

訪問太空計畫室主任李羅權

台大物理系
汪愷悌採訪整理

原成功大學理學院院長兼太空計畫室首席科學家李羅權教授於2001年1月就任太空計畫室主任，物理雙月刊特別採訪談其求學過程，學術上的研究過程，及對太空計畫室的一些展望。李主任於1969年自台大物理系畢業，接著在美國加州理工學院取得碩士及博士學位。1975年在太空總署哥達中心擔任研究員，1977年於馬里蘭大學當客座助理教授，1978年至1995年於阿拉斯加大學地球物理研究所及物理系當教授。於1995年返國任成功大學理學院院長兼太空計畫室首席科學家。研究成果包括提出地球極光千米波輻射機制，日冕加熱機制，日珥的形成機制，以及無碰撞電漿中磁場重聯的有效電阻機制。

問：請問您如何走上唸太空物理電漿物理一途，如何對太空物理發生興趣？

答：我在台大物理系大四時，修了吳京生教授回國開的兩門電漿課程，但在美國沒有修過任何一門電漿課。當我在1970年到了加州理工學院念研究所之前，還沒有很清楚的研究方向，但是加州理工學院對天文，太空，及太陽物理等方面的研究風氣很興盛，因此決定攻讀太空、天文物理。唸完研究所以後，我去了Goddard Space Flight Center，那裡是NASA研究太空物理的重鎮之一，漸漸接觸到許多有趣的太空物理問題。至於對太空天文科學的興趣，是小時候在彰化田尾鄉下長大，晚上的星星特別亮，看到斗轉星移，對太空宇宙的奧秘有興趣，後來大學畢業，在1969年當兵時，看Apollo 13上太空，對太空科學更有興趣。

問：能不能談談學術研究上幾個重要的結果呢？例如一個有名的極光千米波輻射(Auroral Kilometric Radiation, AKR)的輻射機制是您發現的，請問那大概是在怎麼樣的情形發現的呢？

答：我去了Goddard Space Flight Center，那裡有不少人研究太空物理，當時我問同組的資深科學家Dr. Tom Birmingham, Dr. Ted Northrop等人，哪些是太空物理最重要未解決的問題，他們說地球極光千米波(AKR)的輻射機制還沒解決。在Caltech其實有比較過原始之研究，我就開始研究這個課題，後來在馬里蘭大學和吳京生教授共同提出一個輻射新機制。

AKR的頻率在300 kHz左右，波長約一公里。我們提出的AKR輻射機制是靠相對論性的電

子迴旋不穩定性，主要產生電磁波為 X-mode。吳京生教授曾研究木星 (Jupiter) 的 10 米波輻射(decametric radiation)，但他早期提出的機制只能產生 Z-mode，不能傳播出來，因此真正來講，不能解釋木星的十米波輻射。我們一起提出來解釋 AKR 的理論，也可以用來解釋木星的輻射。根據我們的機制，千米波是由 10KeV 的電子產生，必需要在電子密度很低的區域中發生。雖然 10KeV 的電子，其相對論因子只有 1.02，但其相對論效應很重要。Iowa 大學的 Don Gurnett 教授於 1974 年首次觀測到 AKR，我們的理論於 1979 年提出。1980 年 Don Gurnett 教授在一次極光的國際會議上演講，他說他的研究生根據我們的理論計算，確認我們的機制正確並很有效。這個機制現在被公認為自然界最有效的無線電波發射機制。

問：另外關於您在成大時期提出日冕加熱機制的靈感是怎麼出來的？

答：我在 1986 年就提出一個非碰撞性震波 (Collisionless Shock) 的加熱機制，共發表兩篇文章。我有這個想法是在 SOHO 衛星觀測太陽之前，當時主要是來解釋在地球附近觀測到的震波加熱。在成大時期，剛好歐洲與美國合作的 SOHO 衛星，有許多與日冕加熱有關的觀測結果，我就在 1986 年提出的震波加熱機制的基礎上加以推廣，而提出一個新的日冕加熱機制。日冕 (即太陽大氣) 的主要成分為氫離子 (H^+)，其溫度為三百萬度 ($3 \times 10^6 K$)，但 SOHO 也能量測日冕中的少量成分離子的溫度，如：氧離子 (O^{5+}) 的溫度為二億度 (2×10^8

K)。我和吳伯翰博士提出的日冕加熱理論，可以同時解釋氫的溫度為三百萬度，氧離子為二億度。1999 年 7 月我在英國 Birmingham 開會，提出了這個想法，開完會回來之後，就趕快完成計算及寫出論文，記得文章是在 1999 年 9 月 21 日凌晨 12:30AM 完成，裝在快遞的信封內準備寄出，回家不久即發生 921 地震。這個理論還可以同時解釋 SOHO 的其他測量結果。

問：太空計畫室的中華衛星二號科學團隊最近看到的 [紅色精靈]，大概是多少高度？

答：紅色精靈是高空向上閃電的俗稱。帶電的雲層向導電性高的地球表面放電，就形成一般的閃電；若向上往 100 公里高的電離層放電，就形成高空向上閃電。紅色精靈為離地面高度 35km 到 90km 間的一大團紅光，出現的時間不到 1/20 秒，通常發生在中尺度對流區域。世界有三大閃電暴雨區 (東南亞、非洲大陸、南美洲)，但紅色精靈目前主要由美國科學家在美國中西部量測到。

大陸的科學家也準備觀測紅色精靈，但成大的科學團隊卻首先順利量測到亞洲大陸上的紅色精靈，我們也沒想到會順利量到。不過成大團隊於 1999 年先到美國亞利桑那州練習觀測，一個月照到 70 多個紅色精靈。據說 "Nature" 雜誌在 100 年前就報導過，有人看到雲層上的紅色閃光。過去飛機駕駛員也曾看到。

但正式確認其存在、大小及高度是在 1994 年，阿拉斯加大學的兩位教授，用兩架 NASA 的飛機在美國中西部同時量到紅色精靈。中華

衛星二號有一套科學儀器，將對全球的紅色精靈做有系統的觀測，可以首次獲得全球分佈資料及較完全光譜。

問：中華衛星三號發展如何？將來與產業界，學術界有什麼合作嗎？

答：中華衛星三號將佈署六顆各重達 70 公斤的微衛星，送到三個軌道平面，每一顆都可接收來自 24 顆 GPS 衛星的無線電信號，一旦測得電波在大氣層的折射角後，就可藉此推算水氣、溫度、壓力及空氣密度等資料。現在佔地球表面 75% 的海洋以及極區幾乎沒有氣象資料，只靠約 900 個地面氣象站來收集。中華衛星三號開始運作之後，每天可以有相當於 3000 個氣象站收集到的資料，更重要的是這 3000 個“氣象站”均勻分佈於全球，包括海洋及極區。

中華衛星三號的資料能使全球的天氣預報更加準確。此外，還可以觀測全球電離層的密度變化，可以研究磁暴對電離層的影響。台大、中央大學、成功大學、交通大學、中央氣象局、中央研究院等單位會參與此研究計畫。

問：對年輕學生有什麼樣的建議與期許嗎？

答：我常常對年輕人說的，什麼是高科技(High Tech)？我的答案是用到基礎科學越多就越 High Tech。以前電機系不修光學、量子力學，但現在為了光電科技也都要學光學及量子力學，所以基礎科學對現代科技還是最重要的。年輕人應該有自己的夢(dream)並去完成它，自然界還有很多有趣的問題尚待瞭解，我非常鼓勵年輕人去探索及解決這些問題。