



中央研究院
天文及天文物理研究所



【計算天文物理學】數位化的宇宙大戲

一般人對天文學家工作的印象，不外乎坐在高山上的天文台內，外頭寒風刺骨，方圓百里不見人煙，孤獨的天文學家專注、目不轉睛地透過一管長長的望遠鏡，耐著性子紀錄天體運行的狀況。這也許是十七、八世紀天文學家的工作記實，但現在的天文觀測全部數位化了：CCD 記錄數位影像，天文學家透過網際網路遠端控制望遠鏡進行觀測，收集到的資料藉由電腦強大的計算能力進行分析，以中研院天文所的中美掩星計畫為例，每天晚上的觀測最高可以收集到 100GB 的影像資料，從中找尋古柏帶小天體，整個過程都得靠電腦協助。

做理論的天文學家也不是僅靠筆和紙。理論天文學家針對某個天文現象，費盡心思地建構一個模型（一堆方程式）後，接下來就是解方程式以深入分析相關的前因後果，這部分也得靠電腦的數值計算才行。

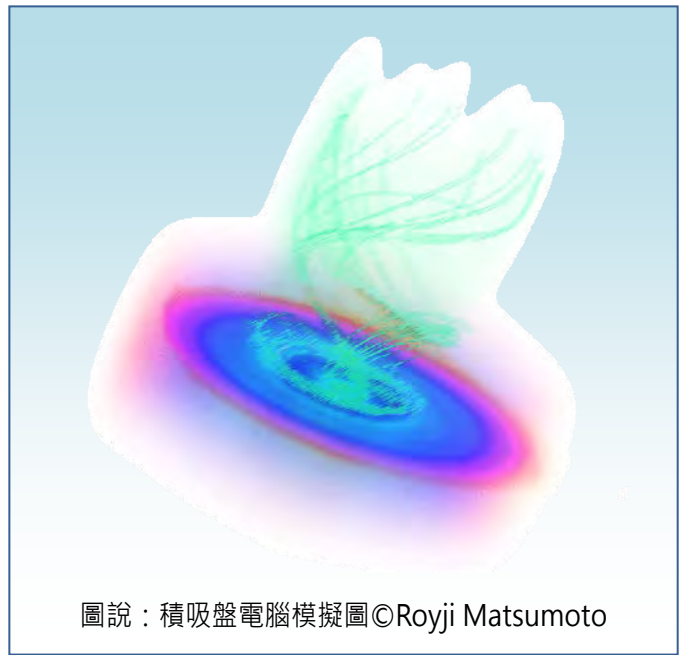
宇宙包含四面八方以及古往來今，天文的觀測卻只能在一剎那間紀錄宇宙的某一個小角落；但天文學家透過超級電腦卻可以還原宇宙的過往，重現宇宙大戲。

這場宇宙大戲已於第四屆由中研院天文所主辦的東亞數值天文物理國際研討會（EANAM）中登場演出。2003 年，天文所前所長袁旂博士為加強東亞學術交流，首次在台北舉辦本會。由於各國參與單位反應熱烈，之後便先後於日本東京（2004 年）、南韓大田（2006 年）以及大陸南京（2008 年）舉行。2012 年則預定在日本京都舉辦。

此次研討會可以看到電腦在天文上的應用。從物理的角度，電腦可以解決重力主導的多質點（ n -body）系統、流體動力學、磁流體動力學以及相對論性問題。若從天文研究課題來看，可以包括黑洞四周的吸積問題、超新星的核塌縮問題、星系結構、恆星形成與外流、雙中子星合併、雙黑洞合併、暗物質暈等，從行星、恆星、星系、星系團，甚至到最尺度的宇宙學，幾乎無所不包。

此次研討會中還報告了最新的計算平台。涉及天文的計算需要最大量以及最複雜的電腦運算，所以計算用的電腦也必須是全世界一流的：處理大量運算的叢集電腦、向量電腦，最近更連高階的電腦顯示卡（GPU）都被當成計算的工具，而且已有研究單位建構出 Pflops（一百萬個 Gflops）等級的 GPU 叢集，可以預見未來的超級電腦將會以 GPU 叢集為主流。

以往的天文研究是以天文觀測和理論為主，現今利用超級電腦的天文計算則漸漸成為天文研究的一支。如何讓超級電腦發揮最大效能、如何用最適當的計算方法解決天文問題、如何檢驗及解釋計算結果、如何將計算結果與天文觀測相互驗證，這些都需要各種領域的專家共同努力，一起來解開宇宙之謎。（曾耀寰 編輯稿）



圖說：積吸盤電腦模擬圖©Royji Matsumoto

【密度波理論】星系軌道公路上的疏密波

密度波理論是林家翹和徐遐生兩位中研院院士在 1960 年代中期為解釋螺旋星系的旋臂結構所提出的理論。

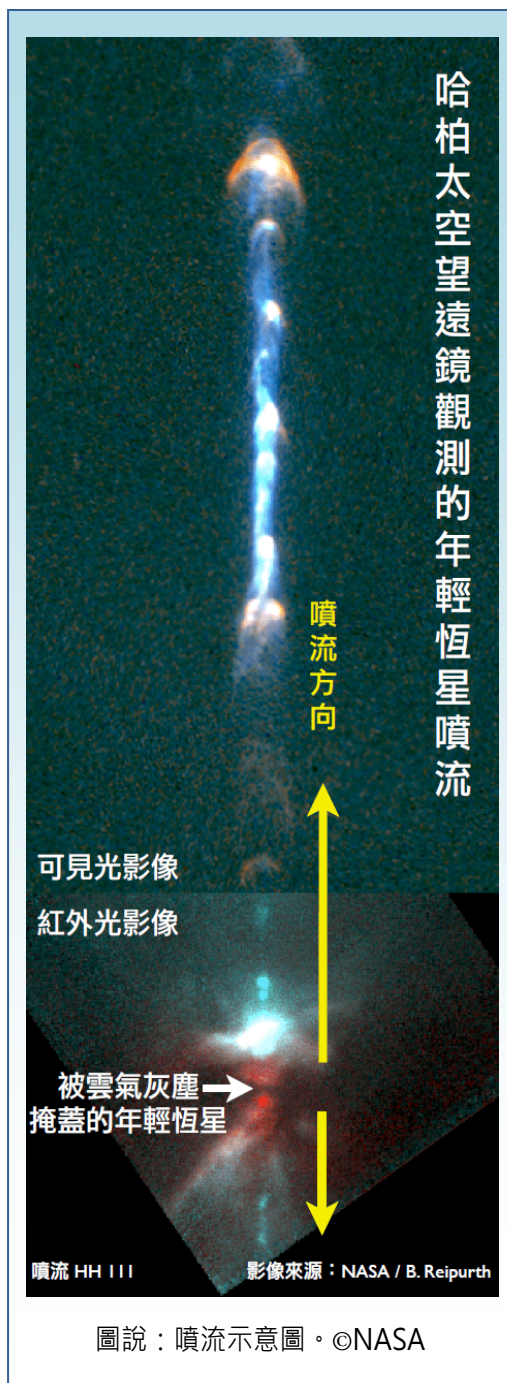
旋臂結構是螺旋星系的主要形態特徵。根據觀測得知，螺旋星系自轉時的內部角速度比外部角速度大，如果組成旋臂的物質是固定的，旋臂應該會越纏越緊。依此計算，推論在星系年齡內旋臂應該就會完全纏繞在一起；然而觀測所見並非如此。

1942 年瑞典天文學家林德柏（Bertil Lindblad）首先提出了密度波的想法。1964 年，旅美中國天文學家林家翹、徐遐生指出旋臂其實不是固定物質組成的，而是星系盤面上密度較高的區域，就像高速公路上塞車的車波情況一樣。密度波理論認為，恆星在繞中心旋轉時，旋轉的速度忽快忽慢；運動慢表示恆星密集，反之則稀疏，因而空間密度也呈現出波動變化。這種波既繞中心環行傳播，同時又沿半徑方向傳播，因而密度極大的波峰呈現螺旋狀分布，形成我們所見到的旋臂。所以螺旋星系的旋臂即是星系上空間密度分布較密集的區域。然而組成旋臂的恆星並非始終處於旋臂中，而是有進有出。在旋臂後方，恆星不斷進入旋臂，由於恆星密集，引力場加強而被減速；在旋臂前方，旋臂中的恆星速度加快，走出旋臂。因此螺旋星系能夠在整體上維持旋臂結構的圖案，旋臂不會纏卷起來。密度波理論成功地解釋了螺旋星系旋臂結構的成因，得到了很多觀測事實的支持。



從 1970 年代晚期開始，Peter Goldreich、徐遐生、袁旂等人應用密度波理論成功地解釋了土星環的結構。目前密度波理論也應用在原恆星氣體盤的結構上，可以解釋太陽系外類木行星在其原恆星盤上的遷移現象。（林蓮宣 特稿）

【年輕恆星噴流】絢爛的太空煙火秀



噴流是恆星形成過程中常伴隨發生的現象。最初天文學家在含有新生恆星的分子雲周圍發現了一連串發光的雲氣，綿延可達數千天文單位，卻不知道它們是什麼。等到天文學家開始運用天體的發射譜線推斷其速度，並且用兩個不同時間的照片計算雲氣移動的距離，才發現這些雲氣的源頭都指向初生成的恆星，並以時速數十萬公里的高速從兩極逃離恆星的引力掌控。這些雲氣受到恆星的高能光子的游離與激發，以各種元素的發射譜線發光，範圍涵蓋可見光與紅外光，就像太空中絢爛的煙火秀。

研究原始恆星所產生的噴流可以讓我們了解恆星形成初期經歷的過程。目前相信，噴流的形成與原始恆星周圍的磁場及氣體盤息息相關；恆星附近的磁場一部份與恆星連結，給予氣體累積的通路，一部份向外發散，噴流則沿著發散的磁場加速飛出。所以研究噴流的光譜，再與長時間觀測所得到恆星上因為氣體累積產生的譜線光度變化做比較，可以推論恆星周圍磁場的變化與分布情形。另一方面，噴流會影響氣體盤物質的流失速率及同位素比率，從而影響了氣體盤內行星的組成與形成過程。

目前對於噴流形成機制的研究仍在持續進行中。然而從噴流的高速來推斷，其起始位置應是在距離恆星一個天文單位以內的區域。如此細微的結構需由下一代的高解析度望遠鏡與光譜儀來為天文學家解開噴流來源之謎。
(劉君帆 特稿)

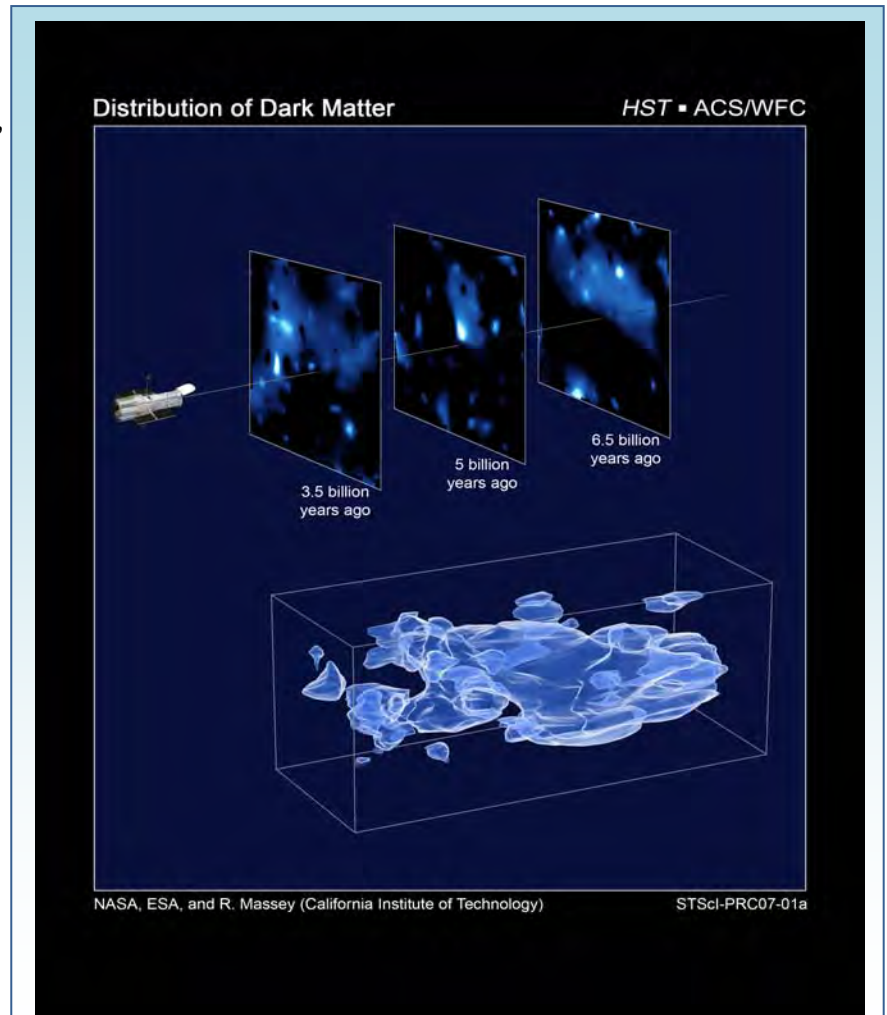
【重力透鏡作用】從重力萬花筒看宇宙…

若把宇宙想像成四面環繞著鏡子的大廳，廳裡則充滿了哈哈鏡中教人分不清是真是假的各種天體影像。這宇宙哈哈鏡館裡各色各樣的透鏡就是重力透鏡。

根據愛因斯坦的廣義相對論，太空中巨大天體的質量會產生重力場使得時間和空間被扭曲，光線經過天體附近時受到重力場吸引而進入彎曲的時空裡，因而改變了原來的行進方向；於是我們在地球所看到的光源影像數目、位置和形狀和原來的光源可能都已有所出入了。這些影響光線路徑的天體就被稱為太空中的重力透鏡，而這個重力場造成光線偏折的現象便是重力透鏡效應（Gravitational Lensing）。

重力透鏡效應系統的主角有四個：觀測者、背景光源、處於光源與地球之間扮演重力透鏡的質量天體、以及包含前三者的空間；至於連接透鏡和觀測者的直線則叫作光軸。這個透鏡系統會因各主角特性不同及相對位置改變而產生不同現象（包括所產生影像的形狀、大小、光度及光度變化的延遲時間長短等等）。目前發現的重力透鏡效應類型，依據其透鏡質量密度、偏折現象成因及偏折效應強弱等特性大致可歸為強重力透鏡效應、弱重力透鏡效應及微重力透鏡效應三類。其中和暗物質偵測最相關的就是弱重力透鏡效應。

作為弱重力透鏡的天體通常質量雖大，內容物卻分散得很開，以致來自背景遙遠星系的光束行經此處時光線被偏折的效應很弱，弱到單一效應經常不易被觀測者察覺。儘管如此，藉由觀測一大群光源天體，長期收集記錄不同時間點的光線及影像資料，仍可經由統計偵測出這種弱透鏡效應來，同時還可分析得到透鏡區域內的三度空間質量分佈圖，尤其是區域中暗物質的分佈。因此弱重力透鏡效應經常被用來分析透鏡天體的結構組成及其質量分佈隨時間的變化，藉此還可瞭解宇宙膨脹的情形及解答暗物質對宇宙膨脹的影響。（陳筱琪 編輯稿）

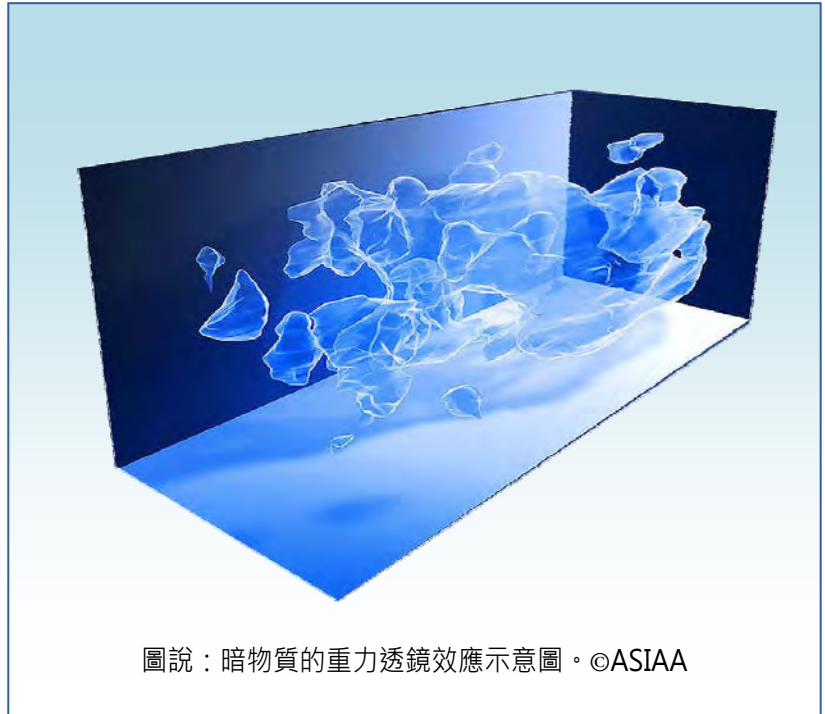


圖說：暗物質的重力透鏡效應示意圖。©NASA, ESA and R. Massey (CIT)

【圓圓胖胖的暗物質】宇宙中的謎樣天體

暗物質 (Dark Matter) 是宇宙中的一個謎，多年來令天文物理學界著迷不已。暗物質的概念最早 (1933 年) 由美國天文學家茲維奇 (Fritz Zwicky) 所提出。茲維奇測量星系團內星系的速度，結果發現整個星系團的質量不足以維持星系的的速度，因此推論有看不見的物质存在。1970 年代初，美國女天文學家魯冰 (Vera Rubin) 測量螺旋星系盤面的公轉速度，發現盤面外圍的速度太快，顯然有更多看不見的物质存在，否則沒有足夠的萬有引力拉住外圍快速公轉的星星。整個宇宙目前也已知有質量與速度不一致的類似問題存在。由於暗物質不同於一般物質，幾乎無法發光，其存在與否科學家僅能從它對其他天體所造成之重力影響來加以推斷。

中研院天文所博士後研究員岡部信広博士 (Dr. Nobuhiro Okabe) 參與一組跨國團隊研究，首度證實暗物質在大質量星系團內呈現近似橢圓的扁平狀分佈。該研究團隊運用 Subaru 望遠鏡的主焦相機 (Subaru Telescope's Prime Focus Camera) 觀察 25 個大質量星系團，藉由重力透鏡效應來詳細測量這些星系團的暗物質空間分佈。星系團是研究暗物質分佈的理想場域，因為它們含有成千上萬的星系，以及大量的暗物質。研究者利用主焦相機取得了大質量星系團的廣角影像 (這些星系團位於地球 30 億光年以外的距離)，透過測量及詳細分析圖像中的重力透鏡效應所取得的明確證據，顯示出暗物質在這些星系團內的分佈情形。



圖說：暗物質的重力透鏡效應示意圖。©ASIAA

平均來說，暗物質的分佈呈現出非常扁平的形狀，而非簡單的球形輪廓。該扁平化程度相當大，其橢圓形的長軸與短軸比例相當於 2:1。此發現創下壯舉，首度成功展現天文學家利用重力透鏡直接偵測出暗物質分佈的扁平化現象，這和暗物質的主流理論結果一致。不過暗物質的本質仍是未知的謎，只要有人能破解它，一定可以獲得諾貝爾物理獎。(曾耀寰 編輯稿)

【2010年中研院天文所院區開放活動】

一年一度的中央研究院的開放日活動可說是一場精采的科學嘉年華會。今年，本所同仁精心準備了相當多樣化的活動，主要可以分為三大項：科普演講、研究成果展以及藝文活動。科普演講由去年廣受好評的「天文所望遠鏡連線展示」打頭陣，本所陳明堂副所長透過視訊軟體，以遠端連線的方式與位在夏威夷及智利的研究同仁對談，並現場同步展示觀測儀器的運作，演講的最後更邀請現場的觀眾遙控本所位在鹿林山的光學望遠鏡，令觀眾大開眼界。另一個演講則由賀曾樸所長擔任主講人，以「天文學的黃金年代」為題，介紹現今天文物理學最前沿的研究領域。同時，在演講廳周邊，我們安排了本所的研究成果展，展出近來本所各個主要研究領域的最新成果，同時也以「星空藝廊」的方式，呈現天文攝影之美。此外，我們也安排了四個「天文動手做」的展示區，以輕鬆有趣的方式將天文學的原理傳達給一般大眾。

除了知性的演講及展示，天文所的活動也有感性的一面。本所邀請「呼啦天使」舞蹈團，以夏威夷的呼啦舞揭開開放日活動的序幕。中午更邀請到金曲獎得主董舜文先生所領導的爵士樂團，帶來熱情洋溢的拉丁爵士組曲。這兩項藝文活動的目的，是要傳達夏威夷文化以及智利的拉丁文化，因為天文是一門國際化的科學，本所的許多國際合作計畫以夏威夷為基地，近來更加入智利。透過這個機會，也希望讓國內的民眾感受一下異國的氛圍，享受一場知性與感性兼具的科學饗宴。(顏吉鴻 編輯稿)



©ASIAA

【天文與音樂】

音樂是藝術，而天文是科學。這兩門學問是不是有相關的地方呢？天體規律地東升西落，而美妙的音樂則取決於音符出現的順序。其實，早期的哲學家、科學家認為「和諧」是世間萬物的基礎。音樂是如此，天上的行星也是如此。天文學家克卜勒在他的「世界的和諧」一書中，就證明行星之間近日點、遠日點的距離，恰巧是整數比，而且恰好與音樂中的「和弦」符合。例如：土星的近日點和遠日點的比值是4:5，剛好與大三度和弦相符。在該書的最後一章，克卜勒提出了克卜勒行星運動第三定律。無獨有偶的，現代音樂與科學的發展基本上起於類似的年代，西方現代音樂之父巴哈（1685-1750）和科學巨擘牛頓（1643-1727）其實生活在同一個年代，當牛頓出版他的科學巨著「自然哲學的數學原理」時，巴哈正好兩歲。



©KRONOS Quartet

到了二十世紀，天文學發現了目前所知的太陽系八大行星，而作曲家霍爾斯特將他對行星的想像譜成了著名的行星組曲，其中的某些段落也常常出現在科幻電影當中。

事實上，太空中是充滿聲音的，只是人的耳朵聽不見。美國愛荷華大學的唐·葛瑞那特教授就花了四十年時間收集太空中的聲響。美國航太總署就將這些聲響轉成人耳可以聽見的頻率，加上太空的影像，委託作曲家做成「太陽光環」一曲。由著名的克羅諾斯弦樂團在世界各地巡迴演出。根據可靠消息來源指出，該團將參加明年臺灣藝術節的活動，並演出該曲目，想必精采可期。（顏吉鴻 編輯稿）

【推動台灣天文研究的先驅】憶·袁旂博士

中研院天文所為紀念已故的第二任所長袁旂博士籌建的袁旂園，於今年 10 月 21 日舉行落成典禮。十一樓露台入口牆上的紀念碑刻著：『紀念袁旂…一位紳士、老師、學者、愛家的人、運動健將和中華文化及國土的忠誠維護者。』



影像提供：袁旂教授家屬

天文學發展在 1990 年袁旂教授回國前於台灣並未受到重視。袁教授該年在清華大學物理系擔任客座教授時便開始關心國內天文學的發展；次年便與台灣及海外的天文學家聚集商討如何在台灣迅速發展天文學。此後他加入規劃委員會，為我國發展天文研究作了長期而全面的計劃。經過十多年來的努力，推動了台灣天文學的發展，包括大學增開天文課程，並於中央大學、中研院、台大、清大、成大先後成立天文研究所。

1994 年回台定居直到 2008 年離世前，袁教授在中研院天文所積極推動建立理論天文團隊，以流體力學，磁流體力學及數值模擬為工作重點，延攬許多人才投入，並跨界與中研院數學所、台大數學系及物理系共同研究。在天文觀測上，他也協助天文所參與多個建造望遠鏡的國際合作計畫，包括次毫米波陣列等。在東亞地區則促成東亞核心天文台協會的成立及東亞數值天文物理會議的舉行，促進東亞地區天文學術的交流及合作。並與多個國際天文研究計畫合作，確立了台灣在國際天文界的重要地位。

袁旂教授民國 26 年出生於南京，戰後隨家人到了台灣。建國中學畢業後保送進入當時最熱門的台灣大學土木工程系。大學畢業服役後前往美國密西根大學攻讀博士學位，師事於易家訓教授，學習流動力學穩定性理論。完成博士論文後，他寄了一份履歷給心儀已久的麻省理工學院林家翹先生表達對旋轉流動研究的興趣，但林先生要袁旂擔任博士後研究員做的不是流體動力學穩定性的研究，也不是一般的旋轉流動，而是巨大系統的旋轉流動，後來他才知道這巨大系統原來就是星系盤。就這樣，袁旂毅然走上了天文物理學研究



圖說：袁旂園。©ASIAA

的道路。之後他與林家翹、徐遐生共同發展出密度波理論來解釋螺旋星系的旋臂結構和預測恆星誕生與密度波的關係；這個理論後來也獲得了觀測證實。

剛開始在林家翹研究室工作時，袁旂曾因為自己的物理基礎薄弱，感到十分吃力，但是透過林先生的循循善誘，使他很順利地進入了這個研究的殿堂。正因為他自己有這樣的經驗，所以他對來自不同背景的學生接受度很高，而且對學生的指導也是循循善誘、開明及尊重，並且總是給予鼓勵。即使百忙中也是以和學生討論為優先，對學生的關懷溢於言表，對提拔後進不遺餘力。

袁旂教授作為一位典範不只是在專業領域上，他為人正直、謙虛、真誠、體貼；且學識淵博，國學根底深厚，即使晚年在病中，仍能將數百字的古詩一字不差的背誦出來。他喜歡作詩並寫得一手好書法；同時能文也允武，籃球、網球、揮拳、舞劍樣樣都行。在家庭裡，事親至孝、深愛妻女，還燒得一手好菜。

…袁旂，誠如他的朋友所說：這樣的人，世間有幾人？…

（林蓮宣彙整自袁旂紀念文集「君子的風範」）

【邁向天文之路】尚賢博士專訪（季報節錄版）

尚賢博士在桌上堆滿研究資料的辦公室中接受專訪的 2 個小時內，一邊不停手拍著出生幾個月剛喝完奶要入睡的排行老三的小寶寶的背，一邊神采奕奕地與採訪小組分享她的理論天文研究和研究人生經歷……

問題一、隨著電腦計算能力的日益強大，電腦模擬已運用至各種天文現象如行星系統，恆星結構，星系演化，宇宙大尺度結構等，能否談一下電腦模擬對天文學理論印證的優劣？

我覺得電腦模型模擬有點像是用來測驗理論的一個「天文實驗」，是根據已知的知識、觀念和因素建構出來的，但實際上對天文我們仍有很多的「未知」，真實的宇宙環境存在各種交錯複雜、互相影響的因素，所以在利用電腦模擬模型做解釋時要小心做判斷。電腦模擬模型是用來作為幫助瞭解系統的方法之一，但最好的方法還是實際觀測存在宇宙系統中的那些真實天體。



圖說：尚賢博士。©ASIAA

問題二、投入天文研究需要做的準備：提供建議給來自各領域有志投入天文研究的學子後輩參考

我覺得興趣、個性和長處才是衡量一個人是否從事這個領域研究的決定因素。至於從事天文研究，不論是天文觀測或理論研究，物理和數學基礎都要夠紮實，至少也要具備基本的學科能力，才能幫助達成研究目標；為了因應現代的的天文研究需要，化學甚至生物學最好也要有一定的基礎。學子們應該要有個觀念，自己是為了興趣目標而需要打好這些學科基礎，而非僅是因為剛好這幾個學科成績很好所以才覺得可以去從事天文研究。原則上，下列三項可以大致作為衡量自己是否適合理論天文研究的參考：具備紮實的基本學科基礎、有能力用邏輯的分析方法去瞭解物理系統、具備對天文理論研究的熱情。

問題三、如何與研究壓力共存

研究的壓力可能來自研究過程中所遇到的瓶頸，也可能來自日常生活家庭的安頓及協調溝通。最好的調節方式就是想辦法與壓力共存。通常做理論天文的人，想要有所突破的話，都不會去選擇簡單的研究題目，但具挑戰性的題目，就會帶來瓶頸，解決問題過程中，就會有挫折和沮喪，這種情況下的研究可能就不再讓人覺得那麼有「樂趣」。這時我會告訴自己：「你不是第一個遇到瓶頸的人」，然後想辦法解決問題，過程中透過一直不斷地嘗試、計算、修改，一方面加強訓練了學科及研究的能力，一方面也鍛鍊了心智，這是很重要的研究歷程。總之記得這句話：「甘美的成果，都是經過歷練才得到的」。

（蔣龍毅、顏吉鴻、陳筱琪/採訪；陳筱琪/撰文）

【邁向天文之路】尚賢博士專訪網路全文版

尚賢博士在桌上堆滿研究資料的辦公室中接受專訪的 2 個小時內，一邊不停手拍著出生幾個月剛喝完奶要入睡的排行老三的小寶寶的背，一邊神采奕奕地與採訪小組分享她的理論天文研究和研究人生經歷…

尚賢博士從事理論天文學研究多年，除了請她談談本所推動理論天文學的過程，對於「投入天文研究需要做哪些準備」，我們也請她從女性天文學家的觀點，提供建議給各領域有志投入天文研究的學子後輩參考。

Q1、參與本所推動理論天文學研究的經歷

Q2、從事理論天文研究之前有哪些基礎知識是必備的？

Q3、對於來自其他科系知識背景卻希望投入理論天文研究的人，靠著對天文的熱情及好奇心可以克服實際會遇到的屏障嗎？

答：

本所籌備處自 1993 成立到 2000 年之前，研究重點領域多放在電波天文學上面。2000 年我加入本所後開始發展理論天文學研究，並提出大型聯合研究計畫。然而當時所內卻連可供作為專業理論計算的電腦平台都沒有，一切理論天文研究都是從零開始。之後在歷任籌備處主任支持，及徐遐生院士與美國天文合作機構協調幫忙下，經過數年的時間奔走協調經費及重整計算機系統平台設計和設備後，天文所的理论計算天文學研究才算步上軌道，並從 2002 年起才真正有自己的研究成果產出，但是在當時，我們的研究產出速度仍落後歐美水平。後來數年，為了趕上國際水平，天文所持續改善計算系統及環境，並提出另一個跨研究機構的高等理論天文物理研究(TIARA) 大型聯合計畫，直到今日，天文所的理论天文學研究已經超越了國際水平。

現今天文學界從事天文觀測研究的學者佔了約 90%，另外 10% 才是從事理論研究的。和天文觀測研究不同，從事理論研究的人對理論研究樂趣根源不是來自「看到或發現了什麼新的星體」的興奮感，也不見得是來自「研究成果被大眾認同」的成就感，事實上，很多理論研究學者最大的樂趣就是沈醉在建構那一個「美好的理論世界」的當兒，所以「熱情和興趣」是很重要的動力。此外，理論研究學者除了埋首理論研究外，也必須要知道如何用觀測研究者的「語言」來和其他 90% 的天文研究學者做溝通才行。

天文研究人口中從事理論天文學研究者僅佔一成，從事這個領域研究的「女性」人數更是寥寥可數。這個現象除了上述的影響因素之外，或許也跟理論天文學給人的印象是物理、數學必須要很強而讓很多女性望之卻步有關。像「恆星形成」這方面，從事研究的女性天文學者其實很多，但做「恆星形成理論」研究的女性卻很少（其中多是徐遐生院士的門下。徐院士是國際知名的天文學者，他的恆星形成理論在目前被奉為圭臬，是目前該領域的翹楚）。

對於第三個問題，我不會特別針對性別來鼓勵後輩加入理論天文學研究，倒是覺得興趣、個性和長處才是決定衡量一個人是否從事這個領域研究的決定因素。至於從事天文研究，不論是天文觀測或理論研究，物理和數學基礎都要夠紮實，至少也要具備基本的學科能力，才能幫助達成研究目標；為了因應現代的天文研究需要，化學甚至生物學最好也要有一定的基礎。

學子們應該要有個觀念，自己是為了興趣目標而需要打好這些學科基礎，而非僅是因為剛好這幾個學科成績很好所以才覺得應該去從事天文研究。

原則上，下列三項可以大致作為衡量自己是否適合理論天文研究的參考：具備紮實的基本學科基礎、有能力用邏輯的分析方法去瞭解物理系統、具備對天文理論知識及對此研究的熱情。

Q4、隨著電腦計算能力的日益強大，電腦模擬已運用至各種天文現象 如行星系統，恆星結構，星系演化，宇宙大尺度結構等，能否談一下電腦模擬對天文學理論印證的優劣？

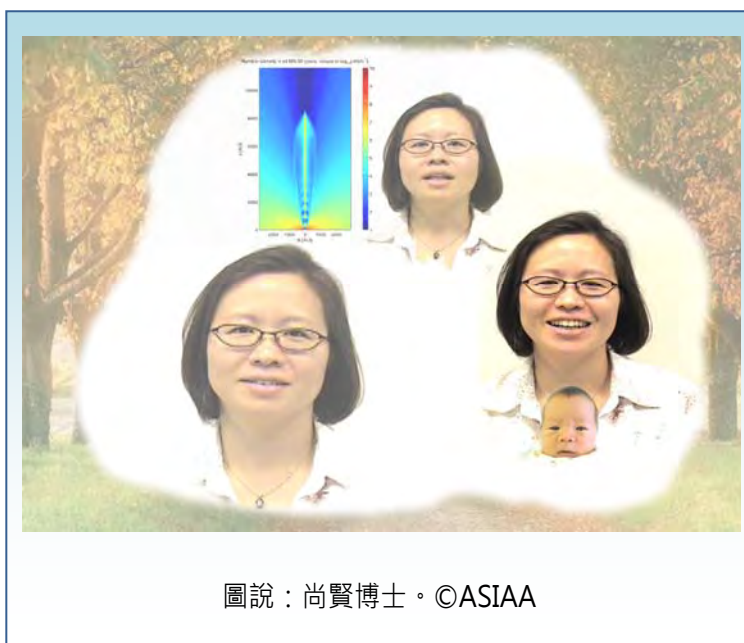
答：

早期天文研究的電腦模擬模型不多，這是後來才普遍的。但是我覺得電腦模型模擬有點像是用來測驗理論的一個「天文實驗」，是根據已知的知識、觀念和因素建構出來的，但實際上對天文我們仍有很多的「未知」，真實的宇宙環境存在各種交錯複雜、互相影響的因素，所以在利用電腦模擬模型做解釋時要小心做判斷。電腦模擬模型應該是用來作為幫助瞭解系統的方法之一，而實際上的最佳模型還是存在宇宙系統中的那些真實天體。

Q5、天文研究過程中的主要壓力來源有哪些？如何與壓力共存？

答：

研究的壓力可能來自研究過程中所遇到的瓶頸，也可能來自日常生活家庭的安頓及協調溝通。學生時代遇到瓶頸或壓力或彈性疲乏時，我會放空自己，離開研究崗位休息幾天做做其他事，完全不去考慮研究的事，這樣的抒解方式效果不錯。但是現在身為專業理論天文學者，幾乎沒有停歇的空間。所以最好的調節方式就是與壓力共存，要學習改變自己，學習不讓壓力影響自己，也不要因為壓力轉而將情緒發洩在學生或家人身上，因為這樣不但無法抒解，反而會產生更多心理壓力。



尤其是做理論天文的人，想要有所突破的話，通常都不會去選擇簡單的研究題目，但具挑戰性的題目，就會帶來瓶頸。解決一個接著一個而來的問題過程中，一定會有挫折和沮喪，此時研究可能就不再讓人覺得那麼有「樂趣」。這個情況下我就會告訴自己：「你不是第一個遇到瓶頸的人」，然後想辦法解決問題，過程中透過一直不斷地嘗試、計算、修改，一方面加強訓練了學科及研究的能力，一方面也鍛鍊了心智，這是很重要的研究歷程。總之記得這句話：「甘美的成果，都是經過歷練才得到的」。

Q6、成功的女性天文學家如何兼顧研究職場和家庭？

對很多科學家來說，尤其是需要兼顧家庭小孩的女性科學家，要兼顧研究職場和家庭最重要的事，就是找到可以好好安定家庭和安排小孩的方式，尤其是能找到提供支援、值得信賴的托兒對象或機構。

我想我在一般傳統婆婆媽媽眼裡，或許是個不合格的女性，因為為了兼顧研究和家庭，我就會盡量變通突破窠臼，想辦法解決問題與壓力共存。比如說，我需要常常臺美兩地跑，所以我都帶小孩坐飛機，這好像顛覆了傳統想法，但小孩子可塑性很強，他們很快就適應了，而且也都很喜歡坐飛機。此外，我的父母和婆婆在我的家庭安頓照顧上也幫了很大的忙。總之，要做好研究，日常生活上要盡可能運用所有家人的支援，當然和家人隨時的溝通協調還是必須的。

比起處理生活其他事務，研究工作對我來說反而比較像是抒解壓力、休息的方式，因為工作對我而言其實是令人愉悅的一件事；反倒是在家人的溝通協調、安排家庭和小孩上需要花不少心力，這才是我壓力的主要來源，但是還是要繼續努力學習變通，與壓力共存，不要讓壓力影響自己。還好我的家人包括小孩都很支持或配合我。

在研究職場上，要兼顧研究學者及母親的角色還是多少會受職場傳統觀念的壓力影響，而且這個壓力不見得只來自男性同僚。但是這個傳統觀念的壓力是可以藉由「潛移默化的觀念教育」方式慢慢抒解，最後提高社會及職場的接受度或者耐受度的。舉例來說，這幾年來，隨著天文所的女性員工一個個結婚生子，現在大家不分男女漸漸都對要兼顧職場專業及母親角色的女性同事比較具有同理心，也比較能理解接受女性同事的雙重角色了。所以在這方面，包括男女成員，大家都在一同成長。（蔣龍毅、顏吉鴻、陳筱琪/採訪；陳筱琪/撰文）