

流星の爆発点高度の統計

上田 昌良 (Masayoshi Ueda)

1. 概要

2013 年～2019 年の間に得られた TV 同時流星で、爆発のあった火球が 25 個あった。これらの軌道計算の結果、火球の爆発時の明るさは、-3.6 等から -15.4 等の範囲内にあった。爆発時の高度は、31.7km から 91.7km の範囲内にあった。統計をとると、爆発点の高さと爆発時の光度に関係がみられた。また、爆発点高度と発光点の高さ、実経路長とも関係がみられた。

2. 25 個の爆発火球

2013 年～2019 年の間に得られた TV 同時観測された火球で、爆発のあった火球が 25 個あった。これらの軌道計算は筆者がおこなった。

表 1 の火球は SonotaCo Network、東亜天文学会などに報告のあったものから撮影者に連絡をして、撮影流星のデータ等を提供していただいた。また、流星の情報収集は、下田力氏など多くの方の協力があった。流星データ等を提供していただいた多くの方々、情報収集等に協力いただいた多くの方々に感謝申し上げる。

No.	出現時刻 (JST)	爆発時光度 (絶対光度)	爆発増光差 (増光等級)	突入角 (°)	爆発時高度 (km)	発光点高度 (km)	初速 (km/s)	流星群	経路上の比	実経路長 (km)	爆発時間 (秒)
1	2013-01-20,02:42:04	-10.0	1.6	31	52.0	106.0	20.0	SPO	0.70	143	0.03337
2	2013-02-14, 01:04:35	-10.6	3.1	44	52.6	101.8	15.6	SPO	0.71	99.3	0.05005
3	2013-03-13, 02:35:05	-6.6	5.1	62	87.4	137.7	54.6	SPO	0.85	67.6	0.03337
4	2013-07-19, 02:14:42	-6.2	2.9	60	81.8	146.1	64.9	JPE	0.92	80.6	0.06673
5	2013-08-02, 22:56:25	-4.7	4.4	69.5	80.6	103.7	24.8	CAP	0.84	36.5	0.03337
6	2014-01-06, 20:06:44	-4.8	2.0	29	71.6	91.8	15.3	SPO	0.75	54.5	0.11678
7	2014-08-06, 23:45:22	-5.2	3.0	65	81.7	93.5	23.4	SPO	0.80	16.4	0.05005
8	2014-08-17, 22:09:40	-3.8	2.8	73	79.8	91.5	27.5	KCG	0.70	16.7	0.06673
9	2014-08-20, 01:27:37	-4.2	3.0	45	82.1	96.4	25.4	KCG	0.91	22.3	0.03337
10	2014-12-25, 01:59:08	-13.8	1.1	58	35.3	103.7	20.9	SPO	0.81	98.5	0.20020
11	2015-03-12, 22:22:58	-4.5	3.3	58.5	53.6	86.9	14.2	SPO	0.77	47.9	0.03337
12	2015-08-02, 01:36:11	-8.1	1.8	50	82.7	137.7	67.6	SPO	0.84	85.3	0.10010
13	2015-09-12, 03:19:55	-9.7	3.0	51	78.4	150.0	66.6	SPO	0.78	118.2	0.16683
14	2016-06-18, 22:54:18	-7.2	3.4	50.7	31.7	85.9	14.6	SPO	0.92	75.2	0.01668
15	2016-07-21, 03:25:50	-4.7	2.5	64.8	81.1	135.6	67.6	SPO	0.93	64.7	0.01668
16	2016-10-05, 04:33:31	-4.8	1.2	55	91.7	114.1	67.9	SPO	0.84	32.9	0.03337
17	2016-11-16, 18:00:05	-5.7	4.4	24.1	49.1	83.1	19.6	SPO	0.71	130	0.10010
18	2016-12-12, 00:42:28	-7.8	4.6	71	72.8	108.5	26.2	STA	0.75	49.7	0.06673
19	2016-12-21, 04:20:57	-11.0	6.9	80.0	82.1	119.4	59.3	SPO	0.94	42.5	0.06673
20	2017-11-21, 21:29:29	-15.4	2.8	68.7	35.5	97.4	25.9	SPO	0.90	72.0	0.03337
21	2018-02-18, 00:40:21	-10.1	4.4	63	72.4	111.6	30.4	SPO	0.74	58.6	0.10010
22	2018-08-01, 23:26:09	-3.6	2.4	49	75.4	101.9	25.0	CAP	0.92	37.3	0.06673
23	2018-12-13, 04:04:11	-10.3	3.4	56.4	89.4	143.0	71.7	SPO	0.97	67.1	0.06673
24	2019-01-03, 04:49:32	-13.8	3.6	29.8	38.5	95.7	19.6	SPO	0.85	135	0.06673
25	2019-07-25, 20:13:02	-6.8	4.7	21.6	73.1	95.1	26.7	CAP	0.99	60.4	0.03337

3. 爆発点の高さ(km)と爆発時の光度

図 1 の爆発点の高さ(km)と爆発時の光度(最大絶対光度)には関係がみられる。平均値では、爆発時の光度(最大絶対光度)が-4.0 等ならその爆発点の高さが 79.6km、-8 等なら 67.7km、-10 等なら 61.7km となった。明るくなるほど爆発点の高さが低くなる傾向がある。

もし、爆発が 2 回以上あった場合は、明るい方の最大光度爆発地点を今回の対象に選んだ。表 1 に

ある爆発火球の明るさは、-3.6等から-15.4等の範囲内だった。

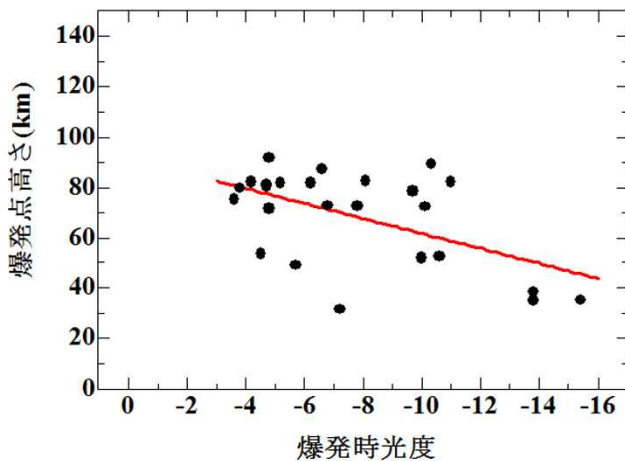


図1 爆発点高さ(最大光度)の関係

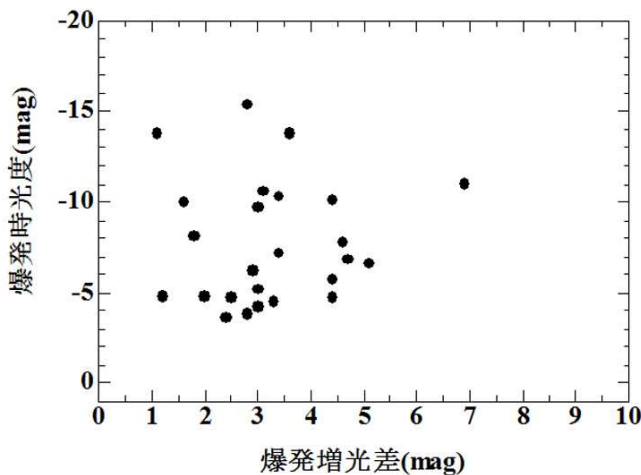


図2 爆発増光差(爆発を始めたときの光度と最大光度との差)と爆発した最大光度の関係

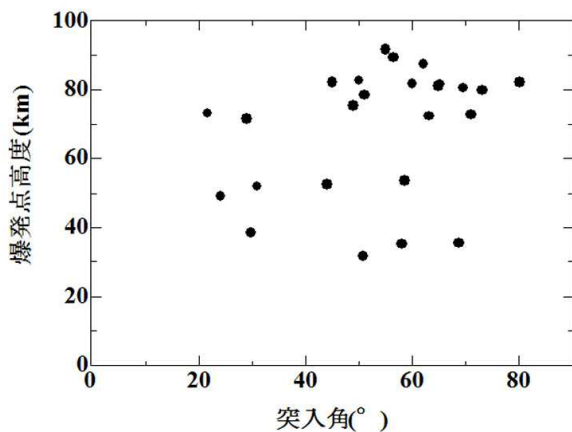


図3 爆発点高度と突入角の関係

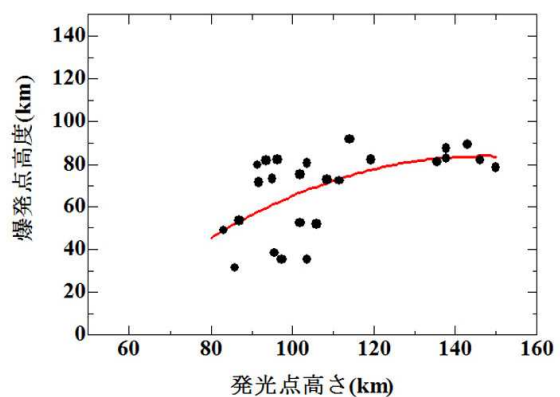


図4 爆発高度(km)と発光点の高さ(km)

4. 爆発増光差と爆発最大光度

図2の爆発増光差と爆発最大光度の関係はなかった。

ここで、爆発増光差とは、光度曲線で急増した=爆発を始めたときの光度とその爆発の最大光度の差のことで、単位は等級(Mag.)である。爆発増光を始める点は、光度曲線をみて判断した。なお、爆発とは、流星の静止画や動画を見て、瞬間に閃光を発した場合は爆発と判断した。

図2で、爆発増光差は、1.1等から6.9等の範囲に広がっていた。爆発増光差が1等なら、爆発開始時から2.5倍の明るさに輝き、その差が7等なら631倍の明るさに輝いたことになる。

表1の爆発時間(秒)とは、光度曲線で急増した=爆発を始めたときから、その爆発の最大光度に達するまでの時間(秒)のことである。

5. 爆発点高度(km)と突入角

図3で、爆発点高度(km)と突入角の関係はなかった。ただ、図3で、突入角が80°~50°の範囲で、爆発点高度(km)が80km付近にやや集中がみられた。それでも、全体としては関係がみられなかった。

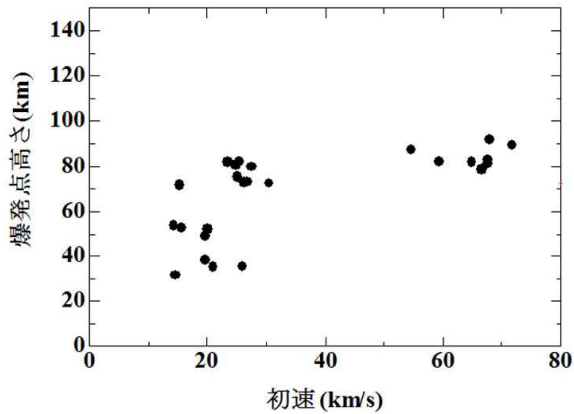


図5 爆発点高度 (k m) と初速 (km/s) の関係

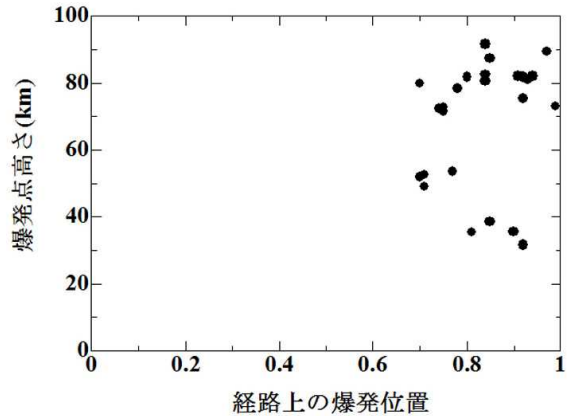


図6 爆発点高度 (k m) と経路上の爆発位置の比

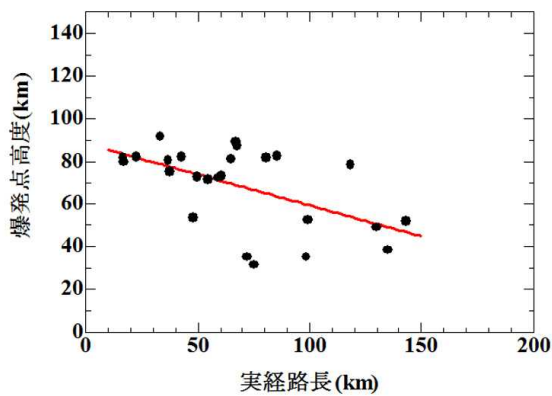


図7 爆発点高度 (k m) と実経路長 (k m) の関係

6. 爆発点高度(km)と発光点の高さ(km)

図4で爆発点高度(km)と発光点の高さ(km)の関係がみられる。発光点が高い火球は、その爆発点高度も高くなっている。しかし、この関係はゆるやかである。

7. 爆発点高度(km)と初速(km/s)

図5で爆発点高度(km)と初速(km/s)の関係では、初速が50km/s～70km/sの範囲内の火球の爆発点高度が、80km付近で起こっていた。

初速が30km/s以下の火球では、爆発点高度(km)の集中はみられない。

8. 爆発点高度(km)と経路上の爆発位置

経路上の爆発位置は、発光点で爆発があったなら、その比は、0.0、消滅点であったならその比は1.0とした。図6によると、爆発位置の比は、0.70以上であり、これは爆発が例外なく消滅点側で起こっていることになる。

9. 爆発点高度(km)と実経路長

図7で爆発点高度(km)と実経路長(km)はゆるやかな関係がみられる。その図7で、実経路長が20kmの火球では、爆発点高度が82.6kmとなり、実経路長が150kmでは、爆発点高度が44.9kmとなる関係がみられる。

10. まとめ

今回、流星の爆発点の高さや光度などを調べて表1に示した。そのなかで、「3. 爆発点の高さ(km)と爆発時の光度」、「6. 爆発点高度(km)と発光点の高さ(km)」、「9. 爆発点高度(km)と実経路長」に関係がみられた。表1によると爆発火球で最も多かったのが散在流星(SPO)の18個で、次がやぎ座 α 流星群(CAP)の3個の火球だった。3大流星群の爆発火球がなかったのが以外だった。

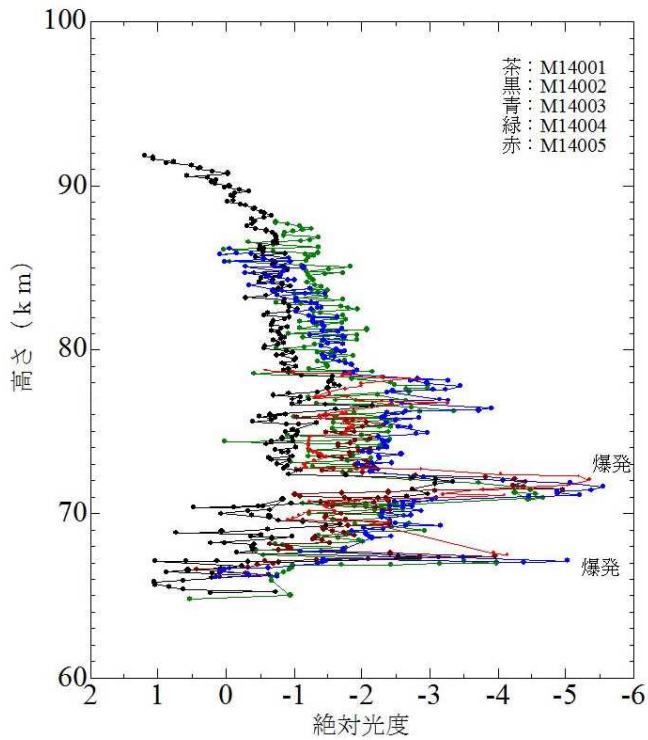
11. 今後

今後も爆発火球を引き続き調べていきたい。新たな事項として、正確な質量やTNT火薬換算メガトンが思い浮かぶ。表1で最も明るかったのがNo.20の火球だった。この火球はTNT火薬換算で

0.0000024 メガトンである。ツングースカ大爆発は 20 メガトンとの報告があり、このような超巨大火球が出現したときにだけこの種の数値を出していきたい。

{事例}

2014年1月6日 20:06:44(JST)の爆発火球の光度曲線と画像



2014年1月6日 20:06:44JSTの火球、爆発点の高さ



撮影: 司馬康生氏