

科學概念的指稱與投射*

陳瑞麟

東吳大學哲學系

E-Mail: rueylin@mail.scu.edu.tw

摘要

本文將論證，針對說明「科學語詞(也就是「科學概念」)和世界的關係」這個議題上，分析傳統的「指稱的因果理論」和「指稱」觀念兩者都將面對難以解決的困境。「投射」的觀念才是更好的途徑，科學語詞和科學概念是透過「投射」而和世界建立一定的相互關係。

本文試圖提出一個科學概念的「經驗投射理論」。我們將以量熱學、熱力學、燃素理論等等實際的科學案例，來詳細論證下列論旨：1. 心智將科學概念投射到世界，並建構可落實模型來印證它們。2. 每個科學概念是一概念網絡的一部分。3. 科學概念與現象的關聯由其在概念網絡中的位置來決定。4. 科學概念投射的對象被落實後，此概念才指稱該被落實的物體。5. 出現在不同理論中的語詞對應了不同的科學概念。

關鍵詞：科學實在論、指稱的因果理論、投射、科學概念、科學哲學

* 本文出於筆者八十九學年度國科會補助計劃「科學概念的指稱與投射」(NSC-89-2411-H-031-012)，特此誌謝。在審查的過程中，承蒙兩位匿名審查人提供許多寶貴且深入的意見，使筆者據以修訂，一併在此表達由衷感謝。
投稿日期：90.10.2；接受刊登日期：91.12.3；最後修訂日期：91.12.23
責任校對：林鈺婷、胡貴鳳

壹、導論

科學知識大致上可以分成兩部分：知道如何以某些特別的概念去說明或描述自然現象；以及知道如何使用一定的數學工具去計算相關於該現象的數量或尺度，連同知道如何進行觀察實驗以驗證概念的說明和數量的計算是否正確。我們把前者稱為「概念性的知識」(conceptual knowledge)，而後者稱為「操作性的知識」(operational knowledge)。¹

在科學領域中，我們用來構成概念性知識的概念就稱作「科學概念」(scientific concepts)，像物理學的場所(place)、力量(force)、慣性(inertia)、能量(energy)、電磁場(electromagnetic field)；化學的燃素(phlogiston)、氧化作用(oxygenation)、二氧化碳(CO₂)；生物學的基因(gene)、物種(species)、細胞(cell)等等都是科學概念。科學知識一向被我們視為「就是」自然世界的知識，而科學概念也就被認為代表了「自然種類」(natural kinds)。何謂自然種類？像「水」、「老虎」、「金」等等都是哲學家在討論「自然種類」時，慣於使用的例子。然而，「力量」、「能量」、「電磁場」這些概念所代表的是自然種類嗎？就算是，那像「耗能穿遂效應」(dissipative tunneling effect)、「光電效應」(photo-electric effect)、「超導現象」(superconducting phenomena)、「電腦病毒」(computer virus)這些實驗室創造出來的種類呢？難道它們也是像水、金、老虎等等一樣的自然種類嗎？隨便翻開一本科學辭典，就會發現裏面的「科學概念」之多之繁複，令哲學家討論的「自然種類」例子像是小學生在看圖認字一般。

這樣說大概對哲學家不公平，因為也有不少哲學家以「電子」

¹ 當然，我們也可以再分成「操作數學的知識」和「操作觀察和實驗的知識」，而且我們不試圖為三者劃出一條截然分明的界線。

(electron)、「微中子」(neutron)、「陽電子」(positron)等等量子力學、粒子物理或高能物理的概念為討論時的標準範例。爭論點就在於這些概念是否代表了自然的真實物體？顯然，這類科學概念所代表的對象，並不像「水」、「老虎」、「樹木」等自然類概念所代表的對象一般，能被我們用肉眼直接觀察到。如此，它們所代表的對象「真地存在」嗎？這些對象又真的像一些物理學家所主張一般，是構成世界的終極成分？此類疑問，就成了哲學家的爭論核心。

如果我們相信包含某些科學概念的科學理論是「真的」(true)，它所描述或說明的是世界的「真實」(reality)，那麼自然這些科學概念所代表的對象必定「真地存在」，而且對象必定如概念所描述般地行為。這個觀點即是所謂的「科學實在論」(scientific realism)。然而，也有哲學家認為很多科學概念所代表的對象，不僅無法被肉眼觀察到，甚至迄今無法被精密儀器觀察到，或者根本是不可觀察的，它們只是由理論所推測出來的。然而，很多過去成功的科學理論所包含的科學概念(如托勒密天文學的「本輪」(epicycle)，燃素理論的「燃素」(phlogiston)等等)，今天根本沒有「被指對象」(referent)，但它們仍然能解決很多問題；誰知道今天看起來成功的科學理論，日後會不會又被放棄了？那麼，何以見得今天那些科學概念所代表的對象，一定真地存在呢？²「科學實在論」可以答覆說，今天被主張具有實在性的科學理論和科學概念，都經過無數經驗驗證與歷史淘汰的篩選考驗，這些科學理論與概念被用來說明廣大範圍的現象，如果不是因為它們反映了世界的「真實」(至少「逼近」

² 今天的基本粒子物理、高能物理所描繪出的「基本粒子」(elementary particles)之圖像——至少給我們外行人大眾的圖像——大抵是非常非常微小的「球體」、「沙粒」一類的東西。然而一個提議的、所謂「最終理論」的候選理論——超弦理論(super-string theory)——則蘊涵世界的最基本構成成分是「弦狀」的東西。這些圖像常常會令我們外行人覺得匪夷所思。但至少超弦理論的出現表明今天基本粒子物理的概念所代表的對象，未必真地存在。

[approximate] 真實，或「逼真」[verisimilitude])，又如何能得到這麼重大的成功呢？

以上的簡單討論，即是針對「理論的科學概念是否真地代表對象、其所代表的對象真實存在與否」這個議題，「實在論」與「反實在論」(anti-realism) 之間的爭辯。³ 也可以說，它是一個「科學概念與世界之關係」的議題。究竟科學概念是否反映世界的真實？或者只作為我們理解世界的一種恰當的或可能的方式？如果是前者，科學知識就有其客觀的真理性，是描述世界的唯一真理。然而，孔恩(Thomas Kuhn)、費耶阿班(Paul Feyerabend)所帶起的「意義變遷」(meaning change)、「意義的不可共量性」(meaning incommensurability) 之議題，卻為後者提供了可觀的支持，使得科學知識做為「客觀真理」的地位岌岌可危。

為了回應孔恩等的衝擊，分析傳統的哲學家，乞援於「指稱」(reference) 這個分析／語言哲學的「主宰觀念」。「指稱」恰好代表了語言(名稱、字詞等)和世界的關係，而「科學概念」又總是得用「科學語詞」(scientific terms)來表現，問題就因此著落在「科學語詞與世界的關係」之上。哲學家認為，如果能夠在「指稱」的觀念上找到語詞與世界的直接聯繫，則不管科學語詞的意義內容(依賴於科學家心中的思想)在科學史中如何變遷，語詞始終牢牢地連繫著指稱的對象，不因為歷史的演變而變動，這不就能為科學知識的客觀性保住了一線生機？

科學語詞是否總是有其指稱？換言之，其指稱的對象是否總是世界的一部分？如果一個原先被設想為指稱了實在對象的科學語詞(如『燃素』)，後來卻發現該詞項根本沒有「被指對象」，那麼

³ 「實在論」與「反實在論」之間的爭辯當然不只侷限在這個議題上，但它的確是個焦點議題。此外，「實在論」與「反實在論」都有種種形式，不過，區分與澄清種種不同形式並不是本文的主題。

我們是否還能說該詞項仍然有「指稱」？再者，當我們說『力量』、『電磁場』、『能量』等等科學語詞「指稱」某種「被指對象」時，那又是什麼意思？⁴ 畢竟這些存有物不能像椅子、桌子、樹木、或者下雨等等事物一樣被我們用手指指著而「指」出來。（當然，「指稱」不表示它一定能用手指頭「指」出來，但「指」的動作無疑是「指稱」的一個指標(index)。）這不免讓人懷疑，當我們要討論「科學語詞與世界的關係」這個議題時，必然得訴諸於「指稱」的觀念嗎？況且，孔恩在一九八〇年代後提出的「分類」(taxonomy)觀念，以及對「指稱的因果理論」(the causal theory of reference)之有力反駁，使得「指稱」的觀念在分析科學語詞上變得不那麼必要（雖然孔恩仍不免於使用「指稱」這個哲學術語）。⁵ 在這種情況下，「指稱」是否仍是探討此議題的唯一途徑、甚至恰當途徑？

本文將論證，針對說明「科學語詞(也就是「科學概念」)和世界的關係」這個議題上，分析傳統的「指稱的因果理論」(the causal theory of reference)並不是恰當的理論，甚至「指稱」的觀念本身就是一個不適合的觀念，「投射」(projection)的觀念才是更好的途徑。科學語詞和科學概念是透過「投射」而和世界建立一定的關係。並

⁴ 孔恩在反駁哈金(Ian Hacking)將他的立場詮釋為唯名論時質問說：「力量」的被指對象能被詮釋為個體嗎？(Kuhn, 1993: 315)我們可以進一步質問：「力量」能有被指對象嗎？有什麼東西可以作為「力量」這個詞的被指對象而被「指認」、「指稱」出來？就算是直觀上與日常生活上的「力」(如肌肉的「出力感」)都不太可能被詮釋為指稱的。按照牛頓力學，「力量」這個詞意謂造成一切運動發生的原因，但是我們能像連結「老虎」和每隻老虎(作為「老虎」的被指對象)一樣地連結「力量」和運動發生的原因嗎？換言之，就算我們要將「指稱」這個觀念應用到「力量」這類物理量詞上，也必須要有一個特別的「指稱」觀念甚至「指稱理論」，而不能直接把傳統的指稱理論應用到「力量」這個科學語詞之上。

⁵ 在台灣，傅大為(Fu, 1995)和陳瑞麟(1999, 2001; Chen, 2000)在這方面做了許多討論，已經累積了不少成果。關於討論孔恩「分類」的相關文獻，可以在上述論文的參考文獻中找到。另外，傅大為(Fu, 1993, 1996)並將「分類」的觀念應用到中國科學史與西方科學史的比較研究之上。

非所有的科學語詞都能指稱世界，只有那些代表過去經驗和已落實的對象 (realized object) 的科學語詞才有指稱；但所有的科學概念都能有其投射。因此，「指稱性」(referentiality) 並不是科學語詞和科學概念的基本特性，「經驗的可投射性」(empirical projectibility) 才是。「指稱」是一種「世界到心靈／語言」的方向；而「投射」則是「世界到心靈／語言再到世界」的方向。

古德曼 (Goodman, 1965) 已在歸納問題的探討中引入了「投射」的觀念，並提出一個「述詞的有效投射」之理論。在本文中，我們將擴充古德曼的「投射」觀念，發展一個科學概念的「經驗投射理論」(theory of empirical projection)，據以說明科學概念的基本特性：「經驗可投射性」。亦即，科學概念不是被動地直接反映自然現象，而是心智主動的組合、建構和投射，並依賴於一個分類系統 (classificatory system) 或概念網絡 (conceptual network) 來決定其內容。而且，我們可以考察單一概念的投射，也可以考察整個概念網絡的投射，但是單一概念的投射還是必須依賴整個網絡。「經驗投射理論」包括如下五個論旨：

- (T1) 科學概念具有「經驗的可投射性」，即心智將科學概念「投射」到世界，並建構可落實模型 (realizable models) 來印證它們。
- (T2) 每一科學概念都是透過一個分類系統和系統中的其它概念聯結成一個概念網絡，它和其它概念的連結型態 (linking types) 是其概念內容的一部分。因此，單一個科學概念的投射，總是預設了其所依賴的整個概念網絡的投射。
- (T3) 每一科學概念根據它在概念網絡中的拓樸位置 (topological locution)、即它和其它概念的連結型態來決定它和現象的關係。換言之，決定它的投射型態 (projective types)。科學概念的投射型態有「基本範疇」、「種類」、「局部」、

「模型」等等。

(T4) 科學概念所投射的對象，在被印證或被落實之後，科學概念(或科學語詞)才進而指稱該已落實的對象。

(T5) 同一個科學語詞出現在不同理論中將對應著不同的科學概念。這可以表為「科學語詞投射到理論」(projecting of a scientific term onto theories)上。

我們認為，一個說明科學概念的理論，必須要能恰當地說明實際的科學理論和科學活動。在發展投射理論之中，我們將應用熱學的理論史(包括「量熱學」、「熱力學」、「熱質說」)和「燃素理論」來顯示經驗投射理論能滿足這個需求。

貳、指稱的傳統

「科學概念與世界的關係」這議題，傳統上以「理論詞」(theoretical terms)和「理論存有物」(theoretical entities)的面目呈現。理論詞「指稱」理論存有物，但理論存有物是否真實存在？哲學是否要去處理這種形上學的問題？在邏輯實證論和經驗論(一般被歸為「反實在論」，繼承了柏克萊 [George Berkeley] 觀念論和休謨 [David Hume] 的現象論立場)的傳統下，談論「理論詞」就預設了「理論語言 - 觀察語言」的二分架構。既然包含理論詞的理論敘述都可以透過對應規則，而建立在全部是觀察詞的觀察敘述之基礎上，理論詞所指稱的「理論存有物」，也就可以隨之而被化約到觀察經驗上，或者用其它方法消除掉。⁶ 如此反形上學傾向的邏輯經驗論，就可以不必去處理「理論存有物是否真地存在」、「理論詞的被指對象是什麼樣的東西」等等問題。當然，觀察詞則仍有其指

⁶ 譬如瑞姆濟語句 (Ramsey sentence)，參看林正弘 (1985)。

稱，它們指稱可觀察(包括測量)的現象或事物。⁷

然而，「理論 - 觀察」的二分法是否能站得住腳？從一九五八年的韓森 (Hansen, 1965) 和一九六二年的馬克士威 (Maxwell, 1989) 之後，這個二分法就已經搖搖欲墜了。⁸ 然而，韓森和馬克士威對「理論 - 觀察」二分法的批判卻開展出兩條不同的路線：韓森提出著名的「觀察背負(預設)理論」(theory-laden of observation)論旨，所有的觀察都戴上了理論的「眼鏡」(而且我們不可能拿下它，頂多我們只能戴另一副眼鏡)，不同的「理論眼鏡」就可能讓我們在同一組感官經驗上觀察到不同的事物。⁹ 在這種思路下，任何「科學語詞」(不管是觀察或理論語詞)與世界的連結，都必定要透過理論，一旦我們選擇了不同的理論，我們看到(觀察到)的世界就(完全)改變了。孔恩和費耶阿班繼承了這條路線。相反地，馬克士威在泯除理論與觀察的二分界線時，則讓觀察凌駕了理論，主張所有的理論詞在邏輯上都可能是觀察詞(包括那被判定為物理上「不可觀察」的『電子』)。而且在使得原先不可觀察的「理論存有物」變得可觀察時，不必然會改變理論詞的意義 (Maxwell, 1989: 25-26)。¹⁰ 馬士克威的論點無疑是後來科學實在論的先聲。

⁷ 其中又有可觀察的語言是一種什麼樣的語言之爭議？是一切可觀察語言都要化約到「感覺與料語言」還是可以容許像「桌子」、「椅子」等等「物理事物的語言」？在此，我們不需處理這類問題。

⁸ 卡納普也不得不承認理論(不可觀察的)和觀察的劃分有某種任意性，從肉眼觀察到複雜的觀察是一個連續體 (Carnap, 1966: 226)。但是他還是維持一個理論詞可以透過對應規則而化約到觀察詞的基本立場。

⁹ 後來的知識論者則區分了「看」(see)和「看作為」(see as)、或者「物體知覺」(object perception)和「事實知覺」(fact perception)，試圖解決這個爭議。參看 Drestke (1999: 654-658)。

¹⁰ 馬克士威承認，量子力學已經告訴我們，要觀察「電子」是不可能的。但是，他假想，也許未來能發現一種新的物理存有物，不必服從量子力學的原理；或者也許可能有一種新藥物，可以改變我們的知覺器官。「電子」就有可能被觀察到，而且不必然改變「電子」一詞的意義。

在面對六、七十年代孔恩的科學革命、改宗典範、不可共量性等等議題時，許多哲學家認為傳統的科學圖像——科學發現「客觀真理」、科學活動是「合理性的」、科學知識「累積成長」等等——受到了嚴重的威脅，因此他們想尋求新的哲學理論來拯救客觀傳統。一群人試圖重建科學發展與變遷的合理圖像 (Imre Lakatos, Larry Laudan, etc.)；另一群則轉向科學實在論。恰巧語言哲學家庫律奇 (Kripke, 1980) 的「指稱的因果鏈理論」(the causal chain theory of reference) 和「固定指稱詞」(rigid designator) 為傾向科學實在論的哲學家提供了哲學理論資源。於是，這些哲學家 (Putnam, 1975a, 1975b; Kitcher, 1978, 1993; Newton-Smith, 1981; Boyd, 1979, 1990, 1992; Hardin & Rosenberg, 1982; Psillos 1999) 發展了種種不同版本的「指稱的因果理論」，用以說明科學語詞的「指稱」，如何不會因科學理論的變動而改變。

庫律奇這個新的指稱理論主張我們的專有名稱 (proper name) 是一種「固定指稱詞」，亦即在任何可能世界 (possible world) 都固定指稱相同的對象。但這如何可能呢？庫律奇用「因果鏈理論」(又稱「因果 - 歷史鏈理論」) 來說明：一開始有人為新生兒取了一個名字，他把這名字告訴親友，親友都用這名字來稱呼新生兒。這個名字就透過一連串稱呼的因果事件而固定地跟著新生兒，不管他長大後，身份、外貌、性格有什麼改變 (亦即「可能世界」的改變)，該名字始終連結著 (指稱) 他。這個理論似乎就是我們日常生活的寫照，直覺上頗為恰當。¹¹ 那麼，是否「科學語詞」也可以比照「專

¹¹ 如果我們從日常生活來深入檢視這理論時，會發現日常生活有種種多變的情況，都會使這個理論並不那麼理所當然。譬如如何指認 (identifying) 同一個對象？是透過「因果鏈」來決定嗎？該如何決定？遇到「同名」的情況時又怎麼辦？當然我們可以說「同名」只是記號型式 (type) 相同，但指稱關係不同，因而是不同的個例 (token)。但我們不是用名稱來指認對象嗎？一旦同名，又要如何區分「型式」與「個例」呢？當然，庫律奇提出這個理論並不是出於日常生活的反省與提煉，

有名稱」呢？帕特南(Hilary Putnam)是第一個將這指稱理論應用到「自然類詞」上的哲學家，但是他的討論和科學史幾乎沒什麼關係；基契爾(Philip Kitcher)則以科學史實例對這理論的應用作了精彩的闡述；普西洛(Stathis Psillos)提出一個略微不同的「指稱的因果描述詞理論」(causal descriptive theory of reference)。以下我們依序簡述三人的論證。

一、 帕特南的『水』和『電』

帕特南在其「意義」的意義(The Meaning of "Meaning") (Putnam, 1975a)一文中，構思了一個「孿生地球」(twin earth)論證，討論它的文獻非常多。¹² 但這個論證太過於「科幻」，脫離了實際科學的脈絡，因此我們不擬在此詳述。帕特南這個「科幻故事」的主要目標在於論證「意義不是由我們大腦中的心靈狀態來決定的」，語詞的意義，和外在世界有「必然」連繫——透過它所指稱的對象，因果地決定了它的意義，而且保證它的意義不會因我們對它心靈狀態有所不同而改變。

『水』這個字是否「必然」指稱 H_2O ？根據定義，「必然」(necessary)就是指橫跨每個可能世界都不會改變。在帕特南看來，『水』是自然類詞，而自然類詞是固定指稱詞，所以『水』指稱的

而是出於(模態)邏輯的考量。「可能世界」的概念是邏輯地理解整個理論的關鍵。可能世界並不是想像的世界，而是對「一群固定的對象」所做的可能描述。不同的描述之總集，就形成了不同的可能世界，但這些可能世界所描述的對象都是固定的一組對象。如果每個對象指派一個名稱，而且規定名稱和對象之間一一對應，如此固定指稱詞就跨越種種可能世界都指稱同一對象。

¹² 譬如一本書專以「雙生地球」為主題，即《雙生地球年代記》(*The Twin Earth Chronicles: Twenty Years of Reflection on Hilary Putnam's "The Meaning of 'Meaning'"*, edited by Andrew Pessin & Sanford Goldberg, New York: M. E. Sharpe Press, 1996)。又如上述科學實在論的文章，多少均談及雙生地球。

典型樣品一旦被發現是 H_2O (即水的本質)，則『水』就必然地指稱 H_2O ，不會因可能世界的不同 (對『水』的聯想或描述) 而改變。在二〇一一年時，我們提到『水』時，總是聯想到無色無味、透明清涼、可以解渴等等性質 (在一個可能世界中的一組心靈狀態)；但或許在二〇一五年時，我們的子孫提到『水』時卻聯想到彩色繽紛、略甜、可以提供足夠營養等等性質 (另一個可能世界的另一組心靈狀態)，但不管在二〇一一年或二〇一五年，『水』都指稱 H_2O 。如此，我們對『水』的種種聯想和描述，並不能決定什麼東西被我們所描述，只有『水』這個名稱可以用來決定什麼東西被我們所指稱——即固定被指對象 (referent fixed) 為 H_2O 。

現在問題是，在專名的情況中，我們可以 (用手指)「指著」一個人、一個物體從而「固定」被指對象，但是『水』的情況呢？我們能夠「指著」某瓶無色透明的液體然後就「固定」了『水』的指稱嗎？我們怎麼知道那不會是一瓶酒？帕特南因而訴諸於「本質」(essence)，而且自然類的本質由科學研究來揭發。他認為化學家發現水的分子結構 H_2O ，就是水的本質，因此固定了『水』的被指對象。

就算「『水』必然指稱 H_2O 」，但『水』是一個「科學語詞」嗎？恐怕不無疑問。帕特南有更早的一篇論文——說明和指稱 (“Explanation and Reference”) (Putnam, 1975b)，以『電』(electricity) 為例，顯示『電』這個字如何被沿用傳遞下來，始終固定地指稱相同的東西，即「指稱的因果鏈」如何在科學活動上發揮作用。

富蘭克林 (Benjamin Franklin) 知道『電』被顯示在火花和閃電的形式中；另個人可能知道電流和電磁鐵；再另一個人則知道由正負電荷構成的原子。他們都使用『電』這個詞，無需辨別他們所享有的「內涵」(intension)。我想建議他們在下列重點上是共同的：他們每個人都關聯了一個因果鏈，連結到

電的某一種因果描述上 該描述選出電做為某些特定方式下的特定效應之原因。(Putnam, 1975b: 200)

這段對『電』的說明非常簡單，我們大致可以更詳細地重述如下：富蘭克林執行一個實驗，他用了『電』這個名稱來指稱造成閃電和火花的原因，其他人沿用富蘭克林的命名，形成一個因果鏈；後來這個因果鏈中有一人 B 研究發現『電』在銅導線中像電流般流動，此時「電流」的現象「進入」電的因果鏈中；一段時間後，又一人 C 發現導線中的電流可以產生電磁鐵的效應，他因循地使用『電』這個詞；繼而 D 又發現『電』有正負電荷之區別，而且為原子內部的成分所攜帶，如此等等。B、C、D 都為『電』貢獻了新的聯想，但他們使用『電』這個字，都指稱了相同的對象，在因果鏈的傳遞中，和『電』始終保持固定的連結。

二、基契爾的「燃素理論」案例

儘管帕特南用了『電』這樣的科學字眼當案例，卻未結合實際的科學史來進行討論。另一位科學哲學家基契爾 (Kitcher, 1978, 1993)，則扣緊「燃素理論」的歷史演變，為指稱的因果理論之應用，做了具體的說明。

燃素理論是十八世紀時，化學家為了說明像燃燒現象一類的化學反應而提出的理論。他們相信可以燃燒的物質都含有一種「原質」(principles) 即燃素 它是造成燃燒 (和其它類似的化學反應) 發生之原因，「燃燒」就是燃素從可燃物中釋放而逸入空氣中。物質有易燃程度的不同，易燃的物質表示富含燃素，不易燃的物質所含燃素量稀少。燃素理論可以成功地說明大部分的燃燒現象和化學反應，但是卻有一個異例，即在密閉空間內的燃燒 (的蠟燭)，為什麼一會兒之後就停止了？燃素理論家對這個異例的解答是：空氣有吸收燃素的容量限制，一但達到飽合，空氣就無法再吸收燃素，燃

燒自然就停止了。這個推測可以證實嗎？十八世紀的化學家紛紛嘗試在密閉空間裏加熱各種物質。

燃素理論的支持者普里斯利 (Joseph Priestley)，也是十八世紀末的著名化學家，試驗加熱水銀燒渣 (calx of mercury) (即今天化學上的氧化汞 [HgO]，中國傳統稱為「硃砂」) 後得到的氣體，意外發現它讓老鼠生氣勃勃。普里斯利也試吸之後感到新鮮愉快、充滿活力。他又試著把這種氣體注入燃燒快熄滅的密閉空間中，發現燃燒更旺盛了。根據燃素理論，普里斯利推測加熱水銀燒渣所得到的氣體，可以除去原來空氣中的燃素，使得空氣有更大燃素容量，因此可以在燃燒時更有效率地吸收燃素，所以他就把這氣體稱作「除去燃素的氣」(dephlogisticated air)。同時期的另一位化學家拉瓦榭 (Antoine Laurent Lavoisier) 被科學界尊稱為「氧」(oxygen) 的發現者 重複普里斯利的實驗而得到相同的氣體，但拉瓦榭打從一開始就不支持燃素理論，他主張這氣體不是什麼「除去燃素的氣」，而是空氣的兩種基本成分之一，也就是今天化學上的「氧氣」。¹³ 現在問題是普里斯利的「去除了燃素的氣」可不可以就直接地被翻譯成「氧」？孔恩認為不行。而基契爾認為可以，因為它們指稱相同的「被指對象」(一九七 年代的帕特南大概會說：它們都指稱 O₂)。

基契爾如何以指稱的因果理論來詮釋這個歷史故事呢？首先，『燃素』的定義是由史塔爾 (Georg Ernst Stahl) 提出的，日後燃素傳統的理論家都沿用品，形成一個關於『燃素』的因果鏈，普里斯利也在這因果鏈的一環中。基契爾提到他引用普里斯利的原文：

¹³ 孔恩在《科學革命的結構》(The Structure of Scientific Revolution) (Kuhn, 1970) 中也討論了這段科學史，孔恩的焦點在於「氧是如何發現的？」「如何界定誰是發現者？何時發現？」孔恩的論點乃是如果沒有典範的改變，那麼要發現氧是很困難的。拉瓦榭有了不同於燃素理論的典範，所以他能以不同的眼光來看待新氣體。

現在，完全滿意地試驗了這新種的空氣 (the new species of air)，亦即能從含氮空氣(nitrous air)中移除更多燃素，因此使它擁有很少的燃素；下一步我想探討：什麼因素使它如此純淨？或者以哲學術語來說，使它能去除這麼多的燃素(to be so much dephlogisticated)。(Kitcher, 1978: 536-537)

隨後他評論說：「從我們的觀點來看，普里斯利錯誤地描述了這新氣體，他在這場合中的評註，把這個加熱水銀燒渣所得到的氣體指認為除去燃素的氣，這兒產生的『除去燃素的氣』的個別標誌(token)，其被指對象是被史塔爾的定義所固定的(也就是說，它無法指稱)。」(1978: 537)接著，基契爾又引述了一段：

我的讀者不會驚訝，在把老鼠放入除去燃素的氣，確定它能得到極度好處之後，加上先前提到的其它試驗，我自己應該有了吸它的好奇心。我很感謝這種好奇心，吸了它....它對我的肺的感覺和普通空氣沒有感受上不同，但一些時刻後，我想像我的胸部感到特別輕盈與舒適。(1978: 533)

基契爾認為這個段落中的『除去燃素的氣』指稱了他和老鼠所呼吸的氣體——也就是氧。「普里斯利先前講出的『除去燃素的氣』，乃是以一個事件——史塔爾把燃素定義為燃燒時逸出的物質——為開端。普里斯利隔離氧，而且錯誤地指認它之後，事情變了。他後來講出的『除去燃素的氣』，要不是以史塔爾固定了『燃素』的指稱為開端，就是以相當不同的事件——與氧的遭遇——為開端。」(1978: 537)這裏所謂的開端乃是指因果鏈的開端。換言之，普里斯利對『除去燃素的氣』這個科學語詞指稱了不同的東西，因而連結了兩個不同的因果鏈。¹⁴ 一個是沿襲史塔爾的定義，它固定的是與

¹⁴ 這兒，基契爾應用了「類型 - 個別標誌」(type-token) 的區分。亦即普里斯利的文獻中每一次出現的「除去燃素的氣」，都是「除去燃素的氣」這個語詞類型的一個個「個別標誌」。這些個別標誌連結了兩個不同的因果鏈。這樣的觀點可能會

燃素有關的被指對象；另一個則是連結了他的呼吸實驗，固定了另一種不同的東西，開創了一個新的因果鏈，正是這個因果鏈連結了「氧」。那麼在這個因果鏈上的『除去燃素的氣』可以和『氧』一詞互相翻譯。

三、普西洛的指稱的因果描述詞論

普西洛的「指稱的因果描述詞論」大概是「指稱的因果理論」最新、最精緻的版本。它當然不是純粹的「因果理論」，而是「純因果理論與純描述詞論之間的混合」(Psillos, 1999: 281)，試圖為實在論提供一個強固的支持。普西洛的目的是論證科學的確在於發現客觀世界的自然種類，而且「較新理論的自然種分類 (the natural-kind taxonomies of newer theories) 更為逼近世界的客觀自然類結構。」(1999: 280)

從討論「指稱的因果理論」開始，普西洛一方面對它作了清楚完整的闡述；一方面則逐步地引導出「指稱的因果描述詞論」的必要性與優越性。普西洛小心地區分『水』、『老虎』一類傳統的自然類詞與『電』、『燃素』、『以太』一類的理論詞 (他又稱「物理量詞」[physical magnitude term])。當然，依據普西洛的立場，如果這些理論詞依賴的理論是正確成功的，它們將會逼近地指稱一個自然類。不過，在目前的脈絡中有必要把自然類和物理量分開來討論。

讓某些人感到很奇怪，同樣都是普里斯利自己在使用的一個詞，居然一下子指稱「除去燃素的氣」，一下子指稱「氧」？似乎不太可能，至少普里斯利自己不會這樣想。不過，指稱的因果理論本來就被用來反對「意義只由心靈決定」的論點，因此，普里斯利自己實際怎麼想無「權」決定一個語詞的指稱，必需由完全客觀的角度才能決定語詞的指稱。一九八一年後的帕特南又稱這為「上帝之眼的觀點」(the view of God's eyes)，或者形上實在論 (metaphysical realism)，並且反對這種觀點。

普西洛(Psillos, 1999: 284-298)指出,自然類詞的因果理論所遭遇的最大困難是「如何固定指稱(也就是指認出被指對象)?」純因果理論家必須訴諸於檢驗自然類的樣本之「內在結構」(internal structure)。譬如,在『水』的案例上,帕特南訴諸於水的化學結構 H_2O 即水的「本質」。但是內在結構不正是需要理論來發現嗎?換言之,我們需要理論來描述樣本的內在結構,以便判定樣本是否屬於該自然類。如此,一個理論描述詞(theoretical description)勢必無法避免。況且,訴諸於內在結構就是認為它比「外顯性質」(manifest properties)更具決定性。¹⁵但是我們也有可能誤認了「水」的內在結構(譬如以為它是 HO_2),導致一個外顯性質明明是「水」的東西,我們卻因為它的內在結構不對,而判定它不是水。所謂內在結構和外顯性質都是個體之所以被歸屬於某個種類的性質,何以見得內在結構就一定是「本質」?本質又如何判定?因此,普西洛認為:一來,因果理論無法避開「理論描述詞」在固定指稱上的角色;二來,我們應該用「種類構成性質」(kind-constitutive properties)來代替內在結構,因為它並不區分內在結構和外顯性質,只要種類存在,就有種類構成性質。總之,「理論描述詞」透過描述的種類構成性質而固定一個自然類詞的指稱。

至於理論詞方面(1999: 289-291),顯然我們不可能去挑選出『電』、『以太』之類的樣本,然後檢驗它們的內在結構來固定指稱。這時我們必須訴諸於它們的「因果角色」(causal role),亦即這些理論詞的「被指對象」是做為哪些現象或效應的原因。正如『電』的被指對象是做為閃電和火花、導線的電流、電磁鐵效應等種種現象的原因。因此,不管新發現了哪些現象或『電』這個詞有哪些新的聯想,一開始引入『電』做為某種現象的原因時,『電』總是指

¹⁵ 舉例而言,水的無色、無味、解渴、沸點 $100^{\circ}C$ 等等,皆為外顯性質。

稱固定不變的東西。但普西洛指出，純因果理論會碰到一個反例，即「燃素」。「燃素」被用來指稱燃燒現象的原因，而且也形成一個因果鏈，後來科學家發現燃燒現象包含氧(氧化作用)，氧是燃燒的原因。因此，純因果理論家將不得不說「燃素」指稱氧。但氧的性質完全和「燃素」的構成性質不同，也沒有因果連結，我們如何能說「燃素」指稱氧？普西洛認為：「說「燃素」沒有指稱(refer to nothing)是正確的。」(1999: 291)因為並沒有任何東西符合「燃素」的種類構成性質。

最後，普西洛提出「因果描述詞論」來解決上述困難。¹⁶ 我們將它重新整理成如下論點：(1)在形成因果鏈之最初事件中，必須要有一個核心的因果描述詞(core causal description) (或「理論描述詞」或「說明原因的描述詞」(causal-explanation description)) 來固定指稱，自然類詞和理論詞就可以透過因果鏈的傳遞而指稱相同對象；(2)核心的因果描述詞描述被指對象的種類構成性質和因果角色；(3)理論詞假設的理論存有物若是能滿足理論構成性質的描述，則該理論詞有指稱；若是不能，則沒有指稱；(4)如果有不同的語詞(如「光媒以太」[luminiferous ether]和「電磁場」)扮演相同的因果角色，而且核心因果描述的種類構成性質亦大部分相近，則兩個語詞指稱相同的存有物。如此，「因果描述詞論」不僅可以避開純因果理論的困難，說明種種已被討論的科學案例，更可以保證指稱的連續性和穩定性，不會因為理論變遷而變動，從而為科學實在論的立場提供有力的支持。

這裏，普西洛討論了一個有趣的科學案例，即在理論變遷中，有時會隨著放棄舊理論而放棄舊語詞(如「光媒以太」)，改用新理論和新語詞(如「電磁場」)，但新語詞卻承接了舊語詞的指稱。普

¹⁶ 普西洛指出這個理論最初是路易士(David K. Lewis)所發展的。普西洛在應用此理論時，也參考了一些先驅者(ex: Enç, 1976; Hardin & Rosenberg, 1982)。

西洛論證，『光媒以太』不僅扮演和『電磁場』相同的因果角色，而且也有相同的種類構成性質(1999: 296)。所以，說「『光媒以太』指稱電磁場」是正確的。

參、「指稱的因果理論」與「指稱」觀念的侷限

關於帕特南應用「指稱的因果理論」和「固定指稱詞」對「自然類詞」所做的說明，若以實際的科學史實來評估，「實在」問題重重；即使基契爾以扣緊燃素理論史所做出卓越說明，還是有很多令人感到不自然與不恰當的地方。當然，我們不能僅僅宣稱了事。

以下我們將先討論「指稱的因果理論」之理論內在的困難如何追溯沿用名稱的因果鏈？其次，我們將討論來自理論外的批評。杜普瑞(Dupré, 1981)、孔恩(Kuhn, 1983)、傅大為(1995)從「分類」的觀點出發，以實際的科學史與科學知識為例，對帕特南等人的論點與例子提出有力的批評。杜普瑞以生物分類為例；傅大為則討論並發揮孔恩的批評，並提出一個建立在孔恩立場上的「科學語詞與世界的關係」之圖像。當然，即使有諸多論證顯示「指稱的因果理論」不適用於說明科學語詞或科學概念與世界的關係，人們仍可問：是否有其他的指稱理論可以擔當這個任務呢？譬如，傳統的描述詞論？或者普西洛的「因果描述詞論」？普西洛的「因果描述詞論」的確是個更精緻有力的方案，然而它仍然不能滿足我們。為什麼？因為它仍然保留了「純因果理論」的一部分，而且它受到「指稱」觀念的侷限。我們想論證，正是「指稱」這個觀念本身，在說明這個議題甚至整個科學概念活動上，有著很大的侷限。

一、指稱的因果理論之理論內在的困難

「指稱的因果理論」在名稱和「被指對象」(世界的一部分)的

關係上有兩個要點：(1)透過因果鏈的開端 引入事件 來固定指稱；(2)透過沿用名稱的因果鏈來傳遞指稱，而且保證指稱保持固定不變。第一個要點，普西洛已經作了卓越的批評，並指出固定指稱時，我們不可能避開理論。當然普西洛本身提出替代方案是否恰當又是另一回事。至於第二點，似乎沒有人質疑過：如何保證在實際的名稱因果鏈傳遞中，指稱一定保持固定不變？

「固定指稱」總是蘊涵了語詞的使用者同時進行「被指對象的指認」。但我們怎麼保證名稱的使用者傳遞給下一位使用者時，名稱和被指對象之間的連結，不會斷裂失落？亦即如何能保證在名稱傳遞的過程中，下一位使用者總是正確地指認出前一位使用者的「被指對象」呢？在科學史的脈絡中，使用者在承接一個名稱時，錯認先前使用者所指認的對象總是可能的 因為他可能有一個不同的概念架構，引導他去指認不同的對象。如此一來，種類詞「指稱」的改變，就不是什麼不可能的事。所以，「指認」的問題將顯示：第二個要點是可疑的。當然，我們可以撇開使用者，而直接承認「名稱」和被指對象之間有一種自動的固定連繫，不管使用者是否「錯認」了被指對象。但這種「承認」乃是出於上帝之眼的觀點 (the view of God's eyes) 不需要考慮人類使用名稱的情境。

的確，如果要確保名稱和被指對象之間有必然連結，只能訴諸於帕特南後來所謂的「形上實在論」立場 一種上帝之眼的觀點，或者全知觀點 (omniscient view)。換言之，指稱的因果理論家看待科學史中的語詞傳遞時，是以一種小說創作者的眼光在看著他自己創作的故事，對每一段情節細部瞭如指掌。在上帝之眼的觀點下，站在一個超越此刻時空的位置上，我們可以想像任何科學語詞在引入科學之初，總是有一個開端，繼而有一個名稱傳遞的因果歷史鏈，在傳遞過程中，名稱牢牢地繫結在最初的被指對象上。但如果我們將自己也放入歷史，站在此時此地的位置上，面對一大堆科

學語詞和名稱，我們如何能確定它們今天的被指對象，就是當初該名稱被引入之時的被指對象？我們又如何能去「回溯」每個科學語詞背後的那條因果鏈？以及如何確定因果鏈的傳遞不會斷裂、歧出、轉嫁？我們能夠從因果鏈的開端，「順流地想像」每一條名稱的因果鏈；但我們（做為此時此刻的科學史家或科學哲學家）如何能從因果鏈的末端，「逆流地」回溯與重現它？除非我們能夠回溯每一個傳遞，名稱總是固定地指著相同的被指對象，毫無失落，否則我們怎能判斷「同一科學語詞總是固定地指稱相同的某物」呢？我們大概不可能重現(re-present)歷史的每一個細節。當然，這麼說不代表我們不能進行歷史的「重建」(re-construct)。事實上，我們正是可以透過歷史文獻的記載，而「考證」某個語詞在某時代指稱什麼，在另一個時代又指稱什麼；從一位科學家到另一位科學家時指稱如何產生變動，或者如何保持不變。但不管變或者不變，都必須訴諸於現有實際的歷史記錄才成。上帝之眼的觀點固然可以保證指稱不變，因而世界有其客觀實在性，然而問題卻是：如果這個世界不是我們自己創造的，我們又「要怎樣」、以及「如何能」站到上帝之眼的位置上？

「指稱的因果理論」常常被認為是直覺上很恰當正確的理論。但這種「正確恰當」的感覺可能是出於在進行「思想實驗」時的感覺。然而，就算是思想實驗，當它被用來說明實際的語言現象（甚至不限於科學）時，我們也得檢討它的理論環節是不是能經得起實際經驗的考驗？科學語詞的指稱，在歷史發展的過程中，可能改變，也可能保持不變。但堅持「自然類詞」或「科學理論詞」的指稱總是可以保持不變，恐怕是一個很難經得起實際歷史考驗的論點。¹⁷

¹⁷ 當然，如果我們是要建構一個邏輯系統，這邏輯系統的論域、元素、名稱、關係、函項、以及彼此間的連繫等等，都由我們設定和指定，那麼我們就可以主張（規定）

二、來自「分類」進路的批評

帕特南在討論「自然類詞」時，應用了「老虎」之類的生物種類為例。的確『老虎』、『榕樹』、『石英』等等一向被視為自然種類。如果『老虎』這個詞總是固定地指稱「老虎」這個物種，當我們要挑選出哪些個體動物被『老虎』所指稱時，就必須檢查這隻動物的染色體，換言之，也就是該物種的「本質」。杜普瑞認為帕特南這種觀點蘊涵了「分類實在論」(taxonomic realism)¹⁸，但這種觀點不可能出現在實際的生物分類(biological classification)之中。生物分類大致上有七個層次，每個層次的成員被歸到一個種類是出於「診斷特徵」(diagnostic features)的選擇，這種選擇通常是不確定的、任意的，就算在最低的「物種」層次，也無法發現「本質」(杜普瑞將之描述為「獨特的相同關係」[privileged sameness relation])一類的基本特徵(Dupré, 1981: 66-90)。更何況物種會不斷地演化，物種的名稱如何能總是固定地指稱某物種的成員？¹⁹

基契爾主張普里斯利文獻中的某些『除去燃素的氣』的個別標誌，指稱了氧。因此可以翻譯成『氧』。但孔恩質問：那其它連結了『燃素』的因果鏈之『除去燃素的氣』呢？既然『燃素』指稱了某種不存在的東西，而翻譯需要依靠「共同的指稱」，那麼『燃素』

名稱的指稱總是固定不變。

¹⁸ 「分類實在論」意指「存在一個絕不歧義的正確分類理論。每個分類層次有一個截然分明、而且可普遍應用的判準，毫無遺漏地把個體劃分到分類項 (taxa) 內。每個個體因此都有它所隸屬的分類項之基本性質。」(Dupré, 1981: 73) 如果分類實在論可以運作的話，那麼生物學上大概只會有一種分類系統。然而，現存的生物學一直有兩三種分類系統並存競爭，如表現型分類 (phenetic taxonomy)、演化分枝分類 (cladist taxonomy) 和傳統主義者等。參看 Dupré, 1994。

¹⁹ 傅大為 (1995: 108) 提出類似的批判。「老虎」這物種的基因組合會不斷地演化，甚至任兩隻不同老虎的基因中，DNA 結構也都不相同，哪些螺旋段能被視為老虎的本質呢？

和『除去燃素的氣』又該如何翻譯成現代化學的語言？這是否表示我們都無法用現代化學語言去翻譯兩者，因此我們現代人都無法理解兩個十八世紀的化學語詞？這顯然是荒謬的。所以，孔恩說：「我所考察的大部分困難，或多或少出自一個堅持翻譯可以用純指稱的語言來詮釋的傳統。我則堅持不行。我的論證至少蘊涵必須訴求意義、內涵、和概念等等。」(Kuhn, 1983: 679)

傅大為延續孔恩的路線，特別援用『水』指稱 H_2O 的案例，對帕特南的早期論點作了有力的批評，同時也討論了帕特南後來的退讓。²⁰ 他指出：「在人類知識的歷史乃至科學史中，從較基本的到較廣泛高層的，我們可以隨意指出一大群不斷變動的自然類別詞來。難道我們可以輕易地打發這些過去古老名詞，模仿今天科學家處理『以太』或『燃素』一樣，說它們過去其實都『沒有指涉』？如此，孔恩問，一部科學史將是一部不斷在發展『空無』的歷史。」(傅大為，1995: 109)最後他作了一個簡單的描繪，主張科學語詞與世界的關係不是一個語詞孤立地對應一個對象，而是「批發」(wholesale)式的聯結。他說：「也許在某種實在論的觀點之下，真正與世界作接觸的具體單位，是孔恩所謂的典範全體，是一個『典範』(雖然孔恩現在已少用此詞)中整體的詞彙結構。有不變的實在深層企圖的，是每個在科學史中活躍過的典範，而不是許

²⁰ 帕特南從一九八一年起的《理性、真理與歷史》(*Reason, Truth, and History*)起，已經完全改變了他在一九七二年到一九七八年之間的立場。先前的立場他稱作「形上實在論」，一九八一年後，他回歸康德，而倡議一種「內在實在論」(internal realism)：「只有在理論或描述之內 (within a theory or description)，討論世界是由什麼物體構成的才有意義。」(Putnam, 1981: 49)此後討論「指稱」的議題時，帕特南仍然堅持「意義不在大腦中」(或「心靈狀態不能決定指稱」)，但他似乎拋棄了因果鏈理論，也不再強調橫跨可能世界的固定指稱。這種回歸康德與所謂內在實在論的立場，已經和孔恩沒有什麼重大差別。正如傅大為(1995: 116)對孔恩的「後達爾文康德主義」(Post-Darwinian Kantian)、「互動實在論」的描述。可怪的是，帕特南仍然在同書中大批「不可共量性」的觀念(ch. 5)，不知原因何在？

多個別孤立的自然類別詞。」(1995: 116)

筆者贊同「整體詞彙或分類結構」與世界接觸的觀點。但是，問題在於如何接觸呢？個別的科學語詞(而不是自然類詞)又如何透過整體詞彙結構而與世界接觸呢？這些問題我們當然可以沿著孔恩的路線進一步處理。然而，針對以下論述：「在今天相對論與現代化學家，可以說以太或燃素不存在，但一個科學史家或科學哲學家，卻不適合以一個超越時空純粹客觀的指涉語意觀點來說『以太』不指涉任何東西。」(1995: 109)筆者有不同的觀點。如果『以太』和『燃素』不是指稱「空無」，那它們又是指稱「什麼」？²¹ 如果它們有指稱，我們要如何「固定」指稱？或者像指認(identify)某隻動物是『老虎』的「被指對象」般地指認出它們的「被指對象」？而且，正如我們一開始就提出，很多科學概念如「力」、「能」、「場」、「熱」等等，被用來說明數量龐大的種種現象，這些語詞究竟指稱「什麼」？這些似乎是很難回答的問題。問題可能就出在「指稱」這個觀念上。筆者認為我們當然可以像科學家一樣承認『以太』、『燃素』等「沒有指稱」，²² 但這不代表它們「沒有意義」、「沒有說明力」、「沒有效用」、「沒有和世界接觸」。它們當然透過整體詞彙結構而和世界接觸，正因為它們也能有效地說明、預測某些實際的現象。但如果它們「沒有指稱」，如何能達成這種任務？種種問題顯示我們在回答「科學語詞與世界的關係」時，可能

²¹ 如同我們看到，基契爾容許「除去燃素的氣」指稱了氧，而 Hardin & Rosenberg (1982)、Psillos (1999) 則論證「光媒以太」和「電磁場」有相同的指稱(或被指對象)。換言之，指稱的因果理論家企圖努力論證存在一被指對象的連續體——指稱在理論的變遷中仍有其穩定性。

²² 我們可以舉出一個更明顯的例子，托勒密天文學中的太陽繞地球的均輪(deferent)、行星的本輪(epicycle)等等。甚至古代人也曾認為它們「沒有指稱」，只是「計算的工具」。當然，我們並不同意它們只是計算的工具——換言之，我們並不主張理論的工具論(instrumentalism)。

必須拋棄「指稱」這個觀念。

三、為什麼「指稱」的觀念不適合說明「科學語詞和世界的關係」？

史提屈(Stephen P. Stich)和畢沙普(Michael A. Bishop)曾指出帕特南和基契爾等人論證訴諸於一個有缺陷的策略，稱之為「逃入指稱」(The flight to reference)。而且這個策略普遍存在於分析哲學傳統中，是由於邏輯實證論把所有哲學問題視為關於語言的問題而造成的，一種「使哲學爭議轉成指稱問題的誘惑」(Bishop & Stich, 1996: 48)。我們不想走那麼遠，但我們想論證「指稱」的觀念，至少並不適於說明「科學語詞與世界的關係」。

普西洛的「指稱的因果描述詞論」的確解決了「固定指稱」的問題，卻同樣無法解決「傳遞指稱」的問題。因為它仍然保留了「因果鏈」的部分。至於『光媒以太』和『電磁場』是否指稱相同的對象，這是個有趣的歷史案例，目前我們不打算深入討論。然而，即使在這個案例上兩個語詞的指稱保持不變，也不足以達到普西洛的目標：科學史上的科學語詞總是(或大抵)保持指稱連續性。我們注意到普西洛主張『燃素』並不指稱任何東西，那麼，從普里斯利的燃素理論到拉瓦樹的氧化學，不就有一個明顯的指稱不連續了嗎？同樣地，從托勒密的本輪、均輪到哥白尼的地球公轉，也有一個明顯的指稱不連續。顯然，科學革命的指稱斷裂，大概比指稱連續還要多得多。如此一來，根據普西洛的理論，我們該如何看待那些被取代的理論呢？何以見得今天的『電磁場』未來不會被某個新科學理論包含的新科學語詞所取代，而其連結的種類構成性質和『電磁場』的核心因果描述完全不同？那麼，『光媒以太』和『電磁場』不就一併都「沒有指稱」了嗎？

『指稱』(reference) 這個詞在科學(特別是運動學[kinematics])

上也是一個重要的字眼。當我們要決定任何物體的位置時，我們一定需要「參考架構」(reference framework) 或「參考座標系」(reference coordinate system)，我們才能標出物體的位置(將之量化)。在語言哲學中的『指稱』，也有類似的含意，亦即如果我們要決定一命題或語句的真假時，我們需要該語句與其成分字詞的「指稱」，以做為決定語句真假的「參考依據」。換言之，『指稱』的一個含意正是「參考依據」。再者，『指稱』也被視為意指「語言和世界的基本關係」，一個語言單元(語詞或語句等)「指稱」某一對象(物體或事件)也意味它「代表」(stand for)了該對象。所以，『指稱』的另一個基本含意是「代表」。²³ 一個語言單元所代表的對象，正是決定這個語言單元是否正確或真實的「參考依據」——這正是『指稱』的基本定義。因此，當『指稱』被應用來說明科學語詞時，就表示：一個科學語詞代表了某種對象，可以用來決定含有這科學語詞的科學語句或理論是否為真的「參考依據」。

現在問題來了，首先，如果我們要語詞所代表的對象(被指對象)能做為科學語句或理論是否為真的「參考依據」，那麼，我們必須先確定對象真地存在。然而麻煩的是，在科學語詞的情況中，其代表的對象是否真地存在常常是一件不確定的事。再者，如果這個語詞本身是個「理論詞」(即「依賴理論的語詞」)，那麼它所代表的對象也是根據理論而設定的，則如何確定這個被指對象(理論存有物)真地存在呢？顯然我們得先確定被指對象真地存在，我們才能以它當成判斷理論真假的「參考依據」。但麻煩的是，除非透

²³ Philip Percival (2000: 495) 整理了「指稱」的三個意義(他稱作「最重要的理解方式」): (1) 作為語句的真值的貢獻者; (2) 做為和表達有一一對應關係——即「指謂」(designating) 的存有物; (3) 做為和表達有一對多關係——即「含蓋」(denotation) 的存有物。後兩個意義的英文,在中文翻譯上,我們也常直接譯成「指稱」。

過該理論本身的指導而設計實驗，否則我們沒有其它管道來判定被指對象是否真地存在。在這種情況下，我們還要把「指稱」當成判斷理論真假的參考依據，就會陷入惡性循環之中。換言之，我們在此陷入一個循環的泥淖：除非我們先證實理論為真，否則我們無法確定理論許諾的「被指對象」是否真地存在（「理論詞」是否有指稱）；但除非我們能夠先確定被指對象真地存在，否則我們無法證實理論為真。

指稱的因果理論家往往在「理論詞的被指對象是否真地存在」這個問題上，訴諸於含糊的「某些現象或效應的原因」，以保證這個「被指對象」真地存在（因為「某些現象或效應」一定要有原因）。但是科學家在使用理論詞時，幾乎不會只作這種「某些現象或效應的原因」的含糊許諾，而總是會「根據理論」對假設的被指對象之性質、特徵、功能和結構作出許多推論與猜測（這正是普西洛為什麼要提出「種類構成性質」的原因。譬如，「燃素」這個燃素理論所假設的被指對象，具有「燃燒時從物體中釋放逸入空氣中」、「空氣吸收燃素有其容量限制」等等性質）。除非找到某種東西能夠滿足這些性質等，否則科學家無法判定該被指對象真地存在。然而，在尋求這種東西的過程中（科學實驗），科學家勢必依賴理論、而無法獨立於理論來設計實驗。因此，因果理論家想論證「獨立於理論」的指稱連續性，只能說是出於「上帝之眼」的想像。

就算我們接受有可能存在「獨立於理論」的驗證管道，以便確定理論存有物（被指對象）是否存在。但也只有已印證為存在或已落實的被指對象，才能使得科學語詞有所指稱。對那些尚不能「被印證」的科學理論、尚未「已印證」的科學語詞，我們又該如何看待？如何確定它們的理論詞指稱了某物或沒有指稱任何東西？一個不確定有指稱的科學語詞，我們就不該使用它嗎？（若是如此，每個時代都會有一大堆科學語詞不該被使用。）而「沒有指稱」的科學

語詞，是否就沒有意義？它當初被提出來時，科學家也有很充分的證據支持它「有指稱」啊！而且它們也確有意義、有說明力、有功用啊！總之，如果我們一直把科學語詞限制在「指稱」上時，顯然我們只能討論很少很少的科學語詞。這完全不合於科學的推測、探索和冒險等性格。

況且，怎麼樣才算是「已印證」或「已落實」？顯然指稱的因果理論家需要發展一個「獨立於科學理論」的「印證」之理論，衡諸科學史，這似乎是很難達成的目標。²⁴ 簡單地說，科學家設計實驗來印證理論時，都得根據理論的指導。如果科學家獨立於理論來設計實驗，這種實驗又要如何和理論相關呢？再者，就算某種假設的理論存有物由理論外部的管道而「已印證存在」或「已落實了」，它就因此能作為「整個理論」的真假之「參考依據」嗎？「整個理論」能被「印證」為真或假嗎？這也是一個相當有爭議的問題。（本文的立場是否定的：科學理論無法被完全地印證或否證。）²⁵ 總而言之，在「指稱」的觀念下來討論科學語詞，要不是陷入循環的困境，就是會受到很大的侷限。

幸好，我們的確有「第三條路」可走。這條出路即是「投射」的觀念。在發展「投射理論」之前，讓我們先將焦點從「科學語詞」轉向「科學概念」。

²⁴ 早期的邏輯經驗論者，已經發展一個觀察、歸納、機率的印證理論，但指稱的因果理論家一般是科學實在論者，能夠全盤承接邏輯經驗論的印證理論嗎？恐怕很有問題。

²⁵ 此即是爭議中的「證據無法完全決定理論」(underdetermination of theory by evidence)的論旨。筆者的另一篇論文“Testing through Model and Tests of a Theory Version”(尚未發表)，試圖從「理論做為模型分類系統」的進路提出一個不同的印證理論，並且論證支持這個論旨。

肆、科學語詞、概念和科學概念

科學概念並不能完全等同於自然種類的概念。²⁶ 科學概念的來源很廣，傳統的「自然種類」提供了一小部分；現代科學實驗室中用儀器「製作」出來的現象提供了另一大部分科學概念，好比「光電效應」(photo-electric effect)、「超導現象」(superconducting phenomena)、「電腦病毒」(computer virus)等等；還有很多科學概念來自科學家所發明的「理論性概念」，好比「向心力」(centripetal force)、「量子」(quantum)、「夸克」(quark)、「黑洞」(black hole)等等。當然，也有很多科學概念是借自日常生活或哲學或其它領域(亦即它們有一個前科學的歷史)，但科學家已經給予它們不同而特別的內容和意義。譬如力(force)〔迫使〕、場(field)〔田地〕、物種(species)〔種類〕等等。

再者，科學概念也有很多種，如(1)代表某種「物體」的概念，如「電子」、「夸克」、「基本粒子」、「燃素」等等；(2)一些「量度」(magnitude)的概念，如「力量」、「質量」、「能量」、「速度」等等；(3)代表某種「作用」或「效應」(effect)的概念，如「氧化作用」、「毛細作用」、「原子散射」(atomic scattering)等等；(4)代表某種參數或常數如「摩擦係數」(coefficient of friction)、「重力常數」、「普朗克常數」(Planck's constant)等等。通常哲學家最感興趣的是那些可能與「實在世界」有直接關連的概念，即(1)和(2)類型。「量度概念」究竟代表實在世界的什麼東西？它們和代表「物體」的概念似乎不太相同。反過來說，「電子」、「夸克」等等概念所代表的，真的是像山川石頭一樣的「物體」嗎？也不無疑問。

²⁶ 很多科學實在論者希望科學研究，最終能獲得一個完整的自然種類之分類系統。如柏拉圖的比喻：「沿著世界的關節(接合點)切開世界」(轉引自 Psillos, 1999: 280)。然而，一部科學史並不能滿足這樣的希望，如哈金(Hacking, 1993)所主張：科學家研究的對象並不是自然種類，而是科學種類。

因此，哲學家乾脆用了「存有物」(entities)來意指(1)和(2)類型的科學概念所代表的東西。這些不同類型的概念又分別和世界有什麼樣的關係？

當我們談及科學概念時，我們不得不用「力」、「場」、「基因」這些「科學語詞」(scientific terms)來代表它們，但這並不表示當一個人說出了這類語詞時，他就擁有科學概念。科學概念並不是指這些語詞本身，而是這些語詞在心智中引發的「特別」心智內容(mental content)屬於科學領域的內容。使用這類語詞的人，有可能在使用時所產生的心智內容並不是科學的，這時我們當然不能說他擁有科學概念。問題是，我們要怎麼分辨一個人是不是真的擁有科學概念？某人使用這些科學語詞時，他心智中相應的內容應該有什麼樣的特性，才使這內容是科學的？得以和日常概念區分開？我們的答案是：他必須能投射出一個概念網絡，其中包含「可落實模型」而與世界接觸。

在進一步論述科學概念之前，讓我們先討論更一般性的「概念」。²⁷ 我們對概念的基本說明，將根據下列三項要點來展開：概念的幾種基本功能、概念是一種心智表徵、概念做為一個複合結構。

根據塔加德(Paul Thagard)，概念有如下的功能：概念將事物分門別類(categorization)；概念能被學習；概念可以幫助我們記憶相關於該種類的資料；我們可以使用概念來進行演繹推論(deductive inference)、說明(explanation)、解決問題(problem solving)、概括或

²⁷ 「概念」一直是哲學家、心理學家和晚近的認知科學家特別感興趣的概念。針對它所提出理論很多，而相關文獻更可以用浩瀚如海來形容，對概念的種種探討已經產生了許多複雜困難的問題。好比，概念結構的問題、概念生成歷程的問題、組合概念(combining concepts)的問題、概念整合(conceptual integration)的問題、概念和語言的關係問題等等。本文當然不想也不能進入這些複雜困難的糾葛之中，避開這些麻煩的策略是採取當前認知心理學家較普遍性的觀點。雖然 Fodor (1998) 對認知科學處理概念的潮流提出強烈的針砭。

普遍化 (generalization)、類比推論 (analogical inference)；我們對主述句的理解依賴於我們對概念的知識；概念可以讓我們組合新語句 (Thagard, 1992: 22)。無疑地，「分門別類」是概念最基本的功能，因為在產生一概念時，我們總是在包括世界的某些事物，同時排除其它的事物；而且當我們在操作概念的種種功能時，我們都是在進行心智活動。然而，究竟概念「就是心智的分門別類活動」還是「心智在進行分門別類活動時所操作的心智存有物 (mental entities)」？

在認知心理學的一般觀點中，概念總是和類別 (category) 相提並論，被視為類別的心智表徵 (mental representation)，²⁸ 它是心智進行分類概括活動時，在心智中發生的產品。²⁹ 偶而，心理學家還使用了「概念表徵」(conceptual representation) 一詞。本文接受概念是一種心智表徵的觀點，而且是一種心智存有物，³⁰ 也接受概念是語

²⁸ 關於「表徵」這個詞，則有一個相當複雜分歧的意義歷史，對一般性的「表徵」概念所做的最好說明大概是 Palmer (1978)。

²⁹ 參看 Smith and Medin (1981), Neisser (1987), Mechelem, et. al. (1993)。往往心理學家將類別 (category) 本身也視為心智性的，那麼「概念」和「類別」就成為可互換的詞。Estes (1994) 提到了這一點。不過 Estes 做了一些區分：他指出像植物、金屬或名詞等分類詞，概念和類別可互換，但像「優雅的」、「不規則的」這類概念則比較不像是類別，而是由要命題來刻劃 (pp. 4-5)。的確，像「優雅的」、「不規則的」這類詞項在詞性是形容詞，一般被視為代表附屬於實體 (以亞里斯多德的觀點來看，類別是一種次要實體 [secondary substance]) 的性質，它們可以用概念來表徵，卻不是一種「實體類別」。概念可以表徵「類別」(次要實體)，也可以表徵性質、活動、地點、時間、狀態等等亞里斯多德式的諸「範疇」。Estes 這個區分看到某些類似於我們區分「範疇」和「類別」的地方 (關於這點，參看下文)。

³⁰ 這大概是今天的共識吧！當然歷史上也有不把概念視為心智表徵的。Thagard 製作一個概念的存有論觀點之分類表，柏拉圖和弗列格將概念視為「非自然的存有物」(unnatural entities)，亞里斯多德則視為從個體中抽象出的存有物；而 Fodor, Chomsky, Minsky, Rosch, Kant, Locke 等人則視為心智存有物；Rumelhart 則視概念為浮現狀態 (emergent state)、Skinner 則視為虛構 (fiction) (Thagard, 1992: 18)。Thagard 這個表乃是以「概念」這個詞來指涉哲學史上的許多等值項 (如柏拉圖的理型、亞里斯多德的共相、洛克的觀念等等)。我們追隨傳統和主流的觀點而主張「概念」是指心智中的具有分類概括功能的表徵。

言似的 (language-like) 心智表徵，是命題 心中的語句 的構成元素。只不過，並非所有的心智表徵都是概念。³¹

本文主張概念是通稱語詞 (general terms) 在心智中的對應項，它是語詞的心智內容，並提供「內涵意義」 (intensive meaning)。同樣地，概念也是範疇 (categories) 和類別 (或種類 [kinds]) 在心智中的對應項 (顯然一個語詞表達一個範疇或類別)。當我們說概念是一種心智表徵時，我們指的是在心智中所能夠意識到、內省到的有關狗、白色、力、場、基因等等的心智內容；或者說，當我們看到『狗』、『白色』、『力』、『場』、『基因』等語詞時，我們在意識中所浮現出的心智內容。至於這些有關狗、白色、力、場、基因的心智內容如何從大腦過程中「浮現」 (emergent) 在心智中然後才被我們意識到？當前的認知科學家和哲學家有很多種解答。³² 不過我們並打算進入這種「心 - 腦」層次的心智表徵和心理歷程。

我們的分類概括活動所產生的總是一個分類系統，因為將某些事物劃歸一類，必然將其它事物劃歸成別類。由於概念是分類概括活動的產品，所有概念都對應著某個抽象或具體的類別，故一個分類系統總是對應著一個概念系統。又表徵的一般性理論已告訴我們，一個表徵實在是一個表徵系統 (Palmer, 1978: 262)，並沒有任何孤立的表徵和概念存在。換言之，所有的概念都是存在一個概念系統之中。現在問題是：這概念系統的結構是什麼樣子？³³

³¹ 我們主張「心智表徵」至少有四種：概念、命題、心像 (image)、心智模型 (mental model)。參看 Johnson-Laird (1983)。而且它們可能都互相關聯。

³² 關於概念浮現的心理歷程，最重要的兩種解答是古典論 (classicism) 與聯結論 (connectionism)。近來這兩種理論也開始被引入科學活動的探討中，參看 Tweney (1992); Nowak & Thagard (1992); Freedman (1992)。

³³ 概念的結構問題目前在認知科學中相當熱門，有許多令人眼花瞭亂的理論和模型被提出來。每個學者都有自己的獨特用法和理解。譬如，Thagard 討論了原型論、框架 (frame) 或基模 (schemata) 理論、類神經網路、字網 (WordNet) 模型。很多理論彼此間的歧異似乎並不十分大。晚近開始有一些將各種理論整理分類的作

在這裏，我們採取一個常見的網絡觀點，把一個概念系統視為一個概念網絡，每個概念是網絡中的節點 (node)，透過某些規則和其它概念節點連接起來。規則是一種命題，聯結了幾個概念，以致每個概念節點的意思是透過這規則的聯結而由其它概念節點來提供。同一個概念可能由不同的規則聯結到其它不同的概念節點上，因此，不同的規則將賦予同一概念不同的意思，所有意思的整合 (integration) 就是這個概念的意義。³⁴ 換言之，概念的內含 (意義) 是由一組命題來決定的。

但命題又是由概念組合而成的，它是語句在心智中的對應項，和概念同樣是語言似的心智表徵，如此概念是命題的組構單元。則命題的意義也要依賴其成分概念來提供。換言之，命題和概念基本上是可互相解釋、互相轉換的，用塔加德的話來說是：「概念和命題可以彼此是對方的一部分。」³⁵ (Thagard, 1992: 21) 這是因為概念和命題都被鑲嵌在一個結構化的概念系統中，而這個結構化的概念系統就是一組彼此相關的命題；概念必須在命題中被定義，而命題意義也必須透過其成分概念的意義來決定。

科學概念是概念的一種，自然也具有上述的概念的一般特性。

品產生。Komatsu (1992) 作了相當完整的整理，他區分「相似性基礎觀點」(similarity-based view)、「基模觀點」(schema view) 和「說明基礎觀點」(explanation-based view)。此外，由於概念組合的問題，也引起了一些有關概念結構的爭論，而有了範例論 (exemplar theory)、理論論 (theory theories) 和雙重論 (dual theory) 的爭議，參看 Mechelen (1993)。

³⁴ 當前一些認知科學家開始探討「概念整合或融合」(conceptual integration, or blending) 的機制，概念融合同時運用了類比、遞歸、心智模擬 (mental modeling)、概念分類、和架構化等等心智功能的操作。參看 Fauconnier and Turner (1998)。科學理論就是一種高度的概念融合。

³⁵ Thagard 指出「概念是心智結構，表徵那字詞 (words) 所代表的東西；而命題是心智結構，表徵那語句所表徵的東西」，但是「字詞是命題的一部分，命題卻不是字詞的一部分；概念和命題則可以彼此是對方的一部分。」

除此之外，科學概念還具有「經驗的可投射性」(empirical projectibility)。之所以要強調「經驗」，是因為我們也可以有應用在數理邏輯和集合論領域等等「非經驗性的投射」。在進一步討論經驗的可投射性前，讓我們先回顧古德曼的投射觀念。

伍、科學概念的經驗投射理論

當前哲學家在兩個不同的脈絡下分別應用「投射」的觀念。一個脈絡是道德哲學，最主要的貢獻者是布雷克本 (Blackburn, 1984, 1986)；³⁶ 另一個脈絡是科學哲學，古德曼 (Goodman, 1965) 早在五十年代即已建立一個「投射理論」(theory of projection)，近來哈金 (Hacking, 1992, 1993) 試圖結合孔恩的樹狀分類和古德曼對種類的探討，也重新把古德曼的「投射」觀念引入科學種類 (由心智中的科學概念、語言中的科學語詞來代表)。除此之外，當前一些認知科學家也開始應用「投射」的觀念在許多探討主題上。³⁷

一、古德曼的投射理論

古德曼從討論休謨的歸納問題開始。休謨論證過去的經驗證據，無法像演繹推論般地從前提而必然地推出結論，因此休謨似乎摧毀了歸納邏輯的基礎。然而，古德曼認為二十世紀的邏輯經驗論之印證理論 (theory of confirmation) 已經解決了休謨的歸納老謎

³⁶ 近來在道德哲學領域中，有關投射論的討論有越來越多的傾向。哲學家們把它牽涉到傳統上道德「客觀主義」和「主觀主義」的爭論上。一九九八年就有兩篇討論道德投射論的論文出現，參看 Chappell (1998), Sainsbury (1998)。

³⁷ 譬如在前註中提到的 Fauconnier and Turner (1998: 134)。他們以為「投射」是貫穿了「構架」(frame)、「類比映射」(analogical mapping)、「參考點」(reference point)、「心靈空間」、「概念聯結」等等研究的中心觀念。「投射是類比、類別劃分 (categorization)、和文法的骨幹。」

題。在印證理論的觀點下，歸納推論的問題被轉成：過去的經驗為「歸納推廣」(inductive generalization) 所得到的假說提供支持的證據。現在，如果我們得到一個經驗證據，符合假說的預測，該證據就是假說的一個印證例子 (confirming instance)，為假說提供了支持；如果我們發現越多印證例子，假說就能得到更高程度的印證。譬如，如果目前所觀察到的翡翠都是綠色的 (green)，就能很充分地印證 (A) 假說「所有的翡翠都是綠色的」。

根據這樣的印證理論，如果兩個假說有相同數目的經驗證據，就可以說兩個假說有相同的支持程度，因而都同被充分地印證了。但，古德曼指出，如此卻會產生一個歸納的新謎題 (Goodman, 1965: 72-83)。讓我們引入一個奇怪的顏色「綠藍色」(grue) (一個新的述詞)，它的定義是「在二〇一五年之前，所有被觀察到的東西都是綠色；而二〇一五年之後，都是藍色。」現在是二〇一四年，我們的經驗證據 (所有被觀察到的翡翠都是綠色的)，也可以充分地印證 (B) 假說「所有的翡翠是綠藍色的」。而 (A) 和 (B) 卻是不相容的假說，卻被同樣的證據同等地支持，因此都同樣充分地被印證。但表示兩個不相容的命題都同為真嗎？怎麼可能？如果不可能，我們又要如何解決這個歸納的新謎題？古德曼提出了「投射」和「可投射性」(projectibility) 的觀念，「綠色」這個述詞是「可投射的」，因此一個被過去經驗充分印證的假說「所有翡翠都是綠色的」可以讓我們預測未來的經驗，而且「印證」即是一種「有效投射」(valid projection) (1965: ch.4)。「綠藍色」不是可投射的，因為過去的經驗類型(「翡翠是綠色的」) 並不能被有效地投射到未來，以便支持「綠藍色」這個「奇怪的顏色」。

「投射」是個相當理論性的概念。在集合論、幾何學、心理分析學和工程技術當中，我們都能看到「投射」這個詞扮演著術語的

角色。³⁸ 集合論上的投射觀念可能是最抽象、最廣義、也是最基礎的。投射是兩個集合的元素間有某種特別的映射或函應 (mapping or function) 關係，也就是說，如果一個集合 A 的元素 a 透過某種方式或規則 (即函應) 對應了另一集合 B 的元素 b，則我們亦稱為 a 投射到 (projects onto) b。古德曼大致上應用了這個「投射」的廣義概念，³⁹ 但他並沒有詳細定義。然而他對「述詞的可投射性」仍然著重在「從過去投射到未來」這個面向上，而且投射、印證、預測 (prediction) 和歸納是互相關聯的一組觀念。印證假設和預測未來都是一種投射——將過去的規律性 (regularity) 推廣到未來。借用魯賓斯坦 (Rubinstein, 1998: 43) 的話：投射是「從已觀察到未觀察者的歸納推論之先行動作 (antecedent act)」。

本文的「投射」觀念，並不限於從過去投射到未來。它包含三個面向的涵意：首先是時間性的面向，也就是「預期 (expect) (或預測) 過去的經驗類型將在未來繼續出現」；其次是空間性的面向，來自「投影機」(projector) 的形象：「從心智投射到世界」，即「預期 (或許諾) 心智中的概念所代表的對象，將出現在世界上」；第三則具有語言的面向，規定了「投射」和「指稱」的關係，即「預期代表概念的語詞，將會有指稱」。

再者，本文也不認為投射、印證、預測一定只和歸納與規律性相關。我們將根據前文定義的「投射」與「可投射性」的含意，試圖將投射的觀念擴展到非歸納和非規律性的領域上。換言之，「投射」至少可區分成：「規律性的投射」和「非規律性的投射」。前

³⁸ 在幾何學上，我們可以將一個三度空間的物體「投影」到一個平面上。我們也常用到投影機將一個透明膠片上的圖案投影到另一個屏幕上。這些來自數學和工程技術上的形象，或可提供一個有關「投射」的初步理解。

³⁹ 他說：「從過去到未來案例的預測問題，不過是從任何集合投射到另一集合的一個較狹窄的版本。」(Goodman, 1965: 83)

者如「所有的翡翠都是綠色的」這個例子，意謂我們有相同的經驗類型（「翡翠是綠色的」），規律地將在未來持續出現；後者則意謂，許多不同的經驗類型，被組合（或整合）在一個概念下，而投射出全新的經驗類型。譬如「摩擦乾燥琥珀而吸引小紙片」、「閃電和火花」、「銅線裏的電流」、「電線迴路造成磁鐵旋轉」等等不同的經驗類型，被整合在「電」這個概念下，而投射出關於「電」的整個概念網絡，進一步投射到世界，促成了許多全新的經驗類型之出現（如「電子」、「光電效應」、「超導現象」等等）。

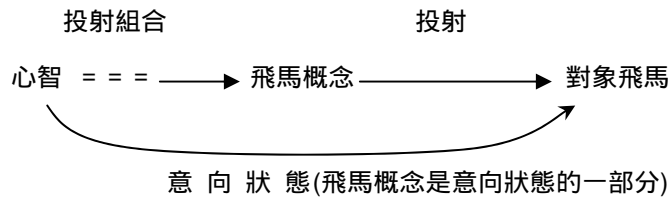
二、意向性與經驗投射

如上所述，「投射」包含了「從心智投射到世界」，因此投射與心智的意向性 (intentionality of the mind) 密切相關。如何相關呢？考慮如下兩個語句：

- (a) 我相信馬有四條腿
- (b) 我相信飛馬有兩個翅膀

這兩個語句都敘述了某種「信念」的意向狀態 (intentional state)，它們都「意向」某種對象。所不同的是，(a) 語句所表達的意向狀態是由於實際上存在的馬類提供了一定的經驗樣型（有四條腿），而誘發 (motivate) 心智產生上述的意向狀態。我們說這種誘發的方向是「對象到心智」。但 (b) 語句的意向狀態則不是既存的有關飛馬的經驗所誘發的（事實上我們從不曾經驗過飛馬這種類的生物），而是心智主動形成了「飛馬」的概念，它組合了馬、翅膀、以及會飛等概念（讓我們把這種組合稱為「投射組合」[projective combination]），並對它產生了 (b) 語句所表達的意向狀態，從而許諾 (commit) 了「世界存在某種意向對象」。這是一種「心智到對象」的誘發方

向。⁴⁰ 此時，我們將說「飛馬」是被投射的概念，它之所以是被投射的是因為它誘發了一個意向狀態，許諾了意向對象之存在。我們亦說飛馬概念的投射到對象飛馬上 (或投射出對象飛馬)。這個架構可以表示如下：



說明：雙橫線表示「組合」，而單線箭頭表示「投射」。

當某人形成飛馬概念並投射出對象飛馬時，我們可以要求他進一步提出對象飛馬的可經驗特徵：好比飛馬的外形像馬、有兩個翅膀、能夠飛行等等。我們可以根據他提出的經驗特徵去尋找證據，如果我們找到了例證 (產生類似的經驗)，就對他的投射作了一個印證，也就是肯定他做了一個「經驗投射」。而且，因為他能提出意向對象的可經驗特徵，使得我們可以尋求經驗證據來印證他的模型，因此他所投射出的意向對象具有「可印證性」(confirmability)。這個簡單的例子初步說明了意向性、投射和可印證性的關係。

如果我們沒有對飛馬形成意向狀態，我們只是單純地報導它或視它為「純粹虛構」(pure fiction) 的概念，則我們並沒有許諾對應著飛馬的意向對象，則飛馬在此時或此脈絡下不是一個被投射的概念，心智中的「飛馬」概念只是不帶投射性的「單純組合」(simple combination)。我們可用如下架構來表示：

⁴⁰ 有關這兒所提出的意向性之「誘發方向」的觀念，參看陳瑞麟 (1996) 有更詳盡的說明。

單純組合

心智 = = = = > 飛馬概念

說明：雙橫線表示「組合」，此架構表示心智對飛馬概念的形成只是單純組合。

這種「單純組合」的概念，就是一般所謂的「虛構」(fiction)或「幻想」(fantasy)。它並不「預期或許諾世界將有飛馬」、也不「預期『飛馬』有指稱」、更不是「組合過去的馬、翅膀、飛行等等經驗，而預期未來將會出現飛馬。」所以，這種「虛構」或「幻想」的概念完全不具備「可投射性」。

然而，正如被投射的「飛馬」概念無法被印證與落實，也有一些被投射的、具有可經驗特徵的概念本身無法被印證與落實。換言之，我們無法在世界上發現或落實與之對應的「被指對象」(正如無法發現真正的飛馬)。但是如果它們能夠關聯到一個概念網絡，而且透過這個網絡中的其它概念或模型而落實了(即至少能說明某種現象)，那麼儘管它們可能沒有「被指對象」，卻不是虛構的概念。這時，我們稱這些概念具有「經驗的可投射性」。更詳細的論證參看下文對實際科學理論的分析。

由上文討論，我們可以歸納出「經驗投射」的三項要件(requirements)：首先，必須對概念形成意向狀態；其次，「意向對象」必須具有「可經驗特徵」和「可印證性」，也就是能建構出一群「可落實模型」；第三，概念所相關的概念網絡中，至少有一個「可落實模型」被實際地落實了，即至少是說明一個既存的現象。無法完全滿足這三項要件者，就不具「經驗的可投射性」，因而也不能算是「科學概念」。⁴¹ 正如飛馬的例子本身，雖然滿足前二項要件，

⁴¹ 評審人甲舉例質疑：刻普勒(Johannes Kepler)在《宇宙的奧秘》(*Mysterium Cosmographicum*)中描繪的宇宙結構，行星和行星運行的殼層之間，由不同的多邊形體支撐著。這樣一種理論能滿足經驗的可投射性之要求嗎？首先，宇宙本身、行

但並沒有任何一個可落實的模型被落實了。所以，即使有人許諾了「飛馬」的存在，並提出飛馬的可經驗特徵，仍不能使「飛馬」成為一個科學概念。

三、規律性與非規律性的經驗投射

「規律投射」和「非規律性的投射」是兩種不同的意向性的樣型(pattern)，由誘發方向來定義。前者的誘發方向是「對象到心智」；後者的誘發方向為「心智到對象」。如此，我們可以定義概念的「規律投射」是：「一定的過去經驗類型，誘發心智形成意向狀態，並預期該經驗類型，將在未來持續規律地出現」；而「非規律性投射」則被定義為：「心智形成或組合出一定的表徵，並相信、預期或推測這表徵代表某一對象，同時許諾了該對象的存在或可印證性。」當然，兩者都是經驗投射。讓我們提醒讀者一下，經驗投射並不一定只是形成概念，還可以投射出命題、心智模型和心像。

我們可以說，很多自然類概念、純經驗歸納的概念是「規律性的投射」；而大部分的科學概念(理論性概念、實驗概念等等)則是非規律的投射概念。當然，我們也可能對一個「自然類」的概念，加以「理論性的研究」，而使它成為一個「非規律性的投射概念」。最有名的例子就是「水」。我們對水的概念「無色、透明、可解渴的液體」是由過去經驗和規律性產生的，但我們可能根據現代化學理論而形成如下的意向狀態：「我相信水的分子結構是 H_2O 。」在這兒我們對水的概念「無色、透明、可解渴的液體」是「水」的一

身、行星和其運行乃是明確的意向對象，它們可以被觀察到(具有可經驗特徵)。其次，行星運行的殼層之間的多邊形也是可以觀察的(雖然實際上觀察不到)。刻普勒在他的理論中，「許諾」了宇宙擁有他所描述的多邊形結構，並導出行星運行的模型，能夠說明行星運行的現象。換言之，這個宇宙結構理論具有「可落實模型」。顯然，刻普勒的理論能滿足經驗的可投射性，理論中的種種概念並不是純虛構的。

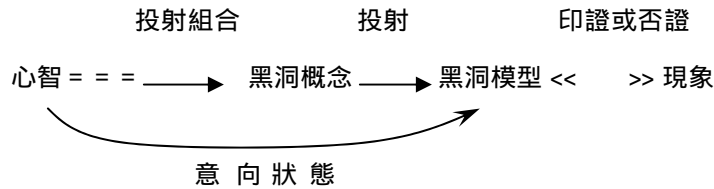
部分，從而是「水的分子結構」概念之一部分，水的分子結構並不是我們所能經驗的（也就談不上過去的規律經驗），而是一個理論研究的投射，當然它也是非規律性地投射出來的對象，而我們過去對水的規律經驗則被轉化而組合在這非規律投射之內。

大部分的科學概念就是這樣一種概念：要不是本身是「非規律性的投射」，就是做為其它「非規律性投射」的一部分。有一些「非規律性的投射」概念，更是建立在許多複雜的「理論」上，牽連到一組龐大的概念網絡。這種投射我們就可再稱之為「理論投射」(theoretical projection)或「網絡投射」(network projection)，當然，它是「非規律性投射」的一種。但，即使是理論投射或網絡投射，也必須要引導出可經驗或可印證的特徵。譬如「黑洞」。天文學家發明「黑洞」這個概念是建立在他們對天文現象的理論計算和觀察上，例如行星重力坍塌的計算、一般相對論計算中時空系統的奇異點(singularities)、星雲或星體的異常移動、特殊輻射線(x射線)的產生和被捕捉等等。他們於是組合了諸多概念(來自理論和觀察)而形成「黑洞」的概念，同時建立了黑洞的結構模型，許諾了黑洞的存在(表達為具體的預測)，並且描述它可能有的經驗特徵：例如光線無法從它的表面發射出來(因為重力大到連光速也無法逃逸之故)；外物如果被吸入黑洞，將在事象水平面(event horizon)上留下永恆的影像；或太空望遠鏡可以拍到一定形狀(如外圍明亮、核心暗黑)的照片等等。⁴² 我們說「黑洞」是一個被投射出來的概念，這個概念投射到會產生一定經驗特徵的黑洞模型上。顯然科學家並不是因為他們過去經驗過黑洞才投射出黑洞，並預測其它黑洞也會有同樣的經驗特徵。而是他們從預先存在的概念系統中(這些概念可能分別來自許多理論或觀察經驗)組合形成一個概念，繼而誘發某些意向狀態，並許諾概念所代表的意向對象之存在，再推測該對象可能

⁴² 關於黑洞，參看 Davies (1993: 25-30, 144-145)。

有的經驗特徵 也就是建構一個「可落實模型」，並表達為假說或預測。這可落實模型就成為印證科學假說或預測的依據，我們便是尋找擁有這些經驗特徵的現象來落實該模型進而印證包括該科學概念的假說。

根據上述說明，我們可以將上文所建立的「概念投射」的架構再表示如下：



其中，黑洞模型和「經驗的實際現象」之間的印證關係可再表達如下：



我們已經知道科學概念的投射是建立在心智中已存的概念系統上。這也暗示了被投射的科學概念之內容是要來自、依賴於其它的科學概念。現在，問題是：這個概念系統是什麼？它有什麼樣的結構？大部分的科學概念都隸屬於一個或多個科學理論，因此它們所依賴的概念系統就是科學理論的概念系統，這是一種「理論依賴」的概念。然而，也有一些描述新現象的科學概念，在尚未有理論說明之時，我們無法說它們依賴於理論，但是，它們還是依賴於一個模型或者是一個分類系統 分疇和樹狀分類系統 (categorical and taxonomic system)。而一個科學理論則包括了完整的「分疇 - 分類 - 模型」的三重結構。

四、理論概念所依賴的概念結構

「依賴理論的科學概念」一般又稱作「理論概念」(theoretical concept)。理論概念如何透過一個科學理論而和理論中的其它概念連結成一個概念網絡呢？這個網絡又是什麼樣的型態？換言之，科學理論的概念結構是什麼樣子？

討論科學理論中的概念有兩個切入點：概念對世界的區分(classification)和概念的組織(organization)。首先，一個科學理論總是包含許多概念，這些概念對世界做了區分；其次，這些概念以某些方式組織成科學理論。科學理論有兩種基本的區分和組織樣型(pattern)：分疇(categorization)和樹狀分類(taxonomy)。前者指一個科學理論在成立之前，總已預設了它所處理的世界項目被區分成幾個基本範疇(elementary categories)，並且透過基本範疇的互相連結和定義而產生了一些次要範疇(secondary categories)；⁴³ 後者指這些範疇可能會根據某些分類規則而再度被進行分類，產生一些次範疇或次種類，形成一個樹狀的、種類的階層系統(hierarchy) (陳瑞麟，1999)。讓我們以熱物理學(heat physics)為範例。

熱物理學所關切的主題是熱(heat)和溫度感(temperature)現象的說明。它所面對的問題是像「如何說明熱和溫度感現象？」、「熱和溫度感的關係是什麼？」、「一定溫度感的物體含有多少熱量？如何測量出來？」、「為什麼兩個不同溫度感的物體互相接觸，一段時間後總會達到同一個中間的溫度感？」

熱和溫度感本來是一種主觀皮膚觸感，為了能對熱和溫度感進行客觀、量化的研究，物理學家首先製定溫度(temperature scale)並

⁴³ 在一個科學理論中，一個範疇是做為基本範疇或者做為次要範疇並不是固定的，而是隨著科學家的個人偏愛而有所不同。科學家的這種個人偏愛會產生不同的理論版本(theory version)，好比牛頓和赫茲(Heinrich Rudolf Hertz)就有不同的古典力學的理论版本，詳細討論參看陳瑞麟(Chen, 2000)。

提出了熱量 (quantity of heat) 的觀念，定義相同質量的同種物質，溫度較高的熱量也較高。⁴⁴ 但是，他們發現同質量的不同物質未必如此，熱量多少是比較得來的，這就產生了「比熱」(specific heat capacity) (字面上是「特別熱容量」)的觀念。「熱量」、「溫度」、「質量」和「比熱」的關係是：熱量(Q) = 質量(m) . 比熱(c) . 溫度差($T_2 - T_1$ ，其中 T_1 是初溫， T_2 是末溫)。即：

$$Q = m c (T_2 - T_1)$$

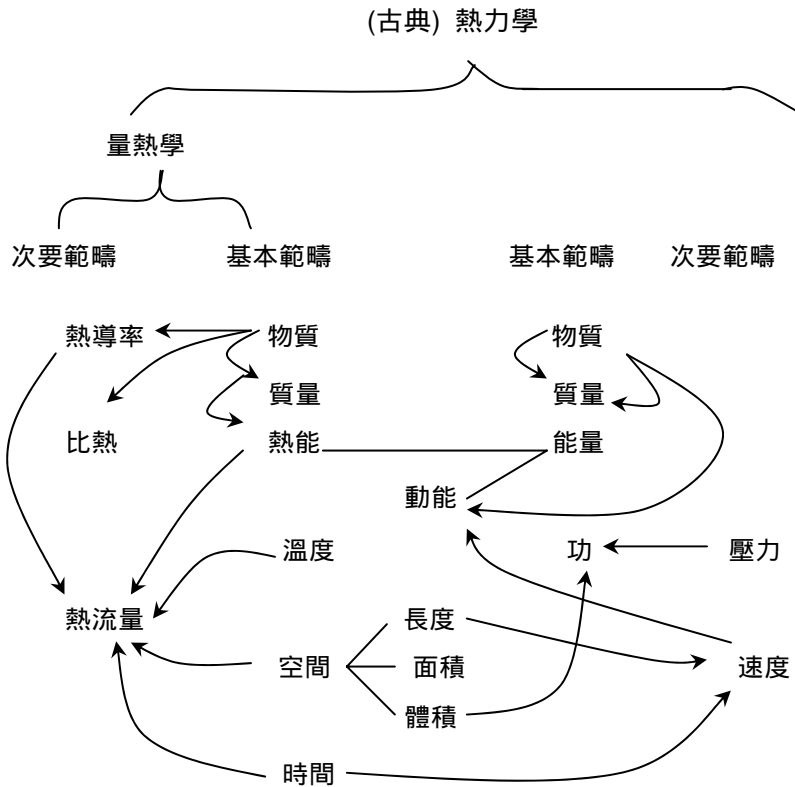
又兩物體互相接觸會達到溫度平衡狀態，是因為熱量由溫度較高的物體傳導到溫度較低的物體上，就好像熱在流動一樣。如此可建立「熱流量」(heat current)的觀念。熱流量的量化定義是「單位時間內流過一定長度的熱量」，即：

$$H = k A (T_2 - T_1) / L$$

其中，H是熱流量，A是通路面積，L是通路長度，k 稱作熱導率(thermal conductivity) (亦即物質各有不同的導熱效率，好比銅的導熱效率高，而錫箔的導熱效率低)。則根據上述種種定義，我們可以建立一個概念網絡如圖 1：⁴⁵

⁴⁴ 過去人們一直混淆熱和溫度感的概念，直到十八世紀中葉以後，布雷克 (Joseph Black, 1728-1799) 首度以「熱量」來定義熱「熱」，以「熱強度」(intensity) 來定義「溫度感」，才明示了兩者的區別。

⁴⁵ 以下這個概念網絡中，一般直線指示了「分類」，而帶箭頭的直線則指示「範疇」之間的定義關係，亦即箭頭由定義項指向被定義項。如物質、比熱、溫度共同定義了熱量，因此由三者發出的箭號，其箭頭都指向熱量。



說明：直線和曲線帶箭號的意義如圖 1 的說明。在熱力學中，量熱學屬於熱力學的一部分。而且熱能和動能成為能量的次類。

圖 2

質量等概念根據量化等式而「組合」成熱量概念)；而熱流量的概念涉及熱量、熱導率、時間、空間和溫度，我們說熱量、熱導率、時間、空間和溫度等概念提供了熱流量概念的內涵。如果一個概念 X 出現在樹狀分類系統內，而且是由 Y 所分類出來的，則它的內涵就是「X 是一種 Y，而且擁有某些特性 a、b 以致它是一種 Y，並因為某些特性 c、d 而不是 Y 的其它次種 W、Z」或「X 是 Y 的一部分，

而且擁有某些特性 a、b 以致它是 Y 的部分，並因為某些特性 c、d 或缺乏某些特性 e、f 而不是 Y 的其它部分 W、Z 等等」。譬如，攝氏溫標是一種溫標，是以水的結冰溫度為零度，以水的沸點為一百度；長度是空間的一部分，是一度空間，又因為沒有寬度、高度所以不是面積。

由上述的分析可以看出，在分疇或樹狀分類系統中的科學概念，其內容由其系統中的其它概念來提供。⁴⁶ 而且不同的連結型態乃是其概念內容的一部分 (如「熱流量」由溫度、質量與比熱透過公式組合而成的、「熱能」是「一種能」等等)。

五、理論概念和現象

一個科學理論固然包含了一個概念結構，但概念結構的建立並不是科學理論的核心，科學理論的核心是模型。模型用來說明科學理論所欲說明的現象之結構、狀態和行為。一個科學理論總是包含一個模型的分類系統(陳瑞麟，1998)。如此，有的理論概念出現在分疇中，有的理論概念出現在樹狀分類中，有的出現在模型的分類系統中。三種位置出現的概念和現象的投射關係並不一樣，必須分

⁴⁶ 娜西婁 (Nersessian, 1989) 和塔加德 (Thagard, 1992) 已經辨認了五種概念間的連結型態：規則連結 (rule links)、性質連結 (property links)、種類連結 (kind links)、局部連結 (part links) 和個例連結 (instance links)。譬如透過熱力學第一定律將熱量和動量的連結起來是一種規則連結；而「比熱」和「熱導率」是物質的性質，故它們和「物質」是性質連結；而在熱力學理論下，「熱」是「一種能量」，故「熱」和「能」是「種類連結」等等。乍看之下，娜西婁和塔加德的系統似乎更為完整。但有二個理由讓我們仍然保留我們的「分疇」和「分類」的觀念。首先，娜 - 塔系統著重在「連結」(即組織) 一面，但「分疇」和「分類」則還強調了「區分」的一面。因為往往在科學理論尚未建構之前，科學家已先面對一個既存的分疇和分類的概念系統。譬如，在熱物理學的問題中，科學家即已面對「熱」、「溫度」、「時間」、「空間」等既存的分疇系統。其次，規則連結和性質連結主要出現在「分疇」架構之中，而其它三種連結則出現在「分類」架構中。因此「分疇」和「樹狀分類」可以被當成更廣義和更基本的組織與連結樣型。

別考察。但在考察之前，我們必須先知道科學理論的模型分類系統是什麼？

再以古典熱力學為例，熱力學的根本原理（第一定律和第二定律）除了把熱量的觀念連結到能量上之外，還在於說明熱能和動能之間的轉換。熱力學第一定律的數學等式是：

$$U = Q - W$$

其中U表示一能量系統的內能 (internal energy)； ΔU 表示內能差，即 $U_2 - U_1$ ，Q是輸入系統的熱量，W是系統輸出的功。如果這系統是密閉容器內的理想氣體 (ideal gas) 時，則系統輸出功可以表為 $W = p(V_1 - V_2)$ ，系統內能則是該理想氣體的分子平均動能。又理想氣體溫度和壓力的關係等式是 $pV = nRT$ (n是氣體莫耳數 (mole numbers)；R是普遍氣體常數 (universal gas constant)；T是系統溫度)。如此，應用於理想氣體的熱轉換過程的第一定律關聯了壓力、溫度、體積和熱傳。因而可以根據對這些變量的控制，而將理想氣體的熱轉換過程分類成：絕熱 (adiabatic)、等容 (isochoric)、等溫 (isothermal) 和等壓 (isobaric) 四種特別過程 (當然不是只有這四種過程)。⁴⁷ 每一種過程都是一種理想模型。

熱力學第二定律斷言沒有真實的能量轉換過程是完全可逆的 (completely reversible)。將第二定律應用到熱機 (heat engines) 上時，即表示輸入的熱量永遠無法完全被用在作功之上，必然將有能量散

⁴⁷ 所謂「絕熱過程」是指在氣體密封系統的體積壓力變化之過程，完全隔絕熱量的傳送，故其第一定律變成： $Q = 0$ ， $\Delta U = -W$ ；「等容過程」指系統在熱變化過程中，體積保持不變，就理想氣體而言，等於沒有作功，熱量完全被吸收成為內能，故第一定律變成： $W = 0$ ， $\Delta U = Q$ ；「等溫過程」指系統在熱變化過程中，溫度保持不變，系統達到熱平衡狀態。通常功、內能和熱量都不為零，但在理想氣體的系統中，內能變化為零，故第一定律成為： $\Delta U = 0$ ， $Q = W$ ；「等壓過程」則指系統在熱變化過程中壓力保持不變，即 $p = \text{constant}$ 。

失。熱機(即引擎)是一種將熱量轉換成作功的機器,在熱機的能量轉換過程中,氣體體積和壓力的變化形成一種循環過程,稱為熱機循環。說明熱機循環的最高原理包括了第一定律和第二定律。然而由上述絕熱、等溫過程等等的不同組合,熱機循環也可以再被分類成:奧圖循環(Otto Circle)、狄塞爾循環(Diesel Circle)、卡諾循環(Carnot circle)、布瑞頓循環(Brayton Circle)等等。讀者可以參看任一本教科書中有關諸循環的模型圖和壓力-體積相位圖(p-V-phase figure)。⁴⁸

顯然,每一種循環是一種真實引擎的熱循環之理想模型。⁴⁹如此,我們可以建立熱力學理論的模型分類系統如圖3(其中過程和循環之間是一種部分連結):

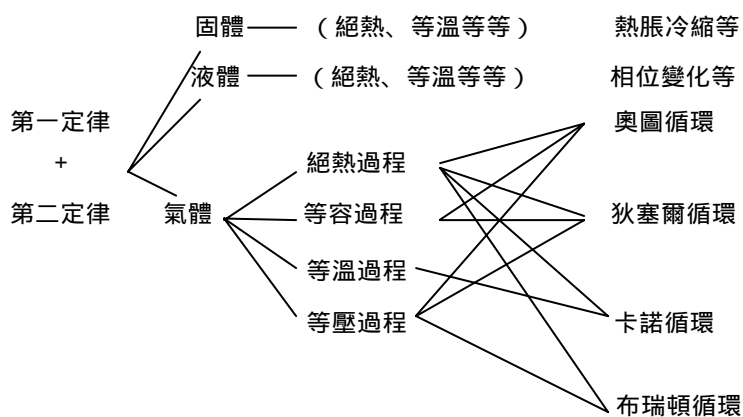


圖 3

⁴⁸ 譬如 Lea & Burke (1997)。

⁴⁹ 如奧圖循環是四行程汽油內燃機 (internal-combustion engines) 循環的理想模型, 狄塞爾循環是柴油引擎循環的理想模型, 卡諾循環則被應用在冷凍機上。

這分類系統(讓我們只考慮氣體的部分)包含了三個階層。在第二階層的每一種模型,乃是由科學家心中的概念(亦即關於絕熱過程、等容過程等概念,它的內容是熱量、內能和功三個函項的等式關係)投射而成的。我們心智中關於第三階層模型的概念也是由第二階層的概念組合而成,它們投射出第三階層的模型(當然,也可以說第三階層的模型是由幾個第二階層中的模型組合而成的)。現在,我們的問題是:這些不同階層的概念和真實現象間有什麼樣的投射關係?很顯然地,在第三階層的概念投射出的理想模型可以直接和真實現象進行比對,譬如工程師可以製造出各種真實的內燃機來重現這些理想模型所描述的循環。我們說這些真實的內燃機熱循環是理想模型的「落實」(realization),而且工程師盡力製作內燃機,讓發生在內燃機中的真實熱循環和理想模型之間是「近乎同構的」(near-isomorphic) 即有一個十分接近的共同結構。⁵⁰

但是,一個高階層的概念,好比出現在原理部分的「熱能」,它和現象的投射關係又該如何看待?像「熱能」這樣的概念,我們通常稱為「物理量」(physical magnitude),在科學理論中扮演函項(function)的角色。它們並不直接投射出對象或模型,我們也無法直接以現象來比對、印證它們。但,這並不表示它們和現象全然無關,它們以做為那投射出模型的概念之成分概念而相關於現象。如同我

⁵⁰ 注意,內燃機本身只是執行熱循環的機器或裝置。我們要比較的是真實發生在內燃機中的熱循環過程和做為理想模型的熱機循環。值得一提的是,內燃機的裝置的發明和製造比它的熱力學原理(熱循環模型)還要早出現。但是內燃機不是只有熱循環的部分,還包括其它許多運作上的機械或熱學原則,這些原則則比內燃機的製造還要早。譬如利用熱、壓力的原則來構想汽缸氣體膨脹推動活塞運動,以及應用槓桿原則來構想透過曲柄而推動齒輪等等機械原理。只不過,早期的內燃機主要是二行程內燃機。特別種類的內燃機如四行程內燃機、狄塞爾引擎發明製造則和它們的熱力學原理約莫同步發展。關於內燃機的發明歷史,參看 Usher (1982: 406-411)。

們看到「熱能」在「絕熱過程」(熱能變化為零)、「等容過程」(熱能等於內能變化)、「熱循環過程」等等概念內容中都是關鍵且必要的部分。藉著這些概念投射出能和現象比對以便印證或否證的理想模型，它們間接地和現象產生關聯。換言之，所有出現在理論原理或分疇系統中的物理量概念，都是經過原理引導出模型的分類系統，再透過可和現象比對的低階層模型而和現象產生關聯。讓我們把這種能和現象直接比對的模型稱作「可落實模型」。⁵¹「可落實模型」乃是科學理論和高層概念與現象世界的「連繫」或「接觸」之媒介或管道。如果一個理論可以演繹出可落實模型而且至少其中之一被落實了(譬如它能說明一些已經存在的現象)，那麼儘管它的核心概念可能最後被證實「沒有指稱」，但它仍然和世界有所接觸，也就是它仍然是「經驗投射的」。

現在，如果我們投射出「熱(量)」或「熱(能)」的概念，則「熱」是做為整個熱力學的概念網絡的基本範疇，也是熱力學基本定律的概念內容之一部分；如果我們投射的是「絕熱過程」，則它做為「較高層模型種類」而被投射；如果我們投射的是「卡諾循環」，則它做為「可落實模型」而被投射，它有可能直接和工程師製造的冷凍機熱能循環加以比對。換言之，出現在概念網絡中的分疇、樹狀分類和模型分類系統中的概念，它們各別和現象有不同的投射關係。亦即它們和其它概念的連結型態，決定了它和現象之間的關係。

六、理論概念和理論

今天我們都熟知科學史上的一幅圖像：一個說明某群現象的舊

⁵¹ 筆者一篇尚未發表的論文“Testing through Model and Tests of a Theory Version”對此作了詳盡發展。「可落實模型」又可分成「簡單可落實模型」與「複合可落實模型」(由幾個簡單可落實模型組合而成)，本文舉出的熱力學這幾個熱循環模型，都是複合可落實模型。

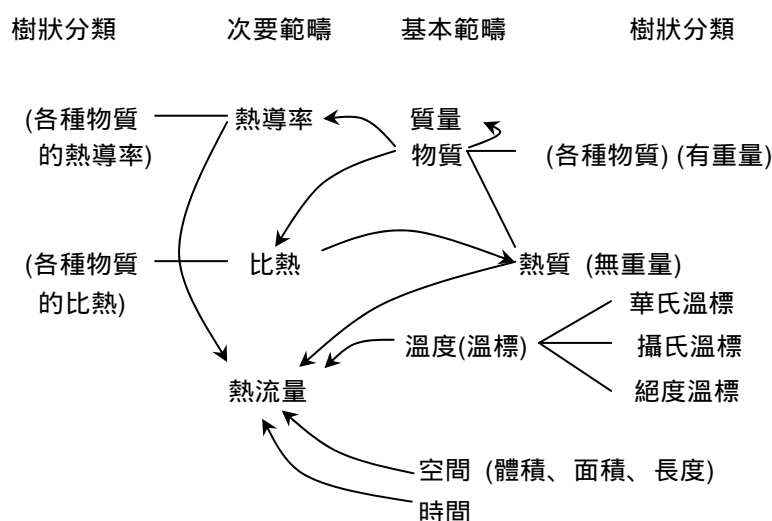
理論被一個新理論所取代，舊理論當中的一些科學語詞被新理論沿用，但它們的意義和內容卻完全不一樣了。換言之，它們對應或代表的科學概念完全不一樣。是什麼原因造成這種現象呢？從投射理論的觀點來看，答案是：科學語詞投射到科學理論上。

很多科學家在從舊理論中發展出新理論時，他們往往沿用了舊理論的許多科學語詞，他們也許不以為這些科學語詞會代表新的科學概念。可是，當他們構造了新理論時，他們同時也會引入一個新的概念網絡，原來的理論詞和其它科學語詞產生新的連結，它所代表的理論概念也隨之和其它科學概念產生新的連結。在前文我們已經看到：一個科學概念的內容是由它和其它概念的連結網路來提供。因此，如果理論概念有新的連結網路時，它就是一個全新的、不同於以前的科學概念了。這就是我們所謂的「理論概念的理論依賴性」。我們也說這是一種「科學語詞投射到新理論」上——一個來自舊理論中的理論詞被投射到新理論，而代表了完全不同的新概念。讓我們以量熱學的發展歷史為例。

十八世紀中葉起，隨著量熱學的發展，科學家為了解釋熱可以流動傳播，並做為一種可測量的量等性質，而提出了「熱質」(calorie)或「熱流體」(thermal fluid)的概念。⁵²「熱質」是一種微小、不可見且無重量的流體，在物質質點之間自由自在地流動。藉著「熱質」的概念，科學家可以定義「熱量」就是「熱質的質量」(但它不受重力吸引，故無重)，系統的含熱量就是它所含有的「熱質的量」。相同物質卻有較高的溫度是因為它的單位質量所含的熱質量較高；物質的比熱(特別熱容量)是在相同溫度下，單位質量所含的熱質量。熱傳導現象是因為熱質從溫度較高的系統流到溫度較低的系統(因

⁵² 有關熱質說和它的發展歷史，參看 Dampier (1966)。這個概念的提出和當時的科學氛圍也有關係。在十八世紀時，科學家慣用「特殊物質實體」的觀念來說明各種物理和化學現象。燃素理論也是其中之一。

為溫度高者單位質量熱質含量較大，密度高，內壓力大，故會將部分熱質「推向」密度較低之處)。換言之，「熱質」的概念幾乎可以恰當融貫地說明量熱學所處理的各種熱現象。其實，量熱學本來就是「熱質(calorie)的測量學(-metry)」，也是一種「熱質理論」(theory of calorie)，它的概念系統可以表為圖 4：



說明：在熱質說中，熱質被當成物質，故屬於「物質」範疇下的一個次類。物質範疇被區分成有重量和無重量的兩種次類。

圖 4

在十八世紀時，「熱」概念是依賴於「熱質理論」的。當時的科學家用熱質理論來說明「熱」現象，「熱」概念的內容是「熱質」；科學家同時也建立了熱質的模型，熱質擁有細微的、不可見的、無重的等等特徵，其概念內容截然不同於十九世紀古典熱力學之下的「熱」概念。在熱力學的理论下，「熱」概念被「預期指稱」熱能能量的一種，而且和其它能量如動能、功(能量的量測)產生連

結(其概念系統如第三節所示)。這時，我們說在十八世紀時，一般科學家口中的『熱』這個字是投射到「熱質理論」上的；而在十九世紀中以後，一般科學家所謂的『熱』則是投射到「古典熱力學」之上。

現在，如果我們要證明「熱質理論」是對「熱」的正確說明，則我們要以經驗來印證投射到「熱質理論」上的「熱」概念，我們要在經驗中找到「熱質模型」的對應。既然「熱質」是一種「物質」，我們當然必須要能在各種物質的熱系統中「捕捉」到「熱質」這種物質，但科學家顯然沒有在任一種物質中「捕捉」到熱質。因此，我們無法證明「熱質理論」給予「熱」的正確內涵，同時我們也無法說「熱質」具有指稱。但是，我們能因此說科學家「否證」了熱質理論嗎？我們能說因為科學家「否證」熱質理論，故放棄了熱質理論嗎？答案是否定的。

事實上，熱質理論之所以被古典熱力學所取代，是因為古典熱力學提供了對熱現象更好的、更恰當、而且有更多可落實模型被印證的說明。⁵³ 古典熱力學可以建立熱循環模型，由工程師根據模型製造出實體化的熱機，以便驗證熱循環過程，從而給予古典熱力學理論實例上的印證。熱機對熱循環過程的印證顯示了：比起熱質理論，古典熱力學理論是一個對熱現象更好的說明，因為它落實了一些熱質理論所不能落實的模型。因此它替代了熱質理論，但熱質論並沒有被否證。

⁵³ 早在十七世紀時，牛頓和波以爾 (Robert Boyle) 即傾向主張熱是一種物體內部質點的震動 (vibratory agitation)。但此時，他們缺乏能量的概念，以致他們的觀念無法繼續發展，而被熱質理論取代。直到十九世紀，能量觀念得到充分的發展後，古典熱力學才能建立起來。而物體內部質點震動的觀念被古典熱力學吸收並轉化為「內能」。事實上，「熱質」的「不可見」、「無重」等特徵也預示了「能量」的概念。

七、投射和指稱：為什麼「燃素」沒有指稱？

根據熱質理論被熱力學取代的同樣道理，我們可以說明「為什麼燃素沒有指稱？」讓我們先建立說明燃燒現象的燃素理論模型，以及相關的概念網絡。見下圖 5。

	燃燒模型		實際現象
燃燒模型 (燃素逸入 空氣中，所以 物質燃燒後， 重量減輕)	開放空間的燃燒	吻合	種種物質燃燒
	1. 殘渣重量減輕 ⁵⁴ 2. 燃素逸入空氣	===== ===== =====	1. 殘渣重量減輕 2. 看起來像燃素 的氣流上昇
	密閉空間的燃燒	有待精 確檢驗 ?	封閉瓶中的蠟燭
	1. 殘渣重量減輕 2. 一段時間後燃 燒停止，因為 空氣吸收燃素 的容量有限制	←====→	1. 燃燒後蠟燭重量 減輕嗎？測量不 易精確 ⁵⁵ 2. 一段時間後停止 燃燒，原因？

圖 5

從這個燃素理論的燃燒模型中，大部分的燃燒現象都屬於「開放空間的燃燒」，在觀察和初步測量上，都能夠吻合實際現象。然而「密閉空間的燃燒」卻留下了有待解決的謎題：(1) 燃燒後殘渣重量是否減輕？能否做更精確的測量？(2) 一段時間後停止燃燒的原因，有待進一步印證。但若要印證(2)則必須分析出「純燃素」，理論上「純

⁵⁴ 當然，在開放空間中的燃燒，還是有一些異例，即燃燒後的金屬渣重量變重了。

⁵⁵ 注意，即使在實驗家已經精確地測量燃燒後蠟燭的重量加重，但是燃素理論家仍可以運用特設假說 (ad hoc hypothesis) 來挽救燃素理論，也就是判斷「燃素」有「負重量」。當然，「負重量」的觀念是違反牛頓的重力理論。

燃素」在一般溫度下，會迅速燃燒而逸入空氣中。而且，同等份量的「純燃素」放在較小的密閉室內，將留下比較大密閉室內更多的份量 因為空氣吸收的燃素的容量有限。如此，關鍵就在於是否能從易燃物中分離出「純燃素」？此時，燃素理論家同時又預設了一個「物質 - 燃素」的分疇 - 分類系統。見圖 6。

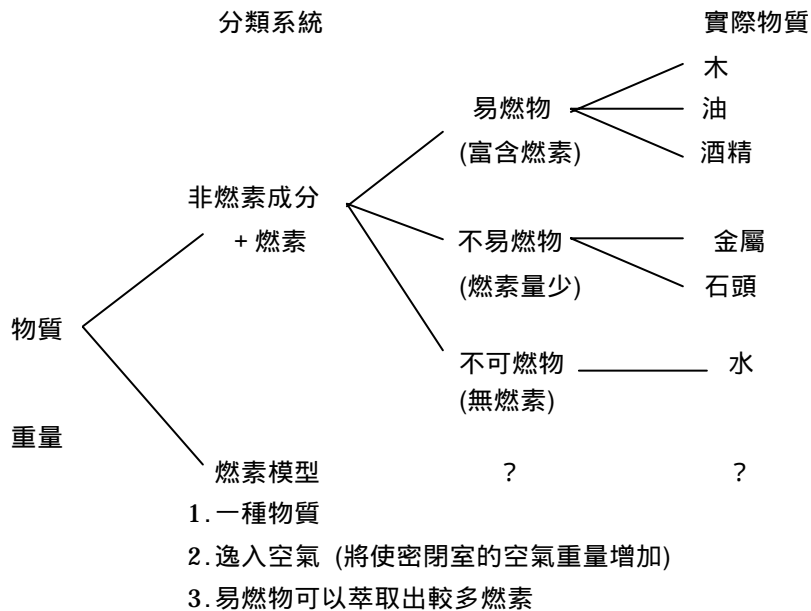


圖 6

如此，在燃素理論中，如果要印證『燃素』這語詞的確有指稱，必須滿足上述「燃素理論」所導出的條件。但顯然燃素理論家一直沒有從任何易燃物或可燃物中萃取出能夠滿足這些條件的「純燃素」，而且更精密的測量顯示密閉室內的燃燒殘渣是加重了，而且空氣重量減輕了。後來又誕生了燃燒是「氧化作用」的理論，而且有「氧」這種氣體實際地被生產出來。凡此種種，都否證了燃素的

實際存在，因此，『燃素』沒有指稱。但是，這並不代表「燃素理論」沒有和世界接觸，也不代表「燃素」就不是科學概念、只是純虛構的；因為「燃素理論」的確可以說明大部分開放空間的燃燒現象，而且「燃素」的概念能被投射出來：燃素理論家的確「預期且許諾世界存在著燃素、預測新種物質的燃燒也能被燃素論所說明，以及預期『燃素』有指稱」。

對一個有種種可落實模型都「被落實」的理論(如古典熱力學)而言，那些代表可落實模型的科學概念(如「卡諾循環」、「狄塞爾循環」等等)確實「指稱」了具體熱機的熱能循環(即冷凍機的熱循環、柴油引擎的熱循環等等)，這是否因此讓『熱能』、『熱流量』等等「物理量詞」有指稱呢？在「指稱」的概念限制下，這仍然是個困難的問題。但毫無疑問，這些「物理量詞」都是可投射的。

前文我們已區分了四種類型的科學概念：「代表物體」、「代表效應或作用」、「代表量度」、「代表參數、常數或係數」。前二種科學概念(如「物質」、「燃素」、「氧」、「光電效應」、「燃燒」等等)，可以由相關模型的「被落實」或「不可落實」來決定其是否「直接地指稱(指涉)」(directly refer to)了世界，也就是有指稱或沒有指稱；後兩種科學概念(如「熱能」、「熱流量」、「質量」、「比熱」等等)則只能透過概念網絡中「已被落實的模型」，才「間接地(indirectly)指稱(指涉)」了世界，它們不能「直接指稱」世界。當然，種種科學概念，不管直接或間接指稱、有或者沒有指稱，都是可投射的。

上述的四種概念，都可能被納入某個科學理論中，而成為理論性概念。我們幾乎可以說，每個概念，如果想成為科學概念，就必須被納入一個科學理論的概念系統中，才能獲得科學概念的內涵和資格。然而，哈金所提醒的一些科學史實，卻讓我們不能輕易地作下結論。

八、沒有建立理論之前的科學概念

長久以來，科學哲學有一個「重腦輕手」(偏重理論而輕忽實驗)的傳統，實驗就算不是完全受到理論的支配，頂多也只是理論的附屬品，用來幫助理論的發展。理論總是在時間上先於實驗而提出，然後實驗科學家才在理論的指導下設計實驗進行驗證。哈金在《表徵和干預》(*Representing and Intervening*)一書中試圖扭轉科學哲學偏愛理論而忽略實驗的傳統(ch. 9)。他舉了許多科學史上科學家進行觀察和實驗的例子，顯示很多科學活動是在沒有理論的狀態下進行的。哈金爭論「理論和實驗，哪個先發生」？固然有很多科學研究是理論先被提出，再指導實驗的進行，然而，科學史實並不是一面倒地「理論先於實驗發生」。哈金展示有很多實驗是在沒有任何理論的指導下進行的。這些實驗往往發現了前所未見的新現象譬如布朗運動(Brownian motion)、光電效應(photoelectric effect)、宇宙背景輻射(background radiation)、甚至熱機(瓦特的蒸氣機)。當然，所有這些現象在後來都有了理論來加以說明。但是，在說明理論被提出來之前，至少有一段時期，它們只是無法理解而沒有意義的現象(meaningless phenomena)(這是哈金自己的用詞)。⁵⁶

現在，我們的問題是：固然我們給了這些現象名稱，有時冠以發現者的名稱(如布朗運動)，但它們也是一種「概念」嗎？它們能被視為「科學概念」嗎？

既然概念是一種分類概括活動的產品，當這些新現象被發現、繼而被確認為一類「新現象」，就排除它是曇花一現的奇異幻覺。

⁵⁶ 值得注意的是，哈金雖然反對理論必定先於實驗而發生，但那是指「時間上」的發生，他並不主張實驗可以完全無關於理論。他特別強調他並沒有宣稱實驗能獨立於理論而存在(Hacking, 1983: 158)。但哈金所謂的「理論」是什麼？其結構特性為何？並不清楚。我們主張，有些概念所依賴的並不是一個完整的理論，而是一個預先已存在的分類系統。

現在，它們是一種類，並能在人們心中引發特殊內容，它們的名稱當然可以代表著「概念」。但在沒有任何科學理論的說明之下，它們可以被視為是科學概念嗎？它們是毫無意義的現象嗎？除了代表一類特別的知覺外，這些現象的概念沒有任何內容嗎？

儘管沒有直接說明這些現象的科學理論來賦予意義，它們卻不是毫無意義的，也不是純粹的知覺現象，至少它們能被指認為一類現象，而且由其它分類的概念系統來提供內容。形式地說來，A現象可能最後由A理論來提供意義，亦即A現象的概念是由A理論的概念結構來提供內容，但在A理論尚未被提出之前，A現象的概念內容並非全然空洞，而可能由B分類階層來提供內容。譬如，布朗運動。在一八二七年生物學家布朗(Robert Brown)首度觀察到水中的花粉會不斷地進行互相碰撞的運動，而且其路徑怪異，毫無規則可循。對一個不會以愛因斯坦理論來說明布朗運動現象的人而言，他還是能確認布朗運動這種現象並形成概念：一種微粒的不規則運動。現在，這個人有一個分類系統，至少包括「一般物體」、「微粒」的類別，以及「規則運動」(如彈子球的碰撞、天體的運動等等)和「不規則運動」的類別。這個分類系統提供了早期布朗運動的概念內容。

又如光電效應。一八三九年，貝奎利爾(A. C. Becquerel)裝置了一個伏打電池(electrovoltaic cell)，有一對金屬片浸在稀釋的酸溶液之中，當金屬片受到閃光照耀時，電池的電壓會改變。後來的科學家使用種種不同的裝置設計，但都是讓光線照射在金屬片上試圖產生電流流動，然而科學家發現照射光線頻率在一定的門檻以上才能激發電流產生。所有「光產生電流或電壓改變」的實驗現象就被指認為「光電效應」現象。但這些現象卻一直到一九〇五年才由愛因斯坦提出理論來說明。在尚未有理論說明之前，我們還是可以形成「光電效應」的現象概念，這個概念的內容來自於「電」、「光」、

「頻率」等等概念，並聯結到「光照射在金屬片上，金屬片接上電線構成一個不封閉的線路，在線路兩端的金屬片未互相接觸而留有空間」也就是一個實驗裝置和它的運作之「模型」上。

再者，這些現象之所以能被指認為一類，而在心智中構成概念，正是心智投射的作用。亦即，當它們第一次被發現時，它們總是在一種特殊環境下，然而，心智卻會抽離這個特殊環境，掌握關鍵元素（一個結構或模型），將它們投射到未來，預測結構相同但環境不同的實驗也會產生同類現象。所以，其它科學家才會根據這個模型，運用種種不盡相同的工具，設計出結構相同的裝置，以便產生同類的現象。而且在其它科學家大量產生同類的現象之後，「光電效應」才被確認為一個現象種類。譬如，十九世紀末的科學家用來產生光電效應的實驗裝置和貝奎利爾已經有了很大差異（譬如已不再使用稀釋酸溶液的電池，而且金屬片的種類可能也不相同），但結構是相同的都是「光照射到連接電線路的相隔金屬片上以產生電流」；而且結果也是相同的都能造成電流的產生或電壓的改變。顯然，這類現象的概念是投射到模型之上，而且它是「規律性的投射」。

至此為止，我們論證：沒有理論來說明之前的現象，也可能是一個現象種類，能在心智中形成一個現象概念。這個概念是心智投射的，它的內容不只是純粹的知覺，而是和某個已存的分類系統中的其它概念形成相關網路、或者形成模型。換言之，心智將它投射到一個分類系統或一個模型上。

陸、結論：科學概念的投射圖像

我們已經詳盡論述「科學概念的經驗可投射性」，並發展「經驗投射理論」的五項論旨。這樣一個理論是否能解決「指稱傳統」的困難和侷限呢？

- (1) 首先，如果訴諸「指稱」來說明科學理論和世界的關係，則科學史上的大部分理論，可能會因為後來被證實「沒有指稱」，而被排除在科學理論之外。投射理論不會造成這樣的問題，因為如同上文論證，儘管一個理論的核心概念(如燃素論中的「燃素」)可能沒有指稱，但它仍是科學的，因為它具有「經驗的可投射性」。
- (2) 就算「指稱的因果理論」可以訴諸「因果鏈」的概念，來保證「沒有被指稱對象」的「科學語詞」是繫結在一個因果鏈上。但是這理論面臨了「固定指稱」與「傳遞指稱」的困難，它讓我們必須站到「上帝之眼」的位置上。投射理論並不會產生這樣的問題，因為它不會受到「理論詞究竟指稱什麼」的困擾。在投射理論中，理論詞或理論概念是依附著一個概念網絡而被投射的，它和世界的聯結不需要「指稱」的觀念來說明。⁵⁷
- (3) 「指稱」觀念在面臨理論真假判斷的問題時，要不是會造成循環的困境，就是只能訴諸於語焉不詳的「因果角色」。投射理論則不須預設科學概念所代表的對象真實存在，就算概念所代表的對象不存在，並不影響理論的成立，因為其成立與否的判斷是根據它能否導出可落實模型並加以落實。

⁵⁷ 審查人甲在這一點上質疑筆者，他認為筆者「假設了一種『有限的人類使用者』所無法確定的『必然連結性』，就是大海中一定有『豐富的魚種』，即使不能網到預期的『白帶魚』，也或許能『網』到不期待的『深海烏賊』。問題是，除了『上帝』，又有誰能保證大海中一定有魚呢？」事實上，筆者並未假設「過去經驗」和「未來的收穫」之間有一種「必然連結性」。在投射理論中，並不存在這種「必然連結性」，正如筆者也提到了「漁人可能費盡千辛萬苦，卻仍一無所獲」(見結論)。換言之，科學探索並沒有「上帝」來保證大海中「一定」有魚，因為「沒有魚」確實是可能的。當然，科學史告訴我們，一些成功的科學理論的確抓到某些「魚種」了。

再來，可能有人會質疑，我們主張「經驗投射」必須具備「可經驗特徵」或「可印證性」這樣的觀點，會不會又回到經驗論傳統，或自限於經驗論的立場上呢？⁵⁸ 我們承認，本文的「經驗投射理論」當然具有某種經驗論的色彩，從其名稱即可得知。但是這並不意味它會回到經驗論的傳統，因為經驗投射理論特別強調「非規律性的投射」、「投射組合」（即新概念的建構）和「可落實模型」的建構，也就是說，被投射的大多是從過去的有限經驗中所建構出的全新概念，「預期、許諾」了全新的可經驗類型。顯然，這些論點使經驗投射理論也具有「建構論」的色彩，和傳統的經驗論有極大差距。但是，經驗投射理論也不會因此就陷入「純建構論」的困境：無法把「純虛構」的概念排除在科學之外。⁵⁹

最後，讓我們試著描繪一幅科學概念之投射圖像。

科學概念總是連結一個概念網絡（或概念架構），科學家將科學概念以及它所連結的概念網絡「投射」到世界上，亦即預期世界將會有概念所代表的對象存在。科學家觀察現象或進行實驗以便發現或落實該對象。這個工作無法隔離整個概念網絡而單獨進行。概念網絡通常來自過去的經驗，因此和世界有一定的接觸。如果一個科學概念所代表的對象被發現或落實了，則該概念（和語詞）便有所指稱；如果沒有（通常是整個概念網絡被放棄了），則沒有指稱。但後者不代表該科學概念就和世界沒有接觸，因為包含它的概念網絡總是因能夠說明某些過去經驗而觸及世界。

我們再以「林中狩獵」和「大海捕魚」來比喻「指稱理論」和「投射理論」所代表的兩個不同的科學圖像。

⁵⁸ 這也是審查人甲的質疑。

⁵⁹ 或許某些宗教或哲學概念也具有理論的投射性，但「經驗的可投射性」可以將兩種概念排除在科學之外，因為它要求整個概念網絡必須能夠建構具有可經驗特徵的可落實模型。一般的宗教和哲學概念很難滿足這項條件。當然，理論上如果宗教或哲學概念可以發展出某種可落實模型，那麼它就可以「演化成」科學概念。

「指稱理論」的科學圖像，就好像在「林中狩獵」一般，總是預設獵人先觀察到獵物的蹤跡，繼而將之「鎖定」後，才射出「指稱之箭」，以便能命中標靶！通常狩獵的獵人很肯定「林中必有獵物」（正如「因果理論家」很肯定「現象必有其因」），因此才開始進行搜索，而且在「指稱之箭」射中後，才能進一步研究得知「獵物」是什麼東西。獵人可能始終射不到獵物，但仍預設它的確定存在——獵人不會去射完全不存在的東西。唯有獵物預先存在，而且被「指稱之箭」固定，才能決定獵人的收獲（得到真理）。

「投射理論」的科學圖像，是「大海捕魚」。世界猶如深不可測的大海，有無數豐富的魚種。漁人無法明白地看穿大海，儘能憑過去的有限經驗，推測茫茫大海中哪些位置能有什麼樣的魚種和漁獲？在艱苦航行抵達猜測的位置時，漁人將「漁網」撒出（猶如科學家「投射」出概念之網），以便撈取海魚。但漁人卻不知道他是否能捕捉到他心目中的魚種？漁人很可能準備充分、預測精準後滿載而歸，但也可能費盡千辛萬苦卻仍一無所獲，或者偶而可能出現意外的收獲（譬如原想捕捉白帶魚，卻意外抓到深海大烏賊——正如很多科學發現都出於「例行（常態）研究」中的意外）。即使漁人始終無法「網」住他心目中的魚種，也不代表他的經驗都是空的，都和大海沒有接觸。因為，他已經根據過去的漁獲經驗作出了預測，繼而設計「漁網」的型式，最後，必須將漁網撒入大海中。他之所以不能有漁獲，可能是因為他的推測方向出錯。

歷史上，建立科學概念所顯現的實際科學活動，乃是「大海捕魚」而不是「林中狩獵」。

參考文獻

- 林正弘(1985)。 瑞姆濟的理論性概念消除法 ，《邏輯·知識·科學哲學》，頁 49-72。臺北市：東大圖書公司。
- 傅大為(1995)。 H₂O 的一個不可共量史 重論「不可共量性」及其與意義理論之爭 ，何志青、洪裕宏 (主編)，《第四屆美國文學與思想研討會論文選集 哲學篇》，頁 95-122。臺北市：中央研究院歐美研究所。
- 陳瑞麟(1996)。 以說話行事模式來說明意向性的結構 ，《國立台灣大學文史哲學報》，45, 2: 173-200。
- 陳瑞麟(1998年12月)。 科學理論的模型和分類 ，「台灣哲學學會1998年度學術研討會」。臺北市：台灣哲學學會主辦。
- 陳瑞麟(1999)。 組織科學理論：分曠、分類和模型 ，《東吳哲學學報》，4: 1-36。
- 陳瑞麟(2001)。 《科學革命的結構》之後 ，傅大為、朱元鴻 (主編)，《孔恩：評論集》，頁 279-309。臺北市：巨流圖書公書。
- Bishop, M. & Stich, S. (1996). The flight into reference or how not to make progress in the philosophy of science. *Philosophy of Science*, 63, 1: 33-49.
- Blackburn, S. (1984). *Spreading the word*. Oxford: Clarendon Press.
- Blackburn, S. (1986). Morals and modals. In G. MacDonal & C. Wright (Eds.), *Fact, science, and morality: Essays on A. J. Ayer's language, truth and logic* (pp. 119-141). Oxford: Basil Blackwell Press.
- Boyd, R. (1979). Metaphor and theory change: What is “metaphor” a metaphor for? In A. Ortony (Ed.), *Metaphor and thought* (pp. 356-408). Cambridge: Cambridge University Press.
- Boyd, R. (1990). Realism, conventionality, and “realism about.” In G. Boolos (Ed.), *Meaning and method* (pp. 171-195). Cambridge: Cambridge University Press.
- Boyd, R. (1992). Constructivism, reralism, and philosophical method. In J. Earman (Ed.), *Inference, explanation, and other frustrations* (pp. 131-198). Berkeley: University of California

- Press.
- Carnap, R. (1966). *Philosophical foundations of physics*. New York: Basic Books, Inc.
- Chappell, T. D. J. (1998). The incomplete projectivist: How to be an objectivist and an attitudinist. *The Philosophical Quarterly*, 48, 190: 50-66.
- Chen, Ruey-Lin. (2000). Theory versions instead of articulations of a paradigm. *Studies in History and Philosophy of Science*, 31A, 3: 449-471.
- Dampier, W. C. (1966). *A history of science*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Davies, P. (1993) (Ed.). *The new physics*. Cambridge University Press.
- Drestke, F. (1999). Perception. *The Cambridge dictionary of philosophy* (2nd Ed.) (pp. 654-658). Cambridge: Cambridge University Press.
- Dupré, J. (1981). Natural kinds and biological taxa. *The Philosophical Review*, 90, 1 (January): 66-90.
- Dupré, J. (1994). The philosophical basis of biological classification (Essay Review). *Studies in History and Philosophy of Science*, 25, 2: 271-279.
- Enç, B. (1976). Reference of theoretical terms. *Nous* 10 (pp. 261-282).
- Estes, W. K. (1994). *Classification and cognition*. Oxford: Oxford University; Clarendon Press.
- Fauconnier, G., & Turner, M. (1998). Conceptual integration networks. *Cognitive Science*, 22, 2: 133-187.
- Fodor, J. (1998). *Concept: Why cognitive science went wrong*. Oxford: Clarendon Press.
- Freedman, E. G. (1992). Understanding scientific controversies from a computational perspective: The case of latent learning. In Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (pp. 310-337). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Fu, D. (1993). Problem domain, taxonomy, and comparativity in histories of science with a case study in the comparative

- history of "Optics." In C. H. Lin, & D. Fu (Eds.), *Philosophy and conceptual history of science in Taiwan* (pp. 123-147). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Fu, D. (1995). Higher taxonomy and higher incommensurability. *Studies in History and Philosophy of Science*, 26, 2: 273-294.
- Fu, D. (1996). Crossing taxonomies and boundaries: a critical note on comparative history of science and Zhao Youqin's "Optics." *Taiwanese Journal for Philosophy and History of Science*, 5, 1: 103-128.
- Goodman, N. (1965). *Fact, fiction, and forecast*. Indianapolis: The Bobbs-Merrill Company, Inc. Press. (Original work published 1955).
- Hacking, I. (1983). *Representing and intervening*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hacking, I. (1992). World-making by kind-making: child abuse for example. In M. Douglas, & H. David (Eds.), *How classification works* (pp. 180-238). Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Hacking, I. (1993). Working in a new world: the taxonomic solution. In H. Paul (Ed.), *World changes* (pp. 275-310). Massachusetts: The MIT Press.
- Hansen, N. R. (1965). *Patterns of discovery*. Cambridge: Cambridge University Press (Original work published 1958).
- Hardin, C. & Rosenberg, A. (1982). A defense of convergent realism. *Philosophy of Science*, 49: 604-615.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental model*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Komatsu, L. K. (1992). Recent views of conceptual structure. *Psychological Bulletin*, 112, 3: 500-526.
- Kitcher, P. (1978). Theories, theorists and theoretical change. *The Philosophical Review*, 87, 4 (October): 519-547.
- Kitcher, P. (1993). *The advancement of science*. Oxford: Oxford University Press.
- Kripke, S. (1980). *Naming and necessity*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.

- Kuhn, T. (1970). *The structure of scientific revolution*. Chicago: The University of Chicago Press (Original work published 1962).
- Kuhn, T. (1983). Commensurability, comparability, communicability. In P. D. Asquith, & T. Nickles (Eds.), *PSA 1982 proceedings of the 1982 Biennial meeting of the Philosophy of Science Association* (pp. 669-688). East Lansing: Philosophy of Science Association.
- Kuhn, T. (1993). Afterwords. In P. Horwich (Ed.), *World changes* (pp. 311-342). Massachusetts: The MIT Press.
- Lea, S. M., & Burke, J. R. (1997). *Physics: The nature of things*. New York: Brooks/Cole Publishing Company & West Publishing Company.
- Maxwell, G. (1989). The ontological status of theoretical entities. In *Readings in the philosophy of science*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. (Original work published 1962)
- Mechelem, I. V., Hampton, J., Michalski, R. S., & Theuns, P. (1993). *Categories and concepts: Theoretical views and inductive data analysis*. London: Academic Press.
- Neisser, U. (1987). *Concepts and conceptual development: Ecological and intellectual factors in categorization*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nersessian, N. J. (1989). Conceptual change in science and in science education. *Syntheses*, 80: 163-183.
- Newton-Smith, W. H. (1981). *The rationality of science*. London: Routledge Press.
- Nowak, G., & Thagard, P. (1992). Copernicus, ptolemy, and explanatory coherence. In Giere (Ed.), *Cognitive models of science* (pp. 274-309). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Palmer, S. E. (1978). Fundamental aspects of cognitive representation. In E. Rosch & B. Lloyd (Eds.), *Cognition and categorization* (pp. 259-303). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Percival, P. (2000). Theoretical terms: meaning and reference. In

- Newton-Smith (Ed.), *A companion to the philosophy of science*(pp. 495-514). Oxford: Blackwell Publisher.
- Putnam, H. (1975a). The meaning of “meaning”. In *Mind, language and reality*(pp. 215-271). Cambridge: Cambridge University Press.
- Putnam, H. (1975b). Explanation and reference. In *Mind, language and reality*(pp. 196-214). Cambridge: Cambridge University Press.
- Putnam, H. (1981). *Reason, truth, and history*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Psillos, S. (1999). *Scientific realism: How science tracks truth*. London: Routledge Press.
- Rubinstein, A. (1998). Induction, grue emeralds and lady Macbeth’s fallacy. *The Philosophical Quarterly*, 48, 190: 37-49.
- Smith, E. E. & Medin, D. L. (1981). *Categories and concepts*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Sainbury, R. M. (1998). Projections and relations. *The Monist*, 81, 1: 133-160.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
- Tweney, R. D. (1992). Serial and parallel processing in scientific discovery. In R. Giere (Ed.), *Cognitive models of science*(pp. 77-88). Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Usher, A. P. (1982). *A history of mechanical inventions*(Rev. ed.). New York: Dover Publications, Inc. (Original work published 1929).

Reference and Projection of Scientific Concepts

Ruey-Lin Chen

Abstract

What is the relation between scientific terms (scientific concepts) and the world? In this article I argue that the several versions of causal theory of reference fail to provide a good answer to this question. As the notion of reference is presupposed, the versions encounter some unsolvable difficulties. But there is a better approach along the notion of projection. I claim that some degree of correlation between scientific terms or concepts and the world can be established through projection.

This article proposes and develops an Empirical Projection Theory (EPT) for scientific concepts. The theory exhibits an essential characteristic of the scientific concept: empirical projectibility. EPT claims the following theses. (1) Scientific concepts can be projected onto the world by the mind and confirmed by constructing realizable models. (2) Each scientific concept is a part of a conceptual network that is constituted by a classificatory system. (3) The correlation between each scientific concept and phenomena depends on the concept's topological location or the way it is linked to the other concepts. (4) When the object projected by a scientific concept is confirmed or realized, the scientific concept and its correspondent scientific term refers to the realized object. (5) The same scientific term occurring in different scientific theories would then correspond to different scientific concepts.

Some scientific cases, such as calorimetry, thermodynamics, and phlogiston theory, are taken as examples to justify EPT in this article.

Key Words: scientific realism, the causal theory of reference, projection, scientific concepts, philosophy of science