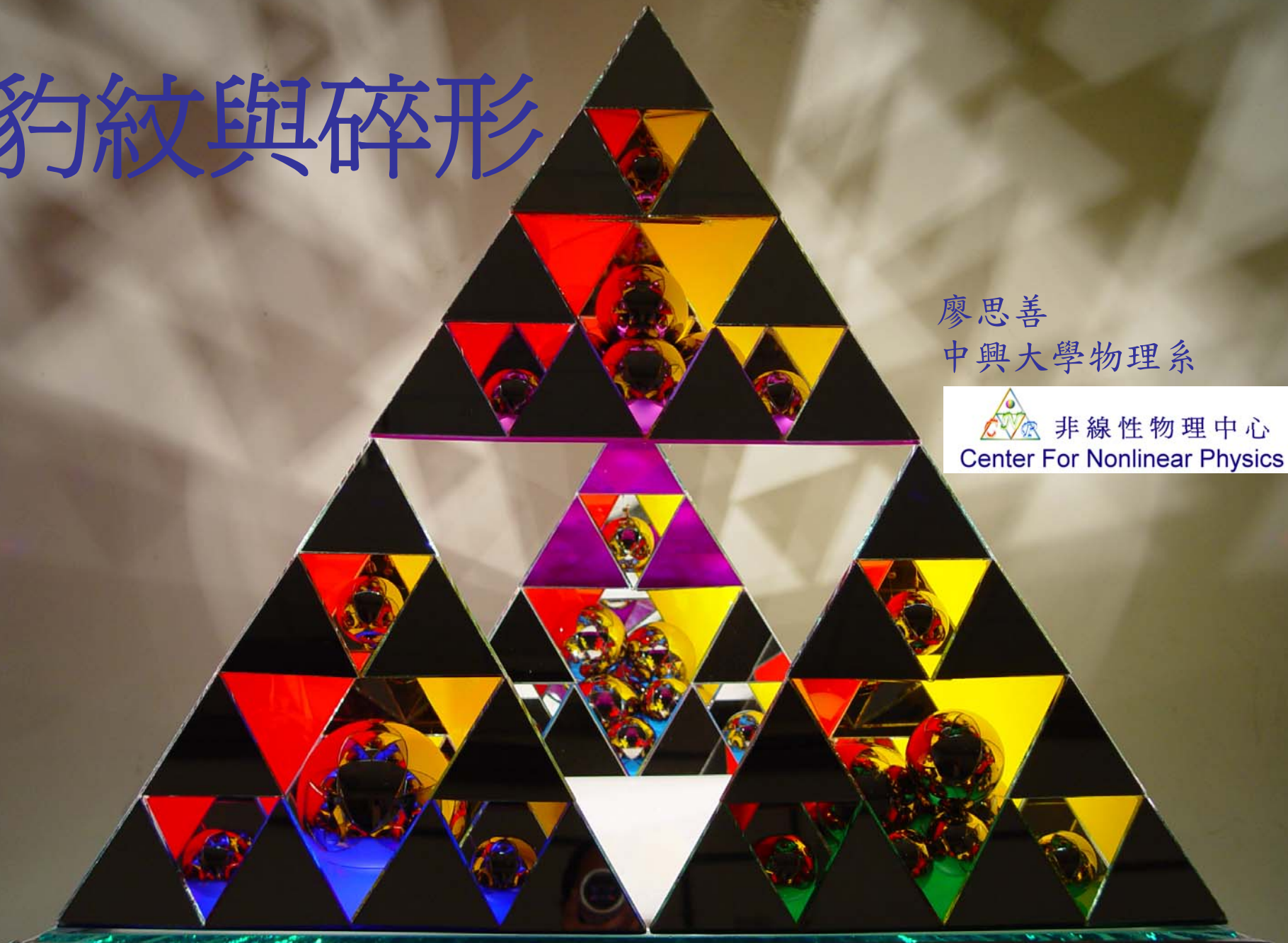


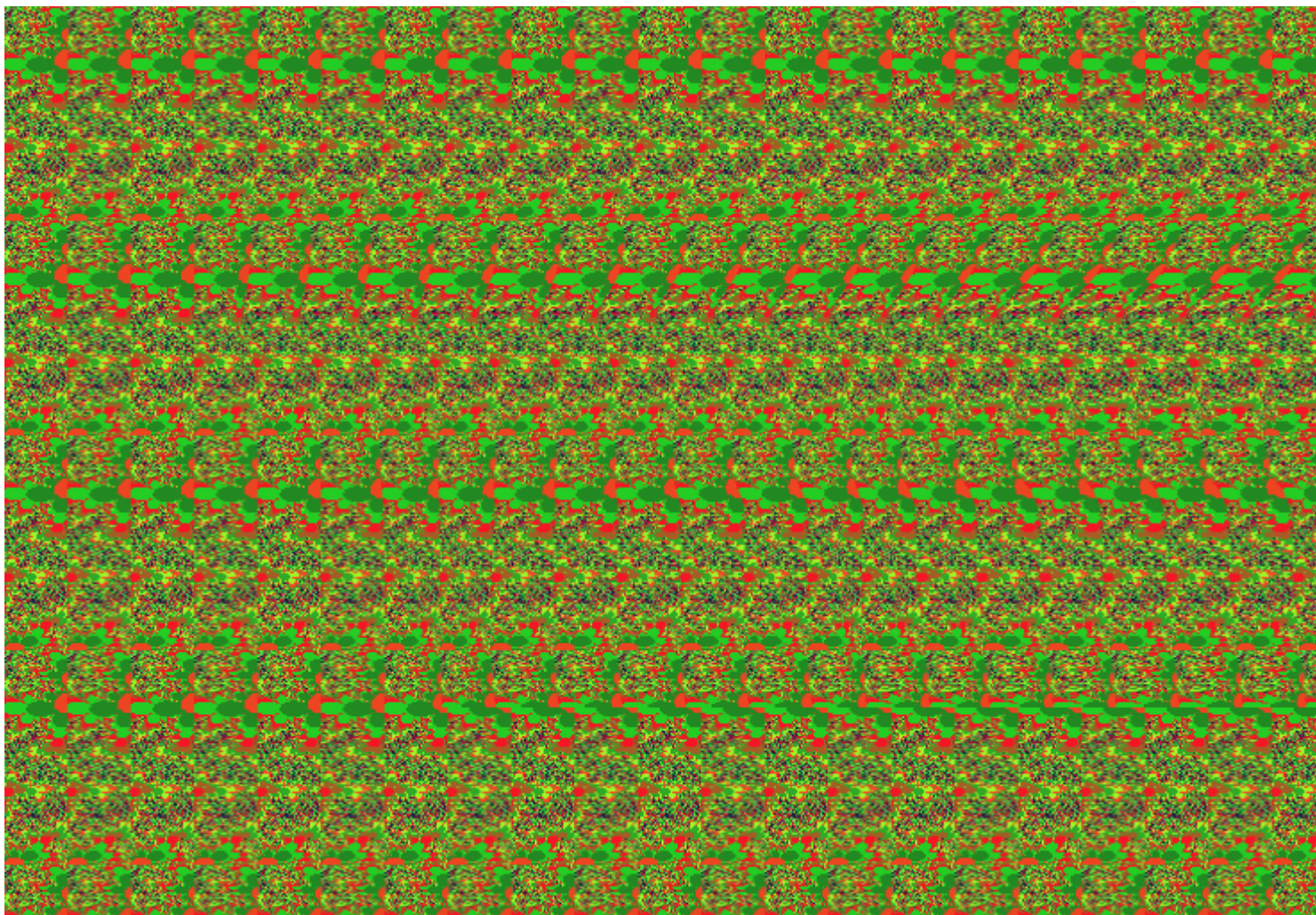
豹紋與碎形

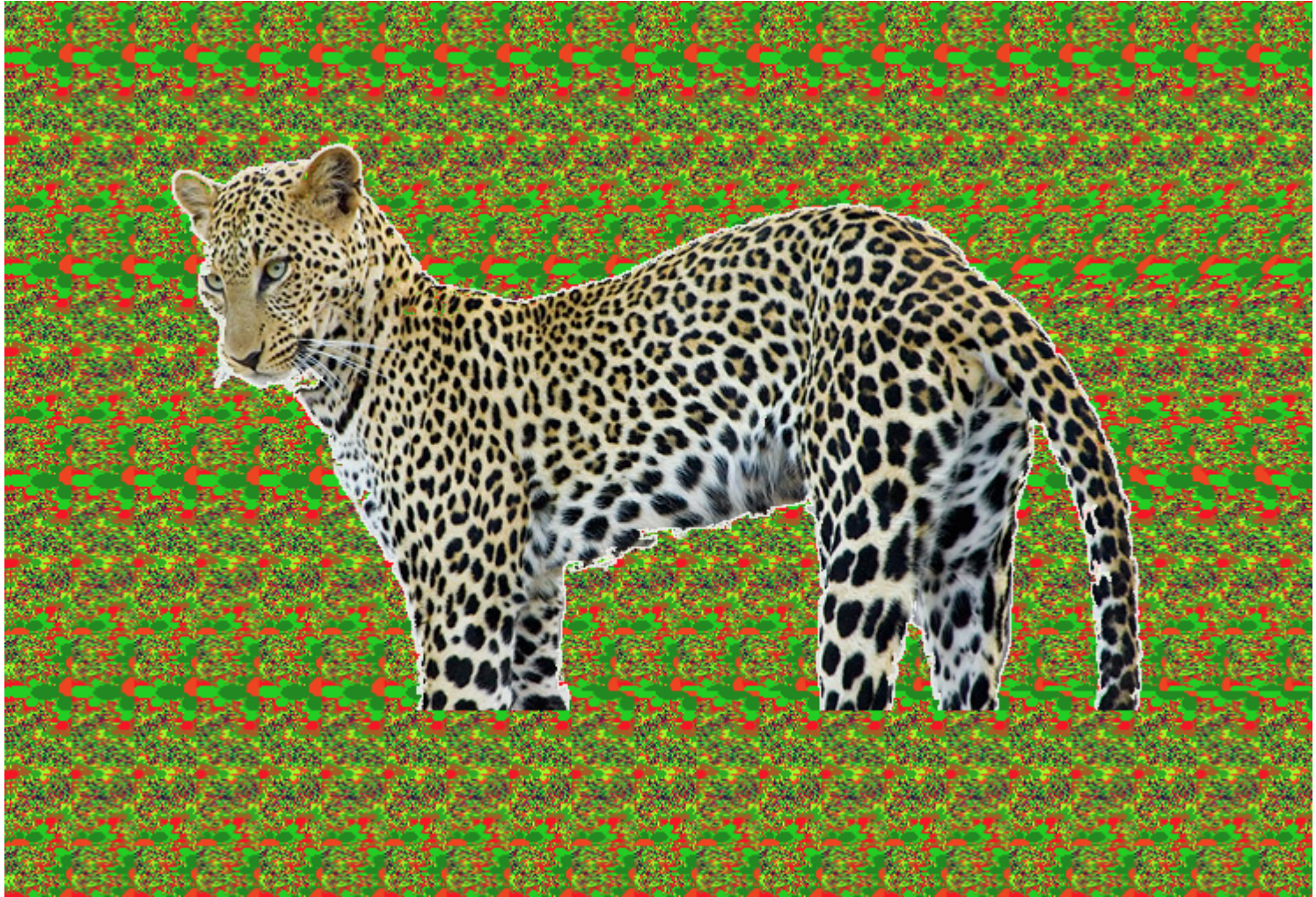
廖思善
中興大學物理系



非線性物理中心
Center For Nonlinear Physics











花豹為什麼有斑點？

第一種解釋



花豹為什麼有斑點？

第二種解釋

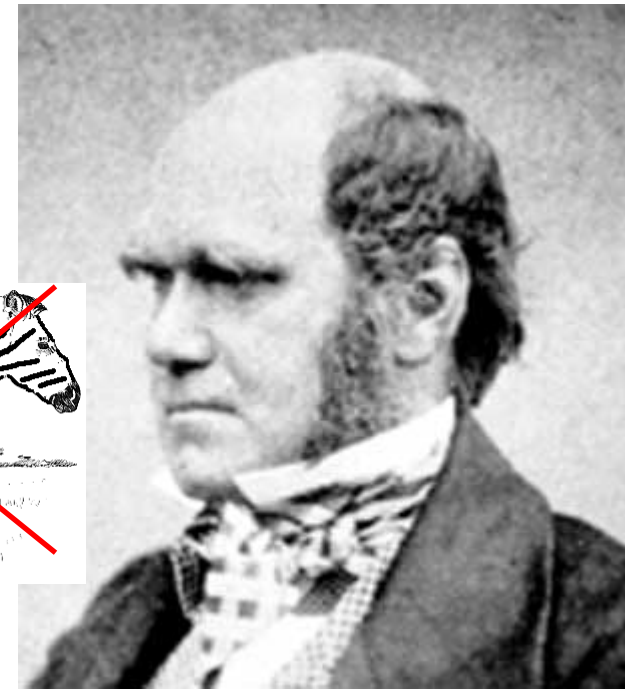
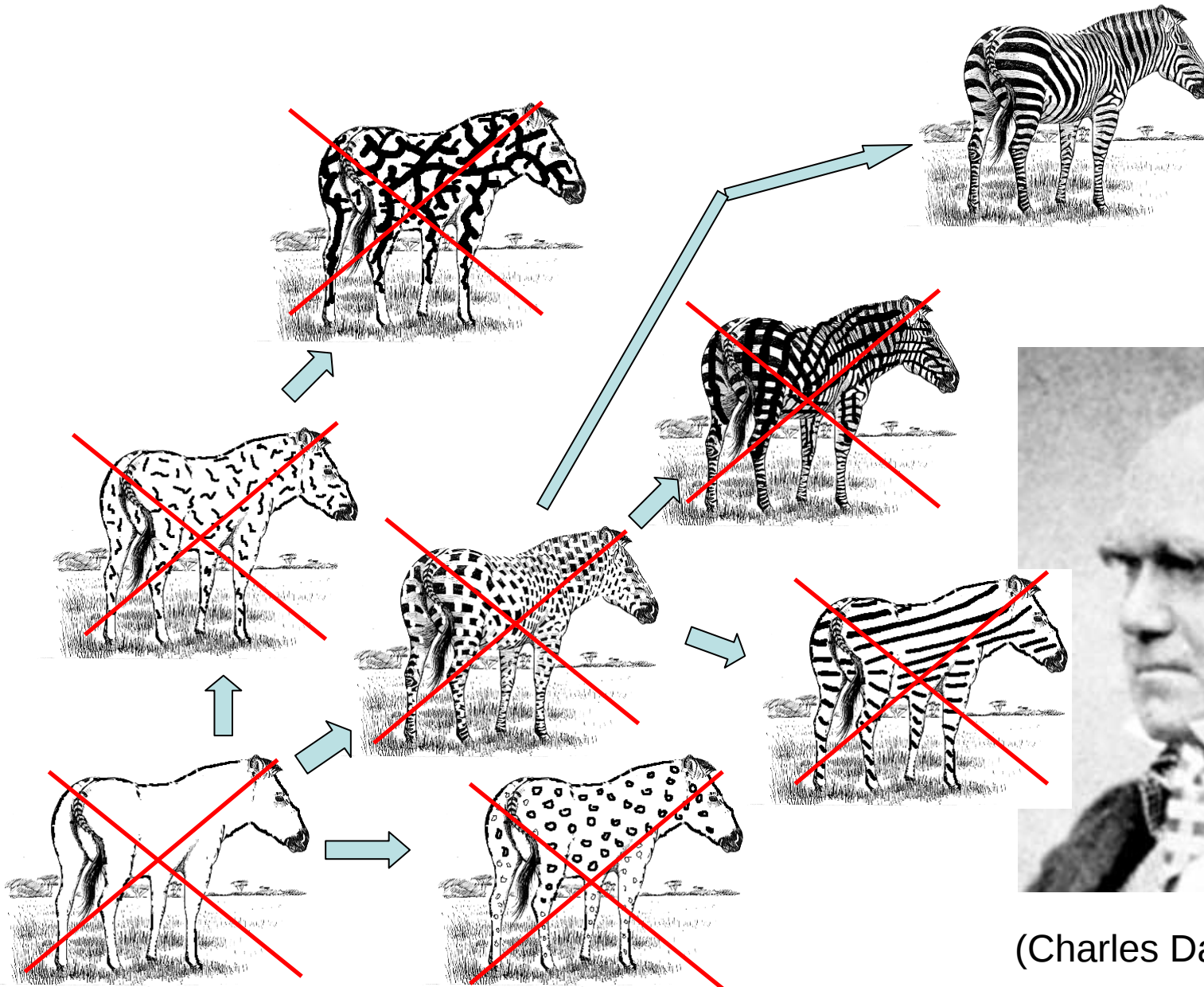
「如此這般的故事」(1902)
吉卜齡 (1865-1936,
1907年諾貝爾文學獎)



好了，去抓
牠們吧！

Courtesy of
<http://www.mainlesson.com/>

演化－突變與天擇

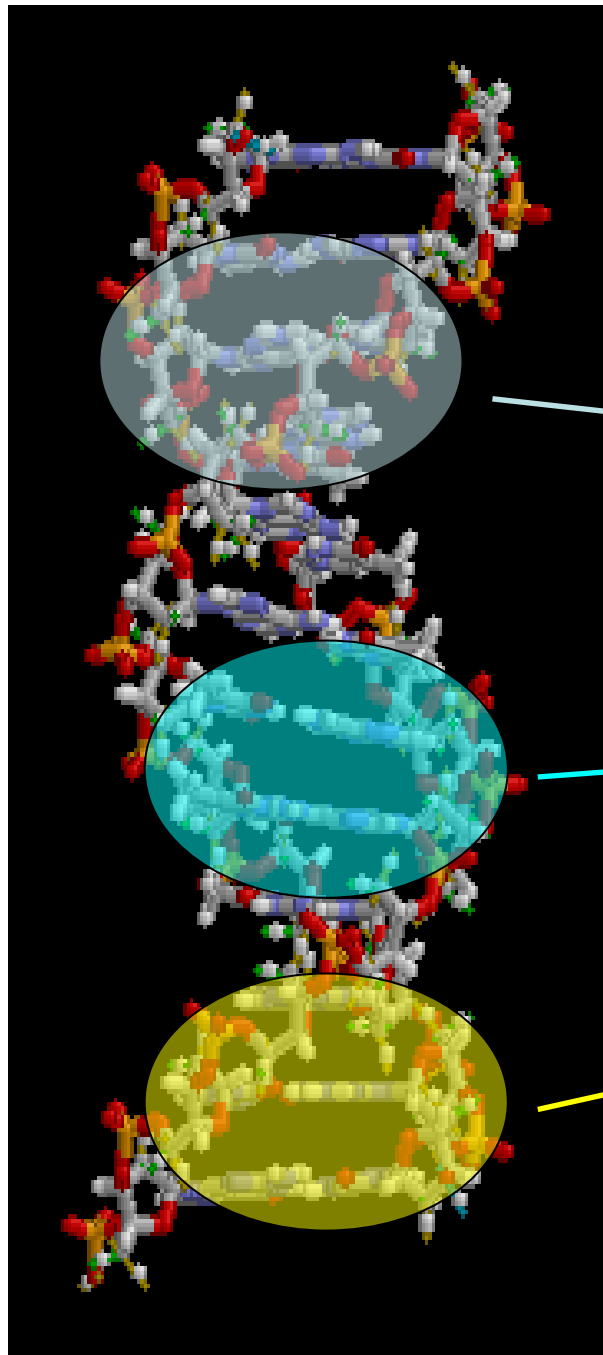


(Charles Darwin 1809-1882)

看過七瓣的花朵嗎？



遺傳密碼 — 基因



?

阿茲海默症

?

糖尿病

?

兩隻對稱的手

演化發育學(Evo-Devo)

雙螺旋鍊的DNA

自我相似

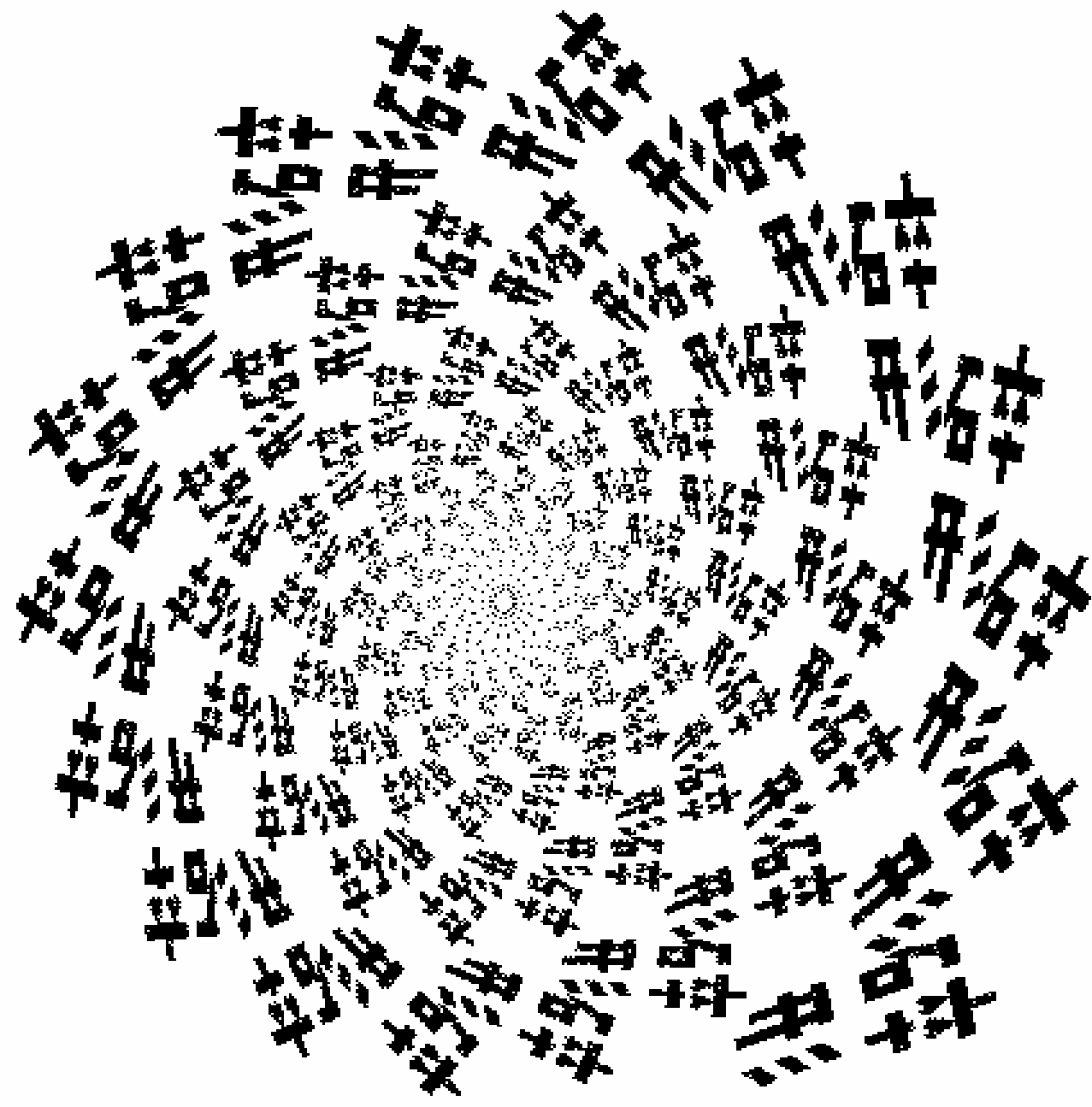
M.C. Escher
的作品
(1898-1972)

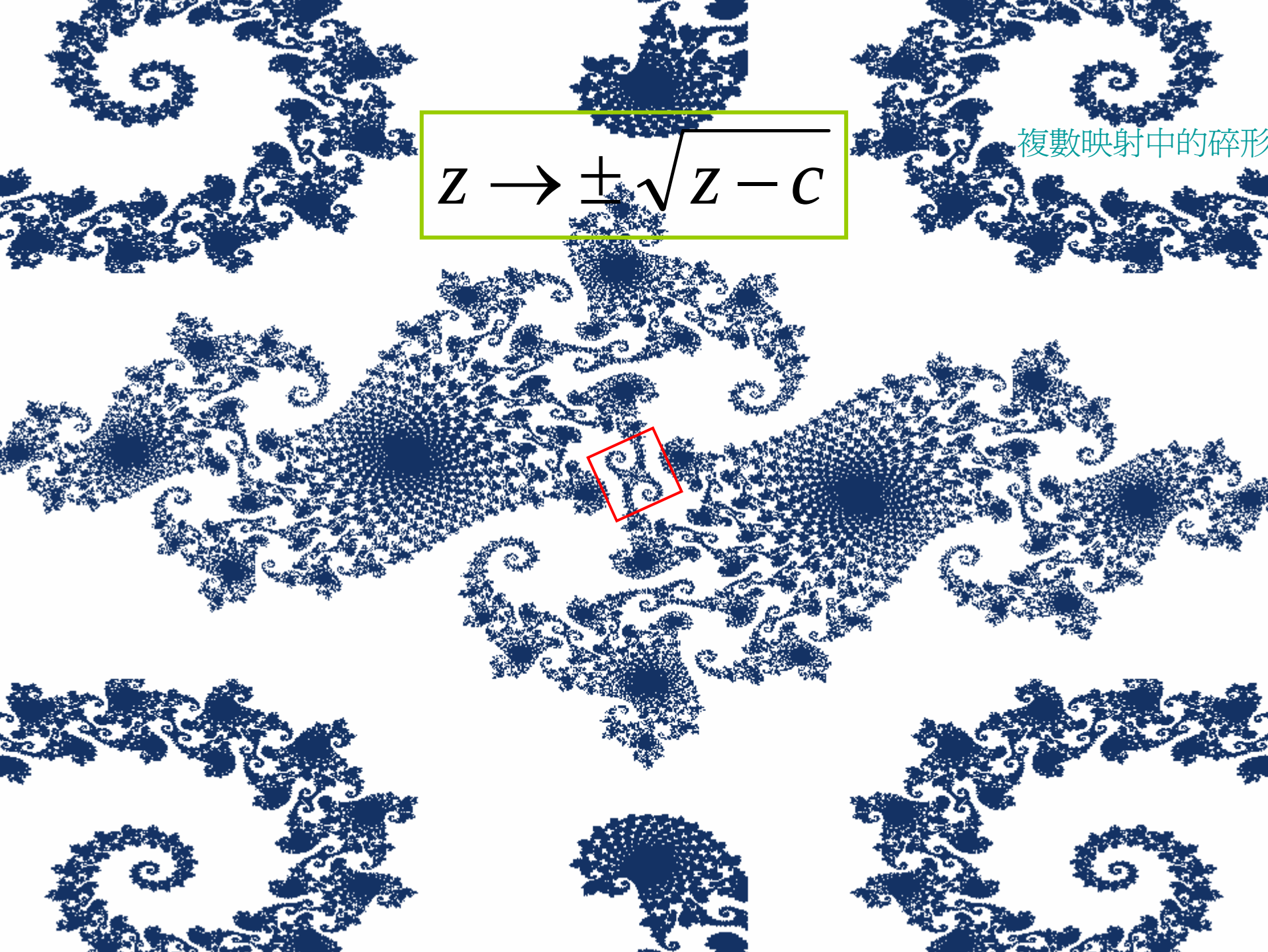




亂中有序

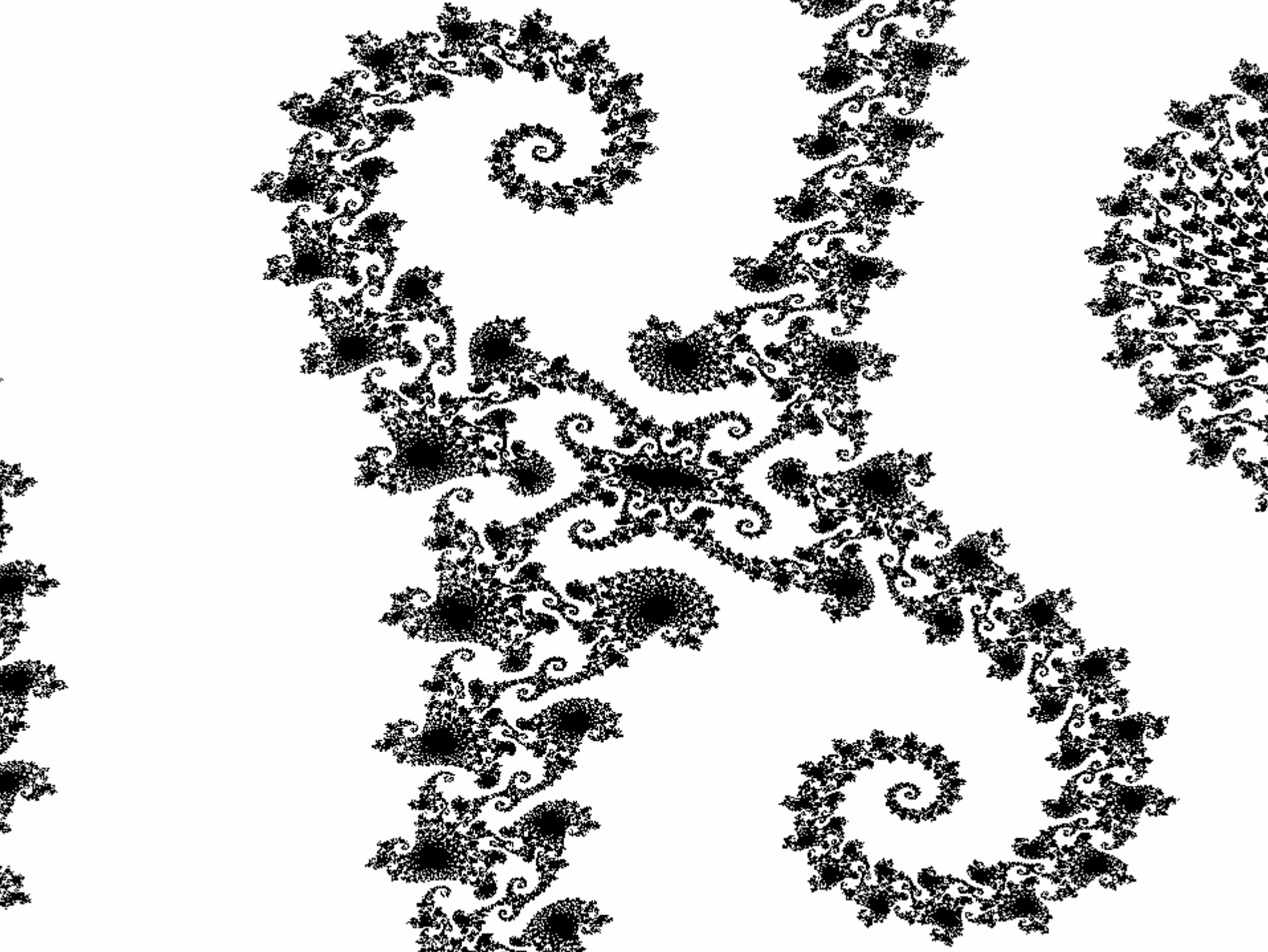
帕洛克的的作品 (1950)



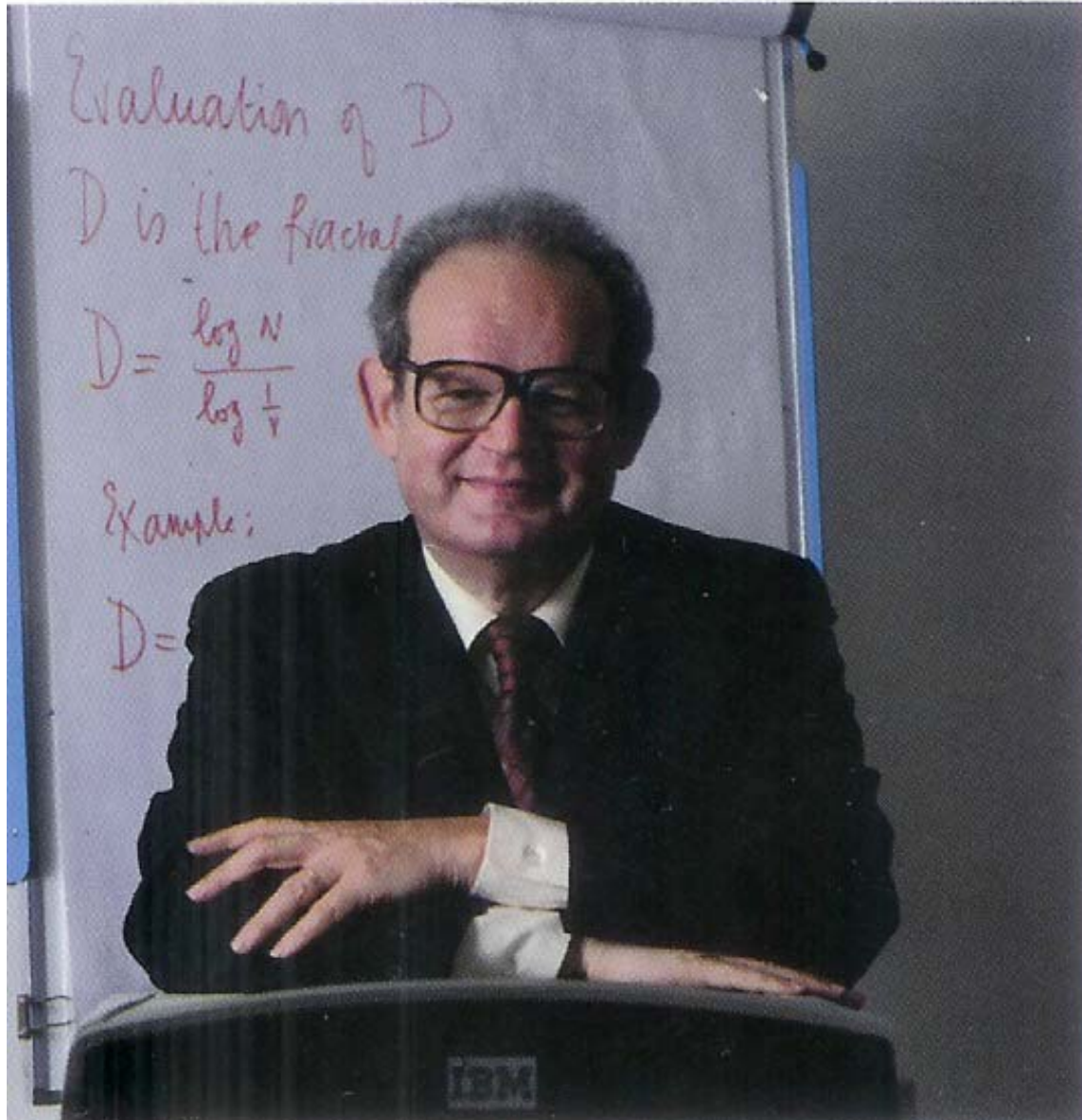

$$Z \rightarrow \pm \sqrt{Z - C}$$

複數映射中的碎形



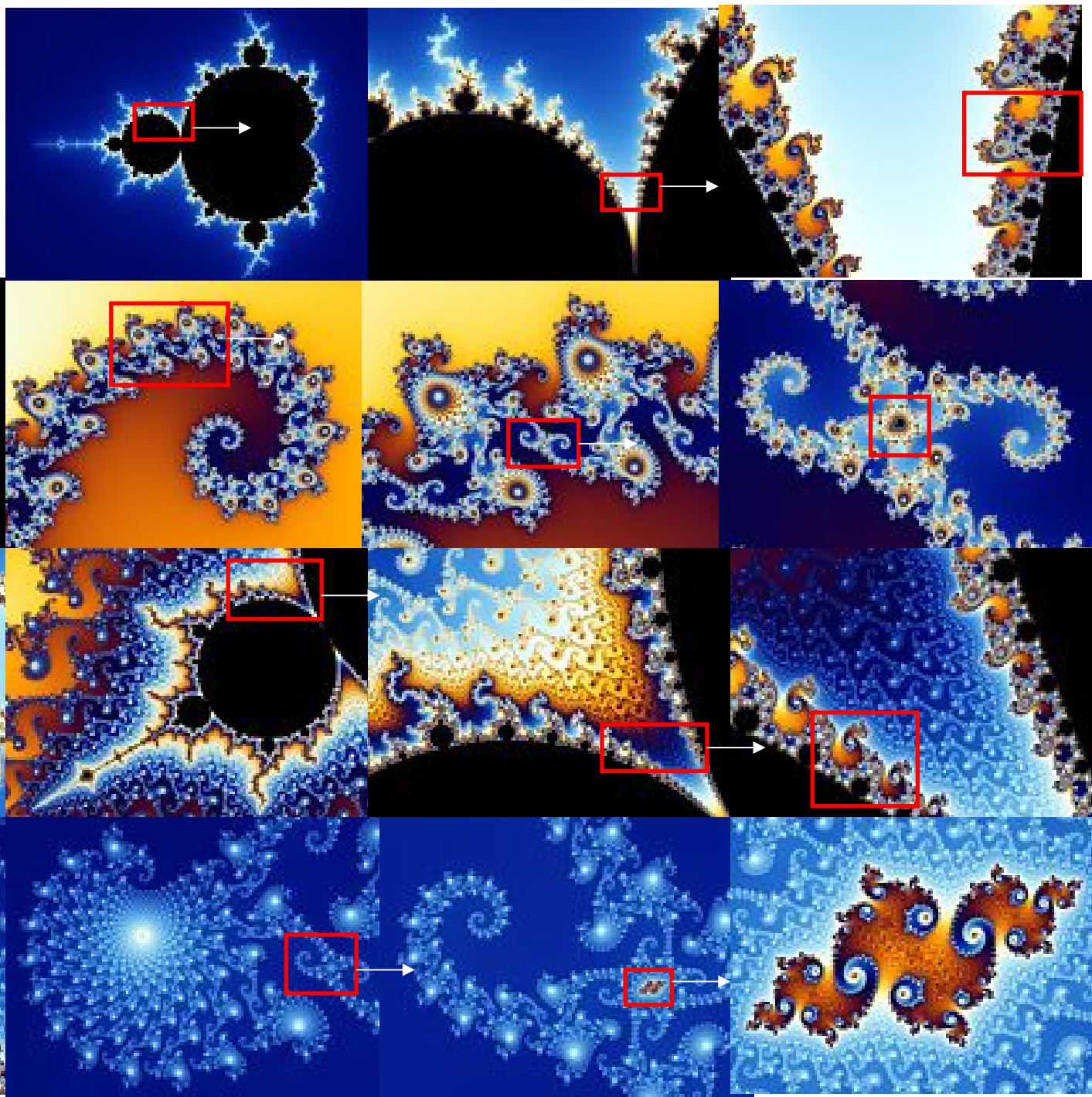


曼得布洛特 (Benoit B. Mandelbrot)

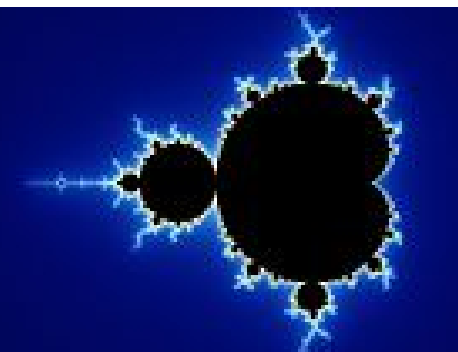
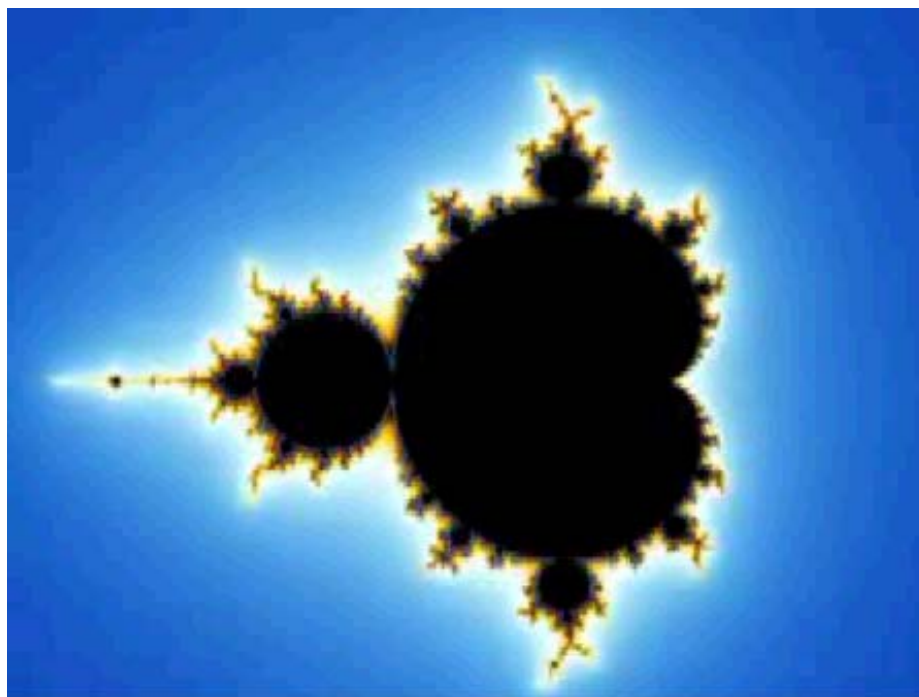


碎形創始人

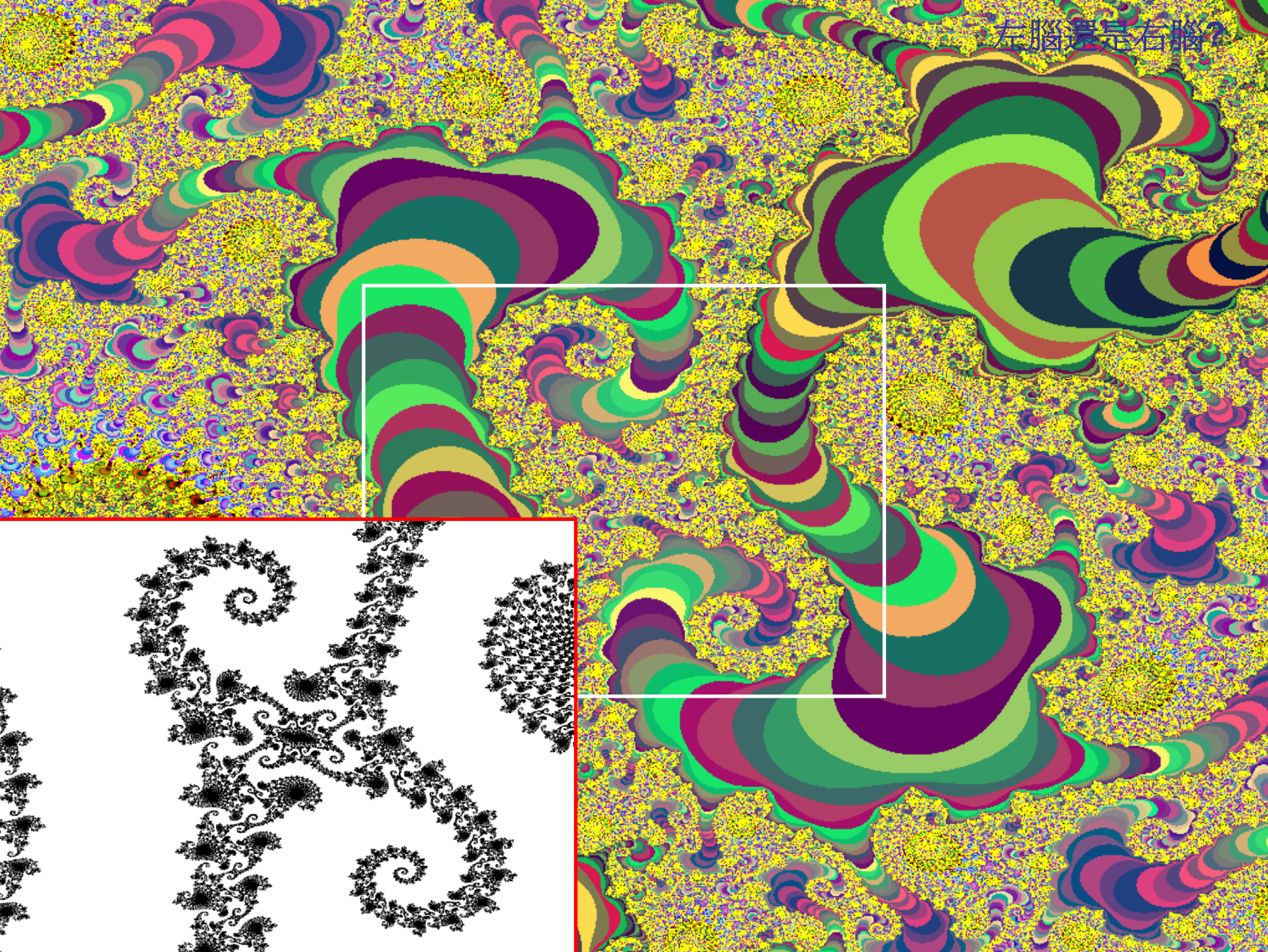
曼得布洛特集
(Mandelbrot set)



曼得布洛特集的局部連續放大



左腦還是右腦？

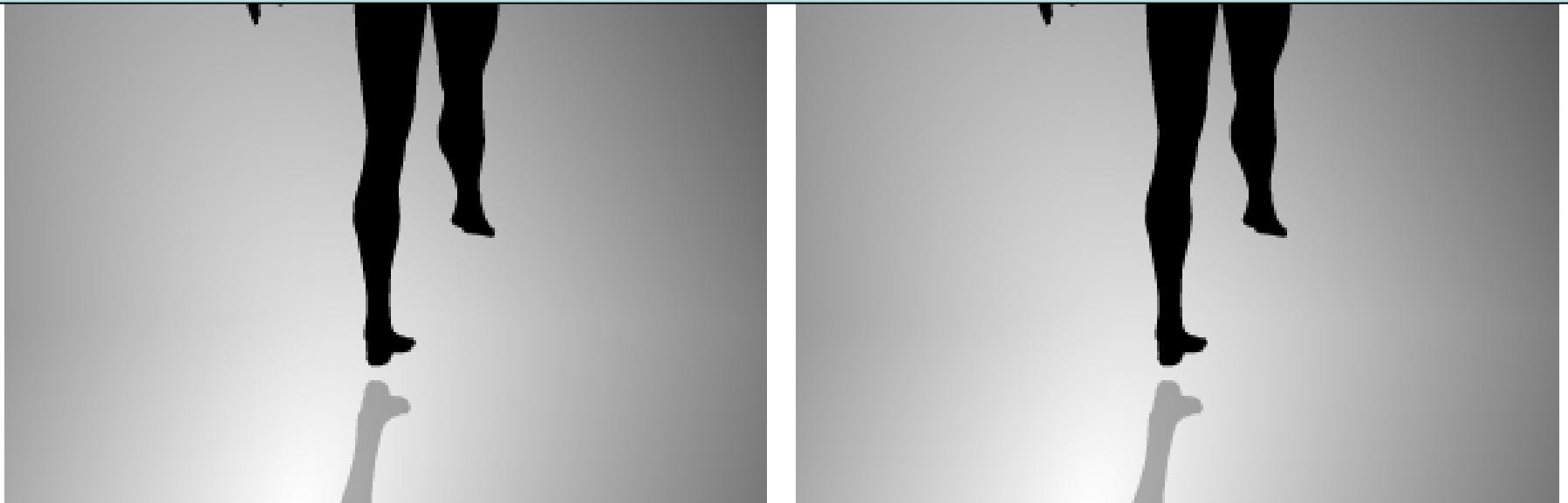


順時鐘 還是反時鐘 旋轉？

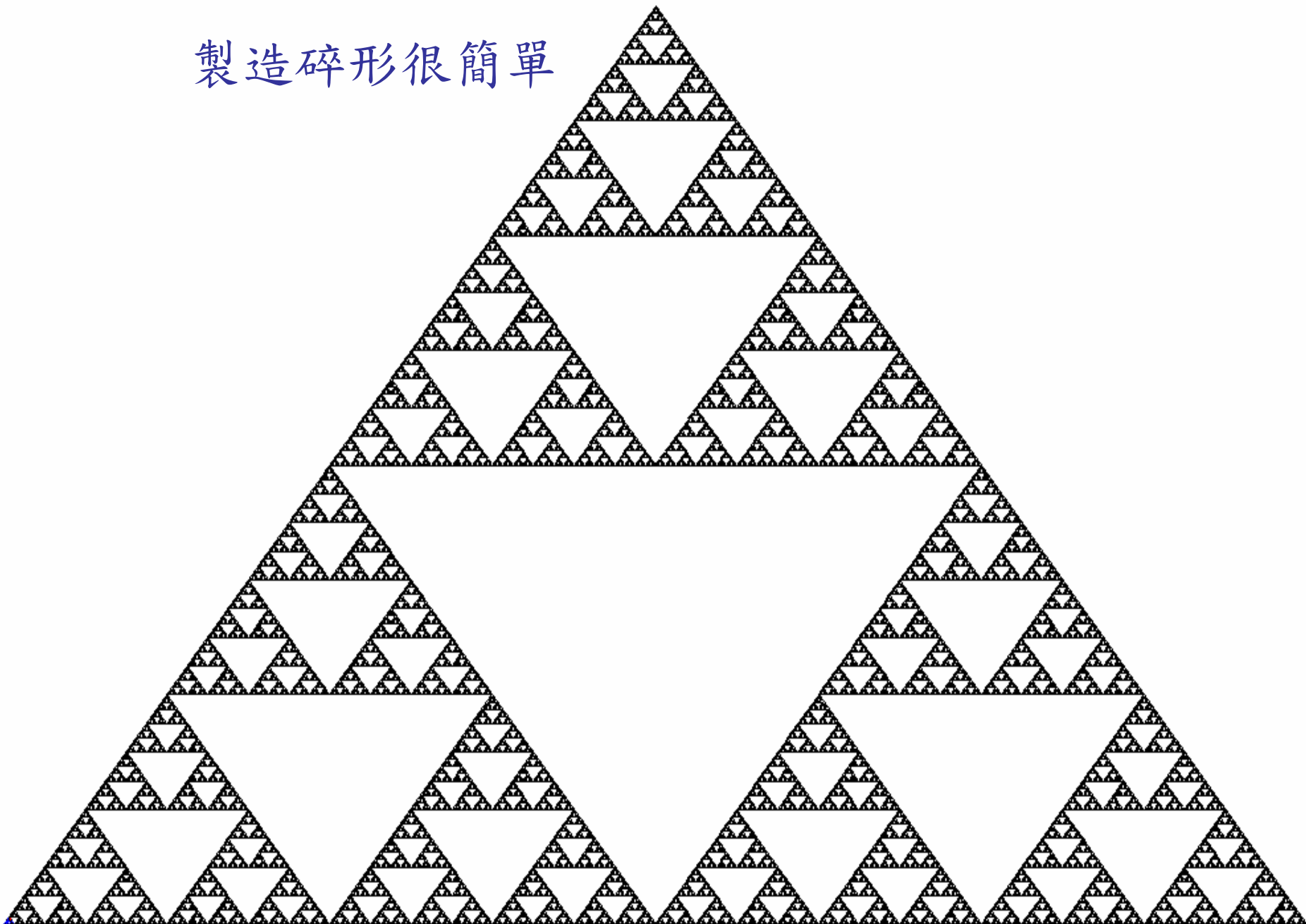


順時鐘 還是反時鐘 旋轉？

這張圖為心理學的一個測試
有興趣讀者可以由下面網址超連結下載動畫
遮住一半又是不同的效果 請大家勇於嘗試

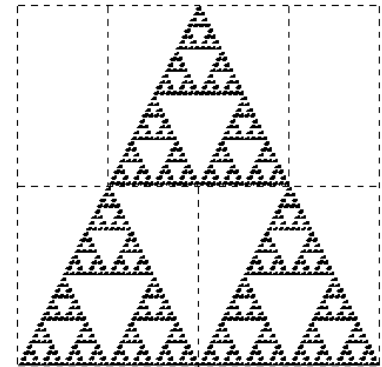
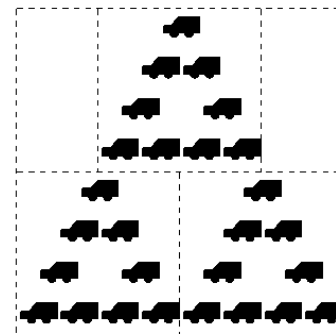
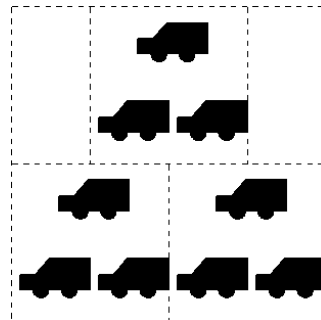
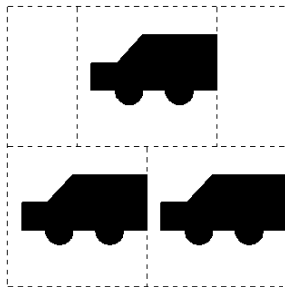
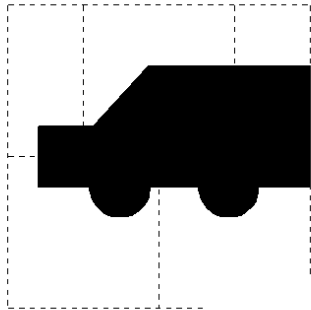


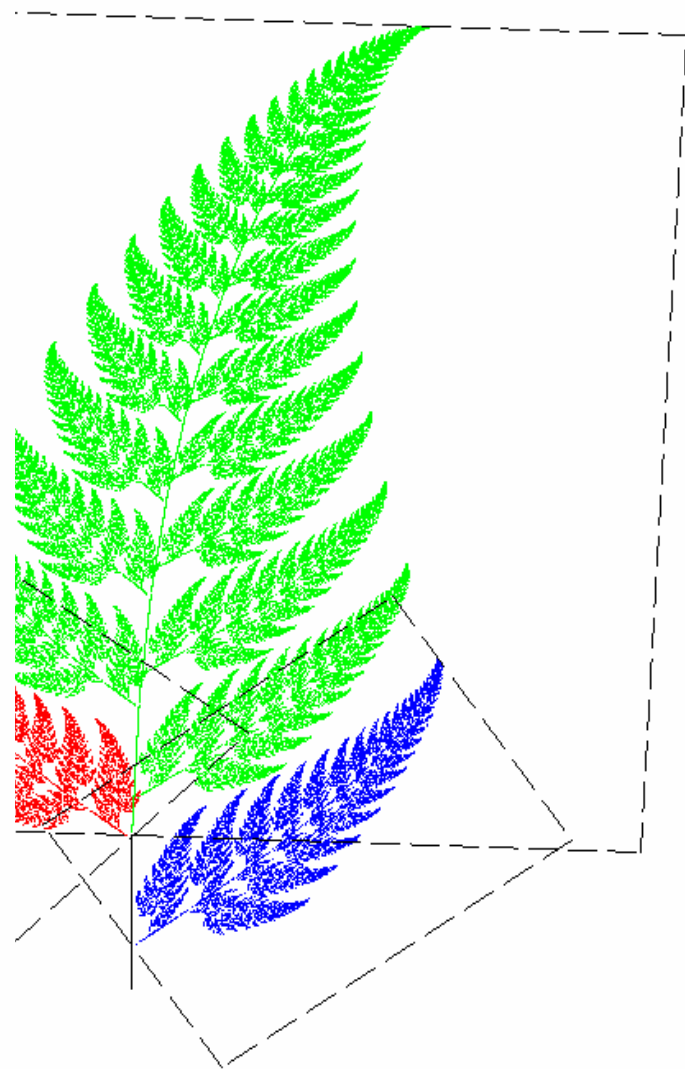
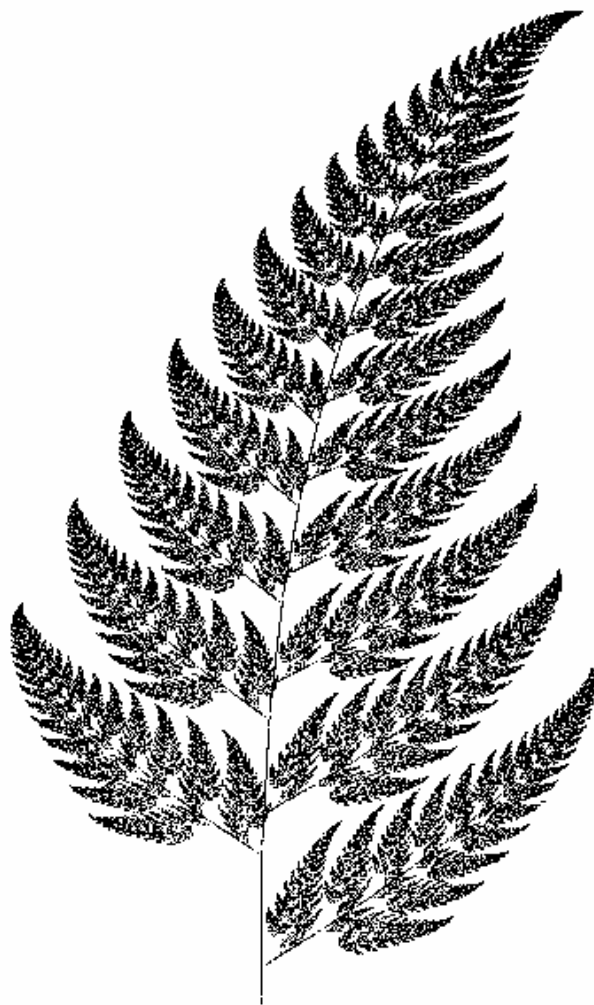
製造碎形很簡單

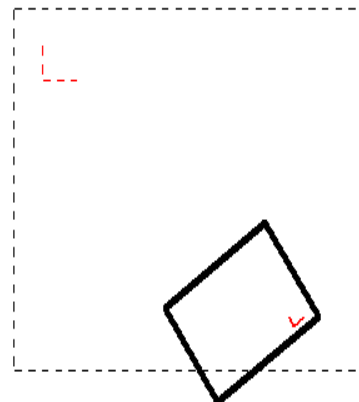
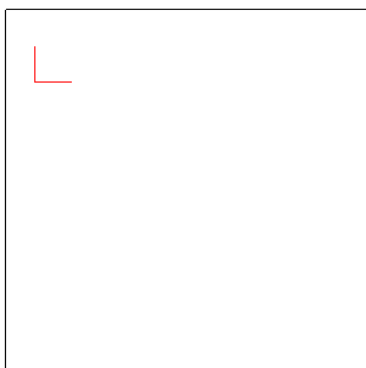


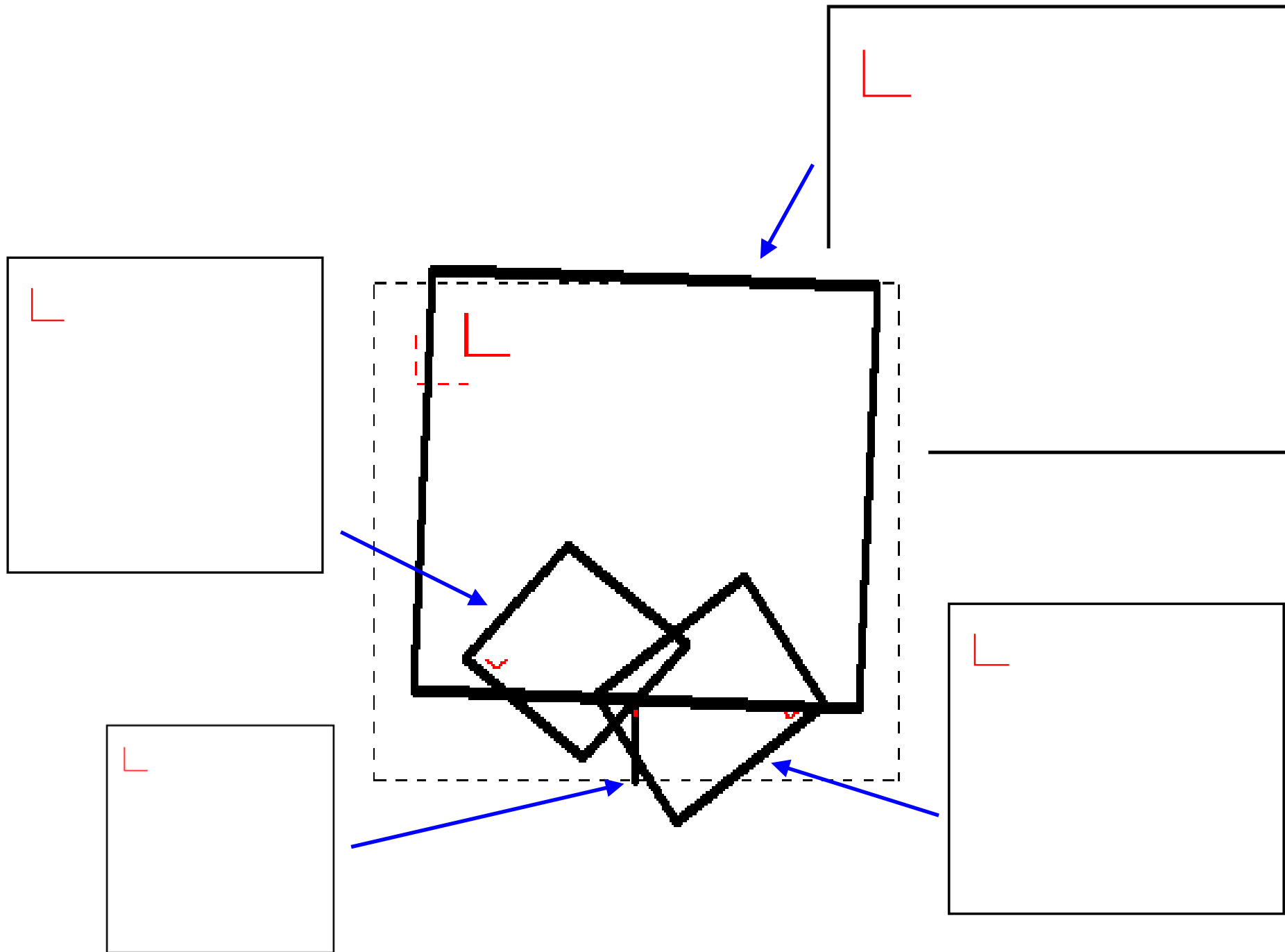
余賓斯基三角形

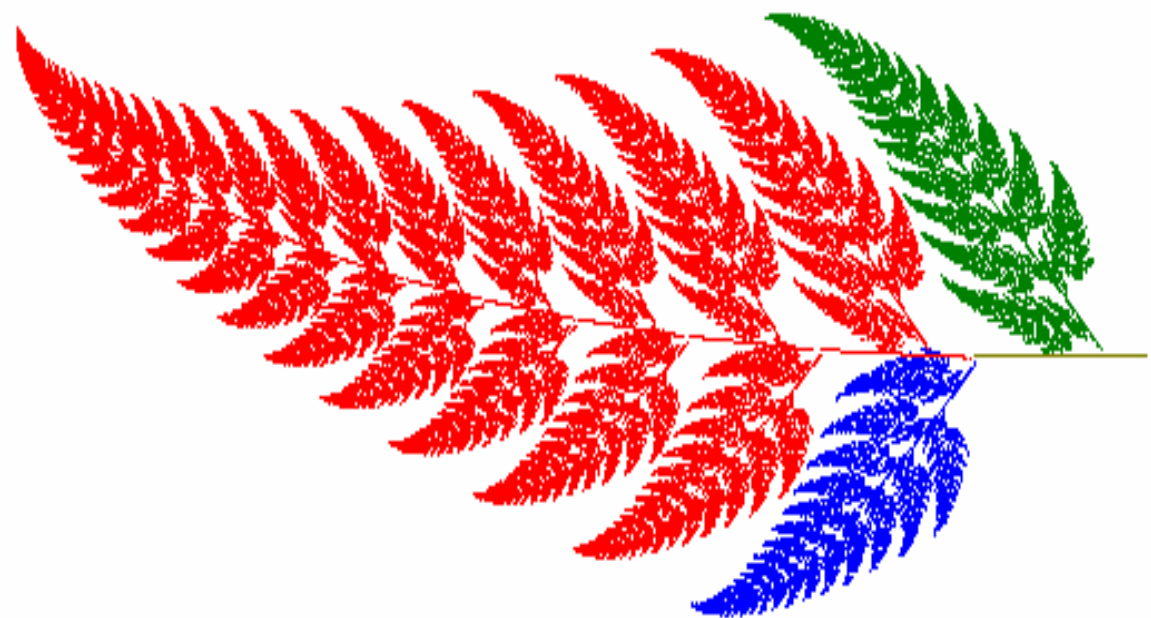
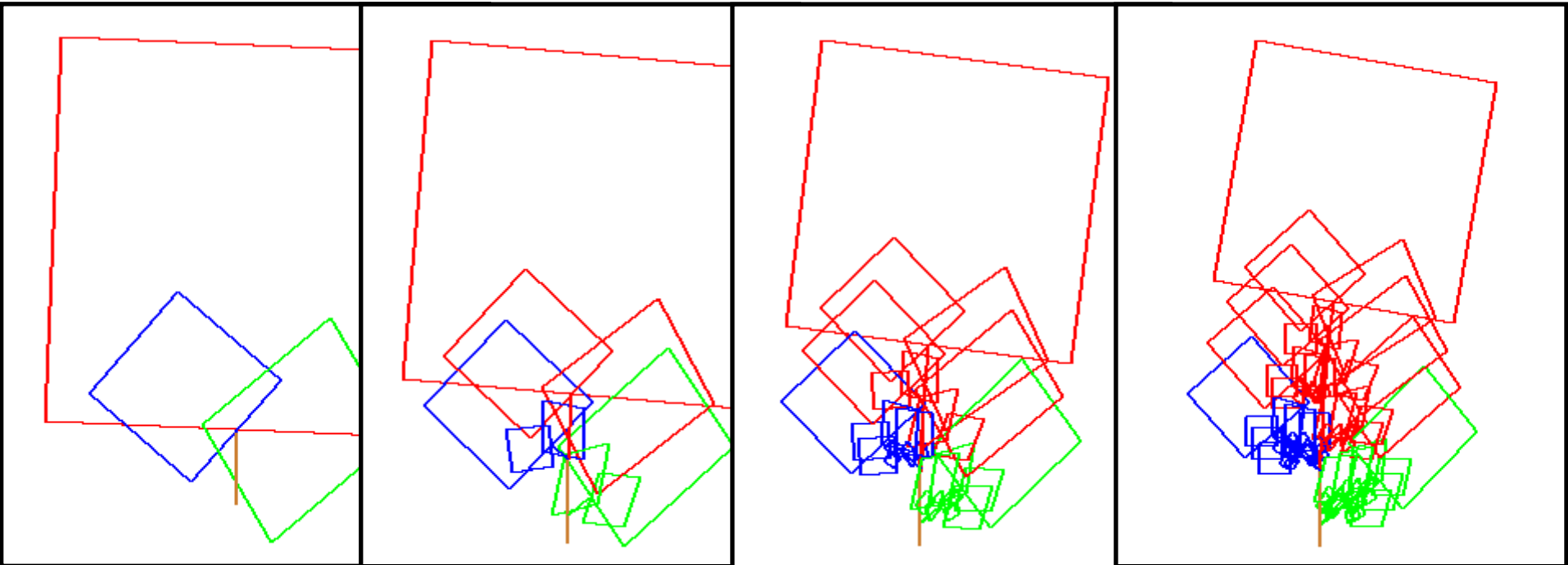
過程(規則)決定結果!







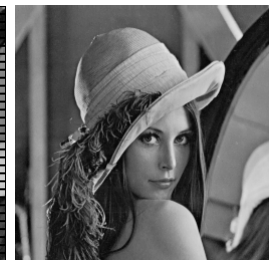
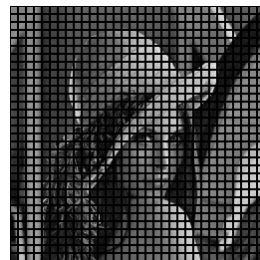
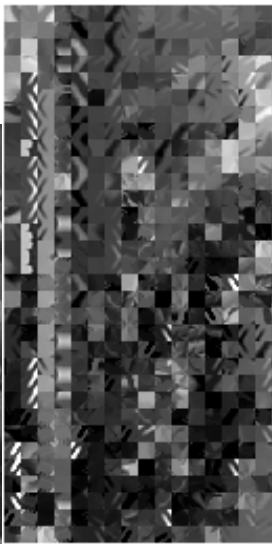






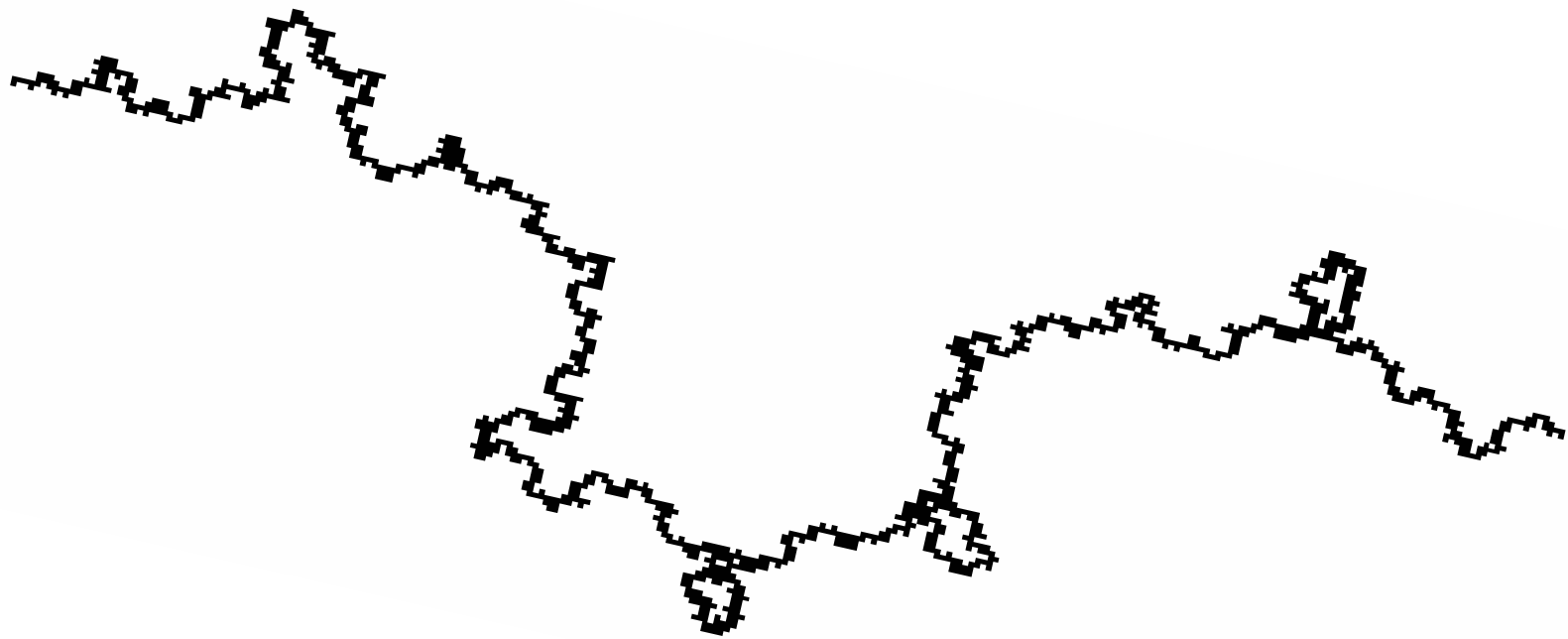
影像壓縮

碎形的應用之一



海岸線有多長？

碎形源起



碎形維度

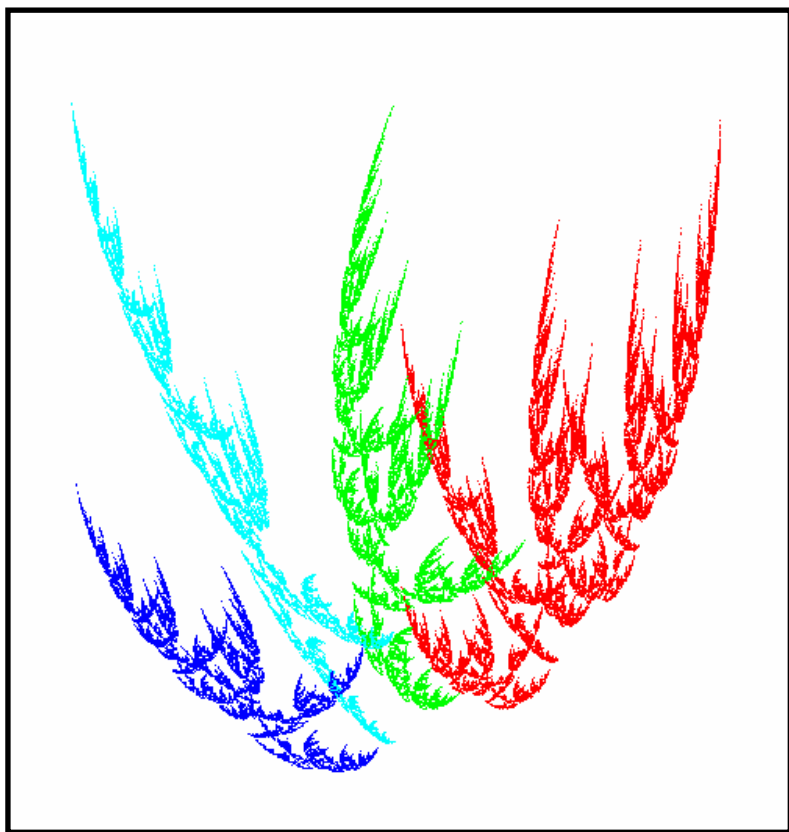
1.35

自然的形狀近似於碎形

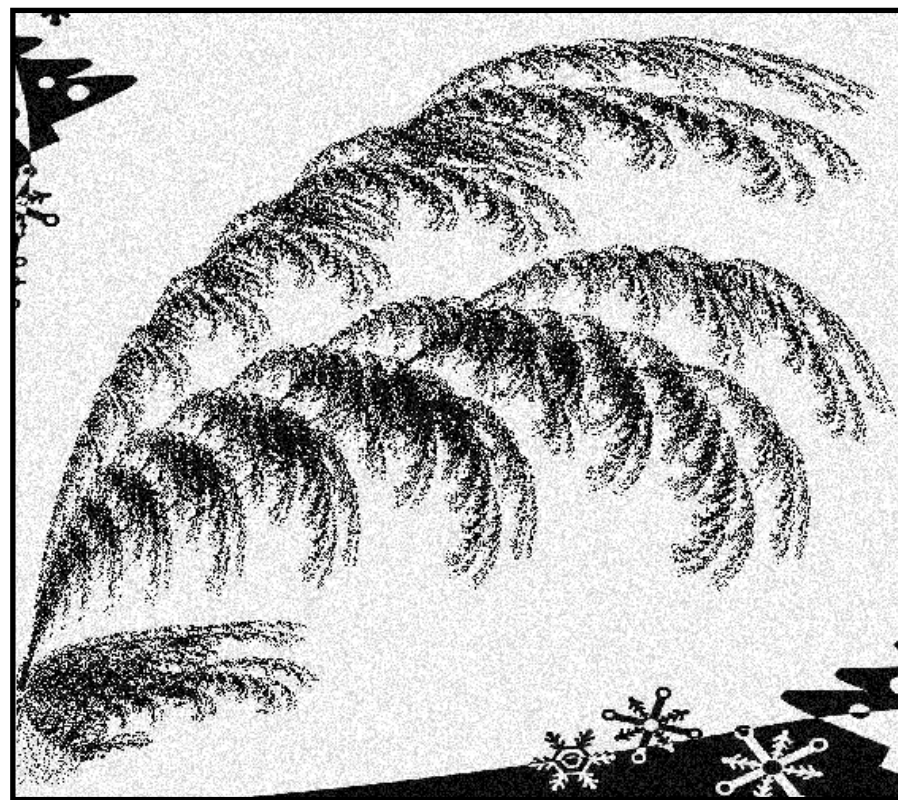
1.26

Introducing Fractal Geometry, Nigel
Lesmoir-Gordon, Will Rood, and Ralph
Edney, Icon Books UK (2000)

如何比較碎形的大小？



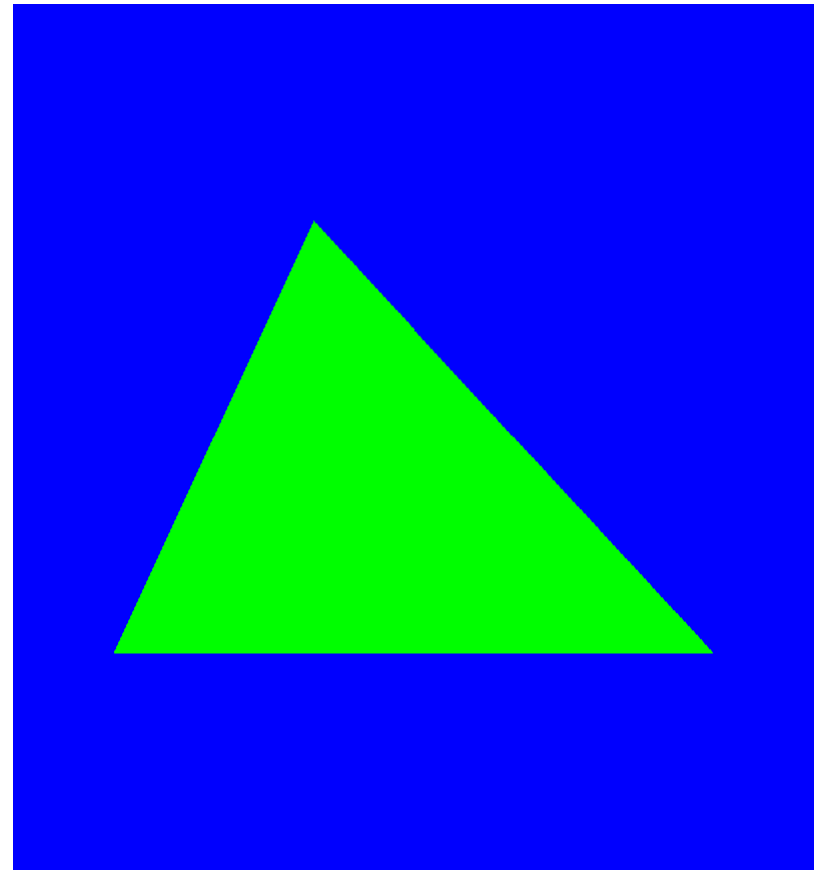
飛天



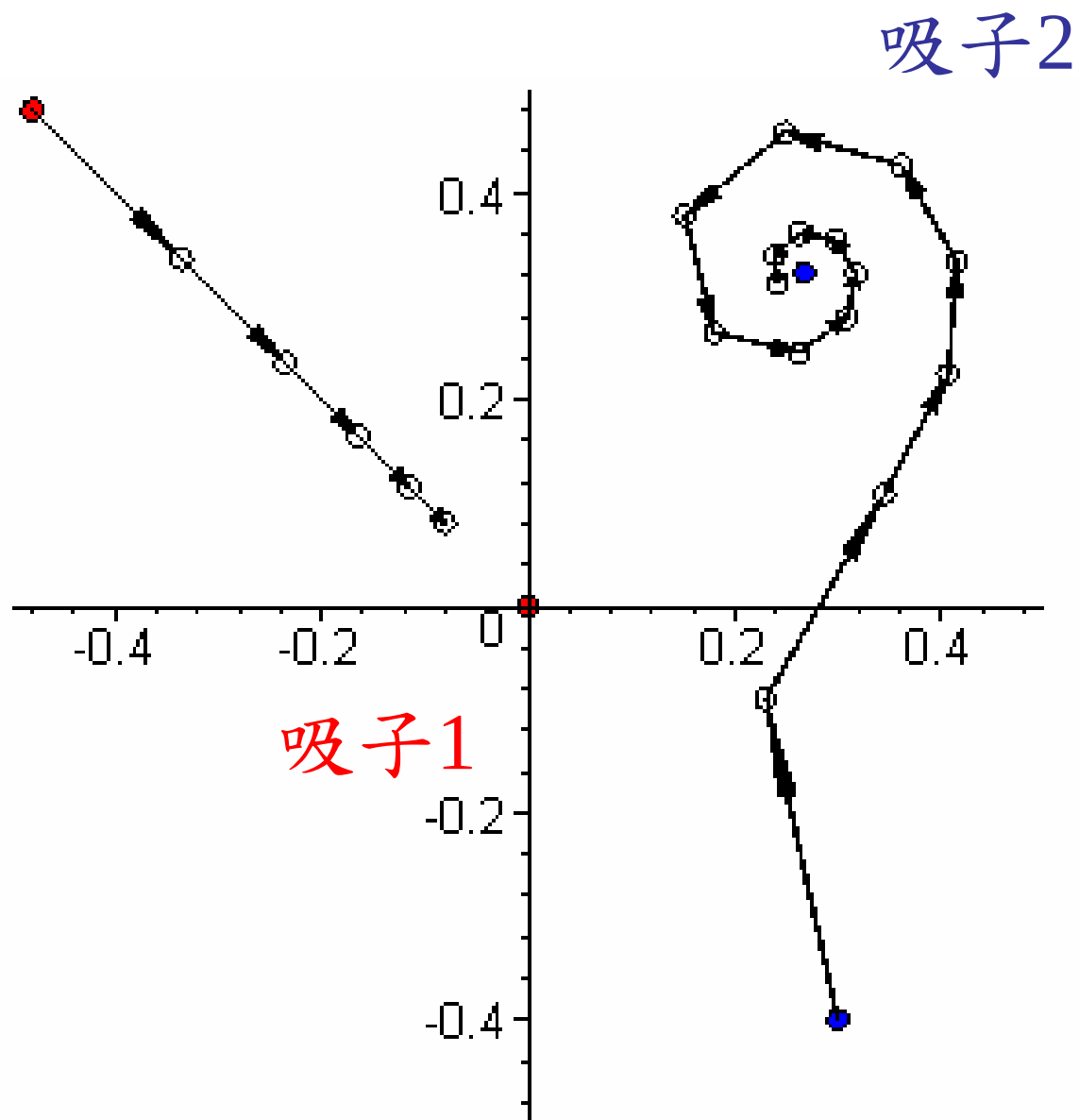
竹子

荒島求生術

- 你在一次飛行意外，孤獨地飄落到一個海中神秘島。這個島為一三角形。如果你晚上合上眼，隔天早上醒來，會被吸至三角形某一頂點的一半距離的地方。



吸子的競爭



經濟學

碎形的應用之二

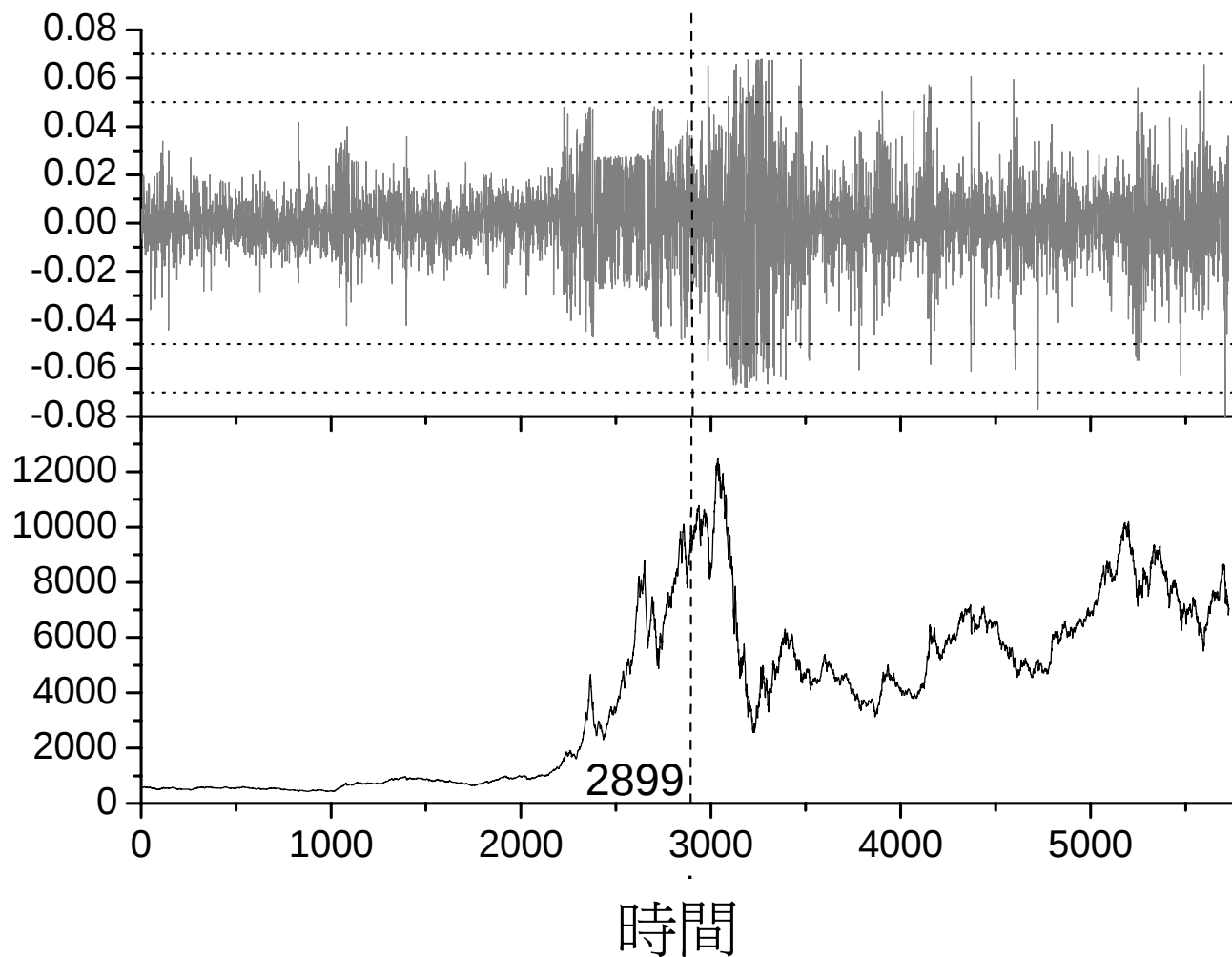
- 競爭是市場中「看不見的手」(亞當·史密斯1776)。
- 市場的變化源自其內在特性，並非要有外來原因才會有變化(卡爾·馬克斯1818-1883)。
- 如何預測股市的起伏？

台灣股市加權指數 1971/1/6—2005/1/5



指數
變化
量

台灣
股市
指數

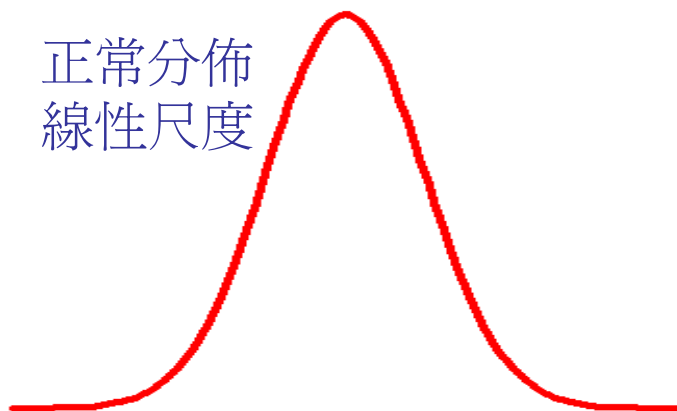


Twenty years of TAIEX index and daily returns centered at Oct. 11, 1989(vertical dashed line). The 5% and 7% limit (horizontal dashed lines) to the daily changes were imposed respectively before and after Oct.11, 1989.

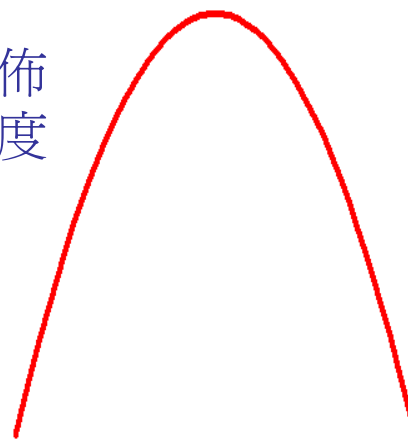
隨機行走



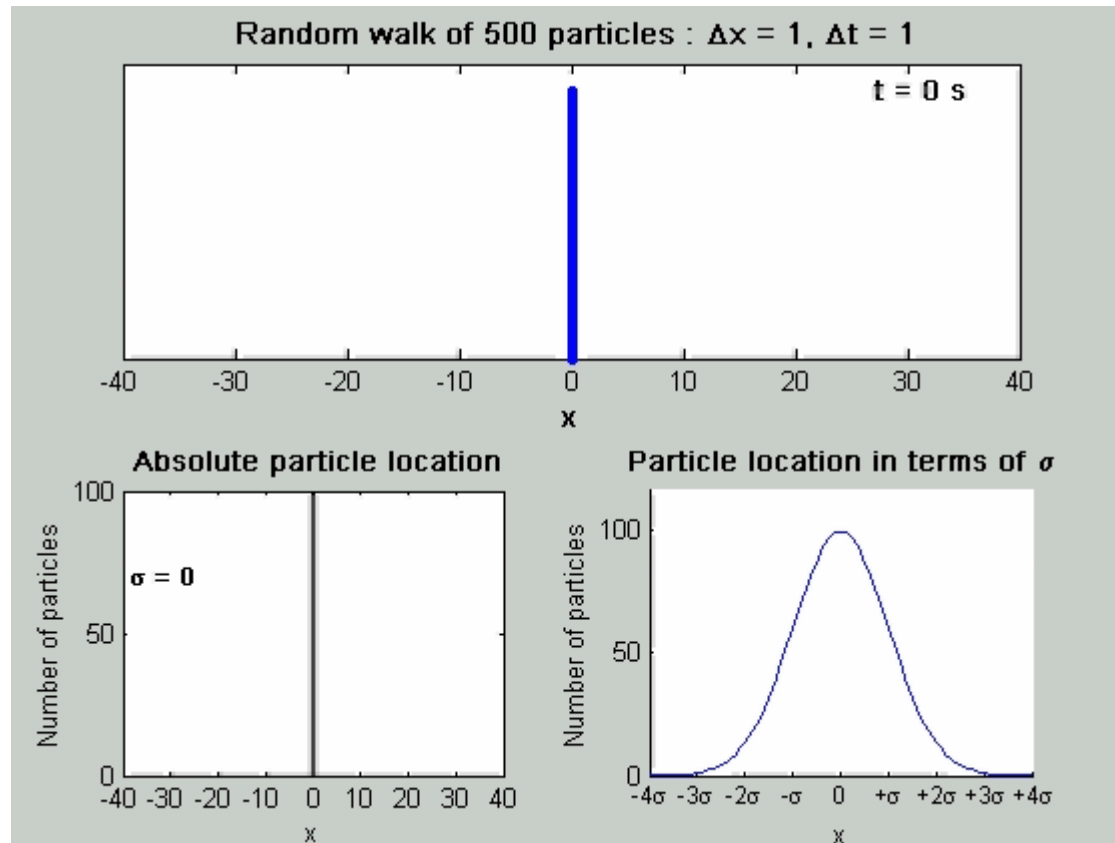
正常分佈
線性尺度



正常分佈
對數尺度

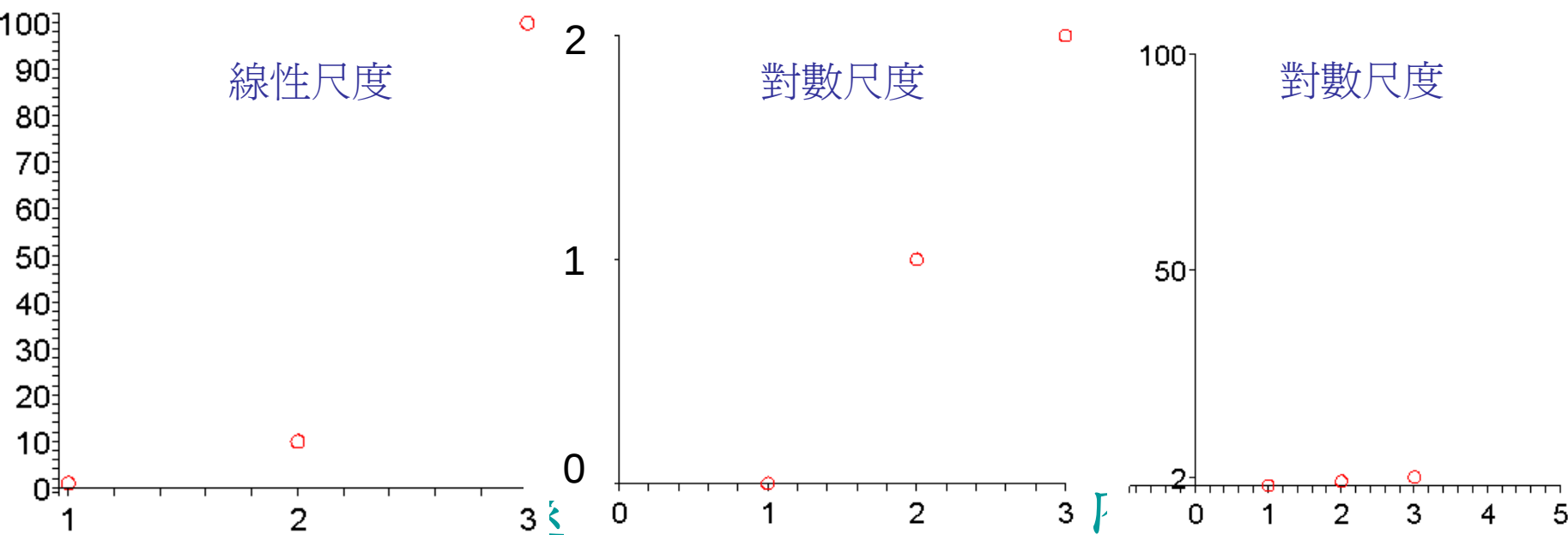


隨機行走



圈外對數定理

- 圈內事物做比較，用的是線性尺度。
- 圈外的人評比圈內事物，用的是對數尺度。



- 跳出圈外，自然能淡化差異。

現代經濟學可靠嗎？

- Black-Scholes方程式(1973)

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{1}{2}\sigma^2 S^2 \frac{\partial^2 V}{\partial S^2} + rS \frac{\partial V}{\partial S} - rV = 0.$$

關鍵假設：價格的變動是隨機的

V: option

S: price

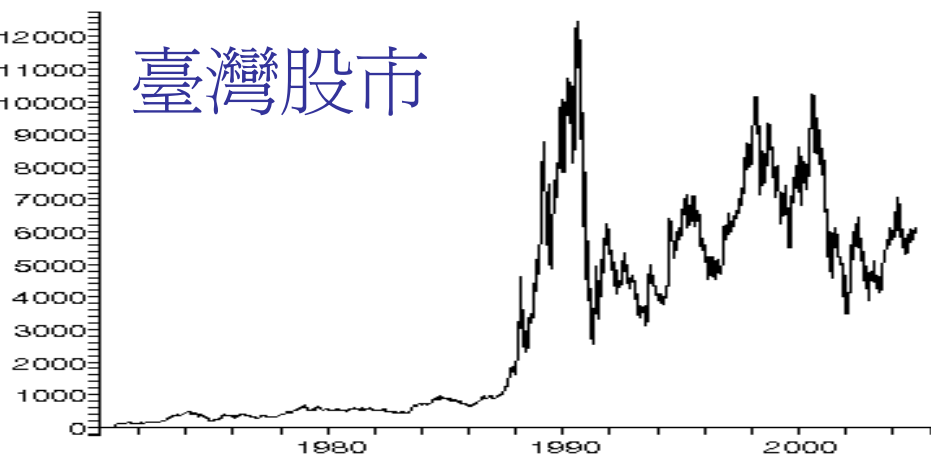
r: return

σ : volatility

Myron Scholes, Robert Merton

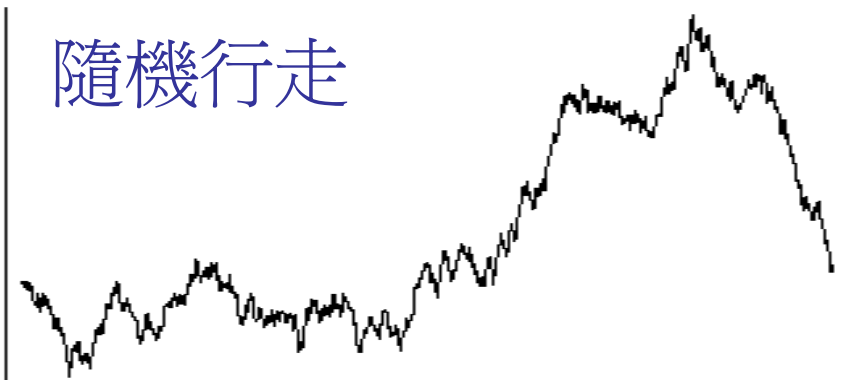
(1997年經濟諾貝爾獎)

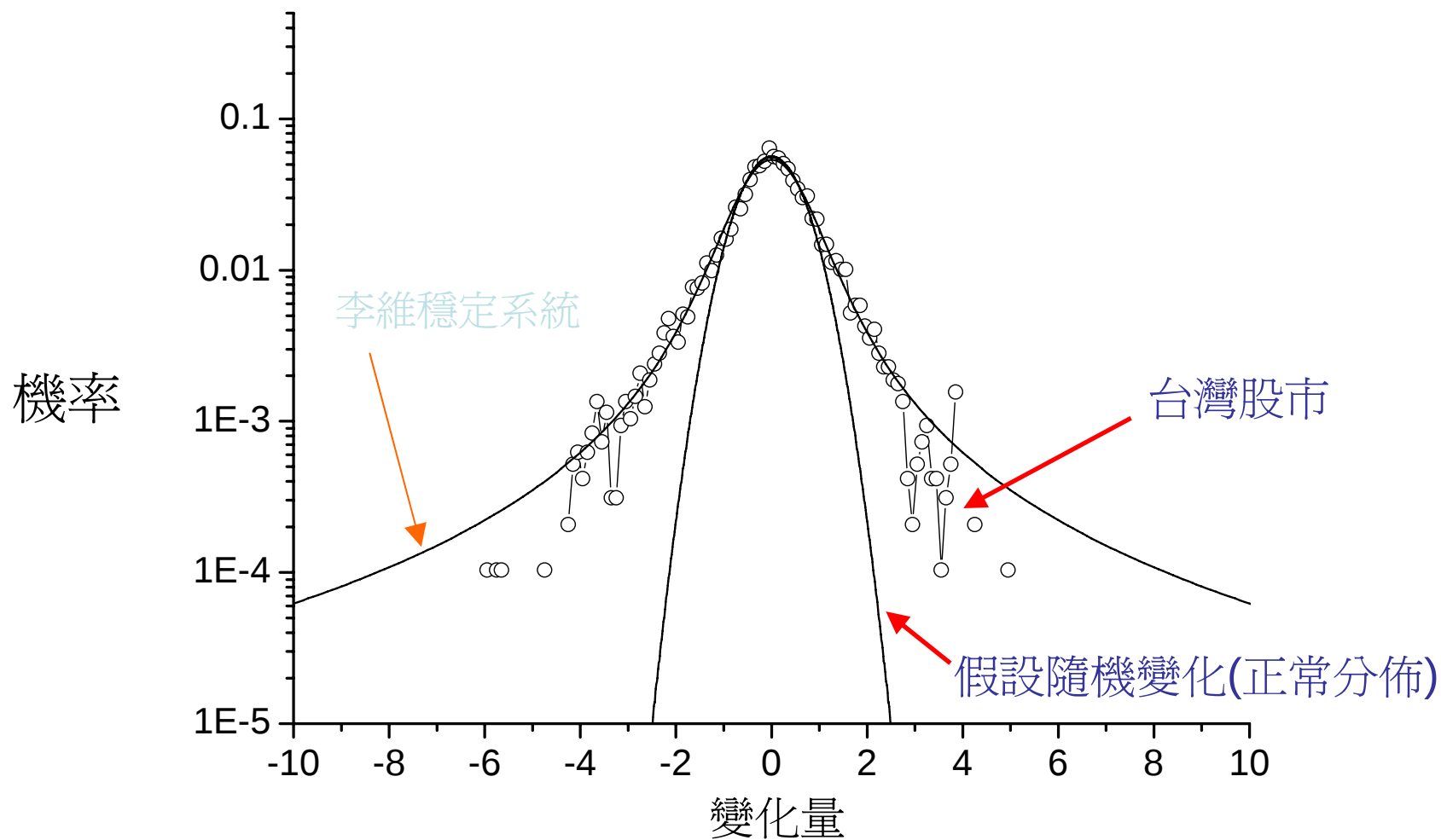
臺灣股市



股市的起伏真的是隨機的嗎？

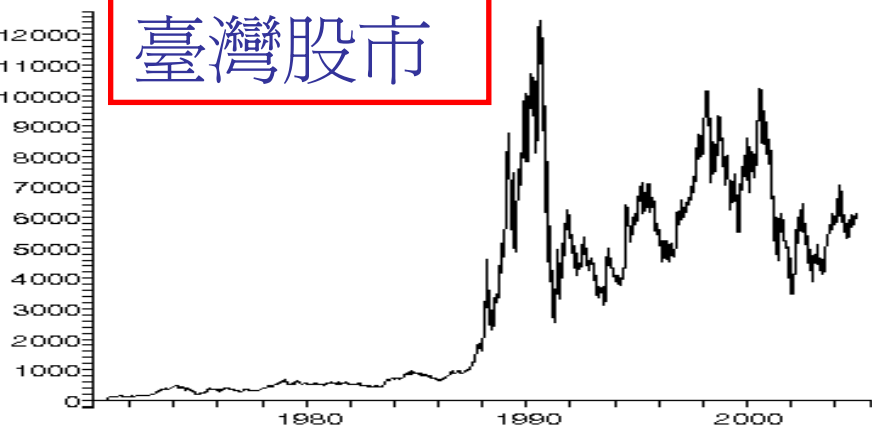
隨機行走



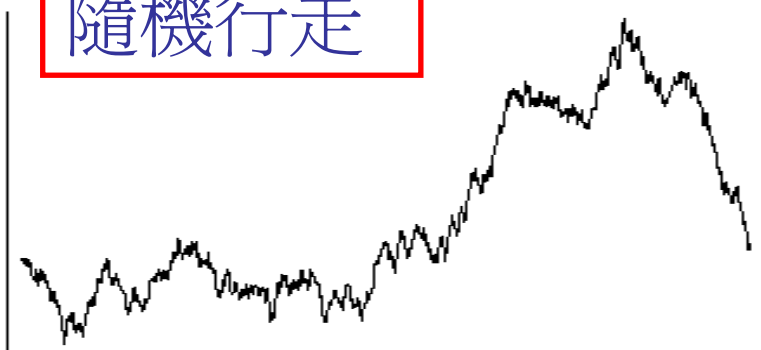


Empirical probability distribution for TAIEX daily changes over 34 years period. A Lévy distribution(solid line) and a normal distribution(dashed line) are also shown for comparison

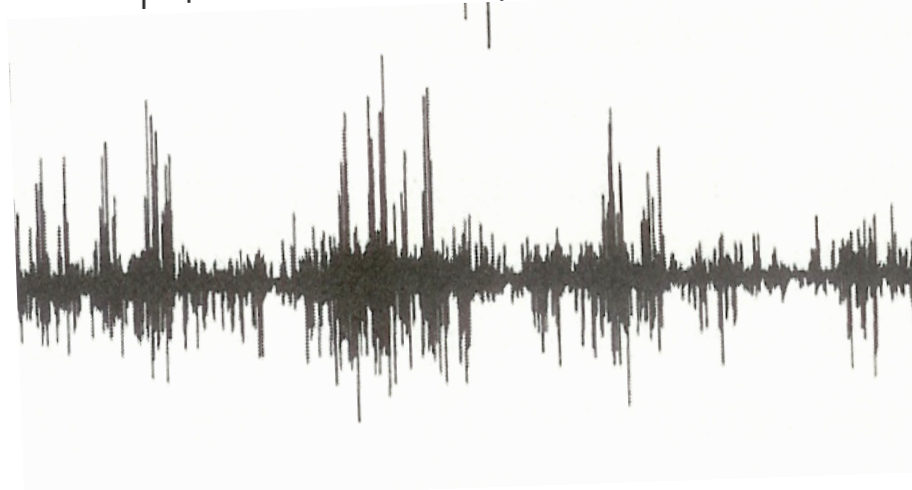
臺灣股市



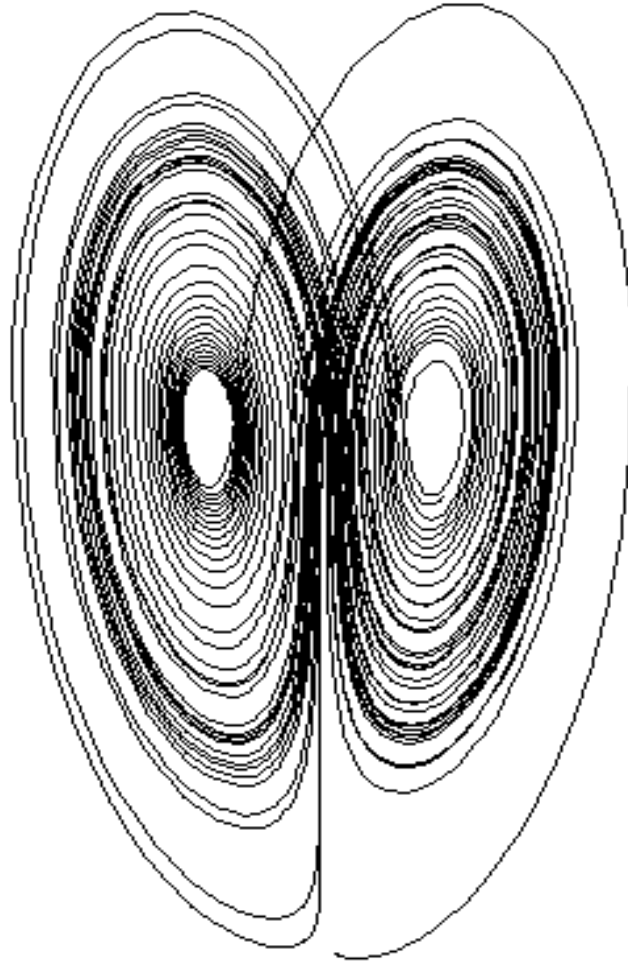
隨機行走



複式碎形函數



碎形是混沌的幾何



蝴蝶效應

擴散

= 集體的 隨機行走

無目標的運動(隨機行走)，不會造成圖案



形成豹紋的塗林機制

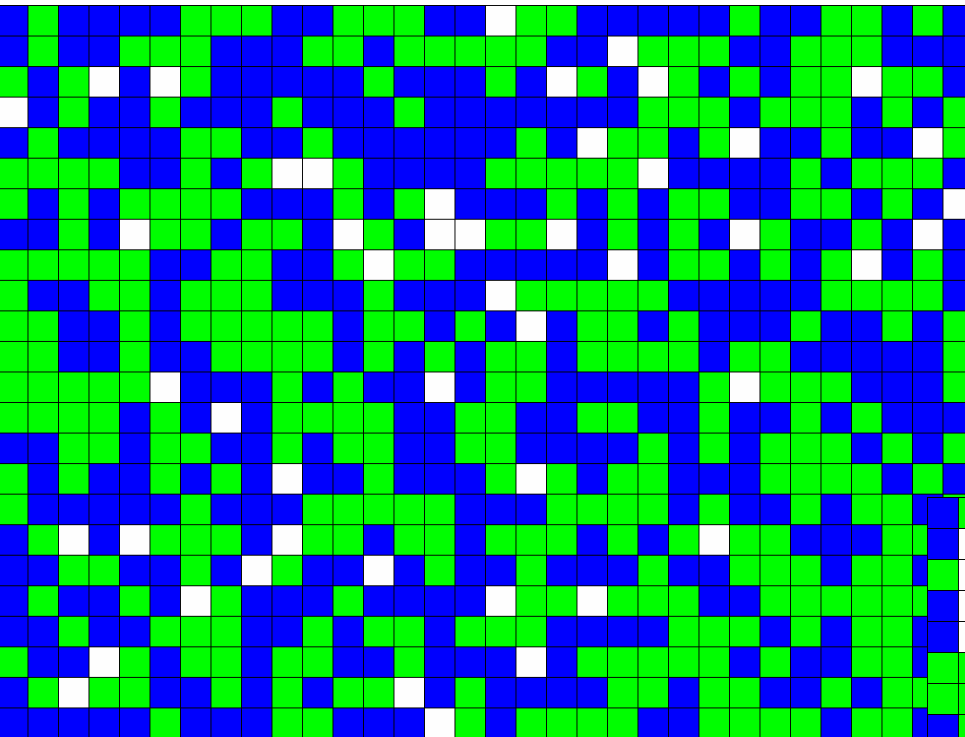
擴散 + 反應

圖案爲分散與聚集
競爭的結果

塗林(Alan Turing, 1912-1954)



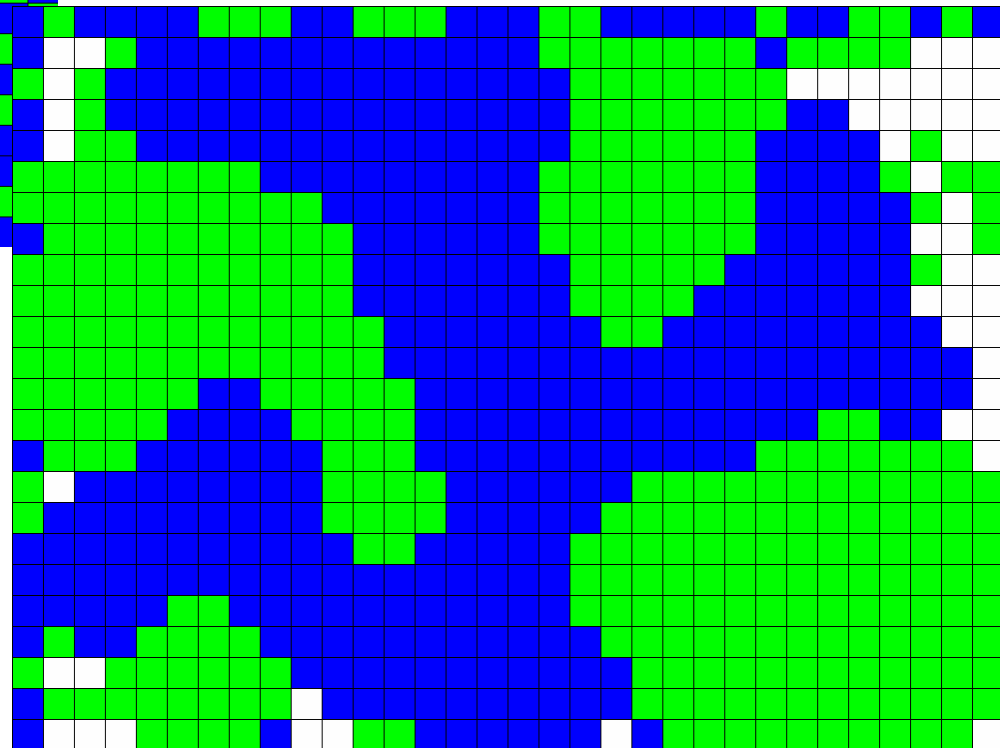
初始隨機分佈

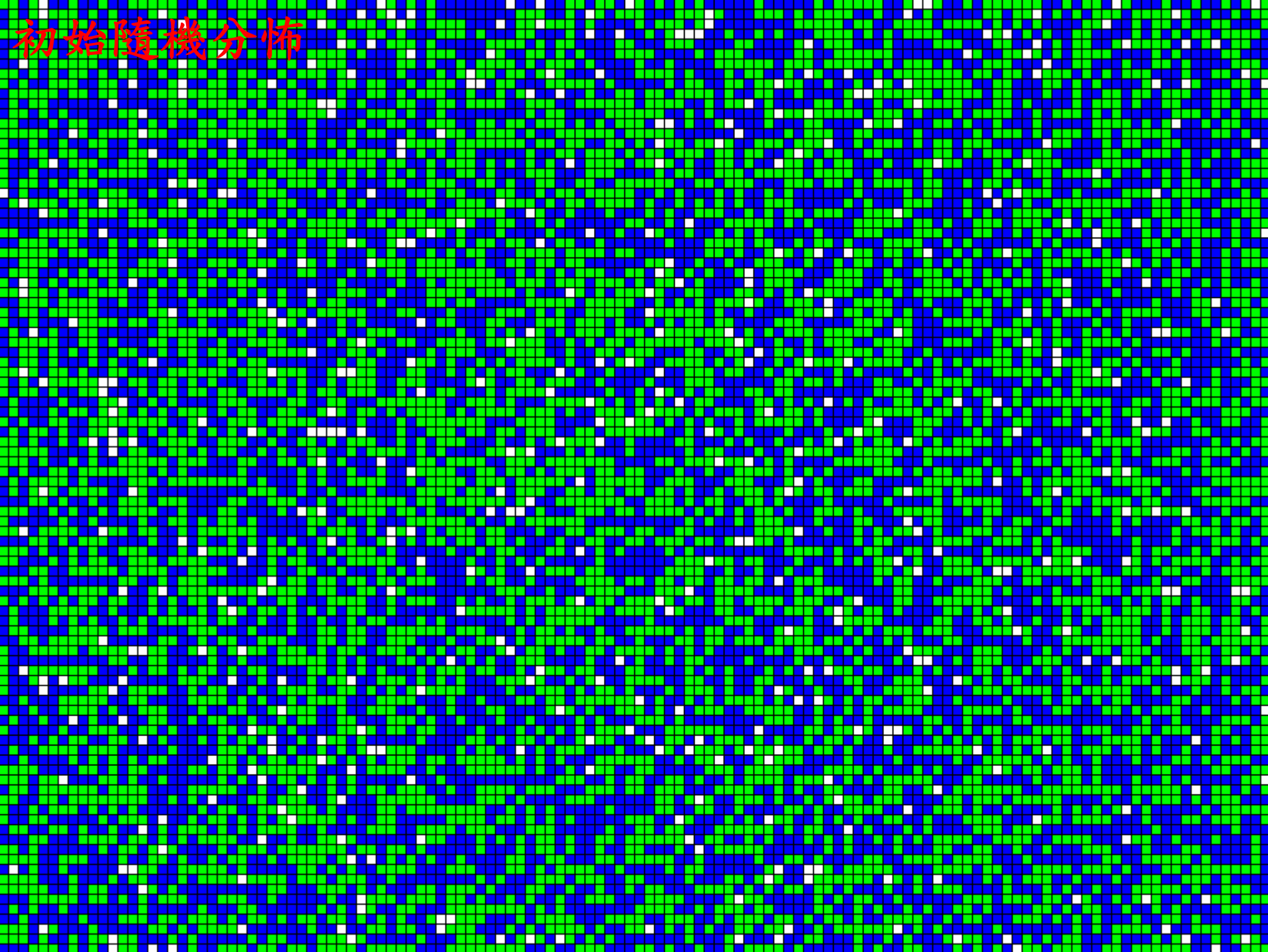


規則: 8個鄰居中至少有4個
是同類, 否則換位置

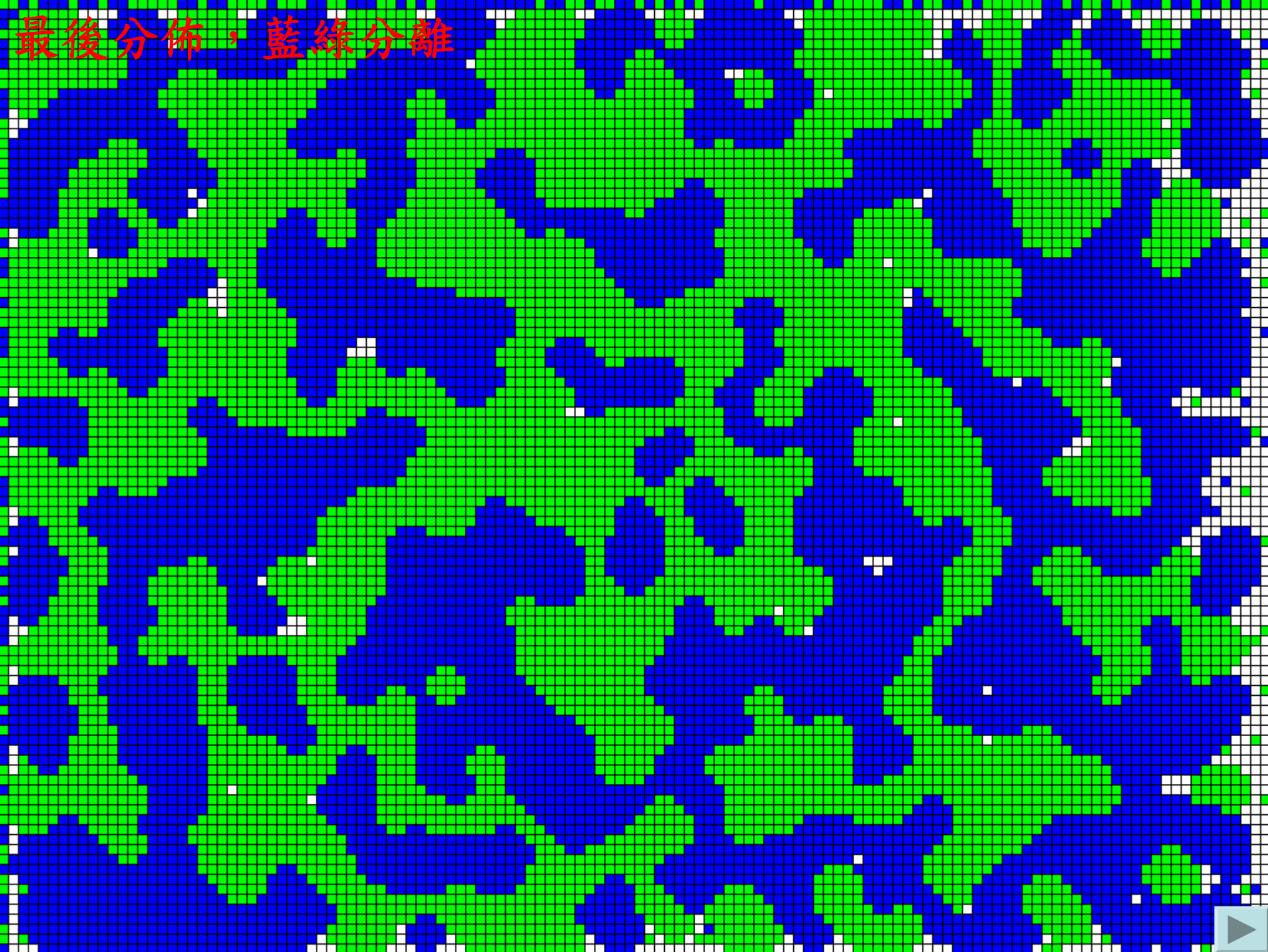


最後分佈，藍綠分離

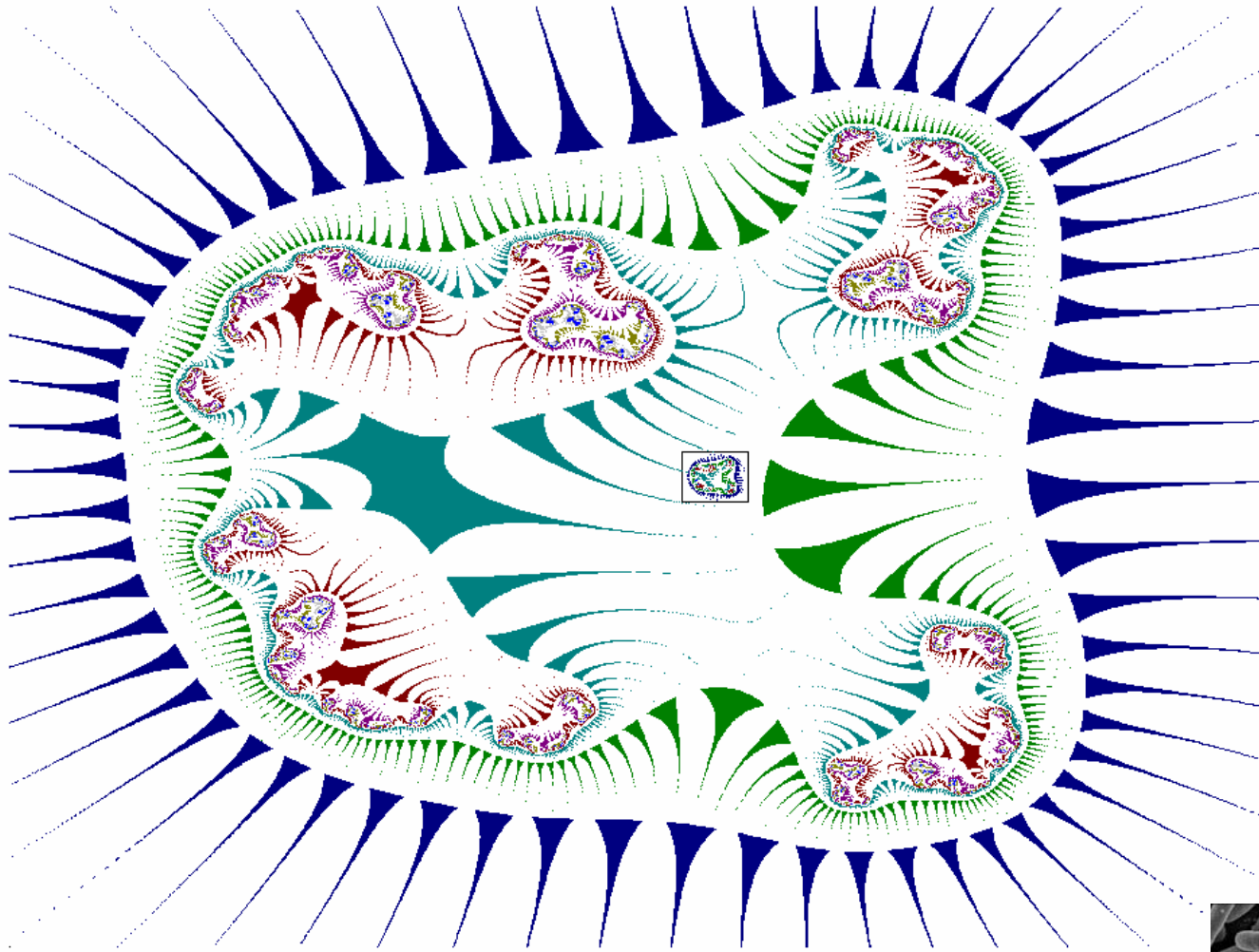




初始隨機分佈



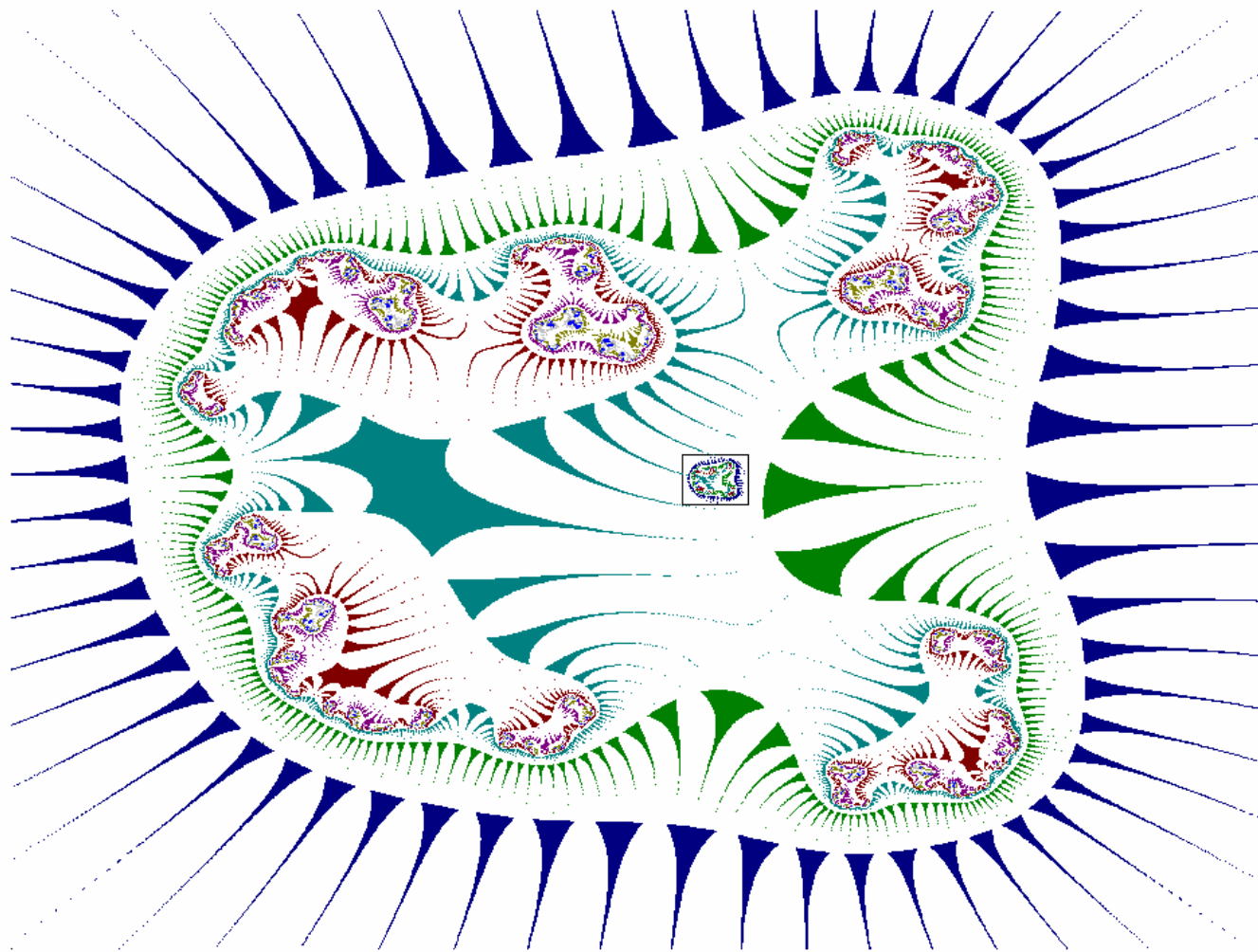
放大xx倍的(想像中的)大腸桿菌

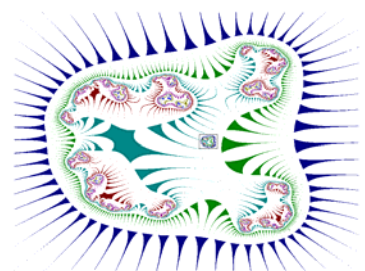


大腸桿菌照片
(放大10萬倍)



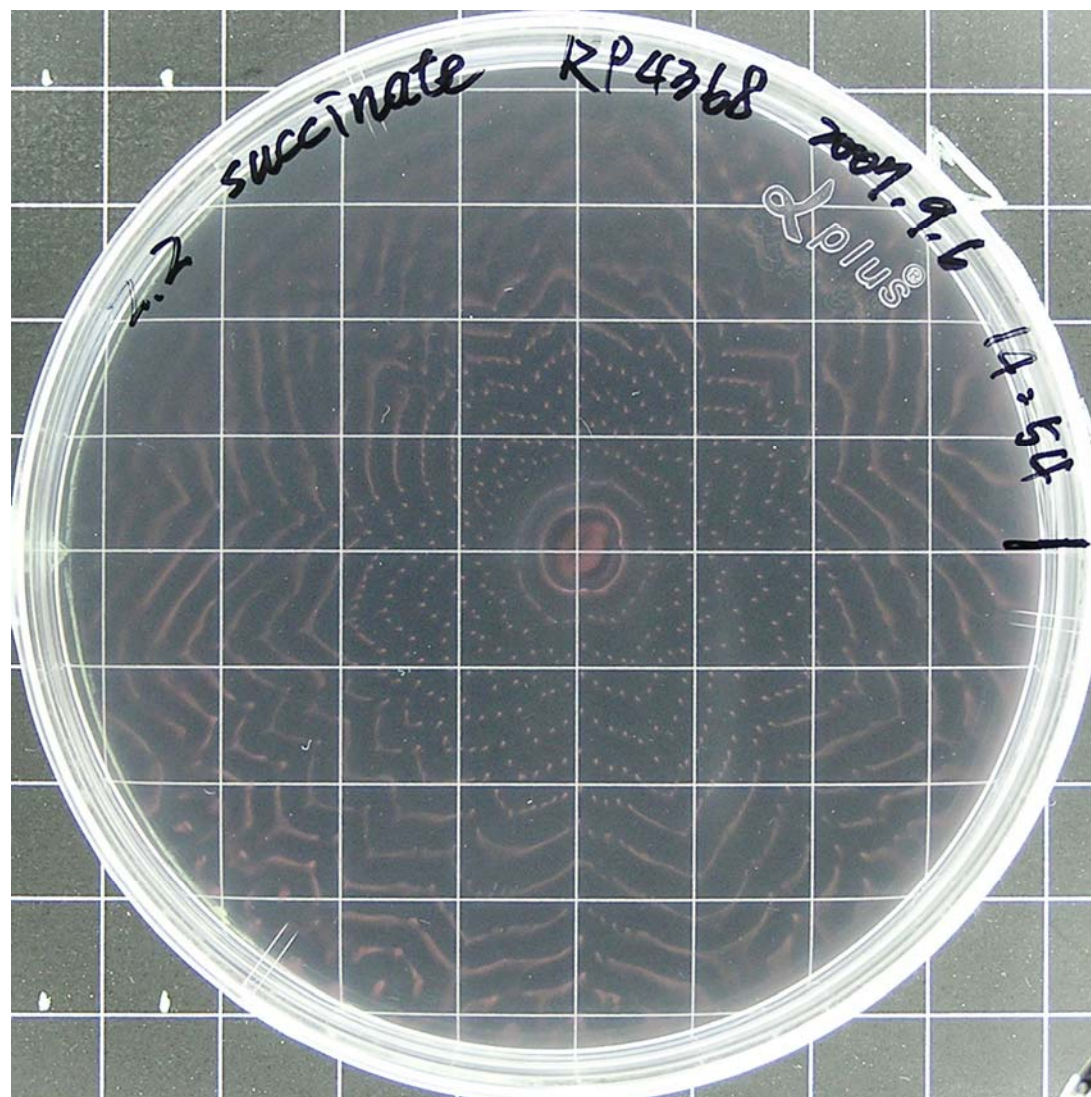
放大xx倍的(想像中的)大腸桿菌







大腸桿菌的群落

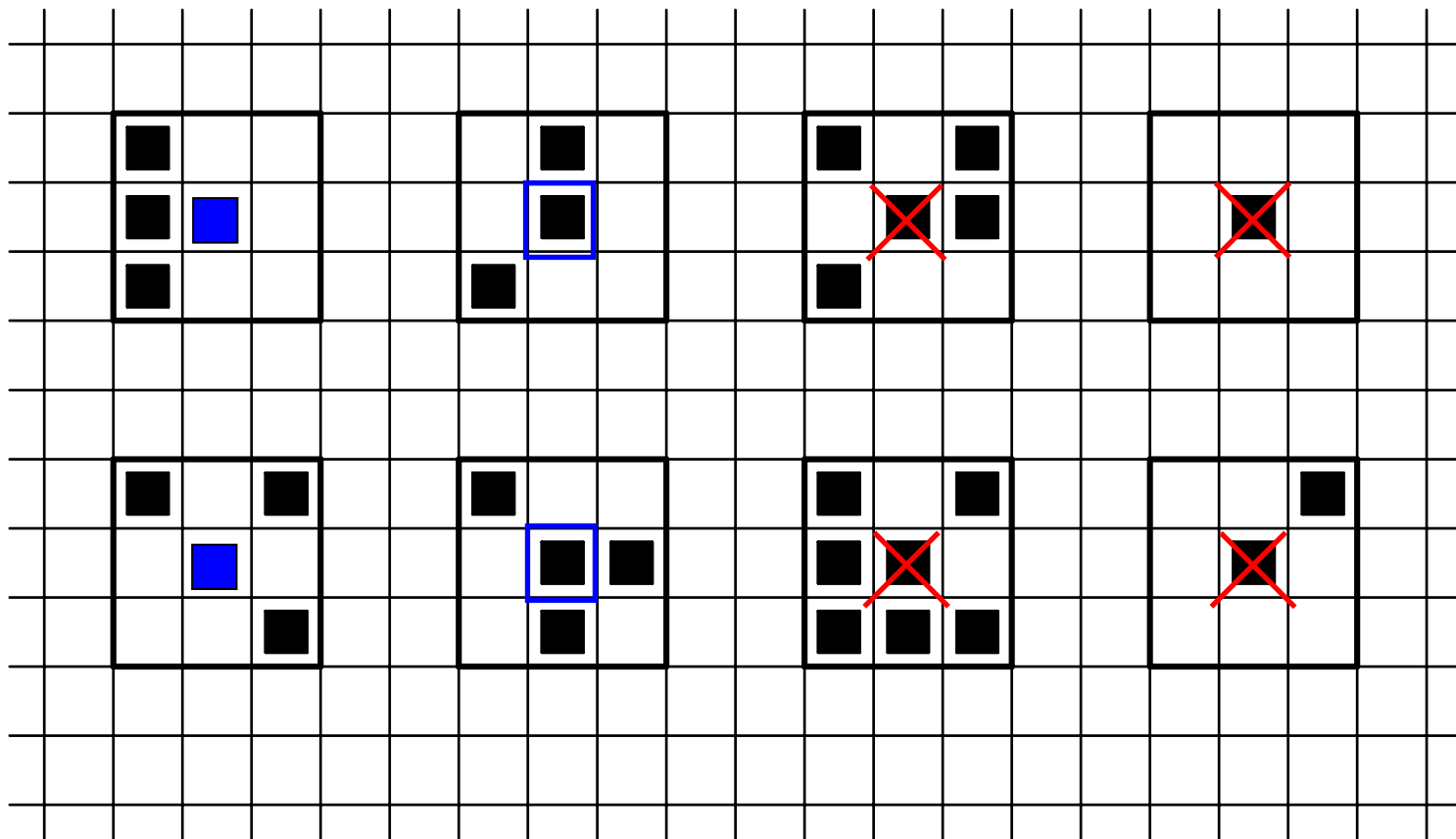


非線性物理中心

Center For Nonlinear Physics

大腸桿菌 RP4368。培養基為M9培養液，並使用0.20%的Agar使其凝固，再加上一些胺基酸及甘油。succinate濃度2.2mM。含大腸桿菌的溶液滴到培養皿中心，五天後照相。

生命遊戲



應運而生

幸福快樂

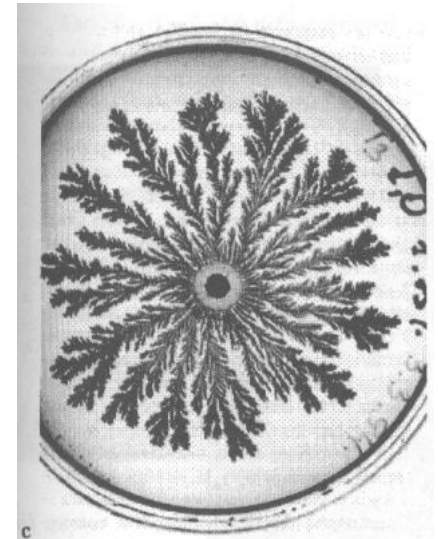
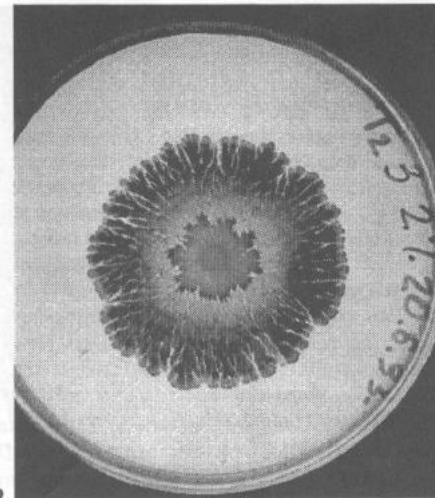
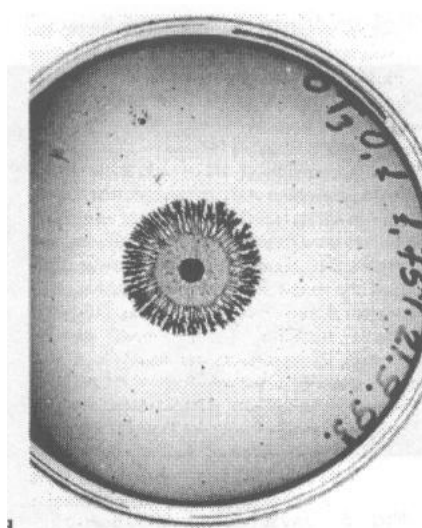
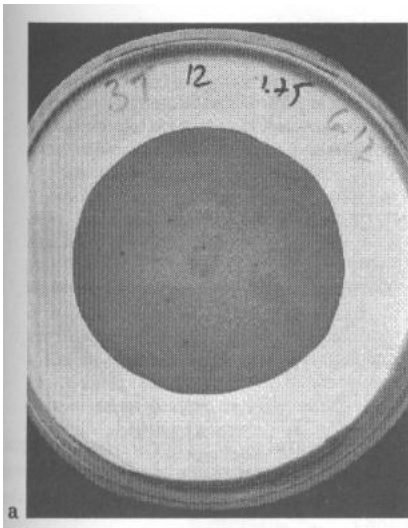
擁擠而死

孤單而死



大腸桿菌的運動

- 尋找食物 – 擴散
- 分泌物質吸引同伴 – 聚集



豹爲什麼有斑點？

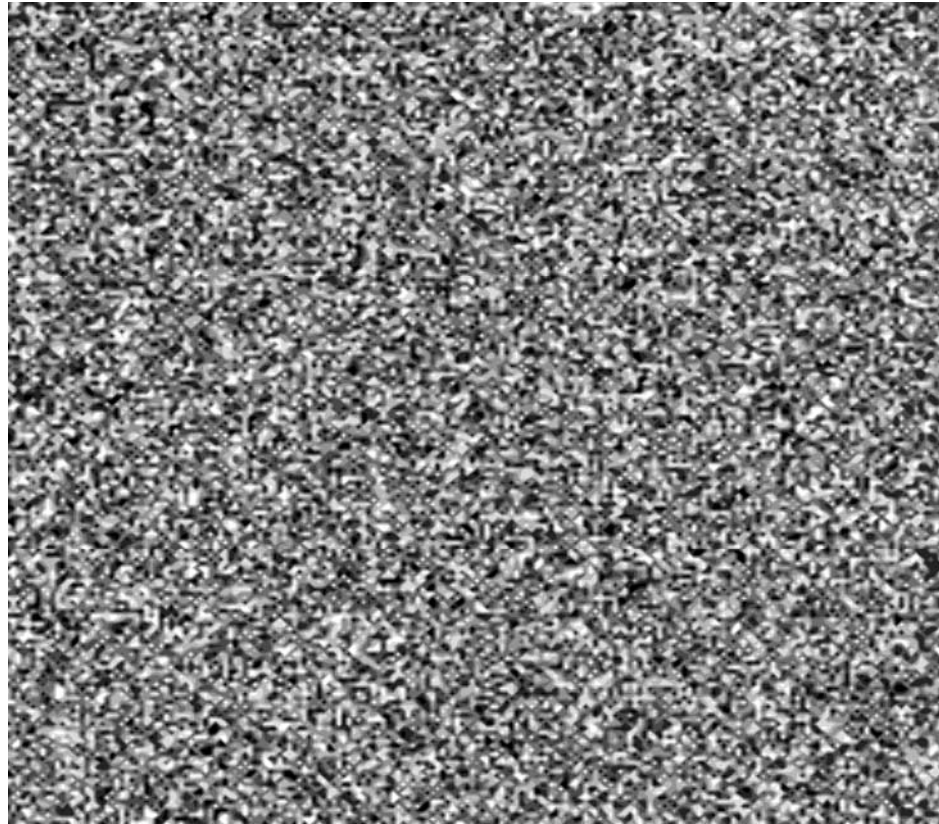
擴散 + 反應

黑色：

A種化學物質

白色：

B種化學物質：



獵豹(cheetah)



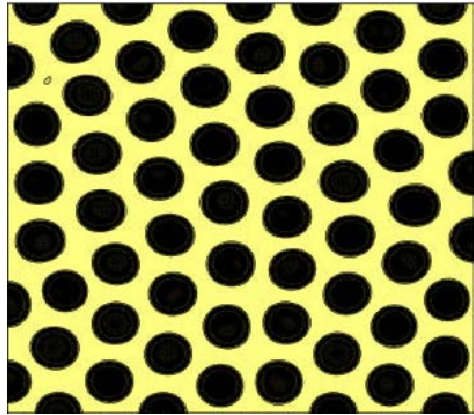
花豹(leopard)



美洲豹(jaguar)



花豹成長過程的斑紋變化



2 天

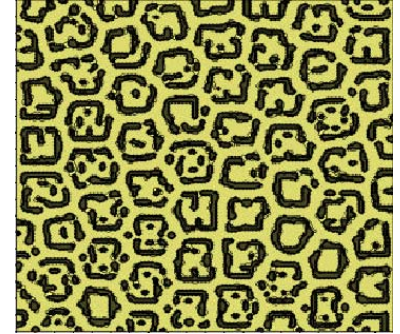
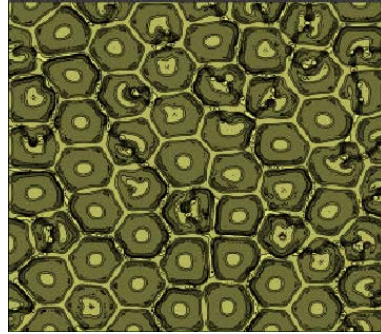
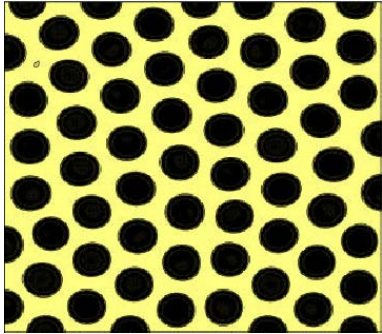


7 週



9 個月

美洲豹成長過程的斑紋變化



1 小時



17 週



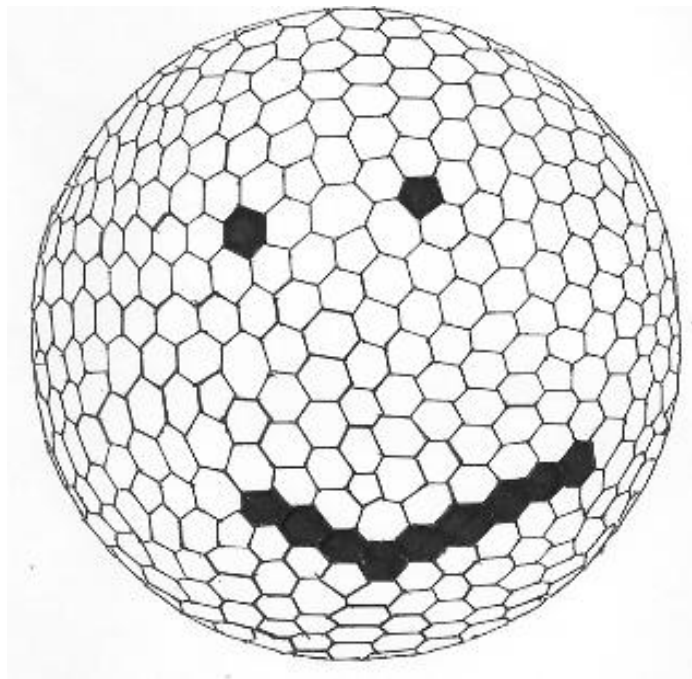
16 個月



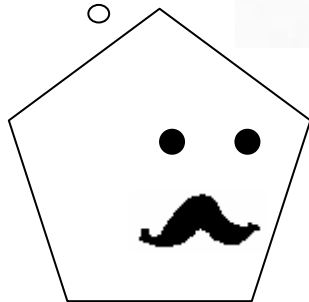
豹紋形成過程模擬

<http://www.cathouse-fcc.org/index.html>

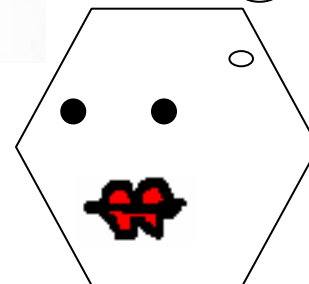
碎形小孩



我發現十二處跟我一樣！



很多地方都跟我很像！耶！





謝謝您的聆聽!

廖思善 中興大學物理系

網址 : <http://fractal.phys.nchu.edu.tw/>



非線性物理中心
Center For Nonlinear Physics

