

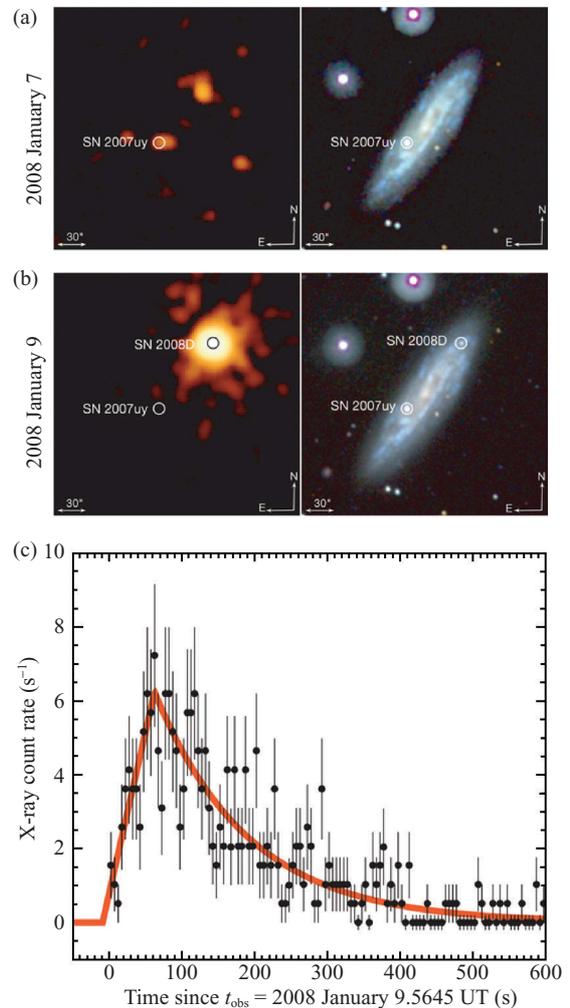
捕捉恆星爆炸的瞬間：超新星爆發的 X 光爆

清華大學天文研究所 江國興

恆星的演化是根據其質量而決定，當大質量（超過 8 個太陽質量）恆星演化到晚期時，由於星體內部中心停止核子反應，導致恆星進行重力塌縮。此時中心的密度變為極大而形成一個以中子為主且堅硬的核心，隨後往內坍塌的物質反彈，產生向外傳播的震波，進而形成超新星爆炸。超新星爆炸後的數天，其爆炸的餘暉便能以可見光偵測。可惜的是，天文學家因此未能清楚了解超新星爆發的瞬間，從而探討超新星爆發的前身和物理機制。

在過去四十年間，天文學家普遍認為在超新星爆發的瞬間，會發生維持數分鐘的 X 光爆 [1]。可惜，天文學家從未直接觀測到此現象；他們只能在超新星爆發後的數天，以可見光波段偵測到爆炸的餘暉。因此，超新星爆發的 X 光爆除了能讓天文學家研究星體爆發的瞬間，更提供了預報的功能，使得天文學家能夠在最短的時間內，立即進行多波段的觀測，從而窺探整個爆發的過程。

2008 年 1 月 10 日早上，國立清華大學天文研究所江國興副教授剛收到美國太空總署 Swift 太空望遠鏡於台灣時間 1 月 9 日晚上 9 點 33 分所錄得的觀測數據。Swift 太空望遠鏡的主要任務是揭開伽瑪射線爆之謎，它裝配了三支配合得宜，行動迅速的望遠鏡，可以在短時間內探測伽瑪射線爆及隨後的 X 光，紫外線和可見光餘暉。除了伽瑪射線爆外，Swift 還進行其他天文觀測；超新星爆發便是其一。1 月 9 日的觀測數據是關於一顆在距離我們 9 千萬光年遠的一個旋渦星系 NGC2770 裡的超新星 SN2007uy。經分析後，江教授未有發現 SN2007uy 有任何 X 光輻射。但他在星系內別的地方發現了一個能量相當巨大並為時五分鐘的 X 光爆（見圖一）。這個 X 光爆在 70 秒內 X 光強度已升至頂點，持續了約 500 秒才消失（見圖一），期內釋放能量相當於 2005 年全球能源消耗的四百萬兆！在發現 X 光爆後不久，江教授在後續的 Swift 紫外線觀測首先



圖一 (a)美國太空總署 Swift 太空望遠鏡在超新星爆發前所拍攝的旋渦星系 NGC2770 的可見光 (右圖) 和 X 光 (左圖) 影像。(b) 在 2008 年 1 月 9 日, Swift 太空望遠鏡發現一個強烈的 X 光爆在旋渦星系 NGC2770 裡面 (左圖)。數日後, 一顆名為 SN2008D 的超新星出現在可見光影像 (右圖)。(c) Swift X 光望遠鏡所記錄的 SN2008D X 光爆的光度變化圖。這個 X 光爆在 70 秒內 X 光量度已升至頂點, 持續了約 500 秒才消失。圖片鳴謝: A. M. Soderberg et al., *Nature*, **453**, 469 (2008)

發現超新星爆發所產生的紫外線，江教授立即發出緊急通告[2,3]，通知所有天文學家立刻觀測此一罕見的天文現象。於同一時間，在美國普林斯頓大學的 Alicia Soderberg 博士也獨立發現同樣現象並發出類似的通告[4]。Soderberg 博士更隨即發起一個跨國合作的觀測計畫，並邀請江國興教授一同參與其團隊。整個計畫動用了目前世界上最先進的望遠鏡，包括哈伯太空望遠鏡、Chandra X 光太空望遠鏡、位在新墨西哥州的特大電波望遠鏡陣列及 3.5 米望遠鏡、位於夏威夷的八米雙子星及十米的 Keck I 望遠鏡、和在加州的 1.5 米及 5 米望遠鏡。觀測結果發現，此次 X 光爆是旋渦星系 NGC 2770 中一顆超新星爆發時所產生的[5]，而該超新星現命名為 SN2008D，屬典型的 Ibc 型，其前身為一顆擁有強大恆星風及高質量的恆星-Wolf-Rayet star。這是一種大質量（超過 20 倍太陽質量）的恆星，它的表面溫度超過 25000 K，但其質量不斷被猛烈的恆星風扔走，基本上已失去氫外層，隨後內部中心停止核子反應，導致恆星進行重力塌縮，造成超新星爆發。爆炸的外展速度高達每秒一萬公里，大部份的星體物質都被震波驅走，現場只留下一個細小的硬體，最後演變成黑洞或中子星。爆炸也將一些飛離物質變換成比鐵更重的元素，例如鋅、銀、錫、金、水銀、鉛、鈾等等。此觀測結果更是科學家首次從超新星爆發的瞬間到整個過程的一次完整觀測，使我們對恆星演化有更透徹的了解。

還有，此次 X 光爆的特性，符合由超新星爆發瞬間所產生的震波而引發的 X 光爆的理

論，驗證了四十年前的預測[1]。研究結果同時證實，是次爆炸與伽瑪射線爆並無任何關係。理論上，超新星初爆時除了輻射高能射線外，也會隨伴大量微中子(neutrinos)和微弱的重力波(gravitational waves)，雖然過去和今次的發現都缺乏這方面的直接證據，只要將來有更多像 Swift 的廣角搜索和快速預警，從超新星找到微中子和重力波是可以期待的。這次重要的發現，完全是一個意外；因為 Swift 原是進行 SN2007uy 的後續觀測，剛好在同一時間，SN2008D 也在爆發，整個過程只是在短短的 5 至 10 分鐘內發生。像 NGC2770 的星系，每一百年才只有幾顆超新星爆發，在短時間內有兩顆超新星出現實在是一個巧合。要有效找尋更多的超新星 X 光爆從而了解超新星爆發的物理機制，天文學家日後須發展一個專屬的 X 光望遠鏡作巡天觀測。

參考文獻

- [1] S. A. Colgate, *Astrophysical J.*, **187**, 333 (1974).
- [2] A. K. H. Kong and T. J. Maccarone, *Astronomer's Telegram*, **1355**, 1 (2008).
- [3] A. K. H. Kong, A. Soderberg, A., E. Berger, N. Rea and, T. Maccarone, *Astronomer's Telegram*, **1356**, 1 (2008).
- [4] E. Berger and A. Soderberg, *Astronomer's Telegram*, **1353**, 1 (2008).
- [5] A. M. Soderberg et al., *Nature*, **453**, 469 (2008).