

哈雷彗星將要回來

何耀坤

私立臺南光華女中

著名的哈雷彗星 (Halley's Comet) 已於前年 (1982) 十月十六日，由美國加州大學附設噴射推進研究所 (J. P. L.) 的兩位天文學家發現其微光，而向國際天文學聯合會 I. A. U. (International Astronomical Union) 提出報告，而轉報到世界各地天文台。這是根據該所有的 Donald K. Yeomans 的彗星軌道計算，確定了哈雷彗星 於 1986 年再回來，預定在同年元旦進入地球軌道內側，所以至一月中旬是最好的觀察期，最近世界各國的天文學方面人士正熱切地等待其來臨。哈雷彗星 的軌道是很長的橢圓，每七十六年接近地球一次。所謂七十六年略等於人的壽命年數，所以對一般人來說是一生只有一次的機會。關於哈雷彗星 資料在公元 1835 年以前只以裸眼觀察，沒有近代的攝影術和其他科技。哈雷彗星 首次攝影是 1910 年，當時雖有光譜觀察，但大多是裸眼觀察而已。在物理學方面的觀察只是對彗星頭部的光度和尾長變化，完全沒有近年的光譜分析，偏光、電波和紅外線等觀測，所以 1986 年哈雷彗星 回歸時有相當可期待之處。

前年十月二十一日由 I. A. U. 發報的這次哈雷彗星 發現通報全文翻譯如下：「哈雷彗星 · 1982 i (註)，觀測者：D. C. Jewitt 和 G. E. Danielson，觀測時間：1982 年 10 月 16 日，11 時 25 分，核光度：24 等，但實視光度為 24.2 等。80 分鐘以上的運動觀測而確認。近日點通過在 1986 年 2 月 9.3 日，國際天文電報中央局長 Marsden 發信」。

(註) 1982 i 是天文電報中央局凡接到發現彗星的電報，其順序以英文字母編號，哈雷彗星 是 1982 年的第九顆，所以附 i。

右圖 1 是 Jewitt 和 Danielson 將荷電結合粒子 (CCD) 裝置在加州巴洛馬山天文台的直徑 5 公尺大反射式望眼鏡而攝影檢出哈雷彗星，是相片中畫圓圈的。

一、哈雷彗星的由來

哈雷彗星的發現開始於英國天文學家哈雷 (Edmond Halley 1656~1742)，在彗星中認知有週期性的出現。彗星以很快速度向太陽驀進的天體，由頭部的核和霧狀部分的彗髮和尾部構成。頭部的彗髮是因為核快速前進而放射的氣體，尾部是其塵氣，如哈雷彗星之尾部，其長達數百萬哩，是極輕微的宇宙塵。彗星之中其軌道成拋物線時會飛離不返。大多彗星屬於太陽系，因為通過木星或其他的大行星附近時，受其引力影響而改變軌道，由拋物線變為細長橢圓而被太陽系所捕獲。現在已知週期的彗星有六十多個，其中被木星捕獲的有四十三個，如 Encke 彗星是其中之一。週期短

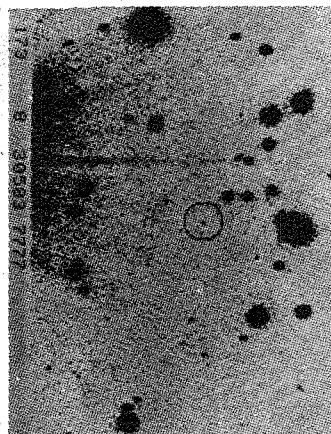
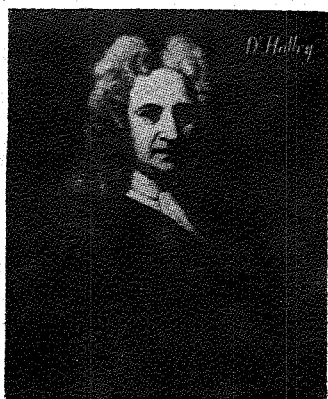


圖 1



哈雷 (E. Halley)

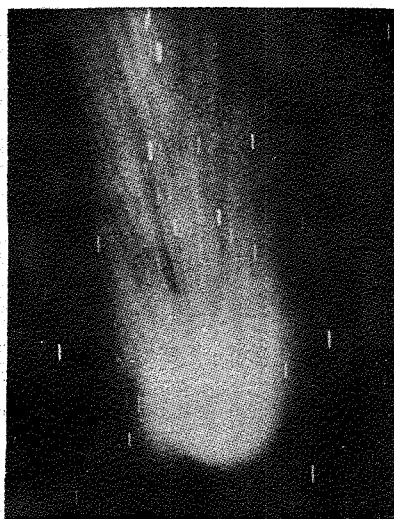


圖 2 哈雷彗星的頭部 (1910 年威爾遜天文台攝)

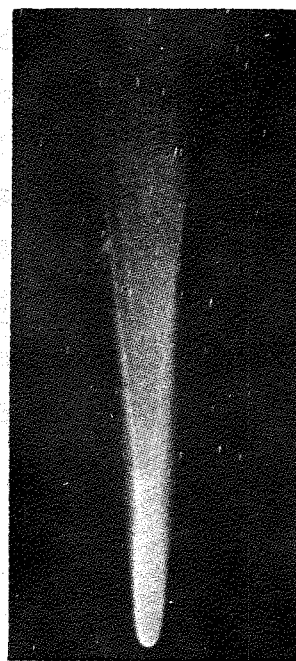


圖 3 哈雷彗星 (1910 立克天文台攝)

的如 Encke 彗星為三年半，長的如哈雷彗星為 76 年，也有如 Donati 彗星為 2000 年。哈雷是牛頓的親友，他根據歐洲中世紀的天文觀測資料，用牛頓的彗星軌道計算法。尤其研究自 1337 年至 1698 年間出現的 24 個彗星軌道時，發現 1682 年出現的大彗星和 1531 年及 1607 年的彗星是同一個，而週期為 75 年。因為受行星引力而日期變動，而預言這彗星會於 1758 年末或 1759 年初再出現。他逝世 13 年後 1758 年耶誕節晚上，果然被英國業餘天文學家所發現，其預言命中了。

二、彗星的構成和起源

關於彗星的本體現在仍有若干疑問，一般認為彗星的本體是冰，稱彗星的冰核說。所以其主成分為水，裏面含有碳和氮等分子外又含有岩石、沙粒和鐵等金屬固體粒子，至於彗星的冰核中心部是什麼，是未知問題。由冰所構成的彗星核受太陽熱，其表面開始蒸發時在核周圍形成頭部的彗髮，含有各種分子的氣體和放出的固體粒子，就是塵 (dust)。彗髮是核周圍的模糊的雲狀物，是彗星和行星及恒星之不同點。尾部背太陽方向直線伸出而略帶青色的稱 I 型尾，又稱氣體尾。除氣體尾之外，又有稍彎曲略寬的黃色尾的稱 II 型尾，是從核放出的固體粒子構成，因其粒子反射太陽光而呈黃色。(圖 4) 這兩種尾的構造有簡單的，也有很複雜的。下圖 6 是

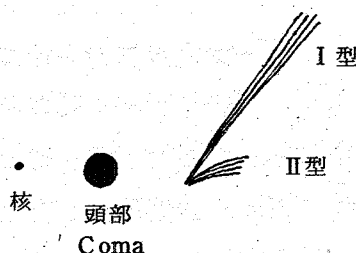


圖 4 彗星的構造

1910 年的哈雷彗星之尾。彗星之尾的實長計算法：假設彗星之尾向太陽相反方向伸長，從地球看的角度和實長之關係如下圖 5，從三角形求位相角 β 。

$$\beta = 2 \sin^{-1} \left\{ \sqrt{\frac{(R+r-\Delta)(R-r+\Delta)}{4r\Delta}} \right\}$$

所視尾長度以角度表示 ℓ ，實長以天文單位 d 表示。

$$\text{那麼 } d = \frac{\Delta \sin \ell}{\sin(\beta - \ell)}$$

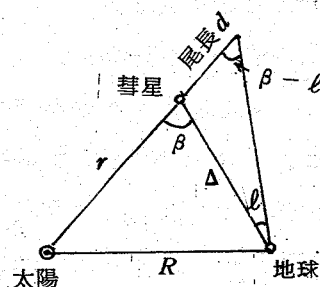


圖 5 地球、彗星和太陽位置關係， ℓ 是所視尾長 (角度)。

關於彗星的起源現在有兩種學說，一為太陽系內起源說，二為太陽系外起源說。彗星可能是在銀河系內空間漂浮的氣體和分子聚合形成的，這兩學說之差異是認為彗星是和太陽系無關，或彗星和太陽系一齊形成的。星際間空間有許多巨大星雲，有氣體密度

薄的和塵多的所謂黑暗星雲。最近有人認為太陽系通過星雲時，將原有的彗星捕獲，也有人說，彗星在太陽系周邊形成，原是太陽系之一員，受了通過太陽系附近的恒星之攝動影響而到太陽的附近。無論如何，彗星形成在離太陽和地球很遠地方，所以其軌道接近拋物線狀。彗星靠近太陽時受恒星的攝動而改變軌道，結果有的走雙曲線軌道再離去太陽系，有的走長橢圓被納入太陽系成為長週期彗星。長週期彗星繞太陽多次以後變短週期彗星，其中有的受太陽熱蒸發而消失。

彗星的光度由彗星和太陽以及彗星和觀察者的距離而定，彗星離太陽遠時彗核的表面未發生蒸發（未生彗髮），只反射太陽光，這時彗星的光度和距離的平方成反比。彗星的光度（ m ）一般可表示如下式：

$$m = H + 5 \log \Delta + 2.5 n \log r$$

上式中 Δ 是彗星至地球的距離（地心距離）， r 為彗星和太陽的距

離（日心距離），都以天文單位（表示太陽系內距離時用的單位，是以太陽和地球的距離為一天文單位）表示。 H 為絕對光度，相等於 $\Delta = 1$ ， $r = 1$ 時的彗星光度。 $\log r$ 的係數 n 表示和距離的 n 次方成反比。因為彗星中心核的光度和距離的平方成反比，所以要算彗核光度時要 $n = 2$ ，頭部彗髮部分的光度計算時，要 $n = 4$ （常用 $2.5 n = 10$ ）。例如前次哈雷彗星出現時的頭部全光度，根據 Morris 和 Green，在彗星通過近日點前（ $r = 3.35 \sim 0.59$ 天文單位）：

$$m_1 = 5.47 + 5 \log \Delta + 11.10 \log r$$

$$\pm 0.07 \quad \pm 0.25$$

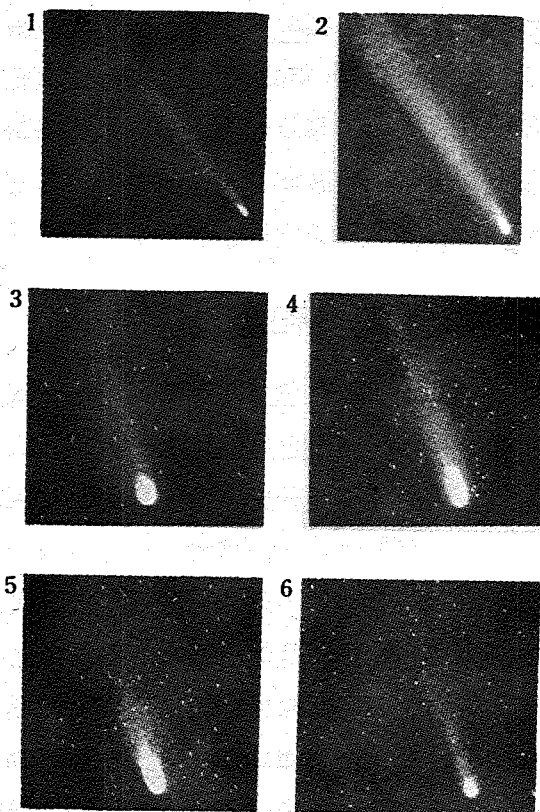


圖 6 1910 年哈雷彗星的尾

1. 五月五日
2. 五月十三日
3. 五月二十五日
4. 五月二十九日
5. 五月三十日
6. 六月五日

近日點通過後 ($r = 0.59 \sim 5.00$ 天文單位)

$$m_1 = 4.94 + 5 \log \Delta + 7.68 \log r \\ \pm 0.06 \quad \pm 0.15$$

所以若能知彗星中心核的表面積和表面的光反射率，可推算彗星的光度，相反地從彗星核光度可推算彗核之大小。前年十月被檢出的哈雷彗星的實視光度為 24.2 等，假設反射率為 0.5，（木星和土星表面被冰部分的反射率）因為從地球看太陽的光度為 -26.8 等，所以哈雷彗星的核半徑是 1.6 公里，彗星的核很小，無法從地球直接可看到。1986 年有一計畫正在籌備中，是發射太空船到哈雷彗星附近去探測。彗星頭部全部的光度稱全光度，在中心部的輝點部分光度稱核光度，兩者有分別。彗星全光度在通過近日點前後有大的變化，後者比前者明亮，但是有些彗星因為接近太陽而構成物質蒸發，所以經近日點後變暗，所以難預測彗星的光度。

關於哈雷彗星的首次光譜觀測，於 1909 年 10 月 22 日在美國加州立克（Lick）天文台進行，當時的彗星位置離太陽為 2.95 天文單位。頭部的固體粒子反射太陽光，顯出連續光譜，有 CN 的輝綠光譜和 C_2 輝綠光譜。在尾部有彗星特有的電離 CO^+ 和 N_2^+ 的輝綠。1910 年哈雷彗星接近地球時，從地球的觀察方向條件良好，可看到長尾。

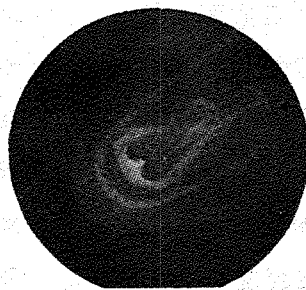


圖 7 哈雷彗星的頭部

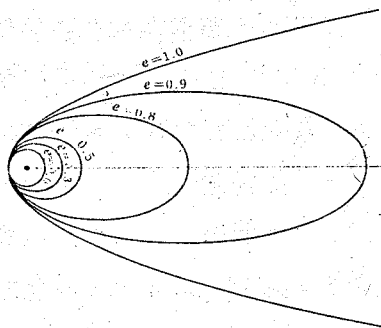


圖 8 各種形式的軌道
(e 是離心率)

三、哈雷彗星的軌道

彗星的軌道有橢圓形的，或相近拋物線的細長橢圓，其軌道有焦點，太陽在其焦點位置。通過近日點後再回近日點的時間稱週期，自近日點到遠日點的時間為週期的一半。通過近日點時刻稱近日點通過時刻，是計算彗星位置的基準。連結近日點和遠日點的直線稱軌道的主軸（圖 9）。橢圓軌道的彗星中，週期二百年以上的稱長週期彗星，以下者稱短週期彗星。短週期彗星已知有 120 個，哈雷彗星是短週期之中，週期較長

的。橢圓軌道的長軸之半稱軌道半長徑，哈雷彗星的半長徑約為 17.9 天文單位。從太陽至近日點距離為 0.6 天文單位，至遠日點距離為 35.3 天文單位，兩者相加除 2 就是軌道半長徑。假設沒有行星的攝動影響，繞太陽的天體軌道在同一平面上。一般而言，攝動力甚小，所以實際軌道略在平面上，這平面稱軌道面。地球的軌道平面特稱黃道面，這是表示太陽系內的天體位置的基準。哈雷彗星的軌道面和黃道面有交線，太陽在交線上。彗星從黃道面自南向北通過的點稱昇交點，從春分點方向測定的昇交點的黃道面上的經度稱昇交點黃經，昇交點在太陽的相反側有降交點。沿軌道面上的彗星運動方向，自昇交點至近日點的角度稱近日點引數（圖 9）。黃道面和軌道面傾斜稱軌道傾斜角，其傾斜角自 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 的軌道稱順行軌道，因為天體和地球公轉同方向。傾斜角自 $90^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 的稱逆行軌道，如哈雷彗星的傾斜角為 162° ，所以是逆行的，但和黃道面只有 18° 傾斜。圖 10 是自太陽系北方看的哈雷彗星的運動圖，可知和各行星的軌道形狀和大小。圖 11 是從太陽系斜面看的，表示木星外側的行星和哈雷彗星軌道，可知哈雷彗星軌道在遠日點附近南下黃道面。

哈雷彗星受木星和土星的攝動影響，其軌道隨時間略有變化。除此外

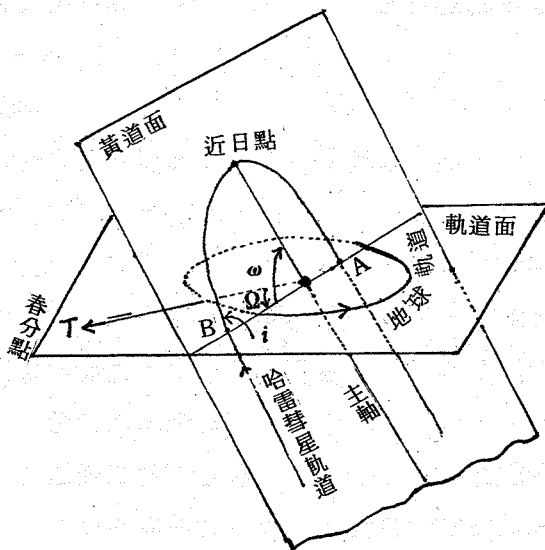


圖 9 哈雷彗星的軌道要素。 A……降交點
近日點引數 $\omega = 112^{\circ}$
昇交點黃經 $\Omega = 58^{\circ}$
軌道傾斜 $i = 162^{\circ}$

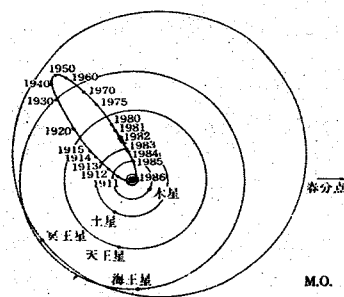


圖 10 哈雷彗星的運動（自 1910 ~ 1986）

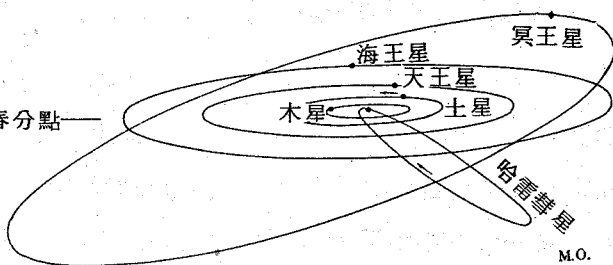


圖 11 本星外側的行星和哈雷彗星的軌道。

哈雷彗星本身的「噴射效果」，其運動又變化，其軌道的大小、週期、形狀也會變化。因為彗星的主成分是冰，所以靠近太陽時其表面開始蒸散，裏面的氣體和固體粒子被放出而產生噴射效果，因為彗星在自轉，由其自轉方向和物質的放出方向，其運動速度會改變，這現象稱彗星的「非重力效果」。

(關於彗星的主要參考書)

甲、一般入門書

哈雷彗星：(臺北市新理想出版社)

彗星：(日本講談社)——齊藤馨兜著

彗星：(日本恒星社厚生閣)——中村士・山本哲生著

乙、概說最近彗星物理和起源研究

彗星と星間物質：(地人書館)——藪下信著

ハレー彗星物語：(恒星社厚生閣)——長谷川一郎著

Comets：(University of Arizona Press 1982)：L.L.Wilkening

丙、專門性論文

F.L.Whipple, A Comet Model I. The Acceleration of Comet Encke, Ap. J., 111, 375-394, 1950.

B.G. Marsden, Z.Sekanina, D.K.Yeomans, Comets and nongravitational forces V., A. J. 78 211-225, 1973.

J.H.Oort, The Structure of the Cloud of Comets surrounding the solar system, and a Hypothesis concerning its Origin, Bull Astron. Inst. Netherlands 11 91-10, 1950.

R.A.Lyttleton, J.M.Hammersley, The Loss of Long-Period Comets from the Solar System M.N., 127 257-272, 1964.

S.Yabushita, A Statistical study of the evolution of the orbits of long-period comets M.N., 187 445-462, 1979.

I.Hasegawa. Distribution of the Aphelia of Long-Period Comets, P.A.S.J. 28 259-276, 1976.

S.Yabushita, Process of Dynamical Evolution Cometary orbits, Q. J. R. A. S. 24 430-442, 1983.