

智慧從何而來？

口述／曾志朗 整理／鄭靜琪

歐、美、日、中等國紛紛展開大型的腦神經圖譜研究計畫，台灣如何以既有的資源參與其中？中央研究院院士曾志朗認為，腦科學研究真正應該要探究的是人腦不同部位間的功能性連結，進而了解人類智慧。台灣可以做小規模但具特殊地方性的研究，把自己的平台準備好，未來就能與國際平台整合。

台灣的腦科學研究和進展神速的歐美研究相比，還很落後，尤其面對國際學術界在心智、情感和腦之間關係的探討上，我們並沒有好好跟上。在分子和生化層次等傳統研究領域，我們都做得不錯，許多個別的研究者，近年來都有突破的實驗發現；在資訊分析與影像處理上，我們也做得相當好，但腦神經圖譜方面的整合研究，嚴格說來，是沒有做的，如果要說有的話，就是清華大學教授江安世的果蠅研究平台，但果蠅的腦與人腦差距很遠，〈人腦螢光圖譜〉和〈大腦基因地圖〉兩篇文章也清楚指出，不同物種之間的腦，差距很大，與人腦的差異，更大。

過去科學家認為，只要從低等生物著手，就可以慢慢了解人腦，其中的差異只是複雜性而已，不過現在我們已經知道，人腦相當複雜，在演化的過程上，人腦面對外界刺激所設計出來解決問題的方式一直在演進，這些演進的方式沒有固定的軌跡，而是呈現很多層次的變化，這些變化無法在低等動物的腦看到。

人腦圖譜計畫需要投入相當龐大的經費，這對台灣來說，是不大可行的，因為我們經費有限，也沒有足夠

的人才，加上我們沒有大公司、大藥廠、大型生物研究基金會，以及夠多的研究型大學，可以容納這些具相關技術的人，他們在台灣這樣小小的工作圈裡，很難找得到工作，遑論發揮所長，所以我們只能依附在歐、美、日、中等大型計畫的成果之下。

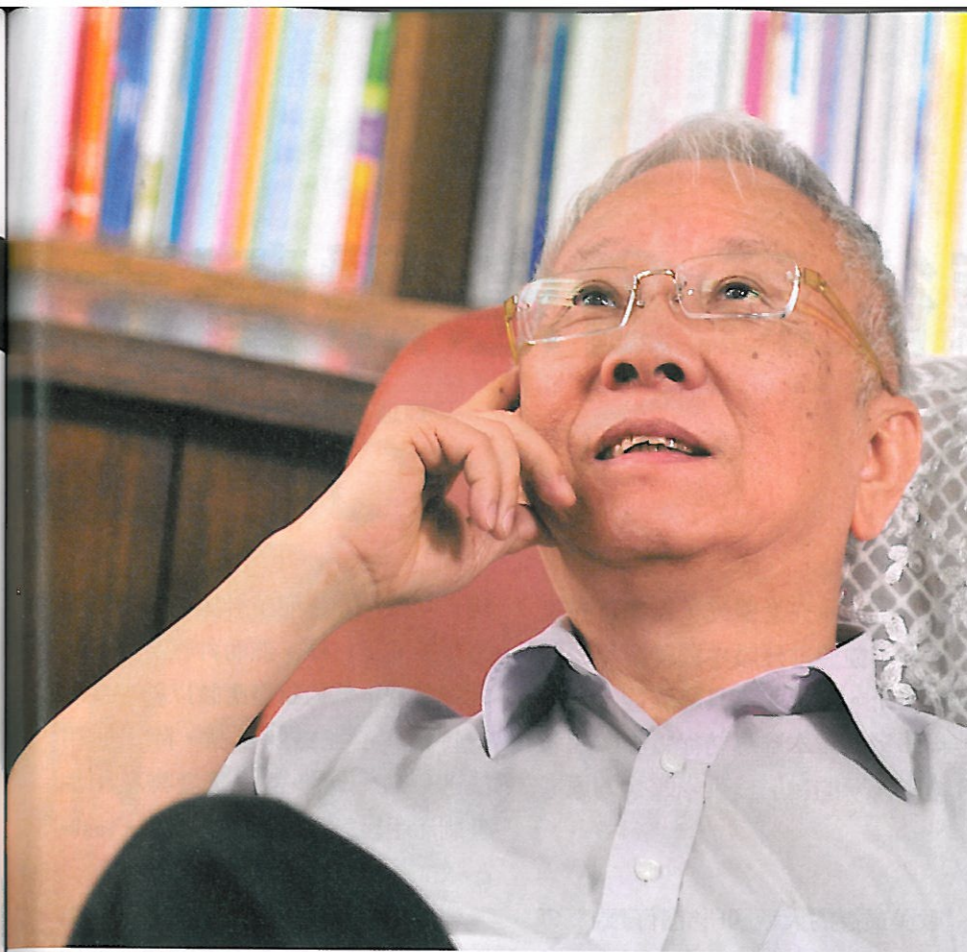
國際間有很多腦圖譜相關研究正在進行，任何一個地區的研究機構只要一提出類似的研究構想，就會有非常多人開始思考這些問題，提出跨領域的研究議題，從數學計算模式的開展和模擬，到和實際認知行為數據的比對，一再提出理論的修正，為神奇的腦運作方式解密。但在台灣，一想到要如此龐大的投資，總會覺得出不了手，因為好的理論建構者和整合型研究者很少。全世界都意識到，認知神經科學無論現在或未來都是很重要的跨領域整合性學門，因為它研究的是人腦和行為的直接關係，對了解「人性」意義重大，但是我們過去幾年來，並沒有培育這方面的人才。

了解人腦的運作模式

目前台灣相關的認知神經研究在國際上能見度較高的是中研院認知神經科學實驗室（包括陽明、中央、交

大、政大、台師大），我們以跨領域專家所整合創造的腦造影儀器，配合新腦圖分析法，研究人腦各部位的功能性連結，也就是探討人在處理一件特定事情時，腦中的神經網絡如何相互連線，來處理資訊整合的互補或互斥，捕捉每個時段的連線變化，進而建構腦神經的動態運作理論。這是現階段腦科學研究的趨勢，我認為也是最重要的課題。我在今年2月號「科學人觀點」專欄介紹過美國賓州大學的一篇研究，他們發現男性與女性的大腦神經網絡連結方式截然不同，對於同一項認知工作，男性是前腦與後腦的連結，女性是左腦與右腦的連結。因此，我們現在要重視的不只是腦的哪個部位在活動，而是部位與部位之間的連結哪一個比較重要；這些連結是在人的成長過程中慢慢發展出來的，而我們需要了解的是，「智慧」是在哪個連結的層次上出現？不同神經組合所完成的「智慧」是一樣的嗎？這些都是遠古以來的問題。

人腦圖譜可以讓我們了解1000億個神經細胞如何連線，但是這些基礎資料建立了之後，理解腦的功能與運作才是我們的終極目標。此外，萬一某些部位出現了病變，我們的腦是如何處理的？以往這些答案只能求之於實驗室「人為」造病和設法治療的結果，而且這些侵入性的實驗只能在動物身上進行，然後用得到的數據來模擬人腦。但是，相較於實驗動物的神



曾志朗

中央研究院院士

曾志朗是中研院語言學研究所特聘研究員兼台灣聯合大學系統系統校長，他開創漢語文神經語言學的研究領域，從跨語言的比對中，建立語法、語音、文字及語意運作的腦神經對應圖，他也是研究記憶、閱讀歷程和注意力形成與分配的知名認知科學家，並發現短期記憶的長期效應，提出「學習中回顧」理論，指出大腦在學習時會區分自動與組合兩種時區編碼方式，有助於在記憶中建立事件的前後關係，目前主持中研院語言學研究所認知神經科學實驗室。

腦圖譜如此大型的研究計畫不需要全世界每個國家都來進行，尤其台灣與歐、美、日或中國大陸十幾億人相比，我們只有2300萬人，無論研究經費或人才都有侷限，但台灣可以做不一樣的事情，我們在基礎研究上可以做得很好。例如中研院團隊和香港中文大學、中國北京大學共同成立「語言與人類複雜性聯合研究中心」，一方面建構語言演化的複雜理論，以解答50萬年前人類語言如何「湧現」(emergence)的問題，另一方面，目前針對雲南少數民族各種語言和太平洋南島語言的變化對腦產生哪些影響，找到「腦如何塑造語言，和語言如何改變腦」的關鍵因素，這些基礎研究將來都可以搭配鄰近的中國大陸、日本和印度的腦圖譜研究。

腦圖譜就像一朵雲，是一座資料庫，未來我們可從腦圖譜得到更精細的參數，觀察人腦在不同階段的成長過程中發生了哪些變化。過去只研究腦的某一個部位，未來一定要研究很多部位，了解相互間的變化，再整合成一個共通理論，這才是重要的。SA

經元數量，人腦神經元的數量相當龐大，在因量變而產生質變之後，兩者的差別就不可同日而語。人腦圖譜的完成，可以提供另外一個「模擬」的實驗平台，建立一條新的研究途徑。

大型人腦圖譜計畫目的之一是希望把個別的研究集中在共同的平台上，來說明個別研究的相關性。台灣現階段沒有經費做大型人腦圖譜計畫，其實也沒有關係，我們可以做個別的小型研究，先了解別人在做什麼，然後訓練學生在這樣的理解之下，進行自己的小規模研究，建立有特色的平台，等歐美的人腦圖譜研究有所進展，我們就有機會利用自己的優勢，慢慢與別人的平台連結。

做出自己的獨特性

由於腦的發展有可能受到不同環境的影響而出現不同的變化，我們可以透過研究老人的腦，去了解環境因素對腦神經的發展產生什麼樣的影響。例如文化對於記憶、學習、注意力所

產生的影響，台灣可能與其他國家不一樣，又例如閱讀，中文的處理在腦圖譜中顯現的部位和其他文字系統是一樣的嗎？我們可以從中去理解腦神經發展在文明變遷的過程，何為普遍性原則？何為特殊性的適應？

此外，圖譜也必須能顯現出腦神經不同的運作方式，例如感覺在腦中的表現是連續性的擴散(diffusing)，與記憶呈現離散(discrete)的不連續表現是不一樣的，這種擴散式的表現在腦中的分佈又是怎麼一回事？腦圖譜研究一旦成熟之後，過去大家在行為研究上會問的問題，未來在腦圖譜中能用更精細的方式看得更清楚。

人腦圖譜計畫未來也會帶動周邊領域的進展，像是電腦產業。現在電腦科學的邏輯運算、軟體或硬體建構，都可能受到腦圖譜研究的發展影響，例如下棋，電腦運算方式與人腦不同，人腦是數位與類比同時運作的模式，能不能建立到電腦中？這些都在人腦圖譜基礎建立後才會慢慢發生。