

走出洞穴航向比鄰星—— 人類的探險 DNA

人類運用科技，在世界的舞台上演一齣齣探險劇，不變的是我們探索自我與環境關係的渴望。

撰文／葉永烜

莎士比亞曾說：「世界是個舞台，所有男女不過是演員。」人類在地球這個大舞台的身影，可能最早出現在法國南部著名的拉斯科（Lascaux）山洞壁畫上，這些超凡的藝術創作，源自1萬7000年前的舊石器時代，主題多是人們的各種獵物。當時人類把野獸和夜空的星宿連結起來，編織出代代相傳的神話故事。這本《科學探險奇兵》第三單元「探尋人類遷徙線索」中的〈帶著神話去旅行 野獸、獵人和星座〉便描述認知科學家從山洞壁畫追尋人類思想模式的發展，探討當人類在歐亞大陸四處遷徙，以及沿著冰河時期白令海峽的陸橋迂迴進入美洲的過程中，縱使各奔東西，是否仍保留這些異曲同源的神話。

除了從神話中找尋蛛絲馬跡，〈第一個美洲人〉檢驗了古代和近代美洲原住民的DNA樣本，確定美洲原住民的祖先來自約1萬8000年前的西伯利亞南部。以往認為，遷移路線是沿白令海峽的陸橋進入北美洲內陸再開枝展葉，但根據越來越多考古證據，本文提出另一種可能：美洲原住民的祖先可沿岸航行繞過美國阿拉斯加，經太平洋東岸的美國加州與墨西哥，在1萬5000年前到達南美洲的智利北部才停止。

千里溯源

某些大國有時會威脅其他國家：「如果不聽話，便把你炸回石器時代！」如果你好奇石器時代社會的樣貌，請看〈失落的亞馬遜古城〉。亞馬遜森林中的奇庫魯族人本與世無爭，保留著幾千年前（或更古老）的生活型態；現在，他們的家園正被巴西政府及私人企業快速蠶食。但也因為與現代世界接觸更頻繁，人類學家和考古學家發現，這些部落本就相當繁盛；其中一座前哥倫布時期的古城便可容納1000~2000位居民，殊為可觀。有趣的是，當時的酋長是以頭向西的方式下葬，這個習俗

是不是有點奇怪？這和太平洋復活節島上的巨大石像都向西凝望，同樣教人不解。

要前往復活節島，可從智利首都聖地牙哥搭機，航程約3800公里。即使是復活節島西邊距離最近的島，也有2250公里。這些神秘石像的製造者到底從哪裡來？其實，整個南太平洋和大洋洲各個島嶼上的原住民，又是來自何處？我覺得最有趣的說法，是澳洲國立大學教授貝爾伍德提出的「出台灣說」：約1600年前，台灣原住民借助高超的航海和天象觀測技術，不到800年便征服大洋洲，建立南島語系文化。但這個理論對嗎？南島語系的祖先真的是源自中國南部，並於冰河時期經福建、跨過台灣海峽的陸橋，再從台灣北部前往大洋洲嗎？請看〈構樹DNA揭開南島語族遷徙路〉，便知究竟。

因此在台灣，我們對南島語系的島嶼及歷史文化應該更加重視；透過構樹DNA「千里尋母」的中央研究院生物多樣性研究中心副研究員鍾國芳和勘查〈珊瑚金字塔 大洋洲的古文明〉的台灣大學地質科學系教授沈川洲便是最好榜樣。而〈巴斯光年深海任務〉一文則可讓我們想像，如何運用海洋考古技術重構人類史上兩段最偉大的航海史：一是台灣原住民逐島移民大洋洲，一是亞洲先民從東亞出發，沿岸航行抵達智利那段更早也更艱難的旅程。

深探海底萬里

由於農牧業開發，亞馬遜森林迅速消失，《經濟學人》估計，因此損失而導致二氧化碳排放量增加會使氣溫上升0.1°C（這已達全球暖化危機中絕不可再增加的0.5°C的20%）。莎士比亞大概也沒想到，有些演員會不顧一切地把舞台給拆掉。第二單元「極地深海探險紀實」中的〈逐浪北極〉即描述了北極冰層在「浪增—冰減—浪



更增」的惡性循環下以驚人速度消融，使北極海變成各國競逐利益的場所。

很難想像，人類自1909年抵達北極點不過110年，不僅北極消融，南極冰原也大片裂開。一位紐西蘭的地球科學家曾嚴肅地告訴我，他相信，當南極冰棚與大陸完全脫離時，全球洋流和氣候將發生劇烈變化。

想當年在1912年，南極冰原甚至還杳無人跡。因此當我讀到〈南極英魂〉時，更敬佩英國探險家史考特和夏克頓的科學精神，他們抵達南極點時發現挪威探險家阿蒙森搶先一步，卻沒有放棄科學任務，在飢寒交迫的絕境中仍盡力蒐集標本並保存詳細記錄，一場失敗的探險反而變成非凡的科學任務。這則傳奇堪稱典範，南極的地理環境和氣候卻改變得太快；國際科研團隊目前在南極除了探索未知的地理環境和生物物種，還要和時間賽跑，再遲個十幾年，不少稀有物種便可能滅絕。

不過，多年前那些卓越的探險家大概沒料到，在一片死寂、空無一物的冰層下，數十公尺深的海水中有個不需陽光與微生物便能攝取能量的生態圈。〈南極冰棚下的顛倒世界〉告訴我們，科學家把特製的無人水下遙控載具「Deep SCINI」放入740公尺深的鑽孔，在冰層下竟然發現海葵和魚蝦倒掛著生活（在這個世界，莎士比亞舞台劇的演員必須倒吊著表演，是不是很酷？）。原來，有一個奇妙的冰河系統從南極海岸通向冰棚，把

鹽份和富營養物的冰屑送到暗無天日的冰層，使生態系不需要光合作用也可以運作。更有趣的是，俄羅斯科學團隊發現，在南極洲東部內陸，冰層下3700公尺有個稱為「東方湖」的冰下湖。科學家分析其中樣本後，認為可能有生物，但東方湖在1500萬年前深埋冰原下，微生物所需養份從哪裡來？難道在極端環境下，生命總能演化出對策？

要找答案，必須到更深之處。

〈探索深海10000公尺〉帶我們到深達10047公尺的克馬德克海溝，研究地球生命是否始於壓力極高的海淵。科學家認為，「蛇紋岩化」過程會從板塊裂口湧出熱泉，產生氫、甲烷和其他生命必需的物質，

周遭微生物可運用化學作用攝取能量，構成生命的搖籃。在別的星球或衛星（例如木衛二），也可能透過類似過程形成生命。

有利必有害，板塊碰撞累積的能量，若瞬間釋放，可能引發大地震和海嘯。科學家為深入了解311地震斷層滑移的狀況，對太平洋底部岩層進行鑽探和岩心採樣因此成為日本地震研究的重點。曾任職日本海洋研究開發機構（JAMSTEC）的吳泓昱和中央大學地震風險中心主任馬國鳳在〈鑽探地球內部——地球號〉中，描述在日本海洋探勘船「地球號」上的緊張生活。他們希望在地震後，於目的地海面七公里深處，盡快鑽取一公里下板塊界面岩心的標本，以研究大地震的原因。

早期地球剛形成時，由於軌道附近物體高速碰撞，以及內部物質發生核反應產生能量和高溫，以致呈熔融狀態，鐵這類質量大的金屬受重力而沉降到地心成為鐵核。40多億年後，這些能量仍在驅動板塊運動。地球及月球鐵核半徑各佔地球及月球半徑的50%和20%，水星鐵核半徑竟佔水星半徑的85%，這便相當不尋常，有科學家甚至稱它為鐵行星。第一單元「細數外星探險任務」中的〈前進水星〉介紹了美國航太總署（NASA）的「信使號」太空船在2011年3月進入水星軌道後的初步成果。該文對新奇地貌和太空環境的描述，處處流露出劉姥姥遊大觀園般的興奮心情。

光年之外

行星探測任務可分「三步曲」：「繞」、「落」、「回」。信使號「繞」行水星做近距離測量。〈好奇寶寶上火星〉中的「好奇號」探測車則採取軟著陸，「落」在火星表面，運用滿身科學酬載和儀器，仔細勘察岩石和土壤的礦物成份、現場進行化學分析，尋找火星環境過去或現在是否適合生物生長的證據。

對於大氣層濃厚或由氣體構成的星體，科學家則釋出大氣探測器，在降落過程中測量大氣層的氣體溫度、化學成份和風速等等。2017年9月結束的「卡西尼－惠

地月系統也將建立太空工業特區，我們可以預期，新天地將有不少台灣移民。

更斯」土星探測任務便是一例。〈道別卡西尼號——承先啟後丈量太陽系〉把歷時35年、整整一世紀的國際合作計畫從規劃到科學結果說個明白，特別是惠更斯大氣探測器降落土衛六，和卡西尼太空船撞入土星大氣層的探測工作，有如當年人類探尋南、北極點的過程，皆為科技和毅力的巔峰。

行星探測任務第三步：「回」，是指把採集的星體表面樣本帶「回」地球，分類編號後送入實驗室詳細分析。目前除了月球，只有日本宇宙航空開發機構（JAXA）的「隼鳥號」太空船，從「糸川」小行星表面收集數毫公克的塵粒送返地球。JAXA目前有「隼鳥2號」繞行「龍宮」小行星以進行採樣。NASA不甘人後，派OSIRIS-REx太空船去「貝努」小行星進行採樣。〈小行星任務關鍵5秒〉解釋了小行星研究和採樣任務對太陽系起源研究，甚至對防禦近地物體撞擊地球引發毀滅性災害，以及未來小行星資源開採的重要性。

原來，太空科技已經進步到構思未來20~30年的大規模小行星資源開採；地月系統也將建立類似新竹科學園區的太空工業特區，成為科技和經濟中心。我們可以預期，新天地將有不少台灣移民。

探索地平線外事物的精神就來自我們的DNA：南島語系的毛利人在800年前登陸紐西蘭，是人類探索大

洋洲的里程碑；NASA的「新視野號」太空船飛越庫伯帶天體2014 MU₆₉則是人類探索太陽系的里程碑。2014年，MU₆₉更名為「天涯海角」，即為首次把海王星軌道外的遙遠天體首次帶入人類視野之意。在這之前，新視野號已在2017年飛掠冥王星，〈冥王星第一手報告〉便介紹了該任務，以及這艘小型太空船的各项發現。但我印象最深刻的，是當新視野號成功飛掠冥王星的那一刻，負責該任務的年輕科學家和工程師激動搖旗吶喊的場面，太空探測也能如此鼓舞人心！

時間不留人，太陽系也留不住人。〈揚帆吧！星晶片部隊〉描繪劃時代的想法：用雷射把指甲大小的「星晶片」加速到0.2倍光速，數十年內便可到達距離我們4.8光年的半人馬座比鄰星，蒐集其適居帶系外行星是否有生命的資料。這個點子很好，但主要技術尚待研發。美國普林斯頓高等研究院的戴森擔任該任務計畫顧問，他老神在在說：「探索是人類的天性，我們對這非常拿手。」沒錯，

若看看將取代哈伯太空望遠鏡的韋伯太空望遠鏡的模範影片，當它抵達地球的L2軌道位置後，從折疊狀態一步步伸展開，其複雜和精確讓人咋舌。這不禁令我們相信人類無所不能，前往半人馬座比鄰星只是小事一樁。

韋伯望遠鏡的科學目標包括：宇宙黑暗時代如何結束，銀河這類星系、恆星與行星如何形成，以及其他星球上是否有生命。人類祖先在兩萬年前離開東亞家園，從海路及陸路跋山涉水進入美洲、移民大洋洲。一路上運用夜空星宿編織神話，探索自我和環境的關係；兩萬年後人類進入太空，仍探索同樣問題。

正如這本《科學探險奇兵》的文章所說，人類運用新科技探究宇宙、星團、恆星與行星的起源，甚至地球和其他行星上生命的演化，但卻難以預測地球環境和人類社會的未來變化。兩萬年來，人類祖先面臨存亡威脅時會怎麼做？我們今天又可怎麼做？莎士比亞說過：「我們的命運是由自己，不是由天上的星星掌握。」我們必須盡力而為，希望兩萬年後，人類不管在天涯海角，更有榮景。

中央研究院院士