

天文學家獵取首張黑洞影像

— 中央研究院天文及天文物理所參與「事件視界望遠鏡」觀測遙遠 M87 星系中心超大黑洞，獲劃時代意義重大結果

事件視界望遠鏡 (Event Horizon Telescope, 以下簡稱 EHT) 為獲取黑洞影像而量身設計, 由國際合作建構與地球尺度相當的陣列式望遠鏡。今天在全球同步記者說明會中, EHT 研究者展示由 8 座電波望遠鏡觀測結果, 證實他們已成功首度揭露超大質量黑洞及其陰影的直接視覺證據。

這個重大突破今天宣布在天文物理期刊通訊特刊上, 共有六篇論文。影像顯示了一個位於 M87 星系中心的黑洞 [1]。M87 星系是巨大星系, 屬於與銀河系鄰近的室女星系團。M87 星系黑洞與地球相距 5,500 萬光年, 質量為太陽質量 65 億倍 [2]。

EHT 將全球各望遠鏡相連, 形成一座如地球大小的虛擬望遠鏡, 並具有前所未見的靈敏度和解析力 [3]。EHT 是多年國際合作的成果, 為科學家提供一種新方式去研究愛因斯坦廣義相對論所預測, 宇宙中最極端的物體。今年正是史上首度以實驗證明廣義相對論的第一百週年 [4]。

「我們已經拍到首張黑洞影像,」 EHT 計畫主持人, 哈佛—史密松天文物理中心 Sheperd S. Doeleman 說: 「這是一項非凡的科學成就, 由 200 多位科學家共同實現。」

黑洞是宇宙中非常特異的物體, 在極緻密的尺寸中卻含有極大質量。這種物體的存在, 會以極端方式影響其周圍環境, 繞曲時空並極度加熱周圍任何物質。

「黑洞如果沉浸在一個明亮區域裡面, 譬如在發光的碟形氣體中, 我們預期黑洞會形成一個類似陰影的黑暗區域, 這是愛因斯坦廣義相對論所預測但從未有人見過的东西,」 EHT 科學委員會主席、荷蘭 Radboud 大學 Heino Falcke 教授解釋: 「這個陰影, 因光在事件視界周圍被重力彎曲捕捉而產生, 能揭露很多這些驚奇天體的本質, 也讓我們能測量 M87 黑洞質量究竟有多巨大。」

嘗試多種校正及成像方法，一致呈現一種中心區黑暗的環狀結構—此即黑洞陰影。在觀測期中也有數個互不關連的觀測日持續出現。

「一旦確定陰影成像，我們可將觀測結果和大量電腦模型比對，其中考慮了彎曲空間物理、極度加熱物質、強磁場等。結果發現，觀測影像有許多特徵都令人驚訝地與我們的理論預測相符。」，中研院天文所特聘研究員、EHT 董事會成員、東亞天文台台長 [5] 賀曾樸表示。「這使我們對觀測的詮釋非常有信心，包括我們對黑洞質量的估計。」

建構 EHT 這樣一座望遠鏡是項艱鉅的挑戰，需要讓參與 EHT 的望遠鏡擁有相容的接收機，並互相連結成全球網絡。而這些望遠鏡均座落在多種險峻的高海拔地點，包括：夏威夷和墨西哥的火山，美國亞利桑那州和西班牙內華達山群，智利的阿塔卡瑪沙漠和南極。

EHT 使用一種稱為特長基線干涉 (VLBI) 的技術進行觀測，該技術讓世界各地的望遠鏡設備同步，並利用地球的自轉，形成一個巨大如地球的望遠鏡，觀測波長是 1.3 毫米。VLBI 技術使 EHT 達到 20 微角秒的高解析力—相當於能在巴黎路邊的咖啡館閱讀一份位在紐約的報紙 [6]。

參與貢獻這次結果的望遠鏡共有：[阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列望遠鏡 \(ALMA\)](#)，[阿塔卡瑪探路者實驗 \(APEX\)](#)，[IRAM 30 米望遠鏡](#)，[詹姆士克拉克麥克斯威爾望遠鏡](#)，[大型毫米波望遠鏡](#)，[次毫米波陣列望遠鏡](#)，[次毫米波望遠鏡](#)、[南極望遠鏡](#) [7]。各望遠鏡獲得的 PB 級巨量原始數據使用高度特製的超級電腦運算結合，由德國[馬克思普朗克電波天文研究所](#)和美國[麻省理工學院的海斯塔克天文台](#)提供。

EHT 的建構及今天宣布的觀測成果，是數十年來觀測、科技、理論工作的結晶。這項全球攜手合作的經典範例，因為有世界各地研究者的密切合作才得以實現。共同創建 EHT 的共有 13 個合作機構（包含中央研究院天文所），既運用現有的基礎設施，也動用來自多方機構的支援。主要資金由美國的國家科學基金會 (NSF)，歐盟的研究科學創新執行委員會 (ERC)，和東亞的資金機構提供。

EHT 計畫主持人 Doleman 總結表示：「我們達成了一個世代前還認為不可能的成就。科技大幅突破，世界頂尖電波望遠鏡互相連結，演算法取得創新，匯集一起，我們開啟了探索黑洞和事件視界的全新領域。」

附註

[1] 黑洞身為光也無法逃離的全暗物體，黑洞陰影是我們所能夠攝得最接近黑洞本身的圖像。黑洞的邊界叫做「事件視界」—「事件視界望遠鏡」因此命名—視界大小約僅本身所投射陰影五分之二而已，直徑不到 400 億公里。

[2] 超大質量黑洞，在天體之中其實相對微小，因此此前一直無法直接觀測。黑洞的大小和其質量相關，質量越大，陰影也越大。由於 M87 星系的黑洞質量非常大，且與地球相對較近，預估是從地球上能看到的最大黑洞，這使它成為 EHT 最佳觀測目標。

[3] 望遠鏡雖非實體連接在一起，但能透過[氫邁射](#)原子鐘同步觀測資料，其功能是對觀測時間精確地計時。2017 年的全球觀測收集了波長為 1.3 毫米的電波訊號。EHT 的每個望遠鏡觀測時都會產生大量數據—增加速度約為每天 350TB—這些資料被儲存在填充氬氣的高效能硬碟中，然後用飛機送到位於[馬克斯普朗克電波天文研究所](#)和[麻省理工學院海斯塔克天文台](#)的高度特製化超級電腦（又名「相關器」）加以合成。這些資料使用 EHT 成員開發的創新計算工具，費一番功夫方能成像。

[4] 100 年前曾有兩支探險隊前往非洲海岸的普林西比和巴西的索布拉，觀察[1919 年的日全食](#)，目的是要檢驗廣義相對論，看星光是否如愛因斯坦所預測，在太陽邊緣彎曲。呼應那次歷史性的觀測，EHT 同樣也派遣其團隊成員前往世界上最高、最為邊境的電波望遠鏡站點，再度檢驗人類對重力的理解。

[5] 參與 EHT 計畫的東亞天文臺（EAO）成員代表亞洲許多地區的參與，包括中國，日本，韓國，臺灣，越南，泰國，馬來西亞，印度，印尼。

[6] 未來加入 [IRAM NOEMA 天文台](#)，[格陵蘭望遠鏡](#)和 [基特峰望遠鏡](#)後，EHT 的觀測靈敏度將顯著提高。



[7] [ALMA](#) 的合作成員為：歐洲南天天文台（ESO；代表其歐洲成員諸國），美國國家科學基金會（NSF），日本國家自然科學研究院（NINS），國家研究委員會（加拿大），科技部（MOST；臺灣），中央研究院天文及天文物理研究所（ASIAA；臺灣），韓國天文及太空科學研究院（KASI；大韓民國），及智利共和國。[APEX](#) 由 [ESO](#) 運營，[IRAM 30 米望遠鏡](#) 由 [IRAM](#) 運營，[詹姆士克拉克麥克斯威爾望遠鏡](#) 由 [EAO](#) 運營，[大型毫米波望遠鏡](#) 由 [INAOE](#) 和 [UMass](#) 運營，[次毫米波陣列望遠鏡](#) 由 [史密松天文台](#) 和 [中研院天文所](#) 共同運營，[次毫米波望遠鏡](#) 由亞利桑那州電波觀測站（ARO）運營。[南極望遠鏡](#) 由 [芝加哥大學](#) 運營並由 [亞利桑那大學](#) 提供 EHT 專用儀器。

補充資料

天文物理期刊通訊今天將以特刊方式刊登六篇論文發表此研究突破。

EHT 有來自非洲，亞洲，歐洲，北美和南美 200 餘位研究學者參與。這項國際合作致力於構建一座相當於地球大小的虛擬望遠鏡，藉以獲取史上細節最豐富的黑洞圖像。EHT 在各國大量資金支持下，用新穎系統串連現有望遠鏡，創造了一種具備前所未有之高角解析力的新型天文儀器。

參與 EHT 計畫的望遠鏡是：ALMA、APEX、IRAM 30 米望遠鏡、IRAM NOEMA 天文台、詹姆士克拉克麥克斯威爾望遠鏡 (JCMT)、大型毫米波望遠鏡 (LMT)、次毫米波陣列望遠鏡 (SMA)、次毫米波望遠鏡 (SMT)、南極望遠鏡 (SPT)、基特峰望遠鏡、格陵蘭望遠鏡 (GLT)。

EHT 聯盟由 13 個主要機構組成：中央研究院天文及天文物理研究所，亞利桑那大學，芝加哥大學，東亞天文台，法蘭克福歌德大學，電波天文毫米波研究所，大型毫米望遠鏡，馬克斯普朗克電波天文研究所，麻省理工學院海斯塔克天文台，日本國立天文台，圓周理論物理研究所，拉堡德大學和史密松天文台。

臺灣對 EHT 的貢獻

中央研究院天文及天文物理所 (ASIAA) 是 EHT 聯盟 13 個會員之一，亦是另一個會員，東亞天文台 (EAO) 的合作夥伴。

EHT 聯盟於 2017 年創立。賀曾樸博士 (中研院院士及天文所特聘研究員) 及井上允博士 (中研院天文所訪問學者及前特聘研究員) 為 EHT 董事，監督 EHT 的管理和走向。淺田圭一博士 (中研院副研究員) 及 Geoffrey Bower 博士 (中研院兼任研究員及研究科學家) 為 EHT 科學委員會成員。

「2017 年的 EHT 觀測，共有八座望遠鏡加入。自始即以 M87 黑洞為主要觀測目標的格陵蘭望遠鏡 (GLT)，從 2018 年開始也成為了 EHT 重要的一員。」井上博士說。「中研院天文所支援了 EHT 四座關鍵望遠鏡，即 SMA、ALMA、JCMT 及 GLT。自望遠鏡建造之初便參與了 SMA、ALMA 和 GLT 的營運。」

「JCMT 自 2015 年開始成為東亞天文台 (EAO) 的一員。」EAO 創始台長及 JCMT 台長，賀院士提到。「EAO 一直推動透過 JCMT 作為 VLBI 站點，將東亞的 VLBI 社群整合進 EHT 計畫中。」他也曾領導 SMA GLT 的興建，及臺灣在 ALMA 計畫的參與。SMA 和 JCMT 的間距提供 EHT 最短基線，同時也作為 EHT 最長的東西向基線的端點。ALMA 是最重要的台柱，因為其大集光面積能增強其它每一座望遠鏡的靈敏度。GLT 則是 EHT 最極北的站點。

「2009 年井上允在天文所成立了 VLBI 科學小組，之後淺田圭一和我便領導這個小組進行 M87 的研究，從低頻 (毫米和釐米) 開始。」GLT/VLBI 計畫研究科學家，中村雅德博士說。「我們之前的研究成果加上 EHT 2017 的結果，會是未來了解 M87 黑洞自旋的關鍵。我們小組已是國際公認傑出的 M87 研究團隊之一。」

許多 GLT 計畫成員皆為 EHT 貢獻 [8]，眾多科學/工程研究員及職員的努力使我們能建造望遠鏡和相關硬體系統 [9] 以加入 EHT。此外，SMA、ALMA 及 GLT 的建立欣獲中央研究院、科技部，以及我們長久的合作夥伴中山科學研究院 (NCSIST) [10] 的大力支援。臺灣因此活躍於 EHT 協作之中，且在今天我們展示的突破中扮演關鍵的角色。

格陵蘭望遠鏡的下一步

望遠鏡能用更大的鏡面和更短的波長得到更佳的角度解析度。藉由增加格陵蘭望遠鏡 (GLT) [11] 這個站點，EHT 的「鏡面」大小（由「基線」，或相互最遠站點間的距離度量）達到約九千公里，使得角度解析度顯著地改善。

「根據 EHT 2017 年的觀測結果，我們現在知道來自長基線的訊號大致是固定的，但來自短基線的則在七天觀測中的四天，快速隨時間變化。」首先建議在格陵蘭設置望遠鏡的淺田圭一博士指出。「就如我們沒預料到超大質量黑洞的質量和自旋竟隨時間快速變化，長基線（顯示精細結構）可能告訴我們，在極接近事件視界處，廣義相對論的新特性。一旦 GLT 成為最長基線的端點，未來測試廣義相對論它將扮演不可或缺的角色。」

為了以短波長（高頻率）觀測，必須將望遠鏡移至格陵蘭峰頂。即便圖勒空軍基地是個好地點，但它位在海平面，要穿過較厚的大氣。格陵蘭峰頂站海拔 3200 米，大氣較薄所以水氣較少，對高頻率觀測有極大助益。

格陵蘭峰頂站台十分寒冷（零下 60 度），水氣幾乎全部凝結。低水氣含量能讓多數來自天體的高頻電波訊號能被望遠鏡接收到。如此優越的地點相當稀少，僅有夏威夷毛納基山頂，即 JCMT 和 SMA 所在處；智利的阿塔卡瑪沙漠，即 ALMA 座落處；南極望遠鏡所在的南極點，以及格陵蘭峰頂。這少數幾個望遠鏡連線，當以高頻率觀測時將能提供最大角度解析度。我們預期能以十倍優於現有成果的更佳解析度獲取黑洞陰影的圖像。

「我們正在研究如何將望遠鏡移至格陵蘭峰頂，及如何在峰頂建造望遠鏡基地。」天文所研究員及夏威夷分部主管，陳明堂博士解釋。「峰頂站台非常偏僻且氣候嚴峻，僅有極少基礎建設。在目前的圖勒站點，我們正在測試天線及元件，以增強它們的可靠度。」

丹麥已經表達他們加入的意願。我們將與資深的丹麥研究者共同合作，如何移動且在偏僻處建造望遠鏡及其支援設施。我們也會與丹麥天文學家一同合作 GLT 的科研。

附註

[8] 許多 GLT 計畫成員也分擔 EHT 的工作，如黑洞噴流及吸積流理論（中村雅德博士）、ALMA 陣列同相化以等同一座 88 米望遠鏡（井上允博士、國立中山大學郭正育教授）、EHT 科學提案（淺田圭一博士、中村雅德博士）、EHT 觀測執行（松下聰樹博士、淺田圭一博士），以及資料校正和成像（博士後研究員郭駿毅博士、小山翔子博士，及臺灣大學博士生羅文斌）。他們是首先實際看見黑洞陰影的人之一。部分成員也領導 EHT 論文小組發布此次論文（Geoffrey Bower 博士、淺田圭一博士）。

[9] 許多科學/工程研究員及職員的付出讓我們建造了很多望遠鏡和硬體系統（如陳明堂博士、黃智威博士、Patrick M. Koch 博士、松下聰樹博士、Ramprasad Rao 博士、王明杰博士，及張書豪、陳重誠、Ryan Chilson、韓之強、黃耀德、江宏明、Derek Kubo、李昭德、劉冠宇、Pierre Martin-Cocher、George Nystrom、Peter Oshiro、Philippe Raffin、蕭仰台、Ranjani Srinivasan、魏大順、游晨佑）。

[10] 中山科學院與我們一同打造了具世界級水準的天線和接收機（包括：韓國璋博士、張志成、張松助、荊溪嵩博士、劉慶堂、呂理銘等人）。

[11] 格陵蘭望遠鏡 (GLT) 由臺灣倡議，是臺灣投資在 ALMA 北美 (ALMA-NA) 合作的再利用。中研院天文所，連同史密松天文台，於 2013 年獲得 ALMA 北美 12 米原型天線。此望遠鏡經改裝以適應極地條件，接著佈署在格陵蘭，以提供 ALMA 基線之最高角解析度，並成為第一座北極天文台。2016 年 GLT 在格陵蘭西岸的圖勒空軍基地設立完成。它在 2017 年冬天接收到第一道訊號，並在 2018 年四月開始加入 EHT (第二季) 觀測。