

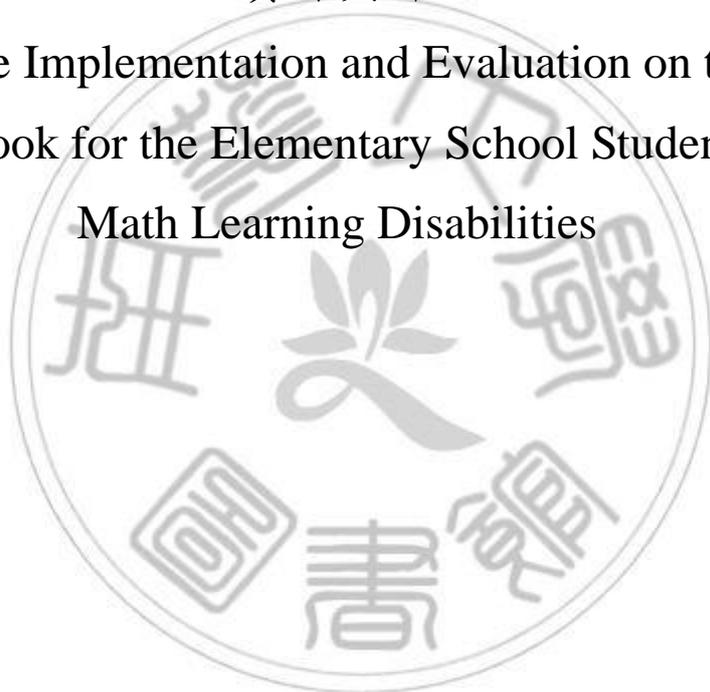
南 華 大 學

資訊管理學系

碩士論文

國小數學學習障礙學生適用之 3D 數學電子書
之實作與評估

The Implementation and Evaluation on the 3D
Math eBook for the Elementary School Students with
Math Learning Disabilities



研 究 生：張智傑

指 導 教 授：洪銘建

中 華 民 國 102年 6月

誌 謝

這份研究的完成需要感謝許多的人，首先要感謝我的指導教授洪銘建老師，老師的傾力協助讓本研究的成果更加豐富，同時也要感謝老師一直以來的關心，老師您專業與熱情的指導讓我能夠確定研究主題、方向，也因為有老師的鼎力相助本研究才能取得如此成果。同時也要感謝陳信良老師與尤國任老師願意擔任口試委員，在百忙之中抽空審查我的研究，兩位老師的指導與寶貴的建議，讓本研究能更加完整。老師們的提攜之恩，我會永遠銘記在心中。

另外還需要感謝新港國民小學與興中國國民小學的老師與學生們，因為有你們的幫助，本研究的實驗才得以進行，感謝各位特教老師的協助與建議，也感謝各位同學的配合，在此一併致上十二萬分的謝意。

最後還要感謝在我整個求學過程中，給予我支持與幫助的同學與家人，在我失落的時候鼓勵我，在我徬徨的時候指引我，因為有你們在背後的支持，我才能順利完成學業。在此致上我最大的謝意感謝所有幫助過我的教授、老師、學生、家人與同學，感謝大家的支持與協助。

張智傑謹誌於 2013.06

國小數學學習障礙學生適用之 3D 數學電子書之實作與評估

學生：張智傑

指導教授：洪銘建

南 華 大 學 資 訊 管 理 學 系 碩 士 班

摘 要

數學知識是生活必備的重要技能之一，然而教育界目前對於數學學習障礙的問題的關注程度低於閱讀障礙問題，加上民間企業認為學習障礙領域的商業市場規模不大，造成學習障礙領域嚴重缺乏教育資源。過去的研究文獻發現將電子書或 3D 技術應用於教學皆可有效提升學生的學習成效，因此本研究嘗試利用此特點融合電子書媒體與 3D 技術本身原有的優點，設計出適用於國小數學學習障礙生的 3D 數學電子書，並探討使用 3D 數學電子書進行教學是否有助於數學學習障礙生提升學習成效。教學實驗結果證明 3D 數學電子書的確能明顯提升數學學習障礙生的學習成效。

關鍵詞：學習障礙、3D 動畫、電子書

The Implementation and Evaluation on the 3D Math eBook for the Elementary School Students with Math Learning Disabilities

Student : Chih-Chieh Chang

Advisors : Dr.Ming-Chien Hung

Department of Information Management
The Graduated Program
Nan-Hua University

ABSTRACT

Mathematical knowledge is one of the importantcritical skills required of in our life, . however However, the educational circles sector took less attention to the students with math learning disabilities. Without enough market size, only few companies invested their resources for the education of math learning disabilities that makes the lack of educational resources in this area.

Past researches found the eBook and 3D technology are useful for improving the learning performance. This makes this study tries to design the 3D math eBook by integrating the advantages of eBook and 3D technologies. 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: Learning Disabilities, 3D Animation, eBook

目錄

| | |
|---------------------------|-----------|
| 封面 | i |
| 口試合格證明 | ii |
| 誌謝 | iii |
| 中文摘要 | iv |
| 英文摘要 | v |
| 目錄 | vi |
| 表目錄 | vii |
| 圖目錄 | viii |
| 第一章 緒論 | 1 |
| 第一節 研究背景 | 1 |
| 第二節 研究動機 | 3 |
| 第三節 研究目的 | 5 |
| 第二章 文獻探討 | 6 |
| 第一節 電子書 | 6 |
| 第二節 3D 技術在教學上的應用 | 9 |
| 第三節 數學學習障礙學生的數學學習特徵 | 11 |
| 第四節 漸進提示評量理論與教學設計 | 15 |
| 第三章 研究方法 | 19 |
| 第一節 研究架構與變項 | 20 |
| 第二節 實驗設計 | 22 |
| 第三節 實驗對象 | 24 |
| 第四節 研究工具 | 25 |
| 第五節 實驗教學設計 | 27 |
| 第四章 實驗結果 | 44 |
| 第五章 結論與建議 | 48 |
| 第一節 結論 | 48 |
| 第二節 未來研究建議 | 50 |
| 參考文獻 | 52 |

表目錄

| | |
|-------------------------------|----|
| 表 2-2 加減法應用題的分類題型與例子..... | 18 |
| 表 4-1 「平面、直線和角」單元各階段測驗結果..... | 44 |
| 表 4-2 「數數看」單元各階段測驗結果..... | 45 |

圖目錄

| | |
|-------------------------------------|----|
| 圖 3-1 研究架構..... | 20 |
| 圖 3-2 本研究預期之圖形辨認概念學習成果..... | 23 |
| 圖 3-3 本研究預期之數量計算技巧學習成果..... | 23 |
| 圖 3-4 「平面、直線和角」單元教科書範本..... | 28 |
| 圖 3-5 「數數看」單元教科書範本..... | 29 |
| 圖 3-6 本研究設計之「平面、直線和角」單元 3D 電子書..... | 30 |
| 圖 3-7 本研究設計之「平面、直線和角」單元 3D 電子書..... | 31 |
| 圖 3-8 本研究設計之「數數看」單元 3D 電子書..... | 31 |
| 圖 3-9 本研究設計之「數數看」單元 3D 電子書..... | 32 |
| 圖 3-10 「平面、直線和角」單元隨堂練習範本..... | 33 |
| 圖 3-11 「平面、直線和角」單元隨堂練習範本..... | 34 |
| 圖 3-12 「數數看」單元隨堂練習範本..... | 34 |
| 圖 3-13 「數數看」單元隨堂練習範本..... | 35 |
| 圖 3-14 本研究設計之「平面、直線和角」單元課堂習題..... | 36 |
| 圖 3-15 本研究設計之「平面、直線和角」單元課堂習題..... | 36 |
| 圖 3-16 本研究設計之「平面、直線和角」單元課堂習題..... | 37 |
| 圖 3-17 本研究設計之「數數看」單元課堂習題..... | 37 |
| 圖 3-18 本研究設計之「數數看」單元課堂習題..... | 37 |
| 圖 3-19 本研究設計之「數數看」單元課堂習題..... | 38 |
| 圖 3-20 「平面、直線和角」單元附屬測驗評量範本..... | 40 |
| 圖 3-21 「平面、直線和角」單元附屬測驗評量範本..... | 40 |
| 圖 3-22 「數數看」單元附屬測驗評量範本..... | 41 |
| 圖 3-23 教學實驗流程圖..... | 43 |
| 圖 4-1 教學實驗流程圖..... | 43 |
| 圖 4-2 教學實驗流程圖..... | 43 |

第一章 緒論

學習障礙是教育界長期以來都在關注的問題，目前台灣的教育環境較重視閱讀障礙問題，而較少關注數學學習障礙，但數學是生活必備的重要知能，因此需要針對數學學習障礙問題進行改善。

近年來，由於資訊科技的快速發展，多媒體科技也隨之普及，開發成本與技術的需求逐漸降低，多媒體科技的應用層面更加廣闊，多媒體教材的使用早已成為校園中普遍存在的現象，此外，3D 技術的快速發展降低了 3D 技術的使用門檻並提升了其表現能力，3D 技術開始普遍應用於各個領域。教育界近年來也開始運用 3D 這項技術並進行了許多相關的嘗試與研究，發現將 3D 技術應用於教學中在許多情況之下都可以取的正面的成果。

有鑑於 3D 技術應用於教學中可產生許多效益，加上教育界對於解決學習障礙的需求，本研究將利用發展趨近於成熟的 3D 技術來嘗試改善數學學習障礙問題。本章分為研究背景、研究動機、研究目的三節。

第一節 研究背景

「數學」不單是學校裡的一門學科，更是生活上必備的知能，在日常生活中經常會使用到數學的基礎知識，例如：每天生活的金錢交易計算或是事物的比較等等。然而，依據研究的統計資料顯示，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，教育部在 2000 年曾推動

三年的「全國兒童閱讀計畫」，該計畫的主要工作目的包括充實學校圖書資源、營造良好之閱讀環境、培訓師資、補助民間公益團體及地方政府辦理相關活動等，五項預期效益目標為：「第一年至少有五百所國小、幼稚園及一萬個家庭加入兒童閱讀活動；至第三年時，至少有二千所學校將兒童閱讀列為課程學習的一部分」、以及「學生語文能力及創造力有明顯提升(教育部, 2000)。」

教育部於 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」，此計畫更從過去針對弱勢地區的補助，擴大為全面性的閱讀政策推動(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，但就於數學學習障礙問題卻少有相關政策，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之各個面向(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)。Chang 等人(2006)發現電腦輔助教學有助於數學問題的解決，因此電腦輔助教學已被許多老師採用且有相當不錯的學習成果表現，尤其是應用於數學教學輔助，學生對於數學概念、計算及解題學習方面皆有正向提升且具有學習成果保留的效果(游佳蕙, 2009)。

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、方位、計算、分數、小數、測量、幾何、錢幣、百分比、概數、統計，甚至代數都有助益(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 等人(2008)即認為 3D 在未來必成為教學應用的典範，因此 3D 媒體未來將可能成為輔助國小數學學習障礙學生學習數學的重要工具。

第二節 研究動機

我國特殊教育法第 3 條明文提到身心障礙，指因生理或心理之障礙，經專業評估及鑑定具學習特殊需求，須特殊教育及相關服務措施之協助者；其分類如下：(1)智能障礙；(2)視覺障礙；(3)聽覺障礙；(4)語言障礙；(5)肢體障礙；(6)腦性麻痺；(7)身體病弱；(8)情緒行為障礙；(9)學習障礙；(10)多重障礙；(11)自閉症；(12)發展遲緩；(13)其他障礙(教育部, 2013)。由上述條文可知學習障礙也被劃分為身心障礙的領域並持續受到政府關注。特殊教育法第 15 條對「學習障礙」一詞詳細定義為「統稱因神經心理功能異常而顯現注意、記憶、理解、推理、表達、知覺或知覺動作協調等能力有顯著問題，以致學生在聽、說、讀、寫、算等學習上有顯著困難者；其障礙並非因感官、智能、情緒等障

礙因素或文化刺激不足、教學不當等環境因素所直接造成之結果學習障礙」(教育部, 1998)。因此, 學習障礙是一個不同學習困難類型的統稱, 其可歸為七個主要的類型, 包含(1)閱讀障礙; (2)書寫障礙; (3)口語障礙; (4)數學障礙; (5)注意力缺陷; (6)記憶力缺陷; (7)知動障礙等(洪儷瑜, 2008)。學習障礙學生常顯現學業成就低落, 單科或多科成績明顯低下, 甚至所有成績都不好。教育部提供的數據顯示 101 學年度(西元 2012 年)全台灣國小學生總數 1,373,375 人, 其中接受特殊教育服務者為 41,962 人, 而接受特殊教育服務者之中被鑑定為學習障礙者為 11,363 人, 但屬於數學學習障礙者的人數並未詳細統計。

由上述討論可發現國小數學學習障礙學生人數比率較少, 只占不到全體國小學生的 0.8%, 因此軟體廠商在市場規模與開發成本的考量下, 較無意願去開發國小數學學習障礙學生適用的教學輔助媒體。此外, 因為資源不足, 目前各國小的資源班仍有相當多的學習障礙兒童或潛在學習障礙學生待在普通班接受一般教育; 其次, 因為資源班學生分散於各科及各年級、學習障礙學生類型的多元性與個別化教學的需求, 在缺乏適當教科書的情況下, 資源班教師需要針對不同特性的學生設計及編製教材, 這使得資源班教師的工作負荷遠遠超過一般教師(孟瑛如, 2006)。由於國小數學學習障礙學生課程輔助教材資源的不足, 本研究基於多媒體教材的發展趨勢, 擬發展相關 3D 電子書教材, 並以適合國小數學學習障礙學生使用的 3D 數學電子書為標的, 希望透過 3D 數學電子書來發揮資訊科技的優勢, 做出能提升教學成效的 3D 數學電子書, 並做為後續相關 3D 教材開發的基礎, 此外, 本研究將會進行教室教學實驗來評估所設計的 3D 數學電子書應用於教學之成效以供後續研究之參考。

第三節 研究目的

利用快速發展的資訊科技來提升教學成效是當前教育環境的趨勢，目前 3D 技術發展已趨成熟，3D 媒體的應用層面將更加多元，而數學技能又是生活中常用的重要技能，因此本研究將實際設計出結合 3D 數學教材的電子書並在教學內容中使用圖形辨認與數量計算這兩個基礎的數學概念在配合實驗對象的學習進度時一方面也能區別出教材牽涉空間感時 3D 電子書的使用成果，希望達成下述的研究目的：

一、探討 3D 數學電子書教學對國小數學學習障礙生圖形辨認學習的學習成效。

二、探討 3D 數學電子書教學對國小數學學習障礙生數量計算學習的學習成效。

第二章 文獻探討

第一節 電子書

近年來電子科技發展蓬勃，二十一世紀儼然已成為電子化的 E 世代了！在資訊科技快速發展下，「書」開始以另一種形式呈現，轉而成為只要輕輕的按一下按鍵，就能看見想要的資訊的「電子書」，它不但有文字、符號的內容，同時也能播放出美妙悅耳的各式音樂，具有豐富變化的影像、動畫效果等許多功能（黃羨文, 1997）。民國九十一年教育部研討會表示，電子書成為教科書的形式之一已是時勢所趨，未來的教科書將以電子型態出版，且學生未來使用的教科書，電子書應該會越來越多（楊惠芳, 2002）。九年一貫課程，為充實教學內涵，教師應加強資訊科技融入教學之設計，運用資訊科技發展多元化之教材，以提昇學生學習興趣，進而能主動學習。因此，教材電子化將是未來的趨勢之一。

電子書的出現與資訊科技發展有密切關係，它的出現表明了多媒體科技發展已經成熟。電子書係指利用資訊科技將知識內容電子化，並以文字、或圖片、或影像、或動畫、或聲音等方式，加上些許互動式電腦科技來呈現，而以電子或光學媒體為載體者（黃羨文, 1997；張立杰, 1994）。它是繼紙張、印刷術、電波傳播技術發明與運用後，第四次資訊傳播革命的主角（孫素心, 1995）。電子書是以電子媒介如：網路、電腦、手機、PDA、平板電腦等作為載體，使用特定閱讀器有系統的傳遞資訊給使用者的科技產品（黃詩芳, 2012）。因此，我們可以將電子書想成是紙本書的延續者，它利用了電腦技術來擴展人們對

於資訊的選擇及處理，尤其是在瀏覽資訊方面。

電子書的閱讀環境和閱讀過程，皆強調主動性與互動模式，並提供學生一連串對訊息建構的過程，結合了文字、聲音、圖像、動畫等多種媒體表現方式，可儲存大量的資料、提供資料間的串連與檢索；同時也可與使用者產生互動式關聯，並顛覆了印刷書的線性思考模式，代之以圖像化、跳躍式的視覺思考型態為主（洪美珍, 2000）。

電子書的教學概念是由影像、聲音、儲存媒體、介面，及編輯軟體等組件，構成其系統結構，經由教學者有計畫的設計，使學習視窗廣闊，促使學習者感官整體互動，透過此種互動過程，幫助學習者認識並建立所學習的知識概念，效果不僅比傳統教學媒體更有效率，也更能提昇學習者的興趣（黃清雲, 1994）。電子書所能產生的互動，不只是在於學生與繪本電子書間的互動；還包括師生間雙向的溝通管道；在互動式教學中，教師與學生的意見能雙向交流，教師在教學過程中，針對學生不斷地反應，適時給予引導，故學生所花的注意力和心思自然一般教學來得多，這就是互動式電子書教學的優點（鐘樹椽, 1993）。相較於其他的多媒體教材而言電子書最大的特點在於它除了具有豐富的媒體內容之外他還具有書本的特性，也就是針對某個主題的完整描述，讓讀者能夠在閱讀電子書的同時藉由沉浸在豐富的內容中，體會起承轉合的完整過程，進而對電子書所描述的主題內容產生深刻的認知（張淑玲, 2005）。

電子書因分類標準的不一而有不同的描述，Philip Barker(1992)以瀏覽電子書的設備及包含的資訊為分類的基準，將電子書區分為(1).文字電子書；(2).靜畫電子書；(3).動畫電子書；(4).有聲書；(5).多媒體電子書；(6).多元媒體電子書；(7).超媒體電子書；(8).智慧電子書；(9).遠程媒體電子書；(10).模擬空間電子書；孫素心(1992)以電子書的功能

取向為準，將電子書分類成(1).文獻型電子書；(2).資訊型電子書；(3).教導型電子書；(4).諮詢型電子書。

運用電子書融入教學的相關學習理論有情境學習理論、讀者反應理論、視覺學習理論、社會建構理論、訊息處理理論及社會學習理論等。本研究以社會建構理論為主要依據，該理論概述如下：社會建構主義主張以學習為中心，在整個學習環境中，個人的學習必然與環境中的人、事、物發生關聯。Vygotsky(1978)指出，人類心智能力的發展是社會互動與社會經驗的結果，兒童從簡單的心智功能轉化到能夠表現抽象思考、邏輯推理和自我調整等高層心理歷程，都是利用語言與文化中與其他人進行溝通、分享等社會性互動作用，再由此互動所習得的符號來進行思考和學習。

以建構主義為基礎所發展的電腦輔助教學應該是現在 E 世代的時勢所趨。楊坤原（2000）認為互動式多媒體的科技不僅可將學習材料做多元化方式（文字、圖片、動畫、照片、音樂、口語、影片等）的表徵，以提高虛擬的似真性並促進學習者的理解程度外，亦可與超本文技術結合，提供學習者生動活潑的學習材料，使學習者處於學習社群的情境中，利用所提供的工具和資源，透過合作學習，在解決真實性問題的過程中，使學習者可自由瀏覽，有彈性的學習，主動建構知識和認知技能。

第二節 3D 技術在教學上的應用

現今有國際上有許多知名的大學均建置有 3D 教學網站，在那些網站中存在著許多教師利用 3D 技術所創作的 3D 教材能夠完整的呈現出教師所要傳授的形體概念，並讓學生能藉由翻轉 3D 教材的動作來觀察該物體的各種角度進而理解該物體的實際形狀(王連祥, 2006)。3D 顯示技術有著非常廣闊的市場前景，它除了廣泛應用在醫療、科研、教學、軍事等專業領域外，在奢侈品以及文物藝術品展示、會展、大企業形象展示、新媒體等各領域也可以發現它所帶來的新發展(許精益、黃乙白, 2007)。

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。3D 虛擬實境不僅改善了實驗教學在空間和時間上的限制，且經由此研究的教學實驗證實：(1)學生樂於使用 3D 虛擬實境進行學習；(2)透過電與磁 3D 虛擬實境操作能加深學生對於教材使用的印象；(3)電與磁 3D 虛擬實境增加學生的學習動機與意願。

國際知名企業 IBM 基於：(1)加速員工的成長；(2)節省差旅成本、時間；(3)加強全球跨國企業的合作強化學習成效；(4)符合 Y 世代的學習偏好等考量積極投入 3D 虛擬世界員工訓練課程的開發，經過三個月的員工訓練實驗之後於各方面取得明顯成效且獲得好評(黃雁萍, 2008)。

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。同時也提供關於一年四季太陽角度變化及晝夜長短變化等在一般的教學流程中不容易真實呈現的情境的模擬。並以國小四年級學生為實驗對象實施資訊融入自然領域「善變的月姑娘」教學，以探討月亮、太陽觀測虛擬實境模型在自然領域教學之輔助學習成效。研究結果顯示「月亮、太陽觀測模型」有助於提升國小學生在自然領域的學習成就。

徐文俊(2005)則發展一套 Web 3D/VR 太極拳教學系統，系統主要提供太極拳選手或一般社會大眾上網自我學習和線上討論之用。此研究發現應用 Web 3D/VR 技術的優點為：(1)擬真的場景能讓學生自行建構動作技能的認知；(2)提供 3D 的多重參考架構確保每次動作示範都可以百分之百的正確；(3)具網路特性，學習的時間、地點、次數不受限制。林子超(2006)發展情境導向之網路 3D/VR 學習輔助系統，並透過資訊專家、體育教學專家、國小體育教師與國小高年級學生進行系統的評估，結果發現 89%的人覺得該網路 3D/VR 學習輔助系統有助於國小體操墊上運動的教與學。鄭兆明(2006)的研究發現 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。針對國小數學學習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，本計畫認為透過 3D 虛擬實境實作之數學輔助學習動畫將有助於提升國小數學學習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。

第三節 數學學習障礙學生的數學學習特徵

依據我國修訂於西元 2012 年「身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法」第十條之定義，學習障礙為神經心理功能異常而顯現出注意、記憶、理解、知覺、知覺動作、推理等能力問題，致在聽、說、讀、寫或算等學習上有顯著困難者；其障礙並非因感官、智能、情緒等障礙因素或文化刺激不足、教學不當等環境因素所直接造成之結果。

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 formed、或數學問題解決能力等困難。這些困難讓他們不只是數學學習有困難，日常生活上數學的運用也有問題；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(洪儷瑜, 2008)。針對上述學習障礙特徵分述如下：

1. 學習的認知能力

以認知發展理論發展之「感官動作期(Sensory-motor period)」、「前

操作期(Preoperational period)」、「具體操作期(Concrete operation period)」、以及「形式操作期(Formal operation period)」等四個階段來看。數學學習障礙兒童的認知發展較一般兒童緩慢，無法進行較抽象的思考，其認知發展大多只達到具體操作期。

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 與 Berdine, 1995)。

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 與 Patton, 1994; Grane, 2002)。

由於數學學習的每個步驟間關係密切，學生需專注於每一個步驟才能有好的學習效果，若無法對每一學習步驟保持高度的專注力，則數學學習的成效將非常有限。然而國小數學學習障礙學生因學習的專注力不足導致數學學習的困難度增加，可能無法持續專注於教師的數學教學及解題步驟，導致其數學學習的成效遠低於一般的學生。

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(Grane, 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。因此，林美和(1992)認為記憶的持續力是個體學習的主要因素，個體要有效的學習，必須能記憶所學習的內容，並將其運用在新的情境。

4. 學習能力

Grane(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。

(1)學習類化或遷移困難

學習類化或遷移困難意指學生比較不會舉一反三，無法利用已習得的經驗解決所面臨的新問題或適應新的環境，亦即無法達到學習效果的擴散現象(Drew, 1996)。就數學學習的過程而言，學生由具體到抽象概念的形成即是類化與遷移能力的養成，然而對數學學習障礙學生而言，其因類化與遷移的困難導致在學習數學時，面對題型類似的數學題時，可能因問題敘述的方式不同而無法搜尋到適當的解題策略；或是無法從幾個不同的數學題目中歸納出相同的線索以進行解題(林怡君、鈕文英, 2001)。

(2)缺乏有效學習策略

數學學習障礙兒童的認知發展較一般兒童晚，比較不會運用有效的策略來學習，且因無法有效組織或記憶學習材料而影響其

回憶學習材料的能力或提醒自己專注於解題步驟，也較傾向於被動的學習態度，因此數學學習障礙兒童無法有效將策略應用在數學的解題策略上(陳政見、陳志宏, 2002)。

(3) 語言能力缺陷

Miller與Mercer(1997)認為數學符號是傳達數字語言概念的途徑，良好的語言能力有助於提升學生數學計算與解文字題型的能力，所以語言技巧對學生的數學學習非常重要。若將語言能力分為語言理解、口語表達、以及閱讀理解三方面，數學學習障礙學生常無法理解他人口語訊息的重點，對同音異義字欠缺區辨能力，對抽象訊息的理解更是困難(林寶貴、張正芬、黃玉枝, 1992)。因此，語言能力缺陷導致數學學習障礙學生常常不能瞭解題意或掌握不到重點而無法解應用型問題，或是因對語言不夠精熟而忽略了題目所傳達的重要訊息，因而無法使用正確的解題策略和步驟(Cegelka 與 Berdine, 1995)。

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 與 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。

第四節 漸進提示評量理論與教學設計

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 與 Lussier, 2001)。Campione 與 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的模式。

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 與 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。

張淑媛(2003)認為將 Vygotsky 的社會認知發展論用於數學學習障礙學生，其可獲得下列的教學啟示：(1)可經由教學介入與引導，擴展學生認知發展區域，激發學生潛在發展水準；(2)可經由持續互動評量，更正確診斷數學學習障礙學生的真正潛能；(3)教師必須了解學生由他人調適到自我調適的認知發展歷程，必須給予學生支持與協助學生調適此歷程。

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. 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。因此本研究基於此一原則而以生活化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與 Moser, 1982;古明峰, 1999)，因此本研究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，以下用古明峰(1996)的研究為範例加以說明：

- (1) 改變類問題：指一個數量經過增加與減少後的改變即形成另一個數量的問題。對於數量的增減所產生之行為作動態描述。增加和減少兩種類型，可細分成「結果量未知」、「改變量未知」和「起始量未知」三種。
- (2) 合併類問題：探討一個大集合和兩個互補子集合之間的關係，對於問題中兩個數量作靜態描述。可再分為兩種類型，第一是先給大集合的總數和其中一個子集合的個數，求另一個子集合的個數。另一類為先給兩個子集合的個數，求大集合的總數，也就是「子集合未知」和「總數未知」的問題。
- (3) 比較類問題：比較兩個數量大小或多寡的問題，題中兩個數量屬靜態描述，可分為「差異量未知」、「被比較量未知」和「參照量未知」。

表 2-2 加減法應用題的分類題型與例子

| 類型 | 未知量 | 以錢幣為例子 | 語意關係 |
|-----|------|----------------------------------|------|
| 改變類 | 結果量 | (1) 小牛有 2 元，小羊又給小牛 3 元，問小牛現在有幾元？ | 增加 |
| | 未知 | (2) 小牛有 1 元，其中 3 元給小羊，問小牛剩下多少元？ | 減少 |
| | 改變量 | (3) 小牛原有 6 元，小羊給小牛幾元後，小牛會有 10 元 | 增加 |
| | 未知 | (4) 小牛有 3 元，小牛給小羊幾元後，小牛會剩下 6 元 | 減少 |
| | 起始量 | (6) 小羊給牛 6 元後，小牛現有 3 元，問小牛原來有幾元？ | 增加 |
| | 未知 | (6) 小牛給羊 6 元後，小牛剩下 3 元，問小牛原來有幾元？ | 減少 |
| 比較類 | 差異量 | (1) 小牛有 3 元，小羊有 6 元，問小牛比羊多幾元？ | 比多 |
| | 未知 | (2) 小牛有 3 元，小羊有 6 元，問小羊比牛少幾元？ | 比少 |
| | 被比較量 | (3) 小牛有 6 元，小羊比牛多 3 元，問小羊有幾元？ | 比多 |
| | 未知 | (4) 小牛有 9 元小羊比牛少 3 元，問小羊有幾元？ | 比少 |
| | 參照量 | (6) 小牛有 3 元，小牛比羊多 3 元，小羊有幾元？ | 比多 |
| | 未知 | (6) 小牛有 6 元，小牛比羊少 3 元，問小羊有幾元？ | 比少 |
| 合併類 | 總數未知 | (1) 小牛有 6 元，小羊有 3 元，問小牛和小羊共有多少元？ | |
| | 子集合 | (2) 小牛和小羊共有 6 元，小羊有 3 元，問小牛有多少元？ | |
| | 未知 | | |

資料來源：古明峰(1999)

第三章 研究方法

本研究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，旨在探討 3D 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。本研究方法共分為五節，第一節研究架構與變項、第二節實驗設計、第三節實驗對象、第四節研究工具、第五節實驗教學設計。

第一節 研究架構與變項

綜合相關研究文獻並配合本研究動機及目的，設計之研究架構，如圖 3-1。

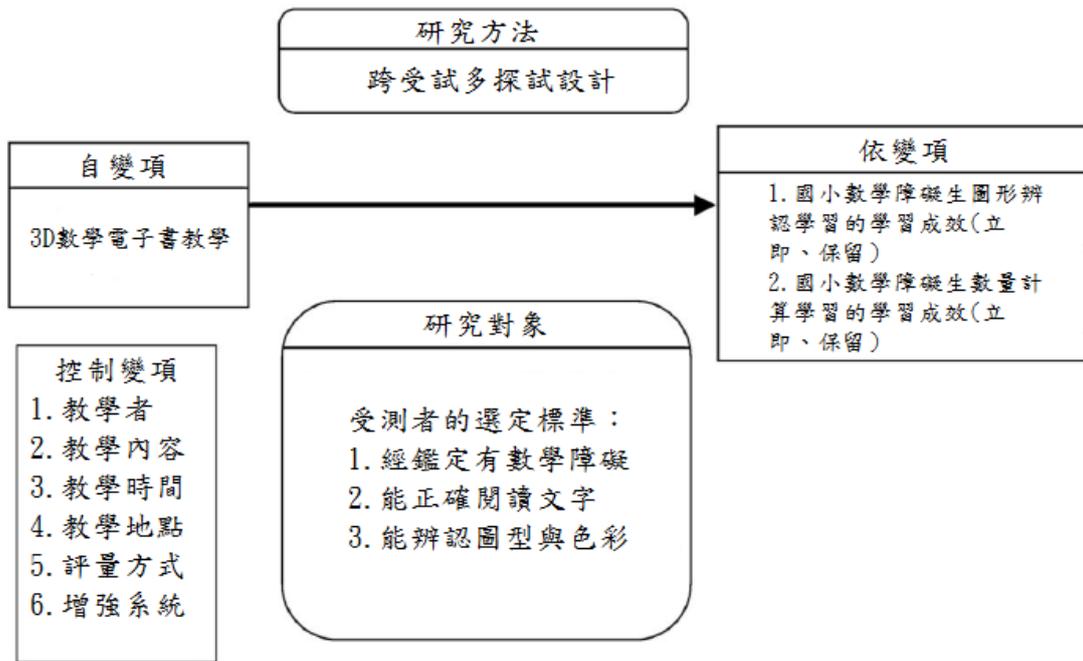


圖 3-1 研究架構

1. 自變項

本研究中的自變項為「3D 數學電子書教學」，係指研究者參考學者對電子書之認知以及教育部所發行「九年一貫數學部編教科書」之內容所自行設計開發具有豐富變化的影像、動畫效果的 3D 電子書，並使用該 3D 電子書進行教學的過程。

2. 依變項

本研究的依變項為國小數學學習障礙學生接受 3D 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。本研究採用前測、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

本研究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：

- (1)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，本研究的教學工作從開始到結束全由研究者與另一名合作者共同擔任，本研究有兩個單元分別由一位教學者負責進行教學。
- (2)教學內容：本研究的教材內容、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。
- (3)教學時間：本研究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。
- (4)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。
- (5)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，測驗卷題數皆為 5 題，分為前、後測使用的 A1 卷、A2 卷與立即測驗用的 B 卷。

(6)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。

第二節 實驗設計

用於教學實驗研究中的實驗設計法有單一受試設計、多重處理策略設計、交替處理設計、多基準線設計、跨行為多探試設計、跨情境多探試設計、跨受試多探試設計等多種設計方式，每個設計方式都有其自身的特點，需要採用哪一種則視研究本身的條件而定。

其中跨受試多探試設計方式，是觀測紀錄三位以上的受試對象並分析他們在類似情境下的行為表現，本研究以集體教學的方式進行，學習相同單元的受試者將同時進行教學以確保受試者所接受的教學內容一致，故採用跨受試多探試設計，其原則為：1.教學介入開始前，先確定受試者的學習目標；2.至少選擇三位受試者；3.教學介入前先進行前測取得基線資料；4.在教學過程中對受試者進行間斷性的試探；5.當受試者表現穩定後教學介入才算完成。本研究依據實驗對象過去的學習狀況資料，預測了總體解題正確率的基線值為 60%，並假設教學介入後受試者的解題正確率會達到 100%。

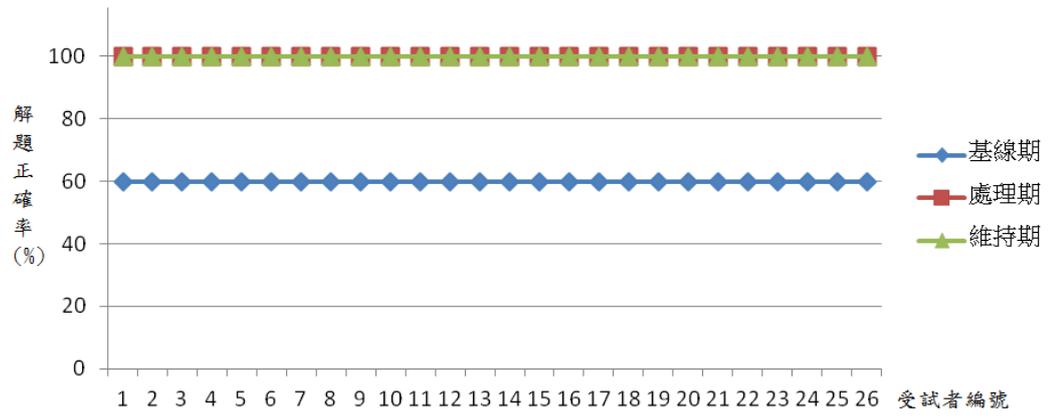


圖 3-2 本研究預期之圖形辨認概念學習成果

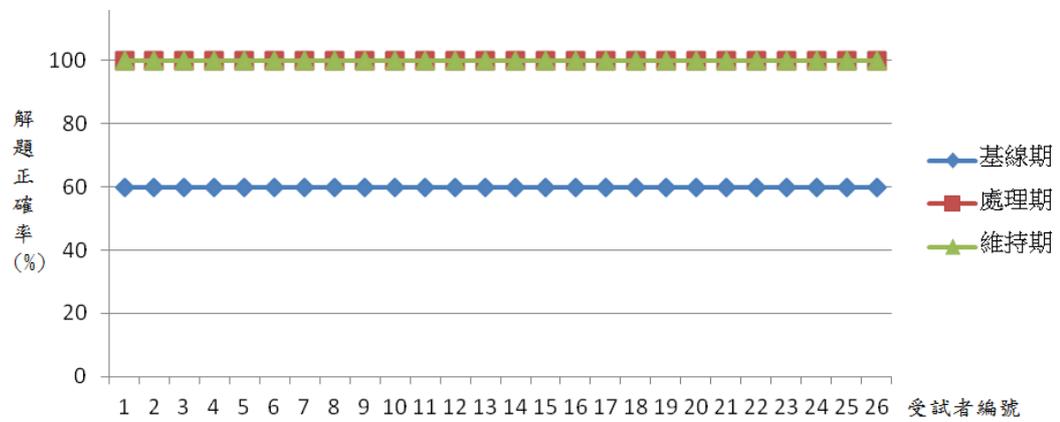


圖 3-3 本研究預期之數量計算技巧學習成果

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，本研究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。

第三節 實驗對象

本研究之實驗對象選自新港國民小學與興中國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實驗，希望能透過本實驗的教學介入提升他們的學習表現。國民小學對於數學學習障礙生的定義為：在普通班於數學科目的學習表現明顯落後者且經由數次輔導仍無法提升期學習表現至預期水準，再經由數位老師、專家就於該生學習狀況進行深入評估後符合教育部公告

條件者，由校方呈報教育部後納入特殊教育服務對象。為了去除其他變因干擾，本研究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，排除不適用於本研究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。

第四節 研究工具

本研究使用之研究工具包含 3D 電子書教材、課堂習題、學習狀況評量，本節將說明各個工具。

1.3D 電子書教材

一綱多本政策施行後，國立編譯館自西元 2004 年起退出教科書編寫，隨後教科書出版正式進入百家爭鳴的戰國時代，為了在眾多競爭者中脫穎而出，各出版社紛紛在教材的編寫上費盡心思來創造特色，間接造成教材過於多元化，這種現象造成學生的額外負擔，有鑑於此教育部於西元 2005 年重新開始發行教科書並於西元 2011 年在網路上公布「九年一貫部編教科書」，該基礎教材範例的目的為設立教材標竿避免九年一貫課程綱要的施行造成民間教材差異過大同時也可做為教師自製教材時的範本。為了教材的完整性、實用性並能配合學校的課程內容，本研究所使用之 3D 電子書教材，其內容架構將基於「九年一貫數學部編教科書」編寫，編寫過程也將依照教育部之建議進行修改以符合本研究教學介入的需求，同時將其內容轉化為 3D 內容呈現。在 3D 內容的創作方面，考量到時間與技術能力決定採用「Iclone」 3D

動畫軟體製作，該軟體的特色為容易上手、製作速度快且成品相容性高。在電子書的軟體平台部分則是採用使用者容易取得且硬體需求不高的「InDesign CC」這款由 Adobe 公司發行的桌面創作軟體，該軟體是以 Adobe Flash Player 為核心所開發的軟體，只要是具有 Adobe Flash Player 就可以使用該軟體或該軟體所製成的電子書。本研究依照所挑選出的實驗對象的在校學習進度來決定教材所要包含的內容範圍，將教材分為「平面、直線和角」單元以及「數數看」單元。

2. 課堂習題

為了在處理期的教學介入過程中不斷的對受試者進行試探，同時又不會干擾受試者的學習狀況，本研究在試探性測驗中採用難易度與 3D 電子書教材內容相近的習題為基礎並參考教育部所公布「九年一貫數學部編教科書」之中的隨堂練習，進行改編之後以 3D 的方式呈現，與 3D 電子書內容相同分為「平面、直線和角」單元以及「數數看」單元。執行方式則是利隨堂練習的形式將處理期的試探性測驗轉化為課堂習題並融入教學介入過程，在使用 3D 電子書教材進行指導的同時引導受試者進行試探性測驗，並依據受試者的反應判斷其學習狀況是否達到預期水準或是趨於穩定，當受試者表現穩定時代表教學介入完成。

3. 學習狀況評量

為了取得受試者在各個階段的學習狀況，將會在該階段結束前使用紙筆測驗的方式進行評量，學習狀況評量採用紙筆方式進行的主要考量是受測者所吸收的知識需要能應用於日常生活中，在目前的教育環境中一般考試通常以紙筆測驗居多，為了確保本研究所使用之 3D 電子書所包含的知識能在非 3D 狀況下使用，故決定採用與一般考試相同型式的紙筆測驗卷，卷中題目與本研究中使用的教材、習題的編成方

式類似，皆採用教育部所公布「九年一貫數學部編教科書」所提供之範本作為基礎並依照實驗需求進行編寫。

第五節 實驗教學設計

本研究之教學實驗課程主軸為「3D 數學電子書教學」，以下將介紹 3D 數學電子書、課堂習題、學習狀況評量以及教學實驗流程。

1. 3D 數學電子書

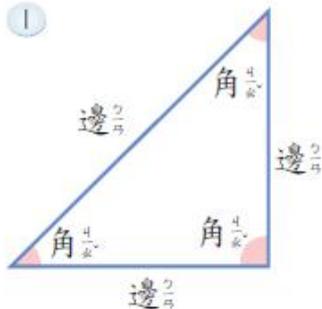
衡量了受試者的學習狀況並配合受試者目前的學習進度，研究者自行設計之「3D 數學電子書」內容包含「平面、直線和角」單元以及「數數看」單元共兩個單元，「平面、直線和角」單元的主旨為教導圖形辨認概念包含五項內容為「邊」、「角」、「平行」、「垂直」、「平面」，「數數看」單元的主旨為教導數量計算技巧內容為使用數學方式進行物體數量計算，電子書內所有內容皆以「九年一貫數學部編教科書」為基礎編寫並依照實驗需求融入 3D 輔助教材後形成本研究所使用之 3D 數學電子書教材。

本研究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，教學的過程以本研究設計之 3D 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。

教學

8-1 邊和角

1 平面圖形有幾個邊和幾個角？數數看。



三角形有3個邊和3個角。

2



這張紙有4個邊和4個角。

教學

2 有幾個邊和角？填填看。



_____ 個邊
_____ 個角

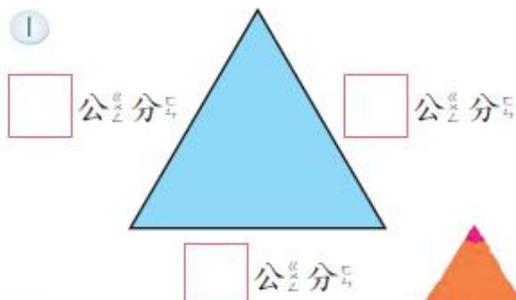


_____ 個邊
_____ 個角

教學

3 依照指示做做看。

- 用直尺描出平面圖形的邊。
- 量出每個邊的長度。
- 把一樣長的邊塗上相同的顏色。



三個邊都是一樣長的三角形，叫做正三角形。



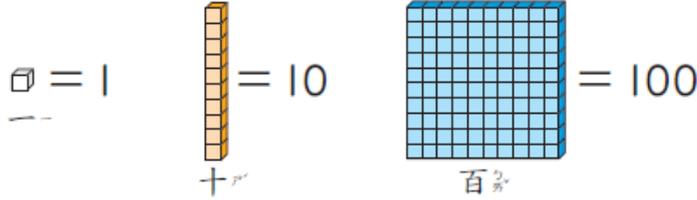
圖 3-4 「平面、直線和角」單元教科書範本

資料來源：「九年一貫數學部編教科書」(2011)

1-1 數到200

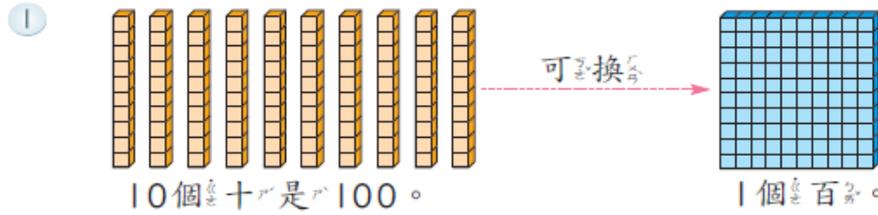
教學

我們可以用積木來表示一個數。

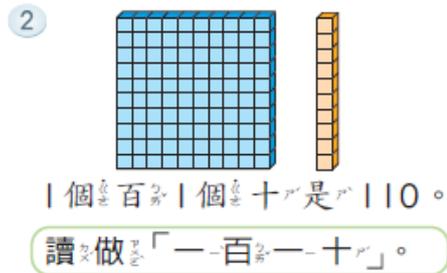


教學

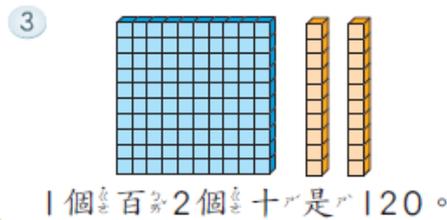
1 有多少少? 數數看。



教學



從100向上數1個十。
110



從100向上數2個十。
110、120

教學

讀做「一百二十」。

圖 3-5 「數數看」單元教科書範本

資料來源：「九年一貫數學部編教科書」(2011)

平面、直線和角

以下圖形有幾個邊和幾個角呢?請大家一起數數看。

有四個邊和四個角

有三個邊和三個角

圖 3-6 本研究設計之「平面、直線和角」單元 3D 電子書

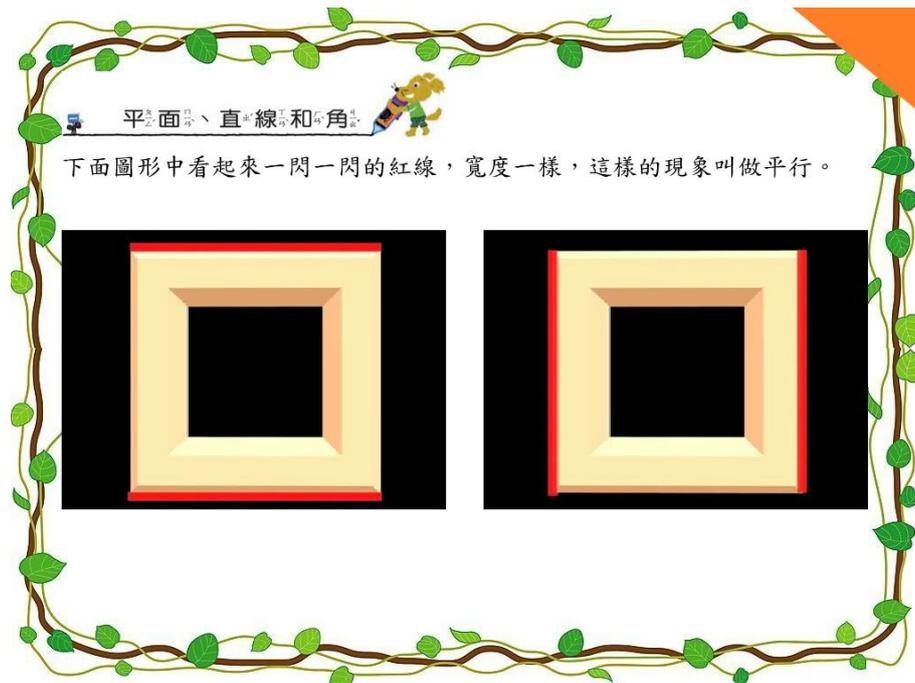


圖 3-7 本研究設計之「平面、直線和角」單元 3D 電子書

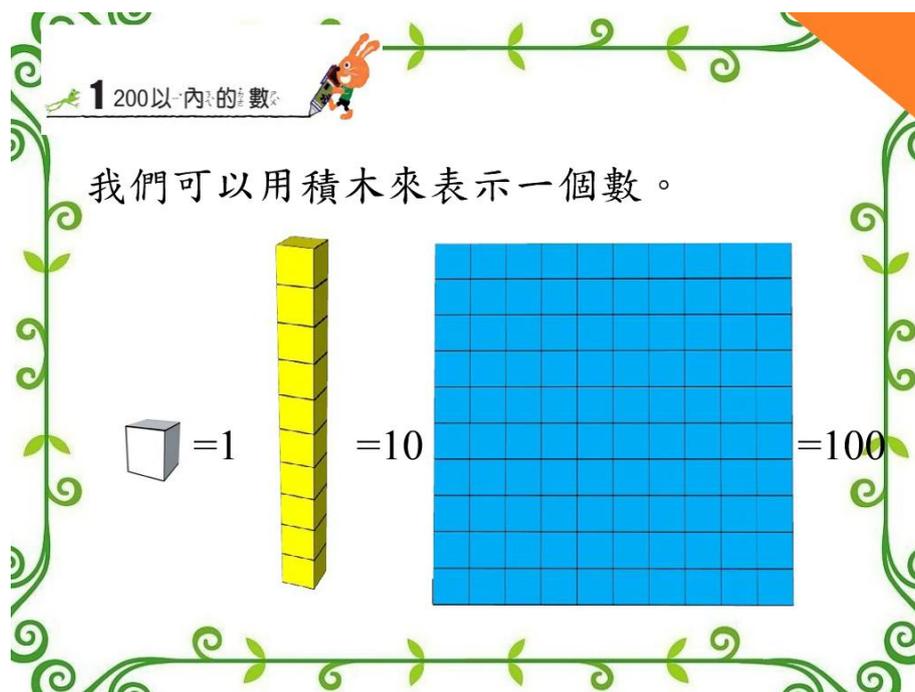


圖 3-8 本研究設計之「數數看」單元 3D 電子書

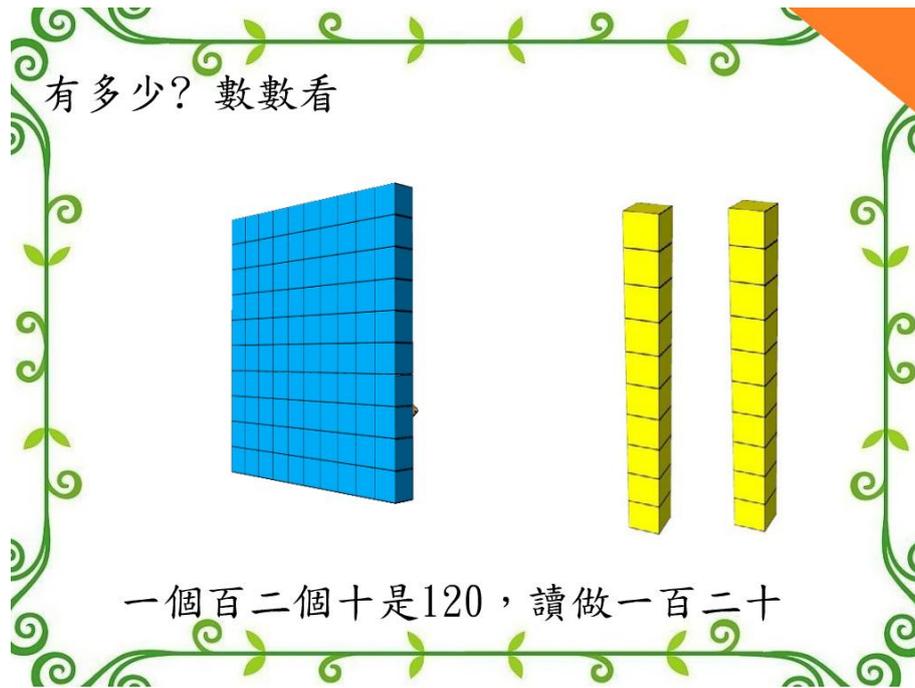
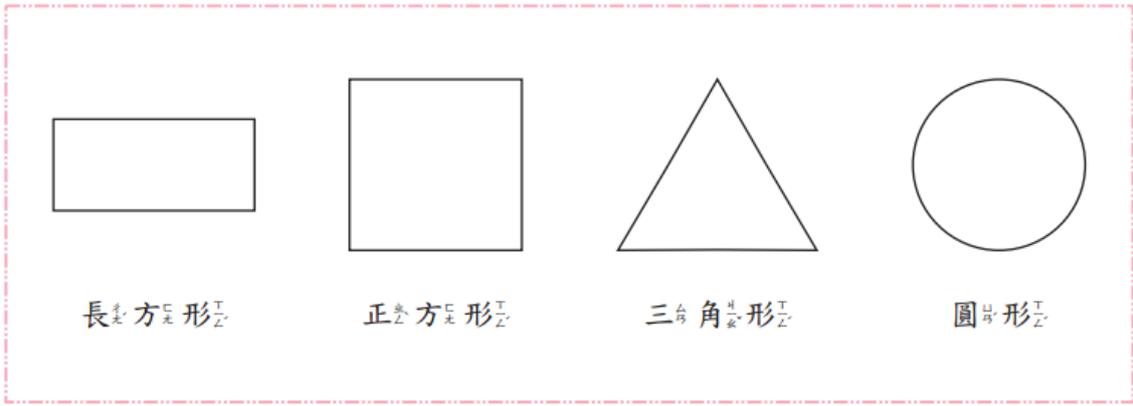


圖 3-9 本研究設計之「數數看」單元 3D 電子書

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。



沿著虛線描出每個圖形。
寫出它們有幾個角和幾個邊。

1



_____ 個邊
_____ 個角

2



_____ 個邊
_____ 個角

圖 3-10 「平面、直線和角」單元隨堂練習範本

資料來源：「九年一貫數學部編教科書」(2011)



平行



垂直

下面的圖片裡，有平行現象的打 \checkmark 。

1



2

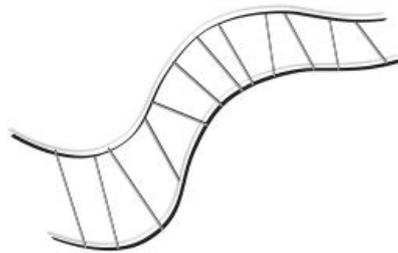


圖 3-11 「平面、直線和角」單元隨堂練習範本

資料來源：「九年一貫數學部編教科書」(2011)

1 個百 2 個十
是 120

1

個百 個十 是

2

個百 個十 是

圖 3-12 「數數看」單元隨堂練習範本

資料來源：「九年一貫數學部編教科書」(2011)

罐子裡有 60 顆彈珠。

從 60 往上數 5 個十

60 → 70 → 80 → 90 → 100 → 110



共有 110 顆。

有多少？數數看。

1



共有 _____ 顆。

2



共有 _____ 顆。

圖 3-13 「數數看」單元隨堂練習範本

資料來源：「九年一貫數學部編教科書」(2011)

平面、直線和角

請認出圖形名稱，再計算圖形有幾個邊和角。



1. 長方形
2. 五邊形
3. 六邊形

___ 個邊 ___ 個角

圖 3-14 本研究設計之「平面、直線和角」單元課堂習題

平面、直線和角

請指出有平行現象的圖片。

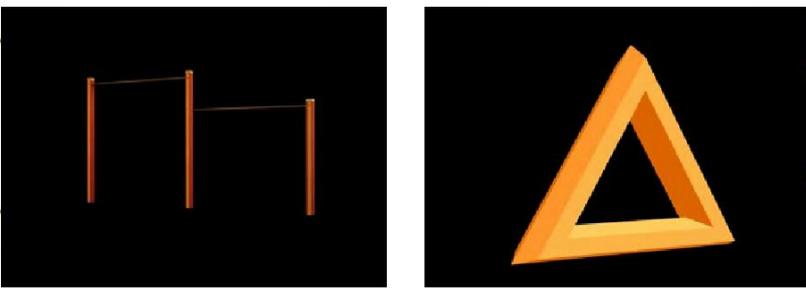


圖 3-15 本研究設計之「平面、直線和角」單元課堂習題



圖 3-16 本研究設計之「平面、直線和角」單元課堂習題

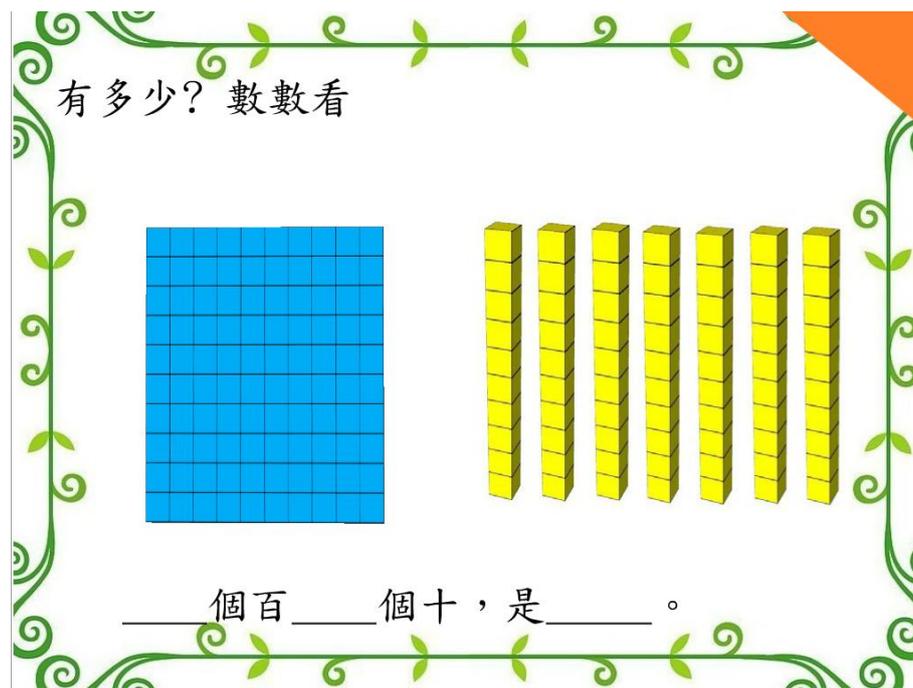


圖 3-17 本研究設計之「數數看」單元課堂習題

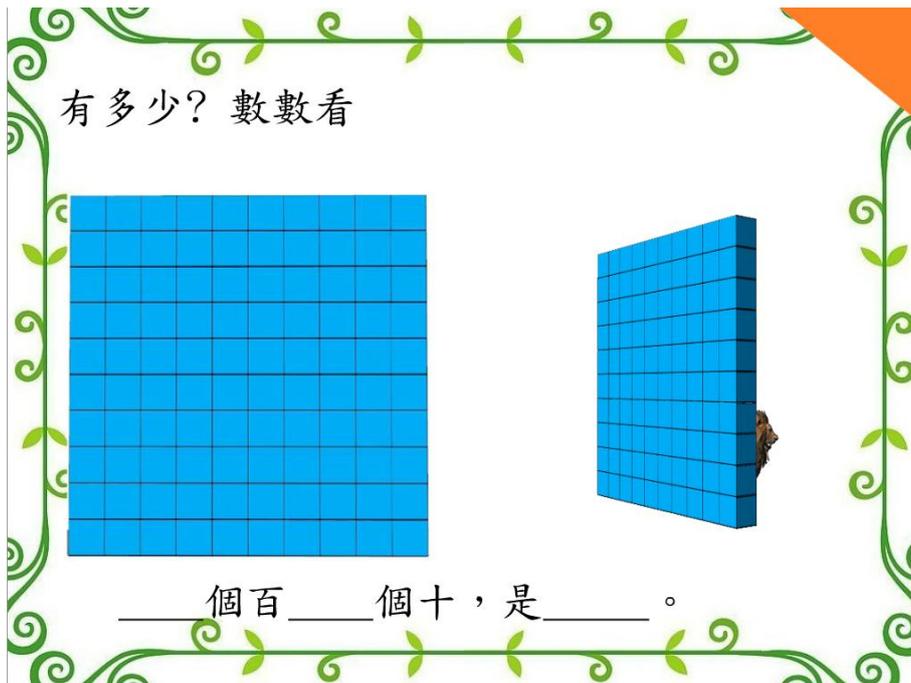


圖 3-18 本研究設計之「數數看」單元課堂習題

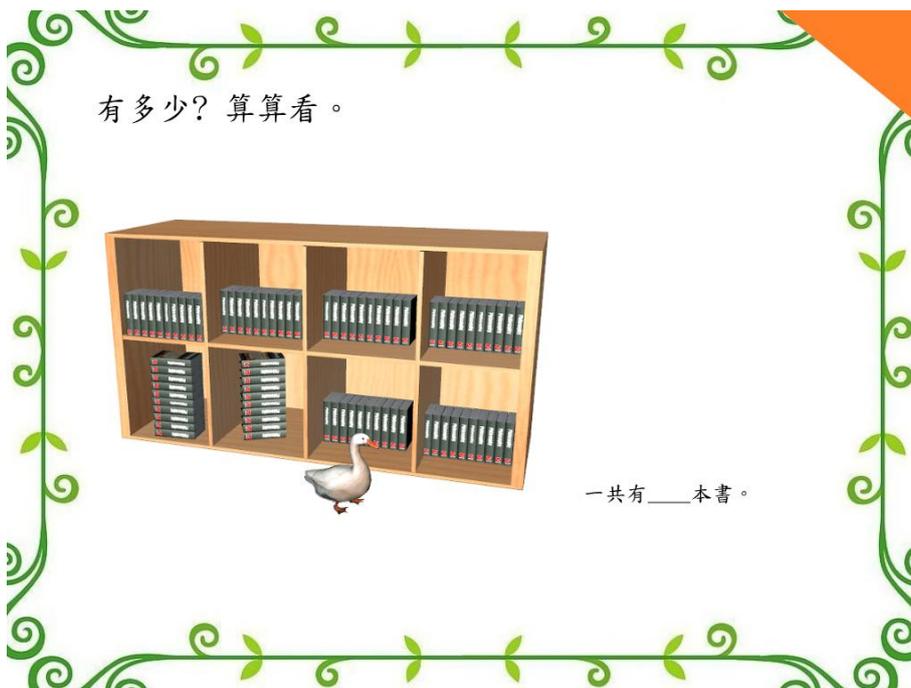


圖 3-19 本研究設計之「數數看」單元課堂習題

3. 學習狀況評量

在本研究中，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。



那一個面比較大？大的打✓。



圖 3-20 「平面、直線和角」單元附屬測驗評量範本

資料來源：「九年一貫數學部編教科書」(2011)

下圖中，沒有平行現象的打✕。

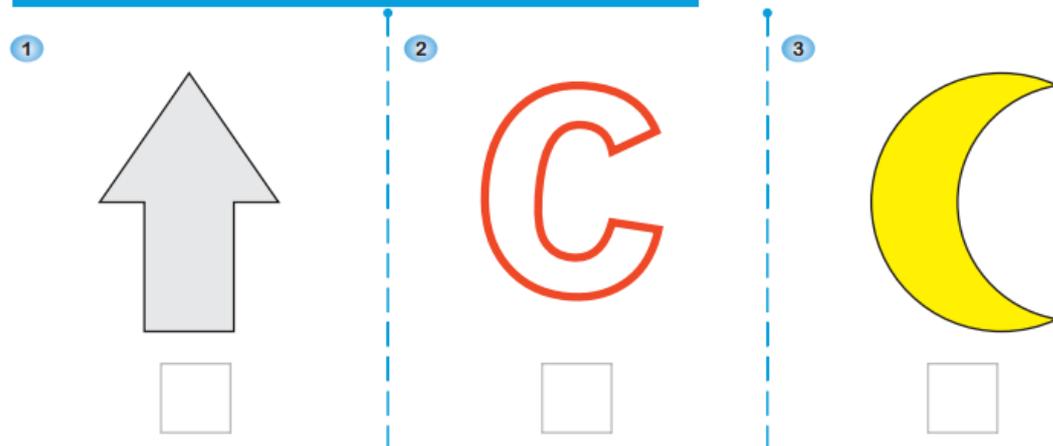


圖 3-21 「平面、直線和角」單元附屬測驗評量範本

資料來源：「九年一貫數學部編教科書」(2011)

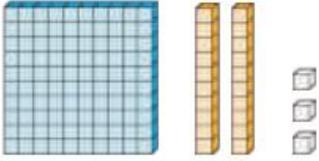
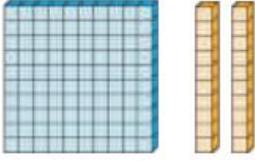
| | 積木 | 幾個百 幾個十 幾個一 | 寫出這個數 |
|---|---|----------------------------|-------|
| 1 |  | ____ 個百 ____ 個十 ____ 個一 | _____ |
| 2 |  | ____ 個百 ____ 個十 ____ 個一 | _____ |
| 3 |  | ____ 個百 ____ 個十 ____ 個一 | _____ |

圖 3-22 「數數看」單元附屬測驗評量範本

資料來源：「九年一貫數學部編教科書」(2011)

4.教學實驗流程

為避免研究遭受非必要性的干擾，本研究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，排除不適用於本研究教學單元設計程度的受測樣本，經過此三階段嚴謹的篩選，適合本研究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，整體教學實驗流程請見圖 3-23。

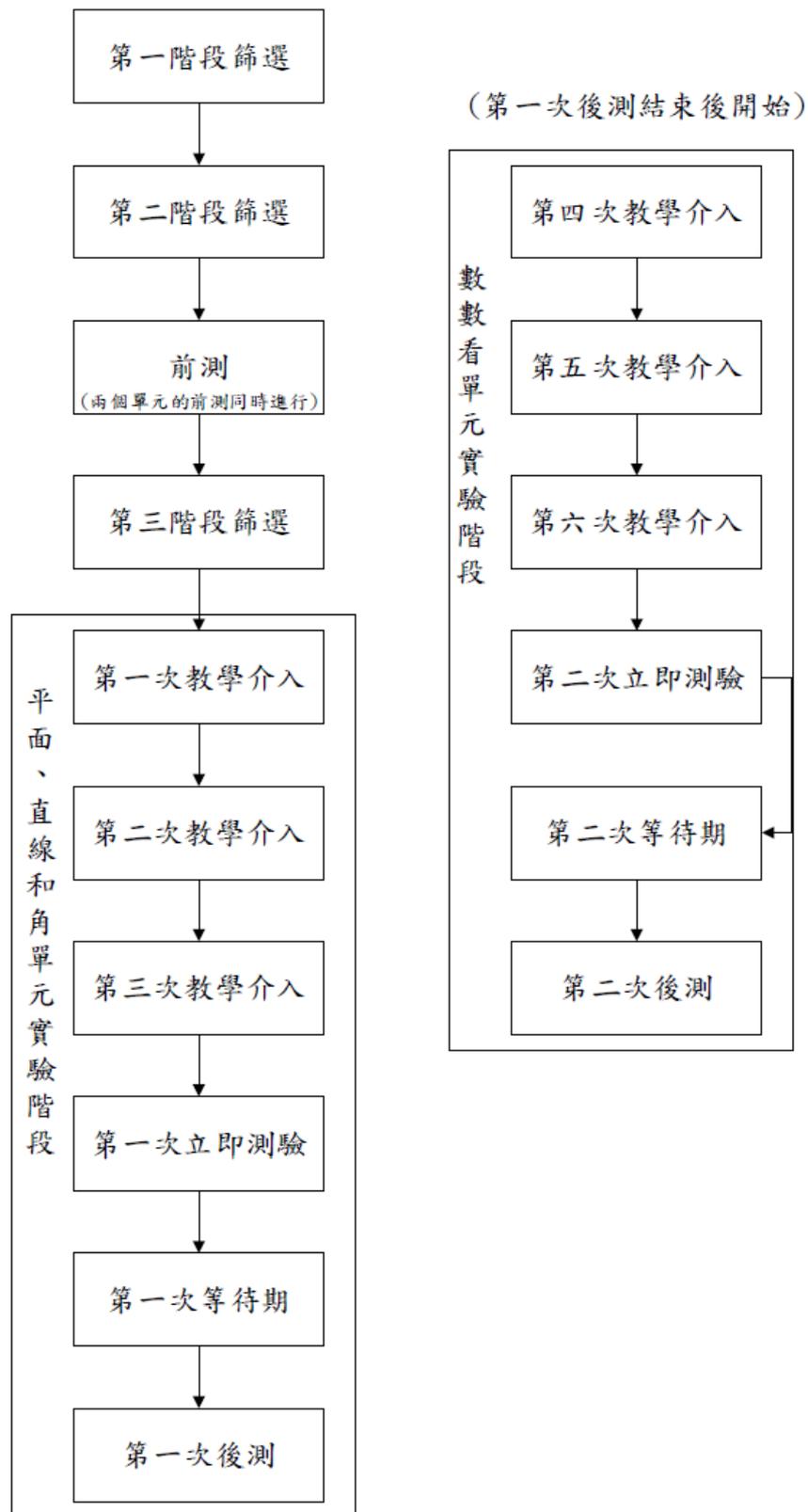


圖3-23 教學實驗流程圖

第四章 實驗結果

本研究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。

表 4-1 「平面、直線和角」單元各階段測驗結果

| 受測者編號 | 前測 | 立即測驗 | 後測 |
|-------|----|------|-----|
| 1 | 60 | 100 | 80 |
| 2 | 80 | 100 | 100 |
| 3 | 60 | 80 | 80 |
| 4 | 80 | 100 | 100 |
| 5 | 80 | 100 | 100 |
| 6 | 80 | 100 | 80 |
| 7 | 60 | 100 | 100 |
| 8 | 0 | 40 | 40 |
| 9 | 80 | 100 | 80 |
| 10 | 80 | 100 | 100 |
| 11 | 60 | 100 | 100 |
| 12 | 80 | 100 | 100 |
| 13 | 60 | 80 | 80 |
| 14 | 80 | 100 | 100 |
| 15 | 80 | 100 | 100 |
| 16 | 80 | 100 | 100 |
| 17 | 60 | 100 | 80 |
| 18 | 80 | 100 | 100 |
| 19 | 80 | 100 | 100 |
| 20 | 20 | 100 | 100 |
| 21 | 80 | 100 | 80 |
| 22 | 80 | 100 | 100 |
| 23 | 80 | 80 | 80 |
| 24 | 60 | 100 | 80 |
| 25 | 80 | 100 | 100 |
| 26 | 80 | 100 | 100 |

資料來源：本研究結果

表 4-2 「數數看」單元各階段測驗結果

| 受測者編號 | 前測 | 立即測驗 | 後測 |
|-------|----|------|-----|
| 1 | 60 | 80 | 80 |
| 2 | 60 | 80 | 80 |
| 3 | 40 | 80 | 80 |
| 4 | 80 | 100 | 100 |
| 5 | 80 | 100 | 80 |
| 6 | 80 | 80 | 80 |
| 7 | 60 | 100 | 100 |
| 8 | 40 | 100 | 100 |
| 9 | 40 | 60 | 60 |
| 10 | 80 | 100 | 100 |
| 11 | 60 | 100 | 80 |
| 12 | 80 | 100 | 100 |
| 13 | 80 | 80 | 80 |
| 14 | 60 | 60 | 60 |
| 15 | 80 | 80 | 100 |
| 16 | 80 | 100 | 100 |
| 17 | 80 | 100 | 100 |
| 18 | 40 | 60 | 60 |
| 19 | 60 | 80 | 80 |
| 20 | 40 | 80 | 80 |
| 21 | 80 | 100 | 100 |
| 22 | 80 | 100 | 100 |
| 23 | 80 | 100 | 100 |
| 24 | 80 | 80 | 80 |
| 25 | 60 | 80 | 80 |
| 26 | 80 | 100 | 100 |

資料來源：本研究結果

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下圖 4-1、4-2 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。

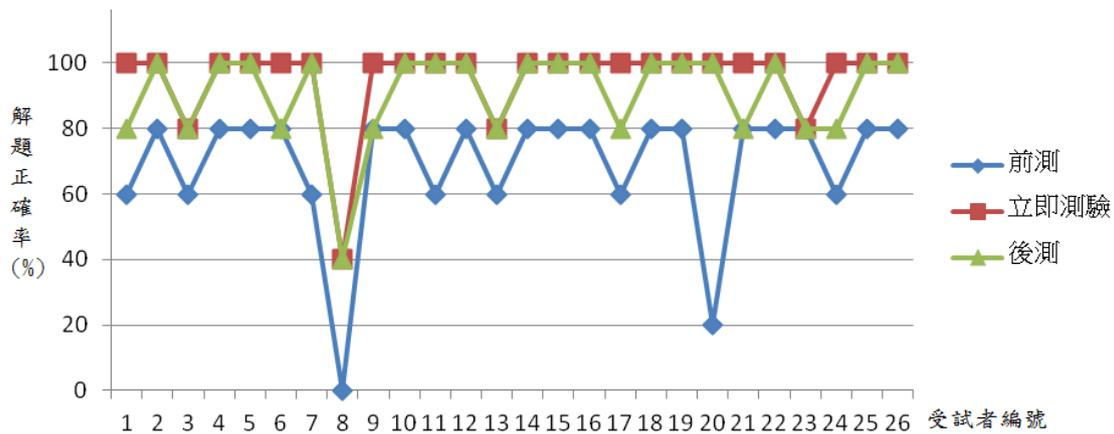


圖 4-1 「平面、直線和角」單元測驗結果

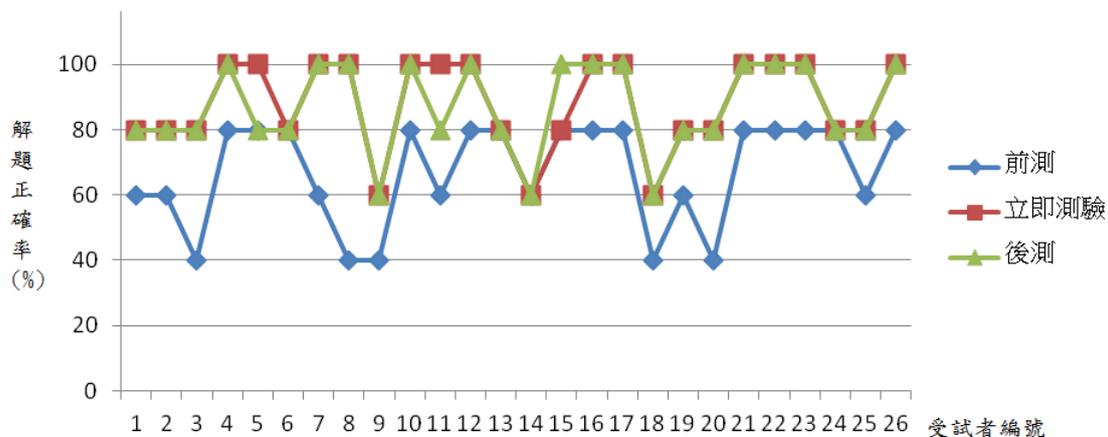


圖 4-2 「數數看」單元測驗結果

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%。

觀察上述資料可知，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%以上顯示本研究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高相比雖然有下降的現象，但降幅並不明顯，顯示本研究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，顯示本研究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。

第五章 結論與建議

本研究的目的是在探討 3D 數學電子書教學對國小數學學習障礙生數量計算與圖形辨認學習的學習成效，同時也希望能解決數學學習障礙教學資源缺乏的問題並提供數學學習障礙生可用之 3D 數學教材，本章第一節將針對本研究的結果進行說明，第二節將列舉本研究尚未觸及的部分以供後續研究者參考。

第一節 結論

本研究對教學成效的探討分為立即成效與保留成效兩個部分，因本研究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

本研究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，顯示本研究所使用 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，證實本研究設計之 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

本研究的實驗結果證實，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，顯示本研究設計之 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

本研究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研究採用 3D 數學電子書進行數量計算技巧的教學有明顯成效，證實本研究設計之 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，與本研究之預期結果相近，證實本研究設計之 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。

此外，本研究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 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 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 電子書所帶來的新鮮感提升了學生的注意力，但比較本研究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 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 電子書教學所能帶來的優勢，因此，進行 3D 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 電子書教學的全部優勢，此外，3D 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 電子書教學時也需要調整學校課程的授課內容。

本研究發現過去 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。

本研究實際製作 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 電子書來進行輔助教學已經成為可能，同時本研究也證實 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，這將會是 3D 電子書商品化的市場之一。

第二節 未來研究建議

特殊教育在我國起步較晚，主因為過去對於特殊教育之需求較

低，缺乏政府與民間企業的重視，直到近年來台灣的人口數增長與環境汙染增加造成特殊教育需求量提升，同時教育發展漸趨成熟，始讓特殊教育的相關議題受到重視，國內目前針對特殊教育之相關研究多以少量實驗對象進行實驗，缺少大數量實驗對象的研究，本研究則是同時對二十六個特殊教育對象進行實驗，屬於初探性研究，仍有許多領域尚未觸及，有待後續研究者延續。

本研究係針對二~四年級的國小數學學習障礙生為實驗對象，並未向前推廣至幼童教育階段或向後推展至青少年教育階段，3D 電子書教學能否提升他們的學習成效仍然未知，此外，雖然本研究的實驗對象為二~四年級的國小學生，但為了配合實驗對象整體的學習狀況，於教學實驗之中採用的內容難度較低同時牽涉到的數學概念較少且較單純，不適用於一般學生的教學場合，因此並未針對一般學生進行完整的實驗，但電子書以及 3D 技術的相關研究指出這兩項資訊科技皆能幫助一般學生提升學習成效，卻缺乏將兩者結合的產物施行於一般學生的實驗，此部分仍屬未知領域。另外，本研究之實驗對象設定為數學學習障礙生，在篩選實驗對象時主要以單純數學學習障礙生為目標，但在學習狀況評量之後發現有四位受試者在特定單元學習狀況難以提升，經過深入了解之後得知他們除了數學學習障礙之外還疑似患有輕度自閉或過動等症狀，但本研究未將複合性的特殊教育對象納入研究範圍中，無法進一步探討 3D 電子書對於該類型對象之成效。

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論文。
3. 古明峰, 1996, 加減法應用題語文知識對問題難度之影響暨動態評量在應用問題之學習與遷移歷程上研究, 國立台灣師範大學教育心理與輔導研究所博士論文。
4. 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。
5. 古明峰, 1999, 加減法文字題語意結構與問題難度及解題關係之探討, 新竹師院學報, 12, 1-25。
6. 皮亞傑(Piajet, J.), 1958, 兒童心理學, 李長俊譯(1982), 台北市:五洲。
7. 何華國, 1992, 特殊兒童心理與教育, 台北:五南。
8. 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。
9. 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。
10. 孟瑛如, 2006, 學習障礙平面與多媒體教材元件化及元件資料庫之

研究、實作與評估(3/3),國科會計畫結案報告(計畫編號: NSC 95-2524-S-134-003-)。

11. 林怡君、鈕文英, 2001, 建構教學對輕度智能障礙學生數概念應用成效之研究, 特殊教育學報, 15, 49-83。
12. 林美和, 1992, 智能不足研究: 學習問題與行為輔導, 台北: 師大書苑。
13. 林寶貴、黃玉枝、張正芬, 1992, 台灣區智能不足學童語言障礙之調查研究, 聽語會刊, 8, 13-43。
14. 洪美珍, 2000, 電子童書閱聽型態及其對兒童閱讀影響之研究, 國立台東師範學院兒童文學研究所碩士論文。
15. 洪義德, 2001, 不同表徵殊積題目對國小六年級學生解題表現之探討, 國立台北師範學院數理教育研究所碩士論文。
16. 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>
17. 徐文俊, 2005, Web 3D/VR 太極拳教學系統之開發研究—以四十二式太極拳競賽套路為例, 國立體育學院運動科學研究所論文
18. 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。
19. 張淑玲, 2005, 科學家故事繪本電子書教學對科學學習影響之研究, 國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士論文。
20. 張淑媛, 2003, 電腦化影像於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, 國立台中教育大學國民教育研究所碩士論

文。

21. 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。
22. 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)。
23. 教育部, 2012, 特殊教育法。
24. 教育部, 2012, 身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法。
25. 教育部, 2013, 101 學年度全國各級學校學生年齡統計。
26. 陳政見、陳志宏, 2002, 輕度智能障礙學生數學科過程本位教學成效研究, 東台灣特殊教育學報, 4, 77-118。
27. 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。
28. 游佳蕙, 2009, 資源班教師提升輕度智能障礙學生數學加減法文字題解題能力之行動研究, 臺北市立教育大學特殊教育學系碩士班身心障礙組論文。
29. 許精益、黃乙白, 2007, 3D 立體顯示技術之發展與研究, 光學工程, 98, 53-60。
30. 楊坤原, 2000, 教學主義與建構主義對電腦輔助教學設計的意含, 視聽教育雙月刊, 42(3), 14-27。
31. 黃雁萍, 2008, IBM 3D 虛擬學習 員工說讚, 2008 年 10 月 31 日經濟日報, E2 版。
32. 劉錫麒, 1993, 合作反省思考的數學解題教學模式及其實徵研究, 教育研究資訊, 1, 16-25。

33. 劉蕾, 2009, 電腦多媒體輔助解題教學對國小輕度智能障礙學生加減法應用題學習成效之研究, 國立臺中教育大學特殊教育學系碩士論文。
34. 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。
35. 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。
36. Ausubel, D.P., 1968, Educational psychology: a cognitive view, NY:Holt, Rinehart & Winton.
37. Beirne-Smith, M. ,Patton, J., & Ittenbach, R., 1994, Mental Retardation, New York: Macmillan College.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. Cegelka, P. T., & Berdine, W.H., 1995, Effective instruction for students with learning difficulties, Needham Heights, MA: A Simon & Schuster.
42. Chang, K.E., Sung, Y.T., & Lin, S.F.,2006, Computer-assisted learning

- for mathematical problem solving, *Computers & Education*, 46(2), 140-151.
43. Clark, A., 1997, *Being there: putting brain, body, and world to get her again*. Cambridge, MA: The MIT Press.
 44. Drew, C. J., Hardman, M.L., & Logan, D.R., 1996, *Mental retardation: a life cycle approach (6th ed.)*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall International.
 45. Gagne', E.D., 1985, *The cognitive psychology of school learning*, Boston: Little, Brown and company.
 46. Granett, K., 1998, *Math learning disabilities*, Division for Learning Disabilities Journal of CEC (Accessing from: LDOnLine : <http://www.ldonline.org>)
 47. Jonassen, D., & Marra, R., 1994, *Concept mapping and other formalisms as mindtools for representing knowledge*, *Alt-J (Association for Learning Technology Journal)*, (2), 50-56.
 48. Laurillard, D. M., 1993, *Rethinking university teaching: a framework for the effective use of educational technology*, Routledge, London.
 49. Marshall, S.P., 1995, *Schemas in problem solving*, New York: Cambridge University Press.
 50. Mayer, R.E., 1987, *Educational psychology: a cognitive approach*, Boston, MA Little, Brown and Company.
 51. Mayer, R.E., 1993, *Understanding individual differences in mathematical problem solving: towards a research agenda*, *Journal Disability Quarterly*, 16(1), 3-5.
 52. Miller, S.P., & Mercer, C.D., 1997, *Educational aspects of mathematics disabilities*, *Journal of Learning Disabilities*, 30, 47-56.

53. Nesher, P., Greeno, J.G., & Riley, M.S., 1982, The development of semantic categories for addition and subtraction, *Educational Studies in Mathematics*, 13(4), 373-394.
54. 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.
55. 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>).
56. Piaget, J. & Garcia, R., 1974, Weight and its compositions with spatial dimension, *Understanding Causality*, p85~94. New York : W.W. Norton & Company.
57. Reeves, T. C., 1992, In information technology for training and education conference (ITTE'92), The University of Queensland, Brisbane.
58. 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.
59. Tharp, R.C., & R. Callimore, 1988, *Rousing minds to life: teaching learning and schooling in social context*. New York: Cambridge University Press.
60. Vygotsky, L.S., 1978, *Mind in society: the development higher psychological process*, Cambridge,MA:Harvard University Press.