科學教育學刊
2023, 第三十一卷第一期, 81-107
DOI:10.6173/CJSE.202303_31(1).0004

Contemporary Journal of Science Education
2023, 31(1), 81-107

擴增實境結合影片提示策略對國小學習障礙學生學習分數運算之成效研究

黃郁雯[1]　吳柱龍[2、*]

[1]臺中市立南屯國民小學
[2]國立臺中教育大學　特殊教育學系

摘要

分數概念的習得是國小學生在學習數學時一個重要的指標項目，但因為分數的概念抽象不易瞭解，常造成國小學習障礙學生的學習困難。因此，本研究旨在提出一套擴增實境結合影片提示策略的教學模式，並探討其對國小學習障礙學生學習分數運算之成效。研究以單一受試研究法中之跨受試多探試設計為研究方法，研究對象為三名就讀國小資源班之學習障礙學生，自變項為擴增實境結合影片提示策略的教學模式，依變項為分數運算答題正確率的立即、維持及類化成效。教學教材為研究者自編的分數運算解題步驟影片及步驟圖卡，透過擴增實境軟體EyeJack將步驟圖卡與影片進行連結，並利用平板電腦掃描圖卡即可觀看相對應之教學影片。研究者透過曲線圖、視覺分析、Tau-U統計等方式進行資料分析，並輔以滿意度調查表對研究對象和資源班老師進行社會效度分析。研究主要結果指出擴增實境結合影片提示策略對三名國小學習障礙學生學習分數運算均具有立即、維持及類化成效。在社會效度分面，三名研究對象及兩名資源班老師對擴增實境結合影片提示策略教導分數運算均給予正向回饋。根據上述研究結果，能在國小學習障礙學生分數運算的教學上提供具體建議與不同教學方式的選擇，以供特教教學實務工作者及未來相關研究者參考。

關鍵詞：分數運算、影片提示、學習障礙學生、擴增實境

壹、緒論

分數的概念常見在生活之中，但分數學習一直是多數國小學生的一大挑戰(Vukovic et al., 2014)，相較於其他單元，分數概念理解以及運算的學習對國小學生而言是最困難的部分(林右姍，2007)。對於普通學生來說，學習分數已有難度，對學習障礙學生而言更顯困難。根據教育部特殊教育通報網(2021) 110年度特殊教育統計年報統計資料顯示，在國民小學教育階段，學習障礙類學生有18,061人，在身心障礙學生中佔了39.17%，為身心障礙學生中人數最多的一群。研究者在教學現場觀察發現，學習障礙學生相較於普通學

*通訊作者：吳柱龍，wulongd@mail.ntcu.edu.tw；ORCID：0000-0002-4800-1091
投稿：2022/11/3，修訂：2023/3/11，接受：2023/3/12，線上出版：2023/5/31

生，其記憶、理解、推理等能力較為落後，並有注意力不足、理解與運算困難等問題，當在學習分數運算時，常因聽不懂、不知如何計算而有習得無助感、學習意願低落等問題產生，因此如何利用適當的策略提升學習障礙學生對分數的學習意願與運算解題能力，是亟待解決的問題。

影片示範教學(Video Modeling, VM)在國外已經實證研究為具有成效的教學策略，國內近年以VM為策略的研究也越來越多，如許憶君與吳柱龍(2021)便以VM介入國小學習障礙學生整數乘除法應用題解題之學習，並獲得顯著的立即、維持與類化效果。而影片提示策略(Video Prompting, VP)為VM的延伸，研究結果發現，VP多利用在特殊需求學生技能學習方面的教學，其中包含餐點製備(曾文麗，2015)、烹飪技能訓練(蔡依璇、吳柱龍，2022)、餅乾包裝(曾竹君，2020)及日常生活技能訓練(劉茹涵、鍾儀潔，2018)等，不但具有良好介入成效，且能有效提升學生的學習動機(Domire & Wolfe, 2014)。但在進行影片示範或影片提示教學時，常受限於播放的設備與介面，需要學生分心操作，導致特殊學生在透過影片進行學習時常被打斷，無法專心學習(Wu, 2023)。

擴增實境(Augmented Reality, AR)是虛擬實境(virtual reality)的一種延伸技術，主要是利用影像輸入裝置來擷取真實世界的場景進行定位，並透過AR系統的即時運算能力，將虛擬的圖像物件或動畫覆蓋於真實的場景中，再透過AR裝置顯示器來呈現(Azuma, 1997)。雖然AR的技術發展已趨於成熟，但應用在特殊教育教學方面的研究仍然少見(Özkubat et al., 2022)。例如余玟錚(2015)發現AR融入教學的方式，能夠讓注意力缺陷過動症兼閱讀障礙學生有更好的學習體驗，產生較佳的學習動機、學習成效；蔡浩軒與孟瑛如(2020)亦利用AR設計數學比與比值教材對國小學習障礙學生進行教學介入，結果發現學生在課堂注意力與學習成效皆達到顯著，顯示AR融入教學確實能提升學生注意力，並具有良好的教學成效。

AR教學雖然有上述的研究支持其有效性，但目前對於特殊需求學生在學科教學成效驗證的相關研究仍舊不足，無法認定為具實證的教學方法(Yakubova et al., 2023)，因此本研究提出以AR結合VP的教學模式，期望藉由AR的介面簡化使用者的操作步驟、增加注意力及學習動機，並利用VP進行有效的教學，用以提升國小學習障礙學生學習分數運算的成效。因此，本研究之研究目的如下：

一、瞭解AR結合VP對國小學習障礙學生學習分數運算之成效的影響。

二、瞭解研究對象及資源班老師對於AR結合VP教學介入的滿意度。

貳、文獻探討

一、學習障礙學生數學學習特徵與教學原則

學習障礙是一群高異質性的群體，其學習特徵與學習表現難呈現出一致性的特質(Lerner & Johns, 2012)。影響學習障礙學生數學能力的成因多而複雜，每一位學習障礙學生對於數學學習方面表現出來的困難或特徵亦不盡相同，常見原因包含注意力的缺陷、短期記憶力不足、語言閱讀理解能力有限、視知覺困難、抽象推理能力不足等(王雪瑜，2006；孟瑛如，2019；張世彗，2017；張淑惠，2015)。在數學的作答表現過程中，學

習障礙學生常表現出包含：數學基礎概念不足，缺乏解題先備知識(王雪瑜)；計算錯誤，不瞭解計算規則(Ashlock, 2006)、閱讀理解能力不足，無法瞭解題意(趙琦，2012)；注意力不足，衝動答題(林俊元，2011)；缺乏學習動機(秦麗花，1995)等行為。許多學習障礙學生在進入小學就讀後，常因上述的問題與行為，導致對於數學的學習沒有興趣，最後造成數學成就低落(張世彗)。

相關研究將包含學習障礙學生在內的特殊需求學生在數學分數學習困難歸咎於以下幾點：(一)注意力的行為；(二)非口語的語言問題；(三)工作記憶；(四)特定的數學技能(Jordan et al., 2013)。Mazzocco與Devlin (2008)將學習障礙學生在學習分數的低成就表現歸因於對於瞭解比例數字概念的缺乏及數感薄弱。另外，特殊需求學生也許會呈現後設認知的差異、對於數學資訊處理的挑戰及自我規範的薄弱，這些都將導致數學學習的負向影響，加上當前對於特殊需求學生的教學無法滿足學生的學習需求，因此必須以有效且具實證的教學策略介入(Fuchs et al., 2017)。

在學習障礙學生的分數教學介入原則中，特教教師可以利用具實證的策略進行教學，例如具體可見的提示與示範、系統化的教學架構、合適的範例、具有啟發性的策略及使用能與學生自身經驗連結的問題等(Shin & Bryant, 2015)。綜合以上的策略，該研究指出使用具體—半具體—抽象(Concrete-Representational-Abstract, CRA)的教學策略能提供特殊需求學生具有影響力的教學，包含在教學中使用具體的實物展現(如實體圖卡)及半具體的材料(如畫圖)，可以有效的支持學生學習，在數學分數問題解決的表現獲得顯著改善。

二、分數學習的概念與教學策略

分數的意涵十分廣泛，其概念亦有多元的解釋，在日常生活中，分數是很常運用的重要概念。分數的起源為以「分」的概念，來解決不滿一個單位量數值的問題，而人們對於分數的瞭解，便是從平分的觀念開始，例如切蛋糕、切披薩、分糖果等，在這些日常生活情境中，便存在著分數「等分」的概念(呂玉琴，1991)。分數運算則包含分數之約分、擴分、通分、加法、減法、乘法、除法等運算類型(教育部，2020)。分數的意義在不同的情境下可視為：(一)部分／全部：指把一個連續的整體等分成幾個部分；(二)子集／集合：指把一個集合等分成幾組；(三)商：指兩數相除後的表現方式；(四)數值：指數線上的一個點所代表的數值；(五)比：指兩個量或兩個集合的比較結果；(六)運算子：可視為一個函數或一個操作(呂玉琴等，2009；Dickson et al., 1984)。學生常見的分數計算錯誤類型包含：(一)計算時忽略整數部分；(二)計算時整數與分子相加(減)；(三)減法計算時，以減數分子大的數減去被減數分子小的數(方文邦、劉曼麗，2013)。

在分數的教學策略與成效的相關研究中，除了傳統教學外，隨著科技的發展，近年來開始使用創新的教學方法如：VM (Hughes, 2019)、電腦虛擬教具教學(林嘉惠，2015)、數位數學教育模式(趙智政，2009)等方式，配合教具實作(王姿心，2017)、使用母語進行教學和使用多元表徵(Ubah, 2021)等策略進行同分母分數加減法教學，大多數的研究結果均具有良好的教學成效，在研究中也提出仍有許多的障礙等待克服，例如介面的繁雜學生不易使用、教師的知能不足難以推廣(林嘉惠)、學生常誤觸介面、器材容易當機(Hughes)等，需要未來研究進一步的克服。

三、VM與VP

影片本位教學策略(video-based instruction)是以影片為教學的主要內容，依照影片呈現的方式可細分為：VM、VP、影片回饋(video feedback)、影片自我示範(video self-modeling)等類型，可視作一種多媒體教材的應用(Mechling, 2005)。另一方面，VP的內容以示範楷模提供正向的示範教學，符合社會學習論的主張，即學習是透過觀察與模仿而得，學生便可藉由觀察、模仿影片內容，習得所欲教導之目標技能(Wright et al., 2020)，因此，VP可視為一種具理論基礎的教學模式。

VP的實施方式為將教導之學習目標拍成教學影片，再透過工作分析剪輯成數個步驟影片，讓學生每觀看一個步驟的影片後實際練習，依序播放與練習直到完成學習目標(Gardner & Wolfe, 2013)。VM或VP受惠於近幾年手持裝置科技的發展，相關研究日益增加，且教學成效良好，目前已被驗證成為具實證的教學策略(Hughes, 2019; Yakubova et al., 2023)。VP的教學對象大多以智能障礙、自閉症為主，教學內容包含日常生活技能(曾文麗，2015；蔡依璇、吳柱龍，2022；劉茹涵、鍾儀潔，2018)、社會技巧(蘇立菱，2021)、休閒技能(鍾伊婷，2019；Akmanoğlu & Pektaş-Karabekir, 2020)、職業技能(曾竹君，2020)、及學業技能等(林慧萍，2022)。以學習障礙為對象的研究相對較少，多以學科技能及學習策略教導為主，例如乘除法應用題解題(許憶君、吳柱龍，2021)、數學面積(李湘晴、吳柱龍，2021)、簡單分數計算(Yakubova et al., 2020)及分數化簡(Hughes)等，研究結果皆表現出良好的立即、維持與類化效果，並具有良好社會效度。但目前並無相關研究在進階的分數運算，如假分數的運算及化為帶分數等，需要研究填補相關的缺口。

四、AR在教學的應用

Milgram與Kishino (1994)提出的現實—虛擬連續系統(Milgram's reality-virtuality continuum)中，將真實環境以及虛擬環境分別作為連續系統的兩端，處於這兩者中間的被稱為混合實境(mixed reality)，其中靠近真實環境的即是AR。因此，AR出現在使用者面前的是虛擬與實體在同一個空間共存，讓使用者同時感知真實世界與虛擬世界(Sommerauer & Müller, 2014)。AR影像的呈現方式可分為頭戴式、空間式及手持式顯示裝置，其中手持式顯示裝置(如智慧型手機、平板電腦等)主要為以攝影機將拍攝的畫面進行處理，將虛擬物件添加到真實影像上，再顯示於螢幕中，是目前最普及、價格合理的AR介面裝置(Cihak et al., 2016)。

AR應用於教育上，可以讓學生在虛擬結合真實的環境下，跟虛擬物件進行互動，也能夠以新的學習策略和教學方式進行，此種新學習模式對即使沒有使用電腦經驗的學生而言也可以很快熟悉，並且能使其專注於課程中，使學習不僅是侷限於書面的文字或圖片(Billinghurst et.al., 2003)。AR應用於教學上的優勢包含具有新鮮感的學習、學生與教材的互動性強、將抽象轉為具體及提升對空間的理解能力等(McMahon et al., 2015)。

國內外對於AR結合教學在特殊教育應用的研究已逐漸發展，AR對於身心障礙學生來說具有教學工具與輔助科技(assistive technology)的雙重角色，除了能協助他們進行獨立自主的學習外，也能提升其學習動機與樂趣(Kellems et al., 2019)。AR應用的特殊生類別主要以自閉症(Lian & Sunar, 2021)、智能障礙(Kellems et al., 2021)及學習障礙(蔡浩軒、孟瑛如，2020)居多，其他障礙類別如聽覺障礙(沈伊虹，2017)及注意力缺陷過動

症(余玟錚，2015)等則較為少見。AR協助特殊需求學生包含生活技能、社會技巧及學科知識等技能學習，研究結果指出多數具備良好教學成效，並能增進研究對象的學習興趣與動機、降低認知負荷及強化短期記憶等，對於特殊需求學生所面臨的限制來說，具有正面的補足效益(Kellems et al., 2019; Lian & Sunar; McMahon et al., 2015)。例如在社會技巧學習方面，AR結合桌遊能降低學生溝通焦慮並增進社交互動能力，帶來良好正面效益(李德炘，2021)。在生活技能方面，以AR為提示，訓練學生日常生活技能的獨立(Koushik & Kane, 2022)。學科學習方面，使用AR能提升學生的上課專心度(蔡浩軒、孟瑛如)、學習動機(余玟錚)，進而提升學習成效，如識字能力(余玟錚)及閱讀能力(Danaei et al., 2020)的提升、認識專有名詞(McMahon et al.)、減少相似字混淆(沈伊虹)、提升平均句長與總辭彙量(郭淳文、張世彗，2018)及增進數學問題的解決能力等(Kellems et al., 2021)。

縱然上述研究指出AR在特殊教育的應用已有初步成效，但仍未有足夠的研究累積證實其為具實證的教學策略，且對於AR在學習障礙學生分數教學的應用尚未有相關的教學模式建立，亟需相關研究進行教學模式與成效的驗證。

參、研究方法

一、研究對象

(一)篩選條件

本研究之研究對象經由下列條件篩選且經家長或主要照顧者同意後，始可成為本研究之研究對象：

1.國小高年級學生，經臺中市特殊教育學生鑑定及就學輔導會鑑定通過為學習障礙且安置於資源班，接受外加或抽離式數學課程服務，且個別化教育計畫(individualized educational program)目標包含加強數學解題能力。

2.能持續觀看影片達1分鐘以上，且具有獨立操作圖卡與平板設備的能力。

3.能獨立唸讀題目，並具備基礎加減乘運算之能力。

4.未曾接受過AR結合VP進行分數運算之學習。

(二)研究對象基本資料與特質

經上述條件篩選後，本研究共有三名對象符合，經家長同意後，成為本研究的正式研究對象。三名研究對象分別以代號甲生、乙生、丙生稱之，其基本資料如表1所示。

1.甲生學習特質

甲生個性認真努力，但挫折容忍度低，遇到較難的題目容易放棄，需多給予鼓勵與時間緩和情緒後再繼續學習。甲生的短期記憶力不佳，需在多次練習後才能學會，長期記憶提取需由教師給予少部分提示方能完成，對於教師指令能理解、接收，並表現出合乎情境的行為。在語文表現上，能獨立唸讀題目，抄寫生字字體工整，但閱讀速度較慢且對文意理解表現較弱；在數學表現上，整數四則運算表現佳，應用題亦會自行讀題、判斷關鍵字，但計算速度較慢，需預留較多時間讓學生思考解題，且抽象理解、邏輯推理能力稍弱，需提供實物、圖示幫助理解；在分數運算表現上，甲生能辨認分子、分母，亦能在示範搭配圖示講解後比較同分母真分數與同分母假分數大小，同分母真分數與同分母假分數的加減題目能在經由教師示範與提示後進行計算，但獨自練習常計算錯誤或不知道該如何計算。

表1：研究對象相關資料

研究對象代號	甲生	乙生	丙生
性別	女	女	男
就讀年級	五年級	六年級	五年級
實足年齡	10歲4個月	11歲10個月	10歲4個月
特教類別	學習障礙	學習障礙	學習障礙
學習障礙亞型	閱讀	閱讀、數學	閱讀
標準化測驗結果			
魏氏智力測驗(中文第五版)	全量表分數：81 語文理解：95 知覺推理：93 工作記憶：78 處理速度：68	全量表分數：77 語文理解：76 知覺推理：95 工作記憶：63 處理速度：94	全量表分數：78 語文理解：86 知覺推理：78 工作記憶：81 處理速度：89
數學能力測驗	總分：7 PR值：1 T分數：28 程度：劣等	總分：12 PR值：4 T分數：33 程度：劣等	總分：12 PR值：4 T分數：33 程度：劣等

2.乙生學習特質

乙生學習較易受心情影響，但整體而言配合度高，願意聽從老師指令完成任務。注意力方面易受外界事物影響而分心，需時時提醒專注，多加鼓勵能增進學習動機。乙生短期記憶力佳，長期記憶力則需多加練習才能記住。在語文表現上，乙生的識字量低，難以提取學過的生字，閱讀理解力弱，需加以講解或圖示舉例幫助理解；在數學表現上，學生四則運算能力表現佳，文字題由於識字量低造成讀題困難，報讀後較能理解題意，並增進答對率；在分數運算表現上，學生能辨認分子、分母，亦能在示範講解後比較同分母真分數與同分母假分數大小，經由提示後能進行同分母真分數與假分數加減計算，但獨自練習運算仍有困難。

3.丙生學習特質

丙生的注意力較渙散，平時常發呆恍神，上課時需以有趣話題，或其感興趣的事物來引起注意力以維持學習專注度，學習態度較散漫急躁、耐心不足，但在老師叮嚀及鼓勵下能完成課堂任務。丙生短期記憶力表現不佳，需要實物、圖示輔助及給予大量練習，在長期記憶力上，亦須提供大量的練習才能記住。在語文表現上，生字提取困難，除拆解部件、給予故事記憶策略外，亦須持續不斷練習方能記住，閱讀礙於識字困難常斷斷續續或跳行跳字導致答題錯誤，在教師報讀後能增進答對率；在數學表現上，加減計算能力佳，能運用心算來做計算，乘除計算能力尚可，但有時礙於字跡潦草、計算急促而導致答題錯誤，應用題理解較弱，給予關鍵字提示、引導後能增進答對率；在分數運算表現上，學生能辨認分子、分母，能在示範講解與提示下比較同分母真分數與同分母假分數大小，但仍無法獨自進行分數運算。

二、研究架構與設計

(一)研究架構

本研究採用單一受試研究設計(single-case research designs)中的跨受試多基線設計(multiple baseline designs across subjects)。另

外，為避免頻繁的基線探測造成參與者的疲乏與不耐，故採用多試探設計(杜正治，2006)。單一受試研究設計依據行為學派的科學本質，涵蓋應用行為分析及行為改變技術的理論，可針對研究參與者的個別需求擬定介入策略並改變其行為(Ledford & Gast, 2018)。因為受試對象稀少不易採取實驗設計的研究方式，且使用單一受試進行實驗的教學模式與資源班的現場運作方式相近，故本研究採用單一受試進行研究設計。

研究自變項為AR結合VP的教學模式。教學影片將同分母真分數與同分母假分數加減法的運算過程分析成六個步驟，並依各步驟過程分別以影片呈現。另一方面，將各步驟製作成AR圖卡，研究對象透過平板電腦的AR軟體掃描卡片後，觀看對應圖卡的步驟教學影片，受試對象從中模仿影片中的運算過程，使其能獨立完成分數加減法運算。

研究依變項為受試對象的分數運算答題正確率。以自製之分數運算加減法評量卷分別在基線、介入及維持期進行評量，以作為研究對象立即與維持成效的表現，正確率越高則代表成效越好。研究對象以評量卷進行紙筆評量，每份評量卷有8題分數計算題，在研究對象作答後，計算答對的題數，並除以總題數後換算成評量答題正確率。評量卷之編制題型在研究工具中進行詳細敘明。類化成效則以分數運算應用題評量卷進行類化評量，正確率越高則代表研究對象的類化成效越好。為避免其他因素干擾研究的進行，影響結果的客觀性，本研究確立控制變項如下。

1.教學者與教學流程

本研究為確保教學一致性，避免教學方式、教學風格、教學態度等差異而影響介入結果，均以本文第一作者為教學者進行教學介入，並輔以教學流程檢核表，確保本次教學流程的一致。

2.教學時間

教學時間為每週一、四、五午休時間進行評量及教學，每週進行三次教學，教學時間為30分鐘，每次的前10分鐘進行實作評量，後20分鐘為教學指導。

3.教學地點

教學地點於研究者(第一作者)任教的資源班教室中進行教學，亦為研究對象平時上課的教室，研究對象熟悉教室環境，可以避免出現不良適應行為。在介入過程中，將座位安排為背對走道窗的方式，以減少不必要的干擾，影響研究對象的表現。

4.教學設備

介入過程中，研究對象皆使用同一組分數運算步驟卡以及同一臺平板電腦來掃瞄並觀看教學影片，避免不同教學設備的差異而影響結果。

5.同時事件

在教學介入前已確認研究對象原班、資源班教師在實驗教學實施的過程中不會進行相關課程內容教學，亦不會使用與本研究相同的方法來教學，以避免影響研究結果。

(二)研究設計

本研究採用單一受試研究法中的跨受試多探試設計進行研究(杜正治，2006)。在確立教學目標後，研究對象經過基線期、介入期、與維持／類化期等階段研究程序，每一階段之評量結果需達到穩定狀態，才能進入下一階段。各階段之功能與內涵分述如下。

1.基線期

此階段主要為瞭解三名研究對象在尚

未介入AR結合VP的教學模式前，於分數運算的能力表現。因此基線期不進行任何教學介入，只對研究對象進行評量，過程中使用「分數運算加減法計算題評量卷」及「分數運算加減法應用題評量卷」來蒐集研究對象於分數運算的表現情形。

在此一階段中，研究者於開始錄影後，提供研究對象計算題及應用題評量卷各一份，並對研究對象說：「請你試著完成學習單」。當研究對象開始寫時，研究者將其行為表現記錄下來，若研究對象對前測卷提出疑問，研究者可說：「我不能說答案，請你再試試看」。若研究對象於研究過程中，超過20秒沒有反應或表示已完成，則研究者停止觀察與評量。

在本階段中，三名研究對象同時進入基線期，並至少進行三次的評量。當甲生基線資料呈現穩定趨勢後，才進入介入期接受AR結合VP的教學，同時，乙生與丙生亦持續進行間歇性評量蒐集基線資料，直到甲生介入資料呈現穩定狀態後，開始對乙生進行基線期連續評量，當乙生基線資料蒐集至少四點並呈現穩定趨勢後進入介入期；當乙生介入資料呈現穩定狀態後，開始對丙生進行基線期連續評量，當丙生基線資料至少蒐集五點並呈現穩定趨勢後，始可進入介入期進行教學介入。

2.介入期

此階段依序對三名研究對象進行每週三次的AR結合VP教學介入，每次教學介入為30分鐘。研究者在教學介入前，先以教學流程檢核觀察紀錄表檢查教學工具、攝影器材電力是否充足，能使介入過程順利運行，並將教學過程中所需之鉛筆、橡皮擦、題目卷、運算步驟卡及平板電腦置於桌面。研究對象首先進行掃描運算步驟卡，觀看一次完整步驟之分數運算影片，接著再從第一步驟影片開始觀看，每看完一個步驟後，便將步驟運算過程寫於題目卷上，直到完成題目為止，研究者並從旁進行觀察記錄。

介入期以「同分母真分數加法」、「同分母真分數減法」、「同分母假分數加法」及「同分母假分數減法」為教學目標，每次僅提供一種題型做教學介入與練習。在每次教學介入前，會以題目卷及紀錄表請研究對象進行測驗，以作為上一次教學介入的成效評量，並運用分數運算評量表進行計分，藉此蒐集立即成效資料，同時，亦會將研究對象對於解題六步驟：看題目、圈關鍵、畫圖案、算答案、寫答案、再檢查的完成度記錄下來，以此蒐集研究對象在進行分數運算時是否有按照教學步驟完成練習。在本階段中，三名研究對象會依序進入介入期，當甲生介入期至少蒐集四次並呈現穩定趨勢時，即可結束介入，並在兩週時間後進入維持／類化期；同時乙生開始進入介入期，而後同此循環至三位研究對象介入完畢。

3.維持／類化期

此一階段為介入期結束後兩週開始進行，期間不對研究對象進行任何教學介入及提示，僅以「分數運算加減法計算題評量卷」及「分數運算加減法應用題評量卷」對三位研究對象進行至少三次評量，藉此瞭解研究對象在AR結合VP教學後於分數運算能力的維持及類化成效。

三、教學設計

(一)教材設計

本研究所提之AR教學內容與設計包含VP的示範影片及AR介面，係針對學習障礙學生在學習時所遇到的注意力及工作記憶問題所設計，在提示影片中融入CRA概念，對於

學生瞭解比例數字概念及建構分數數感具有幫助，具體步驟說明如下。

1. VP之示範教學影片

研究者依據同分母真分數與同分母假分數加減法教學題目，共四種類型分別製作示範影片，影片中參考相關文獻及CRA的教學設計概念，將計算過程分為六個步驟，分別為看題目、圈關鍵、畫圖案、算答案、寫答案與再檢查(Schoenfeld, 1985; Shin & Bryant, 2015)。表2為影片各步驟及其字幕提示說明。本研究所製作之影片依據VM製作指導原則進行編製，包含對於任務的工作分析與腳本製作、拍攝影片內容、使用適當的器材播放影片及對於影片的成效評估等(Kellems & Edwards, 2016)。影片視角採用第一人稱視角進行拍攝，並利用Windows 10內建之「相片」軟體，進行各步驟的影片剪輯，再加上旁白配音與字幕說明該步驟內容，完成整部影片製作，影片畫面截圖範例如圖1所示。每部影片約在5分鐘以內，每步驟的分段影片均在30秒之內。

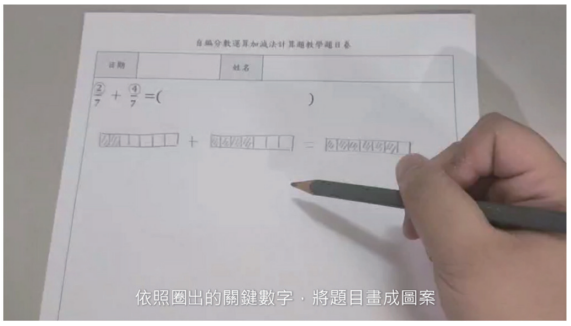

圖1：示範影片(截圖)以第一人稱視角呈現，並包含字幕與旁白配音

2. AR結合分數運算步驟圖卡與提示影片

本研究使用Canva (https://www.canva.com/zh_tw/)線上軟體進行運算步驟的圖卡製作，成品範例如圖2。之後運用AR軟體EyeJack Creator (2021)將各步驟影片連結運算步驟卡，AR圖卡經掃描後呈現示

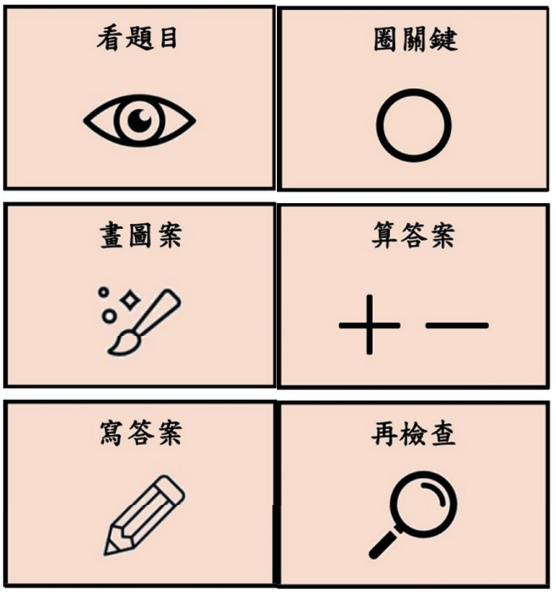

圖2：顯示對應運算步驟之AR圖卡

表2：分數運算解題步驟與說明

步驟順序：字幕說明
1.看題目：唸讀分數運算題目。
2.圈關鍵：找出題目中的關鍵——分數的分子部分，並分別圈出來。
3.畫圖案：依照圈出的關鍵數字，將題目畫成圖案。
4.算答案：依照圖案，列出算式並算出答案。
5.寫答案：將答案寫上。
6.再檢查：檢查是否有錯漏，完成題目。

範影片如圖3所示。研究對象可以利用平板電腦掃描運算步驟卡觀看各步驟教學影片，如圖4所示。



圖3：以AR圖卡掃描後，在平板電腦上呈現示範影片之情形



圖4：研究對象以AR圖卡掃描後，在平板電腦上觀看示範影片

(二)教學流程

本研究每次教學時間為30分鐘，前10分鐘為對上次教學介入進行評量，以蒐集研究對象立即學習成效，後20分鐘則進行新課程之教學。以下詳細教學流程與步驟時間。

1. 學習成效評量(10分鐘)

在每次教學介入的前10分鐘先進行成效評量，用來評估前一次使用AR結合VP之分數運算能力立即成效。

2. 引起動機與操作示範(3分鐘)

教學者示範如何透過平板電腦開啟AR軟體APP，並由示範者操作，依序掃描運算步驟卡，讓受試對象觀看完整分數運算過程一次。

3. 逐步驟操作練習(7分鐘)

受試對象依照解題六步驟順序示範，依序掃描每張運算步驟卡並播放出教學影片。受試對象在每一步驟影片放映結束後，模仿影片於學習單上完成該步驟運算，直到題目計算完成為止。教學者在旁觀察並記錄研究對象之行為表現，若受試對象無法獨立完成或作答錯誤步驟時，教學者以最少至最多提示策略進行步驟提醒，並記錄於觀察表上。最少至最多提示策略依序分別為教師口頭提醒(例如教學者可以說：「受試對象，你可以用圖卡掃描幫忙」)、肢體提醒(例如教學者可以將正確的步驟圖卡遞給受試對象)與教師完全協助(教學者代替受試對象進行步驟圖卡掃描，放出示範影片)。

4. 類題練習(10分鐘)

當受試對象完成影片示範的教學題目後，教學者發下另一張學習單，請研究對象練習相似但數字不同的題目2題，研究對象可自由掃描AR圖卡，觀看解題步驟，不受次數限制。

四、研究工具

(一)分數運算加減法評量卷

1.計算題評量卷

本研究將計算題評量題目分為「同分母真分數加法」、「同分母真分數減法」、「同分母假分數加法」及「同分母假分數減法」四類題目，題型皆為計算題形式，數字為1或2位數。研究者準備20份題型相同但題目數字不同的評量卷，每份評量卷各類題目皆有2題，共8題，作為評估研究對象分數運算能力表現之用。

2.應用題評量卷

本研究依照計算題評量卷中的「同分母真分數加法」、「同分母真分數減法」、「同分母假分數加法」及「同分母假分數減法」四類題目，每類題目各2題，分別以文字題形式呈現。研究者準備20份題型相同但題目不同的評量卷，作為基線期及類化期評估研究對象於分數應用題運算能力表現之用。

(二)滿意度調查表

1.受試對象(學生)滿意度調查表

滿意度調查表共設計6題，每題評分區間為1 ~ 10分，當分數越高則代表滿意程度越高，每題除了評分外，也會追問為什麼？讓受試者能充分表達質性意見。題目內容分別為對AR結合平板電腦看影片學習課程是否感興趣？覺得自己在分數運算是否有進步？透過課程會更想要學習分數運算？運用AR結合平板電腦看影片會更專心學習？覺得自己的上課表現如何？願意再參加AR結合影片學習的課程？

2.資源班教師滿意度訪談題綱

資源班教師以半結構式訪談大綱進行教師意見回饋的資料蒐集，題綱主題分別為教學介入後學生在分數運算能力的提升情形？教學介入對學生學習動機的影響？會考慮在未來教學現場中使用AR結合VP進行教學嗎？其他的建議或想法？

五、資料分析

本研究透過Tau-U指標輔助判斷AR結合VP的教學模式對於國小高年級學習障礙學生學習同分母真分數與同分母假分數運算能力的影響是否達到顯著程度。Tau-U指標主要是藉由計算基線與介入階段間的非重疊比例，藉此考驗自變項對依變項影響的顯著程度(Parker et al., 2011)。若Tau-U值介於0.93 ~ 1.00之間，表示影響達顯著程度，若Tau-U值介於0.66 ~ 0.92間，影響程度為中等影響，若Tau-U值在0.65以下，則為低度影響(Ok et al., 2021)。

六、研究信效度

(一)教學流程一致性

為確保教學流程一致性，本研究邀請另一位資源班教師作為共同觀察者，依據教學流程所編製之「教學流程檢核觀察記錄表」進行檢核。三名研究對象於介入期中，各隨機選擇一次影片紀錄來進行教學流程之檢核。教學流程一致性之信度考驗計算公式為：

$$\text{教學流程一致性百分比} = \frac{\text{符合教學流程之項目數}}{\text{所有教學流程之項目數}} \times 100\%$$

本研究在介入期的教學流程一致性百分比均為100%，具有高度教學流程一致性。

(二)評分者間一致性

本研究以評分者間一致性來考驗信度，主要觀察者（第一作者）與共同觀察者在使用分數運算評量表為研究對象進行評量時，

評量得分是否具有一致性。兩位觀察者於研究各階段中，共同對研究對象進行觀察記錄與評分，以進行評分者間一致性考驗。進行評分者間一致性考驗之前，研究者就評量表上的評量標準、計分與記錄方式向共同觀察者說明與討論，以確保評量方式一致。主要觀察者於教學現場進行評量，而共同觀察者於事後就觀看影片紀錄方式進行評量，兩者獨立記錄研究對象分數運算之能力表現。共同觀察者採隨機方式，於基線期、介入期、維持期及類化期階段中，各選擇一次影片紀錄，觀看影片後使用分數運算評量表對研究對象進行評量。評分者間一致性之信度考驗計算方式如下：

$$\text{評分者間一致性百分比} = \frac{\text{評量者一致的次數}}{\text{評量者一致的次數+評量者不一致的次數}} \times 100\%$$

本研究在基線期、介入期、維持期及類化期的評分者間一致性百分比均為100%，由此可見具有高度評分者間一致性。

(三)內容效度

本研究依據教學內容、教學目標及參考康軒版第六、七冊分數單元之題目後編製出分數運算之測驗工具，經二名資深資源班老師及一名符合專長領域教授審閱題目之適當性，在參照其意見修訂後成為教學實驗使用之教學內容與測驗工具。教學內容初稿亦經過上述專家之內容效度審核後完成定稿。

肆、研究結果

依據本研究之結果，分為影像提示結合AR課程的介入成效與受試對象及教師的回饋兩部分進行說明。

一、課程在分數運算之成效

(一)曲線圖分析

三名研究對象之答題正確率曲線圖如圖5所示，橫軸代表評量次數，縱軸則代表分數運算答題正確率。本研究共計進行48次評量，含括基線期、介入期、維持期與類化期等階段。三名受試者在基線期平均值(標準差)為0、介入期為80.9% (23.0)、維持期為93.1% (9.1)，由平均值可以看出教學介入後三名受試者的正確答題平均率有明顯上升，且具有維持效果。在類化的結果部分，介入後的平均值(標準差)為86.1% (11.6)，明顯較基線期提升，顯示教學介入具有類化效果。

(二)視覺分析

1.受試甲

(1) 階段內分析

甲生在分數運算答題的階段內表現摘要如表3所示。甲生在基線期的水準範圍為0%，趨向穩定性及水準穩定性皆為100%，表示甲生未具有分數運算答題的能力。進入介入期之後，水準範圍為50% ~ 100%，水準平均值為81.3%，階段內水準變化為+50%，水準穩定性為16.7%，趨向穩定性為100%，呈現大幅進步趨向，表示AR結合VP教學對於甲生分數運算答題能力具有正向的介入效果。介入期結束兩週後進入維持／類化期。維持期的水準範圍為100% ~ 100%，水準平均值為100%，呈現穩定趨向，顯示在褪除教學後兩週，甲生在分數運算答題之表現有良好的維持成效。

(2)階段間分析

表4為甲生在分數運算答題的階段間表現的變化摘要。從基線期至介入期的水準變化由0%提升至50%，上升50%，趨向穩定性變化為

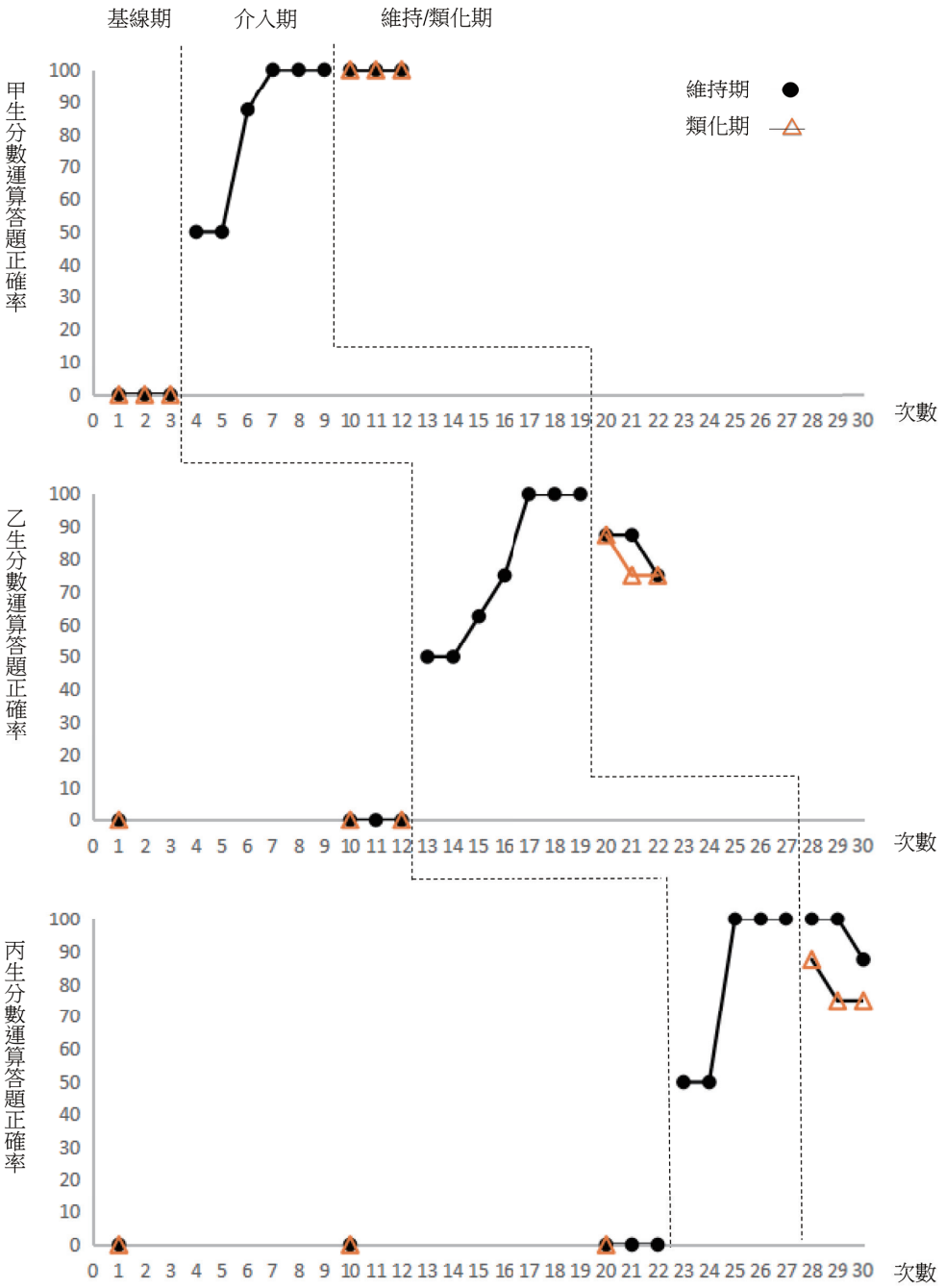

圖5：三名受試者分數運算答題正確率曲線圖

穩定到穩定，重疊百分比為0%，顯示AR結合VP介入具立即成效。從介入期至維持期，兩階段的水準絕對變化由100% ~ 100%，趨向穩定性為穩定到穩定，重疊百分比為100%，表示即使在褪除研究教學後，甲生的能力仍維持良好水準，具有良好的維持成效。

表3：甲生分數運算答題表現階段內資料摘要表

階段名稱	基線期(A)	介入期(B)	維持期(M)
階段長度	3	6	3
趨向穩定性	穩定 100%	穩定 100%	穩定 100%
趨向內資料路徑	–	／	–
水準穩定性與範圍	100% (穩定) (0 ~ 0)	16.7% (不穩定) (50 ~ 100)	100% (穩定) (100 ~ 100)
水準變化	0	50	0
水準平均值	0%	81.3%	100%

表4：甲生分數運算答題表現階段間資料摘要表

比較階段名稱	基線期／介入期	介入期／維持期
趨向路徑與效果變化	–　／ (=)(+)	／　– (+)(=)
趨向穩定性變化	穩定到穩定	穩定到穩定
水準之絕對變化	(0 ~ 50) +50	(100 ~ 100) +0
重疊百分比	0%	100%

2.受試乙

(1) 階段內分析

表5呈現乙生在分數運算答題正確率的階段內表現變化摘要，由表中可知乙生在基線期的水準範圍為0% ~ 0%，水準平均值、階段內水準變化皆為0%，基線表現穩定後進入介入階段。介入期的水準範圍為50% ~ 100%，水準平均值為76.8%，階段內水準變化為+50%，水準穩定性為14.3%，趨向穩定性為100%，呈現穩定上升的進步趨向，顯示教學介入對於乙生分數運算答題正確率具有明顯的介入效果。介入期結束兩週後進入維持／類化階段。維持期的水準範圍為75.0% ~ 87.5%，階段內水準變化為-12.5%，水準平均值為83.3%，顯示乙生在維持階段的表現雖較介入期略為下降，但仍高於基線期之表現，顯示教學介入具有維持成效。

表5：乙生分數運算答題表現階段內資料摘要表

階段名稱	基線期(A)	介入期(B)	維持期(M)
階段長度	4	7	3
趨向穩定性	穩定 100%	穩定 100%	穩定 100%
趨向內資料路徑	–	／	–
水準穩定性與範圍	100% (穩定) (0 ~ 0)	14.29% (不穩定) (50 ~ 100)	100% (穩定) (75 ~ 87.5)
水準變化	0	50	12.5
水準平均值	0%	76.8%	83.3%

(2) 階段間分析

表6為乙生的階段間表現變化摘要表。基線期至介入期的水準變化由0%提升至50%，呈正向變化，重疊百分比為0%，顯示AR結合VP介入的立即成效明顯。在介入期至維持期的階段水準變化由100% ~ 87.5%，重疊百分比為100%，顯示階段間的效果雖略為下降，但具有維持成效。

3. 受試丙

(1) 階段內分析

丙生在分數運算答題的階段內表現變化摘要如表7。丙生在基線期的水準範圍為0% ~ 0%，水準穩定性皆為100%，在穩定後進入介入期。進入介入期後丙生的答題正確率立即提升，水準範圍為50% ~ 100%，水準平均值為80%，顯示AR結合VP教學對於丙生分數運算答題能力具有明顯的介入效果。在介入期結束兩週後進入維持／類化階段，階段內水準變化為-12.5%，水準範圍為87.5% ~ 100%，水準穩定性為100%，水準平均值為95.8%，數據表示即使在褪除教學後兩週，丙生在分數運算答題之表現仍明顯高於基線期之表現，顯示研究教學具有維持成效。

(2) 階段間分析

表8為丙生在分數運算答題正確率的階段間分析摘要表。從基線至介入階段的水準變化由0%提升至50%，呈正向變化，重疊百分比為0%，顯示AR結合VP介入對丙生在分數運算答題正確率具立即成效。介入至維持階段的水準變化由100% ~ 100%，重疊百分比為100%，雖然維持期表現呈現出略為下降趨勢，但仍具有維持成效。

表6：乙生分數運算答題表現階段間資料摘要表

比較階段名稱	基線期／介入期	介入期／維持期
趨向路徑與效果變化	− ／ (=)(+)	／ ＼ (+)(−)
趨向穩定性變化	穩定到穩定	穩定到穩定
水準之絕對變化	(0 ~ 50) +50	(100 ~ 87.5) -12.5
重疊百分比	0%	100%

表7：丙生分數運算答題表現階段內資料摘要表

階段名稱	基線期(A)	介入期(B)	維持期(M)
階段長度	5	5	3
趨向穩定性	穩定 100%	穩定 100%	穩定 100%
趨向內資料路徑	−	／	＼
水準穩定性與範圍	100% (穩定) (0 ~ 0)	0% (不穩定) (50 ~ 100)	100% (穩定) (87.5 ~ 100)
水準變化	0	50	12.5
水準平均值	0%	80%	95.8%

表8：丙生分數運算答題表現階段間資料摘要表

比較階段名稱	基線期／介入期	介入期／維持期
趨向路徑與效果變化	− ／ (=)(+)	／ ＼ (+)(−)
趨向穩定性變化	穩定到穩定	穩定到穩定
水準之絕對變化	(0 ~ 50) +50	(100 ~ 100) +0
重疊百分比	0%	100%

(三)Tau-U分析

1.受試甲

比較甲生在基線期與介入期之分數運算表現，其Tau-U值為1 (CI 90% [0.292, 1]，p = .020)，呈現顯著影響，顯示研究教學介入對於甲生有立即顯著之成效。比較甲生在介入期與維持期之分數運算表現的Tau-U值為0.5 (CI 90% [-0.208, 1]，p = .245)，呈現低度影響，顯示具有良好的維持成效。

2.受試乙

乙生在基線期與介入期之分數運算表現的Tau-U值為1 (CI 90% [0.378, 1]，p = .008)，呈現顯著影響，顯示研究教學介入對於乙生有立即顯著之成效。在介入期至維持期的Tau-U值為0.095 (CI 90% [-0.592, 0.783]，p = .820)，呈現低度影響，表現出良好的維持成效。

3.受試丙

丙生在基線期與介入期的Tau-U值為1 (CI 90% [0.370, 1]，p = .009)，呈現出顯著影響，顯示研究教學介入後對丙生具有顯著的立即成效；在丙生介入期與維持期之分數運算表現上，Tau-U值為0.2 (CI 90% [-0.536, 0.936]，p = .655)，呈現低度影響，表示教學具有良好的維持成效。

二、受試對象及教師的回饋

(一)研究對象

三名研究對象對於本課程的整體回饋平均達9.4分，表示三位受試者高度滿意本課程的內容與成效。其中，最高分的部分為再參與意願，平均為10分，顯示三位參與者對本課程的高度肯定，願意再次參與。評分相對較低的項目為課程是否感興趣及課程是否能提升專注力，兩項均為9分。學生回饋課程最有趣的地方在掃描圖卡的步驟，最不喜歡進行紙筆評量。學生提及若能增加評量的趣味性(例如遊戲化評量)，取代傳統紙筆評量，會使課程更加有趣。在學習意願、學習成效與自我評價上也呈現高度滿意的評分，分別為9.3、9.7及9.3分，學生表示利用平板電腦操作AR軟體觀看解題步驟影片的教學，對課程內容的瞭解相當的清楚有效，其中甲生、乙生表示每次都很期待上課的時間，學生們均認為能自己透過圖卡掃描進行學習感到很有趣，也很有成就感、接受度很高。

(二)資源班教師

研究者訪談負責三位受試者授課及輔導的兩位資源班老師，蒐集其對於教學實驗之看法與建議。資源班老師皆認為運用AR結合VP的教學方式能夠提升學習成效，並能有效提升研究對象學習動機；同時也認為此教學方式可融入教師的教學規劃中，例如用於複習舊經驗或做統整歸納課程等。兩位資源班老師皆表示未來有機會願意採用AR結合VP的方式進行教學，因其具有能重複觀看、並能視學生程度不同給予不同難度之課程內容等特點，故有興趣考慮此方式進行課程教學。兩位資源班老師對

於本研究教學皆採正面看法，認為AR結合VP的教學方式十分新穎，不同於傳統紙筆教學，能提升學生學習興趣與上課動機，其操作方式簡單也適合資源班中、高年級的學生，但對於低年級或認知程度較弱的學生則須視其需求給予平板操作協助或引導。老師並建議此教學方式可以搭配學生自我提示策略，訓練學生自主學習的能力。

伍、綜合討論

本研究以AR結合VP的教學模式，對學習障礙學生進行教學實驗介入，以單一受試跨受試多試探之研究設計對實驗教學進行立即、維持與類化成效探討。結果顯示三名研究參與者在基線期探測階段所獲得平均答題正確率皆為0，進入介入期的教學實驗後，答題正確率顯著提升，視覺分析與Tau-U值均顯示教學介入對三名受試者均具有立即成效，在維持與類化期也有顯著的效果，此現象與利用AR進行教學的相關研究結果一致(沈伊虹，2017；余玟錚，2015；郭淳文、張世彗，2018；蔡浩軒、孟瑛如，2020)。

雖然研究指出教學介入效果良好，但研究過程中觀察到學生的學習特質會明顯的影響學習表現。甲生個性踏實謹慎，但挫折容忍度低，遇到較難的題目容易放棄。AR結合VP的教學方式是將解題過程進行工作分析，以小步驟影片教學降低難度，並能不斷重複觀看解題步驟影片，因此甲生對於較難的步驟會自行重複掃描圖卡觀看影片以確認自己有無算對，上課時專注度高，同時也能耐心根據每一步驟來完成題目，並能在介入練習後將解題步驟內化，故其維持成效與應用題類化成效良好。乙生自信心不足且學習速度較慢，每拿一張步驟卡片要進行掃描或答題時都會抬頭看研究者以尋求認同，故後來研究者移動位置到拍攝器材後方，讓乙生能自行思考並操作平板進行學習。乙生專注度不佳，雖然研究者將窗戶拉簾拉上，但只要有光影晃動或他人路過的聲音都會被吸引，需要研究者提醒專心，例如第三次介入過程中有午休練團的學生經過，乙生便一直探頭觀看，也導致在評量過程中無法專心答題，出現抄錯數字及加減計算錯誤使評量分數下降，維持期與類化期評量亦有相同錯誤類型發生。丙生個性急躁草率，容易因炎熱而不耐煩，在開啟冷氣降低教室溫度後能增加丙生耐心與專注度。丙生計算能力佳，故在介入期觀看解題步驟影片，瞭解計算方式後便能正確答題，但在維持期與類化期評量時常因急於完成題目以心算方式作答，故有時會導致計算錯誤，且因字跡潦草，也容易因此導致看錯使錯誤率增加。該現象與蔡浩軒、孟瑛如(2020)所提出AR的使用能提升學生的注意力一致，但仍會受到學生學習特質的影響。

研究者在實驗過程中觀察發現研究對象能動腦思考較有效率的方式，而非一味按照固定模式進行運算，這也說明受試者能將示範影片中的學習內容內化成為自己的知識。三名研究對象在一開始皆會根據影片六步驟進行計算，但當熟練整體解題流程後，會選擇根據題目難度跳過畫圖案步驟，以求能更快速、有效率算出答案，如：甲生表示同分母真分數題目較為簡單，能直接做運算，而同分母假分數題目數字較複雜，則會選擇使用畫圖方式幫助理解題目後再進行運算。此現象與Hughes (2019)的結果不同，推測是對象的認知能力影響，認知能力越好的學生越有能力統整消化學習內容。

對於影響本研究進行分數教學的成效，推測有3個主要因素。一是教材內容採畫圖形式的半具體化呈現分數概念與計算，與Hughes (2019)及Yakubova等(2020)所提出的

利用實物操作開始進行CRA教學相似，對學生來說，瞭解分數所代表的意義後再進行計算，會比單純訓練機械式的計算更好理解，也更容易讓學生記住，學習成效自然就會提升。二是示範影片採結構化、步驟化的架構，第一人稱的拍攝視角搭配簡潔的旁白指令與字幕，能讓參與者接收到清楚的資訊，進而模仿影片內容進行學習，具有教學成效(Kellems & Edwards, 2016)。三是本研究採用的AR結合VP的教學模式，能對應到學習障礙學生在學習分數時遇到的障礙。學習障礙學生普遍有工作記憶不佳及注意力不足的問題，進而影響到學習表現(Jordan et al., 2013)。而本教學模式能提升學生的注意力及學習動機，減少學生注意力與動機不足所造成的影響(蔡浩軒、孟瑛如，2020)；本模式提供的AR介面能快速的協助學生播放出正確提示影片，降低學生在操作平板時的認知負荷及可能分心行為；步驟化的提示策略能讓學生明白具體的解題流程與步驟，讓學生能看清楚題目，瞭解計算規則，不再胡亂猜或湊答案(Kellems et al., 2021)；最後是視覺化的AR提示策略具備立即的提示效果，能彌補學習障礙學生在工作記憶及注意力不足的問題，達到學習成效的提升(McMahon et al., 2015)。因此，本研究所提出的AR結合VP教學模式，對於學習障礙學生在學習分數時遇到的困難，提出具體的對應策略，進而讓學習障礙學生在教學介入後具有明顯的介入與維持成效，呼應研究目的一。在社會效度方面，三位參與者的整體回饋良好，具有極高的興趣與再參與意願，教師的回饋與參與者相似，觀察到學生在學習興趣與自主性均有所提升，上課動機也增強許多，與AR相關研究所觀察的現象相符(蔡浩軒、孟瑛如；Kellems et al.)，呼應研究目的二。

陸、結論與建議

一、結論

本研究主要探討透過AR結合VP能否提升國小學習障礙學生分數運算學習之成效，經教學實驗後分析三名研究對象於基線期、介入期、維持期和類化期的表現，實驗結果指出AR結合VP的教學模式具有立即、維持與類化成效。研究對象及資源班老師對於AR結合VP的教學模式均給予正向回饋，研究對象表示本教學模式除了能提升學習成效外，也能提高學習興趣與動機，對未來能再參與教學研究表達強烈的意願。

二、對教學現場實務的建議

依據本研究的結果證實透過AR結合VP在學習障礙學生的分數運算學習上具有明顯的立即與維持成效，並有部分的類化成效。對於臨床的特教教師而言，本研究提供了另一種教導學生學習分數運算的教學模式可供教師在教學時的選擇。使用本教學模式的優勢在於AR的環境能吸引學生的注意力與動機，降低學生在操作平板時的認知負荷及分心的機會。另一方面，提示影片所提供的步驟化示範影片內容，不僅可以讓學生反覆觀看，並在反覆的過程保持一致性的教學內容，降低傳統教學時，教師在重複教學下的教學負荷。學生可以透過本教學模式建立自主學習的習慣，期望未來可以讓學生在融合教育的情境下，透過本研究所提出之教學模式，達到適性教育與自主學習的目標。

三、研究限制與未來研究建議

(一)研究對象

本研究以三名國小資源班學習障礙學生為研究對象，對於其他年級、障礙類別或與

上述描述不同的學生則無法進行推論，未來研究可以擴大研究對象樣本數，或是以不同障礙類別、不同年級、不同能力之學生為研究對象，以探討AR結合VP教學是否能提升其他研究對象的學習成效。

(二)研究方法與流程

本研究採單一受試研究法之跨受試多探試設計為研究方法，因為研究對象數量較少，故無法將研究結果類推至其他場域的教學當中。因此，建議未來研究可以採用不同的研究方法，例如準實驗教學設計，並加入對照組，驗證AR結合VP教學方式的教學成效。

(三)實驗教學成效

本研究在教學前中後均使用社會性增強及代幣增強策略輔助學生學習與教師教學，研究中所獲得的教學成效可能為AR結合影片提示教學模式與增強策略綜合之包裹式教學成效，未來研究可設計探討不同教學策略的成效比重或是單獨只有AR結合影片提示教學模式的成效。

誌謝

研究者謹向配合本研究進行之國小特教教師、資源班學生和家長致上由衷的謝意。感謝審查委員和編審委員會的寶貴意見，使本文更臻完善。本研究承蒙國科會(原科技部)專題研究計畫經費補助(研究計畫編號MOST 107-2511-H-142-001-MY3)，特此誌謝。

參考文獻

方文邦、劉曼麗(2013)。對國小四年級數學低成就學童在分數學習的迷思概念／錯誤類型與其成因之探討。**科學教育月刊**，**358**，20-35。https://doi.org/10.6216/SEM.201305_(358).0002

[Fang, W.-P., & Liu, M.-L. (2013). Misconceptions and their causes in learning fractions for low-achieving fourth-grade students in elementary school. *Science Education Monthly*, *358*, 20-35. https://doi.org/10.6216/SEM.201305_(358).0002]

王姿心(2017)。**四年級學童在分數單元具體操作教學活動之學習表現研究**。未出版之碩士論文。國立臺中教育大學。

[Wang, Z.-X. (2017). *A study on learning performance of concrete operational activities on fractional arithmetic unit for fourth grade children*. [Unpublished master thesis]. National Taichung University of Education.]

王雪瑜(2006)。國小數學學障兒童數學解題錯誤類型分析之探討。收錄於莊素貞(編著)，**特殊教育現在與未來**(頁15-29)。國立臺中教育大學。

[Wang, H.-Y. (2006). An investigation of word problem error type analysis of elementary school students with math learning disabilities. In S.-C. Chuang (Ed.), *Special education, now and future* (pp. 15-29). National Taichung University of Education.]

杜正治(2006)。**單一受試研究法**。心理。

[Du, Z.-Z. (2006). *Single subject research*. Psychological Publishing.]

呂玉琴(1991)。分數概念：文獻探討。**臺北師院學報，4**，573-606。

[Lu, Y.-C. (1991). The concept of fractions: A literature review. *Journal of National Taipei Teachers College*, *4*, 573-606.]

呂玉琴、李源順、劉曼麗、吳毓瑩(2009)。**國小分數與小數的教學、學習與評量**。五南。

[Lu, Y.-C., Lee, Y.-S., Liu, M.-L., & Wu, Y.-Y. (2009). *Teaching, learning, and assessment of fractions and decimals in elementary schools*. Wu-Nan.]

沈伊虹(2017)。**擴增實境結合基本字帶字教學對國小聽覺障礙學生識字學習成效之研究**。未出版之碩士論文。國立臺東大學。

[Shen, Y.-H. (2017). *The study of the effects of word recognition on augmented reality combining with Chinese stem-deriving instruction for elementary students with hearing impairment*. [Unpublished master thesis]. National Taitung University.]

余玟錚(2015)。**手持式擴增實境對國小注意力缺陷過動症兼閱讀障礙學生識字學習之成效**。未出版之碩士論文。國立臺南大學。

[Yu, W.-J. (2015). *The effects of mobile augmented reality on word recognition learning for the elementary school students with ADHD and reading disabilities*. [Unpublished master thesis]. National University of Tainan.]

李湘晴、吳柱龍(2021)。影片示範教學提升國小學習障礙學生數學面積解題學習成效之研究。**障礙者理解學刊，18**(1)，85-117。https://doi.org/10.6513/JUID.202110_18(1).0004

[Lee, H.-C., & Wu, C.-L. (2021). The effects of video modeling on learning geometry concepts of students with learning disabilities in elementary school. *Journal of Understanding Individual with Disabilities*, *18*(1), 85-117. https://doi.org/10.6513/JUID.202110_18(1).0004]

李德炘(2021)。**使用擴增實境教育桌遊對於溝通焦慮與社交互動之研究**。未出版之碩士論文。國立宜蘭大學。

[Lee, D.-S. (2021). *A study of using augmented reality educational board game on students' communication anxiety and social interaction*. [Unpublished master thesis]. National Ilan University.]

林右姍(2007)。**國小兒童分數概念之探討**。未出版之碩士論文。國立屏東教育大學。

[Lin, Y.-S. (2007). *A study on children's fraction concepts*. [Unpublished master thesis]. National Pingtung University.]

林俊元(2011)。**臺南地區國中八年級學生在「一元二次方程式」單元之錯誤類型分析**。未出版之碩士論文。國立臺南大學。

[Lin, J.-Y. (2011). *Research on the error types of "quadratic equation with one unknown" made by the eighth-graders in Tainan*. [Unpublished master thesis]. National University of Tainan.]

林嘉惠(2015)。**以萬用揭示板融入分數教學對國小三年級學童同分母分數加減問題解題表現**

之研究。未出版之碩士論文。國立臺南大學。

[Lin, C.-H. (2015). *The study of integrating magic board into fraction teaching on third graders' performance of solving addition and subtraction of fractions with the same denominator*. [Unpublished master thesis]. National University of Tainan.]

林慧萍(2022)。**擴增實境結合影片提示策略對國小中度智能障礙學生加法計算學習之成效**。未出版之碩士論文。國立臺中教育大學。

[Lin, H.-P. (2022). *Using video prompting with augmented reality to teach addition to elementary school students with moderate intellectual disability*. [Unpublished master thesis]. National Taichung University of Education.]

孟瑛如(2019)。**學習障礙與補救教學：教師及家長實用手冊**(第四版)。五南。

[Meng, Y.-R. (2019). *Learning disabilities and remedial teaching: Practical handbook for teachers and parents* (4th ed.). Wu-Nan.]

秦麗花(1995)。國小數學學障兒童數學解題錯誤類型分析。**特殊教育季刊，55**，33-38。

[Chin, L.-H. (1995). Analysis of mathematical problem-solving error types in elementary school children with mathematics learning disabilities. *Special Education Quarterly*, *55*, 33-38.]

教育部(2020)。**十二年國民基本教育課程綱要——國民中小學暨普通型高級中等學校：數學領域課程手冊**。https://bit.ly/3fqZxrk

[Ministry of Education. (2020). *Curriculum guidelines of 12-year basic education for elementary, junior high schools and general senior high schools—Mathematics course handbook*. https://bit.ly/3fqZxrk]

教育部特殊教育通報網(2021)。**一一〇年度特殊教育統計年報**。https://bit.ly/3FDENat

[Special Education Transmit Net. (2021). *Yearbook of special education statistics for 2021*. https://bit.ly/3FDENat]

張世彗(2017)。**特殊教育導論：探究特殊需求學習者**。五南。

[Chang, S.-H. (2017). *Exceptional needs learner: Introduction to special education*. Wu-Nan.]

張淑惠(2015)。**後設認知策略教學對國中學習障礙學生一元一次方程式應用問題解題成效之研究**。未出版之碩士論文。國立嘉義大學。

[Chang, S.-H. (2015). *The effects of metacognitive strategy instruction on one-variable linear equation word problems for junior high school students with learning disabilities*. [Unpublished master thesis]. National Chiayi University.]

郭淳文、張世彗(2018)。繪本結合擴增實境教學對國小智能障礙學生口語表達成效之研究。**特教論壇，25**，1-24。https://doi.org/10.6502/SEF.201812_(25).0001

[Kuo, C.-W., & Chang. S.-H. (2018). Oral expression of pictures books combined with augmented reality exercises for students with intellectual disabilities in an elementary school. *Special Education Forum*, *25*, 1-24. https://doi.org/10.6502/SEF.201812_(25).0001]

許憶君、吳柱龍(2021)。影片示範教學提升國小學習障礙學生整數乘除法應用題解題成效之研究。**特教論壇，31**，28-51。https://doi.org/10.6502/SEF.202112_(31).0002

[Hsu, Y.-C., & Wu. C.-L. (2021). The effect of video modeling on math problems solving skills of integer multiplication and division of the students with learning disabilities in elementary school. *Special Education Forum*, *31*, 28-51. https://doi.org/10.6502/SEF.202112_(31).0002]

曾文麗(2015)。**影像提示對國中智能障礙學生餐點製備技能之學習成效**。未出版之碩士論文。國立彰化師範大學。

[Tzeng, W.-L. (2015). *The effect of video prompting on food preparation skills for middle school students with intellectual disabilities*. [Unpublished master thesis]. National Changhua University of Education.]

曾竹君(2020)。**影片提示策略對中度智能障礙學生餅乾包裝技能之成效**。未出版之碩士論文。國立臺灣師範大學。

[Tzeng, C.-C. (2020). *The effects of video prompting on cookies packing skill for students with intellectual disabilities*. [Unpublished master thesis]. National Taiwan Normal University.]

趙琦(2012)。**臺中地區高中生在「數列與級數」單元之錯誤類型分析**。未出版之碩士論文。國立臺南大學。

[Chao, C. (2012). *Research on the error types of "sequence and series" made by senior high school students in Taichung area*. [Unpublished master thesis]. National University of Tainan.]

趙智政(2009)。**運用EME Model於同分母真分數加減法之教學研究**。未出版之碩士論文。臺北市立教育大學。

[Zhao, Z.-J. (2009). *A teaching research of using EME Model on the same denominator proper fraction addition and subtraction*. [Unpublished master thesis]. University of Taipei.]

蔡依璇、吳柱龍(2022)。影片提示策略對提升國小中重度智能障礙學生使用電鍋進行烹飪技能學習之成效。**特殊教育與復健學報，37**，51-74。

[Tsai, Y.-H., & Wu. C.-L. (2022). The effects of video prompting on cooking skill training for students with intellectual disabilities in an elementary school. *Bulletin of Special Education and Rehabilitation*, *37*, 51-74.]

蔡浩軒、孟瑛如(2020)。擴增實境(AR)之比與比值數學教材對國小六年級學習障礙學生學習及課堂注意力成效提升之探討。**特殊教育學報，51**，65-99。https://doi.org/10.3966/207455832020060051003

[Cai, H.-S. & Meng, Y.-R. (2020). The effects of learning and attention in the classroom for students with learning disabilities by using augmented reality in rate and ratio instruction. *Journal of Special Education*, *51*, 65-99. https://doi.org/10.3966/207455832020060051003]

劉茹涵、鍾儀潔(2018)。影片提示策略對增進國小自閉症學生日常生活技能之成效。**特殊教**

育與復健學報，**34**，27-48。

[Liu, J.-H., & Chung, Y.-C. (2018). The effects of video prompting on teaching daily living skills of a student with autism spectrum disorder. *Bulletin of Special Education and Rehabilitation*, *34*, 27-48.]

鍾伊婷(2019)。**影片提示策略對增進國小重度障礙學生休閒技能之成效**。未出版之碩士論文。國立臺南大學。

[Chung, I.-T. (2019). *The effects of video prompting on teaching leisure skills to elementary school students with severe disabilities*. [Unpublished master thesis]. National University of Tainan.]

蘇立菱(2021)。**影片示範教學對提升國小智能障礙學生社會技巧成效之研究：以桌遊情境為例**。未出版之碩士論文。國立臺中教育大學。

[Su, L.-L. (2021). *Effects of video modeling on social skills of elementary school students with intellectual disabilities—Using a board game scenario as an example*. [Unpublished master thesis]. National Taichung University of Education.]

Akmanoğlu, N., & Pektaş-Karabekir, E. (2020). The effectiveness of video prompting in teaching children with autism the skill of drawing a six-part person. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, *32*(4), 617-631. https://doi.org/10.1007/s10882-019-09709-w

Ashlock, R. B. (2006). *Error patterns in computation: Using error patterns to improve instruction* (9th ed.). Prentice-Hall.

Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *6*(4), 355-385. https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355

Billinghurst, M., Belcher, D., Gupta, A., & Kiyokawa, K. (2003). Communication behaviors in colocated collaborative AR interfaces. *International Journal of Human-Computer Interaction*, *16*(3), 395-423. https://doi.org/10.1207/S15327590IJHC1603_2

Cihak, D. F., Moore, E. J., Wright, R. E., McMahon, D. D., Gibbons, M. M., & Smith, C. (2016). Evaluating augmented reality to complete a chain task for elementary students with autism. *Journal of Special Education Technology*, *31*(2), 99-108. https://doi.org/10.1177/0162643416651724

Danaei, D., Jamali, H. R., Mansourian, Y., & Rastegarpour, H. (2020). Comparing reading comprehension between children reading augmented reality and print storybooks. *Computers & Education*, *153*, Article 103900. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103900

Dickson, L., Brown, M., & Gibson, O. (1984). *Children learning mathematics: A teacher's guide to recent research*. Holt, Rinehart and Winston.

Domire, S. C., & Wolfe, P. (2014). Effects of video prompting techniques on teaching daily living skills to children with autism spectrum disorders: A review. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, *39*(3), 211-226. https://doi.org/10.1177/1540796914555578

EyeJack Creator. (2021). EyeJack Creator. [Computer software]. https://creator.eyejackapp.com/

Fuchs, L. S., Fuchs, D., & Malone, A. S. (2017). The taxonomy of intervention intensity. *TEACHING Exceptional Children*, *50*(1), 35-43. https://doi.org/10.1177/0040059917703962

Gardner, S., & Wolfe, P. (2013). Use of video modeling and video prompting interventions for teaching daily living skills to individuals with autism spectrum disorders: A review. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, *38*(2), 73-87. https://doi.org/10.2511/027494813807714555

Hughes, E. M. (2019). Point of view video modeling to teach simplifying fractions to middle school students with mathematical learning disabilities. *Learning Disabilities: A Contemporary Journal*, *17*(1), 41-57. https://reurl.cc/KMaj09

Jordan, N. C., Hansen, N., Fuchs, L. S., Siegler, R. S., Gersten, R., & Micklos, D. (2013). Developmental predictors of fraction concepts and procedures. *Journal of Experimental Child Psychology*, *116*(1), 45-58. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2013.02.001

Kellems, R. O., Cacciatore, G., & Osborne, K. (2019). Using an augmented reality-based teaching strategy to teach mathematics to secondary students with disabilities. *Career Development and Transition for Exceptional Individuals*, *42*(4), 253-258. https://doi.org/10.1177/2165143418822800

Kellems, R. O., Cacciatore, G., Hansen, B. D., Sabey, C. V., Bussey, H. C., & Morris, J. R. (2021). Effectiveness of video prompting delivered via augmented reality for teaching transition-related math skills to adults with intellectual disabilities. *Journal of Special Education Technology*, *36*(4), 258-270. https://doi.org/10.1177/0162643420916879

Kellems, R. O., & Edwards, S. (2016). Using video modeling and video prompting to teach core academic content to students with learning disabilities. *Preventing School Failure: Alternative Education for Children and Youth*, *60*(3), 207-214. https://doi.org/10.1080/1045988X.2015.1067875

Koushik, V., & Kane, S. K. (2022). Towards augmented reality coaching for daily routines: Participatory design with individuals with cognitive disabilities and their caregivers. *International Journal of Human-Computer Studies*, *165*, Article 102862. https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2022.102862

Ledford, J. R., & Gast, D. L. (Eds.). (2018). *Single case research methodology: Applications in special education and behavioral sciences*. Routledge.

Lerner, J. W., & Johns, B. H. (2012). *Learning disabilities and related mild disabilities: Teaching strategies and new directions* (12th ed.). Wadsworth Cengage Learning.

Lian, X., & Sunar, M. S. (2021). Mobile augmented reality technologies for autism spectrum disorder interventions: A systematic literature review. *Applied Sciences*, *11*(10), Article 4550. https://doi.org/10.3390/app11104550

Mazzocco, M. M. M., & Devlin, K. T. (2008). Parts and 'holes': Gaps in rational number sense among children with vs. without mathematical learning disabilities. *Developmental Science*, *11*(5), 681-691. https://doi.org/10.1111/j.1467-7687.2008.00717.x

McMahon, D. D., Smith, C. C., Cihak, D. F., Wright, R., & Gibbons, M. M. (2015). Effects of digital navigation aids on adults with intellectual disabilities: Comparison of paper map, Google Maps, and augmented reality. *Journal of Special Education Technology*, *30*(3), 157-165. https://doi.org/10.1177/0162643415618927

Mechling, L. (2005). The effect of instructor-created video programs to teach students with disabilities: A literature review. *Journal of Special Education Technology*, *20*(2), 25-36. https://doi.org/10.1177/016264340502000203

Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems*, *E77-D*(12), 1321-1329.

Ok, M. W., Haggerty, N., & Whaley, A. (2021). Effects of video modeling using an augmented reality iPad application on phonics performance of students who struggle with reading. *Reading & Writing Quarterly*, *37*(2), 101-116. https://doi.org/10.1080/10573569.2020.1723152

Özkubat, U., Sanır, H., Özçakır, B., & İslim, Ö. F. (2022). Teaching mathematics, science and reading skills to students with special needs: A review of augmented reality studies. *Journal of Learning and Teaching in Digital Age*, *7*(2), 141-150. https://doi.org/10.53850/joltida.1001800

Parker, R. I., Vannest, K. J., Davis J. L., & Sauber, S. B. (2011). Combining nonoverlap and trend for single-case research: Tau-U. *Behavior Therapy*, *42*(2), 284-299. https://doi.org/10.1016/j.beth.2010.08.006

Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical problem solving*. Academic Press.

Shin, M., & Bryant, D. P. (2015). Fraction interventions for students struggling to learn mathematics: A research synthesis. *Remedial and Special Education*, *36*(6), 347-387. https://doi.org/10.1177/0741932515572910

Sommerauer, P., & Müller, O. (2014). Augmented reality in informal learning environments: A field experiment in a mathematics exhibition. *Computers & Education*, *79*, 59-68. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.07.013

Ubah, I. J. A. (2021). The impact of different approaches to the teaching of grade 5 fraction by three experienced teachers. *South African Journal of Childhood Education*, *11*(1), Article a854. https://doi.org/10.4102/sajce.v11i1.854

Vukovic, R. K., Fuchs, L. S., Geary, D. C., Jordan, N. C., Gersten, R., & Siegler, R. S. (2014). Sources of individual differences in children's understanding of fractions. *Child Development*, *85*(4), 1461-1476. https://doi.org/10.1111/cdev.12218

Wright, J. C., Knight, V. F., & Barton, E. E. (2020). A review of video modeling to teach STEM to

students with autism and intellectual disability. *Research in Autism Spectrum Disorders*, *70*. Article 101476. https://doi.org/10.1016/j.rasd.2019.101476

Wu, C.-L. (2023). Using video modeling with augmented reality to teach students with developmental disabilities to solve mathematical word problems. *Journal of Developmental and Physical Disabilities*, *35*(3), 487-507. https://doi.org/10.1007/s10882-022-09862-9

Yakubova, G., Defayette, M. A., Chen, B. B., & Proulx, A. L. (2023). The use of augmented reality interventions to provide academic instruction for children with autism, intellectual, and developmental disabilities: An evidence-based systematic review. *Review Journal of Autism and Developmental Disorders*, *10*(1), 113-129. https://doi.org/10.1007/s40489-021-00287-2

Yakubova, G., Hughes, E. M., & Chen, B. B. (2020). Teaching students with ASD to solve fraction computations using a video modeling instructional package. *Research in Developmental Disabilities*, *101*, Article 103637. https://doi.org/10.1016/j.ridd.2020.103637

科學教育學刊
2023, 第三十一卷第一期, 81-107
DOI:10.6173/CJSE.202303_31(1).0004

Contemporary Journal of Science Education
2023, 31(1), 81-107

Using Video Prompting with Augmented Reality to Teach Fraction Calculation to Elementary School Students with Learning Disability

Yu-Wen Huang[1] and Chu-Lung Wu[2,*]

[1]Taichung Municipal Nan-Tun Elementary School
[2]Department of Special Education, National Taichung University of Education

Abstract

Acquisition of the concept of fractions is a vital indicator item for primary school students when they learn mathematics. However, fractions are abstract and difficult to understand, which often causes difficulties for elementary school students with learning disabilities. This study aims to propose a teaching model of video prompting combined with augmented reality and to explore its effect on learning fraction calculations for elementary school students with learning disabilities. This study used a single-case, multiple probe design across subjects. The participants of this study were three students with learning disabilities who studied in elementary school. The independent variable was the teaching intervention of video prompting with augmented reality strategies, and the dependent variable was the immediate effect, maintenance effect, and generalization effect of fraction calculation. The teaching materials were the fraction calculation step videos and step cards compiled by the researcher. The EyeJack APP was used to link the step cards and the step videos, and participants can watch the videos by scanning the step cards with a tablet computer. This study analyzed the data by curve diagram, visual analysis, Tau-U test, and scorer reliability. We also utilized the satisfaction survey data from the participants and their teachers to build social validity. The results of this study showed video prompting with augmented reality teaching strategies presented immediate, maintenance and generalization effects on fraction calculation learning of three elementary school students with learning disabilities. Participants and their teachers gave positive feedback on video prompting with augmented reality teaching strategies teaching fraction calculation learning. According to the above research results, we could provide specific suggestions and another choice for teaching fraction calculation for students with learning disabilities in elementary schools, which can be used as a reference for special education teachers and future related researchers.

Key words: Fraction Calculation, Video Prompting, Learning Disability, Augmented Reality

* Corresponding author: Chu-Lung Wu, wulongd@mail.ntcu.edu.tw; ORCID: 0000-0002-4800-1091
Received: 2022/11/3, Revised: 2023/3/11, Accepted: 2023/3/12, Available Online: 2023/5/31