

第五章 結論與建議

本研究以高二選修地球科學的學生為研究對象，調查現今高二學生具有的四季成因另有概念，並透過線上課程，讓學生達到概念改變的目標。進而瞭解學生對於課程的觀感與建議以及評估本研究發展的診斷工具。本章將針對本研究得到的結果與建議，分成「發現與結論」、「綜合討論」與「建議與展望」三節分別進行討論。

第一節 發現與結論

本研究的發現分為學生的四季成因的概念類型、學生的學習成效與概念轉變、學生對課程的觀感與建議、診斷工具的評估等四個方面加以歸納。

一、學生的四季成因概念類型

根據學生在概念圖及晤談過程中呈現的四季成因概念，將這些概念分為八種概念類型，將這八種概念類型分別敘述如下：

(一) 現象與經驗

學生以天氣或海洋的自然現象或生活經驗解釋造成四季現象的成因，包括洋流、潮汐、行星風系、氣壓，甚至是月亮阻擋等。這些概念內容在文獻中鮮少出現，可能是學生受到地理課程的影響，才出現的另有概念。

(二) 背對與面對太陽

學生認為面對太陽的地區接收到輻射量高，背對太陽的地區接收到輻射量低，所以面對與背對太陽是造成四季變化的成因。學生所認為造成地表背對與面對太陽的機制包括太陽繞地球公轉、地球自轉、地球公轉與地球自轉加上公轉等四種。

(三) 太陽本身的變化

學生認為太陽位置的改變或溫度變化造成四季變化。太陽位置改變影

響陽光照射角度的變化；太陽本身溫度變化則影響地表接收幅射能量的變化。

(四) 日照時間

此種概念類型很少在文獻中出現，學生認為一年裡日照時間的變化是造成四季變化的成因。學生所認為造成日照時間變化的機制包括地球自轉速度變化、地球公轉速度變化、地軸傾斜等三種因素。

(五) 地軸傾斜

學生知道地球自轉軸傾斜造成四季變化，但是所描述的地軸傾斜效應卻是不正確，包括地軸傾斜方向改變造成四季變化、自轉傾斜造成南北半球與太陽距離不同、自轉軸傾斜造成南北半球太陽照射面積不同等三種因素。

(六) 日地距離

學生認為地球距離太陽比較近時地表接收到的幅射量比較多，距離太陽比較遠時地表接收到的幅射量比較少，地球與太陽的距離變化是造成四季變化的成因。造成日地距離變化有兩種情況：太陽繞地球公轉的橢圓形軌道或地球繞太陽公轉的橢圓形軌道。

(七) 不完整概念

學生在概念圖上並沒有把四季成因的每個因素描述齊全，只呈現造成四季變化的部分成因，但是也沒有出現上述六種另有概念者。

(八) 科學模式

在能夠出現描述完整的四季成因，包括(1)地球公轉(2)地軸傾斜(3)陽光照射角度變化或陽光直射位置不同，學生的敘述符合科學家的定義，歸為科學模式的概念類型。

二、學生的學習成效與概念轉變

(一) 本線上課程可以幫助學生學習四季成因。

高二學生在接受本線上課程之後，在概念圖($t=8.00, p<0.04, ES=0.94$) 與四季成因診斷測驗($t=6.42, p<0.04, ES=0.88$) 的得分有顯著的進步，且有高度的實驗效果量。

(二) 學生的空間能力會影響四季成因概念的學習成效

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，調整後的結果為：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。將學習成績、空間能力與概念圖前測得分對概念圖後測得分進行迴歸分析，發現空間能力對概念圖後測得分的解釋力最高。

(三) 課程前後有不同的概念改變類型

- 1.學生在課程結束後，根據診斷測驗的分類，具有「部分科學概念」與「另有概念」的概念組合人數減少，具有「完整科學概念」的概念組合人數增加；根據概念圖的分類，具有「完整科學概念」與「部分科學概念」的概念組合人數增加，具有「另有概念」的概念組合人數減少。
- 2.根據診斷測驗與概念圖歸類，學生在後測出現「現象經驗」、「背對或面對太陽」、「太陽本身的變化」、「日照時間」與「地軸傾斜」這五種概念類型的次數少於前測；「日地距離」概念類型，在診斷測驗的歸類，後測次數雖然減少，但是根據概念圖的歸類，後測次數卻是增多，這可能是學生誤解動畫內容的結果；根據概念圖的分類，後測科學模式的次數增加，不完整概念類型次數減少，然而根據診斷測驗的分類，後測具有科學模式的次數減少，不完整概念類型的次數增加，顯示部分學生在結束課程後，其概念模式比較複雜，認為不同的因素都會影響四季變化。
- 3.在課程前後的概念改變類型，有「維持原有的另有概念」、「另有概念到不同」、「部分科學概念到另有概念」、「另有概念到部分科學概念」、「另有概念到完整科學概念」、「部分科學概念到完整科學概念」與「維持部分科學

概念或完整科學概念」七種類型的學生。學生發生概念改變的機制包括：
(1) 四季成因診斷測驗問題的影響 (2) 課程的動畫引導 (3) 本身突發奇想。這些機制能夠讓部分學生具有較正確的四季成因概念，卻也使得部分學生產生誤解。

三、學生對課程的觀感與建議

(一) 文字與動畫設計

由課程回饋問卷中發現，平均有 43.9% 的學生對「文字與動畫設計」感到滿意，經過卡方分析結果顯示，學生在文字與動畫設計的滿意度顯著高於預測值。從晤談的資料得知，學生普遍認為動畫可以引起學習興趣，增進學習動機，而動畫的呈現可以免去冗長的文字敘述，並且可以透過動畫的操作增進概念的理解。不過也有學生認為動畫中的文字敘述太快，會來不及觀看。

(二) 課程與介面的設計

由課程回饋問卷中發現，平均有 35.3% 的學生對「課程與介面的設計」感到滿意。從晤談的資料中得知，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，但是也有學生認為太多類似的動畫內容一再出現，會混淆觀點。部分學生則認為課程的內容與題目不宜太多，也有少數學生忽略動畫開始前的提示語，無法將課程中一系列的動畫彼此互相連結。

(三) 程式與工具

由課程回饋問卷中發現，平均有 30.3% 的學生對「程式與工具」感到滿意。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，進一步針對將該向度的四個問題進行卡方分析，發現學生對於「繪製出概念圖內容是很難的學習任務」選項，選擇同意的人數高於預測值，選擇不同意的人數顯著低於預測值，顯示學生對於概念圖繪製深感困擾。從晤談的資料中得知，部分學生在概念圖表達的內容模糊不清，甚至會和

自己本身的想法有所出入，表示這些學生的概念圖繪製技巧有待加強。除此之外，也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，探討概念的內涵，幫助概念的理解。

(四) 討論區的設立

由課程回饋問卷結果發現，平均有 31.3% 的學生對「討論區的設立」感到滿意，但是經過卡方分析結果發現，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。從晤談的結果顯示，同學認為他組員在討論區上面發表的內容，可以幫助自己思考本身概念的正確性，而且討論區也可以製造同儕的壓力，讓自己想要跟上別人的進度。不過，在課程進行中，學生在討論區發表情況並不熱烈，有學生提到可能是因為大家的觀念都很模糊，或者遇到問題時大多直接與身旁的同學口頭討論。

(五) 整體學習觀感

由課程回饋問卷中發現，平均有 39.3% 的學生對「整體學習觀感」感到滿意。晤談的結果發現，學生普遍認為本線上課程比傳統教學方式活潑，不過部分同學認為本線上課程必須和傳統上課方式相互結合，老師可以針對部分課程內容進行解說，以免誤解動畫所傳達的概念。而在電腦使用方面，由於科學園屬於草創時期，因此偶爾當機的情況出現，會影響學生的學習情緒，也有學生指出在電腦教室上課容易吵鬧或者是跑到別的網站閒晃。

四、診斷工具的評估：

(一) 概念圖的評分法則的可靠性

學生概念圖和診斷測驗的分數的相關性達顯著水準 ($r=0.378$, $p<0.01$) , 而且概念圖得分對對診斷測驗分數具有預測力 ($F=25.1$, $p<0.01$) , 概念圖得分對對診斷測驗分數的解釋力 (R^2) 為 14.3%。

(二) 晤談過程的概念轉變

在前測的晤談過程中，會讓學生利用天體模型解說四季的成因，有七位學生在嘗試利用模型演示四季成因的過程中，改變自己原來的想法，使用與原先迥然不同的概念解釋四季的成因。其中五位發展出新的另有概念，有兩位發展不完整概念模式的四季成因。

(三) 概念圖與診斷測驗的矛盾

根據概念圖與診斷工具將學生的概念類型進行分類時，會發現概念圖與診斷工具的兩種矛盾：(1) 在診斷測驗有出現該種概念類型，但是卻在概念圖沒有出現該種概念類型。此種矛盾可能是因為概念圖屬於開放式的診斷工具所導致，學生無法一一詳列所有的概念類型。(2) 學生在概念圖呈現該種概念類型，但是卻在診斷測驗沒有出現該概念類型。此種矛盾的發生可能是因為學生在填答診斷測驗時，會受到選項敘述的影響。此種矛盾在後測出現的次數（22次）比前測（11次）來得多，顯示學生在課程結束後，會根據課程的學習經驗，回答診斷測驗的問題。

第二節 綜合討論

本節將藉由本研究的發現，針對學生的另有概念、四季成因線上課程的適切性、學生的學習成效與概念改變、診斷工具的評估四個方面進行討論。

一、學生的另有概念

(一) 另有概念的定義：

學生對於四季成因的概念五花八門，如果仔細思考這些不同的概念類型，其實每一種概念都有合理性，這些因素都會影響地表吸收的輻射能量，只是效應多寡的不同。例如日照時間的長短的確會影響地表吸收的輻射量，但是受到大氣層反射與吸收的作用，日照時間的影響遠小於陽光照射

角度變化的效應¹²。Hashweh (1986) 認為，學生的先前概念發展難以考慮到所有的情況，所以僅能解釋部分的現象，而科學的概念是能解釋大部分的自然現象。本研究也發現，學生在思考造成四季現象成因的過程中，並沒有考慮到其他相關的因素，單憑直覺建立一套概念想法，這些想法並非完全錯誤，只是在地球本身的條件下是不能被接受的。所以本研究定義學生異於科學家認同的概念時，不以否定的態度考慮學生建構的概念，而以另有概念 (Alternative conception) 描述學生的想法 (Gilbert and Swift, 1985)。

(二) 另有概念的來源：

本研究針對高二學生調查發現的四季成因另有概念，根據晤談的結果，可發現其概念產生的來源可分為以下兩類：

- 1.直覺經驗：學生透過日常生活經驗，發展出一套自己的理論，試圖理解周遭的自然現象 (Lewis & Linn, 1994)。例如：學生認為地球和太陽的距離造成四季的變化，遠離太陽為冬天，靠近太陽為夏天，這和日常生活中靠近火源溫度越高的經驗是相似的。
- 2.教科書的誤導：教材本身編寫的內容，容易讓學生誤解，產生另有概念。(Stavridou & Solomonidou, 1998)。例如學生認為行星風系與洋流造成四季變化，這些概念來源是地理課程的內容，學生容易被課程中片斷的描述誤導，認為行星風系與洋流為造成四季變化的成因。

(三) 與其他研究的比較

國內外針對學生的四季成因另有概念的研究不勝枚舉，不過多侷限在國中、國小的學生為主。比較本研究針對高二學生所發現與文獻中列舉的另有概念，高二學生的另有概念內容大部分與文獻中雷同，而行星風系、洋流與日照時間的因素則是過去研究未曾出現的概念內容。可能是因為高

¹² 可參考第三章第二節的專家概念圖(圖 3-3.5)。

二學生的知識結構較為複雜，所以可以發展出更為多樣化的另有概念類型。

二、四季成因線上課程的適切性

晤談與回饋問卷的資料顯示，學生普遍認為本課程電腦動畫教學可以引起學習動機，透過動畫呈現可以將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。上述優點，符合國內學者張國恩（1999）提出適合作為電腦輔助教學的課程特性。

本課程屬於建構式的電腦學習環境，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（楊坤原, 2002）。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，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，會對課程的內容產生誤解。Sanger（2000）指出學生因為對動畫內容的不熟悉，往往會產生誤解，如果能夠加入適當的引導，學生將會比較正確地詮釋動畫內容。因此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，是需要加以思考的問題。

討論區的設立能夠讓學生透過網際網路表達自己的想法，讓學習者有參與感，提升學習者的興趣（林奇賢, 1998）。晤談與討論區的資料顯示，學生遇到其他小組成員發表的不同觀點，會進行回應與思考，進而重新思索本身概念的正確性，這和 Eryilmaz（2002）認為經由同儕間的概念討論可以幫助學生學習的論點相符。值得注意的是，在小組討論的過程中，如果學生本身具有另有概念時，又碰到其他組員與自己相同的想法，或者其他組員提供的訊息無法讓本身產生衝突時，則討論發表的過程會讓本身原有的另有概念

固化 (solidification) 。甚至也有可能在討論的過程，學生直接吸取他人的想法，產生新的另有概念 (Hynd et al., 1994) 。

三、學生的學習成效與概念改變

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理解四季成因。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變化 (見附錄二，台灣四季竿影動畫)，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，這和翁雪琴 (1993) 的研究結果相互呼應。

無論就診斷測驗或概念圖而言，大多數的另有概念類型，在後測出現的次數都有顯著的減少。「現象與經驗」、「背對面對太陽」、「太陽本身的變化」這三種概念類型在後測減少的比例超過一半，是改變比率較高的三種概念類型，可能是因為這三種因素與四季溫度變化的關連性很小，「現象與經驗」的概念類型屬於局部地區或短時間的效應、「背對面對太陽」的概念類型影響的是晝夜變化、「太陽本身的變化」的類型概念則是錯誤的觀念，所以這三種概念類型與四季現象的關係比較容易被釐清。另外「日照時間」、「地軸傾斜」與「日地距離」三種概念類型在後測出現的次數也有減少，但是這三種另有概念類型的後測出現次數降低比率並不高。其實，這三種因素的確會對地表溫度變化有所影響，如此因果關係的推論邏輯並沒有錯誤，只是這三種因素相對於陽光照射角度變化所造成的效應而言，顯得不是很重要，並不是造成四季變化的主要成因。學生在學習的過程中，難以釐清在地球本身的條件裡，這三種概念類型與陽光照射角度變化所造成地表溫度變化的影響效應比重，所以造成這些另有概念難以改變的結果。

不過根據學生前後測的概念改變類型來看，雖然許多學生能夠根據線上課程的內容學習正確的四季成因概念，不過部分學生卻產生了新的另有概念類型，甚至少數學生拋棄原有的正確概念類型，接受了新的另有概念類型。這些情況的出現因素可以從課程的設計與晤談的資料加以探討：

- (一) 本課程的異例設計雖然可以讓學生產生認知衝突，但是學生面對異例的態度可能是懷疑或者是忽略（Chinn & Brewer, 1993），甚至可能造成另一種迷思概念（許嘉玲, 1997）。在本課程中逐一針對各種另有概念設計異例，但是太多類似概念的出現，以及在缺乏老師引導的情況下，學生可能會產生錯誤的理解，造成新的另有概念類型。
- (二) 四季成因概念內容，以一系列七個模擬動畫呈現，讓學生從不同的角度理解概念。雖然每個動畫前面都會有提示語，讓學生瞭解此動畫的意義與之前動畫的相互關係，學生在回答引導問題時也有針對學生填選的選項以文字回饋，幫助學生瞭解概念。但是部分學生卻因為習慣動畫的呈現方式，忽略這些文字回饋內容，因此無法將前後動畫之間的關係加以連結，所以無法整合出正確的四季成因概念。
- (三) 四季電腦模擬可以讓學生透過變數的操弄來探索造成四季變化的成因，不過 Linn & Swiney（1981）認為，學生在操作實驗的過程只會嘗試他們認為有影響的變數，並沒有將每個變數逐一考驗，因此會產生錯誤的結論。因此深究導致概念圖的日地距離概念類型後測的次數增加的原因，可能是因為部分學生未將距離與地軸傾斜角度兩個變數加以考驗釐清，僅憑片面的結果產生錯誤的推論，認為日地距離是造成四季變化的成因，

四、診斷工具的評估

針對本研究使用的三種診斷工具，在研究進行過程發現的事實現象，分別討論如下：

（一）概念圖的繪製與評分

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（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，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。本課程因為時間的限制，僅僅讓同學練習兩張概念圖後，便開始繪製四季成因概念圖。事實上，學生往往必須要繪製超過十張圖之後才能慢慢掌握繪製的技巧（黃台珠等人, 2002），在概念圖繪製次數過少的情況，少數學生會有表達的困難。

本研究參考前人（宋德忠等人, 1998；邱上貞, 1989；Novak& Gowin, 1984）的概念圖評分法則，建立學生的四季成因概念圖評分法則，與診斷測驗的得分作迴歸分析的結果，概念圖的得分對診斷測驗的得分具有預測力，顯示本研究的四季成因概念圖評分法則具有預測效度，可以作為類似概念圖的評分參考。

（二）晤談時學生的思考歷程

針對學生的另有概念進行晤談，可以深入地瞭解學生的概念內容與來源（Osbern & Gilbert, 1980），進而修正學生語焉不詳的概念圖內容。然而在晤談的過程發現，當研究者拿出天體模型讓學生進行解釋時，學生會修正其原有的概念，甚至有部分學生發展出近乎正確的四季成因概念。Smith（1970）認為透過具體運轉模型的操作，可以改善學生的技能表現與概念學習，所以學生可以透過天體模型的操作，重新思考四季的成因。老師在教授四季成因時，如果能夠輔以模型操作說明，甚至讓學生親自利用模型進行解釋，可以幫助學生思考造成四季的原因。

(三) 診斷測驗與概念圖的矛盾

概念圖與診斷測驗都可以作為診斷另有概念的工具,不過兩者屬性並不相同,概念圖是屬於開放式的診斷工具,學生在沒有任何提示與引導的情況下,大筆揮灑自己的想法;診斷測驗則屬於封閉式的選擇題測驗,學生根據題目內容,選擇合適的答案。Jones 等人(2000)認為使用不同的診斷工具會引出學生不同的概念內容。本研究發現根據診斷測驗與概念圖將學生四季成因概念進行歸類時,兩種診斷工具彼此之間會有矛盾存在,特別是部分學生在概念圖呈現的另有概念類型,卻會在回答診斷測驗時選擇正確的答案。學生在回答診斷測驗時,會根據題目的選項敘述思考其合理性,特別是在課程結束後,學生會根據課程的學習經驗回答診斷測驗,所以才會有此矛盾出現。Bar 和 Travis(1991)的研究也指出學生在多重選擇題出現正確答案的比例超過口頭測驗的方式,這和本研究的發現不謀而合。因此在診斷學生的概念時,不能單獨使用一種方式,應該要多種方式並用,才能診斷出學生真正的想法。

第三節 建議與展望

本研究對於四季成因課程設計建議、研究工具的設計、線上課程進行過程與未來研究方向提出以下建議與檢討。

一、對四季成因課程設計建議

(一) 跨學科領域的結合

地球科學和其他許多科目彼此之間的課程內容有相關,因此學生會根據在其他相關課程學到的知識,理解地球科學的課程概念。學生如果在類似的概念之間沒有良好的整合與釐清,往往會出現另有概念,本研究發現的行星風系與洋流等另有概念就是學生從地理課程得到的印象。因此老師

在準備課程過程中，如果能夠參考其他相關的課程，將相關類似的概念加以釐清，會對學生的學習有所幫助。

（二）在課程教材內容可將另有概念加以釐清

分析現有的教材發現，只有少部分的教科書在課程內容將另有概念加以澄清，大部分的教科書依然著重在四季成因概念內容的敘述。因此建議往後的四季成因教材設計，可以將另有概念納入課程內容，不過另有概念的著墨不宜過多，盡量以大多數學生擁有且不容易被改變的概念為主，例如日照時間與日地距離等，以免混淆學生的概念。

（三）利用模型操作呈現四季成因

四季成因概念屬於太陽與地球在三度空間的相對位置變化，假如老師在教導的過程僅以二度空間的圖像呈現，會使得空間能力不佳的學生理解困難，甚至產生另有概念。因此，如果能夠輔以天體模型實際演示四季成因概念，將有助於學生心象的形成，促進概念的理解。

二、研究工具的設計

本研究的教學與評量工具分為「四季成因線上課程」、「空間能力測驗」、「四季概念診斷測驗」、「概念圖」與「課程回饋問卷」五種，其需要改變的地方如下：

（一）四季成因課程

1.個人化的課程設計

本課程雖然可以讓學生自由瀏覽網頁，但是過多的課程內容，會讓學生在學習的過程中產生迷思。例如異例的設計，目的在讓學生產生認知衝突，進而放棄原有的另有概念。但是在晤談的結果發現，過多的異例讓學生目不暇給，容易混淆概念。因此線上課程可針對前測診斷的學生另有概念類型，讓學生在課程中只看到屬於自己另有概念的異例，不至於在眾多異例中迷思方向。

2.培養學生後設認知的能力

本課程的全部進行時間大約三節課，每一節的課程內容環環相扣，彼此之間有很大的關連。雖然在上課過程中，學生使用過的課程連結一直都會出現，但是學生往往只想趕快完成課程任務，並沒有回頭瀏覽先前的內容，與當時學習的概念內容進行整合。如果能夠安排學習任務讓學生進行「折返學習」，培養學生後設認知的知識與經驗（董家莒，2001），可以增進學生的學習成效。

3.3D 立體動畫的呈現

本課程使用 Flash MX 繪製動畫，受限於軟體的功能，僅能繪製 2D 平面圖。研究發現，學生的空間能力會影響學生的學習，低空間能力的學生在將 2D 畫面轉為 3D 畫面時，會出現困擾，甚至有誤解發生。在晤談學生的過程也發現，當學生使用天體模型進行解釋時，會有新的想法出現。因此如果能夠結合 3D 繪圖軟體，將動畫內容立體呈現，並且能夠讓學生操弄動畫進行探索，如此的設計，除了能夠吸引學生的興趣之外，更能夠增進學生的理解。

4.課程時間拉長

本研究因為要讓學生繪製概念圖，前後測需要許多時間，加上課程進行過程中偶爾出現的電腦網路問題，造成學生學習的時間壓縮。然而本線上課程的設計，需要學生花時間思索每個動畫傳達的意思，因此最好讓學生有充足的時間思考。

（二）概念圖

本研究讓學生利用紙筆繪製概念圖，因為學生繪製概念圖的經驗不多，往往會將概念圖的內容會一再塗改，所以最後學生呈現的概念圖內容顯得十分雜亂。如果能夠發展線上繪製概念圖的工具，設計讓學生容易操作的介面，並且可以輕易修改概念圖內容，會讓學生在概念圖技巧尚且不熟悉的情況下，減少負擔。

(三) 診斷測驗

本研究發現，學生在作答診斷測驗的過程，會根據題意與選項敘述思考其正確性。因此在設計診斷測驗時，應該避免內容過多的引導，以免學生因為選項敘述的暗示而選擇正確的答案。

三、線上課程進行過程

(一) 電腦硬體設備待加強

在尋找研究對象的過程中，發現不同學校的電腦設備良莠不齊，使得樣本的挑選飽受限制，因為本動畫版本與課程平台需要新版的瀏覽器才能使用，有些電腦沒有安裝新版的瀏覽器，會有無法瀏覽的情況出現。在使用網路進行教學時，也曾經發生師大網路伺服器斷線的情況，而科學園目前屬於草創時期，因此課程系統不是很穩定，偶爾會有當機的情況出現。這些問題都會對老師與學生造成困擾，也是使用網路教學時需要的配合。

(二) 學生與教師電腦素養的提升

學生平常雖然使用電腦的機會很多，但是卻對電腦的瞭解卻十分有限，甚至會懼怕使用電腦，這些都會影響學生對於使用電腦學習的態度。學生在不熟習電腦操作的情況下，往往狀況百出，讓學生與老師疲於奔命，更會使得學生對使用電腦學習產生排斥感。老師如果沒有具備基本的電腦素養，不懂得如何處理使用電腦過程中出現的問題，會使得教學的過程危機四伏。因此提升學生與老師的電腦素養，是推展網路教學的必要任務。

(三) 在線上課程中加入老師的引導

在本課程進行過程中，老師的角色只是概念圖繪製技巧解說、線上課程進行流程的解釋與教室的管理，學生必須根據課程的內容自行進行探索，老師不介入學生的討論，也不解答學生的問題。晤談的資料顯示，學生在課程進行過程中，由於缺乏老師的引導，會缺乏安全感，對自己的想法沒有自信，甚至會對動畫傳達的概念內容產生誤解。因此如果能夠在課

程進行過程中加入老師的引導，會減少學生在課程進行中的迷思。

(四) 塑造真實的網路學習環境

在課程進行時，因為場地的限制，全班同學只能在同一間電腦教室上課。電腦教室的座位緊鄰，學生的秩序容易吵雜，加上學生可以直接跟隔壁的同學進行討論，因此使得討論區的效果不彰，網路的功效也大打折扣。如果能夠塑造真實的網路環境，例如跨校進行教學，讓學生相隔兩地的同學進行交流，一方面可以真正達到網路教學的功能，讓學生與遠方的同學進行互動，二方面校際之間的競爭可以激起學生的榮譽心，增進學習動機。

四、未來研究方向

(一) 針對學生的概念學習進行延宕測驗

Hewson&Thorley (1989) 指出，學生在結束課程之後，雖然可以達到概念改變的目的，但是可能在經過一段時間後，又恢復先前的原有概念。本研究因為時間的限制，無法繼續追蹤學生的後續概念轉變，因此希望未來的研究能夠考慮到學生長時間的概念轉變。

(二) 利用電腦記錄學生的學習歷程

本研究僅在課程結束後，晤談學生的概念改變機制。因為課程進行時間長達兩個禮拜，學生在回答晤談的問題時，僅能憑部分的印象回答，往往得到的結果十分模糊。如果能夠藉由電腦網路的功能，紀錄學生在課程進行過程中的細部行為，再根據這些記錄的資料，推論學生的概念改變機制，會更具有可信度。

(三) 探討不同的學習者所具備的特質在線上課程的學習成效之差異

本研究僅探討空間能力對學生學習成效的影響，但是影響學生學習成效的因素很多，包括學生的電腦態度、認知風格、學習習慣等等，這些特性對學生在線上課程學習的影響，有待進一步的研究分析。

(四) 探討教師的角色

本研究完全讓學生主導課程的學習，老師僅幫忙解決電腦使用的問題與教室管理。不過本課程這樣的學習方面發現學生容易產生迷思，因此在往後的課程設計中，探討老師加入教學的影響，是值得研究的方向。