

從傳統數位學習到遊戲式數位學習 ——學習成效、心流體驗與認知負荷

張基成* 林冠佑

國立臺灣師範大學 科技應用與人力資源發展系

摘要

本研究探討遊戲式數位學習與非遊戲式數位學習之學習成就、心流體驗與認知負荷的差異。本研究以某大學選修通識教育的「生活與科技」課程之學生為實驗樣本。立意取樣兩個班級共103人，其中一班為實驗組50人為遊戲式數位學習，另外一班為對照組53人為非遊戲式數位學習。研究結果顯示遊戲式數位學習的成就測驗與心流體驗顯著高於非遊戲式數位學習，遊戲式數位學習的認知負荷顯著低於非遊戲式數位學習。成就測驗與心流體驗呈現顯著正相關，而成就測驗及心流體驗與認知負荷皆呈顯著負相關。上述結果符合心流理論、多媒體學習認知理論及與認知負荷理論。未來研究可聚焦於媒體的豐富性或遊戲的某項單一特性來探討(譬如擬真情境、趣味性、互動性、學習者控制、回饋訊息、多媒體視覺性及動畫等)，而認知負荷可分為不同種類來探討——內在、外在、及增生認知負荷。

關鍵詞：心流體驗、遊戲式數位學習、認知負荷、數位學習、學習成就

壹、研究背景與動機

從早期的電腦輔助學習(computer assisted learning)到數位學習(e-learning)，再進化到遊戲式數位學習(digital game-based learning)。這些學習方式除了有不同科技的輔助，亦有其不同的效用。隨著數位媒體與遊戲科技的進步，遊戲式數位學習已受到矚目(Connolly, Boyle, MacArthur, Hainey, & Boyle, 2012; Girard, Ecalle, & Magnan, 2012; Tobias, Fletcher, Dai, & Wind, 2011; Wouters,

van Nimwegen, van Oostendorp, & van der Spek, 2013)。遊戲式數位學習透過擬真的場景與高互動性，讓學習者可以自由掌控遊戲中的物件並有身歷其境的臨場感受(Schrader & Bastiaens, 2012)，可以吸引學習者的興趣與專注，讓學習者沈浸於遊戲與學習當中(Dalgarno & Lee, 2010; Girard et al.)。這是寓學於樂的最佳寫照，因此已有不少的研究顯示遊戲式數位學習(game-based learning)能提升學生學習動機與學習成效(洪暉鈞、楊叔卿, 2014; 楊心怡, 2013; Chang, Peng, &

*通訊作者：張基成，samchang@ntnu.edu.tw

(投稿日期：民國104年7月25日，修訂日期：民國105年9月26日，接受日期：民國105年10月11日)

Chao, 2010; Cheng & Wang, 2011; Giannakos, 2013; Liu, Cheng, & Huang, 2011; Papastergiou, 2009; Schrader & Bastiaens; Wrzesien & Raya, 2010)。但這些研究大部分都是比較遊戲式數位學習與傳統教室教學，只有少數譬如 Papastergiou 的研究是比較遊戲式數位學習與非遊戲式數位學習。另外，有少部分研究顯示，相較於傳統教室教學與非遊戲式數位學習，遊戲式數位學習並沒有較佳的學習成效(O'Leary, Diepenhorst, & Churley-Strom, 2005; O'Neil, Waines, & Baker, 2005; Pierfy, 1997; Randel, Morris, Wetzel, & Whitehall, 1992)。大部分遊戲式數位學習的成效是提升學習動機、興趣、態度或社會互動，而非學習成就(achievement)或知識獲取(knowledge acquisition) (Gunter, Kenny, & Vick, 2007)。因此，如何透過遊戲式數位學習提升學習者的學習成就，是重要的研究議題。

遊戲式數位學習最為大家談論的效用之一是心流體驗(flow experience)。心流體驗是讓遊戲參與者感到愉悅、樂趣、專注及隨心所欲控制的一種心理感受(Kiili, de Freitas, Arnab, & Lainema, 2012; Pearce, Ainley, & Howard, 2005)。引起心流體驗的因素及產生的現象為：高度專注於某個活動(highly focused concentration on the activity)使人沈浸於其中，活動具連貫性(coherence of the activity)使人高度投入而無法停止，人們具備的技能與活動要求的技能之間的一致(balance between one's skills and the activity's demands)使人感到愉悅，深刻控制感(deep sense of control)使人隨心所欲自由掌控周遭環境，扭曲的時間經驗(distorted temporal experience)使人有時空錯亂而迷失或忘我的感覺，及活動非常值得(a feeling that the activity is innately rewarding)使人感到滿足與樂趣(Brom

et al., 2014; Csikszentmihalyi, 1990; Engeser & Rheinberg, 2008; Keller, Bless, Blomann, & Kleinbohl, 2011)。從上述概念可知，心流體驗具有讓人高度專注、沈浸、投入、無法停止、愉悅、自由掌控、忘我、及滿足的感覺。許多研究顯示遊戲式數位學習能增進學習者的心流體驗，進而提升學習成效(Admiraal, Huizenga, Akkerman, & Dam, 2011; Choi & Baek, 2011; Dalgarno & Lee, 2010; Kiili et al.)。一些研究也顯示心流對學習有助益(Pekrun & Stephens, 2012; Skadberg & Kimmel, 2004; Webster, Trevino, & Ryan, 1993)。若心流體驗越高，表示遊戲參與者越能感到愉悅、樂趣、專注及隨心所欲掌控學習，因而學習成效也越佳。但這些研究大部分都不是比較遊戲式數位學習與非遊戲式數位學習的心流體驗，因此本研究欲探討兩種學習方式的心流體驗之差異。

Mayer (2005, 2009)的多媒體學習認知理論(cognitive theory of multimedia learning)及Sweller, Ayres與Kalyuga (2011)的認知負荷理論(cognitive load theory)認為，訊息呈現或媒體運用恰當時，可以減低學習時的認知負荷，提升學習成效。若訊息呈現多與不足，可能分散學習者的注意力，造成認知負荷，影響學習成效。Nelson與Erlandson (2008)就指出多媒體資訊處理(multimedia information processing)過程中，如果讓學習者同時接收太多不同屬性的媒體元素(文字、視覺、聽覺)，可能會增加學習者的心智負荷。認知負荷是學習者對於教材所產生的壓力及付出的努力程度(Sweller et al.)，會受到教學設計或教材設計的影響。適當的教材設計，可以降低認知負荷，進而提升學習效果(Sweller, 2010)。認知負荷量不超過學習者的工作記憶區(working memory)的負荷時，學習效果才

會好(Paas, Renkl, & Sweller, 2003)。已有不少的研究顯示多媒體學習能減低學習時的認知負荷，進而提升學習效果(Cheon & Grant, 2012; Zheng, McAlack, Wilmes, Kohler-Evans, & Williamson, 2009)。但這些研究大部分都是針對多媒體學習而不是遊戲式數位學習，也不是比較遊戲式數位學習與傳統教室教學。Nelson, Kim, Foshee與Slack (2014)的研究顯示在數位遊戲式評量環境裡接受視覺訊息的學生所產生的認知負荷顯著低於未接受視覺訊息的學生，而前者的評量效率則優於後者的評量效率。但此研究不是針對學習，也不是比較遊戲式評量與傳統紙筆評量，且只能證明視覺訊息可以減少學習者的認知負荷及提升評量效率。

一些研究的結果跟以上的研究相反。充分的訊息對先備知識較弱的學習者有幫助，可以降低認知負荷；但對先備知識較佳的學習者而言，可能會覺得有些訊息沒必要，反而造成認知負荷，此即所謂的專家反轉效應(expertise reversal effect) (Kalyuga, 2013; Kalyuga, Rikers, & Paas, 2012; Rey & Buchwald, 2011)。根據多媒體學習認知理論及認知負荷理論，提供詳細回饋訊息的遊戲式數位學習環境應該可以降低學習者的認知負荷，使學習成效較佳。但Serge, Priest, Durlach與Johnson (2013)的研究顯示提供詳細回饋訊息的遊戲式數位學習環境之學習效果顯著雖優於提供簡單回饋訊息的遊戲式數位學習環境之學習效果，但認知負荷卻未達顯著差異，這有可能是因為專家反轉效應。Huang (2011)指出遊戲式數位學習環境內豐富的多媒體可能影響認知處理(cognitive processing)的效能。Kiili (2005)指出遊戲由多媒體構成，其資訊超過使用者工作記憶容量的可能性是很高的，但這些主張並未經過

實證研究證明。一些研究指出高互動多媒體學習環境雖然可以提升學習動機，但也可能使學習者有限的認知處理容量(cognitive processing capacity)無法承受，反而阻礙學習(Ang, Zaphiris, & Mahmood, 2007; Huang; Huang & Aragon, 2009; Warschauer, 2007)。

有一些研究從數位遊戲的特性指出遊戲式數位學習可能造成學習者在認知處理上的負荷。Ayres與Paas (2007)研究顯示動畫的教學訊息可能增加學習者的認知負荷，讓學習者需要具備足夠的認知處理能力，始得以應付增加的認知負荷。Ang等(2007)發現在複雜的數位遊戲環境裡，多元互動、使用者介面及身分建構等可能超過使用者能夠承受的認知能力。Huang (2011)指出數位遊戲的使用者需要付出可觀的心智努力(mental effort)，才能夠同時間與遊戲環境、物件及遊戲任務互動。如果心智努力超過了學習者有限的認知處理容量，就容易造成認知負荷(Ang et al.)。Zumbach與Mohraz (2008)指出遊戲式數位學習環境中，非線性的資訊呈現方式可能增加學習者的認知負荷。Huang與Johnson (2008)研究傳統電腦輔助學習內的遊戲特性，發現這些遊戲使學習者必須花費很明顯的認知處理在環境與社會激勵上(environmental and social stimuli)。因此，在遊戲式數位學習環境裡若學習者無法適當地掌控自己的學習過程，學習者有限的認知處理容量將無法負荷，而阻礙了學習。Mitchell與Savill-Smith (2004)指出若遊戲目標與學習目標不一致時，學習者會分散對學習的注意力。此分散注意力的情況是否會造成認知負荷，則有待驗證。遊戲式數位學習是否可以降低認知負荷，或是因為先前提到的內容過於豐富、媒體超載、過度逼真、高度沈浸、多元互動、介面設計、非線性的資訊呈現方式、操作複

雜、遊戲目標與學習目標不一致等因素，反而提升認知負荷，有待進一步釐清。因此本研究欲探討遊戲式數位學習與非遊戲式數位學習的認知負荷之差異。

綜合以上文獻，已有一些研究探討心流體驗與學習成效的關係，也有一些研究探討認知負荷與學習成效的關係(但並非針對遊戲式數位學習。但尚未有研究直接探討心流體驗與認知負荷的關係，也未有研究同時探討三者的關係。在正常情況下，心流體驗與學習成效成正相關，認知負荷與學習成效成負相關，因此心流體驗與認知負荷應該成負相關。但遊戲式數位學習是否會因為過度逼真、操作複雜等因素，而在心流體驗、認知負荷與學習成效上有不一樣的關係，有待進一步釐清。

根據前述背景與動機，本研究探討遊戲式數位學習與非遊戲式數位學習之學習成就、心流體驗與認知負荷的差異以及學習成就、心流體驗與認知負荷的關係。研究問題如下：

- 一、在排除學習者先備知識的干擾下，遊戲式數位學習成效是否顯著優於非遊戲式數位學習成效？
- 二、在排除學習者先備知識的干擾下，遊戲式數位學習的心流體驗是否顯著優於非遊戲式數位學習的心流體驗？
- 三、在排除學習者先備知識的干擾下，遊戲式數位學習的認知負荷是否顯著低於非遊戲式數位學習的認知負荷？
- 四、學習成效與心流體驗之間是否有顯著正相關？學習成效與認知負荷之間是否有顯著負相關？心流體驗與認知負荷之間是否有顯著負相關？

貳、文獻探討

一、傳統數位學習

數位學習發展至今已有數十年的歷史。許多研究已顯示數位學習能提升學習者的學習動機、學習效率及學習效果有幫助(Kulik & Kulik, 1991; Liao, 2007; Tamim, Bernard, Borokhovski, Abrami, & Schmid, 2011)。早期的數位學習雖然也有模擬或遊戲在內，但受限於技術只有二維媒體，擬真感較弱。且只能在單機上進行，無法線上多人使用，互動性較弱，學習較為單調。

隨著網路、多媒體與數位科技的興起，由最早的電腦輔助學習進化到數位學習(Ligas, 2002; Yun, Miller, Baek, Jung, & Ko, 2008)，學習者之間的互動與合作學習功能增強。最近興起的遊戲科技使遊戲式數位學習受到重視，它的擬真實境可吸引學習者注意，且可以線上多人使用，互動性更強，學習更為生動活潑，這是傳統的數位學習不易達到的。

二、遊戲式數位學習

遊戲式數位學習是學習內容與數位遊戲結合的教育遊戲(educational games)，具有娛樂、遊戲、規則、目標、產出與回饋、適性、勝利感、挑戰、競爭、問題解決、人機互動、社會互動、圖像、故事情節、情靜等特性(Prensky, 2007)。這些特性可以作為設計遊戲式數位學習的最高指導原則。若純就遊戲本身進行方式，數位遊戲可分為角色扮演、戰略、動作、射擊、運動、牌桌、益智、解謎、冒險、賽車、格鬥、模擬等(Hogle, 1996; Prensky)。因遊戲日地與學習日地不同，因而有些遊戲並不一定適用於學習上，譬如動作、賽車、格鬥等。

de Freitas (2006)針對遊戲使用的媒體與學習內容的屬性將遊戲式數位學習分為教育遊戲(educational games)、線上遊戲(online games)、嚴肅遊戲(serious games)、及情境模擬(simulations)四種。其中，教育遊戲為應用影像及電腦遊戲的特點，在學習中創造身臨其境的體驗。線上遊戲之內容包括簡單的文字、複雜的圖形與虛擬的世界，並且同時與大量的玩家做線上互動；嚴肅遊戲的性質是以教育為首要目標，而不是娛樂。情境模擬是於電腦中模擬建構出一個現實世界的虛擬環境，讓學習者感受身臨其境的學習方式。根據上述的遊戲式數位學習類型的描述，可看出其中運用了文字、圖形、影像與虛擬真實情境等多媒體。在媒體建構上亦有不同維度空間之呈現，其中虛擬環境或情境模擬可用多維度媒體的形式來做呈現，讓學習者感受身臨其境。

然而，隨著遊戲類型的多元及學習的需求，遊戲在學習上有不一樣的應用。de Freitas (2006)對遊戲於學習之應用類型做了整理，分別為遊戲為隱喻、遊戲情境於虛擬世界中、及將遊戲視為工具(譬如：實際演練技能)三種類型。其中遊戲為隱喻之類型，是將遊戲隱喻為真實世界，此類型被廣泛使用於學習(例如：Grangeton、Racing Academy)。遊戲情境於虛擬世界中是讓學習者融入於虛擬世界當中。它在角色扮演與敘事方式上提供了學習者極佳的操作機會，且允許在學習的環境中探索不同的活動與技能(例如：Neverwinter Nights Ardcalloch、Revolution)。將遊戲視為工具，是被用來支持一系列培養技能發展的學習工具(例如：Re-Mission、Second Life)。

遊戲式學習本身就是一種有效的學習方法，有其背後的原始理論基礎。譬如，認知

學派Pulaski (1973)、Vygotsky (1976)都強調遊戲在兒童認知發展過程的重要。若能再加入其他學習理論，譬如：ARCS動機理論、情境學習(situated learning)，將能使遊戲式數位學習的理論基礎更為完備。ARCS動機模式可以用來檢視遊戲是提升學習動機的過程，包括專心(attention)、相關(relevance)、自信(confidence)、滿足(satisfaction) (Keller & Kopp, 1987)；情境學習理論強調學習活動的真實性及知識是存在於學習環境與情境脈絡中(Brown, Collins, & Duguid, 1989)。當學習與真實環境脫節，所獲知識較不容易應用到現實環境中，也不容易長期記憶，甚至於可能造成認知負荷(Anderson, Reder, & Simon, 1996)。除了以上述學習理論為基礎，若能再加入其他學習策略，譬如：角色扮演、問題解決、小組合作、模擬、探究、發現等，將能使遊戲式數位學習的情境更為豐富，而達到更好的學習功效。

綜上所述，遊戲式數位學習具備一些必要的特性，針對不同的學習需求有不同之類型，有其支撐的學習理論及搭配的學習策略，使得其更加地彈性與多元。這些特性、類型、學習理論與學習策略，可以作為設計遊戲式數位教材的準則。

三、遊戲式數位學習效果

Hogle (1996)指出數位遊戲對於學習有以下優勢：引發動機、提高興趣、保留記憶、練習與回饋、高層次思考。若能應用這些數位遊戲的優勢於學生的學習上，將更能提升遊戲式數位學習對學生的學習效果。Dalgarno與Lee (2010)指出多媒體虛擬遊戲環境能提供的好處包括空間知識表徵(spatial knowledge representation)、較多經驗學習的機會(greater opportunities for experiential

learning)、動機與專注力的提升(increased motivation/engagement)、學習情境的改善(improved contextualisation of learning)及更有效率的合作學習(more effective collaborative learning)，這些好處是學習效果與效率能提升的基礎。已有許多研究顯示遊戲式數位學習能提升學生學習動機與學習成效。Girard等(2012)、Sitzmann (2011)及Wouters等(2013)對遊戲式數位學習效果的後設分析(meta-analysis)都顯示遊戲式數位學習效果是有效且正面的。Giannakos (2013)的研究顯示遊戲所產生的愉悅可以提升學習效果。Chang等(2010)的研究顯示模擬遊戲提升大學生對決策科學的學習動機及興趣。Admiraal等(2011)的研究顯示遊戲式數位學習使國中學生有較佳的歷史課程之學習成就。Choi與Baek (2011)的研究顯示多媒體學習可提升小學生對於科技課程知的知識建構表現。Kiili等(2012)發現商業模擬遊戲能提升大學生商業經營能力。但這些研究都不是比較遊戲式數位學習與非遊戲式數位學習，也不是比較遊戲式數位學習與傳統教室教學。

針對遊戲式數位學習與傳統教室教學的比較，洪暉鈞與楊叔卿(2014)的研究顯示遊戲式數位學習情境較傳統教室上課方式更有助於學習，且顯著地提升低成就學童之學習成效。Cheng與Wang (2011)的研究顯示多媒體虛擬環境比傳統的教學方式更能夠促進商學院大學生對於市場行銷原理的理解及實際應用的能力。Liu等(2011)的研究顯示模擬遊戲比傳統的講授學習可以使大學生更容易建構認知架構來解決計算的問題。Wrzesien與Raya (2010)的研究顯示多媒體虛擬世界比傳統紙本講授方式更能讓學童感受到學習樂趣，對自然科學與生態環境的學習成效更好。上述研究顯示，遊戲式數位學習的學習

成效優於傳統教室教學。針對遊戲式數位學習與非遊戲式數位學習的比較，遊戲式數位學習是較能吸引學習者專注、投入與學習(Prensky, 2007)。Papastergiou (2009)的研究顯示遊戲式數位學習較非遊戲式數位學習更能夠提升大學生對電腦科學課程的學生學習動機及學習成效。上述研究顯示，遊戲式數位學習的學習成效優於非遊戲式數位學習。

有一些研究顯示，遊戲式數位學習的成就測驗結果並沒有顯著優於傳統教室教學與非遊戲式數位學習的結果(Gunter, 2007; Hays, 2005; O'Leary et al., 2005; O'Neil et al., 2005; Pierfy, 1997; Randel et al., 1992)。譬如Gunter等(2007)指出大部分遊戲式數位學習的效果強調學習動機、興趣、態度或社會互動，而非獲得知識或成就測驗的效果。O'Leary等(2005)的研究顯示，遊戲式數位學習與傳統教室學習及非遊戲式數位學習在成就測驗結果上並沒有顯著差異。O'Neil等(2005)與Hays (2005)都指出沒有足夠的證據顯示遊戲式數位學習比傳統教室學習有較佳的學習效果。Pierfy分析21個遊戲式數位學習的成就測驗結果，發現有15個遊戲式數位學習與傳統教室教學的成就測驗結果沒有顯著差異，只有三個遊戲式數位學習顯著較佳；甚至於有3個遊戲式數位學習的成就測驗結果顯著較差。Randel等(1992)分析63個遊戲式數位學習的成就測驗結果，發現有38個遊戲式數位學習與傳統教室教學的成就測驗結果沒有顯著差異，22個遊戲式數位學習顯著較佳；3個遊戲式數位學習顯著較差。

綜上所述，遊戲式數位學習的成效較偏重於後設認知的提升。在學習成就測驗的效果上是否較傳統教室教學與非遊戲式數位學習更佳，尚未有一致的結論。

四、遊戲式數位學習與心流體驗

心流體驗簡言之是讓人愉悅與專注的一種心理感受。Pearce, Ainley與Howard (2005)指出心流體驗包括樂趣、專注及控制感。Kiili等(2012)指出心流體驗包括挑戰與技能的平衡(challenge-skill balance)、清楚目的(clear goals)、回饋(feedback)、可玩性(playability)、專心(concentration)、時間扭曲(time distortion)、自我意識喪失(loss of self-consciousness)、有價值體驗(rewarding experience)及控制感(sense of control)。這些構念是構成心流體驗的要項，也是影響心流體驗的因素。強化這些要素，則心流體驗可提升。所以再更細緻地說，心流體驗是讓人感到樂趣、專心、沉浸、忘我、滿足、及能隨心所欲掌控的一種心理體驗。此種體驗可以讓學習者專心及沉浸於學習，進而產生樂趣與動機，對學習具有正面之助益。

引起心流體驗的因素通常包括：高度專注於某個活動、活動的連貫性、人們具備的技能與活動要求的技能之間的平衡／一致、深刻控制感、扭曲的時間經驗、及一種活動是非常值得進行的感覺(Brom et al., 2014; Csikszentmihalyi, 1990; Engeser & Rheinberg, 2008; Keller et al., 2011; Kiili, 2012)。這些因素會讓人有高度專注、沈浸、投入、無法停止、愉悅、隨心所欲自由掌控、渾然忘我、及滿足的感覺。其中的「人們具備的技能與活動要求的技能之間的平衡／一致」即是所謂的「技能－要求相容性」(skills-demand compatibility) (Engeser & Rheinberg; Løvoll & Vittersø, 2014)。若人們具備的技能低於完成任務需要的技能，則人們會感覺焦慮或壓力(anxiety/stress)；相反地，若人們具備的技能超過完成任務需要的技能，則人們會感覺厭煩(boredom)，上述兩種情況都會使

心流體驗會降低(Brom et al.)。唯有人們具備的技能與完成任務需要的技能很接進時，則人們會感覺滿足與愉悅，心流體驗會提升。另外，「技能－要求相容性」(skills-demand compatibility)在心流與學習成效的關係上具調節效用(Engeser & Rheinberg)。以上的描述與先備知識與技能會影響心流的說法相似(Admiraal et al., 2011)，只是「技能——要求相容性」更進一步點出先備技能與完成任務所需具備技能的差距對心流的影響。

Schrader與Bastiaens (2012)發現參與遊戲式數位學習之國中生的虛擬臨場感(virtual presence)顯著優於非遊戲式數位學習。臨場感可以引起學習者的興趣與注意，讓學習者專注度提高及容易進入沈浸狀態，對心流體驗有一定的幫助。Kiili (2005)將臨場感視為心流體驗的一個構成要素，也就是臨場感可以強化心流體驗。有一些多媒體學習環境都與遊戲情境結合(Omale, Hung, Luketkehans, & Jessamine, 2009; Sancho, Torrente, & Fernandez-Manjon, 2009)，以提升臨場感及愉悅感。Lepper, Iyengar與Corpus (2005)指出在課堂上授課，往往訴諸於外在激勵因素作為獎勵，而遊戲訴諸於內在激勵因素。因此，藉由遊戲學習環境可激勵學習者內在學習動機且更能投入其中(Dickey, 2005; Wu, Li, & Rao, 2008)；投入其中自然能容易沈浸於其中，對心流體驗自然有一定的幫助。在多媒體遊戲學習環境中，媒體的擬真與互動性是增強學習者心流體驗的關鍵因素(Faiola, Newlon, Pfaff, & Smyslova, 2013; Inal & Cagiltay, 2007; Kiili et al., 2012)。

已有許多的研究顯示多媒體學習或遊戲式數位學習能提升心流體驗。Liu, Liao與Pratt (2009)的研究顯示多媒體數位學習提高大學生的學習意願及心流體驗。Admiraal等

(2011)的研究顯示遊戲式數位學習使國中學生有較佳的專注力及心流體驗，可提升學習成就。Choi與Baek (2011)的研究顯示多媒體學習可增強小學生的專注度及心流體驗，及提升知識建構表現。Dalgarno與Lee (2010)指出多媒體遊戲學習環境能促進學習者的學習動機與專注力，而專注力是導致心流體驗的要素之一。Kiili等(2012)的研究顯示遊戲式數位學習能提升大學生的心流體驗及學習成效。Wrzesien與Raya (2010)以傳統教學(文字紙本講授)與多媒體虛擬世界來比較學童學習自然科學與生態環境的情況。結果發現虛擬世界不僅讓學童享受更多的學習樂趣，對學習內容也能夠感到印象深刻，而樂趣是導致心流體驗的要素之一。一些研究顯示心流對學習有助益(Hsieh, Lin, & Hou, 2016; Skadberg & Kimmel, 2004; Webster, Trevino, & Ryan, 1993)。譬如，Hsieh等研究顯示在數位遊戲學習過程中，高心流體驗學童有較佳的學習效果。另外，Tsai, Huang, Hou, Hsu與Chiou (2016)研究顯示在物理學科數位遊戲學習過程中，不同學習成就者的心流體驗有顯著差異，高學習成就大學生有較高的控制感(sense of control)與專心度(concentration)之心流體驗構念。由以上可知遊戲式數位學習能提升心流體驗，連帶也增強學習成效，兩者成正相關。

綜上所述，遊戲式數位學習能帶給學習者愉悅的經驗，並引起學習者的動機。學習者透過遊戲可享受樂趣且沉浸其中，達到良好的心流狀態與學習成效。

五、遊戲式數位學習與認知負荷

認知負荷是學習者接收的訊息超過其工作記憶區或短期記憶區的容量時所產生的負載(Sweller et al., 2011)。Sweller等的認

知負荷理論(cognitive load theory)指出，學習者接收的訊息超過其工作記憶區時，學習者需牽涉到不相關的認知處理(cognitive processing)，會造成額外的認知負荷，減低學習效果。Mayer與Moreno (2003)、Mayer (2009)的多媒體學習認知理論(cognitive theory of multimedia learning)指出，訊息呈現或媒體運用恰當時，可以減低工作記憶區的負載，降低認知負荷，提升學習成效。若訊息呈現過多或不足，可能分散學習者的注意力，造成額外的認知負荷，降低學習成效。正如同Nelson與Erlandson (2008)指出多媒體資訊處理(multimedia information processing)過程讓學習者同時接收不同屬性的媒體元素(文字、視覺、聽覺)，會增加學習者的心智負荷。

已有許多的研究顯示多媒體學習能減低學習時的認知負荷。Zheng等(2009)的研究顯示互動式多媒體較非互動式多媒體可降低大學生的認知負荷，提高學習的自我效能及問題解決效果。楊心怡(2013)研究發現鷹架輔助遊戲式學習能有效降低學習者的認知負荷，且對學習成效有正向的影響。Nelson等(2014)的研究顯示在數位遊戲式評量環境裡接受視覺訊息的七年級學生所產生的認知負荷顯著低於未接受視覺訊息的學生，而前者的評量效率則優於後者的評量效率。這結果顯示視覺訊息可以減少學習者的認知負荷及提升評量效率。上述研究顯示多媒體、互動與介面可以減低學習者的認知負荷及提升學習成效。

也有一些研究因使用高度擬真或沈浸的學習環境，反而造成認知負荷增加，連帶也使學習成效降低。Korakakis, Pavlatou, Palyvos與Spyrellis (2009)的研究顯示多媒體學習環境可增加國中學生學習科學之興趣，但卻增加認知負荷。Kiili (2005)就指出若遊

戲構成的媒體過於豐富，很可能對學習者工作記憶區造成負擔。Huang (2011)也指出遊戲式數位學習環境內豐富的多媒體可能影響認知處理(cognitive processing)的效能。Schrader與Bastiaens (2012)探討學習環境沈浸程度對認知負荷與學習成效的影響。該研究將參與的國中生分為高度沈浸的遊戲式數位學習與低度沈浸的非遊戲式數位學習(超文本學習環境)。結果顯示參與高度沈浸的遊戲式數位學習之國中生的認知負荷顯著高於低度沈浸的非遊戲式數位學習，而前者對於物理知識的理解、保留與遷移卻顯著低於後者。高互動多媒體學習環境雖然可以提升學習動機，但也可能對學習者有限的認知處理容量(cognitive processing capacity)造成壓力，反而干擾學習(Huang; Warschauer, 2007)。具有高互動特性的遊戲式數位學習環境在激發學習者的動機過程中，有可能使學習者有限的認知處理容量無法承受(Ang et al., 2007; Huang & Aragon, 2009)。換言之，在動機處理(motivational processing)過程中，學習者有限的認知處理能力可能不容易掌控高互動特性的遊戲式數位學習環境。

有一些研究從數位遊戲的特性指出遊戲式數位學習可能造成學習者在認知處理上的負荷。Ayres與Paas (2007)研究顯示動畫的教學訊息可能增加學習者的認知負荷，讓學習者需要具備足夠的認知處理能力，始得以應付增加的認知負荷。Ang等(2007)發現在複雜的數位遊戲環境裡，多元互動、使用者介面及身分建構等可能超過使用者能夠承受的認知能力。Huang (2011)指出數位遊戲的使用者需要付出可觀的心智努力(mental effort)，才能夠同時與遊戲環境、物件及遊戲任務互動。如果心智努力超過了學習者有限的認知處理容量，就容易造成認知負荷(Ang et al.)。

Zumbach與Mohraz (2008)指出遊戲式數位學習環境中，非線性的資訊呈現方式可能增加學習者的認知負荷。Huang與Johnson (2008)研究傳統電腦輔助學習內的遊戲特性，發現這些遊戲使學習者必須花費很明顯的認知處理在環境與社會激勵上(environmental and social stimuli)。因此，在遊戲式數位學習環境裡若學習者無法適當地掌控自己的學習過程，學習者有限的認知處理容量將無法負荷，而阻礙了學習。

有的研究因專家反轉效應(expertise reversal effect)使學習者產生相反的認知負荷。Serge, Priest, Durlach與Johnson (2013)的研究探討在遊戲式數位學習環境中，回饋對學習者學習成效的影響。結果顯示提供詳細回饋(表示訊息較豐富)的遊戲式數位學習環境之學習效果顯著優於提供簡單回饋(表示訊息較簡略)的遊戲式數位學習環境之學習效果，但認知負荷未達顯著差異。回饋訊息對專業知識較弱的學習者有幫助，可以降低認知負荷；但對較專精的學習者而言，可能覺得沒必要，反而造成認知負荷，此即所謂的專家反轉效應(Kalyuga et al., 2012; Rey & Buchwald, 2011)。該研究認為在正常情況下，提供詳細回饋訊息的遊戲式數位學習環境可以降低學習者的認知負荷，因此使學習成效較佳，符合認知負荷理論的論述。

綜上所述，通常多媒體學習或遊戲式數位學習能減低認知負荷，連帶提升學習成效。但若是因為媒體超載或過度擬真，反而可能造成額外的認知負荷。

參、研究方法

一、研究樣本

本研究以某大學選修通識教育的「生活

與科技」課程之學生為實驗樣本。便利取樣兩個班級共103人。其中一班為對照組53人，包括32位女生與21位男生。另外一班為實驗組50人，包括36位女生與14位男生。對照組為非遊戲式數位學習，實驗組為遊戲式數位學習。兩組學生皆具備足夠的電腦操作能力，能夠無困難地使用數位教材。兩組學生的年齡、電腦操作能力均十分接近。

兩組教材內容為「碳足跡」相關知識，可作為該課程「節能減碳」單元的輔助學習教材。近年來能源危機意識高漲，校園節能減碳教育推動十分重要。大學生心智較中小學生成熟，透過本教學實驗，可讓大學生對於碳足跡的認知於無形中主動內化成為行動力，進而於日常生活中落實低碳生活。

二、研究設計

本研究的自變項不同媒體學習方式，包括非遊戲式數位學習與遊戲式數位學習。

依變項為成就測驗成績、心流體驗與認知負荷，為實驗後對兩組施測。共變項無為碳足跡先備知識測驗成績，為實驗前對兩組施測。準實驗研究設計如表1。

以先備知識測驗成績為共變項進行多變量共變數分析(Multivariate Analysis of Covariance, MANCOVA)，檢驗兩組成就測驗成績、心流體驗及認知負荷之差異。最後透過皮爾森積差相關(Pearson’s correlation)，檢驗測驗成績、心流體驗與認知負荷之間的關聯性。研究架構如圖1。

三、研究工具

(一)碳足跡先備知識測驗與成就測驗

兩個測驗的試題經過研究團隊修訂數次後，經有十餘年大學自然科學通識課程授課經驗之教師審查，並由研究團隊討論檢核，以確保其內容效度。最後，再以項目分析進

表1：準實驗研究設計

組別	前測	實驗處理	後測
對照組	碳足跡先備知識測驗	非遊戲式數位學習	成就測驗成績、心流體驗、認知負荷
實驗組		遊戲式數位學習	

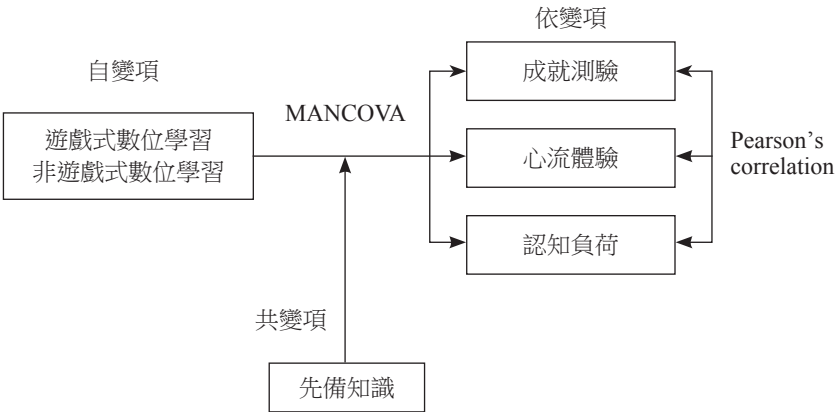


圖1：研究架構圖

行其信度與鑑別度考驗。兩個測驗皆為四選一的選擇題，各有十題。每題答對十分，總分一百分。成就測驗例題如附錄一所示。

1. 成就測驗試題之項目分析

首先將試題總分分為高低分兩組(前27%與後27%)，再使用 t -test檢驗各試題在高低分兩組之間的差異(吳明隆，2011)。結果為每一試題的 t 值皆達顯著，表示試題具鑑別度，不必刪題。再以皮爾森積差相關法檢驗各試題與總分之間的相關係數，結果為每一相關係數皆達顯著，顯示試題具內部一致性，不必刪題。

2. 成就測驗試題之難度與鑑別度分析

難度指標 $P = (Ph + Pl)/2$ ，鑑別度指標 $D = Ph - Pl$ (吳明隆，2011)。 Ph 表示高分組(前27%)在每個題項答對的百分比； Pl 表示低分組(後27%)在每個題項答對的百分比。試題難度值應介於.200至.800之間，始稱為良好的試題。難度數值接近.500屬於難度適中；難度數值大於.750屬於簡單；難度數值小於.250屬於困難。

十題碳足跡成就測驗之難度數值介於.451至.895之間，其中有八題屬簡單，數值皆大於.750；其他兩題難度適中，數值分別為.451與.513。整體平均難度為.772，表示試題難度偏易。此外，鑑別度指標值在.400以上屬於非常優良；.300以上，未達.400屬於優良；.200以上，未達.300屬於尚可；未達.200屬於不佳(吳明隆，2011)。鑑別度指標值介於.204至.561之間，其中有五題屬於尚可；有三題屬於優良；有兩題屬於非常優良。整體平均鑑別度為優良(.321)，詳如附錄二所示。

(二) 認知負荷量表

本研究的認知負荷量表修改自Sweller等

(2011)的認知負荷量表。量表包含困難程度與學習負擔兩個構念，困難程度是指教材內容所引起的不易理解程度，負面壓力指教材呈現方式對學習造成的負擔。量表採用Likert五點方式，從1「非常弱」至5「非常強」，讓填答者依據自己的感受程度做填答。

量表的題項包括困難程度：1.我覺得這個教材的內容很難。2.我覺得這個教材的內容很複雜。3.我覺得這個教材的內容不容易理解。4.我覺得這個教材的內容已超出我的程度。學習負擔：1.我不喜歡這教材的呈現方式。2.這個教材的呈現方式不容易引起我的興趣。3.這個教材的呈現方式讓我的學習有些費力。4.這個教材的呈現方式對我的學習幫助不大。

量表之巴特利球形檢定(Bartlett's test of sphericity)達顯著水準($B = 507.246, p < .001$)，表示量表有共同因素的存在。各構念的抽樣適度量數(Kaiser-Meyer-Olkin measure of sampling adequacy, KMO)值大於.7 (KMO = .728)，表示適合進行因素分析。量表之效度檢驗是使用主成分分析法(principal component analysis)，並以斜交轉軸法(oblique rotation)進行因素分析，以允許因素間的相關。各題項之因素負荷量皆大於.5，因此不需刪除任何題項。最後萃取出特徵值(eigenvalues)大於1的兩個構念。兩個構念之累積解釋變異量大於70% ($CV = 70.471\%$)，顯示量表具有一定的建構效度。量表之Cronbach's α 值大於.7 ($\alpha = .715$)，顯示量表具有足夠的信度。

(三) 心流體驗量表

本研究修改自Pearce等(2005)的心流體驗量表。已有一些遊戲式數位學習的研究使用該量表於測量學生的心流體驗(Liu et al., 2011)。量表包括樂趣(enjoyment)、專注

(engagement)及控制(control)三個構念。樂趣是指學習者在經歷遊戲中所知覺的愉悅程度；專注為學習者於遊戲中專心投入於學習的程度；控制是指學習者於遊戲中可以感受到他所操控活動與環境之程度。此量表之構念與題項符合Csikszentmihalyi (1990)所指出，當人們進行一項活動時所產生的心中愉悅且全神貫注地融入其中，進而有效掌握學習之樂趣、專注、及控制。

量表共12題，採用Likert五點方式。題目分別由1「非常弱」到5「非常強」，讓填答者依據自己的感受程度填答。總分為三個構念的總分相加，得分愈高表示其心流體驗愈高。量表的題項包括樂趣：這學習激發我的好奇心。我覺得這學習令人愉快。我覺得這學習很有趣。這學習使我感到無聊(反向題)。專注：當在進行學習時，我無法專心(反向題)。在學習時，我會分心去想其他的事情(反向題)。我很努力集中精神於學習。我很專心於學習。控制：我在學習過程中有挫折感(反向題)。學習過程中我感到得心應手(能掌控一切)。我知道該怎麼操作或參與學習活動。學習內容的呈現方式讓我操作或參與方便。

量表之巴特利球形檢定達顯著水準($B = 764.242, p < .001$)，表示量表有共同因素的存在。各構念的抽樣適度量數值大於.8 ($KMO = .850$)，表示適合進行因素分析。量表之效度檢驗是使用主成分分析法(principal component analysis)，並以斜交轉軸法(oblique rotation)進行因素分析，以允許因素間的相關。各題項之因素負荷量皆大於.5，因此不需刪除任何題項。最後萃取出特徵值(eigenvalues)大於1的三個構念。三個構念之累積解釋變異量大於70% ($CV = 72.656\%$)，顯示量表具有足夠的建構效度。量表之Cronbach's α 值大於.8 ($\alpha = .890$)，顯示量表具有良好的信度。

(四)碳足跡遊戲式數位學習教材

遊戲教材開發之工具為Linux作業系統、MySQL伺服器、PHP程式設計。遊戲動畫使用Flash CS3、Dreamweaver網頁軟體。平面圖像設計使用Illustrator、Photoshop之繪圖軟體。遊戲3D建模使用Maya之3D物件繪圖軟體。教學內容影音使用Ulead Movie Editor、Power Director之影音剪接軟體及Flash Video Encoder之影音轉檔工具。研究以Prensky (2007)的遊戲式數位學習的特性與Brown等(1989)的情境學習理念為教材設計指導原則。教材由多媒體構成，包括場景、圖像、動畫及影片，可吸引學習者的注意力及興趣。學習過程中，學習者可透過點選、操作、鍵盤控制、場景、遊戲挑戰等，與教材做互動。將遊戲融入於虛擬場景當中，使遊戲具有情境及脈絡性，可讓學習者身如其境。藉由學習者到各個場景後所產生的碳足跡及碳排放量，而對應到現實生活中來做省思。其目的為使學生瞭解節能減碳之原因以及因應之道。學習內容為碳足跡之相關知識與技能，包含碳足跡概念、碳標籤、及低碳飲食之介紹。學習的主題及知識包括碳足跡概念：1.瞭解什麼是碳足跡，2.瞭解碳足跡的應用，3.瞭解碳足跡要如何計算。碳標籤：1.瞭解什麼是碳標籤，2.瞭解碳標籤的應用，3.瞭解碳標籤的好處。低碳飲食：1.瞭解為什麼要低碳飲食，2.瞭解低碳飲食的好處。

遊戲學習的主角為一名學生。遊戲活動為主角一天的生活經歷，最後計算所產生出的總排碳量。遊戲場景包含主角家裡、學校、牧場、公園、餐廳、資源回收廠等六個場景，如圖2。學生可透過不同場景內的活動，瞭解排碳量的產生，以加深對節能減碳的認知。當遊戲中的場景皆進行完畢，最後得出學生一天所產生的總排碳量，即完成遊戲。

遊戲學習教材的架構如圖2。一開始主角在家中進行盥洗、早餐。到了學校，依序進行碳足跡教學影片、午餐、午休(圖3)、及體育課。體育課結束後，到牧場做校外參

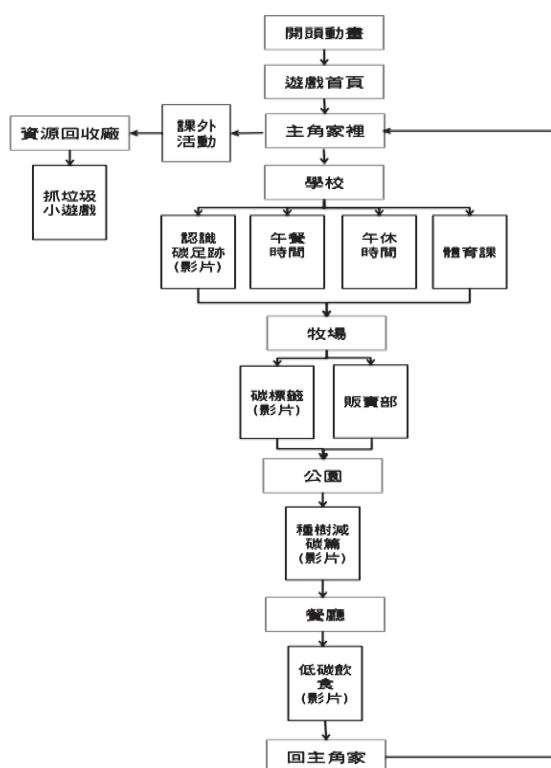


圖2：遊戲式數位學習教材架構圖

觀，並依序進行碳標籤教學影片及販賣部購物(圖4)。牧場參觀之後，再到公園散步，觀賞種樹減碳教學影片。之後到餐廳用餐，餐後進行低碳飲食教學影片(圖5)。最後回到主角家中，結束一天活動，並計算一整天的碳足跡總排碳量。在整個學習活動結束之後，學習者可在遊戲首頁的小遊戲中透過大富翁碳足跡遊戲，進行總結性評量(summative assessment)。大富翁遊戲中包含四個題項可做選擇(圖6)。結束答題後，再以獎金的方式呈現答題結果。答對題數高，則獎金高。此評量之題目與成就測驗之評量題目不同。

(五)碳足跡非遊戲式數位學習教材

非遊戲式數位教材之媒體呈現包含文字、圖像、及影片，但無多媒體與動畫之呈現。製作系統工具為Windows 7作業系統、MySQL伺服器；網頁畫面使用Dreamweaver網頁軟體；平面圖像設計使用Ulead PhotoImpact之繪圖軟體；教學內容影片使用Power Director之影音剪接軟體。

非遊戲式數位學習包括三個活動，學習架構如圖7所示。首先，活動一為透過全球暖化的影片引導學生進入學習。活動二為碳足



圖3：學校午休時間

註：左圖中左右兩邊圖示可做擇一選擇，右圖為選擇左邊圖示所顯示的畫面。



圖4：牧場碳標籤教學影片及販賣部購物



圖5：餐廳低碳飲食影片觀賞

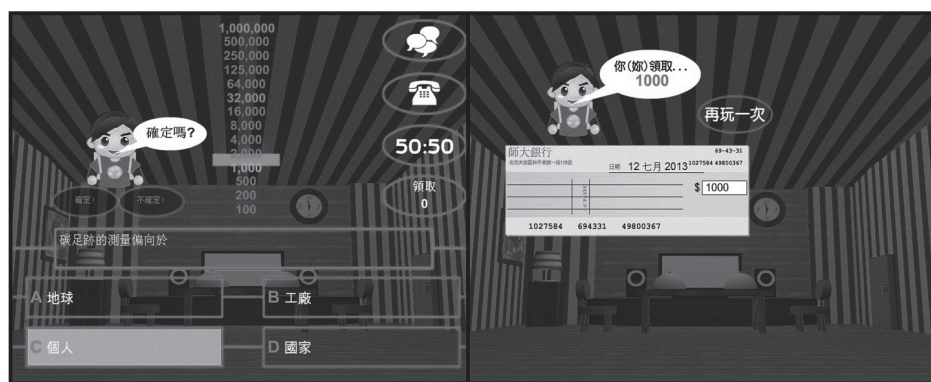


圖6：大富翁碳足跡遊戲

- 註：1. 左邊圖示中，包含四個題項。每答對一題，則金額即往上跳(圖示中間數字)。
2. 若答案之選擇不確定時，可使用左圖中之右邊圖示的對話圖、電話圖、50:50比例(顯示正確答案)，來幫助選擇正確答案。
3. 若選擇不正確的答案，即結束遊戲，可領取目前所累積之獎金。
4. 如右圖，答對題數越多，則金額領取就越多。

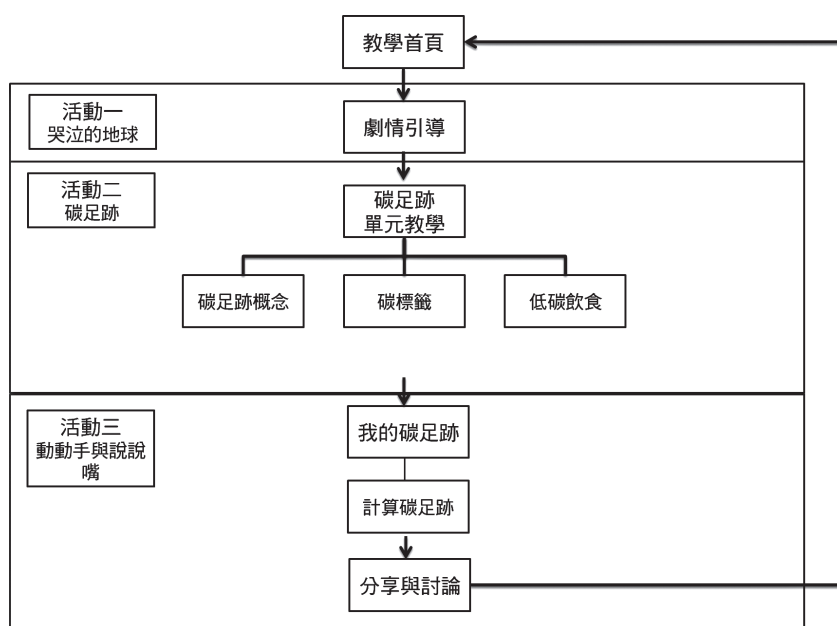


圖7：非遊戲式數位學習教材架構圖

跡之教學，包括碳足跡概念、碳標籤、及低碳飲食等知識，教學內容與遊戲教材內容完全相同，如圖8。活動三請學生上環保署綠色生活網使用「碳足跡計算器」。計算自己在一天當中所產生的碳足跡之排放量，最後再請學生做心得分享與討論。

非遊戲式教材內亦含與遊戲式數位教材相同的碳標籤教學、種樹減碳教學影片及低碳飲食教學影片但呈現的媒體及介面較為單調。在整個學習活動結束之後，也有總結性評量測驗但非遊戲方式。

四、實驗程序

實驗程序包括先備知識測驗與課前引導階段及教學實驗階段，詳如表2。兩組學習內容相同皆為碳足跡，授課教師為同一人。兩組的教學進度及學習的時間都一樣，以確保教學實驗之內外在效度。於實驗前及實驗期間，均告知兩組學生勿特意求表現，以避免

實驗組產生霍桑效應(Hawthorne effect)及控制組產生強亨利效應(John Henry effect)。

肆、結果與討論

一、兩組之成就測驗、心流體驗、認知負荷之差異

(一)同質性檢定

如表3，先查看Box's M 值，未達顯著水準($p > .050$)，表示至少在一個依變項上(成就測驗、心流體驗、或認知負荷)兩組符合變異數同質性假設。進一步查看Levene變異數同質性檢定結果，在三個依變項(成就測驗、心流體驗、認知負荷)上皆未達顯著水準($p > .050$)，顯示兩組在三個依變項上的變異數皆具同質性。進一步查看Wilk's Λ 值達顯著水準($F = .910, p < .050$)，表示未符合多變量共變數同質性假定。但若各組樣本人數(對照組：53人；實驗組：50人)差距不大，亦可進行多變量共變數分析。再進一步查看迴歸係數同



圖8：什麼是碳足跡

表2：實驗程序

階段	活動內容
(一)測驗與課前引導 (第一週)	於學校教室中(50分鐘)： 1.實驗前置：教師做課前說明，包括測驗規則、作答方式以及注意事項(5分鐘)。 2.學生參與「碳足跡先備知識」之測驗(15分鐘)。 3.於學習前介紹學習目標，簡介全球暖化、碳足跡等相關之學習內容(30分鐘)。
(二)教學實驗 (第二週)	於學校電腦教室中(150分鐘)： 1.實驗分組、教材準備(15分鐘)。 2.實施教學實驗：控制組進行非遊戲式數位學習，實驗組進行遊戲式數位學習(95分鐘)。 3.學生填答成就測驗(20分鐘)。 4.學生填寫心流體驗量表(10分鐘)。 5.學生填寫認知負荷量表(10分鐘)。

表3：兩組之成就測驗、心流體驗、認知負荷Levene變異數與迴歸斜率同質性檢定

認知負荷	Box's <i>M</i>		Levene變異數同質性檢定		Wilk's <i>Λ</i>		迴歸斜率同質性檢定	
	<i>F</i> 值	顯著值	<i>F</i> 值	顯著值	<i>F</i> 值	顯著值	<i>F</i> 值	顯著值
成就測驗			2.324	.131			< 0.001	.993
心流體驗	6.292	.413	0.833	.363	0.910	.024	0.006	.940
認知負荷			0.266	.607			0.615	.435

質性檢定，在三個依變項(成就測驗、心流體驗、認知負荷)上皆未達顯著水準($p > .050$)，顯示兩組在三個依變項上都具有同質性。故可進行多變量共變數分析。

(二)多變量共變數分析

學習者的先備知識會影響學習結果與心流體驗(Engeser & Rheinberg, 2008; Løvoll & Vittersø, 2014)，也會影響認知負荷(Kalyuga, 2013; Kalyuga et al., 2012; Rey & Buchwald, 2011)。本研究以碳足跡先備知識的成績做為共變數，使用多變量共變數分析檢驗兩組成就測驗、心流體驗、認知負荷之差異。Wilk's Λ 值達顯著水準($p < .050$)，表示至少在一個依變項上(成就測驗、心流體驗、認知負荷)兩

組有顯著差異。進一步使用多變量共變數分析，如表4，兩組之成就測驗($p < .010$)、心流體驗($p < .010$)、認知負荷皆達顯著水準($p < .010$)。顯示兩組的成就測驗、心流體驗、及認知負荷皆有顯著差異。

進一步查看表5，實驗組之成就測驗、心流體驗顯著高於對照組；實驗組之認知負荷顯著低於對照組。亦即，遊戲式數位學習的成就測驗與心流體驗顯著高於非遊戲式數位學習，遊戲式數位學習的認知負荷顯著低於非遊戲式數位學習。

二、兩組之成就測驗、心流體驗與認知負荷之相關性

本研究以Pearson's積差相關來檢驗碳足

表4：兩組之成就測驗、心流體驗、認知負荷多變量共變數分析

變異來源	依變項	平方和	自由度	平均平方和	F值	顯著值	效果量
共變數 (先備知識測驗)	成就測驗	4,302.447	1	4,302.447	22.988	< .001	.187
	心流體驗	25.701	1	25.701	0.492	.485	.005
	認知負荷	795.983	1	795.983	44.576	< .001	.308
組間 (實驗處理)	成就測驗	855.723	1	855.723	4.572	< .050	.044
	心流體驗	395.268	1	395.268	7.564	< .010	.070
	認知負荷	135.856	1	135.856	7.608	< .010	.071
組內 (誤差)	成就測驗	18,716.308	100	187.163			
	心流體驗	5,225.507	100	52.255			
	認知負荷	1,785.667	100	17.857			
全體	成就測驗	637,300.000	103				
	心流體驗	227,466.000	103				
	認知負荷	4,309.000	103				

表5：兩組成就測驗、心流體驗、認知負荷之敘述統計

依變項	對照組				實驗組			
	平均數	標準差	調整後平均數	調整後標準差	平均數	標準差	調整後平均數	調整後標準差
成就測驗	74.721	13.244	74.381	1.881	79.804	16.841	80.164	1.936
心流體驗	44.531	6.908	44.501	0.994	48.404	7.519	48.424	1.023
認知負荷	4.944	4.605	5.094	0.581	2.941	5.494	2.791	0.598

跡成就測驗、心流體驗與認知負荷是否有顯著相關性。由表6可知，成就測驗與心流體驗呈現顯著正相關($p < .050$)；成就測驗與認知負荷呈顯著負相關($p < .050$)；心流體驗與認知負荷呈負相關($p < .010$)。這結果顯示，認知負荷較低的學習者，成就測驗與心流體驗較高。反之，心流體驗或成就測驗較低者，其認知負荷較高。

三、討論

研究結果顯示，遊戲式數位學習的成就測驗顯著高於非遊戲式數位學習，此結果與一些研究一致(洪暉鈞、楊叔卿，2014；Admiraal et al., 2011; Chang et al., 2010; Cheng & Wang, 2011; Choi & Baek, 2011; Kiili et al., 2012; Liu et al., 2011; Papastergiou, 2009; Wrzesien & Raya, 2010)。洪暉鈞、楊叔卿的研究顯示遊戲式數位學習情境較傳統教室上課方式更顯著地提升低成就學童之學習成效。Admiraal等發現遊戲式數位學習使國中學生有較佳的歷史課程之學習成就。Choi與Baek發現多媒體學習可增強小學生對於科技課程的知識建構表現。Kiili等發現商業模擬遊戲能提升大學生商業經營能力。但這些研究都不是比較遊戲式數位學習與非遊戲式數位學習。Cheng與Wang發現多媒體虛擬環境比傳統的教學方式更能夠促進商學院大學生對於市場行銷原理的理解及實際應用的能力。Liu等發現模擬遊戲比傳統的講授學習可以提升大學生更容易建構認知架構來解決計算的問題。Papastergiou發現遊戲式數位學

習較非遊戲式數位學習更能夠提升大學生對電腦科學課程的學生學習動機及學習成效。Wrzesien與Raya發現多媒體虛擬世界比傳統紙本講授方式更讓學童感受到學習樂趣，對自然科學與生態環境的學習成效更好。

此外，遊戲式數位學習的心流體驗及認知負荷分別顯著高於及低於非遊戲式數位學習，顯示兩組學習者在不同學習方式上之心流體驗及學習負荷有顯著差異。亦即，學習者對於遊戲式數位學習有較好的心流體驗與較低的學習負荷，而這些體驗與負荷亦反應於學習成就上。此結果亦與一些心流體驗的研究(Admiraal et al., 2011; Choi & Baek, 2011; Dalgarno & Lee, 2010; Kiili et al., 2012; Liu et al., 2009)、及認知負荷的研究一致(楊心怡，2013；Cheon & Grant, 2012; Zheng et al., 2009)。遊戲式數位學習的認知負荷顯著低於非遊戲式數位學習，這也呼應了情境學習理論提到的「當學習與真實環境脫節，所獲知識較不容易長期記憶，甚至於可能造成認知負荷」(Anderson et al., 1996)。但是非遊戲式數位學習的認知負荷顯著較高，是否是因為它的學習環境較與真實環境脫節，有待未來進一步研究。Admiraal等發現遊戲式數位學習使國中學生有較佳的專注力及心流體驗，可提升學習成就。Choi與Baek發現多媒體學習可增強小學生的專注度及心流體驗，及提升知識建構表現。Dalgarno與Lee指出多媒體遊戲學習環境能促進學習者的學習動機與專注力，而專注力是導致心流體驗的要素之一。Kiili等發現發現遊戲式數位學習能提

表6：兩組之成就測驗、心流體驗與認知負荷之相關

變數	成就測驗		心流體驗		認知負荷
成就測驗	1.000				
心流體驗	.197	$p < .050$	1.000		
認知負荷	-.267	$p < .050$	-.366	$p < .010$	1.000

升大學生的心流體驗及學習成效。Liu等發現多媒體數位學習提高大學生的學習意願及心流體驗。Zheng等發現互動式多媒體可降低大學生的認知負荷，提高學習的自我效能。楊心怡研究發現遊戲式學習能有效降低學習者的認知負荷，且對學習成效有正向的影響。Cheon與Grant發現具有隱喻介面(metaphorical interface)的數位教材使大學生較容易使用教材及較能專心，增生認知負荷因而提高，學習社會科學的表現亦提高。

由以上可知，學習者透過遊戲式數位學習較非遊戲式數位學習更能引發學習動機、互動性及樂趣，更能有效幫助學習者持續投入於學習當中。在遊戲式數位學習當中，學習者產生較高的心流體驗以及較低的認知負荷，故而會有較好的學習成就。

研究結果顯示，成就測驗與心流體驗呈顯著正相關，成就測驗與認知負荷呈顯著負相關；心流體驗與認知負荷呈顯著負相關。由此可知，學習者的心理狀態與負荷會影響其學習成效。亦即，在學習之中，若學習者有較高的心流體驗或較低的認知負荷，則會產生較好的學習效果。一些研究也顯示類似的結果，較高的心流體驗有較好的學習成效(Admiraal et al., 2011; Choi & Baek, 2011; Hsieh et al., 2016; Kiili et al., 2012; Liu et al., 2009; Pekrun & Stephens, 2012; Tsai et al., 2016)，較低的認知負荷有較好的學習成效(楊心怡, 2013; Chang et al., 2010; Cheon & Grant, 2012; Zheng et al., 2009)。譬如Hsieh等研究顯示在數位遊戲學習過程中，學習效果與心流體驗有正相關，高心流體驗學童有較佳的學習效果。Tsai等研究顯示在物理學科數位遊戲學習過程中，高學習成就大學生有較高的心流體驗。楊心怡研究發現當學習者的認知負荷愈低，愈有可能將有限的認知資

源運用於自我監控以及自我判斷。進而其自我調整學習的表現愈好，學習成效也跟著提升。但這些研究都不是直接檢驗心流體驗與認知負荷的相關性，而是檢測心流體驗與學習成效或是檢測認知負荷與學習成效的相關性。Shen與Chu (2014)研究顯示不同先備知識學習者在遊戲式數位學習過程中，會產生顯著不同的心流體驗與認知負荷，但該研究沒有探討心流體驗與認知負荷的關係，這些其他研究的結果也突顯本研究之重要。

就學習者的心流體驗與學習成就來看，出現最多的學習行為類型是高心流體驗、高心流體驗與高學習成就、低心流體驗與低學習成就，這也與Hsieh等(2016)的研究一致，也表示高心流體驗導致高學習成就。就學習者的認知負荷與學習成就來看，出現最多的學習行為類型是低認知負荷、低認知負荷與高學習成就、高認知負荷與低學習成就，也表示低認知負荷導致高學習成就。

遊戲式數位學習能降低認知負荷，提升心流體驗與學習成效，但這些結果必須是在適當呈現的多媒體情況下。多媒體呈現過多或不適當時，心流體驗雖可能增高，但認知負荷也可能升高，造成學習成效降低(Mayer, 2005, 2009; Nelson & Erlandson, 2008; Sweller, et al., 2011)。另外，遊戲式數位學習系統的使用性(usability)，譬如可見度(visibility)、認知支援(cognitive support)、效能(efficiency)、使用者控制(user control)、趣味性(joyfulness)等，對學習者的心流體驗與認知負荷可能會有所影響(Shen & Chu, 2014)。這些都可以作為遊戲式數位學習系統設計的參考。

伍、結論與建議

本研究顯示遊戲式數位學習較傳統非遊

戲式數位學習，有較佳的成就測驗與心流體驗及較低的認知負荷。較低的認知負荷或較高的心流體驗，可以導致較佳的學習成就。這些結果給數位教材設計者的啟示是，教材設計者應善用遊戲的擬真情境、趣味性、互動性、學習者控制、回饋訊息、多媒體視覺性及動畫等特性，將它們融入於數位教材中，不僅能吸引學習者之學習樂趣與專注，亦能降低學習者的認知負荷。上述減低認知負荷的概念在本研究開發遊戲式數位教材時雖有應用，但因並非本研究設定的研究範圍，故未詳細討論，但可作為教材設計者的參考。

雖然遊戲教材的視聽效果可以吸引學習者投入及強化心流體驗，但也要注意在吸引元素與教育目的之間取得平衡(Kiili, 2005)。本研究結果給教學者的啟示是，教學者可以將數位遊戲融入教學，使學習者樂於學習並減輕學習的壓力，進而提升學習者的學習成就。本研究結果給學習者的啟示是，學習者可以使用遊戲式數位學習，透過沉浸於學習所產生的愉悅與樂趣，對學習更為專注，降低學習任務所產生的壓力，以提升學習效果。

雖然之前大部分遊戲式數位學習的研究是探討心流體驗與學習效果之關係、或認知負荷與學習效果之關係，但較少直接探討心流體驗與認知負荷的關係，也沒有同時探討三者關係的研究。而本研究直接檢驗心流體

驗與認知負荷之相關性，也同時探討三者的關係，此為本研究之貢獻。

本研究的實驗樣本為科技類課程的大學生，未來可嘗試其他學科或中小學生來進行研究，以獲得不同學科與對象之研究發現。本研究針對數位遊戲式的整體特性探討，未來研究可聚焦於媒體的豐富性、遊戲的細項元素來探討(譬如擬真情境、趣味性、互動性、學習者控制、多媒體視覺性及動畫等)、學習理論(譬如情境式學習、經驗式學習等)來探討。

本研究是比較兩組(遊戲式數位學習與非遊戲式數位學習)，未來可增加第三種學習方式(譬如虛擬實境或擴增實境)，比較三組的學習成就、心流體驗與認知負荷的差異及相關性。認知負荷也可分為不同種類來探討——內在、外在、及增生認知負荷(*intrinsic, extraneous and germane cognitive loads*)。心流體驗理論有「挑戰與技能的平衡」效應，認知負荷理論則有「專家翻轉」效應，兩者表示學習者的先備知識技能會影響心流體驗與認知負荷。本研究將先備知識視為共變項，未來可將其視為另一個自變項，探討它對心流體驗與認知負荷的影響。

誌謝

感謝科技部經費補助讓此研究得以順利完成(計畫編號：MOST 104-2511-S-003-042-MY3)。

參考文獻

1. 吳明隆(2011)。SPSS統計應用學習實務：問卷分析與應用統計。新北市：易習。
2. 洪暉鈞、楊叔卿(2014)。手持載具之英文字版連線遊戲系統設計以增強國民小學英文字彙學習投入與成效研究。數位學習科技期刊，6(2)，1-24。

3. 楊心怡(2013)。從認知負荷觀點探討鷹架輔助遊戲式學習於人體血液循環之研究。《教育與傳播科技研究》，106，65-78。
4. Admiraal, W., Huizenga, J., Akkerman, S., & Dam, G. T. (2011). The concept of flow in collaborative game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 27(3), 1185-1194.
5. Anderson, J. R., Reder, L. M., & Simon, H. A. (1996). Situated learning and education. *Educational Researcher*, 25(4), 5-11.
6. Ang, C. S., Zaphiris, P., & Mahmood, S. (2007). A model of cognitive loads in massively multiplayer online role playing games. *Interacting with Computers*, 19(2), 167-179.
7. Ayres, P., & Paas, F. (2007). Making instructional animations more effective: A cognitive load approach. *Applied Cognitive Psychology*, 21(6), 695-700.
8. Brom, C., Buchtová, M., Šisler, V., Děchtěrenko, F., Palme, R., & Glenk, L. M. (2014). Flow, social interaction anxiety and salivary cortisol responses in serious games: A quasi-experimental study. *Computers & Education*, 79, 69-100.
9. Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42.
10. Chang, Y. C., Peng, H. Y., & Chao, H. C. (2010). Examining the effects of learning motivation and of course design in an instructional simulation game. *Interactive Learning Environments*, 18(4), 319-339.
11. Cheng, Y., & Wang, S. H. (2011). Applying a 3D virtual learning environment to facilitate student's application ability -- The case of marketing. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 576-584.
12. Cheon, J., & Grant, M. M. (2012). The effects of metaphorical interface on germane cognitive load in web-based instruction. *Educational Technology Research and Development*, 60(3), 399-420.
13. Choi, B., & Baek, Y. (2011). Exploring factors of media characteristic influencing flow in learning through virtual worlds. *Computers & Education*, 57(4), 2382-2394.
14. Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T., & Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59(2), 661-686.
15. Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*. New York, NY: Harper & Row.
16. Dalgarno, B., & Lee, M. J. W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 10-32.
17. de Freitas, S. (2006). *Learning in immersive worlds: A review of game-based learning*. London, UK: Joint Information Systems Committee.

18. Dickey, M. D. (2005). Three-dimensional virtual worlds and distance learning: Two case studies of active worlds as a medium for distance education. *British Journal of Educational Technology*, 36(3), 439-451.
19. Engeser, S., & Rheinberg, F. (2008). Flow, performance and moderators of challenge-skill balance. *Motivation and Emotion*, 32(3), 158-172.
20. Faiola, A., Newlon, C., Pfaff, M., & Smyslova, O. (2013). Correlating the effects of flow and telepresence in virtual worlds: Enhancing our understanding of user behavior in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 1113-1121.
21. Giannakos, M. N. (2013). Enjoy and learn with educational games: Examining factors affecting learning performance. *Computers & Education*, 68, 429-439.
22. Girard, C., Ecalle, J., & Magnan, A. (2012). Serious games as new educational tools: How effective are they? A meta-analysis of recent studies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(3), 207-219.
23. Gunter, G. A., Kenny, R. F., & Vick, E. H. (2007). Taking educational games seriously: Using the RETAIN model to design endogenous fantasy into standalone educational games. *Educational Technology Research and Development*, 56(5-6), 511-537.
24. Hays, R. T. (2005). *The effectiveness of instructional games: A literature review and discussion*. Orlando, FL: Naval Air Warfare Center.
25. Hogle, J. G. (1996). *Considering games as cognitive tools: In search of effective "edutainment"*. Athens, GA: University of Georgia. (ERIC Document Reproduction Service No. ED425737)
26. Hsieh, Y.-H., Lin, Y.-C., & Hou, H.-T. (2016). Exploring the role of flow experience, learning performance and potential behavior clusters in elementary students' game-based learning. *Interactive Learning Environments*, 24(1), 178-193.
27. Huang, W., & Aragon, S. (2009). An integrated evaluation approach for e-learning systems in career and technical education. In W. Victor (Ed.), *Handbook of research on e-learning applications for career and technical education: Technologies for vocational training* (p. 396) Hershey, PA: IGI Global.
28. Huang, W., & Johnson, T. (2008). Instructional game design using cognitive load theory. In R. Ferdig (Ed.), *Handbook of research on effective electronic gaming in education* (pp. 1143-1165). Hershey, PA: IGI Global.
29. Huang, W. H. (2011). Evaluating learners' motivational and cognitive processing in an online game-based learning environment. *Computers in Human Behavior*, 27(2), 694-704.
30. Inal, Y., & Cagiltay, K. (2007). Flow experiences of children in an interactive social game environment. *British Journal of Educational Technology*, 38(3), 455-464.
31. Kalyuga, S. (2013). Effects of learner prior knowledge and working memory limitations on multimedia learning. *Procedia -- Social and Behavioral Sciences*, 83(1), 25-29.

32. Kalyuga, S., Rikers, R., & Paas, F. (2012). Educational implications of expertise reversal effects in learning and performance of complex cognitive and sensorimotor skills. *Educational Psychology Review*, 24(2), 313-337.
33. Keller, J., Bless, H., Blomann, F., & Kleinbohl, D. (2011). Physiological aspects of flow experiences: Skills-demand-compatibility effects on heart rate variability and salivary cortisol. *Journal of Experimental Social Psychology*, 47(4), 849-852.
34. Keller, J. M., & Kopp, T. W. (1987). An application of ARCS model of motivational design. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional theories in action: Lessons illustrating selected theories and models* (pp. 289-320). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
35. Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *Internet and Higher Education*, 8(1), 13-24.
36. Kiili, K., de Freitas, S., Arnab, S., & Lainema, T. (2012). The design principles for flow experience in educational games. *Procedia Computer Science*, 15, 78-91.
37. Korakakis, G., Pavlatou, E. A., Palyvos, J. A., & Spyrellis, N. (2009). 3D visualization types in multimedia applications for science learning: A case study for 8th grade students in Greece. *Computers & Education*, 52(2), 390-401.
38. Kulik, C.-L., & Kulik, J. (1991). Effectiveness of computer based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior*, 7(1-2), 75-94.
39. Lepper, M. R., Iyengar, S. S., & Corpus, J. H. (2005). Intrinsic and extrinsic motivational orientation in the classroom: Age differences and academic correlates. *Journal of Educational Psychology*, 97(2), 184-196.
40. Liao, Y. (2007). Effects of computer-assisted instruction on students' achievement in Taiwan: A meta-analysis. *Computers and Education*, 48(2), 216-233.
41. Ligas, M. R. (2002). Evaluation of Broward County alliance of quality schools project. *Journal of Education for Students Placed at Risk*, 7(2), 117-139.
42. Liu, C. C., Cheng, Y. B., & Huang, C. W. (2011). The effect of simulation games on the learning of computational problem solving. *Computers & Education*, 57(3), 1907-1918.
43. Liu, H. S., Liao, H. L., & Pratt, J. A. (2009). Impact of media richness and flow on e-learning technology acceptance. *Computers & Education*, 52(3), 599-607.
44. Løvøll, H. S., & Vittersø, J. (2014). Can balance be boring? A critique of the "Challenges should match skills" hypotheses in flow theory. *Social Indicators Research*, 115(1), 117-136.
45. Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 31-48). New York, NY: Cambridge University Press.

46. Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). New York, NY: Cambridge University Press.
47. Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychology*, 38(1), 43-52.
48. Mitchell, A., & Savill-Smith, C. (2004). *The use of computer and video games for learning: A review of the literature*. London, UK: Learning and Skills Development Agency.
49. Nelson, B., & Erlandson, B. (2008). Managing cognitive load in educational multiuser virtual environments: Reflection on design practice. *Educational Technology Research and Development*, 56(5-6), 619-641.
50. Nelson, B. C., Kim, Y., Foshee, C., & Slack, K. (2014). Visual signaling in virtual world-based assessments: The SAVE science project. *Information Sciences*, 264, 32-40.
51. O'Leary, S., Diepenhorst, L., & Churley-Strom, R. (2005). Educational games in an obstetrics and gynecology core curriculum. *American Journal of Obstetrics and Gynecology*, 193(5), 1848-1851.
52. Omale, N., Hung, W. C., Luketkehans, L., & Jessamine, C. P. (2009). Learning in 3-D multiuser virtual environment: Exploring the use of unique 3-D attributes for online problem-based learning. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 480-495.
53. O'Neil, H. F., Waines, R., & Baker, E. L. (2005). Classification of learning outcomes: Evidence from the computer games literature. *The Curriculum Journal*, 16(4), 455-474.
54. Paas, F. G. W. C., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4.
55. 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.
56. Pearce, J. M., Ainley, M., & Howard, S. (2005). The ebb and flow of online learning. *Computers in Human Behavior*, 21(5), 745-771.
57. Pekrun, R., & Stephens, E. J. (2012). Academic emotions. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, J. M. Royer, & M. Zeidner (Eds.), *Individual differences and cultural and contextual factors: Vol. 2. APA educational psychology handbook* (pp. 3-31). Washington, DC: American Psychological Association.
58. Pierfy, D. A. (1977). Comparative simulation game research. *Simulation & Games*, 8(2), 255-268.
59. Prensky, M. (2007). *Digital game-based learning*. New York, NY: McGraw-Hill.
60. Pulaski, M. A. (1973). Toys and imaginative play. In J. L. Singer (Ed.), *The child world of make-believe*. New York, NY: Academic Press.
61. 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.

62. Rey, G., & Buchwald, F. (2011). The expertise reversal effect: Cognitive load and motivational explanations. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 17(1), 33-48.
63. Sancho, P., Torrente, J., & Fernandez-Manjon, B. (2009). Do multi-user virtual environments really enhance student's motivation in engineering education? In *Proceedings of the 39th IEEE international conference on frontiers in education conference 2009* (pp. 1-6). Seattle, WA: IEEE Computer Society.
64. Schrader, C., & Bastiaens, T. J. (2012). The influence of virtual presence: Effects on experienced cognitive load and learning outcomes in educational computer games. *Computers in Human Behavior*, 28(2), 648-658.
65. Serge, S. R., Priest, H. A., Durlach, P. J., & Johnson, C. I. (2013). The effects of static and adaptive performance feedback in game-based training. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 1150-1158.
66. Shen, C.-Y., & Chu, H.-P. (2014). The relations between interface design of digital game-based learning systems and flow experience and cognitive load of learners with different levels of prior knowledge. *Lecture Notes in Computer Science*, 8528, 574-584.
67. Sitzmann, T. (2011). A meta-analytic examination of the instructional effectiveness of computer-based simulation games. *Personnel Psychology*, 64(2), 489-528.
68. Skadberg, Y. X., & Kimmel, J. R. (2004). Visitors' flow experience while browsing a web site: Its measurement, contributing factors, and consequences. *Computers in Human Behavior*, 20, 403-422.
69. Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-128.
70. Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York, NY: Springer.
71. Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What forty years of research says about the impact of technology on learning: A second order meta-analysis and validation study. *Review of Educational Research*, 81, 4-28.
72. Tobias, S., Fletcher, J. D., Dai, D. Y., & Wind, A. P. (2011). Review of research on computer games. In S. Tobias & J. D. Fletcher (Eds.), *Computer games and instruction* (pp. 127-222). Charlotte, NC: Information Age.
73. Tsai, M.-J., Huang, L.-J., Hou, H.-T., Hsu, C.-Y., & Chiou, G.-L. (2016). Document visual behavior, flow and achievement in game-based learning. *Computers & Education*, 98, 115-129.
74. Vygotsky, L. S. (1976). Play and its role in the mental development of the child. In J. S. Bruner, A. Jolly, & K. Sylva (Eds.), *Play: Its role in development & education* (pp. 537-554). New York, NY: Basic Books.
75. Warschauer, M. (2007). The paradoxical future of digital learning. *Learning Inquiry*, 1, 41-49.

76. Webster, J., Trevino, L. K., & Ryan, L. (1993). The dimensionality and correlates of flow in human-computer interaction. *Computers in Human Behavior*, 9(4), 411-426.
77. Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249-265.
78. Wrzesien, M., & Raya, M. A. (2010). Learning in serious virtual worlds: Evaluation of learning effectiveness and appeal to students in the e-Junior project. *Computers & Education*, 55(1), 178-187.
79. Wu, J., Li, P., & Rao, S. (2008). Why they enjoy virtual game world? An empirical investigation. *Journal of Electronic Commerce Research*, 9(3), 219-230.
80. Yun, S., Miller, P. C., Baek, Y., Jung, J., & Ko, M. (2008). Improving recall and transfer skills through vocabulary building in web-based second language learning: An examination by item and feedback type. *Educational Technology & Society*, 11(4), 158-172.
81. Zheng, R., McAlack, M., Wilmes, B., Kohler-Evans, P., & Williamson, J. (2009). Effects of multimedia on cognitive load, self-efficacy, and multiple rule-based problem solving. *British Journal of Educational Technology*, 40(5), 790-803.
82. Zumbach, J., & Mohraz, M. (2008). Cognitive load in hypermedia reading comprehension: Influence of text type and linearity. *Computers in Human Behavior*, 24(3), 875-887.

附錄

附錄一：碳足跡成就測驗例題

- () 1. 對於碳足跡，可用下列何者來做計算？
 (A) 計步器 (B) 碳足跡計算器 (C) 排碳計量器 (D) 工程用計算機。
- () 2. 對於「碳足跡」的出現，其用意為何？
 (A) 減少碳排量 (B) 提醒全球的石油即將用盡 (C) 為提升人民的經濟指數
 (D) 一氧化碳的增加。

附錄二：碳足跡成就測驗之項目分析

題項	<i>t</i> 值	顯著值	<i>r</i> 值	顯著值	難度	鑑別度	刪除或保留
1	3.568	< .010	.386	< .010	.884	.233	保留
2	6.332	< .001	.438	< .010	.756	.488	保留
3	5.825	< .001	.418	< .010	.514	.561	保留
4	4.266	< .001	.521	< .010	.849	.302	保留
5	3.082	< .010	.533	< .010	.858	.227	保留
6	3.082	< .010	.277	< .050	.858	.227	保留
7	3.656	< .010	.339	< .010	.452	.391	保留
8	2.841	< .010	.593	< .010	.869	.204	保留
9	4.519	< .001	.400	< .010	.788	.366	保留
10	3.334	< .010	.642	< .010	.896	.209	保留
平均					.772	.321	

From Traditional e-Learning to Digital Game-Based Learning: Learning Performance, Flow Experience and Cognitive Load

Chi-Cheng Chang^{*} and Kun-You Lin

Department of Technology Application and Human Resource Development,
National Taiwan Normal University

Abstract

The study was to explore the differences in learning achievement, flow experience and cognitive load between digital game-based learning (DGBL) and non-game-based (GB) e-learning. The participants were the students who took the “Life and Technology” course of general education program in a university. The intentional sampling approach was used to select two classes with 103 students in total. The experimental group (one class) with 50 students was assigned to DGBL and the contrast group (another class) with 53 students was assigned to non-GB e-learning. The results revealed that learning achievement and flow experience of digital game-based learning were higher than those of non-GB e-learning. Cognitive load of the DGBL group was higher than that of the non-GB e-learning group. Learning achievement was positively correlated with flow experience while learning achievement and flow experience were negatively correlated with cognitive load. The results above are consistent with the theories of flow, multimedia cognitive learning and cognitive load. Future works might focus on media richness or one characteristic of game (e.g., real-alike context, enjoyment, interaction, learner control, feedback message, multimedia vision and animation). Different types of cognitive load, such as intrinsic, extraneous and germane cognitive loads, might be explored.

Key words: Flow Experience, Game-Based Learning, Cognitive Load, e-Learning, Learning Achievement

* Corresponding author: Chi-Cheng Chang, samchang@ntnu.edu.tw