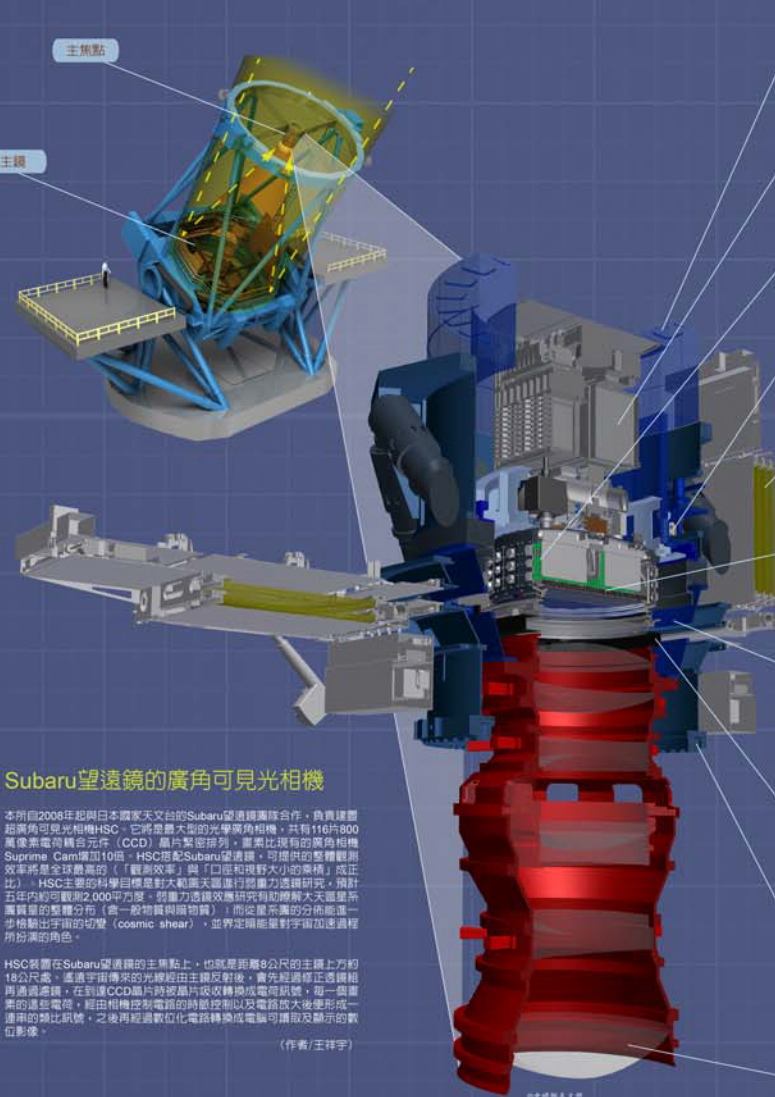


天文觀測儀器與光學望遠鏡簡介

天文學觀測的要求就是要能看得更清楚、看得更清楚...達到這個目標的首要條件就是要有口径越來越大、搭配儀器效能優越的望遠鏡...

望遠鏡除了大口徑之外，配備高效率的儀器也非常重要。靈敏的偵測器可以將光訊號有效轉換成電訊號...



Subaru望遠鏡的廣角可見光相機

本所自2008年起與日本國家天文台的Subaru望遠鏡團隊合作，負責運建超廣角可見光相機HSC。它將最龐大的光學廣角相機，共有16片800萬像素感測器...

HSC裝置在Subaru望遠鏡的主焦點上，也就是距離8公尺的主鏡上方約18公尺處。透過衍射傳來的光線經由主鏡反射後，會先經過修正透鏡...

（作者/王祥宇）

利影響的鏡頭或是耦合器，才能將望遠鏡收集到的光線有效集中...

一般而言，電波望遠鏡通常會搭配固定式的儀器進行觀測，但是對可見光望遠鏡來說，由於觀測條件會隨著月相而改變...

「天文觀測」的種類主要有兩大類，第一類取得天空的影像就像拍照片一樣...

另一類是光譜觀測，可以知道天體發出來的訊號在各個不同波長的強度分布...

的望遠鏡或是較長的曝光時間來取得足夠的訊號。一般來說，波長解析度低的光譜儀可以容許同時觀測幾個或多個目標...

天文儀器與一般商業產品的要求相當不同，全球天文研究機構因此投入相當多人力與資源來開發高效率的觀測儀器...

本期季報將兩個本所正在進行的儀器開發計畫做為「增加天文儀器的例子」...

線纜控制 Cable Wrapper

精密的天文儀器少不了無數的電線、線纜以連接各種電子電路板...

相機控制電腦 Camera Electronics

CCD感測器將光子轉換成電子訊號，然而，想構建將電子訊號轉換成可分析的數位影像...

真空凍結 CCD Dewar

CCD是專業天文可見光觀測最常用的訊號偵測器。為了讓CCD有最佳表現...

旋轉機構 Rotator Motor

受到地球自轉的影響，視野中的星星都會旋轉的。如果觀察長時間在單一位置...

濾鏡交換器 Filter Exchanger Sackler

每個濾鏡都是儀器光路的一部分。CCD可以儲存約幾百個濾鏡，當進行交換時...

電荷耦合元件 CCD

CCD可以記錄光訊號的強度，就像傳統相機的晶片一樣。HSC相機採用一種的CCD感測晶片...

透鏡交換系統中央單元 Filter Exchanger Central Unit

相機裡的CCD晶片對所有光波範圍的可見光都會感光，因此CCD晶片不會區分顏色...

快门 Shutter

HSC相機就像單眼相機一樣，也需要控制正確的曝光時間。觀測開始時會打開快门...

曲線耦合器 Curved Coupling

HSC相機每次的安裝，都必須與Subaru望遠鏡主鏡對準才能提供完美的影像...

修正透鏡板 Corrector Lens

HSC可以觀測相當大的天區，為了修正影像的變形，讓不同波長的光線都能呈現銳利的影像...

電波望遠鏡與格陵蘭電波望遠鏡簡介

世界上第一個電波望遠鏡，是美國貝爾實驗室工程師卡爾根斯基(Karl Jansky)為了尋找電波接收天線的靜音干擾源...

為了得到品質更精確的觀測結果，提升望遠鏡的解析度一直是天文學家的目標...

一、電波訊號的接收

卡塞格倫天線(Cassegrain antenna)把來自天空的電波訊號，經由天線饋線反射到接收機...

主反射鏡的頂部會做拋面，交叉射線為雙曲線。交叉射線的雙曲線各自位於主反射鏡的拋物面焦點上...

二、接收機內的訊號處理

訊號進入接收機，經過正交模態轉換器(OMT)轉換成分離右旋與左旋(RHC)與左旋與右旋(LHC)兩路...

三、後端訊號處理

電波望遠鏡的後端訊號處理系統會將接收到的中頻訊號數位化，再運用各種數位訊號處理技術...

由於VLBI各個組成望遠鏡 (GLT為其一) 廣角面接收，接收機收到的訊號無法透過光纖或電纜傳輸...

86 GHz正交模態轉換器 (Orthomode Transducer: 簡稱OMT)

正交模態轉換器是一種波導元件，又名極化分离器，負責將兩面正交的極化波訊號分離成訊號合起來...

86 GHz電子混頻器 (SIS-Mixer)

低噪超導-絕緣-超導結 (superconductor-insulator-superconductor junction, 簡稱SIS junction) 製成的電子混頻器...

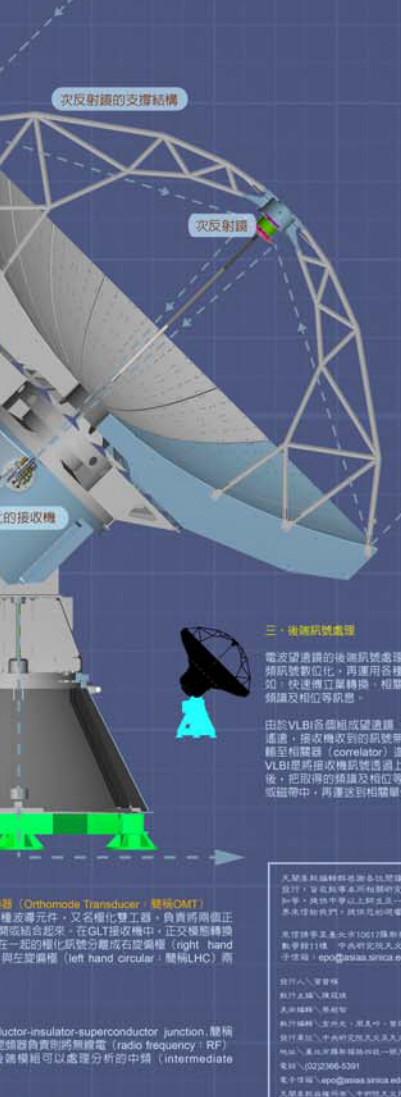
中頻低雜訊放大器 (Low Noise Amplifier: 簡稱LNA)

低雜訊放大器能將天線接收到的信號放大，以便提供後續電子設備進行處理...

的相位以上電波望遠鏡觀測相同的目標，並將各天文台接收到的訊號進行干涉處理...

本所格陵蘭電波望遠鏡Greenland Telescope (GLT) 可聯合遍布全球的次毫米電波望遠鏡...

美國國家科學基金會已於2011年同意將ALMA-北美區團隊所興建的12米Vertex原型望遠鏡...



（作者/黃維德）

（GLT望遠鏡儀器員及圖說/李紹德、韓之韓、張志成、黃維德）

天聞季報編輯委員會成員名單表，包含編輯、審稿、校對、設計、印刷等人員名單及聯繫資訊。



中央研究院
天文及天体物理研究所
ACADEMIA SINICA
Institute of Astronomy and Astrophysics

天文觀測儀器簡介

天文學觀測的要求就是要能看得更遠，看得更清楚；達到這個目標的首要條件就是要有口徑越來越大、搭配優異性能儀器的望遠鏡。大口徑的望遠鏡能夠收集足夠多的光子以偵測來自遙遠天體的訊號；同時望遠鏡的口徑也會影響光學繞射極限，口徑越大，解析度越高。隨著技術的進步，天文望遠鏡的口徑也越來越大，目前計畫中下一代可見光望遠鏡的口徑可達 40 公尺，而電波望遠鏡更可達 500 公尺。

望遠鏡除了大口徑之外，配備高效率的儀器也非常重要。靈敏的偵測器可以將光訊號有效轉換成電訊號；另外，搭配能夠產生銳利影像的鏡頭或是耦合器，才能將望遠鏡收集到的光線有效集中。對光學望遠鏡而言，有時候還需要特別的系統來修正大氣擾動造成的影像模糊；這種系統對於大口徑望遠鏡非常重要，否則將無法達成大口徑原本所預期的解析度。

一般而言，電波望遠鏡通常會搭配固定的儀器進行觀測。但是對可見光望遠鏡來說，由於觀測條件會隨著月相而改變，一個月中通常會有兩個以上不同的儀器安裝到望遠鏡上；因此經常可見好幾個不同儀器交換搭配望遠鏡進行觀測。

「天文觀測」的種類主要有兩大類，第一類取得天空的影像就像拍照片一樣；這類觀測通常是用來發現新的天體。通常天文研究用的相機拍出來的是黑白照片，也就是說它會對光強度進行偵測，但是無法分辨入射光的波長。我們因此需由不同的顏色濾鏡來取得不同色光的影像。如果要得到彩色相片，就需要把幾張不同顏色的照片疊加起來。

另一類是光譜觀測，可以知道天體發出來的訊號在各個不同波長的強度分布。這種觀測主要是用來了解天體的組成或特性。光譜觀測由於得將不同波長的訊號分開來，因此需要較大口徑的望遠鏡或是較長的曝光時間來取得足夠的訊號。一般來說，波長解析度低的光譜儀可以容許同時觀測幾百個或更多個目標。但是對於波長解析度高的光譜儀，就只能針對一個目標進行觀測。電波望遠鏡的觀測，通常在接收機端就可以選擇要接收的波段，在該波段內獲取觀測目標的光譜。電波觀測通常為單一目標，需要利用掃描方式取得像照片一樣的二維影像。近年來有些電波儀器已經可以容納多個接收系統來取得二維影像。

天文儀器與一般商業產品的要求相當不同，全球天文研究機構皆因此投入相當多人力與資源來開發高效率的觀測儀器。隨著望遠鏡口徑的增加，天文儀器的複雜度、尺寸與製造經費也相對增加。於是新一代天文儀器往往需要不同研究單位之間共同合作才能完成，國際合作也就成了天文儀器開發常態；這樣的合作模式也增加了計劃管理與整合上的困難。

本期季報舉了兩個本所正在進行的儀器開發計畫做為介紹天文儀器的例子：一是安裝在 Subaru 望遠鏡的超廣角可見光相機 Hyper Suprime-Cam (HSC)，另一個是格陵蘭電波望遠鏡。藉由這兩個例子，希望讓大家對天文儀器有更多認識。

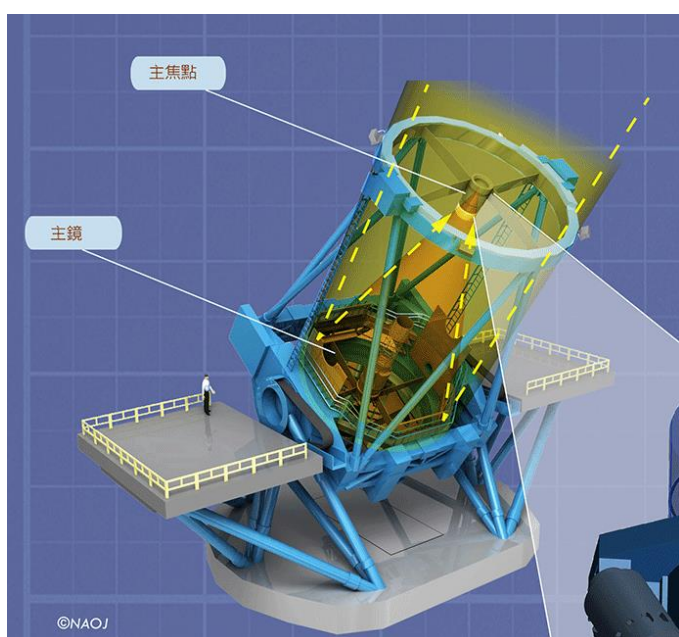
(作者/王祥宇)



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用 [CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣](#) 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

Subaru 望遠鏡的廣角可見光相機

本所自 2008 年起與日本國家天文台的 Subaru 望遠鏡團隊合作，負責建置超廣角可見光相機 HSC。它將是最大型的光學廣角相機，共有 116 片 800 萬畫素電荷耦合元件 (CCD) 晶片緊密排列，畫素比現有的廣角相機 Suprime Cam 增加 10 倍。HSC 搭配 Subaru 望遠鏡，可提供的整體觀測效率將是全球最高的(「觀測效率」與「口徑和視野大小的乘積」成正比)。HSC 主要的科學目標是對大範圍天區進行弱重力透鏡研究，預計五年內約可觀測 2,000 平方度。弱重力透鏡效應研究有助瞭解大天區星系團質量的整體分布(含一般物質與暗物質)；而從星系團的分佈能進一步檢驗出宇宙的切變 (cosmic shear)，並界定暗能量對宇宙加速過程所扮演的角色。



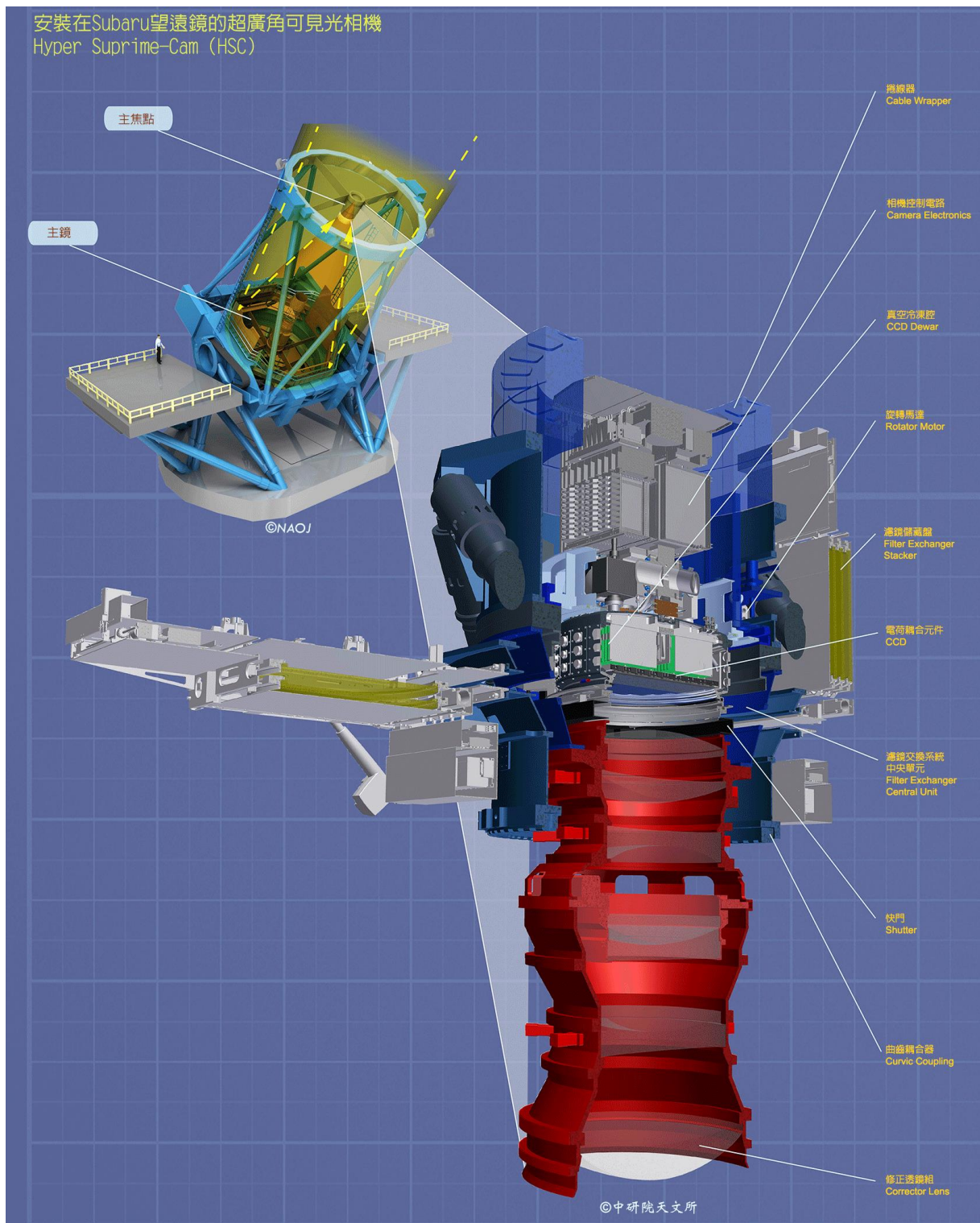
HSC 裝置在 Subaru 望遠鏡的主焦點上，也就是距離 8 公尺的主鏡上方約 18 公尺處。遙遠宇宙傳來的光線經由主鏡反射後，會先經過修正透鏡組再通過濾鏡，在到達 CCD 晶片時被晶片吸收轉換成電荷訊號，每一個畫素的這些電荷，經由相機控制電路的時脈控制以及電路放大後便形成一連串的類比訊號，之後再經過數位化電路轉換成電腦可讀取及顯示的數位影像。

(作者/王祥宇)



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用 CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

Subaru 望遠鏡的超廣角可見光相機 HSC 組件介紹



1、捲線器 Cable Wrapper

精密的天文儀器裡少不了無數的電線、纜線以連接各種電子零組件。HSC 自然也不例外，為配合相機的旋轉，避免纜線鬆脫、拉扯在儀器運作時造成問題，HSC 裡面的捲線器可以把纜線收攏整齊，提供穩定的連接，並保護纜線。

2、相機控制電路 Camera Electronics

CCD 能偵測光子並轉換成電子訊號；然而，想精確地將電子訊號讀取出來並轉換成可分析的數位影像，還需要一組精巧設計的電路控制系統。靠著這組系統，才能正確無誤地控制 HSC 相機裡的 116 個 CCD 晶片，而且不到 30 秒就能將 HSC 拍攝到的影像讀取出來。

3、真空冷凍腔 CCD Dewar

CCD 是專業天文可見光觀測最常使用的訊號偵測器。為了讓 CCD 有最佳表現，HSC 的 CCD 模組被安裝在真空冷凍腔中；冷凍腔可降溫到零下 100 度，將 CCD 保持在極低的溫度下，避免雜訊產生。

4、旋轉馬達 Rotator Motor

受到地球自轉的影響，視野中的星星是會旋轉的。如果需要長時間在同一個天區範圍偵測黯淡的星體，就需要使用旋轉馬達來修正地球自轉的影響。HSC 配置了精密的旋轉馬達，可以修正視野的角度，使長時間曝光的照片仍能保有銳利的影像。

5、濾鏡儲藏盤 Filter Exchanger Stacker

濾鏡儲藏盤是濾鏡交換系統的一部分，可以儲存的濾鏡多達 6 個。濾鏡進行交換時，電動車（motorized cart）會抓取所需的濾鏡，將濾鏡從儲藏盤裡移出。因為有濾鏡，HSC 才能提供天文學家不同色彩的多組數據資料，以進行天文研究達成科學目標。

6、電荷耦合元件 CCD

CCD 可以記錄光訊號的強度，就像傳統相機的底片一樣。HSC 相機使用新一代的 CCD 偵測晶片，可以將偵測到的光子 90% 以上都轉換成電子訊號；即使在光波長大於 1 微米的情況下，轉換效率仍可超過 40%。每片 CCD 大小約為 6×3 公分，將 HSC 的 116 個 CCD 晶片同時擺在焦平面上時，總有效畫素可達 8 億 7 千萬，視野達到 1.5 度（相當於滿月的 3 倍大），視野直徑比現有的廣角相機 Suprime Cam 增加了 7 倍。

7、濾鏡交換系統中央單元 Filter Exchanger Central Unit

相機裡面的 CCD 晶片對所有光波範圍的可見光都會感光，因此 CCD 訊號並不會區分顏色，只有當相機使用了不同色光的濾鏡，才能拍攝出不同色光的影像。濾鏡交換系統這個關鍵零組件來自臺灣，由本所及中山科學院航空研究所共同設計建造。這個系統可精準地將濾鏡放在正確位置，誤差範圍比半根頭髮還細；它就好比全自動化的機械手臂，可在短時間內完成許多精密動作，是整個相機裡運作最複雜的設備。

8、快門 Shutter

HSC 相機就像單眼相機一樣，也需要控制正確的曝光時間。觀測開始時會打開快門，

CCD 開始曝光，直到曝光時間結束，快門便闔上。因為 CCD 涵蓋的面積很大，所以快門的口徑也很大（接近 60 公分）；HSC 利用高速馬達來控制所有 CCD 的曝光，讓曝光時間的準確度達到千分之一秒，天文學家因此可以精確測量每一個天體的亮度，並進一步推算物理性質。

9、曲齒耦合器 Curvic Coupling

HSC 相機每次的安裝，都必須與 Subaru 望遠鏡主鏡對準才能提供完美的影像。然而，HSC 要安裝在望遠鏡的主焦點上（該位置距離主鏡約有 18 公尺），為了確保 HSC 每次都能順利安裝在正確位置，工程師設計了曲齒耦合器；只有當相機安裝在主焦點上的正確位置時，耦合器才能完美結合。因此，曲齒耦合器也可說是 HSC 的「防呆」裝置。

10、修正透鏡組 Corrector Lens

HSC 可以觀測相當大的天區；為了修正影像的變形，讓不同波長的光線都能呈現銳利的影像，並且讓視野中不同位置的焦點都落在同一平面上，HSC 配置了修正鏡片——相當於相機的「鏡頭」。修正鏡的直徑將近 1 公尺，是由 7 片口徑比一般相機鏡頭大上 14 倍的鏡片組合而成。

（作者/王祥宇、顏吉鴻）



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用 CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

電波望遠鏡與格陵蘭電波望遠鏡簡介

世上第一個電波望遠鏡，是美國貝爾實驗室工程師卡爾顏斯基（Karl Jansky）為了尋找電波接收天線的雜訊干擾源，於 1931 年設計的直徑 30 米、高 6 米的天線。在收集全方位訊號資料並加以分析後，他發現除了來自鄰近和遠方的暴風雨雜訊，還有一個出現在天空，表現 23 小時 56 分鐘周期變化的不明干擾源。進一步測量分析後，確定該來源其實位於銀河中心；這是第一個電波望遠鏡的觀測結果。

天文電波望遠鏡主要是用來接收太空天體的電波輻射，偵測特定分子發出的譜線、熱輻射等等。不同分子的譜線不同，從收集到的電波資訊可以分析發射源的分子種類、空間分佈及運動情形等資料。例如：大霹靂初期留下來的極微弱輻射，藉由電波望遠鏡接收與資料分析，有助瞭解 137 億年前宇宙誕生的概況。此外，我們也可透過電波望遠鏡偵測及研究緻密暗星雲的濃度、彗星的組成分子、黑洞及其周遭環境，或者尋找胺基酸以探索外星生命。其中，黑洞及其周遭環境是天文物理上相當重要的直接觀測目標，這對事件視界（event horizon）的成像極為重要，也為廣義相對論的研究開啟了新的窗口。

為了得到更精細的觀測成像，提升望遠鏡的解析度一直是天文學家的目標；對電波望遠鏡而言，透過增加望遠鏡的碟盤尺寸與觀測頻率可以達成此目的。為了提高解析度，電波望遠鏡利用天文電波干涉原理（astronomical radio interferometry），藉由位在不同地方的兩台以上電波望遠鏡觀測相同的目標，並將各天文台接收到的訊號進行干涉處理，其等效的口徑相當於採用一座尺寸涵蓋這些天線所包圍範圍的超大電波望遠鏡。

本所格陵蘭電波望遠鏡 Greenland Telescope（GLT）將可聯合遍佈全球的次毫米電波望遠鏡，組成各種特長基線干涉儀系統，在次毫米波段進行觀測，得到等效尺寸相當於地球直徑的次毫米波段電波天線。這個方法我們稱之為「次毫米波-特長基線干涉技術」（submillimeter Very Long Baseline Interferometry；簡稱 submm-VLBI）。此系統可望達到數微角秒的角解析力，這是前所未有的觀測解析度。目前已知有兩個位於星系中心、質量約 10^6 至 10^{10} 倍太陽質量的超大質量黑洞（supermassive black hole）有機會被解析成像，但這兩個分別位在 Sgr A* 和 M87 核心的觀測目標尺寸非常小，因此需要 submm-VLBI 的高解析度來進行觀測。

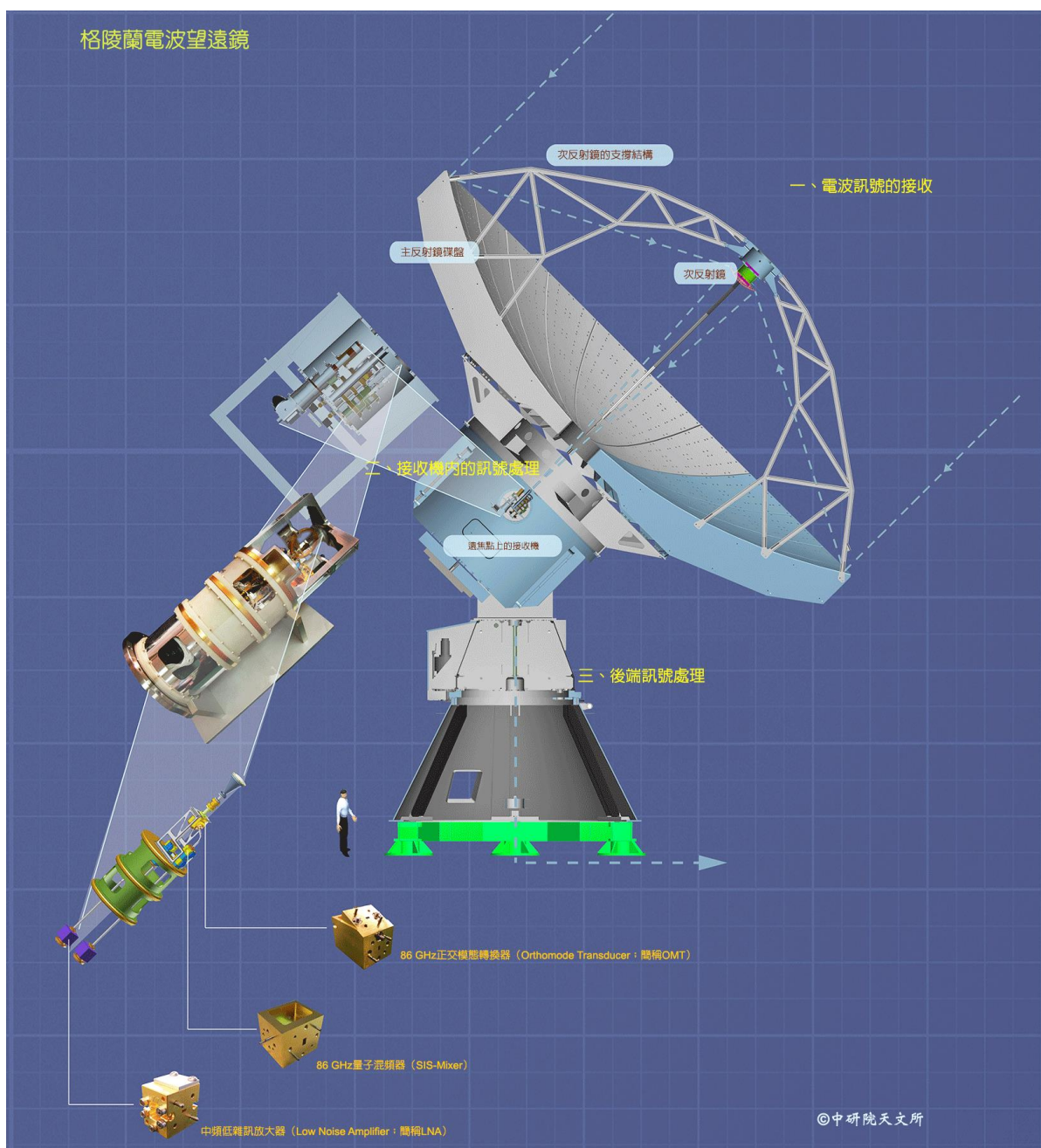
美國國家科學基金會已於 2011 年同意將 ALMA-北美團隊所興建的 12 米 Vertex 原型機望遠鏡提供本所的研究團隊；我們的合作機構包括：美國哈佛大學史密松天文物理中心、美國國家電波天文台和海斯塔克天文台（Haystack Observatory）。這個望遠鏡將架設在北極圈內海拔 3,200 米的格陵蘭峰頂站臺（Summit Station），我們因此將這座 12 米望遠鏡更名為格陵蘭望遠鏡。

（作者/黃耀德）



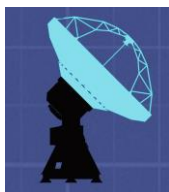
天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用 [CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款](#) 釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

GLT 儀器圖解



GLT 訊號接收與處理：

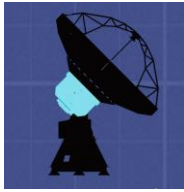
一、電波訊號的接收



卡塞格林天線 (Cassegrain antenna) 把來自太空的電波訊號，經由天線碟盤反射至望遠鏡內部的接收機中 (下圖「遠焦點上的接收機」)，路線如虛線箭頭所示。

主反射鏡的碟盤呈拋物面，次反射鏡為雙曲面。次反射鏡的雙曲面近焦點位於主反射鏡的拋物面焦點上，而接收機則位於雙曲面的遠焦點上。

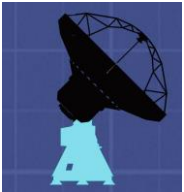
二、接收機內的訊號處理



訊號進入接收機，經過正交模態轉換器(OMT)時會被分為右旋偏極(RHC)與左旋偏極(LHC)兩路，然後分別抵達各自的核心元件—量子混頻器(SIS-Mixer)。混頻器可將高頻率的觀測訊號降頻至接收機後端模組能夠處理分析的中頻範圍。由於收集到的訊號十分微弱，所以還必須利用低雜訊放大器(LNA)來提升訊號強度。

GLT 天線接收機目前規劃了三個觀測頻段：84-102 GHz、213-273 GHz，以及 273-375 GHz。

三、後端訊號處理

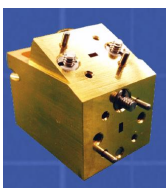


電波望遠鏡的後端訊號處理系統會將降頻後的中頻訊號數位化，再運用各種數位訊號處理技術（如：快速傅立葉轉換、相關運算等）將訊號轉成頻譜及相位等訊息。

由於 VLBI 各個組成望遠鏡（GLT 為其一）皆相距遙遠，接收機收到的訊號無法透過光纖或電纜傳輸至相關器(correlator)進行即時的處理，因此 VLBI 是將接收機訊號透過上述各步驟進行數位化後，把取得的頻譜及相位等資料直接儲存在硬碟或磁帶中，再運送到相關單位做進一步處理。

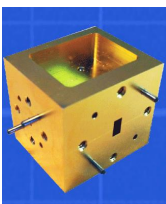
遠焦點上的接收機：

(1) 86 GHz 正交模態轉換器 (Orthomode Transducer；簡稱 OMT)



正交模態轉換器是一種波導元件，又名極化雙工器，負責將兩個正交的極化微波訊號分開或結合起來。在 GLT 接收機中，正交模態轉換器會將兩個原本結合在一起的極化訊號分離成右旋偏極(right hand circular；簡稱 RHC)與左旋偏極(left hand circular；簡稱 LHC)兩路。

(2) 86 GHz 量子混頻器 (SIS-Mixer)



低溫超導-絕緣-超導結(superconductor-insulator-superconductor junction，簡稱 SIS junction)製成的量子混頻器。混頻器負責則將無線電(radio frequency；RF)的高頻率觀測訊號降頻至接收機後端模組可以處理分析的中頻(intermediate frequency；IF)頻率範圍。

(3) 中頻低雜訊放大器 (Low Noise Amplifier ; 簡稱 LNA)



低雜訊放大器能將天線接收到的信號放大，以便提供後端電子設備進行處理；但是由於來自天空的信號通常都非常微弱，一個好的放大器在放大信號的同時，必須減低信號通過傳輸線過程中的損耗，還必須儘可能不產生雜訊，以避免訊號失真，這樣才能確保信號在後端訊號處理時仍能夠被正確讀取。

(GLT 望遠鏡儀器圖片及圖說/李昭德、韓之強、張志成、黃耀德)



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，
以創用 CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。
天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。
創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。

編輯資訊

發行人\賀曾樸

執行主編\陳筱琪

美術編輯\蔡殷智

執行編輯\金升光、周美吟、曾耀寰、楊淳惠、蔣龍毅

網路版製作\陳筱琪

背面照片\HSC 拍攝的仙女座星系 M31

圖片版權\Robert Gendler / HSC Collaboration / Kavli IPMU / NAOJ / DSS / HLA

發行單位\中央研究院天文及天文物理研究所

地址\臺北市羅斯福路四段 1 號中央研究院/台灣大學天文數學館 11 樓

電話\ (02)2366-5391

電子信箱\epo@asiaa.sinica.edu.tw

天聞季報版權所有\中研院天文所

天聞季報編輯群感謝各位閱讀本期內容。本季報由中央研究院天文所發行，旨在報導本所相關研究成果、天文動態及發表於國際的天文新知等，提供中學以上師生及一般民眾作為天文教學參考資源。歡迎各界來信給我們，提供您的迴響、讀後心得、天文問題或是建議指教。

來信請寄至『10617 臺北郵政 23-141 號信箱 中央研究院天文所天聞季報編輯小組收』；或是寄至電子信箱：epo@asiaa.sinica.edu.tw。



政府出版品（期刊類）編號（GPN）：

天聞季報海報版 2009905151

天聞季報網路版 4809905152

國際標準期刊編號（ISSN）：

天聞季報海報版 ISSN 23117281

Key title: Zhōng-yán-yuàn tiānwén suǒ jìbào

天聞季報網路版 ISSN 2311438X

Key title: Zhōng-yán-yuàn tiānwén suǒ tiān wén jìbào wǎnglù bǎn



天聞季報海報版與網路版由中央研究院天文及天文物理研究所製作，以創用 CC 姓名標示-非商業性-禁止改作 3.0 台灣 授權條款釋出。天聞季報網路版衍生自天聞季報海報版。超出此條款範圍外的授權，請與我們聯繫。創用 CC 授權可於以下網站查閱諮詢 <https://isp.moe.edu.tw/ccedu/service.php>。