天文學家解讀愛因斯坦環現象 推論SDP.81前景星系的黑洞質量大於3億個太陽

由本院天文及天文物理研究所黃活生博士後研究、蘇游瑄助研究員、松下聰樹副研究員等3人組成的研究團隊，針對天文望遠鏡「阿塔卡瑪大型毫米及次毫米波陣列」（Atacama Large Millimeter/ submillimeter Array, ALMA）所拍攝之一張史上解析度最高的重力透鏡影像（此例形成「愛因斯坦環」現象），近日完成新的分析並發表論文。他們推論在這個名為SDP.81的重力透鏡系統的中心位置，應該有個不小的黑洞，且估算出此黑洞質量超過3億個太陽。由於黑洞質量的測量，是釐清黑洞宿主星系和黑洞共演化形成過程的關鍵，標示著ALMA望遠鏡具備探索最新前沿科學領域的重要進展，《天文物理學期刊》（*The Astrophysical Journal*）於2015年9月28日刊登這項研究成果。

研究團隊此次分析的重力透鏡影像，是ALMA於去年12月首次啟動完整最大陣列組態進行天體觀測時，對SDP.81系統所取得的資料組，於今年2月公開給全球天文學家分析使用。這張罕見美麗的光環影像，呈現包括人類居住的地球在內，最長距離為120億光年的三個天體，因位置與重力所呈現的特殊關係。

研究團隊解釋，在這張難得的愛因斯坦環現象的SDP.81系統中，其實包括前景星系（距離地球40億光年），以及背景星系（距離地球120億光年）。背景星系的影像，是受重力作用影響，影像被放大且變形為環狀。形成重力透鏡這種特別現象的原因，是觀察者與這兩個星系的位置剛好排列成直線。從地球角度來看，SDP.81裡的前景星系質量很大，它把SDP.81背景星系所發出的光，變形成接近一個圓環的形狀。SDP.81的背景星系涵藏著大量的塵埃，因恆星活躍地形成、不斷被加熱，所以在次毫米波段很明亮，這樣的星系最適合用ALMA望遠鏡來觀測。ALMA是專門觀測次毫米波段的電波望遠鏡，塵埃越多越有益於觀測。

此次研究團隊透過高解析度愛因斯坦環圖像所透露的重力透鏡效應及資料，得知在SDP.81環狀區域以內的質量約相當於3千5百億個太陽質量。進一步用理論推算出前景星系應該有個質量大於3億個太陽的大黑洞在SDP.81系統中心附近，從透鏡理論中已知，透鏡系統的中心影像對位置在前景星系中的超大質量黑洞會很「敏感」——黑洞越大，中心影像就越暗。

論文第一作者黃活生更進一步解釋了這個圖像背後的科學意義，他說幾乎所有大星系的中心都有一個大黑洞，例如SDP.81系統中的前景星系，「這種黑洞的質量範圍可能在百萬到幾十億太陽質量之間，但是能讓我們直接計算黑洞質量的，只限於鄰近於我們銀河系的附近星系，因為有ALMA這樣高靈敏度的先進儀器，連位於透鏡星系中心的黯淡影像都能探測的到，所以我們才能得知那些位置更遙遠的黑洞，質量是多少。」能取得更遙遠的黑洞質量，對於瞭解黑洞宿主星系和黑洞生長的過程是很重要的關鍵。

黃活生博士說，此次所分析的這張圖像含有大量資訊細節，是史上解析度最高的重力透鏡效應圖像，解析力遠遠超越太空望遠鏡。

蘇游瑄助研究員說，「這意味著ALMA跨入了一個新領域，能為透鏡星系中心的大黑洞測量質量，這是可見光波段的儀器不可能辦到的事。」

松下聰樹副研究員則表示，完整陣列模式的ALMA功能極強，能實現任何其他天文儀器不能取得的觀測結果，跨入了嶄新的科學領域，此研究成果亦是過去五年來天文所代表臺灣參與ALMA計畫的貢獻之一。

三位研究人員並且已經與日本合作，進一步獲得ALMA的新觀測時間，未來一年內他們並將展開對其他和SDP.81類似的透鏡星系的觀測計畫。新觀測對象的中心影像更為明亮，他們預期下次的觀測結果，將能直接取得那個黑洞質量的上限資料。他們也相信，借助ALMA的先進功能，將能對大黑洞以及其所棲宿的大質量星系之生長和演化關係，繼續做深入研究。

ALMA是跨國合作的超大型電波望遠鏡陣列計畫，由1998年開始籌建，2013年3月舉行落成典禮。ALMA望遠鏡陣列有54座口徑寬12米的天線以及12座7米的天線，總共66座天線一起協同工作，可捕捉毫米波和次毫米波，其解析度可達0.01角秒。ALMA可提供宇宙分子氣體、大爆炸輻射以及星際塵埃等更精確的研究數據。

論文參考網站：<http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/811/2/115/meta>