

# 第 11 單元：噴流

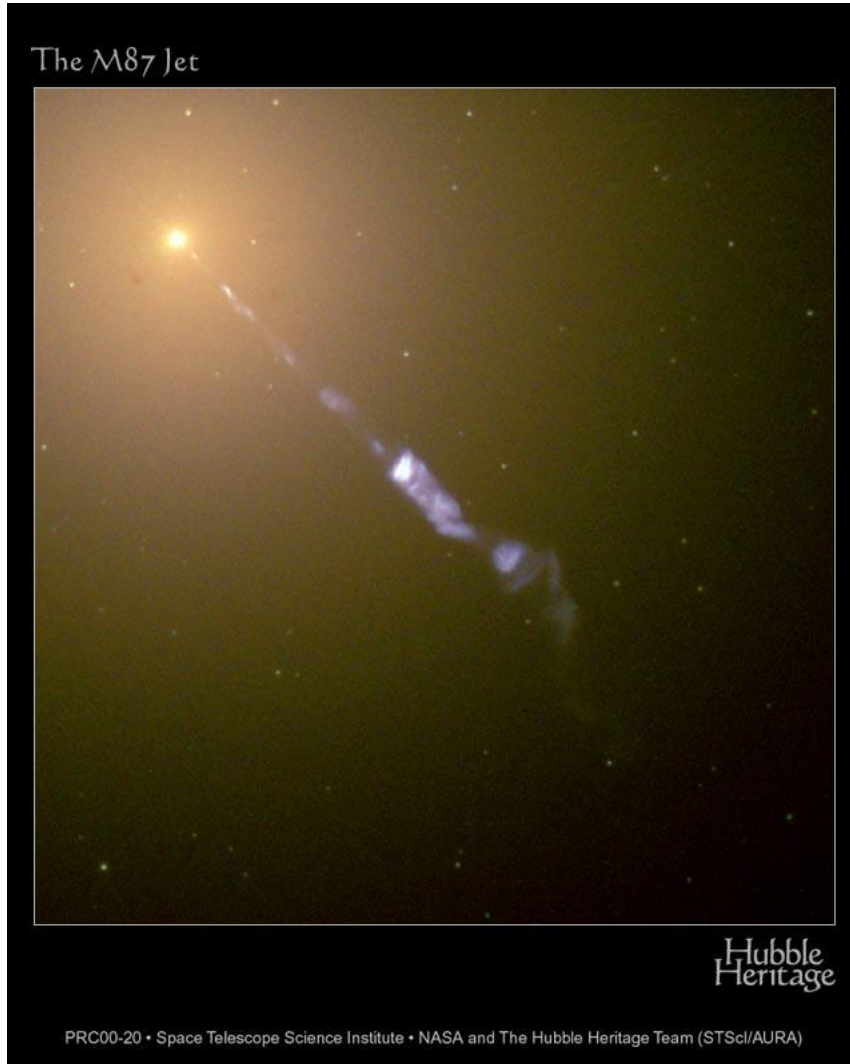
（適合高中以上）

黑洞周圍吸積盤的物質在掉入黑洞之前，可能會從黑洞兩極以高速噴出，稱為噴流。理論天文物理學家認為，高速噴流的形成是由於黑洞周圍的磁場將一部分即將被吸進黑洞的物質以極高的速度向外拋出所造成。換句話說，這些噴流的一個重要動力源是吸積盤的物質，因此每個超大質量黑洞的噴流方向被認為與黑洞的旋轉軸對齊。這些噴流可以以接近光速的速度從黑洞兩極向外噴出，穿過星際介質並延伸到遙遠的空間。噴流中的物質主要是高能粒子和輻射，包括 X 射線和伽馬射線。



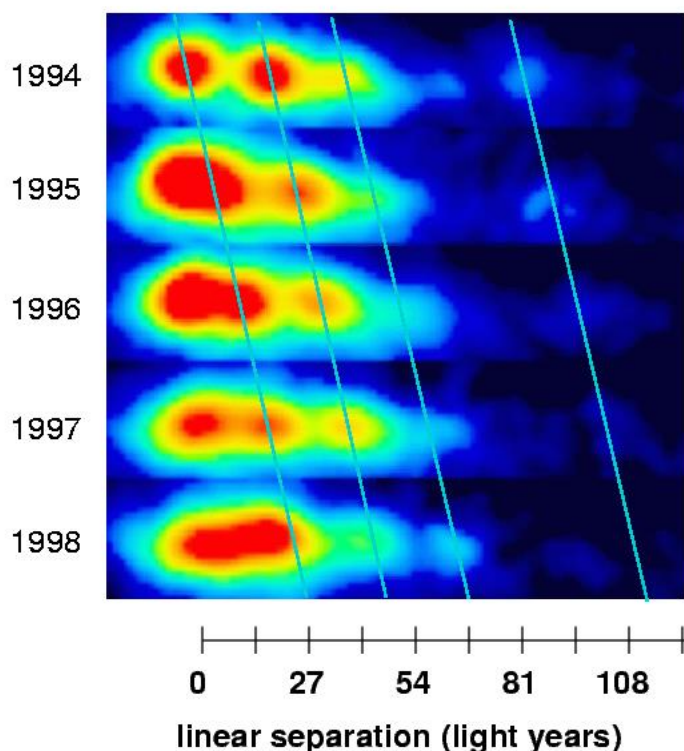
圖說：黑洞周圍的吸積盤及噴流（藝術假想圖）。

M87 是距離地球約五千萬光年的一個橢圓星系。在這個星系的中心有著一個比太陽質量大 60 億倍的巨大黑洞。此外，M87 還擁有一條從星系中心延伸至外太空，長度約 5,000 光年的高速噴流。這條噴流是由運動速度接近光速的游離氣體所組成。

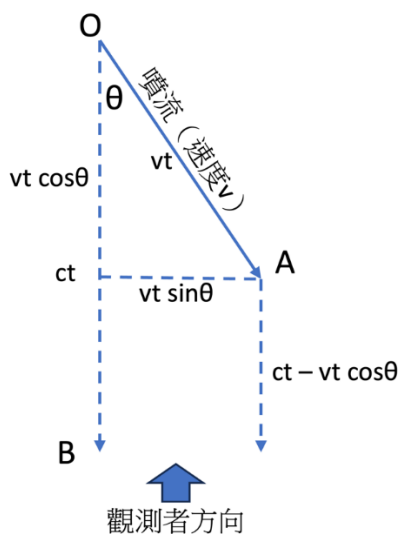


圖說：哈伯望遠鏡於可見光波段拍攝到的 M87 噴流。

下圖為已電波觀測到的 M87 噴流的活動，從 1994 年記錄到 1998 年，綠色線代表同一個噴流物質帶不同年份觀測到的位置，如果從觀測結果，你會發現 M87 的噴流速度超光速，且電波噴流的速度約是光速的 6 倍！但這其實是一個錯覺，宇中沒有物體的速度超過光速。



我們在此以簡單的模型解釋這個錯覺。如下圖所示，O 點表示類星體的核  
心，從核心向 A 點方向噴出一團速度接近光速的電子，速度為  $v$ ，經過  $t$  年後到  
達 A 點位置，並朝向觀測者發出光子。而核心 O 發出的光子朝向觀測者方向，  
假設經過  $t$  年後到達 B 點位置。噴流方向與地球上觀測者的方向夾角為  $\theta$ 。



練習 11-1：

試計算出地球上觀測到的噴流由 B 至 A 所需的時間。

答案：

地球上觀測到的噴流由 B 至 A 所需的時間，等於光子從 A 點出發到被地球觀測到的時間。光子從 A 點出發到被地球觀測到的距離為  $ct - vt \cos \theta$ ，時間則除以光速，等於  $t(1 - \frac{v}{c} \cos \theta)$ 。

練習 11-2：

試計算地球上觀測到的噴流由 B 至 A 的距離，即 B 點到 A 點在天球上的投影。

答案：

$vt \sin \theta$ 。

練習 11-3：

試計算地球上觀測到的噴流由 B 至 A 的速度，即 B 點到 A 點在天球上的投影速度。

答案：

$$\text{速度} = \frac{\text{距離}}{\text{時間}} = \frac{vt \sin \theta}{t(1 - \frac{v}{c} \cos \theta)} = \frac{v \sin \theta}{(1 - \frac{v}{c} \cos \theta)}$$

練習 11-4：

假設噴流的速度為接近光速， $v = 0.99c$ ，試計算噴流方向與地球上觀測者的方向夾角  $\theta$  為多少時，B 點到 A 點在天球上的投影速度會超過光速 6 倍以上。

答案：

$$\text{將數字帶入練習 11-3, } \frac{0.99c \sin \theta}{(1 - 0.99 \cos \theta)} > 6c, 4.6 < \theta < 14.5。$$

表示如果噴流方向與地球上觀測者的方向夾角在某個區間，接近光速的噴流從地球上看起來會像超光速，但其實是投影效應造成的錯覺。



延伸閱讀：

[超大質量黑洞的噴流，竟然會快速的改變方向](#)

[首次同時拍攝到 M87 黑洞吸積流和強大噴流](#)

[深度研究類星體的噴流結構](#)

[天文學家發現大於星系自身 50 倍的黑洞噴流](#)

[黑洞發出的 X 射線與無線電波像心電圖一樣此起彼落](#)