

國立台灣師範大學教育心理與輔導學系
教育心理學報，民83，27期，227~257頁

「策略訓練課程」與「策略及認知監控訓練課程」對增進國小六年級學生斜坡問題認知能力之比較研究暨遷移歷程之分析

陳 慧 娟

本研究主要包括兩部份：(一)以教學實驗的方法，比較「策略訓練課程」與「策略及認知監控訓練課程」對國小六年級學生在「斜坡物體下滑問題」解題能力的增進效果，以及遷移效果。(二)採用質的研究法，分析學生的原有知識，探索其解題時思考的心理歷程，以期能發現學習困難的癥結，並對國小自然科教學提供具體之建議。

研究對象為台北縣秀朗國小六年級45名男生與45名女生，以隨機的方式將男、女學生各分派為「策略及認知監控組」、「策略組」與「控制組」等三組，即每組有男生15人，女生15人。其中策略組學生接受四個單元，每個單元60分鐘的策略訓練課程。而策略及認知監控組學生在接受四個單元的策略訓練課程之後，再接受八個單元，每個單元60分鐘的認知監控訓練課程。控制組學生則沒有接受任何訓練課程。

所得的資料分別以 χ^2 統計法及獨立樣本單因子變異數分析考驗假設。其次，為了要實際瞭解學生解題時的內在心理歷程，並分析不同組別學生遷移歷程之個別差異情形，本研究採用放聲思考的個別晤談方式，分別對策略及認知監控組與策略組較具代表性之學生進行訪談。

研究結果如下：

一、研究者分析全體預試學生的筆試試卷後發現，造成大部份學生無法正確解答斜坡問題的原因並不完全相同。有些是由於無法將題目中的文字敘述轉換成相對應的斜坡問題；有些是無法將砝碼重量和斜坡傾斜度以比值的關係呈現，而有些是因計算錯誤，另外有些則是受到無關因素的干擾等。

二、策略及認知監控訓練課程與策略訓練課程皆能充分提升學生斜坡問題之解題發展層次。

三、策略及認知監控訓練課程可促進學生解決斜坡應用問題之遷移能力，但策略訓練課程卻未見其遷移效果。

四、經由原案分析的結果發現，策略及認知監控組學生與策略組學生的解題行為表現不同，除了策略組學生信心不足外，無法有效使用解題策略和缺乏自我監控能力等，均可能是造成其解題表現不佳的原因。

關鍵詞：策略訓練課程，策略及認知監控訓練課程，斜坡問題認知能力

對於學生科學知識與科學過程技能學習歷程的探討一直是心理學者和教育學者所感到興趣的研究主題。近年來，由於認知心理學的崛起，認知心理學者特別重視訊息處理的歷程，因此個體解決問題的認知歷程以及策略的應用情形，在教育上逐漸引起廣泛的討論與重視。這項突破改變了過去只重視解題表現的方式，開始注重解題歷程的探討。然而經過最近幾年來的研究，一些學者意識到純粹的策略教學並未能充分培養學生的問題解決能力，於是紛紛提出了許多可能的方法來改善（Flavell, 1981; Pressley, Borkowski & O'Sullivan, 1984; Swanson, 1990）。其中以解題歷程的計畫、監控、與調整等後設認知的研究最爲心理學者與教育學者們所矚目與重視。

後設認知（metacognition）的概念，最早乃由Flavell & Wellman（1977）所提出，是指個體對於影響認知活動的個人變項（person variables）、作業變項（task variables）以及策略變項（strategy variables）能夠理解、監督與控制的知識（蘇宜芬，民80）。在教學心理學的範疇中，它主要係相對於只注重教導學科基本知識與演算公式的傳統教學模式所提出的。然而，它與傳統教學模式並無相互矛盾之處，而是在補充傳統教學模式的不足，以使得整個教學過程更爲周全且具完整性。有關後設認知的定義，學者們看法不一，其中受到Flavell的影響很大。

Flavell（1979）曾指出，後設認知是個體對自己認知歷程的主動監控、結果的調整以及各歷程的協調。隨後，Flavell（1981）提出了「認知監控模式」（cognition monitoring model）來解釋個體在語言、閱讀、數學、科學等認知活動的學習歷程。根據Flavell的理論，認知監控包括四種變項：(1)目標、(2)行動、(3)後設認知知識、和(4)後設認知經驗。其中後設認知知識指對個體、作業、策略的知識與信念；後設認知經驗則指認知活動所伴隨產生的情感與經驗。他認爲這四個變項之間有交互作用存在，唯有同時考慮這四個層面，才能使認知活動的學習發揮最大的效果。此一觀點統合了特定領域的基模知識、策略性知識、情感經驗，以及有效解題歷程中的程序性知識與條件性知識，對問題解決的研究提供很大的啓示。因此，本研究擬以Flavell（1981）的認知監控模式爲主要架構，並參考Pressley, Borkowski & O'Sullivan（1984）以及Cross & Paris（1988）的觀點，進行策略及認知監控教學的實驗研究。

有關問題解決策略的教學，近年來的研究又傾向於與特定的學科領域相結合，使研究結果能實際運用於學科的教學中。目前，後設認知在數學解題和閱讀理解的研究已累積些許實徵資料。唯在自然科學方面的研究仍付諸闕如。爲了提供國內結合自然科學與後設認知研究的另一思考方向，策略監控教學在科學認知與解題歷程的研究是個值得開發和探討的新領域。

過去幾年來，以科學問題解決爲取向的研究者，大都致力於研究解題時所使用的認知知識以及原有概念的分析（樊雪春，民81）。而訊息處理理論在這方面的研究已累積了相當多的成果（Case, 1985; Klahr, 1982; Siegler, 1981, 1963, 1986）。其中以Siegler所提出的法則評估（rule assessment）理論，綜合了解題與認知發展的研究，最受到肯定與重視（Flavell, 1985）。本研究擬根據Siegler（1981, 1986）的認知發展理論，探討國小高年級學生在解答斜坡物體下滑問題時所使用的知識、解題策略以及原有概念。其主要動機有二：(一)就認知能力的發展而言，斜坡問題認知能力是形式操作期中重要的比例推理能力。(二)就教材而言，斜坡問題並不是國小、國中實際的課程內容，而是研究者融合了相關教材的基本教學目標所設計的課外教材。在生動有趣的活動引導下，可擺脫上課、考試的壓力，激發學生的學習興趣，而研究結果亦可提供自然科學習困難的補救教學之參考。

教學心理學研究的主要目的，除實際瞭解學習成功或失敗的原因外，更重要的是如何協助學生克服困難，提供補救的方法。因此，在本著不僅重視結果，也應探討歷程的理念下，

本研究一方面採取量的研究方法，蒐集客觀的資料，並根據資料，做初步、有意義的推論，一方面也配合質的研究方法，進一步分析學生的解題行為與學習歷程。基於上述的動機，本研究的目的有四：

1. 分析學生解答斜坡問題的原有知識。
2. 比較「策略訓練課程」與「策略及認知監控訓練課程」對學生斜坡問題解題法則的增進效果之差異。
3. 探討「策略訓練課程」與「策略及認知監控訓練課程」對學生斜坡問題解題能力的遷移效果之差異。
4. 採用放聲思考的個別晤談方式，分析學生的解題行為與解題的心理歷程，以期能發現學習困難的癥結，並對國小自然科教學提供具體之建議。

文獻探討

一、後設認知理論的探討

解題 (problem solving) 是策略運用和高度思考的心理歷程。在認知取向教學中，解題被認為是一個主動的歷程，學生詮釋訊息，選擇策略，甚至於決定何時採用何種策略來解決問題。至於什麼在影響著人的學習活動呢？近年來，Flavell (1979) 提出一項說法，認為「後設認知」(metacognition) 能力負責這項較高層次的認知活動。所謂後設認知，是指個體對自己認知歷程的主動監控 (active monitoring)、結果的調整、以及各歷程的協調 (Flavell, 1976, 1979)。在此定義下，後設認知包括兩個層面：(一)個人對認知歷程所了解的知識。(二)個人用以調整思考歷程的執行策略 (executive strategy)。隨後，Flavell (1981) 又將此概念加以擴大，提出了認知監控 (cognitive monitoring) 理論。除了將後設認知分為後設認知知識 (metacognitive knowledge) 以及後設認知經驗 (metacognitive experiences) 外，還納入了認知目標 (cognitive goals) 與認知行動 (cognitive actions) 等四個成分。這四個成分關係密切，彼此之間有交互作用存在。透過這四種成分的相互運作，個體便能達到監控與調整認知活動的目的。

而Brown, et al. (1983) 綜觀後設認知的歷史發展後，認為後設認知包括認知的知識與認知的調整兩個相關領域。依Brown, et al.的見解，認知的知識主要指個人對自己認知資源的了解，以及個人與環境之間互動關係的意識。認知的調整則指計畫、監控與評估等高層次的心理歷程。由上述說明可發現，Brown, et al.對於後設認知的觀點特別強調其執行策略。而與Flavell的看法最大不同的是：Brown, et al.認為後設認知通常是可意識到的且不帶情意因素的；而Flavell則認為後設認知常常是不可意識到的，且是受情意因素所影響的。

此外，Pressley, Borkowski & O'Sullivan (1984) 修正前人有關後設記憶 (metamemory) 與後設認知的模式，而提出一個新的後設認知模式。Borkowski, et al.認為一個學習者如要圓滿地達成學習任務必須妥善地運用特定策略知識、相關的策略知識、執行控制以及正確的歸因信念 (Swanson, 1990)。Borkowski (1989) 同時指出在學習策略的訓練中，自我效能與執行控制是學習遷移成敗的主要關鍵。

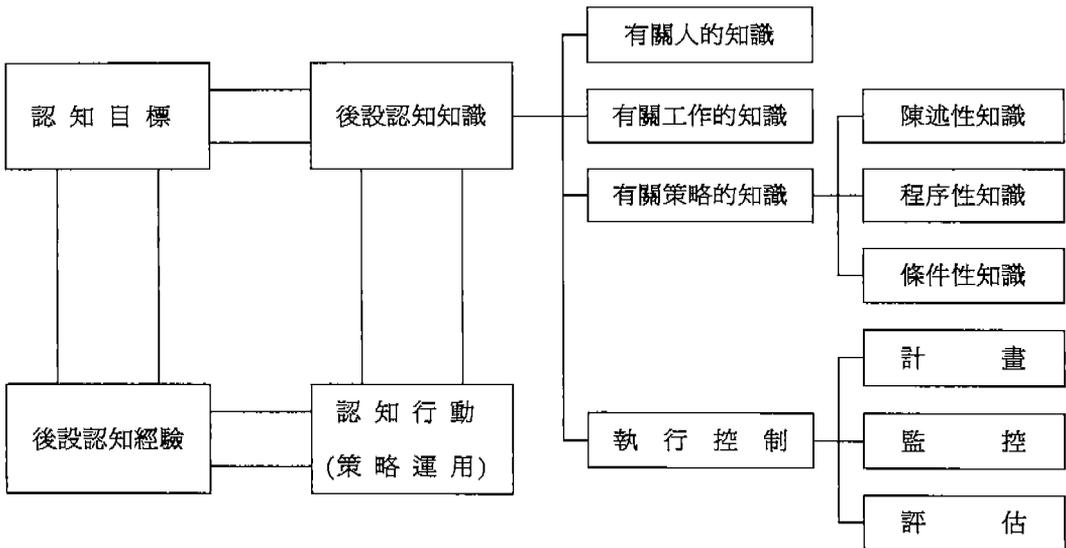
Cross & Paris (1988) 綜合有關後設認知的定義，發展出自己的後設認知架構。此模式認為後設認知包括兩大範疇：(一)認知的自我評估 (self-appraisal of cognition) (二)思考的自我管理 (self-management of one's thinking)。前者即Flavell所指的後設認知知識，但進一步將它劃分為陳述性知識 (declarative knowledge)、程序性知識 (procedural knowledge)

以及條件性知識 (conditional knowledge)。所謂陳述性知識係指個體對於工作結構與工作目標所知道的命題知識，例如：學生知道繪圖有助於把問題簡化。此外，陳述性知識也包括對於工作特性與個人能力的信念，例如：學生知道自己的音樂很差；認為解答科學問題很有趣。而程序性知識是指對自己思考歷程的覺察，例如：學生知道如何畫線、如何繪圖以協助解題。至於條件性知識是指個體對影響學習之情境因素的覺察。例如：學生知道讀故事書時，可以用瀏覽的方式；準備考試時則用精讀的方式。所謂思考的自我管理實際上是Brown, et al. (1983, 1987) 所指的後設認知的執行策略，包括計畫、調整、評估、和監控認知活動的能力。

從以上各學者對後設認知的描述，可發現目前有關後設認知的定義仍眾說紛云，但可歸納出一些共通點：

1. 強調對個人認知歷程所了解的知識。
2. 重視調整個人思考歷程的執行策略 (包括計畫、監控、評估與調整等策略)。
3. 主張認知策略不同於後設認知。前者主要的功能在促進認知表現；而後者的職責不僅要提升認知的進步，更重要的是要監控認知策略的運用情形。因此，評量後設認知能力即在評量個體是否具備監控認知策略的能力。
4. 肯定學習歷程具有主動的特性。
5. 說明了後設認知對學習的影響，而且認為後設認知能力是可教的，應可藉由各種適當的訓練而提升。

其中以Flavell (1981) 的認知監控理論對認知目標、策略使用、後設認知知識以及後設認知經驗之間的交互作用描述得最詳盡。因此，本研究擬根據Flavell (1981) 的認知監控理論，並參考Pressley, Borkowski & O'Sullivan (1984) 強調動機與後設認知的關係，同時也納入Cross & Paris (1988) 對執行控制技能 (如計畫、評估、監控) 的重視，而提出如圖一所示的本研究理論模式—認知監控模式。然後，據以設計一套策略監控訓練課程，並探討是否可藉由增進學生的認知監控能力進而提高其問題解決能力。



圖一 本研究的認知監控模式圖

二、斜坡問題認知能力的發展與評量

本研究主要是採取Siegler (1981, 1986) 的法則評估模式，探討學生斜坡問題認知能力的發展情形以及解題策略的使用情形。以下將針對斜坡問題認知能力的發展與評量等相關問題，作扼要的說明。

(一)解題的認知發展理論

對學生科學認知發展研究最有貢獻者，首推Piaget的認知發展理論與訊息處理理論。Piaget (1971) 主張學生解答科學問題的推理發展具有階段性與全面性，而且階段與階段之間的順序是不變的。Piaget的認知發展觀確實對兒童的科學認知發展現象提供很好的解釋（例如守恒概念）；也對科學教育提供很大的啓示（例如只有當教學能配合兒童的認知發展時，教學經驗才是有效的。）然而經過一些學者的研究發現，Piaget的理論無法有效解釋同一發展階段的個體在不同概念或不同問題表現的異質性（heterogeneity），同時也對依賴兒童口語解釋之研究方法的客觀性提出質疑（Case, 1978; Siegler, 1981; 樊雪春，民81）。針對Piaget理論的缺失，訊息處理理論學者提出不同的見解。訊息處理理論取向的學者認為，學生的思考過程就是訊息處理的過程。因此，特別重視如何將訊息轉換成適切的表徵、記憶容量的限制，以及處理訊息的策略使用情形（Case, 1978, 1985; 王建造，民81）。其中Siegler (1981, 1986) 所提出的法則評估取向（rule assessment approach）最受到矚目與重視。

Siegler (1981, 1986) 採取訊息處理的觀點，將認知發展視為一種獲得越來越複雜的解題法則之歷程；而獲得複雜解題法則的重點，在於從問題中收錄越來越多變項的能力（林清山譯，民79; 江文慈，民82）。法則評估取向的主要假定是兒童或成人在解答科學問題時會使用一系列的解題策略，這些策略稱之為法則（rule）。這些法則是有先後順序的，越後面的法則，正確性越高。兒童或成人無法正確解題的原因，往往是編碼時間不足、受到無關因素的干擾或忽略某一重要向度，而產生不適當的編碼現象（Siegler, 1983, 1985, 1989; 樊雪春，民81）。

法則評估法目前已廣泛應用到不同的科學認知問題，包括槓桿問題、彈簧問題、排水體積問題、機率問題、投影問題、單擺作業、斜坡台車作業、時間與距離概念、溫度概念等（Inhelder & Piaget, 1958; Pnian & Sidney, 1985; Siegler & Vago 1978; Siegler & Richards, 1979; Siegler, 1981; 黃寶鈿，民76; 樊雪春，民81; 江文慈，民82）。不同的科學問題，往往涉及不同的相關因素，但從以往的研究結果可發現涉及重量的因素很容易成為解題判斷的依據（Linn, 1977; 樊雪春，民81）。原因為何，值得進一步探究。

(二)斜坡問題認知能力的探討

在科學認知能力發展的研究中，斜坡問題認知能力的發展是一個相當有趣的主题。許多科學教育學者常以此做為研究的題材，探討兒童科學認知能力的發展（Ferretti & Butterfield, 1986; Maloney, 1985）。依據Ferretti & Butterfield (1986) 的研究指出：個體在進行斜坡問題的科學探究時必須注意到「重量」和「斜度」兩個表徵；熟悉「重量乘以斜度」的策略，而且能統整「表徵」和「策略」的知識，計算比值並預測結果。同時他們也歸納出幾種可能的解題策略組型：

1. 直觀策略（intuitive strategy）：以不合邏輯的方式，毫無理由地亂湊數字資料。

2. 減法策略（minus strategy）：在兩邊的主要向度與次要向度數據不等的情況下，使用「計算兩個向度的差值，如果相等就會平衡」的錯誤策略，來解決問題。

3. 過渡策略（transitional strategy）：部份地使用正確的比例推理策略來解題，但尚未產生一個完全正確的程序。

4.比率策略 (ration strategy)：了解主要向度值與次要向度值之間有比例關係，並能利用比例公式計算正確答案。

由上述的分析可知，斜坡物體平衡概念的發展是一種高層次的思考能力，也是兒童進入形式操作期 (formal operation period) 的指標之一。因此，本研究擬以斜坡問題為題材，並根據Siegler (1981, 1986) 的法則評估理論設計一系列的斜坡作業，來分析學生斜坡問題認知能力的發展，以及解題策略的使用情形。

三、科學問題解決的實徵研究

有關科學問題解決的實徵研究，大致可以從四方面來加以了解。以下將就這些研究的情形做進一步的探討。

(一) 認知發展與科學問題解決的相關研究

以Piaget發展階段理論為基礎的學者，大都致力於研究不同年齡或年級的學生在某些概念的發展水準。結果發現：後設認知能力的發展與認知階段的發展有關；認知發展階段愈高者，其後設認知能力愈高，茲分別說明如下。

Siegler (1976) 曾以晤談的方式，以四個不同年齡的受試，利用槓桿平衡作業，進行一連串在解題時使用法則的研究。結果發現不同年齡的受試在解題時會使用不同的法則。而且年紀越大，使用的解題法則越正確。

Siegler & Vago (1978) 探討6歲至10歲的學生解答水的容積問題時所表現的解題情形。結果發現：扣除無法分類的受試，6歲組的學生全部使用單一主要向度 (水的高度) 來判斷容積的大小，而10歲組的學生則大部份以水的寬度為判斷的依據。

還有，Siegler & Richard (1979) 也曾對5~6歲、8~9歲、11~12歲與大學生進行時間、速度與距離概念的研究。結果發現：就組別間的差異情形來看，5~6歲組的受試使用的法則層次最低，大學生的解題法則層次最高。再就組內的差異情形分析，5~6歲組的受試表現非常一致，幾乎都使用法則一來解題，8~9歲組與11~12歲組受試的解題表現差異很大，而大學生的差異很小，均一致使用法則四來解題。

至於探討概念發展與後設認知的關係者，則有Haynes (1982) 所進行的研究。他發現抽象概念的發展與後設認知的發展具有中等程度的正相關。在小學四年級至六年級之間的學生，當發展了抽象概念之後，其後設認知能力也有明顯的增進 (蘇宜芬，民80)。

在國內方面，王建造 (民81) 以國二學生為對象，從認知發展的觀點探查學生學習阿基米德原理的認知基礎。結果發現：學生認知推理能力不足是導致學習阿基米德原理困難的主要原因。黃寶鈿 (民76) 根據Piaget的理論及面試技巧，改良發展而成一種示範式群體測試工具，以評量學生的形式操作能力與科學解題能力的關係。結果顯示：排水體積守恒推理能力在年齡、年級及性別上都有顯著差異存在；年齡或年級越高者表現越優。而樊雪春 (民81) 也繼續前人的研究探討國小至國中九個不同年級學生，解答彈簧問題和排水體積問題兩種科學問題的解題法則之使用情形。結果發現：不同年級學生在不同類型的彈簧與排水體積問題的答題表現有差異。而且年級越低，使用的法則層次越低；無論是彈簧問題或排水體積問題，學生均傾向於僅由重量因素來解題。

綜合以上的研究可發現，年齡或年級越大，認知能力發展得越好，使用的法則越正確。因此，在科學方面的表現也越佳，但其間還有個別差異存在。

(二)後設認知與科學問題解決的相關研究

關於科學問題解決能力與後設認知的關係如何，學者會分別以不同的方法進行研究。結果大多發現：後設認知能力較高者在問題解決方面的表現較高。以下將就這些研究的情形做扼要的說明。

Swanson (1990) 曾以小學四、五年級學生為對象，對他們實施認知能力測驗、學業性向測驗與後設認知問卷。根據測驗的結果，將這些學生分成四組，即：「高後設認知高學業性向組」、「高後設認知低學業性向組」、「低後設認知高學業性向組」與「低後設認知低學業性向組」。然後對這四組的學生個別進行鐘擺實驗及混合物實驗 (pendulum and combinatorial task) 的問題解決能力測驗。其中，鐘擺實驗的目的是要測量受試者關係分析的能力，混合物的實驗是要測量受試者的歸納能力。結果發現：無論學業性向高低，高後設認知能力的學生，其在鐘擺及混合物實驗的問題解決表現能力較佳。隨後，Swanson、O'Conner & Carter (1991) 以同樣的研究方法對68位五、六年級學生進行研究，並以河內塔 (tower of Hanoi)、混合物實驗 (combinatorial task) 以及鐘擺實驗 (pendulum task) 測量受試者的問題解決能力，亦得到相同的結果。

Ghata (1986) 主張教導學生策略監控的能力可縮短學生問題解決的時間，同時可提高問題解決的品質。Ghata & Harrington (1991) 的研究結果支持了Ghata (1986) 的觀點。此外，Delclos & Harrington (1991) 從四所小學四、五、六年級中隨機抽取75名學生，並將其隨機分派至「認知訓練組」、「認知訓練及策略監控組」與「控制組」三組。「認知訓練及策略監控組」學生接受為期七週的Rocky Boots之電腦課程及策略監控提示訓練。「認知訓練組」學生只接受七週的電腦課程訓練，控制組學生則不接受任何實驗處理。結果發現：兩組實驗組學生在Rocky Boots的問題解決表現上優於控制組學生，而「認知策略及策略監控組」學生的表現又優於「認知訓練組」學生的表現。

由上述的研究可以發現，後設認知訓練對於學生科學問題解決的能力具有積極的改善效果。唯這方面的文獻不多，尤其在國內目前尚無實徵研究，因此本研究擬就此一問題作進一步的探討。

(三)解題認知歷程的相關研究

無論國內外，解題歷程的研究模式很多，其中以數學解題歷程的研究 (Poly, 1945; Schoenfeld, 1987; Mayer, 1987; Krulik & Rudnick, 1989; 吳德邦、吳順治, 民80; 張景緩, 民81; 民82) 和閱讀歷程的研究 (Bransford, 1980; Cross & Paris, 1988, 蘇宜芬, 民80; 郭靜姿, 民81; 張寶珠, 民81) 最為豐富。這些研究共通的特點是將解題歷程做更細緻化、更系統化的分析，並提供後設認知的教學課程以提升其解題能力。結果均發現可以有效改善學生在學科問題解決的表現；但其遷移效果，卻未能盡如人意。至於有關自然科學解題歷程的研究，目前主要的發展趨勢是採取訊息處理的觀點探討學生如何將變項編碼、操縱變因與控制變因的思考歷程。以下將針對這部份的研究做進一步的探討。

在研究學生解決單擺問題的實驗過程中，Linn (1977) 曾操作一些實驗並告訴學生重量對單擺的擺動是無關因素。實驗後立即給學生測試，結果發現學生可以正確無誤的解釋重量是無關因素。然而在後來的單擺作業中，學生還是會受到重量這個無關因素的影響。這個結果顯示學生對於重量會影響單擺擺動的概念很難改變。另外，Maloney (1984) 用紙筆測驗探討不同背景的大學生對作用力與反作用力問題的解題法則。結果發現學生常忽略物體的狀態，而僅以兩個物體的重量判斷作用力。Pnian & Sidney (1985) 以蠟燭的數量和容器中的水量研究學生有關溫度概念的解題。結果發現：有一些學生會僅以蠟燭的數量判斷溫度的高低，而也有一些學生由容器中的水量判斷，這一點顯示蠟燭的數量和容器中的水量都有可能

被學生忽略，這是由於未將有關因素編碼而導致的解題錯誤。

此外，Maloney（1985）以紙筆測驗研究大學生在斜坡台車下滑問題、斜坡台車上升問題、水流速度問題和單擺問題的解題策略。研究結果發現在四種問題中，台車的重量、容器的寬度和單擺的重量等，這些無關的變項都會被學生編碼成爲解題的依據，造成干擾而無法正確解題。在前述樊雪春（民81）的研究中也發現大部份的學生在解題時會受到物體重量因素的干擾，只有少部份的國中學生能依據物體的體積因素做判斷而能正確解題。林宏一（民79）以高三學生及大一學生爲對象，以放聲思考法探討高低分組學生解化學平衡題所需之基本技能與錯誤類型。結果有以下的發現：**1.**問題表徵的建構與解題者之概念完備程度或解題經驗有關；**2.**辨識題型能力越高，解題成功率越高；**3.**高分組解題者較能利用上下文題意來幫助題意的理解，低分組則否；**4.**低分組解題者使用演算法則時，未能考慮到情境的適當性；**5.**高分組解題者較傾向於使用推理策略，低分組則傾向於使用演算式策略。

從以上的研究結果可以發現，學生在解答不同的科學問題時，不僅需要具備將變項正確編碼的能力，而且還要能控制變因與操作變因，才能有效解題。因此學生解題時忽略了有關因素或受到無關因素干擾，就會導致編碼錯誤，無法成功解題。

四 錯誤概念或另有架構的分析研究

受到建構主義知識論的影響，國內外許多科學教育者或心理學者採用質的研究法，針對特定學科深入探究學生的想法。這些研究指出學生在學習某些概念之前，已從生活經驗中建立一些概念知識。如果學生對於自然現象原先有了不正確的想法，不但不易在教學後改變過來，甚至會因此對教材內容產生誤解，造成學習上的障礙。這些原有知識（prior knowledge）、錯誤概念（misconceptions）或另有架構（alternative framework）對學生學習科學概念的過程中扮演很重要的角色（Erickson, 1979; Gilbert & Watts, 1983; 郭重吉, 民78、79; 董正玲、郭重吉, 民81）。關於科學概念錯誤觀念的研究包括：動力、加速度、密度、熱、化學平衡與電等（Erickson, 1979; Gilbert & Watts, 1983; Nussbam & Novick, 1981; 郭重吉、吳武雄, 民78; 董正玲、郭重吉, 民81; 楊其安, 民78; 謝秀月, 民79）。這些研究指出當學生慢慢長大，在學校學習更多的知識後，他們原先的錯誤觀念反而增加，須到16歲到18歲時，才會獲得改善（林清山譯, 民79）。以下將扼要介紹一些相關研究。

Osborne（1984）以中學生爲對象，探討學生在力學的概念，結果發現學生有「重的物體下落較輕的物體爲快」的先前概念（preconception）。

楊其安（民78）以自編的紙筆測驗篩選出典型的國中生，以事件晤談與臨床晤談的方式探究學生力學的另有架構。結果發現學生在力學方面與專家不同的想法有：**1.**力是維持運動所必須的；**2.**物體會持續它原來的運動方式直到它運動的力用完爲止；**3.**自由落體所受的力與其速度成正比。謝秀月（民79）採用「學生晤談V圖法」訪談四位師院大一學生與五位國小六年級學生，並比較學生晤談V圖與課本熱與溫度概念架構圖。結果顯示學生除了比較缺乏熱平衡、熱傳播比熱的概念外，在熱與溫度概念方面常見的另有架構有下列兩種：**1.**熱乃實體物質的另有想法；**2.**熱即溫度的另有想法。

綜合以上的研究結果可以發現目前科學問題解決的研究有以下一些發展趨勢：

1.採取「臨床晤談」（clinical interview）、「放聲思考」（thinking aloud）與「原案分析」（protocol analysis）等質的研究法，不僅重視學習表現，也探究學生解題的認知歷程。

2.認爲「學習」是學習者主動建構知識的歷程，而非被動地收受訊息。而且可將學習歷程做更細緻的分析，以找出學習者真正的困難所在。

3.忽略了自我效能、動機等情意變項對學習的影響。

4.重視題型辨識能力的評量，並充分利用錯誤類型與晤談結果所提供的訊息，了解學生對某些概念的另有想法。可惜，未進一步提供補救教學以提升其問題解決的表現。

5.肯定了後設認知訓練對於科學問題解決能力的提升具有正面的教育意義。唯這方面的研究仍在起萌階段，值得再深入探究。

近年來，國內自然科學的課程在學者們精心設計下，已不再偏重教導零碎、片斷的記憶性知識，而開始注重組織性與統整性等高層次認知能力的培養。無論國小或國中，有不少的學生從教學活動中已獲取寶貴的知識與技能，但有嚴重學習障礙者亦大有人在。相對於其他學科，自然科學的學習需要涉及的認知歷程，通常較為複雜。如何詳盡分析學生的認知歷程，設計適切的教學活動，讓學生能有效學習正確的科學概念以及適切的解題策略，是有待努力的發展方向。目前國內外有關閱讀理解與數學科問題解決的實徵研究已累積相當多的成果，但在自然科學方面的研究文獻卻付之闕如。因此，以認知心理學的模式，設計一系列的作業，診斷學生的學習困難，並發展一套後設認知訓練課程，仍有很大的研究空間。基於上述的動機，本研究擬根據Siegler (1981, 1986) 之法則評估理論設計一系列的斜坡物體平衡作業來評量學生的認知發展情形並偵測其訊息處理的困難。據此，進一步提供補救教學並對解題及遷移進行分析。

方 法

一、研究對象

本研究對象取自台北縣秀朗國小六年級的學生，從三十五個班級中，隨機抽取八班。受試者選取的方式如下：1. 首先實施「斜坡物體作業量表（甲）」測試，並以法則評估法區分出四個法則的學生。2. 將法則三的男、女學生各以隨機方式分派至三組，即「策略及認知監控組」、「策略組」與「控制組」。其人數分配如表一。

表一 本研究的樣本人數

組 別	性 別		全 體
	男	女	
策略及認知監控組	15	15	30
策 略 組	15	15	30
控 制 組	15	15	30
合 計	45	45	90

二、研究設計

本研究在教學實驗效果的研究方面採等組後測設計。

本研究的自變項為「組別」，分為接受教學實驗處理的「策略及認知監控組」、「策略組」和不接受任何實驗處理的「控制組」。而本研究的依變項包括：

(一)使用法則四解題的人數百分比

以各組受試者在「斜坡問題作業量表（乙）」中所有六類型題目中至少答對三題以上的人數百分比為指標。

(二)遷移效果

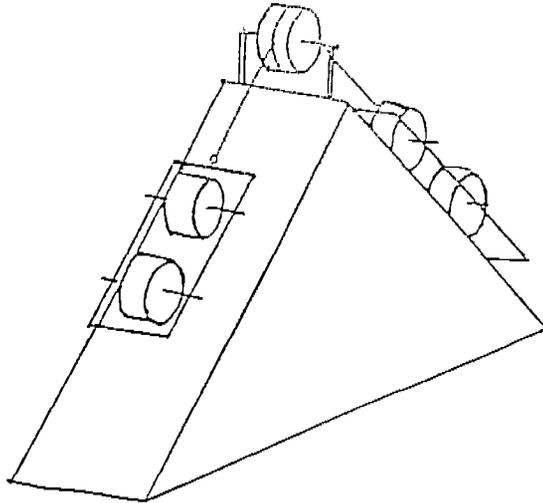
以各組受試者在「斜坡問題能力測驗」上的分數為指標。

三、研究工具

本研究使用的研究工具包括：實驗器材與測驗工具兩種。實驗器材為「斜坡物體下滑實驗器」；測驗工具有：「斜坡問題作業量表（甲）」、「斜坡問題作業量表（乙）」與「斜坡問題能力測驗」等。茲分別說明如下：

(一)實驗器材

本研究的實驗器材包括12個不同斜度的保麗龍斜坡，12個滑輪，60個相同重量的砝碼和12條30公分長的細繩。實驗器材裝置如圖二。



圖二 斜坡物體下滑實驗器材裝置

斜坡的底架長為35公分，厚為10公分，斜坡兩邊的長度比分別為1：1，1：2，2：3，3：4，4：5，5：6。為避免摩擦阻力的誤差，每個斜面均以平滑的塑膠膜覆蓋其上。每個砝碼的重量為15公克，形狀為高1公分，直徑1.0公分，兩端皆有掛鉤之圓柱形金屬塊。操作時，將滑輪固定在每個斜坡的頂點上，並將細繩裝置於滑輪上，左右兩邊各掛上不同個數的砝碼。利用滾動下滑的方式使摩擦力的影響減至最小，讓學生判斷砝碼會往那一邊下滑。

(二)測驗工具

1. 斜坡問題作業量表

本量表為本研究根據Siegler（1981, 1986）之法則評估理論所編製而成的，共有甲卷、乙卷，兩套互為複本。每套測驗包括六種題型，分別是：相等題、重量題、斜度題、衝突重量題、衝突斜度題與衝突相等題。測驗的複本信度為0.92。

本測驗的施測過程採用示範實驗群測（即團體施測，儀器示範）的方法進行。施測時先由主試者以教具實際操作示範六次（不告知結果），讓學生由滑輪兩邊所掛的砝碼個數與斜坡傾斜度的關係來判斷砝碼會往那一邊下滑或是呈現平衡狀態。作答時間為40分鐘，加上指導語說明及示範約一小時內可完成。本測驗的計分方式為每答對一題得一分。同時為了瞭解學生的思考歷程以及偵測其錯誤類型，故本測驗的評分強調原因的說明。研究者則根據學生在各類題型上的答題組型與得分，分析其解題的錯誤類型，並判斷其所使用的解題法則層次。

2. 斜坡問題能力測驗

本測驗為本研究分析學生解答六類型斜坡問題時所涉及之策略、知識、和表徵的複雜程度所編擬的。其目的在於了解受試者運用斜坡問題解題法則和已習得的公式來解答相關問題的遷移能力。

本測驗的編製依據主要是取材自國立編譯館主編的國民小學六年級自然科教材第十一冊「四輪車與小山坡」之內容，以及國中二年級理化教材第二冊中，有關「靜力平衡」、「簡單機械」的單元內容與教學指引。由於參加本實驗的學生均使用法則三解決斜坡問題，因此題目設計均採用衝突重量題、衝突斜度題、衝突相等題等三大題型。歸納而言，題目內容分為五種，即簡單逆算應用題(1)、簡單道算應用題(2)、簡單道算應用題(3)、簡單逆算應用題(4)、和複雜逆算應用題，上述題目均以文字描述的方式呈現。

本測驗為一紙筆測驗，以團體方式施測，為了避免學生猜答以及強調思考歷程之分析，作答時請學生將思考及計算過程記錄下來。計分方式為：答案及思考（計算）過程正確者得兩分；答案錯誤，但思考（計算）過程正確者得一分；答案正確，但思考（計算）過程錯誤者，以及兩者皆錯者得零分。受試者在本測驗最高可得24分，最低為0分。得分越高，表示學生解答斜坡問題之遷移能力越高。

本研究以台北縣永和國小共280位六年級學生（其中男生142人，女生138人）為對象進行預試，測得庫李信度為.65。此外，為了瞭解本測驗評分標準的客觀性，研究者隨機選取60份學生的測驗，與一位國立臺灣師範大學物理研究所碩士班所究生（以下簡稱協同研究員）進行評分者間信度考驗，測得信度係數為.97。

四、課程的編擬及試驗性教學

(一) 策略訓練課程的編擬

本研究所稱的「策略訓練課程」乃指研究者根據Ferretti & Butterfield (1986) 對斜坡問題所提出的訊息處理教學模式以及本研究參考國小六年級自然科「四輪車與小山坡」之課程內容，以及國中二年級理化科有關「靜力平衡」與「簡單機械」之教學指引，並整理施測與訪談的結果，再根據試探性教學經驗所編擬的四個單元教材。本課程係以直接教導和分組實驗的方式進行教學。課程中的材料以圖形呈現為主，並輔以口語說明及儀器操作。此課程每天實施一次，每次60分鐘。各單元之活動設計摘要請見附錄一。

(二) 策略及認知監控訓練課程的編擬

本研究所稱的「策略及認知監控訓練課程」包括兩部份：一為上述之策略訓練課程；二為認知監控訓練課程。認知監控訓練課程係本研究根據Flavell (1981) 提出的認知監控理論為主要架構，並參考Pressley, Borkowski & O'Sullivan (1984) 以及Cross & Paris (1988) 的觀點，再根據試探性教學的經驗所編擬而成的八個單位教材。課程中的學習材料以數學應用題為主。此課程每天實施一次，每次60分鐘。各單元之活動設計摘要表請見附錄二。

五、資料處理

(一)量的研究方面

在收回所有學生的資料時，研究者先檢查學生是否符合要求完成所有的測驗，若有完全猜題或未說明理由和計算過程者，則以缺失資料 (missing data) 處理。「斜坡問題作業量表」的答案卷回收後，由研究者與本研究之協同研究員親自閱卷，再個別分析學生的答題型態，依據法則歸類原則將其歸類，並予以登錄。然後以 χ^2 統計法進行考驗，若達到顯著，則進行事後比較，以分析三組學生在後測「斜坡問題作業量表(乙)」中達到法則四人數百分比的差異。至於「斜坡問題能力測驗」經過研究者與協同研究員分別閱卷後，將學生每題的得分輸入電腦，進行單變項變異數分析，分析三組受試在「斜坡問題能力測驗」分數的差異；若達顯著，則進行事後比較。

(二)質的研究方面

本研究訪談的樣本有兩種，一種是「策略及認知監控組」樣本，一種是「策略組」樣本。由於本研究的晤談是採用放聲思考法，原案分析的過程相當耗力費時，所以僅採取小樣本的訪談研究。其中策略及認知監控組樣本2名(男、女各1名)，策略組樣本2名(男、女各1名)。晤談樣本的選取是從這兩個組別中，挑選出較具代表性學生，其中「斜坡問題作業量表(乙)」的表現為第四層次，且在「斜坡問題能力測驗」的分數是落於各組平均數至平均數以上一個標準差之內者。此外為了避免先備能力的差異會影響晤談結果，特別挑選第一學期自然科及數學科學業成績均為甲等的學生。茲將本研究訪談學生的基本資料整理如下：

表二 個別晤談學生的基本資料

	策略及認知監控組		策 略 組	
	S1	S2	S3	S4
性別	男	女	男	女
斜坡問題作業量表(乙)結果	第四層次	第四層次	第四層次	第四層次
斜坡問題能力測驗分數	18	20	10	13
自然科學業成績	甲	甲	甲	甲
數學科學業成績	甲	甲	甲	甲

本研究中原案的產生是將學生的口頭敘述由錄音帶轉錄成文成，再配合筆試的試卷，登錄學生的計算過程及行為表現。研究者與協同研究員再以原案為依據，對照著錄音帶、筆試試卷及晤談當時的記錄，將學生的解題行為做更細緻的分析。

為儘量求得客觀的分析，本研究的原案除了由研究者親自分析外，另外邀請一位協同研究員，進行原案分析的信度考驗。同時為了避免協同研究員不熟悉本研究的內容，而降低分析的效度，因此在正式進行原案分析之前，研究者先就本研究的目的及分析要點與協同研究員充分溝通討論。在練習階段，研究者與協同研究員先聽取一位被訪談學生(S1)的錄音帶，配合著原案及筆試試卷進行分析，並討論彼此相異的觀點。進入正式分析階段時，研究者與

協同研究員即不再進行溝通，直到獨自分析完畢。總而言之，整個分析過程歷經了多次的練習、討論和修正，儘量減少研究者的主觀偏見，使研究結果更臻正確。

在進行信度分析時，研究者先將學生解題的歷程分爲5個階段，而每個階段下，皆有其重要的行爲表現，茲說明如下：

1. 理解題意。例如：重讀、發問、調整讀題速度、繪圖、去除無關資料、誤解題意、與不瞭解題意等。
2. 探究問題。例如：辨認題型、回憶相關概念或公式、忽略重要訊息、與受到無關因素干擾等。
3. 擬定解題計畫。例如：推導公式、隨意猜測、與找出次目標等。
4. 執行運算。例如：無法解答、計算正確、與計算錯誤等。
5. 驗算答案。例如：檢查計算過程、檢核答案的合理性、用不同的方法驗算、與將計算出來的答案代入公式驗算。

結果測得評分者間一致性係數爲.84。

結 果

本研究蒐集到的資料，經過分析後，得到以下的結果。

一、全體預試學生解答斜坡問題之錯誤類型分析

全體預試學生在解答斜坡問題作業量表與斜坡問題能力測驗的主要錯誤類型分析如表三與表四所示。其中「減法型」表示學生在解答斜坡物體下滑問題時，能同時注意到主要向度（重量）與次要向度（斜度），但無法將重量和斜度的關係以比值概念呈現，卻使用「計算兩個向度的差值，如果相等就會平衡」的錯誤策略來解題。「直觀型」表示學生以不合邏輯的方式，毫無理由地亂湊數字資料。「編碼不足型」表示學生在解答斜坡問題時，往往只注意到某個單一向度，而忽略其它解題的必要訊息。「過度編碼型」正好相反，係指學生在解題時，容易受到無關因素的干擾而無法正確解題。「計算錯誤型」是指學生在執行四則運算的過程中，產生數字運算的錯誤，導致解題的失敗。「表徵建構失敗型」係指學生在解答斜坡問題能力測驗時，無法將題目中的文字敘述轉換成相對應的斜坡問題。

表三 全體預試學生解答斜坡問題作業量表的主要錯誤類型分析

錯誤類型	減法型	編碼不足型	直觀型	過度編碼型	計算錯誤
百分比	47%	35%	9%	8%	1%

表四 全體預試學生解答斜坡問題能力測驗的主要錯誤類型分析

錯誤類型	表徵建構失敗型	直觀型	減法型	編碼不足型	過度編碼型	計算錯誤型
百分比	38%	24%	15%	12%	8%	3%

二、三組學生在斜坡問題作業量表（乙）中使用法則層次之差異分析

三組學生在斜坡問題作業量表（乙）中使用法則層次的分佈情形，如表五所示。

表五 三組學生在斜坡問題作業量表複本乙中使用之法則層次之人數及百分比

	人 數 (百分比)	法 則 層 次				無 法 歸 類 (錯誤樣本)
		一	二	三	四	
策略及認知監控組	30 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (16.7%)	25 (83.3%)	0 (0%)
策 略 組	30 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	7 (23.3%)	21 (70%)	2 (6.7%)
控 制 組	30 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	29 (96.7%)	1 (3.3%)	0 (0%)

由表五的資料可發現，策略及認知監控組學生經過教學實驗處理後，有83.3%的學生由原來使用法則三解題，提升到使用法則四解題。策略組學生經教學實驗處理後，有70%的學生由原來使用法則三解題，提升到使用法則四解題，但其中有6.7%的學生產生無法歸類的現象。至於控制組學生沒有接受實驗處理，其解題層次並未有太大變化。有96.7%的學生仍維持在使用法則三解題的階段，僅有3.3%的學生有提升到使用法則四解題的趨勢。

扣除策略組無法歸類的受試者人數後，進行 χ^2 考驗，計算 $\chi^2=46.27$ ($P<.05$)，顯示不同組別學生在「斜坡問題作業量表（乙）」中達到法則四的人數百分比有顯著差異存在 ($P<.05$)。爲了要進一步探討那幾組學生到達法則四的人數百分比有顯著差異存在，因此繼續進行事後比較。

表六 三組學生在解答斜坡問題作業量表（乙）中使用法則四層次之人數百分比事後比較

組 別	策略及認知監控組	策略組	控制組
策略及認知監控組	—	0.083 ± 0.377	0.800 ± 0.268*
策 略 組		—	0.717 ± 0.313*
控 制 組			—

* $P<.05$

由表六可發現策略及認知監控組與控制組學生到達法則四的人數百分比有顯著差異存在 ($P < .05$)。此外，策略組與控制組學生到達法則四的人數百分比有顯著差異存在 ($P < .05$)。然而策略及認知監控組與策略組學生到達法則四的人數百分比差異未達到顯著水準。

三、三組學生在斜坡問題能力測驗之遷移能力的差異分析

表七為三組學生在斜坡問題能力測驗上的得分之平均數 (\bar{X}) 與標準差 (SD) 摘要。

表七 三組學生在斜坡問題能力測驗上的得分之平均數 (\bar{X}) 與標準差 (SD)

組別	N	\bar{X}	SD
策略及認知監控組	30	16.03	4.94
策略組	30	9.47	6.07
控制組	30	6.60	5.70

由表七可知，就整體而言，策略及認知監控組學生在斜坡問題能力測驗之得分平均數為 16.03，策略組學生之得分平均數為 9.47，而控制組學生之得分平均數為 6.60。至於三組學生在遷移能力增進效果的單因子變異數分析結果，則如表八所示。

表八 三組學生在斜坡問題能力遷移效果之單因子變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F
組間	1403.27	2	701.63	22.48*
組內	2715.63	87	31.21	
全體	4118.9	89		

* $P < .05$

表八顯示三組平均數的差異達顯著水準 ($F=22.48$, $P < .05$)。為了進一步瞭解那些組別的平均數有顯著差異，因此以 Scheffe 法進行事後比較，結果如表九所示。

表九 三組學生在斜坡問題能力測驗平均數之事後比較 (Scheffe法)

組別	平均數	策略及認知監控組 $\bar{X}_1=16.03$	策略組 $\bar{X}_2=9.47$	控制組 $\bar{X}_3=6.60$
策略及認知監控組	$\bar{X}_1=16.03$	—	20.68*	42.74*
策略組	$\bar{X}_2=9.47$		—	3.96
控制組	$\bar{X}_3=6.60$			—

經Scheffe法事後比較發現：策略及認知監控組學生在斜坡問題能力測驗的得分平均數，分別高於控制組及策略組學生。至於策略組學生的得分並未高於控制組學生。

四、個別晤談之原案分析

個別晤談的逐字稿經過分析後，得到以下的發現：

(一)策略組學生在讀題時速度很快，缺乏耐心仔細瞭解題意。常常都是在遭遇解題的困難時，才發現不懂題意，不得已重新閱讀題目時，目的只在看看自己是否有看錯題目中的數字或敘述。

而策略及認知監控組學生讀題的速度較慢，態度謹慎小心。有時會使用一些策略（如畫線、做摘要、繪圖等）將題目中給予的已知條件和未知條件，從複雜的敘述中孤立出來，讓問題更簡化易懂。因此重讀的次數較少，在讀題後也較常用自己的話來改寫題目的敘述或詮釋題目的意義。

(二)策略組學生過分重視數字資料，容易受到無關因素的混淆或忽略了非數字句子中所隱藏的關鍵條件。在無法順利解題的情況下，往往任意拼湊已知的數據，以得到答案為唯一目標，而不考慮其合理性。至於策略及認知監控組學生控制變因的能力較佳，比較會利用舊經驗或回憶和題目有關的概念與公式來協助解題。

(三)策略組學生讀題後，容易貿然進入四則運算的階段，待經歷了幾次解題的失敗後，才會具有計畫的行為表現。無論題目是簡單或困難，計畫的內容幾乎是千篇一律，通常以充分應用題目中的數字資料為原則。而策略及認知監控組學生在讀題後，會經過一番思考，如果題目簡單，就直接進入執行階段。如果題目較複雜，則會先確定解題的目標，並擬定一個解題計畫。

(四)策略組學生傾向於只肯接受經由計算所得的答案，而不考慮從數次實際操作中所歸納的結論（如：下滑力的公式，有效變因，無效變因...）。當兩者發生認知衝突時，策略組學生會相信直覺，或自圓其說。而策略及認知監控組學生會去覺察並解釋這個衝突的現象，調整自己的認知結構，最後，選擇可用的知識策略來解題。

(五)策略組學生以求得答案為滿足，缺乏驗算的步驟，如果研究者要求他做驗算，基本的反應只是將過程念一遍，檢查四則運算的錯誤，很少去驗證方法的合理法，因此對於答案的掌握缺乏信心。而策略及認知監控組學生較常使用驗算策略來檢核答案的正確性，同時對自己計算出來的結果感到較大的信心。

由以上的分析可以看出「策略及認知監控組」與「策略組」學生的解題行為表現不同。策略組學生除了信心不足外，無法有效使用解題策略與缺乏自我監控能力等，均可能是造成其遷移能力不佳的主要因素。

討 論

一、全體預試學生解答斜坡問題錯誤類型之分析

受到訊息處理理論的影響，近年來科學問題解決的實徵研究逐漸重視錯誤類型之分析。希望能獲得學生答題正確率的資料外，也可根據錯誤策略的改變情形瞭解學生解題的心理歷程。因此本研究也進一步分析全體預試學生解決斜坡問題的法則使用情形與錯誤類型，以診斷學生的學習困難，並做為設計課程的參考。由表三的資料可發現在斜坡問題作業量表中全

體預試學生解題的主要錯誤類型依序包括：「減法型」（佔全體學生47%）、「編碼不足型」（佔全體學生35%）、「直觀型」（佔全體學生9%）、「過度編碼型」（佔全體學生8%）和「計算錯誤型」（佔全體學生1%）。

而由表四的資料可發現全體預試學生在斜坡問題能力測驗中解題的主要錯誤類型依序包括：「表徵建構失敗型」（佔全體學生38%）、「直觀型」（佔全體學生24%）、「減法型」（佔全體學生15%）、「編碼不足型」（佔全體學生12%）、「過度編碼型」（佔全體學生8%）和「計算錯誤型」（佔全體學生3%）。

綜合言之，學生無法正確解題的原因並不完全相同。有些是不瞭解題意，無法將題目中的文字敘述建構成相對應的斜坡問題。有些是無法將砝碼重量和斜坡傾斜度以比值的關係呈現，其中以減法策略取代的情形佔很高的比例。而有些是計算錯誤或亂湊數字。另外有些是受到無關因素（例如繩子長度、滑輪大小）的干擾。有些則因為編碼不足（例如：忽略斜坡長度對下滑力的影響）而造成解題的錯誤。

二、策略及認知監控訓練課程與策略訓練課程對提升學生解題法則層次之差異比較

由表五的結果可知，經過教學實驗處理後，不同組別學生在斜坡問題作業量表（乙）中使用法則四解題的人數百分比有顯著差異。經由表六之事後比較發現，策略及認知監控組與策略組學生在斜坡問題作業量表（乙）中使用法則四解題的人數百分比顯著高於控制組學生。然而，策略組學生在斜坡問題作業量表複本乙中使用法則四解題的人數百分比與策略及認知監控組學生沒有顯著差異。

綜合言之，由本研究的結果可以看出：「策略訓練課程」與「策略及認知監控訓練課程」皆能充分提升學生斜坡物體下滑問題之解題發展層次。因此，事先探究學生原有的認知結構，並據此設計一套以認知歷程為導向的課程，對促進學生斜坡問題認知能力的發展是一個可行的方法之一。

分析形成上述結果的原因，研究者認為有下列幾點：

(一)教學單元的設計由具體到抽象，提供學生更多學習運用認知策略的機會。

無論是策略及認知監控組或策略組的單元設計，自單元一至單元四，每個單元皆提供機會讓學生去親身體驗、觀察與操作實驗的機會。如此可提升學生敏銳度和控制變因的能力，所以學生較能細膩地觀察並用心學習。這些都可能是本實驗的兩套訓練課程對斜坡問題認知能力具有增進效果的可能原因。

(二)教學策略合宜，可提高其學習動機。

社會互動因素在學生建構意義的過程中，扮演重要的角色（郭重吉，民81）。爲了提高學生的學習動機，因此本研究的實驗課程採分組討論的方式進行，讓學生有機會經由和環境中共同經歷的事件互動，發展類似的認知結構，並可彼此切磋，進而達到概念改變的教學目的。

(三)即時提供回饋，引導學生正確學習。

研究者在學生進行活動或演練時，能隨時做行間巡視，實驗過程中亦有一位襄試協助，可以即時提供學生回饋或修正，如此可讓學生確實學會每個單元的知識與策略。

④教具製作活潑有趣，能誘發其主動探究的學習態度。

本研究之教具係由研究者自行製作，爲了要吸引學生的好奇心與注意力，特別強調彈性靈活應用與美觀的原則。在分組實驗的過程中，學生須依各組的計畫，共同組合實驗器材，然後操作、觀察、記錄、解釋並歸納通則。在互相合作、親手操弄的學習過程中，即可培養學生虛心客觀與主動求知的科學態度。

至於策略組學生在斜坡問題作業量表（乙）中使用法則四解題的人數百分比與策略及認知監控組學生沒有差異，其原因可能是因爲本研究的策略訓練課程係參考Ferretti & Butterfield（1986）的研究結果，將斜坡問題解題認知能力予以細緻化的分析所編擬而成的。此套課程具有完整、簡短、明確與操作的特色，使學生能完全學會斜坡問題的基本知識與解題策略。而策略及認知監控訓練課程除了明確教導學生解決斜坡問題的表徵、策略與知識外，亦將各科解題策略的執行要點及適用情境加以整理。單元活動雖然豐富，然而對於學生解答與學習材料性質相同、難度相近的題目，似乎無法發揮其訓練的效果與特色。這可能是兩套實驗課程之教學效果對於學生解答斜坡問題作業量表複本乙之表現沒有差異的原因。

三、策略及認知監控訓練課程與策略訓練課程對增進學生遷移能力之差異比較

由表七的研究結果可知：經過實驗處理之後，三組學生得分之平均數有顯著差異存在。經由表八之事後比較發現，策略及認知監控組學生在接受四個單元的策略訓練課程與八個單元的認知監控策略訓練課程後，其將所學的知識與策略遷移到以文字逆算應用題爲主的斜坡問題能力測驗之成績高於僅接受四個單元教學的策略組學生以及未接受任何實驗處理的控制組學生。然而，策略組學生接受四個單元的策略訓練課程後，其將所學的表徵知識與解題策略運用到以文字逆算應用題爲主的斜坡問題能力測驗之分數與未接受任何實驗處理的控制組學生沒有顯著差異。

綜合言之，本研究的結果支持了多位學者的觀點（Ghata, 1986; Swanson, 1990; Delclos & Harrington, 1991; Swanson, Janes, O'Connor & Carter, 1991）。因此將學科的基本概念以簡單、具體的方式呈現，並配合學生之學習特性將解題策略的運用要點與方法予以細步化、組織化，以直接教導與交互教學的程序，提供學生練習機會，對於增進斜坡問題認知能力的遷移效果是一個值得參考的教學方案。

從學生的回饋以及訪談的資料中，研究者認爲形成上述結果的原因如下：

(一)課程設計重視學生解題的錯誤訊息，並配合其認知結構，可協助學生突破認知失衡的困境。

受到建構主義的影響，本研究在設計每個教學單元之前，先探究學生的錯誤概念與認知結構，希望能藉由概念改變的教學策略，使學生能經驗到原有知識與正確概念間有差距的衝突情境，並能在討論活動中，建構正確的科學概念。

(二)提供檢核表，可讓學生具體學習運用認知策略的要點並評估其使用效果。

本研究的訓練課程在每個單元進行過程或結束之後，皆提供學生檢核表，隨時監控並評估其策略的應用情形。如此不但有助於學生熟悉每個解題歷程的策略，而且經過多次的練習後，可能會產生內化的效果。

(三)活動方式富啓發性與主動性，讓學生樂於學習。

本研究的訓練課程採交互教學的方式進行，首先由教師示範，然後將學習的責任逐漸轉移給學生。在此過程中學生扮演主動學習的角色，由於責任的加重，可促使學生更認真學習。

四 統合性之解題策略與認知監控技能教學，能因應複雜解題歷程之需要。

本研究的策略及認知監控訓練課程融合了斜坡問題的基本知識、解題策略以及計畫、監控、與調整等後設認知技能。在這些知識、策略及技能的交互運作之下，所產生的整體效果比僅單獨教導解題知識或純粹提供其後設認知訓練的效果為佳。尤其科學問題解決需要涉及的認知歷程比其他學科更複雜，因此將解題有關的知識及技巧予以細步化、組織化並適時介入解題歷程，才能幫助學生統整應用。然而，策略組學生僅從單元活動中獲得斜坡問題的基本知識與解題策略，卻未進一步學習讀題、分析、計畫、與評估等認知監控技能。由於學習不完全，自然無法有效地將所學的舊知識遷移到新情境。這些都可能是造成策略及認知監控組學生在斜坡問題能力測驗所表現的遷移能力優於策略組與控制組學生的原因。

四、個別晤談之原案分析

從原案分析的結果，本研究發現策略及認知監控組學生無論在建構問題表徵、探究問題、辨識題型、擬訂解題計畫、執行四則運算與驗算等能力均比策略組學生優越，而且策略及認知監控組學生對使用演算法則情境的適當性之敏感度及答題的信心程度較高，此項結果與一些學者（Ghata, 1986; Delclos & Harrington, 1991；林明哲，民79；林宏一，民79）的研究結果類似。探究其原因，有以下幾點：

(一) 重視建構問題表徵策略的教學，提升學生理解題目的能力。

對題目的理解程度直接影響解題的成敗（Poly, 1945; Schoenfeld, 1985; Mayer, 1987; Krulik & Rudnick, 1989；林宏一，民79；吳德邦、吳順治，民80）。因此，本研究的策略及認知監控訓練課程特別注重「調整讀題速度」、「重述題意」、「劃線」、「繪圖」與「去除無關資料」等策略的教學，讓學生能根據題意建構適當的表徵，並能將它轉換成相對應的斜坡問題，然後依照題意正確解題。

(二) 運用題型辨認與回憶相關概念的策略，減少短期記憶的負荷量，以促進解題成效。

研究者在進行預試時，發現大部份學生解題失敗的原因是由於無法將題目分類或提取相關的舊知識來幫助解題。這些學生往往花費很多力氣，仍然無法進入主題或因工作記憶容量的限制而產生計算的錯誤。因此本研究在設計認知監控訓練課程時，也特別加強「題型辨識」與「回憶相關概念」的活動設計，以引導學生正確執行解題步驟，發揮最大的遷移效果。

(三) 強調動機、信心與後設認知經驗對解題的影響。

動機及情意變項對解題表現的影響已受到很多研究的支持（Entwistle, 1988; Pintrich & Degroot, 1990；張景媛，民81，林清山、張景媛，民82）。本研究的策略及認知監控訓練課程特別設計一個單元，讓學生從活動中親自體驗動機與信心等情意變項對問題解決的影響。同時也在每次演算試題前不斷提醒學生，將自己的動機與情緒調整到最好的狀態，以促進解題表現。

(四) 訓練學生覺察解題法則使用情境的適當性之敏感度與判斷能力。

完整、工確的解題知識是解題成功的必備條件。然而解題知識與演算法則的適當使用更是解題成功的關鍵。本研究的策略及認知監控訓練課程除了教導學生基本的知識概念外，也讓學生利用同儕互動的方式練習判斷各種策略適用的問題情境，以及如何克服所遭遇的困難，並發揮監控的能力。

結論與建議

一、結論

綜合言之，本研究結果可分下列四方面摘述如下：

(一)錯誤類型方面

在編擬本研究訓練課程之前，研究者先對全體預試學生解決斜坡問題的法則使用情形與錯誤類型進行分析。結果發現，造成大部份學生無法正確解題的原因並不完全相同。有些是由於不瞭解題意，或無法將題目中的文字敘述轉換成相對應的斜坡問題；有些是無法將砝碼重量和斜坡傾斜度以比值的關係呈現，其中以減法策略取代的情形佔很高的比例；而有些是因計算錯誤，另外有些則是受到無關因素的干擾；有些是因爲編碼不足而造成解題的錯誤。

(二)解題法則方面

1. 策略及認知監控組學生經過策略及認知監控訓練課程的教學後，其在斜坡問題作業量表（乙）中使用法則四層次的人數百分比高於未接受任何實驗處理的控制組學生。

2. 策略組學生經過策略訓練課程的教學後，其在斜坡問題作業量表（乙）中使用法則四的人數百分比高於未接受任何實驗處理的控制組學生。

3. 策略及認知監控組學生經過策略及認知監控訓練課程的教學後，其在斜坡問題作業量表（乙）中使用法則四的人數百分比與僅接受策略訓練課程的策略組學生沒有顯著差異。

(三)遷移效果方面

本研究的兩種實驗課程，對於學生將所學的知識及策略應用到以文字逆算應用題的能力增進方面，未完全具有遷移效果。由此顯示：僅單獨教導學生學科基本概念的教學策略，未能充分協助學生產生概念改變。然而，將學科的基本概念配合學生之學習特性，以簡單具體的方式呈現，並以直接教導與交互教學的程序，提供學生練習後設認知技能的機會，對於增進斜坡問題認知能力方面具有遷移效果。

(四)個別晤談的原案分析方面

爲了瞭解三組學生在解題及遷移歷程的差異，研究者進一步對「認知及策略監控組」與「策略組」較具代表性的學生進行個別晤談，結果有以下的發現：

1. 策略組學生在簡單及題型相同試題的表現較穩定，但在解答稍有變化或敘述較複雜的題目時，則感到困難。而策略及認知監控組學生在遇到較複雜的題目時，會以冷靜的態度，嘗試建立較適切的表徵方式，來幫助題意的了解。

2. 一般而言，策略組學生比較缺乏對解題方法進行評估與分析的步驟，無法有效提取相關概念來協助解題。而策略及認知監控組學生則會根據題意調整自己的認知結構，選擇可用的知識、策略與經驗，並在解題前擬定有系統的執行計畫。

3. 策略組學生過分重視數字資料，容易忽略重要文字條件的敘述。在無法順利解題的情況下，往往任意拼湊已知的數據來求得答案。而策略及認知監控組學生在求得答案後，通常會執行驗算工作並主動檢核答案的正確性與合理性。如果驗算的結果與答案相符合，會很有信心地認爲自己的答案是正確的。

二、建議

(一)在國小自然科教學應用上的建議

根據文獻上的探討及本研究的結果，認知策略訓練與認知監控訓練教學，具有教育上的意義，可以作為國小自然科教學的參考。以下針對本研究的發現及實驗課程的特色，提出幾點建議。

1. 發展歷程導向的評量工具，分析學生的認知歷程，有助於處方性教學的編擬。

本研究根據Siegler (1981, 1986) 的法則評估理論，由研究者自編斜坡問題作業量表與斜坡問題能力測驗。透過學生在不同類型題目的表現，可以偵測出學生解題時所使用的法則，瞭解學生解答斜坡問題的知識狀態與錯誤類型。這樣的了解有助於研究者根據學生的認知結構設計適切的處方性教學方案。

2. 重視學生主動建構的概念，並融入教學設計中，有目的而逐題呈現開放式題目。因此，研究者在分析筆試結果與偵測學生的錯誤類型時（必要時需訪談部份學生），花費了很多時間。然而，在教學前，先發現學生的另有想法，並融入教材設計中，讓學生在親自參與、同儕互動與小組討論的活動中產生認知衝突的現象，激發其學習意願。最後，研究者再以具體、明確的方式教導學生學習正確的概念，如此有助於達到概念改變的教學目的。

3. 統合性的策略及認知監控教學方案，有助於提升學生的認知表現，並促進遷移能力。

有效的評量方式除了評量結果之外，更應檢視歷程。而傳統上，對於學習結果的評量遠較學習歷程及遷移能力來得重視。事實上，學習的最終目標就是要培養學生利用舊知識遷移到新情境的問題解決能力。本研究發現在簡單和性質、難度皆相近的作業中，純粹教導學生認知策略，即可促進其認知表現。但對於解答較複雜或性質較不相同的問題時，接受策略及認知監控訓練課程教學的學生其遷移能力較僅單純接受策略訓練課程教學的學生為佳。由此可見，統合了認知策略訓練與認知監控訓練的教學方案所產生的教學效果遠勝於僅單獨教導認知策略或純粹認知監控訓練的效果。

4. 有關的學科知識和解題技巧適時介入解題歷程，提供學生具體學習運用策略監控的機會。

本研究的策略及認知監控訓練課程提供學生學習斜坡問題基本概念和策略監控技巧。為避免學生不熟悉策略監控技能的使用要點，因此本研究在每個單元結束之前，皆提供檢核表讓學生具體練習策略監控技能，並互相交換心得。結果發現：這種方式確實有助於學生監控自己的策略應用情形。

5. 教學方法合宜，回饋具體，讓學生能靈活運用各項策略。

研究者在教導某一知識或策略前，皆先將策略的運用要點予以細步化、組織化，並以直接教導的方法及交互教學的程序讓學生明白該策略的重要性及適用時機。然後利用師生互動與同儕互動的方法，隨時提供學生具體回饋與練習的機會，使學生能確實學會每個單元的知識與策略。

6. 製作活潑的教具誘發學生主動探究的科學態度。

本研究發現課程中所設計的教具很能吸引學生，因此在整個教學過程中，無論是分組實驗或小組討論，學生都主動參與，並樂於學習。在國內比較偏重灌輸式的教學環境下，多配合學生的生活經驗，善用多元化的視聽媒體或由師生共同製作實用、美觀的教具對於誘發學習動機是一個可供採行的方法。

(二)未來研究的建議

1. 性向與處理交互作用的研究值得進一步探究。

統合性的解題策略教學方案已獲得肯定。然而由於這些知識、策略交互運作所產生的整體功效，研究者很難確知究竟那一種知識或策略有助於學習與遷移的表現。或許有必要進一步探討其間的交互作用，以確知某幾項的教學策略結合對某些發展層次的學生最為有效。因此，不同能力、特質的學生對於不同的教學方案所進行的策略及認知監控訓練，是否具有性向與處理交互作用，值得進一步的探究。

2. 探討認知、動機與情意變項對學習的影響。

本研究發現學生本身的知識、動機與後設認知變項都會影響其解題表現。但由於教學時間的限制，未能進一步對所有的情意變項（例如：自我概念，自我效能，成就動機，歸因組型，測試焦慮及動機信念等）一一進行較長時間的處理。未來可進一步仔細探討這些變項對學習的影響。

3. 利用電腦結合試題反應理論的測量技術，評量個體的學習歷程。

傳統測驗理論對認知能力與認知歷程的評量無法提供完備、精確的訊息。而試題反應理論（item response theory, IRT）的測驗技術整合了心理計量分析與認知分析的評量觀點，正好可以彌補這方面的缺失與限制。因此，未來可運用潛在特質理論模式配合電腦來評量個體的認知能力及其學習改變的歷程。

4. 晤談技巧宜再加強練習，以提高質的研究之效度。

目前研究解題歷程方法包括：內省法、回溯法與放聲思考法等，每種方法各有其優缺點。本研究認為放聲思考法容易學習，可以降低學生扭曲認知歷程和主觀推論的弊病，又可促進學生之解題表現，因此決定以此方法研究學生的解題歷程。藉此方法，本研究確實獲得了不少學生解題歷程的資料。為避免不熟悉放聲思考的晤談程序而影響資料的效度，因此在正式晤談前，研究者做過不少練習，但在進行放聲思考晤談時，仍會出現錯誤（例如：給予過多提示，有些時候會忘記提醒學生一邊解題，一邊大聲聲告自己的想法）而遺漏了一些訊息。因此，未來在進行此類的研究時，宜再加強放聲思考的晤談技巧。

5. 擴展至不同科學概念問題之研究，以編製一套完整實用的教材，提供在職老師進行自然科學的參考。

解題歷程的研究與另有想法的探討是目前科學教育正積極擴展的發展趨勢。本研究藉由分析紙筆測驗的結果與放聲思考的原案來瞭解國小六年級學生斜坡問題認知能力的發展情形，獲得了若干寶貴的訊息。未來可將量與質互相配合的方法擴展至其他科學概念的探討，例如：密度、力與運動、熱平衡等，並將這些研究成果匯集成冊以提供在職教師教學之指引。此外，本研究也建議師資培育教育或研習教育宜再加強結合科學知識、教學策略與解題歷程的研究概念，讓在職教師知道如何分析學生的解題行為，瞭解其另有想法，並知道如何進一步實施補救教學。

6. 課程內容之設計豐富完整，但教學時數宜再加長，才能促使學生將解題歷程的各項策略與技能內化。

本研究的兩種訓練課程皆有其理論根據，並企圖結合學科內容與學生的生活經驗，其課程架構可謂相當完善。因此本研究的實驗課程在立即效果之增進方面有正向的結果，但持續效果卻未進一步研究。如果教學時數再增加，將所教的策略與知識做深入且完全的學習，應可促使學生將此類技能內化。如此不但可達到立即效果，其持續效果應該也令人滿意。

參考文獻

- 王文科（民 79）：質的教育研究法。台北師大書苑。
- 王建造（民 81）：學生認知發展、思考規則與逆思解題之研究。彰化師範大學學報，3 期，613 - 159 頁。
- 江文慈（民 82）：槓桿認知能力發展的評量與學習遷移歷程的分析—動態評量之應用。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文。
- 林宏一（民 79）：大一與高三學生「化學平衡」解題過程與行為之分析。國立彰化師範大學科學教育研究碩士論文。
- 林明哲（民 79）：國中學生數學解題行為之分析研究。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 林清山譯（民 79）：教育心理學—認知取向。台北：遠流出版社。
- 林清山、張景媛（民 82）：國中生後設認知、動機信念與數學解策略之關係研究。國立臺灣師範大學教育心理學報，26 期，53 - 74 頁。
- 吳德邦、吳順治編譯（民 80）：解題導向的數學教學策略。台北：五南。
- 唐淑華（民 78）：「語文理解課程」對增進國一學生數學理解能力與解答應用問題能力之實驗研究。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文。
- 郭重吉（民 79）：學生科學知識認知結構的評估與描述。彰化師範大學學報，1 期，279 - 319 頁。
- 郭重吉（民 81）：從建構主義的觀點探討中小學數理教學的改進。科學發展月刊，20 卷 5 期，548 - 570 頁。
- 郭重吉、吳武雄（民 78）：利用晤談方式探查國中學生對重要物理概念的另有架構之研究。國科會專題研究報告。行政院國科會科教處。
- 郭靜姿（民 81）：閱讀理解訓練方案對於增進高中學生策略運用與後設認知能力之成效研究。國立臺灣師範大學教育研究所博士論文。
- 黃寶鈿（民 76）：示範式群測法研究學生的排水體積守恆概念。測驗年刊，34 輯，137 - 146 頁。
- 張寶珠（民 81）：後設認知訓練團體對國中英語低閱讀能力學生之輔導效果研究。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文。
- 張景媛（民 81）：自我調整、動機信念、選題策略與作業表現關係的研究暨自我調整訓練課程效果之評估。國立臺灣師範大學教育心理學報，25 期，201 - 204。
- 國立編譯館（民 81）：國民小學自然科課本及習作第一冊至第十二冊。
- 國立編譯館（民 81）：國民小學數學科課本及習作第一冊至第十二冊。
- 楊宗仁（民 80）：國中地理科學習之研究—後設認知取向。國立高雄師範大學教育研究所碩士論文。
- 楊其安（民 78）：利用臨床晤談探究國中學生對力學概念的另有架構。彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 董正玲、郭重吉（民 81）：利用晤談方式探究國小兒童運動與力概念的另有架構。彰化師大科學教育，3 期，93 - 121 頁。

- 劉錫麒 (民 81) : 合作反省思考的數學解題教學模式及其實徵研究。國立臺灣師範大學教育研究所博士論文。
- 樊雪春 (民 81) : 國中國小學生解彈簧問題與排水體積問題之法則分析—法則評鑑取向。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文。
- 謝秀月 (民 79) : 小學、師院學生熱及溫度概念的另有架構。國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
- 蘇宜芬 (民 80) : 後設認知訓練課程對國小低閱讀能力學生的閱讀理解能力與後設認知能力的影響。國立臺灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文。
- Amigues, R. (1988). Peer interaction in solving physics problems: Sociocognitive confrontation and metacognitive aspects. *Journal of Experimental Child Psychology, 45(1)*, 141-158.
- Ashman, A. (1992). Process-based instruction: Integration assessment and instruction. In H.C. Haywood & D. Tzuriel (Eds.), *Interactive assessment* (pp.375-398). New York: Springer-Verlag.
- Anderson, J.R. (1982). Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review, 89*, 369-406.
- Bransford, J., Sherwood, R., Vye, N., & Rieser, J. (1986). Teaching thinking and problem solving. *American Psychologist, 41(10)*, 1078-1089.
- Brown, A.L. (1978). Knowing when, where, and how to remember: A problem of metacognition. In R. Glasser (Ed.), *Advance in instructional psychology*. (pp.77-165). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brown, A., & DeLoache, J.S. (1978). Skills, plans, and self-regulation. In R.S. Siegler (Ed.), *Children's thinking: What develops?* (pp.3-35). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brown, A.L., Bransford, J.D., Ferrara, R.A., & Campione, J.C. (1983). Learning, remembering, and understanding. In J.H. Flavell, & E.M. Markman (Eds.), *Handbook of child psychology: Cognitive development*. (Vol. III, pp.776-161). New York: Wiley.
- Butterfield, E.C., & Nelson, G.D. (1989). Theory and practice of teaching for transfer. *Educational Technology Research and Development, 37(3)*, 5-38.
- Case, R. (1978). Piaget and beyond: toward a developmental based theory and technology of instruction. In Glasser (Ed.), *Advances in instructional psychology*, Vol. 1. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Case, R. (1985). Intellectual Development: A systematic reinterpretation. New York: Academic Press.
- Cross, D.R., & Paris, S.G. (1988). Development and instructional analysis of children's metacognition and reading comprehension. *Journal of Educational Psychology, 80(2)*, 131-142.
- Delclos, V.R., & Harrington, C. (1991). Effects of strategy monitoring and proactive instruction on children's problem-solving performance. *Journal of Educational Psychology, 83(1)*, 35-42.

- Edward, D.B., Martin, V.C., Peter, G.P., & Robin, J. (1985). Problem solving. In W.S. Judith, & F.C. Susan (Eds.), *Thinking and learning skill* (Vol.1), 363-458. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Embretson, S. (1990). Diagnostic testing by measuring learning processes: Psychometric considerations for dynamic testing. In N. Frederilsen., R. Glaser., A. Lessold., & M.G. Shafto (Eds.), *Diagnostic monitoring of skill and knowledge acquisition* (pp.407-432). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Entwistle, N. (1988). Motivational factor in student's approach to learning. In R.R. Schmeck (Ed.), *Learning strategies and learning style* (pp.21-52). New York: Plenum Press.
- Erickson, G.L. (1979). Children's concepts of heat and temperature. *Science Education*, 63, 221-230.
- Ferretti, R.P., & Butterfield, E.C. (1985). The classification of children's knowledge: Development on the balance-scale and inclined-plane tasks. *Journal of Experimental child psychology*, 39, 131-160.
- Ferretti, R.P., & Butterfield, E.C. (1986). Are variant across instances of problem types? *Child Development*, 57, 1419-1428.
- Flavell, J.H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. In L.B. Resnick (Ed.), *The nature of intelligence*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Flavell, J.H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A new area of cognitive development inquiry. *American Psychologist*, 34(10), 906-911.
- Flavell, J.H. (1981). Cognitive monitoring. In W.P. Dickson (Ed.), *Children's Oral Communication Skills* (pp.35-60). New York: Academic Press.
- Flavell, J.H. (1985). *Cognitive Development* (2nd Ed.), Englewood Chiffs, NJ: Prentice-Hall.
- Gagn'e, E.D. (1985). *The Cognitive Psychology of School Learning*. Boston: Little, Brown and Company.
- Ghata, E.S. (1986). Strategy-monitoring training enables young learners to select effective strategies. *Educational Psychologist*, 21, 43-54.
- Ghata, E.S., Levin, J.R., Pressiey, M., & Ludico, M.G. (1985). Training cognitive strategy-monitoring in Children. *American Education Research Journal*, 22, 199-215.
- Gilbert, J.K., & Watts, D.M. (1983). Concepts, misconcepts and alternative conceptions: Changing perspectives in science Education. *Studies in Science Education*, 10, 61-98.
- Gilbert, J.K., & Watts, D.M., & Osborne, R.J. (1985). Eliciting student views using an interview-about-instances technique. In L.H. West, & A.L. Pines (Eds.), *Cognitive Structure and Conceptual Change*. London: Academic press.
- Krulik, S.K., & Rudnick, J.A. (1989). *Problem Solving: A handbook for senior high school teachers*. Boston, MA: Allyn & Bacon.

- Linn, M.C. (1977). Scientific reasoning: influences on task performance and response categorization. *Science Education*, 61, 357-365.
- Linn, M.C. (1988). Learning and instruction: An examination of four research perspectives in science education. *Review of Educational Research*, 58(3), 251-301.
- Mayer, R.E. (1983). *Thinking, Problem Solving, Cognition*. New York: W.H. Freeman.
- Newell, A., & Simon, H. (1972). *Human problem solving: Two theoretical perspectives*. Washington, D.C..
- Osborne, R. (1980). Children's dynamics. *The physics teacher*, 22(8), 504-508.
- Palincsar, A.S., & Brown, A.L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-forstoring and comprehension monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1(2), 117-175.
- Piaget, J. (1971). *Science of education and Psychology of child* (pp.166-168). New York: Viking Press.
- Pintrich, P.R., & Degroot, E.V. (1990). Motivational and self-regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology*, 82, 33-40.
- Pressley, M., Borkowski, J.G., & O'Sullivan, J. (1985). Children's metamemory and the teaching of memory strategies. In D.L. Forrest-Pressley, G.E. Mackinnon & T.G. Waller (Eds.), *Metacognition, cognition and human performance* (Vol.1, pp.111-153). New York: Academic Press.
- Schoenfeld, A.H. (Eds.), (1987). *Cognitive Science and Mathematics Education*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Schunk, D.H., & Hanson, A.R. (1989). Self-modeling and children's cognitive skill learning. *Journal of Educational Psychology*, 81(2), 155-163.
- Siegler, R.S. (1976). Three aspects of cognitive development. *Cognitive Psychology*, 8, 481-520.
- Siegler, R.S. (1978). The origin of scientific thinking. In R.S. Siegler, (Ed.), *Cognitive psychology and instruction*. New York: Plenum Press.
- Siegler, R.S., & Richards, D. (1979). Development of time, speed, and distance concepts. *Development Psychology*, 15, 288-298.
- Siegler, R.S. (1981). Developmental sequences within and between concepts. *Mono-graphs of the Society for Research in Child Development*, 46(2), (whole No.189), 288-298.
- Siegler, R.S. (1983). Five generalizations about cognitive development. *American Psychologist*, 38, 263-277.
- Siegler, R.S. (1985). Encoding and development of problem solving In S.F. Chipman, J.W. Segal, & R. Glaser (Eds.), *Thinking and learning skills (Vol.2): Research and open questions*. NJ: lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 161-185.
- Siegler, R.S. (1986). *Children's thinking*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

- Siegler, R.S. (1989). *How children discover new strategies*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Simon, H.A. (1980). Problem solving in education. In D.T. Tuma & F. Reif (Eds.), *Problem solving and education: Issues in teaching and research*, 81-96. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Swanson, H.L. (1990). Influence of metacognitive knowledge and aptitude on problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 82(2), 306-314.
- Swanson, H.L., James, e., O'Conno, R., & Carter, K.R. Problem-solving subgroups as a measure of intellectual giftedness. *British of Educational Psychology*, 63, 55-72.
- Thomas Andre (1986). Problem solving and education. In G.D. Phye, & Thomas Andre (Eds.), *Cognitive classroom learning, understanding, thinking and problem solving*, 169-204. New York: Academic Press.

附錄一 「策略訓練課程」單元活動設計摘要表

單元名稱	訓練能力	單元目標
第一單元	觀察、記錄以及解釋資料的能力。	能從實驗活動中學習控制變因、推理預測與解釋資料的過程技能。
第二單元	對於實驗過程中的步驟，能細心操作，並有信心做成結論。	能夠根據問題，形成假設，刻意安排實驗，以獲得各變項間的關係。
第三單元	能利用數字與簡單的符號，表達觀察結果。	能從實驗操作的過程中，歸納出下滑力的公式。並能利用公式計算下滑力的大小。
第四單元	能根據習得知識設計題目，並估計正確答案，以評量同儕的理解程度。	能設定已知數，選擇適當的未知數來設計題目，並能估計最正確的答案。

附錄二 「策略及認知監控訓練課程」單元活動設計摘要表

單元名稱	訓練能力	單元目標
第一單元	觀察、記錄以及解釋資料的能力。	能從實驗中學習控制變因、推理預測與解釋資料的過程技能。
第二單元	對於實驗過程中的步驟，能細心操作並有信心做成結論。	能夠根據問題，形成假設，刻意安排實驗，以獲得各變項間的關係。
第三單元	能利用數字與簡單的符號，表達觀察結果。	能從實驗操作的過程中，歸納出下滑力的公式。並能利用公式計算下滑力的大小。
第四單元	能根據習得知識設計題目，並估計正確答案，以評量同儕的理解程度。	能設定已知數，選擇適當的未知數來設計題目，並能估計最正確的答案。
第五單元	能察覺自己的解題情況，並檢核自己所用的解題策略。	能從活動中歸納出影響解題的因素，並指出對自己影響最大的因素是那一項。
第六單元	學習「瀏覽」、「整理題意」、「重讀一次」與「調整速度」的策略來協助解題。	能瞭解如何利用「瀏覽」、「整理題意」、「重讀一次」與「調整速度」的策略來檢核自己對問題的理解狀況，並瞭解這些策略為什麼有助於解題。
第七單元	學習利用「畫線」與「繪圖」的方式來幫助解題。	能瞭解如何利用「畫線」、「繪圖」與「去除無關資料」的策略來簡化問題，並瞭解這些策略為什麼有助於解題。
第八單元	練習分析問題結構的策略。	能對問題的結構進行分析，找出已知數、未知數、解題目標。並瞭解「分析問題結構」的策略為什麼有助於解題，以及它所適用的問題情境。
第九單元	學習對問題進行分類，並利用相關概念協助解題。	能夠根據已習得的基模知識，對問題進行辨認，並能利用回憶相關概念或公式來協助解題，並瞭解對問題結構分類的策略為什麼有助於解題。
第十單元	學習擬定解題計畫，以協助解題。	能瞭解流程圖的畫法，並說出擬定解題計畫與驗算答案的重要性。
第十一單元	對影響解題目標之各種可能因素進行評估。	能分析足以影響解題目標之達成的作業性質、個人能力與經驗。
第十二單元	將解題歷程中之策略加以統整應用。	能根據解題目標選擇合適的解題策略與基模知識，並且在達成目標的歷程中監控自己的解題活動。

Bulletin of Educational Psychology, 1994, 27, 227 ~ 257
National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

A COMPARATIVE STUDY OF THE EFFECTS OF "STRATEGY TRAINING PROGRAMS" AND "STRATEGY PLUS COGNITIVE MONITORING TRAINING PROGRAMS" ON THE ENHANCEMENT OF COGNITIVE ABILITY IN SOLVING INCLINED-PLANE TASK

Huey-Jiuan Chen

ABSTRACT

There were two main purposes for this study. First, two programs, "Strategy training program" and "Strategy plus cognitive monitoring program", were developed and the enhancing and transferring effects of these two programs on the problem solving abilities of the sixth graders in dealing with the questions of inclined-plane task were compared. Second, in order to find out the reasons for students' learning difficulties, the qualitative research method was used to analyze students' behaviors and thinking process of problem solving.

Ninety sixth graders, 45 male and 45 female, were selected from eight classes in Show Lang Elementary School for this study. They were randomly assigned to three groups: Strategy training group (ST), Strategy plus cognitive monitoring training group (SCMT) and control group (C). Each group had 30 subjects with 15 male and 15 female. These three groups, namely ST, SCMT and C group, received four-session strategy training program, four-session strategy training plus eight-session cognitive monitoring training program, and no training, respectively. There were 60 minutes in each session.

The data obtained were analyzed by Chi-square statistics and one-way analysis of variance. After that, the method of individual thinking-aloud interview was used to explore the psychological process of students' problem solving and to compare differences of transferring processes between ST group and SCMT group.

The major findings were summarized as follows:

1. The results from the analysis of the rules used by subjects to solve the inclined-plane task and their error types of the application of these rules indicated that the reasons to be unable to solve problems for most of students were not completely the same. The reasons may result from being unable to understand the key points of the problems, unable to translate the written description into inclined-plane task, using the minus strategy to solve problems instead of division strategy, etc.

2. Both "Strategy training program" and "Strategy plus cognitive monitoring training program" showed significant enhancement effects on the rules for the inclined-plane tasks.

3. "Strategy plus cognitive monitoring training program" showed significant transferring effects on the scores for the inclined-plane word problems. But "Strategy training program" showed no significant transferring effects.

4. The results from the analysis of the protocols between SCMT group and ST group indicated that the processes of solving problem of SCMT group were different from those of ST group. Generally speaking, ST group was unable to solve inclined-plane word problem effectively, due probably to lacking of confidence, overemphasizing numbers and ignoring written description.

At the end of this paper, results were discussed, and suggestions about the application of these programs were also offered.

Key words: strategy training program, strategy plus cognitive monitoring training program, cognitive ability on inclined-plane task