

目錄

第一章 總體營運說明	1
壹、「國際天文研究中心」推動目標及整體現	1
一、成立本中心的目的	
二、國內天文研究機構現況	
貳、近5年相關重要研究績效	4
一、重力波與瞬變天文現象	
二、太陽系小型天體	
參、本中心未來五年的研究主軸	6
一、科學課題	
(一) 重力波與瞬變現象	
(二) 恆星形成與演化	
(三) 太陽系天體	
二、營運建設	12
肆、本中心中心資源配置與整合	21
一、人員配置	
二、空間與經費配置	
伍、未來發展之自我評估、優劣勢分析.....	23
一、自我評估	
二、本中心與標竿研究中心之比較	
(一) 國際天文社群	
(二) 指標比較	
陸、對社會及產業之貢獻	26
第二章 計畫預定之總體、分年目標及執行策略	28
第三章 經費規劃	30

第一章 總體營運說明

壹、「國際天文研究中心」推動目標及整體現況

一、成立本中心的目的

我們計畫以台灣聯合大學系統 (UST) 中央大學與清華大學的天文團隊為基礎，擴大延攬國際資深學術領導人以及年輕優秀學者，成立「國際天文研究中心」(International Center for Astronomical REsearch, iCARE)，大幅提升我國天文學領域的研究能量，並提高我國在國際學術界的能見度。

天文學乃具高能見度的領域，不僅引發學生與民眾對大自然及科學的好奇，提供基礎科學（物理、化學、數學、生物、地球科學、太空科學等）多元的研究課題，也由於精密儀器或航太的要求，促使相關產業研發新穎技術。在過去廿幾年，循著有脈絡的規劃，我國在天文學的研究成果在質與量皆有長足進步，某些課題已達國際優良水準。我們希望發揮現有優勢，成立國際研究中心，藉此整合資源，選定少數前沿課題取得突破性成果。

中央大學與清華大學擁有國內大學當中最具規模的天文學團隊，有多位研究傑出的學者。我們將以此為基礎，以國際高標準延攬優秀研究人員，包括 1-2 位資深，以及 8-9 位年輕學者，達總數 30~40 研究人員，人力與資源可達臨界值，擺脫目前「輕薄短小、單打獨鬥」的困境，成為研究能量聚焦的機構。本中心將與中央研究院天文與天文物理研究所同步發展，並搭配互補，本中心訓練出的卓越年輕科學家，將提供我國未來持續參加國際大型計畫的人力需求。

本中心研究課題包括（1）結合不同波段的電磁波（從高能量的伽馬射線、X 射線，到長波長的電波輻射）與重力波等訊息，探討宇宙天體隨時間變化的現象，包括緻密天體（黑洞、中子星）互繞與合併、恆星演化的光度變化等。工作內容包含鹿林天文台的營運，配合參與大型國際合作計畫如 ALMA、ZTF、LSST、PS2，及重力波實驗 KAGRA，以及國際學生培育計畫如 GROWTH/PIRE；（2）太陽系行星及小型天體（例如彗星、小行星）與系外行星系統（例如適合生命發展的環境）等，工作內容包含恆星與行星來源及演化的多波段地面觀測與太空探測任務；以及（3）天文儀器工程，工作內容包含本中心項下儀器設備順利運作，如鹿林天文台、智利兩米望遠鏡與儀器、夏威夷紅外相機、新疆 TAOS/BEST 望遠鏡之維護與設備研發。

在課目標明確，資源整合的規劃下，預期本中心在 10 年內研究成果的質與量將提升兩倍，不僅拉提我國整體科研實力，也為探索宇宙太空做出貢獻，受到國際學界矚目。

二、國內天文研究機構現況

我國直到 1990 年初期才起步發展天文學。國立中央大學 (NCU) 首先於 1992 年成立天文研究所，培養高等研究與教育人才，同時間由中央研究院天文與天文物理研究所 (ASIAA) 主導擘畫的「十年規劃」設定發展電波干涉技術，以高解析力觀測切入國際前沿的科學課題與儀器研發，加上國立清華大學 (NTHU) 天文所於 2001 年，國立台灣大學 (NTU) 天文物理研究所於

2003 年相繼成立，以及國立台灣師範大學地科系原有天文組，奠定了天文學在台灣快速成長的基石。

目前國內從事天文學的博士級科學研究人員約 100 人，超過半數屬於 ASIAA，該單位另有數十名工程人員，主要研發天文相關儀器。ASIAA 參與的大型計畫包括全世界最大的毫米波與次毫米波天線陣列 (ALMA; Atacama Large Millimeter/submillimeter Array)。ALMA 位於南美洲智利，海拔 5000 多公尺的阿塔卡瑪沙漠高原，由 50 座 12 米直徑的天線構成干涉陣列，最長地面基線 16 公里，使用極度靈敏的接收機，最高頻率 1 THz，將以前所未有的角分辨率，研究低溫的宇宙現象，例如第一代恆星與星系形成，也有機會取得別的恆星周圍行星的影像。

ASIAA 的科學研究人員（不含工程師與技術人員）共有特聘研究員 4 人、研究員 9 人、副研究員 14 人、助理研究員 1 人（共 28 人），以及博士後 24 人。相比之下，NCU 與 NTHU 是大學當中規模最大的團隊。NCU 天文所有教師 8 人、專案助理學者 2 人（共 10 人），以及博士後 6 人。NTHU 天文所則有教師 6 人、合聘教師 8 人，以及博士後 5 人。兩所大學以 ASIAA 三分之一到一半的人力（不含重複計算的合聘教師），有幾乎同比例的論文數量（如圖 1），證明大學的研究能力，也歸功於 ASIAA 投資的先進設備，像是 SMA、ALMA、CFHT、Subaru 等，全部公開無償給大學師生使用，擴大了整體社群的研究資源。

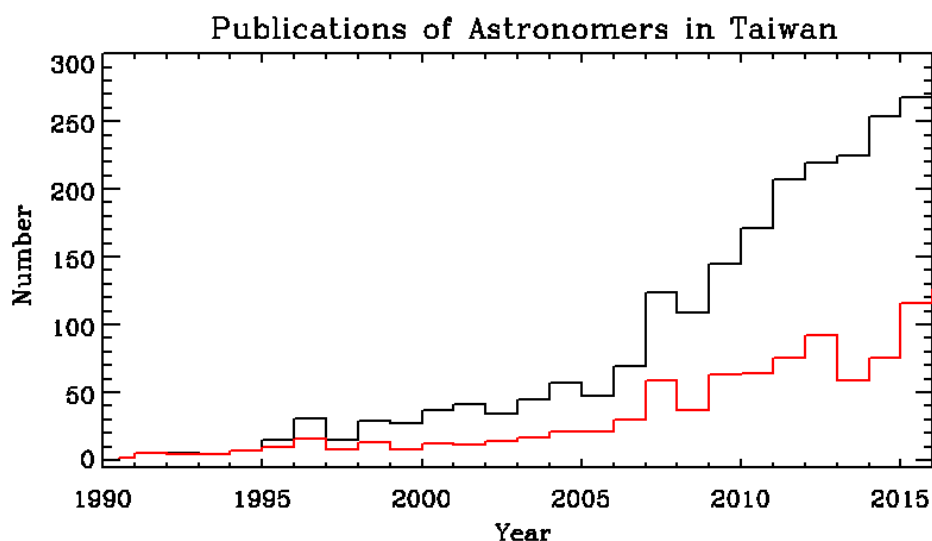


圖 1——台灣天文學者在國際期刊發表論文數量，從 1990 年代初期的個位數快速增加到 2017 年將近 300 篇，研究成果明顯增加。紅色曲線代表中央大學與清華大學天文團隊的論文。

天文學先進的國家都專設天文研究機構，支持相關理論、觀測、實驗，以及儀器的設計、製作、與檢測。由於天體距離遙遠，訊號微弱，對於靈敏度、解析度的要求很高，因此儀器常無法使用商業產品，而必須專門研發。ASIAA 的強項就在儀器研發，而國內大學則相對缺乏，這乃先天員額與經費限制所導致。亞洲鄰近國家，例如日本、韓國與中國皆成立國家天文台，統籌領域的發展，而大學則提供人力資源以及周邊儀器的開發。目前

ASIAA 代表我國參與「東亞天文台」(East Asian Observatories; EAO) 組織，由台灣、韓國、日本與中國四個會員，提供區域資訊流通與合作協調的平台，也提供獎學金、駐點學者等促進彼此交流的機會。EAO 目前接手在美國夏威夷 Maunakea 峰頂的次毫米波望遠鏡 James Clark Maxwell Telescope (JCMT)，供會員使用，以其優秀的台址（晴夜率高、大氣水汽含量少、視寧度佳），以及靈敏的偵測能力，有很好的成果，尤其催化了跨國合作的機會。我國參與 EAO 的經費目前全部來自 ASIAA。

以人數及經費規模而言，NCU 與 NTHU 團隊已各自有不錯的研究成果，目前並共同參加多項大型合作計畫，例如泛星 (Pan-STARRS)、Palomar Transit Factory (PTF) 等。在這樣的基礎上，本中心整合人力與經費，集中研究能量在特定策略課題，並進一步擴大延攬優秀年輕學者，利用多波段例如加碼射線、X 射線、紫外線、可見光、紅外線及次毫米波與毫米波的觀測數據，研究時域（也就是隨著時間變化）的天體與現象，另外也包括重力波與其電磁波對應天體的研究。本中心除了培養人員，未來可與 ASIAA 就相關課題密切合作，協助研發儀器，夙幾進一步共同規劃我國在天文學領域發展（例如新一代光學與紅外設備）的優先順序，追求社群整體提升。

成立中心的必要性：大學因為肩負教學任務，教師群需具備不同專業背景，而不易整合進行高影響力的研究課題。本中心不只是把兩個研究所結合，而是基於各自原有的特色，根據策略課題整合部分研究人員，加上新聘的國際年輕優秀學者，以發展成具能見度的機構。

貳、近 5 年相關重要研究績效

一、重力波與瞬變天文現象

百年前愛因斯坦的廣義相對論早就預測了重力波存在，但是偵測極為困難，只有當極度緻密的天體，例如黑洞、中子星等天體合併才發出足夠的訊號。2017 年諾貝爾物理獎頒發給萊納·魏斯 (Rainer Weiss)、基普·索恩 (Kip Thorn) 以及巴瑞·巴利許 (Barry Barish)，表彰他們設計建造重力波偵測器 LIGO 以及人類首次偵測到重力波的成就。LIGO 團隊在 2015 年 9 月 14 日首次探測到由兩個黑洞合併所產生的重力波，之後陸續觀測到合計四次由黑洞合併所產生的重力波，驗證了愛因斯坦廣義相對論的預測。而在 2017 年 8 月 17 號，人類更首次偵測到由中子星合併所產生的重力波(編號 GW170817)，由科技部贊助，中央大學天文所參與的探高計畫 (TANGO; Taiwan New Generation Optical Astronomy) 與國際研究團隊 GROWTH (Global Relay of Observatories Watching Transients Happen)，也參與了此次重大發現，其成果 “*Illuminating Gravitational Waves: A Concordant Picture of Photons from a Neutron Star Merger*” 發表在 2017 年 10 月 20 日出版的 *Science* 期刊上（見圖 2）。宇宙中重金屬（例如黃金）的形成過程還是個謎題，現今的超新星爆炸理論無法解釋宇宙中重金屬的形成。而新的理論認為在中子星合併的過程會產生“快中子捕獲過程 (r-process)”，而形成比鐵元素更重的元素，有助於形成像黃金這類的重金屬，但其詳細的合併過程一直尚未被天文學家觀測記

錄到。而這次偵測到中子星合併所產生的重力波與後續的多波段觀測，將成為重力波天文學的先導，並有助於人類解開宇宙中的重金屬形成的謎題。

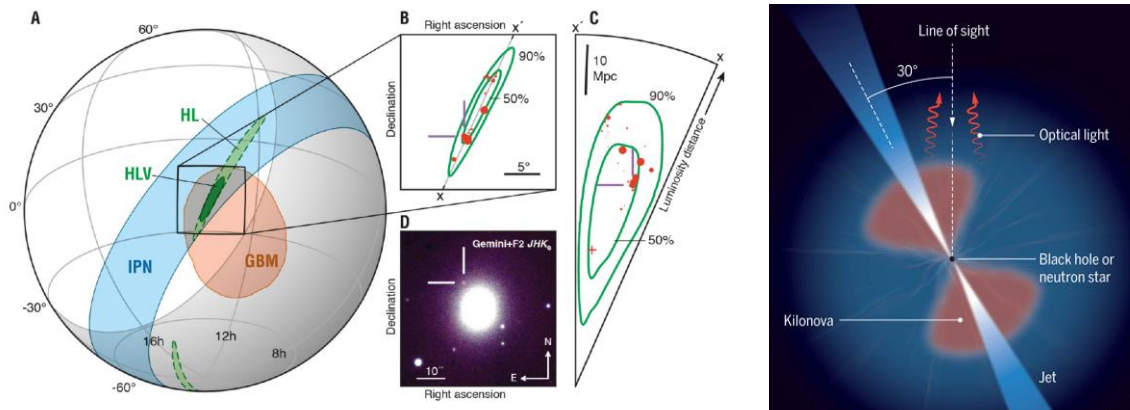


圖 2——（左）GW170817 重力波源定位，以及最終從 49 個可能星系當中確定所在星系 (Kasliwal et al 2017)；（右）中子星合併引發重力波與迦瑪線爆發，也產生千級新星而製造大量重元素（影像取自 Kasliwal et al 2017 「科學」雜誌論文，Science 網站）。NCU 團隊也參與此次重要發現。

此次中子星合併的重力波事件，NTHU 團隊也經由與加州理工學院參與電磁波對應源偵測，因而發現了另外迦瑪射線爆發事件 (Bhalerao et al. 2017)。

NCU 與 NTHU 另外對於加碼射線爆發等高能瞬間驟亮天體多有成果，除了使用太空望遠鏡的數據，也使用包括鹿林天文台，或結合國際其他望遠鏡成為觀測網，追蹤這些爆發天體的亮度變化。

二、太陽系小型天體

太陽系小天體，例如彗星、小行星等，為太陽、行星、衛星形成之後所留下的遺骸，因此保留了太陽系早期歷史的訊息，近年以地面、太空望遠鏡，甚至太空船造訪、登陸，讓我們更加瞭解太陽系形成以及演化的過程，也提供地球與文明發展的借鏡。在地球軌道附近的小型天體則可能碰撞地球，造成大規模災難。NCU 團隊在太陽系天體方面已有優越的研究成果，不僅在國內絕無僅有，在國際上也極有特色。泛星計畫提供研究太陽系的重要數據，尤其是發現近地行星最有效的望遠鏡。NCU 團隊利用泛星資料探討海王星外圍小行星的數量與分布；利用 PTF 數據研究快速自轉的小行星（如圖 3 為例），解答小天體凝聚成形以及內部結構的問題；也參與彗星登陸、土星探測等太空任務，或利用泛星數據配合後續觀測，研究彗星活動與軌道距離的關係。

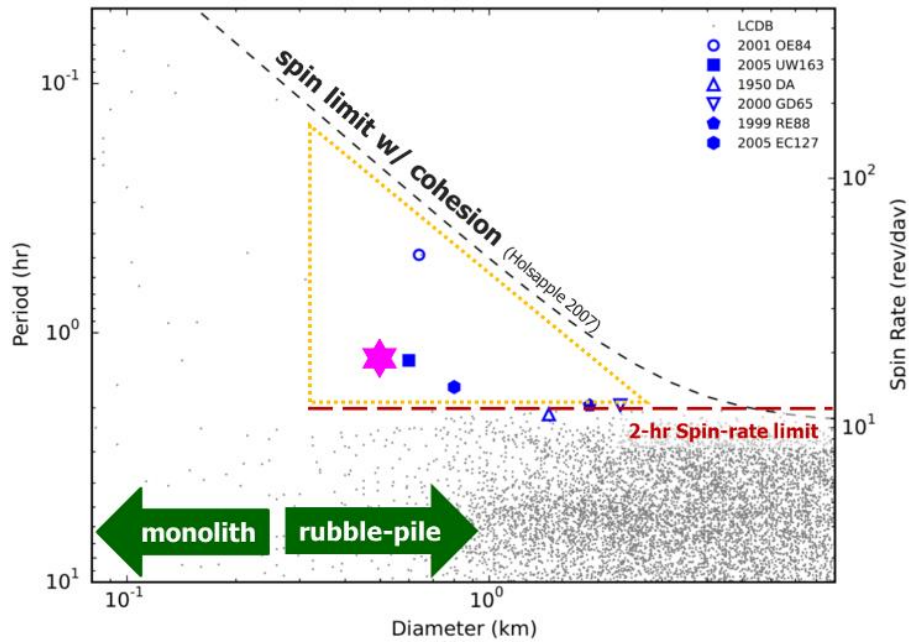


圖 3——小行星直徑與自旋週期分布圖。直徑大於數百公尺的小行星有 2 小時的自旋極限（紅色虛線），否則會因為過大的離心力而崩解。然而有一群「超快自旋小行星」卻能轉得更快（黑色虛線），可能因為內部有黏著力。目前已知六顆超快自旋小行星（藍色符號，其中實心符號為 NCU 團對所發現）。研究這些超快自旋小行星對能夠幫助我們了解小行星的內部結構 (CK Chang)。

參、本中心未來五年的研究主軸

本中心發展包含兩項主軸：科學課題與營運建設。在科學課題方面，專注於以多元訊息 (multi-messenger) 研究宇宙天體的時變 (time variability) 現象，尤其是瞬間變化 (transient) 的現象，例如爆發天體（重力波源、伽瑪射線爆發、超新星爆發、恆星閃焰）、光度變化現象（小行星、彗星）、天體的形成與演化，以及太陽系天體與系外行星等。多元訊息包括多波段的電磁波觀測，以及重力波偵測。營運與建設則涵蓋國內與國外觀測設施的維護，這些基礎建設提供第一線的工具以爭取觀測時效，另一方面與國外大型觀測計畫或設備整合，以取得突破性成果。

一、科學課題

(一) 重力波與瞬變現象

重力波的理論已經有百年歷史，實驗設計則花了三、四十年。第一個重力波訊號於 2015 年偵測到，來自兩個黑洞合併所產生時空的扭曲，論文於 2016 年發表，2017 年諾貝爾物理獎便頒給這項傑出貢獻，並不只在於成功偵測到重力波，而是表彰開啟認識宇宙天體新的契機。最先幾次重力波事件只有利用美國 LIGO 偵測器進行觀測，在重力波源的定位上有很大的誤差，無法得知重力波源自哪一個星系。而這次歐洲的重力波偵測器 Virgo 也執行了觀測，使得在重力波源的定位精確度上有很大的改善。在未來找到重力波事件的光學對應體的機會大增，因此，廣角相機將在研究上扮演相當重要的追蹤角色。

我們利用廣角相機的科學目標包括：

- (1) 快速搜尋重力波光學對應體與追蹤：未來幾年重力波的定位誤差大約在數十個平方度，而使用大視野的廣角相機將可以短時間內找到可能的光學對應體並進行後續追蹤。NCU 團隊除了光學與紅外觀測，也能提供宿主星系的研究，例如 GW170817 事件般 (Kasliwal et al 2017)，如圖 4 所示。

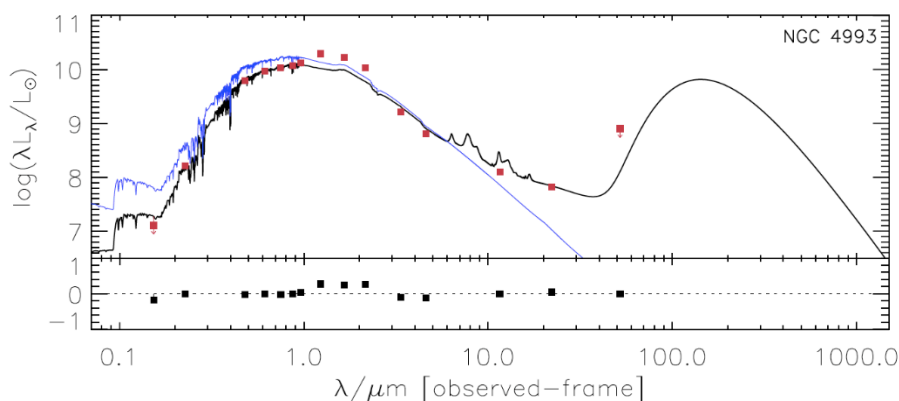


圖 4——結合 NGC4993 的能量譜分布與恆星演化模型可以推估其恆星形成歷史與速率和短時伽瑪射線爆(sGRB)的宿主星系類似 (PC Yu)。

- (2) 短時伽瑪射線爆發 (short Gamma-ray burst, sGRB) 與中子星合併事件：一般認為 sGRB 事件是由中子星合併所造成，這次的中子星合併事件也證實了有 sGRB 的現象，然而，這次發生在宿主星系的位置卻與之前 sGRB 的位置不同，之前 sGRB 都發生在星系較外圍的地點，這次卻是在比較靠近星系中心，因此，往後追蹤比較更多 sGRB 與中子星合併事件，可以使我們了解 sGRB 的起源機制是否完全都是由中子星合併造成。
- (3) 活躍星系核的短期光變：一般預期活躍星系核 (active galactic nuclei; AGN) 發生光變持續的時間約在幾天到幾個月，只有少數特殊的 AGN，稱為 BL Lac，會在數小時內發生劇烈光變。然而，近年發現一種黑洞質量較小 ($M < 10^7$ 太陽質量) 的 AGN 也有數小時內的光變現象，可能是因為中心吸積盤影響外圍的範圍較小所導致，但目前只有發現極少數的例子。廣角相機可以有效率的用每小時的觀測頻率來發現這種有短時光變的 AGN，目前我們先與日本國家天文台的田中雅臣 (Masaomi Tanaka) 博士合作，利用他們過去搜尋超新星的影像做初步研究。

NTHU 的江國興教授正執行科技部的「曜星計畫」，此計畫資助年輕學者進行具影響力的研究，其中重力波便是課題之一，包括參與日本正在籌建的重力波探測器 KAGRA (<http://gwcenter.icrr.u-tokyo.ac.jp/en/>) 實驗。KAGRA 由東京大學主導的大型低溫重力波望遠鏡，目前在日本岐阜縣的神岡礦山的隧道中興建，預期 2018/2019 年開始運作，計畫的主持人正是 2015 年諾貝爾物理學獎得主梶田隆章教授。KAGRA 最大的特色與優勢是將整個雷射干涉儀建構在地下隧道以減少地面震動，並使用低溫冷卻鏡面使雜訊降到最低，所以 KAGRA 的靈敏度在某些範圍比 LIGO 及 VIRGO 更好。更重要

的是，當 KAGRA、LIGO 和 VIRGO 同步觀測，其定位誤差將減少到 20 平方度以內，這將會是一個突破性的改進，也將使尋找與重力波訊號相關的對應電磁波瞬變天體更容易也更有效率。NTHU 已加入 KAGRA 團隊，並與中研院物理所領導干涉儀校正系統的研發和參與數據分析。台灣學者因此將有第一手重力偵測資訊，屆時配合本中心電磁波望遠鏡的配置，以及本中心將新聘有關重力波以及光學對應體研究的實驗與理論學者，未來對於重力波的研究將更全面。

NCU 團隊經由科技部的 PIRE (Partnerships for International Research and Education, https://www.nsf.gov/funding/pgm_summ.jsp?pims_id=505038) 計畫參加了由美國加州理工學院主導的 GROWTH (“Global Relay of Observatories Watching Transients Happen”) (全球瞬變天體聯測網, <http://growth.caltech.edu/>) 計畫，簡稱為 GROWTH-Taiwan (計畫執行期間從 2015/09 到 2020/08)。包括台灣在內，GROWTH 計畫共有 8 個國家、13 所大學或研究單位參加，包含了 17 座望遠鏡，鹿林天文台的一米望遠鏡即為其中之一。GROWTH-Taiwan 的研究主軸是利用鹿林天文台對近地小行星 (Near Earth Asteroids, NEA) 和瞬變天體作後續追蹤觀測，並和 GROWTH 維持緊密的合作夥伴關係。以最近的重力波源 (GW170817) 的可見光源追蹤觀測為例，鹿林天文台參與了 GROWTH 聯測網內的接力觀測，但限於種種不可控制之因素 (如天氣、目標仰角太低)，雖然鹿林天文台沒有取得有效的觀測資料。於是 GROWTH-Taiwan 團隊研究重力波可見光源所在星系 NGC4993 的性質，而結果也列入了 GROWTH 團隊發表在 Science 的論文上。在未來數年，GROWTH-Taiwan 將注重在 ZTF (見下) 偵測到的 NEA，各類瞬變天體和重力波可見光源的追蹤觀測以及後續的研究課題，例如 NEA 的軌道分佈/自轉週期，重力波可見光源的光度變化和所在星系的統計分析等。

(二) 恆星形成與演化

恆星形成與太空星雲的重力塌縮，以群聚的方式誕生，而行星則在塌縮的環星盤中凝聚而成。年輕恆星仍然劇烈吸積周圍物質，也周遭仍有大量塵埃，造成明顯的亮度變化。NCU 團隊監測年輕恆星的亮度與偏振程度，探討塵埃聚集，從小而大，終至成為行星的過程。NCU 團隊也探討星團因為成員星彼此重力作用，或是受到銀河系其他天體擾動而瓦解，尤其當中最小質量的棕矮星如何被拋射出來的過程。棕矮星的質量介於恆星與行星之間，一般相信它們如恆星般形成 (源於雲氣重力塌縮)，而如行星般演化 (沒有持久核反應而持續冷卻)，但詳細的形成機制仍然未知，NCU 團隊將持續搜尋並深入瞭解這些冷如行星般的大氣成分。NTHU 團隊利用紅外與電波觀測，包括最先進的 ALMA 望遠鏡陣列，解析星雲當中的磁場結構，或是不同質量初生恆星的周遭環境。NCU 未來在智利建置的兩米望遠鏡所配置的紅外相機，對於本中心在恆星與行星形成的課題將極有裨益。鹿林一米望遠鏡所配置的 TRIPOL 相機能夠同步測量三個可見光波段的偏振，雖然受限於明亮的目標，但搭配 CFHT 或其他望遠鏡的類似相機，或是南非的 SIRPOL 取得紅外偏振數據，結合 SMA 或 ALMA 的次毫米波觀測，能夠探究從分子雲到原恆星不同尺度的磁場結構，將提供恆星誕生理論重要證據。

脈動變星處於恆星離開結構穩定的主序時期，開始一連串內核收縮，進行下一級核融合反應，而外層大氣膨脹的狀態。這些星球的漲縮（亮暗）週期與其光度有關，因此測量其光變週期便能推測其光度，然後與視亮度比對，便能用來測量距離。由於光度強，在遠距離依然能夠觀測，因此脈動變星成為宇宙測距的重要工具。未來除了本銀河系的變星，也將觀測鄰近星系的脈動變星，所推導出來的週光關係，尤其在紅外波段，將有助於天體測距的精準度，而進一步應用於探索宇宙的大尺度結構。

(三) 太陽系天體

(1) 小行星自旋

觀測技術提升（自動觀測技術、廣視野相機）以及資訊科技進步（高能力運算、大量儲存設備）導致短時間內能夠蒐集大量小行星光變曲線，並以機器學習軟體進行週期分析，因而推算以下重要的物理性質。

小行星內部結構：直徑大於數百公尺的小行星有瓦礫堆結構，也就是由碎塊單靠本身重力所聚集而成，若小行星自旋太快會因為過大的離心力而崩解。相對而言，直徑小於數百公尺的小行星則為單一個體，因此無上述特性。目前發現直徑大於 150 公尺的小行星其自旋周期都長於 2.2 小時，進一步推算其體密度約為 3 g/cm^3 ，與其他方式量測一致，因此支持著瓦礫堆結構模型。然而目前發現數顆直徑大於 150 公尺超快自旋小行星，自旋週期小於 2.2 小時，無法被瓦礫堆模型所解釋。Holsapple (2007) 因此指出除了重力外，小行星內部可能有凝聚力，那麼便應有為數眾多的超快自旋小行星，然而目前已知只有六顆（其中三顆由 NCU 團隊所發現）。為了釐清這些超快自旋小行星的數量並了解組成物質上是否有特定的趨勢，我們將利用大視野望遠鏡，例如 ZTF、PS2、盱眙天文台來尋找並研究超快自旋小行星。由於瓦礫堆小行星自旋週期極限與其體密度相關。有了足夠不同成分類別的小行星自旋周期，便能探討小行星內部結構。

自旋週期分布

從直徑小於 15 公里的小行星自旋週期可以推測小行星的自旋如何受到碰撞與 YORP 效應影響。我們利用 PTF 資料所推導出來這些小行星的自旋週期分布偏離常態分布 (Chang et al. 2015)，但不如 Pravec et al. (2008) 指出的那麼平坦，因此我們懷疑主帶小行星的碰撞與 YORP 效應應該相當。我們將利用 ZTF 收集更多的小行星自旋週期以量化碰撞與 YORP 效應在主帶小行星上的作用。

(2) 尋找小行星登陸之目標 (mission accessible asteroids)

美國預計在 2040 年前完成人類登陸小行星的太空計畫，適合登陸的目標有一定的限制，例如須為近地小行星，大小幾百公尺，自旋週期不能太短，特定的成分類別等。由於體積小因此亮度很暗，只有靠近地球時才有機會被發現，然而若太靠近地球，因為移動速度快，會在影像

上呈現拉線的影像，導致這是目前瞭解最少的小行星組群。我們將利用 ZTF 來偵測影像中的拉線影像，系統性搜尋此類近地小行星，預期可以每晚發現一顆，將大幅提升對這類天體的認識。

(3) 尋找地球的特洛伊小行星

地球的特洛伊小行星 (Earth Trojans) 是軌道與地球相同，而繞行太陽的小天體。力學上它們處於地球與太陽的重力拉格朗日點 (Lagrangian points) L4 和 L5。目前已知唯一知道的，是直徑約 300 公尺的 2010 TK7。由於地球的特洛伊小行星處於特殊的軌道區域，即使他們位於十餘倍地月距離之遠，但只需要比登月更少的能量便能抵達，因此可以當作未來太空探測計畫之目標。另外，該類小行星也可能是月球靠近軌道前方的一面有著較多的隕石坑的原因，我們將利用 ZTF 來尋找此類小行星。若偵測到將是重大的科學發現

(4) 彗星與小行星的表面活動

彗星活動鮮少有長期而系統性的監測，我們將利用 ZTF 的自動化全天性巡天來監測與發現彗星與其他類似天體的表面活動。過去幾年的重要小天體發現之一，便是在小行星帶中發現類似彗星，也就是富含水分的小行星，提供地球海洋來源之謎的可能解答。

監控外主帶小行星的噴發活動

外主帶小行星、Hilda 小行星與木星特洛伊小行星位於距離太陽 3au 的雪線範圍之外，因此被懷疑存有少量太陽系初期所遺留下來的揮發性物質，而可能產生類似彗星噴發的現象，然而這個推論至今還不曾被直接觀察過。我們將利用 ZTF 密集監控這些小行星，以期發現這類的噴發活動，並進一步了解它們的起源與演化，並探究噴發的環境條件與物理機制。

彗星活動的軌道長期趨勢、噴發與離子尾

彗星噴發會隨著其表面噴發區域能否被陽光照射而改變，而這樣的改變取決於彗星的自旋（每天的改變）與公轉（季節性的改變）。從短時間內的噴發活動改變可以得知彗核各區域的差異，用以測量其自旋週期、自轉軸方向、形狀、密度、以及噴發來源的分佈。我們將利用 ZTF 每晚觀測到的 20~30 個彗星，系統性研究彗星活動的軌道長期趨勢。同時強化對於彗星的噴發頻率、強度、乃至於機制的知識。ZTF 的監測一方面及時發現彗星初期的噴發，另一方面提供噴發前後比較的基準。彗星的離子尾反映了行星間磁場的樣貌、結構及走向與太陽風的交互作用。我們將對發現的彗星進行離子尾監測，以了解該區域太陽風當時的變化。提供太空天氣宏觀的數據。

木星族彗星的物理性質

彗星 67P/C-G 經由羅賽塔任務觀測，顯示其自轉周期會因彗星本身噴發物的影響因而改變，然而彗星在接近太陽時所產生的彗髮卻讓地面望遠鏡不易解析其自轉周期，因此大部分觀測皆來自於彗星在遠日點

時的觀測，但此時彗星亮度暗不易藉由小於兩米口徑的望遠鏡觀測，我們將使用中、大型望遠鏡研究這些木星族的彗星在幾次回歸的週期變化，同時可藉由不同波段來比較木星族彗星與其來源古伯帶天體的物理性質，例如顏色與彗核大小分布等。

流星軌道與成份

NCU 與東華大學物理系於 2015 年 11 月於鹿林天文台建立自動流星觀測系統，臺北市立天文科學教育館也在 2016 年 8 月於陽明山湖田國小建立相同系統並聯合觀測。湖田國小站於 2016 年 8 月至 10 月，已觀測到 197 次流星事件，其中 63 顆由輻射點可判定屬於流星群。另外鹿林觀測站亦於同期觀測到 783 次流星事件，其中 358 顆判定屬於流星群。綜合兩地觀測資料，可分析其中 7 次為相同的流星事件，並可以藉此推導出流星體的軌道參數。由於北部山區於 2016 年受颱風影響天候較不佳，若增設測站於中南部區域，以鹿林測站 8 至 10 月觀測資料估計，每增設一測站每年可觀測 3000 次事件。若同一測站以三具不同方向之攝影機，觀測事件可能再提高至 3 倍，甚至更換為全天魚眼監視系統效果更佳，因此能夠更精確測量群數量峰值及發生時間，藉此發現新的流星群，對於太陽系以及近地環境將是重要的成果。

二、營運建設

針對營運與基礎建設，本中心將參與與研究主題相關的一些國際大型計畫，這部分需要分攤執行的經費；另外也將建構望遠鏡等觀測設備，這部分需要行政支出與人力投入，所需的硬體經費未包括在此申請書，而將另外向科技部或大學校方爭取。以下針對這些項目說明。

ZTF

ZTF (Zwicky Transient Facility) 是由美國加州理工學院主導的巡天計畫（見圖 5），其先導研究稱為 Palomar Transient Factory (PTF, Law et al. 2009) 利用 Palomar 山頂口徑 48 吋的廣角望遠鏡巡視天空，與之前同樣天區的影像比對後，找出亮度改變（超新星、變星等）或位置改變（小行星、彗星等）的天體，然後即時以鄰近 60 吋望遠鏡進行定性分類，或以 200 吋望遠鏡取得光譜。NCU 與 NTHU 以「台灣探高計畫」參與 PTF，獲得豐富成果，並培養一批優秀的年輕學者成為研究時域宇宙現象的專家。PTF 於 2012 年結束後，以 Intermediate Palomar Transient Factory (iPTF) 作為中繼計畫，之後硬體大規模升級，1.2 米口徑望遠鏡後方將換上一個視野高達 47 平方度的新照相機，加上改良後的電子儀器和軟體，會提高觀察效率逾 10 倍之多。稱之為 ZTF (<https://www.ptf.caltech.edu/ztf>)，於 2017 年 11 月 8 日開始巡天觀測。在找尋重力波的光學對應體工作方面，ZTF 亦將有很大的貢獻。估計在重力波訊號被測到及發出通告後，數分鐘內便可以被 ZTF 找到相關的星系和源區，提供鹿林天文台和全世界的天文台和太空望遠鏡作更精準的觀察。



圖 5 —— 美國加州帕羅瑪山天文台三座望遠鏡，口徑分別為 48 吋（1.2 米）、60 吋（1.5 米），以及 200 吋（5.1 米），共同執行 ZTF。由 48 吋廣角望遠鏡巡天觀測，所發現的瞬變現象，立即由 60 吋望遠鏡取得多波段影像，判定天體性質，對於極有價值的現象，則利用大口徑的 200 吋望遠鏡取得光譜，進一步述性。

ZTF 計畫約一半的經費由美國自然科學基金會提供。另一半則由加州理工學院領導的國際團隊分擔。除中大及清大組成的探高聯盟外，參加單位包括以色列的衛斯曼科學研究所，瑞典斯德哥爾摩大學的奧斯卡·格蘭研究中心，馬利蘭大學，華盛頓大學，德國電子回旋加速器中心，美國洛杉阿拉

摩斯國家實驗室，威斯康辛大學，美國柏克萊羅倫斯國家實驗室。

NCU 與加州理工學院簽署合作協定，需支付 750 K 美金分攤 ZTF 建置與營運費用，目前經由探高計畫已經支付了 300 K，餘額應於 2018 年 6 月前再支付 300 K，而於 2019 年支付 150 K，但是探高計畫即將結束。NTHU 江國興教授的曜星計畫預計每年支援將近 100 K 美金。ZTF 為本中心的關鍵計畫，在經費上需因應 2018/2019 的差額，以及支持科學活動，例如計算設備、差旅、研究生獎學金等。

LSST

大型綜合巡天望遠鏡 (Large Synoptic Survey Telescope, LSST) 是個龐大的國際合作巡天計畫，預計將由一個口徑 8.4 米的望遠鏡，配備一個 32 億像素的相機循環拍攝星空 (<https://www.lsst.org/>)。由於相機視場高達 10 平方度，在每次曝光時間 30 秒的情況下，每晚可拍攝超過 800 幅影像，每週能掃描整個天區二次，其巡天能力超越目前所有正執行的巡天計畫。預計在它的十年巡天觀測中，每一天區大約可觀測 1000 次。LSST 將設置在智利北部科金博大區的帕穹山 (Cerro Pachón) 的伊爾佩恩峰 (El Peñón, 海拔 2682 公尺)，目前望遠鏡等相關設備正在建構中 (見圖 6)，預計 2022 年開始上線巡天。

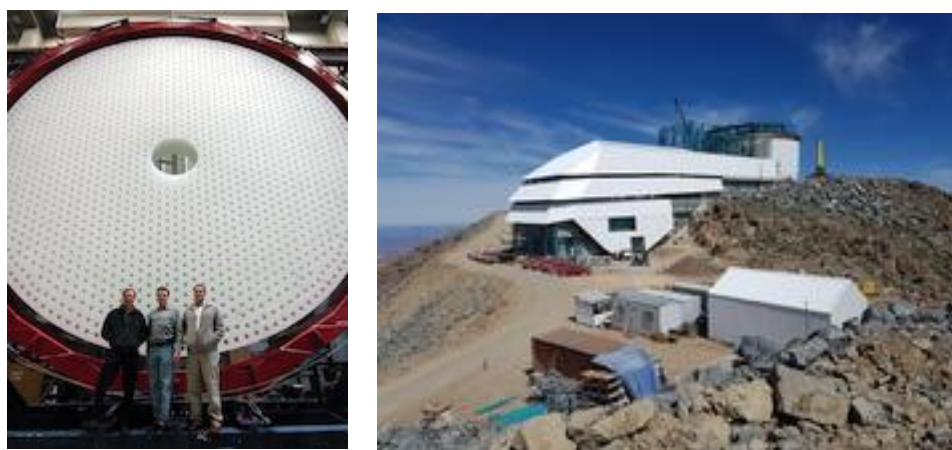


圖 6 —— (左) LSST 口徑 8.4 米望遠鏡的主鏡；(右) 2017 年 10 月鏡遮罩逐漸成形。

LSST 是監測變星長週期光變的利器。以 X 光雙星為例，X 光波段的監測早在 70 年代就已展開，目前仍在持續進行中 (如 MAXI)，許多 X 光雙星在 X 光波段展現出 10 至數百天的長週期光變現象，稱之超軌道光變 (superorbital modulation)，我們相信在 X 光雙星中，X 光與可見光變化息息相關，但在超軌道光變的研究中，可見光波段的監測卻一直很不完整。之前的巡天計畫，或由於口徑與視場大小限制、計畫科學目標、巡天策略與天文台位置 (大多在北天) 等，可用的資料非常有限。而 LSST 由於口徑大、巡天頻率高，以及巡天範圍完整，成為研究 X 光雙星超軌道光變的有力工具。特別的是由於 X 光雙星分布在南天較多 (銀河面)，其中低質量 X 光雙星比較集中於銀河系核球附近，LSST 所在位置可以收集到更多 X 光雙星的資料。配合在 X 光波段監測資料，可以使我們對 X 光雙星的超軌道光變有更

進一步的認知。此外，LSST 也可持續監測激變變星 (cataclysmic variables)，藉以研究矮新星的爆發或超爆發的時間間隔。

除了 X 光雙星外，LSST 對於其他變星相關的研究課題也有相當大的幫助。除了大視野和高密度的巡天觀測外，LSST 也能觀測比其他巡天計畫還暗上 2~3 等的變星（現今能和 LSST 極限星等媲美的地面巡天觀測計畫就只有 Subaru 望遠鏡的 HSC-SSP 計畫；但 Subaru 望遠鏡在北半球而 LSST 在南半球，所以他們之間是互補）。例如天琴座 RR 變星能用來研究我們銀河系銀暈的結構和演化史，LSST 能看更暗的星等也代表能找到在銀暈內更遙遠的天琴座 RR 變星。就如之前所述，本研究中心其中之一的研究課題是宇宙天體隨時間變化的現象，而 ZTF (2017 到約 2021) 和 LSST (2022 到 2032) 是在這領域最前瞻也最具代表性的兩個國際大型研究計畫。在 ZTF 結束後，LSST 能夠無縫隙接軌，進而成為本研究中心的旗艦計畫之一。

參與 LSST 計畫的門檻低，NCU 團隊已與 LSST 簽訂備忘錄，可以有三個計畫主持人參與 LSST 計畫，而每個計畫主持人只需每年支付約 20 K 美金，即可取得它在十年巡天觀測期間的第一手觀測資料，這是以極少成本獲取國際一流望遠鏡的資料的絕佳的機會。

PS2

NCU 曾經參與第一代泛星計畫 (PS1, <https://www.ifa.hawaii.edu/research/Pan-STARRS.shtml>)，為亞洲地區唯一成員，以位於夏威夷毛伊島 Haleakala 火山頂，口徑 1.8 米望遠鏡的廣角望遠鏡，配置 14 億畫數的靈敏數位相機循環巡天，為探討時變宇宙的先驅計畫。完整 4 年多的數據，包括赤緯南緯 30 度以北所有恆星與星系的位置、5 個波段亮度的各次測量，都收錄在 Space Telescope Science Institute (<https://panstarrs.stsci.edu/>)，亮度極限達 23.3 等。另外還有更深、小區域的觀測。

目前 PS1 已經結束，基於觀察太陽系天體的成功，尤其是移動天體，例如近地小行星與彗星的成功，第二套望遠鏡系統加入觀測後 (PS2)，成為 NASA 研究太陽系的專用設備（見圖 7）。NCU 受邀使用 PS2 數據，也可以付費使用望遠鏡進行觀測。目前已執行海王星外天體、木星特洛伊小行星清點與述性等，未來將繼續利用 PS1 與 PS2 的廣視野成像系統，進行太陽系或是星團的研究。



圖 7 ——（左）位於美國夏威夷毛伊島山頂的 Pan-STARRS1 與 Pan-STARRS2 望遠鏡；（右）PS2 內部景觀

泛星計畫除了提供高品質的科學數據，也讓全球高中學生使用其影像搜尋小行星，由於這些影像只經過初步處理，是第一手資料，我國在歷次活動中表現非常優異，甚至找到罕見的太陽系天體，給了老師與學生寶貴的參與研究及與國際其他學校交流的機會。

COSI

本中心的研究工具並不僅於可見光與紅外波段，也包括參與研發伽瑪射線新一代「康卜吞成像光譜儀」(Compton Spectrometer and Imager, COSI)。受限於伽瑪射線儀器的靈敏度與空間解析率，許多重要的天文物理課題都有待進一步探索，包括了銀河系中心的電子正子湮滅輻射是否由暗物質所造成、各種超新星爆炸機制與宇宙中各種元素的來源、伽瑪射線爆（重力波的伽瑪射線對應源），宇宙射線與星際物質的碰撞反應，以及各種中子星與黑洞系統的伽瑪射線輻射機制等。

偵測百萬電子伏特 (MeV) 能量範圍的伽瑪射線光子有其困難，主要因為伽瑪射線光子主要經由康卜吞散射與物質發生反應。而過去的康卜吞望遠鏡以美國太空總署 (NASA) 在 1991~2000 年間的康卜吞伽瑪射線天文觀測衛星 (Compton Gamma Ray Observatory, CGRO) 上的康卜吞望遠鏡 (Comptel) 為最主要的成功例子，但其儀器的觀測效率（有效面積/實際面積）只有 0.001 左右。然而，隨著大面積高純度鍍半導體晶體的問世，一個觀測效率大於 0.1 的康卜吞望遠鏡變得可能實現。從 2006 年開始，由 NTHU 團隊主導的台灣團隊參加了美國柏克萊加州大學太空科學實驗室的 COSI 計畫，以 12 片高純度鍍偵測器為核心（參見圖 8），可以測量入射光子進行康卜吞散射的三維空間位置以及散射電子的能量。

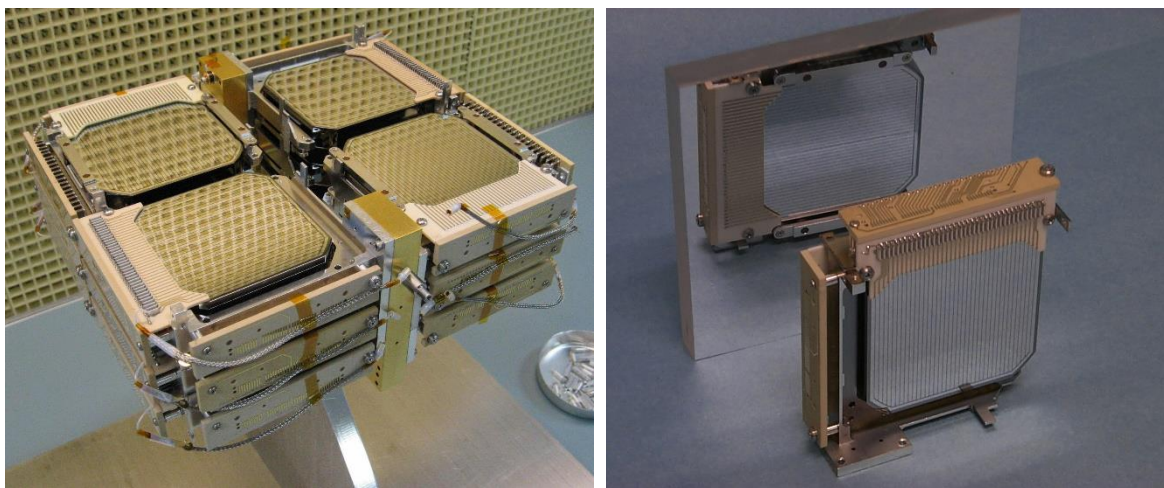


圖 8——（左）COSI 計畫所研發由 12 片高純度鍍偵測器構成的儀器；（右）每片偵測器尺寸 8 cm x 8 cm x 1.5 cm，兩面有垂直的條狀電極。

COSI 在 2009 年及 2016 年進行了很成功的 NASA 平流層高空氣球飛行試驗，大致驗證了儀器的工作效能與可行性。台灣團隊的任務主要是數據讀出電子系統的設計與製造，參與所有儀器次系統的整合測試與氣球飛行任務的執行，同時也積極參與建立數據處理流程以及科學分析。目前 COSI 團隊正在準備下次 2019 年的長時間平流層高空氣球飛行試驗。我們計畫運用

在過去十多年來累積的經驗以及培養的人才，來自主發展一個康卜吞相機，並探討其在天文觀測，核醫影像，以及環境輻射偵測上的應用。

未來五年預定執行內容包括更換數據讀出電子系統的傳統數位電路，以及探討是否可以縮小鍺偵測器表面的條狀電極中心距離（也就是更細的條狀電極）。在前三年我們將 (1) 設計與製造完成以特定應用積體電路 (Application Specific Integrated Circuit, ASIC) 為架構的高純度鍺偵測器數據讀出電子系統。這項工作由本計畫成員與國內廠商或國研院的研究中心來合作完成，以期培植國內團隊的經驗與能力。(2) 以實驗室裡的實際測量來評估高純度鍺偵測器表面條狀電極中心距離分別為 2.0mm 及 0.5mm 時的效能。這項工作需要兩片高純度鍺偵測器。我們計畫循 COSI 原有的模式進行，也就是向 ORTEC 公司採購高純度鍺晶體，並委由 Lawrence Berkeley National Lab (LBNL) 進行表面處理。我們計畫在清華大學的實驗室裡安裝鍺偵測器所需的冷卻系統 (cryocooler) 及低溫恆溫器 (cryostat)，並整合數據讀出電子系統來進行量測。

根據前三年所得到的結果，我們計畫在後兩年完成有六片鍺偵測器陣列的康卜吞相機原型機，並仔細測試此原型機的各项效能，以探討它的不同擴充版本在天文觀測、核醫影像以及環境輻射偵測上的應用。

Lulin

由 NCU 負責運作的鹿林天文台，為國內唯一研究型天文台，其中一米口徑望遠鏡雖然受限於集光能力，只能觀測明亮的天體，但是師生重要的教學與基本研究設備（見圖 9）。由於台址天光背景暗，加上大氣視寧度佳，可以觀測到暗達 21 等的星體，所取得的數據，常成為申請國際大型望遠鏡的關鍵先導評估。尤其位於西太平洋經度範圍的地理優勢，能提供時變現象的即時觀測，成為國際聯測網的重要成員，參與研究彗星、變星、星團、AGN 光變監測、伽瑪射線源以及重力波源光學驗證等良好成果。

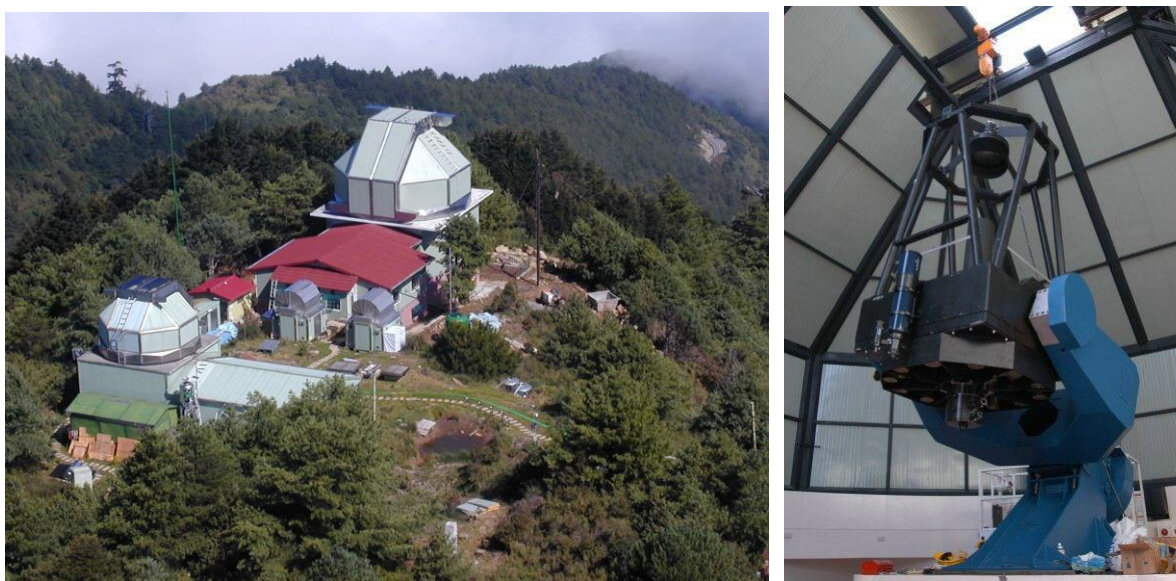


圖 9——（左）鹿林天文台安置了一米望遠鏡（中上方的遮罩內），以及其他小型望遠鏡，另外也支援大氣、環境、地震、太空等多項設備，為我國珍貴的高山研究基地；（右）一米口徑望遠鏡是目前台灣最大的望遠鏡，提供高等教育與基本研究使用。

鄰近另座口徑更小，只有 40 公分的望遠鏡（SLT），也參與全球聯測，以及在發生重要天象時以最新第一手影像提供媒體大眾，扮演重要社會教育的功能。鹿林天文台也提供參觀，以及高中、大學、天文館等社團教育訓練，為我國重要高山研究與星空教育基地。NCU 校園內的 0.6 米望遠鏡鮮少進行科學觀測，但提供儀器測試，或讓鄰近各級學校教學參觀，為重要的社會教育資源。

鹿林天文台全年無休，設主任一名，掌管天文台日常運作，另有觀測助理兩名，各輪值一週，負責操作一米望遠鏡、SLT，以及 35 公分望遠鏡等。天文台庶務由四名駐站助理負責，包括清潔、採買、膳食、安全防護等，每兩人一組輪值一週。天文台只有非常小的望遠鏡，但多年來鹿林能在國際佔有一席之地，全靠這些勤勞的助理，能在多變的天氣狀況下，維持高效率工作週期 (duty cycle)，以及儀器的良好妥善率，以排程的觀測方式 (queue observing) 每晚可以執行數個計畫，有些監測亮度變化，有些配合高能太空望遠鏡進行地面支援觀測。

多年來鹿林營運由中央大學校方約僱部分助理，由科技部不同的計畫支援其餘人事費用，以及設備儀器的更新與維修。但是科技部無法常態維持天文台運作，例如電費、資料傳輸通訊費用、車輛差勤的經費常捉襟見肘。觀測助理工作了一整晚，中午起床後有時候還要帶領參觀團體，兩個人也完全無法請假；駐站助理的情形也一樣，人力非常吃緊。

NCU 目前有初級技術人員，可以簡易修護房舍、抽水馬達、遮罩運轉等工作，但對於望遠鏡的維修，或偵測相機的檢測便力有未逮。天文所也完全沒有專案天文學家 (supporting astronomers)，對於一米級的大學望遠鏡無可厚非，但是日後建構兩米望遠鏡之後，我們規劃較為完整的支援團隊，包括一名高階（碩博士級）工程人員，以及一名專案研究學者。

2mT

NCU 現有兩米口徑光學望遠鏡，使用俄國高品質零膨脹玻璃，由日本西村公司 (Nishimura Co. <http://www.nishimura-opt.co.jp/en/index.html>) 於八年前製



作完畢，見圖 10。原來計畫安裝於鹿林天文台，惟囿於環境評估、建築執照、法規等行政手續，至今仍未能建構。

圖 10——NCU 兩米望遠鏡完成安裝後攝於日本西村公司

當時為兩米配置的第一代儀器包括紅外相機 (NCUIRCam) 以及多波段同步相機。雖然望遠鏡未能順利安裝，目前紅外相機配置於夏威夷大學位於 Maunakea 山頂的 88 吋（口徑大約兩米）望遠鏡 (UH88)，開放給該大學 Institute for Astronomy 的天文學家使用，另外 NCU 每年可獲得 20 個晚上。由於 NCU 透過泛星計畫跟該機構學者在太陽系天體以及棕矮星方面已經有很多合作，因此透過協同進行的方式，實際使用的時間應該會超過這個比例。雖然 UH88 口徑不大，但因為位於世界上最好的天文觀測地點，尤其在台灣目前完全沒有紅外的觀測設備，我們預期 NCU 紅外相機將成為本中心的重要設備，除了小天體，也可以用來研究河外星系。圖 11 展示紅外相機配置於 UH88 的情形以及部分示範影像。

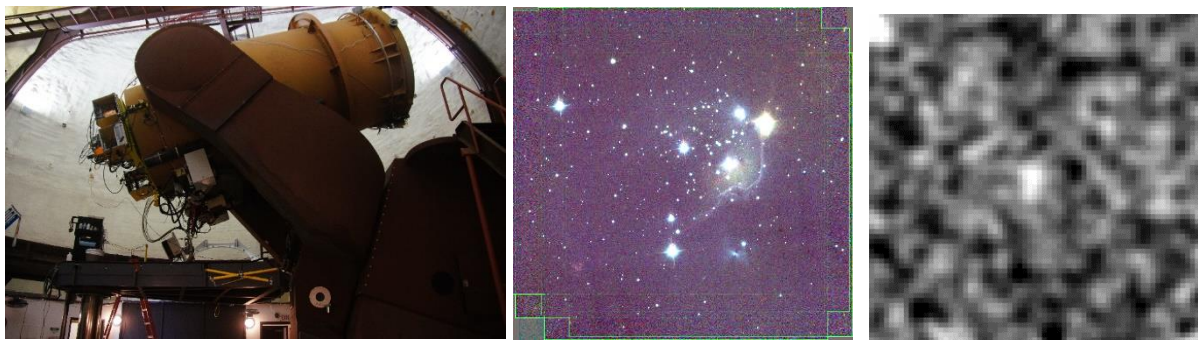


圖 11——（左）NCUIRCam 配置在 UH88 望遠鏡後方；（中）安裝初期所拍攝的恆星形成區測試影像，經過後製三色合成；（右）依據泛星計畫的數據所選取的高紅移類星體候選天體，經由 UH88/NCUIRCam 所拍攝的 J 波段近紅外影像，能推論極為可能是距離極其遙遠類星體，亮度 $J=21.9$ AB 有待進一步申請大型望遠鏡進行光譜驗證。視野為 10×10 角秒，曝光總時間 1.8 小時 (by Koptelova)。

大學受限於經費與規定，不容易讓研究人員，尤其是年輕學者或資深博士生移地訓練，這因為教授科技部的個人計畫不容易有此項目。因此 NCU 使用在夏威夷的紅外相機經費非常拮据，勉強找到機票與短短幾天的生活費，只夠觀測者在天文台待幾天，失去了與當地機構學者的交流，也無法讓對方知道我們的研究工作。因此我們特地申請經費，讓紅外相機可以發揮其最大效應。

由於在鹿林天文台放置兩米望遠鏡預計短期內不容易突破困難，而考量天氣、海拔、交通、環評等因素，在台灣也無法另外找到替代適合的場所，因此目前規劃將兩米安裝於南美洲智利，預定地 VTRS 占地 25 平方公里，與歐洲南方天文台 (European Southern Observatory, ESO) 的 Very Large Telescope 陣列相隔約 10 公里，為歐洲籌畫中的極大望遠鏡 (European Extremely Large Telescope, 口徑三十米，<https://www.eso.org/sci/facilities/eelt/>) 預備用地之一 (Vernin et al. 2011)。目前為中國科學院南美天文中心（簡稱「中智中心」<http://www.cassaca.org/zh/>）負責開發。

兩米望遠鏡智利台址經度 $70^{\circ} 13' 30'' W$ ，緯度 $24^{\circ} 21' 08'' S$ ，海拔 2880 公尺，與鹿林相當，因此望遠鏡設計不需大幅更改。由於位處世界上最佳觀測地點的智利沙漠，視寧度達 $0.2\sim 0.4$ 角秒，加上南半球、西半球的地理位置，不僅更適合觀測銀河面，也與鹿林天文台日夜互補，能夠自成聯測系統，搭配紅外相機以及多波段同步相機，將是觀測時變現象的重要工具。

台址目前尚在初步建設，只有簡易沙土路（見圖 12），距離最近的高速公路約 11 公里。初期使用柴油發電與太陽能，規劃能供電約 1 百萬瓦。通訊初期使用微波接上 ESO 光纜，頻寬 100 Mbps，日後將接入智利國家科教網幹，屆時頻寬將超過 10 Gbs。

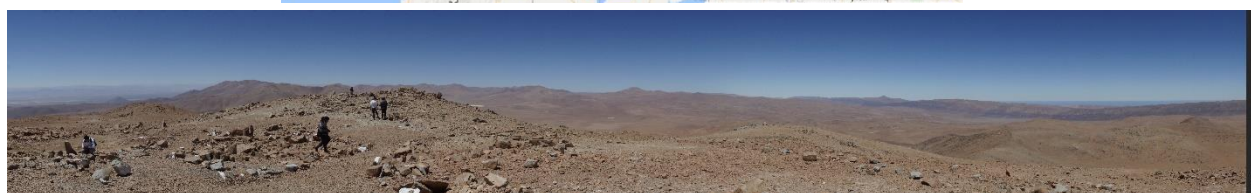
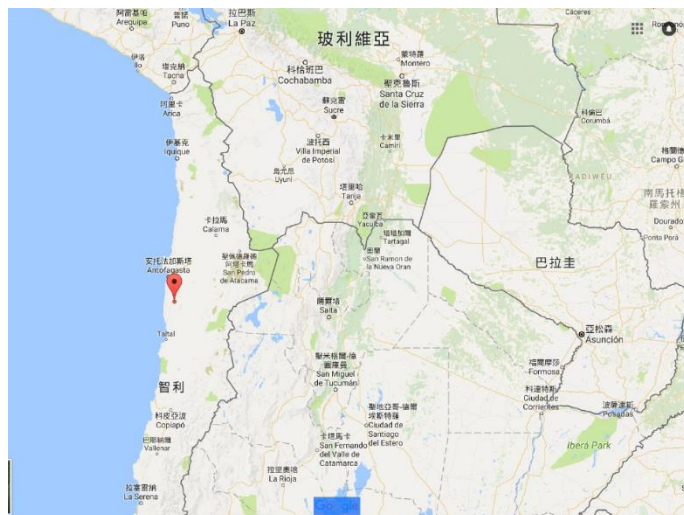


圖 12——（上）位於南美洲智利北部沙漠的 VTRS 台址，將是 NCU 兩米望遠鏡台址；（下）該地腹地廣闊，後勤建設正在開發。

兩米望遠鏡在智利的安裝以及日後營運細節目前仍在研商階段。科學的合作對象包括 NCU 與上海天文台 (<http://www.shao.ac.cn/>)，以及智利北方天主教大學。望遠鏡組裝將仍委由原來製作望遠鏡的日本西村公司，而台址整建與遮罩建築則可能委託有豐富經驗建造大型天文台的義大利 EIE Group (<http://www.eie.it/en/company/profile>)。初步構想於 2020 年完成望遠鏡安裝，目前合作意願書以及技術執行細節仍在草擬。

為了發揮兩米望遠鏡的功效，我們規劃有一名研究人員常駐當地，一方面就近進行觀測研究，另一方面爭取與智利約定，能夠分享部分大型望遠鏡的使用權利。本中心的研究生也應該前往觀測，或短期訪問美國、歐洲、日本設立與智利的天文機構，擴大學術視野與人脈。經費上除了編列差旅費，也包括硬體的零組件更新。另外我們也將針對兩米望遠鏡研發第二代儀器，目前仍處於討論階段，可能性包括超廣角相機，或高色散光譜儀，端視當時的最新技術（例如 IFU），將與合作單位共同開發。

TAOS/BEST and TAOS II

原安裝於鹿林天文台的四座 50 公分的廣角 TAOS 望遠鏡，用來偵測太陽系靠外圍小型天體（稱為古伯帶天體）的掩星事件，由於任務結束，目前由 NCU 搬離，移往 ASIAA 整理。其中兩座將重新安裝於新疆奇台，另兩座安裝於墨西哥 San Pedro Matir (SPM)。SPM 為下一代 TAOS II 的台址，包括三座 1.3 公尺望遠鏡系統，採用 CMOS 偵測器快速取得恆星光度變化的訊息，預期偵測古伯帶天體發生掩星的靈敏度將是原來 TAOS 的百倍，在工程技術上，以 CMOS 作為科學偵測器是很受矚目的計畫。

原來的 TAOS 望遠鏡配備了 frame-transfer 偵測晶片，目前可以達到最高 70 Hz 讀出，目前這麼快的光度測量僅限於單一目標，預期可以用來尋找亮星的系外行星、星團中的系外行星以及變星，以及色球層活躍的閃焰活動等，故此計畫稱為 Bright-star Exoplanet Survey by Transits (BEST) 其中兩座將安裝於新疆奇台（參見圖 13），為新疆天文台為規劃中的 110 米電波望遠鏡所開發的新台址。



圖 13——（左）新疆奇台天文台台址廣闊，位於中央突起台地適合安置可見光設備，TAOS/BEST 兩座望遠鏡便將安放於此處。內插為 TAOS 50 公分望遠鏡；（右）TAOS/BEST 的土木構造已經於 2017 年秋季完成，預計 2018 年望遠鏡將運往該處安裝。

至於第二代 TAOS，遮罩、望遠鏡已經陸續就位，CMOS 相機預計將於 2018 年上線。TAOS II 由 ASIAA 與墨西哥天文台合作，本中心除了人員參與科學討論、設備檢驗與數據分析，將提供部分電腦等設備。

ALMA

我國經由 ASIAA 參與 Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA) 計畫，位於智利海拔 5000 公尺的阿塔卡馬沙漠，包含 66 座 12 米與 7 米的天線構成的干涉陣列，(<http://www.almaobservatory.org/en/home/>)，為世界最在毫米與次毫米波段靈敏度最高、解析力最強大的望遠鏡。針對此國內重要投資的設備，科技部資助國內大學師生利用 ALMA 進行科學研究，目前由 NTHU 統籌，NCU 亦為使用者。本中心未來仍將持續使用 ALMA。

Space Exploration

NCU 團隊長久參與探索太陽系的太空任務，例如卡西尼/惠更斯繞行土星與登陸泰坦、登陸彗星的羅賽塔等。未來我們將參與下一代歐空局與日本宇航局的 Bepi Colombo 水星計畫 [Wing](#)

AMS (anti-matter, dark matter) [Wing/Yuan-Han?](#)

Space Jets (Yasu) 100 TW laser [Wing?](#)

International Collaboration

NCU 與 NTHU 團隊有多元的國際合作經驗，包括以上提到的計畫皆然。兩個研究所都有國際教師、博士後研究員與學生。NCU 也正與國外數個機構洽談雙聯學位。

在理論方面，NCU 自 2004 年起與俄國 P.N. Lebedev Institute 維持合作關係，雙方專長互補，針對星系團、銀河系中心、銀暈，以及星際物質等高能輻射課題有良好成果，人員互訪頻繁，也共同發表研究論文。

肆、本中心資源配置與整合

一、人員配置

本研究中心主任為葉永烜教授，為中央研究院院士，永久國家講座，也是國際知名行星科學家，擁有多項國際學術殊榮。兩位副主任江國興（清大）獲得科技部 2015 年傑出研究獎，現並主持科技部曜星計畫，陳文屏（中大）曾執行科技部卓越領航計畫，參與國際泛星計畫 (Pan-STARRS)，於 2015 年當選中華民國物理學會會士，2016 則獲得科技部傑出研究獎。團隊當中多有優秀學者。

(一) NTHU 團隊人員與專長

1. 教師

張祥光教授（高能天文物理、中子星、海王星外天體）

賴詩萍教授（恆星形成、星際磁場、無線電觀測、紅外線觀測）

陳惠茹副教授（恆星形成、電波天文觀測）

後藤友嗣副教授（高紅移星系、暗能量）

江國興教授（高能天文物理、緻密雙星系統、黑洞、中子星）

江瑛貴教授（系外行星、行星系統形成與演化、星系動力學、星系結構）

2. 博士後：蔡音協、沙德偉、橋本哲也、歐靖、史浩佳

(二) NCU 團隊人員與專長

1. 教師

陳文屏教授（觀測天文學、恆星形成、星團）

周翊教授（高能天文物理, 緻密雙星, 天文儀器）

黃崇源教授（類星體和星系間物質、合併星系和星球劇增、星和伽瑪射線爆發源、活躍星系核和統一理論宇宙背景輻射和宇宙論、星系群和高能粒子）

葉永烜教授（彗星、太陽系起源、太陽系電漿物理、行星大氣）

木下大輔助理教授（太陽系小型天體）

高仲明教授（天文物理、宇宙射線、太陽圈、星系暈、星際介質、恆星風、磁場）

饒兆聰副教授（宇宙測距、脈動變星、時域天文學、天文統計學、影像處理與分析、數據管理）

浦田裕次助理教授（伽瑪射線爆, 自動望遠鏡技術, 高能天文學）

章展誥助理研究學者（銀河系天文學、變星、太陽系天體）

林忠義助理研究學者（彗星）

2. 博士後：姜博識、李建德、柯伊娜、申莫希、田雍、俞伯傑

NCU 與 NTHU 天文研究所畢業生人數統計如表 1：

年	2012	2013	2014	2015	2016	2017	總計
中央大學天文所							
博士生	1	4	2	3	2	1	13
碩士生	4	7	3	2	5	7	28
清華大學天文所							
博士生	0	1	1	2	1	0	5
碩士生	7	2	7	3	4	3	26

表 1 —— 中央大學與清華大學天文所各自畢業人數統計

根據統計，碩士班畢業生約有 20%到 30%繼續攻讀國內或國外博士，目前有為數眾多在國外擔任研究人員或博士後研究員。國內畢業的博士生有些前往國外作博士後，有些則留在國內作博士後，這些珍貴的人才苦於國內沒有工作，另方面國內積極參與國際大型計畫，需才孔急，設置本中心正可以發揮培養年輕學者的功能。

本中心除了科研與行政人員，將成立指導委員會，由外部相關機構（包括國外）人員監督中心的目標與執行。新聘人員可能分兩年招齊。資深國際學者可能最困難，端視有多少資源，有多優良的研究環境（與同事）為誘因。

二、 空間與經費配置

本中心初期不爭取新的空間，多增加的需求以兩校天文所目前的空間尚可勻支。經費配置除了人事費用以外，其餘一半用在科學課題，另外一半在儀器設備，並且由 NCU 與 NTHU 團隊共同使用。

伍、未來發展之自我評估、優劣勢分析

(一) 自我評估

本中心以卓越科學成果為目標，最佳指標就是研究論文受到國際學界重視的程度。表一列出 NCU 與 NTHU 天文團隊從 2012 年到 2016 年的論文數以及被引用的次數。另外列出比對的機構，包括美國佛羅里達大學 (University of Florida) 天文系與伊利諾大學香檳分校 (University of Illinois Urbana Champaign)，中國大陸北京大學內 Kavli Institute of Astronomy and

Number of Publications, and Citations

	FTEs		2012		2013		2014		2015		2016	
NCU	13	7F, 6PD	49	786	35	515	34	299	64	835	58	286
NTHU	11	6F, 5PD	33	344	23	345	31	316	30	207	40	176
U Florida	24	16F, 8PD	113	6580	98	3566	70	1925	86	1944	89	863
U Ill.-UC	25	22F, 3PD	95	4932	95	4835	144	14519	187	4173	283	5313
KIAA	47	14F, 11jF, 22PD	71	1861	87	2361	105	1737	158	2609	141	898
ASIAA	52	28F, 24PD	144	4441	167	5023	185	13645	156	2226	167	873

Web of Science <http://apps.webofknowledge.com>

publication name = *astro* OR icarus OR monthly notices of the Royal Astro* OR publications of the astro* OR planetary* OR science OR scientific rep* OR nature OR new astronomy OR geo* OR Advance in Astronomy OR physical* OR research in astro**

publication year = *2012-2016*

Address = (*astron* SAME Taiwan*), (*kavli* SAME china*), (*astron**)

Organization = (*national central university*), (*national tsing hua university*), (*academia sinica Taiwan*), (*university of florida*), (*university of illinois urbana champaign*)

Astrophysics (KIAA) 以及國內中央研究天文與天文物理所 (ASIAA)。

表 2 —— NCU 與 NTHU 天文團隊與國外相關機構的論文數與被引用數統計表。搜尋參數可參考表下方。查詢時期刊名稱與年代相同，而依據各單位採用不同地址與機構名稱限縮。第一欄為機構名稱，第二欄為全職科學研究人員的人數，包括教師人數 (F) 以及博士後研究員人數 (P)。後面欄位分別為 2012 年到 2016 年的論文篇數以及被引用數 (以橘色標示)。

這些數據來自 Web of Science 資料庫，以天文學及天文物理學相關的期刊搜尋，並未包括工程、物理、地球科學等論文，所以並不完整，但由於人數也未包括工程與技術人員，應該相當程度反映了該機構的成果。

圖 14 呈現表 1 中五年論文平均引用數 (亦即被引用數總數除以總論文數) 與研究人員總數的關係。可以明顯看出以人數比例而言，NCU 與 NTHU 的論文數量並不遜色，但在被引用的表現則有待改善，平均每篇引用率大約 10 篇，而美國兩所大學天文系則大於 30。KIAA 的人數如果去除合聘人員，將變成 30~40 人，亦即移往圖中央。ASIAA 有很多資源 (經費與人力) 放在儀器開發，但論文引用數仍然接近 30。這是國內大學普遍的現象，也就是論文 (尤其是學生畢業論文) 偏向「輕薄短小」。本中心的目標就是要集中資源與課題，增加影響力，預期在五年內人數增加到 30~40

位，而影響力（論文引用率）則增加到 20，為目前的 2 倍；而在 10 年內達到 3 倍。

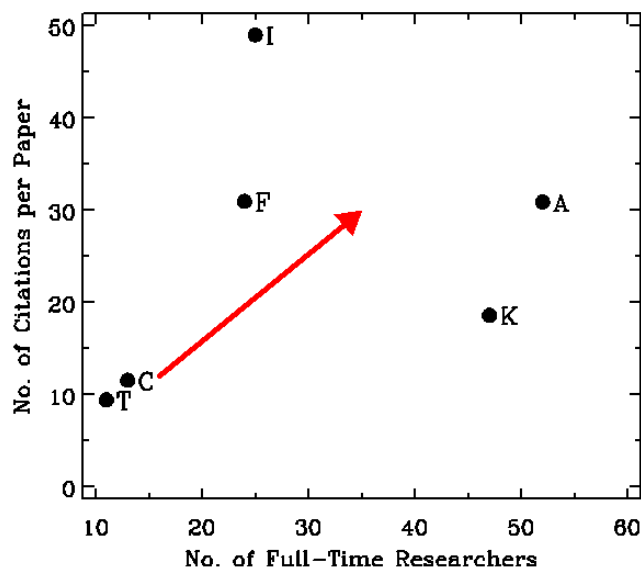


圖 14——表 1 中各機構平均論文引用數相對於全職科研人員的人數。自左起為 NTHU、NCU、U of Florida、U of Illinois—Urbana Champaign、Kavli Institute of Astronomy and Astrophysics，以及 Academia Sinica—Institute of Astronomy and Astrophysics. 紅色箭頭所示為 10 年內預期達目前 3 倍的影响力。

台灣的薪資低眾所皆知，這是我們徵才的劣勢。所以我們規劃高於一般的待遇，短期之內或許無法達到國際水準，但不至於差別太大。在 5~10 年內本中心人員與經費還無法達到相同等級，但是研究成果在質與量必須達到相同比例。這不僅止於論文的引用數，也不是一窩蜂進行流行的題目，而是在特定議題，讓國際學界知道我們的團對正在進行有競爭力的研究。

目前科技部在個人計畫有補助教授出國開會或移地訓練，但每年十幾萬台幣通常夠教授本人一趟遠程，或是兩趟短程，然而研究群中的博士後研究員以及博士生通常兩、三年或許有一次機會。關起門來做研究雖然表面上有了論文發表，但缺乏「宣傳」，就算是好的成果，別人也不會注意，更別說引用，或尋求合作。因此在經費上我們編列有彈性的國外差旅費，以整個中心是研究人員需求而宏觀調配。

（二）本中心與標竿機構之比較

一、國際天文社群

國際上大型天文研究中心，例如 Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA) 成立於 1973 年，結合了哈佛大學以及史密松學院 (Smithsonian Institution) 的兩個天文台 Harvard College Observatory 以及 Smithsonian Astrophysics Observatory (SAO) 共有數百位擁有博士學位的科學研究人員，另有龐大工程團隊研發地面與太空天文儀器，甚至開發影像分析軟體供全世

界使用。另外亞利桑那大學 (Arizona University) 設有 Lunar and Planetary Laboratory (LPL) 包括 36 位教授 (faculty members)、13 位研究人員 (staff scientists) 以及 11 位博士後研究員；另外也設有 Steward Observatory，此天文台包括 73 位教授與 29 位博後，規模驚人。這些第一級的大型機構我們無法望其項背，只有歐洲或日本有類似機構。表 2 當中比較的 University of Florida，其天文系於 1979 年從物理系分出來，旋即選定發展紅外天文儀器，算是美國第二級大學當中發展特定領域的成功例子。

以下是部分國家在國際天文聯合會 (International Astronomical Union, IAU) 的會員數：Argentina 148, Australia 328, Austria 64, Belgium 145, Brazil 204, Canada 307, Chile 116, China 663, Czech 125, Denmark 90, Finland 80, France 855, Germany 654, Greece 121, India 281, Israel 97, Italy 670, Japan 728, Korea 158, Mexico 147, New Zealand 35, Netherlands 228, Russia 436, Poland 162 Taiwan 75, Thailand 33, UK 724, Ukraine 151, USA 2824。雖然說各國的會員資格不同，例如有些不全是職業天文學家，但以上應該具參考價值。鄰近的國家日本、中國都是我國 10 倍，而韓國是 2 倍。美國規模獨大，而歐洲除了歐盟，在天文方便也聯合起來成立 ESO。目前東亞成立 EAO 算是往前跨了一步。iCARE 日後將與 ASIAA 相互合作，籌劃成立國家天文台，積極成為國際社群的一份子。

國際上已經在建造下一代的光學與紅外望遠鏡，包括三十米望遠鏡 (Thirty Meter Telescope, TMT) 由加州理工學院、加州大學籌建、巨型麥哲倫望遠鏡 (Giant Magellan Telescope, GMT；口徑相當於 24.5 米) 由哈佛史密松天文物理中心建造，另外 ESO 則有 European Extremely Large Telescope (eELT；口徑四十米)。亞洲日本、中國及印度參加 TMT，韓國則加入 GMT，我國除了個人以科學論壇方式參與，目前沒有整體規劃，使得下一代的台灣天文學家將失去競爭的舞台，平白流失了現在領先的優勢。薪資以外，科學家追求的是「機會」。本中心的重要議題，就是與 ASIAA 一起商討因應之道，如何開創參與第一流計畫的機會。

iCARE 選定的標竿機構，國內為 ASIAA，國外為北京 KIAA 與伊利諾大學。KIAA 有北京大學之利，連大學生都有很高素質。伊利諾大學為世界著名大學，研究生品質很高。ASIAA 聘人也是對全世界開放。本中心的優點是有已經有不少畢業生目前在國外讀學位，或是擔任博士後研究員，我們可以擇優選才。所有一流機構都在跟全世界競爭，而人才是最根本的一環。

二、指標比較

ASIAA 與 KIAA 的特色就是研究人員國際化。NCU 與 NTHU 團隊目前有將近 1/3 為外籍，iCARE 在新延聘的人員當中，包括一位資深學者，其餘年輕學者與工程師也將維持起碼這個比例。

另外一個重要指標是支持研究的行政人員。國內大學常以短期約聘助理，處理行政或甚至技術事務，結果就是剛畢業的學生暫時的工作。KIAA 與 ASIAA 有令人羨慕的高階行政人員，可以擔任計畫經理，連秘書都有豐富的處事經驗以及流利的外語能力。其實台灣民間企業多有優秀人才，追根

究底還是薪資結構。我們希望跳脫大學一般的限制，除了依照學經歷敘薪，能夠有適當的加給與獎金，能夠聘到優秀、靈活的行政助理。

陸、對社會及產業之貢獻

天文學不僅止於研究天體的本質與生老病死。宇宙本身時空廣闊、內涵物體多元、物理與化學環境極端（極高溫、極低溫、極緻密、極虛空），提供了自然科學領域豐富的課題。而龐大的樣本也常是數學、統計、計算科學的挑戰。在社會層面，宇宙天體的新發現常被媒體報導，是激發年輕學生好奇心與民眾求知的來源。美國 NASA 有專司科學普及的部門，尤其例如哈伯太空望遠鏡所拍攝的炫麗照片，無償供全世界使用，不僅沒有剝奪了相關學者做科學的權利，反而讓數據獲得有效使用，也讓民眾明白科學家與學術機構的成果。目前兩個天文所的教授除了本身研究與教學，也投入科學普及教育，連博士後研究員都有機會面對民眾、學生演講或是撰寫文章，是與社會連結的良好示範。

宇宙天體距離遙遠，儀器所需要的靈敏度與解析力常超乎商業及工業最前沿的產品，因此必須自行研發。之前在研製電波望遠鏡的反射版、超低溫偵測器、紅外濾光片，以及電子控制系統等，都曾藉助台灣的精密工業能力，我們預期未來與產業的結合將更加密切。

天文觀測易產生海量數據，需要統計學、資料庫管理、分配與儲存的知識，也因此有機會與業界結合，提供「大數據」諮詢與服務。天文所講授的課程，除了本科專門知識，特別重視融入程式設計、語言表達，以及儀器操控的訓練，學生即使未來不以天文學術為職業，仍為業界培養好用的人才。

第二章 預定之總體、分年目標及策略

總體目標

我們將以高標準設立「國際天文中心」。以前面所述在選定的多元訊息方式，研究宇宙的時變現象，並向國際徵才，結合國內已經有的優勢，持續培養優秀年輕學者，預計在 5~10 內本中心將有國際影響力，並在某些領域居於領先地位。

分年目標

第一年（2018）：中心成立，確定 NCU 與 NTHU 中心成員；啟動招募研究人員；建構組織架構，成立指導委員會；開始分析第一批 ZTF 數據；TAOS/BEST 望遠鏡在新疆安裝；夏威夷紅外相機正式運作；使用 PS2 望遠鏡觀測；持續參與 KAGRA、COSI、LSST；研商參與下一代超大型望遠鏡策略

第二年（2019）：持續延攬研究人員，編制完成；兩米望遠鏡在日本重新組裝、更新；研商兩米望遠鏡下一代儀器；TAOS/BEST 科學觀測；使用 PS2 望遠鏡觀測；持續參與 KAGRA、COSI、ZTF、LSST；我國參與下一代超大型望遠鏡白皮書（科學議題、儀器研發）；商討設立國家天文台可行性

第三年（2020）：持續參與 KAGRA、COSI、ZTF、LSST、PS2；兩米望遠鏡於智利安裝、開始研製下一代儀器；參與下一代超大型望遠鏡啟動；全面檢討本中心運作情況

第四年（2021）：兩米望遠鏡科學觀測開始、持續研製下一代儀器；持續參與 KAGRA、COSI、ZTF、LSST、PS2；紅外相機配置於智利兩米望遠鏡可行性評估

第五年（2022）：持續參與 KAGRA、COSI、ZTF、LSST、PS2；兩米望遠鏡下一代儀器首批完成測試；TAOS/BEST 望遠鏡保持運作；紅外相機配置於智利兩米望遠鏡。

此外每年皆發表研究論文，並由中心主任評估論文品質，由每年召開指導委員會監督中心的各項建設進度，與研究成果的國際影響力。

需大學校方協助配合之措施

本中心爭取國際競爭力的策略，獲得校方支持。在經費方面由 iCARE 自籌，而人員聘任則初期規劃為專案研究員，由本中心支薪，但是後來是否能夠轉任為長期聘任，也是延攬人才的時候考慮的重點。無論 NCU 或 NTHU 都有企圖心成為國際頂尖大學，雖然無法保證長期的經費與編制，但本計畫五年的規劃，有把握讓中心建立國際聲譽，成為大學特色旗艦機構，而能夠永續發展。

本中心將配合大學校務發展，爭取專任教師員額，另外持續申請科技部個人計畫、博士後名額與專案計畫人員。本中心人員也能申請校方新聘傑出研究人員獎勵、宿舍補助等。中心採取彈性薪資，依照表現而非齊頭式標準。本中心也將積極爭取外部資源，例如玉山學者、加給提高等，這些細節目前不明，我們除了提高本薪，也關注類似辦法，以吸引國際優秀人才。

兩校目前的研究生都有獎助學金，外籍師生比例高，也全面英語授課，參與本中心計畫的研究生以及相關系所的大學生將有更多機會出國參加研討會、利用先進望遠鏡觀測，或是中、長期移地訓練，畢業後將具有移動力與國際學術競爭力。

第三章 經費規劃

壹、經費概算彙總表

單位：新臺幣/千元

會計科 目 年度	人事費	業務費	設備及投資	總經費
107	9,000	30,000	12,000	
108	13,000	25,000	15,000	
109	13,300	18,000	18,000	
110	13,600	18,000	20,000	
111	13,900	18,000	20,000	

貳、經費說明（分年）

人事費（中心主任 300 萬、研究員每名 100 萬、一名高階工程師 100 萬、一名計畫經理 100 萬）；研究員第一年預計 4 名，第二年起 8 名

業務費（分年）：計畫分攤營運費 ZTF 前兩年各 300 萬；每年 LSST 360 萬（預付三人次 10 年費用）；PS2 150 萬；國際差旅費 600 萬+移地訓練 500 萬；鹿林天文台：800 萬；第三年起 ZTF 支用差旅與設備費用

設備費（分年）：紅外相機 200 萬；兩米望遠鏡 200 萬，第三年後研發新儀器 500 萬；TAOS/BEST 100 萬；TAOS II 50 萬；COSI ??

附件一：參考文獻

Bhalerao et al. 2017, ApJ, 845, 152

Kasliwal et al. 2017, Science, 10, 1126

Law, N. et al. 2009, PASP, 121, 1395

Vernin et al. 2011, PASP, 123, 1334

附件二、NCU 與 NTHU 天文團隊過去五年論文目錄

中央大學天文所出版目錄

<http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/Projects/MoE/publistNCU12to17.pdf>

清華大學天文所出版目錄

附件三：合作備忘錄與合作意願書

ZTF 計畫合作備忘錄

LSST 計畫合作備忘錄

http://www.astro.ncu.edu.tw/~wchen/Projects/MoE/LSST_MOA_NCU_Final_Signed01Dec2016.pdf

夏威夷大學 PS2 計畫合作備忘錄

University of Hawaii at Manoa

Institute for Astronomy
2680 Woodlawn Drive • Honolulu, Hawaii 96822
www.ifa.hawaii.edu • Fax: (808) 988-2790

Dr. K. C. Chambers
Director, Pan-STARRS Observatories
Astronomer, Institute for Astronomy
University of Hawaii
(808) 956 9844
chambers@ifa.hawaii.edu

November 7, 2017

To Whom it may concern,

This is to state the intention of my colleagues and myself in the Pan-STARRS Team at the Institute for Astronomy at the University of Hawaii, to collaborate with the International Center for Astronomical Research (iCARE), a joint establishment between National Central University and National Tsing Hua University. We will combine scientific expertise of our institution and yours on, but not limited to, studies of multi-messenger time-domain cosmic phenomena. A binding agreement on any specific project will be negotiated as the occasion arises.

I expect this to be a scientifically rewarding collaboration and we look forward to working with iCARE in the years ahead.

Sincerely yours,



Dr. Kenneth C. Chambers

泰國國家天文研究中心合作意願書



สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
National Astronomical Research Institute of Thailand
(Public Organization)

National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization)
Princess Sirindhorn AstroPark
260 Don Kaew, Maerim District, Chiang Mai 50180 Thailand
Tel: (+66) 53 121 268 ext. 233 www.narit.or.th

No. 6300/0677

27 October 2017

Professor Wen-Ping Chen
National Central University
Republic of China

Dear Professor,

This is to state the intention of my colleagues and myself at the National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) to collaborate with the International Center for Astronomical Research (iCARE), a joint establishment between National Central University and National Tsing Hua University. We will combine scientific expertise of our institution and yours on, but not limited to, studies of multi-messenger time-domain cosmic phenomena. A binding agreement on any specific project will be negotiated as the occasion arises.

I expect this to be a scientifically rewarding collaboration.

With best regards,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Saran Poshyachinda'.

Saran Poshyachinda, Ph. D.
Executive Director of NARIT

आर्यभट्ट प्रेक्षण विज्ञान शोध संस्थान
ARYABHATTA RESEARCH INSTITUTE OF OBSERVATIONAL SCIENCES
(An Autonomous Institution of the DST, Govt. of India)

ARIES

No.:AO/ Taiwan/.2.157

Dated: 01 November, 2017

To,

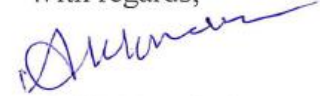
Prof. Wen-Ping Chen,
Director and Professor,
Graduate Institute of Astronomy,
National Central University,
CHUNG-LI 32054
Taiwan,

Dear Prof. Chen,

This is to state the intention of my colleagues and myself at the Aryabhata Research Institute of Observational Sciences (ARIES), Nainital, India to collaborate with the International Center for Astronomical Research (iCARE), a joint establishment between National Central University and National Tsing Hua University. We will combine scientific expertise of our institution and yours on, but not limited to, studies of multi-messenger time-domain cosmic phenomena. A suitable MoU on any specific Project will be negotiated as the occasion arises.

I expect this to be a scientifically rewarding collaboration.

With regards,



(Dr. Anil K. Pandey)
Director

日本國家天文台合作意願書



National Institutes of Natural Sciences (NINS)
National Astronomical Observatory of Japan

2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo 181-8588, JAPAN

Professor Wen-Ping Chen
Graduate Institute of Astronomy
National Central University
300 Jhongda Road, Zhongli
Taoyuan 32001
Taiwan

Letter of Intention to Collaborate with iCARE

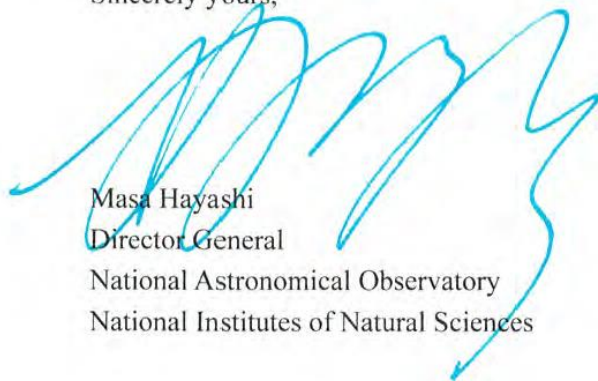
Dear Professor Chen,

I have recently received the information that astronomers at the National Central University and National Tsing Hua University have a plan to jointly establish the International Center for Astronomical Research (iCARE) to focus on multi-messenger time-domain astronomy.

This is to state the intention of my colleagues and myself at the National Astronomical Observatory of Japan to collaborate with iCARE. We will combine scientific expertise of our institution and yours on, but not limited to, studies of multi-messenger time-domain cosmic phenomena. A binding agreement on any specific project will be negotiated as the occasion arises.

I expect this to be a scientifically rewarding collaboration and am looking forward to working with you soon.

Sincerely yours,



Masa Hayashi
Director General
National Astronomical Observatory
National Institutes of Natural Sciences

November 8, 2017

日本國家千葉大學合作意願書

中國國家科學院上海天文台合作意願書

中國國家天文台雲南天文台合作意願書



项目合作协议

由中国科学院云南天文台钱声帮研究员带领的团队与台湾中央大学陈文屏教授带领的团队在双星和星团方面有长期合作基础，经双方讨论，达成联合开展银河星团中食双星的观测与研究合作协议。合作双方将共同制定相应的观测计划，充分利用双方的仪器设备对星团中的双星开展时域监测，进而研究双星的形成与演化，探讨双星的并合与特殊天体的形成（如 V1309 Sco 型爆发天体、蓝离散星和快速自转的单星等），寻找伽马爆的前身星候选体。双方将共享研究成果，以学术论文的形式共同署名发表。其它未尽事宜，由双方共同协商解决。

本协议于二〇一六年七月二十八日签署，一式四份，双方各执两份。

台湾中央大学

中国科学院云南天文台

项目负责人签字：

项目 负责人签字：

中國國家天文台新疆天文台合作意願書

中国科学院新疆天文台-台湾中央大学天文研究所

关于“跨时区变星时域天文研究”项目的

合作协议

为开展“跨时区变星时域天文研究”项目的研究工作，发挥特色研究（“年轻恒星时域光变”）的优势，台湾中央大学天文研究所（以下称天文所）拟在新疆天文台（以下称新疆台）建设两台 50 厘米宽视场望远镜系统（以下称望远镜），经双方协商，本着合作共赢的原则，在科学研究、望远镜的建设和使用达成以下合作协议：

- 一、望远镜安置在新疆台观测站。天文所负责望远镜的整体集成和整合，新疆台负责承建圆顶基建，并提供水电，网络，观测平台等方面的支撑。
- 二、双方成立项目工作小组，共同对该望远镜进行管理和维护。双方共同将其建设成一个可以远程控制的观测平台。科学课题依照双方约定制订。
- 三、新疆台负责望远镜日常运行，运行维护费由新疆台提供，具体数额由望远镜实际运行情况决定。
- 四、望远镜的观测模式根据其主要科学目标确定，原始数据保存一份在新疆台，观测时间分配及数据使用规范须在项目工作组讨论。
- 五、望远镜观测数据的使用、产生的合作成果的发布和发表，需经过项目工作组同意。

本协议自双方签署起生效，有效期三年，在双方没有异议的情况下自动延续。其它未尽事宜，双方友好协商解决。

负责人：

中国科学院新疆天文台

（盖章）



日期：2016年4月7日

地址：乌鲁木齐市新市区科学一街150号

负责人：所長 陳文屏

台湾中央大学天文研究所

（盖章）



日期：2016年03月18日

地址：台湾桃园市中坜区中南路300号

美國哈佛史密松天文物理中心合作意願書

澳洲國立大學合作意願書