



# 行動學習對臺灣學生學業成就影響 之後設分析

廖遠光<sup>1\*</sup> 陳政煥<sup>2</sup> 楊永慈<sup>3</sup>

## 摘 要

### 研究目的

本研究統整國內2005–2019年間以國人為研究對象之學位論文、期刊論文（包含發表於國外期刊之論文）、以及研討會論文，透過後設分析法探討行動學習對學生學業成就之整體影響，並進而分析可能影響學習成效的因素。

### 研究設計／方法／取徑

本研究以行動學習、無所不在學習、mobile learning、m-learning、ubiquitous learning、u-learning為關鍵詞，至臺灣博碩士論文知識加值系統、華藝線上圖書館、臺灣期刊論文索引系統、Scopus、EBSCOhost、ProQuest、ScienceDirect及Web of Science等資料庫檢索相關文獻，最終採納81篇論文進行後設分析。

---

\* 廖遠光（通訊作者），中國文化大學師資培育中心教授

電子郵件：yliao2009@gmail.com

陳政煥，亞洲大學行動商務與多媒體應用學系助理教授

電子郵件：chchen@live.asia.edu.tw

楊永慈，臺北市立大學族語數位中心兼任助理研究員

電子郵件：yc.yang@ntnu.edu.tw

投稿日期：2020年1月13日；修正日期：2020年2月26日；接受日期：2020年6月3日

## 研究發現或結論

整體而言，行動學習對學生之學業成就具有正向且顯著的效應，整體效果量為 0.75（隨機效果模式），換言之，行動學習對學生學業成就的提升，顯著優於其它教學法（如：傳統講述式教學法），且達接近高度的效果。此外，透過調節變項的分析，發現學生之學業成就會受到「學科領域」及「實驗組分組方式」兩變項之調節作用而呈現差異。

## 研究原創性／價值

本研究以後設分析統整了國內 2005–2019 年間的實徵研究，針對行動學習學生學業成就的影響提出具體結果。本研究也是國內第一篇以此為主題的後設分析，研究發現對教育政策制定者、教學者以及未來研究者應可提供相當之參考價值。

**關鍵詞：**行動學習、無所不在學習、學業成就、後設分析、臺灣學生



# A META-ANALYSIS OF THE EFFECTS OF MOBILE LEARNING ON STUDENTS' ACADEMIC ACHIEVEMENT IN TAIWAN

Yuen-Kuang Liao\*      Cheng-Huan Chen      Yong-Cih Yang

## ABSTRACT

### Purpose

In this study, a meta-analysis was performed to synthesize research investigating the effects of mobile learning on students' academic achievement in Taiwan. The research data were extracted from theses, peer review journals, and conference papers published between 2005 and 2019. Factors potentially moderating the overall effects were also examined.

### Design/methodology/approach

This study adopted mobile learning, m-learning, ubiquitous learning, u-learning as keywords searched from the National Digital Library of Theses and Dissertations in Taiwan, Airiti Library, Index to Taiwan Periodical Literature System, Scopus, EBSCOhost, ProQuest, ScienceDirect, and Web of Science. As a result, 81 studies were located and included in the meta-analysis.

### Findings/results

The results showed that mobile learning had a significantly greater effect than other types of learning (e.g., traditional instruction) on

---

\* Yuen-Kuang Liao (corresponding author), Professor, Center for Teacher Education, Chinese Culture University, Taipei, Taiwan.

E-mail: yliaoo2009@gmail.com

Cheng-Huan Chen, Assistant Professor, Department of M-Commerce and Multimedia Applications, Asia University, Taichung, Taiwan.

E-mail: chchen@live.asia.edu.tw

Yong-Cih Yang, Adjunct Assistant Researcher, Digital Center of Taiwan Formosan Languages, University of Taipei, Taipei, Taiwan.

E-mail: yc.yang@ntnu.edu.tw

Manuscript received: January 13, 2020; Modified: February 26, 2020; Accepted: June 3, 2020

students' academic achievement ( $g_+ = 0.75$ ). In addition, 2 out of 10 moderator variables selected for this study (i.e., subject area and group size for the experimental group), had statistically significant impacts on the mean ES.

### **Originality/value**

This meta-analysis concerns empirical studies published between 2005 and 2019 in Taiwan and presents the overall results of the effects of mobile learning on student achievement. The study is also the first meta-analysis in Taiwan to specifically focus on this topic. The findings of this study could provide valuable suggestions for education decision makers, teachers, and future researchers.

*Keywords: mobile learning, ubiquitous learning, academic achievement, meta-analysis, Taiwanese students*

## 壹、研究動機與目的

### 一、研究動機

「行動學習」(mobile learning)為一種跨越地域限制、利用可攜技術的學習方式，讓學習者以行動載具透過社交和學習內容互動進行學習(沈中偉、黃國禎，2012；Crompton, 2013)。隨著無線網路的普及與行動通訊科技的日新月異，學習不再侷限於教室或實驗室等固定場所，教學方式也更加多元而不限於傳統講述方法；以手機、PDA、筆記型電腦或平板電腦來實現無所不在學習(ubiquitous learning)的風潮逐步擴散，實施方式也日益多元。這種強調不受時間、地點與設備的限制與搭配真實情境的學習方式，實與強調學習者跟環境互動以建構知識的情境學習(situated learning)有關(黃國禎、蘇俊銘、陳年興，2015)。而行動載具的可攜性(portability)、社會互動(social interactivity)、連接性(connectivity)、情境感知(context sensitivity)與個別化(individuality)等五項特質(Klopfer, Squire, & Jenkins, 2002)，也提供學習者較不受限制地學習。由於行動學習具備上述的優點和特質，近十多年來世界各國無不積極推動行動學習的研究或計畫，如美國和英國學者透過PDA及探測設備對動植物生態進行實地探索的學習活動，協助學生從學習生物的過程中瞭解生物與環境間的關係(Rogers et al., 2004; Rogers et al., 2005)；日本的Akahori、Kato、Kato、Sudo與Ohmori(2005)比較傳統紙本與行動學習的效果，發現行動學習在英文單字的記憶和解決問題的學業表現上均優於紙本情境；伊朗的Akhshabi、Khalatbari與Akhshabi(2011)也有類似的發現，認為創新的行動學習教學法不僅能幫助學生改善學習成就，學生也較喜歡使用及參與行動學習。國內方面，教育部於2012年公布實施《高中職行動學習輔導計畫》，規劃使用一萬部以上之平板電腦作為學生學習之載具，推動至今，每個學年度均有34至49間公私立高中職參與計畫(見<http://mlearning.ntust.edu.tw>)。針對國中、小學生，則有長期推動的《國中小行動學習推動計畫》，現有231所夥伴學校(見<http://mlearning.ntue.edu.tw>)，足見行動學習在國內已成為資訊教育及數位學習的主要趨勢。

我國發展行動學習的時間雖不長，但截至目前為止，已累積相當數量的研究。然而，相關研究雖多，但實際的教學成效似乎仍無定論，如林世昌（2009）、張雅綺（2013）、張苑珍（2015, 2017）等，證實了行動學習在學生學習成就上顯著優於傳統教學法；但也有一些研究發現學生學習成就並未顯著優於傳統教學或其它教學法如高嘉菱（2006）、馮慈苓（2005）。進一步比對後可發現各論文的研究設計多有差異，如研究樣本之學習階段、學科領域、教學場所、實驗設計、分組方式及行動載具等皆有不同。Sung、Chang 與 Liu（2016）以後設分析法探討 110 篇發表於 1993–2013 年有關行動學習成效之研究，該研究選擇了學習階段、學科領域、行動載具、教學軟體、教學場所、教學方式及實驗期間等七個變項作為調節變項。在黃國禎與伍柏翰（2018）對行動科技輔助學習的回顧中，也指出使用行動載具的方式分為個人學習、合作學習、和兩者兼備；在教學場所方面，包括了教室內和戶外活動、及兩者兼具；在採用行動載具方面，早期有不少使用 PDA 的研究，目前以智慧型手機為主，而使用平板電腦的研究則有增加的趨勢。Hwang 與 Tsai（2011）回顧行動與無所不在學習的發展現況指出，行動與無所不在學習的研究隨著年份有大幅成長的趨勢，研究樣本也涵蓋各學習階段，大專院校和小學則是相關研究的主要對象。可見，不同的研究設計可能影響研究的結果，因此，本研究也針對這些研究設計上的差異，透過調節變項分析，深入探討其對整體學習成效的影響。

近年來，國外期刊上有六篇與行動學習相關的整合型研究，其中三篇屬質性研究，採文獻探討與內容分析（Hwang & Tsai, 2011; M. Liu et al., 2014; Zydney & Warner, 2016）；另三篇為後設分析（Sung et al., 2016; Sung, Chang, & Yang, 2015; W. H. Wu et al., 2012）。然而，上述研究之研究範圍多以發表於國際期刊的文獻為研究範圍，雖可發現行動學習研究在國際間的學習樣態與成效，但並未聚焦於國內的研究情況。M. Liu 等人（2014）的論文蒐集了 63 篇發表於 2007–2012 年間有關行動學習應用在 K–12 的研究，該文特別指出其中 23 篇（37%）來自臺灣，可見臺灣已是世界上研究行動學習的重鎮。然而該文只蒐集了發表於英文期刊的論文，無法涵蓋國內所有研究。因此，有必要對國內行動學習的相關研究進行有系統的整理及分析，一方面整理過往研究的主題和方向，作為未來研究的

參考；另一方面，更重要的是瞭解行動學習發展至今，在國內累積了什麼樣的結果？是否有重要的研究變項會對學習成效產生影響？因此，本後設分析選擇以國人為研究樣本之文獻，希冀能更完整地檢視我國行動學習的整體成效及相關影響因素。此外本研究所蒐集的文獻不僅是期刊論文，還包括博碩士論文及研討會論文，期望能降低出版偏差（publication bias）對後設分析的影響。

## 二、研究目的

本研究以後設分析探討國內行動學習對學生學業成就之影響。具體而言，本研究之目的如下：

- （一）探討行動學習對學生學業成就之整體學習成效。
- （二）探討有哪些因素會影響行動學習對學生學業成就的結果。

## 貳、文獻探討

### 一、行動學習研究的特質

許多研究已顯示行動學習可以提高學生學習的成效。藉由各種數位學習方法、科技工具與學習教材等（Hsu, Hwang, & Chang, 2010），透過使用無線通訊技術將各種現實世界和數位科技世界的學習資源融為一體（Chu, Hwang, Tsai, & Tseng, 2010）產生無所不在的學習並進一步解決現實中的問題。行動學習的理論基礎為情境學習理論（situated learning）（黃國禎、蘇俊銘、陳年興，2015；Keskin & Metcalf, 2011），情境學習理論認為有效的教學與學習需要在真實情境中嵌入學習，強調知識是學習者透過與環境互動建構而來的產物，學習者透過與真實情境的互動而習得知識。行動載具協助學習者創造出無所不在的學習環境，並在此環境中有效地與虛擬情境或實際環境互動，以獲取知識、解決問題，學生和教學者因而都可以開展更加主動和適應性強的學習活動（黃國禎、蘇俊銘、陳年興，2015；Hwang, 2006）。以下就行動學習實施的學習階段、學科領域、發

表形式、發表年代等研究案性質 (study characteristics) 以及實驗組分組方式、行動學習模式、行動載具、行動學習介入時機、實驗期程、和前測校正等研究設計性質 (design characteristics) 進行相關論述。

根據 Hwang 與 Tsai (2011) 針對行動與無所不在學習在 2000 年代的相關研究進行回顧性研究發現，大學校院與小學是實施行動學習主要的學習階段；近年 Tingir、Cavlazoglu、Caliskan、Koklu 與 Intepe-Tingir (2017) 的分析研究亦指出，大多數的行動學習介入發生在小學階段，較少研究在中學階段進行，而且使用行動學習的小學生其成績高於中學生。國內外對於行動學習研究之學科與主題的運用相當廣泛，包含語文、數學、自然、社會、藝術等學科。相較於閱讀，行動學習對於非洲學童數學學習的成效似乎沒有閱讀來得高 (Piper, Zuilkowski, Kwayumba, & Strigel, 2016)；針對自然科的學習，Huang、Lin 與 Cheng (2010) 指出使用行動學習能讓國內小學生在戶外植物學習活動上很有幫助。不過，在國內各學科的效果上，仍需相關研究進行統合分析。Hwang 與 Tsai (2011) 針對社會科學引文索引 (SSCI) 期刊的行動學習回顧中，發現行動學習的研究論文隨著發表年代呈現倍數的成長，2006–2010 年的論文篇數是 2001–2005 年的四倍，不過該研究並未分析行動學習的效果是否亦隨著年份而有所增長，即所謂的科技時近性。例如，Chen 與 Yang (2019) 的後設分析研究發現專題式學習的效果量與論文發表年代成正相關，也就是隨著近年科技愈便利和教師與學生愈熟悉等因素，該教學方法成效愈佳。然而針對國內的行動學習研究，至今尚未有相關的統合數據發表。此外，以論文發表形式的角度觀之，可能存在著出版偏差 (publication bias) 的問題，例如發表於期刊的研究可能較常達到顯著水準，其效果量可能也會較未出版之研究如學位論文來得高，若僅就期刊論文進行後設分析則可能會高估效果量 (廖遠光，2012)，因此研究的發表形式亦有需要進行探討，以釐清可能影響我國行動學習效果的調節因子。

行動學習可以以個人或小組的方式進行，例如 Hwang、Wu、Zhuang 與 Huang (2013) 的研究以個人方式進行；陳漢宗 (2019) 的研究將三至四位國小學童分為一組、每人使用一台平板電腦；而 Chin、Wang 與 Chen (2019) 的研究讓多名學生共用一部智慧型手機進行戶外的擴增實境學習；其效果皆顯著優於接受傳統教學的控制組。然而，從合作學習的角度來看，



以個人、小群體或大群體方式進行學習活動可能會產生不同的效果（黃政傑、林佩璇，1996）。在我國實施行動學習的效果是否會因個人或不同分組人數進行而有所不同，確有必要進一步瞭解。從相關研究中我們也可以發現，部分行動學習研究會再與其它學習模式如遊戲式學習（例如：T. T. Wu & Huang, 2017）或探究式學習（如：Hwang et al., 2013）做結合，這些有再搭配其它學習模式或策略的研究其效果量是否較僅使用行動學習之研究的效果量為高，亦值得探討。此外，行動學習所使用的載具種類不少，包括早期研究常用的個人數位助理（PDA）、小筆電、以及現在的智慧型手機和平板電腦等等，大致可歸成兩類：手控載具（handheld）和可攜式電腦（laptop）（Sung et al., 2015），行動學習的效果是否會受到載具的影響，亦是吾人關心之調節因子。再者，行動學習介入教學的時機並沒有一定，雖然大部分的研究都於課中介入，也有部分研究是在課前或課後導入（如：P. L. Liu & Chen, 2015），也有一些研究是在課中及課後都導入行動載具（如：Lu, 2008），因此不同導入時機是否會影響學習成效，也很值得探討。此外，行動學習的實驗期程，少則一週（如：林渙耕，2018），多則長達一學期（如：Chuang, 2017），期程的長短是否會影響行動學習導入的效果，實有進一步分析的必要。最後，有些行動學習的實驗研究會提供前測與後測數據，有些則僅提供後測數據，李漢岳、楊介銘與宋曜廷（2017）及謝進昌（2014）指出，實驗組與對照組在實驗前未控制起點能力的均等性，可能會影響後測檢驗的精準度，進而降低研究的品質，因此，研究是否進行前測校正，也是值得探討的議題。

## 二、行動學習對學習成效影響之回顧文獻

自2011–2016年以來，Hwang與Tsai（2011）、M. Liu等人（2014）、Zydney與Warner（2016）、W. H. Wu等人（2012）、Sung等人（2015）、Sung等人（2016）等都針對行動學習之學習成效進行回顧型研究。其中Hwang與Tsai（2011）、M. Liu等人（2014）、和Zydney與Warner（2016）均採質性論述，W. H. Wu等人（2012）、Sung等人（2015）、和Sung等人（2016）則採後設分析。以下針對各篇進行相關之文獻探究。

Hwang與Tsai（2011）針對2001–2010年的154篇研究進行文獻分析與趨勢了解。結果指出：（1）研究數量上，2006–2010年（122篇）所發

表的行動和無所不在學習之論文為 2001–2005 年（32 篇）的四倍，顯示在 2006–2010 年這五年內，行動和無所不在學習之研究有相當大的進展；（2）研究樣本上，2001–2005 年和 2006–2010 年之樣本排序均是高等教育學生最多（59 篇），再者為小學生（41 篇），第三為高中生（17 篇），少數研究樣本為教師（6 篇）和成人（6 篇），顯示主要樣本為高教與小學生；（3）學習領域上，2001–2005 年（13 篇）和 2006–2010 年（36 篇）之研究多數聚焦於學習者在行動和無所不在學習上之動機認知和態度。與第一階段相比，2006–2010 年增長最多的學科則為工程（包含電腦）（10 倍）、語言與藝術（7 倍）和科學（5 倍）。

M. Liu 等人（2014）欲理解在教學實踐中使用行動設備的可供性、研究趨勢等，因而對 2007–2012 年的 15 本學術期刊，63 篇文章進行分析。結果首先揭示，K–12 之行動學習研究集中在自然科學（29%）、語言學習（18%）、數學（17%）、社會研究（11%）四個學科領域。其次，研究區域分布則以亞洲（51%）為發表最多的區域，其中 72% 為我國所發表，24% 來自歐洲，11% 來自北美，這顯示亞洲地區之學校對於行動學習的接受度比其它區域更快速。就學校層級而言，55% 之研究在小學階段（K–5 年級），14% 在初中（6–8 年級），而 21% 在高中（9–12 年級）。最後，研究中的教學場所可發生於傳統教室或課堂之外的真實環境中。M. Liu 等人（2014）指稱行動學習為 K–12 學生提供了縮短進入真實學習環境落差的機會。

Zydney 與 Warner（2016）以內容分析法針對 2007–2014 年的 37 篇科學學習之行動學習進行回顧。結果指出，（1）針對合作策略，在設計行動應用程序上需建立知識共享功能（Chu, Hwang, & Tsai, 2010），未來若能發展評估智能技術（intelligent technology）可助於監測與追蹤學生線上討論的歷程；（2）針對學習成效的評量，理論框架、學習相關研究和評量結果研究之間缺乏一致性，需要更多的研究來評估學生的高層次認知表現、認知負荷和技能為本的成效（skill-based outcomes）。

W. H. Wu 等人（2012）指出科技的發展和使用模式正產生大變化，因此需對行動學習研究之行動設備類型、學習者類型、各學科和課程中行動設備之使用等，進行分析。該研究以系統性回顧方式對 2003–2010 年的 164 篇行動學習進行評論。結果顯示：（1）在研究目的方面，58% 研

究將行動學習之有效性列為首要目的。其次，有32%之研究是關注行動學習的系統設計，並發現可能因新開發之智慧型手機以及研究人員對新技術之運用意願等，促使行動學習系統設計的研究數量隨著時間的推移而增加；（2）在研究方法上，行動學習研究主要採調查研究法，其次則為實驗研究法；另外，無論研究目的為何，量化方法較受到青睞，此發現與Zawacki-Richter、Bäcker與Vogt（2009）之研究相符；（3）在行動學習的設備上，行動電話和PDA佔教育環境中使用的行動設備75%以上，不過由於科技的迅速發展，新行動載具逐漸取代行動電話和PDA於教育上之應用；（4）在學習對象上，52%的行動學習用於高等教育之學生，其次是小學生（17.51%），此數據與Hwang與Tsai（2011）的研究，以及New Media Consortium（2007）年的Horizon報告相符；（5）在科目應用上，行動學習常應用於專業科目和應用科學（29%）與人文科學（20%），在子學科應用上則是電腦和語言課程，此與Hwang與Tsai（2011）研究相呼應。

Sung等人（2015）探究行動載具對於語言學習的影響，採後設分析法針對1993–2013年發表的45篇期刊論文、未出版的會議論文和博士論文進行研究。結果發現：行動學習的整體成效達中度顯著（ $g_+ = 0.55$ ）；且調節變項的分析顯示：（1）行動設備使用上，成年學習組（含大學、研究所、教師、工作者）和年輕學習組（幼稚園和小學學習者）的語言學習有相似的正向效果；成年學習組之學習成效最佳，其次是年輕學習組；（2）手控（handheld）載具（包含手機、PDA、iPod、MP3等）的效果優於手攜式電腦（包含平板電腦及筆電等）；（3）教學方式上，以電腦輔助測驗的效果最佳，其次是混合和自我導向研究；（4）實驗期間，以1–6個月的成果最佳，2–4週次之，少於1週的實驗則無顯著效應。

Sung等人（2016）之後設分析探討行動學習對學生學業成就的影響，該研究收集發表於1993–2013年之110篇研究，結果顯示，行動學習的整體成效達中等顯著（ $g_+ = 0.52$ ）；且調節變項的分析結果發現：（1）使用行動設備進行教學的整體效果優於使用桌上型電腦或不使用行動設備；（2）行動學習對年輕學習組（幼稚園和小學）的學習成績、成年學習組（含大學、研究所、教師、工作者）和中學學習者（國中和高中）具有中度效果；（3）硬體使用上，手控載具為中度效果，而可攜式電腦則是低度效果；（4）

教學方法上，探究式學習、混合、電腦輔助測試、傳統講授和自我學習達中度效果，然而，合作學習和遊戲式學習無顯著效果；（5）實驗期間為 1-6 個月的成效最佳，其次為 1-4 週及少於 1 週的研究；（6）學科方面，社會科具有高度效果，而專業科目、科學、語文科和數學具有中度效果。

綜上所述，國外的後設分析已指出行動學習對學生的學習成效達中等且顯著的成果，然而國內至今尚未有任何後設分析針對此議題進行深入探討。此外，從上述文獻亦可歸納出影響行動學習成效的因素，包括發表年代、研究樣本、學科領域、教學方式、行動載具、研究方法、及實驗期間。本研究因此以上述文獻為基礎發展出之調節變項為發表年代、學習階段、學科領域、行動載具、及實驗期程，另將研究方法改為前測校正，以及教學方法改為行動學習模式。再者，為探討不同出版形式、不同行動學習介入時機、以及不同實驗分組方式之研究是否影響整體學習成效，本研究另加上發表形式、行動學習介入時機、以及實驗組分組方式三個調節變項。各調節變項之內涵將於本文之研究方法處詳述。

## 參、研究方法

### 一、研究架構

經相關文獻之探討與歸納整理後，本研究之分析架構如圖 1 所示，自變項（行動學習 vs. 其它教學法）對依變項（學業成就）的成效為何？是否會受到調節變項之影響？本研究所稱學業成就乃指學生在經過實驗處理後所接受之後測成績。調節變項則包含學習階段、學科領域、發表形式、發表年代、前測校正、行動學習模式、行動學習介入時機、行動載具、實驗期程、及實驗組分組方式等 10 個變項。

本研究旨在比較兩種教學法的學習成效，因此有必要定義這兩種教學法。

1. 行動學習：指學生使用行動載具（如平板電腦、智慧型手機、PDA 等）在教師的引導下，利用載具所提供之課程內容及功能，進行獨立或小組之學習活動。
2. 其它教學法：指一般非行動學習的教學法，如：傳統紙筆教學、電腦輔助教學、使用 PPT 教學等。

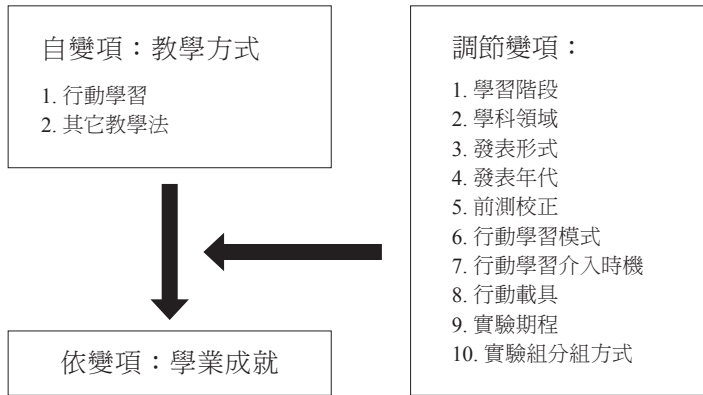


圖 1 研究架構

## 二、研究步驟

### (一) 檢索相關文獻及研究報告

研究者以行動學習、無所不在學習、mobile learning、m-learning、ubiquitous learning、u-learning 為檢索詞，從「臺灣博碩士論文知識加值系統」、「華藝線上圖書館」、「臺灣期刊論文索引系統」、Scopus、EBSCOhost、ProQuest、ScienceDirect 及 Web of Science 等資料庫<sup>1</sup>，搜尋截至 2019 年六月底有關行動學習成效之相關文獻。結果顯示國內的「博碩士論文知識加值系統」共發現 167 篇論文，「臺灣期刊論文索引系統」發現 66 篇論文；國外之資料庫則發現 112 篇論文。因此初步獲致之論文摘要總數達 345 篇。

### (二) 建立論文選用及刪除的標準

本研究設立以下標準進行文獻篩選：

1. 主題必須是比較行動學習與非行動學習（如傳統教學、電腦輔助

<sup>1</sup> 以臺灣學生為研究樣本，發表於國際期刊之文獻，也納入此次後設分析中。搜尋方式為在資料庫搜尋時，除鍵入檢索詞外，另在 Geographic Terms 或是機構欄位（歸屬國家/地區）鍵入 Taiwan。

教學等)之教學成效的實徵研究。

2. 研究設計必須包含實驗組與對照組，且實驗組採行動學習，對照組採其它教學方式。採單組前後測設計之研究將予刪除。
3. 研究樣本必須是臺灣學生；非學生之研究將予剔除。
4. 研究之總樣本數需至少達 30 人。
5. 研究結果必須提供足夠之數據，如(1)實驗組及對照組之平均數、標準差及樣本數；或(2) $F$ 值及樣本數；或(3) $t$ 值及樣本數。

### (三) 篩選可用之文獻

本研究依據上述之標準從 345 篇論文摘要中進行篩選，最終共有 81 篇符合選用標準，其中 34 篇為學位論文，40 篇為期刊論文，7 篇為研討會論文；以中文發表者 38 篇，以英文發表者 43 篇。針對重複的研究，如：同篇文獻發表於期刊及研討會中(如：Hwang et al., 2013; Hwang, Wu, Zhuang, Kuo, & Huang, 2010)，則選擇提供較為完整統計資料之版本為原則。

### (四) 設定研究變項與發展登錄表格

本研究之依變項為學業成就，調節變項之編碼方式說明如下：

1. 學習階段：分為「國小」、「國中」、「高中職」、及「大專」等 4 類。
2. 學科領域：分為「國語文」、「英語」、「數學」、「自然與生活科技」、「社會」、「藝術與人文」、「健康與體育」、及「其它」等 8 類；歸類為「其它」者共四篇，乃開設於大專院校之「資訊與網路應用」、「商業規劃」、「拍賣程序模擬體驗」、及「互動設計」。
3. 發表形式：分為「期刊論文」、「博碩士論文」及「研討會論文」等 3 類。
4. 發表年代：由於研究文獻橫跨 15 年，因此以大約四年為一個時期分為「2005–2008」、「2009–2012」、「2013–2016」及「2017–2019」等 4 類。
5. 前測校正：分為「有」及「無」等 2 類，前者乃指有提供前測及

後測數據可進行前測校正之文獻，後者則為僅提供後測數據之文獻。

6. 行動學習模式：分為「無學習模式」及「有學習模式」等2類，前者乃指實驗組與對照組之差別僅是有無使用行動載具（如：實驗組使用行動載具而對照組採用傳統教學），而後者則為使用行動載具並加上學習策略（如：實驗組為行動載具加上合作學習，而對照組為傳統教學）。
7. 行動學習介入時機：分為「課前」、「課中」、「課後」及「混合」等4類。
8. 行動載具：分為「可攜式電腦」、「手控載具」、及「混合」、等3類；「可攜式電腦」包含平板電腦、筆電與小筆電；「手控載具」包含智慧型手機、PDA、數位筆等。
9. 實驗期程：指從實施前測起算至後測結束的期程，分為「 $\leq 1$ 週」、「1-4週」、「1-2月」、及「 $\geq 2$ 月」等4類。
10. 實驗組分組方式：分為「大群體（ $\geq 6$ 人）」、「小群體（2-5人）」、「個人」、「混合」、「無教學」、及「未說明」等5類。「無教學」是指學生完全自學，教師未進行教學。

### 三、統計分析

#### （一）計算效果量

本研究將「學業成就」定義為參與者在完成教學實驗後所接受之即時後測的成績。為使來自不同研究且使用不同評量工具的學業成績能放在相同的標準上評比，後設分析所使用之評比標準稱為效果量（Effect Size, 簡稱ES），定義為實驗組與對照組的平均數之差除以全體參與者之標準差。針對效果量之計算方式，本研究依據以下原則處理：

1. 若研究僅提供後測之平均數與標準差，本研究採用 Borenstein、Hedges、Higgins 與 Rothstein（2009）之不偏  $g$  值計算 ES（公式一），並以 95% 信賴區間考驗 ES 之顯著性。而各項運算則以 Comprehensive Meta-Analysis 3.0（CMA 3.0）統計軟體完成。
2. 若研究提供前測及後測之平均數與標準差，本研究依據（Furtak,

Seidel, Iverson, & Briggs, 2012) 的建議，將前測數據也納入 ES 的計算(公式二)。

3. 納入分析之研究若以多個構面或測驗來量測學業成就(multiple outcomes within a study)，以致產出多個 ES，由於各 ES 的計算皆屬相同之樣本，為避免誇大單一研究的效果，乃將各研究之所有 ES 予以平均以求得單一 ES (Bar-Haim, Lamy, Pergamin, Bakermans-Kranenburg, & van IJzendoorn, 2007)。標準差之合併則以 Borenstein 等人 (p. 228) 所提供之公式計算(公式三)。小樣本研究可能產生的偏誤也依據 Borenstein 等人 (2009) 之公式(公式四)進行修正。
4. 若研究提供兩組以上的比較(如：兩個實驗組 vs. 一個對照組)，則先依據上述方式計算出合併之 ES 與標準差，以便在計算整體效果量時不致誇大單一研究之效果。但在調節變項分析時，由於兩個實驗組為不同之樣本，因此依據其分類屬性以其原始之 ES 與標準差歸於適當之類別中計算；如：某一研究之實驗組一歸類為「有行動學習模式」而實驗組二歸類為「無行動學習模式」，在進行效果量計算時先將其合併為單一之 ES 與標準差，但在調節變項分析時，則將實驗組一的原始 ES 與標準差歸類於「有行動學習模式」之組別，而實驗組二之原始 ES 與標準差歸類於「無行動學習模式」組別中，亦即一篇研究會出現兩個 ES (multiple groups within a study)。表二中「行動學習模式」的總篇數較之其它變項多出三篇，原因即在於有三篇研究各出現兩個 ES。
5. 若研究僅提供兩組比較之變異數分析  $F$  統計量或  $t$  值，則使用公式五與公式六計算出 ES。
6. 在判斷各研究的 ES 是否為極端值(outlier)上，本研究參考余民寧、翁雅芸與張靜軒(2018)的建議，以整體 ES 之標準差的 1.96 倍作為極端效果量判斷之依據，超過此範圍者，即予以刪除。本研究 81 篇文獻的平均 ES 為 0.77，標準差為 1.15，其正負 1.96 倍間距為  $-1.48 \sim 3.02$ ，因此超越此間距的 ES 將視為極端值並刪除之。



公式一

$$d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}}}$$

其中  $\bar{X}_1$  為實驗組之平均數， $\bar{X}_2$  為對照組之平均數； $n_1$  與  $n_2$  為實驗組與對照組之樣本數； $S_1^2$  與  $S_2^2$  為實驗組與對照組之標準差。

公式二

$$ES_{\text{Pre/Post Test Two Groups}} = \frac{(\bar{X}_{1\_Post} - \bar{X}_{1\_Pre}) - (\bar{X}_{2\_Post} - \bar{X}_{2\_Pre})}{SD_{\text{post}}}$$

其中  $\bar{X}_{1\_post}$  與  $\bar{X}_{1\_pre}$  為實驗組之後測與前測之平均數； $\bar{X}_{2\_post}$  與  $\bar{X}_{2\_pre}$  為對照組之後測與前測之平均數； $SD_{\text{post}}$  為兩組之後測標準差。

公式三

$$v_{\bar{y}} = \left(\frac{1}{m}\right)^2 \left( \sum_{i=1}^m V_i + \sum_{i \neq j} (r_{ij} \sqrt{V_i} \sqrt{V_j}) \right)$$

其中  $v_{\bar{y}}$  為合併之標準差； $m$  為 ES 的數目； $j$  為第 1 個 ES， $i$  為最後一個 ES； $r$  為相關係數。

公式四

$$g = \left(1 - \frac{3}{4df-1}\right) \times d$$

其中  $g$  無偏誤之 ES， $df$  為自由度， $d$  為有偏誤之 ES。

公式五

$$d = \sqrt{F \frac{n_1 + n_2}{n_1 n_2}}$$

其中  $n_1$  與  $n_2$  為實驗組及對照組之樣本數。

公式六

$$d = t \sqrt{\frac{n_1+n_2}{n_1n_2}}$$

其中  $n_1$  與  $n_2$  為實驗組及對照組之樣本數。

## (二) 同質性檢定與調節變項分析

同質性檢定分為固定效果模式 (fixed-effect model) 及隨機效果模式 (random-effects model)。固定效果模式係假設所有研究的效果量之變異是同質的且確實在估算一個共同的 ES (common effect size parameter)，對於調節變項之檢驗有較高的統計力 (Lipsey & Wilson, 2001)；而隨機效果模式係假設 ES 的變異不是源自相同的母群體，亦即各研究間的變異可能源自不同母群體的抽樣誤差，可將研究結果推論至未納入本次分析之研究報告 (Raudenbush, 1994; Schmidt, Oh, & Hayes, 2009)；因此若同質性檢定的  $I^2$  值 (研究間的變異量占總變異量的百分比) 等於 0 時，代表研究間有極佳的同質性，適合使用固定效果模式來估算平均 ES；反之，數值愈大表示變異量愈大，若  $I^2 > 75\%$ ，顯示異質性極高，則需使用隨機模式來估算平均效果量 (Higgins, Thompson, Deeks, & Altman, 2003)。本研究之目的在探討行動學習之成效，更期望能進一步找出影響其成效之調節變項。故同時以兩種模式估算平均效果量，而在探討調節變項時則以  $I^2$  值之大小來決定使用何種分析模式。此外，同質性檢定係以 Cochrane 的  $Q$  檢定行之。若  $Q_T$  未達顯著，表示研究間的同質性極佳即可直接將 ES 合併以求得整體平均 ES，並進行平均 ES 的顯著性考驗 (計算整體 ES 之 95% 的信賴區間)；反之，若  $Q_T$  達顯著，表示各 ES 的變異並非來自抽樣誤差或各文獻之間 ES 的差異，有其它調節變項影響了整體成效。分組進行同質性檢定時，若  $Q_B$  達顯著，表示個別變項之不同類別 (例如：國小學生 vs. 國中學生) 的分組 ES 達顯著差異。

## (三) 檢驗出版偏差

本研究採用 Egger 的迴歸檢定 (Rothstein, Sutton, & Borenstein, 2005) 來檢驗出版偏差。若 Egger 的迴歸檢定值未達顯著 ( $p > .05$ )，表示出版偏差對於研究結果的影響不大。此外，本研究也將發表形式列為調節變項，

以探討已發表（如期刊）與未發表（如學位）論文對學習成效的影響，作為檢驗出版偏差的輔助佐證。

#### （四）編碼者信度檢驗

符合標準之 81 篇研究，經詳細閱讀與分析，並將內容依據調節變項之設定，登錄於編碼表格中。每一篇研究的編碼以及 ES 的計算皆須經過至少兩位編碼者個別處理，並於處理後檢核兩者結果的一致性。本研究之編碼及 ES 計算共由三位研究者擔任，其中兩位研究者先就所有研究進行處理，第三位研究者則隨機抽取 25% 之研究覆核。三位研究者的編碼結果一致性達 86.3%；ES 計算之一致性則達 91.2%；而針對編碼與 ES 計算相異之處再進行討論，務必達成共識。

## 肆、結果與討論

### 一、行動學習對學業成就之整體成效

本研究經慎重篩選後，最後選定符合標準之研究共 81 篇，包含 119 個  $g$ ，以及 5,875 個學生，但其中有 5 篇研究的  $g$ ， $g = 3.04$ （張耀坤，2016）、 $g = 3.22$ （陳麒仁，2017）、 $g = 6.37$ （Chang, Chen, & Hsu, 2011）、 $g = 6.35$ （Ochirbat, Lin, & Hwang, 2014）以及  $g = 10.3$ （P. H. Wu, Hwang, Su, & Huang, 2012）都超過前述極端值的標準，故予以刪除，不再納入後續之分析；剩餘之研究共 76 篇。整體學習成效之描述性統計詳見表 1。81 篇研究之文獻列表請參閱以下網址：

[https://drive.google.com/file/d/1w\\_nD\\_HrZMY0yCaNAvZXIfk0aLsabtX2/](https://drive.google.com/file/d/1w_nD_HrZMY0yCaNAvZXIfk0aLsabtX2/)

若從研究學科、對象及論文數量一併來看，研究國小學童之自然與生活科技之行動學習文獻最多，計有 20 篇；而自然與生活科技的總體研究樣本（國小、國中、高中職、大專生）則總計 24 篇。次之，則為小學英語與社會科之行動學習文獻，分別皆有 5 篇；若以英語文和社會學科的總體研究樣本（國小、國中、高中職、大專生）而言，則總計分別為 21 篇和 11 篇。若以各學科融入行動學習的方式來看，自然與生活科技主要是運用平板、手機等將動植物辨識軟體融入行動學習，以協助學習者對於動

植物知能方面之學習；在英語主題上，主要以手機等行動載具增進對英語字彙、聽力、作品理解之提升；在社會科方面，則是讓學習者透過行動載具以跟隨情境的行動學習模式，進行社區宗教、鄉土教學等課程學習活動及資料蒐集，以增強學習者的學習成效與動機。

76 篇之  $g$  介於  $-0.32$  至  $2.56$ ，固定效果與隨機效果模式之  $g_+$ （平均  $g$ ）各為  $0.72$  與  $0.75$ ，標準差為  $0.62$ 。從  $g$  的計算公式可以得知：當  $g$  為正數時，表示實驗組優於對照組；當  $g$  為負數時，表示對照組優於實驗組。由於  $I^2 = 82.75\%$  顯示研究間的變異量較大，且超過 Higgins 等人（2003）所建議的判定值（ $I^2 > 75$ ），因此決定採用隨機效果模式進行後續分析。本研究之  $g_+$  為  $0.75$ ，95% 信心區間為  $0.62 - 0.89$ （不包含 0），顯示行動學習對學生學業成就的成效顯著地優於其它教學法。又根據 Cohen（1992）對於後設分析 ES 之界定：當 ES 為  $0.2$  左右時，其效果代表「微量」（small）；當 ES 為  $0.5$  左右時，其效果代表「中度」（medium）；當 ES 為  $0.8$  左右時，其效果代表「高度」（large）。整體而言，行動學習在學生學業成就的整體  $g$  為正向且接近高度的效果，換言之，行動學習在提升學生學業成就的成效上幾近高度且顯著的優於其它教學法。此外，依據 Gall、Berg 與 Gall（1996）的觀點，當 ES 大於  $0.33$  則視為具有實務應用之重要性，足見行動學習在學業成就之提升上，具實務應用之價值。而 76 篇研究的  $g$  標準差為  $0.62$  代表各研究間有中度之變異性。

過去有關行動學習對學生學習成效影響的後設分析共有兩篇：Sung 等人（2015）的  $g_+$  為  $0.55$ （ $N = 44$ ），而 Sung 等人（2016）的  $g_+$  為  $0.52$ （ $N = 108$ ），皆顯示行動學習對學生之學習成效具有中度之效果。本研究的  $g_+$  為  $0.75$ ，明顯高於他們的研究結果，說明行動學習對我國及世界各國的學生都具有正向且顯著的學習成效，且我國的成效又特別突出。究其原因可能是我國行動學習的研究萌芽較早，老師與學生已累積了相當經驗有關。M. Liu 等人（2014）針對發表於 2007–2012 年間有關行動學習的 63 篇文章進行分析，發現研究區域以亞洲（51%）為最多，而其中 72% 又為我國所發表，可見較之其它國家，我國可謂起步甚早。當老師與學生在運用行動載具上漸趨成熟時，或許也可提升其學習成效。

表1 學業成就之整體成效

分析模式	<i>N</i>	$g_+$	<i>z</i>	95% CI	$Q_T$	<i>df</i>	$I^2$
固定效果	76	0.72	25.75***	[.67 ~ .78]	434.87***	75	82.75
隨機效果	76	0.75	10.96***	[.62 ~ .89]			

\*\*\* $p < .001$

## 二、同質性檢定與調節變項之分析

本研究以隨機效果模式分析學業成就之同質性檢定與調節變項。在同質性檢定部分，經 Cochrane 之  $Q$  檢測後，學業成就的  $Q$  檢定達顯著性差異 ( $Q_T = 434.87, p < .001$ )，表示各研究間所顯示的差異不是源自同一母群體的抽樣誤差，因此有必要針對各調節變項作進一步的檢驗。表 2 詳列了各調節變項檢驗的結果。在 10 個調節變項中有 2 個變項之  $Q_B$  達顯著性差異，顯示各變項之組間有顯著差異存在。這 2 個變項分別為學科領域 ( $Q_B = 34.21, p < .001$ ) 及實驗組分組方式 ( $Q_B = 14.91, p < .01$ )。顯示這些變項對學生在行動學習之學業成就有調節作用，需做進一步之分析。其它 8 個變項雖未達顯著，但各組間的差異仍有進一步探討之必要。以下即針對所有調節變項進行討論，並將結果與 Sung 等人 (2015) 及 Sung 等人 (2016) 的後設分析進行比較。但對於各變項中未達 5 篇的組別，由於篇數太少，影響有限，將不列入討論。調節變項詳細之分析資料請參閱以下網址：  
[https://drive.google.com/file/d/16By0x1qa\\_e9mbpuHS4KoUhZ8FGxnNVFA/view](https://drive.google.com/file/d/16By0x1qa_e9mbpuHS4KoUhZ8FGxnNVFA/view)

### (一) 學習階段

表 2 顯示，行動學習以用於國小生的篇數 39 篇 (51%) 為最多，其次為大專生的 20 篇 (26%)，兩者即占總數的 77%，這或許是因為國中生及高中生有升學壓力，以致接受行動學習教學實驗的意願較低。其次，各級學生的  $g_+$  皆達顯著 (95% CI 不含 0)，表示四個學習階段的學生使用行動學習的成效都顯著優於其它教學法。雖然各組間的差異未達顯著，但數據顯示，學習成效以高中階段最佳 ( $g_+ = 0.91$ )，大專及國小次之 ( $g_+$  依序為 0.80 及 0.75)，國中稍低，但也超過 0.5。這結果顯示行動學習適用於所有學習階段的學生，且對高中與大專生的效果較佳。Sung 等人 (2015) 的研究顯示行動學習對語言學習的成效以成人最佳，國小生及中

學生次之，與本研究結果略同；但 Sung 等人（2016）的研究則發現行動學習對國小生最佳，中學生及成人次之，與本研究較不一致，這或許是因為各國的教育制度與文化環境不盡相同，自然對行動科技的應用及學習的影響也互異。未來研究或可考慮收集跨國或跨地區的樣本，以釐清原因。

表 2 調節變項各類別之  $g_{+}$  及其相關資料分析

變項類別	N	%	$g_{+}$	$z$	95% CI	$Q_b$	事後比較 (LSD)
學習階段						1.81	N/A
1. 國小	39	51	.75	6.45***	[.52 ~ .97]		
2. 國中	11	14	.59	4.41***	[.33 ~ .86]		
3. 高中	6	8	.91	2.63**	[.23 ~ 1.59]		
4. 大專	20	26	.80	8.94***	[.62 ~ .97]		
學科領域						34.21***	2, 6, 7, 8 > 1 4 > 1, 3, 7
1. 國語文	3	4	-.004	-.029	[-.34 ~ .25]		
2. 英語	21	28	.64	7.59***	[.48 ~ .81]		
3. 數學	4	5	.40	3.45***	[.17 ~ .63]		
4. 自然與生活科技	24	32	1.05	6.44***	[.73 ~ 1.37]		
5. 社會	11	14	.58	2.89**	[.19 ~ .97]		
6. 藝術與人文	5	7	.88	4.07***	[.46 ~ 1.31]		
7. 健康與體育	4	5	.50	5.76***	[.33 ~ .87]		
8. 其它	4	5	1.21	3.66***	[.56 ~ 1.86]		
發表形式						0.84	N/A
1. 期刊論文	38	50	.81	8.39***	[.62 ~ 1.00]		
2. 學位論文	32	42	.68	6.00***	[.46 ~ .90]		
3. 研討會論文	6	8	.78	4.67***	[.45 ~ 1.11]		
發表年代						1.36	N/A
1. 2005–2008	7	9	.57	1.98*	[.00 ~ 1.13]		
2. 2009–2012	21	28	.86	6.58***	[.61 ~ 1.12]		
3. 2013–2016	25	33	.70	5.90***	[.47 ~ .93]		
4. 2017–2019	23	30	.77	6.27***	[.53 ~ 1.02]		
前測校正						0.18	N/A
1. 有	51	67	.73	7.91***	[.55 ~ 0.91]		
2. 無	25	33	.79	8.16***	[.60 ~ .98]		
行動學習模式						0.00	N/A
1. 無學習模式	37	47	.72	7.10***	[.52 ~ .92]		
2. 有學習模式	42	53	.72	7.74***	[.54 ~ .91]		
行動學習介入時機						2.55	N/A
1. 課前	1	1	.49	1.63	[-.10 ~ 1.08]		
2. 課間	57	75	.70	9.64***	[.55 ~ .84]		
3. 課後	8	11	.88	5.40***	[.56 ~ 1.20]		
4. 混合	10	13	1.00	3.37***	[.42 ~ 1.58]		
行動載具						3.28	N/A
1. 可攜式電腦	35	46	.80	6.43***	[.56 ~ 1.05]		
2. 手控載具	34	45	.76	9.40***	[.60 ~ .91]		
3. 混合	4	5	.54	2.92**	[.18 ~ .89]		
4. 未說明	3	4	.50	2.88**	[.16 ~ .84]		

實驗期程						1.98	N/A
1. ≤1 週	31	41	.74	7.51***	[.54 ~ .93]		
2. 1-4 週	13	17	1.02	3.87***	[.50 ~ 1.53]		
3. 1-2 月	15	20	.65	4.94***	[.39 ~ 0.91]		
4. ≥2 月	8	11	.61	3.27**	[.24 ~ .97]		
5. 未說明	9	12	.74	4.92***	[.45 ~ 1.04]		
實驗組分組方式						14.91**	3 > 4
1. 大群體 (≥6 人)	8	11	.60	4.07***	[.31 ~ .89]		
2. 小群體 (2-5 人)	23	30	.70	5.44***	[.45 ~ .95]		
3. 個人	30	39	.91	7.19***	[.66 ~ 1.15]		
4. 混合	4	5	.22	1.67	[-.04 ~ .49]		
5. 無教學	3	4	.71	4.97***	[.43 ~ .99]		
6. 未說明	8	11	.78	3.70***	[.36 ~ 1.19]		

\* $p < .05$ . \*\* $p < .01$ . \*\*\* $p < .001$ .

## (二) 學科領域

表 2 顯示，行動學習應用在自然與生活科技共 24 (32%) 篇，在英語有 21 (28%) 篇，兩科合計已達 59%，足見這是較受研究者關注的學科領域。反之，用於其它學科都低於 10 篇，顯見行動學習在學科應用的分配上頗不平均。其次，就學習成效的分析，除了國語文外，行動學習在其它 7 個領域的  $g_+$  都達顯著，表示學生在上述領域使用行動學習的成效都顯著優於其它教學法。其中又以自然與生活科技 ( $g_+ = 1.05$ ) 為最佳，達高度成效且顯著優於國語文、數學與健康與體育。藝術與人文 ( $g_+ = 0.88$ ) 次之，也達高度成效。這可能是因為自然與生活科技及藝術與人文的學習需要較多實物操作及實地觀察的機會，如參觀工藝館、操作顯微鏡及參觀水族館或博物館等。傳統課室內的學習，無法提供實物實景，可能較無法引發學生學習的興趣，透過行動學習，讓學生可以在工藝館、水族館或博物館中直接與環境互動，應有助於提升其學習動機與成效。國語文 ( $g_+ = -0.004$ ) 則顯著低於英語 ( $g_+ = 0.64$ )、自然與生活科技、藝術與人文、及其它 ( $g_+ = 1.21$ )，但因國語文與其它的篇數皆低於 5 篇，因此，不做進一步討論。Sung 等人 (2015) 的研究顯示行動學習對英語的學習成效 ( $g_+ = 0.55$ ) 呈現中度且顯著優於其它教學方式，與本研究的發現 ( $g_+ = 0.64$ ) 相距不遠。至於華文 (Chinese)，Sung 等人 (2015) 的結果為中等成效 ( $g_+ = 0.43$ )，而本研究的  $g_+$  為  $-0.004$ ，顯然差異極大，或許是因為華文乃外國人學習中文，國語文為本國人學習中文，學習對象與性質不同，因此成效迥異。Sung 等

人（2016）的研究發現行動學習在社會科有高成效（ $g_+ = 0.77$ ），在職業類科（ $g_+ = 0.59$ ）、科學（ $g_+ = 0.57$ ）及語文（ $g_+ = 0.47$ ），則有中度的成效，此與本研究顯有不同。推測各國的教材選擇與教學方式的差異，都有可能影響學習的成效。

### （三）發表形式

從表 2 可知，期刊論文有 38 篇，已達 50%，且其中僅有 4 篇以中文發表，可見國人習於將行動學習的研究成果發表於國外的學術期刊。學位論文則有 32（42%）篇，且大多是碩士論文。研討會論文僅有 6 篇占 8%。其次，就學習成效而言，無論何種發表形式的研究，行動學習的成效都顯著優於其它教學法。然而各組間的差異未達顯著，期刊論文（ $g_+ = 0.81$ ），研討會論文（ $g_+ = 0.78$ ），學位論文（ $g_+ = 0.68$ ）。此結果或可歸因於一般學術期刊或研討會通常會接受較有顯著成效的論文發表，而博碩士論文則不會受到成效顯著性的影響。Glass、McGaw 與 Smith（1981）以及 Christman、Badgett 與 Lucking（1997）認為僅選取期刊論文而捨棄學位論文或未發表之論文（通常成效未達顯著）將誇大整體 ES，因此，本研究收集並分析三種發表形式的論文，其整體成效應該較為接近實際研究的結果。

### （四）發表年代

表 2 顯示，從 2005–2019 年，以 4 年為 1 期，行動學習的發表數量沿著四個時期往上遞增，2005–2008 年僅有 7 篇，2009–2012 年有 21 篇，2013–2016 年共 25 篇，而 2017–2019 年不足 3 年間已達 23 篇，足見行動學習的研究逐年受到重視的程度。此結果與 Sung 等人（2015）及 Sung 等人（2016）的發現一致。其次，就成效分析，四個時期的研究其成效都達顯著，顯示各時期的行動學習成效都顯著優於其它教學法。然而各組間的差異雖未達顯著但以發表於 2009–2012 年之研究為成效最佳（ $g_+ = 0.86$ ），2017–2019 年（ $g_+ = 0.77$ ）與 2013–2016 年（ $g_+ = .70$ ）次之，且都達近乎高度的顯著成效。這或許是因為後三時期的學生對行動載具的應用更加熟悉，教師在行動學習的教學策略也更加多元，因此提升了整體學習成效。教育部自 2012 年後開始推動行動學習計畫，如「國中小行動學習推動計



畫」及「高中職行動學習輔導計畫」，但是本研究進一步比較2012年前與後之學習成效，發現2005–2012年( $g_+ = 0.80$ )與2013–2019年( $g_+ = 0.73$ )的成效差異不大，可見教育部所推動的行動學習計畫似乎未顯著影響行動學習研究實施的學習成效。

#### (五) 前測校正

李漢岳等人(2017)指出，對於未進行隨機分派的準實驗研究設計，實驗組與對照組在實驗前若未控制起點能力的均等性，可能會影響後測檢驗的精準度，進而降低研究的品質。本研究針對有提供前測與後測數據的研究與僅提供後測數據的研究使用不同的計算ES的公式，前者歸類為「有前測校正」，後者則為「無前測校正」，目的即是為了控制起點能力的均等性。從表2可知，在76篇研究中，有進行前測校正者共51篇(67%)，未進行前測校正者則為25篇(33%)，篇數差距甚大，足見國內多數的行動學習研究仍能考量起點能力的均等性。其次，就學習成效而言，兩者 $g_+$ 的差異未達顯著，且甚為接近(「有前測校正」為0.73，「無前測校正」為0.79)，顯示有無進行前測校正對學習成效的影響不大。

#### (六) 行動學習模式

本研究針對行動學習的模式區分為兩類：1.「有學習模式」是指實驗組除了使用行動載具外並結合學習模式(如：遊戲式學習、探索導向學習等)；2.「無學習模式」，是指實驗組與對照組在教學上的差異僅是有否使用行動載具，未加上任何學習模式。從表2可知，兩個模式的研究篇數差異不大，「有學習模式」43(55%)篇，「無學習模式」35(45%)篇。在學習成效方面，兩種模式都達顯著，顯示無論使用哪種模式，行動學習都顯著優於其它教學方式。此外，兩種模式的學習成效完全相同( $g_+$ 都為0.72)且都接近高度效果。這說明使用行動學習無論是否加上學習模式，都可提升學生之學習成效。Sung等人(2015)的研究指出採用電腦輔助測驗( $g_+ = 1.77$ )的行動學習研究對語言學習的成效最佳，混合學習模式( $g_+ = 1.13$ )次之，且都達高度成效。Sung等人(2016)的研究也指出採用探索導向學習( $g_+ = 0.84$ )與混合學習模式( $g_+ = 0.84$ )的研究成效最佳。本研究與他們的研究結果頗不一致，或許可歸因於各國教師使用行動載具融入教學的方式

不同。此外，也可能是因為現有的各類教學或學習模式並不適合融入行動學習。未來的研究或許可探討針對不同學科或不同學習階段的學生發展適用的學習模式。

### （七）行動學習介入時機

表 2 指出，行動學習介入時機以課間最多達 57（75%）篇，其次為混合 10（13%）篇及課後 8（11%）篇。這顯示行動學習仍以實施於正式課堂時間為主，做為課前預習或課後作業者仍是少數。就成效而言，除課前外，課間（ $g_+ = 0.70$ ）、課後（ $g_+ = 0.88$ ）及混合（ $g_+ = 1.00$ ）皆顯著優於其它教學法。其次， $Q_B$  雖未達顯著，但學習成效以混合及課後最佳，已達高度；課間的成效也達中度。可見行動學習無論實施於課間、課後或是混合皆能促進學習的成效。

### （八）行動載具

行動載具為實施行動學習之必備工具。從表 2 可知，行動學習研究所使用的載具以可攜式電腦（平板電腦與小筆電）最多，達 35（46%）篇，其次為手控載具（手機與 PDA），共 34（45%）篇。Sung 等人（2015）的研究顯示手控載具（handhelds）之研究篇數佔總篇 73.3%，其次為可攜式電腦（laptops）佔 26.7%。Sung 等人（2016）的分類方式與 2015 之研究大致相同，手控載具佔 72.7%，可攜式電腦佔 21.8%。本研究的分類法與上述兩研究差異不大，但就篇數的比例上顯有不同，該兩研究的手控載具篇數幾乎達 75%，而本研究可攜式電腦與手控載具的篇數皆低於 50%。這或許是因為國外（特別是英語系國家）手控載具的普及率高於我國所致。其次，就學習成效的分析，可攜式電腦（ $g_+ = 0.80$ ）、手控載具（ $g_+ = 0.76$ ）與混合（ $g_+ = 0.54$ ）皆達顯著，表示行動學習使用 3 種載具的成效皆顯著優於其它教學法。此外，可攜式電腦的成效略優於手控載具，但未達顯著差異。Sung 等人（2015）的研究顯示手控載具（ $g_+ = 0.73$ ），達中等至高的成效，而可攜式電腦（ $g_+ = 0.15$ ）則未達顯著，與本研究的發現不盡相同。Sung 等人（2016）的研究顯示手控載具（ $g_+ = 0.59$ ）具中等成效，可攜式電腦（ $g_+ = 0.31$ ）則達低度之成效，此結果與本研究也不一致。這可能與國內外學生對手控載具的操作熟稔程度以及智慧型手機普及率與無線

網路的覆蓋率有關，當然，教學活動的設計、教學方式的迥異也會影響研究的結果。未來若能進行跨國或跨文化的行動學習研究，或許能夠釐清此一差異。

### （九）實驗期程

從表2可知，實驗期程 $\leq 1$ 週的研究最多，達31（41%）篇，其次為1-2月的15（20%）篇與1-4週的13（17%）篇，可見行動學習的實驗期程仍以1週或1週以下的短期程為主。此外，在學習成效方面，4個期程的結果皆達顯著，顯示無論長、短期程，行動學習的成效都顯著優於其它教學方式。其中1-4週（ $g_+ = 1.02$ ）的成效最佳，已達高度； $\leq 1$ 週（ $g_+ = 0.74$ ）次之，亦接近高度成效；1-2月（ $g_+ = 0.65$ ）與 $\geq 2$ 月（ $g_+ = 0.61$ ）也達中度。若以1個月做為長、短期程的分界點，則短期程的成效似乎略勝於長期程，但未達顯著差異。Sung等人（2015）指出，實驗期程以1-6月（ $g_+ = 0.77$ ）與1-4週（ $g_+ = 0.62$ ）較佳。期程超過6個月（ $g_+ = 0.13$ ）的成效最差。Sung等人（2016）也顯示1-6月（ $g_+ = 0.57$ ）與1-4週（ $g_+ = 0.55$ ）的成效較佳；期程超過6月（ $g_+ = 0.29$ ）的成效最差。與本研究相較，共同點為實驗期程1-4週的成效較佳，且1-6月的成效也都達中度。至於相異處則是 $\leq 1$ 週的成效，Sung等人（2015）與（2016）的成效各為0.23與0.48，而本研究為0.71。Clark（1983）曾指出在新媒體的教學上，若短期程的成效優於長期程的成效可歸因為新奇效應（novelty effect）。綜合本研究及Sung等人的研究結果，似乎無法完全支持Clark的觀點。

### （十）實驗組分組方式

表2顯示，實驗組的分組方式以個人居多，共30（39%）篇，其次為採小群體（2-5人）分組的23（30%）篇；採用 $\geq 6$ 人之大群體教學的僅有8（11%）篇。由於行動載具的設計大多以個人使用為原則，然而若載具不足，多人共用的方式也是不得不然的選擇。當然，有些教學活動強調分工合作，小組協同學習，則一大組共用一載具的情況也是可能。其次，就研究成效而言，應用上述三種分組方式的行動學習其成效都顯著優於其它教學法。再者， $Q_B = 14.91$ （ $p < .01$ ），顯示個人（ $g_+ = 0.91$ ）的成效達高度且顯著優於「混合」（ $g_+ = 0.22$ ），但「混合」僅有4篇研究，因此

不做進一步討論。小群體 ( $g_+ = 0.70$ ) 的成效次之，大群體 ( $g_+ = 0.60$ ) 略低，但也都達中度以上的成效。綜言之，行動學習的指導方式以一人一機為最佳，但若受限於載具不足或是因應不同學習目標（如擬強調協同合作），則不需拘泥於何種指導方式。

### 三、出版偏差之檢測

本研究採用 Egger 的迴歸檢定 (Rothstein et al., 2005) 來檢驗出版偏差。檢定結果顯示，截距為 1.155，標準誤為 1.027， $t = 1.125$  ( $p = 0.26$ ) 未達顯著。其次，就調節變項中發表形式的分析結果而言，三種發表形式的學習成效未達顯著 ( $Q_B = 0.84$ )，且  $g_+$  的差異也不大，說明已出版（如期刊論文）與未出版（如學位論文）的論文對學習成效的影響甚小。因此，確認出版偏差無法推翻本研究的結果。

## 伍、結論與建議

教育部於 2012 年開始戮力推動行動學習計畫，如「國中小行動學習推動計畫」及「高中職行動學習輔導計畫」，都將行動學習列為教育創新改革的重要方針。而已於 108 學年度實施的十二年國民基本教育，更仰賴教師能在課堂內外發揮創意，以適性教學彌平學生不同程度的差異。因此，如何將科技（如行動載具）適度地融入教學以提供學生更多元的學習情境，實為本波教改成敗的關鍵之一。

本研究以後設分析探討國內行動學習對學生學業成就的影響。透過對 76 篇實徵研究的整合分析，發現行動學習在提升學生學業成就的表現上顯著優於傳統課堂教學及其它教學法。整體  $g_+$  為 0.75，已達中度偏高的成效。若參照單位標準分配面積表 (table of areas of the unit normal distribution)，將 0.75 轉換為百分位數 (percentile score)，約等於 77 百分位數，代表大約 77% 的學生使用行動學習後的學業表現將顯著地優於使用其它教學法的學生。其次，透過對各調節變項的分析，可以發現行動學習對高中及大專生的成效較佳。在學科領域方面，行動學習用於自然與生活科技及藝術與人文領域成效最佳。此外，發表於期刊及研討會的論文其成效皆略優於學位論文。就發表年代而言，2009–2019 年間發表的論文都

顯示行動學習有中高以上的學習成效。在發展趨勢上也似乎顯示較晚期的研究有較佳的成效。而在前測校正方面，研究是否進行前測校正，對學習成效的影響不大。再者，行動學習無論有否結合教學或學習模式，都能提升學習成效。行動學習介入時機以課間及混合的成效較好。此外，行動學習使用可攜式電腦或手控載具，效果相當，都能有效地提升學習成效。行動學習的實驗期程以少於4週的短期成效較佳。最後，行動學習的分組方式則以個人為最多，其成效也最佳，惟使用小群體方式（2-5人），或大群體教學（ $\geq 6$ 人）其成效也達中度以上。

本研究依據研究發現提出以下建議：

## 一、積極且全面的推動行動學習

本研究分析了2005-2019年間以國內學生為研究樣本的76篇實徵研究，結果顯示行動學習對國小、中學及大專生之學業成績都有中度以上的顯著效果。雖然自2012年開始，教育部已透過「國中小行動學習推動計畫」及「高中職行動學習輔導計畫」於國中、小及高中職開始推動行動學習，其立意良善，推動成果也有目共睹。但是這些計畫多屬競爭型計畫，由各校依據意願自主申請，各校所獲得之補助經費也有限，因此在推動上是以點為單位，而非全面推動。目前雖然無法證明教育部推動的行動學習計畫與本研究的結果相關，但本研究提供了以累積研究為本（accumulated research-based）的數據，證實行動學習對學生之成效確實有正面的影響，因此建議可將行動學習做為推動教育改革的重要政策之一，擴大挹注經費，以積極及全面的方式要求全國各級學校皆須推動行動學習，促進整體學習成效的提升。

## 二、鼓勵發展適用於行動學習之教學方案

本研究發現行動學習有否結合其它的學習模式不會對學習成效造成影響，然而Sung等人（2015）及Sung等人（2016）的後設分析卻指出某些教學法融入行動學習足以影響學習成效。此外，在學科領域的分析也發現，上述研究的結果與本研究差異頗大，可見行動學習必須搭配適當之教學方式，且應考量各學科領域的特性，才能顯現其成效。國內的研究所選擇的教學或學習模式可能並不適用於行動學習，且不同學科領域各又其特性，

不同級別的學生對行動學習的反應也可能有差異，因此，宜鼓勵教師針對不同學習領域及不同學習階段的學生發展適合融入行動學習的教學設計及學習方案，讓行動科技的特性能結合適當的教學或學習模式以發揮其最大的效益。

### 三、對未來研究之建議

本研究發現行動學習用於國、高中的篇數明顯偏低，僅占 78 篇研究之 23%，遠低於國小與大專生，推論可能與升學壓力相關。然而，中等教育為期六年，乃學生學習與成長極為重要的階段。因此有必要了解此一階段之學生對行動學習的態度、使用方式與影響學習成效之因素等。因此建議未來有關行動學習之研究可考慮多以中學生為研究樣本，以補足研究文獻之不足。

此外，本研究在學科領域的分析上發現，行動學習用於自然與生活科技 ( $g_+ = 1.05$ ) 的成效最佳，達高度成效且顯著優於國語文、數學與健康與體育，且研究篇數也最多，達 32%。這是否肇因於擔任自然與生活科技科的教師可能有較佳的科技使用能力或是此科有較多的實際操作與觀察機會，抑或有其它未知的因素影響，未來的研究確有進一步探討之必要。反之，用於國語文的行動學習研究僅有 3 篇，且學習成效為  $-0.004$ ，遠低於其它學科。國語文在各學習階段皆被視為主科，良好之閱讀理解能力也是學習其它學科之基礎。而行動學習對其它學科皆有提升學習成效之功，何以對國語文未見其效，且研究篇數偏低？因此，建議未來行動學習的研究也可考量選擇以國語文為標的，以深入探討其對學生學習之影響。

## 致謝

本研究承蒙科技部經費支持（計畫編號 MOST 103-2410-H-034-039），謹此致謝；亦感謝陳勇欣小姐於計畫執行期間的協助。

## 參考文獻

標示 \* 者為正文中引用且納入後設分析之文獻（納入分析之完整清單請見頁 85 之線上附件）

余民寧、翁雅芸、張靜軒（2018）。數理科學的學習動機有性別差異嗎？一個來自後設分析的證據。**當代教育研究季刊**，26（1），45-75。

[Yu, M. N., Weng, Y. Y., & Chang, C. H. (2018). Students' learning motivation to math and science: Using the meta-analysis to find the gender difference in Taiwan. *Contemporary Educational Research Quarterly*, 26(1), 45-75.]

李漢岳、楊介銘、宋曜廷（2017）。數位學習實驗研究品質評估與現況分析：以行動學習為例。**教育科學研究期刊**，62（2），31-60。

[Lee, H. Y., Yang, J. M., & Sung, Y. T. (2017). Quality assessment and situational analysis of experimental e-learning designs: A case study of mobile learning. *Journal of Research in Education Sciences*, 62(2), 31-60.]

沈中偉、黃國禎（2012）。**科技與學習：理論與實務**（第四版）。臺北市：心理。  
[Shen, C. W. & Hwang, G. J. (2012). *Technology and learning: Theory and practice* (4th ed.). Taipei, Taiwan: Psychological Publishing.]

\* 林世昌（2009）。**建構自然與生活科技教學的無所不在學習系統 以植物教學為例**（未出版之碩士論文）。亞洲大學資訊工程學系碩士在職專班，臺中市。

[Lin, S. C. (2009). *Building a ubiquitous learning system for the instruction of natural and life sciences- a case study of plant teaching*. (Unpublished master's thesis). Asia University, Taichung, Taiwan.]

\* 林渙耕（2018）。**利用行動裝置結合 QR code 進行行動學習的成效探討—以校園植物介紹為例**（未出版之碩士論文）。亞洲大學生物資訊與醫學工程學系碩士在職專班，臺中市。

[Lin, H. K. (2018). *A study on the effectiveness of mobile learning applying mobile devices combined with QR code-For the case in campus plants introduction* (Unpublished master's thesis). Asia University, Taichung, Taiwan.]

\* 高嘉凌（2006）。**行動學習輔具輔助國小學生以 PBL 在校園生態教材園進行水生生物學習之研究**（未出版之碩士論文）。臺北市立教育大學科學教育研究所，臺北市。

[Kao, C. L. (2006). *The study of using mobile learning device to assist elementary school students to study aquatics at campus' eco-education garden*. (Unpublished master's thesis). University of Taipei, Taipei, Taiwan.]

\* 張苑珍（2015）。運用擴增實境學習系統輔助大學生地方宗教民俗文化學習成效之探究。**數位學習科技期刊**，7（3），43-81。

[Chang, W. J. (2015). A study of college students' local folk religions' culture learning effect based on augmented reality learning system. *International Journal on Digital Learning Technology*, 7(3), 43-81.]

- \* 張苑珍（2017）。運用擴增實境學習系統支援大學生農村體驗學習之探究。國立臺灣科技大學人文社會學報，13（1），29-64。
- [Chang, W. J. (2017). A design of augmented reality learning system to support college students' rural experiential learning. *Journal of Liberal Arts and Social Sciences*, 13(1), 29-64.]
- \* 張雅綺（2013）。基於合作擬題策略之行動學習模式對學習成效的影響（未出版之碩士論文）。國立臺灣科技大學數位學習與教育研究所，臺北市。
- [Chang, Y. C. (2013). *Development of a collaborative mobile learning based on a problem-posing approach to improving students' learning outcome*. (Unpublished master's thesis). National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.]
- \* 張耀坤（2016）。行動學習融入國小自然科之教學評估以月相觀察單元為例（未出版之碩士論文）。醒吾科技大學資訊科技應用系碩士班，新北市。
- [Chang, Y. K. (2016). *Application for evaluation of mobile learning in science instruction A case study in moon phase*. (Unpublished master's thesis). Hsing Wu University, New Taipei City, Taiwan.]
- \* 陳漢宗（2019）。以APP進行主動學習對提升國小三年級學童認讀能力之研究（未出版之碩士論文）。國立屏東大學音樂學系，屏東市。
- [Chen, H. T. (2019). *An empirical study on the effect of active learning with Apps for third grade students' sight-reading skills* (Unpublished master's thesis). National Pingtung University, Pingtung, Taiwan.]
- \* 陳麒仁（2017）。結合同儕互評機制的行動學習環境對學生 HTML5 網頁程式設計之學習成就、動機與批判思考意向之影響（未出版之碩士論文）。國立臺灣科技大學數位學習與教育研究所，臺北市。
- [Chen, C. J. (2017). *Effects of intergrating peer assessment functionality into a HTML5 website building course's mobile learning environment on students' achievement, motivation, and critical thinking disposition*. (Unpublished master's thesis). National Taiwan University of Science and Technology, Taipei, Taiwan.]
- \* 馮慈苓（2005）。行動學習輔具應用於校園植物之學習研究（未出版之碩士論文）。臺北市立師範學院科學教育研究所，臺北市。
- [Fang, T. L. (2005). *A study on mobile learning device applied to the nature science class in elementary school*. (Unpublished master's thesis). University of Taipei, Taipei, Taiwan.]
- 黃政傑、林佩璇（1996）。合作學習。臺北市：五南。
- [Hwang, J. J., & Lin, P. H. (1996). *Cooperative learning*. Taipei, Taiwan: Wu-Nan.]
- 黃國禎、伍柏翰（2018）。行動科技輔助學習的發展。載於黃國禎、陳德懷主編，未來教室、行動與無所不在學習（再版）（頁 3-18）。臺北市：高等教育。
- [Hwang, G. J. & Wu, P. H. (2018). The development of mobile technologies-enhanced learning. In G. Y. Hwang & T. W. Chan (Eds.) *Future classroom, mobile and ubiquitous technologies-enhanced learning* (2nd ed.) (pp.3-18). Taipei, Taiwan: Higher Education Press.]



- 黃國禎、蘇俊銘、陳年興（2015）。**數位學習導論與實務**（第二版）。新北市：博碩文化。
- [Hwang, G. J., Su, J. M., & Chen, N. S. (2015). *E-learning: Introduction and practice* (2nd ed.). New Taipei City, Taiwan: DrMaster Press.]
- 廖遠光（2012）。後設分析及其在數位學習上的應用。載於**數位學習研究方法**（頁109-136）。臺北市：高等教育。
- [Liao, Y. K. (2012) Meta-analysis and its application on e-Learning. In Y. T. Sung (Ed.), *Research methodology for e-Learning* (pp. 109-136). Taipei, Taiwan: Higher Education Publishing.]
- 謝進昌（2014）。合作學習相關閱讀教學模式成效統合：後設分析結果間一致性探討。**教育與心理研究**，37（4），85-113。
- [Hsieh, J. C. (2014). A meta-analysis of the effect of cooperative model of reading: Does the Taiwan result falsify or verify previous findings? *Journal of Education & Psychology*, 37(4), 85-113.]
- Akahori, K., Kato, Y., Kato, S., Sudo, A., & Ohmori, M. (2005). Comparative study of learning effectiveness between a mobile learning tool and paper. In *Proceedings of the 2005 conference on Towards Sustainable and Scalable Educational Innovations Informed by the Learning Sciences: Sharing Good Practices of Research, Experimentation and Innovation* (pp. 601-604). Amsterdam, The Netherlands: IOS Press.
- Akhshabi, M., Khalatbari, J., & Akhshabi, M. (2011). An experiment on conducting mobile learning activities on the virtual university. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 28, 384-389.
- Bar-Haim, Y., Lamy, D., Pergamin, L., Bakermans-Kranenburg, M. J., van IJzendoorn, M. H. (2007). Threat-related attentional bias in anxious and nonanxious individuals: A meta-analytic study. *Psychological Bulletin*, 133(1), 1-24.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T., & Rothstein, H. R. (2009). *Introduction to meta-analysis*. Chichester, England: Wiley.
- \*Chang, C. S., Chen, T. S., & Hsu, W. H. (2011). The study on integrating WebQuest with mobile learning for environmental education. *Computers & Education*, 57(1), 1228-1239.
- Chen, C. H., & Yang, Y. C. (2019). Revisiting the effects of project-based learning on students' academic achievement: A meta-analysis investigating moderators. *Educational Research Review*, 26, 71-81.
- \*Chin, K. Y., Wang, C. S., & Chen, Y. L. (2019). Effects of an augmented reality-based mobile system on students' learning achievements and motivation for a liberal arts course. *Interactive Learning Environments*, 27(7), 927-941.
- Chu, H. C., Hwang, G. J., Tsai, C. C., & Tseng, J. C. R. (2010). A two-tier test approach to developing location-aware mobile learning systems for natural science course. *Computers & Education*, 55(4), 1618-1627.
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering research on learning from media. *Review of educational research*, 53(4), 445-459.

- Christman, E., Badgett, J., & Lucking, R. (1997). Progressive comparison of the effects of computer-assisted instruction on the academic achievement of secondary students. *Journal of Research on Computing in Education*, 29(4), 325-337.
- Chu, H. C., Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2010). A knowledge engineering approach to developing mindtools for context-aware ubiquitous learning. *Computers & Education*, 54(1), 289-297.
- \*Chuang Y. T. (2017). MEMIS: A mobile-supported English-medium instruction system. *Telematics and Informatics*, 34(2), 640-656.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin*, 112, 155-159.
- Crompton, H. (2013). A historical overview of mobile learning: Toward learner-centered education. In Z. L. Berge & L. Y. Muilenburg (Eds.), *Handbook of mobile learning* (pp. 3-14). Florence, KY: Routledge.
- Furtak, E. M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, D. C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching: a meta-analysis. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329.
- Gall, M. D., Borg, W. R., & Gall, J. P. (1996). *Educational research: An introduction* (6th ed.). White Plains, NY: Longman.
- Glass, G. V., McGaw, B., Smith, M. L. (1981). *Meta-analysis in social science research*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Higgins, J. P., Thompson, S. G., Deeks, J. J., & Altman, D. G. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *British Medical Journal*, 327(7414), 557-560.
- Hsu, C. K., Hwang, G. J., & Chang, C. K. (2010). Development of a reading material recommendation system based on a knowledge engineering approach. *Computers & Education*, 55(1), 76-83.
- \*Huang, Y. M., Lin, Y. T., & Cheng, S. C. (2010). Effectiveness of a mobile plant learning system in a science curriculum in Taiwanese elementary education. *Computers & Education*, 54(1), 47-58.
- Hwang, G. J. (2006). Criteria and strategies of ubiquitous learning. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing* (vol. 2, pp. 72-77). Washington, DC: IEEE Computer Society.
- Hwang, G. J., Wu, P. H., Zhuang, Y. Y., Kuo, W. L., & Huang, Y. M. (2010). An investigation on students' cognitive load and learning achievements for participating in a local culture mobile learning activity. *The 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education* (pp. 27-33). Los Alamitos, CA: IEEE Computer Society.
- \*Hwang, G. J., Wu, P. H., Zhuang, Y. Y., & Huang, Y. M. (2013). Effects of the inquiry-based mobile learning model on the cognitive load and learning achievement of students. *Interactive Learning Environments*, 21(4), 338-354.
- Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2011). Research trends in mobile and ubiquitous learning: A review of publications in selected journals from 2001 to 2010. *British Journal of Educational Technology*, 42(4), E65-E70.

- Keskin, N. O., & Metcalf, D. (2011). The current perspectives, theories and practices of mobile learning. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(2), 202-208.
- Klopfers, E., Squire, K., & Jenkins, H. (2002). Environmental detectives: PDAs as a window into a virtual simulated world. In *Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education* (pp. 95-98). IEEE.
- Lipsey, M., & Wilson, D. (2001). *Practical meta-analysis*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Liu, M., Zydney, R., Geurtz, R., Navarrete, C., Ko, Y., & Lim, M. (2014). A look at research on mobile learning in K-12 education from 2007 to the present. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(4), 325-372.
- \*Liu, P. L., & Chen, C. J. (2015). Learning English through actions: A study of mobile-assisted language learning. *Interactive Learning Environments*, 23 (2), 158-171.
- \*Lu, M. (2008). Effectiveness of vocabulary learning via mobile phone. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(6), 515-525.
- New Media Consortium. (2007). *The Horizon Report*. Stanford, CA: Author.
- Ochirbat, A., Lin, L. K., & Hwang, W. Y. (2014). The effects of using ubiquitous geometry on geometry learning. In *Proceedings of the 2014 7th International Conference on Ubi-Media Computing and Workshops* (pp. 47-52). Washington, DC: IEEE Computer Society.
- Piper, B., Zuilkowski, S. S., Kwayumba, D., & Strigel, C. (2016). Does technology improve reading outcomes? Comparing the effectiveness and cost-effectiveness of ICT interventions for early grade reading in Kenya. *International Journal of Educational Development*, 49, 204-214.
- Raudenbush, S. W. (1994). Random effects models. In H. Cooper & L. V. Hedges (Eds.), *The handbook of research synthesis* (pp. 301-321). New York, NY: Russell Sage Foundation.
- Rogers, Y., Price, S., Fitzpatrick, G., Fleck, R., Harris, E., Smith, H., & Thompson, M. (2004). Ambient wood: designing new forms of digital augmentation for learning outdoors. In *Proceedings of the 2004 conference on Interaction design and children: Building a community* (pp. 3-10). New York, NY: ACM.
- Rogers, Y., Price, S., Randell, C., Fraser, D. S., Weal, M., & Fitzpatrick, G. (2005). Ubi-learning integrates indoor and outdoor experiences. *Communications of the ACM*, 48(1), 55-59.
- Rothstein, H. R., Sutton, A. J., & Borenstein, M. (Eds.) (2005). *Publication bias in meta-analysis*. Chichester, England: John Wiley & Sons.
- Schmidt, F. L., Oh, I. S., & Hayes, T. L. (2009). Fixed- versus random-effects models in meta-analysis: Model properties and an empirical comparison of differences in results. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 62, 97-128.
- Sung, Y. T., Chang, K. E., & Liu, T. C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers & Education*, 94, 252-275.
- Sung, Y. T., Chang, K. E., & Yang, J. M. (2015). How effective are mobile devices for language learning? A meta-analysis. *Educational Research Review*, 16, 68-84.

- Tingir, S., Cavlazoglu, B., Caliskan, O., Koklu, O., & Intepe-Tingir, S. (2017). Effects of mobile devices on K-12 students' achievement: A meta-analysis. *Journal of Computer Assisted Learning, 33*(4), 355-369.
- \*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.
- \*Wu, T. T., & Huang, Y. M. (2017). A mobile game-based English vocabulary practice system based on portfolio analysis educational. *Educational Technology & Society, 20*(2), 265-277.
- Wu, W. H., Wu, Y. C. J., Chen, C. Y., Kao, H. Y., Lin, C. H., & Huang, S. H. (2012). Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis. *Computers & Education, 59*, 817-827.
- Zawacki-Richter, O., B acker, E. M., & Vogt, S. (2009). Review of distance education research (2000 to 2008): Analysis of research areas, methods, and authorship patterns. *International Review of Research in Open and Distance Learning, 10*(6), 21-45.
- Zydney, J. M., & Warner, Z. (2016). Mobile apps for science learning: Review of research. *Computers & Education, 94*, 1-17.