

發展具精熟學習策略之情境式數學遊戲 及其成效評估

楊凱翔

副教授

國立臺北教育大學數學暨資訊教育學系

E-mail: khyang.sinica@gmail.com

張嘉恩

畢業生

國立臺北教育大學數學暨資訊教育學系

E-mail：iptables0916@gmail.com

摘要

近年來許多研究已發現數位遊戲式學習方式可提升學生的學習動機，若能搭配良好的學習策略，也可增進學生的學習成就。良好的遊戲需要包括遊戲情節設計、教學法及學習素材規劃，才可以讓學生以輕鬆愉悅的方式進行學習，進而獲得好的學習效果，最終習得目標知識技能。本研究基於情境學習理論與精熟學習理論設計一套數學科數位遊戲，研究採用準實驗設計法，實驗對象為某國小五年級兩個班級共54位學生。實驗組使用結合精熟學習之數位遊戲式學習系統進行教學，控制組使用一般電子書進行教學，研究結果發現：1. 實驗組學生在因數概念的學習成就顯著高於控制組學生。2. 實驗組學生在數學學習態度方面顯著優於控制組學生。3. 實驗組學生的科技接受度顯著高於控制組學生。結果顯示本研究提出的數位遊戲式學習系統能有效提升學生的學習表現。

關鍵字：遊戲式學習、情境學習、精熟學習

壹、緒論

近年來資訊科技發展為人類的生活帶來強烈衝擊，數位遊戲和 3C 產品陪伴時下的年輕學子成長，以最近熱門手遊 Pokémon GO 亦可觀察出科技不僅改變休閒型態、社交互動，甚至能夠扭轉傳統的學習方法。究竟該如何定位數位遊戲所扮演的角色，相信不同世代之間會有南轅北轍的看法，在家長的眼中，數位遊戲可能是讓孩子玩物喪志而無法自拔的罪魁禍首；但是對孩子來說，各種數位資訊媒介早已融入生活，是生活中不可或缺的價值存在（Beck & Wade, 2004；Tapscott, 1998；Prensky, 2001）。Prensky（2001）進一步指出這個世代學生的思考模式（thinking patterns）已經轉變，因此家長、教師在教學上不能再要求他們接受以往的教學模式，勢必要有所轉變方能因應該世代的學習模式。

為了跳脫傳統教學窠臼，在認清「數位原生代的生活貼近數位科技、喜愛資訊科技與遊戲」這項事實後，教育研究者和遊戲開發商試圖將教學內容嵌入數位遊戲之中，作為一種潛在的學習工具（Barab, Thomas, Dodge, Carteaux, & Tuzun, 2005；Betz, 1995；Gee, 2003；Prensky, 2001；Squire, & Jenkins, 2003），藉由玩遊戲的動機轉化成學習動機並透過各類機制促進學習成就，如同儕討論、分組活動、情境融入等（Furió, González-Gancedo, Juan, Seguí, & Rando, 2013；Lo, Ji, Syu, You, & Chen, 2008；Papastergiou, 2009；Su&Cheng, 2013），透過這些實證研究發現遊戲在提升學習和理解複雜的主題上是有效的工具（Ricci, Salas, & Cannon-Bowers, 1996）。

遊戲式學習不僅具有娛樂性且富有教育性，然而魚與熊掌真能兼得？有研究指出學業表現和使用數位遊戲之間並沒有明顯的因果關係（Dempsey, Rasmussen, & Lucassen, 1996；Randel, Morris, Wetzel, & Whitehall, 1992）。因此在遊戲中加入適當的教學策略避免學生因「遊戲性」而失去學習本意亦為本研究設計遊戲之目的。精熟學習策略能促使學生精熟教材內容達到學習目的，精熟學習不僅為學生帶來增益，更能鼓勵積極的學習態度和學習興趣（Guskey, 2007）。事實上許多數位學習平台如可汗學院抑或是其它基礎學科其背後的課程設計概念皆來自於精熟學習且已被驗證有其成效（Khan, 2012；Guskey & Gates, 1986；Francis, Figl, & Savage, 2009）。有鑑於此，本研究擬將此策略結合至數位遊戲系統中，使學習者能按照自己的學習習慣、進度在精熟基礎概念後循序漸進地了解進階內容，進而完成學習目標。

德國的數學家高斯（Carolus Fridericus Gauss）曾經說：數學為科學之母。數學被公認為科學、技術及思想發展的基石，舉凡智慧手機、平板電腦、搜尋引擎以及房子的建造、汽車的生產都需要運用數學，數學緊密連結我們的生活，對每個人來說都是一門必備學問。然而，一直以來數學在學校教育中是學童最為恐懼

的學科，往往到了四、五年級便開始討厭數學，升入國中更視數學為畏途；到了高中為拒絕數學而選擇文組，終至大學聯考時徹底放棄數學（黃敏晃，1994）。2011年在國際教育成就調查委員會（IEA）主辦的「國際數學與科學教育成就趨勢調查」（TIMSS）中，臺灣學生的數學成就一如往年名列前茅，雖然佳績依舊卻有將近一半的學生認為學數學沒有用，比率之高在參加調查的國家行列中排名第二。而在國外的一項研究中，Debra（2005）針對高中輟學生進行問卷調查，當問到「是什麼讓你想要中輟的？」，他們一致回答：「數學」。數學課程的內容隨著年級越高，概念也會隨之更抽象化，如學生的認知發展不足以應付，將會造成學習上的障礙，也會讓學生對數學學習感到焦慮無力，最後排斥學習數學。黃寶彰（2003）調查國小六、七年級學生在數學學習上覺得困難的單元，並針對中小學教師進行問卷調查的結果發現「因數與倍數」、「分數的運算」、「以符號代表數」及「比與比例」是學生在學習上有困難的四個部分。其中「因數與倍數」的概念和乘法、除法運算以及分數運算中的約分、擴分、通分等概念息息相關，如能在「因數與倍數」概念上奠定良好基石，對往後的進階數學學習（如分數的四則運算）將有莫大的助益，而這也是本研究選擇因數單元作為教學的主要原因。

因此為了尋求良好的對策幫助學生以愉悅的心情面對數學，本研究結合情境學習理論及精熟學習理論，開發數位遊戲作為數學因數單元的學習工具。一般應用在數學上的數位學習遊戲多為練習式遊戲（Drill and Practice Game），此類遊戲藉由重複不斷地練習，讓學生熟練運算的技能。但這類遊戲通常缺乏教師鷹架與合適的回饋機制，將學生變成計算的機器，甚至是胡亂瞎猜的投機者（Feng-feng, 2008）。有鑑於此，為彌補練習式遊戲的不足，我們參考情境學習理論針對因數迷思概念設計射擊遊戲，分為因數、公因數、最大公因數三大關卡，讓學生在遊戲中複習因數概念，增強因數數學技能，並且探討參與情境精熟數位遊戲式學習的學生，與利用電子書進行數學教學下的學生在學習成就、學習態度與科技接受度上有何差異。

貳、文獻探討

一、因數概念學習

國內學者進行研究後發現，學生對數學恐懼的根源是「數學焦慮」，是個體對數學的一種緊張、不安的情緒狀態。也是個體在運用數字、解決數學問題、處在數學學習與應用的情境中，所產生的恐懼或無能的心理感受（魏麗敏，1996）。數學課程的內容隨著年級越高，概念也會隨之更抽象化。如學生的認知發展不足以應付，將會造成學習上的障礙。因而學生對數學學習感到焦慮無力，

最後排斥數學學習。

九年一貫數學課程「因數」相關的單元零散分佈於五、六、七年級，可能造成學生學習上的不連貫，學了初階概念因間隔時間的關係，等到要再進行進階課程時，已經將先前學習的概念遺忘，導致學習成就低落。

因數是由全部量求分量的問題，學生必須要瞭解因數可由乘除互逆算出。在國小數學教材中，學生必須習得乘法和除法的先備知識，才能學習因數的意義、求法和應用，進而延伸學習質因數、合數的定義；第二階段為理解公因數的意義、求法和應用；最後一個階段才是最大公因數的意義、求法和應用。而上述因數概念亦將成為分數擴分和約分的先備知識。在國小數學課程教學中，會先介紹因數的名詞、意義和解法，最大因數和最小因數的找法，判斷 1~20 以內只有兩個因數的整數（暗示性地提出了質數概念）。然後介紹公因數的意義和求法，找出兩個或兩個以上的公因數，並求出最大公因數（任欣垚，2012）。

正因為因數涉及的概念複雜導致學生學習常有迷思概念，陳見發（2012）歸納出五種迷思概念：

1. 概念混淆不清
2. 對因數與倍數的專有名詞理解不清，造成因數與倍數概念混淆
3. 對因數與公因數的專有名詞理解不清，造成因數與公因數概念混淆
4. 因對題意解讀混淆，誤判解題策略
5. 對解題策略概念混淆，採用解題策略時也產生混淆

除此之外，國小學童在學習因數時亦常出現錯誤解題策略，研究指出包括用乘除解題時錯誤連結、用一一列出對應方式解題時，粗心或計算錯誤、缺乏閱讀解釋問題能力以致誤解題意、採用關鍵字解題錯誤…等；國小學童學習因數時的迷思概念共計有概念混淆不清、概念遺漏與概念錯誤三大類。原因包括先備知識理解不清產生錯誤連結、相類似知識的造成混淆干擾（林珮如，2001）。

二、情境數位遊戲式學習

自古以來，遊戲在人類文明中就扮演著舉足輕重的地位，人們都喜歡遊戲，不僅是因為遊戲可以調劑枯燥乏味的日常生活，還有透過遊戲競爭能夠得到自我滿足和成就感。例如圍棋，就是世界上最古老的棋類競賽遊戲之一，除了娛樂性質，也兼具訓練思考的功能。大家對於遊戲總是樂此不疲，甚至廢寢忘食，遊戲式學習（Game-Based Learning, GBL）的研究者最常抱持的立論基礎即源自於此。如果個體能透過遊戲進行學習，在過程中較容易產生愉悅的感受，且更能夠主動投入活動，並且沉浸在樂趣當中。

遊戲式學習的概念，首先要定出遊戲規則，讓學習者決定策略、貫徹執行，進而獲得學習成果，並不全然以教材內容呈現。遊戲中，讓學習者設身處地參與

解決困難、思考問題的過程，和傳統學校教育的方式（書面教材、課程進度、功課作業等）截然不同（Perrotta et al., 2013）。相較於傳統教學，遊戲式學習可以有效提升學生的學習動機，透過手眼協調的觀察實作更能增強學習經驗（Papastergiou, 2009）。

一般提到遊戲式學習即是運用數位遊戲來提供、支援、強化教學與學習、學習成果的評估以及學習方式的評價（Connolly, Stansfield, & Hainey, 2007）。在中小學，數位遊戲深獲學生喜愛，對於引發學習動機以及提高專注力皆有莫大助益，運用遊戲的好處獲得普遍的認同（Ebner & Holzinger, 2007）。多數研究亦證明了遊戲式學習是一種有效的學習工具，能夠讓學習者傾注全力，力求表現以達成任務（Gee, 2003；Kebritchi&Hirumi, 2008；Kernan & Lord, 1990）。數位遊戲不僅整合認知與實踐，並且匯集認知方式、行動做法、提供學習者情境脈絡，讓其能充分理解學習內容，此外亦能有效地促進社會實踐，產生強而有力的認同，以及讓任何人成為專家並共享價值（Shaffer, Squire, Halverson, & Gee, 2005）。對於自主學習者來說，在發展廣泛的必備技能：如解決問題、排序、演繹推理和記憶等，與其相關的數位遊戲是必不可少的（McFarlane, Sparrowhawk, & Heald, 2002）。因此，數位遊戲式學習應該兼顧遊戲性與教育性，使學習者可以透過遊戲探索、發現並提出質疑。

另一方面，研究者也發現數位遊戲式學習的缺點，如學習者會出現逃避學習或非預期的學習行為（Klawe, 1999；Magnussen & Misfeldt, 2004），且許多研究亦指出，數位遊戲式學習並沒有比傳統的數位學習或傳統教學有較好的學習成效（Randel, Morris, Wetzel, & Whitehall, 1992）。而教育遊戲研究者（Garris et al., 2002；Rieber, 1996；Van Eck, 2006）提出了關鍵的解決方案，那就是設計「內源幻想」——幻想取決於技能的實踐。好的數位學習遊戲的設計原則，如在遊戲故事情境和玩家將扮演的人物置放學習活動隱含其中，以情境融入的方式使遊戲成為驚喜的挑戰和鷹架的反思。

西元 1989 年，由 Brown、Collins 及 Duguid 共同發表的（*Situated Cognition and the Culture of Learning*），文中首度對情境學習的概念，進行了系統性的分析實證，使情境認知學習更為具體化。他們認為知識是經由個體與環境間的互動建構而產生。因此情境學習（*Situated-Learning*）就是將學習坐落於真實或模擬情境之中，透過與情境的互動，使學習者更有效率地能將習得的知識應用在實際生活中。因此知識的產生是透過與環境之間的互動建構而來的，知識獲取的過程無法脫離社會環境背景（Brown, Collins & Duguid, 1989）。對於情境學習而言提供真實情境是關鍵的要素，因為情境學習強調有意義的知識來自「真實活動」（*Authentic Activity*）。教學者實施情境學習時，必須準備並提供真實情境，或接近真實情境的環境，其中以數位遊戲或媒體進行情境模擬即為其中之一（McLellan,

1993；鍾邦友，2000）。情境學習的教學模式喜歡結合數位遊戲式學習作為工具（Kim, 2004；Delialioglu, 2005；Hedberg, 2002；Betz, 1995），邱貴發和鍾邦友（1993）參考情境學習理論以中小學為研究對象，提出學習內容的設計原則：

1. 實用情境原則：電腦畫面應呈現實用的學習情境
2. 真實活動原則：思考如何利用電腦呈現符合現實世界的真實活動
3. 主動學習原則：強調主動探究及建構知識，因此軟體的設計開發，應聚焦於可供學習者主動探索的學習情境，讓學習者在主動探索和解決問題的過程中，獲得能夠應用於真實生活的知識。
4. 邊際參與原則：以 Lave 和 Wenger（1991）提出的 LPP（Legitimate Peripheral Participation）為基礎，學習是由邊際往核心漸進參與的方式，在學習情境上應該要掌握這項原則。

總結歸納情境數位遊戲式學習的設計原則，首先是提供真實（模擬）情境——可讓學生主動探索、將知識與生活經驗連結；再者重視互動與個別練習——學習必須參與情境中與同儕互動討論使知識精緻化，抽象化知識技能則需要學習者個別練習。

三、精熟學習

傳統教育認為學生的性向（aptitude），即是學習天賦潛能，與學習成就的關係密不可分，性向高低即代表著學習成就的高低。但 Carroll（1963）卻主張以學習速率來替代性向，將性向重新定義為學習該科教材達到標準所需要的學習時間。依據 Carroll 的論點，學生的性向只有學習速率快慢的差異，換句話說，學得快的學生所需時間較少，而學得慢的所需時間較多。但無論是哪一種學生，只要給予足夠的時間，必然能夠達到一定程度的學習成就。

Bloom（1968）將 Carroll 的觀念發揚光大，進一步轉化為精熟學習的概念。他指出，只要給予學生適當的時間和教學資源，學生都可以精熟教材內容。當教師採用精熟學習概念設計課程時，應該將課程劃分為更細緻的單元，並且為每個單元設定好要達成的目標。進展到下一個單元前，要確認學生的學習成就已達精熟程度。沒有達到精熟程度的學生，將接受補救教學（Davis & Sorrel, 1995）。Bloom 認為精熟學習不僅為學生帶來增益，更能鼓勵積極的學習態度和學習興趣（Guskey, 2007）。

綜上所述，精熟學習法可以歸納如下的特徵：

1. 應依據學科或單元的目標訂定精熟程度。
2. 課程內容應劃分為更細緻的單元，並設定好目標加以精熟。
3. 確定教學資源與教學策略。

4. 每單元皆有評量，以瞭解學生的精熟程度及學習時所遭遇的問題。
5. 測驗結果用來評估學生是否需要接受補救教學。

Bloom 強調，精熟學習可適用於大多數學校課程，尤其是那些有次序性的科目如科學和數學（Guskey & Gates, 1986）。精熟學習已被廣泛應用到基礎教育學科，如物理（Francis, Figl, & Savage, 2012；Wambugu & Changeiywo, 2008）、計算機科學（LeJeune, 2010）和數學（Bowen, 2008）。

精熟學習運用在數學教育的層面上，在設計教學活動的提示與自學機制時應考慮由簡入深的重複練習，如先從基礎概念開始練習；以及合適的回饋方式，而不是單純地告訴學生對或錯，盡量鼓勵或提示學生反思錯誤；並給予與其能力相符的時間。以上述作為原則，才能符合精熟學習的精神。

參、研究方法

本研究旨在探討學生以情境精熟數位遊戲式學習為方法進行「因數概念」學習，與使用電子書教學模式的控制組學生在學習成效和學習態度上有何差異。研究採準實驗研究法，探討進行情境精熟數位遊戲式學習與電子書教學模式時，學生因數概念的學習成效與學習態度的不同與影響。

一、研究對象

對象為臺北市萬華區某國小五年級兩個班級的學生且均屬常態編班，該校學生自三年級開始每週安排一節電腦課，參與學生具備基本資訊能力。研究採準實驗設計分為實驗組與控制組，實驗組人數 27 人（男生 13 人，女生 14 人），控制組人數 27 人（男生 13 人，女生 14 人）。

二、實驗設計與教學活動

本研究目的旨在探討學生使用情境精熟數位遊戲式學習系統，進行「因數概念」學習，與使用電子書教學模式的對照組學生在學習成效上有何差異。研究採準實驗研究法，自變項分別為「情境精熟數位遊戲式學習」與「電子書教學」；依變項分別為「學習成效」、「學習態度」；控制變項為「年級」、「教學內容」、「教學時間與教學進度」，以及「起點行為」。本研究以班級為單位進行教學實驗，實驗時間為 6 節課，一節 40 分鐘，共計 240 分鐘，由研究者擔任實驗組與對照組之教學者，實驗地點皆在電腦教室。

教學活動之前研究者對實驗組與控制組學生進行因數概念前測，確認兩組在因數概念的先備知識沒有顯著差異，隨後再讓學生填答數學學習態度前問卷。由於研究對象為五年級學生，均具備基本資訊能力，而且上課的老師和上課地點皆和平常電腦課一樣，故學生可省下許多熟悉環境的時間與心思。

實驗組學生在登入遊戲系統前，教學者會先針對遊戲系統進行簡要的說明。為方便管理教學者已經事先為實驗組學生創建個別的遊戲帳號。第一次登入時系統會要求學生更改密碼並輸入基本資料。所有的遊戲資料（帳號、密碼、登入時間、登入次數、遊戲分數、失誤次數）都會傳送到 MySQL 資料庫。資料庫的紀錄可供研究者查詢、匯出作為統計分析之用（圖 1）。

實驗活動後兩組學生均需填寫因數概念後測驗卷、數學學習態度後問卷以及科技接受度問卷。研究數據分析，採用獨立樣本 t 檢定及單因子共變數分析（ANCOVA）。以實驗組與控制組的各項前測成績作為共變量（covariate），以實驗組與控制組的各項後測成績作為依變項，進行兩組實驗結果的比較。

研究工具因數概念前後測驗卷編製，邀請 5 位數學教學資歷 10 年以上的國小高年級數學教師審視檢查並修改有疑義的題目，直至全部教師認可後才進行預試。預試後進行統計分析修訂信效度不佳的題目以完成測驗卷編制。數學科學習態度前後問卷改編自 Hwang Yang 及 Wang（2013），採李克特式（Liker-scale）五點量表 Cronbach' s $\alpha = 0.79$ 。科技接受度問卷改編自 Hwang 及 Wang（2013），分為學習系統認知有用性及學習系統認知易用性。採用李克特式（Liker-scale）五點量表，學習系統認知有用性 Cronbach' s $\alpha = 0.95$ ，而學習系統認知易用性 Cronbach' s $\alpha = 0.94$ 。

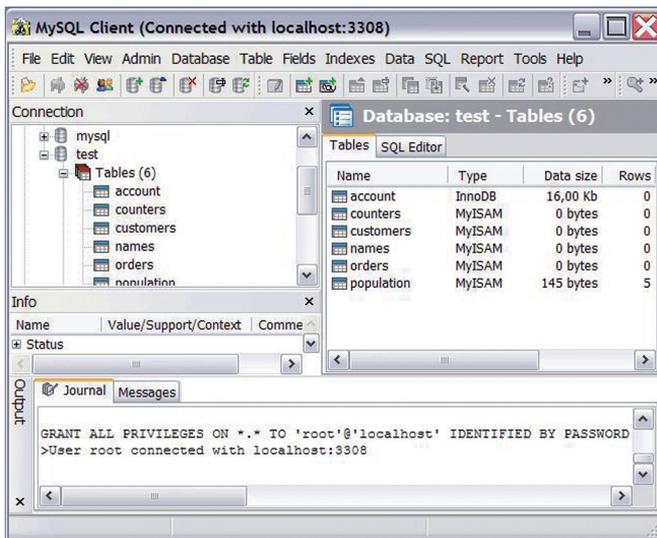


圖 1 遊戲與 MySQL 資料庫連結

教學內容參照教育部於民國 97 年公布之「國民中小學九年一貫課程綱要」數學領域當中，第三階段五、六年級的能力指標：（1）能理解因數、倍數、公因數與公倍數（能力指標 N-3-03）；（2）能認識質數、合數，並能用短除法做質因數分解（能力指標 N-3-04）；（3）能認識最大公因數、最小公倍數與兩數

互質的意義，並用來將分數化成最簡分數（能力指標 N-3-05）。由於實驗時間有限，在概念連貫性、挑戰與能力對等的考量下，從其中選出「因數」、「合數」、「質數」、「公因數」、「最大公因數」等概念作為教學單元。本研究因數概念教學目標分述如下表 1，教學目標之設定是讓學生藉由精熟練習了解因數概念名詞定義的理解與判別，並在遊戲情境中學習、驗證、應用和實踐。

表 1 因數概念教學目標

概念名稱	教學目標
因數	能理解因數
合數	能認識合數
質數	能認識質數
公因數	能理解公因數，並能認識兩數互質的意義
最大公因數	能認識最大公因數

三、融入情境學習的數位遊戲設計

內容以國小五年級因數概念中的「因數」、「質數」、「合數」、「公因數」，以及「最大公因數」等概念作為遊戲關卡腳本。原始構想以懷舊射擊遊戲「太空侵略者」（Space Invader）為遊戲原型，設計開發為因數射擊遊戲「音速防衛者（Dividor Defender）」遊戲畫面如圖 2。遊戲程式以 Java 撰寫並架設 MySQL 作為遊戲紀錄資料庫，遊戲執行方式以桌上型電腦操作。

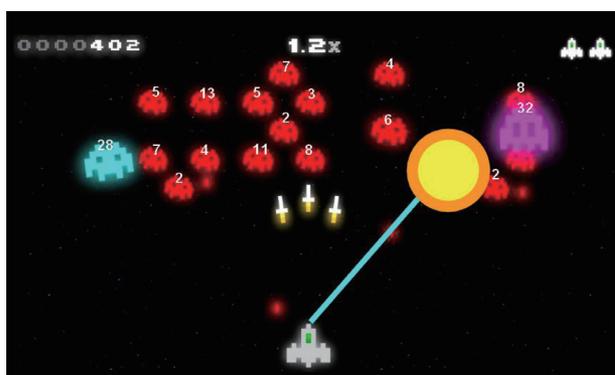


圖 2 音速防衛者遊戲畫面

（一）情境與精熟學習融入

此學習遊戲綜合 Winn（1993）和朱則剛（1994）的情境學習理論作為遊戲設計原則，茲說明如下：

為讓學生能融入教學遊戲與遊戲互動，研究者建置情境式學習環境，以真實

世界為背景設計腳本故事（如圖 3），並引導學生多方評估自己所接收的資訊，並發展因數概念的知識技能。遊戲開始時會播放一段影片，影片以真實世界為背景，而學生所扮演的飛行員，肩負起拯救全人類的任務，必須駕駛戰鬥機，將來襲的外星人敵機摧毀。遊戲中創建一個非玩家角色（NPC），擔任基礎概念教學角色，在進入作戰關卡前 NPC 會先說明因數概念加深學生本單元基礎知識（如圖 4），接著以射擊遊戲的模式進行因數概念的練習，取代傳統紙筆計算練習。

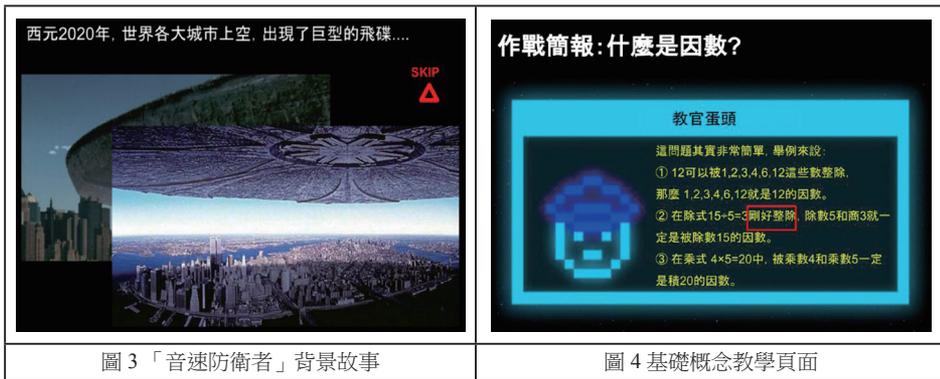


圖 3 「音速防衛者」背景故事

圖 4 基礎概念教學頁面

遊戲分為「因數」、「公因數」、「最大公因數」三大關卡，學生第一次遊戲僅能選擇「因數」關卡。必須擊敗因數關卡頭目後，才能依序選擇公因數以及最大公因數關卡。以下就各關卡分別介紹說明之：

1. 因數關卡

學生必須了解「因數」、「合數」、「質數」的概念，並且能迅速反應選擇正確的攻擊模式。如攻擊模式失誤過多，將會被強制傳送到因數教學與訓練課程。

2. 公因數關卡

學生必須瞭解「公因數」概念，並且能迅速反應選擇正確的攻擊模式。此關卡分為兩部分，一為針對相同因數之敵機進行攻擊，但如果敵機編號為互質者，則無法造成損害；二為對質數編號敵機以大砲摧毀之。

3. 最大公因數關卡

學生必須瞭解「最大公因數」的概念，並知道如何找出最大公因數。畫面中會出現兩架敵機，學生必須以數字鍵設定目標敵機的最大公因數，例如兩架敵機編號為（12、18），則可設定為6（如圖 5），攻擊後敵機被削弱為（2、3）。再舉例如兩架敵機編號為（12、24），則可設定為12，攻擊後敵機被削弱為（1、2），而編號變成1的敵機會自爆而毀滅。藉由設定與使用音速爆彈的過程中，學生可以不斷練習找出最大公因數的運算和檢驗。如兩架敵機編號為（22、28），而學生將爆彈數值設定為4，檢查 $22 \div 4$ 無法整除，就能馬上得知4不可能為（22、28）的公因數，更不可能為最大公因數。

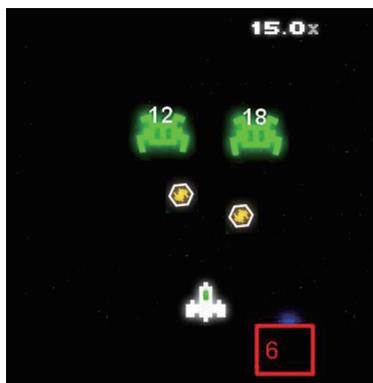


圖 5 連鎖音速爆彈設定

此數位遊戲式學習流程以鷹架→測驗→關卡（練習）為循環，如圖 6 所示，讓學生能在情境遊戲學習中透過精熟方式達到學習目的。

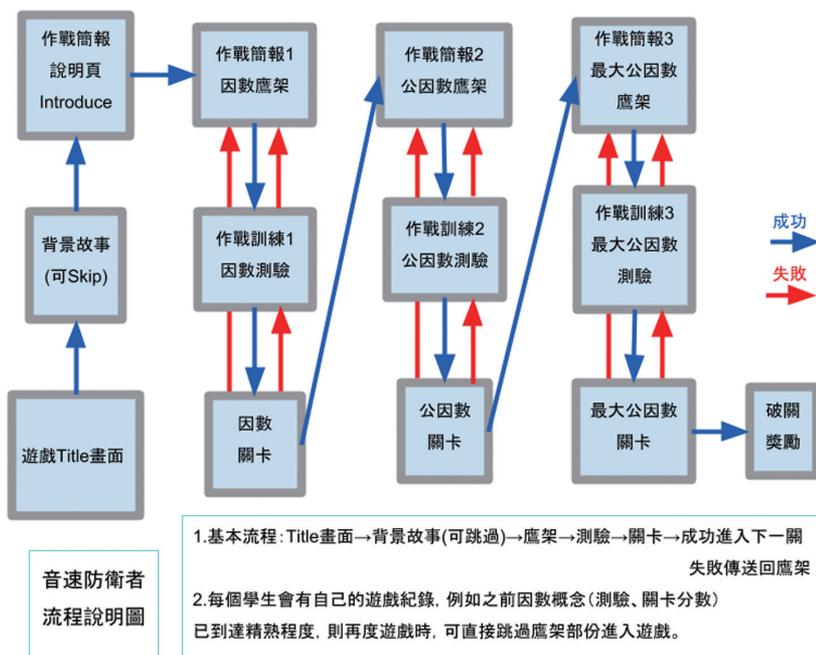


圖 6 音速防衛者遊戲流程

(二) 學習遊戲基本操作與規則

在遊戲基本設定中，外太空侵略者的敵機可分為兩大類「機身編號為合數」（如圖 7）與「機身編號為質數」（如圖 8），而學習者操控的戰機「音速防衛者」配備兩種武器，分別為「音速導彈」，可攻擊合數編號之敵機（如圖 9），與「質

束砲」，可摧毀質數編號之敵機（如圖 10）。



圖 7 機身編號為合數之敵人



圖 8 機身編號為質數之敵人

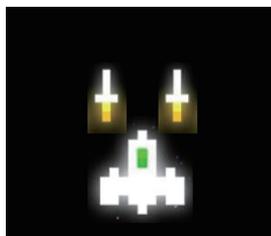


圖 9 音速導彈

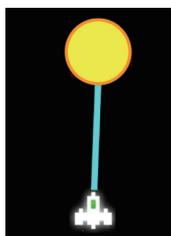


圖 10 質束砲

除了透過攻擊方式讓學生熟悉合數與質數外，在合數攻擊的遊戲中亦加入讓學生**精熟乘除互逆概念和運算**的設計，當導彈命中合數編號敵機時，敵機會分裂成兩架編號更小之敵機。舉例來說，如編號為 12 之敵機會隨機分裂為（2、6）或（3、4）兩種情形（如圖 11），分裂後的兩數相乘即為原本數字。若以音速導彈攻擊質數編號敵機，即使命中也不會構成敵機任何損害，且將列入失誤攻擊次數計算。

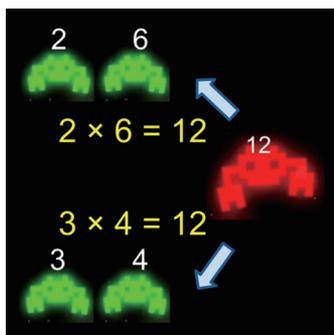


圖 11 敵機隨機分裂 - 乘除互逆概念和運算設計

肆、研究結果

一、因數概念學習成就分析

本研究在了解數位遊戲式學習法對國小五年級學生學習因數概念的影響，為了解兩組學生在實驗前學習成就是否有所差異，先以兩組學生因數概念學習成就前測成績進行獨立樣本 t 檢定。

獨立樣本 t 檢定分析結果，發現兩組學生在因數概念學習成就的前測成績未達顯著差異 ($t = 0.55, p = 0.584 > 0.05$)。表示兩組學生在進行本教學實驗前，在因數概念學習成就上並沒有顯著差異 (如表 2 所示)。

表 2 因數概念學習成就前測獨立樣本 t 檢定摘要表

	個數	平均數	標準差	t 值	p
實驗組	27	62.37	24.79	0.55	0.584
控制組	27	58.67	24.59		

$p > 0.05$ 在使用不同的模式學習後，以相同題目對兩組學生進行因數概念學習成就測驗。以前測成績作為共變量 (covariate)，後測成績為依變項，組別為固定因子，進行單因子共變數分析 (ANCOVA)。

單因子共變數分析前的迴歸係數同質性檢定，結果為 $F = 0.15, p = 0.699 > 0.05$ ，未達顯著。表示兩組在因數概念學習成就後測的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質的基本假設，因此可進行單因子共變數分析。

單因子共變數分析 (ANCOVA) 的結果 (如表 3 所示)，發現組間效果檢定達顯著差異 ($F = 9.21, p = 0.004 < 0.05$)，且實驗組的後測平均分數 74.74 高於控制組的後測平均分數 60.00。表示在教學實驗之後，情境精熟數位遊戲式學習組在因數概念學習成就顯著優於使用電子書教學組。由以上的結果分析可以推論，情境精熟數位遊戲式學習法比電子書教學法更能有效幫助國小五年級的學生在因數概念的學習上提升學習成效。

表 3 因數概念學習成就後測 ANCOVA 分析摘要表

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
組別	1870.38	1	1870.38	9.21*	0.004
誤差	10361.61	51	203.17		
校正後的總數	33214.59	53			

* $p > 0.05$

二、數學學習態度分析

為了解兩組學生在實驗前數學學習態度是否有所差異，先以兩組學生數學學習態度前測成績進行獨立樣本 t 檢定。

獨立樣本 t 檢定的結果如表 4 所示，兩組數學學習態度前測成績未達顯著差異 ($t = 0.59, p = 0.560 > 0.05$)。表示情境精熟數位遊戲式學習組與電子書教學組學生在進行本教學實驗前，在數學學習態度上並沒有顯著差異。

表 4 數學學習態度前測獨立樣本 t 檢定摘要表

	個數	平均數	標準差	t 值	p
實驗組	27	28.26	5.46	0.59	0.560
控制組	27	27.41	5.22		

$p > 0.05$

在教學實驗之後，本研究針對情境精熟數位遊戲式學習組與電子書教學組學生的數學學習態度後問卷分數進行單因子共變數分析 (ANCOVA)。

經迴歸係數同質性檢定，結果為 $F = 0.93, p = 0.340 > 0.05$ 未達顯著。表示兩組在數學學習態度後測的斜率可視為相同，符合組內迴歸係數同質的基本假設，因此可進行單因子共變數分析。

從單因子共變數分析 (ANCOVA) 結果中，發現組間效果達到顯著差異 ($F = 5.22, p = 0.026 < 0.05$)，如表 5 所示。且數學學習態度後測的成績中，實驗組的平均分數 34.15 高於控制組的後測平均分數 30.63。表示在教學實驗之後，情境精熟數位遊戲式學習組在數學學習態度顯著優於使用電子書教學組。

結果顯示，透過情境精熟數位遊戲式學習法的學生其數學學習態度顯著優於使用電子書教學法的學生，意即將情境精熟數位遊戲式學習導入因數概念的學習中能提升學生的數學學習態度。

表 5 數學學習態度後測 ANCOVA 分析摘要表

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
組別	117.91	1	117.91	5.22*	0.026
誤差	1151.32	51	22.58		
校正後的總數	1944.83	53			

* $p > 0.05$

三、科技接受度分析

科技接受模型 (Davis, Bagozzi & Warshaw, 1989) 是針對使用者接受新資訊系統的行為所設計，並根據理性行為理論所發展出來的行為意念模式，用於解釋資訊科技中使用者接受新資訊系統的行為，同時分析影響使用者接受的各項因素。此模型提供了一個理論基礎，用於瞭解外部因子對使用者內部的信念、態度與意圖的影響，進而影響科技使用的情形，此模型能夠普遍應用於解釋或預測資訊科技使用的影響因素。

科技接受度分為認知有用性 (Perceived Usefulness) 及認知易用性 (Perceived Ease of Use) 兩個面向。「認知有用性」是指學生相信使用某系統會增加其學習績效，或所能省下努力的程度；「認知易用性」是指學生認知到科技容易使用的

程度，當系統愈容易使用時，學生對於自我效能與自我控制會更具信心，對系統所持態度也會更積極。透過此量表的分析可了解學生對於系統是否能提高學習成效的主觀認知，以及學生感受到的系統操作難易度。

科技接受度獨立樣本 t 檢定如表 6 所示，實驗組的科技接受度顯著優於控制組 ($t=3.03, p=0.004 < 0.05$)。此結果表示，數位遊戲學習模式的學生，對於遊戲系統的難易度與系統對因數概念學習的實用性，抱持著正面的肯定。因此，將情境精熟數位遊戲式學習模式導入因數概念的學習，能提高學生的科技接受度。

表 6 科技接受度獨立樣本 t 檢定摘要表

	個數	平均數	標準差	t 值	p
實驗組	27	53.96	7.45	3.03**	0.004
控制組	27	47.85	7.39		

** $p < 0.01$

研究者為了確認情境精熟數位遊戲式學習能幫助學生提高科技接受度中的何種向度，故將科技接受度中的「認知有用性」及「認知易用性」兩個向度，分別進行獨立樣本 t 檢定分析。

導入情境精熟數位遊戲式學習模式的學生，在認知有用性的向度上顯著優於電子書教學模式的學生 ($t=3.27, p=0.002 < 0.05$)。此結果說明，實驗組的學生信任情境精熟數位遊戲式學習模式，可以幫助他們在因數概念的學習成效。因此將情境精熟數位遊戲式學習法導入因數概念的學習中，可有效提升學生的認知有用性。

另外在認知易用性面向，使用情境精熟數位遊戲式學習的學生平均分數為 28.30 分；而使用電子書教學法的學生認知易用性平均分數為 26.89 分，雖然在描述性統計上，情境精熟數位遊戲式學習的平均數高於電子書教學法，但根據獨立樣本 t 檢定結果顯示未達顯著差異 ($F=1.155, p=0.288 > 0.05$)。

表 7 認知有用性獨立樣本 t 檢定摘要表

	認知有用性				認知易用性			
	平均數	標準差	t 值	p	平均數	標準差	t 值	p
實驗組	25.67	3.65	3.27**	0.002	28.30	4.99	1.08	0.288
控制組	20.96	6.51			26.89	4.63		

** $p < 0.01$; $p > 0.05$

四、質性回饋

研究者分別針對「對於這次數學學習活動的感覺和對你的幫助是什麼？」、「學完這個單元，你覺得有何困難的地方或你的心得是？」及「對於今天課程我的建議和想法」三個問題讓學生填答，根據半開放性問題的題目及回答，編碼原則按照實驗組與對照組，並以兩組成員所在班級座號做為代碼。研究者整理出以下三個結果：

(一) 兩組學生大多對學習活動給予正面的評價

實驗組的學生，覺得用數位遊戲進行因數概念學習，非常好玩有趣；控制組的學生，有一部份表示學會了如何使用電子書幫助學習：

實驗組 6 號男生：讓我很開心，因為可以用遊戲來上課，讓我更愛數學。

實驗組 14 號女生：這個遊戲讓我學會質數和合數的用法，而且比平常上數學課好玩有趣多了。

實驗組 23 號女生：原來可以用遊戲學因數，這讓我知道數學是多麼地有趣！覺得上課時間過好快！

控制組 6 號男生：可以知道在家裡如何使用電子書，並且可以更快學會數學。

控制組 13 號女生：我很開心老師利用電子書教我們數學，我在這堂課也學到不少新的知識。

控制組 16 號女生：了解電子書的使用方式，而且聽得懂老師說的。

此外，兩組的學生大都肯定學習活動有助於因數概念的學習：

實驗組 1 號男生：我覺得非常好玩，玩遊戲還可以學會因數，對我很有幫助。

實驗組 10 號男生：上課所用到的遊戲，讓我學到怎樣快速地分辨質數，以後數學也還能夠用到這些技巧。

控制組 3 號男生：比以前一、二、三及四年級的老師用課本教的效果還要好。

控制組 25 號女生：幫助我更了解數學的因數和倍數，還有了解質數和合數。

(二) 兩組皆有少部份學生認為遊戲關卡或單元題目太難

兩組學生大多認為沒什麼困難，或稍作思考就可以順利解決。數位遊戲式學習組的少部份學生，認為遊戲裡面的關卡有些困難。而電子書教學組的少部份學生，認為因數概念本身就很難、題目困難或是解答時間不夠。

數位遊戲式學習組 1 號男生：說明的字有點少，比較慢理解數學遊戲規則。

實驗組 9 號女生：質數關卡有點難，並需要思考。

實驗組 25 號女生：有些關卡太難了！說明也看不太懂。

控制組 6 號男生：很難的題目讓我很難想出來，不能快速地答出。

控制組 24 號女生：有些地方老師說太快，我都來不及寫完，少了練習的機會。

控制組 27 號男生：學習這個單元之後，我覺得質數合數很難，我不知道怎麼運用。

(三) 兩組學生大都希望透過資訊科技來進行數學課程的學習

數位遊戲式學習組的學生，希望未來都能透過遊戲來上數學課。而電子書教學組的學生，部份則是希望能利用電腦來上數學課。

實驗組 3 號男生：對我很有幫助，希望其他的科目也能做成遊戲。

數位遊戲式學習組 12 號女生：希望真的可以把數學都變成遊戲。

實驗組 24 號女生：數學遊戲會讓人感到有趣而好奇，數學如果都可以跟打電玩一樣就太棒了。

控制組 1 號男生：希望老師能都在電腦教室上課，且數學難易度提高。

控制組 4 號男生：可以應用電子書來增加互動，然後讓學生可以開心地上課

控制組 13 號女生：希望以後都可以利用電子書教學，讓原本無聊的課程變得有趣。

伍、討論

本研究的目的是探究學生透過情境精熟數位遊戲式學習進行因數概念學習的成效。除了探討國小五年級學生在學習因數概念時的成效與學習態度之外，另外研究者針對使用不同學習法的學生探討有關「科技接受度」的影響。以下分別對實驗結果提出結論：

一、情境精熟數位遊戲式學習有助於提升國小五年級學生因數概念學習成效

情境精熟數位遊戲式學習組與電子書教學組學生，在因數概念學習成就前測上，並未呈現顯著差異，情境精熟數位遊戲式學習組學生透過情境精熟數位遊戲式學習法後，在因數概念學習成就後測上的成績顯著優於電子書教學組。由此可知，對於情境精熟數位遊戲式學習組的學生來說，透過情境精熟數位遊戲式學習法能提升其學習成效。因此，本研究結果可說明，將情境精熟數位遊戲式學習整合在因數概念學習之中，的確對於學習者在因數概念學習成效上有所助益。

二、情境精熟數位遊戲式學習有助於提升國小五年級學生數學學習態度

結果發現，情境精熟數位遊戲式學習組學生的數學學習態度後問卷分數，顯著優於電子書教學組。顯示情境精熟數位遊戲式學習法可以提升學生的數學學習態度。研究者進而觀察學生半開放式問卷的回饋紀錄，發現情境精熟數位遊戲式學習組的學生，對於使用遊戲而達到學習的過程是覺得有趣且能吸引學生的專注力。

三、情境精熟數位遊戲式學習有助於提高國小五年級學生科技接受度

透過獨立樣本 t 檢定，可發現情境精熟數位遊戲式學習組的學生，在科技接受度上顯著高於電子書教學組的學生。而科技接受度問卷又分為認知有用性及認知易用性兩個向度，將認知有用性的分數以獨立樣本 t 檢定進行分析，結果顯示情境精熟數位遊戲式學習組的學生，所感受到的認知有用性顯著高於電子書教學組的學生；以獨立樣本 t 檢定進行認知易用性向度的檢定，從描述性統計得知，情境精熟數位遊戲式學習組的學生，所感受到的認知易用性亦高於電子書教學組



的學生。

綜上所述我們可以發現情境精熟數位遊戲式學習組的學生，認為遊戲系統對於因數概念的學習是有幫助的，且遊戲系統是便於操作也能讓學習事半功倍。由此可知，情境精熟數位遊戲式學習法有助於提高學生的科技接受度。

陸、建議

一、學習目標與數位遊戲的良好整合

數位遊戲一向都是學生的最愛，如何利用數位遊戲讓學生興致高昂，沉浸在遊戲歷程中，自然順暢地習得知識技能，也一直都是數位遊戲式學習的重要課題。

然而，如果在數位遊戲的設計上未能先確立學習目標，往往會讓數位遊戲徒具娛樂的形式，而無法兼具學習的實質效果。因此，在設計數位遊戲時，首要之務便是確立學習目標，並將學習目標與數位遊戲進行良好的整合，並檢視期望的學習目標與遊戲任務的設計，是否協調一致？同時也應考慮遊戲歷程中，學習目標是否產生了多餘的干擾？最好的數位遊戲式學習，應是讓學生覺得自己只是單純地在玩數位遊戲，卻沒有察覺其實是在進行數位化的教學活動。要達到數位遊戲式學習的最高境界，一切的基石都在於學習目標與數位遊戲的良好整合。

二、數位遊戲式學習與不同的數學課程結合

本研究限於技術、人力、物力、遊戲開發時間、教師授課時數等因素，因此數位遊戲僅以國小五年級因數概念為主要學習課程。在未來的研究上，研究者認為可結合資訊與教育專業人員，以解決人力、遊戲開發時間、技術與授課時數等因素，進而可以拓展數位遊戲式學習的實施領域，探討數位遊戲式學習法應用於不同數學課程時的學習成效，最後而能建置一套完整數學課程的數位遊戲式學習系統，以提升國小學生在數學的學習成就與學習態度。

三、數位遊戲精緻化與適性化

本研究的數位遊戲礙於技術、人力、物力、遊戲開發時間等因素，因此在遊戲畫面及聲光效果上均未求精緻化及適性化。因此研究者建議，未來的研究可針對數位遊戲介面，加強操作的順暢感並豐富遊戲內容，如建立更多元的關卡。另外在音樂方面，可選擇適當的背景音樂及音效，在遊戲回饋時能搭配合適的音效，以增強遊戲者對回饋的反應及增加遊戲者的心流經驗。而在關卡的選擇上，研究者建議可針對低中高成就的學生，增加不同的難易度以期達到適性化的目的。

四、數位遊戲行動化

行動學習已然成為現代教育的風潮，因為它具有不受時間地點限制的特性。

本研究中的遊戲為單機版遊戲，且只有在桌上型電腦或筆電才能使用。未來如果可以在 Android 或 iOS 系統上發展為 APP 提供手機或平板上使用，將可以讓學生隨時隨地開啟遊戲，進行數位遊戲式學習。

資訊科技的演化一日千里，手機、平板、筆電已和我們的日常生活密不可分，數位遊戲在娛樂休閒活動中所扮演的角色，顯得舉足輕重。近年來，翻轉教育的推動正如火如荼地展開，從遊戲中學習的概念備受推崇，數位遊戲式學習必然成為未來的趨勢。因此，將學習課程與數位遊戲式學習完美地結合，開發充滿樂趣的數位遊戲，將會是非常重要的目標之一。

柏拉圖曾說：「沒有強迫性的學習，能久留於腦海中。如果在教育孩子時，能採用遊戲的方式，我們能看到人類天性的流露了」（王立行，1991）。期許未來的研究，能將數位遊戲式學習設計得更為完善，擴大學習的領域範圍，讓學習和娛樂兩者兼具，使學生真正能達到學習快樂，快樂學習的境界。

參考文獻

- 王立行（1991）。電腦輔助教學的理論與實務探討。資訊與教育雙月刊，30，24-33。
- 王亦穹（譯）（2013）。可汗學院的教育奇蹟（原作者 Khan, S.）。臺北市：圓神。（原作 2012 年出版）。
- 朱則剛（1994）。建構主義知識論與情境認知的迷思——兼論其認知心理學的意義。教學與媒體，2，3-14。
- 任欣垚（2012）。數位學習環境融入體驗式學習策略與先備知識對國小學生質因數概念學習之影響。未出版之碩士論文。國立臺灣師範大學資訊教育研究所，臺北市。
- 邱貴發、鍾邦友（1993）。情境學習理論與電腦輔助學習軟體設計。臺灣教育，510，23-29。
- 陳見發（2011）。九年一貫課程國小學童因數學習表現及迷思概念之探討。未出版之碩士論文，國立屏東教育大學數理教育研究所，屏東市。
- 黃寶彰（2003）。六、七年級學童數學學習困難部分之研究。未出版之碩士論文，國立屏東師範學院數理教育研究所，屏東市。
- 黃敏晃（1994）。國民小學數學新課程之精神。國民小學數學科新課程概說（低年級）。教育部臺灣省國民學校教師研習會編印（頁 1-17）。
- 鍾邦友（2000）。以情境學習為觀點的統整課程設計。北縣教育，30，32-37。
- 魏麗敏（1996）。國小學生學習動機、數學焦慮與數學成就之研究。國民教育研究集刊，4，133-155。
- Barab, S., Thomas, M., Dodge, T., Carteaux, R., & Tuzun, H.(2005). Making learning



- fun: Quest Atlantis, a game without guns. *Educational Technology Research & Development*, 53(1), 86–107.
- Beck, J., & Wade, M.(2004). Got game: How the Gamer Generation is Reshaping Business Forever. *Boston, MA: Harvard Business School Press.*
- Betz, J. A.(1995). Computer games: Increase learning in an interactive multidisciplinary environment. *Journal of Educational Technology Systems*, 24(2), 195-205.
- Bloom, B. S.(1968). Learning for mastery. *Evaluation Comment*, 1(2), 1-5.
- Bowen, D. E.(2006). Implementation of mastery learning in online undergraduate math courses: A comparative analysis of student satisfaction, retention rates, and academic achievement.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P.(1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Education Researcher*, 18(1), 32-42.
- Carroll, J. B.(1963). A model of school learning. *Teachers college record.*
- Connolly, T. M., Stansfield, M. H., & Hainey, T.(2007). An application of games-based learning within software engineering. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 416–428.
- Davis, D., & Sorrell, J.(1995). Mastery learning in public schools. *Educational Psychology Interactive.*
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P., & Warshaw, P. R.(1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management science*, 35(8), 982-1003.
- Debra, V.(2005). *Math Emerges as Big Hurdle for Teenagers.* Education Week.
- Delialioglu, O.(2005). Investigation of Source of Motivation in a Hybrid Course. *Association for Educational Communications and Technology.*
- Dempsey, J. V., Rasmussen, K., & Lucassen, B.(1996). *The Instructional Gaming Literature: Implications and 99 Sources.* College of Education University of South Alabama.
- Ebner, M., & Holzinger, A.(2007). Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: An example from civil engineering. *Computers & education*, 49(3), 873-890.
- Fengfeng Ke.(2008). A case study of computer gaming for math: Engaged learning from gameplay?. *Computers & Education*, 51, 1609–1620.
- Francis, P., Figl, C., & Savage, C.(2012, September). Mastery learning in a large first year physics class. In *Proceedings of The Australian Conference on Science and Mathematics Education(formerly UniServe Science Conference).*

- Furió, D., González-Gancedo, S., Juan, M., Seguí, I., & Rando, N.(2013). Evaluation of learning outcomes using an educational iPhone game vs. traditional game. *Computers & Education*, 64, 1-23.
- Garris, R., Ahlers, R., & Driskell, J. E.(2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & gaming*, 33(4), 441-467.
- Gee, J. P.(2003). What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in Entertainment(CIE)*, 1(1), 20-20.
- Guskey, T. R.(2007). Closing achievement gaps: revisiting Benjamin S. Bloom' s "Learning for Mastery" . *Journal of Advanced Academics*, 19(1), 8-31.
- Guskey, T. R., & Gates, S. L.(1986). Synthesis of research on the effects of mastery learning in elementary and secondary classrooms. *Educational Leadership*, 43(8), 73-80.
- Hedberg, J. G.(2002). Ensuring High Quality Thinking and Scaffolding Learning in an Online World. *Winds of Change in the Sea of Learning: Proceedings of the 19th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education*,(pp. 261-270). Auckland, New Zealand: ASCILITE.
- Kebritchi, M., & Hirumi, A.(2008). Examining the pedagogical foundations of modern educational computer games. *Computers & Education*, 51(4), 1729-1743.
- Kernan, M. C., & Lord, R. G.(1990). Effects of valence, expectancies, and goal-performance discrepancies in single and multiple goal environments.*Journal of Applied Psychology*, 75(2), 194.
- Kim, K. J.(2004). Motivational Influences in Self-Directed Online Learning Environments: A Qualitative Case Study. *Association for Educational Communications and Technology*.
- Klawe, M. M.(1999, September). Computer games, education and interfaces: The E-GEMS project. *In Graphics Interface*(pp. 36-39).
- LeJeune, N.(2010). Contract grading with mastery learning in CS1. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 26(2), 149-156.
- Lo, J. J., Ji, N. W., Syu, Y. H., You, W. J., & Chen, Y. T.(2008). Developing a digital game-based situated learning system for ocean ecology. *Lecture Notes in Computer Science*, 5080, 51-61.
- Magnussen, R., & Misfeldt, M.(2004). Player transformation of educational multiplayer games. *Other Players*.
- McFarlane, A., Sparrowhawk, A., & Heald, Y.(2002). *Report on the educational use of games*. Teachers evaluating educational multimedia.

- McLellan, H.(1993). Evaluation in a situated learning environment. *Educational Technology*, 33(3), 39.
- Papastergiou, M.(2009). Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers & Education*, 52(1), 1-12.
- Perrotta, C., Featherstone, G., Aston, H. and Houghton, E.(2013). Game-based Learning: Latest Evidence and Future Directions(NFER Research Programme: Innovation in Education). *Slough: NFER*.
- Prensky, M.(2001). *Digital Game-Based Learning*. NY: McGraw-Hill Companies.
- Randel, J., Morris, B., Wetzel, C. D., & Whitehall, B.(1992). The effectiveness of games for educational purposes: A review of recent research. *Simulation & Gaming*, 23(3), 261–276.
- Rieber, L. P.(1996). Seriously considering play: Designing interactive learning environments based on the blending of microworlds, simulations, and games. *Educational Technology, Research, and Development*, 44(1), 43–58.
- Shaffer, D. W., Squire, K. R., Halverson, R., & Gee, J. P.(2005). *Video games and the future of learning*. WCER Working Paper No. 2005-4.
- Squire, K. D. & Jenkins, H.(2003). Harnessing The Power of Games in *Education. Insight*, 3, 7-33.
- Su, C. H., & Cheng, C. H.(2013). 3D Game-based learning system for improving learning achievement in software engineering curriculum. *TOJET*, 12(2).
- Tapscott, D.(1998). *Growing up digital. The rise of the net generation*. New York: McGraw-Hill.
- Vogel, J. F., Vogel, D. S., Cannon-Bowers, J., Bowers, C. A., Muse, K., & Wright, M.(2006). *Computer gaming and interactive simulations for learning: A metaanalysis*.
- Van Eck, R.(2006). Digital game-based learning: It' s not just the digital natives who are restless. *EDUCAUSE review*, 41(2), 16.
- Wambugu, P. W., & Changeiywo, J. M.(2008). Effects of mastery learning approach on secondary school students' physics achievement. *Eurasia Journal of mathematics, Science & technology education*, 4(3), 293-302.

Development and evaluation of a situated math game with mastery learning strategy

Kai-Hsiang Yang

Associate professor

Department of Mathematics and Information Education,
National Taipei University of Education.

E-mail: khyang.sinica@gmail.com

Chia-En Chang

Graduate

Department of Mathematics and Information Education,
National Taipei University of Education.

E-mail : iptables0916@gmail.com

Abstract

In recent years, many studies have found that digital game-based learning can significantly improve students' learning motivation. A good game must include game content design, teaching methods and learning material planning, in order to allow students to learn in an easy way, and then get a good learning effect. In this study, we established a digital math game based on the situated learning theory and mastery learning theory. This study employed a quasi-experimental research method, and the participants were two fifth-grade classes with 54 students at a Taiwanese elementary school. Experimental group was taught using the proposed math game, while the control group was taught by the traditional eBooks teaching method. Experimental results indicate the following: 1. Students in the experimental group demonstrated superior learning performance than students in the control group. 2. Students in the experimental group presented better mathematics learning attitude than the students in the control group. 3. The acceptance of science and technology in the experimental group is significantly higher than that of the control group. This research shows that the proposed math game can enhance students' learning effectiveness.

Key words: *Digital Game-Based Learning, Situated Learning, Mastery Learning.*



