

科學哲學對科學知識主體主張的演變

趙金祁

國立臺灣師範大學科學教育研究所

許榮富

國立臺灣師範大學物理系

黃芳裕

國立臺灣師範大學科學教育研究所博士班

壹、科學哲學對科學知識主體的主張 一、以經驗為主的前實證主義 二、以邏輯為主的實證主義 三、後實證主義 (一) Kuhn 和 Kuhman 的典範與學科矩陣 動態歷史觀 (二) Post-Kuhnian 的主張 (1) Lakatosian 的理性研究序列 (2) Laudan 的無關理性網狀模型	貳、科學哲學主體觀的變遷與知識的不同真理層面 叁、科學知識的各種主觀體 肆、科學知識的不同結構 伍、科學哲學的知識主體觀在教育的啟示 陸、參考文獻
---	---

壹、科學哲學對科學知識主體的主張

人類對外在世界的看法組成人類的知識系統，究竟科學知識的主體是什麼？這個問題從古希臘哲學家就開始探索直到今日。隨著歷史的軌跡，不同的主體觀對知識有著不同的詮釋，使知識產生一系列的變化，也產生知識不斷進展的動力，本文依照從單一絕對實體到多種相對複雜的實體，沿著知識分化發展之方向，對科學哲學的發展歷史加以分析，可分成(一)前實證階段。(二)實證階段。(三)後實證階段。

一、以經驗為主的前實證主義

前實證階段 (pre-positivist) 是指從亞里斯多德 (Aristotle, 384-322, BC) 到大衛·希米 (David Hume, 1711-1776) 前的階段。在此一漫長的時間裡，科學哲學對科學知識的主體見解是受到亞里斯多德學派所影響，主體見解裡是絕對存在 (absolute existance)，而且是惟一的實體 (unique reality)。因此，亞里斯多德的邏輯存在有下列二大法則，第一是排中律 (law of excluded middle) 即一個命題能夠區分成真或偽；若一個命題是真則此命題不能是偽，反之亦然，不能是亦

真亦假或非真非假。第二是矛盾律 (law of contradiction) 即一個命題在相同時間內不能既是真或是假存在，只能是真或是假其中之一存在。(Mitroff & Kilmann, 1978)

在這二原則之下，亞里斯多德認為知識組成是具體的 (Physis) 是經由物質被觀察 (passive observe) 在自然下 (naturally) 取得，如果產生錯誤是人類扭曲了自然。(Wolf, 1981)

在此階段裡，知識的主體是外界權威的具體存在，而人類是經由絕對存在的客觀性 (objective) 標準去區分對與錯，因此人類的活動是從命定中的實體 (determinational reality)，在活動裡去找尋出被確定的 (certainty rule)，依賴的區分工具是人類的觀察、測量等運做而區分出真偽，為一種二元論 (duality) 的主體論。

由於確信外界實體的絕對存在和相信權威的具體存在，這種主體觀的優點是能夠把知識正確的呈現並加以表達，同時透過經驗的考驗產生信服，因而在當代的科學哲學和科學領域裡，以這種主體觀形成許多的規則而且也解決了當代所遭遇到的許多問題。這種主體觀的缺點是在於外界實體之絕對存在和外在權威的具體存在，使得實體的其他主張在挑戰外在權威時被視為邪說異端，以違背當代的經驗法則而被抗拒，像哥白尼 (Copernicus, 1475-1453) 的地動說，伽利略 (Galileo, 1564-1642) 的自由落體，刻卜勒 (Kepler, 1571-1630) 的著名挑戰，都面對著這種所謂的「黑暗期」，形成知識發展的阻礙。

二、以邏輯為主的實證主義

實證主義 (positivist) 是指重視科學方法 (scientific method) 而對科學賦予高度評價 (evaluation of science) 的理念 (Reese, 1980, p.450)

這一階段的萌芽，在於前實證主義所依賴的經驗考驗 (empirical testing) 受到笛卡爾 (Descartes, 1596-1650) 之理性論挑戰，認為人類知覺經驗並不可靠，惟有經由理性的數理邏輯表現才不致產生錯誤，(Descartes, 1960)，德法的學者從十九世紀以來就不斷的對邏輯加以努力探討，進而形成二十世紀的維也納學派 (Vienna Circle)。此一學派把亞里斯多德的經驗實證 (empirical positivist) 經由邏輯理論的發展轉變成邏輯實證 (logical positivist)，使許多只是一種具體存在的實體，經由邏輯的使用，擴充進入到可經由非直接觀察而取得的領域，如化學的

粒子模型，道爾頓的原子說等。

此一學派對科學知識的主體觀，從科學知識就是經驗，擴充成科學知識是從經驗裡經由科學方法和邏輯把科學知識加以組織化（Nagel, 1960 pp.1-15），或把科學知識視為由許多單位元素（如符號、概念、元素）再經由元素間的關係去組成（Hempel, 1952, p.36）。因此科學知識的主體觀仍是外在存在的實體物（entity）（Hempel, 1966, pp.74-76），科學方法和邏輯是經由歸約（reduction），使其成為一系列普適化法則而在演繹法則裡建立起一系列可觀察的變項，使情境成為可操作（operation），如學派的早期學者 Bergaman 認為「你害怕」這一命題無意義，但「你嚇得連尿都流出來了」是有意義的，因為具有可觀察的經驗內涵（Ford, 1975, p.149）。

邏輯實證主義在主體觀上和亞里斯多德的外在絕對權威仍有一致性，基本上是使用下列三個假設（Lincoln & Guba, 1985, pp.20-21）

第一個假設是：科學家探討的外界實體與欲取得的目標具有一致性，因此只要有合適的方法（means）即能達成，而方法的基礎在於邏輯理性。

第二個假設是：科學家使用相同的方法學即可獲得相同的結論，因為方法學本身具有客觀性。

第三個假設是：科學家使用的概念可以經由定義而具體且客觀的呈現（direct reference to empirical categories-object in the concrete）。

在這三個假設裡，實證論的主體觀裡，知識為一外在之存在實體（Hempel, 1966, pp.74-76）而此一存在實體存在有完全普適化的規則。相同的，對實證主義提出批判的學者如 Heese(1980)，Wolf (1981) 等人也認同這三個原則是實證主義的基礎。

但在了解此一外在存在的實體時則表現出不同於前實證論者的經驗法則，提出人與外界可以完全分離，視經驗為人類所產生的類化法則，因此可經由許多轉換系統如 Hempel (1966, p.22) 的輔助假設系統，Negal (1966, pp.97-105) 的匹配法則 (correspondance theory)，使外在實體的表現產生許多不同的操作型命題，再經由不同的儀器和技術呈現出不同的知識組成。由於邏輯理性所存在的客觀性，無人類感情倫理等價值系統界入，因而知識的組成與時間、空間和情境無關而能成一普適化的功能。

此種說法，基本是單一外在實體存在，經由理性運用，使其產生不同的結構而有不同的知識表徵之主體觀，當代科學知識從具體可看到的現象經由人類抽象思考建立起理論模型，使學科之理論（theory）和應用（practice）間以變項之匹配完成其知識結構，產生許多新的知識領域，像基因的發現，原子核的結構等，但也引起不少的爭論，

如牛頓力學的機械式之宇宙觀和愛因斯坦相對論所產生的決定性和不可決定性 (determination or indetermination) 與確定性和不確定 (certainty or uncertainty)，使得線性因果律 (linearly causality) 面對挑戰 (Wolf, 1981, p.56) 等。

三、後實證主義

實證主義認為科學知識的主體為一外在的實體，而此一實體的存在為價值中立 (value-free)，因此，在方法學上的邏輯運用使每個人能得到相同結果。這假設受到 Kuhnian 的挑戰而提出特有的主張。

(一) Kuhn 和 Kuhnian 的典範與學科矩陣動態歷史觀

Kuhn 的主張認為外在的實體並非價值中立存在而是以當代科學社團的主張組成外在實體的結構，這種科學社團的價值稱為典範 (paradigm)。Kuhn 認為典範是一種世界觀 (world view) (Kuhn, 1970, pp.111-135) 組成的元素有兩種：第一種是語言表徵符號系統 (symbolic generalizations) 第二種是呈現表徵系統的模型 (model) (Kuhn, 1977, pp.293-319)。第一種系統組成人類社團的特色，使社團裡的每個人能經由符號表徵而達成溝通取得共識，建立起社團內共同的標準。第二個系統組成使用系統的程序和過程，Kuhn 是以模型做為基礎，當模型不同時，相同的表徵系統經由轉換系統會產生各種不同的程序和過程，而不同的模型代表著不同的典範，如光是粒子或光是波動，這使得 Kuhn 的世界觀不同於用在詮釋人類了解外界之世界觀 (如 Toulmin, 1972, p.161-62 的世界觀)，Kuhn 認為典範是一種價值，它的改變是不能用理性加以詮釋應是一種建立於信心的決策 (Kuhn, 1970, p.158)。

Kuhn (1970, pp.38-42) 提出組成科學知識的學科矩陣 (disciplinary matrix) 認為具有下列四種組成，第一種組成是源自社團的符號法則像牛頓力學的 $F=ma$ ，第二是各類的情境，如伽利略的自由落體，第三則是社團符號法則的轉換，如 $F=ma \rightarrow F=mg$ ，因此地心引力是一種等加速度。詮釋轉換後的規則，須透過經驗內涵的範例 (exemplar) 組成第四種元素，顯然的 Kuhn 的典範意義是由一組不受到懷疑的真理組成，而這些真理為當代的基礎能力。(Kuhn, 1977, pp.293-319)

真理一般可分成四個層次 (Ford, 1975)，最基本的層次是直接的相信而不懷疑其真實性，即使在經驗內涵裡存在矛盾，如牛頓的慣性定律所主張「物質不受外力動

者恆動，靜者恆靜」與達不到的「完全無摩擦的理想情境」所產生地球自轉潤秒間之糾葛，相互間的矛盾是可被忽視的。

從基本的層次配合當代的專業標準 (professional standard) 而建立起第二層之真理，如「在沒有空氣浮力下，羽毛與鐵球在相同時間裡自由落下所行距離一樣」。

再配合語言表徵使其成為可類化的規則，如「 $F=ma$ ， $F=mg$ 」則為第三層可遵守法則的真理。因情境的不同，透過邏輯的功能轉換成具體化之操作型定義 (operational definition) 而把法則轉換成可以操弄的變項，經由經驗考驗呈現出控制與預測的效用，此為第四種真理。因此 Kuhn 的「典範為一種價值」是指第一層真理，為一種研究者所著執的理念，是隱藏在學科矩陣後的支配力。

Kuhn 認為早期科學知識，在第一層真理方面因重疊性和相關性都很低，是眾說紛云的前典範期，逐漸的其中有一個典範對象的詮釋滿足當代的社團需求而具有強大的工具效益性，進而為多數的社團接受這一典範而成為典範建立期。

因此 Kuhn 對第一層真理的改變，一改實證論的歸約做法而提出非理性的改變。認為世界觀的改變才是科學改變的主因 (Kuhn, 1970, pp.111-135)，因而提出「三大主張」支持其非理性的改變 (pp. 206 - 209)。

第一是「邏輯的不能勝任 (logical incompetence)」。在不同的世界觀裡，進行相同的表徵技術 (像邏輯語言等)，相同的工具和過程得到完全對的結果而不能判定何者對或錯，使真理的存在不能只限於邏輯之考慮。

第二是理論間的不能比較 (incommensurable)。在不同的世界觀裡，建立起不同的法則或理論，因為彼此間的假設不同所以不能比較。

第三是不可共量性 (incommensurability)。在不同的世界觀裡，建立起理論後，再取得經驗資料之支持，彼此之間因標準不一樣而無法比較。

因此主體觀 (ontological view) 的改變，是一種非理性。然而 Kuhn 認為科學知識的組成，基本上仍是一個實體，是存在於「典範中的實體」，即使在轉移典範後，很快的科學知識仍在單一個實體內。

部份學者把 Kuhn 的三大主張加以接受，認為典範是可以多種存在。因為典範之間存在有不可匹配性和不可共量性，因此只要典範本身具有合理性且不違背經驗法則，能對已知現象做出合理詮釋或能夠達到控制與預測之要求，則典範本身是可以存在。此種主張認為「科學知識的主體是多樣性的，只要合於邏輯和經驗都是真理」，是一種毫無限制的相對論 (unlimited, relativism)。如光的本質，可以是粒子或是波動。

在科學知識組成裡這種主張面對兩大挑戰，第一是不可共量性的使用是在詮釋「理論（theory）」或「外在實體（entities）」？若是詮釋外在實體則在物質的領域中，同值性（homogenous）很高，不該像人類社會那樣充滿異值性（heterogenous）（Philips, 1985, pp.37 - 59）。第二是概念名詞的共識性，科學領域裡，經由技術性（technical reasonality）（schon, 1983）可以在技術與方法上修正而確立目標之正確與否，因此科學知識與知識取得者的關係較不密切，名詞共識性亦高（Kuhn, 1977, pp.340 - 351），如光子的概念重整了光是粒子或是波動的不可共量性。在這兩個特性之下，Kuhn 本人所主張的正規科學（Normal Science）即是單一的典範實體，因而不可共量性的存在是由科學家所建構的理論，不該是外在實體。（Kuhn, 1970, pp.10 - 22）。

（二）Post - Kuhnian 的主張

Kuhn 提出非理性典範的主張後，引起科學哲學界對這些主張的省察(reflection)，從而對 Kuhn 的主張提出新的見解，因此 Post - Kuhnian 是指對 Kuhnian 學派主張提出批判的學者。

（1）Lakatosian 的理性研究序列

Lakatosian 學派是從 Popperian 學派（Popper, 1959, 1963, 1972）經 Labatos（Worrall & Currie, 1984）而成為 Lakatosian（Gavroglu et al., 1989）。

Lakatosian 對 Kuhn 的非理性典範變化提出挑戰，認為典範的改變並不是很急劇的像政治革命，於同時間在科學研究中把公理（axiom）或主體（ontology）和目標（aims）或目的（Teleology）一齊改變。整個改變過程裡，Lakatos 認為其實科學家有著一套其認為可接受的研究序列（research programme）。這些研究序列使科學家經由 popperian 的除偽（falsified）和辯駁（refuting）而成長，但 popperian 的主張，認為當理論遭到困難或理論有偽的存在時即放棄理論，Lakatos 提出反駁並形成其特色，認為科學家會堅持當代科學社團認為是真理的部份，稱為硬核（hard core）再透過各種輔助假設（auxiliary assumptions）而修正出各種情境中的命題，成為保護區（protective belt）（Bechtel, 1988, p.60-61）

因此 Lakatosian 的主體觀是科學社團裡擁有一個外在實體，是一種不變的硬核，再配合保護區中的各種理論組成多樣性的架構而存在各種不同的領域。Feyerabend 等學者認為方法學的改變是個人的因素，Marx 等學者則認為是外在物質的條件，但都

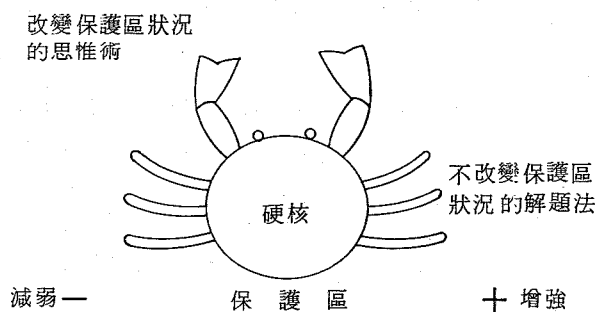
是一種理論的保護區 (Horz, 1989, pp. 33-46)。

Lakatosian 對人類處理外在現象的方式,主要有兩種方式,一種是以保護區中固定法則為基礎,形成解題過程的方式,以達到理性的答案,為一種解題術 (algorithm),另一種則是以變動保護區內的活動法則,重新給予意義,以達到理性答案,稱為思惟術 (heuristic),為方便了解,我們以螃蟹做為說明的範例 (圖一)。

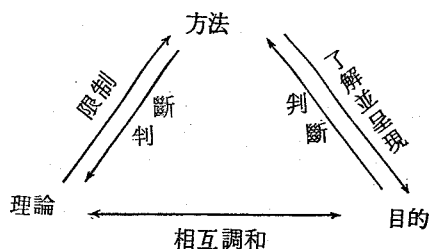
(2) Laudan 的無關理性網狀模型

Kuhn 的主張和 Lakatos 的主張,是沿著傳統邏輯思惟的方式,當觀察的事實與期待的理論實體不一致時,檢討方法學上的規則並對收集的資料做後設分析 (ad hoc analysis) 再提出新的假設重新進行考驗。當方法學產生爭論時,則認為此時非邏輯可處理,必須重視爭論者所使用的假設和達成目的效益處着手而有理性與非理性之爭。此種線性層次模型 (hierarchical model) (Laudan, 1984, p.23-41), Laudan (1977, 1981, 1984) 提出挑戰,認為不能把方法和目標 (means and ends) 加以分離,因為這序列並不是在建立最好的理論而是從他們已知的最好理論去着手 (Laudan, 1984, p.27-28), 因而 Laudan 提出其主張並建立特色。

Laudan 認為在方法學與目的彼此之間存在有相互關係而提出網狀模型 (Reticulated Model) (圖二)



圖一 Lakatos 的模型



圖二 Laudan 的網狀模型 (引自 Laudan (1984) p.63)

Laudan 認為科學的進展不是建立在單一方向的真理上而是在科學社團中所公認的目標 (amis or axiology)、方法學 (methodology) 及理論等三者相互作用而成的,因此在科學進展的過程是從很廣泛的推理方向面對各種不同的目標形成進展,並不是僅遵行單一的公理 (axiom or axiology) (Laudan, 1977, 1981)

Laudan 學派的主體觀,是有兩層次,第一是在科學社團裡因目的不同,使理論有

許多型式，改變的過程是不斷的在三者之間找尋平衡點，使整個結構維持進展。第二是當科學家面對問題時，科學家思考的方向是受制於他的世界觀之感受並配合理論和目標及方法學加以完成。

貳、科學哲學主體觀的變遷與知識的不同真理層面

當科學哲學從前實證論進入到後實證論的階段，外在實體與科學知識的結構亦產生不同的見解使其分化。早期認為科學知識是從可觀察的日常生活經驗裡經由組織化、系統化等形成科學知識，在邏輯實證論的階段是以理論或模型，使科學知識領域進入非直接觀察的階段，因而有理論與應用的兩大分支。現代的後實證主義 Kuhn 提出典範的遷移在於科學社團的信心並加入「人」的因素，使外在實體與內在心 (body and mine) 的二分方式面對挑戰，科學知識的組成與人類社會的意識產生密切關連。

因而 Lakatos 的保護帶，使科學知識透過人為的理性，而有各種不同的組成。Laudan 則以科學家為解決問題，在方法學和問題解答方面不斷的找尋突破，使得主體觀的見解產生變化以取得平衡。

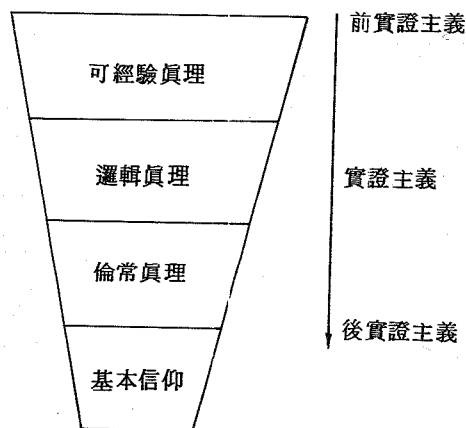
這一發展方向，科學知識的組成是從可經驗的真理着手，對現象從表面資料的處理 (factual data)，進而透過理論與模型，使真理進入可抽象維思的層次，在後實證階段，Kuhn 經由社團典範的主張使真理進入一種倫常關係 (ethical) 的類似價值之真理，Lakatos 則使真理經由保護帶的功能，產生許多種不同的型式，因此真理不再是惟一的存在。Laudan 則以科學家本身對目的和方法學與公理之平衡，使整個真理進入到「什麼是科學家認為理所相當的規則」之信仰階段。(表一)

在科學知識的主體方面，前實證階段裡以直接觀察的方式，經由經驗的法則做真理判定之基礎，因而科學知識的本身是從經驗裡類化 (classification) 或分類 (category) 所形成的有系統、有組織的知識。

實證階段則透過日常公認的法則或經由歸納 (induction) 或歸約 (reduction) 而形成理論基礎，再經由模型和邏輯演譯使科學知識從直接觀察裡進入到經由儀器、技術等非直接觀察所建立知識。因此，知識本身的結構與理論之結構有關，不同的理論結構使知識之完整性不同，因而知識的改變與外在的權威有關，權威所持有的理論有對或錯的可能，謹慎選擇權威所持的理論是科學知識成長的要領，也就是外界實體的規則要歸約成那種公認的法則，組成邏輯推論之前提，是一主要關鍵 (Nagel, 1960, pp. 336 - 397)，此為第二層次的真理。

後實證階段對科學知識的組成，認為主體組成會因社團所持有的公認法則不同而不同(如Kuhn)，因此科學知識組成與學科的知識組成方式有關，但在相同學科裡因社團典範存在，在正規科學中，尤其是教科書裡，只有一個典範存在(Kuhn, 1970, pp. 92-110)。主體的組成會因情境之不同而不同(如 Lakatos)，因此科學知識組成的核心是一個，但外圍的保護區會使得知識呈現出不同的結構，換句話就是真理只有一個，但有許多不同的表現，真理本身的存在與內容結構有關(Natkins, 1989 pp.3-14)，此為第三層次的真理。

Laudan 的模型則認為科學家所使用的模型不是一個，其使用模型會因欲表現的主體不同和目標不同而不同，如 Faraday 在說明電流與磁場關係時，使用磁力線模型、電流運動迴路模型等(Neroessian, 1987, pp.161-177)，因此科學知識是多種主體觀的。當科學家遭遇到問題而必須對理論結構或模型加以調整時，不僅是像 Peir-cian 學派主張的 *aduction*，即有一規則甲一直是對的，突然之間與這一規則有關的另一件事情產生例外，則此一規則存在有被改變的機會(*chance*) [Muogrcctve, 1989, pp.15-32) 而且是經由像笛卡爾所提的分析和組合(*analysis and synthesis*)組成的部分和全部(*part and whole*)的考慮，必要時也得像法蘭西斯培根(Baco)所主張的從內容裡經由歸納加以判斷。因此科學家此時必須明白「欲表現的主體和表現的目標並且明白理論的極限」，在此情況裡，個人的信仰與共同的協議(*commitment*)都是重要因素，尤其是必須首創個人的新見解而組成協議草案(*initial commitment*)更須依賴個人的信心(Laudan, 1984, pp.103-137)。此階段為第四層次真理。



圖三 科學哲學的進展呈現出真理的層次

從這種發展的軌跡裡，真理的四個層次（圖三）已不是亞里斯多德學派的心物二分法，真理不能視為經驗歸納的產物，也不是實證主義所主張的逼近外在實體之產物，反而較接近 Kuhn 所主張的人為典範價值或 Laudan 所主張的網狀模型，為解決當代人之問題而有的信仰。

叁、科學知識的各種主體觀

在第一層真理的層面，知識的組成是從日常生活裡，以直接經驗取得，因而外在實體本身就是知識。將外在的實體透過類化等法則而成為可接受的經驗法則係一公認的真理並不因時空情境而改變，因此實證乃是考驗的重心。此種主體觀是把外在實體視為絕對存在的實體（reality），因此在客觀的方法與工具下，科學家可以取得實體而實體就是外在本體（external entities），當爭議發生時，實證可以提供對與錯的區分，因而外在本體是建立在實證的絕對權威裡。

第二層真理的層面，認為知識的基礎雖是可接受的真理法則，但人類知覺的限制，必須透過邏輯與數理法則才能擺脫時空與情感的偏誤，因此在形成推理模型（像公理演繹模型（DN model）等所遵循的法則〔像普適化法則（general Law）〕是歸約與演繹的產物，因而知識的組成與所遵行的權威有關，在 Hempel（1965）的主張則係事件獲支持的強度，在 Lakatos（Wottall & Currie, 1984）則是事件通過否證的強度。當爭議發生時，Hempel（1966）則以重大考驗（Crucial tests）來使另一個權威的法則產生矛盾而喪失真理的地位。Lakatos 則認為科學家所確信之倫常真理組成之硬核區，會使科學家把失敗的法則在保護帶裡加以修正而繼續努力。此種主體觀可區分成二大類似主張，第一種主張是「真理只有一個，選擇好的權威是取得真理的方法」，因此邏輯實證學派對歸納法提出許多討論（Hempel, 1965, pp.53-80）。

第二種主張是「真理只有一個，但存在有許多不同的類型」。因此在科學知識的組成時，必須留意因知識在學科領域的結構特質。

當真理進入到第三種層面時，倫常法則（ethical rule）的產生對 Kuhnian 學派而言是一群人所共同接受的行為法則、思考法則或判斷接受與否的基礎，因而構成組成知識的內在權威（internal authority）而成為整個社團的共識，並沒有所謂的對與錯，只是這些基礎引導科學家走向「逼近外在實體」（Hempel, 1965, pp.217-222）。依照 Kuhn（1970）本人的主張不可共量性是指在倫常法則的引導下，對外在實體延伸出不同的理論結構，並不是指倫常法則源自不同的外在實體（如社會學裡因

文化不同而有不同的倫常法則)。當面對爭論時,科學家基於相同外在實體的現象表現,在不同的倫常法則而有不同的詮釋,科學家接受的倫常法則是一種信心(faith)或信仰(belief),因而是一種非理性(Kuhn, 1970, pp.206 - 209)。Laudan 則認為倫常法則的本身並非一種靜態組成而是受到人類整個活動方向,價值目標會做動態的修正,因此倫常法則的改變是個人經由第四種真理而加以「判斷」,這種判斷源自於個體對外實體的了解和個體所遭受的問題與個體所期待的答案,因而是一種和理性無關的活動(Laudan, 1984, pp.42 - 66)

在此階段的主體觀有兩種基礎,第一種基礎是指構成知識的倫常法則經由科學家對當代共存的不可量性典範進行「在信心裡的判斷」後呈現出一個,換句話即「外在實體的表現」,是透過信心,從許多的主體觀裡選出。第二種主張是人類面對著問題和期待問題答案呈現的方式,透過對外實體的了解而提出經過重整後的「自我之主體觀」,然後經資料的處理與證據的找尋使新的主體觀獲得認同。

從這種改變,知識的主體觀之變化(表一),是從單一絕對的外在實體,權威的外在實體,典範支持的多樣實體,經由選擇後的實體,延伸到為解決問題而建構知識。

表一 不同的科學哲學對真理、主體觀和知識結構的主張

科學哲學	真理層面	知識主體觀	知識結構
前實證階段	經驗	絕對單一	零碎、分散
實證主義	邏輯	絕對單一 但有多變化	完整理論
後實證主義	邏輯 倫常	相對多種	選擇、判斷
	信心	建構而成	批判、辯證

肆、科學知識的不同結構

在前實證階段裡,科學知識的組成是由一系列的生活經驗「歸納」而成的法則,雖然是在系統化分類加以組織,但在伽俐略、刻卜勒的衝激下,科學知識須以很多不同的

範疇加以規畫而分類，使得科學知識的結構呈現出零碎而散亂，其中笛卡爾雖提出數理法則的類化、分析與組合而企圖使知識具有規則的型式，但在物理方面，地球上的經驗所形成天體的圓周運動仍須使用不同於地面經驗之法則。

直到牛頓萬有引力的理論產生，配合著各種不同的模型而把伽俐略和刻卜勒的法則加以兼併，使實證主義認為自然現象可以「歸約」成為一些簡單的法則之詮釋主張獲得增強，因而科學知識的組成爲一理論下的產物，經過完整和嚴謹的方法學使知識成為一有系統、有結構的產物，因此 Hempel (1952) 提出整個知識的結構爲一網狀型式，其網目的節是組成知識的元素、概念或要項，而網目間的聯結爲彼此間的關係，整個知識就在這個結構裡。

在近代的認知科學裡，信息處理 (information-processes) (如：Novak & Gowin, 1980) 即使用這種方式組成知識。

後實證主義的階段裡，Kuhn (1970) 認為在這一網狀結構的後面具有看不見的典範權威在支配，而 Kuhnian 將此典範權威經由不可共量性的主張而把典範權威視成多種存在；Lakatos (Worrall & Currie, 1984, pp.102 - 1384) 經由保護帶提出此一網狀結構是不斷的改變；Laudan (1984, pp.103 - 137) 則認為個人是這個網狀結構的主控者。

後實證主義的知識結構是從許多種不同的結構裡，從對外在實體的了解而做出判斷和選擇，使知識能夠詮釋外界之現象，當這些不同的結構不能完全滿意詮釋，使用者得基於自我的信仰加以批判而建構。

伍、科學哲學的知識主體觀在教育的啓示

Wiegmann et.al, (1992) 經由知識概念圖 (Knowledge Maps) 使用訊息處理的方法加以探討，發現 Hempel (1952) 所主張的單一網狀結構與學生的真正狀況不符，使用此一策略的學生得到知識最少。因而我們有必要從哲學的領域重新檢討。

科學哲學的發展，使得真理從經驗、邏輯，進而深入到倫常與信仰的內在層面，使科學知識的結構從零碎、分散到完整、系統，進而深入到如何去選擇和判斷，甚致提出批判的深層結構。從這些改變，在科學教育的啓示，使我們明白：

(一) 科學知識的主體觀 (ontological views) 不該是「絕對單一的」，必須是配

合情境而有不同的修正，因模型不同而有不同的表現方式，因此學生會使用規則與學生了解科學知識不同。學生個人對科學的了解不同，產生知識組成是多樣性的，雖然其結構不同於教科書之結構但不該視為一種錯誤，以防止科學的學習僅是遵守規則的模仿，進而鼓勵學生進行較高層次的學習。

(二) 科學的真理是有許多層面的表現，不僅是行為上的型式表現如會做科學實驗，取得實驗結果等，而且是內在的深層結構，是學生所使用的倫常法則或形成世界觀 (world-views) 的基礎，因此科學的內涵不該只是技術性 (technique)，應該是道德倫常 (ethical moral) 的範圍。

(三) 學生對科學知識的主體觀是建立學生組成科學知識的基礎，而學生對科學知識的主體觀，在科學教育研究文獻上仍是留在「真理只有一個的階段」，可以很容易區分出真偽的二分絕對論中 (Perry, 1986)，因而如何提高主體觀的見解，仍是科學教育所須重視的。

(四) Hempel (1952) 提出科學知識的網狀結構，是基於實證主義在邏輯理性的前提下組成知識，然而後實證主義的主張對此一模型產生下列挑戰：(1)只有一個網狀結構嗎？即組成知識的主體觀是「惟一的實體存在」。(2)這個網狀結構是成為單一完整的、有系統的組織或是為許多小部分的網狀結構所組成呢？即是一完整 (whole) 或部分 (part) 的爭論，(3)網狀上的節與絡是由邏輯關係界定或其他因素呢？(4)或者我們須要有新的知識組成模式來詮釋呢？

上述種種挑戰，從前面所提及的研究 (如 Perry, Wiegmann, et al. 等研究) 不難查察有許多工作仍待我們深思。

陸、參考文獻

許榮富 (1991) 科學教學的哲學基礎 科學教育通訊第12期。

許榮富 (1990) 從科學知識結構觀點探討物理教育 中等教育 4—12。

1. Bechtel, W. (1988)

Philosophy of science: An overview for cognitive science
New Jersey, Hillsdale Lawrence Erlbaum Associates.

2. Descartes, R. (1960) [trans. by Lofleur, L.J.]

A Discourse on method and meditations

Indianapolis: Bobbs-merrill.

3. Ford, J.(1975)
Paradigms and fairy stales(vol.2)
London: Routledge & Kegan Paul.
4. Gavroglu, K., Goudaroulis, Y. & Nicolacopoulos, p.(1989)
Imre Lakatos and theories of the scientific change(vol.3)
London: Kluwer academic publishers.
5. Hempel, C.(1952)
Fundemental of concept for mation in empirical science.
Chicago, University of Chrcago press.
6. Hempel, C.(1965)
Aspects of scientific explanation and other assays in the
philosophy of science.
New Yorks: the free press.
7. Hempel, C.(1966)
Philosophy and natural science.
London: Prentice-Hall, Inc.
8. Hesse, M.(1980)
Revolutions and reconstructions in the philosophy of
science.
Bloomington: Zndina University Press.
9. Horze, H.(1989)
Development of science as a change of thye.
In Kostas Govroglu, et al.,(Eds.)pp.33-46
(See reference 4)
10. Kuhn, T.S(1970)
The structure of scientific revolutions(2nd).
Chicago: University of Chicago press.
11. Kuhn, T.S.(1977)
The esential tension: Selected studies in scientific

tradition and change.

Chicago: University of Chicago press.

12. Laudan, L.(1977)

Progress and its problems: Toward a theory of scientific growth.

London: Routledge and Kegan paul.

13. Laudan, L.(1981)

Science and hypothesis: Historical essays on scientific methodology.

Holland: D. Reidel publishing company.

14. Laudan, L.(1984)

Science and values: The aims of science and their role in scientific debate.

Berkeley: University of California Press.

15. Lincoln, Y.S. & Guba, E.G.(1985)

Naturalistic inquiry.

Beverly Hills: Sage publications.

16. Mitroff, I.I. & Kilmann, R.H.(1978)

Methodological approaches to social science.

San Francisco: Jessey-Bass.

17. Musgrave, A.(1989)

Deductive Reuristic

in kostas gavroglu, et al., (Eds) pp.15-32.

(See reference 4)

18. Nagel, E.(1960)

The structure of science: problem in the logic of scientific explanation.

19. Nersessian, N.(1987)

The Process of Science Contemporary philosophical approaches to understanding scientific practice.

- Boston: Martinus Nijhoff publishes.
20. Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984)
Learning how to learn.
New York Cambridge University press.
 21. Perry, B., et al. (1986)
Two scheme of intellectual development:
A comparison of development as define by William Perry
and Jean Piaget.
Journal of research in Science Teaching, 23(1), 73- 83.
 22. Phillips, D. C. (1985)
On what scientist know and how they know it
in Alliot Asina (Eds.)
Learning and teaching the ways of knowing:
Eight-forth yearbook of the national society for the
study of education, pp. 37 - 59.
 23. Popper, K. R. (1959)
The logic of scientific discovery.
London: Hutchinson
 24. Popper, K. R. (1963)
Conjectures and refutations.
London: Routledge and Kegan Paul.
 25. Popper, K. R. (1972)
Objective knowledge.
Oxford: clarendo press.
 26. Recse, N. L. (1980)
Odictionary of philosophy and religior.
Atlantic Highlands, NJ: Humanties.
 27. Schon, D. A. (1983)
The reflective practitioner: How professionals think in
action.

New York: Basic Books.

28. Toulmin, S.(1972)
Human understanding.
Oxford: clarendon press.
29. Watkins, J.(1989)
The methodology of scientific research programmes:
A retrospect.
in Kostas Gavroglu(Eds) pp.3-14
(See refence 4)
30. Weigmann, D.A. and Others.(1992)
Effects of knowledge map characteristic on information
processing.
Contemporary educational psychology, 17, 136-155
31. Wolf. F.A.(1981)
Taking and quantum leap.
San Franscisco: Hasper & Row
32. Woual, J & Cuvie, G.(1984)
Imre Lakatos: the methodology of scientific research
Programmes: philosophical paper (vol.1)
London: Cambridge University Press.