

「しし座流星群」四方山話

阿部新助*，渡部潤一**，海老塚昇***

* <総合研究大学院大学/国立天文台 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1>

** <国立天文台 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1>

*** <通信総合研究所 〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1>

e-mail: avell@pub.mtk.nao.ac.jp (阿部)

e-mail: watanabe@pub.mtk.nao.ac.jp (渡部)

e-mail: ebizuka@crl.go.jp (海老塚)

1998 年は 33 年振りに Tempel-Tuttle 彗星が回帰する年であった。地球が Tempel-Tuttle 彗星の軌道と交差した 1998 年 11 月 18 日、Tempel-Tuttle 彗星が巻き散らした塵粒によって「しし座流星群」が起こった。本文では、「しし座流星群」と母彗星の軌道の関係や流星痕のスペクトルなど、しし座流星群に関する幾つかのトピックスについて紹介する。

1. しし座流星群

1998 年 11 月 17 日、日本時間午前 5 時、私は国立天文台野辺山電波観測所構内にいた。夜空は星々の饗宴、オリオン座の傍らを流れる冬の天の川が漆黒の夜空に鮮やかに映し出されている。幾筋もの青白い流れ星が凍てつく静寂な冬の夜空を切り割っている。1 時間に 70 個以上の流れ星が夜空を乱舞しており、3～4 個に 1 個の割合でそれらは爆発し金星程の明るさになる。時には辺りがまるでフラッシュをたいたように明るく照れし出され、流星の飛跡には明るい雲のような流星痕が数十秒も残る事もあった。私は偶然にも予想より半日以上も早まった「しし座流星雨」の始まり*を見たいのである。

「星は、すばる。ひこぼし。ゆふづつ。よばひ星、すこしおかし。」

平安時代に清少納言が記した随筆「枕草子」の一節である。「すばる」はおうし座のプレアデス星団の和名。「ひこぼし」はわし座 α 星アルタイル。「ゆふづつ」は宵の明星、金星のこと。そして、



図1 しし座流星群 (1998 年 11 月 18 日 4 h13m55s に出現した火球、撮影：小野智子 (国立天文台)、山梨県塩山市)

“よばひ星”は一般には流星のことを表している。流星は“夜這い”をする男性の行動から生まれると考えられていたようである。このように、流れ星は昔から私たちの注目を引いてきた。しかし、その正体は、直径 0.1 mm～数 cm 程度の塵粒である。その塵粒が秒速数 10km もの対地速度で地球大気突入し発光する現象が流星なのである。特に彗星などの天体がまき散らした塵のチューブが

* 「しし座流星群」の極大は太陽黄経 234.5 度 (日本時間 11 月 17 日 10 時 30 分) で、その出現数は、ZHR (放射点为天頂にあった場合に観測されるであろう補正流星数) = 260 であった。当初予測されていた通常極大も太陽黄経 235.4 度 (日本時間 11 月 18 日 06 時) で起こっているが、その出現数は、ZHR=130 程度であった¹⁾。

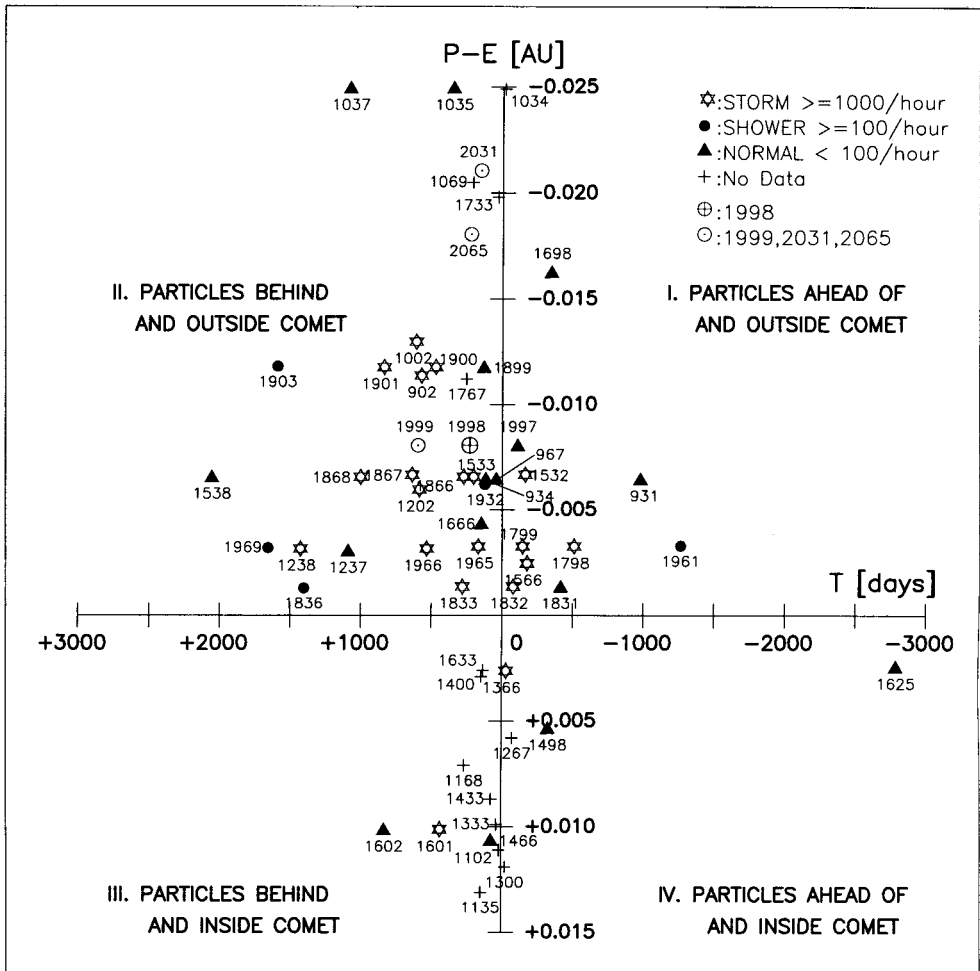


図2 しし座流星群の母彗星 (Tempel-Tuttle 彗星) の塵との交差条件。
 第1象限：母彗星通過前に母彗星軌道の内側を地球が通過する場合。
 第2象限：母彗星通過後に母彗星軌道の内側を地球が通過する場合。
 第3象限：母彗星通過後に母彗星軌道の外側を地球が通過する場合。
 第4象限：母彗星通過前に母彗星軌道の外側を地球が通過する場合。

地球の公転軌道と交差するために起こる現象を流星群と呼び毎年決まった期日に現われる。1998年は33年振りに Tempel-Tuttle 彗星が回帰し、11月17日から18日にかけて地球が Tempel-Tuttle 彗星が巻き散らした流星物質のチューブに突入する事が分かっていた。この流星ショーが、「しし座流星群」である。このような流星群が発生する条件として主に次の2つが挙げられる²⁾。

(1) 母彗星の軌道と地球軌道との交差距離が0.1

天文単位以下になる。

(2) 母彗星が回帰しフレッシュな流星物質が供給される。

今回の「しし座流星群」の観測条件を考えてみると、母彗星の Tempel-Tuttle 彗星は、「しし座流星群」より258日前の1998年3月8日に地球軌道との距離0.008天文単位を通過しており上述の両条件を満たしている。図2にこれまでの「しし座流星群」の出現状況と出現条件との関係を示す。横軸



は、母彗星の地球軌道面通過の前後何日で地球が母彗星軌道と遭遇するかを表している。+側は、母彗星の通過後に地球が通過する場合、-側は、母彗星の通過前に地球が通過する場合を示している。一方、縦軸は遭遇時の母彗星軌道と地球軌道との距離を表している。+側は、彗星が地球軌道より外側を通過する場合、-側は、内側を通過する場合をそれぞれ示している。また、プロットしたマークの種類は流星出現数に対応しており、☆印は流星嵐（1時間に1000個以上と定義）、●印は流星雨（1時間に100個以上と定義）、▲印は平常の出現（1時間に100個未満と定義）、+印は記録が残っていない事表している。付記した数字は流星群が観測された西暦年数である。図2を見ると1998年、1999年は大出現、すなわち流星雨や流星嵐になる可能性がある事が示唆される。これまでの流星嵐や流星雨は、母彗星通過の1300日前から570日後に地球が母彗星軌道の0.013AU内側から0.011AU外側の範囲を通過した場合に発生している³⁾。そして、Temple-Tuttle彗星の正確な軌道から「しし座流星群」の出現のピークは、1998年11月18日午前4時30分頃(日本時間)という予想がなされた。しかし、果して本当に「しし座流星雨」は起こるのか、つまり本当に流星物質の濃いチューブが母彗星の軌道上に存在するのか否かは五里霧中であつたのである。

2 流星と人工衛星

流星物質の空間密度は、地上で見える空の範囲を半径60度の円、流星が高度100kmに出現すると仮定すると、1時間に100個の「しし座流星群」が出現した場合は一辺600キロメートルの立方体に1個、例え1時間に1000個の流星が出現した場合でも一辺300キロメートルの立方体に1個の流

星物質しか存在しない。しかし、地上からは見えないような0.1mmサイズ以下の塵や地球大気に突入しても殆んど発光しないようなミクロンサイズの塵*になればその数は急増する⁵⁾。

サイズは小さくとも非常に大きな相対速度を持つこれらの彗星廃棄物の衝突は時として人工衛星に多大な被害を及ぼす。実際、1993年8月12日のペルセウス座流星群のoutburstの影響によりESAのOlympus衛星に流星物質が衝突した。衝突によりプラズマ雲が発生し姿勢制御ジャイロの電子系統がショートし、最終的にOlympus衛星は使用不可能となってしまったのである⁶⁾。「しし座流星群」の期間中、スペースシャトルの打ち上げは行なわれず、人工衛星の機能は停止されたり、流星群に対する有効断面積を最小限にするように衛星の向きが変えられたりした。ハッブル宇宙望遠鏡(HST)も例外ではなかった。VSOP(VLBI Space Observatory Programme)計画のための衛星「はるか」(MUSES-B)は、宇宙空間(近地点高度約560km、遠地点高度21,400kmの楕円軌道)に浮かぶ口径約8メートルの電波望遠鏡衛星であるが、その巨大なモリブデンのメッシュアンテナに衝突するであろう流星物質のエネルギーを、衝突により反射鏡に発生したプラズマから放射されるマイクロ波から計測しようという計画もあったが⁴⁾、期待された?衝突は起きなかったようである。しかし、11月18日に国際海事衛星機構のInmarsat 2号の予備機衛星の一台のコンピュータに軽度の一時的な異常(グリッチ)が発生した。これは流星塵の衝突により発生する放電によると考えられている。このため衛星の一部機能は一時間ほど停止したが、地上コントローラにより難なく回復され事無きを得た⁷⁾。このように、いつ流星群が起こるかを予測する事は今後ますます重要になってくると思われる。

*宇宙空間に存在する10~100ミクロンオーダーの大きさの天然の微粒子を一般に「宇宙塵」と呼ぶが、太陽系内にある様々な宇宙塵の起源は、彗星、小惑星、エッジワース・カイパーベルト天体、惑星や衛星からの惑星間塵、太陽系外から飛んできた星間塵などがある。

3. 流星痕のスペクトル観測

「よばひ星，すこしおかし。尾だになからましかば，まいて。」

再び「枕草子」の一説を引用する。“尾だになからましかば，まいて”とは、「尾をひかなければいいのに」という意味である。ところが流星には本当に“尾＝痕”があるのである。流星痕とは，流星が飛んだ跡に発生する煙のようなプラズマの雲である。これは流星成分原子や高層大気原子・基・分子が励起されて発光していると考えられている。発光層は，高度 80～100 km 程度であるが，流星痕の発光物質や発光のメカニズムについては解明されていない。流星痕のうち継続時間が短い痕を流星尾や短痕と呼び，継続時間が数秒以上の長いもので数十分から 1 時間に及ぶ痕を永続痕と呼んでいる。短痕は頻繁に出現するため，しばしばスペクトル観測が行なわれており，酸素原子緑線（波長 555.7 nm）による発光である事が分かっている。永続痕の観測は，非常に稀な現象と予測不可能な事からその観測事例は非常に少なく，永続痕の発光プロセスについては殆んど解明されていない⁸⁾。流星痕の観測は，流星物理だけでなく大気化学プロセスの面からも重要なのである。一般に流星痕の出現頻度は，母流星の光度や対地速度に強く依存している。明るく速い流星ほど明るい流星痕を残す確率が高くなる。「しし座流星群」は，対地速度が 70 km/s と最も高速な流星群に属し，有痕率も他の流星群に比較して非常に高い。更に今回は日本を含む東アジアの明け方で「しし座流星群」の出現のピーク（1 時間当たり数 100～数千個）が予想されており，流星痕の出現頻度に関する問題はいっきに解消される事が期待されていた。我々は，流星痕のスペクトル観測からその未知輝線の波長決定を行ない発光物質の特定を試みた。

観測装置には，すばる望遠鏡の分光装置にも使用されているグリズム（透過型回折格子）super-

script⁹⁾と MCFTS（マルチチャンネル・フーリエ分光器）superscript¹⁰⁾の 2 つの分光器を使用した。これらの 2 つの分光器は，高感度 CCD カメラ，レンズと共に一体型となっており専用ホルダーで切替え可能である。図 3 のようなコンパクトなシステムを製作し観測に臨んだ。対象となる流星痕は，秒速数メートルから数十メートルの高層大気風によって急速に流されながら拡散する事が予想された。従って流星痕出現後，分光器システムを素早く対象に向け，流星痕が拡散する前にグリズム分光器を使用し，対象が拡散してから MCFTS を使用するという撮影計画を練っていた。そして，1998 年 11 月 18 日 4 時 13 分 55 秒（JST）に伊豆半島上空に「しし座流星群」に属する - 8 等級の大火球が出現し関東甲信越地方でその素晴らしい光景が見られた（図 1）。またこの火球に伴う巨大な流星痕も出現し，刻々と色と形が変化していく様子を肉眼で 10 分以上も見る事ができた（図 4，図 5）。我々は，国立天文台・野辺山電波観測所構内でこの一瞬を逃さなかった。流星の爆発後，流星痕出現の 10 秒後には CCD カメラのシャッターを開いた。結果的に痕が拡散してから撮影した MCFTS のスペクトルは S/N が不足で良いデータが得られなかったものの，流星痕出現直後に撮影したグリズムのスペクトルは S/N が高い見事なデータが得られた（図 6）。これまでの解析から，マグネシウム:Mg[II]，ナトリウム:Na[II]，カルシウム:Ca[II]や複数の鉄:Fe[II]の輝線などが高度 90 km 付近で存在している事が判明している（図 6）。現在，これらの物質を足掛かりに永続痕の発光メカニズムについても研究を進めている。

4. マスコミが与えた影響

今日，我々の得る情報源の大部分は，新聞，テレビ，雑誌，インターネット等のメディア（情報伝達媒体）によって伝えられるものである。ある調査によると，「しし座流星群」を知った情報源としては，新聞が 40% 以上を占め，続くテレビと

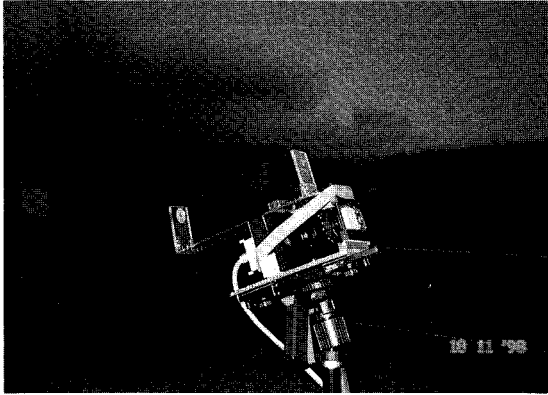


図3 流星痕スペクトル観測装置（背景に見える45m電波望遠鏡の照明も落として戴いた）



図4 形成初期の流星痕（1998年11月18日4h14m12s-16s, 撮影：戸田雅之（日本流星研究会），静岡県御殿場市）



図5 高層大気風で流される流星痕（1998年11月18日4h14m, 撮影：石黒正人（国立天文台），長野県北巨摩郡長坂町）

合わせると約60%もの人々がこれらのマスメディアから情報を得ていた事になる。国立天文台の質問電話への問い合わせは、9時間で200件を超え、受話器を置く暇すら無い状況であり、一晩中電話対応する特別措置も設けられた。国立天文台のホームページへのアクセスは、1日で約70万件のアクセスがあり、NTTが主催したインターネットを利用した「しし座流星群」のライブ中継では、17日夜から18日午前4時までに約300万件のアクセスがあった。富士山の御殿場口新五号目駐車場に集まった人々は約3千人。警視庁によると東京都内の見物スポット周辺の住民から「夜中にうるさい」という苦情の110番通報が午前0時から6時までに181件もあったそうである⁹⁾。巨大なマスメディアが「送り手」としての地位を独占している昨今、一般民衆は、単に情報の「受け手」という立場に立たせられざるを得ない状況にある。今回の「しし座流星群騒動」は、ある意味でマスコミの持つ権力の恐ろしさを認識させられた一例であるといえる。

5. 1999年の「しし座流星群」

実はこの「しし座流星群」は、1999年つまり今年もまだ大出現する可能性がある。しかし、Tempel-Tuttle 彗星の軌道は木星の摂動により変化してしまうため、次回の日帰である2031年以降は地球軌道と流星物質が交差しなくなってくる（図2）。今年、1999年11月18日は本当に最後のチャンスであり、そして、「本当に「しし座流星嵐」がやってくる」日なのかもしれない。

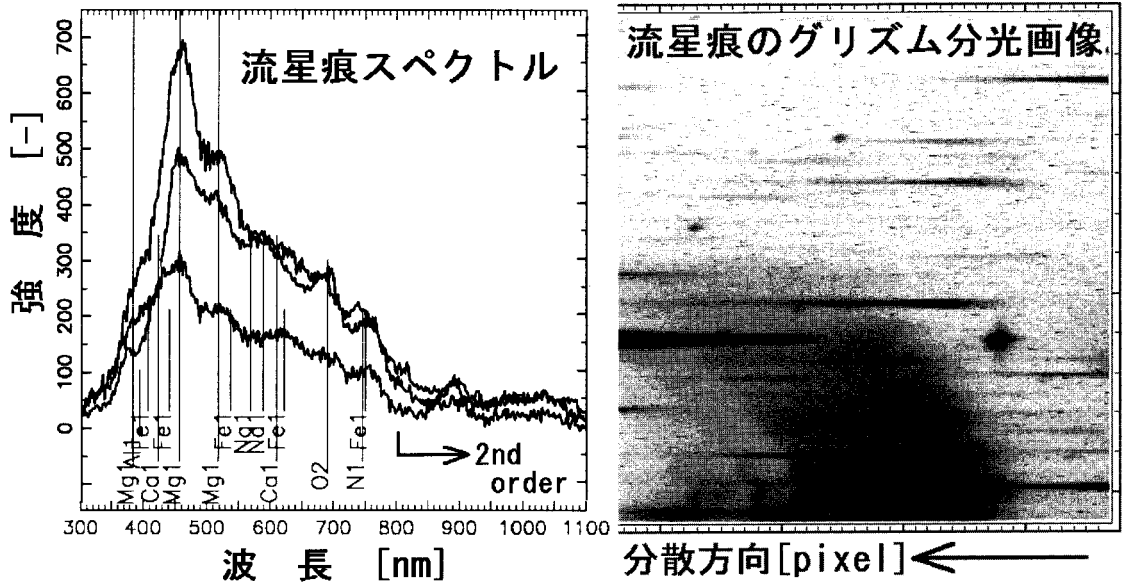


図6 流星痕のスペクトル (1998年11月18日4 h14m5s-25s, 撮影:阿部 & 海老塚, 野辺山電波観測所)

参考文献

- 1) International Meteor Organization News, 1998
- 2) 渡部 潤一, 1998, しし座流星雨がやってくる (誠文堂新光社), 2章
- 3) Yeomans D.K., Icarus 47, 492, 1981
- 4) Yano H. and Takano T., IAU Symp Joint Discussion 1, 1997
- 5) 長沢 工, 1997, 流星と流星群 (地人書館), 5章
- 6) Caswell R. D., et al., Int. J. Impact Engng. 17, 139, 1995
- 7) Space News Nov. 23, 1998
- 8) Borovicka J., et al., A&A 306, 995, 1996
- 9) 海老塚 昇, 家 正則, 佐々木 敏由紀, 若木 守明, 1998, 光アライアンス 9, 3, 5
- 10) Ebizuka N., Wakaki M., Kobayashi Y. and Sato S., Appl. Opt. 34, 7899, 1995
- 11) 朝日新聞, 11月18日夕刊

Topics of Leonids Meteor Shower

Shinsuke ABE

*The Graduate University for Advanced Studies
National Astronomical Observatory, Mitaka, Tokyo,
181-8588*

Jun-ichi WATANABE

*National Astronomical Observatory, Mitaka, Tokyo,
181-8588*

Noboru EBIZUKA

*Communications Research Laboratory, Koganei,
Tokyo, 184-8795*

Abstract: The 1998 was a recurrent year of comet Tempel-Tuttle whose orbital period is 33 years. On the night of the 17th - 18th November, 1998 when the earth moved through the path of comet Tempel-Tuttle, Leonids meteor shower was caused by sand to pea sized debris left in the trail of this comet.

This paper will show some topics of Leonids, such as relationships between orbits of parent comet and Leonids, spectrograms of persistent train of Leonids, and so on.