

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

國小輕度智能障礙學生適用之 3D 數學動畫設計 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 100-2511-S-343-001-
執行期間：100 年 08 月 01 日至 101 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：蕭紋旭、吳柱龍
計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：姜育良

公開資訊：本計畫可公開查詢

中華民國 101 年 08 月 08 日

中文摘要：在市場規模經濟的侷限下，國小輕度智能障礙學生的人數較少，市場規模經濟效益較低，因此廠商投入開發此一領域之學習輔助媒體的意願普遍不高，導致國小輕度智能障礙學生較缺乏合適之輔助學習的動畫媒體。3D 的視覺特效被認為適合在數學、科學、與機械等領域的學習輔助，其可提升一般學生的學習成效，唯對輕度智能障礙學生而言，其學習模式存在個殊性，因此本計畫以國小輕度智能障礙學生為使用對象，設計其適用的 3D 數學學習輔助動畫，且透過教室實地教學方式來評估國小輕度智能障礙學生使用 3D 數學動畫輔助學習的效果。本計畫共設計 4 個單元的 3D 數學動畫以及建置一個教學支援平台，並在授課老師的協助下完成 14 位輕度智能障礙學生的教學實驗及成果分析，實驗結果顯示 3D 動畫的確可提升國小輕度智能障礙學生的數學學習意願與學習成效。

中文關鍵詞：3D 動畫、電腦輔助教學、輕度智能障礙

英文摘要：Under the limitation of scale economy for the students of mild mental retardation in elementary school, the software companies have lower intention to design the assisting learning animations of mathematics for those students. Therefore, the students of mild mental retardation in elementary school are lack of suitable assisting animations while they learn mathematics. The 3D visual effects are seen as a useful approach to improve the learning performance for the general students in learning mathematics, nature, and machine. For the students of mild mental retardation, their learning styles are special from those general students. Thus this study designed and implemented the assisting learning animations of mathematics for the students of mild mental retardation in the elementary school. By the classroom teaching experiment, this study estimated the effectiveness of four designed 3D animations of mathematics and a supporting learning system. With 14 students of mild mental retardation, the learning performances were analyzed under the assists of elementary school teachers. The results showed that 3D animations can improve the learning intention and performance for those students of mild mental retardation.

英文關鍵詞：3D Animation, Computer Assisted Instruction, Mild

Mental Retardation

國小輕度智能障礙學生適用之 3D 數學動畫設計

目 錄

中文摘要.....	p.2
Abstract.....	p.2
1. 前言.....	p.2
2.文獻探討.....	p.3
2.1 輕度智能障礙學生的數學學習特徵.....	p.3
2.2 漸進提示評量理論與教學設計.....	p.3
2.3 3D 在教學上的應用.....	p.4
3. 研究方法.....	p.4
3.1 數學應用題的解題策略理論.....	p.4
3.2 設計內容.....	p.5
3.3 實驗設計.....	p.7
3.4 實驗對象.....	p.7
5.結果與討論.....	p.8
5.1 教學實驗結果分析.....	p.8
5.2 討論.....	p.10
6. 結論與建議.....	p.12
6.1 結論.....	p.12
6.2 建議.....	p.13
參考文獻.....	p.13
附件一:計畫成果自評.....	p.15
附件二: 教學實驗相關照片.....	p.17

中文摘要

在市場規模經濟的侷限下，國小輕度智能障礙學生的人數較少，市場規模經濟效益較低，因此廠商投入開發此一領域之學習輔助媒體的意願普遍不高，導致國小輕度智能障礙學生較缺乏合適之輔助學習的動畫媒體。3D 的視覺特效被認為適合在數學、科學、與機械等領域的學習輔助，其可提升一般學生的學習成效，唯對輕度智能障礙學生而言，其學習模式存在個殊性，因此本計畫以國小輕度智能障礙學生為使用對象，設計其適用的 3D 數學學習輔助動畫，且透過教室實地教學方式來評估國小輕度智能障礙學生使用 3D 數學動畫輔助學習的效果。本計畫共設計 4 個單元的 3D 數學動畫以及建置一個教學支援平台，並在授課老師的協助下完成 14 位輕度智能障礙學生的教學實驗及成果分析，實驗結果顯示 3D 動畫的確可提升國小輕度智能障礙學生的數學學習意願與學習成效。

關鍵詞：3D 動畫、電腦輔助教學、輕度智能障礙

Abstract

Under the limitation of scale economy for the students of mild mental retardation in elementary school, the software companies have lower intention to design the assisting learning animations of mathematics for those students. Therefore, the students of mild mental retardation in elementary school are lack of suitable assisting animations while they learn mathematics. The 3D visual effects are seen as a useful approach to improve the learning performance for the general students in learning mathematics, nature, and machine. For the students of mild mental retardation, their learning styles are special from those general students. Thus this study designed and implemented the assisting learning animations of mathematics for the students of mild mental retardation in the elementary school. By the classroom teaching experiment, this study estimated the effectiveness of four designed 3D animations of mathematics and a supporting learning system. With 14 students of mild mental retardation, the learning performances were analyzed under the assists of elementary school teachers. The results showed that 3D animations can improve the learning intention and performance for those students of mild mental retardation.

keywords：3D Animation, Computer Assisted Instruction, Mild Mental Retardation

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，此對於特殊教育中的智能障礙學生亦是如此(劉蕾, 2009)。然而，Sagoo 等人(2009)認為智能障礙顯著影響人的認知與調適能力的發展，智能障礙學生因其認知發展及能力的限制，數學學習的計算能力與解題表現皆落後一般兒童(游佳蕙, 2009)。主要的原因在於數學的計算過程必須藉由機械式的練習以提高其正確率，並且數學應用問題解題能力除了涉及計算能力之外，還包含語文理解和數學概念統合運用的歷程(張馨尹, 2002)。然而，智能障礙會影響人的語言表達能力(Chapman, 2006)，因而輕度智能障礙學生的學習特徵為認知能力缺陷、注意力分散、記憶力不足、學習力缺陷、以及學習態度缺乏等(Konofal 等人, 2004; 游佳蕙, 2009)，因此對於智能障礙學生的數學課程設計應多偏重於生活應用，且教材設計須多貼近生活情境，以具體化為原則而避免過度抽象的符號與概念。

藉由電腦輔助教學的媒體特性可以提升智能障礙學生的學習興趣，並改善其專注力不足的情況以增進其學習的自信心與獨立性(張競文, 2007)。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特教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)。唯在市場經濟規模效益的侷限下，目前教育市場上雖存在許許多多的電腦輔助教學與學習的軟體或動畫影片，但對於適用於國小智能障礙學生學習所需的數學動畫或軟體輔助學習教材則非常不足。就貼近生活實境而言，3D 媒體較能引起國小智能障礙學生的學習注意力而能增進其數學學習的成效，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智能障礙學生數學學習的重要工具。基於國小輕度智能障礙學生課程輔

助教材資源的不足，本計畫發展適合國小輕度智能障礙學生使用的 3D 數學動畫，並透過 3D 實作與教室教學實驗的方式來評估所設計的 3D 數學動畫成效。

2. 文獻探討

2.1 輕度智能障礙學生的數學學習特徵

輕度智能障礙學生的數學學習特徵異於一般的學生，其主要表現在於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(游佳蕙,2009)，針對上述特徵分述如下：

2.1.1 學習的認知能力

以學習的認知發展過程來看，認知發展理論將人類的認知歷程分為：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(Piaget, 1958)。輕度智能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。

2.1.2 學習過程的專注力

智能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)。然而國小智能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，導致其數學學習的成效遠低於一般的學生。

2.1.3 學習成果記憶的持續

智能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，智能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。

2.1.4 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，智能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。

2.1.5 學習態度

智能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)。此外，智能障礙兒童大都認為其行為的結果不論是正向或負向，均是由命運、機會或超過其能力所能控制之外在控制因素所導致(林惠芬, 1993)。

經由上述文獻的整理可知，輕度智能障礙學生因智能發展遲緩，其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。

2.2 漸進提示評量理論與教學設計

2.2.1 漸進提示評量

在智能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)對於智能障礙兒童的學習能力具有區別性診斷的作用(張建煌, 2008)。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。

2.2.2 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智能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。Campione 與 Brown(1987)認為漸進提示教學設計主要是基於「智能是可以自教學中獲益的能力」(Intelligence is ability to profit from instruction) 之假設而設計。基於輕度智能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(游佳蕙, 2009)。

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)，因此本計畫將以語意結構所細分的改變類(Change)、合併(Combine)與比較(Compare)等三類應用題文字題型的教學設計作為依據，此三類型應用題的說明如下：

- (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。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。
- (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」。

2.3 3D 在教學上的應用

電腦輔助教學逐漸融入 3D 技術，李宜芬(2007)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。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。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)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 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。

3. 研究方法

3.1 數學應用題的解題策略理論

何謂解題？劉錫麒(1993)認為「解題」是不斷思考的歷程，解題者需要有相關知識為基礎，並有引導搜尋解答的策略。Mayer(1987)從認知心理學觀點將數學解題過程分為問題表徵(Problem representation)與問題解決(Problem solution)。問題表徵又細分為問題轉譯(Translation)與問題整合(Integration)；問題解決又細分為解題計畫與監控(Solution planning and monitoring)及解題執行(Solution execution)，詳細說明如下：

- (1)問題表徵
 - (a)問題轉譯—將問題內容轉化成個人可理解的內在心理表徵。
 - (b)問題整合—指解題者可以將相關資訊整合成連貫的問題表徵。
- (2)問題解決
 - (a)解題計畫與監控—指解題者可以將問題分為數個小問題並逐步加以解決，同時解題者也必須監控自己的解題過程，需要運用到策略性知識才能有效解題。

(b)解題執行—指解題者可以應用程序性知識，如計算、運算與繪圖等技能，以及有效的算式來完成解題，如此才能正確無誤地算出答案。

3.2 設計內容

本計畫設計之 3D 數學動畫的學習主題包含：「結果量未知增加型」、「結果量未知減少型」、「改變量未知增加型」、「改變量未知減少型」、「起始量未知增加型」、「起始量未知減少型」等六種題型。每種題型教學都至少包含 1 題 3D 示範教學，1 題 3D 引導練習及 1 題 3D 電腦測驗。

Nesher 等人(1982)將改變類應用題型分為三個不同的層次，層次越高者則代表題目越困難。本計畫所規畫之六大題型中，結果量未知為層次一、改變量未知為層次二、起始量未知為層次三。因此 3D 數學教學輔助順序也是從簡單的題型開始，先教結果量未知題型，接著進行改變量未知題型，最後則是起始量未知題型。本計畫針對改變類應用問題的解題輔助教學流程具一致性，以「結果量未知—增加型」為題型為例說明如下：

題目 1—小智有 2 台坦克車，媽媽又買 2 台，請問小智現在有幾台坦克車？解題輔助教學流程分為下述六個步驟：

(1)讀題目:電腦螢幕顯示出題目並由語音來唸讀，讀到的字體以 3D 方式呈現不同題目之形狀變化，利於學生專注閱讀並聆聽題目。



(2)圈重點:以 3D 動態方式呈現重點詞句；學生能根據已知條件及待解問題回答出重點。



老師—小智原本有幾台？ 學生—2台。
 老師—小智之後又得到多少台？ 學生—2台。
 老師—請問題目在問什麼？ 學生—小智現在有幾台坦克車？

(3)畫圖:根據所圈出的重點，先以 3D 動畫的呈現方式來詮釋題意以幫助學生了解問題，再引導學生畫出簡圖；學生觀看 3D 動畫呈現圖後，讓學生模仿畫出正確簡圖。



(4)寫算式:學生根據畫圖步驟產生思維，寫出計算式；學生根據簡圖列出算式。



老師—請列出此題算式？ 學生—列算式 $2+2=()$ 。

(5)算答案:指導學生算出答案後，電腦以 3D 方式顯示解答；學生能算出答案。



老師—請算一算 $2+2$ 等於多少呢？ 學生—4。

(6)檢查:檢查答案是否正確；學生檢查整個過程及步驟。



老師—請檢查一遍。 學生—我會檢查。
 老師—請寫出答案 4 元。 學生—4 元。

本計畫執行過程中晤談的國小特教班老師反應某些輕度障礙學童對於數數列以及基礎錢幣運算上是有困難的，因此特別設計了『介紹 1 到 10』、『數數列』、『認識錢幣』..等單元的 3D 動

畫來幫助老師進行數學教學。此外考量每位輕度障礙學童的數學程度差異性不小，為了使程度較為低落的輕度障礙能夠有更完善的數學學習輔助，因此在3D動畫上多設計了基礎數學教材，初期以認識數字為主，再來是學會數數列，例如從1數到100，由其中了解數列的順序性，進一步了解之後則可以使用數字進行加法的基础運算，且在加法的部分則搭配數錢幣來學習，讓學童能夠了解數學加法以及錢幣如何運算(此部分乃配合晤談之國小特教班老師的建議所設計)。針對各學習單元的說明如下：

單元一：認識一到十

教導學童認識數字，使學童願意專注在3D動畫上跟著老師一起念誦以及聆聽講解，除了訓練學童們認識錢幣之外，也透過本計畫的教學實施，加強了學童的記憶能力以及專注力。

 <p>本計畫教學實驗使用3D特效將立體的數字做有趣味性的移動以捕捉學童的目光。</p>	 <p>動畫中加入生活中可見的物品來擬化，使學童能夠將數字聯想成物品以加強記憶。</p>
---	--

單元二：一起數一數

在「認識數字」之後，則開始進入到「認識數列」，在3D動畫的設計上，透過講解以及3D動畫的教學吸引學童目光來一起背誦1-100，除加速學童記憶之外，學童們經過學習後，可以正確的數1至100的數列。

	
---	--

單元三：認識錢幣

本單元的3D動畫教學設計是利用父母帶著小孩去購物的過程中，藉由母親與孩子的互動使小孩能夠認識錢幣，在教學後也會使用3D互動錢幣元件讓學童利用教學平台進行3D互動錢幣的操控，經過老師的講解與親自操控之後，使學童們能夠分辨1元、5元、10元、50元的硬幣。

	
---	--

單元四：小雄的撲滿

本單元的3D動畫設計是利用動畫角色-小雄來數撲滿裡總共有多少元，讓學童一起跟著把總

數算出來。簡單版的數錢幣 3D 動畫教學-例如把 5 個 1 元加起來，類似這樣題目讓學童先學會同一類的錢幣加總，學童表現不錯時候，則把教學難度提升-例如把 5 個 1 元、3 個 5 元、5 個 10 元加總起來，這部分教學會先教導學童把同一類的錢幣加總，再把每一類的數字加總來算出答案。大部分學童在簡單版表現皆不錯，但在多類錢幣的加總上則有加法上的學習困難，因此本計畫透過教學實驗並與國小特教班老師討論而持續修改並調整教學步驟，學童經過每一次的教導一點一滴的進步，雖然大部分學童還無法完全答對，但是正確率卻明顯提升，還能不透過老師的指導而將整個計算過程自行算出。



3.3 實驗設計

本計畫 3D 數學動畫的使用對象為國小 1-4 年級特教班與資源班的輕度智能障礙學生，教學實驗則以 14 位輕度智能障礙學生為實驗對象，採以個別教學的方式進行教學實驗，實驗設計採單一受試實驗研究法中的跨受試多試探設計(Multiple probe design)方式以深入了解受試者的學習情形，並能兼顧質與量的學習狀況。主要的實驗階段分為基線期、處理期、以及維持期，其詳細說明如下：

(1)基線期 (A)

此階段不介入教學，目的在了解受試者在實驗教學介入前的學習狀況，針對學童在改變類加減法應用題解題能力的水準，進行一次性實驗教學介入前的評量，以蒐集基線資料。

(2)處理期 (B)

本階段依 3D 動畫輔助解題教學，教導 14 位受試者解決改變類加減法應用題。每次教學循環會配合該校授課時段來進行，興中國小與朴子國小為每星期一節課，博愛國小為每星期二節課，每次教學後的 10-20 分內對受試者進行教學後的立即測驗評量，記錄立即的解題正確率。在第一位受測結束後才會對下一位進行教學活動。

(3)維持期 (M)

本階段在撤除教學處理後，進入學習成效保留階段。針對每位受試者實施 1 次的評量，以了解受試者整體及個別題型解題能力之維持成效。本計畫在教導完畢後，隔一星期的時間來做測驗，此測驗如同基線期做法，不介入教學，填寫時間為一節課。

3.4 實驗對象

本計畫與嘉義地區興中國小、博愛國小、以及朴子國小特教班教師合作，經由討論過後篩選出適合的研究對象，篩選標準為符合輕度智能障礙、數學學習障礙的學童且對於加減法以及數錢幣的學習有困難的學生。其中興中國小篩選了 5 位學童，化名為小芳、小賢、小欣、小謙與小容。朴子國小篩選了 6 位學童，化名為小鎔、小如、小翔、小昇、小泉與小宏，博愛國小篩選了 3 位學童，化名為小晴、小源、小韋。各學童之學習概況描述如下：

- (1)小芳:個性較為過動，不喜愛待在同一地方，耐心較為不足，教導時間越長，其耐心會明顯的下降，對於學習知識的接受度很低，但只要其能靜下心來學習則較能正確解出題目。
- (2)小賢:個性溫和不多話，理解力上較為不足，對於教導上都樂於學習，不懂的地方都會告知，需長時間的教導才能使其了解題意並算出答案，解題上會有粗心大意的問題發生。
- (3)小欣:個性乖巧，對於數學有不錯的喜愛表現，非常樂於學習、理解並可以舉一反三，幾乎認真地教導一遍就能夠理解並且正確的算出答案。
- (4)小容:個性較為孤僻，在應答方面大都不會回應，但在教導上會主動學習以及主動驗算答案，專

注力上較低，很容易被其他同學影響。

- (5)小謙:由於本身的障礙問題，在學習上容易出現思緒停滯，與外界有隔閡的狀況，因此教導上必須花費大量耐心以及調整教學活動使小謙回復思維並且繼續學習，對於具有變化性的知識無法理解，學習成長上有很大的障礙。
- (6)小如:個性文靜，不易理解題目內容及加法進位，由於內向所以遇到不會的題目也不敢詢問，停頓發呆或者是亂做答，須長時間的教導才能理解題目及進位。
- (7)小鐸:個性乖巧話少，對於學習數學表現積極但略為粗心，教導上只要教過 1~2 次就能理解及正確作答，作答後會主動驗算答案，理解及專注力較高。
- (8)小翔:個性開朗笑容朝掛於臉上，會與人主動談話，學習態度佳，對數學學習接受度高。
- (9)小昇:個性沉默寡言，理解力有待加強，時常無法理解言語中的含意，必須倚靠類化學習方式才能習得知識。
- (10)小泉:個性好動活潑，耐心及理解力較為不足，容易分心，專注力受影響，甚至會影響其他學童，需與其他孩童分開教學。
- (11)小宏:個性活潑過動，學習上的耐心不足，對於學習上的態度抱持著衝動的方式來解題，因此常常會錯題意，偶爾會主動詢問正確的解決方法，須倚靠獎勵方式來促進學習。
- (12)小晴:個性相當活潑，有著強烈的學習成就感，喜愛展現出優越的一面使大家注意，衝動之下在解題上容易出現錯誤的答案。
- (13)小源:個性很依賴長輩，對任何事物有極大的好奇心，專注力因此略低，無法長期集中於某一件事物，對於學習上會抱持著好奇心來學習，因此需要以引導方式來教導。
- (14)小韋:個性活潑好學，有一顆熱誠的心，會主動教導其他同學。學習態度認真，特別喜愛電腦輔助教學的教導方式。

5. 結果與討論

5.1 教學實驗結果分析

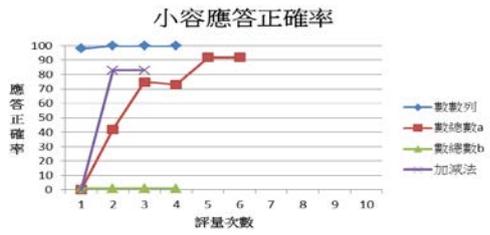
本小節內容根據單一受試實驗設計之跨受試多試探設計，蒐集三間國小所受測的學童各個時期(基線期、處理期、維持期)問題解題正確率的資料，且進一步採視覺分析方式以探討本計畫所設計之 3D 數學動畫的整體學習成效。所有學童解題結果的分析如下所示：

(一)興中國小

<p>小芳在基線期的正確率除了數總數 b 之外其餘分數皆略低，在第二次之後的正確率皆大幅進步，小芳本身學習能力不錯，3D 動畫吸引其注意力，在認真學習後效果明顯進步，而數總數 a 在最後一次評量中則粗心大意而下降至約 90% 應答正確率。</p>	<p>小賢除了加減法之外其餘正確率均 80% 以上，本身程度很不錯，也對 3D 動畫的輔助學習抱以興趣。然而因學習態度偏散漫，數總數 a 部分在第二次以及第三次評量並沒有提高正確率，但在第四次保留期的評量中，在給予信心的支持之下進步至 100%。</p>
<p>小欣在數數列與數總數 b 是沒有問題的，而數總數 a 與加減法需要加強。小欣本身樂於 3D 動畫學習，在第二教導後的應答正確率皆可上升至 100%，算是一位很求上進心的學童，是本計畫所教導的過程，算是 14 位學童</p>	<p>小謙的數總數 a 有著很大的學習障礙，在教導後要求小謙填寫評量，發現其精神狀況是極度不佳的，因此四次評量後的正確率皆 0%。小謙在加減法單元的 3D 動畫學習比較願意配合，因此加減法的應答正確率有成</p>

裡面最順暢的一位，教導一次就立刻學會。

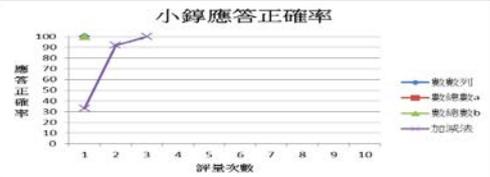
長，由此可知學童的情緒管理對學習很重要。



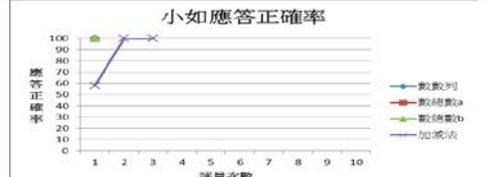
小容本身程度優良，但其學習態度還有進步空間，在第二評量分數有進步，但後期的評量則有分數停滯的狀況，重複的教導之下會使小容產生倦怠感，即使在專注於3D動畫的學習之下，最後評量時候還是會出現精神渙散之問題，因此應答正確率會出現停滯現象。

(二) 朴子國小

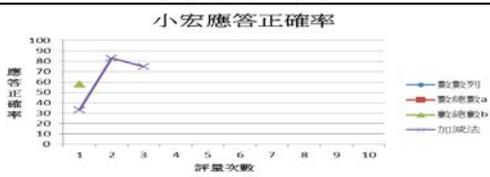
與任課老師討論之後，在不影響其正常課程進度下，班導師能撥冗的時間一周只能排出40分鐘一節課，致使教導與評量的時間須拉長，因此施測與教導的次數變得短暫，在與任課老師討論過後，教學方向主要以加減法為主，三次的正確率皆為三個時期的分數。



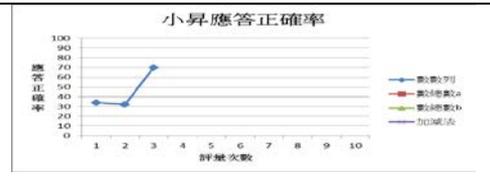
小錚學習態度優良，在3D動畫輔助教學過程專注力非常高，很認真學習所教導的內容，因此加減法應用題的答題正確率大幅提升。



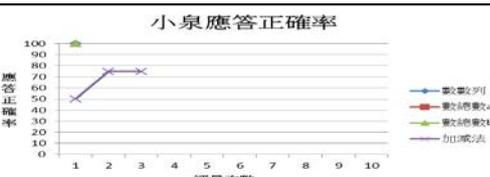
小如學習態度優良，資質很高，在3D動畫輔助教學完馬上進行評量，應答正確率上升至100%，在保留期的正確率一樣可維持100%。



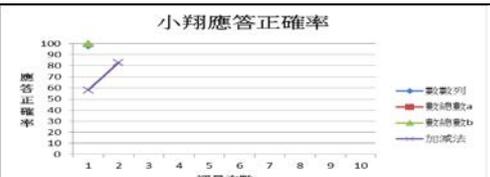
小宏與小泉互為好朋友，由於本身學習能力不佳且有叛逆問題，在教導過程會彼此起鬨，導致學習的效果有限，在保留期分數下滑。同理，針對小宏的個案，3D動畫輔助學習如何協助老師引導學童學習，並在有限的教學資源下進行學習行為管理為提升學習成效必須考量的重點。



小昇數1至100有很大的困難，因此本計畫只針對這部分作3D輔助學習的加強。第一次基線期的分數會比第二次高原原因在於溝通上的障礙，因此教導上則需要做調整才有辦法使小昇進步。在調整過後，小昇在保留期提升至70%，雖然無法獲得滿分，但是改良後的教學方式是可以幫助小昇學習。



小泉個性偏叛逆，雖然能力很高，但是比較不聽從於教導，因此分數則出現暫留之現象。



小翔學習態度優良且上課認真，但在保留期的那節課請假因此無法獲得最後一次分數，實為可惜。

(三) 博愛國小

由於三位學童皆為中度智能障礙學童，其平常的學習較為老師煩惱，故在與老師討論後遴選為教學實驗對象。本計畫花費長時間來進行教導，尤其是加減法應用題部分，字詞轉換成數字的邏輯性思考無法有很明顯的突破，教學上也因時間大量花費於語意上的訓練，因此評量部分一直無法獲得多次數的評量，因此在處理期並沒有評量的分數，只有基線期與保留期之應答正確率。

<p>小晴在加減法應用題語意上有著很大的障礙，在經過長時間的訓練也只能了解基本之題型，導致應答正確率不到 60%。針對小晴的個案可知，語意的理解能力成為學習的障礙，因此 3D 生活情境的應用反而有助於提升其學習效果。</p>	<p>小源在加減法應用題語意上有著很大的障礙，且個性上也有過動的現象，因此在加減法的應答正確率與小晴相同。因此，除了語意理解的障礙外，如何針對過動的現象而將 3D 動畫的設計納入過動引導的機制為未來可以思索改善的方向。</p>
<p>小韋在加減法應用題語意上有著很大的障礙，雖然學習態度認真，解讀字詞還是有困難，因此只能解出簡單之應用題題型。因此，以 3D 虛擬生活情境的學習模式以與生活物件結合為克服語意理解困難的可行方向。</p>	

5.2 討論

(1) **小芳**:她在數數列第一次的解題正確率結果為 34%，有問題的部分在於數列 9 至 10 的銜接。針對這部分，本研究使用數數列動畫教學來輔助小芳學習，由於小芳本身耐心較為不足，因此利用動畫中的 3D 動物詢問小芳，例如:猜猜看下一區會是什麼樣的動物呢?小芳可不可以幫忙數數這邊有幾隻動物?利用此方式使小芳提升專注力，改善耐心的問題，也藉此學習數數列，第二次的測試結果解題正確率提升至 76%，未拿滿分的原因為當時施測時不可改變的外在干擾因素頗多(例如與其他學童在同一間教室)，分心的結果導致分數下降，因此在第三次施測時，選擇無外力干擾之下進行施測，在無外界干擾之後的結果分數及提升至 100%。

數總數第一次的解題正確率為 8%，問題在於不同錢幣之加總有困難。在運用 3D 數數列動畫以及教學者的教導下，先安排數總數 b 的題型施測，目的是確同一種類的錢幣運算是否有無問題，而第一次數總數 b 的解題正確率為 90%，只需加強小地方的問題，在連續二次的教導後施測，解題正確率都提升到 100%，在最後一次不介入教導情形下也能保持 100%。在經過數總數 b 的教學後，數總數 a 的第二次及第三次解題正確率均到達 100%，而在最後一次施測的解題正確率為 92%，題目上有小地方計算錯誤。

在加減法應用題部份，小芳可以在寫算式的方式獨自計算出答案，但無法完全理解應用題的題目，對於文字上的描述轉化為算式有困難。因此本計畫利用 3D 動畫解題教學來強化小芳理解題意，重點學習為動畫裡的讀題目、圈重點、畫圖跟驗算，在動畫的輔助下，小芳的加減法後期測試結果有順利提升到 100%。

(2) **小賢**:他在本計畫施測的學童裡小賢的程度算很高，因此數數列、數總數 a、數總數 b 的解題正確率為 100%、83%、90%，而加減法應用題由於無法理解題意而解題正確率為 0%。數總數的題目無法拿滿分原因是粗心大意以及加總上常出現少加 1 元的問題，針對此一問題，本計畫利用 3D 動畫教學來輔助小賢運算，每一次的教學過程都很順利，詢問和教導都能正確回答，但在教導後立即寫題目之評量結果還是會出現相同問題，本計畫則再利用 3D 動畫輔助小賢多練習運算和檢查，在最後一次施測的解題正確率進步到 100%。

加減法第一次施測解題正確率為零原因是無法讀懂題目，因此無法將詞句轉換成數字來計算，再經由本計畫的 3D 動畫輔助教學下，使小賢記住解題步驟，在第二次教學完施測就進步到 83%，在教學過程本計畫會比較著重於小賢無法了解題意的問題，教學步驟裡的讀題目、圈重點、畫圖成為小賢主要待加強的部分。

(3) **小欣**:她在未施測前的程度尚佳，第一次施測的數數列以及數總數 b 解題正確率均 100%，而數總數 a 的解題正確率則 25%，問題在於多種類的錢幣加總有困難，針對這部分使用了『小雄的撲

滿』教導小欣跟著 3D 動畫一起學習，而在 3D 動畫中的每一個步驟時我們都會詢問小欣，引導小欣了解如何分類錢幣以及將錢幣做加總之動作。小欣的數總數 a 在測驗上均提升至 100%。而加減法部分，小欣的基本加減法沒有問題，問題在於無法理解題意而無法做出正確的計算，在這部份我們也利用 3D 解題教學動畫，引導小欣一步步的去解讀題意，小欣短時間內就可以理解教導的內容，解題正確率從 33% 提升至 83%，而最後一次不介入教導正確率則到達 100%。

(4) **小容**: 這是本計教學實驗中所有小朋友裡最內向的一位，也是學習效果最佳的之一，小容非常害羞也很怕人，在前幾次的教學，她非常害怕接觸教學施測者，大致上她的數數列很沒問題，第一次的測試是錯在粗心，後面幾次都是 100%，小容的最主要問題是在於她不會分辨硬幣及不會辨認加減法的題目，因此在分辨錢幣時本計畫使用 3D 動畫教學，這部份很順利，而在加減法部份，她不會辨認題目，因此本計畫使用 3D 動畫輔助，然後問她小問題，例: 有人拿走了妳的東西，拿走是加還是減? 利用此方式教她辨認，搭配 3D 動畫腳本，教她畫重點列算式，這樣的教學方式下，小容加減法後期測試提升為 83%。

(5) **小謙**: 他患有亞斯伯格症，但他的數學程度還不錯，有錯的原因大多都是因為粗心大意和分心，像數數列就是因為這樣，第一次測試因為他的分心，所以錯了幾題，後來請他邊念邊寫出來，其實他都會，就錯在這小地方，而在數總數的部份，他第一次測試的分數很低，原因是因為他不懂得看硬幣，因此我們給他看 3D 動畫，先撥放認識錢幣那一段，配合腳本設計搭配我們準備的硬幣，教小謙認識 1、5、10，一開始小謙容易忘記，也無法專注，所以我們利用誘導方式去請他注意動畫回答我們的問題，例如: 小謙，你看錢錢上面的臉，他是正面還是側面? 哪一個錢幣比較小? 哪一個又比較大……利用這樣的方式讓他去注意螢幕，也使他學習辨認 1、5、10，小謙的學習效果很慢，所以搭配 3D 動畫教學，幾次之後小謙有開始慢慢吸收且應用，進而提升至 100%，而在加減法的方面，小謙的問題在於他不會算，因為他才一年級，沒教到那麼深入，所以我們搭配 3D 動畫教學，教他學會利用畫圈的方式去計算，第一步是讀懂題目，第二步是畫重點，第三步是列算式，第四步是畫圈圈計算，然後驗算看是對還是不對，教學幾次之後，小謙的分數順利從 0% 提升到 83%。

(6) **小如**: 她是個很內向的小朋友，遇到問題也不敢提問，一開始的前期測驗，小如的數數列沒有問題，而在數總數方面不懂得辨認錢幣，所以配合 3D 教學動畫，教小如從顏色、大小、及上頭數字去辨認，至於加減法部份，小如不懂得進位及看懂題目，因此我們利用 3D 動畫，配合腳本設計，教小如一步一步照著動畫上面的步驟去做，學習圈重點、列算式、畫圈圈進位……因而從 58% 提升到 100%。

(7) **小錚**: 他是小朋友裡面學習速度最快的一位，數數列跟數總數對她來說沒什麼問題，她的問題於不會進位跟辨認加減法題目，針對此一現象，本計畫採用 3D 動畫教學，一開始給她白紙，請她跟著 3D 動畫上面的步驟一步一步去做，在她跟著 3D 動畫學習的同時，每到一段落結束，會再出新題目讓她練習活用在動畫中所學習到的知識，且難度會漸漸提升，測驗方面從第一次的 33% 到第二次的 92%，其中不難看出她進步很多，而在第三次測試，小錚已經可以到 100% 了。

(8) **小翔**: 他是教過的小朋友裡面最自動的一位，他的程度不錯，很好教，他很開朗總是微笑又乖巧，數數列跟數總數他都沒有問題，在加減法部份，第一次測試 58% 他對了一半，而後來配合 3D 動畫一題一題放給他看，他的學習效果跟態度表現相當好，很快就學會辨認題目跟加減了，後期測試加減法部份也提升到 100%。

(9) **小昇**: 他在與人溝通的理解上有點小問題，而在數字的理解方面則是很大問題，因為他不懂所謂的順序，1 到 10 他會，但 10 之後的數字他就不行了，針對這部分給他看 3D 動畫教材，利用數動物方式學習，再給他一張白紙，當螢幕上數字出現到哪他跟著寫到哪，可是他本身的學習速度非常慢，所以只能不斷的重複練習給他看動畫，至少在數數列這部分小昇進步很多。

(10) **小泉**: 他個性好動活潑，耐心及理解力較為不足，容易分心，專注力受影響，甚至是影響他人，數數列跟數總數都沒什麼問題，但在加減法這部份他非常沒有耐心，題目的理解上也有很大問題，因此播放 3D 動畫搭配一對一教學，教他如何分辨、如何找出重點、如何算出答案，因此在加減法這部分，他的答對率從一開始的 50% 慢慢提升到 75% 然後 100%。

(11) **小宏**: 他很活潑好動，但學習上明顯缺乏耐心，抱著衝動的態度作答，所以常常會錯意，爾偶他

會主動詢問如何作答，數數列上他會但是答題速度比其他學生慢，而在數總數這部分的簡單版的他會，進階版的則有些加法上的困難，我們針對這部分利用 3D 動畫來輔助他學習，配上我們的講解跟一步驟一步驟的教學，小宏數總數這部份順利的提升到 100%，加減法部份也從 33%慢慢提升到 100%。

(12)小晴:她的個性相當活潑，有著強烈的學習成就感，喜愛展現出優越的一面使大家注意，衝動之下在解題上容易出現錯誤的答案，對於國文詞句的解題稍弱，不太能將國字詞意轉成數字化，因此針對這部分我們讓她看著 3D 動畫，邊配合我們的問答，使她思考後回答，而在幾次的 3D 動畫輔助教學下，小晴很明顯的有進步了。

(13)小源:他是所有小孩裡面最好動也最依賴長輩的一位，由於對任何事物都抱有強好奇心，因此專注力明顯低落，數數列他都會，加減法他也都會，但對於加減法辨認题目的部份，他較為不足，無法理解意思，針對這部分我們採用 3D 動畫，以及問答的方式輔助他學習。

(14)小謙:他學習認真態度好，活潑又熱心助人，當同學有問題會主動幫忙，數數列即算總數他都沒問題，而在加減法部分對於辨認题目他不太行，因此必須不斷的重覆告訴他题目的意思，搭配 3D 動畫教學，使他能真正懂题目意思並順利作答。

6. 結論與建議

6.1 結論

從大多數學童的檢測數據反映出 3D 數學教材對學童的數學學習輔助成效有明顯的提升。從基線期開始觀察學童的程度時本計畫即開始收集每一位學童的狀況並與國小特教老師討論來適時調整授課教材。處理期時，本計畫亦針對每一位學童進行數學學習的引導，並透過 3D 動畫提升其學習的專注力，使學童能專注地學習數數列、數錢幣與加減法的應用題目。每一次的課程指導後都會與國小特教老師進行討論，以針對 3D 動畫輔助的教學方式進行調整，以進一步輔助學童面臨的數學學習問題。在每一次教學輔助後即進行評量測驗，第一次測驗大多數學童明顯的提升解題正確率，這一點更值得深入探討，本計畫推測在有限的師資及教學輔助資源下，輕度障礙學童的數學學習輔助資源有限，然而本計畫的 3D 動畫可吸引學生的學習注意力，加以教學實驗的人力投入較為充沛，在教學活動上較能兼顧到每一位學童的學習狀況，因此能明顯反應在學童的學習成效上。

在本研究教導 14 位學童中，每一位學童的身心障礙雖截然不同，但是卻都有專注力及數學學習障礙的問題，本計畫發現學童對於一般傳統教學模式所表現出來的學習意願度普遍低落，除了授課老師本身無法顧及每一位學童之外，傳統的教學模式容易使學童感到無趣。因此在傳統教學上如果能夠適時地使用動畫輔助教學，可提升學童新奇感以及學習意願程度，對於學童長期的數學學習很有幫助。例如興中國小的謙是個患有亞斯伯格症的學童，難以專注在課程學習上、時常會出現精神渙散的問題。在使用 3D 動畫輔助教學的過程中，小謙的數學學習興致提升許多，會主動詢問許多學習上的問題，非常好奇教材裡面的許多東西；此外，在博愛國小的小源，也是對於 3D 動畫內容非常喜愛，時常與小晴會爭相使用電腦來看 3D 動畫。

綜合而言，本計畫從 3D 動畫設計初期與國小特教老師進行的需求訪談中即了解其對輕障學童教學輔助資源不足的無力感，由於輕障學童的語意理解力、專注力及持續力普遍不足，加以生活能力的培養對輕障學童的未來發展遠較一般學童來得重要，而要以實際生活情境來訓練輕障學童的數學能力成本又高(例如帶這些輕障學童至校外實際觀摩學習，除交通成本外，安全風險成本亦較一般學童高)，平常課堂則以圖片等輔助輕障學童的學習，唯此方式又缺乏生活情境的真實感，從本計畫的教學實驗結果可獲知 3D 動畫在數學學習輔助的確能提升輕障學童的學習效果，在三家參與本計畫的國小特教老師對數學教學輔助需求中，以錢幣及時間概念為主要的訴求，無非考量這兩樣在日常生活中的應用非常普及且對輕障學童的未來獨立生活非常重要，而在有限的資源與時間下，本計畫拋磚引玉先以錢幣為主要的應用而設計相關的 3D 數學輔助學習動畫，加深輕障學童對數字、數列、以及錢幣計算的認識與了解。對於一般學童而言，本計畫的 3D 動畫內容或許過於簡單，但對於輕障學童而言，這些內容則可能是難以理解而且是國小特教老師極力希望這些學童必須具備的能力。

6.2 建議

本計畫依據執行結果提出的相關建議如下:

(1)從日常生活中尋找題材融入 3D 教學動畫設計

大部分資源班及特教班老師們都使用生活化題材來設計教學內容，甚至拜訪家長了解學童的生活環境，從中幫助學童在生活環境之下也可以一直處於學習狀態。學童對於生活化的教學也比較能夠理解和接受，過於抽象化的題型反而降低教學品質。因此，生活化的 3D 數學學習輔助教材較能在學習輔助上發揮效果。

(2)將解題步驟化為口訣便於學童記憶

將解題步驟簡化可幫助學童算出正確答案，在足夠的練習之下，遇到不同題目可以自行應用解題步驟來達到教學目的。由此可知，生活化及口訣化的教學模式較能提高輕障學童的學習成效。

(3)輕障學童本身的學習模式差異性大

在教導過程中，本計畫除了使用 3D 動畫輔助教學外，輕障學童的語意理解力、專注力及持續力差異性極大，個別化的教學指導較適用於個體學習模式差異性大的輕障學童，此種因材施教的教學模式較能提升輕障學童的數學學習效果。

(4)設計多樣化且豐富的數學學習單元

學習單元的多寡影響著受試學童的學習成效，學童每一個數學程度皆具差異性，其學習障礙類型也不同，單元越多且內容越豐富，更能容納更多不同狀況的學童來使用 3D 動畫教學，亦較能滿足大量推廣之需求。

參考文獻

1. 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。
2. 何華國, 1992, 特殊兒童心理與教育, 台北:五南。
3. 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。
4. 李長俊譯, 1982, 兒童心理學(Piajet, J. 著, 1958), 台北市:五洲。
5. 林惠芬, 1993, 輕度智能不足, 特殊教育通論-特殊兒童的心理與教育, 133-158, 特教園丁雜誌社主編, 台北:五南。
6. 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
7. 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。
8. 張競文, 2007, 電腦輔助教學提昇國小輕度智能障礙學生錢幣使用技能成效之研究, 國立臺中教育大學特殊教育學系碩士班論文。
9. 張馨尹, 2002, 國小輕度智障學生加減應用題解題歷程之研究, 國立嘉義大學國民教育研究所碩士論文。
10. 教育部特殊教育通報網, 2010, 特殊教育國民小學階段身心障礙類學生性別統計概況, 2010/12/28 摘自: <http://www.set.edu.tw/sta2/contact/99年度年報統計概況/9905國小身障學生.htm>。
11. 教育部統計處, 2010, 98 學年度(2009-2010)各級學校縣市別學生數, 2010/12/28 摘自: http://www.edu.tw/files/site_content/b0013/student.xls。
12. 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。
13. 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。
14. 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。
15. 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。

16. Beirne-Smith, M., Patton, J., & Ittenbach, R., 1994, *Mental Retardation*, New York: Macmillan College.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. Chang, K.E., Sung, Y.T., & Lin, S.F.,2006, Computer-assisted learning for mathematical problem solving, *Computers & Education*, 46(2), 140-151.
21. Chapman, R., 2006, Language learning in down syndrome: the speech and language profile compared to adolescents with cognitive impairment of unknown origin, *Down Syndrome Research and Practice*, 10(2);61-66.
22. Crane, L., 2002, *Mental retardation: a community integration approach*, Belmont, CA: Wadsworth/Thomas.
23. Konofal, E., Lecendreux, M., Arnulf, I., & Mouren, M.C., 2004, Iron deficiency in children with attention-deficit/hyperactivity disorder, *Archives Pediatrics & Adolescent Medicine*, 2004;158:1113-1115.
24. Marshall, S.P., 1995, *Schemas in problem solving*, New York: Cambridge University Press.
25. Mayer, R.E., 1987, *Educational psychology: a cognitive approach*, Boston, MA Little, Brown and Company.
26. 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.
27. Sagoo, G.S., Butterworth, A.S., Sanderson, S., Shaw-Smith, C., Higgins, J., & Burton, H., 2009, Array CGH in patients with learning disability (mental retardation) and congenital anomalies: updated systematic review and meta-analysis of 19 studies and 13,926 subjects, *Genetics in Medicine*, 11(3), 139-146.
28. Tharp, R.C., & R. Callimore, 1988, *Rousing minds to life: teaching learning and schooling in social context*. New York: Cambridge University Press.
29. Vygotsky, L.S., 1978, *Mind in society: the development higher psychological process*, Cambridge,MA:Harvard University Press.

附件一:計畫成果自評

1.計畫預期目標及預期成果達成情形

- (1)預期目標:基於國小智能障礙學生是屬於少數的族群，因此軟體廠商在市場規模的考量下，較無意願去開發適合國小智能障礙學生的教學輔助媒體，致使第一線的教師較難取得合適的教學輔助媒體以輔助智能障礙學生的學習。因此本計畫以開發適合國小輕度智能障礙學生使用之3D數學動畫為預期目標，並經由教學實驗來評估3D數學動畫的成效。
- (2)預期成果達成情形:本計畫與嘉義地區興中國小、博愛國小、以及朴子國小特教班教師合作，考量錢幣應用為日常生活所需，對學生的生活應用非常重要，因此依訪談彙整的需求分析擬定「學數字」及「數錢幣」兩個數學課程主題進行3D動畫的設計，同時在原計畫目標外增加教學平台之設計，且為了解其對學童的學習是否具備成效，亦針對課程主題設計相關評量題目。依計畫時程的規畫與執行，目前已完成3D動畫實作、評量題目設計、教學平台設計，並著手進行教學實驗暨成效分析等。

2.原徵求書中所述各項重點的要求達成情形

針對原計畫書之兩階段執行項目重點及其達成情形分述如下:

第一階段：

- (1)使用者需求分析—訪談二位國小輕度智能障礙學生之數學授課教師以獲取教師與輕度智能障礙學生對3D動畫之功能與界面需求；
達成情形:已分別與合作之國小共計六位特教老師進行需求訪談以了解其對數學教學主題、3D動畫的功能與界面需求。
- (2)數學課程主題內容選定—由本計畫團隊與受訪教師討論確定數學課程主題與內容；
達成情形:已與三間合作學校之六位國小特教老師依日常生活應用、教學主題的連貫性擬定以「學數字」及「數錢幣」兩個數學課程主題進行3D腳本設計。
- (3)評量題目設計—由本計畫團隊與受訪教師討論並設計與主題內容相關的數學評量題目；
達成情形:已依「學數字」及「數錢幣」兩個學習主題及3D動畫腳本設計評量題目。
- (4)3D動畫腳本規畫與設計—由本計畫團隊依據選定之主題內容與評量題目進行3D動畫腳本的規畫與設計；
達成情形:已依訪談需求規畫並設計「學數字」及「數錢幣」的3D動畫腳本。
- (5)3D動畫實作—包含3D實作、試用與修正等活動，其中試用配合教師上課活動進行，並由授課教師於試用後提出改善意見並進行修正。
達成情形:已完成「學數字」及「數錢幣」3D動畫實作並於試用後予以修正。

第二階段：

- (1)實驗設計—主要在於實驗對象、實驗地點與時間、以及實驗進行方式的規畫與設計，就本計畫而言，參與實驗的六位學生(三位實驗組、三位控制組且非為試用階段的參與學生)為嘉義縣市國小的輕度智能障礙學生，實驗地點為受訪教師所任教的國小，實驗方式則配合其授課的內容與進度來進行；
達成情形:已完成實驗設計(依輕度智能障礙學生的個殊性將實驗設計改為實驗前及實驗後的成效比較)並以嘉義地區興中國小、博愛國小、以及朴子國小等三家國小特教班學生為實驗對象。
- (2)實施實驗—依實驗設計方案進行實驗活動與流程控制，並採實驗組與控制組的比較模式來進行；
達成情形:已依實驗設計(依輕度智能障礙學生的個殊性將實驗設計改為實驗前及實驗後的成效比較)並以嘉義地區興中國小、博愛國小、以及朴子國小等三家國小特教班學生為實驗對象進行實驗。
- (3)實驗結果分析—在實驗結束後分析學生的學習成效並透過問卷分析學生使用行為；
達成情形:礙於輕度智能障礙學生的個殊性，較無法以問卷方式進行一般性的調查，實驗結果的分析以學習的成效為之。

(4)實驗與計畫報告撰寫—撰寫實驗結果與計畫成果報告書。

達成情形: 已完成計畫成果報告書。

3.成品簡述

本研究除依原計畫目標完成「學數字」及「數錢幣」的3D動畫實作外，並額外建置一個數學教學平台以支援國小特教老師的數學教學與學生的學習活動，教學平台內容提供許多數數列以及數硬幣的教學，例如:「介紹數字1~10」、「一起數一數」、「認識錢幣」...等單元，此外還以嵌入的方式將互動式3D硬幣元件嵌入教學平台，使學童能夠在電腦畫面即時操作3D硬幣來達到認識硬幣的教學目的。(網址: <http://203.72.0.201/index.html>)

4.對於幫助目標對象學習科學的成效

實驗前多數輕度智能障礙學生對於數數列的表現尚可，但在1-100的數列上則有幾位學生還無法全部答對。在數硬幣單元中，只有少數學童答對幾題，多數學童難以完全答對，可見對於數硬幣的教學困擾教師已久，其為多數輕度智能障礙學生較難以理解的學習主題。

經過本實驗製作的3D動畫教學實施，在現有實驗數據上發現學童們在數硬幣上大幅進步，大部分原因是加法中的個位進十位較為困難，因此常發生計算的錯誤。學童使用本計畫成果的3D動畫在學習態度與興趣中有很大的提升作用，主因在於大部分合作國小採取傳統教學方式，且3D動畫教學在目前的國小課程使用上非常罕見，因此3D動畫的學習方式對於學童而言較具新鮮感，每次在放映3D動畫的教材時，學生總是目光聚焦在3D動畫中，老師此時利用引導式教學，將學生帶入到學習的情境中，很容易就可以讓學生學習較多的數學知識。

5.其他特色及具體成效

本計畫的特色是以3D動畫為主要教學素材，為了豐富教材設計，本計畫亦加入了互動性的3D硬幣元件並將其嵌入在教學平台，由學童親自的操作而增加其了解每一枚錢幣的區別，在教導「認識錢幣」的單元中，本計畫除了引導學生的學習外，更利用3D互動錢幣元件來使學童更深層的了解每一枚錢幣上的花紋皆不同，在學童自行操作以及老師在一旁指導的教學上，學生會專注在整個過程中，一邊操作，一邊聆聽老師的講解，這樣的方式促使學習品質更具成效。

6.學習單元與學習成效

本計畫設計的3D學習單元如下所示:

單元一：認識一到十

教導學童認識數字，學童們都願意專注在3D動畫上跟著老師一起念誦以及聆聽講解，除了訓練學童們認識錢幣之外，也透過本計畫的教學實施，加強了學童的記憶能力以及專注力。

單元二：一起數一數

在認識數字之後，則開始進入到認識數列，在3D動畫的設計上，透過講解以及3D動畫的教學吸引學童目光來一起背誦1-100，加速學童記憶，學童們在經過施測後，多數可以在1-100數列的題目上獲得滿分。

單元三：認識錢幣

本單元3D動畫教學設計是利用父母帶著小孩的購物過程，藉由母親與孩子互動使小孩能夠認識錢幣，在教學後也會使用3D互動錢幣元件讓學童利用教學平台進行操作，經過老師講解後，學童們多數能夠分辨1元、5元、10元、50元的硬幣。

單元四：小雄的撲滿

本單元3D動畫教學設計是利用動畫角色小雄數撲滿裡總共有多少元，讓學童跟著一起把總數算出來。簡單版的數錢幣3D動畫教學-例如把5個1元加起來，類似這樣題目讓學童先學會同一類的錢幣加總，學童表現不錯時候，則把教學難度提升-例如把5個1元、3個5元、5個10元加總起來，這部分教學會先教導學童把同一類的錢幣加總，再把每一類的數字加總來算出答案。大部分學童在簡單版表現皆不錯，但在多類錢幣的加總上則有加法上的學習困難，因此本計畫花許多時間並且與老師討論後，修改了3D動畫並且加強老師部分的教學，經過調整之後，學童經過每一次的教導一點一滴的進步，大部分學童雖然還無法完全答對，但是正確率卻提升許多，還能不透過老師的指導而將整個計算過程自行算出。

附件二：教學實驗相關照片



與博愛國小特教班老師晤談了解輕障學生的數學教學輔助需求。



與中國小特教班老師晤談了解輕障學生的數學教學輔助需求。



教學實驗(1)-一起數一數



教學實驗(2)-認識錢幣



教學實驗(3)-學童操作時快樂的表情



教學實驗(4)-解題輔助教學



教學實驗(5)-教學支援平台操作



教學實驗(6)-施測以了解 3D 動畫輔助教學的成效

國科會補助計畫衍生研發成果推廣資料表

日期:2012/08/07

國科會補助計畫	計畫名稱: 國小輕度智能障礙學生適用之3D數學動畫設計
	計畫主持人: 洪銘建
	計畫編號: 100-2511-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	

100 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：100-2511-S-343-001-					
計畫名稱：國小輕度智能障礙學生適用之 3D 數學動畫設計							
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	
		研究報告/技術報告	0	0	100%		
		研討會論文	0	1	100%		投稿中
		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	0	1	100%	人次	由一位碩士生配合 6 位大學部學生完成計畫成果
		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	1	100%	篇	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	完成一份學習評量測驗的題庫設計
	課程/模組	0	
	電腦及網路系統或工具	1	
	教材	4	完成四單元的 3D 教材模組設計, 各單元主題如下: 單元一: 認識一到十; 單元二: 一起數一數; 單元三: 認識錢幣; 單元四: 小雄的撲滿
	舉辦之活動/競賽	0	
	研討會/工作坊	0	
	電子報、網站	0	建置一個 3D 數學教學支援平台(網址: http://203.72.0.201/index.html)
計畫成果推廣之參與(閱聽)人數	14	嘉義地區興中國小、博愛國小、以及朴子國小等三家國小特教班共計 14 位學生	

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）

本計畫以國小輕度智能障礙學生為使用對象，設計其適用的 3D 數學學習輔助動畫，且透過教室實地教學方式來評估國小輕度智能障礙學生使用 3D 數學動畫輔助學習的效果。本計畫共設計 4 個單元的 3D 數學動畫以及建置一個輕障學童適用之 3D 數學教學支援平台，並在授課老師的協助下完成 14 位輕度智能障礙學生的教學實驗及成果分析，實驗結果顯示 3D 動畫的確可提升國小輕度智能障礙學生的數學學習意願與學習成效。因此在學術成就方面，本計畫成果可發表於國內外學術期刊；在社會影響方面，本計畫成果不僅可促進國小輕障學童及數學老師的教學支持，亦可在增加推廣人數的成效評估後分析輕障學童的數學學習路徑，有助於降低輕障學童適用之數位教材的開發成本。