

# 獅子座大流星雨

陳立群

一般大眾對於觀測流星都相當有興趣，歷來獅子座流星雨都很壯觀，今年初適逢其母體彗星回歸，因此今明兩年的獅子座流星雨勢將成為本世紀末眾人注目的天文焦點。

## 一、 流星的基本知識

### 流星體

環繞太陽運動於行星際空間的小碎片或塵埃，多為彗星或小行星繞日時受熱或光壓而崩解出的物質，直徑從 0.01 公分至數公尺不等，稱為流星體 (Meteoroid)。

### 流星

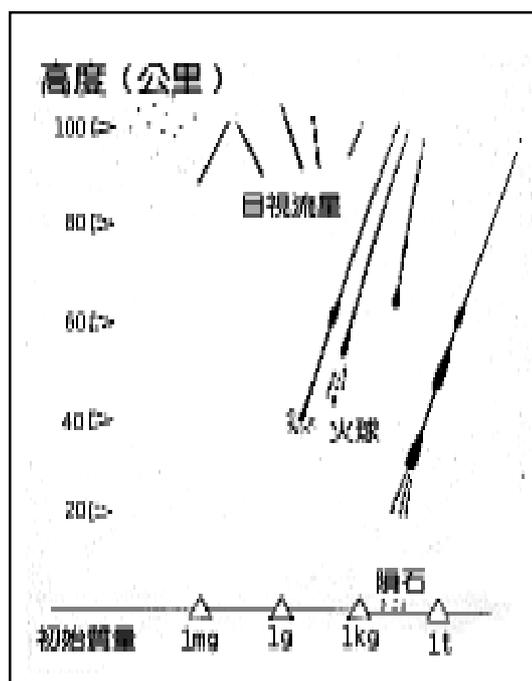
流星體一旦受到地心引力吸引進入大氣層而高速前進時，其前方空氣無法側移以使流星體通行，因此便如活塞般壓縮前方空氣而生熱燃燒，質量小的很快就燒成灰。所以流星 (Meteor, Shooting Star) 不是 "星"，而是指流星體在短時間內燃燒產生一道從天際劃過之光線的現象。

### 隕石

若流星體質量夠大、未完全燒毀而落至地球表面稱為隕石 (Meteorite)。一般可分鐵質隕石 (Siderite)、石質

隕石 (Aerolite) 和石鐵隕石 (Siderolite)。鐵質隕石由鐵、鎳構成，石質隕石由矽酸鹽礦物組成，石鐵隕石為上述兩種之混合。

圖一



	目視星等	+15 <sup>m</sup>	+7 <sup>m</sup>	0 <sup>m</sup>	-7 <sup>m</sup>	-15 <sup>m</sup>
一般的 流星體	質量	10 <sup>-6</sup> g	10 <sup>-3</sup> g	1g	10 <sup>3</sup> g	10 <sup>6</sup> g
	直徑	10 <sup>-2</sup> cm	10 <sup>-1</sup> cm	2cm	20cm	2m
1P/Halley 流星體	質量	7 × 10 <sup>-9</sup> g	10 <sup>-5</sup> g	2 × 10 <sup>-2</sup> g	40g	

表一 Hughes 在 1978 年研究的流星體參數粗略尺度。1P/Halley 流星體資料是假設其進入大氣層的速率為 66 km/s 來計算的。

## 火球與火流星

不同專家對於火球 (Fireball) 有不同定義，有些認為指極亮的流星，光度超過負四等。國際流星組織(IMO)的火球數據中心 (Fireball Data Center) 把負三等星以上的流星視為火球。若火球會裂開且能見其火焰和彎曲的路徑，甚至於一陣子後可聽到爆裂聲(因為音速比光速慢很多)，稱為「火流星 (Bolide)」。

## 流星體與流星的關係

根據研究，流星的光度和其進入大氣的速度有很強烈的關係。如表一提供 Hughes 在 1978 年的研究，列出要造成某一亮度的流星所需流星體的質量與大小關係。圖一則顯示不同流星體進入地球大氣層前的質量能決定不同的流星現象。最小質量的流星體不會造成流星發光痕跡，若掉落地球表面的速度極慢，則成為微隕石 (micro-meteorite)。其他的流星體都可以在離子化發光期間觀測到，如果是夠重而堅固的流星體，在進入大氣層而燃燒發光後，可能會有隕石存留下來。

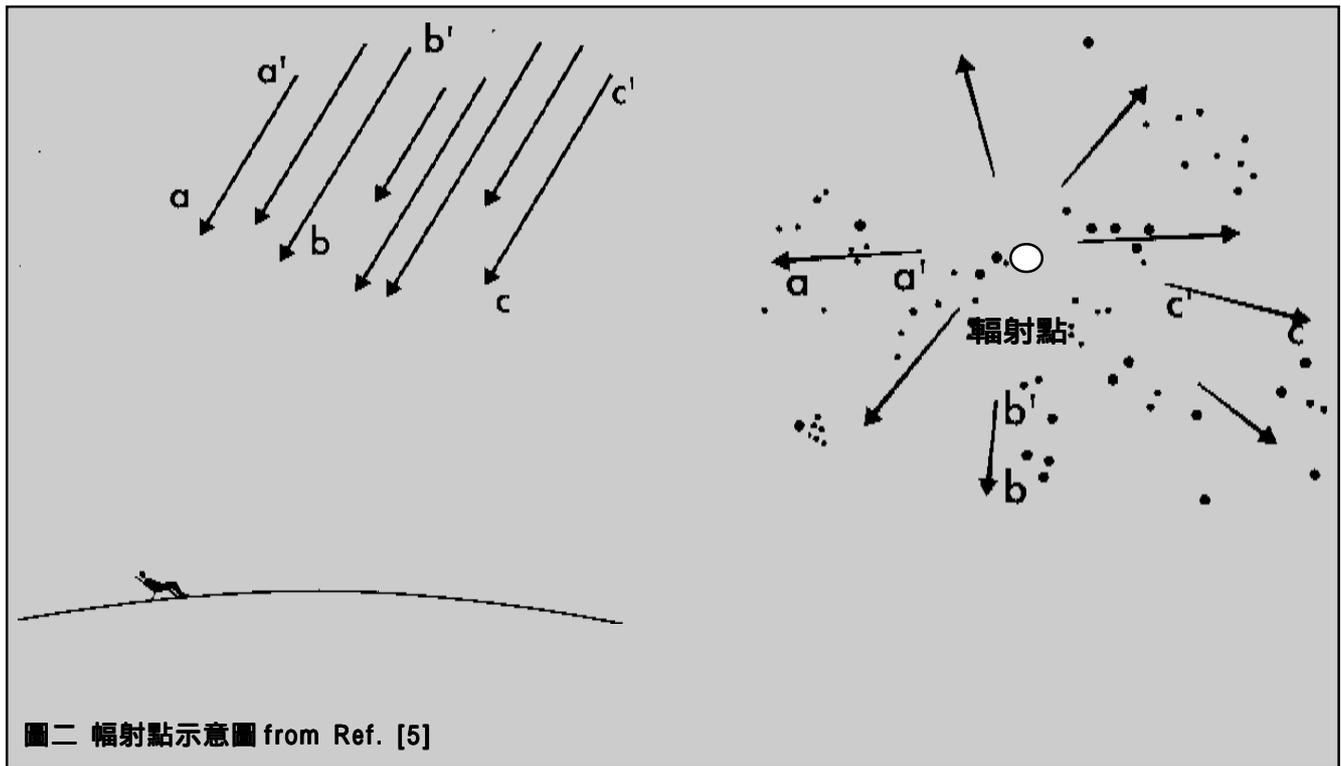
## 輻射點

如圖二顯示，觀測某一流星群時，若將流星的路徑反向延長，會發現它們相交於一點，稱為輻射點 (Radiant Point)。事實上這是由於透視的關係，猶如鐵路的雙軌、夾道的兩行樹林看上去都會在遠方相合在一點。所以流

星在空間的真正軌跡是相互平行的 (如 aa'、bb'、cc')，當流星體被大氣層捕捉進來，觀測者將看到流星來自輻射點 O 沿著天空的大圓運動。

## 流星群的命名方式

許多流星群 (Meteor Swarm) 在相同的軌道上運行，當地球接近時，就會有許多流星自天空中某一區域出發，向四方飛散。而流星雨 (Meteor Shower) 多指於短時間內有大量的流星出現。十九世紀時，許多星座邊界或星座並未定義清楚，但是找尋流星群輻射點的工作卻已在廣泛進行，因此流星群的命名應運而生。流星群的命名是以輻射點所在的星座加字尾 ids 來命名，有時加上離輻射點最近之亮星的希臘字母來說明。例如英仙座流星雨為 Perseids，就是從 Perse+ids 組合成的。但也有例外，例如寶瓶座 Aquarius 流星雨，並非使用 Aquari+ids 而是寫作 Aquarids，不用兩個 i 字；人馬座 (Sagittarius) 流星雨的 Sagittarids 亦同。有些星座在國際天文聯合會 (IAU) 於 1925 和 1927 年制訂全天八十八個星座時消失，例如一般俗稱的 1 月 4 日天龍座流星雨，許多書籍仍稱作象限儀座流星雨 (Quadrantids)，有趣的是其輻射點現在位在牧夫座，接近天龍座處。此外，由於以前的星座範圍幾經修改，因此在 4 月天琴座流星雨 (Lyrids)，其實該稱做武仙座流星雨 (Herculids) 才對。另外，類似寶瓶座 流星雨群



(南)(Southern Aquarids)與寶瓶座流星群(北)(Northern Aquarids)極大期時，寶瓶座星距離輻射點分別為 $2^\circ$ 與 $12^\circ$ ，有一段距離，合適的流星群命名應該分別為寶瓶座流星群與寶瓶座流星群。許多流星群命名已經背負了"歷史包袱"，要完全照規則命名可能會造成傳統命名與新命名銜接困難，以及避免混淆的困難，所以我們仍然可以看到規則以外的命名。有些流星群的命名和其母體彗星有關，例如 Grigg-Skjellerupids 或 Giacobinids。Giacobinids 發生在 10 月份，有人稱為天龍座流星雨，故可寫為 Draconid；但是 Giacobinids 應該寫作 Giacobini-Zinnerids 才對，因為其母體彗星為 21P/Giacobini-Zinner。

## 偶現流星

與流星群相對，完全沒秩序而飛來的流星稱為偶現流星 (Sporadic Meteor)，日本稱為"散在流星"。

## 二、如何觀賞流星雨

目視流星觀測，不需要昂貴的設備，花點心力也能對流星天文學有所貢獻。目視方法可做流星計數、光度測定、有無"痕"、顏色、記錄、路徑描繪及輻射點的確定等。由於攝影技術的發達，路徑描繪和輻射點的確定也可以不做。

## 觀測地點與注意事項

首先，請選擇視野開闊、燈光干擾少的地點，例如坪林、巴陵、尖石、觀霧、梨山、小雪山、合歡山、阿里山、三地門、墾丁、蘭嶼、綠島、澎湖...等地。光害越少對於觀測結果越有幫助。攜帶記錄紙和筆，以紅色玻璃紙包住手電筒以免刺眼，還有星圖、計時裝置(電子錶或是收聽長波廣播報時信號的收音機)、禦寒衣物、睡墊、睡袋、食物、飲料、備用電池等，當然也可準備錄音機口述記錄。若是一群朋友一起觀測，可互相支援以免錯失美景。觀測完記得作適度休息，避免過度勞累。

表二：獅子座流星群的基本參數

出現日期	11月14-21日
極大日	11月17日19h UT (11月18日3時中原標準時)
極大期太陽黃經	235.25°
輻射點位置 赤經	153°
輻射點位置 赤緯	+22°
輻射點半徑	5°
輻射點赤經每日偏移量	+0.7
輻射點赤緯每日偏移量	-0.42
攝影軌跡起始高度 H <sub>b</sub>	128km
攝影軌跡終止高度 H <sub>e</sub>	87km
特徵	族群指數 $r = 2.5$ ; 極大期平均 天頂每小時個數 ZHR = 40+ (45 in 1996)
地心速度 V	71 km/sec

、：流星雨輻射點的赤經與赤緯位置，由於地球繞太陽公轉的關係，輻射點會漂移。

$r$ ：族群指數 (Population index)，用來計算流星群的星等分佈。 $r=2.0-2.5$  表示比平均值亮一些，而  $r$  大於 3.0 代表比平均值暗一些。

：太陽黃經，能精確量測地球在軌道的位置而與曆法的變動無關，所有的太陽黃經值以 2000 年分點為準。

$V$ ：大氣或視流星速率 (Atmospheric or apparent meteoric velocity)，以 km/s 為單位。速率大約從很慢的 11 km/s 到很快的 72 km/s，40 km/s 大約是中間值。

ZHR：天頂每小時比率 (Zenithal Hourly Rate)，意指一名觀測者在極限星等 6.5 等、天空無雲、輻射點位在天頂的最佳狀況下，每小時所能看到的流星數，為度量流星雨規模的標準，代表一種理想狀況，單位為每小時的流星數。當流星活動旺盛但持續不到一小時或是觀測環境很差時，使用估計 ZHR (estimated ZHR, EZHR)，會比一般正常的 ZHR 不準確些。

## 選擇適當的流星群

對於觀測新手而言，選擇每小時出現十五到二十顆流星以上的主要流星群觀測比較好，不僅可以因為看到較多流星帶來許多樂趣，而且可以有較多機會練習記錄數據或做光度估計，而能漸漸習慣流星的觀測。

## 觀測時間的選定

如果有雲霧、曙暮光、月光或燈光，會影響到流星觀測的數量，尤其是暗流星都會被這些光掩蓋掉。因此太陽的位置至少必須在地平線十二度以下，也就是航海曙光開始或是航海暮光結束的時候。月光問題主要看月相，朔前後各五天的月光影響可忽略，而滿月的月光可能使得觀測到的流星數目比沒有月光下減少十倍。月光在地平線上幾度時影響比較輕，所以除非在朔前後五天，否則只能選擇月球在地平線下或是在地平線上幾度而已時觀測流星。

## 三、獅子座流星群

### 母體彗星 55P/Tempel-Tuttle 的觀測歷史

獅子座大流星雨的母體彗星 55P/Tempel-Tuttle（譚普—塔托彗星）屬於短週期彗星，其軌道接近地球且又不太受到木星的攝動影響，自西元902年起獅子座流星雨就被觀測過。在1998年2月28日55P/Tempel-Tuttle彗星通過近日點後的1998與1999年11月，地球將通過獅子座流星體最密集的区域。

55P/Tempel-Tuttle彗星於1865年12月19日由法國馬賽（Marseilles）的G. Tempel與哈佛學院（Harvard College）的H. P. Tuttle分別發現。Von Oppolzer於1867年出版1866彗星（先前55P/Tempel-Tuttle彗星的

命名）的軌道。最早指出55P/Tempel-Tuttle彗星與獅子座大流星雨的關連性的是Schiaparelli。55P/Tempel-Tuttle彗星軌道週期為33.2年，1997年3月4日再度發現55P/Tempel-Tuttle彗星回歸。

### 獅子座流星雨的歷史

獅子座大流星雨無疑是過去兩百年裡最燦爛的流星雨。它屬於週期性流星雨，每隔三十三年當地球通過其流星體主要集中區域時，就有機會在部份地區於短時間內觀測到流星以“暴雨（Storm）”的形式從天而降！獅子座的流星速度很快，約71km/sec，接近理論上流星可達到的最高速率，其中有很高的比率會留下痕跡。

1799年11月11日有一些觀測者目睹了大流星雨的奇景，其中旅行家Humboldt於南美洲Cumana看到數千顆流星與火球由北向南地留下八到十度的痕跡，每個大約月亮直徑兩倍的區域都有流星出現，非常壯觀。直到1833年，上述景觀又喚起人們的記憶；在此之前的1831年11月13日以及1832年11月12與13日，有一些船長在海上或是在歐洲與亞洲的觀測者都看到不少顆流星出現。

1833年在美國東北部，幾乎所有的人都到室外觀賞史上最燦爛的流星雨。只見千百條彩光不斷地從天際劃過，最多時每小時高達三萬顆。有人將這場流星雨比作大風雪中紛飛的雪花，有人以為世界末日到了，有農人第二天晚上到戶外看是否星星都掉光了，卻發現一顆也不少。有人估計此場流星雨共有24萬顆流星自天劃過。流星天文學似乎是自此次獅子座流星雨而開展！Twining在1834年試圖找出獅子座流星雨成因；牛頓曾在1863年尋找歷史記錄，而在1864年預測1866年11月將有大流星雨，在子夜過後每小時平均九百

**表三：近來對於 1998 年可能的流星暴預測**

研究者	峰值太陽黃經	時間 ( UT )	預測峰值 ZHR
Jenniskens 1996	235.34	21h30m	10000
Yeomans 1998	235.26	19h40m	200- 5000
Brown et 1998	235.24	18h50m	1000-10000
Kresak1 1993	234.8	08h30m	10000
Jenniskens, 1996[10]	235.34	21h30m	10000
Yeomans, 1998[11]	235.26	19h40m	200-5000
Brown et,al, 1998[12]	235.24	18h50m	1000-10000
Peteor Brown,James Jones,1992[14]	235.16	17h02m	-----
Kresak,1993[13]	234.8	08h30m	10000
Zidian Wu , MIwan P. Williams,1996[15]		-----	40-240

顆。這項預測後來在當年 11 月 13 日成真。

1897 年之前，雖然有人仔細觀測，但獅子座流星群只有零星的幾顆流星出現。1898 年 11 月 14 日，在美國可以看到大約 50 到 100 顆流星。1899 年 11 月 14 日，滿月，最高流星數每小時只在 40 顆左右，許多先前看報紙而很關注此流星雨的民眾都失望了。1900 年，Hudson Bay 記錄每小時約 1000 顆的流星出現在 11 月 15-16 日，有些民眾看到此景感到恐慌。1901 年 11 月 14 日極大時，估計每小時有 230 到 800 顆流星。1902 年受月光干擾，1903 年表現不錯。1898 年 Berberich 與 1899 年 Stoney 以行星擾動觀點計算獅子座流星體，而介紹出 ortho-Leonids 會以幾乎一樣的軌道成緊密的流星體流，大約三年可通過軌道某一定點；另有 clino-Leonids，其軌道與 ortho-Leonids 有些不同，回歸需時較短，且會在極大日之前和之後出現。地球約會花 5 到 6 小時通過 ortho-Leonids 流星體，彼此軌道傾斜相交，而 clino-Leonids 比較寬且明顯較稀疏。

1904-1928 年只有零星的獅子座流星群出現。1930 年極大時，ZHR 達到 120。1931 年更好，有 180 顆，這年首度進行流星電波觀測，收到相當多的流星訊號。1932 年英國的 Prentice 報告峰值約 240，但還不到流星暴雨的程度。接下來的幾年，ZHR 值只到 30。

1961 年的觀測峰值稍有增加。1965 年月光干擾，但有不少火球出現。1966 年地球碰到獅子座大流星群的流星體另一緊密部份，11 月 17 日夜晚在歐洲 ZHR 值低於 100；但在美國亞利桑那州 Tucson 的業餘觀測團隊在 Kitt 峰看到大暴雨，由 Milon 的研究發現每小時約有 15000 顆流星。有人覺得高估，但雷達觀測支持此一說法。

不過 1966 年獅子座大流星雨驚人的表現只出現在 11 月 17 日 11:55UT 不到一小時內，主要在北美西岸看得到，其他地方不是白天就是緯度或經度不適合觀測。高潮時估計每小時 15 萬顆，但僅持續了 20 分鐘。常有人說看到流星要趕快許願，若要許多個轟轟烈烈的大願，自然應該挑獅子座大流星雨來了卻多樁心事。

1998 與 1999 年起獅子座流星雨將再次活躍，並將於 1999 年達到高峰，屆時 11 月中，天文學家、業餘天文愛好者和一般大眾，將會非常關注獅子座大流星雨，本世紀末別忘了這三十三年一次的大約會。

## 1998 的獅子座大流星雨

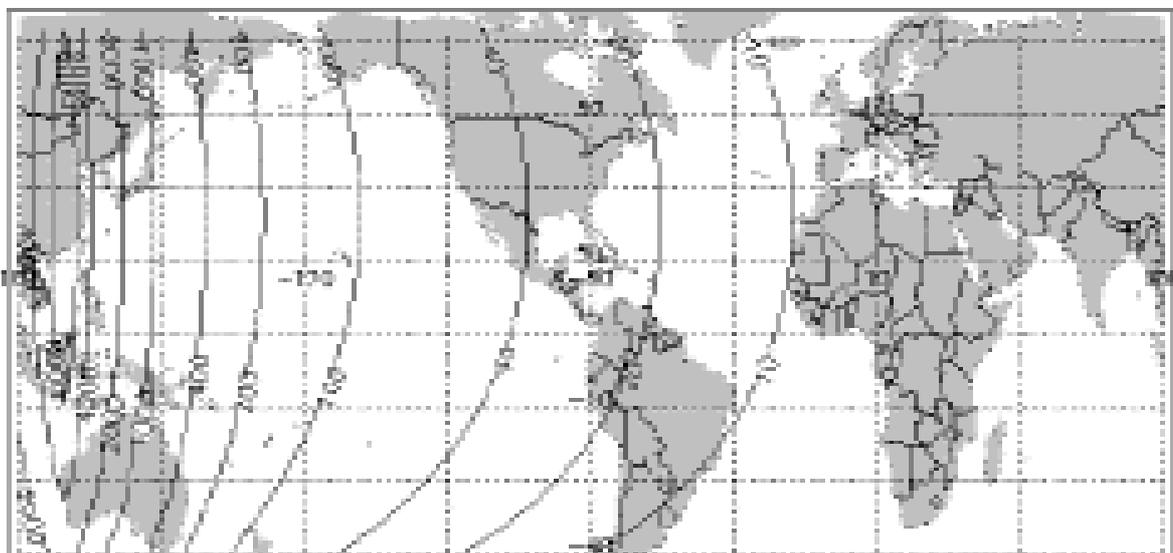
不同的研究者對於本世紀末的獅子座流星雨規模有不同的預測。不過總體來看，除了 2000 年月光影響外，1998-1999 年台灣的觀測者都處在有利的觀測位置，請大家善加把握！NASA Ames Research Center 的 Peter Jenniskens 認為獅子座流星雨發生可能以每秒三顆或到有時候每秒四十顆的規模落下約一小時，而台灣、日本、中國與東南亞為最佳的觀測經度。美國麻州劍橋的小行星中心的專家 Brain G. Marsden 認為在 1998 與 1999 年無法看到這麼多的流星，但他補充了一句：如果我錯了更好！

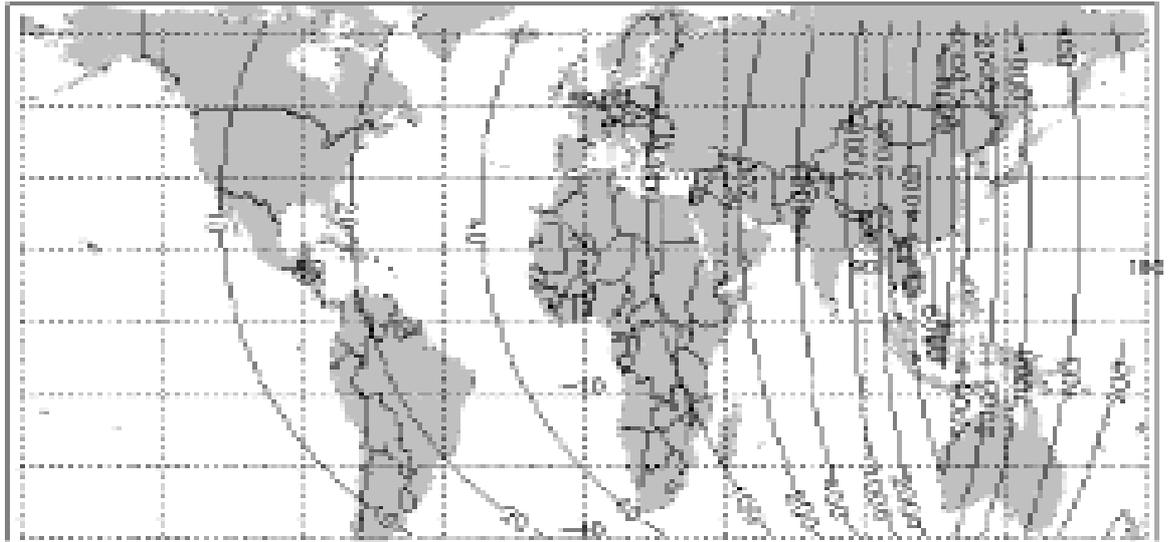
噴射推進實驗室(JPL, Jet Propulsion Laboratory)的 Donald K. Yeomans 曾在 1981 與 1996 年出版兩份詳細的獅子座流星雨研究報告。1996 年的研究是和 Kevin F. Yau 與 Paul R. Weissman 一起發表。Yeomans 認為最可能發生流

星暴雨是在當地球進入位在母體彗星軌道之外並落在其後的獅子座流星體流時，也就是在 1998、1999 與 2000 年。不過，Yeomans 也推測可能因為母體彗星旁的粒子分佈在並不均勻，類似 1899、1933 年的環境並沒有產生有意義的流星雨，因此 1998-1999 年也許雖有明顯的流星雨但還沒達到史上壯觀的地步。何況這次地球距離彗星軌道比 1966 年多 3 倍，比 1833 年大流星雨時超過六倍遠。1998 年的環境可能類似 1866、1867 年以及 1932、1933 年的回歸，流星最多每小時出現 5000 顆到每小時出現 240 顆或更少。

加拿大 University of Western Ontario 的 Peteor Brown 和 James Jones 藉由彗核在前五次回歸所噴出的 3 百萬顆測試質點數值積分模擬獅子座流星體流的演化，可推出 1899 與 1933 年沒有明顯的流星雨，而 1966 年則發生強烈的回歸。他們認為日益逼近的獅子座流星雨在 1998 到 2000 年轉強，尤其以 1999 年最劇烈。他們發現流星體似乎特別集中在地球通過彗星軌道平面前的兩小時四十分鐘，亦即在太陽黃經 235.16 度，這幾乎是在 1966 年暴雨的相同位置。他們認為 1998 年 11 月 17 日 17:02UT(中原標準時 11 月 18 日 1 點

圖三 美洲、歐洲和非洲於 11/16-17 夜晚的獅子座流星雨預測圖 from Ref. [6]





圖四 當極限星等 6.5，地方時間皆為 11/17-18 的 3h30m，預測各地每小時可以見到的流星數 from Ref. [6]

02分)將是獅子座流星雨的極大期。對於西太平洋與日本很好。而 1999 年則發生在 11 月 17 日 23:02UT(中原標準時 11 月 18 日 7 點 02 分)，對於蘇聯、中國和印度很合適。此項預測也和 1996 與 1997 年獅子座流星群觀測時在地球通過彗星軌道面前兩小時發生明顯的峰值類似。

如果峰值剛好發生在地球通過獅子座流星雨母體彗星軌道平面，根據 Yeomans 預測，1999 年的流星雨 11 月 18 日國際標準時 1:48，相當於中原標準時 11 月 18 日上午 9:48。歐洲、北非及亞洲西部成為最佳觀測地點。不過我們也可能在地球通過遭遇到獅子座流星雨母體彗星軌道平面之前或之後幾小時，才遇到獅子座流星體流，如果這些流星體延伸的範圍達到地球與獅子座流星雨母體彗星軌道交接處前後十二小時，那世界上各地都適合觀測。

英國倫敦大學(University of London)的 Zidian Wu 和 Iwan P. Williams 假設大部分在 1965-66 年觀測到的流星在其母體彗星最近三次回歸中噴出，並仔細考慮 1966 年以及非流星暴雨的 1899 與 1933 年之情形，他們悲觀地認為 1998 年將類似 1899 年或 1932 年的情形，流星出現數目在每小時 40 (1899 年)-240 顆(1932 年)之間。

Zidian Wu 和 Iwan P. Williams 認為 1999 只能看到很少顆流星。

對於這些差異甚大的預測，美國流星協會(American Meteor Society)的執行理事 David Meisel 認為流星預測本來就有名地不可靠，沒有人真地知道怎麼做比較恰當。

依據英國天文協會的 Neil Bone 預估，如果世紀末的獅子座流星雨最活躍的地方發生在和 1966 年獅子座大流星雨一樣的太陽黃經，則最高潮將發生在中原標準時 1998 年 11 月 17 日晚上 8 點或 1999 年 11 月 18 日凌晨 2 點。上述兩個時間分別對於美國西岸與遠東地區最有利。1998 年 11 月 17 日月齡 30，不受月光影響，非常適合觀賞。

依據國際流星組織所成立的國際獅子座流星雨觀測網(International Leonid Watch)資訊，1998/1999 年獅子座流星群回歸，遭遇到的狀況應與 1866 年類似。若以 1866 年獅子座流星雨的 ZHR 輪廓圖來預測 1998 年的狀況，在中原標準時 1998 年 11 月 18 日凌晨 3 點到 5 點，ZHR 將超過 1000。11 月 18 日上午七點，ZHR 則降至 100 左右。依據 1996 年觀測結果，1998 年的獅子座流星雨 ZHR 值超過 50 的時間將持續 10 小時，依據 1866 年觀測記錄預估則有大約 10 小時。

獅子座流星雨將發生在太陽黃經  $235.15^\circ$  至  $235.3^\circ$  之間，所以最佳的觀測位置可能在西太平洋或是亞洲東部，觀測者尤其應該在 11 月 17 日與 18 日當地時間 0 時到 6 時，守夜觀測可能的獅子座大流星雨。

圖三是假設 ZHR=10000 時所顯示不同地區預期的活動概況，以最大時率表示，所有位置都以相同的地方時間 3h30m 描述，峰值預期發生在中國東北和蒙古東部。日本觀測者在 11/17-18 夜晚峰值即將發生前，將可達到每小時 1000 顆流星，當日本天空暗下來一個多小時後，日本觀測者就會看到流星強烈地增加。歐洲觀測者將在同一個晚上（高潮已過）每小時至多看到一百多顆流星。美國觀測者只能在 11/17-18 後看到很低的活動，約每小時 10-20 顆；然而如圖四，他們也可能在 11/16-17 夜晚看到峰值前較高的比率，每小時約 20-50 顆。夏威夷為西半球最接近峰值的地區，可能每小時可以看到 100 顆。

請注意：目視流星比率只是一個可能的腳本，預測的 10000 顆峰值活動可能有 10% 的誤差。雖然上面的預測似乎相當準確，但我們不應太依賴，而須做全方位活動的準備。峰值較不可能偏移超過兩小時，背景流星活動也不會比預期高太多。然而如果很不尋常的事情發生時，而我們沒有適當準備，將失去獅子座流星雨首次全球性科學的監視行動。

有些預測認為 1998 年獅子座流星群活躍時可能發生暴雨現象，雖然訓練有素的觀測者仍可做目視計數觀測，但利用相機拍攝可能是在暴雨期間最有用的觀測方法。如果有人想要在十一月份到亞洲東部或中部的沙漠或草原地帶，請注意夜間溫度常常會低於  $-20^\circ\text{C}$ ，請注意保暖與攜帶合適的天文設備。最後必須強調的是，驚人的獅子座流星雨只發生在極短時間內，並不會持續整夜；

而在最高潮前後期間的流星雨規模，大約和英仙座流星雨表現很好時差不多。

## 四、二十一世紀的獅子座流星雨

Brian G. Marsden、Gareth Williams (Minor Planet Center) 和噴射推進實驗室 (Jet Propulsion Laboratory) 的 Donald K. Yeomans 曾計算經過擾動後彗星的軌道而發現：當 2031 年 5 月 Tempel-Tuttle 彗星朝向近日點時，會於 2029 年 8 月通過離木星軌道 1.5 a.u 處，將使得彗星與地球軌道面橫截面更向內，而彗星與地球最近的距離將拉大到 0.0162 a.u.，是自 1733 年以來最大的分離。這有點類似 1899 年的獅子座流星群，Tempel-Tuttle 彗星於 1870 接近土星，於 1898 年接近木星，因此其軌道偏移到地球軌道內約 0.0117 a.u.，因此 1899 年的獅子座流星雨的缺席令人遺憾而深深記得。

到了 2065 年分隔的距離大約只有 0.0146 a.u.，Yeomans 認為這將是在 1998-99 年可能發生的流星暴雨後，再次有機會看到壯觀的獅子座流星雨時期。而若要看到獅子座大流星雨以暴雨的方式顯現，則必須等到 2098 年相縮小到 0.0062 a.u.，或是 2131 年——自從 1633 年以來，彗星第一次橫截地球軌道面外側一點點時 (0.0089 a.u.)，才可能有希望看到。

作者介紹：國際流星組織會員，中華電信數據通信分公司助工程師

## 參考資料:

1. The Leonids' Last Hurrah? By Joe Rao, Sky & Telescope, November 1996.
2. Handbook for Visual Meteor Observers, 3/e Edited by Jurgen, Rainer Arlt and Alastair McBeath, International Meteor Organization.
3. Handbook for Photographic Meteor Observations, Jurgen Rendtel, International Meteor Organization.
4. Meteor Showers, A Descriptive Catalog, Gary W. Kronk, Enslow.
5. Meteors, Neil Bone, Sky Publishing Co. Ltd..
6. Observing Hints for the 1998 Leonid Return, Rainer Arlt, Sirko Molau, Malcolm Currie, WGN, the JOURNAL of the IMO 26:4 (1998).
7. The Leonids Bulletin 12 of the International Leonid Watch: Final Results of the 1997 Leonids and Prospects for 1998, Rainer Arlt and Peter Brown, WGN, the JOURNAL of the IMO 26:4(1998).
8. The Return of the Leonid Meteors, Joe Rao, Sky & Telescope, Nov., 1998
9. Prospects for Two Upcoming Periodic Meteor Showers, Joe Rao, WGN, the JOURNAL of the IMO 26:5 (1998)
10. P. Jenniskens, "Meteor Stream Activity. III. Measurement of the First in a New Series of Leonid Outburst", Meteoritics and Planetary Science 31, 1996, pp.177
11. D.K. Yeomans, "Comet 55P/Tempel-Tuttle and the Leonid Meteors", AIAA Leonid Storm Hazard Conference, Manhattan Beach, CA., April 27, 1988
12. P. Brown, J. Jones, K.J. Ellis, W.K. Hocking, A.R. Webster, R.L. Hawkes, "Recent Observations and Modeling of the Leonid Meteoroid Stream", AIAA Leonid Storm Hazard Conference, Manhattan Beach, CA., April 27, 1988
13. L. Kresak, "Meteor Storms", in Meteoroids and their Parent Bodies, J. Stohl, I.P. Williams, eds., 1993, pp.147-157
14. P. Brown, J. Jones, "Evolution of the Leonid Meteor Stream", University of Western Ontario, London, Ontario, N6A3K7, 1992.
15. Z. Wu, I.P. Williams, "Leonid Meteor Storms", Mon. Not. R. Astron. Soc. 280, 1996, pp.1210-1218