

20 世紀前的宇宙觀演進

文／陳輝樺

本文介紹中古世紀的宇宙觀，接著會再論述 20 世紀前人類對於宇宙的看法，最後才提及近代人類上了太空後的一系列新發現。

牛頓的「萬有引力」

瞭解了哥白尼（Nicolaus Copernicus, 1473~1543）所提倡的「日心地動說」，人們接著問道：「行星們為什麼會繞著太陽轉動呢？」「太陽有何其特別的地位？」1703 年，法國哲學家笛卡兒（Rene Descartes, 1596~1650）提出「太陽渦流」（Solar Vortex）的概念，試圖說明行星繞行太陽公轉和彗星出沒的機制（圖 1）。



圖 1. 法國哲學家笛卡兒的「太陽渦流」概念。

接著沒多久，牛頓（Isaac Newton, 1642~1727）以數學方程式的架構來探究行星、彗星和太陽之間的互動機制。在牛頓力學裡描述宇宙中的每個質點與其他質點之間，都存在著一種由質量引起的引力性交互作用，其引力的大小與兩質點質量（ M_1 和 M_2 ）乘積成正比、與其間的距離 R 的平方成反比，這種交互作用稱為「重力」（Gravity）。上述關係稱為「牛頓萬有引力定律」，列式如下： $F = G \frac{M_1 \cdot M_2}{R^2}$ ，式中 G 為萬有引力常數（又稱為「重力常數」），其值為 6.673×10^{-8} 厘米³ / 克秒²。也就是這種「重力」束縛著行星會有繞行太陽的公轉運動。

至於「萬有引力的本質為何？」此問題需等到愛因斯坦的相對論才得以解答。換言之，重力是一種看不見的力，它究竟如何發生作用仍有待瞭解，但不論物體是多麼小都有重力，即將其他物體拉向自己的力量，重力是將宇宙聚集在一起成星球、星系的一種力。這種力的大小視這兩物體質量的大小和距離而定。例

如，地球表面的物體（質量為 m ）都會和地球產生重力（或稱為「重量」(Weight) $W=mg$ ），這重力的方向都指向地心（所以也稱之為「地心引力」），而力的大小（ W ）和物體質量 m 成正比，式中「重力加速度」 $g = G \cdot M / R^2$ ， M 為地球質量， R 為地球半徑， g 值約為 980 厘米 / 秒²。

20 世紀前的宇宙觀演進

「宇宙」一詞在中國古天文上的理解，是古往今來（時間）和上下前後左右四面八方（空間）的統稱，也就是我們人類生活所在的時空。時間和空間之間，它們可以是分立的，也可以是合在一起的。對於古文明的民族而言，或多或少都有些類似中國古天文上的思維存在。到了公元前 7 世紀的古希臘天文學，才有主張拋棄天地星辰神話傳說的想像，而以「哲學思辯」的方式來探究宇宙結構和組成。歷經數個世紀的思辯與討論，它們對於所居住的大地（地球）和行星終於有了球形的概念，但是對於地球是不是宇宙的中心，由肯定趨於以太陽為中心，可見「宇宙」一詞對中古世紀以前的歐洲人而言，僅止於論及太陽系的範圍和行星的運行中心之爭辯而已。

到了哥白尼「日心體系」的提出和光學望遠鏡的發明與使用，才將人們的爭論主軸由生活中的地球轉向外太空的觀察。從行星與太陽的觀測和描述，逐漸增多了恆星、星系與星雲的好奇，但無論是伽利略或刻卜勒，他們對於宇宙形狀仍停留在「有限的」空間的想像，然而在 1576 年湯瑪士（Thomas Digges, 1546~1595）才在出版的《Perfit Description of the Caelestiall Orbes》一書的插畫（圖 2）提出恆

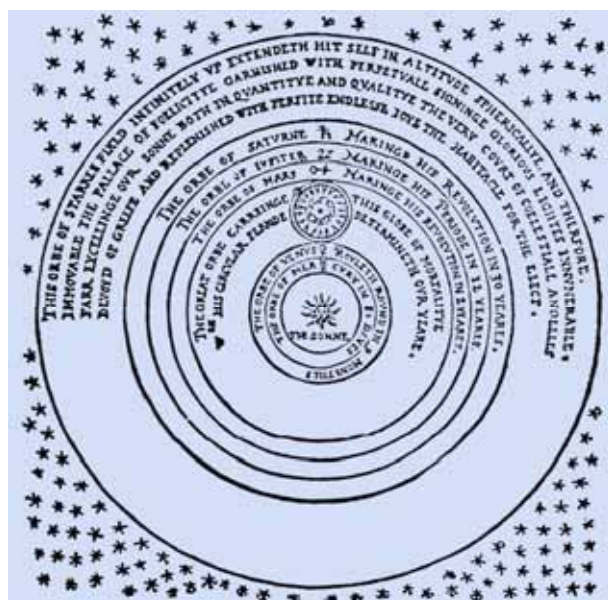


圖 2. 湯瑪士《Perfit Description of the Caelestiall Orbes》一書的插畫，提出恆星分布於「無限的」空間的想像圖。

星分布於「無限的」空間的想像。到了 1782 年，威廉·赫瑟爾繪製了第一張詳

細的銀河天體圖，1845 年威廉·巴森茲首度描繪螺旋狀星雲，1897 年葉凱士望遠鏡首度證實銀河系是一種螺旋狀星系，1918 年哈柏 (Edwin P. Hubble, 1889~1953) 開啓了探索遙遠星系的先趨。由上述這段歷史看來，人類對於「宇宙」一詞的認知是循序漸進的，在各個年代裡都有所不同。至於 20 世紀以來人們對於「宇宙」的瞭解又會有什麼樣的改變呢？

愛因斯坦狹義相對論中的時空概念

在牛頓力學裡的微分參數是「時間」，也就是被觀測者的改變量，不管是位移 ΔS 、是速度 ΔV ，或是動量 ΔP 等都是對極短的瞬間長短 Δt 作微分。換言之，所有上述被觀測者的改變量都是以「時間」為標準的變化，而時間在牛頓力學中時間與空間的數學模型中，時間本身是一切事物唯一的「絕對」基本參數，它是永恆的、是會永遠存在的（無論是過去的一端，或是未來的一端）、是萬事萬物的起源和終了の見證者。就如同圖 3，直徑約 100 公里寬的 Manicougan 隕石坑，是 2 億 1 千萬年前掉落於加拿大 Quebec 的大隕石塊所造成之環狀湖面地形。牛頓力學中又將「空間」視為「固定」的、是無限大的。因此牛頓力學中所測定的運動是「絕對」的，這個觀點不同於伽利略的「相對」的運動主張。牛頓力學裡的這種「絕對時間」概念，直到愛因斯坦的相對論出來，才確立了「相對時間」的概念。

愛因斯坦在狹義相對論中，為了使物理學原理適應馬克士威——洛仁子的電動力學，而採用了歐幾米得幾何和慣性座標系與慣性定律。又為了用公式明確地表述自然規律，愛因斯坦作了兩個基本假設，一則假設為「各慣性座標系都等效」，這個基本條件被看作是對於整個物理學都是正確的「狹義相對性原理」。另一則係從馬克士威——洛仁子的電動力學出發，狹義相對論又假設了真空中光速不變定律（或稱之為「光速不變原理」）。為了使「狹義相對性原理」和「光速不變原理」不產生矛盾，必需放棄適用於所有慣性座標系的「絕對時間」假設。而且明確地建立了空間座標和時間從一個慣性座標系變換到另一個慣性座標系的變換定律，就是「洛仁子變換」(Lorentz Transformation)。至於廣義相對論中，物理學的相對性問題又是如何呢？我們將會有後續的介紹。