

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期末報告

情境認知觀點下國小數學學習障礙學生適用之 3D 虛擬實境 數學電子書之研究、實作與評估

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 101-2511-S-343-001-
執行期間：101 年 08 月 01 日至 102 年 07 月 31 日
執行單位：南華大學資訊管理學系

計畫主持人：洪銘建
共同主持人：吳柱龍、謝定助
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：周峻德
碩士班研究生-兼任助理人員：韓元翰
碩士班研究生-兼任助理人員：廖久慧
碩士班研究生-兼任助理人員：陳鈺淋
碩士班研究生-兼任助理人員：洪丞緯
碩士班研究生-兼任助理人員：張智傑

公開資訊：本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1 年後可公開查詢

中華民國 102 年 08 月 12 日

中文摘要：數學是日常生活必備的基礎知識，國小學生的數學能力將持續影響其成年生活的諸多面向。研究顯示貼近生活情境的學習方式較能激起數學學習障礙學生的學習動機與成效，基於情境認知觀點，本計畫以主題式與遊戲動畫方式設計國小數學學習障礙學生適用之 3D 數學電子書素材，並以國小數學學習障礙學生為教學實驗對象，教學實驗結果證明本研究實作的 3D 數學電子書的確能明顯提升國小數學學習障礙學生的數學學習成效。

中文關鍵詞：電子書、數學學習障礙、情境認知理論

英文摘要：Math is one kind of basing knowledge in our life. The math abilities of elementary student will continue to influence his/her adult life. Past studies suggested the situated learning method can improve the learning motives and effectiveness for the students who have math learning disabilities. Basing on the Situated Cognition perspective, this study designed a 3D math eBook based on the theme and game animation for those elementary students with math learning disabilities. Further, this study verified the designed 3D math eBook by teaching experiment and found the 3D math eBook can improve the learning performances for those students with math learning disabilities.

英文關鍵詞：Electronic Book, Math Learning Disabilities, Situated Cognition Theory

情境認知觀點下國小數學學習障礙學生適用之3D虛擬實境數學電子書 之研究、實作與評估

目 錄

中文摘要.....	2
ABSTRACT.....	2
1. 前言.....	2
2. 文獻探討.....	3
2.1 情境認知理論.....	3
2.2 3D 虛擬實境在教學上的應用.....	3
2.3 數學學習障礙學生的學習特徵.....	4
2.3.1 學習的認知能力.....	4
2.3.2 學習過程的專注力.....	4
2.3.3 學習成果記憶的持續.....	4
2.3.4 學習能力.....	4
2.3.5 學習態度.....	4
2.4 漸進提示評量理論與教學設計.....	5
2.4.1 漸進提示評量.....	5
2.4.2 漸進提示教學設計.....	5
3. 研究方法.....	5
3.1 實驗對象.....	7
3.2 設計內容.....	7
3.3 教學實驗流程.....	9
4. 實驗結果.....	10
5. 結論與建議.....	11
5.1 結論.....	11
5.2 建議.....	12
參考文獻.....	13

中文摘要

數學是日常生活必備的基礎知識，國小學生的數學能力將持續影響其成年生活的諸多面向。研究顯示貼近生活情境的學習方式較能激起數學學習障礙學生的學習動機與成效，基於情境認知觀點，本計畫以主題式與遊戲動畫方式設計國小數學學習障礙學生適用之 3D 數學電子書素材，並以國小數學學習障礙學生為教學實驗對象，教學實驗結果證明本研究實作的 3D 數學電子書的確能明顯提升國小數學學習障礙學生的數學學習成效。

關鍵字:電子書、數學學習障礙、情境認知理論

Abstract

Math is one kind of basing knowledge in our life. The math abilities of elementary student will continue to influence his/her adult life. Past studies suggested the situated learning method can improve the learning motives and effectiveness for the students who have math learning disabilities. Basing on the Situated Cognition perspective, this study designed a 3D math eBook based on the theme and game animation for those elementary students with math learning disabilities. Further, this study verified the designed 3D math eBook by teaching experiment and found the 3D math eBook can improve the learning performances for those students with math learning disabilities.

Keywords: Electronic Book, Math Learning Disabilities, Situated Cognition Theory

1. 前言

「數學」不單是學校裡的一門學科，更是生活上必備的知能。唯依據過去的統計資料顯示，幾乎有 6% 左右的學齡兒童存在明顯的數學學習障礙，雖然過去的研究指出數學學習障礙學生也常同時存在明顯的閱讀困難，但此不意謂所有的閱讀障礙者都伴隨數學的學習問題 (Granett, 1998)。在目前的教育環境下，大多數學校較重視學生的閱讀障礙問題並推動相關的改善計畫，諸如：教育部在 2000 年推動三年的「全國兒童閱讀計畫」(教育部, 2000); 2004 年針對弱勢地區國小推動「焦點三百一國小兒童閱讀計畫」；2006 年針對偏遠地區實施「國中小閱讀推廣計畫」；2008 年開始啟動為期四年的「悅讀 101 — 教育部國民中小學閱讀提升計畫」(教育部, 2008)。上述由教育部所推行的各項計畫皆針對閱讀障礙問題，但於數學學習障礙問題卻少有相關政策，加上市場規模小無法吸引企業投入數學障礙教學資源的發展，造成數學障礙教學資源缺乏，但是長年累月的數學學習問題及所伴隨的閱讀障礙，將會延伸影響數學學習障礙的學童至其成人後的日常生活各個面向 (Granett, 1998)。

電腦輔助教學常被用作為提升學習的工具，其概念是利用電腦相關科技來設計一套教學或學習的輔助教材，以協助教學者從事教學或由學習者按照自己的能力與學習進度來自行操作學習，藉由電腦的多媒體與立即回饋等特性，在人機互動模式中增強學習成效的一種教學模式 (王全世, 2000)。蕭金慧 (2001) 認為電腦輔助教學優於傳統教學，且遊戲式電腦輔助教學又優於練習式的電腦輔助教學。此外，在各年級的數學學習過程中，具體實物的建構程序對學生的數學學習非常重要而且有效益，學童若能不斷地根據具體實物操作方式，對其在概念上的理解與心智發展較佳，且亦擁有較佳的學習動機與作業表現，因此具體實物的建構程序對澄清數學之間的關係有所助益 (Granett, 1998)。

現有電腦輔助教學媒體仍以 2D 的呈現方式居多，針對日常生活情境中建構具體實物的 3D 數學數位化教材較為少見，其中專以輔助國小數學學習障礙學生的 3D 數學教材更是嚴重匱乏，而就貼近生活實境而言，3D 媒體的發展勢必比 2D 媒體較能引起國小數學學習障礙學生的學習注意力而能增進其數學學習成效，Bronack et al. (2008) 即認為 3D 在未來必成為教學應用的典範。基於國小數學障礙學生課程輔助教材資源的不足，本計畫基於身境學習的發展趨勢，發展相關 3D 虛擬實境數學輔助的教學動畫，且經由教學實驗的模式發現本計畫所設計的 3D 虛擬實境數學學習動畫具備教學輔助學習的成效。

2. 文獻探討

2.1 情境認知理論

長期以來認知心理學領域發展出許多教育相關理論，在諸多認知心理學所發展的學習理論中，兩個最主要且彼此互斥的理論觀點是客觀主義(Objectivism)與建構主義(Constructivism) (Marra & Jonassen, 1993; Phillips, 2009)，其它理論觀點則在此兩大類型之間推移(Reeves, 1992)。客觀主義認為知識是可以被掌握的，其獨立於任何人的經驗，且學習者可透過傳授的方式去掌握知識(Phillips, 2009; Reeves, 1992)。客觀主義的侷限在於必須克服學習者的個別差異(Marra & Jonassen, 1993)，以及「教」與「學」的過程是動態而非一個統合體(Laurillard, 1993)。建構主義強調知識者內心的真實(Reality)，並從個體的認知與先前經驗來建構或解釋此一真實，因此學習者必須經由自己所處的環境來建構自己的知識(Phillips, 2009)。簡而言之，客觀主義強調教學者可控制學習者學習的目標(What) (Marra & Jonassen, 1993)，但卻受限於「教」與「學」的過程(How) (Phillips, 2009); 建構主義假設學習者有能力建構自己的知識，因此認為學習的環境必須盡可能豐富，而互動式的媒體有助於產生較豐富的學習環境(Marra & Jonassen, 1993; Phillips, 2009)。

在複雜的真實世界，必須面對難以計數的資訊，且隨著時間動態變化，尤其是每天的日常活動，傳統認知觀點的解釋與預測常受到質疑(Norman,1993)。有別於傳統認知觀點把刺激物與心智之間的互動，視為符號處理的過程而將環境排除在外，情境觀點最感興趣的是人們的目標如何透過工具的使用來實現，並促成一連串的行動而導致結果變項發生(陶振超,2011)。情境觀點促成「以身體為基礎(Embodied)」的概念，此概念認為心智非獨立運作，而是受到大腦與身體的影響，且心智不僅在大腦中運作，也可以在身體中運作(Clark,1997)。情境認知理論(Situated Cognition Theory)則基於情境觀點而發展，有時又被稱為認知學徒制(Cognitive Apprenticeship)(Phillips, 2009)，其以 Vygotsky(1978)之社會知識建構觀點為基礎，將傳統的「學徒制」和現代的「認知論」加以結合，強調從真實環境的學習建構自己的知識。因此，「情境認知理論」較偏向建構主義，且可透過資訊科技來增進學習情境的真實感與豐富性。

2.2 3D 虛擬實境在教學上的應用

電腦輔助教學逐漸融入 3D 技術，吳沂木(2004)即以國小學童為研究對象，探討電與磁 3D 虛擬實境對國小自然科學之學習成效的影響，研究結果顯示學生藉由電與磁 3D 虛擬實境的輔助，大幅提升自然科學學習的成就與興趣，且對於不同學習型態的學生，藉由使用 3D 虛擬實境而模糊了「學習型態」對「學習成效」的影響，獲知 3D 虛擬實境具有適應不同學習型態學習者的能力。

王聖閔(2007)利用 3D 虛擬實境技術，以擬真的方式建立一個能夠適用於國民中小學月亮太陽觀測課程，且能適合在家中或教室電腦上觀測月亮、太陽運動之虛擬實境模型。該研究探討如何運用 3D 虛擬實境技術以及太陽、月亮、地球實際相對運動參數實做出可用於太陽、月球、地球相對運動位置的觀察、月相的變化、太陽位置及軌跡的觀測的虛擬實境模型。鄭兆明(2006)的研究則發現 3D 視覺模型識圖教學系統不僅可提升教學成效，且可分享資源、節約教育成本，使學生的學習效果明顯提升。

基於上述的研究整理，不難發現 3D 與虛擬實境技術的應用的確可提升學生對教學情境的參與，並進而增進其學習的動機與學習成效。此外，李宜芬(2007)的研究並發現較適合運用 3D 動畫進行輔助教學的學習領域為數學、科學(理化)、機械等。針對國小數學障礙學生所特有之數學學習的認知能力、學習過程的專注力、學習成果記憶的持續、以及其學習的能力與態度而言，本計畫透過 3D 虛擬實境實作之數學輔助學習電子書可有助於提升國小數學障礙學生對數學學習參與態度，並可透過 3D 虛擬實境特性的吸引增加其專注力，且能藉由教

材設計的引導融入 3D 虛擬實境場景來強化其對數學學習的認知能力以及學習記憶。

2.3 數學學習障礙學生的學習特徵

學習障礙學生常出現注意力、記憶力、聽覺理解、口語表達、基本閱讀技巧、閱讀理解、書寫、數學運算、或推理能力有顯著困難者。數學障礙大致可再分為運算能力、數學概念的形成、或數學問題解決能力等困難。有些數學困難是因為語文理解能力不佳所致，有些是因為視覺空間或數字感或計算能力差，不同的能力所致的數學障礙可能會出現不同的困難類型(洪麗瑜, 2008)。針對上述學習障礙特徵分述如下：

2.3.1 學習的認知能力

Piajet(1958)認為兒童真正客觀的推理能力是開始於具體操作期，此時期最大的特性是兒童的思考操作具有可逆性(Reversibility)。其明顯的表現在於此階段的兒童會有各種守恆觀念的認知能力，例如：長度守恆、液體量守恆、固體重量守恆、固體質量守恆、數量守恆等等。在數學概念的學習上，此階段的兒童必須具備的認知能力為：一對一應對、物質守恆、分與合概念等先備知識。唯數學學習障礙學生會對於抽象層次概念的運算上感到困難，並因為缺乏這些先備技能而出現數學學習的困難(Cegelka & Berdine, 1995)。

2.3.2 學習過程的專注力

數學學習障礙學生在學習過程的專注力方面的特徵包括：(1)注意廣度狹窄—不能同時注意多樣事物；(2)注意力持續時間較為短暫；(3)注意力易受周圍環境影響而不易集中與維持；(4)不會隨著焦點的改變而轉移注意力，會一直停留在之前的刺激(Beirne-Smith & Patton, 1994; Crane, 2002)。

2.3.3 學習成果記憶的持續

數學學習障礙學生在程序記憶(Procedural memory)和陳述記憶(Declarative memory)兩方面的記憶能力受限，導致其在記憶學習的步驟和記憶新的知識時會常遭遇困難(Crane, 2002)。由於短期記憶能力的缺陷，數學學習障礙學生在學習上無法對訊息作有效的編碼、儲存與提取，無法有效的組織題意與理解文字敘述的內容，因此在數學學習的過程中常無法保留數學事實或新資訊、遺忘演算步驟、遺忘學過的課程、以及無法解決多步驟的文字題型。

2.3.4 學習能力

Crane(2002)認為學習能力涉及學生的注意力、記憶能力、以及理解能力等三方面的表現。然而，數學學習障礙學生因具有學習類化或遷移困難、缺乏有效學習策略、以及語言能力缺陷等特質而影響其學習能力的發展。

2.3.5 學習態度

數學學習障礙兒童可能因學習挫折的經驗較多，因此常在學習上表現出失敗預期(Expectancy of failure) 或習得無助感(Learned helplessness)，其學習動機與意願較低，較容易依賴他人來解決問題而缺乏自我導向的學習態度(Beirne-Smith & Patton, 1994)。因此，數學學習障礙兒童的學習動機較低，對工作的堅持度也較少，並在累積了許多學習失敗的經驗後，其會出現負向消極的態度，並降低對自我的期望與標準，進而缺乏主動學習的熱忱。

經由上述文獻的整理可知，數學學習障礙學生在數學學習上確實有異於一般學生，包括數學學習的認知能力、學習過程的專注力、學習成果記憶的持續、以及其學習的能力與態度等皆弱於一般學生，因此教師在教授數學學習障礙學生學習數學時，應針對上述數學學習障礙學生的特質設計適性的教材教法，並搭配適性的學習輔助媒體以提升其數學學習效果。

2.4 漸進提示評量理論與教學設計

2.4.1 漸進提示評量

數學學習障礙學生因認知發展的缺陷及數學學習的障礙，其學習成效的診斷亦有別於一般學生的學習成效評量。在數學學習障礙學生學習的認知過程具有特殊障礙的情況下，漸進提示評量(Graduated-prompting assessment)對於數學學習障礙兒童的學習能力具有區別性診斷的作用(張建煌, 2008)。漸進提示評量是藉由施測者的協助來瞭解受測者的學習軌跡與學習表現的改變趨勢進而滿足其學習需求(Swanson & Lussier, 2001)。Campione & Brown(1987)受到 Vygotsky 的社會認知發展論所影響，主張教學與評量應相互結合而提出漸進提示評量。

對於個體的學習，Vygotsky(1978)提出「近側發展區」(Zone of proximal development; ZPD)的概念，強調透過漸進提示的方式來瞭解兒童的「實際發展水準」與「潛在發展水準」兩者間的差異程度。Tharp & Callimore(1988)則進一步將其區分為他人支持階段、自我支持階段、自動化階段及去自動化階段等四個階段，在此歷程模式的實驗中將兒童安排在與成人(或電腦)合作互動的最小學習環境(Mini-learning environment)裏，當兒童無法解決問題時，則需要成人的支持與協助，兒童便能學會逐漸解決問題的能力；當兒童漸漸能獨立作業、控制自我的行為，成人的協助與支持便逐漸減少，直到兒童能內化其所學。

張建煌(2008)認為漸進提示評量不僅提供客觀的心理計量量數，同時也對學習遷移歷程進行質的分析，其進一步指出在實施程序方面，漸進提示評量是以「前測—教學支持(學習和遷移的動態評量)—後測」的方式進行。古明峰(1998)認為前測的目的在評量兒童認知發展的基準線(起點水準)，以作為提供教學支持及差異情況分析的參考資料；後測的目的則在測量兒童經教學實驗處理的能力發展情形；在前後測之間的教學支持階段則包含學習與遷移兩個部分，在學習階段評量時，假如兒童無法回答所給予的特定問題，施測者即按照事先所設計好的一序列提示來指導兒童，這些提示一開始可為一般性的提示，然後漸漸特殊、具體，最後的提示能使兒童正常回答問題(張建煌, 2008)。

2.4.2 漸進提示教學設計

基於社會認知發展論所發展之漸進提示評量雖適用於數學學習障礙學生的數學學習評量，但若老師的數學教學設計無法與漸進提示評量相互結合，則漸進提示評量亦將失去其發展的意義。基於數學學習障礙學生的數學學習障礙，其數學課程設計應多偏重於生活應用，且以具體化為設計原則。因此本計畫基於此一原則而以生活情境的教學內容為主進行教學。

應用題除了須熟悉數學的計算外，還要有「從內容中解題」的能力，要能夠針對文字來龍去脈作解碼並理解題意，形成「問題模式」(Problem model)或「情境模式」(Situational model)的問題脈絡，並將這些脈絡經由自然語言轉譯成算術語言，形成數字運算程序並正確執行，最後才能具備解題能力(Mayer, 1993)。因此，在解題之前有必要針對應用題的結構類型加以分析才能真正進入有效的解題過程。

Marshall(1995)將應用題的結構類型區分為：「問題情境」、「運算符號」、「語意結構」等標準。過去研究指出「題目本身的語意結構」是造成應用題中的文字難度差異的主要因素(Carpenter, 1985)，並且學者對於以「語意結構」作為文字分類的依據有相當一致的看法(Carpenter & Moser, 1982)，因此本計畫將以此模式來進行教學內容與學習狀況評量的編寫，並透過同一概念不同敘述的反覆提示來進行教學。

3. 研究方法

本計畫採用單一受試研究法(Single subject research)模式中的跨受試多試探設計(Multiple probe design)來進行(如圖 1 所示)，旨在探討 3D 數學電子書教學對國小數學學習障礙學生圖形辨認與數量計算等應用問題解題的學習成效。

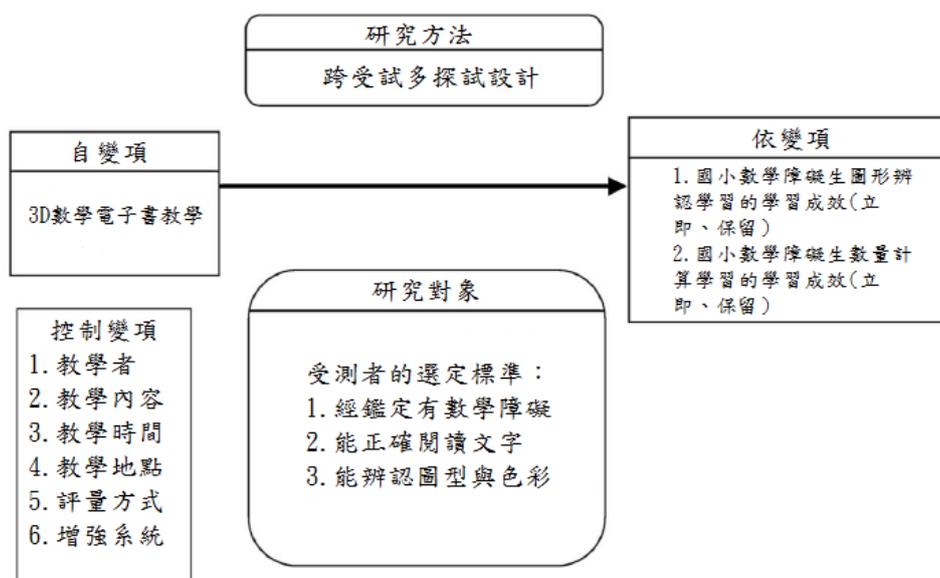


圖 1 教學實驗架構

(1)自變項

本計畫的教學實驗中自變項為「3D 數學電子書教學」，係指本計畫自行設計開發具有豐富變化的影像、動畫效果的 3D 數學電子書，並使用該 3D 數學電子書進行教學的過程。

(2)依變項

本計畫的教學實驗中依變項為國小數學學習障礙學生接受 3D 數學電子書教學後，是否對該學生在圖形辨認與數量計算上的學習情況與態度有正面幫助，以及是否有助於提升該學生對相關問題之解題能力。本計畫採用前測、後測的方式，在教學介入之前先進行前測將其結果作為衡量基準，完成課程之後隨即進行立即測驗並將結果與前測比較來瞭解教學後的立即成效，之後等待一周再進行後測並將結果與立即測驗比較以瞭解教學成效的維持程度。

(3)控制變項

本計畫的教學實驗中控制變項包括教學者、教學內容、教學時間、教學地點、評量方式及增強系統，分述如下：

- 教學者：**為了避免在教學者方面產生過多的變因影響實驗結果，本計畫的教學工作從開始到結束全由兩名研究者各別擔任兩個主題單元的教學。
- 教學內容：**本計畫的教材內容、測驗卷題型均一致，並參考教育部所提供之「九年一貫數學部編教科書」為範本製成，分為用於教導圖形辨認概念的「平面、直線和角」與用於教導數量計算技巧的「數數看」兩個不同單元，另外考量到受試者在學校有另外的教學課程，為了不產生誤差而採用相同的實施順序進行。
- 教學時間：**為了不干擾受試者的上課時間與日常作息，利用受試者進行課後輔導的時間進行教學，教學時間為期兩周教學每周三次總數為六次每次三十五分鐘。
- 教學地點：**基於讓受試者能夠安心的學習並降低外在影響的考量，教學地點選在受試者的原班級進行，並挑選校園較安靜的課後輔導時段進行。
- 評量方式：**在各階段皆採用相同題型、相同題數、難易度相近、問題敘述方式相似的問卷，問題內容皆參考教育部提供之習題範本製成，測驗卷分為兩個單元以配合兩個不同的教材單元。

f.增強系統：為了提供學習誘因並刺激學習慾望，完成教學過程的學生可以獲得遊玩時間，在測驗中回答正確的學生依照其意願另外給予點心、或其他小禮物。

本計畫的教學實驗將依照跨受試多試探設計原則分為三個實驗階段其詳細說明如下：

(1)基線期

依照跨受試多探試設計原則，在教學介入前須進行前測以獲得受試者原本的學習狀況，依照受試者先前在校內學習的狀況分配學習的目標單元，並依照該單元的內容發給問卷，將測得的結果與受試者的在校學習狀況比較，確認其學習狀況穩定後，則進行教學介入。

(2)處理期

在瞭解受試者的學習狀況後，針對其不擅長的單元利用 3D 數學電子書進行教學介入為期兩周，每周進行三次總共六次每次三十五分鐘，先進行「平面、直線和角」單元的教學介入，完成該單元的後測之後再繼續「數數看」單元的教學介入，不同單元將由不同的指導者執行，在教學介入的同時不斷的進行試探，直到受試者表現達到標準或是趨於穩定時教學介入才算完成。

(3)維持期

教學介入完成後進入維持期，此時期為了考驗教學介入的學習成效維持狀況，將停止一切的教學介入動作讓受試者進入教學成效保留階段，等待一周之後進行後測，以瞭解受試者在教學介入過程中所獲得的知識是否有助於改善其學習狀況。

3.1 實驗對象

本計畫之實驗對象選自嘉義縣 A 國民小學與 B 國民小學兩所學校的二~四年級數學學習障礙生，由班級導師選出學習狀況不理想的學生來進行教學實驗，希望能透過本實驗的教學介入提升他們的學習表現。為了去除其他變因干擾，本計畫在這些學生中挑選出能夠正確的閱讀題目並且能夠分辨顏色、圖型等與普通學生差異較低的對象進行實驗，在教學介入開始前對挑選出的實驗對象進行前測做最後篩選，排除不適用於本計畫教學單元設計程度的受測樣本，最終進行教學實驗之受測者有 26 名，男 17 人、女 9 人。

3.2 設計內容

(1) 3D 數學電子書

衡量了受試者的學習狀況並配合受試者目前的學習進度，本計畫自行設計之「3D 數學電子書」內容包含「平面、直線和角」單元(如圖 2-3 所示)以及「數數看」單元(如圖 4-5 所示)共兩個單元，「平面、直線和角」單元的主旨為教導圖形辨認概念包含五項內容為「邊」、「角」、「平行」、「垂直」、「平面」，「數數看」單元的主旨為教導數量計算技巧內容為使用數學方式進行物體數量計算，電子書內所有內容皆以「九年一貫數學部編教科書」為基礎編寫並依照實驗需求融入 3D 輔助教材後形成本計畫所使用之 3D 數學電子書教材。

實驗中採取的教學模式基於社會建構理論發展而成，主要以利用多方的互動來進行教學，教學的過程以本計畫設計之 3D 數學電子書為主，先引導學生閱讀電子書上的文字來給予初步的概念，接著使用書中的圖片、動畫、3D 模型並配合課堂練習的交互使用來完成概念的教學，同時注意教學內容須以漸進提示的方式由小至大(例如：邊→兩邊夾一角→三邊夾三角→三角形)的方式進行，不可隨意變更教學順序，最後將其知識遷移至現實世界的物件中，以符合社會建構理論的學習模式。



圖 2.「平面、直線和角」單元 3D 電子書(一)

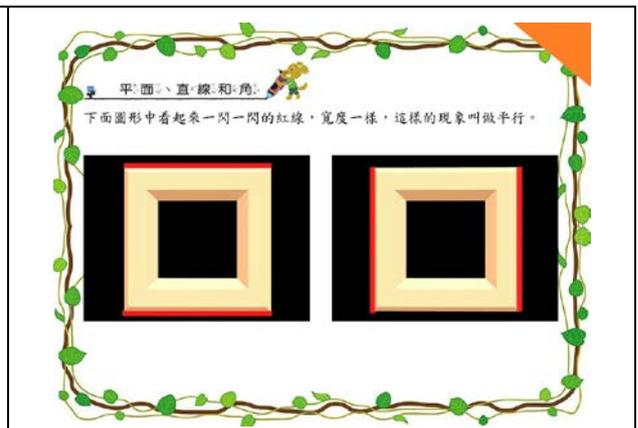


圖 3.「平面、直線和角」單元 3D 電子書(二)

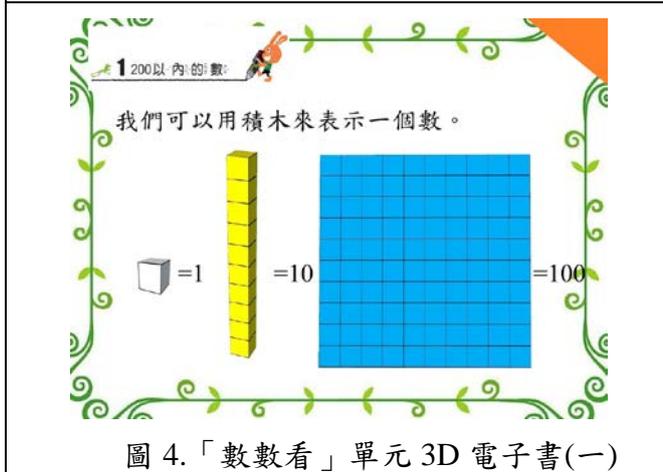


圖 4.「數數看」單元 3D 電子書(一)

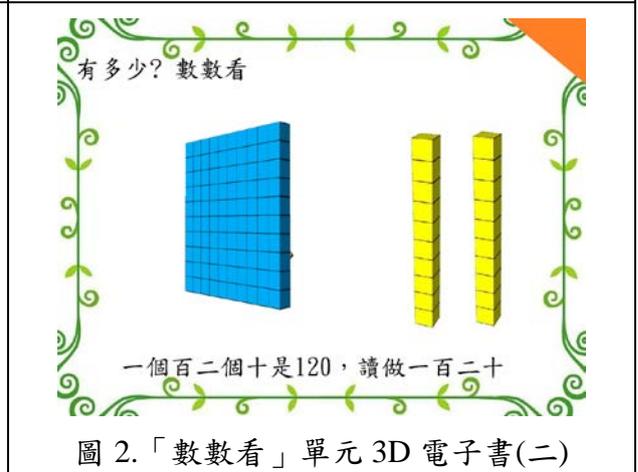


圖 2.「數數看」單元 3D 電子書(二)

(2) 課堂習題

為了能夠在教學介入的同時進行試探，利用以「九年一貫數學部編教科書」為基礎編寫並轉化成與 3D 數學電子書教材相似的形式後融入教學內容中，在教學介入過程中引導受試者作答，反覆進行教學與試探的動作直到多數受試者可以正確回答(如圖 6-9 所示)。



圖 6.「平面、直線和角」單元課堂習題(一)



圖 7.「平面、直線和角」單元課堂習題(二)

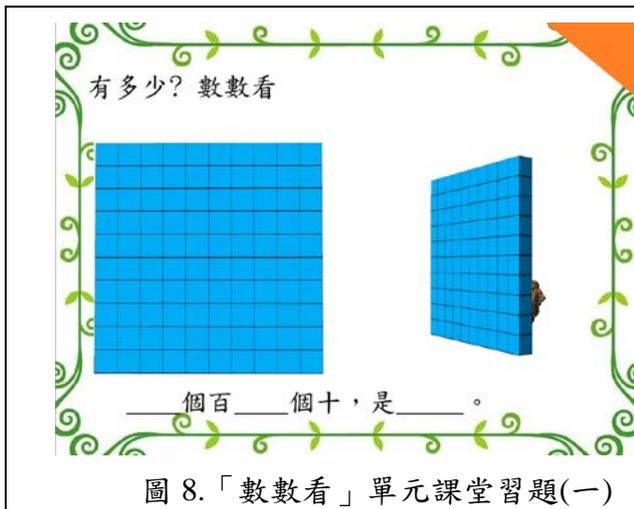


圖 8.「數數看」單元課堂習題(一)



圖 9.「數數看」單元課堂習題(二)

(3)學習狀況評量

在本計畫中，學習狀況評量係指前測、立即測驗以及後測所使用之測驗卷，不同單元有專屬的測驗卷，前測、立即測驗以及後測三次測驗分別採用不同測驗卷，總共六種測驗卷每一種測驗卷皆包含五題測驗題，每題二十分滿分一百分，為了避免測驗問題的差異影響實驗結果，前測、後測使用相同題目改變題號製成的問卷 A1 與 A2，立即測驗則採用完全不同內容的測驗卷 B，所有測驗卷之內容皆參考「九年一貫數學部編教科書」附屬測驗評量編寫。

3.3 教學實驗流程

為避免實驗遭受非必要性的干擾，本計畫在教學介入前進行實驗對象的篩選，第一階段篩選目的為過濾出數學學習障礙的受測樣本，此階段以該個案國小提供之學習障礙生名單為準，第二階段排除無法正確閱讀文字或是無法分辨顏色、型狀的學習障礙學生，接著使用兩個單元各自的前測測驗卷同時進行前測來獲得基線期的基準資料，利用前測的資料進行第三階段做最後的篩選，排除不適用於本計畫教學單元設計程度的受測樣本，經過此三階段嚴謹的篩選，適合本計畫實驗的對象共計二十六人。篩選階段完成後第五天開始進入處理期，第一次到第三次的教學介入內容為教導圖形辨認概念的「平面、直線和角」單元，第三次教學介入結束後進行第一次立即測驗以取得「平面、直線和角」單元的立即學習成效，隨後進入第一次等待期為期七天此期間不進行任何教學介入動作，等待期過後執行第一次後測以取得「平面、直線和角」單元的保留學習成效，隨後進行教導數量計算技巧的「數數看」單元的教學介入持續三個階段，第六次教學介入完成後隨即進行第二次立即測驗以取得「數數看」單元的立即學習成效，隨後進入第二次等待期同樣為期七天不進行任何教學介入動作，等待完成後執行第二次後測以取得「數數看」單元的保留學習成效，整體教學實驗流程如圖 10 所示。

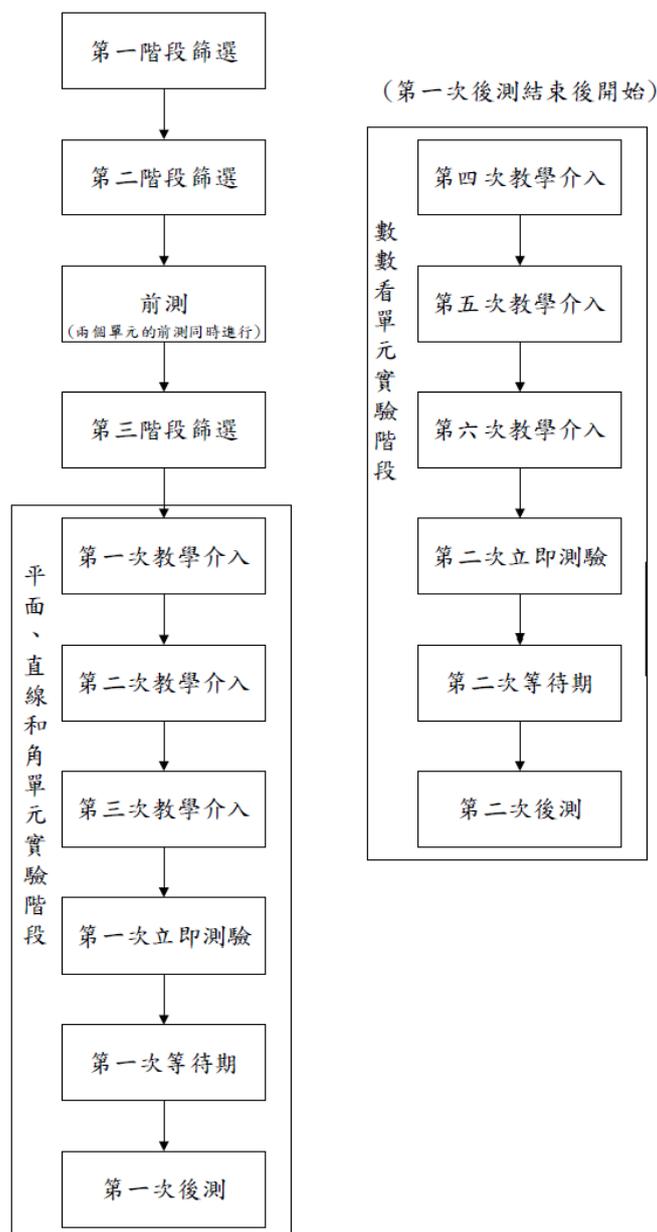


圖 10. 教學實驗流程

4. 實驗結果

本計畫之實驗結果以紙筆測驗的方式進行調查，分為前測、立即測驗以及後測，每次測驗受試者都必須完整回答「平面、直線和角」單元以及「數數看」單元的專屬問卷，測驗結果以解題正確率呈現，所有受試者皆以編號表示。

解題正確率算法：

$$(\text{答對分數} / \text{全部總分}) \times 100\% = \text{解題正確率}$$

計算完成的實驗結果如圖 11-12 所示，縱軸表示解題正確率(以百分比顯示)，橫軸每一格皆代表一個受試者編號。

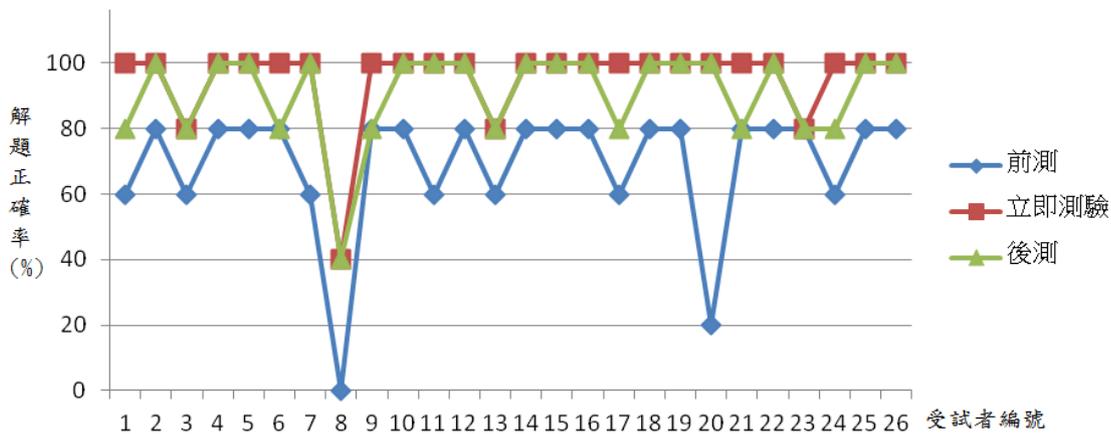


圖 11. 「平面、直線和角」單元測驗結果

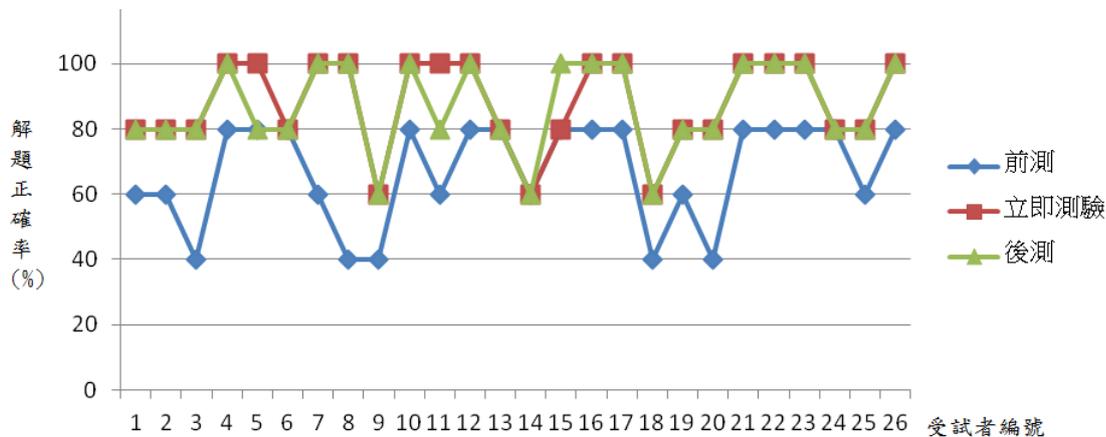


圖 12. 「數數看」單元測驗結果

由測驗結果計算得到，「平面、直線和角」單元前測整體解題正確率為 69.23%、立即測驗整體解題正確率為 95.38%、後測整體解題正確率為 90.76%；「數數看」單元前測整體解題正確率為 66.92%、立即測驗整體解題正確率為 87.69%、後測整體解題正確率為 86.92%。

比較解題正確率可得知「平面、直線和角」單元的立即成效為 26.15%、保留成效為 21.53%、教學成效維持降低程度為 4.62%；「數數看」單元的立即成效為 20.77%、保留成效為 20%、教學成效維持降低程度為 0.77%。

觀察上述教學實驗結果可知，立即測驗的整體解題正確率高於前測的基準值且成長幅度在皆在 20% 以上，顯示本計畫的教學介入具有明顯的立即成效；後測整體解題正確率與立即測驗的整體解題正確率相比雖然有下降的現象，但降幅並不明顯，顯示本計畫的教學介入成果可以維持；後測整體解題正確率與前測的基準值相比時雖然跟立即測驗時相較之下有所下降但仍然維持 20% 以上的成效，顯示本計畫的教學介入具有明顯的保留成效；整體受試者在「平面、直線和角」單元的表現優於「數數看」單元的表現，但「數數看」單元的維持程度略高於「平面、直線和角」單元的維持程度。

5. 結論與建議

5.1 結論

本計畫對教學成效的探討分為立即成效與保留成效兩個部分，因有兩個不同單元的教學介入，以下將分別依此兩個不同單元的教學介入成效予以說明。

(1) 3D 數學電子書教學用於圖形辨認學習具有立即學習成效

本計畫的實驗結果中用於教導圖形辨認概念的「平面、直線和角」單元整體受試者的立

即測驗解題正確率明顯高於前測的基準值，顯示本計畫所使用 3D 數學電子書進行圖形辨認概念的教學可以達到良好的立即成效，證實本計畫設計之 3D 數學電子書用於教學中有助於受試者學習圖形辨認的概念，提升了教學的立即成效。

(2) 3D 數學電子書教學用於圖形辨認學習具有保留學習成效

本計畫的實驗結果證實，經過一周的等待期之後，使用 3D 數學電子書進行圖形辨認概念的教學仍然具有提升學習表現的效果，雖然與立即成效相比有所下降但仍在可接受範圍內，顯示本計畫設計之 3D 數學電子書用於教學中所傳遞的圖形辨認概念可以被受測者記憶且能維持其學習表現的提升。

(3) 3D 數學電子書教學用於數量計算學習具有立即學習成效

本計畫在教學介入過程中用來教導數量計算技巧的「數數看」單元，受測者在立即測驗中的表現顯示本計畫採用 3D 數學電子書進行數量計算技巧的教學有明顯成效，證實本計畫設計之 3D 數學電子書應用於教學中有助於數學學習障礙生學習數量計算技巧。

(4) 3D 數學電子書教學用於數量計算學習具有保留學習成效

經過一周的等待期之後，數量計算單元的後測結果顯示 3D 數學電子書用於數量計算教學具有保留成效，且進入維持期之後衰退幅度極小，與本計畫預期結果相近，證實本計畫設計之 3D 數學電子書應用於教學中的教學成果能夠被學生記憶且維持著改善學習表現的成效。

5.2 建議

本計畫經由實際的進行教學實驗與訪談之後獲得的結果可以發現，使用 3D 數學電子書進行教學可以提升學習成效，而其中多數受測者，有經過許多的補救教學，過程中經歷了多種的教學方式、教學媒體，學習表現都未獲得改善，顯示 3D 數學電子書教學在某種程度上補足了現有教學方式所不足的地方，並且能將授課內容遷移內化為長期的知識，過去的許多研究已經證實了使用 3D 數學電子書所帶來的新鮮感提升了學生的注意力，但比較本計畫設計之電子書包含兩個不同單元使用於教學之成效發現與空間概念有關的單元學生的學習表現提升較明顯，推測為課程內容與空間感有關時可充分發揮 3D 教材的優勢，能更進一步的提升了學習成效，由此可知並非所有的課程內容都能完全適用於 3D 數學電子書教學，若課程內容本身與空間感沒有直接關係，將無法完全發揮 3D 數學電子書教學所能帶來的優勢。

因此，進行 3D 數學電子書編寫時除了發揮創意營造出新鮮有趣的課程內容之外也需要考量課程內容的合適性才能發揮 3D 數學電子書教學的全部優勢，此外，3D 數學電子書教學所傳達的知識特性與一般學校教導的內容有所差異，當兩者間的差異存在衝突時，學生在吸收知識進行遷移內化的過程中可能會產生矛盾而降低學習成效，為了提升學習成效進行 3D 數學電子書教學時也需要調整學校課程的授課內容。

本計畫發現過去 3D 技術應用於教學的相關研究，多強調使用 3D 技術具有新鮮感有助於提升使用者注意力等附加價值，較少研究重視 3D 技術本身具有的空間特性，然而在 3D 技術快速發展的現代，3D 技術已經廣為人知並漸漸成為常用的技術，3D 所能帶給使用者的新鮮感也將隨著 3D 技術的普及化而漸漸降低，當使用 3D 技術進行創作時除了利用創意持續創造新鮮感之外也不能忽略 3D 技術本身具有的空間特性，如此才能進一步發揮 3D 技術的潛力。

本計畫實際製作 3D 數學電子書時發覺現今 3D 技術的普及化已經相當成熟，過去 3D 技術取得困難、需要高昂的設備與長時間的學習，現在 3D 技術的取得、學習、成本等門檻已經大幅降低，教師自製 3D 教材、3D 數學電子書來進行輔助教學已經成為可能，同時本計畫也證實 3D 數學電子書用於改善國小數學學習障礙生的數學學習狀況有明顯成效，國內目前在於數學學習障礙生專用的教材仍顯不足，未來將會是 3D 數學電子書商品化的市場之一。

參考文獻

1. 王全世, 2000, 資訊科技融入教學之實施與評鑑研究, 國立高雄師範大學資訊教育研究所論文。
2. 王聖閔, 2007, 建置國民中小學觀測月亮、太陽運動之虛擬實境模型研究, 國立臺南大學數位學習科技學系研究所碩士論文。
3. 古明峰, 1998, 數學應用題的解題認知歷程之探討, 教育研究資訊, 6(3), 63-77。
4. 皮亞傑(Piajet, J.), 1958, 兒童心理學, 李長俊譯(1982), 台北市:五洲。
5. 吳沂木, 2004, 資訊科技融入自然與生活科技的 3D 虛擬實境教學之探究—以電與磁教學為例, 國立臺南大學教師在職進修自然碩士學位班論文。
6. 李宜芬, 2007, 電腦動畫輔助教學之適切性探究—2D 與 3D 電腦動畫輔助教學指標之建構, 國立臺北教育大學國民教育學系碩士班論文。
7. 洪儷瑜, 2008, 學習障礙學生的教育, 摘自
<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!inKMKxKUGQQ7cRpo7EtjQeZ5cwM-/article?mid=40>
8. 張建煌, 2008, 電腦化漸進提示策略對國小輕度智能障礙學生改變類加減法應用問題實施成效之研究, 國立新竹教育大學特殊教育研究所碩士論文。
9. 教育部, 2000, 教育部中程計畫(九十至九十三年度)施政計畫草案。
10. 教育部, 2008, 教育部近年重大閱讀政策, 教育部電子報, 312 期(2008-06-19)。
11. 陶振超, 2011, 脈絡在媒介訊息處理中所扮演的角色: 認知與情境觀點, 傳播研究與實踐, 1(2), 頁 37-47。
12. 鄭兆明, 2006, 3D 視覺模型在國中生活科技圖學教學成效研究, 高雄師範大學工業科技教育學系碩士班論文。
13. 蕭金慧, 2001, 電腦輔助教學在輕度智障兒童認字學習之研究, 國立嘉義大學國民教育研究所論文。
14. Beirne-Smith, M., Patton, J., & Ittenbach, R., 1994, *Mental Retardation*, New York: Macmillan College.
15. Bronack, S., Sanders, R., Cheney, A., Riedl, R., Tashner, J., & Matzen, N., 2008, Presence pedagogy: Teaching and learning in a 3D immersive world. *International Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 20(1), 59-69.
16. Campione, J.C., & Brown, A.L., 1987, Linking dynamic assessment with school achievement. In C.S.Lidz(Ed.), *Dynamic assessment: an instruction approach to evaluating learning potential*(pp.75-115), New York: The Guildford Press.
17. Carpenter, T. P., & Moser, J.M., 1982, The development of addition and subtraction problem-solving skills. In T.P. Carpenter, J.M. Moser, & T.A.
18. Carpenter, T., 1985, Learning to add and subtract: an exercise in problem solving, In E. A. Silver (Ed.), *Teaching and learning mathematical problem solving: multiple research perspectives*. Hillsdale, NJ: LEA.
19. Cegelka, P. T., & Berdine, W.H., 1995, *Effective instruction for students with learning difficulties*, Needham Heights, MA: A Simon & Schuster.
20. Clark, A., 1997, *Being there: putting brain, body, and world to get her again*. Cambridge, MA: TheMITPress.
21. Crane, L., 2002, *Mental retardation: a community integration approach*, Belmont, CA: Wadsworth/Thomas.
22. Granett, K., 1998, Math learning disabilities, *Division for Learning Disabilities Journal of CEC*(Accessing from: LDOnLine : <http://www.ldonline.org>)
23. Laurillard, D.M., 1993, *Rethinking university teaching: a framework for the effective use of educational technology*, Routledge, London.
24. Marra, R., & Jonassen, D., 1993, In Ely, D. and Minor, B. (Eds), *Educational media and technology yearbook*, Libraries Unlimited, Inc. Published in cooperation with ERIC and AECT., Englewood CO.

25. Marshall, S.P., 1995, Schemas in problem solving, New York: Cambridge University Press.
26. Mayer, R.E., 1993, Understanding individual differences in mathematical problem solving: towards a research agenda, *Journal Disability Quarterly*, 16(1), 3-5.
27. Norman, D.A., 1993, Cognition in the head and in the world: an introduction to the special issue on situated action. *Cognitive Science*, 17, 1-6.
28. Phillips, R., 2009, Models of learning appropriate to educational applications of information technology, *Teaching and Learning Forum* (<http://otl.curtin.edu.au/tlf/tlf1998/phillips.html>).
29. Reeves, T.C., 1992, In information technology for training and education conference (ITTE'92), The University of Queensland, Brisbane.
30. Swanson, H. L., & Lussier, C. M., 2001, A selective synthesis of the experimental literature on dynamic assessment, *Review of Educational Research*, 71(2), 321-363.
31. Tharp, R.C., & R. Callimore, 1988, *Rousing minds to life: teaching learning and schooling in social context*. New York: Cambridge University Press.
32. Vygotsky, L.S., 1978, *Mind in society: the development higher psychological process*, Cambridge, MA:Harvard University Press.

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2013/08/07

國科會補助計畫	計畫名稱: 情境認知觀點下國小數學學習障礙學生適用之3D虛擬實境數學電子書之研究、實作與評估
	計畫主持人: 洪銘建
	計畫編號: 101-2511-S-343-001- 學門領域: 科學教育實作型計畫
無研發成果推廣資料	

101 年度專題研究計畫研究成果彙整表

計畫主持人：洪銘建		計畫編號：101-2511-S-343-001-				計畫名稱：情境認知觀點下國小數學學習障礙學生適用之 3D 虛擬實境數學電子書之研究、實作與評估	
成果項目		量化			單位	備註（質化說明：如數個計畫共同成果、成果列為該期刊之封面故事...等）	
		實際已達成數（被接受或已發表）	預期總達成數（含實際已達成數）	本計畫實際貢獻百分比			
國內	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	已撰寫投稿中
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（本國籍）	碩士生	6	6	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		
國外	論文著作	期刊論文	0	0	100%	篇	已撰寫投稿中
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	0	100%		
		專書	0	0	100%		章/本
	專利	申請中件數	0	0	100%	件	
		已獲得件數	0	0	100%		
	技術移轉	件數	0	0	100%	件	
		權利金	0	0	100%	千元	
	參與計畫人力（外國籍）	碩士生	0	0	100%	人次	
		博士生	0	0	100%		
		博士後研究員	0	0	100%		
		專任助理	0	0	100%		

<p>其他成果 (無法以量化表達之成果如辦理學術活動、獲得獎項、重要國際合作、研究成果國際影響力及其他協助產業技術發展之具體效益事項等，請以文字敘述填列。)</p>	無
--	---

	成果項目	量化	名稱或內容性質簡述
科 教 處 計 畫 加 填 項 目	測驗工具(含質性與量性)	1	依據教育部「九年一貫數學部編教科書」為範本製成之學習成效測量工具
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	0	
	教材	2	「平面、直線和角」及「數數看」兩個不同單元的 3D 數學電子書
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	
	計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	26	

國科會補助專題研究計畫成果報告自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

達成目標

未達成目標（請說明，以 100 字為限）

實驗失敗

因故實驗中斷

其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形：

論文： 已發表 未發表之文稿 撰寫中 無

專利： 已獲得 申請中 無

技轉： 已技轉 洽談中 無

其他：（以 100 字為限）

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）（以 500 字為限）

本計畫以主題式與遊戲動畫方式設計國小數學學習障礙學生適用之 3D 數學電子書素材，並以國小數學學習障礙學生為教學實驗對象，教學實驗結果證明本研究實作的 3D 數學電子書的確能明顯提升國小數學學習障礙學生的數學學習成效。此一教學實驗成果有助於提高國小數學學習障礙相關領域的研究及資源的投入。