群體的最佳連結度

主要參考資料來源：《失控》，Kevin Kelly著，東西文庫譯，新星出版社，2010

美國理論生物學家和複雜系統研究者考夫曼(Stuart Alan Kauffman)研究地球上的生命起源，他認為：任何事物聚集成群都會與原來有所不同。聚合體愈多，由一個聚合體觸發另一個聚合體這樣的相互作用就愈有可能會呈指數級增長。在某個點上，不斷增加的多樣性和聚合體數量就會達到一個臨界值，從而使系統中一定數量的聚合體瞬間形成一個自發的環，一個自生成、自支持、自轉化的化學網絡。只要有能量流入，網絡就會處於活躍狀態，它就不會垮掉。

程式代碼、化學物質或者發明，都能在適當的環境下產生新的代碼、新的化學物質或新的發明。其實，這就是生命的模式：一個生物體產生新的生物體，新的生物體再接著創造更新的生物體。考夫曼想從數學上把這個過程概括為：函數產生新的函數，新的函數再生出其他新的函數。

他深刻的體會到達爾文的物競天擇和亞當斯密的國富論二者竟何其相似，都是有一雙無形的手。為什麼一顆卵細胞就能發育成一個嬰兒？在人類2萬多個基因的染色體究竟是如何控制不同細胞類型的出現？複雜性是如何自行建立起來的？要怎麼才能把問題問到點子上相當重要，一旦問對了問題，就很有可能找到某種答案。

考夫曼研究網絡的連接度，網絡中的每個節點可以不連結或只連結少數的其他節點，最多的話理論上可以連結的上限是節點總數減一。他在研究中發現，連接太少不能傳播創新，系統也就不會進化。增加節點間的平均連接數量，系統彈性也隨之增加，一旦遇到干擾就會「迅速反彈」，當環境改變時，系統仍能維持穩定和進化。出乎意料之外的發現是：超出某個連結度時，繼續增加連接度只會降低系統作為整體的適應性。因為無數的牽制力量反而形成「死鎖」，使整個系統陷入嚴重的癱瘓，他把這種情況稱為「複雜度災難」。這種過度連結的情形，竟出人意料的並不少見，從長遠來看，過度連結的系統與一盤散沙並無二致，這就是所謂的「過猶不及」！最佳的連接度是在中間某個位置，它可賦予網絡最大的靈活性。

考夫曼研究精簡系統的最佳連結度，發現竟然非常低，只在個位數左右，相當違反直覺。正因為一個擁有成千上萬成員的大型網絡裡，每個成員的最佳連接度也是小於10，只要覆蓋面足夠，即使是最小的平均連接數也是夠用的。考夫曼第二個出乎意料的發現是：不管某個網絡是由多少成員組成，這個低的最佳值似乎都波動不大。也就是說，即使網絡中加入更多的成員，也不需要增加每個節點間的連結數。

考夫曼還發現，當生物體或介子的平均連結數小於2時，整個系統的靈活性就不足以跟上變化。也就是說，群體的成員間缺乏充分的內部溝通，就容易分裂成孤立的小團體而難以成事。當連結度過大時，適應性就會凍結，因為當許多行動取決於相互矛盾的行動時，也同樣會一事無成。想想看，當太多人可以對其他人的工作指手畫腳時，官僚主義就開始蠢動，最終互鎖而自縛。

不論在企業、政府、社交網絡中，透過大量的媒體、通訊、廣告、郵件……，實際上是大大的增加了每個人之間連結數，不論是哪一種增長，都沒有顯著的提高系統(社會)作為整體的適應性！

(心得：這個論點不禁讓人聯想到，台灣推動的所謂「公投」，看似非常符合民主，結果不就是造成「鎖死」或「自縛」最好的例子嗎？還有，從這個角度來看，所謂的美式普選民主，會是一個好制度嗎？實在是值得深思啊！)