

當代系統思想與耗散結構理論

產業研發碩士專班課程

陳慶瀚

機器智慧與自動化技術(MIAT)實驗室

義守大學電機系

pierre@isu.edu.tw

2005年9月27日



本週主題

- 當代系統思想的起源
- 耗散結構理論



康德系統思想

系統的三個特性：

1. 內在目的性，系統的結構和功能適應於特定的內在目的。
2. 自我建造性，系統的成長、擴充。
3. 整體在先性，系統的整體性先天地決定了系統的內容、以及系統內各元素所處的位置和關係。



笛卡兒科學方法論

理性主義四大格言：

1. 不要接納任何事物，除非已經透徹了解以致排除了所有可懷疑的地方；
2. 把一個困難的問題分解成一些可以解決的較小問題。
3. 先解決那些最簡單、最清楚的問題，一一理解後，再逐步升高層次，探討複合的事物。
4. 最後，縝密的審視和檢驗有無遺漏的事項。



笛卡兒科學方法論

理性主義四大格言：

1. 不要接納任何事物，除非已經透徹了解以致排除了所有可懷疑的地方；
2. 把一個困難的問題分解成一些可以解決的較小問題。
3. 先解決那些最簡單、最清楚的問題，一一理解後，再逐步升高層次，探討複合的事物。
4. 最後，縝密的審視和檢驗有無遺漏的事項。



Shannon的信息理論(1948)

Information Theory - Communication Theory:

技術面向：如何精確的傳送信息符號；

語意面向：如何使傳送的信息符號表達信息的含義；

效用面：信息接收端如何受到信息的影響。



Weiner的系統控制論(1948)

- Cybernetic:
- 一門關於機器和生物的控制和通訊的科學。
- 提供信息、回饋、通訊、控制、穩定性、解析式系統模型的重要概念。
- 工程的、社會的、生物的、經濟的、人工生命的系統控制論。



Bertalanffy的一般系統理論(1968)

一般系統理論(General System Theory):

系統科學，針對不同領域的具體系統進行科學的理論研究，以作為一切種類的系統的根本學說；

系統技術，探討各種方法、工具和技術，以便應用在系統工程。

系統哲學，包含系統的本體論，系統認識論，以及真實世界的表達和模型操作。



Prigogine的耗散結構理論(1977)

耗散結構(Dissipative Structure)理論：

開放系統的Entropy變化： $dS = diS + deS$

diS ：系統內部entropy的變化(恆為正)

deS ：系統與外界能量交換的entropy變化(可為正或負)

「Entropy增加原理」只適用在孤立系統



Prigogine的耗散結構理論(1977)

- 真實系統均為開放性系統
- 到處都是耗散系統
- 耗散系統呈現遠離平衡狀態



系統的分類

孤立系統-

與外界沒有物質和能量的交換
有序→無序→無序平衡

封閉系統-

與外界有能量的交換但沒有物質交換

開放系統-

與外界自由地進行能量和物質的交換



開放系統的三種生存狀態

- 熱力學平衡狀態-
 $d_i S > 0$, 而且 $d_e S > 0$ 總entropy dS 增加系統趨向無序
- 線性非平衡狀態-
 $d_e S > 0$, 初始出現有序結構, 但是亦受內部entropy增加產生破壞, 最後仍趨於無序
- 遠離平衡狀態-
 $d_e S \ll 0$, 系統不斷由外界獲得負entropy, 總entropy減少, 使系統達到一種新的穩定有序的結構, 此為耗散結構



熱力學第二定律與耗散結構理論

熱力學第二定律：結構(秩序)潰散原理
耗散結構理論：結構(秩序)產生原理



產生有序結構的機制

外部條件：開放性、非平衡狀態

內部機制：Fluctuation(漲落)



漲落對系統演化的影響

1. 在系統的平衡狀態

漲落是破壞結構穩定和有序的消極因素。

2. 在系統的線性非平衡狀態

漲落是破壞結構穩定的干擾，系統本身會藉由回授消除干擾。但無法使系統從一個穩態轉移至另一個穩態。

3. 在系統的遠離平衡狀態

漲落將形成非平衡相變的觸發器，系統處於不穩定狀態，任何隨機的小漲落可能被迅速放大，使系統跳躍至一個新的有序平衡狀態。



耗散結構的非線性作用

非線性：真實世界的普遍特質

普利高津：只有在系統內部元素之間存在非線性作用，耗散系統才可能出現。非線性方程組有多個定態解和多個分支現象。



耗散結構的特徵

	平衡結構的有序	耗散結構的有序
尺度	微觀的	巨觀的
動態	靜止的有序結構	活動的有序結構
條件	其狀態可在孤立的環境中維持，不需由外界補充物質和能量。 (例如食鹽晶體)	需不斷的與外界環境交換物質和能量來維持其有序結構狀態。 (例如生命體)



耗散結構與系統思想

1. 發展了嚴謹的系統科學理論
使用 $dS = diS + deS$ 作為開放系統的系統表述。
2. 提出非平衡系統的自組織原理
提出有序結構的形成和維持機制。
3. 豐富了系統思想
由平衡到非平衡態；
隨機過程和宏觀的決定論；
可逆性與不可逆性；
確定性與不確定性；
有序與無序的辯證思維
4. 科學認識論的典範轉移
在探索世界的複雜性中，建造從靜止自然觀通向動態自然觀、從存有通向演化的橋樑。



結語

人是自然的一部份，在統一的宇宙中，人既是觀眾，也是演員。所以我們必須以新的形式和自然界開始新的對話。