特殊教育季刊　民 110 年 9 月　第 160 期　第 15-26 頁
Doi: 10.6217/SEQ.202109_(160).15-26

互動式電子白板融入國小學習障礙學生數學教學與直接教學法之成效比較

彭慧雯
桃園市立大忠國民小學
特殊教育教師

佘永吉*
國立臺灣師範大學
特殊教育學系
助理教授

摘　要

本研究旨在比較「互動式電子白板融入教學」與「直接教學法進行教學」對國小學習障礙學生的數學學習、保留成效與感受差異。採用單一受試設計中的交替處理實驗設計，研究對象為三名國小五年級的學習障礙學生，自變項為互動式電子白板融入教學與直接教學法進行教學，依變項為數學之學習成效與保留成效。研究者利用自編之小數乘法測驗與分數乘法測驗得分情形作為比較二種不同教學法之數學學習成效的重要依據，透過視覺分析、C 統計，以探討數學學習與保留成效，並藉由訪談以瞭解社會效度。研究結果發現為互動式電子白板融入教學和使用直接教學法進行教學，對國小學習障礙學生數學學習之立即成效無顯著差異，保留成效有個別差異情形。甲生與乙生使用直接教學法進行教學的保留效果較佳，丙生則無無明顯差異，對二者不同教學介入方式的感受有個別差異情形。三位實驗參與者均喜歡使用電子白板教學，但認為直接教學法對自身的學習助益較大。

關鍵詞：互動式電子白板、直接教學法、學習障礙、數學學習成效、交替處理設計

* 通訊作者：佘永吉（siaa@ntnu.edu.tw）

Special Education Quarterly September, 2021 Issue No. 160 Page15-26
Doi: 10.6217/SEQ.202109_(160).15-26

A Comparison of Using Interactive Whiteboards and a Direct Instruction Approach for Primary School Students with Learning Disabilities on Mathematics Learning Effects

Huei-Wun Peng
Special Education Teacher,
Taoyuan Municipal Da Zhong Elementary School

Yung-Ji Sher*
Assistant Professor,
Department of Special Education,
National Taiwan Normal University

Abstract

The purpose of this study is to investigate the differences between integrating interactive whiteboards into instruction and direct instruction in mathematics learning, retention, and feelings of students with learning disabilities in an elementary school. An alternating treatment design of a single subject was adopted as the research method. Three fifth-grade students with learning disabilities were recruited. The independent variables were the approach of using interactive whiteboard and direct instruction; the dependent variables were immediate and retention effects in mathematics learning. The researchers used the score of the self-made fractions multiplication test and the decimal multiplication test as the important foundations to compare the learning effects of the two different approaches. Visual analysis, C statistics and effect size were used to explore the immediate and retention effects in mathematics learning. The observation data was also supplemented with social validity analysis using interviews. The results were as follows: 1. In terms of the immediate effect in mathematics learning of students with learning disabilities, there was no significant difference between integrating interactive whiteboard into instruction and direct instruction. 2. In terms of retention effects in mathematics learning of students with learning disabilities, the retention effect of direct instruction was better for Students A and B, whereas there was no significant difference for Student C. 3. After applying both integrating interactive whiteboard into instruction and direct instruction in teaching, there were individual differences in the feelings of students with learning disabilities in elementary school. All the participants enjoyed learning by interactive whiteboard into instruction, whereas all of them thought that direct instruction was more beneficial to their own learning.

According to the results mentioned above, some suggestions are provided for future studies. For instance, reseachers may consider increasing the number of the research participants, recognizing the selection of participants' conditions and increasing mathematical difficulties in calculation.

Keywords: interactive whiteboard, direct instruction, learning disabilities, mathematics learning effects, alternating treatments design

* Corresponding Author: Yung-Ji Sher (siaa@ntnu.edu.tw)

壹、緒論

數學學習困難是學習障礙學生（以下簡稱學障生）常見的被轉介原因之一 (Lerner & Johns, 2015)，因累積負面受挫經驗而顯現較負向的自我概念和學習態度，產生數學焦慮，失去學習動機（連文宏、洪儷瑜，2017；Ashcraft & Krause, 2007; Zentall, 2014）。數學學障生常選擇錯誤策略，缺乏解決問題的能力，無法組織訊息與偵測解題的過程，缺乏類化解題策略的能力 (Brownell, Mellard, & Deshler, 1993)，故需接受特定的學習策略教學模式（王宣惠、洪儷瑜，2019；Ellis, Deshler, Lenz, Schumaker, & Clark, 1991; Deshler et al., 2001; Schumaker & Dshler, 2009）。在研究者所服務的資源班中，數學學障生常缺乏自動化的數學事實提取能力，數感也不佳（王瓊珠，2018；柯華葳，2005；連文宏、洪儷瑜，2017），導致其計算能力一直都處於不穩定的狀態。而目前數學學障的相關教學研究以應用解題這類的文字題型研究占多數，探討多位數計算能力的研究仍不足（王宣惠、洪儷瑜，2019；連文宏、洪儷瑜，2017），因此研究者篩選具有數學學習困難的學障生進行計算能力之研究，探討乘法計算題的表現差異，以找出能有效提升數學學障生計算能力的有效教學方式。直接教學法是由教學者明確、仔細地規劃出結構性的教學活動，幫助學障生精熟數學技巧的教學法，藉由教學者統整課程設計與教學方法來產生數學教學方案的系統 (Carnine, 1997)。直接教學法有助於改善學障生的數學成就表現，以及有效提升學習態度、滿意度與成效（范揚素，2015；粘藎云，2017；陳惠嫻，2018；戴瑋辰，2012；Carnine, 1997; Elliot & Shapiro, 1990）。

應用資訊融入於資源班的數學課程，發現能有效提升數學學障生的注意力與低成就學生的學習成效、態度與注意力（高珮珊，2004；袁媛、許錦芳，2007）。前瞻基礎建設國民中小學校園數位建設實施計畫（2017）以互動式電子白板（interactive whiteboard，簡稱 IWB）達到互動、創新及數位輔助教學模式。IWB 是大型觸控板透過短焦單槍投影機投射於白板上，讓電腦同步顯示書寫內容，提供雙向互動 (Kitchen, Finch, & Sinclair, 2008)。透過資訊與多媒體的應用提升教學的互動性，豐富課程內容能催化學生的學習興趣（施又瑀、施喻琁，2019），整合教學資源，提升互動與改善學習動機、專注力、教學效率（江沚盈，2015；江毓鈞，2012；顏三青，2016；Ball, 2003），並提升學習成效（袁媛、許錦芳，2007）。IWB 應用於數學課程中能提升學習動機、態度、成效與學後保留效果（張齡友，2015；謝文　錡，2014；Önal, 2017; Heirigs & Thurmon, 2008）。Clemens、Moore 與 Nelson (2001) 顯示 IWB 對數學分析及推理學習成效有顯著影響，教師的熱忱與學生間的互動也是關鍵影響因素。

研究者考量直接教學法具有結構化的優點，因此將直接教學法應用於小數的乘法教學課程，研究者將課程內容進行結構化的排序，採漸進式由易至難的方式進行小數乘法課程的教學。而分數對研究參與者而言較抽象且困難，因此選擇互動式電子白板來進行分數的乘法教學，透過互動式電子白板的繪圖功能，能更有效率地進行分數概念的複習，而高互動性的特點亦能有效提升研究參與者對課程的參與度。

互動式電子白板融入教學與直接教學法對學習障礙學生而言均是有效的教學方式，因此本研究目的為：

（一）比較此二種不同教學方式對國小學習障礙學生數學學習之立即成效差異情形。

（二）比較此二種不同教學方式對國小學習障礙學生數學學習之保留成效差異情形。

（三）比較學習障礙學生對不同教學方式的感受差異情形。

貳、研究方法

本研究採用交替處理實驗設計，交替實施 IWB 融入教學與直接教學法，使用視覺分析、

C 統計、信度考驗、內容與社會效度進行資料分析。立意選取三名通過桃園市鑑輔會鑑定為數學學障的五年級學生為參與者，已通過倫理委員會審查核可證明書編號 201811HS010。甲、乙、丙生均具備基礎的加、減、乘法能力，但均未具備小數乘法概念，且計算能力不穩定常有錯誤。施測國民小學三至四年級數學診斷測驗計算分測驗均低於切截分數，有顯著計算困難。三位研究參與者均有注意力的問題，甲生有穩定用藥，乙生用藥較不規律，丙生則未用藥，均接受資源班完全抽離數學課程超過一年以上。

一、教學程序

本研究利用三名實驗參與者完全抽離數學課程至資源班上課時進行，處理期為 4 週，每週 5 節課，每節課 40 分鐘，採隔日交替的對抗平衡設計，第一天使用互動式電子白板教授分數的乘法，第二天則使用傳統白板（即直接教學法）教授小數的乘法。每一重點概念教授完畢後，立即施測「分數乘法測驗」或「小數乘法測驗」，每次測驗 10 分鐘，介入期四週共計施測「分數乘法測驗」10 次，「小數乘法測驗」10 次。處理期結束後，連續二週施測「分數乘法」與「小數乘法測驗」，每週施測 2 次，每次 10 分鐘。

二、自編研究工具

研究者為不影響正常教學進度，因此挑選五年級數學教科書「分數的乘法」與「小數的乘法」單元進行課程教學，設計符合學生能力的課程目標與內容。IWB 融入教學改編電子書教學光碟，將教材由淺而深的編排並製作成上課時須使用的投影片，讓學生能精熟分數的乘法。直接教學法介入為研究者參考教科書內容與直接教學法概念，進行結構性地分析小數的乘法課程內容，每節課僅教授一個重點概念，採由易至難漸進方式進行小數乘法課程的教學，教師依序在傳統白板上講解小數乘法的步驟，學生則依序練習當節課所教的相關步驟，直到精熟多位小數乘法的重點概念。研究者自編小數與分數乘法測驗的題目型式均為計算題，避免因識字與閱讀理解困難而影響學習表現，採用替換式數學教材的垂直替換概念設計題目，測驗卷複本間的題型結構與難度力求一致，僅在數字稍作變化。每份測驗卷共有 5 題，3 題為上一節課的教學內容，2 題為本節課的教學內容。每題答案正確可得 2 分，採分段給分，總分為 10 分。

研究者自編之分數與小數乘法測驗經過三位教學經驗豐富的專家作內容效度之審核，審定測驗題目內容適當且具教學內容之代表性，具有良好的內容效度。

參、結果與討論

研究者分析自編分數與小數乘法測驗的解題正確率，探討學習立即成效與學後保留成效，並比較此二種不同教學方式的差異。階段名稱 A1 代表電子白板融入教學之基線期，A2 代表直接教學法之基線期，B1 代表電子白板融入教學之交替處理期，B2 代表直接教學法之交替處理期，C1 代表電子白板融入教學之維持期，C2 代表直接教學法之維持期。

一、研究參與者——甲生

（一）視覺分析

甲生在各階段的整體解題正確率如圖 1，基線期階段 IWB 融入教學的階段平均水準為 20，直接教學法教學的階段平均水準為 0，水準全距與階段內水準變化均為 0，趨向穩定性與水準穩定性均為 100%，顯示甲生在基線期的表現呈現穩定平穩的趨勢。

在交替處理階段，二種教學介入方式的整體解題正確率曲線均呈現上下波動，不穩定的狀態。比較二種不同教學方式的整體解題正確率顯示，有五次的整體解題正確率相同，有三次 IWB 融入教學的整體解題正確率較高，有二次直接教學法的整體解題正確率較高。IWB 融入教學呈現不穩定的等速趨勢，直接教學法

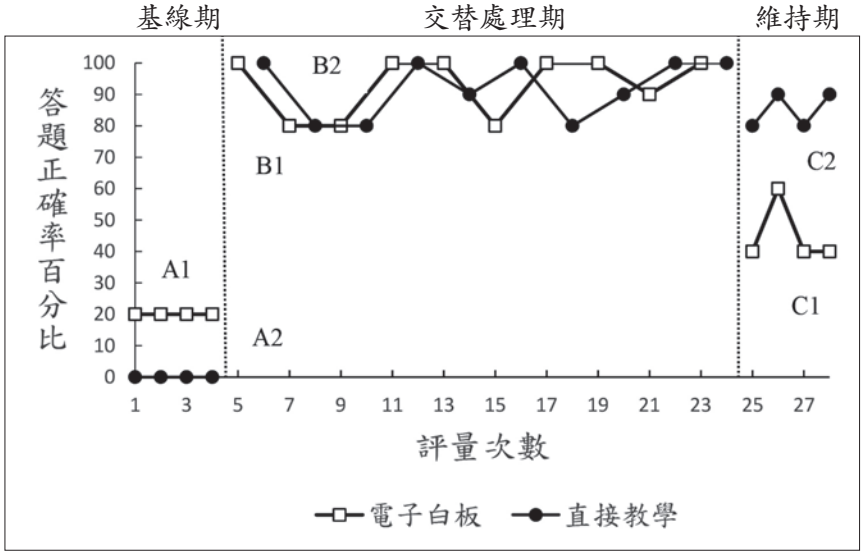

圖 1　甲生各實驗階段整體解題正確率曲線圖

呈現不穩定的進步趨勢。IWB 融入教學的平均水準為 93，直接教學法的平均水準為 92，相差值為 1，低於穩定標準值 15，推論此二種不同教學方式在交替處理階段對甲生的學習成效無顯著差異。

維持期階段，比較此二種不同教學方式的整體解題正確率顯示，在四次評量中，直接教學法的整體解題正確率均高於 IWB 融入教學的整體解題正確率，顯示在學後保留的成效有明顯差異的情形。IWB 融入教學呈現不穩定的退步趨勢，直接教學法呈現穩定的等速趨勢，直接教學法介入時較 IWB 融入教學的表現水準穩定。IWB 融入教學的平均水準為 45，直接教學法的平均水準為 85，相差值為 40，高於穩定標準值 15，故可推論直接教學法對甲生的學後保留成效顯著高於 IWB 融入教學，且甲生是三位研究參與者中相差值最大者，可見直接教學法的學後保留效果在甲生身上最為顯著。

B1 與 B2 二階段的重疊百分比為 100%，此二階段的趨向均為不穩定，B1 的平均水準為 93，B2 的平均水準為 92，二者相差值為 -1，未達穩定標準值 15，顯示二種不同教學方式之立即學習成效差異不大。B1 與 C1 二階段的重疊百分比為 100%，均為不穩定，但 B1 的趨向穩定性為 60% 高於 C1 的趨向穩定性 50%。在 B1 的平均水準為 93，C1 的平均水準為 45，二者差距為 48，高於穩定標準值 15，顯示 IWB 融入教學的學後保留效果不佳。B2 與 C2 二階段的重疊百分比為 100%，此二階段的趨向由不穩定趨向穩定，而 C2 的趨向穩定性為 100% 高於 B2 的趨向穩定性 60%。B2 的平均水準為 92，C2 的平均水準為 85，二者相差值為 -7，低於穩定標準值 15，顯示直接教學法的學後保留效果良好。C1 與 C2 二階段的重疊百分比為 0，此二階段的趨向由不穩定趨向穩定，C1 的平均水準為 45，C2 的平均水準為 85，二者相差值為 +40，高於穩定標準值 15，顯示甲生在直接教學法的學後保留成效較佳。

（二）C 統計分析

甲生在 B1 階段的 C 統計 Z 值為 -0.39，未達顯著水準。B2 階段的 C 統計 Z 值為 -0.19，未達顯著水準，表示甲生在 IWB 融入教學與直接教學法之交替處理階段均呈現穩定的狀態。B1 到 C1 階段的 C 統計 Z 值為 2.41，達 .01 顯著水準，表示 IWB 融入教學後的學後保留成效不佳。在 B2 到 C2 階段的 C 統計 Z 值 -0.39，未達顯著水準，表示直接教學法的

學習成效能持續維持平穩到維持期的階段。在 B1 到 B2 階段的 C 統計分析結果得到 Z 值為 -0.37，未達顯著水準，表示甲生在接受二種不同教學方法下的立即學習成效無顯著差異。在 C1 到 C2 階段的 C 統計分析結果得到 Z 值為 1.70，達 .05 的顯著水準，表示甲生在接受二種不同教學方法下的學後保留狀態有顯著差異，以直接教學法的學後保留成效較佳。

二、研究參與者——乙生

（一）視覺分析

乙生在各階段的整體解題正確率如圖 2，在基線期階段 IWB 融入教學的階段平均水準為 10，使用直接教學法的階段平均水準為 5。IWB 融入教學的水準全距與階段內水準變化均為 0，使用直接教學法的水準全距為 20，階段內水準變化為 -20。IWB 融入教學的趨向穩定性與水準穩定性均為 100%，使用直接教學法的趨向穩定性與水準穩定性均為 0，顯示乙生在基線期的 IWB 融入教學表現呈現穩定平穩的趨勢，使用直接教學法的表現呈現不穩定的趨勢，稍微退步的傾向，而使用直接教學法的後三點答題正確率百分比均相同，亦可視為穩定，即進入下一個處理期階段。

乙生在交替處理階段，二種教學介入方式的整體解題正確率曲線均呈現上下波動，不穩定的狀態。比較二種不同教學方式的整體解題正確率顯示，有三次的整體解題正確率相同，IWB 融入教學的整體解題正確率有三次較高。而直接教學法的整體解題正確率則有四次較高。IWB 融入教學呈現不穩定的進步趨勢，直接教學法呈現不穩定的進步趨勢。IWB 融入教學的平均水準為 83，直接教學法的平均水準為 84，相差值為 1，低於穩定標準值 15，故可推論此二種不同教學方式在交替處理階段對乙生的學習成效無顯著差異情形。

維持期階段，比較此二種不同教學方式的整體解題正確率顯示，在四次評量中，二種教學方式有一次的整體解題正確率相同，而直接教學法的整體解題正確率有三次較高，顯示此二種不同教學方式在學後保留的成效有明顯差異的情形。IWB 融入教學的整體解題正確率呈現不穩定的狀態、等速的傾向，而使用直接教學法進行教學的整體解題正確率呈現不穩定的進步狀態，乙生在直接教學法介入時的表現水準較 IWB 融入教學的表現水準穩定。IWB 融入教學的平均水準為 70，直接教學法的平均水準為 87.5，相差值為 17.5，高於穩定標準值

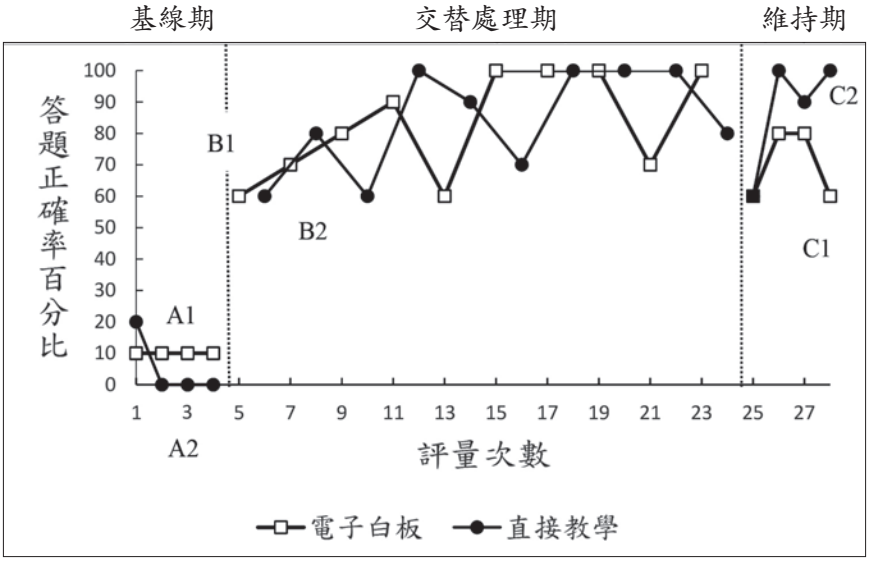

圖 2　乙生各實驗階段整體解題正確率曲線圖

15，故可推論直接教學法在維持期階段對乙生的學後保留成效顯著高於 IWB 融入教學。

B1 與 B2 二階段的重疊百分比為 100%，此二階段的趨向均為不穩定，B1 的平均水準為 83，B2 的平均水準為 84，二者相差值為 +1，未達穩定標準值 15，顯示乙生接受二種不同教學方式之學習成效差異不大。B1 與 C1 二階段的重疊百分比為 100%，此二階段的趨向均為不穩定，但 B1 的趨向穩定性為 50% 高於 C1 的趨向穩定性 0。B1 的平均水準為 83，C1 的平均水準為 70，二者相差值為 -13，低於穩定標準值 15，顯示乙生在 IWB 融入教學的學後保留效果好。B2 與 C2 二階段的重疊百分比為 100%，此二階段的趨向均為不穩定，B2 的平均水準為 84，C2 的平均水準為 87.5，二者相差值為 +3.5，低於穩定標準值 15，顯示乙生在直接教學法的學後保留效果良好，且在保留期的階段平均水準反而比交替處理階段高。C1 與 C2 二階段的重疊百分比為 25%，此二階段的趨向均為不穩定，但 C2 的趨向穩定性 50% 高於 C1 的趨向穩定性為 0，C1 的平均水準為 70，C2 的平均水準為 87.5，二者相差值為 +17.5，高於穩定標準值 15，顯示乙生在直接教學的學後保留成效較佳。

（二）C 統計分析

乙生在 B1 階段的 C 統計 Z 值為 0.42，未達顯著水準。B2 階段的 C 統計 Z 值為 0.49，未達顯著水準，表示乙生在 IWB 融入教學與直接教學法之交替處理階段均呈現穩定的狀態。B1 到 C1 階段的 C 統計 Z 值為 -0.01，未達顯著水準。B2 到 C2 階段的 C 統計 Z 值為 0.40，未達顯著水準，表示乙生在接受 IWB 融入教學與直接教學法教學的學習成效均能持續維持平穩到維持期的階段。B1 到 B2 階段的 C 統計 Z 值為 -0.14，未達顯著水準，表示乙生在接受二種不同教學方法下的學習成效無顯著差異。C1 到 C2 階段的 C 統計 Z 值為 1.22，未達顯著水準，表示乙生在接受二種不同教學方法下的學後保留狀態無顯著差異。

三、研究參與者——丙生

（一）視覺分析

丙生在各階段的整體解題正確率如圖 3，基線期 IWB 融入教學的階段平均水準為 0，直接教學法教學的階段平均水準為 10。IWB 融入教學的水準全距與階段內水準變化均為 0，使用直接教學法進行教學的水準全距與階段內水準變化均為 10。IWB 融入教學的趨向穩定

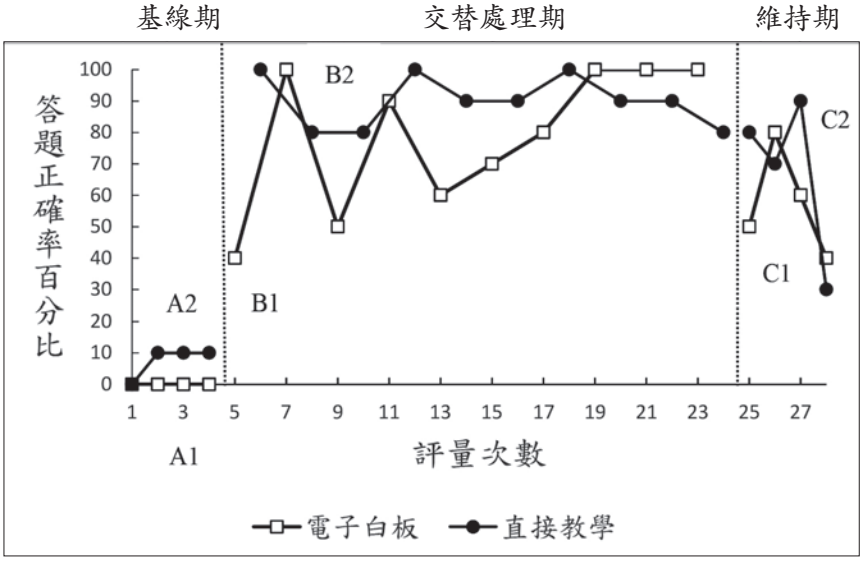

圖 3　丙生各實驗階段整體解題正確率曲線圖

性與水準穩定性均為 100% 。使用直接教學法進行教學的趨向穩定性與水準穩定性均為 0，顯示丙生在基線期的 IWB 融入教學表現呈現穩定平穩的趨勢，使用直接教學法進行教學的表現呈現不穩定的進步趨勢，而使用直接教學法進行教學的後三點答題正確率百分比均相同，亦可視為穩定，即進入下一個處理期階段。

在交替處理階段，二種教學介入方式的整體解題正確率曲線均呈現上下波動，不穩定的狀態。比較二種不同教學方式的整體解題正確率顯示，有四次是 IWB 融入教學的整體解題正確率較高，有六次則是直接教學法的整體解題正確率較高。IWB 融入教學呈現不穩定的進步趨勢，直接教學法呈現不穩定的等速趨勢。IWB 融入教學的平均水準為 79，直接教學法的平均水準為 90，相差值為 11，低於穩定標準值 15，故可推論此二種不同教學方式在交替處理階段對丙生的學習成效並無顯著差異情形。

維持期階段，IWB 融入教學與直接教學法進行教學的整體解題正確率均呈現不穩定的退步狀態。比較此二種不同教學方式的整體解題正確率顯示，在四次評量中，IWB 融入教學的整體解題正確率有二次高於直接教學法的整體解題正確率，而直接教學法的整體解題正確率亦有二次高於 IWB 融入教學的整體解題正確率，丙生在直接教學法介入時的表現水準較電子白板融入教學的表現水準穩定。IWB 融入教學的平均水準為 57.5，直接教學法的平均水準為 67.5，相差值為 10，低於穩定標準值 15，故可推論二種教學方法在維持期階段對丙生的學後保留成效無明顯差異。

B1 與 B2 二階段的重疊百分比為 100%，此二階段的趨向均為不穩定，B1 的趨向穩定性為 70% 高於 B2 的趨向穩定性 40% 。B1 的平均水準為 79，B2 的平均水準為 90，二者相差值為 +11，未達穩定標準值 15，顯示丙生接受二種不同教學方式之學習成效差異不大。B1 與 C1 二階段的重疊百分比為 100%，此二階段的趨向均為不穩定，B1 的趨向穩定性為 70% 高於 C1 的趨向穩定性 0。B1 的平均水準為 79，C1 的平均水準為 57.5，二者差距值為 21.5，高於穩定標準值 15，顯示丙生在電子白板融入教學的學後保留效果不佳。B2 與 C2 二階段的重疊百分比為 100%，此二階段的趨向均為不穩定，而 C2 的趨向穩定性為 50% 高於 B2 的趨向穩定性 40% 。B2 的平均水準為 90，C2 的平均水準為 67.5，二者差距值為 22.5，高於穩定標準值 15，顯示丙生在直接教學法教學的學後保留效果不佳。C1 與 C2 二階段的重疊百分比為 75%，此二階段的趨向均為不穩定，C2 的趨向穩定性為 50% 高於 C1 的趨向穩定性 0。C1 的平均水準為 57.5，C2 的平均水準為 67.5，二者相差值為 +10，低於穩定標準值 15，顯示丙生在二種教學方式的學後保留成效無明顯差異情形。

（二）C 統計分析

丙生在 B1 階段的 C 統計 Z 值為 0.07，未達顯著水準，B2 階段的 C 統計 Z 值為 0，未達顯著水準，表示丙生在 IWB 融入教學與直接教學法之交替處理階段均呈現穩定的狀態。B1 到 C1 階段的 C 統計 Z 值為 0.11，未達顯著水準。B2 到 C2 階段的 C 統計 Z 值為 1.44，未達顯著水準，表示丙生在接受 IWB 融入教學與直接教學法的學習成效能持續維持平穩到維持期的階段。B1 到 B2 階段的 C 統計 Z 值為 0.56，未達 .05 的顯著水準，表示丙生在接受二種不同教學方法下的學習成效無顯著差異。C1 到 C2 階段的 C 統計 Z 值為 -0.57，未達 .05 的顯著水準，表示丙生在接受二種不同教學方法的學後保留狀態無顯著差異。

四、IWB 融入教學應用於分數乘法表現上的差異

甲生在基線期的測驗資料顯示，具備四年級教過的整數乘以真分數的概念，答案若是假分數的答案亦能主動轉換成帶分數，其餘的分數乘法概念均尚未習得。甲生在交替處理期與維持期的表現均落在 80% 到 100%，表現是

三位實驗參與者中最穩定的，維持期階段的分數較低，大約落在 40% 到 60%，在教學介入時期未出現計算規則上的錯誤，而在維持期卻經常出現乘除混淆的狀況與忘記倒數等計算規則上的錯誤，這代表分數乘法的運算規則未類化至維持期，而導致學習無法遷移，此研究發現與柯華葳 2005 年對於數學學障的研究結果相似，顯示甲生在分數乘法上的表現會無法維持，與數學學障生在數學學習上無法遷移的狀況有關。

乙生在基線期階段的測驗資料顯示，具備四年級教過的整數乘以真分數的概念，但答案若是假分數，會忘記要轉換成帶分數，其餘的分數乘法概念均尚未習得。乙生在交替處理期的表現落在 60% 到 100%，在處理期第五次的分數乘法測驗中，答題正確率為 60%，只要運用到帶分數的乘法題型，均忘記要先將帶分數換算成假分數後再算乘法，導致帶分數的整數部分均未乘到，這樣的計算規則錯誤僅出現在這一次，其餘包含維持期都未再出現過這樣的計算規則錯誤。分數乘法的第九次分數乘法測驗中，答題正確率為 70%，出現了許多粗心的錯誤，包含直式除法對位錯誤，以及約分算式正確，但抄上答案時卻抄錯數字，這樣的錯誤類型也只出現在這一次測驗。這二次上課時研究者也很明顯觀察到乙生上課常會發呆，與平時上課的狀況不相同，因此研究者詢問乙生後，發現這二次上課時乙生均未服用專注力藥物，上課時無法集中專注力而影響其學習表現。

乙生在維持期的表現落在 60% 到 80%，在教學介入時期未出現計算規則上的錯誤，而在維持期卻經常出現忘記倒數與乘除混淆的狀況等計算規則上的錯誤，這代表分數乘法的運算規則未類化至維持期，僅使用僵化的一種計算程序來計算分數的乘法與除法，此研究發現和連文宏與洪儷瑜（2017）對於數學學障的研究結果相似，顯示乙生在分數乘法上的維持表現，與數學學障生在數學學習上僵化的計算程序有關。

丙生在基線期階段的測驗資料顯示，未具備四年級教過的整數乘以真分數的概念，尚未習得分數乘法相關概念。丙生在處理期與維持期的表現狀況是三位實驗參與者中最不穩定者，除了因為本身有專注力的問題，上課常無法集中注意力，也因為除法計算錯誤而導致分數轉換錯誤，或是將乘法算成加法，也出現許多次未計算乘法就直接抄上數字等無法歸納出類型的錯誤，柯華葳（2005）、連文宏與洪儷瑜（2017）研究指出數學障礙學生因為學習遷移與自動化的困難，其錯誤類型與反應時間可能也難以歸納出系統性的反應模式，這和丙生所表現出的錯誤類型相符。

五、直接教學法應用於小數乘法表現上的差異

甲生在處理期與維持期的小數乘法表現均維持在 80% 到 100%，是三位實驗參與者中表現最好者，研究結果顯示具有良好的學習與維持成效。

乙生在處理期與維持期的小數乘法表現均為 60% 到 100%，由於乙生處理期第 10 次的小數乘法測驗和維持期第一次的小數乘法測驗解題正確百分比突然下降許多，分析這二次的錯誤類型，顯示許多小數點位置錯置或是乘法粗心錯誤的部分，與平時表現落差很大，研究者連絡家長後，發現乙生這二次測驗時均未服用專注力藥物，因此請家長協助叮嚀並確認乙生每日規律服用專注力藥物，後續再施測維持期其餘的小數乘法測驗即恢復至 90% 到 100％ 的表現水準，因此合理推估乙生的表現突然下降是因為未服用專注力藥物而影響其學習表現。

丙生在處理期的小數乘法表現為 80% 到 100%，維持期的小數乘法表現為 30% 到 90% 。丙生在維持期表現波動劇烈，除了因為本身有專注力的問題，上課常無法集中注意力，出現許多小數點錯置、乘法計算錯誤、對位錯誤與加法計算錯誤的情形，這與柯華葳（2005）、連文宏與洪儷瑜（2017）研究數學

障礙學生的錯誤表現類型符合，丙生的錯誤源自於學習遷移與計算自動化的困難。

六、IWB 與直接教學法的學習成效差異

（一）數學學習立即效果之差異

三位參與者在交替處理階段，二種教學方式的答題正確率均呈現上下波動、不穩定的狀態。研究者比較 IWB 融入教學與直接教學法的學習成效差異，發現 IWB 融入教學對甲生的數學學習立即成效較佳，而直接教學法對乙生和丙生的數學學習立即成效較佳。然而丙生在交替處理期是差異值最大者，二種不同教學方式的平均水準差異值為 11，仍低於穩定標準值 15，比較不同教學方式的解題正確率高低次數、目視分析與 C 統計結果，均顯示三位實驗參與者使用二種不同教學方式之數學學習立即效果無顯著差異。

研究者的研究結果與顏三青（2016）的研究結果相似，比較 IWB 融入教學與直接教學法進行教學的學習成效無顯著差異情形。但與賴暄頤（2010）的研究發現不同，其研究結果顯示 IWB 融入教學的學習效果顯著高於直接教學法。賴暄頤（2010）的研究參與者為三位國小四年級之中度智能障礙學生，研究的內容為分數的基本概念，無論是使用電子白板或直接教學法進行教學，二者的教學內容均為分數的基本概念，未涉及計算的部分。而本研究的實驗參與者為國小五年級的學習障礙學生，二篇研究的實驗參與者的年齡、功能缺損狀況不同。而本研究的主題內容為分數與小數的乘法計算，二篇研究的內容難度也不相同。故推測研究結果不同的原因，可能與研究對象及研究所設定的內容不同而導致。

（二）數學學習保留效果之差異

三位研究參與者在維持期階段，乙生與丙生在二種教學方式的答題正確率均呈現上下波動、不穩定的狀態。甲生使用 IWB 融入教學的答題正確率呈現上下波動、不穩定狀態，但使用直接教學法進行教學的答題正確率則呈現穩定維持狀態。甲生維持期資料顯示，直接教學法的整體解題正確率有四次高於 IWB 融入教學的整體解題正確率，且二種教學方法的重疊百分比為 0，C 統計 Z 值為 1.70，達 .05 的顯著水準，又二種教學方法的平均水準相差值高於穩定標準值，顯示直接教學法對甲生的保留效果最佳。

根據乙生維持期資料顯示，直接教學法進行教學的整體解題正確率有三次高於 IWB 融入教學的整體解題正確率，且在二種教學方法的重疊百分比為 25%，二種教學方法的平均水準相差值亦高於穩定標準值，顯示直接教學法對乙生的學後保留成效較佳，但保留效果不若甲生顯著。

根據丙生維持期資料顯示，二種教學方法的整體解題正確率高低次數無差異情形，且在維持階段二種教學方法的重疊百分比為 75%，二種教學方法的平均水準相差值低於穩定標準值，顯示丙生在二種教學方式的學後保留成效無明顯差異情形。

研究者發現使用 IWB 融入教學與直接教學法，對國小學障生數學學習保留成效有個別差異情形，以直接教學法的保留效果較佳。本研究結果與賴暄頤（2010）和顏三青（2016）的研究結果不同，顏三青（2016）的研究參與者為二位國中一年級的學習障礙學生與一位國中一年級的輕度智能障礙學生，使用 IWB 進行「比例式」的教學，直接教學法進行「一元一次不等式」的教學，內容有計算題與應用題。推測研究結果不同的原因，可能與研究對象不同及所設定的內容難度不同導致。

七、研究參與者的感受差異

研究者在教學實驗研究之後，針對研究參與者進行非正式訪談。甲生及丙生覺得 IWB 融入教學與直接教學法都能提升自己的上課專心度，乙生對這二種方式持保留態度。甲生和乙生覺得 IWB 融入教學對學習分數的乘法有幫助，丙生覺得分數的乘法較難，因此雖有提升對此單元的理解，但否定 IWB 融入教學對學習有助益。三位參與者均認為直接教學法對

學習小數的乘法有幫助。甲生表示二種上課方式都喜歡，乙生與丙生均比較喜歡使用 IWB 融入教學。甲生認為二種教學方式對學習均有幫助，乙生覺得使用 IWB 融入教學對學習比較有幫助，丙生則覺得直接教學法對學習比較有幫助。

肆、結論

本研究結論為 IWB 融入教學與直接教學法對國小學障生數學學習之立即成效無顯著差異，二種不同教學方式的保留成效因研究參與者之功能缺損及認知歷程不同而有個別差異情形。國小學障生對二者不同教學方式的感受有個別差異情形，三位實驗參與者均喜歡使用電子白板教學，但認為直接教學法對自身的學習助益較大。

研究者歸納出相關的限制與建議如下：

（一）分數的乘法較困難需預留多一些教學時間。

（二）未來可針對其它數學單元進行研究，並納入學習動機與專注力表現進行差異探討。

（三）目前國內缺乏電子白板相關社群，若能建置平台共享資源可讓教師備課更有效率。

（四）篩選研究參與者時，須將注意力與服藥規律性納入考量。

（五）數學障礙的研究仍以應用解題居多，建議未來研究者可多累積與計算能力相關的實證性研究。

參考文獻

王宣惠（2019）。我們真的認識數學障礙嗎？——臺灣數學障礙 20 年研究回顧與問題探究。**特殊教育研究學刊，44**(1)，59-90。 doi: 10.6172/BSE.201903_44(1).0003

王瓊珠（2018）。**學習障礙——理念與實務**。臺北：心理。

江沚盈（2015）。**觸動時刻：資源班數學科教師使用互動式電子白板的教學歷程**（未出版之碩士論文）。中原大學，桃園。 doi: 10.6840/CYCU.2015.00106

江毓鈞（2012）。**運用 Wiimote 互動式電子白板融入教學對國小學習障礙學生在分數加減概念與運算之學習成效研究**（未出版之碩士論文）。國立屏東教育大學，屏東。

前瞻基礎建設國民中小學校園數位建設實施計畫（2017）。中華民國一百零六年七月六日院臺科會字第 1060179826F 號函核定。

施又瑀、施喻琁（2019）。善用智慧教室驅動教學變革。**臺灣教育評論月刊，8**(3)，246-255。

柯華葳（2005）。數學學習障礙學生的診斷與確認。**特殊教育研究學刊，29**，113-126。 doi: 10.6172/BSE200509.2901006

范揚素（2015）。**直接教學法對國小數學學習障礙學生在乘法運算之學習成效**（未出版之碩士論文）。國立屏東教育大學，屏東。

袁媛、許錦芳（2007）。資訊融入教學對國中資源班數學低成就學生學習影響之個案研究。**教育科學期刊，7**(1)，36-57。 doi: 10.6388/JES.200706.0036

高珮珊（2004）。數學學習障礙之補救教學。**南投文教，21**，62-95。

張齡友（2015）。**電子白板融入解題策略教學對學習障礙學生代數應用問題解題之成效**（未出版之碩士論文）。國立臺灣師範大學，臺北。

粘蓺云（2017）。**直接教學法提升國中學習障礙學生數學角度單元學習成效之研究**（未出版之碩士論文）。國立高雄師範大學，高雄。

連文宏、洪儷瑜（2017）。數學學障與數學合併閱讀障礙國中生計算能力表現之特徵及其差異分析。**臺灣數學教育期刊，4**(1)，35-62。 doi: 10.6278/tjme.20170317.002

陳惠嫻（2018）。**直接教學法提升智能障礙學生數學整數乘法計算能力之成效**（未出版之碩士論文）。國立屏東大學，屏東。

賴暄頤（2010）。**探討互動式電子白板教學與直接教學對中度智能障礙學生分數學習成效差異之研究**（未出版之碩士論文）。中原大學，桃園。 doi: 10.6840/CYCU.2010.00026

戴瑋辰（2012）。**直接教學法對國小學習障礙學生在分數乘法學習成效之研究**（未出版之碩士論文）。國立屏東教育大學，屏東。

謝文錡（2014）。**互動式電子白板融入國小特教班功能性數學課程教學之行動研究**（未出版之碩士論文）。國立臺北教育大學，臺北。

顏三青（2016）。**互動式電子白板融入教學和直接教學對國中資源班學生數學學習成效之比較研**

究（未出版之碩士論文）。國立臺灣師範大學，臺北。

Ashcraft, M. H., & Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin and Review, 14*(2), 243-248. doi: 10.3758/BF03194059

Ball, B. (2003). Teaching and learning mathematics with an interactive whiteboard. *Micromath, 19*(1), 4-7.

Brownell, M. T., Mellard, D. F., & Deshler, D. D. (1993). Winner of CLD's 1992 award for outstanding research: Differences in the learning and transfer performance between students with learning disabilities and other low-achieving students on problem-solving tasks. *Learning Disability Quarterly, 16*, 138-156. doi: 10.2307/1511136

Carnine, D. (1997). Instructional design in mathematics for students with learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 30*(2), 130-141. doi: 10.1177/002221949703000201

Clemens, A., Moore, T., & Nelson, B. (2001). *Math Intervention 'SMART' Project (Student mathematical analysis and reasoning with technology)*. Retrieved from http://www.smarterkids.org/research/ paper10.asp.

Deshler, D. D., Schumaker, J. B., Lenz, B. K., Bulgren, J. A., Hock, M. F., Knight, J., & Ehren, B. J. (2001). Ensuring content-area learning by secondary students with learning disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice, 16*(2), 96-108. doi: 10.1111/0938-8982.00011

Elliott, S. N., & Shapiro, E. S. (1990). Intervention techniques and programs for academic performance problems. In Terry B. Gutkin & Cecil R. Reynolds (Eds.), *The handbook of school psychology* (2nd ed.) (pp. 635-660). Oxford, England: John Wiley & Sons.

Ellis, E., Deshler, D., Lenz, K., Schumaker, J., & Clark, F. (1991). An instructional model for teaching learning strategies. *Focus on Exceptional Children, 23*, 1-24. doi: 10.17161/fec.v23i6.7530

Heirigs, K., & Thurmon, H. (2008). *Elementary science lab outreach efforts: Extending science lessons to support improvements in students' study skills and math performance in grades 4, 5, and 6*. Memphis, TN: St. Joseph Catholic School.

Kitchen, S., Finch, S., & Sinclair, R. O. (2008). *Harnessing technology schools survey 2007*. Retrieved from https://www.semanticscholar.org/paper/Harnessing-Technology-Schools-Survey-2007-Kitchen-Finch/3225dafeeeb84c843db140c104747c6d58657207

Lerner, J. W., & Johns, B. H. (2015). *Learning disabilities and related disabilities* (13th ed.). Stamford, CT: Cengage Learning.

Önal, N. (2017). Use of interactive whiteboard in the mathematics classroom: Students' perceptions within the framework of the Technology Acceptance Model. *International Journal of Instruction, 10*(4), 67-86. doi: 10.12973/iji.2017.1045a

Schumaker, J. B., & Deshler, D. D. (2009). Adolescents with learning disabilities as writers: Are we selling them short? *Learning Disabilities Research & Practice, 24*(2), 81-92. doi: 10.1111/j.1540-5826.2009.00282.x

Zentall, S. S. (2014). *Students with mild exceptionalities: Characteristics and applications*. Los Angeles, CA: Sage. doi: 10.4135/9781506374604