

流星群予報- 彗星ダスト・トレイルの軌道計算 Meteor shower forecast: Orbital calculation of cometary dust trails

○今村優志¹, 阿部新助²*Masashi Imamura¹, Shinsuke Abe²

Abstract : mm-sized meteoroids ejected by a comet generate a meteoroid stream called dust trail, and when they intersect with the Earth's orbit they can create meteor showers. Meteor shower forecast can provide the date and time when dust trail encounter with the Earth's orbit. We performed orbital calculations of dust trails formed by comet 109P/Swift-Tuttle, the parent body of Leonid meteor shower. In this study, the maximum of the 2019 Leonids is successfully predicted by our 2D orbital calculation model which are comparable to optical observational result. Our new 4D orbital calculation model is also discussed.

1. 目的

母天体である彗星からガスとともに放出されたダストは、次第に拡散されていき、母天体に沿ったダストトレイル(dustrails)が形成される。このダストトレイルが地球と重なった時に発生するのが、流星群(meteor showers)である^[1]。

彗星から放出されたダストのケプラー軌道を計算し、地球軌道との交差条件を考慮することによって、流星群の発生を予測することが出来る。本研究の目的は、ある彗星に対して、ダストトレイルの力学進化計算を考慮して行うことである。

今回はペルセウス座流星群のダストトレイルの計算を行ったが、母天体の周期の関係上 3 本のみの計算であったため、今回はしし座流星群のダストトレイルを 2 次元計算で 11 本計算した。そして、別の流星群でも正しい予測を行うことができれば計算の信頼性が上がると考えられる。

また、深宇宙超小型探査機「**EQUULEUS (EQUilibrUM Lunar-Earth point 6U Spacecraft)**」に搭載される「**DELPHINUS (DEtection camera for Lunar impact PHenomena IN 6U Spacecraft)**」の、月面衝突閃光の観測ミッション^[2]に備えて 2019 年の地球と月に対して行った。

2. Dust Trail 理論

ダストトレイルの計算を行う上で考慮しなくてはならないのは、太陽、惑星、準惑星、月の重力による摂動である。基本的には、太陽の重力以外に他の天体の影響を取り込んだ N 体計算である。母天体である彗星の前/後に放出されたダストは、加速/減速されるため、軌道長半径が長く/短くなり、周期がそれぞれ長く/

短くなる。この相対運動の効果により、母天体の前後に長く伸びたダストトレイルが形成される。母天体が太陽に回帰するたび熱でガスとともに大量のダストが放出され、新しいダストトレイルが生まれる。さらに惑星・準惑星・月による重力摂動を受けることで、母天体の彗星およびダストトレイルの軌道は複雑に変化する。惑星・準惑星・月の位置は、NASA/JPL の暦の DE405 を使用する、重力摂動を考慮している。

3. しし座流星群の 2 次元計算

ダストトレイルの軌道計算は、母天体である彗星の軌道要素を用いて行う。母天体の彗星が回帰したそれぞれの年に近日点で放出されたダストが地球に接近した際の x(進行方向)-y(動径方向)の距離を算出する。本研究では、近日点通過時刻に x 方向放出ダストを扱う 1 次元計算に加え、近日点を挟んで±500 日の間において 50 日おきに同様の計算をするダストの放出時刻をパラメーターに加えた 2 次元計算を行った。その計算結果を用いて地球にダストトレイルが接近する距離と時刻を求め、流星群の予報を行う。

今回は、55P/Tempel-Tuttlet(テンペルタットル彗星)のダストトレイルによって発生する「しし座流星群(Leonids)」について計算をする。

Figure 1 に 1932 年から 1600 年に放出された 11 本のダストトレイルの 2 次元計算の結果を示す。縦軸は地球への接近距離、横軸は接近時刻(世界時)である。

次に **Figure 2** に縦軸にダスト放出速度、横軸にダストが放出された日心距離をとった結果を示す

1 : 日大理工・院(前)・航宇 2 : 日大理工・教員・航宇

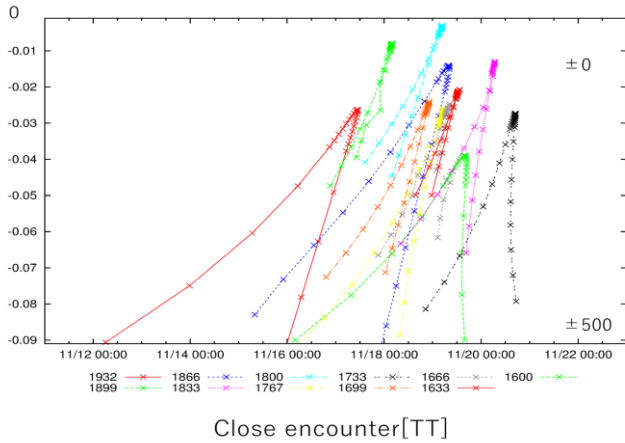


Figure 1. Close encounter

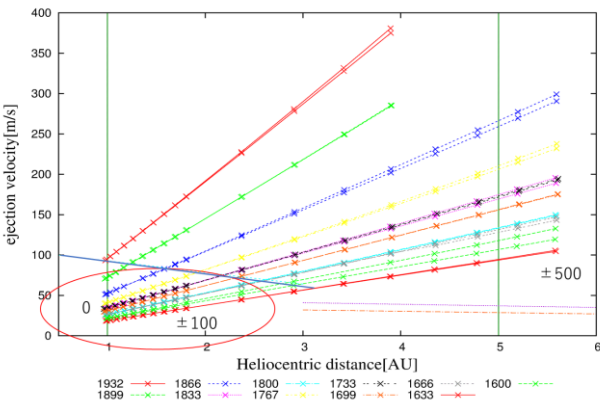


Figure 2. Ejection velocity and Heliocentric distance

4. 月でのしし座流星群の2次元計算

月での2次元計算の結果を地球と同様に Figure 3, Figure 4 に示す。

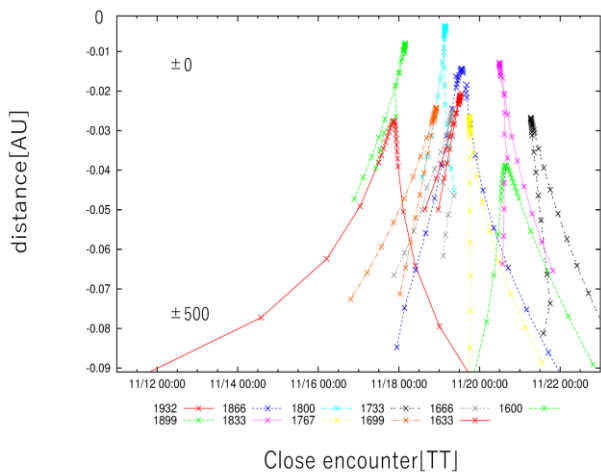


Figure 3. Close encounter

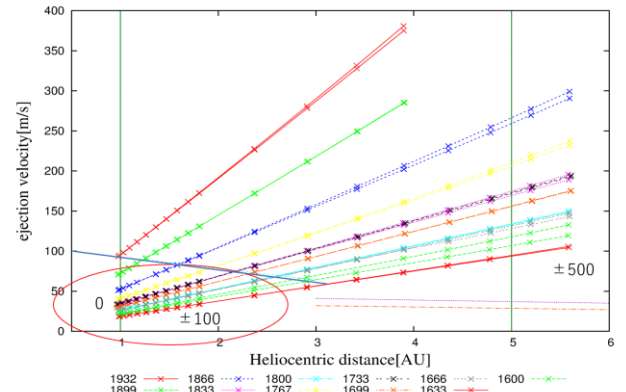


Figure 4. Ejection velocity and Heliocentric distance

5. 考察・今後

計算の収束条件は

$$\text{近日点引数} + \text{真近点角} = 180^\circ, -180^\circ$$

となるようにした。

地球と月ではダストの接近時刻に差はできるものの、放出速度はほぼ同値となる結果となった。

両者とも最も接近するダストトレイルは 1800 年次いで 1600 年のものとなった。

Figure 2. Figure 4. の水色のラインは Zeuner の公式より算出した H₂O の限界放出速度である。

ダストは彗星から H₂O の水蒸気ジェットと共に放出されるので、水の噴出速度を超えたダストは極微粒のため肉眼流星として観測されることはないと考えられるので赤い円で囲んだ内側のダストから肉眼流星が発生すると考えられる。

現在 4 次元計算での解析もおこなっており、地球と月それぞれで 2 次元計算と比較を 1800 年、1600 年のダストトレイルを中心に行っていく。

今年のしし座流星群の予報も行い、実際に観測しその結果と International Meteor Organization のデータを使用し、計算の整合性を調べる。

6. 謝辞

本研究に際して多大なご協力を頂いた佐藤勲氏に感謝の意を表す。

7. 参考文献

[1] Shinsuke Abe : 「Meteoroids and Meteors-Observations and Connection to Parent Bodies」, Lecture Notes in Physics 758, 2009, pp 1-38

[2] DELPHINUS : <http://issl.space.t.u-tokyo.ac.jp/equuleus/mission/delphinus/>