

# 應用擴增實境於數學教材之學習成效研究 ——以十以內數字加減法為例

許一珍

副教授

國立臺北教育大學數位科技設計學系（玩具與遊戲設計碩士班）

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

鄭竹君（通訊作者）

研究生

國立臺北教育大學數位科技設計學系（玩具與遊戲設計碩士班）

E-mail: albee1104343025@gmail.com

## 摘要

數學是人類不可或缺的能力，而對於數量關係的認知更是擁有數學能力前所需具備的基礎，本研究希望讓學童能樂於學習數學而不是害怕，因此探討將擴增實境融入於國小一年級的數學單元「加減法」的議題。本研究探討輔助教學擴增實境對於學習成效之影響，以國小一年級學童作為研究對象，以準實驗為研究方法，研究人數共 53 人，本實驗中傳統平面教材為對照組 27 人而圖卡搭配數位化教材為實驗組 26 人。兩種方式分別進行一樣的授課、教學節數與教學單元，以 Bloom 教育目標認知歷程層面評估學習成效差異性。依據學童的問卷填答採計獨立 t 檢定之結果，以深入了解其對擴增實境輔助教材學習成效之影響。施測結果顯示，使用擴增實境於數位教材對於學童之學習興趣有顯著相關，然而相較於傳統教學，擴增實境的數位教學未能提升學童的學習成效。根據研究結果與發現提出分析與具體建議，以提供學校、教師、產業界開發、兒童應用軟體銷售者及建議未來研究。

**關鍵字：**擴增實境、學習成效、Bloom 教育目標認知層面、輔助教學

# 壹、前言

## 一、研究背景

現今十二年國民基本教育課程綱要總綱之數學領域基本理念指出，「數學是一種語言，宜由自然語言的題材導入學習」（國家教育研究院，2015），數學的發展亦是融入生活中的自然語言，數學更是邏輯、抽象等思維的推手，為培養國家未來之棟樑，數學教育是不可或缺的。因此數學的學習方式，應是以自然生活可想像的方式帶入學習，而擴增實境便是將使用者虛擬於現實世界的一種科技展現。

人出生就將要有所發展，不斷地學習，國家實施的教育政策，總體目標即希望提升每位國民基本知能，促進教育機會均等，藉以引導多的適性升學或就業。在幼兒園教保活動課程暫行大綱（教育部，2016）中，指出幼童階段的數學學習指標內容為：「辨認生活環境中數字符號的意義」，從幼童生活情境中提出問題，選擇與幼童生活中熟悉的資源來獲取數學經驗，並從累積的經驗裡讓幼童建構出數的概念與思維的能力，例如能運用早上點心時間詢問幼童：「小佑，你能幫我數一數這個盤子裡有多少塊餅乾嗎？」運用生活中的問題作為引導。幼童的學習環境有來自於公立幼兒園、私立幼兒園亦或家庭自學，各個不同的學習環境，幼童的學習程度上亦會有所差別。因此本研究希望能減少國小一年級學童學習數學的差異，本研究在訂定教材時所選定之教育目標，為教育部所制定第一階段（國小一年級至二年級）的數學課程目標（教育部，2008），學童要能初步掌握數、量、形的概念，亦採用五大能力指標中的「數與量」其中一項，其指標內容為「N-1-02：能理解加、減法的意義」，以解決生活中的問題。選定此指標作為本研究教材設計之根基，且於教材中融入擴增實境技術，運用擴增實境中的圖像來輔助學童學習數量與數字加減法的概念，讓學童對於數量與數字的連結辨識更為快速，方能對於未來的數學學習更有幫助。

數學的學習起始來自於數字符號與表徵，例如幼童開始認知數量、阿拉伯數字與大小，而數字符號的學習過程，是幼童時期所建立的具體數量概念轉換成以象徵性數字符號來表示的過程。例如幼童在學習數字符號前，會先使用具體圖像或物品●●●來代表「三個」的數量，在學習數字系統後，才開始使用「3」來代表「三個」。能夠運用抽象的數字符號來表徵所代表的數量，是幼童學習基礎算數的重要能力之一，而幼童能否輕易建立符號與數量之間的連結，對於未來更高階與更複雜的數學理解和計算是具有相當影響的（Butterworth, 1997）。因此有6歲以上孩童在數量概念上表現不精熟，王靜秀（2013）建議可早些採取不同的方式介入，加強孩童在數量概念與數字系統之間的連結，如此一來將會有利於日後在數學上的學習。

因此於本研究中針對國小一年級數學「總數十以內加減法」單元下，研發一款使學童學習數學數量、數字符號、基本加減法之手機應用程式，搭配童趣式圖卡設計且應用擴增實境技術呈現 3D 影像，讓學習數字與數量的連結更加簡易與增添學習樂趣，促使學童學習次數提升，藉由評量工具評估此輔助教材是否進而增長學童在數學方面的學習成效。本研究宗旨期盼能成功影響學童在學習數學時的樂趣並從中探索數字間的奧妙，藉以提供未來數學教材設計研究之貢獻。

## 二、研究目的與問題

本研究以國小一年級學童為研究對象，以總數十以內的加減單元為實驗主題，將基本加減法融入擴增實境技術，用圖像式學習策略來輔助學習此單元，在傳統的教學與擴增實境的數位化教材進行實驗對比，比較兩者之間的學習成效差異。本研究具體研究目的如下：

探討國小一年級學童使用傳統式卡牌以及傳統卡牌搭配擴增實境數位化教材之學習成效差異性。

根據本研究之研究背景與動機，本研究的研究問題如下：

探討國小一年級學童使用傳統式卡牌以及傳統卡牌搭配與擴增實境數位化教材之學習成效差異性為何？

## 三、研究範圍與限制

為了能了解擴增實境融入於國小一年級數學單元之學習成效之發展，故此章節提出研究主題之國小數學領域單元範圍，以及因應行動裝置發展，提出相關研究工具限制與使用注意事項。

### （一）教材主題範圍

以國小一年級數學單元之數量、數字符號及數字加減法學習為研究實驗主題，範圍限制符合教育部課綱所訂定學習目標為加總範圍為總數十以內的加減法，並將此單元的教學主題搭配擴增實境技術，以圖像式學習策略作為此數學單元數位輔助教材。

### （二）實驗設備範圍

隨著行動裝置硬體的發展，手機應用裝置與軟體的使用性極為普及，且其功能與效能日益強大、穩定，因此本研究中採用 Android 手機與平板電腦作為教材創作上的硬體設備。Android 所開發的數位化應用發布平台 Google Play 有一定的程式下載量，符合本研究之開發平台需求。而擴增實境應用上分為四種類型，分別有辨識卡牌擴增實境、實體物擴增實境、空間式擴增實境、遠距式擴增實境，本研究採用辨識卡牌擴增實境類型。擴增實境圖像辨識教學圖卡，可能因為角

度、距離遠近、光線明暗關係影響而辨識失敗或錯誤，因此在使用時需調整至適合角度、距離以及適當的光線下使用。

## 貳、文獻探討

### 一、數字與數量學習

幼童對數量的認知是逐漸形成的，在認知學習的過程中，大腦會對其數量進行編碼，當日後遇見數字符號時，大腦需要進行判斷，連繫數字符號與數量之間的關係。學齡前的幼童對於具體數量概念的處理已達到精熟的狀態，但對於數字符號與具體數量之間的連結還不是很熟悉（Gebuis et al., 2009）。而後學童進入國小階段，此階段學校教育會開始教導學童學習，並思考如何將具體數量概念使用數字表徵符號表達，而且數字表徵符號與具體數量之間的連結將會是未來學習數學的基礎能力。Girelli, Lucangeli & Butterworth (2000) 也藉由數值上的比較跟物理大小的比較，進一步去瞭解學童在數字表徵符號發展上的變化。

Gebuis 等人 (2009) 的研究結果顯示約 5 歲多的孩童對於具體數量的概念已建立完成，但對於數字的處理尚不精熟，雖然孩童在具體數量上的處理已達精熟，但其實驗設計僅讓孩童對於數量上的判斷只需概算即可，無法明確地反應出孩童對於具體數量的處理是否確實熟悉。再者，根據 Aster 等人 (2007) 所建立的數量認知概念模型得知，數量的認知發展是由具體到抽象逐漸發展而成的，而 6 歲的孩童剛好介於這兩個發展階段中間。孩童在數字符號上的表現尚未達到熟練狀態，並不表示孩童的數量概念不好，可能是因為數字符號與數量意義之間的轉換不夠純熟。能夠運用抽象的數學符號來表徵背後所代表的量，是孩童開始學習基礎算數的重要能力之一，而孩童能夠建立數字符號與數量之間的連結，對於未來數學理解及計算是相當重要的能力（Butterworth, 1997）。所以說數字表徵的建立及其意義的學習都是相當重要的，因此探討數字符號與其意義的連繫將是重要的議題。

本研究所建置的數學數位教材，也將數字表徵與具體數量之間的連繫是為學童需學習與練習連繫的重要課題，提供學童可以利用傳統卡牌練習，跟同學一起以遊戲方式練習，更可以採用有擴增實境的應用程式搭配傳統卡牌去練習數字與數量的連繫，以及練習簡易加減法算數，以提升學童的基礎數學成效。

### 二、擴增實境

擴增實境 (Augmented reality, AR) 是一種新的資訊科技，跳脫出傳統顯像方式，結合虛擬化技術來觀察與體驗世界的方式，這種技術的目標是在螢幕上把虛擬世界套在現實世界並進行互動，例如日前當紅的行動平台擴增實境遊戲「精

靈寶可夢 GO」(Niantic, 2016)，玩家可以在行動裝置上，經由相機鏡頭看到真實環境與遊戲中的虛擬精靈寶可夢以及相關遊戲介面。而根據 Azuma (1997) 指出，一個完整的擴增實境環境必須具備三種元素：「在同一介面空間結合虛擬和真實物件」、「立即性的互動」與「虛擬物件是在真實的三維空間中被登入、且和使用者互動」。擴增實境是一種虛擬實境的延伸，將虛擬物件與現實的場景做結合，使 3D 物件作即時性的互動技術。本研究中的擴增實境為辨識數字及符號後，出現加減後的結果，並用圖像式 3D 物件呈現，以供學童進行觀察。

擴增實境逐漸與人類的現實生活融合，為現今之娛樂事業、商業廣告、創意簡報與數位學習等，加入創新的元素，跳脫原本的互動模式。根據 Milgram 和 Kishino (1994) 提出的現實—虛擬連續統 (Milgram's Reality-Virtuality Continuum)。他們將真實環境和虛擬環境分別作為連續統的兩端，位於它們中間則被稱為混合實境 (Mixed Reality)。其中靠近真實環境的是擴增實境，靠近虛擬環境的則是擴增虛境 (Augmented Virtuality, AV)，如圖 1。

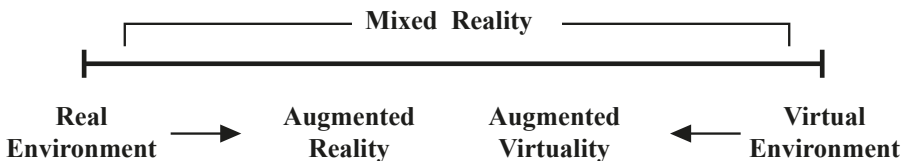


圖 1. 虛實結合的混合實境圖 (資料來源：Milgram & Kishino, 1994)

擴增實境相較於完全由電腦所生成的 3D 虛擬環境，除了具備虛擬實境原先其有的沉浸、互動與想像的特性，還強調了使用者與真實環境的即時互動，以增進與真實世界的聯結經驗。Billinghurst 和 Duenser (2012) 提出擴增實境應用於教育中所顯現出的特性：(1) 無縫式的互動 (Seamless Interaction)：使學習者進行數位學習的同時，促成自然的面對面、遠程協作和共享的學習經驗。(2) 有形介面的象徵 (Tangible Interface Metaphor)：在有形的介面中，提供直覺式的操作，與數位內容進行互動。(3) 虛實過渡的介面 (Transitional Interfaces)：呈現真實和虛擬物體之間的關鍵，能夠形成更有效的示範。

本研究採用辨識卡牌擴增實境，辨識卡牌擴增實境主要是透過圖形卡的辨識，在卡片的位置上疊加預設的圖形、聲音或視頻，並使用卡片與虛擬物體進行互動，當前大多數卡牌辨識擴增實境運用於教育方面多為科普教育。例如瑞典學者 Davidsson、Johansson 與 Lindwall (2012) 透過筆記型電腦顯示器，以 SCeTGo 微縮模型展示不同物理主題，包含有熱量變化時的分子移動變化與虛擬溫度顯示、微型飛機物理提升力的虛擬資訊等。還有一款名為「CoShaper」(許一珍等人, 2016) 的學習應用程式，是為針對幼童結合形狀及顏色之擴增實境數位學習，如圖 2。

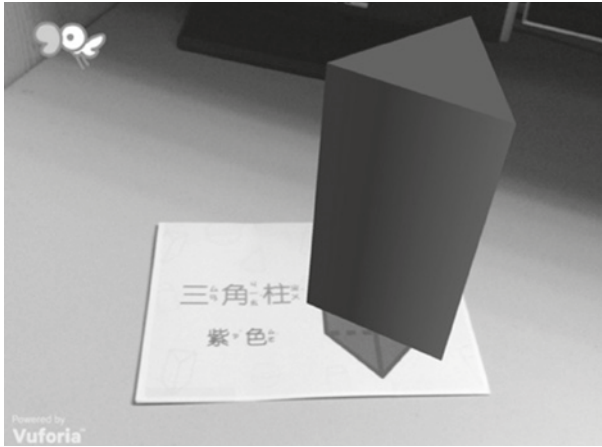


圖 2 「CoShaper」的學習應用程式（資料來源：許一珍等人，2016）

虛擬技術在教育上的使用，較廣為人知的是應用虛擬實境的情境式學習，而將此技術與現實結合的擴增實境技術，則是屬於虛擬實境技術的一種延伸，比起完全由電腦生成的虛擬實境，是相對容易在一般學習環境中實施的技術，近年來在國外已有許多應用，尤其在科學教育上應用最廣。而本研究應用在學童的數字與數量對應，以及簡易加減法的數數，正是發揮結合現實圖案與電腦生成的虛擬實境最大效用，讓學童可以清楚看到現實中數字表徵所對應到的虛擬數量圖形，促進學童在數字表徵與數量之間的連繫學習。

### 三、電腦輔助教學

本實驗透過擴增實境技術搭配圖卡的設計，讓學童使用手機應用程式認識數字符號與學習數學基本加減法，由國小一年級數學課程指標及教材中的 10 以內基本加減法為內容設計基礎，使用擴增實境技術來延伸與融入教材，使學童得以於此資訊科技中習得知識，並使教學內容更便利與快速傳遞，且提升教師與學童之間的互動與學習效率。

#### （一）電腦輔助教學的意義

以教師角度來使用電腦輔助教學一詞，教師將資訊科技作為教學上的輔助工具，輔助教師的教學與品質，以學童的角度而言，電腦輔助教學應當讓學童於輔助教學中自己建構出知識，使學習更有效率且操作較為容易簡單。如要將資訊科技融入於教學中，還需要龐大的工程來完成，不僅只是設備上的建設，對於教師與學生都需時間學習與適應，因此本研究考量教學環境與設備不足的因素，使用目前能實際實施的方式於教學中，使數學擴增實境成為一項電腦輔助教學的工具（陳育萱，2008）。

## （二）資訊科技在教學中的角色

我們擁有了數位化的數學學習教材後，而此輔助教材於教學中所扮演的角色是位於哪個等級呢？根據 Wang 與 Li（2000）的研究觀點，資訊科技應用在教學中的角色可分為五個等級，分別從等級 0 到等級 4：

1. 無（等級 0）：在教學中無用到任何資訊科技，亦代表資訊科技於教學中無扮演任何角色。
2. 分離（等級 1）：在教學中教導學童如何使用資訊科技，但資訊科技與其他課程連結性低。
3. 補充（等級 2）：教師與學生偶爾會使用資訊科技來教學與學習，在原本的課程中資訊科技成為輔助的角色。
4. 支援（等級 3）：大部份的時間都需運用到資訊科技，資訊科技在使用上成為支援的角色。
5. 整合（等級 4）：在大部份教學與學習活動裡，資訊科技成為了不可或缺的角色，且自然地運用於教材中，不僅只是學會電腦知識與技能，更是能從中探討如何運用資訊科技解決生活中或學習上的問題。

以上所提及的五大項目，與本研究符合等級 2 的補充，將抽象化的教材轉成視覺化的教材，因學校無法提供環境設備上的資源，因此本研究中運用圖像學習抽象的數字符號概念，能呈現的 3D 圖像讓教師的教材更為便利，立即互動的特點引起學習動機，也能成為學生自學的教材。

## 四、Bloom 學習成效

本實驗探討融入擴增實境之數學教材，是否能提升學習成效，研究設計與問卷採用 Bloom 思考模式，Bloom 乃 Anderson 等人（2001）在 1960 年提出認知領域（Cognitive Domain）的教育目標分類表，由簡單至困難，具體到抽象，依序有六個層次分別為知識（Knowledge）、理解（Comprehension）、應用（Application）、分析（Analysis）、綜合（Synthesis）與評鑑（Evaluation）為研究工具。

### （一）認知歷程向度定義

Bloom 六個層次思考模式受到廣泛的引用如圖 3，考量到影響教學的更廣泛因素，於 2001 年訂定出修訂版，其定義如下：

1. 記憶：從記憶中取出適合的資訊。
2. 理解：從教育素材或經驗中找出涵義。

3. 應用：依程序進行。
4. 分析：將一個概念拆解成許多部份，並說明各部份與整體的關係。
5. 評鑑：根據一定的原則含標準判定。
6. 創造：組合片段以產生新的事物，或找出一個新結構的組成要素。

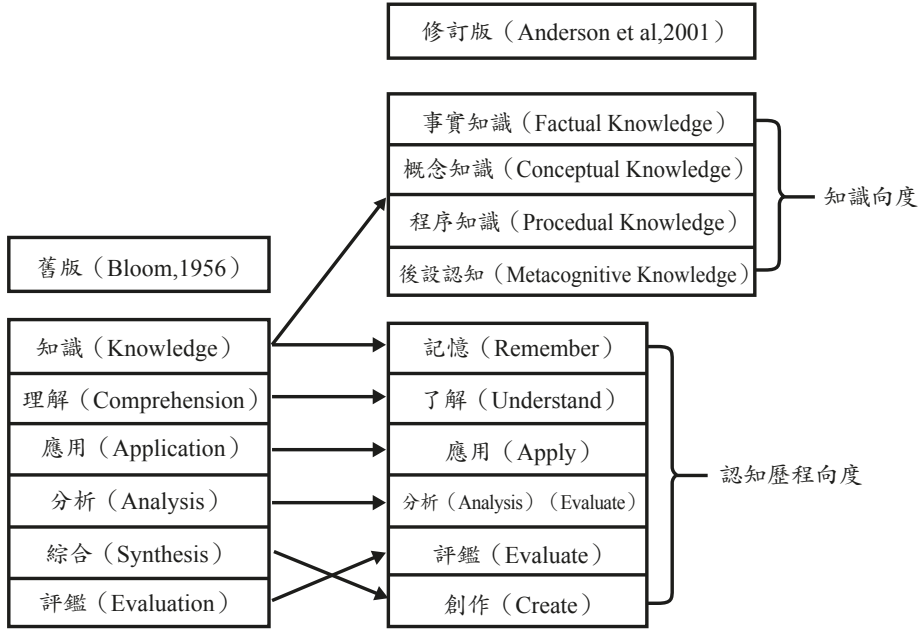


圖 3 Bloom 教育目標分類系統新舊版本對照圖 (翻譯自 Anderson et al., (2001), p268.)

在認知歷程向度部份，修訂版本的較低層次記憶 (Remember)、了解 (Understand)、應用 (Apply)、分析 (Analyze)，較高層次的評鑑 (Evaluate)、創作 (Create)，其中記憶和學習保留具密切關聯，而另外五種與學習遷移有關。修訂版有別於舊版本的差別是，階層關係轉變為「漸增複雜性階層」 (increasing complexity hierarchy)，舊版的概念則是前一類別是下一個類別的基礎，而修訂版的概念為類別的層次顯示出其複雜性漸層 (Krathwohl, 2002)。

在認知歷程向度分類規則中，針對認知歷程向度所提出之六個層次提出解釋與說明，記憶為認識、書寫、念、確定、複習；了解為點數、轉化、讀出、做記號、理解、比較、觀察；應用為分與合、合起來的解決、心算練習、畫圈、複製、紀錄、畫出、使用、組合、購買、測量、完成；分析為察覺、發現；評鑑為進行判斷；創造為設計與建立 (鐘榆翎, 2008)。為要確認是否達成預定目標，教師可在確認教學目標與相關的課程設計後，依據 Bloom 認知領域教育目標分類修訂版之理論架構，逐一分析所安排的教育目標、教學活動的實質意義是否達成。

於本研究中，認知歷程向度中的記憶、了解、應用這三個層次較為適合本次



加減法教學內容中符合教學目標的項目，並依此三層次認知歷程向度設計本實驗問卷題項：記憶使用簡答題或是填充題測量所記得學習的程度；了解則是經由讀圖能力測驗其了解程度；應用則是測驗學生能否從不固定答案的題目解決問題。本研究以這三項作為學習成效測驗內容之依據。

而分析、評鑑、創作後三個層次向度，分別為：分析為能否從現有的資訊片段中，找出其綱要、表格等，亦或是能否從情境中找出證據去證實其說法；評鑑為根據給予的規準或標準作判斷，且自我能根據規準或標準去判斷是否為達成目標的最好方法；創作為重視個人的原創性，是否能從自己所學中去思考與創作，且作品須符合完整具功能的整體作品結果。後三個層次於目前學習目標與教材中尚未包含，因此未加入本研究中的學習成效評量項目。

## 參、研究方法

本研究所擬定之學習成效問卷設計，除採用 Bloom 思考模式前三個層次外，亦採用樂嘉文（2015）所引用 ARCS 學習動機模式而設計之學習樂趣量表進行學習樂趣的量化分析。本實驗的施測對象為國小一年級學童，實驗所實施之教學方法與 App 設計皆採用 ARCS 學習動機模式（Keller, 1987）作為教學方式與應用程式設計的設計架構，ARCS 分別為引起動機（Attention）、切身相關（Relevance）、自信心（Confidence）、滿足感（Satisfaction）。本節針對研究方法與架構、實驗流程研究、研究對象、問卷設計、教學方式與 App（MathFruit）設計做詳細說明。

### 一、研究方法

本研究以自創「Math Fruit」作為學童學習之教材，藉以學習數學基本加減法之運用。而研究方法為準實驗法，並採用獨立樣本 t 檢定執行 SPSS 22.0.0 數據分析。

### 二、研究架構

本實驗受測對象方便取樣木柵國小的一年級學童，抽樣兩個班級進行施測，一個班級為實驗組，另一個班級為對照組，實驗時間搭配該校授課單元需求。實驗變項之自變項為有擴增實境數學教材與無擴增實境數學教材，依變項為學習成效，其中控制變項為時間、教材、教師教學方式（如圖 4），兩個班級皆由研究團隊進行授課。

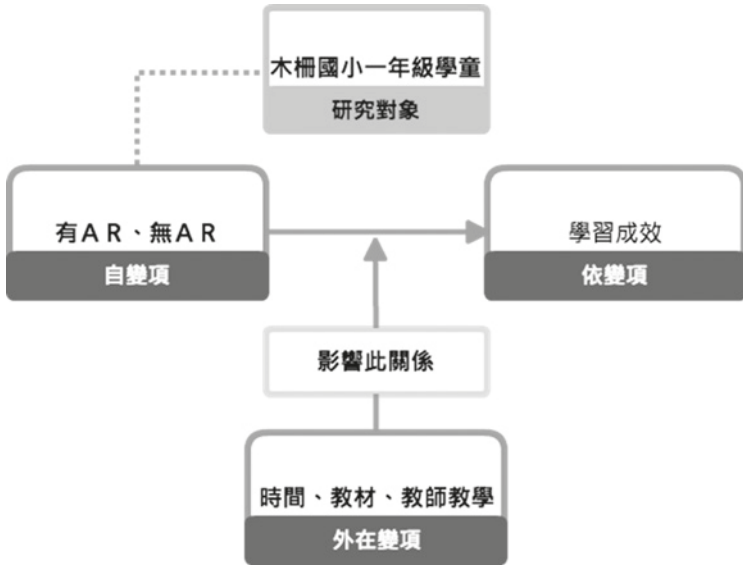


圖 4 研究變項架構

### 三、實驗流程

研究中兩組之實驗流程如圖 5，實驗組與對照組的施測課堂數、施測單元、施測時間皆相同，而施測時間分別為問卷前測約 15 分鐘、實際教學約 20 分鐘與問卷後測時間 10 分鐘，總施測時間各約為 45 分鐘。

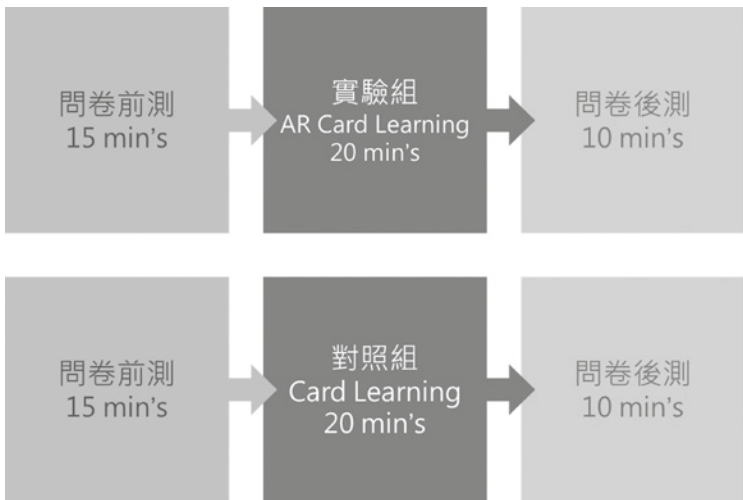


圖 5 實驗流程圖

#### 四、研究對象

本研究以木柵國小一年級兩班學童為受測對象，針對兩個班級共 53 人進行施測，男生共 23 人，女生共 30 人，傳統紙卡為對照組共 27 人，性別分別為男性 15 人女性 12 人（圖 6）；擴增實境為實驗組共 26 人，性別分別為男性 11 人女性 15 人（圖 7），其施測課堂數、施測單元、施測時間皆相同。

對照組(傳統卡牌)

■ Gril:12 ■ Boy:15

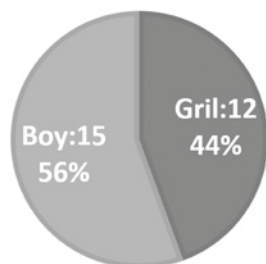


圖 6 對照組人數分布

實驗組(擴增實境)

■ Gril:15 ■ Boy:11

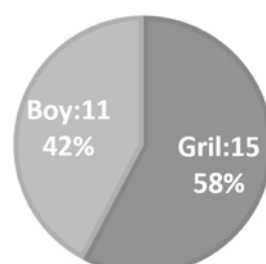


圖 7 實驗組人數分布

#### 五、研究工具

本研究參考樂嘉文（2015）所引用之 ARCS 學習動機模式問卷作為本研究學習樂趣量表，而學習成效量表則是依據 Anderson 等人（2001）所修訂 Bloom 的教育目標之認知層面類別（記憶、了解、應用、分析、評鑑、創造）做為命題的雙向細目表，而雙向細目表的評量架構主要依據教學進度與教學目標之記憶、了解、應用三個向度進行題目設計。改良後問卷之 Cronbach's alpha 檢測量表的信度，其信度在 0.81~0.96 之間，作為本研究之學習成效測量工具。

#### 六、問卷設計

本實驗所探討的學習成效學習單之文字說明如表 1，共 9 題填充題，填充題內容又分為基本數量之數字符號填答以及加減法填答，分別了解學習者對於數量相對應數字符號的能力、數學基本加減法的運算能力，而學習成效於本研究的實際問項舉例如圖 8。

表 1 學習成效之學習單設計說明

學習單主題	設計說明
數字符號	利用數量的圖片方式讓學習者填答，能了解學童是否能計算數量，並以數字符號呈現答案。
基本運算能力	透過以數量圖片寫出相對應數字後，寫出基本加減法運算的答案，藉以測試學童的基本加減法運算能力。

學習成效學習單之實際題目舉例如下圖 8：

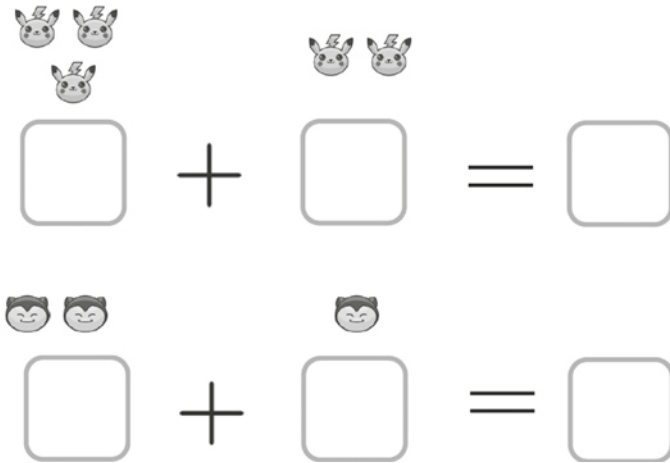


圖 8 學習成效學習單設計範例

## 七、教學方法與 App 機制設計

本系統的設計採用了 ARCS 動機模式 (Keller, 1983) 作為教學方式與應用程式的設計架構。ARCS 四個面向中的主類別都包含了次類別，次類別各為三種激發動機的策略，分別為「引起動機：喚起知覺、喚起探究、多樣性」、「切身相關：熟悉性、目標導向、配合學生動機」、「建立信心：對成功的期望、挑戰的情節、歸因的塑造」、「獲得滿足：自然的結果、正面的結果、維持公正」四個階段 (葉永森, 2015)。

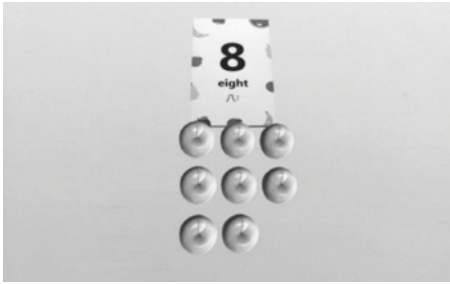

上述四階段亦為本研究所建置的數學 1-10 加與減塊增實境與卡牌教材之教學流程。首先，第一階段的引起動機要素為喚起知覺、喚起探究、多樣性。教學設計有透過擴增實境與卡牌互動的方式引起學童的注意力，算一算的功能引起探究的心理，卡牌上及應用程式提供了多元的學習來源 (如表 2)。

表 2 引起注意之教學方式與 App 機制

A 引起注意 (Attention)		
教學方法	App 機制	App 畫面
喚起知覺	以擴增實境技術引起學童的注意。	提供孩童的卡牌可顯示 3D 的數量圖像，引起視覺上的刺激。
喚起探究	以解題的方式激發起學童的好奇心。	應用程式擁有兩個主選單，其一的主選單為算一算，學童可以進行數學基本加減法的解題。
多樣性	以卡牌與擴增實境呈現的多樣性，維持學童的學習動機。	不同卡牌的替換，會呈現出不同的結果，學童能隨著自己的興趣進行探究。

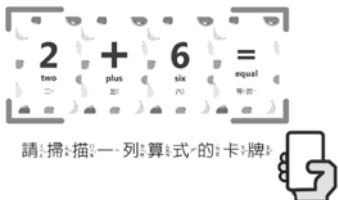


第二階段為切身相關：熟悉性、目標導向、配合學生動機。教學應用程式中圖案的設計是讓學習與生活產生連結，透過與生活相關的事物學習，因此數量的呈現以蘋果為例，讓學童感受學習計算在生活週遭的應用是如此密切。並透過主畫面選項「說明」解釋應用程式之學習目標，讓學童不僅能了解學習目標，熟悉應用程式的使用方式，隨心所欲自由操作，並可進行數字變化奧秘的探索（如表 3）。

表 3 切身相關之教學方式與 App 機制

R 切身相關 (Relevance)			
	教學方法	App 機制	App 畫面
熟悉性	用生活週遭事物舉例說明。	以日常生活中的常見水果蘋果做計算時的連結。	
目標導向	透過文字說明目標。	使用主畫面中的字典進行說明學習目標。	<p>學習目標：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 能聽、說、讀、寫數字 0-10。</li> <li>2. 算出十以內的加、減法。</li> </ol>
配合學生的動機	讓學童在同儕學習時有自我訓練的表現機會。	學童自行操作應用程式進行學習。	

第三階段則是建立信心階段，自信心建立又包含了對成功的期望、挑戰的情境、歸因的塑造。教學方式中包含了要讓學童先學會如何操作卡牌與手機擴增實境應用程式，接著讓學童了解要成功完成目標時所需具備的條件，使學童對自己能保持期望，並相信學習是操之在己的挑戰。應用程式也會給予學習的回饋，例如顯示再次挑戰或者選擇查看計算過程，讓學童對於學習不會感到過於困難而影響自信心（如表 4）。

表 4 建立信心之教學方式與 App 機制

C 建立信心 (Confidence)			
	教學方法	App 機制	App 畫面
對成功的期望	使用操作流程與說明。	主畫面中的說明小字典將會說明如何操作。	
挑戰的情境	學童進行應用程式的操作。	學童透過卡片與應用程式進行 App 中算一算功能。	
歸因的塑造	給予解題結果的回饋。	主畫面中的算一算解題結束時，如果解題錯誤則可以選擇再次挑戰或是查看結果。	

最後，第四階段獲得滿足感有自然的結果、正面的結果、維持公正。在教學方式上提供學習者應用新學會的技能，在應用程式算一算的題目設計中，導入生活經驗裡的基本加減法應用。如此可讓學童感受所學習到的新技能實際應用的場合，並在學童計算完每一題題目時，提供讚美以鼓勵學習者。且教學者考量到考題之公正性，讓考題隨機改變，激發學習者有「一分耕耘，一分收穫」的正向積極心態（田耐青，2016）（如表 5）。

表 5 獲得滿足之教學方式與 App 機制

S 獲得滿足 (Satisfaction)		
教學方法	App 機制	App 畫面
自然的結果	進行解題的任務 透過主選單中的算一算與 AR 的功能選擇。	
正面的結果	當答題正確時，出現讚美的文字。	
維持公正	了解題目不重複，解題時並不能背誦答案。	題目是隨機抽題的，無法背誦答案，需有真正的理解。
		

## 八、MathFruit

MathFruit 是一款以圖像學習數學加減法的手機應用程式，運用 Unity、3Ds Max 及 Vuforia 所建置製作。MathFruit 有兩個主要功能，第一個功能為搭配卡牌學習 0~10 的數字與數量的對應，不僅只有數字的學習，也有數字之英文及注音的學習內容；第二個功能為搭配加、減、等於的符號卡牌，利用擴增實境讓學童能自我探索加與減之間的變化，學習 1-10 在數字與數量上的加減法。



### (一) 卡牌設計

以童趣風格為設計主題，每張數字圖卡正面中央為數字學習內容（如圖 9-11），主題採用深顏色及粗體字，其內容包含數字符號、英文、中文與注音，使教學資訊更為豐富多元；而每張數字卡牌的後方則有相對應正面數字的蘋果數量圖案（如圖 12-14），如卡牌 3 的背面即設置 3 顆數量的蘋果圖案。符號卡牌僅有正面的設計（如圖 15-17），如同數字卡牌具有簡易加減符號的表徵、英文、中文與注音，讓學童藉由卡牌認識數學簡易加減符號。整體卡牌的設計用意為讓學童可以學習數字、英文或中文符號，亦可作為平常練習及測驗的學習用具。



圖 9

卡牌正面 - 數字 1



圖 10

卡牌正面 - 數字 3



圖 11

卡牌正面 - 數字 6

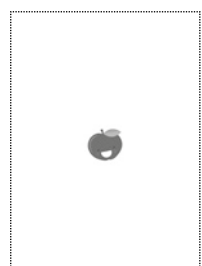


圖 12

卡牌反面 - 數字 1

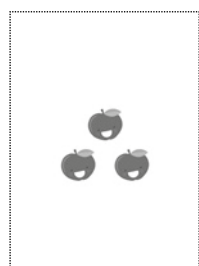


圖 13

卡牌反面 - 數字 3

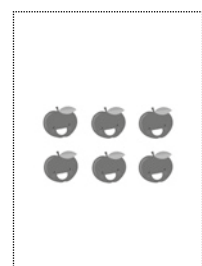


圖 14

卡牌反面 - 數字 6



圖 15

卡牌正面 - 符號加



圖 16

卡牌正面 - 符號減



圖 17

卡牌正面 - 符號等於

### (二) 卡牌使用方式

本研究所設計的整套卡牌，除可以搭配手機擴增實境應用程式之使用，卡牌卡可以單張學習，還能組合後進行基本加減法運算。如圖 18 即為卡牌正面組合之範例，數字卡牌皆能隨時抽換，當數字運算錯誤時或是不確定時，學童還能翻到數量（意指背面蘋果圖案面）面進行數量數數（如圖 19），構成學習循序漸進方式的練習。



圖 18 卡牌組成之基本運算「數字加法」



圖 19 卡牌組成之基本運算「數量加法」

若是學童利用單純卡牌在學習數字或是簡易數數時，對於數字符號認知不清晰而想要看蘋果的數量時，需翻到卡牌的背面觀看蘋果的數量，如此一來，便無法同時觀看到數字的符號與蘋果的數量，無法同時進行數字與數量的認知鏈結，因此本研究設計了擴增實境的手機應用程式。當卡牌搭配手機擴增實境應用程式使用時，同樣是卡牌組合後進行基本加減法運算，利用卡牌正面數字符號進行加減練習，手機會偵測卡牌而出現卡牌正面的數字與擴增實境的蘋果數量畫面，並顯示正確的數量解答（如圖 20）。如此一來，學童可以同時看到數字符號與蘋果數量，不僅可以加強數字與數量的認知鏈結，在學習簡易加減法，學習初期還可以藉由數蘋果的數量理解簡易加減的運算。

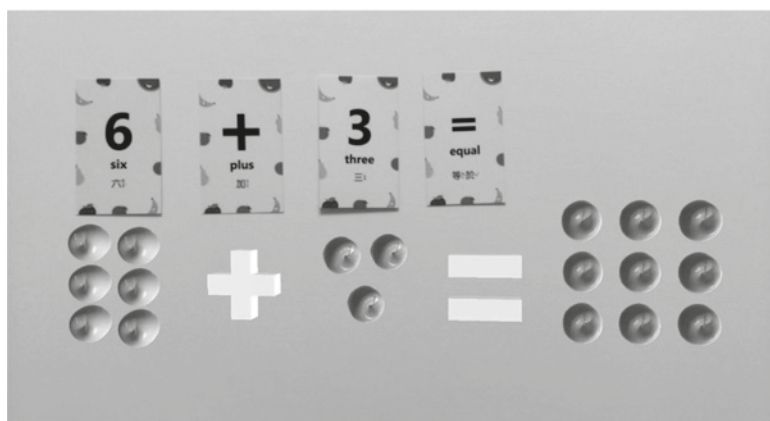


圖 20 「數字加法」手機偵測圖卡畫面

卡牌操作方式簡單且便於攜帶，再搭配現今人們隨身裝置最為普及的智慧型手機，就能立即看見教學設計的虛擬畫面，不受限於時間或是地點。這樣的輔助教學工具，能使教材操作上更容易且減輕攜帶教具的重量，更可以達到與實體教具相似的真实感。

## 肆、實驗結果與討論

### 一、施測情形

施測地點位於木柵國小，施測的過程分為兩組進行：第一組對照組使用傳統卡牌學習後，以口讀方式問答孩童進行問卷作答；第二組實驗組則以手機偵測實體卡牌上的數字與圖形，於手機螢幕上出現真實卡牌與虛擬立體圖像，讓孩童使用合作學習方式實際操作手機裝置。每組施測時間各約為 45 分鐘，對照組與實驗組總施測時間約共 90 分鐘。

#### (一) 對照組施測過程

對照組先進行無接觸教材紙筆前測問卷約 15 分鐘，再進行傳統卡牌介入教學約 20 分鐘（如圖 21），最後進行紙筆後側問卷約 10 分鐘，無接觸教材紙筆測驗多出 5 分鐘的原因為實驗前所進行的整體測驗流程說明。



圖 21 教導學童使用 MathFruit 卡牌

## (二) 實驗組施測過程

實驗組先進行無接觸教材紙筆前測問卷約 15 分鐘，再進行擴增實境介入教學約 20 分鐘（如圖 22），最後進行紙筆後測問卷約 10 分鐘，無接觸教材紙筆測驗多出 5 分鐘的原因為實驗前所進行的整體測驗之流程說明。

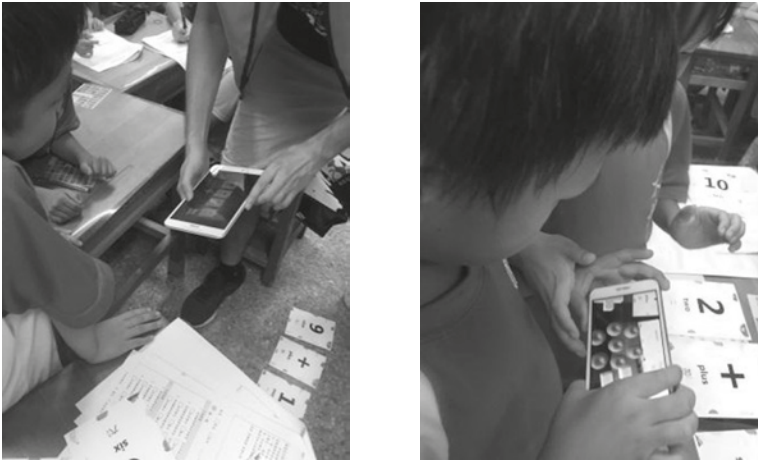


圖 22 學童使用 MathFruit 擴增實境功能

學童在使用本實驗設計之應用程式與卡牌時，大多數顯現出好奇與興奮之情，雖硬體設備不足夠讓全班學童每人各操作一台設備，故採用合作式學習的方式進行，學童們都耐心等待同組同學的操作，也期待設備可以儘快輪到自己操作。

## (三) 樣本之基本資料分析

回收之問卷樣本數為 53 人，實驗組為 26 (49.06%) 人，對照組為 27 (50.94%) 人，針對受測孩童之個人基本資料背景進行瞭解，包括受測者性別及年齡作百分比分析。

### 1. 性別

總施測人數共 53 人，其中男性 23 人（43.4%），女性 30 人（56.6%），於本回收樣本數女性大於男性。

### 2. 年齡

總施測人數共 53 人，皆為國小一年級學童，年齡為 7 歲。

### 3. 研究結果分析

本研究主要針對使用「MathFruit」教具的卡牌與擴增實境應用程式後，探討學童對此的學習樂趣與成效。經過文獻探討與分析，採用 ARCS 學習動機模式與 Bloom 認知向度了解學童在教學前後的學習樂趣與學習成效，將本研究回收的結果分析整理，並做成獨立樣本 t 檢定及相關分析後得到以下的結果。

## 二、學習樂趣與成效

學習樂趣問卷分析如下表 6，透過 ARCS 動機模式能了解學習樂趣平均數之差異性，前測使用傳統卡牌學習，而後測使用傳統卡牌搭配擴增實境學習，學習樂趣增加 3.296。

表 6 學習樂趣平均數之差異表

教學方式	前測	後測	後測 - 前測
擴增實境 + 卡牌	46.654	49.923	3.296

在學童的學習成效方面探討，利用 Bloom 認知歷程向度能了解學童的學習成效平均數之差異性，將本研究回收的結果分析整理，依據施測後結果顯示如下表 7，相關分析後得到結果顯示，相較於僅使用卡牌學習的學童，使用卡牌與擴增實境應用程式學習的學童在學習成效上沒有提升。

表 7 學習成效平均數之差異表

教學方式	前測	後測	差距
擴增實境 + 卡牌	90	87.7	-2.3
傳統卡牌	88.15	88.51	+0.36

教學方式分別為傳統卡牌的教學與使用擴增實境搭配卡牌的方式教學，施測後成績傳統卡牌前測為 88.15 分而後測為 88.51 分，教學過程經過傳統卡牌介入教學後之學習成效向上提升 0.36 分；而實驗組在教學過程中實施擴增實境與搭配卡牌的介入教學之前測分數為 90，而後測分數為 87.7 分，學習成效結果為下降 2.3 分，顯示本研究的擴增實境與搭配卡牌介入教學模式沒有提升學童的學習成效。

## 伍、結論與未來建議

根據本研究所搜集之數據進行分析，結果顯示透過擴增實境 App 結合傳統卡牌的學習接受度高，對於學童之學習興趣有顯著相關，但未能提升其學習成效。根據結果歸納出幾點結論與建議：

### 一、探討國小一年級學童使用傳統式卡牌以及傳統卡牌搭配與擴增實境數位化教材之學習成效差異性為何？

經過實驗施測結果顯示，傳統卡牌搭配與擴增實境數位化教材的學習接受度高，對於學童之學習動機提升有顯著相關，但未能提升其學習成效。

### 二、未來待解決問題：

(一) 透過本研究發現，對於學習成效未能提升的部份，與原授課教師一同觀察與討論分析，推論由於學童在學習過程中初接觸到擴增實境教學，對數位教學都非常興奮與期待，以致於心思都花在教學用具上而非教學內容中。由課後學童還要求想看手機螢幕上所出現的虛擬蘋果，甚至於索取卡牌回家搭配應用程式使用證實，學童被擴增實境技術所吸引的心思大於放在學習的簡易算術中。加之，本研究僅施測一堂課的時間，雖然證實擴增實境對於學童的學習動機提升有顯著相關，但是卻可能在還來不及提升學習成效的情況下即結束研究。因此未來希望研究之電腦輔助工具（擴增實境的應用）更能朝向資訊融入教學的發展，進行更長期的施測與探討，讓擴增實境數位教材不僅只是教學上的輔助媒介，更要成為不可或缺的教學工具，確實地融入與整合教學，藉此培養科技素養以至於運用科技解決生活上的問題。

(二) 在技術方面，本研究 App 應用程式之擴增實境用於卡牌辨識時，部份呈現之圖像有抖動的情形，於未來希望將此辨識呈現功能問題改善，並加入語音等相關附加功能，讓學童在使用時能更融入學習情境中。

### 三、更多科目的應用：

本研究所使用主題為小學數學領域的加減法單元，希望未來能增加更多不同科目的應用，例如學童想學習關於海洋相關之知識時，因環境上的限制，並無法實際看見海洋中真實的動物或植物等，希望藉由擴增實境教學的方式，打破傳統的環境限制，使學習更為具體與多元化。學習對象方面，則不侷限於一般學童的使用，對於身心障礙之學童，更能開啟廣闊的學習之路，不因肢體不便等因素

而影響學習者的權利，試想擴增實境等相關科技應用能打破環境上與使用者的限制，以滿足不同學習需求之學童。

#### 四、更多研究細項：

本研究所探討之項目為學習動機與學習成效之構面，而對於學習成效之構面又僅限於認知歷程中的記憶、了解、應用三個向度，希望未來能加入更多細項之研究項目，例如將記憶又區分為再認與回憶；了解區分為詮釋、舉例、分類、摘要與推論；應用分為執行與實行之構面，方能從研究細項中，探討出更為細項之學習成效問題，以提供未來研究者更為具體改進與進步之方向。

## 參考文獻

- 王全興（2007）。資訊科技融入數學教學之課程行動研究。行動研究專題論述，6，39。
- 王靜秀（2013）。6歲孩童與成人在數字與具體數量上的自動化處理。未出版之碩士論文，國立中央大學認知與神經科學研究所，桃園市。
- 田耐青（2016）。教學原理。國立臺北教育大學，臺北市。
- 國家教育研究院（2015）。十二年國民基本教育課程綱要國民中小學暨普通型高級中等學校-數學領域課程綱要草案。陳報教育部版（以教研課字第1051100271）。新北市：國家教育研究院。
- 許一珍、盧語喬、葉宣妤、范丙林、巴白山（2016）。探討幼童使用擴增實境之學習成效-以學習形狀及顏色能力為例。第20屆全球華人計算機教育應用大會（GCCCE 2016）論文集（頁864-867）。香港：全球華人計算機教育應用大會。
- 教育部（2008）。國民中小學九年一貫課程綱要數學學習領域。中華民國：教育部。
- 教育部（2016）。幼兒園教保活動課程綱要。中華民國：教育部。
- 陳育萱（2008）。電腦輔助教學應用於國民中學輕度智能障礙學生乘法應用提解題成效之研究。未出版之碩士論文，國立彰化師範大學特殊教育學系，彰化市。
- 葉永森（2015）。數位遊戲式學習之使用者體驗設計與評估—以嚴肅遊戲「能源戰爭」為例。未出版之碩士論文，國立臺北科技大學互動媒體設計研究所，臺北市。
- 樂嘉文（2015）。擴增實境結合立體拼圖對國小地球科學學習之研究。未出版之碩士論文，國立臺北教育大學數位科技設計學系（含玩具與遊戲設計碩士班），臺北市。
- 鐘榆翎（2008）。以布魯姆認知分類對低年級教科書「數與量」主題分析之研究。未出版之碩士論文，國立屏東教育大學數理教育研究所，屏東縣。

- Anderson, L.W., Krathwohl, D.R., Airasian, P.W., Cruikshank, K.A., Mayer, R.E., Pintrich, R.R., ... Wittrock, M.C. (2001). *A Taxonomy for Learning Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's*. New York : Longman.
- Aster, M. G. Von, Psychiatry, A., Red, G., & Hospitals, C. (2007). Review number development and developmental dyscalculia, *Dev Med Child Neurol*, 49(11), 868–873.
- Azuma, R., Bailiot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, B., & MacIntyre, B. (2001). *Recent advances in augmented reality*. *Journal of IEEE Computer and Graphic*, 21, 34-47.
- Billinghurst, M. & Duenser, A. (2012). Augmented reality in the classroom. *Computer*, 45, 56–63. doi:10.1109/MC.2012.111
- Butterworth, M. D. B. (1997). A dissociation of number meanings. *Cognitive Neuropsychology*, 14(4), 613–636. doi:10.1080/026432997381501
- Davidsson, M., Johansson, D. & Lindwall, K. (2012). Exploring the use of augmented reality to support science education in Secondary Schools. *Wireless, Mobile and Ubiquitous Technology in Education (WMUTE), 2012 IEEE Seventh International Conference*, 218–220. doi:10.1109/WMUTE.2012.52
- Gebuis, T., Cohen Kadosh, R., De Haan, E., & Henik, A. (2009). Automatic quantity processing in 5-year olds and adults. *Cognitive Processing*, 10(2), 133–142.
- Girelli, L., Lucangeli, D., & Butterworth, B. (2000). The development of automaticity in accessing number magnitude. *Journal of experimental child psychology*, 76(2), 104–22. doi:10.1006/jecp.2000.2564
- Keller, J.M.(1983). Motivational design of instruction. In Reigeluth, C.M. (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status*, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 386-434.
- Keller, J.M.(1987). Strategies for stimulating the motivation to learn. *Journal of Performance and Instruction*, 26(8), 1-7.
- Krathwohl, D.R. (2002). A revision of Bloom's taxonomy: an overview. *Journal of Theory Into Practice*. 41(4), 212-219.
- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum. *Journal of Telematcher and Telematcher and Technologies*, 2351, 282-292.
- Niantic (2016). *Pokemon Go*. Retrived from <http://pokemongo.nianticlabs.com/en/>
- Wang, C. S. & Li, C. C. (2000). An assessment framework for information technology integrated instruction. Paper presented at *ICCE (International Conference on Computers in Education) /ICCAI (International Conference on Computer-Assisted Instruction) 2000*. Taipei, Taiwan.



# Study on the Learning Effectiveness of Applying Augmented Reality to Mathematics in Elementary Schools-Take the Digital Addition and Subtraction as an Example

Yi-Chen Hsu

Associate Professor

National Taipei University of Education, Department of Digital Technology Design (Master Program in Toy and Game Design),

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

Chu-Chun Cheng (Corresponding author)

Postgraduate

National Taipei University of Education, Department of Digital Technology Design (Master Program in Toy and Game Design),

E-mail: albee1104343025@gmail.com

## *Abstract*

*Mathematics is an indispensable ability of human beings, and the recognition of quantitative relationships is the foundation that needs to be possessed before mathematics. This study hopes that schoolchildren will be happy to learn mathematics rather than fear, so explore the integration of AR (Augmented Reality) and the mathematics unit of the addition and subtraction. This research examines the impact of AR on learning effectiveness. The first-year students of the elementary school are the research subjects, and the quasi-experimental research method is used. The total number of participants is 53. In this experiment, the traditional teaching materials are 27 people in the control group. Using AR technique along with cards for the experimental group of 26 people. In the two ways, the same course content and unit are carried out separately, and the difference in learning effectiveness is evaluated by the level of the Bloom's Taxonomies of Education Objectives. According to the student's questionnaire, the results of the independent t-test are filled in to understand the impact of AR on learning effectiveness. The results of the test showed that the use of AR in teaching materials*

*had a significant correlation with the learning interest of schoolchildren. However, compared with traditional teaching, the use of AR in teaching materials failed to improve the learning effectiveness of schoolchildren. These findings would serve as the reference source for schools, teachers, industry, and kid's application software sellers, also as the recommendations for future research.*

***keywords: Augmented Reality, Learning Effectiveness, Bloom's Taxonomies of Education Objectives, Teaching Materials***