

虛擬實境體感互動遊戲對腦性麻痺幼童數數教學之行動研究

Gesture-based Learning with Virtual Reality on Teaching Counting Ability for Children with Cerebral Palsy: An Action Research

李淑玲*

Shwu-Ling Lee

(收件日期 101 年 2 月 18 日；接受日期 101 年 5 月 3 日)

摘 要

本研究旨在為腦性麻痺兒童設計之數概念學習開發一套虛擬實境體感互動遊戲，並探討實施成效。教學的內容為 1～10 的數概念。研究參與者包括一位五歲腦性麻痺幼童、兩位學前教師、兩位電腦工程師、物理治療師、職能治療師與研究者。本研究採行動研究，研究過程探討腦性麻痺兒童在虛擬實境體感互動遊戲方案中的經驗與影響。研究結果發現：一、在虛擬實境體感互動遊戲方案中，腦性麻痺幼兒對於數數、獨立程度、自我決策、問題解決及肢體行動力之展現。二、研究者在行動研究過程中，透過研究團隊之討論，並在課程遭遇之困境中發展出因應方式，包括軟體研發的調整、視訊調整、擺位與移位調整、輔具調整、遊戲式對話教學、多元方式體感互動等，且經由省思、修正，在行動中對研究參與者與研究者自身反思與限制有更多的覺察。三、對未來 GBLVR 之設計、實施、研究提出可行的策略與建議。

關鍵詞：腦性麻痺幼童、虛擬實境體感互動遊戲、數數能力

*國立臺北教育大學特殊教育系助理教授

Abstract

The purposes of this study were to develop a software of Gesture-based Learning with Virtual Reality (GBLVR) for children with cerebral palsy (CP) and explore during math course, how children learned numbers (1-10) counting through GBLVR. Participants included one children with CP (was 5 years old preschool child), two preschool teachers, two computer program engineers, OT, PT and researcher. An action research was employed. Research findings of this study include (1) during the GBLVR process, the results also illustrated that the participant improve abilities on counting (1-10), independent, mobility, and also self decision making; (2) the researcher encountered several difficult situation, which included: the difficulty of mobility to right position by themselves, the difficulty of awareness the full-body control with the image on the screen, and repeated wave hand of the same position. To solve the GBLVR difficult situations, the researcher proposed feasible strategies through the reflection and the revision with the co-researcher, and has been aware of the researcher's unique characteristic and the limits in the GBLVR practice. (3) Suggestions on future a GBLVR design and research aim were proposed to provide reference for teachers and future studies.

Key words: children with cerebral palsy, gesture-based learning with virtual reality, counting ability

壹、緒論

一、研究背景

數學是現代人日常生活必備的基本技能之一，有許多技能皆運用到數學知能，例如：購物、金錢管理與時間的管理等都需要正確的數學觀念，且在所有學科中數學是基礎且重要的。孫淑柔(2001)指出，數學是系統化的學科，教材本身具嚴謹的結構性與次序性，如果無法有效建立較低層次的概念、原理原則以及運算技巧，則更高層次的學習勢將遭遇阻礙，進而導致日後學習的挫敗，無法進行課程的最終目標，建立學生的實用性技能，融入社會生活。因此，具備基礎的數數能力，對學生而言相當重要。

Piaget(1965)將人類認知的歷程分為感覺動作期、運思前期、具體運思期與形式運思期，若以此分析，一般兒童大概在七、八歲就可以了解具體物的操作，身心障礙兒童則因認知發展較遲緩，要晚二、三年，甚至更晚才能達到這個里程碑，其認知能力發展只能到具體運思期，而90%的學生在9~12歲時就相當熟悉物質守恒的概念，但大約只有一半有學習困難的學生了解這個事實，很難做抽象的思考，或運用抽象物來解決問題(Piaget, 1965)。Piaget認為，數概念是透過心智統合物體間的關係建構起來，數概念源自沉思式或建構式的抽象概念。而Vygotsky的學習理論認為，身心障礙兒童的認知發展之所以較為低落，有可能是因為正常的互動被剝奪所致，亦即腦性麻痺(簡稱腦麻)學生經常伴隨著嚴重的肢體不協調，因而正常的互動被剝奪導致在數概念的學習較為困難，也會與很多身心障礙學生一樣，因為缺乏這些先備的技能，而在重組、金錢兌換、等量的測量……等主題的學習上有困難(Cegelka & Berdine, 1995)。

運用遊戲融入身心障礙學生的課程教材教法中，的確能降低學生害怕學習時的焦慮，激發學習動機，維持學習興趣，也具有明顯學習保留效果。近年來，學校的特殊教育也逐漸開始重視電腦輔助科技的應用，在電腦遊戲的氛圍中，可以看到孩子臉上欣喜的神情，完全投入於活動之中，對特殊需求的孩子來說，學習過程不再是辛苦的歷程，原來，數學課也可以是好玩且能增進數學學習成效的活動(吳連滿，2001；徐智杰，2002；張競文，2006；劉光漢，2005；潘浚琪，2001；鄭人豪，2004；謝易真，2008)。

輔助性科技確實對肢體障礙學生在學習上會有很大的助益，根據謝明哲(1999)與劉相志(2000)對腦麻學生所進行之電腦輔助性設計調整成效的相關研究，結果證實運用電腦輔助性科技可解決腦麻學生部分的學習問題，增加學習上的效能。腦麻學生通常缺乏手部動作控制的能力，操作傳統的電腦輸入設備(如鍵盤和滑鼠)甚不方便(吳亭芳，2002)。不過，目前電腦介面對肢體操作有困難的腦麻者仍是極大的挑戰，如果要為這些特殊的族群開發適用的軟硬體，確實會遭遇極大的困境。也因為電腦輔助性科技的市場是有限的，針對特殊個體使用後評估調查發現，廠商改進輔具的設計的研究意願並不高(King, 1999)。

相關資料顯示，有學習不利的特殊需求學生若無有效介入，則其學習困難將會持續存在，且會隨著年級增加呈現漸趨下降的情形，尤以數學最為顯著，並將因而導致學習數學

的興趣和表現低落 (Lerner, 2003)。Piaget (1962) 的認知發展理論提出遊戲可以成爲認知發展的工具。Okimoto、Bundy 和 Hanzlik(2000) 的研究發現，腦麻與發展遲緩幼童的遊戲明顯少於一般幼童。Howard(1996) 發現，身障幼童的障礙限制了參與遊戲活動，根據研究者多年與腦麻幼童接觸的經驗，發現腦麻幼童較容易缺乏信心與學習動機。

然而，虛擬實境體感互動遊戲 (gesture-based learning with virtual reality, GBLVR) 卻可以不用電腦傳統介面，就讓操作者利用身體部位與電腦營造的虛擬物件互動，如此，使得身障者有機會參與他以前不可能參與的活動，同步即時沉浸於互動的 3D 電腦經驗中 (Pimentel & Teixeira, 1994; Pagliano, 1999)。例如：Wii 體感遊戲在產業界已經蔚爲風潮，成爲極爲受歡迎的遊戲。從劉少維和李淑玲 (2008) 的研究發現，在家教育癌症病童參與 Wii 體感遊戲的動機遠比傳統電腦遊戲高。也有相當多的文獻發現，GBLVR 可以增進動作控制和動機 (Hirose, Taniguchi, Nakagaki, & Nihei, 1994; Inman, Loge, & Leavens, 1997; Muscott & Gifford, 1994; Nemire & Crane, 1995; Reid, 2002a, 2002b; Rose, Attree, & Johnson, 1996; Stephenson, 1994; Wilson, Foreman, & Tlauka, 1996)。然而，運用 GBLVR 針對認知學習的實證研究還不多，例如：探討 GBLVR 教導安全過馬路技能 (Lee & Huang, 2007; McComas, MacKay & Pivik, 2002)、校園尋路技能 (林靖凱, 2008)、由學校到實習場所的交通技能 (洪萬菘, 2008)、購物技能 (Rand, Katz, & Weiss, 2007)，或在認知學習上增進注意力等研究 (Cho et al., 2002)。

有鑑於此，本研究期盼結合特殊教育與玩具遊戲設計研究所跨領域的專業，將行動研究研發的 GBLVR 應用於數學領域的教學，讓腦麻幼童在沒有壓力與愉悅的環境中，降低緊張與焦慮，提高學習興趣，使他們能促進其他面向的發展與習得數數技能。此外，對於腦麻幼童在此新型態的學習歷程以及影響之研究更值得加以探討，進而作爲輔導幼童數數學習之參考。

二、研究目的

基於上述研究動機，本研究的目的如下：

- (一) 探討 GBLVR 軟體設計研發的歷程。
- (二) 探討腦麻幼童實施 GBLVR 數數教學的歷程。
- (三) 探討 GBLVR 介入後對腦麻幼童的影響。
- (四) 教師與研究參與者之專業成長與省思。

三、待答問題

根據研究目的，本研究之待答問題如下：

- (一) 腦麻幼童於數數學習的需求與 GBLVR 軟體如何改善及進行內容設計研發的歷程爲何？
- (二) 實施 GBLVR 實施數數教學的設施、配置、教學策略調整的歷程爲何？
- (三) GBLVR 實施數數教學介入腦麻幼童之數數技能、獨立程度、動作技能與自我決

策之影響為何？

(四) 研究參與者之專業成長與省思為何？

四、名詞解釋

根據研究目的與待答問題，本研究之名詞解釋如下：

- (一) 腦性麻痺幼童：腦麻幼童由於腦部中樞損傷，無法以平常方式控制隨意肌所引起的動作與協調困難，影響正常行動及姿勢能力 (Kirk, Gallagher, & Anastasiow, 2003)。本研究所指的腦麻幼童是一位五歲學前特教班的學生，能聽懂簡單指令，但其肌肉自主動作與肌肉整體的控制、粗大動作與精細動作的發展遲緩，難以操作實物進行數數學習影響其數數能力。
- (二) 虛擬實境體感互動遊戲：為一種利用電腦科技創造出的虛擬物體及情境，使人可以身歷其境地與虛擬物體互動，例如：影像輸入控制。透過這種無實體介面的控制輸入方式，遊戲者能在互動過程中得到更真實、自然的操作感受 (Stephen, Mark, & Rick, 2005)。本研究虛擬實境體感互動遊戲，由特教系與玩具遊戲研究所為學前特殊需求學生所發展之虛擬實境體感互動遊戲軟體，利用筆記型電腦與數位攝影機創作出虛擬物件，讓學生從與虛擬物件互動中學習數數。
- (三) 數數能力：數數能力的學習與五項原則有關，包括固定順序原則、一對一原則、基數原則、抽象原則與次序無關原則 (Gelman, Meck & Merkin, 1989)。本研究中，數數能力只涵蓋固定順序原則、一對一原則與基數原則，是指 1 ~ 10 的數數能力測驗篇中得分高者代表數數能力高。

貳、文獻探討

本研究旨在為腦麻兒童設計之數概念學習開發一套虛擬實境體感互動遊戲，並探討實施成效。以下文獻就腦麻幼童身心特性、數概念教學的理論，以及對 GBLVR 與身心障礙者之相關研究加以探討。

一、腦麻幼童之身心特質

腦麻幼童由於腦部中樞損傷，無法以平常方式控制隨意肌所引起的動作與協調困難，且其肌肉自主動作與肌肉整體的控制、粗大動作與精細動作的發展遲緩，影響正常行動及姿勢能力 (Kirk et al., 2003)。依腦部受損區域不同，會有不同的情況發生，影響身體不同區域 (United Cerebral Palsy Association, 1996)。

- (一) 腦麻幼童若為痙攣型大腦皮質運動中樞受損，中央神經系統的錐狀束導致肌肉僵硬 (Bigge, 1991)，四肢會受到異常高張力之影響，導致功能性伸手取物的範圍或行動力範圍受限。腦麻幼童常會因動作的僵硬而無法控制手部肌肉，無法觸及所有的鍵盤按鍵及控制滑鼠。

- (二) 腦麻幼童若為運動失調型，姿勢控制不佳，平衡感差，上肢動作時常有顫抖現象，站立及行走時兩腳常張開維持平衡，由於精細動作不佳，在電腦使用上也常有輸入的困擾 (Batshaw, 1997)。
- (三) 腦麻幼童若為徐動型，受到波動型異常肌肉張力忽高忽低限制，動作不協調，手腳及臉部會有不自主的扭動或突然不穩的動作，無法完成目標導向的伸手取物、點選的動作。在電腦使用上，常會因動作的扭動而無法按到想要按的按鍵，或一次按了數個按鍵 (Batshaw, 1997)。
- (四) 腦麻幼童若為僵直型腦性麻痺，或僵硬，常被歸類為痙攣型 (Bleck, 1982)。
- (五) 腦麻幼童若為失調型，是由於對小腦的破壞，特徵是失衡、不協調的動作 (Bigge, 1991; Bleck, 1982)。
- (六) 腦麻幼童若為混合型，則指同時存在不只一種症狀，最常見的就是痙攣型與徐動型或痙攣型和失調型。由於他們行動障礙影響生活經驗不足與表達所知的能力受限，很難評估腦麻者的認知能力，大約 50% ~ 60% 腦麻者會被歸類為智能障礙 (Batshaw, 1997; Hardman & Drew, 1977)。

由以上文獻得知，各類型腦麻幼童均有不同程度與型態的動作困難，使得腦麻幼童難以操作實物，缺乏動機做重複性練習，而減少練習的機會，導致數數學習無法達到預期效果，整合數概念。

二、數概念教學的理論

從認知歷程的角度分析，數數是數學最基本的技能，數學解題的內在表徵是指在解題的歷程中，學習者對於語文的解釋與內在心象所扮演的解題角色；而外在表徵則是指學習者在解題歷程中，利用外在的符號、圖形、物體等，作為輔助或說明數數的工具 (杜佳真, 1999)。一個不正確或不完整的表徵，可能會使學習者無法數數或產生數數困難 (林淑玲, 1999)。

Lesh、Post 和 Behr (1987) 的研究指出，形成概念的五種表徵包括實物情境、具體物操作、圖形、口語符號與文字符號。其中，有兩種是可操作的模型和圖像，另外則是以書面符號、口述語言和真實生活情境來呈現作為概念模式。Lesh 等人發現，若不能將概念從一種表徵形式轉化為另一形式的兒童，也不能解決問題和理解計算。

許多表徵的相關研究 (Janvier, 1987; Kaput, 1987; Lesh et al., 1987) 指出，在某些數學觀念上，學生經常無法掌握表徵類型之間的關係。Lesh 等人認為，可由學生不同表徵方式中自由轉譯，看出其對概念意義的掌握。接收訊息者能自由地轉譯各種作為溝通的表徵形式而不失其原意，這樣的轉譯過程有利於學生問題解決及數學學習。由此可知，「數數」和「表徵」之間的關係非常密切。

Piaget (1965) 對數的看法包括：

- (一) 數的本質：把數看作是連續的類別，每一個數都是等值、個別且同質的單位所形成的整體。為了讓兒童能計量一組東西，必須先建構起各分類包含的關係，

例如：「基數」或「計量數」為具有等項、個別性且可用來序列的單位類別；「序數」或「順序數」是具有等量單位，可組成一個類別並且可以決定其個別地位的一組序列。

- (二) 對應關係：發展「一對一之對應」關係是建構數概念的基本條件，因為「一對一之對應」是衡量兩組集合是否等量最直接，也最簡單的方法。提出四種對應的型態，包括相似物間的對應、異質互補物的對應、一對一的交換，以及選取與圖示等量之籌碼；其中，後兩種為動態是對應，兒童須具備基數的概念方能操作。
- (三) 對計數的看法：除非兒童達到具體運思期，否則計數是毫無數字意義可言的，因為對運思前期的兒童來說，計數能力與數的保留概念毫無相關，計數是一回事，數量又是另外一回事。

Montessori (1973) 之學習數概念模式是以感官教育為基礎，數概念必須透過感官教育形成的歷程所建構而成，最先採用數棒來學習數的概念，然後循序漸進地指導幼兒了解數的意義（數量）、數字。認為學習數概念的模式有其先後順序：學習「數名」與「數量」的聯合，再來學習「數字」與「數名」的聯合，最後學習「數字」與「數量」的聯合。

甯自強 (1994) 認為，同一個運思活動依其使用疏離感官材料的遠近，區分為感官活動期、象徵活動期及抽象運思期等三種層次。在感官活動期，若缺乏感官材料就無法完成解題；在缺乏感官材料時，若能自行以象徵方式，例如：數圖、畫圈提供材料並解題者，稱之為象徵活動期；在抽象運思期的兒童解決問題時，不但能預先規範解題的方式或策略及預測結果，且能說明解題活動的構造，並進一步地運思。以上所劃分的概念類型都是指在抽象運思期的層次，而且在每一個概念類型階段中，下一個概念類型的感官活動或是象徵活動的表現就已經出現。

許惠欣 (1992) 提出，幼兒學習數概念的順序：

- (一) 合理性的計數 1 ~ 10：包含背誦式計數、一對一的對應、基數原則及順序無關原則等綜合技能。
- (二) 1 ~ 10 集合的指認：要能說出或做出某一特定數字之集合，了解相繼數字間有「多 1」的概念，了解數的共同屬性是指兩集合含有相同的基數而言。
- (三) 以計數或圖表的方法比較數的多寡或一樣多。
- (四) 運用點的形式或撲克牌，不經計數歷程，訓練 5 以內的數量速認。
- (五) 數的保留概念：了解一個集合的基數不會因為形狀、空間位置變換而改變。
- (六) 阿拉伯數字 1 ~ 10 的介紹：在幼兒真正了解基數概念之後，可利用三階段教學法、連連看的遊戲來介紹。第一階段是感官知覺與名稱的聯合（數名與數量的聯合），第二階段是依照名稱來辨認物（數字與數名的聯合），第三階段是記憶並說出物的名稱（數字與數量的聯合）。
- (七) 運用不連續量的東西（籌碼、鈕扣、銅板……），讓兒童做出某個數字的集合數，以學習數字與數量的聯合。

Gelman 等人 (1989) 提出五項原則與數數學習有關：

- (一) 固定順序原則：必須每次數目標記都相同，遵循一定的順序，例如：由左而右，或由上而下。
- (二) 一對一對應原則：是指每一個數字必須被給予一個數字標籤。唱每一個數與點數的每一物，且每物體只能被標記一次，要一對一。
- (三) 基數原則：依照一對一計數到最後一個物品所唱的數，即代表此堆物品的數量。
- (四) 抽象原則：代表每一個在集合中的物體都是獨立的實質成員，即使性質不同，數的時候亦無差異，不管是任何物體，只要是可分開的都可以數，具體如有生命或無生性的實體，抽象如事情、聲音、心靈等皆可數。
- (五) 次序無關原則：任何集合的物品，不論從哪一個數起，數量皆一樣。

數數能力的習得必須透過感官教育、具體操作，且須經由認知歷程所建構而成，並非教師直接傳授或給予學生的（林義雄、陳澤民，1985；Montessori, 1973）。在一些實證研究中發現，透過電腦輔助教學多重感官刺激與具體操作經驗，的確能幫助身心障礙學生數數的學習（吳連滿，2001）。然而，GBLVR 可以突破腦麻幼童操作滑鼠的困境，藉由體感互動，透過影像呈現，將具體物體轉換成抽象的量，依序提示語音，經由反覆練習，適時給予學生立即回饋，以提高學習動機，使幼童能主動繼續專注學習。此外，GBLVR 亦能依幼童個人進度、反應速度進行適性學習。

三、GBLVR 與身心障礙者之相關研究

GBLVR 為一種利用電腦科技創造出的虛擬物體及情境，使人可以身歷其境與虛擬物體互動，例如：影像輸入控制透過這種無實體介面的控制輸入方式，讓遊戲者能在控制過程中得到更真實且自然的操作感受 (Stephen et al., 2005)。康琳茹等人 (2005) 提出，在傳統治療中可能需要花費治療師很大的心力及時間的活動，能利用電腦視訊遊戲系統來增加身障學習者重複練習的動機，使兒童在短時間內達到相同的練習次數。藉由虛擬實境體感互動對於使用者動作表現的即時回饋，可以讓兒童看到自己身體任何部位的動作及練習訓練活動的表現，也能透過活動的成功與否來調整身體任何部位的動作。

國外已經有許多研究證實，虛擬實境的體感互動遊戲可改善身障者移動、認知能力、生活品質與社交機會 (Hirose et al., 1994; Inman et al., 1997; Muscott & Gifford, 1994; Nemire & Crane, 1995; Rose et al., 1996; Stephenson, 1994; Wilson et al., 1996)。國內也有多位學者建議，利用虛擬實境創造一個類似真實的環境，讓病患或肢體障礙者在此環境中做到真實世界裡做不到的事，同時，電腦環境也可提供病患指引及各種回饋，使病人更有動機、信心及興趣。目前主要的發展方向為動作的功能性評估、注意力障礙、運動障礙、腦性麻痺的復健等（李淑玲，2004；殷心蓓、莊天佑，2000）。

Reid (2002a) 針對 8 ~ 12 歲的三位腦麻幼童提供虛擬遊戲的復健環境，結果發現，受試幼童的自我效能顯著提升，從事活動的動機、興趣與愉悅的心情也提高。Reid(2002b) 以 13 位 8 ~ 13 歲腦麻學生為研究對象，進行八次每次一小時 12 種虛擬實境體感遊戲，確實鼓舞身障者玩遊戲，增進其創造力、任務持續力與動機，以及某些程度的控制力。

Harris 和 Reid (2005) 以 32 位 8 ~ 12 歲腦麻學生為研究對象，其中，實驗組採用傳統的物理與職能治療及虛擬實境遊戲加以訓練，結果發現，參與者的意志力會隨著虛擬實境遊戲的挑戰性、有變化與競爭性等不同層次的環境而改變。劉少維和李淑玲 (2008) 利用市面上流行的 Wii 與傳統電腦遊戲對三位在家教育癌症病童進行研究，結果發現，受試者在進行 GBLVR (即 Wii) 時的動機顯著優於傳統電腦遊戲，因此，證實設計良好的遊戲可以提高使用者的動機去參與遊戲的行為，讓孩子有機會在遊戲中經驗治療。劉嫻妮 (2008) 針對自閉症學童設計「小廚師」和「垃圾分類」兩套體感互動遊戲，在介入後發現，具有結合傳統教材與感覺統合教具的優點，並可增強學童的學習動機與反覆學習的次數。

Nemire 和 Crane (1995) 的研究發現，GBLVR 讓腦麻幼童得以接受以前從未可能有的教育經驗。Inman 等人 (1997) 的研究指出，GBLVR 對腦麻者移動技能是有很有效的。這些研究結果建議，透過 GBLVR 提供腦麻者模擬互動環境，有機會練習與嘗試新技能而不需擔心尷尬或受傷的危險，進而改善其動作，增進其個人的控制感或自我效能。

國外有多位學者採用 GBLVR 來訓練障礙者上肢活動，為中風病人提供大量練習的機會，初步成果顯示，GBLVR 對於中風偏癱患者上肢功能具療效 (Broeren, Bjorkdahl, Pascher, & Rydmark, 2002; Holden, Todorov, Callaban, & Bizzi, 1999; Merians et al., 2002)。Wann 和 Turnbull (1993) 等學者利用 GBLVR 訓練三位腦麻青少年上肢控制能力，結果顯示，其中兩位雙下肢痙攣型青年在訓練後，伸取動作平順性明顯增加，但徐動型的受測者並無明顯進步。Reid (2002b) 則採用 Mandala Gesture Xtreme Technology 針對四位腦麻兒童進行上肢訓練，利用攝影機和電視機將兒童的影像呈現在電視畫面中，結果顯示，一位受試者之上肢動作品質測試已達滿分，兩位些微進步，但有一位卻退步，這可能是因為其動作功能差，做出伸取動作較困難，故成效不顯著。而國內的研究有康琳茹等人 (2005) 利用虛擬實境訓練一位腦麻兒童之伸取行為，結果發現，訓練後個案的上肢伸取物的動作表現、上肢預期性動作控制能力，以及精細動作能力皆有進步，訓練結果可以維持到治療結束後一個月。雖然這只是作者先發表初步成果的前驅試驗文章，仍可藉此初步了解 GBLVR 的訓練可以改善腦性麻痺兒童肢體動作的品質。由此可見，GBLVR 在復健領域顯示了將來在臨床應用上的潛力。

關於有些研究者在認知學習上運用 GBLVR 的教育與訓練研究，例如：運用 GBLVR 教導學生安全過馬路 (Lee & Huang, 2007; McComas et al., 2002)、校園尋路 (林靖凱, 2008)、由學校到實習場所的交通技能 (洪萬菘, 2008)。Cho 等人 (2002) 的研究發現，GBLVR 的認知訓練對注意力與行為困難的青少年在增進參與持續完成作業的注意力提升是有效的。此外，也有研究者運用虛擬實境購物中心教導 14 位中風者購物技能 (Rand et al., 2007)。

由以上文獻得知，在 GBLVR 部分所呈現的文獻以動作控制和動機增進為主，唯獨增進認知學習的相關文獻很少。腦麻幼童由於生理或心智上的限制，如果只仰賴教師傳統的數學教學，有限的人力與時間確實比較難以達到足夠練習的功效，又或著使用傳統的電腦輔助教學，學生卻因無法操作電腦介面而受挫，更無法享受電腦多媒體的學習樂趣，因

此，本研究設計 GBLVR 讓腦麻幼童突破使用一般鍵盤的困境，也可以享受數數電腦遊戲活動的學習樂趣，使腦麻幼童即使在無教師監督之下，也可能以遊戲方式，在除了教室之外的場所（如家中）樂此不疲地參與此新型態的遊戲與學習活動，以提升數數功能的認知發展與其他面向的發展。

參、研究方法

茲將本研究之研究設計、研究參與者、教學內容、研究步驟、資料蒐集與分析與研究信度說明如下：

一、研究設計

本研究針對腦麻兒童數數學習研發的一套 GBLVR 探討其學習效果，之所以採用行動研究，主要原因在於 GBLVR 仍處於軟體開發的需求評估階段，先以個案進行測試，可作為 GBLVR 修正之依據。為了解腦麻兒童的數數教學的需求，首先由教師、治療師與家長針對腦麻兒童的年齡、認知、專注力、語言、感官知覺、動作、興趣與生活經驗等方面做初步評估，及其在使用此套軟體時有何需求，也設想在使用虛擬實境教學時的教學策略，同時評估數數學習的需求，探討有哪些數數教學適用於 GBLVR 中。由於行動研究是以解決問題並改善實務現況為導向，所注重的是「即時應用」與「實用可行」的結果，並透過研究過程找出較適當的解決策略（潘淑滿，2003；蔡清田，2000）。因此，本研究採用行動研究，經歷「問題（個案數數學習困難）→策略（軟體與教學歷程的調整）→實施（→修正→實施→修正→）的行動循環。

二、研究參與者

研究參與者包括學前特幼班腦麻中度肢障五歲幼兒 1 名（如表 1），以及本研究團隊成員，包含特殊教育系學者一位、職能與物理治療師各一位，兩位有幼教經驗的早療所研究生擔任教師、兩位為軟體設計工程師。學生現況能力如表 1。

表 1 學生能力現況

| 項目 | 能力現況描述 |
|--------|---|
| 認知能力 | 記憶力佳，可背誦家中電話號碼；會做推理思考活動；已具各項基本認知能力。正開始學習數數 1～5，仍舊不熟練。 |
| 溝通能力 | 可以完整句表達，平時多氣息聲，音量小，鼓勵之下說話音質、音量可；語音清晰度可。二步驟指令可聽懂。 |
| 生活自理能力 | 會用湯匙吃東西、拿杯子喝水。穿脫衣物、如廁（目前使用尿布）、清潔衛生等能力尚未建立，依賴成人協助。 |
| 動作能力 | 雙下肢及左手高張，需後拉式助行器輔助行動，不願意移動，舉高手。粗大動作能力需持續練習。 |

| 項目 | 能力現況描述 |
|--------|--|
| 社會人際能力 | 對自己較無自信，例如：走路，會將之隱藏；喜歡戴口罩遮住自己的臉部。 |
| 精細動作能力 | 除摺紙、著色、持剪刀、仿畫等能力尚未發展出來。 |
| 手眼協調能力 | 兩眼散光 100，遠視 100，右眼會飄，戴眼鏡不穩定，須加強手眼協調能力。 |

三、研究場域

以臺北縣國小附設學前特幼班之知動教室為研究教學進行之主要場所（如圖 1）。設備為筆記型電腦一部、下載 GBLVR 軟體、筆記型電腦的網路攝影機、前方為白色牆壁，學生可以使用後拉式助行器移動操作牆上的虛擬物件進行數數遊戲。

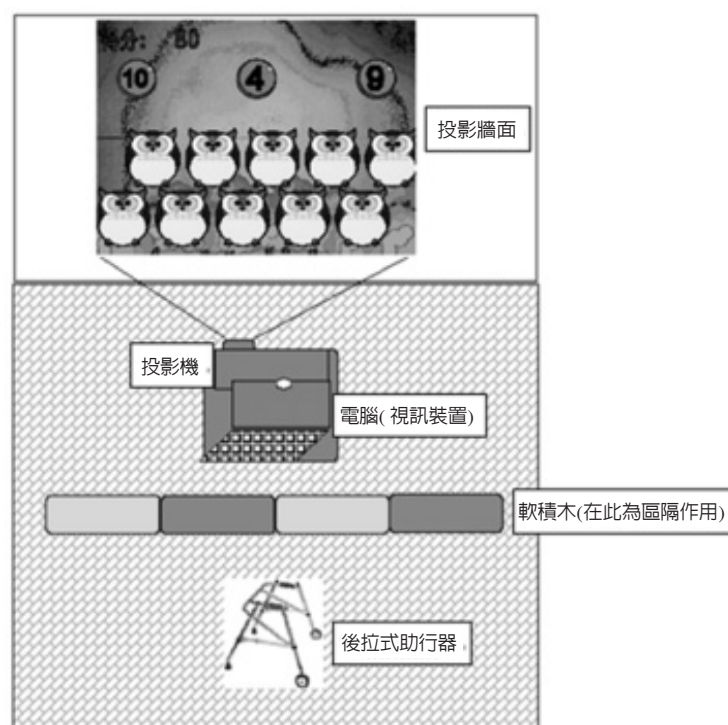


圖 1 研究場域配置

四、教學內容

參考國內外文獻數概念理論，並在研究過程中與專業團隊共同評估腦麻幼童數數教學需求與軟體可以達成的數學教材，擬定 GBLVR 的教學內容：認識 10 以內數字、數量的概念，包括池塘、農場、樹林、動物園五種情境，各有教學篇、練習篇和測驗篇。

五、研究步驟

(一) 探索階段：發現問題

腦麻幼童上肢體操作物體困難 (Kirk et al., 2003)，導致在數數學習的挫折。特幼教師表示，數數教學是目前學前特幼班教師需要協助的項目之一。

(二) 行動研究前置階段

1. 針對所發現的問題焦點組成研究團隊：包括特殊教育學者、治療師、軟體工程師與幼教教師。
2. 選擇個案與進行處理前之觀察：研究團隊進入特幼班觀察腦麻幼童在學習數數的狀況與評估。
3. 分析問題與設計軟體擬定虛擬實境數數教學行動方案：研究團隊分析所整理腦麻幼童之觀察與評估記錄、個人IEP檔案與訪談資料，召開會議，針對幼教教師執行數數教學上有困難的腦性麻痺幼兒設計軟體，由學者、工程師與幼教教師研擬GBLVR數數教學行動方案。

(三) **GBLVR 數數教學方案行動研究執行階段**：研究團隊持續觀察以瞭解方案執行情形，每週共同依據所攝影的內容與入班觀察日誌找出行動方案的問題，並對問題召開會議整理出教學策略提供予教師教學，再經由教師實施教學後，團隊討論修正後執行教學建議。

(四) **評鑑階段**：在每一次提供策略並由教師實施後，透過形成性評量，研究團隊所提策略成效並透過教師的回饋修正策略。再針對介入方案實施的情形彙整資料，評鑑其學習成效。

(五) **寫作階段**：提出研究成果與省思成長之探討

六、資料蒐集與分析

在量化與質性資料分析上，首先將所有初步資料依據研究目的歸納綱要，再根據綱要做質性辯證的工作，並持續以現場觀察檢視，修正教學建議和執行虛擬實境數數教學內容，而執行方案成效中的數數能力與獨立程度採量化分析，再整理成報告重點。

(一) 量化資料蒐集與分析

1. 數數能力：每一次上課採用虛擬實境數數教學內容中測驗篇螢幕上10題答對得分的百分率。
2. 獨立程度：每一次上課進行測驗篇時錄影，上課完立即觀看錄影帶分別蒐集獨立程度的紀錄。對個案採用提示與協助的情況，以誤碰(×)得0分、肢體加上口語協助(P+V)得1分、肢體協助(P)得2分、手勢提示(G)得3分、口語提示(V)得4分、獨立完成(I)得5分，觀看錄影帶記錄每次上課總分。獨立程度得分=總得分/50 × 100%。

(二) 質性資料蒐集與分析

每一次上課觀察記錄、研究者日誌、下課後觀看錄影帶、開會討論並蒐集正式與非正式訪談資料，質性資料來源包括觀察紀錄（觀）、正式訪談（訪）、非正式訪談（談）、會議記錄（會）、與研究日誌（誌）等，並依照資料之來源、對象、時間等順序使用代碼，例如「觀 20100408」則表示是 2010 年 4 月 8 日觀察個案紀錄，其餘類推。

七、研究信度

量化研究採觀察者信度考驗，研究者向兩位具有觀察紀錄專業知識與經驗的研究生說明目標行為（數數能力與獨立程度）之操作型定義與記錄方式，討論達成紀錄上的共識後，才分別觀看錄影帶，記錄目標行為，且係採取點對點方式計算兩位觀察者間的一致性（數數能力達 100% 與獨立程度達 96%）。

質性研究採用三角檢驗驗證研究的信度，透過持續觀察、訪談、會議紀錄、教學紀錄、學生 IEP 文件、教學省思、研究日誌、家長意見、錄影與錄音等方式蒐集多種資料，交由治療師、幼教教師與個案家長確認其真實性，並透過交叉核對方式驗證資料的真實性。此外，本研究所有觀察紀錄、訪談逐字稿、會議資料等相關資料全部公開給研究參與者確認與修正，提升資料的可靠性與可信度。

肆、結果與討論

本研究旨在以行動研究為一名腦麻兒童開發一套虛擬實境體感互動遊戲，並探討數概念學習與其他發展實施成效，主要探討 GBLVR 數數教學軟體研發歷程、實施虛擬實境數數教學的歷程、GBLVR 數數教學介入後發現個案的改變與研究參與者的專業成長與省思。

一、GBLVR 數數教學軟體設計的歷程

（一）評估腦麻幼童之數數教學需求

研究團隊連續四週共四次的入班觀察個案參與數數課程的情形，結果發現，數數正確率紀錄為 5%（觀 20091103）、10%（觀 20091110）、5%（觀 20091117）、5%（觀 20091124），正確率低。

個案較沒有自信地坐在一旁看，如果教師安排操作性數數活動，包括數桌上的花片、地上的球、午餐餐桌上的香蕉或利用電腦遊戲玩數數遊戲時操作一般的滑鼠有困難，也較無法操作數出正確的數目（會 20091125）。

綜合教師向團隊反映個案的問題，加上本團隊入班觀察紀錄與治療師入班診斷結果歸納發現，個案的手部精細動作與大肌肉控制困難影響個案數數學習活動，仍具有視覺、溝通與認知能力，以及學習動機等優勢能力，個案操作實體困難。

（二）GBLVR 數數教學軟體的研發歷程

GBLVR 根據數概念理論、個案之優勢與需求，例如：以有趣、友善的使用介面 (user-friendly interface) 為開發理念，研究專業團隊評估個案之優勢與需求，在個案觀察記錄中發現，「個案的優勢為聽力、視力，個案手部功能欠佳較無法操作傳統滑鼠，移動困難無法體驗廣泛的學習活動」(觀 20091124)，建議「利用 GBLVR 讓個案自發性地移動與舉上肢」(會 20091124)。本研究團隊設計 GBLVR 讓個案有動機利用肢體的移動操作 GBLVR，從數數遊戲中增進其數數的能力，以及不自覺地達到功能性物理治療。

在依序數數部分，原來的數字只以平面的圓形呈現，後來修改為較立體的球形，讓幼童更喜歡操作。同時，訪談教師提出個案喜歡的動物，例如：池塘裡的青蛙、魚、鵝；農場的豬、牛、雞；樹林裡的鳥、貓頭鷹、猴子；動物園中的大象、獅子、鹿。因此，建議「利用個案喜歡的卡通動物設計在數數活動中，增進幼兒對依序數數與數量概念的理解」(會 20091124)。原來的動物以線畫呈現，改為兒童較喜愛的卡通立體圖像，而且上排選項右側的「數字球」太靠近「離開」此畫面的指令太近，容易誤觸而離開畫面(觀 20091216)，建議將「離開」指令隱藏，由老師主控(會 20091216)，以達到 user-friendly 的目標，專業團隊觀察討論歷程中發展的 GBLVR 的課程內容：

1. 教學篇：

- **依序點數**：依序由 1 開始數數到 5，手碰到泡泡 1 時，會掉下來在最下面變成數字 1，並發出 1 的聲音。碰到數字 5 數完時，畫面變成 6～10，數完到 10，畫面再回到 1～5，重複一直玩。數字由左到右排序。



- **數量概念建立**：依序碰到「獅子」會變成「球」，中間數字會累加，並發出聲音。碰到 10 隻獅子後會發出「這有 10 隻獅子」的聲音，然後重複一直玩。



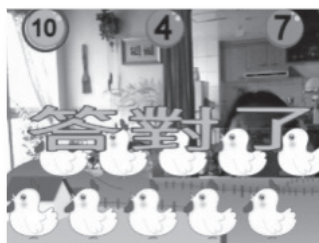
2. 練習篇

- **依序點數**：數字亂序排列，數完 1～5 後，畫面變成 6～10 亂序排列，然後重複一直玩。



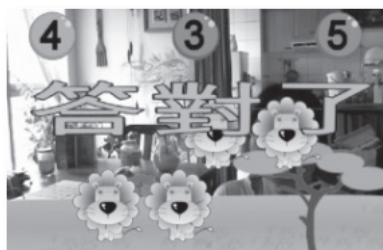
- **數量概念建立：**隨機選取場景、動物、數量做配對，共有 10 題（1～10 都要出現），答對時會顯示並說出「答對了！這有 10 隻雞」。若答錯，會顯示並說出「不對喔！應該是五隻」，並圈出正確答案，可重複一直玩。

| |
|---|
| 池塘：青蛙、魚、鵝 農場：豬、牛、雞 樹林：鳥、貓頭鷹、猴子 動物園：大象、獅子、鹿 |
|---|



3 測驗篇：

隨機選取場景、動物、數量做配對，共有 10 題（1～10 數字都要出現），會顯示得分（每題 10 分）。答錯不會告訴答案，只會出現「不對喔！」，10 題答完後，畫面中會出現總得分，然後回選單。



二、實施虛擬實境數數教學的歷程

（一）電腦視訊的調整

調整電腦視訊的位置協助個案了解體感遊戲的效應，剛開始時，「個案的雙手無法碰觸到左右兩邊的數字球」（觀 20100409）。由於個案無法碰觸兩側數字球，因此，將電腦調整低（會 20100409）。但是，發現「中間部分的影像太低容易誤觸，影響作答的正確性，所以再將視訊調整回原位」（觀 20100412）。

「視訊會感應到後方置物櫃上的物體」（觀 20100408），大螢幕呈現牆上太多雜物干擾個案而碰觸數字球，老師「用布將雜物背景遮住」，效果仍不彰。建議「個案後方找比較單純的牆面」（會 20100408）。

「電腦視訊放置位置太偏右邊，導致個案每次操作時，一不小心就跑出視訊範圍」（觀 20100413）。建議「將視訊調整到與投影機放置在個案正前方」（會 20100413），才能正確

地投影出個案的對應位置。後來，又發現「電腦螢幕會讓個案無法專心看著投影到牆面的影像」（觀 20100413），所以，建議「關掉電腦的小螢幕，避免分心」（會 20100413），只對牆面大螢幕反應。

（二）個案擺位與移位的調整

個案進行 GBLVR 數數教學活動高度的調整，剛開始時，教師安排個案坐在幼稚園的座椅上，舉手選擇正確的數字，但是，「個案的雙腳一直踢，導致座椅一直往後移動」（觀 20100408），建議「將幼稚園座椅更改為固定椅」（會 2010048）。後來，發現「個案的雙手依然無法碰觸到左右兩邊的數字球」（觀 20100408），調整為「坐固定椅換成移動後拉式助行器」（會 20100408），由於個案仍無法了解體感互動，「常常會衝向大螢幕而跑出視訊範圍」（觀 20100409），建議「在電腦設備前放置『軟積木』（會 20100409），控制孩子與視訊的位置。

（三）遊戲式對話教學

「個案花很多時間調整自己站的位置，視訊常感應不到個案的軀體，增加挫折感」（觀 20100414），建議採用遊戲式的對話，例如：「將助行器形容成一臺『車』，超出鏡頭照射範圍為『闖紅燈』」。個案做前後左右微調時，就說：「『開』過來，我這邊一點！」（會 20100414），發現個案喜歡遊戲式對話教學，在遊戲中學習，可以提升其學習動機，自然而然地體悟視訊體感互動的關係。

（四）提供多元方式觸發體感互動

由於個案舉起手臂後，頭部的高度與手臂一樣高，個案用頭碰觸數字球，而不舉起手嘗試，一走動就誤碰（觀 20100413）。建議提供輔具小手，延伸個案的手部觸碰範圍（會 20100413）。教師發現，孩子剛開始握輔具小手時，無法判斷控制握把握的位置，通常握得太上面，輔具小手無法發揮延伸的功能（觀 20100413）。建議教師握著個案的手握輔具小手，讓個案體驗成功經驗（會 20100413）。口語提示個案：「手舉高就好，不要揮，放在 2 上就好」（會 20100413），個案自己用頭、手、輔具小手練習一陣子，會自己漸漸體會哪種方式較容易成功（會 20100413）。因此，提供多元方式讓個案嘗試用頭、手或輔具小手控制視訊體感互動，達到容易成功觸碰數字的方式。

綜合以上視訊位置的調整、輔具（小手、助行器、軟式積木等）、遊戲式的對話，以及多元方式的觸碰，讓個案體會到視訊與自己的關係，適度地調整自己的位置，順利進行教學。

三、GBLVR 數數教學介入後發現個案的改變

（一）數數能力之改變

圖 2 顯示，個案在 GBLVR 介入後，個案的數數能力由 40 分提升為 90 分以上，而且

個案看見螢幕上的影像，就算動物只露出局部身體，依然將其算成一隻（觀 20100423），符合 Piaget (1965) 數的保留概念。同時，個案數數能力由放聲思考內化成概念，例如：「原本是大聲數出數字，到了後來會默默地在嘴巴默唸，確定答案就直接選擇」（觀 20100423）。

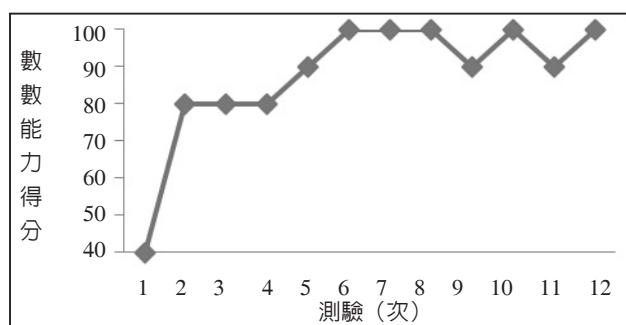


圖 2 個案參與 GBLVR 數數能力曲線圖

(二) 獨立程度之改變

圖 3 顯示，個案在 GBLVR 介入之前，需大量口語提示與肢體提示，經過介入後，教師只要給予少量口語提示即可完成，獨立程度由直接提示提升成間接提示，例如：原先握住小手輔具的前段，經過教師口語提示，「你的秘密武器可以自己調整一下，之後他便自己調整成握住後端的部分」（觀 20100423）。經過兩個月的嘗試與調整，教師針對 GBLVR 介入後的個案獨立能力的提升持肯定態度：

個案很認真的操作，當獨立答對的題數愈多，個案顯得愈積極嘗試，教師不用再增強孩子的行為，孩子就會自願獨立進行遊戲。（觀 20100423）

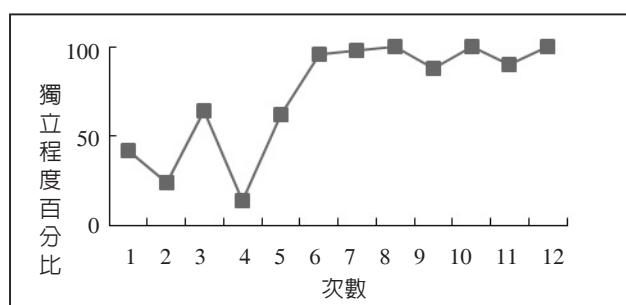


圖 3 個案參與 GBLVR 後獨立程度百分比曲線圖

(三) 動作能力掌控感之提升

個案在教學介入前，雙手不伸直，經常頭與手的高度一樣誤觸數字球，但是，在經過一段時間介入後，觀察個案的結果如下：

自行操控後拉式助行器的方向，解決了無法碰觸到左右兩邊數字球的問題，並且右手舉得很直，將後四指併攏，以「手刀」的方式，甚至墊起腳尖，以增加身體長度穩定玩數數遊戲，速度也愈來愈快。（觀 20100423）

自行用眼睛觀察助行器與積木的距離後，調整適當的距離用最輕易的方式觸碰數

字球。(觀 20100423)

在 GBLVR 介入後可發現，個案善用空間知覺，學會先觀察，再開始遊戲，對角度的知覺愈來愈準確，動作已經內化，善用本體覺，能達到功能性物理治療融入遊戲當中。研究結果與 Wann 和 Turnbull(1993)、Inman 等人 (1997)、康琳茹等人 (2005) 建議透過 GBLVR 提供腦麻者有機會練習與嘗試新技能而不需擔心尷尬或受傷的危險，以改善腦麻者之上下肢動作成就的效益雷同。

(四) 自我抉擇的機會增多

Pagliano(1999) 指出，多感官環境促進使用者的掌控感。Downing(2007) 也指出，教育方案的主要目標之一是幫助學生去發展自我決策的能力，能主導做一個積極有主動的角色。由以下的觀察可以見證：

我還要！(D20100416)

連續三次用輔助小手揮動項目選單，搶著比老師先指到控制選項。(觀 20100416)

等一下我還要再玩。(觀 20100422)

孩子每玩一次結束後，會自己將手舉高，並觸碰遊戲選項「是否」中的「是」，連續四次以上。(觀 20100423)

綜合上述實施效果與 Reid(2002a, 2002b) 的研究結果雷同，顯示個案自己決定操作遊戲軟體選項與動機，增進其個人的控制感或自我效能。

四、教師與研究參與者之專業成長與省思

(一) 研究者知能之成長

研究者於研究團隊在執行 GBLVR 方案行動過程中，結合特殊教育與資訊科技跨領域研發 GBLVR 軟體，在學術上跨領域科技整合能力的成長；同時，也發現教師對學術工作者的態度。教師說：「Wii 是很好玩的遊戲，沒想到你們也可以設計來給腦性麻痺的學生做數數的遊戲，真好」(訪 20091108)，「他竟然主動要求要玩數數遊戲」(訪 20100430)。教師在看到個案的學習動機強與各方面發展的進步後，對 GBLVR 方案的成效持正向態度，研究者也在拉近學術工作者與實務教師之距離的能力上成長不少。

(二) 軟體工程師知能的成長

軟體工程師四次與特教專業教師討論，針對腦麻幼童的優勢與特殊需求設計虛擬實境數數遊戲，期以教學軟體的能力提升數數遊戲的執行效果。建議擴展軟體開發研究人員之專業知識，接觸不同專業人士（如特殊教育專業人員），提升軟體程式寫作能力及增進跨領域之應用能力。

(三) 幼教教師的知能成長

在本研究團隊介入前，幼教教師對個案執行此新型態的科技虛擬實境數數教學活動時，深覺自己在科技資訊的專業不足，並對個案難以掌握自己的動作與螢幕上影像之間的因果效應感到擔心，但在經過行動方案執行後，採用專業團隊建議的遊戲式對話，調整視訊的位置與個案的擺位，讓孩子在遊戲中學習，針對個案的問題，透過研究團隊討論的建議的策略，教師指出：

還不錯啊！面對如此新型態的科技融入教學，不只是教學專業的成長，也不孤單可以和專業團隊共同面對問題，解決問題，很有收穫且效果很好（訪 20100430）。

(四) 治療師對腦性麻痺幼兒執行虛擬實境數數教學的知能成長

本支援團隊之治療師在行動方案實施之前，過去最常使用的治療方式是將學生抽離教室到感覺統合教室進行直接服務。為了找出介入個案教學策略，本研究團隊請治療師入班診斷，實施治療融入教學活動，治療師也同意教師所指出的：「他現在為了要達到玩遊戲的目的，可以自動自發地從這一邊移位到另一邊，手也直直地高舉著」（訪 20100430），這樣的結果使我們了解到治療師在團隊的重要性，也驗證治療師提供對腦麻幼童執行功能性治療融入課程活動的可行性，對治療師而言，是一個專業成長的經驗。

(五) 團隊提供虛擬實境數數教學服務的相關問題省思

本研究團隊運用 GBLVR 方案的模式，經由抽絲剝繭的過程一起找到幼兒數數教學的特殊需求與教學重點，據以研發軟體與執行 GBLVR 數數教學提升腦麻幼童各方面的成長。但此方式仍有以下的研究限制：

1. 使用對象的條件限制：重度腦麻幼童或許也具備少許知動能力，但是，成熟度較差，本系統是新型態的互動模式，因此，可能需要花較多的時間體悟虛擬實境的體感互動，不適用於年紀太小的個案。在考慮到其知動能力的成熟度之外，仍需考量與學習相關的基本能力尚在起始階段，例如：後設認知能力、邏輯推理能力等學習先備知能不足，無法有效執行。
2. 使用軟體的開發技術的限制：軟體的開發在技術上可能無法克服所有數數教學上的要求。

伍、結論與建議

一、結論

- (一) GBLVR 軟體設計的歷程：透過研究團隊所蒐集的個案資料，得知個案優勢在於聽覺與視覺以及興趣，考量動作困難的需求，團隊與軟體工程師一再地討論、執行、修正，並將軟體設計朝虛擬實境體感遊戲來進行，讓個案融入 GBLVR 數數

遊戲中，以增進其學習動機。

- (二) 實施 GBLVR 數數教學的歷程：在實施 GBLVR 數數教學的歷程中，透過調整電腦視訊位置、個案擺位與移位、輔具（小手、助行器、軟式積木等）、遊戲式對話教學，以及多元方式體感互動，讓個案體會到電腦視訊與自己的關係，適度地調整自己的位置，使個案樂於在虛擬實境中享受體感互動遊戲的因果效應，得以順利進行數數教學。
- (三) 虛擬實境數數教學介入後發現個案的改變：個案在虛擬實境數數教學介入後，數數能力提升，獨立程度漸漸提升，由直接提示提升成間接提示，而且動作能力掌控感與自我抉擇的機會也相應增加。
- (四) 研究參與者的專業成長與省思：透過本研究的實施，使教師與研究參與者均獲得專業的成長，包括：1. 研究者在跨領域科際整合、學術界與實務合作的知能上成長；2. 幼教教師對個案執行此新型態的科技 GBLVR 數數教學知能與跨專業團隊合作能力的成長；3. 提升軟體工程師針對腦麻幼童的優勢與特殊需求設計 GBLVR 數數教學軟體的能力與跨專業團隊合作的能力；4. 治療師體認對腦麻幼童運用 GBLVR 執行功能性治療融入課程活動的可行性。

二、建議

- (一) GBLVR 使用對象條件之建議：由於 GBLVR 數數教學活動強調學習過程的操作與互動，知動能力為必要條件，建議 GBLVR 使用對象須具備基礎的知動能力，輕度腦麻幼童才具備基本的知動能力。也建議可以推展到一般幼兒、學前特殊需求幼兒、身體病弱兒童、成人中風或腦外傷患者、或退化性的疾病（如帕金森氏症患者）等對象。
- (二) 對 GBLVR 數數教學軟體設計的建議：現在身心障礙學生的教學都強調具有功能性，即使使用 GBLVR 數數教學也要注意這個原則。由於教學的過程十分強調多感官刺激與互動，除了考慮學習後的應用性之外，貼近日常生活的材料與遊戲特質較能引起學生的興趣，在教學過程中也能顯得積極主動。
- (三) 對教學型態之建議：一般學生在數數教學時，大都採用大班配合小組合作學習的型態，但若用在腦麻幼童，因為學前腦麻幼童的個別差異大，最好是直接採用小組或一對一的方式進行，除了方便教師設計教材外，也能讓每個學生有較多的操作時間，較多練習的機會。而教師也可以針對個別需求做擺位與移位置調整、視訊調整、輔具提供、多元方式觸碰的體感互動與遊戲式對話教學的提供，較能達到適性教學的效能。
- (四) 對幼教教師之建議：教師除了必須具備特殊教育知能與自己數數領域的學能之外，還需要擁有新型態的 GBLVR 基本資訊素養與教學設計的理念，隨時參與相關的研習，利用此新型態的 GBLVR 提供更多元的數數教學。
- (五) 對未來研究的建議：未來研究可參考本研究結果，並就學校本身可取得之設備

資源，組成研究團隊入班協助 GBLVR 數數教學之執行，建議未來配合幼兒園既有課程模式，以不同障礙類型與障礙程度學生以及普通幼兒，以班級為場域進行 GBLVR 數數教學之行動研究或單一受試實驗設計研究。

參考文獻

一、中文部分

- 吳亭芳 (2002)。肢體障礙者電腦輔具評量及訓練成效之研究 (未出版之博士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 吳連滿 (2001)。電腦輔助教學對輕度智能障礙學生數數能力成效之研究 (未出版之碩士論文)。國立花蓮師範學院，花蓮縣。
- 杜佳真 (1999)。數學文字題的表徵策略。科學教育研究與發展，15，59-67。
- 林淑玲 (1999)。國小學習障礙學生對比較類加減應用解題表徵之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 林義雄、陳澤民 (譯) (1985)。數學學習心理學 (原作者：R. S. Richard)。臺北市：九章。(原著出版年：1971)
- 林靖凱 (2008)。虛擬實境融入教學對國小智能障礙學童校園尋路教學成效之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。
- 洪萬菘 (2008)。虛擬實境教學對交通技能之成效研究——以高職中重度智能障礙學生獨立到實習職場為例 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。
- 孫淑柔 (2001)。智能障礙學生數學學習能力之探討。國教世紀，197，27-32。
- 徐智杰 (2002)。網際網路 CAI 對國中智障學生錢幣使用學習成效之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 殷心蓓、莊天佑 (2000)。虛擬實境在復健醫學上的應用。臨床醫學，45，374-6
- 康琳茹、陳祐蘋、宋文旭、蔡美文、莊天佑、李淑貞、鄭素芳、董基良 (2005)。虛擬實境對腦性麻痺兒童伸取行為之訓練療效：個案報告。物理治療，30(6)，339-347。
- 張競文 (2006)。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 (未出版之碩士論文)。國立臺中教育大學，臺中市。
- 許惠欣 (1992)。幼兒「該」如何學習數概念？——統合模式。臺南市：私立光華女子高級中學。
- 甯自強 (1994)。國小低年級兒童數概念發展研究 (I) ——「數概念」類型研究 (II)。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告 (NSC 83-0111-S023-001-A)。
- 劉少維、李淑玲 (2008)。在家教育癌症病童參與傳統電腦遊戲與虛擬實境遊戲的遊戲動機之比較研究。特殊教育學報，28，97-122。
- 劉光漢 (2005)。電腦輔助教學在國小輕度智能障礙學童時間概念學習之研究 (未出版之碩

- 士論文)。國立臺中教育大學，臺中市。
- 劉相志 (2000)。腦性麻痺學生電腦輔助科技之發展與應用成效研究 (未出版之碩士論文)。國立高雄師範大學，高雄市。
- 劉嫚妮 (2008)。應用體感互動遊戲於自閉症兒童認知學習之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺北科技大學，臺北市。
- 潘浚琪 (2001)。全球資訊網輕度智能障礙兒童數學輔助學習系統對國小輕度智能障礙兒童學習效果之研究 (未出版之碩士論文)。臺中師範學院，臺中市。
- 潘淑滿 (2003)。質性研究——理論與運用。臺北：心理。
- 蔡清田 (2000)。教育行動研究。臺北：五南。
- 鄭人豪 (2004)。電腦化圖示策略對國小輕度智能障礙學生比較類加減法應用問題學習成效之研究 (未出版之碩士論文)。國立新竹教育大學，新竹市。
- 謝明哲 (1999)。適應性六鍵式摩斯碼鍵盤與肢體障礙者個案訓練研究 (未出版之博士論文)。國立成功大學，臺南市。
- 謝易真 (2008)。電腦融入教學對國小輕度智能障礙學生改變類加減應用題學習成效之研究 (未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。

二、英文部分

- Batshaw, M. L. (1997). *Children with disabilities* (4th ed.). Baltimore, MD: Paul H. Brookes.
- Bigge, J. L. (1991). *Teaching individuals with physical and multiple disabilities* (3rd ed.). Upper Saddle River, NJ: Merrill/Prentice Hall.
- Bleck, E. E. (1982). Cerebral palsy. In E. E. Bleck & D. A. Nagel (Eds.), *Physically handicapped children: A medical atlas for teachers* (pp. 59-132). Orlando, FL: Grune & Stratton.
- Broeren, J., Bjorkdahl, A., Pascher, R., & Rydmark, M. (2002). Virtual reality and haptics as an assessment device in the postacute phase after stroke. *Cyberpsychology & Behavior*, 5, 207-211.
- Cegelka, P. T., & Berdine, W. H. (1995). *Effective instruction for students with learning difficulties*. Needham Heights, MA: A Simon & Schuster.
- Cho, B. H., Ku, J., Jang, D. P., Kim, S., Lee, Y. H., Kim, I. Y., Lee, J. H., & Kim, S.I. (2002). The effect of virtual reality cognitive training for attention enhancement. *Cyberpsychology and Behavior*, 8(2), 129-137.
- Downing, J. E. (2007). *Including students with severe and multiple disabilities in typical classrooms practical strategies for teachers* (3rd ed.). Baltimore, MD: BROOKES.
- Gelman, R., Meck, E., & Merkin, S. (1989). Young children's numerical competence. *Cognitive Development*, 1(1), 1-29.

- Hardman, M., & Drew, C. (1977). The physically handicapped retarded individual: A review. *Mental Retardation*, 15(5), 43-48.
- Harris, K. & Reid, D.(2005). The influence of virtual reality play on children's motivation. *The Canadian Journal of Occupational Therapy*, 72(1), 21-29.
- Hirose, M., Taniguchi, M., Nakagaki, Y., & Nihei, K. (1994). Virtual playground and communication environments for children. *IEICE Transactions on Information and Systems*, 12, 1330-1334.
- Holden, M., Todorov, E., Callaban, J., & Bizzi, E. (1999). Virtual environment training improves motor performance in two patients with stroke: Case report. *Neurology Report*. 23, 57-67.
- Howard, L., (1996). A comparison of leisure-time activities between able-bodied children and children with physical disabilities. *British Journal of Occupational Therapy*, 59, 570-874.
- Inman, D. P., Loge, K., & Leavens, J. (1997). Virtual reality education and rehabilitation. *Communications of the ACM*, 40, 53-58.
- Janvier, C. (1987). Problem of representation in mathematics learning and problem solving. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Kaput, J. J. (1987). Toward a theory of symbol use in mathematics. In C. Janvier (Ed.), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 159-196). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- King, T. M. (1999). *Assistive technology: Essential human factors*. Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Kirk, S. A., Gallagher, J. J., & Anastasiow, N. J. (2003). *Educating exceptional children*. New York, NY: Houghton Mifflin.
- Lee, S. L., & Huang, C. Y., (2007, November). *The effects of 3-D graphic-based virtual reality on the pedestriained skills for elementary students with intellectual*. Paper presented at The 18th Asion Conference on Mental Retardation, Taipei, Taiwan.
- Lerner, J. (2003). *Learning disabilities-theories, diagnosis, and teaching strategies*. New York, NY: Houghton Mifflin.
- Lesh, R. A., Post, T. R., & Behr, M. J. (1987). Representations and translations among representations in mathematics learning and problem solving. In C. Janvier (Ed.), *Schemas problems of representation in the teaching and learning of mathematics* (pp. 33-40). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- McComas, J., MacKay, M., & Pivik, J. (2002). Effectiveness of virtual reality for teaching pedestrian safety. *Cyberpsychology and Behavior*, 5(3), 185-190.
- Merians, A., Jack, D., Boian, R., Tremaine, M., Burdea, G., & Adamovich, S. (2002). Virtual

- reality-augmented rehabilitation for patients following stroke. *Physical Therapy*, 82, 898-915.
- Montessori, M. (1973). *The Montessori elementary material*. New York, NY: Schocken Books.
- Muscott, H. S., & Gifford, T. (1994). Virtual reality and social skills training for students with behavioral disorders: Applications, challenges and promising practices. *Education and Treatment of Children*, 17, 417-434.
- Nemire, K., & Crane, R. (1995). *Designing a virtual science laboratory to accommodate needs of students with cerebral palsy*. Paper presented at Proceedings of the 1995 CSUN Virtual Reality Conference, California State University, Northridge.
- Okimoto, A. M., Bundy, A., & Hanzlik, J. (2000). Playfulness in children with and without disabilities: Measurement and intervention. *American Journal of Occupational Therapy*, 54, 73-82.
- Pagliano, P. J. (1999). The multisensory environment: An open minded space. *British Journal of Visual Impairment*, 16, 105-109.
- Piaget, J. (1962). *Play, dreams, and imitation in childhood*. New York, NY: Norton.
- Piaget, J. (1965). *The child's conception of number*. New York, NY: Norton.
- Pimentel, K., & Teixeira, K. (1994). *Virtual reality: Through the new looking glass*. Toronto, ON: McGraw Hill.
- Rand, D., Katz, N., & Weiss, P. L. (2007). Evaluation of virtual shopping in the VMall: Comparison of post-stroke participants to healthy control groups. *Disability and Rehabilitation*, 29(22), 1710-1719.
- Reid, D. (2002a). Benefits of virtual play rehabilitation environment for children with cerebral palsy on perceptions of self- efficacy: A pilot study. *Pediatric Rehabilitation*, 5(3), 141-148.
- Reid, D. (2002b). The use of virtual reality to improve upper-extremity efficiency skills in children with cerebral palsy: A pilot study. *Tech Disability*, 14, 53-61.
- Rose, F. D., Attree, E. A., & Johnson, D. A. (1996). Virtual reality: An assistive technology in neurological rehabilitation. *Current Opinion in Neurology*, 9, 461-467.
- Stephen, V., Mark, P., & Rick, K. (2005, April). *A study on the manipulation of 2D objects in a projector/camera-Based augmented reality environment*. Paper presented at SGICHI Conference on Human Factor in Computing Systems, Portland, Oregon.
- Stephenson, J. (1994). Sick kids find help in a cyberspace world. *Journal of the American Medical Association*, 274, 1899-1901.
- United Cerebral Palsy Association (1996). Understanding cerebral palsy [Online]. Available: <http://seal.com/publish/understanding/ucp.html> [no date].

- Wann, J. P., & Turnbull, J. D. (1993). Motor skill learning in cerebral palsy: Movement, action and computer-enhanced therapy. *Baillieres Clinic Neural*, 2, 15-28.
- Wilson, P. N., Foreman, N., & Tlauka, M. (1996). Transfer of special information form a virtual to a real environment in physically disabled children. *Disability and Rehabilitation*, 18, 633-637.

誌謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會專題研究補助（計畫編號：NSC 98-2511-S-152-015）。本研究感謝參與本研究的老師、程式設計研究生、學生與家長的協助與合作，本計劃才得以順利進行與完成，特此致謝。