課程與教學季刊　2014, 17(2),頁 141～166

運用強化錨式教學改善數學低成就學生文字題解題能力之研究

潘文福[*]　蔡敏潔[**]

本研究目的在協助彩虹（化名）國小數學低成就學生，提高他們對 3 年級數學文字題的解題能力，並比較傳統錨式與強化錨式策略的成效差異。本研究從 96-100 年度花蓮縣學測題庫抽取 3 年級數學文字題各 20 題，編成前測、後測與延宕後測複本試卷，並從前測篩選出 30 名低成就學生，隨機分派至實驗組與控制組，各 20 節的補救教學於 2013 年 1 月寒假實施，教材針對前測答對率低於 60%的 6 題文字題而設計。本研究利用 *t* 考驗和共變數分析，以瞭解實驗的組內與組間效果。結果顯示：（1）傳統錨式與強化錨式策略都有助於改善數學低成就學生的文字題解題能力；（2）包括實物操作、角色扮演和類推練習等的強化錨式策略，比傳統錨式策略有更好的學生解題能力改善效果。

關鍵字：低成就、原住民、問題解決、強化錨式教學、數學文字題

*　作者現職：國立東華大學教育行政與管理學系副教授

**　作者現職：花蓮縣秀林鄉水源國小教師

通訊作者：潘文福，e-mail: s1210@mail.ndhu.edu.tw

壹、研究動機與目的

2001 年美國布希政府簽署「帶上每位孩子法案」（NCLB），這個法案給予教育改革一個刺激的力量（Lashway, 2004），舉例來說，美國的溫尼伯大學（University of Winnipeg）開始關注都市地區的學習低成就問題，實地介入學習輔導協助，期望能提升低成就學生的學習成效（Montgomery, 2003）。Lashway（2004）認為，美國各州政府因 NCLB 法案而規定了「未通過州學業測驗的學校責任目標」（failure to achieve state-mandated accountability targets, particularly test scores）之後，激發了學校對於州政府統一學測的重視。此學測與臺灣 14 個縣市實施的學習能力診斷測驗相似，但不同的是，美國各州的作法是將未達三種族群學生（低收入、少數族裔和第二語言學生）最低學測門檻其中一項之學校，定義為低表現的學校，然後再提供這些學校關於教學技巧的協助或改善計畫的經費。

在臺灣，學測診斷的目標並沒有針對低成就的弱勢學生單獨進行補救教學，而是以班級為觀察單位，忽視了班級中的弱勢族群差異；在 2007 年花蓮縣學測約 9400 位國小 5、6 年級學童的數學成績當中，原住民與非原住民的學童在學業上的表現的確達到將近 10%的顯著差異，但如果在同樣學習弱勢的狀態下，原住民學童僅略低於非原住民學生 2%左右，此顯示如果排除文化不利因素後，族群因素所造成的數學學習差異就明顯地降低許多（梁家輔、邱嘉俞、林素微，2008）。誠如所言，許多學生的學習低成就，主因並非純粹源自於種族差異，而其中最重要的因素還是文化不利環境所造成的學習遲緩，因此如何補救低成就學生的弱勢處境，的確成為當前重要的教育議題。

根據戴錦秀和柳賢（2006）的調查發現，大部分學生對數學有感到害怕、不知怎樣解題..等多種學習困擾；數學學習一直困擾著許多學生，如果又加上文字題的語文元素，又牽涉到語文理解和數學符號的轉譯，更是增添許多解題上的困擾（張淑美，2005）。另一方面，也有研究指出（Mayer & Moreno, 2003; Rittle-Johnson & Koedinger, 2005; Tabbers, Martens, & van Merrienboer, 2004），加入故事情節、視覺化呈現，以及多媒體的應用，可幫助學生減少認知超載的可能性；美國 Vanderbilt 大學的認知科技群（Cognition and Technology Group at Vanderbilt, CTGV）曾提出錨式教學法（Anchored Instruction, AI）（CTGV, 1997），透過學生有興趣的故事情節、生活經歷，或是主題任務，讓學生直接沉浸（immerse）在問題情境，可以幫助那些欠缺閱讀能力的學生，去理解複雜的數學文字題（Fuchs & Fuchs, 2002; Lesh & Kelly, 2000），因此錨式教學策略對於增進數學文字題解題時的題意理解上，被證明具有一定程度的幫助（Bottge, Rueda, & Skivington, 2006; Bouck & Flanagan, 2009; Gagnon & Bottge, 2006）。

雖然錨式教學策略對於增進數學文字題的題意理解，具有一定程度的幫助，但是在實務運用時，傳統的錨式教學仍有其不足，因此，Bottge（2009）曾帶領一個團隊著手設計強化的錨式教學（Enhance Anchored Instruction, EAI），用來改善傳統錨式教學之不足。強化錨式教學是一種讓學生沈浸在問題情境（immerse students in problem contexts），進而動手（hands-on）操作解決問題與應用關鍵概念作類題練習（additional practice on key concepts）的教學方法，而傳統錨式教學比較忽略教學後學生學習遷移的應用練習，EAI 主要包含問題情境影片觀賞、解題的操作練習，以及應用於類似情境等三部分，有些 EAI 的研究也都支持 EAI 的輔助效果（Bottge, 1999; Bottge, Heinrichs, Mehta, & Hung, 2002; Bottge, Rueda, Grant, Stephens, & LaRoque, 2010; Bottge, Rueda, LaRoque, Serlin, & Kwon, 2007; Bottge et al., 2006）。

補救教學是學生數學能力診斷測驗之後的必要措施，有其實施的重要性，但各縣市在數學學測後，都忽略了如何採取有效策略來改善低成就學生解題能力的作為。有鑑於此，本研究以花蓮縣彩虹（化名）國小作為數學低成就學生補救教學的個案學校，希望協助該學校數學低成就學生，提高他們對 3 年級數學文字題的解題能力，並比較「有」或「無」強化錨式情境（enhanced anchored situation）解題策略的效果差異。本研究之具體研究目的如下。

一、透過錨式情境問題理解策略提升低成就學生的數學文字題解題能力。

二、比較有無強化錨式情境問題解決策略對數學低成就學生的輔助效果。

三、將實驗教學的結果提供作為輔助數學低成就學生之補救教學參考。

貳、文獻探討

一、小學生數學解題歷程的困境

教育部的原住民教育報告書中指出（教育部，1997），原住民的教育政策是以維護傳統文化，適應現代生活，創新未來願景為主軸。因此，政府政策對於相對弱勢的原住民學生應該要好好加以重視，以確保大多數原住民學童仍然能有接受各級教育的機會，以免讓他們面臨比一般人更少有創造社會流動（social mobility）的機會（譚光鼎，1998）。不可否認的，數學的學習是學生未來生涯發展的重要學科之一（Fan, Chen, & Matsumoto, 1997），善用教學策略以改善學生的數學解題能力，實有其必要性。

早在 1977 年，美國數學督導協會（The National Council of Supervisors of

Mathematic [NCSM]）即已將數學解題（problem solving in Math）界定為將先前獲得的知識應用到新而且不熟悉學習情境的歷程（NCSM, 1977）；而全美數學教師協會（National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]）也在 1980 年提出要重視學生之數學解題能力的建議（NCTM, 1980），而我國在 1993 年新修訂的數學課程標準當中，即重視「解題為本」、「活動取向」的數學學科目標，亦即強調解題活動與同儕討論的重要，希望學生能從自身經驗中來理解數學的概念，並培養同儕的合作解題文化（甯自強，1993；鍾靜，1999）；鍾靜（2005）認為，從臺灣地區的數學課程發展來看，改革的分水嶺是 1993 年版的數學課程標準，因此，自從 1993 年開始，臺灣的數學課程發展也開始注意到學生解題能力的培養（鍾靜，2005）。

研究數學解題歷程的學者中以 Polya 的啟發教學（heuristic instruction）最被廣為參考應用。早在 1945 年，Polya 所著的《How to Solve It》一書當中，即建議採用啟發教學，並依照：（1）形成問題表徵；（2）嘗試解題計劃；（3）修正假設描述；（4）執行計劃並驗證結果等四個步驟進行教學（Polya, 1945）。Putt（1978）認為 Polya 的啟發教學有三種特徵：（1）在問題解決過程中，教師必需帶動討論氣氛；（2）過程中鼓勵學生盡量使用捷徑思考（heuristic thinking）；（3）需幫助學生成為具有獨立思考與推理能力的解題者。Kilpatrick（1967）後來再延伸詮釋 Polya 的四個步驟分別為：（1）確認已知和未知條件、畫圖、引入符號之問題理解；（2）重新敘述條件，考慮相關問題；（3）利用漸進的方法來檢查解題步驟；（4）檢查答案是否合理與合乎條件，回溯推論步驟，嘗試用其他方法得到答案。曹宗萍（1988）與劉秋木（1996）大致上都將 Polya 的解題步驟歸納為：（1）瞭解問題；（2） 擬定計畫；（3）執行計畫；（4）檢討與回顧等四步驟，使之適合臺灣小學的數學教育應用。

Mayer（1987）曾經從問題表徵和問題解決的觀點，認為數學解題的歷程中需要問題轉譯、問題整合、解題計劃監控、解題執行等四個要素，每一種因素都是解題者所需要的知識，此值得教學者加以重視。此外，有些研究（李靜瑤，1994；林明哲，1990；Pan, 1993）則以 Schoenfeld（1985）劃分之閱讀（reading）、分析（analysis）、探索（exploration）、計畫（planning）、執行（implementation）和驗證（verification）等六個階段，作為研究解題歷程的依據；Schoenfeld（1985）曾指出解題歷程所發生的思考歷程相當複雜，有時並無具體外顯的行為表現可觀察，因此需要以放聲思考（thinking aloud）方式作為研究策略，以瞭解解題者所發生的解題困境究竟是發生在哪一個階段。而 Pan 採用 Schoenfeld 解題歷程的研究發現：成功的解題者，通常在分析的階段會先確定解題路徑後，才逐步地進入計畫、執行階段，而失敗的解題者則常常未經分析階段，即著手解題，此發現與先前林明哲的研究結果也極為相似；此外，李靜瑤的研究也發現，成功的解題者大都經歷閱讀、分析、計畫與執行等階段，

失敗的解題者往往只出現閱讀與分析階段；綜合上述的研究結果發現，解題失敗的學生，其解題歷程容易在閱讀與分析階段即發生困難，這種困境可能是閱讀理解問題，或是分析解題之關鍵條件時出現困難。

研究者進一步歸納某些關於數學學習障礙兒童的解題錯誤類型研究（王羚如，2002；孟瑛如，1992；林俊元，2011；Kudryashov, 2009; Raghubar et al., 2009; Swanson, Jerman, & Zheng, 2009），發現學生之數學學習經常發生的困境類型大致分為：數學概念不足、計算錯誤、文字題解題錯誤、缺乏學習動機等四類，而其中關於文字題解題所發生的錯誤類型，通常是發生在閱讀與分析的解題階段，諸如：無法理解題意、忽略關鍵條件等錯誤，也有屬於無法運用於類似情境解題，或是執行解題時的驗證核對能力不足等問題。

二、以錨式教學策略改善學生的數學解題能力

從上述許多研究的案例發現，學生的解題歷程容易在閱讀與分析階段發生困難，並經常發生諸如：無法理解題意、忽略關鍵條件，或是無法運用於類似情境解題等錯誤類型，這些解題困境需要透過有效教學策略來加以協助，而錨式教學則是兼具直接指導和探索建構的重要教學策略之一，這種策略對於增進數學文字題解題時的題意理解上，被證明具有一定程度的幫助（Bottge et al., 2006; Bouck et al., 2009; Gagnon et al., 2006）；錨式教學的理論基礎源自 J. Dewey 強調將知識視為學習工具的觀點（Bottge, 2009）。當學生學習新知識時，問題情境所扮演的角色就是幫助學生瞭解如何與何時使用這些情境工具，進而解決特定環境下的問題（Bottge, 2009; Dewey, 1933）。到了 1980 年代，Brown、Collins 和 Duguid（1989）提出情境認知（situated cognition）理論，他們認為學生應該在真實情境中進行學習，而學習不能與生活脈絡分離，如此的學習才具有生活應用的價值；而 Lave 和 Wenger（1991）則認為情境學習是一種涵化（enculturation）的學習歷程，學習者會模仿社會脈絡中的人類行為舉止與文化規範，終而表現社會化（socialization）的行為態度。

情境認知的因素已被證明（Lave, Smith, & Butler, 1988; Lin, Hsu, & Cheng, 2011）是幫助達成學習任務的重要因素之一，到了 1990 年代，以情境認知學習理論為基礎的錨式教學法逐漸受到矚目（張新仁，2002）；美國 Vanderbilt 大學認知科技群所提出的錨式教學法，其重要特性是透過學生有興趣的故事情節、生活經歷，或是由一個主題所設計的任務導向教材，讓學生直接沉浸在問題情境，從而幫助那些欠缺閱讀能力的學生，去理解複雜而又經常需要面對的數學文字題（CTGV, 1997; Fuchs et al., 2002; Lesh et al., 2000）。最早的錨式數學解題策略是被應用在稱為「Jasper Woodbury 大冒險」的 12 段影片情節當中，在距離/速度/時間、統計、幾何和代數等四個數學主題中，各有設計三段故事

情節，以片中主角所遭遇的問題作為引導進入主題探討的定錨情境（CTGV, 1997）。從 CTGV（1997）已提出關於 Jasper 錨式教材的評估結果中建議要分組去發展具有挑戰性技能和正向態度，隨後 Hickey、 Moore 和 Pellegrino（2001）實驗 Jasper 教材在數學學習方面的應用效果，結果顯示 Jasper 教材對數學學習有正向效果，並建議假如錨式教材設計得好，低成就學生即使面對複雜的問題解決活動，也不會有負面的態度。

但是老師在營造問題情境時，一個重要的考慮因素是所謂的元素互動性（element interactivity），越是高度互動的許多元素融合在一起，通常學生無法真實理解元素之間的關係，因為此時互動的元素多而複雜，容易形成認知超載（cognitive overload），直到學生能同時理解大部分情境當中的互動元素時，學生才能真實理解問題情境的描述意義為何，所以老師教學時的數學佈題，應該盡量減少嵌入學生生活經驗難以理解的元素，或者是利用合適的教材資源來減低認知超載，也有研究指出（Mayer et al., 2003; Rittle-Johnson et al., 2005; Tabbers et al., 2004），加入故事情境、視覺化呈現，以及多媒體的應用，可在複雜的互動教材中，幫助學生減少認知超載的可能性。Lee、Grigg 與 Dion 的研究（2007）則認為，數學低成就的學生更應該給予鷹架（scaffolding）協助，包括圖表的結構化提示，以及運用資訊科技輔助工具來增進數學問題概念的理解。

近年來在各級教育當中，以電腦動畫或影片作為發展定錨認知情境的教學研究不在少數，也都肯定錨式教學對於學生的認知理解具有輔助效果，這其中諸如 Prado 與 Gravoso（2011）曾設計動態影片來呈現統計學上的常態分布與偏態圖像，讓高中學生在定錨的情境中，培養批判思考的分析能力；Sanny 與 Teale（2008）則針對職前師資課程，加入網路多媒體影片來發展定錨情境，此作法除了可以提昇學生對於錨式教學的專業知能之外，也可讓他們將來在實際教學中應用；Schweder 與 Wissick（2008）也曾針對特殊教育職前師資課程，加入影片觀賞來分析官能症行為偏差學生的定錨情境，透過這種課程，希望學生具備將來足以面對類似學生的處理能力；Duncan 與 Bamberry（2010） 則以影片或者電腦模擬情境來幫助學生充分融入虛擬的環境，並以這種錨式教學做為活化管理導論課程基礎概念的方法。

Silverman（2007）曾比較三種幼稚園階段閱讀活動的生字教學，結果顯示幼稚園閱讀活動的生字教學，需要老師從旁輔助解說之外，也可透過生字的定錨影片，將學習情境具體化與圖像化，以加深學生對生字的印象。此外，Kneller（2009）針對大學生的溝通課程，以劇情定錨的角色扮演方式，發展學生對於人際衝突的解決技巧，該研究發現角色扮演可快速達成學生對於定錨劇本的閱讀理解，而且學生喜愛角色扮演，認為這種方式很貼近現實生活，也可發展解

決問題的能力。從上述研究發現：（1）視覺化的定錨策略是促進閱讀理解不錯的選擇；（2）角色扮演是加深情境認知的好方法，而劇情的視覺化可藉由電腦多媒體來輔助。

Lamberg 與 Middleton 在 2009 年曾參考 Middleton、 Gorard、 Taylor 與 Bannon-Ritland （2008）的小規模設計原則，用以檢視錨式教學在複雜教育現場實施的可行性，並從學生的實際晤談中，發展適合全班進行的錨式教學步驟，而這些步驟可被應用在數學解題活動的設計中。

三、運用強化錨式教學策略的可行性

雖然錨式教學對於增進數學文字題解題時的題意理解，具有一定程度的幫助，但是對於數學計算過程，學生容易忽略關鍵條件，或是無法運用於類似情境解題等錯誤類型，傳統的錨式教學仍有其不足，因此，Bottge 帶領一個團隊著手設計強化的錨式教學，用來改善傳統錨式教學之不足。強化錨式教學是一種讓學生沈浸在問題情境，進而動手操作解決問題與應用關鍵概念作類題練習的教學方法，而傳統錨式教學比較忽略教學後學生學習遷移的應用練習，EAI 主要包含問題情境影片觀賞、解題的操作練習，以及將操作練習應用於類似情境挑戰作答等三部分，這種建構於新興科技與媒體應用的學習方式，特別有助於當作數學低成就學生的輔助鷹架（Bottge, Rueda, Grant, Stephens, & LaRoque, 2010），一些 EAI 的研究也都支持 EAI 的輔助效果（Bottge, 1999; Bottge et al., 2002; Bottge et al., 2006; Bottge et al., 2007）。

Bottge（2007）等人曾探討強化錨式教學對數學低成就學生的幫助效果，EAI 強調培養問題解決能力而非僅是學生的計算技能，他們在 128 位中學生當中融合了一些低成就學生，透過對低成就學生較為有利的多媒體設計和實際動手操作的方案，幫助低成就學生進行數學文本閱讀。結果顯示，雖然一開始低成就學生的得分較低，但是數星期之後，低成就學生仍然記得先前他們所學的數學內容；因此該研究建議可利用資訊融入的 EAI 策略來營造有助於引導學生進行數學解題理解的情境。

Bottge、Rueda、Kwon、Grant 與 LaRoque（2009）設計分數（fraction）問題的 EAI 情境，證明確實能幫助學習障礙之中學生習得分數問題的解題；後來 Bottge 等人（2010）進一步實驗 EAI 之設計效果，實驗組是先教導基本分數的計算，然後再運用 EAI 策略協助解題理解，控制組則用電腦輔助教學（Computer-Assisted Instruction, CAI）進行傳統的分數教學，實驗組協助理解的 EAI 策略是利用影片定錨（anchored）佈題和實際動手操作方案的混合策略，每一佈題分為幾個真實情境的子問題，學生必須對整體問題進行瞭解，找出可解決子問題的相關資訊，最後整合這些資訊成為一個合理的解決方案。結果發

現兩種方式都能增進學生的分數計算和解決問題技能，讓學生直接沈浸在 EAI 策略的佈題情境，對數學文字題閱讀有困難的學生來講，是一種有助於文字題理解的策略，而且電腦導向的視覺化呈現方式，也可改善學習障礙中學生的解題技能，因此該研究建議將傳統分數教學結合 EAI 策略與多媒體來融合運用，以提升學生的解題能力。同時 Bottge 等人（2010）也比較在有無電腦教師指導下的 EAI 情境效果，結果顯示有老師指導的 EAI 情境，中學生對於分數文字題有比較好的學習效果。Cho、 Bottge、 Cohen 和 Kim （2011）曾針對數學低成就學生進行 EAI 教學，以單一小題並結合 Rasch 適性測驗方式分析在 EAI 當中個別學生的成長軌跡，結果顯示每位學生都有不同的進步軌跡，該研究建議實施 EAI 時可採取新的方法來檢核學生的細微轉變。

四、相關文獻的歸納與評述

前述文獻研究者歸納評述如下：（1）數學低成就學生在文字題的解題過程，經常在閱讀理解階段、關鍵詞條件分析階段就有理解困難問題，因而導致計算錯誤、忽略關鍵條件，或是造成無法運用於類似情境解題的困境（王羚如，2002；李靜瑤，1994；孟瑛如，1992；林明哲，1990；林俊元，2011；Kudryashov, 2009; Pan, 1993; Raghubar et al., 2009; Swanson et al., 2009），這些觀點可被參考運用在本實驗的文字題理解階段，作為教學互動的注意要點；（2）從一些研究（Bottge et al., 2006; Bouck et al., 2009; Gagnon et al., 2006）中已證實錨式教學策略對於數學文字題理解，有其正面提升效果，故而本研究可採取錨式策略的活動設計，來增進補救教學的成效；（3） Bottge 所帶領的團隊也證實了強化錨式教學對於數學文字題的閱讀理解、解題運算，或是類題應用方面，都有正面提升的效果（Bottge, 1999; Bottge et al., 2002; Bottge et al., 2006; Bottge et al., 2007）。因此，在國內尚未有運用 EAI 策略的實驗教學評估之際，強化錨式教學是否能提升原住民學校低成就學生的 3 年級數學文字題解題能力，值得探究；除此之外，EAI 策略增進解題能力的效果是否明顯優於 AI 策略，也值得加以評估。

參、研究方法與設計

一、研究假設

假設 1-1.實驗組在 EAI 後測有 80%以上學生能答對 60%以上的文字題。

假設 1-2.實驗組在 EAI 延宕後測有 80%以上學生能答對 60%以上的文字題。

假設 1-3.控制組在 AI 後測有 80%以上學生能答對 60%以上的文字題。

假設 1-4.控制組在 AI 延宕後測有 80%以上學生能答對 60%以上的文字題。

假設 2-1.實驗組在 EAI 的後測成績顯著比前測進步。

假設 2-2.實驗組在 EAI 的延宕後測成績顯著比前測進步。

假設 2-3.控制組在 AI 後測成績顯著比前測進步。

假設 2-4.控制組在 AI 延宕後測成績顯著比前測進步。

假設 3-1.實驗組的後測成績顯著比控制組學生的後測高。

假設 3-2.實驗組的延宕後測成績顯著比控制組的延宕後測高。

二、研究對象

本研究個案學校彩虹（化名）國小位於花蓮縣秀林鄉，屬於一所偏遠地區小型原住民學校，班級數為七班，2013 年全校學生共 151 人，4-6 年級有 61 人，99%屬於太魯閣族，學生家長多以打零工為主，學歷大多是國中畢業，學生家庭以單親或隔代教養比率偏高，經濟條件普遍不佳，文化不利的環境導致該校有許多低成就學童。本研究從彩虹國小 4-6 年級全體學生當中，以 3 年級數學文字題前測，篩選出數學低成就學生 30 名作為研究對象。

三、實驗設計

本研究採取等組實驗設計（Equivalent Group Design of Experiments），設計如表 1 所示，控制組採取播放文字題動畫作為引導策略，實驗組除了前述策略外，另外增加的實驗處理（X）是接續由學生親自操作、角色扮演與類題練習，以加深問題情境理解並滿足學生愛表演的樂趣。實驗前先以數學文字題前測篩選出彩虹國小 4-6 年級數學低成就學生共 30 名（實驗組和控制組各 15 人），實驗教學以寒假育樂營方式辦理，結束時與一個月後分別進行後測與延宕後測，三次測驗試題從 96-100 年度全縣數學學測文字題中依類型比例抽樣 20 題做成複本來施測。

表 1 三年級數學文字題解題之強化錨式教學策略的實驗設計

等組設計	前測	實驗處理	後測	延宕後測
實驗組	O_1	X	O_2	O_4
控制組	O_1	-	O_3	O_4

註：O 表示 20 題文字題的測驗；X 的實驗處理包括實物操作、角色扮演與類推練習等強化錨式教學策略。

四、研究工具

本研究工具分為 3 年級數學文字題教學前測卷、後測卷、延宕後測卷，這三份測驗卷題目均取自 96-100 年度花蓮縣數學學測題庫，學測題庫由縣輔導團教師、專家學者、師生等依出題的雙向細目表所討論編成，並在預試後分析難度和鑑別度值，刪除不適當題目，逐年建立完成題庫。

本研究從前述題庫當中，以學測時的出題類型比例抽取 20 題作為前測卷，再以同樣方式抽取後測與延宕後測各 20 題編成三份複本測驗卷，在此僅以各卷第一題比較如表 2，此題主要在於測驗學生能否理解題意而作分數呈現，此三題均屬於三年級的 3-n-09 分年細目。

表 2 前測、後測和延宕測驗卷複本題目的結構比較表—以第一題為例

複本	年度	三份測驗卷的第一題題目	分年細目
前測	97	多少片 $\frac{1}{4}$ 個披薩合起來是 1 個披薩？ ①1 片 ②2 片 ③4 片 ④8 片	3-n-09
後測	98	一盒巧克力有 10 顆，姊姊吃掉全部的一半，妹妹吃掉全部的 $\frac{3}{10}$，兩人共吃掉多少盒？ ① $\frac{2}{10}$ 盒 ② $\frac{3}{10}$ 盒 ③ $\frac{7}{10}$ 盒 ④ $\frac{8}{10}$ 盒	3-n-09
延宕後測	96	一盒糖果有 11 顆，哥哥吃了 3 顆，可以說哥哥吃了幾盒糖果？ ①3 盒 ② $\frac{8}{11}$ 盒 ③ $\frac{3}{8}$ 盒 ④ $\frac{3}{11}$ 盒	3-n-09

本研究從題庫試題分析報表中所查得的各題難度與鑑別度值，將之呈現如表 3 所示。前測卷的平均難度與鑑別度值分別為.60 和.45，後測卷的平均難度與鑑別度值分別為.56 和.47，延宕後測卷的平均難度與鑑別度值分別為.52 和.44，都具備良好試題之水準。前述三份測驗題型均為選擇題，一題 5 分，20 題合計 100 分。

五、實驗教學方案設計

(一)教學方案與測驗內容的關連性

在實驗教學之前，透過前測結果，找出平均答對率低於 60%的文字題共有 6 種題型，進而查出這 6 題屬於該校使用之南一版數學教科書的哪些單元及其

分年細目，並蒐集教科書所附與題型相關的 Flash 定錨動畫，作為編寫活動設計之依據。因此，本研究的補救教學乃針對學生比較不會的題型能力作規劃，但三次複本測驗的內容則與全縣學測一般，並沒有只針對補救教學部分來測驗。

表 3 前測、後測和延宕後測卷題目的難度與鑑別度分析表

題號	前測卷		後測卷		延宕後測卷	
	難度	鑑別度	難度	鑑別度	難度	鑑別度
1	0.55	0.42	0.54	0.47	0.51	0.43
2	0.61	0.43	0.53	0.46	0.52	0.42
3	0.67	0.48	0.58	0.46	0.51	0.45
4	0.65	0.47	0.56	0.49	0.56	0.42
5	0.62	0.45	0.55	0.48	0.51	0.44
6	0.57	0.44	0.57	0.46	0.52	0.46
7	0.61	0.42	0.62	0.47	0.50	0.43
8	0.62	0.46	0.61	0.45	0.51	0.45
9	0.56	0.45	0.56	0.47	0.52	0.44
10	0.57	0.44	0.58	0.45	0.53	0.46
11	0.59	0.41	0.54	0.48	0.52	0.45
12	0.58	0.44	0.53	0.46	0.5	0.47
13	0.62	0.45	0.54	0.48	0.57	0.44
14	0.63	0.49	0.59	0.47	0.51	0.45
15	0.56	0.44	0.55	0.49	0.50	0.43
16	0.56	0.46	0.57	0.46	0.51	0.46
17	0.54	0.47	0.56	0.48	0.52	0.43
18	0.64	0.46	0.55	0.49	0.55	0.42
19	0.63	0.48	0.53	0.47	0.51	0.41
20	0.62	0.44	0.54	0.46	0.52	0.44
平均	0.60	0.45	0.56	0.47	0.52	0.44

(二)實驗教學方案說明

實驗教學的時間選在 2013 年 1 月寒假實施，實驗組和控制組都以 20 節課的育樂營方式進行，教學者是該校 3 年級導師，教學前在參考數學縣輔導員、數學教育學者共 10 位的回饋意見後，修改完成教學活動設計。

教學方案中，實驗組和控制組都是每節課 40 分鐘，一開始老師會做 5 分鐘的複習，再導入新的內容並播放問題情境的 Flash 定錨動畫，接著老師從旁協助學生解題的分組討論與計算過程；解題討論時，實驗組增加實物操作、角色

扮演和類推練習等強化策略，最後實驗組和控制組都以小組發表方式，說明解題找出正確答案的理由。

整個育樂營活動，會一直循環「A 佈題、B 定錨動畫、C 合作學習的討論與計算（實驗組增加實物操作或角色扮演）、D 成果發表互評、E 類題練習（僅實驗組增加練習）」等過程；實驗組和控制組都採異質分組（heterogeneous grouping）和合作學習（cooperative learning）的基本原則，補救教學時會依照前測篩選出學生比較不會的題型共 6 題（答對率低於 60%），從簡單到難度較高的方式編排，分別安排成為 1, 1, 3, 3, 6, 6 節課的補救（實驗）教學（實驗組和控制組各 20 節）。

六、資料統計分析

研究者採用 SPSS 軟體進行資料統計分析，首先以百分比檢核實驗組和控制組是否有 80%以上兒童在教學後測和延宕後測答對 12 題（60 分）以上，並以平均數與標準差檢核前測、後測與延宕後測成績表現；接著分別檢定兩組組內效果，亦即檢核實驗組和控制組兒童的進步效果，利用重複量數 t 考驗，檢驗後測與延宕後測成績是否分別顯著高於兩組的前測（$p < .01$）。此外，也採用單因子共變數分析（one-way ANCOVA）瞭解組間效果，亦即在排除前測基本能力差異因素之後，比較實驗組和控制組受試者在後測與延宕後測的表現是否達到顯著差異（$p < .01$）。

肆、研究結果與討論

一、錨式教學解題策略的輔助效果分析

從表 4 的結果來看，實驗組和控制組學生在補救教學的前測平均分別為 48.00、47.33，均低於通過的 60 分基準線，經過實驗教學後，實驗組和控制組學生的後測平均數分別為 69.67、61.67，均高於基準線，教學後一個月的延宕後測中，平均數分別為 70.67、62.33，也都高於基準線，兩次後測全體平均數為 66.08，顯示補救教學後，學生的解題答對率都能通過 60 分的門檻；此外，實驗組有 93.33%學生通過 60 分門檻，控制組有 86.67%學生通過門檻，全體平均通過率為 88.34%，因此本研究的假設 1-1 到假設 1-4 均可成立。此結果顯示此次補救教學，對於數學低成就的原住民學生確實有提高學習成就的輔助效果。

張淑美（2005）的研究曾建議透過具體圖像來促進原住民學生的數學解題效果，而本實驗透過情境定錨動畫將數學問題視覺化呈現，正如前述研究所建議的作法一樣，增加了低成就學生真實參與問題情境的程度，並減少了學生認

知負荷的比率，可能因此而完成文字題的問題轉譯與解題任務。

為了進一步確認教學前後的數學學習成就確實具有統計上的顯著差異，因此進行研究假設 2-1 到 2-4 的重複量數 t 檢定，根據統計結果發現，實驗組學生在強化錨式教學後，後測成績顯著比教學前測成績進步（t = 16.04, p = .000 < .01，研究假設 2-1 成立）；實驗組學生在強化錨式教學後，延宕後測成績顯著比教學前測成績進步（t = 11.66, p = .000 < .01，研究假設 2-2 成立）；控制組學生在傳統錨式教學後，後測成績顯著比教學前測成績進步（t = 7.62, p = .000 < .01，研究假設 2-3 成立）；控制組學生在傳統錨式教學後，延宕後測成績顯著比教學前測成績進步（t = 8.53, p = .000 < .01，研究假設 2-4 成立），若不分組整體來看，學生兩次後測成績也都顯著高於前測（t = 13.57, p = .000 < .01 和 t = 12.80, p = .000 < .01，研究假設 2 成立），顯示本實驗之後，確實改善了低成就學生的數學解題能力。

表 4 前測、後測與延宕後測答對率之對照表

組別	前測		後測		延宕後測		後測平均		通過 60 分比率
	M	***SD***	***M***	***SD***	***M***	***SD***	***M***	***SD***	
實驗組	48.00	6.49	69.67	8.76	70.67	9.42	70.17	9.09	90.00%
控制組	47.33	6.51	61.67	9.57	62.33	9.04	62.00	9.31	86.67%
全體	47.67	6.40	65.67	9.89	66.50	10.01	66.08	9.95	88.34%

許多研究（Bottge et al., 2010; Duncan et al., 2010; Kneller, 2009; Mayer et al., 2003; Prado et al., 2011; Sanny et al., 2008; Schweder et al., 2008; Silverman, 2007; Tabbers et al., 2004）也都認為以動畫影片作為問題情境定錨的策略，對於學生的情境學習的確具有輔助的效果，本研究的補救教學效果，似乎也同樣支持這項觀點。從圖 1 可清楚看出教學前後學生數學測驗的表現變化，後測與延宕後測明顯高於前測，實驗組的後測與延宕後測均高於控制組。

對於組內前後測的顯著進步，研究者認為可從定錨情境的認知觀點來詮釋，透過現場的南一教材 Flash 動畫來呈現問題情境，可使學生注意到聽覺和視覺的細微線索，而這些線索對於教室現場的學生而言，可能產生較為深刻的情境認知效果，有助於文字題的理解與轉譯；其次，影片多媒體所提供的輔助鷹架，搭配老師的即時引導，使得兩組學生在生成情節記憶（episodic memory）的過程，可獲得具體圖像化（specific graphical）的幫助。

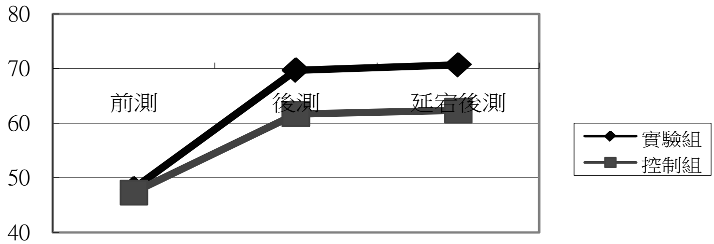

圖 1 兩組學生的測驗均顯示後測與延宕後測高於前測（**p < .01）

二、強化錨式教學解題策略的輔助效果分析

為了排除教學前兩組學生數學基本能力所造成的影響，本研究將兩組的教學前測成績當作共變數，進行兩組組間比較的共變數分析，分析前先考驗組內迴歸係數同質性（homogeneity of within regression coefficient），考驗結果顯示未達顯著水準（F = .115, p = .737 > .01），符合共變數分析的基本假設。接著本研究以前測成績作為共變項，α = .01 作為顯著水準，包含實物操作、角色扮演和類推練習的強化錨式教學作為自變項，後測成績作為依變項，進行共變數分析，探討實驗處理（treatment）的組間效果是否具有顯著差異，結果如表 5 所示。

表 5 學生數學能力前測與後測表現的共變數分析摘要表

變異來源	***SS***	***df***	***MS***	***F***	***p***
共變量（前測）	1230.46	1	1230.46	29.50	.000
組間（錨式策略）	400.76	1	400.76	9.61	.004**
誤差	1126.21	27	41.71		
總和	132200.00	30			

**p < .01

由表 5 得知兩組學生在共變數分析的組間比較結果達到顯著差異(F = 9.61, **p = .004 < .01，研究假設 3-1 成立），也就是實驗組與控制組在實驗處理後所得到的測驗成績，在排除前測分數的影響後，實驗組後測成績顯著高於控制組，表示學生在具有實物操作、角色扮演和類推練習的強化錨式教學中，比起在傳統錨式教學動畫播放的情境中有比較好的認知效果（**p < .01）。

表 6 學生數學能力前測與延宕後測表現的共變數分析摘要表

變異來源	*SS*	*df*	*MS*	*F*	*p*
共變量（前測）	955.50	1	955.50	18.03	.000
組間（錨式策略）	447.38	1	447.38	8.44	.007**
誤差	1431.16	27	53.01		
總和	135575.00	30			

$^{**}p < .01$

進一步比較前測與延宕後測之間的表現差異，組內迴歸係數同質性考驗結果未達顯著水準（$F = .025$, $p = .876 > .01$），符合共變數分析的基本假設，接著進行共變數分析，結果如表 6 所示。由表 6 得知兩組學生在共變數分析的組間比較結果達到顯著（$F = 8.44$, $^{**}p = .007 < .01$，研究假設 3-2 成立），也就是實驗組與控制組在實驗處理經過一個月之後，在排除前測分數的影響後，實驗組延宕後測成績仍然明顯高於控制組，表示強化錨式教學策略的效果，至少具有持續一個月的文字題解題學習效果。

從本次補救教學發現 AI 策略與 EAI 策略都具有改善數學解題能力的效果，而且增加實物操作、角色扮演與類題練習，改善解題能力的效果更好。錨式教學策略雖然與 EAI 策略一樣也強調問題情境的理解，但 AI 策略並未強調後續的實物操作、角色扮演與類題練習，實物操作與角色扮演的用意在於增進題意理解，而類題練習雖然可增進學習遷移，但是這樣的練習應該在題意充分理解後才進行，然而一般的數學教學，對於低成就的學生而言，經常在他們還沒有充分理解題意的情況下，老師的進度即往前延伸，低成就學生可能在尚未充分理解題意之前，就必須配合進度而囫圇吞棗地練習，致使學習效果低落。因此研究者認為實物操作、角色扮演與類題練習的 EAI 策略，是實驗組表現優於控制組的主要原因。

近年來的研究（Bottge et al., 2006; Bottge et al., 2007; Bottge et al., 2009; Bottge et al., 2010）認為傳統錨式教學僅以數位影片作為發展問題情境的策略，對於學生對問題情境的理解依然有限，若要學生有更為深刻的理解，需要學生親自參與實物操作、角色扮演和類推練習，沈浸在所定錨的問題情境當中，本研究的實驗結果印證了動畫定錨後，增加實物操作、角色扮演和類推練習，確實對於數學文字題的情境理解，有更好的效果。

也有研究指出（Mayer et al., 2003; Rittle-Johnson et al., 2005; Tabbers et al., 2004），加入故事情節、視覺化呈現，以及多媒體的應用，可在複雜的互動教材中，幫助學生減少認知超載的可能性。Bottge（2010）等人建議數學教學可

結合 EAI 策略與定錨多媒體來融合運用。EAI 策略強調定錨後的加深理解措施，與傳統的錨式教學有所差別，在國內尚未有運用 EAI 策略的實驗教學案例，本研究正可作為我國運用 EAI 策略於原住民數學低成就學生補救教學之參考。

此外，Woodward（2004）曾建議對於低成就的學生，在使用教學方法策略時應該要在直接指導以及讓學生探索發現之間取得平衡點。因此教師對於 EAI 策略需要透過數學教材教法的研習活動，學習更專業細膩的 EAI 規劃設計能力（Loveless, 2004; Maccini & Gagnon, 2006），才能避免在運用 EAI 策略的活動過程中給予數學低成就學生過度指導或是毫無目標的盲目探索。

伍、研究結論與建議

一、研究結論

EAI 主要包含情境影片觀賞、解題操作，以及應用於類似情境挑戰等三部分，這種建構於資訊媒體應用的學習方式，特別有助於作為低成就學生的輔助鷹架。在數學學習領域的錨式教學可被視為一種問題導向的案例教學，但如果在較複雜而難以理解的問題情境，強化的錨式教學可用來改善傳統錨式教學的缺點。本實驗研究顯示以下兩點結論。

(一)有 80%以上（26 名）數學低成就學生都能在後測與延宕後測的文字題中答對 60% （答對 12 題）以上，而且兩組的後測與延宕後測成績都明顯高於前測（$p < .01$），此證明了在數學文字題的問題情境理解時，利用動畫定錨的輔助理解策略，確實有助於數學低成就學生對於文字題情境描述的理解。

(二)實驗組學生在數學文字題的後測與延宕後測之答對率顯著高於控制組學生（$p < .01$），證明了觀賞定錨動畫後，接著進行實物操作、角色扮演和類推練習等強化策略，確實可加深學生對定錨情境數學文字題之問題解決能力。

若從情境認知觀點來詮釋，透過定錨動畫來呈現問題情境，可使學生注意到聽覺和視覺的細微線索，而這些線索產生較為深刻的情境認知效果，可能有助於文字題的理解與轉譯；因此，EAI 策略運用時需要更細膩的規劃設計，避免 EAI 活動過度指導或是盲目的探索；搭配老師即時引導的多媒體鷹架，諸如加入故事情節，以及用電腦動畫作視覺化呈現，可在複雜的互動教材中，減少學生認知超載的可能性，也可能促使學生產生情節記憶，獲得具像化的認知。AI 輔助策略若在學生有深刻的理解後，再加入實物操作、角色扮演或類推練

習，將讓學生習得更多的解題能力，Bottge 等人（2010）也建議以多媒體的 EAI 策略來加強學生的數學解題能力。本研究的 EAI 策略實驗案例，正可作為我國運用 EAI 策略於輔助數學低成就學生之參考。

基於實驗教學與研究結論，研究者分享強化錨式策略在教學運用時應該注意的細節如下：

(一)當老師運用 AI 或 EAI 策略於教學時，可以先以定錨動畫多媒體來呈現問題情境，配合老師即時引導說明的輔助鷹架，使學生在理解問題情境的過程，能獲得聽覺和視覺上的細微線索，具體地呈現數學文字題書面文字上無法表現的問題意境。

(二)比起 AI 策略，EAI 策略中增加了實物操作、角色扮演和類題練習，可以增加學生對文字題意義的真實理解與涉入程度，也可以提升學生的類推應用能力，增進學習遷移的機會，但是可能需要安排比平常較多的解題時間。

(三)關於教學時如何運用 EAI 策略來設計教學呢？研究者認為可以分為 A 到 E 等五個步驟的解題循環過程來進行：A 佈題、B 定錨動畫、C 合作學習的討論操作與計算（實物操作或角色扮演）、D 成果發表互評、E 類題練習（A-D 重新循環）。尤其當診斷發現某一題型是屬於需要補救教學的題型時，寧可多安排一些時間來進行文字題意義的真實理解，也不要趕進度。

(四)關於運用 EAI 策略時的教材教具資源的準備，研究者認為可以選擇教科書商提供的文字題動畫光碟作為引導教材最為方便，而且老師需要事先準備動畫情境模擬所需要的教具，如無法取得教具則盡量以情節角色扮演的模擬互動亦可。

二、研究建議

雖然研究顯示 EAI 策略可對學生的解題能力產生正向效果，但是從本研究的發展經驗當中，亦有許多值得再加強改進之處，在此提出建議供參考。

(一)建議老師要事先熟悉 EAI 策略，才能比較容易融入解題教學。

EAI 策略可以被運用在增進情境理解的教學中，尤其對數學文字題的題意理解更為適合，但是教學前需選擇合適的定錨動畫，例如選用南一版數學教科書附送的光碟，即有配合課程的文字題動畫，而 EAI 策略所包含的佈題、定錨動畫、合作學習的討論計算（實物操作或角色扮演）、成果發表互評、類題練習等五項活動循環，老師可以事先演練熟悉、修正錯誤，才容易實施 EAI 融入解題教學。

(二)對於低成就學生，建議給予多一點時間進行補救教學。

在解題教學的過程中，老師常為了趕進度而忽略了班上可能有部分學生仍未理解題意，接著就開始進行複雜的解題與計算練習，因此建議老師能利用補救教學時間，透過 EAI 策略進行實物操作或角色扮演，讓低成就學生理解題意之後再給予解題與計算過程的輔助。

(三)建議學校建置 EAI 所需的教學資源，方便於教師即時的使用。

有部分縣市會規劃英語村教室空間來增進英語的情境學習，而數學解題所需的模擬情境如果也能事先安排好，那麼老師就可以省去布置情境的時間，迅速即時地使用這些資源來增進學習效果，諸如：定錨動畫的投影播放設備、便於分組討論時變換座位的滑輪式桌椅、配合情境模擬或角色扮演所需的道具、發表用的揭示板等，都是學校支持 EAI 發展可以事先建置的教學資源。

(四)後續研究建議可檢核 EAI 策略對個別學生產生的成長轉變軌跡。

後續研究可參考 Cho 等人（2011）曾提出結合適性測驗所進行的研究，用以分析個別學生的進步成長軌跡，更細微地觀察 EAI 策略對哪一類型低成就學生最有幫助，進而調整 EAI 策略融入解題歷程的實際作法。

整體來說，強化錨式教學具有改善解題能力的潛在助益，而 EAI 策略的成敗不應僅怪罪於參與者是數學低成就學生，更重要的是 EAI 的設計品質可能直接影響了學習效果，而教學過程的實物操作、角色扮演和類推練習等活動的安排，也可能是影響學習效果的因素，因此如何把前述因素在 EAI 策略之文字題題解教學中加以適當安排與規劃，將實質地影響 EAI 策略的成敗。

致 謝

本研究感謝國科會的經費補助（NSC 100-2410-H-259-037），並感謝審稿委員的細心指正。

參考文獻

王羚如（2002）。同儕解題溝通對數學障礙學生文字解題影響之分析研究。**臺南師院學生學刊，23**，61-89。

李靜瑤（1994）。**高雄市國二學生數學解題歷程之分析研究**（未出版之碩士論

文）。國立高雄師範大學水利及海洋工程學系，高雄。

孟瑛如（1992）。**學習障礙與補救教學—教師及家長實用手冊**。臺北：五南。

林明哲（1990）。**國中學生數學解題行為之分析研究**（未出版之碩士論文）。國立彰化師範大學科學教育研究所，彰化。

林俊元（2011）。**臺南地區國中八年級學生在「一元二次方程式」單元之錯誤類型分析**（未出版之碩士論文）。國立臺南大學應用數學研究所碩士班，臺南。

張淑美（2005）。看到了分數，也看到了孩子。**北縣教育，51**，85-89。

張新仁（2002）。當代教學統整新趨勢：建構多元而適配的整體學習環境。**教育學刊，18**，43-64。

教育部（1997）。**中華民國原住民教育報告書**。臺北：作者。

曹宗萍（1988）。高屏地區國小兒童四則問題的解題過程及其相關因素之研究。**屏東師院學報，4**，51-116。

梁家輔、邱嘉俞、林素微（2008）。原住民數學低落？原住民與非原住民在不同取向下的數學表現差異探討。載於臺東大學原住民兒童數理教學與學習研究中心主編，**2008年原住民學生數理教育學術研討會論文集**（頁219-226）。臺東：臺東大學。

劉秋木（1996）。**國小數學科教學研究**。臺北：五南。

戴錦秀、柳賢（2006）。原住民數學素養之初探。載於臺東大學原住民兒童數理教學與學習研究中心與國立花蓮教育大學主編，**2006年原住民學生數理科教/學理論與實務學術研討會論文集**（頁26-34）。臺東：臺東大學。

鍾靜（1999）。落實國小數學新課程之意圖與學校本位的進修活動。**課程與教學，2**（1），15-35。

鍾靜（2005）。論數學課程近十年之變革。**教育研究，133**，124-134。

譚光鼎（1998）。**原住民教育與文化政策規劃之研究**。臺北：行政院原住民委員會。

甯自強（1993）。國小數學科新課程的精神及改革動向ー由建構主義的觀點來看。**科學教育學刊，1**（1），101-108。

Bottge, B. A. (1999). Effects of contextualized math instruction on problem solving of average and below-average achieving students. *Journal of Special Education, 33*, 81-92.

Bottge, B. A. (2009). *Anchored instruction*. Retrieved from http://www.education.com/reference/article/anchored-instruction/

Bottge, B. A., Heinrichs, M., Mehta, Z., & Hung, Y. (2002). Weighing the benefits of anchored math instruction for students with disabilities in general education classes. *Journal of Special Education, 35*, 186-200.

Bottge, B. A., Rueda, E., Grant, T. S., Stephens, A. C., & LaRoque, P. T. (2010). Anchoring problem-solving and computation instruction in context-rich learning environments. *Exceptional Children, 76*(4), 417-437.

Bottge, B. A., Rueda, E., Kwon, J., Grant, T., & LaRoque, P. T. (2009). Assessing and tracking students' problem solving performances in anchored learning environments. *Educational Technology Research & Development, 57*(4), 529-552.

Bottge, B. A., Rueda, E., LaRoque, P. T., Serlin, R. C., & Kwon, J. (2007). Integrating reform-oriented math instruction in special education settings. *Learning Disabilities Research and Practice, 22*, 96-109.

Bottge, B., Rueda, E., & Skivington, M. (2006). Situating math instruction in rich problem-solving contexts: Effects on adolescents with challenging behaviors. *Behavioral Disorders, 31*, 394-407.

Bouck, E. C., & Flanagan, S. (2009). Assistive technology and mathematics: What is there and where can we go in special education. *Journal of Special Education Technology, 24*(2), 17-30.

Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher, 17*(1), 32-41.

Cho, S., Bottge, B. A., Cohen, A. S., & Kim, S. (2011). Detecting cognitive change in the math skills of low-achieving adolescents. *The Journal of Special Education, 45*(2), 67.

Cognition and Technology Group at Vanderbilt [CTGV] (1997). *The Jasper Project:*

Lessons in curriculum, instruction, assessment, and professional development. Mahwah, NJ: Erlbaum.

Dewey, J. (1933). *How we think*. Boston, MA: Heath.

Duncan, G., & Bamberry, G. (2010). Anchored instruction: It's potential for teaching introductory management. *International Journal of Learning, 17*(3), 163-177.

Fan, X., Chen, M., & Matsumoto, A. (1997). Gender differences in mathematics achievement: Finding from the national educational longitudinal study of 1988. *The Journal of Experimental Education, 65*(3), 229-242.

Fuchs, L. S., & Fuchs, D. (2002). Mathematical problem-solving profiles of students with mathematics disabilities with and without co morbid reading difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 35*, 563-573.

Gagnon, J. C., & Bottge, B. A. (2006). Mathematics instruction in secondary interim, short- and long-term alternative school placements. *Preventing School Failure, 51*(1), 39-47.

Hickey, D. T., Moore, A. L., & Pellegrino, J. W. (2001). The motivational and academic consequences of elementary mathematics environments: Do constructivist innovations and reforms make a difference? *American Educational Research Journal, 38*, 611-652.

Kilpatrick, J. (1967). Problem solving in mathematics. *Review of Educational Research, 39*, 523-524.

Kneller, M. F. (2009). *The use of comics-based cases in anchored instruction* (Master's thesis). Available from ProQuest Dissertation and theses database. (UMI No. 3390649)

Kudryashov, N. A. (2009). Seven common errors in finding exact solutions of nonlinear differential equations. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, *14*(9/10), 3507-3529.

Lamberg, T. D., & Middleton, J. A. (2009). Design research perspectives on transitioning from individual micro-genetic interviews to a whole-class teaching experiment. *Educational Researcher, 38*(4), 233-245.

Lashway, L. (2004). The mandate: To help low-performing schools. *Teacher Librarian, 31*(5), 25-27.

Lave, J., Smith, S., & Butler, M. (1988). Problem solving as an everyday practice. In R. I. Charles & E. A. Silver (Eds.), *The teaching and assessing of mathematical problem solving* (pp. 61-81). Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.

Lave, J., & Wenger, E. (1991). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lee, J., Grigg, W., & Dion, G. (2007). *The nation's report card: Mathematics 2007 (NCES 2007-494)*. Washington, DC: National Center for Education Statistics, Institute of Education Sciences, U.S. Department of Education.

Lesh, R., & Kelly, A. (2000). Multi-tiered teaching experiments. In A. E. Kelly & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 197-230). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Lin, T., Hsu, Y., & Cheng, Y. (2011). Emerging innovative teacher education from situated cognition in a web-based environment. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, *10*(2), 100-112.

Loveless, T. (2004). *The Brown Center report on American education: How well are American students learning?* Washington, DC: The Brookings Institution.

Maccini, P., & Gagnon, J. C. (2006). Mathematics instructional practices and assessment accommodations by secondary special and general educators. *Exceptional Children*, *72*, 217-234.

Mayer, R. E. (1987). *Educational psychology:A cognitive approach*. New York, NY: Harper Collins.

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychology, 38*(1), 43-52.

Middleton, J. A., Gorard, S., Taylor, C., & Bannon-Ritland, B. (2008). The "Complete" design experiment: From soup to nuts. In A. E. Kelly, R. A. Lesh, & J. Y. Baek (Eds.), *Handbook of design research methods in education: Innovations in science, technology, engineering, and mathematics learning and* *teaching* (pp. 21-46). New York, NY: Routledge.

Montgomery, D. (2003). *Gifted & talented children with special educational needs: Double exceptionality*. London: David Fulton Publishers.

National Council of Supervisors of Mathematics [NCSM] (1977). Position paper on basic mathematical skills. *Arithmetic Teacher*, *25*, 19-22.

National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] (1980). *An agenda for action, recommendation for school mathematics of the 1980`s*. Palo Alto, CA: Dale Seymour Publications.

Pan, H. M. (1993). *A study of metacognitive behaviors in mathematical problem solving of older elementary school students in Taiwan* (Unpublished doctoral dissertation). University of Northern Colorado, Colorado.

Polya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton, NJ: Princeton University Press.

Prado, M. M., & Gravoso, R. S. (2011). Improving high school students' statistical reasoning skills: A case of applying anchored instruction. *Asia-Pacific Education Researcher*, *20*(1), 61-72.

Putt, I. J. (1978). *An exploratory investigation of two methods of instruction in mathematical problem solving at the fifth grade level* (Unpublished doctoral dissertation). Indiana University, Indiana.

Raghubar, K., Cirino, P., Barnes, M., Ewing-Cobbs, L., Fletcher, J., & Fuchs, L. (2009). Errors in multi-digit arithmetic and behavioral inattention in children with math difficulties. *JLearn Disability*, *42*(4), 356-371.

Rittle-Johnson, B., & Koedinger, K. R. (2005). Designing knowledge scaffolds to support mathematical problem solving. *Cognition and Instruction, 23*, 313-349.

Sanny, R., & Teale, W. H. (2008). Using multimedia anchored instruction cases in literacy methods courses: Lessons learned from pre-service teachers. *Journal of Literacy & Technology, 9*(1), 2-35.

Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Orlando, FL: Academic Press.

Schweder, W., & Wissick, C. A. (2008). Using video-based anchored instruction to teach functional behavior analysis. *Journal of Special Education Technology, 23*(2), 50-55.

Silverman, R. (2007). A comparison of three methods of vocabulary instruction during read-alouds in kindergarten. *Elementary School Journal, 108*(2), 97-113.

Swanson, H. L., Jerman, O., & Zheng, X. (2009). Math disabilities and reading disabilities: Can they be separated? *Journal of Psycho-educational Assessment, 27*(3), 175-196.

Tabbers, H. K., Martens, R. L., & van Merrienboer, J. J. G. (2004). Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. *The British Journal of Educational Psychology, 74*, 71-81.

Woodward, J. (2004). Mathematics education in the United States: Past to present. *Journal of Learning Disabilities, 37*, 16-31.

The Effects on Using Enhanced Anchored Instruction to Improve Word-problem Solving Abilities of Low-Achieving Students in Mathematics

Wen Fu Pan*   Min Chieh Tsai**

The first purpose of this study is to help improve the abilities of low-achievers in mathematics of a Hualien aboriginal primary school with their third-grade math word problems. It also aims to compare the effects on problem-solving strategies between traditional anchored instruction (AI) and enhanced anchored instruction (EAI). The pretest, posttest, and delayed alternate posttest used in this study contain 20 third-grade math word problems from Academic Competence Test Bank of Hualien County (2007-2011). The participants in this study are 30 low-achievers from the pretest. They are randomly assigned to the experiment and control groups for a 20-session remedial course during the winter vacation in January 2013. The materials designed are based on the items from the pretest where students failed to answer correctly, e.g., with poor performance under 60%. The anchored animations were used, for both groups, as supplement materials to help learners' comprehension during the instruction. This study employed *t*-test and one-way ANCOVA to investigate both within-groups and between-groups effects. The results show that: 1) The AI and EAI are effective for improving low-achievers' comprehension of word problems as well as their problem-solving abilities; 2) Applying EAI strategies (e.g., hands-on practices, role play, and analogy exercises) are more effective approaches to improve learners' word-problem solving abilities.

Keywords: aboriginal, enhanced anchored instruction, low-achieving, math word problems, problem-solving

* Corresponding Author: Wen Fu Pan, Associate Professor, Department of Education Administration & Management, National Dong Hwa University

**Min Chieh Tsai, Teacher, Sui-Yuan Elementary School, Haulien County