



## 彎曲的空間

### ● 傅俊結\*

牛頓和愛因斯坦，可以說是人類有史以來，名氣最大的兩位科學家。可以這樣說，所有受過教育的人，即使他們不是從事科學的工作，只要是國小有畢業，應該都聽過愛因斯坦和牛頓的大名。有時候我們會問，為什麼他們的名氣如此之大？他們到底做了什麼工作導致他們如此的偉大呢？牛頓的偉大顯然大家都知道的，學生應該都聽過，他在蘋果樹下看到蘋果掉下來就想到萬有引力的故事。不過這個故事，根據考證，有點類似蔣介石小時候看到魚兒往上游的故事，聽聽就好。

牛頓的科學理論主宰自他之後三百年的科學發展，不管是天上飛的，地上跑的，海裡游的，基本上都可以用牛頓力學來解釋。尤其是萬有引力理論，更是有關巨觀的宇宙現象研究的唯一理論。三百年不算一段短的日子，能有如此偉大的成就，真的不簡單。但是三百年之後，牛頓的萬有引力理論出現了一些問題，它沒辦法解釋一些新觀察到的天文現象，這時候的愛因斯坦，他孤門獨市提出的廣義相對論，剛好填補了牛頓的萬有引力理論的這個缺失，使得愛因斯坦成為二十世紀最足以承擔牛頓繼任者的科學家。愛因斯坦那時候的名氣有多大呢？以我們現在的術語來講，他可是有大量的粉絲團的。在他第一次從歐洲坐船到美國紐約港的時候，那種萬人空巷，就類似現在的一些國外明星抵達桃園機場的盛況是一樣的。

愛因斯坦的廣義相對論到底有什麼魅力呢？我們知道我們以前所學到的牛頓的萬有引力理論，他的解釋方法是用引力場。舉例來說，地球繞太陽在運轉，牛頓的萬有



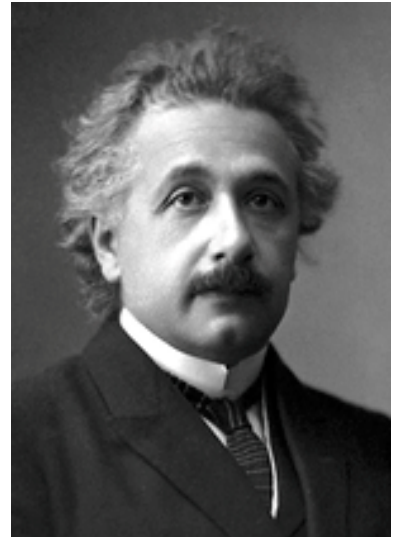
\* 傅俊結，南台科技大學電子工程系副教授。





引力理論的解釋是，太陽在它的周圍空間造成了引力場，透過這個引力場，太陽施予引力，拉住地球，使得地球繞太陽旋轉。也就是說太陽和地球他們之間有一股吸引力，就是所謂的萬有引力，而因為太陽的質量比較大，所以地球就會繞太陽旋轉，這套解釋方法持續了三百年都沒有什麼問題。

愛因斯坦的廣義相對論就是把牛頓的萬有引力理論作為一個修正，事實上有很多人認為愛因斯坦推翻了牛頓的理論，這是不對的，牛頓的萬有引力理論在很多情況下還都是可以用的，只有在宇宙深處中那種超大質量的星體在交互作用時才需要愛因斯坦的廣義相對論來做修正，那愛因斯坦的廣義相對論是怎麼來解釋萬有引力呢？我們舉同樣的地球繞太陽的例子，愛因斯坦從來不提力這個概念，他是講說因為太陽質量的存在造成它附近空間的彎曲，使得地球會沿著這個彎曲空間的測地線而運動，這種運動就造成我們所看到的地球繞太陽的現象。從頭到尾愛因斯坦的廣義相對論都沒有提到引力這個概念，這可說是一種革命性的想法，用空間的彎曲來解釋運動。而廣義相對論的發展也造成數學領域裡微分幾何這門學問的快速發展，因為廣義相對論所需要的數學工具主要就是微分幾何，而微分幾何藉由廣義相對論的幫助，在這近幾年的發展也可以說是突飛猛進，尤其是邱成桐和 Schoen 有關正質量定理的證明更是達到階段性的巔峰。



另外一個有趣的現象就是光線的運動。自古以來，一般我們都認為光線是走直線的，應該沒有人會認為光線會轉彎，如果光線會轉彎，那一個人站在我的前面的話，實際上看起來它並沒有站在我前面。但是愛因斯坦廣義相對論打破了人類長久以來的這個概念，精密的實驗已經證實，在那種質量巨大的星體附近，它所造成的空間的彎曲，會使得光線看起來是走曲線的，雖然說光線彎曲的程度非常小。這個現象的證明在 1919 年由英國科學家艾丁頓所領導的實驗團隊，藉由日全蝕的觀測獲得了證實，愛因斯坦也從此之後變成一位家喻戶曉的科學家。但是即使如此，那時候還是有很多科學家拒絕廣義相對論的成立，以至於愛因斯坦在 1921 年所得到的諾貝爾物理獎，官方的諾貝爾基金會的聲明中，並沒有提到愛因斯坦的廣義相對論，而是因為他在光電效應上的理論貢獻而得獎的。

如果你是念科學的，上面這兩尊，你應該早晚三支香好好膜拜一下。

