

數位學習應用於數學科教學之學習成效研究：

2011-2015 學位論文之後設分析

陳勇欣¹ 廖遠光² 劉遠楨³

¹ 國立臺北教育大學 課程與教學傳播科技研究所研究生

E-mail : gobby422@gmail.com

² 中國文化大學 師資培育中心教授

E-mail : yliao2009@gmail.com

³ 國立臺北教育大學 課程與教學傳播科技研究所教授

E-mail : liu@tea.ntue.edu.tw

摘要

本研究以後設分析法探討我國 2011-2015 年間以數位學習應用於數學科教學對學生學習成效影響為主題的學位論文。透過搜尋到 92 篇的相關研究，再去除效果量為極端值的 10 篇(outlier)，共收集到 82 篇論文是針對學生在認知層面上的學習成效進行分析。研究結果發現，82 篇之整體效果量為 0.2907，這顯示數位學習應用於數學科的教學成效顯著優於傳統教學，但效果量僅達到微量至中度的成效。此外，有四個調節變項（年級、數學領域主題、數位學習模式、教師使用之數位媒介）會顯著地影響學生的學習成效。

關鍵字：數位學習、數學、學習成效、後設分析

Abstract

A meta-analysis was performed to examine the effectiveness of integrating e-Learning into mathematics instruction on student's learning achievement. A total of 82 theses published between 2011 to 2015 in Taiwan was collected and analyzed.

The results show the overall Effect Size (ES) of the 82 theses is 0.2907, indicating that students learning achievement are significantly better when integrating e-Learning into mathematics instruction than traditional instruction. Moreover, 4 moderators (grade level, math topic, mode of e-Learning, and teachers make use for digital media) had significant impacts on overall ES.

Keywords : e-Learning, mathematics, learning outcome, meta analysis, achievement

壹、前言

科技的出現不僅對生活產生變化，連帶著教育型態也跟著改變。1990 年代才有網際網路的產生。e-Learning 在此基礎下成為新的學習模式。e-Learning 的定義有很多，如：黃國楨、蘇俊銘、陳年興（2012）認為 e-Learning 是「e 化的學習方式」也稱之為「數位學習」，簡單來說只要使用 e 化工具來進行教與學的教學方式，就是廣義的數位學習。美國教育訓練發展協會（American Society of Training and Education, ASTD）對於數位學習的解釋為電子化學習，也就是學習者應用「數位媒介」的學習過程。所謂的「數位媒介」就是傳統的媒體教材到現在的電子書、網際網路、電腦等等。

數位學習最大的特點就是學生擁有個別化的學習環境以及以自我為導向式的學習方式，並且增加更多的同儕互動，達到合作式學習增進學習的效能。科技帶來的衝擊，讓許多學者逐漸重視科技融入教學是否真的對學生有所助益。

國內資訊融入教學的相關研究以數學領域及自然領域佔大多數。以王珀芬（2009）與蘇國章（2012）的研究為例。王珀芬的研究範圍為 2001 年 8 月至 2008 年 12 月，結果顯示資訊科技融入數學領域之研究最多，在總數達 429 篇的研究（刪除未列出領域）中有 132 篇屬於數學領域，93 篇屬於自然領域。而蘇國章（2012）的研究範圍為 2002 年至 2011 年，在 454 篇研究中屬於數學與自然領域的各佔 131 篇。

因此本研究選擇以數學科作為研究主題，以國內發表於 2011 到 2015 年間的博碩士論文中應用「數位媒介」於數學科教學的實驗研究為本研究之範圍。

本研究以 Hedge 與 Olkin（1985）之後設分析方法進行資料分析與統整。具體而言，本研究之待答問題如下：

- 一、數位學習應用於數學科教學對學生學業成績之整體成效為何？
- 二、不同研究設計與實施方式（年級、數學領域主題、數位學習模式、教師使用之數位媒介）之數位學習相關研究，對於學生學業成就的整體成效是否具有調節效果？

貳、文獻探討

一、數位媒介的類型

數位媒介的發展影響著整個教學型態，以下將教師使用之數位媒介分成硬體與軟體兩大類。

（一）硬體：

現今數學科較為常見的硬體數位媒介，第一傳統媒體及單機電腦包含視覺、聽覺與動態媒體；第二網路電腦，就是電腦結合網際網路，能互動且所有軟體與資料都能互通有無的數位媒介，包含行動載具、電子白板與教育機器人等。

（二）軟體：

現今數學科較為常見的軟體數位媒介，有四大種類：虛擬教具、多媒體&多媒體系統、雲端系統&整合式學習系統(LMS)及動態幾何軟體。

二、數位學習模式

(一) 情境式學習模式

就數位學習時代來說情境式學習是藉由行動載具，搭配具無線網路功能的學習系統，以引導學生在真實環境進行學習。

(二) 網路學習模式

由於網路教學活動，已經不再侷限於同時、同地的教室現場，所以網路學習模式可分為三種（黃國楨等人，2012）。

1. 同步網路學習模式

2. 非同步網路學習模式

3. 整合式網路學習模式

(三) 行動與無所不在學習模式

對於行動學習與無所不在學習的定義學者間有見仁見智的看法，但其中兩個重點讓學者一致認同的就是「情境化」與「行動化」（黃國楨等人，2012）。

(四) 遊戲式學習模式

透過數位遊戲為平台進行學習，學習者在遊戲中透過解決問題、克服挑戰，使學習者在遊戲中獲得成就感。數位遊戲式學習應同時兼顧遊戲性與教育性，達到寓教於樂的目的（維基百科，2010）。

(五) Web 2.0 數位學習模式

Tim O'Reilly(2005)提出 Web 2.0 的概念為利用 web 網路平台，讓個別使用者能夠在網路上，重複、分享、引用、重新組合資料與服務。

(六) 互動與溝通學習模式

此模式於本研究定位為在課堂中穿插數位學習的教學活動，而形成的互動與溝通模式。

參、研究實施與設計

一、研究方法

本研究依據 Hedges 和 Olkin (1985) 的同質性檢定法 (homogeneity test) 進行資料的分析，來探討數位學習應用於數學科教學對學生學業成績之影響。

二、研究步驟

(一) 蒐集相關文獻與研究報告

研究者利用關鍵字「數學」、「學習成效」，並將年代設為 2011-2015，於臺灣博碩士論文資料庫中搜尋，共找到 4822 篇相關研究。

(二) 建立文獻選用的標準

本研究設立以下標準進行篩選：

- 1.主題必須是與數位學習應用於數學科教學的相關實徵研究。
- 2.研究結果必須提供足夠之數據，如：(1)實驗組及控制組之平均數、標準差及樣本數，或(2)F值或樣本數，或(3)T值或樣本數。

(三) 篩選可用之文獻

將收集到的文獻依照選用標準進行篩選後共有 92 篇符合選用標準。為了避免整體效果量受到研究極端值的影響，因此排除效果量高於平均效果量達三倍以上之研究，最終共 82 篇研究列入後續的分析。

(四) 選擇調節變項與發展登錄表格

本研究共設定四項調節變項進行分析，各變項之說明如下：

1.年級：

共分為幼兒園、國小低年級（一、二年級）、國小中年級（三、四年級）、國小高年級（五、六年級）、國中七、八、九年級、高中職、大專生、成人及其他共十一個學習階段。

2.數學領域主題：

分為數與量、代數、幾何、機率與統計、混合、其他共六個主題。

3. 數位學習模式：

分為情境式學習模式、同步網路學習模式、非同步網路學習模式、整合式網路學習模式、行動與無所不在學習模式、遊戲式學習模式、Web 2.0 數位學習模式、互動與溝通學習模式及混合共九項。

4. 教師使用之數位媒介：

分為硬體傳統媒體及單機電腦、行動載具、電子白板、其他、混合、未說明共六項；軟體為虛擬教具、多媒體及多媒體系統、雲端系統及整合式學習系統(LMS)、動態幾何軟體、混合、其他及未說明共七項。

(五) 資料編碼與登錄

將符合標準的 82 篇論文，經過閱讀及分析，將每一篇的內容依據設定之調節變項，編碼於登錄表格之中。

三、統計分析

(一) 計算效果量

為使不同的研究報告於不同測驗工具所得到之學習成效能放在相同的標準來檢驗。研究者必須採用標準化之公式即為 effect size(簡稱 ES)。本研究採用 Hedge 與 Olkin (1985) 公式進行 ES 值的計算。

(二) 同質性檢定

同質性檢定法 (homogeneity test) 的目的是為了檢驗收集到的研究所測得之 ES 值是否在相同的概念下，或是各研究之間所顯示的差異是源自於母群體的抽樣誤差。因此，若是同質性檢定的結果未達顯著即表示可直接將這些 ES 合併以求得整體 ES，並進行整體成效（即平均 ES）的顯著性考驗，與計算整體 ES

之 95%的信賴區間。

(三) 檢驗出版偏差

Fail-safe Number (nsf) 指的是計算出總共有多少未達顯著性、未出版或未尋獲的研究才會導致後設分析的結果從顯著變成不顯著 (廖遠光, 2012)。而 Tolerance level 指的是評估結果為不顯著的研究所發生的可能性。本研究經過公式計算得到 $nsf(.05) = 3134.1$ ，而 $Tolerance\ level (=5K+10) = 420$ ，因此本研究篩選出的研究文獻 $nsf(.05)$ 大於 Tolerance level，表示未達顯著性、未出版或未尋獲的研究的問題不會影響到本後設分析的結果。

肆、結果與討論

一、數位學習應用於數學科教學之整體學習成效

本研究在學習成效方面，92 篇的整體效果量為 +0.4192。但由於有 10 篇研究之效果量高於整體效果量三倍以上，包括楊世帆(2014)、洪百佑 (2011)、張書源 (2011)、林嘉惠 (2014)、簡晨卉 (2012)、蔡石偉 (2013)、宋昂庭 (2011)、洪翊平 (2012)、丁香尤 (2012) 及羅成婷 (2011)，因此依據 Hedges 和 Olkin (1985) 的標準，將它們列為極端值 (outlier) 而予以刪除。最後剩餘之研究共 82 篇，其整體效果量為 +0.2907。

從效果量計算公式得知：當效果量為正數時，表示實驗組優於控制組；若為負數時則表示控制組優於實驗組。本研究的整體效果量為 +0.2907。依據 Cohen(1969)的標準，這是達到低至中度的效果量。此外 95%信賴區間為 +0.2382 ~ +0.3433 (不包含 0)，顯示數位學習融入數學科教學之學習成效顯著優於控制組。(詳見表 4-1)。

表 4-1

學習成效整體效果量與同質性檢定

Effect Size		95% CI	
0.2907		0.2382 ~ 0.3433	
Heterogeneity		df	Prob(Chi-Square)
Q_T	166.5734	81	0.00000*

* $p < .05$

二、學習成效的同質性檢定與調節變項之分析

在同質性檢定的部分，經由 Q-Statistics 檢驗後 (詳見表 4-1)，同質性檢定達顯著性差異 ($Q_T = 166.5734$, $p < .05$)，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，因此有必要針對學習成效的各調節變項做進一步的檢驗。以下針對四個調節變項 (年級、數學領域主題、數位學習模式、數位媒介-硬體與軟體)，做分析及討論。

(一) 年級

本研究蒐集 2011-2015 年數位學習融入數學科教學的學位論文共 82 篇，將其分為 11 類，僅有幼稚園、國小、國中、高中職有蒐集到相關研究，其中僅有顏嘉佑（2012）一篇是針對幼稚園，故此類別無法進行分析，總計分析 81 篇研究。

年級的 Q_b 達到顯著差異 ($Q_b = 20.2899$, $p < .05$)，顯示不同年級對於數位學習應用於數學科教學的學習成效有顯著差異存在。

其次，從各組的 95%信賴區間顯示，國小中、高年級、國中七、八年級與高中職研究之平均效果量的 95%信賴區間皆為正數且不包含 0，平均效果量也為正數。顯示這些年級的學生應用數位學習的學習成效，顯著優於傳統教學。反之，低年級與九年級的研究，其平均效果量雖為正數，但是 95%信賴區間包含 0。顯示對這兩個年級的學生而言，數位學習融入數學科教學的成效與傳統教學相比，未達顯著差異（詳見表 4-2）。

表 4-2
調節變項「年級」檢驗結果

年級	k	g^+	95% CI
低年級	7	0.063	-0.166-0.293
中年級	10	0.364	0.134-0.593*
高年級	22	0.301	0.192-0.410*
七年級	10	0.181	0.026-0.337*
八年級	16	0.165	0.030-0.300*
九年級	5	0.176	-0.132-0.483
高中職	11	0.463	0.321-0.606*

註：k 是各組研究總數， g^+ 是加權平均效果量，95% CI 是加權平均效果量的 95%信賴區間。* $p < .05$

（二）數學領域主題

以教育部於九年一貫課綱的數學領域內容為主，分為「數與量」、「幾何」、「代數」、「統計與機率」四大主題，因九年一貫僅到國中小，所以將高中職課程設為第五類「其他」，第六類為「混合」，共分析 82 篇。

數學領域主題的 Q_b 達到顯著差異 ($Q_b = 14.3924$, $p < .05$)。顯示不同數學主題對於數位學習模式應用於數學科教學的學習成效有顯著差異存在。

其次，從各組的 95%信賴區間顯示，六項類別之平均效果量的 95%信賴區間皆為正數且不包含 0，平均效果量也為正數。顯示數位學習應用於不同數學主題的學生學習成效，顯著優於傳統教學（詳見表 4-3）。

表 4-3
調節變項「數學領域主題」檢驗結果

主題	k	g^+	95% CI
數與量	28	0.292	0.200-0.385*
幾何	26	0.221	0.120-0.321*
代數	10	0.292	0.123-0.461*

機率與統計	3	0.709	0.188-1.229*
其他	8	0.324	0.131-0.518*
混合	7	0.249	0.031-0.468*

註: k 是各組研究總數, g^+ 是加權平均效果量, 95% CI 是加權平均效果量的 95% 信賴區間。* $p < .05$

(三) 數位學習模式

本研究將數位學習模式分為八類, 並增加第九類「混合」。其中「同步網路學習模式」在本研究蒐集到的 82 篇中沒有此類別之研究, 以及「情境式學習模式」僅有郭珮君 (2014) 一篇, 故此兩類別無法進行分析, 總計分析 81 篇研究。

數位學習模式的 Q_b 達到顯著差異 ($Q_b = 24.4295$, $p < .05$)。顯示各種數位學習模式應用於數學科教學的學習成效有顯著差異存在。

其次, 從各組的 95% 信賴區間顯示, 七項類別中有五項類別研究之平均效果量的 95% 信賴區間皆為正數且不包含 0, 平均效果量也為正數。顯示對於學生的學習成效的提升, 顯著優於傳統教學。反之, 整合式網路學習模式及行動與無所不在學習模式的研究, 其平均效果量雖為正數, 但是 95% 信賴區間包含 0。顯示對於學生學習成效與傳統教學相比, 未達顯著差異 (詳見表 4-4)。

表 4-4

調節變項「數位學習模式」檢驗結果

數位學習模式	k	g^+	95% CI
非同步網路學習模式	4	0.488	0.009-0.967*
整合式網路學習模式	2	0.432	-1.563-2.426
行動與無所不在學習模式	4	0.326	-0.145-0.797
Web 2.0 數位學習模式	9	0.266	0.063-0.469*
遊戲式學習模式	4	0.675	0.354-0.995*
互動與溝通學習模式	52	0.232	0.161-0.299*
混合	6	0.479	0.249-0.709*

註: k 是各組研究總數, g^+ 是加權平均效果量, 95% CI 是加權平均效果量的 95% 信賴區間。* $p < .05$

(四) 教師使用之數位媒介

1. 硬體數位媒介:

本研究將教師使用之數位媒介的硬體分為七類。教師使用的硬體數位媒介的

Q_b 達到顯著差異 ($Q_b = 15.0583$, $p < .05$)。顯示各種硬體數位媒介應用於數學科教學對學生的學習成效有顯著差異存在。

其次，從各組的 95%信賴區間顯示，僅有兩類別之平均效果量的 95%信賴區間皆為正數且不包含 0，平均效果量也為正數。顯示對於學生的學習成效顯著優於傳統教學。反之，其餘六類別之平均效果量雖為正數，但是 95%信賴區間包含 0。顯示對於學生學習成效與傳統教學相比，未達顯著差異（詳見表 4-5）。

表 4-5

調節變項「硬體數位媒介」檢驗結果			
硬體	k	g^+	95% CI
傳統媒體 與單機電 腦	56	0.329	0.267-0.392*
互動式電 子白板	15	0.075	-0.067-0.216
行動載具	3	0.285	-0.468-1.039
混合	2	0.194	-1.651-2.039
其他	4	0.401	0.047-0.755*
未說明	2	0.537	-2.083-3.156

註：k 是各組研究總數， g^+ 是加權平均效果量，95% CI 是加權平均效果量的 95%信賴區間。* $p < .05$

2. 軟體數位媒介

在 82 篇研究中教師使用的軟體數位媒介中共分為四類別及混合、其他與未說明共七類別，僅有賴昱蓁（2011）一篇純使用虛擬教具，因此無法進行分析，總計分析 81 篇研究。但教師使用的軟體數位媒介的 Q_b 未達到顯著差異 ($Q_b = 6.9431$, $p > .05$)。顯示教師使用的軟體教學媒介對於應用於數學科教學的學習成效沒有顯著差異存在。

三、綜合討論

本研究發現所蒐集的 2011-2015 年 82 篇國內博碩士論文整體效果量為 +0.2907，這是達到低至中度的效果量。也就是說，數位學習應用於數學科教學上的學習成效是微量至中度地優於傳統教學。整體而言，數位學習應用於數學科教學對學生學習帶來較佳的學習成效。其中有四個變項具有調節效果，為了深入了解各個調節變項的作用，以下將逐項討論之。

（一）學習階段

學習階段在數位學習應用在數學科教學上整體達到顯著差異，表示不同學習階段的學生在數學科上使用數位學習較傳統教學更有助於學生對數學科的學習。從表 4-2 顯示，在國小一、二年級與國中九年級兩個學習階段是未達顯著差異，即是對於這兩個學習階段的學生而言，應用數位學習與傳統教學對學生在數學科

學習上的成效沒有差異。至於為何僅對這兩個學習階段的學生是沒有提升成效的原因還有待進一步研究。

（二）數學領域主題

當數位學習應用在不同的數學主題上與傳統教學相比是能提升學生對於數學科的學習成效，至於為何在每個數學主題上都有成效未來可做進一步的探討。

（三）數位學習模式

從研究結果發現，不同的數位學習模式在數學科教學上整體而言是有助於學生學習成效的提升，但在整合式網路學習模式與行動和無所不在學習模式上卻沒有提升學生對於數學科學習的成效，可能是所蒐集到的篇數較少或者還有其他的原因，這都是未來能夠在進一步探討的因素之一。

（四）教師使用之數位媒介

數位媒介分為軟體與硬體兩種，而在軟體數位媒介的應用上，整體而言對於學生在數學科學習成效沒有提升的效果。反而教師應用硬體數位媒介在數學科教學時對於學生學習整體成效有所提升。根據陳羿伶（2011）的研究結果顯示電子白板應用在數學領域較其他領域上更能提升學生的學習成效，而在本研究中應用電子白板作為數位媒介教學雖然只有 15 篇但依然仍是第二高，可是卻沒有提升學生在數學科的學習成效，至於是否有其他因素影響這個結果很值得做進一步探討。

伍、結論與未來展望

數位學習應用於數學科教學的研究數量龐大，本研究僅針對國內 2011-2015 年的 82 篇學位論文做分析。研究結果顯示整體效果量達到低至中度之效果，且數位學習的學習成效是顯著優於傳統教學。在調節變項的分析方面，發現對於不同學習階段的學生應用數位學習比傳統教學更能提升學生的學習成效，以及在不同的數學主題、數位學習模式、硬體數位媒介上整體效果皆達到顯著，也就是說本研究所探討的四個調節變項對於數位學習應用於數學科教學上皆能提升學生的學習成效。

未來本研究將擴大搜尋範圍，不限年代，並且會將數位媒介區分更為詳細，以便分析出更多的調節變項來了解數位學習應用於數學科教學時影響的因素有哪些，寄望能給予數學科教師在應用數位學習模式時有所助益，以及對於未來對其主題有興趣的研究者給予建議。

參考文獻

因頁數所限，僅列出部分參考文獻。

- 王珀芬（2010）。資訊科技融入教學對國中小學生學習成效影響之後設分析。未出版之博士論文，國立臺南大學教育經營與管理研究所博士班，臺南市。
- 李春雄（2013）。圖解數位學習－理論與實務。臺中市：滄海書局。

沈中偉（2008）。**科技與學習：理論與實務（第三版）**。臺北市：心理出版社。

黃國楨、蘇俊銘、陳年興（2012）。**數位學習導論與實務**。新北市：博碩文化。

教育部（2008）。**國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域**。臺北市：教育部。

陳羿伶（2011）。**互動式電子白板應用於國小教學對學生學習成效影響之後設分析**。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學教育學系在職進修碩士班，臺北市。

顏春煌（2012）。**數位學習觀念、方法、實務、設計與實作**。臺北市：基峯資訊。

蘇國章（2012）。**資訊科技運用於教學之教學研究趨勢與學習成效後設分析－以九年一貫課程實施後學位論文為例**。未出版之博士論文，國立臺南大學教育經營與管理研究所博士班，臺南市。

臺灣教育傳播暨科技學會（2009）。**教育科技理論與實務**。臺北市：學富文化。

