



中央研究院院士  
葉永烜 講座教授

## 尋找具有大潛力及突破性的事來做

### Look for Research Areas with Great Potential for Making Breakthroughs

撰文：林麗娥

「立方衛星」具備體積小、成本低等特性，問世至今，已有很多國家的科學家成功發射到太空，功能五花八門，從微重力環境下的生物醫學實驗到研究高層大氣都有，可說是學術研究或新創測試的入門款。《科儀新知》238期即以「立方衛星與酬載儀器」為主題，介紹台灣的技術與發展現況。在台灣提到衛星發展、甚至在人類整個太空探求的發展史上，必定會提到「卡西尼探測土星計畫」(Cassini Saturn Orbiter)。這個計畫正是葉永烜院士於1982年向美國太空總署(NASA)與歐洲太空總署(ESA)提案，促成雙方的合作。能夠成就這樣偉大的計畫、被譽為全球五大傑出彗星研究的專家，大腦是不是真的異於常人？還是有些好習慣可以讓大家仿效學習的。本期「人物專訪」為讀者邀請到中央研究院院士、現任國立中央大學太空科學與工程學系—葉永烜講座教授，讓大家好好認識一下葉院士的所思所想。

葉永烜院士是在美國加州大學聖地亞哥分校 (University of California, San Diego, UCSD) 拿到應用物理及資訊科學博士。在那裡，院士認識了影響他最深的兩位老師。一位是教他不要向權威知識屈服、諾貝爾物理學獎得主漢尼斯·阿爾文 (Hannes Olof Gösta Alfvén) 教授；另一位是帶他進入德國馬克斯普朗克高層大氣研究所 (Max Planck Institute for Aeronomy, MPAe) 從事研究工作的伊恩·艾克斯福德 (Ian Axford) 教授。院士笑說：「我一輩子都在這兩位老師的『陰影』之下，他們不到 30 歲就已經是世界頂尖的科學家，念博士時在那個系所當研究生，顯得我們都像是『廢才』一般」。葉院士表示，至今遇到一些研究問題，都會回想一下，如果是 Alfvén 會怎麼回應，Axford 會怎麼思考。

## 總是和自己的指導教授 Alfvén 吵架

葉永烜院士剛到 UCSD 念博士的時候，在台灣學長姊的建議下，是先找 Axford 當指導教授。拜訪 Axford 教授時，因為 Axford 是從事太空研究，當他敲門進去老師的辦公室時，葉院士一開口就跟老師表明：「I am interested in Space.」Axford 可能還被葉院士的拜訪有些摸不著頭緒，不知如何回覆之際，隔壁一位助理教授很興奮地跑來向 Axford 分享，他剛剛拿到 NASA 的計畫，於是 Axford 就順勢介紹葉院士給這位助理教授當博士生。院士回去後愈想愈不對勁，他連這位助理教授做什麼研究都不是很了解。於是台灣學長姊又建議他去找也拿到計畫經費的 Alfvén 當指導教授。Alfvén 丟了一本厚厚的講義給葉院士，請他看完再來決定是否有興趣加入研究團隊。「我隨手翻了幾頁，就去告訴 Alfvén，我有興趣。」就這樣葉院士成為了 Alfvén 的博士生。

就在葉永烜院士加入 Alfvén 教授研究團隊之後的兩星期，Alfvén 因為開創了磁流體力學 (Magnetohydrodynamics, MHD) 於 1970 年獲得諾貝爾物理學獎。磁流體力學是研究電漿體和磁場相互作用的物理學分支，主要是指運動的導電流體中，磁場能夠感應出電流。宇宙的一般物質大約有 99% 是以電漿形式存在，因此要研究天文學，對電漿的瞭解是不可或缺的。為了研究太陽系、土星的起源，Alfvén 發明了磁流體力學來驗證他的假設。

Alfvén 教授的思考經常超越時代，與當時的論述格格不入，因此經常與人爭論、吵架。像是他在 1939 年發表了一篇電流相關的文章，贊同挪威科學家 Kristian Olaf Bernhard Birkeland，在 1908 年主張極光裡的電流是由太陽延伸出來的帶電微粒進入所引發的主要次級效應。當時英國物理學家 Sydney Chapman 力斥這種主張是無稽之談，而 Alfvén 的文章也遭到退稿。Birkeland 的極光理論在 1963 年探測器進入太空之後，1967 年 Alex Dessler 和 David Cummings 寫了一篇論文，討論所發現的場向電流，終於讓 Birkeland 所提出的理論得到證明，也支持了 Alfvén 的見解。

葉永烜院士說 Alfvén 可能有 10% 是在想研究、90% 是在跟人吵架，這種吵架習慣幾乎成為他的膝蓋反射動作。Alfvén 一方面非常強勢，總要求別人認同他的想法，一方面又要院士絕對不要向權威知識屈服，因此院士也經常跟 Alfvén 辯論。有時候 Alfvén 會打電話到院士家討論研究，兩個人講著講著就在電話兩頭吵了起來。只要聽到院士與人在電話中吵架，師母就會知道他剛剛是在跟指導教授講電話。不管怎樣，良藥苦口，Alfvén 也總是叮嚀團隊，現在大家覺得對的，並不表示以後也是對的，不要做別人已經做過的事。



## Ian Axford 給他研究上的自由與鼓勵

Alfvén 教授的電機工程背景與葉院士平常受的物理訓練思考模式不同。遇到應用數學背景的 Axford 就覺得很對味，因為數學讓物理現象的描述變得非常簡明而且容易從中得到基本的規律，讓他比較容易可以跟 Axford 對話，就像是他的導師 (mentor) 般地帶領他做研究。Axford 在擔任 MPAe 所長時，將他招募成為行星探索計畫底下的研究員，就此開啟了他博士畢業後長達二十年的德國研究生活。Axford 鼓勵研究員放手去做自己喜歡的計畫，原先 MPAe 已被視為風中殘燭的研究所，在 Axford 的帶領下，顯著提高了 MPAe 的國際聲譽，並吸引了越來越多的客座科學家，參與很多重要的國際太空任務。像是喬托號任務 (Giotto mission) 以及太陽探測器尤利西斯號 (Ulysses) 等貢獻，都是 Axford 擔任所長期間取得的偉大成就。

葉永烜院士在兩位恩師的帶領下開啟了天文研究之路，因此當我們提問院士是如何投入天文學領域的，是 DNA 就像住著天文研究嗎？葉院士坦率地笑說：「我從來沒有排斥任何事情。到了國外總是要找人給我飯吃，誰願意給我獎學金，我就跟誰做研究。」提到 DNA，葉院士也分享他與小孫女間的互動。當小孫女的數學成績不是很好時，為了鼓勵她，葉院士就跟她的小孫女說：「公公的爸爸是中學老師，小時候他的數學都是公公的爸爸教的，所以我們家族有這樣的 DNA，數學不會太差的。」後來小孫女數學考的還是不盡理想，小孫女很可愛地跟葉院士說：「公公說的 DNA 不管用」。

## 卡西尼執行過程

令人好奇的是，葉院士為什麼想要去探測土星？他又是如何說服美、歐放下歧見，攜手合作的？院士表示，可能是年輕時 *nothing to lose*，所以很有衝勁，但最主要還是來自念書時的訓練與見識。UCSD 聚集了很多頂尖的研究者，都是做比較前瞻、未來性的研究，讓他總是習慣會去找別人沒有做過的研究來突破，再加上指導教授 Alfvén 講授太陽系形成理論與博士後研究土星，讓他累積了很多土星的知識。進到德國 MPAe 研究之後，看到 1979 年、1981 年美國太空總署連續發射無人駕駛的航海家 1 號 (Voyager 1)、航海家 2 號 (Voyager 2) 進入土星系統，首次傳回土星及其衛星的高解析圖片，讓他非常興奮。可是，這兩艘太空船只是快速掠過，無法停留探測。當時有科學家懷疑泰坦 (Titan) 可能是太陽系中與地球最相近的星體，但無法證實。於是，葉院士於 1982 年大膽提出了卡西尼計畫。

在歐美比他大 20-30 歲的太空科學家，經過磨練，所以比較務實。當他提出這樣的計畫時，大都覺得不可思議，很少人看好這項計畫會被接受。葉院士說：「當時有位 50 幾歲的美國國家科學院院士一直反對，說這個計畫不會過的，如果成功便送你一箱香檳酒」，葉院士接著又笑說：「現在過了 40 幾年，會反對他想法、覺得不可行的也是 50 幾歲的。」葉院士一如指導教授性格，儘管在整個世界天文學發展上已佔有一席之地，他一路走來，仍然維持科學初衷，不斷在已知領域之外探索科學新發現。

當時歐洲研究泰坦第一把交椅的專家就屬法國的科學家丹尼爾·高迪耶 (Daniel Gautier)，為了取得與 Gautier 的合作，就打了電話與他聯繫。只是談到泰坦就好像侵入 Gautier 的領土一般，一開始 Gautier 並不願意合作。這個計畫所以名為「卡西尼」計畫，是因為法國天文學家喬凡尼·卡西尼 (Jean-Dominique Cassini) 是最先發現土星環之間有細縫的科學家。在歐洲，只要提到卡西尼就會聯想到土星。Gautier 是巴黎天文台的科學家，卡西

尼是巴黎天文台第一位台長，院士以「卡西尼」命名，喚起歐洲文化脈絡中的天文記憶，因此成功說服 Gautier 加入，而 Gautier 跟美國科學家托比·歐文 (Toby Owen) 是好朋友，兩個經常一起研究泰坦，於是三個人成為這項計畫主要的發起人。

Toby Owen 的兒子在其父親過世後，寫信問葉院士「他的父親之前在卡西尼計畫做了哪些事情？」。院士回覆：「你的父親做了很偉大的工作，當時美國 NASA 的副署長非常支持這項計畫，副署長給了你父親一些經費，要他開始去各地遊說議員支持這項計畫。沒有你父親的奔走，這計畫是不會成功的」。在大家共同的努力下，成功促成了 NASA 與 ESA 探測土星系統的合作計畫。1997 年卡西尼號成功發射，原本預計 2008 年結束，因為成效顯著，NASA 又主動延長至 2017 年，執行了 20 年的輝煌任務。

## 深夜加油站遇見蘇格拉底

除了引領入門的兩位教授，葉院士也分享了其他兩位影響他的人生導師。在美國求學時，有一輛代步用的紅色腳踏車。有一回腳踏車輪胎沒氣，他請加油站的師傅幫忙打氣。在他不注意之際，轉頭看了才驚覺發現他腳踏車的輪胎打氣過頭就快要破了。「師傅，腳踏車輪胎都要爆了，你為什麼沒有停？」「你沒有喊停阿！這是你的腳踏車，你要自己做決定。」儘管是偶然的事件，但真真確確地給上了一課。好比《深夜加油站遇見蘇格拉底》一書所描述的，時時有老師，處處得良師。讓他深切體悟到，在民主自由的世界，要謹慎作決定，一旦決定，就要有承擔責任的勇氣。

葉院士也提到 UCSD 第一任校長、核子物理學家赫伯特·弗蘭克·約克 (Herbert Frank York)，雖然沒有教過他，但曾經買過許多他的書籍來看，約克所經歷、所倡議的事情亦深刻影響著他。約克教授念博士時，師從歐內斯特·勞倫斯教授 (Ernest Orlando Lawrence)。勞倫斯發明了迴旋加速器 (cyclotron)，讓粒子束帶有天然放射源的高能量，打破至少數百萬電子伏特量級的粒子束，才有辦法分解原子核的限制，使得原子核物理的進步一日千里。間接促成了由奧本海默 (Julius Robert Oppenheimer) 領導、愛因斯坦 (Albert Einstein) 等人參與的秘密團隊－曼哈頓計畫的開展，該計畫研發出了第一顆原子彈。

1943 年，當約克還是博士生時，他就被加州大學輻射實驗室招募，為曼哈頓計畫從事鈾生產工作。1945 年美國以原子彈轟炸日本廣島及長崎，結束第二次世界大戰。戰後，約克於 1949 年在加州大學柏克萊分校完成了博士學位，並於 1950 年與休·布拉德納 (Hugh Bradner) 一起規劃和設計「溫室行動 (Operation Greenhouse)」，進行原子爆炸診斷測量的原子測試。1952 年才 31 歲的約克擔任勞倫斯·利弗莫爾國家實驗室 (Lawrence Livermore National Laboratory) 創始主任，1958 年離開利弗莫爾實驗室後，他在美國總統艾森豪 (Dwight D. Eisenhower) 政府任內擔任高級研究計劃局 (Department of Defense's Advanced Research Projects Agency, 今日 DARPA 的前身) 第一任首席科學家和國防研究與工程 (Defense Department Research and Engineering) 的第一任主任。

由於二戰結束後，美國和蘇聯成為兩個爭奪世界意識形態和政治經濟霸權的超級大國。因美蘇所持的大量核子武器可以為對方帶來相互保證毀滅 (mutual assured destruction, MAD) 的能力，雙方未有正式開戰，這段歷史時期被稱為冷戰時期 (1947-1991)。約克擔任政府要職期間，開始思考美國和蘇聯正在開發更多核武，可能只要擁有 1000 顆核彈就足以毀滅整個世界，多製造 1000 顆、10000 顆核彈，就已經不是 MAD，而是摧毀整個世界，安全性反

而越來越低，而且對先發制人 (first strike) 核武的反應時間縮短，將使影響全人類的核決策權簡單落到機器手裡。為此，約克開始於 1960 年代擔任軍備控制和裁軍機構的顧問，之後擔任瑞士日內瓦舉行的全面禁止核試驗談判 (1979-1981 年) 的美國首席談判代表。

葉院士表示，如今這些有發射核武能力的國家的決策者與約克他們的歷史背景不同。當年美國等國家為了避免被摧毀，搶在納粹德國先製造出核武器，而有了曼哈頓計畫。也經歷過美蘇核武軍備競賽，經常處於戰爭一觸即發的恐怖平衡，了解戰爭的殘忍。當時約克所擔心的事情，現在來看，都是世界可能會發生的事情，像是現在很多武器系統是由 AI 控制，全人類存亡的事情變得輕易由機器來決定。科技發展、工業製造等所帶來的全球氣候變遷，亦如美國天文學家卡爾·薩根 (Carl Sagan) 等人之前所預測的核子寒冬 (nuclear winter)，大量的輻射塵進入地球的大氣層，將可能導致非常寒冷的天氣，全球人口將因此餓死。從這個觀點來看，台灣對維持世界和平和永續發展實在有舉足輕重的地位！

## 每一次繪畫創作都是從頭開始

除了投身天文學術研究，葉院士閒暇時喜歡畫畫，是兼具理性與感性的科學家，可謂是有智慧也有浪漫。畫畫對他來說，每一張畫都是一張白紙，都是從頭開始。而且常常畫到一半不知道畫出來的結果是好是壞，是他最煎熬、最迷惘的時刻，亦如研究做到一半，不知道未來是成功還是失敗的焦慮、不安，但就是要堅持把它畫完。常常畫完一張畫，覺得自己畫的很糟糕，睡了一覺醒來再看，又覺得像樣一點。有些研究推動，現在無法蓋棺論定方向是不是對的。如同他的指導教授 Alfvén 研究小行星，隔了近三十年，才被美國政府重視，卡西尼計畫醞釀了十五年，終於在 1997 年從地球發射。同時，畫家所畫畫的顏料大家都買得到，但是每個人調和出來的顏色不一樣、畫出來的感覺也不一樣，端看如何運用這些材料。

## 量力而為、量利而為

臺灣是一個中小型國家，在很多研究領域所投入的經費與規模皆無法與歐美國家相比，因此要量力而為，同時要團結。葉院士表示，好比蒙古歷史上著名的「五箭訓子」的故事，成吉思汗其黃金家族的「三賢聖母」之一的阿蘭豁亞，曾經提醒五個兒子，一支箭易折，但把五根箭綁在一起，就很難折斷。以此比喻團結的重要性，唯有團結才能攻無不克、戰無不勝。特別的是，如果把量力而為力量的「力」改成利益的「利」，就會影響整個政策計畫執行的方向與結果。國家利益應優先於個人利益，必須考慮對於促進國家社會整體的福祉有無助益。因此，規劃國家政策發展要量力而為，執行國家計畫者要量利而為，以全民福祉為優先考量，投注於更高意義的事情上。譬如，隨著太空越來越擁擠，避免衛星相互碰撞或太空碎片造成損害是一大挑戰。如何透過數學精確計算衛星軌道，以及預測可能的交會點，必要時刻調整軌道，可降低衛星碰撞或損害的風險，是台灣發展小型衛星時可以著墨發展之處。

## 給邁入 50 周年的儀科中心的一些勉勵

早在 1992 年葉院士回到台灣擔任太空計畫室首席科學家的時候，就與儀科中心有了不解之緣。為了研製衛星科學酬載儀器，葉院士找了在 MPAe 認識的謝克強博士，謝博士被太



空計畫室聘為資深研究員，於 1993 年抵達台灣。兩個人就在儀科中心的前身—精密儀器發展中心一處作為研究辦公室。如今儀科中心成立邁入第 50 個年頭，葉永烜院士以曾經擔任 IBM 副總裁的劉英武博士在一次訪談中所講的話，來勉勵儀科中心的同仁及年輕學子。內容提到：(1) 在科技的世界裡，一定要實力掛帥。(2) 埋頭苦幹。(3) 找有大潛力及具有突破性的事來做。(4) 願意冒險，不要「騎著死馬」原地踏步。(5) 要一而再，再而三地做到他人所做不到的。(6) 要有樂於教導及提攜後進的良師。院士當時閱讀了這席訪問，深有所感，於是將劉英武博士所講的一些話筆記下來，並裱框起來掛在研究室，隨時提醒自己，這一掛就是 20 幾年。

院士也提到不同國家的人有不同的科學素養，德國人很守時、日本人很團結、瑞士人細心謹慎、印度人很會溝通，很多大公司的 CEO 都是印度人、美國人很 spontaneous，隨性不喜歡受到拘束常會出乎意料的發想、英國人遇到問題就想要如何去務實求取答案、法國巴黎高等師範學院則培育出高水準的學生，從事基礎或應用科學的研究。只是這麼多科學素養，我們不可能通通俱備，只要具有一項科學素養就會帶動其他面向的發展。有些東西就是要自己做自己發想，買得到的儀器就表示人家做過了。儀器自製發明，才可以量測一些人家量不到的東西。而這正是儀科中心的價值，服務學術、相互加值，找有潛力及突破性的研究來做。

