

基模化電腦影片及動畫對聽障學生解算術金錢應用文字題成效之研究

朱經明

亞州大學

摘 要

本研究之主要目的在以基模化電腦影片及動畫協助聽障學生解算術金錢應用文字題。研究設計分為兩階段：第一階段採用之研究方法為希臘-拉丁方格設計。第二階段採用之研究方法為一個控制組二個實驗組前後測設計。研究樣本為聽障學生共 25 人，包括：第一階段聽障學生 12 人，第二階段聽障學生 13 人。主要研究結果有：(1)聽覺障礙學生在以基模化影片及動畫呈現之算術應用題得分高於算術文字題。基模化影片及動畫能超越文字的鴻溝，適合聽障生優勢視覺管道。(2)就算術文字題來說，國小六年級及國中二年級聽障學生樣本之得分平均數低於同年級普通班學生。(3)聽障學生的數學能力隨年級而增進，國中二年級聽障學生樣本在算術文字題、影片算術應用題及動畫算術應用題，得分均高於國小六年級聽障學生樣本。(4)在情意態度方面，大部分聽障學生樣本對影片及動畫有正面的看法。(5)以基模化動畫輔助算術文字題之教學成效，達到.05 顯著水準($p = .018$)。以基模化影片輔助算術文字題之教學成效，未達.05 顯著水準($p = .072$)。(6)在單步驟題，學生由前測正確率 50%進步到後測 85.2%；在多步驟題，學生由前測正確率 22.2%進步到後測 63%，多步驟題進步約 3 倍。

關鍵字：基模化影片、基模化動畫、算術應用文字題、聽障學生

壹、緒論

金錢應用或消費是一般人生活必須的基本技能，對收入普遍較低的聽障者更是重要，是訓練其獨立生活的必備技能。聽障者常因溝通困難，對需與聽人溝通的消費情境常感到困擾與怯步，因而影響其生活適應。金錢應用或消費通常是屬於算術應用題的範疇，而算術應用題正是數學中聽覺障礙學生最感到困難之所在。Ansell 和 Pagliaro (2006) 發現即使以美國手語呈現算術應用題，對聽障生解題並無幫助。本研究嘗試以生活化影片及動畫提升聽障者此一關鍵生活技能。Blatto-Vallee、Kelly、Gaustad、Porter 和 Fonzi (2007) 研究發現基模圖(schemas)有助於聾生數學文字題解題能力，一般的圖 (picture) 或圖示 (icon) 則無此功能。Lang 和 Pagliaro (2007) 研究聾生對幾何名詞的記憶，發現圖像化是記憶的最佳預測值，他們建議聾生的教學要由心理基模來建立知識。Edens 和 Potter (2007) 指出學生對空間理解的水準、使用基模圖與數學文字題解題表現有關。Jitendra、Griffin、Deatline-Buchman、Sczesniak 和 Edward (2007) 研究基模本位教學 (schema-based instruction, 簡稱 SBI) 對兩個三年級低能力班級和一個特殊班級的教學成效。發現由前測至後測，其問題解決能力及計算流利性均有進步。同時，學生認為基模本位教學有助於問題解決。Xin、Jitendra 和 Deatline-Buchman (2005) 研究基模本位教學和一般策略教學策略 (general strategy instruction, 簡稱 GSI) 的差異，發現在後測及類化測驗上，基模本

位教學均優於一般教學策略。van Garderen (2006) 研究發現使用基模圖和數學文字題解題能力有正相關，一般的圖形(pictorial images)則無相關。Masataka (2006) 研究發現：雖然聾人在正式數學的減法算術題表現不如聽人，但若將減法算術題目改為圖像方式呈現，聾人之正確率反而超過聽人，並達到顯著水準。Kintsch (1988) 指出數學文字題的組成有時會超過學生短期記憶的負擔，而 Jitendra & Hoff (1996) 認為以基模圖為基礎的教學策略，對文字題語意關係的組織化，有助於克服學生短期記憶的缺陷。皮亞傑 (引自 Kyriacou, 1986, p. 37) 主張長期記憶的認知結構基本上是由基模圖所組成。因此本研究嘗試以基模化影片 (schematic video) 與基模化動畫 (schema-based animation)，協助聽障學生解算術金錢應用文字題，並提升其解題能力。

Fuchs 等人(2006)發現基模增廣教學使實驗組學生成績顯著優於控制組，尤其在真實生活(real-life)的數學問題上。影片所呈現的真實情境應有助於聽障生理解數學文字題，情境學習理論強調學習者必須在真實的環境中，經由與所處環境互動，主動探索知識，只有在真實情境下學習才能將所學的知識與技能應用在真實的情境中。Bottge、Heinrichs、Chan、Mehta 和 Watson (2003) 發現影片本位(video-based)的應用問題教學使接受補救教學的學生達到一般學生的水準。Chambers (1997) 指出，使學生理解數學在真實情境中的應用特別重要，影片可有效提供真實情境的經驗，而沒有實地經驗的花費、危險和不便。Hasselbring 和 Moore (1996) 使用影片和語

音故事提供實際情境讓學生學會收集資料、定義問題、解決問題。影片可成為特教學生與文字的橋樑，學生即使閱讀能力不佳，也能了解相當複雜的問題，同時有較高的學習動機。Bottge 和 Hasselbring (1999)指出許多學生討厭數學，是因為數學問題與他們生活中所遇到的實際情境無關。Collins (1989)認為電腦輔助教學正是實施情境學習最有效的工具，透過適當的設計可以在電腦的環境中呈現一些實際的學習情境，激發學習者思考的能力。以情境學習理論所設計的電腦化學習情境，比書本型式、教室上課型式、說教型式、測驗型式，或是單調練習式的電腦輔助學習方式，更能提供學習的情境，並有更佳的學習樂趣及學習效果。將教學科技媒體與情境教學理論加以整合，能使真實情境得到模擬與重建，將真實的情境帶入學習活動中，提供學習者學習。透過電腦動畫、電腦視訊、電腦音訊及電腦的操作介面，將可以在電腦畫面上呈現模擬情境，讓學生在接近真實的情境中進行學習活動（邱貴發、鍾邦友，民 82）。美國全國數學教師會 (National Council of Teachers of Mathematics, 2004)指出：「我們生活在數學的世界中，例如當我們要買東西時，我們就需要數學的知識。」聽障生因聽力的障礙，無法聽到日常的數學語言，使得數學經驗受到剝奪。本研究認為如果能夠透過基模化電腦影片及動畫呈現真實性金錢應用及消費情境，應能使數學應用題與實際生活產生連結，充實聽障生數學經驗。

由於聽障生通常閱讀理解能力較弱，因而影響其解題能力，因此本研究乃開發出一套基模化電腦影片及動畫數學解題系

統，以探究影片及動畫是否能超越文字的鴻溝，提升聽障生的解題能力。聽障者常因溝通困難，對需與聽人溝通的消費情境常感到困擾與怯步。本系統提供各種日常生活消費情境，讓聽障者有重複練習與模擬的機會。另外，聽障者也可練習各種步驟的四則運算情境，電腦對答案是否正確並能立即回饋，如此可熟練日常生活所需的四則運算。綜上所述，本研究之主要研究問題為：

研究階段一：

- 1.1 基模化電腦影片及動畫對聽障生是否較文字題容易理解？
- 1.2 聽障生是否喜歡影片及動畫超過文字？

研究階段二：

- 2.1 基模化電腦影片及動畫是否能提升聽障生的解題能力？
- 2.2 基模化電腦影片及動畫對單步驟題及多步驟題之影響如何？

貳、文獻探討

一、聽覺障礙學生之數學困難

整體而言，聽覺障礙學生的數學成就明顯低於其耳聰同儕，差異的程度約在 1.5 至 4 年間（張蓓莉，民 95）。聽障生通常閱讀能力較弱，大部份聾生閱讀無法超越國小三年級及四年級的水準 (Luetke-Stalman & Nielson, 2003)，因而影響其數學應用題解題能力。更因聽力的障礙，無法聽到日常的數學語言，使其數學經驗受到剝奪。林寶貴與竊寶香 (民 80) 指出聽障學生的數學能力隨年級而增進，但與正常學生相較，高三的數學能力仍不

及正常學生國小五年級的程度，此一結果與李如鵬（民 79）的研究：聽障學生數學能力落後正常學生五個年級的結果一致。國外較早之研究，如 Wollman (1965) 調查 13 所聾校學生，發現聽障學生數學科成就落後其耳聰同儕約一個標準差。Wood、Wood、Griffiths 和 Howarth (1986) 比較 414 位聾生與 465 位正常學生，發現聽障學生在數學科成就表現落後耳聰同儕約三年。聽覺障礙學生之數學困難可能源自於早期數學教育之缺乏，由於強調聾生的語言教育因此早期的數學教育相當有限。Moore 於 1985 年對聾生早期介入教育的評鑑即發現數學在早期教育受到忽略 (Moore, 2001)。另外 Baroody (1987) 指出大部份的小孩在入學前即具有不少的非正式數學概念，學齡前的孩童從家庭、同輩、電視及遊戲等方面學到不少的非正式數學。兒童此種非正式的數學是學習正式數學重要的過渡步驟，計算的實務及具體經驗有助於兒童形成數目及算術的能力。教師們必須將正式的數學建立在兒童的非正式數學經驗上，使正式的數學以及學校所教的抽象符號變得有意義及有趣。但是聽障生因聽力的障礙，無法聽到日常的數學語言，因而其非正式數學經驗受到剝奪。

Nunes 和 Moreno (2002) 指出聽障學生數學困難之特徵有二：(1) 無法聽到很多日常生活中的數學語言和經驗，造成訊息剝奪 (information deprivation)，使得其數學概念的發展較聽人遲緩。(2) 對時間上必須倒反推論 (inverse inferences) 的題目有較大的困難，例如「瑪莉有一些糖果，祖母給他三顆，現在瑪莉有八顆糖果，瑪莉原來有幾顆糖果？」Gregory (1998) 發現大約只有

15% 的聽覺障礙學生的數學表現和一般人相當或更好，而造成聽障學生數學困難的原因有三：(1) 對數學用語的困難如「相同」、「一共」、「多」、「差」、「分」、「如果」、「因為」等數學文字題中的關鍵字。(2) 閱讀理解的困難，如果題目中數字出現的次序與實際數學式計算之數字次序不同，常感困難。(3) 無法聽到日常生活中的數學語言，例如「再等一分鐘」、「好幾公里遠」、「太少了」等，因此較缺乏數學語言經驗。林麗慧 (民 77) 認為聽覺障礙學生學習數學的特性有：(1) 固執性強，稍有變化或從事新學習，即束手無策，或固著舊經驗，甚至排斥學習。(2) 順向的計算與思考比較沒有問題，若改為逆向的推理則很難。(3) 需要二個層次以上的思考與運算有困難。(4) 新舊經驗相互抑制、影響，教完一單元後，再學習新單元時，往往新舊經驗混淆或完全忘記舊經驗。(5) 解應用問題，由於詞彙少、語言能力低落，較難掌握題意。

陳明媚、張蓓莉 (民 92) 探討五名聽覺障礙學生在一步驟及二步驟文字題的解題歷程，結果發現：學生對問題的轉譯不完整，部分語意不懂。對於運算方式概念不清，解釋不出自己所列式子的意義。Davis 和 Kelly (2003) 發現聾生閱讀能力與心算能力有關，他們研究 44 位技術學院學生，其中 14 位為聽人，其餘為聾生分為高低閱讀能力二組，以變異數分析進行三組心算能力比較，結果發現有顯著差異，以聽人心算速度最快，其次為高閱讀能力聾生，低閱讀能力聾生最慢。王雅蘭 (民 91) 藉分析國小階段中、高年級聽覺障礙學生簡單加、減法文字題閱讀理解能力。發現聽覺障礙學生文字題閱讀理解能力低落且

發展緩慢。進一步分析學生錯誤表現可知其錯誤多為系統性錯誤，許多學生在學習過一、二年級加、減法文字題後，已對題目中句型形成某種錯誤概念，或僅從學習過程中抓取片段概念，但仍不夠清晰、完整以致無法正確解題。施青豐（民 87）歸納三位受試者的解題歷程錯誤有：閱讀與探究問題、圖示表徵問題、解題執行錯誤、回顧解題與檢查監控的錯誤等。蕭金土（民 85）以事後回溯法分析國小五年級聽障學生的數學錯誤類型包括：(1)不瞭解因數及倍數的概念，(2)缺乏圖形的概念，(3)不瞭解「概數」的意義，(4)對餘數的定位缺乏正確觀念。而主要的數學困難領域則包括：因數與倍數的綜合應用、圖形面積、分數的加減、概數、小數的除法等方面。

洪美連（民 84）以口語應用問題探討聽覺障礙學生數學解題能力與學習態度發現，聽覺障礙學生在故事式與金錢消費技能有關的問題較感困難。翁素珍（民 78）指出，聽障學生普遍有數學學習困難，即使部分學生具有閱讀能力，了解字詞之意義，但仍無法順利解決數學問題。預測影響聽覺障礙學生數學能力的重要因素，以國語文成績與主要溝通方式最能有效預測聽覺障礙學生的數學能力變異量達 40.9%。另外在數學教學時，往往發現聽障學生有注意力渙散、學習保留時間短暫易遺忘、動機薄弱、無法了解抽象符號、數學概念模糊、無法瞭解題意、缺少思考及應變能力等現象。聽覺障礙學生在數學能力診斷測驗較困難的分測驗，依次為金錢、情境推理、分數與小數、測量及時間。李如鵬（民 79）利用問卷調查從事聽障數學教學的教師，就聽障學生在數學科的學

習狀況進行了解，結果發現：(1)聽障學生數學能力最強的項目是計算減的計算，(2)聽障學生數學能力最弱的項目是應用題。與金錢消費技能有關的應用題可說是生存與生活必備的數學能力，教師應採用合適之教學策略協助聽障學生了解與金錢消費技能有關的應用題。本研究即在發展一套與金錢應用及消費技能有關之基模化電腦影片及動畫解題系統，希能充實聽障生生活必備的數學能力。

二、創新教學策略提昇聽障生數學能力

美國全國數學教師會(National Council of Teachers of Mathematics, 2004)強力主張教師應積極教導學生有意義並與真實世界相關的數學問題。但 Pagliaro 和 Kritzer (2005) 發現聾教育教師未使用真實世界導向的離散數學活動教導聾生。Hyde、Zevenbergen 和 Power (2003)研究澳洲 77 位聾生算術文字題解題能力，發現與聽常同儕比較，其解題能力發展較為遲緩。他們認為反映真實世界的情境式的算術文字題，具有真實性並與社會及職業有關，可以擴展聾生的經驗、語言和解題策略與效率。國內張蓓莉（民 85）的研究發現國小啟聰教師在教數學時，多以講述灌輸為主，數學課堂的發問屬於理解及分析的所佔比例甚低。至於綜合、應用評價方面的完全沒有。Pagliaro (1998)指出從幼稚園到高三，聾生並未接受較具改革性的數學教學，而是採用傳統的教學方式如機械式記憶、作業單、和重複練習。Hyde 和 Moores (2001)進一步指出雖然聾生數學受到忽視，但其數學成就卻仍高於閱讀，可見聾生數學可以更好。

張蓓莉（民 95）經過一學期 62 節課的啟動建構學習的教學方式，五位學生中有四位的四則運算能力顯著提升，並呈現延宕效果。一位學生表現不穩，沒有明顯的進步。不過五位學生在實驗教學後對數學課的態度較為積極，信心增加。啟動建構學習的教學方式雖然需要較多的時間，但是可以提升大部分數學低成就聽覺障礙學生的二步驟四則運算能力。Hartman (1994)要求五年級的聾生寫出和數學有關經驗的日誌，以幫助學生了解及表達數學的概念與知識，並可藉以評量聾生的數學概念。Robbins (1990)說明增進聾生數學經驗的技術包括畫圖、數數、測量活動，圖樣(patterns)找尋比較與創造，利用空閒時間及玩具做數學探索等。Kelly 和 Mousley (1998)以下列三種教學策略協助啓聰技術學院聾生解數學應用題：(1)先用手語表達應用題，再將問題及解題方法寫於紙上；(2)解題之前先將問題視覺化；(3)觀察及模仿教師解題分析過程。學生被要求解兩種形式問題：傳統文字題，和文字題配合的視覺及具體操作材料。結果顯示這些策略能提高聾生數學解題能力。Markey、Power 和 Booker (2003)使用包括具體材料、圖畫、和師生互動方式教導四位聾生分數(faction)概念，在 25 小時教學之後被認為數學發展遲緩的四位聾生都能了解分數概念，並加以應用。他們表示喜歡這種學習方式，並對參與學習的感覺很好，其自尊(self-esteem)也因學習成功而提高。

Nunes 和 Moreno (2002)發展出一套以圖形爲主的課程，其目的有二：(1)充實聾生缺少的非正式數學(informal mathematics)經驗，以作爲學習數學課程的基礎。(2)透

過圖形可減輕倒反推論的記憶負擔。他們以無文字的圖畫呈現算術應用題情境協助聾生解題，結果發現：實驗組 23 位聾生雖然前測與控制組 65 位聾生無差異，但後測顯著優於控制組聾生。Masataka (2006)研究發現：雖然聾人在正式數學的減法算術題表現不如聽人，但若將減法算術題目改爲圖像方式呈現，聾人之正確率反而超過聽人，並達到顯著水準。Lewis 和 Jackson (2001)研究聽覺障礙學生及聽力正常學生在有無影像二種情況下，閱讀字幕理解情形之差別，研究結果發現在有影像的情況下，聽覺障礙學生閱讀理解顯著提升，顯示視覺訊息對聽覺障礙學生的重要性。一般而言，聽障學生之視覺組織、視動協調、空間分析與綜合能力較優，充分應用其優秀之視覺能力可充實其數學經驗。

三、電腦提昇聽障生數學能力

Barham 和 Bishop (1991)發現以電腦輔助聾生學習數學具有下列優點：(1)提昇聾生注意力，(2)聾生可控制自己的學習步調，(3)電腦爲視覺性可克服聾生語文障礙，(4)電腦具重複性有助聾生學習與練習，(5)可調整難度使聾生有成功經驗，(6)教師可控制電腦融入教學活動。電腦很早就被使用來協助聾生學習數學，Castle (1982)說明加州 Riverside 啓聰學校的數學電腦實驗教室的設計、發展與實施。這個數學實驗室的主要教學軟體稱爲 Math City。Math City 包括 738 堂課，從基本數學到代數觀念都有。課的長度從十秒鐘到十分鐘都有，以減少厭倦感。學生在 40 分鐘的一節課中可完成 3 到 20 課。這個系統的一個特色是：有一個編輯系統可以使老師或治療師自行發展教學內容、測驗題

目或指定某一部分做重複練習，因此相當有彈性。Math City 軟體英文的閱讀水準是從二年級到八年級之間。Grant 和 Semmes (1983)則應用 LOGO 電腦語言於學前聽障兒童及正常兒童。研究的目的是要提昇他們空間視覺化的發展，以及介紹一個相對於人類語言的邏輯符號系統。研究結果顯示這些學前兒童能夠使用 LOGO 的命令和小烏龜圖形，並有成功的學習經驗。Stone (1983)也以 LOGO 教導八至十二歲的聽障兒童，結果學生只用三個指令—FD (向前)，RTURN (右轉到 30 度)，LTURN (左轉 30 度)就能在螢幕上創造各種圓形。Stone 認為 LOGO 的真正力量在於它能被聽障兒童教導，及聽障兒童能夠以 LOGO 設計程式解決問題。

Kelly (2003)建立一個數學問題解決網站 (<http://problemsolve.rit.edu/>) 提供數學文字題庫及解題指導，協助聽覺障礙及學習障礙學生。學習者以按連結鈕方式獲得協助，共有五個連結鈕：動畫或圖形、字彙解釋、問題重點、已知訊息、需要訊息。Bottge 和 Watson (2002)研究使用影片幫助特殊學生解數學應用題，稱為定錨教學(anchored instruction)，發現可提升身心障礙學生解數學應用題能力。在定錨教學中，不用傳統的印刷字呈現題目，而以播放影片的方式呈現，讓學生重覆看影片找出解題訊息，這種學習經驗的情境化有助於學生面對未來需要應用數學的情境。目前電腦處理影片非常方便，若能結合電腦與影片讓實際情境於電腦中呈現，應更能充實聾生數學經驗，解決實際數學問題及增進其獨立生活之能力。虛擬實境(virtual reality)係以 3D 立體圖形製作程式為主軸

創造一個虛擬的世界，在此虛擬世界中，使用者有如身處於一個真實的環境。Pessig 和 Eden (2000a)研究發現虛擬實境中的 3D 物件旋轉可改善 14 位聽障兒童(8 歲至 11 歲)的彈性思考能力，前後測有顯著差別。在另一個類似的研究，Pessig 和 Eden (2000b)亦發現 3D 物件旋轉實驗組與 2D 遊戲控制組比較，前者(受試者為 21 位聽障學生)有較好的形狀推理能力。Kelly 和 Mousley (2001)研究比較 33 個大學聾生和 11 聽常大學生在 30 個分別以數字圖畫形式及文字題形式呈現之數學應用題之表現差異。結果發現大學聾生和聽常大學生在數字圖畫形式之表現並無顯著差異，但在文字題形式，聽常大學生表現顯著優於大學聾生。聽常大學生兩種形式的題目上表現相當一致，閱讀能力較高之大學聾生在文字形式應用題上表現顯著優於閱讀能力較低之大學聾生。

朱經明(民 90)以漸進提示動態評量系統協助小二學習障礙學生解數學文字題，發現只有 1%的情況，數學障礙學生經漸進提示協助後，仍然完全不會。朱經明、林秋榮(民 91)將該提示系統電腦化，並發現電腦化漸進提示動態評量和人工漸進提示動態評量數學解題系統均能提昇國小學習障礙學生數學文字題解題能力。電腦化漸進提示動態評量組所需時間較短，因此較為經濟。張淑媛(民 92)進一步利用電腦影片漸進提示系統協助聽障學生解數學文字題，研究對象為三位小學三年級聽障學生，介入教學階段由研究者以電腦影片漸提示對每一位研究對象進行二週共八次教學：每週四節課，每節 40 分鐘。每次進行完一個教學活動時，教師立即對研

究對象進行評量記錄，記下每位學生的解題作答分數，介入教學後平均答對率為 87%，追蹤期平均答對率為 95%，具保留效果。本研究進一步利用聽障生優勢視覺學習管道，透過基模化電腦影片及動畫充實其數學經驗。更可配合數學知識與概念的學習階段：由具體、半具體到抽象，將具體化、基模化、生活化的真實情境電腦影片及動畫畫面融入數學的教學中，對聽障生的解題能力發展應會有幫助。

參、研究方法

一、受試者

本研究受試者包括國小啟聰班聽障受試 17 人，國中啟聰班聽障受試 8 人，共 25 人。國小啟聰班聽障受試 17 人中有：男生 9 位，女生 8 位，均為國小六年級學生。國中啟聰班聽障受試 8 人中有：男生 5 位，女生 3 位，均為國中二年級學生。

本研究國小六年級受試者取樣自三所國民小學，國中二年級受試者取樣自一所國民中學。由於受試均係啟聰班學生，而非融合教育之聽障生，故其學業能力大致較低。以國中二年級 8 位受試來說，其多因素性向測驗之語文推理及數學推理能力，除一位標準九達到 3 分外，其餘 7 位語文推理及數學推理能力標準九均在 1 分至 2 分之間。國小六年級 17 位聽障受試，瑞文氏圖形推理測驗得分則在百分等級 1 至 90 之間。不過瑞文氏係圖形推理，與學業之相關不如其他語文能力測驗。整體而言，本研究國小六年級樣本學業能力仍然偏低。

二、研究工具

本研究之研究工具為基模化電腦影片及動畫數學解題系統，本系統包括 32 個與金錢應用及消費有關的問題，如圖 1 所示。

銀行	小吃店	量販店	飲料店
藥局	早餐店	客運車站	麥當勞
診所	麵包店	火車站	火鍋店
理髮店	簡餐店	服飾店	牛排店
數位相機	郵局	菜市場	海生館
電腦店	書局	水果店	科博館
電器行	便利商店	百貨公司	自助餐
電腦螢幕	停車場	眼鏡行	電影院

圖 1 基模化電腦影片及動畫數學解題系統目錄

本研究之基模化電腦影片為以數位攝影機拍攝真實的金錢應用及消費情境，並

以 Flash 設計基模，圖 2 為基模化影片算術應用題舉例：



圖 2 基模化電腦影片算術應用題舉例：「自助餐素菜一份 15 元，葷菜一份 25 元，飯一碗 10 元，阿民等人點了素菜 2 份，葷菜 3 份，飯 3 碗，請問自助餐可收入多少元？」

本研究之基模化動畫亦以 Flash 設計，較傳統靜止畫面更能顯示算術運算之次序與步驟，例如以動態方向線使受試者了解

運算之次序與步驟。圖 3 為基模化動畫算術應用題畫面舉例：

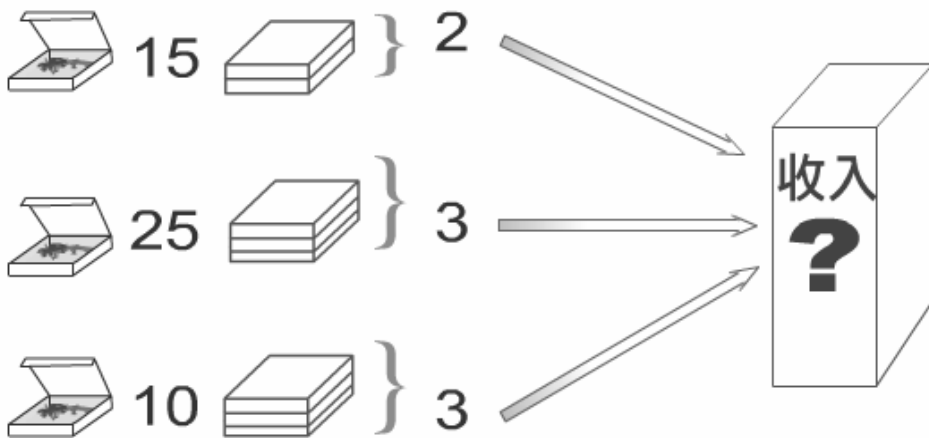


圖 3 基模化動畫算術應用題畫面舉例：「自助餐素菜一份 15 元，葷菜一份 25 元，飯一碗 10 元，阿民等人點了素菜 2 份，葷菜 3 份，飯 3 碗，請問自助餐可收入多少元？」

本研究工具效度方面，因國內並無為聽障學生設計之類似系統，故無法採效標效度，僅採內容效度即課程或邏輯效度。由研究者與其聽障親屬，就其日常生活中

常需經歷之食衣住行育樂各重要類別，設計算術金錢應用及消費問題 32 題如表 1 所示，表中飲食類應用題較多，係因飲食為生存最基本之需求。

表 1 基模化影片及動畫數學解題系統內容分析

飲食類	衛生穿著類	交通類	育樂類	電器類	其他重要場所
早餐店	藥局	火車站	書店	電器行	銀行
自助餐	診所	公車站	電影院	數位相機	郵局
小吃店	理髮店	停車場	海生館	電腦店	便利商店
麵包店	眼鏡行		科博館	電腦螢幕	量販店
簡餐店	服飾店				百貨公司
飲料店					菜市場
麥當勞					
火鍋店					
牛排店					
水果店					

將 32 個數學金錢消費問題題目分為 4 個平行題本(parallel forms)，每個平行題本

前 6 題為單步驟題，後 2 題為多步驟題。其配置如表 2：

表 2 基模化影片及動畫數學解題系統題型分析

平行題本	單步驟題	多步驟題
甲	銀行、小吃店、量販店、飲料店、數位相機、郵局	菜市場、海生館
乙	藥局、早餐店、公車站、麥當勞、電腦店、書店	水果店、科博館
丙	診所、麵包店、火車站、火鍋店、電器行、便利商店	百貨公司、自助餐
丁	理髮店、簡餐店、服飾店、牛排店、電腦螢幕、停車場	眼鏡行、電影院

信度方面，本研究工具採平行題本相關。將 32 個數學金錢消費問題分為甲、乙、丙、丁四個平行題本，每個平行題本八題共八種題型，每個平行題本之題型均相同。由於聽障生取樣較困難，以國小六年級普通班 31 位學生及國中二年級普通班 33 位學生為預試對象，因本研究之研究對象為國小六年級及國中二年級啟聰班學生，故取同年級普通班學生為預試對象。

四個平行題之間的相關均達到.01 之顯著水準。

三、方法與步驟

本研究第一階段採希臘-拉丁(Greco-Latin)方格設計，為一 3x3x3 的平衡對抗設計(counterbalanced design)。本設計針係對研究問題 1.1:基模化電腦影片及動畫對聽障生是否較文字題容易理解？表 3 中，行表示施測順序，列表示受試者，英文字

母 A、B、C 表示數學應用題的四種呈現方式：中文、影片、動畫。希臘字母 α 、 β 、 γ 表示數學應用題的三個平行題本，就本研究來說， α 、 β 、 γ 係指甲、乙、丙三個平行題本。在希臘-拉丁方格設計中，每行每列均出現有 A、B、C 及 α 、 β 、 γ ，但排列次序均不相同，故能獲得平衡對抗的效果。本希臘-拉丁方格設計將顯示文字、影片、動畫之主要效果之差別，而不同施測順序、不同受試者、及不同平行題本之影響將互相平衡抵銷。本階段主要在探討文字、影片、動畫三種呈現方式，對聽障生解算術應用題差異之情形。本階段受試聽障學生樣本共 12 位，包括 8 位國中啟聰班聽障學生，及 4 位國小啟聰班聽障學生。另針對研究問題 1.2：聽障生是否喜歡電腦影片及動畫超過文字？本研究以問卷調查這 12 位聽障學生樣本對電腦影片及動畫情意態度方面的意見。本問卷之 Cronbach 內部一致信度為 .81。

表 3 第一階段希臘-拉丁方格設計

列	行		
	1	2	3
1	A α	B γ	C β
2	B β	C α	A γ
3	C γ	A β	B α

針對研究問題 2.1：基模化電腦影片及動畫是否能提升聽障生的解題能力？本研究第二階段為電腦輔助教學，共有受試 13 位，均為國小六年級學生，將 13 位學生名字寫於紙條，摺起放於紙箱中，以抽籤之隨機方式分派至控制組、影片組及動畫組。影片組人數多一人，因本研究第一個研究變項為基模化影片。其研究設計如表 4：

表 4 第二階段數學文字題電腦輔助教學研究設計

組別	前測	實驗處理	後測
控制組 (n=4) R	O		O2
影片組 (n=5) R	O3	X1	O4
動畫組 (n=4) R	O5	X2	O6

表 4 中控制組未接受電腦輔助教學，影片組接受基模化電腦影片輔助教學組，動畫組接受基模化動畫電腦輔助教學組。R 代表隨機分派；O1、O3、O5 代表算術文字題前測；X1、X2 代表電腦輔助教學；O2、O4、O6 代表算術文字題後測。

本電腦輔助教學階段共使用 24 題即甲、乙、丙三個平行題本，丁平行題本作為追蹤測驗之用。教學由二位啟聰班教師擔任，每位均以影片教一半之學生而以動畫教另一半之學生，可避免因教師不同造成結果之差異。教學過程係採一對一方式，實驗場所為啟聰班教室。由教師利用電腦影片或動畫與文字題相互對照，利用聽障生較佳之圖像能力，了解文字題與基模化影片的關聯，或是文字題與基模化動畫的關聯。教學過程強調基模圖與文字題結構之關係，並請學生嘗試將文字題目畫成基模圖，以增進學生對文字題結構的理解。學生需熟練本研究之各種題型，教學一直進行至 24 題全部做對為止。學生除了熟練題型外，透過電腦之立即回饋性，學生可熟練加減乘除之運算。本系統每次執行時數字會隨機變動，因此學生需實際計算而不能死記答案。一週後進行後測，一個月後進行追蹤測驗，以了解學生維持及類化學習成果之情形。

肆、研究結果與討論

一、第一階段希臘-拉丁設計之結果

(一) 描述統計

國小六年級聽障受試在希臘-拉丁設計三種題目形式之平均數如表 5 所示，基模化動畫及影片之分數高於文字題，可見基模化動畫及影片可以超越文字的鴻溝。

表 5 國小六年級及國中二年級聽障受試之描述統計

題目形式	國小六年級 (n = 4)		國中二年級 (n = 8)	
	M	SD	M	SD
文字	4.2500	1.70783	6.2500	2.25198
動畫	6.7500	.50000	7.5000	1.06904
影片	6.5000	1.73205	7.3750	1.18773

就文字題來說，國小六年級聽障生文字題之平均得分為 4.2500；而同年級普通班學生 (n = 31) 之平均得分為 6.9140。國中二年級聽障受試文字題之平均得分為 6.2500，而同年級普通班學生 (n = 33) 文字題之平均得分為 7.4040。聽障生之得分低於同年級普通班學生，與前述聽覺障礙學生的數學成就明顯低於其耳聰同儕之文獻探討結果相符。國中二年級與國小六年級聽障學生比較，在希臘-拉丁設計三種題目形式，文字題、動畫及影片，國中二年

級三種分數均較高。這與林寶貴與綺寶香 (1991) 所指出聽障學生的數學能力隨年級而增進，結果亦相符。

(二) 情意態度方面的意見

在比較以上共 12 位聽障受試在文字、影片、動畫三種題目形式認知理解上的差異之後，以問卷調查這 12 位聽障學生樣本對基模化電腦影片及動畫情意態度方面的意見。結果如表 6 所示大部分聽障學生樣本對影片及動畫有正面的看法，平均數大多在 4 分即「同意」附近：

表 6 聽障學生受試 (n=12) 使用基模化電腦影片及動畫數學系統之問卷調查結果

項目	非常同意	同意	無意見	不同意	非常不同意	M
1.我覺得影片較文字有趣	7	3	1	1	0	4.333
2.我覺得動畫較文字有趣	5	4	2	1	0	4.083
3.我覺得影片較文字真實	1	8	3	0	0	3.833
4.我覺得動畫較文字真實	1	10	1	0	0	4.000
5.我喜歡用影片學習數學	6	1	3	1	1	3.833
6.我喜歡用動畫學習數學	5	4	2	1	0	4.083
7.我覺得影片可幫助數學學習	5	4	1	2	0	4.000
8.我覺得動畫可幫助數學學習	3	7	0	2	0	3.917
9.我希望老師能常用影片教學	3	4	3	2	0	3.667
10.我希望老師能常用動畫教學	5	4	1	1	1	3.917

二、第二階段電腦輔助教學結果

(一) 控制組、影片組和動畫組共變數分析結果

本研究第二階段為電腦輔助教學，將國小六年級聽障學生樣本共 13 位隨機分派至控制組、電腦影片輔助教學組和電腦動畫輔助教學組。數學文字題前測為共變量，後測為依變數。首先需進行迴歸係數同質性檢定，表 7 顯示迴歸係數同質性檢

定 F 值為 2.712，未達顯著水準，雖然因樣本較小不易推翻迴歸係數同質性，不過單因子共變數分析頗具強健性 (Glass & Hopkins, 1996)，因此可繼續進行一般的單因子共變數分析。

表 8 顯示在 3 組受試前測以統計控制為相等的情況下，三組後測成績差異仍達到 .05 顯著水準。

表 7 迴歸係數同質性檢定表

Source	SS	df	MS	F	p
組別 * 前測	74.460	2	37.230	2.712	.134
誤差	96.088	7	13.727		

$p > .05$.

表 8 三組後測成績共變數分析摘要表

Source	SS	df	MS	F	p
組別	165.841	2	82.920	4.376	.047
誤差	170.548	9	18.950		

* $p < .05$.

表 9 調整後三組後測平均數及事後成對的比較

組別	M	SD	與控制組比較差異顯著性
控制組 (n=4)	12.340	2.200	
影片組 (n=5)	18.320	1.948	.072
動畫組 (n=4)	21.511	2.216	.018*

* $p < .05$.

因研究設計為一個控制組二個實驗組，事後比較以控制組與二個實驗組分別比較如表 9。三組調整後平均數事後比較顯示：動畫組與控制組之平均數差異顯著性為 .018，達到 .05 顯著水準，但影片組與控制組之平均數差異顯著性為 .072，接近 .05 顯著水準，主要是樣本數較小不容易達到顯著水準。

(二) 單步驟題及多步驟題卡方檢定結果

若將二個實驗組合併，受試樣本共 9 人，每人需做 24 題，則總共做的題目個數為 $9 \times 24 = 216$ 。依單步驟題及多步驟題分別列出其正確及錯誤的個數及百分比，並進行卡方檢定。表 10 顯示前測單步驟題及多步驟題正確率卡方檢定值為 12.746**，後測單步驟題及多步驟題正確率卡方檢定

值為 12.330**，均達到.01 顯著水準。單步驟題解題正確率，無論前測或後測均高於多步驟題正確率。在單步驟題，學生由前測正確率 50%進步到後測 85.2%；在多步驟題，學生由前測正確率 22.2%進步到後

測 63%。聽障生與聽常學生一樣均對多步驟題較感困難，不過正確率由 22.2%進步到 63%，幾乎是三倍，基模化影片或動畫似乎有不錯的效果。

表 10 前後測單步驟題及多步驟題正確率卡方檢定表

前測			正確	錯誤	總和	卡方值
題型	單步驟題	個數	81	81	162	12.746**
		%	50.0%	50.0%	100.0%	
	多步驟題	個數	12	42	54	100.0%
		%	22.2%	77.8%	100.0%	
總和		個數	93	123	216	100.0%
		%	43.1%	56.9%	100.0%	
後測			正確	錯誤	總和	卡方值
題型	單步驟題	個數	138	24	162	12.330**
		%	85.2%	14.8%	100.0%	
	多步驟題	個數	34	20	54	100.0%
		%	63.0%	37.0%	100.0%	
總和		個數	172	44	216	100.0%
		%	79.6%	20.4%	100.0%	

** $p < .01$.

最後在平行題本丁的追蹤測驗上，影片組和動畫組織的正確率分別為 77.5%和 81.25%。這顯示基模化影片或動畫，因強調文字題結構的理解，使學生熟練本研究之各種題型，因此學生可將解題技能類化至相同題型之題目，誠如皮亞傑所說長期記憶的認知結構基本上是由基模圖所組成 (Piaget 和 Inhelder, 1969, 引自 Kyriacou, 1986, p. 37)。同時基模的視覺性也適合聽障生的視覺優勢學習管道，因此基模化影片或動畫可作為聽障生數學文字題教學的輔助工具。而且動態影片或動畫能夠引起學生學習數學文字題的動機，尤其是動態影片所呈現的真實情境應有助於聽障生理

解數學文字題與生活有密切關係。Fuchs 等人 (2006)即發現基模增廣教學使實驗組學生成績顯著優於控制組，尤其在真實生活的數學問題上。聽障者常因溝通困難，對需與聽人溝通的真實情境常感到困擾與怯步。本系統提供各種日常生活真實情境，讓聽障者有重複練習與模擬的機會，使其獲得獨立生活所需的必備技能。基模化影片或動畫，由於具有真實性、趣味性、視覺性、組織性、簡潔性，不僅有益於聽障生。對於其他文字理解及記憶能力較弱、學習動機低落的學習困難兒童，亦應有相當助益。以電腦產生基模化影片或動畫，較手繪基模圖，更具真實性、美

觀性、與便利性。教師可充分利用電腦科技的這些特性，協助聽障學生及其他學習困難兒童獲得獨立自主的生活基本技能，成爲成功的消費者，達成學習無障礙的理想。

伍、結論與建議

一、結論

- (一) 希臘-拉丁方格設計描述統計結果顯示：聽覺障礙學生在以基模化影片及基模化動畫呈現之算術應用題得分高於文字算術應用題。影片及動畫能超越文字的鴻溝，適合聽障生優勢視覺學習管道。
- (二) 就文字算術應用題來說，國小六年級及國中二年級聽障學生樣本之得分平均數低於同年級普通班學生，與文獻探討結果相符。
- (三) 聽障學生的數學能力隨年級而增進，國中二年級聽障學生樣本在文字算術應用題、基模化影片及基模化動畫呈現之算術應用題，得分均高於國小六年級聽障學生樣本。
- (四) 在情意態度意見方面，大部分聽障學生樣本對基模化影片及動畫有正面的看法：認爲基模化影片及動畫較文字有趣及真實，可幫助數學學習，並希望老師能利用影片及動畫輔助教學。
- (五) 基模化影片及動畫輔助算術文字題教學成效，事後成對比較檢定結果顯示：動畫組平均進步分數較控制組爲高，達到.05 顯著水準；影片組平均進步分數亦較控制組爲高，接

近.05 顯著水準。動畫組與影片組之間則無顯著差異。

- (六) 在單步驟題，學生由前測正確率 50%進步到後測 85.2%；在多步驟題，學生由前測正確率 22.2%進步到後測 63%。聽障生與聽常學生一樣均對多步驟題較感困難，不過正確率由 22.2%進步到 63%，幾乎是三倍，基模化影片或動畫似乎有不錯的效果。
- (七) 在追蹤測驗上影片組和動畫組的正確率分別爲 77.5%和 81.25%，這顯示基模化影片或動畫，因強調文字題結構的理解，使學生熟練本研究之各種題型，因此學生可將解題技能類化至相同題型之題目。

二、建議

- (一) 視覺刺激是聽覺障礙者主要獲得訊息的來源，而視覺學習也是聽障者主要的學習管道。因此，利用影片及動畫所設計出的電腦輔助教學軟體，符合聽覺障礙者的學習特質，尤其基模圖有助於聽障生對文字題結構的理解，及提升其數學文字題解題能力。本研究顯示基模化影片及動畫能超越文字的鴻溝，適合聽障生優勢視覺學習管道。這可做爲從事聽障教學的相關人員之參考，建議他們多運用基模化影片及動畫來教導聽覺障礙學生算術文字題。
- (二) 本研究主題算術金錢應用題與日常生活息息相關，更是聽障者獨立生活的必備技能。聽覺障礙學生的文字理解不足，又無法聽到日常的數學語言，使其數學經驗受到剝奪。

建議教學時將日常生活中有關數字的情境書寫成文字，讓應用題的情境和日常生活相結合，將有助於學生對算術文字題的理解與推論。

- (三) 建議聽障者利用本系統提供的各種日常生活金錢應用情境，練習各種步驟的四則運算情境，電腦會對答案是否正確立即回饋，如此可熟練日常生活所需的四則運算。本系統每次執行時數字會隨機變動，因此學生需實際計算而不能死記答案。
- (四) 本系統只提供 32 種日常生活金錢應用情境，建議聽障教育工作者能拍攝及設計更多金錢應用情境，讓聽障生有更多練習與模擬的機會，使其對各種消費情境不會感到困擾與怯步。
- (五) 教師應用本系統教學，可適時提示情意的學習，使學生了解必需工作才能賺取金錢，也才有消費能力。

三、研究限制

本研究受試只有 25 人，實驗人數較少，且僅限於啓聰班之聽障生。接受融合教育的聽障生能否應用其視覺優勢，從本系統中獲益尚待進一步研究。不過本系統仍可提供安全真實的各種消費模擬情境，讓聽障生有更多練習與模擬的機會。

參考文獻

王雅蘭 (民 91)。國小聽覺障礙學生加、減法文字題閱讀理解能力之研究。載於 **國立台灣師範大學特殊教育學系九十一學年度特殊教育學術研討會論文集**，232-237。

朱經明 (民 90)。國小二年級數學障礙兒童在動態評量中錯誤類型之分析。發表於九十學年度師範學院教育學術論文發表會，國立台中師範學院主辦。

朱經明、林秋榮 (民 91)。電腦動態評量在國小三年級學習障礙學生數學解題應用成效之研究。發表於中華民國特殊教育 2001 年會教學研究成果發表表。

李如鵬 (民 79)。聽覺障礙學生數學能力測驗之編製及其相關因素研究。國立彰化師範大學特殊教育研究所碩士論文，未出版，彰化市。

邱貴發、鍾邦友 (民 82)。情境學習理論與電腦輔助學習軟體設計。 **台灣教育**，510，23-29。

林麗慧 (民 77)。聽覺障礙學生數學教學策略初探。 **特教園丁**，4(2)，29-32。

林寶貴、錡寶香 (民 80)。高職階段聽覺障礙學生國語文與數學能力之研究。 **特殊教育研究學刊**，7，109-127。

施青豐 (民 84)。認知解題策略教學對解題困難聽覺障礙學生解題成效之研究。國立台灣師範大學特殊教育研究所碩士論文，未出版，台北市。

洪美連 (民 84)。國小聽覺障礙學生數學口語應用問題教學效果之研究。國立台灣師範大學教育心理與輔導研究所碩士論文，未出版，台北市。

- 翁素珍 (民 78)。國小六年級聽覺障礙學生數學能力之分析。國立台灣教育學院特殊教育研究所碩士論文，未出版，彰化市。
- 張淑媛 (民 92)。電腦化影像漸進提示教學對聽覺障礙學生數學應用題解題成效之研究。國立台中師範學院特殊教育及輔助科技研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 張蓓莉 (民 85)。國小啓聰教師教學行爲之研究。師大學報，41，67-84。
- 張蓓莉 (民 95)。啓動建構學習的教學方式對數學低成就聽覺障礙學生的二步聽四則運算文字題的教學效果。特殊教育研究學刊，30，75-94。
- 陳明媚、張蓓莉 (民 92)。國小聽覺障礙學生數學文字題解題歷程之研究。特殊教育研究學刊，25，199-220。
- 蕭金土 (民 89)。聽覺障礙學生數學錯誤類型及分析與補救教學效果之研究。特殊教育學報，16，1-35。
- Andrews, J. F., & Jordan, D. L. (1998). Multimedia stories for deaf children. *Teaching Exceptional Children*, 30(5), 28-33.
- Ansell, E., & Pagliaro, C. M. (2006). The relative difficulty of signed arithmetic story problems for primary level deaf and hard of hearing students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(2), 153-170.
- Barham, J., & Bishop, A. (1991). Mathematics and the deaf child. In K. Durkin & B. Shire (Eds.). *Language in mathematics education* (pp. 179-187). Open University Press, U.K.
- Baroody, A. J. (1987). *Children's mathematical thinking: A developmental framework for preschool, primary, and special education teachers*. Teachers College, Columbia University.
- Blatto-Vallee, G., Kelly, R. R., Gaustad, M. G., Porter, J. F., & Fonzi, P. J. (2007). Visual-spatial representation in mathematical problem solving by deaf and hearing students. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 12(4), 432-448.
- Bottge, B. A., Heinrichs, M., Chan, S.Y., Mehta, Z. D., & Watson, E. (2003). Effects of video-based and applied problems on the procedural math skills of average- and low-achieving adolescents. *Journal of Special Education Technology*, 18(2), 5-22.
- Bottge, B. A., & Watson, E. A. (2002). Using video-based math problems to connect the skills and understanding of incarcerated adults with disabilities. *Journal of Special Education Technology*, 17(2). Retrieved October, 10, 2007 from <http://jset.unlv.edu/17.2/bottge/first.html>.

- Castle, D. J. (1982). Mathematics software, a computer lab and the hearing impaired. *American Annals of the Deaf*, 127, 495-504.
- Chambers, P. (1997). Using interactive video with special educational needs pupils. *British Journal of Educational Technology*, 28, 31-39.
- Collins, A. (1989). *Cognitive apprenticeship and instructional technology*. Technical report No. 474. Center for the Study of Reading. University of Illinois at Urbana Champaign.
- Copra, E. R. (1990). Using interactive videodiscs for bilingual education. *Perspectives in Education and Deafness*, 8(5), 9-11.
- Davis, S., & Kelly, R. (2003). Comparing deaf and hearing college students' mental arithmetic calculations under two interference conditions. *American Annals of the Deaf*, 148(3), 213-221.
- Edens, K., & Potter, E. (2007). The relationship of drawing and mathematical problem solving: "Draw for Math" tasks. *Studies in Art Education: A Journal of Issues and Research in Art Education*, 48 (3), 282-298.
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Finelli, R., Courey, S. J., Hamlett, C. L., Sones, E. M., & Hope, S. K. (2006). Teaching third graders about real-life mathematical problem solving: A randomized controlled study. *Elementary School Journal*, 106(4), 293-312.
- Glass, G. V., & Hopkins, K. D. (1996). *Statistical methods in education and psychology* (3rd ed.). Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Grant, J., & Semmes, P. (1983). A rationale for LOGO for hearing impaired preschoolers. *American Annals of the Deaf*, 128, 564-569.
- Gregory, S. (1998). Mathematics and deaf children. In S. Gregory, P. Knight, W. McCracken, S. Powers, & L. Watson (Eds.). *Issues in deaf education* (pp. 119-126). London: David Fulton.
- Hartman, M. (1994). Making sense of math through writing. *Perspectives in Education and Deafness*, 12 (3), 6-9.
- Howell, S. C., & Barnhart, R. S. (1992). Teaching word problem solving at the primary level. *Teaching Exceptional Children*, 1992(winter), 44-46.
- Hyde, M., Zevenbergen, R., & Power, D. (2003). Deaf and hard of hearing stu-

- students' performance on arithmetic word problems. *American Annals of the Deaf*, 148(1), 56-63.
- Jitendra, A. K., Griffin, C. C., Deatline-Buchman, A., & Sczesniak, E. (2007). Mathematical word problem solving in third-grade classrooms. *Journal of Educational Research*, 100 (5), 283-302.
- Jitendra, A. K., & Hoff, K. (1996). The effects of schema-based instruction on the mathematical word-problem-solving performance of students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 29(4), 422-431.
- Jitendra, A. K., & Hoff, K., & Beck, M. M. (1999). Teaching middle school students with learning disabilities to solve word problems using a schema-based approach. *Remedial and Special Education*, 20(1), 50-64.
- Kelly, R. R. (2003). Using technology to meet the developmental needs of deaf students to improve their mathematical word problems solving skills. *Mathematics and Computer Education*, 37(1), 8-15.
- Kelly, R. R., & Mousley, K. (1998). Mathematics reform in the education of deaf and hard of hearing students. *American Annals of the Deaf*, 143(1), 22-28.
- Kelly, R. R., & Mousley, K. (1999). *Deaf and hearing students' transfer and application of skill in math problem solving*. Paper presented at the Annual Conference of the Association of College Educators for the Deaf and Hard of Hearing (25th, Rochester, NY, February 26 – March 1, 1999).
- Kelly, R. R., & Mousley, K. (2001). Solving math problem: More than reading issues for deaf students. *American Annals of the Deaf*, 146(3), 251-262.
- Kintsch, W. (1988). The role of knowledge in discourse comprehension. *Psychological Review*, 95(2), 163-182.
- Kyriacou, C. (1986). *Effective Teaching in Schools*. Oxford, England: Basil Balckwell.
- Lang, H., & Pagliaro, C. (2007). Factors predicting recall of mathematics terms by deaf students: Implications for teaching. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 12 (4), 449-460.
- Lewis, M. S., & Jackson, D. W. (2001). Television literacy: Comprehension of program content using closed captions for the deaf. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 6 (1), 43-53.
- Luetke-Stalman, B., & Nielson, D. C. (2003). The contribution of phonologic aware-

- ness and receptive and expressive English to the reading ability of deaf students with varying degrees of exposure to accurate English. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 8(4), 464-484.
- Markey, C., Power, D. & Booker, G. (2003). Using structured games to teach early fraction concepts to students who are deaf or hard of hearing. *American Annals of the Deaf*, 148(3), 213-221.
- Masataka, N. (2006). Differences in arithmetic subtraction of nonsymbolic numerosities by deaf and hearing adults. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 11(2), 139-143.
- Moores, D. F. (2001). *Educating the deaf* (5th ed.). Boston: Houghton Mifflin.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2004). *Principles and standards for school mathematics*. Retrieved March 29, 2008 from <http://standards.nctm.org/document/chapter1/index.htm>
- Nunes, T., & Moreno, C. (2002). An intervention program for promoting deaf pupils' achievement in mathematics. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 7(2), 120-133.
- Pagliaro, C. M. (1998). Mathematics preparation and professional development of deaf education teachers. *American Annals of the Deaf*, 143(5), 373-379.
- Pagliaro, C. M., & Kritzer, K. L. (2005). Discrete mathematics in deaf education: A survey of teachers knowledge and use. *American Annals of the Deaf*, 150(3), 251-259.
- Passig, D., & Edens, S. (2000a). Improving flexible thinking in deaf and hard of hearing children with virtual reality technology. *American Annals of the Deaf and Dumb*, 145(3), 286-291.
- Passig, D., & Edens, S. (2000b). Enhancing the induction skill of deaf and hard of hearing children with virtual reality. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 5(3), 277-285.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1969). *The psychology of the child*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Robbins, S. L. (1990). Exploring math, discovering wonder! *Perspectives in Education and Deafness*, 8 (5), 6-8.
- Stone, P. S. (1983). LOGO: A powerful hearing environment for hearing impaired children. *American Annals of the Deaf*, 128, 648-552.

- van Garderen, D. (2006). Spatial visualization, visual imagery, and mathematical problem solving of students with varying abilities. *Journal of Learning Disabilities, 39*(6), 496-506.
- Wollman, D. (1965). The attainment in English and arithmetic of secondary school pupils with impaired hearing. *Teacher of the Deaf, 159*, 121-129.
- Wood, D., Wood, H., Griffiths, A., & Howarth, I. (1986). *Teaching and talking with deaf children*. Chichester: John Wiley.
- Xin, Y. P., Jitendra, A. K., & Deatline-Buchman, A. (2005). Effects of mathematical word problem-solving instruction on middle school students with learning problems. *The Journal of Special Education, 39*(3), 181-192

The Effects of Schematic Video and Schema-based Animation for Students With Hearing Impairments on Solving Arithmetic Word Problems Involving Money

Jing-Ming Ju
Asia University

Abstract

The purpose of this study is using schematic video and schema-based animation to help students with hearing impairments on solving arithmetic word problems involving money. The research designs include two phases: The Greco-Latin design was used for the first phase and the control-experimental ANCOVA design was used for the second phase. The participants are 25 students with hearing impairments, 12 for the first phase and 13 for the second phase. The major findings are (1) Students scores are higher in video and animation presentation of arithmetic word problems than in text. Video and animation can bridge the gap of words and suit the visual learning style of students with hearing impairments. (2) Students with hearing impairments in this study lag behind their hearing pals, the same as the literature review showed. (3) The math ability of students with hearing impairments progress with their age. (4) In affective and attitude domain, most students with hearing impairments have positive views of video and animation. (5) The effect of using animation to assist solving word problems reaches .05 level of significance. The effect of using video to assist solving word problems reaches nearly .05 level of significance. (6) For single step word problems, the students improve from 50% correct in pretest to 85.2% in posttest. For multiple step word problems, the students improve from 22.2% correct in pretest to 63% in posttest which is about threefold.

Key words: schematic video, schema-based animation, arithmetic word problems, students with hearing impairments