

五又二分之一天

一 彗星撞擊木星的前前後後

葛必揚

國立臺灣師範大學地球科學系

P/Shoemaker-Levy 9 號彗星的二十顆主要碎核已經，在今年七月十七日至廿二日之間，依天文學家所預測的依序撞擊到木星表面，並造成許多現象，可提供人類研究探索。本文就該彗星被發現，以及預測撞擊木星的大致經過作一回顧；並簡述彗星核體破裂的原因，以及歷史上類似的發現與記錄；此外並說明撞擊時彗星、木星、地球與太陽之間的相關位置；國內外就這次撞擊所作的觀測以及初步結果，亦作報導。

一、彗星發現經過

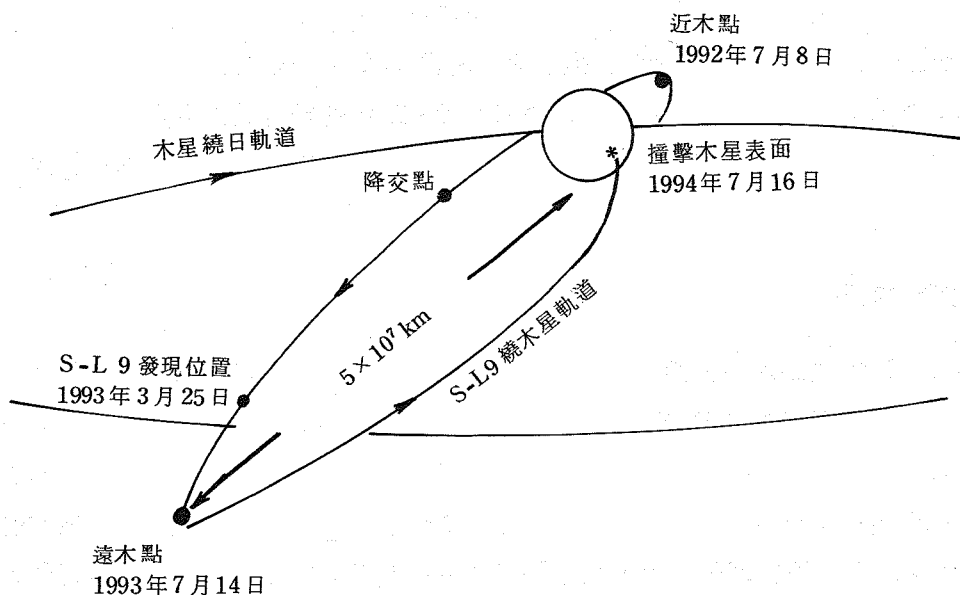
彗星的發現與驗證，通常都是先由拍攝所得的星空照片進行比對開始的。P/Shoemaker-Levy 9 彗星（以下簡稱 S-L 9）亦是在 1993 年 3 月 25 日，由 Carolyn Shoemaker 在照片上首先發現的。照片則是 Eugene Shoemaker、David Levy 和 Philippe Bendjoya 利用美國加州帕拉馬天文台（Palomar Observatory）中的 40 公分口徑史密特望遠鏡（Schmidt telescope）所拍攝的。在這張照片中，彗星星體顯示有破裂的跡象。

這組研究人員於是在和亞利桑那州基特峯天文台（Kitt Peak Observatory）的 Jim Scotti 進行結果比對。Scotti 所用的是 90 公分口徑的望遠鏡。比對的結果，顯示這個新的天體具有一個一個分離的核。S-L 9 就這麼被發現了。有關彗星命名的方法與原則，本文不多作介紹，讀者請自行參閱其他資料取得說明。

發現了一個新的彗星，接下來就是對它的基本資料作一番計算。經過計算之後，天文學家發現 S-L 9 所繞行的對象不是太陽，而是木星。日本的天文學家 Syuichi Nakano 以及美國麻塞諸塞州的 Brian Marsden 更進一步發表了他們的預測：S-L 9 將會撞擊到木星。天文學家、天文愛好者，以及更廣大的民衆也因而關注起這一事件。

二、撞擊預測

預測 S-L 9 會撞擊木星，所依據的就是天體的軌道運動。能預測將來的運動路徑，就能回推過去的軌跡。天文學家在回溯 S-L 9 的軌跡時，發現它在 1992 年 7 月 8 日通過“近木點”，而碎核的產生也應該是當時受木星潮汐力的作用所致。圖一象徵性的繪出木星與 S-L 9 的軌道相關位置，同時也標識出自 S-L 9 通過近木點碎裂以來的幾個關鍵的時間與方位。



圖一 S-L 9 與木星的軌道示意圖。

參考自 Sky & Telescope July 1994, p.19.

二個天體因為過於接近，致使潮汐力撕裂其中之一，甚至兩者都受到影響，這樣的現象在宇宙中並不鮮見；S-L 9 並不是唯一的例子。在我國歷史上也有一段極可能是分裂彗核的觀測記載。〈新唐書〉的〈天文志〉中記載：「唐昭宗乾寧三年十月，有客星三，一大二小，在虛、危間，乍合乍離，相隨東行，狀如鬥，經三日而二小星沒，其大星後沒。」這段記錄，合西曆公元 896 年 11 月 9 日至 12 月 7 日之間，依文字記載看來，應該是很清楚的一段三個分裂彗核的敘述。

對 S-L 9 的軌跡再作回溯，天文學家發現它應該是在一百多年前被木星所捕獲的。於是問題來了：S-L 9 的前身是一個彗星？或是一個小行星？這關係很重要，因為彗

星與小行星不僅原先的軌道不同，而且它們的成分也不一樣；彗星以冰為主，而小行星則以石塊（或碳，或矽，或金屬）為主。不同的來源，對撞擊的化學組成變化也當然不同。

亞利桑那州 Lowell 天文台的天文學家：Ted Bowell 及 Lawrence Wasserman 認為 S-L 9 應該原先是介於火星與木星之間的一顆小行星。但另有一些天文學家如華盛頓大學的 Lance Benner 與 Bill McKinnon 則認為 S-L 9 的前身應該是彗星。

驗證的方法之一，是查證 S-L 9 的質量密度。華盛頓的卡內基學院（Carnegie Institution）的 Alan Boss 經過計算，認為 S-L 9 的密度過低，不足以構成一個小行星。雖然如此，但至今尚有部分學者認為 S-L 9 的前身尚未論定。

不論 S-L 9 的來源為何，撞擊事件發生的經過，以及其對木星，乃至地球、太陽系的影響，更為大家所關心。

三、撞擊經過

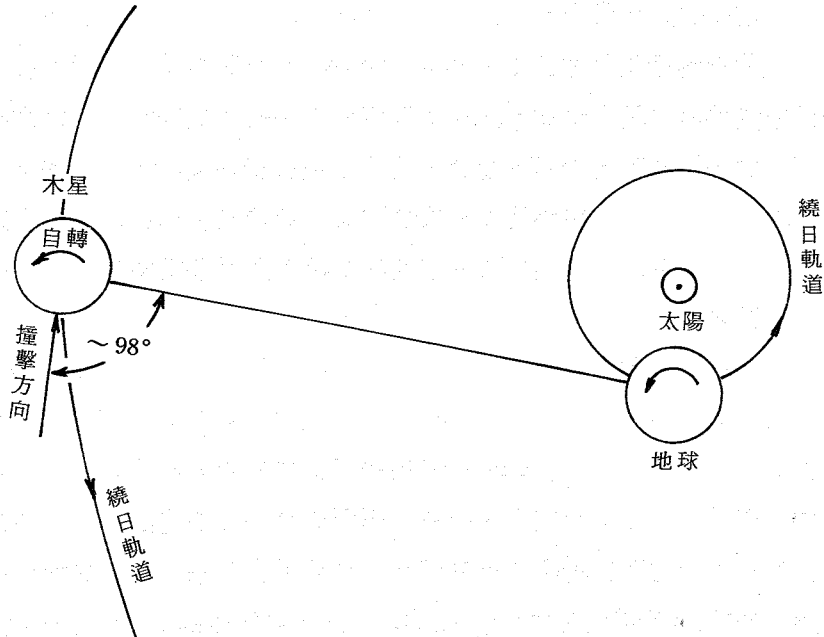
對 S-L 9 撞擊木星表面這一事件，不論是撞擊的時間、撞擊的方式、核體的大小等，國內各單位都沒有作事先的預測，所採用的資料都是參考國外而得。因為國外有多處機構或天文學家進行撞擊預測，所以我們所取得的資料來源也就不一，各資料之間有一些小差別也不足為奇。表一即是台北市立天文台參考美國加州噴射推進實驗室的 P. W. Chodas 等人所計算的結果，在今年五月一日於天文快報第 364 號上對國內發布的資料，表中分別對每一個核撞擊木星表面的時間、撞擊點的位置，以及撞擊時與地球形成的角度都有預估。事實證明，預估的撞擊時間與方位、角度大致不差。圖二就是撞擊發生時包括太陽、地球、木星，以及 S-L 9 之間的相關位置的示意圖。因為撞擊方向與地球的夾角約有 98 度，所以撞擊瞬間的景像，在地球上無法觀測。必須借重太空船如伽利略號（Galileo）或是船海家家 2 號（Voyager 2）才能直接觀測到撞擊剎那的反應。但是由於木星自轉十分快速，約 9 小時 50 分鐘即自轉一圈，所以撞擊的現象在幾分鐘之後，即會為地球看到。事實上，大的撞擊、延續時間長的現象，也仍然可以在地球上看到。美國夏威夷觀測站就在紅外線波段，觀測到一個大撞擊的結果。

這些撞擊的能量有多大？根據估算，這 20 個碎核的大小約在幾公里範圍之內，他們撞擊木星表面的速度約是每秒 60 公里。以一公里直徑的核來計算，這樣的撞擊約產生 2×10^{28} 爾格（erg）的能量，這相當於五千億噸黃色炸藥的爆炸威力。這樣的撞擊，

表一 S-L 9 碎核撞擊木星表面的預估時間、撞擊點位置及撞擊方向與地球的夾角。資料來源是由美國加州噴射推進實驗室 P. W. Chodas 所作的計算，由台北市立天文台於天文快報第 364 號發表。

核序號	撞擊時間 月 日 UT	撞擊點之 木星緯度 (度)	地球-木星- 核所成角度 (度)	核序號	撞擊時間 月 日 UT	撞擊點之 木星緯度 (度)	地球-木星- 核所成角度 (度)
21	7 16.81	- 43.26	98.73	9	7 20.41	- 44.78	96.97
20	7 17.11	- 43.34	98.49	8	7 20.61	- 45.00	97.47
19	7 17.27	- 43.37	98.36	7	7 20.80	- 44.54	96.19
18	7 17.48	- 43.42	98.20	6	7 21.28	- 44.78	94.39
17	7 17.61	- 43.80	98.21	5	7 21.61	- 44.69	95.80
16	7 18.02	- 44.24	99.42	4	7 21.75	- 44.10	94.80
15	7 18.30	- 44.19	98.09	3	7 21.88	- 44.11	94.69
14	7 18.78	- 44.04	98.13	2	7 22.18	- 44.14	94.46
12	7 19.42	- 44.43	97.22	1	7 22.32	- 44.24	94.02
11	7 19.89	- 44.52	97.58				

註：原有的第 10 及 13 個核已消失不見，故未列出。



圖二 S-L 9 撞擊木星與地球、太陽的相關位置。圖中各星的大小，及各星之間的距離都未依實際比例表示。

對木星造成了什麼後果，以及那些課題是撞擊所帶來的研究方向，這都是下一步天文學家要做的事！

四、撞擊的結果

類似 S-L 9 撞擊木星的事件，在太陽系中並不是千古絕唱。航海家一號（Voyager 1）就曾經在木星表面上觀測到大火球，這可能是另一個天體撞擊木星時的現象。在地球上，本世紀初年（1908），發生在通古斯（Tunguska）的爆炸，也有不少學者認為是彗星（或小行星）撞擊地球的結果。更進而推算該天體可能的大小有八公里。近年來，更為人所樂道的一項假說——恐龍滅絕肇因為彗星撞擊地球，更加強人們對彗星撞行星的機率及其結果的好奇與研究。所以像 S-L 9 這樣已經碎裂成 20 個核體，在短短五天半的時間裡，連續撞擊木星表面的事件，不啻提供天文學家一個最好的目標。我們探究的方向十分廣泛，舉例來說，撞擊後，透過光譜分析，可以研究化學成分的改變。這個改變，無疑是 S-L 9 所帶來的，因為這樣的成分（木星表面大氣、彗星核），威信是太陽系初形成時的第一代材料，因為撞擊造成物理、化學條件的改變，因而改變成分；透過這樣的分析研究，無疑可以對太陽系起源有進一步的了解。再例如因為劇烈撞擊，一定會伴隨產生衝激波（shock wave），觀測結果也顯示了有一股每秒約 800 公尺的衝激波環繞木星南半球，涵蓋了近四分之一的木星表面。在這衝激波的前緣及波後，會不會有新的或不同含量的化合物出現？這股衝激波會對木星表面大氣造成什麼動力學上的結構變化？再如撞擊後所形成的黑影，隨時間會呈如何變化？其面積大小是會擴散或逐漸減小？有沒有可能形成一個新的漩渦流？這些問題都可能藉由這次撞擊事件而獲得更多資料。

國內天文界在這場活動中也有不同程度的參與和展獲。圖三（彩色版，印於底封面）即是國內拍攝到的撞擊結果，這幅照片是台北市天文台楊安中先生在 7 月 18 日晚 8 時所拍得由編號 G 核撞擊所產生的黑影。各地的天文愛好者，都分別以其私有的儀器，或攝影或觀測，或湧向台北市天文台、中央大學天文台、台中自然科學博物館、高雄中山公園，以及其他各地的觀星場所，再次帶起天文活動的高潮，為天文社會推廣活動作了很大的鼓舞。在學校研究機構方面，主要有台北市立天文台的攝影記錄，中央大學天文研究所在中壢校區內及鹿林山觀測站所作的攝影記錄，其中利用中壢校區的 24 吋望遠鏡附接 CCD 照相機所得到的影像，更加以初步分析，提供到國際學術網路上，供全球人士使用參考。本系（師大地科系）也有 20 多位同學，組成觀測隊伍，分別進行 CCD 影

像記錄、光度觀測，以及照相攝影記錄；獲得的資料計有 CCD 影像實錄約 20 小時、CCD 電腦影像檔案約 2000 多幅、五天的木星衛星光度變化資料，及照片等。總體而言，國內在這次事件中並沒有交白卷，而在天文教育的層面上，更有相當程度的貢獻。

五、結語（期望）

這次 S-L 9 撞擊木星的事件，雖僅歷時五天半，但各地所蒐集的資料，要花費的處理時間，却是百倍於斯。再從資料中，分析研判，歸納整理，就更是無法預估該費的時間。而先前的驗證、辯難等過程，更是曲折有致，反覆成理。由此我們認識到：天文觀測絕非僅止於“觀測”的本身，一套完整的天文觀測，應該包括：(1)從學理及動機上去了解為什麼要做這個觀測；(2)對觀測活動作精密的分配，這應包含儀器、時間及人員各方面條件的配合；(3)對觀測獲得的資料進行處理及分析研究。這其中當然要應用到相關的知識，更重要的，是要有“判斷”的能力：判斷資料的正誤好壞，判斷結果的合理與否。所以，一次完整的天文觀測活動，可以說是最佳的自然科學教學過程典範，也可以算是科學基本態度的訓練的縮影。筆者由衷希望爾後能經由天文觀測活動的訓練陶養，來提昇國民品質。

誌謝

感謝台北市立天文台楊安中先生惠予提供照片。

參考資料

1. <天文快報>，No. 358, 362, 364, 366, 367, 368；民國 83 年；台北市立天文台。
2. <星空探秘叢書—彗星與流星>，庄天山著，1993 年 6 月，福建教育出版社。
3. <中國古代天象記錄總集>，庄威鳳、王立興等編，1988 年 8 月，江蘇科學技術出版社。
4. Beatty J. K. and Levy D. H. ; Sky & Telescope, Jan. 1994 ; p. 40.
5. Beatty J. K. and Levy D. H. ; Sky & Telescope, July 1994 ; p. 18.
6. Eicher D. J. ; Astronomy, Aug. 1994 ; p. 73.
7. “ The Solar System ”, T. Encrenaz, J.-P. Bihring, M. Blanc ; 1990 ; Springer-Verlag Co.