天文學前線

前言

這是 2009 年清大天文營的一門課，相信大家常常注意天文新聞的話，經常聽到某某衛星又照到了宇宙的深處，某某天文單位又做出什麼研究成果的新聞，只是這些單位或許在大家的心中仍然是模模糊糊的，在此，嘗試要把看起來抽象遙遠的天文研究介紹給各位，讓大家知道天文研究其實並沒有那麼艱澀，此外，業餘天文與專業天文其實有很大互補空間，並非只能各行其事。

身處中華民國，其實天文界的研究資源並不少，但是研究人員與能量卻稍少些，上過這門課希望你能了解，我們只要多加把勁投入天文學研究，絕對有機會達到令自己刮目相看的水準，但千萬別自己先放棄機會，還有，不要問我唸天文以後出來能幹什麼？在此我先回答這問題：

1. 唸什麼科系、主修，跟將來做什麼工作為什麼一定要有關係啊？如果唸什麼就非要做什麼工作，這個社會為何是那麼的不學以致用？
2. 專心致志於天文這條路上，當然是要走學術研究啊！
3. 唸天文沒飯吃？請勿欺騙自己的眼睛，唸天文與沒飯吃完全沒有關係啊…唸天文的競爭者稍少，機會反而多呢！

好了…進入正題吧…享受天文吧！

一、 業餘天文與專業天文

有時候業餘跟專業天文很難區分，但大抵來說，兩者做的事情雖然相似，但精神則不相同，業餘天文著重於其中的樂趣，但專業天文則應秉持科學的態度，舉個例子，同樣是天文攝影，業餘天文要的是清晰、細膩、構圖佳的作品，但專業天文則是依目的不同而取得所需要的影像即可，像研究星光變化的人，有時會故意讓焦距模糊，好讓星點散在較大的範圍，又例如大望遠鏡上，有時會故意讓視野變動，好讓目標不要一直落在視野的同一個地方，這些都是有其原因的，但跟業餘的某些要求可是完全牴觸。

此外，業餘天文對於照片的訴求是美，所以你大可對某些色調做強化，總之是要賞心悅目，但專業天文對於影像的每一步處理都得有科學目的，否則大家亂處理沒有標準，又談什麼研究呢？

現在業餘天文界較為興盛的幾個科目，大致包含目視觀測太陽、行星、彗星，以及對於各種天象的天文攝影，如深空天體、行星攝影、彗星攝影…等等，許多事情是專業天文所無法顧及的，尤其是針對一些現象做長時間、持續的紀錄，這便是業餘天文可以發揮的舞臺，好比說，木星條紋變化紀錄。

請勿以為我在說笑，沒事紀錄木星條紋變化幹嘛？需知各行星的大氣現象是行星科學的一個研究重點，想想看大望遠鏡所身負的觀測任務，以及後面排的老長的申請使用者，你可能用大望遠鏡天天持續不綴看木星嗎？想都不用想也知道不可能，這便是專業天文的死角，但卻是業餘的舞臺；其實，不論是什麼樣的紀錄，只要是詳實的、客觀的紀錄，就絕對有其意義，只是現在的我們未必理解那

意義，就像當年的宋朝天官仔細紀錄天關客星時，是絕不可能預料到這樣的記載在九百年後其意義變得重大非常。

二、 理論天文與觀測天文

在這裡要先跟大家談一下天文研究，大致來說分成理論與觀測，注意天文可以說是沒有「實驗」的，這也是天文研究的特性。

何為實驗？就是對一個想觀察的系統做干擾，然後觀察結果，OK…敢問天文研究要如何干擾要觀察的系統？不要說什麼恆星、星團、星系很遠了，也不要說木星土星的，就拿月亮來說好了，你知道要去月亮要花多少錢嗎？這麼貴的實驗，哪能常做？要不是為了面子，美國怎麼可能會撐到阿波羅十七呢？

所以，天文上我們做觀測，去觀察一個系統，設法找出合理的解釋，而非實驗，這時也是為什麼一旦天文上有奇景時，天文學家會很興奮的原因，好比說，彗星撞木星這類可遇而不可求的事件，這其實算半個實驗，只是自然發生的機率很低，舒梅克-李維 9 號彗星撞了一下木星，天文學家便設法要從中推斷出木星的大氣成分；而上回的太空船撞擊彗星也是另一個「天文實驗」案例，但這代價並不低，要知道太空任務花費都是用億在當單位的，可不是說做就能做的。

是故，觀測天文便是觀測天文現象，並設法用你所了解的知識去解釋現象，解釋合理，大家就相信；理論天文，這個聽起來就很艱深的領域，又是什麼呢？說穿了，用我們所了解的一切事務原理，去計算天文現象，就是理論天文，好比說各種星系的生成、宇宙的生成、行星系統的演化…等等，或是像黑洞這種題目，也都在理論天文的範疇。

有時候，大家會有個誤解，認為做理論的都要頭腦好，才可能勝任，事實上，這是一個美麗的誤會，做觀測是比較容易得出一個結果，比如說處理一張光學的影像得到一組數據，或是處理電波的資料得到一張電波的影像，只要照著步驟處理，就能得到一個不算差的結果，看起來似乎不是那麼的困難。

但是，身為觀測者，當你精進到一種地步，要清楚知道自己要看的是什麼、怎麼看，此時此刻對於自然知識的了解又怎麼能少呢？反觀理論天文，似乎剛入門就能嚇倒人，每天必需面對一大堆文字與書籍，計算與條件，在茫茫數字間穿梭著，看來著實不易，但這難度並非凌駕於觀測之上。

嚴格來說，沒有誰容易誰不簡單，應該說都很難！只是觀測的入門較為簡單些，觀測入門階段不用自己思考怎麼做，只要照步驟就好，偏偏這是大家最容易採用的，因為不用自己決定。

三、 近代天文研究發展

展望二十世紀，美國幾乎保持在天文學的領導地位，雖然天文發展與國力強盛有關，不過許多的美國天文臺都不是國家所有，而是一些私人基金會的大手筆，像是海爾、葉凱士天文臺等等。

1897 年，芝加哥大學的立克天文臺建造了 1 米折射式望遠鏡開始，美國便

擁有了世界最大的天文望遠鏡，至今這支 1 米仍然是世界最大口徑的折射鏡，此後威爾遜山天文臺落成、帕羅瑪山天文臺 5 米反射鏡的落成…等等，更使美國天文學達到頂峰。

近代歐洲不在天文學的頂峰，不過也做出了許多貢獻，至少，在二十世紀以前的天文學基礎都是在歐洲打下的，二十世紀之後，首推德國漢堡天文臺的施密特望遠鏡，統一了天文界的溝通語言 – 星圖，此外歐洲國家也以一或數個國家的規模再進行一些天文計畫，例如歐南天文臺、英國瑞典合作 ORM 天文臺、英國澳洲合作 AAO 天文臺等等。

在二次世界大戰後，美國由於學術需求，同時又因為冷戰以及宣揚國力等等因素，促使國家的力量投入基礎研究，其中當然也對於天文學有大量的挹注，後有國家光學、無線電天文臺的成立(NOAO、NRAO)，同時許多美國的私人基金也支持著天文研究，例如富豪史密松捐了一筆錢給哈佛，讓哈佛成立了天文研究中心，而後與哈佛自己的天文研究機構合併，稱哈佛-史密松天文研究中心。

天文臺越蓋越多，觀測的工具也從光學、電波開始往其他波段延伸，包含紅外線、次毫米、X-ray…等等，而不同波段的觀測條件略為不同，像紅外線觀測可是水氣嚴禁、低溫限定，不像光學觀測有點水氣，儀器環境溫度普通都不成問題，這延伸發展出的全波段天文學，是目前觀測天文界最興致勃勃的題目。

天文基本上還是建立在觀測之上，不過二十世紀初物理學的發展，使得理論天文物理這樣的學問漸漸浮上檯面，以至二十世紀中葉計算機科學的發展，解決了許多需要大量計算的過程，使得模擬計算變成一支物理問題的解決途徑，理論天文學家將觸角伸向各種可疑的天文過程，試圖從我們已知的物理來推演出我們所看到的天文現象。

四、 觀測環境的選擇

在談世界各地的天文觀測站之前，我們先來談談觀測環境的選擇，所謂生命三要素：陽光、空氣、水，天文學家通通不喜歡，至少對於觀測天文的人來說是的，不管你是業餘天文同好，偶爾背個望遠鏡上山拍星星，或是專業天文觀測者，把目標瞄往宇宙最深處，一概討厭生命三要素，所以，適合天文觀測的地點往往便是不適合居住的地點，是故凡是你看到生機盎然的地方，便可以了解到，那不是個適合天文觀測的地點。

天文臺址三大考量，大氣穩定度、晴天率、交通與支援。

1. 大氣穩定度

這有兩個要求，一個是視相度，一個是透明度，兩者是不太相同的，所謂的視相度是在談論大氣對於星光造成的干擾程度，折射的一個例子是水中的筷子似乎斷了，同理大氣也會對星光造成折射，大氣一直流動變化，所以星點的位置也就一直變化，造成原本應該有如針尖般的星點變成有面積的一塊區域，這塊區域的大小就被定為此時大氣的視相度(Seeing)；此外另一個要求是透明度，透明度代表星光被吸收的程度，透明度低的地點，星光更微弱，要用更長的曝光時間才

能取得足夠好的數據。

注意，透明度很差不代表視相度很差，例如都市內，雖然透明度很糟糕但是卻因為塵埃多，空氣不流通而穩定，視相度佳；同理，即使有好的透明度，也未必會有好的視相度，例如充斥著強風的高山。

2. 晴天率

一個觀測地點的晴天率與大環境的氣候條件有關，例如夏威夷群島，在北回歸線以南，終年都有季風調節氣候，屬於海島型氣候，整體來說比臺灣略乾，而大島的 Mauna Kea、茂宜島上的 Haleakala，突破了逆溫層的高度，所以由低空來的水氣塵埃便遭到阻絕，夏威夷群島的晴天率本身就已經十分傲人，再加上超過逆溫層的高山，可謂如虎添翼。

除了基本環境氣候，有時候還會有有一些額外的加分，例如每隔幾年的聖嬰現象，會造成中太平洋沿赤道地區的降雨量將增加，大溪地群島(Tahiti)的氣壓降低，夏威夷群島的降雨量減少…等等，聖嬰現象一來，夏威夷的氣流更穩定，晴天率更高…快要所向披靡了。

3. 交通與支援程度

天文觀測儀器，又貴又重，要運到山上去必需要良好的交通支援，同時必需要有龐大的維修後勤以及不間斷的人力維持整體運作，有人就必需有補給，此外還有儀器所需的巨大能源消耗，這些需求的前提都是交通必需要發達，否則連基本的資源維持都做不到，更別說一旦有什麼情況，根本無法應付。

五、 著名天文臺址

★ Manua Kea 天文臺群

光學與紅外線波段

美，夏威夷大學	0.6 米、2.2 米(1968、1970)
美，太空總署紅外線辦公室	3 米 (1979)
國際，加法夏(CFHT)望遠鏡	3.6 米(1979)
英，紅外線望遠鏡	3.8 米(1979)
美，加州理工 Keck I、II	10 米(1992、1996)
日，Subaru	8.3 米(1999)
國際，北雙子星	8.1 米(1999)

次毫米波波段

美，加州理工 CSO	10.4 米(1987)
國際，JCMT	15 米(1987)
國際，SMA 陣列	6 米*8 只(2002)

電波波段

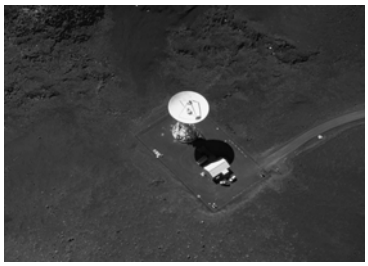
美，超長基線陣列 VLBA	25 米 1(992)

進行中

TMT，30 米主鏡，預定採用分截式雙曲面主鏡，約五百塊 1.2 米的鏡片湊成，現在已經確定 TMT 的安放地點可望在夏威夷的 Mauna Kea 上。

EAST，9 公分全自動觀測站，預定放在 Mauna Loa

圖 1・Mauna Kea 山頂縱覽，Copyright© www.ifa.hawaii.edu



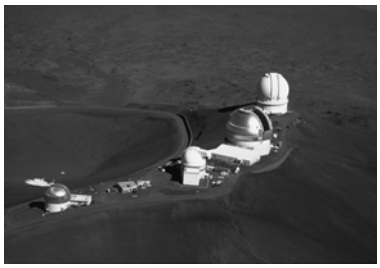


圖 2・Keck & Subaru　　圖 3・VLBA　　圖 4・頂峰山脊望遠鏡群

Copyright© www.ifa.hawaii.edu

★ 南美安地斯山脈區天文臺群

安地斯山脈的天文臺群集中在在智利(Chile)的 Atacama Desert 的 Paranal、La Silla 這兩座山。

Paranal，海拔 2635m：

歐南天文臺(ESO)蓋了 VLT(Very Large Telescope)，可觀測的波長範圍從近紫外線到波長 25 微米的紅外線，包含四座 8.2 米的望遠鏡，分別名為：ANTU、KUEYEN、MELIPAL、YEPUN。可與附近三個 1.8 米的望遠鏡組成干涉陣列─VLT Interferometer (VLTI)。四座 8.2 米的望遠鏡組合起來的集光力相當於一座 16 米的望遠鏡。VST(VLT Survey Telescope)口徑 2.5 米，是 VLT 的輔助望遠鏡。

百米的 OWL，主鏡由約 3048 片六角鏡片構成，十分類似 Keck 的設計，次鏡則為 216 面，而且為了減低成本與複雜度，次鏡採平面鏡，所有的光路複雜系統，全部由主鏡完成。

此外其自適應光學系統需求十萬個以上的調節器，且每秒調整數百次，現在的電腦還沒辦法應付這種計算量呢！(現世最好的自適應光學系統頂多約 1000 個左右的調節器)。

若一百米真的成功了，解晰力可以達到 0.001 角秒，心宿二可以解析成一個約 3000 像元的影像，而不再只是一個光點！

La Silla，海拔 2,400m：

ESO 的 La Silla 天文臺，擁有 NTT(New Technology Telescope)是 3.58 米光學望遠鏡 ，The

3.6m Telescope (這就是他的名字還有口徑)，The ESO/MPI 2.2m Telescope ...(這也是他的名字還有口徑) ，APEX (Atacama Pathfinder EXperiment)是直徑 12 米的次毫米波望遠鏡，蓋在 ALMA 附近。

美國 NOAO 的 Cerro Tololo Inter-American Observatory (CTIO)，天文臺總部在智利的 La Serena 東邊約 70 公里，海拔 2,200 公尺，Victor M. Blanco Telescope 口徑 4 米，可使用自適應光學；Southern Astrophysical Research Telescope (SOAR)：口徑 4.1 米，位於 Cerro Pachón(Gemini 旁邊)，於 2004 年啟用。 還有 SMARTS1.5 米、1.3 米、1.0 米、0.9 米望遠鏡。

Las Campanas 天文臺： 位於智利的 La Serena，擁有麥哲倫望遠鏡(The Magellan Telescopes)：包含兩座口徑 6.5 米的光學望遠鏡，由 Observatories of the Carnegie Institution of Washington 和美國四所大學建造，The Irénée du Pont 2.5m Telescope、Henrietta Swope 1.0m Telescope，皆為 Observatories of the Carnegie Institution of Washington 建造。

Gemini South Telescope(GST)，位於 Cerro Pachón 山上，海拔 2,737 公尺，口徑 8.1 米，與位於 Mauna Kea 的 Gemini North 一模一樣，(這是歐洲 ESO 蓋的望遠鏡，可與美國 NOAO 在北半球 Kitt Peak 和南半球 Cerro Tololo 各蓋一座 4 米的望遠鏡做類比，都是南北成雙成對)

Atacama Large Millimeter Array (縮寫 ALMA)，將建址於智利 Llona de Chajnantor 5000 公尺高原。這是由歐、美、日為首的大型跨國合作計畫，將會興建 64 座直徑 12 米、12 座直徑 7 米及 4 座直徑 12 米的天線，座落於基線可達 10 公里長的基地上，以觀測自 1cm 之微波波段至 0.3mm 之次毫米波段的天體訊號。完成後的 ALMA 將具備更廣的頻寬、高靈敏度、以及高解析度。其靈敏度可望達到目前任何一座相同波段望遠鏡的一萬倍以上；解析度 0.004 角秒則是哈伯太空望遠鏡所能觀測的十倍，更是現今同等波段望遠鏡所能達到的數十至百倍。ALMA 龐大數量的基線，也會使其成為全球在毫米及次毫米波段天體觀測成像能力最強大的電波望遠鏡。目前 ALMA 的設計與建造已在如火如荼的進行，相關的前導計畫，包括了日本的 ASTE(Altacama Submillimeter Telescope）與以德國為首的 APEX(Altacama Pathfinder Experiment)兩座單天線次毫米波望遠鏡，都已座落於智利的基地從事早期的測試工作，特別是針對南天的科學觀測研究，ASTE 是日本建直徑 10 米的次毫米波望遠鏡，在 ALMA 附近。

Giant Magellan Telescope(GMT)，將由 7 個直徑 8.4 米的鏡片以雛菊的花瓣的形狀組裝起來(1 個居中，另外 6 個環繞其周圍)，聚光能力相當於一面直徑 24.5 米的大型完整鏡面，解析度將達到哈伯太空望遠鏡的 10 倍。目前進度是其中一面 8.4 米的鏡片已經完成，成為目前單一鏡面口徑最大的。望遠鏡將蓋在智利的 Cerro Las Campanas，鄰近 ALMA，不過確切建造地點未定。

★ 西班牙屬・卡納利群島(Canary Island)

卡納利群島位在西非外海，屬於西班牙，其上天文臺群也不在少數，與 Mauna Kea、安地斯山並稱世界三大天文臺首選臺址，其中清華大學周定一教授便於卡納利群島上設有太陽望遠鏡、天文望遠鏡各一，卡納利群島的天文臺群主要分布在兩個島，La Palma 與 Tenerife。

La Palma 島：

Roque de Los Muchachos Observatory：海拔 2,500 公尺，視相僅次於夏威夷的 Mauna Kea，其上有 Gran Telescopio Canarias(GTC)：口徑 10.4 米，主鏡系統由 36 個六角形的鏡片組成。預定今年即可開始啟用，Carlsberg 子午線望遠鏡(Carlsberg Meridian Telescope)：口徑 17.8 公分 、威

廉赫歇爾望遠鏡(William Herschel Telescope)：口徑 4.2 米 、Telescopio Nazionale Galileo(TNG)：口徑 3.58 米，1998 年啟用、Liverpool Telescope：口徑 2 米、Mercator Telescope：口徑 1.2 米、荷蘭無頂望遠鏡 Dutch Open Telescope (DOT)：口徑 45 公分、瑞典太陽塔 Swedish Solar Telescope(SST)：口徑 1 米，搭配 AO 可提供目前解析度最高的太陽影像…等等。

此外還有 Nordic Optical Telescope (NOT)：口徑 2.56 米，1989 年啟用，由丹麥、瑞典、冰島、挪威、芬蘭合作建造，可使用自適應光學、Isaac Newton Telescope(INT)：口徑 2.5 米，1967 年啟用、Jacobus Kapteyn Telescope：口徑 1 米，2003 年開放使用。

Tenerife 島：

Mt. Teide Observatory：位於西班牙卡納利群島(Canary Island)的 Tenerife 島上。海拔 2,400 公尺，為太陽觀測的重鎮之一，天文臺群有 Solar Vacuum Tower Telescope (VTT)：70 公分、THEMIS solar telescope：90 公分 、GREGOR solar telescope：1.5 米、Solar Laboratory：Spectrophotometers (MARK-I, IRIS-T, ECHO)、High resolution photometer TON、Fourier tachometer GONG、"Carlos Sanchez" infra-red telescope (TCS)：1.55 米…等等。

★ 其餘天文臺掠影

格林威治天文臺(The Royal Observatory, Greenwich)：位於英國，1675 年建立，當時的查理二世為了提高英國的航海與天文技術，在格林威治建造了這座皇家天文臺，已於 1998 年關閉，與西敏寺和倫敦塔被列為三大倫敦文化遺產。因為英國皇家天文臺已於二次世界大戰時遷至劍橋，所以現在的格林威治天文臺也被稱為舊皇家天文臺(Old Royal Observatory)，1884 年，來自 25 國的 41 位代表聚集在美國華盛頓開國際子午線會議，同意統一全球經、緯度，以經過格林威治的經線為本初子午線，作為東、西半球的分界線和時區計算的零點。

日中峯天文臺(Pic du Midi Observatory)：位於法國，海拔 2877 公尺。

馬克斯 • 普朗克電波天文研究所 Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR)：位於德國波昂。Radio Telescope Effelsberg 是個直徑 100 米的電波望遠鏡，觀測頻率的範圍在 800MHz 到 96GHz 之間。

海爾(Hale)天文臺─位於美國加州。由原帕羅瑪天文臺與威爾遜山天文臺合併；帕羅瑪天文臺(Palomar Observatory)：5.1 米 Hale Telescope，1948 年落成，直到 1993 年前都是全世界最大的。目前還有其他六座望遠鏡和干涉儀：Samuel Oschin Telescope(1.2 米)、The 60-inch Telescope(1.5 米)、Palomar Testbed Interferometer、Sleuth: The Palomar Planet Finder、The 18-inch Schmidt Telescope、The 24-inch Telescope；威爾遜山天文臺(Mount Wilson Observatory)： 2.54 米 Hooker Telescope，1917 年建成，之後 30 年內一直是全世界最大的。知名天文學家 Hubble 利用這座望遠鏡確認出第一顆造父變星，證實 M31 仙女座大星系是屬於銀河系以外的天體，之後又測量許多星系光譜的紅移程度，證明星系間正互相遠離，並發現哈伯定律。1931 年，愛因斯坦曾親自造訪這座天文臺。

立克天文臺(Lick Observatory)：屬於美國芝加哥大學，位於 Mt. Hamilton，曾經風光過。1897 年，在此建造了口徑 1 米的折射式望遠鏡，是當時全世界最大的。

葉凱士天文臺(Yerkes Observatory)：屬於芝加哥大學，於 1897 年建造，位於美國 Wisconsin 州。擁有全世界最大的 40 吋折射式望遠鏡，還有兩座分別為 41 吋和 24 吋的反射式望遠鏡。許多有名的天文學家如 Hubble、Chandra 皆曾在此進行研究工作，但因晴天數不多，加上附近光害

嚴重，已不復風光。

Large Zenith Telescope：口徑 6 米，加拿大和法國合作建造，2003 年啟用，位於英屬哥倫比亞的 Maple Ridge。

BTA (Большой Телескоп Азимутальный, or Large Altazimuth Telescope 大經緯儀望遠鏡)：口徑 6 米，位於高加索山，1975 年由蘇聯建造時是全世界最大的望遠鏡，另一特點是使用水平式焦點(Nasmyth focus)的光學設計，但是因為鏡面製作不佳易形變，這座望遠鏡在科學上的貢獻不大，又因為現在的俄國經濟狀況大不如前，這座望遠鏡目前是呈半退休狀態。 這座望遠鏡是盲目追求大口徑的著名失敗例子，雖然達到大口徑卻沒有帶來相應的重大科學意義。而且蘇聯建成這座望遠鏡後，便惹毛了美國富豪凱克(Keck)，因為他的自尊心和愛國心不容許全世界最大的望遠鏡是蘇聯蓋的，於是捐了超過一億四千萬美金給加州理工學院，蓋起目前全世界最大的光學望遠鏡，口徑十米的凱克望遠鏡，而且還一蓋蓋了兩座。Keck 除了口徑大，在科學上的貢獻也的確是比 BTA 大得多，或者也可以開玩笑說：BTA 最大的貢獻就是促成凱克望遠鏡的誕生。

美國國家光學天文臺(National Optical Astronomy Observatory, NOAO) ，於 1982 年設立，當時的目的是統合 AURA(Association of Universities for Research in Astronomy)底下的地面天文臺，包括基特峰國家天文臺(Kitt Peak National Observatory)、Cerro Tololo Inter-American Observatory、以及國家太陽天文臺(National Solar Observatory)在 Sacramento Peak、New Mexico 和 Kitt Peak 的觀測儀器，不過時至今日國家太陽天文臺也已經有獨立臺長了。NOAO 現在底下還有 NOAO Gemini Science Center (NGSC)，提供美國天文學家使用兩座 Gemini 望遠鏡的門路，NAOA 的功能是讓全國的天文學家都能使用到最好的地面望遠鏡，而不受所處學校或機構的限制。

美國國家電波天文臺(National Radio Astronomy Observatory, NRAO)， 現任臺長魯國鏞(Fred Lo)曾任中研院天文所所長，現在仍是中研院天文所諮詢委員之一，同時也是中研院院士，與臺灣關係非常好，NRAO 目標是設計、建造、操作全世界最複雜、最先進的電波望遠鏡。讓全世界的科學家能使用這些強大的工具研究太陽、行星、太陽系其他天體，以至遙遠的恆星、星系，以及任何神秘的天體，總部創設於 1965 年，位於維吉尼亞州的 Charlottesville 市，離維吉尼亞大學天文系很近，旗下大望遠鏡有 ALMA、GBT、VLA 等電波望遠鏡。

Green Bank Telescope(GBT)：位於 NRAO 總部附近，鏡面是 100 米×110 米，是目前全世界最大的可移動的電波望遠鏡。其設計有別於一般的電波望遠鏡，GBT 的鏡面上並無遮擋，目的是消除影響觀測效果的反射和衍射。望遠鏡的反射面由兩千多塊小反射板拼接而成，整個系統使用了精密的自動控制技術，可以消除望遠鏡轉動時產生的重力影響，大幅度提高望遠鏡在高頻波段的性能。

Very Large Array(VLA)：位於新墨西哥州，海拔約 2,300 公尺，共有 27 座直徑 25 米的天線，被置於 Y 字形的軌道上，可藉由軌道移動望遠鏡，陣列的基線最長可達 36 公里。是全世界最上鏡頭(曾出現在電影接觸未來)及最多產論文的電波望遠鏡之一。

Expanded Very Large Array(EVLA)：大幅提昇和更新 VLA 的配備的計畫。目標是讓 VLA 的靈敏度提高 5~20 倍，還將增加可觀測的頻率範圍與解析度。

Very Long Baseline Array(VLBA)：包含 10 座直徑 25 米的天線，分別放置於美國不同地方，橫跨超過 5,000 英哩，可提供非常高解析度的影像，可於新墨西哥州的 Array Operations Center

遠端操作這些望遠鏡。1993 年完成。

基特峯國家天文臺(Kitt Peak National Observatory, KPNO)，隸屬於 NOAO，1958 年建立，位於亞利桑那州(Arizona)的土桑(Tucson)西南方的 Sonoran 沙漠中，共有 19 座光學望遠鏡與 2 座電波望遠鏡(屬於 NRAO)，是全世界望遠鏡最密集的地方之一；共計有 Mayall Telescope：口徑 4 米，1973 年建、WIYN Telescope：口徑 3.5 米，1994 年建造，以追蹤超新星聞名、McMath-Pierce Solar Telescope：口徑 1.6 米，建於 1962 年，主要用來觀測太陽黑子結構、真空塔望遠鏡(Solar Vacuum Tower Telescope) Burrell-Schmidt 望遠鏡，口徑 61 公分，屬於 Case Western Reserve University 的 Warner and Swasey Observatory 所有、0.9 米自動望遠鏡：Southeastern Association for Research in Astronomy(SARA)所有、Spacewatch Telescope：1.8 米與 0.9 米，屬於亞利桑那大學、Kitt Peak 12-Meter Telescope (KP12m)：電波望遠鏡，隸屬於 NRAO。

阿雷西波(Arecibo)，是目前全世界最大的單一天線電波望遠鏡。於 1963 年啟用，直徑 305 公尺，坐落於波多黎哥(Puerto Rico)的一個天然山谷裡，依山谷的地形搭建，用整個山谷來承載它的重量，曾被天文學家用來尋找及研究波霎、觀測宇宙中許多原子與分子的譜線以研究其分布，現在是 SETI 計畫的資料來源，也是 VLBA 的合作者之一，Arecibo 也可以發射無線電波，因此也曾多次發射並記錄從太陽系其他行星反射的電波。曾於 1997 年進行升級改建使其靈敏度大幅增加，於是在在 2001/11、2002/12 對泰坦發射波長 13 公分、功率一百萬瓦的電波，經過來回 2.25 小時的時間，觀測到泰坦反射的電波訊號。

★ 第四個期待中的天文台址 – 西藏

目前西藏天文台選址的計畫主持是中國科學院國家天文台選址組，他們打算找到一個好地方，先蓋個 30 米再說。其實，在現在這個階段，西藏天文台還沒有什麼好期待的，畢竟一個良好天文台址的三要素之一 – 交通方便，對西藏而言，有點困難。

至於西藏的天氣好不好呢？其實挺難說的，畢竟青康藏高原的風出了名的可怕，大風也許可以帶來晴天，卻不能給予良好的視相度，所以必須要實際在西藏進行長期觀測才行，一般來說會先從小望遠鏡開始放置，中期是一至兩米望遠鏡，等到非常確定台址之後，按中國的個性，也許也會蓋個 100 米跟歐洲的 OWL 拼輸贏吧？令人十分期待！:D

那麼，西藏的可以見得的優勢在哪呢？大致來說，是晴天率、海拔高、緯度低、夜空暗。根據數年份衛星雲圖，西藏有些地方甚至幾年沒下過雨，乾到讓觀測天文學家心動不已，而且總體晴夜率超過 65%，有不錯的優勢，海拔高過 4000 公尺的山不計其數(光是平均山高就有 4500 公尺)，很多地方都可以把逆溫層遠遠丟在腳底下。

當然青康藏高原的生活環境非常糟，所以西藏天文台相信會有很大一部分致力於進行遠距天文台的建立，這樣研究者就可以呆在舒服的台灣、香港甚至世界各地的渡假天堂，敲幾個按鍵遙控那些巨大望遠鏡了。

★ 南北極

話說南北極，半年白天，半年晚上，晚上的那半年，實在是有夠適合長期觀測某個目標。理論上是如此，不過實際上就…

北極就免談了，那兒沒有陸地哪！定位是個很大的問題，儀器穩定度堪慮，那南極呢？嗯…首先，要去南極觀測，儀器的耐操性一定是一項考驗，普通電子設備的操作溫度都是 -5 ~ +30 左右，我想人人都同意南極冷起來不會只有-5 度。

再者是運補，就算可以設立超強的無人自動觀測設備吧？每半年，南極可以進出運補的時間大約是兩週，要把握這兩週穿越南極大陸，到達內陸去，架設好望遠鏡，然後得呆半年左右，才能在下一次風暴較小的時候出來，回到你可愛的國家。

生活條件也好，科學儀器的建構成本也好，還有本身的觀測條件也好，都顯示南極是一個條件有點嚴苛的觀測地點，所以一般來說，不太有哪個國家的天文單位會直接考慮以南極作為觀測根據地。

★ 月球

沒錯！是月球，而且不是妄想，或者應該說，這是有人正在進行實際行動的妄想，中國的嫦娥計畫就是一個。

最適合的地方是月球的背面，肯定不會受到地球這個大光害影響，但月球背面的通訊是個問題，雖然也許可以運用人造衛星，但是還是有困難，月球的正面雖然會看到地球，但是由於月球沒有大氣，因此不會有光線的散射造成天空亮度增加，所以除了地球跟太陽之外，其他的夜空仍然是黑的，應該還是可以觀測的。

此外，在地球上，受到大氣層限制，能在地面觀測的大致只有可見光、無線電，而在月球上，你愛看什麼波段就看，從超高能的 $\gamma-ray$ 、 $X-ray$ 到紫外線、可見光、紅外線、無線電、波長超長的無線電，通通不受影響，而且還沒有人工的干擾，簡直太棒了！

當然啦…十分殘忍的現實是，得有太空科技的經費…現在人們窮的連打衛星都有點捨不得，何況是送望遠鏡去月球安裝？所以說，月球的天文台是個很夢幻的地點，但是還需要人們的努力才行(努力賺錢！)。

六、 天文研究機構與大學院校

(一) 天文重鎮：美國

★ 加州理工學院 California Institute of Technology(Caltech)

理論研究的頂尖學府。

加州理工天文所連續多年全美排名第一，與 JPL 和 NASA 有很多合作計畫。雖然規模上，只算是間小學校(只有它的”對頭”MIT 的五分之一)，卻是諾貝爾獎得主產量最大的學校。其創校之初(1891 年)原本是所工藝學院，1920 年改名理工學院，轉型的契機是來自天文學家 George Ellery Hale 於 1907 年加入校董會，同時也擔任威爾遜山天文臺的臺長，他刪掉職業課程，並說服許多私人土地和資金的贊助，並找到麻省理工的諾葉，諾葉又推薦實驗物理學家密立根加入 Caltech，1923 年密立根的諾貝爾獎獎金甚至也全數挹注到校務基金裡，培養更有潛力的人。

加州理工既為頂尖的理論物理研究重鎮，其理論天文自然也是第一把交椅，涵蓋太陽系的生成演化、雙波霎、雙星系統的 X-ray、各種緻密天體、星系形成、星系際物質以及宇宙大尺度環境的模擬…等等。

觀測天文方面，加州理工執世界先進望遠鏡牛耳，目前擁有的望遠鏡群，光夏威夷 Mauna Kea 上的望遠鏡就有 Keck、CSO，此外還有帕洛瑪天文臺(Palomar Obseratory)、OVRO…等等。

觀測的研究領域涵蓋：用 Spizter 紅外線太空望遠鏡作大範圍的河外星系及鄰近星系搜尋、宇宙射線與高能天文物理、重力波的測量(Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory)、次毫米波天文物理(CSO、Herschel Space Observatory)、觀測宇宙學(Planck Surveyor)、宇宙微波

背景輻射、凱克望遠鏡的干涉儀計畫(Keck Interferometer (KI))、太空干涉儀任務 Space Interferometry Mission (SIM)、類地行星搜尋 Terrestrial Planet Finder (TPF)、行星天文學，還有即將推出的三十米光學望遠鏡計畫(Thirty Meter Telescope (TMT))。

★ 亞利桑那大學 (University of Arizona)

研究領域範圍非常廣，波段集中在可見光和紅外線領域，是歷史悠久、聲譽卓著的校。附近的沙漠地形，以及位於美洲大陸西岸的地理環境，提供良好的視相，利於天文觀測的進行。同時擁有非常多光學望遠鏡的觀測時間；觀測技術上，自適應光學系統(Adaptive Optics)、干涉儀(Interferometry)在亞利桑那大學發展已久，亞利桑那大學研究領域的其中一支便著重在觀測儀器的製作上，其餘研究領域涵蓋行星科學、銀河系與系外星系天文、天文化學、星系際介質…等等，並以紅外線天文與可見光天文為研究主軸，理論天文方面也不容小覷，涵蓋宇宙論、計算流體力學…等等理論方面的領域。

★ 德州大學奧斯汀分校 (University of Texas at Austin)

可見光及紅外線領域的好學校，研究範圍也很廣泛。

研究領域涵蓋行星系統、太空天體測量學、星震、新星、宇宙化學、造父變星、活躍星系核、黑洞、星系形成與演化、星系棒狀結構及其對星系演化的影響、星系合併及潮汐作用、星爆星系、矮星系、γ 射線爆發、恆星形成、行星狀星雲、恆星天文物理、宇宙學。

★ 普林斯頓大學 (Princeton University)

研究領域以宇宙學為主，偏向較大尺度、較高能的天體與現象，電漿物理的研究也做得很好，也有參與 Sloan Digital Sky，Survey(SDSS)計畫。WMAP(Wilkinson Microwave Anisotropy Probe；威爾金森微波各向異性探測器)的命名就是為了紀念 Princeton 的著名宇宙物理學家 David Wilkinson(於 2002/9 逝世)，他生前也是 WMAP 小組成員之一。CMB 最早是由貝爾實驗室的 Penzias 與 Wilson 發現到的，但當時 Princeton 的 Dicke 與他的學生 Wilkinson 也正在設計實驗探測這種輻射，僅僅稍微晚了一步，就被捷足先登了，研究領域概略為宇宙學理論、宇宙微波背景輻射、大尺度結構、星系間介質與星系形成、星系團、重力透鏡效應、γ 射線爆發、活躍星系核、黑洞、星系天文學、星際間介質、恆星系統、電漿天文物理。

★ 麻省理工學院 (Massachusetts Institute of Technology, MIT)

緻密天體(白矮星、中子星、黑洞)、X-ray 天文學、宇宙學、重力波、X-ray 雙星形成與演化、宇宙微波背景輻射、太空電漿物理、行星、棕矮星、電波天文學。

★ 哈佛大學 (Harvard University)

徐遐生校長就是在這裡拿到博士的，賀曾樸也曾經在這裡當教授，研究領域有緻密天體與吸基盤現象、理論與觀測宇宙學、河外星系天文學、原子及分子物理、高能天文物理、可見光及紅外線天文學、電波天文學(SMA)、太陽及恆星天文物理、恆星和行星系統、超新星與超新星殘骸、星際間介質與恆星形成、理論天文物理、天文學歷史與教育。

★ 哈佛-史密松天文物理中心(Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, CfA)

合併哈佛大學天文臺與史密松天文物理天文臺成為單一機構。哈佛大學天文臺從 1839 年創立，歷史悠久。史密松天文物理天文臺則是於 1890 年創立，之後這兩個單位一直有非常密切的合作關係，研究領域也大部份重疊，於是到了 1973 年這兩個單位正式合而為一。

★ 加州大學柏克萊分校(University of California at Berkeley(UCB)

前清大校長徐遐生曾擔任柏克萊天文系系主任，期間理論天文排名曾位居第一，徐遐生離開後排名立刻滑落，研究領域涵蓋電波天文學(BIMA)、理論天文物理、自適應光學、行星科學、緻密天體、大尺度結構、天文流體動力學、宇宙學。

★ 加州大學聖塔克魯茲分校 (UC Santa Cruz, UCSC)

非常有名的理論天文物理中心！

河外星系天文學、恆星天文物理、行星科學、高能天文物理、天文模擬運算、自適應光學。

★ 伊利諾香檳校區(University of Illinois at Urbana-Champaign, UIUC)

理論天文物理、宇宙學、黑暗能量、宇宙學數值模擬、麥哲倫星雲、天文物理流體動力學、電波天文學(BIMA)、鄰近星系的 X-ray 研究、南天 H-α 全天普查、碰撞星系(colliding galaxy)

★ 夏威夷大學天文系 (University of Hawaii)

得天獨厚的觀測條件，是夏威夷的最大武器。

Mauna Kea 天文臺的每一座望遠鏡都要分 15%的觀測時間給夏威夷大學天文系所，夏威夷大學天文系因此而成為觀測天文的重鎮，特別是光學、次毫米與紅外線天文，不過夏威夷的大望遠鏡群也是最近幾十年來才開始興盛，所以夏威夷大學天文所本身倒不太算是有悠久歷史，但是正在日益蓬勃中，研究領域：太陽、太陽系、生物天文學、恆星、星際介質、恆星與行星形成、星系天文學、宇宙學。

(二) 歐洲國家

其實歐洲到現在為止天文勢力尚未整併，即使有一個所謂的歐南天文臺(ESO)，不過歐南天文臺並不代表所有的歐洲國家，而其他像 JCMT 這個電波望遠鏡，雖然也是幾個歐洲國家聯合，但同樣的也不代表歐洲全部，因此，歐洲的天文勢力到目前為止還處在小團體的階段，以一或幾個國家為單位，不過事實上歐洲的整體合作是必要的，歐洲一個國家的天文實力，在美國只需要一或幾個大學就足以匹敵，在此情勢下豈能掉以輕心？

目前歐洲的大野心是一百米的巨大望遠鏡 OWL，由 ESO 主導 ，OWL 一方面是取名自 overwhelmingly large，一方向是取其如同貓頭鷹般的敏銳夜視能力，預定與 VLT 會放在同一地點，也就是 Paranal 山區的天文臺，OWL 打算採用跟 Keck 一樣的策略，使用六角鏡拼出大口徑的主鏡，同時隨著口徑加大，需要的主動光學、自適應光學的工程難度也會高很多，控制的電腦也得快的跟怪物一樣，這些都是可預期做到不過還在努力的，且讓大家一起期待吧…

(三) 日本

國立天文台 National Astronomical Observatory of Japan(NAOJ)底下的望遠鏡和天文台有：昴望遠鏡(Subaru Telescope)，是日本在光學望遠鏡製造方面最大的成就，口徑 8.2 米。有三個特點：一、鏡面非常薄，只有 20 公分厚；鏡面非常光滑，表面不均勻的突起程度只有 0.014μm。二、追蹤精準度達 0.1"。三、採用圓柱形觀測室，自動控制通風和空氣過濾器，使望遠鏡周圍的空氣擾動減到最低，望遠鏡採用 Serrurier 桁架，可使主鏡框與副鏡框在移動中保持平行。這些特點使得昴望遠鏡成為光學性能最好，影像品質最佳的八米級望遠鏡。日本目前沒有再造更大口徑光學望遠鏡的計畫，而是全心投入製造為昴望遠鏡量身打造的更好的相機及濾鏡等儀器設備，讓望遠鏡發揮最大效能。

岡山天文物理天文台(Okayama Astrophysical Observatory)，建於 1960 年，有一座口徑 1.88 米的光學望遠鏡，一座 91 公分和一座 65 公分的光學望遠鏡。

野邊山電波天文台(Nobeyama Radio Observatory)，Nobeyama 45m Telescope：直徑 45 公尺的電波望遠鏡 Nobeyama Millimeter Array：共有六座直徑 10 公尺的天線，最長基線是 600 公尺。

野邊山太陽電波天文台(Nobeyama Solar Radio Observatory)，Nobeyama Radioheliograph (NoRH)：共有 84 個直徑 80 公分的小型天線，專門用來觀測太陽的。

Nobeyama Radio Polarimeters(NoRP)：也是專門觀測太陽的，可觀測的頻率共有：1, 2, 3.75, 9.4,17, 35, 80 GHzSOLAR-B：日本發射的第三個太陽物理衛星，可觀測可見光、X 射線、極紫外光(EUV)。

Yohkoh Hard X-ray Telescope (HXT)：Yohkoh 即"陽光"之意。X 射線衛星，觀測日冕的活動與大小不同規模的太陽閃焰。

Nobeyama Radiospectrographs(NoRS)：觀測太陽的光譜。

Nobeyama Radio Interferometer (NoRI)：干涉儀，觀測的頻率為 160 MHz 及 17 GHz；水澤天文地球動力天文台(Mizusawa Astrogeodynamic Observatory) VERA(VLBI Exploration of Radio Astrometry)：用 VLBI 的陣列觀測銀河系的 3-D 結構及許多邁射源。

夏威夷山上的 SMA

Copyright©中研院天文所陳明堂

日本野邊山電波天文台

Copyright© Nobeyama Radio Observatory

(四) 中華民國現況

國內的天文研究正處於有資源但缺人力的情況，國科會的研究發展重點之一包括了天文研究，但是天文尚屬冷門學科，在此鼓勵大家向天文研究邁進☺，國內的天文研究機構包括中央研究院天文所、中央大學天文所、中央大學鹿林山天文臺、師大地科系天文組以及清華大學天文所、清華大學理論天文物理研究中心**[註 1*]**，其各自的發展領域在下面一一介紹，除了這些已經為獨立單位的機構，像成大、交大也都有幾個老師在進行天文相關研究並招收研究生。

註 1・在此未將臺大天文所列在國內的天文單位，臺大天文所有名無實，尚不成熟，若硬是考進去會發現找不到老師可以跟著做研究，最後只能找中研院天文所的老師做研究；簡言之，臺大天文所幾乎不對自己招收的研究生負責，而是中研院天文所在收爛攤子。

★ 中央研究院天文研究所

(Academia Sinica Institute of Astronomy & Astrophysics, ASIAA)

民國 17 年，中央研究院在南京初創時即有天文研究所，戰亂播遷來臺後，於民國 81 年評議會通過林家翹院士的建議，重新成立天文及天文物理研究所。次年籌備處正式成立，李太楓先生為首任籌備處主任，徐遐生院士任諮詢委員會主任委員。

前一個十年，中研院天文所致力於電波天文以及次毫米波偵測技術，目前電波天文領域已

經有成熟而完整的團隊，主打領域有恆星誕生、星系、已演化星球，除了向許多大型電波望遠鏡爭取觀測時數，中研院天文所與史密松天文中心合作的 SMA 次毫米波望遠鏡也已經正式服役，這中間累積了非常多的儀器實作經驗，並讓我們握有 SMA 的 15%觀測時間。

此外還有宇宙學的測量儀器 AMiBA，在技術上與臺大合作，由中研院出知識，臺大出錢，於夏威夷建造測量儀器，下一個十年，中研院天文所預定跨足可見光與紅外線領域，因此斥資向加法夏望遠鏡(CFHT)購買了六十八晚的觀測時間，此外並建立紅外線相機的製造技術，目前中研院天文所製造的廣角紅外線相機已經正式在 CFHT 服役。

可見光觀測已經在進行中的就是與中央大學合作的 TAOS，儀器位於鹿林山天文臺，而中研院天文所則致力於數據的分析，此外下一個世代的 ALMA 電波望遠鏡具有極度前瞻性與威力，中研院天文所自然不會錯過，加入了 ALMA-Japan 的部分，未來預定可以分到 3%的觀測時間。

最後，其實中研院也有理論天文的研究領域，星系模擬相關理論、恆星誕生相關理論研究以及一些宇宙論、黑洞理論相關研究…等等。

★ 中央大學天文研究所

中央大學天文所成立於民國八十一年，是國內最早成立的天文所，現有教師八位，主要的武器是鹿林天文臺，並與大陸的部分天文研究機構合作，中大天文所(中央大學簡稱不是央大喔！)現在一支主力是有關太陽系的探索，許多老師包含葉永煊等人都是太陽系相關專長，配合 TAOS 中美掩星計畫，其餘還有星系相關、高能天文以及一位重力與相對論專長的教授。

★ 鹿林前山天文臺

鹿林天文臺是中央大學一直努力不懈的成果，現在擁有一米望遠鏡以及四十公分望遠鏡，其中四十公分望遠鏡可達成遙控觀測，其餘安置在鹿林天文臺的研究設備還有 TAOS、LELIS 多波段尋天計畫、成功大學紅色精靈低頻偵測系統…等等。

最新的兩米望遠鏡則因為各種因素，仍然難產中…

★ 台灣師範大學(NTNU)地球科學系

師大地科系上，目前天文的師資有：管一政教授、傅學海教授、陳林文教授。還有三位兼任教授：平野尚美、辜品高、呂聖元(皆為中研院天文所的研究員)。

管教授畢業於 UIUC，專長為電波天文學，研究領域有天文化學、分子天文物理、天文生物學、恆星形成、彗星。其領導的研究團隊打敗了美國、法國、瑞典、澳洲等研究團隊，率先觀測到地球以外、銀河系中有氨基乙酸(最基本的生命組成物質－氨基酸的一種)存在。

傅教授畢業於喬治亞州立大學，學術專長與興趣有：(一)利用斑點干涉法(Speckle interferometry)觀測雙星，目前正在架設儀器中。(二)太陽色球之觀測與分析，主要為分析邊緣日珥昇降活動與爆發現象，目前已進行觀測中。(三)週期短於 1.5 天，光變振幅大於 0.05 星等之變星觀測，儀器已裝置妥當，目前在進行控制之軟體修正。傅教授並且熱中於天文科普教育，著有"星星的故事"一書，創辦"觀星人"雜誌，於雜誌中撰寫天文的基礎知識、天文歷史上的小故事、近期天文發現、業餘天文觀測影像等；陳教授畢業於英國劍橋大學，專長為 X 射線背景輻射、高能天文物理、系外星系。

有兩個圓頂天文台

舊圓頂天文台：蓋賽格林式 40 公分望遠鏡

新圓頂天文台：日本 GOTO 15 公分(焦長 2250 公分)折射鏡、35 公分史密特－蓋賽格林式望遠鏡、EM 2000 赤道儀、10 公分及 8 公分折射式望遠鏡數具、20 公分 (3 具) 史密特－蓋賽格林望遠鏡、16 公分史密特相機、六分儀、簡易型星象儀、天球儀、直達日射計、7x50 雙筒望遠鏡、星象放映設備、光譜投影器、恆星光度計、 H-α 濾鏡、K 譜線濾鏡、不同型式之 CCD 相機數具。

★ 清華大學大天文研究所

自民國九十年成立，目前還在成長階段，老師有周定一(太陽物理專長)、張祥光(中子星與高能物理專長)、陳惠茹(電波、恆星生成)、賴詩萍(紅外線、電波、恆星生成)、江瑛貴(系外行星理論與觀測)、江國興(高能天文物理)，此外還有許多合聘教師。

周定一老師手上的研究目標除了著名的臺灣日震觀測網之外，目前打算繼續邁進的是地暉與星震觀測網，日震觀測網於西班牙屬卡納利群島的 Tenerife、美國加州大熊湖、烏茲別克塔什干、北京懷柔共四個地方設有太陽觀測望遠鏡，整套儀器屬於半自動，每天早上需由人工開啟遮罩並將望遠鏡大致對向太陽，新的地暉星震觀測網則為全自動設備，可以完全透過網際網路進行遙控，目前完成的第一個站臺在 Tenerife 島，第二個則是中亞烏茲別克，第三個預定是夏威夷，不過周老師本身的太陽數據分析也仍然在持續進行中，特別是有關黑子與日震震波交互作用等等科學課題。

張祥光老師的研究除中子星與高能天文的理論、模型計算外，目前即將發展的是高能的天文太空望遠鏡儀器製造，由清華主導整個計畫的發展，目前已有博士生至加州大學柏克萊分校學習儀器技術，目前進展是已經順利進行兩次的高空熱氣球任務，為衛星任務做暖身。

在紅外線與電波方面，則有陳惠茹、賴詩萍老師領軍，清大沒有自己的電波觀測儀器，因此目前的觀測都以投書申請其他的電波望遠鏡為主。

江國興老師以觀測為主，目前以高能天文為主，多為申請其他望遠鏡進行觀測，例如 Chandra、ROSAT 等等，主要研究對象為是星系和球狀星團內的 X 射線源、另外並積極申請電波觀測時數，除了達成全波段天文的研究目標以外，還想找到毫秒等級的波霎。

江瑛貴老師原本專注於有關系外行星的理論，後來因緣際會打算投入觀測儀器的製作，並來到清大，目前江瑛貴老師的觀測儀器設計成無人自動化，可以很方便的放置在國外的各個站台。

X-ray 觀測儀器與熱氣球，新墨西哥

卡納利群島，星震觀測網站臺

★ 清華大學高等理論天文物理研究中心

(Theoretical Institute for Advanced Research in Astrophysics, TIARA)

位在清大的高等理論天文物理研究中心由徐遐生院士於校長任內一手催生，主因在於中研院天文所希望成立一個對等的單位，專門研究理論天文物理，後由徐遐生爭取將之設在清華大學，目前還是個年幼的國家單位，僅有訪問學者，希望能進一步擴張理論天文的疆域，並提供一個教學與研究結合之環境；目前將重點放在宇宙學上，並以密集的訪問學者交流與舉辦國際的專題研討會來達到與國際互動，此外在寒假定期舉辦寒假學校，定位在教育研究生以及高年級大學生，藉這些專題課程，TIARA 也對於亞洲區的研究生教育有所貢獻。

帥氣的高等理論天文研究中心

舒適的沙發，是靈感泉源

七、結語

覺得「天文研究」這件事情很遙遠、很抽象嗎？其實不會，這一整份文稿，首先簡單的呈現了幾個有關專業天文觀測的相關。然後把視野帶到世界各地的天文台去，包含已經運作多年的、還在計畫中的都有，從 Mauna Kea 到西藏，並接著介紹了世界各地的天文學術研究機構，或者是一些天文研究計畫，從美國、歐洲、日本以及我們自己所在的中華民國。

希望藉此可以讓大家對天文界有些許熟悉、些許了解，如果能引發你的興趣，那就太好了；業餘到專業，理論到觀測，各有各的奧妙與樂趣，不管是哪一個領域，都在嘗試發現新事物，都在嘗試獲得樂趣，你或許可以在現在，或者將來，一起加入這個趣味的行列。

天文，是包含宇宙萬物的科學，在星空下，天文學邀你共一瓢飲。

最後修訂 2009.06.30