

庫恩的科學革命

林崇安
中央大學太空所

一、前言

●總綱：科學哲學是以「科學方法」對各種「存在」追根究底，以增加智慧、減除疑惑的一門學問。針對科學知識的增長，不同的「科學哲學家」建立不同的理論，此中，庫恩建立了科學革命與典範的新觀點。

【背景】

庫恩（T. S.Kuhn, 1922-1997）的成名著作是 1962 年出版的《科學革命的結構》，1970 年的第二版又加上一篇「後記」，1996 年再出第三版。此書對哲學界、社會學界造成很大的衝擊。庫恩的術語，如科學革命、典範、不可共量性等，被廣泛地用到不同的專業領域內。1970 年起，庫恩的科學哲學的歷史進路，開始取代邏輯進路的科學哲學。

二、科學革命與典範

【1】科學發展模式

庫恩對科學發展的歷史進路，是三部曲發展模式：a 常態科學(normal science)、b 科學危機(scientific crisis)、c 科學革命(scientific revolution)。發展如下：

- ☐ →a1 常態科學→b1 科學危機→c1 科學革命…
- ☐ →a2 新常態科學→b2 新科學危機→c2 新科學革命…

【2】典範(paradigm)和解謎(solving puzzles)

與這個發展模式相關的一個重要概念是「典範」。典範是常態科學時期科學家從事科學活動的「最高權證」。常態科學時期的科學家，在典範的指導下進行「解謎」活動，而不會去質疑典範。「謎題」是科學家用典範所要解決的科學問題。科學的進步，在於有「常態科學」的權威性與獨霸性。

【3】異例和典範轉移

庫恩把科學典範的變換類比於政治革命，有發生、發展和衰亡的過程。典範在形成之初所向披靡，到一定程度生命力就漸漸耗盡，開始解不了特殊的「謎題」，典範就進入危機。如果有一「謎題」在許多科學家努力下仍不得解決，便成為舊典範下的異常現象或異例(anomaly)。異例一多，會讓一些科學家對舊典範產生懷疑和動搖，出現典範的危機，開始尋求新典範，此時可能有多種新典範被提出來，和舊典範互相競爭，於是科學發展開始步入科學革命時期。當然，舊典範還會拼命掙扎，改變形態以適應異常現象。如果危機日益加深，不足以徹底緩解，若其中一個新典範完全取代舊典範，便是科學革命成功，而有典範的轉移，同時進入新一階段的常態科學。因此，以典範為核心的發展歷程，經歷了「典範動搖」和「典範轉移」，其模式如下：

□ →舊典範確立→異例出現→多典範競爭→新典範確立→

符合這個模式的例子：

a 托勒密地心說→哥白尼日心說

b 亞里斯多德力學→牛頓古典力學→相對論力學

【4】新典範和舊典範的比較

- (a) 新典範能解決導致危機的多種「謎題」。
- (b) 新典範在量的精確性方面優於舊典範。
- (c) 新典範預言出舊典範完全沒有意料到的現象。
- (d) 庫恩還加上一條美學的解釋：新典範比舊典範更美、更適當、

更簡單。

【5】典範的特色

- (1) 典範是某一時期內公認的科學成就，是「科學家社群＝共同體＝同行」所要解決問題的「最高權證」。例如：
亞里斯多德的《物理學》；
托勒密的《天文學》；
牛頓的《原理》、《光學》；
富蘭克林的《電學》；
拉瓦錫的《化學》；
萊爾的《地質學》。
- (2) 典範的二特徵：
 - a 作者成就空前，可吸收敵派學者歸附。
 - b 仍有題材待應用與解決。
- (3) 典範的轉變，就是科學革命。例如：
牛頓的光學典範→楊格(Young)與弗雷斯諾(Fresnel)的光學典範→Planck 及 Einstein 的光學典範。
- (4) 獲得典範後，科學家從小範圍內從事更精確、更深奧、更費心力的探索，此即「常態科學」的本質，由此導致科學進步：
 - a 決定重要的事實。
 - b 使理論與事實吻合。
 - c 精煉理論。

【6】科學革命前後的兩個典範，彼此是否相容？

- (1) 邏輯實證論主張後繼的理論必須要能引導出先前的理論。或者說把先前的理論「化約」到後繼的理論上。先前理論只是後繼理論的特例；正如牛頓力學只是相對論的特例（如速度遠小於光速）。
- (2) 庫恩說：這一化約過程其實似是而非。因為就算在限制條件下導出與牛頓力學形似的公式，但是時間、空間和質量的意義卻完全不同。牛頓力學有絕對時間和絕對空間，而相對論裏的時間、空間這兩個名詞雖然一樣，但概念完全不一樣。所以，前後的典

範間有「不可共量性」。

- (3) 又如，對十九世紀電磁學而言，探求「乙太」的性質是重要的研究問題；然而相對論根本不需要探求「乙太」這種物質和性質。科學革命是一個在新基礎上，重新創建研究領域的過程，而不是將舊典範修改、引申。例子：

燃素論		氧化論
金屬是化合物		金屬是單質
金屬渣是單質（已去除了燃素）		金屬渣是金屬與氧的化合物
木炭燃燒是分解反應		木炭燃燒是化合反應

由相互比較可知，氧化論不可「簡化」為燃素論。

【7】科學共同體

庫恩把典範與科學共同體聯繫起來，他說：

「一種典範是、也僅僅是一個科學共同體成員所共有的東西。反過來，也正由於他們掌握了共有的典範才組成了這個科學共同體。」（《必要的張力》）

在理論的選擇中，同行評議就是理論確認的社會機制。在科學語言越來越專業化的情況下，除了真正的同行，局外人已經很難掌握科學發現的具體內容。科學發現由同行承認而確認的標準，是近代以來科學活動的一個重要特點，它因為歷史上的成功而具有權威性。

【8】進步或退步

當一個社群接受了一個科學典範之後，它也同時接受一個判準，以之來選擇研究的問題。不受典範保證的問題，常被斥為形上學的問題，而受到排斥——因為那些問題不能用典範所提供的觀念、理論和儀器裝置來處理。

科學史上，很多新理論往往被對手看成是在開倒車。

- (1) 笛卡兒的機械典範：任何現象必須要有基本質點之形狀、大小、位置和運動，以及有接觸碰撞的機制。如果不能，就不科學。因

而當時的生理學家對鴉片有安眠作用的解釋是：鴉片的微粒是圓的，沿著神經運動時，經由接觸而鎮靜神經。

- (2) 牛頓的萬有引力（一種超距作用，無需微粒的碰撞）的概念，和巫術的神秘作用似乎一樣，當時許多科學家（如惠更斯、萊布尼茲）都批判這個概念不科學，甚至是開倒車，恢復文藝復興時的「巫術性質」（不用接觸就能作用）。

問：如何面對特異功能的研究？

【9】科學理論的評價標準

科學理論是可以比較的，庫恩提出五個評價的標準：

- 1 精確性。
- 2 一致性：理論內部沒有邏輯矛盾。
- 3 廣泛性：一個理論可以說明越廣泛的現象，這個理論越好。
例如，麥克斯威的「電磁理論」不但可以說明電磁現象，還可以說明光的現象。
- 4 簡單性：一個理論的基本假設越少，這個理論越好。
例如，亞里斯多德(Aristotle, 384-322 BC)認為天上的運動和地上的運動是兩回事。牛頓找到天上和地上的運動是同一個原因：萬有引力。
- 5 有效性：好的科學理論要能預測新的現象。

【10】異常現象或異例的處理

- (1) 異常現象或「異例」是與原典範的推斷不合的現象。有三種處理異常現象的方式：
 - (a) 典範內部的調整，如輔助條件的改變，將異常現象解決掉。
 - (b) 如果這個異常現象，一直無法被原典範的調整所解決，就有可能形成典範的危機，而導致科學家尋求新典範。
 - (c) 擱置不管，直到有人從某相關議題意外突破。
- (2) 導致典範崩潰的問題往往不是新問題，而是長久以來就已存在，只因沒有危機而未受重視。譬如，早在希臘時代，亞里斯大可士(Aristarchus) 就提出「地動說」，但長久不受重視。異常現象只有在危機時期才會受到重視。
- (3) 異常現象通常不會被科學家當成反例來否定典範。科學家會先

使用種種特置假設(ad hoc hypothesis)來保護典範。

三、由增智模式看庫恩三部曲模式

(1) 科學哲學的「增智模式」：

【前科學 1】→【科學 1】→【後科學 1=前科學 2】→【科學 2】
→【後科學 2=前科學 3】→【科學 3】…

(2) 增智模式分「躍升型的增智模式」和「下推型的增智模式」：

躍升型的增智模式，是往上創新，找出新原理（定律、典範、硬核）。

下推型的增智模式，是往下實惠，應用新、舊原理。下推型主要有二類：

一以原理配合初始條件（含邊界條件），得出預測的結果（如天氣預報），此是由因推果，屬預測類。

一由已得的事實（如大海嘯）配合原理，猜出適當的初始條件（含邊界條件），此是由果溯因，屬解謎類。

預測，屬科學方法中，如何檢驗原理或應用原理之一部分。

解謎，屬科學方法中，如何應用原理之一部分。

(A) 庫恩三部曲模式屬於「躍升型的增智模式」：

【科學 1】 ↔ 常態科學 1

【後科學 1=前科學 2】 ↔ 科學危機 1+科學革命 1

【科學 2】 ↔ 常態科學 2

【後科學 2=前科學 3】 ↔ 科學危機 2+科學革命 2

(B) 常態科學的「研究細節」是屬於「下推型的增智模式」：

【前科學 1】

一類（解謎類）是〔由觀測的新事實〕→〔選出適合的已知原理和猜出初始條件（含邊界條件）〕→〔推出可供檢驗的結果〕→〔檢驗〕。

一類（預測類）是〔已知的原理配合初始條件（含邊界條件）〕→〔推出可供檢驗的結果〕→〔檢驗〕。

【科學 1】

通過檢驗後，歸入合乎科學的檔案、實例。

【後科學 1】

四、科學革命與達爾文演化知識論的評比

透過生物學家麥爾的看法，我們對庫恩所主張的「常態科學」與「科學革命」，可以從生物學得到另一方面的評比：

- (1) 當我們言及科學的進步，或科學的演進時，所意指的是建立更能解釋現象、更能抵禦反駁的科學理論，同時還意味著準確的預測能力。
- (2) 每一個領域中，通常都會有一些未解的謎題，所謂的黑盒子—隨意的假設，仍需要詳細的分析和解釋。就此層面來看，科學是沒有止盡的。
- (3) 進展有時並不單純地駁斥其他理論，而是在統合數個學科後，拓寬解釋的基礎。
- (4) 細胞學的發展史提供了最生動的實例，來說明科學的漸進發展。…接下來應考慮的問題則是，這些進步是如何發生的？在當代科學哲學文獻中，大致可區分出兩個主要學派：第一是庫恩所主張的「常態科學」與「科學革命」；第二派則是達爾文演化知識論。

A.根據庫恩的原版論文，科學的進展是由偶發的科學革命所帶動，中間夾雜了漫長的常態科學時期；在科學革命時期，一門學科會採納一套全新的典範，而該典範則會延續主導後續的常態科學時期。

庫恩也預設新舊典範間存在著不相容性。

根據庫恩的說法，「學科網絡」蘊含的意義遠超過一則新學說，學科網絡是信仰、價值和象徵概念系統。因此庫恩所言的「學科網絡」，和其他哲學家所言的研究傳統，是有幾分相似性的。

B.達爾文知識演化論的主要中心思想是，科學的演進就如同有機世界的演化一般，是經由達爾文演化的天擇方式，其特色則為「變異」和「選擇」。更精確的地說，愈強壯、愈逼真、愈具解釋能力、愈能排解問題的學說，也愈能在一代代的競爭中贏得接納而生存下來。

知識的變異和選擇基本上是依循達爾文的演化模式，卻是不爭的事實。在一群競爭理論中，會取得最後優勢者，必定是可圓滿解

釋最多現象，遭遇困難最少的，換句話說，也就是最適者。

在知識論中，新臆測會不斷被提出。有些較能成功適應情況的臆測，就會被採納。

有些改變的僅是旁枝末節，有些則是大到足以稱為革命。

(5a) 達爾文的第一次革命是「共祖觀念」的被接受。而其所造成的變革可就兩層面來看：

第一，共祖學說以自然具體的漸進演化解釋，取代超自然的創造觀念。

第二，早期演化學家所採納的是直線演化模式，共祖學說則為樹枝狀的演化模式，只需單一的生命起源，即可產生多樣化生物。

(5b) 達爾文的第二次革命，則是由「天擇說」所引發。雖然天擇說早在 1859 年時即已提出，並已具備了詳盡的解釋，但由於與當時盛行的五個意識形態（神創論、本質論、目的論、唯物論、化約主義）相牴觸，因此遭遇到頑強的抵抗，直到 1930 到 40 年演化綜合學說出現後，才被普遍接受。

(5c) 達爾文的第二次革命究竟發生於何時？是 1859 年提出之際，還是 1940 年被廣為接受之時呢？我們能將 1859 年到 1940 年期間視為常態科學時期嗎？

(6) 分子生物學的興起是革命性的，但絕非庫恩式的革命。

例如，當科學家發現 DNA 的雙股螺旋結構時，雖因此而開創了分子生物學，但對觀念的影響卻很有限，因此從遺傳學進展到分子生物學的期間，並無實質典範的轉變。

(7) 在活躍的生物學領域中，似乎並無所謂的常態科學時期，重大與次要的革命總是間雜接踵而至。

達爾文演化知識論較庫恩的科學觀更能貼切描繪生物學理論的演進。

(8) 費耶爾本（費葉拉朋）曾指出，達爾文演化知識論實際上是一個非常古老的哲學概念：「知識的進展是在各類觀點之競爭與繁衍下形成的」，這個概念最早是由前蘇格拉底學派所提出。

至於「各類理論的競爭是科學的關鍵要素」的概念，則是由馬赫和波茲曼引進，主要受達爾文主義的影響。

(9) 「大陸漂移說」在 1912 年由韋格納首次發表之時，也同樣面臨了地球物理學家的一致反對。

當 1960 年代早期海底擴張和相關的磁場現象被發現後，大陸漂

移說也在數年之內被普遍接受。

- (10) 重新發現孟德爾遺傳定律的科學家（貝特森、德弗里斯）也曾排斥當時已盛行的族群思考的「漸進演化觀念」，而傾向類型思考的「跳躍演化觀念」。生物學發展史中有許多這種暫時退化發展的例子，他們正好可以做為一則教訓：不要輕易的放棄一個看起來已經被駁倒的理論，除非經過反覆測試發現有確實的錯誤。
- (11) 不同證據會導出不同的結論，是使科學家耗費長時期才能達成共識的原因之一。

科學知識難以達成的第二項原因，則是意見相左的科學家，墨守不同的意識形態。

第三項原因是在某一段時間內，數種解釋似乎都能說明同一現象，例如鳥類長途遷徙的定向問題，就曾推測與太陽的位置、磁場、嗅覺和其他因素有關。

- (12) 物理學的解釋絕大多數是根據基本定律的作用，而牽涉基本定律的解釋有可能是遵循庫恩式的革命。
- (13) 1880 年後，顯微鏡的改良使科學家能更精確地描述細胞核及細胞核在有絲分裂、減數分裂時的變化，並解釋這些變化的意義。1900 年後，細胞學的進展片刻也不曾減緩過，最初主要的貢獻者是遺傳學和細胞生理學，其後在電子顯微鏡的幫助下，科學家可對細胞的細部構造做更詳盡的探討。而經由分子生物學，更可分析細胞質中的所有組成。雖然觀察仍是新發展的濫觴，但理論的形成顯然不再是單純推論的結果，而是經由觀察提出疑問，由疑問引伸出臆測，在證實或推翻臆測後，產生新的學說和解釋。

五、結語

科學創造的泉源為何？戴森說：

「對嘉里森（P. Galison）來說，科學發明的過程是由新工具所推動的。庫恩卻認為新觀念才是動力。這兩種觀點都正確，不過也都不盡完全。科學的進步既需要新觀念，也需要新工具。」

早在 1947 年，庫恩 25 歲時的夏天，他反覆翻閱那本他認為幾乎全錯的亞里斯多德的《物理學》，突然他看懂了。他了解亞里斯多德

為什麼這麼寫，許多荒謬的語句立刻變得合理了。從此他開展出科學革命的一片天空。庫恩的典範和不可共量性等，對哲學界、社會學界等不同的專業領域都造成不小的衝擊。歷史上，為什麼創建新典範的科學家，幾乎都是年輕小伙子或剛入行不久？這答案也許是因為他們比較不受舊典範的約束。

革命的成本其實並不高
只要頭腦和時機
不早也不晚
就成功
了
