

有效行動學習課程教學模式之設計與效益 評估—以評量為中心的設計

王子華* 楊凱悌**

行動學習已成為全球性的重要教育議題，本研究應用數位評量系統—「Graduated Prompting Assessment Module of the WATA system (GPAM-WATA)」，發展一以評量為中心的行動學習環境，並應用於國小五年級「校園植物分類」主題教學，GPAM-WATA 中之教學性試題與教學性提示，可以引導學習者在校園真實情境中進行學習。本研究採準實驗研究設計，共 142 位國小五年級學童參與研究，學習者共分為三組，分別為控制組採用傳統資訊融入教學模式 (n=47)，實驗組 A 採用 GPAM-WATA u-Learning system (n=44)，實驗組 B 則採用一般行動學習模式 (n=51)，在四堂課的教學進行前後，分別進行「成就測驗前、後測」，在教學結束後，亦填寫「認知負荷量表」。研究發現，學習者在以評量為中心的行動學習環境，有顯著較低之認知負荷與顯著較佳之學習成就。

關鍵字：行動學習、無所不在之學習、以評量為中心之行動學習、
評量為教學與學習策略、GPAM-WATA、認知負荷

* 作者現職：國立新竹教育大學教育與學習科技學系教授兼系主任

** 作者現職：臺中市立育英國民中學教師

通訊作者：王子華，e-mail: tzuhuawang@gmail.com

壹、前言

隨著電腦科技與網際網路技術的快速發展，不但加速了人類知識的量產，也改變了人類的學習型態，為了迎戰二十一世紀知識經濟時代的來臨，世界各國紛紛積極規劃並推動資訊教育來培養國民資訊素養、強化其知識資本並建立完善的資訊化社會，使之能在多變的環境中隨時掌握知識發展的脈動，以提升國家競爭力。我國政府也在此一趨勢下，於「中小學資訊教育總藍圖」計畫起，開始就資訊科技融入教學進行規劃，為未來資訊教育奠定基礎；2002年更為了打造數位臺灣的願景，開始推動「數位學習國家型科技計畫」，從全民數位學習、縮減數位落差、行動學習載具與輔具、數位學習網路科學園區、前瞻數位學習技術研發、數位學習之學習與認知基礎研究、政策引導與人才培育七個分項著手，以期達到創造多元數位學習環境、提升全民數位素養與國家競爭力，並引領臺灣成為全球數位學習相關科技研究重鎮等目標（數位典藏與數位學習計畫百科，2014）；在這波數位化的潮流與政府的大力支持下，「數位學習（electronic learning, e-Learning）」開始在臺灣之教育與學術界和產業界展開，然而隨著無線網路、行動運算與行動載具的快速發展，利用可攜技術與裝置、突破地域限制進行學習之「行動學習（mobile learning, m-Learning）」與「無所不在學習（ubiquitous learning, u-Learning）」緊接而來，近來更因相關技術之成熟與行動元件之普及，讓世界各國紛紛重視到高滲透度之行動元件所帶來的教育新契機，聯合國教科文組織（United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO）亦看到了這波行動元件所帶來的新學習機會，於2013年匯集超過二十個國家之專家意見，對行動學習政策提出建議，以作為各國制定相關教育科技政策之參考，希冀透過行動載具之輕巧、易用與價格上的優勢來全面提升學習機會（UNESCO, 2013）。

我國政府為了迎戰這波數位學習的新時代，也緊跟趨勢於2013年規劃並提出了「數位學習推動計畫」，且進一步於2014年全面推動並執行，該計畫中主要推動之項目有「提升校園網路頻寬效能及建置無線網路環境」、「建構教育雲端應用及平臺服務」、「推展中小學創新應用學校」與「推動數位學伴計畫」等，其中「推展中小學創新應用學校」項目中更以行動學習為新一代中小學學習之模式，期望透過新一代的數位應用環境與學習模式，創新我國教育之發展，並營造出更符合個人化需求之學習方式，實現開放、自主與便利的教育學習環境，來培養我國學子具備立足於二十一世紀所需之知識、技能與基本能力（教育部，2013，2014）。然而，行動裝置雖因其具有價格低、容易使用等優勢，而使其成為滲透度更高的學習工具，得以突破傳統侷限於個人電腦上進行 e-Learning 之地域等限制，可以隨時隨地進行更貼近真實生活情境的學習，然而這個新的學習機會除了需要決策當局的重視與把握之外，學習內容的設計與呈現方式也需

要重新考量與設計，使之更符合不同學習者的學習需求，讓學習機會能因行動載具而有更大的滲透度。

然而，科技本身不會影響學習，唯有搭配有效之教學策略與設計才能輔助學習者的學習 (Mayer, 2003)。依據 Wang (2010; 2011a)，數位學習環境效益之關鍵即在於數位評量的設計，Wang 基於「評量為教學與學習策略 (assessment as teaching and learning strategy, ATLS)」的觀點，並參考 Bransford, Brown, & Cocking (2000) 之「以評量為中心之學習環境 (assessment-centered learning environment)」的建議，提出了「以評量為中心之數位學習環境 (assessment-centered e-Learning environment)」的設計論點 (Wang, 2010; 2011a)，Wang 認為數位學習環境可以提供學習者更多自主學習的機會，因此，學習者能否在數位學習環境中進行自我調整學習 (self-regulated learning)，決定了數位學習的效益 (Kauffman, 2004; Wang, 2011b)，此外，數位學習環境亦提供學習者豐富之學習資源，因此，很容易讓學習者在學習過程中發生「迷失方向 (disorientation)」(Eklund & Sinclair, 2000) 的問題，也就是，數位學習環境通常是學習者自主學習的環境，學習者在數位學習環境中學習，雖然獲得了更多的主動學習機會，但也容易做出錯誤的學習方式，例如：忽略重要的學習資訊、只注意到視覺刺激較強的資訊、忽略有意義的資訊等 (Brusilovsky, 2003; Eklund & Sinclair, 2000; Wang, 2014)，這些都會對數位學習效益有負面之影響；然而，在 ATLS 精神下所設計之以評量為中心的數位學習環境，讓數位評量與數位學習活動密切地結合，教師可以將教學訊息設計成教學性試題 (instructional item) 與教學性提示 (instructional prompt)，並藉此與學習者互動，學習者則可藉由作答教學性試題與獲得教學性提示來獲得學習 (Wang, 2010; 2011a)，學習者可以藉此掌握學習重點並進行自我評量，以瞭解自己是否完成學習。

行動學習屬於數位學習的一種，而學習者在行動學習環境中進行學習，遭遇到「迷失方向」的問題將更為嚴重 (Wang & Yang, in press)，Wang & Yang 指出，行動學習可以讓學習者在真實情境中進行學習，也可以讓真實情境中的學習資訊與數位環境中的學習資訊連結，讓教學與學習具有更多的彈性與延伸性，然而，這個優勢也帶來了另一個問題，相較於傳統資訊融入教學與網路學習，學習者在進行行動學習時，其更常需要在真實情境與數位情境之間切換，這樣將會讓「迷失方向」的問題更為嚴重，並增加學習者的認知負荷 (cognitive load)，進而影響學習者之行動學習效益 (Liu, Lin, Tsai, & Paas, 2012; Wang & Yang, in press)，因此，在實施行動學習的同時，有必要發展一個教學模式或策略來解決這些伴隨著行動學習優勢所帶來的負面影響 (Frohberg, Göth, Schwabe, 2009)。Bannert (2002) 指出，解決教學設計中的認知負荷問題，可以從協助

主題文章

學習者管理認知負荷來著手，亦即讓學習者應用其後設認知與自我調整能力（*metacognitive and self-regulative competence*）來管理其學習過程中的認知負荷，以達成最佳的學習效益，依據 Paris & Paris（2001）與 Wang（2011b）指出，在數位學習環境中，數位評量是一個引導學習者學習之重要策略，其可以協助學習者在數位學習環境中進行自我評量（*self-assessment*），而促使學習者在數位學習環境中進行自我調整學習（*self-regulated learning*），進而提升其數位學習的效益，除此之外，數位評量之所以可以促使學習者進行自我調整學習，主要是由於其可以協助學習者藉由自我評量監控自己的學習過程與成果（Paris & Paris, 2001; Wang, 2011b），藉此瞭解自己是否已經掌握了學習重點，而該優點正可以降低學習者在數位學習環境下之認知負荷與遭遇「迷失方向」的情形，換言之，數位評量可以符合 Eklund & Sinclair（2000）所提出之觀點，扮演某一種型態的專家支持與引導機制，讓數位學習環境中的資訊更有結構性，也可以提供學習者更多的學習方向，以協助學習者解決「迷失方向」的問題。前述之專家支持與引導機制對於行動學習而言相當具有價值，因為，學習者攜帶智慧型行動裝置（*smart mobile device*）在真實情境中進行行動學習時，數位評量可以扮演引導者的角色，藉由一系列試題之作答與獲得回饋的過程，引導學習者在真實情境中進行學習，並引導其學習智慧型行動裝置所呈現之教學訊息，同時，亦能協助學習者瞭解自己的學習狀況。因此，本研究參考前述文獻的論點，將數位評量融入行動學習環境，藉以作為引起學習者進行自我調整學習的策略，並藉此協助學習者管理其所遭遇之認知負荷，以期提升學習者行動學習之效益。

此外，行動科技最受人矚目之特有優勢即在於「促進個人化學習」、「提供即時回饋與評量」、「促進任何時間、任何地點的學習」、「支持情境式的學習」與「最大化經濟效益」等（UNESCO, 2013），許多研究亦指出行動科技能讓評量以更為合理的方式進行，並即時提供師生回饋來讓學習獲得更好的進展，且其自動化評量的歷程也讓教學更具效率，讓教師能有更多的時間花在學習者身上，聯合國教科文組織之行動素養計畫（UNESCO Mobile Literacy Project）亦指出，行動科技之「提供即時回饋與評量」的優勢，確實提高了學習者的學習效益（UNESCO, 2013）。基於此，本研究以 ATLS 為設計理念，針對「校園植物分類」為主題，應用數位評量設計一個以評量為中心的行動學習模式，讓學習者可以身處於真實情境，並以「校園植物分類」為學習目標，來進行行動學習活動，並藉此瞭解以評量為中心之行動學習模式的效益，基於上述，本研究有二個待答問題：

- 一、相較於傳統資訊融入教學與一般行動學習模式，學習者在以評量為中心的行動學習模式中，對「校園植物分類」主題之學習成就的差異情形為何？

二、相較於傳統資訊融入教學與一般行動學習模式，學習者在以評量為中心的行動學習模式中，其認知負荷的差異情形為何？

貳、文獻探討

一、行動學習之教育意義

行動學習可以說是行動運算 (mobile computing) 與數位學習的交錯 (Quinn, 2000)，是一種透過行動科技傳遞教學訊息給學習者的學習方式，學習者藉由其隨身攜帶之智慧型行動裝置，依其便利與突破傳統時空限制，隨時隨地與其互動來獲得學習 (Educause Learning Initiative [ELI], 2010)，Advanced Distributed Learning (ADL) (2014) 更進一步突破僅聚焦於行動載具與學習者的觀點指出，舉凡利用無所不在之行動科技，突破時間、空間與地點之限制，所帶來之教育、訓練與支援，來強化知識、行為或技巧的獲得，均可稱之為行動學習，由前述可知，相較於傳統數位學習，行動學習更多了「行動力 (mobility)」與「無所不在 (ubiquitous)」兩大特質 (蘇怡如、彭心儀、周倩，2004；UNESCO, 2013)，因此，此類數位學習方式亦特稱為無所不在學習 (ubiquitous learning, u-Learning)。

隨著資訊科技之快速發展與智慧型行動裝置之普及，數位學習已逐漸發展出了新型態與新時代的行動學習趨勢，該趨勢也讓長期關注於影響中小學、高等與博物館教育領域之教學與學習科技的美國新媒體聯盟 (New Media Consortium, NMC) 將之預言為近期將影響中小學教學、學習或創意探究 (creative inquiry) 的主流科技 (Johnson et al., 2013)，NMC 於 2013 年公布之 K-12 地平線報告 (Horizon Report) (Johnson et al., 2013) 中指出，「行動學習」與「雲端運算 (cloud computing)」此二相關科技將成為世界多數地區每人每日生活的一部分，且將不斷於各處蓬勃成長，學習者也將被期待能藉由其個人行動裝置透過雲端伺服器與 mobile application (APP)，於任何其想學習的時間或地點來工作、玩樂並學習，基於此，該報告更預言此二科技將於一年內成為 K-12 教育領域之主流科技 (Johnson et al., 2013)。世界各國乃至於聯合國教科文組織都注意到這波資訊科技與行動元件所帶來的教育新契機，聯合國教科文組織甚至廣邀多國專家對行動學習政策提出具體建議 (UNESCO, 2013)，聯合國教科文組織綜合多項研究指出，行動學習具有「促進個人化學習 (facilitate personalized learning)」、「提供即時回饋與評量 (provide immediate feedback and assessment)」、「支持情境式的學習 (support situated learning)」以及「促進任何時間、任何地點的學習 (enable anytime, anywhere learning)」等

主題文章

十三項獨有的優勢(UNESCO, 2013)，而這些優勢正隨著行動科技的普及化，正快速地改變人類的學習型態，Johnson et al. (2013)亦指出，行動載具是透過網路來促進無限學習、合作與生產力的達成，隨著其快速成長與普及，行動學習已成為 K-12 教育的一部份，雖然，行動科技不是且永遠不會成為教育的靈丹妙藥，但他是一個強而有力且經常被忽視之工具，且正以前所未見的方式來支持著教育(UNESCO, 2013)。

在行動學習中，智慧型行動裝置往往是整個學習活動實施的媒介，藉由雲端運算技術(cloud computing technology)的輔助，無須高門檻的硬體配備，就可以執行複雜的運算，智慧型行動裝置幾乎可以視為個人電腦的延伸(Wang & Yang, in press)，再加上智慧型行動裝置，除了具有文字與影像的處理功能，也可以具備各種偵測器，讓智慧型行動裝置可以具有情境感知(contextual awareness)的功能，Wang 和 Yang 指出，情境感知是智慧型行動裝置應用於教育最為核心的優勢，因為，依據 Lave 和 Wenger (1990)提出的「情境學習理論(situated learning theory)」，學習者在包含即將學習之概念與知識的真實情境(authentic context)中進行學習，可以獲得有效之學習。例如：Hwang、Wu 和 Ke (2011)發展一個以互動式概念圖為基礎之行動學習系統，並應用於輔助學習者應用智慧型行動裝置在蝴蝶園進行學習，研究發現可以改善學習者的學習態度與學習效益；Wu、Hwang、Su 和 Huang (2012)針對護理學生之需求發展護理技巧訓練系統，讓護理學生應用智慧型行動裝置針對假人進行身體評估，研究發現對於提升護理學生之臨床技能與相關知識具有效益；Sung、Hwang、Liu 和 Chiu (2014)發展以提示為基礎的註解方式，來營造一個行動學習環境並應用於大學建築設計課程，研究發現可以提升學習者自我效能與學習效益，由前述實證性研究可知，應用智慧型行動裝置來輔助學習者進行行動學習，是具有良好效益的。

雖然，行動學習可以改善許多傳統實體教學環境中的限制，而使得學習者學習效益提升(Liu et al., 2012; Liu, Peng, Wu, & Lin, 2009; Wang & Yang, in press)，但是，Frohberg 等人(2009)曾對 102 個行動學習專案進行分析，並提出了一些建議，Frohberg 等人指出，行動學習可以提供最好的支持讓學習者在情境中進行學習，但是，行動學習輔助學習的最佳潛力卻尚未被凸顯出來，Frohberg 等人希望可以在行動學習環境中發展一些特殊的工具，來讓行動學習更有效益。本研究依循 Frohberg 等人的建議，針對在真實情境中的行動學習，應用數位評量發展以評量為中心的行動學習模式，而在學習內容方面，由於「植物分類」概念之學習需要透過實際觀察、比較與分類等過程來進行學習，該分類技能的學習與培養不但是科學過程技能中的一環，更是我國自然與生活科技領域之十大基本能力之一(教育部，2008)，此外，由於學習是發生於知識建構之情境脈絡中(Brown, Collins, & Duguid, 1989)，且行動學習正可讓學

習者在情境脈絡中建構知識，且可以突破傳統教室之四面牆壁，讓學習轉換到能讓學習者理解最大化的情境中 (UNESCO, 2013)，故本研究採用行動學習來提供學習者最符合其學習「植物分類」的真實情境，除此之外，為克服學習者在進行行動學習時，需要經常在真實情境與數位情境之間進行切換，而增加其遭遇「迷失方向」的問題與認知負荷的情形 (Liu et al., 2012; Wang & Yang, in press)，本研究在行動學習環境中加入數位評量，並以 ATLS 之精神，建構出以評量為中心的行動學習模式，讓評量和教學與學習活動密切結合，使學習者可隨時進行評量與獲得回饋，以作為其在數位學習環境下之學習引導以及進行主動自我評量與省思的工具，並協助學習者進行自我調整學習與監控其學習歷程，以期提升學習者之行動學習效益。

二、以評量為中心之數位學習環境

以評量為中心之數位學習環境 (assessment-centered e-Learning environment) 是基於「評量為教學與學習策略 (taking assessment as teaching and learning strategy, ATLS) (Wang, 2010; 2011a)」所提出來之數位學習模式，其精神就是將數位學習環境中的評量與教學活動密切結合，並以評量為中心建構教學與學習策略，讓學習者在參與評量的過程中，接受教師的教學，而學習者也可因此獲得更多學習機會 (Wang, 2010; 2011a)。Wang 依據 ATLS 在 Web-based Assessment and Test Analysis system (WATA system) (Wang, Wang, Huang, 2008) 架構上發展一數位評量系統—「Graduated Prompting Assessment Module of the WATA system (GPAM-WATA)」，並將此系統應用於營造以評量為中心之數位學習環境。GPAM-WATA 是採參考 Sternberg 和 Grigorenko (2001) 的觀點，採個別化方式進行線上實施，受試者是以一題接著一題的方式作答試題，受試者作答試題時，如果答對了，就繼續回答下一問題，如果答錯了，受試者就會獲得提示，每一試題有多個提示，這些提示是有層次序列的提示 (a graded series of hints)，而這些依次性提示 (successive hints) 是被設計來讓問題的答案逐漸明顯，並引導受試者一步一步地找到答案 (Sternberg & Grigorenko, 2001)，換言之，這些試題與提示的搭配就是扮演教師教學的角色，而 Wang (2010; 2011a) 採用 Campione 和 Brown (1985; 1987) 所提出之「漸進式提示模式 (graduated prompt approach)」發展每一試題的提示，亦即，每一試題的提示，是依照預先安排好的順序呈現，這些提示的排列是由「一般性提示 (general hints)」開始，逐漸變成「特定性提示 (specific hints)」，所謂的「一般性提示」是指，提供之提示與答案較少相關也較不具特定性，而「特定性提示」是指，提供的提示較為特定，並可以提供學習者完整的解題方案 (Campione & Brown, 1985; 1987)。由於 GPAM-WATA 中的試題與提示均具有教學意義，因此分別稱為教學性試題 (instructional item) 與教學性提示 (instructional prompt)，作答者可以在作答

主題文章

教學性試題遭遇解題困難時獲得教學性提示，而這些教學性提示則是依照「漸進式提示模式」設計，並以預先安排好之順序呈現，讓學習者在個別化作答教學性試題的過程中，依序獲得教學性提示。

採用 GPAM-WATA 所營造出之以評量為中心之數位學習模式的運作模式為 (Wang, 2010; 2011a)，學習者在數位學習環境中進行學習，學習者主動參與 GPAM-WATA 中之數位評量，學習者作答教學性試題時，如果答對，GPAM-WATA 給予「正確」之訊息回饋，並進行下一題的作答，如果答錯，則 GPAM-WATA 給予一個教學性提示，學習者閱讀完教學性提示之教學訊息後，GPAM-WATA 會先讓學習者作答其他教學性試題，並於作答其他教學性試題後，隨機再次進入先前答錯的試題進行第二次作答，然後重覆前述步驟，如果某題獲得三個教學性提示而仍無法作答正確（亦即三次作答均無法答對），則 GPAM-WATA 不再讓學習者作答該試題，且上述流程會進行到學習者作答完成所有教學性試題為止，此外，學習者重複作答同一教學性試題時，GPAM-WATA 每次呈現教學性試題之選項順序是不同的 (Wang, 2010; 2011a)。Wang (2010, 2011a) 將 GPAM-WATA 分別應用於國小自然科「植物的光合作用」與國中數學科「數與數線」單元之數位學習，研究發現，GPAM-WATA 具有良好之輔助學習效益，且對於低先備知識之學習者有更明顯的輔助學習效益。

依據 Liu 等人 (2012) 與 Wang 和 Yang (in press) 的觀點，行動學習環境由於充斥著多元的訊息來源，而且學習者往往需要經常在真實情境與數位情境之間進行切換，而增加其遭遇「迷失方向」的問題與認知負荷的情形，本研究依據 Bannert (2002) 的建議，提供策略協助學習者管理其認知負荷，亦即提供策略促進學習者應用自我調學習行為進行自我調整學習，也就是參考 Paris 和 Paris (2001) 的論點，提供學習者在行動學習環境中進行自我評量 (self-assessment) 的機會，並藉此協助學習者進行自我調整學習，以協助學習者進行目標設定、自我監控、自我修正與自我評鑑 (Wang, 2011b)，進而促成學習者在行動學習環境中進行自我調整學習，以管理其認知負荷，並提升學習效益。

基於過去的研究 (Wang, 2010; 2011a)，本研究將 GPAM-WATA 應用於建構行動學習環境中的數位評量，並以 ATLS 的精神，營造一個以評量為中心之行動學習環境，稱為 GPAM-WATA u-Learning system，本研究應用 GPAM-WATA 實施教學性試題與教學性提示，引導學習者在校園中進行植物的觀察與學習植物分類的相關知識，詳細設計方式請參見「研究方法」之「以評量為中心之行動學習模式」的說明。

三、認知負荷

認知負荷理論 (cognitive load theory) (Sweller, 1988) 是近幾年相當受到重視的議題，因為該理論解釋了教學設計與學習者學習之間的關係，也提出了許多值得教材或教學活動設計者注意的議題，因為學習者在進行學習活動時，會將其認知資源 (cognitive resource) 安排在這些活動當中，而教學的型態 (instructional format) 往往就是造成認知負荷超載 (overload) 的外在主因 (Bannert, 2002)，進而影響教學與學習的效益，換言之，如果能夠減少造成認知負荷的外在負荷 (external load)，就可以釋放出更多空間來讓真正的學習進行，達成更好的學習與遷移效益 (Bannert, 2002)。

認知負荷理論的基本假設是，人們是以有限容量之工作記憶區 (working memory) 與長期記憶區 (long-term memory) 連結 (Baddeley, 1986; Kirschner, 2002)，而工作記憶區主要的功能是将藉由注意 (attention) 與辨認 (recognition) 所獲得之新資訊進行處理 (process)，並且針對這些資訊進行組織 (organize)、對照 (contrast)、比較 (compare) 或加工 (work)，然後進入長期記憶區，而長期記憶區則是將前述新資訊進行意義化，並且將這些新資訊組織與儲存起來以供後續使用 (Kirschner, 2002)。Kirschner 整理相關文獻後指出，人們的工作記憶區只可以同時處理七個項目 (item) 或元素 (element) 的新資訊 (Baddeley, 1992; Miller, 1956)，而 Kirschner 進一步指出，工作記憶區對這些新資訊會再進行組織、對照、比較或加工，因此，實際僅可以同時處理二~三個項目或元素的新資訊，由此可知，在學習者學習的過程中，工作記憶區是忙碌而且處理新資訊的空間是有限的。因此，認知負荷理論在教育上的應用，就是強調重視學習者工作記憶區的容量限制，使用適當的認知負荷程度來發展教學活動與教材設計，以提升學習者的學習效益 (Bannert, 2002; Kirschner, 2002; Sweller, 1988)。

Sweller、van Merriënboer 和 Paas (1998) 指出，認知負荷有三個主要的來源，分別為內在認知負荷 (intrinsic cognitive load)、外在認知負荷 (extraneous cognitive load) 與增生認知負荷 (germane cognitive load)，而內在認知負荷主要來自於教材的先天本質 (Bannert, 2002)，例如：難易度以及教材內涵間的關聯性等，而外在認知負荷主要來自於教材呈現的方式 (Bannert, 2002)，外在認知負荷對於學習沒有幫助，主要是來自於不良的教材設計方式與教學設計方式，降低了工作記憶區的空间，而影響了學習者的學習效益 (Bannert, 2002)，而增生認知負荷也是來自於教學設計與教材呈現的方式 (Bannert, 2002; Kirschner, 2002)，但是，這種認知負荷是屬於對學習有意義的認知負荷，可以促成學習者應用工作記憶區的空餘空間來進行深入的建構與基模的自動化

主題文章

(automation of schemata) (Bannert, 2002) 。

由前述可知，認知負荷對於學習者學習效益具有重大意義，若教材或是教學設計不適當，則會增加外在認知負荷，占用空間有限之工作記憶區，而讓學習效益降低；然而，即使是對於學習較有意義之增生認知負荷，來自於良好的教材或是教學設計，也需要在不讓學習者認知負荷超載的前提之下，才可以展現出其效益 (Bannert, 2002; Kirschner, 2002)。但是，在資訊快速增加與多媒體訊息充斥的現在，教材或教學設計中往往融入豐富之教學訊息與多媒體資源，並且與各種學習科技進行整合與融入，這些都將大幅增加學習者的認知負荷，因此，除了發展適當之教學設計來輔助學習者進行學習之外，更重要的是，應該發展一些教學策略來輔助學習者管理認知負荷，讓學習者能夠處理高認知負荷或是認知負荷超載之學習任務 (Bannert, 2002)，Bannert 建議，可以用於輔助學習者管理認知負荷之策略，即是讓學習者應用其後設認知與自我調整的能力 (metacognitive and self-regulative competence) 來管理其學習過程中的認知負荷，而依據 Paris 和 Paris (2001) 與 Wang (2011b) 的觀點，在數位學習環境中應用數位評量提供學習者自我評量，即可以擔任此一策略，因為，自我評量本身即包含自我調整學習的每一個向度 (Paris & Paris, 2001)，可以引導學習者進行目標設定、自我監控、自我修正與自我評鑑。基於此，本研究採用數位評量策略，來改善行動學習環境中學習者遭遇之認知負荷的情形，並提升其行動學習的效益。

參、研究方法

一、研究對象

本研究邀請一位具有使用智慧型行動裝置與實施過電腦輔助教學經驗之國小教師，以及六個國小五年級班級之學童參與研究，有效樣本共 142 人，六個班級以班級為單位，隨機分配至三種不同的數位學習模式下進行學習，分別為控制組採用傳統資訊融入教學模式 (即採用 Microsoft PowerPoint 投影片在傳統教室進行直接教學) (n=47)，實驗組 A 採用 GPAM-WATA u-Learning system (n=44)，實驗組 B 則採用一般行動學習模式 (n=51)，三組數位學習模式請參見「研究設計與研究流程」之說明。進行本研究前，三組學習者均參與本研究之成就測驗前測，其成績無顯著差異 ($F_{2,139}=1.996, p=.140$)，此代表三組學習者之學習起點行為無顯著差異，此外，所有學習者均曾修習過電腦與網路使用相關課程。

二、研究工具

(一) 智慧型行動裝置與無線射頻辨識

本研究採用之智慧型行動裝置為使用 Windows Mobile 6 Classic 為作業系統之個人數位助理 (personal digital assistant, PDA)，並搭配無線射頻辨識技術 (radio frequency identification, RFID) 來進行行動學習。學習者採用 PDA 搭配 RFID 讀卡機，讀取貼在校園植物上之 RFID 卡片的條碼訊息，藉以讓系統瞭解學習者正在觀察與學習之植物，然後 PDA 再經由 WIFI 無線網路由資料庫讀取相關之教學資料，呈現在 PDA 的畫面上，讓學習者進行後續之學習活動。

(二) 以評量為中心之行動學習模式—GPAM-WATA u-Learning system

本研究以「評量為教學與學習策略 (assessment as teaching and learning strategy, ATLS) (Wang, 2010; 2011a)」之論點，應用數位評量營造出以評量為中心的行動學習模式，期望數位評量可以在行動學習環境中引導學習者進行有效之學習。ATLS 的精神主要在於，讓數位評量和教學與學習活動密切結合，讓數位評量中的試題扮演教學性試題 (instructional item) 的角色，讓學習者可以藉由作答教學性試題，掌握學習重點，而作答過程中亦可以提供作答者教學性提示 (instructional prompt)，而這些回饋亦包含教師提供的教學資訊，可以引導學習者思考與解題，而學習者則在作答教學性試題與獲得教學性提示的過程中獲得學習 (Wang, 2010; 2011a)。本研究用於營造以評量為中心之行動學習模式的數位評量系統為「Graduated Prompting Assessment Module of the WATA system (GPAM-WATA)」(Wang, 2010; 2011a)，該系統是依據 Campione 和 Brown (1985; 1987) 提出之「漸進式提示模式 (graduated prompt approach)」所發展而成，本研究應用 GPAM-WATA 中之教學性試題與教學性提示來引導學習者進行學習，其運作方式為，學習者在作答教學性試題的過程中，如果遭遇作答困難，可以漸進的方式獲得包含不同層次教學訊息之教學性提示，不同層次之教學性提示的設計方式，是以 Campione 和 Brown (1985, 1987) 所提出的「漸進式提示模式」為理論基礎，每一題教學性試題均有三個教學性提示，並依照預先安排好的順序呈現給學習者參考，學習者第一次答錯則呈現第一個教學性提示，第二次答錯則呈現第二個教學性提示，其餘以此類推，這些提示的排列是由「一般性提示 (general hints)」開始，逐漸變成「特定性提示 (specific hints)」，所謂的「一般性提示」是指，提供的提示與答案較少相關也較不具特定性，而「特定性提示」是指，提供的提示較為特定，並可以提供學習者完整的解題藍圖 (Campione & Brown, 1985; 1987)，更詳細之介紹請參見「文獻探討」的「以評量為中心之數位學習環境」之相關說明。

本研究應用 GPAM-WATA 來引導學習者進行以評量為中心之行動學習的

主題文章

環境，稱之為「GPAM-WATA u-Learning system」，學習者共需學習 10 種植物，每一種植物則搭配 4-5 題教學性試題，每一題教學性試題均有三個教學性提示，教學性試題與教學性提示是依據學習內容所發展而成，並經由國小自然與生活科技教學與評量專家審查。教學性試題則是分別引導學習者觀察植物之主要特徵，例如：分辨喬木、灌木和草本之特徵，以及分辨葉片的特徵，當學習者作答教學性試題發生困難時，則會呈現教學性提示，教學性提示是依據 Wang (2010; 2011a) 採用三階段漸進式設計，教學性提示設計之原則如表 1 所示，教學性試題與教學性提示均由 GPAM-WATA 實施。

表 1 三階段漸進式教學性提示設計原則

教學性提示	Wang (2011a) 的數學科教學性提示設計原則	「校園植物分類」主題之教學性提示的設計原則
第一個提示	解釋問題，幫助學習者澄清狀況。	說明題意。植物觀察的引導與分類條件的初步介紹。
第二個提示	關鍵概念。	提醒需要仔細觀察的植物構造與部位。
第三個提示	展示如何解決已簡化數字的相似問題，或是進行直接教學。	直接說明各種構造與分類的定義，進行直接教學。

註：「校園植物分類」主題之教學性提示的設計原則，是修改自蘇慧命 (2012)，而蘇慧命是依據 Wang (2010; 2011a) 設計該原則。

GPAM-WATA u-Learning system 具體運作模式如圖 1 所示：

有效行動學習課程教學模式之設計與效益評估-
以評量為中心的設計

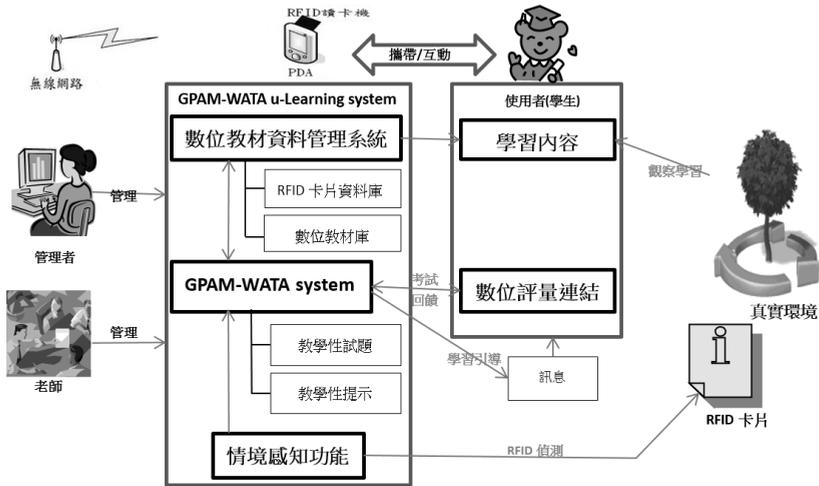


圖 1 GPAM-WATA u-Learning system 之運作模式

如圖 1，學習者手持智慧型行動裝置在校園中，首先，依據自己的興趣前往任何一種植物前進行自主學習，學習者以手持智慧型行動裝置感應貼於所欲學習之植物上的 RFID 卡片，則智慧型行動裝置立刻將感應到的卡片條碼，經 WIFI 無線網路對「數位教材資料管理系統」的「RFID 卡片資料庫」與「數位教材庫」進行搜尋與對應，並將與該植物有關之數位教材內容顯示於學習者之智慧型行動裝置的螢幕上，而教材內容中包含關於該植物之學習內容（圖 2A）以及與該植物有關之數位評量連結（圖 2B），學習者閱讀完學習內容，則可以點選數位評量連結開始作答教學性試題，每種植物的教學性試題有 4-5 題，學習者點選作答連結之後，GPAM-WATA 會隨機由該植物所屬之 4-5 題教學性試題中，挑選題目讓學習者作答（圖 3），學習者作答發生困難時，GPAM-WATA 會即時提供該題之教學性提示引導學習者思考與解題（圖 4），學習者閱讀完教學性提示後，GPAM-WATA 不會讓學習者立刻重新作答相同之題目，而是再隨機提供另一道試題讓學習者作答，之後，再隨機返回先前已作答並觀看過教學性提示的試題，若某教學性試題之三個教學性提示均已呈現完畢，但學習者仍無法正確作答時，則該題將不會再讓學習者作答。

The screenshot shows a digital reading interface. At the top left, there is a '讀取卡片' (Reading Card) button. To its right, the text '嗨! 6508 你好' (Hi! 6508, hello) is displayed. Below this, the user's ID is shown as '您的uid是:7020020000302fe0'. The main title of the lesson is '認識櫟木' (Identifying Trees). The content includes a paragraph about '落葉大喬木' (Deciduous large tree) with its bark characteristics, followed by a paragraph about '單葉' (Simple leaves) with their shape and serrated edges. A second paragraph discusses the tree's long lifespan and use as a garden plant or building material. At the bottom, there is a section titled '考一考, 我對櫟木認識有多少' (Test me, how much do I know about trees) with a 'B' icon next to it. On the right side of the page, there is a vertical navigation bar with up and down arrows and a menu icon.

讀取卡片

嗨! 6508 你好

您的uid是:7020020000302fe0

認識櫟木

落葉大喬木。幹皮灰褐色，雲片狀剝落，有雲形剝落痕。

單葉，互生，長橢圓形，長 3~10 公分，寬 2~5 公分。葉緣有粗鋸齒或銳尖狀鋸齒。

由於葉形小而青綠，壽命長，常作園藝盆栽欣賞；亦是上好的建材。

考一考，我對櫟木認識有多少

A：學習內容，B：教學性試題的作答連結

圖 2 閱讀數位教材畫面

The screenshot shows a digital assessment interface. At the top left, there is a '讀取卡片' (Reading Card) button. To its right, the text '嗨! 6508 你好' (Hi! 6508, hello) is displayed. The main content area shows '目前過關 0 題 / 共有 5 題' (Currently passed 0 questions / Total 5 questions). Below this, there is a question '(1) 請問櫟木是屬於' (1) Which tree species does the tree belong to). There are three radio button options: '草本植物' (Herbaceous plant), '喬木植物' (Woody plant), and '灌木植物' (Shrub). At the bottom of the question area, there is a '送出' (Submit) button. On the right side of the page, there is a vertical navigation bar with up and down arrows and a menu icon.

讀取卡片

嗨! 6508 你好

目前過關 0 題 / 共有 5 題

(1) 請問櫟木是屬於

草本植物

喬木植物

灌木植物

送出

圖 3 GPAM-WATA 教學性試題作答畫面

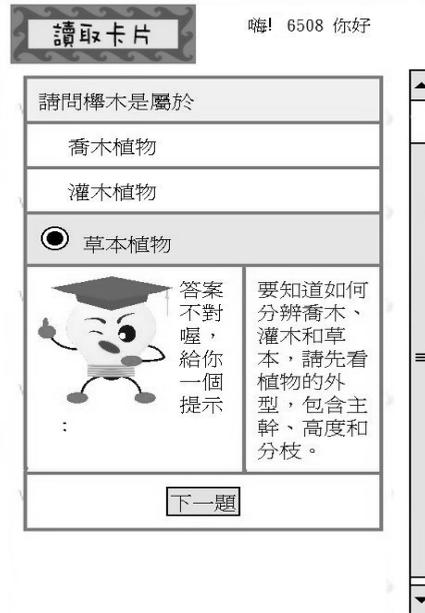


圖 4 GPAM-WATA 教學性提示畫面

(三) 學習內容

本研究之教學目標在於讓學習者學習「校園植物分類」，使其可以對校園植物進行初步之分類，分辨校園植物屬於喬木、灌木或草本植物，並分辨植物葉片屬於單葉或複葉，以及葉片之葉序、葉形與葉緣的類型，學習內容經國小自然與生活科技教學與植物分類專家審查。整體而言，本研究採用之學習內容包含「植物分類」與「葉片分類」兩個主要的學習概念，「植物分類」概念包含：喬木類植物特徵、灌木類植物特徵、草本類植物特徵，而「葉片分類」概念包含：單複葉、葉序（互生、對生）、葉形（卵形、橢圓形、菱形和披針形）、葉緣（鋸齒緣、全緣和波狀緣）之分類。實驗組 A、實驗組 B 與控制組均採用相同之學習內容，實驗組 A 與實驗組 B 學習者均藉由智慧型行動裝置感應安裝在植物上的 RFID 卡片，以閱讀對應之學習內容，而控制組學習者，則由教師將學習內容轉化為 Microsoft PowerPoint 投影片方式呈現，並在傳統教室中，搭配單槍投影機以講述式教學的方式進行傳統資訊融入教學。

(四) 成就測驗

主題文章

本研究之成就測驗採單選題型態，分別進行前、後測驗，用以瞭解學習者之起點行為以及教學後之學習成就，本研究以學習者成就測驗之前、後測成績來瞭解其學習成就。成就測驗的題目是依據學習內容進行命題，共有 77 題，滿分為 100 分，題目不會重複出現為教學性試題。在效度方面，成就測驗之試題經過國小自然與生活科技領域教學與評量專家審查，並具有雙向細目分析表(表 2)，以確認題目分布之完整與合理性，在信度方面，針對 151 位已完成「校園植物分類」單元之學習的國小學童進行施測，成就測驗之 KR20 信度為.812，平均難度為.628，所有題目之鑑別度均大於.250。

表 2 成就測驗之雙向細目分析表

學習內容之概念	題數
喬木類植物特徵	7
灌木類植物特徵	5
草本類植物特徵	6
單複葉	16
葉序	11
葉形	16
葉緣	16
總題數	77

(五) 認知負荷量表

依據 de Jong (2010) 的觀點，最常用來測量認知負荷的方法之一，是採用自陳量表 (self-reporting) 的型式，而常被採用之方式是由 Paas (1992) 所提出的量表型式，也就是讓受試者針對自己對於該學習任務所付出之心智努力 (mental effort) 來評分，Burkes (2007) 依據 Paas (1992) 所提出之「心智努力力量表 (mental-effort rating scale)」，依據其線上學習之研究情境，發展出「認知負荷心智努力調查表 (cognitive load mental effort questionnaire)」，該調查表屬於李克特氏 (Likert) 九點量表，得分越高代表認知負荷越高，該調查表有三題，分別調查在學習過程中，學習者投注的心智努力程度、整體學習任務的難易度，以及學習內容理解的難易度，Burkes 指出，該量表具有良好之信效度。本研究參考 Burkes 所發展之「認知負荷心智努力調查表」，並依據本研究之情境發展「認知負荷量表」，共包含三題，亦採用李克特氏九點量表格式，得分越高代表認知負荷越高，在信度方面，「認知負荷量表」針對 46 位國小五年級學童進行預試，預試方式為，先針對學童進行資訊融入教學，再請學童針對該學習環境的學習情形進行填答，得其內部一致性 Cronbach α 為.706。本研究於教學實驗結束後對所有學習者實施「認知負荷量表」，以瞭解其在整個學習過

程中的認知負荷情形。

三、研究設計與研究流程

在研究設計方面，本研究採準實驗研究設計（表 3），將參與研究之六個班級，以班級為單位隨機分為實驗組 A、實驗組 B 與控制組。實驗組 A 學習者採用以評量為中心之行動學習模式，即採用 GPAM-WATA u-Learning system，實驗組 B 學習者採用一般行動學習模式，控制組學習者則採用傳統資訊融入教學模式（即採用 Microsoft PowerPoint 投影片在傳統教室進行直接教學）。實驗組 A 學習者在 GPAM-WATA u-Learning system 中進行學習，詳細介紹請參見「以評量為中心之行動學習模式—GPAM-WATA u-Learning system」部分之說明；實驗組 B 學習者則是直接採用智慧型行動裝置進行行動學習，學習者藉由智慧型行動裝置讀取貼在校園植物上的 RFID 卡片，然後智慧型行動裝置解析 RFID 卡片的條碼之後，藉由 WIFI 無線網路連線到「數位教材資料管理系統」搜尋教學資訊，然後呈現在智慧型行動裝置上讓學習者流覽閱讀，但不具有實驗組 A 中，藉由數位評量之教學性試題與教學性提示引導學習者觀察植物與學習的設計；控制組學習者則是由教師採用單槍投影機搭配 Microsoft PowerPoint 投影片在傳統教室中進行直接教學。在學習內容與授課教師方面，三組學習者的學習內容與授課教師均相同，其差異只在採用智慧型行動裝置或採用投影片的方式呈現學習內容，以及是否具有 GPAM-WATA 數位評量，而且，實驗組 B 與控制組，均會再採用紙筆測驗型態作答實驗組 A 學習者所作答之教學性試題，學習者完成教學性試題後，會再直接以紙本型態發放解答以及每一題的三個教學性提示讓學習者參考。

表 3 研究設計

數位學習模式分組	智慧型行動裝置	GPAM-WATA u-Learning system	Microsoft PowerPoint 投影片
以評量為中心之 行動學習模式 (實驗組 A)	V	V	
一般行動學習模式 (實驗組 B)	V		
傳統資訊融入 教學模式 (控制組)			V

主題文章

在研究流程方面，首先，三組學習者均會實施「成就測驗前測」以瞭解學習起點行為，然後進行為期四堂課之教學實驗，首先，三組學習者均進行「植物的基本認識」的投影片教學，使其瞭解植物的基本構造與未來學習時會用到的專有名詞之定義，然後，實驗組 A 與實驗組 B 會再實施「智慧型行動裝置使用訓練課程」，讓學習者瞭解智慧型行動裝置之使用方式，完成教學實驗後，所有學習者均會實施「成就測驗後測」以及「認知負荷量表」。

四、資料蒐集與分析

本研究所蒐集之資料均為量化資料，主要為「成就測驗前測成績」、「成就測驗後測成績」、「認知負荷量表得分」。首先，採用 SPSS Ver 18.0 中文版，進行單因子變異數分析 (one-way ANOVA)，分析「成就測驗前測成績」與「成就測驗後測成績」，以瞭解三種不同數位學習模式 (即：以評量為中心之行動學習模式、一般行動學習模式與傳統資訊融入教學模式) 之學習者，其學習起點行為與教學實驗後之學習成就的差異情形，除此之外，本研究亦會採用成對樣本 t 檢定，以瞭解三種不同數位學習模式之學習者的成就測驗前、後測成績的差異情形。本研究亦採用單因子共變數分析 (one-way ANCOVA)，以「成就測驗前測成績」為共變量，「成就測驗後測成績」為應變量，「數位學習模式」為固定因子 (共有三個水準)，以瞭解三種不同數位學習模式下，學習者學習成就之差異情形。然後，進一步以「數位學習模式」為固定因子 (共有三個水準)，以「認知負荷量表得分」為應變量，採用單因子變異數分析 (one-way ANOVA)，以瞭解三種不同數位學習模式下，學習者之認知負荷的差異情形。

肆、研究結果

一、不同數位學習模式下學習者學習成就之分析

為瞭解學習者在三種不同數位學習模式下之學習成就，本研究先針對「成就測驗前測成績」與「成就測驗後測成績」進行描述性統計分析，如表 4 所示：

表 4 不同數位學習模式下學習者成就測驗前後測成績描述性統計分析表

數位學習模式	前測成績		後測成績		t 值 ^b
	平均	標準差	平均	標準差	
實驗組 A (n=44)	50.620	11.417	66.411	9.113	10.595**
實驗組 B (n=51)	53.451	8.940	59.613	11.194	4.390**
控制組 (n=47)	54.822	10.287	62.090	12.139	3.544**
F 值 ^a	1.996		4.625*		

* $p < .05$; ** $p < .01$; ^a 單因子變異數分析; ^b 成對樣本 t 檢定

由表 4 可知，在實驗組 A、實驗組 B 與控制組之「成就測驗前測成績」方面，經單因子變異數分析後發現無顯著差異 ($F_{2,139}=1.996, p=.140$)，代表三組學習者學習起點行為並無顯著差異，此外，三組學習者在經過實驗教學後，其「成就測驗後測成績」相較於「成就測驗前測成績」均有顯著提升 ($p < .01$)，而且，在「成就測驗後測成績」方面，經單因子變異數分析後發現具有顯著差異 ($F_{2,139}=4.625; p < .05$)，其中以實驗組 A 具有最佳之成績。

為進一步瞭解實驗組 A、實驗組 B 與控制組學習者之學習成就的差異情形，接著，進行單因子共變數分析，單因子共變數分析前，先進行迴歸係數同質性考驗，發現未達顯著 ($F_{2,136}=1.710, p = .185$)，代表未違反假設，接著，進行單因子共變數分析，分析結果如表 5 所示：

表 5 不同數位學習模式下學習者之學習成就的單因子共變數分析摘要表
(n=142)

變異來源	離均差平方和 (SS)	自由度 (df)	均方 (MS)	F 值	Post Hoc
前測成績	2815.406	1	2815.406	28.155**	
數位學習模式	1605.253	2	802.627	8.026**	實驗組 A>實驗組 B 實驗組 A>控制組
誤差	13799.621	138	99.997		
校正後總和	17720.759	141			

** $p < .01$

主題文章

表 6 不同數位學習模式下學習者之成就測驗後測成績的調整後平均數

數位學習模式	調整後平均數 ^a	標準誤差
實驗組 A (n=44)	67.473	1.521
實驗組 B (n=51)	59.426	1.401
控制組 (n=47)	61.298	1.466

^a 共變量=53.027

由表 5 與表 6 可知，「成就測驗前測成績」對於「成就測驗後測成績」具有顯著意義 ($F_{1,138}=28.155, p<.01$)，「數位學習模式」對於「成就測驗後測成績」亦具有顯著意義 ($F_{2,138}=8.026, p<.01$)，經 LSD 法進行 Post Hoc 分析後發現，實驗組 A 學習者之學習成就顯著優於實驗組 B 與控制組的學習者，而實驗組 B 學習者與控制組學習者之學習成就則無顯著差異。由表 4~表 6 可知，學習者在三種數位學習模式下均有一定程度的學習成就，但是，在以評量為中心之行動學習模式中，具有顯著較佳的學習成就，此研究結果可以由 Wang (2010; 2011a) 獲得說明，Wang (2011a) 指出，採用 GPAM-WATA 實施線上測驗讓學習者作為輔助學習的策略，其效益顯著較採用紙筆測驗佳，而學習者作答教學性試題發生困難時，可以藉由教學性提示獲得更多個別化的學習機會，而教學性提示也可以補救學習者在作答題目時所欠缺的知識，因此，會有顯著較佳之學習成就，而 Wang (2010) 亦指出，GPAM-WATA 對於低先備知識之學習者具有較明顯的輔助效益，Wang 指出，教學性提示扮演教師的角色引導學習者進行學習，而且可以在不直接提供答案的前提下，引導學習者進行自主學習，而採「漸進式提示模式」(Campione & Brown, 1985; 1987) 設計之教學性提示，也可以引導學習者一步一步的思考並找出問題之解答 (Wang, 2010)，這是 GPAM-WATA 中，教學性試題與教學性提示可以有良好輔助學習效益的因素之一。而本研究之學習者採用傳統資訊融入教學模式與一般行動學習模式，雖然都有作答相同的教學性試題與閱讀教學性提示，但是，均採紙筆方式進行，因此，無法如同以評量為中心之行動學習模式之學習者，可以在真實情境中讓 GPAM-WATA 引導其進行植物觀察、思考與作答，也無法獲得個別化的提示，換言之，採紙本方式呈現教學性試題與教學性提示，無法讓學習者獲得在真實情境中的個別化學習，學習者亦可能會花費過多時間在閱讀不需要的教學性提示，而影響其學習成就。

二、不同數位學習模式下學習者認知負荷情形之分析

為瞭解學習者在三種不同數位學習模式下之認知負荷情形，本研究針對「認知負荷量表得分」進行描述性統計分析，如表 7 所示：

表 7 不同數位學習模式下學習者之認知負荷情形的描述性統計分析表

數位學習模式	認知負荷 ^a		F 值	Post Hoc
	平均	標準差		
實驗組 A (n=44)	13.568	4.587	3.780*	控制組 > 實驗組 A 實驗組 B > 實驗組 A
實驗組 B (n=51)	15.863	4.186		
控制組 (n=47)	15.553	4.257		

* $p < .05$; ^a 「認知負荷量表得分」最低 3 分，最高 27 分。

由表 7 可知，在不同數位學習模式下，學習者之認知負荷具有顯著差異 ($F_{2,139}=3.780, p<.05$)，經 LSD 法進行 Post Hoc 分析後發現，實驗組 A 學習者之認知負荷情形均顯著低於實驗組 B 與控制組學習者，而實驗組 B 與控制組學習者則無顯著差異 ($p>.05$)，換言之，相較於在傳統資訊融入教學模式與一般行動學習模式中進行學習，學習者在以評量為中心之行動學習模式中進行學習的認知負荷顯著較低，而該研究發現可以解釋學習者在以評量為中心之行動學習模式中具有顯著較佳學習成就之研究結果 (表 4~表 6)，因為，依據 Bannert (2002)、Kirschner (2002)、Sweller (1988) 與 Paas (1992) 的觀點，教學或教材設計如果讓學習者有較高之認知負荷，將會對學習者學習效益有負面影響。而學習者在以評量為中心之行動學習模式中具有顯著較低之認知負荷的研究發現，可以由 Bannert、Paris 和 Paris (2001) 與 Wang (2011b) 獲得說明，Bannert 指出，後設認知與自我調整學習可以輔助學習者管理其認知負荷，而依據 Paris 和 Paris，以及 Wang 的觀點，自我評量包含了自我調整學習的各個面向，而數位評量允許學習者隨時主動參與評量，可以在數位學習環境中營造出自我評量的環境，也可以促進學習者進行自我調整學習 (Wang, 2011b)，而在本研究中，學習者在以評量為中心之行動學習模式中進行學習，是在真實情境進行行動學習的同時，隨時主動參加數位評量以及進行自我評量，且在作答教學性試題與獲得教學性提示時，可藉此監控與評鑑自己的學習狀況以及是否掌握學習重點，並可以藉由在真實情境中參與自我評量所獲得之個別化回饋訊息 (教學性提示) 來修正自己的學習，然而，學習者在傳統資訊融入教學模式與一般行動學習模式中進行學習，則缺乏主動進行自我評量的機會，也無法在真實情境中隨時獲得個別化的回饋，以瞭解自己的學習狀況。此外，學習者在以評量為中心之行動學習模式中進行學習時，教學性試題與教學性提示亦可以引

主題文章

導學習者進行學習，讓學習者在切換接收來自於真實情境與數位情境之教學訊息時，可以避免遭遇到行動學習容易發生之認知負荷的問題（Liu et al., 2012; Wang & Yang, in press），並協助學習者瞭解是否有學習到重點，以及是否完成學習，這可以協助學習者藉由監控自己的學習歷程，而進行自我調整學習，達成 Bannert 所提出的管理認知負荷，進而改善學習者在學習過程中的認知負荷。

伍、結論與建議

本研究基於「評量為教學與學習策略（assessment as teaching and learning strategy, ATLS）（Wang, 2010, 2011a）」所提出來之以評量為中心的行動學習模式—GPAM-WATA u-Learning system，相較於傳統資訊融入教學模式（即在教室中採用 Microsoft PowerPoint 投影片搭配單槍投影機進行直接教學活動）與一般行動學習模式（即不包含 GPAM-WATA 數位評量之行動學習），具有顯著較佳之輔助學習者進行行動學習的效益。GPAM-WATA u-Learning system 讓評量與教學活動密切結合，並藉由教學性試題與教學性提示，來引導學習者觀察校園植物之特徵並進行分類，學習者藉此可以獲得更深入之學習，該研究發現可以由 Wang（2010; 2011ab）獲得解釋，Wang 指出，數位學習環境中，相較於傳統教學環境，較缺乏教師的引導，學習者必須進行主動而且獨立之學習（Wang, 2011b），採用 GPAM-WATA 進行數位評量，教師可以藉由教學性試題與教學性提示，在不直接提供答案的前提下，引導學習者進行自主學習，並獲得個別化之回饋，且具有良好之輔助學習效益（Wang, 2010; 2011a），教學性試題可以讓學習者瞭解學習之重點，學習者可以藉由作答教學性試題的情形，瞭解自己的學習狀況，而作答發生困難時，亦可獲得個別化之回饋，即藉由教學性提示的漸進式個別化引導，來一步一步地思考並找出答案，而這個作答教學性試題與獲得漸進式教學性提示的過程，可以讓學習者獲得更好之數位學習效益（Wang, 2010; 2011a）。而本研究學習者透過手持智慧型行動裝置在校園中學習校園植物分類之相關知識，在這個行動學習情境中，學習者散佈在校園中，教師更不容易對學習者進行學習引導，而 GPAM-WATA u-Learning system 則可以藉由教學性試題與教學性提示來引導學習者進行有效率之學習，教學性試題與教學性提示可以扮演某一種型態的專家支持與引導機制，讓該學習環境中的資訊更有結構性（Eklund & Sinclair, 2000; Wang, 2014），並引導學習者在真實情境中，進行校園植物觀察、思考與作答，因此，相較於缺乏數位評量設計之環境，即本研究中無法提供學習者進行主動線上自我評量之一般行動學習模式與傳統資訊融入教學模式，學習者在以評量為中心之行動學習模式中具有顯著較佳之效益。

除此之外，由認知負荷的角度來看，本研究發現，相較於以評量為中心之行動學習模式，學習者在傳統資訊融入教學模式與一般行動學習模式具有顯著較高之認知負荷，而學習者在傳統資訊融入教學模式的認知負荷，較一般行動學習模式的認知負荷低，但是在統計上無顯著差異，該研究結果可以說明本研究中，學習者在以評量為中心之行動學習模式中具有顯著較佳之學習成就的研究發現（Bannert, 2002; Kirschner, 2002; Sweller, 1988; Paas, 1992）。而學習者在以評量為中心之行動學習模式有顯著較低之認知負荷的研究發現，可以由 Bannert (2002)、Liu 等人 (2012) 與 Wang 和 Yang (in press) 的觀點說明，Liu 等人、Wang 和 Yang 指出，學習者在行動學習環境中，往往需要同時處理來自真實情境與數位情境的教學資訊，而且，容易因此有因為訊息來源多元性所造成的分散注意力效應（split-attention effect）與重複效應（redundancy effect），以及遭遇「迷失方向」問題，進而增加學習者的認知負荷，而本研究中，學習者在傳統資訊融入教學環境中，由於不在真實情境中學習，雖然沒有前述因為訊息來源多元性所造成的負面效應，但也可能因此讓學習內容較為抽象，進而增加學習者之認知負荷，而在真實情境中進行的一般行動學習，真實情境中的訊息雖然可以降低學習內容的抽象性，但也因為學習者需要分散注意力去接收不同來源（真實情境與數位情境）之教學訊息，而增加了認知負荷，前述原因可能是學習者在傳統資訊融入教學模式與一般行動學習模式下之認知負荷無顯著差異的可能原因，但仍需要後續研究加以深入探究。而同樣在真實情境中進行以評量為中心的行動學習，學習者藉由 GPAM-WATA 的教學性試題與教學性提示的個別化引導，進行真實情境中校園植物的觀察與學習，該設計除了提供鷹架讓學習者更有效率地處理多來源的資訊，也可以讓學習者藉由主動進行自我評量進行自我調整學習（Paris & Paris, 2001），並主動監控與評估自己的學習情形，以瞭解自己是否已經掌握學習重點，並藉由教學性提示或是數位教材的閱讀進行修正與補救，本研究推論，學習者可能因為 GPAM-WATA 數位評量的設計而降低了認知負荷並且提升了學習成就，而該推論亦符合 Bannert (2002) 的觀點，學習者藉由自我調整學習來管理認知負荷，並進一步降低認知負荷與提升學習成就。

依據 K-12 地平線報告（Horizon Report），行動學習已成為全球趨勢，並將成為 K-12 教育領域的主流科技（Johnson et al., 2013），而我國亦已於 2013 年規劃並提出了「數位學習推動計畫」，並已開始推動「國中小行動學習推動計畫（<http://mlearning.ntue.edu.tw/>）」，並嘗試發展適合於國中小學的有效之行動學習模式，由此足見，行動學習已將成為我國重要的課程教學與學習趨勢，但是，行動學習也有其需要注意之處，也就是具有增加學習者認知負荷的負面效應，並可能因此影響學習者的學習效益（Liu et al., 2012; Wang & Yang, in

主題文章

press)，故發展一些有效的策略融入行動學習環境，來解決這些伴隨著行動學習優勢所帶來的負面影響，是有其必要性的（Frohberg et al., 2009）。本研究依循 Frohberg 等人之建議，以 GPAM-WATA 數位評量策略營造出以評量為中心的行動學習環境，藉由教學性試題與教學性提示來引導學習者在真實情境中進行行動學習，而教學性提示的設計方式採用「漸進式提示模式」（Campione & Brown, 1985; 1987）設計，應用這樣的數位評量設計模式發展以評量為中心之行動學習環境，可以改善行動學習可能帶來的認知負荷，也可以確保學習者的學習效益，因此，本研究建議，以評量為中心的行動學習模式是一種可以促成學習者進行有效學習的行動學習模式，而本研究提出的 GPAM-WATA u-Learning system 之實施模式，則可以作為有效行動學習環境設計方式的參考，但是，本研究仍建議未來可以更進一步針對行動學習環境之數位評量的角色與互動回饋機制，以及其降低認知負荷之機制進行更深入的探究。此外，本研究結果在推論上有其限制，因為，本研究是以國小五年級學童針對「校園植物分類」主題的學習進行探究，採用之智慧型行動裝置為個人數位助理(PDA)，並搭配 RFID 技術進行行動學習，這些設備對於國小五年級學童屬於特殊且新穎的科技，很容易會有新奇效益（novelty effect），可能對於研究結果會有一些影響（Collis et al., 1996, p. 110; Krendl & Broihier, 1992），因此，在研究結果之推論上仍有其限制，因此，本研究建議未來可以增加研究時程或是進行長期之研究，讓學習者可以使用該系統搭配智慧型行動裝置進行更多主題以及較長時間之學習，並進一步針對不同個別差異之學童（例如：學習動機、學習風格、先備知識等），進行更深入之探究，以更深入瞭解該系統對於學童之學習效益的影響情形；此外，目前採用於行動學習之相關硬體與技術，尚有平板電腦與智慧型手機搭配快速反應碼（quick response code, QRCode）技術等，故本研究建議，未來有必要針對不同年齡層學習者，以及不同學習主題進行探究，除此之外，亦可以進一步採用其他行動學習相關硬體與技術，來探究以評量為中心之行動學習環境的效益，以及其對於學習者認知負荷的影響。另外，由於行動學習環境除了需要學習者熟悉智慧型行動裝置之操作，以及需要不斷地切換與接收來自於真實情境與數位情境之教學訊息，而這些特色既是行動學習的優勢，但也因此具有負面效應，學習者會因此而增加其認知負荷，進而影響行動學習的效益（Liu et al., 2012; Wang & Yang, in press），因此，本研究亦建議，可以參考 Bannert（2002）與陳蜜桃（2003）的建議，針對行動學習環境的設計，包含教學與數位教材設計，進行更深入之探究，並由後設認知與自我調整學習角度設計各種策略融入行動學習，以協助學習者管理其認知負荷，如此，才可以確保學習者可以在行動學習中，獲得更多之學習機會，並進行成功的學習。

附註

圖 2~圖 4 中的文字內容引自蘇慧侖（2012）。

致謝

本文作者感謝行政院科技部專題研究計畫（計畫編號：98-2511-S-134-003-MY2 與 100-2511-S-134-007-MY3）經費補助，讓本研究得以順利完成。另外，本文作者亦感謝主編與審查者的寶貴建議，讓本文得以更加完善。

參考文獻

- 教育部（2008）。國民中小學九年一貫課程綱要。取自 http://teach.eje.edu.tw/9CC2/9cc_97.php
- 教育部（2013）。迎接數位化學習時代—教育部規劃全面性的數位學習推動計畫。取自 <http://www.edu.tw/news1/detail.aspx?Node=1088&Page=18104&Index=&WID=3ee9c9ee-f44e-44f0-a431-c300341d9f77>
- 教育部（2014）。「數位學習推動計畫」103年起全面啟動。取自 <http://www.edu.tw/news1/detail.aspx?Node=1088&Page=22491&Index=1&WID=6635a4e8-f0de-4957-aa3e-c3b15c6e6ead>
- 陳蜜桃（2003）。認知負荷理論及其對教學的啟示。*教育學刊*，21，29-51。
- 數位典藏與數位學習計畫百科（2014）。數位典藏與數位學習計畫百科。取自 <http://wiki.teldap.tw/index.php>
- 蘇怡如、彭心儀、周倩（2004）。行動學習之定義與要素。*教學科技與媒體*，70，4-14。
- 蘇慧侖（2012）。以動態評量為基礎之無所不在學習環境之研究—以國小校園植物的學習為例（未出版之碩士論文）。國立新竹教育大學教育研究所，新竹市。
- Advanced Distributed Learning (ADL) Co-Laboratories. (2014). *ADL mobile learning handbook*. Retrieved from <https://sites.google.com/a/adlnet.gov/mobile-learning-guide/basics>

主題文章

- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556–559.
- Bannert, M. (2002). Managing cognitive load – Recent trends in cognitive load theory. *Learning and Instruction*, 12, 139–146.
- Bransford, J. D., Brown, A., & Cocking, R. (2000). *How people learn: Mind, brain, experience and school* (Expanded ed.). Washington, DC: National Academy Press.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32-42.
- Brusilovsky, P. (2003). Adaptive navigation support in educational hypermedia: The role of student knowledge level and the case for meta-adaptation. *British Journal Educational Technology*, 34, 487–497.
- Burkes (2007). *Applying cognitive load theory to the design of online learning*. (Doctoral dissertation, University of North Texas). Retrieved from http://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc3698/m2/1/high_res_d/dissertation.pdf
- Campione, J. C., & Brown, A. L. (1985). *Dynamic assessment: One approach and some initial data* (Technical report No. 361). Bethesda, MD: National Institute of Child Health and Human Development; National Institute of Education. Retrieved from ERIC database. (ED269735)
- Campione, J. C., & Brown, A. L. (1987). Linking dynamic assessment with school achievement. In C. S. Lidz (Ed.), *Dynamic assessment: An international approach to evaluating learning potential* (pp. 82–115). New York: The Guilford Press.
- Collis, B. A., Knezek, G. A., Lai, K.-W., Miyashita, K. T., Pelgrum, W. J., Plomp, T., et al. (1996). *Children and computers in school*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- de Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instructional Science*, 38, 105–134.
- Eklund, J., & Sinclair, K. (2000). An empirical appraisal of the effectiveness of

- adaptive interfaces for instructional systems. *Educational Technology & Society*, 3, 165–177.
- Educause Learning Initiative (ELI). (2010). *7 things you should know about mobile apps for learning*. Retrieved from <http://net.educause.edu/ir/library/pdf/ELI7060.pdf>
- Frohberg, D., Göth, C., & Schwabe, G. (2009). Mobile Learning projects – A critical analysis of the state of the art. *Journal of Computer Assisted Learning*, 25, 307–331.
- Hwang, G. J., Wu, P. H., & Ke, H. R. (2011). An interactive concept map approach to supporting mobile learning activities for natural science courses. *Computers & Education*, 57(4), 2272–2280.
- Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada V., Freeman, A., and Ludgate, H. (2013). *NMC Horizon Report: 2013 K-12 Edition*. Austin, Texas: The New Media Consortium.
- Kauffman, D. F. (2004). Self-regulated learning in web-based environments: Instructional tools designed to facilitate cognitive strategy use, metacognitive processing, and motivational beliefs. *Journal of Educational Computing Research*, 30(1&2), 139–161.
- Kirschner, P. A. (2002). Cognitive load theory: Implications of cognitive load theory on the design of learning. *Learning and Instruction*, 12, 1–10
- Krendl, A. K., & Brohier, M. (1992). Student responses to computers: A longitudinal study. *Journal of Educational Computing Research*, 8(2), 215–227.
- Lave, J., & Wenger, E. (1990). *Situated learning: Legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Liu, T. C., Lin, Y. C., Tsai, M. J., & Paas, F., (2012). Split-attention and redundancy effects on mobile learning. *Computers & Education*, 58(1), 172–180.
- Liu, T. C., Peng, S. Y., Wu, W. S., & Lin, M. S. (2009). The effects of mobile natural-science learning based on the 5E learning cycle: A case study. *Educational Technology & Society*, 12(4), 344–358.

主題文章

- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. *Learning and Instruction, 13*, 125-1139.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review, 63*, 81–97.
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive load approach. *Journal of Educational Psychology, 84*, 429–434.
- Paris, S. G., & Paris, A. H. (2001). Classroom applications of research on self-regulated learning. *Educational Psychologist, 36*(2), 89–101.
- Quinn, C (2000). *mLearning: Mobile, wireless and in-your-pocket learning*. Retrieved from <http://www.linezine.com/2.1/features/cqmmwiyp.htm>
- Sternberg, R. J. & Grigorenko, E. L. (2001). All testing is dynamic testing, *Issues in Education, 7*, 137–170.
- Sung, H. Y., Hwang, G. J., Liu, S. Y., & Chiu, I. H. (2014). A prompt-based annotation approach to conducting mobile learning activities for architecture design courses, *Computers & Education, 76*, 80-90.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science, 12*, 257-285.
- Sweller, J., van Merriënboer, J., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review, 10*(3), 251–296.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2013). *Policy guidelines for mobile learning*. Retrieved from <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002196/219641E.pdf>
- Wang, T. H. (2010). Web-based dynamic assessment: Taking assessment as teaching and learning strategy for improving students' e-Learning effectiveness. *Computers & Education, 54*(4), 1157-1166.
- Wang, T. H. (2011a). Implementation of web-based dynamic assessment in facilitating junior high school students to learn mathematics. *Computers & Education, 56*(4), 1062-1071.

- Wang, T. H. (2011b). Developing web-based assessment strategies for facilitating junior high school students to perform self-regulated learning in an e-Learning environment. *Computers & Education*, 57(2), 1801-1812.
- Wang, T. H. (2014). Developing an assessment-centered e-Learning system for improving student learning effectiveness. *Computers & Education*, 73, 189-203.
- Wang, T. H., Wang, K. H., & Huang, S. C. (2008). Designing a web-based assessment environment for improving pre-service teacher assessment literacy. *Computers & Education*, 51(1), 448-462.
- Wang, T. H., & Yang, K. T. (in press). Technology-enhanced science teaching and learning: Issues and trends. In M. H. Chiu (Ed.), *Science education research and practice in Asia - Challenges and opportunities*. The Netherland: Springer.
- Wu, P.-H., Hwang, G.-J., Su, L.-H., & Huang, Y.-M. (2012). A context-aware mobile learning system for supporting cognitive apprenticeships in nursing skills training. *Educational Technology & Society*, 15(1), 223–236.

Designing and Evaluating an Effective Instructional Model for Mobile Learning: Assessment-centered Model

Tzu-Hua Wang * Kai-Ti Yang **

Mobile learning (ubiquitous learning, u-Learning) has become an important topic in the realm of education around the world. The present study applies the digital assessment system, Graduated Prompting Assessment Module of the WATA system (GPAM-WATA), to develop an assessment-centered u-Learning environment. GPAM-WATA is applied in teaching fifth graders the ‘Categorization of Campus Plants’ topic. The instructional items and prompts in GPAM-WATA guide students to learn on campus. Using the quasi-experimental design, the study involves 142 fifth-graders as participants. They are divided into three groups. The control group follows the traditional ICT-integrated teaching model (n=47), the experiment group A adopts GPAM-WATA u-Learning system (n=44), and the experiment group B involves the general u-Learning model (n=51). Before and after the 4-class instructions, all the participants take the pre-test and the post-test of an achievement test.’ After receiving the instructions, they also fill out a cognitive-load scale. The study finds that in the assessment-centered u-Learning environment, learners have significantly lower cognitive load and significantly better learning achievement.

Keywords: mobile learning (m-Learning); ubiquitous learning (u-Learning); assessment-centered u-Learning; assessment as teaching and learning strategy; GPAM-WATA; cognitive load

* Tzu-Hua Wang, Professor and Chair, Department of Education and Learning Technology, National HsinChu University of Education

** Kai-Ti Yang , Teacher, Taichung Municipal Yu-Ying Junior High School

Corresponding Author: Wang, Tzu-Hua · e-mail:tzuhuawang@gmail.com