

國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系  
教育心理學報，民95，37卷，4期，393—409頁

# 具體影像空間教學策略與中學生空間能力 之相關研究\*

林 小 慧

熊 召 弟

林 世 華

國立台北教育大學  
自然科學教育研究所

國立台灣師範大學  
教育心理與輔導學系

本研究旨在探討具體影像空間教學策略（CISC）對中學生空間能力的影響。參與研究對象為台北縣 125 位國中二年級學生，經由分配成實驗組（CISC 教學）及對照組（無 CISC 教學）。所有學生均接受「空間能力測驗工具」的前測及後測，以檢驗 CISC 教學策略對中學生空間能力影響的成效。研究結果以單因子共變數分析進行處理。本研究主要發現：1. 實驗組受試學生之空間能力表現優於對照組。2. 實驗組低、中、高成就組學生其空間能力並無差異。依據統計結果發現，CISC 策略不僅能提升學習者心像操作能力，使二維與三維表徵產生互動，並能透過辨認轉換以洞悉複雜抽象之化學分子結構，減少學習者的認知負荷，且能降低抽象概念的複雜度，有助於學生建構正確心像，以利科學概念的理解。

**關鍵詞：**具體影像空間教學策略、心像、空間能力、空間概念

從研究者過去教學經驗，有感於學生對於「物質的構造」抽象概念之學習甚感困難，並易產生迷思概念（misconception）。例如：學生常因無法直接觀察具體粒子現象，而導致學習上的障礙。故對以粒子觀點為基礎之原子模型和分子概念、元素與化合物之區別以及純物質、混合物的認知，常陷於混淆不清的處境，因而為求學生能理解其科學概念，常以類比教學（analogical instruction）引導學生進行微觀粒子之想像，力求學習者能與既有概念產生較多屬性對應與連結，並進一步發展高階關係之對應，而成就正確的科學認知模式。然研究結果顯示（邱美虹、高淑芬，民88）類比策略（analogical strategy）固可輔助多元領域之科學概念心智模式（mental model）的建立與科學概念學習之促進，卻也受限學生先備知識之異同，而影響類比對應結果，致使未能達成教材預期之科學思維。是故本文深知除教師運用教學策略之重要性外，學習者對於抽象概念的建構、操作心像（mental image）以及空間視覺化（spatial visualization）解釋之能力均有其必要性與關鍵性之角色扮演。

廖焜熙指出（民88）：「化學是一門探討物質結構的科學，其中許多概念牽涉到微觀世界的抽象思考，不易於感官觸摸學習，只能憑想像思考加以理解。因此，化學的學習具有獨特性及侷限性」。因

\* 1. 本文係林小慧提國立台北師範學院自然科學教育研究所碩士論文的部分內容，在熊召弟教授與林世華副教授指導下完成。  
2. 感謝審查教授提供寶貴的修改意見與建議。

此圖解 (diagram)、圖形 (graphical)、動畫 (animation) 及影像 (video) 的表徵型式教學將有助於學生正確的瞭解科學概念並克服使用這些概念的認知困難。研究結果顯示 (廖焜熙, 民88) 空間能力、推理能力與學習策略等因素均會影響有機立體化學學習成就, 更加凸顯空間能力對於學生理解抽象之微觀世界具有關鍵性的影響。依據國外文獻分析 (Barke & Engida, 2001), 認為學生學習抽象概念之心智路徑圖包括三步驟: (一) 自然或實驗現象的觀察; (二) 學生自行建立結構之想像; (三) 理解化學符號表徵與理論。步驟一意指科學教師佈置教學情境, 而傳授科學知識理論則為步驟三, 唯獨步驟二屬於學生內在心像之建立與理解, 純屬個人學習能力領域, 然此過程卻是科學學習成就影響因素之首要。是以, 教師如何介入並輔助學生由素樸概念 (naive conceptions) 發展至科學概念 (scientific conceptualizations) 之心智模式 (mental model) 的建立, 即為本研究所欲深入探討之主題。

### 一、CISC 教學策略之定義

國外學者研究指出 (Barke & Engida, 2001): 「結構想像 (structural imagination) 為現象和化學符號 (chemical symbols) 之間的中介者 (mediator), 而使用立體結構模型可使微觀原子或分子更加具體視覺化 (visualization), 不僅可發展學生的空間能力, 也將使其更易理解分子式與化學平衡式」。是以, 為協助學生建構粒子概念之心智模式, 本研究融合質性靜態與量化動態之視覺圖像, 並輔以立體模型和口語敘述, 發展具體影像空間教學策略 (Concrete Image Spatial Concepts instructional strategy; CISC), 亦即教師從事抽象之科學概念教學時, 提供立體結構模型 (stereoscopic structure model) 或電腦動態圖像 (computer dynamic picture), 協助學生對其無法直接觀察的微觀粒子世界或巨觀天文現象, 建構或操弄三度空間的心智模式, 以理解科學理論與概念, 其空間策略融入教學之學習路徑參照圖1。

### 二、三維度視覺教學技能內涵

邱美虹及傅化文 (民82) 曾利用四種不同的分子結構之表徵方式, 來瞭解學生的解題策略及不同表徵對學習成就之影響。從其研究結果顯示, 分子表徵方式不同, 對學生解題影響頗大。其中以實際分子模型表徵的學習成就最高, 亦即不論高低成就學生, 其對具體分子模型的測驗試題之答對率都較高, 差異性也較小。基此, 具體分子模型有助於大學生及研究生在化學方面的解題成就, 並意味儘管空間能力發展健全的成年人, 實際模型表徵仍然能夠提升其辨識洞察微觀現象的能力。是故, 以此思維類推於中學生, 更能意識到立體結構分子模型應用於粒子微觀世界單元之教學, 適足以協助學生建立正確科學認知。CISC 教學策略的內涵包括以下三個部分:

#### (一) 立體圖形法

立體圖像為一對分子模型圖畫或照片所構成, 當用右眼觀察其中一種照片時, 會出現一種圖像; 而當左眼觀察另一照片時, 又再出現另一種圖像。利用左、右眼觀察一對分子圖形, 依據視差產生不同圖像, 因而產生立體表徵是謂「立體圖形法」。研究結果指出 (廖焜熙、邱美虹, 民85; Nicholson, Seddon, & Worsnop, 1977), 立體圖形法可以應用在分子模型上。藉由立體圖像之應用, 可將分子或晶體結構中原子之相對位置清楚地顯示出來。有鑑於目前教科書或參考書籍均以二度平面表徵書寫, 使此法於研究之應用滯礙難行。又教育宗旨均希望透過教學引導, 促使學生產生學習遷移, 能夠自行建構想像與轉換能力, 達到學習目標。故本研究之CISC 教學策略之教學媒體應用並不採此方式。

#### (二) 模型

透過立體原子、分子模型表徵之展示, 協助學生建構或操弄一個三度空間的心智模式。Sedden、Eniayēju 與 Jusoh (1984) 曾對奈及利亞中學生進行三種教學計畫, 教導心像旋轉操作 (visualization of the rotation operations) 之學習。研究結果顯示, 觀察轉動中之模型, 有助於學生辨認分子旋轉過程及其深度線

索變化情形。因此，模型融入教學有助於提升學習者對微觀分子或晶體結構 (crystal structure) 之理解。

Zoller (1990) 的研究顯示，在面對抽象、非直覺的、或邏輯上不具高相關的概念，以模型來進行教學是個不錯的策略。其次，Gabel 與 Sherwood (1980) 亦指出，教學時提供學生模型的操作與使用，將有助於他們在化學鍵、化學平衡、和酸鹼理論的表現。而根據 Sedden 等人 (1984) 的研究顯示，教學上若同時使用模型和圖形，其學生表現會較僅使用圖形者為佳。邱美虹、傅化文 (民82) 則提出不同成就族群學生在面對具體分子模型問題時，其解決表現較二度空間表徵者為佳，尤其是對低成就組的學生幫助更大，此見解亦與國外學者看法一致。

Barke 和 Engida (2001) 對德國與依索比亞七年級到十二年級學生，進行不同文化層面下結構化學與空間能力之研究，其研究結果建議使用立體結構模型 (stereoscopic structure model) 有助於初學者的化學理解。Barke (1993) 曾對德國中學生進行何時才有能力理解分子模型的立體結構、男女生的空間能力上是否有差異，以及空間能力是否可藉模型之操作訓練而有所增進的研究。結果顯示德國中學生大部分在十四歲以後，才有能力理解化學分子模型的立體結構問題，同時以結構性分子模型進行教學及適當舉例對男女生空間能力發展均有正相關的影響。是以透過立體結構模型融入教學之策略，確實可以提升國中生的理化學習成效。本文基於上述文獻之實徵研究，擬藉物質粒子模型 (particulate model of matter)，作為 CISC 教學策略之重要教學媒體之一。

### (三) 動態圖

Seddon 與 Moore (1986) 運用一組動態圖，來表現分子連續旋轉之型態。其旋轉順序圖像，可藉由幻燈片投射呈現 (廖焜熙、邱美虹，民85；Bodner, Cutler, Greenbowe, & Robinson, 1984；Rozzelle & Rosenfeld, 1985)，此過程乃經由假想步驟，將分子的反射圖像顯示出來，而其旋轉操作所產生之連續圖形，在每次轉動角度為「 $10^\circ$ 」左右效果最佳。由於個人電腦操作之普適性，利用電腦動畫教學，不論是在分子旋轉的操控性上，或是立體結構視覺化之效果，均比幻燈片更為方便有效 (廖焜熙、邱美虹，民85)。本研究從其動態圖教學媒體應用之方便性與有效性為考量，亦將動畫教學 (animational instruction) 作為 CISC 教學策略之輔助教學媒體。

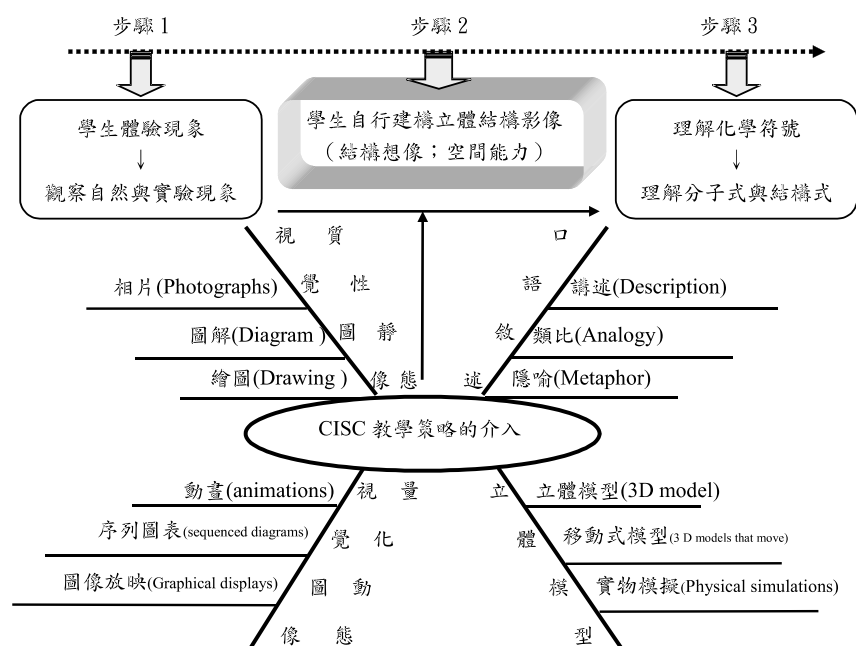


圖 1 具體影像空間策略融入教學之學習路徑圖

### 三、三維度視覺教學策略之實徵研究

依據學者指出(邱美虹、傅化文, 民82):「由於分子結構存在於微觀世界中, 學生在學習立體化學(stereochemistry)時, 對分子中原子間的相對位置或其特性, 有相當的困難度。要瞭解原子間的立體關係必須具備一些想像力或藉助模型來瞭解其空間相對位置, 這對一般缺乏訓練的學習者而言, 不是一件容易的事」。其研究結果顯示(邱美虹、傅化文, 民82)接受物質粒子模型教學的學生, 在立體化學解題之表現較佳, 高低成就組之差異最少。又有學者(廖焜熙, 民88)提出藉由媒體輔助教學, 例如, 立體圖像、模型、動態圖、鏡子、影像等, 有利於學習者其分子結構心像之操控, 並建議藉由動畫或分子模型(molecule model)進行教學, 將有助於矯正學習者的迷思概念。而Paivio(1986)(引自Rohr & Reimann, 1998)也指出教學表徵型式(representational formats)的呈現會影響學生的學習理解成效, 例如文字(textual)可闡述命題表徵(propositional representation)、圖形能提供心像, 而動畫/影像則可輔助動態心智模式的建立。Newell(1982)(引自Rohr & Reimann, 1998)則建議動畫教學(animation instruction)不僅有助於初學者正確瞭解科學概念, 協助克服使用這些概念的認知困難, 且能夠建構知識層次(資訊)與表徵層次(符號)間的連結, 以及提升本體理解(ontological comprehension)和計算問題(computational problem)的能力。Talley(1973)研究結果也顯示, 使用分子模型來觀察化學分子內原子間互動關係者之大學新生, 其學習成就較高。又Holford與Kempa(1970)的研究亦提出使用實體操弄的學生較使用二度空間表徵的學生, 擁有較佳的結構透視與解釋之能力。

綜合上述, CISC教學策略融入理化教學, 不但能藉由粒子模型產生明確的巨觀層次(macroscopic level)(例如: 水分子的蒸發、體積的膨脹)以降低抽象概念的複雜度, 同時對於較難以文字方式描述與理解之粒子交互作用的現象(例如: 化學反應), 透過視覺描述(visual description)往往有助於學習者建構正確心像, 以利其科學概念的理解。

### 四、空間能力理論

#### (一) 視覺化理論

早在Berkely(1709)(引自廖焜熙, 民88)即提出三維度視覺化理論, 其理論依據乃是人類能透過物體影像本身之不對稱原理, 以及影像大小不同, 而有感知立體影像的能力。當二維表徵的刺激進入眼睛之視網膜時, 會形成一個二維影像, 但由於物體本身之線條深淺、遠近的不對稱所致, 人類即能感知立體影像。根據Goodman(1968)的看法, 欲藉由線條深淺將景物之立體影像呈現出來, 則必須擁有感知三維度空間立體影像之能力。

#### (二) 線索反射理論

Gibson(1971)則說明二維度表徵方式輸出三維立體結構, 乃基於人類可將光線直接反射成三維立體影像。是故, 外界光線會將物體結構訊息反射給眼睛, 而雙眼即直接將物體之立體結構顯示出來。此即為何一幅平面圖像當透過觀察者, 常誤認為立體景物之原因。

#### (三) 視覺心像理論

此理論由Kosslyn於西元1981年提出。其理論認為藉由心像檢視與心像傳遞, 立體影像隨即產生。然此過程中, 大腦在訊息表徵及處理上扮演關鍵性之角色。亦即當外界訊息通過眼睛時, 會轉換成訊息代碼, 而此訊息代碼傳送至大腦後, 即由其處理及作詮釋, 最後再將處理後之訊息反射出立體影像。依據Kosslyn的研究結果指出, 視覺心像能力需要許多其他附屬能力之協助方能完成。

## 五、空間能力內涵

Lohman (1979) 對空間能力意涵則提出更明確之說明：空間能力為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。此轉換技能向度陳述如下：

### (一) 空間關係 (spatial relations)

Lohman (1988) 提出空間關係之內涵為：「將眼前呈現的刺激在腦海中作快速旋轉之能力，其測試項目則包括心像旋轉 (mental rotation)」。亦即二維平面表徵與三維立體結構之「移動」的轉換過程。而依據 Pellegrino 與 Kail (1982) 對空間關係所持見解則為：「物體之間相對的關係或位置的比較」。其內容特徵趨於簡單，並重視答題速度。代表性測驗包含有二度空間心像旋轉、方塊比較以及三度空間心像旋轉 (吳文如，民93)。

### (二) 空間方位 (spatial orientation)

Lohman (1988) 對空間方位所提出之解釋：「能夠設想從不同角度 (perspective) 觀察眼前景物情形之能力」。亦即二維平面表徵與三維立體結構之「轉動」的轉換過程。其測試項目「鏡像」則最具代表性。受試者必須想像鏡子前的物體其在鏡內所形成的像為何，此類試題可檢測受試者心像翻轉能力。

### (三) 空間視覺化 (spatial visualization)

空間視覺化 (spatial visualization) 為腦海中形成有關刺激的心像且必須轉換 (transformation) 之能力，其測驗項目包括圖像拆解 (表面發展) (surface development)、紙張摺合 (paper folding) 與形板測驗 (form board test) (Lohman, 1988)。Pellegrino 與 Kail (1982) 則提出另一觀點：「空間視覺化為想像、建構與拆解物體成分之動態操弄技能」。其代表性測驗包含有：1. 形板測驗 (form board tests)：將隨機排列的紙板組合成完整形狀；2. 打孔測驗 (punched holes tests)：在折疊的四方紙上打洞，推測折疊紙張展開後小洞的位置；3. 紙盒摺疊或表面發展測驗 (paper-folding or surfaces-development tests)：推測紙盒展開後與紙板折疊後的形狀。根據 Lohman (1988) 對空間視覺化所提出之解釋：二維平面表徵與三維立體結構之「扭動」的轉換過程。此類試題主要檢視受試者將二維平面表徵折疊成三維立體結構，或三維立體結構展開成二維平面表徵之心像操控能力。

基此，由於本研究擬藉「CISC 教學策略」進行「物質的構造」單元教學，其粒子概念與有機立體化學相近，又為力求有機立體化學與空間能力向度密切相關之考量，酌採用 Lohman 之見解作為空間能力向度的依據，將空間能力意涵界定為 1. 空間關係；2. 空間方位；3. 空間視覺化。

## 六、空間能力與自然科學學習之實徵研究

空間能力是學習科學的成功要素之一 (邱美虹、翁雪琴，民84；Bishop, 1978；Siemonkowski & Macknight, 1971)，科學學科之學習成就與空間能力有密切相關 (Lord, 1985；Pallrand & Seeber, 1984；Siemonkowski & Macknight, 1971)，另有學者亦認為在化學方面，對需要解題技能及心智上處理一個分子之二度空間表徵的問題，具有高空間能力的學生顯然有較好的處理能力 (邱美虹、陳英嫻，民84；Pribyl & Bodner, 1987)。

有機化學的概念中許多是可利用二度空間表徵三度空間的例子，故自二度空間圖形中，建構與處理三度空間之心智圖像的能力，對有機化學家而言是必要且重要的 (邱美虹、陳英嫻，民84；Shepard, 1978)。Rochford (1987) 亦曾發展理解性測驗，用以檢測大一學生的空間能力與化學學習成就之相關性，其結果發現通過空間能力測驗的學生，化學成績普遍優於未通過的學生。又 Baker 與 Talley (1972) 以及 Pribyl 與 Bodner (1987) 等學者對空間能力與化學成就之間呈現正相關之理論，持以肯定態度。而依據 Carter、LaRussa 與 Bonder (1987) 量化研究結果顯示，空間能力與化學成就

之間，呈現顯著正相關，其相關係數在0.1~0.37之間。再者 Baker 與 Talley (1972) 也提出學生學習化學失敗的原因，極可能是缺乏空間思維技能所致之觀點。是以，國內學者研究指出 (廖焜熙，民88)，「原子結構」單元所包含的概念較為抽象且牽涉到許多科學名詞，再加上學生缺乏日常生活經驗，因而屬於較難學習的課程。基此，提出類比策略有助於「原子結構」單元學習之見解。然而，雖說類比教學並不是本研究所欲探討的主題，但是其協助學習者建立心像之本意則不謀而合。因此 McGee (1979)、Rochford (1987) 與廖焜熙 (民88) 均將空間心像測驗列為預測化學學習成功與否之重要指標。

依據 Macnab 與 Johnstone (1990) 之研究指出，型態辨認 (form recognition)，運轉 (orientation)，三度空間至二度空間的轉換，二度空間至三度空間的轉換等空間能力在生物科學中皆扮演相當重要的角色，這些能力均與顯微鏡的操作有關；又 Lord (1987) 之研究結果亦發現，產生及控制心像發生困難的學生，其生命科學課程的表現較差，對這些學生而言，圖表是困難的。另在物理方面，也提出具有高空間能力的學生大都能成功地學習物理 (邱美虹、陳英嫻，民84；Pallrand & Seeber, 1984)。

綜合上述理論與實徵研究顯示，自然科學本身教材即涉及許多空間問題，學習自然科學時，空間能力 (spatial ability) 著實為必要且重要之學習技能，因此本研究擬藉 CISC 教學策略運用於理化教學場域，進行中學生空間能力提升與否之探究。依據上述動機，本研究有二個目的：

- (1) 探討「CISC 教學策略」對中學生空間能力的影響。
- (2) 探討低中高成就組學生在接受「CISC 教學策略」後，其空間能力發展的差異。

基此，本研究的主要問題包括：

- (1) CISC 教學策略對中學生空間能力發展的影響為何？
- (2) 低、中、高成就組學生在接受「CISC 教學策略」後，其空間能力發展的差異為何？針對上述問題，本研究所提出之假設如下：
  - (1) 接受 CISC 與一般教學策略之中學生其空間能力的發展未達顯著差異。
  - (2) 接受 CISC 之低、中、高成就組學生其空間能力的發展未達顯著差異。

## 方 法

本研究採準實驗設計，茲將研究對象、研究工具與研究步驟說明如下：

### 一、研究對象

研究對象為台北地區某縣立國民中學八年級學生，共有三個班級參與此研究，有效樣本共125人 (男生67人，女生58人)。為避免由研究者精心設計或無意處理所產生的實驗者偏見，並顧及原班理化教師可能未完整呈現 CISC 之教學本質，以及釐清兩班控制組之間是否因教師不同而有所差異之考量，經徵求學校與任課教師之同意，由研究者擔任實驗組與一班控制組之理化教師，另一班控制組則由原班理化教師進行教學。班級選取是透過相識學校的理化老師，在可配合之情形下進行研究，屬便利樣本性質。參與研究的 T 老師畢業於師大化學系，為資深在職理化教師，教學資歷9年，現今於師大科學教育研究所進修。施測學校、年級與男女生人數統計，如表1所示。

表1 受試者各變項調查彙整結果統計分析摘要表

組別		性別人數 (N)	總人數 (N)	百分比	累積百分比
實驗組	男生	24	44	35.2%	35.2%
	女生	20			
控制組一	男生	21	40	32%	67.2%
	女生	19			
控制組二	男生	22	41	32.8%	100%
	女生	19			
總和	實驗組		44	35.2%	35.2%
	控制組		81	64.8%	100%

## 二、研究工具

### (一) 國中八年級物質的構造單元CISC 教學活動

CISC 教學活動目的在協助學生對於抽象之粒子概念建立心像，以理解科學理論，並發展其空間能力促使更易瞭解原子結構或分子式。是以，本研究依據課程之單元教學目標、內容與活動，發展 CISC 教學策略，並編擬正式「國中八年級物質的構造 CISC 教學活動」(參照圖 2)。為了達到實驗控制的目的，CISC 教學活動包括質性靜態視覺圖像和口語敘述，由於在理化教學中常以類比協助學生理解概念，因此研究者與 T 老師均互相觀摩上課情形，以求類比例子的一致性。此外，實驗教學的操作變項則涵攝立體教材的運用，包括模型、動態圖像、以及 Flash 動畫的呈現，另外則請學生以肢體動作模擬原子結構或分子運動並配合比例、方位或大小的陳述。

### (二) 空間能力測驗

#### 1. 試題編製

本研究工具之編製係參考國內外相關空間試題範例，並依據南一版自然與生活科技第五章「物質的構造」之單元教學目標、內容與活動，發展出適合八年級學生之理解能力的「空間能力測驗」共 35 題。測驗內容之撰擬涵攝空間關係、空間方位及空間視覺化等能力，全測驗共包含三個分測驗依序為空間關係測驗、空間方位測驗以及空間視覺化測驗(參照表 2)。

表2 空間能力測驗之向度與檢測能力摘要表

分測驗	主要能力	題號	題數
空間關係	二維旋轉能力	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	12
空間方位	二維翻轉能力	13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24	12
空間視覺化一	二維轉換三維的能力	25,26,27,29,30	5
空間視覺化二	三維轉換二維的能力	31,32,33,34,35,36	6
合計			35

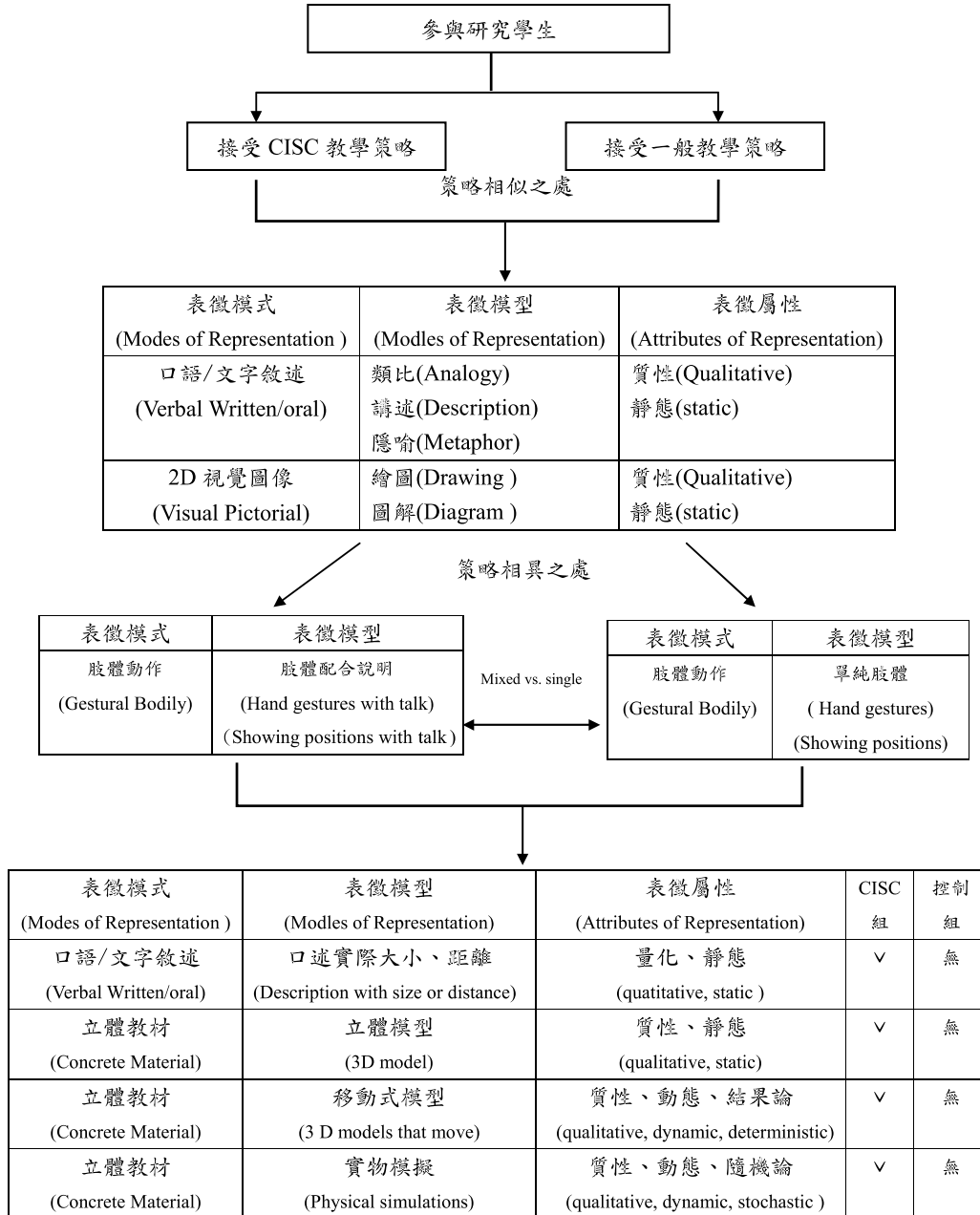


圖2 實驗組與控制組教學策略架構比較對照圖

2. 信度檢驗

(1) Cronbach's  $\alpha$  信度

各分測驗Cronbach's  $\alpha$  的係數介於.646至.819，總測驗的Cronbach's  $\alpha$  的係數為.843（參照表3），顯示本測驗之分測驗與總測驗之Cronbach's  $\alpha$  信度尚可。



表3 空間能力測驗之Cronbach's  $\alpha$  信度一覽表 (N =317)

受試者年級	空間關係測驗	空間方位測驗	空間視覺化測驗	全測驗
Cronbach's $\alpha$	.770	.819	.646	.843

## (2) 重測信度

本研究選擇一班八年級受試者 (N =36) 進行兩次相同之空間能力測驗，前後間隔四週，以檢視本測驗之重測信度。測驗信度之穩定係數 (.456~.805) 依序空間能力測驗為.805，空間方位測驗為.473，空間視覺化測驗為.456，全測驗為.798，全測驗達顯著相關，顯示全測驗之重測信度尚可，應可符合本研究所需。

## 3. 效度檢驗

本研究為檢視所設計之空間能力測驗，確實能檢測到欲測的潛在特質，同時分析釐清潛在特質之內在結構，是以採用建構效度檢定測驗工具是否能有效解釋所欲建構的心理特質，而在統計學上，考驗建構效度最常用的方法即為因素分析。基此，研究者以因素分析求得測驗工具之建構效度。

## (1) 因素分析

本研究為了驗證每一分測考試題所測驗的能力相同，以三個分測驗的單數題與偶數題得分之加總為新的變項，共產生六個新的變數，依序為空間關係測驗單數 (T1)、空間關係測驗偶數 (T2)、空間方位測驗單數 (T3)、空間方位測驗偶數 (T4)、空間視覺化測驗單數 (T5)、空間視覺化測驗偶數 (T6)，六個新變項所包含的試題如表4所示。

表4 空間能力測驗六個新變項摘要表

分測驗	題號	題數
空間關係測驗單數 (T1)	1、3、5、7、9、11	6
空間關係測驗偶數 (T2)	2、4、6、8、10、12	6
空間方位測驗單數 (T3)	13、15、17、19、21、23	6
空間方位測驗偶數 (T4)	14、16、18、20、22、24	6
空間視覺化測驗單數 (T5)	25、27、29、31、33、35	5
空間視覺化測驗偶數 (T6)	26、30、32、34、36	6
合計		35

本研究利用上述六個變項進行因素分析，並使用主軸法 (Principal Axis Factoring)，依據量表向度萃取三個因素，並使用正交轉軸法之最大變異法 (varimax) 進行分析，由表5所示，各因素負荷量皆大於.80，因素分析後解釋量佔測驗總變異數的82.55%，顯示本研究測驗檢具良好的建構效度 (參照表5)。

表5 轉軸後的成分矩陣 (N =317)

分測驗	因素1	因素2	因素3
空間關係測驗單數 (T1)	<b>.911</b>	.127	.121
空間關係測驗偶數 (T2)	<b>.878</b>	.222	.147
空間方位測驗單數 (T3)	.118	<b>.904</b>	.159
空間方位測驗偶數 (T4)	.241	<b>.879</b>	.154
空間視覺化測驗單數 (T5)	.181	.086	<b>.856</b>
空間視覺化測驗偶數 (T6)	.073	.210	<b>.845</b>
特徵質	1.712	1.708	1.533
解釋量	28.53%	28.46%	25.56%
總累積變異量82.55%			

### 三、研究設計

本論文採用準實驗之研究設計，酌將台北地區共三班國二學生，進行空間能力之前測與後測，探討「CISC 教學策略」融入「物質的構造」單元教學對中學生空間能力的影響。其中，實驗組接受研究著所發展之「CISC 教學策略」，而控制組則進行一般教學，檢視「CISC 教學策略」與一般教學對受試者之空間能力影響的差異。為避免由研究者擔任教學可能因實驗目的所產生之偏頗心證，以及原班理化教師擔任教學可能未完整呈現CISC之教學本質，暨釐清兩班控制組之間是否因教師不同而有所差異之考量。基此，本研究採取二組控制組之設計，即實驗組與控制組一由研究者擔任教學教師，另控制組二則由原班理化教師進行教學，以取得實驗控制的目的。針對「物質的構造」單元分別進行「CISC 教學」與「一般教學」。三組均採用「類比」、「隱喻」、「繪圖」、「圖解」和「口語講述」作為教學控制之依據外，接受「CISC 教學策略」之實驗組，另援引「立體模型」、「動畫」和「3D 視覺圖像」為其教學主軸。綜合上述茲將研究設計彙整成表格，如表6 所示。

表6 研究設計架構

實驗組	S <sup>1</sup>	X <sup>1</sup>	L <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>
控制組一	S <sup>1</sup>	Y <sup>1</sup>	L <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>
控制組二	S <sup>1</sup>	Y <sup>1</sup>	T <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>

註：S<sup>1</sup>: 空間能力測驗前測；S<sup>2</sup>: 空間能力測驗後測

X<sup>1</sup>: CISC 教學策略；Y<sup>1</sup>: 一般教學策略

L<sup>1</sup>: 研究者擔任教學；T<sup>1</sup>: 原班理化老師擔任教學

## 結果與討論

### 一、CISC 教學與一般教學對空間能力測驗之影響

本節根據單因子共變數分析來比較CISC 教學與一般教學對空間能力測驗的影響是否存在顯著差異，其分析結果如下：

### (一) 共變數分析的基本假定之檢測

將資料進行檢視，其變異數同質性檢定之 $F=1.793$ ， $p=.171 > .05$ ，未達顯著水準，是以滿足變異數同質性的假定條件。在迴歸係數同質性檢定之 $F=1.866$ ， $p=.159 > .05$ ，未達顯著水準，可將兩組斜率視為相等，符合組內迴歸係數同質的基本假定，因此本研究資料適合進行共變數分析。

### (二) 獨立樣本單因子共變數分析之檢定

首先由表8 發現，「教學法」因子 $F=6.033$ ， $p=.003 < .05$ ，排除空間能力前測評量之影響後，兩種教學法之間達顯著差異，代表 CISC 教學能夠有助於學生空間能力的發展。是以，研究假設接受 CISC 與一般教學策略之中學生其空間能力的發展未達顯著差異，未獲得統計資料的支持。此結果與 Carter 等人 (1987) 結論相似，即透過旋轉三度空間分子的有機化學課程之訓練，可以提升心智旋轉能力 (MR)。

表7 空間能力前測、後測及調整後之平均值摘要表

組別	人數	空間能力前測		空間能力後測		調整後的分數	
		平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
實驗組	44	30.16	3.249	31.41	3.426	30.616 (a)	.552
控制組一	40	29.00	4.255	27.80	5.511	27.899 (a)	.574
控制組二	41	28.15	6.710	28.07	6.440	28.829 (a)	.571
總和	125	29.13	4.958	29.16	5.457		
實驗組	44	30.16	3.249	31.41	3.426		
控制組	81	28.57	5.615	27.94	5.963		

表8 空間能力測驗之教學法共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
組間 (教學法)	158.965	2	79.483	6.033**	.003
組內 (誤差)	1594.204	121	13.175		
全體	109981.000	125			

\*\* $p < .01$

藉由事後比較 (參照表9) 結果顯示實驗組與控制組一和控制組二均達顯著差異，表示實驗組學生在接受 CISC 教學後其空間能力的表現優於接受一般教學的學生。然而，分別由研究者和 T 老師進行教學之兩組控制組學生其空間能力的表現並不因為教學者的不同而有所差異，其之間未有顯著差異存在。

其次依據表7 發現實驗組在調整前和調整後之空間能力後測平均值均高於控制組 (實驗組： $M = 31.41$ ，30.616 (a)；控制組一： $M = 27.80$ ，27.899 (a)；控制組二： $M = 28.07$ ，28.829 (a))，研究結果顯示 CISC 教學策略可以有效提升學生的空間能力，此結果亦與 Bodner 與 Guay (1997) 和 Coleman 與 Gotch (1998) 的研究結論相似，即透過化學課程的廣泛訓練能改善心智旋轉能力的表現。

表9 空間能力成對事後比較 (Pairwise Comparisons)

(I) 教學組	(J) 教學組	平均數差異			差異的95% 信賴區間 <sup>a</sup>	
		(I-J)	標準誤	P <sup>a</sup>	下限	上限
實驗組	控制組一	2.717*	.797	.001	1.140	4.294
	控制組二	1.787*	.799	.027	.205	3.369
控制組一	實驗組	-2.717*	.797	.001	-4.294	-1.140
	控制組二	-.930	.809	.252	-2.531	.671
控制組二	實驗組	-1.787*	.799	.027	-3.369	-.205
	控制組一	.930	.809	.252	-.671	2.531

\* $p < .05$

## 二、低中高成就組對實驗組空間能力的影響

本研究之另一個目的為探討實驗組低中高成就組其空間能力發展的差異，並依據國二下學期自然與生活科技第二次段考成績得分高低情形，分別取前後27% 加以區分為高分組、中間組和低分組三組，以分析不同成就組別之空間能力的差異情形，茲詳述如下。

### (一) 共變數分析的基本假定之檢測

將本研究資料進行檢視，得知變異數同質性檢定之 $F=.647$ ， $p=.529 > .05$ ，未達顯著水準，是以滿足變異數同質性的假定條件。在迴歸係數同質性檢定之 $F=.411$ ， $p=.666 > .05$ ，未達顯著水準，可將兩組斜率視為相等，符合組內迴歸係數同質的基本假定，因此本研究資料適合進行共變數分析。

### (二) 獨立樣本單因子共變數分析之檢定

由表10 發現，「成就」因子 $F=1.217$ ， $p=.307 > .05$ ，排除空間能力前測評量之影響後，高成就組、中成就組與低成就組之間沒有顯著差異存在，是以，研究假設接受CISC教學策略之低、中、高成就組學生其空間能力發展未達顯著差異，獲得統計資料的支持，表示接受CISC教學之低中高成就組間其空間能力的發展相似。

表 10 實驗組空間能力測驗之成就組共變數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	P
組間 (成就)	17.583	2	8.792	1.217	.307
組內 (誤差)	288.907	40	7.223		
全體	43149.000	44			

## 結論與建議

### 一、CISC 教學對空間能力的影響

依據研究分析結果，CISC 教學對空間能力的影響可歸納出以下幾點結論：

#### (一) 空間能力測驗之總結分析

1. 透過單因子共變數分析發現，排除空間能力前測之影響效應後，實驗組與控制組在空間能力測

驗的表現存在顯著差異 ( $p=.003 < .05$ )，實驗組優於控制組。

2. 從事後比較結果發現實驗組與兩組控制組均達顯著差異，表示實驗組學生在接受CISC教學後其空間能力的表現優於接受一般教學的學生。縱使兩班控制組學生分別接受研究者與T老師之教學，然其空間能力的表現則並不因為教學者的不同而有所差異，其之間未有顯著差異存在。

## (二) 空間能力測驗之總結推論

### 1. CISC 教學有助於空間能力的發展

首先，排除空間能力前測評量之影響後，CISC與一般教學法之間存在顯著差異，表示CISC教學有助於學生空間能力的發展。此結果與Carter等人(1987)結論相似，即透過旋轉三度空間分子的有機化學課程之訓練，可以提升心智旋轉能力(mental rotation)。其次，依據實驗組在調整前和調整後之空間能力測驗平均值均高於控制組，其中又以實驗組的進步幅度最大(實驗組：1.25；控制組一：-1.20；控制組二：-0.07)，顯示CISC教學策略可以有效提升學生的空間能力，此結果亦與Bodner與Guay(1997)和Coleman與Gotch(1998)的研究結論相似，即透過化學課程的廣泛訓練能改善心智旋轉能力(MR)的表現。歸納以上分析結果，本研究驗證CISC教學策略有助於國中生空間能力的發展，對於科學理解與心智模式的建立檢具相當之影響成效。

## 二、成就差異對CISC教學影響的比較

### (一) 成就差異對空間能力的影響

依據研究結果分析，成就差異對空間能力的影響可歸納出以下幾點結論：

#### 1. 空間能力測驗之總結分析

藉由單因子共變數分析進行統計控制，排除空間能力前測之影響效應後，結果顯示低中高成就群組之間沒有差異存在( $p=.307 > .05$ )。

#### 2. 空間能力測驗之總結推論

藉由共變數分析結果發現，排除空間能力前測評量之影響後，成就群組之間沒有差異存在，表示接受CISC教學之低中高成就群組其空間能力的發展相似。

## 三、教學建議與未來研究方向

### (一) 教學建議

#### 1. 以CISC教學輔助學生建立微觀粒子之心智模式

從本研究結果發現，CISC教學策略有助於空間能力的發展。CISC之動態圖與立體模型等視覺化輔助工具均有助於學生建立正確心像，理解抽象科學概念。基此，本研究建議援引CISC教學以協助學生建立微粒理論之心智模式與空間能力的發展。

#### 2. 為不同單元或學習背景發展適切之CISC創意教材與教學輔具

雖然表徵和模型教具大量廣泛地應用於科學教室，但是由於國內目前對於教材與教具並沒有一套有系統之課程研究的類別(typology)整理，教師往往只是就出版社所提供之教材和輔具進行教學，缺乏對學生認知發展歷程的考量以及忽略學生是否能對教具所表徵之現象建構一個強而有力且融貫(coherence)的心智模式。基此，本研究建議歸納並比較不同單元或學習背景的認知特性，作為建置一個有系統之CISC創意教材與教學輔具之分類依據，以發展CISC創意教材與教學輔助。如此，不僅促使教師能夠瞭解CISC教材與輔具的特性，更能協助學生理解CISC輔具所表徵之理論與現象，達到建立正確科學概念的目的。

#### 3. 加強學生空間能力的培養

從研究中發現，接受CISC教學之學習者其空間能力的發展均優於接受一般教學學生。因此空間

能力對於科學概念的理解檢具重要的影響力。基此，植基於CISC之理論架構，加強學生空間能力的培養是今後科學教育的重要方向與任務。此意味著透過視圖呈現與空間訓練來加強學生的空間能力是可行且必要策略。

## (二) 未來研究方向

### 1. 在研究工具方面

建議進一步將空間能力測驗常模化，以提供未來國中教師進行物質的變化單元教學時，擬編教學活動與輔具應用的參考依據。

### 2. 在研究內容方面

男女生的空間能力是否存在差異，在各種研究結果均顯示不同的觀點。是以，本研究建議未來可繼續探討不同性別的空間能力是否存在顯著差異，以便瞭解CISC教學策略對於不同性別其空間能力發展是否有不同的影響。

### 3. 在研究主題方面

由於本研究僅探討CISC融入國二理化「物質的構造」單元教學場域與國中生空間能力發展的關係，因此不宜有過度推論上的限制。是以本研究建議可進一步擴大範圍，針對國中生空間能力與科學學習間的影響再作深入研究與探討。

### 4. 在研究設計方面

由於本研究在進行實驗教學時，礙於學校行政配合上之限制，只能就T教師所任課之班級進行教學研究，然而T教師在國二理化科之配課僅任教三個班級，因此實驗設計上即受到限制（一班實驗組、二班控制組），致使無法將參與研究的班級以完整的四組設計（二班實驗組、二班控制組）規劃之。基此，為使實驗教學設計趨於完備，本研究建議在進行實驗教學時，研究者能突破現實教育環境的束縛，爭取更多配合資源，以完整的四組設計（二班實驗組、二班控制組）之架構進行研究，以求更客觀、準確之研究結果。

## 參 考 文 獻

- 吳文如（民93）：國中生空間能力與數學成就相關因素之研究。國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文。
- 邱美虹、翁雪琴（民84）：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卷，1期，23-68頁。
- 邱美虹、高淑芬（民88）：類比對應對學生建構“原子結構”心智表徵之影響。師大學報，44卷，1、2期，31-59頁。
- 邱美虹、陳英嫻（民84）：月相盈虧之概念改變。師大學報，40期，509-548頁。
- 邱美虹、傅化文（民82）：分子模型與立體化學的解題。科學教育月刊，1卷，2期，161-188頁。
- 廖焜熙（民88）：有機立體化學成就影響因素及解題模式之研究。國立台灣師範大學科學教育研究所博士論文。
- 廖焜熙、邱美虹（民85）：三維度視覺在技能與化學學習上的探討。科學教育月刊，189期，14-35頁。
- Baker, S. R., & Talley, L. (1972). The relationship of visualization skills to achievement in freshman chemistry. *Journal of Chemistry Education*, 49(11), 775-777.
- Barke, H. D. (1993). Chemical education and spatial ability. *Journal of Chemical Education*, 70, 968-971.
- Barke, H. D., & Engida, T. (2001). Structural chemistry and spatial ability different cultures. *Chemistry*

- Education: Research and practice in Europe*, 2(3), 227-239.
- Bishop, J. E. (1978). Developing students' spatial ability. *Science Teacher*, 45(8), 20-23.
- Bodner, G. M., & Guay, R. B. (1997). The purdue visualization of rotations test. *The Chemical Educator*, 2(4), 118.
- Bodner, G. M., Cutler, A. R., Greenbowe, T. J., & Robinson, W. R. (1984). Multi-images or lap-dissolve slide techniques and visual images in the large lecture section. *Journal of Chemical Education*, 61(5), 447-449.
- Carter, C. S., LaRussa, M. A., & Bonder, G. M. (1987). A study of two measures of spatial ability as predictors of success in different levels of general chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(7), 645-657.
- Coleman, S. L., & Gotch, A. J. (1998). Spatial perception skills of chemistry students. *Journal of Chemical Education*, 75(2), 206-209.
- Gabel, D. L., & Sherwood, R. D. (1980). The effect of student manipulation of molecular model on chemistry achievement according to piagetian level. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(1), 75-81.
- Gibson, E. J. (1971). The information available in pictures. *Leonardo*, 4, 27-35.
- Goodman, N. (1968). *Languages of art: An approach to a theory of symbols*. Indianapolis, IN: Bobbs-Merrill.
- Holford, D. G., & Kempa, R. F. (1970). The effectiveness of stereoscopic viewing in the learning of spatial relationships in structural chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 7(3), 265-270.
- Kosslyn, S. M. (1981). Research on mental imagery: Some goals and direction. *Cognition*, 10, 173-179.
- Lohman, D. F. (1979). *Spatial abilities: A review and re-analysis of the correlational literature* (Technical Report No. 8). Stanford University, Aptitude Research project, Stanford, CA.
- Lohman, D. F. (1988). Spatial abilities as traits, processes, and knowledge. In R. J. Sternberg (Ed.), *Advances in the psychology of human intelligence 4* (pp. 181-248), Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lord, T. R. (1985). Enhancing the visuo-spatial aptitude of students. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 395-405.
- Lord, T. R. (1987). A look at spatial abilities in undergraduate women science majors. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(8), 757-767.
- Macnab, W., & Johnstone, A. H. (1990). Spatial skills which contribute to competence in the biological science. *Journal of Biological Education*, 24(1), 37-41.
- McGee, M. (1979). Human spatial abilities, psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences. *Psychological Bulletin*, 86, 889-918.
- Nicholson, J. R., Seddon, G. M., & Worsnop, J. G. (1977). Teaching the understanding of pictorial spatial relationships to Nigerian secondary school students. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, 8, 401-414.
- Pallrand, G. J., & Seeber, F. (1984). Spatial ability and achievement in introductory physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 507-516.
- Pellegrino, J. W., & Kail, R. (1982). Process analysis of spatial aptitude. In R. J. Sternberg (Eds.), *Advances in the psychology of human intelligence (vol 1)*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Pribyl, J. R., & Bodner, G. M. (1987). Spatial ability and its role in organic chemistry: A study of four organic courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(3), 229-240.

- Rochford, K. (1987). *Underachievement of spatially handicapped chemistry students in an academic support program*. Paper presented the staff of the Department of Education, Cornell University, Ithaca, NY.
- Rohr, M., & Reimann, P. (1998). Reasoning with multiple representations when acquiring the particulate model of matter. In van M. W. Someren, P. Reimann, H. P. A. Boshuizen, & T. de Jong (Eds.), *Advances in learning and instruction series learning with multiple representations* (pp. 41-66). Oxford, England: Elsevier Science Ltd.
- Rozzelle, A. A., & Rosenfeld, S. M. (1985). Stereoscopic projection in organic chemistry: Bridging the gap between two and three dimensions. *Journal of Chemical Education*, 62(12), 1084-1085.
- Sedden, G. M., Eniaiyaju, P. A., & Jusoh, I. (1984). The visualization of rotation in diagrams of three-dimensional structures. *American Education Research Journal*, 21(1), 25-38.
- Seddon, G. M., & Moore, R. G. (1986). The structure of abilities in visualizing the rotation of three-dimensional structures presented as models and diagrams. *British Journal of Educational Psychology*, 56, 138-149.
- Shepard, R. N. (1978). The mental image. *American Psychologist*, 33, 125-137.
- Siemonkowski, F., & Macknight, F. (1971). Spatial cognition: Success prognosticator in college science courses. *Journal of College Science Teaching*, 1(1), 56-59.
- Talley, L. Y. (1973). The use of three-dimensional visualization as a moderator in the higher cognitive learning of concepts in college level chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 10(3), 263-269.
- Zoller, U. (1990). Students' misunderstanding and misconception in college freshman chemistry (General and Organic). *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1053-1065.

收 稿 日 期：2005 年 10 月 14 日

一 稿 修 訂 日 期：2006 年 02 月 06 日

二 稿 修 訂 日 期：2006 年 04 月 11 日

接 受 刊 登 日 期：2006 年 04 月 12 日



Bulletin of Educational Psychology, 2006, 37(4), 393-409  
National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

## Effects of the CISC Instructional Strategy on the Spatial Ability of Junior High Students

HSIAO-HUI LIN

CHAO-TI HSIUNG

SIEH-HWA LIN

Institute of Natural Science  
Education National Taipei  
University of Education

Department of Educational Psychology  
and Counseling  
National Taiwan Normal University

The purpose of this study was to investigate the effect of the Concrete Image Spatial Concepts (CISC) instructional strategy on the spatial ability of junior high students. The sample consisted of 125 junior high eighth-grade students in the Taipei area. The participants were assigned to three groups. The experimental group received a 3-week CISC treatment, whereas the two control groups received a 3-week non-CISC teaching. The Spatial Ability Test was used in the pre- and post-test. The results showed significant difference in spatial ability among the three groups, and the spatial ability of the experiment group was better than the control groups. But no significant difference was found among the low, medium and high achievement students in the experimental group. From the qualitative data collected in field observations, it was observed that CISC not only elevated the learners' operational abilities with mental images but also catalyzed the interactions between 2D/3D representations. It appears that CISC strategy is functional in lowering students' cognitive load and the complexity of abstract concepts. CISC has also demonstrated its effectiveness in elevating students' spatial ability through ease in mental image construction.

**KEY WORDS:** Concrete Image Spatial Concepts (CISC) instructional strategy, mental image, spatial ability, spatial concepts