

# 系統論(Systemique)： 一個當代人文科學的方法論

陳慶瀚

法國法蘭西—孔德大學博士

中央大學資工系副教授

[pierre@csie.ncu.edu.tw](mailto:pierre@csie.ncu.edu.tw)

2008年10月6日



# 背景

近四十年來，自然與工程科學、社會科學、人文科學的諸多領域不約而同地、相繼地湧現了有關「系統」的新觀念、新方法和新技術。相對於傳統理性主義的化約式的系統思想，當代系統科學思想的主流則朝向了複雜、非線性、動態等概念。



# 何謂系統(system)？

兩個以上的元素所形成的整體，其元素間具有關聯結構，並呈現整體的功能性

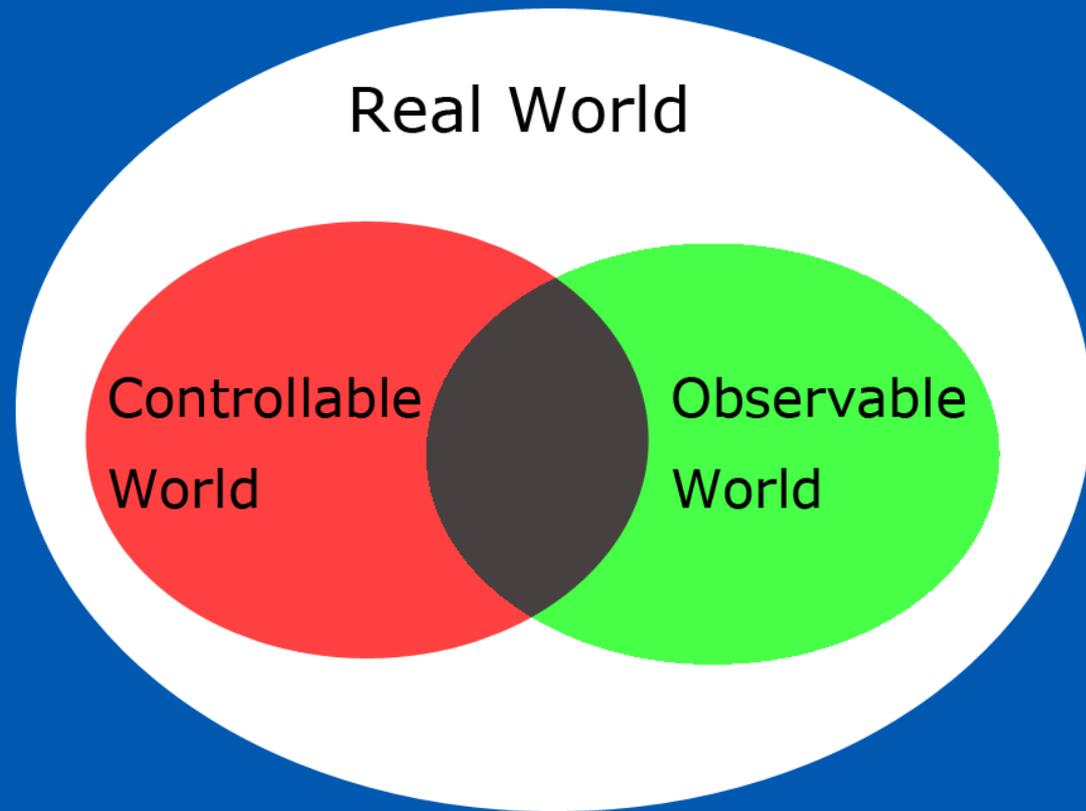


# 何謂系統論(systemique) ?

一種系統科學的認識論(Epistemology)和方法論(Methodology)

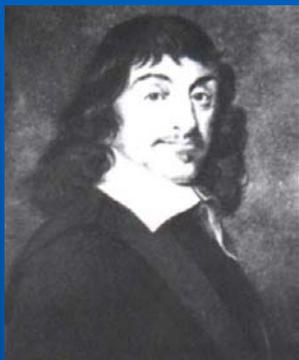


# 人類思想和科學認識的侷限性





# 理性主義的化約式思考



「把一個困難的問題分解成一些可以解決的較小問題。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，探討複雜的事物。」

—笛卡兒

(Descartes, Rene du Perron, 1596-1650)



# 理性主義的決定論思考



「我們必須將宇宙萬物目前的狀態視為過去狀態的結果，同時也是未來狀態的成因.....沒有甚麼是不能被確定的，未來就如同過去一般將呈現在我們的眼前。」

—拉普拉斯

(Laplace, Pierre-Simon, 1749-1827)



## 化約思考—理性主義觀點

思考作為一個封閉系統，其結構與運作具有高度內在性、獨立性，而與環境無關。

思考作為一線性系統，具有可預測性、可控制性及內在的穩定性。



# 化約式思考的困境

- Adaptivity
- Robustness
- Autonomy
- Intelligence



# 當代系統思想的起源

1907- 龐加萊(Poincaré)

1948- 申儂(Shanon)的信息理論(information theory)

1948- 維納(Weiner)的系統控制論(Cybernetics)

1968- 貝塔隆費(Bertalanffy)的一般系統理論  
(General System Theory)

當代系統思想所揭示的重要觀念包括交互作用、整體性、自我組織、複雜性、變遷性等。



# 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)

1. 真實系統均為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
2. 非線性是真實世界的普遍特質
3. 有序結構的形成發生在系統的遠離平衡狀態
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。



# 當代系統論

理性主義的系統論	當代系統論
明確性	適切性
化約主義(以分析為導向)	整體主義(系統相對於環境)
因果論(線性決定論)	目的論(探討系統的行為)
羅列性	聚集性



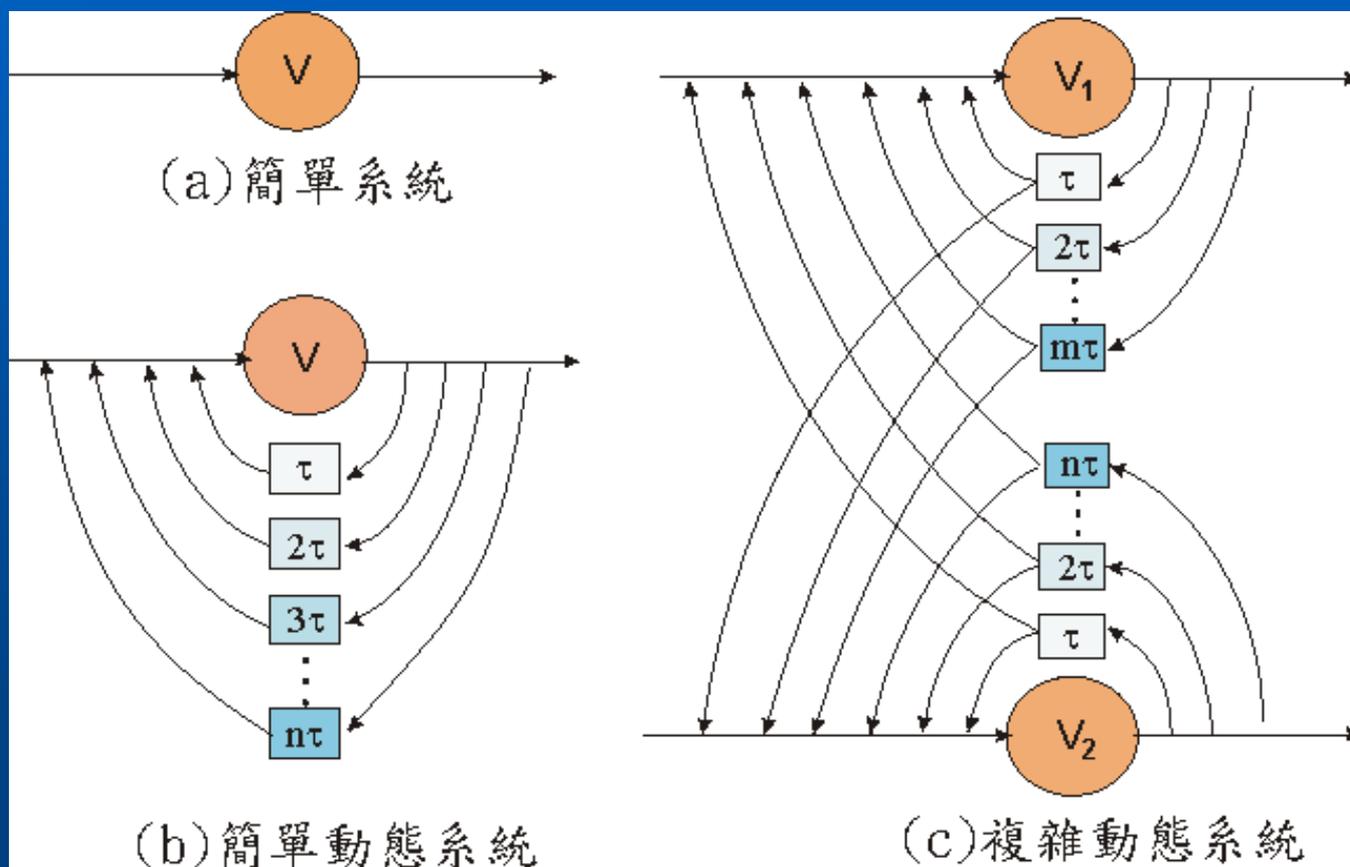
# 朝向複雜動態系統的系統論

## 複雜動態系統是

- 適應性的(adaptive)
- 強健的(robust)
- 自組織的(self-organized)
- 智慧型的(intelligent)



# 甚麼是複雜動態系統？





# 複雜動態系統的特性

1. 系統由三個以上的元素所構成
2. 系統的元素之間會交互作用(interaction)
3. 不可化約(irreductibility)
4. 不可逆(irreversible)
5. 非決定論(non-determinism)



# 系統論的展示

1. 線性系統
2. 非線性系統
3. 混沌



# 線性系統



# 動態系統方程式

$$X_{t+1} = f(X_t)$$

$X$ : 系統狀態

$t$ : 離散時間

$f$ : 函式



# 迭代：系統演化

$$X_{t+1} = rX_t$$

$X_0$ ：系統初始狀態

$$X_1 = rX_0$$

$$X_2 = rX_1 = r^2X_0$$

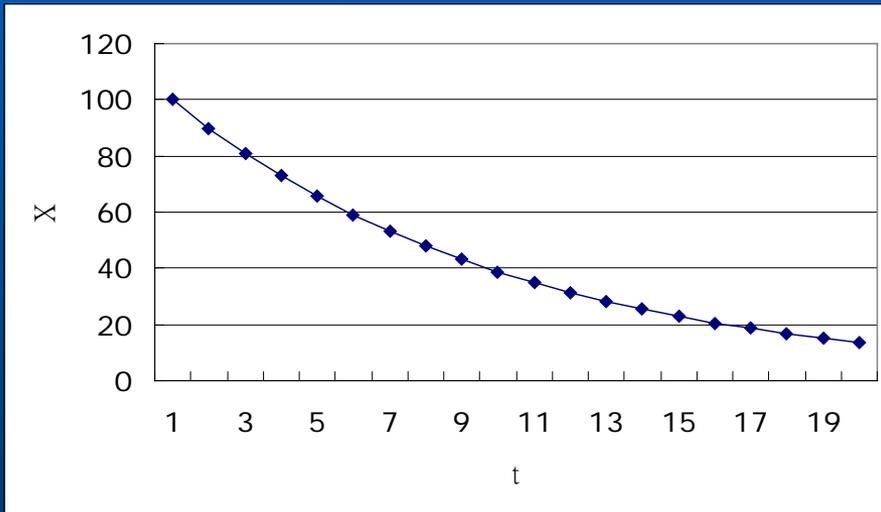
$$X_3 = rX_2 = r^2X_1 = r^3X_0$$

.....

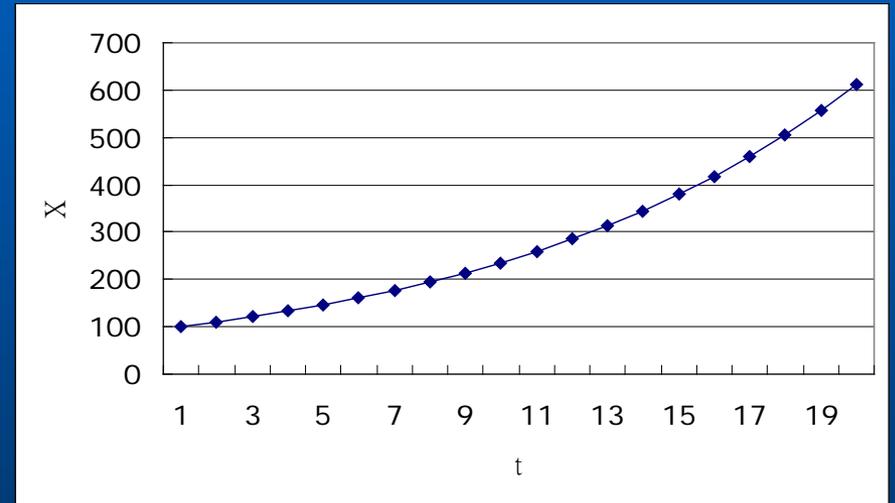


# 線性系統的行為

## 衰減(decay)行為



## 成長(growth)行為



$$X_{t+1} = 0.9X_t$$

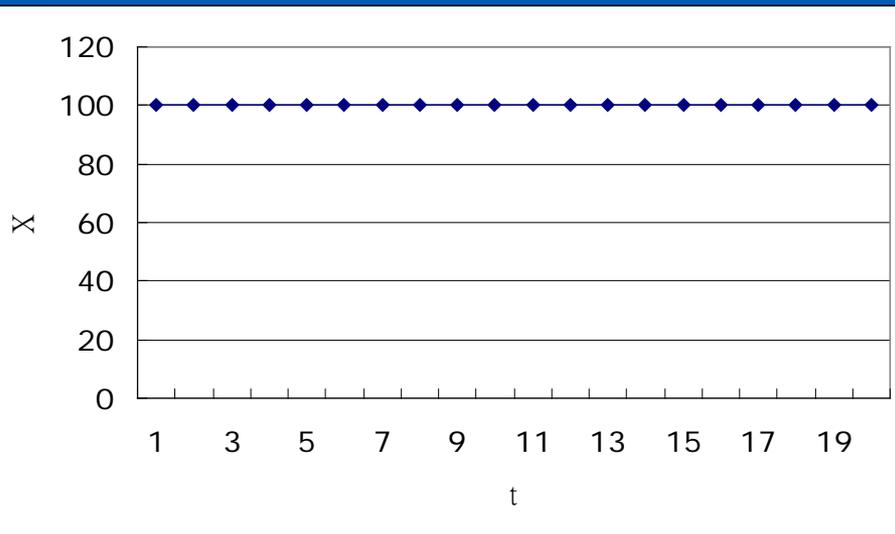
$$X_{t+1} = 1.1X_t$$

$$X_0 = 100$$

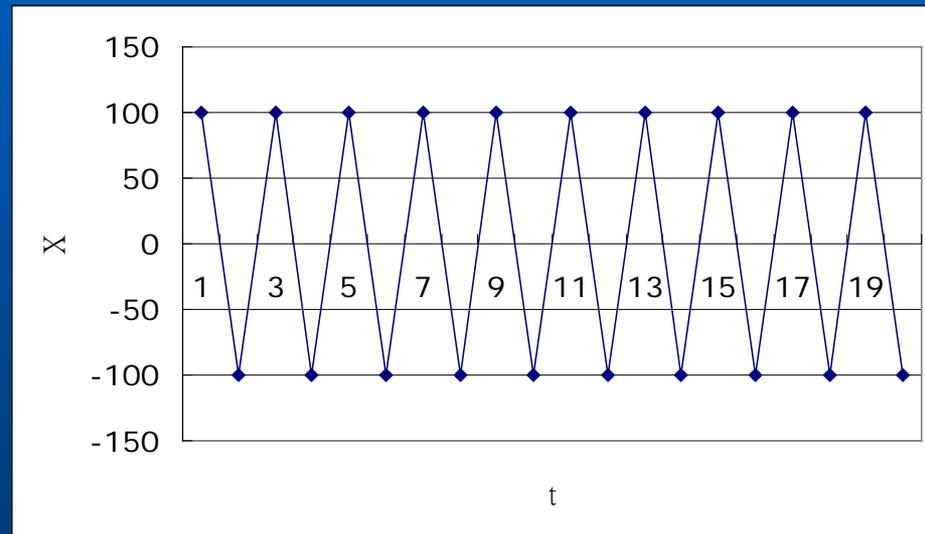


# 線性系統的行為

## 穩態(steady-state)行為



## 週期(periodic)行為



$$X_{t+1} = 1.0X_t$$

$$X_0 = 100$$

$$X_{t+1} = -1.0X_t$$



# 非線性系統



# Quadratic map

Logistic Equation :

$$X_{t+1} = rX_t (1 - X_t)$$

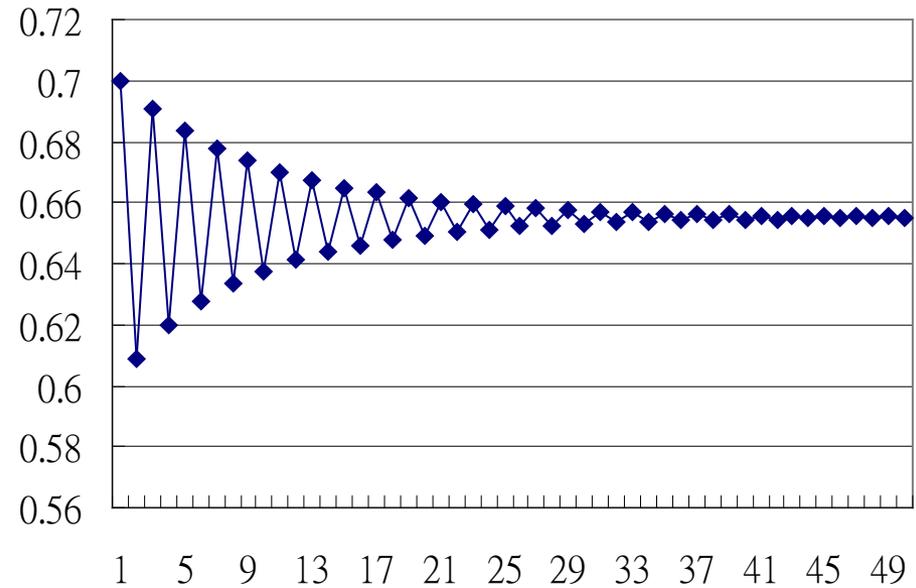
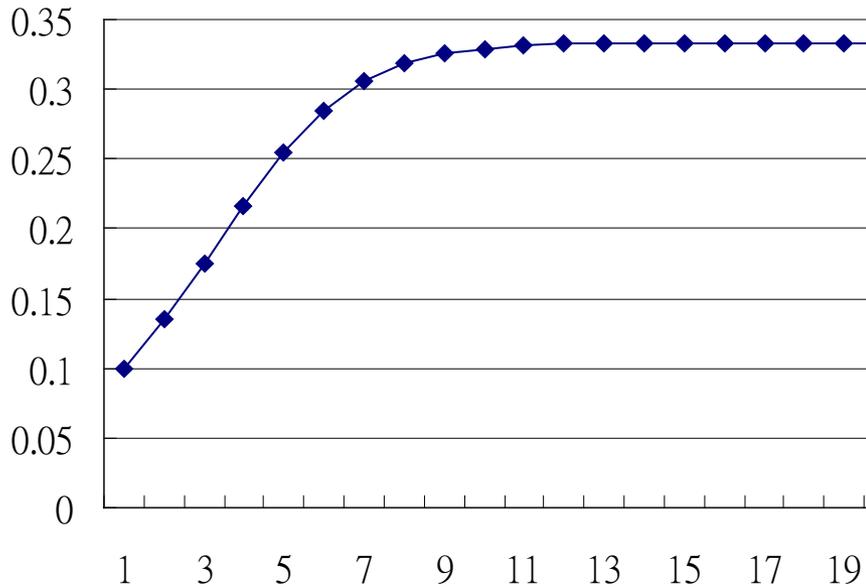
$X$  : 系統狀態

$t$  : 離散時間

$r$  : 常數



# 非線性系統的穩態行為



$$X_{t+1} = 0.15X_t (1 - X_t)$$

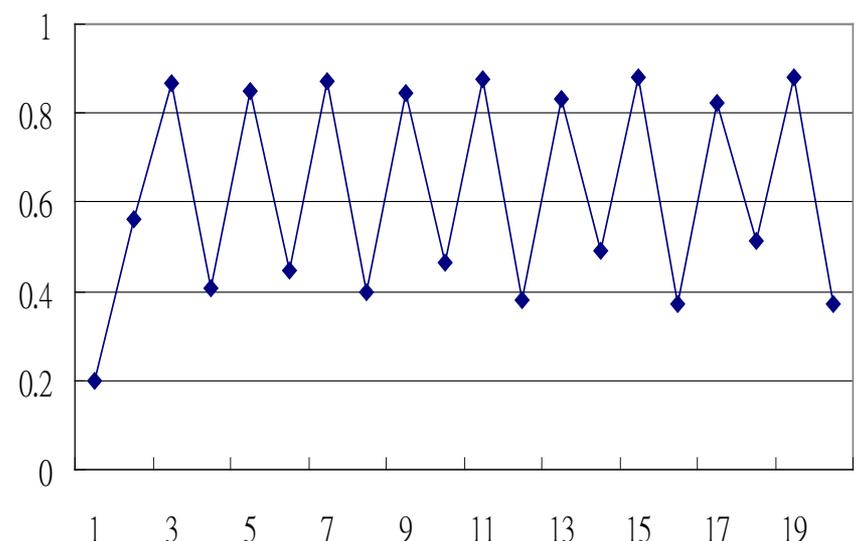
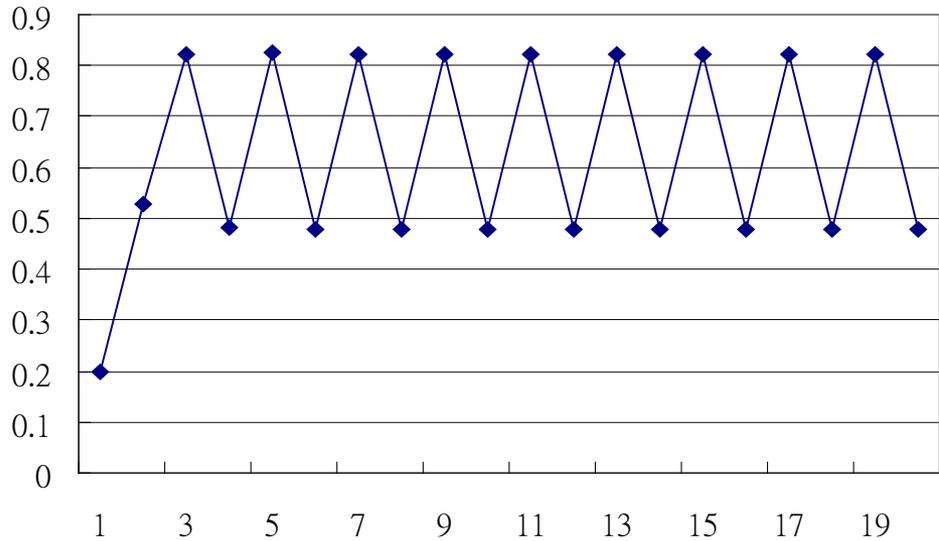
$$X_{t+1} = 2.9X_t (1 - X_t)$$



# 非線性系統的週期行為

週期=2

週期=4

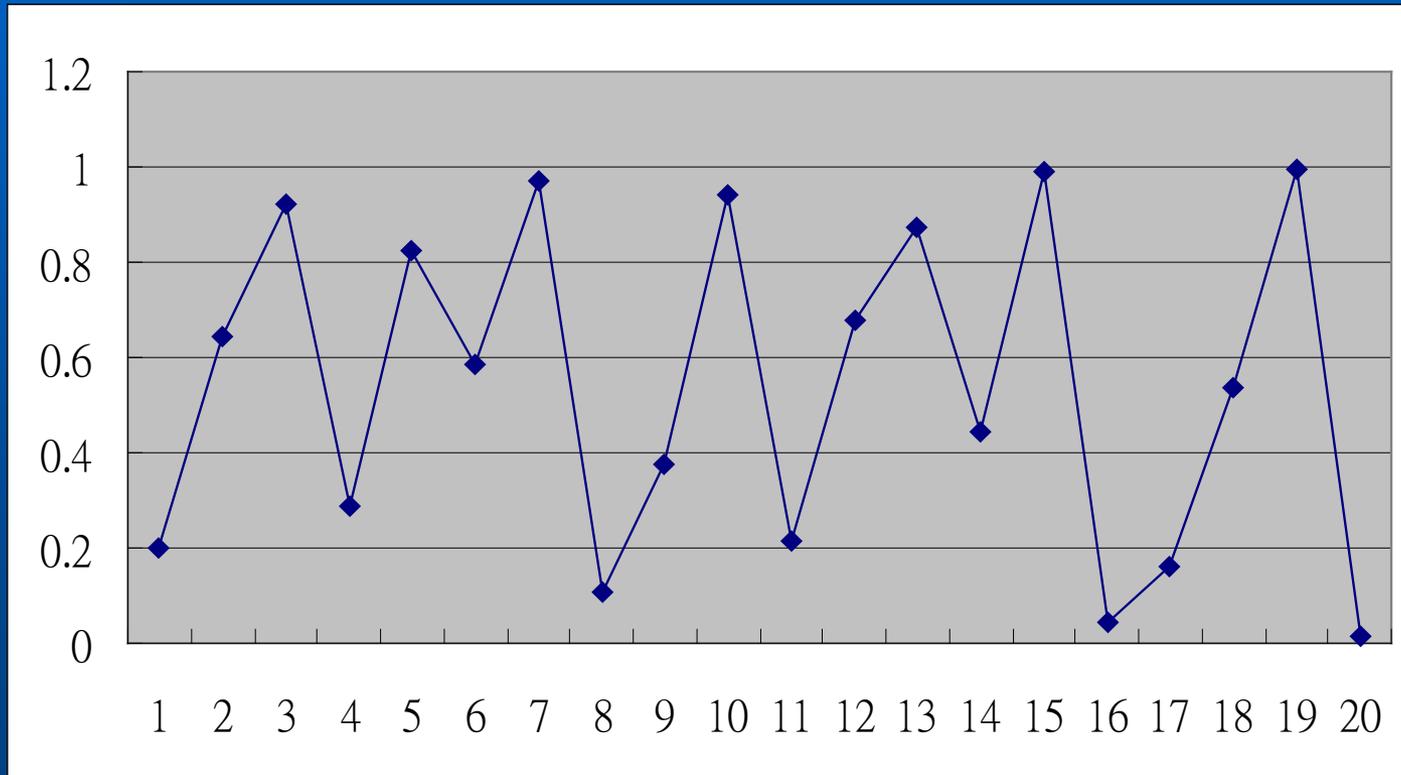


$$X_{t+1} = 0.33X_t (1 - X_t)$$

$$X_{t+1} = 0.29X_t (1 - X_t)$$



# 非線性系統的非週期行為



$$X_{t+1} = 4.0X_t(1-X_t)$$



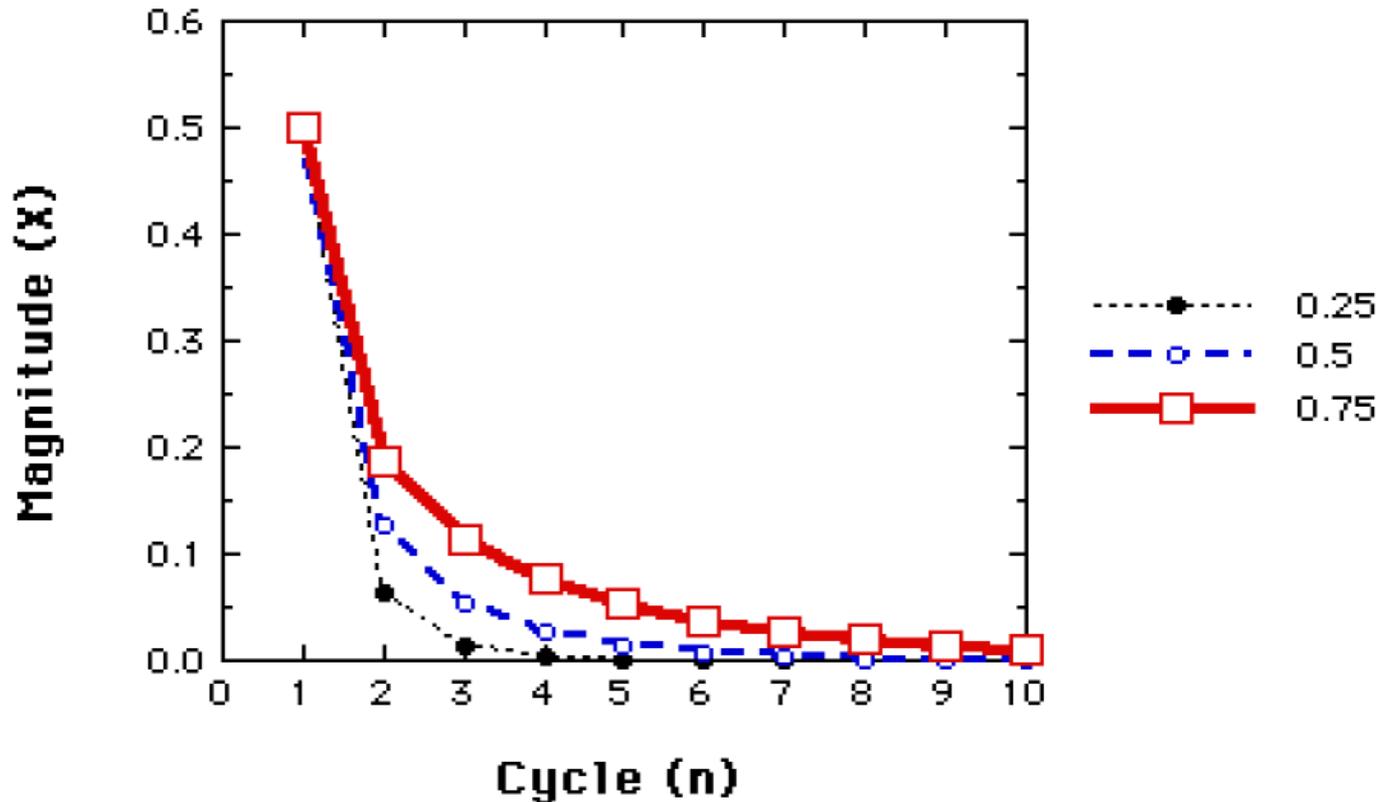
# 渾沌(Chaos)



# Logistic Map

When  $r$  is less than 1

$$X_{t+1} = rX_t (1 - X_t)$$

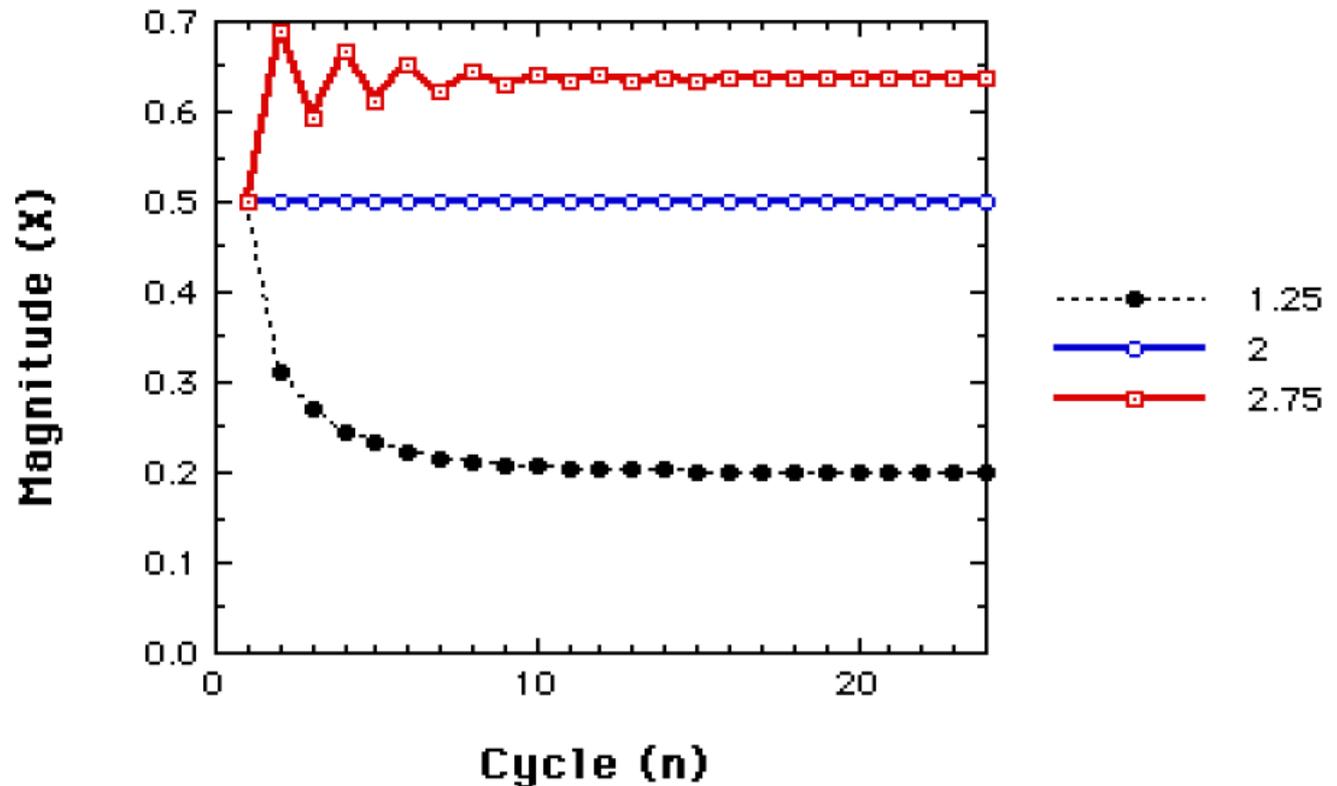




# Logistic Map

When  $r$  is between 1 and 3

$$X_{t+1} = rX_t(1 - X_t)$$

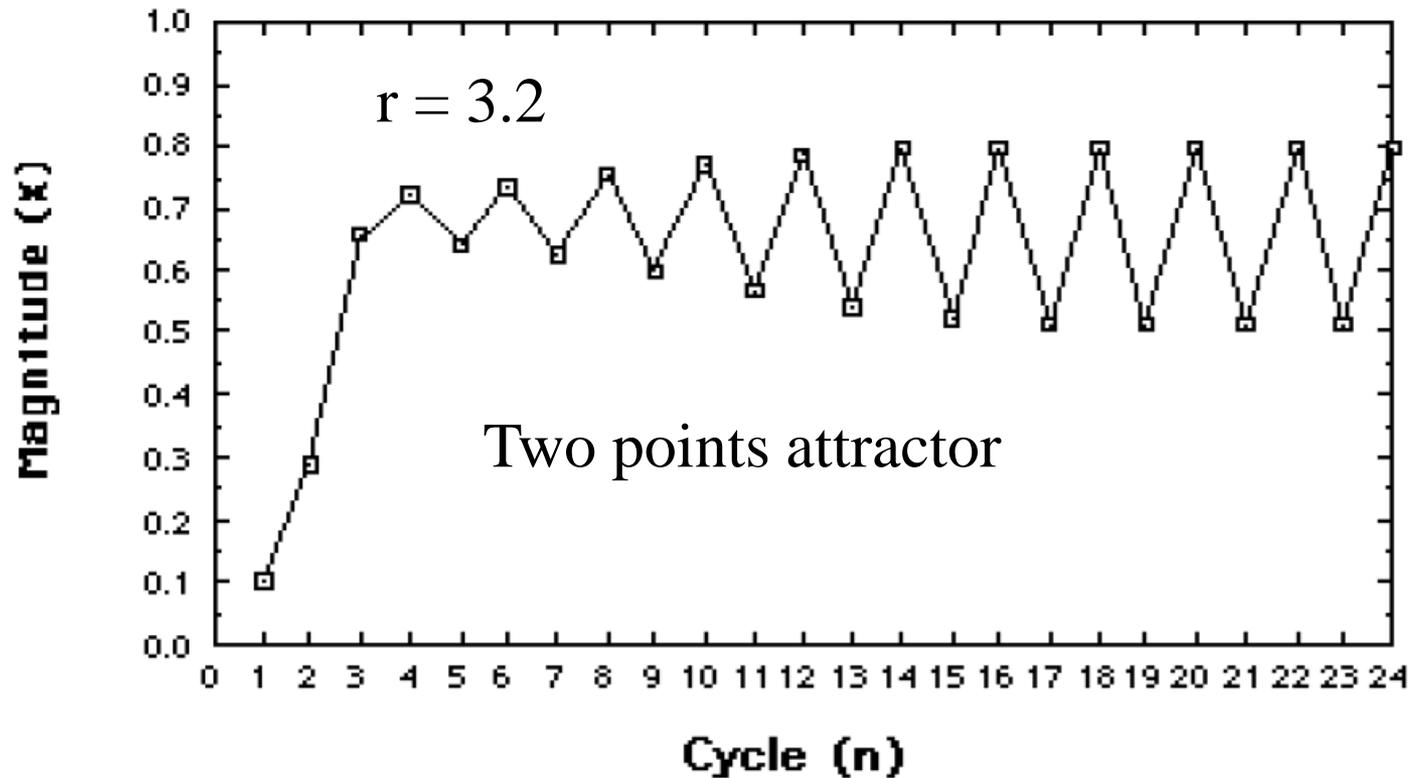




# Logistic Map

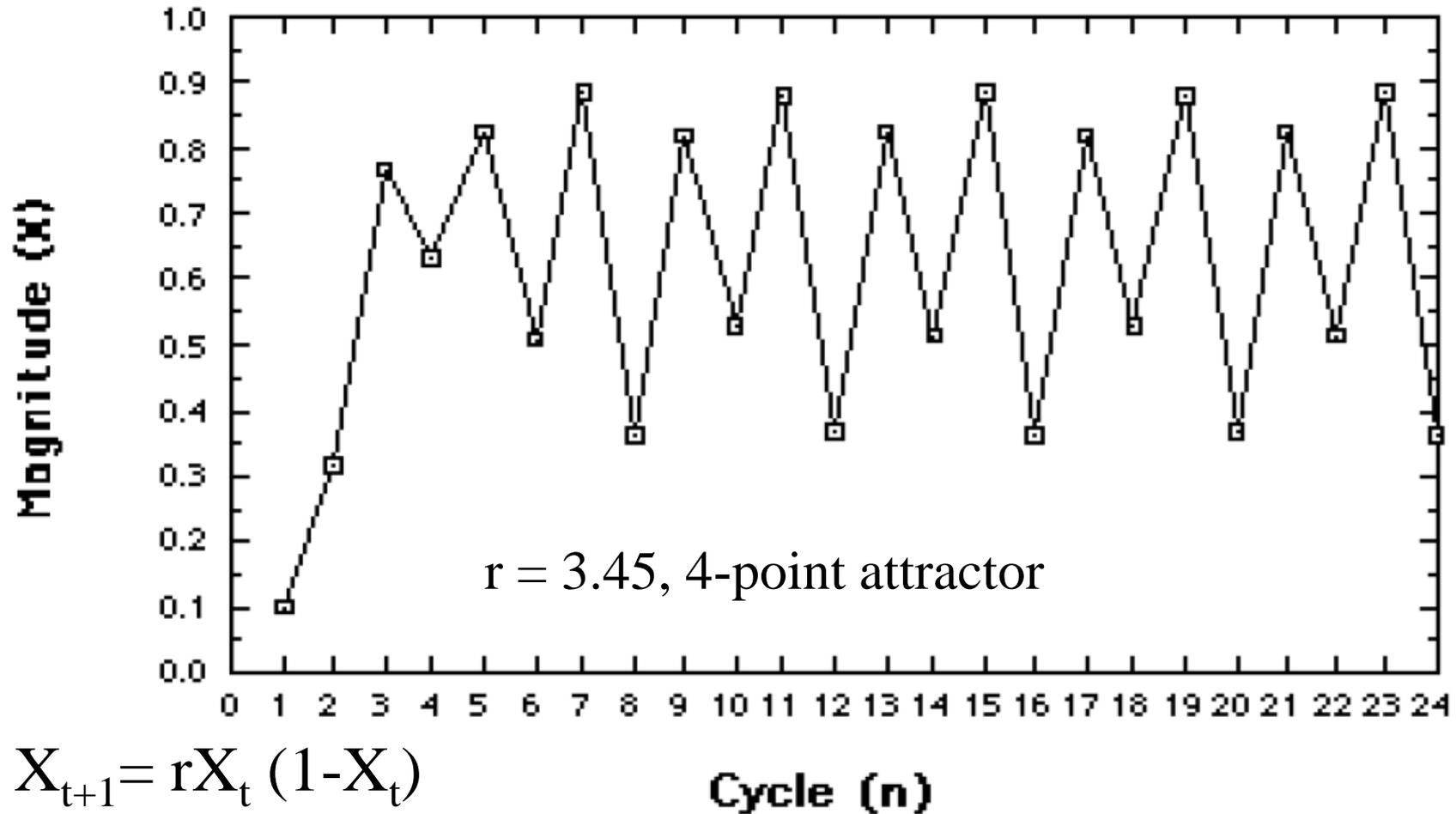
When  $r$  is larger than 3

$$X_{t+1} = rX_t(1 - X_t)$$



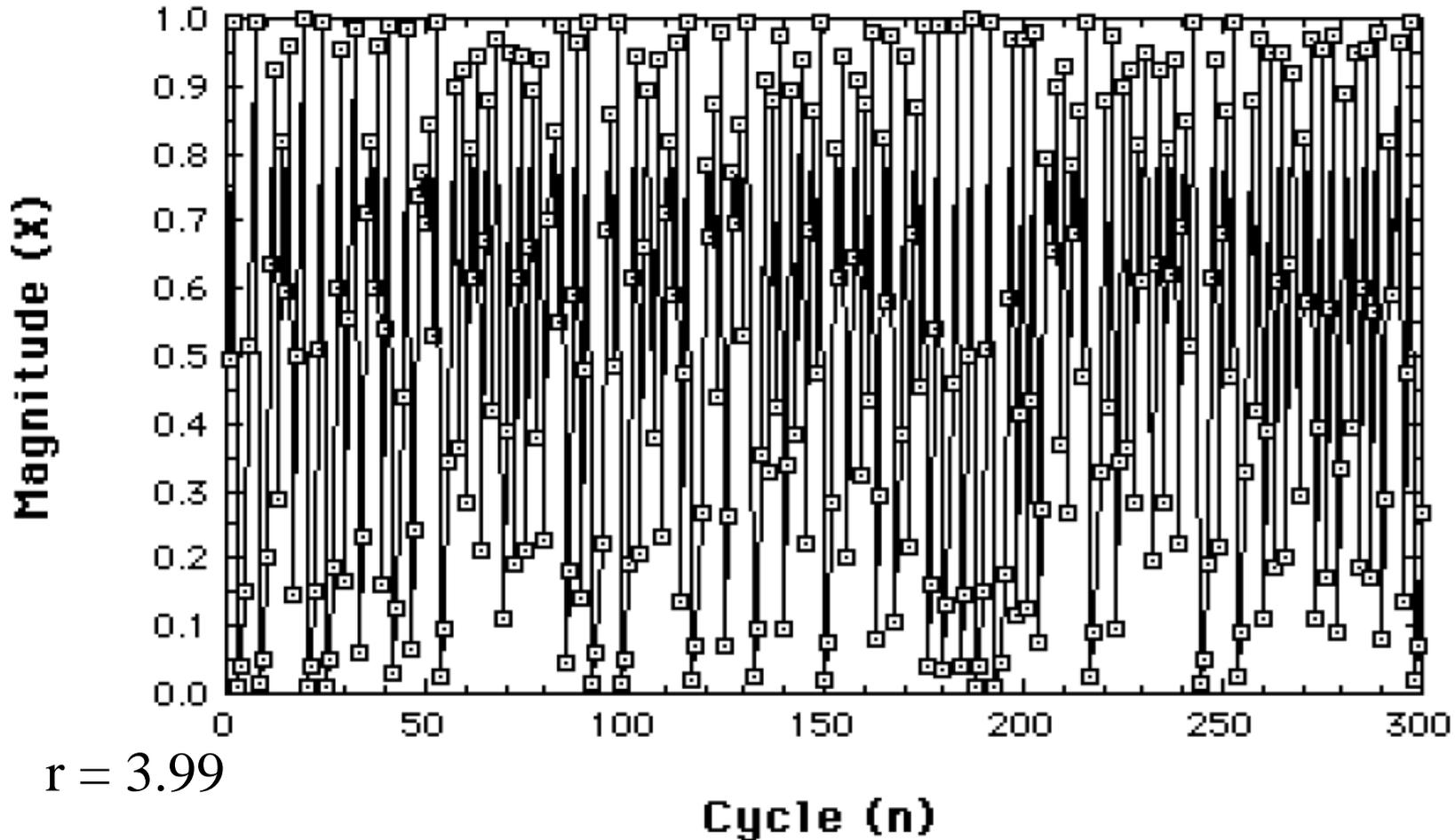


# Logistic Map



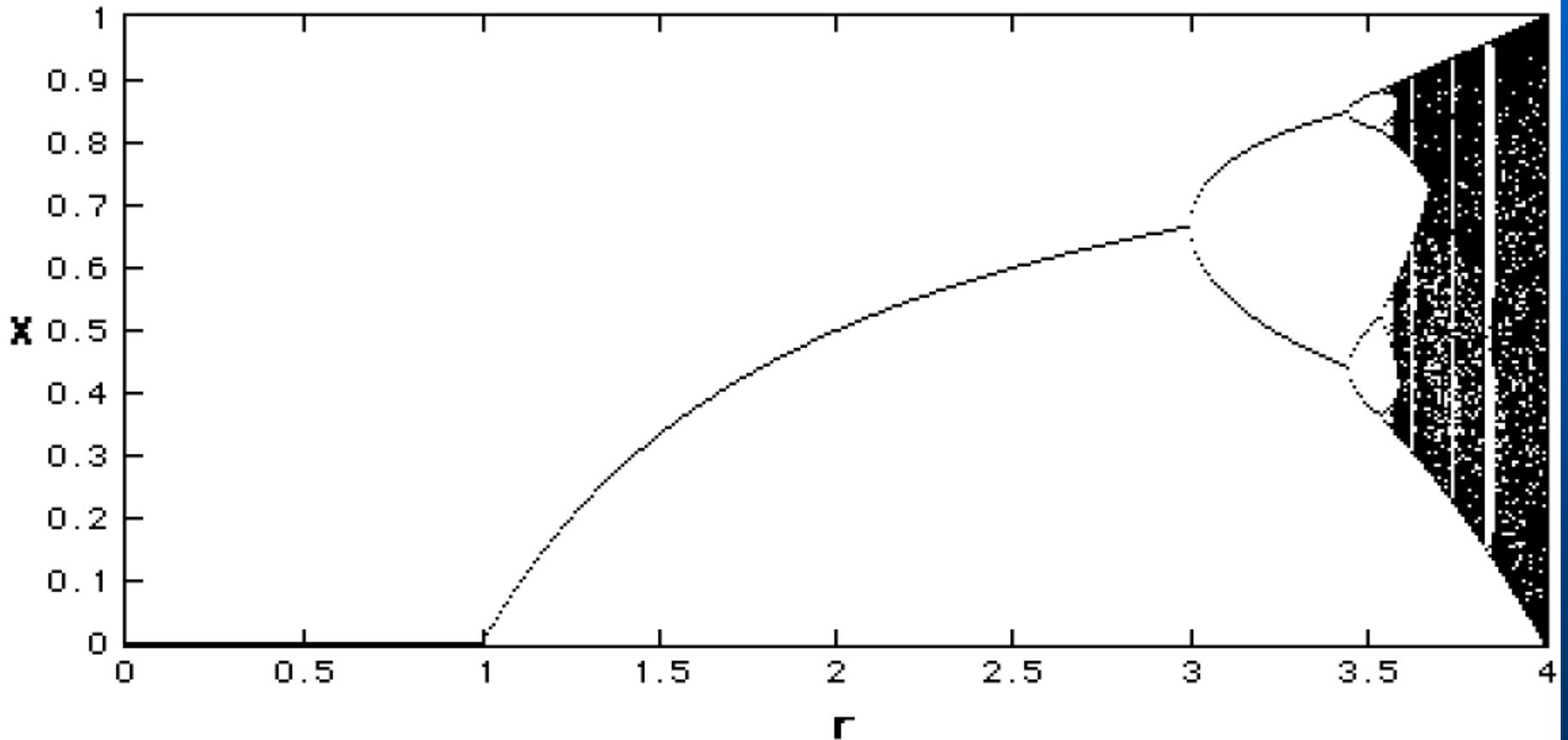


# Logistic Map





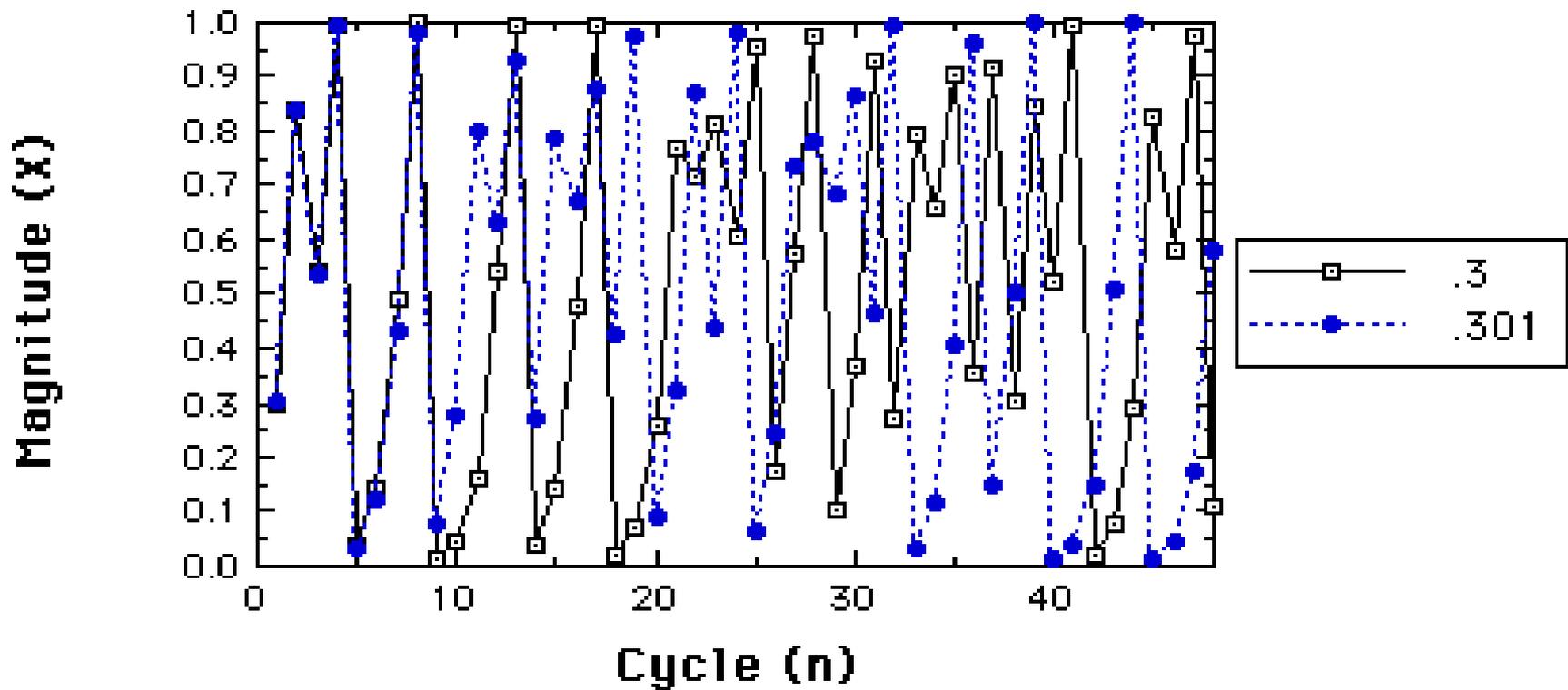
# Bifurcation Diagram



*Bifurcation Diagram  $r$  between 0 and 4*

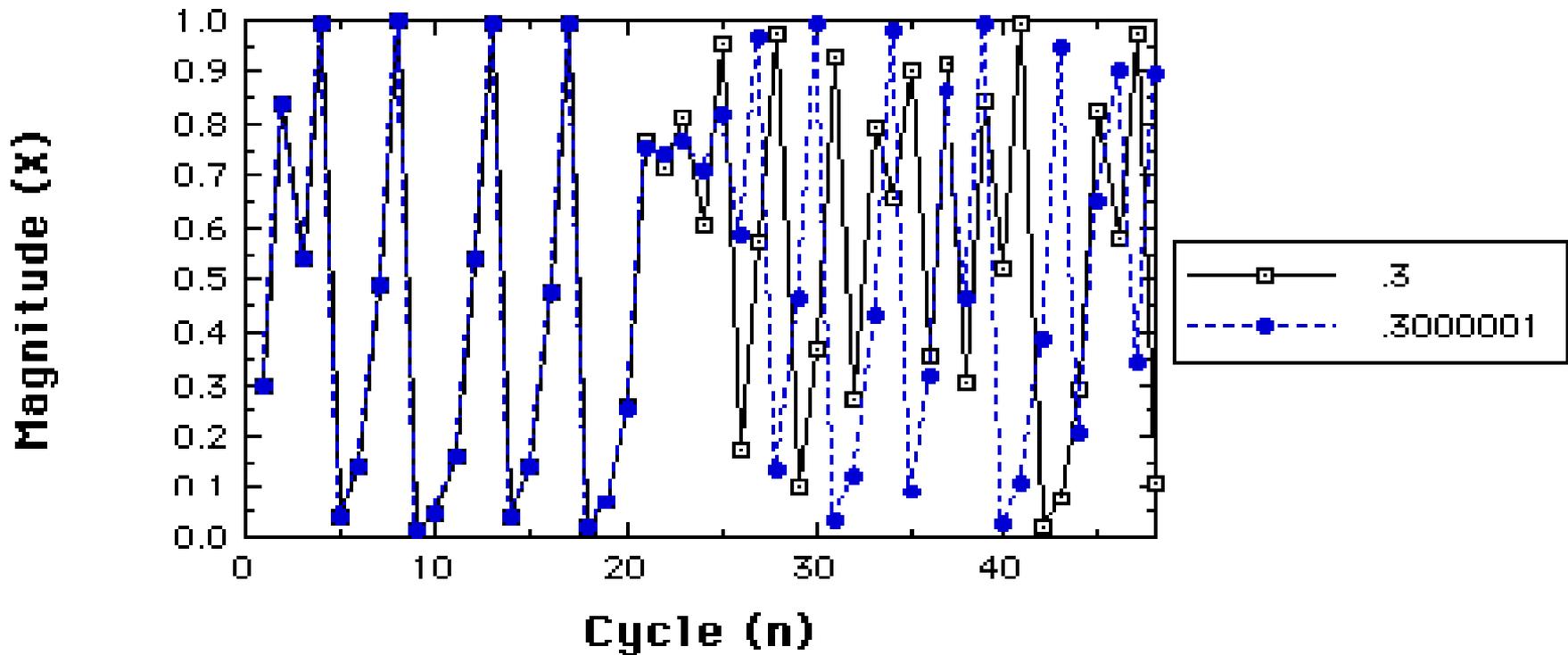


# Sensitivity to initial conditions





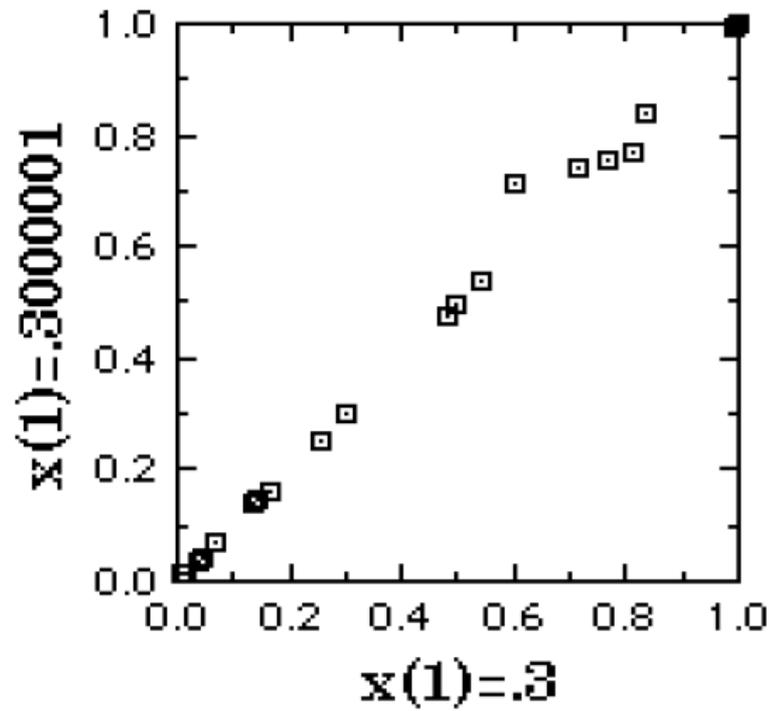
# Sensitivity to initial conditions



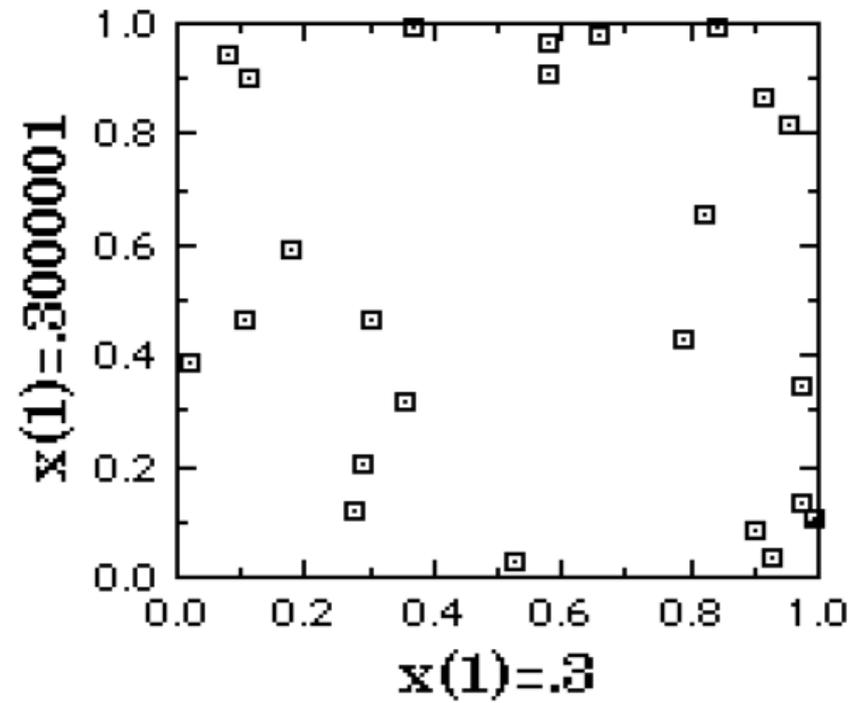


# Sensitivity to initial conditions

Cycles 1-24

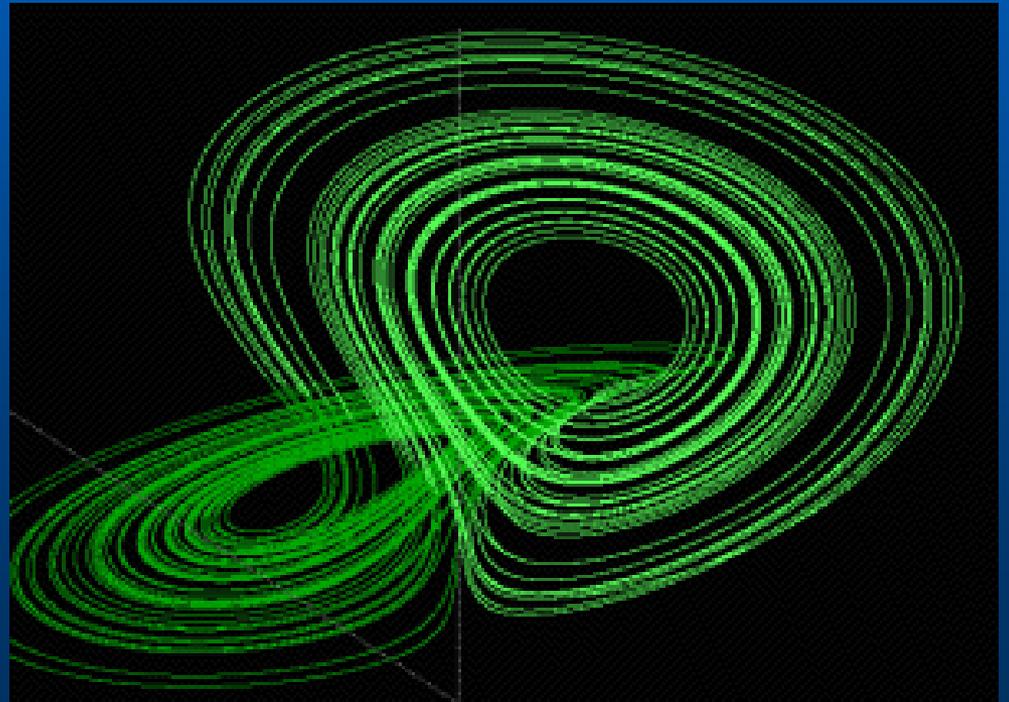
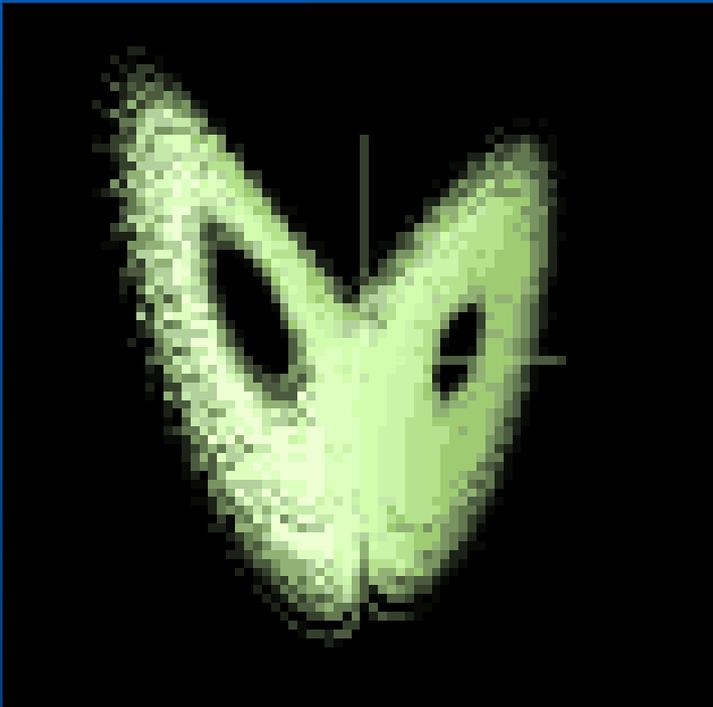


Cycles 25-48





# Basins of attraction





# 渾沌系統的特性



## 內在的隨機性

傳統的決定性系統的行為是明確、規律，可以藉由因果性來加以掌握，渾沌雖然來自決定性系統，但是它的內在的隨機性使其展示無規律的行為。



# 不可預測性

渾沌系統對於初值極為敏感，系統的演化過程中，一個微小的誤差或干擾，很可能造成演化方向極端的差異，即所謂的「差之毫厘，失之千里」，這種對於初值得敏感性使得系統的長時間預測成為不可能。



## 在有序與無序邊緣

渾沌不是一般意義下的有序，因為它具有無規律的行為模式，但它也不是無序，因為它是由決定論系統所產生。我們可以說，渾沌是一種複雜的有序，開始的時候，決定論系統呈現明確的週期性運動，逐漸隨著演化的過程，此一週期性受到侵蝕破壞，最後形成非週期性的渾沌狀態，然而在此一狀態過程，可能會出現一段穩定的週期運動，然後再陷入渾沌，呈現一種複雜的有序狀態。



## 當代系統論的小結

傳統理性主義的文化觀點總是將有序視為有組織、秩序和文明的表徵，而把無序視為無組織、混亂、落後的表徵。

渾沌理論讓我們了解到，有序可能朝向無序的方向演化，渾沌來自有序，朝向無序，又可以產生有序。



# 系統論的必要性

- 有限世界的複雜度快速增加
- 世界觀的持續改變
- 新的社會結構和價值體系的產生
- 科學性文化不斷演進
- 歸納式思維取代演繹式思維



# 系統論作為人文科學的方法論

- 複雜系統的感知
- 複雜系統的模型化
- 作為人文科學概念的系統理論



## 複雜系統的感知

真實的世界是一個具有多階層組織的複雜系統，由最底層式往上依次是化學的層次、生物的層次、物理的層次，再往上就是人工或人造的層次，最上層是社會、經濟以及文化的層次，各層次之內或之間的元素彼此會交互作用，以系統論的觀點，這是一個不可化約的整體。



# 複雜系統的模型化(modeling)

- A. 結構的面向：
  - 1. 邊界;
  - 2. 一組元素;
  - 3. 交互作用的網路;
  - 4. 記憶單元
- B. 動力的面向：
  - 1. 流通(flux);
  - 2. 決策(decision);
  - 3. 回饋(feedback);
  - 4. 演化(evolution)



# 系統論與文化理論

現代主義

後現代主義

後現代主義之後



# 現代主義的系統觀

宇宙是一個有序的、規律的、可理解的、  
可解釋的系統



# 後現代主義的系統觀

相對主義/解構主義：

消除文本的穩定性和連貫性意義，瓦解結構



# 當代系統論的系統觀

自組織的複雜系統

從隨機到週期、從無續到有序的動態系統



# 結語