

《歐美研究》第二十八卷第二期（民國八十七年六月），215-264
© 中央研究院歐美研究所

皮亞傑對孔恩《結構》之影響 *

徐光台

清華大學通識教育中心／歷史研究所

摘要

本文從思想史的觀點，透過皮亞傑與孔恩間相關作品的分析，來探討以發生認識論見長的皮亞傑，如何影響因為歷史取向的科學哲學而成名的孔恩，而形成《結構》一書。

筆者發現，這種跨學門的影響，係透過科學史的居間媒介，而涉及類似的結構發展問題。皮亞傑認為科學思想發展與兒童物理概念發展間存在著一種平行關係，因此，他借用科學史中科學思想的概念與發展，來探討兒童具有不同的世界觀，並反映兒童認知發展有其結構與轉變歷程；孔恩看到的是一種逆向的關係，反過來參考皮亞傑研究兒童所具的不同世界觀，和其後的認知結構與轉變歷程，轉過來將其借用到科學史中科學發展有不同世界觀及其轉變歷程，和其後面的科學發展的結構上去。

關鍵詞：皮亞傑、孔恩、科學史、亞里斯多德物理學、結構發展與轉換

投稿日期：民國八十六年五月十三日；接受刊登日期：民國八十七年三月十日。
作者非常感謝兩位匿名評審人提供的一些寶貴意見。

* 本文獲國科會 (NSC 84-2511-S007-005) 專題計劃贊助，特此致謝。初稿在台北市立師範學院兒童發展中心主辦的「皮亞傑與維高斯基的對話」研討會上宣讀

壹、前言

在 1962 年出版的《科學革命的結構》(*The Structure of Scientific Revolutions*, 以下簡稱為《結構》)一書中，孔恩 (Thomas Samuel Kuhn, 1922-1996) 提出一個嶄新的科學發展見解，認為它不是科學家個別貢獻累積的過程，而是革命性的整體轉變形成的。¹ 在此書的序文中，孔恩提到研究兒童世界觀及其轉變歷程的皮亞傑 (Jean Piaget, 1896-1980) 對他的影響。² 1971 年發表的〈物理學發展中的因果概念〉一文中，孔恩承認皮亞傑對他有不可抹滅的影響。六年後此文收入《必要的緊張關係》(*The Essential Tension*)一書，由於此書旨在回顧過去三十年來探討科學發展或科學革命的探索歷程，該文顯示孔恩肯定皮亞傑對他的重要性。³ 此外，在 1976 年 6

(1996 年 1 月 30-31 日)。本文的源起可追溯到近二十年來個人經歷的一些轉折。1978 年暑期筆者以高工物理教師身份參加台灣師範大學教育學分進修班，兩年後進入台灣師範大學教育研究所碩士班研讀教育，這段期間接觸到皮亞傑的兒童研究思想。1982 年考上同所的博士班，在尋找論文題目的過程中，對孔恩《科學革命的結構》中科學教育想法頗感興趣。由於科學史是了解此一問題的必要背景，乃於 1985 年前往美國奧克拉荷馬大學 (University of Oklahoma) 科學史系進修，而轉攻科學史。第一個學期在與 Steven J. Livesey 教授討論後，以「比較 Kuhn's *The Structure of Scientific Revolutions* 與 Larry Laudan's *Progress and Its Problems* 二書中對科學發展的看法」為題，提出一篇報告。在報告中，我提到了一點點皮亞傑的結構想法對孔恩的影響。直到 1993 年初通過論文考試，到清華大學任教後，發現科學史在「皮亞傑對孔恩《結構》之影響」中，似乎扮演了某種居間影響的重要地位，乃着手進行一個專題研究。

¹ Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions* (Chicago: The University of Chicago Press, 1962); 2nd and enlarged ed. published in 1970. 由於 1970 年版僅略有更動 1962 年版的內容，所以本文將採用 1970 年版。中譯本見孔恩著，程樹德、傅大為等譯，《科學革命的結構》(台北：遠流，1994)。

² *Ibid.*, p. vi.

³ Thomas Kuhn, "Les notions de causalité dans le développement de la physique," *Études d'épistémologie génétique*, 1971, 25:7-18. 本文採用此文的英文譯作，見 "Concepts of Cause in the Development of Physics," *The Essential Tension: Selected*

月為弗萊克 (Ludwik Fleck, 1896-1961) 《一個科學事實的發生與發展》(*Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache: Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv*) 的英譯本所寫的前言中，談到弗萊克對《結構》中研究科學變遷的影響時，還特別提及他從墨頓 (Robert K. Merton) 的《十七世紀英格蘭的科學、技術與社會》(*Science, Technology and Society in Seventeenth Century England*) 一書的註腳中，發現皮亞傑的作品和他要研究的科學變遷有關。⁴

從孔恩多次提到皮亞傑來看，他本人相當肯定皮亞傑對他在《結構》中探討科學發展或科學革命的影響。過去的研究也肯定孔恩受到皮亞傑的影響，並指出皮亞傑對兒童認知發展和孔恩的科學思想發展間存在著類似性。譬如，在探討孔恩與社會科學的關係時，巴勒斯 (Barry Barnes) 注意到發展心理學家皮亞傑是孔恩的一個重要資料來源。皮亞傑探討兒童科學概念的發展，孔恩則將此轉移到科學發展的脈絡中去了解科學家如何發展科學。⁵ 菲力普 (D. C. Phillips) 在〈皮亞傑式的兒童與科學家：同化與調適的問題〉(“The Piagetian Child and the Scientist: Problems of Assimilation and Accommodation”) 一文中，雖然基於兒童和成人在與外在環境的交互作用中發展出認知結構的前題，來探討科學史和科學哲學與皮亞傑發展心理學間的類似性，可是，在從世界觀的成分、世界觀

⁴ *Studies in Scientific Tradition and Change* (Chicago/London: The University of Chicago Press, 1977), pp. 21-30, esp. on pp. 21-22.

⁵ Thomas Kuhn, “Foreword,” in Ludwik Fleck, *Genesis and Development of a Scientific Fact*, ed. by Thaddeus J. Trenn and Robert K. Merton, trans. by Fred Bradley and Thaddeus J. Trenn, foreword by Thomas Kuhn (Chicago/London: The University of Chicago Press, 1979), pp. vii-viii.

⁵ Barry Barnes, *T. S. Kuhn and Social Science* (London: Macmillan, 1982), pp. 9, 38, 125.

的結構、世界觀的轉換、同化與調適的問題等四方面，他比較皮亞傑的兒童研究與科學史和科學哲學對科學家的研究時，卻沒有談到孔恩。⁶ 在〈皮亞傑：認知衝突與思想動機〉(“Piaget: Cognitive Conflict and the Motivation of Thought”)一文中，米雪兒 (Theodore Mischel) 明白地指出，在思想結構與處理異常現象的關係上，皮亞傑對認知的發展和孔恩描繪的科學思想發展的解說間，存在著令人感到有趣的類似性。不過此文的重點在借助孔恩的類似見解來說明皮亞傑對認知衝突的看法。⁷

雖然，孔恩本人與過去的研究都肯定皮亞傑兒童認知結構對孔恩科學發展的影響，可是以發生認識論 (genetic epistemology) 或發展心理學見長的皮亞傑，和因《結構》這本重視歷史取向的科學哲學作品而成名的孔恩，兩人分屬不同學門，後者是如何受到前者的影響，而採取類似兒童認知發展來處理科學發展，形成科學發展的結構或科學革命的結構，似乎缺乏進一步研究來說明這個問題的細節。因此筆者認為，像皮亞傑對孔恩《結構》這種跨學門的影響，

⁶ D. C. Phillips, “The Piagetian Child and the Scientist: Problems of Assimilation and Accommodation,” *Educational Theory*, 1978, vol. 28, no. 1, pp. 3-15.

⁷ 「皮亞傑對認知發展的解說和孔恩描繪科學思想發展的解說有令人感到有趣的類似性存在其間……。二者同樣強調觀察與實驗具有受到思想系統引導的特性，觀察結果要依賴既有理論的推斷，異常的現象也要取決於已接受的理論而言。在二者中“常態”傾向會透過一些細微的適應來將異常現象同化到已接受的典範中，因而使既有思想系統延續。和先前的思想系統在重要方式上有所不同的是，一種需要重建既有的概念系統，而能將異常現象的新洞見併入過去的智識所獲中，說明了新思想系統的發展。」「皮亞傑的功能性需求和科學家解釋異例的需要一樣。他說明認知改變的動機好像科學史家訴諸異例引發的典範。科學史家用“常態科學”來解釋科學家企圖使很明顯的偏離與已接受的典範一致；用“科學革命”也就是重建科學的概念系統使基於理論的預期與遭遇的事實相合。」Theodore Mischel, “Piaget: Cognitive Conflict and the Motivation of Thought,” in T. Mischel (ed.), *Cognitive Development and Epistemology* (New York: Academic Press, 1971), pp. 311-355, esp. on pp. 326, 333.

也就是發生認識論作品影響歷史取向的科學哲學作品的形成，值得進行一個專題研究。

根據研究孔恩科學哲學的何寧根—修雷 (Paul Hoyningen-Huene) 的看法，《結構》書名所指的「結構」，就是孔恩探討科學發展的焦點。⁸ 雖然他也注意到在《結構》中孔恩曾提到皮亞傑發展心理學的影響，可是他似乎沒有追問孔恩所談的結構與皮亞傑發展心理學間的關係。而以發生認識論見長的皮亞傑，主張的兒童世界觀及其轉換歷程是基於背後的認知結構發展，於是在探討皮亞傑作品對孔恩《結構》產生的影響，或是皮亞傑兒童認知結構發展如何影響孔恩形成科學發展的結構或科學革命的結構時，「結構發展」似乎是二者共同關切的一個重要問題。過去的研究雖然發現皮亞傑的兒童研究與孔恩的科學發展研究間的類似性關係，可是並沒有就結構發展問題上的類似性來闡明前者是如何對後者產生了影響。因此，吾人或許該問：《結構》其中的「結構」指的是什麼「結構」？它和皮亞傑的認知結構發展見解有何關係？皮亞傑兒童世界觀及其轉換歷程與背後的認知結構發展是如何透過其作品，而影響孔恩建構科學發展中世界觀的形成與轉換？

本文將研究範圍限定在：皮亞傑對孔恩《結構》之影響，焦點落在探討皮亞傑兒童認知結構發展是如何對孔恩形成科學發展的結構產生影響。筆者擬從思想史的觀點，經由皮亞傑與孔恩間相關作品的文獻分析，透過對上述問題的回答，來探討這種跨學門影響。在「結構發展」的問題上，筆者將略論格式塔心理學 (Gestalt psychology) 與弗萊克對《結構》的影響，至於孔恩《結構》的形成過程中，還受到 Alexandre Koyré, Emile Meyerson, H. Metzger,

⁸ Paul Hoyningen-Huene, *Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science*, trans. by Alexander T. Levine, with a foreword by Thomas Kuhn (Chicago/London: The University of Chicago Press, 1993), pp. xviii, 24-27.

Anneliese Maier, A. O. Lovejoy, B. L. Whorf, W. V. O. Quine 等來自不同學門思想的影響，⁹本文基於研究主題、焦點與範圍的限制，無法在文中將諸多學者從不同面相對《結構》的影響一一加以探討，這絕不意味著排除或不重視他們對《結構》的影響。

在研究皮亞傑對孔恩《結構》之影響，特別是與發生認識論有關的作品影響歷史取向的科學哲學作品形成的過程中，筆者發現，科學史似乎扮演了一個居間媒介的關鍵角色。在《結構》的序言中，孔恩曾談到他寫此書的一項根本轉折，也就是在 1947 年，他經由科學通識教育而接觸科學史，才對科學變遷感興趣，十五年後完成《結構》一書。¹⁰在教授「十七世紀力學史」這門科學通識課程時，孔恩開始接觸到亞里斯多德 (Aristotle, 384-322 B.C.) 物理學。他發現皮亞傑的兒童研究與科學史有關，幫助他了解亞里斯多德物理學，從而開啓了他對古代科學家著作的新認識。¹¹另一方面，《結構》中提到皮亞傑對孔恩的影響時，孔恩還特別指出皮亞傑作品中《兒童的物理因果概念》(*The Child's Conception of Physical Causality*) 與《兒童的運動與速度概念》(*The Child's Conception of Movement and Speed*) 這兩本書展現的概念與歷程也是直接地源自

⁹ Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, pp. v-vii.

¹⁰ 「[我] 還是一個理論物理的研究生，幾乎快完成博士論文了。那時，哈佛大學創設了一項實驗性的大學部課程，其目的是讓非主修自然科學的學生，能了解一些基礎的物理學，我很幸運地參與了這項課程，因而接觸到科學史。使我驚訝的是：讀了那些過時的科學理論及老舊的研究之後，竟使我完全拋棄了原先對科學的本質及“科學之所以特別成功”這一問題的基本想法。我原先的想法有一部分來自我所受過的科學訓練，另一部分來自我對“科學的哲學”的長期業餘興趣。不論這些想法在教學上多麼有用，也不論它們在抽象推理上有多少可信，都與我研究科學史以後所獲得的印象完全不符。然而這些想法在討論科學時極為重要，假若它們與科學史上的實況不符，那麼就值得徹底追查下去。結果我大幅更動了我的未來計劃，從物理學轉到科學史，然後逐漸地從直截的歷史問題，轉向較具哲學意味的問題。」 *Ibid.*, p. v.

¹¹ Kuhn, *The Essential Tension*, p. 21.

科學史。¹²因此，本文擬透過科學史與皮亞傑和孔恩間相關作品的關係，來探討皮亞傑是如何對孔恩形成科學發展的結構或科學革命的結構產生了影響。

貳、由物理專業教育轉而接觸科學史

在接觸科學史以前，孔恩的生涯原先朝向物理專業方面發展。從大學到 1949 年獲得博士學位，物理一直是他主修的專業。然而，在攻讀博士學位期間，1947 年他接受哈佛大學校長康南特 (James B. Conant) 的邀請，擔任一門科學通識教育的科學史實驗課程，為非主修科學的學生講授「十七世紀力學史」，開啟了他日後提出科學發展是革命性轉變的通道。¹³要了解孔恩由物理專業教育轉而接觸科學史的經驗，得回溯哈佛大學的科學史教學傳統。

在 1960 年 Horblit 科學史講座上，康南特曾簡要地回顧了與他有關的哈佛大學開設科學史課程的歷史。¹⁴康南特在 1910 年秋季

¹² Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, p. vi, n. 2; Jean Piaget, *The Child's Conception of Physical Causality* (Totowa, New Jersey: Littlefield, Adams & Co., 1960). Originally published in Paris as *La causalité physique chez l'enfant* by Alcan in 1927, first published in English by Routledge and Kegan Paul, London in 1930; Jean Piaget, *The Child's Conception of Movement and Speed*, trans. G. E. T. Holloway and M. J. Mackenzie (New York: Ballantine Books, 1971). Originally published in Paris as *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant* by Presses Universitaires de France in 1946, first published in English by Routledge and Kegan Paul, London in 1970.

¹³ “It was James B. Conant, then president of Harvard University, who first introduced me to the history of science and thus initiated the transformation in my conception of the nature of scientific advance.” Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, p. xi.

¹⁴ 這是 Mark M. Horblit 捐款設立的科學史講座，Herbert Butterfield 在 1959 年受邀擔任首屆講座，發表 “The History of Science and the Study of History”。次年由康南特擔綱，講題 “History in the Education of Scientists”。H. Butterfield,

進入哈佛，該學年的第二學期他就選了一門由芮查德 (Theodore William Richards) 教授的化學入門課。在歷史探討法的引導下，康南特對化學這門科學的歷史發展產生了興趣。¹⁵ 芮查德的一個學生韓德生 (Lawrence J. Henderson) 從 1911 年起就在哈佛開設科學史課程，他對該校科學史教學發展的一個巨大貢獻，就是將創辦科學史期刊 *Isis* 的薩頓 (George Sarton, 1884-1956) 引入哈佛大學。¹⁶ 當康南特成為研究生時，他從薩頓那兒了解一門科學的歷史與整體的科學史間的差別。¹⁷ 1933 年康南特擔任哈佛大學校長時，科學史課程進一步擴展到研究所，設立了第一個與科學史有關的研究所學程計劃——“The History of Science and Higher Learning”。¹⁸ 在哈佛主修社會學博士學位的墨頓 (R. K. Merton)，雖是一個科學史的新手，但是在薩頓的協助下，完成了一篇與科學史有關的博士論文——《十七世紀英格蘭的科學、技術與社會》。¹⁹

康南特是位科學家，也是位教育家。他了解科學已被納入世俗文化，二次大戰期間產生的原子彈問題，使科學與國家政策問題成為一般人也需要了解的問題。因此，他非常關切非主修科技學生的科學教育，也就是要如何增進未來的律師、作家、商人、政治家、公務人員等對科學的認識或理解。在這個方向上，他嘗試用一種不

¹⁵ “The History of Science and the Study of History,” *Harvard Library Bulletin*, vol. 13, no. 3, 1959, pp. 329-347; J. Conant, “History in the Education of Scientists,” *Harvard Library Bulletin*, vol. 14, no. 3, 1960, pp. 315-333.

¹⁶ Conant, “History in the Education of Scientists,” p. 316.

¹⁷ *Ibid.*, p. 317; John T. Edsall, “Lawrence J. Henderson and George Sarton,” *Isis*, 1984, 75:11-13, on p. 11.

¹⁸ Conant, “History in the Education of Scientists,” pp. 317-318.

¹⁹ I. B. Cohen, “A Harvard Education,” *Isis*, 1984, 75:13-21, on p. 16.

¹⁹ 這篇論文 1935 年完成，三年後在 *Osiris* 上出版。R. K. Merton, “Science, Technology and Society in Seventeenth Century England,” *Osiris*, 1938, vol. 4, part 2, pp. 360-632.

相同的方式來教科學。譬如，1946 年他在為耶魯大學非主修科技的學生講授科學時，就採取歷史取向的方式，來進行一系列演講。²⁰

1943 年春天，康南特任命了一個委員會研究如何在哈佛大學推動通識教育。兩年後完成的報告中，建議自然科學的通識教育不應限於科學家與工程師，也應將非主修科技類的學生包括在內。同時，此一計劃也將科學史列在科學通識教育的課程之內。²¹ 當然，在已經建立科學史教學傳統的哈佛大學出現這項建議，顯然和康南特對科學史的認識有關。在康南特相信科學通識教育有助於了解科學的信念引導下，1947 年哈佛大學展開了一項實驗性的課程，其目的是讓非主修科技的學生能了解一些基礎科學，期望他們日後能夠將其所了解的科學發展與其他領域的人類活動加以聯繫。此項實驗的部分成果，後來出版成二冊的 *Harvard Case Histories in Experimental Science*，其中明白陳述希望透過案例史的研究，來幫助學生了解實驗科學中所用的方法。²²

在康南特的邀請下，孔恩參與這個科學史通識教育的實驗性課程，為非主修科學的學生講授「十七世紀力學史」。從未修讀過科學史課程的孔恩，在身份上先經歷了一種轉變：他由一名物理專業人才的受教者，轉變為以科學史進行通識教育的施教者。不過更重要的是，這項科學史實驗課程為他開啟了接觸科學史領域的大門，也讓他面臨了解過去科學著作（特別是亞里斯多德物理學）的困惑。

²⁰ 這一系列的演講集成《了解科學》一書。James Bryant Conant, *On Understanding Science: An Historical Approach* (New Haven: Yale University Press, 1947).

²¹ *General Education in a Free Society: Report of the Harvard Committee*, with an introduction by James Bryant Conant (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1958), pp. 220ff. Originally published in 1945.

²² James Bryant Conant et al. (eds.), *Harvard Case Histories in Experimental Science*, 2 vols. (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1948).

參、解讀亞里斯多德物理學：一個革命性的經驗

身為一名物理專業人才的受教者，孔恩習於物理教育中牛頓力學的看法。1947 年在哈佛大學開始教授「十七世紀力學史」課程時，他開始接觸到亞里斯多德物理學。²³ 持著物理教育中牛頓力學的看法來閱讀亞里斯多德物理學著作，也就是用後來較成熟的科學去了解更早的科學，孔恩遭遇到相當大的困惑。後來孔恩從皮亞傑的兒童研究中學得解讀亞里斯多德物理學的方式，轉而幫助他了解過去的許多科學作品，這個轉變可說是形成他的科學史觀的革命性事例。

在 1977 年出版的《必要的緊張關係》一書中，孔恩談到三十年前教授「十七世紀力學史」時，他為了找尋伽利略 (Galileo Galilei, 1564-1642) 與牛頓 (Isaac Newton, 1642-1727) 的先驅者對力學問題的看法，而導向亞里斯多德《物理學》。

我〔對科學史〕的啟蒙始自 1947 年，當時我被要求暫停物理研究一段時間來準備十七世紀力學起源的一門課。首先，我需要發現伽利略與牛頓的先驅者對這個問題有何認識。初步的探究很快地就引導我走向亞里斯多德的《物理學》和源自它的一些作品。²⁴

這種需要發現先驅者的想法正是專業科學教育中孕育的科學

²³ 「在 1947 年夏天我初次讀到亞里斯多德的物理學著作，當時我是一名物理研究所的研究生，正在為非科學家準備一門關於力學發展的科學課程。」 Thomas Kuhn, "What Are Scientific Revolutions?" in L. Krüger, L. J. Daston, and M. Heidelberger (eds.), *Ideas in History*, pp. 7-22, on pp. 8-9. vol. I of *The Probabilistic Revolution*, 2 vols. (Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology Press, 1987).

²⁴ Kuhn, *The Essential Tension*, p. xi.

發展見解。它源自實際從事科學研究的科學家，他們會對舊科學 (old science) 感興趣，一個主要原因是在過去的科學成就中找尋今日科學成就的縮影或先驅者的努力，來慶祝這些偉大科學家的成就。這就是惠格式觀點的科學史觀 (Whig history of science)，²⁵ 它採取一種從近代或現代科學的觀點來看過去的科學，在舊科學中只看到過去偉大的科學成就，它們促使科學朝向現代的進步，因此，科學發展被看成是直線累積進步的。

根據孔恩的自述，起初他像早先許多科學史家一樣，站在牛頓力學的立場，用牛頓力學的概念與語詞來讀亞里斯多德物理學，問亞里斯多德式物理傳統的學者懂得多少牛頓力學。孔恩發現他們具備的是錯誤的力學知識，不懂牛頓力學，對伽利略力學發展的基礎沒有貢獻。

我同早先大多數科學史家一樣，以認識牛頓式物理學與力學方式，來研讀這些著作。和他們一樣，我也提出類似的問題：亞里斯多德傳統懂得多少〔牛頓〕力學？此一傳統留下多少問題給十七世紀科學家去發現？這些用牛頓式語詞提出的問題，要求用同一傳統的術語來回答，答案也是很明白的。即使從表面的描述層次來看，亞里斯多德式物理學家不懂〔牛頓〕力學；〔和牛頓力學相比〕他們所知的力學知識也是錯誤的。此一傳統不可能為伽利略和他同時代的人提供力學研究的基礎，因此，他們必然的要拋棄它，並重頭開始力學研究。²⁶

亞里斯多德物理學與牛頓力學可說是兩個不同的世界體系。在亞里斯多德物理學中，宇宙是一個同心的多球形結構，區分為天域

²⁵ C. B. Wilde, "Whig History," in W. F. Bynum, E. J. Browne, and Roy Porter (eds.), *Dictionary of the History of Science* (London: Macmillan, 1981), pp. 445-446.

²⁶ Kuhn, *The Essential Tension*, p. xi.

(celestial area) 與地域 (terrestrial area)，二者以月亮天為分界，以上為天域，以下為地域。地球靜止地位於宇宙的中心，天域的星體由一種永遠不變的元素——以太 (aether) 構成，它們圍繞著地球形成同心圓的結構，地域則是由土、水、氣、火四個元素 (elements) 構成月亮以下區域內一切物體。根據牛頓力學，沒有天域與地域的區分，地球也不再靜止地位於宇宙的中心，而是太陽系的一顆行星，以橢圓軌道繞著太陽旋轉。亞里斯多德物理學將運動區分為自然運動 (natural motion) 與受迫運動 (violent motion)。前者係依物體的自然本性運動，如天域的星體繞著地球作等速圓周的運動，地表附近由土或水組成的物體，因為重的性質，會朝地心自然墜落，由氣或火組成的物體，因為輕的性質，會離開地心朝向月界的邊緣運動。在速度 (或加速度) 與運動的關係方面，亞里斯多德物理學主張物體墜落的速度與其重量成正比。在牛頓力學中，輕重不再是物體的本性，而以慣性、不可穿透性等為物質所具之性質，所有具有物質的個體間都具有相互的引力，沒有自然運動與受迫運動的區別，物體的運動係依據三大運動定律，在速度 (或加速度) 與運動的關係方面，主張物體的加速度與其受力成正比。²⁷

如果用牛頓力學的概念來讀亞里斯多德物理學，也就是從近代科學知識的進步觀點，來看古老的舊科學，會發現亞里斯多德物理學家不懂牛頓力學，就像古人不懂近代人的許多想法一樣，是俯拾皆是的事情。雖然孔恩沒有提到惠格式的科學史觀，不過在這種惠格式的科學史觀引導下，最初他採用牛頓力學的概念來閱讀亞里斯多德物理學，發現其中在運動、觀察與邏輯方面，都充滿了錯

²⁷ E. J. Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture: Pythagoras to Newton*, trans. by C. Dikshoorn, with a new foreword by D. J. Struik (Princeton: Princeton University Press, 1986), pp. 24ff., 463ff.

誤，而將亞里斯多德判斷為「一個糟透了的物理學家」。²⁸ 雖然這種對亞里斯多德物理學的見解，也就是從近代進步的牛頓力學觀點來看古老的亞里斯多德物理學，在當時是廣泛與流行的，可是讓孔恩困惑不解的是，為什麼亞里斯多德與許許多多後繼者會在很長的一段期間內犯下這麼明顯的錯誤。

在當時，這種概括的見解廣為流行，顯然地無可避免。但是，它也令人困惑。在處理物理學以外的問題時，亞里斯多德是一個敏銳的自然主義式觀察者。在生物學與政治行為的領域中，他對現象的詮釋經常是既深入且透澈。為什麼一旦用到運動問題時，他那特有的才能就無從發揮呢？他怎麼會對運動問題發表這麼多明顯的謬論呢？而且最重要的是，怎麼會有那麼多後繼者在很長的一段時間內認真地看待他的見解？對這類著作，我讀得愈多就愈感困惑。我不曾懷疑亞里斯多德會犯一些錯誤，但是很難想像他會錯得如此明顯。²⁹

可是，長久以來亞里斯多德在邏輯學上的聲望，在政治學與生物學方面的不錯評價，都使他成為一位備受推崇的學者，為什麼在力學與運動問題上沒有發揮長才，而且在他死後的許多世紀中，人們仍認真地研讀他的物理學著作，這些都讓孔恩深感困惑。³⁰ 在面

²⁸ 「不足為奇的，我用已知的牛頓力學去讀亞里斯多德著作。我期望獲得回答的問題是：亞里斯多德知道多少〔牛頓〕力學？他留下多少有待伽利略、牛頓發現的問題？依照這個〔提問題的〕方式，我很快地發現亞里斯多德對〔牛頓〕力學幾乎毫無所知。他將一切留給特別是十六、七世紀的後繼者。原則上，這個典型的結論一直被認為是對的。對此我感到棘手，因為讀他的作品讓我覺得他不但對〔牛頓〕力學一無所知，而且是一個糟透了的物理學家。特別是關於運動，我覺得他的作品在觀察與邏輯方面都充滿了錯誤。」Kuhn, "What Are Scientific Revolutions?" p. 9.

²⁹ Kuhn, *The Essential Tension*, p. xi.

³⁰ 「這些結論似乎不太可能。亞里斯多德究竟是位備受推崇的古代邏輯的集大成者。其後二千年，他的邏輯學在邏輯方面扮演的角色一如歐幾里德的幾何學在幾何方面的作用。此外，亞里斯多德還證明他是位敏銳異常的自然主義式觀察

對此種困惑後，與仍對亞里斯多德物理學的內文感到困惑的同時，根據孔恩的回憶，他轉而省思自身，或許亞里斯多德物理學語詞的意義對當時的人與孔恩時代的人有不同的意義，而他並沒有把握到這種意義。³¹

最後，孔恩證明他的懷疑是有根據的。1947 年孔恩覺察到一種解讀亞里斯多德物理學的新方式，可以解決上述困惑。他領悟到在亞里斯多德物理學中，同一物體在運動中改變了位置，與同一兒童在成長中的改變，都是運動（或變化）這個主題下的現象。對同一個體而言，運動（或變化）只是屬性或狀態的改變。³² 原先用牛頓力學來解讀時，認為亞里斯多德物理學是錯謬百出的評價，也隨著這種新的解讀方式而扭轉。在新方式的閱讀下，亞里斯多德物理學的內容也隨之整理歸位，亞里斯多德似乎顯現為一位非常優秀的物理學家。³³

者。特別是在生物學方面，他的描述性著作為十六、七世紀崛起的現代生物學傳統提供了基本範本。怎麼可能在他研究運動和力學時，他那特有的才能故意地離他而去？同樣地可問道，如果他那特有的才能離他而去，怎麼會在他死後許多世紀中，他的物理學著作還被認真地看待著？我對這些問題感到困惑。」
Kuhn, "What Are Scientific Revolutions?" p. 9.

³¹ 「我問自己：可能錯在我，而不在亞里斯多德。或許他的語詞對他與他同時代的人的意義，和對我與我同時代的人有不同的意義。雖然懷疑到這種意義上的差異，我仍為亞里斯多德物理學的內文感到困惑，直到最後證明我的懷疑是有根據的。」*Ibid.*

³² 「在一個令人印象深刻的炎炎夏日裡，這些困惑突然解消了。我忽然覺察到另一種解讀那些讓我困惑許久的文獻的方式。對於亞里斯多德物理學探討的一般主題是物體屬性的變化，我首次將包括石頭下墜與兒童長大為成人視為同一主題下的現象。……在亞里斯多德物理學中，位置是一個屬性。只有從問題的觀點來看，一個改變位置的物體還是同一物體，成長改變中的兒童還是同一個體。在這個視屬性為初性的世界中，運動乃必然地成為一個狀態的改變而非一個狀態。」Kuhn, *The Essential Tension*, pp. xi-xii.

³³ 「我坐在書桌前，手上拿著一支四色筆，面前攤開著亞里斯多德的《物理學》。當時，我出神地從窗口望出去，這是我仍記得的一個視覺影像。突然地，我腦

質言之，孔恩從閱讀亞里斯多德物理學中得到兩個教訓：以現代的理解方式來解讀過去的原著是不合適的，在不同的解讀方式中，存在著比其他更合理與一致的方式。

第一，雖然有許多方式去讀一本原著，而將現代人最能理解的方式去解讀過去的原著，往往是不合適的。第二，雖然原著會順應不同的解讀方式，但是不可將它們一視同仁，因為有些（終極地希望只有一個）比其他的更合理與一致。……這就是我遭遇到亞里斯多德而導致我在此詳述的一段經歷。³⁴

是什麼奇特的經驗使得孔恩對亞里斯多德物理學的評價產生如此大的轉變，從原先以現代的理解方式來讀亞里斯多德物理學，認為他是「一個糟透了的物理學家」，後來找到一種更合理與一致的方式，轉而認為他是位非常優秀的物理學家呢？孔恩本人提到，這種解讀亞里斯多德物理學的新方式係學自皮亞傑的兒童研究。透過皮亞傑對兒童提出的物理問題，孔恩了解到如何對亞里斯多德提出問題。換言之，皮亞傑對兒童提出的物理問題，揭示了另一種了解亞里斯多德物理學的方式。

海中的零星片段依照一種新方式加以分類，集結整理歸位。說不出為什麼，一下子亞里斯多德似乎成了一位非常優秀的物理學家，是一種我從未想到的物理學家。現在我能夠理解為什麼他那麼說和他曾有的權威。過去看來是荒謬的陳述，如今似乎頂多只是一個成功而有力的傳統中的失誤而已。依照一種新方式將一些零星片段加以分類，並集結整理歸位，這種經驗是革命性變化的第一個一般特點。在考慮其他事例後，我還要單獨思考這一點。儘管科學革命留下了許多零碎工作，點滴與逐步方式不能形成中心變化。相反地，相對而言，它涉及到某種突然的和不能以傳統方式組成的轉變，其中一部分經驗之流會以不同於傳統的方式歸類，顯現出前所未有的類型。」Kuhn, "What Are Scientific Revolutions?" p. 9.

³⁴ Kuhn, *The Essential Tension*, pp. xii-xiii.

幾乎是在二十年前的同一時期，我初次發現到科學史的智識興趣和皮亞傑的心理學研究。從那時開始這兩方面在我的內心與工作上有密切的相互影響。透過檢查皮亞傑對兒童提出問題，使我部分地了解到如何對死去的科學家提出問題。我清楚地記得在我與考耳 [A. Koyré] 初次會晤時，我是如何領悟到此一影響。我告訴他，我是從皮亞傑的兒童研究才了解亞里斯多德的物理學。他認為亞里斯多德的物理學教會他了解皮亞傑的兒童研究，此一反應更證實了我所知二者間關係的重要。即使在一些吾人有不同看法的領域，例如因果性概念，我也驕於承認皮亞傑對我有難以磨滅的影響。³⁵

類似地，孔恩在 1971 年發表的〈物理學發展中的因果概念〉一文中，指出皮亞傑研究兒童具有的一些與物理相關的概念和早期科學家所具有的概念非常相似。對二者間的對應性或相似之處，心理學家和歷史學家都有興趣加以闡明。³⁶ 心理學家的皮亞傑藉著包括亞里斯多德物理學在內的古代科學家概念，來闡明兒童的物理概念；而對了解科學史有興趣的孔恩，則藉著皮亞傑的兒童研究來了解亞里斯多德物理學。不同於皮亞傑藉著亞里斯多德物理學來闡明兒童的科學概念，孔恩看到的是：皮亞傑的兒童研究有助於了解亞里斯多德物理學。他發現二者間的類似關係後，則藉著皮亞傑這類兒童研究，來幫助他自己了解亞里斯多德物理學。

孔恩早先用牛頓力學的概念來讀亞里斯多德物理學，也就是用近代較進步與成熟的見解來看古老的科學，就好像用成人或較成熟的見解來看兒童的想法一樣；如今從皮亞傑的兒童研究來了解亞里

³⁵ *Ibid.*, pp. 21-22.

³⁶ 「為什麼一個科學史家會被邀請來對一群兒童心理學家演說物理學中因果概念的發展呢？所有熟知皮亞傑研究的人都清楚的一個解答是：他對兒童的空間、時間、運動與世界本身的概念這類主題的研究，已經一再地顯示它們和〔西方〕早期成人科學家所持的概念，有令人驚訝的相似之處。如果因果的概念也有一些類似對應之處，心理學家和歷史學家對闡明它們會同感興趣。」*Ibid.*, p. 21.

斯多德物理學，就像是擋置了成人或較成熟的見解，試圖從兒童觀點向（比起現代科學較不成熟的）古老的科學提問題，在觀點上，這是一種革命性的轉變。更重要的是，皮亞傑對兒童提出的物理問題，不只揭示了一種了解亞里斯多德物理學的新方式，它還使孔恩在認識過去的科學方面，產生了一個革命性的經驗，了解早期科學家在只有自然引導而無文本協助下，向前走的路。

談到一個世代以前，由亞里斯多德物理學轉變到牛頓物理學，那個將我導向革命性轉變的例子。……接受牛頓力學教育的我，需要把握亞里斯多德自然哲學的概念，簡單地說，在文本的協助下，我所回溯的路，幾乎與早期科學家在只有自然引導而無文本協助下，向前走的路相同。³⁷

一旦有了這種轉變的經驗後，進一步將其延伸到許多偉大科學家的作品，擴展了他對過去科學家著作的理解。

自從 1947 年夏天那一決定性的重要事件之後，尋求最好的或最能理解原著的解讀方式成為我歷史研究的關切中心。……從解讀亞里斯多德著作中得到的教訓，使我知道如何去解讀波義耳 (Boyle)、牛頓、拉瓦錫 (Lavoisier)、道爾敦 (Dalton)、波茲曼 (Boltzmann)、普朗克 (Planck)。³⁸

由於皮亞傑的兒童研究提供了孔恩一種解讀亞里斯多德物理學的新方式，並進一步延伸到許多偉大科學家的作品，而開啟了孔恩在直線累積進步的想法以外，尋求科學發展是如何由亞里斯多德物理學轉變到牛頓力學這類涉及科學變遷問題的解說，吾人或許可從皮亞傑的兒童研究與亞里斯多德物理學間的關連，來尋找它對孔恩科學變遷想法的可能影響。

³⁷ Kuhn, "What Are Scientific Revolutions?" p. 8.

³⁸ Kuhn, *The Essential Tension*, p. xii.

肆、皮亞傑兒童研究與亞里斯多德物理學

原先接受生物學訓練與對哲學深具興趣的皮亞傑，在 1920 年擔任西蒙 (T. Simon, 1873-1961) 助手時，以推理測驗對兒童進行測試，注意到兒童答案中兩點有趣的現象：同年齡層兒童出現同樣的錯誤；隨著年齡層的不同，兒童的錯誤也相應地隨之變化。他認為這些答案與兒童的心理結構有關，而開始研究兒童認知是如何形成或發展的。³⁹ 皮亞傑的兒童研究中，在許多有關兒童物理概念的部分，特別提到亞里斯多德物理學。為什麼他對現代兒童所作的研究會與亞里斯多德這類古代物理學學者的想法發生關連呢？

皮亞傑在探究現代兒童具有什麼樣的物理概念時，需要一些參照概念來幫助他了解兒童的科學概念。對科學史有興趣的他，選擇了古代西方的科學概念，特別是亞里斯多德的物理概念，來說明兒童的一些物理概念。如此進行係基於一個預設：個體知識的發展和人類科學思想的歷史演進間存在著一種平行的關係。⁴⁰ 一方面，這個預設和皮亞傑對科學史的興趣有關，他曾在 1925-1929 年間，從科學史和兒童心理學中所觀察到的來研究（科學）觀念的發展，在繼續從事兒童心理學的 1929-1939 年間，擔任日內瓦大學科學思想史教授 (Professor of the History of Scientific Thought)；⁴¹ 另一方

³⁹ Jean Piaget, "Autobiography," in Sarah F. Campbell (ed.), *Piaget Sampler: An Introduction to Jean Piaget through His Own Words* (New York: John Wiley & Sons, 1976), ch. 10: A History of Psychology in Autobiography, pp. 123ff.; 杜麗燕，《皮亞傑》(台北：東大，1995)，頁 26-27。

⁴⁰ Herbert Ginsburg and Sylvia Opper, *Piaget's Theory of Intellectual Development*, 2nd ed. (Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc., 1979), p. 9. 在皮亞傑晚年接受 Jean-Claude Bringuer 訪談中，有一個主題集中在個體智力發展與科學思想系統發展間的關係。劉玉燕譯，《皮亞傑訪談錄》(台北：書泉，1994)，第 10 章。

⁴¹ "In fact, for four years I devoted the course on philosophy of science to the study

面，皮亞傑似乎將生物學上的復演說 (recapitulation theory) 用來連接發生認識論與人類的科學思想演進，預設了個體知識架構的發展類似於復演了人類科學思想架構之發展。這個想法在他晚年的作品中有進一步的實踐。從 1967 年起，皮亞傑和另一位重視認識論的物理學者葛其雅 (Rolando Garcia) 合作，研究發生認識論在階段間的轉換機制 (transitional mechanism) 與人類的科學思想在歷史演進期間的轉換機制，二者存在著類似的關係，成果在 1983 年以法文發表為《發生認識論與科學史》(*Psychogenèse et Histoire des Sciences*) 一書，經費德爾 (Helga Feider) 翻譯為英文，六年後問世。⁴² 此書顯示皮亞傑深刻關切發生認識論與人類科學思想演進間的關連。

如果個體知識架構的發展就像人類科學思想的歷史演進，兒童早期的物理概念架構在發展上類似於古代西方的科學思想，那麼就可以試著運用西方古代的科學概念架構來了解兒童的物理概念架構。從 1920 年代起，皮亞傑就藉著包括亞里斯多德物理學在內的古代科學思想的概念架構來闡明兒童的物理概念。

亞里斯多德區分運動為自然運動和受迫運動。前者是事物本身

of the development of ideas as it can be observed in the history of science as well as in child psychology. . . . In 1929 I returned to the University of Geneva as Professor of History of Scientific Thought. . . . The years from 1929 to 1939 cover a period filled with scientific endeavors . . . the course in the History of Scientific Thought which I gave in the Faculte des Sciences at Geneva enabled me to promote more vigorously the project of a scientific epistemology founded on mental development, both autogenetic and phylogenetic. For ten successive years I studied intensely the emergence and history of the principal concepts of mathematics, physics and biology." Piaget, "Autobiography," in Sarah F. Campbell (ed.), *Piaget Sampler*, pp. 128, 130-131.

⁴² Jean Piaget and Rolando Garcia, *Psychogenesis and the History of Science*, trans. by Helga Feider (New York: Columbia University Press, 1989), p. 28. Originally published as *Psychogenèse et Histoire des Sciences* (Paris: Flammarion, 1983).

內在性質造成的運動，如火與氣屬於輕物會離開地心而向上運動，水和土屬於重物會朝地心而向下運動，都屬於自然運動；而後者則是事物以外的力量加諸事物而形成的運動，如石子被人丟出的運動，則為受迫運動。被丟到空中的物體在離開最初的推動者之後，如何還能被推動而繼續運動呢？亞里斯多德採用被拋體與周圍媒介間互換位置的“antiperistasis”概念來解說此一現象。石子向前運動時，和接觸到的空氣交換位置，使前方的空氣迅速地移動到石子的後方，推動石子繼續向前運動。⁴³

1926 年出版《兒童的世界表象》(*The Child's Conception of the World*) 中，皮亞傑就採用亞里斯多德的自然運動和受迫運動的區分，來分析受訪兒童有關物理決定論的起源。⁴⁴ 類似於亞里斯多德的自然與人為的區分，他採用了自然主義 (animalism) 與非自然主義 (artificialism) 的區分，來分析兒童如何解說運動。前者是事物具有內在的動力，後者則是人為的。⁴⁵ 1927 年出版的《兒童的物理因果概念》中，他不但指出兒童解釋一些運動現象所用的概念架構和希臘物理學的概念架構非常相似，還用後者來闡明兒童對運動現象的解說。在有關空氣性質的實驗中，皮亞傑向不同年齡兒童提出一個問題：丟出去的球，在離開手後是如何在空氣中繼續運動？他將四歲半到十二歲年齡兒童的反應，分為五個階段。屬於第一個階段的兒童，他們不了解問題，只知道將球的運動歸因於被丟出去。

⁴³ Aristotle, *Physics* 215^a14-18, 266^b28ff., in Jonathan Barnes (ed.), *The Complete Works of Aristotle*, 2 vols. (Princeton: Princeton University Press, 1984), vol. 1, pp. 365, 445-446.

⁴⁴ Jean Piaget, *The Child's Conception of the World*, trans. Joan and Andrew Tomlinson (Totowa, New Jersey: Littlefield, Adams & Co., 1965), p. 223. Originally published as *La représentation du monde chez l'enfant* (Paris: Alcan, 1926), first published in English by Routledge and Kegan Paul, London in 1929.

⁴⁵ *Ibid.*, p. 253.

平均年齡為七歲的第二階段兒童，認為上升的球會吸住空中的氣，來阻止離開手後的球往下墜。第三階段平均年齡為九歲的兒童，認為是空氣推動球前進，而空氣是運動中的球產生的。屬於第四階段平均年齡為十歲的兒童，則認為是向前運動的球和接觸到的空氣交換位置，使前方的空氣移動到球的後方，推動球繼續向前運動。最後，到達第五階段的兒童，似乎有了中世紀時期發展出來的動力 (impetus) 想法，認為拋者將力量賦予了離手的球，使它繼續運動，空氣則被視為球繼續運動的阻力而非助力。⁴⁶ 皮亞傑發現第三與第四階段年齡層兒童的解釋，非常類似亞里斯多德《物理學》中討論拋體所用的“antiperistasis”概念。⁴⁷ 在探討兒童對力的觀念時，皮亞傑將“antiperistasis”視為一種基模 (schema)，指的是周圍媒介物的反應 (reaction of surrounding medium)。⁴⁸ 在有關雲的運動方面，皮亞傑也發現兒童用“antiperistasis”的概念架構，也就是和亞里斯多德物理學同一部分的概念架構，來解說雲造成了風，而後又帶動雲。⁴⁹

質言之，基於兒童物理概念架構的發展類似於科學史上物理思想的發展，身受科學史影響的皮亞傑，引用古希臘的物理思想，特別是亞里斯多德的物理概念架構，來了解兒童物理概念的發展。

伍、兒童世界觀與認知結構發展階段

一生致力於研究兒童智力是如何形成或發展的皮亞傑，強調兒

⁴⁶ Piaget, *The Child's Conception of Physical Causality*, pp. 20-22. 有關中世紀時期發展出來的動力想法，見 Edward Grant, *Physical Science in the Middle Ages* (Cambridge: Cambridge University Press, 1977), pp. 48-54.

⁴⁷ Piaget, *The Child's Conception of Physical Causality*, p. 23.

⁴⁸ *Ibid.*, p. 116.

⁴⁹ *Ibid.*, pp. 69-70.

童的智力發展是有機體與環境互動形成的，並有其階段性。雖然皮亞傑對兒童物理概念所作的研究只是他探討兒童認知發展的一些特殊面向，不過這些研究也反映出他對兒童智力發展與認知發展階段的某些看法。

在認識的問題上，不同於古典認識論中，理性主義與經驗主義重視的是知識的本質，與吾人如何證驗知識等問題，皮亞傑則憑著他所學習的生物學、認識論、心理學，從生物取向，提出發生認識論，主張兒童對外在實在的認識是發生的或歷史的 (ontogenetic or historical)，也就是在成長中或歷史中建構的。此一說法預設了心理結構的存在。在有機體與環境間互動中，個體為了不斷適應環境的變化，一方面形成內在的結構來同化 (assimilate) 外界的訊息，另一方面，環境的變化也會促使個體改變內在結構來調適 (accommodate) 外在環境。兒童的基模是對應於生物適應方式的心理結構，隨時要將所遭遇的外界訊息納入他可用的基模中。在同化時，心理結構處在平衡 (equilibrium) 情況，也就是保持結構的穩定狀態，來接受與適應外境。反之，當兒童既有的基模不能同化外來刺激時，就產生了不平衡的情形。為了將它們納入，兒童被迫改變他們的基模，發展出進一步的結構來達成平衡。調適就是這種轉換基模的過程。質言之，個體的心理結構在同化與調適過程中，維持其繼續不斷的平衡。⁵⁰

在《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》二書中，就反映了皮亞傑發生認識論的某些見解。譬如，《兒童的物理因果概念》中談到兒童思想與外在實在間的關係時，像這類傳統上歸於知識理論的問題，皮亞傑認為從生物學角度來看，外在實在就是環境，兒童的智力與活動是有機體生命進行模仿、同化等活動的

⁵⁰ Margaret Boden, *Piaget* (London: Harper Collins, 1985). 中譯本見楊俐容譯，《皮亞傑》(台北：桂冠，1993)，頁 8ff., 85ff.。

成果。因此，可以超越經驗論與先驗論，主張在外在世界與內在思想的交互作用中，外在環境作用於有機體的思想結構，而有機體為適應環境，則會轉換其思想結構，並將外在環境同化於其內在思想中。⁵¹ 在《兒童的運動與速度概念》中，探討兒童對運動與速度的看法時，不時採用同化、平衡或調適來說明兒童運動的基模（也就是思想結構）面對外在環境時的反應。⁵²

從生物學觀點來看兒童心理結構的發展，個體的心理結構在同化與調適過程中，為了維持其繼續不斷的平衡，會被迫發展出進一步的結構。因此，可從結構的不同來將兒童智力的發展區分為不同階段。通過臨床、晤談與觀察等方法，皮亞傑對不同年齡層兒童的語言、邏輯、科學概念、道德發展等，進行廣泛的研究，後來將個體認知結構發展的表現，以受試者的平均年齡區分為四個主要時期：從出生到兩歲屬於感覺動作期 (sensori-motor level)，兩歲到七歲為前運作期 (pre-operational level)，七歲至十一歲屬於具體運作期 (concrete operation level)，十一歲至十五歲為形式運作期 (formal operation level)。其中形式運作期個人所建構的知識涉及反省抽象 (reflective abstraction)。⁵³

就像在《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》二書反映了皮亞傑發生認識論的某些見解，他對兒童物理概念研究的作品，也反映出他對兒童智力發展階段的某些看法。在《兒童的世界表象》中，皮亞傑就將不同年齡兒童對夢、生命、日、月、大氣現象等起源的看法，用不同階段來區分。兒童認識外物的起源涉

⁵¹ Piaget, *The Child's Conception of Physical Causality*, pp. 238ff.

⁵² Piaget, *The Child's Conception of Movement and Speed*, pp. 185-187, 198-199, 200, 203, 317.

⁵³ Jean Piaget, *The Principles of Genetic Epistemology*, trans. Wolfe Mays (New York: Basic Books, 1972), ch. 1.

及到兒童思想的階段，皮亞傑在撰寫此書時，將兒童思想分為三個階段：在還不會說話時，兒童係以口的動作來表達思想，這是第一個階段；兒童能用語言，也就是用腦來表達思想的方式可分為兩個階段：具體的思考方式（第二階段）與抽象推理（第三階段）。⁵⁴

在《兒童的物理因果概念》中，皮亞傑以風的性質、水流、機械運動（以腳踏車、蒸汽機、火車、汽車、飛機等）為例，來了解兒童對造成它們運動原因的看法。其中不同年齡兒童的看法，可用不同階段來區分。⁵⁵ 在本文的上一小節中提到一個較詳細的例子。皮亞傑為了了解不同年齡層兒童對空氣性質的看法，而提出一個問題：丟出去的球，在離開手後是如何在空氣中繼續運動？他發現四歲半到十二歲年齡兒童的反應，可分為五個階段：屬於第一個階段的兒童，只知道將球的運動歸因於被丟出去；第二階段的兒童（平均年齡為七歲）認為上升的球會吸住空中的氣，來阻止離開手後的球下墜；屬於第三階段的兒童（平均年齡為九歲），認為是空氣推動球前進，而空氣是運動中的球產生的；第四階段的兒童（平均年齡為十歲）認為向前運動的球和接觸到的空氣交換位置，使前方的空氣移動到球的後方，推動球繼續向前運動；第五階段的兒童似乎有了中世紀時期發展出來的動力想法，將空氣視為球繼續運動的阻力而非助力，而認為拋者將力量賦予了離手的球，使它繼續運動。

在 1946 年出版的《兒童的運動與速度概念》一書中，不但從發展階段來分析不同年齡兒童的運動與速度概念，所處理的發展階段還從知覺的直覺形式轉變到形式運作階段。在該書的序言中，皮亞傑指出：稍早我們曾透過兒童企圖解說自然運動和原因來研究兒童的運動概念。許多觀察結果形成了與亞里斯多德物理學間的有趣類比。兒童認為物體的運動有其目的。所有的運動傾向一目的，這

⁵⁴ Piaget, *The Child's Conception of the World*, ch. 1.

⁵⁵ Piaget, *The Child's Conception of Physical Causality*, chs. 2, 7, 9-11.

蘊含著一具有內在生命的創造性動力。如今，此書的根本問題在研究運動與速度從使用影像或知覺直覺到形成形式運作時期的關係。因此，對這些早期發展事實的回顧有助於解說形式運作時期的關係。⁵⁶

質言之，皮亞傑對兒童物理概念所作的研究，在《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》二書中，反映出他對兒童智力發展與認知發展階段的某些看法。

陸、認知結構的發展與轉換

從發生認識論來看，兒童與外在世界的接觸中，經歷不同發展時期的兒童，不但對外在實在具有不同的看法，也隨著發展階段的不同，轉換他們的看法。同樣地，經歷不同發展時期的兒童，不但具有不同的物理概念與世界觀，也隨著發展階段的不同，經歷世界觀的轉換。因此，皮亞傑對兒童物理概念或世界觀的研究，也反映了其後認知結構的發展與轉換。

要說明皮亞傑對兒童世界觀或認知結構的發展與轉換，則需要探討皮亞傑的認知結構發展與格式塔心理學間的關係。在心理結構是一個整體的特性上，皮亞傑與格式塔理論二者的看法相同。1912年開始崛起的格式塔心理學，不像先前心理學的興趣是在找出許多心理功能的元素，反而強調心理知覺是一個完整的結構或完形(gestalt)，不是個別元素的集合或聚合。完整結構或完形還可以是一種世界觀。⁵⁷ 在《結構主義》一書中，皮亞傑強調結構的第一個基

⁵⁶ Piaget, *The Child's Conception of Movement and Speed*, pp. viii-ix.

⁵⁷ Thomas H. Leahey, *A History of Psychology: Main Currents in Psychological Thought*, 3rd ed. (Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, 1992), pp. 196-200；中譯本見李維譯，《心理學史：心理學的主流思潮》(台北：桂冠，1995)，頁339-344。

本看法就是整體性 (the wholeness),⁵⁸ 並指出結構與聚合的不同，在於前者是整體，而後者只是由相互獨立的元素聚集而成。⁵⁹

雖然皮亞傑肯定格式塔心理學者對整體性的見解，⁶⁰ 不過，從他提出結構的另外兩個基本看法：轉換 (transformation) 與自我調整 (self-regulation)⁶¹ 來看，他與格式塔心理學者對結構的看法有所不同。格式塔心理學者討論轉換的問題，是將知覺格式塔用在由中心焦點與周圍背景構成的視覺上，當中心焦點與周圍背景互換，於是產生另一個知覺的完整結構或完形。這種中心焦點與周圍背景互換所產生不同的完形可稱為格式塔轉換 (gestalt switch)，處理的是某種固定的知覺完整結構和完形間的轉換。皮亞傑關切心理或認知結構的起源與成長，也就是兒童在每一階段的發展與階段間結構的轉換。他的結構論關切（心理）結構的變遷，也就是從既有的結構中產生新結構。⁶²

從皮亞傑的發生認識論來看，在個體成長的過程中，個體與環境交互作用下，當心理結構不需要改變自身來同化外界的訊息時，是處在平衡情況，也就是保持結構的穩定狀態。當外來刺激不能夠為心理結構同化時，就產生了不平衡的情形，迫使兒童調適，發展出進一步的結構來達成平衡。因此，在個體的心理結構發展過程中，導致結構的整體經歷過轉換是一種平衡的要求。⁶³ 這種不斷地

⁵⁸ Piaget, *Structuralism*, trans. and ed. by Chaninah Maschler (New York: Harper Colophon Books, 1970), p. 5. Originally published in French as *Le Structuralisme* by Presses Universitaires de France, Paris, 1968.

⁵⁹ *Ibid.*, p. 7.

⁶⁰ *Ibid.*, p. 8.

⁶¹ *Ibid.*, p. 5.

⁶² Howard E. Gruber and J. Jacques Voneche (eds.), *The Essential Piaget: An Interpretive Reference and Guide* (New York: Basic Books, 1977), p. xxxi.

⁶³ Piaget, *Structuralism*, pp. 60ff.

維持平衡的結構涉及自我調節式的發展。⁶⁴ 由於結構的本質在其「形成結構 (structuring) 與被結構的 (structured) 雙重性或兩極性」，⁶⁵ 轉換的概念也就牽涉到轉換與形成 (formation) 間的關係。皮亞傑將一個結構的構成要素與應用到它們上面去形成結構的自我調整加以區分，因為前者是被結構的，它經歷轉換與變遷，而後者是形成結構的，它是能自我維持的。⁶⁶

儘管在結構的發展與轉換上，皮亞傑的結構論不同於格式塔心理學，實際上皮亞傑借用了格式塔心理結構的整體性與轉換的見解，並將它們整合到他的發生認識論中。例如，《生物學與知識》(*Biology and Knowledge*) 就大量使用到知覺的完形，並視知覺的完形為認知平衡的結果，只是格式塔心理學者的平衡只是場的平衡，並不是有機體自我調整所容許產生的進展的平衡。⁶⁷

回到孔恩提到的《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》來看，在這兩本討論兒童科學概念的書中，皮亞傑明白格式塔心理學者與他在結構問題上的異同。他一方面批評格式塔心理學預設了結構的固定性，而忽略個體認知結構是在發展的；另一方面，他又用格式塔轉換來說明兒童的物理概念或世界的轉換。

在《兒童的物理因果概念》中，雖然他沒有實際處理兒童物理概念或世界觀的轉換問題，不過他批評格式塔心理學不適合用在實際涉及發展與轉換的兒童思想結構。他認為兒童智力的演進是內在

⁶⁴ 楊俐容譯，《皮亞傑》，頁 5-8。

⁶⁵ Piaget, *Structuralism*, p. 10.

⁶⁶ *Ibid.*, p. 12.

⁶⁷ Jean Piaget, *Biology and Knowledge: An Essay on the Relations between Organic Regulations and Cognitive Processes* (Chicago: The University of Chicago Press, 1971), pp. 245-249, esp. p. 247. Originally published in Paris as *Biologie et connaissance: Essai sur les relations entre les régulations organiques et les processus cognitifs* by Editions Gallimard in 1967.

思想與外在環境的交互作用。思想雖具有一種認知的結構，在同化與調整的過程中，卻是有彈性的發展。因為格式塔心理學預設了結構的固定性，所以無法解說心理結構在認識實在的歷程中，會隨著年齡的增長產生一種進步式的轉換。⁶⁸

在《兒童的運動與速度概念》中，皮亞傑實際處理到不同時期兒童的物理概念或世界觀的轉換問題時，他採用知覺的焦點落在觀察對象的中心或邊緣地區這種知覺的轉換，也就是格式塔轉換來說明同化、平衡與調適。其中，基模構成了一整體形式或完形，當不平衡發生時，調適就會被測試的去修正同化的基模。⁶⁹

質言之，除了在結構的完整性方面與格式塔心理學者相合以外，皮亞傑主張兒童智力發展的認知結構，還重視結構的轉換與自我調整。儘管格式塔心理學與皮亞傑的認知結構論有所不同，皮亞傑在孔恩提到的《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》兩本著作中，處理不同時期兒童的物理概念或世界觀的轉換問題時，曾使用格式塔轉換來說明結構轉換時知覺調適的整體改變。

在過去的三小節中，筆者一再回到孔恩提到的《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》，發現在這兩本研究兒童物理概念的書中，皮亞傑不但借助亞里斯多德物理學來了解兒童的物理概念，還展現了兒童認知結構的完整性，以及發展有其持續演進與轉換的結構。孔恩《結構》中承認此二書對他的影響，在分析它們對《結構》的影響以前，吾人得先了解《結構》中所談的科學發展的結構。

⁶⁸ Piaget, *The Child's Conception of Physical Causality*, pp. 256-258.

⁶⁹ Piaget, *The Child's Conception of Movement and Speed*, pp. 198-199.

柒、《結構》中的科學發展的結構

《結構》此書的重點在處理科學的發展或成長，孔恩將「結構」一詞放在《結構》書名中，顯示他重視科學發展與結構的問題。在《結構》中孔恩從典範、常態科學、異常現象、科學危機、科學革命、世界觀的轉換等來談科學發展。在「常態科學」中進行研究的科學家遵循著某種典範來解決問題。可是碰到理論無法解說的科學發現時，此一新奇事實變為一異常現象，直接或間接地造成典範的變遷。異常現象對原有典範的破壞性，常擴展成科學發展的危機。最後，只有通過科學革命才解決危機。科學家改變了看世界的方式，也就是經歷過一種類似格式塔轉換，形成新的典範使原先的異常現象不再是異例，而產生另一個常態科學。

至於這些與科學發展有關的見解和科學發展的結構間有何關係，何寧根—修雷在孔恩為他撰寫序言的《重建科學革命：孔恩的科學哲學》(*Reconstructing Scientific Revolutions: Thomas S. Kuhn's Philosophy of Science*)一書中，主張科學發展是《結構》一書的中心論題，而「結構」就是孔恩探討科學發展的焦點。⁷⁰ 換言之，孔恩使用「結構」一詞與科學發展和世界觀的轉換有極為密切的關係。雖然書名中出現了可以充當引導孔恩對科學發展進行理論探究指標的「結構」一詞，孔恩並未明說「結構」一詞的意義。⁷¹

從科學發展是《結構》的主題來看，「結構」這一語詞的意義似乎不但不應背離此一主題，更應有所結合。何寧根—修雷發現，從書中的內容來看，有三處孔恩的用法較合於所謂「結構」就是孔恩探討科學發展的焦點之用法。

在《結構》的首章中，孔恩就提到出乎預料的重要科學發現會

⁷⁰ Hoyningen-Huene, *Reconstructing Scientific Revolutions*, pp. xviii, 24-27.

⁷¹ *Ibid.*, p. 24.

革命性地轉變科學家看世界的方式，而「導致與哥白尼革命有關的結構」正是這類具有「擴展性概念」的發現。

科學事實與科學理論是不可截然二分的，除非在某一常態科學傳統的慣行中或許有此區別。出乎預料的發現，其重要性不限於事實方面而已，同樣的理由，重要的新奇事實或理論不但轉變了科學家看世界的方式，也豐富了他們的科學知識。……科學發現是革命性的，因為正是這些發現導致與哥白尼革命有關的結構，對我而言這種擴展性概念是如此重要。⁷²

一些科學發現的實例經過檢查，孔恩發現它們不但不是孤立的事件，而是具有擴延性的事件，更涉及到「一種具有規則性重現結構」。

檢視一些挑選過的科學發現實例，我們很快地就會發現它們並不是孤立的事件，而是一種具有規則性重現結構的擴延性事件。⁷³

第三處是在《結構》的結論中，孔恩提到「一個科學持續演進的根本結構」。

我已在本書先前的章節內提出我對科學發展的概要描述。可是，前文不太能提供一個結論。如果這個描述真的掌握了一個科學持續演進的根本結構，那麼它同時引起了一個特殊的問題：為什麼科學可以穩定地向前邁進，而藝術、政治理論或哲學卻不是如此發展？為什麼只有我們稱作科學的活動

⁷² Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, pp. 7-8; Hoyningen-Huene, *Reconstructing Scientific Revolutions*, p. 25, n. 97.

⁷³ Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, p. 52; Hoyningen-Huene, *Reconstructing Scientific Revolutions*, p. 25.

才能擁有進步這份殊榮？⁷⁴

從上述三處談到科學發展的結構來看，「結構」具有一些值得注意的蘊意。第一個例子顯示：出乎預料以外的科學發現會導致科學家轉變他們看世界的方式，而形成某種像哥白尼革命的結構。這是否意味著，科學發現可以被納入它導致的科學革命的結構中，或至少二者間存在著結構的關連呢？雖然僅從這個例子很難回答這個問題，不過，第二個例子給予正面的回應。一些科學發現的實例不但不是孤立事件，實際上涉及的是一種規則性重現的結構。第三個例子提到的「一個科學持續演進的根本結構」究竟是什麼結構？它和一些科學發現的實例所涉及的一種具有規則性重現結構間的關係如何？

依照何寧根—修雷的分析，《結構》中談到與科學發展的「結構」可區分為普遍的科學結構與特殊的科學革命結構。⁷⁵ 前者若指那「一個科學持續演進的根本結構」，後者只是它的特殊呈現。筆者認為這種「普遍的一特殊的」區分只部分地了解孔恩所談的「結構」問題。因為第二個例子存在著一個衍生的問題：如果科學發現導致了科學革命的結構，而形成一個新典範的常態科學，那麼這個由科學革命形成的新常態科學有其結構。依此，下一個取代原先典範的科學革命也有其結構。如孔恩所說的，原結構與新結構間存在著格式塔轉換的關係。因此，在「普遍的一特殊的」區分以外，這些一個個的結構和第三個例子揭示的那「一個科學持續演進的根本結構」間還存在一種特別的關係，那就是一個個結構間的轉換與那「一個科學持續演進的根本結構」間的關係。

⁷⁴ Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, p. 160; Hoyningen-Huene, *Reconstructing Scientific Revolutions*, p. 26.

⁷⁵ Hoyningen-Huene, *Reconstructing Scientific Revolutions*, p. 24.

在何寧根一修雷提到的三個與科學發展的結構有關的例子以外，筆者發現《結構》中還有第四個有關「結構」的例子，或許能幫助我們進一步了解該書中有關「結構」的問題。相對於科學發現是可以納入它導致科學革命的結構中，在一段詮釋常態科學、異常現象、典範與格式塔轉換的敘述中，對既有典範而言，孔恩將異常現象或科學發現歸入突然與無結構的事件。

常態科學絕不可能改正典範。如我們早已看到的，常態科學只能導致指認異常現象與危機。而這些異常現象與危機只能以像格式塔轉換，一種相對地是突然的與不能被結構的(unstructured) 事件來結束，而非對既有典範的熟慮與詮釋所能消解。⁷⁶

新發現不能歸入既有典範，所以與既有典範間的關係是無結構的；相對而言，它與科學革命的結構(或新典範)連結在一起。

綜合上述分析，《結構》中與科學發展結構有關的問題可以分為三類：第一，科學發現可被納入科學革命的結構，或與科學革命成為常態科學後的新典範連結在一起的結構中；第二，不同常態科學各有其結構，而結構間的轉換有如格式塔轉換；第三，在各個結構的轉換後面，還有一個科學持續演進的根本結構。本文的旨意不在針對上述問題探討是否確有這樣的結構，而要回到《結構》中有關結構發展的問題來分析皮亞傑對《結構》的影響。事實上，從《結構》的名稱「科學革命的結構」來看，它是一本探討「科學革命」的「結構」的書，與它所重視的科學發展和結構相符，因此可從「科學發展」與「結構」兩方面來分析皮亞傑對《結構》的影響。

⁷⁶ Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, p. 122.

捌、皮亞傑對《結構》的類比影響

在孔恩承認皮亞傑對《結構》影響的基礎上，本節試圖從「科學發展」與「結構」兩方面，來分析皮亞傑對孔恩《結構》產生的影響，並重建此一影響的某些細節。

從《結構》是一本有關「科學發展」與「結構」的書來看，孔恩是怎麼發現皮亞傑的作品與他在《結構》中的研究有關？1947年左右「科學革命」或科學變遷在科學發展的研究上，還不是一個討論的課題，更談不上有關這方面書目的存在，孔恩採取了一種較為奇特的方式，經由善於發現意外的收穫 (serendipity) 來尋求相關的文獻。身處哈佛大學的孔恩，或許不會放過該校有關科學史的作品，正巧墨頓的《十七世紀英格蘭的科學、技術與社會》是一本與科學史有關的哈佛大學博士論文 (見本文第二節)，孔恩從其中的註腳裡，發現皮亞傑的《兒童的判斷與推理》。雖然此書處理的是兒童早期推理類型上的轉變，孔恩也承認它並不是科學史家所急切需要了解的作品，不過根據他的回憶，此書與科學發展是一種整體變遷的啓示有關。⁷⁷ 如果皮亞傑的《兒童的判斷與推理》(Judgment and Reasoning in the Child) 與科學史沒有直接關係，孔恩卻認為它

⁷⁷ “That revelation was the role played in scientific development by the occasional noncumulative episodes that I have since labeled scientific revolutions. On that non-topic there was no established bibliography, and my reading was therefore exploratory, often owing much to serendipity. A footnote in R. K. Merton's *Science, Technology, and Society in Seventeenth Century England* led me to the work of the developmental psychologist Jean Piaget. Though Merton's book was an obvious desideratum for a prospective historian of science, Piaget's work surely was not.” Thomas Kuhn, “Foreword,” in Fleck, *Genesis and Development of a Scientific Fact*, pp. vii-viii. 孔恩所指的註腳，見 R. K. Merton, *Science, Technology, and Society in Seventeenth Century England* (New Jersey: Humanities Press, 1978), p. 221 and n. 39.

和所要探討的科學變遷有關，究竟此書與科學變遷有何（間接的）關係呢？

筆者想到的一種可能解釋，是孔恩經由這本作品發現皮亞傑其他作品與他對科學變遷的研究有關。根據孔恩在《結構》序言中，談到影響他探討科學變遷的思想或作品時，提到一個偶然發現的註腳引導他發現皮亞傑其他的作品。⁷⁸ 那一個偶然發現的註腳很可能就是從墨頓《十七世紀英格蘭的科學、技術與社會》的註腳中，發現皮亞傑的《兒童的判斷與推理》。由於《兒童的判斷與推理》從兒童談話中使用的一些連接詞，來分析他們對因果與邏輯的關係，也分析新推理階段的出現，⁷⁹ 很可能引起孔恩進一步對皮亞傑《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》兒童實驗的注意。

另一方面，那一個偶然發現的註腳也可能引導孔恩從皮亞傑的兒童研究中，學會一種解讀亞里斯多德物理學的新方式。根據本文第三節的分析，孔恩在 1947 年接觸到十七世紀力學史時，原先採取牛頓力學的觀點去讀亞里斯多德物理學，遭遇到不小的困惑。後來，還是受到皮亞傑兒童研究的影響，學會一種解讀亞里斯多德物理學的方式。如果上述分析成立的話，那一個偶然發現的註腳很可能引導孔恩從皮亞傑的兒童研究中，學會一種新的解讀方式。在皮亞傑的兒童研究提供了孔恩一種解讀亞里斯多德物理學的新方式後，孔恩進一步將此種解讀過去舊科學的方式延伸到許多偉大科學家的作品，而開啟了科學發展如何由亞里斯多德物理學轉變到牛頓力學這類涉及科學變遷的問題。上述說法合於他所指出的，從墨頓《十七世紀英格蘭的科學、技術與社會》的註腳中，發現皮亞傑的

⁷⁸ Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, p. vi.

⁷⁹ Jean Piaget, *Judgment and Reasoning in the Child*, trans. Marjorie Warden (London: Routledge & Kegan Paul, 1969). Originally published in French as *Le jugement et le raisonnement chez l'enfant* in Neuchâtel & Paris in 1924.

《兒童的判斷與推理》與科學發展是一種整體變遷的啓示有關。

在科學發展如何由亞里斯多德物理學轉變到牛頓力學這類涉及科學變遷的問題上，皮亞傑的兒童研究對《結構》有何影響呢？在這個問題上，科學史又扮演了一個重要的角色。根據孔恩的自述，這「一個偶然發現的註腳引導我注意到皮亞傑的實驗，這些實驗揭露了成長中兒童所意識到的諸世界，以及從一個世界進入下一個世界的轉換過程。」⁸⁰ 孔恩從墨頓書中的註腳注意到皮亞傑在《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》二書，其中對兒童物理概念所作的實驗研究，不但揭露了成長中兒童所意識到的不同世界，從一個世界進入下一個世界的轉換過程，在上述引文的註解中，孔恩進一步提到皮亞傑的這些兒童研究與科學史的關係。

兩組皮亞傑的研究顯得特別重要：《兒童的物理因果概念》……與《兒童的運動與速度概念》……，因為它們所展現的概念和歷程，係直接從科學史中出現的。⁸¹

從孔恩強調，皮亞傑《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》中展現出兒童的物理概念與發展歷程，「係直接從科學史中出現的」來看，皮亞傑的兒童研究與科學史間的關係，對孔恩研究科學變遷的工作有相當重要的影響。⁸² 在本文第四到第六小節中，筆者指出皮亞傑用科學史中科學思想的概念來探討兒童具有不同的世界觀及其轉換歷程，而兒童的世界觀及其轉變歷程反映了

⁸⁰ “A footnote encountered by chance led me to experiments by which Jean Piaget has illuminated both the various worlds of the growing child and the process of transition from one to the next.” Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, p. vi.

⁸¹ “Because they displayed concepts and processes that also emerge directly from the history of science, two sets of Piaget's investigations proved particularly important: *The Child's Conception of [Physical] Causality . . .* and *Les notions de mouvement et de vitesse chez l'enfant . . .*” *Ibid.*, p. vi, n. 2.

⁸² 見註 35 的引文。

兒童認知發展有其結構，特別是在《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》這兩本研究兒童物理概念的書中，皮亞傑不但借助亞里斯多德物理學來了解兒童的物理概念與發展歷程，還展現了兒童認知發展有其持續演進與轉換的結構。

如果皮亞傑可用科學史中科學思想的概念來探討兒童具有不同的世界觀及其轉換歷程，而兒童的世界觀及其轉變歷程反映了兒童認知發展有其結構，孔恩是否可以參考皮亞傑研究兒童所具的不同世界觀及其轉變歷程，與其後的認知結構，轉而研究科學發展中不同世界觀及其轉變歷程，和其後的科學發展結構呢？在皮亞傑的兒童研究與科學史間的關係中，也就是皮亞傑藉著亞里斯多德物理學來闡明兒童的科學概念與發展，孔恩看到的是一種逆向的關係，也就是藉著皮亞傑的兒童研究來了解亞里斯多德物理學。

當孔恩將這種解讀方式擴展到過去的科學作品，開啟了科學發展是如何由亞里斯多德物理學轉變到牛頓力學這類涉及科學變遷的問題後，可能將他在皮亞傑的兒童研究與科學史間的關係中領悟到的逆向關係，延伸到科學變遷的問題上，反過來藉著皮亞傑的兒童研究來了解科學思想的變遷，也就是將兒童在物理「概念與歷程」中展現兒童認知發展有其持續演進與轉換的結構，用來探討科學史中的科學發展。因此筆者認為，皮亞傑的兒童世界觀發展研究為孔恩提供了一個可能的類比與啓示：在某種結構上，科學發展中世界觀的形成及其結構轉換可以借鏡於兒童世界觀及其轉換和其後的認知發展結構。換言之，皮亞傑對孔恩的影響是一個涉及類似的結構發展問題。

以下將從《結構》的內文分析來找尋此一假設的證據，支持皮亞傑對孔恩的影響是一個涉及類似的結構發展問題。這個問題可從兩方面來看：第一，孔恩在《結構》中一再使用一些非常類似皮亞傑認知結構論的語詞，並試圖將此一結構想法用到科學史，將個別

的科學革命經驗納入一個普遍的科學發展結構中去。第二，二者在結構問題上的類似性，也顯示皮亞傑對孔恩在結構問題上的影響。

一、孔恩與皮亞傑在語詞上的類似性

《結構》中一再出現一些與皮亞傑認知結構論非常類似的語詞，如同化、調適等，顯示皮亞傑對孔恩在結構問題上的影響。皮亞傑認知結構論使用的一個關鍵詞“同化”(assimilation)，在《結構》中，孔恩使用“assimilation”不少於十五次，⁸³“assimilate”一次，⁸⁴“assimilated”六次，⁸⁵“assimilating”一次，⁸⁶“assimilable”三次。⁸⁷另外一個皮亞傑常用的關鍵詞“調適”(adjust)，也多次地出現在《結構》中。粗略估計，孔恩用過“adjustment”至少五次，⁸⁸“adjusted”三次，⁸⁹“accommodate”一次。⁹⁰如果仔細考察一下這些語詞出現的脈絡，讀者將不難發現它們和科學發展結構有關。

首先，就普遍的科學發展結構而言，在科學發展中新現象的出現引起了一個問題：它能否為舊典範同化，還是成為異常現象後，舊典範面臨到調適的問題，直到新典範產生時才將它同化。

科學家覺察到異常現象的存在，也就是根據那支配常態科學的典範所作的推斷，與自然在各方面不相符合時，開始了發現。然後在出現異常現象的領域中進行擴展性的探討，直到

⁸³ Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, pp. 7, 52, 55-58, 71, 92, 95-96, 112, 118, 131-132.

⁸⁴ *Ibid.*, p. 134.

⁸⁵ *Ibid.*, pp. 9, 66, 89, 97, 112.

⁸⁶ *Ibid.*, p. 53.

⁸⁷ *Ibid.*, pp. 35, 55.

⁸⁸ *Ibid.*, pp. 53, 63, 68, 83.

⁸⁹ *Ibid.*, pp. 53, 64, 71.

⁹⁰ *Ibid.*, p. 19.

典範理論經過調整，使得原先的異常現象成為可預期的。要同化新事實，不能靠著〔依據舊典範〕添加性的調整理論即可，一直到調整〔典範〕的工作完成以前，也就是科學家在學會用一種不同的觀點看自然以前，新事實還不是一個科學事實。⁹¹

從結構的觀點來看，如果這種從新奇現象的出現和既有典範間的差距，無法被同化到舊典範中時，就成為一個異常現象。這種「異常現象的特色是它頑拒為既有典範所同化」。⁹² 對既有典範（也就是既有結構）而言，由於此一事件的發展具有擴延性，它無法被納入既有結構中，因而造成科學發展的不平衡危機，使得既有的結構或典範面臨到調適的問題。為了適應新現象，必須調整結構，而有了結構的轉化。當一個新典範同化了新發現，也就是舊結構轉換成新結構後，因而放棄了舊典範。⁹³

事實上，孔恩也將同化與調整等語詞落實到個別的科學革命或特殊的科學發展結構上，以歷史實例來指出，新發現的產生涉及到新典範的出現與舊典範的放棄。十八世紀後半發現一種後來稱為「氧氣」的氣體，它所導致的化學革命就是孔恩引用的事例之一。當時盛行的兩種關於燃燒原理的理論：燃素說 (*phlogiston theory*) 主張燃素是一種與火有關的物質，它的存在是所有可燃物質可以燃燒的原理；而一些研究氣體有關的科學家則認為燃燒的原理在於空氣。

依據燃素說，木炭等非金屬物質具有豐富的燃素，在燃燒時燃素游離出去，而減輕了重量。可是，金屬鍛燒的現象卻成為此說的

⁹¹ *Ibid.*, pp. 52-53. 底線強調是筆者加上去的。

⁹² *Ibid.*, p. 97.

⁹³ 因此放棄舊典範為一屬於結構轉變的內在理由。「是不是有什麼內在的理由可以說明：為什麼新典範在同化一種新現象或新理論後一定要放棄舊典範呢？」*Ibid.*, p. 95.

一個異例。依據燃素說，金屬鍛燒以後，雖然釋出了燃素，重量卻增加，碰到這種異常現象，又該如何解說呢？尤其是，

受到牛頓重力理論逐漸同化的影響，化學家相信重量增加即是質量的增加。這些結論還未讓化學家放棄燃素說，因為它是可以多種方式調整而不改變其核心成分。⁹⁴

其中一項調整的方式就是假設燃素的質量是負的。而普瑞斯里 (Joseph Priestley, 1733-1804) 提出了另一種調整的方式來說明他發現的新氣體。當普瑞斯里發現一種後來為拉瓦錫 (Antonio Lavoisier, 1743-1794) 稱為氧氣 (oxygen) 的氣體時，他稱這種氣體為“除去燃素的氣” (dephlogisticated air)，因為這種氣體中不含或含極少量燃素。當他發現後來稱為氮氣的氣體時，稱它是一種飽含燃素的氣體 (phlogisticated air)，因為一般氣體雖含有不少燃素尚可助燃，而它則是飽含燃素而不可助燃。換言之，他用燃素說作為理論的依據來解說他的發現。

以氧氣的發現來說，拉瓦錫將它定義為酸的形成者來說明燃燒與氧化的現象。孔恩則認為氧氣的發現不是一個單純的行動，而是一個與典範理論相互關連的複雜事件。

儘管“氧氣被發現了”是個無可懷疑的正確語句，它會讓我們誤以為：發現某件事物和我們一般（也是相當有問題的）看見事物的概念一樣，都是一個單獨與單純的行動。……發現一種新現象根本是個複雜的事件，它涉及到指認出被發現的是什麼和究竟是什麼。例如，假設我們認為氧氣是“除去燃素的氣”，我們應該毫不猶豫地堅持：普瑞斯里發現了氧氣，雖然我們還不確知他在何時發現的。在發現的事件中，如果觀察與概念的形成，事實與將它同化的理論，都是不可

⁹⁴ *Ibid.*, p. 71. 底線強調是筆者加上去的。

分割地連接在一起，那麼發現就是一個需要花時間來完成的歷程。⁹⁵

除了與結構有關的語詞上具有相似性以外，如果我們將孔恩有關科學發展的結構和皮亞傑有關兒童認知發展結構加以比較，吾人將發現二者間存在著一種相當的類似性。

二、皮亞傑與孔恩在結構問題上的類似性

孔恩有關科學發展的結構和皮亞傑有關兒童認知發展結構都不是靜態的結構，而是在歷史中演進的、動態的發展結構。從第五、六節探討皮亞傑的兒童世界觀與其發展結構，和第七節對孔恩《結構》中與科學發展結構有關的問題所作的分析，吾人不難發現皮亞傑的認知結構與孔恩的科學革命結構在三個特性上具有相似性：整體性、轉換、自我調整的持續結構。

第一，有關結構的整體性方面：在《結構主義》一書中，皮亞傑認為整體性是所有探討結構的人都承認的，⁹⁶ 他本人從生物學與心理學觀點來探討成長中兒童發展，在個體與環境的互動中，面對外在環境的訊息，個體的內在心理或認知結構，如基模是一個整體性的結構，可以同化外在的訊息；孔恩則是從科學家研究自然現象的發展成果方面來看此一問題，他的主張中也蘊含著科學的發展有其整體結構性。在科學革命以前，科學事實並不是一個孤立的事件，它總是被納入常態科學的典範中，而形成一個以典範為單位的發展整體；新的科學發現如不能為既有的典範同化時，它會導致科學危機而造成科學革命，直到它被科學革命成為常態科學後的新典範所同化，而被納入另一個科學發展的整體性結構中。

⁹⁵ *Ibid.*, p. 55. 底線強調是筆者加上去的。

⁹⁶ Piaget, *Structuralism*, pp. 5-6.

第二，關於結構的轉換與調適：皮亞傑探討的兒童認知發展結構和孔恩所談的科學發展結構在本質上都不是靜態的結構，而是在歷史中具有動態的發展結構，二者都面臨到整體性結構的調適或轉換問題。

在個體與環境的交互作用中，一方面，當皮亞傑的兒童認知發展結構能夠同化外在環境的訊息，表示既有的認知結構與外境間仍能維持平衡的關係；可是，當外境的變遷不是原有結構所能同化時，也就是原有認知結構和外境間的關係失去平衡時，環境的變化也會促使個體改變其結構來調適外境。於是，原有的整體性結構面對調適或轉換的問題，這也就是發生在前後相連的不同認知階段間的結構轉換問題。皮亞傑用知覺的完形來表達認知平衡的結果，而格式塔轉換也用來比喻由原有的認知平衡經歷過不平衡而轉換到另一個認知結構的轉變是一種整體性的轉變。

孔恩所處理的科學發展結構也面臨類似的問題。在常態科學時期，科學家是依照典範來同化外境所提供的科學事實，只要既有典範行的通，似乎可以表示由科學家發展出的這一個特別的科學發展結構和外在自然界間保持著平衡的關係；可是，當某一新的科學發現不能為既有的典範所同化時，似乎也可以表示這個既有的特別科學發展結構和外在自然界間存在著不平衡的關係，也就是科學發展的危機時期。直到此一外在世界呈現的科學發現堅持地迫使科學發展調適其結構，也就是產生能夠同化科學發現的新典範，將科學發現納入另一個科學發展的整體性結構中時，才完成了前後相連的不同科學發展結構間的調適與轉換。孔恩稱此種結構整體性的改變歷程為科學革命，並認為此種整體的轉變就像格式塔轉換一樣。

第三，根本結構的自我調整：皮亞傑認為在各個結構的調整、轉換後面，還有一個有機體持續演進的根本結構。在不同的發展階段，個體的認知結構會調整與轉換，不過這些調整與轉換只是有機

體認知結構為了調適外在環境的變化而作出的自我調整與自我維持，可以說是以有機體認知結構為一根本結構而在其內的調整與轉換。

孔恩討論科學發展時也強調一旦進入典範時期後，科學的發展將呈現有規則的重現結構，而結構間的整體轉換，也就是前後相連的不同科學發展結構間的調適與轉換後面，似乎存在著一個科學持續演進的根本結構來維持與調整結構的轉換。

玖、結語

如同學術史上，發生在學科或學門間的影響常因學者的研究而使後人有較完整的認識，⁹⁷ 本文的主要目的在通過科學史，與經由皮亞傑與孔恩間相關作品的分析，來探討這兩位分屬不同學門和具有不同專長的學者，經過學科間相互影響，皮亞傑是如何對孔恩《結構》產生了影響。

研究兒童智力成長的皮亞傑，對兒童物理概念或世界觀的研究，雖然只是他對兒童多方面研究的一個特別部分，卻也反映出他對兒童認知結構的根本看法，認為兒童的智力是有機體與環境互動中，個體會以內在認知結構來同化外界的訊息，當環境的變化不能被認知結構所同化時，也會迫使有機體改變結構來調適外在環境。這種認知結構的成長是一種動態的發展，有其不同的階段，並合於他所主張的結構發展的三個根本特性：整體性、轉換與自我調整。

另一方面，曾教過科學思想發展史的皮亞傑認為歷史中科學概念之發展和兒童物理概念的發展間存在著類似的關係，因此皮亞傑

⁹⁷ 譬如，近代物理學與化學對分子生物學的影響，見 Garland Allen, *Life Science in the Twentieth Century* (Cambridge: Cambridge University Press, 1978), ch. 7; James D. Watson, *The Double Helix* (New York: Atheneum, 1968).

借用科學史中科學思想的概念來探討兒童具有不同的世界觀及其轉換歷程，而兒童的世界觀及其轉變歷程反映了兒童認知發展有其結構。在《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》這兩本研究兒童物理概念的書中，皮亞傑不但借助亞里斯多德物理學來了解兒童的物理概念，還展現了兒童認知發展有其持續演進與轉換的結構。

1947 年當孔恩還是一名接受物理專業訓練的博士班研究生時，他獲得一個將科學史應用到科學通識教育上的機會，而開始接觸到亞里斯多德物理學。最初，他是以牛頓力學的概念來解讀亞里斯多德物理學，也就是從科學家具有的現代科學知識的進步觀點來看舊科學。這種觀點的科學發展見解，強調的不是結構的發展，而是一種累積式的看法：認為憑著科學方法的運用，經由累積下來的科學研究成果所形成的科學理論，總是後來的比先前的理論更近於自然或終極的實在。

隨後，孔恩從皮亞傑的兒童研究中，學習到一種解讀亞里斯多德物理學的新方式。他在皮亞傑的兒童研究與科學史間的關係上，也就是皮亞傑藉著亞里斯多德物理學來闡明兒童的科學概念中，看到的是一種逆向的關係，也就是反過來藉著皮亞傑的兒童研究來了解亞里斯多德物理學。當孔恩將這種解讀方式擴展到過去的科學作品，進而涉及科學發展是如何由亞里斯多德物理學轉變到牛頓力學，這類用直線累積觀點無法解說的科學變遷問題時，他在皮亞傑的兒童研究與科學史間的關係中領悟到的逆向關係，繼續延伸到這類問題上。

如果皮亞傑借用科學史中科學思想的概念來探討兒童具有不同的世界觀及其轉換歷程，並以兒童的世界觀及其轉變歷程來反映兒童認知發展有其結構與轉變歷程，孔恩看到的是一種逆向的關係，也就是反過來參考皮亞傑研究兒童所具的不同世界觀及其轉變

歷程，與其後的認知結構，轉過來將其借用到科學發展中不同世界觀及其轉變歷程，和其後面的科學發展的結構上去。依此筆者認為，對於《結構》這本以科學史為材料來研究「科學發展」與「結構」的書而言，皮亞傑對孔恩的影響是一個涉及類似的結構發展問題。皮亞傑的兒童研究為孔恩提供了一個發展結構上的類比影響：在某種結構上，科學發展中世界觀的形成及其結構轉換可以借鏡於兒童世界觀及其後面的認知發展結構與轉換。筆者認為，結合《結構》的序言與內文分析可幫助吾人說明皮亞傑對孔恩《結構》在發展結構上的類比影響。

皮亞傑在《兒童的物理因果概念》與《兒童的運動與速度概念》二書中，不但借用科學史中科學思想的概念來探討兒童具有不同的世界觀及其轉換歷程，在展現他的兒童認知發展結構的概念與歷程中，也反映了兒童認知發展結構間在整體性、轉換、自我調整的持續結構等特性。在《結構》的序言中，孔恩肯定皮亞傑對他的影響時，特別提到這兩本對兒童物理概念所作的研究，不但揭露了成長中的兒童所意識到的不同世界，以及轉換過程，並強調這些研究中兒童的物理概念與科學史的關係，在「概念與歷程」上都是「直接從科學史中出現的」。如果孔恩認為皮亞傑的這些兒童研究揭露了成長中兒童所意識到的不同世界以及轉換過程，而成長中兒童的物理概念在「概念與歷程」上都是「直接從科學史中出現的」，是否也意味著兒童的物理概念及歷程背後的認知發展結構與科學史中呈現物理概念及歷程背後的科學發展結構間或許存在著相似性。從《結構》的內文分析方面，來比較孔恩的科學發展結構與皮亞傑兒童認知發展結構後，吾人發現：在結構問題上孔恩與皮亞傑存在著使用語詞的類似性，孔恩的科學發展結構與皮亞傑的兒童認知發展結構間在整體性、轉換、自我調整的持續結構上具有類似性。

儘管孔恩的科學發展結構和皮亞傑所處理的兒童認知發展結

構在整體性、轉換、自我調整的持續結構上具有類似性，我們是否能夠如此肯定地說，這只是皮亞傑對孔恩的影響，而不是出自弗萊克對《結構》的影響呢？值的注意的是，孔恩在 1976 年 6 月為弗萊克《一個科學事實的發生與發展》一書所寫的前言中，還特別提及皮亞傑與弗萊克兩人作品對他研究科學變遷的影響。回到《結構》的序言，孔恩提到影響此書發展的人物、思想與著作中，皮亞傑與弗萊克的著作都是與科學史、結構和格式塔心理學有關的作品。

孔恩發現弗萊克作品的過程，就像他由墨頓《十七世紀英格蘭的科學、技術與社會》的註腳中發現皮亞傑的作品一樣，是在尋求有關科學變遷的書目中，經由善於發現意外的收穫，他從萊興巴哈 (Hans Reichenbach)《經驗與預測》的註腳中，發現弗萊克德文版的《一個科學事實的發生與發展》。⁹⁸

弗萊克的《一個科學事實的發生與發展》是一本涉及結構與格式塔心理學的作品，係以醫學史中現代梅毒觀念的發現為材料，來建構科學發展的哲學。⁹⁹ 在這本涉及科學史的著作，弗萊克特別強調思想方式 (thought collective)，因而觸及了科學發展的結構問題，只是他偏重社會學意義的思想方式的結構。¹⁰⁰ 例如，他提到：「一個由許多細節與關係組成的意見系統，一旦在結構上形成完整而封閉的系統，就會頑抗任何與它抵觸的東西。」¹⁰¹ 依照此種看法，基於社會學的理由，在這種方式中進行的思想溝通可導致吾人

⁹⁸ Kuhn, "Foreword," in Fleck, *Genesis and Development of a Scientific Fact*, p. viii.

⁹⁹ 它「利用梅毒觀念史，以及發現梅毒與“瓦氏反應”(Wassermann reaction)的關係的過程作為例證，呈現一套科學發展的哲學。」 Daniel Goldman Cedarbaum, "Paradigms," *Studies in History and Philosophy of Science*, 1983, 14:173-213, on p. 192; 中文翻譯見王道還、錢永祥譯，〈典範〉，收入程樹德、傅大為等譯，《科學革命的結構》，頁 323-324。

¹⁰⁰ 此書的〈索引〉中提到兩次具有社會學意義的思想方式的結構。 Fleck, *Genesis and Development of a Scientific Fact*, pp. 105, 107-108.

¹⁰¹ *Ibid.*, p. 27.

確認一個思想方式的結構。¹⁰² 落實在“瓦氏反應”與現代梅毒觀念的發現上，就是從一個獨特事件開始，逐漸形成另一種科學社群的思想方式，因而產生了一個新的結構。

因此，逐漸地產生了一個結構。從思想史看來，開始時它是一個獨特的事件或發現，後來思想方式的超乎尋常力量將它發展成為一種必然重現的事件，因而成為客觀的與真實的發現。¹⁰³

另一方面，在他觸及思想方式的結構時，弗萊克也借用格式塔心理學提供的知覺完形來說明思想方式的構成，形成了一種「看」的方式。¹⁰⁴

如果原先的思想方式可以形成一種結構，和新（思想方式）結構的說法可以成立，我們應該如何來看待弗萊克所談的這個關連到科學發現或現代梅毒觀念發展的（思想方式）結構與原先（思想方式）結構間的關係呢？換句話說，或許我們該問：弗萊克是否處理了新舊（思想方式）結構間的轉換問題？弗萊克有關（思想方式）結構間的轉變問題是否直接影響了孔恩的典範轉換？

如果弗萊克的思想方式是一種結構，依照崔達保 (Daniel Goldman Cedarbaum) 的分析，弗萊克的書中有「很多想法與孔恩有驚人的相似性」，特別是「弗萊克的“思想方式”，與孔恩“典範”(取它的廣義) 十分相似」，¹⁰⁵ 而孔恩的典範也是一種結構，二者間的相似性是否意味著孔恩的典範轉換直接受到弗萊克思想方式轉換的影響？

¹⁰² *Ibid.*, p. 106.

¹⁰³ *Ibid.*, p. 145.

¹⁰⁴ *Ibid.*, pp. 92, 133.

¹⁰⁵ Cedarbaum, “Paradigms,” pp. 192, 196; 中文翻譯見王道還、錢永祥譯，《典範》，收入程樹德、傅大為等譯，《科學革命的結構》，頁 324, 330。

先來看一下孔恩本人對此書的看法。或許是由於語言與醫學史內容方面的困難，造成孔恩有一段時期無法確定他從弗萊克的書中取用了任何具體想法。在 1949 年底或 1950 年初，孔恩首次閱讀此書的德文版，感到不論是德文或其中討論的醫學史，還是此書談論的社會學「思想方式」，都是難以消化的。¹⁰⁶ 直到 1976 年為了替弗萊克的書英譯本寫序言而重讀此書，之前，他似乎一直為弗萊克對他有何具體的影響而感到困惑。特別是當《結構》問世後，書中提到弗萊克對他有影響，可是當別人問他，弗萊克的書對他有何影響時，孔恩自己承認，他幾乎全然不確定究竟從弗萊克的書中取用了什麼，不過仍肯定此書很可能幫助他了解社會學方面的問題，《結構》中引用此書也只是因為這個社會學方面問題的關連。¹⁰⁷

1976 年為弗萊克的書英譯本寫序言時，孔恩重讀此書，或許是他讀了英譯本後，從它豐富的內涵中發現許多圍繞著「思想方式」的洞見。¹⁰⁸ 弗萊克的「思想方式」對孔恩具有社會學意義的影響是無庸置疑的。不過在《一個科學事實的發生與發展》中，弗萊克似乎沒有談到（思想方式）結構的轉換有如格式塔轉換，格式塔轉換與弗萊克的書會連結在一起，似乎還是出自孔恩的想法。孔恩初次閱讀此書的德文版時，在他所擁有的書裡，以眉批的方式將心中或許已有的想法在書頁邊上寫下了「自然有如格式塔轉換般呈現自

¹⁰⁶ Kuhn, "Foreword," in Fleck, *Genesis and Development of a Scientific Fact*, p. ix.

¹⁰⁷ "I have more than once been asked what I took from Fleck and can only respond that I am almost totally uncertain. Surely I was reassured by the existence of his book, a nontrivial contribution because in 1950 and for some years thereafter I knew of no one else who saw in the history of science what I was myself finding there. Very probably also, acquaintance with Fleck's text helped me to realize that the problems which concerned me had a fundamentally sociological dimension. That, in any case, is the connection in which I cited his book in my *Structure of Scientific Revolutions*." *Ibid.*, p. viii.

¹⁰⁸ *Ibid.*, pp. ix-x.

身」。¹⁰⁹ 因此，在格式塔轉換的影響上，弗萊克對孔恩具有的影響似乎不但不是原始的，反倒是孔恩將他在讀弗萊克的書以前就已有格式塔轉換的想法反映在眉批上。另外，關於科學發展結構的演進，或是《結構》中談到的「一個科學持續演進的根本結構」，弗萊克似乎也未曾討論這類問題。

在影響孔恩《結構》的作品中，皮亞傑與弗萊克兩人作品不但與科學史、結構和格式塔心理學有關，還是影響孔恩探討科學變遷的主要作品。既然除了社會學方面問題的關連以外，孔恩無法確定他從弗萊克的書中取用了任何具體想法，同時弗萊克似乎沒有明白談到（思想方式）結構的轉換有如格式塔轉換，與關於科學發展結構的演進背後是否存在著「一個科學持續演進的根本結構」，相對地，在比較過孔恩的科學發展結構與皮亞傑兒童認知發展結構後，吾人發現：在結構問題上孔恩與皮亞傑存在著使用語詞的類似性，孔恩的科學發展結構與皮亞傑的兒童認知發展結構間在整體性、轉換、自我調整的持續結構上具有類似性。依此，我們很難說《結構》中展現了類似的特性只是一項巧合，而不是受到皮亞傑的影響。

¹⁰⁹ *Ibid.*, p. ix.

徐光台先生現為國立清華大學通識教育中心與歷史研究所副教授。成功大學理學士，台灣師範大學教育學碩士，美國奧克拉荷馬大學科學史博士。專長學科為西洋科學史、中國科學史及科學史與科學教育。最近著作計有(1)〈儒學與科學：一個科學史觀點的探討〉，《清華學報》，新26卷第4期（民國85年12月），頁369-392；(2)〈Kuhn《結構》中所談的科學教育——兼論Siegel與Brush的爭議〉，《科學教育學刊》，第5卷第3期（民國86年9月），頁391-418；(3)〈明末西方四元素說的傳入〉，《清華學報》，新27卷第3期（民國86年9月，出版中）；(4)〈利馬竇《天主實義》中格物窮理〉，《清華學報》，已接受刊登，將刊於新27卷第4期。

Jean Piaget's Impact on Thomas Kuhn's *The Structure of Scientific Revolutions*

Kuang-Tai Hsu

Abstract

This paper deals with Jean Piaget's impact on Thomas Kuhn's *The Structure of Scientific Revolutions* from the viewpoint of intellectual history. Piaget is famous for his studies on genetic epistemology and Kuhn is well known for his work in philosophy of science. This question is, since they have different specialties, how did the former come to have an impact on the latter?

Through analysis of several of Piaget's and Kuhn's works, the author finds that the history of science plays a key role in this interdisciplinary. As a structuralist, Piaget was interested in children's cognitive structures, especially in their worldviews of different stages, the transitions between the stages, and in fundamental structures regulating and maintaining the change of worldviews. In the *Structure*, Kuhn examines on scientists' worldviews in different paradigms, the transition between them, and the essential structure of scientific development. The parallel between Kuhn's structure of scientific development and Piaget's cognitive structure of children, as well as Kuhn's usage of language similar to Piaget's, suggest that Piaget had a great influence on Kuhn's *Structure*.

Key Words: J. Piaget, T. Kuhn, History of Science, Aristotle's Physics, The Development and Transformation of Structure(s)