

# 科學理論版本的結構與發展

陳瑞麟 著

科

學

學

理

# 科學理論版本的結構與發展

陳瑞麟 著

國家圖書館出版品預行編目資料

科學理論版本的結構與發展/ 陳瑞麟著. --初版--.  
臺北市：臺大出版中心, 2004[民 93]

275 面；17x26 公分  
附參考書目及索引

ISBN 957-01-6183-3 (平裝)

1. 科學－哲學，原理－歷史

301.9

93021275

統一編號 1009204933

科學理論版本的結構與發展

|       |                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 作 者   | 陳瑞麟                                                                                                                                                                                                                                 |
| 出版者   | 國立臺灣大學                                                                                                                                                                                                                              |
| 發行人   | 陳維昭                                                                                                                                                                                                                                 |
| 發行所   | 國立臺灣大學出版中心<br>臺北市 10617 大安區羅斯福路四段一號<br>電話：(02) 2365-9286<br>傳真：(02) 2363-6905<br>Website: <a href="http://www.press.ntu.edu.tw">http://www.press.ntu.edu.tw</a><br>E-mail: <a href="mailto:ntuprs@ntu.edu.tw">ntuprs@ntu.edu.tw</a> |
| 版（刷）次 | 2004 年 12 月第 1 版第 1 刷                                                                                                                                                                                                               |
| 定價    | 新臺幣 300 元                                                                                                                                                                                                                           |

GPN: 1009204933

ISBN: 957-01-6183-3

## 誌謝

從博士論文的寫作至今，已逾六年，一個不算短的時間。自覺六年來，除了各種知識的累增外，在思考、表達和寫作上，也更加成熟，過去所不擅長的口頭表達與人際接觸，也在五年來教學的磨練下而有所成長。大學的教學與研究生涯，乃是我最想過的生活方式，如今不但如願以償，更能居住在東吳優雅的山林校園內，實在該感謝東吳大學哲學系所提供的教職工作。一路行來，所居所處的場所、所過所歷的歲月、所接觸所往來的人事，都是一段一段鮮明的回憶，心中不可磨滅的痕跡。中正大學廣袤寂寥的校園與博士後研究生活，靜宜大學一年的兼課與同事們的午餐，東吳大學哲學系五年來的教學生涯與同事情誼，在在都使我感念不已。我是個溝通困難的人，不易與人建立自然深厚的友誼，然而，在我生命的某些時段中仍有許多朋友張開雙手，給我溫暖的友誼而不求回報，這份施予，我永遠銘感在心。其他自博士研究以來，一直陪著我成長的朋友們，感謝之情更是溢於言表。

走出哲學學徒生涯，步入學術叢林，相較於其他同學朋友，自覺多了一分幸運。然而，「幸運」並不是神秘力量的降臨或介入，而是許多師長貴人和朋友的照顧與提攜：林正弘教授一直是我在各種難題上的「顧問」，他那亦師亦友、始終不斷的鼓勵與支持，令人如沐春風。傅大為教授則在各種學術場合不斷啟發、砥礪與督促我，他所領導的 STS 社群和許多 STS 研究的朋友們，一直是我在學術對話上的好夥伴；徐光台教授則透過不同的管道，在科哲與科史的思考給我許多建議；苑舉正教授不僅是我的學術同志與好友，也數度在學術會議上協助我；東吳大學哲學系的諸教授們在五年共事歲月中，幫助我怎麼扮演好老師的角色。台大哲研所時代許多學長、同學、學弟妹更是一直伴著我的好朋友們：楊植勝、賀瑞麟、龔卓軍三人分別進入各大學，在種種場合中我們會互相吐槽打氣；黃偉雄則是我多年的好朋友，彷彿始終在某處，等著我去找他幫忙；蕭進銘、鄭光明是我的碩士同學，有時一段時間沒有往來，一旦我需要他們協助時，他們就立刻現身，這份情誼實在令人難忘；蔡偉鼎、王尚文、李志成、沈享民是吃喝玩樂的哥兒們，陪著我渡過許多時光；薛清江、蔡政宏、古秀鈴則是我的「翻譯戰友」。東吳哲學系的一些同學們，不管他們懂不懂，一直熱情地支持我的課程，提供了教學相長的機會。還有網路上的好朋友們：潘衍衍劉瑞琪伉儷、郭文華、祝平次、蔡坤憲常雲惠伉儷、陳鈺銘、林敏聰、蔡麗玲、許麗香等等，他／她們在網路上與我或正式討論或閒聊門口，都對我的思想精煉有所助益。還要感謝我的家人，尤其是妻子林柔瑀，在新婚一年來學術生活仍然忙碌之際，默默地陪伴與支持我；最後是我那偉大、勞苦、在書寫本書初稿之時（2002 年初）與病魔搏鬥的母親 張美惠 女士，令人遺憾與傷心的是，她無法見及本書出版，謹再將此書獻給她，以告慰她天之靈。

陳瑞麟

# 序

「科學理論版本的結構與發展」是一本探討「科學理論的結構與發展」的專題論著。針對「結構」，筆者使用「分疇、分類與模型」的觀念來分析；針對「發展」，筆者提出「理論版本」和「理論版本家族」這一對觀念，用來說明科學理論及其發展的諸般現象，包括繼承、更新與競爭等。

一個科學理論版本總是擁有許多相互關聯的概念，它們透過分疇與樹狀區分兩種組織模式而構成一個概念網絡。為了說明一大群複雜現象的結構、行為與變化，理論版本了建構一群模型，它們構成一個分類的階層系統，包含最高層的抽象模型和最低層的可落實模型。一個有力的理論版本可能被後來的科學家所繼承與追隨，但重新組織概念網絡與模型階層體系，就產生了新的理論版本。一群理論版本可能形成一個理論版本家族；家族間的成員並未共享相同的概念結構，彼此間只是家族相似的。一個異質性極大的理論版本可能發展出一個全新的家族。開創出一個家族的理論版本變成為該家族的始祖、原型或典範版本。如果兩個家族的研究領域有所交集，發展時間也有所重疊，它們便會展開競爭。理論版本家族的競爭乃是批判對手、啟發與生成後裔版本、擴張科學版圖的競爭。上述便是本書企圖描繪的科學理論版本的結構與理論版本家族發展的圖像。

正如科學理論版本總是有所繼承、有所更新地發展自先前的理論版本，本書所提出的科哲理論版本，也是改良、更新與整合先前的種種科哲理論和觀念，包括孔恩的「分類」概念、吉爾的認知模型、分類的原型理論、很多哲學家慣用的「版本」觀念、維根斯坦的「家族相似」等等。我們從「分類」中區分出「分疇」，成為組織概念的兩種基本模式。我們指出理論中包含了一個認知模型的分類階層，它與概念網絡構成一個「理論版本」。概念網絡與模型分類階層的拓模型態乃是分辨理論版本相似與差異的標準。而科學理論的發展過程，要透過理論版本家族的形成、發展與競爭來理解。

這幅科學理論的發展圖像，以及本書的科哲理論之形成圖像，決定了本書的結構。它由導論、結論、第一章到第八章構成的，最後再加上一篇附錄論文。「導論」勾勒出一個針對「科學理論的結構和發展」的科哲理論之輪廓：首先是議題的重要性與傳統觀點對它們的處理；其次我們提出對於「科學理論之理論」的後設要求，包括科學文獻、認知結構與發展歷程的必要性，它們做為評價與選擇科哲理論的標準；再來，我們以具體的科學實例，詳細地描繪本書所將發展的科哲理論，也就是一個「理論版本的結構」與「理論版本家族的發展」之圖像。最後，我們對本書的方法和結構作個綱要性的介紹。

一個概念網絡總是繼承、發展、改良、更新和整合自先前的理論，這個觀點也決定了每章的論述結構。第一章回顧科哲史上，哲學家對於

模型與理論關係的觀點演變，從早期的模型與理論之分，經類比模型的中繼，再到科學理論的語意模型觀點。第二章我們從孔恩和哈金的「分類」觀念開始討論，繼而建構科學理論的概念結構之一般模型，其核心在於科學理論的兩種基本區分：網狀分疇與樹狀區分。第三章以分類的原型理論與吉爾的認知模型理論為起點，我們透過原型理論來分析每個模型種類的內在結構，以及科學理論整體內含的認知模型之樹狀分類階層，包括高層的抽象模型與連結現象的可落實模型。第四章我們由孔恩的科學發展三部曲模式、以及夏佩爾對「精煉典範」的質疑而出發，我們面對了夏佩爾的挑戰，提出「理論版本」與「理論版本家族」的觀念來回應。接著發展理論版本所需的「論域」和「表達」的結構。第五章和第六章的內容是第二到第四章所建構的理論版本之結構模式的應用。我們扣緊古典力學家牛頓和赫茲的著作，分析其理論版本中的概念網絡與模型分類階層體系，顯示兩者間的家族相似。第七章針對的是科學發展與競爭的議題，拉卡托斯、勞丹和傅大為的理論模式是我們的探討起點。我們提議一個建立在理論版本家族觀念上的發展與競爭模式，它所處理與描述的是理論版本家族的生成、更新與家族間的競爭之歷史現象。第八章我們實際地分析笛卡兒的渦漩理論家族和牛頓的力學理論家族之競爭與演變。最後，在附錄〈科學理論的兩種公理化進路〉中，我們回顧早期處理科學理論的兩種公理化方法，包括邏輯經驗論的一階邏輯公理化，以及語意模型觀點的集合論公理化。就科學哲學而言，這是一個相當不同於本書理論的科哲理論家族。

做為一本專題論著，本書的內容具有高度的整合性和有機性，但並不妨礙讀者就感興趣的章節分開閱讀。本書的章節順序從「結構」朝向「發展」而發展，但如果讀者只對科學發展的議題感興趣，不妨可先從第四章開始讀起，再看第七章與第八章。對於科學理論的語意觀點和公理化感興趣的讀者，當然先讀第一章和附錄。對於牛頓力學和力學歷史感興趣的讀者，可以在第五章和第六章中發現牛頓理論和赫茲理論的「原貌」，以及它們的「版本性」和兩者間的相似關係。當然，筆者衷心希望讀者能看完全書，並提出批判與指教。

本書的觀念大多在筆者的博士論文中已然萌芽〔《科學理論的分疇、分類和模型——以牛頓力學為範例》（台灣大學哲學研究所，1998年）〕。然而，當時筆只處理了「結構」的議題，雖已提出了「理論版本」的概念，並未詳盡發展。經過多年的思考，筆者的想法已更為完整成熟，因此以博士論文對「理論結構」的處理為基礎，重新寫作本書，並真正面對了「發展」的議題，充實「理論版本」和「理論版本家族」觀念的血肉，正式提出一個具完整意義的「科學理論之理論」。當然，必須一提的是，本書章節的部分內容，和筆者的博士論文、已發表的一些論文有重疊之處，如第二章和第三章部分，與〈組織科學理論：分疇、分類和模型〉（《東吳哲學學報》第四期）大致相同；第四、五、第六章的內容，則是“Theory Version Instead of Articulations of a Paradigm”（*Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 31, No. 3）的擴充；第三

章第七八九節則是“Testing through Realizable Models”一文部分內容之中文版。

本書初稿成於 2002 年初，其內容與結構截然不同於目前的規模，對於「發展」的議題仍是點到為止。投稿台大出版中心送審，由於兩位匿名評審的嚴格審查，在評審意見中表達對初稿的不滿之意，並要求筆者補入許多課題。筆者因此痛下決心，全面進入「理論發展」的議題，並將初稿的結構大幅更動，由原來的十章整併成六章，並加寫第七和第八章，完成「理論版本家族」的觀念，並以渦漩理論和牛頓天體力學兩大家族的競爭來展示「理論版本家族的競爭與發展」。二稿完成時間已是 2003 年尾。雖然經過一番波折與時間的延遲，筆者一點也不以為意，反而相當感謝兩位匿名評審的嚴格要求，因為二稿確實比初稿要緊緻、完整與精彩許多。如果沒有他們的把關，就不會有本書目前的面目了。

筆者原計畫將本書做為個人的第一本正式出版的著作，由於經過大幅改稿增補的過程，筆者已於 2003 年九月先行出版一本論文集《科學與世界之間——科學哲學論文集》（台北：學富）。然而，不管是就筆者個人的思想的發展順序、或是就內容的專題性與完整性來看待，本書都是筆者個人學術生涯第一本真正的「代表作」，總結了三十七年歲月的學習與思考。然而，希望本書不僅對筆者個人有紀念意義，也能對台灣的科學哲學研究，產生些許具有意義的貢獻。

# 科學理論版本的結構與發展

## 目 次

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 序.....                | ii |
| 導 論 科學理論的結構與發展.....   | 1  |
| 壹、科學理論的結構與發展.....     | 1  |
| 貳、科學理論的恰當說明之要求.....   | 3  |
| 參、理論版本與理論版本家族.....    | 5  |
| 肆、方法與架構.....          | 10 |
| 第一章 模型和理論的歷史縱覽.....   | 13 |
| 壹、從邏輯實證論到理論的模型觀點..... | 13 |
| 貳、早期的模型與理論之分.....     | 15 |
| 參、類比與模型.....          | 18 |
| 肆、模型觀點的興起.....        | 20 |
| 伍、薩普論科學理論的語意概念.....   | 25 |
| 陸、語言句式和理論結構.....      | 31 |
| 柒、范弗拉森的語意模型進路.....    | 33 |
| 捌、薩普與范弗拉森學說的評論.....   | 36 |
| 玖、從模型到分類.....         | 40 |
| 第二章 科學區分：分疇和樹狀區分..... | 41 |
| 壹、孔恩對詞彙結構的分析.....     | 43 |
| 貳、哈金的科學種類和分類樹.....    | 47 |
| 參、概念的連結.....          | 50 |
| 肆、分疇和樹狀區分.....        | 53 |
| 伍、範疇、種類和意義的結構.....    | 58 |
| 陸、種類間的不重疊.....        | 62 |
| 第三章 認知模型及其分類.....     | 65 |
| 壹、分類的基礎：原型理論.....     | 67 |
| 貳、吉爾的認知模型.....        | 72 |
| 參、理論模型的認知結構.....      | 75 |
| 肆、評論吉爾的學說.....        | 78 |
| 伍、主題分類蘊涵模型分類.....     | 79 |
| 陸、模型家族的原型結構.....      | 82 |
| 柒、模型的類型.....          | 83 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 捌、模型與現象：可落實模型.....             | 88         |
| 玖、簡單可落實模型與複合可落實模型.....         | 91         |
| 拾、從理論的組織到理論版本.....             | 94         |
| <b>第四章 理論版本取代典範的精煉.....</b>    | <b>97</b>  |
| 壹、為什麼要提出「理論版本」？.....           | 98         |
| 貳、什麼是理論版本？.....                | 101        |
| 參、理論版本的論域.....                 | 102        |
| 肆、相對的局部理論版本.....               | 107        |
| 伍、理論版本的表達系統.....               | 108        |
| 陸、「原理」做為最高階層的表達和古典力學的兩種原理..... | 110        |
| 柒、定理做為模型家族的描述.....             | 113        |
| 捌、理論說明預測和表達系統的樹狀結構.....        | 114        |
| 玖、古典力學的理論版本家族.....             | 118        |
| <b>第五章 牛頓《原理》的理論版本.....</b>    | <b>121</b> |
| 壹、牛頓「風格」.....                  | 122        |
| 貳、牛頓的認知跳躍和平方反比定律模型的建構.....     | 125        |
| 參、《自然哲學的數學原理》之結構.....          | 131        |
| 肆、定義和公理.....                   | 132        |
| 伍、一般物體的運動：《原理》的第一冊.....        | 134        |
| 陸、阻抗媒介中的運動：《原理》的第二冊.....       | 137        |
| 柒、《原理》的「世界系統」.....             | 139        |
| 捌、牛頓理論版本的分疇分類和主題分類.....        | 143        |
| <b>第六章 赫茲的力學理論版本.....</b>      | <b>147</b> |
| 壹、牛頓之後的古典力學.....               | 147        |
| 貳、赫茲力學的方法論和基本架構.....           | 150        |
| 參、《力學原理》的表達和內容之分析.....         | 153        |
| 肆、赫茲版本和牛頓版本的比較.....            | 157        |
| <b>第七章 理論版本家族的發展.....</b>      | <b>163</b> |
| 壹、理論版本家族結構的發展歷程.....           | 163        |
| 貳、原型版本、研究方案與拉卡托斯.....          | 166        |
| 參、研究方案的啟發功能與後裔版本的生成路徑.....     | 170        |
| 肆、勞丹的「解題」與「競爭」.....            | 176        |
| 伍、傅大為的科學方略的競爭理論.....           | 179        |
| 陸、理論版本家族的競爭與發展.....            | 183        |
| 柒、家族的發展路徑圖.....                | 186        |
| <b>第八章 牛頓家族對抗渦漩家族.....</b>     | <b>189</b> |
| 壹、「笛卡兒－牛頓的競爭」和科學哲學的傳統觀點.....   | 191        |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 貳、笛卡兒《哲學原理》中的力學理論.....   | 193 |
| 參、《哲學原理》中的渦漩理論.....      | 197 |
| 肆、笛卡兒的研究方案.....          | 202 |
| 伍、渦漩家族的發展.....           | 205 |
| 陸、「萬有引力」的戰爭.....         | 210 |
| 柒、牛頓學派的反擊與牛頓研究方案的發展..... | 213 |
| 捌、渦漩家族對抗牛頓家族.....        | 216 |
| <br>                     |     |
| 結 論.....                 | 219 |
| <br>                     |     |
| 附 錄 科學理論的兩種公理化進路.....    | 221 |
| 壹、科學理論的述句觀點.....         | 222 |
| 貳、模型觀點之公理化理論.....        | 230 |
| 參、兩個公理化系統的比較.....        | 240 |
| <br>                     |     |
| 參考文獻.....                | 245 |
| <br>                     |     |
| 索 引.....                 | 259 |

## 導論 科學理論的結構與發展

科學知識往往被認為是歸納了規律性的現象之後而得到的敘述。很多人相信科學知識的核心是「定律」(law)，它是一種由歸納推論而獲得的全稱敘述，例如：「所有物體，如果在空中失去支撐，就會掉下來。」然而有無數類似的敘述，例如：「凡人會死」、「所有正常的狗都有四條腿」、「太陽每天都從東方升起」等等卻不會被視為科學敘述。對規律現象的歸納必須從事觀察，然而每天觀察到哲學家康德在下午三點準時、風雨無阻地出門散步，並記錄下來，也不會被視為科學發現。

似乎單純的現象歸納和觀察敘述並不能形成科學史上豐富生動多采多姿的科學知識。科學家 and 哲學家們通常同意：有趣有價值的科學知識泰半來自科學理論(scientific theories)。科學家頻繁地把許多科學知識稱呼為「某某理論」。提出一個科學理論來說明自然現象更是許多科學家畢生追求奮鬥的目標。然而，什麼是科學理論？

一般認為「理論」是一種有系統有組織的「東西」，它帶給我們成組成套而非瑣碎散漫的知識。歷史上的科學理論家使用各式各樣的方法來研究自然，他們觀察、閱讀、思考、想像、計算而有了某些心得和知識，再將它們組織成系統並且表達出來。但是，這些心得知識如何被組織以致能被稱作「科學理論」？科學家也親自去觀察自然現象、動手測量、實地做實驗以便確認他們的推想或預測，他們也將觀察、測量和實驗記錄下來並加以表達，作成報告——但這類報告卻不會被我們稱為科學理論。究竟科學理論有什麼特殊之處？

直觀地看來，「理論」往往對比於「實行或實踐」(practice)。我們說某物是「理論的」就意味著它不是「實踐的」、不是去「動手實際地行為或做出來」，而只是停留在思考或言論的層次中<sup>1</sup>。但這種「紙上談兵」的思考和言論卻能對自然和實在界產生奧妙強大的說明和干預力量，科學理論到底是什麼東西？

### 壹、科學理論的結構與發展

本書的目的在於探討科學理論的結構與發展。科學理論是什麼？有什麼樣的結構？有哪些基本特徵？它是怎麼生成的？又如何發展與變遷？此類問題傳統上被科學哲學家們歸諸於「理論的本性和結構」(the nature and structure of theories)與「理論的發展和變遷」(development and change of theories)這兩個主題下，從十九世紀末以來，一直是科學哲學的基本主題和關懷重心。各式各樣的觀點紛呈。

---

<sup>1</sup> 坎貝爾(Campbell, N. 1957, pp. 120-121)也討論了「理論」和「實踐」的對比。

在「理論的本性和結構」這一主題上，我們大致可以標定出三種不同的主要觀點：述句觀點(statement view)<sup>2</sup>、模型觀點(model view)、認知觀點(cognitive view)<sup>3</sup>。述句觀點指的是邏輯經驗論(logical empiricism)所提出的分析架構：理論作為「局部解釋的公理系統」(partially interpreted system of axioms)，包括公理和對應規則(correspondence rules)。亦即，科學定律應被表達為包含理論詞(theoretical terms)的公理，再由對應規則聯結理論詞和觀察詞(observational terms)而提供經驗意義給理論。這個觀點已經有許多批評和討論<sup>4</sup>，它不再做為科學理論的恰當分析似乎已是「公認的」事實。模型觀點應用集合論(set theory)和模型論(model theory)來嘗試重建科學理論。簡單地說，理論包含了一群具有共通結構的模型(models)，它們可以用一個有序結構  $\langle D; r_1, r_2, \dots, r_n; f_1, f_2, \dots, f_m \rangle$  來代表，其中  $D$  是所有能滿足此結構的對象之集合， $r_1, r_2, \dots, r_n; f_1, f_2, \dots, f_m$  則分別是這些對象之間的關係和函項，它們由一組科學定律關聯起來，科學定律則用以說明對象的行為或狀態變化。認知觀點起於認知科學的興起，試圖從科學家的認知結構與功能來探討科學理論，它將科學理論定義為科學家心智中的表徵(cognitive representations)，依據心智表徵的運作歷程去分析科學家如何從事推理、如何建構理論的意義、理論的認知結構為何等等項目。後兩個觀點方興未艾，討論其代表性學者之論述是必要的。然而，這三種觀點的代表性學說都無法令人滿意。

「科學的發展與變遷」這一主題則是六十年代後歷史進路的重心。孔恩(Thomas Kuhn)、拉卡托斯(Imre Lakatos)、夏佩爾(Dudley Shapere)、勞丹(Larry Laudan)等人都有各擅勝場的學說。可是，要討論科學的發展與變遷，一定要有一個基本單元，做為變動的基準。歷史進路的科哲家們，都提議一種比理論更大的單元如典範(paradigm)、研究方案(research programme)、論域(domain)、研究傳統(research tradition)等等，然而被他們列為單元的科學實例也常常被稱作「理論」，一種「大」理論。他們所提議的單元，要不是失之歧義含糊，就是無法精確地呈現其內部結

<sup>2</sup> 這個名號來自 Stegmüller(1976)；就是邏輯實證論所發展出來的科學理論分析。卡納普(R. Carnap)和韓培爾(C. G. Hempel)形構了代表性的版本。在六十年代以前普遍受到認可，因而被稱作公認觀點(received view)（語出帕特南(Putnam 1962)），或是標準說明(standard account)（語出娜西婁(Nersessian 1984)）、正統說明等等。另范弗拉森(Bas Van Fraassen 1980)則稱為「句法進路」(syntactic approach)。

<sup>3</sup> 根據吉爾(Giere 1992)，認知觀點就是應用認知科學來進行科學本質的研究。認知科學是一門跨學科的學門，包括認知心理學、語言學、神經科學、人工智能和（心靈）哲學等等，為了方便之故，吉爾在所編輯的書(Giere 1992)中將應用認知科學來研究科學粗分成三個學科群：(1) 認知心理學；(2) 人工智能；(3) 認知的神經科學。當然，內文中只將焦點放在「科學理論」上，只是「科學理論的認知觀點」。

<sup>4</sup> 可參看薩普(Frederick Suppe)的長文“The Search for Philosophic Understanding of Scientific Theories”(Suppe 1977, pp. 6-118)。

構，或是難以說明科學文獻的概念架構，或者沒有交代「大理論」（典範、方案、傳統等等）與小理論（定律、公式）之間的結構性關係。因此，在發展「科學發展與變遷」的恰當理論時，一個更細緻、更完整的「理論結構」之理論有必要先被發展出來。

我們認為，上述傳統的科哲學說，不管是針對理論的結構或者針對科學的變遷與發展，都無法令人完全滿意。因為一個恰當的理論結構之揭示，必定要考慮理論間的競爭與發展；反過來說，一個恰當的科學發展之說明，也要有變遷單元的完整「結構」之揭示。理論的「結構面」與「發展面」兩者有密不可分的關係。這個關係是什麼？只有在我們提出完整說明之後，才能全面被揭示。然而，我們怎麼知道本書的說明會比先前的諸科哲學說更好、更能恰當地揭示理論結構與發展？這又必須依賴於「後設科哲」的標準之建立，在此我們將預先提出幾項「科學理論的恰當說明」(an adequate explanation of scientific theories)之後設要求(requirements)。

## 貳、科學理論的恰當說明之要求

讓我們先從「有科學理論嗎」這個最根本的問題談起。當然必定存在科學理論，否則我們的整個研究將變得毫無意義。但是我們如何知道科學理論是存在的呢？明顯的事實是：透過科學文獻。

我們之所以能知道和學習科學理論都是透過科學文獻的傳遞。科學家將他研究自然的成果表達出來，寫成期刊論文、書籍以及教授學生的教科書，這些都是科學文獻。早期的科學家努力將自己的整個系統知識寫成完整著作，當代科學家則多半以短篇論文發表在期刊上。不管文獻形式如何演變，只要這些文獻表達了某個科學理論，表達形式本身將會透露出科學理論的有用訊息。

分析傳統的科哲對科學理論之研究，總是強調其邏輯結構，預設了科學家的表達多是在不理想、不標準的形式下。哲學家的任務就在於將科學家的理論重建為標準的邏輯格式—所謂科學理論的「邏輯重建」(logical reconstruction)。要達到標準，就必須求助於邏輯家或數學家所發展的邏輯系統和嚴密方法。例如邏輯經驗論的述句觀點訴諸於一階述詞邏輯和公理方法，模型觀點則應用集合論和模型論的語意建構，結果是科學文獻被遺忘了。

傳統科學史家的寫作方式，雖然依賴大量的科學文獻，然而他們隱然的「科學史觀或科學發展觀」卻左右他們的史料呈現。在「統一」、「進步」、「累積」、「化約」等科學史觀的籠罩下，他們對科學理論的呈現往往破壞其系統性、個體性與整體性。也就是說，他們認為整個科學是統一的、持續進步的、累積性的、化約性的（生物可以化約到化學、化學可以化約到物理學如此等等），他們所寫作的科學史，往往先根據史家所處時代的科學分科標準，如物理學被分成「天文學」、「力學」、「光學」、「熱學」、「電磁學」等等；「力學」又被分成「靜

力學」、「動力學」、「流體力學」、「固體力學」、「彈性體力學」等等，進一步每個子學科又被分成某些重要的議題、概念或公式，然後依如此架構呈現一群科學家對某一重要「議題」或「概念」的集體貢獻<sup>5</sup>。在這種呈現方式下，一位科學家在某一特定脈絡（有繼承、競爭與創新三面向）下發展出的理論，往往就被割裂得支離破碎。這種科學知識發展史觀，在六十年代科哲歷史進路的衝擊之下，顯出很大的缺陷。

我們認為：理論性的科學文獻不僅傳達科學知識的內容，也是科學理論的「寓居場所」。它能反映科學理論的本性和結構，也能夠透露科學家組織理論的特別認知方式。因為科學理論實在是科學家的認知產品，他們以理性的、非常識、非神話、非冥想的認知和推論來系統性地組織科學知識，再將這特別的組織系統表達成科學文獻呈現給公眾。正因他的表達具有完整的結構，他們所提出的科學知識才得以被稱作「科學理論」。因此，要分析科學理論的結構，應該從科學文獻出發。雖然科學文獻有許多種類、有不同的目的、也有種種不同的表達方式或風格，但是理論的組織方式總會或隱或顯地涵蘊在科學文獻的組織中<sup>6</sup>。總之，一個恰當的理論結構之研究必須要考量科學文獻的基本特徵—認知、表達和編排的結構。反過來說，科學理論結構也可以從科學論著中加以「內在地」重建，而不必訴諸外在的邏輯系統。據此，我們可以設定第一項要件：

**(R1) 對科學理論的研究、分析或重建，必須參考理論性的科學文獻之基本特徵—認知、表達和編排的結構。**

<sup>5</sup> 這種科學史寫作的典型例子有休艾爾(William Whewell)的《歸納科學的歷史》(*The History of Inductive Science*)、馬赫(Ernst Mach)的《力學科學》(*The Science of Mechanics*)、屋爾夫(Abraham Wolf)的《十六、十七、十八世紀的科學、技術與哲學史》(*A History of Science, Technology, and Philosophy in the 16<sup>th</sup>, 17<sup>th</sup>, 18<sup>th</sup> Centuries*)、竇加士(Rene Dugès)的《力學史》(*A History of Mechanics*)。儘管本書不贊同他們的史觀，這些科學史著作仍然擁有大量寶貴資料可供我們參考。

<sup>6</sup> 有趣的是，薩普在1998年發表了一篇〈科學報告的結構〉(*The Structure of a Scientific Paper*)，強調了實驗科學報告在「檢驗（或驗證）理論」(*theory of testing(confirmation)*)上的重要性。他認為，一個恰當的驗證理論，必須能夠說明知名科學期刊上典型的科學實驗報告之結構——說明為什麼期刊只容許報告以這樣的標準格式來發表？薩普討論了科哲傳統的三個驗證理論：假設—演繹法、貝耶斯歸納法(*Bayesian inductive method*)和「最佳說明推論」(*inference to best explanation*)三者，論證它們均無法滿足上述的目的。Hardcastle, V. G.(1999)雖然不贊同薩普的論點（其主張科學報告有種種結構），但仍盛讚薩普這篇論文的原創呈現(*seminal presentation*)。另外，Lipton, P.(1998)也寫回應文為「最佳說明推論」辯護；Franklin, A. & Howson, C. (1998)則為「貝耶斯歸納法」辯護。筆者在1998年博士論文中提出從科學文獻中分析理論結構的想法時，薩普此篇論文尚未發表。

雖然我們有了科學文獻，但是我們又要如何辨認出「隱藏」在文獻中的「理論」呢？有什麼樣的鑒定特徵能夠讓我們達到目標呢？先前已經指出：特別組織方式才讓科學文獻的表達被「指認」(identified)為科學理論。一旦我們論及理論的組織方式，我們詢問的就是理論的局部和整體的關係：科學理論的局部如何組織成一體？有什麼根本且特別的組織模式，使其局部和局部之間有系統性的關聯？這兩個問題又暗示了科學理論必須要有兩個基本特徵：「整全性」(integrity)和「系統性」(systematicity)，沒有這兩個特性，就算不上是「理論」。據此我們可以提出第二項要件，一個「科學理論的恰當說明」要滿足：

**(R2) 必須展示科學理論如何由局部而組織成整體、以及如何體現於科學文獻的表達上，並刻劃其整全性和系統性。**

科學是人類活動的產物，它也有一段長遠的歷史，迄今科學和科學理論都還在發展演變當中。要瞭解「科學理論是什麼」，當然也必須知道「歷史上的科學理論是如何發展與演變的」。因此，一個恰當的科學理論之說明，必須把科學和科學理論的發展歷史納入考察之中。換言之，思考「科學理論是什麼」（同時包含「科學理論的本性和結構」以及「理論的發展和演變」）不能脫離歷史的脈絡——也就是要能說明重要的理論發展之歷史現象。哪些歷史現象呢？首先是既存在「理論更新」(theory renovation)又存在「理論繼承」(theory inheritance)；其次是新理論如何從其所繼承的老理論而產生出來？其生成(generating)的經過又如何？第三是大理論的相互競爭(competing)。從歷史發展的強調，我們可以提出第三個要件。

**(R3) 要能說明科學理論發展的種種歷史現象：理論的繼承、更新、生成與競爭的過程。**

上述三者乃是科學理論的恰當說明之要求，它們的角色類似拉卡托斯的後設方法論評價，既是科哲理論的「要求（需求）」也是評價的「判斷」，又做為恰當說明所應達到的「目標」。既然目前關於科學理論的種種觀點都無法滿足這三項要求（見第一章）。那麼，究竟能滿足它們的恰當說明是什麼樣子？

## 參、理論版本與理論版本家族

我們提議的恰當說明，要把科學理論看成「理論版本」(theory version)意義下的科學理論。所謂「理論版本」是指單個科學家所提出或擁有的理論，針對某一個特別的主題(subject)或領域(field)——如運動、光、電、磁、生物物種等等——而建構，並呈現在他的著作當中，有其獨特的表達、認知和內涵。例如牛頓(Isaac Newton)在《自然哲學的數學原理》(*Mathematical Principles of Natural Philosophy*)和《光學》(*Opticks*)、笛卡

兒(René Descartes)在《哲學原理》(*Principle of Philosophy*)、拉普拉斯(Pierre Simon de Laplace)在《天體力學》(*Celestial Mechanics*)、赫茲(Heinrich Hertz)在《力學原理》(*Principles of Mechanics*)、法拉第(Micheal Faraday)在《電的實驗研究》(*Experimental Researches in Electricity*)和其它論著、馬克士威爾(James Clerk Maxwell)在《電和磁的論理》(*A Treatise on Electricity and Magnetism*)和多篇論文、愛因斯坦(Albert Einstein)在《論運動物體的電動力學》(*Zur Elektrodynamik bewegter Körper*)和多篇論文、達爾文(Charles Darwin)在《物種起源》(*The Origin of Species*)等等著作中呈現出來的「理論」。也就是，我們所舉出的科學家，每人都提出了不同的理論版本<sup>7</sup>。當然，還有其他許許多多的科學家和科學著作都已呈現了各種科學主題或領域的種種理論版本。

傳統上，牛頓、拉普拉斯、赫茲的著作所呈現的都被歸為古典力學；法拉第和馬克士威爾的論著則同屬古典電磁學；愛因斯坦是相對論的創始者，但也有其它的科學家提出不同表達形式的「相對論」；達爾文開創了天擇說的演化論，後繼生物學家雖略有不同於達爾文的表達（如新達爾文主義），仍然屬於天擇說。在強烈的科學統一觀點下，大部分科學家、科學教育家、科學史家或科學哲學家都不會將牛頓等人不同的理論版本看成是不同內容的「理論」，反而設想有一跨越不同版本的「相同或共同內容的理論」，或是主張應該用標準的格式或語言來形構它，或者主張它是一種共同的語意結構（模型論意義下）但可容許不同的表達形式。傳統上，哲學家對理論結構的探討就一直在這種預設下進行，在細究之下卻令人感到很大的疑惑：牛頓的理論和赫茲的版本真的是「同一個理論」嗎？法拉第和馬克士威爾的電磁學理論，也可以說是共同的嗎？如果是「共同的理論」，究竟在什麼判準下，被稱為共同的？一個最有力的候選者，或許是同一理論是由相同的數學公式所表達的定律或通則來判定的。然而，考察科學家的著作本身，我們會發現即使定律或通則，也會在版本到版本之間而變動。以古典力學第二運動定律為例，今天我們所熟知的  $F=ma$  數學式，並沒有出現在 1687 年出版的《自然哲學的數學原理》中，而是一直到了 1750 年才首度由歐拉(Leonard Euler)所形構（參看 Truesdell 1968, p. 105-107）。如果連這個科學史上最著名的定律，都有足以令人推敲之處，不免令人疑惑：真的存在共同的理論嗎？如果我們進一步考察科學家的概念網絡，他們對具體現象的實際說明方式，以及他們的整個自然觀、世界觀，想要找到「共同的理論」，那更是難之又難。我們認為，現有超出科學家個人版本之外的共同理論之判準，都無法令人滿意。我們主張：並不存在任何跨越科學家個人版

<sup>7</sup> 這個概念對科學史家來說可能並不陌生，其實科學史家早已頻繁地使用像「笛卡兒力學」、「牛頓力學」、「拉普拉斯力學」、「拉格朗日動力學」、「法拉第電磁學」、「愛因斯坦相對論」、「達爾文演化論」等等名目在他們的著作中。然而，問題在於科學史家通常不能（或覺得不必要？）給予它們一個完整結構的刻劃。相反地，科學哲學家雖然能運用邏輯工具刻劃出理論的完整結構，卻沒有（或疏於）區分理論版本之間的不同。

本之外的「共同的某某理論」，實際存在的只是眾多個別的理論版本，以及一些個別理論版本組合而成的「某某理論版本家族」。換言之，古典力學、古典電磁學、相對論、天擇說演化論等等分別是理論版本家族，這些家族各有它們的內在結構。但並沒有任何共同內容的、超出個別理論版本之外的「某某理論」之存在。通常科學家和哲學家所稱為「某某理論」或「某某學」的大型系統指的多是「理論版本家族」。至於，「科學理論」這一詞語，我們在集合用法下來使用它，指稱所有「科學理論版本」和「科學理論版本家族」。

理論版本總是聯結著科學家個人，意謂著我們想要強調理論版本之個人化的表達、認知和意涵，以及版本和版本之間的差異，而非理論版本間的「共同內容」。這進一步意味了科學家個人的認知、表達和理解都「參與」了理論版本的構成，才會造成版本和版本之間的差異。然而，究竟什麼是理論版本呢？只有在實際詳盡地分析科學文獻之後，才能呈現出一幅清晰具體的圖像。但是我們也無法無所傍依地憑空進行，也不能依照傳統科學史家的寫作方法，我們有必要先發展一個分析的參考架構。

理論的局部如何組織成整體？反過來說，一個整體的理論如何有秩序地區分它的局部？這一點也反映了科學家如何對現象進行有秩序的認知？「區分」(classification)因而邏輯地成為研究科學理論的組織之起點。每個理論版本首先會對其主題進行「科學區分」(scientific classification)，被區分後的主題形成一個「論域」。這個區分在定律、通則和模型的建構之前，就潛在地、「先驗地」進行著。「科學區分」有兩種模式：「分疇」(categorization)和「樹狀區分」(tree classification)（又可分成「分類」(taxonomy)與「分部」(partition)）。所謂「分疇」指的是科學定律或科學原理蘊涵了將論域區分成截然分明的「範疇」(categories)，例如牛頓第二運動定律「物體所受的力量是其質量和加速度的乘積」，在這個定律中，它至少區分了「物體」(body)、「力量」(force)、「質量」(mass)、「時間」(time)、「位置」(place)（由「加速度」(acceleration)區分而成）這幾個基本範疇——這也是科學哲學家所謂理論背後預設的「存有論範疇架構」(ontological scheme of categories)。所謂「分類」指的是每個範疇可以再進行次種類的區分，如「力」可以再區分成「慣性力」、「向心力」、「碰撞力」等等種類。所謂「分部」指一個範疇或種類也可以進行局部的區分，如「空間」可以「分部」成「長」、「寬」、「高」等等。「科學區分」是本書第二章的主題。

分類往往形成一個階層系統(hierarchy)，特別是主題範疇的分類——我們又稱為「主題分類」(taxonomy in subject)，意指從最高階層的主題種類像樹枝般分叉成較低階層的許多種類，每一種類也可再分叉。例如，牛頓力學的主題是「運動」，它通常被分類成直線運動、拋射運動、圓周運動、往復運動等等。它們是由科學家的經驗研究組織而來的。主題與它的次類就由科學定律和它所導演的定理來描述，定律和定理都是通則，一方面由語言符號來表達，另方面也蘊涵了一個「模型」——兩者