

# 彗 星 雑 考

広 瀬 秀 雄\*

若くして死去された本会会員間島道彦氏の遺志による基金によって始まった日本天文学会天体発見賞が、世界の彗星天文学に貢献したところは著しい。今や日本は世界で最も有力な彗星発見国になっている。この間この制度の維持につとめられた日本天文学会の理事の方々の苦心は、大変なものであったと思うが、一方彗星の搜索と発見に努力された人々があらわれなければ、今日の発見の盛況を将来しなかったこともたしかである。この盛況のピークを背景として、今回アメリカ太平洋天文学会が、多年にわたる彗星天文学への顕著な功績を認め、関勉氏へのメダル贈呈を決定したことは、御当人はもちろんであるが、私たち彗星に関心を持つものにとっても、この上なく喜ばしいことである。最初にひとこと言及して慶祝の意を表しておきたい。

彗星というものは、驚異の天体であるといえよう。その出現記録は数千年のむかしにさかのぼって見出すことができる。太陽の引力によって公転している天体であることが知られてからでもすでに数百年になる。しかも今もって不明なことが多い。それは、彗星にはあまりにも変種が多く、しかもどれが原種であり、どれが変種であるかすら、定説に到達していない。彗星と称される天体についての分類学さえも、できていない状況では、その成因というような、統一の見解に基かなくてはならない問題に定説がなくとも、それは当然であろう。私は1933年に本誌に彗星の起原についてという小文を書いたことがある。それ以来40年近い年月が流れたにもかかわらず、Oort-Woerkomの説があらわれた程度である。この説は、原始彗星物質を太陽系のはるか彼方に追いやり、少なくとも冥王星以内の太陽系天体にはほとんど無影響な存在にしまったので、太陽系天体とは力学的に独立して取り扱える。そこで長い論文が書けることになる。書齋型の天文学者に歓迎される仮説であろう。しかしどんな仮説も最後には現実の彗星と結びつける必要がある。もちろん実際に存在する一つ一つの彗星の起原を一つ一つ追及することが、今の彗星起原の問題の目標としているところではない。したがって現実の彗星を適当な特性にもとづいてこれを抽象的にとらえること、いいかえると、既知の多数の彗星を分類した場合の基準とした特性を説明できる仮説というものが、多くの人を納得させ得

る起原説ということになる。また彗星の分類は彗星の進化という問題を発展させ得るかぎである。すなわち適当な彗星の分類は、天体物理学での恒星の分類のように、彗星の研究に貢献する所が大きいと考えられる。そしてこの分類のためには、多数の標本を集めること、すなわち新彗星を発見することがぜひ必要ということになる。

彗星の分類の中で、最も顕著なものは、生物を動物、植物に分けたのにも当る長周期と短周期の2大分類であろう。しかしこの分類は多分に便宜的なものと考えられる人が多いであろう。この分類の要点は軌道の長半径  $a$  の値にある。そして多くの人は  $a$  の値は連続的な分布をとるものと想像している。しかしこんなことさえも観測的に確認されていることとはいえない。その理由は、大きな  $a$  の値を定め得るほど長期にわたる精密な観測が行なわれるようになったのは近代のことであるからである。半世紀ほど以前には、11等ぐらいにまで減光すれば、追跡は打ち切られることが多かった。それはもはや外観上興味なくなっていると考えられたからでもあろうが、また写真観測が十分普及していなかったから、事実上追跡も困難であったのであろう。

実在の彗星の軌道の長半径があらゆる値をとるものであるなら、長周期・短周期ということばは全く便宜的なものになってしまう。しかし大きな  $a$  の値は、太陽系のはるか彼方の周辺部にある彗星の故郷とつながっていると多くの人は考えている。そのため、いわゆる擬似放物線軌道の彗星中に見られる双曲線軌道が本質的なものかどうかという問題が、彗星の追跡観測が盛んになると軌を一にして論じられるようになり、この風潮は、自動高速計算機を使うことによって非常に助長された。このことについては後でまたふれるつもりである。これに対し、 $a$  の値の小さな一端には、観測的によく知られた短周期彗星があり、その軌道特性からなる有名な分類に彗星族がある。周期100年程度までの短周期彗星の遠日点距離は、それぞれ、木星から海王星に到る4惑星の軌道半径の値のどれかに近いので、遠日点距離に近い惑星軌道半径値が、どの惑星のものかということによって、木星族、土星族、天王星族、海王星族と呼ばれていることはよく知られている。またこの事実または分類は、長周期彗星が惑星に衝突といえるほど接近して短周期彗星を生じるというアイデア(捕獲説)を生んだこともよく知られている。

\* 埼玉大学教授、東京大学名誉教授  
H. Hirose; Comet

長周期・短周期という分類や、彗星族という小分類は、軌道要素というものに着目した分類で、比較的簡単に分類できた。しかし一歩彗星自体についての分類とえば、ほとんど何も行なわれていない。そこで、比較的簡単な、彗星に作用する非重力作用 (nongravitational forces) といわれるものを分類の一つのアーギュメントと考えてみよう。

エンケ彗星が、周期の自乗につき0.1日の加速度を受けていることから、Encke (1823) は抵抗物質による抵抗力の作用を引力以外に考えた。すでに Bessel (1835) が指摘しているように、抵抗だけが非重力作用ではない。諸惑星に抵抗物質の影響が見られないことは、彗星への非重力作用の一般的原因は、彗星よりの物質の逃避、例えば近日点付近でよく見られる物質の突然の噴出とか、核を作っている氷の表面からの連続的蒸発というようなことによる反作用と考えるべきであろう。しからば、この非重力作用は、彗星の運動についての加速度、減速度としてあらわれるので、彗星の物理的状態のある特性についての分類基準にもなり得ると考えられる。

Marsden (1968) は、1925 年以後に、3 回またはそれ以上近日点通過が観測された 18 個の短周期彗星の中、15 個については非重力作用を認めることができた。しかし第 1 表に示すように、15 個中の 7 個は正の加速度を持ち、残りの 8 個は負の加速度 (減速度) を持っていた。もちろん 18 個中の 3 個、すなわち 1/6 の彗星では加速

度は 0 であった。そしてこの加速度の絶対値の大きさは彗星の物理的な外観と大いに関係がある。恒星状外観の Arend-Rigaux 彗星や、Neujmin I 彗星では非重力作用が認められないが、Honda-Mrkos-Pajdusakova 彗星のように非常に拡散した彗星では非重力作用が大きい。恒星状外観の彗星は例外的なものであるから、彗星には一般に、非重力作用が認められると考えるべきであろう。こんな事実によると、非重力作用を一つの彗星分類のアーギュメントに採ることもできるのではなかろうか。

彗星の分類については、まだいくら他に目のつけどころがあると考えられるが、私は彗星の物理的性質の分類の必要なことを注意すれば足りるので、今はこの 1 例にとどめておく。そして、この非重力作用に関係の深い彗星の尾について一言蛇足をつけておきたい。それは堂平で写された Bennett 彗星の尾の先端の構造である。50 cm シュミットで 4 月 9 日に撮影された写真によると、核より尾へ押し流された物質は、最後に、ちょうど灰皿に置かれた煙草から立ちのぼる細かい煙が、最後に渦状または波紋状になるのと全く同様な様子を示している。従来の尾の理論では考えられない様相である。注意して写真を眺めてほしい。(本誌 63 巻 6 月号アルバム参照)

話をもとにもどそう。彗星の物理的性質の分類が確実になっていない現状では、例えば星の起原を論じるとしても、その場合の彗星は漠然としたガス状天体を頭の

第 1 表 非重力作用

No.	周期彗星名	加速度の符号	加速度 days/P <sup>2</sup>	出現回数	周期	離心率	軌道傾斜 <i>i</i>
1	Neujmin I	—	—	4	18 年	0.77	15°
2	Reinmuth II	—	—	4	6.7	0.46	7
3	Arend-Rigaux	—	—	3	6.8	0.60	18
4	Pons-Winnecke	-	0.01 以下	7	6.3	0.64	22
5	Tempel II	-	0.01 以下	7	5.3	0.55	12
6	Whipple	+	0.01	5	7.5	0.35	10
7	Comas-Solà	-	0.01	5	8.6	0.58	13
8	Encke	+	0.04	7	3.3	0.85	12
9	Forbes	-	0.05	4	6.4	0.55	5
10	Schwassmann-W. II	+	0.05	7	6.5	0.38	4
11	Borrelly	+	0.05 ?	4	7.0	0.60	31
12	Finlay	-	0.06 ?	4	6.8	0.71	3
13	Daniel	-	0.06 ?	4	7.1	0.55	20
14	Wirtanen	+	0.07	4	6.7	0.54	13
15	Tuttle	-	0.09	3	14	0.82	55
16	Schaumasse	+	0.10	4	8.2	0.71	12
17	d'Arrest	-	0.12	3	6.7	0.61	18
18	Honda-Mrkos-P.	+	0.15	3	5.2	0.82	13

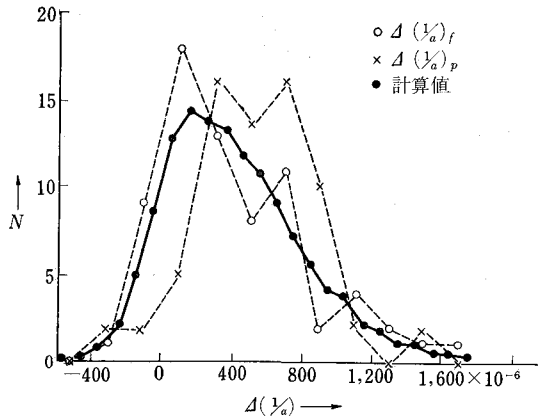
中に描くより仕方がない。これでは質点として取り扱う天体運動論の範囲で太陽系の内部にある天体の生因を論じるようなもので、小惑星の生因を、その分布がどうしてできたかということだけで満足しなくてはならないことになる。これが彗星の起源問題が主としてその軌道に集中している理由であろう。しかし、彗星の場合には、幸い長周期彗星と生因が結びついた生因仮説があるので、軌道形の検討だけでも、随分貴重な情報が得られた。それはもちろん彗星が太陽から遠くはなれていた過去の軌道は楕円であると結論できようということである。この結論は、長周期彗星の故郷をどこに求めるべきかを限定してしまった重要なものであるので、これについていささか検討を加えておこう。

長周期の彗星がその近日点通過に際して、どれほど軌道長半径  $a$  の値が変化するかは、いわゆる過去軌道とか、未来軌道の問題として、力学的生因研究法の主題の一つになっていた。彗星が太陽に対して持つ全エネルギーは  $1/a$  である。軌道が放物線なら、 $1/a=0$  となり、双曲線軌道では  $1/a < 0$ 、楕円軌道では  $1/a > 0$  であることはよく知られている。擬似放物線軌道といわれる離心率が1に近い彗星では、事実上その全エネルギーは0であると考えて差し支えない。そして近日点通過によるエネルギーの得失は、未来軌道の  $1/a$  の値と、過去軌道の  $1/a$  の値との差を  $\Delta(1/a)_t$  と書いて、この  $\Delta(1/a)_t$  で表わされる。もちろん  $\Delta(1/a)_t$  が正であれば、全エネルギーに損失を生じ、周期は減少することになる。逆に、 $\Delta(1/a)_t$  が負なら、全エネルギーに増得を生じ、場合によっては本来の楕円軌道が双曲線軌道になって、彗星は太陽系から逃げてしまう。第二次大戦前までは、実在の彗星について、こつこつ手計算が進められて、このような研究がなされていたが、自動計算機の使用で、過去軌道・未来軌道の計算された彗星の数は非常に多くなった。また彗星軌道の分布を仮定し、計算機実験によって、一つ一つのメンバー彗星の持つ全エネルギーの変化を統計的に研究する方法も実行されている。この場合は彗星を何千、何万、あるいは何十万個も考える。

実在の彗星では、観測できるのは太陽に接近した場合の軌道であり、その  $(1/a)$  の値には添字  $o$  をつけて表わす。十分過去にさかのぼって、太陽から遠く離れている場合の過去軌道の  $(1/a)$  の値には添字  $p$  をつけ、太陽に接近後、十分太陽から離れた場合の未来軌道に関する  $(1/a)$  には添字  $f$  をつける。ただし  $p, f$  をつけた量は太陽系重心軌道のもの、 $o$  をつけたものは日心軌道のものとする。

そこで、

$$\Delta\left(\frac{1}{a}\right)_p = \left(\frac{1}{a}\right)_p - \left(\frac{1}{a}\right)_o$$



第1図

$$\Delta\left(\frac{1}{a}\right)_f = \left(\frac{1}{a}\right)_f - \left(\frac{1}{a}\right)_o$$

と書くと、全エネルギーの得失  $\Delta(1/a)_t$  は、

$$\Delta\left(\frac{1}{a}\right)_t = \left(\frac{1}{a}\right)_f - \left(\frac{1}{a}\right)_p$$

と書ける。最近の資料を集めた Z. Sekanina のカタログによって、実在の彗星について、 $\Delta(1/a)_f$ ,  $\Delta(1/a)_p$  について、ヒストグラムを作ると、第1図のようになる。ここには、Everhart が 9000 個の仮想彗星について計算機で計算実験をした結果も比較のために記入してあるが、理論値は過去と未来に対して同じ曲線になる。またこれらの三種の曲線は、いずれの場合も 70 彗星の場合（未来軌道の資料数）と曲線の面積が一致するように標準化して示してある。

Sekanina のカタログは未来軌道に関しては 70 個、過去軌道に関しては 81 個の資料を含んでいるが、それぞれのグループでの  $\Delta(1/a)_p$ ,  $\Delta(1/a)_f$  の平均値と、この 2 種を区別しないで求めた平均値  $\Delta(1/a)$  とは、第2表のようになる。ここには平均値に対する偏差 (root-mean-square deviation) をつけ加えてある。

$\Delta(1/a)$  の平均値については、理論的や統計的に第3表に示すような値がいままでに求められている。

理論的には  $\Delta(1/a)_p$  と  $\Delta(1/a)_f$  とは同一の値になるはずであるが、実際の彗星軌道については差がある。このことについては、Lyttleton と Hammersley は、こんな計算が行なわれるのは近日点付近で決定された軌道（近日

第2表

分布	平均値	偏差	資料数
$\Delta(1/a)_p$	+0.000532	±0.000335	81
$\Delta(1/a)_f$	+0.000396	±0.000426	70
$\Delta(1/a)$	+0.000469	±0.000384	151

点軌道が双曲線の場合に、離心率変化の興味によって、過去・未来軌道が計算されることが多い。したがってこのような資料による過去軌道は平均の惑星作用による平均のエネルギー変化よりも大きくなるので、未来軌道についてのものを理論値と比較すべきであると注意した。すなわち軌道への選択効果であると考えられる。このような注意を忘れないことにして、とにかく実在の彗星について、全エネルギーの得失を見るため、セカナナのカタログの資料により、70 彗星について  $d(1/a)_i$  の平均値を作ってみると、その平均値は 0 にはならず、

$$+0.000152 \pm 0.000607$$

となる。Lyttleton・Hammersley が 1963 年に 18 彗星より得た値は第 2 表からわかるように +0.000233 であり、上の値に近い、これが選択効果であろう。

以上長々と検討したことは、要するに長周期彗星が遠方から太陽に近づく時惑星系から受ける加速度は、 $d(1/a)$  に対し、平均 0.0004~5 である。近日点通過後の減速による  $d(1/a)$  の値は、加速度の場合の逆符号のものになるはずであるが、実在の彗星についての計算結果では、全エネルギー変動には選択効果があって、 $d(1/a)_i$  には +0.0002 の余剰が見られ、平均的周期短縮は大きすぎる結論を導きやすいということなるであろう。

以上長々と内容の乏しい話を書きつづけ、しかも自分の興味を持つ方面のことだけしか書かなかったことをおわびする。わが国で、彗星の発見にとどまらず、彗星の研究、特に彗星物理についての観測と研究が発展することをのぞんでやまい。

第 3 表  $d(1/a)$  の値

No.	$d(1/a)$	方法	著者	備考
1	+0.000449	理論	Fabry (1894)	
2	+0.000459	統計	Fayet (1910), Dirkis (1956)	145 近似軌道
3	+0.000552	"	Sinding (1948)	21 精密過去軌道
4	+0.000544	理論	Sinding (1948)	
5	+0.000633	"	Sinding (1948), Dirikis (1956)	
6	+0.000602	統計	Dirikis (1956)	26 精密過去軌道
7	+0.000435	理論	Bilo, van de Hulst (1960)	
8	+0.000438 ~ 449	"	" " ( " )	
9	+0.000630	統計	Lyttleton, Hammersley (1963)	39 精密過去軌道
10	+0.000455	"	" " ( " )	21 精密未来軌道
11	+0.000532	"	Sekanina (1966)**)	81 精密過去軌道
12	+0.000396	"	" ( " )**)	70 精密未来軌道
13	+0.000469	"	" ( " )**)	151 過去・未来軌道
14	+0.000418	**)	Everhart (1968)	900 仮想軌道

\*) 計算実験    \*\*) 第 1 図, 第 2 表等の値

## 学会だより

秋季年會にあたりお願い——参加費について——

5月14日の理事会において、本年度の秋季年會は、10月下旬京都にて開かれることに決まり、京都支部では早速会場の選定その他の準備にかかりました。まず京都大学内に会場を探すことに力をつくしましたが、100名以上の収容力をもつ講義室を3~4日借用することは遂にできませんでした。そこでやむなく学外に会場を求めることになり、使用料の安価な公共的諸機関と多数交渉した結果、やっと「京都府立文化芸術会館」を探しあてることができました。この会館は京都府の経営するところ

で、他の公共機関にくらべても使用料は割安となっておりますが、それでも（拡声装置、映写装置等の使用料を含め）使用料は4日間で9万円足らずになります。本年度の本会の経理状態はかなり苦しく、定會費として秋の本会の会場費にあてられる金額は約5万円程度であります。このような事態になりましたのは会計係の予算編成の不利にもよることで、誠に申し訳ない次第ですが、窮地をのりきるため、本年度の秋の年會では出席者の方に参加費(registration fee)として300円(学生150円)を負担して頂けたら誠に有難いと存じます。本会の経理事情を御賢察の上、よろしく御協力下さいませよう、理事会の諒承を得てお願い申し上げます。次第であります。

会計係