

第五章 結論與建議

本研究以隨機的方式將三組學生分派至「對照組」、「類比組」以及「動態類比組」。經過三節關於動態平衡的相關課程之後，希冀由此可以瞭解動態表徵、類比對於動態平衡的學習成就、概念本體、心智模式的轉變，以及類比與動態動比的學習態度之可能影響。本章將總結本研究的結果，並提出於研究可能的改進之道。

第一節 結論

一、教學表徵之成效比較

(一) 概念之學習成就

1. 經過教學之後，三組學生對於動態平衡的概念皆能夠有明顯地提升，可見在本次極強調「粒子觀點」的教學策略，有助於動態平衡的學習，且學生在一個月後延宕測驗的表現未有明顯的遺忘效應產生。
2. 就概念整體的表現而言，動態類比組的表現是優於類比組的，而類比組的表現是優於對照組的。而於延宕測驗中時，則是動態類比組與類比組優於對照組。

(二) 本體屬性之學習成就

1. 前測，三組的學生在五個突現性質本體概念的答對率都介於二至三個。前測得分未達顯著差異。在三次教學之後，對於突顯本體屬性的得分與前測的成對T考驗，皆達到顯著水準，代表經過教學之後學生對於本體

屬性的認識果然提升了。

2. 後測成績經共變數分析後發現F值為9.31，p值為0.000，小於顯著水準0.001，表示因教學處置的不同，本體屬性得分會達到顯著差異。動態類比組與類比組於本體屬性的得分皆優於對照組，然而動態類比組與類比組的表現是相近的。
3. 由於本研究所使用的類比物——舞會，舞會中的舞者與粒子形成一對一的對應，或許由於類比物如此的特性，使得就算是不用動畫也可以讓學生具備很好的本體概念。

二、本體屬性之跨越及迴歸情形

1. 整對照組具有直接因果過程的學生，在一個月後的延宕測驗中，有32.5%成功跨越至突現過程屬性；而類比組為54%；動態類比組為56%。關於本體屬性的跨越，動態類比組與類比組成效相近，而優於對照組。
2. 就個別屬性而言：對於個別本體的屬性仍是動態類比組與類比組有相近的跨越情形，而優於對照組。
 - (1.) 「一致性」與「持續性」，類比組與動態類比組跨越的情形較佳。
 - (2.) 「隨機性」此屬性，動態類比組所有原先具直接因果過程屬性的學生完全跨越。
 - (3.) 「同時性」三組似乎沒有太大的差異，因為這個屬性是三組都較明顯強調的。
 - (4.) 「非目的性」的本體跨越似乎都較為不易，可見這個屬性是最為困難的，特別是對照組，幾乎可說是完失敗了。至於類比組與動態類比組，約有60%產生跨越，而其中60~70%的學生並未迴歸，成功地產生了改變。

三、心智模式的轉換

(一) 心智模式的轉換 (質性晤談資料)

1. 動態類比組後測晤談中，學生的主要心智模式有83%為雙向-雙向的心智模式，而類比組為66%，對照組為50%。動態類比組優於類比組，類比組優於對照組。
2. 教學前屬於以單向-雙向為主的學生，也就是認為平衡前是單向的，而平衡之後則為雙向的學生，無論他身處於哪一組，(除了類比組之後，因為類比組於教學前無以此向度為主的學生)他都可以順利地改變至雙向-雙向的概念。
3. 以單向概念為主的學生，我們可以發現於對照組25%的學生可以改變至雙向的概念，而類比組為33%，動態類比組則為67%，因此我們可以發現持有如此心智模式的學生，也就是他們原來並不具有雙向的概念，此時，要他們產生改變便是較為困難的。而改變的情形是動態類比組優於類比組，類比組又優於對照組。

(二) 心智模式的內部融貫性 (量化測驗資料)

1. 屬於「融貫性-正確心智模式」的雙向科學模式，於延宕測驗時有略為升高的趨勢，控制組由20%提升至28%，而類比組也由30%提升至40%，雖然動態類比組略有下降，但只相差2%。此模式較易維持。
2. 雙向非科學其中包含了「融貫性瑕疵模式」以及「非融貫性模式」，此模式於延宕測驗中的維持度，對照組為56%，類比組為63%，動態類比組為50%，我們可以發現都低於模式的平均維持度約10%，這似乎說明著雙向非科學模式的維持是較為不易。

3. 非融貫性模式的比列於延宕測驗中下滑，因而學生的心智模式有趨於「融貫」的趨勢。

(三) 心智模式的使用一致性 (量化測驗資料)

1. 對照組：一致性由33%提升至67%，但是，於延宕測驗中又下降至44%。在三個單元中皆能使用雙向模式來解釋問題者，在前測中為22%，後測中為67%，但是在延宕測驗中為下降至39%。
2. 類比組：在教學之前使用一致模式的學生比例為37%，與對照組相近，而於教學之後一致性提升至69%，也與對照組有相近的比例，但是，於延宕測驗中仍有53%的學生持有一致的模式。在三個單元中分能使用雙向模式解題者，前測中為26%，後測則為69%，至現階段的表現皆與對照組相近，但是，延宕測驗中，使用一致雙向模式解題者仍有53%高於對照組。
3. 動態類比組：於教學前，使用一致模式解題的學生比例最低只有25%，而於教學之後，大大地提高至75%，是三組中最高的，而於延宕測驗中，依然維持75%。就使用一致雙向模式解題者所占百分比來看，在前測為25%，與對照組和類比組相近，而在後測中則有75%，高於其他兩組的學生，而於延宕測驗中，也有69%的學生，使用一致的雙向模式。
4. 本研究中類比教學的特點是：無論在哪一個單元之中皆是使用舞會的這一個類比，其實也為這三個主題做了一個串聯。三個主題的類比雖然略有不同，但是，皆在舞會的這個主要情境之下，或許正因為如此，而使學生受到主題情形或是題目情境的影響便會減小。
5. 透過電腦動態地呈現出粒子的運動情形，並且與舞會中的舞者做同時對應，由於三個單元的呈現方式是非常相近的，比較有利於學生發現這三個單元之中的共同特性，因而學生使用的模式一致性則會較其他兩組來得高。

四、教學的情意面向分析

(一) 整體評價

1. 動態類比組對於本次教學所持的態度是最為正向的，而類比組次之，對照組則是最差的。這樣的結果似乎與概念的後測得分，有著極相近之處。

(二) 各向度的評價

1. 幫助理解：動態類比組高於類比組，而兩組學生又高於對照組的學生，可見此研究的類比物，就學生自己的感覺而言，的確是可以幫助他們來理解動態平衡的這一個過程的。而動態類比組的學生於此向度又高於其他兩組，可見以動畫的方式呈現，更有利於學生概念的理解。
2. 非複雜／非負擔：類比組的學生抱持著頗為正向的態度（71%），動態類比組，也是抱持著頗為正向的態度（70%），不過，卻略低於類比組。
3. 生動／吸引人：類比組與動態類比組的學生，對於此向度上的同意度分別為77%、81%，高於對照組的66%。所以，整體而言，動態類比組的人會覺得本次的教學方式較為生動，類比組次之，而對照組的學生則再次之。
4. 類比的表現方式會影響學生的態度，就動態類比而言，學生覺得較易理解且較具吸引力，但是負荷卻也較重一些。

五、影響學習的可能因子

(一) 概念本體與概念成就的相關性

1. 概念表現與本體得分有相關性，皮爾森相關係數為0.52，顯著性達0.000，為中度相關。這樣的相關性在延宕測驗中更為提升了，皮爾森相關達0.74。

(二) 概念與情意態度間的相關

1. 情意態度與概念學習有著中低度的相關，皮爾森相關係數為0.27，達0.05的顯著性，延宕測驗亦有相近的結果。

(三) 影響學習的可能因子

1. 以概念前測的成績、本體後測得分及情意問卷的同意度為自變數來預測概念後測的表現，此模型R平方為0.69(調整後的R平方為0.67)，達0.001的顯著性。具備較科學心智模式的學生(R平方為0.67)、對於本體的認識較佳(R平方為0.25)、對於學習抱持較正向的態度(R平方為0.09)，那麼也就會有較佳的概念學習。
2. 心智模式對於概念學習的影響力似乎大於概念本體，因為心智模式中具有概念本體中所沒有的其他相關概念。

整體而言，整體概念的學習：動態類比組優於類比組，又優於對照組；概念本體的學習：動態類比組與類比組，優於對照組；就心智模式而言，動態類比組優於類比組，又優於對照組。動態類比可建立較全面性的理解，而類比可幫助粒子屬性的建立。

第二節 建議

一、對於教學之建議

1. 粒子觀點的引入：

雖然粒子觀點的介紹並非科學教育中的新課題，但是，往往粒子觀念的教學與一般科學概念的學習是分離的，而在本研究中，我們可以發現三組的學生無論是何種方式的教學方法，不過，都以粒子觀點來解釋所有的現象，進而對於微觀與巨觀進行對應，這樣的教學方式，可使學生對於動態平衡的概念產生顯著的改變，因此，教師在教學時，對於動態平衡中的各種現象，應該可以以粒子的觀點來進行介紹，如此學生可以對於現象背後的機制更為瞭解，可以增進學生的學習。

2. 「舞會」類比於動態平衡的學習：

動態平衡的概念一直以來是學生感到十分困難的課程，我們也可以發生學生無論在教學前擁有許多的迷思概念，而在本研究中，可以發現類比於動態平衡的成效算是相當不錯。動態平衡是較為抽象，微觀粒子與巨觀現象較為不一致的現象，所以，學生不易瞭解，但是，如果我們可以透過適當的方式，增加這個概念的具體性，學生可以更容易明白，而舞會則是一個有效的類比教學。

3. 動態類比於動態平衡的學習：

我們可以發現動態類比的確是一個不錯的教學方式，有利於學生建立較佳的心智模式。若老師願意花一些時間來設計動畫，那麼可以帶給學生更好的學習機會。不過，要注意的是，動態類比的方式，一次所呈現的訊息較多，不免較為複雜，老師在進行教學時必須小心同學只是隨機地抓取到動畫上的片面知識。可配合一些問題，引導學生們思考。

4. 課程整合與全面性類比教學：

在一般學校的課程中，對於動態平衡的概念，特別強調的是化學平衡，十分注意雙向變化的動態本質，然而對於溶解平衡、相平衡、熱平衡等，則不明顯強調其雙向的概念，甚至也不是以粒子的觀點來進行教學，留停於巨觀現象的描繪，而且這些單元往往是分散於不同學習階段中，因而，對於學生而言，這樣概念並未被加以整合，他們可能也不知這樣概念間的相關性。不同單元之中若能使用相同的類比則可有助於學生建立更為一致的心智模式。

二、對於未來研究之建議

1. 增設動畫模擬組：

本研究中有三組的教學設計，分別為對照組、類比組、動態類比組，重點在於比較，類比以動態的同時呈現，與一般類比教學的情形會不會有所不同？然而，較難確立動畫模擬的效用，因而，未來可增入另一組，也就是「粒子模擬組」，由此便可以得知粒子動畫對於動態平衡的學習，可能帶來的影響。

2. 動畫自學教材的開發：

本研究中的動態類比組在整體表現上後測中是表現最佳的，而然，於延宕測驗中卻有下滑且趨向於類比組的趨勢，似乎有由動態表徵對於動態平衡的學習所帶來的成效是較不易維持的，但是，這可能與電腦於課程中使用的方式，以及它所扮演的角色有關，因為本研究中動畫的使用只是提供教師教學上的一種輔助，對於電腦的功能未發揮得淋漓盡致。在未來的研究中，可以將動畫做些修改，而使學生可以由動畫中進行探索，讓他們自己去發現動態平衡，平衡前與平衡後的差異，經由學生親自去發現知識，這麼一來，我們可能就會得到不一樣的結果了。

3. 增加參與者人數：

本研究的參與者不多，未來可增大參與者的人數，這樣便可得到更說服力的證據。

4. 教學前的介入：

本研究是於學校教學後的介入，可以得到這樣不錯的結果，然而，若這樣的教學方式，是於學生沒有任何動態平衡的觀念時進行的，也會得到相近的結果嗎？這是未來可以努力的方向。

5. 多向度概念改變模式與教學：

Venville & Treagust (1998) 結合四個概念改變的觀點，以多向度的方式來看概念改變，本研究分析心智模式類型、概念本體得分，以及情意問卷同意度對於概念學習的影響，發現心智模式的影響最大，概念本體次之。未來研究可以進一步探討，這些因素如何影響學習，而教學上又應該如何進行。

6. 類比的呈現方式與學習：

關於類比的研究，開始有人注意到類比的呈現方式會似乎會影響到學習的成效，然而，大多的研究多探討文字的類比與圖像的類比，對於學習的影響，卻較少研究在於探討動態類比與靜態類比的不同，發現動態類比在某些向度上優於靜態類比。關於這兩種不同表徵方式的類比與學習之間的關係，可再進一步探討。

7. 概念本體屬性之難易與階層關係：

Chi等人自1997年提出突現本體屬性之後，陸陸續續進行了多次的修正，然而，對於這些屬性之間的關係，或是這樣屬性與學習之間的關聯，仍未做明確地交待，但我們可以發現本體概念的確會影響學習，若能進一步確認這些屬性與概念學習的關係，則對於教學上更有幫助。