K7-22

流星群予報：彗星ダストトレイルの 4 次元計算

Meteor shower forcast: 4 dimentional calculation of dust trails

○今村優志[1]，　阿部新助[2]
*Masashi Imamura[1], Shinsuke Abe[2]

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 Perseid meteor shower. In this study, the orbital calculation predicted the date of the maximum 2016 Perseids which are compared with optical observation.

１．目的

流星(meteors)という現象は，彗星(comets)や小惑星(asteroids)といった太陽系小天体から放出されたミリメートルサイズのダスト(dusts)が,地球の軌道と交差した時に発生するプラズマ発光現象のことである．また，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(dusttrails)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 showeres)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．

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．ペルセウス座流星群の 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，109P/Swift-Tuttle(スイフトッタトル彗星)のダストトレイルによって発生する「ペルセウス座流星群(Perseids)」について計算をする．

Figure 1 に 1862 年，1737 年に放出されたダストトレイルの 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．

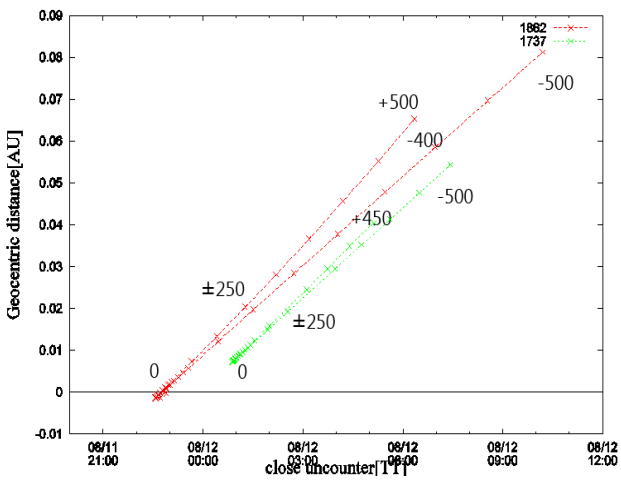

Figure 1. Close encounter

１：日大理工・院(前)・航宇　２：日大理工・教員・航宇

４．ペルセウス座流星群の 4 次元計算

１次元計算と２次元計算では母天体からダストが±進行方向のみに放出されていると仮定しているので，厳密なダストトレイルの計算はできない.さらに正確な計算を行うために，ダストが進行方向 x に加え動径方向 y，軌道面に垂直な方向 z の 3 軸方向に放出されるという仮定で計算を行う.そして地球に接近するための放出速度がどのように変化するか調べる.

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 **Figure 3** に縦にダスト放出速度, 横軸に地球接近時刻(世界時)をとった結果を示す.

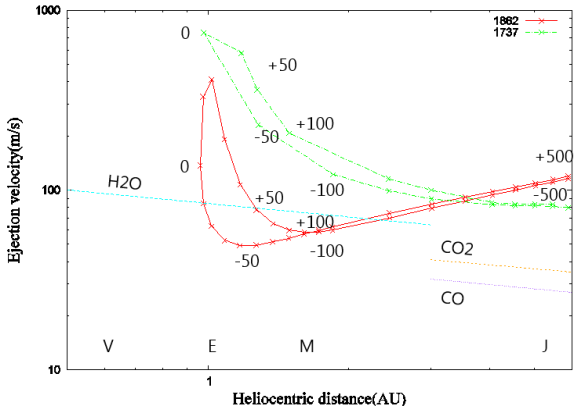

Figure 2. Ejection velocity and Helliocentric distance

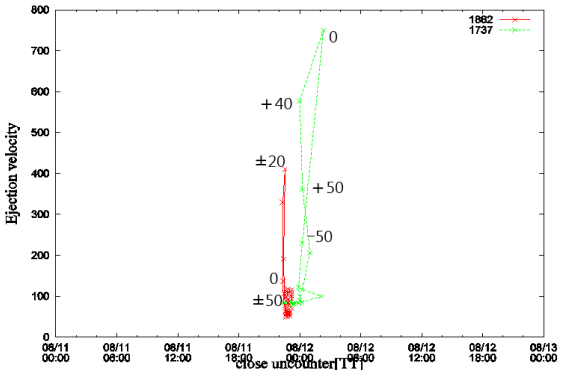

Figure 3. Close encounter

５．考察

Table1 に 1862 年のダストトレイルの 2 次元計算，4 次元計算の計算結果を示す．Offset とは彗星から放出されるダストの近日点通過時刻からのずれを示す．ZHR(Zenith Hourly Rate)とは天頂出現数と呼ばれ，輻射点が天頂にあり雲量を 0 とした時に 1 時間あたりに観測出来る理想流星最微等級 6.5 等の数である．

ダストは彗星から水の噴出と共に放出されるので，水の噴出速度を超えたダストは肉眼流星として観測されることはない．

Table1. Information of close encounter(1862)

	2 次元計算		4 次元計算	
Offset (day)	放出速度 (m/s)	接近時刻 8/11 (TT)	放出速度 (m/s)	接近時刻 8/11 (TT)
300	178.623	26:12	94.013	23:13
200	132.945	24:25	79.053	23:00
100	81.878	23:04	59.813	22:46
50	56.274	22:40	77.606	22:33
0	42.668	23:44	136.829	22:22
-50	56.237	22:54	49.340	22:41
-100	81.802	23:34	62.464	23:03
-200	133.158	26:31	83.553	22:52
-300	179.081	28:44	97.924	22:45

２次元計算で地球に接近すると予測されたダストは４次元計算により**(Figure 2)**放出速度が速く，水の噴出速度を下回っているダストは offset が±50 日周辺で放出されたダストのみとなった．このダストが地球に接近する時刻は 8/11 22:30[TT]前後に密集している**(Figure 3)**．**Figure4** に IMO の観測結果を示す.

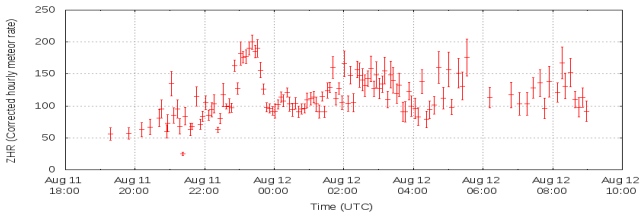

Figure4. 12-13 August in detail

この時間の ZHR は 70~150[2]前後であり，1862 年のダストが起因しているものと考えられる．1737 年のダストは水の放出速度を上回っているため地球には接近しない．8/11 の 23:00 から 23:30 にかけても ZHR が 100 をこえているが，これは過去のダストトレイルも地球に接近しているからと考えられる.

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]International Meteor Organization