

從混沌到同步

■ 楊正平

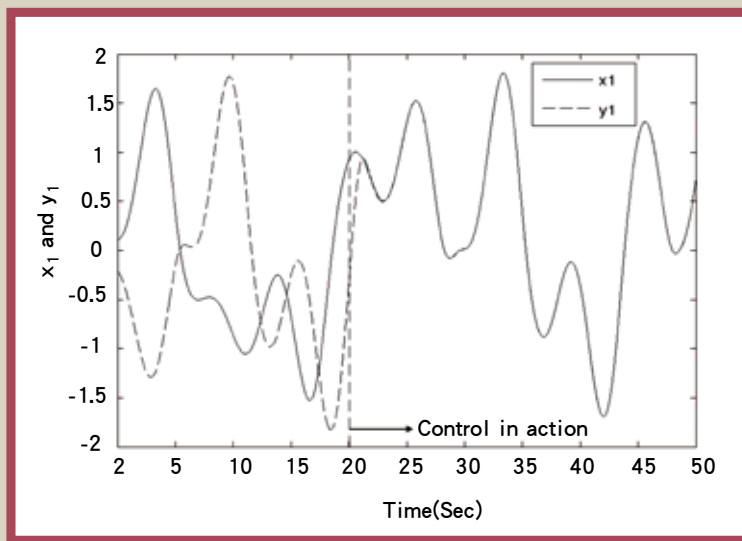
觀察以下兩組數字：(0.704、-0.007、-0.999、0.999、-0.998)與(0.789、0.245、-0.879、0.546、-0.402)，這兩組數字看似隨機，卻來自於同一個數學式 $f(x)=2x^2-1$ ，然後將 $f(x)$ 代入 $2x^2-1$ 重複計算的結果，差別只在於「初始值 x 」分別是0.6與0.6001。以上兩組數字分別是第10次到第14次的計算結果，這就是所謂的「混沌」(chaos)；混沌的特點是看似混亂的現象，其實隱藏規則，尤其對「初始條件」非常敏感，一點差異就會造成十分不同的後果。最有名的比喻是「巴西蝴蝶飛舞造成美國德州龍捲風」，清楚表現出混沌的特質。

混沌特性吸引了高雄海洋科技大學海事資訊科技研

究所郭昭霖教授的注意，他問：「如果不同的初始條件造成不同的結果A與a，是否有方法讓A=a呢？」也就是「如何使A與a同步化」的問題。

郭教授運用了「適應性

模糊滑動控制器」(adaptive fuzzy sliding mode controller, AFSMC)的概念來研究這個「混沌同步化」問題。「適應性模糊」是一種系統自我學習的方法，只要給系統設定一些「規則」，系統就會



主系統 x_1 與子系統 y_1 在20秒時啟動「適應性模糊滑動控制器」作業，順利使兩個系統同步化。



「主系統一次系統同步化」研究成果可應用於高速公路車流量的控制。
(圖片來源：日創社)

根據「規則」與外界的「反應」學習、修正系統的動作。應用到同步化的問題上，就是讓看似混亂無規則的A系統與a系統能根據彼此的「誤差」進行調節，最終讓 $A=a$ 。

郭教授從適應性模糊的概念出發，設計了一個內含適應性學習程式的「控制器」晶片，讓系統能根據過去的資料預測未來的

系統走向，同時根據誤差值進行調整，使「主系統A」與「次系統a」達到同步化的成果。

這種「主系統一次系統同步化」研究有極佳的產業應用潛力，例如巔峰期間高速公路車流量控制，高速公路上的車流是主系統，每個交流道的上、下車流則是次系統，如果主系統與次系統能夠同步化，也就是控制主幹

道與交流道的車流量與速度，塞車問題就不會發生。

又例如在大海中，如何讓大船與小船在顛簸的海浪中順利地連結，進行加油、傳送物品等作業，都可以利用這種「同步化」概念來解決。甚至可能應用在醫學上，用來調整心律調節器，讓心臟跳動頻率能隨著身體的狀態穩定在安全範圍內，避免心臟病意外。

楊正平

本刊特約文字編輯

深度閱讀資料

Chao-Lin Kuo (2007) Design of an Adaptive Fuzzy Sliding-Mode Controller for Chaos Synchronization. *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, 8(4), 631-636.