科學教育學刊
2010, 第十八卷第四期, 361-387

Chinese Journal of Science Education
2010, 18(4), 361-387

不同非語詞刺激對國小學生月相概念學習之影響

陳翠雯[1]　侯依伶[2]　劉嘉茹[2,*]

[1] 高雄市立港和國民小學
[2] 國立高雄師範大學　科學教育研究所

(投稿日期：民國 99 年 3 月 10 日，修訂日期：99 年 4 月 14 日，接受日期：99 年 5 月 20 日)

摘要：本研究藉由探討國小學生月相概念學習成就的差異情形，來瞭解介入不同形式的非語詞刺激教學在學生心智模式的形成與轉變上所造成的影響。本研究以三個班級 102 位國小四年級的學生作爲教學實施及量化資料的收集對象，並於其中分別選取不同空間能力的學生共 63 人，進行不同學習階段的晤談，希冀能釐清不同非語詞刺激對不同空間能力的學生所造成的影響。研究結果發現介入模型刺激的教學能提升中、低空間能力學生的學習成效，而介入視覺刺激的教學則僅對低空間能力學生的學習成效有影響。另外，從心智模式和本體分類的觀點而言，介入模型刺激的教學比介入視覺刺激的教學和對照組更能造成學生發生跨越本體類別的根本概念改變。

關鍵詞：月相概念、心智模式、空間能力、非語詞刺激

壹、研究背景與動機

學習者是學習的過程中的主角，學生以既有的先備知識，在與環境的交互作用下產生新的知識 (Goodman, 1976; Von Glasersfeld, 1990; Wheatley, 1991)，所以瞭解學生概念的變化對於教學而言是非常重要的。然在許多科學概念的學習過程中，對於抽象的概念或無法直接觀察的現象，教師必須要藉由各種不同教學的刺激來促進學生的理解。而這些教學過程所使用的語詞與非語詞刺激就構成了教學活動的主體，其中非語詞刺激對學習的影響更爲明顯 (Paivio, 1986)。

Paivio (1986) 的二元編碼理論 (dual-coding theory) 認爲人類的記憶和認知由兩個不同的表徵系統掌管，其中一個用於語言的處理，另一個用於對非語詞事物、事件、影像的表徵與處理，包含表徵內容知覺特質

* 通訊作者：劉嘉茹

的空間轉換與改變。這兩個系統彼此獨立但相互關聯，當其中一項被呈現時，另一項就可以被主動引起。換言之，每一個系統不僅有它自己內部的關聯網路，也和另一個系統交互關聯。因此教師在教學過程中同時呈現適當的非語詞刺激，可以幫助學習者將教材的內容進行不同的編碼儲存，以促進日後學習者的搜尋和提取，進而形成有效的教學 (Lipman & Caplan, 1992)。

以小學階段「月相變化」單元爲例，對 10 歲的兒童而言，月相的成因及其變化的規律是抽象而難以理解的 (王美芬，1991；李曉雯，2001；姜滿，1997；賴瑞芳，2002)。邱美虹與陳英嫻 (1995) 的研究同樣顯示，部分國中三年級的學生對月相的形成也存有迷思。造成學習者對這些科學概念產生迷思的原因，有部分學者認爲是受限於空間能力的發展 (邱美虹、陳英嫻；Bishop, 1978; Fuys, Geddes, & Tischler, 1988; Orion, Ben-Chaim, & Kali, 1997)，有些學者則以本體類別對應錯誤來加以解釋 (Chi, 1992, 2000, 2005)。

Chi (2000, 2005) 從本體分類的觀點來探討學生所具有的迷思概念難以改變的原因。根據 Chi 的分析發現，學生錯誤的將過程類別中的突現過程 (emergent processes) 分類至因果過程 (causal processes；或稱導向過程，direct processes) 是造成該類科學概念難以學習的原因之一。Chi 認爲突現過程的概念所具有的屬性包括了一致性 (uniform)、隨機性 (unconstrained, random)、同步性 (simultaneous)、獨立性 (independent) 以及連續性 (continuous)，而對應因果過程概念所具有的屬性則爲差異性 (distinct)、局限性 (constrained)、循序性 (sequential)、依賴性 (dependent) 以及終止性 (terminating)。以月相成因的概念爲例，在科學模式中的月相盈虧應屬於突現過程的概念，這是因爲 (1) 月球每日的受光面積是一樣的，並不會因爲日期不同而變化，而且月相盈虧現象是日、地、月三者的相對位置變化，而日、月、地三者是同時在運轉，並不會局限在運轉先後的問題，因此月相盈虧的概念符合一致性和隨機性；(2) 就天體運動本質而言，月球的繞地運動與太陽照射、地球上的觀測卻是彼此獨立且可以同時發生的，因此符合同步性和獨立性；(3) 月球公轉運動和太陽光照射是一個不斷進行的過程，並無目的或意圖，也沒有起點和終點，故符合連續性。然而，許多學生對月相變化的概念卻持有因果過程的心智模式，認爲月相變化是差異的、局限的、循序的、依賴的以及有終止的。

基於上述的文獻分析，本研究擬從本體分類的觀點來探討介入不同的非語詞刺激的教學後，學生對月相成因的心智模式所發生的變化，以瞭解不同的非語詞刺激教學在影響學生學習上的成效差異。心智模式是人們與複雜的系統互動時所發展出來的內在概念和操縱的表徵 (Jonassen & Henning, 1999)，在功能上被使用來推理、描述、解釋、預測有關的現象 (Buckley & Boulter, 2000; Gentner & Stevens, 1983; Johnson-Laird, 1983)，在結構上是動態的，而且可以立即大量產生去反映複雜、新奇狀況的表徵 (劉寶元，2003；Halford, 1993)。本研究將透過學生在概念測驗及繪圖測驗中的表現以及與研究者的晤談，來瞭解學生對月相成因的心智模式，並藉以作爲分析學生學習月相概念成效的基本單位。

貳、文獻探討

一、概念學習的心智模式類型

心智模式是對個體對複雜現象所提供的簡單解釋，可能包含錯誤、迷思概念和矛盾，具有不完全而且不斷進化的特質，並時常涵蓋對有效性不確定的內隱測量 (Shute, Jeong, Spector, Seel, & Johnson, 2009)。Johnson-Laird (1983) 和 Kessler, Duwe 與 Strohner (1999) 皆認爲個體能透過視覺與聲音二種官能來產生對於外在事物的覺知，個體對於外在事物產生了語言文字的命題表徵或空間表徵，而利用所產生的心智模式來解決個體所遇到的問題。因此，我們可以透過對語言文字的命題表徵及空間表徵的分析來進行心智模式的研究。Ifenthaler (2010) 也指出經由表徵的內化過程，個體可以建構一個心智模式，因此教學者能藉由提供設計良好的外在表徵 (例如學習材料、回饋) 來解釋現象，進而有系統的影響個體心智模式的建構。

Vosniadou 與 Brewer (1992, 1994) 利用心智模式來描述個體的心智表徵，並且認爲心智模式可以從特定理論與架構理論中獲得。他們認爲兒童的知識架構是本身先有一個來自於日常生活經驗的素樸架構理論，再慢慢的增加細部的特定理論。在 Vosniadou 與 Brewer 的架構理論中，包含了認識論和本體論兩個部分的防衛預設。當兒童去詮釋觀察與得到訊息的時候會受到架構理論預設的限制。他們以「日夜循環」概念爲例將心智模式分成 (1) 初始模式：一種直觀、經驗的信念，例如兒童深信太陽是繞著地球運行的；(2) 綜合模式：一方面既保有自己的直觀看法，一方面又認知到科學觀點的重要性；例如一方面知道地球是球體的，但另一方面受到信念及觀察的影響，無法放棄實際的觀察結果 (地球是平的)；(3) 科學模式：是科學家所建立的科學模式。Vosniadou 與 Brewer 認爲兒童以生活經驗建構出初始的心智模式後，爲了與新資訊取得協調而主動產生了綜合模式，由最初的心智模式，透過綜合模式轉變爲正確科學模式的歷程，是一種漸進的過程。邱美虹與陳英嫻 (1995) 和呂志峰 (2008) 也參考了上述的分類方式，並以國中生爲研究對象，將學生對月相概念所持的心智模式區分爲科學模式、零碎概念、迷思概念－月食模式、迷思概念－位置模式、迷思概念－月食和位置混合模式等五大類。他們的研究結果同時也顯示國中學生在學習月相概念之後，有部分學生仍無法成功的轉爲科學模式。

事實上，大部份的成人和兒童都難以解釋月相的成因 (王美芬，1991；李曉雯，2001；Baxter, 1989; Bell & Trundle, 2008; Trundle, Atwood, & Christopher, 2002, 2006)，或者是在學習之後轉變成迷思概念與科學模式並存的狀態 (Laura, Gerald, & Daniel, 1999)。許多科學教育的研究除了著重探討迷思概念的類別之外，也積極的開發各種合適的教學方式 (呂志峰，2008；Bell & Trundle; Plummer, 2009; Taylor, Barker, & Jones, 2003)。從迷思概念的研究來看，以國小學童爲研究對象的學者發現學生在月相盈虧現象、月相盈虧成因、月相盈虧週期及日地月相對運動等四個概念領域存有許多迷思概念，其中學生對於各月形出現的日期、月亮升起時間的規則、月亮升起落下的方向等無法做合理的預測。有關於月相成因的迷思概念包括：地球遮住了陽光造成月相變化、太陽繞著地球轉動，所以月亮光亮部分會移動、雲遮住了月亮造成月相變化、月亮是活的，所以會隨著心情變化光亮的部分、地球

或其他行星遮住了月亮造成月相的變化等等 (李曉雯；姜滿，1997；賴瑞芳，2002)。換言之，國小學生對月相成因存有多元的先備心智模式，因此在進行教學設計時必須克服學生先備模式所造成的影響，才能使學生順利轉變成科學模式。

在許多地球科學學習的研究上也指出空間能力的高低會對學習產生影響 (Bishop, 1978; Orion et al., 1997)。空間能力指的是個體能使物體在腦海中產生心像，並在物體的二維平面表徵與三維立體結構間之移動、轉動與扭動的轉換過程，而這種能力需要將二維表徵轉換成三維表徵，換言之空間能力就是將平面圖形轉換成立體圖形，並能經由旋轉、移動等將正確的形狀、位置、方向變換出來的能力 (Linn & Petersen, 1985; Lohman, 1988; Macnab & Johnstone, 1990)。在過去研究中也發現當個體在學習一個新概念時，經常轉入到以視覺爲思考的層次，因此如果學生能擁有較佳的空間能力，則對於學生的學習會有較好的效果 (Fuys, Geddes, & Tischler, 1988)。邱美虹與翁雪琴 (1995) 在研究國中三年級學生對四季成因的心智模式時就發現，無論讓學生閱讀何種形式的教材，具有高空間能力的學生在閱讀各種形式不同的教材之後，所獲得的學習成效皆較優於低空間能力的學生。邱美虹與陳英嫻 (1995) 也指出空間能力不同的學生在閱讀不同形式關於「月相盈虧」概念的教材時，學習成效並不相同。

根據上述的文獻分析，本研究擬根據對迷思概念的分析探討，編定適合國小學童的月相概念測驗。由於心智模式是指人們在短期記憶或工作記憶中所建立來處理問題情境或外在事物的一種暫時性的表徵，也是人們儲存在長期記憶中的穩定表徵，可以在特定領域中用來解決問題或作爲獲得知識的基礎 (Johnson-Laird, 1983; Shute et al., 2009; Vosniadou & Brewer, 1992, 1994)，故藉由心智模式類型及轉變的探討，可以瞭解學習者對概念的內在表徵，而內在表徵的品質又與學習的品質息息相關 (Shute et al.)，因此本研究擬以心智模式的類型作爲後續的質性資料分析的單位，藉以瞭解學生在教學活動進行前後概念改變的情形。此外在空間能力的分類方面，Lohman (1988) 認爲可以包含空間關係、空間方位以及空間視覺化。而 Linn 與 Petersen (1985) 將空間能力分爲空間知覺、心理旋轉、空間視覺化三種。然而，在學生學習月相概念時，所需要的空間能力主要是指明瞭空間關係 (spatial relations) 的能力，因此本研究擬採取 Pellegrino 與 Kail (1982) 的理論，以 2D 心理旋轉、方塊計數、3D 心理旋轉來代表學生在空間關係的能力，以進一步探討此能力與月相概念學習的關係。

二、以非語詞刺激促進心智模式的改變

在多元學習的認知理論中，Mayer (2001, 2005) 接受 Paivio (1986) 認爲人類的認知系統包含了口語和圖像兩個次系統的想法，也接受 Baddeley (1986) 認爲工作記憶模式中有聽覺和視覺兩個知覺次系統的想法，而假定人類的訊息處理是透過聽覺－口語 (auditory-verbal channel) 和視覺－圖像 (visual-pictorial channel) 二個管道來達成的 (引自 Schnotz & Kürschner, 2008)。Mayer 在研究中也指出在理解自然現象時，結合圖片和文字的效果會比單一使用文字好 (Mayer & Moreno, 2002)。然而，Ainsworth, Bibby 與 Wood (1998) 也指出利用多重表徵學習時，學生同時也須承受額外的認知負荷，包括 (1) 學生必須額外學習每個表徵的形式和操作；(2) 學生必須能理解表徵和被表徵領域

之間的關係；(3) 學生必須瞭解表徵之間如何產生關聯。也因此，在進行多重表徵的教學設計時，必須考量如何依據多重表徵所欲達致的功能使用適當的轉化方式，以有效降低認知負荷。

事實上，在進行問題解決的歷程時，不同表徵的角色結構會相互牽連，因此僅就單一表徵的學習並不適當 (Noss & Hoyles, 1996)。Ainsworth 等 (1998) 認爲利用多重表徵學習至少具有互補資訊與過程、限制解釋以及獲得深層理解三大功能。多元表徵能藉由提供互補的訊息或是藉由支持互補的過程來互相補充，也可以抑制彼此可能存在的交互作用，而當學習者藉由確認分享的相關特徵來提取這些表徵時，多元表徵便可以支持深層理解的建構 (Ainsworth, 1999, 2006; Ainsworth et al.)。de Jong 等 (1998) 也主張多重表徵可以支持不同的學習偏好以及允許學習者選擇適合的表徵整合到他們個人知識建構過程。在有效的編碼和提取策略教學 (Lipman & Caplan, 1992) 之下，結合語詞刺激和非語詞刺激的多元表徵教學不僅能提供學生更多的資訊來進行心智模式的建構，也能使不同類型的學習者提取合適的表徵來精練心智模式。然而，多元表徵對學習的幫助亦有其限制，Schnotz 與 Bannert (2003) 即認爲圖片的理解是圖片和學習者心智模式類比結構的對應過程，只有在主題能被適當的任務模式想像時，圖片才能使學習變得容易。當運用不同的圖形表徵進行學習時，學生所建構出來的心智模式也不相同 (Schnotz & Kürschner, 2008)。另外，Mayer 與 Sims (1994) 比較多重表徵的學習 (動畫與旁白) 及單一表徵學習 (只有旁白) 對大學生學習效果的影響之後，發現多重表徵的學習對高空間能力的學生在解決問題時有明顯的助益，但對低空間能力的學生所產生的助益較小。這樣的結果顯示多元表徵對學習所帶來的支持和認知負荷，對不同空間能力的個體存有差異，因此討論使用多重表徵的學習影響時，必須針對不同空間能力的學生來加以討論。

在教學的情境之下，教師可以使用的多重表徵包含了語詞和非語詞類型，其中非語詞類型包含了視覺、嗅覺、觸覺以及動覺等等。而在進行月相概念教學時最常被使用的非語詞刺激就是視覺刺激，包括圖片、照片、模型等不同的形式。近年來在月相概念的教學研究上，也努力朝著融入非語詞刺激的方向進行，亦都獲致良好的成效。例如 Plummer (2009) 的研究指出透過動覺的學習以及提供豐富的視覺刺激，都能增加國小低年級學習月相變化的成效。呂志峰 (2008) 以「科技增強學習」(Technology-Enhanced Learning, TEL) 的教學模式設計課程，藉由動畫呈現教材與虛擬實驗，結果發現無論高、低空間能力的學生都能在此教學後提升對月相的概念，而原先持月食模式的學生較難改變其心智模式。Bell 與 Trundle (2008) 針對 50 位幼兒教育的儲備教師設計以探究爲基礎的月相教學軟體的課程，結果發現原本全不具有相關科學概念的儲備教師在教學之後，有 80% 以上能正確表達出月相成因的概念。

在概念改變的研究上，Chi (1992) 從知識本體論出發，以概念的本質與認知爲主，強調以概念分類的本質來解釋概念改變的難易程度。Chi (1992) 和 Chi, Slotta 與 de Leeuw (1994) 將世界所有的實體分爲物質、過程和心智狀態三個本體類別，且認爲同一類別內的概念改變較容易達成，而不同類別間的概念改變則較不容易達成。Chi 特別著重在「過程」類別之下的分類，以「擴散」概念爲例，先後提出了限制條件爲主的

交互作用 (constraint-based interactions; Chi, Slotta, & de Leeuw)、平衡過程 (equilibration processes; Chi, 1997)、複雜、抽象與動態概念 (complicated, abstract and dynamic concepts; Chi, 2000) 以及突現過程 (Chi, 2005) 等次類別名稱。根據 Chi 的分析發現，學生錯誤的將過程類別中的突現過程分類至因果過程是造成該類科學概念難以學習的原因之一。Chi 指出屬於突現過程的概念具有一致性、隨機性、同步性、獨立性以及連續性等屬性，而學生在學習突現過程的科學概念經常將該類別的科學概念錯誤分類至因果過程概念，或是不瞭解巨觀系統的突現行為是整個系統內組成成分間交互作用而產生的，亦或者是在處理微觀事件及組成成分時，習慣將不同組成成分作分類，都可能造成無法真正瞭解突現過程的科學概念。換言之，學生在學習屬於突現過程概念時所出現的迷思概念成因可以分為三部分：(1) 許多的微觀的組成階層無法用感官知覺去覺察，因此學生只能仰賴巨觀的系統行為來進行解釋，當巨觀的階層可順利的用直觀的因果關係來解釋時，他們便會猜想這是個因果事件，進而也把微觀階層中的組成行為用因果關係來闡述；(2) 在處理微觀的組成時學生習慣分類而忽略總體集合，以致他們會認為不同的成分是不相關聯的；(3) 學生習慣將微觀階層中組成的行為當作是因，而把巨觀階層中系統的行為當成是果來解釋。以月相成因的概念為例，在科學模式中的月相盈虧應屬於突現過程的概念，因其具有一致性、隨機性、同步性、獨立性以及連續性等屬性。然而，許多過去對月相盈虧迷思概念的研究卻顯示，許多學生對月相變化的概念卻持有因果過程的心智模式 (呂志峰，2008；李曉雯，2001；邱美虹、陳英嫻，1995；姜滿，1997；賴瑞芳，2002)，而導致無法形成正確的心智模式。林靜雯與邱美虹 (2006) 探究多重類比對兒童電學概念改變的影響時，藉由 Chi (1992) 概念改變本體論的定義切入，發現多重類比有助於學生的概念由物質本體轉換至過程本體。據此，本研究亦將從本體分類的觀點切入，探討學生在接受不同非語詞刺激的教學之後概念改變的類型。

上述的分析顯示融入不同非語詞刺激的教學確實能提升教學的成效，又由於表徵的形式會影響心智模式的建構 (Schnotz & Kürschner, 2008)，然而 Schnotz 與 Kürschner 的研究僅以學習者在不同圖文配對學習之後的解題正確與否來推論學生心智模式存有差異，但是對於不同表徵對心智模式建構的影響卻未做深入的描述，因此本研究擬針對不同類型的非語詞刺激教學對學生在概念學習過程中心智模式建構的影響進行深入的分析探討，並從本體類別轉變的觀點進一步釐清非語詞刺激在概念改變上扮演的角色。

參、研究方法

一、研究工具

本研究以準實驗研究法進行研究設計以探討國小四年級學生月相概念的心智模式。本研究所使用的評量工具分別有「空間關係能力測驗」、「月相概念測驗」、「月相整體概念測驗」以及「半結構性晤談問卷」。在「空間關係能力測驗」方面，左台益與梁勇能 (2001) 參考 Pellegrino 與 Kail (1982) 對空間能力的區分方式編擬了「空間能力測驗」，將空間能力分為空間關係和空間視覺。由於本研究所探討的月相概念在學習時與學習者的空間關係能力相關，因此本研究僅以「空間關係」向度進行修改編製，成為適合國小四年級學生施測的「空間關係能力測驗」，內容包含 2D 心理旋轉、方塊計數、

3D 心理旋轉等三部分。每一部分的題目各 15 題，共計 45 題。本測驗的重測信度爲 .89 ($p < .01$)，顯示本研究工具有良好的信度。

「月相概念測驗」與「月相整體概念測驗」皆爲評估學習成就的工具，係研究者經專家審查、試題表面效度校正，再經過預試、三角校正以及試題修正編製而成。測驗內容包括月相概念中的移動位置、月相變化、出現時間、月相成因等四個次概念。其中「月相概念測驗」以選擇題的方式編定，共計 19 題，試題難度在 0.31~0.80 之間 (平均值 = 0.61)，鑑別度則介於 0.40~0.78 之間 (平均值 = 0.50)。「月相概念測驗」的移動位置、月相變化、出現時間、月相成因等四個次概念分別有 4 題、7 題、4 題和 3 題，內部一致性係數 KR_{20} 分別爲 .71、.70、.71、.77，整份測驗的內部一致性係數 KR_{20} 達到 .80。而「月相整體概念測驗」共有 5 題，每一題皆涵蓋繪圖部分及文字說明部分 (範例參見表 1)。在試題的評分方面由研究者及二位資深自然科教師共同討論給分標準 (0~4 分)，經分別評測學生試卷之後，再進行三角校正以確認學生在本測驗中所表現的概念情形。由預試的結果分析得知本份測驗的內部一致性信度 α 值 = .67。在本研究中所指稱的概念測驗成績係來自以選擇題方式編定的「月相概念測驗」，而「月相整體概念測驗」設計及施測的目的主要在確認學生心智模式的類型並作爲晤談進行的依據。因此在正式施測時，研究者並不會計算學生在「月相整體概念測驗」的得分高低，而會聚焦在學生表現出來的心智模式類型。

「半結構性晤談問卷」係根據「月相整體概念測驗」的試題內容加以編訂，目的在於確認學生在月相成因相關概念上的想法，以作爲心智模式推論及分類之依據。根據文獻分析 (李曉雯，2001；邱美虹、陳英嫻，1995；姜滿，1997；賴瑞芳，2002) 及教學前概念測驗的結果顯示，學生在學習前對「月相成因」的概念持有較多元的心智模式，因此本研究擬以此概念進行深入晤談。本研究分別選取不同教學處理及空間能力的學生共 63 人，在教學前、教學後以及教學後三週分別由同一研究者進行 20~30 分鐘的晤談。晤談的內容主要針對學生在「月相整體概念測驗」的繪圖及文字說明部分加以確認學生想法，晤談資料經過轉錄和編碼之後再與共同研究者以及二位國小自然科學資深教師進行三角校正後所獲得的一致性結果來確認學生的心智模式類型 (心智模式編碼及涵義參見表 2)。茲將晤談資料及月相整體概念測驗繪圖編碼對應舉例如表 3 所示。

二、研究對象與教學處理

本研究選取高雄市某國小四年級三個班級學生共 102 人進行準實驗研究，其中兩班爲實驗組，分別加入額外的視覺刺激 (35 人) 及模型刺激 (31 人)，另一班爲對照組 (36 人)。根據自然科課程的規劃，進行研究的三個班級學生皆由同一位自然科教師進行三週共九節課的教學。經由研究者與任教教師、自然科資深教師討論課程安排後，三組學生在月相概念單元的教學皆以教師提問、小組討論、長期觀測、課堂發表活動爲

表 1：月相整體概念測驗試題範例

月亮的樣子有時會  ，有時卻會變成  ，爲什麼我們看到的月亮形狀會發生改變呢？請畫圖表示並說明原因。

表 2：「月相成因」的心智模式類別、學習前模式人數比例與代號

心智模式類別 (學習前人數比例)	心智模式次類別	代號	說明
初始模式 initial model (55.4%)		IM	多以日常生活經驗或猜測來解釋月相發生的原因。
食的模式 eclipse model (10.8%)	月食模式	LEM	月相變化是因爲陽光被地球擋住。遮住得越多，所呈現的月亮形狀就越小；地球的影子完全遮住月球的時候，就看不見月亮，會形成新月；當地球完全沒有擋住照射至月球的陽光時，則可以看見滿月。
	日食模式	SEM	以日食現象解釋月相盈虧，認爲月亮形狀會變化是因爲月亮進入本影區和半影區所造成的現象。
混合模式 synthetic model (1.5%)	月食模式爲主混合模式	SLE	以月食成因完整地解釋各種月相，但在晤談過程中慢慢開始出現月亮位置不同、角度不同可見不同月相的想法。
	位置角度爲主混合模式	SLM	學生主要以位置角度的不同解釋月相變化，但仍有影子遮蔽造成盈虧的想法。
位置角度模式 location/angle model (29.2%)	照射不完全模式	LRM	以月亮位置不同造成太陽光線照射不完全所產生不同的月相來解釋。
	太陽移動模式	LSM	以太陽移動所以照射到不同的角度所形成的月相。
	觀測者變化模式	LOM	因爲觀測者所在的位置不同，所以會觀測到不同的月形來解釋。
	錯誤位置對應模式	LWM	以位置角度的不同來解釋月相盈虧，但月球所在位置與所對應之月相完全錯誤的。
	不完全位置對應模式	LNM	以位置角度的不同來解釋月相盈虧，但月球所在位置與所對應之月相並非完全正確的。
科學模式 scientific model (3.1%)		SM	能以正確角度的變化正確解釋各種月相的成因。

註：心智模式類別的代號以英文翻譯的字首大寫表示，例如初始模式 (Initial Model) 以 IM 表示，月食模式 (Lunar Eclipse Model) 以 LEM 表示。

主軸。其中介入額外視覺刺激的教學是指除了課本內容外，教師在教學過程還會同時展示有關月相盈虧和日月地三者相對關係的圖片，並提供月相成因的動畫給學生觀看。而介入模型刺激的教學是指教師在教學過程中，除了課本的內容之外，會提供各種模型的刺激。包括使用三球儀來教導日月地三者運行關係；以大型燈罩當作太陽、以皮球當作月球，而學生當作地球，來模擬月球繞地球公轉過程中所看見的月相變化；利用手電筒、保麗龍球排列出各種不同日月地關係所形成的月相。而對照組的學生，只是根據課本內容教學，不再加入額外刺激 (表 4)。在本研究中，將介入額外視覺刺激的實驗組稱爲視覺刺激組 (簡稱視覺組)，將介入模型刺激的實驗組稱爲模型刺激組 (簡稱模型組)。

表 3：「月相成因」的心智模式編碼範例

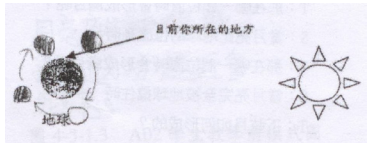
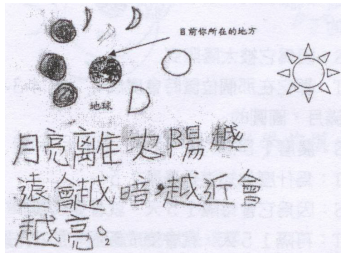
心智模式類別	心智模式次類別	編碼	晤談資料轉錄舉例	月相整體概念測驗繪圖
食的模式	月食模式	LEM	R：你認爲月亮爲什麼會出現不同的月形？ S：因爲它沒有照到陽光。 R：爲什麼沒有照到陽光？ S：因爲這一個都有照到陽光，所以是亮的；而另外一個只有一點點，因爲被地球擋到了。 R：爲什麼你會覺得它被地球擋到了？ S：因爲太陽光被地球擋住月球的影子遮住得愈多，所以呈現的月亮形狀就越小；地球的影子完全遮住月亮的時候，我們就看不見月亮，當月亮完全沒有被遮住時，就是滿月。	
位置角度模式	錯誤位置對應模式	LWM	R：爲什麼你畫的月亮會有不同的形狀？ S：方向不同。 R：你是指什麼？ S：月亮從這邊移動到這邊的時候，太陽光線照射的角度會不同，形狀就會不同。當月球離太陽較近的時候，照射的光線光多所以滿月；如果月亮離太陽很遠，那就沒有光了。	

表 4：各組教學活動分析表

	視覺刺激組	模型刺激組	對照組
課本教學	✓	✓	✓
視覺刺激－平面靜態	✓		
視覺刺激－平面動態	✓		
視覺刺激－立體動態		✓	

註：✓表示包含。

三、研究流程與資料分析

爲了瞭解不同非語詞刺激對於學生在學習過程中月相概念的變化情形，研究者擬以量化資料分析及質性資料來討論學生的概念變化情形。據此，本研究的流程分成以下三個階段進行資料的收集：

階段一：瞭解學生在教學實施前對月相概念的心智模式及空間能力。

所有學生進行空間能力測驗、月相概念測驗前測以及月相整體概念繪圖測驗前測，並根據空間能力測驗的總分高低，將所有學生區分爲「高空間能力組」(前 27%)、「低空間能力組」(後 27%) 以及「中空間能力組」

(其餘學生) 三組，並於其中選擇願意接受晤談的學生，進行第一次晤談。爲便利之後的討論，選取的晤談學生分別依照空間能力及教學組別分別編碼 (表 5)。

階段二：瞭解學生在教學實施後對月相概念的心智模式。

依照教學流程的編排進行三週共九節課的月相單元教學。教學結束之後，進行所有學生的月相概念測驗後測以及月相整體概念繪圖測驗後測，並針對第一階段選取的晤談學生進行第二次晤談。

階段三：瞭解學生在教學後三週對所學月相概念保留的心智模式。

教學結束後三週，再進行一次所有學生的月相概念延宕測驗以及月相整體概念繪圖測驗延宕測驗，並針對第一階段選取的晤談學生進行第三次晤談。

肆、結果與討論

一、非語詞刺激對學生學習成效的影響

本研究根據學生在「月相概念測驗」上各次概念的答對率變化情形來判斷介入非語詞刺激的教學對學生月相概念學習成效的影響。根據單因子變異數分析的結果顯示，相同空間能力組別的三組學生在教學前的概念測驗成績 (前測) 在不同月相次概念得分上的差異情形皆未達顯著水準 ($p > .05$)，因此可以針對各組學生在月相概念教學後的測驗成績 (後測) 以及延宕測驗成績來比較不同組別的學生在四個次概念測驗成績上的變化情形。表 6 顯示高、中、低不同空間能力的學生在接受不同教學處理前後「月相概念測驗」次概念的平均答對率及效果量 (Effect Size, ES)。其中後測的 ES 是指學生在教學後，概念測驗成績進步的效果量；而延宕測驗的 ES 值則是代表學生在教學後三週學習效果的持續進步或保留情形的效果量，亦即若延宕測驗的 ES 呈現正值，則數值代表三週後學生月相概念測驗成績持續進步的效果量，若 ES 呈現負值則數值代表學生的月相概念測驗成績較後測成績減少的效果量。從表 6 發現各組別學生在次概念「月相成因」的延宕測驗 ES 皆爲負值，顯示雖然各組學生在接受不同教學處理後在後測成績都有進步，但是在「月相成因」概念的學習效果易隨著時間而減少。

爲瞭解各組學生在教學前後月相概念的學習成效，本研究以單因子變異數分析針對接受不同教學處理組別學生的測驗成績進行平均數檢定。分析結果發現，以高空間能力的學生而言，雖然單因子變異數分析的事後比較結果顯示，模型組和視覺組學生在次概念「移動位置」和「出現時間」的後測成績高於對照組的學生 ($p < .05$)，但延宕測驗的成績差異則未達顯著水準，且三組學生在次概念「月相變化」和「月相成因」的後測和延宕測驗得分也皆無顯著的差異情形；以中空間能力學生而言，模型組學生在次概念

表 5：各組晤談學生的人數與編碼

教學活動	視覺刺激組			模型刺激組			對照組		
空間能力	高	中	低	高	中	低	高	中	低
人數	6	9	6	6	9	6	6	9	6
編碼	VHS	VMS	VLS	MHS	MMS	MLS	CHS	CMS	CLS

註：例如編碼 VHS 代表視覺刺激教學組 (V) 的高空間能力 (H) 學生 (S)；編碼 MMS 代表模型刺激教學組 (M) 的中空間能力 (M) 學生 (S)；編碼 CLS 代表對造組 (C) 的低空間能力 (L) 學生 (S)。

表 6：不同教學處理前後「月相概念測驗」次概念的平均答對率及效果量 (ES)

	移動位置			月相變化			出現時間			月相成因		
	前測	後測	延宕測	前測	後測	延宕測	前測	後測	延宕測	前測	後測	延宕測
高空間能力組												
模型組	0.61	1.00	0.92	0.57	0.72	0.80	0.42	0.89	0.89	0.38	0.96	0.83
ES		1.30	-16.33		0.68	0.35		2.61	0.00		2.00	-1.44
視覺組	0.71	0.98	0.97	0.60	0.84	0.93	0.50	0.91	0.90	0.67	0.92	0.80
ES		1.17	-0.17		1.71	0.47		2.41	-0.08		0.76	-0.67
對照組	0.58	0.82	0.83	0.50	0.67	0.80	0.36	0.67	0.79	0.50	0.82	0.75
ES		0.96	0.05		0.77	0.57		1.48	0.57		1.03	-0.26
中空間能力組												
模型組	0.60	0.93	0.98	0.45	0.88	0.82	0.40	0.76	0.83	0.56	0.90	0.84
ES		1.74	0.38		2.26	-0.46		1.89	0.41		0.85	-0.40
視覺組	0.52	0.89	0.92	0.47	0.75	0.72	0.32	0.74	0.74	0.50	0.93	0.67
ES		1.68	0.30		1.22	-0.14		2.00	0.00		1.72	-1.73
對照組	0.46	0.82	0.86	0.38	0.68	0.65	0.35	0.74	0.75	0.54	0.71	0.58
ES		1.64	0.22		1.88	-0.19		1.77	0.06		0.77	-0.76
低空間能力組												
模型組	0.43	0.90	0.95	0.33	0.67	0.82	0.14	0.69	0.84	0.33	0.71	0.56
ES		1.25	0.29		1.13	0.68		4.58	0.63		2.92	-0.52
視覺組	0.33	0.80	0.88	0.37	0.83	0.89	0.22	0.64	0.73	0.42	0.67	0.50
ES		2.24	0.26		3.07	0.40		2.47	0.36		1.25	-0.65
對照組	0.34	0.66	0.72	0.40	0.49	0.65	0.24	0.55	0.57	0.29	0.54	0.46
ES		1.28	0.40		0.56	1.00		1.63	0.15		2.78	-0.47

「月相變化」和「月相成因」的後測得分高於對照組學生，在次概念「移動位置」和「月相成因」的延宕測驗得分也高於對照組學生 ($p < .05$)。另外視覺組在次概念「月相成因」的後測得分高於對照組學生，而且三組學生在次概念「出現時間」則皆無顯著的差異情形；在低空間能力的學生中，模型組和視覺組學生在次概念「移動位置」、「月相變化」和「出現時間」的延宕測驗得分高於對照組學生，視覺組學生在次概念「月相變化」的後測得分高於模型組和對照組學生，而次概念「月相成因」則三組學生皆無顯著的差異。

統整上述分析的結果可以發現，不同空間能力的學生在接受不同教學刺激後，在不同次概念上會產生不同的差異情形。表 7 顯示接受不同教學處理的班級學生在後測及延宕測驗差異達顯著的空間能力組別，可以發現視覺組和對照組以及模型組和對照組之間分別在不同空間能力組別以及不同次概念得分上有顯著的差異，顯示介入非語詞的教學刺激能提升不同空間能力學生在月相概念上的學習成效。在視覺組和模型組的比較方面，只有低空間能力的視覺組和模型組學生在次概念「月相變化」上有顯著的差異，平均數差異檢驗的結果顯示低空間能力的視覺組學生在後測的成績顯著高於模型組學生 ($p < .05$)。除此之外，視覺組和模型組的學生在其餘概念的概念測驗得分上皆無顯著的差異。

由表 7 的分析結果，可以發現額外介入非語詞刺激的教學對國小四年級的學生學習月相概念有明顯的幫助，尤其是針對中、低空間能力的學生。其中低空間能力的學生無論是接受視覺刺激教學或模型刺激教學，在學習成就上都會顯著高於對照組的學生，而中空間能力的學生則是以接受模型刺激教學在月相概念的學習表現上優於對照組的學生。

二、不同非語詞刺激對心智模式轉變的影響

爲了進一步瞭解不同非語詞刺激對學生心智模式的影響，本研究針對「月相成因」的概念選取各組中不同空間能力學生進行晤談，並依據 Vosniadou 與 Brewer (1994) 對心智模式的分類方法，透過教學前後「月相概念測驗」、「月相整體概念測驗」及晤談資料的分析判斷，並與兩位國小自然科學資深教師進行三角校正後所獲得的一致性結果來歸類月相成因的心智模式類型。本研究分別於教學前、教學後以及教學後三週各進行一次晤談，以瞭解學生在不同的非語詞教學刺激下，不同空間能力學生在各學習階段心智模式的變化歷程。

本研究根據各項資料整理判斷結果，將學生解釋月相成因的心智模式分爲初始模式、食的模式、混合模式、位置角度模式以及科學模式等五大類。五大類心智模式的說明以及在本研究所使用的代號整理如表 2 所示。可以得知多數的國小四年級學生在教學前對「月相的成因」抱持初始模式 (55.4%)，僅憑日常所見和猜測來描述月相改變的原因，並沒有形成可運作的心智模式。換言之，在學校教學進行前，多數國小四年級的學生對月相成因所具有的先備概念並不足夠，也因此教師適當的引導和教學介入的刺激對學童心智模式的發展就相當的重要。本研究分別給予三個班級的學生不同的教學處理，其中的差別就在教學過程中非語詞刺激的類型。希冀能透過比較三個班級學生的心智模式發展歷程，來探討不同的非語詞刺激對「月相成因」心智模式形成的影響。

以單因子變異數分析檢驗教學前不同空間能力的學生在概念測驗前測的得分情形，結果發現不同空間能力的學生在四種月相次概念的得分的差異都達到顯著 ($p < .05$)，顯示即使是在教學前，不同空間能力的學生所具有的月相概念就有差異。爲了能讓心智模式改變歷程的分析更加清楚呈現，本研究根據教學處理前、後概念測驗以及延宕測驗的資料，再輔以不同學習階段的晤談結果，將不同非語詞刺激以及不同空間能力的學生在教學處理過程中對月相成因心智模式的變化歸納如圖 1 至圖 9。各圖左側橢圓形內的代

表 7：不同教學處理班級在後測及延宕測驗差異達顯著的組別

教學處理組別	視覺組 vs. 對照組			模型組 vs. 對照組			視覺組 vs. 模型組		
空間能力組別	高	中	低	高	中	低	高	中	低
移動位置	H_T2		L_T3	H_T2	M_T3	L_T3			
月相變化			L_T2,T3		M_T2	L_T3			L_T2
出現時間	H_T2		L_T3	H_T2		L_T3			
月相成因		M_T2			M_T2,T3				

註：H_T2 表示高空間能力組後測；M_T2 表示中空間能力組後測；L_T2,T3 表示低空間能力組的後測和延宕測驗。

號代表教學前學生具有的先備心智模式，中間代表教學後所持有的心智模式，而右側則代表教學結束三週後學生所保有的心智模式 (編碼意義請參見表 2)。各個橢圓形之間的箭頭代表改變的方向，其中虛線代表視覺組，實線代表模型組，而點線代表對照組，各類型學生的多寡則在各圖中以箭頭的粗細加以標示，且若該變化類型的學生人數大於 1 人，則會在箭頭旁加註人數以方便讀者閱讀理解。

(一) 視覺刺激組學生心智模式變化情形

本研究從介入視覺刺激教學的學生中分別選取高空間能力學生 6 位、中空間能力學生 9 位以及低空間能力學生 6 位進行晤談，並將晤談結果歸納繪製成圖 1 至圖 3。圖 1 的分析結果顯示在接受晤談的 6 位 VHS 中，有 5 位學生在學習後持有科學模式，其中有 4 位學生在教學後三週仍保留科學模式，另 2 位則呈 LNM 模式。9 位 VMS 學生的心智模式變化在教學後則無一致的變化趨勢 (圖 2)，其中僅有 1 人在教學後持有 SM 模式，有 5 位在教學後三週持有 LNM 與 LWM 等不完整的位置角度模式，另有 3 人形成位置角度和影子遮蔽混合的 SLM 模式。而在教學結束後三週則無人持有 SM 模式。圖 3 則顯示 6 位 VLS 在教學前皆持有 IM 的心智模式，經過介入視覺刺激的教學後，有 1 人轉變成 SM 模式，但教學結束後三週回歸到 LNM 模式。另有 1 位 VLS 在教學後轉變成以地球遮住陽光來解釋月相成因的 LEM 模式，但在教學後三週又回歸到 IM 模式。其餘 4 人在教學後三週都持有 LWM 模式。

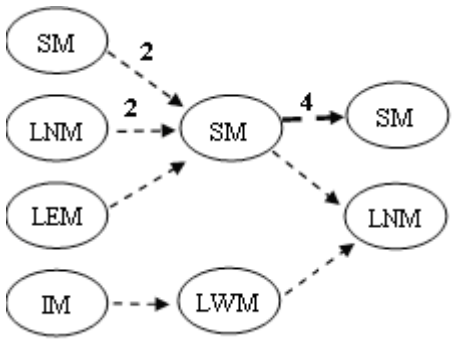


圖 1：VHS 學生心智模式變化歷程

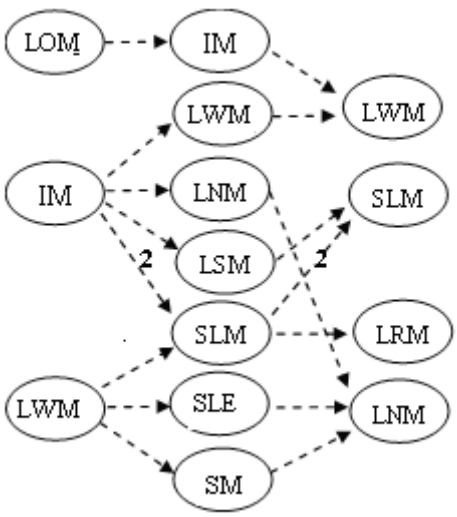


圖 2：VMS 學生心智模式變化歷程

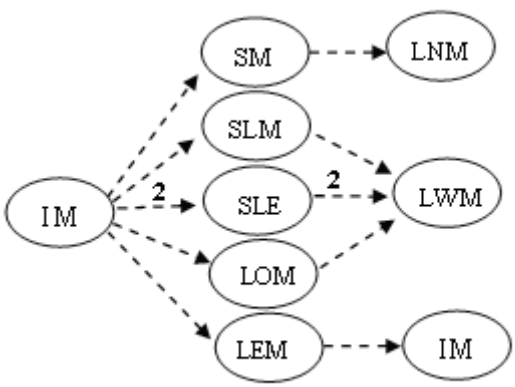


圖 3：VLS 學生心智模式變化歷程

由圖 1 至圖 3 的分析結果顯示，提供大量圖片進行非語詞刺激的教學能使高空間能力的學生從較不正確的心智模式轉變成科學模式或是不完全位置對應的模式，但是對中空間能力和低空間能力的學生而言，此種教學僅能使學生形成錯誤或不完全位置對應模式以及混合模式。換言之，在視覺刺激組中，僅有高空間能力的學生能較順利透過教學活動獲得較佳的學習成效，中、低空間能力學生雖然經由教學同樣能發生心智模式的改變而較接近科學模式，但卻難以形成正確的心智模式。

(二) 模型刺激組心智模式變化情形

本研究從接受模型刺激教學的學生分別選出不同空間能力的學生加以晤談，以瞭解學生對月相成因的心智模式在教學前後的變化情形。從圖 4 可以得知 6 位 MHS 在教學前對月相成因的心智模式並不相同，且其中有 4 位持 IM 模式，但在教學後皆呈現 SM 的心智模式，且三週後仍有 4 位學生保有 SM 模式，另外 2 位呈 LNM 模式。事實上，LNM 模式也是用位置角度的不同來解釋月相盈虧，只是學生在解釋時並沒有完全正確的對應月球所在位置與出現的月相，屬於不完整的科學模式。

而從 MMS 組在教學前後心智模式的變化，可以看出其中有 5 位學生雖然在教學前對月相成因持有不同的心智模式，但在教學後都轉變成 SM 模式，而其中有 2 位學生在教學後三週仍保留該模式。比較教學結束後學生心智模式的保留情形，可以發現 9 位 MMS 中，能以 SM 模式解釋月相成因的有 2 位，能以 LNM 與 LWM 等較不完整的位置角度模式來解釋月相成因的有 5 位，僅有 2 位回歸到 SLM 模式 (圖 5)。進一步的分析發現這 2 位學生在教學前皆屬 LEM 模式，教學後曾持有 SM 模式，但三週後發生概念回歸，而轉變成位置角度和影子遮蔽混合的 SLM 模式。MLS 組有 4 人教學前持有 IM 模式，其中 1 人在教學後轉變成 SM 模式，2 人轉變成 LNM 模式，另 1 人則轉變成 SLM 模式，但是教學後三週此 4 人皆又回歸到 LNM 與 LWM 等不完整的科學模式。MLS 組亦有 2 人在教學前就持有 LNM 模式，在教學後仍持有 LNM 模式，而在教學結束後三週有 1 人轉變成 SM 模式，另 1 人則回歸到 LWM 模式 (圖 6)。

由圖 4 至圖 6 的分析結果顯示，提供科學模型進行非語詞刺激的教學能使不同先備心智模式以及不同空間能力的學生在學習後轉變成持有科學模式或是錯誤或不完全位

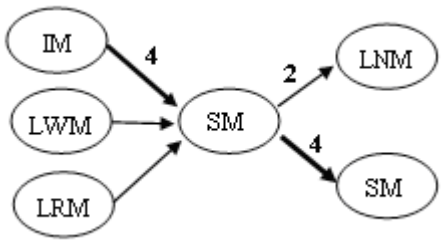


圖 4：MHS 學生心智模式變化歷程

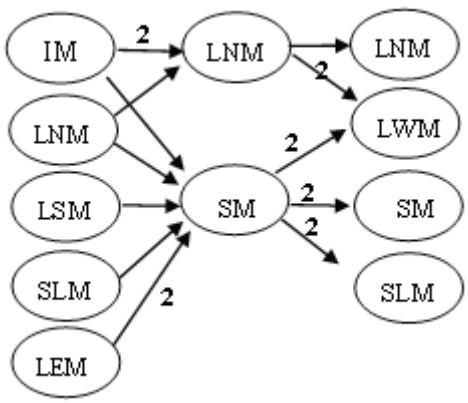


圖 5：MMS 學生心智模式變化歷程

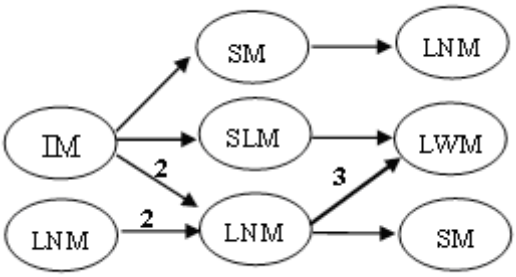


圖 6：MLS 學生心智模式變化歷程

置對應模式等較接近科學的模式，而且這樣的學習成效也能保留到教學後三週的延宕測驗中。透過這樣的分析結果，我們可以得知以介入模型刺激的非語詞教學能使學生對月相成因的心智模式產生較接近科學模式的轉變，而且這樣的成效同時發生在不同空間能力的學生之中。

(三) 對照組心智模式變化情形

本研究從對照組學生中選取不同空間能力的學生加以晤談，並將晤談結果與概念測驗加以比對，分別繪製成圖 7 至圖 9，以瞭解學生對月相成因的心智模式在只以課本進行教學的情況下發生變化的情形。圖 7 指出 6 位 CHS 只有 2 位可以順利轉變成 SM 模式，並加以保留；而有 2 位學生在教學後仍維持教學前所具備的 IM 模式，另 2 位則是持有位置角度和月食混合的 SLM 模式，這 4 位學生在教學結束三週後，仍無法順利的以位置角度模式來正確解釋月相的成因。CMS 在教學後僅有 1 人形成 LNM 模式，另有 3 人形成 LEM 模式，有 3 人形成 SLM 模式，其餘 2 人則分別持 SLE, LRM 模式。而在教學後三週，CMS 有 4 位持有 SLM 模式，其餘 5 人則持 LNM 與 LWM 等不完整的科學模式。此外由 9 位 CMS 心智模式的變化歷程，可以發現教學後三週 CMS 學生所持有的心智模式皆比教學剛結束時的心智模式更接近科學模式 (圖 8)。CLS 組中只有 1 位原先持有 LWM 模式的學生在教學後轉變成 SM 模式，但在教學後三週又回歸到 LNM 模式。教學前持有 IM 模式的 CLS 則發展成 LEM 或是混合模式 (圖 9)。整體而言。對

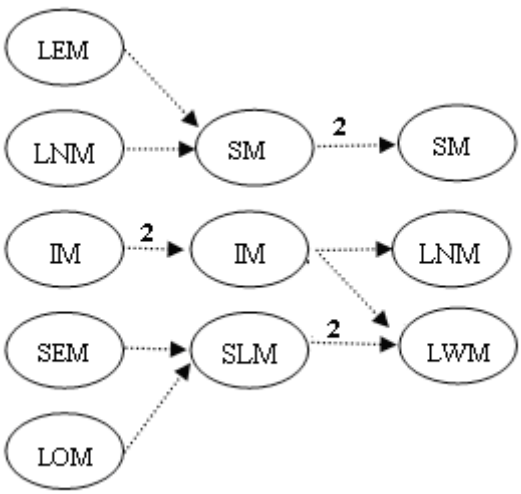


圖 7：CHS 學生心智模式變化歷程

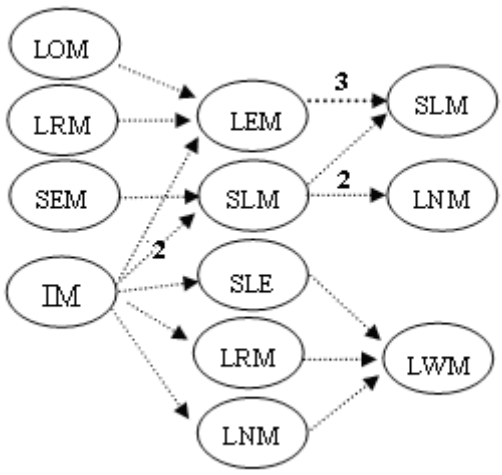


圖 8：CMS 學生心智模式變化歷程

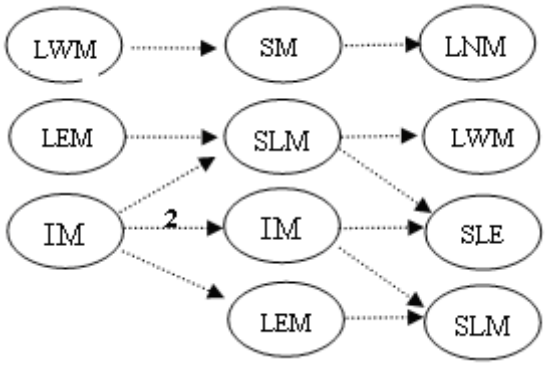


圖 9：CLS 學生心智模式變化歷程

照組學生的學習成效並不理想。21 位受訪學生中僅有 2 位高空間能力學生的心智模式能從月食模式和混合模式轉變成科學模式，其餘學生皆只能轉變成混合模式。

整合上述的分析結果，可以發現雖然介入模型刺激和視覺刺激的教學方式對高空間能力的國小四年級學童在月相成因的學習都有不錯的成效，但對學習前僅持有初始模式的國小學童接受模型的教學，會比僅使用課本或僅提供大量教學圖片、動畫會較容易轉變並長久持有 SM 的模式。而對中空間能力的學童而言，視覺組和對照組的教學容易讓學童的心智模式停留在 SLM 模式，而即使是使用模型教學，原始模式爲 LEM 也容易回歸到 SLM 模式。但整體而言，模型組的教學能使中空間能力的學童獲致較良好的學習成效。而對低空間能力學生而言，除了課本教學外，加入額外的模型刺激和視覺刺激都可以獲得明顯的教學成效。但受限於空間關係能力的影響，低空間能力的學童皆難以達到 SM 模式。值得注意的是，CMS 在教學後對月相成因的心智模式會持續發生正向的變化，這種持續進步的現象在 MMS 組和 VMS 組卻很少發現。此外，另一個值得注意的情況是，MHS 中 4 位教學前僅持有 IM 模式的學生，皆可以在教學後形成 SM 模式，且有 3 位可以保留。但是在教學前具有 IM 模式的學生在接受視覺組以及對照組教學後，皆沒有形成 SM 模式，可見得對學習前僅持有 IM 模式的國小學童在月相教學過程中加入模型刺激，會比僅使用課本或僅提供大量教學圖片、動畫的效果來得明顯。換言之，雖然 CMS 無法像 MMS 在教學後立即發生心智模式的轉變，但對照組的教學能讓 CMS 對月相成因的心智模式持續發生正向的變化。

三、從本體分類的觀點探討心智模式的轉變

經由不同教學處理、不同空間能力學生在教學過程心智模式轉變歷程的分析結果，可以發現各組別都有一部分的學生在教學結束後三週發生概念回歸的現象。例如 MMS 中有 2 位教學前對月相成因持 LEM 模式的學生，雖然在教學後轉變成 SM 模式，但三週後又回歸成 LEM 模式。爲了釐清學生在月相成因概念容易發生概念回歸的原因，本研究擬從月相成因概念的本體特質出發，探討各組學生在教學前後概念改變的情形。

根據 Chi (1992, 1997, 2000, 2005) 對概念本體的區分方式，「過程」類別之下的概念可以區分成步驟、因果過程和突現過程，其中因果過程和突現過程很容易被混淆，因而變成難以被學習的科學概念。比較兩種不同屬性的概念，可以得知突現過程所具有的屬性包括了一致性、隨機性、同步性、獨立性以及連續性，而因果過程的屬性則爲差異性、局限性、循序性、依賴性以及終止性。科學家用來解釋月相成因的科學概念應屬於突現過程屬性的概念，因爲：(1) 在月相變化中有地球、月球與太陽三種不同的天體參與，這三種天體雖然在成分組成上有所不同，但在太陽系中均處於轉動狀態，故這三

種不同的天體在月相成因這個行動中的表現是一致的 (突現過程屬性)，而不是不同的行動 (因果過程屬性)；(2) 發生時機的性質，地球與月球這兩個天體，其運動並沒有誰先誰後開始的狀況，因此是平行或同時發生的 (突現過程屬性)，而不是具備線性或序列性 (因果過程屬性)；(3) 參與過程的不同參與者間的因果關係性質，月相發生的原因並不是地球運動使月球發生運動、或者月球運動而使地球發生運動的因果關係，事實上，地球的自轉與月球的公轉是兩種獨立 (突現過程屬性) 的運動，而不是相依或具因果關係 (因果過程屬性) 的運動；(4) 月球、地球、太陽三者運動不具備目的與意圖的性質，在月相變化進行的過程中，月相是隨時在變動的，而不是具備整體性或目的導向或有意圖的性質；(5) 月相均在持續變動，爲一種持續的動態，故爲具連續性 (突現過程屬性) 而非終結性 (因果過程屬性) 的性質。因此，以本體分類論中的因果及突現過程來探討月相盈虧概念的學習具有極佳的解釋力。

由因果過程概念及突現過程概念的特質來分析國小四年級學生對月相成因持有的五大類 11 種心智模式可以歸納出 IM, LEM, SEM, SLM, SLE, LRM, LSM, LOM 屬於具有因果過程屬性的概念，而 SM, LNM, LWM 屬於具有突現過程屬性的概念，如圖 10。學生在教學前後的心智模式若是在因果過程的 7 種模式之間轉換或者在突現過程的 3 種模式之間轉換，則屬於類別內的概念改變，此種變化只需藉由增加、刪除、普遍化和區分等方式來改變概念結構 (邱美虹，2000)，是類別內的修正。然而，要從因果過程的心智模式轉變到突現過程的心智模式，就是屬於跨本體類別的概念改變 (根本的概念改變)，這樣的轉變並不是藉由同化或調整就可以達到的，學生必須放棄自己原有的想法，進而接受一個全新的觀點。由於信念是態度、動機及行爲的前身，也是個人認爲真理的事件與歸因 (Tobin, Tipins, & Gallard, 1994)，因此本文將學生對月相概念心智模式的改變稱爲信念的修正。在圖 10 中以虛線的箭頭表示學生在同一類別內信念修正的方向，而以實線箭頭表示根本概念改變的方向。根據此種區分方式，本研究續以本體分類的觀點來分析學生在教學前後心智模式概念類別的變化情形。圖 11 至圖 19 分別表示不同教學處理組別中的不同空間能力組學生在教學前、後與延宕測驗的心智模式本體類別的變動。圖中本體類別下顯示的階層數代表學生在同

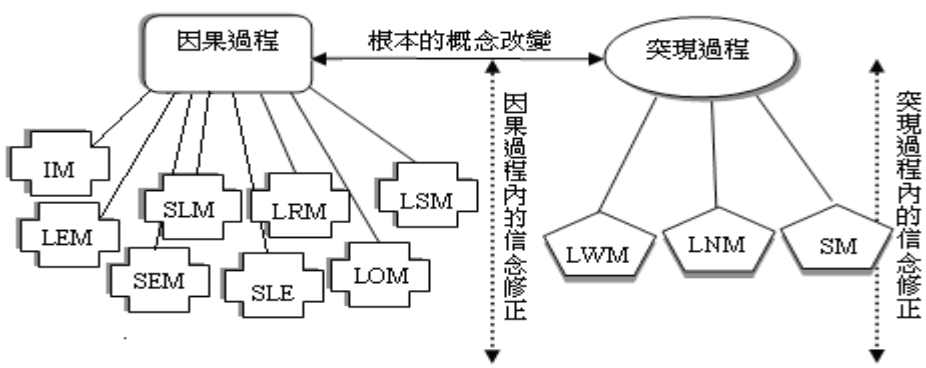


圖 10：概念改變的方式

一本體類別內的修正次數，而本體類別的分支數目則代表該組別學生不同的心智模式類別。

圖 11 至圖 13 表示在模型組中，學生心智模式概念類別的變化情形。在 MHS 中，1 位在教學前就持有突現過程心智模式的學生不斷進行突現過程內的修正 (類別內的概念改變)，而另外 5 位在教學前持有因果過程心智模式的學生，則會先轉變成突現過程 (根本的概念改變)，然後在突現過程內進行修正。圖 11 表示 MHS 心智模式類別變化的情形包含了從因果過程到突現過程的根本概念改變，以及在突現過程內信念向上及向下的修正，類似的轉變過程也出現在 MMS 當中。圖 12 顯示有 2 位 MMS 持續在突現過程內進行修正；5 位 MMS 則是於教學後先轉變成突現過程，然後在突現過程內進行修正。較特殊的是 2 位 MMS 於教學後轉變成突現過程概念，之後又回到因果過程概念。MLS 中有 2 位學生一直在突現過程內進行修正，而有 3 位學生則是在教學後發生根本概念改變，並在突現過程中進行信念修正。此外另有 1 位學生在教學後只發生因果過程內的修正，在三週後的晤談中才顯示出跨越本體類別的概念改變。圖 13 表示 MLS 學生的心智模式類別變化包含了因果過程內的向上修正、突現過程內信念向上及向下以及從因果過程到突現過程的根本概念改變。整體而言，模型組教學確實使得大多數學生能在學習月相成因的過程中，成功的發生跨越本體類別的概念改變。

在介入大量圖片及動畫教學的視覺組學生中，有 4 位教學前認爲月相成因是突現過程的 VHS 在教學過程中進行突現過程內的修正，另 2 位原持有因果過程看法的 VHS 也在教學後轉變成突現過程，並於突現過程內進行概念的修正 (圖 14)，換言之，VHS

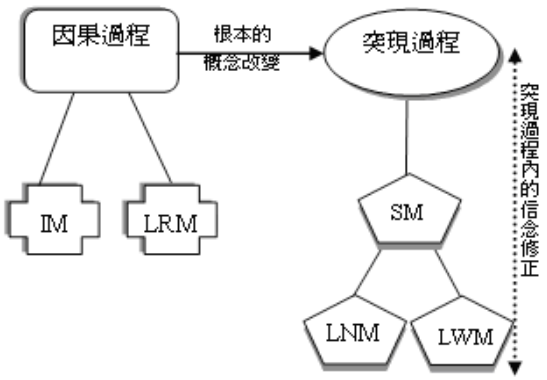


圖 11：MHS 心智模式本體類別的變動

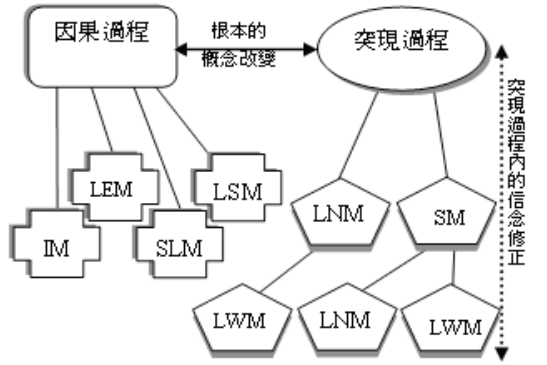


圖 12：MMS 心智模式本體類別的變動

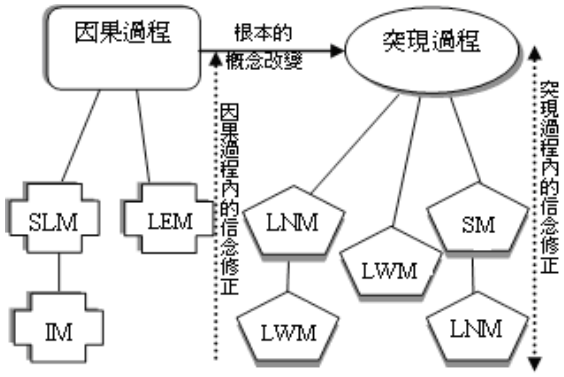


圖 13：MLS 心智模式本體類別的變動

心智模式的變化與前述 MHS, MMS 相同，都具有從因果過程到突現過程的根本概念改變，以及在突現過程內信念向上及向下的修正。然而在 6 位教學前持因果過程看法的 VMS 中，卻僅有 3 人能在教學後轉變成突現過程的心智模式，另 3 人只在因果過程中做修正變化。此外，有 1 位教學前認爲月相變化是突現過程的 VMS 持續在進行突現過程內的修正，另有 2 位教學前認爲月相變化是突現過程的 VMS，在教學後會轉變成因果過程，三週後又回歸到突現過程。從圖 15 中可以看出 VMS 心智模式的變動情形較爲多元，不僅具有根本概念改變，也包涵了因果過程內及突現過程內的向上和向下修正。在 VLS 組中，6 位學生在教學進行前皆持 IM 模式 (因果過程)，其中 1 位在教學後轉變成突現過程，並在突現過程內進行修正。而有 4 位 VLS 雖然在教學後沒有轉變成突現過程，但在教學後三週的晤談中，發現已經轉變成突現過程。只有 1 位 VLS 一直在因果過程中修正、調整，而沒有發生跨類別的概念改變 (圖 16)。

在僅使用課本進行教學的對照組學生中，6 位接受晤談的 CHS 最後都可以形成突現過程的心智模式，其中 5 位發生了根本的概念改變，而 1 位原本就持有突現過程內的學生則是進行突現過程內的概念改變 (圖 17)。另外，9 位接受晤談的 CMS 在教學前皆持因果過程的心智模式，其中僅有 1 人在教學後轉變成突現過程，並進行突現過程內的修正；有 4 人在教學後三週轉變成突現過程；其餘 4 人則一直在因果過程內修正、調整，而沒有發生跨類別的概念改變 (圖 18)。在教學前就持有突現過程心智模式的 CLS，會持續在突現過程中修正，但教學前持有因果過程的 CLS 卻僅有 1 人能在教學後三週轉變成突現過程，其餘 4 人則只能

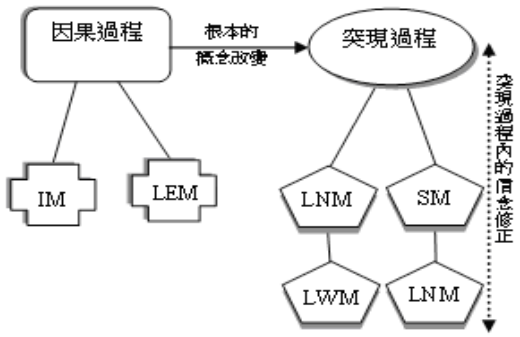


圖 14：VHS 心智模式本體類別的變動

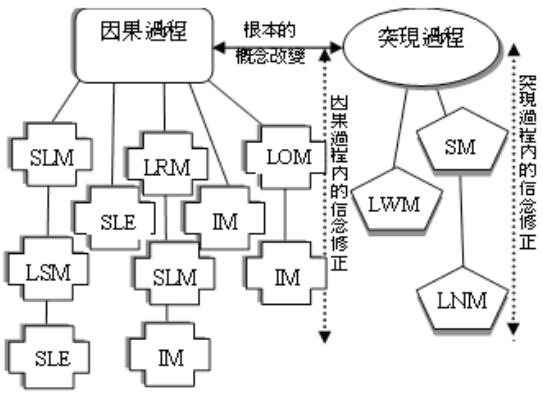


圖 15：VMS 心智模式本體類別的變動

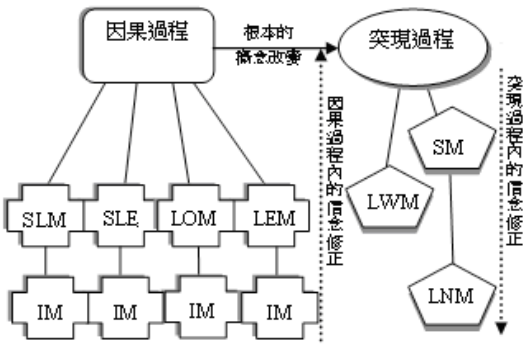


圖 16：VLS 心智模式本體類別的變動

在因果過程中調整，而無法跨越概念的類別 (圖 19)。

統整學生在學習月相概念前後的心智模式本體類別的變化情形，可以發現加入的非語詞刺激不同，學生心智模式類別的改變情形也不同。根據本研究的分析結果，接受晤談的 63 位學生本體類別的變動共有 6 種歷程，分別爲「突現過程→突現過程→突現過程」(簡稱 EEE)、「因果過程→突現過程→突現過程」(簡稱 CEE)、「因果過程→因果過程→突現過程」(簡稱 CCE)、「因果過程→因果過程→因果過程」(簡稱 CCC)、「因果過程→突現過程→因果過程」(簡稱 CEC) 以及「突現過程→因果過程→突現過程」(簡稱 ECE)。其中 EEE 和 CCC 代表學生僅在同一本體類別內進行概念改變，CEE 和 CCE 則表示學生在不同學習階段發生了跨越本體類別的根本概念改變。而 2 位 CEC 類型和 2 位 ECE 類型的學生則代表他們對月相成因概念的屬性持續在二個不同的本體類別間變動。爲了進一步瞭解不同非語詞刺激的教學對學生心智模式本體類別變動的影響，本研究分別統計不同組別學生在 4 種主要的變動歷程 (CCC, CCE, CEE, EEE) 中人數百分比的分配情形。圖 20 顯示在不同非語詞刺激的教學後，學童所持心智模式本體類別的變動情形。圖中 X 軸分別代表 3 種教學刺激，Y 軸則代表該種本體類別變動在該組別中所佔的百分比。

由圖 20 可以看出介入模型刺激的教學能使所有學生轉變到突現過程的心智模式，但是介入視覺刺激的教學組中有 20% 的學生無法轉變到突現過程的心智模式，而只用課本教學則會使 40% 的學生停留在因果過程的心智模式，顯示加入模型刺激的教學方式能使國小學童獲得較良好的學習成效。進一步以卡方考驗來檢驗上述的結果，分析結

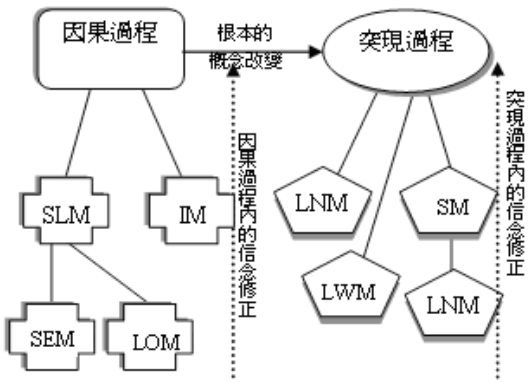


圖 17：CHS 心智模式本體類別的變動

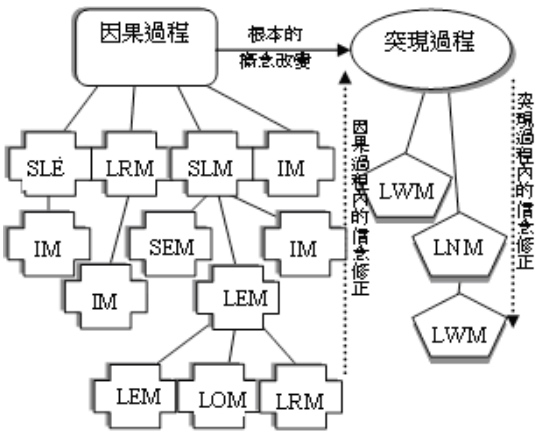


圖 18：CMS 心智模式本體類別的變動

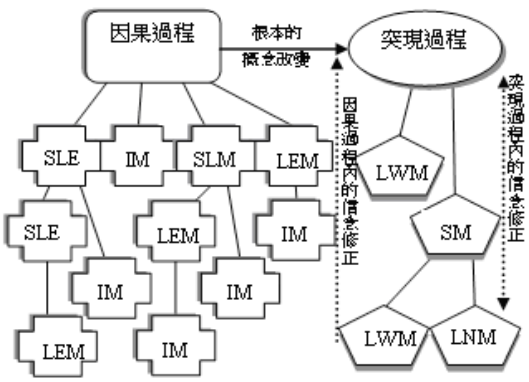


圖 19：CLS 心智模式本體類別的變動

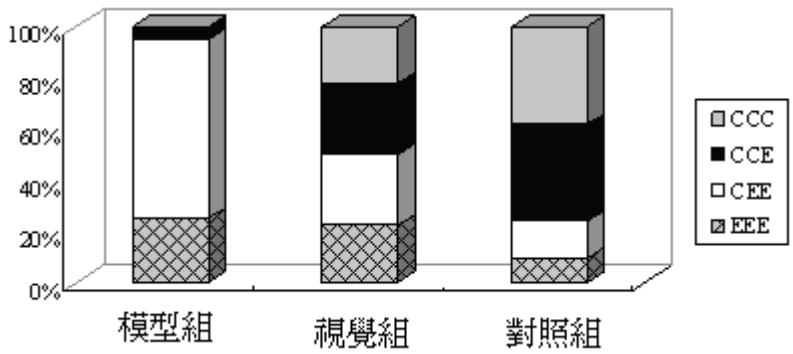


圖 20：不同非語詞刺激教學的概念改變類型分布

果發現不同教學處理與學生心智模式本體類別變動的相關情形達顯著 ($\chi^2 = 22.91$, $df = 6$, $p = .00 < .05$)，由於交叉表爲 3 x 4 的長方形列聯表，因而採用列聯相關係數作爲變項間關聯性強度的統計量，得到 *Contingency Coefficient* = .53 ($p < .05$)，顯示接受不同非語詞刺激教學的學生在概念改變類型的分布上確實有所差異。對照表 6 的分析可以得知介入非語詞刺激教學的成效不僅反映在概念測驗的得分上，也反映在學童對「月相成因」心智模式的改變歷程當中。

伍、結論與建議

本研究以空間關係能力測驗、月相概念測驗以及半結構式晤談，來瞭解介入不同形式的非語詞刺激教學對國小四年級學生在月相概念學習上所造成的影響，並從心智模式的變化以及本體概念類別的轉變觀點來分析學童學習成就的差異。本研究從各項分析的結果發現介入非語詞刺激的教學方式對學童學習月相概念有明顯的幫助，其中以介入模型刺激的教學成效較佳。

經由概念測驗的結果顯示，低空間能力的學生無論是接受視覺刺激教學或模型刺激教學，在學習成就上都會顯著高於對照組的學生；而中空間能力的學生則是以接受模型刺激教學在月相概念的學習表現上優於對照組的學生。針對學童在教學前後心智模式類型轉變的分析結果顯示，對中、高空間能力且學習前持初始模式的學童而言，介入模型刺激的教學會比其他兩種教學方式讓他們較容易轉變成科學模式且不會發生回歸現象；而對低空間能力學生而言，介入視覺刺激的教學和介入模型刺激的教學都可以獲致相同的學習成效，但也受限於空間能力的不足，無論介入何種教學，低空間能力的學生在月相成因的概念上很難產生科學模式。而從本體分類的觀點而言，無論空間能力的高低狀況，介入模型刺激的教學後能使全部的學生具有「突現過程」的心智模式，而介入視覺刺激的教學會使得 20% 的學生停留在「因果過程」的心智模式中。

過去許多研究著重在探討結合圖形表徵的學習與單一文字學習的效果 (Mayer, 2001; Mayer & Moreno, 2002)，卻忽略了文本、圖片以及其他外在表徵之間所存在的交互作用，似乎圖形在多元表徵的學習所扮演的特定角色只是因爲兩個編碼的效果會比只有一個編碼的效果好。Schnotz 與 Kürschner (2008) 的研究中以不同視覺表徵形式來探討學習者心智模式建構上的差異，發現當個體基於他們之前學習時所獲得的心智表徵來解

決問題時，不同心智模式的結構會導致不同型態的表現。由於 Schnotz 與 Kürschner 並未討論在不同視覺表徵的學習之後，學習者心智模式的差異內涵，故本研究參考 Chi (2005) 對概念本體分類的觀點，綜合概念測驗與晤談資料，從分析學生心智模式的變化過程出發，提供了更多學習者心智模式轉變的細節。從本研究的分析結果發現，雖然二個實驗組的教師在教授「月相概念」時，同樣都使用了大量的視覺表徵來豐富教學內容，但介入模型刺激的教學能讓學生理解屬於突現過程的月相概念，並維持科學模式的心智模式，而不易發生概念回歸的現象。可以見得讓學生處於較爲真實的情境下，並透過實際的操作、體驗進行學習，可以提升學生的學習成效 (Roth, 2006)。

教師將自己的學科專門知識、教學專業知識與學科問題，結合表徵的形式，將不易理解的知識轉化成可與學生溝通的形式，形成了「教學表徵」(Sulman, 1986)，也作爲教師與學生在課堂上溝通的工具。一個良好的教學應該是教師能以合適的方式將課程內容加以表徵外顯，而學生能領略教師使用的表徵，而加以吸收內化成自己的心智表徵。然而，每一種教學表徵都是不完備的，表徵的系統時常局限於特定的問題或問題型態上，因此在表徵某個科學概念時便有所限制，在不同的情境中都需要重新解釋 (林曉雯，1994；McKendree, Small, Stenning, & Conlon, 2002)，所以教師在教學活動中就可以呈現多重表徵來減少學生在工作記憶區的負荷量 (左台益、蔡志仁，2001)。

然而，雖然教師所呈現的視覺表徵可以幫助學生學習，但學生卻常不瞭解教師所提出的表徵所代表的意涵 (Treagust, Chittleborough, & Mamiala, 2003)。Sanchez (2009) 就指出以視覺表徵進行教學存在一個危險，就是教師會誤以爲視覺表徵能自動的導致瞭解。事實上，專家看見的東西和初學者所見是不同的，因此會產生不同的解釋。一般的成人習慣於視覺表徵而容易忘記它們本身是一個物體。然而當一個老師第一次介紹一個科學的視覺表徵給他的學生時，學生可能只看見物體的特徵 (不同的顏色、緞帶或線)，因爲他們還沒有學習教師所要表徵的事物 (Uttal & O'Doherty, 2008)。本研究藉由比較介入模型刺激的教學和介入大量圖片、動畫刺激的教學後發現，對國小四年級的學童而言 (尤其是空間能力不高的學童)，相較於模型的教學，視覺組的教學較難使他們產生根本的概念改變，可以見得國小學童較容易掌握模型所欲表徵的概念，而不一定能理解圖形所欲表徵的概念，進而形成科學的心智模式。Uttal 與 O'Doherty 便建議教師在以圖形表徵進行教學時，應可以藉由教導學生圖形是如何產生的過程，來指導學生對圖形進行解釋。

在真實的教學現場，模型和圖形表徵都是教師大量應用的非語詞刺激。由本研究的結果可以知道，在常態編班的情況下，由於同一個班級中各種空間能力的學生均具備，因此介入模型刺激的教學效果會大於介入圖形、動畫刺激的教學效果。然而，在自然科學的教學中，有許多科學概念不一定能用模型來加以表徵，因此單獨介入圖形和動畫刺激的情況經常發生，教師更需要掌握指導學生理解圖形表徵的要訣，才能幫助學生理解抽象的突現過程概念。

參考文獻

1. 王美芬 (1991)。我國國小五、六年級學生有關月亮錯誤概念的診斷及補救教學策略的應用。**臺北市立師範學院學報**，**23**，357-380。
2. 左台益、梁勇能 (2001)。國二學生空間能力與 van Hiele 幾何思考層次相關性研究。**師大學報**，**46**(1, 2)，1-20。
3. 左台益、蔡志仁 (2001)。高中生建構橢圓多重表徵之認知特性。**科學教育學刊**，**9**(3)，281-297
4. 呂志峰 (2008)。**中學生月相盈虧相關迷思概念類型與概念改變過程之探討**。國立臺灣師範大學地球科學系碩士論文，未出版，臺北市。
5. 李曉雯 (2001)。**國小四年級學生「月相」迷思概念之研究**。臺南師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，臺南市。
6. 林曉雯 (1994)。**國中生物教師教學表徵的詮釋型研究**。國立臺灣師範大學科學教育研究所博士論文，未出版，臺北市。
7. 林靜雯、邱美虹 (2006)。以述詞分析法探究多重類比對兒童電學概念改變之影響。**科學教育學刊**，**14**(1)，55-81。
8. 邱美虹 (2000)。概念改變研究的省思與啓示。**科學教育學刊**，**8**(1)，1-34。
9. 邱美虹、翁雪琴 (1995)。國三學生「四季成因」之心智模式與推論歷程之探討。**科學教育學刊**，**3**(1)，23-68。
10. 邱美虹、陳英嫻 (1995)。月相盈虧之概念改變。**師大學報**，**40**，509-548。
11. 姜滿 (1997)。國小學童地球運動之想法與概念改變歷程。**臺南師院學報**，**30**，217-243。
12. 劉寶元 (2003)。**國一學生人體血液循環概念之心智模式精練之探討**。國立高雄師範大學科學教育研究所碩士論文，未出版，高雄市。
13. 賴瑞芳 (2002)。**小學生月亮迷思概念之研究**。國立臺中師範學院自然科學教育學系碩士論文，未出版，臺中市。
14. Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, *33*(2-3), 131-152.
15. Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, *16*(3), 183-198.
16. Ainsworth, S. E., Bibby, P. A., & Wood, D. J. (1998). Anglysing the costs and benefits of multi-representational learning environments. In M. W. van Someren, P. Reimann, H. P. A. Boshuizen, & T. de Jong (Eds.), *Learning with multiple representations* (pp. 120-134). New York: Pergamom.
17. Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford, UK: Clarendon Press.
18. Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, *11*(5), 502-513.
19. Bell, R. L., & Trundle, K. C. (2008). The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, *45*(3), 346-372.
20. Bishop, J. E. (1978). Developing students' spatial ability. *Science Teacher*, *45*(8), 20-23.
21. Buckley, B. C., & Boulter, C. J. (2000). Investigating the role of representations and expressed models in building mental models. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (Eds.),

Developing models in science education (pp. 119-135). Dordrecht, Netherlands: Kluwer.

22. Chi, M. T. H. (1992). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. In R. N. Giere (Ed.), *Cognitive models of science: Minnesota studies in the philosophy of science* (pp. 129-186). Minneapolis, MN: University of Minnesota Press.
23. Chi, M. T. H. (1997). Creativity: Shifting across ontological categories flexibly. In T. B. Ward, S. M. Smith, & J. Vaid (Eds.), *Creative thought: An investigation of conceptual structures and processes* (pp. 209-234). Washington, DC: American Psychological Association.
24. Chi, M. T. H. (2000). Cognitive understanding levels. In A. E. Kazkin (Ed.), *Encyclopedia of psychology* (Vol. 2, pp. 146-151). New York: American Psychological Association & Oxford University Press.
25. Chi, M. T. H. (2005). Common sense conceptions of emergent processes: Why some misconceptions are robust. *Journal of the Learning Sciences*, *14*(2), 161-199.
26. Chi, M. T. H., Slotta, J. D., & de Leeuw, N. (1994). From things to processes: A theory of conceptual change for learning science concepts. *Learning and Instruction*, *4*(1), 27-43.
27. de Jong, T., Ainsworth, S., Dobson, M., van der Hulst, A., Levonen, J., Reimann, P., et al. (1998). Acquiring knowledge in science and mathematics: The use of multiple representations in technology-based learning environments. In M. W. van Someren, P. Reimann, H. P. A. Boshuizen, & T. de Jong (Eds.), *Learning with multiple representations* (pp. 9-40). New York: Pergamon.
28. Fuys, D., Geddes, D., & Tischler, R. (1988). *The van Hiele model of thinking in geometry among adolescents*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
29. Gentner, D., & Stevens, A. L. (1983). *Mental models*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
30. Goodman, N. (1976). *Languages of art*. Indianapolis, IN: Hackett.
31. Halford, G. S. (1993). *Children's understanding: The development of mental model*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
32. Ifenthaler, D. (2010). Relational, structural, and semantic analysis of graphical representations and concept maps. *Educational Technology Research and Development*, *58*(1), 81-97.
33. Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental models: Towards a cognitive science of language, inference, and consciousness*. Cambridge, UK: Cambridge University.
34. Jonassen, D. H., & Henning, P. (1999). Mental models: Knowledge in the head and knowledge in the world. *Educational Technology*, *39*(3), 37-42.
35. Kessler, K., Duwe, I., & Strohner, H. (1999). Grounding mental models: Subconceptual dynamics in the resolution of linguisitic reference in discourse. In G. Rickheit & C. Habel (Eds.), *Mental models in discourse processing and reasoning* (pp. 169-193). Amsterdam: Elsevier.
36. Laura, L. S., Gerald, H. K., & Daniel, P. S. (1999). Third grade students' ideas about

the lunar phases. *Journal of Research in Science Teaching*, *36*(2), 159-177.
37. Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterisation of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, *56*(6), 1479-1498.
38. Lipman, P. D., & Caplan, L. J. (1992). Adult age differences in memory for routes: Effects of instructions and spatial diagram. *Psychology and Aging*, *7*(3), 435-442.
39. Lohman, D. F. (1988). Spatial abilities as traits, processes, and knowledge. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 4, pp. 181-248). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
40. Macnab, W., & Johnstone, A. H. (1990). Spatial skills which contribute to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, *24*(1), 37-41.
41. Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
42. Mayer, R. E. (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
43. Mayer, R. E., & Moreno, R. (2002). Aids to computer-based multimedia learning. *Learning and Instruction*, *12*(1), 107-119.
44. Mayer, R. E., & Sims, V. K. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, *86*(3), 389-401.
45. McKendree, J., Small, C., Stenning, K., & Conlon, T. (2002). The role of representation in teaching and learning critical thinking. *Educational Review*, *54*(1), 57-67.
46. Noss, R., & Hoyles, C. (1996). *Windows on mathematical meanings: Learning cultures and computers*. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic.
47. Orion, N., Ben-Chaim, D., & Kali, Y. (1997). Relationship between earth science education and spatial visualization. *Journal of Geosicence Education*, *45*, 129-132.
48. Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding approach*. New York: Oxford University.
49. Pellegrino, J. W., & Kail, R. (1982). Process analyses of spatial aptitude. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence* (Vol. 1, pp. 311-366). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
50. Plummer, J. D. (2009). Early elementary students' development of astronomy concepts in the planetarium. *Journal of Research in Science Teaching*, *46*(2), 192-209.
51. Roth, W.-M. (2006). *Learning science: A singular plural perspective*. Rotterdam, NL: Sense.
52. Sanchez, E. (2009). Innovative teaching/learning with geotechnologies in secondary education. In A. Tatnall & A. Jones (Eds.), *Education and technology for a better world* (pp. 65-74). Boston: Springer.
53. Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction*, *13*(2), 141-156.
54. Schnotz, W., & Kürschner, C. (2008). External and internal representations in the acquisition and use of knowledge: Visualization effects on mental model construction. *Instructional Science*, *36*(3), 175-190.
55. Shute, V. J., Jeong, A. C., Spector, J. M.,

Seel, N. M., & Johnson, T. E. (2009). Model-based methods for assessment, learning, and instruction: Innovative educational technology at Florida State University. In M. Orey, V. J. McClendon, & R. M. Branch (Eds.), *2009 Educational media and technology yearbook* (pp. 61-79). Westport, CT: Greenwood.

56. Sulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, *15*(2), 4-14.
57. Taylor, I., Barker, M., & Jones, A. (2003). Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education*, *25*(10), 1205-1225.
58. Tobin, K., Tippins, D. J., & Gallard, A. J. (1994). Research on instructional strategies for teaching science. In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 45-93). New York: Macmillan.
59. Treagust, D. F., Chittleborough, G., & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal of Science Education*, *25*(11), 1353-1368.
60. Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, *39*(7), 633-658.
61. Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2006). Preservice elementary teachers' knowledge of observable moon phases and pattern of change in phases. *Journal of Science Teacher Education*, *17*(2), 87-101.
62. Uttal, D. H., & O'Doherty, K. (2008). Comprehending and learning from 'visualizations': A developmental perspective. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Eds.), *Visualization: Theory and practice in science education* (pp. 53-72). Dordrecht, Nehterlands: Springer.
63. Von Glasersfeld, E. (1990). An exposition of constructivism: Why some like it radical. In R. B. Davis, C. A. Maher, & N. Noddings (Eds.), *Constructivist view on the teaching and learning of mathematics* (pp. 19-29). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
64. Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1992). Mental models of the earth: A study of conceptual change in childhood. *Cognitive Psychology*, *24*(4), 535-585.
65. Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, *18*(1), 123-183.
66. Wheatley, G. H. (1991). Constructivist perspectives on science and mathematics learning. *Science Education*, *75*(1), 9-21.

The Impacts of Different Non-Verbal Stimuli on Learning Moon Phases

Tsui-Wen Chen[1], I-Lin Hou[2] and Chia-Ju Liu[2,*]

[1] Kaohsiung Municipal Garn Her Elementary School
[2] Graduate Institute of Science Education, National Kaohsiung Normal University

Abstract

The purpose of this study was to explore the impacts of different types of non-verbal stimuli on students' mental model construction. One hundred and two 4th-grade students participated in the study. The non-verbal stimuli used in the instruction of moon phases included models and visual stimuli. Sixty-three participants were interviewed in the different stages of the instruction. The data also included students' achievements in a pre-test and post-test. The results of the study were 1) The use of models improved the learning achievement of the students with middle and low spatial ability, 2) the use of visual stimuli improved the learning achievement of the students with low spatial ability only. This study was more successful than previous research in showing that model simulations can successfully support students' conceptual changes across ontological categories.

Key words: Moon Phases, Mental Model, Spatial Ability, Non-Verbal Stimuli

*Corresponding author: Chia-Ju Liu