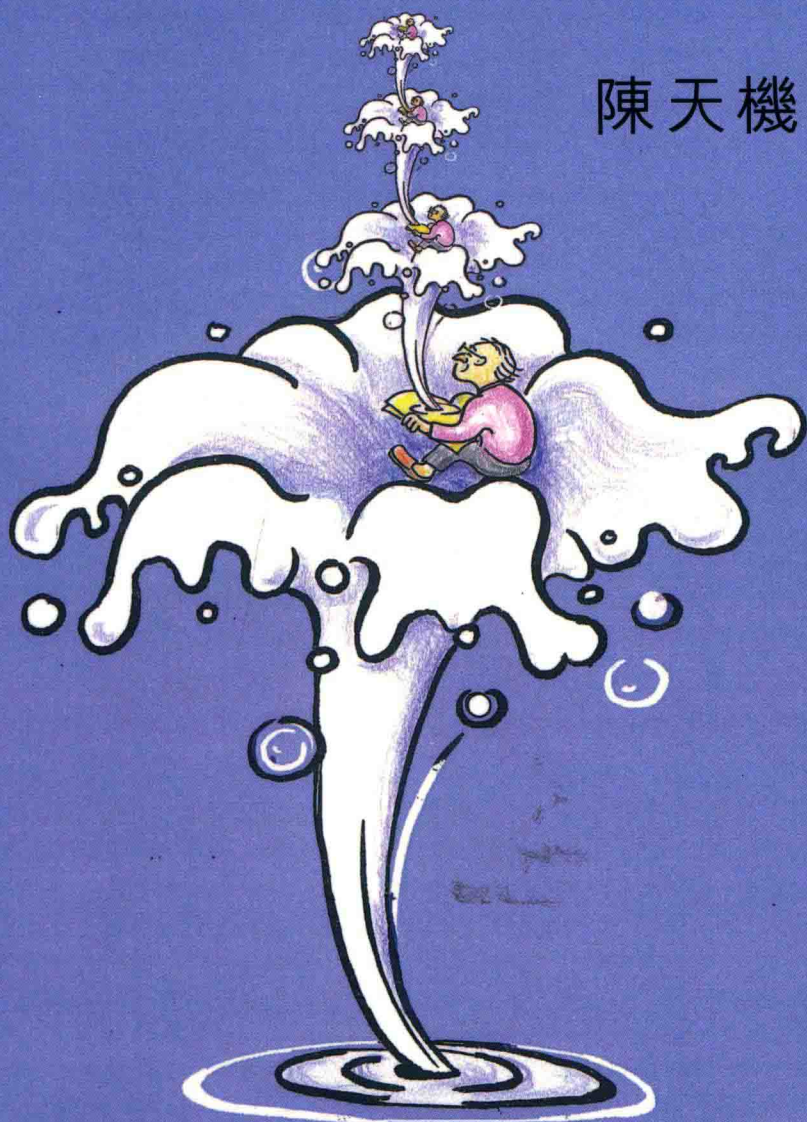


系統視野 天上人間

學海湧泉

陳天機



OXFORD

學海湧泉

系統視野、天上人間

陳天機

OXFORD
UNIVERSITY PRESS

OXFORD

UNIVERSITY PRESS

Oxford University Press is a department of the University of Oxford.
It furthers the University's objective of excellence in research, scholarship,
and education by publishing worldwide. Oxford is a registered trade mark of
Oxford University Press in the UK and in certain other countries

Published in Hong Kong by
Oxford University Press (China) Limited
18th Floor, Warwick House East, Taikoo Place, 979 King's Road, Quarry Bay,
Hong Kong

© Oxford University Press (China) Limited

The moral rights of the author have been asserted

First Edition published in 2016

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a
retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, without the prior
permission in writing of Oxford University Press (China) Limited, or as expressly
permitted by law, by licence, or under terms agreed with the appropriate
reprographics rights organization. Enquiries concerning reproduction outside
the scope of the above should be sent to the Rights Department, Oxford
University Press (China) Limited, at the address above

You must not circulate this work in any other form
and you must impose this same condition on any acquirer

ISBN 978-0-19-941675-2

1 3 5 7 9 10 8 6 4 2

學海湧泉
系統視野、天上人間
陳天機

版權所有，本書任何部分若未經版權持
有人允許，不得用任何方式抄襲或翻印

獻給吾妻

江獻珠 (1926–2014)

筆者自己的寫作慾也來自多年前
在她鼓勵下執筆的飲食遊戲文章

序

1998年，筆者擱置退休生活，從美國回到香港中文大學，在梁秉中、許倬雲兩位教授提倡、示範之下建立一門以系統概念為出發點的通識教育新課：「宇宙、學術與人生。」¹ 光陰飛逝，不知不覺已過了十六寒暑；自己也從講授中學習，取得了許多珍貴的新知識。

筆者與許倬雲、關子尹兩位教授合編了《系統視野與宇宙人生》一書，作為課本；該書曾經再版，到現在仍有簡體字版，² 但多年來事過境遷，在今天已有重新述作的必要。本書是改寫的結果，企圖以平易的文字、淺顯扼要的數學，在有限的篇幅裏用系統科學的眼光，鳥瞰大自然與人類文化的演變與運作，與兩本近作：《大自然與文化：環境、創造和共同演化的故事》和《天羅地網：科學與人文的探索》互相呼應。³

系統科學可說是無遠弗屆，無孔不入。其中影響筆者最深的一個概念，是「湧現特性」：系統擁有、而構成系統的

- 1 梁教授是中文大學醫學院骨科榮休教授，當時兼任中文大學通識教育委員會主席。許教授是美國匹茲堡大學榮休教授，臺灣中央研究院院士，當時是中文大學歷史系客座教授兼系主任。「宇宙、學術與人生」現在的編號是UGED 2018，對象是所有大學同學，是一個學期、3個學分、不分院、系、級別的課。
- 2 陳天機、許倬雲、關子尹（合編）：《系統視野與宇宙人生》（增訂版）（香港：商務印書館，2002）。簡體字版：（增訂版）（廣西師範大學出版社，2004）。
- 3 陳天機：《大自然與文化：環境與創造的故事》（香港：中文大學出版社，2002）。

成員所無的特性。⁴ 它是這些成員互相作用的結果，也是「化約論」的難題，「統攝論」的根基。本書以湧現為出發點，因此也以「學海湧泉」命名。

「學海」固然有別於實質的海，相信讀者也未必強求「湧泉」當真是海底冒出來的湧泉罷？但世間竟然有好幾處標榜海底湧泉的旅遊名勝。例如在歐洲南部克羅地亞海岸的弗如雅便以清涼的海底淡水湧泉見稱。⁵ 希臘聖托里尼島的湧泉卻是從海底地縫噴出的暖水。⁶ 這小島古時叫做錫拉；⁷ 3千6百年前，錫拉遭遇到全球自有歷史記載以來最劇烈的火山爆發，⁸ 輝煌的米諾斯文明自此開始衰退。⁹ 很可能這小島正是二千多年前、希臘哲學家柏拉圖筆下所寫、傳說中一晝夜內被大海淹沒的古文明大洲阿特蘭提斯的藍本呢。¹⁰

在不見天日的海洋深處、地殼裂痕綿延交錯，上面有好幾百道、科學家暱稱為「煙囪」的湧泉，不歇噴出灼熱、富含礦物質的水。¹¹ 以億兆計的細菌圍繞着每道湧泉，組成厚毯，藉消化熱水中的化合物為生，也養活鄰近的小蝦蟹和貝殼類生物。更有許多兩公尺長的巨管蟲，¹² 扎根海底，擠在

4 Emergent property. 本書也用「湧現」(emergence) 這個名詞代表湧現特性的顯露。

5 克羅地亞 (Croatia)，弗如雅 (Vruja)。

6 Santorini.

7 Thera.

8 根據放射性碳定年法測試，這火山在紀元前1627-前1600年爆發，可靠性為95%。

9 Minoan Civilisation.

10 Atlantis. 柏拉圖 (約前428-約前348) 筆下的阿特蘭提斯大洲在紀元前9600年一天之內陸沉。

11 煙囪 (Chimney 或 Smoker) 的學名是熱水噴出孔 (hydrothermal vent)。「黑煙囪」含大量硫化物，水溫可能高至464℃。見<http://www.newscientist.com/embedded/hydrothermal-vent-map>

12 Giant tube worm.

一起，與這些細菌共生。首位發現煙囪的海洋學家科爾立斯認為這些煙囪很可能是地球生物的發源地。¹³ 這樣看來，不但深洋湧泉是地殼的湧現特性，地球上現在所有的生物，可能也都是從太古時期的深洋湧泉開始、多層湧現下演化的結果了。

這是一本內容和敘述方式都不循過往課本常套的書，可以當作「開卷有益」的趣味科普讀物，滿足中學程度有志讀者的好奇心。全書分成5篇13章，每章大致上都自成整體，採用一兩則小故事作為楔子，引出重要的主題概念：宇宙的形成、生物的演化；系統的結構、功能、和互動的法則；「湧現」的「非線性數學」詮釋；因果與自由意志；彼、己之分和「大我」概念擴充下的合作互惠。我們更粗略地介紹複雜性理論裏分形的詭奇、混沌的啟示、自發性自我組織的湧現與套疊、大自然的演變、和群體社會的形成和運作。全書有相當詳細的腳註，供應交互參照，更讓富好奇心的讀者可以作進一步的參考。

一個特色是：本書大致上只動用中、小學的基礎數學。筆者並不強調被動的死記和機械式的代換，但希望將基礎數學作為思考的利器，讓讀者高瞻遠矚，作廣角度的鳥瞰、清晰的辨認和靈活的運用。例如希臘哲學家亞里士多德提出的謎樣名言：¹⁴「整體大於各部分之和」，看來似乎有違嚴謹的數學邏輯，其實可以完全合理地解釋做：

整體產生的效果大於所有部分成本之和。

13 柯爾立斯 (Jack Corliss)，美國海洋地質學家；見Wikipedia, "Jack Corliss" 條，2014年5月7日，10:45。

14 Aristotle (前384－前322)。

第五章指出：這句話相當於在二維空間裏界定一條滿足三項獨立條件的曲線；但我們直覺上所經常倚賴的直線只能滿足兩項，因此必然失效！反過來說，最起碼的非線性數學，採取簡單的二次曲線，已足以揭開這句名言的神秘面紗。原來「湧現」的數學，正是非線性的數學。亞里士多德的名言更可以擴充到其他數量的改變模式，和這位哲學家根本沒有提出的、物質品性的更改：「質變」。「臨界效應」就是從數量的增減引起「質變」的現象，例如多人合力的「扛鼎」工作，和原子彈的爆炸。這些現象的出現也可以用非線性、不平滑的「階躍函數」來表示。¹⁵ 數學畢竟是「量」的科學；它不能簡潔地討論牽涉到多個變因、可能經歷多個步驟、產生多面效果的質變。但許多物理現象、一切化學反應、所有生物的存、亡、繁衍，都牽涉到質變；若要囊括這些「變」的現象，亞里士多德的名言便需要修改為

整體有異於部分之和。

與兩位複雜性科學家：米哲爾和摩若維茨，看齊了。¹⁶

本書末四章簡略地觀察世界的「複雜性」。第十章討論一些包容廣闊的簡單非線性數學，也為跟着的混沌理論作入門的準備。¹⁷ 內容包括

15 Step function.

16 Melanie Mitchell, Harold J. Morowitz。見第五章第5節。

17 Chaos theory.

- 指數定律：¹⁸ 與操作的效果成比例的，未必是單純的成本，而往往是成本的某個乘方。
- 飽和現象：¹⁹ 無盡的投資或只能取得有限的成果。
- 生命歷程：生物的「生、老、病、死」歷程；也反映商品銷路的消長、朝代「天命」的興衰。
- 迭代運算：²⁰ 小學算術的活用，已足以帶領我們踏進混沌理論的神秘廳堂。²¹

近年發展出來的混沌理論，討論分形和混沌動力學，為複雜性理論注了強心針，影響既深且遠；本書第十一，十二兩章只能作一個開端。本書末章討論「自發性自我組織」的出現和發揚，也同時為全書作一個簡略的回溯和總結。

本書也盡量與讀者共享筆者自己探討系統科學的不少心得。例如因果律與自由意志的存在，雖云都無法證明，卻已成為人類文明的基石；筆者認為，「高等動物」的重要湧現特性：「志向行為」，已是自由意志的活生表現了。²² 過去演化論的講授，往往強調生物物種間的血腥爭鬥，而低估了互惠合作的一面。但今天我們肉眼所看得到的花花生物世界，大致上都是「真核細胞」群體的湧現特性；²³ 而真核細胞本身正是二十三億年前開始、幾種簡單原核細胞在緊密合作下湧現出來的「體內共生」系統！²⁴ 筆者因此認為我們在發揮自

18 Power law.

19 Saturation phenomena.

20 Iteration.

21 見本書第十一、十二章。

22 志向行為 (Purposive behaviour，通常譯作「有目的的行為」)。見本書第七章第4節。

23 真核細胞 (Eukaryotic cells)。

24 這主要是美國馬古力斯教授的貢獻；見第三章楔子。

己的自由意志時，也應該考慮與外界互惠合作的可能性。

現在的知識青年對許多事物都已經有直覺上的分別認識；本書從系統的眼光，指出它們相互的關聯：一個特例的詮釋，可能啟發對整個領域的了解。但我們並不標榜全面的包涵或絕對的嚴謹；敘述時也不拘泥於整齊的分類和劃一的編排。今天的社會愈趨複雜；我們需要爭取統籌大局、眼觀四方、洞察因果、權衡輕重的智慧、好作擇善而從的決策。筆者認為因此每人都應該建立一張龐大、但必然疏漏的「認知網」，²⁵ 代表個人所擁有的一切認知，包括：社會、環境供應的常識、通過常規教育渠道取得的學問、自己發掘出來的資訊和過去解題的經驗。當面對新問題時，我們在認知網上總會找到幾個有關的據點作為基礎，編織一面解決問題的「應變網」；這應變網也自然成為新認知網的一部分。²⁶ 認知網愈廣闊，應變網愈易編織；新認知網因而變得更豐富、更縝密、更強韌、更能應付眼前和將來的需要。它的威力是整體的湧現特性，任何一組局部網絡都無法比擬。希望本書能引起共鳴，協助讀者主動編織有意義、有價值的認知網，作自己將來探討學問、面世處事的指南。

「宇宙、學術與人生」是一科不限學生背景的大學通識課。十多年來這課程幸蒙梁秉中教授、許倬雲教授和關子尹教授的肇端；楊綱凱教授、陳方正教授、李金漢教授、梁美儀教授和曹景鈞教授多年不懈的參與。參加講授的客座教授更包括張燦輝教授、梁元生教授、姚大衛教授、李南雄教授、黃榮春教授、談兆麟教授、和已故的陳特教授、黃維持

25 Cognitive net.

26 請參見陳天機：《天羅地網：科學與人文的探索》，第二章：〈雜家的天網〉，第24-45頁。

教授。筆者從他們的講授得到許多思考、表達和寫作的寶貴靈感和技巧，在此謹致衷心的謝忱。本課程歷年的十一位助教是教師與同學間重要的溝通橋樑；²⁷ 選課的每一位同學自動挑選一個與課程有關的題目，在助教的誘導下自己找尋、整理資料，在小組導修課裏用公開短講的形式，提出個人的思路，作有主見、層次分明的探討，與全組同學直接交流。筆者感謝各位助教和各位同學對本書直接、間接的貢獻。

本書第二章取材自王永雄博士、彭金滿博士與筆者合寫的新書：《天問：宇宙真貌的探索》。²⁸ 互聯網上的《維基百科》中、英文版無償供應了珍貴的參考資料。²⁹ 本書到處附有相當詳盡的腳註，也供應外來術語（通常是英語）的原文，協助讀者作進一步的參考、探討；書後也附有齊整的雙語詞彙索引。

陳志宏博士、彭金滿博士、王永雄博士閱讀了本書的不同初稿，貢獻了珍貴的意見；韓小山君為本書作了兩幅發人深思的插圖，謹此致謝。

陳天機

2014年10月9日於美國加州山河西市

27 歷年的助教包括楊國榮、鄧小虎、何耀航、王劍帆、吳曉真、梁意翹、蕭裕鈞、吳紹熙、司徒偉文、朱心曲和葉文謙。

28 王永雄、彭金滿、陳天機：《天問：宇宙真貌的探索》（香港：Oxford University Press, 2013）。

29 英文版，Wikipedia：<http://en.wikipedia.org>；中文版，《維基百科》：<http://zh.wikipedia.org>。

目 錄

vi 序

I 開場白

一 愛神的湧現：系統與湧現特性

- 3 1. 楔子：愛神的湧現
- 5 2. 系統的概念
- 13 3. 湧現特性
- 15 4. 系統間的異同
- 17 5. 實質世界裏的一些湧現特性
- 20 6. 宇宙、地球、生物與社會
- 21 7. 小結：湧現的套疊
- 22 附錄A. 三本參考書

II 宇宙與生物

二 意外的諾貝爾獎：宇宙的宏轟

- 27 1. 楔子：意外的諾貝爾獎
- 28 2. 三字母經
- 30 3. 三十年的大論爭
- 34 4. 我們宇宙的歷史
- 39 5. 未完成的探討
- 40 6. 從大到小

三 二十三億年前的悲喜劇：共同演化

- 45 1. 楔子：太古時的悲喜劇
- 49 2. 生命
- 52 3. 寒武紀的大爆炸
- 55 4. 結構、功能與反饋

目 錄

- 58 5. 生物物種間的共同演化
- 63 6. 生態循環
- 65 7. 英雄與時勢
- 66 8. 演化、學習與教育
- 68 9. 人類與工具的共同演化
- 69 10. 小結：結構、功能與共同演化

III 規律與假設

四 阿拉伯全駝宴：略談套疊系統

- 73 1. 楔子：全駝宴與俄國套娃
- 76 2. 系統的兩種主要表示方式：圖象與「枝、結」
- 78 3. 套疊系統與樹式
- 84 4. 生物的套疊分類
- 88 5. 套疊系統的常見表示方式
- 94 6. 語言文字作為不完全的套疊
- 97 7. 小結：套疊系統與人類文化

五 臭皮匠的智慧：湧現特性與數學

- 99 1. 楔子：臭皮匠與諸葛亮
- 101 2. 「線性」與「非線性」
- 104 3. 揭開名言的面紗
- 107 4. 原子彈與臨界效應
- 113 5. 小結：量變、質變與非線性數學

六 覆巢下的完蛋：時間之箭與生物世界

- 115 1. 楔子：「完蛋」的兩個謎
- 118 2. 不可逆現象與時間之箭
- 119 3. 自發性自我組織
- 121 4. 生命的簡史
- 124 5. 演化論
- 128 6. 浩劫
- 130 7. 人的出現

七 拿破崙的假設：變化、因果與自由意志

- 133 1. 楔子：拿破崙的假設
- 135 2. 變
- 137 3. 因果律，出現罷！
- 141 4. 自由意志與志向行為
- 143 5. 硬性決定論盔甲上的裂痕
- 145 6. 自由意志與社會
- 147 7. 自由意志與信徒

IV 小我與大我

八 向盜窟取經：異同與彼己

- 151 1. 楔子：向盜窟取經
- 152 2. 傲慢與偏見：社際關係
- 154 3. 「純」與「雜」
- 161 4. 社會心理，「群體極化」與「團體迷思」
- 168 5. 東西文化的異同
- 170 6. 小結：彼、己之判

九 吸血蝙蝠的道德：大我的層次

- 173 1. 楔子：吸血蝙蝠的道德
- 175 2. 志向行為與群體社會
- 179 3. 忠誠來源的三套解釋
- 180 4. 自私基因
- 182 5. 施恩圖報
- 185 6. 摹倣與文化
- 190 7. 忠誠來源新說
- 194 8. 更高的層次

V 從複雜性看世界

十 蘋果樹下的天靈蓋：非線性數學的應用

- 199 1. 楔子：牛頓的蘋果樹
- 200 2. 橢圓軌道

目 錄

- 201 3. 維度與指數定律
- 205 4. 小事、大事與80-20法則
- 211 5. 齊夫定律
- 212 6. 飽和現象
- 217 7. 物流映像與小學算術
- 219 8. 小結：簡單數學的活用
- 220 附錄A. 從中、英文看齊夫定律

十一 造化的板斧：奧妙的分形

- 223 1. 楔子：程咬金的板斧
- 225 2. 分形
- 229 3. 迭代運算與物流映像
- 235 4. 迭代複數運算下出現的分形
- 238 5. 小結：納須彌於芥子
- 238 附錄A 複數的運算

十二 蝴蝶的啟示：混沌與你

- 241 1. 楔子：蝴蝶效應
- 244 2. 邏輯映像顯出的蝴蝶效應
- 247 3. 混沌中的分形
- 252 4. 不穩定的太陽系
- 256 5. 硬性決定論的軟化
- 259 6. 小結：自由的曙光

十三 窺豹一斑：自發性自我組織的湧現

- 261 1. 楔子：窺豹一斑
- 262 2. 自我組織
- 264 3. 物理世界的自發性自我組織
- 266 4. 生物的自發性自我組織
- 269 5. 生物群體的自我組織
- 274 6. 人類和人類社會
- 281 7. 跨物種的共同演化與體內平衡
- 284 8. 結語

- 285 中外文索引

I

開場白

