

科學哲學對組成科學知識之主張及其演變

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

壹、科學哲學對科學知識組成的主張

人類和地球上其他生物最明顯的差異，在於人類能夠把所經歷的歷史痕跡，透過本身對符號、語詞等使用而傳遞給下一代，但這些歷史痕跡的傳遞，也產生了許多爭論。在科學知識裡存在有顯著的演變和爭論，使得科學知識從知覺（sense）訊息之感受做起點，經由人類感覺（perception）的直接經驗，到透過各種輔助儀器（instrument）、思考的模式（mode）以及了解外在情境的形而上之假設（metaphysical）組成非直接經驗而使科學知識進入到「視而不見」的領域，如原子、分子等不能直接觀察的範圍；現在更由於人類意識型態（ideology）的爭論，整個人類族群存在及發展方向所產生的倫常規範（ethics），使得科學知識的組成和表現進入到一個新的階段，也使得科學知識成為人類生存所必須加以深思的主要成分之一。

本文以科學哲學的發展歷史為重心，沿著科學知識組成的發展方向，在（一）主體觀（ontology）（二）認識觀（epistemology）（三）方法學（methodology）等三個領域說明科學哲學在科學知識組成上的演變並加以分析，整個區分成（一）經驗累積階段（二）邏輯實證階段（三）後實證階段（四）價值參與階段，茲分述如下：

一、經驗實驗論的科學知識組成

科學知識的產生動力，有著不同的主張，主要的主張有下列：第一種主張是以理性的人類為基礎，將科學知識視成人類了解自然規律性的產物，其基本的基礎源自於人類好奇心之探究和理性的標準以達成相互間共同溝通及詮釋之本能^(17,18)。第二種主張是以人類面對痛苦的矛盾，欲尋求自我詮釋，以解放出自我並擺脫困境，因而科學知識的組成爲一非理性的動力^(21,22)。第三種主張是以人類欲解決所遭遇的生活問題，並且爲其生存而努力掙扎（struggle），因而不斷的嘗試著給予多方向之探索，以找尋出自

我及群體之內涵，整個過程裡不再是「理性」之架構而是在於「人」之價值與方向⁽²³⁾ 24)。

從這三種基本主張裡，古希臘哲學家在長期的思索、爭論下，配合當時粗糙的工具 (tool)，憑著人類天生的本能知覺，如看、聽、聞、觸、味覺等，亞里斯多德 (Aristotle, 384-322, BC) 學派逐漸的被當時的科學群所接受，而形成科學知識組成的主流，配合當時的社會威權及宗教制度等組成具有社會制度、社會規範、社會價值之機構威權 (institutional authority)⁽⁶⁾，而為一種不允許挑戰 (challenge) 不允許批判 (critic) 之必須接受的法則。

亞里斯多德學派的主張，在主體觀方向假設自然世界 (Natural world) 是具體的世界 (physical world)，為相互交錯的自然律所組成 (Natural law)，而人類的科學活動是在理解此一存在於自然的外在 (out there) 實體，此一外在實體具有穩定不變的性質，同時具有共通的普適性，因此，可以經由人類本能的知覺加以體會而理解出隱藏於背後的規律性。此種實體具有下列特色：(1)與個人毫無關聯的外在存在(2)與時空情境無關的「客觀性」存在(3)可以重覆「再現性」的存在(4)實體是「具體的」並為經驗的累積^(1,2,3)。

從這種主體觀的支配裡，人類對知識的認識主張是以亞里斯多德的邏輯法則，在排中律與矛盾律裡⁽¹⁾，給予思惟判準，認為人類本身具有理性 (rationality)，可從具體的外在物質世界裡，掌握組成世界自然規律的不變量裡，形成可以考驗、檢證的基礎，因而此時的認識論 (epistemological views) 是以人類知覺所取得的訊息，和人類從日常生活所遭遇的物質世界之可感受規律 (regulatory) 標準做資料的基礎，再經由人類共同遵守的「客觀法則」，將判斷 (judge) 建立在超越人類價值之「絕對客觀」上，透過活動所累積的規律標準形成人類的知識。

為建立起這些知識，以滿足認識論上「具體經驗和完全普適化的客觀法則」之必要條件，亞里斯多德學派對組成知識的方法 (methodology) 提出下列要求：

(1) 必須以人類可知覺資料所組成之經驗內涵為基礎，因此這些資料必須是人類本能知覺所能感受，可以經由個人觀察、測量而具體取得。

(2) 必須是人類思惟所能區分之範圍，也就是在亞里斯多德的邏輯思惟裡能夠區分出真假或對錯之界線裡。

(3) 必須是人類所有在的物質世界裡，能夠給予具體表現同時能夠區分出真偽。

在這三個限制裡，人類建立起「科學知識組成」的基礎，第一是整個科學知識是以

「人類經驗為其範圍，而人類經驗的範圍是指人類本能知覺所能感受的極限」，因此在科學活動裡強調觀察為起點，以直接觀察外在的具體世界為其重心。

第二是「共同接受的客觀基礎」。亞里斯多德學派將邏輯視為共同接受的客觀基礎，同時也將人的意識、價值和方向等加以排除，以外在絕對存在的確定物質世界所組成之自然律為方向，強調在共同接受的法則下，能夠存在具體的可區分標準，為一普適之基礎。

第三是「科學知識的組織」。亞里斯多德學派認為外在世界之絕對存在，人類的探討活動乃是「發現」早已存在於外在世界之自然法則，因此科學知識是可從人類經驗內涵，在共同法則下，經過相同的程序（process），分類（classification）、種類（category）等取得「共同的知識」，使知識以一完整的階級制（hierarchy）組成⁽¹²⁾。

方法學上，把人類對問題的感受和目的之選擇，在具體的世界裡，簡化成單一自然下的（naturally）共同之單一途徑，方法學只是經驗內涵裡，經過共同的標準，區分出步驟或處理程序所達成問題與結果的匹配是否中肯（sound）或正確⁽¹⁸⁾。因此，方法學只是思惟法則的推演過程在經驗內涵裡的功能。

這種主體主張、認識主張和方法學主張，不僅奠定科學的基礎而且也把自然現象裡許多複雜和交互盤結的自然律加以開發，使人類的自然科學知識逐漸擺脫「玄學」的桎梏，經由自然法則的使用把人類的歷史活動帶入一個新的紀元。但科學知識的成長也給這學派之主張帶來衝擊，激起更閃爍的火花，使科學知識像「大爆炸」式的成長。

二、邏輯實證論的科學知識組成

經驗實證論的「機構威權」，從亞里斯多德到大衛希米（David Hume, 1711-1776）一直掌握著科學知識的組成，其中曾有多位科學家向其挑戰，如哥白尼（Copernicus, 1475-1543）對知識組成主體觀的挑戰，創立地動說；加利略（Galileo, 1564-1642）對經驗內涵的範圍提出挑戰，主張超過具體經驗存在的「毫無摩擦力」之情境等，但一直難以動搖此主張，反而本身的主張成為異端被拒絕。

直到笛卡爾（Descartes, 1596-1650）直接對產生經驗內涵的可知覺資料產生重大的挑戰。笛卡爾從許多經驗資料裡說明人類知覺的不可靠而強調「共同接受的客觀基礎」之重要性，使得人類的理性越過直接知覺的限制，而以較抽象的思惟法則存在⁽⁹⁾。這種主張，使經驗實驗的主張得以擴充，把一些「非直接觀察」的資料加以涵攝而進入新的領域。

邏輯實證論的科學知識組成之主體觀，基本上仍和經驗實證論一樣，視為存在於人類心智外的物質世界具有交錯之自然律，且具有一定的組成機制（mechanism），和必然的因果關係。但在科學知識組成的認識觀裡，則產生重要的突破。

第一是組成知識實體（reality）的範圍擴充而延伸到「非直接經驗」的內涵，因而知識的實體由兩個因素組成，一個是理論，另一個是應用。

在理論部份是以可觀察命題在經驗內涵裡，經過直接觀察或使用工具（instrument）的非直接觀察所形成的資料，這些資料可以經由「共同轉換標準」轉換成許多不同的命題，而這些命題的真偽必須在應用方面經由真正經驗檢證，始能給予真偽的區分⁽¹⁸⁾。在理論部份非直接觀察部份是可以經由概念或定義等把外在世界客觀且具體的表現⁽²⁶⁾。

第二是「共同接受的客觀基礎」在維也納學派（Vienna Circle）的努力探討裡，形成完整的「邏輯思惟」，從歸納法和演繹法裡完成許多接受的標準成為當代「理性思考」的基礎，也為理論部分「共同轉換標準」提供許多可依循的途徑，使理論和應用部分達到相互聯結和匹配的要求。因此，使得許多人接受「科學家探討的外在實體和目標是一致的，只要用合適的方法（means）即能達到⁽²⁶⁾」。

第三是「科學知識的組織」。當理性越過直接知覺的限制而以較抽象的思惟法則存在後，科學知識的組織不再是「一般的生活常識（commonsense）」⁽³³⁾，必須有一些嚴整的法則使其成為可以類化的法則，因此有許多轉換法則存在，如Hempel⁽¹⁸⁾的輔助假設系統，Nagel（pp. 97-105）的匹配法則等。此時科學知識的組織，雖仍是一種階級制組成，但其階級間的關係和階級內元素的關係則存在更複雜的交互關係。元素的定義或概念的內涵，不再是不容改變的絕對存在，必須和理解相互配合形成歸約（reduction）的性質改變⁽³³⁾。整個科學知識的成長，在於調整這些元素性質、元素間的關係，使其更接近具體存在的外在世界，使科學知識能夠提供因素律的詮釋，並處理預測和控制的變項。

在認識論的重大改變，使得邏輯實證的方法學也產生改變。邏輯實證論的方法學從主體主張的基本認知，以一個能確知的實體為中心，在掌握變項與不變項的仔細控制下，經由理論結構在概念與定義之架構，配合共同接受的標準，轉換成可處置的應用假設，再經過一系列處理程序，使假設經過經驗（empirical）考驗。因此，邏輯實證論者視方法學為一種處理程序，只要用相同的處理程序就可得到相同的結果，並以此為方法，因其具有「客觀性」之基礎^(17,18)，把過程視為一系列的觀測和量取為其特色之一。

三、後實證論的科學知識組成

Kuhn^(20,21,22) 首先對科學知識的主體觀提出「典範」主張，認為整個科學的成長是由於科學社群在困頓的環境下改變了對外在世界的觀點。Kuhn認為典範不僅是儀器、理論和自我形而上的參與 (metaphysical commitment)，並且由學科矩陣 (matrix) 所組成，這個矩陣由下列三個元素組成：(1) 普適化的符號法則 (2) 模型 (3) 範例⁽²²⁾。

普適化的符號法則 (symbolic generalization) 是由一群特定族群，在遵守邏輯技術下，毫無爭論的表示出欲呈現之意義，組成學科矩陣內的型式表現。模型 (models) 則是這一族群的「外在世界之主體觀」 (ontology)，在科學領域裡模型組成思惟 (heuristic) 的基礎而引導出不同的詮釋結果，如把光視成波動的結果和把光視成粒子質點的結果。因此模型是一種形而上的參與，與族群具有相關，這使得科學知識組成的主體觀呈現出「人類價值的參與」，不再是單純的外在世界，尤其是在自然科學知識方面不再被視成價值中立的外在物質世界。範例 (exemplar) 是指面對問題所獲得的答案，也是一般科學教育裡常使用的知識組成。

因此，在科學知識組成的背後，存在有一個「典範」的威權支配，去提供對外在世界之公理系統 (axiom) 和自我的省察 (reflection) 等組成的世界觀 (world-views)、一般現象的感受 (perspective)、解析外在世界的複雜現象的途徑和合理化的過程⁽³⁶⁾。

在科學哲學的後實驗主義之主張下，科學知識組成的第一個因素從經驗到可理解的抽象法，再延伸成非理性的主體主張，也就是說，Kuhn的主張，使人類意識到外在世界的理解，是不完全的 (incompletely)，人類的知覺是有其極限⁽⁸⁾，因此人們必須要對外在世界加以檢視和反省等更深入的省察。此種主體主張，基於人類理性和邏輯之無力檢證 (incompetence)，假設間的不能相互比較 (incommensurability)，視外在世界或許是存在那兒，但人們總是像瞎子摸象，僅能得到局部的了解。

主體主張的改變，使得組成科學知識「共同接受的客觀基礎」產生分歧，在相同的客觀基礎下，不同的假設有不同的結果，因此人們對「客觀」的基礎，傾向經由族群的「典範」威權加以保證或做為取得客觀基礎之修正方向，使得重要的傳統 (tradition) 和族群 (community) 為組成知識的要項，如在牛頓力學的組成和在微細高速粒子的量子論等，分別使用在不同的情境裡，使科學知識的組織受到不同情境的影響而有不同的外在表徵之呈現，如科學的熱力學和社會學的熱力學等。

在方法學裡，經驗的考驗因假設不同而不能相互排斥，重大考驗無法存在，因此，對基本假設的理論架構和基礎，成為被重視的因素取得數據的過程及情境等過程（*inquiry process*）成為取得有效資料的變項⁽³⁸⁾。

四、批判論的科學知識組成

Kuhn 提出「典範」而以科學的進展是在單一「典範」下進行，稱為「正規科學」^(20,21)，但在學科矩陣裡以模型說明典範下的外在主體觀，而引起模型選擇的爭論，如：化學鍵是固定的長度具有球棒模型或是可變動的球簧式的模型，因此使得典範的存在與研究者欲探討的方向、目的產生相關，而有探討方向的意識（*ideologically oriented inquiry*）⁽¹⁵⁾。

在外在世界的主張，無論經驗實證、邏輯實證及後實證主張，皆以確知或未能確知的「具體」世界之靜態方式處置，但在新馬克斯主義（*neo-Marxism*）的動態外在世界衝擊之下，典範成為反映人類價值方向的威權，配合探討方向的意識等使得「科學知識」的經驗內涵，成為個體理解、遭遇和族群文化等組成的綜合體，這綜合體的表現與個體的目標有關，因此「科學知識的組織」並不是單純的客觀階級組成，反而是與個體對問題的確是與對探討目的的理解和個人能力及技術有關，成為網狀結構^(23,24,1)，為一種主觀的成分。

在方法學方面，因外在實體的動態主張，和個體意識型態的參與方法學並不是單純的操弄過程，必須配合目的和情境加以轉換（*transformation*），同時必須經由相互作用，排除意識上的偏差（如偏見等）以取得具有普適化之共識基礎，是一種不斷修正的程序。

五、建構論的科學知識組成

Kuhn 提出的典範主張，認為典範是支配科學家探討外在世界的價值系統或世界觀⁽²⁰⁾，而批判論者把典範視成一種社會共識組成的機構權威（*institutional authority*）是經由相互間的作用與折衝（*dialog*）而取得；但對一個初學者（*Naive*）而言，Kuhn 認為科學教育學者是直接使用單一的正規科學典範進行訓練，因而其他典範是不被理解的⁽²⁰⁾；批判論者則着重於不同典範間的調適與妥協，從一個多元性的社會組成以及個人不同的生活經驗之歷程裡，或許整個成長的方向是經由維持族群生存的社會規範、倫理、道德及各種制度、價值等文化傳承之機構權威，形成個人必須理解族群的意識型態而為群體接受，進而完成自我實現⁽²⁹⁾。但個人成長過程裡，外在世界的意義與個人的經驗和目的則為不可區分的因素^(16,19)，不同的理解程度，不

同的規畫與執行能力會使個體賦予外在世界不同意義⁽²⁷⁾。因此，對外在世界的意義化，個體必須掌握三個方向的威權，第一是主體主張的真確性(ontological authentic)，就是個體必須意識到(awareness)自我建構的能力和建構組成的假設、極限與呈現的方式；第二是訓練的真確性，就是能夠不斷的增加理解「其他自我間」的建構，並能鑑賞這些建構的優點；第三是潛藏和促成之真確性(tactical and catalytic authentic)就是個人能夠進行選擇和判斷，而形成合適的行動表現並能在群體中進行參與活動，進行自我或代表族群的表現。

建構論的主張，在科學知識的組成裡，主體主張是一種多層次且多面的結構，如果把後實證論的知識組成的主張以「瞎子摸象」加以比擬，則象是具體存在的外在實體，瞎子是可以直接碰觸到局部實體並加以描述，建構論的主張：象是活生生的動物，本身會移動而產生變化，因此瞎子即使可以真正碰觸到局部實體，可是每次的位置可能不同因而每次的描述也不同⁽³¹⁾，因此有人稱其主體主張為「相對者(relativist)」⁽²⁵⁾。

要建立起科學知識組成的「共同接受的客觀基礎」必須依賴各種不同自我間相互的辯證(dialectic)，再形成相互間的協定(negotiation)而為共識之標準。

在科學知識的組織裡，建構論的主張認為個人已具有從文化、經驗的結構，因此科學知識的組織從實證主義的元素或名詞概念等定義和元素間的關係所組成之單一組織，進入到兩個或兩個以上的知識組織間的調整，而為一種對外在世界的詮釋(interpretive)。由於這些詮釋與個人的經驗有關而被稱為「說故事(storytelling)」。這種知識組織是個人從情境裡不斷的在舊經驗中省察(reflection)而具有多面的實體，也是妥協的共識^(4,10)，是從個人經驗及穩藏性結構而形成的結構⁽⁴¹⁾。

在方法學方面，由於建構論的外在實體是多面性之相對主張，因此認為科學方法必須有多方向的途徑去形成共同的焦點，同時配合外在實體的動態主張，認為與時間、空間等情境無關之多次不同觀測值之比較並不能給予真實的意義，必須重視同時間、同情境裡各種不同方向之觀測值所形成的共識⁽³¹⁾。

貳、科學哲學在科學知識組成上的經驗內涵之演變

從前面敘述五個主要科學哲學對科學知識組成之學派，在「經驗內涵」上有著很大的延伸。經驗實證論裡，經驗是指人類生活環境裡經由人類知覺所取得的資料，經過理性的思維在具體可知覺的情境裡經由人類知覺考驗加以區分真偽，並且形成與情境無關、價值中立的普適化法則，呈現出必然的因果律、相關匹配等階級組成的知識⁽¹⁵⁾，使整

個經驗內涵爲一「具體存在的外在世界」，組成知識的真理是一必然存在的自然律。邏輯實證論的經驗內涵是指人類的知覺資料，透過方法學上的共同標準，使經驗爲一種交錯的自然因果律所組成⁽¹⁸⁾，而真理並不是必然存在的自然律，必須經由理性法則，在經驗所能意識到的情境加以檢驗，透過語詞概念的界定 (taxonomy)⁽¹⁸⁾，使經驗爲具有歸約模型的假設之規律⁽³³⁾。當模型假設改變，經驗的規則是可以改變的，整個匹配法則 (correspondance rule) 也隨著改變，如理想氣體方程式與氣體動力論的匹配，在於科學家把理想氣體方程式的溫度歸約成氣體分子的動能而匹配成 $E_k = \frac{3}{2} RT$ ⁽³³⁾。後實證論者，把人的基本信心 (faith) 加入經驗組成的內涵⁽²⁰⁾，而使真理爲一種「理念的調整 (regulative ideal)」⁽³⁶⁾，因此經驗的內涵是由人類經由社群組成共同遵守的威權「典範」所歸約而成的抽象法則，此種法則並不存在有絕對權威的基礎 (absolutely authoritative foundation) 去組成科學知識^(4,36)，真理成爲不能終究的方向 (ultimately unknowable)⁽⁷⁾，這種經驗內涵爲一種族群 (community) 相關。批判論者，從族群爲其生存和發展，在意識形態上給予經驗不同的詮釋，因此經驗的形成是(1)自我對虛假或錯誤意識的理解(2)自我對排除虛偽意識的理解(3)經由教育在族群裡排除虛偽的意識(4)爲族群的發展而將經驗轉換成合適於社會情境的行動⁽¹¹⁾，因此經驗的內涵是人類族群所形成的共同規則，再經由族群間的交互作用及情境的適應而不斷調整。

建構論者對經驗的內涵認爲是個體承受族群的文化傳統結構，對所遭遇的情境賦予之意義或詮釋^(13,14,15,25,26,27)，因此經驗法則會像說故事般的在不同情境裡有不同的表現和結構，爲一多面的組成，是與情境相關⁽¹⁰⁾；不是由外在世界所決定，而是由個人的價值、倫常規範、文化傳承等組成⁽⁴⁾，因而知道者和知道的過程 (knower & knowing) 爲不可分離的兩個要素⁽²⁶⁾。

叁、科學哲學在科學知識組成上的認識論之演變

認識論 (epistemology) 是指人類如何與其環境產生交互作用，如何詮釋，以及如何使用這些訊息或資料。

在經驗實證論裡，把自然科學的研究對象，視爲與人類個人價值無關的具體且絕對惟一存在之實體，因而這個實體是可以客觀的經由人類直接的統驗加以考驗，所以知識的組成就是代表這個具體存在的實體之本質 (entities)，正確的知識具有高普適化且能夠表現出清楚的因果律。組成知識的標準是從直接可知覺的訊息裡給予真偽的區分，

知識的組織是由直接知覺所組成的階級位階形成系統化。

邏輯實證論裡，對組成知識的標準加以改變，以笛卡爾的理性主義，認為單獨的直接知覺信息並不可靠，必須要有理性的思考基礎，因而認為意義（meaning）是經由證據加以證實的，所以知識的組織是經由可區分真偽的前提，確定義意的名詞，和思惟方式的邏輯所組成，其理論名詞（theoretic term）是可經由轉換規定給予經驗內涵的證實^{（17,18,33）}。

後實證論者，認為前兩者的認識論把經驗的內涵窄化成一系列的邏輯法則、語意符號系統和不同關係間的關係，當這些成份與外在的現象不一致時即是犯錯（mistake），必須調整（adjust）這些成分^{（22）}，全然忽視在判定是否犯錯時，人類已遵守「前置規則」在做判斷。當人類界定知識與現象間的差異，究竟犯什麼錯？那些知識必須修正？這些呈現出科學家的信心與形成族群共同遵守標準的基礎而為一種典範，因此，科學理論的改變為非理性。這種「非理性」基礎，使得理論間為一種不能相互比較的不可共量之組織，使得現象的詮釋為一種相對性（relativism），且可能都是不完全理解外在實體（incompletely understand）^{（36）}。主體主張的不同，使在相同思惟標準裡不能夠區分真偽，如地動說與地球中心說的兩種對立理論，即使地球中心說經過不斷的修正和取得更多發展的支持，也不會和地動說產生關係^{（22）}。因而知識的標準不是真偽，而是所依賴的倫常法則所形成的典範權威，這典範權威若具有像牛頓力學那樣強大及廣大的含攝力和詮釋範圍，則整個外在現象詮釋為單一典範。當典範價值被接受，整個族群視典範是組成知識的共同基礎，知識的組織必須遵守這些規則，一切修正、探討也是遵守這些規則而成為「正規」^{（20）}。

批判論者，對後實證主義的認識主張，有著下列的挑戰，第一是外在實體的主體觀，popper^{（39）}認為雖然單純的描述（pure-description）和完全客觀是不存在，但真理（truth）不是「相對存在」，理論是具有真理的內涵。第二，既然真理存在，則人類可以從日常生活經驗裡對「犯錯」的理解，形成對自然法則的接受和拒絕^{（37）}，當科學規律被接受，除非有更好的理由，通常是不會被放棄的。第三，更好的理由，是族群的意識（ideology），第四，任何不同的理論架構雖在假設上是不能相互比較，但經過人類理性批判，和理性的領悟（intelligible）是可以相互比較的^{（39）}。因此，知識的形成是由人類經過相互的溝通（dialog），與族群的價值、生活有關，知識的組織是不斷的修正以排除錯誤，為使知識更合適於族群的使用，在方法學上的要求是經由相互溝通以排除偏見和錯誤，並且擴充知識的普適化，使知識能夠配合各種轉換機制

而能方便使用。這種主張，使知識的形成與人類的方向有關，知識的標準是人類批判和理性領悟等組成的「意識型態」，知識的組織是可以不斷的調整和修正，而這些改變是要使知識更容易轉換，以因應各種情境⁽⁴²⁾。

建構論的主張，接受 Kuhnian 的相對論主張，認為外在現象的詮釋與個人的經驗、能力和企圖了解的方向有關，可以給予多面的詮釋，因而取得知識的過程是一種「主觀 (subjective)」的行動，然後個人依照其所理解或掌握的「共同接受基礎」去形成知識，這個過程是個人給予外界現象意義化；不同的理解，在意義化上有不同的層次，可從「符號使用」、「遵守法則」、「配合知覺情境使用不同法則」、「在未知情境下，修改法則適應情境」、「建立起倫常規範」、「重整法則，產生新意義」⁽³⁵⁾。

肆、科學哲學在科學知識組成上的方法學之演變

科學的方法一直是被重視的領域，也是人類知識成長的基本動力和工具或媒介。在經驗實證的主張，方法學是實做和操弄展示，也就是在具體真實的環境裡，經由直接觀察資料，在歸納或演繹形成假設，透過具體的環境加以考驗，區分出真偽。邏輯實證則把方法學加以擴充，先有清楚可確定的定義或概念名詞，配合可區分真偽的前提，經由思惟法則形成許多可能的假設，再轉換成具有經驗內涵的可操弄假設，透過具體的環境加以檢證。兩者對於探討之對象則視成固定且不變，因此可以重覆觀測，而以技術理性去建立信度和效度。

後實證論者在方法學裡，強調理論建構假設所組成的典範價值，而重視理論的形成和考驗過程裡的「倫常法則」，並把考驗結果視為理論的延伸而不是真偽的區分。

批判論的方法學，則認為理論建構假設和目的本身不能區分，研究目的會影響到方法學的使用和判斷的基礎，因此外在現象的詮釋具有多面性，不同的目的即使在相同的程序裡可有不同的結果，因此方法學只是在排除虛偽和偏見。在接受新馬克斯主義的批判論則認為經驗和情境不可再現，因此方法學的保證不是重覆觀測值的信度和效度，必須有多方向的途徑⁽³⁰⁾。

建構論的方法學，則認為理論建構假設是個人對現象意義化的產物，因此必須重視個人的此意義化基礎。在現象意義化的不同，個人形成的探討目的也不同，使用的技術也不同，所以方法學上的表現是多面的且多樣化的，要了解這些表現必須明白個人的意義化過程以及個體在探討過程的辯證 (dialectic)。

伍、科學哲學的科學知識組成之主張在教育的啓示

在科學哲學裡，科學知識的組成已從具體存在的外在實體、未能完全理解的外在實體、人類族群意識支配的外在實體到個人在族群價值及個人經驗所理解的實體。這種實體主張的改變，使得科學知識的實體不是「絕對的、價值中立的」存在，那麼把科學知識視成單一完整結構的嚴整組織是否正確呢？如何配合這種實體主張之演變，調整科學教育課程是個現今所重視之問題^(34,40)。

科學哲學內的「認識論」已從具體的知覺經驗、理性歸納的經驗、群體價值威權掌握的經驗，到自我價值賦予的新意義之經驗，使知識從詮釋因果律、解釋現象到配合情境給予意義而有著不同的組織型式、結構⁽⁴²⁾。這種知識組成的改變，使得科學知識的組成該是如何成為必須重視的問題⁽⁴⁰⁾，在教學活動、教科書等科學知識的組織、取得和使用以及學生是如何結構科學知識，如何使用科學知識等都和課程理念息息相關，我們該如何安排這些呢？值得深思，尤其是組成教學活動重心的「學生學習經驗」是像杜威（Dewey, J）或泰勒（Tyler, R）等人的主張或另有其他的內涵？

科學知識的組織，在實證主義裡是階級式的組織，重視元素或概念意義的理解或元素間的關係，因此知識表徵的組織是個重心。後實證主義裡，重視形成知識表徵的理論假設，批判論重視不同知識表徵間的調整，建構論重視學生從舊有的知識組織裡，配合新訊息或新知識組織所進行的省察，這種演變將知識組織的表徵成為理解學生知識動態的機制。Linn⁽²⁸⁾的研究發現以動態觀點學習科學的學生有較好的成就。

在方法學裡，科學知識的組成，是從具體真實的操弄、遵守威權典範的假設進行操弄，經由相互間的溝通調整到自我建構的辯證。這些演變，使得科學教育裡、教師的地位、學生的學習活動等有關什麼是「教」，什麼是「學」等問題浮現，而改變整個評量的見解，究竟科學教育的評量是測量、描述、判斷或是協定⁽¹⁵⁾？值得討論⁽⁴⁰⁾。

科學教育的研究，在方法學裡以類別分類將信度和效度加以區分成各種不同的類型，如信度裡有重測信度等，這些「技術性」的處理隨著批判論中的動態外在實體與建構論的自我建構實體之主張而產生，將各類視成完全獨立或僅局部相依且可以重覆觀測的矛盾，使效度和信度的「技術性」處理面對挑戰⁽³²⁾。另一個值得提出的問題是批判論與建構論認為外在實體的存在並不是事前所能完全理解，因此把欲研究的現象假設為像上帝一樣完全理解，加以嚴整區分成各種全然獨立的變因，並且界定成可改變因素、不可

改變因素等操弄所取得的結果，在真正的情境裡其意義又是什麼呢？shymansky & Kyle⁽⁴⁰⁾認為這些是當今科學教育必須重視的問題。

在科學教育面對重新檢討的時刻，從科學哲學對科學知識組成之主張的演變，呈現出許多值得重視的問題，然而科學哲學裡並沒有給予「肯定的答案」，只是提供許多興奮的線索和值得探究的方向去面對一個新的挑戰。

參考文獻

1. 趙金祁、許榮富、黃芳裕（1992），科學哲學對科學知識主體主張之演變，科學教育月刊，154期，pp. 2-18。
2. 許榮富（1991），科學教學的哲學基礎，科學教育通訊，第12期。
3. 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。
4. Bewtein, R. (1976) The structuring of social and political theory. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
5. Berstein, R. (1983) Beyond objectivism and relativism: science hermeneutics and Praxis. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
6. Collier, C. W. (1992) Intellectual authority and Institutional authority. Inquiry, 35, PP.145-81
7. Cook, T. (1985) Post-positivist critical multiplism. In Shotlard, S. & Mark, E. (Eds) Social science and social policy, PP.21-62. Beverly Hills, CA Sage.
8. Cook, T. & Campbell, D. (1979) Quasi-experimentation: Designed and analysis issues for field setting. Chicago: Chicago MC Nally.
9. Descrates, R. (1960) (trans by Lofleur, L.J.) A discourse on method and mediations. Indianapolis: Bobbs-Merrill.
10. Eiscnhart, M. (1988) The ethnographic research tradition and methematics education research. Journal of Research in Mathematics Education, 19, PP.99-114.
11. Fay, B. (1987) Critical social science. Ithaca, NY: Cornell University press.
12. Greene, J. C. (1990) Three views on the nature and role of knowledge in social science. In Guba, E. G. (Ed). The paradigm dialog., PP.227-245. Newbury Park CA: Sage.
13. Guba, E. & Lincoln, Y. (1981) Effective evaluation. San Francisco: Jossey-Bass.

14. Guba, E. S & Lincoln, Y. (1987) The countenances of fourth generation evaluation: Description, Judgement and negotiation. In Palumbo (Ed.) The politics of Program evaluation. PP. 202-234 Newbury Park, CA: Sage.
15. Guba, E. S & Lincoln, Y. (1989) Fourth generation evaluation. Newbury Park CA: Sage.
16. Harre, R. (1981) The Positivist-empiricist approach and its alternative. In Reason, P. S. & Rowan, J. (Eds.) Human Inquiry: A sourcebook of new paradigm research (PP.3-18). New York: John Wiley.
17. Hempel, C. (1965) Aspects of scientific explanation and other essays in the philosophy of science. New York: the Free Press.
18. Hempel, C. (1966) Philosophy and natural science. London: Prentice-Hall, Inc.
19. Hesse, M. (1980) Revolutions and reconstructions in the philosophy of science. Bloomington: Indiana University Press.
20. Kuhn, T.S. (1970) The structure of scientific revolutions. Cambridge: Cambridge University Press.
21. Kahn, T.S. (1977) The essential tension: Selected studies in Scientific tradition and change. Chicago: Chicago University Press.
22. Kuhn, T.S. (1978) Logic of discovery or psychology research? In Lakatos, I. and Musgrave, A. (Eds.) Criticism and the growth of knowledge. PP. 1-24. Cambridge: Cambridge University Press.
23. Laudan, L. (1977) Progress and its problems: Toward a theory of scientific growth. London: Routledge and Kegan Paul.
24. Laudan, L. (1984) Science and Values: The aims of science and their role in scientific debate. Berkeley: University of California, Press.
25. Lincoln, Y. (1988) The role of ideology in naturalistic research. Paper presented at the meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
26. Lincoln, Y. & Guba, E. (1985) Naturalistic inquiry. Beverly Hills, CA: Sage.
27. Lincoln, Y. & Guba, E. (1986) But is it rigorous? Trustworthiness and authenticity in naturalistic evaluation. In Williams, D. (Ed.) Naturalistic evaluation. (New directions for program evaluation, No. 30. PP.73-84, San Francisco: Jossey-Bass).
28. Linn, M.C. (1992) Science education reform: Building on research base. Journal of Research in Science Education, 29(8), PP.821-840.

29. Maslow, A.H. (1970) *Motivation and Personality* (2nd ed.). New York: Harper & Row.
30. Maxwell, J.A. (1992) Understanding and validity in qualitative research. *Harvard educational review*, 62(3), PP.279-300.
31. Maxwell, J.A. & Lincoln, Y.S. (1990) Methodology and epistemology: A dialogue. *Harvard educational review*, 60(4), PP.497-512.
32. Moss, P.A. (1992) Shifting conceptions of validity in educational measurement: Implication for performance assessment. *Review of educational research*, 62(3), PP.229-258.
33. Nagel (1961) *The structure of science: Problem in the logic of scientific explanation*. New York: Harcourt, Brace & World, Inc.
34. O'loughlin, M. (1992) Rethinking science education: Beyond Piagetian constructivism toward a sociocultural model of teaching and learning. *Journal of reseach in scienna education*, 29(8), PP.791-820.
35. Phenix, P. (1964) *Realms of meaning*. New Uork: Mcgraw-Hill.
36. Phillips, D.C. (1990) Post- positivistic Science: Myths and realities. In Guba, E. (Ed.) *The paradigm dialog*. PP. 31-45. Newbary Park CA: Sage.
37. Popper, K.R. (1963) *Conjectures and refutations*. London: Routledge and Kego Paul.
38. Popper, K.R. (1968) (1972) *Epistemology without a knowing subject*. Reprinted in K.R. Popper (1972). *Objective knowledge*, chapter 3. Oxford: Clarendon Press.
39. Popper, K.R. (1978) Normal science and its dangers. In Lakatos. I. & Musgrave, A. (Eds.) *Criticism and the growth of knowledge*, PP.51-58. Cambridge: Cambridge University Press.
40. Shymansky, J.A. & Kyle, W.C. Jr. (1992) Establishing a research agenda: Critical issues of science curriculum reform. *Journal of research in science teaching*, 29(8), PP.749-778.
41. Stake, R. (1983) The case study method in social inquiry. In Madaus, G.; Scriven, M. & Stufflebeam, D.(Eds.) *Evaluation model*, PP.279-286. Boston: Kluwer-Nijhoff.
42. Worrall, J. & Currie, G (1978) Imre Lakatos: The methodolog of scientific research programmes: Philosophical paper (vol.1). Cambridge: Cambridge Unirersity Press.