

從星系、似星體到活躍星系核

傅學海
國立臺灣師範大學 地球科學系

人類仰望星空，探索宇宙奧秘，已有數千年的歷史。但受限於眼睛只能觀察明亮的天體與明顯的變化，因此無法觀測到宇宙的整體面貌。直到 1609 年伽利略使用望遠鏡觀測星空後，看到了更多、更暗的天體，才開啓了具體研究宇宙的天窗。隨著觀測技術的進展，天文學家看到了星雲、星系等天體，也將我們所知的世界由太陽系擴張到銀河系，再擴大到包含數百億個星系的宇宙。

在過去半世紀中，許多天文學家投入星系與宇宙的研究中，其中有關似星體與某些特殊星系的特徵與本質，漸漸由迷惑、爭論中得到一致的看法。迄至目前所知，宇宙中最具威力的強大能量位於某些特定星系的中心，一般稱之為活躍星系核(Active Galactic Nuclei，簡寫為 AGN)，天文學家便以活躍星系核來串連不同面貌的星系。

星系

星系可以說是宇宙的基本單位，是眾多恆星、氣體與塵雲組成的巨大系統。單個星系的恆星數量依星系的大小而不同，平均來說約為一百億個恆星。一般依據外貌將星系分為渦狀星系、橢圓星系與不規則星系。渦狀星系有個中央核球(central bulge)與一個眾多恆星圍繞的盤面，而且盤面中包含大量的氣體。而橢圓星系中的恆星呈橢球狀分布，其中祇有少量氣體，相信整個橢圓星系是被其間的恆星彼此重力吸引牽扯而成。不規則星系沒有一定的形狀，恆星散亂分佈，但隨著觀測技術的進展，許多不規則星系顯現渦狀結構的特徵。

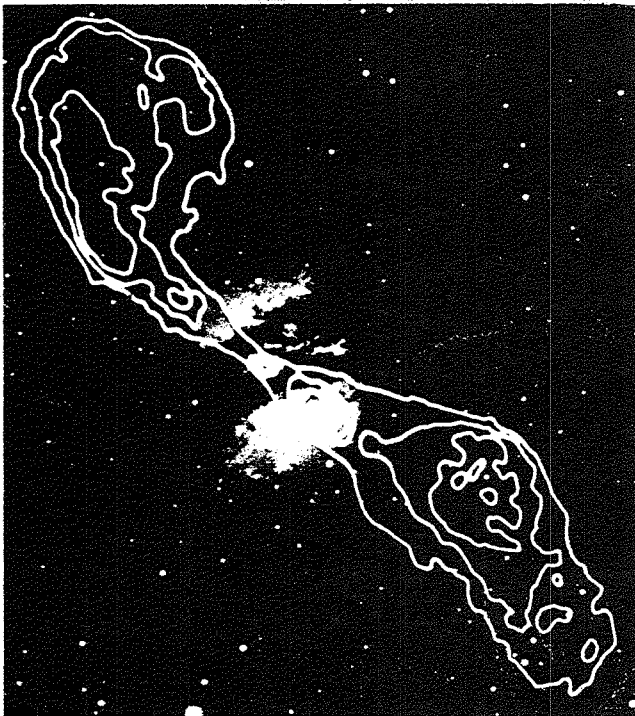
我們所居住的地球是太陽系的成員之一，而太陽位於一個稱為「銀河系」的星系中的盤面上，由於銀河盤面上遍佈氣體塵雲，遮掩了星光，使得我們無法用可見光來觀測銀河盤面與銀河中心。在電磁波譜中，祇有電波與紅外線能夠穿透星際介質；想想，在濃雲遮天的日子中，我們仍然能夠接收到電台的節目，也能感受到白天的熱。所以天文學家也用电波與紅外線波段來觀測銀河系與其他各類星系。我們了解溫度在絕對溫標數百度至 2500 度的低溫物體，發出很強的紅外線，那麼電波的來源又是什麼呢？經過二十多年的研究，在 1950 年代終於了解有些電波源是來自同步輻射(synchrotron radiation)，是高速電子被星際磁場作用後，呈螺旋狀加速前進時發出電波，稱為同步輻射。因為電子

在被磁場加速的過程中，同步發出電波，因此電波波段的的天文觀測可以用來研究相關的極高速電子數量與磁場強度。

普通星系的主要成員是恆星與氣體，而且主要輻射大多來自星光，而這就界定了一個星系的外觀。但也發現許多特殊的星系，像電波星系、賽佛特(Seyfert)星系、…等，使得星系的分類無法簡單化。

電波星系與噴流

當天文學家使用電波波段來觀測星空時，竟然發現許多強大的電波源，而且有些竟然是星系，因此特別稱為電波星系。例如 1946 年天鵝座中第一個被發現的電波源「天鵝座 A」，也是北半球第二亮(借用可見光之形容詞)的電波源，在 1954 年被確定是由一個 17.9 星等的暗淡天體，發現它竟然與一個極其遙遠距離約十億光年的橢圓星系位置相同，所發出的電波強度是我們銀河系的一億倍，這就意謂著天鵝座 A 電波星系具有巨量的高能粒子及可能具有強大的磁場。



圖一：人馬座 A 電波源

可見光影像與電波影像（等強度線圖）重疊，中間是一個星系，星系中央有個小而強的電波源，兩道噴流以斜對角的方向噴射而出，形成電波瓣。

由於早期的電波觀測技術只能得到大致的影像，不足以顯示細節，隨著技術精進，電波影像解析度越來越高，顯示某些與星系相關的電波源可以分為三部份（圖一）：有個很小且發出強烈電波的中心，由此中心射出兩道細長的噴流，位於中心兩側、噴流底

端的巨大電波瓣(radio lobes)。才發現原先認為的電波源並不是來自星系本身，而是星系兩側的電波瓣。電波天文學家使用位於美國新墨西哥州的極大電波陣列(Very Large Array, VLA)，可以獲得電波星系的詳細影像(如圖一為其一例)，清楚的顯示強大的電波源與中央星系的關聯。某些活動劇烈的星系核會噴出噴流(jets)，噴流以超音速的速度射入周圍的介質中，一路將周圍的物質擠壓使之成為強烈的電波瓣，而最前端的物質被壓縮的最厲害，因此溫度也最高，形成一些小而亮的點源。發出噴流的機制，天文物理學家仍在探索中，但電波星系的核心(與可見光星系核心重疊)仍有一緊密而極強的電波源，因此可以推論此類星系的核心一定經歷著劇烈的事件。

似星體

在 1960 年代，將電波源位置精確定位後，發現一些電波源「似乎」與星系無關，而與恆星有關。也就是說這些電波源「似乎」是從恆星發出的，但在如此遠的距離理應看不見任何恆星，因此稱它們為似星體(quasistellar objects，簡寫為 quasars，或譯為魁霎)，表示它們是類似恆星的天體。研究它們的光譜後，發現與恆星光譜不同，具有明顯的發射譜線，而且譜線頗寬，當時的天文學家因無法辨認這是什麼譜線而顯得一籌莫展。

第一個且最出名的似星體是 3C273，是英國劍橋第三份電波目錄(3C)中第 273 號電波源，而有關似星體的突破性發展便與 3C273 有關。3C273 被確認是一個 12.8 星等的小光點，繼而得到它的光譜，美國天文學家史密特(Maarten Schmidt)在 1962 年突然發現 3C273 的光譜中的譜線有點熟悉，體認到這些譜線原來並不在可見光範圍內，而是在紫外線區域的氫原子譜線，由於 3C273 奔離我們的速度太快，而使得原位於紫外線區的譜線偏移到可見光的範圍，這種譜線往長波長方向偏移的現象稱為「紅移」(red shift)，如果這想法正確的話，那麼 3C273 就約以每秒 48000 公里的高速遠離我們而去。

美國天文學赫伯(Edwin Hubble)早在 1929 年發現所有的星系都在遠離我們，而且「星系奔離的速度」與「星系的距離」成正比，這便是著名的赫伯定律，表示整個宇宙都在膨脹之中。如果似星體的奔離速度符合赫伯定律，則似星體無疑的是宇宙最遠的天體了。其中 3C273 是最亮、也是最近的似星體，距離約三十億光年。其他似星體都比 16 星等暗。似星體的數量隨著星空巡測(surveys)，數量快速累積，到 1989 年時已有四千多個。除了奔離速度非常大以外，天文學家也發現似星體的亮度會變化，而且變化的起伏在數週或數月之間，有的更短至數天，這就表示似星體很小，小至亮度在數天至數週間的變化都明顯的被觀測到。想想，一個星系的大小、亮度變化至少也要數萬年的起伏，這樣問題就來了，這麼小的物體能在這麼遙遠的地方被觀察到，顯示具有巨大的能量，這發出的能量約是我們銀河系的 1000 倍，如果它不是星系，那麼是什麼東西呢？

似星體不但發出巨量的可見光與電波，也發出巨量的 X 光。小而具有巨大能源的天體，彷彿科幻小說中的產物，因此在 1970 年代，似星體成爲全球天文學家積極探討的主題之一。

目前，許多科學家認爲似星體與活躍星系核有關，而且能源來自中心一個巨大質量的黑洞，黑洞理論與似星體相關的重要結果有下列三項。(一)、黑洞周圍的吸積作用能有效的把墜落物質中的 5% 至 40% 的質量轉換成能量，這便是似星體具有巨大能源的原因。(二)、可以解釋短時間的亮度變化。(三)、最大光度有個上限。

其他特殊星系

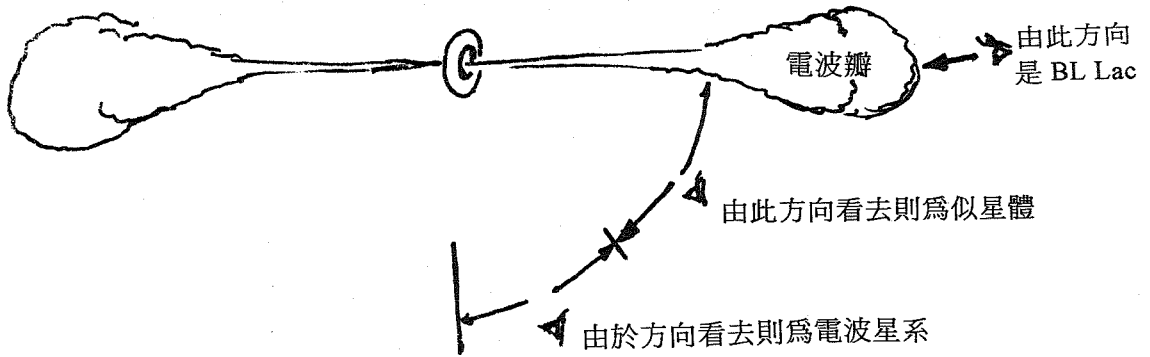
早在 1943 年，美國天文學家賽佛特(Seyfert)發現一種核心小而明亮的渦狀星系，稱爲賽佛特星系。賽佛特星系核具有很強的發射譜線，而且譜線很寬，表示核心正處於劇烈活動中。其中又分爲賽佛特 I 型與 II 型(Sey I 與 Sey II)。II 型另外還具有顯示原子高度激發狀態的譜線，例如游離一個電子的氮(III)，游離兩個電子的氧(III)、...等。其他具有較窄譜線的就歸類於 I 型。隨後其他天文學家陸續發現其他類型的星系也具有活躍的核心。例如：蝟虎座 BL 天體(BL Lac objects)，在 1929 年發現它的亮度在數週至數月內有變化，認爲它是一顆變星，所以依據變星的命名法則稱爲蝟虎座 BL 星，後來發現它發出很強的電波，長時間曝光的照片影像顯示有模糊的暈狀外觀，其光譜幾乎沒有任何譜線，確定蝟虎座 BL 並不是變星，而是一個具有明亮核心的橢圓星系，距離約在十億光年之遠。天文學家把一百多個這類星系稱爲蝟虎座 BL 天體，後來又簡稱爲布萊雲(blazars，與似星體 quasars 有相同的押韻)。

活躍星系核

觀察、研究與比較電波星系、賽佛特星系、似星體、...等各種性質，發現它們彼此間雖有不同，但也有許多相似之處(見表一)，而且顯示它們

- (1) 都具有一個密緻、極小但很明亮的核心，
- (2) 從中心發出非熱因素造成的輻射或發射譜線
- (3) 光度會起伏變化。

綜合這些現象，雖然對活躍星系核的本質與物理特性仍有許多待了解之處，仍可以提出大一統的模式，綜括上述所有天體。即祇有一種簡單的活躍星系核，但從不同角度觀察，就看到不同的面貌；也就是說，如果此方向望向活躍星系核，則呈現似星體的外貌，換個方向看過去就呈現蝟虎座 BL 天體。



圖二：由不同角度觀測活躍星系核之示意圖。

基本上，活躍星系核如圖二所示，中心能源(例如巨大質量的黑洞)四周圍繞著甜甜圈的濃厚物質，帶電粒子或電漿由相反的兩側以噴流(jets)的形式射出，噴流一路擠壓周圍的物質產生很強的電波，這就是同步輻射的情形。這是一個基本圖像，由不同的角度觀看就會得到不同的影像。例如從噴流軸心的方向看活躍星系核，看來就像是蝎虎座 BL 天體。視線的角度增大時，可以看到核心；此情此景就像是似星體。而噴流方向與視線方向垂直時，就可以看到兩個電波瓣的電波星系了。

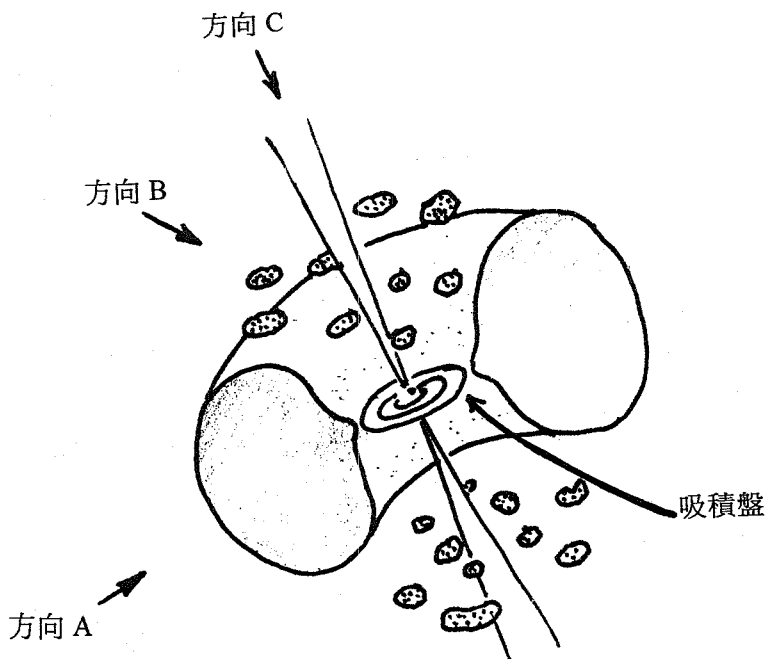
表一：電波星系、賽佛特星系、蝎虎座 BL 天體與似星體的特徵

特性	電波星系	賽佛特星系	蝎虎座 BL 天體	似星體
譜線紅移量	0.01 — 0.3	0.003 — 0.3	0.01 — 0.06	0.2 — 0.4 以上
連續光譜	非熱因素	非熱因素	非熱因素	非熱因素
發射光譜	寬窄兼具	寬窄兼具	無或極微弱	寬窄兼具
吸收光譜	來自恒星	無	無	來自氣體雲
外貌(可見光)	橢圓星系	渦狀星系	還不清楚	如恒星般
外貌(電波)	噴流與電波瓣	核心處有微弱的發射譜線	核心處有微弱的發射譜線	噴流與瓣狀

* 依據哈伯定律，譜線紅移量表示距離，紅移量愈大，表示距離愈遠。

依據大一統模式，活躍星系核中央是一個擁有大質量的黑洞，周圍環繞著吸積盤(accretion disk)，將周圍的物質不斷地吸入黑洞而釋放巨大的能量。吸積盤外緊接著一個塵埃、分子構成的甜甜圈狀物，這層濃厚的環遮掩了核心區的情形。而吸積盤中央的核心兩側各別將電漿或帶電粒子以噴流(jets)的形式射出，噴流一路堆擠周圍的物質，就像割雪車一路將雪堆積一樣，周圍的物質被噴流前端一路堆擠，產生很強的電波，並在噴流底端形成電波瓣。在甜甜圈狀環外、沿噴流軸心附近，隨機散佈著許多小型的高溫雲。整個情形如圖三所示。由環狀分子塵雲所構成的平面看過去的話(方向 A)，則看不見中心的明亮區，祇能看到中心密緻的電波源，與兩道噴流及噴流尾端的電波瓣，這便是看到的電波星系或 I 型賽佛特星系。如果從環狀塵雲上端看過去(方向 B)，則能看到吸積盤部

份與明亮的核心，也可以看到噴流，如同似星體、或電波星系、或 I 型賽佛特星系的情形。如果沿著噴流的方向看過去的話，則能看到一團密緻如恆星盤的影像，周圍呈現模糊暈狀，正是蝸虎座 BL 天體。



圖三：活躍星系核中心結構示意圖

結 論

似星體從 1960 年代發現之初，許多性質令天文學家困惑而成爲爭相研究的對象，到大一統模式出現解說似星體與活躍星系核間的關係，反映了似星體天文學的興衰過程。目前全球天文圈十分熱衷於活躍星系核的研究，希望解決許多關鍵與細節部份。而噴流與吸積盤的理論原是研究恆星形成或雙星演化的產物，應用在活躍星系核也能符合觀測，應驗物理定律適合萬物的理念。

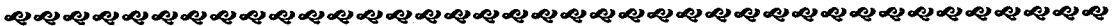
隨著望遠鏡愈做愈大、愈精良，加上太空望遠鏡，觀測到許多極其遙遠的暗淡天體與似星體，使天文學家能觀測早期的宇宙圖像，促使他們積極研究星系的形式與演化，似星體、活躍星系核與宇宙形成初期的星系有何不同呢？有什麼演化的關係嗎？這種問題都有待將來的探討。

主要參考文獻

1. Longair, Malcolm S. (1996), Our Evolving Universe, chapter 3: The origin of quasars pp65-97, Cambridge University Press
2. Shu, Frank H. (1982), The Physics Universe, An Introduction to Astronomy, pp306-331,

University Science Books.

3. Unsold & Baschek (1991), The New Cosmos (4th edit), (英譯本, 譯者 William D. Brewer), 5.6 Radio Galaxies, Qsars, and Activity in Galactic Nuclei, pp319-336, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
4. Zeilik (1994), Astronomy: The Evolving Universe (7th edition), chapter20: Cosmic Violence, pp459-477, John Wiley & Sons, Inc.
5. The Astronomy and Astrophysics Encyclopedia, edited by Stephen P. Maran, pp1-20.



中華民國參加 1997 年國際資訊 奧林匹亞(IOI'97)捷訊

何榮桂

我國參加 1997 年 IOI 競賽,代表團一行七人於十一月二十九日起程赴南斐 Cape Town 與賽。此次競賽共有六十四國家或地區派隊參賽,競爭十分劇烈,我隊表現不俗,獲得一面金牌兩面銀牌。得獎者為:金牌龔律全(北市建國中學畢業 現就讀台大資工系一年級)、銀牌陳康本(北市建國中學畢業 現就讀台大電機系一年級)及余嘉興(高雄市高雄中學三年級)。

此次競賽帶隊教授為台灣師大資訊教育系教授何榮桂、李忠謀及中研院資料所副研究員徐讚昇。1998 年 IOI 競賽將於明年九月五日至十二日在葡萄牙舉行,中華民國資訊奧林匹亞委員會選拔及培訓小組已積極展開籌劃工作,以期爭取更優異的成績。歡迎具有資訊潛力的高中生(20 歲以下)踴躍參加。