

通往宇宙的神奇路

文·圖／吳俊輝

宇宙蒼穹向來是許多人從小心中的一塊福地，每每嚮往之，卻常是遙而不可及的缺憾。幸運的是，隨著幾份難得的緣分加上師長們的提拔，我最終踏上了這塊福地，得以沉浸於應用不同的角度及工具探索其奧秘。身為一個科學家，面對上千年的科學史，除了以鑽研西學為業，更以探討東學為輔，雖知宇宙之理無窮盡之時，但求能有進一步的發想。人類對於宇宙的探討，有很長一段時間都停留在哲玄學的範疇，直到近代科技才讓一切改觀。

自然科學不比數學，易論好壞難論對錯

人類文明的演進，不外乎會先後經歷三個階段：what、how、why（圖1）。在回答why時，通常無關對錯，只問好壞，因為我們不是造物主，永遠不可能確切知道「對」的理論，不像數學有嚴謹的系統可斷黑白。「好」的自然理論是可以「合理地解釋現況、並且準確地預測未來」，符合「用」的原則，但任何的好理論終究都有可能是錯的。實際的例子之一便是牛頓的萬有引力理論，就學理而言，它早在百年前就已被愛因斯坦的廣義相對論所取代，但就日常而言，它仍是一個好的、實用的理論，因為要計算物體下落所需的時間時，你不會去解相對論中的愛因斯坦方程式，而是會使用簡潔的萬有引力理論。因此當我們在探討學理的同時，應有「真理永遠找不到」的心理準備，要以開闊的胸襟廣納各種思維，否則過度執著於現今的西學主流或拘泥於古學，都將無異於數個世紀前的「教會批判日心說」事件。



圖1：人類文明演進的步驟。

西學中的宇宙觀

就西學而言，乃是以古希臘亞理斯多德時代的「地心說」為宗，以土、水、風、火等「四大元素說」為核心。其後哥白尼、克卜勒、伽利略等都相繼支持「日心說」，但不被當時主流的教會所認同，伽利略甚至因此受到終身監禁。自從1609年伽利略將望遠鏡指向夜空後，人類便在how這個階段有了長足的進步。在18世紀初牛頓提出萬有引力及運動定律等理論後，才將這一切帶入了why的階段，主宰了約200年，直到愛因斯坦於1915年提出廣義相

對論，認為重力乃是時空扭曲的現象，自此宇宙在大尺度及長時間上便有了一個可供研究的科學工具。時至20世紀下半，現代科技讓我們陸續觀測到以往所看不到的訊號，使得宇宙科學得以蓬勃發展，其中指標性的例子，莫過於Penzias和Wilson在1965年所觀測到來自宇宙誕生初期的「宇宙微波背景（Cosmic Microwave Background，簡稱CMB）」，而在1978年獲諾貝爾物理獎，以及Mather及Smoot利用COBE在1992年觀測到CMB的詳細樣貌（例如黑體輻射的能量分布、及其10萬分之一的異向性等），也在2006年獲諾貝爾物理獎。Perlmutter、Schmidt和Riess則於1998年，透過超新星的觀測主張宇宙在「加速膨脹」，激勵了暗能量理論的進一步發展，而於2011年獲得諾貝爾物理獎。由於CMB是來自宇宙年齡約40萬歲時所發出的光訊號，經過約140億年才到達我們，不但攜有宇宙初期的寶貴資訊，更記錄了近140億年的演化足跡，是目前宇宙學研究上不可或缺的觀測依據。透過它還可研究宇宙的暗能量、暗物質、年齡、大小、及幾何等等。目前已知宇宙的幾何是幾近平式的（flat），其組成如圖2所示。

目前進行中的計畫，國內不可不提的便是位於夏威夷已超過10年的AMiBA計畫（又稱李遠哲宇宙微波背景陣列望遠鏡，俗稱阿米巴，見圖3），由本人擔任首席科學家，目前已由原本的七天線陣列擴建至十三天線陣列。在2006年落成啟用後，陸續已觀測到數十個星系團，質量皆為太陽質量的百兆倍以上，可用來研究宇宙的演化和本質。近年來該領域的新主流將是偵測CMB中的B模偏振（B-mode polarization），因為它不但可透過重力透鏡理論驗證愛因斯坦的廣義相對論，它同時還蘊藏有宇宙演化史上更深層的資訊，包括暴脹時期（inflation）的遺跡，以及其他早期宇宙、甚或前一個宇宙中可能存在的各種物理機制等。近

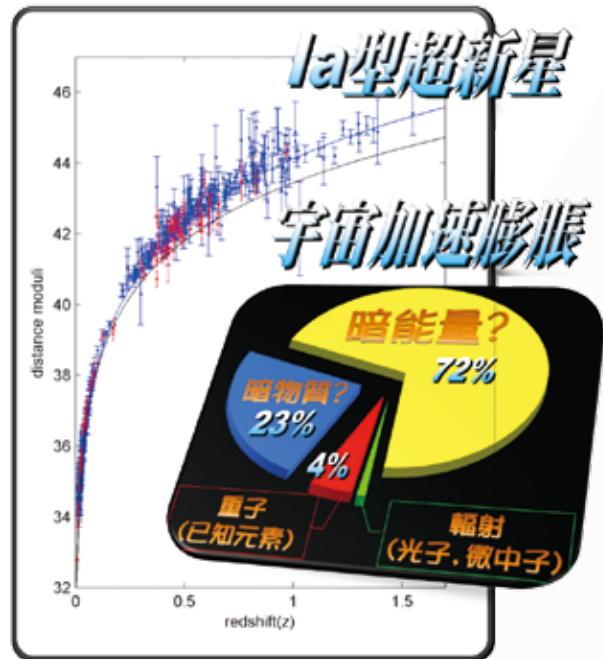


圖2：目前宇宙的大致組成。詳見延伸閱讀《物理雙月刊》34卷1期, p.4（2012年2月）。



圖3：臺灣自製的宇宙望遠鏡阿米巴（位於夏威夷的毛那瓦峰 Mauna Loa；海拔約3400公尺），以及所觀測到的數個星系團。

3年來我和史丹佛大學合作，擬於南極興建一座可偵測B模偏振CMB的望遠鏡，探索宇宙的前世今生，惟目前仍短缺約100萬美金，期盼獲各界支持。在未來的10年該領域定有令人驚艷的發展。（圖4）羅列了過去一個世紀以來，所有和天文、宇宙研究有關的諾貝爾獎，也許我們不禁要問：數千年前的希臘天文學說如今已成神話，如今諸多諾貝爾獎中，有多少將在未來成為神話？



圖4：宇宙演化簡史，以及所對應的相關諾貝爾獎得主。

東西學的交融

中國古代商周時期即有以天、地、人等「三才」為立論基礎的「易經」，它和西方宇宙學最大的差別，在於它不僅可用於闡釋天、地的運行，還可用於人身上。我的易學基礎始於20多年前臺大哲學所的課程，師拜楊政河教授，是當年的佛學、易學大師。原本的動機是想以科學實驗的方法破除迷信，不料在楊師的教誨以及自己物理西學背景的鋪陳之下，20多年來易經竟已成為自身的處世之道，感觸良多。（圖5）

在劍橋攻讀博士學位的第一年時，我就曾應霍金教授之邀為其批八字、摸骨、看手面相。霍金教授是我自小的偶像、近代宇宙學的大師之一，當年在其面前談易經時壓力頗大，但過程中卻也讓我更懂得如何將科學的精神加諸易經之上，並期於研究西學時有所啟發。其中一例便是關於宇宙的前世今生。目前科學家透過觀測已大致能掌握140億年來的宇宙演化史，但對宇宙初生時的40萬年歲月，卻仍只能以間接的方式推敲，更遑論宇宙的前世。霍金教授曾於不久前與人合著《大設計》一書，並在《紐約時報》上倡言上帝不需存在之說，主張只要有所謂的M理論，宇宙時空便可以無中生有，不需上帝來造。然而這樣的論述其實已經跨在科學、哲學的模糊邊界，似乎已有個人信仰依歸的意含在裡面，因為支持與反證的觀測結果在短期內尚不可得。倘若於此加注易經因果、陰陽循環的精神進去，實在不得不考慮「宇宙實有父母」之說。其實西學中已有類似的思維，是和M理論迥異的「迴圈量子重力理



圖5：東方天文宇宙學的略述、特色與臧否。

論」(Loop Quantum Gravity)，在此架構下，我們現居的宇宙有可能是由其前身所生，而這也是我南極計畫所欲探討的核心問題之一。

取之於社會，用之於社會

為了研究宇宙，我們已花了不少納稅義務人的錢，但研究成果卻難以用於改善一般的日常生活，因此10多年來只要有餘暇便致力社會服務，以申謝忱。包括協助規劃興建臺大鳳凰



圖6：協助興建臺大鳳凰山天文台（左上）、臺南南瀛天文台（左中、右上），以及推廣的自製望遠鏡營隊。

山天文台及臺南南瀛天文台、推廣望遠鏡DIY等，至今已帶領民眾製作出數千支的高品質水管望遠鏡（圖6）。

結語

宇宙之於人類，永遠是個解不完的有趣謎團，讓我們用廣闊的心胸去面對，從實證中去引發更深入的了解，以期能漸近於宇宙的真理，為萬物治世之理出一點頭緒，讓世間更有次序，讓天、地、人更加圓滿！☺（本專題策畫／物理學系陳政維教授）

延伸閱讀：

- [1] 吳俊輝, 薛人璋, <超新星錯拿了2011年的諾貝爾物理獎嗎?!> 中華民國物理學會, 《物理雙月刊》34卷1期, p.4 (2012年2月)
- [2] 吳俊輝, <那些年, 我們一起DIY的望遠鏡>, 《科學月刊》42卷10期(2011)
- [3] J.H.P. Wu et al., 'AMiBA Observations, Data Analysis and Results for Sunyaev-Zel'dovich Effects', Astrophys.J. 694, 1619-1628 (2009)
- [4] J.H.P. Wu et al., 'MAXIPOL: Data Analysis and Results', Astrophys.J 665, 55 (2007)
- [5] 吳俊輝, <宇宙的奧秘—令人驚艷的現代宇宙學>, 《科學發展月刊》374期, 42頁(2004)
- [6] J.H.P. Wu et al., Tests for Gaussianity of the MAXIMA-1 CMB Map, Phys. Rev. Lett. 87, 251303 (2001)
- [7] P. P. Avelino, E. P. S. Shellard, J. H. P. Wu & B. Allen, Cosmic String-Seeded Structure Formation, Phys. Rev. Lett. 81, 2008 (1998)



吳俊輝小檔案

學歷：劍橋大學宇宙學博士（1999）

現任：臺大物理系暨天文物理研究所教授
中央研究院天文暨天文物理研究所合聘
政治大學應用物理研究所兼任教授
國科會自然處物理審議委員
阿米巴（AMiBA）宇宙望遠鏡計畫科學家
劍橋大學臺灣校友會理事長（會長）
國際物理奧林匹亞競賽國家隊選訓小組委員
國際科展臺灣代表聯合會會長
全國中小學科展諮詢委員
臺大星韻合唱團指導老師
國中、高中課本編輯

經歷：中華民國物理學會雙月刊總編輯
美國航太總署長期太空天文學家
美國航太總署MAXIMA/MAXIPOL宇宙計畫科學家
美國加州大學柏克萊分校專任天文研究員
美國費米國家實驗室訪問學者

研究：主要研究領域為現代宇宙學。相關研究有宇宙微波背景輻射、宇宙大尺度的結構與成因、宇宙大小及拓樸的量測、宇宙殘隙理論（如單極、宇宙弦等）、宇宙暴脹理論、宇宙生成及演化、宇宙學巨型資料分析等。目前參與多項現代宇宙學計畫，包括歐洲太空總署的普朗克衛星計畫、以及國內的 AMiBA 計畫。