

The Study the Effects of Learning Achievement on Cube and Cuboid for Fifth Graders Using Magic Board as a Teaching Aid

Yu-Ling Kan^{1*}, and Chien-Chung Huang²

¹ Tucheng elementary School, Tainan, Taiwan

² Department of Applied Mathematics, National University of Tainan, Taiwan

Abstract

The purpose of this study was to explore the effects of learning achievement and learning motivation in Mathematics on the fifth graders by using the Magic Board as a teaching aid on the unit of “Cube and Cuboid”. Both quantitative and qualitative methods were utilized to collect the data in this research, focusing on Cube and Cuboid, a unit for fifth graders.

A quasi experimental design was used. There were 38 students from two different fifth grade classes in a public elementary school in Annan District, Tainan City were assigned to either the experimental group or the control group. Students’ Math total scores from the first semester of fifth grade were taken as the pre test. The experimental group was instructed the unit, “Cube and Cuboid”, by using the Magic Board as a teaching aid. Before and after the instruction, the experimental group filled out the scale of motivation for learning Mathematics. After the instruction, both groups took the “Cube and Cuboid Achievement Test”. The statistic tools of SPSS 21.0 including descriptive analysis and one way ANCOVA were used to analyze the collected data. Moreover, semi structured interviews were conducted for the experimental group to further collect the qualitative data.

The conclusions of this research were in the following:

1. The fifth graders’ performances of solving cube and cuboid math achievement test were different. The result showed that all the participants’ did the best on application of volume formula, but the worse on the nets of cube and cuboid.
2. Comparing leading in magic board into teaching with traditional teaching, there were significant differences between the experimental group and the control group on their performance of “Cube and Cuboid Achievement Test”.
3. The effects of using the magic board as a teaching aid were significant. The post--test of scale of motivation for learning Mathematics improved.

Keyword: Magic Board, cube and cuboid, the mathematical learning motivation

* Corresponding author: lightalice@tn.edu.tw

DOI : 10.3966/222344892021041101005

萬用揭示板融入國小五年級正方體與長方體單元對學童學習成就之影響研究

甘鈺綾*

台南市土城國民小學

黃建中

國立臺南大學應用數學系

摘要

本研究目的在探討以「萬用揭示板」為數學輔具融入國小五年級「正方體和長方體」單元對學童學習成就及數學學習動機的影響。研究者採質量混合的設計蒐集資料，以國小五年級下學期第四單元「正方體和長方體」為實驗單元，樣本為台南市安南區某國小五年級兩班共38位學童，採準實驗研究法分為實驗組和控制組，以五年級上學期的數學總成績作為前測，研究者以「萬用揭示板」作為教學輔具對實驗組進行「正方體和長方體」單元教學，實驗組先接受「數學學習動機量表」前測，在教學實驗結束後，兩組學生接受「正方體和長方體概念成就測驗」，實驗組同時接受「數學學習動機量表」後測。以SPSS 21.0 為統計工具，透過描述性統計、單因子共變數分析等方法分析量化資料，並對實驗班學童進行半結構式晤談蒐集質性資料，分析報告研究結果如下：

一、國小五年級學童在正方體和長方體單元數學解題表現上之各種向度表現結果各有差異。全部受試者在「體積公式的應用」向度之表現最佳，在「正方體和長方體的展開圖」向度之表現最差。

二、以萬用揭示板為教學輔具應用在國小五年級正方體和長方體之教學成就，實驗組和對照組對於其正方體和長方體概念成就測驗得分有顯著差異，實驗組學童在正方體和長方體概念的表現上優於對照組學童的表現。

三、以萬用揭示板為教學輔具應用在國小五年級正方體和長方體之教學成效，學童在數學學習動機量表前後測上有顯著差異。

關鍵字：用揭示板、正方體和長方體、數學學習動機

壹、前言

長久以來，數學都是相當重要的學科，數學的重要性無庸置疑，數學不但能實際應用在日常生活中，在物理、化學、經濟、生物科技、機械等重要研究上都需要數學作為基礎，因此數學又被稱為科學之母。但是一直以來，數學常常榮獲學童最討厭的學科之冠。因為數學無法靠背誦得到高分，因為數學的學習歷程是階段性的，若是無法將數學的基礎打好，就會對接下來的學習產生影響，導致學童數學成績落後，喪失學習興趣，進而產生習得無助感，所以如何提升學童對數學的興趣及自主學習力，必須從融入日常生活開始，讓學童了解數學與生活息息相關。

體積指的是物體在三維空間中占有的量，表示物體的大小。在我們的生活經驗中，凡是眼睛看得到、手摸得到的事物，大多都與三維立體空間有關。例如：鉛筆盒、傢俱的大小，甚至是百貨公司、美術館等建築，各式各樣的三維立體空間都充滿在我們的生活中。

教育部97國小數學課程綱要中說明了國小四到六年級幾何教學要點：由於數與量的發展逐漸成熟，學生開始結合「數」與「形」兩大主題，學習運用幾何形體的構成要素(如角、邊、面)及其數量性質(如角度、邊長、面積)來描述特殊幾何形體的特徵與性質(教育部，2008)。以上可知，體積屬於「數與量」和「幾何」兩大主題，學童除了需練習量的計算，也必須對空間與圖形有一定的了解。國內學者何明昇(1999)也指出，體積概念除了與生活息息相關之外，對於學童的學習歷程而言，更是日後學習的基礎，也能幫助學童抽象能力思考，在在證明了體積學習的重要性。學生在升至高年級的學習階段中，特別是自二維轉換至三維的空間幾何學習能力上，當學習內容從二維平面圖像進階到三維立體圖形時，學童便感到學習上的困難；學生在空間幾何學習遭遇的瓶頸，常常是因為無法進行二維與三維的轉換所致，因為這牽涉到較複雜的空間能力，如心像旋轉、空間關係、空間組織與推理等(黃榆婷，2010)。

在研究者過往的教學經驗中，進行體積教學時，若僅以傳統講述教學法為主，對學童來說很難瞭解到正方體和長方體的性質，雖然可以使用實體教具輔助說明正方體和長方體的特性，但在大班教學時，會因視角、距離造成學童觀看不清等，在執行上反而效果不佳。因此若能以虛擬教具(virtual manipulatives)方式設計教材製作體積圖形動畫呈現、體驗實際操作等方式，讓學童能透過大量的操作、觀察來學習正方體和長方體的特性，進而對正方體和長方體有更深的認識。然而萬用揭示板可以有效解決數學教學上的這些困境。

因此研究者希望學童能藉由萬用揭示板的虛擬元件來了解正方體和長方體的特性，幫助建立正確的正方體和長方體概念。目前資訊科技已被視為一項能更有效提升教學與學習的工具，許多國家都已投入相當多的經費與人力進行資訊融入教學的計畫，可見這是全球教學的趨勢(袁媛、魏敏媛、陳敏慧，2012)。研究者也希望能藉此比較以萬用揭示板融入教學與一般傳統講述法教學對學童

就正方體和長方體概念學習成就之差異情形，以及學童對數學動機態度的改變情形。

貳、幾何概念發展

一、Piaget 與 Inhelder 的兒童空間概念及幾何發展理論

Piaget 和 Inhelder(1967) (引自吳宜靜, 2005) 對於兒童空間概念的理論，有兩個主要論點：

1. 兒童的空間表徵是經由兒童在操作系統的原動力與內在行動的發展性組織而形成的運算系統。因此，空間表徵並不是空間環境的知覺讀取，而是由之前對環境的積極操作所建立。

2. 位相優先假定 (topological primacy thesis)：幾何概念的進步組織是透過一定的次序，遵循一個明確的次序，首先是先建立拓樸關係 (例如：有連通性、封閉性和連續性)，再來為投影關係的 (直線性) 和歐氏幾何關係 (角的性質、平行性質、距離)。Piaget 與 Inhelder 強調在兒童空間發展上，兒童需要實際去操作、搜索、觸摸、感覺，而不僅是知識的閱讀與接受。從心理學認知發展的觀點研究學童的幾何發展階段，並且將兒童幾何發展的階段分成三個階段，以下對 Piaget 幾何理論三階段做介紹：

1. 拓樸性 (Topological concept structure) 時期

此階段的兒童屬於前運思期 (Preoperational stage)，大約是 3 至 4 歲，此一階段的兒童對於幾何圖形的概念僅能掌握基本的拓樸概念，也就是即僅能分辨出圖形是開放還是封閉，而完全沒有基本的角、邊等概念。兒童對於直線和曲線，沒有嚴謹的辨別能力，對於長度和角度的差異，也無法做詳細的觀察，例如：若兒童模仿繪畫長方形或正方形時，常常無法將尖角準確的畫出來，而會畫成圓角，或是將各個邊畫成曲線。該時期的兒童缺乏可逆性、保留性，無法相逆次序與重建該次序，若當圖形被遮蔽住時，兒童則無法重新繪製圖形。

2. 影射性 (Projective geometry) 時期

此階段的兒童是前運思期 (Preoperational stage) 至具體運思期 (Concrete operational stage) 的過渡時期，約是 4 到 6 歲，在這個時期的兒童對外界的認知為本身的視覺比其他條件佔更優越的地位，凡是經過視覺所認可的事物，他們才認為是真實的存在，他們深信，各種事物的形體會因視覺的感受不同而有所不同。

3. 歐基里德性 (Euclidean geometry) 時期：

此階段的兒童逐漸步入具體運思期 (Concrete operational stage)，大約是 6 至 8 歲，到這個階段的兒童才會開始有歐式幾何學的概念。此一階段的兒童認為，不管物體怎麼移動，大小、形狀都不會改變，因為歐式幾何學是由全等變換 (Congruent Transformation) 的原則上去探討圖形不變的定律。Piaget 認為小孩子要有歐基里德性的空間概念，得讓他能從視覺的迷惑中超脫出來才有可能。因此，空間的直觀不是藉由「讀取」或對於物件性質的先天理解，而是在移

動物體時的系統關係的產生 (Clements & Battista, 1992) (引自吳宜靜, 2005)。

二、van Hiele 的幾何思考層次理論

荷蘭教育家 Dina van Hiele-Geldof & Pierre Marie van Hiele 夫婦根據完形心理學的結構論, 結合皮亞傑的認知理論, 在多年的研究與努力之下, 提出了兒童幾何思考模式的相關研究。皮亞傑的兒童空間幾何理論基礎主要是建立在兒童的年齡上, 然而 van Hiele 夫婦提出的兒童幾何思考發展層次的論點主要為: 學童學習幾何概念的成就, 並非完全根據生理年齡的成熟來判斷, 而是跟隨學習歷程的發展, 幾何思考發展到一定的層次, 經由引導者的引導, 兒童可從較低階的思考層次逐漸提升到較高階的思考層次。

van Hiele 夫婦提出幾何思考發展模式包含五個幾何思考的層次, 層次一: 視覺期 (Visualization)、層次二: 分析期 (Analysis)、層次三: 非形式演繹期 (Informal deduction)、層次四: 演繹期 (Deduction)、層次五: 嚴密期 (Rigor), 而每個層次都有各自獨特的發展特徵且是循序漸進的。

參、萬用揭示板

一、 虛擬教具(Virtual Manipulative)的介紹

科技進步日新月異, 加上網際網路的無遠弗屆, 教師也能透過程式設計者所設計的軟體來編寫需要的教材, 透過電腦科技與實體教具結合, 這也使得數學教具的使用上出現了轉變, 開始更研究者設計出能在電腦上使用操作的教具, 也就是虛擬教具 (virtual manipulatives)。它一種適合學童使用於數學學習的科技輔助教具, 透過視覺來建構數學知識的動態物件, 可以像視覺圖形表徵一樣豐富學童的視覺印象, 也可以像操弄實體物件一樣豐富學童的具體經驗。因此具體不必等同於實物的操作, 虛擬教具也是一種具體教具(Clements, 1999)。

二、 萬用揭示板(Magic Board)

萬用揭示板是一個完全以教師教學工具的角度而設計的教學軟體(張世明, 2005)。萬用揭示板以當前國小教科書最常使用的實體教具為藍本, 並將教師常用的數學教具數位化、元件化, 這些元件不但擁有實體教具的功能, 更突破實體教具的侷限, 可以像視覺圖像表徵豐富視覺印象, 也可以像具體物表徵一樣具有操作性(袁媛等人, 2007)。萬用揭示板 (Magic Board) 於 2005 年初步開發出來, 研究者以 Flash MX 2004 為開發工具所設計的一套數學教學工具 (張世明, 2006), 但以 Flash 軟體發展的軟體元件擁有無法存檔、分享的問題, 為解決存檔問題所以架設網站 <http://163.21.193.5> (目前已轉址至 <http://magicboard.cycu.edu.tw>)。網站由 95、96 年度國科會計畫補助建置, 計畫主持人為中原大學教育研究所袁媛教授, 系統維護者為台北市博愛國小張世明

教師。此網站所提供的教具元件改善了實體教具收納空間不夠、數量不足、準備耗時、不易保存等缺點。

三、萬用揭示板相關研究

隨著資訊科技的發達，資訊科技與教學已經密不可分，自 2007 年萬用揭示板開發以來，萬用揭示板的使用者也日漸增加，顯示萬用揭示板是備受肯定的教學輔具。使用「萬用揭示板數學教學網」為教學輔具的論文探討也越來越多，研究者整理以「萬用揭示板」為教學輔具融入國小數學教學的相關文獻。林嘉惠(2015)指出以萬用揭示板融入分數教學對於國小三年級學童在同分母分數加減的解題表現上具有顯著差異，實驗班學童的解題表現優於傳統教學的控制班學童；蘇紋玉(2016)指出萬用揭示板能增進學童時間為六十進位的概念，接受不同的教學法的學生，其學習成效有顯著性的差異；周淑君(2018)指出使用萬用揭示板融入教學，學童在分數概念的表現上優於傳統講述教學法學童的表現，在數學學習動機量表前後測上也有顯著差異。

綜合上述，使用萬用揭示板融入教學與傳統講述法教學在學習成效是有顯著差異的，因此，使用萬用揭示板教學為輔具運用在幾何教學上的學習成效及學習動機是否優於使用傳統講述法教學，這是本研究所要探討的主要方向。

肆、學習動機理論探討

一、學習動機的定義

Maehr 與 Meyer(1997)解釋動機是人類的心理特質，引導個體內部的力量，促使個體做某種行為。張春興(1998)認為學習動機是指學生在學習的過程中，能維持學習活動，並促使該學習活動趨向教學目標的內在心理歷程。而此動機又分為外在動機(extrinsic motivation)與內在動機(intrinsic motivation)，前者主要探討外在環境因素影響的程度；後者則探討內在需求影響的程度。

二、學習動機的理論

關於學習動機，各學派的論述各不相同，可分為學習動機的行為論、人本論、認知論，以下就各理論進行說明（張春興，2013）：

(一)行為主義的學習動機論

李咏吟(2001)指出行為主義心理學家運用增強的原則來控制個體的學習，將學習的結果視為外在因素控制的歷程，在學習動機的解釋上是採取「刺激—反應—增強」、「需求—趨力—行為」的模式。故此學派的學習動機理論是外控的，屬於外在動機。行為主義學派採用後效強化原則，運用獎勵及懲罰制度來維持學習者的學習動機，但效果短暫無法長久維持，並且容易讓學童過度依賴獎懲制度等外在強化規範，若失去外在強化，則無法提升學習動機，以維持學習活動。

(二) 人本主義的學習動機理論

人本主義心理學家將教育視為發展人類內在潛力的歷程，而學習動機則視為人性成長發展的內在動力。人本主義主張探討人類的內在動機，及強調內在動機的重要（張春興，1996）。人本主義心理學之父 Maslow 的需求層次論，將人類多種需求由低而高分為七個層次：生理需求、安全需求、隸屬與愛的需求、自尊需求、知的需求、美的需求、自我實現需求，前四個層次為「基本需求」，後三個層次為「成長需求」，基本需求為成長需求的基石，然而學習動機屬於知的需求，由此可知學習動機是否產生，要看是否已滿足基本需求。

(三) 認知主義的學習動機理論

認知理論者認為學習動機是介於環境（刺激）與個人行為（反應）之間的中介歷程。指學習動機是學習者個人對學習事物的一種看法，會因看法而產生求知的需求（張春興，1996）。與人本學派所認為的內在動機的成分並不相同。以 Weiner 成敗歸因理論、Atkinson 成就動機理論為代表。

三、數學學習動機

學習動機的提升能有效激勵學童學習，可促使學童自發學習，本研究所使用的學生數學學習動機量表(SMTML)是改編自 蔡執仲、段曉林、靳知勤（2007）的「學生科學動機量表(SMTSL)」，再加上半結構式晤談，以量化及質性的資料，來瞭解學生的學習動機。此量表包含六個向度，分別是自我效能（SE）、主動學習策略（ALS）、數學學習價值（MLV）、表現目標導向（PG）、成就目標（AG）、學習環境誘因（LES）。

四、數學學習動機相關研究

許秀甘（2015）運用桌上遊戲對國小一年級學童加減法能力與數學學習動機之影響研究，研究結果為接受桌上遊戲教學與接受講述教學的學童在數學學習動機整體有顯著差異。周淑君(2018)運用萬用揭示板融入國小三年級分數單元對學童學習成就之影響研究，實驗指出實驗組學童在分數概念的表現上優於對照組學童的表現，兩組在分數概念成就測驗得分及數學學習動機量表均有顯著差異。綜合以上研究，教育的第一步是引起學童的學習動機，也是教學的重要基石，而激發學生的學習動機無法以單純的幾項因素來決定，例如：性別、學習情境、同儕關係、師長教學方法等，都對學童的學習動機中有很大的影響。研究者採用以萬用揭示板融入教學的教學方式，一方面可改變教師的教學方式，激發學童的內在學習動機，引導並鼓勵學童主動進行數學思考，另一方面也可以讓學童實際動手操作，增強學童的學習動機。

伍、研究方法

一、研究設計

本研究採準實驗研究法，抽樣台南市某國小五年級一班 19 位學童為實驗組，另找同校五年級一班 19 位學童為對照組。透過前測及後測蒐集量化的資料以瞭解學童的學習成就，如表一，輔以個別訪談的部分質性資料來深入瞭解學童的感受與想法。以數學態度量表的前測、後測來瞭解學童的數學態度改變情形，如表二。

表一 正方體和長方體單元教學成就研究設計

	前測	實驗過程	後測
實驗組	O ₁	X	O ₃
對照組	O ₂	C	O ₄

O₁、O₂：實驗班與對照班均以五年級上學期數學總成績為前測分數。O₃、O₄：實驗班與對照班均接受「正方體和長方體概念成就測驗」後測。X：實驗班接受以萬用揭示板融入「正方體和長方體」單元進行教學。

表二 學童學習動機之研究設計

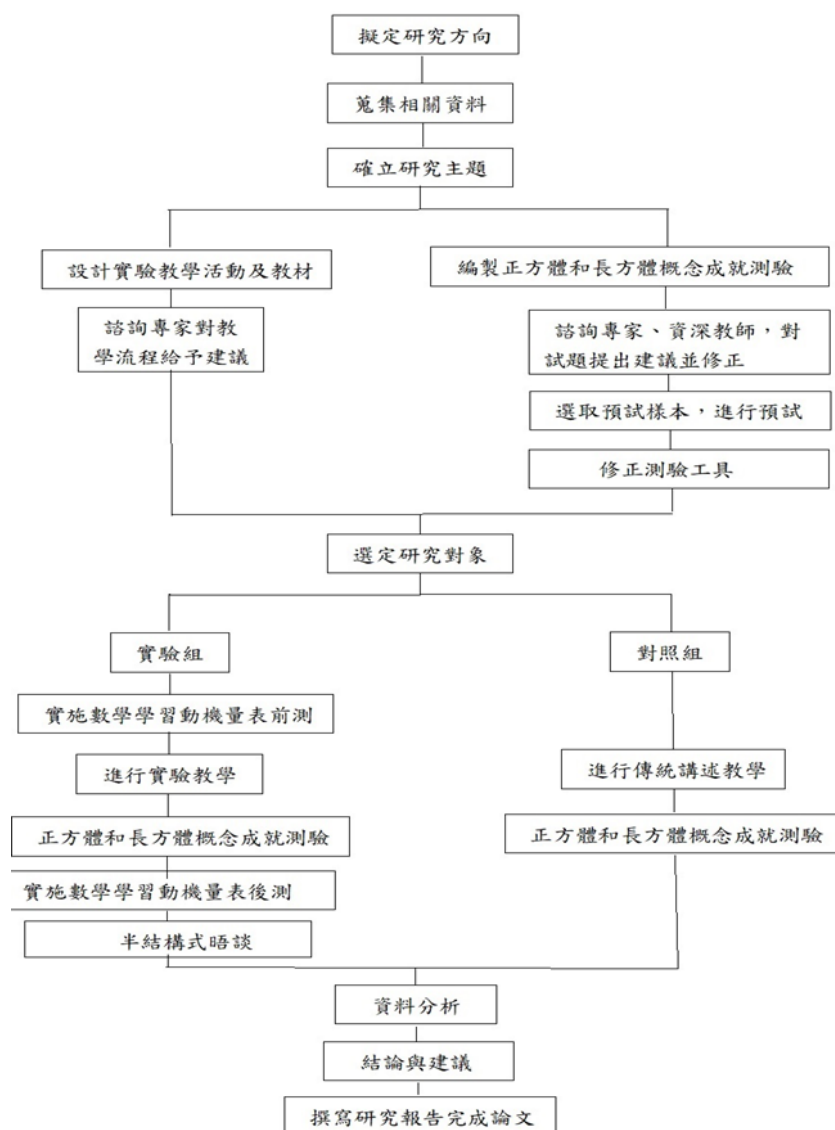
	前測	實驗過程	後測
實驗組	O ₅	X	O ₆

O₅：實驗班於實驗教學前接受「學生數學學習動機量表」前測。O₆：實驗班於實驗教學後接受「學生數學學習動機量表」後測。X：實驗班接受以萬用揭示板融入「正方體和長方體」單元進行教學。

二、研究場域

基於人力、時間、經費等因素的限制，以及配合學校行政與顧及班級導師及實驗、晤談的方便，研究者選取研究者所任教的學校，台南市某國小五年級兩個班級做為正式研究對象，校內有六個學年共 14 個普通班級，學生人數約 270 多名，屬於中型學校。學生家長以工、商、服務業居多，但因家長工作繁忙，學童作業多為安親班協助完成，家長對於課業要求呈現兩極化。該校學生四升五年級會進行常態編班，根據中年級學業成績採 S 型編班，五年級學生共有 3 個班，故各班級的學生程度大抵平均。參與者均為初步認識正方體和長方體，已具備學習正方體和長方體前的先備知識---面積，但均未學習過體積。

三、研究流程



圖一 研究流程圖

四、研究對象

表三 預試樣本人數分配表

學校	台南市安南區某國小
班級	五年級學生
男生人數	11
女生人數	9
人數合計	20
無效樣本	0
實際有效樣本	20

以同校五年級的一個班級，共 20 位學童進行預試。成就測驗的預試測驗時間為 40 分鐘。實施本次預測之主要目的在於蒐集學童答題資料，確立本研究工具之信、效度，並取得試題難易度及鑑別度數據，以做為正式成就測驗修正、刪減之依據。

表四 正式施測樣本人數分配表

學校	台南市安南區某國小		合計
班級	實驗組	對照組	2 班
男生人數	9	10	19
女生人數	10	9	19
人數合計	19	19	38
無效樣本	0	0	0
實際有效	19	19	38
樣本			

五年級三個班級中，選取研究者本身的班級為實驗組，人數為 19 人；另外挑選年資與研究者相近的教師，其班級做為對照組，人數亦為 19 人。實驗組以萬用揭示板為教學輔具，進行正方體和長方體概念的教學；對照組則為一般傳統講述教學法，成就測驗的預試測驗時間為 40 分鐘。

五、研究工具

本測驗係研究者根據教育部頒布的國民小學五年級九年一貫數學學習領域 97 課程綱要及南一版數學課程教材、五年級分年細目，並參考現行教材中之課文內容及相關試題所發展而成，測驗內容於研究者編製後，請資深數學教育專家及具有多年教學經驗之國小老師提供意見，並與指導教授討論，商請六年級已學習過正方體和長方體的 3 位學生試做，以修改題意不清或不適當之題目，使研究工具之說明更加完善。

表五 正方體和長方體概念成就測驗

題目向度	題號
正方體和長方體的構成要素	一(1)、一(2)、一(3)、 二(7)、三(3)、三(4)
正方體和長方體的展開圖	二(1)、二(6)、 三(1)、三(2)
正方體和長方體的表面積	四(1)、四(2)、四(4)
體積的公式	二(8)、四(3)、四(7)、 四(8)、四(9)
認識 1 立方公尺	二(2)、二(3)、 二(4)、二(5)
體積公式的應用	四(5)、四(6)、

四(10)、四(11)

本研究工具的計分方式為每題 1 分，答案正確得 1 分，答案錯誤 0 分，實驗組和對照組由研究者和該班導師進行監考，施測過程中，不懂題意者，可請監考老師進行題意講解，使施測者能瞭解題意，進行作答。

六、信度與效度考驗

本測驗信度採用 Cronbach 所創的 α 係數來分析其內部一致性信度(郭生玉, 2004)。本測驗以五年級一個班進行預試，施測時間為一節課 40 分鐘，測驗結果經統計分析套裝軟體 SPSS 21.0 進行 Cronbach α 內部一致性信度，所測得的 α 值為.88，即本試題具有相當高度的內部一致性，符合統計專家之建議，因此，本研究工具有良好的信度。

七、鑑別度與難易度

本研究將預試總分結算後，取成績排序前 32% 為高分組，學生數是 6 人，取成績排序後 32% 為低分組，學生數也是 6 人，計算各試題之難易度 $P = \frac{P_H + P_L}{2}$ (P_H : 高分組答對該題的百分率， P_L : 低分組答對該題的百分率)， P 值越大表示該題越簡單， P 值越小表示該題越難。

鑑別度分析的旨在確定題目是否有區分學生能力高下的作用，以 $D = P_H - P_L$ 進行分析， D 值越大，代表題目鑑別度越大。

表六 正方體和長方體概念成就測驗預試難易度及鑑別度分析

題號	難易度(P)	鑑別度(D)
一(1)	0.7	0.6
一(2)	0.7	0.6
一(3)	0.383	-0.433
二(1)	0.516	0.633
二(2)	0.9	0.2
二(3)	0.7	0.6
二(4)	0.5	1
二(5)	0.516	0.633
二(6)	0.25	0.5
二(7)	0.266	0.133
二(8)	0.7	0.6
三(1)	0.7	0.6
三(2)	0.916	-0.166
三(3)	0.7	0.6
三(4)	1	0
四(1)	0.516	0.633
四(2)	0.5	1
四(3)	1	0

四(4)	0.416	0.833
四(5)	0.7	0.6
四(6)	0.516	0.633
四(7)	0.516	0.633
四(8)	0.416	0.833
四(9)	0.25	0.5
四(10)	0.7	0.6
四(11)	0.7	0.6

一般而言，試題的鑑別度是越高越好，作為常模參照測驗用的試題鑑別度指標值 是越高越好，但一般可接受的最低標準 D 值至少為.25 以上，低於此標準，即可視為鑑別度不佳或品質不良的試題(Noll et.al.1979,p.210,引自余民寧，2003)。至於試題的難易度，許多測驗專家建議挑選難易度 P 值接近.5 的試題，而試題鑑別度要合於標準，難易度又要接近.5 不易，因此，學者 Ahmanan and Glock(1981，引自余民寧，2003)主張以.40 到.70 之間的難度指標範圍為選擇標準。

綜上所述，預試測驗試題經過試題分析並考量問題代表性，其中第一(3)題、第二(2)題、第二(7)題、第三(2)題、第三(4)題、第四(3)題難易度與鑑別度皆不理想，第二(6)題 P 值 0.25，D 值為 0.5，第四(9)題 P 值 0.25，D 值為 0.5，雖然鑑別度達到標準，但難度不佳，與指導教授討論決定刪除以上試題，其餘試題予以保留。

八、數學學習動機量表

本研究採用的數學學習動機量表係改編自 蔡執仲，段曉林、靳知勤（2007）學生科學動機量表的數學學習動機量表 (SMTSL)，此動機量表共計 35 題，包含六個向度（如表七），分為自我效能(SE)、主動學習策略(ALS)、數學學習價值(MLV)、非表現目標導向(NPG)、成就目標 (AG)、學習環境誘因(LES)。其中為檢視學生內在動機將表現目標導向(PG)的題目第 21-24 題進行反向計分；而自我效能(SE)中第 2~7 題為負向題，亦做反向計分。

表七 數學學習動機量表項目細目與題數

向度細目	對應題號	分向 α 值
自我效能(SE)	1~7	.756
主動學習策略 (ALS)	8~15	.879
數學學習價值 (MLV)	16~20	.610
非表現目標導向 (NPG)	21~24	.749
成就目標(AG)	25~29	.610

學習環境誘因 (LES)	30~35	.718
總 α 值		.827

本測驗選取台南市安南區某國小五年級學童一班 20 人進行預試，預試時間為 20 分鐘，採用 Cronbach 所創的 α 係數來分析其內部一致性信度(郭生玉, 2004)。測驗結果經統計分析套裝軟體 SPSS21.0 進行 Cronbach α 內部一致性信度，所測得整體問卷的總 α 值為 .827，各向度 α 值分別為:自我效能(SE).756、主動學習策略(ALS).879、數學學習價值(MLV).610、非表現目標導向(NPG).749、成就目標 (AG).610、學習環境誘因(LES).718。

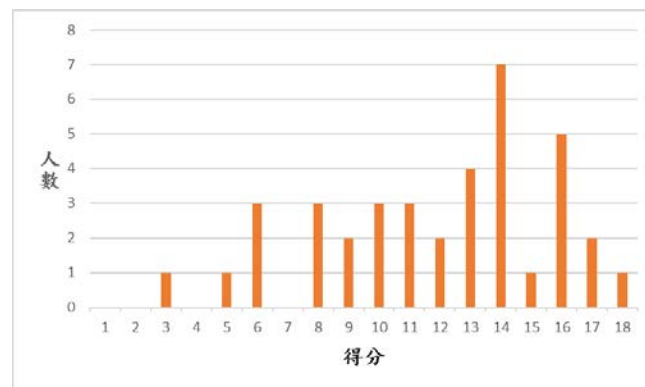
α 值介於 0 到 1 之間， α 值出現極端 0 或 1 的情形甚少，但 α 值要多大才算是高的信度，不同的學者持不同看法。Nunnally(1978)認為 .70 是一個較低但可接受的量表邊緣值，Devellis (1991, 引自吳明隆、張毓仁, 2014)則提出 α 值最小可接受範圍在 .60 至 .65， α 值介於 .65 至 .70 最好， α 值介於 .70 至 .80 相當好， α 值介於 .80 至 .90 則是非常好)。Kline(1998, 引自吳明隆, 2006)指出信度係數在 .90 以上最佳，.80 附近是非常好的，.70 則是適中，.50 以上是最小可以接受的範圍，低於 .50 不應接受。本試題內部一致性係數，符合專家建議。

陸、結果分析與討論

一、正方體和長方體概念成就測驗的解題表現

(一)全部受試者測驗結果

本次施測之有效樣本共 38 人，測驗結果以總分 14 分有 7 人居多，總分 16 分有 5 人次之，總分 13 分有 4 人再次之；最少的是 3 分、5 分與 9 分皆為 1 人，本次測驗結果主要得分分布在 13~16 分之間。下圖為全部樣本得分的分配情形。



圖二 全部受試者測驗結果得分分布圖

依據教育部頒布的國民小學五年級九年一貫數學學習領域 97 課程綱要，研究者將正方體和長方體概念分成六個向度，受試者在「正方體和長方體概念成就測驗」每一題型的總分、平均分數、標準差以及答對率如下表。

表八 全部受試者每一向度的總分、平均分數、標準差

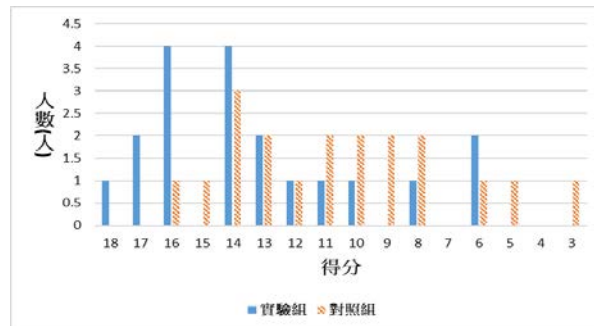
題目向度	總分	平均分數(分)	標準差	答對率
正方體和長方體的構成要素	3	2.15	0.85	72%
正方體和長方體的展開圖	2	1.28	0.56	65%
正方體和長方體的表面積	3	1.81	1.03	61%
體積的公式	3	1.73	0.94	57%
認識 1 立方公尺	3	2.18	0.89	73%
體積公式的應用	4	2.71	1.18	68%

由表八可知，全部受試者在正方體和長方體概念成就測驗各向度之表現均不相同，以平均分數及答對率比較後，發現全部受試者在「認識 1 立方公尺」向度之表現最佳，在「體積的公式」向度之表現最差。

(二)實驗組與對照組測驗結果

實驗組以總分 16 分和總分 14 分居多數，各有 4 人，其次為 17 分、13 分、6 分，各有 2 人，最少的為 18 分、12 分、11 分、10 分和 8 分，各有 1 人，全距為 12 分，實驗組得分分布主要在 13~17 分之間。

對照組總分最高為 14 分，有 3 人，13 分、11 分、10 分、9 分和 8 分有 2 人，最少為 16 分、15 分、12 分、6 分、5 分及 3 分各 1 人，全距為 13 分，對照組得分分布主要在 8~14 分之間。



圖三 實驗組、對照組測驗結果得分分布圖

二、「正方體和長方體」解題表現結果分析

(一)組內迴歸係數同質性

研究者以國小五年級上學期期末數學評量成績為共變項，教學方法為自變項，以「正方體和長方體」成就測驗得分為依變項，以 SPSS 21.0 進行單因子共變數分析；在同質性檢定方面，組內迴歸係數同質性考驗結果(班級*前測)，測驗得 $P = 0.338 > 0.05$ ，考驗結果未達顯著水準，表示各組內的共變數與依變數的線性關係有一致性。意即共變項(五年級上學期期末數學評量成績)與依變項(「正方體和長方體」成就測驗得分)，兩者不因自變項不同而有差異，故可以繼續進行共變數分析。

表九 「正方體和長方體」成就測驗之同質性檢定

來源	型III平方和	自由 度	<i>F</i>	顯著 性
班級	1.744	1	0.477	0.495
前測	334.555	1	91.488	0.000
班級*前測	3.460	1	0.946	0.338
誤差	124.332	34		
總數	5902.000	38		
校正後的總數	525.579	37		

(二) 共變項分析

本研究自變項有兩組，比較其調整後平均數（如表十）得知，實驗組的「正方體和長方體」成就測驗平均分數（調整後平均數為 12.551）高於控制組（調整後平均數為 11.238），並進行共變數分析。

表十 「正方體和長方體」成就測驗調整後平均數及標準誤 ($N=38$)

組別	調整後 平均數	標準誤	95%信賴區間	
			下界	上界
實驗組	12.551	0.444	11.650	13.452
控制組	11.238	0.444	10.337	12.139

在排除共變項（五年級上學期期末數學評量成績）對依變項（「正方體和長方體」成就測驗得分）的影響力後，自變項對依變項造成的實驗處理效果共變異數分析表，見表十一，不難看出 p 值為 0.046， $p=0.046 < 0.05$ ，顯示已達顯著水準，表示兩組在後測整體得分上有明顯差異，亦即經過實驗教學後，實驗組（以萬用揭示板為教學輔具）學童在「正方體和長方體」成就測驗得分表現優於控制組（傳統教學法）。

表十一 「正方體和長方體」成就測驗共變數分析 ($N=38$)

來源	型III平方和	自由度	<i>F</i>	顯著性
前測	331.997	1	90.928	0.000
組別	15.594	1	4.271	0.046
誤差	127.793	35		

三、使用萬用揭示板為教具對學習動機之影響

(一) 成對樣本 t 檢定

實驗組學習動機量表實驗前(前測)平均數為 121.57，標準差為 8.821；實驗後(後測)平均數為 142.94，標準差為 13.430，經過相依樣本 t 檢定見表十二，發現顯著性為 $.035 < .05$ ，顯示動機已達顯著水準。由研究結果顯示，使用萬用揭示板融入數學教學後，學習動機有顯著差異。

表十二 數學學習動機量表之成對樣本 t 檢定

	個數	平均數	標準差	t	p
前測	19	121.57	8.821	7.779	.035
後側	19	142.94	13.430		

本研究結果與文獻(周淑君, 2018; 施宜明, 2016; 孫偉倫, 2011; 陳玉菁, 2012; 黃信維, 2014; 熊貴蓮, 2014; 林瑞蘭, 2008)相符。周淑君(2018)「萬用揭示板融入國小三年級分數單元對學童學習成就之影響研究」, 研究結果顯示, 使用萬用揭示板融入教學, 學童在分數概念的表現上優於傳統講述教學法學童的表現, 在數學學習動機量表前後測上也有顯著差異。林瑞蘭(2008)「以萬用揭示板設計周長與面積單元教材, 並探討教材教學成效」, 研究結果顯示, 運用萬用揭示板來進行教學, 實驗組的立即性與保留學習成就優於控制組。孫偉倫(2011)「國小三年級電腦化分數概念表徵轉換動態評量的介入效益」, 研究結果在分數概念、單位量及簡單分數的表徵轉換補救成效是顯著的。陳玉菁(2012)「運用互動式電子白板於國小三年級分數單元之準實驗研究」, 研究結果運用互動式電子白板實驗組分數概念的表現情形優於對照組, 大多數的實驗組學童對使用電子白板學習持肯定的態度。熊貴蓮(2014)「萬用揭示板運用在國小五年級學童等值分數補救教學之行動研究」, 研究指出使用萬用揭示板進行等值分數教學能達到良好學習成效。施宜明(2016)「資訊融入國小三年級數學分數單元教學之行動研究」, 指出學生對資訊融入國小三年級數學分數單元教學之學習成效有顯著性的提升。黃信維(2014)「以數學閱讀融入合作擬題教學對國小三年級學童同分母分數加減問題解題表現之研究」, 研究結果指出實驗班學童在接受以數學閱讀融入合作擬題教學後與對照班, 在同分母分數加減問題測驗解題表現上具有顯著差異。綜合以上的研究顯示, 以萬用揭示板為教學輔具融入數學的教學可以引起學習者的興趣、提高學習動機, 對數學概念的澄清、理解有很大的助益。

四、半結構式晤談

晤談進行方式為教學實驗結束後, 從實驗組學生前測低、中、高各組中, 挑選學生各兩人, 共六人進行晤談, 時間約為 5-10 分鐘, 晤談題目共六題, 晤談時全程錄影、錄音, 研究者再將錄音內容轉為文字檔。晤談內容中, 以 T 代表研究者, HF、HM、MF、MM、LF、LM 分別為實驗組高分組女生、高分組男生、中分組女生、中分組男生、低分組女生、低分組男生。

晤談內容：

1. 你喜歡數學課嗎？為什麼？

T：你喜歡上數學課嗎？

HF：我喜歡啊！

T：為什麼你喜歡上數學課？

HF：因為算數學很好玩，很快的出答案會很高興。

T：你每個數學單元都喜歡嗎？

HF：不一定，太簡單的單元不喜歡。

T：為什麼？

HF：因為太簡單的很無聊。

T：你喜歡不喜歡上數學課？

HM：喜歡。

T：你回答得很快耶，你為什麼喜歡數學課？

HM：因為我數學可以寫得很快，而且可以寫出跟別人不一樣的算法。

MF：喜歡，因為比較不無聊。

T：為什麼比較不無聊？

MF：因為可以動腦跟動手算，不是像國語課一直聽老師講。

T：所以你覺得數學課可以討論跟可以自己動手算比較有趣？

MF：對，一直聽老師講，有時候會發呆。

T：你喜歡不喜歡上數學課？

MM：不喜歡。

T：為什麼？

MM：因為不會的就不喜歡。

T：所以把不會的學會之後會變喜歡嗎？

MM：應該會吧！

T：你喜歡不喜歡上數學課？

LF：不喜歡。

T：為什麼？

LF：因為很難。

T：每個單元你都覺得很難嗎？

LF：要算很多的比較難。

T：你喜歡上數學課嗎？

LM：不喜歡。

T：為什麼？

LM：因為很無聊。

T：所有單元都很無聊嗎？

LM：可以玩遊戲的單元比較不無聊。

根據回答，6位學童裡，有3位學童表示喜歡上數學課，有3位學童表示不喜歡上數學課。其中高分組的男、女學童及中分組的女學童皆表示喜歡上數學課，而低分組的男、女學童、中分組的男學童表示不喜歡上數學課。

2.你喜歡老師使用萬用揭示板上數學課嗎？跟以前上數學課有什麼不同？

T：你喜歡老師使用萬用揭示板上數學課嗎？

HF：喜歡。

T：跟以前上數學課有不同的地方嗎？

HF：以前上數學課都是老師在講給我們聽比較多，鈺綾老師用萬用揭示板上課會比較多讓我們上去做的地方。

T：你喜歡老師使用萬用揭示板上數學課嗎？

HM：喜歡。

T：為什麼呢？跟以前上數學課有不一樣嗎？

HM：覺得畫面很清楚，而且寫在上面的字可以保留，以前黑板都會擦掉才能寫下一題。

T：你喜歡老師使用萬用揭示板上數學課嗎？

MF：喜歡。

T：為什麼？跟以前上數學課有什麼不同嗎？

MF：因為圖片可以動，積木可以分開，可以清楚知道體積怎麼算的。

T：所以你是覺得積木可以移動比較方便嗎？

MF：對，老師也不用畫圖畫很久。

T：鈺綾老師用萬用揭示板上數學課，你喜歡嗎？

MM：喜歡。

T：為什麼？

MM：比較多自己做跟回答的題目。

T：你覺得鈺綾老師的上課方法跟之前老師的有什麼不同？

MM：原來老師都上課本的，鈺綾老師的跟課本比較不一樣。

T：那你喜歡跟課本不一樣的嗎？

MM：喜歡。

T：為什麼？

MM：可以學到比較多東西。

T：你喜歡鈺綾老師上課的方式嗎？

LF：喜歡。

T：為什麼喜歡？

LF：可以移來移去，不會太無聊。

T：跟之前老師上的有什麼不一樣？

LF：原來老師的解答時就直接用課本的答案，鈺綾老師的可以移來移去，也有機會可以上台玩。

T：你喜歡鈺綾老師用萬用揭示板上數學嗎？

LM：喜歡。

T：為什麼？

LM：因為圖片可以動來動去的。

T：跟原來老師上課的方法有什麼不一樣？

LM：跟課本不一樣，比較好玩。

根據回答，低、中、高組所有的學童都喜歡老師使用萬用揭示板進行教學。大多數喜歡的原因為使用萬用揭示板上課比較新鮮、有趣，畫面很清楚，還有一些動畫可以增加趣味性，也可以上台操作等，跟以前上課不一樣，比較不會分心。

3. 使用萬用揭示板上課會讓你更專心上課嗎？有讓你更喜歡上數學課嗎？

T：使用萬用揭示板上課會讓你比平常更專心上課嗎？

HF：我覺得會比較有趣，但是我上課本來就很專心。

T：你覺得使用萬用揭示板上課會讓你更喜歡上數學課嗎？

HF：會吧。

T：好像不是很肯定？

HF：因為我本來就喜歡數學，但用老師的方法上課會更有趣一點。

T：老師用萬用揭示板上課，會讓你更專心嗎？

HM：還好。

T：為什麼呢？

HM：我本來就很專心。

T：會不會讓你更喜歡上數學課呢？

HM：也還好。

T：因為你本來就喜歡數學？

HM：對。但老師你上課用的方法會比較多可以互動的機會。

T：鈺綾老師上課的方法會讓你上課更專心嗎？更喜歡上數學課嗎？

MF：會更專心，因為比較有變化。

T：會讓你更喜歡數學嗎？

MF：會。

T：老師用萬用揭示板上數學課會讓你上課更專心嗎？

MM：會。

T：會讓你更喜歡上數學課嗎？

MM：比之前喜歡。

 T：鈺綾老師用萬用揭示板上數學課會讓你上課更專心嗎？

LF：有比較專心一點。

T：為什麼會比較專心？

LF：圖片、積木會動，比較好玩。

T：這個方法上數學課會讓你更喜歡數學嗎？

LF：會。

T：老師用萬用揭示板上課會讓你更專心上課嗎？

LM：有比之前專心。

T：這樣會讓你更喜歡數學嗎？

LM：比以前多一點喜歡。

根據回答，6位學童裡有4位學童覺得使用萬用揭示板上課會讓自己更專心，2位學童覺得還好。低、中分組的學童覺得使用萬用揭示板上課會讓自己更專心，因為圖片可移動、有趣、互動多……等，高分組的學童則覺得自己本來就很專心，所以感覺還好。

4. 你覺得使用萬用揭示板上課可以讓你更聽得懂上課內容嗎？

T：老師使用萬用揭示板上課有讓你上數學課更聽得懂嗎？

HF：差不多。

T：為什麼差不多？

HF：因為我本來數學就都聽得懂。

T：你覺得用鈺綾老師的方法上課可以讓你更聽得懂嗎？

HM：還好，因為我基本上每個單元都聽得懂。

T：所以不論是不是用鈺綾老師的方法，你都聽得懂？

HM：對。

T：你覺得用萬用揭示板上課可以讓你更聽得懂嗎？

MF：會，因為體積的圖片可以分解，就知道為什麼體積要這樣算。

T：你覺得鈺綾老師上的方法會讓你比較聽得懂嗎？

MM：會。

T：為什麼？

MM：因為回答的機會比較多，圖片也可以移動變化。

T：老師這樣上課會讓你更聽得懂嗎？

LF：會，老師一步一步說會比較聽得懂。

T：還有其他原因嗎？

LF：配合老師用的圖片的動畫會更聽得懂。

T：老師使用萬用揭示板上數學課有讓你更聽得懂嗎？

LM：比較聽得懂。

T：為什麼比較聽得懂？

LM：因為老師上課的內容比較好玩，圖片也比較清楚。

根據回答 6 位學童裡，有 4 位學童覺得使用萬用揭示板上課可以更聽得懂上課內容，2 位學童覺得還好。低分組的學童及中分組的學童表示使用萬用揭示板上課可以更聽得懂上課內容，高分組的學童則覺得平常就都聽得懂。

5. 你覺得使用萬用揭示板上課會讓你的數學成績變更好嗎？

T：你覺得老師使用萬用揭示板上課會讓你的數學成績變更好嗎？

HF：應該影響不大。

T：為什麼呢？

HF：因為我數學成績本來就不錯。

T：鈺綾老師使用萬用揭示板上數學課會讓你的數學成績變更好嗎？

HM：差不多吧，我本來數學成績就很好。

T：所以你覺得用什麼方法上數學課，你的成績都會很好？

HM：對。

T：你覺得鈺綾老師的上課方法會讓你的數學成績變得更好嗎？

MF：會，因為會比較有趣。

T：你覺得鈺綾老師上課的方法會讓你的數學成績變更好嗎？

MM：會吧。

T：為什麼？

MM：圖片可以分解，會聽得更懂。

T：鈺綾老師使用萬用揭示板上數學課會讓你的數學成績變更好嗎？

LF：會。

T：為什麼？

LF：會比較專心。

T：你覺得鈺綾老師上課的方法會讓你的數學成績變更好嗎？

LM：會好一點吧。

T：為什麼？

LM：會比較想上課。

此題 6 位學童裡，3 位學童覺得使用萬用揭示板上課可以讓數學成績變更好，2 位學童覺得自己的數學成績本來就很好，1 位學童覺得還好。低、中分組

的學童大部分覺得使用萬用揭示板上課可以讓自己的數學成績變更好，有 1 位低分組的男學童覺得不會，2 位高分組學童覺得自己的數學成績本來就很好。

根據以上晤談結果，研究者發現學童對於萬用揭示板大多表示認同及肯定，他們認為用萬用揭示板上課較傳統上課方法更加有趣，與課程的互動也大為增加。舉例來說，圖片元件可以分解、移動，使他們能更詳細瞭解課程內容，並且踴躍上台實際操作；互動式的遊戲及問答，幫助學童更專心於課堂上，也增加舉手發言的意願，大幅度的增加了學習數學的興趣及動機，且對於成績的提升也有顯著的幫助。總括來說，大多數的學童是喜歡使用萬用揭示板上課多過於傳統講述方法上課的。

陸、結論與建議

一、結論

- (一) 國小五年級學童在「正方體和長方體」單元的各向度解題表現不同。
- (二) 使用萬用揭示板融入教學，學童在「正方體和長方體」成就測驗表現優於傳統講述教學法學童的表現。
- (三) 接受萬用揭示板融入正方體和長方體教學後，學童在數學學習動機量表前後測上有顯著差異。

二、建議

(一) 對教學上的建議

1. 根據研究顯示，使用萬用揭示板融入教學可以提高學童學習數學的興趣，也可增加學童上課的專心度，對於學童的數學成績的提升是有幫助的，所以教學者可視實際上課情形和學童的特質，增加使用萬用揭示板融入數學教學的頻率。
2. 進行萬用揭示板編製教材前，可以透過閱讀專書、參閱相關論文、教學影片來熟悉操作、編制功能，也可以參考線上其他老師所編製的教材之優點與自己編製的教材融會貫通，可以更有效掌握學習重點及學童迷思方向。
3. 經由晤談得知，學生對於自己上台操作萬用揭示板都充滿興趣，可以藉此增加學童對課程的熟悉度及提升上課的專注度，因此教師可以選取學習成效較落後的學生上臺操作，或是開放下課時間讓學童操作，以提升其學習成效。

(二) 對未來研究的建議

1. 本研究以台南市安南區某中型國小五年級學童為研究對象，且以數學五年級「正方體和長方體」單元為教學內容，故推論上僅限於中型國小採用「正方體和長方體」單元，建議未來可增加大型、小型學校進行研究比較，教學內容也可擴大研究範圍。
2. 本研究樣本選取國小五年級 19 位學童作為實驗組進行實驗教學，和控制組 19 位學童做研究比較，建議未來的研究對象可以突破地區限制至其他縣市，廣

泛蒐集更多的研究樣本，以確實瞭解國小五年級學童在「正方體和長方體」的表現。

- 3.本研究使用的教材為 108 學年度第二學期南一版第十冊第四單元「正方體和長方體」，建議未來相關研究可以將教材延伸至不同的年級階段和其他幾何概念，如「柱體」、「錐體」、「球體」、「容積和容量」、「圓和扇形」等繼續研究。

柒、參考文獻

- [1] 何明昇(1999)。國中與國小學生體積概念之診斷與教學(未出版之碩士論文)。國立台灣師範大學化學研究所，台北市。
- [2] 余民寧(2003)。教育測驗與評量-成就測驗與教學評量。臺北市:心理。
- [3] 吳明隆(2006)。結構方程模式:SIMPLIS 的應用。臺北市:五南。
- [4] 吳明隆、張毓仁(2014)。SPSS(PASW)與統計應用分析 I。臺北市:五南。
- [5] 李咏吟(2001)。學習輔導。臺北市:心理。
- [6] 吳宜靜(2005)。八二年版國一學生縮圖與放大圖繪製之概念與表現。(未出版之碩士論文)。國立臺南大學，臺南市。
- [7] 周淑君(2018)。萬用揭示板融入國小三年級分數單元對學童學習成就之影響研究(未出版之碩士論文)。國立臺南大學，臺南市。
- [8] 林瑞蘭(2008)。虛擬教具應用於國小三年級周長與面積概念教學之影響研究(未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- [9] 林嘉惠(2015)。以萬用揭示板融入分數教學對國小三年級學童同分母分數加減問題解題表現之研究(未出版之論文)。國立臺南大學，臺南。
- [10] 施宜明(2016)資訊融入國小三年級數學分數單元教學之行動研究(未出版之碩士論文)。國立屏東大學。屏東縣。
- [11] 孫偉倫(2011)。國小三年級電腦化分數概念表徵轉換動態評量的介入效益(未出版之碩士論文)。臺北市立教育大學。臺北市。
- [12] 袁媛(2007)。國中小數學虛擬教具的研發與教學研究。行政院國家科學委員會專題研究成果報告(編號: NSC95-2520-S-033-003)，未出版。
- [13] 袁媛、魏敏媛、陳敏慧(2012)。國小數學課室動起來—萬用揭示板怎麼用與怎麼教。臺北市:活石文化。
- [14] 張世明(2005)。萬用揭示板的開發與教學應用之研究(未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- [15] 張春興(1996)。教育心理學:三化取向的理論與實踐。臺北:東華。
- [16] 張春興(2013)。教育心理學—三化取向的理論與實踐重修二版。臺北市:東華。
- [17] 教育部(2008)。國民中小學九年一貫課程綱要。教育部，臺北。
- [18] 許秀甘(2015)。桌上遊戲對國小一年級學童加減法能力與數學學習動機之影響(未出版之碩士論文)。中原大學，桃園縣。
- [19] 郭生玉(2004)。教育測驗與評量。台北市:精華。
- [20] 陳玉菁(2012)。運用互動式電子白板於國小三年級分數單元之準實驗研究(未出版之碩士論文)。國立臺中教育大學。臺中市。

- [21] 黃信維(2014)。以數學閱讀融入合作擬題教學對國小三年級學童同分母分數加減問題解題表現之研究(未出版之碩士論文)。國立臺南大學，臺南市。
- [22] 黃榆婷(2010)。應用悅趣化數位教材於國小學童空間學習成效與展開圖解題歷程之研究。國立台北教育大學教育傳播與科技研究所碩士論文，未出版，台北市。
- [23] 熊貴蓮(2014)。萬用揭示板運用在國小五年級學童等值分數補救教學之行動研究(未出版之碩士論文)。中原大學。桃園縣。
- [24] 蔡執仲，段曉林、靳知勤 (2007)。巢狀探究教學模式對國二學生理化學習動機影響之探討。科學教育學刊。15(2)。119-144
- [25] 蘇紋玉(2016)。資訊科技融入國小數學科學習成效之研究-以國小三年級時間單元為例 (未出版之碩士論文)。國立虎尾科技大學，雲林縣。
- [26] Ahmanan, J. S., & Glock, M. D. (1981). Evaluating student progress principles of tests and measurement (6th ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- [27] Clements, D. H., & Battista, M. T. (1992). Geometry and spatial reasoning. In D. A. Grouws (Ed.) Handbook of reasoning on mathematics teaching and learning. pp. 420-464. New York, NY: Macmillan.
- [28] Clements, D. H., Swaminathan, S., Hannibal, M. A. Z., and Sarama, J. (1999). Young children's concepts of shape. Journal for Research in Mathematics Education, 20(2), 192-212.
- [29] Devellis, R. F. (1991). *Scale development: Theory and applications*. Newbury Park, CA: Sage.
- [30] Kline, R. B. (1998). *Principles and practice of structural equation modeling*. New York, NY: Guilford Press.
- [31] Maehr, M.L., and Meyer, H.A. (1997). Understanding motivation and schooling: Where we've been, where we are, and where we need to go. Education Psychology Review, 9(4), 371-409.
- [32] Noll, V. H., Scannell, D. P., & Craig, R. C. (1979). Introduction to educational measurement (4th ed.). Boston, MA: Houghton Mifflin.
- [33] Nunnally, J.C., (1978), *Psychometric theory*, New York, NY, NY: McGraw-Hill.
- [34] Piaget, J., & Inhelder, B. (1967). The child's conception of space (F. J. Langdon & J. L. Lunzer, Trans.). New York: W. W. Norton.

Biographies

Yu-Ling Kan received the B.Ed. from the Department of Education, National Hsinchu University of Education, Taiwan, in 2010. Now, I am an elementary school teacher teaching in Tucheng elementary school, Tainan, Taiwan. My teaching interests are different teaching instruction into mathematics for elementary school students.

Chien-Chung Huang received the PH.D. degree from University of Northern Colorado, Colorado, U.S.A. Now, he is an associate professor of the Department of Applied Mathematics, National University of Tainan, Taiwan. His research interests are Pre-service teacher professional development, mathematics education, mathematics analysis etc..

