

國科會工程技術研究發展處

李志鵬 處長



## 成功常常不是贏在起跑點，而是轉折處

Success is Not Often Won at the Starting Line, But at the Turning Point

撰文：林麗娥

科技部 2022 年轉型成國家科學及技術委員會，特別在部會全銜加上「技術」兩個字，彰顯技術研究的重視與投入。目前國科會各處僅有工程技術研究發展處（簡稱工程處）全銜有「技術」兩個字，體現工程處在新的國科會政務與研究推動上的重要角色。尤其台灣正面臨產業升級與轉型的階段，以及少子化的衝擊之下，除了提升現有人才，如何建立智能數位及永續發展的環境，引導學界技術落地應用，加速產業技術，更是成為台灣持續發展亟需推動的重要事項。為此，李志鵬處長自接任國科會工程處處長以來，推動多項主題式專案計畫，包括「智慧製造」、「立方衛星」、「創新醫材」、「自駕車次系統」、「半導體」、「B5G/6G」等。《科儀新知》234 期很榮幸可以專訪李志鵬處長，與讀者分享過去求學、研究經驗以及推動工程處各項業務的重要理念。

## 生涯轉換因緣際會

李處長畢業於清大物理系，之後研究領域為無線通訊系統與電腦網路，並取得美國康乃爾大學電機工程博士。處長表示由基礎科學轉向工程應用的學習歷程、再到從事教職與學術研究的生涯規劃其實是因緣際會下的轉換。處長憶起 1989 年 6 月大學畢業時，發生了震驚國際的六四天安門事件，由於規劃出國唸書必須先服兩年兵役，所以就沒有找工作，當時他接到僅成立兩年的台積電 (Taiwan Semiconductor Manufacturing Co., Ltd., TSMC) 主動徵才的信函，處長沒有選擇進入台積電工作，而是到美國攻讀碩士。處長自我調侃表示，這也許是他人生最大的錯誤選擇。但人生際遇就是這麼特別、無法預設，處長在大學念了很多跟電磁波相關的課程，在美國多屬於工程相關的電機系，因此到了美國就轉念電機系。當時研究領域跟電磁波相關的畢業出路，多半都是在軍方單位服務，作為一個外國人很難進入美國軍方服務。考量就業問題，博士班的研究方向就轉為現在的無線通訊、數位通訊、基頻訊號處理、電腦網路等領域。

1997 年 12 月博士班畢業之後，處長隨即進入當時美國新澤西州的朗訊科技 (Lucent Technologies) 無線數據網路實驗室 (Wireless Data Networking Laboratory) 工作，隸屬於朗訊科技的貝爾實驗室 (Bell Labs) 是美國的重要研發單位，迄今共有十五位科學家獲得諾貝爾獎，包括電晶體、雷射、太陽能電池、發光二極體、數字交換機、通訊衛星、電子數字計算機、C 語言、UNIX 作業系統等眾多耳熟能詳的發明，皆誕生於此，這是一個改變過人類命運的實驗室，也是現代科技的搖籃。處長分享，在朗訊科技工作時，公司的經費相當充裕，分工很細，可以說是個研究人員的天堂。星期假日處長時常跑到鄰近的紐約市逛博物館，觀賞歌劇、音樂及戲劇表演，生活相當愜意。由於是家中的長子，處長於 2000 年回到台灣，短暫在竹科工作一年多之後，回到出生地高雄市，開啟了在台灣的學術研究、教職生活。

## 靈光乍現的契機：持續專研，看見別人沒有看見的

李處長是全球首位提出完美高斯整數序列 (perfect Gaussian integer sequences, PGIS) 數學結構的學者，其中高斯整數為實部和虛部皆為整數之複數，全世界第一篇相關研究論文即是由處長發表。以往文獻中關於完美序列的建構，全都集中在 Poly-phase 的序列，其中最著名的就是使用在第四代行動通訊系統的 Zadoff-Chu Sequence。而在整數序列之中，唯一知道的就是 (1,1,1,-1) 這個長度為 4 的二維整數序列，更長的二維整數完美序列則經歷了大量電腦搜尋卻毫無所獲，因此數十年來，此領域一直沒有任何進展。

處長表示這個研究的源起，是一連串的研究成果所觸發。研究最開始是為了解決當時無線通訊系統中所採用正交分頻多工 (orthogonal frequency division multiplexing, OFDM) 技術有過高峰均功率比值 (peak to average power ratio, PAPR) 的問題，而選擇性映射 (selected mapping, SLM) 是當時一個廣為用來降低 PAPR 的技術，但 SLM 技術因為需要計算多個反傅立葉轉換而有複雜度過高的問題。在一次演講之中，國立清華大學王晉良教授提出把頻域 (frequency domain) 的計算轉換成時域 (time domain) 的計算，可以大幅降低運算複雜度，但是需要特殊性質的二維整數序列，當時對這整數序列的性質還不完全清楚，只是透過電腦搜尋獲得少數幾個可用之序列。

處長表示他首先想到打破二維整數的思維，採用高斯整數序列可以獲得更多可用的序列，從此打開了一扇新的研究大門，不但用電腦搜尋獲得數量龐大的可用序列，更整整花了一年時間發現這些序列的結構，處長的研究團隊並進一步利用高斯整數序列的數學結構，將系統複雜度大幅降到傳統方法的 1—3%。原本降低 SLM 計算複雜度是個相當熱門的領域，處長的論文一發表之後，這個議題的研究就很快冷卻了，因為很難再有重大的突破。

解決了運算複雜度的問題之後，處長將研究轉向探索這些序列的數學特性與結構，一個重要而且關鍵的發現是這些高斯整數序列都有著「完美」的特性，處長因此發表了全球第一篇論文探討完美高斯整數序列的數學結構。一開始的研究成果發表在通訊領域的旗艦國際會議之中，許多學者一看到這個成果，立刻發現這是個全新且值得投入研究的領域，因此處長雖然沒有多久就將研究成果改投 IEEE 期刊並獲得接受，但是竟然有其他研究團隊提早處長一個月發表了期刊論文，可見全世界的研究競爭是非常的激烈，一刻也不能鬆懈。

完美高斯整數序列領域的研究後來引入了 Finite Field 的數學理論，提供了更紮實的數學基礎，大大增加了其學術價值，也受到國內多位學者的重視而投入研究，台灣大學貝蘇章教授，義守大學張赫煊、李崇道等教授都有相當好的成果發表，包含 IEEE Trans. on Information Theory、IEEE Trans. on Communications、IEEE Trans. on Signal Processing、IEEE Signal Processing Letters 等頂尖通訊／訊號處理領域期刊都有相關的研究成果發表，近年來更有許多學者將完美高斯整數序列應用到可見光通訊領域。

## 起跑點平等，後天更需努力

處長表示人生每一個階段都是新的起跑點，只要起跑點一致，靠後天的努力、願意比別人花更多的時間，還是可以讓自己拔得頭籌。像是同屆進入康乃爾大學電機系博士班的國際生中，有兩位來自印度，據說分別是印度國家聯考前後兩屆的狀元，GRE (graduate record examinations) 考試都是獲得滿分 2400。即使是這麼強勁的同儕，到了美國念書，面對新的環境、知識，起跑點就是平等一致，大家一起修課，只要努力，成績跟這些印度學生比起來毫不遜色。處長在系上的優異表現受到師長們肯定與信賴，擔任很多課程的 TA，上課時，印度學生還會特別提問 challenge 一下處長。

除了過去求學的經驗，處長也與我們分享到在美國就讀碩、博士的六年之中，非常積極參與同學會的活動，也在康乃爾大學擔任過台灣同學同鄉會的會長，六年之中一共接待過四百多位來自台灣的留學生，除了協助學弟妹們相互照料、盡快熟悉環境，接待過的學弟妹們，現在已經有許多人功成名就，是留學生涯相當值得回憶的一段經歷。

## 學問無他法，惟有「真積力久則入」

提到在康乃爾就讀博士班時，影響李處長最深的老師，莫過於在康乃爾大學攻讀博士時認識的兩位猶太籍教授。編自真人真事，人生必看經典黑白電影《辛德勒的名單》(Schindler's List) 中，代表猶太人如果能夠進辛德勒的工廠當工人，即象徵性命受到安全保障。處長的指導教授 Zygmunt Haas，他的父母就在這份名單中。Zygmunt Haas 在以色列念完大學，之後再到史丹佛大學念博士。李處長之所以成為 Prof. Zygmunt Haas 的第一位門生，是由當時系上另外一位猶太籍教授 Toby Berger 的引薦。



2006 年，處長帶師母回康乃爾大學重溫之前校園生活

處長在 1995 年 5 月收到康乃爾大學的入學許可之後，就開始找指導教授，他寫信給系上的 Toby Berger 教授，Berger 當時已經是資深且相當知名的學者，儘管對處長素昧平生亦未見過，但還是十分熱心協助，這深深影響了日後處長對學生的態度，只要學生有需要幫忙，處長總是盡力給予協助。

由於 Berger 老師當時沒有獎助金聘任處長作為他的博士生，於是引薦電機工程學系新聘的 Zygmunt Haas 當指導教授，當時 Haas 教授已經獲得康乃爾大學聘書，但是還在新澤西州工作，處長便開了車到新澤西州與 Haas 教授面談，也與 Haas 教授在當年 9 月一起正式進入康乃爾大學電機系，並成為 Haas 教授的第一個學生。值得一提的是 1995 年 6 月李登輝前總統到康乃爾大學演講，處長剛好躬逢其盛，至今還保留著當年參加演講的入場券。

處長表示在康乃爾大學經常受到 Berger 與 Haas 兩位老師的照顧，回到台灣與 Haas 老師也維持了很多研究上的互動。李處長憶起，Berger 為他的博士學位口試委員之一，口試當天，等了許久 Berger 老師還是沒有到場，原來是 Berger 老師前一天與學生討論到凌晨 5 點多，過於疲累所以沒有參加處長的學位口試。Berger 當時約 50-60 歲，已經貴為通訊研究領域的大師，治學態度仍是如此嚴謹、充滿熱情。

在 Berger 與 Haas 兩位老師的帶領下，影響處長日後研究甚深。學問無他法，惟有「真積力久則入」，李處長十分強調興趣的重要。每位研究者都會遇到研究瓶頸，有了興趣做支撐，才有熱情，才會願意投入大量的時間去探索，一點一滴的積累知識學問，研究才會有所突破。

## 國科會工程處的重要任務：科研成果落地

科技部轉型成新國科會之後，更加強調與各部會的整合協調，讓學術研究成果在概念驗證階段之後，可以「落地」應用，串聯上游的前瞻研究、到中游的法人、再到下游的產業，確實回應社會需求。為此，工程處推動多項主題式專案計畫，指標規格訂定更加明確，各研發項目、挑戰目標及各項審查、考評規範也更加嚴謹，希望研究團隊可以更針對國內外產業現況之技術缺口進行創新。然而，落實學界研發橋接產業量產與應用仍有相當大的距離。為此，處長花了很多的時間與各專案及學門召集人溝通協調，傳遞政策型的專案計畫執行有別於純學術研究 (pure research) 概念，不是以發表論文為目的，而是需要達成專案的目標，藉此拉近學術研究與社會需求的距離。

國家實驗研究院 (國研院) 正是橋接產學的最佳橋樑，像是國研院台灣儀器科技研究中心執行的「智慧微塵感測器技術研發服務平台」，結合國科會工程處專案計畫學界團隊所開發之智慧微塵與微型光譜儀等氣體感測器進行前瞻工程實踐與整合測試技術研發，透過實際佈點與物聯網技術串接成區域監控網絡，協助學界完成感測元件模組國產化，建立自主感測器技術研發量能，並介接經濟部產業升級創新平台計畫，提升國內產業界於氣體感測產品與智慧聯網監控產業競爭力，就是一個執行很好的例子，使台灣產業及社會發展保有競爭力與韌性。