

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PED107126

學門分類/Division：教育

執行期間/Funding Period：107 年 8 月 1 日至 108 年 7 月 31 日

O2O2O 概念應用在圖解統計學之創新教學模式
統計學

計畫主持人(Principal Investigator)：楊崇堯

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：南臺科技大學
資訊管理系

繳交報告日期(Report Submission Date)：108 年 9 月 18 日

O2O2O 概念應用在圖解統計學之創新教學模式

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

1. 研究動機與目的(Research Motive and Purpose)

閉環模式中，Online to Offline to Online 是大部分網際網路教育企業的 O2O2O 模式，他們大多在營銷上形成了閉環，比如學生和老師最終再回到線上平臺，更多是完成結算、教學評價等內容，後續的教學軌跡分析還不完善，特別是沒有後續的教學活動了，比如，課後作業、視訊課程複習或預習等。相對而言，Offline to Online to Offline 這種傳統教育企業的 O2O2O 模式，雖然在營銷閉環上有所欠缺，但是在教學閉環上則做得相對較好。由於線上教育的一個重要特點是強調為每一位學習者實現個性化服務，所以，一般個性化教育機構的閉環 O2O2O 模式在針對個性化教學服務上做得更好一些。比如，今年初推出“e 學大”的學大教育，其多年個性化教育經驗，特別是個性化教育思維，使其從線下到線上再到線下的學習過程，無不貫徹著以學習者為中心的理念，如個性化學前測試、師生配對、學習軌跡和知識點分析、課後線上作業安排和視訊推送等都體現著這一理念。其暑期的“個性化小組課”更是充分利用教育閉環，把“e 學大”應用到小組課堂，成功實現小組教學的 O2O2O 個性化。

網際網路是一種可以讓效率極大化的工具，可以極大降低產品的推廣時間和成本。但是，看看服務型企業，可以利用網際網路來推廣產品，但是，無法在網際網路上完成核心的服務過程，必須要回到線下來。同樣，教育產品也是一種服務，所以對於服務型教育企業來說，網際網路事關服務的效率，線下實體則更事關服務的效果。對於服務型教育企業來說，O2O2O 是競爭力量的放大器，它體現的是效率和效果的乘積。網際網路技術可以讓教育更有效率，但線下教育則讓教育更有效果。所以，那些擁有線下實體和線下平臺的 O2O2O 教育企業，將代表著最近一個階段的未來。

隨著科技的進步，在課堂上講解統計概念時可利用的資源，不僅止於紙本教材的靜態圖形，例如：假設檢定拒絕區圖形、常態鐘型分配圖等。近年來，學者紛紛透過視覺化教學的方式進行統計教學，趨向於應用動態的圖形表徵以協助學生理解概念(Mervyn, Meeker, Cook, & Sung, 1994)。這種應用方式，在教學上可縮短運算的時間，協助老師強調概念部份的問題(Mills, 2002)；在學生方面，降低其數學運算的障礙與對統計學習的畏懼(Webster, 1992)。其它數學教學方面的研究亦顯示類似成果，Hart & Sinkinson(1987)證實，許多兒童在具體的活動經驗與數學的形式化之間的聯結會有許多困難，同時他們建議提供搭橋(Bridging)的過程，如以圖形表徵做中介的表徵以解決這個問題。Baek & Layne(1988)和 Reiber(1990)的研究也都支持動畫的學習成效高於文字(靜態圖文)，但在 Reiber 的研究中也指出雖然動畫組學習成效較好，但如果沒有適當的引導也更容易產生迷思概念，而建立錯誤結論。但在合適的教材上，動畫較靜態圖文的學習成效佳。

同儕教學是同儕輔助學習中最被皆知且最受歡迎的方法(Topping & Ehly, 1998)，且早在十九世紀時即受教育學者肯定，同儕教學在教育研究中已廣泛研究的教學策略，許多教育及心理學研究者已證明學生互相教學可以增加他們學習的成效，且適用於任何年齡群體、能力水準及學習領域(Cohen, et al., 1982, Falchikov, 2001, Rohrbeck, et al., 2003)，在

同儕教學中，學生彼此間互相幫助來增加學習，學生有時候扮演教學者(Tutor)，有時候扮演受教者(Tutee)，教學者可以幫助受教者解決疑惑，並從教學過程當中，可以重新組織自己的知識，釐清自己的概念，並且在同儕討論之中，培養表達、溝通與解說能力，並且分享自己的想法，也從別人想法中得到收穫。雖然教學者所提供的教學與輔助的品質可能比不上課堂老師，但是在一對一面對面同儕教學中，教學者提供受教者的教學輔助是立即的，而且會依據受教者不同環境因素給予不同的教學方式，這是課堂老師所沒有辦法做到的(Topping & Ehly, 1998)，故本研究設計了「同儕互教活動」，其中最重要的是在此活動的課堂部分，進行面對面同儕教學，因此，課堂老師便有更多時間來監看全班學生的學習狀況，評估學生的學習過程(Gyanani & Pahuja, 1995, Maheady, 1998)。

儘管許多教育與心理學研究者都發現同儕教學的教室環境可以帶給學生認知與情感方面的收穫，但是在課堂內進行同儕教學沒有資訊科技去輔助通常只能藉由簡單的流程去學習，例如：在全班性的同儕教學(Class-Wide Peer tutoring, CWPT)程序中，同儕教學者與受教者只能單純藉由一副教學用的閃視卡片(Flashcard)，進行互相溝通的閱讀問題與回覆答案活動(Greenwood, et al., 1989)，在傳統教室上進行同儕教學會花費很多時間與準備工作，使得同儕互教活動只能進行簡單的步驟，但是如能透過資通訊科技來輔助面對面同儕互教活動，這會使同儕互教活動容易進行，且可以發揮其所益處，此乃本計畫之教學策略動機。

數位學習領域是一種教育科技領域的發展策略，Robin king 指出最受歡迎，也最具市場價值的數位內容應用，即是動畫、遊戲、網路以及繪圖產業(周頡、梁朝雲、許明潔，2003)。動畫是最貼近學生的學習心理，將動畫迷人之處整合融入教材設計，對學生學習將有正面幫助。孫春望(1998)指出將教育卡通及遊戲整合起來便是寓教於樂的概念，這是許多教育工作者期望能夠達到的境界，也是讓學生能夠輕鬆愉快地學習到有用知識，運用此種育樂多媒體，除了可提高學習者的操作興趣與專注力，更能在看動畫和遊戲的情境中學習到需要的知識。周頡等人(2003)的研究指出運用寓教於樂的概念，主要是期望教育能更符合人性需求，藉由提高學習者的學習意願和興趣，以維繫學習的注意力。因此如果利用電腦動畫來模擬真實的狀況，將抽象的概念或原理以具體的方式來呈現，相信學生會比較容易了解。

綜上所述，本計畫擬發展 O2O2O(Offline to Online to Offline)概念應用在圖解統計學課程之創新教學模式，第一個 O(Offline)是線下老師課堂授課圖解統計學，但因學生圖解後設認知的能力不同，不容易了解圖解過程，所以輔以第二個 O(Online)即是線上圖解動畫網頁系統，此亦即是本計畫重點之一，開發所有統計單元的圖解動畫，圖解動畫過程並加上文字、語音等講解，讓學生可以課後在線上反覆觀看圖解過程，強化圖解後設認知。最後一個 O(Offline)則是線下課堂實施全班性的同儕教學(Class-Wide Peer Tutoring, CWPT)教學策略，以一對一方式，讓學生的角色轉變為教學者(Tutor)，期能藉由角色的轉變，改善學生對於統計學的學習成效。課程教材的重點是研發統計學敘述及推論統計各單元的視覺圖解教材，取代傳統統計學公式教材，原則是將統計觀念以視覺圖形方式呈現，盡量降低公式的死背，有助於提升學生的學習興趣。另外，由於 O2O2O 教學模式乃一大創新，故本計畫另一目的則希望以實地實驗方式來驗證 O2O2O 創新教學模式是否具有實用的學習成效，以強化本研究之實際應用價值。

2. 文獻探討(Literature Review)

2.1 統計教學

教師對統計教學內容的認知，一般認為先安排敘述統計與基本觀念的引導，期中過後再安排推論統計。在教學方法的認知則認為教師應運用電腦科技實施教學(教科書投影片形式的輔助教材)，教師運用單槍精彩地解說著統計學的歷史，邏輯地安排學習順序，豐富地運用各種符號說明統計學的功能，推導統計學公式的來源。但從學生的反應來看，有充分的理由相信這是無效的教學方式，充其量只能稱為「運用現代科技的傳統式教學法」。

Rossman & Chance (2000)及 Schafer & Ramsey (2003)都認為統計學的教學應當強調數據分析的過程、結果的傳達、和證據的積聚，因為它們會提供所有數據分析狀況的明確教學，給學生技能與信心去應用統計技巧。Radke-Sharpe (1991)則認為統計結果的傳達與其分析的過程同等重要，又因為統計學的跨學科任務使得生活中處理實際的例子，並且運用清楚簡明的方式將結果傳達給非統計學家，則更為重要。

文獻中對於統計教學的相關研究大致可以區分兩類，一是著重於以教學策略來改善傳統公式教學。例如蘇明俊(2006)藉由專題本位學習文獻的探討，形成教學策略的假設：「統計專題教學能有效提升學生學習統計學的成效，及學習興趣。」，據此規劃行動研究可以進行驗證的工作，最終得到正面的結果，並能逐步形成 5A 統計教學模式；而詹志禹(2005)為降低大學生學習統計學的焦慮，將討論教學法融入統計學課程，展開行動研究。初步行動方案大量引進小組討論法，開發了十種佈題類型，採取『預讀一佈題一小組討論一分享一評論/結論』的基本程序，雖然較能引導學生提問和討論，並有助於獨立思考，但效果參差不齊。修正的行動方案鎖定改善小組討論的品質與數量，將其轉化成四種相互關連的情境，並搭配講述法，成果發表與強調合作的評量設計。實施結果，量化分析顯示學生在各授課指標上又更為肯定，並顯著降低了學習統計的焦慮。質性資料也顯示，他們提高學習動機並改善了分工合作與問題發現等能力；吳炳焜(2003)採用荷蘭 Freudenthal Institute 的發展研究法來發展統計教學模組，教學模組包括教材、教法（教師手冊）和評量（習作），研究問題包含模組發展之困難，解決策略，和有效之模組發展設計模式。

另一類則強調導入程式語言或教學網站等資訊科技來改善傳統公式教學。例如林政輝(2006)探討英國 CensusAtSchool 統計教學網站對國小實習教師統計教學知識的影響，並以此評估 CensusAtSchool 融入我國國小統計教育的適用性，研究結果顯示實習教師既有的統計教學知識並非完整，亦受外在因素的干擾，呈現出不穩定性，而在接觸 CensusAtSchool 網站中的資源並用來從事教學後，實習教師的統計教學知識則有了不同程度上的變化，不但統計教學知識各層面的內涵趨於充實，且彼此間的連結性變強，顯見 CensusAtSchool 確實影響著實習教師的統計教學知識；林秀珍(2008)探究完整的統計過程教學對國小高年級統計思維的影響，並評估利用 CensusAtSchool 教學網站內容融入我國國小統計教育之可行性，以供教師、學校行政單位或數學教育相關研究作為參考之依據，研究結果顯示利用 CensusAtSchool 教學網站之內容進行教學，可以提高學童對於統計課程的興趣，經由連貫的統計教學過程可以提升學童的統計思維。蕭錦玲(2006)的研究目的為瞭解專家及學生對「統計『相關』概念模擬學習軟體」雛型的評估意見，進

而評估學生上機操作「統計『相關』概念模擬學習軟體」的歷程，研究結果顯示雛形軟體表現符合學習軟體的設計水準，且雛形軟體的多重表徵間動態連結環境有助於學生學習抽象統計概念，最後雛形軟體以模擬為基礎的概念改變模式，可適性化達到釐清學生迷思概念的目的。

2.2 同儕教學

「同儕教學法」(Peer instruction) 是由哈佛大學物理系教授 Eric Mazur 在 1991 年所發展出來的教學模式。使用傳統教學法來教授大學的物理學(力學、電學與磁學)時，因為傳統教學的老師只是將書中的內容演示給學生看，學生常常只是記憶一些解題的公式。Mazur(1997)認為這樣的傳統教學法是無法讓學生真正了解物理學的重要概念及提升學習興趣，於是他改良傳統物理學的教學模式。實施同儕教學法的用意是希望學生利用課堂上的同儕討論互動，將注意力集中在基本概念上。整個教學過程想要達到兩個目的，一個是學生得以批判和思考正在推演的論證，另一個是教師可以評估學生是否熟悉基礎概念及教師的教學效果。

Cole & Chan (1990)認為同儕教學是指由孩子教導孩子，由同輩學生提供教學，以一對一為教學原則，並有其教學計劃、過程與訓練計劃；並提出同儕教導策略適用於任何能力水準、年齡群體的教學對象，而還可廣泛地應用在各科學習領域中。在同儕教學的學習過程中提供了個人反應與練習的機會，其學業成就及社交技巧行為可以從同儕教學的歷程中獲得強化，進而激發自我責任感及對他人關懷的情意發展，並可增強自尊心及自信心，得以促進個人社會化行為。文獻上常見的同儕教學模式整理說明如下：

(1). 全班性的同儕教學模式(Class-wide Peer Tutoring, CWPT)

全班性同儕教學於 1980 年發展出來，為了改善普通教育中學習低成就和學習障礙學生的拼字能力而起(Delquadri, Greenwood, Stretton & Hall, 1983)，後來將其擴展到閱讀和字彙等其他領域。全班性的同儕教導是最具結構性的一種方式，結合了同儕個別教學的形式，以一對一的教學基礎，將學生兩兩配對，並以趣味性的遊戲競賽方式所進行的一種教學模式。本教學模式的特色首要在於要求學生能主動、經常的反應（主動參與），同時讓同儕以系統的監控彼此的反應（互動），不但增加學生反應的機會，增進學業互動，也增加學生在課堂上專注學習的時間。其次，一般都運用在教導功能性的基本領域，例如：閱讀、數學、語文等基本學科的技能練習。

(2). 同儕輔助學習法(Peer-Assisted Learning Strategies, PALS)

Fuchs, Hamlett, Phillips & Bentz (1995)說明同儕輔助學習法是普通教育教師教導學習障礙學生時一種可行、有效且可接受的全班性介入的教學策略，建議普通教師同時使用課程本位測量，以使教學適合全班及特殊學生的需要。它是由全班性的同儕教學模式（CWPT）發展出的，適用的學科領域有數學與閱讀。學生配對的方式係採一位技能佳另一位是技能差的組合方式，兩位學生一同工作，形成十三個到十五個配對組別，讓他們在同一時間內完成學習任務。

(3). 同儕交互指導(Reciprocal Peer Tutoring, RPT)

此種教學模式係由美國賓州大學 Fantuzzo, Davis 和 Ginsburg 等學者於 1995 年所發展出來的一種同儕教導模式，主要在於運用同儕間相互的幫助，彼此討論課業、

分享學習經驗及紓解學習焦慮之一種合作教學方式（陸正威，1998、2000）。

(4). 同儕個別指導教學(Peer Tutoring, PT)

此種教學模式係指在年齡相近的學生中，採一對一的方式，由能力較佳者教導能力較弱的學生，不受年齡群體、能力、學習內容之限制，時間上也可彈性安排。同儕個別指導教學可分為同年齡和跨年齡兩種實施方式，意指教師在選擇同儕小老師和學習者時，兩者的年齡或年級是否一致。在同年齡的實施方式中，教師可直接指派班級內成就或能力較高的學生來指導成就或能力較低的學生，不需利用其他時間進行教學，也能避免讓學生抽調上課（Dineen, Clark,& Risley, 1977）。

3. 研究方法(Research Methodology)

3.1 O(Offline)2020：線下課堂授課圖解統計學

由上述文獻探討可以得知，首要的工作便是研發各統計單元的圖解模式，視覺圖形主要目的是希望能讓學生不要僅有死背公式一種學習統計的方式，其角色亦不是要取代統計公式，而是輔助公式的記憶，所以各統計單元的圖解模式都是依照統計公式的推導而映像演繹而成，在學習圖解模式解決問題的同時，也是在映像統計公式推導的過程。

本計畫此處所提的統計單元是指單一統計問題的學習單元，範圍包括敘述統計及推論統計，例如：已分組分位、貝氏定理、二項分配、超幾何分配、均等分配、常態分配、機率分配近似、Z 分配、F 分配、卡方分配、估計、假設檢定等，簡言之，這個步驟的主要工作即是針對上述各單一統計學習單元研發各自的圖解模式。圖解模式是以圖形為主，其核心元件主要分成幾何圖形（例如圓形代表母體或樣本、樹形代表機率事件關係等）、符號（例如文字符號代表變數、數字符號代表常數）、箭號（例如實線箭號表示前後會產生公式、虛線箭號則表示移動）。本計畫預計研發各統計單元的圖形核心元件，亦會嚴謹定義每個圖形核心元件的相對意義，進而演繹圖解模式與統計公式之間的映像規則。下面以超幾何分配為例說明傳統公式與圖解模式的差異。

超幾何分配是另一個常用的間斷機率分配，主要的特性是母體元素有限且可分為不同特質的兩類。當一個有限母體之總數為 N ，其包含 k 個成功的元素、 $N-k$ 個失敗的元素。從母體中以不放回的方式抽取 n 個樣本，定義隨機變數 X 為此 n 個樣本中成功的個數，則隨機變數 X 之機率分配稱為超幾何分配， N 、 n 、 k 為超幾何分配之參數。若以傳統公式化教學，則如以下所示：

超幾何分配之公式

$$f(x) = \frac{C_x^k \times C_{n-x}^{N-k}}{C_n^N}$$

$$\text{Max}(0, k+n-N) \leq x \leq \text{Min}(n, k)$$

圖 1 即為其相對的視覺圖解模式，圖中除了隨機變數 x 外，其餘 N 、 K 、 n 均為常數，學習者從統計題目取得 N 、 K 、 n 及 x 的數值，實線箭號($N \rightarrow n$)表示從母體 N 抽取樣本 n ，

並會產生 C_n^N 公式，實線箭號($K \rightarrow x$) 表示從母體中成功事件 K 抽取至樣本中成功事件 x ，也會產生 C_x^K 公式，而同理實線箭號($N-K \rightarrow n-x$) 表示從母體中失敗事件 $N-K$ 抽取至樣本中失敗事件 $n-x$ ，亦會產生 C_{n-x}^{N-K} 公式。最後虛線箭號則表示 C_n^N 、 C_x^K 及 C_{n-x}^{N-K} 移動產生超幾何分配的抽樣分配函數如下：

$$f(x) = \frac{C_x^K C_{n-x}^{N-K}}{C_n^N}$$

如此學生便不用再死記公式，同時也知道公式的由來，只要記住視覺圖解模式，並反覆演繹其與統計公式之間的映像規則，便可以快速地記住統計公式。換句話說，統計公式不是直接死背而得，而是藉由視覺圖解模式的演繹來映像出統計公式，所以本研究計畫視覺圖解模式的角色定位是強化統計公式的記憶。

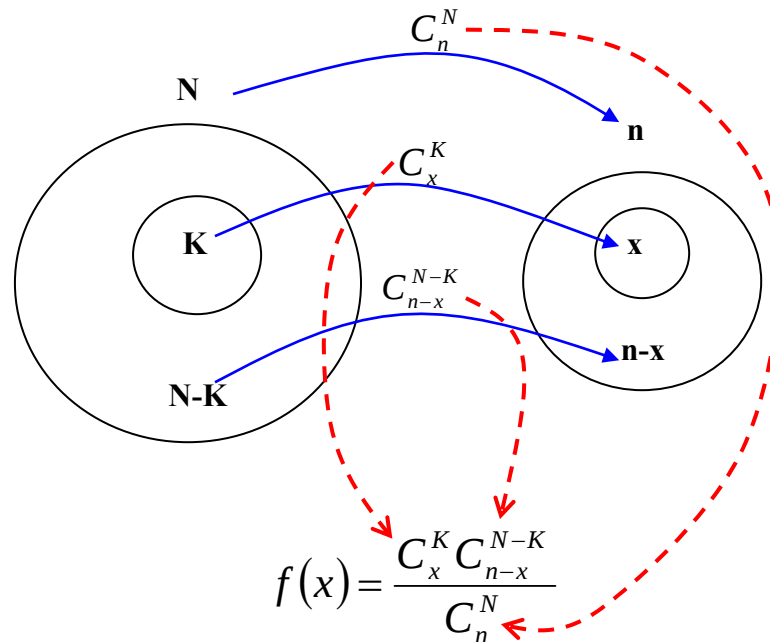


圖1 超幾何分配之圖解模式

3.2 O2O(Online)2O：線上圖解動畫網頁系統

本計畫預計針對上一階段所研發的各統計單元圖解模式，開發各自的圖解過程的動畫，其工作階段如下說明。

- (1) 腳本(Script)：腳本是撰寫各統計單元圖解模式之核心元素的草稿，找出最適合的影像調性與傳達訊息。
- (2) 設計(Design)：此階段主要是設計各統計單元圖解模式核心元素之動畫，使用風格設定圖(Style frames)，來呈現最後成品的過程。
- (3) 分鏡腳本(Storyboard)：分鏡腳本呈現了動畫的基礎架構，並且可以直接看到口白與畫面如何搭配，使用故事腳本軟體 Boords 來製作，最後輸出成 pdf 檔。關鍵場景也會在此階段被清楚的呈現出來，瞭解動畫大致會如何呈現腳本內容。

- (4) 動態腳本(Animatic): 動態腳本是整合所有東西的方法, 並可以做出一個時間點大致正確的樣片, 主要目的是呈現時間、架構、影像節奏、關鍵動態和轉場。
- (5) 製作(Production): 此階段是最後工作, 使用動畫軟體進行各統計單元圖解動畫的製作, 動畫完成後, 會開發網頁系統來呈現動畫, 提供學生強化圖解後設認知的能力。

下面以已分組中位數的粗略圖解動畫展示如圖 2 至圖 5 所示。



圖2 已分組中位數圖解動畫一

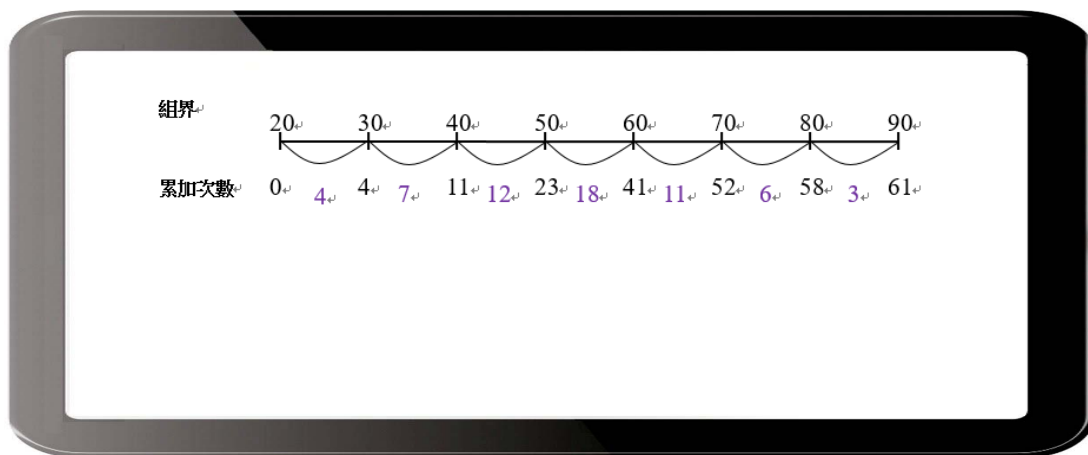


圖3 已分組中位數圖解動畫二

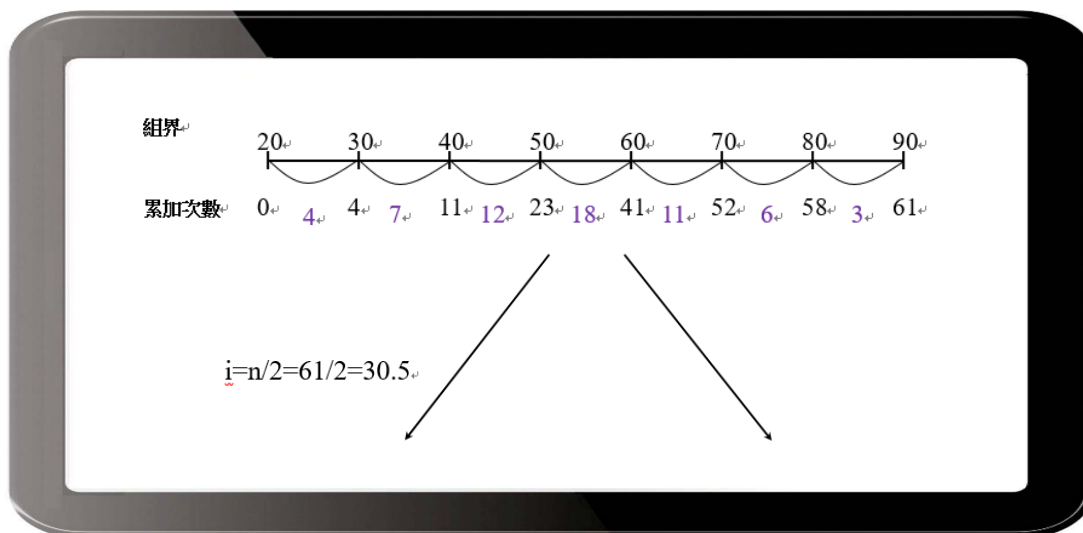


圖4 已分組中位數圖解動畫三

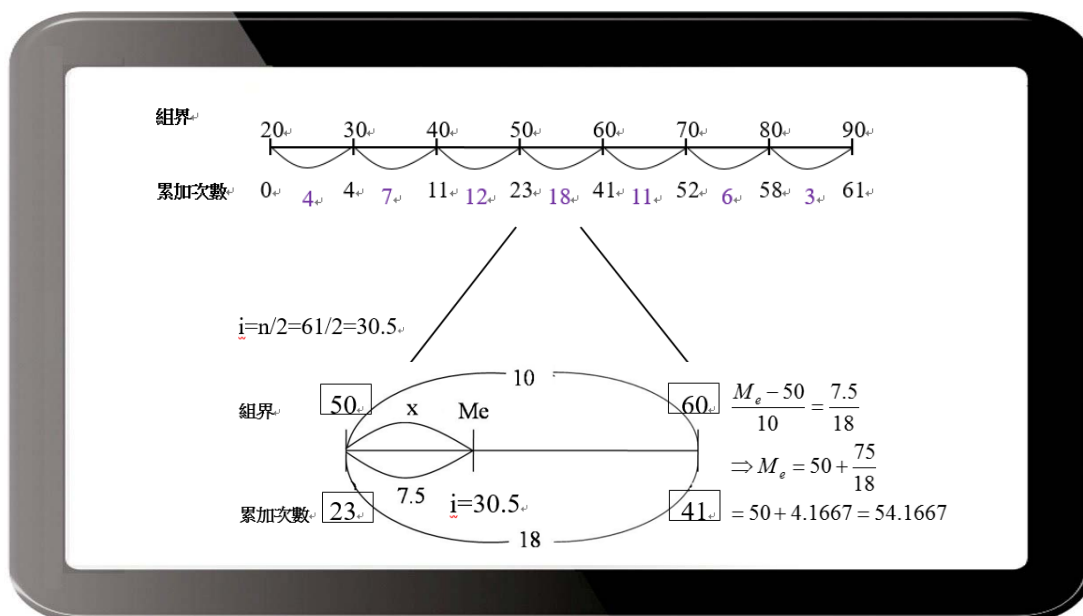


圖5 已分組中位數圖解動畫四

4. 教學暨研究成果(Teaching and Research Outcomes)

為了進一步瞭解本計畫之 O2O2O 創新教學模式的學習成效，本計畫預計以實地實驗法(Field experiment)來探討不同的教學模式對統計學學習成效的影響，及圖解認知、性別調節不同的教學模式對統計學學習成效的影響，預計提出本計畫的理論架構如圖 6 所示。在這個研究架構中，可以看出「學習成效」是「教學模式」、「圖解認知」及「性別」的函數，亦即「學習成效」是依變項，「教學模式」、「圖解認知」、「性別」則是自變項。自變項又稱為「因子」，每個因子又有其操弄變數稱為「水準」。其中「教學模式」因子包含 2 個水準（公式教學模式、O2O2O 教學模式）、「圖解認知」因子包含 2 個水準（高認知、低認知）、「性別」因子包含 2 個水準（男性、女性）。而依變項「學習成效」的操弄變數則包含學習成就、統計態度與滿意度。

由於本計畫的主要目的不是在於「圖解認知」、「性別」直接對「學習成效」的影響，

也就是說「圖解認知」、「性別」兩個變項是用來調節自變項「教學模式」，所以在本計畫實驗架構中，乃將「圖解認知」、「性別」兩個變項視為中介變項(Intervening variable) (Benbasat, 1989)。

本研究的實驗對象是以選修統計課之南臺科技大學資訊管理系學生為主，實驗區組的前測是以兩班學生為對象，共計 100 位學生。由於「圖解認知」及「性別」是本研究的集區因子，而依照前測的分群結果，「圖解認知」分成 2 群，「性別」分成 2 群，交互的結果共分成 4 個集區，分別是「高認知—男性」、「高認知—女性」、「低認知—男性」、「低認知—女性」。然後在每個集區中，分別隨機各抽取 25 位受測者，故全部參與實驗的受測樣本總共是 100 位。最後各個集區內的 25 位實驗單位以隨機順序重複參加公式教學模式及 O2O2O 教學模式統計教學的實驗，故總共有 8 種實驗處理，實驗結束後預計總共回收 200 份問卷。

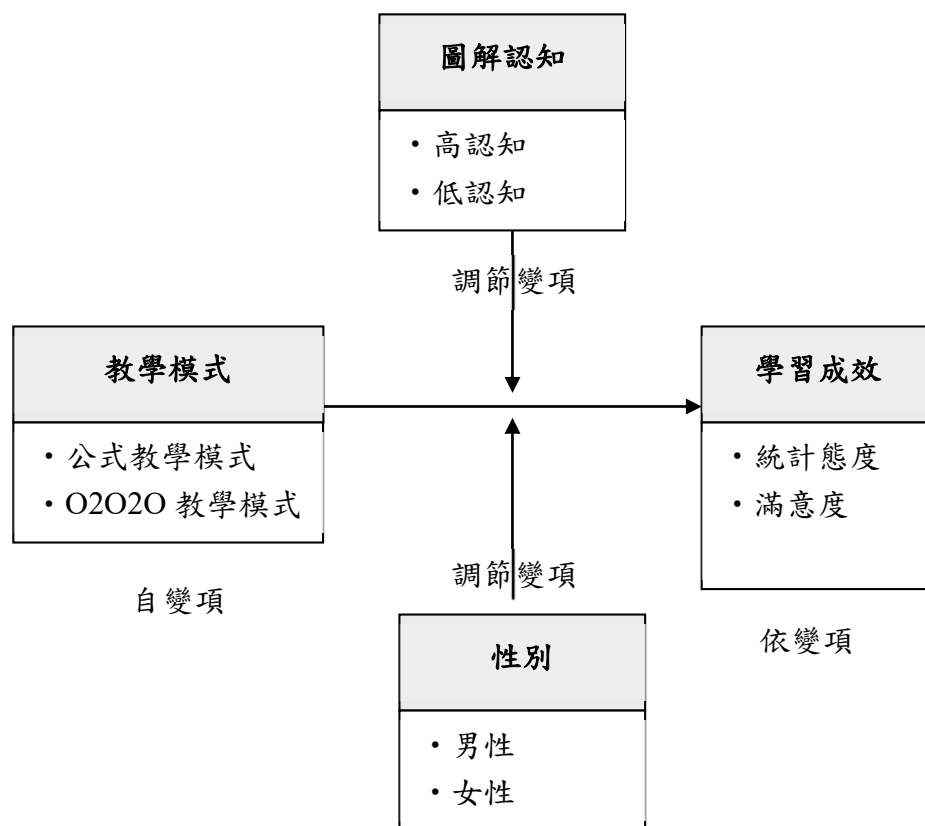


圖6 本計畫預計之實驗設計研究架構

本研究以多重變異數分析(MANOVA)來針對本研究假設進行驗證，並且進一步以 ANOVA 來檢視各互動機制層次、使用經驗、購物經驗間的均值差異。另外，當有顯著性的差異存在時，本研究進一步以 Scheffe 事後多重比較檢定來比較群體間彼此差異的情形。

表1 教學模式對學習成效之檢定

	統計態度	滿意度	整體效果檢定	
			Wilk's Lambda	F值
	F值			
教學模式	4.368**	1.204	0.845	2.572**
教學模式×圖解認知	4.198*	1.043	0.899	2.395*
教學模式×性別	0.419	1.107	0.724	0.423

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$

表2 不同教學模式對學習成效之均值差異分析

教學模式	學習成效	
	統計態度	滿意度
公式教學模式	4.78	4.93
O2O2O 教學模式	5.57	5.38
F 值	4.704*	1.549
Scheffe 事後比較	公式教學模式 < O2O2O 教學模式	

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$

表3 不同程度下，教學模式對學習成效之均值差異分析

圖解認知	教學模式	學習成效	
		統計態度	滿意度
高認知	公式教學模式	5.12	5.38
	O2O2O 教學模式	6.17	5.52
	F 值	4.472*	0.125
Scheffe 事後比較		公式教學模式 < O2O2O 教學模式	
低認知	公式教學模式	4.87	4.60
	O2O2O 教學模式	5.37	5.52
	F 值	0.563	1.683
Scheffe 事後比較			

** : $p < 0.01$; * : $p < 0.05$

此部分主要在瞭解不同的教學模式對學習成效的影響，是否會因為學生性別不同而有所差異。由表 1 可發現，教學模式與性別之交互作用對於學習成效無顯著的影響，所以並未再進一步地以 Scheffe 事後多重比較來檢定。此結果與大部分文獻差異不大，例如林佳蓉(2006)發現混合式學習模式對於不同性別之學生實驗前後，其數學學習態度與學習成效在不同教學模式間沒有顯著差異。然而本研究的發現可能原因是此性別差異會表現在其他變數上，在 O2O2O 教學模式或公式教學模式統計教學上面，無法顯現出來。

二. 參考文獻(References)

1. Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52, 215-241.
2. Baek Y.Z. & Layne, B. H. (1988). Color, graphics, and animation in a computer-assisted learning tutorial lesson. *Journal of computer-Based Instruction*, 15(4), 131-135.
3. Bloom, B.S. (1984). The 2 sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, 13, 4-16.
4. Carney, N. R., & Levin, R. J. (2002). Pictorial illustrations still improve students' learning from text. *Educational Psychology Review*, 14(1), 5-26.
5. Cohen, P.A.; Kulik, J. A.; & Kulik, C. L. C. (1982). Educational outcomes of tutoring: a meta-analysis of findings. *American Educational Research Journal*, 19, 237-248.
6. Cole, P., & Chan, L. (1990). *Method and strategies for special education*. Sydney Prentice Hall.
7. Delquadri, J., Greenwood, C. R., Stretton, K., & Hall, R. V. (1983). The peer tutoring game: A classroom procedure for increasing opportunity to respond and spelling performance. *Education and Treatment of Children*, 6, 225-239.
8. Denton, P., Madden, J., Roberts, M., & Rowe, P. (2008). Students' response to traditional and computer-assisted formative feedback: A comparative case study. *British Journal of Educational Technology*, 39(3), 486-500.
9. Dineen, J. P., Clark, H. B., & Risley, J. R. (1977). Peer tutoring among elementary students: educational benefits to the tutor. *Journal of Applied Behavior Analysis*, 10(2), 231-238.
10. Falchikov, N. (2001). *Learning together: Peer tutoring in higher education*. London: RoutledgeFalmer.
11. Fischbein, E. (1993). The theory of figural concepts. *Educational Studies in Mathematics*, 24, 139-162.
12. Fuchs, L.S., Fuchs, D., Hamlett, C. L., Phillips, N., & Bentz, J. (1995). General educators' specialized adaptation for students with disabilities. *Exceptional Children*, 61, 440-459.
13. Fuson, K.C., & Willis, G.B. (1989). Second graders use of schematic drawings in solving addition and subtraction word problems. *Journal of Educational Psychology*, 81, 514-520.
14. Greenwood, C.R., Delquadri, J.C., & Hall, V. (1989). Longitudinal effects of classwide peer tutoring. *Journal of Educational Psychology*, 81(3), 371-383.
15. Gyanani, T. C., & Pahuja, P. (1995). Brief research report: Effects of peer tutoring on abilities and achievement. *Contemporary Educational Psychology*, 20(4), pp. 469-475.
16. Hart, K. & Sinkinson, A. (1987). *Forging the Link Between Practical and Formal Mathematics*. Psychology of Mathematics Education, Montreal, Quebec, Canada: University of Montreal.
17. Janssen, J., Erkens, G., Kanselaar, G., & Jaspers, J. (2007). Visualization of participation: Does it contribute to successful computer-supported collaborative learning? *Computers & Education*, 49(4), 1037-1065.
18. Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive Science*, 11, 65-99.

- 19.Lowe, R. K. (1994). Selectivity in diagrams: reading beyond the lines *Educational Psychology* 14(4), 467-491.
- 20.Maheady, L. (1998). Advantages and disadvantages of peer-assisted learning strategies. In Topping, K. & Ehly, S. (Eds.), *Peer-assisted learning* (pp. 45-65). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Good.
- 21.Mazur, E. (1997). *Peer instruction: A user's manual*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- 22.Mervyn, M., Meeker, W., Cook, D., & Sung, T. S. (1994). Using graphics and simulation to teach statistical concepts. Paper presented at the Paper presented at the Annual meeting of the American Statistician Association.
- 23.Michinov, N., & Primois, C. (2005). Improving productivity and creativity in online groups through social comparison process: New evidence for asynchronous electronic brainstorming. *Computers in Human Behavior*, 21(1), 11-28.
- 24.Miller, S.R., Miller, P.F., Armentrout, J.A., & Flannagan, J.W. (1995). Cross-age peer tutoring: A strategy for promoting self-determination in students with severe emotional disabilities/behavior disorders. *Preventing School Failure*, 39 (4) , 32-37.
- 25.Mills, J. D. (2002). Using computer simulation methods to teach statistics: A Review of the Literature. *Journal of Statistics Education*, 10(1).
- 26.Presmeg, N. C. (1986). Visualization in high-school mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 6, 42-46.
- 27.Rieber, L.P. (1990). Animation in Computer-Based Instruction. *Educational Technology Research & Development*, 38(1), 77-86.
- 28.Roblyer, M.D., & Edwards, J. (2000). *Integrating educational technology into teaching*. 2nd ed.Upper Saddle River, N.J. :Merrill.
- 29.Rohrbeck, C. A., Ginsburg-Block, M. D., Fantuzzo, J. W., & Miller, T. R. (2003). Peer-assisted learning interventions with elementary school students: A meta-analytic review. *Journal of Educational Psychology*, 95(2), 240-257.
- 30.Roth, W.-M., & Bowen, G. M. (2003). When are graphs worth ten thousand words? an expert-expert study. *Cognition and Instruction*, 21(4), 429-473.
- 31.Schoenfeld, A. H. (1979). Explicit heuristic training as a variable in problem-solving performance. *Journal for Research in Mathematics Education*, 10(2), 173-187.
- 32.Schoenfeld, A. H. (1980). Teaching problem-solving skills. *The American Mathematical Monthly*, 87(10), 794-805.
- 33.Tergan, S. O., & Keller, T. (2005). Visualizing knowledge and information: An introduction. In S. O. Tergan & T. Keller (Eds.), *Visualizing knowledge and information* (pp. 1-23). Berlin: Springer.
- 34.Topping, K. (1988). *The peer tutoring handbook: Promoting cooperative learning*. London: Croom Helm.
- 35.Topping, K., & Ehly, S. (1998). Introduction to peer-assisted learning. In Topping, K. & Ehly, S. (Eds.), *Peer-assisted learning* (pp. 1-23). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum

Associates.

36. Webster, E. (1992). Evaluation of computer software for teaching statistics. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 11(3/4), 377-391.
37. 方麗、黃海芳 (2015)。基於高職的 O2O 教育教學初探。亞太教育 (27)，頁 138-138。
38. 王苑惠 (2010)。圖畫書融入一年級數學教學以落實連結主題之行動研究。國立臺北教育大學數學教育研究所碩士論文，未出版，台北。
39. 何運峰(2015)。中職微課在 O2O 教育模式下的應用。職業教育 (2)，頁 61-62。
40. 利亞蒨(2001)。「網路輔助教學在國小數學學習領域學習成效、學習態度之影響研究」。屏東教育大學教育行政研究所碩士論文。
41. 吳勇毅(2015)。O2O 到家服務將推進線上教育模式。資訊與電腦 (2015 年 15)，頁 35-36。
42. 吳炳焜(2003)，「發展符合九年一貫課程統計教學模組之研究」，國立彰化師範大學科學教育研究所碩士論文。
43. 沈亞梵(1996)。簡易電腦多媒體設計與應用。教學科技與媒體，30，頁 54-56。
44. 周頡、梁朝雲、許明潔 (2003)。結果進行探討：從設計管理的角度來探討台灣動畫產業製作主管之決策考量。教學科技與媒體，63，頁 65-78。
45. 林秀珍(2008)，「探究以統計過程為基礎之統計教學活動之成效--利用 CensusAtSchool 教學網站」，國立台北教育大學數學教育研究所碩士論文。
46. 林秀燕 (2004)。以圖示策略融入低年級教學對改變類及比較類加減法文字題學習成效之研究。未出版之碩士論文，國立屏東師範學院，屏東縣。
47. 林佳蓉(2006)，「混合式學習模式對國小兒童數學學習成效和學習態度之影響」，屏東教育大學教育行政研究所碩士論文。
48. 林政輝(2006)，「探究 CensusAtSchool 統計教學網站對實習教師統計教學知識的影響」，國立台北教育大學數學教育研究所碩士論文。
49. 林珊如 (1983)：國中資賦優異學生智力、認知發展、創造力與學業成就之相關研究。國立台灣師範大學教育研究所碩士論文，未出版，台北市。
50. 林敏宜 (2000)。圖畫書的欣賞與應用。台北：心理出版社。
51. 孫春望 (1998)。1997 童話幻想曲：合作式電腦遊戲設計。教學科技與媒體，37，頁 2-9。
52. 康佳鈴、郭昭佑(2017)。O2O 概念在教學上的應用。臺灣教育評論月刊，6 (3)，頁 217-223。
53. 張殷榮 (2001)：我國國中學生在國際測驗調查中科學學習成就影響因素之探討。科學教育，244，5-10。
54. 張瓊云(2008)。「運用圖像化教學於國小文言文學習成效之研究」。國立臺東大學教育學研究所碩士論文。
55. 梁榮彰(2004)，「圖像提示對國中一年級學生理解數學圖像測驗的成效研究」，國立交通大學網路學習碩士在職專班碩士論文。
56. 陳怡君(2007)。模擬輔助理解系統對高中生統計「相關」概念學習成效之實驗研究。未出版之碩士論文，國立中央大學，桃園縣。

- 57.陳枝地(2005)。電腦輔助面對面同儕互教活動於一對一數位教室環境(未出版之碩士論文)。國立中央大學，桃園縣。
- 58.陳柏如(2005)。數學學習困難學生之工作記憶、數學問題表徵與數學解題表現之關係分析研究。未出版之碩士論文，台南大學，臺南市。
- 59.陳嘉彌(2004)。青少年學習應用同儕師徒制可行性之探析。教育研究資訊，12(3)，3-22。
- 60.陸正威(1998)。同儕交互指導數學解題方案對國小學童數學解題表現、數學焦慮及後設認知影響之實驗研究。國立新竹師範學院國民教育研究所碩士論文。
- 61.陸正威(2000)。一種運用班級同儕的學習輔導法—同儕交互指導教學。學生輔導，67，96-101。
- 62.黃仕奇(2009)。數常識數位學習網之開發與應用。未出版之碩士論文，國立嘉義大學，嘉義市。
- 63.詹志禹(2005)，「討論法融入大學統計教學之行動研究」，當代教育研究季刊，第13卷第4期，頁167~208。
- 64.廖美雲(2001)。互動式多媒體教材製作經驗分享—Flash製作。視聽教育雙月刊，43(1)，頁44-48。
- 65.廖泰倫(2006)。發展概念漫畫融入國小自然課程教學之研究—以「奇妙的光」單元為例。未出版之碩士論文，國立花蓮教育大學，花蓮縣。
- 66.潘慧萍(2007)。資訊融入國小一年級加減法文字題教學之研究。未出版之碩士論文，國立臺北教育大學，臺北市。
- 67.鄭晉昌(1997)，「視覺思考及科學概念的獲取—設計與發展電腦輔助視覺學習環境」，教學科技與媒體，第33期，頁20-27。
- 68.蕭錦玲(2006)，「以模擬為基礎的統計學習軟體之初探性評估研究」，國立中央大學學習與教學研究所碩士論文。
- 69.謝哲仁(2002)，「基本統計學之動態電腦教學設計」，美和技術學院學報，第20期，頁118~128。
- 70.顏宛青(2005)，「動態視覺化融入國小二年級數學學習成效之研究—以乘法、等分除、重量和體積、查月曆為例」，國立臺南大學教育經營與管理研究所數學科教學碩士論文。
- 71.羅國方(2004)，「圖片對學習理解力及創造力影響之探討」，南台科技大學應用英語系碩士論文。
- 72.蘇明俊(2006)，「以專題作為統計學教學策略之研究」，中華民國第22屆科學教育學術研討會，頁543~550。

三. 附件(Appendix)

與本研究計畫相關之研究成果資料，可補充於附件，如學生評量工具、訪談問題等等。