

南 華 大 學

資訊管理學系

碩士論文

3D 數學動畫於國小輕度智能障礙學生數學

輔助學習之成效

The Performance of 3D Mathematical Animation for  
the Students of Mild Mental Retardation in Elementary

School

研 究 生：姜育良

指 導 教 授：洪銘建

中 華 民 國 102 年 6 月

## 誌 謝

回顧這碩士二年生活，有別於大學的感受，在這二年的沉浸與所見所聞，對我人生歷程影響很大，碩士班的訓練讓我對於許多事物上的認知有了不同的想法，切入事情的角度、觀點、焦點都有別於大學時候的我，成長到我也覺得很驚訝，也很感謝。

感謝帶領我的恩師洪銘建教授，開啟我求學人生新的視野以及經驗來自於老師的領導，讓我能夠走出校園，學習到不一樣的經驗，接觸到社會的某些領域，也讓我體驗了當老師辛苦。而在比賽中，也因老師的一番話，讓我可以大陸的動畫比賽中獲得名次，這項成就也讓我增強了很大信心。

最後要感謝我的家人親戚朋友，有你們的建言以及鼓勵，成為我背後強大的支柱，遇到任何困難都能夠迎刃而解，讓我在這求學歷程上，一路走來都很順利，由衷的感謝。

育良 謹誌 102.6

# 3D 數學動畫於國小輕度智能障礙學生數學輔助學習之成效

學生：姜育良

指導教授：洪銘建

南 華 大 學 資 訊 管 理 學 系 碩 士 班

## 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，因此本研究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。本研究共設計 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 11 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

# The Performance of 3D Mathematical Animation for the Students of Mild Mental Retardation in Elementary School

Student : Yu-Liang Jiang

Advisors : Dr.Ming-Chien Hung

Department of Information Management  
The Graduated Program  
Nan-Hua University

## 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 11 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

# 目 錄

摘 要.....	IV
ABSTRACT.....	V
第一章 緒 論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第一節 研究目的.....	3
第二章 文獻探討.....	4
第一節 輕度智能障礙學生的定義.....	4
第二節 輕度智能障礙學生的數學學習特徵.....	7
第三節 教導輕度智能障礙學生學習數學應用題相關策略.....	11
第四節 加減法應用題的相關理論與研究.....	14
第五節 3D 技術在電腦教學上的應用.....	22
第三章 研究方法.....	24
第一節 研究設計.....	24
第二節 研究對象.....	28
第三節 開發環境與工具.....	33
第四節 實驗教學設計.....	34
第四章 研究結果與討論.....	42
第一節 教學實驗結果分析.....	42
第二節 討論.....	49
第三節 結論.....	55
第四節 研究建議.....	58
參考文獻.....	59
附錄一 自編加減法應用題測驗卷 .....	62
附錄二 自編數數列測驗卷.....	66
附錄三 自編數硬幣測驗卷.....	67

# 第一章 緒論

## 第一節 研究背景與動機

基礎數學是日常生活當中經常使用的知識，如尺度測量、數量計算與金錢運用等，因此兒童要如何學習到基本數學認知與應用是重要的課題(張芳瑜，2013)。「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)。在國小階段，培養學生數學能力的目的在於解決日常生活所遭遇的數學運算問題。若學生在解數學題型出現困難，也間接反應他們在數學運算問題解決能力不足(田佳芳，2010)。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，學習上所遭遇的困難與挫折感，將不利於其未來自信與自尊的發展(游佳蕙，2009)。

在智能障礙學生數學學習的相關研究中發現，即使智能障礙學生的計算能力接近相同心理年齡的普通學生，但在數學應用問題的解題表現上仍落後普通學生許多(周台傑，1989)，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; 陳麗帆，2011)，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。

電腦輔助教學常被用來提升學習的成效，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)。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)。

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。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。此外，現有電腦輔助教學媒體仍以 2D 的呈現方式居多，針對 3D 切合實境而能與日常生活情境結合者則較為少見，其中輔助國小智能障礙學生數學學習的 3D 媒體更是嚴重匱乏，而就貼近生活實境而言，3D 媒體的發展勢必比 2D 的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 媒體未來將成為輔助國小智能障礙學生數學學習的重要工具。

## 第一節 研究目的

依據教育部統計處於 101 學年度統計全國國小學生總人數約為 137 萬人(教育部統計處, 2013), 而在 2013 年 3 月 20 日彙整通報的全國國小智能障礙學生人數為 11,872 人(教育部特殊教育通報網, 2013), 由此可知國小智能障礙學生是屬於少數的一群, 也因此軟體廠商在市場規模的考量下, 較無意願去開發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。基於國小輕度智能障礙學生課程輔助教材資源的不足, 本研究擬發展相關 3D 輔助教學媒體, 並以適合國小輕度智能障礙學生使用的 3D 數學動畫為啟端, 希望透過 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。因此本研究的目的是在於: 「探討 3D 數學動畫輔助國小輕度智能障礙學生數學學習的效果。」

## 第二章 文獻探討

本章分為五節來做探討，第一節為輕度智能障礙學生的定義；第二節探討輕度智能障礙學生的數學學習特徵；第三節教導輕度智能障礙學生學習數學應用題的相關策略；第四節加減法應用題的相關理論與研究；第五節 3D 技術在電腦教學上的應用。

### 第一節 輕度智能障礙學生的定義

依據身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法第三條第一款規定其智能障礙的定義是指「個人之智能發展較同年齡者明顯遲緩，且在學習及生活適應能力表現上有顯著困難者」，其鑑定標準如下：

- 一、心智功能低下或個別智力測驗結果未達平均數負二個標準差。
- 二、學生在生活自理、動作與行動能力、語言與溝通、社會人際與情緒行為等任一向度及學科(領域)學習之表現較同年齡者有顯著困難情形。

依據民國九十七年行政院衛生署修正公告「身心障礙等級」對智能障礙之定義「成長過程中，心智的發展停滯或不完全發展，導致認知、能力和社會適應有關之智能技巧的障礙稱為智能障礙」，並分成四個等級：

## 一、極重度

極重度智能障礙係指智商未達該智力測驗的平均值以下五個標準差，或成年後心理年齡未滿三歲，無自我照顧能力，亦無自謀生活能力，須賴人長期養護的極重度智能不足者。智商鑑定若採用魏氏兒童智力測驗時，智商範圍極重度為 24 以下。智商鑑定若採用比西智力量表時，智力範圍極重度為 19 以下。

## 二、重度

重度智能障礙係指智商界於該智力測驗的平均值以下四個標準差至五個標準差(含)之間，或成年後心理年齡在三歲以上至未滿六歲之間，無法獨立自我照顧，亦無自謀生活能力，須賴人長期養護的重度智能不足者。智商鑑定若採用魏氏兒童智力測驗時，智商範圍重度為 25 至 39。智商鑑定若採用比西智力量表時，智力範圍重度為 20 至 35。

## 三、中度

中度智能障礙係指智商界於該智力測驗的平均值以下三個標準差至四個標準差(含)之間，或成年後心理年齡介於六歲以至未滿九歲之間，於他人監護指導下僅可部份自理簡單生活，於他人庇護下可從事非技術性的工作，但無獨立自謀生活能力的中度智能不足者。智商鑑定若採用魏氏兒童智力測驗時，智商範圍中度為 40 至 54。智商

鑑定若採用比西智力量表時，智力範圍中度為 36 至 51。

#### 四、輕度

輕度智能障礙係指智商界於該智力測驗的平均值以下二個標準差至三個標準差(含)之間，或成年後心理年齡介於九歲至未滿十二歲之間，在特殊教育下可部份獨立自理生活，及從事半技術性或簡單技術性工作的輕度智能不足者。智商鑑定若採用魏氏兒童智力測驗時，智商範圍輕度為 55 至 69。智商鑑定若採用比西智力量表時，智力範圍輕度為 52 至 67。

本研究對象為國小輕度智能障礙學童，從上述規範的定義可發現輕度智障兒童在特殊教育下可部份獨立自理生活並從事一些簡易技術性工作，基礎數學對於輕度智能障礙學童在生活以及工作上為必要知識，如物品數量統計、產品制訂編號、零錢買賣運用...等。因此教導其學習數學應用題作為未來獨立生活的基礎有其重要性。

## 第二節 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、以及其學習能力與態度等(游佳蕙，2009)，針對上述特徵分述如下：

### 一、認知能力遲緩

皮亞傑(1958)的認知發展理論將人類的認知歷程分為四個階段：感官動作期(Sensory-motor period)、前操作期(Preoperational period)、具體操作期(Roncrete operation period)和形式操作期(Pormal operation period)。輕度智能障礙兒童的認知發展較一般兒童緩慢，無法做抽象的思考，大多只達到具體操作期。皮亞傑又認為兒童真正客觀的推理能力是開始於具體操作期，這個時期最大的特性是其思考操作具有可逆性(Reversibility)。最明顯表現是這時期的孩童會具有各種守恆觀念，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。而在數學概念的學習上，兒童必須具備如：一對一應對、物質守恆、分與合概念等先備知識，智能障礙兒童會因為缺乏這些先備技能而出現數學學習的困難(張芳瑜，2013)。另外有關輕度智能障礙兒童的數學學習在認知及後設認知方面的缺陷尚有：對於抽象層次概念的運算上感到困難、無法選擇合適的學習策略、無法有效運用解題策略及自我監控學習成效、對組織訊息有困難及無法應用策略至合適的情

境等(張芳瑜，2013)。

輕度智能障礙學生因為智力限制的生理因素，認知發展較同儕學生遲緩，因此在概念的理解及類化上常不理想，辨認學習能力弱，對組織學習材料有顯著困難，以致於影響到回憶以往所學習的材料，且無法有效統整外在的刺激訊息(洪榮照，2005)，甚至，在常識知識的學習也常因上述原因而明顯落後。例如：「情緒」、「藝術品」等抽象名詞，「投降」、「政府」等象徵性名詞，智能障礙學生都較難以理解(陳麗如，2007)。更重要的是，認知發展遲緩使輕度智能障礙學生的數學概念難以適當建立，往往使得他們的數學學習產生困難(黃雅蘭，2011)。而且，輕度智能障礙學生因為符號認知缺陷，不了解數學符號的意義而影響數學應用題解題，歸納而言，如果學生缺少應該有的先備技能，則難以有好的學習效益(Hendricson & Kleffner，2002)。

## 二、注意力渙散

輕度智能障礙學生對具有意義性的刺激無法專注，且不能同時聚焦於各層次的事物，外在因素干擾之下也非常容易分心(黃雅蘭，2011)；此外，林怡君(2000)認為智能障礙學生對於刺激有注意跟選擇的困難，需長時間辨認相關的刺激來從事正確的反應。

### 三、記憶力較差

輕度智能障礙學生在短期記憶上有明顯缺陷，即時性訊息儲存能力比一般學生較弱，需時常重覆練習及適當提醒受課內容(陳麗帆，2011)。對於輕度智能障礙學生，過度學習(Over learning)非常重要(郭為藩，2002)，然而，輕度智能障礙學生組織保留及即刻喚起的能力也偏弱，時常忘記他人叮嚀交代的事，對於繁雜的指令也難以記得。洪榮照(2005)指出智能障礙學生由於短期記憶缺陷，無法對訊息作進行有效率的編制、儲存與提取，造成組織題意，理解文字敘述的內容難以理解。

### 四、後設認知缺陷

輕度智能障礙學生往往欠缺後設認知的能力，後設認知是指個人如何有計畫性的解決問題，如何掌控解題策略的執行及策略結果的評估(張春興，1995)，在應用題解題過程中，對訊息的辨認、選擇及實行策略的能力較弱，難以進行有效率的處理解題歷程中所產生的問題(許又勻，2004)。陳麗帆(2011)也指出輕度智能障礙學生對於數學概念無法有效的組織、辨別以及選擇正確的策略，造成解決問題時常遇到障礙。

Barkley(1998)也列出了五項在數學方面有數學學習困難的學生，在學習時常會產生下列問題：(1)無法決定什麼問題需要解決；(2)無

法過濾不相關字句以掌握重點；(3)無法整合題目中各項資訊及進一步解題方式；(4)無法監控自己的解題歷程；(5)無法覺察外在的回饋或產生自我校正行為，因而造成輕度智能障礙學生無法有效運用解題策略去解題。

在 Brown 和 Flavell(1976)的研究中也發現，輕度智能障礙者在認知的實行、掌控以及記憶策略的選擇與運用等方面有明顯的缺陷，但也有不少研究指出，若對輕度智能障礙學生給予適當訓練，仍可以透過學習來運用這些策略。

#### 五、外控依賴表現

智能障礙學生由於學習能力及學習過程的影響，自信心比一般學童略為不足，常預期結果是失敗的，在面臨學習環境時會想逃離或仰求外援(郭為藩，2002)。智能障礙學生在學習表現上傾向常常需要外控的依賴，意即在學習環境中常需要他人的增強，如點頭、提示、稱讚、鼓勵等，智能障礙學生才能保持學習動力或展現信心(陳麗如，2007)。

#### 六、遷移類化困難

智能障礙學生對於已習得的知識或者能力在運用到新的情境之下會產生障礙，難以將舊有的經驗形成規則運用至同樣的領域，日後遇到類似的情形會產生同樣問題而無能力去解決(林惠芬，2008)。

綜合上面所述，輕度智能障礙學生在學習上有各種不利的限制，使他們在學習時常常碰到瓶頸，如何克服先天不利的條件，並提供後天環境上的支持成為相當重要的關鍵因素。對此，國內學者表示智能障礙學生的長期記憶能力和一般人相當，只是他們無法運用學習的策略來幫助學習(陳麗帆，2011)。若能提供輕度智能障礙學生適當的訓練課程，學生仍然可以運用學習策略克服先天上的限制，解決生活上所面臨的問題。

### **第三節 教導輕度智能障礙學生學習數學應用題相關策略**

在數學學習上輕度智能障礙學生本身存在許多缺陷與障礙，因此當老師在規劃數學學習課程時，必需藉由多種教學策略來教導學生學習數學應用題。根據不同專家學者的研究，整理出以下教學策略：

#### **一、具體化步驟**

學童在學習數學課程中，透過運用具體物的操作來增進理解能力，從中逐漸形成數學知識的概念。而認知理論也認為建立數學能力是由具體形式逐漸轉成抽象。這項基本原則應用到各種數學的課程，無論是記算數量、加減法、進退位演算或應用題，學生雖能從教師的口語說明、操作示範及符號等教科書中習得，但最早期的方法及觀念是源自於具體的活動(桂冠前瞻教育叢書編譯組，2000)。輕度智能障礙

學生認知發展與一般兒童有明顯差異，大部分仍處於具體運思期，也因此教師在教導輕度智能障礙學生學習數學時，應降低過多的抽象數學學習，須藉由具體或半具體事物來輔助教學過程，。

## 二、有效課程的安排與設計

教師在設計課程時，須先了解學生已經具備何種能力與知識。有效的課程設計是在於系統性的區別問題的類型，提供大量與概念相關聯的題型，學生感到困難的原理(Elements)和術語(Terminology)給予分開，這樣的方式可以有效預測學生錯誤的類型及預防某種特定錯誤的發生(陳麗玲，1992)。

輕度智能障礙本身學習能力的缺陷外，還有著學習動機低落，毅力不高、反應速度較慢，樂於同儕學習、預期失敗(Expectancy of failure)與習得無助感(Learned helplessness)等心理特質(蔡翠華，1996)。因此在安排輕度智能障礙學生數學學習的相關課程時，需要針對學生個別需求，結合學生生活經驗，制定合適教學目標、選擇適當教學材料、運用合宜的教學策略與評量方式，使該學生樂於並有效率的學習。

## 三、適當的解題策略

古明峰(1998a)指出有效的解題策略能促使學習者先備知識之內在變項與外在問題情境產生聯結，即幫助學生建構知識並學生自身會修正概念，發展出自己的解題方法。

根據 Carpenter(1985)研究指出學童在不同的發展階段會使用不同的輔助策略，而針對加減法的解題策略可分為三個層次：第一層次為模擬層次(Modeling)，學生能用實物模擬問題情境並且用數物(Object counting)的知識來計算出答案；第二層次為數序層次(Advanced counting)，學生利用數的順序數數(Counting sequence)由上數至往下數的方式來計算答案；第三層次為記憶層次(Number fact)，學生運用已知的加減法結果作推論而得到答案。

總而言之，面對數學問題時學生的處理步驟或策略會依照不同階段的發展而有所變動。因此，對於輕度智能障礙學生的數學學習上應了解其解題限制，訓練學生明確的解題步驟，協助學生發展自我調節及類化的學習策略。

#### 四、檢視錯誤的類型

檢視錯誤類型指的是針對學生練習的題目樣本進行分析，找出學生學習上的盲點或瓶頸，以利於進行補救教學。檢視錯誤類型的功能主要有兩方面：一方面，對學生而言，適當的列舉出學生常犯的錯誤類型，提醒學生在某個觀念和步驟上需特別留意，讓學生自行練習作判斷(崔蕙萍，1993)；另一方面，老師可透過錯誤類型的分析了解學生的錯誤類型是由何種錯誤觀念而來並實行補救教學，修正學生錯誤的解題方法(張新仁，1989)。這兩項功能對於先天後設認知能力不足

的智能礙障學生具有監控解題過程的成效，能提供學生重新自我修正的機會。

#### 第四節 加減法應用題的相關理論與研究

在國小低年級的學習階段中，加減法運算、推演與應用等問題是相當重要的數學基礎課程，而加減法應用題更是許多低年級學生在學習數學中所面臨到的難關，因為學生在解題時需要閱讀應用題所要表達的字義，理解題意中已知與未知的關係，且需要熟悉計算的方法來解決。本章節依序介紹加減應用題的本質、加減法應用題的結構類型、加減法應用題的解題策略、以及加減法應用題的表徵應用與層次。

##### 一、加減法應用題的本質

在國小的數學教育課程中，目標是能夠培養學生數學的基本能力，包括計算、邏輯推理(歸納、演繹、類化、轉化等)、幾何實測(長度、面積、時間、容量、溫度)和實際解決問題能力，而應用題常常以生活周遭的事件為題材，並用語文型態描述數學問題情境，數學應用題題型比一般計算題涉略更複雜的認知歷程(Cummins, 1991)。

計算題跟學生的基礎運算能力，應用問題則需要運用不同類型的能力，例如學童需要具備語文理解力，才能理解題目所要闡述的意義；需具備表徵能力，才能將語文字義轉換成數學符號；需要運用合適的

解題策略能力，才能運算出答案。應用問題包含多種的能力，學生缺乏其中某項能力將無法運算出正確的答案，也就顯得比計算題困難多了(涂金堂、林佳蓉，2000)。

應用題是文字敘述的計算題型式，在解數學應用題時，不僅要學會數學基礎運算，同時也要具備閱讀理解文意的能力，理解問題內容以及所提供的條件才能進行運算的工作。由此可知，應用題題型是以語文的敘述方式要求解題者結合數學概念進行運算解題的一種數學問題形式(Mayer，1987)。在字義與數學運算方式的轉換過程中，解題者的一般語文能力和數學運算概念均扮演著重要的角色。

## 二、加減法應用題的結構類型分析

從加減法應用題的本質中，可以發現除了必須精熟數學的基本計算外，還須具備「從文本中解題」的能力，要能夠針對字句脈絡作解碼、觸接、並理解題意，形成「問題模式」(Problem model)或「情境模式」(Situational model)的脈絡，然後將脈絡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，最後才能解題 (Mayer，1993)。在解應用題之前，加減法應用題的結構類型之分析是相當必要的，如此才能真正進入有效的解題過程。加減法應用題的結構類型以「運算符號」、「問題情境」、「語意結構」等為標準(Marshall，1995)。近年來許多研究指出，加減法文字題難度差異的主要因素在於「題目

本身的語意結構」(Carpenter, 1985 ; Nesher, 1982)。而在加減法應用題難易度方面，黃湘婷(2007)研究四種分類的加減法，發現解題正確率由高到低依序為合併類、改變類、比較類，其中「比較—參照量未知」是三類當中相對難度最高的「合併—總數未知」、而「改變—結果量未知」是相對難度最低的。

本研究將採用 Nesher、Greeno 與 Riley(1982)按照語意結構(Semantic categories)所分的改變類(Change)、合併(Combine)與比較(Compare)等三類加減文字題型作為依據。下列就針對此三類加以分析說明(古明峰, 1996)：

(一) 改變類的問題：

經過增減改變之後的數量會形成另一個數量的問題，數量增減產生行為作動態描述，含增加和減少兩種類型，可分為「結果量未知」、「改變量未知」和「起始量未知」三種。

(二) 合併類的問題：

探討兩個互補子集合和一個大集合之間的關係，對於問題中兩個數量作靜態描述。可分為兩種類型，第一種是「子集合未知」，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。第二種為「總數未知」，先給兩個子集合的個數，求大集合的總數，也就是和的問題。

### (三) 比較類的問題：

比較數量大小或多寡的問題，題中兩個數量屬靜態描述，分為「差異量未知」、「被比較量未知」和「參照量未知」。

面對上述應用題不同的語意結構類型，本研究主要探討改變類加減法應用題題型來進行相關研究，一方面考量到改變類加減應用題的語意結構困難層次適中，利於直接使用 3D 數學動畫教學模擬，符合輕度智能障礙學生的理解程度等因素。

### 三、加減法應用題的解題策略理論

美國數學教師協會(National council of teachers of mathematics)在其 Agenda for action 一書中提出：「解題(Problem solving)必須為學校數學的焦點」(劉秋木，1996)。Gagne (1985)認為學習者綜合先前習得的解題規則，用來獲得一個新問題答案的解題歷程；劉錫麒(1993)認為解題是一個不斷反覆思考的歷程，解題者需要有豐富的相關知識，也需要策略的引導，否則解題過程將會是盲目的；洪義德(2001)認為解題是解題者面臨陌生的問題情境時，運用本身已知的經驗知識，歸納出解決此問題的複雜心理過程。綜合上述學者看法，解題是透過內在反覆思考過程中，逐漸建立起有效的解決問題策略，進而成功解決問題的複雜歷程。

學者們對於繁雜的應用題解題過程，至今仍未有一致的見解，也

產出許多不同的解題策略理論。最早的解題策略之研究可以追溯到 Dewey 的五階段論：遭遇問題、界定問題所在、提出可能的方法、考慮可能的結果、決定解決方法。Polya(1945)進一步將 Dewey 的解題策略理論修正為四階段，奠定往後解題的理論基礎。而著名的解理策略研究之學者還包括 Kilpatrick、Schoenfeld、Mayer 等人的理論。以下針對相關數學解題理論分述如下：

### (一) Polya 的解題策略歷程

Polya 於 1945 年所著的《How to Solve It》中，提出解題歷程是從輸入階段的閱讀與理解問題，經處理階段的擬訂計畫，至輸出階段的計畫實行，最後回饋驗證解答，形成解題表徵與解題執行兩階段歷程(Mayer, 1992)，其解題策略的歷程與步驟可以分為四階段(Polya, 1945)：

#### 1. 瞭解問題：

先弄清楚題目要求為何，能指出問題的主要成份，即：已知數是什麼？未知數是什麼？條件是什麼？可畫個圖解表示題意，或引用合適的符號(陳麗帆，2011)。

#### 2. 擬定計畫：

弄清楚各項目之間的關聯性，找出已知數和未知數之間的關係，並設想獲得解題概念可能需要哪些運算或作圖，檢驗是否運用了已知

數及條件？在這個階段中會使用多種策略解決問題，如運用的舊有經驗、次目標之分析等。

### 3. 實行計畫：

根據先前所擬定的計畫，謹慎地執行每一個步驟，並檢查每一步驟的正確性，以免產生錯誤。

### 4. 回顧解答：

回顧已完成的解答，當解決了一個問題之後檢查一下結果，考慮該結果是否合理？是否合乎邏輯？能不能用其他的方法解決問題？解決問題的結果與方法是否能用於其他的問題？

Polya( 1945)認為每一階段都是很重要且是必要的，某些學生在解題過程中會因為疏忽了其中某一階段，而漏掉主要的解題關鍵，造成解題的困難或失敗，所以每個解題階段與歷程都需要受到重視。

## (二) Kilpatrick 的解題策略歷程

Kilpatrick(1967a)依據 Polya 的解題歷程模式設計了問題解決檢核表，深入探討學生解文字題所使用的解題策略中，發現學生並沒有真正運用到多種解題策略。 Kilpatrick (1967b)在不更動 Polya 解題四階段的情況下，進行重新修正與補充。

## (三) Schoenfeld 的解題策略歷程

Schoenfeld(1985)以 Polya 的解題策略四階段為基礎，並且加入

了「後設認知」的概念，著重於解題時要考慮到目標、計劃、監控與評估等面向，其強調的四個變項分別如下：

1. 資源(Resources)：

解題者必須具備數學知識，包括數學事實、程序及技巧等訊息。

2. 啟思(Heuristics)：

指解題的技巧和策略，解題研究大部分都非常重視受試者在解題歷程所使用的啟思策略，包括問題簡化、畫圖、畫表格、尋找組型、推測、逆向思考...等。

3. 控制(Control)：

解題時的自我控制，屬於後設認知部份，著重於解題者解題時，如何擬定計畫、選擇目標以及評估解題結果等方面。

4. 信念系統(Belief system)：

指解題者對數學的觀點會影響其解題之行為。

由上述四個變項的影響之下，Schoenfeld 重新提出解題策略歷程的六個階段：

1. 閱讀(Reading)：受試者閱讀題目。

2. 分析(Analysis)：問題簡化或重述，以便瞭解問題。

3. 探索(Exploration)：搜尋已知條件，未知條件及問題目標的關連性。

4. 計畫(Planning)：擬定計畫，評估計畫的合適性。

5. 執行(Implementation)：計畫實行，檢視是否依計畫執行。

6. 驗證(Verification)：檢查答案是否正確。

#### (四) Mayer 的解題策略歷程

Mayer(1987)從認知心理學觀點將數學解題歷程分為兩個部分，茲詳述如下：

##### 1. 問題表徵

###### (1) 問題轉譯

將問題的每一字句轉化成個人可理解的內在心理表徵。在轉化過程中，解題者需要具備語文知識(Linguistic knowledge)和事實知識(Semantic knowledge)，了解語句間的結構關係與意義，了解問題中的已知條件與解題目標。

###### (2) 問題整合

解題者可將相關資訊整合成連貫的問題表徵，解題者須具有數學基礎知識才能辨認問題的類型、有關的資訊、決定解答問題所需要的資料、用圖畫來表示問題等(黃雅蘭，2011)。

##### 2. 問題解決

###### (1) 解題計劃與監控：

解題者可將問題拆為數個小問題並逐步加以解決；解題者必須監控解題過程，需要運用到策略性知識才能有效解題(陳麗帆，2011)。

## (2) 解題執行：

指解題者應用計算、運算與繪圖等方法，及有效的運算式來完成計畫，如此才能正確無誤地算出答案(黃雅蘭，2011)。

Mayer 的解題策略理論普遍被人們所引用的，主要在於 Mayer 對數學解題歷程的完整且具體化描述，運用許多實際範例來做解釋，使人易於瞭解數學問題之解題歷程(周台傑、蔡宗玫，1997)。本研究依據 Mayer 的數學解題策略理論為基礎，針對輕度智能障礙學生在加減法應用題之改變類題型的學習課程中，制定六階段的解題歷程，以步驟化的 3D 動畫教學來提昇學生的學習成效。

## 第五節 3D 技術在電腦教學上的應用

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。吳沂木(2004)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。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。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。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。

## 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 數學動畫教學對國小輕度智能障礙學生加減法應用問題的學習成效。本研究方法共分為四節，第一節研究設計、第二節研究對象、第三節研究工具、第四節實驗教學設計

### 第一節 研究設計

本研究採用單一受試研究法中的跨受試多試探設計，二間國小共有 11 名受試者，這 11 名受測者均接受同樣的實驗設計，都要經過基線期(A)、處理期(B)、維持期(M)。本節將說明本研究設計中之研究架構與變項，及實驗設計內容。

#### 一、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，如下圖 3-1：

### 跨受試多試探設計

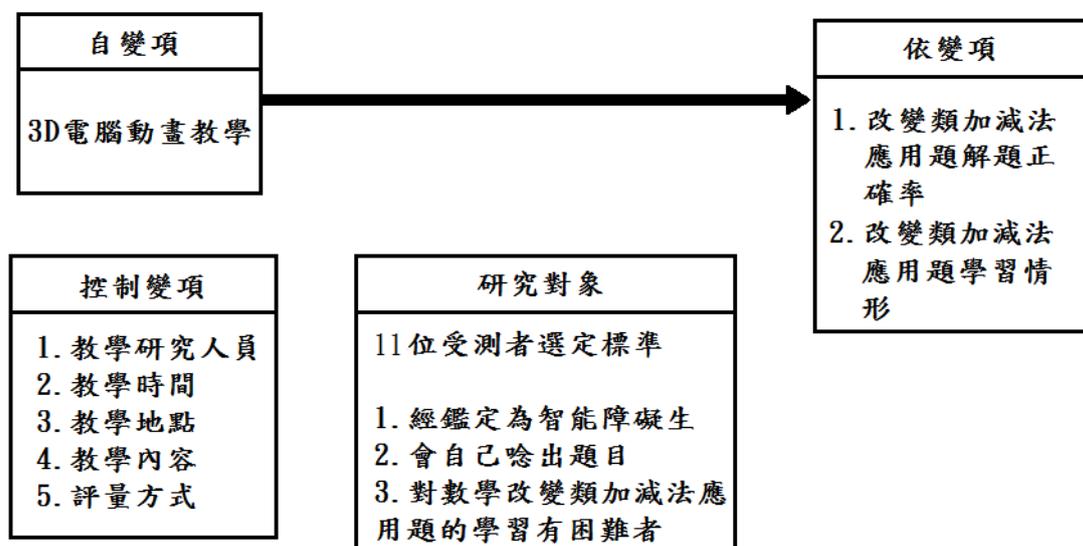


圖 3-1 研究架構圖

#### (一) 自變項：

本研究自變項「3D 電腦動畫教學」根據 Mayer 的解題策略理論內容，自行開發設計的數學加減法應用題教學軟體，並用於指導學生解題教學之過程。

#### (二) 依變項

本研究的依變項指的是國小輕度智能障礙學生接受 3D 電腦動畫教學後，是否能有助於學生在改變類加減法應用題上的學習情況與學習態度之改進，以及是否能進一步提升其解題的成效，其中解題成效又分為立即成效與保留成效兩部份。立即成效是對教學立即效果的評量，在教學介入期間，每個教學循環包含解題教學及立即評量，包括六種題型，共 12 題的紙筆評量卷測驗。而後者在解題保留成效方面，

是在實驗教學結束後實施紙筆評量，了解 11 位受試者的加減法應用題整體及個別題型的解題能力，能否維持教學介入時的表現。

### (三) 控制變項

本研究的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：為避免不同教學者對實驗結果造成影響，本實驗的教學工作全由研究者來擔任。
- 2.教學內容：本研究的教學內容，各題型的解題策略步驟均一致，且為避免教學所造成的誤差，課程的實施原則和流程均相同。
- 3.教學時間：本研究以不干擾受試者原班上課的時間為原則，利用早自修或空堂的時間進行教學。
- 4.教學地點：教學實驗進行地點以干擾較少的班級為主。
- 5.評量方式：控制評量卷的題數、題型、難易度、計分及用字遣詞。

在題數、題型方面，不同階段評量卷的題型相同，每份評量卷皆包括改變類加減法應用題六種題型，每種題型各 2 題，共計 12 題；在難易度方面各題型的難度相關係數皆達顯著；在計分方面，評定受試者在每個題目不同的完成度，依據評分標準來計分；而題目使用的詞語則是以國小低年級數學課本所出現的文字用語和日常生活中時常可見或接觸的人、事、物所組成。

## 二、實驗設計

本研究 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，11 位實驗對象經由量表測試過，皆對加減法應用題無法有效地解題，教學實驗則以 11 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 11 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，與中國小與朴子國小為每星期一節課，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。本研究在教導完畢後，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。

## 第二節 研究對象

### 一、研究對象的選擇

本研究與嘉義地區興中國小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。各學童之學習概況描述如下：

#### (1)小芳

性別：女

年級：三

狀況描述：小芳個性較為過動，長久待在同一學習環境容易產生注意力分散，耐心上較為不足，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偏低，容易產生排斥感。在人際關係上有些許溝通上的問題，容易使用偏激的言語使同學們不太高興，而對於老師的授課也比較偏不太願意合作。

## (2)小賢

性別：男

年級：三

狀況描述：個性溫和不多話，在課堂老師教導上學習表現均樂於學習，不懂的地方會主動告知。應用題題意的理解能力上較為不足，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

性別：女

年級：一

狀況描述：個性乖巧聽話，對於數學學習表現出有興致的態度，數學運算式的理解可舉一反三，老師課堂中教導過一遍就能夠理解並且正確的算出答案。對於應用題的題意理解上較為不足，雖然數學運算能力不錯，但因為無法有效地理解問題，應用題題型成績均為不及格。

#### (4)小容

性別：女

年級：一

狀況描述：個性較為怕生孤僻，在一般談話上大都不會回應，但在課程教導上會主動學習以及主動驗算答案，而學習專注力上較低，容易被外在因素所影響。

#### (5)小謙

性別：男

年級：一

狀況描述：個性較為活潑多話，而在數學學習上容易出現思緒停滯，在一般教導上必須花費大量耐心以及增加教學活動上的刺激使小謙反覆思考並且繼續學習，在數學應用題上對於具有變化性的知識理解上較為困難，在整體的學習成長上常常會遇到瓶頸。

#### (6)小如

性別：女

年級：一

狀況描述：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

性別：男

年級：一

狀況描述：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

性別：男

年級：一

狀況描述：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。在數學應用題題意的轉譯能力較弱，常常會弄錯題目所要表達的意思，而一般基礎運算式較為沒問題。

(9)小昇

性別：男

年級：一

狀況描述：個性沉默寡言，理解力有待加強，理解一般文字以及言語中的含意有明顯偏弱，必須倚靠類化學習方式才能習得知識。

(10)小泉

性別：男

年級：一

狀況描述：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，需與其他孩童分開做教學。應用題的解題方面也是對於題意上的理解較為困難，而一般數學運算上會出現粗心大意的問題。

(11)小宏

性別：男

年級：一

狀況描述：個性活潑過動，喜愛跟同學玩樂，在學習上的耐心較為不足，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解決方法，須倚靠獎勵方式來促進學習。

### 第三節 開發環境與工具

在所使用的電腦配備部分，是使用 Windows 7 32-bit 的作業系統環境來開發，而在實作 3D 動畫教學方面，本研究是使用 Iclone 5.0 的 3D 製作軟體將教材設計 3D 化。裡面所有包含的場景、人物、動物、動作姿態皆來自於 Iclone 軟體的製作。Iclone 3D 製作軟體對於開發教學用動畫教材有著優勢，其操作上的簡易性以及容易編輯已做好的動畫，並且可快速的輸出動畫，對於製作特殊教育的教材有很大的幫助，因為特教班教師時常要修正教材來符合學生的需求，因為常常需要使用修改以及補充內容，本軟體由於容易上手以及操作便利性，教師們可以輕鬆地學習軟體來製作所需要的動畫，不需花大量時間就可以產出內容活潑生動的教材動畫。為了凸顯 3D 虛擬物件特性，利用 3D 建模將數學教材立體化並加入特效，使整體視覺觀感大幅提升。教材設計 3D 化則是將背景、題目、選項與相關教材內容立體化，背景設計成虛擬空間，題目、選項與相關教材內容在虛擬空間內呈現並以吸引學習者目光為主做安排。而文字、2D 圖像則是利用小畫家繪圖軟體來製作，教師們可以輕易的修改文字以及一些圖像。

## 第四節 實驗教學設計

本研究以「3D 電腦動畫教學」為實驗課程，以下依序介紹教學內容。

### 一、教學內容

本研究設計之 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。本研究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。

本研究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。



圖3-2 動畫教學範例圖a

(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。



圖3-3 動畫教學範例圖

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

(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。

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。



圖 3-4 動畫教學範例圖

(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。



圖3-6 動畫教學範例圖

老師—請算一算  $2+2$  等於多少呢？  
學生—4。



圖 3-5 動畫教學範例圖

老師—請列出此題算式？  
學生—列算式  $2+2=( )$ 。

(6)檢查:檢查答案是否正確；學生檢查整個過程及步驟。



圖3-7 動畫教學範例圖

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。

本研究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礎運算，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，也透過本研究的教學實施，加強了學童的記憶能力以及專注力。



圖 3-7 動畫教學範例圖



圖 3-8 動畫教學範例圖

本研究教學實驗使用 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。



圖 3-9 動畫教學範例圖

動畫中加入生活中可見到的物品來擬化，使學童能夠將數字聯想成物品以加強記憶。



圖 3-10 動畫教學範例圖

將物品的外型與數字相對應，下方加入字幕讓小朋友有步驟的學習數數字。

## 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。



圖 3-11 動畫教學範例圖



圖 3-12 動畫教學範例圖

設計許多可愛的動物來吸引學童數數列。

## 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。



圖 3-13 動畫教學範例圖



圖 3-14 動畫教學範例圖

#### 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，因此本研究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。



圖 3-15 動畫教學範例圖



圖 3-16 動畫教學範例圖

跟著虛擬人物來一起把撲滿錢的總數計算出來，幫助學童能夠自行計算錢幣總額。



圖 3-17 動畫教學範例圖  
從許多錢幣中將同一類的錢幣進行分類



圖 3-18 動畫教學範例圖  
將分類妥當的錢幣做加總

## 第四章 研究結果與討論

### 第一節 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，蒐集二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研究所設計之 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

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。

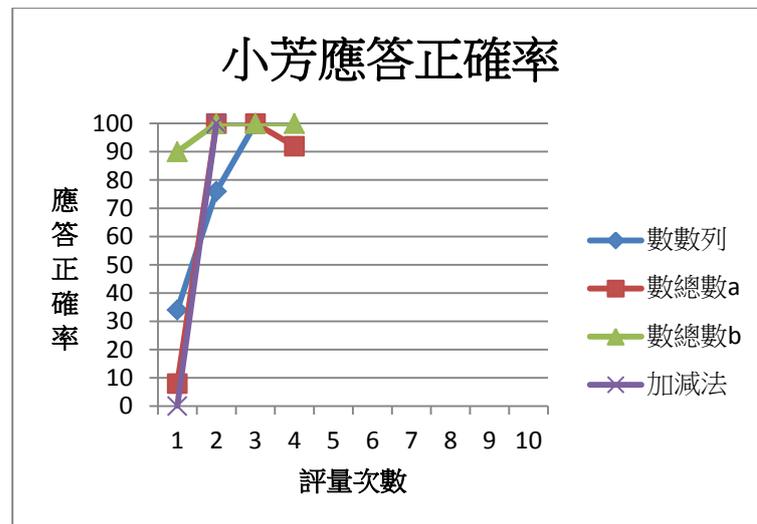


圖 4-1 小芳應答正確率圖

小賢除了加減法之外其餘正確率均 80% 以上，學習程度很不錯，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%。

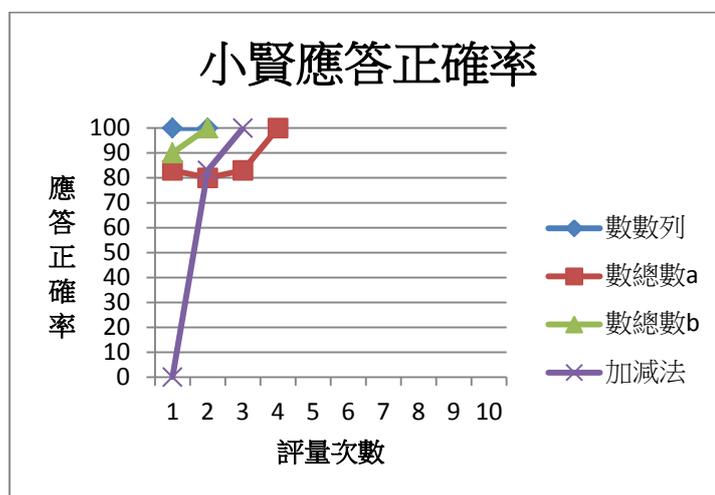


圖 4-2 小賢應答正確率圖

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，是本研究所教導的過程，算是 11 位學童裡面最順暢的一位，教導一次就立刻學會。

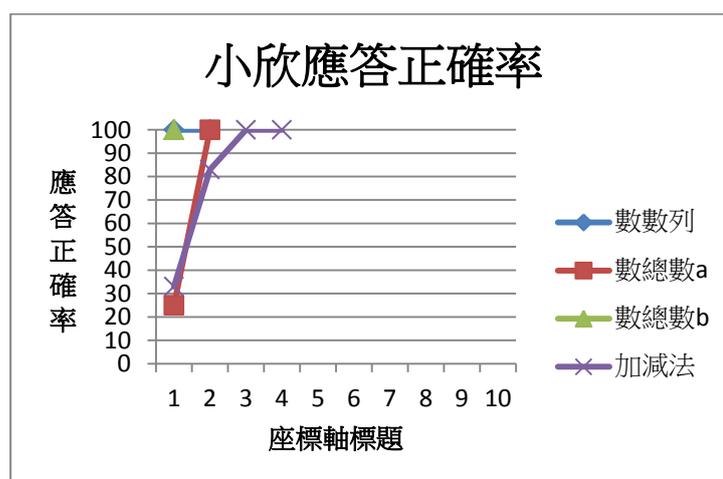


圖 4-3 小欣應答正確率圖

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長，由此可知學童的情緒管理對學習成效很重要，如何針對學童的情緒特徵在 3D 動畫腳本中納入緩和情緒元素的設計為未來可以思索的方向。

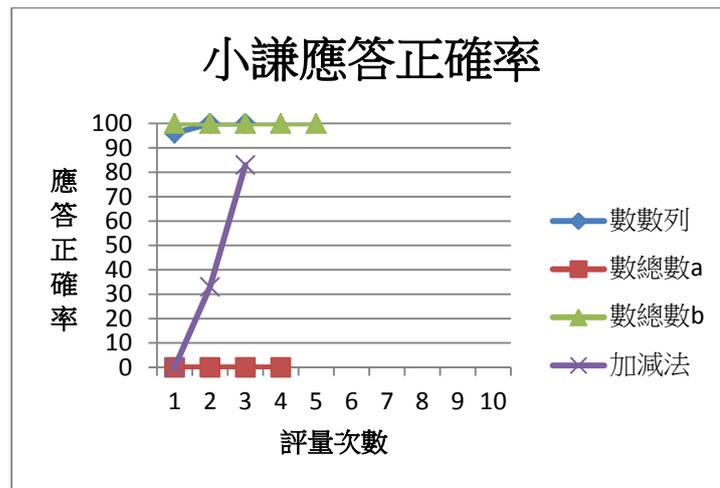


圖 4-4 小謙應答正確率圖

小容本身程度優良，但其學習態度還有進步空間，在第二評量分數皆有進步，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的現象。

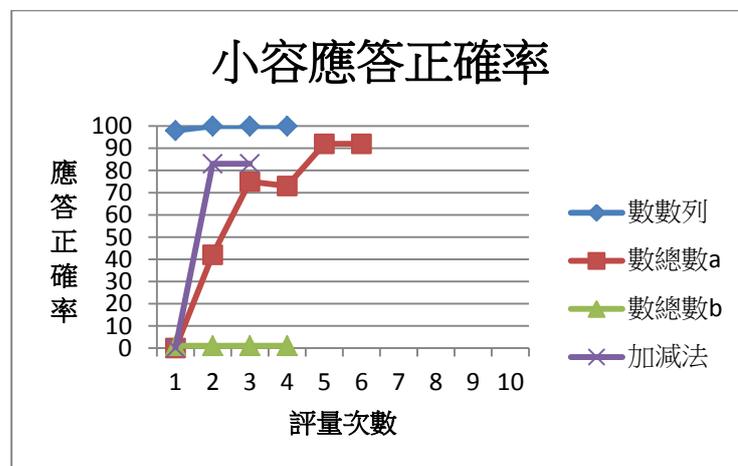


圖 4-5 小容應答正確率圖

## (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可排出 40 分鐘一節課，教導與評量的時間須拉長，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%。

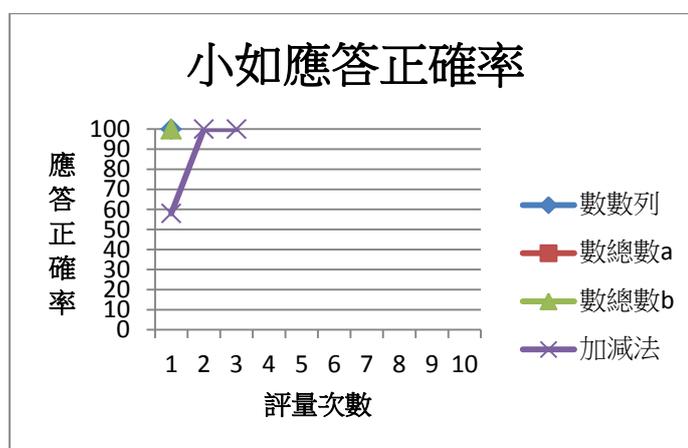


圖 4-6 小如應答正確率圖

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

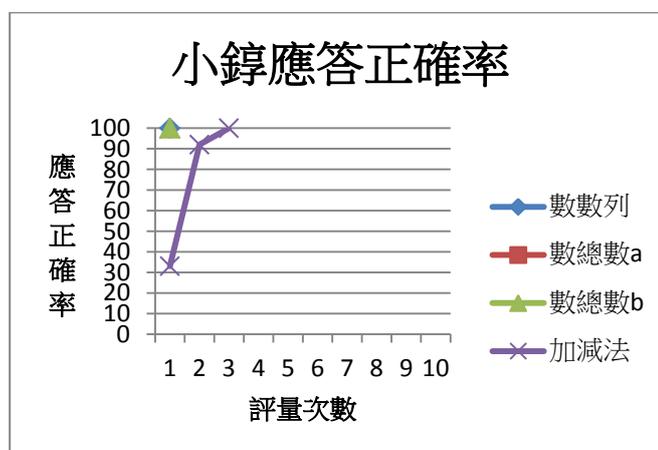


圖 4-7 小錚應答正確率圖

小宏由於本身學習能力不佳且有叛逆問題，在教導過程較為不配合，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。

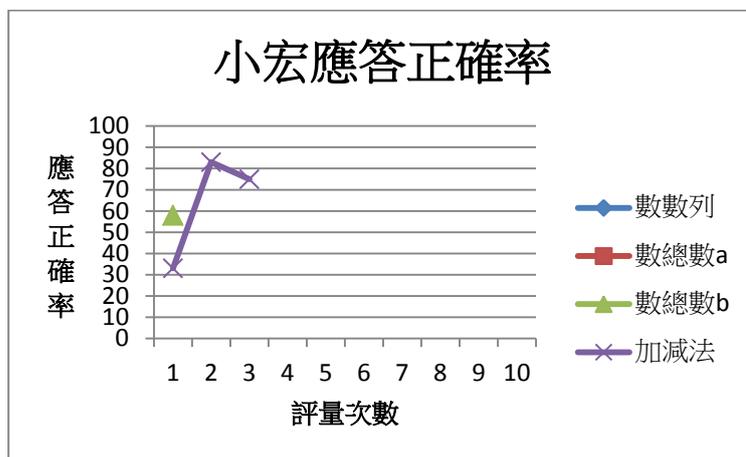


圖 4-8 小宏應答正確率圖

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。因此，針對小泉的個案，3D 動畫輔助學習如何協助老師引導學童學習為未來設計的重點。

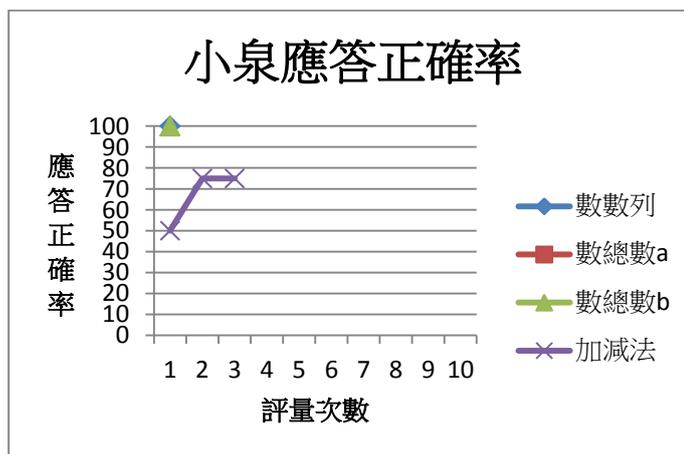


圖 4-9 小泉應答正確率圖

小昇數 1 至 100 有很大的困難，因此本研究只針對這部分作 3D 輔助學習的加強。第一次基線期的分數會比第二次高原因在於溝通上

的障礙，例如要求小昇填寫 15、16、17，小昇則會寫出 15、15、17，大多數都出現這類問題，其對於一般的語言判讀是有問題存在的，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。由此可知，除以 3D 動畫吸引學童的注意力外，教學活動須視溝通障礙的情況適時調整。

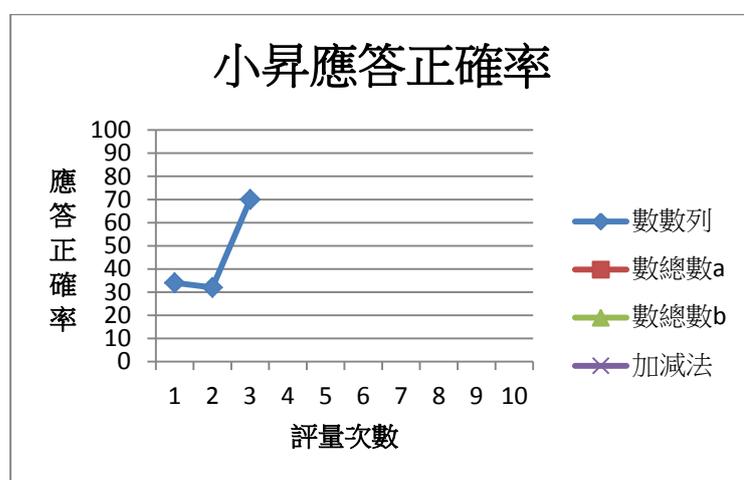


圖 4-10 小昇應答正確率圖

小翔學習態度優良且上課認真，在教學過程中配合度、問答、解題上表現極佳，對於數學學習也表現有興致，且樂於解答題目，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。

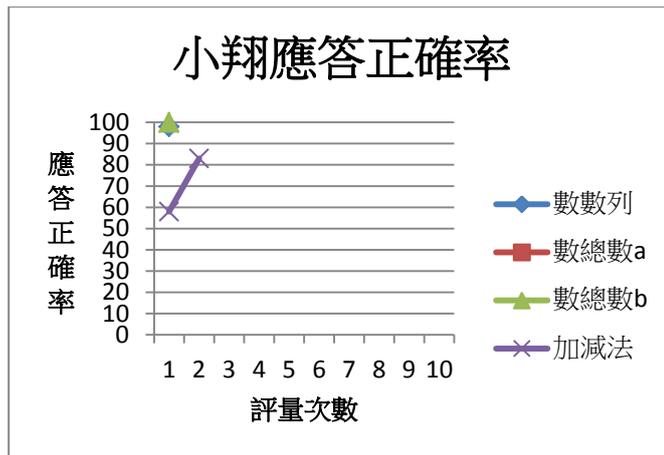


圖 4-11 小翔應答正確率圖

在加減法應用題測驗部分，11 位受測對象在本研究所設計的 3D 動畫教學的教導之下，從一開始未受測的基線期資料趨勢來看，所有受測對象均為不及格，平均正確率 26.5%，在處理期部分的平均應答正確率為 83.1%，整體正確率成長了 56.6%，在維持期的應答正確率，平均為 90.6%，學習保留成效部分成長了 7.5%。

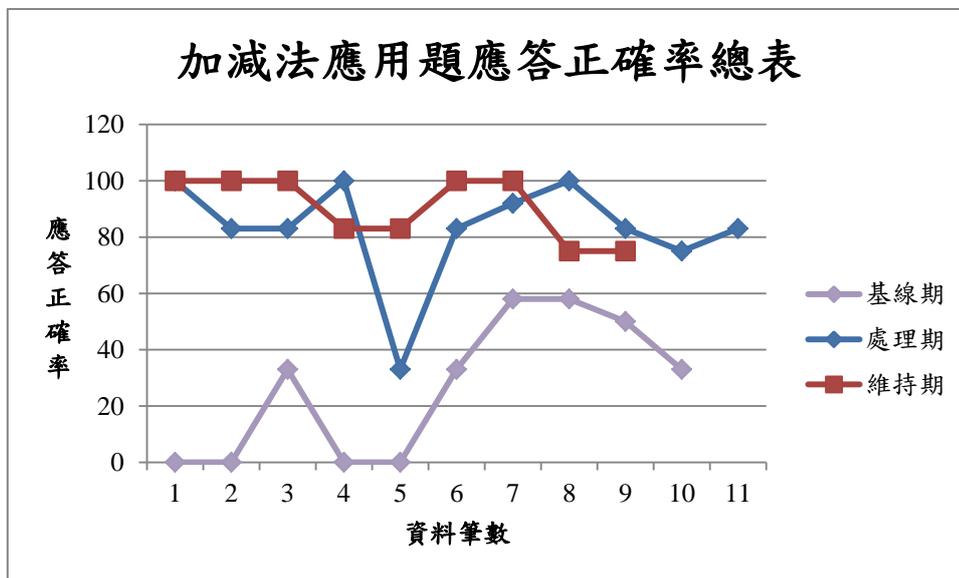


圖 4-12 加減法應用題應答正確率總表

## 第二節 討論

### (1) 小芳

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，目的是確認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。因此本研究利用 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

在本研究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，本研究利用 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，本研究則再利用 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，再經由本研究的 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%，在教學過程本研究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

小欣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研究使用 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，因此本研究使用 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

小謙數學學習程度還不錯，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

小如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

小錚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，本研究採用 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

小翔是教過的小朋友裡面最自動的一位，數學學習程度不錯，容易教導，學習過程中總是很開朗與面帶微笑，在數數列跟數總數的成效部分均 100%，在加減法部份，第一次測試 58% 小翔對了一半，而後來配合 3D 動畫一題一題放給他閱讀學習，學習效果與態度表現相

當良好，很迅速的就學會辨認題意與加減運算，後期測試加減法部份也提升到 80%。

#### (9) 小昇

小昇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，對於數列的順序有很大障礙，數字 10 之後的數字順序就很難繼續理解，針對這部分給小昇重複看 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數列動畫，導致後面測驗部分因為時間有限而無法繼續進行，但至少數列這部分小昇進步很許多。

#### (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%。

### 第三節 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研究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，本研究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，本研究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，然而本研究的 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 11 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，本研究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。例如興中國小的小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。

綜合而言，本研究從 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，從本研究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，在二家參與本研究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，本研究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，本研究的 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。

而在使用 3D 動畫教學之下，本研究也發現學童們對於 3D 的動畫情境上較為投入，目光會容易集中於 3D 的虛擬環境之中，在裡面所呈現的日常生活之物品、人物、動植物、虛擬環境皆感興趣，而在虛擬環境呈現應用題題型對於學生也很新奇，會從各種不同的角度展現而出，學童也會因為题目的展現動畫而將目光轉移到題目上，藉由變色的重點提示學童也更容易理解應用題中重要的關鍵字句為何，3D 動畫教學容易呈現步驟化教學並帶給學童虛擬情境的新奇感受。將故事性的內容融入教學動畫當中，用虛擬空間完整呈現其故事也讓學童隨著劇情進展而不斷反覆瀏覽以及思考，比起教科書部分更容易有耐心地思考應用題題型，使學生願意花更多精力來理解題意並提高學習成效。

## 第四節 研究建議

本研究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，本研究除了使用 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. 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. 田佳芳, 2010, 圖示表徵策略對國小智能障礙學生單一步驟加減文字題學習成效之研究, 國立臺北教育大學特殊教育學系碩士班論文。
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. 何華國, 1992, 特殊兒童心理與教育, 台北:五南。
6. 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。
7. 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。
8. 李長俊譯, 1982, 兒童心理學(Piajet, J.著, 1958), 台北市:五洲。
9. 周台傑, 1989, 國民中學智能不足學生數學能力之研究, 特殊教育學報, 4, 183-213。
10. 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。
11. 林惠芬, 2000, 智能障礙者之教育, 新特殊教育通論, 185-219, 許天威等人主編, 台北:五南。
12. 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。
13. 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
14. 張芳瑜, 2013, 數位化教學對智能障礙學生數學加減法學習成效之研究, 臺北市立體育學院運動教育研究所論文。
15. 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。
16. 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。
17. 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。
18. 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。

19. 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。
20. 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](http://www.edu.tw/files/site_content/b0013/student.xls)。
21. 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。
22. 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。
23. 陳麗帆, 2011, 基模本位教學對輕度智能障礙學生加減法文字題解題成效之研究, 國立臺南大學特殊教育學系碩士班論文。
24. 黃雅蘭, 2011, 自我教導策略對國中智能障礙學生加減法文字題解題能力之成效, 高雄師範大學特殊教育學系碩士班論文。
25. 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。
26. 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。
27. 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。
28. 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。
29. Beirne-Smith, M., Patton, J., & Ittenbach, R., 1994, *Mental Retardation*, New York: Macmillan College.
30. 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.
31. 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.
32. 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.
33. Chang, K.E., Sung, Y.T., & Lin, S.F., 2006, Computer-assisted learning for mathematical problem solving, *Computers & Education*, 46(2), 140-151.
34. 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.
35. Crane, L., 2002, *Mental retardation: a community integration approach*, Belmont, CA: Wadsworth/Thomas.

36. Drew, C. J., Hardman, M.L., & Logan, D.R., 1996, *Mental retardation: a life cycle approach* (6th ed.), Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall International.
37. 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.
38. Marshall, S.P., 1995, *Schemas in problem solving*, New York: Cambridge University Press.
39. Mayer, R.E., 1987, *Educational psychology: a cognitive approach*, Boston, MA: Little, Brown and Company.
40. 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.
41. 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.
42. Tharp, R.C., & R. Callimore, 1988, *Rousing minds to life: teaching learning and schooling in social context*. New York: Cambridge University Press.
43. Vygotsky, L.S., 1978, *Mind in society: the development higher psychological process*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

## 附錄一 自編加減法應用題測驗卷

國小：\_\_\_\_\_ 學童：\_\_\_\_\_ 評量日期：\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

1. 小志有 2 台坦克車，媽媽又買 2 台，請問小志現在有幾台坦克車？

答案：\_\_\_\_\_

2. 小志有 2 台堆土車，又得到了 3 台，請問小志現在有幾台堆土車？

答案：\_\_\_\_\_

3. 爸爸買了 6 隻小瓢蟲玩具，小志弄丟了 3 隻，請問小志還剩下幾隻小瓢蟲玩具？

答案：\_\_\_\_\_

4. 小志有 4 隻機器人，哥哥搶走了 1 隻，請問小志還剩下幾隻機器人？

答案：\_\_\_\_\_

5. 小志原有 2 隻外星人玩具，媽媽又多買了幾隻外星人玩具後，小志總共有 5 隻，請問媽媽買了幾隻外星人？

答案：\_\_\_\_\_

6. 小志有 5 台堆土機，哥哥送了幾台，小志總共有 8 台，請問哥哥送幾台堆土機？

答案：\_\_\_\_\_

7. 小志有 6 台飛機，媽媽丟掉了幾台，小志剩下了 2 台，請問媽媽丟掉幾台飛機？

答案：\_\_\_\_\_

8. 小志有 7 台小汽車，哥哥拿走了幾台後，小志還剩下 1 台，請問哥哥拿有幾台小汽車？

答案：\_\_\_\_\_

9. 小志有好幾隻牛玩偶，媽媽多買了 2 隻，小志變成有 8 隻牛玩偶，請問小志原本有幾隻牛玩偶？

答案：\_\_\_\_\_

10.小志有一些消防車玩具，爸爸買了3台消防車玩具後，小志總共有7台消防車，請問小志原本有幾台消防車玩具？

答案：\_\_\_\_\_

11.小志有幾台小汽車玩具，弄丟了1台，小志還剩下3台小汽車，請問小志原本有幾台小汽車玩具？

答案：\_\_\_\_\_

12.小志原有幾隻小鴨子玩具，哥哥拿走了3隻後，小志剩下2隻，請問小志原有幾隻小鴨子玩具？

答案：\_\_\_\_\_

## 附錄二 自編數數列測驗卷

國小：\_\_\_\_\_ 學童：\_\_\_\_\_ 評量日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

<b>1</b>	<b>2</b>		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>		<b>9</b>	<b>10</b>
	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>				<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>
<b>21</b>					<b>26</b>	<b>27</b>		<b>29</b>	
			<b>34</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>		<b>40</b>
<b>41</b>	<b>42</b>	<b>43</b>	<b>44</b>					<b>49</b>	<b>50</b>
<b>51</b>	<b>52</b>				<b>56</b>	<b>57</b>		<b>59</b>	<b>60</b>
		<b>63</b>			<b>66</b>		<b>68</b>		
<b>71</b>	<b>72</b>	<b>73</b>				<b>77</b>			
				<b>85</b>		<b>87</b>			<b>90</b>
<b>91</b>	<b>92</b>			<b>95</b>			<b>98</b>		

### 附錄三 自編數硬幣測驗卷

國小：\_\_\_\_\_ 學童：\_\_\_\_\_ 評量日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日

#### 硬幣測驗題

1. 小志要買玩具，坦克車 40 元，請問小志至少要拿多少元才夠買玩具？請小朋友圈出來。



2. 小志要買玩具，運土車 40 元，請問小志至少要拿多少元才夠買玩具？請小朋友圈出來。



3. 小志要買玩具，小瓢蟲玩具 19 元，請問小志至少要拿多少元才夠

買玩具？請小朋友圈出來。



4. 小志要買玩具，機器人玩具 69 元，請問小志至少要拿多少元才夠

買玩具？請小朋友圈出來。



5. 小志要買玩具，外星人玩具 55 元，請問小志至少要拿多少元才夠

買玩具？請小朋友圈出來。





6. 小志要買玩具，堆土機玩具 9 元，請問小志至少要拿多少元才夠

買玩具？請小朋友圈出來。



7. 小志要買玩具，飛機玩具 60 元，請問小志至少要拿多少元才夠買

玩具？請小朋友圈出來。



8. 小志要買玩具，小汽車玩具 8 元，請問小志至少要拿多少元才夠

買玩具？請小朋友圈出來。



9. 小志要買玩具，牛玩偶玩具 25 元，請問小志至少要拿多少元才夠

買玩具？請小朋友圈出來。



10. 小志要買玩具，消防車玩具 40 元，請問小志至少要拿多少元才夠

買玩具？請小朋友圈出來。



11. 小志要買玩具，小汽車玩具 22 元，請問小志至少要拿多少元才夠

買玩具？請小朋友圈出來。



12. 小志要買玩具，小鴨子玩具 33 元，請問小志至少要拿多少元才夠

買玩具？請小朋友圈出來。

