



# 國三學生「四季成因」之心智模 式與推論歷程之探討

邱美虹

國立台灣師範大學科學教育研究所

翁雪琴

台北市立松山高中

(投稿日期：84年3月1日，接受日期：84年3月31日)

**摘要：**本研究目的是探討不同空間能力的國三學生在教學前對於「四季成因」的心智模式(mental model)類別，繼而透過學生使用自我解釋(self-explanations)模式，來分析學生閱讀不同形式之教材對於其建構知識方式的影響，最後試圖透過閱讀推論來解釋學生概念改變的歷程。

研究對象為國中三年級學生二十名，根據性別及空間能力高低隨機分派於實驗組與控制組，每組各十名。研究步驟為前測晤談、閱讀學習、後測晤談。

研究結果指出實驗組使用反駁性文章(refutational text)加上「增加激發活動」(augmented activation activities)的教材有助於學生學習「四季成因」。雖然在前測時，學生對四季成因的心智模式大都不正確(分為六類)，但在學習後，實驗組學生有較佳的表現。同時高空間能力的學生在各組內皆表現優於低空間能力的學生。

為進一步瞭解學習機制，本研究亦進行閱讀推論的分析，研究結果指出學生閱讀學習時其閱讀歷程中所產生的推論是決定學生是否理解四季成因的因素之一。實驗組及對照組低空間能力的學生大部分形成錯誤推論，並以其解釋或連結其他內容；而實驗組高空間能力學生，則能經由產生正確的推論及回溯相關資訊，而表現較佳。

**關鍵詞：**心智模式、四季成因、空間能力、教材、推論

## 壹、緒論

近年來關於認知科學、科學教育、心理學方面的專家指出，學生在正式教學前大多受日常生活經驗的影響，早已對自然界的現象建構出一套自己可運行的想法，這些先前知識有時與將要學習的知識、想法衝突(或互相矛盾)，且往往根深蒂固不易改變(Carey, 1985; Chi et al., 1989, 1994; Posner et al., 1982; Roth, 1991; Rumelhart & Norman, 1981; Vosniadou & Brewer, 1987)。而Chi (1993)亦從研究中發現學習者其先備知識與新知識之間會有互動，學習者如何將新知識及教學正確地編碼(encoding)，完全取決於先前知識表徵的狀態；她認為所謂的“概念改變”應從本體類別(ontological category)的改變著手，才可被視為“徹底的”概念改變(radical conceptual change)。同樣地Vosniadou (1987)指出概念改變的過程並非只是對既有未開發完成的概念結構加以修正，而是新概念模式之激烈改變的形式。

為了達成有效教學的目的，教師除了有必要在教學前先瞭解學生的先前想法，同時應針對學生的錯誤觀念來設計、編定教學內容(Za' Rour, 1975, 1976; Driver & Oldham, 1986)。因此本研究先從探討學生對四季成因的先備知識著手，再經由閱讀學習來了解其知識建構的歷程，以便對教學提出具體之建議。

### 一、研究動機

目前對於「四季成因」的這個主題，國外的研究發現學生的想法深深受到經驗、現象的影響；而國內的國中地球科學教師也感到教學時學生常常會遭遇到困難，似乎學生很難抽象思考地球在三度空間的公轉運動。而這不單是國內的教學問題，美國新課程計劃Project 2061的成員在Benchmark (1993)一書中亦如此認為(P66)。

另一方面，教師也發現指派學生閱讀教科書成效不彰。他們雖然假設學生應該可以從這些內容中獲得所需的知識，但是他們同時常抱怨教科書編寫的不恰當，並且擔憂學生的理解能力(Finley, 1991)。

## 二、研究目的

基於上述兩點考慮，本研究擬探討具有不同空間能力的國三學生，對於「四季成因」單元學習之前和學習之後的心智模式(mental model)有何異同，以及使用自我解釋(self-explanations)模式閱讀不同形式教科書時，其學習、建構知識方式的差異，從分析學生閱讀學習的歷程，進而試圖解釋影響學生概念改變的因素為何。

本研究欲回答下列的問題：

### (一)不同教材形式的影響為何？

1. 在教學之前，實驗組與控制組的心智模式類別有何異同？
2. 閱讀學習時，實驗組與控制組的概念改變歷程有何異同？
3. 在學習之後，實驗組與控制組的心智模式類別改變有何異同？

### (二)學生具有不同之空間能力對於上述幾點的影響為何？

## 貳、文獻探討

文獻探討分成三個部分加以說明：一、天文相關研究。二、教科書。三、空間能力。

### 一、教科書

教師在教學時通常會指定學生閱讀科學教科書，但是從學生學習效果的觀點來看，卻發現此種教學策略易受到爭議(Lloyd, 1989; Newport, 1990; Osborne, Jones, & Stein, 1985)。一般對於教科書的批評是：包含太多概念、用條列式陳述概念，內容不清楚，且無法達成概念改變(Blakslee, Anderson, & Smith, 1991; Holliday, 1991)。

Bartlett (1932)是首位考證學生的先備知識對於閱讀內容之影響的學者。自從Bartlett之後有許多學者的研究都指出：在指定閱讀功課之前先激發學生的相關背景知識是很重要的(Anderson et al., 1977; Langer & Nicholich, 1981; Pearson, Hansen, & Gordon, 1979)。

然而是否使讀者在閱讀前更察覺自己已知的知識，就能促進他對內容的了解呢？基本上Lipson (1982, 1983)和Maria & MacGinitie (1981)認為必須要考慮

個人現存知識背景的品質。而目前的研究結果有肯定及否定兩種看法：

1. 肯定的看法

有些學者指出一旦指出矛盾點，則學生在閱讀時更可能去修改或更正他們的迷思概念(Peeck, van den Bosch & Krupeling, 1982; Kintsch, 1980; Hynd & Alvermann, 1986a; Hynd et al., 1994)。

2. 否定的看法

Hynd & Alvermann (1986b)認為激發學生的先備知識可能增強學生的迷思概念。僅僅激發學生對於一個複雜科學概念的天真想法而未提醒他，科學理論與他的想法之間可能會有矛盾存在，這樣的方法無法有效地消除學生錯誤的知識(Alvermann & Hague, 1989; Alvermann, Smith, & Readence, 1985; Lipson, 1982; Smith, Readence, & Alvermann, 1984)。

Guzzetti, Snyder, & Glass (1992)曾分析23篇有關內容或以內容為策略來修正迷思概念的文章，找出幾種對概念改變有效的策略：

1. 增加激發活動(Augmented activation activities)
2. 反駁性內容(refutational text)
3. 非反駁性內容(nonrefutational text)
4. 討論網(the discussion web)

而Roth (1991, 引自邱美虹, 民82)也提出運用概念改變法來學習教科書，Roth指出學習策略之一便是在課程中選擇一些能產生概念衝突的衝突，以提供學生思考問題的空間及面對自我矛盾處。

Hynd & Alvermann (1986a)及Alvermann & Hague (1989)的研究結果顯示，教材的形式如果是採用「增加激發活動」，那麼將比其他的教材形式更容易達到概念改變(其Effect size為0.80~0.85)，且可達顯著差異。其形式是：採用數種方法來激發學生對於某種概念的先備知識，並且補充一段話，來引起學生不滿意現存信念或者是去改正迷思概念。例如Alvermann & Hynd (1988)的實驗設計是先使學生畫一條預測路徑並解釋桌上的球會如何掉落，然後再寫一段引言提醒學生他們的想法可能與課文內容有所不同。實驗如此設計的目的是製造學生不滿足現存的概念，而刺激其作自我省思，在化學方面Guzzetti (1990)也曾有效地使用過。

這種教學理念是根據 Kintsch's(1980)的觀察：改變、不一致或驚奇必須發生在學生的內心之中，才能創造新的學習。「增加激發活動」其特色是引起驚奇，並證明迷思概念的不一致。上述實驗同時顯示如果再使用「反駁性文章」效果更好，因此在本研究中所要探討的教材形式，將選定「增加激發活動+反駁性文章」作為實驗組教材，「一般說明文」作為控制組教材，嘗試將學生閱讀學習歷程加以分析。

## 二、空間能力

空間能力(spatial skills)是學習科學的成功要素之一(Bishop, 1978; Siemonkowski & Macknight, 1971)，例如學習生物課程須具有使用顯微鏡的能力(Foote, 1981; Russell-Gebbett, 1984, 1985)，學習數學、科學和工程亦是如此(Clements, 1983; Linn & Petersen, 1985; Dycke et al., 1993)。

目前許多的研究都指出高空間能力的學生在物理方面(Pallrand & Seeber, 1984)、化學方面(Bodner et al., 1983; Pribyl & Bodner, 1987)、幾何(Sherman, 1967)和數學方面(Battista et al., 1982)都有成功的表現。

空間能力基本上包含有三個要素(Macnab & Johnstone, 1990)：

1. 將三度空間的結構在內心呈現出二度空間切面的能力。
2. 將二度空間切面在內心呈現出三度空間結構的能力。
3. 當物體結構方向改變時，仍能辨識出的能力。

Macnab & Johnstone (1990)的研究顯示不是所有空間能力的項目都是以同樣的速率發展，顯然勝任每個測驗的程度隨著年齡增加，但是並不與其他空間測驗同步(Michael et al., 1957; Myers, 1958; Doyle, 1980)。這結果與Piaget的觀點類似(Piaget & Inhelder, 1956)。一般就孩童的認知發展而言，將物體從二度空間轉換成三度空間的能力，要早於將物體從三度空間轉換成二度空間。

同樣地對地球科學許多領域的研究而言，空間能力亦是所須的能力之一(Chadwick, 1977)。例如地質學家所處理的是三度空間的世界，但是通常它被觀察到的卻是以二維的方式呈現。所以學生學習地質構造的時候，學生必須操作多維思考的認知能力——除了調查三度空間的結構外，還要考慮時間上的改變(Orion, Ben-Chaim, & Kali, 1994)。Orion等人的研究發現學生的空間能力與學習地球科學之間有高相關。

雖然Lord (1985)認為教導學生空間能力的特別經驗，能幫助學生在需要空間能力的課程中表現的更好。但是各種訓練課程其所得結果並不一致，有些顯示經由特別的訓練經驗可以增進(Lord, 1985, 1987; Smith & Schreoder, 1981; Ben-Chaim et al., 1988; Baenninger & Newcombe, 1989; Kiser, 1990)。相反地某些學者發現沒有效果，例如Mendicino (1985)、Myers (1958)和Sedgwick (1961)等人。

### 三、天文相關研究

古代民族的想法傾向於認為地球距離太陽的遠近造成四季變化，例如中國人及埃及人皆是。而現代對於「四季成因」的心智模式，國外有幾位學者曾用筆測及晤談方法分別去研究不同的年齡層(Schoon, 1989; Philips, 1991; Newman & Torzs, 1991; Baxter, 1989)，至於國內方面的相關研究較少(姜滿，民82)。現將他們的研究歸納出下列的結果：

1. 夏天比冬天熱是因為在夏天時地球比較靠近太陽(Baxter, 1989; Newman & Torzs, 1991; Schoon, 1989; 姜滿，民82)
2. 季節變化是因為地球距離太陽遠近的關係(Philips, 1991)
3. 地球面向太陽的那一邊是夏天，而背向太陽的那一邊是冬天(Baxter, 1989; Newman & Torzs, 1991; 姜滿，民82)
4. 冷的行星從太陽帶走熱量(Baxter, 1989)
5. 厚的冬季雲朵阻擋太陽熱量(Baxter, 1989; 姜滿，民82)
6. 樹木改變造成四季(Baxter, 1989)
7. 用地軸與太陽的地軸有一個傾角來解釋季節(Baxter, 1989)
8. 不同的風、氣流造成四季(姜滿，民82)

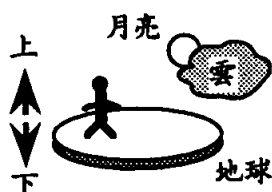
從以上的研究結果可以發現學生對於四季成因的觀念，都牽涉到鄰近、熟悉的物體。較大的孩童能用天體移動位置的觀念轉換先前天體是靜止的想法。最普遍的觀念是冬天時遠離太陽。這個觀念可能來自孩童在熱源前變換距離而來的經驗(Baxter, 1989)。Rastovac & Slausky (1986)的研究也顯示學生對於四季的成因，無法以定量的輻射能來預測光線在入射角不同時，其照射面積大小和形狀亦會有所不同；因此他們也無法了解控制氣候季節性變化的主因(亦即入射光線照射面積和平均熱量之間的反比關係)，故多以地球與太陽的距離作為解釋季節

改變的原因。

Baxter (1989)將九歲至十六歲學生對於天文概念的心智模式類別分為四個階段見表一，他認為孩童想法的發展階段與古人對於太陽系的想法有些類似，因此可以解釋一部分學生對於「四季成因」的看法。

表一 Baxter 之四個階段

(一) 第一階段



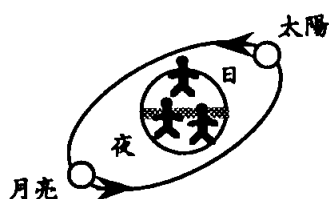
地球是靜止狀態的，學生通常是把地球畫成茶盤形狀，北方向上、南方向下。天體的任何改變皆因熟悉、鄰近的物體所致，例如：山或雲，所以學生可能認為冬季是因為厚的冬季雲朵阻擋太陽熱量。

(二) 第二階段



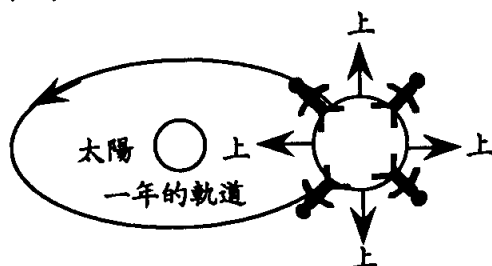
地球是圓形的，學生對於上、下的原始想法仍然存在，通常以地球為中心、且是靜止狀態的。所看的現象是因天體運動所造成，但是運動的方式是上、下或左、右。所以學生可能認為冬季是因為太陽移到地球的另一邊。

(三) 第三階段



學生對於地球和重力的相同觀念仍然存在，只是天體現在被視為在軌道中以地球中心來運動。所以學生可能認為冬天是因為地球離太陽較遠。

(四) 第四階段



學生有太陽為中心的想法及相關的重力觀念。所以學生可能認為四季是因為地球公轉及地軸傾斜所致。

## 參、研究方法與步驟

本研究的主要目的是希望能藉由適當的研究工具搜集資料，表徵出不同空間能力學生對於晝夜成因及四季成因的心智模式，並且嘗試去探討概念改變的歷程，因此採取空間能力紙筆測驗、半結構性晤談、以及閱讀不同形式的教材時以自我解釋的各種方式來從事研究。

### 一、研究對象

現行國中地球科學課程是安排在三年級施教，故設定研究對象為國中三年級學生。由於採用口語晤談及自我解釋的研究方式，不論是執行或結果分析都相當耗力費時，受限於人力與時間的因素，本研究只能採取小樣本研究。

考慮實施測試時之方便、可行起見，選定以樂意提供多項協助的台北縣新莊市頭前國中實施。該校三年級實行常態編班，學生多數來自中等社會經濟背景。抽樣的程序分為三個階段：首先從三年級二十二個班級之中配合導師意願，選出六個班級一共257名學生(男生125名，女生132名)實施空間能力紙筆測驗。其次根據紙筆測驗的成績依照國中三年級男、女學生的常模分布，個別找出空間能力成績在前、後各20%的學生，再經由分層隨機抽樣的方式分別抽取男、女學生的前20%及後20%各5名，合計20名學生作為研究對象(男生10名，女生10名，平均年齡為14歲7個月)。

研究對象抽出之後，依照男女不同性別及空間能力高低之差異，以隨機分派方式最後分成實驗組及控制組兩群，每組有10個學生(高空間能力及低空間能力學生各5名)，每組的男女生亦各5名(考慮男女性別分開抽樣，是為了避免性別差異所造成的影響，使實驗組及控制組的研究對象較具有均質性)。

### 二、研究工具

本研究使用了三種研究工具：空間能力紙筆測驗、半結構性晤談題目、以及閱讀教材。茲逐項加以說明如下：

#### (一)空間能力紙筆測驗

採用「修定區分性向測驗」之空間關係部分(由路君約、歐滄和、盧欽銘、程法泌共同編著，中國行為科學社民國77年出版)。此測驗是以DAT



(Differential Aptitude Test) 1982年版的Form V為藍本加以改編，專供國中二年級到高中三年級使用。在重測信度方面所得值是0.66，而其中空間關係部分得到0.54的效標效度，可見此測驗之信度與效度尚能為本研究所接受。

## (二)半結構性晤談

本研究的前、後測均採用晤談方式，晤談內容的編定首先是由研究者參考Schoon (1989), Philips (1991)和Baxter (1989)等學者的文獻，針對本研究的目的挑出適合國中三年級的相關單元，再加上研究者本身的構思，初步設計成一份非正式的半結構式題目【註1】。經由多次晤談練習之後，從學生的回答當中整理出適合偵測的題目，再經由專家與地球科學教師審核(含兩名學科專家、一名高中教師、三名國中教師)，反覆測試確定其可行性及適切性，最後發展成一份正式題目作為前、後測的研究工具(前、後測的晤談題目略有不同並增加圖形題，評量工具的內部一致性採 Cronbach's  $\alpha$  信度，前測為0.77，後測為0.94)。

基本上晤談時先依所擬定的問題發問，在過程中再依學生反應稍作調整；此外除了學生的口語說明外，還要求他們繪圖或操作模型來表達自己的想法。晤談問題的內容主要是涵蓋五個概念：

1. 陽光入射角對熱量分布的影響。
2. 陽光入射角在同經度、同緯度的變化。
3. 地球公轉且地軸傾斜造成四季變化。
4. 南北半球季節相反。
5. 假設地軸垂直是否能有四季變化。

## (三)閱讀教材

實驗組的教材編排方式採用反駁性文章再加上「增加激發活動」。先由相關文獻及先前晤談所得資料，針對學生常有的迷思概念編製成反駁性文章，並在正式介紹課文之前，先提問題要學生回答，再提醒他先前的觀念可能與科學知識不同，在閱讀時要特別注意，然後才開始說明課文內容。此外實驗組的教材中並配合課文說明將一個複雜的圖形分解成數個，使學生在讀圖時能先藉由學習簡單的圖形開始，再慢慢發展學會判讀複雜的圖形；所以整份教材中總圖形數為13張，而控制組則為6張。而相對的，控制組的教材編排方式則主要是根據原教材(82年

版)以說明文的形式平舖、直述加以編寫。

兩組教材的學科內容主要都是參考國中地球科學課本72年課程改進計劃試用教材75、81、82年三種版本、以及高中地球科學課本80年版本。試編時曾多次安排學生試讀並與上述專家及教師研討，就其中的文字、語法、圖形、編排順序等等反覆斟酌，最後確定其可讀性及適切性之後才編製完成。整份教材內容的呈現方式是將一個主要概念分割為較小的單位分置於每張卡片上，圖形亦是如此編排；學生進行閱讀時必須依序就每張卡片作自我解釋之後，才能翻下一頁；可往回翻閱，但是不可以不作解釋就跳頁。

### 三、實施程序

本研究的程序可分為三個階段如圖一所示，茲將詳細步驟分述如下：

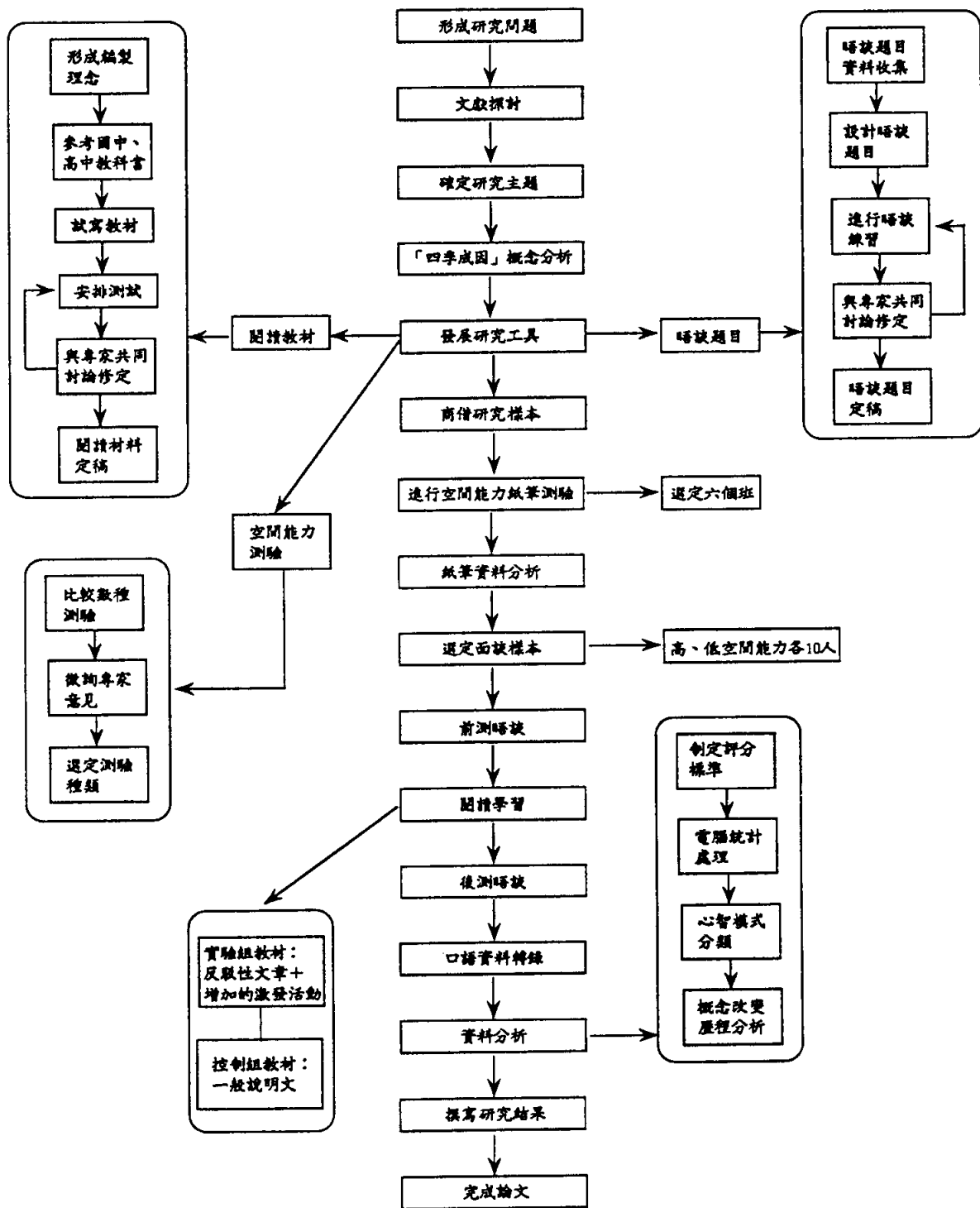
#### (一)試驗性研究

基本上從開始「形成研究問題」至「發展研究工具」完成，皆屬於反覆試驗、修正方向的時期。工作重點在於確定研究主題、設計研究方法，試驗時間從82年7月開始經過反覆多次的練習、修正，直到83年12月全部告一段落。

#### (二)實行階段

此時陸續展開一系列的測驗工作，直到研究資料收集完畢。正式施測的程序可分為四個步驟說明如下：

1. 首先對6個班級施測空間能力紙筆測驗時間為20分鐘。考卷回收後加以評分，再經抽樣過程由其中選出20名學生繼續作後續的研究。這項工作於83年1月中旬完成。
2. 進行口語晤談之前，學生必須先讀一段指示並由研究者帶領作一個簡單分類的小練習，使其習慣口述的方式來表達其思考，然後再正式進行半結構式的晤談。在晤談的過程中，學生必須採“出聲思維”法來作答，並操作模型球或繪圖來表明自己的想法。全程錄音、錄影以供研究者作分析，晤談時間每人約四十分鐘。這項工作進行約一個星期，於83年1月下旬完成。
3. 在正式閱讀之前學生先讀一段指示了解當天所要進行的活動，並且由研究者示範閱讀時如何作自我解釋，再讓學生實際練習兩個例子，使他們熟悉在閱讀時必須讀出聲，而且加以解釋其對字裡行間的理解，同時對每一段



圖一 研究流程圖

要作一結論性的報告。學生在閱讀時得使用模型幫助學習，也可以作筆記、畫圖。另外除了研究者事先安排有數題插問來了解學生即時的學習情形，在中間過程得隨時就聽不懂的地方發問，此時學生仍必須採“出聲思維”法來作答，全程錄音、錄影以供研究者作分析，時間約為六十分鐘。這項工作在83年2月下旬約一週時間完成【註2】。

4. 全部學生作完閱讀學習之後，隔週再作一次後測晤談。先請學生念一段指導語，然後進行晤談，整個過程與前測類似。全部工作在83年3月初結束。

### (三)結果分析

將前、後測晤談及閱讀學習的資料收集完畢之後，即進行資料轉錄的工作，並分析結果、提出結論。

## 四、資料處理與分析

將本研究收集到的資料，依照下列步驟加以處理與分析：

### (一)空間能力紙筆測驗部分

將測試結果依照標準答案評分，每題答對給1分，全部都評分完畢之後，再依照男、女生常模，分別找出前、後各20%的學生。

### (二)電腦統計部分

1. 首先將錄音帶的內容逐字轉錄成文字形式。
2. 然後拿文字稿一邊觀看錄影帶，確定研究對象操作模型的動作，再繪圖於文字稿上作為圖解說明。此時研究者同時參考晤談當時所作的筆記，以及研究對象所繪的圖形。
3. 等原案完全轉錄之後，依照晤談項目摘出重點。
4. 根據主要概念制定評分項目表，將前、後測晤談內容分別依照理由及模型操作兩個部分加以評分。
5. 將評分結果輸入電腦，計算前、後測得分的差值，再做ANOVA統計分析。

### (三)前、後測晤談部分

1. 分別描繪出研究對象對於「四季成因」的心智模式。
2. 依照Vosniadou & Brewer (1987)的理論，將研究對象的心智模式加以歸類。

3. 初步歸類的成果由研究群(除本文作者外，還包括一名資深高中地球科學教師、四名國中地球科學教師)經每週2~3小時的共同討論(83年3-4月間)，一致同意分類的原則之後，再將全部研究對象的原案重新審查一次，確定各個所歸屬的模式。

#### (四)閱讀學習歷程部分

1. 將研究對象閱讀教材時所作自我解釋部分的錄音帶轉成為文字稿，並參看錄影帶以進一步確定學生所表達的意思。
2. 將相關的概念連結成一個主要概念，然後再分析研究對象在閱讀時是否有作推論(是正確或錯誤推論)、或回溯推論、或回溯課文內容、或預測課文即將進行的部分。
3. 將閱讀學習歷程加以歸類。

## 肆、結果與討論

研究者根據在前、後測晤談及閱讀學習所收集的原案記錄，按照「資料處理與分析」中所陳述的方式進行初步分析，以初步分析後的結果為基礎，進行歸納式的統整與呈現。以下將分別就：一、教材成效的比較，二、心智模式的類別，三、概念改變歷程之分析，各部分主題詳加討論。

### 一、教材成效的比較

為了解教材形式對於學生學習「四季成因」這個單元的成效影響，研究者首先將研究對象的前、後測晤談內容，依據先前提過的數個概念項目加以評分，再把前、後測成績相減之後的差值，經統計分析以ANOVA考驗，茲將所得結果敘述如下：

首先就組間表現而言，實驗組與控制組在前、後測的差分(分別為0.38，0.16)，統計上達0.05顯著差異( $F=4.35$ )，實驗組表現較控制組為佳；而比較全體高、低空間能力的學生(分別為0.39，0.15)，發現亦達0.05顯著差異( $F=4.95$ )，高空間能力學生比低空間能力學生表現較佳。

再就組內前後測表現比較，研究結果顯示，實驗組高空間能力學生的平均差值為0.55(標準差為0.21)，低空間能力學生的平均差值為0.21(標準差為0.28)；

控制組高空間能力學生的平均差值為0.23(標準差為0.31)，低空間能力學生的平均差值為0.09(標準差為0.08)。研究結果進一步指出，實驗組內高空間能力學生表現較低空間能力學生為佳。且就高空間能力學生而言，實驗組表現較控制組為佳，此兩項結果皆達0.05顯著水準(表二)。

綜上所述，教材形式對於學生學習「四季成因」這個單元而言，如果教科書的編排方式是採用本研究所設計的方式，那麼對高空間能力學生而言，會比使用說明文性質的課本，對科學內容的了解更有幫助。同時就實驗組學生的學習成效而言，這種教材形式對高空間能力學生的幫助比低空間能力學生更大。

表二 兩組學生對於「四季成因」之前後測得分差值的比較

	實驗組 前後差	控制組 前後差	實驗組-控制組 前後差
高空間能力	0.55 (0.21)	0.23 (0.31)	0.32*
低空間能力	0.21 (0.28)	0.09 (0.08)	0.12
高空間能力-低空間能力	0.34*	0.14	

( ) 為標準差，\* 顯著水準為 5 %

註：採用 Duncan's number of means critical range=0.32

## 二、心智模式的類別

Vosniadou (1988, 1991)從探討孩童對於天文概念的研究中，將心智模式依特性分成三個種類：

1. 現象模式(phenomenal model)：由一些較基礎的直覺知識所組成。
2. 同化模式(assimilatory model)：當孩童察覺到大人和他自己對同一個現象有二個互相矛盾的解釋時，利用同化的方式來解決這個問題。
3. 科學模式(science model)：與目前的科學觀點一致。

他認為從各種同化模式的出現可以得知，由現象模式改變成為科學模型的歷程並不是突然、戲劇性地重新建構，而是緩慢且逐漸地進展。同時對於任兩個模式之間的差異點，Vosniadou & Brewer (1987)也提出了一個理論：

「如果新基模與舊基模之間在以下三方面有所不同，就可以說它們之間發生了“徹底的再建構”(radical restructuring)：1. 所涵蓋的各個概念，2. 組織，3. 所解釋的現象。」

基於上述的觀點，本研究亦採用類似的理念來制定心智模式的分類標準。研究者根據學生在前、後測晤談過程中的口語表達、模型操作、以及所繪圖形這三項的綜合表現，分別將學生對於四季成因的心智模式加以分類。

程序上是先探討學生在前、後測的晤談原案，了解他們詮釋四季成因時，對於地球與太陽之間的相對運動、相對位置、以及相關現象的看法，再加以分析前、後測的異同，由其中綜合出最重要的共同因素歸於同一類，有明顯差異的分派成為另一類。

由於最後分析學生晤談資料的結果顯示，學生對於四季成因的想法在前、後測的表現上，其類型大致相同，故將學生在前、後測的表現總共區分為六大類。以下討論將就前、後測內容一併分類討論之，首先介紹各類型的特徵，再詳細說明實驗組與控制組的學生在前、後測時每一類型人數分布情形。

#### (一)四季成因的心智模式類別

學生對於「四季成因」的想法各有不同，有些人使用日常生活經驗來說明；有的人認為地球自轉就會形成春、夏、秋、冬；即使知道地球公轉的學生也常誤解地球面向太陽的部分是夏天，背向太陽的部分是冬天；或是地球太陽的遠近會造成四季變化。因此本研究依據學生最主要的想法，將他們對於「四季成因」的心智模式區分為以下六大類，圖形及範例見表三：

##### I. 現象、經驗

這類型的學生純粹以天氣現象或生活經驗來解釋四季變化，例如：季風、氣流、冷熱氣團、烏雲遮住陽光(這個答案在Baxter和姜滿的研究結果中曾出現)等等，或認為夏天距離太陽比較近、冬天距離太陽比較遠，但沒有實際提出一個具體的模式。

表三 「四季成因」心智模式之類別

## (I) 現象、經驗

編號：TLG10 (前測)

生：北極這裡是我們通常認為最冷，那南極可能就是在這裡，是屬於熱的那個時候，那可能它們冷和熱互相會這樣子交流就對了，所以我們會有春、夏、秋、冬。

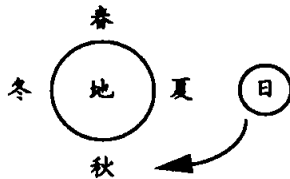
：

生：……它可能就是到某一個時間，這裡〔北極〕的冷氣團，這裡〔南極〕的熱氣團，就這樣互相、這樣交流，可能一年、一年會交流四次。

：

生：春和秋，因為冬天它加一點、一點點熱，那個熱過來，所以它就比較暖和，那熱的地方有一點、就比較有一點冷過來，就不會那麼熱了。

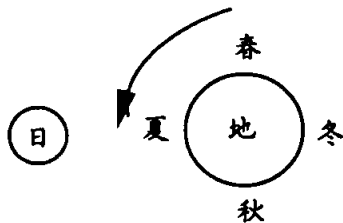
## (II) 太陽繞地球公轉造成四季



編號：TLG10 (後測)

生：春、夏、秋、冬哦，…這邊是北半球我們都知道比較冷，然後太陽它不可能永遠都停留在北半球，那它、它不是太陽會繞地球轉嗎？…然後它就這樣子轉〔繞地球轉〕啊，譬如說春、夏、秋、冬分四個地方…。

## (III) 地球自轉造成四季



編號：CLB6 (後測)

師：為什麼我們會有春、夏、秋、冬四季呢？

生：因為地球會自轉，所以形成了春、夏、秋、冬四季。

：

生：因為太陽射得到啊，啊就是夏天比較熱，啊春天就是比較，譬如像那個〔夏天〕也是射到太陽嘛，只是那個〔春天〕，欸，轉〔自轉〕的那個〔春天〕看起來好像不會說〔那麼熱〕。

師：然後這裡〔地球背向太陽的部分〕呢？這裡為什麼是冬天？

生：因為都沒有射到太陽嘛。

## (IV-1) 地球公轉+面向、背向太陽的影響

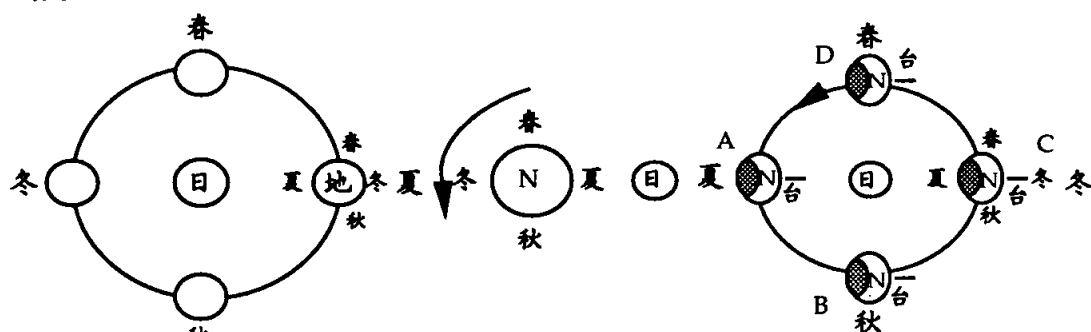
編號：CHG4 (後測)

師：……你把台灣一年四季，表演，用模型講一遍，好嗎？

生：台灣這樣子的時候是夏天〔見下圖左〕，然後等它自轉，逆時針轉的時候，轉到這邊變秋天了，然後再轉到這邊變冬天，然後再轉到這邊變春天。

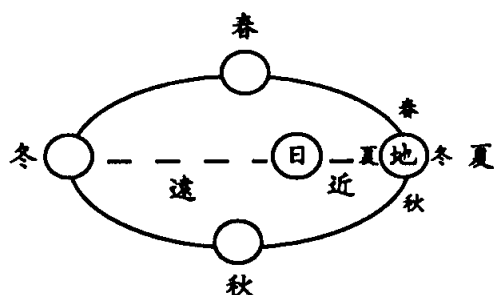


續表三



生：譬如說公轉到這個位置嘛〔A〕〔見上圖右〕，那這裡〔台灣〕是太陽光直接照射到，所以這裡是夏天。然後它〔地球〕這樣子轉到這裡〔B〕的時候，那就變成這個地方〔面向太陽的部分，圖中陰影區〕是夏天。然後再轉、轉、轉到這邊〔C〕，然後變成這個地方〔面向太陽的部分，圖中陰影區〕是夏天，然後轉到這裡來的時候〔D〕，就變成這個地方〔面向太陽的部分，圖中陰影區〕是夏天，然後再轉回來〔A〕這樣。

#### (IV-2) 地球公轉+面向、背向太陽的影響+地日距離

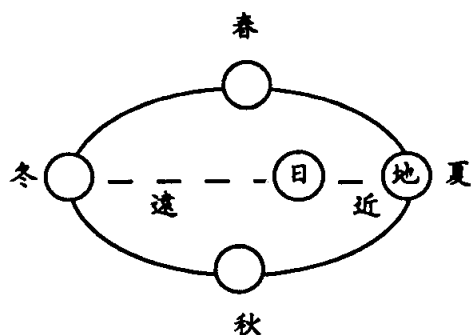


編號：THB3 (前測)

生：因為這樣照射，台灣受到陽光較多〔台灣面向太陽〕，所以是夏天比較熱，有一些陽光會照射到旁邊，所以是春天。這裡照射到一點是秋天，這裡〔背向太陽〕沒有照到是冬天。

生：這樣是夏天，比較接近太陽。轉到這裡的時候，這邊是冬天，遠離太陽。轉到這裡是秋天或春天，有點接近太陽。轉到這裡又比較接近太陽，是夏天…。

#### (V) 地球公轉+地日距離



編號：CHB2 (前測)

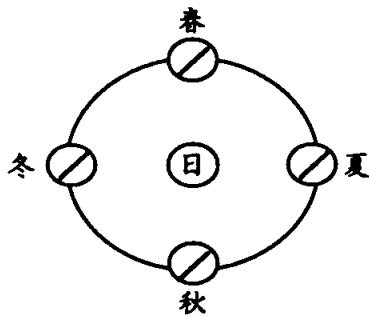
生：應該是這個時候冬〔天〕距離太陽比較遠，所以它〔地球〕的溫度會比較低一點。然後在這個時候春〔天〕距離太陽比較近一點，所以溫度不會像冬天那麼冷。然後在夏天的時候，也是比較靠近太陽，因為從冬天轉到春天，它雖然是很靠近太陽，可是因為它是從冬天轉到春天，所以〔春天的〕溫度不會回升很快。然後轉到秋天的時候，因為距離又離太陽越遠，所以溫度會降低。轉到冬天的時候，溫度降到最低。

師：…為什麼最遠就比較冷？

生：因為太陽光的熱量從那裡〔太陽〕傳到這裡〔地球〕，距離比其它三個季節〔春、夏、秋〕還要遠，所以它的熱量會比較少。

續表三

## (VI-1) 地球公轉 + 照射位置

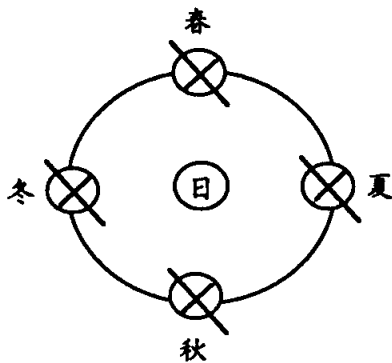


編號: CHG3 (後測)

生: ... 因為它〔公轉軌道面〕那個面是傾斜的有, 然後當地球在太陽的下方的時候, 它就是說北半球照射都覺得比較熱, 然後那時候就北半球是夏天。... 因為地球會轉〔公轉〕, 它轉的位置跟太陽光有時候有下、有上, 所以應該是跟這個角度的關係, 應該不是說比較近就比較熱, 然後比較遠就比較冷。

生: ... 那軌道應該是這樣子〔傾斜〕的, 然後當地球轉到這邊〔北極傾向太陽〕的時候, 因為北半球接觸到太陽的面積比較多, ... 太陽光比較多的話就是夏天, 比較熱一點。那時候南半球接觸到太陽光的面積比較少, 下面這邊這是會有一點, 可是就比較少, 所以應該就是冬天。

## (VI-2) 科學模式



編號: THB2 (後測)

師: 為什麼會有春、夏、秋、冬四季?

生: 地球會有四季是因為地球繞〔太陽〕, 一年之中它受太陽之直射的地方不一樣, 那麼照射在南半球的時候, 北半球, 南半球就是夏天, 那北半球就是冬天。

師: ... 一年之中〔太陽〕為什麼會直射到不同的地點呢?

生: 因為地球它不是垂直的自轉, 它是有點傾斜的自轉〔手拿模型一邊做自轉及公轉的動作〕, 然後在左邊跟在右邊〔見左下圖〕, 它直射的地方會不一樣。

生: ... 那太陽照射過來的時候, 它並不是直射在赤道上面, 而是直射在偏北的地方, 就是北回歸線, 照在北回歸線上, 那北半球就是, 北半球就是夏天。然後等到轉到另外一邊的時候, 太陽光直射到赤道以南, 就是南半球的南回歸線, 所以就是南半球的夏天, 北半球冬天。

生: 在這兩邊是因為它〔太陽〕是剛好照〔直射〕在赤道上面, 所以就是南、北半球是春天、秋天。

生: 〔地軸〕方向不會改變。

T代表實驗組, C代表控制組, H代表高空間能力, L代表低空間能力, B代表男孩, G代表女孩。

## II. 太陽繞地球公轉

如同Baxter (1989)發現有些孩童對於夏天的解釋是：太陽移到地球的另一邊帶給他們夏天。同樣地本研究中也有學生認為太陽繞地球公轉運動，所以太陽照射到的地方較熱，造成四季變化。

## III. 地球自轉

有些學生認為四季交替的原因是由於地球自轉，造成面向太陽的地方是夏天，背向是冬天，而且完全沒有地球公轉會有四季現象的觀念。

## IV. 地球公轉+面向、背向太陽

此類型的學生基本上知道地球繞太陽公轉時會有春、夏、秋、冬四季的分布，但是仍保有「面向太陽的地方是夏天，背向是冬天」的想法。無法同時考慮到地球運行在公轉軌道上的任一個位置時，“面向太陽的地方應該是白天，背向太陽的部分應該是夜晚”。在此類型中又可以依據學生是否認為「地球距離太陽的遠近是造成四季交替的原因」分為兩個子類：第IV-1及IV-2類型。如果學生覺得夏天是因為地球距離太陽比較近，冬天是因為地球距離太陽比較遠，那麼就分類為第IV-2類型，不認為「地、日距離」會影響四季變化的學生屬於第IV-1類型。

## V. 地球公轉+地日距離

屬於本類型的學生知道地球公轉時會有四季交替，他們解釋造成季節變化最主要的因素是「地球距離太陽的遠近」；此外他們認為「面向太陽的地方應該是白天，背向太陽的部分應該是夜晚」。

## VI. 地球公轉+直射位置

此類型學生不以地日距離或面向、背向太陽的想法來解釋四季成因，而是說明一年中地球繞太陽公轉時，因為太陽光會照射到地球南、北半球的情形有所不同，所以造成四季變化。這類型學生又可區分為兩種子類，以下列出第VI-1及VI-2類型的分類標準：

### (VI-1)地球公轉+照射位置

1. 知道公轉時會有四季交替。
2. 由太陽照射地球的位置決定四季。

這類型學生基本上有上述2個共同點，他們的解釋未必完全符合科學家的定義，且有些人雖然可以口語說明，但可能在操作模型或從圖形上辨識四季分布情形時遭遇困難，因此歸為第VI-1類型。

#### (VI-2)科學模式

學生的解釋若具有下列四個符合科學家的定義的要素，且能正確操作模型及辨識圖形者，則屬於此類型。

1. 知道公轉時會有四季交替。
2. 指出地軸與公轉軌道面傾斜且指向固定。
3. 正確說明一年四季地球受太陽直射區域的變化情形。
4. 解釋同一時間南、北半球的季節相反。

歸納以上說明可以了解，在這六種心智模式中，第I、II及III類型是屬於較低層次，第IV和V類型則不易劃分階層關係，因為屬於這兩類型的學生其想法都是錯誤的，只是觀點不同，而第VI-1類型則較接近科學家的想法。

### (二)兩組人數分布情形

#### 控制組

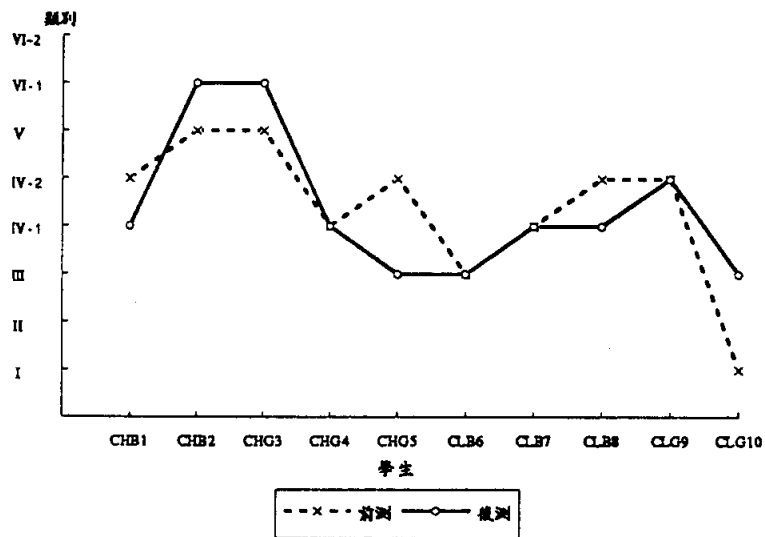
根據圖二顯示，控制組在前測時第I及III類型皆僅有一位(分別為CLG10, CLB6)，第IV-1類型有兩位(為CHG4, CLB7)，第IV-2類型有四位(為CHB1, CHG5, CLB8, CLG9)，第V類型有兩位(為CHB2, CHG3)，第II、VI-1及VI-2類型則無。

至後測時控制組的變化情形較實驗組為不明顯，第I及II類型不再出現，第III類型有三位(為CHG5, CLB6, CLG10)，第IV-1類型有四位(為CHB1, CHG4, CLB7, CLB8)，第IV-2類型僅有一位(CLG9)，雖然第VI-1類型由無增至兩位(為CHB2, CHG3)，但是第VI-2類型仍無。

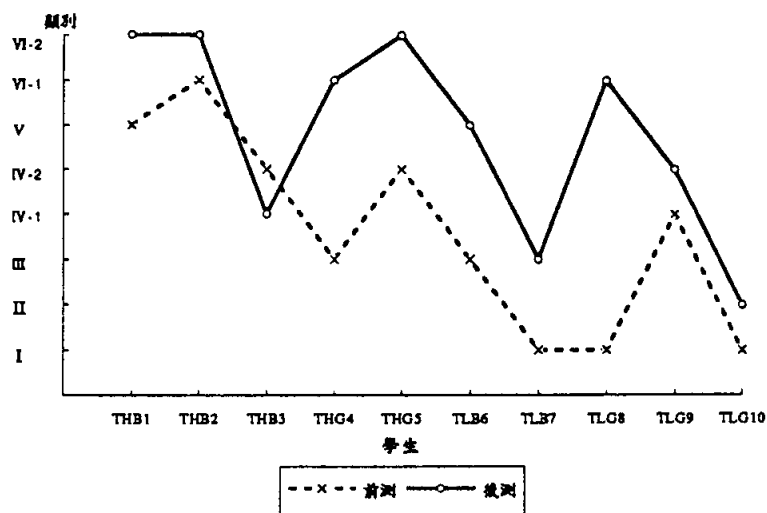
#### 實驗組

根據圖三指出，實驗組在前測時，第I類型有三位(為TLB7, TLG8, TLG10)，第III類型有兩位(為THG4, TLB6)，第IV-1類型僅有一位(THG9)，第IV-2類型有兩位(為THB3, THG5)，第V及VI-1類型皆各有一位(分別為THB1, THB2)，第II及VI-2類型則無。

經過閱讀學習之後，實驗組在後測時的表現大有不同，第I類型不再出現，第II、III、IV-1、IV-2及V類型皆各有一位(TLG10, TLB7, THB3, TLG9,



圖二 「四季成因」心智模式控制組之前、後測分布情形



圖三 「四季成因」心智模式實驗組之前、後測分布情形

TLB6)，第VI-1類型有兩位(為THG4，TLG9)，而第VI-2類型則如同預期有較佳的結果，由無增加至三位(為THB1，THB2，THG5)。

根據圖二及圖三結果顯示，實驗組及控制組學生在前、後測時心智模式的變化，可歸納成以下四種情形，整理如表四：

表四 高低空間能力學生在兩組中的心智模式分布情形

	A		B		C		D	
	低	高	低	高	低	高	低	高
實驗組	0	0	4	1	1	1	0	3
控制組	3	1	2	2	0	2	0	0

## A. 仍然保留原先的錯誤模式

例如編號：CHG4, CLB6, CLB7, CLG9四位學生，均為控制組學生，高空間能力1名，低空間能力3名。

## B. 由原先的錯誤模式轉換成另一種錯誤模式

例如編號：THB3, TLB6, TLB7, TLG9, TLG10, CHB1, CHG5, CLB8, CLG10九位學生，實驗組5名(高空間能力1名，低空間能力4名)，控制組4名(低、高空間能力各2名)。

## C. 由原先的錯誤模式修正為接近科學模式

例如編號：THG4, TLG8, CHB2, CHG3四位學生，實驗組2名(低、高空間能力各1名)、控制組2名(均為高空間能力學生)。

## D. 由錯誤的模式改變為科學模式

例如編號：THB1, THB2, THG5三位學生，均為實驗組高空間能力學生。

大致而言，兩組學生經過閱讀學習之後的表現，可由後測時在第VI-1及VI-2類型的分布情形來看，實驗組較控制組為佳，而高空間能力學生又優於低空間能力學生。

綜上所述，國三學生對於「四季成因」的心智模式除了部分結果與前人的研究相類似外，另外最重要的是研究者發現，對於日地相對運動與四季成因之間的因果關係，很多學生的觀念是相當混淆不清，例如不少人採用第III、IV-1、IV-2及IV-1類型來解釋。這些類型中除III是單純以自轉方式來說明四季成因外，其他學生雖知曉地球的公轉運動造成四季，但仍然混合了地日距離與面向的觀念，這有別於過去研究對學生四季成因想法的說明。茲將影響最大的兩個主要

概念再說明如下：

1. 「夏天是因地球距離太陽較近，冬天是因地球距離太陽較遠」

雖然古代中國人和埃及人就已經用「地球距離太陽的遠近來說明季節的變化，而當今許多學者研究孩童的想法也有相同的結果(Baxter, 1989; Newman & Torzs, 1991; Schoon, 1989; 姜滿, 民82)，本研究卻發現這個自古即有的錯誤觀念並不是很難加以修正的。經過教學之後大部分學生皆能放棄這樣的想法，但僅有少數人真正瞭解陽光照射角度變化所造成的影響，多數人還是保有或轉變成其他錯誤的部分。

2. 「地球面向太陽的部分是夏天，背向太陽的部分是冬天」

回顧圖二及圖三所示，第II、III和IV類型的學生都是持這樣的看法，總計在前測時總人數達12人(3/5)，到後測時亦維持為12人。研究者發現具有這種想法的國三學生，大部分會再加上用地球自轉或公轉運動來解釋，且容易誤將課文中「太陽光直射」解釋為「面向太陽」，而「太陽光斜射」解釋為「沒有直接面向太陽」，是故仍保有「地球面向太陽的部分是夏天，背向太陽的部分是冬天」的觀念。現行教科書並沒有針對此想法提出反駁說明，恐怕學校教師也較少留意這個現象而去修正學生的想法，在教學之後這樣的觀念可能仍隱藏在學生的心中。

這項結果特別值得注意，除Baxter (1989)、Newman & Torzs (1991)和姜滿(民82)之外鮮有學者提到，即使連他們也沒有就此觀念提出學生對於日地運動與四季成因之間的整體概念為何；以往對四季的研究大都為迷思概念的診斷，對教材或整體知識結構的說明仍在開發中，故本研究之結果對瞭解學生如何解釋日地運動與四季成因之間的關係，可提供教學上的參考。

綜合以上所述，對於兩組學生的整體表現已有初步認識，令人好奇的是：為何經過閱讀學習之後，有些學生能產生概念改變，接受教材上的科學知識，而有些學生卻仍無法改變其原有想法，甚而轉換成另一種錯誤的概念呢？

對於這個問題研究者擬從學生在閱讀學習時，經由自我解釋所提供的線上口語資料來了解其中的機制，並嘗試提出說明來解釋影響學生對於「四季成因」概念改變的可能因素。

### 三、概念改變歷程之分析

#### (一)概念改變歷程之類別

由於分析目的是為了瞭解概念改變是如何發生的，因此研究者首先審視閱讀教材的內容，依概念間的相關程度，將數頁文句合併為一組概念(有時單獨一頁文句也可成為一組)；然後再訂定七個主要的觀察項目來剖析學生概念改變的歷程：

1. 是否僅重述文句而沒有多做說明？
2. 是否產生推論？
3. 推論是否正確？
4. 是否回溯先前已經提過的推論？
5. 是否回溯正確推論或錯誤推論？
6. 是否回溯教材中已說明過的文句？
7. 是否預測到後面文句所要介紹的內容？

在整個分析過程中，編碼是採用較大的尺度(coarse coding)而不採較細微的編碼單位(fine coding)，主要參考邱美虹(民83)一文所採用的分析方式，其理由有三：「1. 就實際層面來看可減少分析時所需的人力。2. 以較大尺度來看時，直覺上較易判斷是否為一推論。若以較細微的分析單位來看時，則易流於低層次的推論。3. 若使用較細微的分析單位時，易流於尋找到重複的推論(請參考 Chi, Deleeuw, Chiu, and LaVancher, 1994)。」

初步完成所有20個學生的口語資料分析之後，經由反覆推敲發現，整體而言學生多少都會對每頁的內容做推論、或回溯推論、或回溯文句、或預測文句，每個人的差異不大，而真正較有明顯差別的是組間概念彼此的連結程度。

因此研究者假設影響概念改變的機制在於學生是否在組間連續使用相同的概念。基於此觀點，又再次制定了一個分析標準來檢視；原則上第二次的分析重點放在組間概念的連結性，並經由插問來確定學生的想法。為了盡量減少分析時的可能誤差，只有連續2次以上(含2次)的連結，才當成學生的確在閱讀時受到該概念的影響。



經由上述的分析步驟，研究者將學生的概念改變歷程歸類為六大類型，圖形及範例見表五：

I. 回溯錯誤推論

此類型學生在閱讀時會重複回溯錯誤的推論，故很難接受正確知識；在後測時他們的心智模式不是保持原來的類型，就是成為另一種錯誤的類型。此種閱讀學習歷程就如同Roth (1991)所提的第一種閱讀策略：「依賴先備知識來完成學校的任務」，學生的表現傾向於忽略課文知識，並且讓錯誤的先備知識主控對於課文的理解(邱美虹，民82)。

II. 回溯錯誤推論＋回溯文句

學生雖然會回溯教材先前已提過的概念，但是另一方面由自我解釋及插問中發現持續錯誤的推論，故未能學得此部分的主要概念。

III. 回溯錯誤推論＋回溯正確推論＋回溯文句

這類型學生閱讀時會回溯正確推論及教材內容是較佳的閱讀歷程，但因為同時也回溯錯誤推論，所以無法形成科學模式。

IV. 回溯錯誤推論＋回溯正確推論＋回溯文句＋預測文句

學生若採用此種閱讀歷程，可發現他能夠做出正確推論、回溯文句，並且還能整合前面所提過的資訊，預測到後面要進行的課文；但是由於他仍持有主要的錯誤概念，在整個閱讀過程中並未受到修正，故到後測時仍保有此想法。

V. 回溯文句

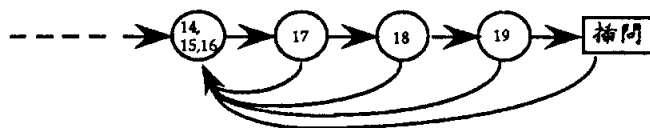
此類型學生在閱讀課文過程中，能一再回溯先前課文提過的內容，努力將新、舊知識之間做連結，但已不再使用錯誤的推論；是故即使前測時心智類型是錯誤的，但是到後測時都能改變為較進步的類型，學習效果佳。

VI. 回溯正確推論＋回溯文句＋預測文句

屬於這類的學生在閱讀過程中能夠回溯課文內容、做出正確推論並一再使用此觀念，而且常能整合所學進行預測，因此學習效果最佳。這樣的類型就如同Roth (1991)所主張的「能達成概念改變的閱讀策略」，採用這種閱讀策略的學生很認真地統整課文呈現的概念與自己的想法，他們的目標是理解課文的觀念【註3】。

表五 概念改變歷程之類型

## I. 回溯錯誤推論



編號：CLB6

14. 地球繞太陽公轉，一年繞太陽一周，形成四季變化。

生：因為地球有春、夏、秋、冬嘛，…地球也會轉〔自轉〕，有當地球、面對地球〔太陽〕的地方是夏天，有兩旁是春天和秋天，沒有照到太陽的是冬天，所以形成四季變化〔錯誤推論〕。

17. 從圖中可知，在夏至那天，地球自轉軸偏向太陽，陽光直射北緯 $23.5^\circ$ ，北半球正是炎熱的夏天。

生：因為太陽〔地球〕自轉嘛，有直射北緯是那個 $23.5^\circ$ ，…那個面對太陽的地方是夏天，…所以比較炎熱〔回溯P14的錯誤推論〕。

18. 而冬至那天，陽光直射南緯 $23.5^\circ$ ，但斜射北半球，所以北半球是寒冷的冬天。

生：因為地球自轉，有北半球…就會轉到後面，有北半球就沒有照到太陽，所以比較寒冷〔回溯P14的錯誤推論〕。

19. 春分與秋分兩天，陽光直射赤道，稍微斜射在南、北半球，故形成春、秋兩季〔兩天〕。

生：因為陽光直射赤道嘛，有我們地球都會自轉，…太陽射的地方，稍微射在南和北，北半球之間，所以兩旁故形成春、秋兩季〔回溯P14的錯誤推論〕。

從閱讀教材之後插問回答的表現中看出，他仍是以地球自轉來解釋季節變化：

師：請你看這張圖，…地球運行到這四個位置的時候，…這四個地點的季節變化是怎麼樣？…

…

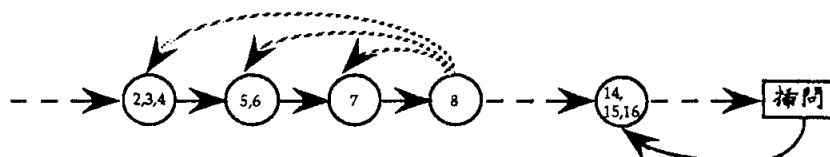
：

生：這個地球會自轉啊，轉到夏天時候是面對著〔太陽〕，

：

生：…冬天就轉到後面，這裡就照不到，所以是冬天。

## II. 回溯錯誤推論+回溯文句



續表五

編號：CLB7

8. 這是利用正午時，觀察竿影長度，反推太陽在天空中的角度而定出四季，見圖一。

生：嗯，正午的時候，夏天的竿影最短，然後春天是第二長的，然後再來是秋天，秋天竿影是第三長的，然後冬天是最長的，所以可以觀察竿影的長度，就知道地球的四季〔大致上的內容是回溯P2,5,7〕。

雖然他有回溯教材的內容，但是真正影響他閱讀時心智模式的建構，卻是因為反覆使用下面的錯誤推論。

14. 地球繞太陽公轉，一年繞太陽一周，形成四季變化。

生：因為地球繞著太陽公轉……它〔地球〕繞太陽公轉，然後地球也在自轉，…然後有些地方沒有照到太陽，就是冬天〔錯誤推論〕。

因而在閱讀完畢之後的插問仍認為「地球面向太陽的部分是夏天」：

師：…北半球夏天時，南半球是什麼季節？

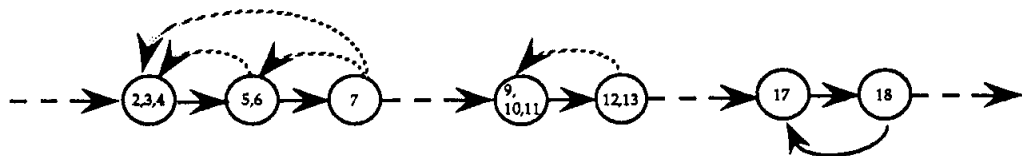
生：北半球夏天，南半球冬天。

師：為什麼？

生：嗯，因為夏天接受到陽光比較多，…北半球面向太陽的地方比較多，所以那邊〔北半球〕就是夏天。

從以上的歷程可以發現，這名學生雖然可以理解部分課文，但仍持續「面向太陽的部分是夏天，背向是冬天」的想法，是故亦未產生概念改變。

### III. 回溯錯誤推論+回溯正確推論+回溯文句



編號：CHB1

5. 正午時竿影最短的一天稱為夏至。

生：嗯，3 講的冬至為正午竿影最長的〔回溯P3〕，夏天與冬天剛好相反，太陽照射過來的面積〔角度〕剛好為  $90^\circ$ ，所以它的影子剛好為竿下一點，所以為冬至。

7. 在春分與秋分兩天的正午，竿影長度在最長與最短的中間。<sup>C</sup>

生：……夏天是竿影最短的時候〔回溯P5〕，而冬天是最長的時刻〔回溯P3〕，因為最短到最長中間一定會變化為慢慢變長，…春天與夏天剛好在…往夏和冬的中間，所以…它們兩個的竿影剛好是…冬、夏的中間〔正確推論〕，所以在…最長與最短的中間。

12. 因而在北半球夏至正午分布在地面上1平方公分面積的太陽能，到冬至正午要分布到1.5平方公分的面積上。

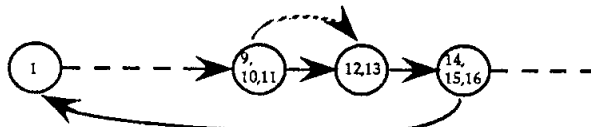
生：直照〔指夏至可回溯P10〕的面積會比較小，有斜照〔指冬至可回溯P11〕的面積就會比較大，… $43^\circ$ 〔指冬至可回溯P11〕為最低角度，假使 $90^\circ$ 〔指夏至可回溯P10〕…照射的面積為1〔平方〕公分，然後垂直照在地面也會為1公分。假使1公分陽光為 $45^\circ$ 角斜照到地面，它的面積就會分布比較廣，所以冬天會比較冷，夏天會比較熱〔預測P13〕。

## 續表五

17. 從圖中可知，在夏至那天，地球自轉軸偏向太陽，陽光直射北緯 $23.5^\circ$ ，北半球正是炎熱的夏天。  
 生：……在夏至的時候，照射的面積為這樣子，……所以這個地方應該是…這個面〔面向太陽那一面〕整個都成一類。〔錯誤推論〕  
 師：這個面都是夏至？  
 生：嗯，對。啊這個面就會垂直〔錯誤推論，因為他以為面向太陽就是直射〕。  
 18. 而冬至那天，陽光直射南緯 $23.5^\circ$ ，但斜射北半球，所以北半球是寒冷的冬天。  
 生：……然後這邊〔面向太陽那一面〕就為最熱，然後這邊就為最冷；因為這邊〔背向太陽那一面〕的面沒有被太陽光照射到，所以這邊為最冷……〔回溯 P17 的錯誤推論〕。

這名學生能理解陽光直射時因為照射面積比斜射時要來得小，所以熱量分布較多，但是他做了一個錯誤推論：「面向太陽的部分就是太陽光直射」，且在閱讀時持續保留這想法，故無法產生概念改變。

## IV. 回溯錯誤推論+回溯正確推論+回溯文句+預測文句

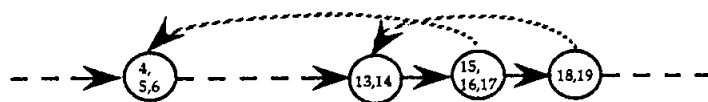


編號：CHB2

1. 每天觀察正午時竿影的長度，會發現竿影長度在一年中有規律性的變化。  
 生：因為正午時是一天內影子最短的時候〔正確推論〕，…地球在繞著太陽轉的時候，因為軸會傾斜〔正確推論〕，然後傾斜的程度每個季節都會不同〔錯誤推論〕，所以一年下來就會有的時候竿影，就會有不同…。  
 9. 在地球上夏天炎熱冬天寒冷的主要原因，是因為陽光直射大地或斜射大地造成的。  
 生：夏天陽光比較炎熱，是因為太陽是直射的〔正確推論〕，然後直射下去的面積就不會比斜射的面積還大，所以整個溫度照在比較小塊的面積的話，溫度會比較高，然後如果斜射的話，就是因為同樣的溫度可是面積不同，如果面積比較大，溫度就會比較低〔預測 P12,13〕，就造成夏天炎熱、冬天寒冷的原因。  
 14. 地球繞太陽公轉，一年繞太陽一周，形成四季變化。  
 生：因為地球本身會自轉，而且又繞太陽公轉，然後繞太陽公轉一周就是等於一年，…地球就會傾斜〔回溯 P1 的正確推論〕，然後每個季節的傾斜程度都會不一樣〔回溯 P1 的錯誤推論〕，……。

續表五

## V. 回溯文句



編號：THG5

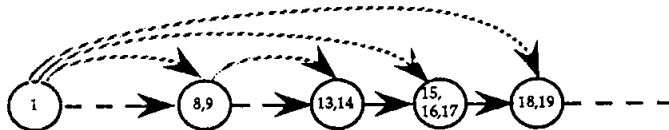
17. 但對南半球而言，陽光是斜射的，南半球受熱較少而寒冷，是冬天。

生：因為這時候…並沒有直射南半球，只是斜射而已，所以接受到陽光比較小，〔因為斜射〕面積比較大，然後溫度比較低，所以是冬天，所以是冬天，因為比較寒冷〔回溯P5,6直射的觀念〕。

18. 當地球公轉到圖七的c位置時，地球北極偏離太陽，此時陽光直射南緯23.5°（南回歸線），見圖九。

生：當地球轉到這裡〔C位置〕的時候是冬至，因為它〔太陽〕是直射南半球23.5°，所以北極是比較偏離太陽。當地球轉到冬季的時候，因為它的軸是不變的〔回溯P14〕，所以到這裡〔C位置〕的時候，它就會比較偏離太陽，所以這時候陽光剛好是直射南半球23.5°。

## VI. 回溯正確推論+回溯文句+預測文句



編號：THB2

1. 一般人會有錯覺，認為夏天炎熱是由於地球比較靠近太陽，而冬天寒冷是由於地球離太陽比較遠。

生：因為地球是比較、地球不是垂直的自轉，它是有點傾斜的自轉，所以地球受陽光直射的地方也會改變〔預測P9〕，那個北半球夏天的時候，就是因為照在北回歸線上面〔預測P15,16〕，然後照在北回歸線上的時候，南半球因為沒有太陽光直射就是冬天〔預測P17〕。那南半球是夏天的時候，就是照在南回歸線上，北半球就是冬天〔預測P18,19〕。

9. 太陽會直射地球上不同的地點，主要是因為地球公轉與地軸傾斜。

生：對，因為地球公轉的話，地軸傾斜，…傾斜的方向不會改變〔預測P14〕，所以在地球繞著太陽公轉的時候，在一邊跟在另外一邊〔指在公轉軌道上的兩端〕的那個方向，照射的地點會不一樣。

圓圈之間的箭頭方向代表文句進行的方向；圓圈上方表示正確，下方表示錯誤；實線代表推論，虛線代表文句；箭頭往回代表回溯，箭頭往前代表預測。

## (二)錯誤推論的形式

從探討學生的閱讀歷程中發現，採用類型I、II、III、IV的學生在閱讀學習時的共同點是：在組間反覆回溯錯誤推論。由於這些錯誤推論會妨礙學生對於課文的理解，所以研究者進一步分析學生所作這些錯誤推論的內容，嘗試說明學生產生學習困難之處。

基本上這些錯誤推論的類型可以分為三種形式，茲將各類型的特徵介紹如下，並舉例說明如表六：

### I. 自我中心型

做出這類型錯誤推論的學生，通常十分執著於原有想法，課文內容對於他而言，僅是一串文字的組合，無視於課文的說明；因此在閱讀課文時錯誤的先備知識主控學習者對於課文的理解，不易產生認知衝突，因此在閱讀完畢後，他仍保有原來的想法而不改變。

表六 錯誤推論的形式

#### I. 自我中心型

編號：CLB6

14. 地球繞太陽公轉，一年繞太陽一周，形成四季變化。

生：因為地球有春、夏、秋、冬嘛，…地球也會轉〔自轉〕，啊當地球、面對地球〔太陽〕的地方是夏天，啊兩旁是春天和秋天，沒有照到太陽的是冬天，所以形成四季變化〔錯誤推論〕。

從此處可以發現這名學生完全無視於課文說明，因為課文中明白指出四季變化的主要原因是地球繞太陽公轉，但是他並沒有嘗試去理解課文的意義，反而自己提出地球也會自轉的想法來解釋四季，因此無法產生概念改變。至於接下來更多的課文說明是否能夠協助這名學生的思考，答案仍是否定的，因為他在閱讀過程中從頭到尾完全是以自己原有的想法來解釋。

17. 從圖中可知，在夏至那天，地球自轉軸偏向太陽，陽光直射北緯 $23.5^{\circ}$ ，北半球正是炎熱的夏天。

生：因為太陽〔其實是指地球〕自轉嘛，啊直射北緯是那個 $23.5^{\circ}$ ，…那個面對太陽的地方是夏天，…所以比較炎熱〔回溯P14的錯誤推論〕。

18. 而冬至那天，陽光直射南緯 $23.5^{\circ}$ ，但斜射北半球，所以北半球是寒冷的冬天。

生：因為地球自轉，啊北半球…就會轉到後面，啊北半球就沒有照到太陽，所以比較寒冷〔回溯P14的錯誤推論〕。

## II. 隱含型

編號：THB3

3. 所以地球距離太陽的遠近並不是造成季節變化的主要原因，我們必須考慮的是：陽光直射或斜射大地所造成的影響。

生：因為前面剛才說過了啊，它所差別、只差30%，所以照射的地方、照射到就是也是只差3%，變化沒有什麼很大啊，所以就是要考慮到陽光是直射的，還是斜射的啊。假如說是直射，應該是正午啊，所以就產生的熱比較多啊，會比較熱啊…，然後旁邊〔手指著模型球上地球面對太陽部分的兩旁〕因為是斜射的，所以沒有說〔太陽能量〕很集中啊，就是陽光照射啊，就是熱能的傳達一樣，沒有說很集中，就是說像正中〔手指著模型球上地球面對太陽部分〕這樣熱啊。

師：你說正中是指哪裡？

生：正中？直接照射啊〔手指著模型球上地球面對太陽部分〕。

從上面的例子可以發現這名學生對於課文中直射、斜射的理解，如果不是因為他指著模型球做說明，實在較難發現他不是以同一個地點太陽仰角變化的情形來解釋直射、斜射，而是以太陽光照射不同地點的現象來解釋。事實上他本來的想法就是「地球面向太陽的地方是夏天，背向太陽的地方是冬天，兩旁是春天跟秋天」，所以表面上他的說明：「…旁邊因為是斜射的，所以沒有說〔太陽能量〕很集中啊…」，容易讓人誤會他已經懂了。

## III. 合理化型

編號：CHG3

15. 地球公轉軌道平面稱為黃道面。

生：黃道面我不知道是什麼，可是我想說地球公轉軌道平面可能就是說，這是一個軌道，然後我們從上面看下來，看到這個軌道的形狀，然後直接看下去就稱為那個叫做黃道面。

16. 地球的自轉軸並沒有與黃道面垂直，而是有些傾斜，因此形成季節的變化，見圖三。

生：黃道面可能是一個固定的，黃道面可能是從上面看下去是固定的一個面積吧，那我們地球繞太陽運轉的軌道應該是一個環狀的，可能是說一條線，然後因為線並沒有說和我們所、我們叫它黃道面那個面積啊，剛好平行或垂直，然後它可能是有點比較斜，那所以就變成感覺說地球好像是在，有時候轉、轉、轉、轉到太陽的下方，那有時候轉到太陽的上方那種感覺。

從上面的閱讀過程可以發現這名學生一開始並不清楚何謂黃道面，但是接著他為了理解下一段課文的含義，自己就建構出地球公轉軌道面是傾斜的，當地球在公轉時，有時運行到比較高的地方，有時又運行到比較低的地方。這樣的解釋對他而言，似乎沒有什麼錯誤而且可以合理地解釋接下來要進行的課文，所以他就一直沿用這樣的想法。

到推測時這名學生在說明四季成因時已不是考慮陽光直射或斜射某個位置來決定，而是用他在閱讀課文時自我解釋產生的同化結果來解釋，他仍然認為公轉軌道有傾斜，照到南、北半球的面積會隨時間而有不同，所以造成季節交替。

生：…，因為它〔公轉軌道面〕那個面是傾斜的啊，然後當地球在太陽的下方的時候，它就是說北半球照射都覺得比較熱，然後那時候就北半球是夏天。……

## II. 隱含型

有部分學生在解釋課文時，研究者乍聽之下以為他們理解課文內容，但是仔細一問才發現他們的解釋並不是科學家的定義，而是自己的想法；由於學生在做這類型的錯誤推論時，通常在表面上容易讓教師誤以為他們已經學會了，但是實際上卻不然，故稱之為「隱含型」。

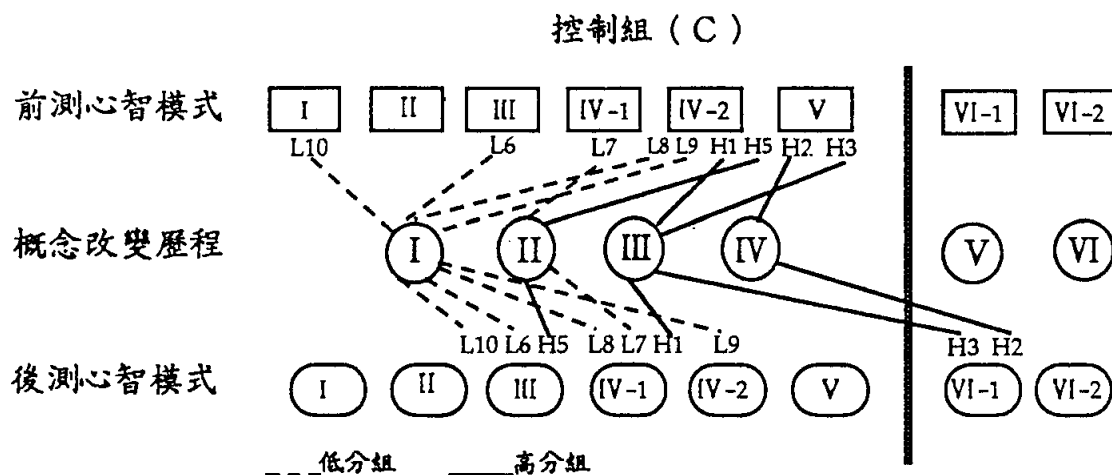
## III. 合理化型

本研究中發現當學生無法理解課文內容時，有少數人會嘗試自己想出一個看似「合理」的解釋，來做為該段課文所要表達的可能含義，以便可以利用這個「想當然爾」的推論來繼續閱讀後面的課文。由於這些學生通常是在一知半解的情況下，根據字面上的意義來作推論，所以不但在做自我解釋的時候常出現「可能是」、「大概是」的語詞，所作的推論也往往是錯誤的，故稱此類型為「合理化型」。

### (三)兩組人數分布情形

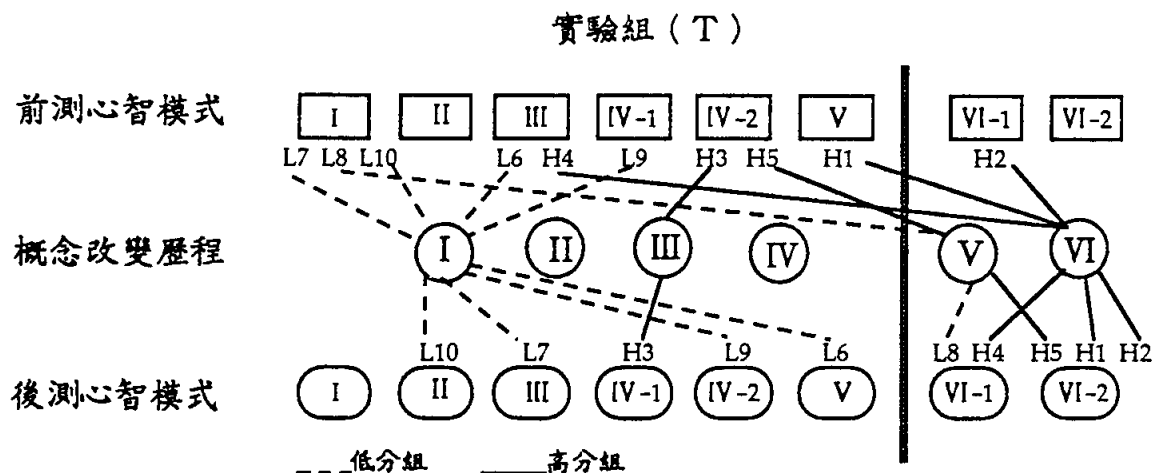
本節根據前測時的心智模式，閱讀學習時的概念改變歷程，至後測時的心智模式轉換對兩組學生進行分析與比較(見圖四及圖五)。

首先由圖四及圖五中可看出在上方的每個方格及在下方的每個橢圓形，分別是代表學生在前測及後測時對於「四季成因」的心智模式類別，而中間的每個圓



圖四 控制組之概念改變歷程分布情形





圖五 實驗組之概念改變歷程分布情形

型則表示概念改變歷程的種類。其次以圖四及圖五的垂直線來區分，位於垂直線左邊上、下方的心智模式(第I、II、III、IV-1、IV-2及V類型)皆為錯誤模式，而位於垂直線右邊上、下方的心智模式第VI-1類型為接近科學模式，第VI-2類型為科學模式。至於中間的概念改變歷程在直線左邊的第I、II、III及IV類型代表學生在閱讀學習中有回溯錯誤推論，而右邊第V及VI類型則無。

#### 控制組

控制組的表現可由圖四看出，位於垂直線左邊採用概念改變歷程第I類型皆是低空間能力學生共有四位(分別為CLB6, CLB8, CLG9, CLG10)，如同前述的實驗組，這些學生一再回溯錯誤推論，因此無法獲得科學模式。採用概念改變歷程第II類型有高、低空間能力學生各一位(分別為CHG5, CLB7)，雖然他們會回溯教材的內容，但是真正影響閱讀時心智模式的建構，卻是因為反覆使用錯誤推論之故。

採用概念改變歷程第III類型為兩名高空間能力學生(CHB1, CHG3)，採用概念改變歷程第IV類型為一名高空間能力學生(CHB2)；採用這兩種歷程的學生，基本上皆能夠做出正確推論、回溯文句，或者還能整合前面所提過的資訊，預測後面要進行的文章內容，但由於他們仍有錯誤的概念在整個閱讀過程中並未加以修

正，是故到後測時仍保有此想法，其心智模式至終僅能改變為第VI-1類型接近科學模式，而不是完全達到第VI-2類型科學模式。

控制組的表現最特別一點是：無人採用垂直線右邊較佳的概念改變歷程，亦即學生無法藉由這份教材完全修正錯誤的想法。於此情形之下，整體而言控制組教材內容對於高空間能力學生仍較有幫助，對於低空間能力學生還是偏難。

### 實驗組

實驗組的表現由圖五顯示，位於垂直線左邊採用概念改變歷程第I類型皆是低空間能力學生共有四位(分別為TLB6, TLB7, TLG9, TLG10)，由於他們前測時心智模式已是錯誤的，在閱讀課文時又一再回溯錯誤推論，是故學習之後僅能修正部分原先錯誤的想法，而出現II、III、IV-2、V四種模式。採用概念改變歷程第III類型的為一位高空間能力學生THB3，雖然他會回溯正確推論及教材內容是較佳的閱讀歷程，但因為同時也回溯錯誤推論，所以至後測時仍無法形成科學模式。至於第II及IV類型則無人採用。

在垂直線右邊採用概念改變歷程第V類型有高、低空間能力學生各一位(分別為THG5, TLG8)，採用第VI類型皆是高空間能力學生共有三位(為THB1, THB2, THG4)；這些學生的共同特徵是閱讀學習時不會回溯錯誤推論，能正確的回溯文句，甚且預測文句，所以即使前測時大部份為錯誤的心智模式，但是後測時已能轉變成接近科學模式或科學模式。

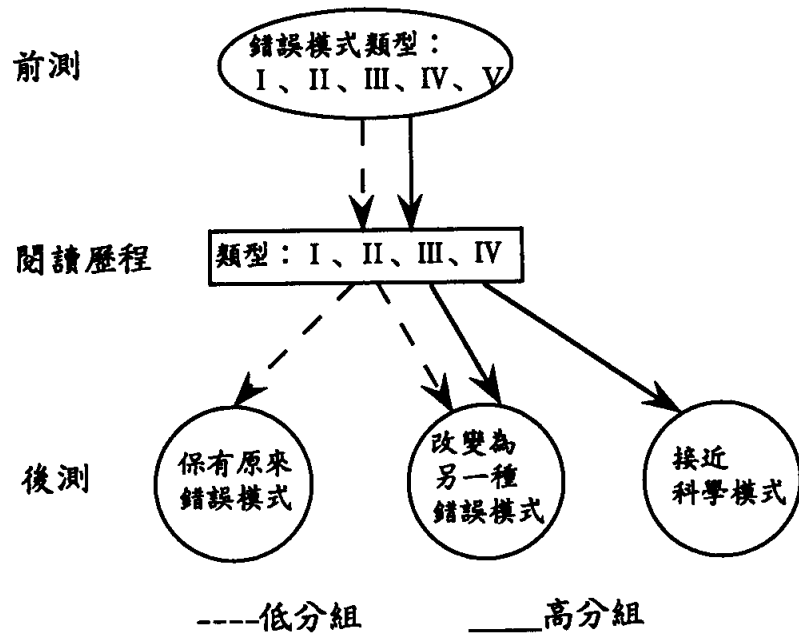
由圖中可明顯看出大部份低空間能力學生前測及後測的心智模式是錯誤的，閱讀學習時也一再回溯錯誤推論；而大部份高空間能力學生即使前測時持有不正確的模式，但閱讀時經由較佳的概念改變歷程後，學習成果較佳。是故就實驗組而言，教材內容對於高空間能力學生而言是較易閱讀理解並產生有意義的推論及預測，以有助於概念改變，但對於低空間能力者則較難達到理解的目的。

### (四)概念改變模式

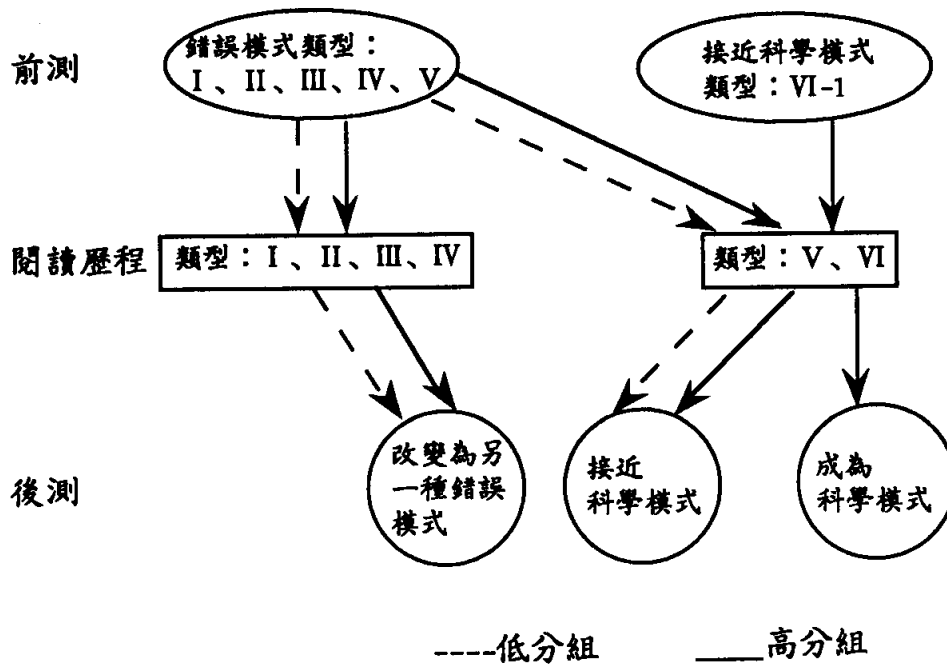
最後綜合全部的研究結果，研究者根據本研究兩組表現提出兩個概念改變模式(見圖六及圖七)。

#### 1. 控制組之概念改變模式

圖六顯示如果學生使用控制組教材「一般說明文」，不論高、低空間能力學生皆是採用概念改變歷程第I、II、III及IV類型，學習後部份低空間能力學生仍



圖六 控制組之概念改變模式



圖七 實驗組之概念改變模式

會保有原來錯誤的模式，部份高、低空間能力學生則會改變為另一種錯誤模式；只有部份高空間能力學生有機會變為接近科學模式，但沒有學生能學得真正的科學模式。

## 2. 實驗組之概念改變模式

國三學生在學習「四季成因」單元之前，其心智模式大部份皆是錯誤的，如果學生使用實驗組教材「反駁性文章+增力激發活動」由圖七可看出，概念改變歷程屬於第I、II、III及IV類型，不論高、低空間能力學生學習後會改變為另一種錯誤模式；如果學生採用第V及VI種概念改變歷程，不論高、低空間能力學生皆有可能變為接近科學模式，但僅有高空間能力學生有機會學得真正的科學模式。

## 伍、結論

本研究選取國中三年級20名學生為研究對象，依空間能力分成2組(每組含高、低空間能力各5名)，實驗組與控制組的教材形式不同；經由前測、閱讀學習、後測三個實驗步驟，來探討教材形式與空間能力這兩個因素，對於國三學生學習「四季成因」這個單元的影響。

歸納本研究結果可得到六點結論，簡介如下：

- 一、首先將研究對象的前、後測晤談內容加以評分，再把前、後測成績相減之後的差值，經統計分析以ANOVA考驗，所得結果就組間表現而言，實驗組與控制組在統計上達到0.05顯著差異( $F=4.35$ )，實驗組表現較控制組為佳；而比較全體高、低空間能力的學生，發現亦達0.05顯著差異( $F=4.95$ )，高空間能力學生較低空間能力學生為佳。就組內的比較而言，發現達0.05顯著差異的情形有兩種：1. 實驗組內高空間能力學生表現比低空間能力學生為佳。2. 高空間能力的學生在實驗組的表現比控制組為佳。
- 二、「四季成因」心智模式的類別可分為六種類型：I. 現象、經驗，II. 太陽繞地球公轉，III. 地球自轉，IV. 地球公轉+面向、背向太陽，V. 地球公轉+地日距離，VI. 地球公轉+直射位值。在這六種心智模式之中，第I、II及III類型是屬於較低層次，而第IV和V類型則不易劃分階層關係，因為屬於這兩類型的學生其想法都是錯誤的，只是觀點不同；基本上第VI-1類型較接近

科學家的想法，第VI-2類型為科學模式。在前測時只有一名實驗組學生為第VI-1類型；經過閱讀學習，到後測時實驗組及控制組各有2名為第VI-1類型，但是只有3名實驗組高空間能力學生，屬於第VI-2類型(科學模式)。

- 三、研究者發現學生在前測時對於「四季成因」主要的錯誤想法之一是：「夏天是因地球距離太陽較近，冬天是因地球距離太陽較遠」，這個自古即有的錯誤觀念並不是很難加以修正的。而另一個「地球面向太陽的部分是夏天，背向太陽的部分是冬天」是頗困難修正的概念，在前測時持有這樣想法的學生總人數達12人，到後測時仍維持為12人。
- 四、學生的閱讀歷程可歸類為六大類型：I. 回溯錯誤推論，II. 回溯錯誤推論＋回溯文句，III. 回溯錯誤推論＋回溯正確推論＋回溯文句，IV. 回溯錯誤推論＋回溯正確推論＋回溯文句＋預測文句，V. 回溯文句，VI. 回溯正確推論＋回溯文句＋預測文句。實驗組及控制組低空間能力學生大部份都集中在第I類型，會反覆回溯錯誤推論，所以較難學懂課文內容；而實驗組高空間能力學生表現較控制組為佳，大部分都採用第V、VI類型。
- 五、錯誤推論的形式有三種：I. 自我中心型，II. 隱含型，III. 合理化型，這些錯誤推論會妨礙學生對於課文的理解。
- 六、整體而論，國三學生學習「四季成因」這個單元，教材形式採用「反駁性文章＋增加的激發活動」會比一般說明文，對於高空間能力學生的學習效果為佳；但對於兩組低空間能力學生而言，都是較困難學習的。

本研究雖然經由實驗結果獲得上述六點結論，但是由於受到時間與人力等因素的影響，本研究仍有下列兩點限制：

- 一、由於研究對象並非由隨機抽樣的過程獲得，僅限於一所國中的學生，故缺乏母群體的代表性。因此本研究的結果僅能描述樣本的心智模式及其自我解釋的學習結果，不宜過度地加以引申。
- 二、僅探討這群研究對象的異同，不比較不同年級、不同學校的學生。

## 陸、建議

根據本研究過程的心得及研究結果，特別針對課程設計與教師教學，提出以下的建議：

1. 從本研究結果中可以發現學生對於「四季成因」的心智模式有許多的類型，在閱讀學習過程中，常會以自己的想法去解釋課文的意思。故建議教師在教學時，不要只是強調課文中的知識，而應該在正式教學前先了解學生的想法，在教學時指出其與科學知識矛盾之處；這樣才能促使學生面對認知衝突，產生概念改變。例如教師可以向學生提出疑問：「如果地球背向太陽的部分是冬天，那冬天時是不是整天都看不見太陽？為什麼？」、「如果夏天是因為地球距離太陽比較近，那麼現在全世界的國家會不會同時都是夏天？為什麼？」。教師先提出類似這樣的問題等學生回答之後，再繼續針對學生的每一個答案加以追問；透過這樣問答的過程，預期可以迫使學生思索自己想法的矛盾點，而產生好奇心欲進一步了解可能的解答。此時教師就可以針對學生想法中不合理之處，加以澄清。
2. 無論是在前測、閱讀學習、或後測部分，高空間能力學生的表現均較低空間能力學生為佳，這結果顯示空間能力是學習本單元所須能力之。由於「四季成因」這個單元教科書一定會使用二度空間平面圖來表示地球公轉的三度空間運動，因此教師可以在黑板上畫各種平面圖，從簡單形狀慢慢發展為複雜形狀，訓練學生將二度空間的圖形在內心中運思，轉換成為三度空間的心像；同時亦練習在空間中將模型球擺設成為圖形所呈現的樣子，變化各種不同位置、方向，然後相反地嘗試將結果畫在紙上。經由這樣多次的練習，或許可以協助學生了解課本上平面圖所要表達的意義，尤其是對低空間能力者。
3. 誠如Garner (1992)曾指出，改進自教科書中學習的途徑有二：(1)改編學習教材，(2)改進學習者的活動。本研究結果正可驗證有計劃的改變教材形式，能提供學習者更佳的學習效果。同時，一般而言，學習者大都缺乏有效的閱讀學習策略，例如一再回溯錯誤推論而不自覺，因而提供學習者一可行的學習活動，類似訓練學生後設認知的能力或採取配對學習或合作學習法，或可改進學習成效。
4. Holliday (1991)曾經提到科學專有名詞對於學生的學習可能形成阻力，尤其是當這些名詞只有專家在使用、不容易學、或只為學期考試的目的、或太早介紹給學生。是故教科書應該盡量減少太多專有名詞的介紹，讓學生更專注於整體概念的理解，以免學生流於記憶而忽略概念間的關係。

- 【註1】本研究所使用的各種研究工具及分析方法，詳見翁雪琴(民83)碩士論文。
- 【註2】由於前測後適逢寒假，因此閱讀活動在開學後、相關教學活動進行前實施。雖相隔三週，但因研究對象為隨機取樣，再加上這期間無教學活動，故本研究假設其先備知識不受影響。
- 【註3】雖然在閱讀歷程中，編號：CHG4的學生是採用一種「回溯正確推論+回溯文句」的類型，但是他在前、後測的表現並不相符，故將其視為例外，於此不加以討論。

## 致謝

本研究在研究工具的設計過程中承蒙國立台灣師範大學地球科學系所毛松霖教授及葛必揚教授指導斧正，特此致謝。

## 參考文獻

1. 邱美虹(民82)：科學教科書與概念改變。科教月刊，第163期，頁2-8。
2. 邱美虹(民83)：從“自我解釋”所產生的推論探究高中生化學平衡的學習。師大學報，第39期，頁1-32。
3. 姜滿(民82)：國小學童地球科學概念之理解。台南師院學報，第26期，頁193-219。
4. 翁雪琴(民83)：探討國三學生對於「晝夜及四季」成因之心智模式及其概念改變的歷程。國立台灣師範大學地球科學研究所碩士論文(未出版)。
5. Alvermann, D. E., & Hague, S. A. (1989). Comprehension of counterintuitive science text: effects of prior knowledge and text structure. *Journal of Educational Research*, 82 (4), 197-202.
6. Alvermann, D. E., Smith, L. C., & Readence, J. E. (1985). Prior knowledge and the comprehension of compatible and incompatible text. *Reading Research Quarterly*, 20, 420-436.
7. Alvermann, D. E., & Hynd, C. R. (1988). Study strategies for correcting misconceptions in physics: An intervention. Paper presented at the annual meeting of the

- National Reading Conference, Tucson, AZ.
8. American Association for the Advancement of Science (AAAS) (1993). Benchmarks for Science Literacy, Project 2061, Oxford University Press.
  9. Anderson, R. C., Reynolds, R. E., Shallert, D. L., & Goetz, E. T. (1977). Frameworks for comprehending discourse. *American Educational Research Journal*, 14, 367-381.
  10. Baenninger, M., & Newcombe, N. (1989). The role of experience in spatial test performance: A meta-analysis, *Sex Roles*, 20, 327-344.
  11. Bartlett, F. C. (1932). *Remembering*. London: Cambridge University Press.
  12. Battista, M., Wheatley, G., & Talsma, G. (1982). The importance of spatial visualization and cognitive development for geometry learning in preservice elementary teachers. *Journal for Research in Mathematics Education*, 13, 332-340.
  13. Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, 502-13.
  14. Ben-Chaim, D., Lappan, G., & Houang, R. T. (1988). The effect of instruction on spatial visualization skills of middle school boys and girls. *American Educational Research Journal*, 25, 51-71.
  15. Bishop, J. E. (1978). Developing students' spatial ability. *The Science Teacher*, 4~, 20-23.
  16. Blakslee, T. D., Anderson, C. W., & Smith, E. L. (1991). Teaching strategies associated with conceptual change learning in science. Un-published manuscript, Michigan State University, East Lansing, MI.
  17. Bodner, G. M., McMilian, T. L. B., Greenbowe, T. J., & McDaniel, E. D. (1983). Verbal, numerical and perceptual skills related to chemistry achievement. Paper presented at the annual meeting of the American Psychological Association, Anaheim, CA.
  18. Carey, S. (1985). *Conceptual change in children*. Cambridge: MIT Press.
  19. Chadwick, P. (1977). Geological perception and the core curriculum. *Geology Teaching*, 2, 95-103.



20. Chi, M. T. H. (1993). Barriers to conceptual change in learning science concepts: A theoretical conjecture. Paper presented at the annual meeting of Cognitive Science, Denver, June.
  21. Chi, M. T. H., Bassok, M., Laewis, M. W., Reimann, P., & Glaser, R. (1989). Self-explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive science*, 13, 145-182.
  22. Chi, M. T. H., de Leeuw, N., Chiu, M. H., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self-explanations improves understanding. *Cognition Science*, 18, 439-477.
  23. Clements, M. A. (1983). The question of how spatial ability is defined, and its relevance to mathematics education. *Zentralblatt fur Didaktik der Mathematik*, 15, 8-20.
  24. Doyle, J. J. (1980). The order of attainment of 8 projective groupings- an analysis of Piaget's spatial model. *Journal of Research in Science Teaching*, 17 (1), 55-58.
  25. Dyche, S., Mcaurg, P., Stepan, J., & Veath, M. L. (1993). Questions and conjectures concerning models, misconceptions and spatial ability. *School Science and Mathematics*, 93, 191-197.
  26. Finley, F. N. (1991). Why students have trouble learning from science texts. In C. M. Santa & D. E. Alvermann (Eds.), *Science learning: processes and Applications*, 22-27, International Reading Association.
  27. Foote, M. A. (1981) Recognising spatial relationships in biology. *Science Teacher*, 48(2), 31.
  28. Garner, R. (1992). Learning from school texts. *Educational Psychologist*, 27, 1, 53-63.
  29. Guzzetti, B. J. (1990). Effects of textual and instructional manipulations on concept acquisition, *Reading Psychology*, 12, 49-62.
  30. Guzzetti, B. J., Snyder, T. E., & Glass, G. V. (1992), Promoting conceptual change in science: Can texts be used effectively? *Journal of Reading*, 35 (8), 642-649.
  31. Holliday, W. G. (1991). Helping students learn effectively, In C. M. Santa & D. E. Alvermann (Eds.), *Science learning: Processes and applications*, 38-47, International-
-

al Reading Association.

32. Hynd, C. R., & Alvermann, D. E. (1986a). Prior knowledge activation in refutation and nonrefutation text. In J. A. Niles & R V. Lalik (Eds.), *Solving problems in literacy: Learners, teachers, and researchers. Thirty-fifth Yearbook of the National Reading Conference*. Thirty-fifth Yearbook of the National Reading Conference (pp. 55-60). Rochester, NY: National Reading Conference.
33. Hynd, C. R., & Alvermann, D. E. (1986b). The role of refutation text in overcoming difficulty with science concepts. *Journal of Reading*, 29, 440-446.
34. Kintsch, W. (1980). Learning from text, levels of comprehension, or: Why anyone would read a story anyway. *Poetics*, 9, 87-98.
35. Kiser, L. (1990). Interaction of spatial visualization with computerenhanced and traditional presentations of linear absolute-value inequalities. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 10, 85-96.
36. Langer, J. A., & Nicholich, M. (1981). Prior knowledge and its relationship to comprehension. *Journal of Reading Behavior*, 13, 373-379.
37. Linn, M. C., & Petersen A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis, *Child development*, 56, 1479-1498.
38. Lipson, M. Y. (1982). Learning new information from text. The role of prior knowledge and reading ability. *Journal of Reading Behavior*, 14, 243-261.
39. Lipson, M. Y. (1983). The influence of religious affiliation on children's memory for text information, *Reading Research Quarterly*, 18, 448-457.
40. Lloyd, C. V. (1989). The relationship between scientific literacy and high school biology textbooks. Paper presented at the annual meeting of the National Reading Conference, Austin, TX.
41. Lord, T. R. (1985). enhancing the visuo-spatial aptitude of students. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 395-405.
42. Lord, T. R. (1987). A look at spatial abilities in undergraduate women science majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 24, 757-767.

43. Macnab, W., & Johnstone, A. H. (1990). Spatial skills which contribute to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 24 (1), 37-41.
44. Maria, K., & MacGinitie, W. (1981). Prior knowledge as a handicapping condition, Paper presented at the 31st annual meeting of the National Reading Conference, Dallas, TX.
45. Mendicino, L. (1985). Mechanical reasoning and space perception: Native capacity of experience. *Personality Guidance Journal*, 36, 335-338.
46. Michael, W. B., Guilford, J. P., Fruchter, B., & Zimmerman, W. S. (1957). The description of spatial visualisation abilities. *Educational Psychology Measurement*, 17, 185-199.
47. Myers, C. T. (1958). The effects of training in mechanical drawing on spatial relations test scores as predictors of engineering drawing grades. *ETS Research Bulletin*, 58~. Princeton, NJ: Educational Testing Service.
48. Newman, D., & Torzs, F. (1991). A world in the classroom: making sense of seasonal change through talk and technology. Technical report no. 11, paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association (Boston, MA, April 16-20,1990) (Eric Document Reproduction Service No. ED337 151).
49. Newport, J. F. (1990). Elementary science texts: What' s wrong with them? *Education Digest*, 56, 68-69.
50. Orion, N., Ben-Chaim, D., & Kali, Y. (1994). Relationship ~etween Earth science education and spatial visualization. Paper presented at NARST conference, Anaheim, March 1994.
51. Osborne, J. H., Jones, B. F., & Stein, M. (1985). The case for improving textbooks. *Educational Leadership*, 42, 9-16.
52. Peeck, J., van der Bosch, A. B., & Kreupeling, W. J. (1982). Effect of mobilizing prior knowledge on learning from text. *Journal of Educational Psychology*, 74, 771-777.

53. Pearson, P. D., Hansen, J., & Gordon, C. (1979). The effect of background knowledge on young children's comprehension of explicit and implicit information. *Journal of Reading*, 11, 201-209.
54. Philips, W. C., (1991). Earth science misconceptions. *The Science Teacher*, 21-23.
55. Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The child's concept of space*. New York: Routledge and Kegan Paul.
56. Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W.A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
57. Pribyl, J. R., & Bodner, G. M. (1987). Spatial ability & its role in organic chemistry: A study of four organic courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 24 (3), 229-240.
58. Rastovac, J. J., & Slavsky, D. B. (1986). The use of paradoxes as an instructional Strategy. *Journal of college Science Teaching*; 16(2),113-18.
59. Roth, K. J. (1991). Reading science texts for conceptual change, In C. M. Santa & D. E. Avermann (Eds.), *Science Learning: Processes and applications*, 48-63, International Reading Association.
60. Rumelhard, D. E., & Norman, D. A. (1981). Accretion, tuning and restructuring: Three modes of learning. In R. Klatsky & J. W. Cotton (Eds.) *Semantic factors in cognition*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
61. Russell-Gebbett, J. (1984) Pupils' perceptions of three-dimensional structures in biology lessons. *Journal of Biological Education*, 18(3), 220-225.
62. Russell-Gebbett, J. (1985) Skills and strategies-pupils' approaches to three-dimensional problems in biology. *Journal of Biological Education*, 19(4), 293-298.
63. Schoon, K. J. (1989). Misconception in the earth sciences: a cross-age study. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for research in Science Teaching (62nd, San Francisco, CA, March 30-April 1,1989). (Eric Document Reproduction Service No. ED 306 076).

64. Sedgwick, L. K. (1961). The effect on spatial perception of instruction in descriptive geometry. Unpublished master's thesis, Southern Illinois University.
65. Sherman, J. A. (1967). Problems of sex differences in space perception and aspects of intellectual function. *Psychological Review*, 74, 290-299.
66. Siemonkowski, F., & F. Macknight. (1971). Spatial cognition: Success prognosticator on College science courses. *Journal of College science teaching*, 1, 56-59.
67. Smith, L. C., Readence, J. E., & Alvermann, D. E. (1984). Effects of activating background knowledge on comprehension of expository prose. In J. A. Niles & L. A. Harris (Eds.), *Changing perspectives on research in reading/ language processing and instruction* (pp. 188-192). Rochester, NY: National Reading Conference.
68. Smith, W. S., & Schroeder, C. K. (1981). Preadolescents' learning and retention of a spatial visualization skill. *School Science and Mathematics*, 81, 705-709.
69. Vosniadou, S. (1988). Knowledge restructuring and Science Instruction. 16p.; Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association (New Orleans, LA, April 5-9, 1988). (Eric Document Reproduction Service No. ED 295 820).
70. Vosniadou, S. (1991). Conceptual development in astronomy. In S. Glynn., R. Yeany., & B. Britton (Eds.), *The psychology of learning science*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, pp. 149-177.
71. Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1987). Theories of knowledge restructuring in development. *Review of Education Research*, 57, 51-67.

## **Ninth Graders' Mental Models and Processes of Generating Inferences of Four Seasons**

**Mei-Hung Chiu**

National Taiwan Normal University, Graduate Institute of Science  
Education, Taipei, R.O.C.

**Shei-Chin Wong**

Taipei Municipal Soong-Sun High School, Taipei, R.O.C.

This article presents the results of a research investigating middle school students' mental models of four seasons and their learning processes of reading. Twenty ninth grade students were stratified by their spatial abilities first, and then randomly assigned to a treatment or a control group. Ten students were in each group. The design of the study has three phases: pretest, reading text and providing explanations, and posttest.

The results show that the use of refutational text and augmented activation activities improved the students' achievement in learning of four seasons. In particular, the high spatial ability students outperformed the low spatial ability students. Also, the findings suggest that there are six major types of mental models of four seasons held by the students. After reading the materials, high spatial ability students were able to move their mental models closer to scientific models, while the low spatial ability students were less likely to change their mental models. This was further examined in their inferences generated while reading the text. The result indicates incorrect inferences affect their understanding of the concepts of four seasons. Therefore, some theoretical frameworks are outlined to explain the formation of the students' mental models of the four seasons and the structure of the acquired knowledge.

**Key word:** Four seasons; Mental models; Spatial ability; Text; Inference.