反混沌 – 無序之有序

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

反混沌( antichaos )的理論指出：一切系統的行為都是動態演化的，在演化過程中可能會呈現出有序態、無序態、混沌態、反混沌態和自組織臨界態共五種類型的狀態，不同狀態下的系統具有不同的預測特性。如果一個由簡單的化學分子構成的系統達到某種特別複雜的程度時，該系統就會出現戲劇性的突變。這種突變類似於液態水結冰時發生的突然相變，或者如在即將坍塌的沙堆上再加一粒沙子一樣，原本簡單的小分子會自發的相互結合(或化合)，自組織成非常複雜的大分子，這種大分子又會促動發生催化作用，使周圍混亂無序的分子都自組織成為有序的分子鏈。這個從混沌到有序的過程就稱為「反混沌」過程，混沌會毫無理由的產生秩序，或可稱之為「無序之有序」，最初的生物大分子就是在這樣的過程中形成的。

理論生物學家考夫曼( Stuart Alan Kauffman )研究由受精卵發育到成熟的過程，生物是如何由單個卵細胞一分二、二分四、四分八……分化成新的類別細胞？以人類的卵細胞來說，大約僅需要分裂50次，就能產生出上千億的細胞，並發育成嬰兒。在分裂的過程中，是什麼樣的無形之手在控制指引，從同一個卵細胞竟能分化成數百種具備專門功能的細胞？後續研究發現有一種「調控基因」負責開啟其他基因，那又是什麼在控制調控基因呢？原來是其他基因！是什麼在控制那些基因？還是其他基因！……，可以說是由基因組成的去中心化網絡掌控著細胞網絡，形成了「無序之有序」的關係！

考夫曼和一些同好發展出了各種類型的「網絡數學」來建立模型，這些方法有各式各樣的非正式名稱，如：並行分布式處理、布爾網絡、神經網絡、自旋玻璃、細胞自動機、初類系統、遺傳算法、群計算……等等，但它們都有共同要素，如：都是由數千個相互作用的函數所形成的橫向因果關係、都是試圖協調大量同時發生的非線性行為。

網絡數學不像古典數學，它具有的特性往往不符合人們的直覺，離開了電腦可以說就毫無用處！一般來講，在相互作用的群集中，輸入的微小變化可以引起輸出的巨大變化。啊！這不就是「蝴蝶效應」嗎？ ------ 效果與起因並不成比例！要想知道網絡數學模型的效果，由於各部分間的關聯糾結成一團，唯一的方法就是讓它「運行」，用電腦行話來說就是「執行程式」。植物種子的壓縮方式正是如此，無論我們用多麼智慧的方式來檢驗一粒未知的種子，也不能預測出最終的植物形態，最便捷的途徑就是讓它發芽生長。

幸運的是，網絡數學模型程式可以在電腦中生根發芽。考夫曼把網絡中的一大群節點隨機的聯結起來，形成一個互動的網絡，讓它們彼此作用並記錄下它們的行為。他把網絡中的每個節點看作是一個開關，可以開啟或關閉周邊某些特定節點，而周邊節點又可反過來作用於該節點，最後混亂的局面會趨於一個隱定且可測量的狀態。然後，他再隨機重置整個網絡的聯結關係後運行、穩定……，如此重複多次後他就可以整理出網絡的一般行為，而這些行為與網絡的內容是無關的。如果用現實中的事物來類比，就像一個電話網絡隨機的把很多用戶聯繫起來，不必管人們到底在電話中說了什麼，但仍可得知這個網絡的平均效果。

考夫曼對通用的互動網絡進行了數以萬計的實驗後，就可以對它們有足夠的了解，並可以描繪出這類群系統在特定環境下如何表現的大致情形，不管該網絡成員在其中實際在做什麼。他想了解一般的染色體會有哪些類型的行為，為此編寫了成千上萬個隨機組合的基因系統，並在電腦上運行後，發現它們落在了幾種行為「盆地」中。

當水在水管中低速流出時，水流並不平穩，但連綿不斷；如果開大龍頭，水就會突然噴射出來，形成混亂但尚可描述的急流；再將龍頭完全打開，水流會像河水一般奔湧而出。如果小心翼翼的調節龍頭，使它處於二種速度之間，此時的水流不會停留在中間模式上，而是迅速地轉向一種或另一種模式，彷彿二邊的模式對它都有吸引力一樣。

系統的動態過程遲早會進入某個「盆地」，該盆地可以捕獲周邊的運動態，使之進入一個持久態，以考夫曼的話來說，就是混沌之中會湧現出無序之有序！

考夫曼進行了無數次的基因仿真實驗，他發現，系統中基因數的平方根與這些基因最後所進入的「盆地」數目之間存在大致的比率關係。也就是說，生物細胞中的基因數與這些基因所產生的細胞種類數，如肝細胞、血細胞、腦細胞…等之間也存在相同的關係，而且所有生物的這個比率大體恒定，這一事實也表明細胞種類的數量實質上是由細胞結構本身決定的，與自然選擇並沒太大的關係。