

シュヴァスマン・ヴァハマン第3彗星からもたらされる流星雨の可能性

Meteors originated from 73P/Schwassmann-Wachmann

堀井俊 (総研大)、 渡部潤一・佐藤幹哉 (国立天文台)

Shun Horii (SOKENDAI), Jun-ichi Watanabe・Mikiya Sato (NAOJ)

Abstract

シュヴァスマン・ヴァハマン第3彗星(73P/Schwassmann-Wachmann)の核は、少なくとも過去2回の回帰で多くの破片に分裂してきている。それに関連した濃いダストのトレイルが赤外観測で検出されているので、将来、これらが流星群の活発な活動を引き起こすことが大いに期待される。そこで、我々はこの彗星に対して、いわゆるダスト・トレイル理論を適用してみた。その結果、将来、いくつかのダストのトレイルと非常に接近し、流星群の活発な活動の可能性があるということが分かった。

1 イントロダクション

流星群は、地球が彗星から放出された濃いダストのトレイルを横切るときに出現する。1995年にシュヴァスマン・ヴァハマン第3彗星が回帰したとき、いくつかの核に分裂していることが判明し、その後も分裂を重ね、今までに50個以上に分裂していることが分かっている(Fuse et al. 2007)。これに関連した濃いダストのトレイルが、スピッツァー宇宙望遠鏡による赤外観測によって検出されたということが、2006年5月10日に「Spitzer Telescope Sees Trail of Comet Crumbs」というタイトルのNASA Mission Newsで発表されている。ゆえに、この濃いダストのトレイルが、将来、流星群の活発な活動を引き起こすが期待される。

実際、過去の事例では、1846年に分裂したビエラ彗星(3D/Biela)が、1872年に1時間あたり数万という流星雨をもたらしたという記録が残っている。この流星雨はアンドロメダ座流星群(Andromedids)として知られている。

そこで、我々はこのシュヴァスマン・ヴァハマン第3彗星に対して、いわゆるダスト・トレイル理論を適用し、この彗星に関連した流星群が将来あるかどうか、その可能性を調べてみた。

2 ダスト・トレイルの計算の方法

我々は、ダスト・トレイル理論(Asher 2000)の最もシンプルな手法を使って解析した。なお、その詳細は、Sato 2003に記述されている。

まず、それぞれのトレイルは、その母彗星が近日点を通る時に放出された流星体によって形成されると想定する。また、母彗星の進行方向とその反対方向に放出されたテスト粒子を使ってトレイルの計算を行う。初めに、放出速度は $-120\text{m/s} \sim +120\text{m/s}$ の範囲で与える。ここで言う“+”というのは、母彗星の進行方向と同じ向きということを示し、“-”というのは、進行方向と反対の向きということを示す。通常は、この放出速度は $-30\text{m/s} \sim +30\text{m/s}$ の範囲で与えているが、今回の場合、分裂している彗星の核から放出される流星体について考えているため、より大きい放出速度を持っているだろうと考え、通常より大きい放出速度まで調べるようにした。数値積分はルンゲ・クッタ法を使って行った。摂動天体として、8つの惑星、冥王星、3大小惑星(Ceres, Pallas, Vesta)と月を考えた。流星体に働く太陽輻射圧などの非重力効果は考慮していない。彗星の軌道要素は、木下一男氏が計算したものを利用していただいた。なお、これらは彼のウェブページ

(URL="http://www9.ocn.ne.jp/~comet/")で公開されている。今回の計算では、核Cから 1995 年以降に生み出され、1995 年~2070 年に地球に接近するようなトレイルについて調べてみた。

3 結果

我々の計算の結果、将来、いくつかのトレイルが地球の近くに接近することが分かった。将来、地球から 0.02AU 以内という近さに接近してくるダストのトレイルのデータを表1に示した。

まず、 V_g は地球の重力を受けて地球に落ち込んでくる前の地心速度を表す。 V_g が大きいほど小さなダストまで流星として見えることになる。また、放出速度によって、母彗星から放出されるダストの量やサイズが変わってくる。一般に放出速度の大きなダストは、あまり出にくく、また、サイズも小さいため、流星になりにくい。次に、 r_D はダストのトレイルの降交点における日心距離を表し、 r_E は同じ黄経における地球の日心距離を表す。 $r_E - r_D$ が、ダストのトレイルと地球の接近距離を与えることになる。経験的で粗い一つの基準として、この接近距離が 0.01AU 以内になると、このトレイルからもたらされる流星がおそらく観測でき、また、0.001AU 以内に入ってくると、流星雨になる可能性が出てくる。次に、 f_M は平均近点角ファクターと呼ばれ、トレイルの伸び具合を表す。表1中の f_M の値は、 $f_M = \Delta M_0 / \Delta M$ という式によって算出した。ここで、 ΔM は、調べたい時点におけるトレイルの調べたい部分の端から端までの平均近点角の差を表し、 ΔM_0 は、同じ部分の1回帰時点での理論的な平均近点角の差を表す。摂動がなければ、トレイルは時間の経過とともにだんだん長く伸びていく。トレイルが長く伸びるにつれてダストの密度は薄くなっていくので、 f_M の値が1に近いほど密なトレイルであることを示し、逆に0に近いほど疎なトレイルであることを示す。

以上のことより、将来の流星雨の可能性を考える上で、 $V_g \cdot$ 放出速度 $\cdot r_E - r_D \cdot f_M$ の値が重要になってくる。

表1の値を見ていくと、まず、最も流星雨の可能性が高いだろう、と目を魅かれるのは 2022 年である。2022 年の地球軌道と接近してくるダストのトレイルの様子を図1に示した。特に、彗星の核の分裂が確認された 1995 年に放出されたダストのトレイルは、地球から 0.00038AU という近さまで接近する。また、この放出速度は -26.71m/s とそれほど大きくなく、また f_M 値も 0.24 とそれほど小さくないので、2022 年には、このダストのトレイルがたくさん流星をもたらしてくれることが大いに期待できる。ただ、 V_g が 12.10km/s と小さいことが残念なところである。 V_g がもっと大きかったならば、流星雨になる可能性が強かっただろう。次に、他の年の状況を見てみると、2064 年がおもしろい。その 2064 年の様子は図2に示した。2022 年の時ほど地球に接近してくるトレイルはないものの、いくつかのトレイルが数日間にわたって次々と接近してくるのが興味深いところである。

表1を見ていくと、これら2つの年以外にもいくつかの年で流星の出現が期待できることが分かる。

4 結論

我々の計算の結果によると、将来、いくつかのダストのトレイルが地球近くに接近する。そのため、我々はシュヴァスマン・ヴァハマン第3彗星を起源とする流星をいくつかの年で観測できるだろう。特に、2022 年においては、たくさんの流星が期待できる。

現段階では、我々は、核Cから放出されたダストについてしか計算できていない。この彗星は、おそらくこれからも多くの破片へと分裂し続けていくことだろう。我々は、他の分裂核からもたらされる流星が将来あるのかどうか、早急に調べなければいけない。

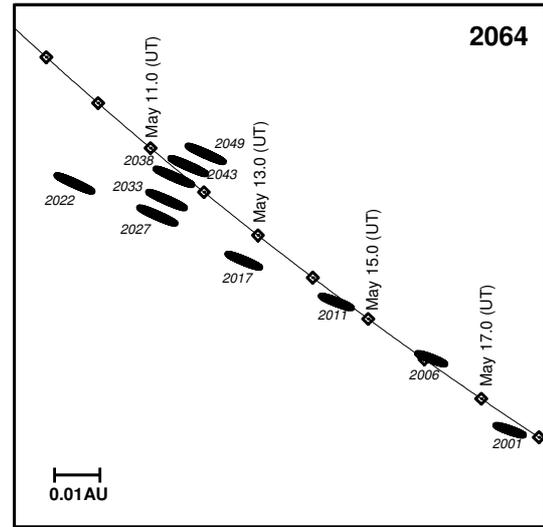
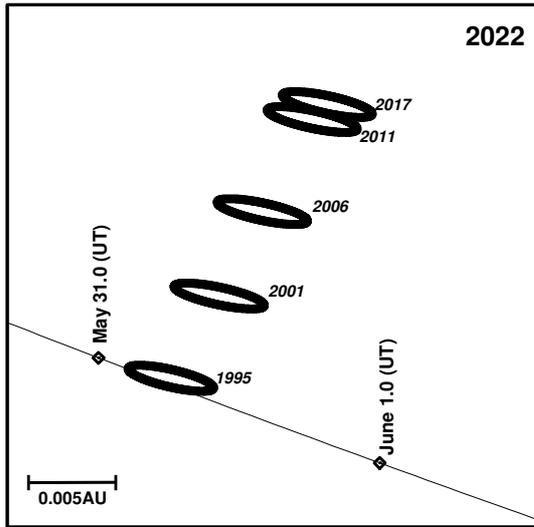


図 1. 黄道面上でのダスト・トレイルの位置を示している。実線の曲線は 2022 年の地球軌道を表し、楕円はトレイルの降交点の位置を表している。それぞれのトレイルは直径 0.001AU とした。図中には、黄道面で切った断面として、短軸長 0.001AU の楕円が描かれている。

図 2. 2064 年の様子を図 1 と同じ様式で描いた。

表 1. 地球から 0.02AU 以内までに接近するダスト・トレイルのデータ

Observation year	Ejection year	Expected peak time (UT)	Solar longitude (2000.0)	$r_D - r_E$ (AU)	Ejection velocity (m/s)	f_M	Expected position of radiant α (deg.) δ (deg.)	V_g (km/s)
2021	1995	May 14.72 17:23	53.841	-0.0037	-118.90	0.033	201.58 +8.79	12.84
2022	1995	May 31.21 04:59	69.448	-0.0038	-26.71	0.24	209.48 +28.13	12.10
2022	2001	May 31.26 06:15	69.499	-0.0058	-30.26	0.23	209.04 +28.27	12.30
2022	2006	May 31.30 07:04	69.532	-0.011	-33.43	0.32	208.70 +28.36	12.27
2022	2011	May 31.34 08:12	69.577	-0.017	-43.97	0.47	208.30 +28.48	12.35
2022	2017	May 31.37 08:55	69.607	-0.018	-88.83	0.94	208.35 +28.56	12.33
2032	1995	May 19.49 11:51	58.613	+0.0085	-105.95	0.044	204.38 +10.62	12.20
2037	1995	May 18.27 06:33	57.159	+0.0077	-109.46	0.062	203.56 +9.68	12.30
2042	1995	May 16.99 23:53	55.657	-0.0073	-112.76	0.021	202.42 +9.05	12.82
2043	1995	May 21.72 17:18	59.968	+0.0098	-94.19	0.10	206.98 +13.22	12.37
2047	1995	May 16.10 02:31	54.529	-0.0010	-115.41	0.019	201.98 +8.68	12.76
2048	1995	May 20.89 21:25	59.858	+0.014	-102.01	0.045	205.67 +11.80	12.05
2048	2001	May 27.31 07:24	66.023	+0.00023	-105.42	0.00058	209.38 +21.63	12.20
2064	2001	May 17.55 13:13	56.542	+0.0025	-37.21	0.029	205.78 +14.77	12.90
2064	2006	May 16.02 00:27	55.065	-0.0010	-33.56	0.028	204.48 +13.87	13.05
2064	2011	May 14.44 10:39	53.546	+0.0013	-31.76	0.087	203.80 +12.57	13.12
2064	2017	May 13.03 00:36	52.178	+0.0071	-38.99	0.076	203.29 +11.37	13.13
2064	2022	May 10.46 11:03	49.698	+0.019	-48.47	0.15	202.42 +9.16	13.16
2064	2027	May 11.66 15:44	50.853	+0.018	-51.58	0.0063	201.47 +9.92	12.92
2064	2033	May 11.62 14:49	50.816	+0.0073	-62.35	0.21	201.15 +9.82	13.00
2064	2038	May 11.48 11:37	50.687	+0.0018	-67.76	0.23	200.86 +9.81	13.12
2064	2043	May 11.54 13:04	50.746	-0.0025	-83.95	0.17	200.60 +9.99	13.17
2064	2049	May 11.63 15:00	50.824	-0.0076	-110.81	0.10	200.25 +10.24	13.21

References

1. Asher, D. J. (2000), in Proc. Int. Meteor Conf., Frasso Sabino, Italy, 23-26 Sept, 1999, (ed.) R. Arlt (Belgium:IMO), 5
2. Fuse, T., Yamamoto, N., Kinoshita, D., Furusawa, H., and Watanabe, J. (2007), PASJ (Publ. Astron. Soc. Japan) 59, 381-386
3. Sato, M. (2003), WGN (J. Int. Meteor Org.), 31, 59