

精彩的行星元素

文／陳輝樺

摘要

近年來，天文觀測上已發現近 2,000 顆太陽系外行星，甚至有極像地球環境的「超級地球」存在。但另一方面，最近末日謠言不斷，日本爆發地震、海嘯，澳洲、泰國洪災肆虐，各地火山持續爆發，還有大量鳥類、魚類死亡……。天有異相，民眾擔憂難道地球真的即將毀滅、人類文明就要消失了嗎？本館體會社會大眾對此類問題的好奇，將於年中推出有關毀滅與重生的主題特展，以科學角度來探究地球的前世與今生。本文先探討行星與生命的起源，介紹地球奇妙的幾種大自然現象，以圖文並列的方式說明「行星系統誕生的秘密—扁平化的塵埃盤面」來想像太陽和地球是怎麼形成的？以「行星形成球狀的過程—神秘的重力與磁場」來探究球形地球與磁圈，介紹「潮汐力的作用—重力位差引起的周期性機制」來推測生命誘發的機轉，「生命的起源—第二代行星的奧秘」來講述超新星爆發帶來的影響，「彗星帶來生命的基本物質—氨基酸」來推測恆星在形成過程可能同時造就出生命行星的環境。

關鍵詞：行星系統、塵埃盤面、潮汐力、生命素材、彗星

近年來，天文觀測上已發現近 2,000 顆太陽系外行星，甚至有極像地球環境的「超級地球」存在。但另一方面，最近末日謠言不斷，日本爆發地震、海嘯，澳洲、泰國洪災肆虐，各地火山持續爆發，還有大量鳥類、魚類死亡……。天有異相，民眾擔憂難道地球真的即將毀滅、人類文明就要消失了嗎？本館感受到社會大眾對此類問題的好奇，將於年中推出有關毀滅與重生的主題特展，以科學角度來探究地球的前世與今生。本文先以「精彩的行星元素」來探討行星與生命的起源。

為什麼行星表面會出現如此精彩而生態盎然環境呢，讓我們從幾種大自然現象來解釋。

行星系統誕生的秘密 — 扁平化的塵埃盤面

太陽和地球是怎麼形成的？圖 1 是雛恆星誕生時的景觀想像圖。在一片濃密的旋轉塵埃與雲氣中，一顆新恆星誕生於旋轉盤面的核心。恆星誕生初期，在兩極呈現噴流和強烈的輻射光。



圖 1. 雛恆星誕生時的景觀想像圖(影像取自 ESO/L. Calada)

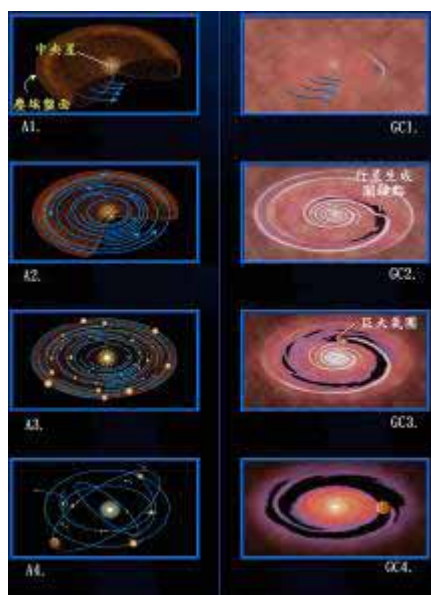


圖 2. 行星系統的形成(影像取自 ESA/NASA 和 A. Feild)

其後，一個環繞著恆星而轉的行星 (planets) 系統形成了。天文學家提出吸積模式和氣體塌縮模式來解釋：

一、吸積模式 (Accretion model)：(圖 2 中 A1~A4)

1. 環繞恆星旋轉盤面上的塵埃微粒，先是透過非重力吸引的碰撞形成微行星 (planetesimal)。
2. 微行星逐漸成長且向環繞恆星的盤面靠近，形成初期的行星體。
3. 接著在環繞恆星的盤面氣體消失前，大型的氣態行星形成了。
4. 大型氣態行星再經散射和碰撞之後，留下了微行星和初期的行星體。

二、氣體塌縮模式 (Gas-collapse model)：(圖 2 中 GC 1~GC4)

1. 由塵埃微粒和氣體形成的原行星旋轉盤面 (proplanetary disk) 環繞恆星。
2. 但是因重力盤面的不穩定而使氣體叢聚，是行星初期生成的關鍵點。
3. 塵埃微粒經過凝結、沉澱而於原行星 (proplanetary) 中心形成行星核。
4. 行星核持續從旋轉盤面中吸收氣體與塵埃，盤面上出現寬廣的間隙環帶。

行星形成球狀的過程—神秘的重力與磁場

若我們居住的地球是個平坦的天地將會是如何的情景，你可能難以想像。但是，球狀的行星是如何形成的？行星的外觀會呈現球狀是因為重力（或稱萬有引力、地心引力）使得物質向球心凝聚，再經擠壓過程造成球形外觀的星體，也使得它們上面的物體得以被束縛不致於飄無定所。

另一方面，地函內因帶電的熔岩漿流動而造成地磁，也使得地球上空存在著電離層，而於地球大氣層外則形成磁層與范艾倫帶。正因為如此，若有由外侵入的帶電粒子，必然受到電磁作用的規範，保護生存於地球表面的生物，不會隨時隨地遭到強烈電磁的傷害。

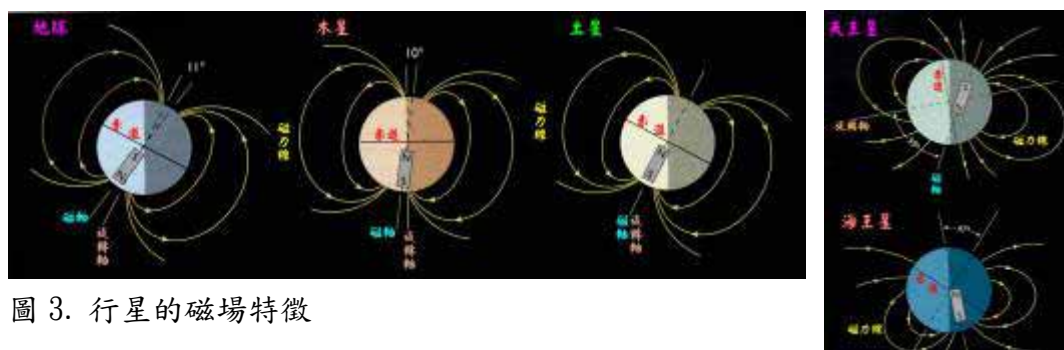


圖 3. 行星的磁場特徵

一個帶電體流動會造成鄰近的磁場。觀測行星的磁場大小、發現水星、金星和火星的磁場都很小，而地球、木星、土星、天王星、海王星的磁場並不會和自轉軸一致，且行星的內部磁場並沒有貫穿整個行星。科學家推測行星的磁場可能與它內部帶電溶岩的流動及外部太陽風帶來的大量帶電粒子有關，所以行星的磁場會隨著時間而演變。圖 3 中水平方向即為行星繞行太陽公轉所在的黃道面。

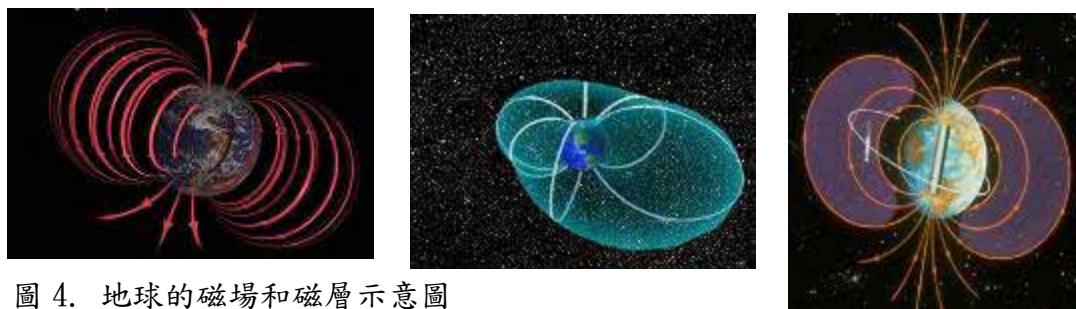


圖 4. 地球的磁場和磁層示意圖

地球周圍以地磁為中心的磁場由帶電離子組成，受太陽風的影響常變化形狀。它們是避免地球受外來帶電粒子襲擊的太空防護罩。

潮汐力的作用—重力位差引起的周期性機制

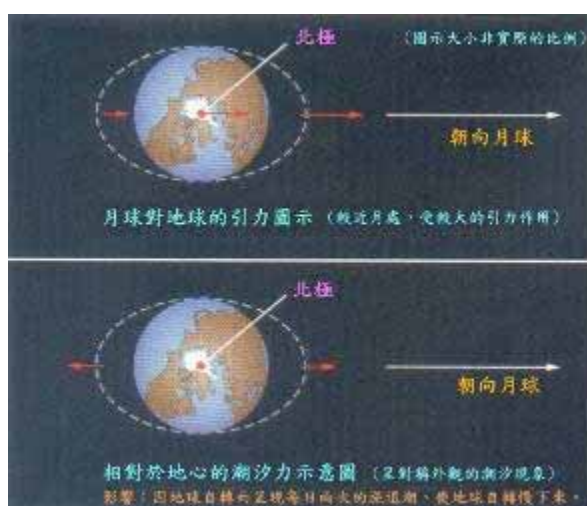


圖 5. 潮汐

海邊的居民或是海釣客常會留意到海水每天有漲潮和退潮的規律現象，你知道是什麼原因嗎？這是月球對於地球表面的引力（或稱為「潮汐力」）所造成的影響，因為地球規律地自轉、公轉和月球繞行地球規律的運動，使得地球上潮汐的起落有規律的周期變換，因此地球表面的生態環境得以孕育、繁衍與規律作息。另一方面，分布在地球內部之物質，也會因為潮汐力的作用而互相推擠，使得星球內部增溫，也因此冰冷外表的星體內部擁有生物賴以維生的液態水等溫熱液體。

生命的起源—第二代行星的奧祕

地球上多樣性動植物，必然有多樣性的組成元素。那麼，元素周期表上百種原子是怎麼來的？生命起源的有機物，可能是伴隨著恆星的形成和持續穩定的紫外光輻射而來，因此星際間可說是充滿有機分子。依據天文物理學家們的推測，太陽並不是一顆原恆星，而是由原本在此處附近發生超新星爆發的殘留雲氣所凝聚而成的二代恆星，目前在天文觀測上也找到了確切的證據。

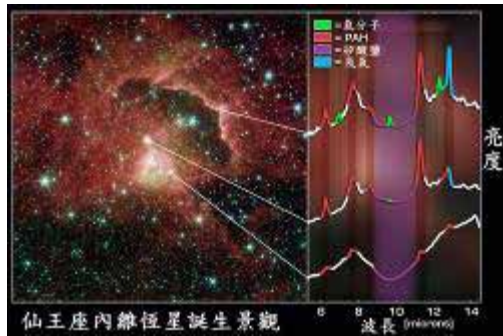


圖 6. 揭示恆星誕生的故事 (影像取自 NASA/JPL-Caltech/J. Ingalla 和 S. Carey)

由史匹哲紅外光太空望遠鏡偵測的光譜分析，揭示了仙王座內雛恆星如何在塵埃瀰漫中展開明亮燦爛的生命歷程。圖 6 中央綠黃色的雛恆星尚處於生命初始的第一個階段，雛恆星內部與其周圍環境仍然籠罩著恆星初出生的元素，亦即充斥著熱氫氣電離子，及其周圍的塵埃和分子雲氣被加熱、吹離的情景。

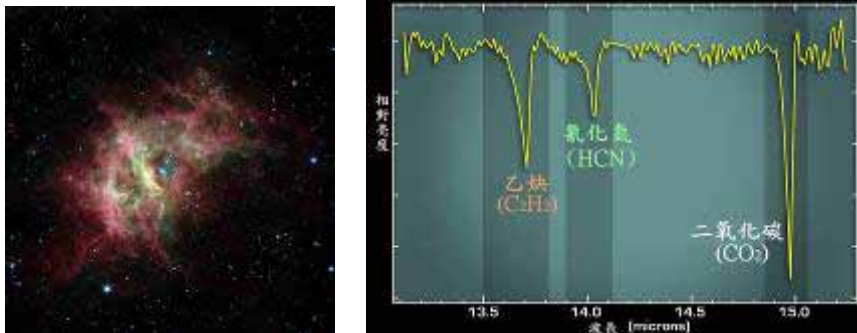
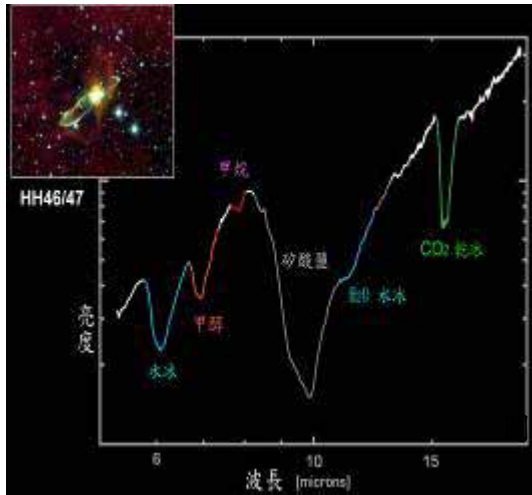


圖 7. 在行星帶找生命的元素 (影像取自 NASA/JPL-Caltech/E. Churchwell 和 F. Lahuis)

史匹哲太空望遠鏡位在距離我們約 420 光年的金牛座內的 5 個雛恆星的行星形成盤上。由望遠鏡首度發現剛形成的小行星體正在清除行星帶盤面上稠密的塵埃與氣體，並且發現了行星帶上大量含有水、甲醇 (CH_3OH) 和二氧化碳等有機物質塵埃。另外發現一顆如太陽大小的雛恆星 IRS 46，在其環繞的塵埃與氣體雲氣中找到 DNA 和蛋白質的基本元素，此顯示這些剛形成類地行星體的行星帶上滿布著氰化氫 (HCN)、乙炔 (C_2H_2) 和二氧化碳等有機物。或許地球的初期形成的情景也是如此。

彗星帶來生命的基本物質—氨基酸

彗星常被認為是太陽形成時的遺留，是探究太陽的考證與寶藏，它所擁有的有機物質成分會帶來何等的生命驚奇呢？歷經觀測驗證，或許它們的蒞臨也是我們地球上多元生命的起源之一。



8. DNA 部分材料和蛋白質環繞在恆星附近
(影像取自 NASA/JPL-Caltech/L. Armus)

史匹哲太空望遠鏡在環繞 HH46/47 離恆星的塵埃漩渦中，首次發現了包括部分 DNA 分子和蛋白質等組成生命的基本物質。代表性的氣體有乙炔 (C₂H₂)、氰化氫 (HCN) 和二氧化碳 (CO₂)。這些有機物在太陽系類木行星大氣層中、土衛 6 (泰坦)、彗星表面都可以發現。如果你將這些有機物混合反應，將生成氨基酸，甚至形成 DNA 和蛋白質等一些生命中的重要化合物。天體生物學家推測，恆星在形成過程可能同時造就出生命行星的環境。



圖 9. 太陽系形成旋轉盤面初期的可能情景 (影像取自 Lynette Cook)

當塵埃和氣體盤面不斷的旋轉，使小行星體形成，接著受到重力影響，碎塊相互碰撞而合併，使得旋轉盤面逐漸呈橙色，這些合併的物體隨著時間逐漸變大，最後形成行星族群。圖 9 中可看出此時伴隨的還有明亮的彗星，且大量的彗星會撞上誕生不久的年輕恆星，在此充滿塵埃和氣體的暗雲氣環境裡，行星族群逐漸生成。推論在星際間的雲氣裡，可能早已充斥著與生命起源有關的成分。