

## 高一學生對物理文本過程詞隱含之連接關係的理解

林文杰<sup>1</sup> a 楊文金<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>台北縣金山高中

<sup>2</sup>國立臺灣師範大學 科學教育研究所

\*通訊作者

(投稿日期：民國 97 年 5 月 13 日，修訂日期：97 年 8 月 4 日，接受日期：97 年 8 月 13 日)

**摘要：**從語言學的觀點言之，在理解一個小句的語意內涵時，可將該小句拆解為兩個或更多個小句，再以連接關係(即連接詞組，例如：因為…所以…)連結之。在這個拆解過程中，過程詞(即動詞或動詞組)即以連接關係取代。例如：「A 與 B 成正比」可拆解為「A 越大，B 也越大」。本研究旨在探討學生對於物理文本中過程詞所隱含之連接關係的理解以及其理解所產生的困難與問題。根據現行高中物理教科書的論述，選擇六個標的過程詞(「形成」、「造成」、「成正比」、「有關」、「是」、以及「等於」)，再以系統功能語言學(SFL)所界定的兩種時序連接關係(「同時」與「接續」)與四種結果連接關係(「因果」、「條件」、「方法」及「目的」)，並根據凱利方格技術(Repertory Grid Technique)設計「過程詞隱含之連接關係問卷」，以 24 名高一學生(15-17 歲)為研究對象，探討學生對於物理文本句中過程詞的理解情形。問卷之內在一致性  $\alpha$  為 0.84。研究發現，學生都認為上述六個過程詞隱含著結果連接關係，甚至像「等於」這種不具因果關係之等同關係過程詞，學生也有相同的理解。而對時序連接關係的判斷，隨不同過程詞類別而有不同。在結果連接關係理解而言，學生較傾向於以「因果」、「條件」、「方法」等關係來理解過程詞，而「目的」這個次類別與其他三種次類別之間的相似度較低。有趣的是，當學生將某過程詞理解為具有「因果」關係時，也傾向於將之理解為「同時」的時序連接關係。這顯示學生對「因果」關係的時間順序，並未有適當的理解。

**關鍵詞：**過程詞、連接關係、語法隱喻、物理文本

### 壹、前言

「當我們學習語言時，同時我們也使用語言來學習」(Halliday, 1995)，或者也可以說

「當我們學習科學語言時，同時我們也在學習科學知識」，學生學習科學的途徑，除了來自教師課堂上的教學，另一個常見的途徑就是閱讀教科書文本。因此，對於文本中的科學語言若能充分的了解便有助於學生瞭解科學知識。

科學教科書的寫作為了對科學事實進行客觀說明且方便加以推論，其說明的方式常將多個事件構作(construe)成爲一個事件。例如：將「物體質量越大，所受重力也越大」構作成「物體所受重力與其質量成正比」，而這樣的一種構作方式，在語法上是將由「…越…也越…」所體現之結果連接關係的兩個小句(clauses)，透過語法隱喻(grammatical metaphor)轉移成爲一個小句，其而「…越…也越…」的結果連接關係被構作為「成正比」這個過程詞(process)。然而，學生讀到如「成正比」此類的過程詞時，是否能將之「拆解」(unpacking)(Halliday, 1998a)，理解其背後所隱含之事件間的結果連接關係呢？

因此，本研究試圖了解學生對物理文本中過程詞所隱含之連接關係會做何種理解？而這些理解有無困難與問題？最後提出對科學教學過程以及後續相關研究的建議。

## 貳、文獻探討

### 一、過程詞(Process)

系統功能語言學(Systemic Functional Linguistics, 簡稱 SFL)認爲語言的性質決定語言所必須完成的功能(胡壯麟, 1989)，而這些功能大致可以歸納爲三種元功能(metafunction)(Halliday, 1994；胡壯麟, 1989)：1.概念功能(ideational function)用以建立說話者對外在世界和內心世界的經驗，2.人際功能(interpersonal function)用以與人建

立和維持人際關係，3.語篇功能(textual function)用以產生銜接和連貫的文本(李哲迪, 2006)。

Halliday(1995)認爲人們的經驗是以其所使用的語言系統加以轉換成意義，並藉以產生知識。語言語法將連續的經驗流(the continuum of experience)切割成許多樣式(figure)(即事件)，事件又由不同種類的組成元素(elements)所組成，再以邏輯語義關係(即連接關係)，將這些樣式串接起來就形成序列(sequences)(即事件串)。每一個樣式就是一個事件，事件是意義的單位，每一個意義單位則以語言中的小句(clause)來體現。意義單位由參與事件的參與者、過程、和事件的環境所組成；對應而言，小句由表達過程的動詞(組)、表達參與者的名詞(組)以及表達環境成分的介詞組等等所組成。序列(事件串)則是將小句以連接關係組合而成之小句組的形式呈現。

因爲小句體現了一個事件的語義成分，所以小句的分析是非常重要的。Halliday 認爲小句的分析包含及物性、語氣和主述位等三個語法系統的探討，而且這樣的分析也可以應用在漢語的分析上(胡壯麟, 1989)。三個語法系統分別體現三種後設功能：及物系統體現概念功能、語氣系統體現人際功能、而主位系統則體現語篇功能。

及物系統將組成事件的成分區分爲過程(process)、參與者(participant)以及環境成分(circumstance)(胡壯麟, 1989；李哲迪, 2006)，整個事件以過程爲核心，並確認過程與參與者、環境成分的角色。例如：

衛星	在太空中	環繞	地球
參與者	環境成分	過程	參與者

過程共有六種：物質過程(material

process)、心理過程(mental process)、關係過程(relational process)、行為過程(behavioral process)、言語過程(verbal process)、存在過程(existential process)(Halliday, 1994; 胡壯麟, 1989)。與不同的過程詞相關的參與者角色亦有不同,兩者對應關係如表一。物質過程是做某件事的過程,這一類的過程詞如:形成、造成、推、拉、排斥、吸引等,其參與者可以是任何實體(可是人也可以不是人)。心理過程是指感覺(perception)、情感(affection)、認知(cognition)等心理活動,這一類的過程詞如:快樂、悲傷、喜歡、感覺等等,其參與者可以是人、事或物。關係過程是指明人、事、物之間關係的過程如:是、等於、包含、屬於等等,可再細分為歸因關係與等同關係,兩者的區別在於過程詞前後參與者位置互換後是否成立,若成立則為等同關係,若否則為歸因關係,例如:「我是老師」,若將參與者「我」與「老師」互換後成為「老師是我」,顯然這裡「是」代表一種歸因關係過程。行為過程指的是跟生理活動有關的過程如:笑、哭、流淚等等,其參與者通常都是人。言語過程是指講話交流訊息的過程如:說、談等等。存在過程是指某物(人)存在的情形,如:有、存在等等,通常僅涉及一個參與者。本研究所稱「過程詞」係依

據以上的理論將科學文本中的過程詞作分類。

## 二、連接關係(Conjunctive relations)

以 SFL 來分析科學文本,學者(Martin, 1992; Halliday, 1994)建議了三個層次的分析,即文本體裁、連接關係與名物化過程。關於連接關係的分析,科學文本中解釋的推理方式即是透過連接關係來達成,連接關係的分類與說明依據 Unsworth(2001)及李哲迪(2006)之看法整理如表二所示。

如表二的例子所示,透過各種連接關係的使用,使事件連結成序列事件。事件的順序安排表彰了作者對客觀世界的描述(外部關係),也可能是作者在修辭上的選擇(內部關係)。在閱讀文本時,瞭解各種連接關係的語義蘊涵,並區別內、外部連接關係的不同,都是理解文本所必要的一環。

## 三、語法隱喻

Halliday(1995)認為「當我們學習語言時,同時我們也使用語言來學習」。透過日常語言,人們將經驗構作為常識意義,這種意義在科學學習中再被科學語言重塑為具科學意涵的意義。就 SFL 的觀點而言,經驗的重塑主要透過語法隱喻來完成(Halliday, 1998a)。

表 1：及物系統之過程詞與參與者類型(修改自李哲迪, 2006)

過程	經驗範疇	參與者的角色
1 物質	做、發生、使發生	動作者、目標、受益者、範圍、施事
2 心理	感官知覺、情感、認知	感受者、現象
3 關係	歸因	屬性
	等同	識別
4 行為	生理活動	行為者
5 言語	意識的外在表現	講話者、講話內容、受話者
6 存在	存在	存在物

表 2：連接關係的類型、代碼與舉例

關係類別	次類別	例子
時序	同時	當音叉往外移動時，它會擠壓或壓縮周圍的空氣。
	接續	當兩個物體形成熱平衡後，他們的溫度就相同了。
結果	方法	藉由仔細觀察音叉，你可以看到它在來回振動。
	因果	因為帶電體接近，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，就能學會何謂聲音。
	排除	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	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，也就是說，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。
	對照	較大的振動引起較大的聲音，相對而言，較小的振動引起柔和的聲音。
附加	附加	當它們掉落到地上，而且成為腐質土的一部份時...
位置	位置	在太陽光垂直照射的地方，地球表面是最亮的

科學術語大多指涉過程、性質與關係 (Herron, Cantu, Ward, & Srinivasan, 1977, 引自李哲迪, 2006)，並將過程、性質與關係轉換成語法上的「物件」，如此一來，除了可使理論事物成為客觀事物之外，還能使得科學說明與思維得以繼續前進，甚至還可利用各種修飾語，將所構作的「物件」進一步加以分類或進行其性質的描述 (Halliday, 1998b; 李哲迪, 2006)，例如：

樹葉落在地上，落在地上的樹葉(落葉)應該要掃一掃...

「樹葉落在地上」是一個事件，可以隱喻成「落在地上的樹葉」甚至是「落葉」。這種轉換產生一個新而抽象的「物件」，而這種的物件還隱含著分類；此後，所產生的新物件「落在地上的樹葉」便可做為一個參與者

而加入其他事件當中。

語法隱喻的過程同時發生詞類與語言單位兩個語言層次上的轉變 (Halliday, 1998b)，例如：

1. 因為空氣粒子撞擊物體表面，所以有大氣壓。(小句組；因果連接關係)
2. 空氣粒子撞擊物體表面造成大氣壓力。(一個小句、一個名詞組作為參與者；物質過程)
3. 空氣粒子對物體表面的撞擊是大氣壓力存在的原因。(兩個名詞組；等同關係過程)

依據表三及圖一，從上述 1 到 2 再到 3 的過程中，涉及一系列的語法隱喻，其間，語法意義改變的順序為從「連接關係」(因

表 3：詞類與語言單位的一致式  
(引自李哲迪，2006)

	語意	語言形式
語言單位	序列(事件串)	小句組
	樣式(事件)	小句
	事件組成元素	詞組
詞類	連接關係	連接詞
	(環境成分中的)次要過程	介詞
	過程	動詞
	性質	形容詞
	物件	名詞

為...所以...)到「過程」(造成)再到「物件」(...的原因)。原來在 1 跟 2 之間的因果關係由「造成」這個物質過程詞所取代。因而「造成」便隱含了「因果關係」的連接關係。由此可知在語法隱喻的過程中，可能使過程詞隱含有許多不同的連接關係。

### 參、研究方法

#### 一、研究流程

從 95 學年翰林版高一基礎物理教科書中(翰林出版社，2006)，選擇「生活中的力」單元裡 6 個不同文本脈絡下的過程詞，依據表二對文本中連接關係的分類，設計成「過程詞隱含之連接關係問卷」，據此對 24 名高一學生施測，對施測結果進行選項分析並利用凱利方格法進行 Focus 分析及主成分分析，以了解學生對此 6 種過程詞隱含之連接關係的理解為何？以及學生在理解這些連接關係時是否會有困難與問題？

#### 二、研究對象

本研究對象為已修習過「生活中的力」單元內容之高一學生，學生性別、年齡及依照學生高一物理成績分成高度、中度、低度

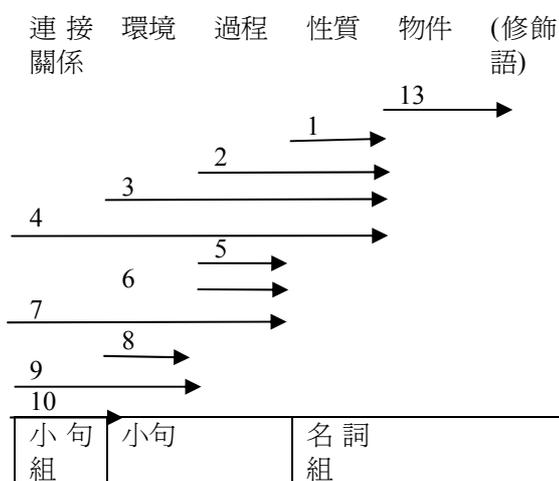


圖 1：語法隱喻的類別(Halliday, 1998b)

學習成就組，各項資料整理如表四所示。

### 三、研究工具

研究工具「過程詞隱含之連接關係問卷」以李克氏量表的形式呈現，其中內含凱利方格的方陣結構，此結構係以物理文本「生活中的力」單元裡不同文本脈絡下的六個過程詞如：「成正比」、「有關」、「形成」、「是」、「造成」、「等於」等為方格元素，以六種文本連接關係如：「同時」、「接續」、「因果」、「條件」、「方法」、「目的」等連接關係為方格之構念，將六個過程詞及其所在文句改寫為以六種連接關係陳述之文句，共可得 36 題。每一試題均附原教科書文本，請學生閱讀文本並比較改寫後的文句與原文句的語意之間符合的程度，符合程度共分四種等級：「符合」(=4)、「還算符合」(=3)、「不太符合」(=2)、「不符合」(=1)。本問卷之內在一致性(α 值)為 0.84。

根據 SFL，本研究的六個過程詞分別涉及物質過程(「造成」與「形成」)、歸因關係過程(「有關」與「成正比」)以及等同關係過程(「等於」與「是」)。另外，六個連接關係則分屬兩個關係類別：時序與結果。

表 4：研究對象之相關資料

編號	性別	年齡	學習成就	編號	性別	年齡	學習成就
40201	男	16	高	40223	女	15	高
40202	男	16	高	40224	女	15	高
40203	男	16	中	40225	女	15	中
40204	男	17	高	40226	女	15	低
40205	男	17	中	40227	女	16	低
40206	男	15	低	40228	女	16	低
40207	男	17	中	40229	女	16	低
40208	男	16	高	40230	女	15	中
40209	男	15	高	40231	女	16	中
40210	男	15	中	40232	女	15	低
40211	男	17	高	40233	女	15	低
40213	男	16	中	40235	女	15	中

其中，「同時」、「接續」為時序類別的次類別，而其他四項：「因果」、「條件」、「方法」與「目的」則為結果類別的次類別。

## 肆、研究結果

在這一節中，依序就這六個文本句，分別說明學生對各文本句中過程詞的詮釋情形。

### 一、「成正比」

第一個文本句是「地球表面的物體所受的重力，與此物體的質量成正比」。其中的過程詞為「成正比」，學生對該詞的詮釋情形如表五所示。就整體學生而言，其作答傾向於認同「成正比」這個過程詞隱含著「同時」(15/24)、「因果」(16/24)、「條件」(20/24)、「方法」(20/24)等的連接關係。

對於「地球表面的物體所受的重力，與此物體的質量成正比」的科學理解，學生認為「地球表面物體的質量的增加(減少)與此物體所受重力的增加(減少)，這兩事件之間

存有因果關係」。然而，據休謨(D. Hume)所言，他認為因果關係具有以下三個性質：一、時空中相近的前、後兩種印象；二、兩者在時間上先後相隨；三、此種相隨關係其有必然性(Quinton, 1999; 張桂權, 2002)。基本上，質量是物理基本量，而重量則是導出量，即便在無重力的條件之下，質量依然存在，而重量係重力場對物質的作用。因此，此二者間應有理論上的時序先後關係，而且，根據古典物理的時空觀而言，當兩事件同時發生時，他們就不會是先後發生的，反之亦然。也就是說，在時序關係方面，「同時」與「接續」應為互斥關係。從圖二中可看出僅選擇「同時」關係者(第四象限)，亦即認同「同時」且非「接續」的學生為 46%(11/24)。部分學生(17%, 4/24)既接受「同時」也接受「接續」關係；僅 4 位學生(圈選處)接受「接續」而拒絕「同時」關係，而有 5 位學生既拒絕「同時」也不接受「接續」關係。這表示多數的學生(20/24)對此過程詞所隱含之時序連接關係的理解有困難。或者，學生在閱讀物理論述時，對於物理事件間的時序關係可能

表 5：全體學生對「成正比」的選項作答分配表

連接關係	「地球表面的物體所受的重力，與此物體的質量成正比」的可能詮釋	符合程度			
		符合	還算符合	不太符合	不符合
同時	地球表面物體的質量與此物體所受重力同時增加(減少)。	11	4	2	7
接續	地球表面物體的質量先增加(減少)之後此物體所受重力才增加(減少)。	3	5	8	8
因果	地球表面物體質量的增加(減少)是此物體所受重力增加(減少)的原因。	9	7	2	6
條件	地球表面物體質量的增加(減少)是此物體所受重力增加(減少)的條件。	11	9	1	3
方法	地球表面物體質量的增加(減少)是使此物體所受重力增加(減少)的方法。	13	7	1	3
目的	地球表面物體質量增加(減少)的目的是使此物體所受的重力增加(減少)。	5	5	8	6

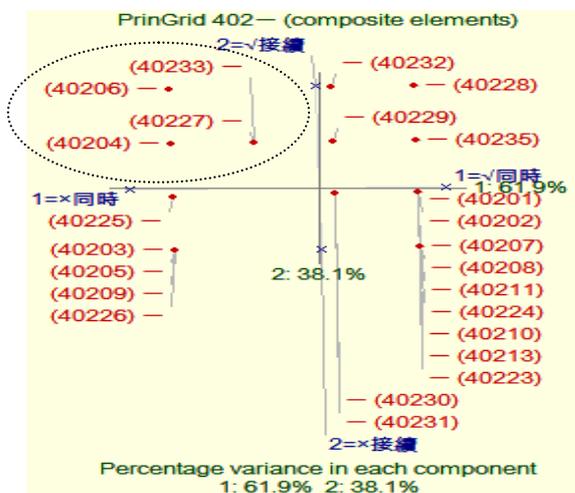


圖 2：「成正比」之「同時」與「接續」關係的主成分分析

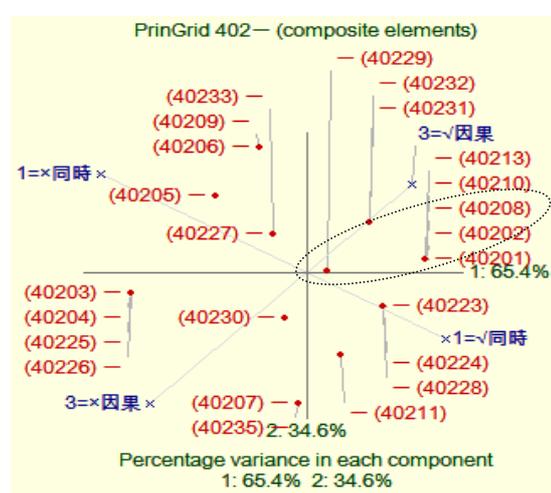


圖 3：「成正比」之「同時」與「因果」關係主成分分析

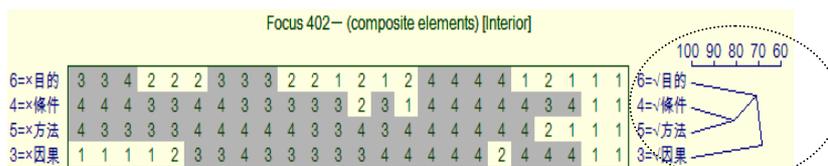


圖 4：「成正比」之結果連接類別之次類關係的 Focus 分析

並未予注意。

學生不僅對時序連接關係的理解有困難，進一步分析發現，在「因果」連接關係與「同時」或「接續」的時序關係之間的認定也有問題，如圖三第一象限虛線部分的學生(6/24)，雖認同「因果」關係，但也認為「同時」的關係是存在的；換句話說，這些學生雖然認為兩事件間存在因果關係，卻也認為這種因果關係是同時發生的。

再經由圖四的 Focus 分析，結果連接關係的次類別「條件」與「方法」連接關係形成群聚(相似度達 80%以上,  $r = .418$ ,  $p < .05$ )，且兩者跟「目的」均呈顯著正相關( $r = .532$ ,  $p < .01$ ,  $r = .567$ ,  $p < .01$ )。但「因果」分別與「條件」、「方法」、「目的」之間，並無顯著相關( $r = .172$ ,  $r = .321$ ,  $r = -.004$ )。顯示學生對結果連接關係次類別的看法是將「因果」與「條件」、「方法」、「目的」三者視為不相似的連接關係。

## 二、有關

第二個探討的文本句是「重力加速度值與物體和地球中心的距離有關」，其過程詞為「有關」。學生對「有關」的語義理解情形如表六所示。

從表六可發現，整體學生的作答傾向於認同此過程詞隱含有「同時」(21/24)、「因果」(23/24)、「條件」(19/24)、「方法」(20/24)的連接關係。

對於「重力加速度值與物體和地球中心的距離有關」的科學理解認為「物體和地球中心距離的改變與重力加速度值的改變，這兩事件間存有因果關係」。因此，從圖五中可知，選擇正確時序連接關係(圈選處)，亦即認同「接續」且非「同時」的學生僅佔 4/24，表示大多數的學生(20/24)對此過程詞所隱含之時序連接關係的理解有困難。

學生在「因果」連接關係與時序連接關係之間的認定上也有問題，如圖六第一象限被圈選的學生(13/24)，雖認同「因果」關係，但也認為「同時」連接關係存在；換句話說，這些學生雖然認為兩事件間存在因果關係，卻也認同這種因果關係是同時發生的。值得注意的是「接續」與「因果」連接關係之間呈現負相關( $r = -.450$ ,  $p < .05$ )，亦即學生對此過程詞之「接續」與「因果」連接關係的理解為兩事件間存在因果關係，而這種因果關係並無時間上的先後順序。

分析圖七可知，結果連接關係的次類別「條件」、「因果」與「方法」形成群聚。但「目的」與「因果」、「條件」、「方法」之間，均無顯著相關( $r = .028$ ,  $r = -.165$ ,  $r = .220$ )。顯示學生對結果連接關係次類別的看法，同樣是將「目的」與「因果」、「條件」、「方法」三者視為不相似的結果連接關係。

## 三、「形成」

第三個文本句是「大氣層的存在，形成了地球特殊的氣候與環境」，其中的過程詞為「形成」。學生對「形成」的理解情形如表七所示。

由表七可知，整體學生的作答傾向於認同此過程詞隱含有「接續」(23/24)、「因果」(24/24)、「條件」(23/24)、「方法」(17/24)、「目的」(14/24)的連接關係。

對於「大氣層的存在，形成了地球特殊的氣候與環境」的科學理解認為「大氣層的存在與地球形成特殊氣候與環境的形成，這兩事件間存有因果關係」。因此，從圖八可知，約有一半(13/24)的學生選擇「接續」且非「同時」關係(虛線標記處)，還有將近一半的學生(11/24)對此過程詞所隱含之時序連接關係的理解有困難。而「同時」與「接續」連接關係間呈現負相關( $r = -.473$ ,  $p < .05$ )，代

表 6：全體學生對「有關」的選項作答分配表

連接關係	「重力加速度值與物體和地球中心的距離有關」的可能詮釋	符合程度			
		符合	還算符合	不太符合	不符合
同時	物體和地球中心的距離與重力加速度值同時改變。	18	3	1	2
接續	物體和地球中心的距離先改變之後重力加速度值才改變。	3	6	7	8
因果	物體和地球中心距離的改變是重力加速度值改變的原因。	15	8	1	0
條件	物體和地球中心距離的改變是重力加速度值改變的條件。	13	6	4	1
方法	物體和地球中心距離的改變是使重力加速度值改變的方法。	13	7	1	3
目的	物體和地球中心距離改變的目的是使重力加速度值改變。	6	6	7	5

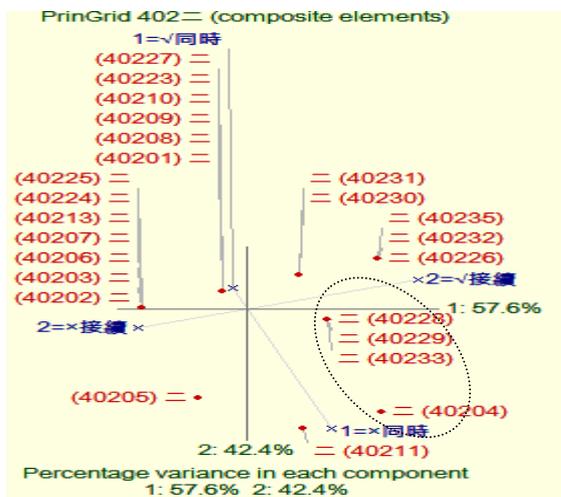


圖 5：「有關」之「同時」與「接續」關係的主成分分析

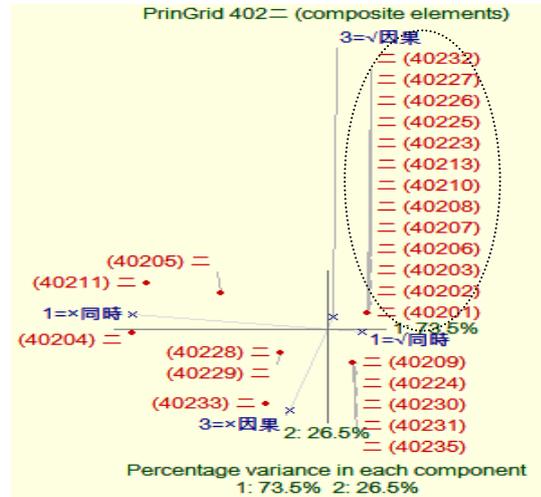


圖 6：「有關」之「同時」與「因果」關係主成分分析

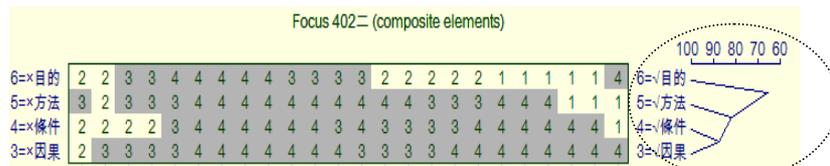


圖 7：「有關」之結果連接類別之次類關係的 Focus 分析

表 7：全體學生對「形成」的選項作答分配表

連接關係	「大氣層的存在，形成了地球特殊的氣候與環境」的可能詮釋	符合程度			
		符合	還算符合	不太符合	不符合
同時	大氣層與地球特殊的氣候與環境同時形成。	3	1	7	13
接續	先有大氣層之後地球才形成特殊的氣候與環境。	19	4	0	1
因果	大氣層的存在是形成地球特殊氣候與環境的原因。	16	8	0	0
條件	大氣層的存在是形成地球特殊氣候與環境的條件。	16	5	1	2
方法	大氣層的存在是使地球形成特殊氣候與環境的方法。	9	8	3	4
目的	大氣層存在的目的是使地球形成特殊的氣候與環境。	4	10	3	7

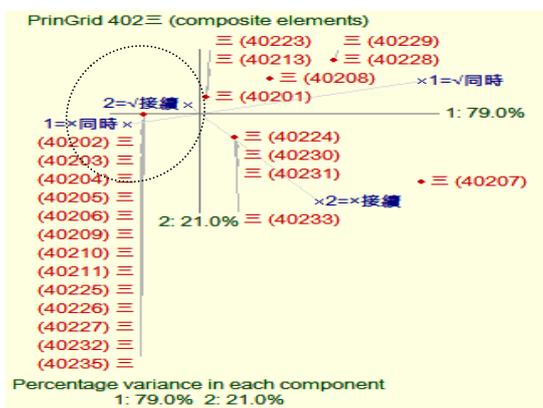


圖 8：「形成」之「同時」與「接續」關係的主成分分析

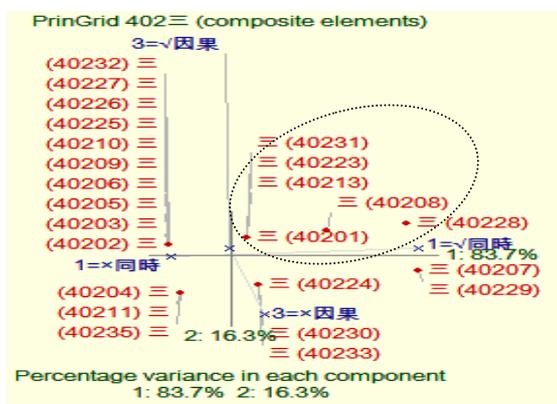


圖 9：「形成」之「同時」與「因果」關係主成分分析

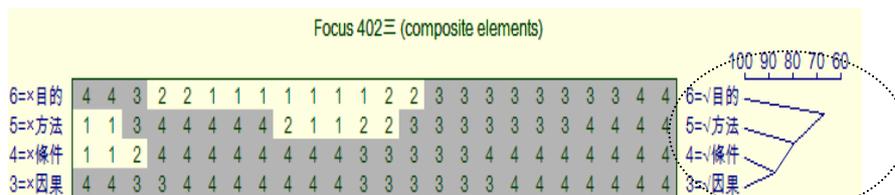


圖 10：「形成」之結果連接類別之次類關係的 Focus 分析

表學生對於「形成」這個過程詞能夠較為清楚地區分這兩種時序連接關係。

在此「接續」與「因果」連接關係之間呈現正相關( $r = .480, p < .05$ )，代表學生可以較清楚地分辨兩事件間具有因果關係時，其事件發生應具時間順序。然而，如圖九所標記的學生(6/24)雖認同「因果」關係，但也認為「同時」連接關係存在，換句話說，這些學生雖然認為兩事件間存在因果關係，卻也認同這種因果關係是同時發生的，因此，少部分學生在因果連接關係與時序連接關係之間的認定仍有問題。

另從圖十可知，結果連接關係的次類別「條件」、「因果」與「方法」形成群聚，且「目的」分別與「因果」、「條件」、「方法」之間均無顯著相關( $r = .055, r = -.383, r = .105$ )；顯示學生對結果連接關係次類別的看法是將「目的」與「因果」、「條件」、「方法」三者視為不相似的結果連接關係。

#### 四、「是」

第五個要討論的文本句是「大氣壓力是因空氣粒子撞擊物體表面所形成的效果」，其中的過程詞是「是」。「是」一詞在漢語十分特別，中研院的斷詞系統 CKIP 特別予其“SHI”這個詞類。一般而言，「是」相當於英語中的 be 動詞，從系統功能語言的觀點言之，「是」具有兩種功能：歸因及等同。前者例如：「這些花是白色的」中的「是」，將屬性「白色」歸予承載者「這些花」；後者如「他的名字是張三」中的「是」，將實值「張三」與標籤「他的名字」加以等同。在等同的情形中，實值和標籤可以互換在句子中的位置而不改變其語意；相對的，在歸因的情形中便無這項特性。上述文本句中「是」的功能為等同。

如表八，整體學生的作答傾向於認同此

過程詞隱含有「同時」(13/24)、「接續」(15/24)、「因果」(21/24)、「條件」(21/24)、「方法」(19/24)的連接關係。

學生對於「大氣壓力是因空氣粒子撞擊物體表面所形成的效果」的科學理解，認為「空氣粒子對物體表面的撞擊與大氣壓力的形成，這兩事件間存有因果關係」。因此，從圖十一中可知，選擇正確時序連接關係(虛線標記處)，亦即認同「接續」且非「同時」的學生佔 9/24，表示還有將超過一半的學生(15/24)對此過程詞所隱含之時序連接關係的理解有困難。而「同時」與「接續」連接關係間呈現負相關( $r = -.567, p < .01$ )，代表學生對於「是」這個過程詞能夠較為清楚地區分這兩種時序連接關係。

如圖十二所圈選的學生(5/24)雖認同「因果」但也認為「同時」連接關係存在，換句話說，這些學生雖然認為兩事件間存在因果關係，卻也認同這種因果關係是同時發生的，表示學生在因果連接關係與時序連接關係之間的認定存在一些問題。

從圖十三的 FOCUS 分析圖可知，在結果連接關係的次類別中，「條件」、「因果」與「方法」等三個次類別形成群聚，而「目的」與「因果」、「條件」、「方法」之間並無顯著相關( $r = -.389, r = -.235, r = .347$ )。這顯示學生對結果連接關係次類別的看法是將「目的」分別與「因果」、「條件」、「方法」三者視為不相似的結果連接關係。

#### 五、「造成」

第五個文本句是以「造成」為過程詞的敘述：「有較多的空氣會靠近地球表面，所造成的氣壓也就會較大」，其中「造成」雖然不是第二小句中的過程詞，而是被壓縮為名詞組「所造成的氣壓」的一句部分，但其仍具有重要的時序和結果的意涵。學生對「造成」

表 8：「是」的全體學生選項作答分配表

連接關係	「大氣壓力是因空氣粒子撞擊物體表面所形成的效果」的可能詮釋	符合程度			
		符合	還算符合	不太符合	不符合
同時	空氣粒子對物體表面的撞擊與大氣壓力的形成同時發生。	7	6	3	8
接續	空氣粒子先撞擊物體表面之後才形成大氣壓力。	11	4	2	7
因果	空氣粒子對物體表面的撞擊是形成大氣壓力的原因。	17	4	2	1
條件	空氣粒子對物體表面的撞擊是形成大氣壓力的條件。	15	6	2	1
方法	空氣粒子對物體表面的撞擊是形成大氣壓力的方法。	13	6	1	4
目的	空氣粒子撞擊物體表面的目的是形成大氣壓力。	4	7	7	6

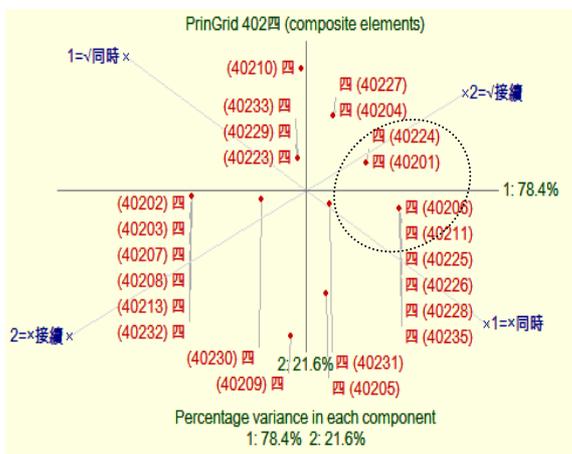


圖 11：「是」之「同時」與「接續」關係主成分分析

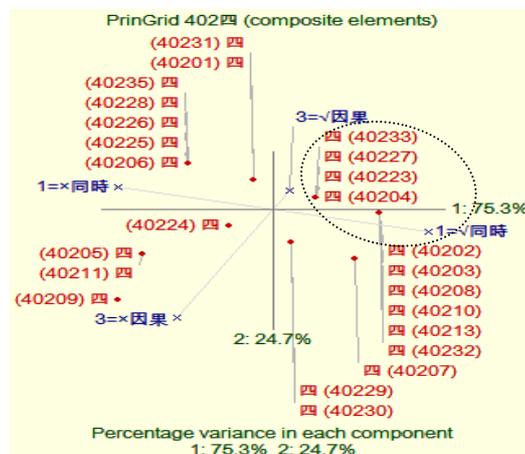


圖 12：「是」之「同時」與「因果」關係主成分分析



圖 13：「是」之結果連接關係次類別的 Focus 分析

表 9：全體學生作答選項分配表

連接關係	「有較多的空氣會靠近地球表面，所造成的氣壓也就會較大」的可能詮釋	符合程度			
		符合	還算符合	不太符合	不符合
同時	靠近地球表面空氣的量與氣壓同時增加。	10	5	4	5
接續	靠近地球表面空氣的量先增加之後氣壓才增加(減少)。	7	6	3	8
因果	靠近地球表面空氣量的增加是氣壓增加的原因。	14	6	2	2
條件	靠近地球表面空氣量的增加是氣壓增加的條件。	11	10	0	3
方法	靠近地球表面空氣量的增加是使氣壓增加的方法。	11	8	0	5
目的	靠近地球表面空氣量的增加的目的是使氣壓增加。	4	6	5	9

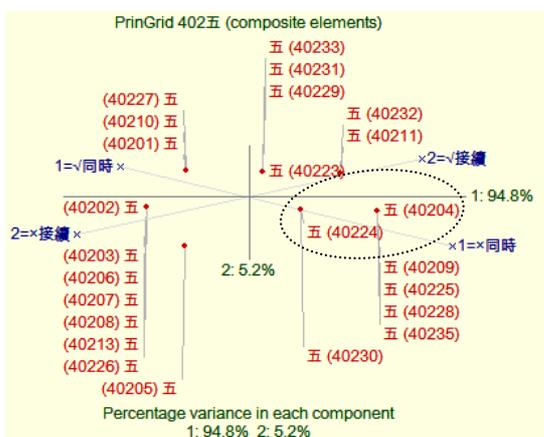


圖 14：「成」之「同時」與「接續」關係主成分分析

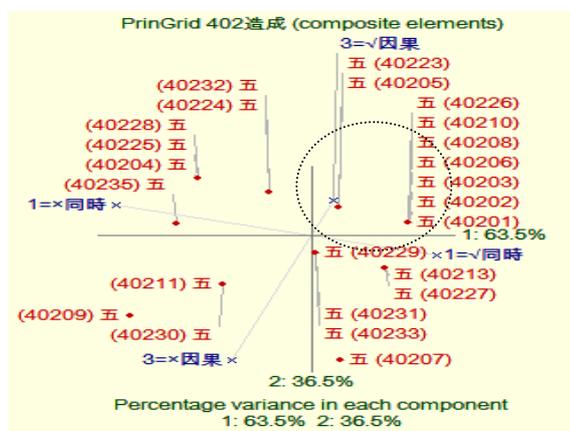


圖 15：「造成」之「同時」與「因果」關係主成分分析

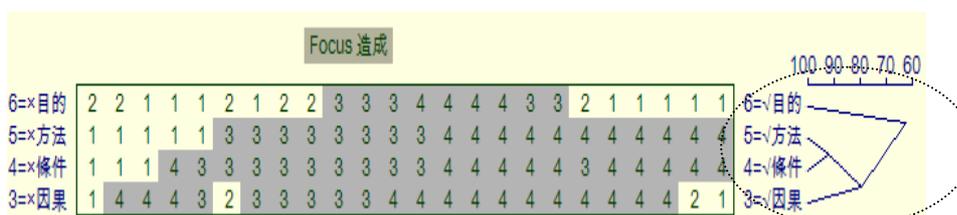


圖 16：「造成」之結果連接關係次類別的 Focus 分析

表 10：全體學生作答選項分配表

連接關係	「它所需要的向心力，剛好等於人造衛星所受地球吸引的重力」的可能詮釋	符合程度			
		符合	還算符合	不太符合	不符合
同時	人造衛星受地球引吸的重力與運轉所需的向心力同時產生。	11	3	3	7
接續	人造衛星先受地球重力吸引之後才產生運轉所需的向心力。	8	5	5	6
因果	人造衛星受地球重力的吸引是產生運轉所需的向心力的原因。	14	8	2	0
條件	人造衛星受地球重力的吸引是產生運轉所需的向心力的條件。	14	8	1	1
方法	人造衛星受地球重力的吸引是產生運轉所需的向心力的方法。	13	7	2	2
目的	人造衛星受地球重力吸引的目的是產生運轉所需的向心力。	14	3	2	5

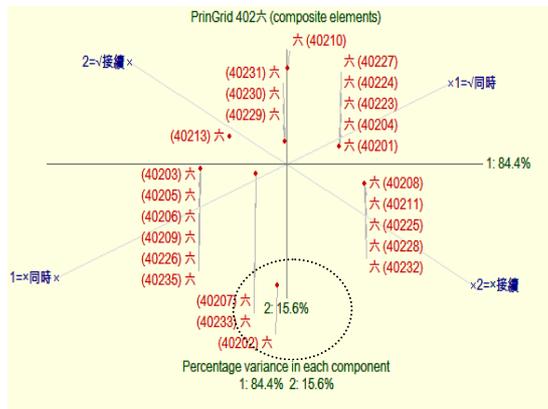


圖 17：「等於」之「同時」與「接續」關係主成分分析

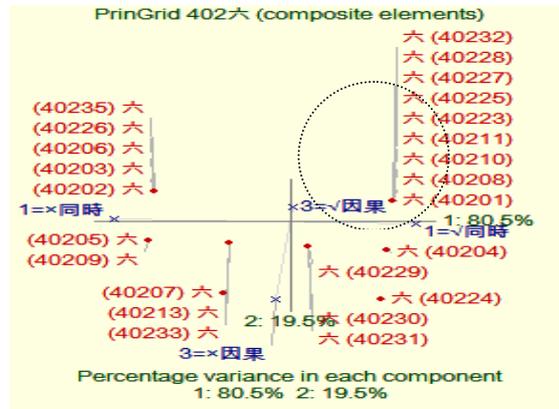


圖 18：「等於」之「同時」與「因果」關係主成分分析

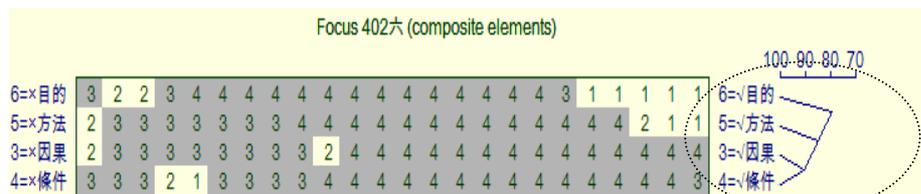


圖 19：「等於」之結果連接類別之次類關係的 Focus 分析

在這個論述中的理解如表九所示；整體學生的作答傾向於認同此過程詞隱含有「同時」(15/24)、「接續」(13/24)、「因果」(20/24)、「條件」(21/24)、「方法」(19/24)的連接關係。

對於「有較多的空氣會靠近地球表面，所造成的氣壓也就會較大」的科學理解認為「靠近地球表面空氣量的增加與氣壓的增加，這兩事件之間存有因果關係」。因此，從圖十四可知，選擇正確時序連接關係(圈選處)，亦即認同「接續」且非「同時」的學生佔 7/24，表示還有將超過一半的學生(17/24)對此過程詞所隱含之時序連接關係的理解有困難。而「同時」與「接續」連接關係之間呈現負相關( $r = -.895, p < .01$ )，代表學生對於「造成」這個過程詞能夠較為清楚地區分這兩種時序連接關係。

如圖十五所圈選的學生(9/24)雖認同「因果」關係，卻也認為「同時」的連接關係存在；換句話說，這些學生雖然認為兩事件之間存在因果關係，卻也認同這種因果關係是同時發生的，表示學生在因果連接關係與時序連接關係之間的認定有問題。

從圖十六可知結果連接關係的次類別「條件」、「因果」與「方法」形成群聚。但「目的」與「因果」、「條件」、「方法」之間均無顯著相關( $r = .330, r = .037, r = .223$ )。顯示學生對結果連接關係次類別的看法是將「目的」與「因果」、「條件」、「方法」三者視為不相似的結果連接關係。

## 六、「等於」

最後一個要討論的文本句是以「等於」為過程詞：「它所需要的向心力，剛好等於人造衛星所受地球吸引的重力」。一般而言，「等於」是等同關係過程。也就是說，如果「A 等於 B」，那麼「B 等於 A」也成立。

如表十所示，整體學生的作答傾向於認同此「等於」這個過程詞隱含著「同時」

(13/24)、「接續」(15/24)、「因果」(21/24)、「條件」(21/24)、以及「方法」(19/24)等連接關係。

從理論上來說，「A 等於 B」並不蘊涵「A 為 B 的因」或「B 為 A 的果」的因果關係，因此「它所需要的向心力，剛好等於人造衛星所受地球吸引的重力」應解釋為：「人造衛星受地球重力的吸引與產生運轉所需的向心力，這兩事件之間並非因果關係」。從圖十七中可知，選擇正確時序連接關係(虛線標記處)，即認同非「接續」且非「同時」的學生佔 1/24，或認同「同時」且非「接續」的學生佔 10/24，這表示還有一半以上的學生(13/24)對此過程詞理解為隱含「接續」連接關係。而「同時」與「接續」連接關係之間呈現負相關( $r = -.684, p < .01$ )，代表學生對於「等於」這個過程詞能夠較為清楚地區分這兩種時序連接關係。

如圖十八所標記的學生(9/24)雖認同「同時」關係，但也認為「因果」連接關係存在，換句話說，這些學生既認為兩事件之間存在著因果關係，卻也認為這種因果關係是同時發生的。表示學生在因果連接關係與時序連接關係之間的認定存在一些問題。

分析圖十九可知結果連接關係的次類別「條件」、「因果」與「方法」形成群聚。但「目的」與「因果」、「條件」、「方法」之間，均無顯著相關( $r = .028, r = -.165, r = .220$ )。顯示學生對結果連接關係次類別的看法是將「目的」與「因果」、「條件」、「方法」三者視為不相似的結果連接關係。

## 伍、結論與建議

本研究針對高中物理教科書中的敘述，選擇了以「形成」、「造成」、「成正比」、「有

關」、「是」和「關於」為過程詞的六個文本句，探討高中學生對這些過程詞所蘊涵連接關係的理解。根據前述圖一 Halliday(1998b)關於語法隱喻的討論，連接關係經由路徑 10→8 再轉換為過程詞，也可經由路徑 9 語法隱喻為過程詞。因此，當閱讀文本時，有必要將過程詞拆解以瞭解其意義。

連接關係的類別相當多，可區別為五大類：時序關係、結果關係、比較關係、附加關係、和位置關係(見表二)。在本研究中選擇前兩大類連接關係為焦點。在時序關係中可區別為「同時」關係與「接續」關係；結果關係又含五個次類，分別為「方法」關係、「因果」關係、「條件」關係、「目的」關係、以及「排除」關係；本研究進一步聚焦在結果關係的前四項次類關係。

綜合以上所述，本研究發現學生對不同文本脈絡下的過程詞，其連接關係的理解，有以下的特性：

### 一、時序連接關係理解方面

1. 「形成」和「造成」為物質過程詞，學生在理解「A 造成/形成 B」時，傾向於將 A 及 B 理解為具接續的時序連接關係。
2. 「成正比」和「有關」為歸因關係過程詞，學生在理解「A 與 B 有關/成正比」時，能合適理解 A、B 間的時序關係的學生相對較物質過程少。
3. 「是」在本研究的文本句中為等同關係過程詞，學生在理解「A 是 B」時，其時序連接關係的理解受文本中前後參與者(即 A 和 B)的特性影響較大。
4. 「等於」也是等同關係過程詞。但是即便「A 等於 B」論述未含有因果意義，學生仍傾向於將其理解為具有因果的時序關係(即接續關係)。

### 二、結果連接關係理解方面

1. 學生對所討論之六個過程詞均認為隱含了各種結果次類別的連接關係，唯其中「目的」次類別較不被學生所接受，且「目的」次類別與其他三種次類別之間的相似度較低。也就是說，學生較傾向於以「因果」、「條件」、「方法」連接關係來理解各種過程詞。
2. 事實上未包含因果關係之等同關係過程詞如：「等於」，學生也會對其作因果連接關係理解。

### 三、因果連接關係與時序連接關係之間的對應關係

對於本研究所討論的過程詞，均出現學生認為因果關係的時序是同時發生的情況。也就是說，例如「A 造成 B」蘊含了 A 為 B 因的因果關係，而學生也同時認為 A、B 是同時發生，而非 A 先 B 後的接續關係。

基於以上的研究發現以及在知識論中關於時序與因果關係的討論，學生學習物理時，不只是學習單一互不相關的物理概念而已，而是必須瞭解概念與概念所連結而成的事件，以及事件間的關係。因此，當學生對於由各種過程詞所形成的事件(例如 A + Process + B)的理解，就涉及了對 A、B 的理解及 A、B 間關係的瞭解。唯 A、B 間關係是內隱地蘊涵在過程詞(Process)中的，這就加深了閱讀理解的困難。綜合上述，對於物理文本、物理的教與學的研究，提供幾項參考建議：

1. 物理文本十分強調事物之間的因果關係之探討，然而文本鋪陳過程中將事件與事件之間的關係以過程詞來表達時，常會造成學生對兩事件之間關係的錯誤理解。所以在教學過程中，教師應對文本

中以過程詞表達兩事件關係的部分，做更詳細正確的說明。因此，研討適當的「物理語言」教學，其重要性可能不亞於物理概念的教學。

2. 本研究中有關結果連接關係次類別之探討，顯示「目的」次類別與其他三種次類別之間的相似性較低。哲學對因果關係的探討，有「因果律」以及「目的論」兩種哲學觀點(陳志良，1997)；本研究的發現是否指出，「目的」次類別與其他三種次類別的分界，就是學生對這兩種不同哲學觀的一種反映呢？除物理文本之外，其他如生物文本等，學生對其結果連接關係次類別之間的關係是否也是如此呢？這都有待進一步的深入研究。

### 誌謝

本文承國科會專案 NSC95-2511-S-003-027-MY3 及 NSC95-2522-S-003-017-MY3 補助，特此致謝。

### 參考文獻

1. 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。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文。
2. 胡壯麟、朱永生、張德錄(1989)：系統功能語法概論。長沙：湖南教育出版社。
3. 張桂權(2002)：玻姆自然哲學導論。台北市：洪葉文化。
4. 陳志良(1997)：西洋哲學三百題。台北市：建宏。
5. 翰林出版社(2006)：普通高級中學基礎物理全冊。台北：翰林出版社。
6. Halliday, M. A. K. (1994). An introduction to functional grammar (2<sup>nd</sup> Ed.). London: Edward Arnold.
7. Halliday, M. A. K. (1998a). Language and knowledge: The 'unpacking' of text. In D. Allison, L. Wee, B. Zhiming, & S. A. Abraham (Eds.), Text in education and society (pp. 157-178). Singapore: Singapore University Press and World Scientific.
8. Halliday, M. A. K. (1995). Language and the reshaping of human experience. Paper presented at The Fourth International Symposium on Critical Discourse Analysis, Athens.
9. Halliday, M. A. K. (1998b). Things and relations: Regrammaticizing experience as technical knowledge. In J. R. Martin & R. Veel (Eds.), Reading science: Critical and functional perspectives on discourse of science. New York: Routledge.
10. Martin, J. R. (1992). English text: System and structure. Philadelphia: John Benjamins Pub.
11. Quinton, A. (1999)：休謨(時國銘譯)。台北市：麥田。
12. Unsworth, L. (2001). Teaching multiliteracies across the curriculum. Philadelphia: Open University Press.

## An Exploration of Tenth Graders' Understanding of the Relations Implied by the Processes Deployed in Physics Texts

Wen-Chien Lin<sup>1</sup>    <sup>b</sup>Wen-Gin Yang<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Jing-San High, Taipei County

<sup>2</sup>GISE, National Taiwan Normal University

### Abstract

This study aimed at exploring readers' understanding of the relations implied by the processes (verbs) used in science texts, and also addressing the potential problems arisen by such understanding. For instances, if participant A and B are stated as 'A causes B', then there must exist proper relations between A and B in terms of the using of 'causes'. Six processes, including 'proportion', 'relate', 'form', 'be', 'cause', 'equalized', that are prevalent in science textbook were selected and then their implied connective relations such as 'simultaneity', 'successiveness', 'causality', 'condition', 'manner', and 'purpose', were scrutinized under the perspective of Systemic Functional Linguistics. The former two are classified as temporal relationship, the other four causal relationships. An instrument of 'Test of Understanding the Semantic Implications of Processes' was developed accordingly. Totally 24 tenth graders answered the test, the internal consistency alpha is 0.84.

Major findings indicated that readers tended to interpret all processes as implying causal relations, even including those identifying processes that actually specify the identical relation only. Meanwhile, readers interpreted these six processes as implying temporal relation differently. Furthermore, readers preferred 'causality', 'condition' and 'manner' connectives to realize causal relationships than 'purpose' ones. Readers also accepted the possibility of co-occurring of causal and simultaneity relations of between two participants.

Based upon the results the implications of science teaching and reading and suggestions for further research were discussed.

**Key words:** Processes, Connective Relations, Grammatical Metaphor, Physics Text

\*Correspondent author