

給外星文明的訊息

人類嘗試傳遞給外星文明的訊息中，目前僅有三個：先鋒號上的黃金銘板 (Pioneer Plaque)、阿雷西波訊息 (Arecibo Message) 及航海家探測器上的金唱片 (Voyager Golden Record)。

第一次發出的訊息是載放在先鋒十、十一號上的黃金銘板。兩艘皆為無人駕駛太空探測器。為保護這塊黃金銘板不受太空塵埃侵蝕，此銘板被裝在探測器天線的主柱之下。第一塊銘板於阿雷西波先鋒十號於1972年2月17日離開地球。第二塊則於1973年4月5日隨先鋒十一號發射到太空。這兩塊銘板均含有中性的訊息。實在是在國際持續漫遊。兩艘探測器同樣在1990年代飛越了冥王星軌道。它們的位置及黃金銘板上各個圖標的意義如圖所示。黃金銘板實際大小為寬229毫米，高152毫米。

第二次向外星文明發送的，是為慶祝阿雷西波電波望遠鏡於1974年完成改建而傳遞的電波。該訊息透過阿雷西波望遠鏡向距離我們25,000光年的球狀星團M13。訊息中各個圖標的意義如圖所示。

航海家計劃仍效了先鋒計劃，把更複雜及詳細的訊息收錄於航海家探測器上的金唱片中。隨著探測器於1977年發射太空。金唱片收錄了115幅圖標與各種聲音，包括以55種語言說出的祝詞句子 (也包含閩南語)。完整內容請點選右下方「航海家金唱片的QR-Code」進入參閱。

1977年發射的航海家一號 (Voyager 1) 和同年發射的航海家二號 (Voyager 2) 雖有著相同的設計，但軌行軌跡卻不同。2014年3月，航海家一號在距離地球約127天文單位 (au) 處以每年3.6 au的速率前進。而航海家二號則距離103 au，以每年3.3 au的速率前進。兩艘探測器過去的軌行軌跡如圖所示。

阿雷西波天文台

阿雷西波天文台 (Arecibo Observatory) 位於波多黎各阿雷西波山脊。是世界上最大的單面口徑電波望遠鏡，直徑達305米，後陣距為360米。由史丹佛國際研究中心、美國國家科學基金會與康乃爾大學共同管理。阿雷西波望遠鏡是固定的，不能移動。只能藉由改變天線饋線的位置來掃描空中的放電區域。



©H. Schwabert/WVON and NOAO/ALMA/NSF

阿雷西波訊息

阿雷西波訊息透過阿雷西波望遠鏡以2,380 MHz的頻率傳輸到球狀星團M13。這串訊息所包含的二進位數字總共有1,679，只能進一步分解成23x73兩個質數的乘積，顯示著一幅二度空間的畫面。發射時間共歷時3分鐘。



二進位數字

由左至右，分別代表1-10。

[DNA元素]

以原子序的二進位數字表示DNA的五種基本化學元素：氧(8) (1) 氮(7) (0) 磷(15) (1)。

[人類的DNA中核糖的基本結構]

DNA是由核糖核苷酸排列組成的長鏈聚合物。基本單位核糖核苷酸由ATCG (A-腺嘌呤, C, H, N, O; T-胸腺嘧啶, C, H, N, O; C-胞嘧啶, C, H, N, O; G-鳥嘌呤, C, H, N, O) 所組成。核糖核苷酸由核糖 (Ribose) 和磷酸基 (Phosphate, PO₄) 所組成。長鏈核苷酸由核糖核苷酸的去氧核糖和磷酸基由磷酸基組成。每個核糖單位和磷酸基相連。組成了遺傳密碼。阿雷西波訊息將DNA長鏈中的核糖基、去氧核糖與磷酸基，分別利用代表成分中五種基本元素的5種二進位數字表示出來。即行與自上而下分別解釋為：D-A-T-P-C, P-D-C-G-D-P, P, P。

[人類的雙螺旋DNA]

人類DNA的雙螺旋結構由兩股長鍊互相配對、緊密結合而成。兩股長鍊上相對應的核糖基會互相結合 (A/T, C/G) 藉由氫鍵配對成為「碱基對」。常被用來作為表示DNA長度的單位。阿雷西波訊息中間的自轉顯示1974年時的人類DNA長度。即為雙螺旋中的核糖基數量一約43億對核糖基 (今日則相個人類基因體為32億個核糖基)。

[人類形態]

左邊的人類代表男性的平均身高176.4公分。右邊的女性代表1974年時的全球人口數4,292,853,750。

[太陽系行星]

代表太陽系各行星。最左邊最大的圖象代表木星，其中第三位的地球被升高了一倍。代表訊息是從地球發出。

[望遠鏡]

代表阿雷西波電波望遠鏡，上方為饋線和反射鏡的示意圖。下方指示其口徑 (306.18米) 約為半英里長的2,430倍。

金唱片上的圖樣

[氫原子能階的超精細結構]

詳見先鋒十號之解說。

[脈衝星]

詳見先鋒十號之解說。

[其他圖案]

說明如何讀取唱片上的資料。

先鋒十號

先鋒十號 (Pioneer 10) 是1972年3月2日由NASA發射重2858公克的無人駕駛太空船。目的是探測火星軌道外的行星間區域。木星周圍環境。研究小行星帶的性質並評估它們對未來任務的可能性。它於人類史上第一個飛越火星，安然通過火星與木星之間的小行星帶，並第一個拜訪木星的太空船。先鋒十號在它接近木星前後時測量了木星磁場、高能粒子輻射和星際間塵埃，並傳輸了數百張木星及其衛星的照片回地球。1983年6月13日那天，它以每秒時速14公里的高速飛越海王星軌道，成為第一個離開八大行星範圍的人造物體。但由於發射功率的不足，終於在2003年1月23日距離地球122.3億公里處與地球失去聯絡。

1998年2月17日之前，先鋒十號一直與地球通訊的飛行器。當時航海家一號與太陽的距離和先鋒十號相同，都是69.419 au。由於航海家一號速度上的優勢 (每年大約多飛行 1.016 au)，目前它距離太陽的距離已經遠超過了先鋒十號。

銀金銘板上的圖樣

[氫原子能階的超精細結構]

字跡中氫原子能階圖樣，很適合當做標準。氫原子核 (質子) 和核外的電子都可以看成小小的磁鐵。兩個磁鐵同方向排列與反方向排列會有微小的能差，使得中性氫原子基態能一分為二。這種能差對光的頻率約1,420.4 MHz。最小波長約光頻率的巴耳曼譜線，相當於波長21公分的無線電波，是「超精細結構」典型範例。圖中顯示兩個不同能階的氫原子，兩個能階的差當做長度或時間的單位，用二進位的「1」表示。

[脈衝星]

脈衝星就像是星際間的燈塔，放出規律的信號，可以用來標定我們在銀河中的位置。14顆脈衝星的周期待二進位表示。同時也顯示脈衝星的方向和距離。先鋒十號顯示銀河中心的位置。從太陽及地球的運動和脈衝星周期待變化可以估計太陽太空船發射的時間。

[太陽系]

銘板左側顯示太陽系的圖示及一個代表探測器的縮小圖形。圖中標出了探測器過木星後離開太陽系的軌道。土星距離太陽光線。希望以這個獨特途徑與太陽系以外文明尋找。行星旁有二進位數字代表每個行星與太陽之間的相對距離。使用的單位相當於水星公轉軌道的十分之一。採用與脈衝星周期待不同的字體強調兩者間的區別。

[太陽系的位置]

脈衝星又稱波達。是在1967年發現的，一般認為是帶有強磁場、高速旋轉的中子星。隨著高速自轉發出的規律信號。有些比年長的脈衝星變為波達。當能星消失，與期通常也會越來越長。脈衝星依它們所在方位的天球座標命名。脈衝星應隨著春分點的移動而有些許的改變，英文字母「J」則代表以公元2000年的春分點為基準。我們對於脈衝星的距離估計遠不如它們的周期待準確。由右圖中標示出的14顆脈衝星名字、周期待、銀河座標經度和距離。可以看出1972年估計的脈衝星距離和最近收錄在澳大利亞ATNF脈衝星星表的數據有相當的差距。銀河座標以銀河中心方向和銀河面為基準。先鋒十號圖標包括了三次空間的資訊。有脈衝星數量在大體約於1,000年之內。雖然脈衝星發射的電波和衛星一樣有方向性。外星文明或許仍從少數脈衝星找出太陽系的大概位置。

[安裝位置]

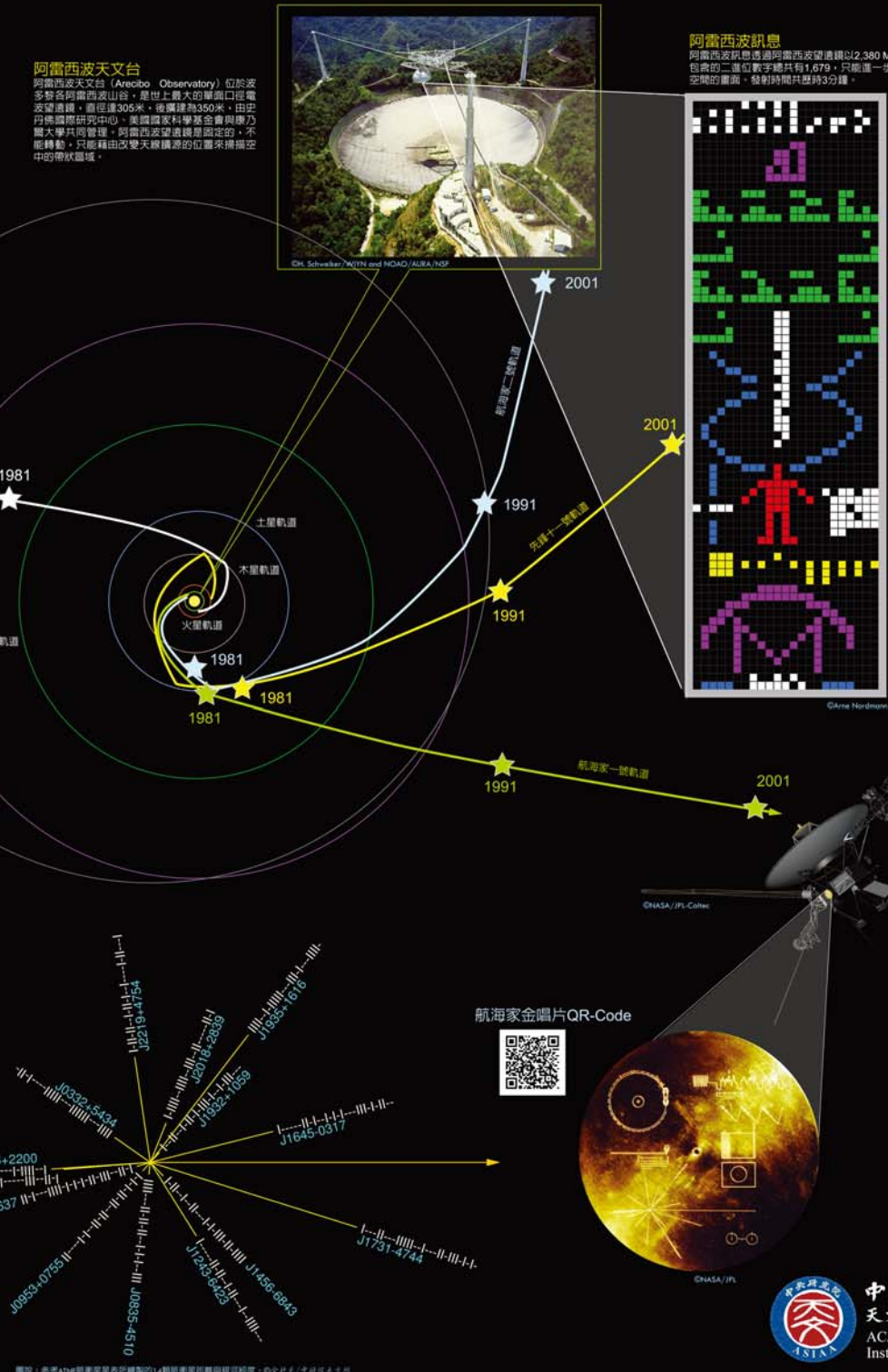
為保護這塊銘板不受太空塵埃侵蝕，銘金銘板裝在探測器天線的主柱之下。

[探測器的輪廓]

人類圖像後方是先鋒號探測器的輪廓。這個輪廓顯示人類的相對身高。

[「男一女」圖像]

男性轉右手以示友好。雖然這個圖像未必能用於宇宙，但至少表示人類四肢和手腳是可以活動的。女性圖像旁有二進位方式表示的「8」。利用從左上方的氫原子自旋磁場所提供的單位可計算出其身高：8單位，單位長度=168公分。這表示女性的平均身高約168公分。



圖說：圖表顯示脈衝星高度精確的14顆脈衝星距離與銀河經度。©金中元/中科院天文所



中央研究院
天文及天文物理研究所
ACADEMIA SINICA
Institute of Astronomy and Astrophysics

大家一起「玩」天文 網路公民天文學簡介

科學研究只能是象牙塔裡的工作？只能是一群現代巫師們的魔法術？為了確保自己在該研究拔得頭籌，牛頓在還沒公開發表微積分（他稱之為流數法 method of fluxions）的研究前，曾寫信給另一位微積分發明者萊布尼茲，巧妙地以密碼方式提到他在微積分上的突破。即使是現代的某些社會科學或自然科學，研究人員在還沒發表論文之前，手中資料也多不會公諸於世，讓他人搶了先機—魔法是不輕易外傳的。然而這一切都在改變中！隨著研究資料的大量累積，需要更多人參與其中。1999年，天文學家首次開放「在家搜尋地外文明」（SETI@Home）計畫，廣邀民眾透過網路下載來處理資料，誘因是找尋外星人。一點也不意外，SETI@Home 獲得驚人的成功，並吸引更多網路公民參與科學（Citizen Science）。

尋找外星人所引發的天文發展是全面性的，從生命起源、到星球起源都值得大書一番。美國電波天文學家德瑞克（Frank Drake）曾在 1961 年提出在銀河內發現高等文明的機會公式，這公式並不代表提供外星人存在的證據，主要目的其實是想用科學的方法來探討這個問題。

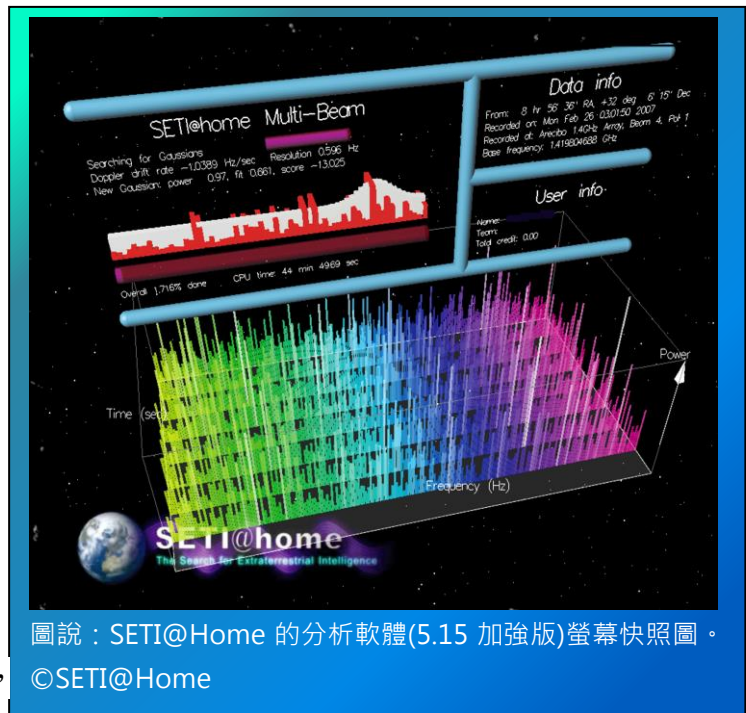
除了利用公式估計，天文學家還可以對外發射電波訊號、或利用太空船攜帶地球簡介手冊，希望真的有外星人有朝一日收到訊息並回覆我們，就像海邊撿到的瓶中信。但仔細評估，這種方式有點天真，天文學家估計離我們最近的恆星約 4 光年，現在發射電波訊號，來回就要 8 年時間；銀河盤面的大小約十萬光年，姑且不考慮電波訊號的強度隨著傳播距離的平方成反比，光是傳播的時間就要等到地老天荒。因此，天文學家只得採用守株待兔的方式，利用電波望遠鏡接收外太空的訊號，期望收到外星人給我們的瓶中信。

這種守株待兔的方式就是 SETI 計畫的構想。SETI 是 Search for Extra-terrestrial Intelligence 的縮寫，也就是搜尋地外文明的計畫。1960 年，德瑞克使用直徑 26 公尺的電波望遠鏡搜尋來自外太空的訊號，他主要針對頻率 1,420MHz 的氫原子電波訊號，用頻寬 100Hz 的接收器，掃描了 400kHz 的範圍，但沒發現有趣的訊息。其他搜尋計畫接著陸續出現，例如 1963 年俄亥俄州立大學的 SETI 計畫，他們使用大耳（Big Ear）電波望遠鏡，於 1977 年 8 月 16 日偵測到一個有趣的窄頻電波訊號，當時整整持續了 72 秒，不過之後就未曾再出現。

為了找尋「非自然產生」的電波訊號，美國加州大學柏克萊分校於 1979 年啟動了名為「搜尋鄰近已發展高等文明的地球電波發射」（Search for Extraterrestrial Radio Emissions from Nearby Developed Intelligent Populations，簡稱 SERENDIP）的計畫。此計畫到了第四代則改用波多黎哥的阿雷西博電波望遠鏡，每隔 0.6Hz 檢查 1,418.5MHz 到 1,421.5MHz 之間的頻率，大約共紀錄了 1 億 6 千多萬個頻道，每天收集約 35GB 的資料；35GB 可容納相當於八千多首 mp3 的音樂檔。1994 年，David Geodys 和 Craig Kasnoff 兩位科學家在聊天當中，為 SETI 提出了全新的資料分析概念，之後，加州大學柏克萊分校於 1999 年啟動 SETI@Home 計畫，讓全世界擁有個人電腦的大眾加入協助 SETI 的資料分析。

SETI@Home 主要是在網路上提供一個螢幕保護程式讓人下載使用。螢幕保護程式是在電腦閒置時會自動執行保護螢幕的程式；而 SETI@Home 提供的程式則是在電腦閒置時，啟動自動分析 SETI 資料的程式，先透過網路下載經過切割的部分電波資料，然後利用閒置的電腦分析資料，最後將結果上傳。根據 2003 年 11 月當時的統計，參與 SETI@Home 的個人電腦超過了四百萬台，計算能力加總起來有 50,000GFlops，功力相當於價值 3 千 5 百萬美金的超級電腦。

SETI@Home 的軟體在個人電腦上所執行的步驟包括：下載資料、找尋可能的訊號、測試資料的正確性、移除訊號中的電波干擾(包括系統本身軟體硬體的干擾，以及微波爐、汽車啟動、手機等外在干擾)，以及確認出可能的訊號等五個步驟。所有的資料都被儲存在阿雷西波天文台的數位磁帶內，資料會被切成 348kB 大小的片段(稱做工作單元)，以供參與 SETI@Home 的使用者下載分析，且每個工作單元會被自動分派給一位以上的使用者分析，以確保分析結果的正確性。如果你幸運地找到可能有意義的訊息，SETI@Home 會寄發一份正式的通知，也會在這項發現上列入你的姓名。沒發現的人也不要失望，就像買了沒中獎的彩券，你還是可以下載一份證明。



透過大眾的個人電腦資源分析處理科學的前沿研究，這在當時是一項創舉。用一個足以吸引大眾的議題—例如「尋找外星人訊息」，以科學的方式滿足絕大多數人的好奇心，便可以讓更多熱心的參與者主動加入 SETI@Home 這類的計畫，進一步發揮的話，甚至有機會吸引更多網路公民，一起來參與科學計畫。

(作者/曾耀寰)

星系動物園

星系主要是由幾十億顆以上的恆星所構成的天體。恆星之間靠著彼此的萬有引力而相互聚集，銀河就是由二千億多顆恆星所構成的棒旋星系。「棒旋」之名取之於外觀，美國天文學家哈柏依其長期星系觀測的經驗，將星系針對外觀進行分類。哈柏分類主要有橢圓星系、螺旋星系、棒旋星系，以及沒有特殊外觀的不規則星系。由於目前已累積了大量的觀測資料，天文學家針對星系分類，設計出了星系動物園（Galaxy Zoo）的平台。星系動物園和 SETI@Home 一樣是網路公民科學；但與 SETI@Home 不同，這裡的資料分析並不需要分散在全世界的電腦資源，而是靠人腦資源。我們總認為電腦萬能，許多工作、甚至科學研究都得靠電腦的高速計算來完成；但電腦並非對所有工作都有較高的處理效率，有時人腦反而超越電腦，例如：圖形識別能力。星系動物園就是利用人腦優勢，透過網際網路介面，由大腦來判斷完成一些辨識判讀的工作。第一版星系動物園所要求的識別程度其實很簡單，只要求參與者從星系照片中判斷是否為橢圓星系、螺旋星系或相互碰撞的星系（merger）；如果是螺旋星系，則螺旋臂的旋轉方向要判斷是順時鐘或逆時鐘。

星系動物園最初使用的影像來自史隆數位巡天計畫（Sloan Digital Sky Survey, 簡稱 SDSS）所提供的近 90 萬張星系影像。2007 年 7 月 11 日啟用上線後，剛開始的 12 小時內，每小時平均獲得 2 萬個分類；40 小時之後的分類速率則達到每小時 6 萬個。到 2008 年 4 月，星系動物園已經有超過 10 萬名網路公民參與該分類工作。每張星系影像平均有 38 人次的分類，一張影像的多次分類可確保結果的可靠性。

也許我們會質疑這麼簡單的型態分類有什麼功用？其實換個角度來問：宇宙中的星系為什麼有螺旋和橢圓兩種基本型態？這樣問題或許會變得更有意思；進一步還能延伸出其他問題，如：這兩種型態如何產生？如何隨著宇宙演化而演化？型態之間是否有先後順序的關連，還是各自獨立演化？哈柏當時做分類也是為了能有系統地瞭解星系型態外觀的起源，而這些至今都仍是天文學上未解的謎。

星系動物園收集形形色色的星系型態資料庫，為星系研究如顏色和型態的關係提供重要證據。天文學家常假設顏色偏紅的星系應該是橢圓星系，此因恆星年老之後會進入紅巨星階段，星系偏紅表示裡頭有較多的年老恆星，而通常觀測到的橢圓星系中都含有較多的年老恆星，因此我們認為橢圓星系應該偏紅，螺旋星系則偏藍；星系動物園的分類顯示出八成的星系果真如此，證明利用顏色的確有助於初步的型態分類。然而星系動物園的分類結果也顯示出有不少紅星系屬於螺旋星系，而且藍色的橢圓星系比預期更多。從前認為橢圓星系的歲數較老，裡頭的氣體相對也較少，照理說應該不會再產生大量恆星；但是星系動物園的這項結果，讓天文學家對於橢圓星系的演化過程有了新的看法。

大量的分類資料庫可以提供一些具有統計意義的線索，幫助天文學家理出星系演化的過程。除了線上分類，星系動物園還成立了討論園地，讓網路公民們交流心得、新發現、或提出疑問，因而發揮影響的例子不少。例如一位荷蘭民眾 Hanny 在某影像中看見一團不明物體，當時沒有人知道那是什麼，該物體現在則有了正式名稱叫做 Hanny's Voorwerp（Voorwerp：荷蘭語的「物體」，如圖示）；這個物體單從 SDSS 的原始影像是找不到答案的，此發現還促使天文學家特別利用可見光和紫外線望遠鏡做了更多後續的觀測研究呢。

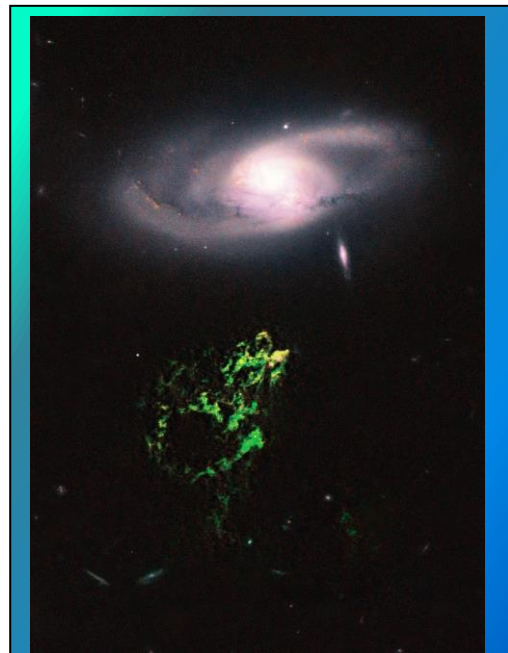
電腦科技快速進步，不僅電腦算的快，儲存的資料也快速累積，現今已經進入拍位元組 (Petabyte，簡稱 PB， $1\text{PB}=1,000\text{TB}=10^{15}\text{ byte}$) 的大資料 (big data) 時代。隨著觀測技術的演進，天文學家不再像以往只能針對少數天體進行觀測，而是全天域全波段的巡天觀測，第一代星系動物園處理了大約一百萬個星系，規模是數兆個位元組 (Terabyte，簡稱 TB)，現今市面上可以買到大約 5,500 元新台幣的 4TB SataIII 硬碟，所以一百萬個星系的資料儲存尚不成問題。但能快速地進行全天域可見光觀測的新一代大型綜合巡天望遠鏡 (Large Synoptic Survey Telescope)，則是一台等效口徑 6.7 米的可見光望遠鏡，採用 9.6 平方度視野的 32 億畫素相機，每天所產生的資料高達數十兆個位元組，十年的觀測壽命內可產生數十拍位元組，能紀錄五百億個天體，且每個天體大約會被重複拍攝一千次。像這樣大量的資料還是得靠電腦處理，問題是電腦要如何分析和判斷資料，這部分就得靠網路公民的齊心貢獻了。

已經有研究人員針對之前網路公民的操作行為與科學資料判讀模式，作成電腦自我學習的範本，如 2010 年英國劍橋大學的 Manda Banerji 博士利用神經網路

(neural networks) 教導電腦學習如何對星系動物園的影像進行分類，這類的研究持續進行，對未來大資料時代該如何進行資料探勘 (data mining) 的設計有很重要的貢獻。從天文學以及資訊科學的未來進展來看，透過學習網路公民的操作行為與模式，讓電腦不僅是準確地執行天文學家所提供的程式指令，而也能自我學習，並能依照人腦的判斷模式更正確地快速處理大量天文資料且因而產出有意義的知識，讓我們的未來不至於迷失在資料叢林之中。

(星系動物園正體中文版網址：http://www.galaxyzoo.org/?lang=zh_tw)

(作者/曾耀寰)



圖說：Hanny's Voorwerp 是位在螺旋星系 IC 2497 下方的綠色輝光天體，離我們約 6 億 5 千萬光年遠。

©NASA, ESA, W. Keel (University of Alabama), et al., Galaxy Zoo Team

瓦普空間 觀測扭曲的宇宙

我們都知道在日常生活中可以使用眼鏡、放大鏡等光學透鏡來改變所見的影像；這些光學透鏡能彎曲光線行進的路徑，因而改變影像的大小、形狀和亮度。有趣的是，浩瀚宇宙裡作用如透鏡一般的天體也到處都是，會放大和彎曲它們背景天體的影像。這種宇宙中的「透鏡」其實是來自重力所產生的光偏折現象，因此稱作「重力透鏡」。

重力為什麼會影響光的行進呢？原本大家認為光在真空中應該是直線行進的，但是根據愛因斯坦的廣義相對論——「有質量的天體會扭曲周遭的時空」，於是，在被扭曲的時空中，光線的行進方向因而受到影響而被迫彎曲。光線的彎曲程度和光的頻率或種類無關，只和造成時空扭曲的天體（重力透鏡）質量大小及分布有關。因此，只要有背景光源、質量夠大的重力透鏡、以及這兩者和地球的排列適當，我們就能觀察到重力透鏡效應。這個效應是廣義相對論自 1915 年發表以來最成功的預測之一。

愛丁頓 (Arthur Eddington) 與戴森 (Frank Dyson) 利用 1919 年的日全食仔細觀測了太陽後方的星體，發現其偏移量一如廣義相對論所預測——與太陽的位置有關。除了太陽，其他質量大如星系或星系團的天體也能成為重力透鏡。華希 (Dennis Walsh) 在 1979 年的巡天觀測中發現一對並排一起、有著相同光譜特徵與紅移（可推算出天體與觀測者間距）的類星體；當時他猜想這其實應該是同一個天體的兩個影像。之後的觀測發現這對類星體之間果然還藏了個橢圓星系，其造成的重力透鏡效應正好證明了華希當初的推測。

重力透鏡在天文研究上相當受矚目。由於背景天體的光源會被重力透鏡聚焦和放大，科學家正好可以利用這個效應去觀測遙遠的早期星系，以及研究星系中恆星是如何形成並演化的。除此之外，科學家也以重力透鏡作為研究對象，分析星系或星系團內各天體的質量大小和分布；這也是現今研究暗物質密度與不均勻程度的少數方法之一，對於瞭解星系如何演化十分重要。

許多有趣的科學謎團都可能和重力透鏡有關。然而重力透鏡效應並不普遍，一千個大型星系中真正能夠成像的估計約只有一個。現今觀測技術非常先進，已經取得了數量驚人的觀測資料。目前每一平方度夜空中約可觀測到一千個大型星系，想從資料庫裡數千平方度範圍內的上百萬個星系影像中找出上千個重力透鏡，機會很大。

想找出重力透鏡，利用電腦對所有影像做系統性掃描，把可能的重力透鏡從資料中抽出來，是個理想但不實際的方法；原因是：雖然教會電腦如何辨識重力透鏡並不困難，但是電腦在執行時仍很容易把一般星系和扭曲的背景星系混淆一起。而且為了要更快速分析大量影像，電腦會先將影像切割成許多區塊，但這麼一來，分析效率又會大大降低。

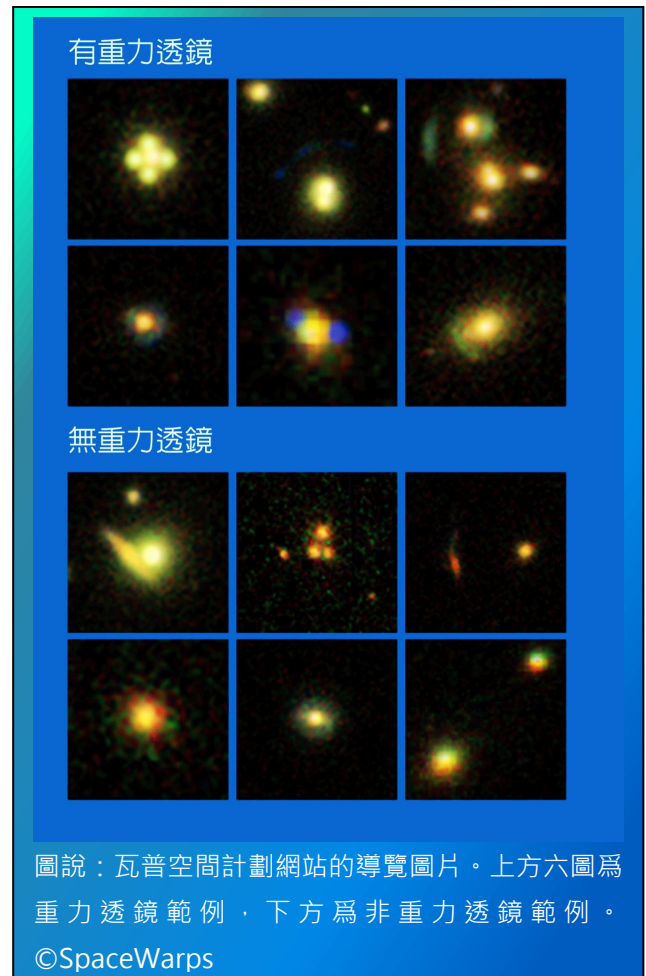
人腦則不同；人類經過基本的介紹訓練後便能具備圖案辨別與判斷異同的能力。網路公民科學—宇宙動物園（Zooniverse）團隊認為，只要大家對重力透鏡效應下的扭曲影像有些基本認識和接觸經驗，便可有效協助研究團隊找出更多形形色色的重力透鏡。有鑒於此，宇宙動物園團隊提出由「人機夥伴關係」概念主導的「瓦普空間」（SpaceWarps）計畫，並在網路上開設平台（<http://spacewarps.org/>），讓人人都能參與其中。該計畫開發出一個互動式網頁，採用 VICS82^(註一) 紅外線影像普查資料，並從中挑選出有可能是重力透鏡的星系與星系群影像作為分析目標。網頁上的逐步訓練說明生動活潑，讓參與的網路公民更容易了解該如何對目標進行評估，進而判斷哪些影像才真的是由重力透鏡效應所造成。

瓦普空間計畫的訓練機制很聰明，除了圖文並茂的導覽外，參與民眾在檢查真實的觀測影像過程中，網頁上偶而也會穿插加入虛擬影像，用以判斷參與者是否真的有能力辨識重力透鏡。參與者若未能通過能力測驗，網頁隨即顯現互動窗格加以提醒糾正；反之，若成功通過測驗，則虛擬測驗的頻率會隨之降低，以示肯定。這個做法既好玩，又能降低出錯機率。有時候影像的內容會讓你思考再三而躊躇不前，這時該怎麼辦呢？別擔心，瓦普空間計畫設有討論區，網路公民們可以在此針對有疑問的影像、網站設計和科學內容等自由發表意見。

你不確定自己是否有能力分辨太空中的扭曲現象嗎？別擔心，瓦普空間計畫對你很有信心！

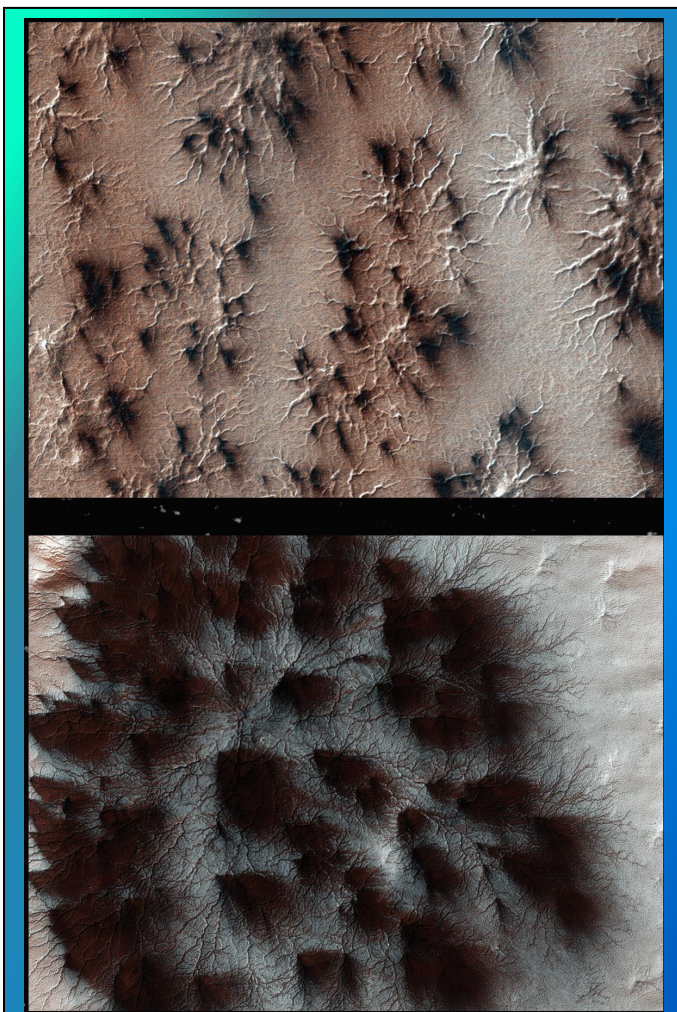
註一、VICS82 是一個全景近紅外影像普查，縮寫自 VISTA-CFHT Stripe 82 survey。此調查以史隆數位巡天觀測（Sloan Digital Sky Survey, SDSS）編號 82 號的帶狀天區為對象，由智利帕瑞納天文台的可見光和紅外巡天望遠鏡（Visible and Infrared Survey Telescope for Astronomy, VISTA），以及加法夏（Canada-France-Hawaii Telescope, CFHT）望遠鏡共同取得。

（作者/曾芝寅；本文部分內容摘錄翻譯自瓦普空間計畫網站原文簡介）



第四行星 火星尋奇

火星南極是太陽系中最奇特的地方之一。冬季在黑暗籠罩下，將近三分之一的火星大氣會結凍，在地表形成一片半透明的乾冰層。春季來臨，火星南極的冰冠開始融化，冰面上出現了黑色的扇形物和暗斑。隨著白晝增長，這些污漬的數目越來越多，等到盛夏所有冰層都融化時，這些黑色扇形物跟斑點就從眼前消失了。



圖說：HiRISE 相機從軌道上拍攝到火星南極的季節性暗斑和扇形物。©NASA/JPL/University of Arizona

不像水冰融化是由固態轉為液態，乾冰會從火星表面直接昇華成二氧化碳氣體。從南半球春天的第一道曙光出現開始，半透明冰層表面就被加熱而導致底層的乾冰陸續昇華。被困在冰層和地面之間的二氧化碳氣體，循著冰層裂縫爆發噴出。底層的塵土被氣體夾帶著一起噴出，然後沈澱堆積於冰層之上。颶風的日子裡，這些懸浮物質被風吹拂，排成美麗的黑色扇形和條紋。無風時，這些粒子便沉澱在裂縫邊緣形成暗斑。這些黑色扇形和暗斑的大小、形狀及方向可以提供火星氣候的重要資訊與火星南極的風向圖。這個季節性的過程是火星特有，地球上並沒有類似的情況。

美國國家航空暨太空總署（NASA）的火星偵察軌道器已經對過去四個火星年（八個地球年）內火星南極的解凍期完成監測。這個太空船設有高解析度成像科學實驗設備（High Resolution Imaging Science Experiment；簡稱 HiRISE）。火星表面的樣貌特徵，即使範圍小如牌桌，HiRISE 都能從軌道上清楚直擊。數以萬計的黑色季節性特徵已被 HiRISE 紀錄下來。要一一定位這些季節性扇狀物和暗斑出現的地點、分析它們的形狀與分布，對電腦來說仍有困難，只能倚賴人工完成這項任務。

人眼雖可以輕易分辨 HiRISE 拍攝到的黑色扇型物和暗斑，但龐大的影像分析與分類工作，又豈是一人隻身可以完成的。然而，藉由網路的強大力量，行星科學家可以邀集全世界的志工一同達成目標，你，也是受邀對象。「第四行星」（Planet Four）是網路公民科學計畫之一；你可以藉由標示 HiRISE 所拍攝的黑色扇形物和暗斑影像，來幫助研究火星的天氣和氣候變化。光是第一年，此計畫就已經有超過八萬人參與，協助分析了將

近七百萬個扇形物和暗斑影像。

不需自備太空船，今天就上 http://www.planetfour.org/?lang=zh_tw 網站，開始你的火星探險任務吧！

(作者/Megan Schwamb 翻譯/周美吟)

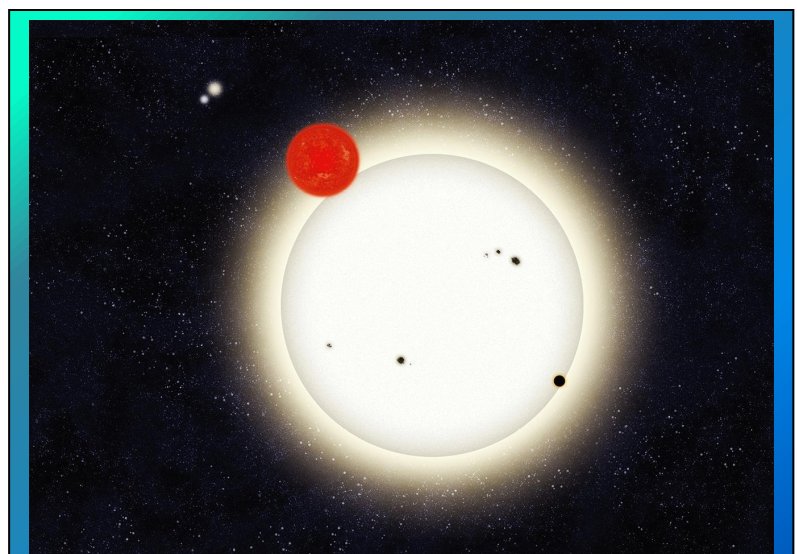
行星獵人 宅在家裡追星

系外行星，是繞著其他恆星公轉的行星。當系外行星經過母恆星前面（或稱「凌」），就會遮住少量恆星的星光，我們會看到母恆星亮度短暫變暗的現象；這信號傳達著：太陽系以外距離遙遠的某個恆星系統中，存在著另一個世界。星光轉暗的過程每公轉一回便發生一次，每次持續數小時或更久。從 2009 年迄今，美國國家航空暨太空總署(NASA)的克卜勒望遠鏡任務目不轉睛地監看同一小片天空裡 16 萬顆恆星的星光，追蹤它們是否發出行星凌的訊號。

行星大小不同，遮掩造成恆星亮度轉暗的程度也有差異。木星等級行星經過太陽大小的母恆星前面，帶來亮度變化程度頗大，約有 1%；岩質行星帶來的變暗效果則相對小很多，譬如地球造成的亮度下降程度只有 0.01% 而已！從地面上要偵測這麼小量的變化很困難，運作在地球大氣層以上的太空望遠鏡好比克卜勒則不同，由於觀測時間幾乎不需中斷，因此成為能同時對巨型氣體行星和類地岩質行星進行星光普查的不二選擇！想辦法知道各種類型行星的化學豐度，對瞭解行星形成和太陽系的成長史至關重要。克卜勒望遠鏡因為能偵測到小型岩質行星發生「行星凌」時所造成的微小亮度變化，因此能測量到適居帶（habitable zone）內與地球大小差不多的行星凌頻率；而這類行星的公轉軌道位在恆星周圍不太熱也不太冷的區域—即所謂的「高蒂拉帶」（Goldilocks region），其岩質地表因此仍有液態水存在。

克卜勒計畫團隊開發出自動化電腦演算法來研究克卜勒光變曲線（Kepler light curves）—依時序測量亮度變化以搜索行星凌過程發出的重複訊號。雖然目前候選名單中已有超過 3,000 個行星，但因許多已知的克卜勒亮度變化都頗複雜，很多週期都很短，特性描述甚難。即使電腦的表現已經好到令人一新耳目，但因為恆星本身亮度也可能有自然變化，導致電腦公式有時不易辨識出行星凌來。倒是擅長圖形識別的人類大腦，常不費吹灰之力就找到自動化複雜程式辨認不出的亮度變化。

克卜勒計畫裡觀測的 16 萬顆恆星，四年下來，每顆都累積了龐大資料量，沒有人有辦法單靠一己之力逐一檢視，但透過網路，卻可以找來很多人分擔這項任務。行星獵人計畫（Planet Hunters）用網路號召社會大眾一起幫忙，從克卜勒光變曲線公開資料庫裡找出有行星凌現象的行星。網站邀請參與者做很容易的事情：用畫框框方式在曲線上標記出發現有行星凌（曲線下沉上浮）的地方。簡單吧？任何人都幫得上忙，不需培訓，有電腦及網路瀏覽器（如微軟 IE、Chrome、Firefox、

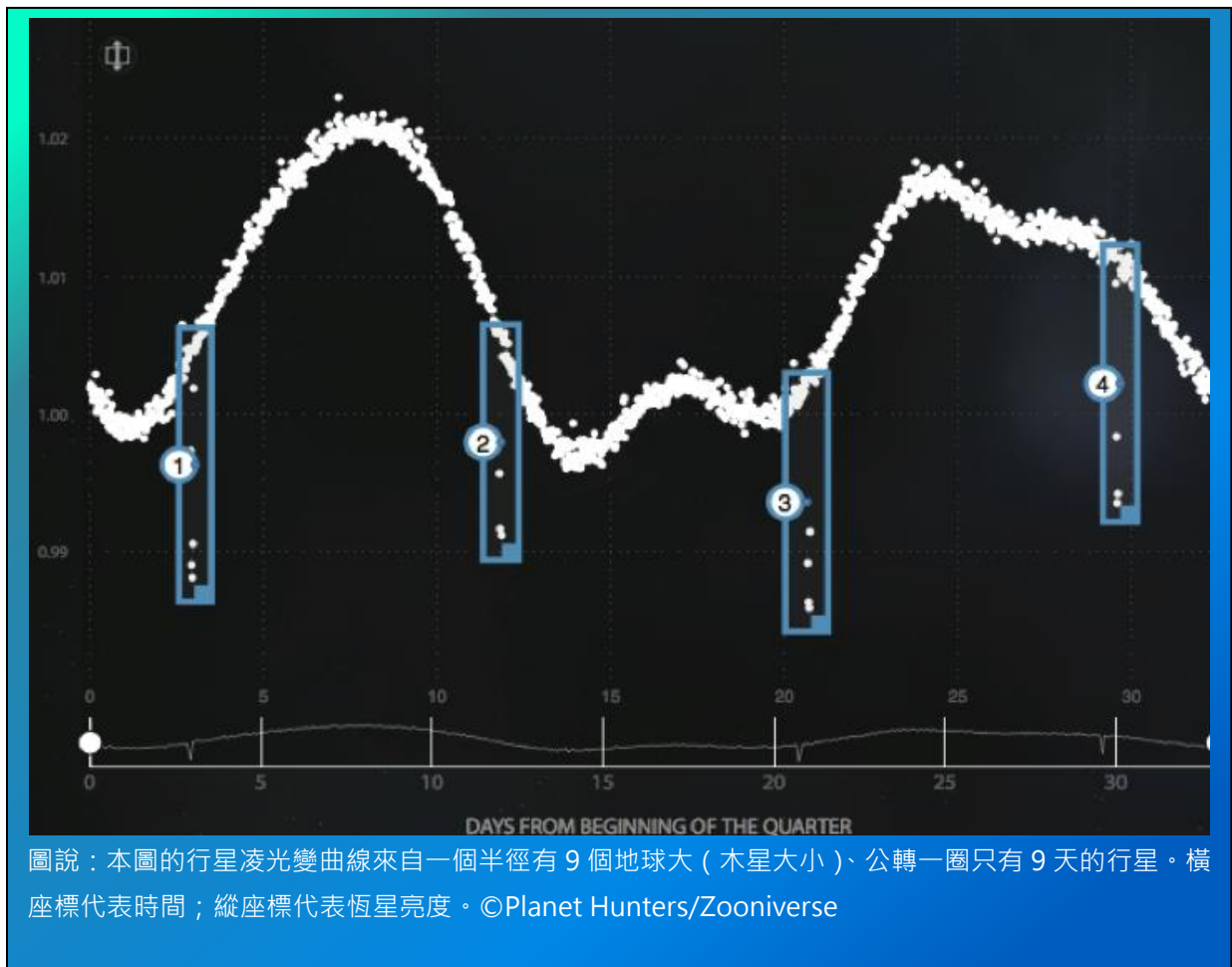


圖說：本圖為藝術家筆下的 PH1 四合星行星系統家族。

©Haven Giguere/Yale

Safari) 就行。目前全世界有 28 萬網路志工參與計畫，已完成分類的影像超過 2 千萬張。行星獵人計畫不只新鮮感十足，也填補了克卜勒科學團隊自動偵測演算法在辨識能力上的不足之處。

行星獵人這項針對系外行星族群的獨立調查計畫目前已近尾聲，迄今已陸續找到被自動程式錯過的一些候選行星。過去 3 年內行星獵人們發現的系外行星，包括很特別的 PH1 b—它是目前七顆已知有行星凌現象的「環雙星運轉行星」(circumbinary planet) 之一，這種行星會繞著雙星系統的兩顆恆星公轉；此外 PH1 b 也是首顆確定位於四合星系統內的行星。另一個例子 PH2 b 則是第一顆被證實軌道位於類太陽恆星適居帶內的木星級行星。除此之外，行星獵人們還找到了超過 40 顆被先前傳統方法錯過而沒發現的候選行星。



不過，這些發現只是克卜勒觀測資料的九牛一毛。到目前為止，經行星獵人們辨識過的克卜勒觀測資料僅僅佔全部資料的很小部分，被自動程式錯過的候選行星可能還有很多，正等著大家去發掘。計畫裡還有很多光變曲線尚待人眼辨識，快上網站 <http://www.planethunters.org/> 成為行星獵人。

系外行星，你來發現！

(作者/Megan Schwamb 翻譯/黃珞文)

編輯資訊

發行人\賀曾樸

執行主編\陳筱琪

美術編輯\蔡殷智

執行編輯\金升光、周美吟、曾耀寰、楊淳惠、蔣龍毅

網路版製作\陳筱琪

發行單位\中央研究院天文及天文物理研究所

地址\臺北市羅斯福路四段一號天文數學館 11 樓

電話\ (02)2366-5391

電子信箱\ epo@asiaa.sinica.edu.tw

天聞季報版權所有\中研院天文所

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。歡迎各界來信給我們，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『10617 臺北郵政 23-141 號信箱 中央研究院天文所天聞季報編輯小組收』；或是寄至電子信箱：epo@asiaa.sinica.edu.tw。



政府出版品（期刊類）編號（GPN）：

天聞季報海報版 2009905151

天聞季報網路版 4809905152

國際標準期刊編號（ISSN）：

天聞季報網路版（ISSN）2311-438X

Key title: Zhōng-yán-yuàn tiānwén suǒ tiān wén jìbào wǎnglù bǎn