

天聞

中研院天文所季報

ASIAA Quarterly Press

<http://www.asiaa.sinica.edu.tw>



中華民國 110年

春季號

電影中的天文

織女星Vega（圖片左上方最亮星），是電影《接觸未來》中，
主角穿越蟲洞與外星生命接觸的地點。©A. Fujii

電影講的是人的故事，而科幻電影則是利用我們對科學的想像延伸故事的場景。即便是場景，也因為它們的特性或限制增加了電影的戲劇張力。一般來說我們對電影裡科學的容忍底線，在於它們不能違背已知及已驗證的科學理論。另一方面，對許多還未驗證但難實現的科技就通融許多。本期將針對少數幾個科幻電影裡的天文或物理過場加以討論。

電影裡的時空旅行

作者 蔣龍毅

科幻電影裡最需要的過場場景就是時空旅行。由於相對論中闡明，有質量物體的運動速率永遠無法超越光速，而宇宙很大，因此在電影裡最常見透過 2 種超越光速限制穿越星際的方式：曲速飛行，以及進出蟲洞。

曲速飛行最常出現在《星艦迷航記》（Star Trek）的聯邦星艦企業號（Federal USS Enterprise）。航艦上具備一具超光速推進器（warp drive）。曲速飛行的太空船本身並非行進於時空中，而是壓縮或擴張前後方空間，藉著扭曲擠壓時空座標讓太空船以相當於超光速飛行。由於與相對論時空不同，已知相對論效應如時間膨脹在曲速飛行中不適用。但理論上要壓縮或擴張時空所需要的（負）能量十分巨大，已超出科學討論範疇。即使如此，曲速飛行並沒有想像中來得實用，無論是前後期影集或電影的算法，在高級曲速（相當於數千倍於光速速度）橫越本銀河系仍然需要數十年。

在星系間要更快速穿梭則可以藉由蟲洞。蟲洞為廣義相對論理論上連結宇宙中兩個不同時空的隧道。蟲洞首先是奧地利物理學家 L. Flamm 在 1916 年根據相對論提出，於 1935 年愛因斯坦與羅森對愛因斯坦場方程式的史瓦西（Schwarzschild）解做座標變換移除奇異點，產生一個特殊時空拓撲解，稱為「愛因斯坦 - 羅森橋」（Einstein-Rosen bridge），後來此類的時空隧道統稱為蟲洞。

蟲洞連接宇宙不同兩點的時空，理論上對時空旅行來說

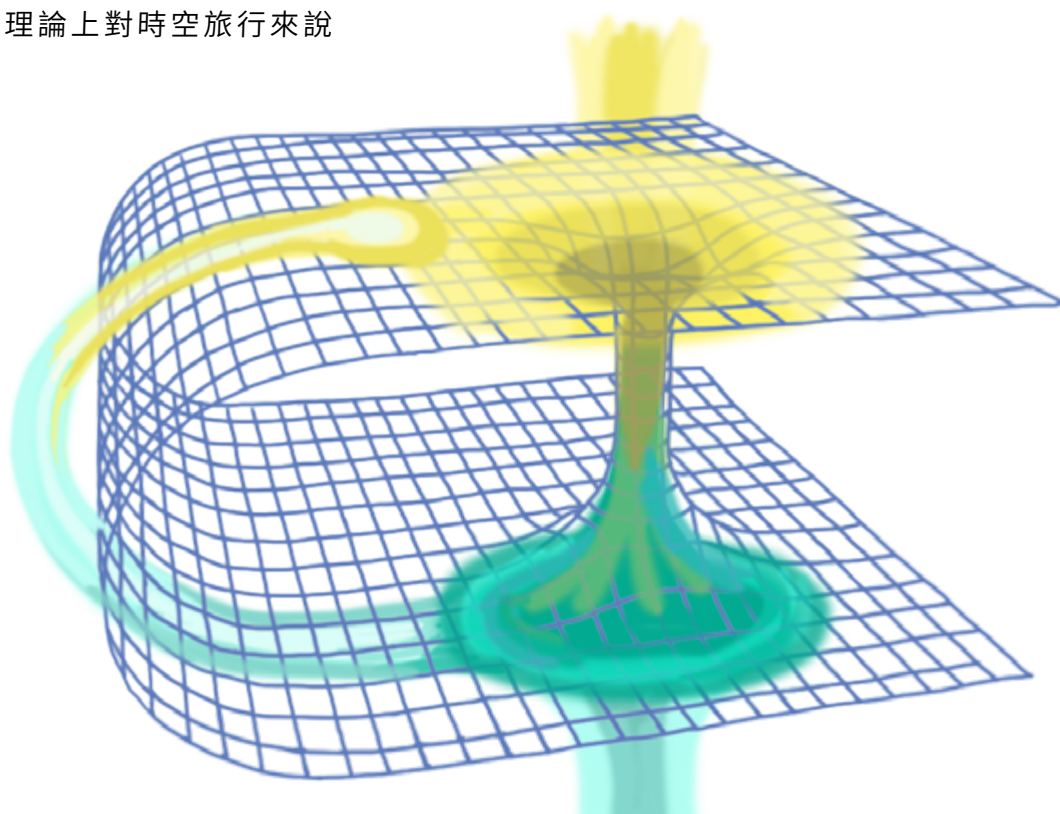
更為快速。這如同我們要從台灣到南美洲的巴拉圭，地表直線距離約 2 萬公里，但如果鑽地洞通過地心到達彼端的距離只有 1.3 萬公里。

即使愛因斯坦 - 羅森橋存在於愛因斯坦方程式，理論上卻十分不穩定容易崩陷，經計算只要單一粒子進入愛因斯坦 - 羅森橋立即崩塌。於是之後便有人研究了各種穩定可穿越的蟲洞理論，如利用具有斥力的負能量密度奇異粒子保持洞口暢通，或利用

宇宙弦作為隧道本身等等。

（註：宇宙弦為早期宇宙對稱性破缺相變而形成的一維拓撲缺陷，這種因相變產生的缺陷就好像水冷卻成冰所形成的裂痕。）

無論是哪種穩定可穿越的蟲洞，都僅僅止於理論上的討論，因為以上提及的蟲洞、奇異粒子、宇宙弦等等都仍未曾發現，更不用說人類自己創造出定點對定點的穩定蟲洞。可以確定的是，在可預見的未來人類只能利用電影中的蟲洞穿梭於星際。



看得透的電波望遠鏡

作者 曾耀寰

2020 年底發生一件令人惋惜的天文事件，維持了半個世紀全球最大口徑的阿雷西博電波望遠鏡（Arecibo radio telescope）竟然崩塌全毀。阿雷西博建成於 1963 年，口徑有 306 米，它的外觀不同於常見的可見光望遠鏡。當今一流的電波望遠鏡大多使用碟型天線，你可把天線想像成廚房的炒菜鍋，若從炒菜鍋上方，放手一顆顆乒乓球，乒乓球經過彎曲鍋面的反彈後，匯集到炒菜鍋上方的一點，電波望遠鏡的接收器大多會放在該處，默默地收聽來自宇宙的電波訊號。

阿雷西博的口徑紀錄直到 2016 年才被打破，除了三百多公尺口徑的壯觀，阿雷西博也常和尋找外星文明的研究有關，這也使得好萊塢電影將阿雷西博望遠鏡作為影片的場景。1995 年 007 系列電影《黃金眼》（GoldenEye）是最早的一部，布洛克斯南飾演的龐德和壞人在阿雷西博望遠鏡上方的接收器平台，有一場驚險的搏鬥。1997 年女星茱蒂福斯特主演的《接觸未來》（Contact）也有阿雷西博的身影，女主角是一位熱中於尋找外星文明訊息的女天文學家，她渴望透過電波望遠鏡能夠找到外星文明。

阿雷西博望遠鏡的崩塌主要是因為支撐鋼纜的斷裂，使得沈重的碟型天線整個塌陷。美國國家電波天文台的綠堤望遠鏡（Green Bank Telescope）也

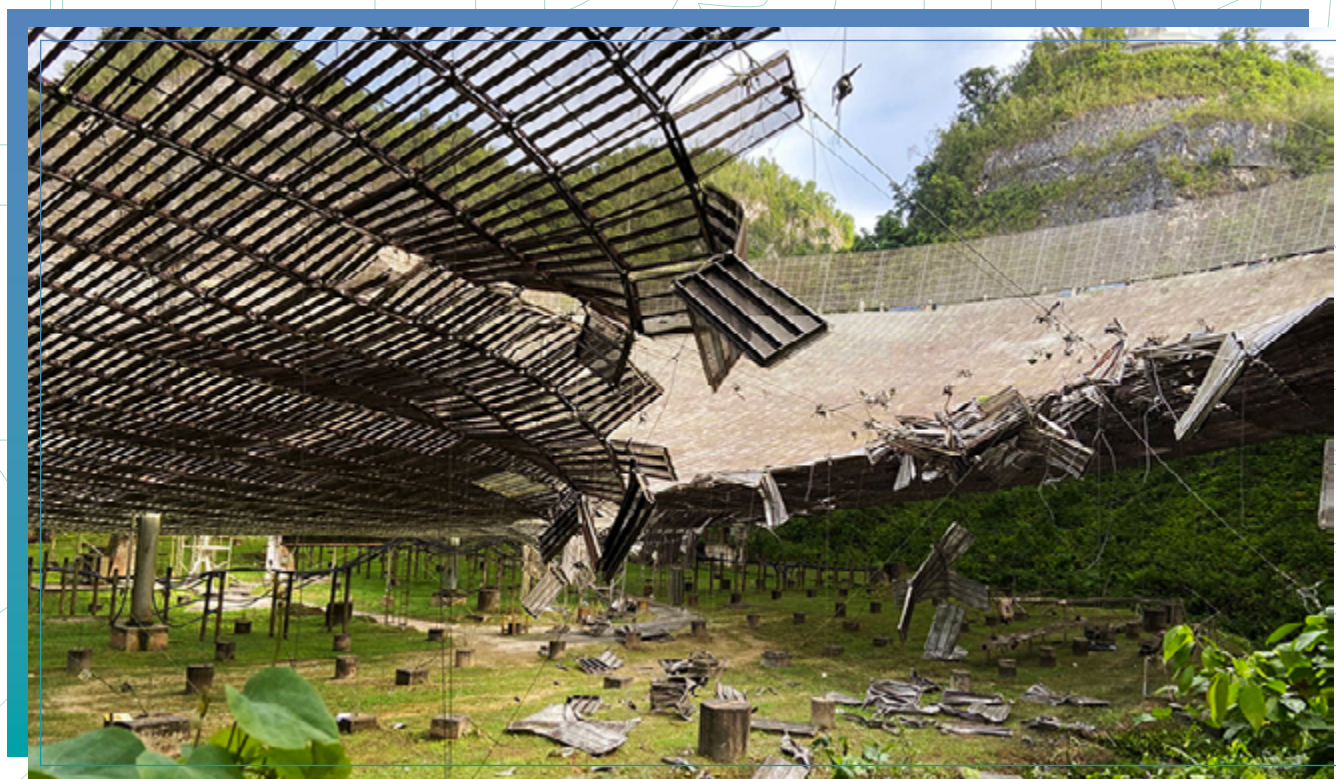
曾發生過類似的悲劇，1988 年 11 月 16 日的早上，91.44 公尺口徑、重達 600 噸的電波望遠鏡突然崩塌，這可是從 1966 年建造，一直是全世界最大口徑的可轉動式電波望遠鏡，經過 22 年的運作，也難逃地球重力的拉扯。電波望遠鏡使用超大口徑的天線是一種宿命，電波望遠鏡為求得高解析度，天線口徑必須越做越大，但本身重量的支撐是建造工程技術的難題。91 公尺口徑的天線都會崩塌，1963 年正式運作的阿雷西博，擁有 305 公尺口徑的碟型天線，天線上方的接收平台重達 900 噸，也許你會猜想 305 公尺口徑的天線最少超過一千噸，但實際上阿雷西博天線是用輕量的鋁片組成，《黃金眼》最後一場搏鬥就在阿雷西博天線上方的平台，壞人從接收器平台掉到碟

型天線，在撞擊天線表面時，激起塵土，就好像掉到水泥地面。事實上阿雷西博的天線不是一整片實心的球形反射面，而是由將近四萬片穿孔式鋁板拼成（鋁板尺寸大約 1 公尺×2 公尺），若從天線下方往上看，是可以看透鏡面，直入青天，就像看透一張巨大的球面蚊帳。

也許你不禁要問，這像篩子的碟型天線如何反射來自宇宙的電波訊號，電波不都漏到下方的地面？在回答之前，你可以先看看家裡的微波爐。當開始加熱食物時，你可以透過爐門看到裡頭的食物，難道加熱食物的微波不會漏出來，加熱你的眼睛？答案是不會！這是因為家用微波爐的波長是 12.2 公分，玻璃爐門有一層金屬網，上頭是許許多多的小孔洞，孔洞直徑大約 0.1 公分，波長

12.2 公分的微波無法穿透遠小於波長的空洞，你可以透過可見光看穿爐門，裡頭的微波卻出不來。阿雷西博的碟型天線也是一樣，阿雷西博專門接收波長 3 公分到 1 公尺的電波，就像微波爐一樣，接收的電波訊號可以被反射到天線上方的接收平台。長波的電磁波遇到遠小於波長的孔洞，會視作平滑的障礙物，產生反射現象。

科幻電影為了效果，常有過份強調的鋪陳，《接觸未來》當中的女天文學家拿著耳機收聽電波望遠鏡的『聲音』，就像專心聆聽收音機，等待外星人發出聲音，但這也太夢幻了，天文學家需要先將接收的資料儲存下來，經過一連串數學的資料處理，才能進一步做判斷。不過只要別太離譜，讓更多人喜愛科學、接觸科學都是好電影。



由阿雷西博望遠鏡底部往上看，可以看到上方支撐鋼纜的斷裂，使得沈重的碟型天線塌陷。© University of Central Florida





位於美國新墨西哥州的特大天線陣，也是電影接觸未來的拍攝場景之一。

©NRAO/AUI/NSF, Jeff Hellerman

「超級戰艦」的教訓 — 對外太空發射訊號， 會引來外星人嗎？

作者 周美吟

許多提到外星人造訪地球的科幻電影，起因是來自地球人發射出去的訊號。例如電影《接觸未來》，外星人因接收到地球溢散到太空的電視訊號，而傳送訊息來地球，讓人類建造出高科技的儀器與他們溝通。2012 年的電影《超級戰艦》，則是地球人發射訊號給可能有生命的系外行星，但反倒引來外星人派戰艦來攻打地球。所以，傳送訊息到太空中，真的會引來外星人嗎？

其實人類在 1974 年已經發射過電波訊號到太空中。當時位於波多黎各的阿雷西博天文台為了慶祝升級完成，向距離地球約 25000 光年的球狀星團 M13 發射了 1679 個二進位數字的訊息，歷時約三分鐘。若有高等文明接收到這串訊息，並將它分解排列成 73x23 的長方形影像，則可能看出地球人想要傳送的資訊。然而，即使 M13 球狀星團附近真有高等文明，接收到這個訊號並回信給我們，至少也要五萬年後，所以這是個宣示意味比較大的舉動。

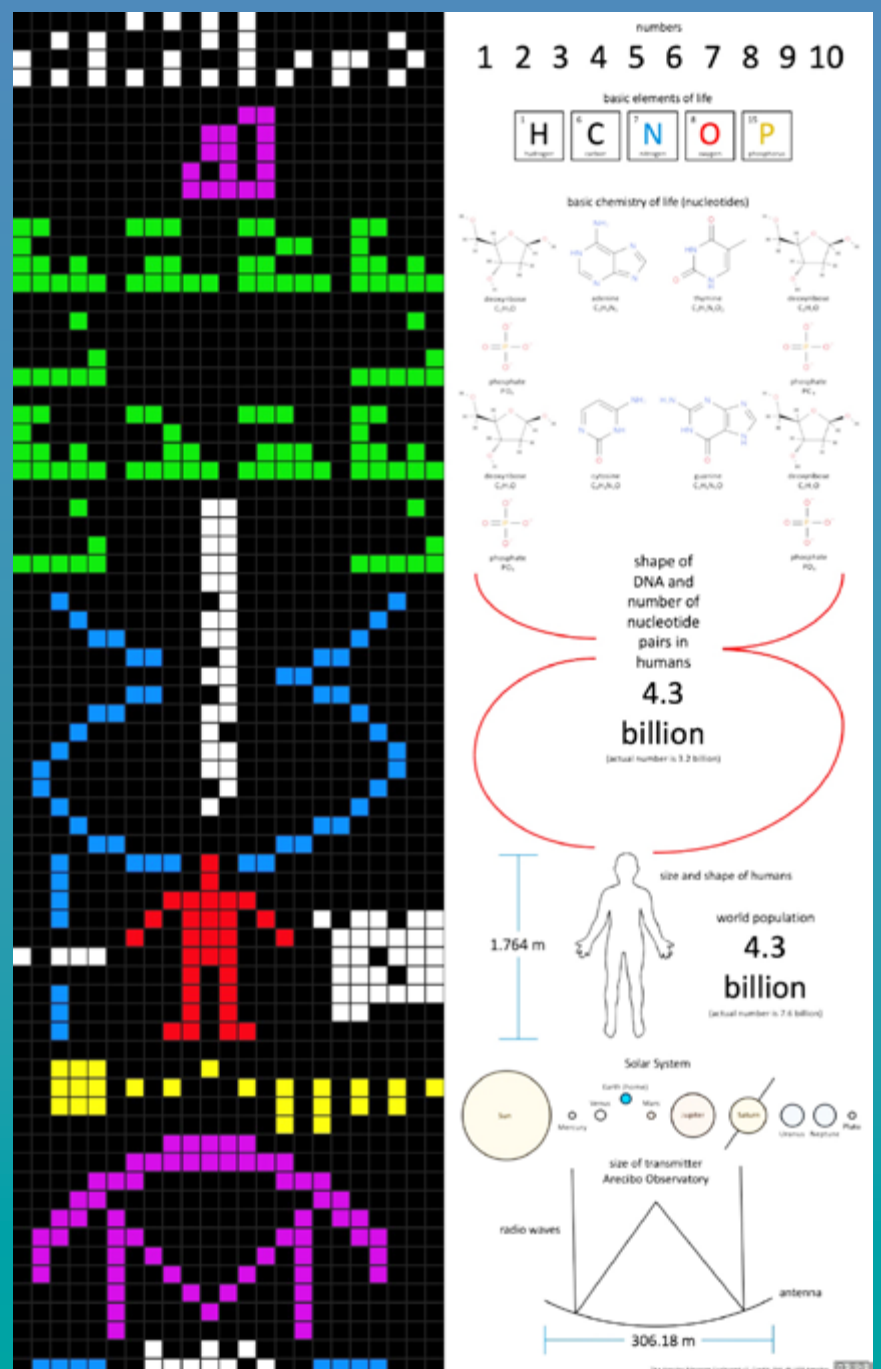
那麼，我們真的有收到外星人傳來的訊息嗎？1967 年英國的研究生貝爾（Jocelyn Bell Burnell），發現電波望遠鏡的觀測資料中有一個規律的

脈衝訊號，週期只有一秒多。這個訊號當時被懷疑是外星文明傳來的訊息，還暱稱為「小綠人 1 號」。但之後陸續在不同天區發現類似的脈衝訊號，才發現來源是快速自轉的中子星。1977 年美國的大耳朵電波望遠鏡，曾經在掃描天空時接收到一個明顯的窄頻信號，不像是來自太陽系內，訊號由於地球自轉持續了一分多鐘。當時發現這個訊息的天文學家興奮的在報表上寫上「Wow!」，但之後即使將望遠鏡對準相同的天區，卻再也沒有收到類似訊號，無法確認及解釋訊號的來源。時至今日，我們仍然沒有收到明確的外星文明訊息。

著名已故天文學家霍金曾經公開呼籲不要向宇宙發送訊息，以免不懷好意的外星文明來侵略地球。然而，也有些科學家不以為然，因為自 20 世紀人類開始用電波傳遞信息以來，難免有一些訊號已經溢散到太空中，而且現今科技要實現星際旅行難度仍然很高。雖然霍金懷疑外星人的善意，但他聯名支持 2015 年公布的突破聆聽（Breakthrough Listen）計畫，利用電波望遠鏡搜索外星高等文明。前搜尋地外文明計畫中心主任塔特（Jill Tarter，電影接觸未來的女主角即是以

她為範本）曾經在 2015 年來台，並在演講中提到：「搜尋地外文明就像拿著一面鏡子用更實用的方法在看自己。這面鏡子將人類的不同都抹去，我

們該思考的是我們和其他生命有多不同。而這也是為何科學的探索，對人類的長遠未來是如此重要。」也許知己知彼，才是在宇宙生存的法則！



（左）阿雷西博天文台在 1974 年往 M13 球狀星團發射的電波訊號，由 1679 個位元組成，可以分解排列成如圖示的二維影像。（右）解釋左圖各符號代表的意義。©PHL @ UPR Arecibo

繞著兩個太陽的行星，有可能存在嗎？

作者 劉君帆

第一部《星際大戰》（Star Wars）系列電影《四部曲：曙光乍現》（New Hope）中，路克天行者（Luke Skywalker）在父親與自己出生的沙漠行星塔圖因（Tatooine）上，看著兩個夕陽落下的一幕，一直是星戰迷津津樂道的經典鏡頭之一。電影上映於 1977 年，距離首次確認太陽系外行星的 1990 年代還有十數年之遙；太陽系是當時唯一已知行星系統，而且系統內只有一個恆星。電影裡描述的，茫茫大漠，兩次日落，的確是小說家能想像出的最奇幻瑰麗的場景。而現實中可能存在這樣的行星系統嗎？我們可以從推論的機率以及實際觀測的結果來探討。

首先，銀河系內的雙星系統比例究竟有多少？天文學家曾經以為銀河系內的恆星大多是二個或以上同時形成，而像太陽這樣孤單的恆星反而是特例。2000 年以降的研究發現，事情比想像中複雜：雙星系統的比例大致隨著恆星質量減少而減少，如大約 60% 的 B 型星會產生在多星系統內，如同太陽質量的 G 型星約有一半的機率產生在多星系統內，而只有約 30% 的低質量 M 型星是處在多星系統中。由於低質量 M 型星佔恆星數目的最大宗，整體來說銀河系中的恆星仍以單星系統為主。

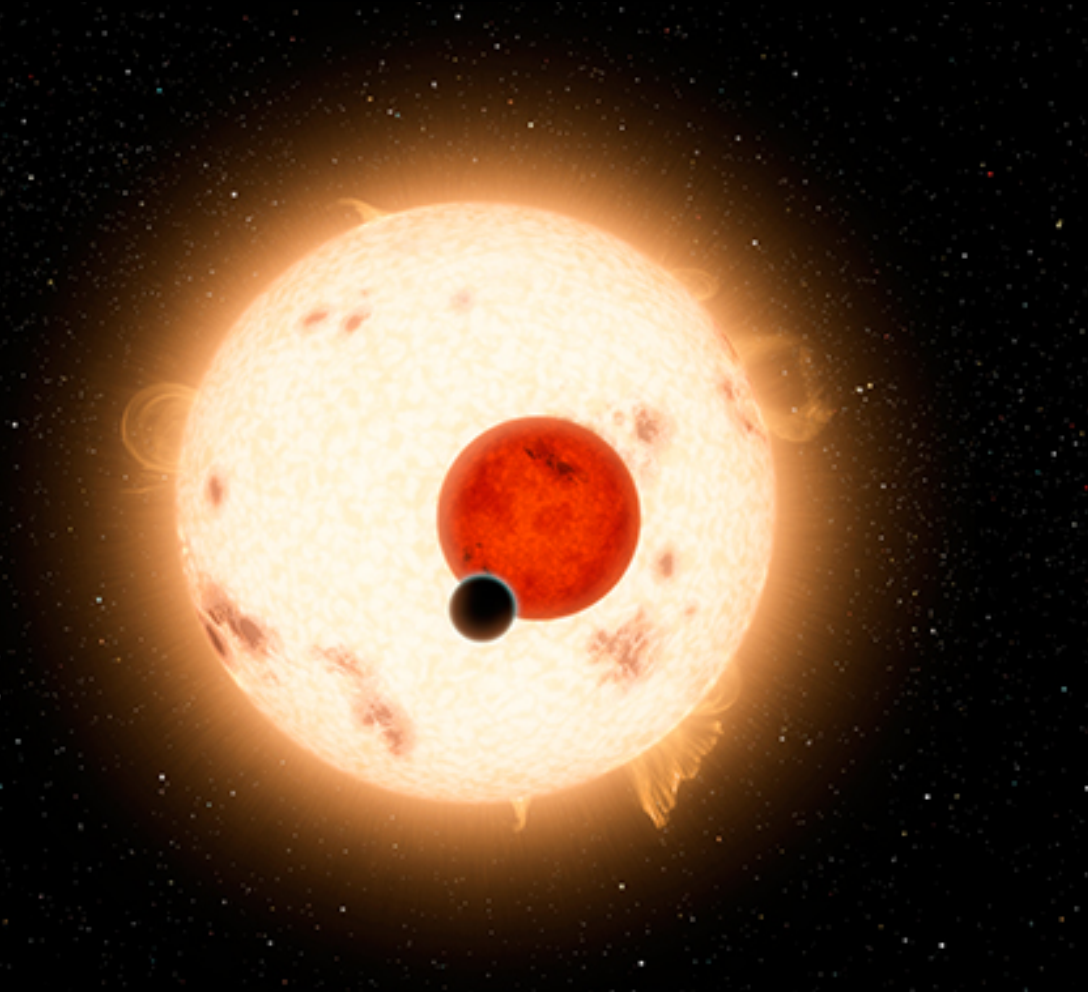
再則，能在雙星系統內發現行星的機率多高？目前理論預測行星主要形成於恆星周圍的拱星盤上，並且通常需要百萬年以上的時間，如果拱星盤無法長期穩定存在，難以形成行星。雙星系統本身重力不穩定，拱星盤很容易因為恆星相互的重力擾動而無法維持穩定軌道甚至消散。最有可能在雙星系統內發現行星的位置是在兩個恆星互繞的軌道之外，也就是行星是以雙星重心為其中一焦點的橢圓軌道上。

實際上天文學家是否觀測過雙星系統裡的行星呢？最早被發現的例子並非環繞兩個像太陽一樣的主序星，而是環繞一對已經進入生命末期的中子星－白矮星系統，因為無法只用雙星互繞解釋中子星發出的細微脈衝訊號變化，而最可能的原因是系統中有一個大約 2.5 倍木星質量的大型行星。克卜勒太空望遠鏡（Kepler Space Telescope）於 2009 年升空，其靈敏的凌星（transit）探測技術，在 2011 年 9 月發現了 Kepler-16b，是首個被證實環繞雙主序星系統的行星，以 229 天的時間環繞雙星一週。Kepler-16b 的特殊之處在於其距離雙星系統質心只有 0.7 天文單位，比預期的最小穩定軌道還要近一半，但是這個雙星系統是表面溫度僅有 3300 與 4450 K 的低質量

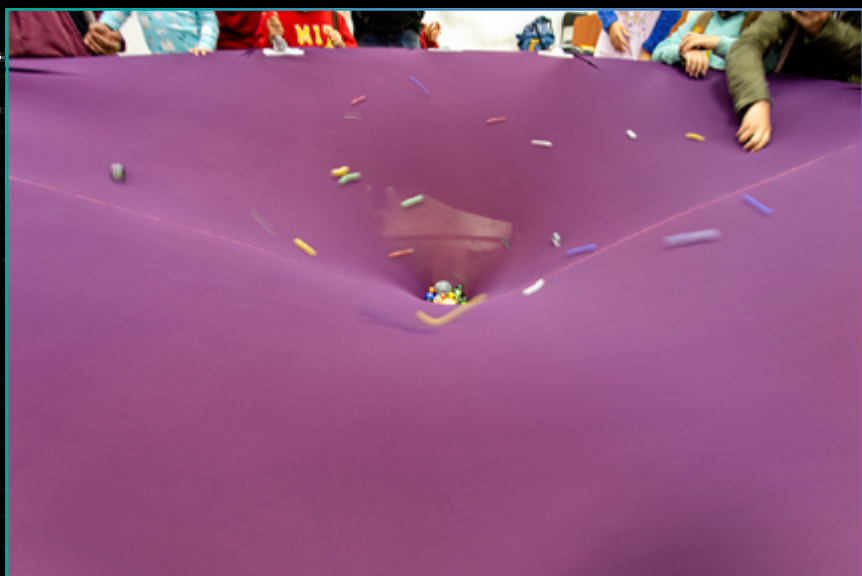
恆星，使得行星的表面溫度只有不到 200 K！Kepler-16b 被暱稱為「塔圖因」，但是不像電影裡的大漠景象，這個行星應該是類似土星的氣體巨行星，所以可能根本沒有可以「著陸」的地方，而且溫度極低，要在上面找到天行者家族的機會應是微乎其微。

在克卜勒太空望遠鏡 9 年多的服役期間，發現了超過 2600 個行星系統，只有 10 個確認為雙星系統，代表環繞雙星系統的行星可以存在，但仍是滄

海一粟。於 2018 年 4 月升空的 TESS（Transiting Exoplanet Survey Satellite），觀測涵蓋比克卜勒太空望遠鏡大 400 倍的天區，接續其尋找適居區行星的任務。其累積的資料已部分以公民科學的形式公開，得以在 2019 年讓一位高中生在資料中找到一個環繞雙星系統的行星候選者，被稱為 TOI 1338b。或許努力的尋找，你也有機會發現下一個環繞雙星的行星，說不定真實世界中的場景會比電影裡描述的更不可思議！



插畫家筆下的 Kepler-16 雙星與行星系統。較大較亮的恆星是質量約 70% 太陽質量，表面溫度約 4450 K 的 K 型星，較小較紅的恆星是質量約 20% 太陽質量，表面溫度約 3300 K 的 M 型星。中央黑色物體即為正處於凌星狀態的行星 Kepler-16b。© NASA/JPL-Caltech <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA14724>



本所教育推廣團隊於 2020 年 12 月 11 日受邀至台藝大「可見與不可見之間——天文工作坊」，介紹「星系動物園」、「紅外與紫外線觀測」、「時空變形模擬台」及觀星 app 和流星雨預告，與民眾一探宇宙中可見與不可見的真實！© 台藝大有章博物館

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 | 王祥宇。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、蔣龍毅。
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。