科學教育學刊
2006, 第十四卷第三期, 257-282

Chinese Journal of Science Education
2006, 14(3), 257-282

線上課程對高二學生四季成因概念學習的影響

曾永祥　許瑛玿
國立台灣師範大學 地球科學系（所）

（投稿日期：民國 93 年 3 月 10 日，修訂日期：94 年 3 月 14 日，接受日期：94 年 5 月 31 日）

摘要：本研究以概念改變理論為基礎，發展四季成因線上課程。研究方法採單一組前後測的實驗研究法，加上半結構式晤談方法，探討高二學生對於四季成因的另有概念，並評估其課程結束後的學習成效，及分析學生的空間能力對其四季成因概念學習的影響，最後歸納學生對此線上課程的綜合意見，以做為未來發展地球科學相關電腦網路教學課程的參考。研究結果顯示，高二學生普遍具有四季成因另有概念。在課程結束後，學生對四季成因概念理解有顯著進步，而學生空間能力也會影響其四季成因概念的學習。經調查學生對於四季成因線上課程的觀感，顯示學生普遍認為模擬動畫不僅能引起學習動機，更可以將文字難以表達的抽象概念具體呈現，使他們能夠藉由操弄動畫來探索四季成因概念。

關鍵詞：另有概念、概念改變、電腦模擬、四季成因

壹、緒論

一、研究背景與動機

傳統的教學方式，將學生的腦袋視為空的容器，學生來到學校上課，只是一味地吸收老師講授的內容，教學的目的只是要把學生的容器填滿。隨著在 1920 年之後皮亞傑認知心理學的發展，我們逐漸瞭解到學生在課程進行之前，心中已經對即將學習的內容發展出既有的概念，這些概念來自於學生日常生活經驗歸納而來，而且往往和科學家們所認同的科學概念相左，稱為另有概念（Gilbert & Swift, 1985）。

翻閱另有概念的研究，會發現在自然科領域方面，大多數的研究以物理化學為主，生物地科則佔少數，這是因為物理化學多為抽象的概念，而生物地科多為具象的概念（王美芬, 1991）。至於地球科學的另有概念研究，則以天文佔大多數，其中包括：晝夜、月相、和四季等概念。學生對天文容易產生另有概念的原因，可能是因為這些天文現象不斷地在我們生活周遭發生，坊間許多書籍也經常提及，因此學生在課堂學習之前，大都已經建立起自己的想法（Baxter, 1989）。然而天文概念的建立，牽扯到日、月、地三者之間的關係，屬

於抽象的概念，和學生的空間能力有很大的關係（翁雪琴, 1994），因此學生往往難以建立正確的概念。國內外的四季成因另有概念研究，大多針對國中、國小的學童進行調查，本研究則針對高二學生進行調查，期望能夠了解高二學生於四季成因概念理解情況。

建構論強調學生是主動的學習者，以先前的經驗為基礎，藉由動手操作的過程建構知識（楊坤原, 2000），所以學習的過程則是學生將心中的另有概念和上課接收到的知識相互作用所得到的結果，也就是將原有概念轉變為正確的科學概念的概念改變歷程。於是，科學教育學家開始發展概念改變理論，期望能夠對概念改變的機制有所瞭解，進而能夠利用有效的教學策略來面對另有概念，讓學生引發概念改變（Hashweh, 1986）。

許多研究指出，利用電腦模擬動畫輔助教學，對於學生的概念改變歷程有很大的幫助（Hameed, Hackling, & Garnett, 1993）。動畫模擬可以突破空間或時間的障礙，將無法觀測的自然現象，具體地呈現在學習者的面前，促進學生的概念理解（de Jong & Njoo, 1992），而在電腦模擬程式的設計中，可以將真實環境簡化，類比真實的系統，以幫助學生瞭解真實的系統。學生可以透過參數的控制和結果的呈現，探索抽象世界（Bliss, Ogborn, & Whitelock, 1989）。本研究透過電腦模擬動畫呈現四季成因相關概念，讓學生經由觀賞與操弄模擬動畫的過程，探索四季成因的科學概念，進而修正本身的另有概念。

二、研究目的

本研究首先探討高二學生在進行課程之前具有的四季成因另有概念，並以實驗教學探討學生在完成線上課程的學習後，其四季成因概念改變情況。最後，根據本研究發現的結果，提出對四季成因課程設計，以及網路輔助教材相關研究的建議與改進方法。

貳、文獻評述

一、另有概念的診斷與影響因素

認知心理學家認為學習者扮演主動學習的角色，學習則是本身既有的知識結構與生活經驗相互平衡的過程（Driver, 1989），建構論的學習觀點傳承認知心理學家的想法，認為學生透過舊的經驗連結新的訊息，建構對自己有意義的概念（Garnett, Garnett, & Hackling, 1995）。由此可知，學習的開始並非發生在學校教育，早在正式課程開始之前，學生已經根據自身的感官經驗，在心中發展一套想法解釋自然現象。Abimbola（1988）則認為學生的學習過程則是以本身既有的概念為架構，不斷地進行整合與區分以發展新的概念，因此對於學生所具有的先前知識經驗抱持肯定態度，稱為「另有概念」。也有研究者以「迷思概念」來描述學生不正確的先前概念(Gorodetsky & Gussarsky, 1990），不過在本研究中認為學生的概念具有合理性，只是不被科學家們所認同，如果能夠不斷整合新的概念，將能夠發展出科學概念，所以通篇使用「另有概念」定義學生異於科學概念的想法。因此，瞭解學生的另有概念，是幫助學生克服學習困難的重要因素。

國內外針對學生的另有概念研究不勝枚舉，將這些研究加以分析歸納，會發現另有概念具有以下特性：

(一)另有概念普遍存在不同年齡層之間：
Baxter（1989）調查不同年紀大小的學生在天文方面具有的另有概念，發現在不同的年齡層之間，學生持有相同的另有概念，只是人數比例略有不同。

(二)另有概念普遍存在於不同國度：
Vosniadou（1991）針對不同的國家的

成人與孩童進行另有概念的研究，發現不同文化的國度，普遍存在類似的另有概念。

(三)**另有概念普遍存在自然科領域當中**：自然學科的課程內容多為抽象概念，難以理解，所以學生普遍存在另有概念（王美芬, 1991）。

(四)**另有概念曾在科學發展史出現**：學生的某些概念與科學史上的概念發展相似，而學生的概念改變模式也與科學家部分雷同（邱美虹, 2000）。

(五)**另有概念難以加以改變**：學生的另有概念是根深蒂固的，除非藉由特別的教學策略，否則很難加以改變（Hashweh, 1986）。

近二十年來，針對學生的另有概念進行的研究，如雨後春筍般蓬勃發展，然而綜觀這些研究使用的診斷方式，隨著目的的不同而有所差異。「臨床晤談法」（Wandersee, 1994）是最常被使用的方式，可以透過面對面的對話方式，讓受訪者回答問題以瞭解內心的想法，好處是可以深入瞭解學生認知結構，缺點則是晤談過程需要很長的時間，不適合於大樣本的研究；「診斷測驗」最常使用多重選擇題的方式，來診斷學生的想法。多重選擇題將問題內容藉由圖畫或文字加以說明，學生則根據選項敘述回答問題，題目的方式包括封閉式的選擇題與二階段的多重選擇題（Treagust & Haslam, 1986）。「概念圖」可以讓學生的知識結構透過圖形的方式加以表徵，研究者可以透過學生繪製的概念圖內容，瞭解學生具有的另有概念（Novak & Gowin, 1984）。

不同的診斷方式各有其優缺點，因此許多研究使用不同的診斷方式，期望能夠真正瞭解學生的想法（Atwood & Atwood, 1996）。Bar 和 Travis（1991）則發現學生在不同診斷方式的表現有所差異，並認為診斷方式會影響研究的結果，因此研究學生的另有概念時，必須多種診斷方式交互運用，否則會有過於武斷之嫌。

二、概念改變模式與教學策略

科學理論的變遷，一直以來都是科學哲學家們爭論不休的話題。1969 年，孔恩（Kuhn）發表「科學革命的結構」（Structure of Science Revolution）一書，將科學理論的變遷視為一場科學革命，革命的歷程為新典範取代舊典範的過程，稱之為典範之間的轉移（黃光國, 2001）。孔恩以革命的觀點看待科學理論的變遷，不僅樹立了科學哲學的典範，也給科學教育家們新的思維，開啟了概念改變的理論研究。

不過，概念改變理論研究的蓬勃發展，則必須歸功於 1970 年代末期「另有概念運動」（the movement of alternative conceptions）的興起，人們發現學生的另有概念是根深蒂固，必須藉由特殊的教學策略才能加以改變（Hashweh, 1986）。而概念改變理論百家爭鳴，理論精髓也不相同，僅列出與本研究較貼切的概念改變理論。

Posner, Strike, Hewson 和 Gertzog（1982）結合孔恩的典範轉移與皮亞傑的認知調適的觀點，認為學習是學生舊有知識與新知識互動的結果，並將概念改變的形式分為同化（assimilation）與調適（accommodation）兩種。如果學習者只在舊有的概念中添加新的概念，兩者之間並未發生整合，學生依然用舊有的概念解釋新的現象，稱之為「同化」；如果學習者發現舊有的概念不足以解釋層出不窮的新現象，就必須取代或重新組織本身的概念，為根本的概念改變，稱之為「調適」。Posner 等人提出學生發生概念改變的四個條件：(一)學習者必須對現有概念感到不滿意；

(二)新的概念必須是可理解的；(三)新的概念必須是合理的；(四)新的概念必須是豐富的。

Hewson（1983）認為學習並非只是添加新的訊息，而是在既有知識與新知識交互作用後，將既有的概念加以調節的概念改變過程。概念改變發生的必須符合三個條件：可理解的、合理的與豐富的。老師在教學的過程中，必須注意到學生的先前知識，並針對不同的學生，採取不同的教學策略。可能的教學策略包括：(一)整合（integration）：將現有概念與新的概念加以整合或分離；(二)分化（differentiation）：將現有的概念加以分化，成為彼此相關但有區隔的概念，並且能夠知道本身的概念能夠合理運用在哪些情境；(三)置換（exchange）：將現有的概念置換成新的概念。學生必須對本身概念不滿足，並瞭解新概念具有較高的解釋力與預測力，才會發生概念的置換；(四)概念橋（conceptual bridging）：將抽象的概念與生活經驗相結合，使得新概念更具合理性與豐富性。

另外，Driver 和 Oldham（1986）認為課程設計的內容，必須考慮到學生的另有概念，讓學生利用課程中經歷的經驗與理解的概念，與本身概念進行整合，建構出完整的概念。於是他們發展出五個階段的概念改變教學模式：

(一)**定向（Orientation）**：意思是指幫助學生瞭解課程方向。此階段的任務在讓學生清楚課程目標與引起學習動機。

(二)**引出學生的想法（Elicitation）**：設計教學活動如：小組討論、上台報告與書寫等，讓學生表達他們的想法，意識到本身的概念內容。

(三)**學生概念重組（Restructure）**：讓學生透過討論與他人的概念相互比較，瞭解本身概念與其他人的相異之處。老師可呈現與學生的概念相互矛盾的論證，並讓學生嘗試發展不同的概念以解釋這些現象。最後，藉由與真實經驗不斷考驗的過程，讓學生對現有概念感到不滿足，並試圖進行修改。

(四)**概念的應用（Application of idea）**：讓學生將剛發展完成的概念，應用到不同的情境。藉由不斷地運用概念的過程，讓學生瞭解新概念的可行性，進而鞏固對新概念的信賴感。

(五)**回顧想法改變（Review）**：讓學生透過書面記錄的方式，瞭解目前持有的概念與剛開始的概念之間的不同，藉由後設認知的教學策略，反省本身概念轉化的歷程。

三、電腦模擬在教育上的應用

隨著電腦科技的進步，電腦輔助學習的工具逐漸發展到兼具文字、動畫、聲音、圖形與互動的電腦模擬軟體。電腦模擬程式可以讓學生藉由改變輸入的變數數值，來觀看變數輸出結果（de Jong & Joolingen, 1998），讓學生觀察到現實生活中可能因為危險、花費或時間的限制所無法觀察到的真實情況（朱錦鳳, 1997）。

Thomas 和 Hopper（1991）將電腦模擬定義為：是包含真實系統或理論系統之可以操作的模型。學生可藉由模型的各種中間狀態，將一個已知狀態改變到一指定的目標狀態。de Jong & Joolingen（1998）則將電腦模擬分為兩種：概念模式（concept model）與操作模式（operation model）。概念模式的模擬內容包含了定律、概念與事實等，如物理模型的模擬；操作模式的模擬內容包含一系列具備或不需認知的操作過程，例如雷達控制。Duchastel（1991）則根據設計目的將電腦模擬分為兩種：科學模擬（scientific simulation）與教學模擬（instructional simulation）。

科學模擬的目的在於研究模型中變數之間的關係；教學模擬的目的則在於教授模型中變數之間的關係。

而 de Jong 和 Joolingen（1998）也指出利用電腦模擬進行教學時，有幾項必須注意的事情：(一)學生如果在對知識內容不清楚的情況下進行實驗操作，會有偏執的想法來操作實驗，以致於無法產生科學概念；(二)學生在解釋資料時會發生困難；(三)在缺乏結構性的學習下，學生無法將整個學習過程加以回顧。Rivers 和 Vockell（1987）則認為，如果學生在操作電腦模擬程式的過程當中，能夠加入引導，以幫助學生在探索的過程當中，建立較正確的概念模式。

綜合以上所述，本研究採用概念圖、診斷測驗與晤談三種文獻中常見的另有概念診斷工具，試圖了解高二學生所具有的四季成因另有概念。四季現象的發生牽涉到大尺度日地兩者的天體運動，屬於比較抽象的概念，很難透過傳統的教學方式呈現，因此透過電腦模擬動畫的設計，讓學生藉由觀賞文字、動畫與操弄電腦模擬的過程，探索造成四季變化的成因。線上課程設計理念依循 Driver 和 Oldham（1986）的概念改變教學策略，發展出期望學生在課程結束之後，能夠改變原先的另有概念。

四、空間能力對於學生地科概念學習的影響

Macnab 和 Johnstone（1990）則認為空間能力包含了三個要素：(1)將三度空間的結構在內心轉換為二度空間的能力；(2)將二度空間在內心轉換為三度空間結構的能力；(3)當物體的結構改變方向時，能夠加以辨認的能力。

學生的空間能力和自然科學的學習成就有很大的關係，包括地球科學的學習也和空間能力的高低息息相關。Orion, Ben-Chaim 和 Kali（1994）的研究指出學生的空間透視能力與其地質課程的成績達顯著正相關，這是因為野外勘查的世界是三度空間，但是平常呈現的方式卻都以二度空間為主；翁雪琴（1994）針對國三學生進行研究，發現高空間能力的學生在四季成因的晤談得分顯著高於低空間能力者；陳英嫻（1995）發現學生在學習月相的概念時，不管是透過模型操作或自我解釋的方式學習，高空間能力的學生表現皆優於低空間能力的學生。

四季成因線上課程中的動畫以二度空間為主，然而四季成因為太陽和地球彼此之間在三度空間的位置變化，學生需要將二度空間的平面圖像轉為三度空間的立體圖像，所以本研究試圖研究學生的空間能力，對在學生在線上課程學習四季成因概念的影響。

參、研究方法

一、研究方法與對象選取

本研究採單一組前後測的實驗研究法，加上半結構式晤談方法，探討學生進行四季成因線上課程的學習成效。研究的樣本為台北縣某國立高中二年級社會組兩班學生，總人數為 76 人，其中男生 31 人、女生 45 人。選取高二選修地科的學生作為施測樣本的原因，是因為高中物質科學地球科學篇下冊是以大氣科學為主軸，其中一個單元主題為大氣的熱能平衡，課程內容包括四季成因概念，而且高二的地球科學因為是選修的課程，課程安排比較具有彈性，所以進行實驗教學對老師和學生較不會造成負擔。

二、研究工具的設計

(一)四季成因線上課程

本研究的課程設計，參考 Driver 和 Oldham

（1986）提出的概念改變教學模式。將四季成因線上課程的課程內容與設計，詳述如下：

1. **定向（Orientation）**：利用動畫（如圖 1）呈現世界各地的季節變化，讓學生瞭解課程中要討論的主題，並回顧自己生活中的經驗。學生可以在動畫中點選世界各地的代表性都市，並瞭解當地一年中的溫度變化，與觀看不同季節的景觀。
2. **引出學生的想法（Elicitation of idea）**：讓學生透過小組討論的方式，發表對於四季成因的想法，以瞭解別人與自己想法的差異所在，進而與別人討論彼此想法的合理性，使本身想法更為豐富。學生可以透過線上討論區（如圖 2），和其他組員進行討論。本研究之討論區為教學平台所建製的工具，學生可以在透過連結進入小組討論區，點選要討論的主題，便可瀏覽同組成員的留言並且進行回應。
3. **概念重組（Restructuring of idea）**：針對學生的另有概念，設計「異例」（內容請參照附錄一），以製造學生的認知衝突，讓學生思考其另有概念的侷限。課程網頁中列舉在課程前測與文獻探討所發現的部分另有概念，並針對這些另有概念逐以動畫呈現異例。學生可以在網頁中的清單點選屬於自己的概念，透過動畫觀看所舉的異例，思考本身概念的合理性。接著透過一系列的模擬動畫（動畫內容如表 1 與圖 3 所示）呈現四季變化的成因，學生可以一邊操作與觀看模擬動畫，一邊藉由問題的引導，推論四季變化的成因。學生也可以根據在回答問題之後所提供的文字回饋內容，修正本身的想法。接著利用 EJS[1]（Easy

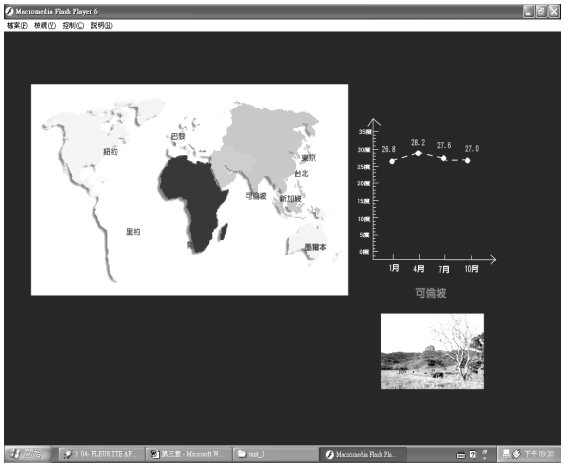


圖 1：世界各地季節變化

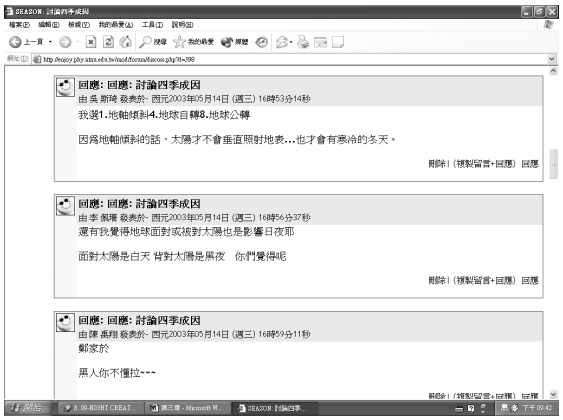


圖 2：線上討論區範例

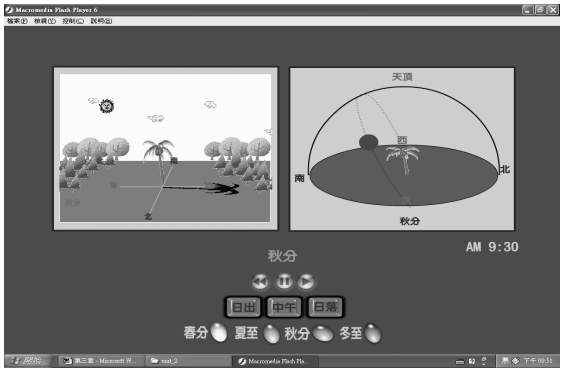


圖 3：四季變化模擬動畫範例

[1] 關於 EJS 電腦模擬程式的介紹，可參考物理教學示範實驗教室網站，網址為 http://www.phy.ntnu.edu.tw/demolab/Index.htm。

表 1：四季變化模擬動畫的內容

動畫名稱	動畫內容
手電筒照射實驗（I）	動畫模擬手電筒照射鐵釘時，所產生的陰影。學生可以操弄不同的手電筒位置，觀察鐵釘陰影長度與方向的改變。
台灣四季竿影動畫	動畫呈現台灣四季竿影圖。學生可以觀看不同日期與時刻的竿影圖，並回推台灣四季太陽在天空位置的變化。
台灣四季太陽視運動模擬	動畫呈現台灣四季太陽的視運動。學生可以觀看台灣不同日期與時刻，太陽在天空所在的位置。（如圖 3）
燈泡照射模擬	動畫呈現燈泡照射不同放置角度的黑色紙板，其溫度隨時間變化的曲線圖。學生可以指定不同放置角度的黑色紙板，觀察其溫度隨時間的變化。
手電筒照射實驗（II）	動畫模擬手電筒投影的光圈。學生可以操弄不同的手電筒照射角度，觀察光圈大小與亮度的變化。
倒水到容器模擬	動畫呈現倒水到燒杯，累積的水面高度。學生可以指定倒同一杯水到不同底面積的燒杯，觀察不同底面積的燒杯累積水面高度的差異。
四季陽光照射角度模擬	動畫呈現地表的陽光照射角度。學生可以指定地球繞太陽公轉一周時，不同時間與不同地區，觀察其陽光照射角度的變化。

Java Simulation）電腦模擬程式（如圖 4）模擬地球繞太陽公轉一週時，地球表面接收到輻射量的變化。學生可以透過緯度、經度、地軸傾斜角度與公轉　軌道離心率等變數的操弄，探索造成四季現象的主要成因，並建構出四季成因的科學模型。最後，在學生結束線上課程後，提供概念圖建構面板，讓學生將個人建構的科學模型，透過概念圖表徵出來。

4. **概念應用（Application of idea）**：將本線上課程與四季成因相關概念設計成相關情境問題，學生為了解決這些相關的問題，需要應用在線上課程相關概念。透過問題解決過程，學生能夠瞭解本身所建構概念模型的限制，進而達到學習遷移的目的。問題內容包括一天溫度變化成因與其他行星的軌道離心率和自轉軸傾斜角度造成的四季變化等（內容請參照附錄二）。

本線上課程讓學生於電腦教室學習，每人一機連線到學習平台，按照線上課程所出

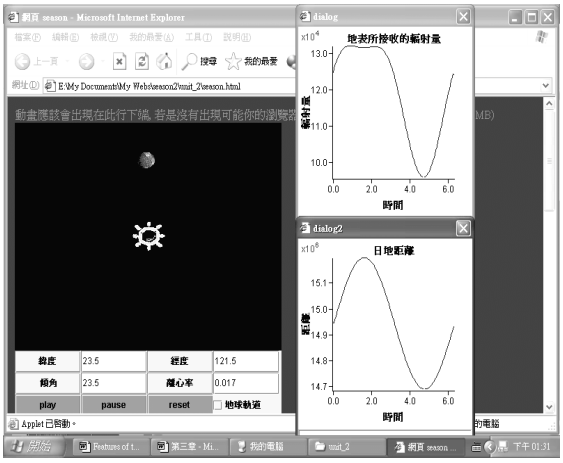


圖 4：四季電腦模擬程式

現的指示逐一完成步驟，老師的角色只是協助電腦操作問題的解決，並未引導學生的學習。課程進行過程中，小組討論的進行也是在線上討論區完成。因為學生在電腦教室的座位很靠近，為了避免彼此討論抄襲答案的情況出現，所以老師會監督學生的作答狀況。正式進行教學實驗前，此線上課程已完成專家審查（一位氣象學者和一位天文學

者）和針對台北市某學校 42 位高二學生進行前導性測試（pilot study），並依據專家意見和預試結果進行課程修訂。

(二)空間能力測驗

為了瞭解學生在四季成因線上課程的學習過程中，空間能力對其學習成效的影響，於是在課程進行前，先讓學生學生填答空間能力測驗。本測驗引用梁勇能（2000）發展的空間能力測驗 [2]，測驗的內容則包括旋轉測驗與與視覺測驗，皆為單選題。其中旋轉測驗題目共 25 題，限制作答時間為 8 分鐘，而視覺測驗題目共 25 題，限制作答時間為 12 分鐘，每一題各一分，總分為五十分。本測驗的重測信度為 0.818，達 0.01 的顯著水準。

(三)四季概念診斷測驗

為了瞭解學生對於四季成因的概念，故發展此診斷測驗。題目內容則根據文獻中所出現的四季成因另有概念，利用動畫呈現另有概念內容，讓學生在觀看玩動畫後填答封閉式的選擇題。測驗題目總數共 11 題，每答對一題得一分，總分為十一分（測驗例子請參閱附錄三）。本測驗在內容效度方面，諮請兩位師大地球科學系教授，分別是氣象專家與天文專家指導修正。學生在課程進行前與結束後，會分別作答本診斷測驗。

(四)概念圖

為了瞭解學生的四季成因概念，讓學生在課程進行前根據 Novak 和 Gowin（1984）發展的概念圖原則練習繪製概念圖，並在課程前後利用紙筆的方式繪製四季成因概念圖。根據學生繪製的概念圖，分析學生的四季成因概念類型，並將學生的概念圖加以評分（評分方式見資料分析方法一節），以評量學生對四季成因概念的理解程度。

[2] 空間能力測驗內容請參閱梁勇能（2000）的碩士論文。

(五)課程回饋問卷

問卷以廖桂菁（2001）發展「網路意見調查表」為參考，針對本研究設計的課程內容與介面加以修編。本回饋問卷分為「文字與動畫的設計」、「課程與介面設計」、「程式與工具」、「討論區」與「整體學習觀感」五個向度，正反題目共 30 題，其分項信度如表 2 所示。本量表採李克特式五分量表，選項分別為「非常同意」、「同意」、「普通」、「不同意」與「非常不同意」。

本量表由師大地球科學系教授進行專家效度審查，於前導性研究（pilot study）結束後施測，分析整份問卷內部一致之 Cronbach α 信度值為 0.91。

(六)晤談單

本研究分別在線上課程進行結束晤談學生，採半結構晤談方式，主要目的是要瞭解學生對線上課程的看法與建議。因此晤談對象挑選的原則是根據學生課程回饋問卷的總分，將學生分為高分群（27%）、中分群（46%）、低分群（27%），分別選擇樣本，後測晤談人數共 15 人。內容分別針對「教材內容」、「討論區」與「網路教學」三個部分進行晤談。「教材內容」部分，在瞭解學生認為這些模擬動畫教材是否對他們的學習有幫助；「討論區」部分，在瞭解學生是否有充分利用討論區的功能；「網路教學」部分，在了解學生對於網路教學學習方式的感

表 2：課程回饋問卷信度

向度	題數	信度（Cronbach α）
文字與動畫的設計	8 題	0.735
課程與介面設計	7 題	0.791
程式與工具	4 題	0.673
討論區	4 題	0.690
整體學習觀感	7 題	0.875
整體信度	30 題	0.913

想。

三、實驗教學流程

從民國 92 年 4 月底到 92 年 5 月為實驗教學階段，其中的工作內容包括「課程前測」、「前測晤談」、「課程前置訓練」、「線上課程教學」、「後測與意見回饋」與「後測晤談」，共六個階段，詳細流程如表 3 所示。在「課程前測」階段讓學生熟習概念圖的繪製，並作答四季概念診斷測驗與空間能力測驗；「前測晤談」階段主要在晤談學生的四季概念；「課程前置訓練」階段則讓學生熟習線上課程的操作；「線上課程教學」階段則正式進行四季成因課程；「後測與意見回饋」階段讓學生作答四季成因概念圖與診斷測驗，並填寫課程回饋問卷；「後測晤談」階段在深入瞭解學生對課程的觀感與概念改變的機制。

四、資料分析方法

(一)概念圖評分原則

以專家概念圖（圖 5）做為參考的標準，參考 Novak 和 Gowin（1984）所設計的評分方式，分為「命題」、「階層」、「橫向連結」與「例子」四個方面進行評分，最後再計算總分。概念圖評分的原則詳述如下：

1. **命題**（**propositions**）：一個完整的命題由概念與連結詞組成，在概念圖上由概念節點與連接線上的連結詞組成命題。(1)在學生的概念圖中的命題，如果在專家概念圖中也有出現，則為正確而有效的命題，給一分；(2)學生概念圖的命題與專家概念圖中命題雷同，但是連結語不清楚或模糊概念所組成的命題，則給 0.5 分；(3)學生的概念圖所出現的命題，但是在專家概念圖並沒有出現，或者是次要原因卻寫成主要因素者，為錯誤而無效的命題，則不給分。
2. **階層**（**hierarchy**）：如果次級的概念和上層的概念彼此有很大的區隔，則可訂為一個階層。在專家四季成因概念圖中，將造成四季現象的成因分為兩類，一類為主要的四季成因，共分為六個階層（表 4），另一類則為次要的四季成因，共分

表 3：實驗教學流程表

工作內容（節數）	時間（分）	工作內容	地點
課程前測（三節課）	50	1.介紹概念圖的繪製原則，並讓學生練習	電腦教室
	25	2.繪製四季成因概念圖	
	25	3.四季概念診斷測驗	
	40	4.空間能力能力測驗	
課程前置訓練（一節課）	10	1.課程登錄	電腦教室
	5	2.課程操作說明	
	35	3.課程操作練習	
線上課程教學（三節課）	20	1.課程操作說明	電腦教室
	130	2.四季成因線上課程	
後測與意見回饋（一節課）	40	1.四季成因概念圖繪製及診斷測驗作答	電腦教室
	10	2.課程回饋問卷	
後測晤談	15/人	晤談學生的概念轉變及對課程的想法（15 位）	地科教室

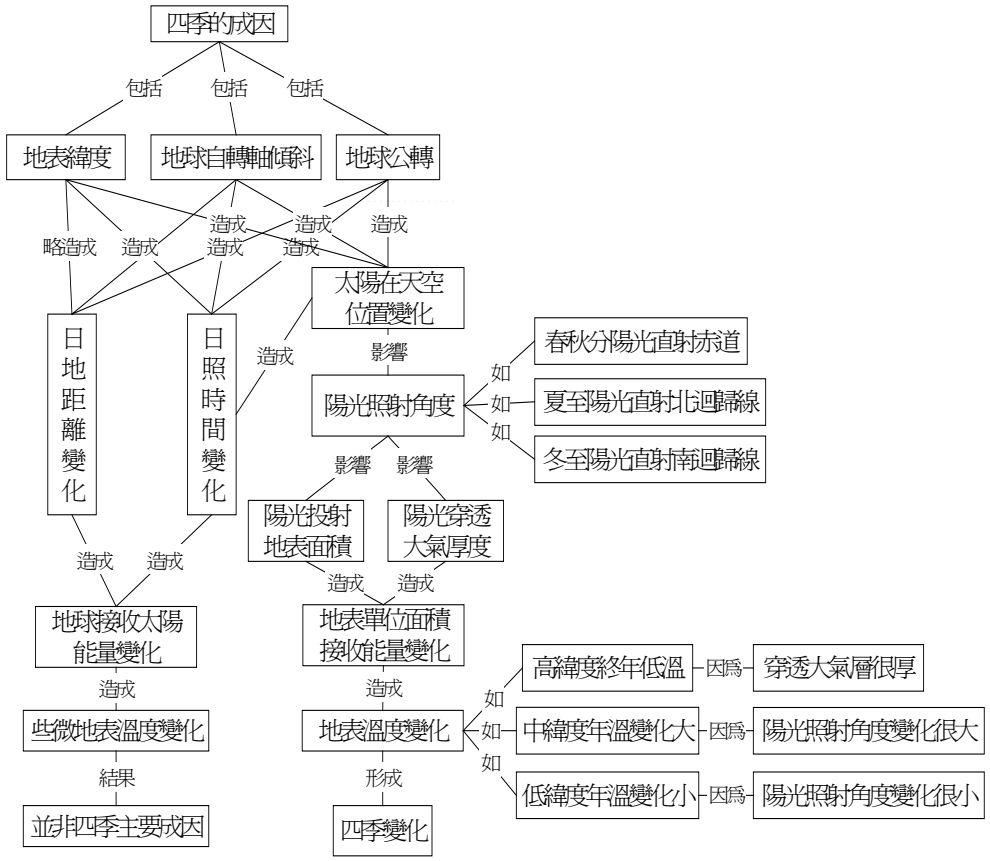


圖 5：四季成因專家概念圖

表 4：主要四季成因的階層

階層	概念節點	節點數	總分	錯誤概念倒扣
第一階層	公轉、自轉軸傾斜	2	5	2
第二階層	太陽位置在天空變化	1	5	2
第三階層	陽光照射角度	1	5	2
第四階層	陽光照射地表面積、陽光穿透大氣厚度	2	5	2
第五階層	地表單位面積接收能量變化	1	5	2
第六階層	地表溫度變化或四季變化	1	5	2

為四個階層（表 5），每一個階層的總分為五分。而每一個階層中會有數個節點，這些節點平分階層的總分，學生必須填滿階層中的節點才能拿到該階層的總分，否則只能拿到該階層的部分分數，但是如果該階層中出現錯誤的概念節點，則倒扣兩分。例如在主要成因的第一階層，共有兩個節點，所以每個節點為 5*1/2 = 2.5 分，但是如果在此階層出現錯誤節點，必須倒扣兩分。另外，上一階層的節點必須正確，不能有錯誤節點出現，下一階層才能給分。

表 5：次要四季成因的階層

階層	概念節點	節點數	總數	錯誤概念倒扣
第一階層	緯度	1	5	2
第二階層	日照時間變化、日地距離變化	2	5	2
第三階層	地表接收太陽能量變化	1	5	2
第四階層	些微地表溫度變化或並非四季變化主要因素	1	5	2

3.**橫向連結（cross link）**：橫向連結指的是兩個不同叢集之間的連結。在四季成因的概念圖中，將其分為兩個叢集，一個為主要的四季成因機制，另一個則為次要的四季成因機制。當這兩個叢集間有效且有意義的連結則給十分，對於有效的橫向連結，但是卻未形成概念群組間的整合，只給兩分。

4.**例子（example）**：在概念圖中，針對列舉概念所提的例子。在專家四季成因概念圖的內容裡，大部分的例子是針對四季成因的機制，在不同時間與地區產生的不同狀況。將專家概念圖列舉的例子，列在表 6 中。每一個正確的例子則給一分，而例子後面正確的原因命題也給一分。

以學生後測繪製的四季成因概念圖（圖 6）作為概念圖評分的例子進行說明。在這張概念圖的命題方面，學生的有七個正確的命題，分別為 (1)四季變化主因是地軸傾斜 (2)地軸傾斜造成直射斜射南北半球 (3)直射斜射南北半球造成各地輻射量不同 (4)各地輻射量不同所以有溫度變化 (5)四季副因是日地距離 (6)日地距離有近日點遠日點 (7)近日點遠日點所以各點輻射量不同，故得分為 7 分。在主要成因的階層方面，這張概念圖的第一階層僅寫出地軸傾斜，故得 2.5 分；第二階層寫到陽光照射角度變化，得 5 分；第三階層指出各地輻射量不同，得 5 分；第五階層寫出四季變化，得 5 分，所以在主要階層方面的總分為 17.5 分。另外在次要階層方面，這張概念圖的第一階層僅寫出日地距離，得 2.5 分；第二階層寫出間接影響各地輻射量不同，得 5 分，所以在次要階層方面的總分

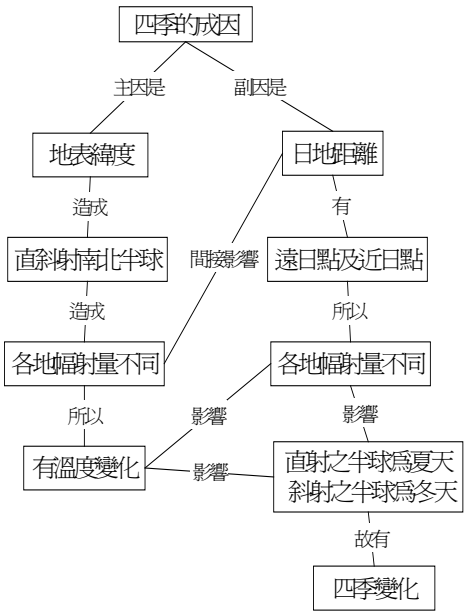


圖 6：學生的四季成因概念

表 6：專家概念圖的例子

概念	例子
陽光照射角度	春秋分陽光直射赤道、夏至陽光直射北迴歸線、冬至陽光直射南迴歸線。
地表溫度變化	高緯度終年低溫、中緯度年溫變化大、低緯度年溫變化小。

為 7.5 分，至於例子方面，這張概念圖有兩個正確的例子，分別為 (1)直射的半球為夏天 (2)斜射的半球為冬天，得分為 2 分。統計整張概念圖的得分，為 7（命題）+ 17.5（主要階層）+ 7.5（次要階層）+ 2（例子）= 34 分。

學生在概念圖的敘述常會出現不同的字詞表達，經過研究者和互評者研究員討論整理出學生概念圖中的同義詞，以作為評分參考，評分者信度為 0.84（Pearson r = 0.84, $p < 0.01$）。

(二)資料分析

在本研究資料分析的方法分為質與量兩個部分：

1. **量的方面**：針對概念圖、診斷測驗、空間能力測驗、課程回饋問卷進行分析。
   (1)將學生在前後測中繪製的概念圖與作答的診斷測驗加以評分，以成對樣本 t 考驗（Paired-t-test）比較學生完成線上教學後，在前後測概念圖的得分是否有顯著差異，並計算其效果量（Effect size）。
   (2)學生前後測概念圖的繪製內容，將學生的四季成因概念加以分類，並探討前後測的概念類型次數分佈差異。
   (3)以學生的空間能力為自變數，概念圖前測得分為共變數，概念圖後測得分為依變數，進行單因子共變數分析（ANCOVA），考驗不同空間能力的學生，其學習成效是否有顯著差異，並利用線性迴歸分析方法，考驗學生的學期成績、空間能力與概念圖前測得分對概念圖後測得分的預測力，以評估空間能力對概念圖後測得分的實質影響。
   (4)以卡方分析（Chi-Squared test）方法分析學生在「文字與動畫的設計」、「課程與介面設計」、「程式與工具」、「討論區」與「整體學習觀感」五個向度的滿意度，在觀察值與期望值之間是否有顯著差異。
2. **質的方面**：針對後測晤談資料，分析學生對於線上課程的看法，進行分析與歸納。

肆、結果與討論

一、實驗教學後的學習成效

本研究評量學生的概念表現的有四季成因診斷測驗與概念圖兩種，因此將學生四季成因診斷測驗與概念圖的前、後測總分以成對樣本 t 考驗進行分析。由表 7 與表 8 得知，學生在完成四季成因線上課程之後，四季成因診斷測驗與概念圖得分有顯著的進步，並達顯著的水準，而且實驗效果量（Effect size 分別為 0.94 與 0.88）達高度實驗效果量。顯

表 7：四季成因診斷測驗總分 t 檢定

N = 76	前測		後測		t	*p*	ES
	平均值	標準差	平均值	標準差			
總分	5.93	2.07	7.72	2.04	6.42	0.00*	0.88

*$p < 0.04$

表 8：概念圖得分 t 檢定

N = 76	前測		後測		t	p	ES
	平均值	標準差	平均值	標準差			
得分	4.89	4.15	11.83	7.37	8.00	0.00*	0.94

示本線上課程，能夠幫助學生學習四季成因概念。

二、空間能力對四季成因學習成效的影響

(一)單因子共變數分析

學生空間能力測驗平均得分為 33.20，高於平均分數為高空間能力組（共 38 人），低於平均分數為低空間能力組（共 38 人）作為自變項的分群依據，並把學生的概念圖前測得分當作共變項，學生的概念圖後測得分當作依變項，進行單因子共變數分析，所得結果如表 9 所示。但是因為概念圖前測得分與後測得分，不滿足組內迴歸係數同質性的假設檢定（兩組迴歸線並不平行），故將資料以 Johnson-Neyman method 分別予以調整，以滿足共變數分析的條件。

由表 9 結果可得知，高空間能力組在概念圖後測成績顯著高於低空間能力組，但是因為兩者的統計分析不滿足組內迴歸係數同質性的檢定，故以 Johnson-Neyman method 加以調整（如圖 7），調整後結果為：當學生的概念圖前測得分在 6.75 分以上，高空間能力組的學生在概念圖後測得分顯著高於低空間能力組。

(二)線性迴歸分析

由於先前研究發現空間能力會影響學生在四季成因的概念（翁雪琴, 1994），以及本研究所研發的二度空間動畫、電腦模擬需要學生具備將二度空間的平面圖像轉為三度空間立體圖像的能力，才能了解四季成是因為太陽和地球彼此之間在三度空間的位置變化。再考慮影響學生概念轉變的因素除了課程本身的設計外，學生先前的背景知識是關鍵因素，概念圖前測可以了解學生有關四季成因的先前概念所在，並透過課程分析發現四季成因內容與上學期的地理、數學與地科等科目有所關聯。因此，選取可能影響學生概念圖後測得分的三個主要因素：學期成績（地理、數學與地科的平均）、空間能力與概念圖前測得分作為預測指標（predictor），使用 stepwise 的迴歸模式，探討這三個因素對概念圖後測的解釋力。由表 10 得知，以學期成績、空間能力和概念圖前測得分共同預測概念圖後測得分的解釋力（R^2）達 21.4%（$F = 6.54$，$p < 0.01$），其線性關係可用方程式表示：$Y = 0.18X1 + 0.44X2 + 0.32X3 - 16.22$，其中 X1 代表學期成績，X2 代表空間能力，

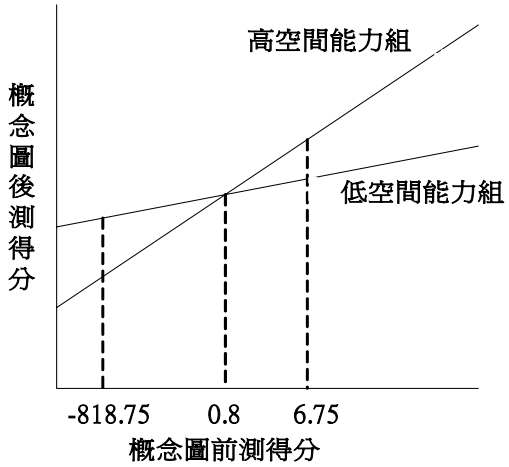


圖 7：Johnson-Neyman method 分析

表 9：學生空間能力對其概念圖後測的共變數分析

組別	高空間能力組（N = 39）			低空間能力組（N = 37）			F	*p*
項目	後測平均	標準差	調整後平均數	後測平均	標準差	調整後平均數		
概念圖得分	13.69	8.12	13.55	9.86	6.00	10.02	4.74	0.03*

*$p < 0.04$

表 10：學期成績、空間能力、概念圖前測對概念圖後測得分的迴歸分析

	概念圖後測得分			
	R^2	F	β	t
學期成績			0.18	2.57
空間能力	0.21	6.54	0.44	2.85
概念圖前測			0.32	1.70

X3 代表概念圖後測成績。此方程式中空間能力的係數是三個預測指標中最高的，代表空間能力對概念圖後測得分的解釋力最高。顯示學生的空間能力與其四季成因概念的學習間存在顯著關係。

三、前後測四季成因概念類型統計分析

根據學生所繪製的概念圖內容，將學生的四季成因概念類型分為八個大類，詳細內容請見表 11。為了瞭解在課程進行前後另有概念類型出現頻率的變化，根據學生所繪製的概念圖（所對應的另有概念類型和學生概念圖例子請參照附錄一），分別統計學生在前測以及後測各種概念類型出現的次數。如表 11 所示，我們可以歸納以下幾種發現：

(一)在概念圖中「現象與經驗」、「背對或面對太陽」、「太陽本身的變化」、「日照時間」與「地軸傾斜」這五種另有概念類型後測出現的次數也都少於前測的次數，顯示本線上課程可以幫助部分學生改變其原有的另有概念。

(二)概念圖的結果發現，「日地距離」概念類型後測的次數比前測次數增加，目前研究資料不足無法解釋可能的原因。但是推測可能的原因如下：(1)在電腦模擬的引導問題無法讓學生分辨出地軸傾斜和日地距離何者對四季形成的影響較大 (2)學生操作電腦模擬時，並未嘗試檢測所有變項對地球接收太陽能多寡的影響，導致產生錯誤結論。對於造成學生在後測中認為日地距離是造成四季變化人數增加的原因，需要後續研究作嚴謹檢視。

(三)概念圖的結果發現，「不完整概念」類型後測出現的次數少於前測，「科學模式」的概念類型後測出現的次數略微增加，表示在經過本課程的學習之後，部分學生能夠表現出較正確的科學模式概念。

透過晤談學生的內容（參考 H6 的原案），可以發現四季成因線上課程動畫內容是學生發生概念改變的主要機制，不過課程內容雖然能夠引導學生產生較為正確的科學概念，卻也使得部分學生產生誤解，出現新的另有概念。

T：你說直射位置不一樣，那麼直射位置不一樣有什麼差別？對四季有什麼影響？

H6：吸收熱量不一樣，例如說直射南迴歸線，吸收熱量比較快，就會變夏季了

T：這個想法是在月考前有，還是在.....

H6：月考前就有了，以前地理有學過

T:那在整個課程當中,對你有沒有什麼幫助？

H6：這部分說四季，就是大概了解，但是還是不夠清楚，可是看了動畫之後，就很清楚，動畫覺得做的很好，就是有幫助

四、線上課程學習觀點

為了瞭解學生在完成線上課程後的滿意度，將學生在課程結束後所填寫的「課程回饋問卷」，進行卡方分析。為了瞭解學生在五個向度裡，課程回饋問卷呈現的滿意程度是否和預測值有顯著的差異，因此將問卷中的「很不同意」與「不同意」兩個選項合併為「不同意」，將「很同意」與「同意」兩

表 11：前後測四季成因概念類型分佈

概念類型	概念類型詳細內容描述	出現次數	
		前測	後測
現象與經驗	烏雲擋住太陽造成四季變化。	26	1
	月球吸收太陽的輻射熱造成四季		
	潮汐與洋流影響會造成四季變化		
	行星風系和氣壓等因素造成四季變化		
背對面對太陽	太陽繞地球公轉，面對太陽為夏天，背對太陽為冬天。	20	9
	地球自轉時，背對太陽為夏天，面對太陽為冬天。		
	地球繞太陽公轉一周，背對太陽為夏天，面對太陽為冬天。		
	地球自轉和公轉產生背對或面對太陽的現象，造成四季變化。		
太陽本身的變化	太陽本身溫度變化造成四季	2	0
	太陽位置不同影響陽光照射角度造成四季		
日照時間	夏天晝長夜短，冬天晝短夜長。	12	10
	地球自轉速度的改變。夏天地球轉動慢，白天較長；冬天地球轉動快，白天較短。		
	地球公轉速度變化。夏天地球公轉動慢，白天較長；冬天地球工轉快，白天較短。		
	地軸傾斜，造成南北半球日照時間不同。		
地軸傾斜	地球自轉傾斜方向改變造成四季變化。	20	15
	地軸傾斜，所以地球某些地區較靠近太陽，某些地區較遠離太陽，造成四季變化。		
	因為地軸傾斜，所以夏天北半球照射面積比較大，冬天北半球照射面積比較小。		
日地距離	地球公轉的日地距離變化造成四季現象。	12	26
	太陽公轉所造成的日地距離變化產生四季。		
	地球和太陽的距離變化造成四季。		
不完整概念	知道造成四季部分成因，但是概念內容不完整者，或認為陽光照射角度變化是細微因素。	46	42
科學模式	地球繞日公轉，自轉軸傾斜且指向固定，於是太陽直射的位置會改變。	2	12

個選項合併為「同意」，以「不同意」、「普通」和「同意」三個選項進行百分比同質性卡方檢定，以分析這五個向度中其觀測值與預測值是否有顯著的差異。由表 12 得知，在「文字與動畫的設計」、「課程與介面設計」、「程式與工具」、「討論區」與「整體學習觀感」五個向度中，學生選擇不同意、普通與同意三個意見選項有顯著的差異（$\chi^2 = 42.17$, $p < 0.05$）。進一步就五個向度分別考驗，分析結果如表 13 所示。下面就針對五個向度的統計分析與晤談資料，分別討論：

(一)文字與動畫設計

在此向度中，選擇同意的人數顯著高於預測值（R = 4.0），選擇不同意的人數顯著低於預測值（R = -4.8），顯示學生對於文具與動畫設計的滿意度顯著高於預期程度。晤談的結果發現，有四位學生認為動畫可以免去冗長的文字敘述，直接呈現畫面，比較容易理解（參考 L6 的原案資料）；有六位學生提到動畫可以提起興趣，增進學習動機（參考

表 12：課程回饋問卷卡方分析

	χ^2	df	p
Pearson Chi-Square	42.17	8	0.00**
Likelihood Ratio	43.55	8	0.00**
Linear-by-Linear Association	11.32	1	0.00**

**$p < 0.01$

H6 原案資料）；有兩位學生提到親自操作模擬動畫可以增進概念的理解（參考 M4 的原案資料）。

L6：有時候看文字，因為敘述長可能就不太想看，跳過去了，像歷史、地理。所以有時轉變成動畫就會比較想要去看，就算長的話，至少也是畫面，就是姑且聽聽看。

H6：很有趣、好看。就是題目配合動畫看起來很吸引人，比較能接受。

M4：就是有動手操縱那個動畫，就知道問題在問什麼東西，不用憑空想像，比較實際，知道怎麼回答問題。

(二)課程與介面設計

課程回饋問卷資料的卡方分析沒有發現顯著結果出現，不過從晤談的資料可以發現，有兩位學生認為針對學生的錯誤概念，所設計的動畫內容，可以幫忙導正大家的想法（參考 M2 的原案資料），不過也有一位學生認為太多類似的動畫內容一再出現，會混淆觀點（參考 L6 的原案資料）。

有一位學生無法將一系列的四季成因模擬動畫的概念內容加以整合，忽略了每個動畫開始時的提示語，以為這些動畫是個別獨立，沒有關連的（參考 M4 的原案資料）。

M2：其實好處是看那些動畫，會知道自己之前那些想法是錯的，把那些大家錯誤觀念的想法放進動畫，讓大家都知道會有這那樣想法，可以糾正我們錯誤觀念，還不錯。

表 13：課程回饋問卷五個向度同意度之卡方分析

	不同意	普通	同意
文字與動畫設計			
觀測值	60	275	264
預期值	97.3	278.2	223.6
標準殘差	-3.8	-0.2	2.7
調整後標準殘差	-4.8**	-0.3	4.0**
課程與介面的設計			
觀測值	88	253	184
預期值	85.2	243.8	195.9
標準殘差	0.3	0.6	-0.9
調整後標準殘差	0.4	0.9	-1.2
程式與工具			
觀測值	57	152	91
預期值	48.7	139.3	112.0
標準殘差	1.2	1.1	-2.0
調整後標準殘差	1.4	1.6	-2.7**
討論區的設立			
觀測值	68	138	94
預期值	48.7	139.3	112.0
標準殘差	2.8	-0.1	-1.7
調整後標準殘差	3.2**	-0.2	-2.3*
整體學習觀感			
觀測值	92	226	206
預期值	85.1	243.4	195.6
標準殘差	0.8	-1.1	0.7
調整後標準殘差	0.9	-1.7	1.1

*表示$|R| > 1.96$，即$p < 0.05$　**表示$|R| > 2.58$，即$p < 0.01$

L6：有時覺得蠻無聊，因為有些動畫長得很像，然後會搞混。就是有一些觀點很像，動畫又差不多的話，就會搞混。

M4：因為每個動畫之後都有問題，所以我以為是個別獨立。我並沒有注意到前後的提示文字耶，因為我不喜歡太多的文字敘述。

(三)程式與工具

課程回饋問卷的卡方分析結果發現，選擇「不同意」人數顯著高於預測值，表示學生對此向度滿意度偏低。而在「程式與工具」向度中，包括模擬程式的使用與概念圖的繪製兩方面，為了探討是哪方面造成此向度滿意度偏低，將「程式與工具」裡問題的選項合併為「不同意」、「普通」和「同意」三個選項進行百分比同質性卡方檢定，分析這四個問題中是否觀測值與預測值達顯著差異，以挑出造成此向度滿意度不如預期的關鍵因素。從表 13 可以發現，學生在「繪製出概念圖內容是很難的學習任務」中，選擇同意的人數高於預測值（R = 6.0），選擇不同意的人數顯著低於預測值（R = -4.6），顯示學生對於概念圖繪製深感困擾。在前後測的晤談資料中也發現，學生在概念圖上表達的內容會和自己本身的想法有所出入（參考 M4 的原案資料），這可能是學生對於概念圖繪製技巧並不熟悉的結果。有學生認為，電腦模擬程式可以突破傳統教學的侷限，讓學生透過電腦操作，探討概念的內容，幫助概念的理解（參考 H42 的原案資料）。

M4：因為我不知道要怎麼正確表達我的意思，所以就寫成那樣子。就是我腦袋想的跟手寫出來的不一樣。

H42：像這次地科有這個程式，學生就可以直接去操作，如果是傳統教學，你們要怎麼跟學生解釋地軸傾斜不是零、日地距離、離心率很大或是很小，該怎麼讓學生去了解、操作。那這次程式就能讓學生清楚知道怎麼影響。

(四)討論區的設立

課程回饋問卷卡方分析結果發現，學生對於「討論區的設立」的滿意度顯著低於預測值，表示學生對於討論區的滿意度偏低。晤談結果發現，有四位同學認為跟旁邊的同學進行討論比較方便，討論區的功效不大（參考 M3 的原案資料）。有一位同學認為口頭說明比較清楚，文字敘述難以清楚表達自己的想法（參考 H41 的原案資料）。

M2：因為大家平常就在旁邊，可以當面討論一下。覺得討論區功效不大。

H41：口頭上說明應該會比較清楚，會比打字要來的清楚一點。

不過，也有一位同學認為，同學在討論區上發表文章，會有同儕的壓力，想要跟上同學的進度（參考 L3 的原案資料）。有三位同學則認為同學在討論區上面的文章可以刺激自己的思考，並且可以將自己知道的東西告訴別人，會有成就感（參考 H6 的原案資料）。

L3：會有一點吧，因為我看我同學還懂得蠻多的，會想要跟進等等的。

H6：有....蠻好玩的。同學有意見都有發表，有些不懂的，比較厲害的同學就可以告訴你答案，就不用在麻煩到老師那邊了。有時候可以告訴別人，還蠻有成就感的。

(五)整體學習觀感

課程回饋問卷資料的卡方分析沒有發現顯著結果出現，不過藉由晤談資料可以發現，有學生認為透過電腦動畫學習較傳統教學方式生動活潑，不會覺得無趣，（參考 H71 的原案資料）；有學生認為網路教學可以透過討論區和別人交流想法，互動性十足，可以彌補傳統教學方式的缺點（參考 L6 的原案資料）。

H71：講不清楚或是其他，就沒辦法吸收，而 flash 動畫表達起來可能就比老師講的清楚。動畫可以比較生動，還有字幕，印象會比較深刻，學生能比較清楚知道它在講什麼。

L6：而且老師講述，假如不懂的話，也不會在課堂上發問，頂多下課問，就很了不

起了吧！而這次的學習方式可以直接透過討論區跟別人討論，可以馬上解決自己的問題。

有位學生則不適應主動建構的學習方式，習慣上課時有課本在身旁，可以直接從書本中尋找答案(參考L72的原案資料)；有些學生則認為電腦教學不能取代傳統的教學方式，電腦教學應該要和傳統教學相互結合，在課程進行之前先給予概括的概念，再進行電腦教學的課程，比較容易融會貫通（參考 H71 與 L3 的原案資料），甚至有學生建議老師應該要針對課程內容進行講解，不能只有透過電腦動畫學習，否則會對課程中要呈現的概念有所誤解。(參考 M1 的原案資料)。

L72：對啊！我覺得課本沒有上，就會覺得怪怪的。對啊！我覺得不能直接切入。可能會很死吧，但是我覺得這是最基礎的。我不是習慣那種啟發的教學方式。

H71：就是我覺得課堂上應該可以先講一些大的觀念，然後再去電腦教室看那個會比較有興趣。什麼都不知道就看，就比較沒辦法直接進入狀況，在課堂上也比較認真，比較能夠學到一點，就像實驗課一樣，印象會比較深刻。也就是先讓我們大概了解一點、討論一下。

L3：我覺得要先接觸一些東西在去切入電腦的教學方式，就是電腦是一種輔助的東西不是主要。我每次考試都摸著一本新的課本，我覺得課本買了就是要用，而且課本是考最多的東西。所以課本要先教，讓你有個底子再去看電腦的領域會比較有幫助，這是一個輔助，如果你用好的話就很有幫助。

M1：其實配合動畫還不錯，可是就是希望老師還可以在講解一點，不要只有動畫，因為有時候自己去理解，邏輯可能會不太一樣，可能會誤解什麼之類的。我覺得有差吧！就是老師可以在輔助一下，講解完再讓我們看一次，會比較清楚。有時候看，腦筋會轉不過來，會希望老師講解一下。

伍、結論與建議

高二學生在課程進行之前普遍具有四季成因另有概念，這是因為四季成因屬於天文的抽象概念，學生難以建立正確的概念。經過線上課程的學習之後，部分學生能夠修正本身的另有概念，具有科學概念的學生次數也增加了，就整體而言，學生在概念圖或是診斷測驗的得分，在課程結束後有顯著的進步，顯示本線上課程可以幫助學生發生概念改變，並達到學習效果。學生普遍認為電腦動畫教學可以引起學習動機，透過動畫可以呈現文字難以表達的抽象內容，並且經由電腦模擬的探索過程增進概念的理解，符合 de Jonf 和 Njoo（1992）所認為動畫模擬對學習的幫助。

由於四季的成因與太陽和地球兩個天體之間相對位置的變化有關，然而在本課程的天體運行動畫呈現方式以二度空間的畫面為主，學生需要將二度空間的畫面在心中轉為三度空間的心象，才能有所了解，加上本課程的部分動畫需要學生針對三度空間的相對位置進行推論，例如利用竿影推論四季太陽在天空位置的變化，所以學生在本課程的四季成因概念學習成效與其空間能力息息相關。另外由迴歸分析發現空間能力對概念圖後測得分的解釋力最高。顯示學生的空間能力對其四季成因概念的學習有顯著關係。因此，建議在四季成因課程開始之前，能夠先

建立學生地球公轉時日地間相對位置變化的空間關係，以增進其對於四季成因的理解。

從課程回饋問卷的資料可以發現，學生對於概念圖的繪製頗感困擾。本課程讓學生利用紙筆繪製概念圖，學生在開放式的概念構圖過程中，常因為概念圖需要繪製的概念內容眾多，使得繪製的概念圖內容有點複雜，學生使用紙筆繪製時，更會因為不斷地修改，使得整個概念圖得線條或節點產生糾結現象，更使得架構難以辨識（宋德忠、陳淑芬和張國恩, 1998）。黃台珠（1995）的研究也發現，學生在使用過概念圖後，普遍因為概念圖使用的複雜性與繁瑣性，表示不願意再使用概念構圖。晤談的過程發現，受於研究時間的限制，只能夠讓學生練習繪製兩次概念圖，造成少數學生繪製的概念圖內容詞不達意，和自己具備的概念有所差距，甚至會和本身的想法相左，這和學生繪製技巧不純熟有關。在未來的研究上，如果能夠讓學生透過電腦繪製概念圖，將可以避免學生塗改的困擾，而在正式研究進行前，應該要讓學生的多練習概念圖的繪製技巧，如此學生將更能以概念圖來能貼切地表達自己的想法。

本課程是依建構論的理念來設計，學生是主動的學習者，以先前的知識為基礎，藉由動手操作的過程建構知識。不過，建構式的學習方式對於台灣的學生來說，普遍是比較陌生，雖然大多數的學生認為這樣的方式是比較好的，但是卻也普遍表示並不是很適應這樣的學習方式。黃福坤（1999）認為國內的學生在學習的過程習慣題目的標準答案，多數人選擇利用記憶的方式學習科學，不善於思考與解決問題，也不懂得如何建構完整的知識。從晤談資料發現，已經習慣上課時有老師與課本在身邊的學生們，多數認為本課程的學習方式會讓自己覺得沒有安全感，不知道自己在學習過程得到的結論是否正確，而同學彼此之間的概念也都很模糊，很難從同儕間尋求協助，所以普遍覺得老師應該要在課程一開始先給予正確的方向，並在課程進行中給予引導。另外，本研究也發現，學生在缺乏老師的引導的學習過程，會缺乏安全感，對自己的想法沒有自信，甚至造成動畫傳達的概念內容產生誤解。這與 River 和 Vockell（1987）所認為應該在學生操作電腦模擬的過程中加入引導的想法相符合。因此老師如何能夠在學生產生困惑時給與引導，又能避免給予過多的提示，以免學生對老師產生依賴，在往後的線上課程的發展，是需要加以思考與探討的問題。

陸、參考文獻

1. 王美芬（1991）：自然科錯誤之研究。**台北市立師範學院學報**, **22**, 367-400。
2. 朱錦鳳（1997）：教學電腦模擬的必備要件及注意事項。**教學科技與媒體**, **31**, 49-53。
3. 宋德忠、陳淑芬和張國恩（1998）：電腦化概念構圖系統在知識結構測量上的應用。**中國測驗學會測驗年刊**, **45**(2), 37-56。
4. 陳英嫻（1995）：月相盈虧之概念改變。**師大學報**, 1995, **40**, 509-548。
5. 邱美虹（2000）：概念改變的省思與啟示。**科學教育學刊**, **8**(1), 1-34。
6. 翁雪琴（1994）：**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歷程**。台北市：國立台灣師範大學碩士論文（未出版）。
7. 黃台珠（1995）：**概念圖在國中生物教學上成效研究（II）**。國科會報告：NSC 84-2511-017-003。
8. 黃台珠、熊召弟、王美芬、佘曉清、靳知勤、段曉林和熊同鑫譯（2002）：**促進理解之科學教學**。台北市：心理出版社。

9. 黃光國（2001）：**社會科學的理路**。台北市：心理出版社。
10. 黃福坤（1999）：資訊素養與教學 — 以物理教學示範實驗教室輔助教學網站為例。**圖書館與資訊科學**, **25**(2), 53-62。
11. 梁勇能（2000）：**動態幾何環境下，國二學生空間能力學習之研究**。台北市：國立台灣師範大學碩士論文（未出版）。
12. 廖桂菁（2001）：**情境式網路學習環境對科學學習之影響**。台北市：國立台灣師範大學碩士論文（未出版）。
13. 楊坤原（2000）：教學主義與建構主義對電腦輔助教學設計的意含。**視聽教育雙月刊**, **42**(3), 14-27。
14. 劉俊庚（2002）：**概念改變與概念改變教學策略之文獻分析 — 以概念圖和後設分析模式探討其意涵與影響**。台北市：國立台灣師範大學碩士論文（未出版）。
15. Abimbola, I. O. (1988). The Problem of Terminology in the Study of Student Conceptions in Science. *Science Education, 72*(2), 175-184.
16. Atwood, R. K., & Atwood V. A. (1996). Preservice elementary teachers' conception of the cause of season. *Journal of Research in Science Teaching, 33*(5), 553-563.
17. Bar, V., & Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(4), 363-382.
18. Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education, 11*(special issue), 503-513.
19. Bliss, J., Ogborn, J., & Whitelock, D. (1989). Secondary school pupils' commonsense theories of motion. *International Journal of Science Education, 11*(3), 261-272.
20. De Jong, T., & Njoo, M. (1992). Learning and instruction with computer simulation: Learning processes involved. *In E. de Corte, M. C. Linn, H. Mandl, & L. Verschaffel* (Ed)*, Computer-based learning environments and problem solving* (pp. 411-427). Berlin Heidelberg, NY: Springer-Verlag.
21. De Jong, T., & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulation of conceptual domains. *Review of Educational Research, 68*(2), 179-201.
22. Driver, R. (1989). Students'conception and the learning of science. *International Journal of Science Education, 11*, 481-490.
23. Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education, 13*, 105-122.
24. Duchastel, P. (1991). Instructional strategies for simulation-based learning. *Journal of Educational Technology System*, *19*(3), 265-276.
25. Garnett, P. J, Garnett, P. J., & Hackling, D. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review of research and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education, 25*, 69-95.
26. Gilbert, J. K., & Swift, D. J. (1985). Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conception research programs. *Science Education,* 69, 681-696.
27. Gorodetsky, E., & Gussarsky, E. (1986). Misconceptualization of the chemical equilibrium concept as revealed by different evaluation methods. *European Journal of Science Education, 8*, 427-441.
28. Hameed, H., Hackling, M. W., & Garnett, P. J. (1993). Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using a CAI strategy. *Inter-*

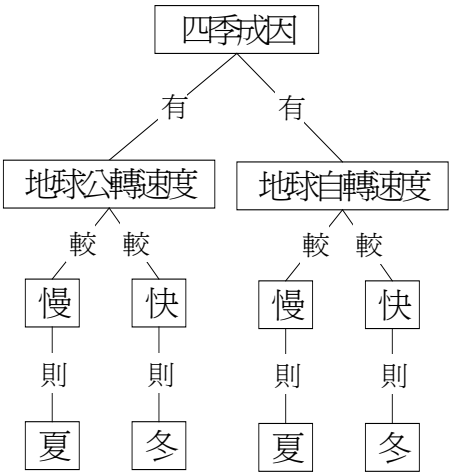
national Journal of Science Education, 15(2), 221-230.

29. Hashweh, M. (1986). Toward and explanation of conceptual change. *European Journal of Science Education, 8*(3), 229-249.
30. Hewson, M. G., & Hewson, P. W. (1983). Effect of instruction using students' prior knowledge and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Education, 20*(8), 731-743.
31. Linn, M. C., & Swiney, K. (1981). Individual differences in formal thought: Role of expectations and aptitudes. *Journal of Education Psychology, 73*, 274-286.
32. Macnab, W., & Johnstone, A. H. (1990). Spatial skills which contribute to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, *24*(1), 37-41.
33. Millar, R. (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education, 1*, 587-596.
34. Novak. J., & Gowin, D. (1984). *Learning how to learn.* Cambridge: Cambridge University Press.
35. Orion, N., Ben-Chaim, D., & Kali, Y. (1994). Relationship between Earth science education and spatial visualization. Paper presented at NARST conference, Anaheim, March 1994.
36. 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.
37. Rivers, R. H., & Vockell, E. (1987). Computer simulation to stimulate scientific problem solving. *Journal of Research in Science Teaching, 24*(5), 403-415.
38. Sanger, M. J. (2000). Using particulate drawing to determine and improve students' conceptions of pure substances and mixture. *Journal of Chemical Education, 77*(6), 762-766.
39. Treagust, D. F., & Haslam, F. (1986). *Evaluating secondary students' misconceptions of photosynthesis and respiration in plants using a two-tier diagnostic instrument.* A paper presented at the 59th annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching. San Francisco, California.
40. Tomas, R. A., & Hooper, E. (1991). Simulation: An opportunity we are missing. *Journal of Research on Computing in Education, 23*(4), 497-513.
41. Vosniadou, S. (1991). Designing curricula for conceptual restructuring: Lesson for the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal of Curriculum Studies, 23*(3), 219-237.
42. Wandersee, J. H., Mintzes, J. J., & Novak, J. D. (1994). *Research on alternatives conceptions in science*. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). New York: Macmillan.

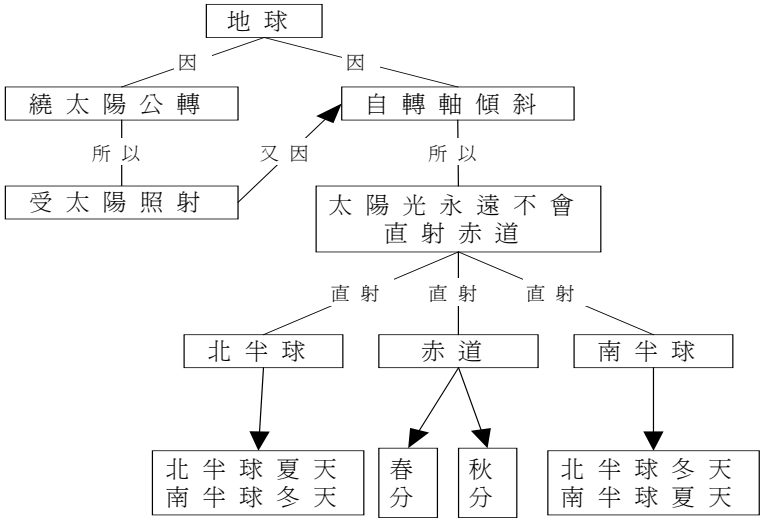
附錄一　四季成因另有概念異例總表和概念圖例子

另有概念類型	另有概念概念內容描述	異例
現象與經驗	烏雲擋住太陽造成四季變化。	夏天有時也會烏雲密佈，冬天有時也會豔陽高照
	行星風系的因素造成四季變化	並非每一個地區都會被行星風系所影響。
背對面對太陽	太陽繞地球公轉，面對太陽為夏天，背對太陽為冬天。	隨著科技的發展，我們已經知道地球繞著太陽轉。
	地球自轉時，背對太陽為夏天，面對太陽為冬天。	地球每 24 小時自轉一周，但是四季變化的週期卻是一年 365 天。
	地球繞太陽公轉一周，背對太陽為夏天，面對太陽為冬天。	東半球與西半球季節會不同，然而實際上東西半球的季節相同。
	地球自轉速度的改變。夏天地球轉動慢，白天較長；冬天地球轉動快，白天較短。	地球自轉速度固定不變。
	地球公轉速度變化。夏天地球公轉動慢，白天較長；冬天地球公轉快，白天較短。	隨著科技的發展，我們已經知道地球繞著太陽轉。
	地軸傾斜，造成南北半球日照時間不同。	北極的永晝一天 24 小時接收日照，溫度卻比赤道地區還要低。
地軸傾斜	地球自轉傾斜方向改變造成四季變化。	由北極星位置維持不變，可以得知地球自轉軸指向固定不變。
	地軸傾斜，所以地球某些地區較靠近太陽，某些地區較遠離太陽，造成四季變化。	南半球和北半球某些地區和太陽距離一模一樣，確有不同的季節。
	因為地軸傾斜，所以夏天北半球照射面積比較大，冬天北半球照射面積比較小。	北極的永晝一天 24 小時接收日照，溫度卻比赤道地區還要低。
日地距離	地球公轉的日地距離變化造成四季現象。	北半球和南半球在相同的距離，確有不同的季節。

(A)學生概念圖出現“地球自轉和公轉速度的改變”另有概念



(B)較接近科學模式的學生概念圖



附錄二　概念應用題目內容

一. 若改變地球繞日公轉軌道為圓形（離心率等於零，也就是地球和太陽的距離固定不變），地球自轉軸傾斜維持固定，那麼此時地球繞太陽公轉一週，地表所吸收的太陽輻射是否有變化？

(1)地球繞日軌道為圓形時，地表吸收的太陽輻射並沒有變化

(2)地球繞日軌道為圓形時，地表吸收的太陽輻射依然有變化

二. 呈上題，此時北半球是否依然有季節變化為？

(1)此時北半球依然有四季變化的現象

(2)此時北半球依然沒有四季變化的現象

三. 改變地球自轉軸為不傾斜（自轉軸方向和公轉軌道面垂直），地球繞日公轉軌道離心率維持不變時，則此時地球太陽公轉一週，地表所吸收太陽輻射能量是否有所的變化？

(1)自轉軸不傾斜時，地表所吸收太陽輻射能量並沒有變化。

(2)自轉軸不傾斜時，地表所吸收太陽輻射能量依然有變化。

四. 呈上題，此時北半球分別在近日點與遠日點的季節為？

(1)在近日點與遠日點的地球沒有溫度的差異。

(2)在近日點為夏天，遠日點為冬天

(3)在近日點為冬天，遠日點為夏天

五. 呈上題，此時在南半球和北半球的季節分別是否有所差異？

(1)北半球和南半球的季節相同

(2)北半球和南半球的季節相反

六. 改變地球公轉軌道的離心率為 0.3 時，地球自轉軸傾斜維持固定。此時北半球在遠日點與近日點的季節為？

(1)近日點為夏天，遠日點為冬天

(2)近日點為冬天，遠日點為夏天

附錄三　四季成因診斷測驗範例（因為動畫部分難以呈現，僅呈現文字內容）

例一 關於「自轉軸方向改變造成四季變化」的想法，你覺得是否正確？

(1)我覺得這個想法正確。

我覺得這個想法不正確，因為：

(2)這是四季變化其中之一的成因，但是四季變化還必須包括其他因素。

(3)地球公轉時自轉軸方向會改變，但是並非四季變化的成因。

(4)在一年之內，地球繞日公轉一週，自轉軸傾斜方向維持一定，並不會改變。

例二 關於「自轉軸傾斜形成陽光照射角度變化造成四季變化」的想法，你覺得是否正確？

(1)我覺得這個想法正確。

我覺得這個想法不正確，因為：

(2)這是四季變化其中之一的成因，但是四季變化還必須包括其他因素。

(3)地軸傾斜不會造成陽光照射角度的變化。

(4)陽光照射位置的變化，不會影響地表所吸收的輻射能量。

(5)陽光直射位置僅會稍微影響地表所吸收的輻射能量，不是影響四季變化的主要成因。

例三 關於「日照時間改變造成四季變化」的想法，你覺得是否正確？

(1)我覺得這個想法正確。

我覺得這個想法不正確，因為：

(2)這是四季變化其中之一的成因，但是四季變化還必須包括其他因素。

(3)日照時間是隨四季變化產生而有的現象，但並非是四季變化的成因。

(4)日照時間和地表的溫度變化沒有任何關係。

The Impact of an Online Course on Eleventh Grade Students' Conceptual Development about Seasons

Yung-Tsiang Tseng and Ying-Shao Hsu
Department of Earth Sciences, National Taiwan Normal University

Abstract

The study developed an online course, Lesson Seasons, based on the theory of conceptual change. The main issues addressed in this study are: if senior high school students make progress after the online course, if students' spatial ability influences their learning about the reason for the seasons, and what are students' opinions about this online course. There were 76 eleventh grade students participating in this study in a senior high school at Taipei County, including 31 males and 45 females. The results showed that students' understanding about the reason for the seasons made significant progress and those who had high spatial ability experienced even more progress. The qualitative data indicated that the animations in the online course played a major role in promoting students' learning and in facilitating change in their concepts about seasons. In interviews, students reported that the animations increased their motivation to learn because of the interactive interface and the displaying of abstract concepts in concrete ways.

Key words: Alternative Conception, Conceptual Change, Computer Simulation, The Reason for the Seasons