

ハレー彗星起源の流星群のダスト・トレイルについて

The dust trails which originated from 1P/Halley

佐藤 幹哉、渡部 潤一 (国立天文台)

Mikiya Sato, Jun-ichi Watanabe (National Astronomical Observatory of Japan)

Abstract

Orionids and η -Aquarids are meteor showers which originated from 1P/Halley. The Orionid outburst observed in 2006 resulted in strong activity, continuing for about four days. We have found the Origin of this outburst by using the dust trail theory and we researched a background of dust trails which caused this outburst.

1 はじめに

ハレー彗星 (1P/Halley) を起源とする流星群には、母天体軌道の昇交点側で毎年 10 月 21 日頃に活動するオリオン座流星群と、軌道の降交点側で毎年 5 月 6 日頃に活動するみずがめ座 η 流星群の 2 つが存在する。しかし、現在のハレー彗星の軌道はともに地球軌道とやや離れており、これらの流星群は非常に古い時期に放出されたダストで形成されていると言われるものの、放出時期を明確化するような研究結果は得られていなかった。

このハレー彗星起源の流星群の一つのオリオン座流星群が、2006 年に突発出現を見せた。ZHR で 50 以上に達し、過去にない規模の出現であった。また ZHR が 30 以上となる高レベルの出現が 10 月 20.4~24.2 日 (太陽黄経:206.8~210.6 度) (IMO 2006) のおよそ 4 日間に渡ったことも特徴的であった。このような例年とは違う活発な出現が観測されたことは、オリオン座流星群を形成するダストの放出時期を探る上で貴重なチャンスを得たことになる。この点に着目し、近年確立しつつあるダスト・トレイル理論を用いて、2006 年のオリオン群の突発出現の起源を明らかにすることを試みた。

2 計算方法

計算は、モデルダストを用いた最も簡単なダスト・トレイル理論によって行った。すなわち、放出時期は母天体の近日点通過時 1 回、放出方向は母天体の運動方向 (+) とその逆方向 (-)、放出速度は +30 ~ -30 m/s の範囲に設定、摂動は 8 惑星、冥王星、月 (以上 DE406 より) と、メインベルトの 3 小惑星 ((1) セレス、(2) パラス、(4) ベスタ) を考慮した。なお母天体の軌道要素は、Yeomans and Kiang (1981) を使用し、この中の最も古い -1403 年以降の近日点通過において、ダストを放出させた。なお太陽光圧の影響は考慮していない。

3 結果

図 1 にモデルダストの分布の結果を示した。上方の図が紀元後 (66~1910 年) に放出した結果を、下方の図が紀元前 (-1403~-11 年) に放出した結果をそれぞれ示す。R は昇交点の日心距離 (AU) を示し、1AU 付近であれば地球軌道とダストが交差することを意味する。Time はダストが昇交点を通過する時刻である。

紀元後放出 (上方図) のダストは、まず母天体の付近に密集していることがわかる。また図中、ダストが連なっている部分が多く存在するが、これはダスト・トレイル構造が保持されていることを意味する。一方で、R は 1.2AU よりも全て大きく、これらのダス

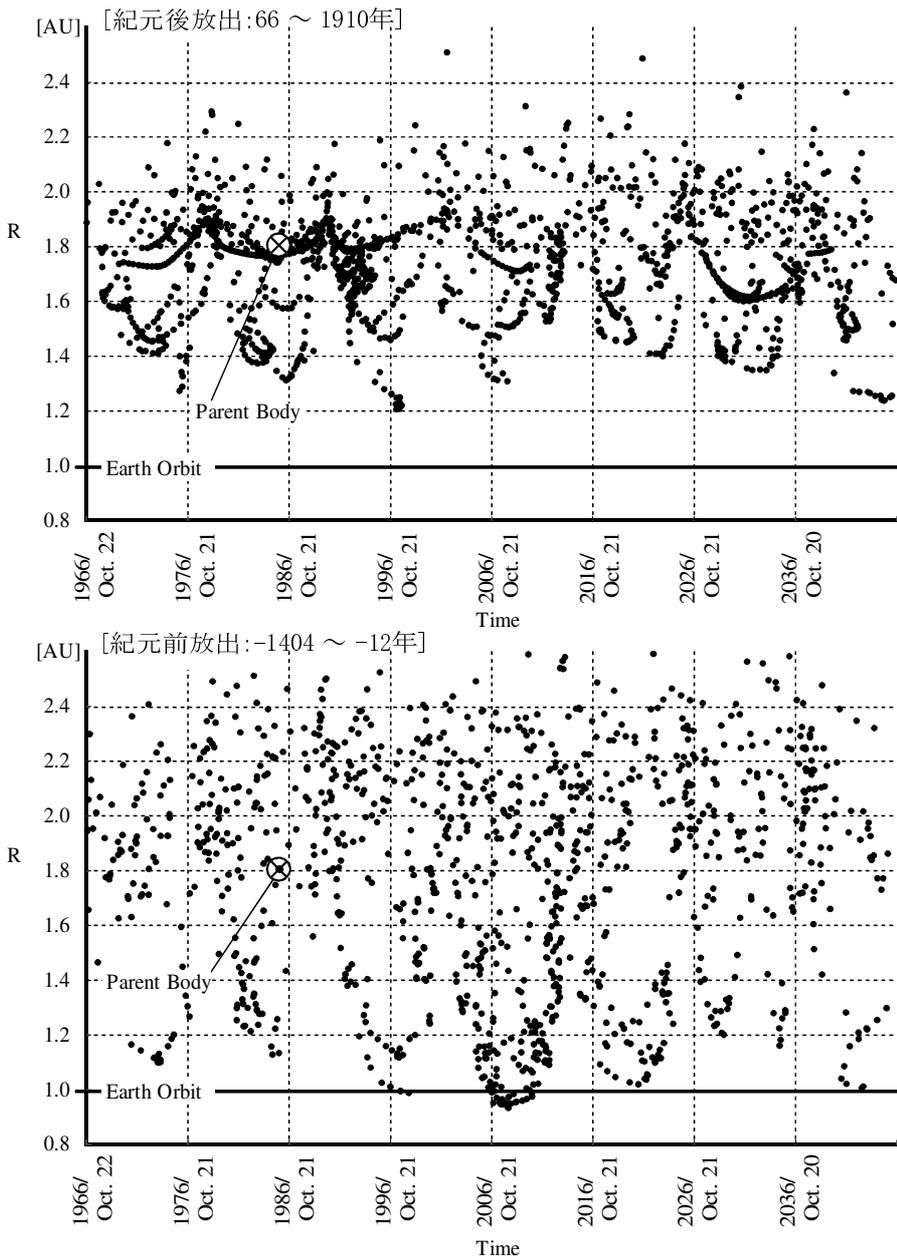


図 1. ダストの分布

R：昇交点における日心距離

Time：昇交点通過時刻

Parent Body：

母天体 (1P/Halley) の
1986 年回帰時の軌道にお
ける位置

Earth Orbit：

10 月 21 日頃の地球軌道
の位置 (日心距離)

上方図は紀元後放出の新しいダスト、下方図は紀元前放出の古いダストを示す。

トは地球軌道に接近しない。すなわち、この範囲の時期に放出したダストからは、現在のオリオン座流星群は発生していないことを意味する。

これに対して、紀元前放出(下方図)のダストは、ほとんど散逸してしまっており、密集した部分や、ダスト・トレイル構造が保持されている部分がほとんど見られない。しかし一部のダストでは R が 1.2AU よりも小さく、地球軌道に接近するものが見られるようになる。特に 2006 年には、まとまった部分が地球軌道と交差していることがわかった。またこの部分では、点が連なっておりダスト・トレイル構造が保持されているらしいことが判明した。

また、2006 年に地球と(黄道面上において) 0.01AU 以内に接近するダストの部分を表 1 にまとめた。-1265 年、-1197 年、-910 年の 3 種類のダスト・トレイルが地球に接近し、これから予想される極大は、10 月 21.1~23.7(太陽黄経 207.5~210.0) の 3 日間に渡っている。この極大は、2006 年に実際に観測された極大期間 10 月 20.4~24.2 日(太陽黄経:206.8~210.6 度)とほぼ一致した。さらに予想される放射点は、 $\alpha = 95.14^\circ$ 、 $\delta = +15.45^\circ$ (表 1 の-1265 年トレイル、10 月 21.1 日)であったが、実際に観測された結果のひとつは、 $\alpha = 95.16^\circ$ 、 $\delta = +15.51^\circ$ (10 月 21.0~21.1 日の値、Shrbeny &

表 1. 2006 年に地球と接近したダスト・トレイル

放出年	期待される極大時刻		LS(2000)	Δr (AU)	放出 速度 (m/s)	fM	放射点の 予報位置		Vg (km/s)	公転 周期 (yr)
	Date (UT)	Time					α (deg.)	δ (deg.)		
-1265	2006 Oct 21.10	02:28	207.464	+0.00055	+10.77	0.14	95.14	+15.45	66.88	70.5
-1197	2006 Oct 21.58	13:59	207.942	+0.0076	+11.98	0.019	95.41	+15.47	66.67	71.8
-910	2006 Oct 23.05	01:14	209.404	-0.0089	-10.26	0.023	96.56	+15.47	66.94	71.0
-910	2006 Oct 23.13	03:03	209.480	-0.0086	-10.76	0.036	96.66	+15.47	66.94	71.3
-910	2006 Oct 23.19	04:31	209.540	-0.0075	-10.75	0.015	96.71	+15.47	66.91	71.4
-910	2006 Oct 23.31	07:20	209.657	-0.0039	-9.87	0.33	96.76	+15.48	66.81	71.3
-910	2006 Oct 23.36	08:32	209.707	-0.0034	-9.73	0.039	96.79	+15.49	66.79	70.9
-910	2006 Oct 23.47	11:21	209.824	-0.00070	-9.62	0.14	96.88	+15.49	66.72	71.9
-910	2006 Oct 23.66	15:51	210.011	-0.00046	-11.12	0.089	97.03	+15.50	66.71	72.9

Δr : 黄道面上における昇交点と地球軌道の距離

fM: ダスト・トレイルの該当部分が黄道面を通過する時間を Δt_0 、同じ部分が 1 回帰目には通過する時間(理論値)を Δt としたとき、 $\Delta t_0 / \Delta t$ で表される値。トレイルの延伸具合を表し、摂動の影響が無い場合、n 公転目では $1/n$ の値をとる。

Vg: 流星体の地心速度(地球による引力を受ける前の値)

Spurny 2007) と完全に一致していた。

これらの一致より、2006 年のオリオン座流星群の突発出現は、-1265 年、-1197 年、-910 年にハレー彗星から放出されたダストで形成されたダスト・トレイルを起源としていることが確認された。

4 考察

前項までに、2006 年の突発出現は、約 3000 年前に放出された古いダストが形成したダスト・トレイルが起源であることを述べた。しかし、これらの古いダストが 3000 年もの間、ダスト・トレイル構造を保持し続けることができたのはなぜか、という疑問点

が残った。この点について考察した。

図 2 は、昇交点における日心距離 R と、公転周期の関係について示したものである。放出時期は -1403 ~ -1197 年に限定した。一方、放出速度は -100 ~ +100 m/s と範囲を拡張した。これはモデルダストの公転周期にバリエーションを持たせるためである。この結果、 $R \approx 1AU$ となる地球軌道と接近するダストは、全て木星の公転周期の整数倍の公転周期を持つことが確認された。実際、2006 年に接近したダスト・トレイルの部分の公転周期は、70.5 ~ 71.8 年であり(表 1)、木星の 6 公転(約 71.2 年)とほぼ一致していた。

図 3 には、2006 年に接近したダスト・トレイルの部

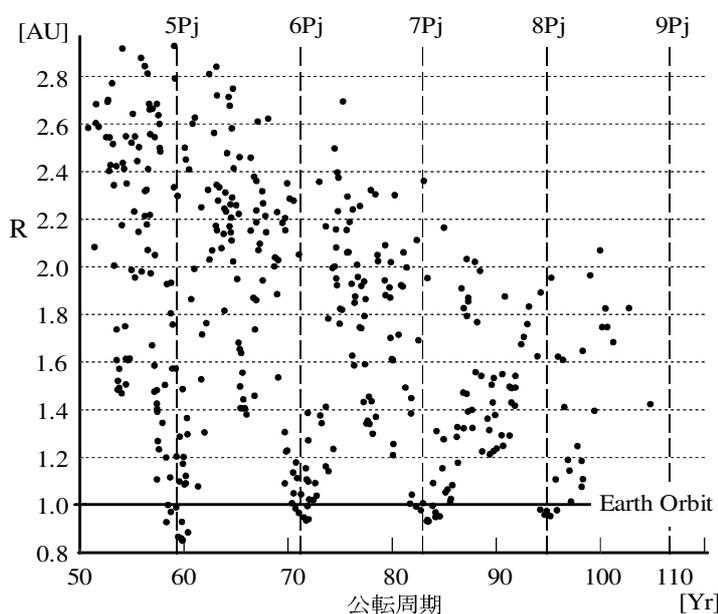


図 2. R と公転周期の関係

R: 昇交点における日心距離

Pj: 木星の公転周期

Earth Orbit:

10 月 21 日頃の地球軌道の位置 (日心距離)

縦の破線はそれぞれ木星の公転周期の整数倍の値を示す (例: $5P_j = 59.3$ 年)

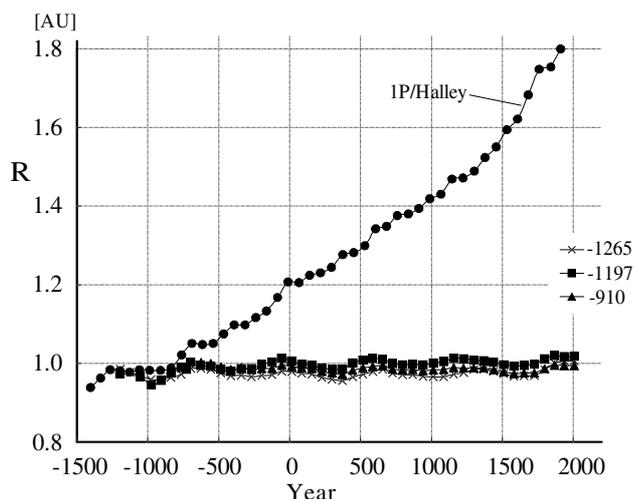


図 3. ダスト・トレイルの R の推移

R: 昇交点における日心距離

分の R の推移を示した。約 3000 年前、ハレー彗星の R は 1AU に近く、この時期に放出されたダストが現在まで 1AU 付近に存在して 2006 年に地球に到達したことがわかる。また図 4 には、同様のダスト・トレイルの部分について、その公転周期の推移を示した。これらは、常に木星の 6 公転を中心に推移しており、現在に至ったことがわかった。

以上より、2006 年に地球と接近したダスト・トレイルを構成するダストは、木星と 1:6 の平均運動共鳴下にあり、その結果、これらダスト・トレイル構造を約 3000 年に渡って保持しながら、地球軌道付近に存在していたと推測された。

5 Future Work

2006 年に地球と接近したダストは、約 71 年の公転周期を持っており、約 71 年前も地球と同じ位置関係であったことが推測される。実際 70 年前の 1936 年にも突発出現が記録された。また、2006 年には及ばないが、2007~2009 年頃にもダスト・トレイルが接近することが予想される。さらに、降交点側で生じているみずがめ座 η 流星群についても、同様の検討が必要である。これらについては、今後さらに詳細に検討したい。

また、-1403 年以前も、当然母天体からのダストの放出は起こっており、特に現在定常的に観測さ

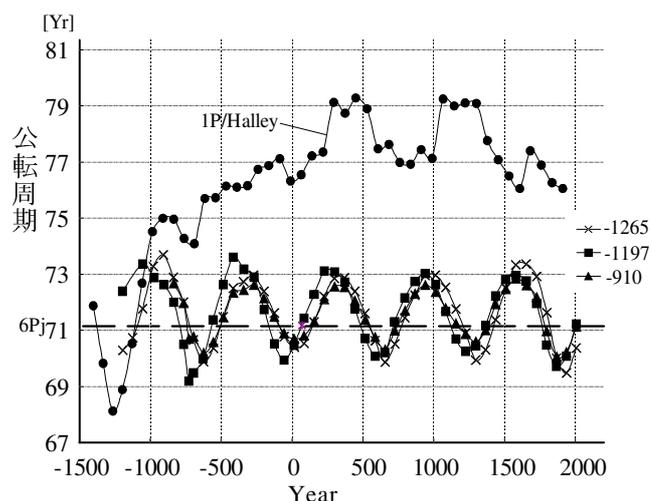


図 4. ダスト・トレイルの公転周期の推移

6Pj: 木星の 6 公転 (約 71.2 yr)

れているオリオン座流星群は、これらさらに古いダストによって形成されていると推測される。ただし、この点については妥当な軌道要素が得られないのが現実であり、今後の検討課題である。

6 結論

オリオン座流星群の突発出現が 2006 年に観測された。これは、約 3000 年前(-1265、-1197、-910 年)に放出されたダストが形成したダスト・トレイルに起因することが確認された。またこれらのダストは、木星と 1:6 の平均運動共鳴下にあることが判明し、この結果、約 3000 年間の長い間ダスト・トレイル構造を保持することができたものと推測された。

7 参考文献

- IMO 2006 :
<http://www.imo.net/news/orionids2006>
 Yeomans, D. K., & Kiang, T. 1981, MNRAS, 197, 633
 Shrbeny, L., & Spurny, P. 2007, Meteoroids 2007, June 11-15 (Poster)

(本研究は日本天文学会欧文報告(PASJ) 第 59 巻 4 号、L.21~24 に掲載された。)