

國立臺灣師範大學教育心理學系
教育心理學報，民90，32卷，2期，121—142頁

兒童解決數學及自然科學問題的問答討論與類比推理思考之研究*

黃幸美

台北市立師範學院
初等教育學系

本研究以60位國小五年級兒童為研究對象，比較接受數學實驗課程教學兒童（N=26）與非數學實驗班兒童（N=34），其問答討論與類比推理解決結構特徵相似的數學及自然科學問題表現的差異，並分析兒童問答討論的類型與解題歷程。研究結果發現，兒童的問答討論，以理解性問答、解釋性問答，以及與解題無關的討論，表現次數較多；而在關聯性問答與批判性問答次數上則表現偏低。在推理解題表現方面，接受數學實驗課程教學的兒童在數學問題上的解題表現，優於非實驗班兒童；在自然科學問題上的解題表現，則兩者無顯著差異。提升兒童使用語言解釋觀念與批判辯證的討論技能，以及應用知識以泛學科領域地推理解題能力之培養，是未來教學努力之方向。

關鍵詞：問答討論、類比推理、問題解決

一、語言與知識學習、類比推理思考的內涵與關係

所謂數學認知，其另一層面的意義即參與數學問題解決的實務表現，個體能適當地使用數學語言解釋想法與判斷解題行為的合理性（Cobb, Yackel & Wood, 1992 ; Simon, 1995）。根據社會建構學習的觀點，學習者在討論互動的脈絡下，透過互惠式的語言溝通協商意見，從思考他人的觀念，進而檢視自己的觀念、內化新知識，此知識概念的重整建構也是促進個體認知成長的重要活動（Glasson & Lalik, 1993 ; Popkewitz, 1998 ; Slavin, 1997）。所謂互惠式的討論，即提問：「為什麼（why）」、「如何（how）」、「如果...不知怎樣（what if）」等問題，與針對上述問題做回應的討論，其亦稱為有意義的問答討論（黃幸美，民86；民89；Greaser & Person, 1994；King, 1990）。根據認知與學習的研究發現，使用語言表徵進行互惠式的問答對談，助益認識問題的相關訊息與建構問題的深層概念，例如：理解學習材料內容（Hilton, 1990；Olson, Duffy & Mack, 1985；Trafton & Hartman, 1997），增進理解與回憶學習材料的成就表現（King, 1990；Palincsar & Brown, 1984），以及幾何知識的遷移推理解。

* 本論文為國科會專題研究計畫NSC 87-2511-S-081B-0015之部分研究成果，文中論點不代表國科會。本文部分結果曾發表於八十八學年度師範學院教育學術論文研討會。本文感謝兩名匿名審查者所提之寶貴意見，以及助理教授王春展、呂玉英主任，以及柯靜芬老師在資料收集與分類上的協助。

(Forman & Larreamendi-Joerns, 1995)。數學知識的性質，包含較多抽象符號與數字表徵，藉助解題溝通與問答討論以促進概念理解，益受數理科學教育學者重視。而談論數學式的知識建構，即讓兒童藉由問答討論建構數學概念、解釋知識，語言表徵的應用與討論，實扮演重要角色，亦為學習抽象概念的重要途徑。

類比推理問題解決的認知處理包含下列四項認知歷程 (Vousniadou & Ortony, 1989)：第一、學習者自來源問題建立知識基模。知識基模包含問題類型、屬性特徵、結構概念 (Chi, Bassok, Lewis, Reimann & Glasser, 1989; Cummins, 1992)，其內涵多潛存於問題結構。學習者建立知識基模時，首先需充分理解來源問題的結構相關訊息，否則將影響後續的提取與對應處理之正確性 (Novick & Hmelo, 1994)。第二、注意來源問題與標的問題之間的結構特徵相似性，趨近學習者的知識基模與提取可以對應解題的要素（問題的結構關係）。學習者從瞭解標的問題的訊息與解題需求，注意其與來源問題之間的關係相似性，再從個人的知識基模搜尋、趨近與提取可對應解題的相關要素。第三、將來源問題與標的問題的結構特徵作對應。來源與標的問題各有其表徵，兩問題之間的表徵未必完全對應，但是學習者如果能將來源問題與標的問題的結構特徵相似部分作對應，便可以將所學的解題基模遷移以解決問題。第四、遷移解題，擴展對應所產生的解決方案。因此，認知與理解來源問題的知識基模，影響後續認知處理，也是知識建構的基礎。在類比推理解題方面，問題特徵的確認與理解常為影響類比遷移的要素。問題特徵包含表面特徵與結構特徵，就數學的文字問題而言，表面特徵即指問題的數字、文字陳述方式、解題成分，上述特徵雖較明顯容易被注意，但是其並非直接表徵問題的深層結構；而所謂問題的結構特徵，即指問題的概念、關係與原則，結構特徵潛存不明顯，較不容易被注意與趨近，但是其與問題解決是直接相關的 (Blessing & Ross, 1996; Novick & Holyoak, 1991)。由於問題的表面特徵相似性容易被注意與趨近，但是問題潛在的結構特徵相似性則不容易被趨近，因此，當兒童面臨來源與標的問題的表面特徵與結構特徵皆相似的情境時，可以直接將來源問題的解題基模遷移解題，解題表現最理想。當來源與標的問題的表面特徵不相似，但結構特徵相似時，兒童是否能洞察兩問題的結構特徵相似性，將解題基模類比遷移，是影響解題成功的因素。當然，多提供例子 (Quilici & Mayer, 1996) 與關係圖示 (黃幸美, 林美珍, 鄭晉昌, 民 85; Hembree, 1992)，有助於解題者認知問題的結構特徵。在教學上教師也常藉著提供問題結構特徵相似的例子，讓學生從解題中認知問題類型，萃取相關的原則與概念，類比與對應解題。

數學概念與解題程序具有學科內容獨立 (content free) 的性質，其知識基模可應用於類比解決不同學科領域的問題 (Bassok & Holyoak, 1989; Gerretson, 2000)，例如：數學中的比例概念可應用於解決諸多科學領域問題。在小學階段的數學與自然科學課程學習，兩者雖然分別屬於不同的學科課程，教學活動方式亦存有差異，例如：數學教學重視具體物操作與數的運算；自然科學則重視觀察與實驗，但是有些數學問題與自然科學問題具有相似的結構特徵，例如：數學的「比與比值」問題與自然科學的「彈簧受力而伸長長度」問題；數學的「等差級數」問題與自然科學的「速率與加速度」問題，皆具有相似的結構特徵，學習者如果充分理解個殊問題結構特徵與不同領域問題彼此之間所潛存的相似關係，將可能跨學科領域地類比推理解題 (Donnelly & McDaniel, 1993; McDaniel & Schlager, 1990; McDaniel & Donnelly, 1996)。綜合上述，本研究在來源部分擬提供兩個結構特徵相似的數學文字問題、解題提示與關係圖示，讓解題者討論與學習。探討藉由小組討論合作學習方式解決來源問題，是否有助兒童掌握問題結構特徵，並遷移解決不同學科的問題，是本研究關心的議題。

二、有意義問答討論的內涵、類型與數學問題解決認知處理

當小組進行較複雜的問題解決討論時，可藉由解釋、推論、判斷、假設、思索解題方法等歷程完成解題目標。有意義的問答討論即符應上述解題思考歷程，以問與答的語言互動方式表徵內在思考，

其類型包含：理解性問/答、關聯性問/答、解釋性的問/答、性問/答（黃幸美，民86；民89；Greaser & Person, 1994；King, 1990）以下分別析述四種問答類型。

(一)理解性問/答：定義與解釋問題訊息意義的問答，內容包含五種，分別為：1.根據問題呈現的訊息，討論其定義與解題目標是什麼。例如：「....是什麼？」或「什麼是....？」(What...?)。2.用自己的話陳述問題。例如：「我認為這個問題是說....」。3.找尋問題訊息的意義與關係。例如：「為什麼是....？」4.如何從問題所呈現的訊息，導向解題目標。例如：「如何....？」或「...應如何處理？」(How...?)。5.某觀念是從那裡導引出來的。例如：「....的概念是根據....而來的。」(Where...)。

(二)解釋性的問/答：針對問題成分條件與解題目標，提出解題策略，推論解題結果。此類型的問與答可因解釋內容的不同，區分為兩種：1.高層次的解釋問/答，即根據問題訊息及解題目標，說明與解釋解題條件、目標；描述如何運作解題步驟，以導向問題解決；提出解題建議與理由說明等。例如：「我認為....（解題方法、觀念、程序）可以嗎（對嗎）？」2.低層次的解釋問/答，即只根據問題呈現的事實性訊息，複述表面訊息或提問題，不包含解釋關係，例如：「問題上說....，是不是？」，「問題上告訴我們....，對不對？」。此種低層次問題所引發的解釋性回答，也較簡短，例如：「對/不對」；「是/不是」；「可以/不可以」。Webb (1989) 指出，高層次的問/答，可激發小組運思性的討論或澄清誤解，裨益導引富批判性的思考；低層次的問/答則較無助於複雜性的推理運思。

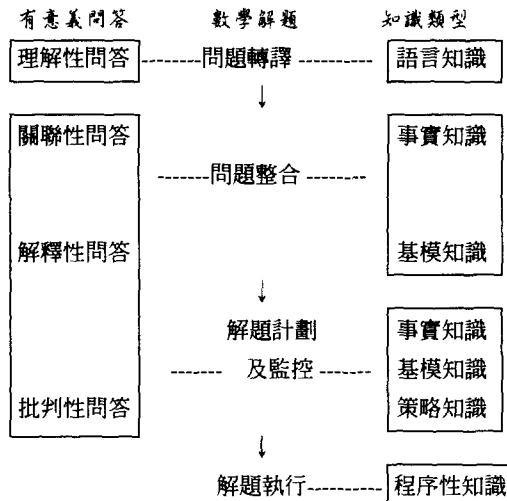
(三)銜接新、舊知識的關聯性問/答：將當前問題與解題者個人的知識經驗連結，此類型的問答有利記憶的趨近與連結 (King, 1991a, 1991b)。例如：「題目上的..和我們以前學過的....相似」；「解這個問題可以應用以前學過的....來處理」。

(四)批判性問/答：針對他人的假設、解題策略，提出評量與合理性的辯證。例如：「我覺得....（解題方法、觀念、程序）這樣不對吧！」；「你用....（解題方法、觀念、程序）對嗎！」；「我認為....（解題方法、觀念、程序）這樣才對！」。提出批判性問答時，討論者即根據個人的知識基模對他人的解題策略提出評斷與質詢，具有監控之意義。

綜合上述，有意義的問答討論多包含提問「為什麼」、「什麼」、「如何」等理解性、解釋性、關聯性與批判性的問題，與針對上述問題回答與解釋。有意義的問答其包含理解、闡釋問題與計畫解題策略之討論，其上述討論與解題運思歷程相互呼應，有助推論與問題解決 (Greassner & Person, 1994)。在類比推理解決數學問題上，理解問題意義是推論思考的首要步驟，如果解題者能在此討論歷程上，充分瞭解問題意義與成分關係，則有助於後續的解題思考。因為解題者提問上述類型的問題，其期待較富深層解釋與分析性的回答，能增強知識訊息的組織，導向解題目標。

就解決數學文字問題的認知成分與歷程分析，第一步驟：應用語言知識，將問題的每個句子轉譯成內在表徵；第二步驟：趨近與提取數學的事實知識、基模知識，根據問題所陳述的內容與條件，整合訊息；第三步驟，應用策略知識，提出解題計劃與監控解題的合理性；第四步驟，應用程序性知識，使用算術法則執行解題（林清山，民79）。解決數學文字問題認知處理與有意義的問答兩者具有相輔相成的關係，研究者試以圖示其符應的關係，將有意義問答、數學文字問題解決與知識類型三者之對應圖，呈如圖一所示。





■一 有意義問答、數學文字問題解決與知識類型對應圖

從圖一可見，當處理問題轉譯時，解題者應用語言知識，以自己的語言重述問題的已知條件與解題目標，表現在問答討論上即為定義與理解問題訊息意義的問答。在問題整合的認知處理上，解題者探討問題的類型、確認解題有關與無關的訊息，在問答討論上則結合關聯性問答與解釋性問答，即透過銜接新、舊知識的關聯性問答，趨近個人已有的知識基模對問題作分類，並根據問題訊息及解題目標解釋解題條件、目標，利用關係圖或繪圖更進一步掌握問題意義，並以解釋性問答提出解題建議與理由說明。在解題計劃與監控處理上，解題者以數字語句或數學方程式提出解題方法，在問答討論上則結合解釋性問答與批判性問答，針對所提的解題方法合理性提出質詢與解釋。最後在解題執行處理上，解題者則應用數學的程序性知識、計算法則完成解題。值此階段，主要以數學運算執行為主，解題的問答討論暫告一段落，必要時可再確認計算執行的正確性。上述的問答討論解決數學問題的認知處理，需應用知識基模、注意與趨近問題結構特徵，裨益認知問題結構與後續的知識對應與遷移。

三、問答討論與問題解決的相關研究

在問答討論與知識建構、解決問題的相關實證研究方面，King（1991a）讓小學五年級的學生研討電腦輔助學習的教材，其結果証實導引小學生使用高層次的問答技巧，學生討論與解釋的內容較多，較少有簡短性的問答，其問題解決表現也具提昇之效果。在數理科學的學習之相關研究方面，King（1994）讓小學四年級與五年級兒童，進行科學課程的小組研討，發現使用語言討論的技能，可以藉著學習而培養，而且，在問答討論中較善於應用理解性、深層解釋性的問與答技巧者，其對較複雜的知識建構學習表現較理想，有意義的問答對促進學習者趨近先前知識經驗，具有顯著助益性。Fuchs, Fuchs, Hamlett, Phillips, Karns 與 Dutka（1997）的研究發現，提供兒童討論指引（例如:what, when, where, how, why 的問題），有助他們更深入解釋數學概念，提升學習效果與解決問題的表現。在數學文字問題的解決方面，諸多教師反應兒童在解決文字問題的表現遜於解計算問題，其乃由於解決文字問題需運作較複雜的認知成分，以整合語言知識、數學的事實知識、基模知識與策略知識（林清山，民79）。從分析兒童與同儕在解決文字問題的問答討論，是了解兒童解題運思歷程的一種途

徑。因此，本研究擬分析兒童如何使用語言表徵溝通解題思考，其語言表徵所表達的理解性、解釋性與批判性的知識內涵，以及討論解題的運思歷程，期以提供學者了解兒童的數學談論內涵與解題思維，另一方面，從兒童的問答討論技能分析，也可提供教師檢視教學上師生討論互動之參考。

在兒童的問答討論與學習方面，相對於上述的促進學習之正向功能觀點，有部分學者的研究持懷疑觀點（例如：Dillon, 1988; Good, Slavins, Harel & Emerson, 1987），指出在一般的教室學習活動中，學生提問問題的頻率很低，他們經常提問與問題核心概念無關的問題，而且其問與答多為膚淺、簡答方式，鮮少有高層次的問與答，而且學生的問答討論常受老師牽引（Hammer, 1995），以盡量符應老師的目標為導向（Orsolini & Pontecorvo, 1992）；而將某概念推論到新領域知識，或批判性的評議等高層次的運思，則甚少表現在問答討論中（Greasser & Person, 1994; Webb, 1989）。雖然問答討論對理解問題真正向助益性，但是兒童亦可能誤解題意或概念，根據不適當的假設作推理，或誤導資料作不正確的結論。在兒童問答討論解題的相關研究方面，黃幸美（民89）探討中年級兒童討論學習數學文字問題，其討論表現多提問與解題計算程序相關的問題，批判性與關聯性的問答相當少見；問答討論對於推理解題的影響，其助益效果儘見之於解決表面特徵與結構特徵皆相似的數學問題；但是在解決表面特徵相似但結構特徵不相似的問題，助益效果不顯著。雖然問答討論在兒童的認知學習上，其功能性存有爭議，但是有意義的問與答技能是可學習的，提供互動學習的社會環境，教導學習者運用問與答技巧，學生可藉由討論技能的訓練，表現具意義性的問答討論，進而提昇個人思考與知識建構的精緻化，也獲得諸多實證研究支持（例如：Fantuzzo, King & Heller, 1992; Hicks, 1996; King, 1990; 1991a; 1991b; 1994）。

教學方法與學習方式影響兒童的知識建構，也影響兒童進行問題解決時，使用語言表徵溝通想法的表現（Hicks, 1996; King, 1990）。教育部自民國81~87年實施國小數學實驗課程與教學，參與實驗的教師在每學期開學前、中、末期，皆須參與由台灣省國民學校教師研習會（現為教育部台灣省國民學校教師研習會）辦理的數學實驗課程教材與教學研習進修，實驗課程教學觀摩與研討會，以及實驗課程教材修定研討會，期以使參與實驗的教師透過研習與教學經驗交流，更了解新課程教材內涵與教學精神，以及營造數學新課室的討論情境與文化（台灣省國民學校教師研習會，民83; 84; 86）。同時，實驗課程的教學指引是實驗教師教學重要參考資料，而兒童的解題溝通也是教學指引重視的活動。數學實驗班的課室討論情境，教師常作小組合作解題的座位安排，即或全班討論情境與個人獨自解題時，教師也重視要求兒童使用語言與記錄表達想法，師生的問答討論與解題溝通是教學重要活動。實驗教師扮演佈題者的角色，學生為解題者，師生溝通討論的模式，取代過去的直接教學模式—教師為解題示範者，學生模仿學習（Leung & Wu, 2000）。相對地，根據研究者在研究期間參訪與晤談小學師生，非實驗教師雖然參與研習活動，但少有針對數學課程與教學的研習，也未曾參與類似民國81數學實驗課程的研習。非實驗班教師的數學教學也參考國民小學數學教學指引，但是教師的解題指導是教學重要活動而非兒童解題溝通與討論（林文生，民85）。教師的教學相當重視教授教科書呈現的所有問題與解題方法，上課情境安排多為個人獨自解題與全班討論方式，課室裡的教學，由教師直接解說解題方法，與抽點兒童說明解題想法，少有小組討論解題安排。由此可見，實驗班與非實驗班的教學情境與教師角色是不同的。實驗班兒童在教師安排富社會互動學習的情境下，以小組討論方式合作學習。因此，有視於研究者在先前的相關研究（例如：黃幸美，民89）發現問答討論效果，未見顯著助益中年級兒童類比遷移解決表面特徵相似但結構特徵不相似的數學問題，其或由於提供兒童討論學習的來源材料，僅為一題數學文字問題及其解題程序的提示，在提供討論的學習材料不盡多元的情形下，也影響其助益效果。由於提供學習的來源材料是否多樣性，影響解題者的推理解題表現（例如：Quilici & Mayer, 1996; Hembree, 1992），因此，本研究擬提供多樣性的學習材料讓解題者討論學習，一方面了解兒童在解決數學文字問題時，使用語言討論的內容與解題的討論歷程，並進

一步比較實驗班兒童與非實驗班兒童，兩者之間答討論類型、推理解決相同學科領域問題與不同學科領域問題表現之差異。

綜合上述，本研究目的在於比較接受不同教學方式的兒童：一為注重溝通討論與合作解題取向的數學實驗課程教學的班級；另一則為非數學實驗課程班級的兒童，比較兩種不同學習方式的兒童，應用數學概念推理解決數學問題與自然科學問題表現的差異，以及分析兒童在解決問題時，小組討論的問答討論類型與解題歷程。研究結果期以提供數學教育學者與教學實務工作者，深入了解兒童在同儕社會性互動中間與答討論的內涵，以及學習數學解題基模以跨學科領域應用的推理表現，裨益培養兒童談論數學與推理解能力之參考。

根據上述之研究目的，本研究欲探討的問題與假設分別陳述如下：

(一) 研究問題：

1. 比較接受不同數學課程教學的兒童，其類比推理解決數學問題表現是否有差異。
2. 比較接受不同數學課程教學的兒童，其類比推理解決自然科學問題表現是否有差異。
3. 分析兒童在解決問題時問答討論的類型與討論解題的歷程。
4. 比較接受不同數學課程教學的兒童，其在解決問題上的問與答討論類型表現次數之差異。

(二) 研究假設：

針對上述研究問題，本研究針對兒童在類比推理解題與問答討論表現方面，提出三點假設：

1. 接受不同數學課程教學的兒童，其類比推理解決數學問題表現有差異。
2. 接受不同數學課程教學的兒童，其類比推理解決自然科學問題表現有差異。
3. 接受不同數學課程教學的兒童，其在解決問題上的問答討論類型表現次數有差異。

研究方法

在研究方法與資料的收集方面，主要包含兒童的類比推理解題與問答討論表現兩部份。在類比推理解題方面，使用量的統計分析兒童解決不同學科領域問題的表現；在問答討論與解題歷程方面，則以內容分析與分類方法為主，輔以計次與統計分析兒童的問答討論類型之次數與差異。以下分別就類比推理解題作業的設計、研究過程與問答討論資料收集兩部分做說明。

第一部份：類比推理解題作業設計與研究過程

一、類比推理解題作業

(一) 研究的來源問題（數學文字問題）與標的問題（數學文字問題與自然科學問題）皆屬於簡易的比例概念問題，來源問題與標的問題具有結構特徵相似性（請參見附錄）。自然科學的標的問題乃參考自國小自然科學課程第六冊第六單元（國立編譯館，民85）之測量力量大小問題，及第七冊第九單元悶熄蠟燭（國立編譯館，85）之蠟燭燃燒時間問題。茲將研究材料的來源問題與標的問題的解題基模呈如表一所示。同時，在來源部分亦提供與來源問題解題相關的關係圖提示。

(二) 來源部分：提供兩題數學文字問題，解題步驟說明與關係圖提示。

(三) 故事短文欣賞：提供一篇「我的生活-撿莢果」（管家琪，民84）故事短文，讓受試兒童於討論來源問題解題基模以後閱讀。

(四) 標的部分：數學文字問題與自然科學問題各兩題。



表一 來源問題與標的問題的解題基模分析

來 源 問 題	問題領域		問題內容	解題目標	解題概念	概念結構	解題方法
	作業一	數學	蛋糕禮盒	一個禮盒有多少個蛋糕？	比例概念	6個：2盒 = ? 個：1盒	$6 \div 2 = 3$
標 的 問 題	作業二	數學	巧克力糖球盒	4公斤可分裝成多少小包？	比例概念	8公斤：4包 = 4公斤：? 包	$8 \div 4 = 2$ $4 \div 2 = 2$
	作業三	數學	巧克力糖球盒	10公斤可分裝成多少小包？	比例概念	8公斤：4包 = 10公斤：? 包	$8 \div 4 = 2$ $10 \div 2 = 5$
	作業四	數學	水箱注水	注水入4公升的水箱，需多少秒？	比例概念	6公升：48秒 = 4公升：? 秒	$6 \div 48 = 1/8$ $4 \div 1/8 = 32$
	作業五	自然科學	砂糖包數與彈簧伸長長度的關係	彈簧伸長的長度	比例概念	12公分：6包糖 = ? 公分：4包糖	$12 \div 6 = 2$ $2 \times 4 = 8$
	作業六	自然科學	蠟燭燃燒	蠟燭可在容量4公升的乙玻璃瓶燃燒多少秒？	比例概念	6公升：48秒 = 4公升：? 秒	$6 \div 48 = 1/8$ $4 \div 1/8 = 32$

二、題目的形成過程：研究材料由研究者研擬，經與國小任教數學與自然科學的有經驗教師討論與修改完成以後，到台北市一所公立國小請八位五年級兒童（請級任教師挑選能力優等者2位，能力中等者3位，能力中下者3位）閱讀來源與標的問題與解題，並預估完成測驗所需的時間。從兒童解題結果初步的分析，發現題目陳述與難易程度皆適宜，所需的解題時間約為60分鐘。

三、評分方式：根據受試兒童在標的問題上的解題表現，採多重給分方式評分。由於數學與自然科學標的問題解決，皆包含兩個步驟。每個解題步驟與答案皆正確則給予5分，每題滿分為10分。如果解題步驟（例如：數學的算式）呈列正確，但是計算錯誤，則一個解題步驟給4分。如果推論的步驟正確，但是因為第一個步驟計算失誤，導致後續的計算結果不正確者，則每個推論步驟可得3分。每個解題步驟與計算結果皆錯誤者，則得0分。

四、標的問題的難度與鑑別度分析：以台北縣一所公立小學五年級兒童358人，解決數學標的問題與自然科學標的問題各兩題，並進行多重給分問題的試題分析。在難度分析結果方面，兩題數學標的問題的難度分別為：.85及.82；鑑別度分別為.84及.77。兩題自然標的問題的難度分別為：.88及.85；鑑別度分別為.74及.84。

五、受試者：於民國86年1月自台北市一所參加教育部數學實驗課程的公立小學，抽取五年級兒童60人。該校五年級有7個班級，其中一班為施行數學實驗課程班級，其餘皆為非實驗班。實驗班兒童即取自參與數學實驗課程的班級，人數為26人；非實驗班兒童則自六個非實驗班級，隨機抽取一班，人數為34人。實驗班兒童自民國81學年度即參加教育數學實驗課程與教學實驗，其級任教師即為參與實驗教師。經晤談實驗班與非實驗班教師，得知有關平時數學教學與課室安排的情形為：(一) 實驗班為小組討論式的座位安排（5-6位兒童一組），教師佈題以後，讓學生進行小組討論與合作解題，繼而各組報告想法與討論。實驗班的兒童在數學課為採用數學實驗課程，但是其他科目則非實驗課程。(二) 非實驗班兒童其數學與其他科目的學習，皆使用國立編譯館主編的教科書。數學課室的安排以全班討論方式為主；兒童的活動以小組方式進行的課程，為自然科學的實驗課，以及部分的社會課。非實驗班教師的數學教學也參考國民小學數學教學指引，但是教師的解題指導是教學重要活動，教學

模式偏重「教師教-學生學」，而非學生的解題討論。

六、施測過程：由研究者與兩位國小教師協助進行。研究者向兒童說明小組共同討論來源問題的解題方法，並可利用解題提示幫助解題。在學習來源問題時，兩班兒童皆以小組方式進行解題討論，解決標的問題時則兒童個人獨自解題。由於實驗班兒童在平時上課已具有小組合作解題經驗，為避免重新分組因成員不同而影響討論的進行，因此小組成員皆與平時上課分組成員相同，未再重新分組。非實驗班的分組則以兒童在自然科學課程時的分組成員相同，一組為5-6人。兒童進行小組解題討論的歷程，則以錄影機與錄音機全程錄影與錄音。

七、施測時間：60分鐘。

八、評分者一致性分析：由研究者與一位現任國小教師根據上述評分方式評分。然後隨機抽取30位受試兒童之解題分數，分析兩位評分者所評分數的皮爾生相關係數。分析結果顯示兩位評分者的相關係數為.99, $p<.05$ 。

九、資料分析：由於本研究材料之設計乃為文字問題形式，兒童解題表現可能受語文與數學能力影響，因此，研究者並收集受試兒童八十五學年度第一學期之國語與數學學期總成績作為共變項，進行多變量共變數分析。

第二部份：兒童討論問答資料收集方面

一、問答討論的資料收集：由研究者與兩位國小教師協助，將受試兒童小組討論解題的過程之錄影帶與錄音帶資料整理成文字稿。

二、問答討論類型歸類與解題歷程分析：由研究者與一位博士班研究生其具任教國小教師多年經驗，共同就錄影帶與討論內容之文字稿，根據表一之間答討論類型進行編碼歸類。兩人的分類結果經Kappa的一致性分析結果為.78, $p<.05$ 。在資料分析歷程中，有些許分類不一致的部分，兩位分類者再就原始資料作進一步討論，以建立共識。此種以兩位評分者相互澄清的程序，具有增進資料分析的可靠性（Lincoln & Guba, 1985）。

三、兒童的問答討論類型次數比較分析：參考Miles與Huberman（1994）對資料分析的建議，於完成兒童的問答討論類型分類與計次以後，將資料呈列成表格。在各類問答次數比較方面，使用卡方分析及百分比比較。

研 究 結 果

一、類比推理解題表現方面：

於去除國語與數學成就的共變項影響之後，接受不同數學課程教學方式的兒童，其應用數學解題基模類比推理解題表現具顯著差異， $wilks\lambda=.88$, $p<.05$ 。實驗班與非實驗班兒童解決數學問題表現具顯著差異， $F_{(1,56)}=7.59$, $p<.05$ ；但是在共變數分析的各組組內迴歸線同質性考驗上達.05的顯著水準， $F_{(2,54)}=9.71$, $p<.05$ ，因違反共變數分析之各組組內迴歸線同質性之假設，所以本研究結果若接受假設一，犯第一類型錯誤的概率可能超過百分之五。

在類比推理解決自然科學問題上的表現比較方面，實驗班與非實驗班兒童無顯著差異， $F_{(1,56)}=1.22$, $p>.05$ 。在共變數分析的各組組內迴歸線同質性考驗上， $F_{(2,54)}=1.75$, $p>.05$ 。

茲將兩班兒童解決數學與自然科學問題推理表現之平均數與標準差，以及多變量共變數分析結果，分別呈如表二、表三所示。

表二 兒童解決數學與自然問題推理表現之平均數與標準差

	數學實驗班			非數學實驗班		
	N	M	SD	N	M	SD
	(原始分數)			(原始分數)		
數學推理	26	19.23	1.84	34	15.29	6.85
自然推理		17.69	3.23		16.03	5.88

表三 兒童解決數學與自然科學問題推理表現之多變量共變數分析摘要

來源	df	SS	CP	wilks λ	變項	F
組間	1	181.78	68.40	.88*	數學	7.59*
		68.40	25.74		自然科學	1.22
共變	2	291.12	248.59	.32*		
		248.59	216.44			
組內	56	1340.56	319.96			
		319.96	1184.07			

*,p<.05

從表三的分析結果發現，在應用數學解題基模於類比推理解決數學標的問題上，實驗班的兒童優於非實驗班兒童，研究假設一獲得支持；但是其犯第一類型錯誤概率可能高於百分之五。在類比推理解決自然科學問題的表現上，則兩班兒童無顯著差異，研究假設二未獲得支持。

二、問答討論內容之分析結果

根據兒童在來源的數學問題解題討論之內容分析結果，可發現問答討論的類型包含：理解性問答、解釋性問/答、關聯性問/答、批判性問/答，以及與解題無關的對談。以下茲將兩班兒童在上述各類問答表現的次數與比較結果，分別呈如表四~表十所示。

(一) 兒童在理解性的問答討論的次數與比較

兩班兒童的理解性問答討論次數及分析結果，呈如表四所示。

表四 兒童在理解性問答上的次數表現與比較

	問答類型	實驗班次數	非實驗班次數
理解性問題	那是什麼意思？(what....)	9	2
	為什麼....？(why...)	10	8
	這題要如何解？(how ?)	8	15
	某觀念是從....而來的？(where...)	0	0
理解性回答問題	根據所問的問題提出與解題相關的意見。	14	19
	用自己的話陳述（或解釋）問題訊息。	23	14
	針對「為什麼....？」的問題提出解釋。	8	3
	針對 HOW 的問題，提出解題目標或策略。	8	2
	提出與說明某觀念是從....而來的。	0	0
總次數		80	63

$$\chi^2_{(6, N=143)} = 13.80^* ; * , p < .05$$

從表四可發現，實驗班兒童在「用自己的話陳述（或解釋）問題訊息」表現的次數最多；非實驗班兒童在「根據所問的問題提出與解題相關的意見」表現的次數最多，兩類皆屬於針對理解性問題的回答。由於兒童皆未提出「某觀念是從....而來？」（where...）與「提出與說明某觀念是從....而來的」的問答，因此兩者不列入統計分析。兩班兒童在理解性問答討論的次數比較上，兩者呈現顯著差異 $\chi^2_{(6, N=143)} = 13.80^*, p < .05$ ，顯示兩班兒童所表現之各類型理解性問答的比例，至少有一種是不相同的。

(二) 兒童在解釋性問答討論的次數與比較

兩班兒童在高、低層次的解釋性問答討論的次數比較及分析結果，分別呈如表五與表六所示。

從表五可發現，實驗班與非實驗班兒童在「具解題目標地提出解題方法」上回答的次數最多。兩班兒童在高層次之解釋性問答討論的次數比較上，未呈顯著差異， $\chi^2_{(3, N=196)} = 3.66, p > .05$ ，顯示兩班兒童所表現之各類型高層次解釋性問答的比例，並無差異。

表五 兒童在高層次之解釋性問答次數表現與比較

	問答類型	實驗班次數	非實驗班次數
高層次解釋性的問題	提出解題方法徵詢他人認可。	9	3
高層次解釋性的回答	1.分析理由、說明與解題相關的問題訊息成分。 2.解釋解題目標、澄清題意與解題關係。 3.具解題目標地提出解題方法。	25 23 62	16 23 35
總次數		119	77

$$\chi^2_{(3, N=196)} = 3.66, p > .05$$

從表六可發現，實驗班兒童在「簡短性的回答」上，表現次數最多；非實驗班兒童在「複述問題或複述他人所提的方法」上，表現次數最多。兩班兒童在低層次解釋性問答討論的次數比較上，呈現顯著差異 $\chi^2_{(2, N=112)} = 8.85^*, p < .05$ ，顯示兩班兒童所表現之各類型低層次解釋性問答比例，至少有一種是不相同的。

表六 兒童在低層次之解釋性問答表現次數與比較

	問答類型	實驗班次數	非實驗班次數
低層次解釋性問題	簡短問句。	14	1
低層次解釋性的回答	1.複述問題或答案。 2.簡短性回答。	27 37	21 12
總次數		78	34

$$\chi^2_{(2, N=112)} = 8.85^* ; * , p < .05$$

(三) 兒童在關聯性與批判性問答討論的次數與比較

兩班兒童的關聯性與批判性問答討論次數，呈如表七所示。



表七 兒童在關聯性問答與批判性問答表現次數

問答類型	問答類型	實驗班次數	非實驗班次數
關聯性問題的提問	這個問題和以前學的...一樣嗎？	0	0
關聯性問題的回答	這個問題和以前學的...一樣。	0	2
關聯性問答總次數		0	2
批判性問題的提問	提問和質詢所提意見、解題策略的合理性。	8	4
批判性問題的回答	針對質詢意見與解題策略的合理性回答。	4	2
總次數		12	6

從表七可發現，兒童在關聯性與批判性的問答討論次數皆偏低。由於兩類討論的次數表現及總次數皆偏低，未具卡方分析的適切性，因此不以卡方分析，僅呈現各類討論的次數。兩班兒童在關聯性與批判性問答討論次數，皆相當低。

(四) 兒童談論與解題無關的問答討論次數與比較

兩班兒童談論與解題無關問答討論次數，呈如表八所示，並使用百分比差異考驗。

表八 兒童談論與解題無關的問答次數比較

問答類型	實驗班次數	非實驗班次數
與解題無關的談話	31	21
整體問答討論的總次數	320	203

Z=.20; p>.05

從表八可發現，實驗班與非實驗班兒童在與解題無關的討論次數比例，未呈差異，Z=.20, p>.05。

(五) 兒童在各類問答討論次數與百分比表現

在比較兩班兒童在各類問答討論次數與百分比方面，實驗班兒童討論的總次數多於非實驗班兒童。茲將兒童在各類問答討論的次數與百分比例，呈如表九所示。

表九 兒童在各類問答討論的次數與百分比例

問答討論類型	數學實驗班 (N=26)		非數學實驗班 (N=34)	
	次數	百分比	次數	百分比
理解性問答	80	25%	63	31%
高層次解釋性問答	119	37%	77	38%
低層次解釋性問答	78	24%	34	17%
關聯性問答	0	0%	2	1%
批判性問答	12	4%	6	3%
與解題無關的問答	31	10%	21	10%
總問答次數	320	100%	203	100%

從表九可發現，實驗班與非實驗班兒童在理解性問答、解釋性問答的次數比例皆較高；次而與解題無關的討論次數比例；在關聯性問答與批判性問答討論次數比例皆最低。除此以外，實驗班兒童在

低層次問答上表現的次數比例與理解性問答次數比例相近。

六、兒童討論解決數學文字問題的歷程分析

兒童在小組進行的問答討論，雖然各組的討論互動互有差異，但是從內容分析可發現，兒童問答討論解決數學文字問題的歷程為：閱讀問題→針對問題提出解題的數學程式→計算答案。兩種數學課程教學的兒童皆表現相似的解題討論歷程。在閱讀問題時，或各別閱讀或共同唸題目方式表現。當兒童閱讀問題以後，小組內一～二位兒童根據問題訊息直接提出解題策略或數學算式，並解釋數學算式的意義，最後完成計算與求出答案。當有小組成員不理解解題算式時，提出解題策略者則溯回問題的訊息、條件作說明，此時亦有其他成員參與說明。兒童也常為上述之解釋說明，表現交叉討論。以下茲以普通班與實驗班各一組問答討論解決來源問題的第一題與第二題之討論片段作說明。

A. 普通班第四組

364 男 A：一起來討論！

365 女 A：快點！

366 男 B：它說求出一盒的蛋糕數。

367 女 B：一盒的蛋糕數。

368 男 A：王媽媽買的蛋糕數除以 2，就是 $6 \div 2$ 。

369 男 C：怎麼跟我想的一樣？

370 女 A：但是它是說香香糕餅店----。

371 女 B：糕餅店怎麼樣？

372 女 A：你要先看題目，怎麼可以一下子就 $6 \div 2$ ？

373 男 A：因為我已經看過了。

374 女 C：媽媽買的 2 盒有 6 個蛋糕，如果張媽媽買了一盒，共有多少個蛋糕？

375 男 A：就是 $6 \div 2$ 。

376 男 B：所以你看後面，如果張媽媽買一盒是 3 個，張媽媽買 2 盒共 6 個。

377 男 A：對啊！那就是 $6 \div 2$ ，就是一盒，一盒就是 3。

378 女 C：不是張媽媽是王媽媽啦！

379 男 C：嘿，你們看，他們香香糕餅店陳售蛋糕禮盒，每個禮盒裝的蛋糕個數一樣。多王媽媽買了 2 盒共有 6 個蛋糕，如果張媽媽買了一盒，有多少蛋糕？不過它這邊也告訴我們，王媽媽的蛋糕數除以 2 啊，就是 6 除以 2 等於 3。

380 男 A： $6 \div 2$ 就是一盒蛋糕的個數啊！

381 男 B：對啊！一盒就是 3 個啊！

382 男 A：所以就是說，張媽媽買的一盒就是 3 個啦。

383 男 C：那是王媽媽的蛋糕數就是 3 個。

384 男 A：禮盒有 2 盒，蛋糕有 6 個。

385 男 B：蛋糕數和禮盒數畫成折線圖怎麼畫？

386 男 C：你覺得要怎麼畫？

387 男 A：一盒有 3 個，2 盒有 6 個，那 3 盒不就是 9 個，應該往上升嘛。

388 女 A：那我們要畫嗎？

389 男 A：不用畫啦，它已經畫好了。

B. 實驗班第五組

223 女 A：好，第二題。

224 女 A.B.C：陳伯伯買進兩盒巧克力球，甲盒重 8 公斤，乙盒重 4 公斤，分裝成小包，每一包的



重量都一樣重，甲盒可以分裝成4小包，乙盒可以分裝成多少小包？

225女C：先說題目是什麼意思。

226女A：它說甲盒是重8公斤啊，乙盒重4公斤啊，然後陳伯伯要把它分裝成小包小包啊，然後每一包的重量都要一樣重，那甲盒可以分裝成4小包，那以何可以分裝成多少小包我們不知道啊，所以要算...

227女C：對。

228女D：那就是因為8公斤嘛，可以裝4小包啊，那我們就看那個4。

229女A：可以用8除以4。

230女D：那除以4的意思，就是因為8公斤。

231女A,C：8公斤然後分給4小包，4小包那一小包就有2公斤，那麼乙盒的重量是4公斤，那麼就說4除以2，因為那個一小包就是2公斤。

232女D：我們要看一小包有2公斤，我們用4除以2，就是看一小包有多重，因為一小包是2公斤，所以4公斤除以2。

233女A：對！

234女A,D：那就是分成兩小包，可以分成兩小包。

235女C：4除以2為什麼呢？

236女A：因為它是說乙盒重4公斤嘛。

237女D：那我們現在知道一盒，一盒一包，一包是重2公斤所以乙盒可以裝成幾包，所以我們就4除以2等於2。

238女A：那就是2公斤一包。

239女A：我再講一遍，它說，甲盒重8公斤嘛，已經知道它可以分成4小包，所以就8除以4，然後就知道一小包是2公斤，聽得懂嗎？

240女D：聽得懂嗎？

241女C：嗯。

242女A：然後它知道那麼乙盒重4公斤了嘛，但是我們不知道它可以分成幾小包啊，然後我們知道它一小盒是重2公斤嘛，所以就是4除以2。

243女D：下面這個圖也可以幫助你了解，你看...因為這個不是8的數量，然後從這個圖，因為8是4的2倍嘛，對不對？那.....

244女A：知道了。

245女D：好！解決完畢！

246女A：還有什麼別的嗎？

註：兒童問答討論例之編碼說明：1. 數字碼：問答之編碼。2. 男（A,B,...）/女（A,B,C,...）：提問/答之兒童代碼。3. 文字內容：問/答之內容。

從上述兒童的討論內容，可發現閱讀與理解問題是解題討論的第一步驟（例如：366,367,370,371,374; 224,225,226,228），小組中一～二位兒童（例如：普通班的男童A與實驗班的女童A、女童D）先提出解題程式（例如：368, 375；229），繼而從問題訊息向其他成員解釋數學程式的意義，與說明數學程式與問題訊息之間的對應（例如：376~382; 230~242）。在討論問題的關係圖時，兒童皆傾向解讀關係圖的意義（例如：384, 387;243），未深入討論解釋關係圖與問題潛存的比例關係。而且，兒童甚少對解題策略的合理性作檢視與批判討論。

討 論 與 建 議

本研究目的在於比較接受不同數學課程教學的兒童，其問答討論數學解題基模，類比推理解決結構特徵相似的數學及自然科學問題表現的差異，並進一步分析兒童問答討論的種類與表現差異。以下針對研究結果與發現，提出討論與建議，以提供教育研究者與教學實務工作者進行研究與教學之參考。

一、實驗班兒童接受溝通討論與合作解題為導向的教學，其對於應用來源問題-數學比例概念的解題基模，類比推理解決數學問題優於非實驗班的兒童，但是解決不同學科領域但問題結構特徵相似之自然科學問題，表現並未顯著優於非實驗班兒童。造成此現象可從四方面來探討其可能原因：

(一)當來源與標的問題皆為相同學科領域，而且表面特徵與結構特徵皆相似，兒童較容易察覺問題特徵的相似性，在可以將來源問題解題基模直接遷移的情境下，也表現出比較理想的類比推理解題；當問題的表面特徵不相似時，兒童較難以察覺結構特徵相似性以類比推理解題。因此，實驗班兒童討論學習來源問題-數學問題解題基模，繼而解決數學標的問題，其為相同學科領域問題（問題的形式與結構特徵相似），可以直接遷移解題基模，表現也較理想；而自然科學問題與數學問題的表面特徵非屬相同學科領域，兒童或因未察覺兩者結構特徵相似，不善於將來源問題解題基模跨學科領域地遷移解題，在自然科學問題上的解題表現未優於非實驗班兒童。

(二)從兒童的問答討論內容分析，實驗班兒童的討論僅對個別問題作解題的數學程式解釋與說明，並未進一步將來源的兩個問題討論歸納其中潛藏的比例概念，以及關係圖與問題結構概念之間的關係，在討論精緻性不足的情況下，對於後續解決不同學科領域問題的助益程度亦有限。非實驗班兒童傾向個人式思考解題，雖然較不善於問答討論，但是他們在高層次的解釋性問答討論次數比例與實驗班兒童相近，只要他們能夠理解來源問題解題基模，在跨學科領域的推理解題表現上也能有相當的表現，因此與實驗班兒童的推理解題表現未具顯著差異。除此以外，非實驗班兒童雖然在數學課時較少有小組討論解題的經驗，但是其在社會課或自然課具有小組討論經驗，此種經驗亦可能影響他們在來源問題解決上的討論與理解。

(三)由於自然科學課程教學方式與數學教學存有差異，而本研究材料一方面配合數學文字問題的形式，在問題的設計上皆以文字方式呈現；對於自然科學問題的設計，雖然參考自國小自然科學課本與習作，但是受限於紙筆形式未能將觀察與實驗的特質完全表現出來，可能因而影響兒童的解題表現。未來在研究材料上，設計讓兒童在可觀察與實驗的情境下，考驗其類比推理解題的表現，是後續研究可參考之方向。

二、兒童在問答討論表現方面：

(一)本研究發現接受不同課程教學的兒童，在理解性問答、低層次的解釋性問答次數上呈現差異；但是在關聯性問答、高層次的解釋性問答、批判性問答、與解題無關的對談等類型的表現次數上，皆未具顯著差異。兒童雖然沒有誤解題意或作錯誤結論，但是對問題的結構特性、關係等高層次的討論則不夠充足。就數學問題解決的歷程，擬定計畫與解題執行的歷程其與高層次的解釋性問答、關聯性問答討論是相互符應的，前述兩種問答討論表現與解題策略合理性是相關的。再者，回顧監控的歷程其需要解題者檢視解題方案的正確性，批判性討論即以質詢、辯證方式，檢視解題方案的合理性。關聯性問答、高層次的解釋性問答與批判性問答與有效地解題密切相關，但是數學實驗班的兒童雖然在數學課室裡多有問答討論的經驗，但是在高層次的討論表現並未比非實驗班表現顯著多次數的有意義問答討論。除此以外，實驗班兒童在低層次的解釋性問答討論次數多於非實驗班兒童，但是低層次問答討論僅為複述問題與簡短性對答，不包含解題分析，對解題的助益程度也較低 (Webb, 1989)，而

且與解題無關的對談更可能干擾解題思考，無助於推理解題。由於實驗班兒童在上述三種與解題相關的有意義問答討論上未充分與深入，亦未見兒童歸納來源問題與關係圖的概念結構，可能因而影響他們在自然科學問題的推理解題。

(二)本研究結果發現數學實驗班兒童，在有意義問答討論上並未表現比非實驗班兒童理想。經晤談實驗班教師對於此現象的觀點，可歸納出下列三項原因：1.在平時的數學教學，實驗班兒童常針對教師提出的問題作解題討論或獨自解題，教師如果未進一步要求兒童，歸納不同問題之間的結構特徵，兒童主動提出問題結構歸納討論的情形也較少見。2.兒童使用語言解釋抽象概念的能力尚不成熟，也難以理想地掌握討論時間，教師在教學時間有限的情形下，對於檢視兒童在小組中是否進行有意義的問答，尚待加強。3.導引學生作解題溝通討論，是教師數學教學的新技能與挑戰，實驗教師了解提問重要問題以導待兒童有意義討論的重要性，但是在教學實務上則尚需再加強。因此，強化教師引導討論技能，乃值得納入教師進修課程之規劃。同時，未來的研究，可探討教師在課室裡導引兒童進行解題的問答討論歷程，以及教師如何有效導引兒童進行有意義討論，以供培養兒童問答討論技能之參考。

三、就兒童在各類問答討論的次數與百分比例分析，可發現理解性問答、解釋性問答討論的次數表現較多，但是在關聯性問答與批判性問答討論上，表現次數則相當少，此現象與中年級兒童的討論表現類型相似（例如：黃幸美，民89）。由此可見，兒童在解題討論上傾向花較多時間在解釋解題程式與問題訊息的對應，對於聯結新、舊知識訊息以及辯證、批判討論則相對地少。造成上述結果的原因，可能由於本研究在讓兒童討論的來源問題，已提供了解題步驟與關係圖提示，兒童只需瞭解所提示的解題方法與理由，在不具強烈解題需求下，兒童只討論各解題方法所代表的意義，因此在歸納概念等較高層次的討論表現次數上較低。McDaniel與Schlager（1990）的研究指出，不提供來源問題的解題提示，讓兒童從探索中學習解題方法，兒童將從探索的歷程學習到更多的解題技能，對後續的遷移解題助益效果比直接提供兒童解題策略的情況理想。未來的研究可探討不提供解題基模提示的情境下，讓兒童探索解決來源問題的方式，其對類比推理解題的影響。

四、在發展兒童有意義的問答討論能力方面，問答討論能力是可藉由培養而提昇的（Fuchs et al., 1997; King, 1994）。本研究結果提供教師瞭解兒童在不同類別問答討論表現的現象，例如：(一)兒童在批判性問答與關聯性問答討論表現較少，(二)兒童需學習將低層次的解釋性問答提升為高層次的解釋性問答，(三)兒童討論偏重個殊問題的解決，但未見作進一步的概念歸納，即使提供問題的關係圖示，兒童亦未討論關係圖與問題結構之間的關聯性，(四)兒童常提問與解題無關的問答。同時，教師除了本身提供良好的問答討論示範以外，亦可從導引兒童提問與回答「什麼」、「如何」、「為什麼」的問題，練習使用語言來解釋觀念以減少簡短性的問答與冗餘對談（Fuchs, et al., 1997）。

五、應用數學知識解決跨學科領域問題的表現，見之於大學生（Bassok & Holyoak, 1989）；但是在本研究未發現學童有前述表現。教師在培養兒童類比推理解決問題能力上，除了加強兒童有意義討論技能以外，另一方面針對領域知識內，根據概念性質與問題結構特徵相似性，將相關的概念問題作統整與問題設計，幫助兒童建立領域內知識基模之間的關聯性（Weat, Farmer, & Wolff, 1991）；另一方面，教師可以主題統整方式，根據主題與概念論題，統整不同知識領域的相關問題，將助益兒童對知識概念學習的完整性與系統性，洞察概念在不同知識領域之間的意義與關係（Kaplan, 2000a; 2000b），其對增進兒童應用知識類比遷移解題具有正向意義。

六、本研究在兒童討論解題的內容分析上，主要根據兩班兒童問答討論解決數學文字問題的表現，作討論歷程的初步分析，受限於研究對象非大量樣本，研究結果所提出的數學解題討論歷程，尚不足以作解決數學文字問題歷程的普遍推論。未來的研究可以更多量的樣本，對兒童討論解題歷程作更深入的質化分析與論證。

參 考 文 獻

- 林清山（民 79）：**教育心理學-認知取向**。台北：遠流。
- 林文生（民 85）：一位國小數學教師佈題情境及其對學生解題交互影響之分析研究。國立台北師範學院國民教育研究所碩士論文。
- 黃幸美，林美珍，鄭晉昌（民 85）：提示對學童問題解決之影響。國教學報，第八期，177-202頁。
- 黃幸美（民 86）：**兒童數學討論問答意義性之評量**。輯於黃幸美、江展壘、呂玉英、鄔瑞香、黃敏晃、蔡淑英著，國民小學數學新課程學習評量方法初探，22-32頁。台北縣：台灣省國民學校教師研習會。
- 黃幸美（民 89）：**兒童問答討論解決類比推理問題之探討**。台北市立師範學院學報，第31期，49-72頁。
- 國立編譯館（民 85）：**國民小學自然科學**。第六冊。修訂五版。台北：國立編譯館。
- 國立編譯館（民 85）：**國民小學自然科學**。第七冊。修訂五版。台北：國立編譯館。
- 管加琪（民 84）：**我的生活-撿莢果**。兒童的雜誌，第105期，4-5頁。臺灣省政府教育廳兒童讀物出版部編輯小組，台北：臺灣書店。
- 臺灣省國民學校教師研習會（民 83）：**國民小學數學科新課程概說（低年級）**。台北縣：臺灣省國民學校教師研習會。
- 臺灣省國民學校教師研習會（民 84）：**八十三學年度國民小學新課程數學科研討會論文暨會議實錄專輯**。台北縣：臺灣省國民學校教師研習會。
- 臺灣省國民學校教師研習會（民 86）：**國民小學數學科新課程概說（中年級）～協助兒童認知發展的數學課程**。台北縣：臺灣省國民學校教師研習會。
- Bassok, M., & Holyoak, K. J., (1989). Interdomain transfer between isomorphic topics in algebra and physics. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15 (1), 153-166.
- Blessing, S. B., & Ross, B. H., (1996). Content effects in problem categorization and problem solving. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 22 (3), 792-810.
- Chi, M. T. H., Bassok, M., Lewis, M., Reimann, P., & Glaser, R., (1989). Self- explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. *Cognitive Science*, 13, 145-182.
- Cobb, P., Yackel, E., & Wood, T., (1992). A constructivist alternative to the representational view of mind in mathematics education. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23 (1), 2-33.
- Cummins, D. D. , (1992). Role of analogical reasoning in the induction of problem categories. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 18 (5), 792-810.
- Dillon, J. T., (1988). *Questioning and teaching: A manual of practice*. New York: Teachers College Press.
- Donelly, C. M., & McDaniel, M. A., (1993). Use of analog in learning scientific concepts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 19 (4), 975-987.
- Fantuzzo, J. W., King, A., & Heller, L. R., (1992). Effects of reciprocal peer tutoring mathematics school adjustment: A component analysis. *Journal of Educational Psychology*, 84 (3), 331-339.
- Forman, E. A., & Larreamendi-Joerns, J., (1995). Learning in the context of peer collaboration: A pluralistic perspective on goals and expertise. *Cognition And Instruction*, 13 (4), 549-564.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Hamlett, C. L., Phillips, N. B., Karns, K., & Dutka, S., (1997). Enhancing students' helping behavior during peer-mediated instruction with conceptual mathematical explanations. *The*

- Elementary School Journal*, 97 (3), 223-249.
- Gerretson, H., (2000). *Stimulating mathematics usage in the science classroom*. 台北市立師範學院 Y2K 國小數理教育國際研討會研習手冊，30~36 頁。
- Glasson, G. E., & Lalik, R. V., (1993). Reinterpreting the learning cycle from a social constructivist perspective: A qualitative study of teachers' beliefs and practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (2), 187-207.
- Good, T. L., Salving, R. L., Harel, K. H., & Emerson, H., (1987). Students passivity: A study of questioning asking in K-12 classroom. *Sociology of education*, 19, 597-602.
- Greasser, A. C., & Person, N. K., (1994). Question asking during tutoring. *American Educational Research Journal*, 31 (1), 104-137.
- Hammer, D., (1995). Student inquiry in a physics class discussion. *Cognition And Instruction*, 13 (3), 401-430.
- Hembree, R., (1992). Experiments and relational studies in problem solving: A meta-analysis. *Journal for Research in Mathematics Education*, 23 (2), 242-273.
- Hicks, D., (1996). Discourse, learning, and teaching. In M.W. Apple, (1996). *Review of research in education*, Vol.21, p.49-95. American Educational Research Association.
- Hilton, D. J., (1990). Conversational processes and causal explanation. *Psychological Bulletin*, 107, 65-81.
- Kaplan, S. N., (2000a). *The grid: A model to construct differentiated curriculum for the gifted*. 台北市立師範學院國際學術研討會-學校本位課程發展與教師專業成長，1~32 頁。
- Kaplan, S. N., (2000b). *Layering differentiated curriculum for the gifted and talented*. 台北市立師範學院國際學術研討會-學校本位課程發展與教師專業成長，33~70 頁。
- King, A., (1994). Guiding knowledge construction in the classroom: Effects of teaching children how to question and how to explain. *American Educational Research Journal*, 31 (2), 338-368.
- King, A., (1991a). Effects of training in strategic questioning on children's problem-solving performance. *Journal of Educational Psychology*, 83 (3), 307-317.
- King, A., (1991b). Improving lecture comprehension: Effects of a metacognitive strategy. *Applied Cognitive Psychology*, 5, 331-346.
- King, A., (1990). Enhancing peer interaction and learning in the classroom through reciprocal questioning. *American Educational Research Journal*, 27 (4), 664-687.
- Leung, S. S., & Wu, R., (2000). Sharing problem posing and problem at home through diary writing. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 5 (1), 28-32.
- Lincoln, Y. S., & Guba, E. G., (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications India Pvt., Ltd.
- McDaniel, M. A., & Schlager, M. S., (1990). Discovery learning and transfer of problem-solving skills. *Cognition And Instruction*, 7 (2), 129-159.
- McDaniel, M. A., & Donnelly, C. M., (1996). Learning with analogy and elaborative interrogation. *Journal of Educational Psychology*, 88 (3), 508-519.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M., (1994). *Qualitative data analysis*. 2nd Ed. SAGE Publications India Pvt., Ltd.
- Novick, L. K., & Holyoak, K. J., (1991). Mathematical problem solving by analogy. *Journal of Experimental Psychology: Learning ,Memory, and Cognition*, 17 (3), 398-415.
- Novick, L. K., & Hmelo, C. E., (1994). Transferring symbolic presentations across nonisomorphic problem.

- Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 20* (6), 1296-1321.
- Olson, G. M., Duffy, S. A., & Mack, R. L., (1985). Question asking as a component of text comprehension. In A. C. Greasson, & J. B. Black (Eds.), *The psychology of questions*, p. 219-226. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Orsolini, M., & Pontecorvo, C., (1992). Children's talk in classroom discussions. *Cognition And Instruction, 9* (2), 113-136.
- Palincsar, A. S., & Brown, A. L., (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction, 1*, 117-175.
- Popkewitz, T. S., (1998). Dewey, Vygotsky, and the social administration of the individual: Constructivist pedagogical as systems of ideas in historical spaces. *American Educational Research Journal, 35* (4), 535-570.
- Quilici, J. L., & Mayer, R. E., (1996). Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems. *Journal of Educational Psychology, 88* (1), 144-161.
- Slavin, R. E., (1997). *Educational psychology-Theory and practice*. 5th Ed. Allyn & Bacon.
- Simon, M. A., (1995). Reconstructing mathematics pedagogy from a constructivist perspective. *Journal for Research in Mathematics Education, 26* (2), 114-145.
- Trafton, P. R., & Hartman, C. L., (1997). Developing number sense and computational strategies in problem-centered classroom. *Teaching Children Mathematics, 4* (4), 230-233.
- Vosniadou, S., & Ortony, A., (1989). *Similarity and analogical reasoning*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Weat, C. K., Farmer, J. A., & Wolff, P. M., (1991). *Instructional design: Implication from cognitive science*. Prentice-Hall, Inc.
- Webb, N. M., (1989). Peer interaction and learning in small groups. *International Journal of Educational Research, 13*, 21- 39.

收 稿 日 期：2000 年 10 月 24 日
接受刊登日期：2001 年 1 月 31 日



附錄一 類比推理作業

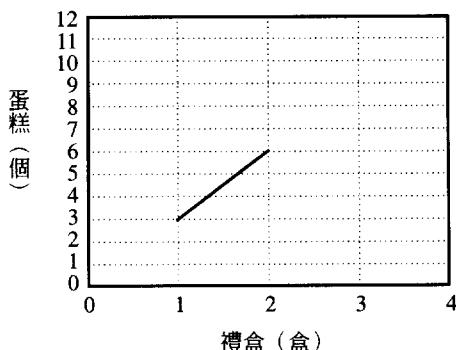
一、來源部分

作業一：香香糕餅店陳售蛋糕禮盒，每個禮盒裝的蛋糕個數一樣多。王媽媽買了2盒，共有6個蛋糕，如果王媽媽買了一盒，有多少個蛋糕？

解答提示：

1. 王媽媽所有的蛋糕數 $\div 2 =$ 一盒裝的蛋糕數
2. 把禮盒數與蛋糕數的關係畫成折線圖，圖形如同下面的圖一：

圖一：

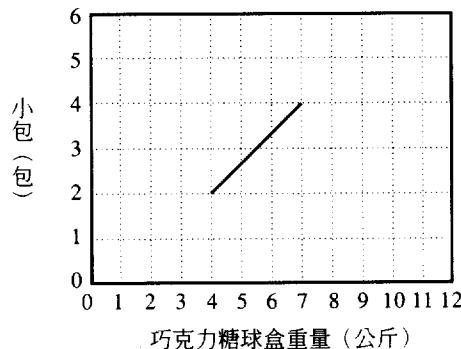


作業二：陳伯伯買進兩盒巧克力糖球，甲盒重8公斤，乙盒重4公斤。陳伯伯把兩盒巧克力糖球分裝成小包，每一包的重量都一樣重。甲盒可以分裝成4小包，乙盒可以分裝成多少小包？

解答提示：

1. 甲盒的重量 $\div 4 =$ 一小包的重量
2. 乙盒的重量 $\div ? =$ 一小包的重量
3. 把巧克力糖球盒的重量與所分裝的小包數的關係畫成折線圖，圖形如同下面的圖二：

圖二：



二、標的部分

作業三：陳伯伯買進兩盒巧克力糖球，甲盒重8公斤，乙盒重10公斤。陳伯伯把兩盒巧克力糖球



分裝成小包，每一包的重量都一樣重。甲盒可以分裝成4小包，乙盒可以分裝成多少小包？

作業四：李伯伯用水龍頭在甲、乙兩個水箱注水。甲水箱的容量為6公升，李伯伯花了48秒把甲水箱注滿。乙水箱的容量為4公升，李伯伯需要花多少秒才能把乙水箱注滿？

作業五：彈簧能測量力的大小，彈簧掛上東西以後，它的長度會改變。小英測量彈簧長度改變的情形。當彈簧掛上6包砂糖的時候，彈簧伸長12公分。如果彈簧掛上4包砂糖的時候，可以推想彈簧大約伸長多少公分？

解答：

小英測量並觀察彈簧伸長的長度隨著砂糖的包數改變的情形，並且把每一次掛砂糖的包數和彈簧伸長的長度結果，記錄下來。請你幫小英完成觀察記錄。

砂糖包數（包）	1	4	6
彈簧伸長的長度（公分）			12

作業六：空氣可以幫助蠟燭燃燒。小年做個蠟燭在玻璃瓶內燃燒的時間實驗。老師問小年一個問題，請你幫小年回答：甲玻璃瓶的容量是6公升，蠟燭在甲玻璃瓶內可以燃燒48秒，乙玻璃瓶的容量是4公升，請你推想蠟燭可以在乙玻璃瓶內燃燒多少秒？

解答：

小年把玻璃瓶的容量與蠟燭燃燒的時間結果，記錄下來。請你幫小年完成觀察記錄。

玻璃瓶容量（公升）	1	4	6
蠟燭燃燒的時間（秒）			48



Bulletin of Educational Psychology, 2001, 32(2), 121-142

National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

Study of Children's Verbal Interaction And Analogical Reasoning In Solving Mathematics Problems And Science Problems

Hsin-Mei E. Huang

Department of Elementary Education
Taipei Municipal Teachers College

ABSTRACT

This study investigated selected sixty fifth grade students of a public elementary school how the verbal interaction in cooperative small groups affect their analogical reasoning for solving mathematics and nature science isomorphic problems. Children who had been engaged in the cooperative instruction condition performed significantly better than those in the conventional instruction condition on solving mathematics problems rather than solving nature science problems. Children who participated in the cooperative instruction condition exhibited more comprehension questions and answers, and low level explanation than those who in conventional instruction condition did. No significant differences between conditions, in critical and connection questions and answers. It' important for instructors to encourage children to use vocabulary and elaboration explanations with peers in small groups as well as to activate their learned knowledge in analogical problem solving.

KEY WORDS: verbal interaction, analogical reasoning, problem solving.

