

輻射點の高度と流星數との關係について

(On the Relation of Number of Observed Meteors
and Altitude of the Radiant Point.)

小 楨 孝 二 郎

1. 緒 言

流星群に屬する流星の數が輻射點の高さに從つて變化すること、即ち輻射點の高度が大なるほど流星が數多く見られることは流星觀測者の等しく經驗するところである。

流星群の出現程度を觀測結果から調査する場合、輻射點の高度を異にする流星出現數の値をそのまま用ひる事が不當である事は無論の事であり、又、數十年間の流星群の出現頻度數から、その週期を研究する際にも、この事實を考慮に入れる必要があるわけである。

かゝる場合、上記兩者の關係が數學的に判明してゐるならば、出現程度を嚴密に比較する事が出来る爲、甚だ好都合である。

筆者は兩者の數學的關係を見出さんが爲に、1936年度及び1939年度に吉井耕一氏が行はれたる十二月の双子座流星群の觀測結果を利用してほゞ目的を達したので其の結果を發表することにした。

2. 觀 測 資 料

先づ著名なる流星群の活動期に當りなるべく多くの時間（少くとも4時間以上の間）繼續した觀測資料が必要なわけであるが、本邦に於てはまづ吉井耕一氏の資料を置いて他にこれを用ひ得るものがないと思はれる。またたとひかゝる觀測があつても、これが流星觀測に充分經驗あるものの得たものでない限り其の結果を用ひる事は危險である。即ち觀測したる流星が流星群に屬するものであるか否かは経路や色、速度、痕の有無等の特徴から決定されるものである爲、經驗の乏しき觀測者のものではこれに流星群以外のものを混入したり又看過したりする懼がある。

吉井耕一氏が流星の觀測に着手されたのは昭和7年(1932年)初で、以後年々數千個の觀測を行はれ、現在までに既に2萬に近い流星を見てゐられる。即ち流星觀測については本邦第一の經驗家であることは申すまでもないが、又同時に世界有數のものたることも疑のない事實である。同氏の觀測が極めて精確であることは筆者の最もよく知るところである。これは餘談であるが同氏は近年に至り流星の寫眞撮影を開始され年々多くの撮影に成功されてゐることはこれ又世界にあまり類例を見ないところである。同氏の觀測は一般に他の觀測者と異り數時間に亘り繼續觀測をさるゝ事が多く、殊に流星群の活動期には8時間9

時間といふ長期に亘る觀測を連夜されてゐることは驚歎の外ないのである。

上述の事實から、この研究に吉井氏の觀測を用ひることは最も効果的であるのであるが、筆者が特に十二月の双子流星群の觀測を用ひたる理由は、

- 双子流星群は日没後少時間で輻射點が東天に上り殆んど一夜通じての觀測が可能なること。
- 輻射點が極めて天頂近くを通過すること。(赤緯 $=+32^{\circ}$ とすれば北緯 34° の土地では天頂を去る 2° のところまで來るわけである。)即ち高度の種々なる値についての流星出現數を得ること。
- 夜の長き時期にあるため、殆んど6時(薄明開刻時刻)近くまで觀測が出来ること。
- 極大前後の3~4日は毎時數個乃至數十個の盛な出現が見られること。

等である。同氏の觀測中筆者が研究の資料として使用したるものは、同氏の觀測が全く圓熟の域に達したる1936年のものと、幸にも連夜晴天に恵まれたる1939年の兩者であつて其の概略は第1表の通りである。

第 1 表 Table I

A 昭和11年十二月13—14日 (Dec. 13—14, 1936)

觀 測 期 (J. C. T.) Interval	時間數 Period	太陽黃經 ☉	流 星 數 Meteors	双 子 群 Geminids	一時間平均 H. M.	F	一時間平均 修正値 Cor.H.M.(N)
19 ^h 0—20 ^m 0	60	261.25	12	2	2.0	0.8	2.5
20 0—21 0	60	.29	10	4	4.0	"	5.0
21 0—22 0	60	.33	23	13	13.0	"	16.2
22 0—23 0	60	.37	21	11	11.0	"	13.8
23 0—24 0	60	.41	26	11	11.0	"	13.8
0 0—1 0	60	.45	37	27	27.0	"	33.8
1 0—2 0	60	.49	37	26	26.0	"	32.5
2 0—3 0	60	.53	40	19	19.0	"	23.8
3 0—4 0	60	.58	38	19	19.0	"	23.8
4 0—4 30	30	.61	19	7	14.0	"	17.5

B 昭和14年十二月12—13日 (Dec. 12—13, 1939)

20 27—21 0	33	259.53	3	2	3.6	0.8	4.5
21 0—22 0	60	.57	19	8	8.0	"	10.0
22 0—23 0	50	.61	22	12	14.1	"	13.0
23 0—24 0	60	.65	24	14	14.0	"	17.5
0 0—1 0	60	.69	28	17	17.0	"	21.3
1 0—2 0	45	.73	29	16	21.3	0.8	26.6
2 0—2 37	37	.76	17	8	13.0	"	16.3

C 昭和14年十二月13—14日 (Dec. 13—14, 1939)

20	25—21	0	35	260.55	13	11	18.9	0.65	29.1
21	0—22	0	45	.58	17	7	9.3	0.7	13.3
0	0—1	0	60	.71	36	30	30.0	0.75?	40.0?
1	0—2	0	60	.75	54	40	40.0	0.75?	53.4?
2	0—3	0	60	.80	45	34	40.8	0.8	51.0
3	0—4	0	60	.83	56	41	41.0	0.8	51.3
4	0—4	30	30	.87	25	15	30.0	0.8	37.5

D 昭和14年十二月14—15日 (Dec. 14—15, 1939)

22	0—23	0	60	261.63	32	25	25.0	0.8	31.3
23	0—24	0	60	.68	42	35	35.0	0.75	46.7
0	0—1	0	50	.72	29	26	31.2	0.6<	52.0>
1	0—2	0	50	.77	41	33	39.6	0.8	49.5
2	0—3	0	60	.80	55	43	43.0	0.8	53.5
3	0—4	0	60	.85	41	30	30.0	0.8	37.5
4	0—4	30	20	.88	13	7	21.0	0.8	26.3

E 昭和14年十二月15—16日 (Dec. 15—16, 1939)

22	0—23	0	45	262.65	4	2	2.7	0.7	3.9
23	0—24	0	60	.70	14	4	4.0	0.8	5.0
0	0—1	0	60	.73	15	6	6.0	0.8	7.5

上表に於て第一行は日本中央標準時にて表はしたる観測單位期、第二行はその時間数、第三行は中心時刻に於ける太陽の黄經、第四行は其の間に認めたる流星總数、第五行は双子流星群のみの数、第六行は双子群の一時間平均数、第七行は空氣の清澄度、即ち雲量其他に基づき決定せる Factor、最後の行は Factor によりて修正せる一時間の平均流星数 (N) を示す。

本研究に當つて、観測期間中に本質的には双子群に屬する流星の出現頻度が一樣である事を假定せねばならぬのであるが、これは事實あり得ない事柄であつて、流星群は本來其の出現頻度を刻々變化するもので、——(即ち極大日時が頻度最も大で、これに遠ざかるにしたがひ頻度小となる)——又其の間にも流星群の出現頻度には相當なムラがあること——(即ち流星群の内部は其の分布密度を異にすること)——が一般に知られてゐる爲、少數の観測から結論を誘導することは無理があり、誤謬を伴ふわけである。本資料では5回の観測(觀

測總時間數30時間、流星數627個)を用ひてゐる爲、かゝる分布の不平均を許され得る程度に相殺してゐるものと信じ、全流星の出現頻度について叙上の事實(一樣なる分布)を假定して研究を進めた次第である。

3. 結果の整理

5回の觀測は流星数の出現頻度をかなり異にしてゐるので、これを結合して各輻射點の高度に對する平均流星数を求むる爲に、觀測より求めたる個々の修正平均數(N)について加工を行ふ必要がある。即ち5回の各觀測期に於ていづれも同程度の流星を觀測し得たものとする爲、觀測値(N)から次の如くにして誘導値(N')を求めた。

或夜の或單位期間の修正平均値を N_i にして示すものとする。今

$$f = \frac{N_1 + N_2 + \dots + N_i + \dots + N_m}{m}$$

によつて f を求め、各期間について

$$N' = \frac{N}{f} \times 100$$

より N' を求むれば、この値によつて全期間の値を輻射點の高度に對照して比較し得ることとなる。

次に各單位時間の中心時刻に對應する輻射點の高度(Altitude)を求むる爲に用ひたる輻射點の位置は1937年筆者が觀測決定せる値に基き、其の他の觀測及英國の A. King 氏が求めたる東方移動推算表(拙著“流星の研究”124頁参照)を參考として定めたものである。其の値次の如し。

日 附 Date	太陽の黄經 ☉	輻 射 點 (1937.0)	
		R. A.	Decl.
12月 11—12日	259°4	111°1	+32°3
12—13	260.4	112.3	+32.1
13—14	261.4	113.5	+32.0
14—15	262.4	114.7	+31.8

さて、觀測者吉井氏の觀測地は廣島縣竹原町で、其の地理的經緯度は

經度 longitude $\lambda = 132^\circ 54' 30'' \text{ E}$

緯度 latitude $\phi = 34^\circ 21' 45'' \text{ N}$

である。これによつて各單位時間の中心時刻に對應する輻射點の高度を計算した。各高度とそれに對する N' の値は第2表の通りである。

第 2 表 Table I

A. Dec. 13—14, 1936

輻射點ノ高度 Alt. of R. P h	相 對 數 N'	輻射點ノ高度 Alt. of R. P h	相 對 數 N'	輻射點ノ高度 Alt. of R. P h	相 對 數 N'
10°	13.8	56°	75.9	74°	131.0
20	27.6	68	186.0	61	96.6
32	89.6	80	179.0		
44	75.9	86	131.0		

B. Dec. 12—13, 1939

24	28.7	56	111.5	87	103.0
32	63.8	68	135.7		
44	114.7	80	169.8		

C. Dec. 13—14, 1939

22	74.0	80	135.7	66	95.4
32	33.8	86	129.7		
68	101.6	74	129.7		

D. Dec. 14—15, 1939

43	73.7	80	116.3	66	61.8
56	119.8	86	126.6		
68	121.1	74	88.0		

E. Dec. 15—16, 1939

45	72.2	56	92.5	68	139.0
----	------	----	------	----	-------

4. 關係式の誘導

第2表に示したる合計34個の値を輻射點の高度によつて7群に分けて各群の平均値を算出した。其の結果は第3表に示す通りである。

第 3 表 Table II

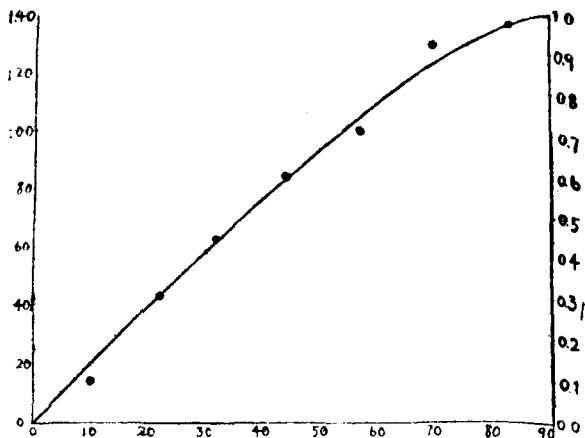
輻射點ノ高度 Alt. of R. P h	相對數平均値 N	平均ノ算出ニ 用ヒタル個數 m	$N' = \frac{N}{140}$	$\frac{\sin h \cdot x}{(1 - 0.2 \cos h)}$	C—O
10°	13.8	1	0.10	0.14	+0.04
22±2	43.4	3	0.31	0.31	0.00
32±0.5	62.4	3	0.45	0.44	-0.01
44±1	84.1	4	0.60	0.60	0.00
57±4	99.3	5	0.71	0.75	+0.04
70±4	129.1	10	0.92	0.88	-0.04
83±4	136.1	8	0.97	0.97	0.00

第一行は輻射點の高度と結合したる範圍を示し、第二行は誘導値より得たる平均値、第三行は平均値に使用したる個數である。

これらの値をグラフ紙上にプロットしたのが第1圖である。横軸に輻射點の高度をとり、縦軸に N をとつた。次に各點に出來得る丈近く通過する様に單純なる曲線を描いて

第 1 圖

見た。これによつて見れば $h = 90^\circ$ に相當する N の極大値は 140 なることを知り得る。仍て研究を便ならしむる爲第3表の N を 140 に際して極大値を 1.0 する相對値を求めた。これを N' とする。第3表の第4行に示す通りとなる。グラフ上の右端にてこれを示すことにした。



さてグラフによつて示されたる曲線が如何なる數學的關係(方程式)を示すかを見んに、まづ方程式を

$$N' = f(h) \dots \dots \dots (1)$$

と置けば、圖形から次の如き關係が承認される。

$$(a) \quad f(0) = 0.0$$

$$(b) \quad f\left(\frac{\pi}{2}\right) = 1.0$$

$$(c) \quad f(h) \text{ の誘導函數 } \frac{df(h)}{dh} = f'(h) \text{ とすれば、} f'(0) \text{ なる時の値は}$$

大約 1.0 を示し、 $f'\left(\frac{\pi}{2}\right) = 0.0$ となること。

$$(d) \quad 0 \leq h < \frac{\pi}{2} \text{ なる範圍に於ては常に } f'(h) > 0 \text{ なること。}$$

これらの諸關係から $f(h)$ は $f(\sin h)$ の形によつて表はし得ることが想像される。

次に $\sin h$ と第3表の N' の値との差を $F(h)$ にて表はさば

$$N' = \sin h - F(h) \dots \dots \dots (2)$$

圖形の研究によつて $F(h)$ は $h=0$ のとき 0 を示し、 h の増加に従ひ次第に増加し $h = \frac{\pi}{2}$ に於て極大を示し其の値は 0.1 に達し、次に次第に減少して $h = \frac{\pi}{2}$

に至り 0 となることを知る。これによつて

$$F(h) = 0.1 \sin 2h$$

なることを推定し得る。仍て圖係式として

$$\begin{aligned} N' &= f(h) = \sin h - 0.1 \sin 2h \\ &= \sin h (1 - 0.2 \cos h) \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

を得べきものなることを結論し得る。

(3) より得たる計算値を第 3 表の第 5 行に示す。これと観測値より誘導したる N' と比較するに、第 3 表の第 6 行に示す通りとなる。 h が大なるところでは充分計算値と観測よりの誘導値が一致してゐるとは云ひ得ないが、これ位の差は資料の充分ならざる點から許容され得るものではなからうか？

この關係式から最初の目的たる輻射點の高度と流星數との間に次の如き關係を定立することが出来る。

$$N_h = N_z \sin h (1 - 0.2 \cos h) \dots \dots \dots (4)$$

$$N_z = N_h / \sin h (1 - 0.2 \cos h) \dots \dots \dots (5)$$

こゝに N_h は輻射點の高度が h なるときの流星數、 N_z は輻射點が天頂にあるときに見得べき流星數である。

× × × ×

或年の流星群出現の極大日時を求めんとする場合には観測結果より得たる該流星群の一時間平均數から (5) なる式によつて N_z を求め、個々の N_z を比較することによつて目的を達し得るものである。

又年々出現程度を異にする流星群の週期を決定するときも、同様なる太陽の黃經 $\odot$ に相當する各年の N_z を求めて比較して目的を達せらるべきものと思ふ。

5. 餘 論

以上筆者の求めたる關係式について資料、結果の整理、式の誘導について説明したのであるが、この方法及び結果について反省すべきことも多からうと思ふ。

こゝに求めた關係は單に観測結果より誘導したるものであつて理論的のものでないことである。先づ流星觀測に當り吾人が看視し得る視野如何の問題と、流星の光度と觀測視野の關係が考へられなければならぬ。第二に輻射點よりの角距離と流星の出現頻度との關係が問題になる。次に觀測視野の中心と輻射點の位置との關係如何である。吉井氏の場合では多くは輻射點を視野の中央部に含む様にされてゐるが、中には數十度はなれた點を視野の中心とされてゐる場合もないではない。(輻射點決定のため觀測期間中の方向を變へる事が多い)。又時間の経過に伴ひ疲勞を來し流星數の遞減をまぬかれぬことである。この外

に大氣による減光等を考慮に入れて、前述の諸事項と共に理論的立場から關係式を求め觀測より求めたる關係式と比較されなければならぬと思ふ。

筆者の得たる關係式は一個人の觀測者が見得る流星なる事を條件とせる爲、數人のものが共同して觀測する場合、同様な關係が當てはまるか否かは別に考へねばならぬ。又速度や發光點及び消滅點の高さを異にする他の流星群に於て上に求めた關係式が充分によく當てはまらないかも知れない。(大差はないだらうとは考へられるが)

次に關係式を定立する爲に使用した觀測資料が現在としては最も良好なるものであるとしても、結論を下すに果して充分であるとは云ひ難い。従つて將來より多くの、又より精良なる觀測を用ひて種々の特殊性や偏差を充分相殺せしめて正しき結論を得たいと思つてゐる。

摘 要

1936年及1939年に於て吉井耕一氏(廣島縣竹原)の行ひたる双子座流星群の觀測(第1表)から筆者は輻射點の高度と流星數との間に次の續き關係式を定立した。

$$N_h = N_z \sin h (1 - 0.2 \cos h)$$

この式に於て N_h は輻射點が高度 h にある時に觀測されたる流星數を示し、 N_z は輻射點が天頂にある時に觀測し得らるべき流星數を示す。その關係式は流星群の極大日時、計算及流星群の週期決定等に甚だ有用のものと信ぜられる。(1940—1—6)

On the Relation between the Number of Observed Meteors and the Altitude of the Radiant Point. (Abstract)

From the observations of Geminid meteors (Table I), made by Mr. Ko-iti Yosii (Takehara, Hiroshima-ken), during 1936 and 1939, the author has derived the following relation between the number of the observed meteors and the altitude of the radiant point:

$$N_h = N_z \sin h (1 - 0.2 \times \cos h)$$

where N_h is the number of observed meteors when the radiant was at the altitude h and N_z that when the radiant was at the zenith. The above formula would be useful for the calculation of the date of the maximum display of the meteors, the determination of the period of apparition, etc.

Koziro Komaki,

January 6, 1940. President of Meteor Section, O. A. A.