

智力的極限

人類是萬物之靈，但還想更聰明。不過可能由於物理定律的限制，我們大腦已經到達極限了。

撰文／福克斯（Douglas Fox）翻譯／涂可欣

重點提要

■人類智能可能已經接近演化的極限。各項研究顯示，可以讓我們變聰明的細微改變，大多數都會面臨物理定律設下的限制。

■舉例來說，大腦變大可增加智力，但到了某個程度後報酬率開始遞減，大腦會過於耗能且運作緩慢；而大腦各區域間較佳的連線，同樣也有耗費能量和佔據空間的限制。

■讓神經線路變細則會受限於熱力學，類似電晶體在電腦晶片上的情形，傳訊時產生太多雜訊。

■人類可透過集思廣益獲得較高的智慧，輔以從書寫到電腦等科技，讓我們的心智跳脫身體的局限。

第一次世界大戰前，諾貝爾獎得主、西班牙生物學家雷蒙卡厚爾（Santiago Ramón Y Cajal）曾詳細描述昆蟲的神經解剖構造。他將昆蟲視覺處理神經元的微小線路比喻為精緻的懷錶，而哺乳動物則像肚裡空空的老爺擺鐘。的確，蜜蜂的腦僅有幾毫克，卻一點不比哺乳動物遜色，能在迷宮或自然景物中穿梭自如，想到這裡，就不禁讓人謙卑起來。雖然蜜蜂的腦細胞較少，卻似乎能將功能發揮得淋漓盡致。

大象則是極端的反例。大象的腦是蜜蜂的 500 萬倍大，卻如美索不達米亞平原上龐大的帝國一樣缺乏效率，信號從腦的一端傳到另一端，或是從腦傳到腳，所需時間是蜜蜂的 100 倍，使得大象得減少仰賴反射，行動較遲緩，珍貴的腦資源必須用來計畫每一步怎麼走。

人類的大腦雖不像大象或蜜蜂的腦如此極端，卻很少人意識到相同的物理定律也嚴格規範著我們的大腦。人類學家曾推測腦容量增加可能面臨的障礙，舉例來說，較大的腦對雙足行走的人類來說，會讓嬰兒在出生時不易通過產道，但假設演化能解決產道問題，那麼我們會觸及更深入的問題。

例如，有人會想，演化過程可以增加大腦的神經元數目或提高神經元交換資訊的速度，而讓我們變得更聰明。但如果綜觀近期幾個研究並接受其中的邏輯推論，會得到以下的結論：這樣的改變很快就會遇到物理極限，而這些限制根植於神經

元的本質和它們交流時在統計上相當嘈雜的化學交互作用。英國劍橋大學理論神經科學家勞夫林（Simon Laughlin）說：「資訊、雜訊和能量是密不可分的，它們的關係存在於熱力學層次。」

那麼是否熱力學定律限制了以神經元為基礎的智能？畢竟鳥類、靈長類、海豚或螳螂都使用了神經元。顯然我們從未以如此廣泛的角度來討論這個問題，但在這篇文章中受訪的科學家大致同意，這是個值得深思的問題。研究神經資訊編碼的美國賓州大學物理學家巴拉薩布藍曼尼恩（Vijay Balasubramanian）說：「這是個非常有趣的觀點，我從沒在科幻小說中看過有人討論這個想法。」

智能當然是一個籠統的詞，不容易評量，甚至很難定義。儘管如此，由大部份指標來看，人類堪稱地球上智力最高的動物。但人類大腦是否演化到資訊處理能力面臨極限的地步？以神經元為基礎的智能是否存在著一些物理限制，不僅囿限了人類，還包括其他所有我們知道的生物？

大腦超耗能

要增強大腦功能最直覺而明顯的方法，就是讓腦變大。事實上，科學家對腦容量和智能高下的關聯，已經好奇了 100 多年。19 世紀末和 20 世紀初，生物學家探討了生命的通則：動物界裡與身體質量（特別是大腦質量）有關的數學定律。體積大的優勢是可容納較多神經元，而增加腦的複雜度。但是智力顯然不光是由腦的大小來決定：牛腦比鼠腦大了 100 倍，但牛並不比小鼠聰明，相反的，隨動物體型增大的腦似乎都用來執行瑣碎的功能，例如體型變大會增加許多與智能無關的日常雜務，像是監控較多觸覺神經，處理來自較大視網膜的信號，和控制較多肌肉纖維。

1893 年在爪哇發現直立人頭顱的荷蘭解剖學家杜波伊斯（Eugene Dubois），希望有一個能根據化石頭顱大小估計動物智能的方法，於是他致力找尋腦容量和動物體型間的精確數學關係，這個想法的假設是腦特別大的動物會比較聰明。杜波伊斯等人建立了一個腦和身體重量的資料庫，在一篇經典論文裡，研究人員列出 3690 種動物的身體、器官和腺體的重量，涵蓋螳螂、黃喙白鷺、二趾樹懶和三趾樹懶等動物。

杜波伊斯的後繼者發現，哺乳動物大腦增大的幅度比牠們身體的增加來得小，更確切的說，腦重量與體重是 $3/4$ 次方的關係，所以體重是小鼠 16 倍的麝鼠，腦是小鼠的 8 倍大。從這數學關係可推衍出杜波伊斯想找尋的工具：大腦化商數（encephalization quotient）。大腦化商數能夠表示真實腦質量和根據動物體重推算出的預期腦質量之間的比值，換句話說，它可顯示物種偏離 $3/4$ 次方定律的倍

數。人類的大腦化商數為 7.5(我們的腦為定律預測值的 7.5 倍),瓶鼻海豚為 5.3,猴子大約 4.8,而牛不出所料地跌至 0.5(參見右側〈腦容量的異類〉)。簡言之,扣除處理瑣碎雜事(像是皮膚感覺)所需的神經元後,剩餘的神經元才與智力有關。更明白的說,智力與腦的大小至少有粗淺的關係。

【欲閱讀完整的豐富內容,請參閱科學人 2011 年第 114 期 8 月號】