 - 御蔵島上空100km
 - ICX672 SONY CCD イメージャー 5.0x7.4μm 1/3type
 - f=6mm F0.95, 720i
 - グレーチング 300本/mm
 - FOV 40x30deg.







- CMOSカメラで行った方法と同じようにグレーティングの前に測光用Vフィルタを付け 外ししてシリウスを撮影した(グラフはVfilterのレスポンスカーブ)
- IMX225とはかなり違い、よく見かけるCCDの帯域です。しかし、ピークが緑になっていて、そのあたりがコダックなどと大きく違います。
- IMX225はIRカットが無いとレスポンスが可視光と大きく違ってしまいましたが、 ICX672は素の状態でも眼視と割と似ていた。

ccdカメラ、シリウスのスペクトル



- シリウスのスペクトル画像から飽和していない30枚をコンポジットしてA型星の連続スペクトルを取得しました
- S/Nの良い画像が取得出来、飽和もしていません
- この良好な観測値を用いてFlux補正を行います

CCDカメラの分散量の計測



- Vフィルターの応用によって大凡の分散量が分かったので今までに取得した 流星スペクトルに写っている Mg, Na, O の輝線を使い分散量の精測をした。
 この時、0オーダーの画像上のX軸も測定した。
- これらをグラフにしX軸に対する分散量を数式にした
- 以降は0オーダーの位置を知る事で分散量が分かるようになった
- 参考) 左図はシリウスのスペクトルに水素のバルマー線を描いた物

コンティニウムなラインの作成







- Flux補正(分光感度補正)を行うためにコンティニウムなラインを作ります
- 左上は撮影したシリウスのスペクトル(赤線)、撮影システムのレスポンスです(本来は 流星と同じ日に同じ高度の標準星を撮影するが流星では難しい)
- 右上はライブラリのシリウスのスペクトル(赤線)
- 下図はスプライン曲線で作成したコンティニウムなライン(赤は観測・青はライブラリ)、 撮影システムの分光感度がフラットならは、この線は重なる

INST. Responseと補正後のシリウス



- コンティニウムなライン(観測とライブラリ)から撮影システムのFlux補正値を求めた(左 上の青線)(Inst. Response)
- シリウスの観測値をInst. Responseで割り算すると真のシリウスのスペクトルが取得できます
- 右図の赤線がFlux補正したシリウスのスペクトル、赤線のライブラリと重なったので補 正がうまくできている事になる

CCDカメラの分光感度と補正値



- この様にしてV band filterを用いてイメジャーの帯域を知り、おおよその分散量を求め、
 ここから複数の流星スペクトルでX軸を変数とした分散量の精測が行える
- 過程の中で得られたシリウスの連続スペクトルを用いてInst. Responseを作成する事で、 流星スペクトルのFlux補正(分光感度補正)が出来ます、補正すると輝線強度比が得ら れるようになります(組成評価が出来ます)

流星スペクトルの輝線強度測定手順

- 1. 0次が写っているスペクトルの選定する
- 2. 画回転(グレーチングが水平に付いていない)
- 3. Slant補正と垂直ビニングを行う
- 4. 0次の位置から分散量を求める
- 5. 分散量から波長校正する(横軸が波長になる)
- 6. Inst. Responseと割り算しFlux補正する
- 7. Mg Fe Na の強度を測定する










2018年のふたご座流星群の組成比

日付	流星画像	Mg(518.2)	Fe 526~545	Na(589.2)	Mg比	Fe比	Natt
2018/12/14	M20181215_024949_KN9_02	0.9	0.0	0.0	1.00	0.00	0.00
	M20181215_035542_KN9_02	3.0	0.5	0.9	0.68	0.11	0.20
	M20181215_040154_KN9_02	1.0	0.1	0.2	0.77	0.08	0.15
	M20181215_040659_KN9_02	4.7	1.2	1.2	0.66	0.17	0.17
	M20181215_041713_KN9_02	12.0	5.2	6.5	0.51	0.22	0.27
	M20181215_044010_KN9_02	3.2	0.7	1.5	0.59	0.13	0.28
	M20181215_044640_KN9_02	23.0	14.0	15.0	0.44	0.27	0.29
2018/12/15	M20181215_220602_KN9_02	3.6	1.0	1.4	0.60	0.17	0.23

- 分光感度補正が出来るようになりましたので昨年末のふたご群の組成比を求めてみました
- 平塚市博物館天体観察会流星分科会で は小規模な観測ネットワークを作ってい ます(横浜から小田原まで、TV観測13 台)
- 日心軌道が「ふたご」と判定されたもの
 で、スペクトルも取得出来た物の輝線強
 度を測定しました



2018 ふたご座流星群のTernary graph



- ・ おおむね、Na poor の傾向となりました
- 観測数が少ないので正しく性質を表しているかは不明とさせて下さい

Ternary graphの比較

Catalogue of representative meteor spectra V. Vojá cek et. al., A&A 580, A67 (2015)



おしまい



平博流星分科会が観測した 2018年のふたご群の日心軌道





残念な例:0次が撮れなかった



第151回流星物理セミナー 20190203



自動観測による 流星スペクトルの観測と分類

2018/12/14 03:36:57.1 0219

V00073+103 UF0CaptureV2 Saitama1 a7 50mm

目的 1 流星スペクトルをたくさん撮影できるようにする 2 解析ソフトの習得(RspecとBASSProject) 3 流星スペクトルを分類する



流星スペクトルをたくさん撮影できるようにする

- ・観測方法の改善カメラを5台から8台に。観測視野①と②
- 装置 ビデオカメラ(WatecNeptune100+CBCレンズ6mm(4台)と12mm(1台)FO. 8)
 Watec 902H2U+CBCレンズ6mmと8mm FO. 8+分光器(グリズム①と②)
- 10月12日から 透過型回折格子フィルムで1台(カラー) 12月18日から 透過型回折格子フィルムで8台へ 27日から 透過型ブレーズド格子を2台に変更 1月 透過型ブレーズド格子を2台から3台へ •ソフト UFOCaptureV2



1

②透過型ブレーズド格子(600本/mmと200本/mm)

観測視野2



カメラごとのスペクトル撮影数等

方向	N6	S12	W6	Z6	E6	NW50	NE6	SE8	スペクトル
レンズ	6	12	6	6	6	50	6	8	合計
レンズ						28			5 7 11/1/1/1 0 5 7 1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1/1
本/mm	500	500	600	200	500	500	500	500	0 Z 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7
本/mm				600					
10月						5			5
11月						10			10
12月	8	7	26	17	9	52	9	14	142
1月	13	7	115	69	24	32	24	25	309
合計	21	14	141	88	33	99	33	39	468

2 解析ソフトの習得(Rspecの日本語版)

ファイル 編集 ビュー ツール ヘルブ



1.2℃2ァイル上の1番目のとりセルホペントをクリック



() Mg

C Label 4

□ 7x→1

Y軸を

Carbon Stars Comets

Fraunhofer

÷

OFe

Label 10

OL

OL

C Label 15

C Label 16

2 解析ソフトの習得(BASSProject フリーソフト)

🗟 🖄 🗞 🥙 📟 🔚 🚽 🕱 🥢 🗛 🐼 Synth Colour (stretc 🗉 抗 🏣 A 📉 🛷 🖄 🧉 🌚





3 流星スペクトルを分類する

2017年8月26-27日 流星会議資料 前田氏

		Na/(Mg+Na)
Fe	irons	-
NO	Na free	<10
N1	Na poor	10-20
N3	Normal	20-60
N6	Na enhanced	60-75
N7	Na rich	75>
Fp	Fe poor	-



Fig. 8. Classification of meteor spectra. The ternary graph of the Mg I (2), Na I (1), and Fe I (15) multiplet relative intensities. Every group of meteoroids is represented with a different symbol.

流星スペクトルの分類結果(a7sのみの66個) ・Mg(518)-Na(589)-Fe(527)の3種の元素のスペクトルの強度比によって、流星を前田氏の6つに分類。今回は、バックグランドと傾斜補正のみで他の補正は、していない。

Mg-Na-Fe 三角ダイアグラム 2018年10月-12月 a7s 50mm 関ロ





流星スペクトルの分類結果の比較

2018年10月-12月 a7s 50mm 関口





流星スペクトルのタイプ別の割合(a7sのみの66個)



Gem群のタイプ別分布



流星スペクトルの分類結果(Gem群のみ)





流星スペクトルの分類結果の比較(Gem群のみ)





流星スペクトルの分類のまとめと課題

- 8台のカメラの観測で、4か月で450個以上の スペクトルが得られた。今回のデータは、そのう ちのカラーの12月までの66個のみを解析した。
- カラーのスペクトルは、輝線の色から波長同定の 判定がしやすい。
- ・ほとんどの流星はNaとMgが主成分だが、NaやMgのどちらかが非常に少ないものや、両方とも無い特殊な物も見られた。鉄流星は、暗くて遅い。
- ・暗いものや分散方向が悪いものも結構あった。
- 今回は、鉄を527nmだけで判定したので、組成 比の求め方が課題である。どこを測定するのかも。
- 数が少ないがふたご群以外の群の群別のタイプや
 速度との関係等も検討したい。

2018年10月-2019年1月 関口



MSS資料集ホームページ ~2018年度更新~

重野好彦

MSS資料集を2018年度版に更新しましたのでお知らせします。

🛃 <u>http://msswg.net</u>

日時 2018年7月1日(日) 13時~17時

場所 渋谷区立 勤労福祉会館 第1洋室(2階)

- 内容 単純明快な流星群の定義についての提言(小関正広) RSpecソフトウエアを使った流星スペクトル分類の考察(永井和夫) Oumuamuaからの流星がもし出たら(重野) しぶんぎ群輻射点拡大撮影(重野)
 設備 今回はプロジェクターが使用可能です。PCは持参ください。
 費用 300円
 幹事 重野好彦/寺田充
- 流星物理セミナーは 2月/7月/10月 の第1日曜日に開催しています。
- <u>1. 資料集</u>

本資料集は2018年6月版です。

<u>2009年度資料.pdf</u> :

<u>MSS00-1-はじめに.txt</u> <u>MSSOO-2-ごあいさつ.txt</u> <u>MSS00-3-インデックス.txt</u> <u>MSS00-3-インデックス.xls</u> MSS00-A-50回記念誌上.pdf MSS00-B-50回記念誌下.pdf MSS01-隕石.pdf MSS02-隕石落下シミュレーション.pdf MSS03-遠征観測報告.pdf MSS04-音.pdf MSS05-解析法.pdf MSS06-観<u>測</u>機器.pdf MSS07-観測結果.pdf MSS08-観測理論.pdf MSS09-軌道計算研究発表.pdf MSS10-軌道計算精度.pdf MSS11-軌道計算論文.pdf MSS12-軌道シミュレーション.pdf

<u>2018年度資料.pdf</u>

MSS13-1-議事録(第1~28回).pdf MSS13-2-議事録(第85回以降).txt MSS14-空間密度.pdf MSS15-構造.pdf MSS16-痕.pdf MSS17-シ<u>ューメーカーレビー9.pdf</u> MSS18-出現予報.pdf MSS19-スペクトル.pdf <u>MSS20-測光.pdf</u> MSS21-その他.pdf MSS22-電波.pdf MSS23-同時観測.pdf MSS24-同時観測MSS-WG.pdf MSS25-同時観測理論.pdf MSS26-発光.pdf MSS27-輻射点.pdf MSS28-豆まき現象.pdf

MSS-all.zip 上記全ファイルを1ファイルに圧縮しました。(約950MB)

<u>2.流星物理セミナー・ワーキンググループ(MSS-WG)の紹介</u>

観測報告と流星用ブログラ	<u>ラム</u> -			
カメラレンズ性能研究室			Bunten. exe	赤経,赤緯、軌道要素の1950<>2000分点 変更
ユニークアクセス数	PC	PC/年換算		~~
2009.01.18~2009.05.30	59	163	Dhant. exe	流星群軌道の類似性をD.D'判定で調べる
2009. 05. 30~2010. 07. 01	119	109		(やっと64bit版できました2018.6)
2010.07.01~2011.09.30	164	131		
2011. 09. 30~2012. 06. 28	88	118	Rph. exe	輻射点の方位角,仰ぎ角計算、同時観測の
2012. 06. 28~2013. 03. 27	174	234		交差角予想
2013.04.14~2013.06.30	85	403 (サーバ変更)		
2013. 06. 30~2014. 04. 27	176	214	Rvo. exe	輻射点と速度から軌道、軌道から輻射点
2014.04.27~2014.07.05	86	455(ドメイン変更)		と速度
2014.07.05~2015.06.28	928	947	- · ·	
2015.06.28~2016.06.28	480	480	laiyok. exe	年月日時分秒→太陽黄経、太陽黄経→
2016.06.28~2017.06.25	503	507		年月日時分秒
2017.06.25~2018.06.30	500	493		



ファイル名	Page	MB	旦	年.月.日	発表	参加	日	年.月.日	発表	参加
MSS00-1-はじめに txt	6	0	1	1978.10.08	5	16	75	07.16	-	16
MSS00-2-5 Solution t xt	4	0 0	2	1979. 02. 12 04. 15	6 4	40 20	76 77	10.15 1996 01 07	_	12 27
$MSS00-3-7 \lor = v \land v$	-	_	4	04.13	4	33	78	04.07	_	17
$MSS00 = 2 - \mathbf{A} = 2 - \frac{1}{2}$	_	_	5	09.09	3	34	79	07.07	-	19
MSS00-5-1 ングダクス.XIS	174	-	6	11.11	6	35	80	10.13	-	7
MSSOU-A-SU回記念誌上, pdI	174	33	7	1980. 01. 20	6	18 27	81	1997.01.26	_	14 12
MSS00-B-50回記念誌下.pdf	187	34	9	05.10	8 7	30	83	04.12	_	31
MSS01-隕石.pdf	61	12	10	07.13	7	35	84	10.05	-	27
MSS02-隕石落下シミュレーション.pdf	78	19	11	09.28	7	50	85	1998.01.11	5	29
MSS03-遠征観測報告.pdf	225	58	12	11.16	7	35	86 87	04.19	3	25
MSS04-音.pdf	48	7	13	03.29	3 6	: 40	88	10, 12	5	25
MSS05-解析法.pdf	134	31	15	05.17	8	63	89	1999.01.10	8	34
MSS06-観測機器.pdf	222	62	16	07.19	7	20	90	04.18	3	18
MSS07-観測結果.pdf	312	71	17	09.06	8	32	91	07.11	5	21
MSS08-観測理論.pdf	67	13	18	11.01 1982 01 15	6	36 37	92 93	10.17 2000 01 30	8	25 40
MSS09	187	41	20	03. 21	4	26	94	07.09	5	21
MSS10	116	-11 -9-9	21	05.16	4	45	95	10.15	8	21
MSSIV 机但可并相反,pui MSSIV 机但可并相反,pui	110	22	22	07.11	4	47	96	2001.02.12	10	41
MSS11-拟组訂 异 酬 义. pul	120	30	23	10.03	8	41 50	97	04.15	12	30 23
MSS12-軌道ンミュレーンヨン.pdf	133	26	25	03.08	6	36	99	10.14	9	23 27
MSS13-1-議事録.pdf	53	9	26	05.08	4	44	100	2002.02.17	16	46
MSS13-2-議事録.txt	-	0	27	07.03	6	45	101	07.07	8	24
MSS14-空間密度.pdf	116	36	28	10.02 12.18	2	41 45	102 103	10.20	6 10	20 18
MSS15-構造.pdf	5	1	30	12.10	2	32	103 104	07.06	4	20
MSS16-痕.pdf	279	72	31	05.13	1	30	105	10.19	4	11
MSS17-シューメーカーレビー9.pdf	35	8	32	07.22	4	30	106	2004.02.29	8	29
MSS18-出現予報.pdf	79	26	33	09.30	2	33	107	07.04	6	28 12
MSS19-スペクトル.pdf	91	18	35	12.09	2	20	103	2005, 02, 20	4	11
MSS20-測光.pdf	19	7	36	06.02	4	40	110	07.03	4	11
MSS21-その他 ndf	291	72	37	09.01	2	28	111	10.16	9	22
MSS22-雪波 ndf	201	39	38	12.22	5	30	112	2006. 02. 05	10	22
MCC022 电快.pdf	120	20	39 40	1980. 04. 20 07. 06	3 4	32 ?	113	10.15	10	9 12
MSS23-间时舰例,pul	129	3Z 4.4	41	10.05	4	29	115	2007. 02. 04	8	15
MSS24-问吁観測MSS-WG.pdf	165	44	42	1987.01.11	6	24	116	07.01	8	30
MSS25-同時觀測埋論.pdf	46	14	43	04.19	3	20	117	10.21	4	12
MSS26-発光.pdf	11	2	44 45	07.05 10.04	6 5	31 18	118 119	2008. 02. 17	8 7	14 18
MSS27-輻射点.pdf	251	43	46	1988. 01. 10	1	17	120	10.05	9	14
MSS28-豆まき現象.pdf	24	5	47	04.17	7	21	121	2009.02.08	6	23
MSS30-2009~2018.pdf	(741)	123	48	07.03	4	38	122	07.05	6	17
合計	3,885	1010MB	49 50	10.16 1989-04-23	6	25 32	123 124	10.04 2010 02 07	9	23 20
[MSS-001回から148回までを集計]			51	07.16	-	51	124	07.11	6	25
			52	10.29	-	?	126	10.10	8	27
			53	1990.01.14	-	?	127	2011.02.06	6	21
			54	04.15	_	?	128	07.03	3	15
			55 56	10.07	_	: ?	129	2012, 02, 05	4 5	20 17
			57	1991.01.15	_	?	131	07.01	4	18
			58	04.14	-	38	132	10.07	6	25
			59	07.07	-	34	133	2013.02.03	3	12
			60 61	10.06	_	36 40	134 135	07.07 10.06	5 8	17 20
			62	04. 12	-	41	136	2014. 02. 02	8	25

07.05

10.04

04.11

07.04

10.17

04.10

06.26

10.16

04.23

1993.01.17

1994.01.16

1995.01.08

2015.02.01

2016.02.07

2017.02.05

2018.02.04

07.06

10.05

07.05

10.04

07.03

10.02

07.02

10.01

第149回流星物理セミナー(2018年7月1日)

アイテック HRO 受信機の改造についての告知

野瀬 稔

当日は口頭のみでの告知であったため、記録としてその内容を以下に記す。

☆背景☆

・本年4月9日より、福井県鯖江市の福井高専から送信されていた 53.750MH z の電波(ビ ーコン)が停波している。

・現在、福井県福井市の福井県立大学より、53.755MH z の電波(ビーコン)が HRO 用と して連続送信されている。(5 k Hz の違い)

・アイテック電子研究所(以下アイテック)で製造された HRO 専用受信機は、「流星電波 観測ガイドブック」(CQ 出版)や小川氏の「流星電波観測国際プロジェクト」HP にて、 スタンダード受信機として紹介されてきた。(約15年間製造・販売された)

・アイテック HRO 受信機は 53.750MH z 受信に特化された設計であるが、53.755MH z の 電波を受けると着信音の周波数が 5 k Hz 高くなる。これまでの「ポーン」という着信音が 「ピーン」という音になる。着信音が 900Hz に設定されている場合、5,900Hz の音になる。

・HRO において、観測に広く用いられている「HROFFT」という FFT 解析・記録ソフト がある。この利用は日本における観測者でほぼマストである。(「MROFFT」というほぼ同 機能のソフトもある。以下の制約は同じ。)

☆問題点☆

・「HROFFT(MROFFT)」は 600Hz~1,200Hz の範囲の音を解析できる。(この範囲は変 えられない。)

・従って、アイテック HRO 受信機で 53.755MH z の電波を受信しても「HROFFT (MROFFT)」で解析・記録をすることができない。

・これでは、アイテック HRO 受信機の利用者は観測をすることができない。

・アイテックは2年半前に廃業している。

☆対処方法☆

・受信側で解消するには、アイテック HRO 受信機で 53.755MH z を受信した際に 900Hz 前後を出力できるように改造する必要がある

・そこで、八王子の杉本氏とタッグを組み、アイテック受信機の改造と調整を受け付ける ことにした。改造・調整は私(野瀬)が行う。

・これについて、杉本氏の以下 HP にて告知している。詳しくはそちらをご覧いただきたい。

• URL http://www5f.biglobe.ne.jp/~hro/Operation/index.htm#remodel

・改造後も、53.750MH z の受信機にユーザー自身で戻せるようしているので、今後送信側の事情が変わっても使い続けることができる。

以上



石村 周平



2018年 茨城大学でのヤギ座流星群とペルセウス流星群





2





8月の結果

8月の流星数の時間変化



-2.00

12.00

9月の結果

9月の流星数





9月の時間平均流星数



-1



- ペルセウス座流星群の時にピークは出てる?
- 全体的に流星の数が少ないため観測の精度を向上させるべき
- 時間変化では昼間が少なく見える
- 9月後半は何かしら流星群に見える

HROFFT

HROFFTの現在 時間スケールは1分単位 カラーバーは何段階かわからない データの保存はpng形式

課題·改善

時間スケールを1秒単位またはそれ以下

カラーバーを10段階で分かりやすく

データの保存はpng fits

音声でも保存、解析

流星電波干渉計開発について

2018.10.7 武田誠也







普段、山など障害物に阻まれて電波が届かないような場所でも 流星が流れた瞬間に、電波が電離柱に反射して一瞬だけ届くという現象が起こります。

流星電波観測の原理





流星エコーの到来電波の位相のズレから 到来方向を割り出す仕組みです。

流星電波干渉計とは

波長**λ** [m]に比例した基線長d [m]をおく

受信する電波は

微小時間差 D/c [s] (D:行路差 [m] c:光速 [m/s]) でアンテナへ到来

D とd が分かれば

 $D=d \cdot \sin\theta$

到来角**θ**も求まる





流星出現位置と撮影システムを連動して

日本上空の流星を自動で撮影するシステムを目指しています。



25~110MHzまで周波数対応して、HRO、FRO、VOR、V-Lowで マルチバンドで流星電波観測できる新たな電波干渉計です。

長崎VOR送信局




5ch電波干渉計 ブロック図



5ch電波干渉計 ハード外観



3chでの観測テスト@東京



5chでの観測テスト@高知工科大







電波干渉計 解析画面



CompositeGain(dB): 44.63

位相差	App Config
eDifference +-180	FPS 1:
	Save Config
- when we	Save LogCsv
	Save CaptureImg
	Save DelayCapture Time
	Save ADI
	Save DailyLogCsv
	Threshold
	Lock Time
	Long Echo
	BopplerShift
trogram 3.5-4.5kHz	Dispersion
	Ripplan (%)
	Opposed (A)
	PhaseDiff Offeet 0 (d
	PhaseDiff Offset 1 (d)
	PhaseDiff Officet 2 (d)
	PhaseDiff Offset 7 (d)
	PhaseDiff Offset 4 (d
	PhaseDiff Dffset 4 (d
o Spectrogram 100Hz	
Analyze	











[解析]

・25ms毎にFFT





スペクトル解析

Phase Difference + 180	Spectrogram 3.5-4.5kHz
Spectrogram 33.4.58Hz	Mono Spectrogram 100Hz
	Echo Analyze



[解析]

- ・五分間のデータ
- ・エコー自動解析
- ・500ms毎にFFT

ペルセ群 観測結果

◆観測環境

場所:高知工科大学 対象電波:53.755MHz (福井県立大発信HRO) 受信機:新電波干渉計 アンテナ:Radix製 クロス八木アンテナ KIT-53Y2/X

◆ 観測期間

8/8~8/14

※8/8の夜にPC起動。また8/11は強烈なノイズが入っており観測不可。 8/14は停電に備え朝にPC停止。

- ◆ 流星数
- 8/8 2個
- 8/9 24個
- 8/10 30個
- 8/11 1個
- 8/12 38個
- 8/13 49個
- 8/14 10個

◆ビデオ観測との同時観測数 高知工科大学が撮影したUFOCaptureでのビデオ観測結果と照合し 同時観測も計測。 結果としては、3つ同時観測できた。

- · 8/12 4:18:43~45
- · 8/12 23:41:48~49
- ・8/14 3:53:19~20 火球

Date	Duration(s)	DataLength	AzimuthAngle	ElevationAngle
20180814_035342	1.5	60	151.858	77.48



8/14 3:53:19~20頃の火球



流星エコーの反射地点 (@33.1893638,131.9317464)



UFOCaptureでのビデオ観測では、正確な軌道は導き出せなかったが 南方向に向けたカメラに映ったことから、大まかには解析結果とあってきそう。 アンテナ、受信器の内部位相差をキャリブレーションを行うことで正確な値を算出する。



Past, present and future of Beacon signal transmission for meteor radio observation in Japan

Kimio Maegawa, JA9BOH ja9boh@jarl.com Honorary professor National Institute of Technology, Fukui College

Sumio Nakane JH3BJN snakane@nisiq.net Member of AMSAT, TAPR, NMS and IMO

<u>Histrory of Ham Radio Beacon Transmission for Meteor Radio Observation in Japan</u> Beacon wave for meteor radio observation has been transmitted from National Institute of Technology, Fukui College Amateur Radio Club, JA9YDB since 1996. It is still being transmitted and has been on for over 20 years.

Amateur meteor radio observation using broadcast radio waves and meteor scatter communication by amateur radio were done in the 1970s, but it was not done much after that. At Kyoto University's open lecture in September 1995, an amateur meteor observer, amateur satellite experimenters, and a Researcher of the middle and upper layer atmosphere had the opportunity to have a lunch together. After that, the opportunity for about 20 interested people of radio metro observation gathered in Shigaraki Siga Prefecture in Japan (MU Radar site) in December 1995 with Dr. Nakamura's way of thinking.

The test transmission held by Kimio Maegawa, JA9BOH in April 1996, and continuous beacon transit at 53.750MHz from JA9YDB since August 1996, continuing to the present. It has been continuing for over 20 years.



JA9YDB Beacon Antenna



http://meteor.chicappa.jp/HRO2009meetingreport.html

In the early stage of observation, we use FFTDSP written by Mr. Mick Cook (AF9Y). After that we use HROFFT written by Mr. Kazuhiko Okawa.

In the latter half of the 1990's, our group regularly held a meeting to read "Meteor Science and Engineering" written by D.W.R McKinley, chapter 8 "radio echo theory" and chapter 9 "Forward-scatter form meteor trails". And also the meeting or radio meteor observation was held annually almost in February every year from mid-1990's to 2009, after that it has not been held.

Our group printed 500 copies of the brochure as a group, and we distributed it. One year later, in 2002, our group was able to publish the "Meteor Radio Observation Guide-

book" from CQ publisher, a prominent publisher

Meteor Radio Observation Guidebook



Outlook for amateur meteor radio observation in the feature

Observation by video cameras is now popular. Although radio observation has become an extremely small scale in Japan, JA9YDB continue to transmit as well as meteor observation in the same condition as before.

Furthermore, transmission from the Fukui Prefectural Amateur Meteor Radio Observation Research Society, JH9YYA, has also started to transmit at 53.755MHz from December 2016. The transmitter was down in mid June and stopped, but it resumed on October 9th. These mutual distances between JA9YDB and JH9YYA are about 20 km and we would like to use it for the experiment of the new observation method.





Callsign sending equipment

JH9YYA Beacon antenna Right : Dr. Tadas Nakamura Left : Kimio Maegawa

What and How is the road ahead for amateur meteor radio observation ?

It has been over 20 years since HRO = ham radio observation == began in Japan. In the past two decades, radio frequency technology, signal processing technology and processor capacity have made dramatically progress, however using method of observation has not been advanced in Japanese amateur.

In the field of amateur radio, meteor burst communication is particularly popular in Europe, and the topic about meteor are described in DUBUS magazine (http://www.dubus.org).

Along with modulation such as FSK441 PSK2K MSK144 used for meteor scatter communication, coherent signal (multiple frequencies in rationality ratio), use the difference due to polarization, multipoint installation at multiple receivers, and so on. We would like to enjoy wisdom in meteor radio observation using new technologies becoming available to amateurs.

中根純夫 Sumio NAKANE

電子メール:snakane@nisiq.net 電話/FAX :075-493-0286

仕事:会社員(化学系知的財産)
趣味:アマチュア衛星通信(JH3BJN@amsat.org)
アマチュア流星電波観測、数学/数理科学

オ151回流星物理セミT-2019年2月3日

しぶんぎ群輻射点拡大撮影

重野好彦

撮影日時 2018年1月3/4日 02:00~06:00(JST)(極大予想4日5:00)(月齢17)

- 観測地 秩父観測所
- 撮影機材 Nikon D500 4K(3840×2160) 30fps動画 1/30secシャッター ISO:5万 レンズ 85mm F1.4 (35mm版200mm相当) 写野11度×6度 恒星最微等級8.5等 流星最微等級7等 高橋P型+ビクセンモードラ自動ガイド



図 1. 輻射点付近の星図(ステラナビゲータ) 赤枠:今回の撮影範囲 +印:1997.01.03/04 同時I.I.補正輻射点 〇印:1997.01.03/04 Qua平均 230.1 49.7



図2. 2018.1.3/4 5等より明るい4流星 しぶんぎ群の場合、5等より明るい4流星全てに短痕が見られた。6等より暗い流星には短痕が見られ なかった。

第 149 回流星物理セミナー 2018/7/1 ロオ法見研究会 小開正広

日本流星研究会 小関正広

<u>1. はじめに</u>

MSS でも、IAUMDC の流星群リストがかなり混乱したものであることを繰り返し述べてきたが、その原因 は流星群をどのように定義するかの違いにあるといってよい。NMS の機関誌、天文回報で様々な定義の仕方 について紹介しているので、繰り返すことは避け、要点だけを述べることにする。

流星群への帰属を軌道要素から判定する方が、輻射点から判断するよりも高等であるように考えがちだが、 両者は同等である。

(出現時刻、輻射点 α ,δ、速度)⇔軌道要素 (e, q, i, ω , Ω)

どちらか一方の数値が与えられれば他方に変換することは、それほど難しいことではない。ここでは観測された値、目に見える輻射点から流星群を定義することを考えることにする。

2. 輻射点の分布密度

まず、眼視観測で NMS でも長年にわたって使用されてきた Olivier C.P.による輻射点決定の方法について触れておく。

(1)1人の観測者の1晩における4時間以内の観測で、4個以上の流星経路の延長が2度以内に交差すること。

(2)3個の流星と翌晩のほぼ同時間帯における最低2個以上の計5個の延長が2度以内に交差すること。 以下ではこれに類する形の単純明快な流星群の定義を目指す。

輻射点は通常赤経 α 、赤緯 δ で与えられるが、10日程度の期間を扱う場合は具合が悪いので、黄道座標(λ , β) に変換し、俗に「太陽中心黄道座標」と呼ばれる黄経から太陽黄経を引いた(λ - λ s, β)を用いると良い。これは、流星群の輻射点が日々移動するからであり、輻射点の移動量を $\Delta \alpha$ 、 $\Delta \delta$ で表すことがよくなされる。しかし、これは球面座標を平面座標で禁じたものであり、赤緯が大きい場合には不都合を生じる。しかし、(λ - λ s, β)を用いると、短期間であれば、輻射点の移動を無視でき、かなりの長期間でも扱いが容易になる。

実際のビデオ観測、SonotaCo ネットと CAMS の観測でペルセウス群とふたご群の輻射点分布密度を計算したものを示す。以下では、2007~2016年の SonotaCo ネットによる観測を用いる。ペルセウス群はλs=135~145、ふたご群はλs=255~265の期間の中心輻射点をそれぞれ、(λ-λs, β)=(283.2, 38.5)、(λ-λs, β)=(208.1, 10.5)と固定して、それからの個々の観測輻射点について距離を求めたものである。ほぼ、中心輻射点が固定されているとみなせる分布になっており、さらには SonotaCo ネットと CAMS の観測がよく一致していることも見られる。ペルセウス群の方がやや広がりが大きいがそれでも、ほとんどの輻射点は中心輻射点から3度以内に存在してい



ることがわかる。

輻射点を(λ-λs, β)座標で表し、中心輻射点から3度以内ということが群判定の基本になる。

こと群を例に、(λ-λs, β)=(241.5, 56.6)を中心としたλs=27.5~37.5の輻射点分布を示す。ペルセウス群とふたご 群でみたように、中心輻射点から3度以内に観測輻射点の大部分が存在することがわかる。

こと群のように周囲に別群の活動がみられず、散在流星の活動もそれほど盛んでない場合には、中心から3 度以内の輻射点数だけで判定すればよいが、そうでない場合には群流星とその他の活動との判別が必要になる。 個々の流星についての判別は確率の問題になってしまい、ここでは必要ない。中心輻射点から3度以内の輻射 点数の3度から6度の範囲の輻射点数に対する比を用いることにする。6度でなしにもっと範囲を広げてもよ さそうであるが、近接した流星群の活動等を考慮すると6度が適当だということになる。

既にここまでも、太陽黄経で10度以内と対象範囲を区切っている。一つは(λ-λs, β)座標を用いたとしても輻射点はその座標上をわずかずつ移動するのであまり期間を長く取ると移動量が無視できなくなるためである。 もう一つは流星群の中心となる活動期間は太陽黄経で10度の範囲に収まるからである。図はペルセウス群の



こと群の輻射点分布。内側が中心から3度、外が6度。 ^{12 TN}



輻射点分布から見た「確定群」

活動を示すものだが、(λ-λs, β)座標上での輻射点移動 から推算される予想輻射点から3度以内の流星数の 3~10度の流星数に対する比を示している(ペルセウ ス群というように隣接する活発な流星群のない特定 の流星群を選択する場合には3~6度から3~10度のよ うに対象範囲を広げても差し支えない。一般論とし ては上述のように10度では広げすぎになる)。ペル セウス群も太陽黄経で10度(たとえば133~143度)の 範囲で活動の中心を表せることがわかる。

流星群の判定で残る重要な要素は速度であるが、 直径 3 度という狭い範囲に速度の異なる流星群が重 なる可能性はまずないので、流星群の存否を考える うえでは無視しても差し支えない。

従って、次の2つの項目で流星群の活動の有無が 確認できる。

(1)活動期間の中心部が太陽黄経で10度の範囲。

(2)中心部(3 度以内)と外側(3~6 度)の輻射点数の 比が一定以上。

3. 流星群の定義と「確定群」

厳密にいえば、輻射点数そのものではなく、単位 面積当たりの輻射点密度の比を取る方が妥当である が、中心から3度あるいは6度という範囲であれば、 有効数字の上では球面を平面とみなしても差し支え ないので、輻射点密度でなく輻射点数を用いる。

SonotaCo ネットの 2007~2016 年の観測によって「確 定群」を調査した結果を以下に示す。

表中で code の欄は IAUNo.+AdNo.+Code を示して いる。IAUNo.は IAUMDC で付された流星群の番号、 AdNo.は同一群の中に複数の報告がある場合に付さ れる識別番号で、最初の報告が 0 で順次増加する。 Code は 3 文字の流星群の略号である。また、N3/N3~6 および N3 が"-"となっているものは南天群または昼 間群で今回の検証対象から外れているものである。

100,11,100,0											
code	1CAP6	2STA3	4GEM3	5SDA7	6LYR5	7PER4	80RI4	9DRA3	10QUA3	11EVI2	12KCG4
N3/N3-6	3.93	2.83	10.30	5.06	7.85	6.99	7.93	1.00	2.59	1.14	0.75
N3	381	975	16951	1356	644	9958 7	7465	5	1976	83	78
code	13LEO6	15URS4	16HYD2	17NTA4	18AND1	19MON3	20COM1	21AVB4	22LMI3	23EGE3	26NDA4
N3/N3-6	5.74	3.32	6.44	5.67	1.03	3.86	5.17	1.18	4.75	1.26	1.49
N3	2194	242	1617	867	35	676 1	195	20	190	219	145
code	27KSE2	31ETA4	33NIA6	61TAH0	63COR1	69SSG1	96NCC6	97SCC3	100XSA0	ACE	110AAN4
N3/N3-6	0.58	11.16	1.50	0.17	1.00	0.82	0.45	0.43	0.00	-	1.45
N3	15	1573	51	1	1	14	35	29	0	-	16
code	MKA	PPU	APS	145ELY4	151EAU0	NOC	OCE	SMA	164NZC3	165SZC3	170JBO0
N3/N3-6	-	-	-	1.71	0.60	-	-	-	1.48	1.86	1.20
N3	-	-	-	94	9	-	-	-	31	26	6
code	MKA	PPU	APS	145ELY4	151EAU0	NOC	OCE	SMA	164NZC3	165SZC3	170JBO0
N3/N3-6	-	-	-	1.71	0.60	-	-	-	1.48	1.86	1.20
N3	-	-	-	94	9	-	-	-	31	26	6
code	171ARI3	ZPE	BTA	175JPE2	183PAU2	184GDR0	187PCA3	XRI	191ERI1	197AUD0	BHY
N3/N3-6	7.67	-	-	2.88	0.57	3.42	0.38	-	2.17	0.26	-
N3	23	-	-	138	32	65	3	-	169	11	-
code	ZCA	206AUR4	208SPE1	KLE	221DSX2	233OCC0	242XDR0	246AMO1	250NOO3	252ALY2	PHO
N3/N3-6	-	2.00	3.43	-	1.29	0.00	0.30	0.80	3.20	0.53	-
N3	-	76	483	-	9	0	8	73	617	8	-
code	257ORS3	2810CT3	319JLE4	3200SE2	321TCB1	322LBO2	323XCB4	EPR	DLT	326EPG1	327BEQ0
N3/N3-6	0.78	2.71	1.93	1.67	0.32	0.29	1.33	-	-	0.63	0.33
N3	141	38	52	5	12	18	28	-	-	5	1
code	328ALA1	330SSE2	331AHY1	3330CU1	334DAD0	335XVI0	336DKD0	337NUE0	3380ER0	339PSU2	341XUM2
N3/N3-6	0.29	1.00	1.78	2.95	0.50	4.83	1.55	0.95	1.00	1.04	2.91
N3	5	4	114	115	58	111	181	122	41	132	102

code	3/311/13	346VHE1	348ADC1	3621MC2	3770057	388CTA1	300THA1	404GIM2	411CAN1	427EED1	428DSV2
coue	54511 15	540AIIL1	J46ARC1	JUZJIVICZ	5721152	JOOUTAI	JJUIIAI	404001012	411CAN1	42/ITEDI	42005 12
N3/N3-6	1.25	2.24	0.87	0.50	1.11	0.86	0.83	2.20	2.36	1.43	2.24
N3	35	47	20	5	51	65	64	33	52	20	121
code	431JIP1	445KUM1	446DPC0	506FEV2	510JRC1	512RPU2	524LUM1	526SLD1	529EHY1	530ECV3	533JXA3
N3/N3-6	2.45	1.90	1.38	1.29	1.22	1.04	1.58	1.31	0.59	1.37	3.08
N3	27	169	22	81	22	25	52	51	187	70	40
code	549FAN1	569OHY0									
N3/N3-6	0.74	1.62									
N3	45	55									

いずれも code 欄に示す報告による活動中心から太陽黄経が前後5度の範囲内で輻射点の(λ-λs, β)を中心とした輻射点数を求めている。N3 が中心から3度以内の流星数、N3/N3~6は3度以内の流星数の3~6度の範囲の流星数に対する比である。

いわゆる主要群はN3、N3/N3~6のいずれも大きく、だれの目で見ても「確定群」といえる。これに対して、N3やN3/N3~6が小さいものもかなりの数存在することがわかる。これらについて複数の報告が存在する場合には、N3やN3/N3~6が大きくなる報告を用いているにもかかわらず、表に示す程度の数値にしかならない。つまり、それらを「確定群」とするには大きな疑問があることになる。しかし、本稿はIAUMDCの問題点を検討することが目的ではないので、深入りはしない。

表の数字を見ただけではイメージし難いのでいくつかの流星群について輻射点分布の様子を示す。

322LBO は、CMOR によって見出された電波群であり、トロイダルの一部である。CMOR の中では流星数が8番目に多い、活発な群なのだが、ビデオ観測では、周囲の散在流星の活動レベルは高いが、LBO の活動を認めることはできない。

97SCCは1月に活動するANTの一部で、かに群として96NCCと対になると写真観測で指摘されてきたが、 輻射点分布を見ての通りSCCについては明瞭な輻射点の集中は見られず、IAUMDCに掲載されている報告に よって、輻射点の中心はまちまちである。

110AAN は輻射点が日本ではなじみのないポンプ座にある。電波観測では、かなりの活動が捉えられているが、ビデオ観測、特に北半球からの観測では、散在流星の活動が低い領域にあるために辛うじて存在を指摘できる程度である。

529EHY は輻射点分布で右下に 16HYD という大物が活動しているために、観測量が少ない時代には区別が つき難く、ビデオ観測で大量のデータが得られるようになって初めて存在が指摘されるようになったものであ る。先の表で N3/N3~6が 0.59 となっているのは、HYD が隣接している影響を強く受けたものである。1平方 度あたりの EHY の輻射点密度を求めると、0~1 度が 19.4、1~2 度が 7.6、2~3 度が 3.4、3~4 度が 2.0 と輻射点 の集中は明瞭であるが、4 度以降で HYD の影響を受けるため、N3/N3~6 は低い値になっている。これほど強 力な流星群が至近距離にある場合には、N3/N3~6 だけで流星群を定義することに無理がある。ふたご群、みず がめ8群、おうし群などから別群を分離しようという試みがなされているが、N3/N3~6 という評価では判定で きない。現在なされているような主観的判断ではなくするには、N3/N3~6 という評価法よりもさらに広く適用 できる判定法が求められる。

11EVIと31ETAについての説明は不要であろう。輻射点の集中は明瞭である。



322LBO2, N3=18, N3/N3~6=0.29, wt=0

97SCC3, N3=29, N3/N3~6=0.43, wt=1









31ETA4, N3=1573, N3/N3~6=11.16, wt=5

「確定群」といってもN3またN3/N3~6にはかなりの違いがあることが明らかなので、N3とN3/N3~6によっ て、下表のように wt=0~5 にランクづけることにする。これによって「確定群」を格付けしたものを次ページ の表に示す。同一の格付けの中ではN3の順番である。

N3とN3/N3~	-6による判定	2表		
N3/N3-N6	N3>30	20 <n3<30< td=""><td>5<n3<20< td=""><td>N3<5</td></n3<20<></td></n3<30<>	5 <n3<20< td=""><td>N3<5</td></n3<20<>	N3<5
1.5~	5	4	3	0
1~1.5	4	3	2	0
0.5~1	3	2	1	0
0.33~0.5	2	1	0	0
~0.33	0	0	0	0

次ページの表中で、ARI、DSX、OSE、 SSE、XSA は「昼間群」と位置付けられる ものであり、wt が低いからといって、流星 群としての活動度が低いことにはならな い。あくまで、SonotaCo ネットの 2007~16 年の観測で、これまで述べてきた「流星群 の定義」に当てはまる度合いを示したもの である。

また、複数の報告が存在する流星群の中には、報告によって活動中心が太陽黄経で10度以上異なるものが あったり、輻射点の位置に大きな違いがあったりするものも相当数存在する。この表では、判定が高くなる報 告を選んでおり、最初に IAUMDC に報告されたものとは異なる流星群である可能性が高いものが選択されて いる場合もあることに注意する必要がある。

判定表	による	確定群」	の格付け								
wt=5	GEM	PER	ORI	LEO	QUA	HYD	ETA	SDA	COM	STA	NTA
	MON	LYR	NOO	SPE	CAP	URS	LMI	DKD	ERI	KUM	JPE
	DSV	OCU	AHY	XVI	XUM	ELY	AUR	GDR	OHY	JLE	CAN
	LUM	NIA	XHE	JXA	OCT	HVI	GUM				
wt=4	EGE	NDA	PSU	EVI	FEV	ECV	PPS	SLD	OER	AND	NZC
	JIP	SZC	ARI								
wt=3	EHY	ORS	NUE	KCG	AMO	CTA	THA	DAD	FAN	PAU	XCB
	RPU	DPC	JRC	AVB	FED						
wt=2	NCC	ARC	AAN	DSX	JBO	DRA	OSE				
wt=1	SCC	KSE	SSG	EAU	ALY	EPG	JMC				
wt=0	LBO	TCB	AUD	XDR	ALA	SSE	PCA	TAH	COR	BEQ	XSA
	OCC										
-	ACE	MKA	PPU	APS	NOC	OCE	SMA	ZPE	BTA	XRI	BHY
	ZCA	KLE	PHO	EPR	DLT						

くどくなるが、この「流星群の定義」は、その時期、場所で流星群が活動していることを確認する目的であ る。Olivierの場合と同様に、ある活動を流星群と見なせるか否かの判定基準である。そのことを踏まえれば、 wt=3~5の場合には流星群の活動を認めることができると判定してもよいであろう。IAUMDCで「確定群」と されている112の流星群のうち、本稿で定義する流星群に該当するものはwt=5が40群、wt=4が14群、wt=3 が16群の合計70群ということになる。wt=2以下の26群については2007~16年の10年間のビデオ観測で明 瞭な流星群としての活動は認められなかったということになる。wt=2のDRA(ジャコビニ群)が流星群では ないという意味ではない。あくまで、ここで使用したデータ中では「流星群の定義」にあてはまる活動がなかっ たということである。この他、昼間群・南天群が16群である。

4. 流星群の定義の応用

ここまでは SonotaCo ネット 10 年間のデータについての数値であったが、次に眼視観測(あるいは写真、ビデオの単点観測)の場合について考えてみよう。先に Olivier の定義について触れたが、それに N3/N3~6 の条件を加えて考えてみよう。矢印は流星の飛来方向で経路の延長線を示すとする。延長線の交点が輻射点を表すとして中心から 3 度以内、また、3~6 度の範囲にある交点の数の比で N3/N3~6 が表せるものとすれば、先ほどと同様の判定基準を用いることができると考えられる。

最後に、IAUMDC で'working'と位置付けられている流星群が本稿で提案している定義によってどのように評価されるのか、いくつかの例を挙げておく。

439ASX0 と 440NLM0 は、ともに重野好彦さんが II による観測で指摘したものである。今回はさらに長期 間の SonotaCo ネットのデータを用いて、主観ではなく「流星群の定義」に当てはまるかを検証する。以前の MSS で 439ASX について Jenniskens 等がその後に見出した 483NAS と同定できるのではないかと報告している。 ASX も NLM も、しし群の活動期に、しし群の輻射点近傍で見出されている。このため、N3 は多いが、N3/N3~6 は低くなっているが、ともに N3/N3~6>0.5 の条件を越えている。ここでは省略するが、NAS の方は ASX より も早い活動期であり、しし群の活動が低いために NAS の方が N3/N3~6 は高くなる。



340TPY0は SonotaCo ネットの論文で報告された流星群のうち、唯一「確定群」から外されているものである。しかし、この輻射点分布に示されるように、「流星群の定義」からは活動の存在が明瞭に確認できる。

440ZCS0 についても MSS で報告したことがある。日本ではペルセウス群の初期活動ではないかという議論 が長くされている間に IAUMDC への報告で先んじられてしまったものである。輻射点分布に見られるように 活動は明瞭であるが、恐らく、ペルセウス群の初期活動との判別が問題となって「確定群」とされていないも のと思われる。

<u>5. まとめ</u>

軌道要素を用いた流星群の判定基準は様々提唱されているが、視覚的に分かり難く、計算もやや複雑である。 今回「輻射点中心から3度以内の流星数及びそれと3~6度の範囲に入る流星数の比が一定以上(具体的には1 以上でwt=3以上)」という単純な定義を提唱した。輻射点分布または観測星図上で視覚的に判定できる簡便さ がある。

IAUMDC の「確定群」によって新しい定義を検証したが、単純であるが十分に実用に耐えることが確認された。観測期間が10日程度にわたる場合にも(λ-λs, β)座標を用いることによりこの定義を使用できる。本稿では2007~16年の SonotaCo ネットによる20万個以上の流星を用いているので、輻射点から3度以内の流星数が20個程度以上の場合を流星群活動としているが、この制限は使用するデータ量により変更する必要がある。















440ZCS0, N3=159, N3/N3~6=2.21, wt=

2018/10/7 日本流星研究会 小関 正広

1. はじめに

9月13日のNMS同報に内山茂男さんが「CMORのデータをほぼ毎日チェックしているのですが、このところ、おおぐま座とりゅう座の境界付近から多くの流星が出現しています。」という書き込みをされた。翌14日には杉本弘文さんが「下記のホームページに過去の3年分を仮りに掲載しました。毎年、数日間継続して活動をしています。」と応じ、16日に関口孝志さんが「新流星群?が、まだ活動していますね。群名は、SEPTEMBER URSIDSです。KDRと同一のようですが」と書き込んだ。

2. 同報で取り上げられた流星活動

まずは、ここで報じられている「新流星群」がどのようなものなのか調べることとする。(λ - λ s, β)座標で示 した CMOR の結果を昨年と本年で比較する。ここに示すものは CMOR で発表しているものの色相を反転し、 「新流星群」の部分を拡大したものである。ともに斜めの破線が右が λ - λ s=330 左が λ - λ s=0(=360)を表し、横の 破線が β =60 である。昨年も活動が見られるものの、明らかに本年の方が活発であったことが分かる。この活 動は「トロイダル」と呼ばれる活発な流星活動領域の東端にあたる。同じ時期の「トロイダル」中心部の活動 も見ておこう(縦の破線が λ - λ s=270、横が β =60)。かなり活発な活動が絶えず続き、また、輻射点の集中する 位置も変動していることが分かる。これに比して、2018 年の「新流星群」は強い活動が一定の場所で継続し ていることがわかる。

3. 「新流星群」と言えるのか

同報では、KDR と September Ursids(S3-183)との関係が取り上げられた。KDR と S3-183 とは D_{MN} からみて、別群と見た方がよさそうである。

Source	α	δ	λs	λ-λs	β	Vg	е	q	i	ω	Ω	$D_{\rm MN}$
380KDR0	189.4	73.1	158.0	332.4	63.7	38.0	1.085	0.899	57.5	142.2	158.0	
S3-183	196.9	61.8	169.5	344.0	59.7	32.8	0.916	0.857	48.4	133.4	169.5	0.286
それでは、	どちらに	関係がな	あるのか、	または、	どちらに	も関係	がない、	新しい	活動な	のか見て	ていこう	

3.1 KDR との関係

IAUMDC の中でこの「新流星群」に最も近いものが KDR である。内山さんが KDR とは別群だろうと指摘 しているが、まずは、この KDR とはどのような流星群なのかを検討する。「新流星群」の場合と同様に(λ - λ s, β)座標で示した CMOR の結果を示す(中央付近の縦の破線が λ - λ s=330、横が β =60)。2017 年、2018 年ともに 明確な流星活動が見られていないことが分かる。CMOR で報告された流星群の多くが「確定群」とされてい るのに対して KDR は'working'の位置づけのままであるのは当然と言える。KDR の活動は少なくとも2017 年、 2018 年の CMOR の観測からは確認できない。

KDR の位置(λ-λs, β)=(332.4, 63.7)を中心とした Harvard-Smithsonian のレーダー観測による輻射点分布を見て みよう。これはλs=150~180 の間の観測を示したものであるが、61~65 年はλs=157.3~164.4, 171.7~178.0、また、 68~69 年は長いものでλs=145.5~151.8, 157.5~164.1, 170.1~174.8, 175.2~178.7 という欠測期間がある。従って、 KDR の時期の観測は少なく、Harvard の観測で捉えられていなくても不思議はないが、KDR は「トロイダル」 領域内の変動で一時的にみられた輻射点の集中であった可能性がある。

今回話題になっている活動はλs=166~172、(λ-λs, β)=(348, 57)を中心としており、KDR からは離れすぎている。CMOR が最初に KDR を検出した時からの時間経過で出現時期、輻射点の位置が変化した可能性はあるが、 そもそも KDR 自体がはっきりした流星群ではないのだから、別の流星活動と見なすのが妥当であろう。

3. 2 September Ursids との関係

関口さんの'September Ursids'(=S3-183)ではないかとの指摘を検討してみよう。ここでも Harvard の観測には 欠測期間がかなりあるので S3-183 のデータについても偏りがあることを考慮しなければならない。しかし、 今年 CMOR で見られた流星活動は λ s=166~172、(λ - λ s, β)=(348, 57)を中心としているわけだから、同一の流星 活動である可能性は S3-183 の方が KDR より高いと言える。

しかし、CMOR が既に発表している 2001~8 年の観測結果に今年見られた活動を検出したとは記されていない。つまり、この流星活動が停止していたのか、CMOR の判定基準を満たさなかったのかである。

小惑星や彗星の同定と異なり、流星群の観測を同一群と認めるにはかなりの困難がある。今回の流星活動の 場合を例として、その理由を3つに分けて説明しよう。実は、IAUMDC でも同定基準がないための混乱が大 きいのである。



2017年の CMOR の観測。左から2s=166, 167, 168, 169, 171, 172。





「トロイダル」の活動。2017年の CMOR の観測。左から\s=166, 167, 168, 169, 171, 172。



KDR の活動。2017 年の CMOR の観測。左から2s=154, 155, 156, 158, 160, 162。



KDR の活動。2018 年の CMOR の観測。左から\s=154, 156, 159, 160, 161, 162。

(1)観測機器・方法の違い

眼視、写真、ビデオ、電波等々の観測方法によって流星群の見え方がかなり違うことは、いろいろな機会に 述べてきている。電波観測で認められた流星活動がビデオ観測で捉えられないことはよくある。KDR の輻射 点を中心にした Harvard の電波観測を SonotaCo ネットと比較すると大きな違いがみられる。一つには KDR が 準昼間群であるために光学観測が困難であることにより、もう一つは「トロイダル」領域の活動は光学観測で はなく電波観測で強くとらえられるからである。また、同じ電波観測であっても違いがみられる。Harvard と CMOR の輻射点分布は比較的似ているが、MU レーダーによるものとは大きく異なっている。 (2)群判定基準の違い

Harvard の電波観測と CMOR の観測では、輻射点分布自体は似ているが、検出された流星群の分布は大きく 異なっている。個々の観測輻射点の分布図は省略して、輻射点分布の違いのみを示す。天文回報誌上で多少詳 しく、両者の違いを説明しているので、ここで理由を詳しく述べることは避けるが、Sekanina は D 判定を用 い、CMOR は輻射点情報をもとにしている。

改めて、KDR の輻射点を中心とした Harvard の電波観測による分布を見てみよう。中心の×点が KDR、三角は Sekanina による流星群の位置である。S3-183 も含まれているが、注意してみなければ気づかない、なんとなくそれらしく見える程度の輻射点の集中度合いである。決して、強い活動が見られたとは言えない。



Havard-Smithsonian の電波観測による輻射点分布。

SonotaCo ネットの観測。

(3)観測年代の違い

しし群やジャコビニ群は活動の変動が大きいことは良く知られている。小流星群についてもまったく同じで、 毎年同じように観測されるわけではない。Harvardの分布で+が1961~65年、〇が1968~69年の観測によるも



のだが、S3-183 付近の分布は○が多く、+は少ない。λs=166~172 の期間の観測は1962~64 年と1969 年のものであり、S3-183 は1969 年に突発的に観測されたものだという可能性もある。KDR の場合 にも活動が変化した可能性を指摘したが、S3-183 も同様で、1969 年に出現したものが、また、近年出現したとみることもできるし、 このような変動は「トロイダル」周辺や Apex の領域では定常的 な変動の域を出ないとみることもできる。

今年見られた突発的な流星活動。

今年、活発な流星活動が見られ、CMOR では流星群名が表記されなかったものを示す。左の流星活動はλs=316 のもので、位置は

ほぼ S3-183 と同じでトロイダル外縁に位置する。斜めの破線が右が λ - λ s=330 左が λ - λ s=0(=360)を表し、横の 破線が β =60 である。右のものは λ s=154 の Apex 領域のもので、破線は λ - λ s=270 を表している。

このように、小惑星や彗星と異なり、観測方法、研究方法、観測年代が違えば同じものを見ているのかどう かさえはっきりしないことがしばしば起きるのである。顕著な活動を示す一般に知られている流星群は、観測 方法、研究方法、観測年代が違っても、容易に検出できる。この固定観念で小流星群を扱おうというのは大き な誤りである。現在、「新流星群」といわれるものの多くは、ある観測方法、研究方法、年代でだけ見られた



流星群の輻射点分布。左:Harvard(Sekanina)、右:CMOR

というものが圧倒的に多い。従って、よほど顕著な活動で、どのような観測方法、研究方法でも認められるような流星活動でない限りは「新流星群」と称するには慎重でなければならない。もし、「新流星群」の活動を 記録したという場合にはどうしたらよいかを検討して本稿を締めくくることにする。

4. 「新流星群」というためには

(1)「流星群」と判定する際に満たすべき条件

現在、IAUMDC内でそのような条件が明文化されていないことにより、IAUMDCの流星群リストには大き な混乱がある。天文回報誌上で、研究者によってどのように違うか、かなり具体的に説明しているので、ここ では省略するが、光学観測、電波観測という違いによって条件設定に本質的な違いが生じてしまうところにこ の問題の複雑さがある。光学(ビデオ)観測についてはMSSで次のような提言をした。

- ・Δλs<10の期間の輻射点を用いる。
- ・輻射点の分布密度が一定値以上(D3/D6>2)であること。
- ・輻射点中心から3度以内の輻射点数が一定値以上(N>20)であること。

(2)IAU での登録に必要な要件

まずは、査読誌に論文として投稿する必要がある。アマチュア誌としては唯一 wgn が推奨されている。これに投稿したら、IAUMDCに既定のフォーマットで申請すればよい。最初は'pro tempore'(仮登録)という状態でIAUMDCに登録され、論文が掲載されれば、'working'という位置づけになる。その後、IAUの'working group'が検討(通常はIAU総会に合わせて会合がもたれる)して、'established'という格付けが与えられる。 (3)'working list'に載せられている「流星群」はどうなのか

これらの「流星群」は「新流星群」とも言える。報告者が何らかの流星活動を<認めた>ということなのだ が、(1)で提案している基準を満たすものもあれば、満たさないものも多数存在している。実は'established'と いう格付けの中にも基準を満たさないものがある。それだけ IAUMDC でも、何を「流星群」として認めるか の基準が定かでないということである。最近、日本で IAUMDC の番号が付された2つの「流星群」を例にと ろう。752AAC0、927AAQ0 ともに<突発的>出現であったとされ、過去に相当する記録はない。また、その 後も継続的に同様な活動が見られているわけでもない。IAUMDC に記載されているものの多くは、周期彗星 や小惑星のように再び(回帰ごとに)観測が期待されるものばかりではない。





まとめ

今回、同報上で話題となった「新流星群?」は Sekanina の'September Ursids'(=S3-183)の活動による可能性が 考えられるが、そうであるとすると、S3-183 の活動は周期的?に大きく変動しているとみられる。S3-183 は 既に消滅して、今回の活動は別群によるものと考えることもできる。また、トロイダル領域の周辺では電波観 測で捉えられる流星活動の変化は激しく、その変化の範囲内と見ることもできる。光学的な観測は困難な位置 であるので、最終的な判断には CMOR による今後の継続的な観測が必要である。

「新流星群」の判定は極めて複雑であり、断定することは困難である。しかし、突発した時に観測していた ものだけが「新流星群」を見出しうるのである。

ふたご群・しぶんぎ群輻射点拡大撮影

重野好彦

撮影日時 2018年12月13/14日23:00~04:30 + 14/15日22:00~05:00 (極大予想14日21時) 2019年01月03/04日01:00~06:00 (極大予想04日11時)

撮影機材 Nikon D500 4K(3840×2160) 30fps動画 1/30secシャッター ISO:5万 観測地 秩父郡

流星の発光の様子を見るにあたり、2016年ペルセウス群~2018年しぶんぎ群は、85mmF1.4(35mm 版188mm相当)で撮影してきた。しかし写野が11度×6度と狭いため、明るい流星が写野内に入って こない。そこでより広角なレンズを試してみた。ふたご群としぶんぎ群の性状の違いはあるものの 図1の35mm F1.4→2 (35mm版78mm相当)であれば何とか使えそうである。図2の20mm F2.8 (35mm版44mm 相当)はちょっと厳しい感じがする。またF値はF2より明るいレンズが望まれる。



図1. ふたご群 2等より明るい18流星 レンズ 35mm F1.4→2 (35mm版78mm相当)



図2. しぶんぎ群 1等より明るい6流星 レンズ 20mm F2.8 (35mm版44mm相当)