



p2 海神再臨—大量大西洋海神海蛞蝓現蹤墾丁海岸

p3 觀察入微的「子籽」探索

p4 我國取得原住民身份的法律演變

p5 新地平線號抵達「天涯海角」

p6 板塊作用與岩石的家

p7 談黑洞照片之熱潮

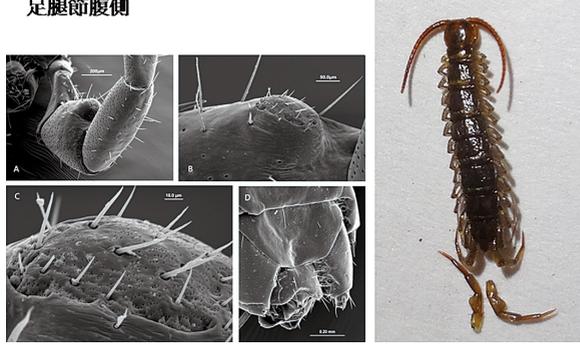
國立自然科學博物館，除了臺中市北區的本館館區外，尚包括位在霧峰區的「921地震教育園區」、南投縣鹿谷鄉的「鳳凰谷鳥園生態園區」及竹山鎮的「車籠埔斷層保存園區」。各區除了生動有趣的常設展及特展之外，尚包括世界級的現地保存遺址、戶外的現生動植物活體展示及大自然景觀，呈現出豐富、多元的博物館面貌，歡迎您的光臨！

科博館發表新種鑑定

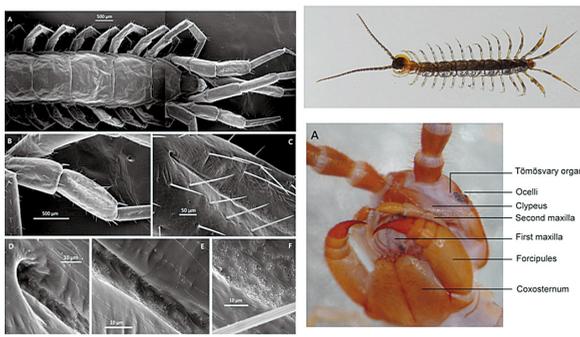
臺灣石蜈蚣的雄性第二性徵

文·圖—趙瑞隆

Lithobius (Monotarsobius) meifengensis Chao, Lee & Chang, 2018 梅峰石蜈蚣，體長1cm。雄性第二性徵在第15對步足腿節腹側



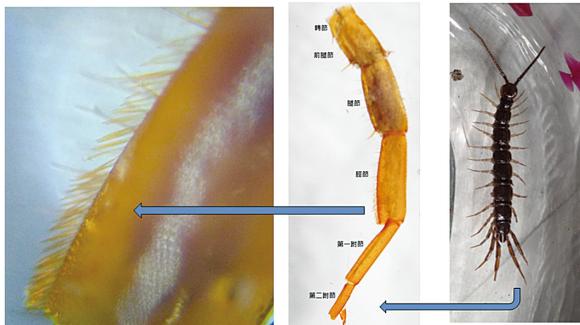
Lithobius ongi Takakuwa, 1939 王氏石蜈蚣，體長1.3cm。雄性第二性徵在第14對步足的腿節背側



2017年1月，我們在科博館鑑定出 *Lithobius (Monotarsobius) meifengensis* 梅峰石蜈蚣特有的雄性第二性徵，一個巨大突起在第15對步足的腿節腹側，突起頂端表面布滿了小腺孔。同年7月，我參加泰國國立朱拉隆功大學舉辦的第17屆國際多足動物學大會，發表此一新種石蜈蚣和新的雄性第二性徵。2018年年底，我們又鑑定出，並新增描述了王氏石蜈蚣 *Lithobius ongi* 的雄性第二性徵，在其第14對步足的腿節背側，有一個縱向凹溝，凹溝的前端有一個小孔洞，小孔洞和凹溝布滿了小腺孔。王氏石蜈蚣的命名，是1939年，日本學者高桑良興為紀念臺灣第一位生物學家王雨卿老師(1907-1937)的英年早逝，因為高桑良興未曾來過臺灣，王雨卿寄了一些臺灣蜈蚣的標本供他研究鑑定。2019年3月，我們再鑑定出臺灣兩個新種石蜈蚣的雄性第二性徵，此二新種暫命名為：*Lithobius keelungensis* sp. n. 基隆石蜈蚣和 *Lithobius (Monotarsobius) qingquanensis* sp. n. 清泉石蜈蚣。2019年8月25-31日在布達佩斯，由匈牙利自然史博物館(創建於1802年)主辦第18屆國際多足動物學大會，我們將在大会上發表臺灣這二個新種石蜈蚣。

基隆石蜈蚣的發現，事實上，是2017年2月26日，基隆鳥會成員程志中先生在基隆和平島公園，採集到一隻石蜈蚣標本，寄到科博館給我。我注意到牠是雄性且具有肥大的第14對步足，引發我的好奇，但此標本缺少了第15對步足，無法確切鑑定其為何種物種。2018年1月13日基隆鳥會楊月姿小姐和程志中先生前往和平島公園，發現當初的採集地區已經被整地成花園，有採到石蜈蚣 *Bothropolys rugosus*，但不是想要的基隆石蜈蚣。1月14日，我前往和平島採集，在一處廢墟採到了2隻基隆石蜈蚣一公一母，並在和平國小校園，也採到一公一母的基隆石蜈

Lithobius trichopus Takakuwa, 1939 毛腳石蜈蚣 雄性第二性徵在第15對步足腿節上。



蚣，但這兩隻公的石蜈蚣，其雄性第二性徵並未成熟明顯。此外，我也在和平國小還採到一隻公的 *Lithobius trichopus* 毛腳石蜈蚣。毛腳石蜈蚣也是高桑良興於1939年發表的臺灣特有新種石蜈蚣，其雄性第二性徵是在第15對步足的腿節腹側，有30多根長毛縱向排成一列。當年，高桑良興研究和發表的日本與臺灣的標本，原保存在日本松山市，但被毀於1945年7月26日美軍的空襲轟炸。2018年1月27日，程志中先生在海洋大學，採集到2隻雄性基隆石蜈蚣，寄到科博館。這兩隻的雄性第二性徵較成熟明顯，粗大的第14和15對步足很搶眼。因當時，我正忙於梅峰石蜈蚣新種文章的發表，以及王氏石蜈蚣的鑑定研究，就將基隆石蜈蚣的研究暫時擱置。2019年1月12日，我才再次前往基隆採集，在基隆和平國小採到2隻也是第14和15對步足粗大的雄性基隆石蜈蚣。感謝基隆市和平國小莊士杰校長給予的協助，使我能順利完成採集。離開和平島後，我依原定的計畫，前往基隆十方大覺禪寺，緬懷先嚴先慈的親恩。追思完畢，走到寺外，看見一個荒地，於是我的採集嗜好病症發作，就蹲在地上找找看，在枯葉下採到一隻母的基隆石蜈蚣。同年4月8日，我再次前往基隆十方大覺禪寺外採集，找到了二公四母6隻基隆石蜈蚣。有些石蜈蚣的

物種，如日本的 *Lithobius sulcipes* 其雄性第二性徵，也有類似粗大的第14和15對步足。因此，我們比對了其他的形態特徵，例如：眼睛數目與其排列方式不同，背板的形態差異，雌性生殖肢的爪的樣式，以及步足上的棘刺等性狀，確知基隆石蜈蚣為新的物種。

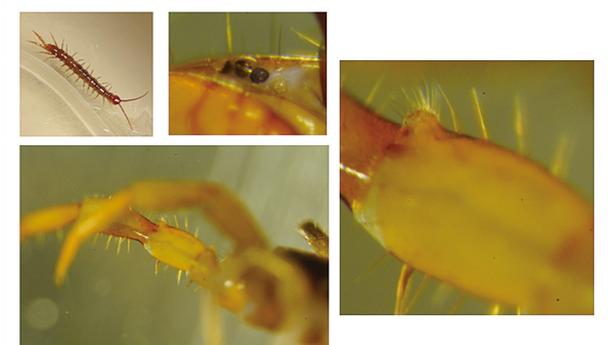
至於清泉石蜈蚣的發現，則是2019年3月13-14日，我參加一個觀霧休閒農場的團體旅遊，其中一個景點是清泉張學良故居。大家忙於參觀拍照，我則忙於翻石頭找蜈蚣，找到一隻小的石蜈蚣。隔週帶到科博館，以解剖顯微鏡觀察，我幾乎要跳起來，其雄性第二性徵在第15對步足的腿節背側末端，有一個小瘤狀突起，突起的頂端表面有十幾根略為呈弧形的長毛。日本的石蜈蚣 *Lithobius (Monotarsobius) tuberculatus* 雖也有類似的小瘤構造，但它的位置在腿節，而非腿節。而韓國的石蜈蚣 *Lithobius (Monotarsobius) dziadoszi* 的類似構造雖也在腿節上，但其頭部兩側各有7個單眼，後方的單眼特大，其餘的排成兩列。然而清泉石蜈蚣，則只有3個單眼呈一列，且中央的單眼最大，所以兩者明顯為不同物種。

唇足動物就以石蜈蚣的雄性第二性徵最具多樣性，為系統分類學上較易辨識的特徵。感謝基隆鳥會楊月姿小姐和程志中先生的採集與致贈標本。感謝基隆市和平國小莊士杰校長的協助採集。感謝國立自然科學博物館，提供我研究的環境與設備，使我這個研究唇足動物的嗜好得以持續，充實我退休的生命。

Lithobius keelungensis sp. n. 基隆石蜈蚣新種，體長1.3cm。雄性第二性徵在粗壯肥大的第14和15對步足的腿節與腿節



Lithobius (Monotarsobius) qingquanensis sp. n. 清泉石蜈蚣新種，體長0.8cm。雄性第二性徵在第15對步足的腿節背側，有一個小瘤狀的突起，其上有十幾根粗狀的長毛



p2

海神再臨—大量大西洋海神海蛞蝓現蹤墾丁海岸

文—黃興倬·圖—邱文傑

一般人對海蛞蝓的認識，絕大多數是一群棲息在海底、色彩形態繽紛多樣、生態歧異度高的海洋無殼蝸牛。然而，生物經過千萬年的適應演化，往往會突破宿命，發展出一套迥異於同類的生活史。即使在今天，我們仍然不斷地在周邊的自然生態中，發現這些從生命演化的長河裡偶然激起的小小支流，讓我們訝然於生命無限的可能性。

海神海蛞蝓(圖1)，就是這種令人驚嘆的典型範例。

刺客襲來

今(2019)年的3月29日，吹了幾天東北風的墾丁合界，在當天轉成了西風西北風。節氣還在春季，墾丁的氣溫與水溫卻似乎已經按捺不住地向上爬升。潮汐與湧浪，把一群隨風飄浮在海面上的小刺客，帶進了合界布滿潮池的礁岩海岸。

這些隨波逐流的小小刺客，是水螅水母。每一「隻」水螅水母都是一個「群體」，群體裡每個單元水螅體都小到要用顯微鏡才能看見，而且不同部位的水螅體會負責不同的功能。每個群體還長出了適合漂浮在海面上的構造——一個中空的浮囊。在浮囊之下，帶有劇毒刺絲胞的絲狀觸手，可以攔下所有被劇毒擊昏的獵物，也逼退任何意圖侵犯的天敵。

當日，大批的水螅水母被潮水帶進了礁岸，潮水退了，牠們暫時被困在潮池，或是擱淺在乾涸的礁岩上。在下次漲潮來將牠們領回大海之前，凡是好奇心強的海洋觀察者，都會抱著買樂透的心情，來找尋一類體型在3公分以下的夢幻級生物——海神海蛞蝓。

擺脫底棲的宿命

絕大多數的海蛞蝓都行底棲生活，意即從卵孵化經過浮游的幼蟲期後，個體就會沈降至海底發育為成體繼續完成其生活史。海神海蛞蝓卻反其道而行，牠們的幼蟲在短暫的浮游期過後浮至水面，吞下空氣在消化道形成氣泡，並在身體兩側長出發達的翼狀露鰓，大幅增加浮力，從此一生與海底分道揚鑣，成為漂流一族。而且海神海蛞蝓專門以水螅水母為食，有水螅水母的地方，就可能看得到牠們的身影。

只不過大海茫茫，要在風與海流配合得剛剛好的情況下，先把一群漂流的水螅水母在漲潮時分推送上岸。而且這種肉眼勉強可辨、僅發現藏身在一群讓人避之唯恐不及的有毒生物中的海神海蛞蝓，過去被發現的紀錄比中樂透還低。大西洋海神海蛞蝓首次在臺灣的觀察記錄，是2012年在屏東小琉球；第二次是在基隆的八斗子。這兩次都只觀察到1隻。2017年在墾丁合界則出現隨著錢

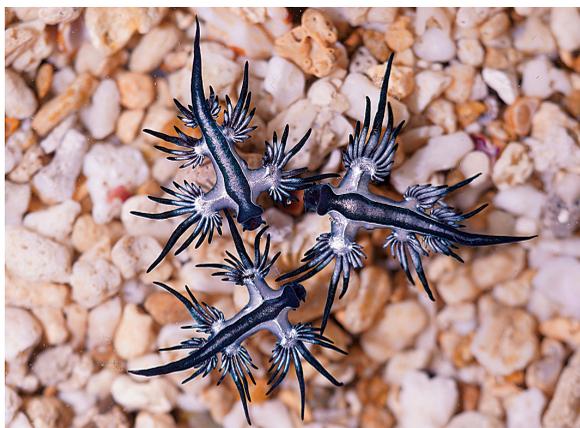


圖1 海神海蛞蝓是極少數終身行漂浮生活的海蛞蝓。圖為此文主角一大西洋海神海蛞蝓 *Glaucus atlanticus*。



圖3 漂浮在水線上的大西洋海神海蛞蝓

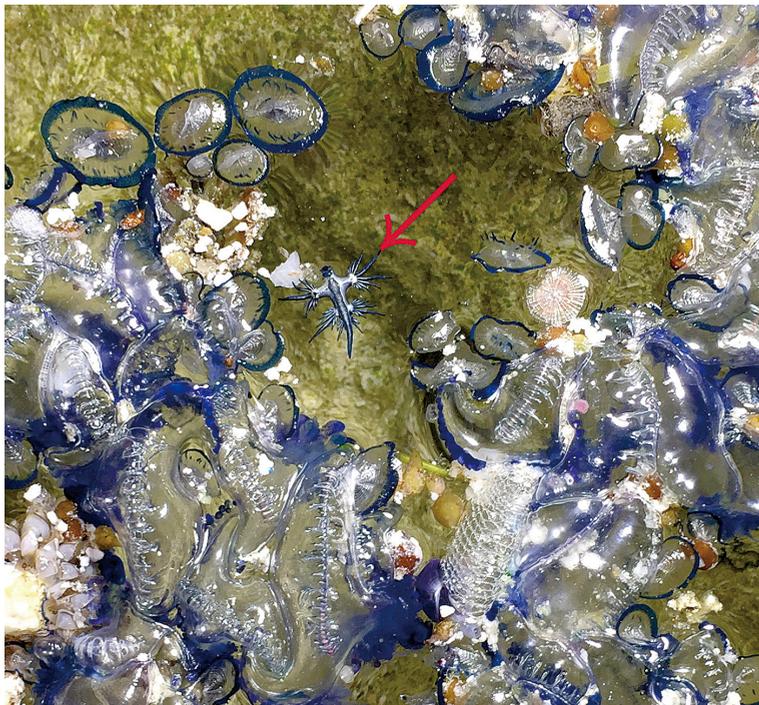


圖2 混雜在水螅水母群中的大西洋海神海蛞蝓(箭頭指處)



圖4 鑽入風帆水母浮囊下大快朵頤的大西洋海神海蛞蝓

幣水母群上岸的緣邊海神海蛞蝓群集。

在水母群中覓蹤

當天的合界又中了大獎。礁岩潮池裡，為數不少的大西洋海神海蛞蝓，張著註冊商標的翼狀露鰓，在浮囊直徑1-5公分不等的僧帽水母和風帆水母群中漂浮扭動，和同類互動並嚙咬著牠們的獵物。從水面上觀察，海神海蛞蝓深藍與灰藍的體色條紋，與周圍的水螅水母們融為一體，再加上細小的體型，若不貼近仔細尋找，很難發現(圖2)。

一般我們所熟知的海蛞蝓，顯著的體色或形態特徵都出現在背部；腹面因為貼近地面，多半顏色較淺且平滑。行漂浮生活的海神海蛞蝓，朝天的一面是前述的深藍與灰藍，向著海底的一面是白或灰白色，所以很多人都直覺認為深色的是背面，淺色的是腹面。然而，事實是深色的那一面是腹面。換言之，海神海蛞蝓游的是仰式!(圖3)

水螅水母群體靠著水流聚在一起，像一個小艦隊，形成了一個生人勿近的死亡禁區。體型相對嬌小的海神海蛞蝓跟著這個艦隊一起漂流，不時以齒舌嚙食水螅水母的組織；海蛞蝓也會游動並咬住水母，以免漂離。有時水螅水母的浮囊太大，可食的部位在水線下較深處。大西洋海神海蛞蝓為了能下潛至較深處，還會吐出腹部的氣泡來調整浮力，好讓自己能大快朵頤(圖4)。

顯然地，水螅水母刺絲胞的劇毒對海神海蛞蝓起不了作用。尤有甚者，隨著水螅組織被海蛞蝓



圖5 一對準備交配的大西洋海神海蛞蝓，圖中左邊那隻的軟管狀生殖器已經伸出(箭頭指處)

吃進體內的刺絲胞，被原封不動地轉移到露鰓表面。水螅水母用來防禦獵殺的彈藥，被海神海蛞蝓巧奪成為貼身肉搏時的最後防線。

在平靜的潮池裡，飽餐後的大西洋海神海蛞蝓悠閒地漂浮著，當和其他同類接觸時，會引發交配行為。和大多數的海蛞蝓一樣，海神海蛞蝓也是雌雄同體，在身體右側第一對露鰓後方，有一個凸起的生殖器孔。交配時，軟管狀的生殖器會自生殖器孔伸出(圖5)，兩隻兩情相悅的海神海蛞蝓會調整成互以身體右側向著對方的姿勢，讓彼此的生殖器結合，將精子注入對方體內使卵受精，不過發達的翼狀露鰓經常礙事。文獻記載，大西洋海神海蛞蝓一次成功的交合經常要花數十分鐘完成。

天色已暗，潮水也漸上漲，海神海蛞蝓的靠岸之旅也即將結束，準備出海繼續牠們無止境的漂流之旅。而我們只能抱著一期一會的心情，在這短暫的交會中，記錄下海神海蛞蝓的行為點滴，為探索這群夢幻生物的神秘自然史，照亮一個小小角落。

觀察入微的 子籽探索

文·圖一邱少婷

生命從一個細胞開始，以植物的演化來說從水中的游動孢子開始，由同型演化到大小不同的異形細胞結合，形成接合子長成新個體，這樣的子子代代不斷地更替。即使適應了陸域環境的種子植物，在植物生命延續的過程中，不論配子體和孢子體的形態多樣，依然保持著這一代接一代的世代交替。因此要深入了解植物生命，不僅要對俊美的外型觀察入微，更要對各種子籽詳盡的探索。人類對微觀世界的好奇，就是借助尺度更精微的工具來擴展視野。

尺度更精微的顯微觀察 與微觀世界

大自然的微妙無時無刻地展現，放大鏡、微距鏡、顯微鏡……是由低倍轉換至高倍率的不同尺度，隨著顯微觀察尺度的提升，美麗的微觀世界成為垂手可得。

由於光學原理已臻成熟，以往各式精密但笨重的顯微鏡，隨著資訊科技發展、材料科學的設計應用和公民實驗能力的擴張，製作和擁有輕便實用的科學儀器不再是遙不可及。運用光學的原理，以直射穿透光、斜射光、落射光、偏振光、螢光等來觀測物件，讓專業的顯微觀察人人可行，而且可以從小培養，使人類探索自然的視野越加精湛。

科學的進展包括利用新的測量方法，探索和觀測持續演變中的大自然，例如：使用手機拍攝功能觀測和記錄自然現象(圖1)，特別是觀測那些與自然共存的各種生命體，探索其微觀構造和生生不息的歷程。

植物生命的奧妙從一個細胞開始，簡單如配子、接合子、孢子，發育成了孢子體、配子體。一般植物的孢子體行減數分裂而產生孢子，孢子發育成配子體，再產生配子，兩個配子結合後即接合子，然後繼續發育成孢子體。陸域植物中苔蘚的配子體和孢子體在微距放大下即可觀察。

苔蘚的配子體和孢子體

植物界由綠藻演化而來，依演化的先後，可分苔蘚植物、蕨類植物、裸子植物和被子植物。植物



圖1 以手機顯微鏡觀察記錄



圖2 水綿(Spirogyra)-絲狀綠藻



圖3 地錢(Marchantia)-葉狀體上的通氣口和芽杯



圖4 地錢的雄配子體枝



圖5 地錢的雌配子體枝



圖6 地錢的孢蒴

松子與蘭花的種子

相對於苔蘚植物以產生孢子、雌配子體、雄配子體……等形體，完成生命的歷程。維管束植物中的蕨類是靠孢子繁殖，屬於孢子植物，在其釋放孢子後，微小的孢子仍需落到有足夠水分的環境，才能萌發，長成新的生命個體。

維管束植物包含蕨類植物、裸子植物及被子植物三大類。裸子植物及被子植物均以種子繁殖，

登陸須適應離水的生活方式，從水中綠藻開始(圖2)，演變到葉狀體匍匐貼近水源。苔蘚中的錢蘚類植物表面，為防止失水，又仍需為光合作用的氣體交換開個通氣口(air pore)，因此在朝天的表面形成規律的點狀的洞洞(圖3)。通氣口的細胞構造很簡單，尚未演化成可以開閉自如的保衛細胞，無法調節氣體進出量，故不適合被稱為氣孔，容易與具保衛細胞的氣孔(stoma)混淆。

蘚類的繁殖方式，有一種是葉狀體的擴張營養生長。先長出芽杯(gemma cup)，內有芽孢(gemma)，當芽孢被水滴沖出杯外或流落到適當的地方，就可以行無性繁殖而成新的個體。另一方式是進行有性繁殖，葉狀體先長出配子體枝(gametophore)，分別是雄配子體枝(圖4)和雌配子體枝(圖5)，雌雄外觀可由裂緣來辨識，分別為深內凹刻或波浪狀。藏精器深埋在雄配子體枝，釋放精子的開口朝天。而藏卵器在雌配子體枝位在朝地近軸處。雌雄偏向不同，當雨水滴落雄配子體枝，可將精子由傘面順著軸沖流到葉狀體和

地面，溼答答的薄水層可供精子游向雌配子體枝的藏卵器，而藏卵器的頸口朝地，精子可順勢由下往上游向卵。藏精器內的精子游到藏卵器與卵結合後，發育成孢子體，連結到雌配子體枝，其足和柄均深藏不露，僅觀察得到孢蒴(圖6)是孢子囊，成熟的外觀像露出的褐黑色珍珠。孢子由孢蒴溢出，落在適合萌發的環境，就長成新的葉狀體。

松子與蘭花的種子

相對於苔蘚植物以產生孢子、雌配子體、雄配子體……等形體，完成生命的歷程。維管束植物中的蕨類是靠孢子繁殖，屬於孢子植物，在其釋放孢子後，微小的孢子仍需落到有足夠水分的環境，才能萌發，長成新的生命個體。

維管束植物包含蕨類植物、裸子植物及被子植物三大類。裸子植物及被子植物均以種子繁殖，

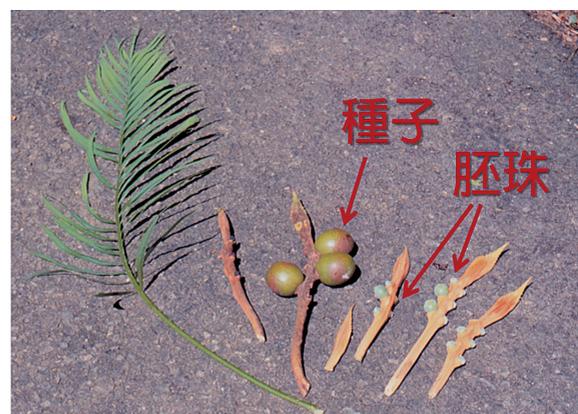


圖7 光果蘇鐵的胚珠和種子

屬於種子植物。種子植物的孢子不需要外界環境的水，而可以在空中傳粉。種子植物保住水分的繁殖構造是胚珠(ovule)，胚珠是以層層的組織圍繞保護著卵的構造，花粉粒必須落在珠孔，才能生長出花粉管，送精子與卵結合，發育成胚。周圍的組織也會繼續發育，形成保護的種皮構造，可提供幼胚的營養，這個可以傳播的新生命體就是種子。

種子植物中的裸子植物的蘇鐵類(圖7)，胚珠著生在繁殖葉上，授粉和受精由小長大成種子的過程展露無遺，因胚珠和種子沒有子房或果實的包覆，為裸露種子的生命體。供食用的松樹種子，去除種皮後，米白色的營養組織就是提供胚發育成長的重要構造。

種子植物傳粉、受精、胚珠發育成種子的過程中，以雄孢子或花粉粒抵達胚珠的開口(珠孔)，以便與傳粉者共同演化的方式最為特殊，例如：蘭花的雄蕊和雌蕊合成「蕊柱」，成對的花藥則特化成「花粉塊」，暗藏在蕊柱的頂部(圖8)，傳粉者進出採蜜時，其通關任務就是黏貼上花粉塊，然後到下一朵花時，將花粉塊傳遞到蕊柱上柱頭。

花粉=孢子，花粉粒=雄配子體，胚囊=雌配子體，胚=接合子發育成幼小的孢子體，種子即以種皮和營養組織包覆著幼胚的構造，讓植物的傳播具有更適應陸域環境的優勢。

開花植物(種子植物)的種實具有豐富養分，以支援繁殖時的營養需求，也成為其他生物的重要食物。世界上最大的種子為海椰子，最小的種子在蘭科，其中風蘭種子又小又輕，不含提供胚成長的養分支援，其種子是由一層細胞的種皮和胚構成(圖9)。極少數的特殊植物種子，可在手機顯微鏡下透過直射穿透光來觀察，也可運用斜射光方式，形成類暗視野而顯現出來(圖10)。

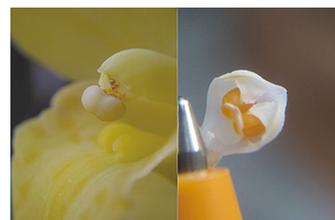


圖8 蘭花的花粉塊



圖9 風蘭的種子

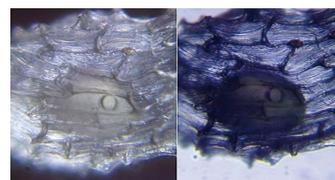


圖10 風蘭種子內的胚，左：斜射光的暗視野效果，右：直射穿透光的觀察。

以上的近距離和放大高倍率觀察，已經不是研究人員的專利了，民眾只要學會運用隨身攜帶的手機或平板，搭配設計精良的輕便研究型手機顯微鏡，就可觀察入微，目睹精微尺度的粒子、孢子、花粉粒、種籽、蟲子，變身成為能深度探索的科學家！

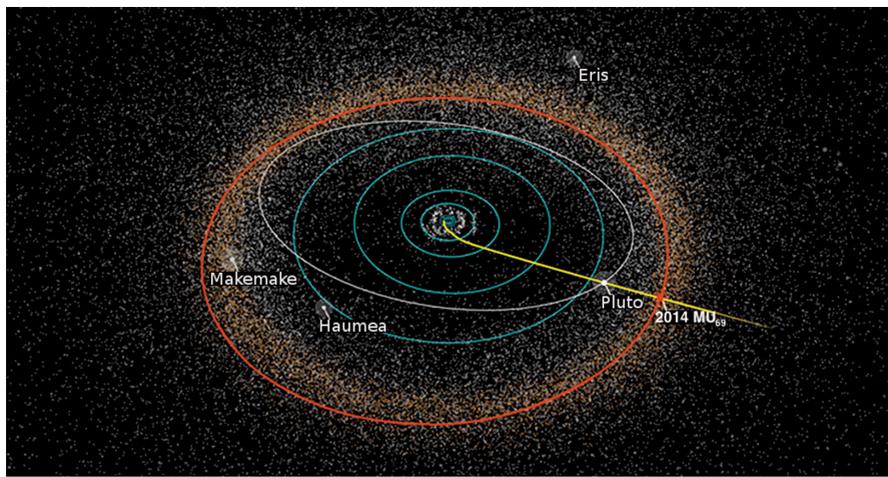


圖1 新地平線號的飛行路線。Eris是閩神星，Makemake（鳥神星）、Haumea（妊神星）則比冥王星稍小一點。它們和2014 MU₆₉都共用相同軌道區域。

新地平線號 抵達「天涯海角」

文·圖—林志隆

美國於2006年1月發射的新地平線號(或譯為新視界號)行星探測船，於2019年1月1日飛越了486958號小行星Ultima Thule(中文翻譯為天涯海角)，對這個海王星外小天體(TNO)進行它的最後一項任務。

新地平線號計畫一開始就非常具有話題性。它要去探測的是當時太陽系最後一顆行星—冥王星，而冥王星是九大行星(Planet)中唯一由美國人發現的。由於冥王星的許多特性與其他8個行星迥然不同，所以自1930年發現以來，它是否該列為大行星，就一直有爭議。反對冥王星列為行星的人主要有幾個論點，首先是它的軌道呈現明顯的橢圓，而且公轉軌道和黃道面夾角很大(17度)，至於它的大小當然也是爭議點之一。

從1940年代起，就有研究提出冥王星附近可能還有很多類似天體的想法。到了1951年，研究短周期彗星的庫柏(Gerard Kuiper)具體提出太陽演化會先形成一個雲盤結構的想法，懷疑海王星之外的區域還有許多來不及形成大行星的天體—庫柏帶天體(Kuiper belt objects, KBO)，但是冥王星是位在離太陽30-50個AU這個區域中的許多中小型行星之一的想法，一直到1992年才獲得證實。

1992年，夏威夷大學的David C. Jewitt和劉麗杏(Jane Luu)發現15760號歐比恩(Albion)小行星，之後開啟了蒐尋KBO的熱潮，至今已經又發現數千顆類似天體。這嚴重威脅到把冥王星列為一顆大行星的合理性。而最後把冥王星從九大行星中踢出去變矮行星的臨門一腳，是一顆比冥王星還大的閩神星(Eris)。

閩神星是在2003年觀測中發現的，但是到2005年才正式發表。由於當時估計它比冥王星大30%左右，所以立刻引起很大的爭議。當時主要有兩派意見，一派說冥王星都算(大)行星了，比它大的怎麼可以不算？所以他們主張要變成12大行星。另一派則說，這些共用軌道又不大不小的，應該另分一類歸為矮行星。最後，2006年8月底的國際天文聯合會(IAU)大會投票結果是：冥王星被踢出大行星家族，太陽系又只有8顆大行星了。

在1970年代的水手系列、先鋒10號、11號跟航海家1號、2號行星探測中，當時的9大行星除了冥王星外都有太空船探訪，甚至登陸過。而當時不去探

測冥王星的主因是「不順路」。因為冥王星的軌道和其他行星不在一個平面上，要就得專程發射一艘太空船去探訪它，所以就被排到它可以一石多鳥的計畫後面去了。但是，它畢竟是唯一美國人發現的大行星，因此還是在1990年代初開始規劃，並在2001年獲得正式批准。

等到2006年1月19日新地平線號發射升空的時候，閩神星的發現已經正式公布並引起討論。等到它在2015年7月14日終於從冥王星和卡隆(Charon)之間穿越的時候，它探訪的已經不是一顆大行星，而是一顆被降級的矮行星了。

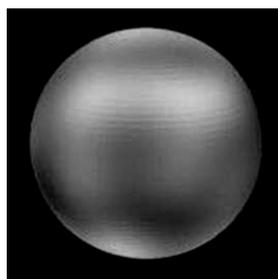


圖2 在新地平線號之前最清楚的冥王星照片(取材自哈伯太空望遠鏡)

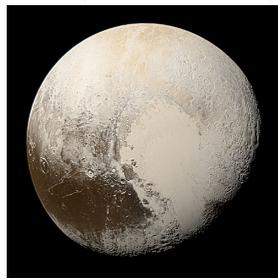


圖3 新地平線號拍到的冥王星

它發射之後要飛9年多才到達冥王星，這中間有許多時間可以讓計畫科學家胡思亂想。於是大家就開始考慮飛越冥王星之後，接下來怎麼辦？

由於新地平線號為了在10年內飛到冥王星，所以它的速度非常快，當它抵達冥王星時根本煞不住車只能從旁滑過去。那滑過之後會衝到哪裡去？或者該往哪裡去？就是個有趣的問題了。

早在2011年，計畫成員就開始討論逛完冥王星該往哪裡去？針對這個需求，他們有幾項考慮因素：一是要跟已知天體有區別；二是要在技術能力範圍內；三是最好有些怪異行為。所以當時設定大小在50-100公里之間，距離要在55 AU之內(以免無線電訊號會太弱)，最好能夠有衛星，位置則要在原訂路線附近。

一開始他們動用地面的大望遠鏡搜尋預計路線所有已知的海外天體，還發動了一個叫做「冰獵人」(Ice Hunter)的公民科學家計畫，請業餘愛好者協助檢視那些照片。但是他們檢視了143個可能的天體後，

但是，新地平線號的近距離探測為我們帶來許多以往無法了解的細節。在它之前，最清楚的冥王星樣貌是像哈伯太空望遠鏡拍攝的圖2這樣，而新地平線號拍攝的則是像圖3這樣，兩者的差異一目了然根本無需多說。

除了原定的探訪冥王星之外，其實新地平線號後續的任務也非常有趣。依照原訂的計畫，

它發射之後要飛9年多才到達冥王星，這中間有許多時間可以讓計畫科學家胡思亂想。於是大家就開始考慮飛越冥王星之後，接下來怎麼辦？

早在2011年，計畫成員就開始討論逛完冥王星該往哪裡去？針對這個需求，他們有幾項考慮因素：一是要跟已知天體有區別；二是要在技術能力範圍內；三是最好有些怪異行為。所以當時設定大小在50-100公里之間，距離要在55 AU之內(以免無線電訊號會太弱)，最好能夠有衛星，位置則要在原訂路線附近。

但是，新地平線號的近距離探測為我們帶來許多以往無法了解的細節。在它之前，最清楚的冥王星樣貌是像哈伯太空望遠鏡拍攝的圖2這樣，而新地平線號拍攝的則是像圖3這樣，兩者的差異一目了然根本無需多說。

除了原定的探訪冥王星之外，其實新地平線號後續的任務也非常有趣。依照原訂的計畫，

發現距離都太遠。到了2014年，他們只好求助於哈伯太空望遠鏡，從6月開始針對目標區拍了一系列照片，並且在10月先選定3個目標。結果，2014年秋天又出現了第四個競爭者2014 MU₆₉(目前稱為Ultima Thule, 天涯海角)，它是在對前3個目標後續追蹤時又發現的新目標。最後，它踢掉了前3個目標，成為新地平線任務的最終目標，在2019年1月1日飛掠。

在選定2014 MU₆₉之後，因為有了精確的軌道資料，所以科學家推算2017和2018年它有5次機會遮蔽到恆星(掩星)，便組織了許多機動觀測隊，還動用了一架飛天望遠鏡(SOFIA)。在2017年6月3日的第一次掩星中，所有觀測隊都失敗了，這顯示軌道計算有問題。7月10日則出動了SOFIA號到南太平洋觀測，並在緊急修正軌道之後派了一隊24組望遠鏡到南美洲觀測，終於成功觀測到7月17日的掩星事件。從整理後的結果圖4a來看，你會不會覺得



圖4a 是2017年掩星觀測結果

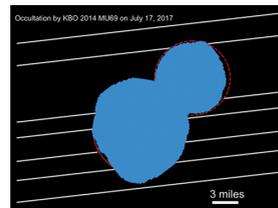


圖4b 是把新地平線號看到的樣子套上去的結果

它的腰有點粗細太不勻稱了呢？

2019年1月1日，新地平線號終於從距離天涯海角3500公里的地方飛過，並且拍回了非常清晰的照片(圖5)。當我們把它套到掩星的圖上去時，那個奇怪的腰身就原形畢露了(圖4b)。它，其實是由兩個緊貼在一起的圓球組成的。大的那一顆被稱為Ultima(終極)，直徑約19.5公里；小的被稱為Thule(世界邊緣)，直徑約14.2公里。兩個合稱Ultima Thule，所以中文翻做天涯海角。

目前科學家猜測，天涯海角可能是由很久之前的一次小行星相撞造成的。那一次撞擊力道並不大，但是因為小行星重力很弱，所以裂成一堆碎片後又慢慢聚攏，但卻形成兩個團塊。這兩團物質漸漸互相靠近，以很慢很慢的速度輕輕靠在一起，便形成了圖6這個樣子。

通過天涯海角之後新地平線號還在繼續往外飛，估計在2030年之前和地球的通訊應該都沒問題，

所以計畫團隊想要再找一個庫柏帶天體來探測。但是由於它的燃料所剩無幾，很難調整路線，所以這個新目標一定要剛好在它的飛行路線上，這個機率可能比瞎貓在原野上撞到一隻死耗子還低。但是反正它都已經飛到那裡了，或許在科學家的努力下還能創造出什麼驚奇也不一定，且讓我們繼續看下去吧。

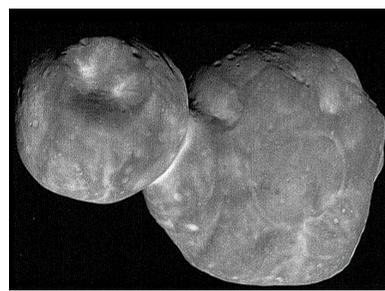


圖5 新地平線號近距離拍到的天涯海角

The Formation of 2014 MU69

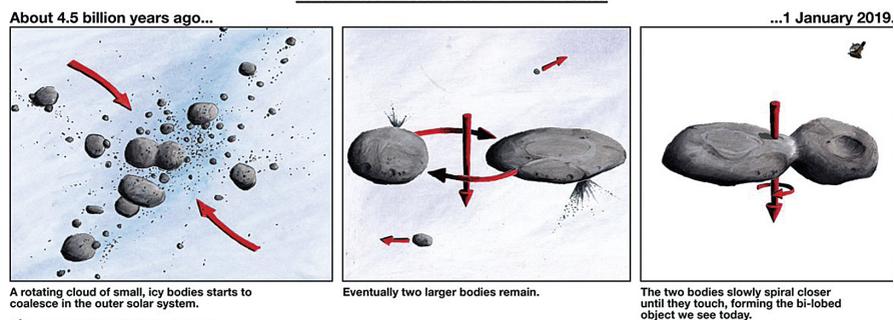


圖6 科學家猜想天涯海角的形成過程

板塊作用與岩石的家

文·圖—董國安、侯虹如

地球是太陽系中最獨特的星球。它得天獨厚位於太陽系的「適居區」，能在地表保存有液態水；又具有適當的化學元素組成，可以形成外部硬殼；並且含有微量的碳與長期保持穩定狀態，適合生命的演化，因此，地球成了太陽系中目前唯一擁有生命的星球。一般人看地球的獨特性在於：具有生命(生物多樣性)、表面有液態水及大氣中有氧氣。但從地質學家的角度來看地球獨到之處，在於它擁有綿延的山脈及岩石多樣性，而其造岩的主要成因就是地球所獨具的板塊運動。

「早期的地球-前寒武時期」特展已順利開展五個多月，隨著展示的進行，特展團隊持續推出「板塊作用與岩石的家」繪畫與「地球萬萬歲」繪本等單元活動以充實展示內容。本文將介紹「板塊作用與岩石的家」畫紙如下：

「板塊作用與岩石的家」畫紙正面(圖1)

畫紙正面主要是提供給觀眾臨摹著色的地球板塊運動的底稿，可供小朋友上色，完成自己的作品(圖2)。左上方為一張展場的地球板塊運動大型油畫的縮小圖，其下方左邊為大陸板塊，厚度介於25-70公里(平均~40公里厚)，下方右邊為海洋板塊，厚度較薄(平均~7公里厚)。圖中可見地殼與部分的上部地函組成剛性的岩石圈，碎成大大

小小的板塊，浮在軟流圈之上而移動。圖右邊的海洋板塊因地函物質湧升、中洋脊張裂，向左隱沒到大陸板塊之下，並在其邊界形成海溝，持續向左分別形成大陸棚、沖積扇、火山島弧、弧後盆地等地理環境。

「板塊作用與岩石的家」畫紙背面(圖3)

畫紙背面主要介紹構成地球岩石圈的三大岩類及其約略分布位置。地球上岩石依其形成的原因可分為火成岩、沉積岩及變質岩等3類，分述如下：

A. 火成岩(Igneous rocks)：

經由岩漿活動、火山作用所形成的岩石稱為火成岩。岩漿若在地下深處凝結成的火成岩，名叫深成岩(例如花崗岩、閃長岩、橄欖岩、輝長岩)。岩漿若沿地下裂縫上至地表，再冷卻凝結的火成岩，名叫噴出岩(例如流紋岩、黑曜岩、玄武岩、浮石)。亦可依岩石化學成分區分為酸性岩(例如花崗岩、流紋岩)、中性岩(例如閃長岩、安山岩)、基性岩(例如輝長岩、玄武岩)、超基性岩(例如橄欖岩)。展場中具代表性的九件火成岩：1. 花崗岩、2. 閃長岩、3. 流紋岩、4. 浮石、5. 黑曜岩、6. 安山岩、7. 橄欖岩、8. 輝長岩、9. 玄武岩。

B. 沉積岩(Sedimentary rocks)：

經由沉積作用所形成的岩石稱為沉積岩。根據岩理(texture)的不同可分為兩大類：

碎屑狀沉積岩：地表原有的岩石經風化侵蝕等作用所形成的破碎物質，因流水、風力、冰川、重

力等搬運後再沉積而形成，可因粒度大小而區分(例如礫岩、砂岩、粉砂岩、泥岩等)。

非碎屑狀沉積岩：溶解在水中的化學物質因溫度、壓力的變化，或溶液中所含礦物質濃度增加，超過其飽和濃度，經由沉澱結晶而成的沉積岩(例如石膏、石灰岩、燧石等)。展場中具代表性的11件變質岩：10. 粒變岩、11. 板岩、12. 矽卡岩、13. 千枚岩、14. 片岩、15. 片麻岩、16. 榴輝岩、17. 角閃岩、18. 藍片岩、19. 蛇紋岩、20. 綠片岩。

C. 變質岩(Metamorphic rocks)：

經由變質作用所形成的岩石稱為變質岩。原岩受到溫度、壓力或化學環境的變化，在固態下岩石內部的物理和化學性質逐漸變化。原岩可以是沉積岩、火成岩或是變質岩。依據變質岩組成礦物的大小與排列方式，可分葉理狀和非葉理狀的變質岩。如果形成一片一片彼此平行的排列，即為葉理狀變質岩(例如板岩、千枚岩、片岩、片麻岩等)；岩石如經變質作用後，只發生再結晶作用，不具平行片狀的葉理組織，就是非葉理狀的變質岩(例如粒變岩、矽卡岩、蛇紋岩、角閃岩、榴輝岩等)。展場中具代表性的7件沈積岩：21. 礫岩、22. 砂岩、23. 粉砂岩、24. 泥岩、25. 石膏、26. 石灰岩、27. 燧石。

板塊運動是地球所獨具的，板塊作用與岩石的分布密切相關。為讓社會大眾更能了解地球運作方式，此畫紙於特展期間置於展場大型板塊運動油畫前，免費提供給有興趣的觀眾朋友用畫畫來學習地球現代的板塊運動(圖4)。

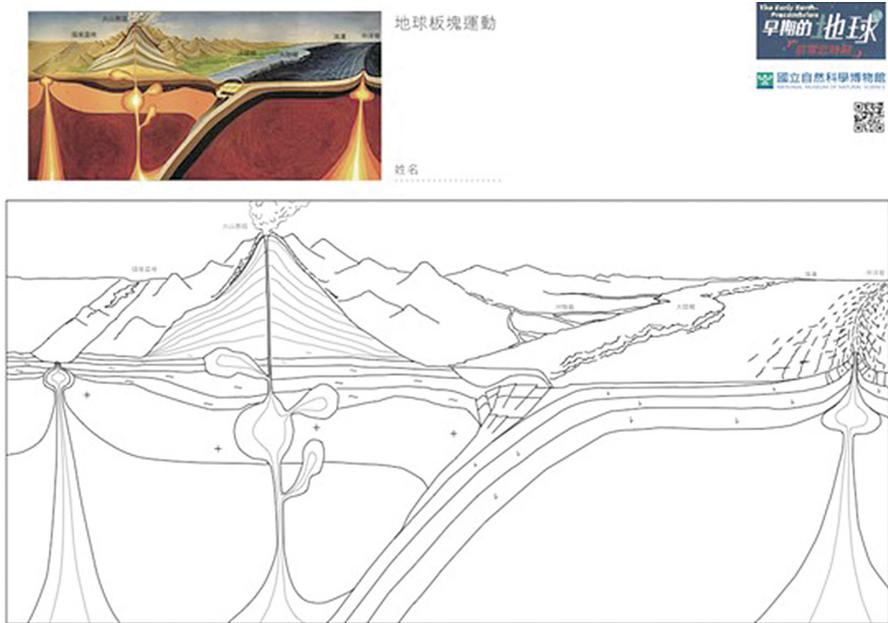


圖1 「板塊作用與岩石的家」畫紙正面

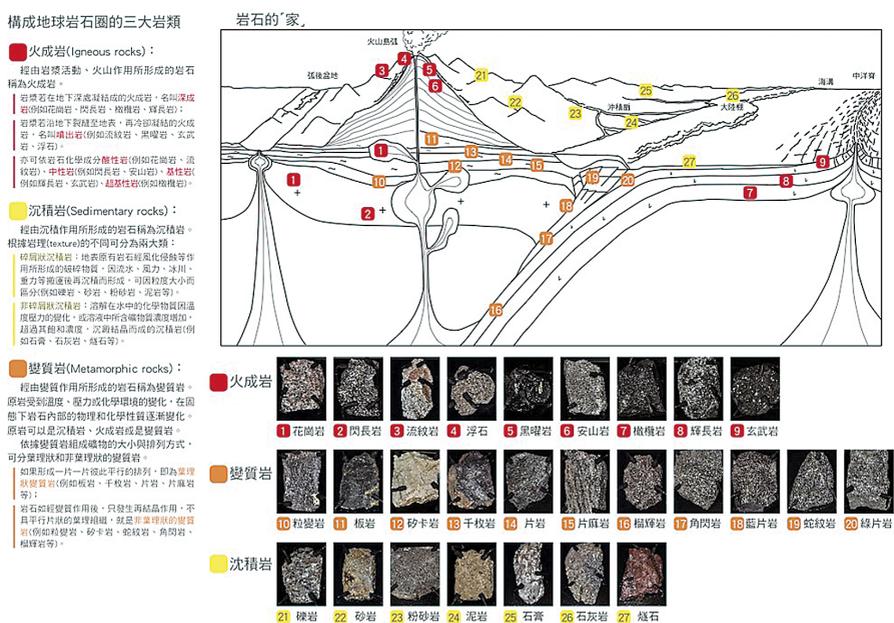


圖3 「板塊作用與岩石的家」畫紙反面



圖2 參觀的小朋友臨摹畫出自己的地球板塊作用



圖4 畫紙置於展場一隅，免費提供給有興趣畫畫的觀眾。

談黑洞照片之熱潮

文—王斌威

想必各位在108年4月10日的各大媒體上都注意到這新聞吧，那就是科學家有黑洞的照片了。如此大的新聞不只是臺灣，就連全世界的國際媒體也爭相報導。趁著新聞熱度還沒完全減退之前，筆者先打鐵趁熱就幾個部分讓大家更了解這個議題。

首先，介紹黑洞到底是什麼。黑洞其實是藉由愛因斯坦的廣義相對論所推論出來的一種天體，這天體質量極大，產生的重力場很強，強大到連光都跑不出來，沒光跑出來當然就很黑，所以稱為黑洞。而宇宙中的黑洞，依尺度可以分為三類，分別是恆星級黑洞(幾個太陽質量重到數十個太陽質量重)、中介質量黑洞(上百倍到數十萬倍太陽質量重)以及這次新聞的主角超大質量黑洞(數百萬倍到百億倍太陽質量重)。但這三大類黑洞的成因只有恆星級黑洞我們算是比較了解，其他兩類成因還是眾說紛紜，尤其是中介質量黑洞的觀測證據到目前為止還很少。除卻中介質量黑洞不談，恆星級黑洞基本上就是大質量恆星死後的產物。依質量大小，恆星會有三種死後的狀態，分別是白矮星、中子星以及黑洞。目前找到質量最小的恆星級黑洞有將近太陽質量的4倍。聰明如你，從這邊也能發現我們的太陽是沒辦法成為黑洞的，它的最終命運會是白矮星。而超大質量黑洞的成因，天文學家還不是很了解，雖然有幾種主流假設，例如恆星級黑洞慢慢在合併形成質量越來越大的黑洞，或是大量氣體在坍縮過程直接形成大質量黑洞，不過雖然成因不清楚，但藉由越來越多的觀測知道，在所有星系的中心，包括我們所處的銀河系之內，都有超大質量的黑洞。

這次的照片會在科學界引起這麼大的騷動，是因為這是天文學家第一次得到直接的觀測證據。從前面的描述可知，黑洞不會輻射任何電磁波(除了尚未證實的霍金輻射)，因此之前尋找黑洞都是依賴間接觀測。例如，黑洞的存在有時可以通過觀察其與周圍天體的重力交互作用來推斷(例如接近黑洞附近的星星的運動)。或是黑洞周圍的物質不斷流入黑洞，所造成的高溫，會發出一些高能輻射(X-ray)，此時也可以間接發現黑洞的存在。

對黑洞有了基本的認識之後，我們來說說這次被拍的目標M87星系。這個星系距離我們約5千5百萬光年遠，其星系中心的超大質量黑洞(約有65億個太陽質量)。M87星系中心有個明顯的噴流，這次黑洞的影像正是這個噴流的「源頭」。會選擇它是因為它比較大，較有機會看得到細節，天體在天空中看起來的尺寸乃是由天體的實際大小與距離決定。天文學家根據所有已知黑洞的尺寸，發現M87星系中心的超大質量黑洞在天空中的張角是第二大的，至於排行第一的是我們銀河系中心的黑洞。看到這裡，你馬上會問：那為什麼不看我們銀河系的黑洞，那不是更簡單？可惜的是，在地球上觀測銀河系中心時，會受到銀河系盤面星系介質造成的散射影響，因為我們就身處其中，

可說是不識廬山真面目，只緣身在此山中，所以銀河系黑洞雖然看起來比較大，但要觀測它，會比較複雜的。

M87星系的黑洞雖說是第二大的觀測目標，但它在天空中所佔的視角也才40微角秒(1微角秒是百萬分之一角秒、一角秒是三千六百分之一

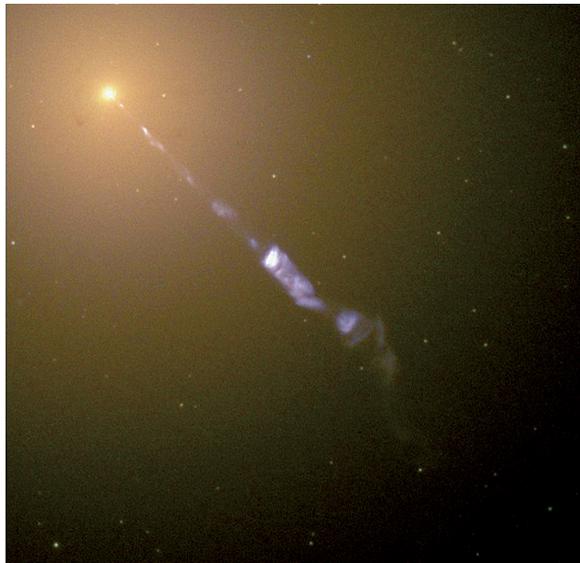


圖1 哈伯太空望遠鏡顯示了M87星系中心正以近乎光的速度向外界拋射物質噴流，這是之前我們能得到最高解析度的照片。

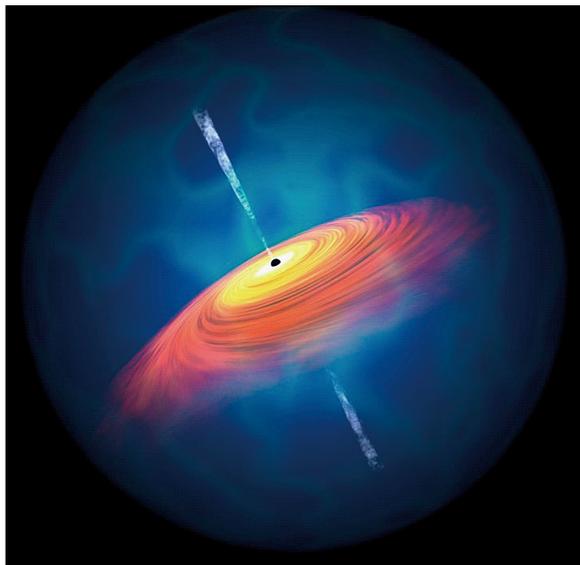


圖2 藝術家所畫的黑洞及周邊吸積盤的示意圖。圖中央是一個超大質量黑洞，而黑洞吸積物質時的重力位能則轉化為強烈的光線(噴流)。

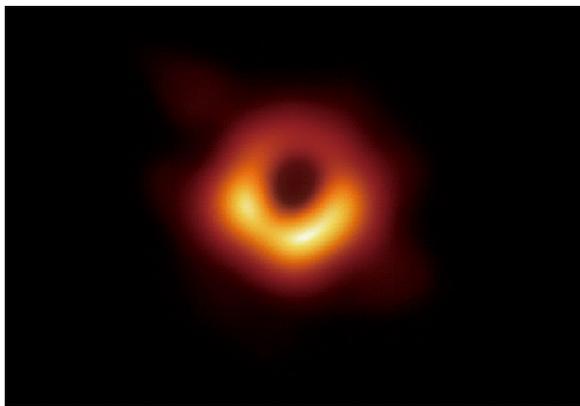


圖3 M87星系(位於室女座)中央的黑洞，這是人類史上第一個捕捉到的黑洞影像。

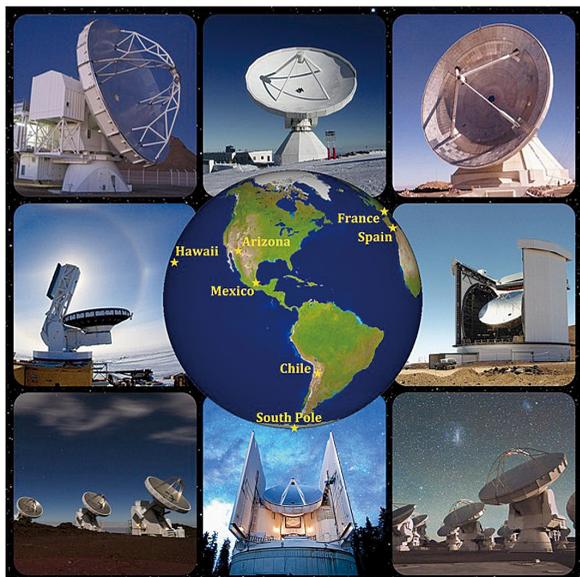


圖4 EHT望遠鏡陣列分布世界各地

度)，這尺度等同於把10元硬幣拿到月球上，而從地球上這硬幣有多大的概念。由此可知，其觀測難度有多高了，要用傳統的觀測方法是不可能解析出這種天體的細節的。除此之外，雖然黑洞不發光，但其周圍的物質受到強烈的重力影響會產生高強度輻射，所以要選擇特定的電磁波波段來做觀測，以避免被這些發亮的物質干擾而看不到黑洞中心。這次觀測主角—事件視界望遠鏡(Event Horizon Telescope, EHT)所用的波段是無線電波(波長1.3mm、頻率是230 GHz)，這個波段對於黑洞附近來說是相對透明的(就是不被遮蔽)。但一則以喜一則以憂，雖然這波段是相對能穿透黑洞附近的物質，但解析力和所用的觀測儀器的口徑成正比，而和觀測波長成反比。白話一點來說，就是望遠鏡越大你可以看得越清楚，但用來觀測的電磁波波長越長的話，看東西的效果就會越模糊。

所以天文學家估算，如果要用無線電波來觀測M87的黑洞的話，至少需要一座6000公里大小的望遠鏡才能達到可預期的效果，但6000公里是什麼概念？是從科博館到伊朗和阿富汗邊界，或是從科博館到澳洲大堡礁的距離就差不多是6000公里。我們從基本常識知道，目前並沒有這種望遠鏡不是嗎？(目前最大的無線電波望遠鏡是貴州天眼，口徑500公尺)。這邊天文學家用的一種特殊技術叫做特長基線干涉測量法(Very-long-baseline interferometry, VLBI)，這是一種在電波天文學已經很成熟的技術，允許多個天文望遠鏡同時觀測一個天體，得到的觀測解析度則等同於一巨型望遠鏡，而其觀測能力取決於各望遠鏡之間的最大間隔距離。這也是為什麼有很多個國家的天文單位都對這次事件舉行記者會加以報導，一方面是這是科學史上的大事，國際都很重視；另一方面是因很多國家都是望遠鏡的會員國，在不同地區參與投入，畢竟這是一個需要共同觀測才能得到的科學成果。

雖然，這種孔徑合成的技術可以讓科學家不用煩惱去建設一座不可能存在之望遠鏡，但它的後續觀測的複雜程度是不足以為外人道也。首先，各地觀測的望遠鏡要用原子鐘對時，以確保各地觀測到的資料有同時性。接著，因每個天文臺得到的資料量都非常龐大，一次普通的5天觀測期間，每座望遠鏡會搜集約500TB的數據，這可無法使用網路傳輸，而需使用硬碟儲存，於觀測完畢之後郵寄出去。最後，各地望遠鏡所產生的數據總量約7PB(1PB=1024TB)，將裝滿1000至2000個硬碟。而且，這些資料還要利用超級電腦將數據轉化為單一影像，像這次得到的最終照片是花了兩年的時間做影像處理分析才得到的成果，可知EHT自觀測前的合作準備，到觀測後的資料分析都是非常驚人的。

以前對極端天體現象都只能以間接的方式取得觀測成果，但隨著科學家的創意發想再加上努力實踐，我們現在對宇宙的認識有越來越多的方法，隨著第一張黑洞照片的問世，加上前兩年首次重力波的偵測，預計不久的將來會有越來越多的發現。大家可多注意這些新聞，將會有更多的驚奇。

聾人導覽中聰童 傳遞科普無障礙

文·圖—詹文碧

當你已經習慣電子產品與社群媒體的聲光效果刺激，如果抽掉聽覺的感官，你還可以用心且靜心去體驗參觀一個教育場域嗎？

車籠埔斷層保存園區與手語翻譯協會的首次合作，是拍攝「手遊博物館」手語導覽影片，於2018年12月25日聖誕節，在園區粉絲專頁首次播放，藉由聾朋友以手語穿針引線導覽全程，配合手語翻譯員輔助說明，加上園區解說員的協助帶領，讓聾人一窺園區的奧秘。此部影片獲得相當大的迴響，不僅瀏覽人數與分享次數刷新紀錄，網路行銷效益倍增。不論從斷層保存的特殊性、電磁世界室內外展區、地質科學廳互動展示、槽溝剝片和巨蛋外觀、活潑的3D劇場影片、吉祥物的由來、交通方式、票價說明，甚至免費專車接駁往返紫南宮等等說明，皆鉅細靡遺地在30分鐘內完整呈現，也讓無法親身到訪的觀眾，透過觀看影片而更認識聾人眼中的車籠埔斷層保存園區。

園區的主要教育推廣客源係來自國中小各級學校，本次導覽對象是邀請臺中市立啟聰學校全校國小學童及主任老師們共22位，學生除聽障外，一部分人合併其他多重障礙。活動首先由聾導覽帶領學童參觀園區的「車籠埔斷層槽溝」，並欣賞世界唯一的斷層槽溝光雕投影秀。接著，藉由體驗「地質科學廳」展區互動設施，了解地震、褶皺及斷層的由來及地質知識。與園區友善的楊仁賢



圖1 六周年園慶暨相手車籠埔活動前大合照

導演更是傾囊相助，讓園區試映其首播的「花叢阿獺2」立體動畫新片做為活動的一部分。另外園區也安排科教活動，讓啟聰孩童製作「電磁視界」特展推出的「旋轉磁娃」，體驗動手做、習科學的樂趣！活動最後是孩童的簡短問答、中聰老師們的心得回饋，孩子們全程以發亮的眼神與雀躍的神情完成整場3小時精彩的園區體驗活動。

6周年園慶暨相手車籠埔活動圓滿順利，除了感謝長官及同仁蒞臨打氣，手語翻譯協會魏如君理事長與協會同仁支援觀摩外，主要係合作團隊在事前不斷的線上討論、修正活動流程與動線的結果。聾導覽曾多次至園區觀察民眾參觀情形，在分組導覽時，園區解說員亦全程在旁協助，何況當天是勞動節，臨時團與散客眾多，園區同仁更

是互相補位協助，才能完成此次美事。

未來希望建立起三方(聾導覽、啟聰學童、園區)互利模式。傳統方式是導覽員解說後再透過手語翻譯，而聾導覽是專人現場直接以手語導覽來傳遞科學知識，這可作為啟聰孩童未來職業出路的傑出典範。溝槽光雕投影秀因沒有字幕解說，讓戴助聽器或電子耳的朋友無法完全理解影片內容是小小的缺憾，所以未來園區可增設投影字幕機，提供影片關鍵詞輔助說明。園區在六周年園慶的這天，將主題較為生硬冷僻的地球科學知識，生動活潑的介紹給聾童，並且得到他們的熱烈回饋，這種高難度的導覽活動，對園區而言極具意義。

值得一提的是，「國家語言發展法」在2018年12



圖2 臺中啟聰學校孩童體驗推擠教具造成褶皺過程



圖3 活動過程孩童熱烈的提問發言與回應表達



圖4 學童學習比出園區的吉祥物「穿山甲」手語

月25日立法三讀通過，並於2019年1月9日正式公布施行，臺灣各族群的固有語言包括臺灣手語都是國家語言，未來政府機關(構)應於必要時提供各種語言間的通譯服務，並積極培育各國家語言的通譯人才。車籠埔斷層保存園區未來將提供聾導覽預約服務，希望能提供更友善的導覽環境與服務，擴大園區教育推廣面向及服務能量。也希望能透過此次聾導覽園區體驗活動拋磚引玉，讓這份善的能量與溫度能夠不斷傳遞下去！

註：此次中聰孩童體驗園區活動，均已事前取得家長同意，並同意記錄拍攝。

6月份週末假日(含節日)專題解說活動

活動名稱	專題解說內容	時間	集合地點/地標
地標展品探索	古菱齒象	9:30	古菱齒象
	話說恐龍	11:00	生命科學廳入口處
	大王魷魚	11:00、14:00	大王魷魚
	水運儀象臺	10:00、16:00	水運儀象臺
繪本說故事	精采過一生	14:00、15:00 (週六、日)	人類文化廳二樓 臺灣南島語族展區 入口
包平安—香包DIY	這次園區推出端午節應景的DIY活動，想要擁有一個屬於自己的香包，千萬不能錯過，數量有限，做完為止囉！	108.6.8	921地震教育園區 (車籠埔斷層保存館)
投「粽」慶端午	解說竹山特產「竹」，再利用竹葉來包粽子，並將粽子擲出，看看誰的分數最高。	14:40 (週六、日)	車籠埔斷層保存園區 (1樓展場大廳)
小溪流、大視界	認識野溪中的各種小生物及溪流生態，是炎炎夏日中絕對不能錯過的消暑親子生態體驗活動。(收費350元/人，含午餐)	108.6.29 10:00-15:00	鳳凰谷鳥園生態園區 (親生處中心、園區野溪)
跟老鷹做朋友	由專業動物訓練師帶來親人且友善的老鷹與參與活動的民眾互動，透過觀察、觸摸等五感體驗，親近不同的生命。(收費200元/人)	108.6.30 9:30-12:30	鳳凰谷鳥園生態園區 (親生處中心)
水保防災起步走特展	此次特展有8組大型操作式互動單元，介紹臺灣的地形地質特色、山坡地保育、野溪治理、崩塌地復育、坡地監測科技、水保防災必備知識等，輕鬆學習水土保持及土石流防災觀念。	108.3.8~108.6.30	921地震教育園區 (防災教育館)

公務人員行政中立宣導：不分顏色，不分黨派，行政中立在於心中的那把公正尺。公務人員保障暨培訓委員會提醒您。

特展活動

名稱	日期	定時導覽時間	地點
「百籽千尋」特展	108.1.30~108.10.20	11:00、14:00	第一特展室
浮光弔謎離：第四+五屆科學攝影特展	108.7.13~109.2.16		第二特展室
石虎的美麗家園特展	107.12.26~108.9.8	10:00、13:00	第三特展室
拍岸鯨奇-當鯨豚與人相遇特展(收費)	108.6.28~109.3.8	10:00、11:00、 14:00、15:00	第四特展室

註：特展起迄日期最後修訂時間為5月25日，最新特展日期請參閱網路公告。