

# 最近天文學的發展趨勢

何耀坤

臺南市私立光華女子中學

天文學是研究天體及天體媒體的空間和時間的科學，由研究方法和對象不同有各分科。其中主要的是天體力學，天體物理學和宇宙論，其他有球面天文學、曆學、一般天文學和電波天文學。自然科學是從自然觀察開始，實證精神是其源流。

古代人受太空的神秘感動，在探索中認知天文對生活有重要實用價值，提高了一般人對天文的關心，促進天文學的進步。1582年羅馬教皇Gregorio十三世制定所謂Gregorio曆，實現了天文實用願望。中世紀有天動說和地動說之爭論，最後證明實證科學的勝利。伽利略首先將望遠鏡朝向天空觀測天體，使幻想的宇宙論成為科學的宇宙論。英國W. Hershel（1738～1822）以統計法研究恒星界的構造，以後所謂「宇宙」即是指恒星界。宇宙觀的基礎是星球問題，這必須以物理學來解釋，十九世紀末使用分光儀的天體物理學開始進展，解決了許多星球問題。第二次大戰以前的天文學可謂天體物理學時代，起初其觀測範圍是可視光等電磁波，後來擴張至長波和短波。在這時期領導天文物理學的是使用大光學望遠鏡，其收穫輝煌，除發現恒星界外圍的無限空間，更發現銀河系和小宇宙。根據包括多數小宇宙的大宇宙空間，愛因斯坦提倡宇宙膨脹說，這完全是光學望遠鏡的貢獻。可是光學大望遠鏡只能增加可視光近接範圍的集光力，對廣濶電磁波領域而言是一種色盲，也不過是從小天窗看宇宙。

自1931年開始有了宇宙電波觀測，於1942年檢出太陽電波，這是使用新方法看宇宙的開端。第二次大戰後發展的電波天文學，對宇宙的新發現有新希望。尤其人造衛星實現了牛頓萬有引力的力學實驗，能從大氣圈外觀測天體以後，對天文學的研究方法及觀測法有了革新。最近天文學上的重要發現都靠巨大電波望遠鏡，以及大型光學望遠鏡之配合使用。本文先簡述天文學沿史，分析本世紀以來的天文學研究情形，最後記述最近天文學研究的若干成果。

## 一、探索天文科學簡史

人類探索天文的歷史可分下列七個時代。

### (1) 製作曆法天文學時代

1. 前期( BC 4700 ~ AD 125 ) : ①曆法的產生。②希臘初期的天文學。

③ PTOLEMAIOS 著宇宙大系( *Almagest* )。

2. 後期( AD 237 ~ 1608 ) : ①中東的天文學。②文藝復興。③ COPERNICUS 地動說。

(2) 用望遠鏡發現天體的時代( 1609 ~ 1757 ) : ① KEPLER 法則。②牛頓發現萬有引力。③建造大型天文台。

(3) 天體力學的時代( 1758 ~ 1859 ) : Hershel 和 Laplace ( 1749 ~ 1827 ) 是這時代的代表人物。

(4) 天體分光學的時代( 1860 ~ 1900 )

(5) 恒星天文學的時代( 1901 ~ 1930 ) : 又回到反射式望遠鏡的時代，使用干涉計測定星球的直徑。愛因斯坦提相對性理論和宇宙膨脹說。

(6) 電波天文學的時代( 1931 ~ 1956 ) : 發現銀河電波，天文學進入宇宙資訊時代，又認知星球和太陽的核融合反應。產生星球的演化論和宇宙演化論。

(7) 宇宙物理學的時代：探索新宇宙中產生紅外線天文學、紫外線天文學，X射線天文學、 $\gamma$ 射線天文學、發現X射線星，似星體和中子星。以後漸漸不分天文學和物理學。

## 二、本世紀以來的天文研究趨勢

圖1是德國天文學會出版的天文學年報中刊載，自1900年至1959年間收集世界各國的天文學刊物和文獻目錄，統計該年間發表論文報告的世界各國天文學研究人員數目。本世紀初在天文學研究方面大多是決定星球的位置，這種工作成果少，所以研究風氣呈停滯狀態。第一次大戰後更停滯，戰爭結束後天文研究也無法復興，從圖中可發現這情形。從1930年研究者急增，這是受當時天文學主流天體物理學的急速發展所影響。第二次大戰比第一次大戰在天文研究上留下更大的空白，尤其在1936年前後的急速下

降，可能受到大戰後國際間仍彌滿緊張氣氛之影響。但是第二次大戰完後情形和第一次大戰不同，天文學研究風氣很快恢復，研究人員人數每年平均以150人直線增加。因為第二次大戰期間有雷達的發明，戰後興起電波天文學，有許多物理學和電子工學方面人員參與是主要因素。

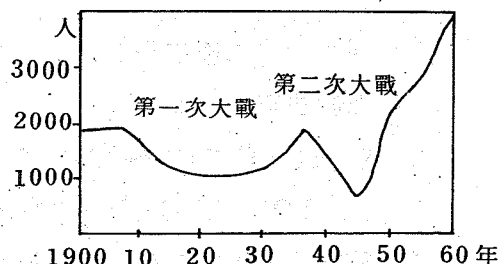


圖1 二十世紀活動的世界天文學家數目

進入1960年代後，能利用火箭和人造衛星在大氣圈外的觀測，又興起高能天文學和X射線天文學，又由電波天文學發展為電波分光學，陸續發現新的天體，因此天文學研究者大增。1960年以後研究人員繼續增加，到1976年現役天文學家數目達6500人。尤其在1976年八月在法國召開第十六屆國際天文學聯合會（此會每三年召開一次）時出席者超二千人，於1977年美國天文學會會員數超過二千人。第二次大戰後天文學急速發展，特別影響美國（研究天文學人數最多）的天文台組織。例如Lick天文台，Palomar天文台，Yerkes天文台以及其他許多天文台大多以私人財團基金建立的。第二次大戰後為容納更多研究人員，陸續新建國立天文台，如亞利桑那州的Kitt Peak天文台，在南美智利建汎美天文台，West Virginia州的Green Bank的國立電波天文台。尤其Kitt Peak天文台的規模最大，在本部的工作人員共360人，有口徑四公尺反射望遠鏡，在該山南端有主鏡直徑1.5公尺的太陽望遠鏡，另有從事紅外線觀測的口徑2.1公尺反射鏡和太陽真空望遠鏡，口徑十一公尺電波望遠鏡（高分解能mm波用），共十三座圓頂觀測所分散在山頂一帶，非常壯觀。這些都由聯邦科學基金會（NSF），完全由政府資金經營，現在由亞利桑那大學、加州大學、芝加哥大學、哈佛大學等十二校聯合使用該設備作天文研究。其他如汎美天文台，Green Bank國立電波天文台也一樣，由各大學聯合契約，以NSF基金經營。

日本的天文觀測基地規模次於美國，建造在長野縣山中一帶，如Kitt Peak周圍有高山，無光害，電波不干擾，晴天比率高，交通方便（近東京）。在該地有東京天文台所屬木曾觀測所有105公分Schmidt望遠鏡，京都大學所屬上松觀測所有1公尺紅外線望遠鏡。東京天文台所屬野邊山宇宙電波觀測所，有45公尺電波望遠鏡，太陽電波觀測所，乘鞍Corona觀測所。日本宇宙科學研究所白田宇宙空間觀測所，電氣通信大學菅平宇宙電波觀測所等都集中在附近的山區。

### 三、最近的天文學研究和成果

最近天文學上的重要發現，都由巨大電波望遠鏡和大型光學望遠鏡的配合實現的。天體電波觀測開始二十年以來的主要工作是，確定電波源的位置和強弱，由電波源和光學望遠鏡顯示的天體位置而訂名等。因為電波的波長較長，分解能小，無法只以電波看出天體之像，也無法確認其正確位置。後來使用大干涉計測定出其正確位置，但無法達到結像作用。1951年由哈佛天文台發現星際空間的氫所發出的21cm電波，氫是宇宙的基本構成物質，其分布情形用21cm電波觀測可查出。這方法證實我們銀河系的旋渦構造，又根據更遠方的小宇宙所含的氫發出的21cm波測定，是論小宇宙演化的主要證據（圖2，3）。繼而開始有其他元素的電波探索，但是無結果。因為氫雖然是在星際空間中最多的，但是其平均密度在1cc中只有一個H原子，至於其他原子更少，發出的

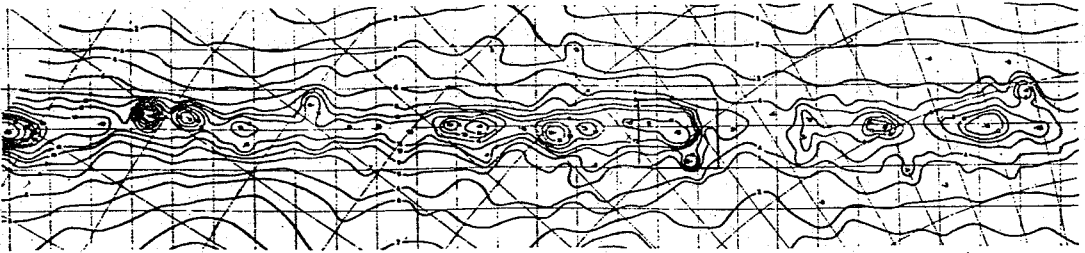


圖2 沿銀河面的氫波之強度

電波非常弱。根據理論，希望能檢出有較多的重氫，而假設了327.3843 Mc之電波。英國 Shodler Bank 天文台爲了檢出重氫線，使用76公尺電波望遠鏡，選擇了發出強電波的仙后座A。1962年Green Bank 天文台的Weinreb也作了測定，都無結果。1963年測定出OH的發信電波，知OH的吸收線比H強15倍。因此1963年十月Weinreb再向仙后座A測出1667Mc的OH基吸收線，又發現其與1665Mc的吸收線之強度比率爲9:5，和理論比符合。這事實證明我們和仙后座A的空間中，OH分子的平均密度爲 $10\text{m}^3$ 之中有一個。OH比H有十七倍之重，其熱運動速度爲H之四分之一，所以OH的吸收線比H銳利。Barrett等證明仙后座的OH之1667Mc線是雙重構造，就是所觀測的互相以不同視線速度移動的兩個雲，根據其線幅，定其溫度爲 $90^\circ\text{K}$ 和 $120^\circ\text{K}$ 。

在以前光學望遠鏡時代，銀河中心部因爲有黑暗物質，無法有充分的研究。上述事

實顯示 OH 的吸收線對銀河中心的探索有重要意義，因為銀河中心的研究隱藏最近所發現的似星體之謎，和宇宙觀也有重要關係。

伽利略用口徑五公分望遠鏡開始觀測天體，350年以來，天文學家的努力和願望產生了如 Palomar 天文台的口徑五公尺巨大望遠鏡。這些光學望遠鏡對探索宇宙最大的貢獻是證明宇宙空間有許多所謂「小宇宙」恒星系之事實，以及發現小宇宙的退行速度之增加和其距離成正比的所謂 Hubble 之法則（美國天文學家 E.P. Hubble 所發現）。根據這兩個事實，我們才能把握探索宇宙空間的基礎。在遠方的小宇宙（以前稱旋渦星雲）的光譜線波長，假設在觀測上比地上的實驗室所得波長  $\lambda$  增加  $\Delta\lambda$ 。波長增加表示光譜線向紅色方向變位，所以受紅位移之影響。假設這  $\Delta\lambda$  由小宇宙的視線速度  $V$  顯現 Doppler 效果，那麼視線速度  $V$  可以用下式計算。

$$V = C \times \frac{\Delta\lambda}{\lambda} \dots\dots\dots (1)$$

上式中  $C$  為光速（等於  $3 \times 10^5 \text{ km/sec}$ ）， $\Delta\lambda$  為正表示  $V$  也為正，即是表示該天體漸漸從我們遠離。所謂 Hubble 的法則是，設小宇宙的距离為  $D$  時，小宇宙的速度  $V$  和  $D$  成正比。假設這比例恒數為  $H$  時，Hubble 的法則可表示如下式。

$$V = HD \dots\dots\dots (2)$$

上式中  $H$  為 Hubble 的恒數，其值被認為約  $(30 \text{ km/sec}) / 10^6 \text{ 光年}$ 。速度單位以光速 ( $C = 3 \times 10^5 \text{ km/sec}$ ) 表示時， $H = 0.1 / 10^9 \text{ 光年}$ 。任何天體其速度絕不能超過光速，那麼計算天體的視線速度的(1)式中， $\Delta\lambda$  變無限大時， $V$  和  $C$  才能相等，隨之(2)式也應改變。

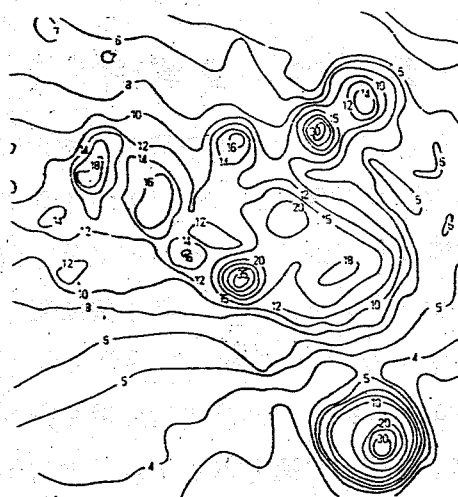


圖3 銀河中心部的氫波強度的詳細情形

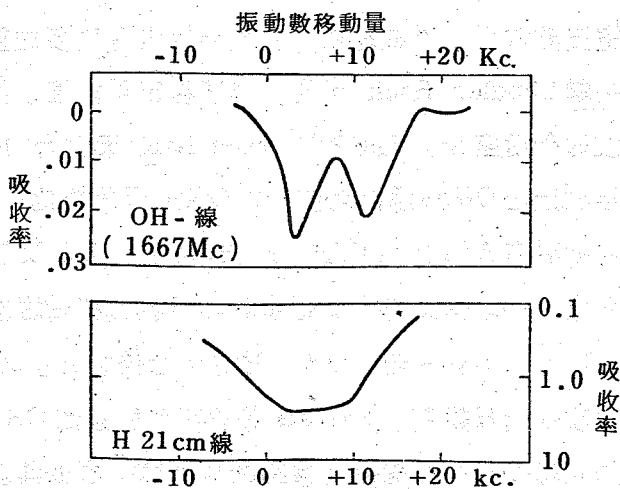


圖4 仙后座的 OH 和 H 的吸收線

但是現在最遠方的天體（約 45 億光年），用(2)式表示仍是正確的。

Hubble 的法則在相對性理論中所謂「膨脹宇宙」之觀測證據，即是這宇宙沒有中心，住在任何小宇宙的天文學家也和我們相同觀測赤方變位，各小宇宙可成立完全同一的宇宙觀。隨宇宙的膨脹，其中的平均密度應減少。如果時間以  $D/V (=1/H)$  逆行時，宇宙的密度非常大，這時就是宇宙的誕生。這時間是  $1/H$ ，就是  $30 \text{ km/sec}$  之一定速度，相等於行  $10^8$  光年所需時間，那麼宇宙誕生日應在 100 億年前，從此以來宇宙繼續膨脹中，以上是 Gamow（蘇俄人住美國理論物理學家）所提倡的看法。

對 Gamow 的看法 Hoyle 等表示反對，認為若要納入相對性理論時座標和時間應整體採用。若說宇宙沒有中心也沒有境界，而且這宇宙沒有開始也沒有終結，那麼這空間無論何時從那角落觀測應該相同。而且小宇宙平常飛離時應在任何地方創成物質，宇宙平均密度也應該一定。這種物質的創始在  $8 \text{ km}^3$  中，一年間產生一個氫原子。由創造的氫，小宇宙繼續構成，所以我們正面對所有時刻誕生的小宇宙。

Hoyle 等的看法是根據最近證明的氫氣雲產生星球的理論，最近又發現能說明這看法的新天體。於 1963 年初 Maarten Schmidt 發現強電波源相同的 13 等至 16 等五藍星體的光譜，顯出光速的 20% 至 50% 的大紅位移。這些星體以前被認為是銀河系內的特異恆星，若將 Hubble 法則適用於觀測的紅位移，其距離為數十億光年，應假設非常遠方的小宇宙。所發現的五星體中有兩個（3C-48, 3C-273）的距離已有決定，其餘三個（3C-147, 3C-196, 3C-286）可能是更遠方的天體。所謂 3C 是在電波源目錄 Third Cambridge Catalogue of Radio Sources 之意思。3C-48 和 3C-273 的視等級各為 16 等和 13 等，根據 Hubble 法則，其距離各為 40 億光年和 20 億光年。這種天體現在已知十個以上，各由電波源用電波望遠鏡檢出，又用光學望遠鏡確認其光譜。這些奇妙的天體稱 Quasi-Stellar Radio Source 或稱 Quasi-Stellar Object (=QSO)，我們稱「似星體」。似星體之發現是由電波望遠鏡和光學望遠鏡之配合產生的輝煌成果。

#### 四、這次哈雷彗星觀測在天文科技上的進步

這次回歸的哈雷彗星觀測，在世界各國天文科技上表現有如下五點進步，同時指向將來天文科技的發展方向。

##### (1) 電子技術取代了過去的攝影技術

這次哈雷彗星回歸最初的檢出，是用美國 Palomar 天文台的五公尺反射望遠鏡和電

子結合粒子 ( CCD ) 攝影法。實現光度為 24.2 等，預報位置和檢出位置僅差 8 秒，使我們覺得現代電子技術已取代過去的天文攝影方法。

(2) 彗星頭部產生期比過去兩倍的遠方

彗星產生彗髮 ( Coma ) 是證明本體開始發光，其產生時期有重要意義。一般彗星都在三天文單位時產生彗髮，這次哈雷彗星在六天文單位遠方已產生，其距離有兩倍之差。

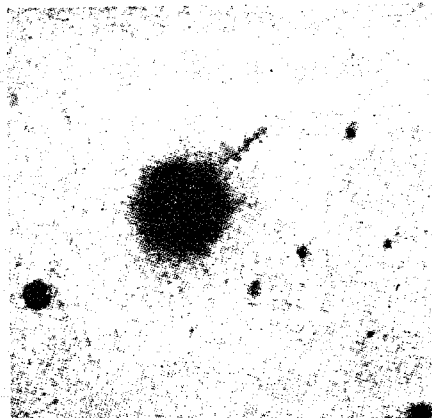


圖5 3C-275

(3) 彗星在 1.8 天文單位時產生尾部

彗星的特徵是有尾部，可分 I 和 II 型尾，先產生 I 型尾後再產生粒子的 II 型尾。哈雷彗星於 1985 年 11 月在 1.8 天文單位地方開始生尾，證明檢出技術的進步。

(4) 通過近日點時產生粒子尾

哈雷彗星通過近日點前，其 I 型尾 ( 電漿 ) 和太陽風有密切關係，尤其形狀變化受了注意。通過近日點以後 II 型尾是重要觀測目標。設在南美智利的歐洲南天天文台 ( ESO )，曾經分析在地平線上 30 分角拍攝的照片，發現 II 型尾分裂複數條，證明事先推測彗星通過近日點後會放出更多粒子。

(5) 探測機獲得輝煌成果

這次最大話題算是哈雷彗星探測機的工作，美國為節省太空研究經費，利用運行中的 ISEE 衛星改變其軌道為 ICE，進入正在接近中的另一彗星附近，確認彗星的主要成分是水，I 型尾是電漿。蘇俄的探測機 Vega I 和 II，歐洲探測機 Giott，日本的先鋒號和彗星號曾經接近哈雷彗星，日本的彗星號用氫輝線作彗星氫冕觀測。當中最受注目的是 Giott 通過了彗星近旁 540 公里地方，據西德的太空總署報告，哈雷彗星的彗核為  $15 \times 8$  公里，形狀如花生，表面呈黑色。

## 主要參考書

1. 星的年表……齊田博著 ( 誠文堂新光社 )
2. 天文学史……廣瀨秀雄 ( 誠文堂新光社 )
3. 電波天文……甲斐敬造 ( 恒星社 )
4. 近代天文学の夜明け……齊田博 ( 誠文堂新光社 )
5. 星からの手紙……古在由秀 ( 朝日新聞社 )