

電子教具對學前幼兒數概念之學習成效研究

A Study on the Effect of Electronic Teaching Aid for Number Concept of Preschoolers

謝濱燦

德明財經科技大學
資訊管理系
助理教授

bintsan@takming.edu.tw

蔡承峰

國立台灣科技大學
資訊工程系
博士研究生

gt6565x@yahoo.com.tw

郭怡君

德明財經科技大學
資訊管理系
碩士研究生

kuokuo0523@gmail.com

摘要

本研究與台北市一所公立幼兒園合作，研究對象為六位中班幼兒，經過幼兒園教師選出三位幼兒使用電子教具，另外三位未使用電子教具。

研究者與二位幼兒園教師討論設計並實作出一組電子教具，以目前深受幼兒喜愛的卡通人物為主題所設計，使用不同感測器、模組、伺服馬達、聲光效果與即時回饋以提高教具與幼兒間的互動性、增加幼兒好奇心及主動學習的興趣。

針對幼兒數概念中計數、認識數字、數字數量對應、數量合成等能力所設計，幼兒實際操作教具與教法相結合，經過短期觀察記錄作答情形與進行「學童數學成就測驗」，以觀察紀錄與測驗結果之資料進行電子教具在短期使用之學習成效探討。

關鍵字：數概念、學前幼兒、電子教具

Abstract

The study is based on the cooperation with a public preschool in Taipei, and our study objects are six preschoolers from the middle-class chosen by a teacher. Six of the students are mainly divided in two groups for our study. The first group with the use of electronic teaching aid we designed, and the second group with no use of it.

We created an electronic teaching aid from conception to production after a discussion with two of the teachers in the preschool. For the purpose of attracting children's attention, we use some popular cartoon images for the design. It also includes some different sensors, modules, servo motors, audio and visual effects, and instant response system to enhance the interaction between children themselves and their motivation for study.

Some of basic number concept, including number counting, number introduction, number corresponding, and number addition are the main fields we intent to observe. The effect of the experiment is based on the result of math exams we performed. And the result of the exam is carefully observed and analyzed as a judgement for the short-term use of the electronic teaching aid.

Keyword：number concept、preschooler、electronic teaching aid

1. 前言

傳統數學教具缺少聲音與光線效果且無法即時回饋正確與否，答對與答錯也缺少鼓勵的機制提高學習的自信心，故本研究實作一組針對幼兒數概念中計數、認識數字、數字數量對應、數量合成的電子教具且經由短期間使用後，探討學習成效。

依據前言所述，故本研究目的如下：

- 一、實作一組針對計數、認識數字、數字數量對應、數量合成的電子教具。
- 二、探討短期間使用後經由觀察記錄下來的學習成效。
- 三、探討進行「學童數學成就測驗」的學習成效。
- 四、探討電子教具的可行性。

對於研究的範圍與限制如下：

- 一、本研究以台北市一所公立幼兒園六位五歲中班幼兒為研究對象，因合作班級屬於混齡式班級，故中班人數少，不包含大班、小班、小小班之幼兒。
- 二、幼兒數概念領域多元，本研究針對100內之計數、認識20內數字、20內數字數量對應、20內數量合成能力作探討，不包含所有數概念之能力與量概念、幾何空間概念、邏輯概念等其它概念進行探討。
- 三、因時間、人力限制，研究樣本屬於少數故不適合過度推論，僅代表短期間內之學習成效。

2. 文獻探討

2.1 幼兒數學教育

張翠娥（1998）對於幼兒的學習本質所歸納為幼兒本身就是一個學習主體、主動探索發現新舊事物並把經驗整合起來、持續且循序漸進的、自動自發與內在的，而對於幼兒學習的方式有實際操作中學習、遊戲中學習、反覆操作練習、模仿學習、經由具體操作以獲得抽象概念、與成人或同伴間的互動從中學習，本研究所設計電子教具符合反覆且實際操作的學習方式給予幼兒獲取相關數學知識，也對幼兒數學的特性說明了會數數不一定了解數與數量之關係但認同教法上以提供教具、玩具或實物給幼兒計算是好方式，難易度也要依照幼兒能力作調整。

周淑惠（1999）提出「以幼兒為中心」的教學理論及課程，提出激發幼兒對數學的興趣、促進幼兒對數學概念的理解、促進推理與解決問題之運用能力、培養完整幼兒等教學目標，說明了幼兒有學習興趣保持學習上的熱情的話學習上才有效果與意義，說明有學習動機就會自主思考研究等行為出現，也認為學習不只有有趣而已，需考量有無道理與意義及思考為何這麼做的概念理解，提到需將所獲得的概念與技巧靈活用於實際情境才是真正理解，且針對數學教學方法提出生活化、遊戲化、解題化、具體化、多樣化等方法提供給幼兒園教師參考，提出首要為生活化教學方法，不要過於抽象的符號或事物且應該以生活中實際問題作為設計重

點，可增加實用性與意義，且縮短心理上的距離，遊戲化教學部分被認為能激發數學學習興趣最直接方法，因為遊戲就是幼兒生活的一部分，增加主動參與學習的興趣，也對數學更有興趣，解題化教學對於幼兒主動思考與解決問題的能力特別強調，具體化教學說明幼兒具體經驗與直覺的聯想，不只有教具或實物運用，強調抽象數學與幼兒已知具體經驗作聯結的難度，多樣化教學目的在於經由不同大小活動，培育出完整幼兒的理想。

2.2 國內數概念研究

徐映慈（2008）的研究中針對幼兒園教師數學的教學信念與教學行為探討不同教學信念與教學行為對於該班級數概念發展的差異性，採用「問卷調查法」與「訪談調查法」蒐集資料與分析，結果顯示數概念會隨著幼兒園教師的教學信念與教學行為而有差異且建構組幼兒運思能力優於傳統組幼兒，說明建構教學的可行性。陳菟菁（2007）的研究中運用四本圖畫書，採用非引導式、引導式、幼兒述說故事三種策略引導方式探討不同策略對其數概念發展狀況有何差異，採用觀察法針對三位五歲幼兒進行探討，結果發現會因不同策略設計而影響到數概念發展也提出幼兒數學教育應先讓幼兒喜歡數學在提高學習動機的情形下可加強學習吸收的效率，指出教學趣味性的的重要，進而發現幼兒發展並非都可應用理論來套用，強調需要以個別發展為考量當作出發點。鄒宜庭（2012）在研究中蒐集幼兒家庭數學經驗及探討不同家庭背景對於數學能力與數學經驗之影響，數學能力採個別測驗，研究結果顯示家庭月收入、家長教育程度、家庭型態、課後數學補習與就讀園所性質不同，影響幼兒數學能力之差異顯著，家長教育程度、母親職業、家庭月收入、課後數學補習、與就讀園所性質不同，影響家庭數學經驗之差異顯著，代表著家庭因素對於幼兒數學學習或能上有一定影響性。陳音茵（2010）於研究中自編教材並親自教學，探討原住民數學學習動機，結果發現操作性教具能提升原住民數學學習動機且運用數學遊戲與生活中之情境相結合能提升原住民對數學的學習動機，再度解釋了實體教具之操作對於幼兒數學學習之重要性。蘇惠貞（2005）於研究中應用計算器進行數字活動並自製「幼兒數字能力測驗」評測與探討幼兒數字能力發展差異，結果發現對於比較數字能力、理解相鄰數字數量變化的能力有著顯著的正面影響，但在唱數能力與數物能力未有顯著影響，在研究工具中屬於一項創新應用。常孝貞（2004）於研究結果發現一對一對應的能力隨著三到五歲幼兒，年齡越大則一對一原則的運用能力越好。周淑惠（1999）針對數與量之教學內容指出計數是建構算術基礎與數量概念理解的必要條件，認讀數字很重要且能把認讀出之抽象數字與所代表之具體實物、半具體圖片及口語唸出來之數目聯結起來才是真正概念之理解，計數原則中包含一對一對應原則，在數字關係中含有數字合成部分並建議操作實物以強化概

念理解，故本研究以計數、認識數字、數字數量對應、數量合成等四項進行學習成效探討。

2.3 Arduino應用研究

廖文淵、何翊與張啟祥（2014）運用Arduino開發板結合無線感測網路模組以及其它模組實作出一套智慧生活監控系統，以手機控制家電達到生活的更便利性。王元君（2014）於研究中設計一套家電控制系統結合藍牙模組、無線射頻辨識模組、NFC等應用，目標在於促進生活便利與實用性。郭連發（2014）設計一套居家環境無線監測系統，以Android系統平台結合Wi-Fi無線傳輸模組、煙霧感測器、一氧化碳感測器、溫度感測器、濕度感測器與光強度感測器，目的在於隨時了解居家環境狀況提升居住安全。陳哲正（2014）運用Arduino開發板結合加速度計、人體紅外線感測器、電容感應器與藍牙技術設計與實作一隻療癒系電子玩偶，經由與使用者的互動達到減緩壓力的效果。根據文獻發現Arduino開發板可以結合不同感測器、模組或自製系統整合後進行特定功能之應用且感測器與模組種類繁多，可依設計者的需求挑選適合的感測器與模組，應用範圍可以延伸到不同領域與不同需求進行設計與實作，故本研究使用Arduino開發板結合不同感測器與模組進行電子教具設計與實作。

3. 系統設計與實作

3.1 系統架構

本研究之電子教具中使用四塊Arduino Mega 2560開發板所設計製作而成，一個開發板為一個系統共四個系統，系統供電統一採用5伏特1安培電源變壓器連接USB線的模式，方便程式修改與供電，四個系統分別為數量合成系統、數字數量對應系統、幼兒偵測系統、數量合成符號系統等組合而成。

3.2 使用元件介紹

（一）Arduino Mega 2560開發板

本研究使用之開發板為Arduino Mega 2560，是基於Atmel公司所生產的ATmega2560微控制器所設計研發的開發板。

（二）超音波感測器

電子教具中所使用之超音波感測器型號為HC-SR04，超音波感測器主要應用於距離探測且精確度高並符合本研究需求，幼兒靠近至一定距離時即播放音樂與顯示燈光效果來歡迎幼兒使用此教具，增加互動性並使幼兒對於教具產生高度興趣，未到一定距離時依照不同距離有不同燈光效果但不播放音樂檔。

（三）力量感測器

電子教具採用型號為FSR406之力量感測器，運用在數量合成系統的作答部分，且感測面積較大適合在感測器上方黏貼圖片再給予幼兒按壓作答，免除掉感測面積過小造成按壓位置錯誤而沒有反應所帶來的困擾，感測器受到一定壓力時呈現導通並執行指定動作，指定動作為增加數量、減少數量、確認結果三項功能，並跳脫傳統按鈕設計。

（四）RFID讀取模組

RFID讀取模組搭配RFID卡一般可應用於門禁系統、電子收費系統、物流管理系統等相關應用，電子教具中採用型號為RDM6300之RFID讀取模組，用在數字數量對應系統中作答與判斷的模組，需要與125KHz的RFID卡搭配使用，RFID卡片黏貼於自製的數量卡背後，作答時卡片放到讀取器上讀取資料並判斷是否正確。

（五）MP3播放模組

型號為DFR0299之MP3播放模組為本研究電子教具所採用之模組，需搭配一顆喇叭使用，可藉由程式調整音量，用於答對或答錯的聲音回饋、出題時的提問與播放歡迎幼兒操作教具的音樂，答對或答錯的聲音回饋採隨機播放，此模組對於增加教具與幼兒間的互動性有相當大的幫助，音樂部分使用一張microSD卡儲存，音樂可擴充的量巨大且應用範圍廣。

（六）TFT LCD模組

TFT LCD模組型號為TFT01-2.2SP之2.2吋彩色液晶顯示器模組，用在顯示數量合成系統中題目及答對後各數量所對照的數字、數量合成系統的加號及等於符號、數字數量對應系統的數字題目以及答對或答錯所對應的卡通圖案，目的為增加互動性與提高幼兒主動操作教具的興趣，顯示的圖案可經由程式更改，藉此跳脫傳統印刷圖片的使用，具有重複使用性。

（七）8x8LED矩陣模組

8x8LED矩陣模組，以MAX7219晶片為控制晶片，與開發板接線自行整合，用於數量合成系統、數字數量對應系統中答對與答錯時顯示注音字給予鼓勵與加油，增加互動性並提高幼兒自信心，經過黏合的8x8LED矩陣模組用於顯示各注音字以達到拼音之效果。

（八）5x5LED矩陣模組

此模組為本研究自製模組，分為綠色燈光模組、紅色燈光模組兩種，控制部分使用Arduino開發板為主要控制端，用在教具中經超音波感測器判斷幼兒是否接近教具與否，距離不同時所顯示燈光效果也不同。

（九）馬達電源模組

馬達電源模組為本研究修改後的模組，研究中有六個模組，提供所有馬達的供電才能驅動馬達使之正常運作，以市售三號電池四顆一組的電池盒，經由自行設計與焊接出針腳供馬達連接與Arduino開發板的負極作連接，設計此模組目的為整合馬達電源與接線方便。

（十）系統電源整合模組

每個感測器、模組、伺服馬達與電子元件使用前都需要接上電源端與接地端才能通電並發揮功能，故設計與焊接系統電源整合模組，一個系統使用一塊模組，使各元件的電源端與接地端分別整合起來，方便線路整理、接線與拔除，本研究之教具所使用之元件與模組在規格上都接5伏特電源才整

理與設計此模組。

(十一) MG996R伺服馬達

伺服馬達型號為MG996R，兩個為一組共四組，分別用於數量合成系統及數字數量對應系統的正確與否作出舉牌動作回饋，經由零組件搭配組裝成類似機械手臂的舉牌器，中間放入自製圖與又牌子，幼兒答對或答錯時達到舉牌動作的回饋，增加互動性與幼兒對題目及答案的記憶。

(十二) 連續旋轉伺服馬達

採用型號為GWS S35/STD的360度連續旋轉伺服馬達四顆，以本研究為例，用於答對或答錯的反應回饋，與一般伺服馬達不同之處在於無法控制角度，但是可以控制馬達旋轉方向與速度。

3.3 系統運作流程

針對四個系統分別介紹其運作流程。

(一) 數量合成系統運作流程

啟動時TFT LCD先重設再顯示卡通圖案數量題目之後播放提問音樂檔，幼兒以作答器回答問題，按下確認後經程式判斷對錯並播放對應的音樂檔、TFT LCD顯示數量所對應的數字、注音字顯示、舉牌功能、馬達旋轉功能，後續所有馬達停止轉動、注音字顯示消失，最後重設再顯示新的數量合成題目並再次作答，但答錯時不進行重設後顯示數量題目功能，可幫助再次作答同一題時發現錯誤點並知道正確答案。

(二) 數字數量對應系統運作流程

啟動時TFT LCD先重設再顯示數字題目之後播放提問音樂檔，幼兒找出對應的數量卡片放於RFID讀取模組上加以讀取及判斷是否正確並播放對應的音樂檔、TFT LCD顯示對應的卡通圖案、注音字顯示、舉牌功能、馬達旋轉功能，後續所有馬達停止轉動、注音字顯示消失，最後重設再顯示新的數字題目並再次作答，不論對或錯皆進行重設後顯示數字題目功能，讓幼兒能多細心點進行計數動作減少答錯機率。

(三) 幼兒偵測系統運作流程

啟動時超音波感測器即開始探測並以公分為單位，距離30公分以內即綠燈全亮並播放歡迎幼兒操作教具所對應的音樂檔，30至50公分綠燈一排一排亮，50至70公分綠燈以正方形模式由大亮到小，70至90公分紅燈一排一排亮，90至110公分以正方形模式由大亮到小，110公分以上即綠燈與紅燈交互全亮。

(四) 數量合成符號系統運作流程

啟動時TFT LCD先重設再顯示加號與等於符號，此系統目的在於數量合成题目的符號圖案可以方便修改，本研究以加號與等於符號來顯示合成概念，也可修改想給幼兒合成概念的圖案，不侷限於符號顯示上面且不影響數量合成系統操作。

3.4 系統展示

電子教具展開後但未通電時的狀況，左右兩側為馬達舉牌功能與對或錯時的對應圖案旋轉功能，後側為數量合成系統、數量合成符號系統、數字數

量對應系統、注音字的顯示部分，線路整合時讓幼兒盡量減少看到線路部分也方便幼兒看題目及操作，中間部分為數量合成系統與數字數量對應系統的作答區塊，左右邊分別是整合後的作答器與RFID讀取感測區，左邊操作左邊顯示效果，右邊操作右邊顯示效果，故教具可同步進行操作互不影響，前面部分為幼兒偵測系統的超音波感測器與燈光效果顯示，使幼兒在聲光效果結合的情況下提高主動操作的興趣，上述之電子教具展開（未通電）圖如圖1所示。

通電後先重設TFT LCD顯示模組並顯示數量合成題目、數量合成符號圖案、數字數量對應系統的數字題目、注音字消失、馬達停止、超音波感測器偵測幼兒並顯示相對應的燈光效果、提問音樂檔播放並準備就緒等待操作教具回答問題，電子教具展開（通電）圖如圖2所示。教具操作環境圖如圖3所示。



圖1 電子教具展開(未通電)圖



圖2 電子教具展開(通電)圖



圖3教具操作環境圖

4. 研究方法

4.1 研究設計

本研究以計數、認識數字、數字數量對應、數量合成四項之進步成效為目標，配合兩位幼兒園教師討論電子教具設計細節並以符合研究目標為主，擬定電子教具操作方式以達到幼兒確實了解而非猜測方式作答，發生觀念不清楚時先記錄當天能力再進行簡易口頭指導，本研究設計主要為幼兒自行操作電子教具，並非設計課程進行指導，研究期間觀察記錄作答情形與進行謝如山(2014)編製之「學童數學成就測驗」找出與教具設計相關題目比對有無使用電子教具之幼兒的差異，經資料蒐集與分析探討學習成效。

本研究所設計的數概念學習成效目標主要針對中班幼兒與期望電子教具帶來的學習成效所訂定的目標，數概念學習成效目標為計數到100、認識數字到20、20內數字數量對應、20內數量合成。

4.2 研究對象

一所公立幼兒園五歲中班幼兒六位為研究對象，三位操作電子教具，另外三位不進行操作，該班級為中、大班混齡班級，操作電子教具者為男生1人、女生2人；未操作電子教具者為女生3人。家長背景資料不加以調查與探討。

4.3 研究工具

本研究之研究工具為學童數學成就測驗、電子教具作答情形記錄表，以下針對兩項研究工具分別進行說明。

（一）學童數學成就測驗

本研究使用謝如山（2014）所編製之「學童數學成就測驗」，作為幼兒同質性確認依據與抓出電子教具設計相關題目作為比對依據探討學習成效，測驗工具針對所有數學概念彙整出適合測試該幼兒或學生目前數學能力之指標依據，測驗後原始分數對照所附之常模對照表判斷是否為該年齡層的數學能力，避免能力已超過該年齡層範圍而進行結果比對時的不公平與不合理，測驗工具之參照常模主要取樣於臺灣兒童樣本並經個別施測與統計分析所得之成果，屬於第一本針對臺灣從學齡前兒童到國小三年級學生之三至九歲數學診斷型測驗，更適合施測於臺灣兒童，故本研究採用此測驗工具。

（二）電子教具作答情形記錄表

正式操作電子教具以利了解目前關於計數、認識數字、數字數量對應、數量合成，為期六天進行短期間記錄，主要根據電子教具隨機出題並以觀察方式記錄下與研究目標相關資料進行學習成效評估。

4.4 資料蒐集與分析

本研究資料蒐集方式採質性與量化均執行，量化部分以施測「學童數學成就測驗」之原始分數資料；質性部分以電子教具作答情形記錄表之短期間所記錄之資料。

（一）資料蒐集

1. 量化部分：本研究於電子教具操作期間結束後再以「學童數學成就測驗」進行一次性施測，經所附之常模對照表對照後了解研究對象之間是否同質，再找出與電子教具操作相關之題目進行對照探討學習成效。
2. 質性部分：本研究以電子教具作答情形記錄表所記錄下之資料，進行學習成效之評估。

（二）資料對照

1. 量化部分：確認研究對象為同質性後，找出與電子教具操作上相關題目進行正確與否之對照探討學習成效。

5. 研究結果與討論

5.1 作答情形觀察記錄資料評估

記錄與評估對象主要針對有操作電子教具之幼兒，共三位幼兒分別為小郭、小庭、小薰（化名），小郭為男生，小庭與小薰為女生，分別以操作期間所記錄到之資料進行三位幼兒每天學習成效之評

估及整理三位幼兒於電子教具操作期間各項能力變化並評估學習成效。

（一）小郭操作情形記錄評估

針對小郭六天計數、數量合成、數字數量對應等能力做成效敘述。

小郭於六天操作期間之計數表現，六天均可自行計數到100且穩定，無簡易口頭提示。小郭於六天操作期間之數量合成表現，主要在第三天可正確作答到17之數量合成題型，但並非所有題型。小郭於六天操作期間之數字數量對應表現，在第一天與第五天可正確作答到20，其餘四天也能正確作答到18及19。

（二）小庭操作情形紀錄評估

針對小庭六天計數、數量合成、數字數量對應等能力做成效敘述。

小庭於六天操作期間之計數表現，第二天、第五天、第六天可以自行計數到100，第一天、第三天、第四天計數表現較不穩定，但第五天開始可自行計數到100且穩定。小庭於六天操作期間之數量合成表現，主要在第四天可以正確作答到16之數量合成題型，但非所有題型。小庭於六天操作期間之數字數量對應表現，從第四天開始可以正確作答到19與20之間且穩定，對照前三天之作答情形可以評估有明顯之進步。

（三）小薰操作情形紀錄評估

針對小薰六天計數、數量合成、數字數量對應等能力做成效敘述。

小薰於六天操作期間之計數表現，主要從第四天開始可自行計數到100且穩定，對照前三天之計數表現可評估小薰於計數表現有明顯進步。小薰於六天操作期間之數量合成表現，在第四天可以正確作答到16之數量合成題型，但非所有題型，其它天在數量合成表現也可以正確作答到13至15之間。小薰於六天操作期間之數字數量對應表現，從第四天開始可以正確作答到20且穩定，第二天也正正確作答到19，相較於第一天與第三天之數字數量對應表現可以評估為有進步成效。

5.2 學童數學成就測驗結果探討

採用謝如山（2014）所編製之「學童數學成就測驗」於電子教具操作期間結束後，針對研究對象中六位五歲中班幼兒進行測驗，目的為確認研究對象是否為同質性，避免對照時的不公平與不合理，再找出與本研究設計之電子教具與操作流程中所有相關題目進行正確與否對照以利了解學習成效與電子教具有無使用之差異。

（一）同質性確認

本研究對象為六位五歲中班幼兒，經由一次性之學童數學成就測驗施測過後，研究對象經計算後之原始分數及測驗中所附之常模對照表經對照後所得出結果，測驗結果發現未使用教具中其中一位幼兒名為小先（化名）之數學能力，經所附之常模對照表對照過後發現已超過五歲數學能力之上限標準，應歸類於六歲之數學能力且與另外五位之幼

兒在數學能力上屬於不同質性，故排除一位幼兒進行對照與探討，可進行對照與探討之未使用教具幼兒為兩位女生，以小慈、小彤（化名）稱呼。

（二）研究相關題目整理

依照指導手冊中之測驗架構與題目配置整理出所有與本研究電子教具與操作流程中相關題目，測驗架構與題目配置表整理後如表1所示，與電子教具及操作流程中相關類別主要有四類分別為直覺數學、數數法則、加法概念、進位概念與加減法，後續依照各類別與對應題號並依照題號順序對照有無使用電子教具之研究對象正確與否作為對照，本研究樣本屬於少數故無法進行統計分析，在比對結果的依據中因研究樣本屬於少數，故設定為呈現完全對錯之對比才認為具有明顯差異，全部答對、全部答錯、兩邊皆有對錯存在、一邊全對而另一邊有人答錯時這幾種情況則一律評估為無明顯差異，對於只有一人答對而其餘幼兒皆答錯時將評估為該幼兒於此能力上表現較好，故本研究在比對結果評估之參考依據則以上述之準則進行比對結果評估。

表1 測驗架構與題目配置表

類別	次項目	非正式數學 思考	正式數學 學思考
直覺數學	讀		20、 32、 36、39
數數法則	一對一對應	27	
	基數法則	23、31	
	數序關係		22、 34、46
加法概念	橫式加法		26、 43、53
進位概念 與加減法	數字接龍	21、33、42、 45	
	進位概念	19、28	

主要列出呈現使用教具與未使用教具之正確與否有明顯對比的題目，有第39題與第45題，分別針對呈現明顯對比之題目進行探討。

第39題經比對後之結果，題目概要為讀出兩位數阿拉伯數字，答對幼兒有小郭、小庭、小薰而答對之幼兒有小慈、小彤，此結果呈現明顯對比故評估後為有明顯差異。

第45題經比對後之結果，題目概要為110以內的唱數，答對幼兒有小郭、小庭、小薰，答對幼兒皆為有使用電子教具之幼兒，答錯幼兒有小慈與小彤，結果上呈現明顯對比故評估後為有明顯差異。

6. 結論與建議

分為兩部分，第一部分針對觀察記錄作答情形、學童數學成就測驗、電子教具優缺點三項所得之結論，第二部分針對電子教具及後續研究兩方面提出建議。

6.1 結論

（一）觀察記錄作答情形

觀察記錄作答情形部分，主要根據有使用電子教具之幼兒所記錄下的作答情形分別提出研究結論。

1. 小郭作答情形部分所得結論

- (1) 計數部分於教具操作期間皆可自行計數到100且穩定，故小郭在計數能力上本身已具備計數到100之能力。
- (2) 認識數字部分可認識到20且穩定，但未使用教具前已具備認識20內之數字能力，故電子教具對於小郭認識數字部分較無幫助。
- (3) 數量合成部分可作答正確到17，但非所有題型皆作答過，但對小郭數量合成能力上有進步成效。
- (4) 數字數量對應部分可作答正確到20，且於操作期間能作答正確到18至20之間，能力較為穩定但屬於小郭本身之能力，進步成效較不明顯。

2. 小庭作答情形部分所得結論

- (1) 計數部分於操作過程中可從原先計數到66已能計數到100且穩定，第四天至第五天進步幅度明顯，對於小庭在計數部分有進步成效。
- (2) 認識數字部分可認識到20且穩定，但未使用教具前已具備認識20內數字之能力，故電子教具對於小庭在認識數字部分無進步成效。
- (3) 數量合成部分在第四天可作答正確到16，並非所有題型皆作答過，其它天在數量合成部分可作答正確於10至15之間，但電子教具對小庭數量合成部分有進步成效。
- (4) 數字數量對應部分在第四天開始可作答正確到20且穩定，在觀察紀錄中第二天至第四天進步幅度明顯上升，故評估電子教具對小庭數字數量對應部分有進步成效。

3. 小薰作答情形部分所得結論

- (1) 計數部分於操作過程中可從原本計數到59已能計數到100且穩定，第三天至第四天進步幅度明顯，且第四天開始可自行計數到100且穩定，故評估電子教具對小薰於計數部分有進步成效。
- (2) 認識數字部分可認識到20但不穩定，對於10幾數字在唸法上較不清楚，對於小薰在認識數字部分有進步成效但不穩定。
- (3) 數量合成部分在第四天可作答正確到17，並非所有題型皆作答過，在操作期間可正確作答到13至16之間，但對小薰在數量合成部分有進步成效。
- (4) 數字數量對應部分於第四天開始可作答正確到20但較不穩定，對於10幾數字的唸法較不清楚

故錯誤率較高，但對小薰數字數量對應部分有進步成效。

(二) 學童數學成就測驗

學童數學成就測驗部份對於在題目作答對錯與否之結果對照後呈現明顯對比與只有使用電子教具之幼兒答對部分提出結論。

1. 呈現明顯對比部分

- (1) 直覺數學類別中第39題，屬於讀次項目，題目概要為讀出兩位數阿拉伯數字，有無使用電子教具在正確率上呈現明顯對比。
- (2) 進位概念與加減法類別中第45題，屬於數字接龍次項目，題目概要為110以內的唱數，有無使用電子教具在正確率上呈現明顯對比。

(三) 電子教具部分

電子教具針對設計上與操作過程中所得到的優缺點提出結論。

1. 電子教具總結優點

- (1) 電子教具在設計上使幼兒主動學習興趣提高之現象有實現，幼兒對於電子教具充滿好奇心。
- (2) 經由幼兒在操作電子教具期間詢問對於教具哪部分最有興趣，使用電子教具之三位幼兒皆回答對於舉牌器印象最深且最感興趣。
- (3) 電子教具可自主操作，題目部分會隨機出題且具有更新題目功能，使幼兒可自行作答每一題。
- (4) 教材題目與合成符號可以變化，題目部分可以變更不同圖案以利幼兒產生興趣進行學習，符號部分也可做變更，以不同圖案或符號使幼兒明白合成之概念。
- (5) 音效檔可自由更換，可自行錄製音效檔或採用現成歌曲音樂檔放置於記憶卡並依需要進行播放時間點之調整。
- (6) 經由幼兒操作期間所觀察發現聲光效果可讓幼兒產生主動操作興趣，並投入於電子教具之操作與學習。
- (7) 電子教具於設計上目標為可於幼兒產生互動，觀察後發現本研究之電子教具與幼兒互動性佳，幼兒於操作過程中不會感到乏味。
- (8) 電子教具在實作階段進行整合時採用紙箱進行所有系統之整合，且保留紙箱易於收納之特性故不進行操作時可以收納起來盡可能不佔用過多空間。

2. 電子教具總結缺點

- (1) 馬達部分對於安全性有可討論空間，馬達在舉牌與旋轉動作時因設計上屬於外露式故進行相關動作時會有夾傷之疑慮，但在本研究電子教具操作期間特別請幼兒勿觸摸作答區以外部分以提高操作安全。
- (2) 程式設計於出題時以隨機出題為主，但觀察後發現偶爾有連續出現一樣題目之現象。
- (3) 系統整合時於材料上採用紙箱，幼兒操作過程中發現較容易出現外觀上之損傷及不防水與不耐重。
- (4) 電子教具於設計時在答錯部分無主動教學音樂

檔，故答對時有鼓勵機制但答錯時並無指導教學。

- (5) 需要數字數量簡易概念較適合操作，本研究主要針對中班幼兒設計電子教具。

6.2 建議

(一) 電子教具未來建議

1. 馬達部分可設計採包覆式以包覆馬達外觀避免馬達外露造成安全性之疑慮，且包覆式可以增加外觀上之美觀使操作者更有興趣操作該教具。
2. 操作方式可設計更多元化，可採用更多不同模組與感測器設計不同操作介面與模式，使操作者有更豐富的操作體驗與學習經驗。
3. 程式設計上讓題目可更加分散以利了解幼兒確切能力，進行更加精確之分析與評估。
4. 電子教具於系統整合時在外觀材質與用料上可選塑膠或木頭進行整合，使得所設計之電子教具能更加耐用與防水。
5. 電源部分可再整合成更加精簡，經由變壓電路與變壓模組等方式把電源部分整合成一個輸入端，使得電源供給部分更增加方便性與減少插座之使用。

(二) 後續研究建議

1. 可設計類似教學機器人，進行全自動互動教學，在答對時進行相對應的互動，在答錯時能給予鼓勵與即時指導教學，以利質性觀察與量化資料之蒐集與分析。
2. 可對於數概念中量概念、幾何空間概念、邏輯概念分別設計與實作出電子教具並進行不同概念甚至不同領域之研究。
3. 基於時間、人力限制，本研究屬於短期間成效探討且針對少數幼兒故不適合過度推論，未來可將研究樣本增加或質性觀察時間採長時間觀察，以利了解設計之電子教具是否適用於其它幼兒。

參考文獻

- 周淑惠 (1999)。幼兒數學新論—教材教法。台北市：心理出版社。
- 張翠娥 (1998)。幼兒教材教法。台北市：心理出版社。
- 謝如山 (2014)。學童數學成就測驗—指導手冊。台北市：心理出版社。
- 廖文淵、何翊、張啟祥 (2014)。以Arduino發展平臺為基礎之智慧生活監控系統。德霖學報，27，245-255。
- 王元君 (2014)。設計及實作以NFC手機及Arduino嵌入式模組為主之家電控制系統。淡江大學資訊工程學系碩士在職專班碩士論文，未出版，新北市。
- 徐映慈 (2008)。幼稚園教室數學教學信念、教學行為與幼兒數概念發展之研究。朝陽科技大學幼兒保育系碩士班碩士論文，未出版，台中市。

- 陳菟菁（2007）。運用非引導式、引導式、幼兒敘說故事三種策略於圖畫書以瞭解幼兒數概念發展。明道大學教學藝術研究所碩士論文，未出版，彰化市。
- 陳音茵（2010）。原住民幼兒數概念學習動機之探究。國立嘉義大學幼兒教育學系研究所碩士論文，未出版，嘉義市。
- 陳哲正（2014）。互動式智能對話玩偶設計研究——以「咖嘯熊」為例。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)碩士論文，未出版，台北市。
- 常孝貞（2004）。三至五歲幼兒一對一對應、計數能力與基數概念之研究。國立臺灣師範大學人類發展與家庭研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 郭連發（2014）。居家環境無線監測系統之開發。義守大學電子工程學系碩士班碩士論文，未出版，高雄市。
- 鄒宜庭（2012）。幼兒的家庭數學經驗與其數學能力關係之研究。國立臺南大學幼兒教育學系碩士班碩士論文，未出版，台南市。
- 羅曉鈞（2008）。幼兒數學益智玩具設計之探討。國立台北科技大學創新設計研究所碩士論文，未出版，台北市。
- 蘇惠貞（2005）。利用計算器幫助幼兒數字能力發展之準實驗研究。臺北市立師範學院國民教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
- Ginsburg, H.P., & Baroody, A.J. (1990). Test of early mathematics ability (2nd ed.). Austin, TX: Pro-Ed.