

DOI : 10.6246/JHDFS.201812_(19).0001

曾志朗院士專題演講「從人類演化觀點談 嬰幼兒發展與學習」學術活動紀實

周姍姍*

國立臺灣師範大學
人類發展與家庭學系

王馨敏**

國立臺灣師範大學
人類發展與家庭學系

本篇文章通訊作者：**王馨敏，s.wang@ntnu.edu.tw；*周姍姍，sammiteacher@gmail.com

誌謝：感謝中央研究院腦磁波儀實驗室李如蕙博士協助審閱內文並提供修稿意見。

壹、序 曲

民國 107 年歲末（11 月 5 日），國立臺灣師範大學人類發展與家庭學系有幸邀請到最會說故事的科學人曾志朗院士蒞臨演講。曾院士長年投身各項社會公益以及教育事務，並活躍於國際學術社群，秉持科學家實事求是精神融和人文關懷撰文論著，16 年來，每月撰寫《科學人雜誌》專欄文章，不遺餘力推展科學新知。短短兩小時的演講，曾院士深入淺出、旁徵博引、談古論今、妙喻不斷，帶領現場聽眾穿越時空，共同進行一場從宏觀到微觀、既詼諧又嚴肅的另類嬰幼兒發展與教育思考。

這場演講從一連串的大哉問（Big Questions）開始，曾院士要大家思考我們是誰？人類從哪裡來？要往哪裡去？人類有哪些偉大成就？這些偉大成就如何達成？要回答這些大問題就必須先了解人類文明發展以及智慧演化過程，而唯有跨領域合作方能讓人類繼續完成探索未知世界的重任。所以曾院士首先分享驅動現今社會文明的 8 個 O，接著提出災難創造進步的想法、談論人類演化過程、嬰幼兒發展與人類演化規律之類似處、並點出語言、閱讀、高層次學習型態以及幽默是人類有別於其它生物之獨特能力。以下我們一一介紹這些精采內容，我們也在內文中以註解方式提供讀者可繼續深入閱讀的參考文獻。

曾志朗院士小檔案

畢業於美國賓州州立大學，曾任教育部部長，1994 年獲選為中央研究院院士，2010 年獲選為世界科學院（TWAS）院士，2017 年獲選為歐洲科學與藝術學院院士。著有科普文集《用心動腦話科學》、《人人都是科學人》、《科學向腦看》、《見人見智》、《我與科學共舞》、《正直》、《在意識的繁花裡漫步》，並榮獲 2004 年金鼎獎「最佳專欄寫作獎」以及 2010 年金鐘獎「教育文化節目共同主持人獎」。

貳、專題演講內容

一、驅動文明進展 8 個 O

曾院士表示，隨著時代的發展，科學的不斷進步，現今社會文明進展由 8 個 O 驅動，包括生物 (Bio)、基因 (Geno)、神經系統 (Neuro)、資訊 (Info)、認知 (Cogno)、高科技 (Techno)、醫療 (Medico) 及社會文化 (Cultural/Socio)。

生物 (Bio) 為我們對於生物的了解，包括生命起源、演化、分布、構造、發育、功能、行為、與環境的互動關係，探討生物的基本結構如何應付環境變遷，以及對生物演化及多樣性的探究；基因 (Geno) 是指人體如何運作的生命基本單位，1953 年提出的雙螺旋 (DNA) 結構圖，開啓我們對基因變化的了解以及基因是否能夠重生的討論，而最近科學家已經開始嘗試將 DNA 重新編輯，這將改變人類生命本質並創造無限的可能性；神經系統 (Neuro) 是指人腦中緻密而複雜的神經迴路，大腦大約有 1,000 億個神經細胞，每一個神經細胞又與數百或數千個鄰近的神經細胞交互連結，形成神經迴路，神經細胞的再生以及再連結，驅動人類心智行為的改變；資訊 (Info) 是指運用各種資料庫及雲端平台來儲存、傳送和分析規模龐大的數位資訊，如何因應大數據時代的來臨，將其應用於各領域中，也驅動著社會文明的改變；認知 (Cogno) 是個體思考與解決問題的內在歷程，如思考推理、知覺注意、邏輯判斷、計畫監控、問題解決、記憶提取、想像創造等心智技巧都是認知歷程中不可或缺的能力；高科技 (Techno) 充斥於現今人類的日常生活中，但高科技帶來的代價是我們必須思考的；醫療 (Medico) 隨著科技日新月異，透過大數據、資訊技術、生理量測、輔具及照護設備的結合，已不再侷限於疾病的治療，而是在疾病發生前，即能透過歷史數據的分析，提供個別化的精準評估與預測，防患疾病於未然；社會文化 (Cultural/Socio) 隨著時代變遷，當社會組成不同，文化轉變，人類的思維價值系統跟著轉變，這些轉變也驅動著文明演變。

現今社會移動和變化快速，導致遺傳變異、語言多樣性及社會文化差異，人類已不再是單獨的存在，所面臨的問題都涉及 8 個 O，每個 O 都是相互連

結，互相影響，創造出 8 個對角，每個角之間又會各自互動，各種因素附加影響後即產生特殊性，因此唯有透過跨領域、跨學科的交叉互助，人類才能完成探索未知世界的重任並驅動文明的發展。

二、災難提供進步的契機

曾院士指出，從古至今，在人類演化的過程中，所遇到的各種大災難皆扮演著關鍵角色，人類為了解決生存上所遇到的問題，就會創造某些技術與方法來避免災難，導致工具的重建、精細化及各種技術的進步。人類不斷的精進及改善生活環境，從蒸汽機的發明開啓機器代替人工的時代，也就是所謂的工業革命 1.0，再到內燃機與發電機的發明，讓人類開始使用便捷的交通工具，來到工業革命 2.0，網際網路等信息技術發展打破空間與時間的藩籬，來到了工業革命 3.0，最後進入工業革命 4.0，迎接人工智慧的世界，改變的速度相當的快。在這過程中，人類能夠存活下去，依靠的是眾人的力量，集體的智慧，共同合作解決問題，也才能創建現在進步的工業 4.0 社會。

現今的社會，要解決的問題不再是單一的，而是困難複雜的問題，唯有透過跨領域、跨學科的共同合作學習，人類才能夠繼續往前邁進。能夠與人合作是一種態度、也是一種能力。喜歡看電影的曾院士，特別引用扭轉命運的樂章（The Good Life）這部電影中的一句非洲諺語 “If you want to go fast, go alone. If you want to go far, go together.” 來說明同行致遠的合作意義。

三、人類演化的時光故事

工業 4.0 的現在，科技不斷進步，人工智慧持續蓬勃發展之時，探究人類的起源，瞭解人類智慧的演化，將有助於人工智慧運作的研究進展。很會說故事的曾院士開始侃侃而談「露西（Lucy）」及其他遠古人的故事。

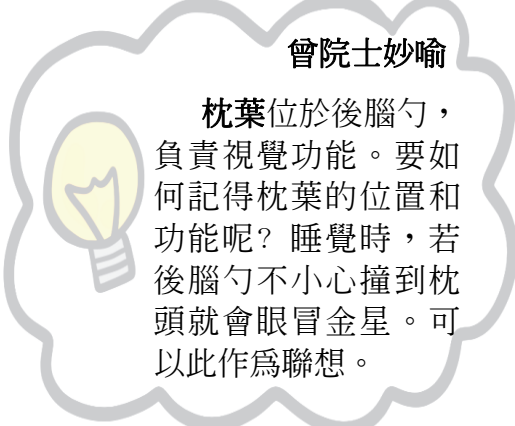
「露西」是迄今為止被發現的最古老、保存最好、能夠直立行走的人類骨骼。「露西」是生存於 320 萬年前的阿法南猿，由 Johanson 等人於 1974 年在衣索比亞阿法爾谷底阿瓦什山谷的哈達爾發現。考古學家從「露西」的化石推斷，她是一位高 1.10 米的女性，從膝關節及髖關節的骨頭發現她的雙腿完全在身體正下方，可直立行走也可以爬樹。在阿法南猿還未演化出直立行走時，因為雙手需要協助爬樹，只能以口運送東西，直到演化出可以直立行走時，運送東西

的工作轉變成雙手來執行，嘴巴就可以自由打開，對同伴發出叫聲，並能依照叫聲分辨不同的同伴，因而開始有了命名的概念，人類語言也開始演化發展¹。

20 世紀末，隨著科技的進展，關於人類演化史的認識也有重要的突破。德國馬克斯·普朗克演化人類學研究所（Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology）的遺傳學家斯凡特·帕波（Svante Pääbo）成功從化石裡萃取出古代 DNA，建立了第一個尼安德塔人（Neanderthals）基因組草圖²。另外，在西伯利亞阿爾泰山脈丹尼索瓦洞穴（Denisova Cave）出土的一截小指骨和一顆智齒上找到特殊人族 DNA，他們依洞穴的名稱將這種新分類的人族稱作丹尼索瓦人（Denisovan）。帕波的團隊分析比較丹尼索瓦人和尼安德塔人這兩種已經滅絕的古人類與現代人的基因後指出，現代的歐洲人、亞洲人、大洋洲人或多或少都帶有尼安德塔人及丹尼索瓦人的基因³。

現代智人（Homo Sapiens）⁴在 5 萬年前離開非洲大陸，遷徙到全世界，他們遇見了尼安德塔人與丹尼索瓦人，彼此交配，生下混種後代。尼安德塔人的體格比現代智人粗壯，大腦稍大，眉脊比較突出，前額也比較厚實。日本慶應大學機械工程學家荻原直道（Naomichi Ogihara）帶領的研究團隊，利用四個尼安德塔人和四個早期智人的顱骨化石，以 3D 虛擬鑄件模擬他們頭顱的大小、形狀和內部結構。同時，研究人員利用核磁共振造影取得 1185 人的大腦結構平均數據，以此建立現代人的大腦模型。三組大腦模型經仔細比對後發現，三組人的大腦體積都差不多，但尼安德塔人的小腦體積和形狀和另外兩者有所差異。現代智人的小腦半球較發達，尼安德塔人則是大腦枕葉區較佔優勢也佔據更多大腦空間，導致尼安德塔人的小腦半球比現代智人小得多⁵。

曾院士妙喻



枕葉位於後腦勺，負責視覺功能。要如何記得枕葉的位置和功能呢？睡覺時，若後腦勺不小心撞到枕頭就會眼冒金星。可以此作為聯想。

¹ Johanson, D., & Edgar, B. (1996). *From Lucy to language*. New York, NY: Simon & Schuster Edition.

² Prüfer, K., Racimo, F., Patterson, N., Jay, F., Sankararaman, S., Sawyer, S., ... & Li, H. (2014). The complete genome sequence of a Neanderthal from the Altai Mountains. *Nature*, 505 (7481), 43-49.

³ 王士元（2015）。我們的兩門遠房親戚。《科學人雜誌》，157，74-76。

⁴ 大約距今 4 萬～5 萬年前，人類的體質已經發展到與今日現代人沒有太大差別的程度，稱為現代智人。

⁵ Kochiyama, T., Ogihara, N., Tanabe, N.C., Kondo, O., Amano, H., Hasegawa, K....& Akazawa, T. (2018). Reconstructing the Neanderthal brain using computational anatomy. *Scientific Reports*, 8, Article number: 6296 (2018).

小腦與語言理解、語言生成、工作記憶以及認知靈活度有關，小腦越發達，認知和社交能力也越強。小腦上的差異使得現代智人在語言、認知、記憶、思維溝通和創新能力各方面都比尼安德塔人出色，這是尼安德塔人在與智人的競爭中慘敗的關鍵因素。於是，在 4 萬年前，現代智人取代了尼安德塔人與丹尼索瓦人，從此這 2 個古老人種滅絕⁶。

曾院士接著談及若將大腦進化與科技發展按發生時間排序，我們會發現在近 100 年的時間，人類文明演化相當快速。從 30 萬年前語言開始發展，6 萬年前小腦鷹架功能出現、計算能力開始發展、大腦中負責語言訊息處理的 Broca（布洛卡）區開始側化，2 萬年前開始會算計，8 千年前文字開始出現，過了 4 千年後，文字可以儲存及複製，再過 2 千年印刷技術發展，開始印刷書籍，100 年前電信發展，70 年前發明電腦，40 年前 E-mail 出現，30 年前網際網路發展，直到 10 年前手機的發明，佔據我們的生活，增進我們生活的便利，科技發展的歷程之快速，全面改變了我們人類的生活。

綜合上述曾院士的演講內容，我們可以發現，直立行走的能力讓語言的演化發展變得可能，而小腦的體積和功能差別，讓現代智人得以在 4 萬年前取代尼安德塔人與丹尼索瓦人，在不斷變遷的環境中繼續生存下來，這顯示生物基礎賦予人類演化可能性，曾院士在演講中也特別提到這是所謂的 biology endowment（生物賦予論），不僅人類演化遵循這個規律，人類嬰幼兒的發展也遵循類似的規律。

小 知 識



科學家發現猩猩小腦的體積大小，和身體的體積大小成正比，但人類小腦的體積和身體的體積卻毫無相關。小腦在生物演化上，顯然開始走上了獨立自主的認知之路。小腦扮演著鷹架的角色，提供一個模型，支持高效率信息處理，將資訊傳遞的整個系統建立起來。因為有小腦作為鷹架，我們的 selective attention（選擇性注意力）、divided attention（分配性注意力）、focused attention（集中性注意力）才有施展的餘地。

（資料來源：整理自曾院士演講內容）

⁶ 曾志朗（2018）。悼尼安德塔人：小腦不足，大智慧不來。《科學人雜誌》，198，8-9。

四、嬰幼兒的發展原動力

以往認為嬰兒是一張白紙，但隨著發展心理學、知覺和認知科學知識的進展，我們已經了解嬰兒的世界可能比你我所能想像的要豐富的多。嬰兒如何整理、分析、掌握外界雜亂的訊息並建構出一套了解世界的認知體系？透過了解初生嬰兒如何建構認知系統，可以讓我們理解人類學習的涵義與機制。從嬰兒誕生之後，周遭的環境對嬰兒來說是完全陌生的，所感知的訊息都與在母體中截然不同。他們所擁有的學習力是人類百萬年來演化結果所形成的能力傾向，這些能力立基於與生俱來的生物本能，曾院士舉了幾個心理學經典實驗為例，包括視覺懸崖實驗、物體恆存實驗、支撐關係實驗、數字概念實驗。

視覺懸崖實驗⁷ 在 1960 年時心理學家 Gibson 等人曾設計一種視覺懸崖，其作法是在具有不同深度的平面，蓋上透明的厚玻璃，其中有一段製作成棋盤的型式，形成一種深度的錯覺。實驗人員將 6 個月大剛會爬行的嬰兒，放在視覺懸崖的一端，嬰兒爬到中間時，即使他手摸得到前方的透明玻璃，仍然不敢再向前爬過去。證明人類在嬰兒時期，就已經發展出深度知覺的能力，對深度有了警覺心，這種能力具有幫助物種生存的作用。

物體恆存實驗⁸ Baillargeon 等人 在 1985 年設計一個實驗，實驗中有一個做 180 度半圓周運動的隔板，當一個方塊盒子立在隔板運動經過的路徑上，隔板應該會碰到盒子停下來，但在實驗情境中，隔板卻直接穿過盒子轉動到 180 度，5 個月大嬰兒注視著這不可能發生情

小 知 識



偏好注視 嬰兒天生喜歡注視新奇事物，如果讓嬰兒觀看一對新舊刺激，若嬰兒較偏好注視新刺激，代表他們能夠區辨這是兩個不同的刺激。

習慣化 當連續呈現幾個相同或相似的刺激後，嬰兒慢慢就顯得無聊、不耐，意味著嬰兒已經習慣了這一類刺激（習慣化）；如果再呈現新的刺激即能恢復注意力（去習慣化），代表他們能夠區辨新的和先前已習慣化的熟悉刺激，以此推論他們知道這兩者是不同種類的東西。

（資料來源：整理自曾院士演講內容）

⁷ Gibson, E. J., & Walk, R. D. (1960). The "visual cliff". *Scientific American*, 202(4), 64-71.

⁸ Baillargeon, R., Spelke, E. S., & Wasserman, S. (1985). Object permanence in five-month-old infants. *Cognition*, 20(3), 191-208.

況的時間比可能發生情況更長，這個發現意味著嬰兒能夠表徵盒子的持續存在，證明嬰兒已具有物體恆存性概念。

支撐關係實驗⁹ 在1992年，Baillargeon等人研究嬰兒是否擁有支撐關係的直覺能力，嬰兒會先看到一個盒子放在長平臺左側的邊緣上，接著會看到一隻戴著手套的手推著盒子往平臺的右邊移動，直到該盒子已有部分超出長平臺的右側邊界，此時，沒有平臺支撐的盒子應該會掉落，但研究人員利用實驗設計讓盒子不會掉落，當嬰兒觀看到這個不可能的結果時，感到疑惑，因而對這不可能發生的情況注視較長的時間。Baillargeon等人認為，周圍複雜的世界對於嬰兒並非毫無意思，嬰兒好像是個天生的物理學家，能夠對重力、慣性、物體恆存等物理概念進行簡單解釋，似乎從很小的時候就已經了解了一些萬物運行的基本常識，而不是對這個世界全然無知。當嬰兒知道物體的存在後，下一步是了解如何將這些物體加以組織和分類，心理學家相信嬰兒天生具有了解數字的能力，嬰兒不僅能對數量進行辨別，而且能在辨別的基礎上從事簡單的計算。

數字概念實驗¹⁰ 心理學家Wynn在1990年初期的一項實驗中發現5個月大的嬰兒已經可以表現出簡單的加法和減法的運算能力。研究人員讓一組嬰兒觀看1+1的運算情境：一個物品（一個米老鼠玩具）被放在舞台上，放下屏幕遮住米老鼠，用手拿著另一個米老鼠伸入屏幕後的舞台，把它與第一個米老鼠並排放置在屏幕後，然後空手退出舞台；屏幕拉起，顯示正確數量的物品（兩隻米老鼠）或是不正確的數量物品（一隻米老鼠）的結果。另一組嬰兒觀看2-1的運算情境：兩個物品（米老鼠）被放置在舞台上，放下屏幕遮擋住它們，一隻手伸入屏幕後拿走一隻米老鼠，然後屏幕拉起，顯示正確數量的結果（一隻米老鼠）或不正確的結果（兩隻米老鼠）。結果發現，兩組的嬰兒對不正確結果的注視時間都比正確結果來得長，這表示他們可以進行簡單的加減法運算，也表示數量概念是生下來就自然發展出的能力。

這些實驗讓我們看到某些能力是嬰兒與生俱來的，透過後天積極參與和探索周遭環境，這些能力得以繼續發展，他們如小科學家般不斷進行自己的實驗，學習物體的用途及其遵從的法則，從環境互動中學習，從而建構認知系

⁹ Baillargeon, R., Needham, A., & DeVos, J. (1992). The development of young infants' intuitions about support. *Early Development and Parenting*, 1(2), 69-78.

¹⁰ Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, 36(2), 155-193.

統，認識這個世界。這些與生俱來的能力當中有些也在動物身上看到，例如，曾院士提到在視覺懸崖實驗中，Gibson 等人也以羊作為實驗對象，結果發現動物天生也有深度知覺的能力，能避免掉下懸崖。但曾院士也說明有些能力是人類獨有的，例如：語言能力、閱讀能力、高層次學習型態和幽默能力。

五、語言是人類獨有天賦

曾院士表示，語言是人類與地球上其它生物有顯著區別的地方，在現存的各種哺乳動物中，與智人關係最近的動物就是黑猩猩，但黑猩猩與人類在發音器官的構造上有很大的差異。當黑猩猩與人類同處於嬰兒時期的時候，他們的發音器官結構相差不大，兩者的軟顎和會厭部分都發生交疊。但隨著嬰兒的成長發育，兩者發音器官的區別就開始日益增大。人類的喉頭會不斷下降，使得軟顎和會厭分離。成年人的喉頭在喉部中所處的位置，要比其他靈長目動物低得多。因此人類的發音器官在口腔與鼻腔之外，又多了一個靈長類生物不具備的咽腔，這也是保證人類元音發音的必要條件¹¹。除了咽腔的生理構造，還有一些嬰兒不須經由學習便擁有的天賦能力（如：語音感知和模仿能力、語音區辨能力、統計學習能力），也是決定人類語言習得的生物特性。

例如，研究者 Wermke 等人發現，剛出生幾天的法國嬰兒與德國嬰兒有不同的哭法，法國嬰兒的哭聲通常為升調（由弱轉強），德國的嬰兒哭聲則傾向於降調（由強漸弱），這種差異很可能與兩種語言在語調、旋律和節奏上的不同有關。例如，法語的重音多在第二音節，而德語的重音多落在第一音節，所

以德國嬰兒的哭聲就傾向於在開頭強烈，然後漸弱，法國嬰兒則正好相反。這個有趣的發現顯示，嬰兒很有可能在母胎中就感知到母語語調特性，出生後又

小 知 識



模仿是最原始的學習，塑造了人類的行為，是啟動語言和身體發展的第一步。嬰兒透過大腦鏡像神經元的本能反應，幫助我們的大腦去知曉別人的意圖。鏡像神經元功能不僅在於讓你了解他人動作的目的，他人行為的社交意義，更能讓你體會他人情緒表現，甚至在腦中模仿練習他人動作。

（資料來源：整理自曾院士演講內容）

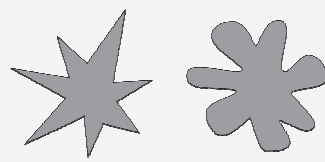
¹¹ Lieberman, P. (1984). *The biology and evolution of language*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

透過模仿能力再現這種語調特性，研究者認為這說明與發出聲音相關的學習能力是嬰兒的生物本能¹²。

此外，嬰兒還天生能區分細微的語音差異，例如，在 1971 年 Eimas 等人設計一個經典實驗，測試嬰兒能否區分“b”和“p”這兩個語音。他們透過測量嬰兒吸吮的頻率來推論嬰兒對於周圍事物感興趣的程度（越感興趣吸吮的頻率就越高）。研究人員重複撥放 ba 這個聲音，剛開始時，因為這個聲音對嬰兒來說是新鮮的，能夠吸引嬰兒的感趣，所以吸吮奶嘴的節奏很快，持續撥放一段時間後，嬰兒逐漸失去了興趣，吸吮節奏也就慢了下來，若研究人員轉而撥放 pa 這個聲音，嬰兒又會快速地吸吮奶嘴，這表示嬰兒能夠區分這兩個不同的語音。這兩個語音的差異只發生在 10 毫秒間，嬰兒卻能夠毫不費力地就區分兩者間的細微差異，這個區辨語音細微差異的能力亦是嬰兒天生就有的傾向，不必刻意去學，這也是語言發展的關鍵基礎之一¹³。

除了天生的語音感知、模仿和區辨能力，能夠在一連串的聲音訊息中找到規律的能力也是影響語言發展的關鍵因素。在 1990 年代中期，Saffran 團隊讓 8 個月大的寶寶聽一連串無意義語音，其中有些語音相連出現的頻率較高，他們發現嬰兒能夠不費力的從這一連串無意義的語音中分析出這些重複出現的音串，也就是說，嬰兒對於周遭事件同時出現的頻率具有敏感性，研究者認為這反應出嬰兒強大的統計學習能力，在語言發展進程中，這種能力讓嬰兒能夠不經刻意教導即掌握語言刺激中的關鍵字詞¹⁴。

另一個也可以看出嬰兒發展生物特性的實驗如右圖，你覺得右邊這兩個圖形中，哪一個叫 Kiki？哪一個叫 Bouba？嬰兒會認為多刺的稜角的叫做 Kiki，而柔和的曲面叫 Bouba，這是因為 Kiki 這類詞彙的聲音特性聽起來較尖銳，再加上說出這個詞彙時我們的舌頭必須做出快速而大幅度的變換，似乎與多刺的稜角的



波巴/奇奇效應（Bouba/KiKi effect）實驗用圖形

圖片來源：維基百科

¹² Mampe, B., Friederici, A. D., Christophe, A., & Wermke, K. (2009). Newborns' cry melody is shaped by their native language. *Current Biology*, 19, 1994-97.

¹³ Eimas, P.D., Siqueland, E.R., Jusczyk, P., & Vigorito, J. (1971). Speech perception in infants. *Science*, 171(3968), 303-306.

¹⁴ Saffran, J.R., Aslin, R.N., & Newport, E.L. (1996). Statistical learning by 8-month-old infants. *Science*, 274(5294), 1926-1928.

視覺特徵不謀而合。同樣的，Bouba 的聲音聽起來較為圓滑、連續，發音時嘴唇也必須做嘟嘴狀，與右邊圖形的特徵較為吻合¹⁵。這其實也是一種在外界環境中找出規律的統計學習能力，是生物進化的自然驅動力，透過這個機制，語言和其它感官知覺就自然地聯繫在一起，讓訊息在我們的大腦中有組織、有規律的存放，這個生物本能讓我們在認知學習上能夠更事半功倍¹⁶。

六、閱讀來自後天的學習

曾院士指出，相對於語言習得的先天性，閱讀能力來自於後天學習，我們在閱讀過程中必須學會處理與音韻（Phonology）、組字規則（Orthography）和語意（Semantics）相關的訊息及其彼此之間的互動性，任何一個環節出了狀況，都可能造成閱讀上的困難。古今中外，不少名人其實都有所謂的閱讀障礙，又稱為「失讀症」（Dyslexia），是指在文字閱讀上有困難的人。例如，科學家愛因斯坦、影星湯姆克魯斯以及歌手蕭敬騰，他們都有閱讀障礙，即便如此，皆仍然能夠在自己的專業領域中闖出一片天。導致閱讀障礙的成因相當多元，若從基因學角度來看，現在有些科學家們推斷閱讀障礙可能與 DCDC2 和 KIAA0319 這兩種基因的異常有關，這顯示閱讀能力雖然仰賴後天學習，但亦有它先天不可或缺的生理基礎¹⁷。

另外一個有意思的問題是——漢字閱讀和其它語言文字閱讀有何不同？為探討此議題，曾院士團隊與來自美國、以色列和西班牙的研究者進行跨國研究，利用功能性核磁共振造影（fMRI）收集並比較跨四種語文的腦造影資料（漢語、英語、希伯來語、西班牙語），這四種語言在字形和字音的對應一致性上差異極大。中文是字形字音對應極差的文字系統；希伯來文是拼音文字，但在一般文本裡，會略去母音的符號；英文也是拼音文字，但字形字音對應不全然一致；西班牙文則是拼音文字中，字形字音對應完全一致的典範。研究結果顯示，雖然這四種語言組字規則各有不同，但大學生在以聽覺和視覺辨識字詞

¹⁵ Maurer, D., Pathman, T., & Mondloch, C.J. (2006). The shape of boubas: Sound-shape correspondences in toddlers and adults. *Developmental Science*, 9(3), 316-322.

¹⁶ 曾志朗（2017）。在意識的繁花裡漫步：偶爾也和認知神經科學家來場生活探險。臺北市：遠見天下文化。

¹⁷ Tzeng, O. J. L., Lee, C. Y., Lee, J. R., Wu, D. H., Lee, R. R.-W., & Hung, D. L. (2017). Neurolinguistic studies of reading in Chinese. *New Directions for Child and Adolescent Development*, 2017(158), 55-68.

時，卻呈現出非常一致的左腦功能運作模式，這打破了一般人認為中文是意符文字系統，所以認知處理必定與拼音文字不同的迷思¹⁸。

七、不同層次的學習型態

從學習說話的自然，到學習認字閱讀的不自然，曾院士歸納出人類的學習可分為原始和高層次兩種型態，前者的 SOP 是自動化的、隱性的、不費心力的，是演化而來的原始學習型態；而後者的 SOP 是尚未自動化、顯性的、必須「用心」和「動腦」。一般因應日常基本需求的學習大都屬於前者，而學校和研究機構的學習就必須仰賴高層次的認知結構和功能。高層次學習可以劃分為六個步驟，仿、借、存、轉、聯、精。「仿」是模仿，最基本的學習機制，但模仿是重建，不是複製。其次，模仿得來的經驗是有限的，知識的擴張來自假借別人的智慧（例如：聽演講和閱讀）。第三，學習透過有意義的編碼，打破儲存容量的限制，儲存大量的知識，以從容應付未知的突發事件。第四，人類的學習精髓，在於建構有效的語法作為介面，使有限的元素可以轉換成幾乎是無限量的訊息內容，這是所謂創意的表現。第五，是最關鍵的學習，知識模組會因依附在環境裡的共同平台而聯結在一起，形成智慧的網路，在適合時機，結合網中的知識同伴，合作產出創新內容。最後，高等深度學習，靈活的將知識融會貫通，成為專家¹⁹。（編按：我們在每頁下方註解處提供了與演講內容相關的文獻資料，有興趣的讀者，現在就開始藉由閱讀、理解與批判進行更高層次的學習吧！）

八、幽默是智慧終極形式

曾院士最後談到幽默即是上述高層次學習的最佳體現，幽默必須以過去的經驗為基礎，思考此時此刻的話語是否合宜，它不是單純的搞笑，它映射出的是一種智慧，看似意料之外卻又在情理之中，讓人捧腹後更多了一種回味。幽

¹⁸ Rueckl, J. G., Paz-Alonso, P. M., Molfese, P. J., Kuo, W. J., Bick, A., Frost, S. J., ...& Frost, R. (2015). Universal brain signature of proficient reading: Evidence from four contrasting languages. *Proceedings of National Academy of Sciences*, 122(5), 15510–15515.

¹⁹ 曾志朗（2017）。在意识的繁花裡漫步：偶爾也和認知神經科學家來場生活探險。臺北市：遠見天下文化。

默的產生集合了 I.Q.及 E.Q.，是人類智慧的終極形式。在演講過程中，曾院士也分享了幾個讓聽眾莞爾一笑的幽默小品，例如：馬克吐溫的故事。

說完了幽默小故事，曾院士進一步表示，在文明社會中，幽默的產生、感知、理解和欣賞是人類獨特的認知能力，大多數人都可以生成笑話，但適當的幽默很難得到。在適當的社會文化情境中，即興創作幽默更是不容易。在走向工業4.0的當下，儘

管人工智慧不斷取得重大進展，但要做出真正會思考的機器，還面臨一些很大的阻礙，更別提理解幽默的能力，但未來如何發展，沒有人能說得準。對於人類來說，人工智慧帶來的是災難？還是智慧？一樣沒有人能說得準，但可以確定的是，在發展人工智慧的當下，我們要謹守以人爲本的理念，機器無法取代人性，性格才是創造偉大科學家的關鍵。



幽 默 小 品

美國知名作家馬克吐溫，有一次因爲看不慣國會議員在國會通過某個法案，因此在報紙上刊登了一個廣告，上面寫著：「國會議員有一半是混蛋。」報紙一賣出，許多抗議電話隨之而來，這些國會議員可不認爲自己是混蛋，紛紛要求馬克吐溫更正。馬克吐溫於是又登了一個更正啓事：「我錯了，國會議員，有一半不是混蛋。」

（資料來源：整理自曾院士演講內容）

參、尾 聲

談完了幽默，這場演講來到了尾聲。短短兩小時，曾院士帶領現場聽眾從300萬年前的阿法南猿、30萬年前的語言發展、8千年前的文字出現，穿越時空一路談到近百年來的工業革命乃至於現今的人工智慧時代。曾院士在人類文明演化的脈絡下談嬰幼兒發展，特別指出人類演化與既有生物基礎息息相關，而人類嬰幼兒的發展也遵循類似的規律。嬰兒是與生俱來的小小科學家，對世界充滿好奇心和求知欲，積極探索周遭環境，嬰幼兒發展讓我們看到學習歷程的生物特性，在探討人類發展與學習機制的研究中，若能同時了解人類演化史以及嬰幼兒的發展學習軌跡，可以讓我們更洞察學習的本質。

最後，曾院士再次提及，隨著工業4.0時代的來臨，要培育出未來世界的主人翁，教育者就要開始改變思維，進行跨領域合作。現今，生物科學、大腦

科學和認知科學的飛速發展，使得人類對於大腦運作機制以及不同層次的學習機制都有了更多認識，於是整合大腦、認知心理與教育的學習科學應運而生。學習科學有別於其它研究領域之處在於其運用並綜合各類學科的最新知識，聚焦人類「學習」，不僅關注學習歷程中外顯行為的改變，也關注大腦功能區以及神經聯結在外部環境刺激下的改變。處於這股時代浪頭上，曾院士在演講結束前特別提出聯合國的高等教育目標，勉勵每個人都須要不斷 learn to be、learn to know、learn how to learn 以及 learn how to deal with others！

邀稿日期：2018 年 12 月 7 日