

融合編序教學法之電腦遊戲對國小 學童學習數學分數之影響

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

陳振遠

畢業生

國立臺北教育大學數學暨資訊教育學系

E-mail : nsxmars@gmail.com

摘要

數位遊戲式學習需搭配合適的學習策略或工具，才能確實有助於學習；結合良好學習策略的遊戲，除了能降低學習者的認知負荷外，還能顯著提高學習成就。而數學一直是許多國小學生感到最困難的科目，分數學習與理解則是數學學習中極重要的基礎，教師應多給予學生重複學習的機會，編序教學法能依學生能力給予加深練習或是回饋，是一種有效的教學法，研究者發展一套結合編序教學法與數位遊戲的學習模式，探討其對國小五年級學生數學學習成就與學習態度之影響。本研究採準實驗設計，實驗組使用結合編序教學法之數位遊戲式學習模式，對照組則使用一般數位遊戲式學習模式。研究結果顯示，結合編序教學法之數位遊戲式學習模式能顯著提升五年級學生的數學學習成就及學習態度，而使用不同學習模式的學生，對於數位遊戲式學習都抱持著正向肯定的態度。

關鍵字：遊戲式學習、編序教學法、分數學習



壹、緒論

隨著科技的進步，電腦輔助教學模式（Computer-Assisted Instruction，CAI）的可行性大為提高。張新仁（2001）指出電腦輔助教學模式可以有效提升自我信心、增進基本的運算技巧、解決問題、習得簡單的觀念，且教師使用電腦輔助教學模式時，能針對學生的個別需要而設計課程，讓學生對特殊的觀念與問題做大量的練習與精熟。近年發展之數位遊戲式學習（Digital game-based learning）即為一種電腦輔助教學模式，利用遊戲提供的趣味環境進行學習，能廣泛應用於各學科中，不僅能提升學生學習興趣，也增加學生的學習成效與學習積極性（Chang & Lin, 2014; Huang, Chiu, & Chen, 2015; Sung & Hwang, 2013）。但 Charsky 和 Ressler（2011）的研究也指出，數位遊戲仍需搭配合適的學習策略或工具，才能確實有助於學習；結合良好學習策略的遊戲，除了能降低學生學習的認知負荷外，也能提高學生在理科上的學習成就（Hwang, Yang & Wang, 2013）。

數學在世界各國是強制修習的科目，也是學生普遍認為難以學習的科目（Karsenty, 2010）。其中分數概念是國小數學教育階段中的主要課程之一，其涵蓋了平分、比率和百分率、比和比值、比較量、圓餅圖等內容（教育部，2008），但學生對於分數的學習經常感到困難且成效不佳（李國家、劉曼麗，2012）。而學生若沒有建立清楚的分數概念，將會影響到之後的數學學習（蔡職鴻、劉曼麗，2012），所以在教材設計上，若能採用組織結構的教學設計，以及小步驟的改變教學，可提升學生在數學學習上的表現與成就（詹士宜，2012）。

Skinner（1954）所提出的編序教學（programmed teaching）將教材細分成一連串有順序的項目，並編成問答題或測驗題提供學生自學，學生作答之後即可核對正誤，接著再學習下一問題，此種循序漸進的學習方式，學生可以依自己能力來自訂學習的速度。Crowder（1963）於編序教學法的基礎下提出分支式編序教學法，當學生遇到學習困難時給予個別化協助與教材，減少學習挫折以提高學習效果。Kurbanoglu、Taskesenligil 和 Sozbilir（2006）將編序教學法應用於大學的化學課程中，發現學生的學習成效比一般教學顯著提升，因為在編序教學的過程中，學生需主動回應問題並給予即時回饋，提升學生對於艱澀的理化科目的理解與學習興趣。

Fathima（2013）指出編序教學法的學習細目是經過系統化的設計與安排，能給予學生個性化教學與學習框架，再結合電腦輔助時，能成為有效的自主與個別化學習之策略。Mayer（2002）將編序教學融入電腦中形成新的教學方法，其中的教學設計能促進有意義的學習。編序教學結合電腦輔助教學，利用一連串細目進行教學，並根據學生的答題回應給予個別教材，達到最終的學習目標，提升學生的學習信心，即時反饋協助學生瞭解錯誤與正確概念，提高學生於程式設計

領域的學習效果 (Emurian, 2008; Emurian & Zheng, 2010)。廖岳祥、吳佩芳、黃順彬、和廖晉宏 (2015) 表示，編序教學能依學生能力給予加深練習或是回饋，為數學學習上的有效教學策略，且當與資訊科技結合時，具有鼓勵學習之作用，能增進學生的學習意願與成效。

本研究將結合編序教學法與數位遊戲式學習應用於國小學童的異分母分數運算概念學習上，利用遊戲式學習之特性，提升學生的學習態度，再以分支編序教學法給予學生個別化之學習進度，提高學生的數學學習成就，以期達成有效教學之目標。

綜上所述，為了評估所提出研究方法之成效，研究問題為以下幾點：

進行結合編序教學法之數位遊戲式學習的學生，其數學學習成就是否優於進行一般數位遊戲式學習的學生？

進行結合編序教學法之數位遊戲式學習的學生，其數學學習態度是否優於進行一般數位遊戲式學習的學生？

貳、文獻探討

一、數位遊戲式學習 (Digital Game-Based Learning, DGBL)

隨著電腦科技的發展，資訊融入教學成為目前教育的趨勢，而運用數位遊戲結合學習目標，幫助使用者進行學習思考的數位遊戲式學習，在此潮流下也蔚為眾多教育工作者青睞的學習模式。許多研究均發現電腦教育遊戲能夠提供一個愉快又充滿真實的有趣學習環境，除了提升學習者的動機，還能增加個別互動，讓學生在遊戲的過程中獲得技能和知識，並將所學應用到真實世界中，進而提升自己的能力與成就 (Cagiltay, 2007; Hwang, Sung, Hung, Huang, & Tsai, 2012; Hwang, Sung, Hung, Yang, & Huang, 2013; ter Vrugte et al., 2011)。

Shin、Sutherland、Norris 和 Soloway (2011) 彙整分析相關研究，指出對學習有助益的教育性數位遊戲應包含以下四點特性：目標與規則 (Goal / rules)、學習者控制 (Learner control)、具有挑戰性的任務與回饋 (Challenge tasks / feedback) 和重複練習 (Repetition)，亦即遊戲設計需具備定義明確的學習目標和具體規則、學習者在遊戲中要能控制自己的行為、遊戲要提供給學習者比其能力水平更具挑戰性的任務，以及遊戲中要包含重複練習的活動。All、Castellar 和 Van Looy (2016) 則表示在遊戲環境的設計上，遊戲元素要盡可能的簡化，過多元素的加入可能會干擾參與者的學習，從而影響學習表現。Kim 與 Shute (2015) 亦指出，良好的遊戲任務設計才能引發真正的學習目標與技能；ter Vrugte 等人 (2015) 也認為成功的教育性遊戲需要良好的學習策略支持，才能真正提升學生的學習效果。由上述研究可知，良好的遊戲設計是數位遊戲式學

習中不可或缺的因素，因此本研究將結合編序教學法的概念與方法進行數位遊戲設計，遊戲中的答題練習採連串細目安排，並根據學生的答題回應給予個別教材，希望能更有助於學習。

而將教育性的數位遊戲運用在數學概念的學習，在過去許多研究中均發現有正面的學習成效，並能提高學習者的積極性和毅力 (Kebritchi, Hirumi, & Bai, 2010; Ke, 2013; Shin et al., 2011)。如 Rosas 等人 (2003)、Wilson、Dehaene、Dubois 和 Fayol (2009) 以及 Shin 等人 (2011) 都將數位遊戲應用在低年級學童的數與量的問題上，而 Klawe (1998) 則在拼圖遊戲中加入故事情節，幫助六年級學生學習幾何概念，學生在參與實驗後的學習成效與學習動機均獲得提升；而 Bai、Pan、Hirumi 和 Kebritchi (2012) 則以國中生為數位遊戲式學習的實施對象，進行了 18 週的學習，同樣也有正面的成效。

二、編序教學法

編序教學法 (Programmed instruction, PI) 由 Skinner (1954、1958、1968) 提出，其教學設計強調學習的積極性，而教材需充分適應學生的個別差異，並以驗證的方式強化學習效果。編序教學主要是按問題循序漸進式的個別化學習模式，其教學法即學生按照自己的能力，根據由淺入深的教材程度差異性依序答題，而後接受回饋，最終組織與內化學科知識。

Efendioğlu 與 Yelken (2010) 彙整相關研究，提出六點編序教學的設計原則：

(一) **獨特的小單元**：將學科知識分成一連串的小單元或細目，學生經由這些小單元依序進行學習。

(二) **階段原則**：學生需完成前一階段的學習，才能再進行下一階段。主要讓學生以自己的先備知識為基礎進行學習。

(三) **主動參與原則**：學習每個知識單元後，提供練習或問題，可以幫助學生內化知識，同時驗證學生是否理解內容，讓學生主動建構知識與回應問題。

(四) **即時回饋原則**：學生需要瞭解自己的學習表現是否達到一定水準，因此，在學生進行下一階段的學習前，答題完需給予即時回饋與正確答案及概念。而學生的回答能立即得到回饋，將可促進學習信心 (吳佩芳, 2014)。

(五) **學習處理原則**：學科內容會愈來愈困難，在教材安排上需有邏輯性，逐步增加難度，讓學生循序漸進，最終提升學生的能力水平。

(六) **個人步調原則**：讓學生以最適合自己的速度進行學習，通過這個方式可以縮短同儕間的知識與能力水平差異。

而 Crowder (1963) 在 Skinner 編序教學法的基礎下提出分支式編序教學法，利用選擇題形式進行概念間的測驗，用以檢測學生學習效果。學生進行選擇題答題時，系統會依據作答情形來決定學習進行的方向，引導學生至新的學習內容，

或給予適當的補充教材，讓學生再次學習，而後再回到選擇題讓學生再次嘗試答題，直到學生答對才會前往下個新的概念。如同 Field (2007) 及 Kurbanoglu 等人 (2006) 所述，分支式編序教學法的精神是要求學生正確地掌握前面的步驟或概念後，才能繼續學習新的材料，其結構是分析每個學習任務，訂定明確的行為目標，並引導學生藉由完成每項行為達成學習任務，此方式已經應用於寫作、閱讀、數學、心理學等許多不同學科的教學中，並取得良好的效果。Fathima (2013) 的研究也提到，分支式編序教學法採用三個原則：學習、診斷和補救再學習，並結合電腦進行輔助教學，讓學習者自我修正，使學生能自己建構知識，不再成為被動的學習者。將 CAI 與分支式編序教學法結合，電腦可經由學生於學習過程中的反應，辨識出學生學習薄弱之處，給予合適的教材再學習，提升整體 CAI 系統的效率 (Uenosono et al., 2008)。因此，編序教學法雖然能給予具體的行為目標與小步驟的順序，但分支式編序教學法則更能幫助學生有效地利用自己的時間和精力，經由不同的學習路徑，排除不必要的重複演練，給予不同學習速度的學生個別化的訊息與提示，達到自主學習之目標 (Gleason, 1966; Kurbanoglu et al., 2006)。

編序教學透過電腦與教育科技提供之即時回饋機制，能有效協助學生學習，如 Efendioğlu 和 Yelken (2010) 結合編序教學融入科技媒體，發展新的多媒體教學方法，應用於大學的資料庫查詢語言 (SQL) 的課程中，發現此模式能有效提升學生學習成就，而科技與教學結合能對學生的學習態度產生正面的影響。Emurian 與 Zheng (2010) 的研究也發現編序教學與電腦結合能強化學生程式設計中的邏輯概念學習和理解，並從解決問題中獲得成功經驗與提升自我效能。Kurbanoglu 等人 (2006) 將編序教學法用於教授大學的立體化學結構課程，其研究結果顯示，接受編序教學法的學生在學習成就上明顯優於接受一般傳統教學的學生，他們藉由個人步調原則規劃自己的學習進度，達到自主學習之目的，提高對於化學結構的認知與理解。而結果也顯示學生對於編序教學法有較高學習興趣，並對此模式有極高的滿意度與正向肯定。所以利用編序教學法進行教學設計並提供學生學習，能有效連結學生的學習經驗，讓學生實踐學習活動，提升理解與解決問題的能力，實現課程教學目標 (Fathima, 2013)。

三、分數概念學習

數學課程為高度結構性，具有一定的順序與階層性，當學生未具備前一階段的先備知識時，將無法學習到現階段的內容知識，學生的學習問題也將會因年級增加而擴大，最終導致學生放棄學習 (Karsenty, 2010)。因此在教學上需依學生的能力、興趣及學習需求，結合不同模式與策略，方能有效協助學生學習數學與提升能力。

教育部（2008）公布之九年一貫數學學習領域課程綱要，學生在五年級（第三學習階段）必須學會有關分數的能力指標為 6 條，表示學生於五年級課程結束後，需理解的相關分數概念，其包括 N-3-06、N-3-07、N-3-09、N-3-10、N-3-13 以及 N-3-14（見表 1）。

表 1 數學學習領域分數概念第三階段五年級的能力指標

分段能力指標	
N-3-06	能理解等值分數、約分、擴分的意義。
N-3-07	能理解通分的意義，並用來解決異分母分數的比較與加減問題。
N-3-09	能理解分數（含小數）乘法的意義及計算方法，並解決生活中的問題。
N-3-10	能理解分數（含小數）除法的意義及計算方法，並解決生活中的問題。
N-3-13	能做分數與小數的互換，並標記在數線上。
N-3-14	能認識比率及其在生活中的應用。

五年級的分數課程具有承先啟後的重要地位，學習內容主要讓學生由分數概念銜接到分數算則的階段，但分數概念是造成學生學習困難的原因之一，所以應瞭解學生學習分數困難的地方，以協助學生真正理解分數的概念（李國家、劉曼麗，2012）。

彙整相關研究，國內學者指出五年級學生在分數課程的迷思概念主要分為「分數的概念（含等值分數）」、「異分母分數比大小」以及「異分母分數的加減」三個部分（伍原利，2010；李國家、劉曼麗，2012；張熙明，2004；楊德清、洪素敏，2008），其意義如下：

（一）分數的概念（含等值分數）：分數概念是一種部分與整體關係。本概念的主要迷思在於學生無法在不同的表徵間做正確的轉換，且無法掌握分數是部份與整體的關係，也就是說，學生無法將分數看成一個數，而是將分數的分母與分子分別視為兩個獨立的整數，因此在處理分數概念與等值問題時，學生只會考慮到分母或分子進行單獨的整數解題。

（二）異分母分數比大小：學生於本概念的主要迷思為只以分母或分子的大小做比較。由於學生不瞭解分數的意義，且受到先備的整數經驗影響，將分數的分子與分母視為兩個獨立的整數，在解題上會直接比較分子或分母的數字大小。在整體概念上，表示學生未能將分子與分母作有意義的連結，忽略了分數中部分與整體間的關係。

（三）異分母分數加減：在異分母分數加減中，學生常犯的迷思概念主要分為兩種，分別是「分母加分母，分子加分子」與「分母減分母，分子減分子」等兩種錯誤類型，其表示學生將分母與分子視為兩個獨立的整數，故在加減中分別進行運算。在解題表現上，學生無法利用通分將不同分母的分數化為相同分母的分數，再進行同分數的加減運算。

分數概念是國小數學課程中的重要學習目標，若學生沒有建立清楚的分數概念，將會影響到之後的數學學習（蔡職鴻、劉曼麗，2012），所以應給予學生不同的學習活動，並用各種角度來呈現分數問題情境，協助學生建立各個分數概念表徵之間的連結，讓學生真正理解分數運算的相關概念，使學生的數學能力得以提升（張熙明、楊德清，2007）。

除瞭解學生的迷失概念外，廖光遠與謝彩鳳（2014）的研究也說明需要透過有效的教學設計來引起學生學習動機，才能提升數學學習之成效。因此，教師應透過教學設計來協助學生學習與回應學習問題，並依據個別學習速度的不同，提供多元的學習方式，以確保學生的進步，從而獲得成功經驗，提升學生的學習信心與動機，再利用回饋機制，協助學生習得正確的行為，使他們的學習成就超越原本能力之限制（黃永和，2013）。

參、數位遊戲式學習系統

由於角色扮演（Role-playing game, RPG）遊戲具有劇情與高度互動性，且可安排不同的解決問題任務、能結合真實的場景以激發學生的學習動機（Hou, 2012），因此本研究利用 RPG maker VX ACE 軟體進行遊戲開發設計。學習者在遊戲中扮演一位誤闖異世界——數學之島的勇者，需要協助島上居民解決困擾，亦即完成遊戲中之任務以獲得寶物，當學習者在遊戲中與非玩家角色（Non-palyer character, NPC）互動時也會學習到分數運算的相關概念，利用習得的概念解決採集、問答與解謎等不同任務，藉以獲得寶物與下一個任務的線索，當所有寶物均蒐集完畢時即可過關。

遊戲中的學習內容及解題任務為國小五年級數學課程中之分數單元，包含「分數的概念（含等值分數）」、「異分母分數比大小」以及「異分母分數的加減」等三個子單元，由於本研究結合分支式編序教學，首先將分數概念依子單元內容再分成一連串的細目，如表 2 所示，「分數的概念」子單元包含：「在具體情境中說明約分與擴分的意義」、「以約分、擴分處理等值分數的換算」兩個教學目標；而第 1 個教學目標下依序安排 4 個教材細目，分別為：「1-1 在平分的具體情境下，瞭解約分與等值分數的關係」、「1-2 利用因數的先備經驗，進行分數的約分」、「1-3 在平分的具體情境下，瞭解擴分與等值分數的關係」及「1-4 利用倍數的先備經驗，進行分數的擴分」，學習者需要按照「子單元——教學目標——教材細目」所編列的順序來依次學習。

表 2 教材分析細目

子單元名稱	教學目標	教材細目
分數的概念 (含等值分數)	1. 在具體情境中說明約分與擴分的意義。	1-1 在平分的具體情境下，瞭解約分與等值分數的關係。
		1-2 利用因數的先備經驗，進行分數的約分。
		1-3 在平分的具體情境下，瞭解擴分與等值分數的關係。
		1-4 利用倍數的先備經驗，進行分數的擴分。
	2. 以約分、擴分處理等值分數的換算	2-1 以約分換算等值分數。
		2-2 以約分進行等值分數的換算情境問題。
		2-3 以擴分換算等值分數。
		2-4 以擴分進行等值分數的換算情境問題。
異分母分數比大小	3. 以通分比較簡單異分母分數的大小	3-1 瞭解將兩個異分母分數化成兩個同分母分數之過程稱為「通分」。
		3-2 利用公因數的經驗，將兩個異分母分數通分化為兩個同分母的等值分數。
		3-3 利用公倍數的經驗，將兩個異分母分數通分化為兩個同分母的等值分數。
		3-4 利用通分解決異分母真分數的大小比較問題。
		3-5 利用通分解決異分母真分數的大小比較的情境性問題。
異分母分數的加減	4. 以通分解決簡單異分母分數的加減問題	4-1 運用通分解決簡單異分母分數的加法運算問題。
		4-2 運用通分解決簡單異分母分數的加法情境問題。
		4-3 運用通分解決簡單異分母分數的減法運算問題。
		4-4 在比較情境，運用通分解決簡單異分母分數的減法情境問題。

遊戲進行方式為先呈現學習概念，如圖 1 所示。系統在每個學習概念後提供是非題練習，如圖 2 所示，用以檢驗學生的概念理解程度，若答題錯誤則需重複進行概念的學習，答對者則獲得正向回饋及獎勵，並能進入下一個學習概念。在完成整個子單元的學習活動後，系統會給予選擇題練習，如圖 3 所示，用以檢驗學生的應用與解題技能，並根據學生的答案給予不同的引導，由於錯誤類型的不同，所以獲得的補充教材也有所不同，倘若學生選擇「不知道」，表示其沒有任何的答題概念，將會被引導至重新進行概念的學習。完整的遊戲進行流程如圖 4 所示。

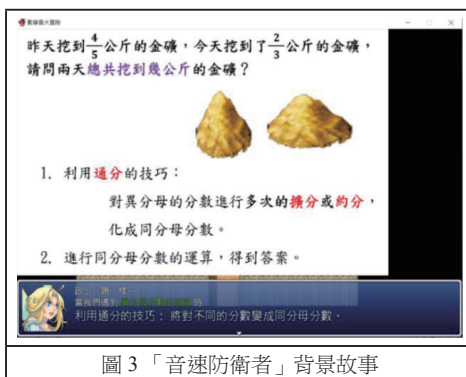


圖 3 「音速防衛者」背景故事

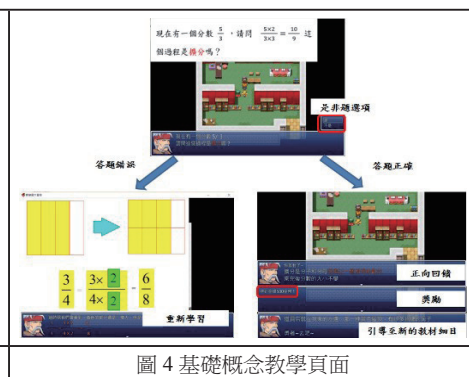


圖 4 基礎概念教學頁面

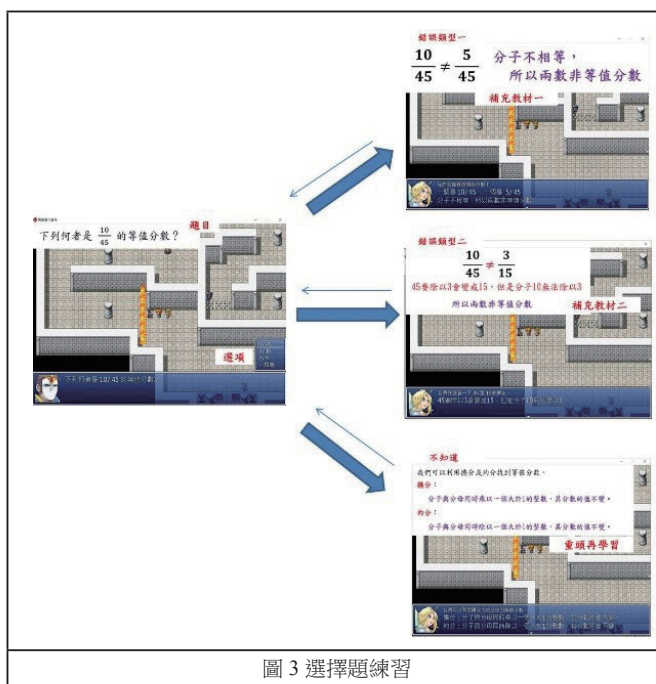


圖 3 選擇題練習

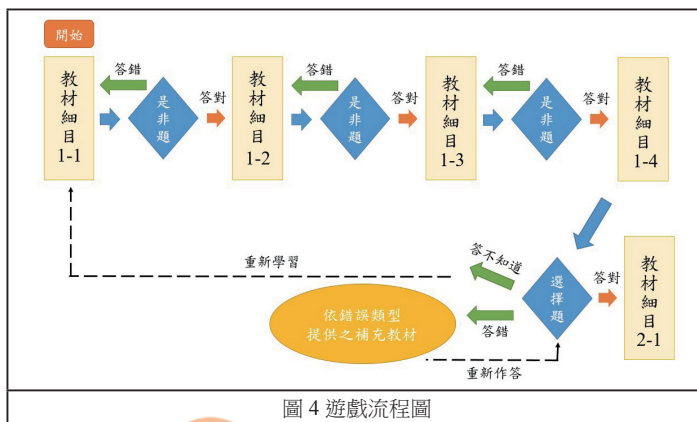


圖 4 遊戲流程圖



圖 5 提示協助解題畫面

肆、實驗設計

一、參與者

本研究之研究對象為新北市某國小五年級兩個班級的學生，該校於學生升上高年級前已依據課業成績進行常態編班，因此兩班級學生的數學程度較為平均。研究者於實驗前依研究倫理向學生家長說明實驗並發放家長同意書，於取得學生家長者同意下邀請學生參與實驗，本研究共計 57 名參與者，其中 30 名為實驗組，使用「結合編序教學法之數位遊戲式學習模式」；對照組 27 名，使用「一般數位遊戲式學習模式」。

二、研究工具

本研究所使用其他研究工具包含：異分母分數運算概念前後測驗卷、數學學習態度前後問卷及訪談問卷。以下分別說明各項工具：

(一) 異分母分數運算概念前後測驗卷

研究者參考翰林文教出版社於民國 104 年出版的國民小學數學教師手冊第十冊（五下），以及鈞富出版社於民國 105 年出版的五年級數學精華複習講義，並納入教育部公布之數學補充教材內容，進行異分母分數運算概念前後測驗卷設計。此前後測驗卷經兩位任教國小五年級 5 年資歷以上的教師，及一位擁有 10 年資歷的國小級任老師審查通過，故本研究使用之測驗卷符合專家效度。

本研究所使用之異分母分數運算概念前後測驗卷內容分為「分數的概念（含

等值分數)」、「異分母分數比大小」以及「異分母分數的加減」三部分。前測驗卷共有 6 題選擇題、8 題填空題以及 5 題的文字應用題，滿分為 100 分；後測驗卷共有 6 題選擇題、7 題填空題、4 題計算題以及 5 題的文字應用題，滿分為 100 分。

(二) 數學學習態度前後問卷

本研究使用的數學學習態度問卷改編自 Hwang 與 Chang (2011) 提出之學習態度問卷，其目的在衡量學生對數學科學習的態度。本問卷共有 7 題，採用李克特 (Likert-scale) 五點量表，分為非常同意 5 分、同意 4 分、普通 3 分、不同意 2 分、非常不同意 1 分，得分愈高，代表參與者的學習動機趨於正向，其學習態度愈積極。本問卷量表所得之 Cronbach's α 值為 0.79，表示問卷擁有良好的內部一致性信度。研究者於教學實驗前後各進行一次調查，以分析學生在參與實驗後的態度改變情況。

(三) 訪談問卷

訪談問卷皆為研究者自編，分為前問卷與後問卷兩部分。前問卷的訪談項目共有 6 題，主要蒐集學生的遊戲與學習經驗，題目分別為：「你平常會玩遊戲嗎?」、「你平常玩遊戲的次數?」、「你是否曾經玩過 RPG 類型(角色扮演)的遊戲?」、「你是否曾經用遊戲學習數學的經驗?」、「你是否曾經用遊戲學習其他學科的經驗?」和「如果讓你選擇，你會喜歡用遊戲來學習嗎?」。

後問卷的訪談項目共計 5 題，以蒐集學生對於不同數位遊戲式學習模式的看法與質性資料，題目包含：「經過這次電腦遊戲學習後，你覺得是否對『異分母分數的運算』更加瞭解呢?」、「你喜不喜歡用玩電腦遊戲的方式來學習數學?並請告訴老師原因。」、「你覺得電腦遊戲很棒的地方是?」、「你覺得電腦遊戲可以改進的地方是?」及「其他想要告訴老師的建議」。

三、研究過程

本研究分為三個階段，如圖 6 所示。第一階段為數位遊戲式學習活動進行前，安排時間為 60 分鐘。由於異分母分數運算單元是參與學生已經學習過的課程，因此於實驗前進行異分母分數運算概念前測，以瞭解兩組學生對於此數學單元概念的理解與熟悉程度；此外，為探討學生對於數學學習的情意態度與感受，故於實驗前對兩組學生實施數學學習態度前問卷調查；同時為了排除學生因不熟悉電腦與遊戲操作而對實驗結果造成影響，研究者於實驗前對兩組學生進行遊戲說明與操作的教學指導，其中包含遊戲畫面介紹與練習遊戲操作方式示範。

第二階段進行兩組不同的數位遊戲式學習，安排時間為 120 分鐘。實驗組學生以結合編序教學法之數位遊戲式學習模式進行學習活動，而對照組則以一般數

位遊戲式學習模式進行學習。兩組所學習的教材內容相同，皆包含異分母分數運算相關概念，而實驗組是以編序教學法呈現學習教材，對照組是以一般數位遊戲式學習方式呈現。

第三階段中，實驗組與對照組的學生進行異分母分數運算概念後測驗卷和數學學習態度後問卷與訪談問卷的填寫，以期得到對於不同數位遊戲式學習模式的優點或建議，本階段安排時間為 60 分鐘。

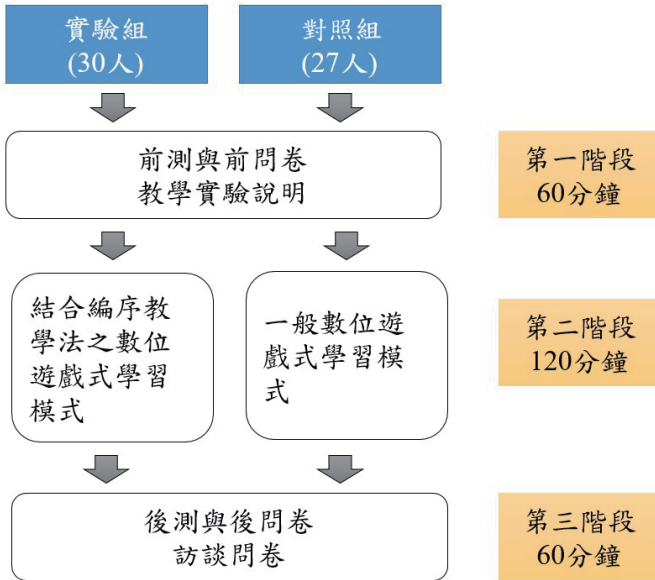


圖 6 實驗流程圖

伍、研究結果

本研究之目的是開發一套結合編序教學法之數位遊戲式學習模式，對國小五年級學生進行數學科異分母分數運算單元的學習活動，探討該學習模式對於五年級學生的學習成就與感受之影響。本章呈現統計分析與質性回饋的結果，依異分母分數運算概念學習成就、數學學習態度與質性資料分別進行敘述。

一、數學學習成就分析

在進行教學實驗之前，為瞭解兩班學生對於異分母分數運算概念理解程度是否相當，故先施以前測，並利用前測成績進行獨立樣本 t 檢定。其結果如表 3 所示，雖然實驗組的前測平均分數較對照組高，但獨立樣本 t 檢定結果未達顯著標準 ($t=0.82$, $p=0.42>0.05$)，表示兩組在教學實驗前對於異分母分數運算概念的理解程度沒有顯著差異。

接著以後測分數進行獨立樣本 t 檢定，來檢驗兩組學生成績差異，結果如表 2 所示，兩組的後測分數獨立樣本 t 檢定達到顯著標準 ($t=4.36$, $p=0.000<0.001$)，表示兩組後測成績有顯著差異，結合編序教學法之數位遊戲式學習模式對於異分母分數運算概念的學習成就顯著優於一般數位遊戲式學習模式。

表 3 數學學習成就之前後測獨立樣本 t 檢定分析

測驗時間	學習模式	個數	平均數	標準差	t 值	d
前測	結合編序教學法之數位遊戲式學習模式	30	80.73	15.59	0.82	0.21
	一般數位遊戲式學習模式	27	77.67	12.43		
後測	結合編序教學法之數位遊戲式學習模式	30	90.67	6.84	4.36**	1.16
	一般數位遊戲式學習模式	27	81.15	9.56		

** $p<0.001$

二、數學學習態度分析

於教學實驗之前，為瞭解兩組學生對於數學學習態度的差異，故先施以前問卷調查，並利用前問卷之平均得分進行獨立樣本 t 檢定分析。其結果如表 4 所示，雖然實驗組的前問卷平均分數較高，但獨立樣本 t 檢定未達顯著標準 ($t=1.266$, $p=0.21>0.05$)，表示兩組於教學實驗前對於數學學習態度上無顯著差異。

接著以後問卷的平均得分進行獨立樣本 t 檢定，來檢驗兩組學生學習態度改變程度之差異，而後由表 3 得知，兩組後問卷分數的獨立樣本 t 檢定達到顯著標準 ($t=2.56$, $p=0.014<0.05$)，表示兩組後問卷分數有顯著差異，顯示結合編序教學法之遊戲式學習模式比一般數位遊戲式學習模式，更能有效提升學生的數學學習態度。

表 4 數學學習態度之前後問卷獨立樣本 t 檢定分析

測驗時間	學習模式	個數	平均數	標準差	t 值	d
前測	結合編序教學法之數位遊戲式學習模式	30	3.71	0.83	1.27	0.34
	一般數位遊戲式學習模式	27	3.46	0.63		
後測	結合編序教學法之數位遊戲式學習模式	30	4.67	0.40	4.36*	0.68
	一般數位遊戲式學習模式	27	4.30	0.65		

* $p<0.05$

三、質性資料分析

本研究藉由訪談問卷蒐集相關質性資料，分為前問卷與後問卷兩部分。前問卷的訪談項目主要蒐集學生的遊戲與學習經驗。後問卷的訪談項目主要以蒐集學生對於不同數位遊戲式學習模式的看法與建議，而根據資料做為後續學習模式的修正與提出相關建議之依據。

(一) 前問卷資料

前問卷主要蒐集學生遊戲與學習經驗。以實驗組而言，平常或每天玩遊戲（電腦、手機等遊戲）的學生約八成，而對照組約有九成的學生時常玩遊戲，可見這兩班的學生其遊戲經驗豐富，對於遊戲式學習模式不會有資訊焦慮與操作上的困難。

因本研究採用 RPG 模式作為遊戲的基礎，故詢問學生是否有接觸過類似的遊戲，實驗組有七成的學生玩過 RPG 遊戲，而對照組更有近八成的學生接觸此種模式遊戲，可以確認大部分學生皆能順利與遊戲中的角色互動，並完成研究者所設置的學習任務。

於前問卷中，也詢問學生是否曾經用遊戲學習數學或其他學科的經驗。以實驗組而言，約有六成的學生在過去的學習歷程中有使用遊戲學習數學的經驗，有五成的學生使用過遊戲式學習模式來學習其他科目（自然、社會等領域）。而對照組約有六成五的學生使用過遊戲來學習數學，約七成五的學生於其他科目的學習中使用數位遊戲。根據此項目的回饋，瞭解兩組學生大多有接觸遊戲應用於學習上的經驗。

最後詢問學生對於遊戲式學習的喜好程度，此項目為五點量表，分數愈高表示愈喜歡，而實驗組的平均得分為 4.6 分，對照組為 4.0 分，表示數位遊戲式學習模式是受學生所喜愛與認同的。

(二) 後問卷資料

後問卷的訪談項目主要以蒐集學生對於不同數位遊戲式學習模式的看法與建議，研究者於實驗後請學生針對其使用的數位遊戲式學習模式進行填寫，共有 5 題，以下分別敘述學生的回饋。

第一題：經過這次電腦遊戲學習後，你覺得是否對「異分母分數的運算」更加瞭解呢？

實驗組的學生共有 30 位，其中 28 位認為經過這次數位遊戲式學習後使他們更加瞭解異分母分數運算概念，但有 2 位認為此次學習沒有增加概念的瞭解，其中一位的原因是「這個單元他之前學過了」，而另一位學生於問卷上的反應是「有時會看不懂」，所以認為這次學習沒有讓他更瞭解異分母分數運算，表示在教材呈現上需再進行調整。表 5 為實驗組學生的部分回饋紀錄：

表 5 實驗組學生回饋紀錄

回饋內容	學生代碼
給的題目讓人一目了然。	Exp02
遊戲中有教分數相關的概念。	Exp10
遊戲裡有許多解說。	Exp22
利用分數遊戲，讓我們對於分數有興趣。	Exp23
我非常集中於遊戲中，且我很專心在解題。	Exp26
有許多練習題。	Exp29

對照組的學生共有 27 位，其中 23 位認為經過這次電腦遊戲學習後使他們更加瞭解異分母分數運算概念，但有 4 位持反對意見，其中有 3 位學生的理由皆為「這些我之前學過了」，另外 1 位學生的原因是「我在玩的時候都是用亂按」，所以他們都認為此次學習沒有增加概念的瞭解，因此在遊戲設計中還應注意猜答案的情形。表 6 為對照組學生的部分回饋紀錄：

表 6 對照組學生回饋紀錄

回饋內容	學生代碼
有很多分數的問題和解說。	Con02
遊戲中都有說明，幫助我瞭解分數。	Con04
有很多題目很有挑戰性。	Con12
內容有趣，容易瞭解。	Con23
我本來不懂，經過這次的學習後，我比較瞭解了。	Con27

由學生的回饋得知，結合編序教學法之數位遊戲式學習模式與一般數位遊戲式學習模式的學生大多對數位遊戲式學習應用於數學的概念學習活動上，持正面肯定，使用數位遊戲式學習模式都可以讓他們更加瞭解異分母分數運算的概念。

第二題：你喜不喜歡用玩電腦遊戲的方式來學習數學？並請告訴老師原因。

實驗組學生在這一題的回饋中，只有 2 位學生表示不喜歡，意見如「不喜歡，沒有玩遊戲的感覺 (Exp10)」及「不喜歡，因為我比較想玩槍戰 (Exp15)」。從 2 位學生的反應可得知，本次的遊戲屬於教育性質，對於常接觸玩樂型遊戲的學生而言較無玩遊戲的感覺，且 RPG 模式可能也並非學生真正喜歡的遊戲類型。

而其他 28 位實驗組學生皆表示喜歡用玩電腦遊戲的方式來學習數學，表 7 為實驗組學生的部分回饋紀錄：

表 7 實驗組學生回饋紀錄

回饋內容	學生代碼
一下就學會了。	Exp02
遊戲總比坐在那兒聽課好玩多了。	Exp04
能增加趣味性。	Exp12
很好玩，可以完全集中注意力。	Exp17
用電腦玩有樂趣，也可以學到東西。	Exp19
可以讓課程變得更有趣。	Exp25

從 17 號的反應中瞭解，結合編序教學法之數位遊戲式學習模式可以幫助學生提升專注力。

對照組除了 1 位學生覺得在學習過程中「眼睛會痠」而表示不喜歡外，其他學生皆表示喜歡用玩電腦遊戲的方式來學習數學，表 8 為對照組學生的部分回饋紀錄：

表 8 對照組學生回饋紀錄

回饋內容	學生代碼
很輕鬆。	Con07
很有趣。	Con09
比老師教得好玩。	Con11
這是電腦遊戲，會比較有趣。	Con25
能學也能玩。	Con28

綜合上述學生回饋，大部分學生皆喜歡用數位遊戲模式來學習數學，他們認為此模式比傳統的講述式教學更有趣，並且可以更輕鬆的學習。但在教材呈現上仍需注意，否則會造成眼睛疲勞，降低學習成效。

第三題：我覺得電腦遊戲很棒的地方

兩組學生皆認為電腦遊戲的優點在於好玩與有趣，讓學習變得跟傳統上課不一樣，而採用 RPG 模式營造故事情境，可以讓學生投入學習活動中。表 9 為學生的部分回饋紀錄：

表 9 兩組學生回饋紀錄

回饋內容	學生代碼
可以很快樂。	Exp14
很有趣，也很好玩。	Exp22
很有趣，有故事性，讓人很投入。	Exp26
很好玩，有很多題目關卡。	Exp27
讓課程很有趣。	Con09
可以很輕鬆的學習。	Con14
好玩、有趣。	Con19
跟一般上課不一樣。	Con26

所有學生對於電腦遊戲與教學做結合都持正向肯定的態度。

第四題：我覺得電腦遊戲可以改進的地方

本次所使用的兩種遊戲式學習模式皆無戰鬥功能，所以有許多學生在此項問題上反應要增加「戰鬥畫面」，讓遊戲更像市售的玩樂性遊戲。如學生表示「增加打鬥（Exp09）」、「加入戰鬥（Exp15、Exp28）」、「可以戰鬥與升級角色（Con01）」、「如果可以打怪，還有可以用的道具比較好玩（Con21）」。

除此之外，結合編序教學法之數位遊戲式學習模式的學生給予「增加關卡、增加遊戲時間及可以加入音樂與配音」的建議；而一般數位遊戲式學習模式的學生給予「增加連線與聊天功能及增加遊戲時間」的建議。由上述建議可知，學生在進行遊戲式學習時，皆希望時間能夠延長，表示數位遊戲學習模式受到學生的歡迎。

第五題：其他想要告訴老師的建議

在此項目中學生都給予「無意見」或是與之前的建議相同，因為其重複性，故本研究不分析與歸納本項的學生回饋。

綜合本章分析結果，結合編序教學法之數位遊戲式學習模式，應用於五年級的異分母分數運算概念的學習活動中，能有效提升學生的學習成就及學習態度。不論是使用結合編序教學法之數位遊戲式學習模式或是一般數位遊戲式學習模式的學生，對於遊戲式學習都有高度滿意度，且從回饋中更可以瞭解學生對遊戲式學習持正向的態度與肯定。

陸、結論與討論

本研究採用準實驗設計，以新北市某國小五年級學生作為研究對象，並利用研究者所設計的結合編序教學法之數位遊戲式學習模式進行異分母分數運算概念的學習活動。研究目的在探討五年級學生透過結合編序教學法之數位遊戲式學

習模式進行異分母分數運算學習後的數學成就，另外針對使用不同學習模式的學生，探討有關數學學習態度之影響，並瞭解學生對於結合編序教學法之數位遊戲式學習模式的質性回饋。以下分別對本研究成果提出結論與建議：

一、結論

使用結合編序教學法之數位遊戲式學習模式與一般數位遊戲式學習模式的學生，於前測成績與學習態度前問卷上未呈現顯著差異，而經過教學實驗後，實驗組透過結合編序教學法之數位遊戲式學習模式學習後，在異分母分數運算概念測驗上的成績及學習態度顯著優於一般數位遊戲式學習模式的學生。

由此可知，結合編序教學法之數位遊戲式學習模式能幫助五年級學生精熟異分母分數運算的概念，使他們深入理解異分母分數運算，並能有效且顯著提升學生的數學學習態度。

二、未來研究建議

（一）將結合編序教學法之數位遊戲應用於不同的數學單元

本次所融入之單元為五年級下學期的異分母分數運算，且屬於再學習活動，所以此次的學習內容為學生已經學習過的概念，故有少部分學生認為教材簡單，無法增加其對數學概念的理解，未來可以將此學習模式應用於學生未學習過之單元，讓學生藉由結合編序教學法之數位遊戲進行課堂的正式學習。

（二）擴大樣本數與代表性

限於人力與地域，本研究對象只有兩個班級。建議未來可以擴大樣本數與區域代表性，跨校邀請更多學生參與實驗，以深入探討結合編序教學法之數位遊戲式學習模式對於國小學童的學習成就與感受之影響。

（三）分析各情意態度與學習成效的相關性

本研究採用前後分數的分析方式，只探討學生於各情意面向的改變程度，建議未來可分析更多情意態度與學習成效的相關性，建立相關性模組，以利後續發展出更符合學生學習之數位遊戲式學習模式。

參考文獻

- 伍原利（2010）。簡報教學融入國小五年級等值分數教學之研究。未出版之碩士論文，國立屏東教育大學數理教育研究所，屏東縣。
- 李國家、劉曼麗（2012）。探討國小五年級數學低成就學生在分數部分的迷思概念——以異分母分數的比較與加減為例。科學教育，354，30-43。
- 吳佩芳（2014）。應用診斷數位教學於國小分數學習成效之改善。未出版之碩士論文，亞洲大學資訊工程學系，臺中市。
- 教育部（2008）。九年一貫數學學習領域課程綱要。上網日期：2015年11月10日，檢自：<http://teach.eje.edu.tw/9CC/3-2.php>
- 黃永和（2013）。低成就學生的特質與輔導。新北市教育，9，19-23。
- 張新仁（2001）。實施補救教學之課程與教學設計。教育學刊，17，85-106。
- 張熙明（2004）。國小五年級學童分數表徵教學之研究。未出版之碩士論文，國立嘉義大學國民教育研究所，嘉義縣。
- 張熙明、楊德清（2007）。國小五年級學童分數表徵教學之研究。臺灣數學教師電子期刊，10，62-71。
- 詹士宜（2012）。以認知負荷取向分析數學學習困難學生在多媒體數學解題歷程之教學。中華民國特殊教育學會年刊，101，117-156。
- 楊德清、洪素敏（2008）。分數補救教學之歷程的研究。教育研究與發展期刊，4（2），85-118。
- 廖光遠、謝彩鳳（2014）。數位化補救教學對學業成就影響之後設分析。教育科技與學習，2（1），101-128。
- 廖岳祥、吳佩芳、黃順彬、廖晉宏（2015）。應用診斷數位教學於國小分數學習成效之改善。人文社會學報，11（2），105-131。
- 蔡職鴻、劉曼麗（2012）。對國小三年級數學低成就學童在分數迷思概念之探討。科學教育，353，18-31。
- All, A., Castellar, E. P. N., & Van Looy, J. (2016). Assessing the effectiveness of digital game-based learning: Best practices. *Computers & Education*, 92, 90-103.
- Bai, H., Pan, W., Hirumi, A., & Kebritchi, M. (2012). Assessing the effectiveness of a 3-D instructional game on improving mathematics achievement and motivation of middle school students. *British Journal of Educational Technology*, 43(6), 993-1003.
- Cagiltay, N. E. (2007). Teaching software engineering by means of computer-game development: Challenges and opportunities. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 405-415.
- Chang, S. M., & Lin, Sunny S. J. (2014). Team knowledge with motivation in a suc-



- successful MMORPG game team: A case study. *Computers & Education*, 73, 129–140.
- Charsky, D., & Ressler, W. (2011). “Games are made for fun” : Lessons on the effects of concept maps in the classroom use of computer games. *Computers & Education*, 56(3), 604-615.
- Crowder, N. A. (1963). On the differences between linear and intrinsic programing. *The Phi Delta Kappan*, 44(6), 250-254.
- Efendioğlu, A., & Yelken, T. Y. (2010). Programmed instruction versus meaningful learning theory in teaching basic structured query language (SQL) in computer lesson. *Computers & Education*, 55(3), 1287-1299.
- Emurian, H. H. (2008). Behavior analysis and ict education: teaching java™ with programmed instruction and interteaching. *Encyclopedia of Information Technology Curriculum Integration*, 1, 71-79.
- Emurian, H. H., & Zheng, P. (2010). Programmed instruction and interteaching applications to teaching Java™ : A systematic replication. *Computers in Human Behavior*, 26(5), 1166-1175.
- Fathima, S. (2013). Thinking of programmed instructional design: need of today’ s learner. *International Journal of Modern Engineering Research*, 3(2), 1056-1060.
- Field, J. (2007). Behaviourism and training: the programmed instruction movement in Britain, 1950–1975. *Journal of Vocational Education and Training*, 59(3), 313-329.
- Gleason, G. (1966). Will programmed instruction serve people? *Educational Leadership*, 23(6), 471-479.
- Hou, H. T. (2012). Exploring the behavioral patterns of learners in an educational massively multiple online role-playing game (MMORPG). *Computers & Education*, 58(4), 1225-1233.
- Hwang, G. J., Chiu, L.Y., & Chen, C. H. (2015). A contextual game-based learning approach to improving students' inquiry-based learning performance in social studies courses. *Computers & Education*, 81, 13-25.
- Hwang, G. J., Sung, H. Y., Hung, C. M., Huang, I., & Tsai, C. C. (2012). Development of a personalized educational computer game based on students' learning styles. *Educational Technology Research and Development*, 60(4), 623-638.
- Hwang, G. J., Sung, H. Y., Hung, C. M., Yang, L. H., & Huang, I. (2013). A knowledge engineering approach to developing educational computer games for improving students' differentiating knowledge. *British Journal of Educational Technology*, 44(2), 183-196.
- Hwang, G. J., Yang, L. H., & Wang, S. Y. (2013). A concept map-embedded educational

- computer game for improving students' learning performance in natural science courses. *Computers & Education*, 69(1), 121-130.
- Karsenty, R. (2010). Nonprofessional mathematics tutoring for low-achieving students in secondary schools: A case study. *Educational Studies in Mathematics*, 74(1), 1-21.
- Ke, F. (2013). Computer-game-based tutoring of mathematics. *Computers & Education*, 60(1), 448-457.
- Kebritchi, M., Hirumi, A., & Bai, H. (2010). The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. *Computers & Education*, 55(2), 427-443.
- Kim, Y. J., & Shute, V. J. (2015). The interplay of game elements with psychometric qualities, learning, and enjoyment in game-based assessment. *Computers & Education*, 87, 340-356.
- Klawe, M. M. (1998, June). When does the use of computer games and other interactive multimedia software help students learn mathematics? *Technology and NCTM Standards 2000 Conference*, Arlington.
- Kurbanoglu, N. I., Taskesenligil, Y., & Sozbilir, M. (2006). Programmed instruction revisited: a study on teaching stereochemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(1), 13-21.
- Mayer, R.E. (2002). The promise of educational psychology. Volume II. *Teaching for meaningful learning*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Education, Inc.
- Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M., Flores, P., et al. (2003). Beyond nintendo: Design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computers and Education*, 40(1), 71-94.
- Shin, N., Sutherland, L. M., Norris, C. A., & Soloway, E. (2011). Effects of game technology on elementary student learning in mathematics. *British Journal of Educational Technology*, 43(4), 540-560.
- Skinner, B. F. (1954). The science of learning and the art of teaching. *Harvard Educational Review*, 24, 86-97.
- Skinner, B. F. (1958). *Teaching machines*. *Science*, 128, 969-977.
- Skinner, B. F. (1968). *The technology of teaching*. New York: Appleton-Century-Crofts.
- Sung, H. Y., & Hwang, G. J. (2013). A collaborative game-based learning approach to improving students' learning performance in science courses. *Computers & Education*, 63, 43-51.
- ter Vrugte, J., de Jong, T., Vandercruyssen, S., Wouters, P., van Oostendorp, H., & Elen, J. (2015). How competition and heterogeneous collaboration interact in prevocational game-based mathematics education. *Computers & Education*, 89, 42-52.



- Uenosono, K., Kaneko, S., Tachibana, T., Sato, A., Hashidate, M., & Komiya, S. (2008, September). CAI system to identify the weak part of each student on the basis of enhanced-overlay-model. In *DIWEB*, 8, 23-25.
- Wilson, A. J., Dehaene, S., Dubois, O., & Fayol, M. (2009). Effects of an Adaptive Game Intervention on Accessing Number Sense in Low-Socioeconomic-Status Kindergarten Children. *Mind, Brain, and Education*, 3(4), 224-234.

Effects of Programmed Instruction-based Computer Game in Fraction Learning of Elementary School Students

Kai-Hsiang Yang

Associate professor

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

E-mail: khyang.sinica@gmail.com

Jhen-Yuan Chen

Graduate

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

E-mail : nsxmars@gmail.com

Abstract

Digital game-based learning needs to be combined with appropriate learning strategies or tools in order to promote learning. Many elementary school students feel frustrated about learning mathematics. However, the fraction concept is the foundation of mathematical learning. Instructors should provide more assistance to enhance students' learning performance. Programmed instruction is an effective teaching method which instructors analyze teaching materials into small steps and compile a series of questions. Students can learn step by step without feeling difficult. Therefore, in this study, programmed instruction is proposed for developing a game-based environment to facilitate students' learning about fraction concept. This study was based on a quasi-experimental design. The research purposes are comparing differences in students' achievements and learning attitude toward two different modes. The experimental group used the programmed instruction digital game-based learning system, while the control group used the general digital game-based system. The results indicated that programmed instruction digital game-based learning system had positive effect in mathematical achievements and learning attitude. It was also found that students were satisfied with



different DGBL systems and had positive attitude for them. These findings suggest tha DGBL with programmed instruction can play an important role in improving mathematical learning.

Keywords: Digital Game-Based Learning, Programmed Instruction, Fractional Unit Learning.

