

科學教師因果話語之類屬範疇

--牛頓力學與演化單元之比較

蔣佳玲

東華大學 課程設計與潛能開發學系
e-mail: clchiang@mail.ndhu.edu.tw

(投稿日期：民國 104 年 08 月 20 日，接受日期：104 年 12 月 22 日)

摘要：本研究嘗試瞭解科學教師課室中使用之因果話語的類屬範疇，並比較科學教師在牛頓力學與演化單元教學中，所使用之因果話語是否有不同的取向。本研究蒐集了 4 位生物專長教師教授演化單元、與 6 位理化專長教師教授牛頓力學單元的語料，並進行話語分析。結果顯示，課室中的因果話語可分為三種範疇：經驗界對經驗界、理論界對經驗界、理論界對理論界。不同的科學過程詞與因果連接詞在經驗世界與科學理論世界中交錯運用著。三種範疇都出現在牛頓力學與演化單元的教學，但牛頓力學教學出現較多理論界對理論界的因果話語，演化教學較少出現此範疇。此外，牛頓力學較常出現「受...作用」一詞，演化論幾乎不曾使用此一詞彙。

關鍵詞：牛頓力學、因果話語、演化

壹、研究背景與目的

因果關係在許多領域都是重要的課題。無論東方哲學或西方哲學，一千多年前對因果關係就有許多的討論。在自然科學領域中，透過理論或實驗的方式，科學家努力尋求對自然現象進行因果解釋 (Salmon, 1998)，換言之，科學探究的目的，在解釋自然現象的

發生，尋求事件與事件之間的因果關係。除了解釋自然現象之外，更進一步地，人們還希望能藉由瞭解事件之間因果關係，對未來進行預測與操弄 (Bunge, 1979)。Einstein 認為西方科學是建立在以因果律為基礎的形式邏輯之上。因此，當量子力學從或然率的角度切入時，對於古典力學的衝擊，就不僅僅

只是科學理論上的不同，而是更為深入的、對於因果律 (causality) 信念的爭論。

整體來看，科學解釋的典範可分為六種：阿里斯多德 (Aristotelian) 典範、推理的 (inferential) 典範、原因的 (causal) 典範、溯源論的 (genetic) 典範、類比的 (analogical) 典範、目的論的 (teleological) 典範等 (黃達三與賴玉春, 1998)。然而，並非所有的科學領域的因果解釋 (causal explanation) 都有相同取向。例如 Nagel (1979) 指出目的論大部份被用在生命科學的研究上；而 Smart (1968) 則是認為大部份的生物學、地質學、及天文學都會用到溯源論的解釋典範。陳瑞麟 (2004) 也提出：不像「一大氣壓之下純水會在攝氏 100 度沸騰」這類的假說，演化論沒辦法藉由設定前件觀察後件有沒有出現的方式來驗證，在實際的世界也觀察不到其運作，所以在科學上，演化作為對於歷史的描述，它主張「目前地球上的物種多樣性，是藉由遺傳變異和天擇成型的」。在化石及地質證據的支持下，構成了演化論的歷史因果解釋。生物學家(以及相信演化論的人)對於此一主張的證成，在很大的程度上是來自於最佳解釋推論 (inference to the best explanation)。所謂最佳解釋推論是指，在諸多考慮之下，x 的發生是 y 的發生的最佳解釋，那麼 x 就是 y 的原因。蔣佳玲 (2010) 在分析了國中有關牛頓力學與演化論的教科書單元內容之後發現，雖然二者都涉及了因果解釋，但解釋的本質十分不同：牛頓力學的解釋是單因多果，演化論的解釋是多因單果。此外，牛頓力學單元中許多陳述是全稱命題，但在演化論單元中卻有諸如「推測」、「科學家認為」等詞彙出現。在舉例方面，牛頓力學偏向以定律「解釋」現代生活與科技實例；演化論則傾向以歷史案例來「說明」理論。這彰顯了科學範

疇中，不同領域因果解釋的取向有所不同。

正因為因果解釋是科學探索的主要目的，做為培養未來科學研究人才與全民科學素養的科學教育，對此主題的探討有著責無旁貸的責任。Painter (1999) 指出，因果關係是邏輯與科學思考的基本能力，而培養推理與提出假設的能力，也是西方世界教育的終極目標。不過，傳統上科學教育強調科學概念的學習，對於師生持有的因果觀、教科書蘊含的因果觀、因果觀如何建立等等議題的探討，卻顯少關注。Sutman (1996) 指出，科學師資培育課程中，一般都不會將語言和科學連接在一起來思考，頂多是強調科學術語的記憶。教師專業實習也忽略了學生科學語言的發展在科學教育中的角色。Newton 和 Newton (2000) 的實徵研究顯示，教師話語中明確與因果有關的大都屬於較低的層次，教師最常出現的話語是陳述事實 (facts) 或進行描述 (description)。倘若我們希望教師能具有因果解釋的能力、學生能分辨並判斷教師話語中事件的因果關係，對於師生課室中因果話語的運作及其意義就必須有更深入的瞭解與認識，方能進一步地在師資培育過程中，提升教師因果解釋的教學知覺與能力。是以，本研究試著瞭解科學教師課室中使用之因果話語 (causal discourse) 的類屬範疇，並比較科學教師在牛頓力學與演化相關單元教學中，所使用之因果話語是否有不同的取向。

貳、文獻探討

一、教師的說與學生的聽

科學是一種人類的活動，任何事物的溝通都必須藉重符號，科學學習當然也不例外。Nuthall (1997) 認為語言是思考與學習的符號媒介，Wellington 與 Osborne (2001) 更直接

主張，學習科學語言是科學教育的主要部份，每一節科學課都是語言課。既然學習科學語言，對提升學生的科學素養而言是必要的。那麼在學校裡直接以科學語言進行教學是否可行？不可否認地，對多數學童而言，語言是學習主要障礙 (O'Loughlin, 1992)。熊同鑫 (1998) 亦指出，師生間因詞彙定義的不同會造成教學的困擾，對於教師語詞的不理解，是造成學生學習困難的重要因素。是以，在科學教育研究中語言取向的現況中，許多重要學者均同意在科學語言與日常生活語言之間，應該要存在著學校語言階段。例如 O'Loughlin(1992) 主張，要使學生「認識 (knowing)」科學，就必須讓學生瞭解教室話語(classroom discourse)的表現方式，並鼓勵學生有效地運用科學話語。

二、因果、語言與科學學習

無庸置疑地，找出對某情境的因果瞭解是科學事業的目標 (Emmet, 1985)。Popper 認為科學理論的目的是針對現象作「因果說明」，亦即是從普遍述句中演繹出表達現象的單稱述句 (陳瑞麟, 2004)。一般而言，因果關係指的是第一個事件 (現象) 和第二個事件 (現象) 彼此之間的關係，而第二個事件是第一事件直接的結果。整個科學研究過程中，無論是假設、預測、實驗設計、研究結果與推論等，均融入了因果律存在的基本假設。此種觀點在古典物理中尤其強烈。當古典力學、電磁學、光學等成功地預測了現象的發生，「機械論的因果觀」成為不可撼動的信念，在此信念之下，整個世界的所有事物都是秩序井然，每件事都有其一定的原因。因果關係是絕對且可確定的，科學進步、客觀、理性的形象更是深植人心。然而到了二十世紀，由於量子力學的興起，對於因果律的信念受到很大的衝擊。「機率因果觀」主張，

我們對現在不可能完全地掌握，只能有機率性的預測，對未來更是只能進行機率性的預測，具有相當的不確定性。此一觀點對於因果關係的必然性 (necessity) 投下了震撼，尤其對於傳統科學研究，挑戰其基礎的本體論信念。儘管如此，仍有許多科學家主張，之所以要以機率的因果觀進行科學解釋，並非代表自然界本質上不具有機械因果律，而是在現階段我們對於所有的條件還未能完全掌握，以致於無法進行明確、精準的解釋與預測，只好以機率方式處理。未來只要能將所有影響條件及其關係加以瞭解，我們仍能進行明確且精準的解釋與預測。換句話說，機械因果律仍然是存在於自然世界中、決定了事物的運行，且不可動搖。由此可以看出，機械因果觀在科學研究中扮演著根本基礎的角色，它更是許多科學研究者深層堅定不移的信念。

另一方面，近年來科學教育研究的趨勢之一，是將科學素養和語言素養相聯結，主張科學素養並不能獨立於任何科學內容或過程知識之外，而透過語言進行學習與溝通也是科學素養重要的一環 (Sutman, 1996)。Sutton (1998) 也認為，學習者在學習科學時，除了瞭解科學是如何運作的，最重要的是要讓學習者察覺語言具有多重的性質，使學習者能夠充分地使用語言。Norris 和 Phillips (2003) 更直指處理科學文本的能力是學習與瞭解科學的關鍵，語言表達能力在科學發展、批判、與科學思考的精煉中，扮演著不可取代的角色。是以，許多研究開始著重培養學生科學說寫的能力，發展各式教學模式，期能提升學生具有以口頭與書寫的方式闡述想法的能力。然而，學生在建構科學概念時，語言在此過程中究竟是如何運作？目前還沒有充分的瞭解。若要更進一步地談論學生在

科學課室中因果語言的發展 (development of causal language)，相關的研究就更少了 (Slate, 2004)。

為什麼培養學生發展因果語言是重要的？Cronnell (1981)在回顧因果語言相關研究後指出，瞭解因果關係是閱讀理解成功的要素之一。他認為因果關係在對話中十分常見，但也可以是相當複雜，因此對孩子而言會造成困難。他主張：「要能進行有效的理解，讀者必須熟悉並建立起各式各樣的因果關係」(p. 155)。Derewianka (1995)更進一步指出，中學學生科學領域要學得好，學校裡因果話語的發展扮演著關鍵性的角色。雖然正式教材內容並未將因果分析納入，但平日上課時，教師的解說就已經充斥著因果的話語在裡面。教師在科學教學中經常為了說明造成某自然事件的原因，而運用大量的語言進行解說。此一過程正是學生建立因果關係的重要時刻 (Newton & Newton, 2000)。那麼教師會用什麼樣的詞彙表達因果關係？蔣佳玲 (2009) 的研究結果發現，教師不僅僅是運用「因為... 所以...」或是「如果...就...」的連接詞進行解說，還包括了諸如「產生」、「造成」、「受...作用」、「發生」等蘊含著因果關係的動詞，以及「藉由」、「靠...」等。這些辭彙的形式與使用方式相當多元且具有彈性。有些辭彙在表面上是條件關係或時序關係，但在整個句子中卻隱含了因果的意涵。有些句子雖然沒有這些辭彙，但透過前後句的聯結、或是段落的鋪陳，仍能具有因果的意涵。Mohan 與 Beckett (2001)亦主張，因果意義並不是單靠幾個固定字詞就可以建立起來，而是透過豐富的字詞與文法組合在一起而形成的，學生必須知覺到因果意義的細微差異，並建立起細緻的因果意義。如此學生才能夠瞭解、並建構與使用學術性的話語 (academic

discourse)。由上述討論可知，因果、語言與科學學習之間彼此有著緊密的關係，科學教師的因果解釋對科學學習而言，有著不可忽視的重要影響。

三、科學的因果話語

科學語言如何表達因果意涵？從語言學的角度來看，主要是透過過程詞和連接詞的方式加以展現，以下分述之：

(一)科學過程詞的因果展現

科學文本中，過程詞 (process)扮演著連接事物間關係的角色，而過程詞雖然沒有清楚、明確地展現出因果關係之意涵，但李哲迪 (2006)在分析了 Chapman、Perry 和 Stead 所著的《科學 9》一書之後，發現到有關力學文本中所出現的「影響」、「形成」、「產生」、「造成」、「使」、「達成」等過程詞，會使得句子具有因果關係。例如「以手推、拉物體會使它們改變運動狀態」這個小句來看，「以手推、拉物體」這個事件是讓「它們(物體)改變運動狀態」此一事件發生的原因，前一個事件為因，而後一個事件為果，連接此一因果關係所使用的過程詞為「使」，因此「使」這個過程詞在這個小句中具有因果關係的意涵。

那麼，學生在閱讀科學文本中諸如「有關」、「形成」、「是」、「造成」及「等於」等過程詞，是否會察覺因果關係的存在？相關研究結果顯示，學生在讀這些過程詞時，也都會將該子句視為具有因果關係。但有趣的是，有時會因為文本鋪陳過程中將事件與事件之間的關係以過程詞表達，常會造成學生對兩事件之間的關係做錯誤的理解 (林文杰, 2007; 林文杰、楊文金, 2008)。

(二)科學連接詞的因果展現

Gooding (1992)和Pickering (1995)強調，概念是在語言中共同逐漸成形，而這正是科學觀察與科學理論語言的本質。舉例來說，在科學語言成形的過程中，兩個或兩個以上的簡單觀察句（例如「下雨了」、「有雲」）關聯在一起後就形成了觀察類別（例如「下雨時，有雲」），若轉換到更聚焦的觀察類別（例如「凡下雨時皆有雲」），科學理論的語言於焉形成 (Roth & Lawless, 2002)。類似的語言在科學探究的過程中經常使用，科學教科書也常以此種形式書寫。

從系統功能語言學的角度來看，一個小句代表著一個事件，科學事件的發生通常是由一個個的事件所組成的 (Halliday, 2004)。科學文本會使用某些語法成份來說明科學事件之間的邏輯關係，而通常用來體現這些事件關係的語言成份就是連接詞。依據 Unsworth (2001)對於連接詞的分類，將科學教科書中的連接詞區可以分成代表時序、因果、比較、附加及位置五大類，每個大類別之下又會有次類別。科學教科書就是利用這些不同類別的連接詞來說明事件之間的邏輯關係。這些事件之間的邏輯關係整理如表 1 所示。

表 1：連接詞的類別與次類別

主類別	次類別	例子
時序的	同時	當音叉往外移動時，它會擠壓或者壓縮周圍的空氣。
	接續	當兩個物體形成熱平衡後，他們的溫度就相同了。
因果的	方法	藉由仔細觀察音叉，你可以看到它在來回振動。
	結果	因為帶電體的接近，導體的正負電和會暫時分離。
	條件	如果我們觀察音叉如何產生聲音，就能學會何調聲音。
	轉折	真空無法傳播聲音，但是任何具有彈性的物體均能傳播聲音。
	目的	要產生聲音，振動是必要的。
比較的	相似	同樣地，在太陽光垂直照射的地球表面是最亮的。
	重述	當太陽光垂直照射地球表面時，也就是，當太陽正在頭頂上時。
	例證	正常情況下，假如死去的植物留在地表並接觸到空氣，它就會解體。例如：在雨林中所發生的現象。
附加的	對照	較大的振動引起較大的聲音，相對地，較小的振動引起柔和的聲音。
	附加	當它們掉落到地上，而且成為腐質土的一部份時...
位置的	位置	在太陽光垂直照射的地方，地球表面是最亮的

除了上述使用連接詞的方式來說明科學事件間的關係之外，連接詞亦經常會被省略（胡壯麟, 朱永生, 張德祿, 和李戰子, 2005; Halliday & Matthiessen, 2004）。然而，事件之間的關係並沒有因為連接詞被省略而消失，而是變得更為內隱，在此一情況下，要理解這些事件之間的關係時，就必須要讀者自行

去推敲了。至於國中科學教師的話語中是否也會出現科學過程詞或是科學連接詞？出現的方式為何？在不同性質的單元之間是否有所不同？都是本研究探討的重點。

參、研究方法

本研究從質性研究的典範出發，蒐集 10 位國中自然與生活科技領域教師課堂上的語料進行話語分析。研究對象來源以有意願參與計畫的教師為考量，分別在台北市、新北市、與桃園市服務。所有教師都是合格的正式教師，至少有三年以上教學年資，其中 4 位是生物專長教師，6 位為理化專長教師，於本文中分別以英文字母大寫匿名稱呼。

本研究語料蒐集範圍主要為 4 位生物專長教師教授演化單元、與 6 位理化專長教師教授牛頓力學單元的上課錄音。由於每一位教師授課時間不完全相同，錄音節數也有所不同，但每一位教師的錄音資料都是完整的一個單元。所有錄音檔在轉譯為逐字稿之後，主要以句子為分析單位，但有時仍採段落為單位加以分析。這是因為課室口語資料並非均由完整的句子所組成，有時句子說到一半會突然中斷，穿插著單獨的主詞、動詞、受詞、或連接詞等，不一而定。此一特性與教科書、期刊等撰寫文字有很大的不同。若不從整個段落的角度來分析，有時無法判斷該語句之意涵。是以，界定範疇時大多以句子為分析單位，但在討論範疇間的對應時，就採段落為單位加以分析。

在進行分析時，先將所有具有因果意涵之教師話語經過分析歸納(analytic induction) (Taylor & Bogdan, 1998)的歷程，將其中具有科學過程詞與科學連接詞的句子所蘊含之「因」與「果」標示出來，依其對應的範疇進行分類，並尋求範疇間的對應關係。然後將所有分析的句子及其範疇的差異性與相似性進行比較分析 (comparative analysis)，最後根據話語段落前後脈絡再次判讀確認，進而形成本研究的主張 (assertions)。

本研究分析教師因果話語時，是以前述科學過程詞的因果意涵及系統功能語言學連接詞的因果類別，做為判準基礎。例如 F 教師在課堂上解說：「...他認為一個物體，它維持慣性的原因，是因為它所受的合力為零。」透過句中「因為」這個連接詞，此句被判定為具有因果意涵，「所受的合力為零」為因，「物體維持慣性」為果。至於經驗界和理論界的判定，則是將一般人可以運用感官感知到的經驗現象界定為經驗界，對應於特定經驗現象的想法與解釋則界定為理論界。例如教師 B 陳述如下：「...那可是金魚為什麼有辦法存活在這世界上？（生：他什麼都吃）不是什麼都吃，因為我們人擇。」其中的因：「人擇」為一抽象概念，歸類為理論界；其中的果：「金魚有辦法存活在這世界上」為一般人日常生活持有的經驗現象，歸類為經驗界。最後再將因與果的不同組合類型，界定為範疇。

肆、研究結果

一、教師因果話語的三種範疇(categories)

整體來看教師的因果話語，無論是「因」還是「果」，都可以區分成經驗界和理論界兩大類。所謂經驗界，本研究指的是一般人可以運用感官感知到的經驗現象，包括觀看獅子追捕羚羊的影片、聆聽狼嚎的錄音等；理論界則是指對應於特定經驗現象的想法與解釋，例如反作用力、慣性等。理想上將這兩大類排列組合，應該會有四種組合方式：經驗界→經驗界、經驗界→理論界、理論界→經驗界、理論界→理論界。然而根據實際分析結果顯示，無論是教授演化單元還是教牛頓力學單元，所有教師在講解時使用的因果話語，缺少了經驗界→理論界。由於理論是

用以解釋經驗現象，「經驗界為因，理論界為果」的因果關係在邏輯上就不可能存在，因此所有教師在講解時使用的因果話語，不可能有經驗界→理論界的範疇出現。排除經驗界→理論界的情況後，教師因果話語的三種範疇如下：

(一)範疇一：經驗界對經驗界的因果話語

屬於範疇一的因果話語，其特徵為話語中的因與果所對應的均是經驗界的事件。換言之，是以經驗界的事件當做因，來解釋另一個經驗界的事件。以下即為二個典型的例子：

...車子還沒開動之前，這個人是靜止的對不對。那車子一開動了之後，這個人理論上還是靜止，上半身靜止。我們講真的喔。他的腳呢，跟著車殼一起往左邊移動，一起前進。他的腳前進了，上半身沒有前進，所以就往後仰。

(牛頓力學_F 老師)

...所以像草原上那些食草的生物，像羚羊那些生物，牠們本身都要跑得怎樣？(生：快)對，牠們本身都要跑得快，因為它如果跑得快、跑不動，牠就會被獅子或鬣狗吃掉。

(演化_B 老師)

第一個例子裡，「他的腳前進了，上半身沒有前進」是因，「所以就往後仰」是果；第二個例子裡，「跑得慢跑不動牠就會被獅子或獵狗吃掉」是因，「牠們本身都要跑得快」是果。在這兩個例子中因與果均是經驗世界裡的事件。此一類型在日常生活中十分常見，例如「阿妹在喘氣，因為她剛剛跑步進來」。屬於範疇一的話語常出現在教師舉例說明的時候，這可能是由於此範疇之因與果皆為經驗世界事件的關係。當教師提及學生日常生

活熟悉的經驗，教師所使用的因果話語就容易出現範疇一的類型。

(二)範疇二：理論界對經驗界的因果話語

範疇二的因果話語指的是以理論世界中的理論或構念 (theory/construct) 為因，經驗世界的事件為果的語言類型。凡是以抽象概念解釋經驗世界上具體事件的話語，即屬此一範疇。

...你右手去打左手的時候，你的右手是給左手一個作用力，對不對？可是呢！左手也給右手一個反作用力，所以你的右手會痛，你的左手會痛，你的右手也會痛。

(牛頓力學_L 老師)

此例中，「右手給左手的作用力」以及「左手給右手的反作用力」是因，「你的左手會痛，你的右手也會痛」是果。「作用力與反作用力」是本堂課正在教的構念，教師這一段的陳述，是以理論世界中的構念來解釋經驗世界的事件。下面的陳述亦為一例：

...那可是金魚為什麼有辦法存活在這世界上？(生：他什麼都吃)不是什麼都吃，因為我們人擇。

(演化_B 老師)

學生的回答仍屬範疇一的因果話語（因為「什麼都吃」，所以「金魚有辦法存活在這世界上」），但教師的解釋是屬於範疇二的話語（因為「人擇」，所以「金魚有辦法存活在這世界上」）。根據本研究蒐集到的語料顯示，屬於範疇二的理論或構念大多是課堂上的教學主題或相關概念（諸如上述的「作用力與反作用力」以及「人擇」），經驗事件大多是學生日常經驗或教師假設的情況。此類型的話語大多出現在教師剛介紹

完該堂課所欲教的理論或構念之後，以日常生活經驗為例，讓學生練習並熟悉用此理論或構念來解釋日常生活現象。這正反應了科學教師教學所扮演的角色之一：將學生從日常生活經驗的直觀，引導到以科學理論或構念來解釋自然現象。

(三) 範疇三：理論界對理論界的因果話語

此範疇的話語無論是因還是果，均為理論或構念。與前兩個範疇相較，抽象度最高，也與日常生活的經驗世界的連結最弱。此範疇的話語普遍出現在教師介紹與定義理論或構念、陳述理論或構念的內容、運用該理論或構念解釋其他構念、做結論等，相當常見。以下兩段摘錄即為例子：

...他認為一個物體，它維持慣性的原因，是因為它所受的合力為零。

(牛頓力學_F 老師)

...因為有性生殖，會造成基因重新組合，突變是不是也會造成基因的改變？所以，因為有性生殖的改變會突變，所以我們之間不一樣，個體差異。

(演化_G 老師)

先不論學理上教師陳述內容是否正確，第一個例子裡，「所受的合力為零」是因，「物體維持慣性」是果；第二個例子裡，「有性生殖」是因，「基因重新組合」是果。在這兩個例子中因與果均是理論或構念，而經驗世界裡的事件（如「我們之間不一樣」）也被接下來抽象的構念（如「個體差異」）所取代。

值得注意的是，由於範疇三的因與果均為理論或構念，當教師一段話中出現多個範

疇三的因果話語時，涉及的構念較多，構念的密度相對地較高。

...青蛙為什麼會有保護色？他說因為它沒這樣就會被敵人吃掉。所以呢，保護色是屬於天擇的結果。好，那隔壁哪個竹節蟲模擬成樹枝的形狀，那我們說那個叫擬態，模擬那樣的生態。（生：擬態）那還有嗎？有，那這個是課本沒有的把它寫上去。我們說有一些菜園裡面的那些菜蟲，那農夫不是都會噴灑農藥嗎？所以導致他會有所謂的什麼？抗藥性。因為他本來沒有抗藥性，那為了要生存，所以他產生了什麼？抗藥性。

(演化_I 老師)

此段轉錄資料中，可以將「天擇」看成是因，「保護色」、「擬態」、「抗藥性」等是果；也可以將「保護色」、「擬態」、「抗藥性」當做因，此時「被敵人吃掉」、「生存」即為果。無論哪一種關係，在這段話語中至少出現了四個構念。此時倘若學生對這些構念沒有先備知識、或不夠熟練，可想而知，其認知負荷將會相當沈重。

二、範疇的交錯使用

如上所述，科學教師的因果話語可分屬三個不同的範疇。但這三個範疇是否分別出現在不同情境？範疇與範疇之間沒有交集？屬於範疇三的因果話語抽象度高，大多是該單元教學的概念核心。為了讓學生能學會抽象的理論或構念，教師多會嘗試將抽象的理論或構念與實際經驗相連結。以下摘錄的話語是一位教師在讓學生進行實驗之後，讓學生一邊回溯實驗情形、一邊引入公式與相關構念的過程。

我們就把滑車放著、按住，所以 V_0 就等於 0。然後，另外一個同學先把砝碼扶住嘛，這樣它就不會動，然後說：「預備，開始！」這邊也釋放，然後這邊的砝碼也讓它自由落地。在它落地的期間我們作等加，所以我們才能夠帶這些公式。那我們剛剛在這一格的時候，乖乖的作等加對不對？很簡單。現在我們就有花樣了，我們現在的圖形變矮腳雞，對，就是從 O 走到 X 才是作等加，然後砝碼就已經落地了，可是請問從 X 點開始，車子有沒有在受力？沒有。可是它會不會動？會呀！因為一開始我在動呀！（生：慣性）對，「慣性」嘛！我們剛剛在這一格裡面已經有觀念了，因慣性而作等速度直線。

（牛頓力學_C 老師）

此段內容中分別有範疇一（「另外一個同學先把砝碼扶住嘛，這樣它就不會動」、「它會不會動？會呀！因為一開始我在動呀！」）、範疇二（「我們就把滑車放著、按住，所以 V_0 就等於 0」）、與範疇三（「在它落地的期間我們作等加，所以我們才能夠帶這些公式」、「因慣性而作等速度直線」）。在此過程中，我們可以看到三種範疇的因果話語交錯出現，教師努力地將學生的實驗經驗與抽象構念相互連結、對應，例如「按住滑車不動」 \leftrightarrow 「 V_0 等於 0」二者的連結、以及「滑車從 O 走到 X」 \leftrightarrow 「等加速度」二者的對應。

三、牛頓力學與演化單元的比較

（一）因果話語的範疇

根據上述三個因果話語的範疇來看，三種範疇的因果話語均出現於牛頓力學與演化

單元的教學中，但範疇二、範疇三的理論或構念內容，在二個單元出現的形式卻有所不同。例如在牛頓力學單元的例子：「我們就把滑車放著、按住，所以 V_0 就等於 0」（範疇二）、與「在它落地的期間我們作等加，所以我們才能夠帶這些公式」（範疇三），其中的因果話語不僅有理論構念，還出現數學式。經常可見地，為了要解釋為何要帶某公式、或是為何該符號應填入某數字，教師用了許多的數字、運算式，分別錯落在因果的小句裡，例如：「因為砝碼有四個，所以 m 乘以 4」（範疇三）。相對地，演化單元的教學話語中，就單純地只有理論或構念內容，例如「天擇」、「保護色」、「擬態」等，沒有數字與數學式。

（二）教師使用之科學過程詞與科學連接詞

由前述文獻探討得知，科學語言中與因果相關的部分有二：過程因果關係與科學事件關係。本研究牛頓力學與演化論的教學，所使用的科學過程詞與科學連接詞，大部分是十分相似的，均出現諸如「因為...所以...」或是「...就會...」的科學連接詞，以及諸如「產生」、「導致」、「造成」、「改變」、「受...作用」、「發生」、「讓」、「使」、「把」等科學過程詞，以下數段摘錄資料為相關示例。

...我們要讓一個靜止的物體開始運動，必須對它施力。（略）.....他（按：指牛頓）認為我們如果對一個物體施力，反而會改變它的運動狀態。

（牛頓力學_F 老師）

...這個力大於這個物體跟接觸面之間最大淨摩擦力，物體就會產生運動。好，等速度運動的物體呢，如果再受到一個外力作用的時候，

可能會改變它的速度，變快、變慢，或改變方向。也就是，當物體所受的外力的合力不等於零的時候，一定會發生速度變化，產生加速度。
(牛頓力學_D 老師)

...因為它們處於相同類似的環境，所以慢慢演化出類似的一個構造，這個結果叫作趨同演化。
(演化_H 老師)

...根據他們的調查呢，他們發現了，在 1920 年開始他們大量的設立工廠。那設立工廠會發生什麼缺點？工廠會排出黑煙，所以這些黑煙會把旁邊的樹幹給不小心燻黑了。
(演化_I 老師)

但有趣的是，牛頓力學常出現「受...作用」一詞(例如上例的「牛頓力學_D 老師」)，演化論教學話語中則未使用此一詞彙。

伍、結論

Maskill (1988)的研究指出，科學教師在描述科學知識中抽象概念時，會大量地使用邏輯語詞，這將使學生學習科學時感到困難。與之相似地，本研究結果顯示，無論力學單元或演化單元，科學教師都會大量使用因果話語來說明科學理論或構念。這些課室中的因果話語透過過程詞和連接詞的方式加以展現，包括了「受...作用」、「形成」、「產生」、「造成」、「使」、「影響」，以及「藉由」、「因為...所以」等。從經驗界和理論界的角度加以分析，教師的因果話語分屬三個範疇，分別為：經驗界對經驗界、理論界對經驗界、以及理論界對理論界。這三種範疇的抽象度依次提高，顯示國中科學教師的因果話語會將經驗界與理論界逐漸連接，讓學生從熟悉

且具體的經驗世界過渡到陌生且抽象的理論世界。邱鴻麟與梁惠玉(1997)的研究亦發現，高中化學教師不管是使用何種口語解釋模式，都是希望將抽象化的概念利用學生日常生活經驗來解釋，亦即教師使用各種口語解釋將概念的微觀世界 (molecular world)具體化、合理化，期望能使學生瞭解。由此可知，無論哪個科學學科，將經驗世界與理論世界加以連結，都是科學教師的口語解釋的重要目的之一。

其次，本研究結果顯示，國中科學教師在連結經驗世界與科學理論世界時，不同的科學過程詞與因果連接詞在經驗世界與科學理論世界中交錯運用著，其複雜性不可小覷。過去有關教科書的研究顯示，學生會受到科學教科書中的過程詞與連接詞的影響，而覺得文本陳述具有(或不具有)因果關係(林文杰、楊文金, 2008)。本研究所探討之教師口語的敘說結構自然不若教科書語句具有完整的結構與系統性，這可能使得學生在聆聽教師解說因果關係時，在不同範疇中穿梭，更容易感到混亂。是以，本研究或可提供教師做為自我檢視的參考，調整口語解說的習慣。教師可藉由上述事例，檢視自己教學時所用的因果語彙是否合適、範疇的鋪陳是否有條理、是否清楚指出因果關係、是否在一小段落中出現太多的構念使學生認知負荷過高等。

最後，在比較牛頓力學與演化單元的教學上，本研究發現，上述三種範疇皆會出現在這兩個單元的教學中。但牛頓力學單元中，教師使用的因果話語不僅有理論構念，還出現數字與數學式；演化單元的教學話語中，就單純地只有理論或構念內容，沒有數字與數學式。此外，牛頓力學單元的教學中經常出現「受...作用」一詞，演化單元的教學卻

未使用此一科學過程詞。先前有關科學哲學的討論(陳瑞麟, 2004), 以及科學解釋典範的主張(黃達三、賴玉春, 1998; Nagel, 1979; Smart, 1968), 均指出科學不同領域採用因果解釋的取向有所不同。牛頓力學與演化單元使用因果話語取向不同的現象, 除了可能是學科本質使然, 亦可能是教師學科專長長期訓練產生的結果, 值得後續進一步研究。

陸、參考文獻

- 李哲迪 (2006). 高中物理教科書與學生關於力的話語與合法化的語言策略(未出版之博士論文)。國立臺灣師範大學, 台北市。
- 林文杰 (2006). 「科學語言遊戲」融入教學對物理文本的語意理解與語法應用之探討—以「生活中的力」單元為例(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學, 台北市。
- 林文杰、楊文金 (2008). 高一學生對物理文本過程詞隱含之連接關係的理解。《物理教育學刊》, 9(1), 1-16。
- 邱鴻麟、梁惠玉 (1997). 高中化學教師口語解釋之詮釋研究。《科學與教育》, 1, 211-234。
- 胡壯麟、朱永生、張德祿、和李戰子(2005)。《系統功能語言學概論》。北京：北京大學出版社。
- 黃達三、賴玉春 (1998). 國小教師於科學教學的口語解釋研究。《科學教育學刊》, 6(3), 285-302。
- 陳瑞麟 (2004). 理論、假設與推測。中央大學創意研究中心「創意與哲學」典籍讀書會導讀稿。2009年12月30日取自 <http://create.ncu.edu.tw/bookclub/93/93-12-17/LSDchap03.doc>
- 熊同鑫 (1998). 語言在自然科教室內的意涵：一間後山教室內教學活動的記事。《台東師院學報》, 9, 1-36。
- 蔣佳玲 (2009). 除了「因為...所以...」之外：國中理化教師口語敘說中因果意涵的體現。《第廿五屆科學教育學術研討會》。台北：台灣師大。
- 蔣佳玲 (2010). 因果解釋在科學教科書中的取向—以牛頓力學與演化論為例。《全球華人科學教育會議》。香港：香港教育學院。
- 劉創馥 (2010)。亞里士多德範疇論。《臺大文史哲學報》, 72, 67-95。
- 顧長欣 (2003). 亞里斯多德與康德的範疇論之比較(未出版之碩士論文)。東海大學, 台中市。
- Bunge, M. (1979). *Causality and modern science*. New York: Academic Press.
- Cronnell, B. (1981). Cause and effect: An overview. *Reading World*, 21(2), 155-166.
- Derewianka, B. (1995). *Language development in the transition from childhood to adolescence: The role of grammatical metaphor*. Unpublished doctoral dissertation. Macquarie University, Sydney, Australia.
- Emmet, D. (1985). *The effectiveness of causes*. Albany, NY: State University of New York Press.
- Gooding, D. (1992). Putting agency back into experiment. In A. Pickering (Ed.), *Science as practice and culture* (pp. 65-112). Chicago, IL: The University of Chicago Press.
- Halliday, M. A. (2004). *The language of science*. London: Continuum.
- Halliday, M. A., & Matthiessen, C. M.

- (2004). *An introduction to functional grammar* (3rd ed.). London: Arnold.
20. Maskill, R. (1988). Logical language, natural strategies and the teaching of science. *International Journal of Science Education*, 10(5), 485-495.
21. Mohan, B., & Beckett, G. H. (2001). A functional approach to research on content-based language learning: Recasts in causal explanations. *Canadian Modern Language Review*, 58(1), 33-55.
22. Newton, D. P., & Newton, L. D. (2000). Do teachers support causal understanding through their discourse when teaching primary science? *British Educational Research Journal*, 26(5), 599-613.
23. Nagel, E. (1979). *Teleology revisited*. New York: Columbia University Press.
24. Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224-240.
25. Nuthall, G. (1997). Understanding student thinking and learning in the classroom. In B. J. Biddle et al (Eds.), *International Handbook of Teachers and Teaching* (pp.681-768). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
26. O' Loughlin, M. (1992). Rethinking science education: Beyond Piagetian constructivism toward a sociocultural model of teaching and learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(8), 791-820.
27. Painter, C. (1999). *Learning through language in early childhood*. London: Cassell.
28. Pickering, A. (1995). *The mangle of practice: Time, agency, & science*. Chicago, IL: University of Chicago.
29. Roth, W-M. & Lawless, D. (2002). Science, culture, and the emergence of language. *Science Education*, 86, 368-385.
30. Slate, T. J. A. (2004). *The discourse of causal explanations in school science*. Unpublished doctoral dissertation. The University of British Columbia, Vancouver, Canada.
31. Salmon, W. C. (1998). *Causality and explanation*. New York: Oxford University Press.
32. Smart, J. J. C. (1968). *Between science and philosophy*. New York: Random House.
33. Sutman, F. X. (1996). Science literacy: A functional definition. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 459-460.
34. Sutton, C. (1998). New perspectives on language in science. In B. J. Fraser and K. G. Tobin (eds.), *International Handbook of Science Education*, (pp. 27-38). Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
35. Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1998). *Introduction to qualitative research methods: A guidebook and resource* (3rd ed.). New York: John Wiley & Sons.
36. Unsworth, L. (2001). Evaluating the language of different types of explanations in junior high school science texts. *International Journal of Science Education*, 23(6), 585-609.
37. Wellington, J., & Osborne, J. (2001). *Language and literacy in science education*. Philadelphia, PA: Open University Press.

The Categories of Science Teachers' Causal Discourse: A Comparison between Newton Mechanics and Evolution

Chia-Ling Chiang

Department of Curriculum Design and Human Potentials Development, National Dong Hwa University

e-mail: clchiang@mail.ndhu.edu.tw

Abstract

The aim of this study was to understand the categories of the science teachers' causal discourse during oral explanation and to compare the causal discourses of the units of Newton's Mechanics and Evolution. A total of 10 junior high school teachers were recruited to participate in the study. Six of them who majored in physics and chemistry taught the Newton mechanics unit and four of them who majored in biology taught the evolution unit. These teachers' oral explanations were recorded and analyzed. The results showed that the teachers' causal discourse could be analyzed as three categories: from empirical world to theoretical world, from theoretical world to empirical world, and from theoretical world to theoretical world. The various process words and causal conjunctions were used in a complicated way in both the empirical world and the theoretical world. In addition, all three categories of teachers' causal discourse were shown in Newton's Mechanics and Evolution. However, more causal discourse of category three appeared in the Newton's Mechanics unit than in the evolution unit. Besides, the phrase, "act on", appeared frequently during the instruction of Newton's Mechanics, but seldom appeared during the instruction of evolution.

Key words: Newton's Mechanics, causal discourse, evolution

