

談黑洞照片之熱潮

文／王斌威

摘要

本文介紹了我們目前對黑洞的認識，以及爲了拍到黑洞照片所用的技術和背後的簡單知識。

關鍵詞：黑洞、白矮星、中子星、恆星

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，會是比較複雜的。

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）。這邊天文學家用的是一種特殊技術叫做**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爲外人道也。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。

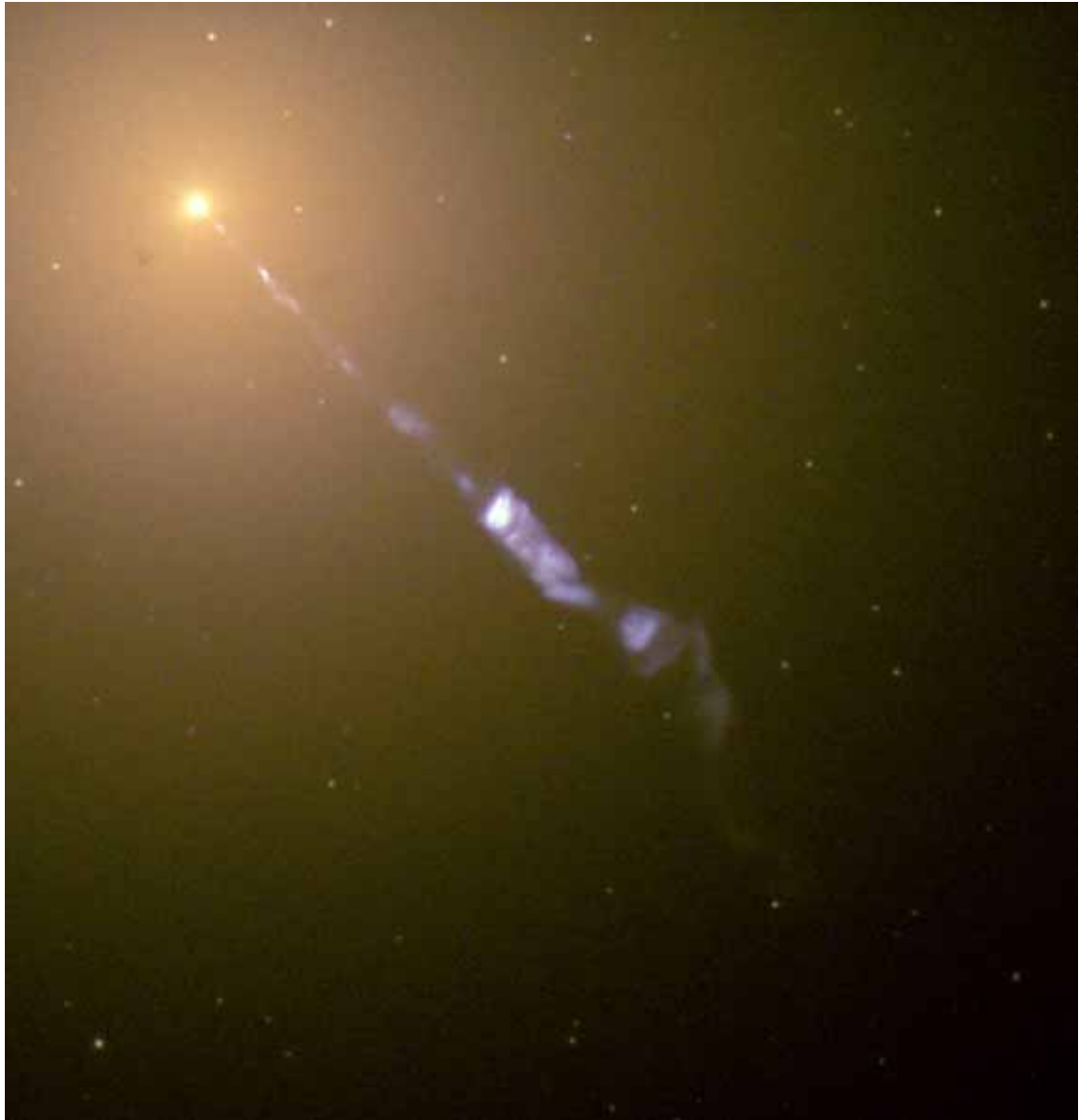


圖 1. 哈伯太空望遠鏡顯示了 M87 星系中心正以近乎光的速度向外界拋射物質噴流，這是之前我們能得到最高解析度的照片。

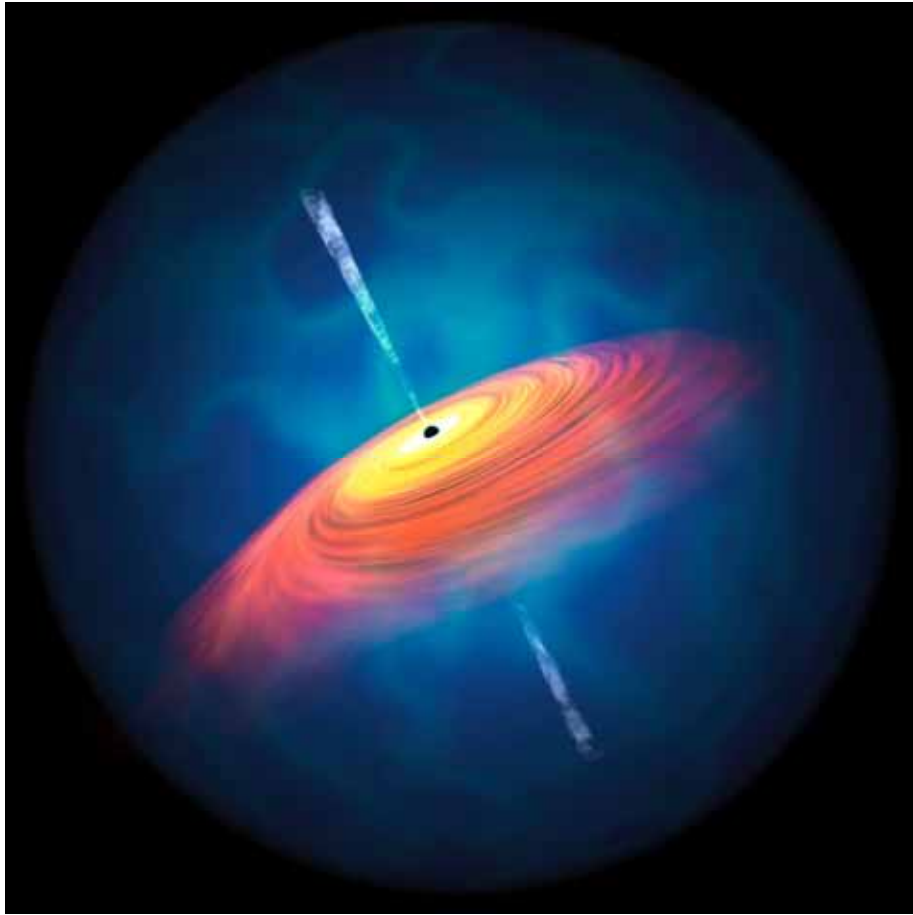


圖 2. 藝術家所畫的黑洞及周邊吸積盤的示意圖。圖中央是一個超大質量黑洞，而黑洞吸積物質時的重力位能則轉化為強烈的光線（噴流）。

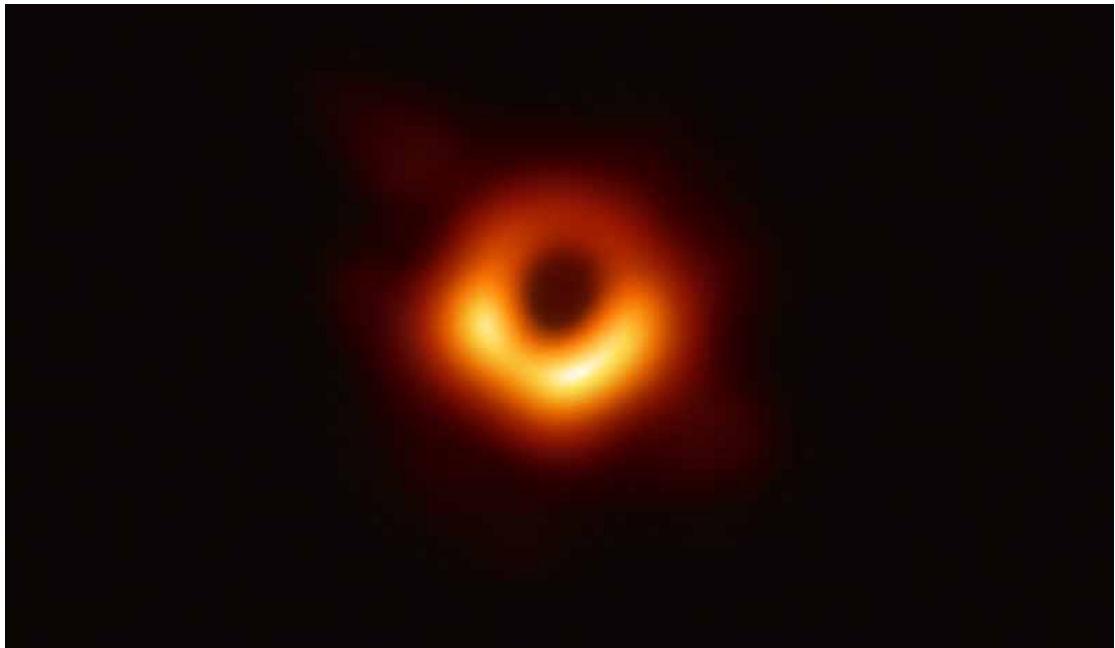


圖 3. M87 星系（位於室女座）中央的黑洞，這是人類史上第一個捕捉到的黑洞影像。

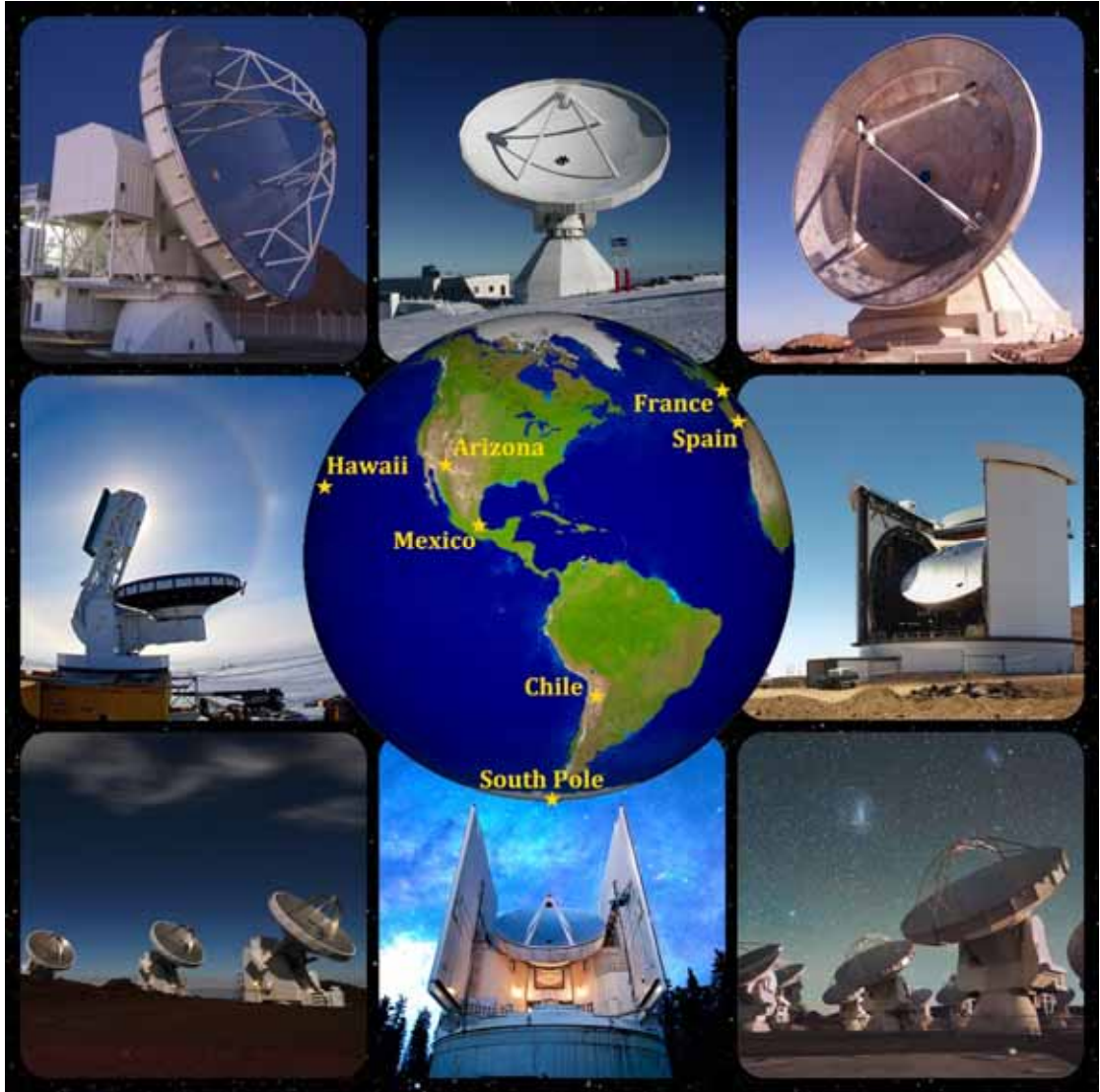


圖 4. EHT 望遠鏡陣列分布世界各地