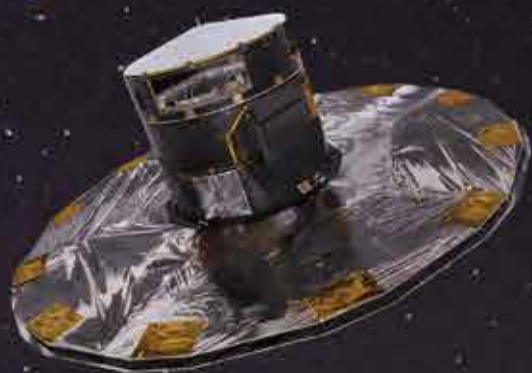


天聞



中研院天文所季報
ASIAA Quarterly Press
<http://www.asiaa.sinica.edu.tw>

中華民國 113年 夏季號



天文遊戲 開始！



下方是位於智利的Victor M. Blanco 4米望遠鏡，上方是Gaia太空望遠鏡。

©CTIO/NOIRLab/NSF/AURA/D. Munizaga/ESA/ATG medialab

適合中學生參與的星團研究

作者 陳文屏 | 中央大學 天文所 講座教授

太空雲氣由於本身重力收縮，以成群的方式誕生不同質量的恆星。剛誕生的恆星仍然深埋在塵埃與氣體當中，只在紅外波段能夠透出來，隨著周圍雲氣消散，絕大多數這些星群也隨著解散。只有還能夠維持重力束縛者，成為今日我們看到的星團，是夜空中明顯的天體。

星團成員來自同一團分子雲，因此成分、年齡，以及到地球的距離都差不多。由於在同樣時間內，不同質量的成員恆星演化快慢不一，因此觀察年齡相異的星團，就能夠驗證恆星演化的理論。而成員彼此互繞，則適合研究動力過程。在天球上星團看起來比較密集，但沿著視線方向，除了星團成員以外，還摻雜了不屬於星團的場星，必須將成員星分辨出來，才能推估星團的距離、直徑、年齡、恆星質量等等。

讓我們舉 M67 為例。既然有梅西耶目錄的編號，表示它有名且明亮。查詢維基百科知道它是個疏散星團，位於巨蟹座方向，還可以知道星團的中心坐標、距離、

張角大小、年齡等。另一個獲取天體訊息的專業網站，則是「辛巴達」（SIMBAD; Set of Identifications, Measurements, and Bibliography for Astronomical Data）。利用搜尋引擎找“simbad astronomy”就能找到首頁，在名稱（identifier）欄輸入 M67，就出現這個疏散星團的訊息，例如坐標、自行運動、徑向速度等，還有照片明顯看出星團所在。網頁還有列出觀測數據，甚至歷年來相關的期刊論文等。

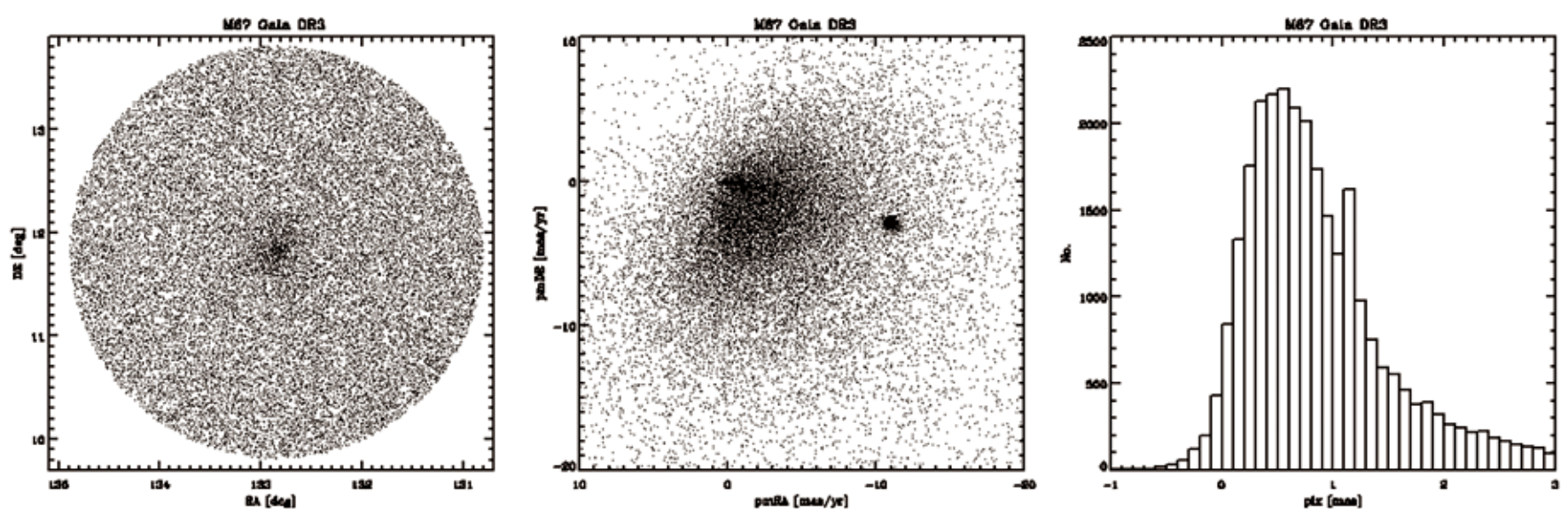
想要下載天體的觀測數據，則可以利用 VizieR（搜尋引擎找“vizier astronomy”）。這個資料庫內容豐富、功能強大，可以搜尋某個天體收錄了哪些數據，包括不同波段、不同任務，光譜還是光度等等。

星團成員星在太空群聚，一起運動。我們可以使用太空望遠鏡 Gaia 的數據，分辨成員星與其他的場星。Gaia 精密測量星球的位置（坐標），但某顆星的坐標會隨時間改變，一是望遠鏡在軌道上從不同角度測量，會有視差角（遙遠的天體幾乎不

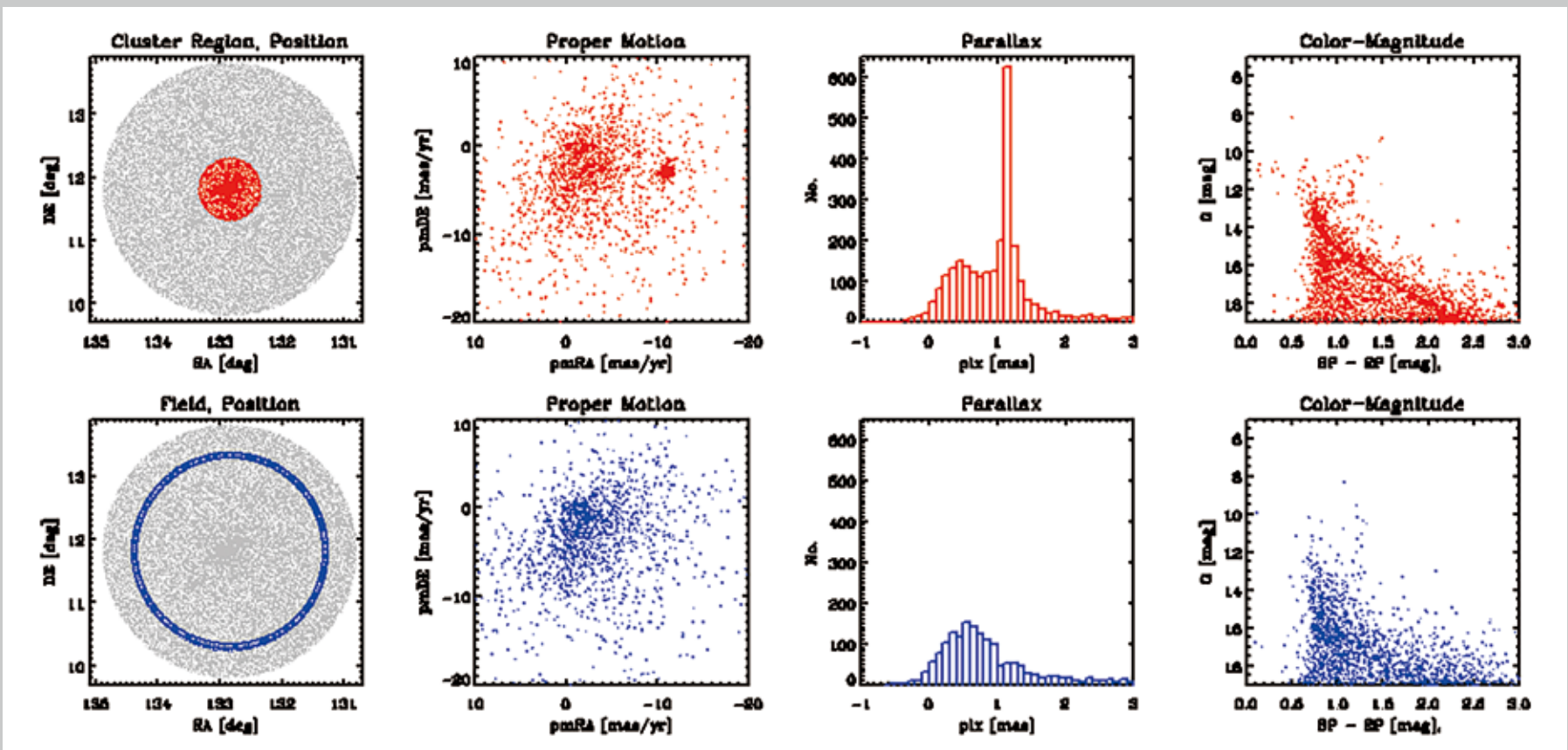
動，而近的則在一年當中會週期變化）；另一種改變源於天體本身在太空的運動，投影在天球稱為「自行運動」。利用 VizieR 找到 Gaia 最新的數據 Data Release 3 (DR3)，然後在 Target 欄位輸入 M67，便可以下載限定大小區域內個別星球的坐標、週年視差角、自行運動、不同波段的視星等，以及各自的測量誤差。

圖一顯示沿著 M67 方向，半徑 2 度內，Gaia DR3 共有將近 3 萬筆恆星數據。左圖是坐標，每個黑點代表一顆恆星，中央星點密集之處就是星團。中圖是赤經與赤緯方向的自行運動，看到除了場星群聚，右方另有一團就是星團的運動。右圖是這些星球的週年視差角，除了平滑的分布，另有個星團的峰值。大致上來說，週年視差角（角秒）的數值倒數，差不多就是恆星的距離（秒差距）。

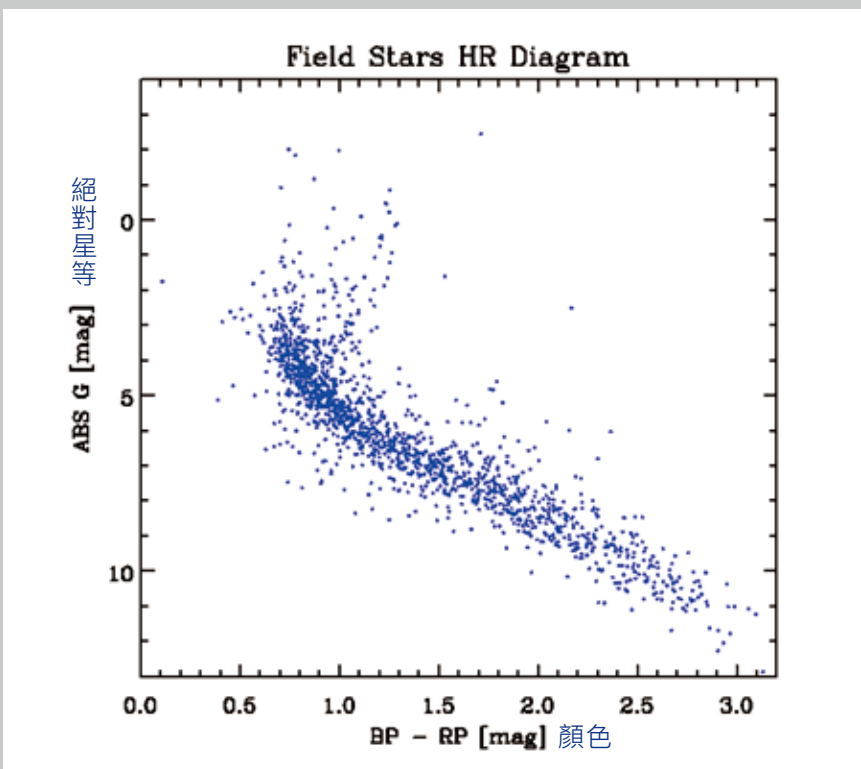
圖二針對這些數據進一步分成兩個樣本，一個集中在中央的「星團區域」（上排），另一個是遠離星團的「參考區域」（下



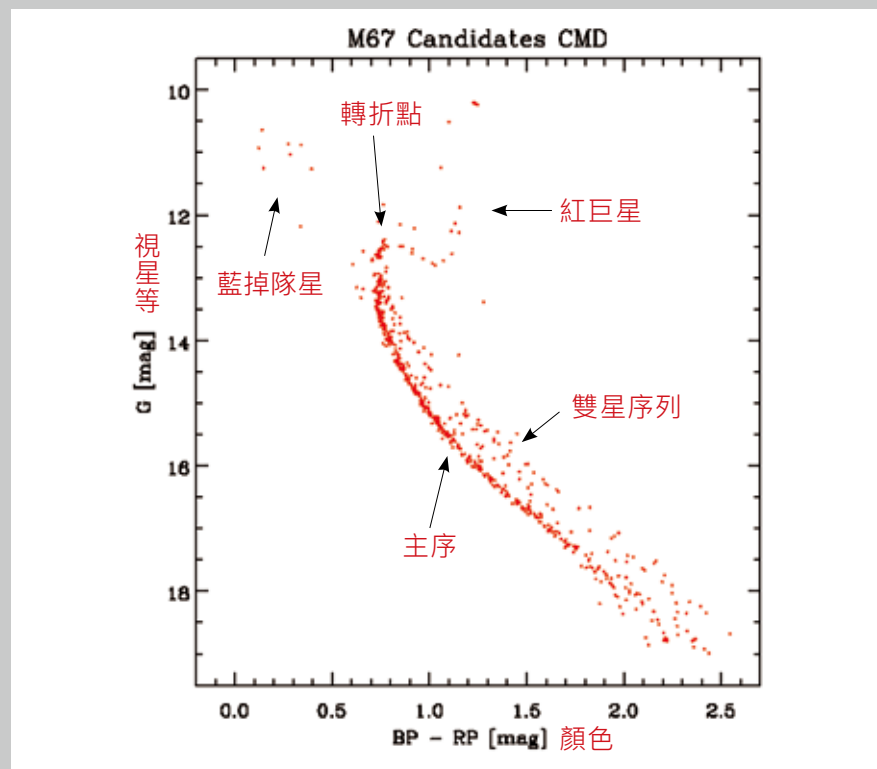
圖一：在 M67 兩度星場內，Gaia DR3 有關恆星（左）坐標，（中）自行運動，以及（右）週年視差角的分布。



圖二：將星場（圖一左）分成兩個樣本，上排是中央 30 角分內的「星團區域」，下排則是 1.5 度之外，遠離星團的環形「參考區域」。左邊標示恆星位置，灰色表示全部恆星，往右依序為樣本的自行運動、視差角，以及顏色星等圖。紅色符號代表星團區域，藍色代表參考區域。



圖三：將參考場中的恆星視星等轉換成絕對星等，顯示出恆星主序及紅巨星分支。



圖四：同時限定了坐標、自行運動，以及距離得出的星團成員樣本，因為成員距離一樣，即使以視星等作圖，仍然顯出星團的本質。

排）。上排樣本來自中央一個小區域（紅色符號）之內，此樣本除了少數場星污染，多半是成員星，因此無論自行運動（右二）或週年視差角（右三）都明顯集中，因此所繪製的「顏色—星等圖」（最右），也就是視星等跟顏色（兩個波段的星等差，相當於恆星表面溫度）的關係，看得出密集的星團主序，從左上熱而亮，到右下冷而暗。下面一排則是兩個藍圈之間的樣本（藍色），因為參考區域幾乎都是場星，距離不一，顏色星等圖就顯得凌亂（下排最右）。

下圖圖三針對同樣的參考樣本，但如果把 Gaia 測量的距離考慮進

去，將縱軸改成絕對星等，也就是恆星的光度，這相當於赫羅圖（縱軸是恆星光度，橫軸是表面溫度），這時恆星的主序，甚至部分已經演化離開主序的星球，也都顯現出來。這跟圖二下排最右邊的視星等圖明顯不一樣。

最後一張圖則是星團「成員候選星」的顏色星等圖。除了星團的主序、轉折點，還出現雙星序列（無法分辨出兩顆星，但比主序星明亮），以及藍掉隊星、紅巨星等，都是值得探討的課題。以上分析過程當然有很多眉角，不妨自己嘗試看能得到哪些結果，又啟發出哪些疑問。





2024 年 4 月 8 日發生的日全食，攝於美國阿肯色州。© 陳文心 / 倍勢科技

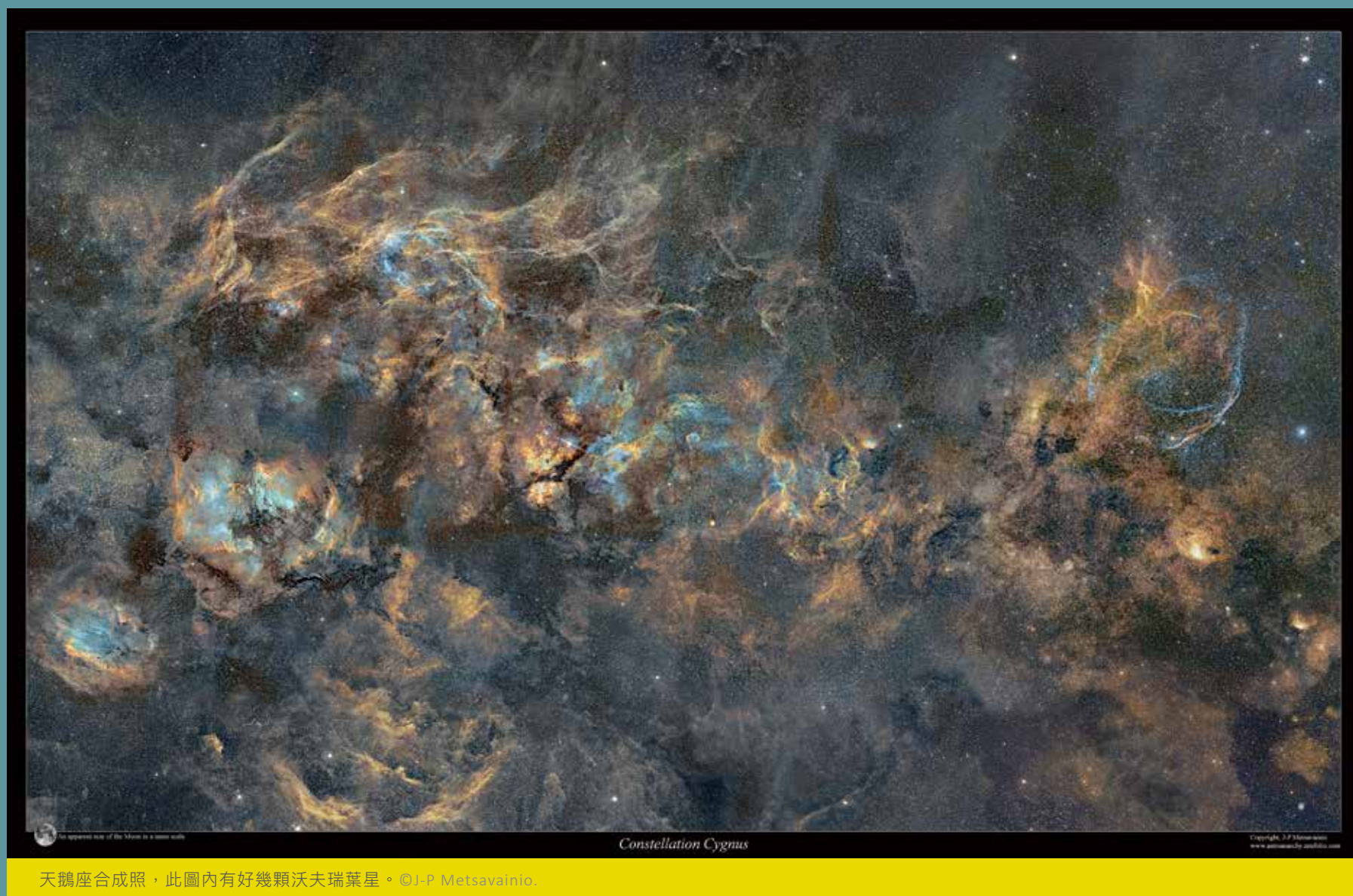
中學生能發表天文期刊論文嗎？

作者 朱有花

25 年前有一個高中女生（Elizabeth Jaxon）問我可不可以跟我做一些天文研究？我手邊有一些大麥哲倫雲裡 OB 星的光譜，我需要鑒定這些恆星的光譜型，挑選適當的 OB 星做進一步的紫外線光譜觀測，以便研究高溫度的星際介質。鑒定恆星的光譜型，只要把它的光譜與標準星的光譜比較，吸收譜線相對強度類似的星就屬於類似的光譜型。我給了她 42 顆 OB 星的光譜與期刊裡標準星的光譜，她有問題時可以請教我研究群組裡的博士後，我另外還請了一位校外的專家來核對她的結果。這 42 顆 OB 星的光譜型後來發表在太平洋天文學會期刊的論文中（Jaxon et al. 2001, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 113, 1130）。

5 年前有一位高中女生（洪宇函）暑假從美國回台，在本所的暑期學校旁聽，但不能參加研究。我問她要不要跟我做個專題研究，她欣然

接受。我給她的題目是找大麥哲倫雲裡的沃夫瑞葉星（Wolf-Rayet star，簡稱 WR）的拱星氣泡，這題材其實是我自己 45 年前的博士論文的一部分，但以前的影像是用感光底片拍的，現在有數位相機和更好的望遠鏡，可以取得靈敏又高解析度的影像，用這些新的影像即使高中生也可以做得比我以前的博士論文更好。大麥哲倫雲裡現知 154 顆沃夫瑞葉星，比 45 年前多 50%。另外大麥哲倫雲的星際介質近年有多波段的普查，包括麥哲倫雲發射譜線普查（MCELS–Magellanic Cloud Emission–Line Survey），史匹哲紅外線太空望遠鏡的麥哲倫雲普查，還有氫 21cm 的普查。這些多波段的影像可以用來查看沃夫瑞葉星四周的氣體和塵埃分佈，尋找其快恆星風吹出來的拱星氣泡。宇函很快的把渥夫瑞葉星的多波段影像檢查完了，接下來要歸納沃夫瑞葉星的光譜型、是否在星團、附近星際介質的分佈、是否有拱星氣泡等性質，製作圖表並分析各性質的關聯性。這些後續





這張照片是本所位於鹿林天文台的拿鐵望遠鏡（Lulin-ASIAA Telescope for Transients and Education，簡稱 LATTE）所拍攝的天鵝座眉月星雲 NGC 6888，中間的亮星是沃夫瑞葉星 WR 136。© 王為豪 / 中研院天文所

的分析比較花時間且需要討論，不幸中的大幸，2020 年疫情開始，宇函可留在台灣實行遠距上課，並且可花多些時間完這成這項天文研究並撰寫論文。這篇論文已經發表在天文物理期刊（Hung et al. 2021, The Astrophysical Journal Supplement Series, 252, 21）。

指導過兩位就讀美國高中的女生做研究並發表期刊論文後，我常想台灣的高中生也能達到一樣的成果嗎？男生也行嗎？

天賜良機，兩年多前有位建國高中學生（孫若嘉）問我可不可以跟我做研究，見面談過後，我建議他去尋找銀河系裏沃夫瑞葉星的拱星氣泡。這題目與洪宇函的研究題目性質相同，但實行起來困難許多，因為銀河的恆星佈滿全天，而可見光多波段發射譜線的全天普查根本不存在！他需要到網路上去找所有用發射譜線做的局部普

查，尤其是業餘天文同好者照的大視野、曝光長、多譜線、精美的銀河盤面影像。

若嘉採用當今銀河系最齊全的沃夫瑞葉星清單、除去用紅外線發現但在可見光看不到的沃夫瑞葉星、盡力找到最好的發射譜線影像、查看沃夫瑞葉星是否擁有拱星氣泡、並嚴格批判以前期刊文獻裏建議的拱星氣泡是合理的還是憑豐富的想像力。他準備完成論文投期刊，但碰到一個問題，需要業餘天文攝影者的同意才能在論文裡放他們拍的照片，但攝影者不回他的信，可能不相信高中生會出論文，還是要我親自出馬了！

去年初有兩位建國高中一年級學生來找我做研究，下面讓他們自己來說吧！

小驊



人類文明的進步有很大部份仰賴科學研究，然而，科學研究除了能使人類生活更加便利，更能增進我們對世界的了解，進而滿足我們的好奇心。好奇往往是人們開始探索周遭世界的驅動者，而許多具備強大好奇心的人們最終成了研究學者。

我們是兩位高中生，儘管現在所學尚屬於較基本的知識，但我們熱衷於求知及探究事物，也都立志成為研究學者。為了能使未來步入學術的殿堂時更加順利，我們希望能在高中階段透過參與科學展覽會或與教授做研究以增進我們對於學術研究的了解以及學術寫作的方法。

好的老師對於學生的影響是巨大且深遠的。當我們決定要做研究後，最迫切的需求便是老師。儘管學校已有眾多對帶領學生做研究有豐富經驗的老師，但我們深知一位經驗豐富且富有教學熱忱的研究學者，帶給我們的學術指導和研究經驗是更為豐碩的。此外，由於長期待在學術圈，他們對專長的領域具有更深厚且銳利的洞見，提供給我們的建議也會更有啟發性。

因此，我們決定要找研究學者作為我們的指導老師。當時，我們透過電子郵件聯絡學者們，並詢問他們是否願意指導高中生進行研究，儘管等待的時間很漫長，我們非常幸運地在第二次寄信時就連絡上朱有花老師。她答應帶領我們進行天文研究，並且教導我們一些尚未學到的知識，成為我們在進行天文研究這條路上最重要的嚮導。

Ben



有些恆星在演化後期會拋出表面物質，接著快恆星風把這些物質掃起來吹成一個球殼，叫拱星氣泡。大質量的恆星在演化後期會形成拱星氣泡，例如亮藍變星（LBV, luminous blue variable）和沃夫瑞葉星。哈伯太空望遠鏡發現藍超巨星（BSG, blue supergiant）也有拱星氣泡。前人的研究大多是在以上已知種類的星體外找拱星氣泡，這樣就不可能發現會形成拱星氣泡的新種類星體或形成機制。因此，我們決定採取截然不同的研究手法，在大麥哲倫雲尋找拱星氣泡，再看它們中間是什麼星體。

我們使用的 H α 影像來自於智利的托洛洛山美洲天文台（Cerro Tololo Inter-American Observatory）Blanco 4 米望遠鏡，配有視野很大的暗能量照像機（Dark Energy Camera，簡稱 DECam），搭配不同的濾光片可做多波段的大麥哲倫雲普查。H α 影像顯示游離化的氫氣，故最適合尋找拱星氣泡。

我們分析影像的軟體是 SAOImageDS9，經過調整各項參數，在不要讓中心星體的像素飽和的情況下尋找外圍像光暈（halo）的環狀星雲。如果直徑不超過 20 角秒（約 15 光年），就可能是個拱星氣泡。接下來我們將星體的坐標輸入 SIMBAD 資料庫來找該星體的紀錄，例如光譜型、徑向速度、光度等資料；光譜型可以告訴我們星體的演化階段，徑向速度可用來判斷星體是否在大麥哲倫雲內，不同波段光度可用來估量星體的大約溫度。SIMBAD 資料庫還提供星體的文獻資料，看拱星氣泡是不是新的發現。

初步結果：Eureka!

小驊



Ben



我們找到 4、5 個拱星氣泡中間的星體是食雙星，這是什麼意思？

老師



你們尋到寶了！雙星產生互食現象，這兩顆星之間的距離一定很短，很可能有近距交互作用，導致星體質量流失，有助於拱星氣泡的形成。你們真的找到一種以前天文學家沒注意到的拱星氣泡！小小兵立大功了！

附註：大麥哲倫雲的 DECam H α 普查影像可以從美國國家光學紅外天文研究實驗室（NOIRLab）的天文數據資料庫（Astro Data Archive，<https://astroarchive.noirlab.edu/>）下載。（李傳睿提供）

天聞季報編輯群感謝各位閱讀本期內容。本季報由中央研究院天文所發行，旨在報導本所相關研究成果、天文動態及發表於國際的天文新知等，提供中學以上師生及一般民眾作為天文教學參考資源。歡迎各界來信提供您的迴響、讀後心得、天文問題或是建議指教。來信請寄至：「臺北市羅斯福路四段 1 號 中央研究院 / 臺灣大學天文數學館 11 樓 中央研究院天文所天聞季報編輯小組收」。歡迎各級學校師生提供天文相關活動訊息，有機會在天聞季報上刊登喔！

發行人 | 彭威禮 執行主編 | 周美吟 美術編輯 | 王韻青、楊翔伊 執行編輯 | 曾耀寰、劉君帆

發行單位 | 中央研究院天文及天文物理研究所 天聞季報版權所有 | 中研院天文所 ISSN | 2311-7281 GPN | 2009905151

地址 | 中央研究院 / 臺灣大學天文數學館 11 樓（臺北市羅斯福路四段 1 號） 電話 | (02) 2366-5415 電子信箱 | epo@asiaa.sinica.edu.tw

