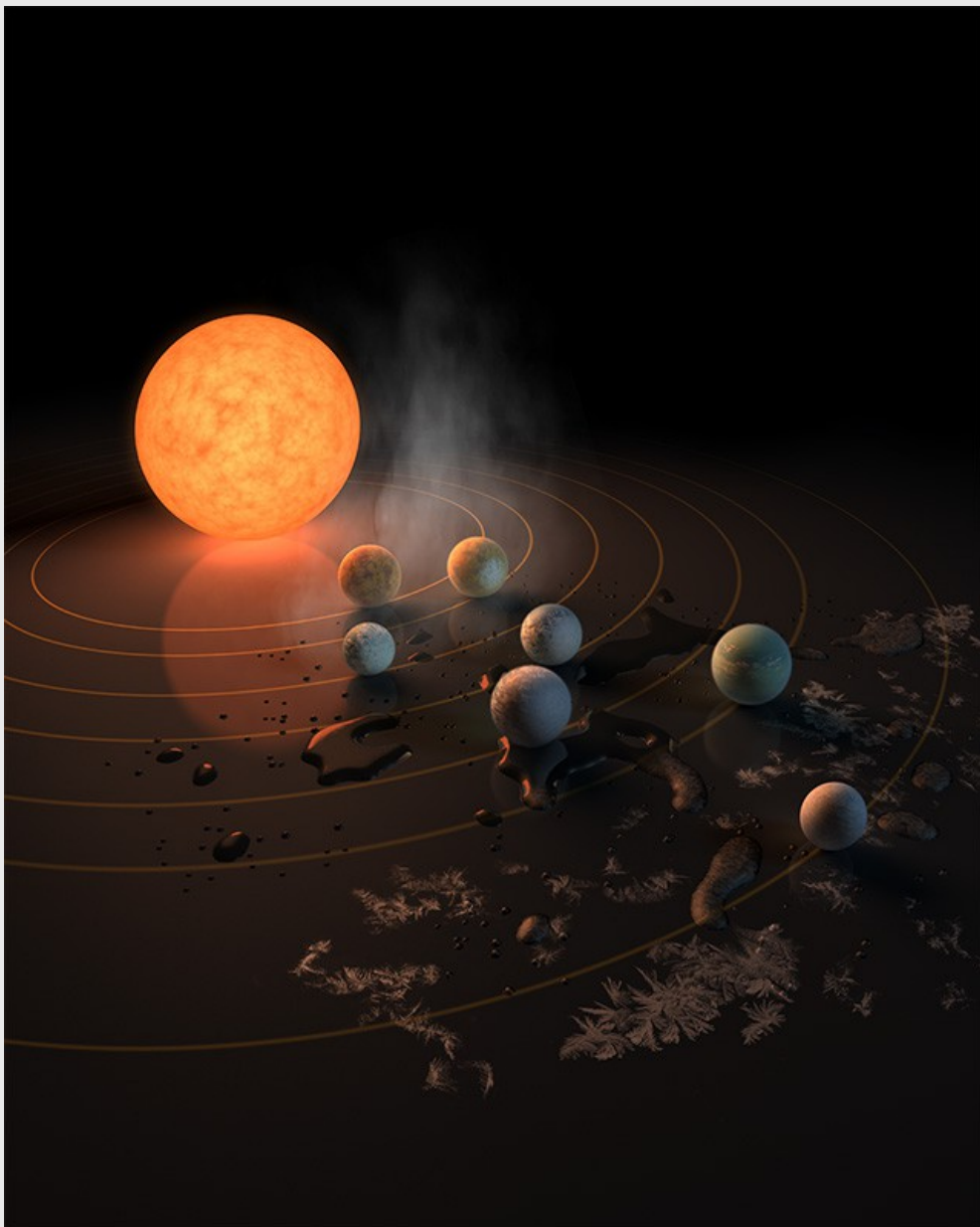




## TRAPPIST-1 四十光年外的喜訊

戴淨妍 文

2017年2月22日這天，科學界一陣騷動，全因為美國國家航空暨太空總署（NASA）於《Nature》上發表的標題為《七顆類地行星繞TRAPPIST-1運行》的論文，其內容針對了TRAPPIST-1恆星帶發現的七顆類地行星進行研究結果發表。讓人興奮的是：研究結果指出，TRAPPIST-1星系中的三顆行星位於適居帶。



《Nature》2017年2月23日的雜誌封面，圖中為TRAPPIST-1及七顆行星  
國立交通大學機構典藏系統版權所有 Produced by IR@NCTU

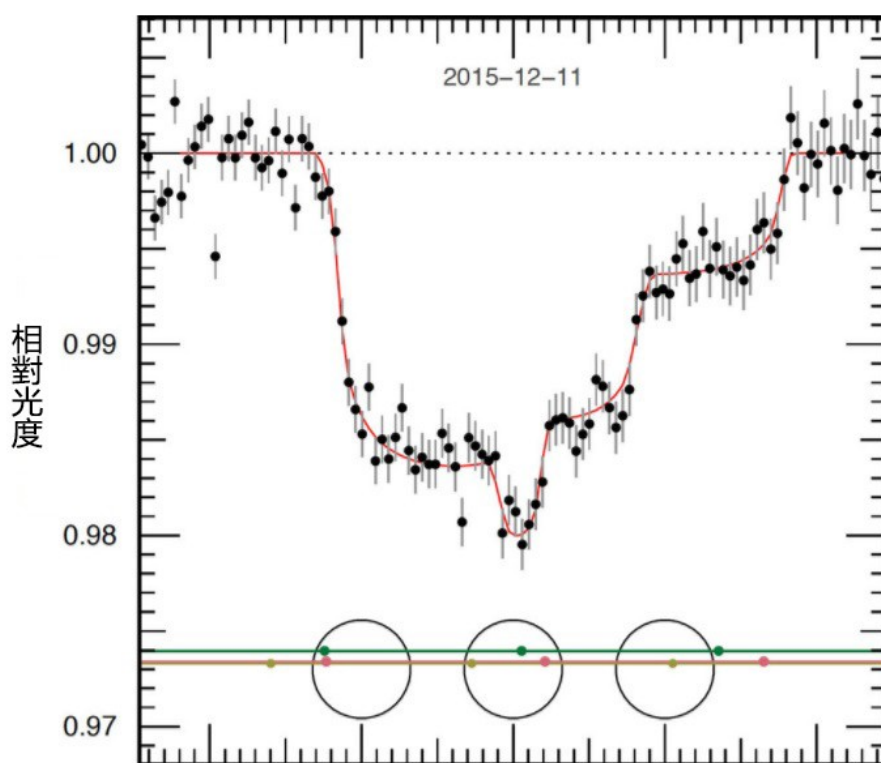
《Nature》2017年2月23日的雜誌封面，圖中為TRAPPIST-1及七顆行星的想像圖。(圖片來源 / NASA網站)

## 厚積薄發 TRAPPIST-1的發現過程

天文界不斷致力於尋找位於適居帶(液態水能夠存在的區域)，並且與地球相似的系外行星，這個目標需要花費大量的時間進行研究，而TRAPPIST-1星系的探尋過程便是其中一例。TRAPPIST-1的官方網站提到，2010年，凌星行星及原行星小望遠鏡(TRANSITING PLANETS AND PLANETESIMALS SMALL Telescope, TRAPPIST)於智利的拉西拉天文台(La Silla Observatory)正式啟用，而後於2013年，TRAPPIST於12秒差距(約40光年)外首度發現了一顆超冷紅矮星，發現者因此將其命名為TRAPPIST-1。

根據論文所述，NASA於2015年透過凌星測光法，首度發現了TRAPPIST-1中的三顆行星。所謂凌星(Transit)指的是行星經過地球與恆星之間時，地球上的觀測者發現恆星星光被遮蔽的現象；而凌星測光法則是利用當凌星現象發生時，望遠鏡觀測到的母恆星光度暫時降低來確認系外行星的存在。不過此次觀測結果由於訊號雜訊較多，沒有得到較為精確的數據。

而後於2015年12月，透過安裝在智利超大型望遠鏡(Very Large Telescope, VLT)上名為HAWK-1的紅外線成像儀蒐集而來的數據，繪製出光變曲線圖，發現了三重的凌星現象，因而得出了TRAPPIST-1c、TRAPPIST-1e及TRAPPIST-1f三顆行星於TRAPPIST-1星系的相對位置及大小。此次的成功讓NASA極為振奮，因此規劃了更加縝密的光度追蹤計畫。



0.54      0.56      0.58      0.60      0.62

儒略日 - 2,457,367 [day]

HAWK-1於2015年12月11日在TRAPPIST-1上測到的凌星光變曲線圖。

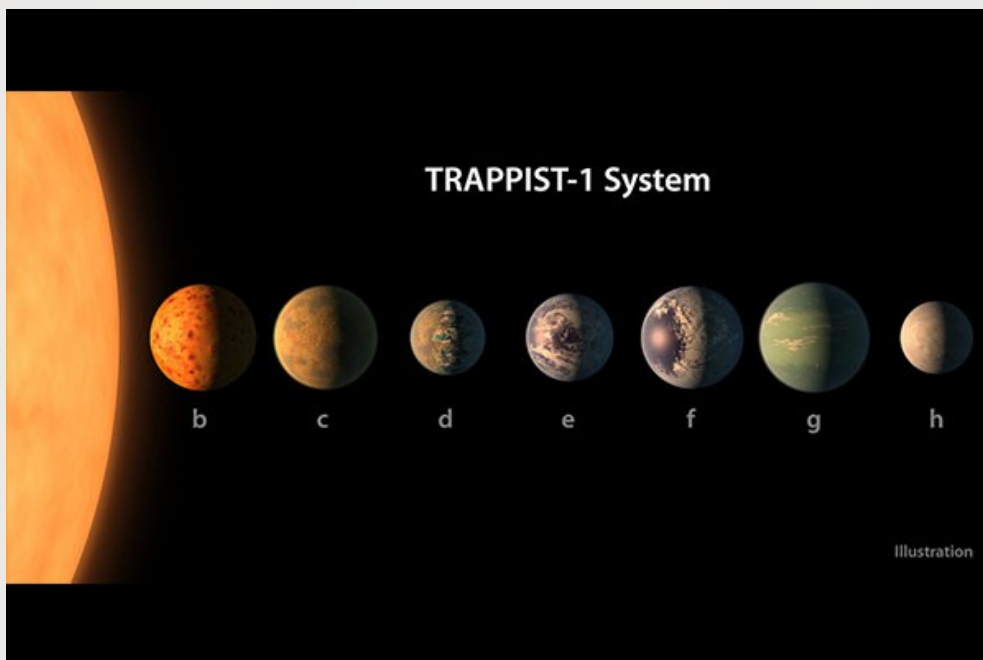
( 圖片來源 / 戴淨妍重製 )

資料來源：《七顆類地行星繞TRAPPIST-1運行》論文

## 大發現！ TRAPPIST-1的七顆行星

2016年，NASA利用史匹哲太空望遠鏡 ( Spitzer Space Telescope ) 展開了一系列探索TRAPPIST-1的行動。在行動中，此望遠鏡以波長4.5微米的紅外線模式，穿透銀河系中密集的塵埃，蒐集了TRAPPIST-1的凌星數據，竟然出現意料之外的光變曲線，科學家斷定這些光變曲線不可能全部來自於先前發現的三顆行星。經過了持續二十天不間斷的監測，終於確定了另外四顆行星的存在。

研究團隊將得到的大量光度數據分為三個階段分析。首先，他們將全部的光度數據利用馬爾科夫蒙特卡洛方法 ( Markov chain Monte Carlo, MCMC ) 分析，得出每顆行星精確的凌星徑向、速度與週期，再搭配凌日時間變分法 ( Transit Timing Variations, TTVs ) 驗證，完成光變曲線圖；第二階段則利用光變曲線圖，計算出行星各自的軌道週期與星體大小；最後再進行數值計算，得出行星的質量及軌道離心率，進而推論行星的主要組成物質。而最外層的TRAPPIST-1h則因為數據不足，無法進行推論。



根據研究數據所繪製的TRAPPIST-1星系的想像圖，顯示了TRAPPIST-1與七顆行星的相對位置與大小。( 圖片來源 / TRAPPIST-1官方網站 )

結果發現，七顆行星中有五顆 ( b、c、e、f和g ) 的大小與地球相似，另外兩顆 ( d和h ) 的大小則介於火星與地球之間。研究團隊推論，較內部的六顆行星 ( b、c、d、e、f和g ) 是以岩石為主要成分的類地行星，因為質量比與木星的伽

國立交通大學機構典藏系統版權所有 Produced by IR@NCTU

利略衛星相似，有可能會步上與之相同的歷史；而最外層的TRAPPIST-1h則是以揮發物質（例如氫氣、水、二氧化碳等）為主要成分。

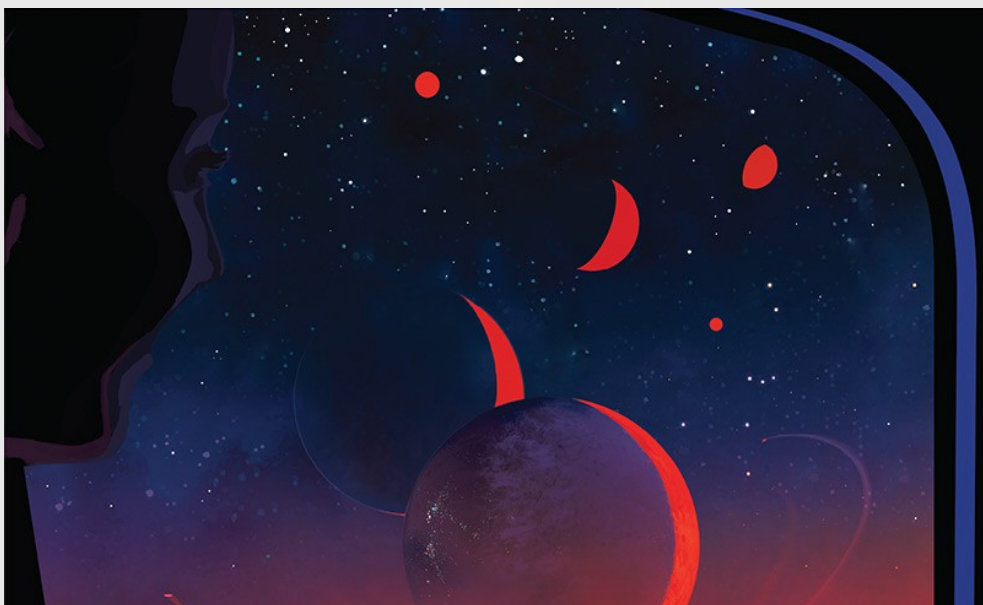
另外，讓科學家十分興奮的是，較內部的六顆行星的軌道偏離率全部小於0.1，與地球十分相似。根據維基百科的解釋，軌道偏離率指的是行星近日點和遠日點間的差距，數值越大代表溫差越大，越不適合生物居住。舉例來說，現今地球的偏離率小於0.02，若假設地球的偏離率變為0.25，海水便會在全部蒸發和全部結冰的狀態下不斷徘徊，而無法適應極端環境的人類將會因此滅亡。

## TRAPPIST-1的意義 科學家們為何激動？

此次研究成果讓科學界激動無比，因為他們第一次在距離太陽系如此近的地方發現那麼多不僅在適居帶範圍內，更與地球大小相近的類地行星。《七顆類地行星繞TRAPPIST-1運行》一文中提到，TRAPPIST-1b、TRAPPIST-1c及TRAPPIST-1d三顆行星與恆星的距離適中，星球表面的溫度允許液態水存在，因此屬於適居帶範圍。未來若是行星經過初期變動後仍有水分留下的話，將能以液態的形式存在於地表上，成為生物得以生存的重要物質。

然而，適居帶只是液態水是否能存在的一個條件，並不代表真的適合生物居住。此次研究較為實質的重大突破為系外行星的軌道共振與行星大氣層分析兩個方面，這全導因於TRAPPIST-1本身的特殊條件：六顆行星組成了軌道共振，但整體規模卻極小。

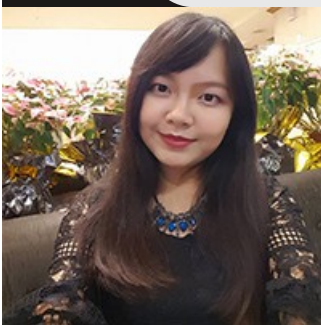
TRAPPIST-1的行星群為目前發現最長的近共振鏈：高達六顆行星的週期呈現小數值的整數比，在軌道共振的作用下互相影響、牽制。而TRAPPIST-1也因為規模較小並且有凌星現象可供觀察，讓科學家能藉由大氣層光譜研究行星大氣層內的物質。根據論文所述，目前科學家已將大氣層的光譜研究從一維提升至三維，未來我們可以透過模擬的大氣循環系統，更詳細的了解TRAPPIST-1行星內部的物質。





此張海報為想像圖。人類如果在TRAPPIST-1e上，可以在天空中清楚看見TRAPPIST-1的其他行星。（圖片來源 / [NASA官網](#)）

TRAPPIST-1的研究結果讓科學家相當正面看待未來的太空研究，這對全人類來說是一大喜訊。或許在不久的將來，真能在太陽系外發現生物的存在，又或者某一天太空飛行有了突破性的發展，人類可以親自造訪四十光年外的TRAPPIST-1！



記者 戴淨妍



編輯 戴葦婷

