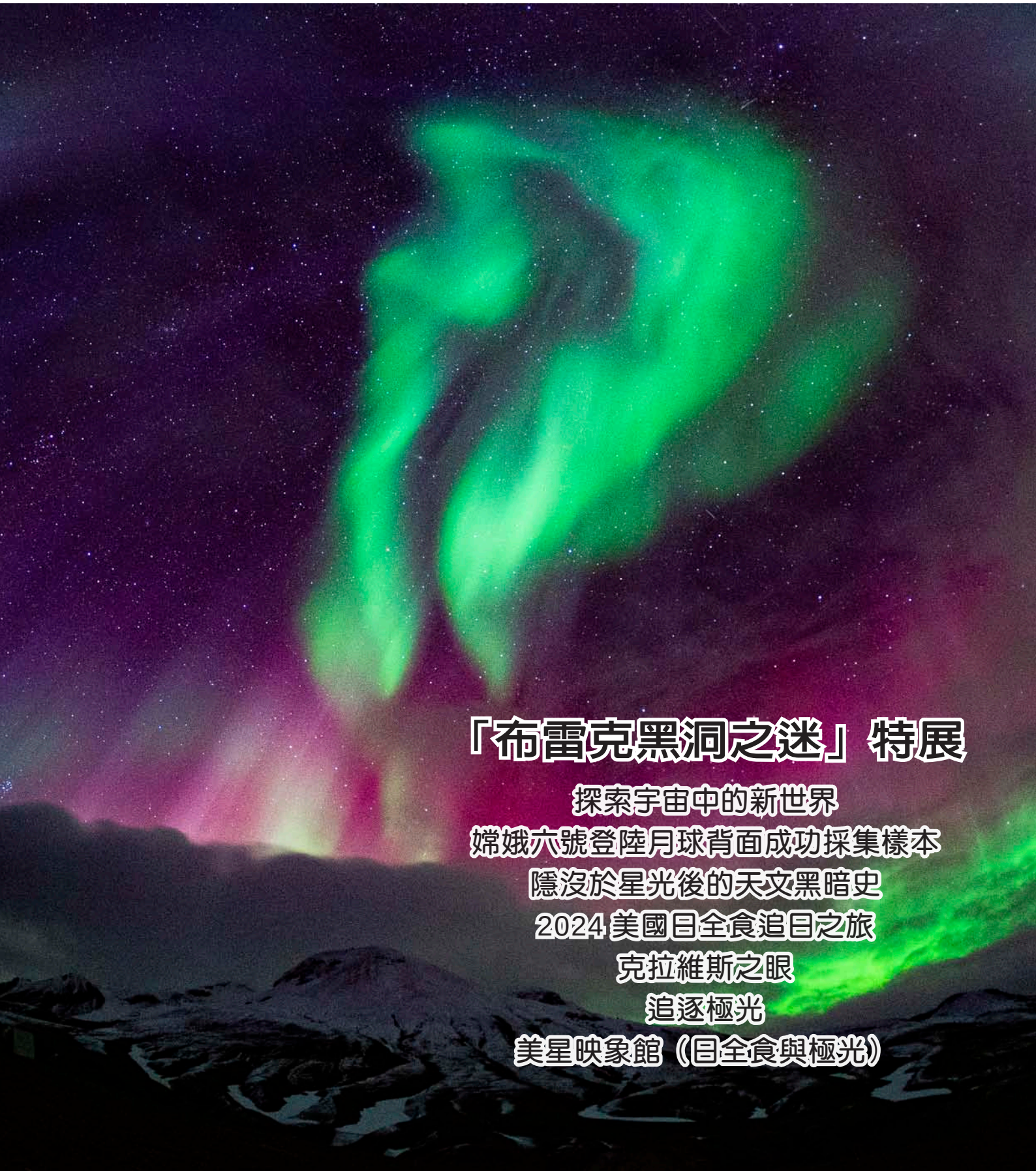
臺北星空

天文館期刊 Taipei Astronomical Museum Magazine

TAIPEI SKYLIGHT
NO.120 2024.07
ISSN:1727-0022



「布雷克黑洞之迷」特展

探索宇宙中的新世界

嫦娥六號登陸月球背面成功採集樣本

隱沒於星光後的天文黑暗史

2024 美國日全食追日之旅

克拉維斯之眼

追逐極光

美星映象館（日全食與極光）

臺北星空

2024年5月11日，美國NOAA太空天氣預報中心偵測到了G5等級的地磁風暴，這場睽違21年來最強的磁暴果然引發了非常精彩的極光爆發，南、北半球的高緯度、甚至是中緯度地區都有肉眼可見的明顯極光，許多正在旅居歐、美的朋友們都經歷了一場極光大秀。本期「EASY拍星空」特別整理了極光的拍攝方法經驗談，請務必詳閱，才能在本次第25太陽週期的極大期中有機會再度捕捉到極光的夢幻身姿。

本期還有廣受好評的2024天文館年度特展「布雷克黑洞之迷」的系列介紹，不僅詳列特展設計的各種巧思，還有更多有關黑洞的奧秘與最新研究成果，相信您閱畢後再來到天文館，一定能在特展中發現更多樂趣與知識！

【封面照片】

極光　吳文欽

時間：2023/9/13
地點：冰島中央高地
器材：LAOWA 12mm F2.8 Zero-D鏡頭、Canon EOS 5Ds相機
參數：ISO1600、光圈F2.8、快門20秒
後製：Adobe Photoshop
說明：於冰島開四驅傳動車深入到中央高地凱德靈加山住宿，當晚極光預報達Kp4，晚餐後天空雲量還90%，一直等到22:00雲開降到40%以下，立即開車出飯店，續往上山路最頂點的停車場，找到雪山頭，終於極光陸續出現，等到極光移至山頭用縮時攝影連拍，每張20秒曝光連拍。

Contents

02 天象與新知 蔡承穎、許晉翊

天文新聞追蹤報導

05 探索宇宙中的新世界 林建爭

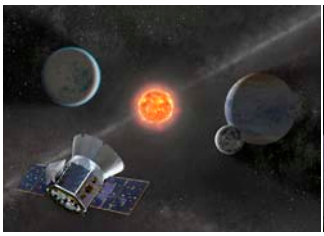
09 嫦娥六號登陸月球背面成功採集樣本 周毅桓

31 謎樣星宿
隱沒於星光後的天文黑暗史 歐陽亮

35 天文劄記
2024美國日全食追日之旅 王文正

38 談古說今論月球
克拉維斯之眼 鮑國全

40 天體映象
火星上的大眼睛 謝翔宇



刊名：臺北星空期刊
GPN：4811300001
中華民國87年10月1日創刊
中華民國113年7月1日出版
刊期頻率：雙月刊
本刊刊載於臺北天文館網站，
網址https://tam.gov.taipei/

發 行 人　陳岸立

發行委員　林修美、吳志剛
林琦峯、陳俊良
吳昆臻、石中達
溫淑宜、李麗卿
卞欣婷、鄭伊宸

編審委員　陶蕃麟、黃麗君
張彩鳳、謝偉寶
簡維昌、陳錫宏

專輯：

「布雷克黑洞之迷」特展

13 「科學」與「沉浸藝術」的結合
～策展人的話　周政弘

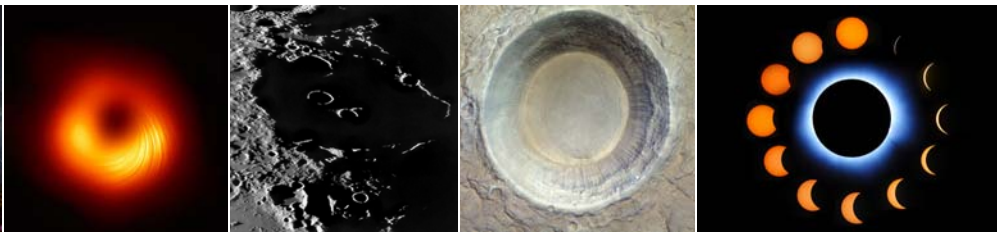
14 「布雷克黑洞之迷」特展導覽　王彥翔

20 認識黑洞　楊曄群

26 先有恆星 還是先有黑洞　李建德

42 天文攝影實戰教學/EASY拍星空 41
追逐極光　吳昆臻

48 宇宙天體攝影
美星映象館（日全食與極光）　彙整/吳昆臻



總 編 輯　謝翔宇

編　　輯　劉愷俐、蔡承穎、趙瑞青
吳昆臻、段皓元

美術編輯　劉愷俐

封面設計　劉愷俐

出版機關　臺北市立天文科學教育館

地　　址　臺北市士林區基河路363號
電　　話　(02)2831-4551
傳　　眞　(02)2831-4405
網　　址　https://tam.gov.taipei/

中華民國行政院新聞局出版事業登記證
局版北字第2466號

臺北星空

臺北天文館期刊

本刊歡迎各界人士投稿並提出指教。

本刊對來稿有刪改權，如作者不願稿件被刪改，請註明。

文稿請自行影印留底，投稿文字、圖表、圖片與照片，均不退件。

文章一經採用，將刊登於天文館網站。並請同意授權全本刊登於政府出版品相關宣傳網站，如「臺北市政府出版品主題網」、「國家圖書館－臺灣期刊論文索引系統」。

投稿「美星映像館」，請提供相關攝影資料，系列照片三張以下每張以單張計價，三張以上不論張數均以三張計價。

本刊文字及圖片，未經同意，不得轉載。

文章內容所採用的圖片及文字，如係引自他處，請先行取得原作者及出版社同意後使用；本刊不負責有關著作權爭議之訴訟。如係譯稿，請附加原文並註明來源，並先取得同意權。

來稿請寄：
臺北市立天文科學教育館 研究組
臺北市士林區基河路363號

歡迎以電子郵件投稿
E-mail address :
tam.fb99@gmail.com

1999市民熱線，24小時日夜服務

天文新知

- 獨創號任務團隊與他們的「遙控直升機」道別
- NASA太空船新紀元－太陽帆系統
- 首次觀測到銀河系以外磁星爆發
- 韋伯為您揭露馬頭星雲的「鬃毛」細節
- 嫦娥六號發射升空，成功從月球背面採樣並返回地球。
- 關於銀河系磁場結構的最新研究
- 21年來最強地磁暴讓歐洲各國現極光
- 意外發現最遙遠的類星體合併事件
- 首次觀測到宇宙最早星系的誕生
- 天文學家找到新的無線電波校準技術
- SpaceX星艦火箭成功在海上降落
- 火星上最高的火山出現水霜的首次證據
- 活躍星系核中的雙黑洞系統首次被觀測到

七、八月重要天象

夏季最精采天象，就是八月的英仙座流星雨了。今年的極大期落在8月12日，預報ZHR值可達100。當晚的月相近上弦月，當22時月亮接近西方地平線時，英仙座流星雨的輻射點剛好正從東方升起，觀賞條件愈晚愈佳，非常得期待。而7月31日同為寶瓶座δ南與摩羯座α流星雨的極大期，預報ZHR值為25與5，由於月相近殘月，也非常值得觀賞。

掩星天象部分，發生於7月25日清晨的月掩土星，雖然過程中受曙光影響，需藉由小型望遠鏡輔助觀察。但是若把握曙光尚未影響的時段，可用肉眼直接欣賞土星非常靠近月球的天文美景。另外，發生於8月10日七夕當晚的月掩角宿一也值得一看。

行星動態方面，水星於7月22日到達東大距的位置，日距角26.9°，日沒時仰角可達約20°。於西方低空搜尋，就有機會欣賞這顆於暮光中西沉的明亮行星。8月15日發生火星合木星，若於當日凌晨往東北東方低空觀察，可以欣賞十分接近的火星與木星，由地平線逐漸上升的身影。

7/22 水星東大距，0.4等，距角26.9°

【推薦】

7/25 月掩土星，0.9等，全程可見

7/31 寶瓶座δ南流星雨極大期，ZHR～25

8/10 月掩角宿一，1.0等，全程可見

【推薦】

8/12 英仙座流星雨極大期，ZHR～100

【推薦】

8/15 火星合木星，北0.31度

天象焦點

7月22日（一）水星東大距

水星在7月22日下午14時39分到達東大距位置，此時水星亮度0.4等，距角26.9°，日沒時仰角可達約為20°，接近今年水星於日沒時的最大仰角。日沒後往西方低空搜尋，隨著天色漸暗，水星將逐漸浮現，上方則有獅子座的軒轅十四相伴。同時地平線上則有機會看到仰角僅不足5度的金星，亮度為-3.7等，非常值得挑戰。

7月25日（四）月掩土星

本次月掩土星天象發生於7月25日清晨，此時土星亮度0.9等，月相近虧凸月。於5時8分從月球亮緣掩入，5時18分日出，6時3分自暗緣復出，全程可見。此次月掩星因受曙光影響，需藉由小型望遠鏡的輔助觀察。若換用高倍率目鏡，可見土星環已幾乎垂直月緣角度掩入過程。若想直接欣賞，建議從凌晨開始，在曙光尚未影響之前，可目視土星極接近月球的美景。

7月31日（三）寶瓶座δ南流星雨極大期

寶瓶座δ南流星雨發生於7月12日至8月23日，極大期落在7月31日。預估天頂流星數可達約每小時25顆，輻射點約於20時30分從東南方地平線升起。同日也是摩羯座α流星雨的極大期，雖然ZHR值僅為5，兩者配合仍有可看性，也經常被追星族當作是觀賞8月英仙座流星雨的暖身天象。由於當晚月相近殘月，月光影響微弱，因此整夜皆為良好的觀賞時段，建議想要欣賞的民眾可以把握機會試試看！

8月10日（六）月掩角宿一

月掩角宿一發生於8月10日的日落後，當天正好是七夕，此時角宿一亮度1.0等，月相近上弦月。於19時1分自月球暗緣掩入，20時11分從亮緣復出。由於此掩星發生於傍晚日落後不久，非常適合欣賞。而且在角宿一掩入前還可以在西方低空觀賞明亮金星與月球相互輝映的天文美景。

8月12日（一）英仙座流星雨極大期

年度大型流星雨之一的英仙座流星雨發生於7月17日至8月24日，今年的極大期落在8月12日，在無光害干擾的情況下，預估ZHR值可達100。此時月相近上弦月，輻射點約在晚上21時自東北方地平線升起，約22時30分月球落入西方地平線後，即進入良好的觀賞時段，可以找尋視野開闊且無光害的地點好好欣賞！

8月15日（四）火星合木星

此天象發生於8月15日凌晨0時，此時火星亮度0.8等、木星亮度-2.2等，兩星皆位於地平線下而不可見。午夜過後，往東北東方低空就可以觀賞極為接近的紅色火星與明亮的木星，從地平線上緩緩升起。若用雙筒或小型望遠鏡觀察，還可以同時欣賞到火星、木星與其明亮衛星的身影，十分值得一看。

文/ 林建爭

在人類歷史的大部分時間裡，我們對於天文觀測僅限於太陽系內的行星和其他肉眼可見的恆星。然而，隨著天文技術的進步，我們開始發現太陽系之外也有行星圍繞其他恆星運行，天文學家稱之為系外行星。這些行星，開啓了人類對宇宙中其他世界探索的新篇章。

研究系外行星的特性有不少方法，其中結合凌日法和測量徑向速度以獲得系外行星大小和質量是最主流的方式。早期克卜勒太空望遠鏡發現了數千個新的凌日候選者，不過大部分的目標恆星亮度太低，以至於要用光譜測量這些行星的徑向速度受到極大的限制。好在凌日系外行星巡天衛星（TESS，詳見《臺北星空84期》新聞追蹤）的出現彌補了這一不足，這是一個幾乎涵蓋整個天空的巡天計畫，專門搜尋在離地球較近且明亮的恆星上運行的凌日行星。TESS首次的發現就是一顆在肉眼可見的恆星π Men（山案座π）上運行的超級地球（圖1），這正是TESS設計用來探測的主要行星類型之一。

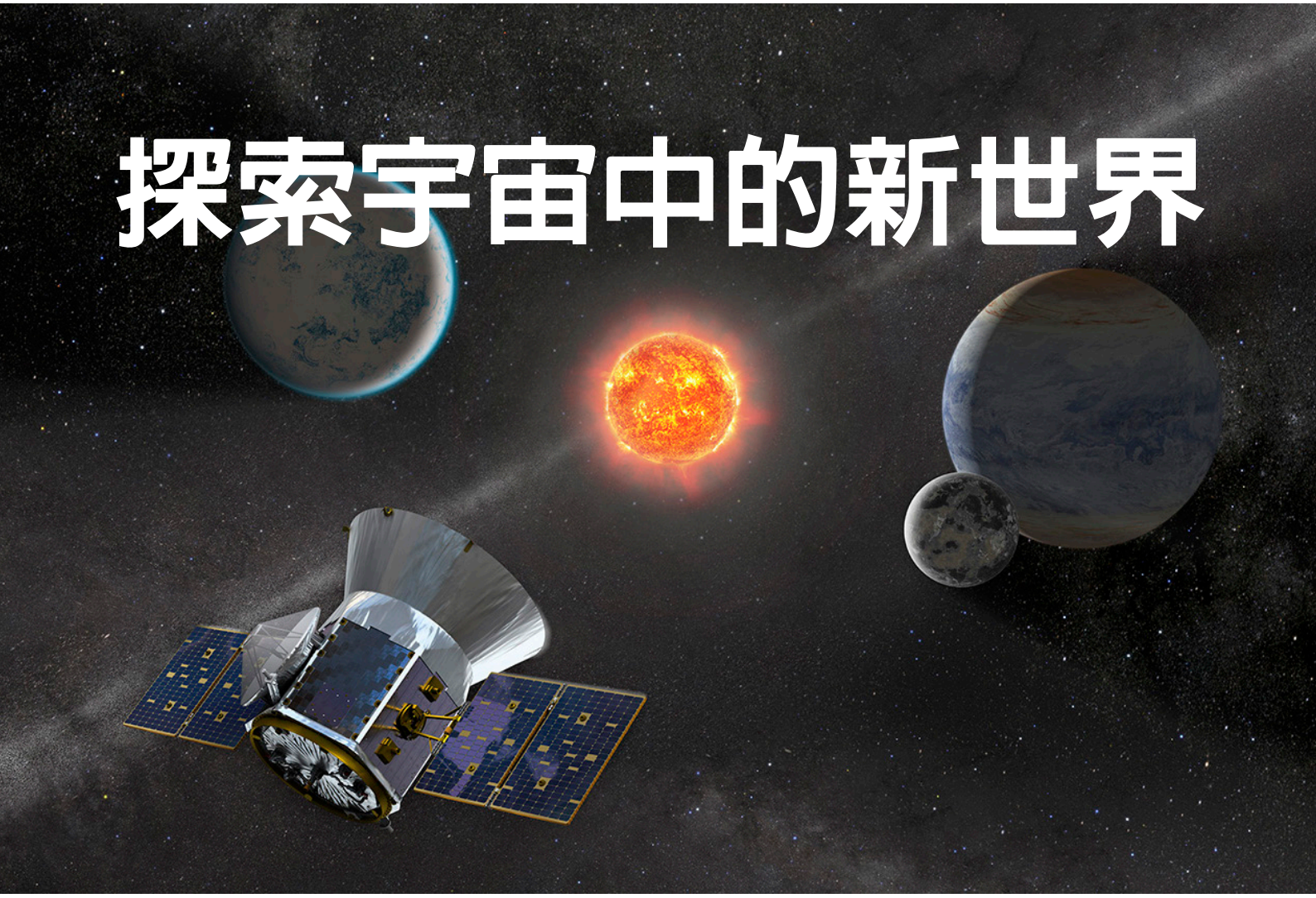


圖1. 藝術家描繪凌日系外行星巡天衛星觀測到的第一顆行星，該行星圍繞著一顆肉眼可見的恆星（π Men）。
圖片來源：Goddard Space Flight Center / NASA

透過凌日法，天文學家已經發現並確認超過四千顆系外行星並估算其大小（表1）。然而，僅有大小資訊並不足以確認這些系外行星是否與地球具有相似的性質。因此，天文學家還需要獲得這些行星的質量資訊，以進一步了解其性質。在此背景下，多家天文機構合作啓動了TESS-Keck巡天計畫。該計畫由加州理工學院、加州大學（伯克利、爾灣、洛杉磯、河濱、聖克魯斯）、夏威夷大學、堪薩斯大學、美國太空總署、美國太空總署系外行星科學研究所和凱克天文臺共同參與。 TESS-Keck巡天計畫基於克卜勒和克卜勒二期的成果，加上TESS 計畫所發現的大量系外行星樣本，利用安裝在夏威夷茂納基山上的凱克天文臺（圖2）望遠鏡上的高解析度光譜儀（HIRES）進行追蹤觀測，主要想來解答系外行星天文學中的重大未解問題。

天文學家為何要用高解析度光譜儀檢測恆星？當一顆恆星上有一個或多個系外行星時，其本身會因為系外行星的引力影響而有規律地擺動，如果擺動的方向是遠離或接近觀測者，基於都卜勒效應，觀測者觀測到其光源也會產生波長的變化（圖3），當恆星系統向望遠鏡移動時，其星光會略變藍；當它遠離我們時，星光會略微變紅。聲波也有一樣的現象：救護車鳴笛靠近你時，音調會變高，而遠離時音調會變低。不過一般來說，系外行星對宿主恆星的軌道運動影響很微弱，波長變化相當微小，也因此需要高解析度光譜儀來檢測恆星波長變化，藉此得到徑向速度變化，再根據克卜勒運動定律可以估計出系外行星的質量。

TESS-Keck巡天計畫團隊最初挑選了86個恆星系統中的108個凌日行星候選者，這些恆星大多數是亮度較高（V星等小於13）的類太陽主序星，它們表面溫度範圍在4,500K到6,000K之間，金屬豐度從-0.5到0.5之間，赤緯低於-30° 的恆星也排除在外，因為它們在凱克望遠鏡的觀測範圍外。

表1. 目前利用各種發現方法已確認的系外行星數量

發現方法	行星數量
天文測量法 (Astrometry)	3
成像法 (Imaging)	78
徑向速度法 (Radial Velocity)	1,090
凌日法 (Transit)	4,178
凌日時間變分法 (Transit timing variations)	29
食時序變分法 (Eclipse timing variations)	17
微重力透鏡法 (Microlensing)	217
脈衝星計時法 (Pulsar timing variations)	8
脈動計時變異法 (Pulsation timing variations)	2
軌道亮度調變法 (Orbital brightness modulations)	9
恆星盤運動學法 (Disk Kinematics)	1
已確認的系外行星總數	5,632

資料來源：https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html

圖2. 凱克1及凱克2在夏威夷的夕陽西下時打開圓頂，準備觀測宇宙。圖片來源：Ethan Tweedie / Keck Observatory

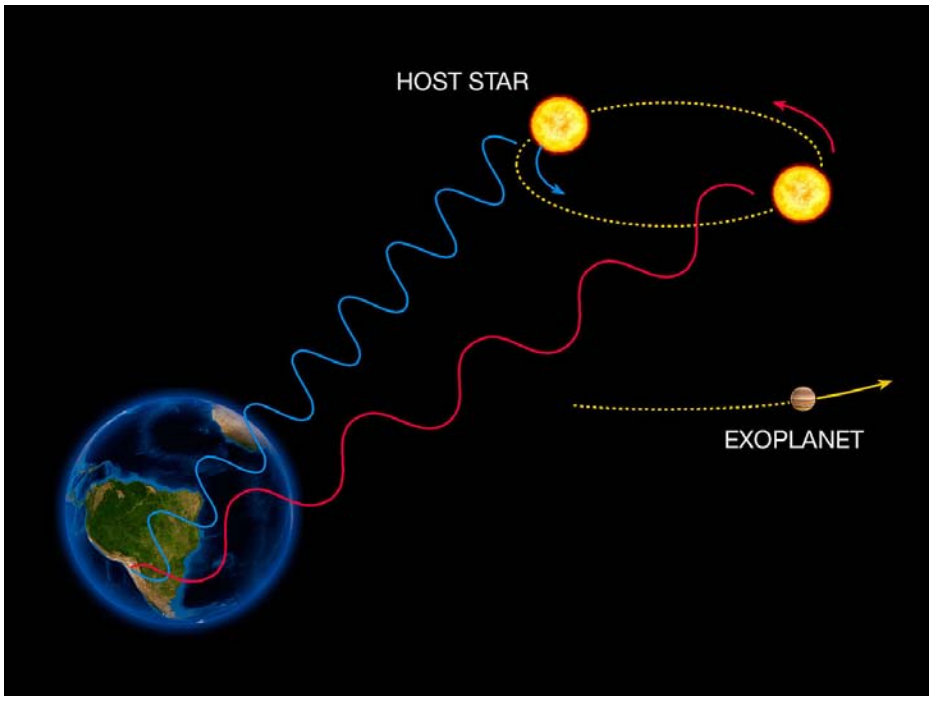


圖3. 觀測恆星光譜中譜線的都卜勒效應以尋找是否有系外行星環繞，當一顆恆星靠近地球時，它的光譜會發生藍移，而當它遠離我們時，它的光譜會發生紅移，透過分析這些光譜變化，天文學家可以推斷系外行星對宿主恆星的引力影響，進而估算其質量。圖片來源：Wiki

TESS-Keck 巡天計畫團隊近期分析了九千多筆的光譜觀測結果，其中有五千多筆來自凱克望遠鏡的高解析度光譜儀，另外四千多筆是來自利克天文臺（Lick Observatory）的自動行星探測器（Automated Planet Finder）高解析光譜儀，加上歷史觀測資料，每顆恆星系統平均觀測間隔接近4年以上。這是迄今為止針對TESS發現的系外行星，利用高解析度光譜儀分析徑向速度所建立的最大目錄，該目錄包含了最新的恆星參數，也有120顆已確認的系外行星和6顆候選系外行星的質量參數，這些資料現在已經公開發表在網路上。

這份新的目錄也揭露了我們太陽系外各種迷人的系外行星類型，包含了罕見的極端環境到可能有生

圖4. 藝術家描繪 TESS-Keck 巡天計畫中各種不同類型的系外行星概念圖，這是迄今爲止對 TESS 發現的行星進行最大規模的均勻分析。圖片來源：W. M. Keck Observatory/Adam Makarenko

命存活的系外行星（圖4）。這份目錄的主要作者堪薩斯大學物理和天文學研究生Alex Polanski認為「這份新目錄有助於天文學家將其他個別系外行星的研究結果與這份系外行星目錄進行比較，這也是TESS-Keck巡天巡天計畫的諸多結果中最大貢獻，因為可以讓我們了解TESS所發現的各類系外行星的不同物理特性。」

在TESS-Keck巡天計畫中，天文學家研究了許多系外行星，其中TOI-1824 b和TOI-1798 c因其獨特的特徵引起天文學家的好奇。以下是針對這兩個例子進一步說明：

TOI-1824 b是TESS-Keck巡天計畫中密度最高的類冰巨行星之一。根據加州大學聖克魯斯分校學生Sarah Lange發表的研究，該行星質量接近地球的19倍，但其大小僅為地球的2.6倍。該校的另一位合作者Joseph Murphy認為該行星密度異常的高，因為類似大小的行星質量通常介於地球質量的6至12倍。這樣高的密度可能性之一是它擁有一個類似地球的核心，周圍包覆著一個異常稀薄的大氣層；而另一種可能是這顆行星在大氣層下有一個充滿水的核心。紅矮星或M型矮星是銀河系中最常見的恆星類型，由於它們溫度較低，液態水可以存在於較近的軌道上，使這些系統成為尋找適居帶世界的理想目標。

TOI-1798 c是TESS-Keck巡天計畫中最罕見且環境極端的超級地球。TOI-1798是一顆K型恆星，它擁有兩顆行星：TOI-1798 b和TOI-1798 c。TOI-1798 b是一顆軌道週期約為八天的類冰巨行星，而TOI-1798 c是一顆距離其主恆星非常近，公轉週期不到12小時，其一年還不到地球上的半天，是目前已知的系外行星系統中相當罕見的。由於該行星距離宿主恆星很近，它所接收到的輻射是地球從太陽接收的輻射的3,000倍以上，存在於這種極端環境中意味著這顆行星很可能已經失去了最初形成的大氣層。

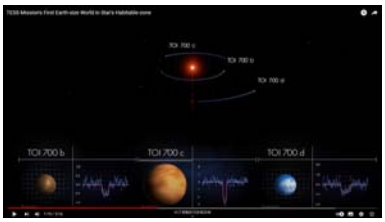
TESS-Keck巡天計畫為天文學家提供了一個新的系外行星資料庫，幫助他們更詳細地研究各種系外行星環境是由岩石、冰還是氣體組成的，特別是那些可能適合生命存活的環境。這些訊息對於理解系外行星的形成過程至關重要，因為不同組成的系外行星可能是在不同的條件下形成的。此外，這些系外行星的質量測量也有助於確定它們的大氣層性質，了解系外行星的大氣層對於探索它們是否可能支持生命至關重要。某些大氣層成分（如氧氣和水蒸氣）可能表明系外行星具有適合生命存在的條件。未來，天文學家將利用TESS-Keck巡天計畫的資料，進行更深入的研究，例如用詹姆斯·韋伯太空望遠鏡（JWST）對這些行星的大氣層進行詳細觀測，從而獲得更多有關它們組成的訊息。

參考資料：
https://www.ifa.hawaii.edu/2024/05/uh-astronomers-uncover-array-of-strange-exoplanet-worlds/
https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/ac6266
https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4365/ad4484
https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html

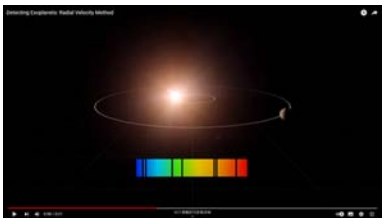
林建爭：美國夏威夷大學天文研所泛星計畫博士後研究員，王品方校稿：美國夏威夷專案文物修復師

YouTube相關影片：

What Is an Exoplanet?
https://www.youtube.com/watch?v=0ZOhJe_7GrE



TESS Mission's First Earth-size World in Star's Habitable-zone
https://www.youtube.com/watch?v=QU0qsIGS6MQ



Detecting Exoplanets: Radial Velocity Method
https://www.youtube.com/watch?v=9NaFu-wou8I

文/ 周毅桓

中國國家航天局的嫦娥六號太空探測器在今（2024）年6月2日清晨成功登陸月球的背面，並在採得約2公斤左右的樣本後，於6月4日成功起飛，進入預定環月軌道，在6月25日下午2時平安返回地球。科學界引頸期盼，希望能藉由這次任務帶回的岩石樣本，更進一步了解月球地質演化的歷史。

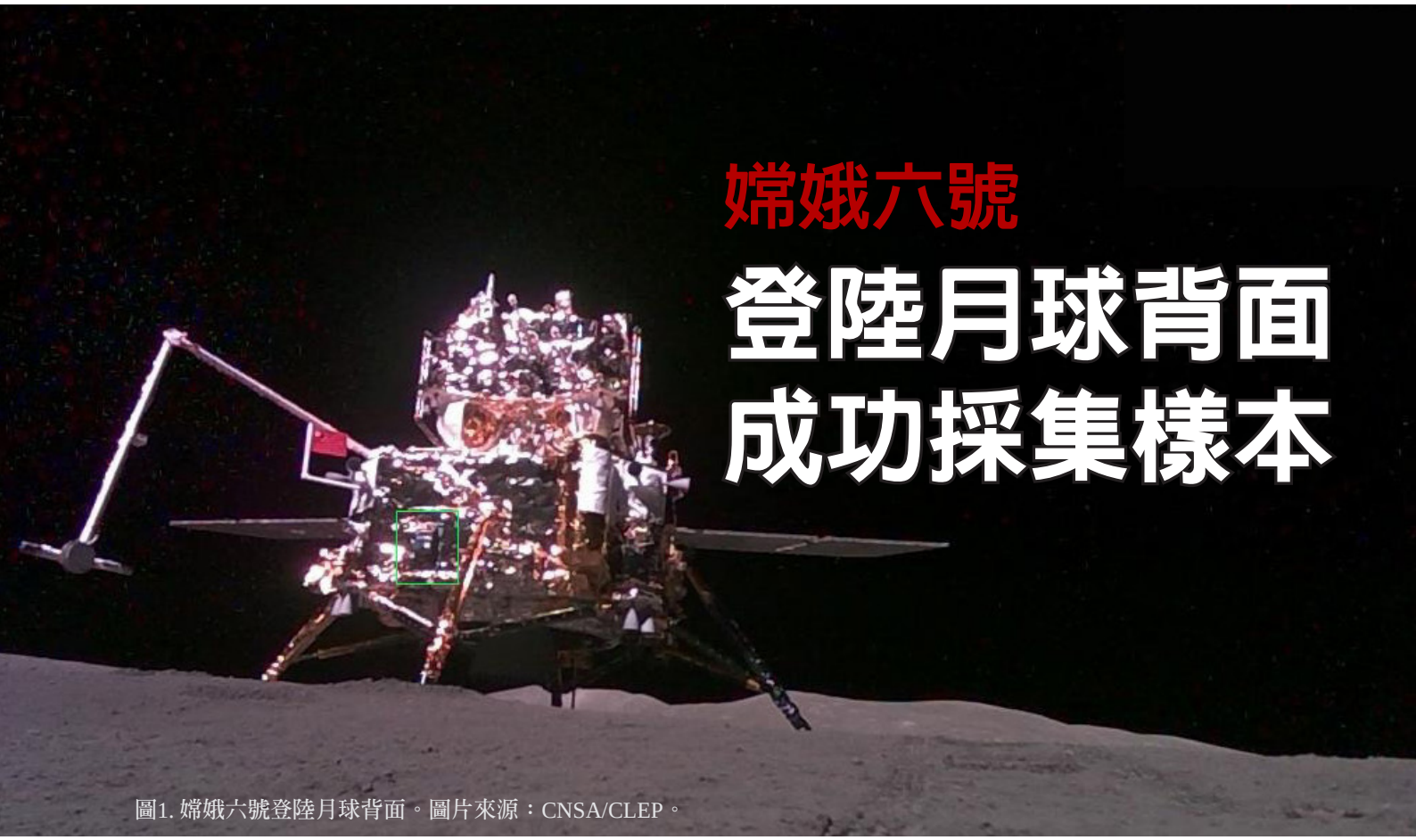


圖1. 嫦娥六號登陸月球背面。圖片來源：CNSA/CLEP。

嫦娥六號首次登陸月球背面

在嫦娥六號登陸月球之前，從1960至1970年代人類已經有多次月球太空任務。其中美國太空總署NASA的阿波羅11號、12號、14號、15號、16號及17號等6次太空任務（Apollo 11, 12, 14, 15, 16, and 17），俄羅斯的月球16號、21號及24號等3次太空任務，都成功的從月球表面採取岩石樣本，並成功送回地球。然而1960至1970年代這些太空任務的共同特徵是，它們都是從月球的正面取得岩石樣本，月球的背面的登陸則一次也沒有（圖2）。包含中國國家航天局的嫦娥5號在2020年的成功登陸，登陸點也是選在月球的正面。

圖2. 阿波羅太空任務6次登陸月球取得樣本的登陸地點，可以看到6次登陸點都是選在月球面向地球的這一面。圖片來源：NASA。

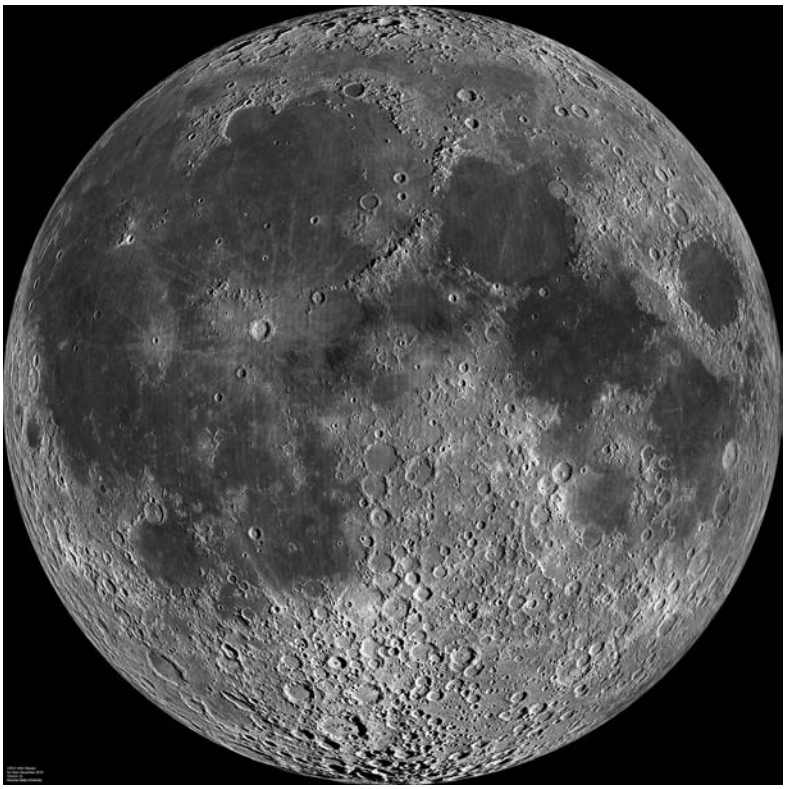
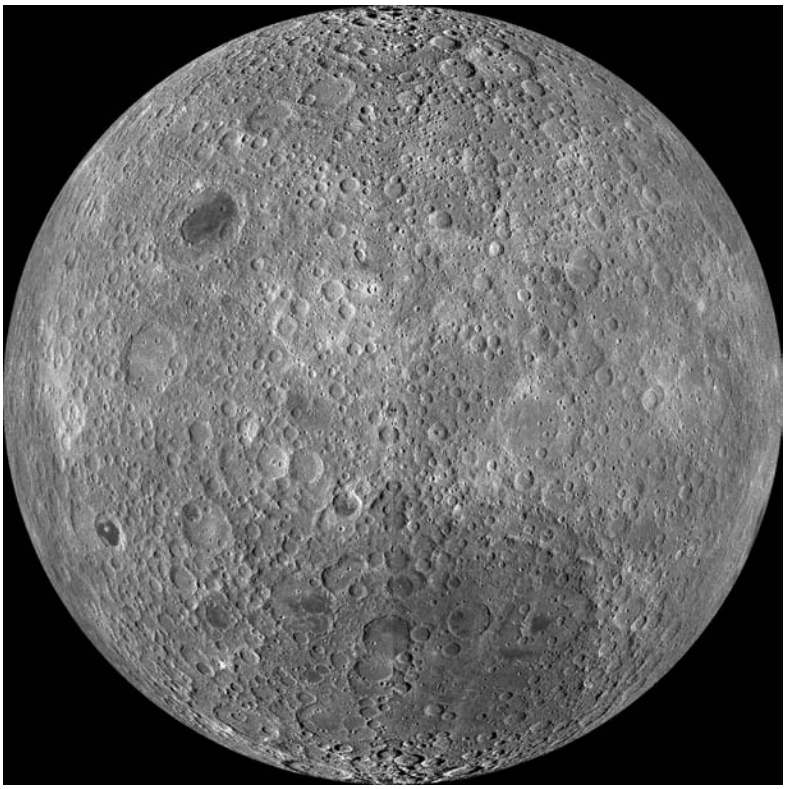



圖3. 月球表面的正面與背面呈現不同的景象。正面覆蓋著大面積的暗色月海，背面則大部分覆蓋著亮色的月球高地。圖片來源： NASA/Goddard Space Flight Center/Arizona State University。

由於受到地球施加潮汐力的影響，月球被拉長成橢球形，橢球的一端因此被鎖定在朝向地球這一面，這使得月球在繞地球公轉時，會有一面一直面向地球，另一面則會一直背對地球。因此，從地球的角度我們沒有辦法觀測月球的背面。對於登月任務來說，這造成了困難，就是任何探測器，一但降落到月球的背面，不論是否有酬載太空人，都會背對地球而無法和在地球上的地面控制中心直接取得聯繫。這使得在月球背面的登陸任務遠比面向地球的正面來得困難許多。

為了突破這樣的困境，中國國家航天局在嫦娥六號出發之前，在2024年3月時預先發射了一枚名為鵲橋2號的通訊衛星，這枚通訊衛星進入環月軌道繞著月球公轉，並做為嫦娥六號無人探測器與地球控制中心的通訊轉接站，使地面控制中心與嫦娥六號能取得彼此的訊號。緊接著，嫦娥六號在5月3日時升空，並成功的在臺灣時間6月2日清晨登陸月球背面，於採得樣本後，在6月4日由月球表面起飛，進入環月軌道，之後再把採集到的樣本送回地球。

月球的正面和背面究竟有什麼差異呢？我們可以看上面圖3，月球的正面，有30%的面積由較暗的月海所覆蓋，月球的背面月海的分佈則不到3%的面積，大多是由月球高地所組成。很顯然，月球的正面和背面，隱藏著不同的故事，等待科學家們去發掘。

期待不一樣的月球故事？

科學家透過阿波羅任務所蒐集月球正面岩石樣本的放射性定年，與月球表面隕石坑的密度，交叉分析出月海（maria）較年輕，大約在38億年前至31億年前形成，月球高地（lunar highland）則較古老，大約在43億年前至40億年前形成。

科學家在6次阿波羅任務取回的岩石樣本放射性定年分析中，沒有發現任何在31億年前以後新形成的岩石。以此推論月球曾經歷過兩時期的大量撞擊，第一個時期是太陽系形成初期，曾有過一段劇烈的碰撞時期，第二個時期大約在41億年前至38億年前，被稱為後期重轟炸期（Late Heavy Bombardment）的時期，接下來月球表面的岩漿活動大約在30億年前至28億年前完全停止，這是原本科學家根據阿波羅任務的樣本所建構出來的推論。

而中國國家航天局先前於2020年嫦娥五號任務取回的月海玄武岩樣本中，卻新發現了年紀大約19.6億年前左右形成的岩石（圖4），顯示在20億年前，月球的表面仍有火山活動，也因此使原先科學們對於月球形成的歷史推論需要得到修正。

嫦娥六號登陸的地點位於在南極-艾特肯盆地（South Pole-Aitken Basin），是月球表面中最巨大、最深且最古老的隕石坑，直徑大約2,400公里寬，深達6.2至8.2公里，地質年齡大約43億年左右（圖5）。根據一些科學家研究的數值模擬，盆地很可能已達到月球地函上緣的位置。

嫦娥六號成功登陸時，開啓了相機，近距離的拍攝了南極-艾特肯盆地的照片，並拍攝了一張全景圖（圖6）。選在這個位置著陸，科學家們想釐清的問題，包括了為什麼月球正面和背面的樣子長得不相同？月球背面的地質歷史及地殼和地函組成成份是什麼？希望藉由樣本分析能更加了解月球的地質

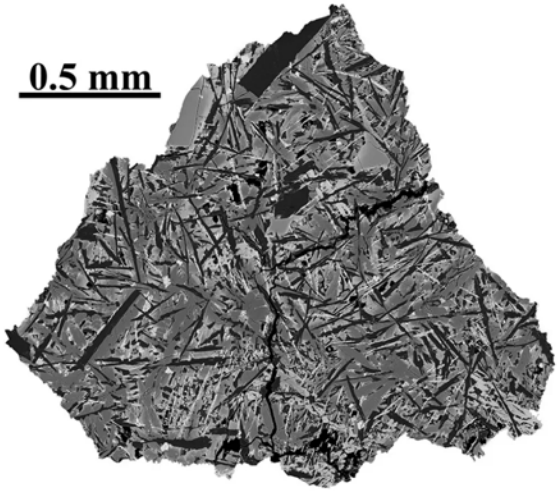


圖4. 嫦娥五號在2020年採集的月海玄武岩樣本，經放射性定年分析其年齡約爲19.7億年。圖片來源：Beijing SHRIMP Center。

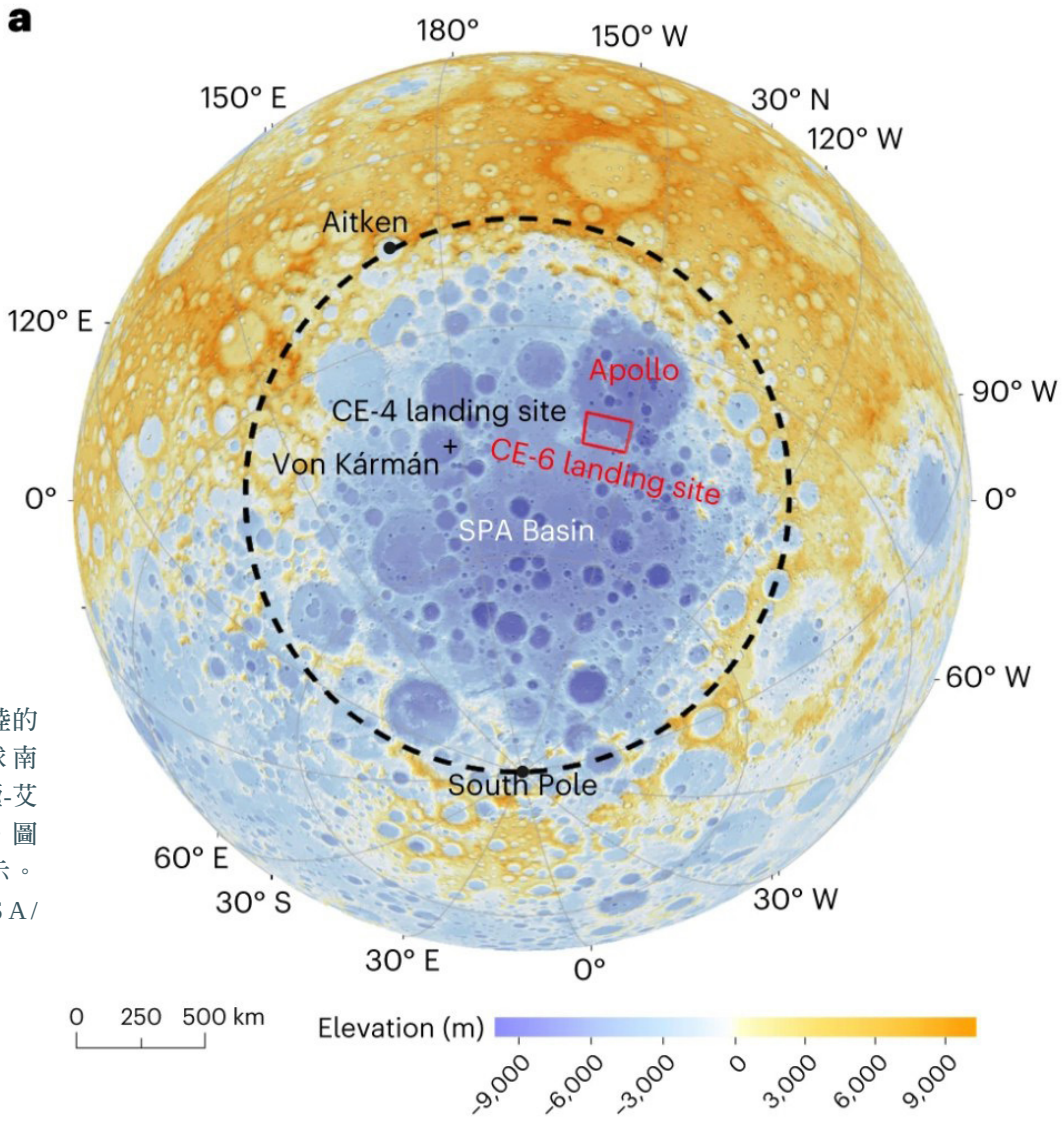


圖5. 嫦娥六號登陸的位置，選在月球南極，一處名叫南極-艾特肯盆地的西側，圖中以紅色方框標示。圖片來源：CNSA/CLEP。

歷史和太陽系的過去。這是科學家們首次取得月球背面，並且也可能包含地函的岩石樣本。此次任務已於6月25日成功完成採樣返回地球。這次取得的樣本，是否能進一步解開一些謎團，值得大家持續關注。

參考資料：

1.Xingguo Zeng, Dawei Liu, Yuan Chen, Qin Zhou, Xin Ren, Zhoubin Zhang, Wei Yan, Wangli Chen, Qiong Wang, Xiangjin Deng, Hao Hu, Jianjun Liu, Wei Zuo, James W. Head & Chunlai Li （2023）. Landing site of the Chang’e-6 lunar farside sample return mission from the Apollo basin. Nature Astronomy–7, pages 1188–1197, doi: 10.1038/s41550-023-02038-1

2.中國國家航天局。（2024）。嫦娥六號拍攝月背系列影像圖。Retrieved from https://www.cnsa.gov.cn/n6758823/n6758838/c10543340/content.html （July 4, 2016）

3.中國國家航天局。（2023）。圖說：嫦娥五號月球樣品研究成果圖說。Retrieved from https://www.cnsa.gov.cn/n6758824/n6759218/c6841889/content.html （Jan 19, 2023）

4.Jonathan Amos（October 8, 2021）, China’s Moon mission returned youngest ever lavas. BBC。Retrieved from https://www.bbc.com/news/science-environment-58835038

5.Andrew Jones（June 4, 2024）， 嫦娥六號：中國雄心勃勃的太陽系計劃的冰山一角。 BBC中文網。Retrieved from https://www.bbc.com/zhongwen/trad/science-69085938

6.Roger Freedman, Robert Geller, William J. Kaufmann.（2019）. Universe 11 Edition. New York, United States of America: Macmillan Learning.

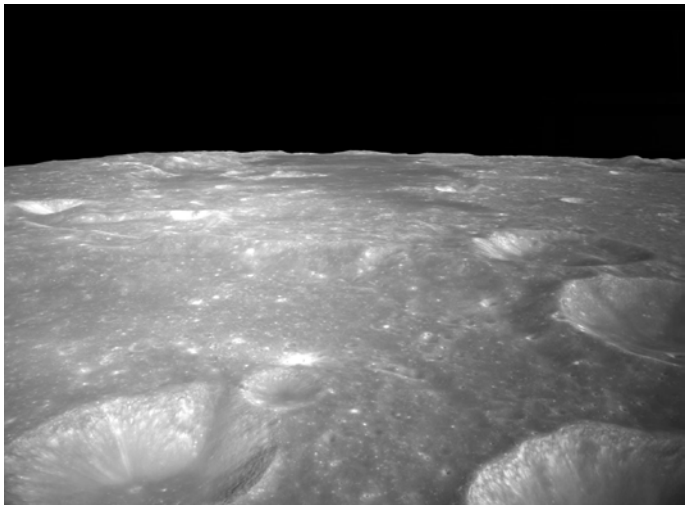


圖6. 上圖爲嫦娥六號登陸後第一張成功拍攝的照片，可看到登陸點的表面佈滿了大大小小的隕石坑，畫面正上方一處較暗的區域，是南極-艾特肯盆地中的月海。下圖嫦娥六號拍攝的全景圖，畫面上方爲南極-艾特肯盆地中的查菲環形山（Chaffee）。圖片來源：CNSA/CLEP。

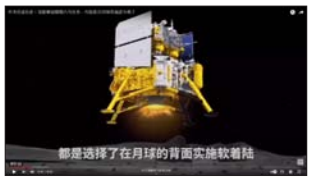
周毅桓：臺北市立天文科學教育館

YouTube相關影片：

中國釋出嫦娥六號登陸月球背面影片
https://www.youtube.com/watch?v=iIhzeWfvaeg

中國嫦娥六號第一次從月球背面採集樣本
https://www.youtube.com/watch?v=N7dJZDXSbSY

嫦娥六號登陸畫面
https://www.youtube.com/watch?v=KRtdMTUTkt4



再次見證歷史！深度解讀嫦娥六號任務，再度造訪月球背面是為啥？
https://www.youtube.com/watch?v=i3qXBEEVmvQ

「科學」與「沉浸藝術」的結合

策展人的話：

文/ 周政弘

「布雷克的黑洞之迷」特展的設計理念源自一本兒童的科幻繪本《布雷克的黑洞之迷》，希望將生硬的「科學」和「沉浸藝術」結合，呈現給觀眾不同的參觀體驗，透過迷宮的設計和豐富的互動體驗，能帶您與孩子深入了解和探索黑洞的神秘之美。

黑洞是科幻故事裡的常客，披著神秘色彩一直以來讓很多人感興趣，很久以前就有人提出黑洞的想法，但被很多科學家認為「不科學」。後來有人發現從愛因斯坦的廣義相對論可以推導出黑洞存在的可能，近代更隨著太空探測科技的進步，愛因斯坦的理論一一被證實，愈來愈多新的、大膽的想法和探測研究開始出現，終於在2019年人類首度「看到」了黑洞。

但是，到底什麼是黑洞？黑洞又是怎麼形成的？人類是怎麼「看見」它呢？『從牛頓、愛因斯坦到霍金，從黑洞、蟲洞到平行宇宙』、『跌入黑洞的瞬間，會發生什麼事？』……，許多深奧的天文科學，一般人不常接觸也不容易理解。此次天文館邀請您與家人來場時光旅行，親身體驗兒童繪本的科幻魔力，與您一起「闖」進來探索黑洞！體驗天文學家經過重重努力，才能向世人證明不只活在公式裡，而是真正存在的黑洞。

為了幫助來賓在參觀展覽、享受色彩繽紛彷如童話世界的展場之餘、也能提升學習效益，策展小組特別設計了兩款闖關學習單—「特展Q&A學習單」和「特展迷宮學習單」，提供民眾在參觀的同時，可以透過闖關任務的遊戲，激發好奇心和思考力，引導大家對科學、藝術和文化的探索，享受發現的樂趣。

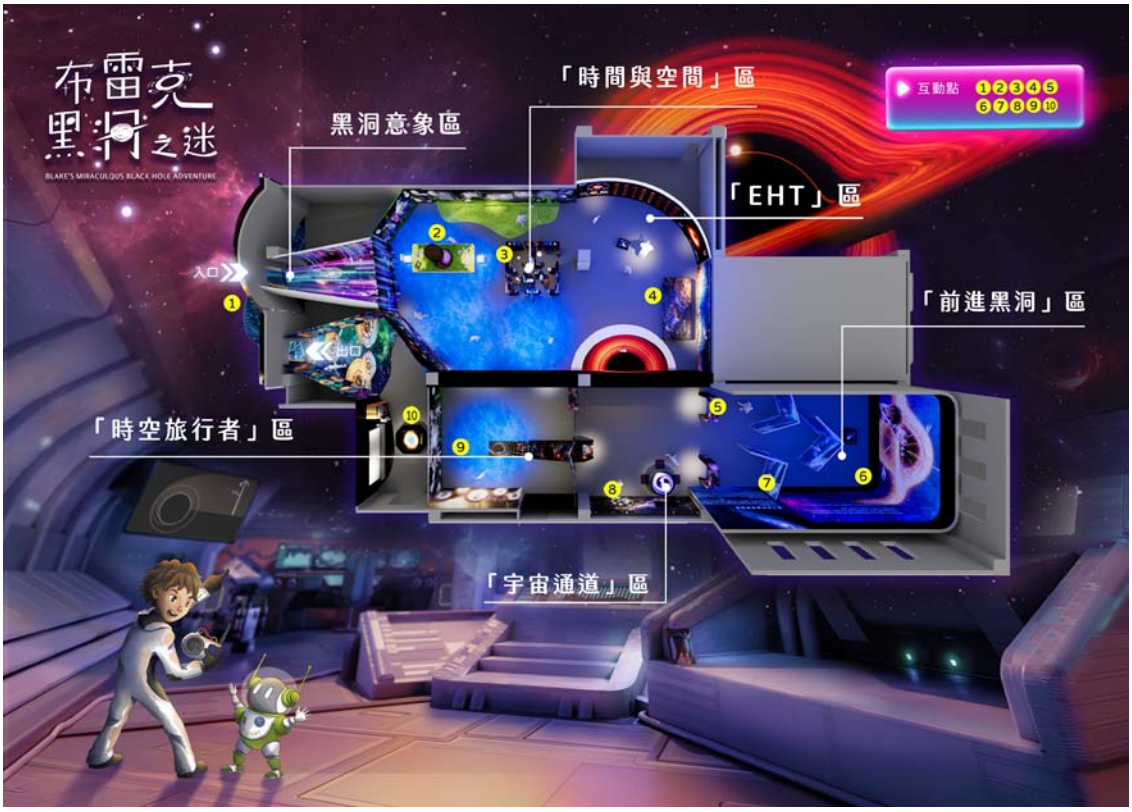
除此之外，天文館也特別針對特展相關主題推出了「星際之旅」自導式參觀路線。來賓只要在入場時，掃瞄展示場服務臺的QRcode即可連上系統，透過一問一答與不時的小知識補充，你也可以成為黑洞專家喔！

「布雷克的黑洞之迷」是臺北天文館結合了國家太空中心、中研院和DISCOVERY等單位合作而推出的年度特展，期待為您和家人帶來一個充滿知識、科技與藝術的難忘體驗。

黑洞是什麼？我們可以看到黑洞嗎？進入黑洞會怎麼樣？是否能夠穿越時空呢？

文/ 王彥翔
攝影/ 劉愷俐、王彥翔

天文館在今年特別推出了「布雷克黑洞之迷」特展，
讓我們與布雷克、星塵寶寶一起踏上穿越時空的黑洞冒險旅程吧！



黑洞理論的提出與看見

特展從入口開始依序分為**「黑洞意象區」**、**「時間與空間區」**、**「EHT區」**、**「前進黑洞區」**、**「宇宙通道區」**，以及**「時空旅行者區」等六個主題區**。

黑洞意象區

「**黑洞意象區**」以甜甜圈外型的黑洞揭開序幕，透過雷射光束與投影手法，彷彿走入時光隧道一般。接著進入「**時間與空間區**」，觀眾可以將手放在投影牆上，讓牛頓、愛因斯坦等等科學家介紹他們的理論與成就。此外，在這裡還有大人小孩都喜愛的迷宮，在迷宮中安排了數個與相對論有關的問題，帶著觀眾一步步理解相對論。

時間與空間區

17世紀的英國物理學家牛頓提出了萬有引力理論與光微粒說之後，從此成為往後百年科學家們對宇宙星體運動、光的本質的基本認知。18世紀的科學家在此基礎上提出了「暗星」

的概念，不過在光的波動性被發現之後，這概念一度遭到捨棄。直到愛因斯坦提出了廣義相對論闡述質量體如何扭曲時空，光波的路線也會受到扭曲的時空影響，暗星這才以另外一種理論樣貌展示在世人眼前，也就是大家既熟悉又陌生的「黑洞」。

既然光線都無法離開黑洞，我們又要怎麼看到它呢？尤其是目前發現的疑似黑洞的天體都距離我們相當遙遠，望遠鏡得和地球一樣大，才能擁有可以解析出黑洞這樣大小天體的能力。雖然我們不可能把海水抽乾來蓋望遠鏡，但我們可以利用無線電波望遠鏡的特長基線干涉技術，利用多個望遠鏡連線拍攝，就能得到近似一座和望遠鏡分布範圍一樣大口徑的超大型望遠鏡的解析度。

位於本館展示場三樓的甚大天線陣列模型，便演示了這座陣列的27座碟型天線如何透過軌道移動，進而利用干涉技術得到不同解析度影像的過程。

圖1.「時間與空間區」，認識在黑洞理論誕生路上的科學家們。

圖2.「時間與空間區」，透過繪本劇情，在迷宮中安排了數個與相對論有關的問題，帶領觀眾一步步理解相對論。

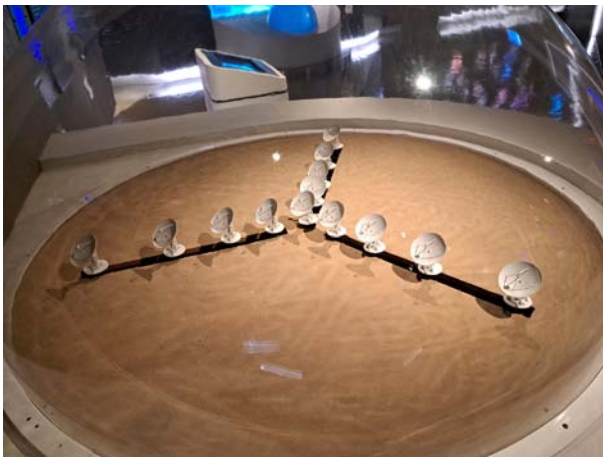


圖3. 展示場三樓，透過甚大天線陣列模型演示，可以了解無線電波望遠鏡的觀測作業。

圖4.「時間與空間區」，觀眾可以將手放在投影牆上，讓牛頓、愛因斯坦等等科學家介紹他們的理論與成就。

EHT區

來到特展的「EHT區」可以看到由全世界超過30多個國家的科學家們利用分散在世界各地的13處天文台組成的「事件視界望遠鏡」計畫，便是企圖利用特長基線干涉技術組合出相當於地球大小口徑望遠鏡的跨國計畫。

計畫中位於格陵蘭的望遠鏡是由中研院天文所陳明堂研究員主持，補上了事件視界望遠鏡位於北極的觀測空缺。除了格陵蘭望遠鏡之外，中研院也參與了位於夏威夷的SMA與智利的ALMA天線陣列計畫，讓臺灣也能為黑洞觀測盡一份力。

觀眾不妨透過展場的互動遊戲，將事件視界望遠鏡的成員們放到對應的位置上，並從科學家的解說影片了解這個橫跨地球的大型科學觀測計畫。

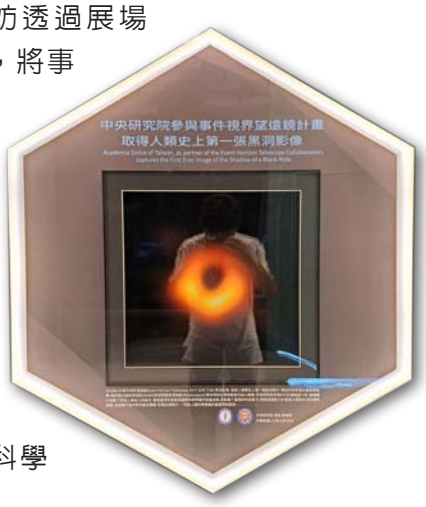
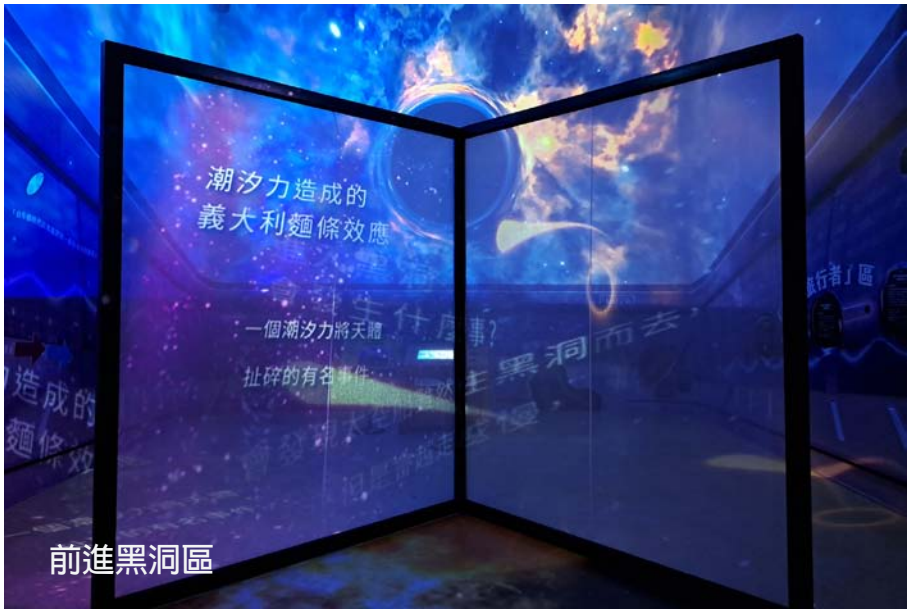


圖8. 事件視界望遠鏡計畫於2019年首次發布M87星系中心的黑洞影像，這張重要的照片目前也典藏在天文館展示場三樓供大眾觀覽。

圖5、6、7. 「EHT區」，透過展場的互動遊戲更了解這個橫跨地球的大型科學觀測計畫。

進入黑洞會怎麼樣？

穿越黑洞之門，我們來到特展「**前進黑洞區**」。在這裡我們透過聲光展示與超大投影的方式，你可以利用遊戲將各式各樣的東西丟進黑洞看看會如何。首先是黑洞附近的重力場變化相當大，強大的潮汐力有可能將人拉長成麵條狀，甚至是分解成極微小的粒子。再來是在強大重力的影響之下，時間的流逝速率會比外界來得慢，若我們有幸逃脫黑洞將能前往一段時間後的未來。不過許多人並不滿足於單向前往未來，因而寄望於通過蟲洞任意穿梭到不同的時空。



前進黑洞區

黑洞中央的奇異點有沒有可能就是通往不同時空的通道呢？來到「**宇宙通道區**」，觀眾可以透過牆上的翻翻牌尋找奇異點的真面目，並透過圖文理解現今的科學家們是如何看待奇異點的存在，以及奇異點之後是不是連接著一個蟲洞。雖然因為沒有辦法觀測到黑洞內部的奇異點，加上尚未發現白洞的存在，我們目前並無法證實蟲洞是否存在。不過沒關係，來到「**時空旅行者區**」我們可以透過攝影鏡頭與體感互動裝置，將能看到穿梭時空後自己變老的樣貌！

圖9、10. 「前進黑洞區」在聲光展演中，體驗踏入黑洞將會發生什麼事情。

宇宙通道區

圖11、12. 「宇宙通道區」，透過牆上的翻翻牌與圖文理解奇異點存在的眞面目。

圖13. 透過攝影鏡頭與體感互動裝置，將能看到穿梭時空後，自己變老的樣貌！

特展環景搶先看

看展也能無師自通

在特展的光影變化中眼花撩亂了嗎？為了輔助觀眾理解特展的內容，天文館官網除了推出了線上「特展環景搶先看」服務之外，同時也有特展Q＆A學習單、特展迷宮學習單等學習資源供觀眾自行下載與列印使用。此外，每逢假日利用學習單集滿特展展場內的印章，就可以兌換夾娃娃機代幣一枚，挑戰夾取「布雷克黑洞之迷特展」的限定周邊（每日代幣數量有限，兌完為止）。

圖14、15. 特展Q&A學習單、特展迷宮學習單

看完特展後覺得意猶未盡嗎？不妨繼續來到本館展示場三樓，看看在天體的重力影響之下，光線會如何透過「重力透鏡」扭曲，進而讓我們發現遙遠黯淡的星系。又或是可以透過影片聽見兩個大質量天體互繞、合併產生的「重力波」，一窺廣義相對論為現代天文觀測提供更多了解宇宙的方式。

圖16. 透過展示場的模型你將可以看到在廣義相對論的預測下，遙遠天體的光線在到達我們眼睛之前，夾在我們之間的大質量天體的重力將會使光線偏折。

本館特別針對特展相關主題推出了「星際之旅」自導式路線。觀眾只要掃瞄本館展示場服務臺的QRcode即可連上系統，透過一問一答與不時的小知識補充，你也可以成為黑洞專家！另外，在天文館官網首頁，天文知識/自主學習專區/黑洞專區，也有相關教材可以自學運用。**「布雷克黑洞之迷特展」將自113年4月3日至10月13日於本館一樓特展室展出，歡迎大小朋友一同踏入黑洞，揭開黑洞的神祕樣貌。**

圖17. 展示場自導式系統，透過問答與小知識補充，可以更加了解黑洞的相關知識。

王彥翔：臺北市立天文科學教育館

認識黑洞

文/ 楊曄群

2015年的9月14日，人類第一次偵測到13億光年外兩個黑洞的合併事件，這個遙遠的事件形成了一個新的黑洞，0.6秒的合併過程中約等於三個太陽的質量轉變成為能量，這個新天體向四面八方放射出的重力波能量甚至比那一瞬間全宇宙的恆星發出的亮光還亮。這個事件不僅象徵人類尋找黑洞的里程碑，也開啓了科學家探索宇宙的新領域。

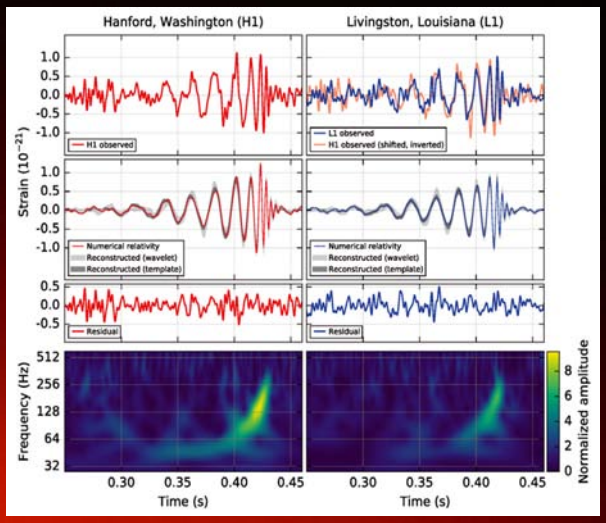


圖1. 雙黑洞撞擊產生的重力波事件觀測結果。圖片來源：B. P. Abbott et al.／LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration

圖2. 與黑洞有關的科學家們。

黑洞研究的歷史

有關「黑洞」的概念最早可以回溯到18世紀，1687年牛頓提出萬有引力定律之後，科學家最感興趣的目標是利用牛頓的理論去計算和預測那些在天上會移動的天體—行星、月亮及彗星，1758年的閃亮彗星是牛頓定律的顛峰成就，哈雷根據牛頓定律計算並預測這個彗星的週期運動，在哈雷去世16年之後它如期回歸。在這些受科學家矚目的會移動的天體之外，僅有少部份的科學家對恆星的形成和相關的理論感到興趣。

18世紀的天文學家用最先進的望遠鏡觀察宇宙的各個角落時，發現非常多的雙星系統，當時普遍認為雙星系統僅是在天空中的投影位置看似彼此接近，其實分別在離地球不同且遙遠的位置上。同時期的科學家對於光的認識也以牛頓的「光粒子」概念為主。1784年英國科學家及牧師約翰·米歇爾 （John Michell） 提出了牛頓版本的黑洞假說，指出真正彼此接近的雙星系統是計算恆星質量的最佳目標，並可以從它們的質量計算出引力對「光粒子」運動的影響。

圖3. 暗星想像圖。Created by Dall-E3

約翰·米歇爾假設光粒子從恆星向外運動，運動時亦會受到來自恆星本身的引力，當恆星愈大，光粒子的運動速度會受引力影響減慢，當恆星的質量大到所有的光粒子都會被它拉回去的時候，會形成無法看到任何光粒子發射出來的黑色天體「暗星」，根據約翰·米歇爾的計算這樣的暗星若與太陽的密度相同時，其半徑可達太陽半徑的500倍。當無法觀測到的天體存在時，觀測者又該如何發現它呢?

另外一位著名的數學家拉普拉斯，也曾在他的1796年宇宙論研究的著作《宇宙體系論》中提到過「具有如同地球一樣密度的發亮恆星，它的直徑比太陽大250倍，其引力將無法讓光線射出，因此宇宙間最大的發光體可能是看不見的。」

兩位科學家在受限的牛頓定律及誤解的光理論基礎上，建立了人類最早的黑洞想像，約翰·米歇爾甚至給出極具創造性的觀測「暗星—黑洞」之方法。他提出若暗星的旁邊存在發光的恆星，它將因為暗星的引力影響，看起來好像在天空中來回晃動。這正是現代天文學家尋找黑洞的基本方法之一。

隨著時間來到1915年，愛因斯坦提出的廣義相對論，替黑洞存在的可能性找到了最新的方向。廣義相對論描述的引力不僅是質量產生的重力，而是時空結構曲面的變形。質量越大的物體，其附近時空的曲率就越大。這個由引力形成的曲面會造成光線傳遞路徑的彎曲。並且在1919年的日食天象觀測中由愛丁頓爵士觀測恆星位置時證實。

恆星的演化終點會因為恆星的質量不同而差異極大，可能會形成白矮星（1873年發現）、中子星（1969年發現）或黑洞，1931年錢德拉塞卡根據理論計算得到類似太陽的恆星最終將形成白矮星，其質量上限為1.44倍太陽質量，1939年歐本海默計算中子星質量上限約為0.7倍太陽質量（後經修正為1.5至3倍），超過這兩個極限質量的恆星最終將成為黑洞。

1916年卡爾・史瓦西（Karl Schwarzschild）對廣義相對論的方程式提出了一個球形對稱的靜態解，描述一個靜態（不會自轉、不帶電荷）的極大質量天體的邊界，球體的半徑正是史瓦西半徑。在這個半徑形成的邊界之內會產生無限大的時空曲率，以至於連光都無法逃逸。後來科學家才了解並用以描述黑洞的半徑。

史瓦西半徑計算式

$$Rs = 2GM / C^2$$

任何具有質量的物體，若壓縮至其史瓦西半徑以內皆可以形成無限大時空曲率。如太陽的史瓦西半徑約為3km，地球的史瓦西半徑則僅約有9mm。根據史瓦西半徑計算式可以發現黑洞的質量和半徑成正比，若將黑洞的質量除以體積（史瓦西半徑的3次方），進一步推導可以得到一個有趣的結果——質量愈大的黑洞，密度會愈低。根據計算，一個半徑等於可視宇宙大小的黑洞，約等於可視宇宙的平均密度。

黑洞的觀測

黑洞本身無法直接觀測到，因為它們的引力場如此之強，以至於連光都無法逃脫。然而，天文學家可以通過觀察黑洞周圍的物質來推斷黑洞的存在。隨著觀測技術的發展，天文學家對黑洞的觀測取得了重大進展，在20世紀，天文學家發現了一些被認為可能是黑洞的天體，例如位於銀河系中心的人馬座A*（1995年發現）。2015年LIGO探測到黑洞合併過程中的重力波訊號。2019年事件視界望遠鏡（EHT）發表室女座的M87*的觀測結果，首次拍攝到黑洞的真實照片。

黑洞周圍的物質會受到黑洞引力的強烈影響，並會發出強烈的各波段電磁輻射。天文學家可以使用不同波段的望遠鏡來觀測這些訊息。黑洞還會與其周圍的恆星和星系產生互相的影響。圍繞黑洞運行的恆星，其軌道會發生扭曲，星系中心的超大質量黑洞會導致星系中心出現噴流及相關的巨大球狀泡泡結構等現象，天文學家可以通過觀察這些效應來推斷黑洞的質量和自轉。

黑洞的最新研究結果

近年來，天文學家在黑洞研究方面取得了一系列重大進展。例如，天文學家發現了雙黑洞的合併。還發現了超大質量黑洞的證據，這些黑洞的質量是太陽質量的數百萬倍甚至數十億倍。這些超大質量黑洞被認為存在於大多數星系的中心，並在星系的形成和演化中發揮著重要作用。這些發現為我們提供了對黑洞的新認識。當天文學家重新檢視20世紀中觀測到的許多不同天體時，發現它們都與黑洞有千絲萬縷關聯。

幾種與星系核心中的超大質量黑洞相關的天體

1943年發現的西佛星系

1943年發現的西佛星系（Seyfert Galaxy I & II），具有極亮星系核的星系，在各波段電磁頻率都有強列的輻射，其中來自星系中的氫、氦等元素的發射譜線呈現強烈的都卜勒效應增寬現象。

←圖4. 天鷹座 NGC 6814 SF1

↓圖5. 長蛇座 NGC 3081 SF II

1939年發現的電波星系

1939年發現的電波星系，在無線電頻率10MHz ~100GHz波段非常明亮。

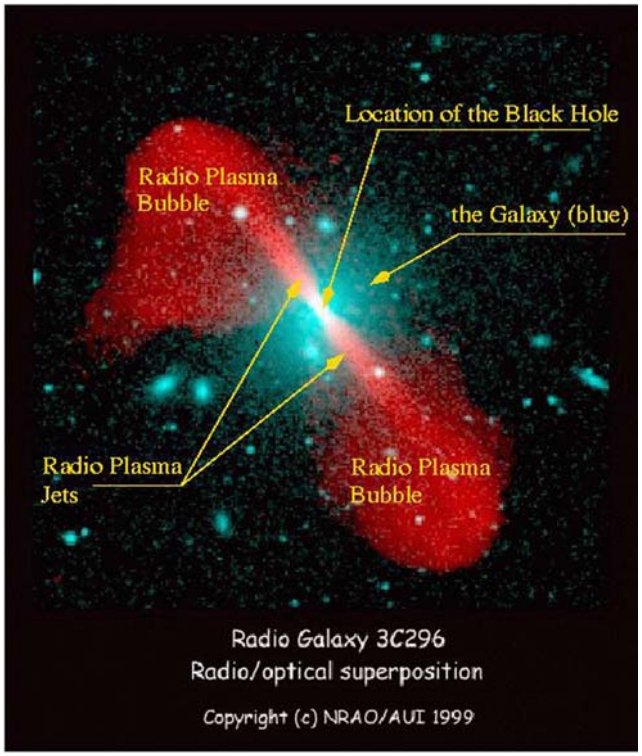


圖6. 橢圓星系3C 296的無線電波段（紅）和可見光波段（藍）的重合影像，自NGC 5532中心的黑洞所噴發出的帶電粒子噴流長達將近百萬光年遠。

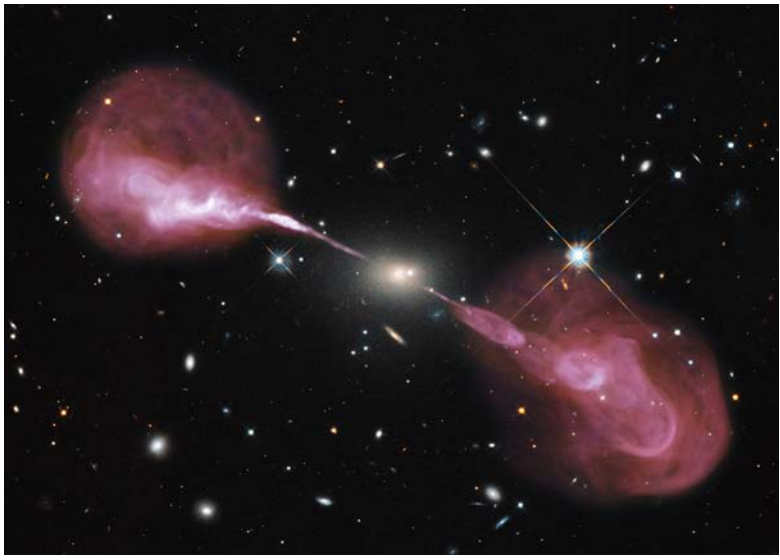


圖7. 天鵝座A（3C 405）是一個電波星系，並且是天空中最強的無線電源之一。它是由Grote Reber於1939年發現的。

1963年發現的類星體QSO

光學觀測影像有如一般恆星，光譜有未知的寬發射譜線，具有極端的紅移值。最後確認是遙遠的高速運動天體。由於其發出的巨大能量推測是活躍的年輕星系核心。

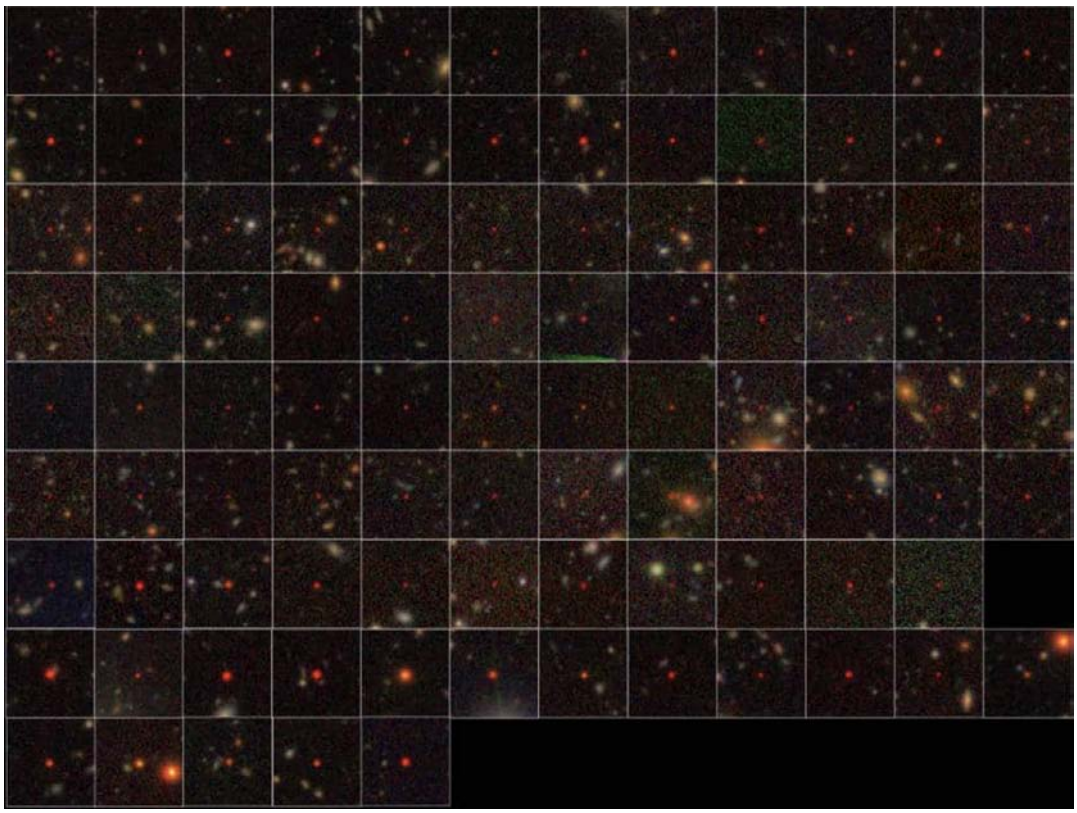
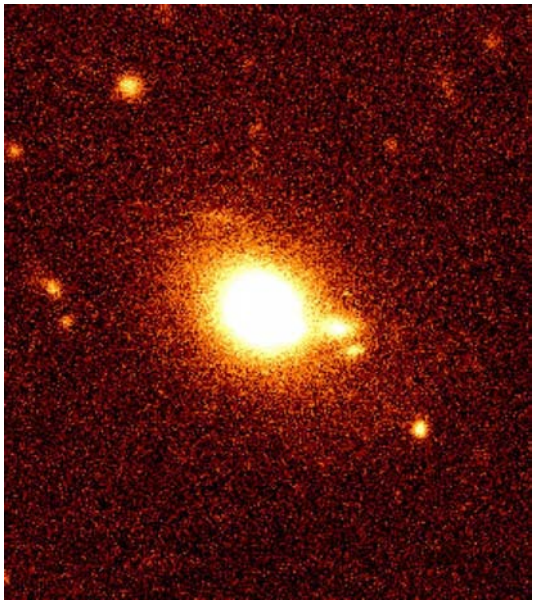


圖8. 早在1950年代，劍橋大學第三版無線電巡天觀測星表（3C星表）中就發現奇異電波天體。.

1968年發現的
蝎虎座BL（BL Lac）及同型天體

其亮度可以在一周內變化兩倍，也可以在幾個月內變化15倍，沒有規律性，電波、紅外、X射線、光學波段都有快速變化 。



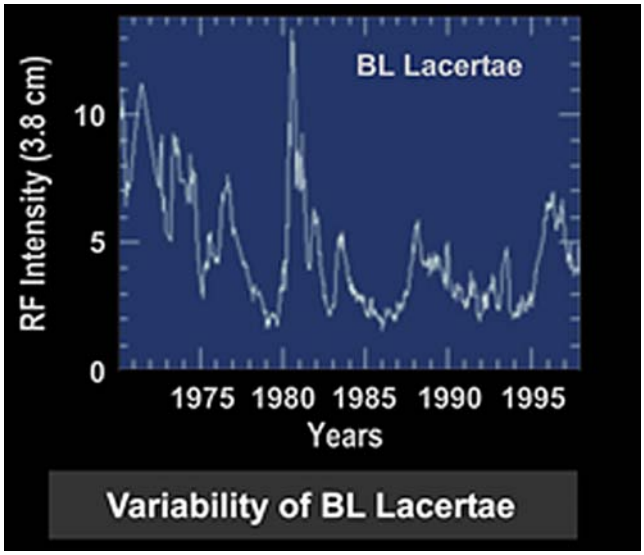


圖9、10. BL Lac（上）與其在1970至1998年間的亮度變化圖（下）。

1980年發現的
低電離星系核（LINERs） 星系

LINER星系非常普遍，大約有三分之一的星系可以歸類為LINER星系，天文學家一直在爭論這些星系中心激發氣體電離的能量來源，這些奇異天體都與超大質量黑洞有關。

圖11. 室女座的M104星系被認爲是低電離星系核（LINERs） 星系。

超大質量黑洞具有以下的幾種特徵

1 噴流（Jet）：

在無線電波段及可見光，X-ray及γ-ray波段有強烈的輻射。

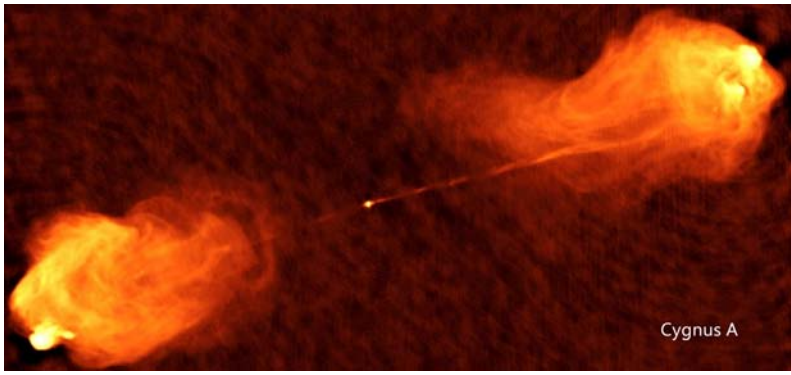


圖12. 天鵝座A。

2 吸積盤（Accretion Disk）：

環繞黑洞的瀰散物質盤面結構，輻射峰值在紫外光及可見光波段。

圖13. 黑洞吸積盤想像圖。

3 冕區（Corona）

吸積盤上方的區域，以反康普頓散射的方式將光子提高至X光的能量，輻射主要為X射線。

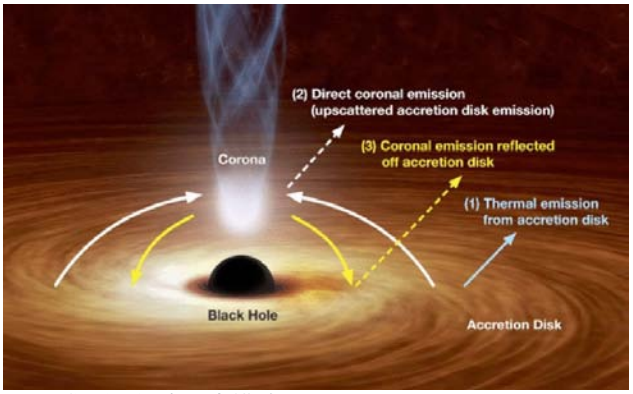


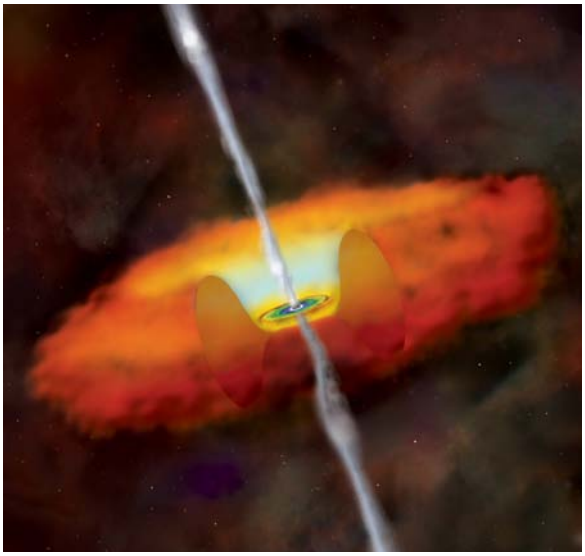
圖14. 鄰近黑洞中心之構造。

4 塵埃環及氣體雲（Dusty Torus & Gas Clouds）

塵埃環會吸收吸積盤的紫外輻射，再轉為發射紅外輻射，同時也會擋住內部的光。

吸積盤的外緣有一圈較厚的塵雲環造成遮蔽效果，在軸向（face-on）觀測，就只能看見正對著的噴流，看不見吸積盤及其他發射譜線區，結果就是觀測到有劇烈光變的BL Lac天體。如果傾角中等，塵雲環不至於完全遮蔽視線，可看見寬發射譜線區以及部分中央吸積盤輻射區，如西佛I型星系或是寬線電波星系。假如傾角過於側向（edge-on），塵雲環就會完全遮蔽吸積盤和靠內側的寬線區，只能看到較外側的窄線區，也就是西佛II型星系或是窄線電波星系。

黑洞是宇宙中最神秘的天體之一，也是研究現代天文學的重要領域之一。黑洞的研究可以幫助我們了解宇宙的起源和演化，以及引力的本質。最新的重力波觀測直接打開人類觀察這個宇宙的另一扇窗。且讓我們與天文學家一起透過黑洞去了解這個宇宙的真面目。



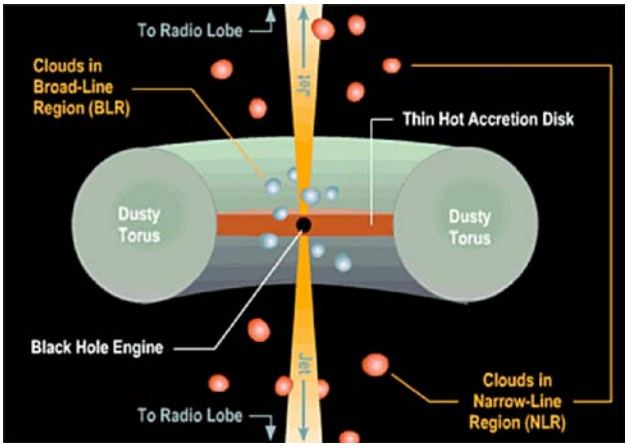


圖15、16. 黑洞及它的各種現象。

楊曄群：臺北市立天文科學教育館

表1. 天文學家將這些黑洞依質量大小分成四種不同的類型：

黑洞的類型	黑洞的質量範圍（與太陽質量相比）	黑洞的半徑
超大質量黑洞	10^5 ~ 10^{10}或更大（10萬倍太陽質量以上）	>0.001AU（數十萬公里以上）
中等質量黑洞	10^4（數千倍到數萬倍）	>10^3公里（數千公里, 約為地球大小）
恆星質量黑洞	10~10^2（數倍到數百倍）	>10公里（數十公里, 約為臺北市大小）
微型黑洞	10^{-6}公克~月球質量	<0.1mm（10分之1公釐以下比砂粒還小）

各位讀者看到這個題目，想必腦中會出現這一句「先有雞還是先有蛋？」這句從小耳熟能詳的話，其實說穿了，即是個萬物起源問題。今天，這個問題被天文學家推到極限；到底，是先有星星，還是先有黑洞？

先有恆星？還是先有黑洞？

文/ 李建德

從當代宇宙看，黑洞是個絕對不利的因素。原因也很直觀，就是做星星的東西，被黑洞吃掉了，導致巧婦難為無米炊，空有恆星形成的機制，卻少了氣體、塵埃等原材料來把一顆顆星星給做出來。此外，從圖1的右邊看，不只是現代，而是早在大霹靂後12億年，從現在回看約為125億年以前，黑洞就已經跟星星的誕生在爭奪星際物質，這讓恆星的形成變得相當不容易。很可能是因為超大質量黑洞已成氣候，清空自己周圍鄰近的星際物質，對新一代的恆星形成，產生相當不利的影響。

圖1. 黑洞，是上古宇宙，恆星嬰兒潮的觸發者；也是近代宇宙，恆星少子化的始作俑者。這張示意圖，從不同的宇宙年代來看，黑洞與恆星之間由正反饋，轉換爲負反饋的關係。由左至右從紅到藍，代表由古至前現代宇宙的紅移值（redshift）。紅移15、10、5，分別對應的宇宙年紀約爲大霹靂後3億年、5億年、12億年。圖左：最早期的宇宙，黑洞是產生恆星的有利因素。圖中：兩億年後，黑洞合併變大了，繼續促進恆星形成。圖右：12億歲的宇宙，黑洞範圍變得更大，壓縮了恆星生產的材料與空間，此時的黑洞已不利於新恆星的誕生。圖片來源：Steven Burrows, Rosemary Wyse, and Mitch Begelman

「黑洞」—現在的恆星誕生殺手 曾經的恆星形成推手

但是，黑洞並非總是利空，其實它們也曾經是恆星形成的推手、甚至可能是扮演著不可或缺、臨門一腳的角色！回到更久的132億年之前，大霹靂後5億年（圖1左側），大質量黑洞與諸多恆星共存。並且很有可能，因為星際物質被黑洞強大的引力集中，原本沒有想太多只是要吸收累積物質的黑洞，沒料到在自己周圍把製造星星的材料給聚攏，意外的產出這個開天闢地的恆星育嬰房。有了天時、地利、黑洞聚合，讓恆星形成所需的臨界質量，從原本的難以達到，卻在黑洞周圍變的處處可見，星星們就順勢被大量產出，尤如雨後春筍般生機蓬勃地遍地冒出頭來。其中最早的一批，很可能也包括了宇宙最初的恆星（圖2）。那麼，最初的最初是先有黑洞才有恆星嗎？

宇宙最初的恆星，被稱之為第一代恆星，或使用羅馬數字簡稱「星族III」。那麼，有三也就有二、一吧！為什麼第一顆恆星的星族，反而被歸屬到第三呢？這是因為，跟其他二代以後的恆星比起來，第一代的星族III恆星其實是後來才新增的一個分類。被區隔開來的原因是，他們被認為幾乎沒有比氦還要重的元素，所以相當的特別，不能跟原本就能觀測到的、元素分佈稍多的星族II、或是更多樣的星族I混為一談。然而，自1960年代，星族III的概念被提出來後，仍遍尋不著任何一個觀測上的實例。

圖2. 這幅藝術概念圖，呈現出被首批恆星點亮的宇宙。大霹靂後僅一億年，原生材料僅有兩種元素「氫」及「氦」，這些材料被重力聚集，形成雲氣。一但雲氣核心處，達到的高溫高壓足以點燃氫原子的核融合反應，恆星就此誕生，星光自此四射，無光的宇宙黑暗時期從此結束。圖片來源：Adolf Schaller for STScI

第一代恆星的產地
原始雲氣團

直到詹姆斯．韋伯太空望遠鏡2022年上線後，事情才開始有了些進展。而且有進展的反而不是來自這兩年那些一紅移12、13和截稿前最新的研究甚至來到了14，這些沒多久就換人做做看的、所謂的最遠紀錄的高紅移天體，反而還沒被進一步的詳細觀測。而今天的主角，則是哈伯太空望遠鏡時代、已在最遠王座上稱霸多年的GN-z11。可見得，韋伯除了去看其他更遠的天體外，卻也沒冷落這位前任霸主。這次，韋伯在它周圍仔細尋找「第一代恆星」的蛛絲馬跡時，利用可以進一步分析元素組成的光譜儀，在鄰近處找到大霹靂後、未經恆星產物污染的疑似「原始雲氣團」（圖3）。韋伯光譜資料顯示，這團雲氣沒有任何比氦還要重的元素，這項觀測結果，被認為是搜尋到了第一代恆星的特徵。

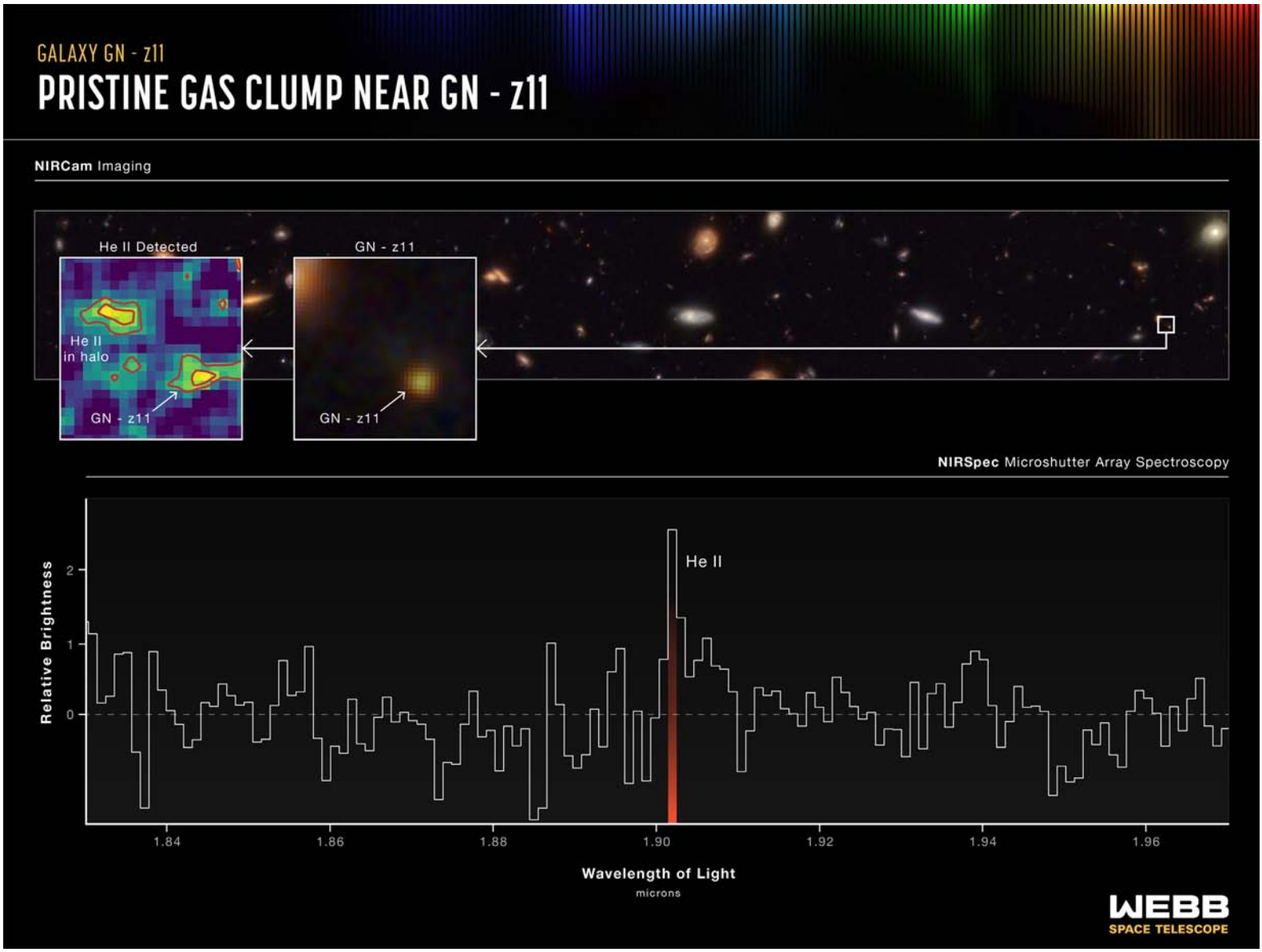


圖3. GN-z11鄰近的原始雲氣團(Pristine Gas Clump)。GN-z11這位蟬聯多年的最遠天體霸主，在韋伯太空望遠鏡的影像中，位於用白線拉出的小方框裡頭。其實是相當不起眼的小小一坨光，中間方框將其放大後，才稍稍看得到沒有細節的輪廓。而細節在最左邊方框內，這裡顯示了韋伯對GN-z11及周圍區域的光譜觀測，從等高線來看，游離氦氣(HeII)被顯著的偵測到了。但GN-z11本身並不是重點，重點是在左框左上的暈部(halo)，也看到了氦氣的蹤跡。下圖是這塊暈部的光譜，很明顯的除了游離氦發射線之外，並無其他更重的元素出現在觀測結果裡頭。圖片來源：NASA, ESA, CSA, Ralf Crawford (STScI)

剛剛談到星族III，那麼什麼是星族II、星族I呢？宇宙中，氫氦之外的元素，僅佔總體的2%。為了方便起見，天文學家把比氦還重的元素，通通稱為「金屬」。所以有了這三種分類，包括剛剛提到的，星族III是（幾乎）無金屬星、星族II是貧金屬星、星族I則是富金屬星。我們的太陽、還有跟太陽一樣，在銀河盤面上誕生的夥伴，都屬於星族I的恆星。

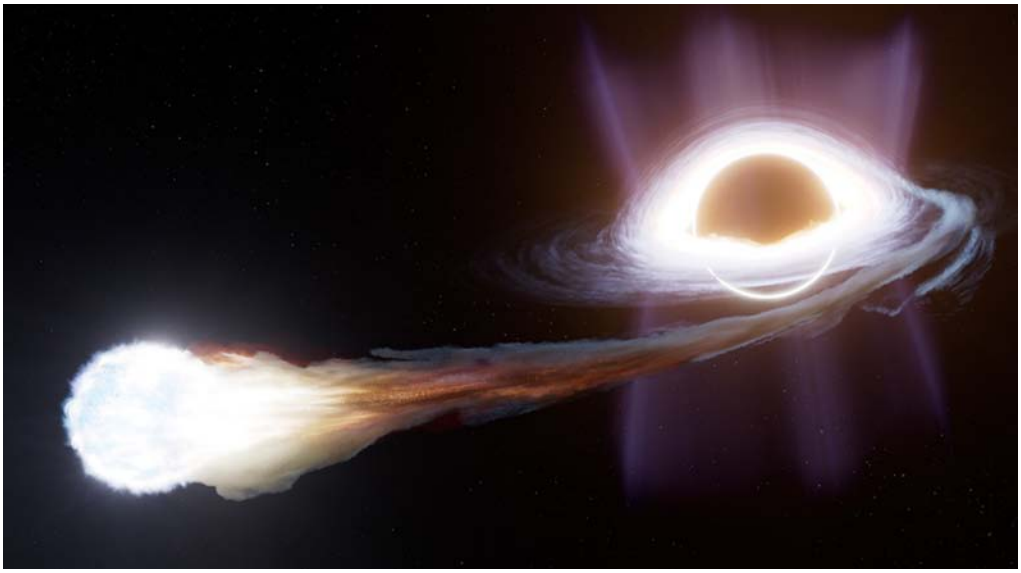


圖4. 第一代恆星的產地緊鄰著黑洞，最可能的結局是，被夥伴的巨大潮汐力給撕碎。 圖片來源：Ralf Crawford/The Space Telescope Science Institute

金屬，其實是星星的催生劑！有了它，恆星就不易難產。《臺北星空119期》天文新聞追蹤報導中「你的銀心質量過胖了嗎？」除了直接塌縮型黑洞之外，我們最後談到「冷縮熱也縮」，意思是恆星的生產過程，坍縮的星際雲氣核心，不只需要冷縮，連熱也要縮。因為，縮下去會讓核心變熱，核心熱了卻又不能脹回原狀。這時，為了產下恆星，得讓雲核密度愈來愈高，無論如何是要繼續縮下去的。到底怎麼做到的？靠的就是金屬，結果雖說是催生，實際上的功能卻是散熱。得讓溫度不斷上升的濃密雲核，可以把熱散出去，質量得以繼續進得來，恆星寶寶吸收累積的夠多，才得以生下來。這兩段的小結論，星族I富金屬，沒問題;星族II貧金屬，還算沒問題；但是，星族III無金屬，沒有催生劑，散熱功能不良，這問題可大了!

也許，這也是為什麼GN-z11周圍，無金屬的暈部，遺留了這塊原始雲氣團，卻遲遲沒有恆星誕生的原因。那麼，上古的一代恆星到底是怎麼誕生的呢？

沒催生劑的第一代恆星誰來催生？

目前為止，仍是個大哉問。而且最多也只找到了剛談到的，沒有星星在裡頭的原始雲氣團。然而，如果是先有黑洞，直接塌縮的黑洞，這個過程就能簡單得多。有了黑洞，及其營造的環境條件，因而有了恆星。這樣的過程水到渠成，順理成章，每一步都相對的單純。

反過來說，若先有恆星，就很不簡單了。相比下，關關難過，而且關關仍不知怎麼過。從只有原生元素的氫、氦充當散熱物質，到要產出恆星所需要的質量，得要上千個太陽。就算運氣不差，勉強做出了第一顆，這顆巨大恆星死後，其爆炸遺留的殘骸，質量夠不夠格成為黑洞？增胖到超級大黑洞夠不夠快？進而促進早期宇宙的大量恆星形成，恆星形成快速的星爆星系，能不能遍地開花？都還是得打上很大的問號！

結論就要落筆，筆者原本想要得出一個，黑洞或恆星誰比誰先的觀點。沒想到，一篇來自香港大學與耶魯大學，合作的相關研究成果，竟在差不多的時間發表。給了我們一個啓發性的觀點，即是黑洞及恆星，難道不能一起誕生嗎？這篇文章裡所舉的例子，有上面提到的GN-z11，卻也包括「過胖銀心黑洞」的主角UHZ1。來得好不如來得巧，我們就引用這最新的成果，來總結我們今天的討論。

先有黑洞，同時也先有恆星

找到宇宙的第一顆恆星，或是觀測到星族III的

第一代恆星們，是韋伯太空望遠鏡，優先研究項目的天字號任務。韋伯上線已超過兩年，都看到了大霹靂後，10億年甚至是5億年內的宇宙星體，再看下去，都快把宇宙給望穿。怎麼到現在，都還沒有找到最早的星星呢？

近來，韋伯觀測中，第一遙遠黑洞的紀錄，不斷地被打破，無論是2023的UHZ1，還是2024五月才剛發布的GN-z11核心黑洞吸積光譜。這些現有的觀測資料，在在都顯示第一代恆星，很有機會跟這些第一代的黑洞，幾乎同時形成。近一步的推敲，若是第一代恆星與黑洞緊緊相鄰，則這些太陽的最早祖先的結局，很可能不是壽終正寢，而是被黑洞的潮汐力給扯碎。

這是什麼意思？記得很酷的黑洞「義大利麵化」吧！來幫大家複習一下，無論你是什麼形狀的東西，只要你愈靠近黑洞，自體的近端跟遠端，受黑洞的引力差異就會愈來愈大。如果是我的腳朝黑洞往下掉，這引力差會大到，上半身還看不出異常，下半身的愈下方就已愈來愈細。視覺上大概像是神燈精靈，腰部以下愈變愈細，然後腿細如游絲的與神燈壺嘴相連狀。而義大利麵化的過程，就是天文學家所說的潮汐裂解，只是現在掉下黑洞的角色換成是一顆第一代恆星（圖4）。

因為黑洞而生
因為黑洞而死

生命會自己找到出路，這個生命包括了恆星的誕生。當環境還沒有條件、沒有催生劑，讓恆星的誕生過程，沒有金屬元素來執行很有效率的散熱。開啓第一代恆星生路的也許真就在與黑洞相依之處，與黑洞約莫相同的時間誕生。短暫的一生，留下最重要的遺產，是那些比氫、氦更重的元素。為後代恆星，奠定了能更快速形成的基礎。然而他自己短暫的現身後，自身的一大部分，就悄悄地被一同出生的黑洞吃掉了。最後的身影，很可能是第一代恆星潮汐裂解時，產生的潮汐閃焰。

這套劇本，有待進一步的觀測證據支持。幸好，第一代恆星遭黑洞裂解時，所產生的潮汐閃焰，留下了被觀測的機會。然而在遙遠宇宙的膨脹紅移，加上黑洞周圍的引力紅移，雙重紅移疊加的結果，讓我們需要更強大敏銳的工具。 除了目前已在線上辛苦做紅外觀測的韋伯太空望遠鏡之外，接下來將要一起分擔這項艱鉅任務的太空計畫，被稱之為南西．葛莉絲．羅曼太空望遠鏡（Nancy Grace Roman Space Telescope），預計2027發射升空。讓我們一起期待，有了這隻紅外新眼睛的幫助下，破解天字號任務。無論是第一代恆星的最後身影，還是與它同生卻不共死的黑洞，都可以被找到！

參考資料：

1. Which Came First: Supermassive Black Holes or Galaxies? Insights from JWST https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ad1bf0
2. New Findings From the JWST: How Black Holes Switched from Creating to Quenching Stars https://jila.colorado.edu/news-events/articles/new-findings-jwst-how-black-holes-switched-creating-quenching-stars
3. What Were the First Stars Like? https://webbtelescope.org/contents/articles/what-were-the-first-stars-like
4. Pristine Gas Clump Near GN-z11 https://webbtelescope.org/contents/media/images/2024/106/01HDHMK6WKM866NBNSX4W49T6M?Tag=First%20Galaxies
5. JADES. Possible Population III signatures at z=10.6 in the halo of GN-z11 https://www.aanda.org/component/article?access=doi&doi=10.1051/0004-6361/202347087
6. Detecting Population III Stars through Tidal Disruption Events in the Era of JWST and Roman https://iopscience.iop.org/article/10.3847/2041-8213/ad41b7
7. The search is on for signs of the first stars in the universe https://news.yale.edu/2024/05/09/search-signs-first-stars-universe
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Stellar_population
9. https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_the_most_distant_astronomical_objects

李建德：中大天文學博士，現為獨立講者（曾任中大博士後、國際期刊ApJ審稿人、數理及資訊學科能力競賽天文科命題評審委員）

文/ 歐陽亮

「看星星」對現代人而言，似乎充滿著浪漫色彩，然而，古人也會這麼想嗎？星辰自從被古老占星術貼上吉凶標籤後，各種光影（圖1）便充斥著離奇幻想，令人摸不清真相。連正式史書也常在記錄災禍時刻意描述天空伴隨的異象，皇帝甚至特別明令禁學天文。人類為何會想出這些神秘的關連？

隱沒於星光後的
天文黑暗史

圖1. 想像中的星空：左側的問號形連線爲《天文成象》星圖中日本自創的星官右京；中央爲馬王堆帛書中繪製的彗星圖像；右側三個星官由上至下分別爲積卒、天籥、鱉。背景爲Stellarium夏季星空與西安大唐芙蓉園建築。

剛開始，恆星具有指示季節更替的功能，人類在四季變換的環境中，自然會發現一些天文基本現象，同時也產生了敬畏。星象預告季節的想法，也許因此逐漸發展出「警示災禍」的概念。例如甲骨文占卜中常問到日月食是否預言禍事即將發生、要用多少牲禮來祭拜[1]，這顯示當時天象所對應的吉凶尚未如後來那般固定，否則就不需要刻在甲骨上重複詢問了。[2]

自商代到戰國這段時期，為了運用天文來占卜國家大事[3]，必須確認日月行星與彗星等天體移動到哪裡[4]，而做為背景的恆星必須一一訂出名稱以免混淆，於是在百家爭鳴下，各種命名體系就此誕生，如石氏、甘氏、巫咸氏。[5]他們預言的天象大多是凶兆，很少有類似「老人星見」這種吉兆[6]（圖2），其中甚至有些純粹憑空想像，完全不可能發生，如行星入紫微。

漢代開國時記載了五星聚，雖然年份被後人偷偷

移動一年，不過這也顯示天象在漢朝人的心裡，真的會「預告」並且與人間感應。然而古代集占星大成的《開元占經》描述的五星聚，有大吉亦有大凶，還有一說是「有德受慶，無德受罰」，端看你平日德行好不好。若剛登基大位，想逢迎巴結的就會說是吉兆；但若敢說是即將改朝，這就等於引禍上身，除非當時是亂世，有人想利用天象來號召起兵。因此五星聚的傳奇色彩，得看是站在民間想改朝換代，還是站在朝廷想以祥瑞諂媚皇帝的角度。

不祥只有皇帝擔心？

古代皇帝特別畏懼日食或彗星這種大凶天象，但只有皇帝會怕嗎？不，大臣也有危險。西漢的翟方進，執法嚴明，曾經得罪了很多人，擔任丞相九年後，出現極凶險的「熒惑守心」現象，即火星在心宿逗留不去，當時的漢成帝下詔說他做得不好，其他善於觀星的官員竟也說大臣宜擔當此禍。翟方進雖然自己亦懂占星，卻被推罪，只好自殺。

不過現代學者研究出這一年並未發生熒惑守心，而是發生了「熒惑守太微, 犯東上相」[7]，意思是火星很接近東上相星（γ Vir），距離只有0.2度。而原文「火守舍」並不等於守心，亦可能與兩年後的熒惑守心混淆。不過就算是誤載，也無法排除當時的熒惑犯東上相是一種鬥垮翟方進的政治陰謀。

再者，沉迷酒色的漢成帝，寵愛美女趙飛燕和她妹妹，逐漸讓大權落入外戚手裡，雖然他已讓丞相頂罪，卻依然在一個月後暴斃！為何此劫始終躲不過？其實，丞相可能只是某顆「路上需要搬開的石頭」[8]，搬完之後，漢成帝這個人就更好解決了[9]，天上星象只是處理石頭的藉口。

當時還有一位對天象很熟悉的大學者劉歆，在這場政治風暴中，竟然也身不由己動了歪念。在準備造反前，還想等待金星出現以利行動，沒想到一拖延就事發敗露，只能自殺收場。

不過這個教訓並沒有警惕到上述兩人的強勁對手：以篡漢而聞名的王莽。其實他更迷星象，

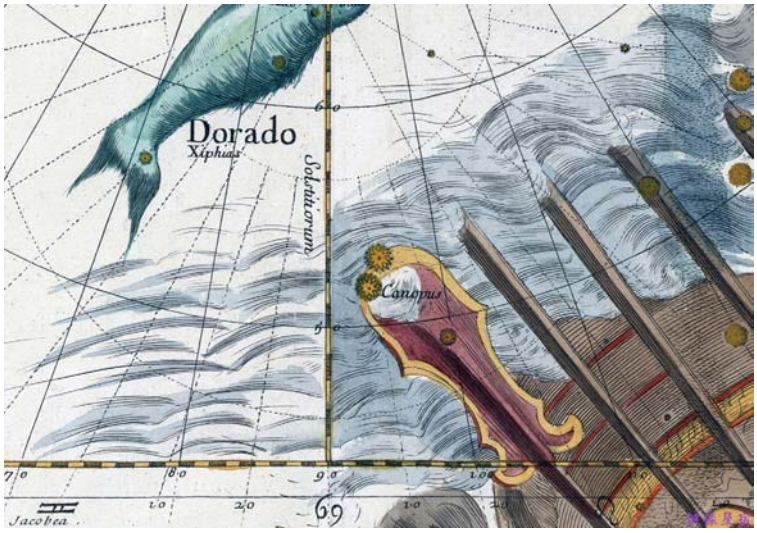


圖2. 西方星圖《天體圖》（Globi coelestis）第二版可見兩顆緊鄰的老人星Canopus，不過看到雙老人星並沒有加倍祥瑞之意。

當上皇帝之後還做過一些怪事，例如天鳳四年「莽親之南郊，鑄作威斗。威斗者，以五石銅為之，若北斗……既成，令司命負之，莽出在前，入在御旁。」[10]

這個「威斗」號稱可以借助天上北斗七星的力量來厭勝衆兵，擁有強大的超能力。在火燒皇宮的危急時刻，王莽竟然用自己做實驗，老神在在地隨著天上的斗柄來旋轉座位，自認「天生德於予，漢兵其如予何」。被追殺時依然抱持符命與威斗，想要反敗為勝。結果呢？當然敗得很慘，慘到頭顱被砍下成為歷代蒐藏品，直到兩百多年後的西晉大火才被燒燬。

北斗七星形似杓子，是很早就被命名的星群，因為斗柄可以指出季節變化、確定農時。北斗在北極點周圍旋轉（圖3），可能被視為北極星的代理。後來這種傳統認知逐漸轉為崇敬，神化成後世的星神信仰[11]，甚至不斷發展出與北斗相關的神奇法力故事。例如《三國演義》中的孔明竟然可以布罡踏斗、禳星延命。至於更神奇的動漫《北斗神拳》有沒有借用到北斗七星的力量，謎樣星宿就無法考證了。

威斗長二尺五寸，當時的一尺相當於現在的23~25公分，換算後可知威斗約60公分長。大家若有機會穿越時空到古代，看到皇帝身邊有人拿著類似路邊攤用的銅製大湯勺，不知會不會誤以為那是掌廚的官員？

凶兆也能這樣用

不祥的天象還有許多特殊用途，例如能用來「指示」

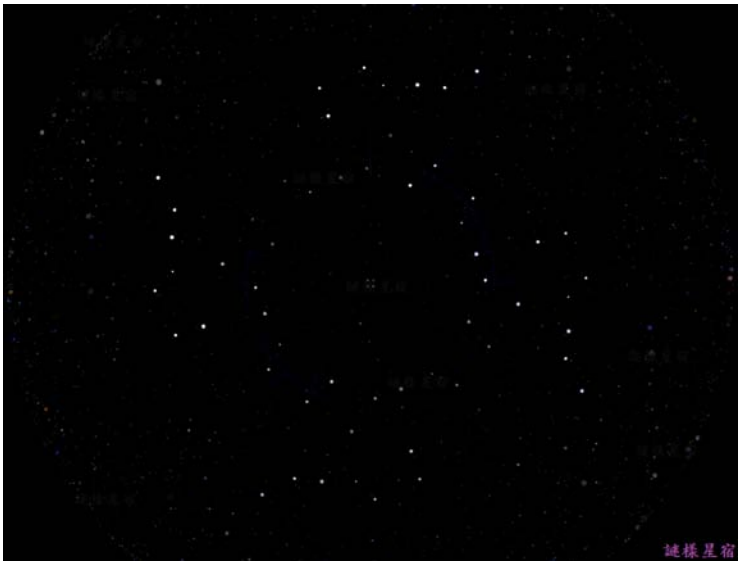


圖3. 北斗七星的繞極比較：三千年前北斗距離北極點較近，形成內圈；現在的北斗則離北極點較遠，位於外圈。正中央四個星點則爲現在的北極星。你可試著在這幅用Stellarium疊加而成的圖中，找出8個北斗。

誰是正統！三國時代的魏明帝曾經問黃權：「天下鼎立，何地為正？」對曰：「當驗天文。往者熒惑守心而文帝崩，吳、蜀無事，此其徵也。」[12]然而當時並未發生熒惑守心，但這些說詞可以幫皇帝找一個「自己才是正統」的根據。

魏晉之間，衆多的占星命名體系被陳卓整合成統一的全天星官，此時期的史書天文志也記錄了許多應驗之事，顯現天象的威力。但若沒應驗？只要不記就無人知情。於是，利用天上異象進行政治鬥爭，便成為好藉口，包括唐朝李世民以太白經天（金星晝見）引發「玄武門之變」、李隆基因為軒轅落於紫微而堅定除去韋后的決心。不過軒轅星官是由恆星組成，怎麼可能移動呢？[13]

除此之外，也有人拿天象來賭博，例如著名的占星大師兼天文學家李淳風，傳奇色彩極濃，在預報日食時竟然敢賭上自己的性命說「不準——砍頭」！[14]這讓人聯想到傳說中夏代羲和因為未預報日食而被殺的案例，不過歷代天文官也許早有因應之道：「寧濫勿缺」，就像氣象預報常用「偶陣雨」讓大家隨時帶傘以備不時之需，日食也是，只能多報不能少報。因為日食若沒發生，群臣可以恭賀皇帝感動了上天（圖4），何樂而不為。有學者統計過某些時期日食預報的錯誤率高於其他天象[15]，也許是受到上述原因的影響。

但運用天象仍然要看政治實力。唐末司天監王墀為了抵擋出身於黃巢之亂的朱溫挾天子東遷，企圖以「星氣有變」來阻止，不過卻讓自己惹上殺身之禍。而朱溫則充分利用十年內出現的三次彗星，最後篡唐稱帝，進入五代十國亂世。不過這種自由心證的借力使力，很容易轉為迷信，北宋文學家兼歷史學家歐陽修就對於災異與人事之間的關係存疑[16]，而宋代之後所修的史書大多只記載天文現象與占卜之辭，這種應驗紀錄也相對減少了。

歷代屢見禁止私習天文[17]，但有趣的是，焚書坑儒的秦始皇卻沒禁。[18]明代初期雖然禁學，卻間接導致天文人才凋零，後期即使缺人也招募不到。[19]即使在鄭和下西洋時有士兵看出海外天象與中國相同，因此知道二十八宿只對應中國的分野說法有問題[20]，不過，因天象而發動的政治鬥爭並未因此消失。

明朝有許多人因星變上書求言，疏陳時弊，都是想要藉題發揮。例如楊源用一堆凶險天象來警示大宦官兼大貪官劉瑾亂政，卻因而被杖打傷重而亡。不過

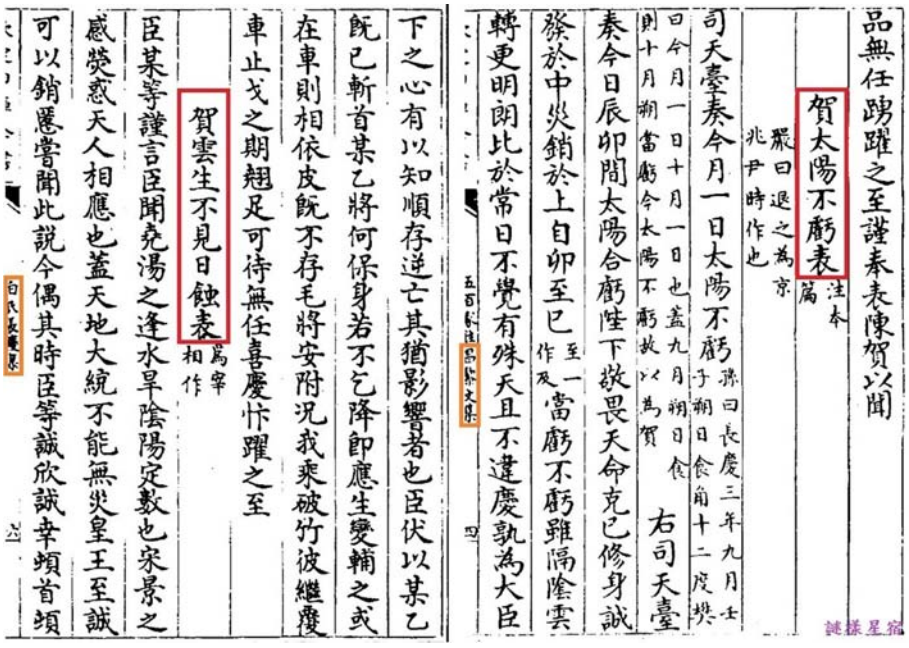


圖4. 古代若預測日食不準、當食不食，不一定會責怪曆法有誤，反而會慶賀上天被皇帝德行感動，直接改變天象。韓愈（右）、白居易（左）都曾寫過賀表來歌功頌德。

並不是凶兆才會帶來不幸，吉利的天象也會！清初被雍正眷顧而驕橫的年羹堯，在出現五星聯珠時上書奏賀，但因為字體潦草還有錯字，雍正乾脆乘機小題大作，逐漸讓他失去權勢，最後還直接賜死。皇帝會如此處理，也是充分運用藉題發揮的本事。

星星背後的黑暗

唯有黑暗，才能襯托出星星的明亮。「天文」原本不帶命運好壞，卻自古就暗藏著許多想像與吉凶徵兆，只要前後三年內「出代誌」，都能算是應驗[21]，條件十分寬鬆。星星們也只能閃爍著無辜的眼睛，無法照亮整片黑幕。直到現在，我們仍可看到許多假借天象來誆騙的預言者、說詞模稜兩可的占星大師、還有充滿奇特法力的昂貴護身符充斥於各種廣告，宛如古代的翻版。

李淳風說過「多言屢中，非余所尊」，表示他不尊崇靈驗，而是將占星視為「權宜時政，斟酌治綱，驗人事之是非，托神道以設教」的輔政措施，且不可拘泥。因為「以古為鑑」是瞭解前人受過的教訓，但是「以古為準」就變成了不知變通的固執。《明史・天文志》寫道：「歷代史志凌犯多繫以事應，非附會即偶中爾……比事以觀，其有驗者，十無一二。」這句史學經驗談，是否在崇古者眼中始終被忽略了？

附註：

1 例如「日有𢦏（蝕），其告于父丁？用牛九？」，見於郭沫若《殷契粹編》No.55。

2 殷人並未直接以天象預卜人事，詳見張嘉鳳〈天事恆象——殷周至漢初天文占卜體系的發展與演變〉，《中國史新論：科技與中國社會分冊》，聯經出版公司，2010，頁91、92。

3 古代天文學起源並非只因為農業，農業對節令的掌握不需非常精確。參見江曉原《天學外史》第二章「古代中國什麼人需要天學」。

4 占星需精確知道天體運行的規律與變化，才能進一步擴張預測的領域。天文占卜在戰國時代才逐漸取代卜筮並發展成熟，詳見張嘉鳳〈天事恆象——殷周至漢初天文占卜體系的發展與演變〉，頁100。

5 《天文要錄》序言提及石氏、甘氏、巫咸氏、黃帝、萇弘、陳卓等六家星占著作，總星數達到2400多顆，較陳卓定紀多一千顆。

6 中原地區偏北，不容易看到老人星。但《明史・天文志三》載「老人星則江以南常見，而燕京必無見理」表示明代已了解是地理位置所造成。

7 劉次沅、吳立旻〈古代「熒惑守心」記錄再探〉，《自然科學史研究》第27卷第4期，2008，頁513。

8 詳見黃一農《社會天文學史十講》，復旦大學出版社，2004，第一章。

9 見《漢書・成帝紀》、《漢書・外戚列傳下》，其殘酷情節不輸現代的宮鬥劇。

10 出自《漢書・王莽傳》。

11 邱博舜〈貪狼諸詞來歷初探〉，國立臺北藝術大學《文資學報》第二期，2006，頁22、24。

12 《晉書・天文志下》。

13 此紀錄出現在《冊府元龜》卷二十，而《資治通鑑》記為「天星散落如雪」。

14 《太平廣記》卷七十六。

15 劉次沅〈魏晉天象記錄校勘〉，《中國科技史雜誌》，2009第一期，頁69。

16 《新唐書・五行志》：「孔子於春秋，記災異而不著其事應，蓋慎之也……推其事應，則有合有不合……不合不同，則將使君子怠焉，以為偶然而不懼，此其深意也。」

17 江曉原《天學真原》，遼寧教育出版社，2004，頁52；黃一農《社會天文學史十講》頁83另提到後趙與北魏亦有禁令。

18 《史記》秦始皇本紀：李斯建議「所不去者，醫藥卜筮種樹之書。」

19 沈德符《萬曆野獲編》卷二十曆學：「命徵山林隱逸能通曆學者以備其選，而卒無應者。」

20 祝允明《前聞記》「天象」段落。

21 江曉原〈天意與人情：星占文化之前世今生〉，《新視線》，2013年第5期。

歐陽亮：天文愛好者，中華科技史學會理事，曾獲2001年尊親天文獎第二等一行獎，於2009全球天文年特展擔任解說員。

部落格：「謎樣星宿」—https://liangouystar.blogspot.com/

今年4月8日（美國時間）在美洲有一場日全食，全食帶從墨西哥劃過美國南中部各州至加拿大東部……。

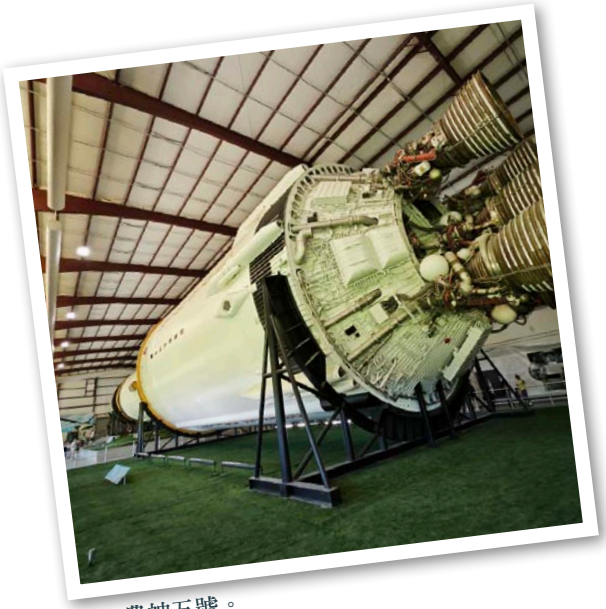


圖1. 農神五號。

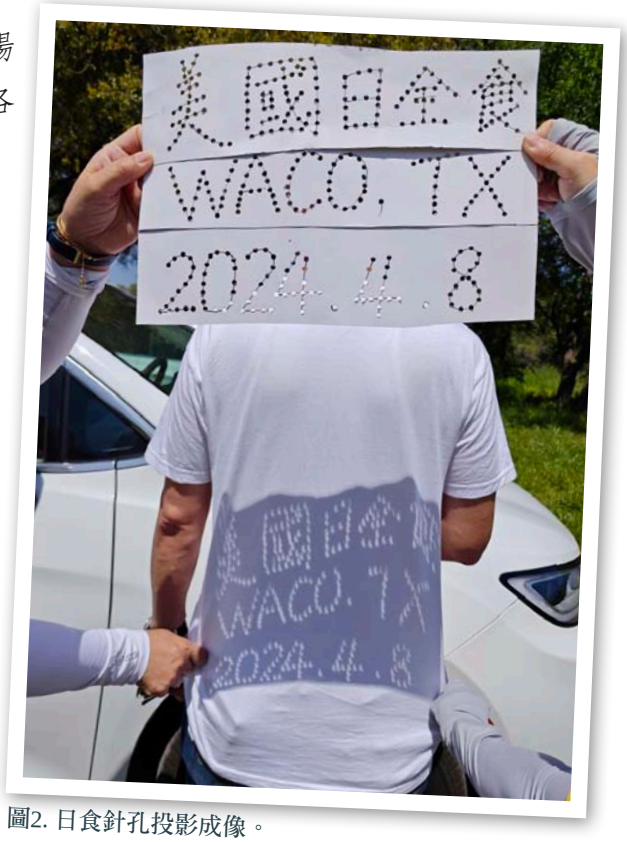


圖2. 日食針孔投影成像。

文/ 王文正

美國日全食追日之旅

我們早早就計畫的美國日全食追日之旅，在考量天氣以及想要順道參觀NASA太空中心雙重因素下，選定休士頓太空中心旁與韋科（Waco）的美洲長住套房飯店做為落腳處。選擇韋科作為全食觀測處是因為這裡的全食時間長達4分鐘，而且飯店外就有空地可以架設器材觀測，相當方便。於是在一年前可以訂房間時，就直接付清房價，避免臨時被漲價或是取消。

出發當天早早就來到桃園機場，在歷經當天花蓮的強震虛驚後搭機前往舊金山，再繼續搭機前往休士頓。風塵僕僕的抵達休士頓喬治布希國際機場後，搭上接駁巴士到租車中心取車，設定好Google Map目標後，前往飯店休息。

隔天在旁邊麥當勞吃完早餐後，驅車前往休士頓自然科學博物館（ HOUSTON MUSEUM OF NATURAL SCIENCE）參觀，裡面超豐富的館藏非常值得一遊，我們還購買了宇宙劇場的門票入內欣賞，當看到哈伯拍攝的3D 4K畫質的獵戶座鳥狀星雲，細節豐富到宛如搭乘太空船穿梭、雲遊於星雲之中，整場濃縮精華的宇宙時空之旅，看得令人大呼過癮，希望臺北天文館劇場有機會也能引進，以造福廣大天文迷。

結束博物館行程後，我們驅車前往位於Brazos Bend State Park州立公園內的喬治天文臺，在夜幕低垂的暮光中尋找12P的蹤跡，欣賞高掛在北緯39度天際的大熊與小熊，在四周遼闊的天際線沒有什麼光害

圖3. 退役波音747太空梭運輸機NASA 905與太空梭模型。

圖4. 能裝下整組哈伯望遠鏡的太空梭內艙。

影響的觀星場地看著春季大三角逐漸升起，要不是大門有10點的門禁，真想等到銀河升起後再回去。

第三天就要去參觀從小聽到大的休士頓太空中心，心情宛如小一時第一次參加校外教學般雀躍，從住處走過馬路來到中心外面，入口處早已排滿了等待入場的遊客，入場後先大概了解場區位置後，決定先去排遊園車，原本遊園車行程是有經過太空訓練中心與火箭公園，不過今天訓練中心沒有開放，只有到火箭公園。火箭公園外面擺放的是一些退役的火箭，倉庫內則是大名鼎鼎的農神五號火箭，高度達110公尺，曾經搭載阿波羅計畫的太空人登陸月球，人類科技與智慧的結晶就在眼前，搭配四周牆上的任務掛圖與海報，把整段登月歷史又再快速神遊一次，能與這龐然巨獸合影，也算是圓了從小以來的一個夢。

第四天我們收拾好行李，開車前往距離休士頓300公里外的韋科，隔天週日還在韋科市區走走逛逛，下午大家都把器材拿出來再測試一次，雖然今天艷陽高照，不過明天的天氣預報卻相當不樂觀，若是留在韋科很大概率是會下雨的，移動到合適觀測的地點勢在必行，同行的友人辛苦地蒐集所有天氣預報與Google Map資料後，最後選定往Stephenville的路邊一個汽車休息區，這裡的全食時間仍有2分鐘，而且場地也合適停車架設器材，那就決定是這裡了！至於是否能如願看到，一切就交給老天安排。

4月8日一大早天空未亮我們就出發，到達目的地後就開始準備工作，原本天空雲層密布，但是看Windy的資料這片雲層應該會在初虧開始前散去，隨著時間分秒過去，天空果然大開，和煦的陽光再次灑落大地，懸掛許久的不安心情總算舒緩下來，此時不少老外也開車過來，看著我們這團的長槍大砲

圖5. 4月8日早上密布雲層。

陣勢紛紛好奇的過來聊天，當他們知道我們為了這場日全食飛了半個地球過來，無一不表示出讚嘆的表情。

從初虧開始，大家相機的快門聲就開始響起，隨著太陽一點一滴地被月亮遮掩，大家的心情也隨之高漲，我們也利用空檔的時間做針孔成像的記錄，隨著食既的時間逼近，大家開始準備拍攝即將出現的貝里珠與鑽石環，就在食既開始瞬間，璀璨的鑽石環在大家驚呼聲中出現在大家的眼底，接著就開始大約2分鐘的全食階段，除了此起彼落的快門聲，世界彷彿安靜了下來，我先在昏暗的蒼穹下觀察到天空出現的木星與金星，但是天空並沒有出現以為的滿天星斗，遠方地平線上仍有昏暗的陽光，那邊應該看到的是日偏食吧？透過雙筒望遠鏡，微微發亮的日冕像極了小時候畫的太陽，有幾道小紅線掛在太陽的四週，這可是傳說中的日珥啊！彷彿傳說中的神獸居然活生生地出現在眼前，心中的喜悅心情波瀾洶湧，飛越1萬多公里的疲累似乎也不算什麼，感覺一切都值得了。

在全食時，遠方似乎傳來十多聲的槍聲，傳說中天狗食日之時，大家拿出家中的鍋碗瓢盆敲擊，藉敲擊聲趕走天狗並吐還太陽，而豪邁的德州人則是直接對天空鳴槍警告天狗，頗有粗獷剽悍的德州牛仔作風！生光之際鑽石環再現後，太陽也逐漸恢復原本的樣貌，旁邊的老外們也在全食結束後紛紛開車離開，原本喧囂的場地再次安靜了下來，只剩我們這團繼續記錄到復圓階段。

隔天要離開韋科時，整個德州地區下起了傾盆大雨，大家內心都在慶幸這場雨來的正是時候，也許在我們的人生旅途中，做好我們能做的，剩下的就交給老天安排，一切隨遇而安吧！感謝這次旅程好友的相伴互助與老天安排，才能完成這一場跨越太平洋的天文邂逅。

王文正：臺北市立天文科學教育館推廣組志工、天文攝影同好

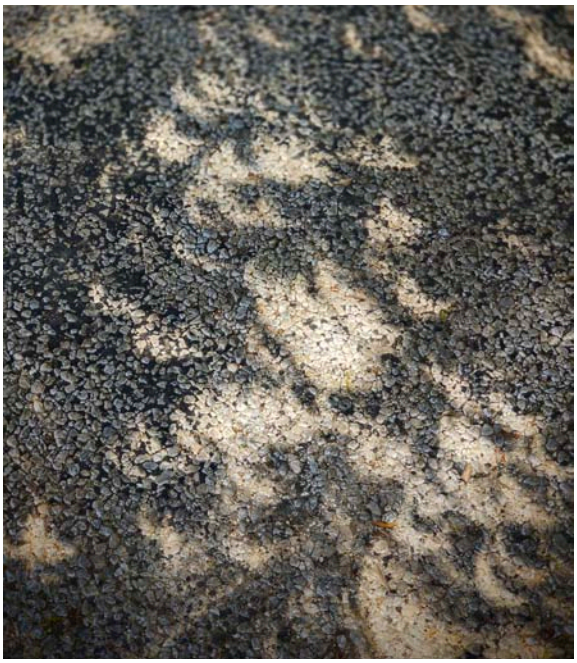


圖6. 樹葉間日食針孔成像。

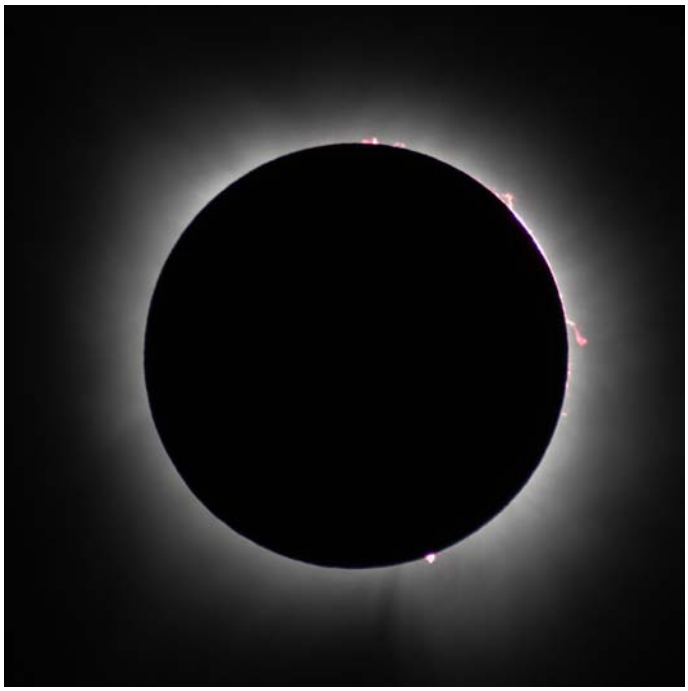


圖7. 2024年4月8日的日全食。

圖8. 2024年4月8日的全食鑽石環。

文、攝影 / 鮑國全

克拉維斯之眼

Eyes of Clavius

大約在月齡8日，克拉維斯便會出現一幕扣人心弦、光影互動效應的景觀，在初升的陽光照射下，東緣開始從黑夜中漸漸露出一線光芒來，跟著便是部份的西緣，一個橢圓形的光亮外框形成了，坑底上兩座較高的小型撞擊坑，克拉維斯C和D的部份坑緣也開始被照亮了，視場所見是整座黑沉沉的撞擊坑內， 只見有些光點在閃爍著（圖1~3）。

過了一瞬間，高升的太陽照亮了克拉維斯C和D的整個坑緣，令人難忘的場景出現了（圖4、5），克拉維斯之眼現身啦！這時看見的是兩個橢圓的光環在暗黑的背景中閃爍著，看來就像一對睜開了的小眼睛，深情地凝望著她的觀眾，要是大氣視寧度不理想，眼睛還會不停眨動，非常有趣。這樣美妙的時刻轉眼間便要溜走了，坑底上其餘的部份也慢慢地被照亮了，克拉維斯之眼也漸漸失去光彩，剩下的是她不斷變幻的影子（圖6、7），繼續讓觀眾去讚歎。

觀測克拉維斯之眼的最佳時刻是餘經度12°~17°，在於太陽在月球赤道之北或是南而有所變化，而天平動亦有一定的影響。

圖1. 2019年8月9日11時58分（世界時），餘經度: 14.7°。

圖2. 2019年8月9日12時34分（世界時），餘經度: 15.1°。

圖3. 2019年8月9日13時43分（世界時），餘經度: 15.6°。

圖4. 2021年2月20日14時14分（世界時），餘經度: 12.4º。

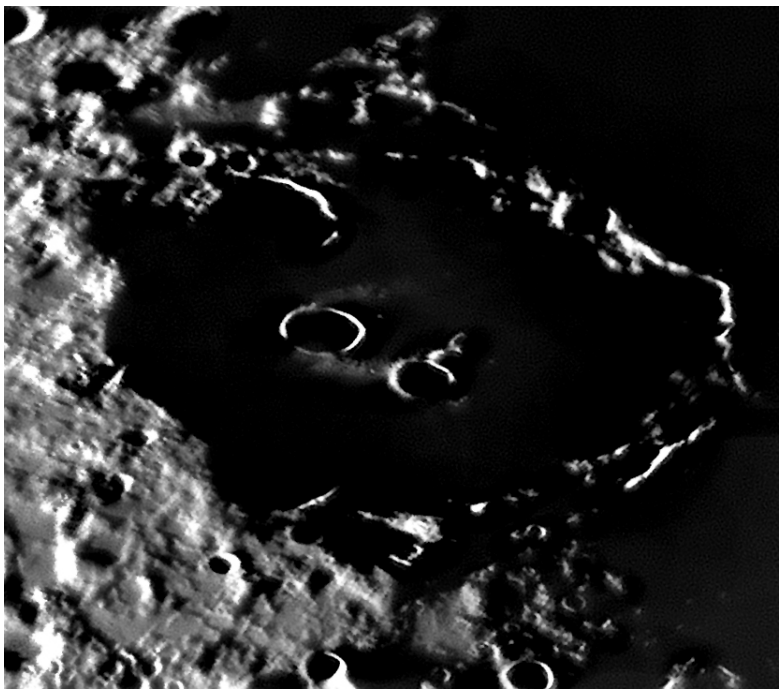


圖5. 2020年6月29日11時58分（世界時），餘經度: 15.8º。

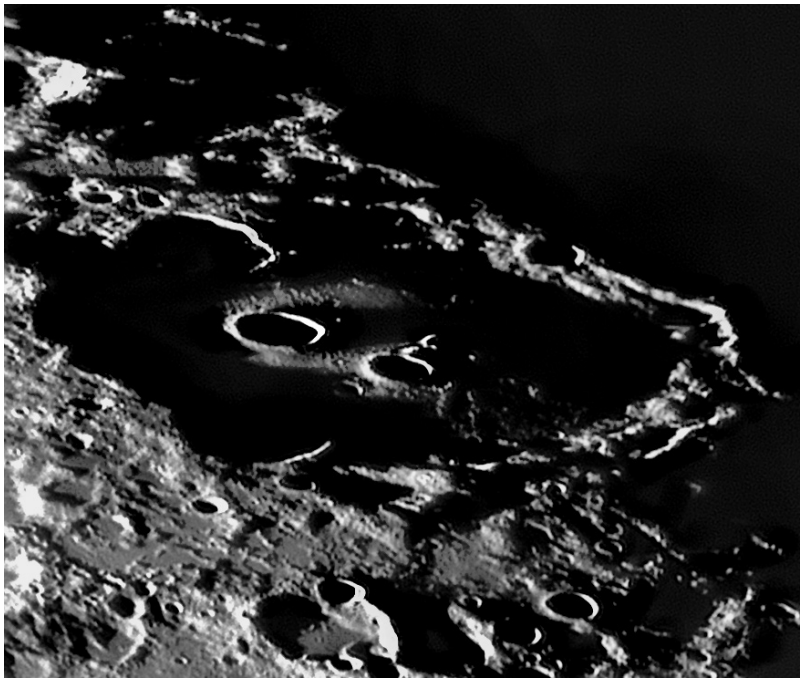


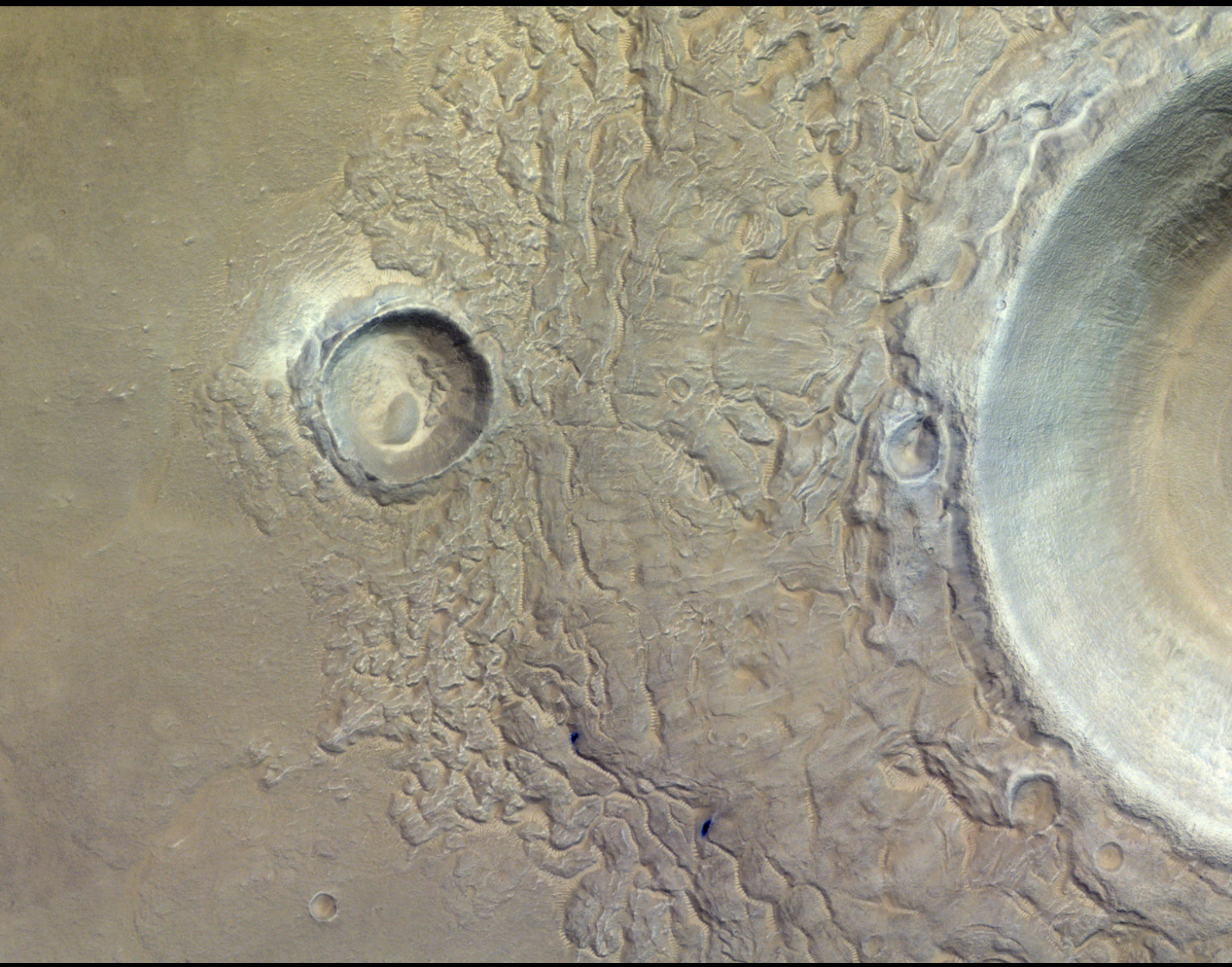
圖6. 2021年11月13日12時13分（世界時），餘經度: 17.1º。

圖7. 2023年1月30日11時39分（世界時），餘經度: 15.1º。

鮑國全：業餘天文愛好者，《月球攝影觀測圖冊》作者

編譯：謝翔宇

火星上的大眼睛



這個接近正圓形的隕石坑位於火星的烏托邦平原，直徑達8公里。仔細觀察，你會發現隕石坑內充滿了不同顏色的條紋，以及周遭拋射物的複雜結構。天文學家藉由坑壁斜坡上的條紋推論其受到水冰和風蝕等等作用，也由拋射物的特徵中找到水冰存在的可能性。

火星表面雖然是乾燥、寒冷的沙漠，但在火星冬季時有觀察到結霜的現象，這和天文學家長期以來找尋的地下水冰息息相關。火星微量氣體探測軌道衛星（ExoMars Trace Gas Orbiter, TGO）於2018年進入火星軌道，在火星表面400公里高處飛掠時拍攝了許多高解析力的影像，同時測量了詳細的火星大氣組成，並繪製火星表面富含水的分布圖，未來人類的火星探測可少不了這些資料！

來源：ESA/TGO/CaSSIS

網址：https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2024/05/The_eye_of_the_crater

Easy 拍星空41 追逐極光

文、圖/ 吳昆臻

目前太陽活動正處於11年週期最活躍的階段，除了不時可以在太陽表面看到大黑子外，高緯度地區見到活躍極光的機會也高許多，甚至偶會出現更強的太陽活動引發更強烈磁爆，讓平常不會看到極光、緯度稍低的區域也能看到極光，本期將分享極光觀測與拍攝。

圖1. 滿天的極光連星光也爲之黯淡，極光活耀時在有光害區域也能看到。

觀測極光地點

極光是來自太陽的帶電粒子被地磁場導引進入地球大氣層，並與高層大氣（約100公里以上）作用的發光現象，極光一般出現於離地球磁極10到20度、寬3至6度的環形帶狀區域，北半球常見極光區域為美國阿拉斯加、加拿大、冰島與北歐等區域，目前地磁北極位置較偏向美洲東岸方向，當太陽活動非常活躍導致強烈擾動地球磁層，極光帶寬度會變寬、位置會更往低緯度區域，故偶而美國部分地區及歐洲一些國家可見（圖2-1）；在南半球極光帶通過區域多在南極洲附近，而地磁南極位置偏向澳洲方向，當極光很活耀時，澳洲南部及紐西蘭也有機會可見極光（圖2-2）。

觀測極光時段

極光活動與太陽活動有關，觀測極光可選擇太陽活動較活躍的年份出國（但太陽活動極大期會有寧靜情況，極小期偶也會有太陽較活躍情形），出國去看極光另得考慮觀測地點夜間長度，因為極光必須在夜間觀賞，高緯度地區整年日夜長度變化大，特別是進入北極圈內，夏至前後還有永晝情況，北半球區域可選擇9月至隔年3月，會有較長夜晚時間可以看極光（圖3），除夜晚長度外，另建議將當地天氣狀況包含晴天率、最低溫等因素納入考量。

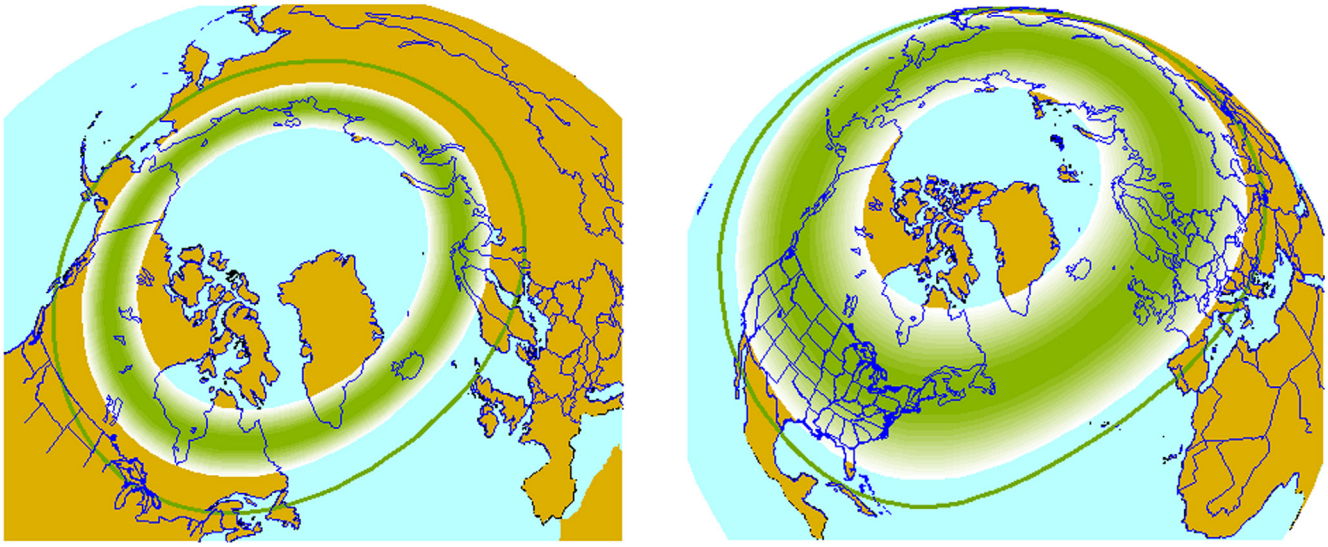


圖2-1. 北半球Kp=3（左）及Kp=9（右）極光帶通過區域情況，Kp值爲極光強度數值，以0（寧靜）到 9（最強）做表示。

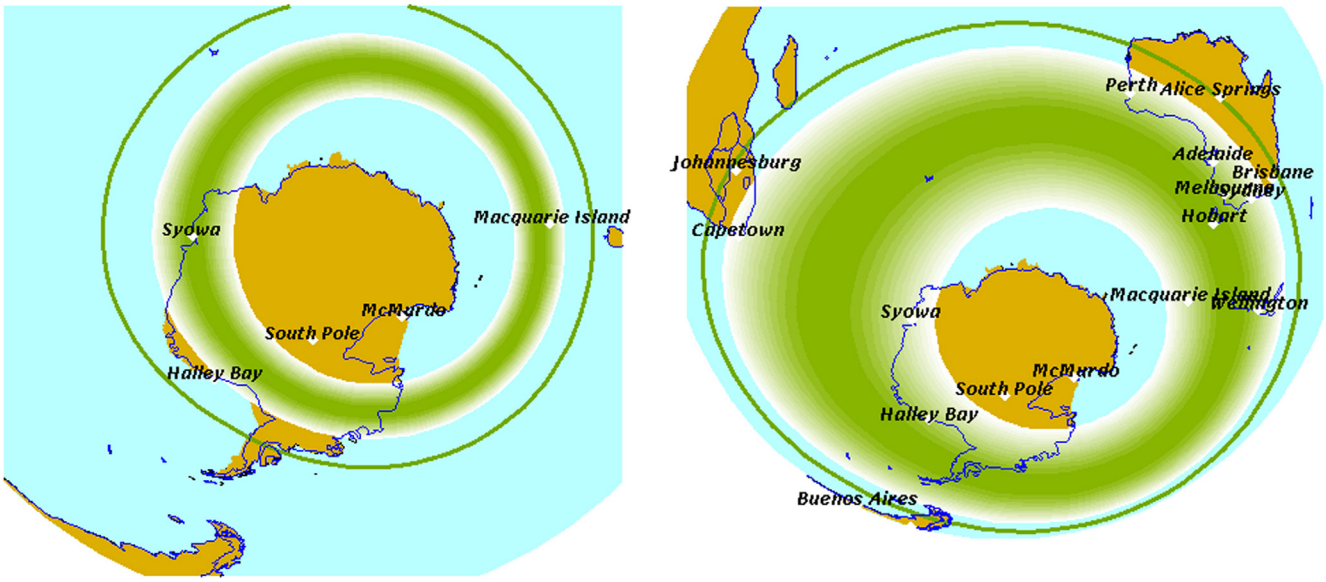


圖2-2. 南半球Kp=3（左）及Kp=9（右）極光帶通過區域情況。影像來源：https://www.gi.alaska.edu/monitors/aurora-forecast

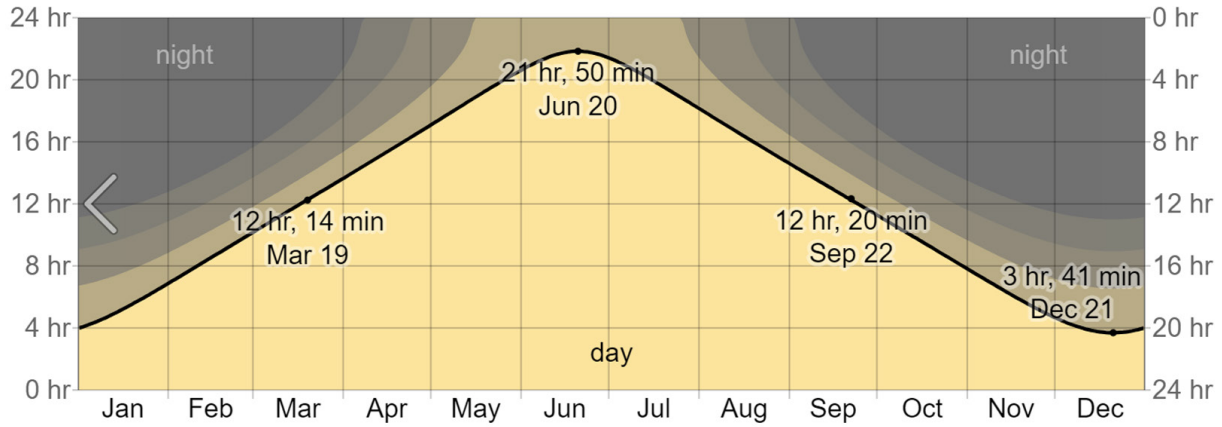


圖3. 阿拉斯加Fairbanks（北緯64.8°）全年日夜情況。圖中深灰色區代表太陽處於地平線下18度（天色全暗）時間，可見4月初到9月初期間天色是不會完全暗下來，無法看極光。影像來源：weatherspark.com

極光觀測預報

極光活動情況可參考NOAA（美國國家海洋暨大氣總署）的極光預報網站，該網站提供極光出現位置和強度的短期預測（圖4），手機也可安裝極光相關APP如：My Aurora Forecast & Alerts、Aurora Forecast，透過各方資訊掌握即時及未來極光活動情況。

極光來無影去無蹤，得耐心等待它的出現，一般極光較強、可見緯度較低區域，發生於背向太陽區域（從圖4預報圖可知大致情況），所以午夜前後數小時有較大機會看到較活躍極光。不過，帶電粒子與大氣作用時刻在變化，極光何時會出現真的很難完全掌握，若各方面條件允許，建議做好徹夜觀看極光的準備。

此外，極光是發生於離地表100公里以上的高空現象，遠比對流層雲層高非常多，觀測極光天氣必須是無雲好天氣，也必須注意當地天氣預報情況。

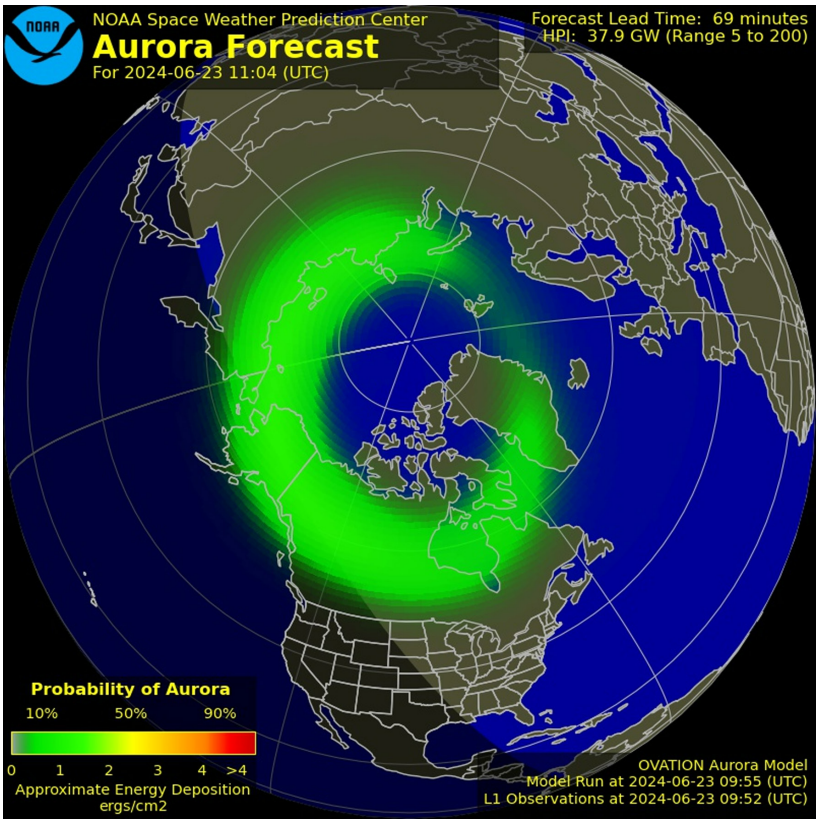


圖4. NOAA北半球極光預報圖。圖中綠色環形區域爲可見極光區域，極光更強會呈現黃色甚至紅色，夜晚區域以深色表示（左下1/3地球區域），白天以亮色表示，可大致看出太陽方位應在右上方，背向太陽區域極光較強。影像來源：https://www.swpc.noaa.gov/products/aurora-30-minute-forecast

拍攝極光器材準備

相機以固定攝影方式拍攝，只需要曝光數秒即可將美美的極光拍下，拍攝極光主要的裝備為可曝光數秒的相機或照相手機與三腳架（圖5），多數情況極光範圍很廣，可準備廣角鏡頭或魚眼鏡拍攝；拍攝環境若是在低溫環境，電池會因低溫導致放電不夠相機

圖5. 固定攝影主要讓相機在拍攝過程保持不動，常用方式是將相機固定於三腳架上，手機也可藉由夾座連接三腳架。

圖6. 單眼相機可利用假電池及連接線與外接電源連接。

會無法運作，要解決電力問題，除可多準備幾顆電池交替使用外，也可以改以外接電源方式供電（圖6），外接電源可放於口袋或加以保溫確保電力輸出，長時間拍攝也建議多準備電源及足夠的記憶卡，以應付拍攝需求；另外可準備快門線或遙控器觸發快門，除減少按壓快門的震動，手指頭也不需要一直冒著寒冷的氣溫按快門。

拍攝極光要備齊拍攝器材外，個人禦寒衣物也是非常重要，畢竟看極光得長時間在天寒地凍戶外進行，禦寒衣物、毛帽、面罩、手套、雪靴都是必備用品，有了保暖的裝備才能在低溫下盡情地欣賞極光。

極光拍攝實戰－單眼相機

極光何時會出現真的很難掌握，到觀測定點後，建議即可將器材組裝及設定完成，當極光出現就可以馬上開拍，單眼大致步驟如下：

●**對焦至無限遠**：極光的距離很遠，對焦位置跟拍星空一樣在無限遠，可利用天上亮星或遠方燈光對焦，將光點縮至最小、最扎實即完成對焦。

正式開拍後，建議先將影像放至最大檢視，確定影像中星點是有準焦再繼續進行拍攝，也建議每間隔一段時間再花點時間確認影像準焦情況，以免拍出一堆失焦的極光照。

●**光圈開大**：拍極光以大光圈鏡頭為佳，大光圈能在短時間內收集較多光線，鏡頭若允許，光圈應儘量開至最大。

●**ISO與快門搭配**：極光若處於較寧靜狀態或無極光可以用低一點的ISO（1600-3200）搭配長時間曝光（10-20秒）拍攝；當極光變化迅速時，應縮短曝光時間以拍下極光變化多端的樣貌，並提高ISO值以維持影像適量亮度。

ISO與快門數值並無絕對，可從拍得影像情況作判斷，此外每臺相機最高ISO數值及雜訊的抑制都不同，每個人對影像雜訊感受也不一致，要判斷ISO值是否太高可將影像放大檢視，從影像背景雜訊及細節情況做判斷。

●**白平衡**：白平衡決定影像的色調，除可設自動白平衡由相機偵測決定外，可將色溫設於與拍攝一般星空4800K附近，若相機無法設定色溫，可選擇太陽光或螢光燈白平衡選項，固定白平衡可使同一系列影像色調一致。

●**連續拍攝**：連續拍攝不僅可連續記錄極光變化，後續也可將一系列影像組合成縮時影片（圖7）。連續拍攝只要開啓相機連拍功能，並搭配快門線及可持續連拍，連拍設定細節及縮時影片製作可參考〈EASY拍星空15 星空縮時影片製作〉。

圖7. 極光縮時影片。
以連拍方式拍攝，將1小時內拍得之658幅影像組成3分鐘長極光縮時影片，記錄了期間極光樣貌變化情況。

圖8.手機也能拍極光。手機拍攝過程只要能保持穩定，也能將極光拍攝下來。攝影：陳淑莉，2024/4/3 攝於阿拉斯加奇納溫泉 iPhone 15 Pro Max，參數： ISO8000、快門2秒、光圈F1.8。

極光拍攝實戰－照相手機

手機利用夜景模式或手動模式（專業模式）也能拍攝極光，拍極光比拍日常風景需要較多曝光時間，直接手持很難確保拍攝過程手機完全固定不動，因此要拍得好需將手機固定於三腳架上拍攝。

●**iPhone手機**：iPhone相機拍照很自動化，相機會依現場場景自動調整拍攝設定，也無提供太多選項做設定。拍攝極光或星空，iPhone 11及更新機種可利用內建夜間模式拍攝（圖8），在昏暗環境相機會啓動夜間模式，待相機完成對焦（畫面中亮星變清晰），直接按下快門即可，當相機固定的情況下，夜間模式可手動增加拍攝秒數，可依需求做設定；iPhone 10等較舊機種得另外安裝可長時間曝光的APP才能將曝光時間拉長。

●**Android手機**：Android手機除可使用夜景模式拍攝外（攝得影像會較暗），另可使用手動模式（專業模式）做細部拍攝參數調整，包含ISO值、快門、白平衡等；對焦部分，若螢幕上能顯示亮星代表相機可自動完成對焦，若要手動對焦，可於對焦（Focus）中選MF（手動對焦），並將畫面中亮星調成最小即完成對焦，完成全部設定後即可按下快門，拍下美美的極光。

拍極光以固定攝影方式就能輕鬆地將眼前的極光拍下，相機與手機固定攝影拍攝相關細節及示範影片可參考〈EASY拍星空2 相機基本設定&簡易固定攝影〉。

作者在2014年曾前往阿拉斯加追極光，真的大大地推薦，極光真的很值得去現場感受其美麗與震撼，也真心覺得將來有機會一定要再出國去追極光，相關心得與更多拍攝極光細節請參閱《臺北星空65期》〈一趟收穫滿滿的阿拉斯加極光之旅〉與〈如何第一次拍極光就上手〉二篇極光專文，也將徹夜拍攝極光影像整理組成縮時記錄影片及影像精選。

〈EASY拍星空〉將繼續分享拍下美麗的星空的訣竅，敬請期待。

吳昆臻：臺北市立天文科學教育館

粉絲專頁：Kenboo 愛看星星的昆布
https://www.facebook.com/AstroKenboo/

2024年5月極光大爆發

21年來最強地磁風暴

文/ 許晉翊

今年五月，全球迎來了一次極光觀測潮，英國、加拿大、俄羅斯全境、美國北部、德國、法國中部、日本北海道都有本次極光的紀錄，這是自2003年以來最大規模的一次，主要是受到了五月份的太陽風暴影響。

太陽風暴的強度與太陽活動呈正相關，其中能夠讓我們辨識太陽活動狀況的指標是太陽黑子的數量，透過太陽黑子的相對數高低可以用來判斷太陽活動強烈與否，在統計資料裡，**科學家發現太陽黑子具有一個大略穩定的週期，約為8至14年，長期平均下來為11.2年**。除卻一些較為例外的極小期，例如：蒙德極小期、道爾頓極小期，太陽活動的強弱基本上都符合這些規律。

英國天文學家理察．卡靈頓（Richard Carrington）在1861年發現紀錄中的太陽黑子在起始時出現的緯度都很高，隨著時間的推進，黑子出現的緯度會越來越低，大約在15°時達到太陽黑子的極大期，過了極大期的太陽黑子數量逐漸減少，緯度也同時持續降低，直至7°左右漸消散，這個現象後來被德國天文學家古斯塔夫．史波勒（Gustav Spörer）確認並加入他所發現的黑子漂移現象，總結為**史波勒定律**，而將這些黑子按出現緯度及時間作圖後，可以得到一張極像數隻蝴蝶的圖樣，因此這幅圖又被稱為**太陽黑子蝴蝶圖**。

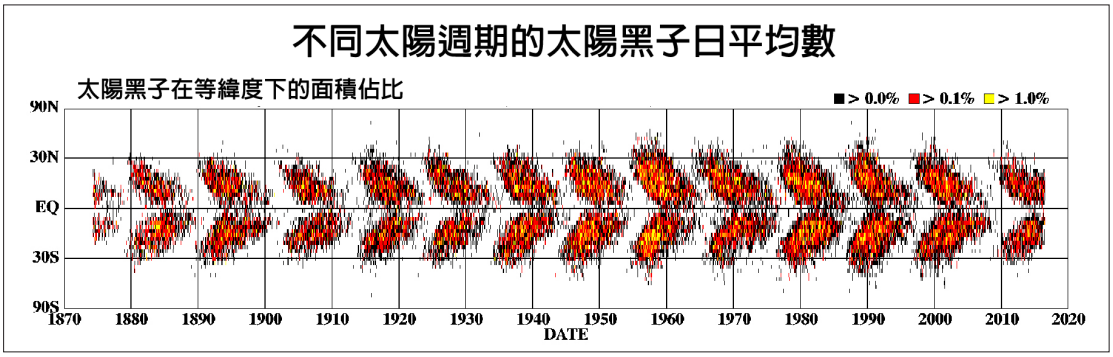


圖1. 太陽黑子蝴蝶圖

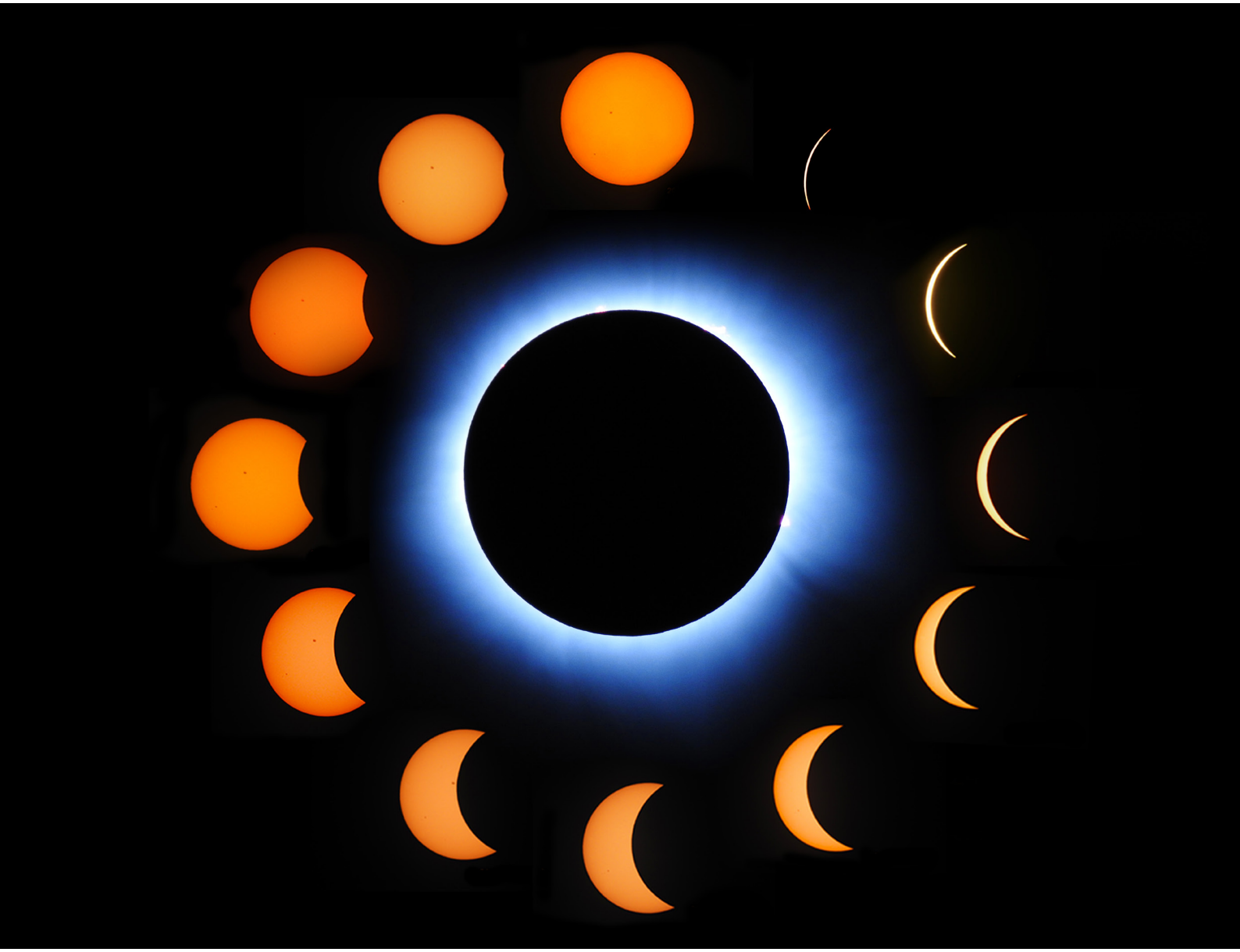
在太陽黑子極大期間，太陽活動也會隨之增長，包含了太陽閃焰、劇烈太陽風、日冕巨量噴發（Corona Mass Ejection），從太陽向外噴發的高速帶電粒子在進入地球圈範圍時，會對無線電通訊設備、全球定位系統及相關的科技產品造成暫時或永久性的損毀，目前已知最強烈的太陽風暴發生於1859年9月，被稱為卡靈頓事件。

太陽風暴在襲擊地球時都會產生相應強度的地磁爆，而這會使得極光變得越發燦爛且可見地區更偏向低緯度，有研究人員認為上一次的第24太陽週期是近100年來最寧靜的一輪，它沒有像第23或25週期那樣的強烈活動，一旦沒有發生強烈的地磁暴事件，就不容易產生更漂亮的極光了。現在仍處於第25太陽週期的極大期，科學家預測這波極大期會持續至明年初，在今年的冬天仍有機會迎來新一波的磁暴事件，雖然對太空中的人造衛星來說是一項災難，但對於處在地面上的我們有著大氣層及雲層的保護，可以在安全的地方欣賞極光，那些問題就留給各大電信公司去苦惱吧！

許晉翊：臺北市立天文科學教育館

Astronomical 美星映象館 photo gallery

責任編輯/ 吳昆臻



美國日食鐘　莊明娟

時間：2024/4/8 12:18～13:40

地點：美國德州Hamilton Pecan Creek Park

器材：Nikon Coolpix P900相機

參數：日冕 ISO400、光圈F6.3、快門1/250秒

後製：Adobe Photoshop，由國立嘉義大學天文社郭彥銘將日食照片過程以「日食鐘」的創意作排列組合

說明：隨著月亮慢慢往太陽移動，開始起風、溫度下降，現場氣氛越來越興奮。當日月完美邂逅之際，全場已瘋狂尖叫Oh my God！日正當中轉瞬變黑夜，裸眼可直視黑太陽三分多鐘，金星木星乍現，太陽周圍的日冕好美，日珥噴發明顯可見，老鷹也飛回巢，讚嘆上帝的奇異恩典！感謝領隊洪景川老師帶著夸父們轉移陣地追日，我們預約下一次日全食再見！

黑太陽的白色羽翼

李俐徉

時間：2024/4/8
13:37:49～13:39:26

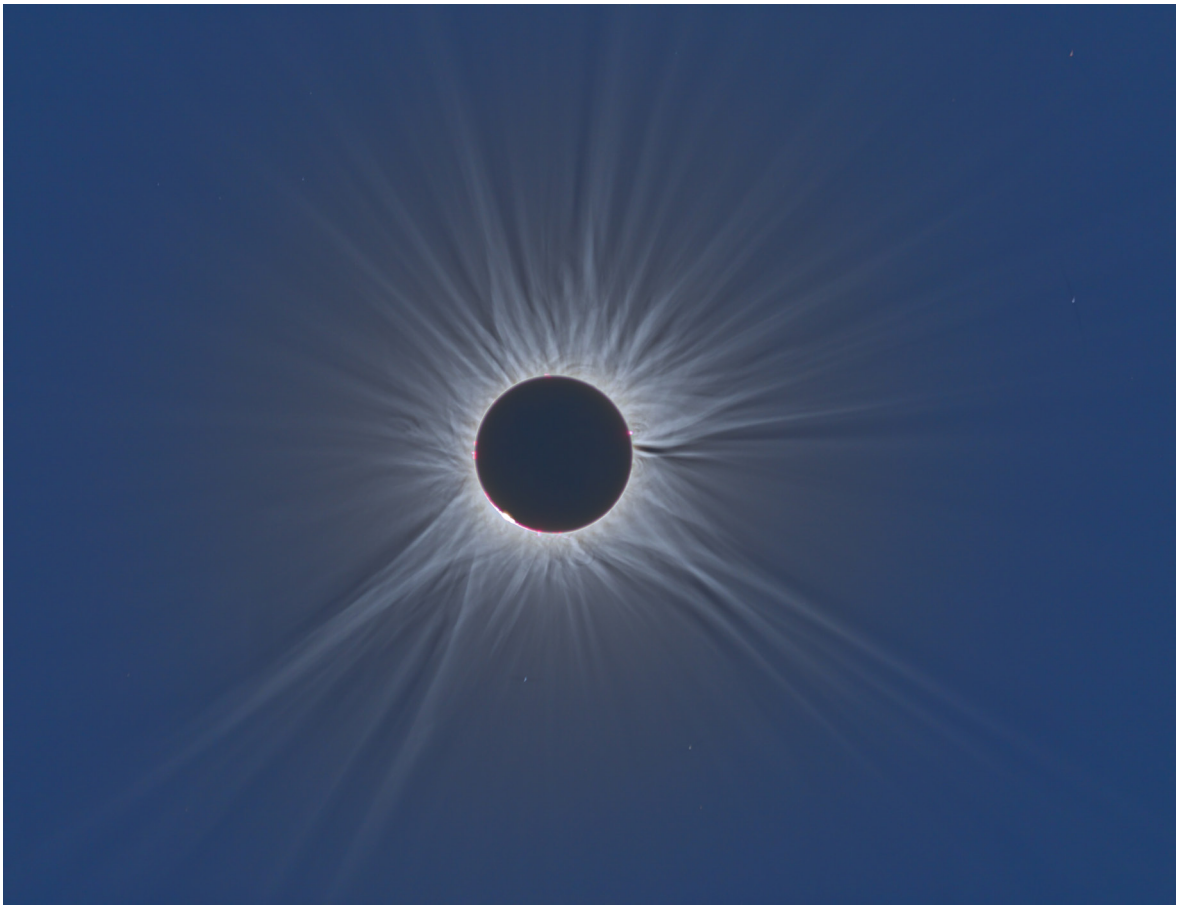
地點：美國德州Hamilton Pecan Creek Park

儀器：Takahashi FS-60CB望遠鏡、1.04X平場鏡、Nikon D5300(改)

參數：ISO100、快門1/500～1/2秒，取18張疊合處理

後製：Adobe Photoshop CC

說明：今年四月隨洪景川老師的團前往美國德州，人生第一場日全食遠征解鎖。儘管當日一早天候不佳，轉換陣地後不久即放晴，非常幸運！當太陽綻放出美麗的日冕時眞是驚呼連連，火紅的日珥肉眼可見令人印象深刻。在後製處理階段遇到難題，很感謝吳昆臻老師給予指教。參考了些資料後，又不斷修正方式與調整，經驗值再+1了！



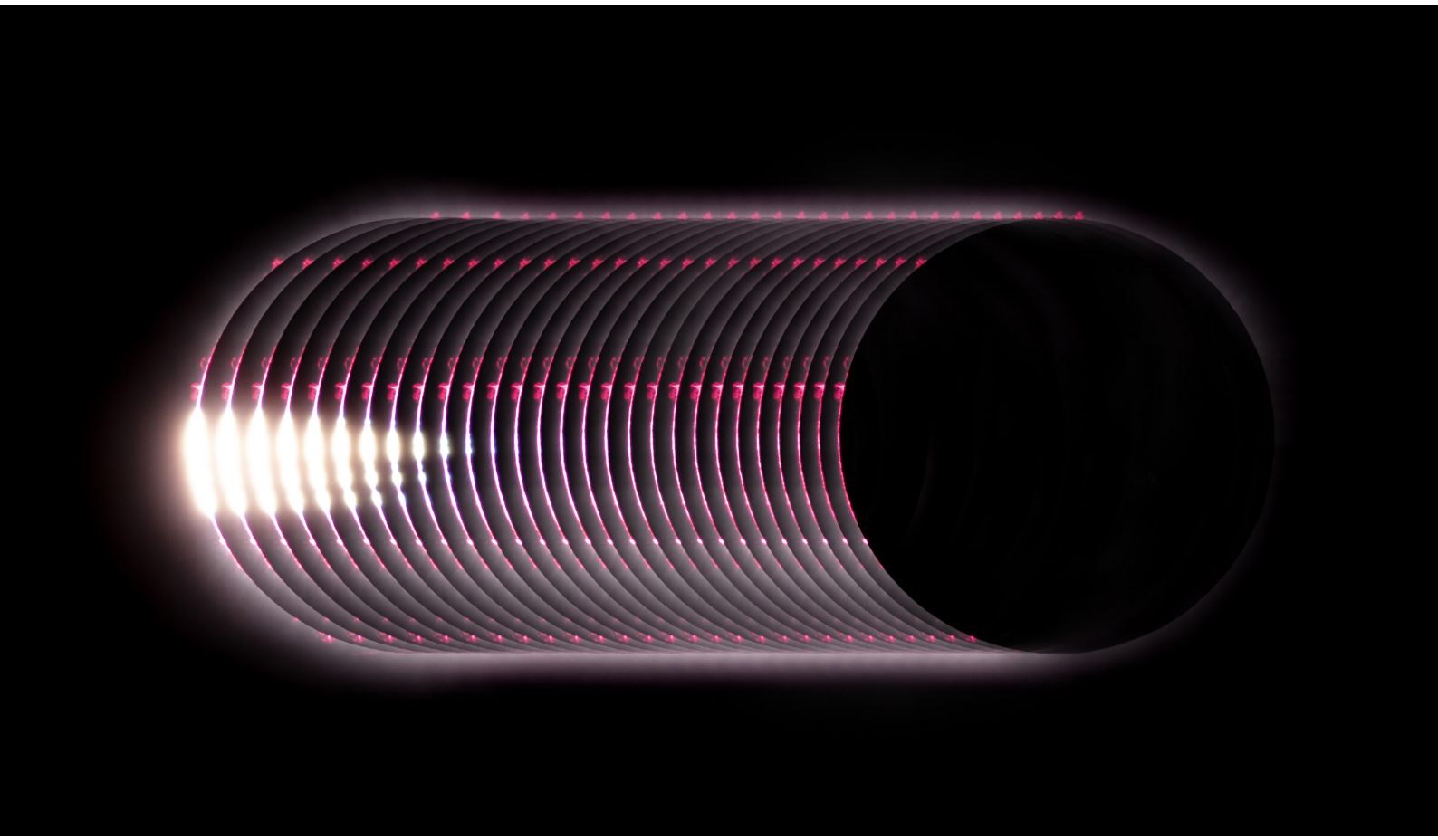
2024美國日全食HDR與C2貝里珠　王派鏘、王朝鈺、施勇旭

時間：2024/4/8　地點：美國緬因州Monticello

儀器：Vixen FL 55SS 望遠鏡、Nikon D850相機、ZWO AM5赤道儀、Solar Eclipse Maestro排程拍攝

參數：ISO100、快門1/5000～6秒　後製：Adobe Photoshop CS6

說明：不同於2017年的美國日全食只拍到了背景的一等星軒轅十四，這次美國日全食的HDR日冕影像中拍到了不少7到8等左右的星星，大大超乎了原本的預期。



天空的珍珠項鍊—日全食C2階段貝里珠之變化、色球與日珥　李俐佫

時間：2024/4/8 13:36:49～13:37:05　地點：美國德州Hamilton Pecan Creek Park

儀器：Takahashi FS-60CB望遠鏡、1.04X平場鏡、Nikon D5300（改）

參數：ISO100、快門1/1000秒　後製：Adobe Photoshop CC

說明：貝里珠見於日全食或環食在C2食既或C3生光階段，陽光透過月球邊緣高低起伏的山脈形成了有如串珠般光粒的有趣現象。拍攝貝里珠是全程最緊張的時刻，C2前得抓準時間拿掉濾鏡調整曝光值，未料快門線出問題，立刻改爲手按快門連拍。後來全食階段看得太入迷，錯過C3貝里珠的最佳拍攝點，眞可惜～第一次果然手忙腳亂呢！

2024美國日全食全天魚眼影像縮時

陳立群

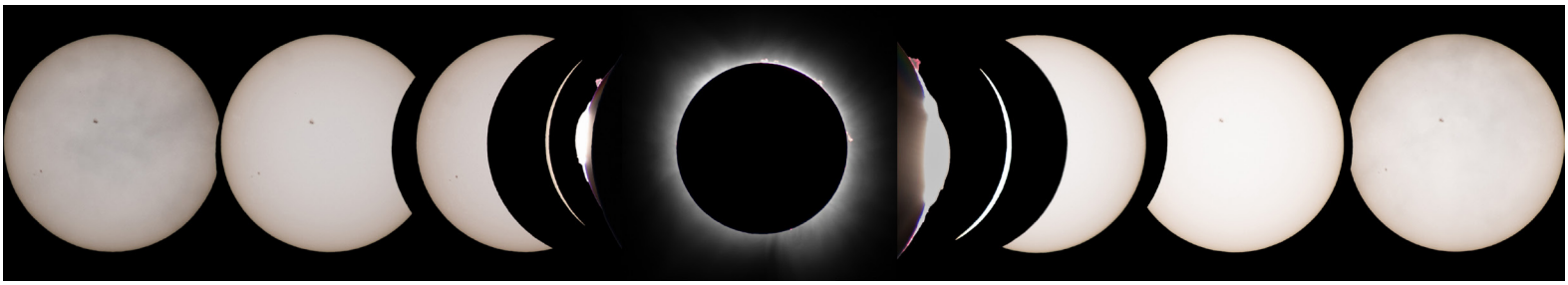
時間：2024/4/8 11:23:24～14:32:18

地點：美國德州Hamilton Pecan Creek Park

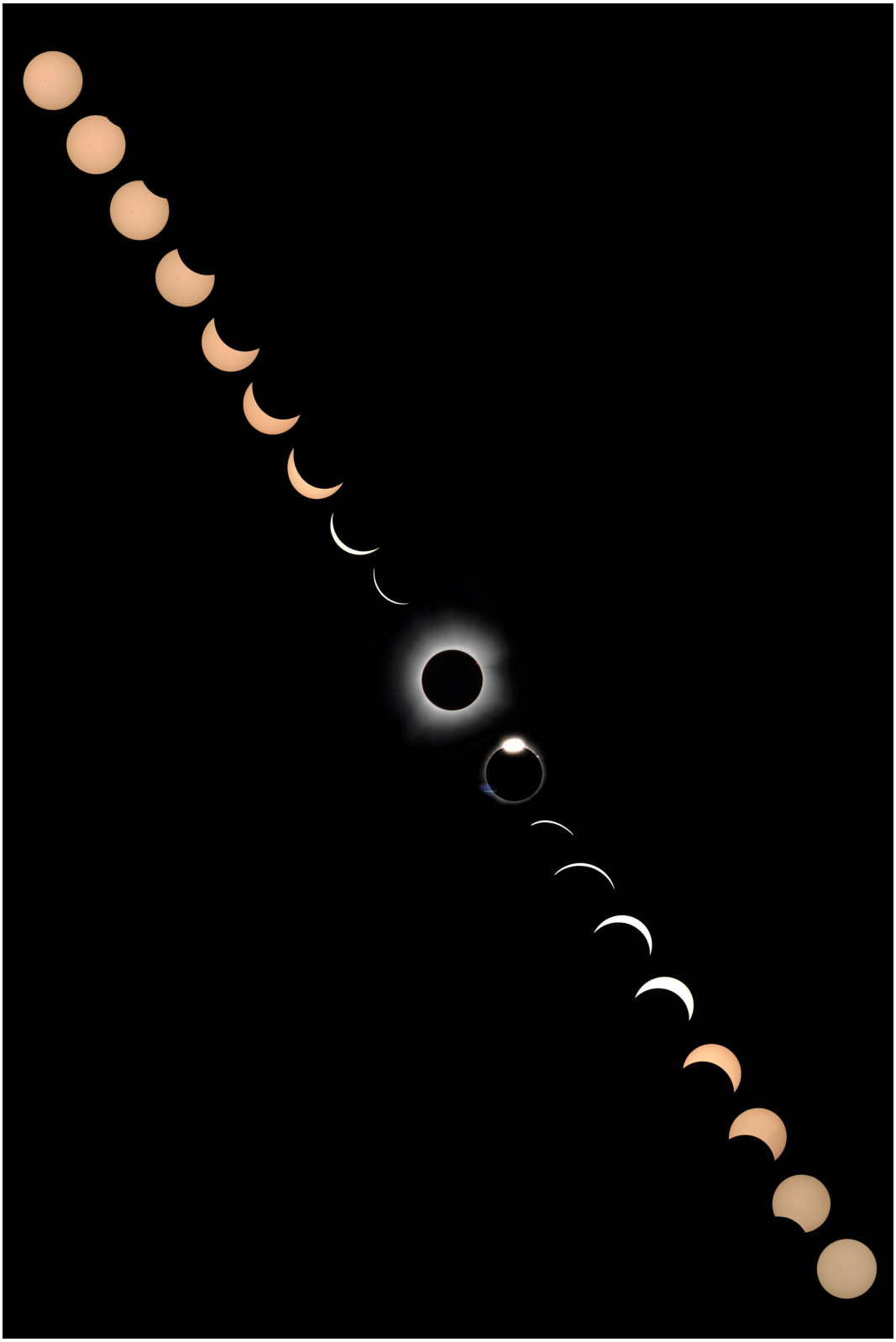
儀器：SIGMA 8mm F3.5 EX DG CIRCULAR FISHEYE魚眼鏡頭、Canon EOS 5D Mark II相機

參數：ISO200、光圈F8、快門1/1500秒，固定攝影每隔1分鐘拍攝一張

說明：跟旅行團觀測日全食，幸好領隊臨時帶大家從住宿地驅車一小時多車程更換地點，而避免陰雨看不到日全食的情況。



↑2024 美國德州日全食　王文正



時間：2024/4/8 12:20～14:59

地點：美國德州Stephenville

儀器：Pentax SMC DA*300mm F4 ED IF SDM 鏡頭、HD DA AF REAR CONVENTER 1.4X AW 增距鏡、Pentax K1 II 相機、Skywatcher AZ-GTi經緯儀

參數：ISO400、光圈F5.6、快門1/2000～1/400秒

說明：跨越太平洋與半個美國來到德州記錄這場2024年的日全食，在親眼見到那華麗的鑽石環與耀眼的日冕與日珥後，只能說眞是不虛此行。

日全食串珠　余旻芳

時間：2024/4/8 12:18～15:00

地點：美國德州Hamilton Pecan Creek Park

儀器：Acuter Maksy 60迷你馬套組、Acuter輕便標準版微動雲台腳架、Ausu Zenfone10手機

參數：ISO25~57、快門1/60~1/120秒、光圈F1.9、焦距5.53mm、自動白平衡

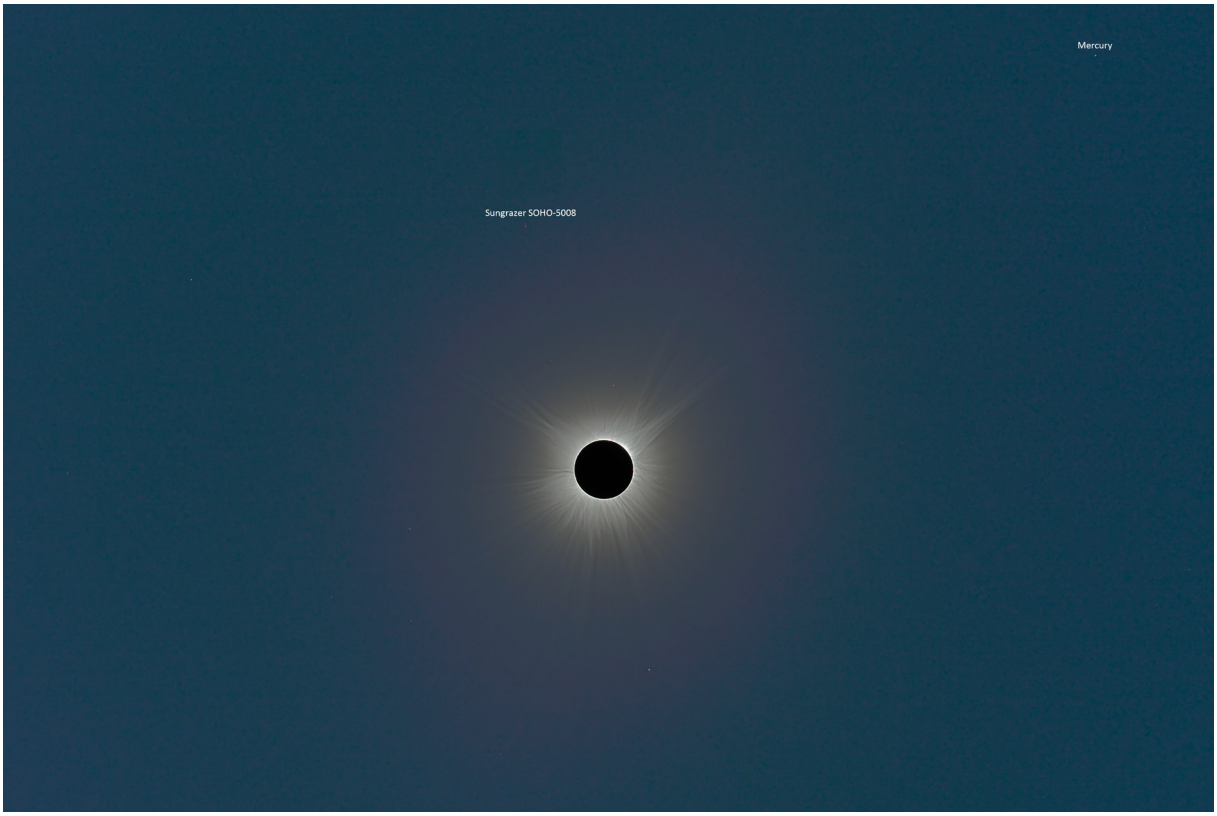
後製：Adobe Photoshop CS6，取日全食過程19幅排拼貼成串珠

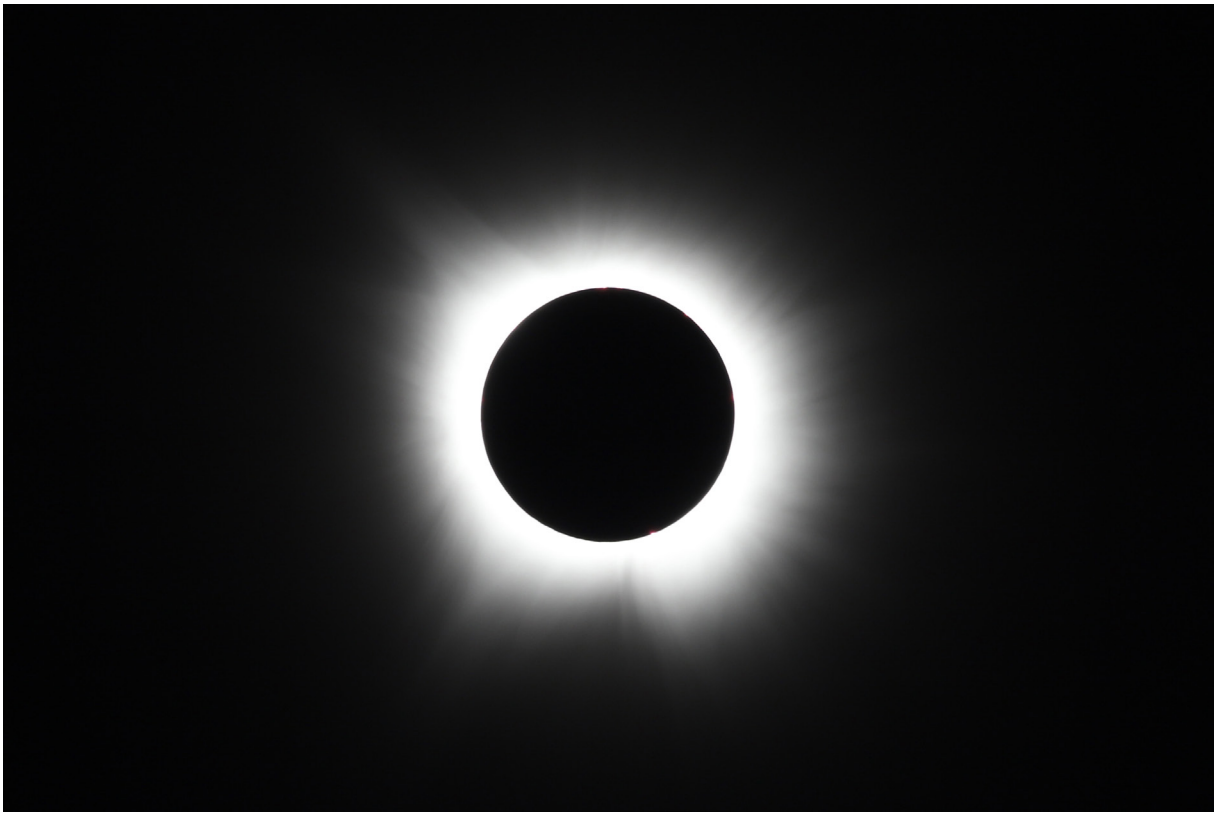
說明：旅行團原本觀測點在Killeen，由於天候不佳，領隊老師決定改到Hamilton觀測，日食當天早晨還下著小雨，10:00多放晴，大家興奮不已，食甚當下大家驚呼連連，親眼看+拍到日食影像眞的感動啊！很推薦大家人生中至少看過一次日全食！眞的是很棒的體驗！這是我第一次爲了日全食衝到國外，也是第一次用手機接迷你馬望遠鏡拍攝呢！

烈日下的勇者SOHO 5008與水星

王派鏘、王朝鈺、施勇旭

時間：2024/4/8
地點：美國緬因州 Monticello
儀器：ZEISS 135mm f/2 APO Sonnar T鏡頭、Nikon D850相機、ZWO AM5赤道儀、Solar Eclipse Maestro排程拍攝
參數：ISO100、光圈F8.0、快門1/1600~1/8秒
後製：Adobe Photoshop CS6
說明：水星身爲最靠近太陽的行星，日復一日承受著烈日的烘烤且難得從地球上看見，除了日全食的短短時分；而掠日彗星SOHO 5008如飛蛾撲火般留下的最後身影，更是具體說明了太陽美麗日冕的殘酷本質。





2024 北美日全食-日冕　楊志偉

時間：2024/4/8 13:39　　地點：美國德州Clifton
儀器：SIGMA 100-400mm F5-6.3 DG DN OS鏡頭、EOS 6D Mark II相機
參數：ISO250、光圈 6.3、快門 1/30 秒，局部裁切
說明：日食當下彷彿置身異星世界，天上掛著一顆黑色太陽，而金星木星等亮星也伴隨著出現了，地平線附近是美麗的晚霞色彩，所有美麗的景色竟同時出現在同一瞬間，非常驚豔！

綠光•森林•星空

李美英、簡千田

時間：2024/4/3 00:49

地點：美國阿拉斯加州費爾班克斯

儀器：SIGMA 14mm F1.8 DG HSM ART鏡頭、Canon EOS R7相機

參數：ISO16000、光圈F3.5、單幅曝光5秒

說明：四月，費爾班克斯奇納溫泉的小山頭，白天仍是一片的白雪森林，午夜卻華麗轉身變成了漫天飛舞的綠光森林，更讓人讚嘆的是，在不斷舞動、耀眼亮麗的極光下，我們一顆一顆數著提早升起的天鵝座、美麗的織女星、半圓形的北冕座……，在北緯65度的春天午夜，我們看見了燦爛的夏季綠光星空！

極光　吳文欽

時間：2019/9/23　地點：冰島教堂山

器材：LAOWA 12mm F2.8 Zero-D鏡頭、Canon EOS 5Ds相機

參數：ISO1600、光圈F2.8、快門15秒　後製：Adobe Photoshop

說明：極光出現於冰島教堂山，特別於湖畔拍攝，將極光倒影於湖面上的美景拍下。

舞動的精靈　劉弼民

時間：2024/4/2 16:56:53

地點：美國阿拉斯加州費爾班克斯

儀器：SIGMA 14mm F1.8 DG HSM ART鏡頭、Canon EOS R相機

參數：ISO6400、光圈F1.8、快門6秒

後製：Adobe Photoshop調整色調、明暗、對比，PixInsight降噪、去雜訊及縮星點

說明：遠山之外微光乍現，螢光般的綠色玉帶光幔，在夜空中悄然現身，像在微風中飄動的幕簾。接著開始慢慢變化舞動，顏色絢麗奪目，形狀變幻莫測，位置飄忽不定，光影時而奔放舞動，時而優雅層層渲染，不斷的在天際畫布上變化場景，宛如神蹟般舞動的精靈，終在腦海沉浸中悄然走出眼簾，讓人回味無窮。

↘極光之舞　林玉泉、劉瑞清

時間：2023/12/3　地點：加拿大黃刀鎮

器材：Canon EF 16-35mm F2.8 L II USM鏡頭@16mm、Canon ESO R5相機

參數：ISO2000、光圈F2.8、快門8秒

說明：12月3日午夜，天寒地凍（-20度至-25度）的加拿大黃刀鎮，據說是賞極光的好所在之一，在黃刀鎮的Aurora Village極光村營地，守候的第二晚，很興奮地看到了滿天飛舞的彩色極光，強度到手機即可拍攝，令人目不暇給！

極光彩帶　謝易翰

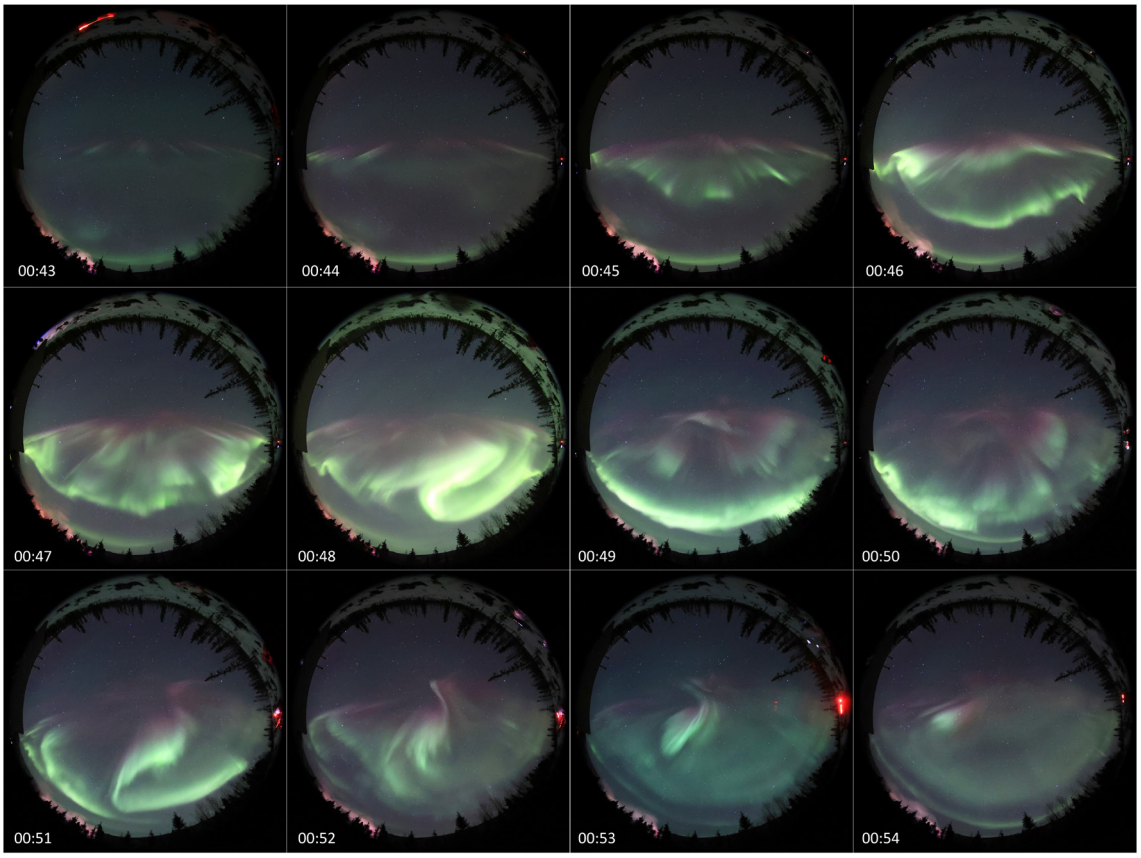
時間：2024/3/10

地點：挪威羅弗敦群島 Svolvar

器材：Nikon AF-S FISHEYE NIKKOR 8-15MM F/3.5-4.5E ED鏡頭@11mm、NIKON D850 相機

參數：ISO2500、光圈F4.0 快門1.6秒

說明：看著太陽黑子越來越活躍，跟團去挪威追極光。在Svolvar的第一天整夜雲層覆蓋，次日天晴，晚餐前突然出現肉眼可見的極光，像是彩帶在天空飛舞，連忙架起相機在民宿外搶拍。約半小時後另尋光害較小空地記錄，極光覆蓋了整個天空但強度變弱。照片使用Photoshop修飾地景的燈光。



極光幻化　李美英、簡千田

時間：2024/4/3 00:04～00:54　　地點：美國阿拉斯加州費爾班克斯

儀器：SIGMA 8mm F3.5 EX DG CIRCULAR FISHEYE魚眼鏡頭、Canon EOS R6相機

參數：前6張ISO12800、光圈F3.5、單幅曝光6秒；後6張ISO25600、光圈F3.5、單幅曝光1.3秒

後製：使用Photocap將12幅照片排列，並以FastStone略爲調整亮度

說明：短短10分鐘內極光的形狀與強度能有多大變化呢？起初，天空中只有淡淡的綠色極光，不到5分鐘它們就變得明亮而活躍，之後，極光的形狀和顏色繼續幻化，從波浪狀到旋轉狀，每一刻都充滿了動感和美麗。最終，極光變得更加擴散，佈滿整個天際。這組照片不僅記錄了極光的瞬息萬變，也展現了自然界的壯麗與神秘。

浩瀚宇宙無限寬廣，穹蒼之美盡收眼底

攝影／周紀宇

GPN:4811300001

臺北市立天文科學教育館
TAIPEI ASTRONOMICAL MUSEUM