

國立臺中教育大學教育資訊與測驗統計研究所

碩士論文

指導教授：施淑娟 博士

Scratch 融入四年級坐標平面教學對學習
成效及認知負荷之影響研究

研究生：蔣俊明 撰

中華民國一〇五年七月



謝辭

本著父親的心願，這兩年機緣成熟，能夠考上及就讀臺中教育大學教育資訊與測驗統計研究所在職進修，實感榮幸，從各位老師兩年來一堂堂的課程中，重拾回我活用大腦的感動，很開心和珍惜與 13 位同學的相處，並在教學上重獲新民之感。

首要感謝指導教授施淑娟老師的細心與耐心，包容我的詞彙能力與規劃能力，克服眾多的困難；另外感謝李政軒老師和吳慧珉老師的用心指導，讓論文更完善。過程中，感謝賢內助林燕萍的支持；感謝編寫教學軟體時蔣芷昀與蔣仲鋁繪製的底圖，邱祖祺繪製的人物；感謝同事廖彩良、黃友陽、劉欣怡、洪健期老師等不吝讓出上課時間，讓班級能順利進行教學；感謝學弟蘇聖哲及同事等協助施測，感謝林怡如與周彥君學長能協助完成論文，感謝同學劉子祺一起打拼的日子，感謝同學陳誌文一起完成作業。感謝父母！天恩師德！要感謝的太多了，僅以此論文呈獻給所有幫助過我的師長、同學、同事、朋友與家人。

蔣俊明

中華民國一〇五年六月



摘要

本研究旨在探究以 Scratch 操作教學、PowerPoint 簡報教學與 EverCam 影片教學三種教學模式來教導四年級學童學習坐標平面之成效與認知負荷差異，另外也探討在 Scratch 操作教學採用先教學再解題及先解題再教學兩種教學取向的學習效果是否有顯著差異。教學實驗採不等組前後測設計，以便利取樣抽取 5 個班，共 103 位學生參與實驗。

本研究結論敘述如下

- 一、「先教學再解題之 Scratch 操作教學」學習成效顯著優於「先解題再教學之 Scratch 操作教學」。
- 二、「PowerPoint 簡報教學」、「Scratch 操作教學」與「EverCam 影片教學」三種教學的學習成效無顯著差異，但若將 Scratch 分成「先教學再解題之 Scratch 操作教學」及「先解題再教學之 Scratch 操作教學」，則四種教學法之學習成效有顯著差異。其中「EverCam 影片教學」的教學成效顯著優於「Scratch 操作教學中的先解題再教學」，其餘無顯著差異。
- 三、「Scratch 操作教學中的先教學再解題」、「Scratch 操作教學中的先解題再教學」「PowerPoint 簡報教學」與「EverCam 影片教學」四種教學法對學童學習認知屬性均無顯著差異。
- 四、「Scratch 操作教學中的先教學再解題」、「Scratch 操作教學中的先解題再教學」「PowerPoint 簡報教學」與「EverCam 影片教學」四種教學法的對全部學童、高分組學童或低分組學童的認知負荷均無顯著差異。

關鍵詞：Scratch、EverCam、認知屬性、認知負荷、坐標平面。



The Effects and Cognitive Load of Scratch on Plane Coordinates Learning for Fourth Grade Students in the Elementary School

Abstract

This study aims to investigate the effects on teaching plane coordinate to the fourth graders with three teaching models: Scratch, PowerPoint and EverCam and to explore the differences of cognitive loads resulted from these three models. Furthermore, two processes were included in Scratch teaching to confirm whether the learning effects on the processes are significantly different. The processes are “problem solving after teaching” and “teaching after problem solving.”

The results are as the following.

- 一、In Scratch teaching, the learning effects of “problem solving after teaching” is significantly superior to that of “teaching after problem solving.”
- 二、There is no significant differences in the learning effects on the teaching of Scratch, PowerPoint and EverCam. However, the learning effects are significantly different among PowerPoint, EverCam and the preceding two teaching processes in Scratch model. The instructional effects on EverCam is significantly better than those on “teaching after problem solving” in Scratch model. Forthly,
- 三、For the participant students’ cognitive attributes of learning, the four teaching methods, “solving problems after teaching” in Scratch, “teaching after solving problems” in Scratch, PowerPoint and EverCam, are not significantly different.
- 四、The cognitive loads resulted from the four teaching methods of “problem-solving after teaching” in Scratch, “teaching after problem-solving” in Scratch, PowerPoint and

EverCam are not significantly different for all of the participant students ,and the students in the high-score and the low-score group.

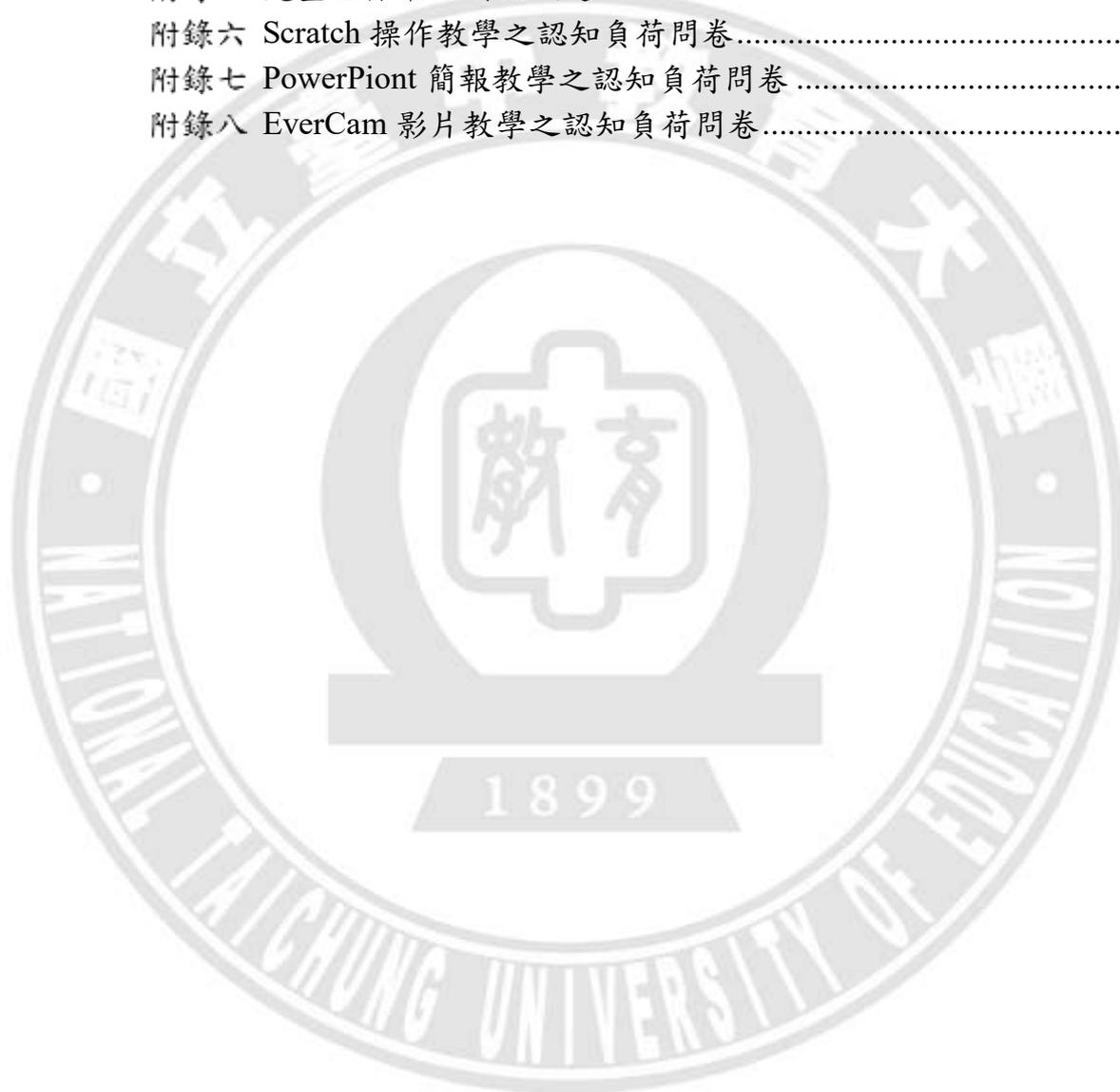
Keywords: Scratch, EverCam, cognitive load, Plane Coordinates, cognitive attribute



目錄

摘要	I
Abstract	III
目錄	V
表目錄	VII
圖目錄	VII
第一章 緒論	1
第一節 研究動機	1
第二節 研究目的與待答問題	3
第三節 名詞解釋	4
第四節 研究範圍與限制	7
第二章 文獻探討	8
第一節 資訊科技融入數學教學之探究	8
第二節 Scratch 操作教學之探究	16
第三節 坐標平面概念及相關研究	21
第四節 認知負荷相關研究	25
第三章 研究方法	27
第一節 研究架構與設計	27
第二節 研究對象	29
第三節 研究流程	30
第四節 研究工具	33
第五節 資料處理與分析	63
第四章 研究結果	64
第一節 先教學再解題操作和先解題操作再教學對 Scratch 教學成效之影響	64
第二節 三種不同教學之整體學習成效差異分析	67
第三節 四種不同教學法之學童認知屬性分佈情形	72
第四節 四種不同教學法之學童認知負荷差異分析	76
第五章 結論與建議	78
第一節 結論	78
第二節 建議	80

參考文獻	82
附錄	88
附錄一 Scratch 操作教學先教學再操作	88
附錄二 Scratch 操作教學先操作再教學	91
附錄三 PowerPoint 簡報教學	94
附錄四 EverCam 影片教學教案	96
附錄五 兒童坐標平面測驗試題	98
附錄六 Scratch 操作教學之認知負荷問卷	103
附錄七 PowerPoint 簡報教學之認知負荷問卷	105
附錄八 EverCam 影片教學之認知負荷問卷	107



表目錄

表 2-1	資訊融入數學教學使用資訊軟體工具.....	8
表 2-2	Google 網頁關鍵字搜尋數據.....	16
表 2-3	Scratch 與數學教學相關研究.....	18
表 2-4	數學領域幾何主題一到七年級的能力指標分年細目表.....	23
表 2-5	工作範例與解題練習呈現順序的認知負荷相關研究.....	25
表 3-1	三種不同數位工具之各組人數表.....	29
表 3-2	四種不同數位教學法之各組人數表.....	29
表 3-3	四種教學法簡要說明表.....	34
表 3-4	Scratch 操作教學之先教學再解題操作的教學模式說明.....	34
表 3-5	Scratch 操作教學之先解題操作再教學的教學模式說明.....	39
表 3-6	PowerPoint 簡報教學教學模式說明.....	45
表 3-7	EverCam 影片教學之教學模式說明.....	51
表 3-8	認知屬性與試題的對應表.....	56
表 3-9	試題與概念間試題關聯 Q 矩陣.....	57
表 3-10	DINA 模型分析坐標平面測驗之猜測度與粗心度的試題參數分析.....	59
表 3-11	DINA 模型分析坐標平面測驗之猜測度與粗心度的試題參數分析.....	60
表 3-12	坐標平面測驗刪該試題時的 Cronbach's Alpha 值.....	61
表 3-13	認知負荷量表信度分析表.....	62
表 4-1	Scratch 操作教學之坐標平面測驗組內迴歸同質性檢定摘要表.....	64
表 4-2	Scratch 操作教學在坐標平面測驗後測效果之共變數分析摘要表.....	65
表 4-3	「先教學再解題操作」及「先解題操作再教學」的邊緣平均數標準差摘要表.....	66
表 4-4	三種不同教學的坐標平面測驗組內迴歸同質性檢定摘要表.....	67
表 4-5	三種不同教學的坐標平面測驗共變數分析表.....	68
表 4-6	四種教學法之迴歸同質性檢定表.....	68
表 4-7	四種不同教學的坐標平面測驗共變數分析表.....	69
表 4-8	四種不同教學情形的坐標平面測驗成對比較摘要表.....	69
表 4-9	四種不同教學情形的坐標平面測驗邊際平均數摘要表.....	70
表 4-10	四種教學法之學童認知屬性通過率.....	72
表 4-11	四種教學法認知屬性通過率之百分比進行同質性分析.....	73
表 4-12	四種教學法 di1、di4、di5 認知屬性通過率 Welch 分析.....	74
表 4-13	四種教學法 di1 認知屬性通過率 Games-Howell 檢定分析.....	74

表 4-14	四種教學法的認知屬性之變異數分析.....	75
表 4-15	四種不同教學法之學童認知負荷同質性檢定.....	76
表 4-16	四種不同教學法認知負荷變異數分析.....	76
表 4-17	四種不同教學法之低分組學童認知負荷同質性檢定.....	76
表 4-18	四種不同教學法之低分組學童於認知負荷的變異數同質性檢定..	77
表 4-19	四種不同教學法之高分組學童認知負荷同質性檢定.....	77
表 4-20	四種不同教學法之高分組學童於認知負荷的變異數同質性檢定	77



圖目錄

圖 2-1	數學挑戰-鍛煉你的大腦.....	13
圖 2-2	資訊科技融入教學的角色類型.....	14
圖 2-3	Scratch 的操作畫面.....	16
圖 2-4	在 Google 趨勢之地區熱門度表示圖.....	17
圖 2-5	在 Google 趨勢之期間熱門度變化表示圖.....	18
圖 2-6	兒童坐標平面範例圖.....	24
圖 3-1	研究架構圖.....	27
圖 3-2	研究步驟圖.....	30





第一章 緒論

本研究以「直角坐標平面」自編教材為教學內容，並以四年級學童為對象，探究以 Scratch 操作教學、PowerPoint 簡報教學與 EverCam 影片教學三種教學模式來學習坐標平面的概念，對四年級學童坐標平面初步概念發展之影響。另一方面 Scratch 操作教學採用先解題再教學及先教學再解題兩種教學取向的學習效果是否有顯著差異亦為本研究關注的重點。最後，本研究也針對不同的教學對學童認知屬性是否具備及認知負荷的影響進行分析。本章說明研究動機與目的，並對本研究提及之相關名詞進行解釋。

第一節 研究動機

近年來教育的尖端趨勢逐漸朝向數位教學與學習，如何在適當的時間、適當地點，使用適當的數位工具來進行有效的教學與學習，是教學現場亟須思考的問題。影響所及，一種將程式設計不再視為單獨課程而是融入核心課程之中的教育訴求，亦成為當前十分熱門的教育議題。為反應此趨勢，世界各國開始嘗試於中小學課程中規劃程式設計或相關的資訊融入教學，期使學童能於學校教育中獲得資訊科技運用以及使用科技工具進行終身學習的能力。以英國為例，其已於 2012 年制定程式課程納入義務教育的計畫，2014 年 9 月開始執行該計畫 (Chen, 2015)，由義工教師先設立 Code Club，並以 Scratch 教導九至十一歲的孩童，之後再學習進階的程式 (李浩綸, 2013)。美國則由歐巴馬簽署新的教育法案，將電腦科學納入全面教育的一環，以提升電腦科學的地位，有如數學同等重要 (黃嫵, 2015)。新加坡也在 2014 年初宣布，將積極研擬程式教學納入義務教育 (黃維玲, 2016)。我國在由國家教育研究院規劃的 107 課綱草案中，亦提出將程式設計列為國高中之必修課程，國小則可進行資訊融入的教學規劃或以社團形式提供學生學習 (國家教育研究院, 2016)。然而，綜觀目前國內之教學現場，教師最常使用的資訊設備仍為單槍投影機、數位相機、印表機以及互動式電子白板等 (李幸穎, 2013)，採用之資訊融入學科教學方式亦多半以

簡報教學，圖片或影片教學為主，較少將程式設計課程融入學科教學中，尤其小學階段更是少見。基於此，本研究試圖開發能將程式設計軟體融入國小數學領域教學的教學活動，期使國小學童透過操作程式設計軟體之解題過程，提升其數學學習成效。

而在程式設計軟體的選擇上，由於考量到對國小學童而言，學習程式設計有其困難性，因此近年來已有許多學者開發出許多以圖形化介面進程式設計學習的軟體，大幅降低初學者入門的門檻，例如 Etoys、Robomind、Scratch 等，皆是屬於此類圖形化程式設計軟體，只是各軟體適用年齡定位皆有所不同，基於本研究之對象是以四年級學童為主，需支援中文化使學童容易學習，因此以 Scratch 最為適合。Scratch 程式發表於 2007 年，有別於其他商業軟體，Scratch 是取得容易且能夠合法使用的自由軟體，此軟體主要目的在於協助 8-16 歲的學生能進行簡單的程式設計，使用方式以圖像堆疊積木的方式，再加入參數後，配合各個元件或場景，操作簡易方便（高慧君，2013），並且先前研究亦發現：在使用此程式時，基本指令加入參數過程中常會使用到坐標平面的概念（許志亮，2012），此過程恰可與數學課程結合，協助學童經驗與察覺初步的坐標平面概念。然而經查閱國內現行的數學教材，發現在國小階段並未有正式的坐標平面教學單元，因此本研究將自編適用於四年級學童之 Scratch 坐標平面補充教材，在四年級資訊課程學習 Scratch 程式時，同步在數學課程中引入坐標平面概念教學，除了讓四年級程式設計教育更為順暢之外，更期待以此補充教材，奠定學童的基礎坐標平面概念，以作為國中正式直角坐標平面課程之前置學習經驗，此為本研究動機之一。

此外，為瞭解自編 Scratch 坐標平面操作教學之學習成效，經以「數學」和「資訊融入」二個關鍵字查詢臺灣碩博士論文加值系統，彙整的碩博士論文，其中小學階段則有 18 篇相關的論文，分析結果發現先前研究多以特定數位學習方式與一般傳統教學進行比較，涉及不同的數位學習方式之成效比較則較為少見，因此本研究選定另二種教學現場中，較常使用的數位教學方式，一種是 PowerPoint 簡報教學，另一種是 EverCam 影片教學，加上原本構想的 Scratch 操作教學，進行實驗教學以評估使用

不同數位工具的學習成效，此為研究動機之二。

再者，因先前研究指出若從認知負荷理論的觀點來看，在數位學習中運用的教學媒體愈豐富，未必會產生較佳的教學與學習成效（陳治國，2012）。由於本研究比較三種不同資訊科技的軟體及硬體環境，學童在不同的數位學習環境，引發心理或生理的負擔也會不同，是否造成學生認知負荷的差異，進而影響其學習成效？另外，在 Scratch 教學設計中，先教學再解題操作和先解題操作再教學是否也會有學習成效上的落差，這些細部的議題的探討皆可提供後續數學數位教學實務設計之參考依據，此為研究動機之三。

第二節 研究目的與待答問題

基於上述研究動機，本研究將自編適合國小四年級學童的平面座標補充教材，搭配三種資訊融入教學的工具，以評估其教學成效、認知屬性分布與認知負荷之差異，主要的研究目的羅列如下：

- 一、先教學再解題操作和先解題操作再教學對 Scratch 教學成效之影響。
- 二、Scratch 操作教學、PowerPoint 簡報教學、EverCam 影片教學的整體學習成效的差異。
- 三、四種不同教學法，對學習後學童具備認知屬性分佈情形影響。
- 四、四種不同教學法，對學童的認知負荷上的影響。

依據上述的研究目的，本研究探討下列問題：

- 一、以 Scratch 操作教學來看，先教學再解題操作和先解題操作再教學的教學成效是否有顯著差異？
- 二、Scratch 操作教學、PowerPoint 簡報教學、EverCam 影片教學的整體學習成效是否有顯著差異？
- 三、四種不同教學法，在學習後學童具備認知屬性分佈情形成效是否有顯著差異？
- 四、四種不同教學法，在全體學生及高低分組學生的認知負荷上是否有顯著差異？

第三節 名詞解釋

一、Scratch

由麻省理工大學的實驗室所開發的程式設計軟體，適合 8 歲以上的孩童作為學習程式設計的軟體，在 2.0 版之後，只要開啟網頁進行上網就可使用此程式，並且可使用離線版，讓孩童可以下載主要程式，並能在無網路環境下也能進行編寫、玩及看的一種程式 (MIT, 2006)。

二、認知屬性與 Q 矩陣

所謂認知屬性是指在學習某項概念時所必須具備的知識、技能或策略，可以是某一具體領域的陳述性、程序性或策略性知識 (康春花、吳會云、陳婧與曾平飛, 2015)。例如：學習 20 以內的數概念，可細分概念為物體表徵、圖像與數字表徵、十的合成與分解以及十進位等這些重要的認知屬性，為了統計和分析方便，會以 0 與 1 分別表示每一道題目是否包含五種認知屬性，1 表示此題含有此種認知屬性，0 表示此題不含此種認知屬性，此二元矩陣稱為 Q 矩陣，以 Q 矩陣基礎，透過試題反應函數與學童在試題的實際作答反應中，即可診斷學生是否已具備這些認知屬性 (林箱箱、林娟如, 2014)。

三、DINA 模型

結合認知科學與心理計量的方法，用來判斷受試者優勢與劣勢的心理計量模式，以分數形式提供給受試者，並可有效測量學生的學習和進步稱為認知診斷模型 (De La Torre, 2009)。以認知屬性為欲診斷的教學目標，目的在診斷認知屬性是否達到精熟，採用二元計分的方式，將受試者在認知屬性上表現分為精熟和未精熟，答對試題的機率僅受到粗心及猜測兩個參數影響 (De La Torre, 2009b; Junker & Sijtsma, 2001)，其試題反應函數表示如公式 1。

$$P(X_{ij} = 1 | \alpha, s, g) = (1 - s_j)^{\eta_{ij}} g_j^{1 - \eta_{ij}} \quad (\text{公式 1})$$

$$\text{其中， } \eta_{ij} = \prod_{k=1}^K \alpha_{ik}^{q_{jk}}$$

$$s_j = P(X_{ij} = 0 | \eta_{ij} = 1)$$

$$g_j = P(X_{ij} = 1 | \eta_{ij} = 0)$$

其中 X_{ij} ：第*i*個受試者在第*j*題的反應組型。

η_{ij} ：表示受試者*i*是否完全具備試題*j*所需具備的認知屬性，完全具備其值為1，

反之，缺一個以上所需認知屬性其值為0。

α_{jk} ：表示受試者*i*是否具備認知屬性*k*，具備該認知屬性其值為1，反之為0。

q_{jk} ：表示解試題*j*是否需要認知屬性*k*，具備該認知屬性其值為1，反之為0。

S_j ：表示受試者完全具備試題所需的認知屬性，卻因為粗心而答錯此題的機率。

g_j ：表示受試者缺少一個以上試題所需的能力屬性，卻因為猜測而答對此題的機率。

四、認知負荷

認知負荷是在學習過程中，學習者認知系統的負荷狀態，主要區分為三類面向，分別是內在認知負荷、外在認知負荷與有效認知負荷。內在認知負荷是指學習者面對教材時所產生工作記憶狀態，能力較好的學習者內在負荷較低，較簡易的學習教材內在負荷較低；外在認知負荷也稱為無效的認知負荷，較不好的教學法或教材較難的呈現方式，產生更不易學習的情形，是徒增的困難，外在的認知負荷較高；有效的認知負荷是教學設計吸引學生投入的學習，啟發學習者奮力學習的過程，越能吸引學習者專心學習，有效的認知負荷就越佳(Sweller, Van Merriënboer et al. 1998)。

五、兒童坐標平面概念

完整的坐標平面應包含負數的概念，但七年級以上的學生在負數部份才有正式課程引入，所以六年級以下的兒童對坐標平面的認識仍需以正數及零為學習範圍。由於本研究對象是四年級的學生，對於小數或分數的概念尚未成熟。在此年齡及認知概念發展的限制下，本研究將兒童坐標概念定義為數對(0,0)以上的整數，包含X軸、Y軸

及原點。

六、數學學習成效

學童完成四年級坐標平面測驗後，將 100 分平均除以總題數，再乘上學童答對的題數，所得的值即為本研究的學習成效之分數。另外為了解細部的學習成效，亦計算不同教學法之認知屬性通過率，所謂認知屬性通過率是指學童測驗完成後，認知屬性被診斷為 1 的學生人數除以該教學法的學童總人數，以百分率方式呈現。



第四節 研究範圍與限制

本研究的研究範圍與限制如下：

壹、 範圍

一、研究對象

本研究以南投縣國小四年級學童為研究對象。

二、研究內容

本研究以參考七年級翰林第二冊第 2 單元直角坐標平面之教學內容，排除負數的部份，針對四年級學童自編教案進行教學，並依自定的認知屬性編製「四年級坐標平面測驗」。

貳、 限制

一、樣本的限制

本研究主要是探究資訊融入坐標平面概念教學後，對學生的坐標平面概念學習成效及認知負荷的差異，受限於研究工具及時間等客觀因素，以研究者任教的學校為研究對象。因受限於取樣限制，故研究結果不能過度延伸推論。

二、坐標平面教材的限制

由於本研究對象是四年級的學生，對於小數或分數的概念尚未成熟，所以四年級以下的兒童對坐標平面的認識仍需以正數及零為學習範圍。在此年齡及認知概念發展的限制下，本研究將兒童坐標概念定義為數對(0,0)以上的整數，包含 X 軸、Y 軸及原點。

第二章 文獻探討

本研究主要探討四年級學童分別經過三種資訊科技融入數學教學後，對坐標平面學習成效的影響。因此本章就資訊融入數學教學探究、坐標平面概念的研究及學習後的認知負荷相關的文獻進行探究。近幾年來歐美國家在資訊融入教學中，Scratch 的網路相關的學習非常盛行，所以再將 Scratch 操作教學中以獨立一節來介紹，內容分別為：第一節資訊科技融入數學教育的探究，第二節 Scratch 操作教學之探究，第三節坐標平面概念及相關研究，第四節認知負荷相關研究。

第一節 資訊科技融入數學教學之探究

在 2016 年 3 月 AlphaGo 和世界冠軍九段棋士李世石的人機對弈之後，英國 Deepmind 團隊開發的 Google AlphaGo 人工智慧圍棋程式以 4 勝 1 敗勝過李世石的(維基百科編者，2016)，下棋過程中 AlphaGo 因應李世石所下的棋子，經過電腦運算後，反應出下一步的棋子位置，這種一來一回的反應，顯示現今人工智慧的發展程度具有超高的水準，現今資訊科技融入數學教學的發展能像圍棋程式一般，能具有高智慧水準的一來一回反應，已有相關的研究及教學工具，本文研究列出相關文獻及形式，先做探究，進一步再談資訊科技融入數學教學的探討。

壹、 資訊科技融入教學的方式

一、資訊軟體工具：經華藝線上圖書館查詢資訊融入、數學、教學三個關鍵字的檢索獲得近 5 年有多篇相關的碩博士論文，其中數學教學常見的資訊軟體工具，除了 Scratch 以外有以下幾項類型摘錄如表 2-1：

表2-1

資訊融入數學教學使用資訊軟體工具

作者(年) 篇名	資訊工具	研究目的或結果
----------	------	---------

<p>陳建安 (2002)</p>	<p>國小三年級學生運用電腦教學軟體學習「分數和小數」成效之研究</p>	<p>實驗組使用單機版CAI軟體進行教學，控制組利用投影機方式進行教學</p>	<p>本研究理論探討及實證研究獲得以下結論： 1. 三年級下學期實驗組與控制組學生分別接受「電腦輔助教學」和「課堂式教學」兩種不同學習方式，對於「分數和小數」學習成就並無顯著差異。2. 三年級上學期數學高成就學生提前實驗組與三年級下學期學生實驗組高分組接受「電腦輔助教學」學習「分數和小數」問題時，其學習成就並無顯著差異。3. 三年級學生對電腦輔助教學的學習態度仍然保持正向的態度，大部分學生都接受CAI教學環境。</p>
<p>劉景聰 (2008)</p>	<p>虛擬教具融入國小六年級分數補救教學成效之研究</p>	<p>自行開發虛擬教具</p>	<p>主要研究發現：一、補救教學優於不做補救教學，且使用虛擬教具優於使用傳統教具。二、使用虛擬教具與使用傳統教具在學習表現有明顯進步，不做補救教學學習表現沒有明顯進步。三、虛擬教具組學生在等值分數與等分概念項目得分有明顯進步。</p>
<p>劉永蕙 (2008)</p>	<p>數位典藏融入小學教學之研究—以臺北市立國小教師為例</p>	<p>數位典藏</p>	<p>本研究結論截取一、四、六點如下：一、臺北市國小教師經常利用網路相關資源融入教學；最常透過網路搜尋引擎如 Google、Yahoo 等來搜尋教學相關資源，並認為教授在教授國語、社會、自然、數學、資訊科最常利用網路資源；認為社會、資訊科學、國語、自然、健康教育科目最適合利用網路資源融入教學；融入的方式以課前準備的上網蒐集教學相關資源為主。四、小學教育的科目當中，以社會、自然科學與藝術人文部份最適合融入數位典藏所提供的相關資源，並認為中、高年級較適合透過數位典藏的相關資源融入教學。六、運用數位典藏相關資源融入教學的困擾：1. 對數位典藏相關資源的陌生；2. 工作負擔沉重，無暇他顧；3. 網路設備與連線問題；4. 網站資料的更新與維護；5. 數位典藏網站偏學術專業性；6. 資料取用與界面操作的陌生。</p>

鄭苓巧 (2008)	資訊科技融入國小六年級學童學習面對稱成效之研究	Cabri 3D	實驗教學後，得到以下結論：一、學習成效無論是實驗組或是控制組，均具備良好的學習成效。二、無論是實驗組或是控制組，在後測以及延後測的比較上均無顯著差異。
蔡小玲 (2008)	整合式即時回饋系統融入國小六年級數學教學成效實驗研究	整合式即時回饋系統 IIRS 結合硬體按鈕	本研究結果截取如下：1. 使用 IIRS 融入教學學童之學習成效顯著優於傳統教學的學童。2. 相較於傳統教學模式，使用 IIRS 教學時，學童有較快的答題速度，較高的學習興趣與學習專注力。3. 學童喜歡使用教學回饋器回答問題，最喜歡分組遊戲對戰、搶答等。4. 實驗組教學者表示使用 IIRS 教學模式，能提升學童的專注力，促使學童產生競賽心理，而積極使用遙控器回應問題，教師既不需要費心班級經營、督促學童學習，又能即時掌控教學成效，便利實施補救教學。
林育如 (2010)	發展數位化教學方案之歷程研究：以國小全數直式乘法為例	以 PPT 為平台，外掛增益集 Activate Mind Attention	透過分析問題、發展方案、教學實踐、評鑑與反省的四個循環歷程，研究工具包括教材分析、研究者省思札記、教學方案設計、教學錄影紀錄、學生的回饋與研究團隊的會議紀錄等；研究目的為探究發展國小全數直式乘法之數位教材的歷程。
吳承鴻 (2011)	應用 Flash 教案於國小五年級數學課程之研究-以面積及時間的計算單元為例	Flash	研究主要目的為：1、探討康軒教材 Flash 教案的補強對於實驗組學生的學習成效之影響。2、分析應用 Flash 教案的班級與一般教學班級前後測評量成績之差異性。3、分析實驗組教師節省之板書時間運用於其他師生互動行為之時間長短。經量化資料分析及質性資料觀察後，得到下述研究結論：1、接受教師使用 Flash 教案融入教學活動之學生，其後測評量成績優於傳統教學法之學生的後測評量成績。2、教師應用 Flash 教案確實能有效節省教師於黑板繪製圖形的時間。3、實驗組教師節省下繪製圖形的時間，能夠應用於講解題目、師生互動、學生口語及紙筆學習活動等多項教學行為。4、實驗組教師肯定 Flash 教案產生的效益，且藉由學生學習

			反應反覆修改教案內容，更符合實際教學所需。
紀宏偉 (2011)	WebQuest 教學法在數學教學中的應用	Webquest	WebQuest 是以探究為取向的學習活動，它為學生構建了一個適宜探究的學習環境，可充分挖掘學生的潛能，促進學生思維發展，培養學生的實踐能力與創新能力，使課堂更加靈活，學習更加有效；同時結合《數列的極限》這一課例，對以 WebQuest 為實踐形式的探究教學進行了嘗試和探討。
羅成婷 (2012)	運用 GSP 軟體融入國小幾何面積教學成效之研究	動態幾何軟體 GSP	研究比較「傳統講述教學模式」與「GSP 系統融入傳統教學模式」在國小四年級學生面積單元學習成效之差異，瞭解學生在進行四週的 GSP 系統輔助教學後，其數學學習態度之改變情形。
呂易儒 (2012)	動態幾何系統 Cabri 3D 輔助教學下對高中生空間概念單元學習成效影響之研究	以 PPT 為教學平台，結合動態幾何系統 Cabri 3D 製作幾何圖形	主要研究結論可彙整如下：1. Cabri 3D 輔助教學有助於中、低學業能力的學生在空間概念單元的學習，尤其在傳統教學較難呈現的部分，如：投影概念、兩面角、三垂線定理等，會有特別顯著的效果。2. Cabri 3D 輔助教學有助於增強學生在學習空間概念單元後的概念保留程度，並發展和探索長期記憶區的空間概念。3. Cabri 3D 輔助教學對於學生在下一單元「空間中的平面與直線」，產生正向的學習遷移。
曾誠興 (2014)	互動式電子白板融入國小五年級數學領域線對稱單元之教學成效研究	電子白板適用軟體	研究之研究結果顯示：1、教師能用互動式電子白板提升學生學習數學的興趣與動機，能夠成功吸引學生的注意力。2、運用互動式電子白板融入數學領域教學的實驗組學生，學習成效顯顯著優於一般黑板教學的學生。3、教師使用互動式白板可將線對稱較抽象概念具體化，達到強化學習習概念的效果。當抽象觀念配合具體的圖片、圖表或影像來傳達時，加上教師的解說與學生的操作，此時學生與教材產生充分互動，當然能讓學生心領神會、觸類旁通。

謝琇雅 (2014)	資訊融入數學教學對學習成就與學習態度之影響—以「數形規律與等差數列」為例	資訊軟體_電子書	下列主要結論：一、教學法對於學習成就表現有明顯的影響力。二、兩組中分群學生之學習成就測驗後試成績有顯著差異，高分群與中分群學生之學習成就後試表現差異未達顯著水準。三、實驗組學生之學習態度正向轉變優於控制組學生。四、在不同教學方式下，低分群之學習態度沒有顯著差異，高分群、中分群之學習態度有顯著差異。五、實驗組學生對於實施資訊「電子書」融入教學，多數抱持正向且肯定之學習感受。
李福裕 (2015)	資訊多媒體教學對於學習態度和學習成效之影響—以數學為例	多媒體	研究結果如下:1. 不同性別、父親職業、母親職業、母親教育程度的學生對於學習態度具有顯著差異。2. 家中不同的管教方式、總成績排名的學生對於學習態度具有顯著差異3. 不同性別、父親職業、父親教育程度的學生對於學習成效具有顯著差異。4. 不同總成績排名、有無校外補習的學生對於學習成效具有顯著差異。5. 「學習數學的信心」、「數學有用性」、「溝通與互動傾向」、「重視他人的數學態度」越高，其預測的「學習成效」也會越高。6. 「數學焦慮」越高，其預測的「學習成效」也會越低。
陳采姿 (2015)	動態幾何軟體 GeoGebra 融入高二數學幾何教學設計與反思	動態幾何軟體 GeoGebra	在單元一中，藉由 GGB 軟體的輔助教學，對於學生在空間中點線面概念結構的理解是有幫助的。在單元二中，GGB 課程的協助，增加了學生對於空間中圖形的想像與邊角關係「畢氏定理」的推論。在單元三中，透過 GGB 軟體的教學協助，可以增加學生對於空間中圖形的理解以及對於各種題型的解題策略。在單元四中，GGB 軟體教學有利於學生將空間中的抽象思考轉化為具體圖像思考，也順帶釐清先前的學習錯誤迷思。
蔡兆琛 (2015)	運用圖像式思考 Apps 融入教學活動對國小學	圖像式思考 Apps	根據研究結果，獲得以下發現：一、運用圖像式思考 Apps 融入教學活動可提升國小五年級學生創造思考力。二、運用圖像式思考 Apps 融入教學活動可提升國小五年級學生批判思考力。三、運用圖像式思考 Apps 融入教

生高層次思考之研究

學活動對國小五年級學生推理能力提升未發現顯著差異。四、運用圖像式思考 Apps 融入教學活動對國小五年級學生決策能力提升未發現顯著差異。五、運用圖像式思考 Apps 融入教學活動獲得多數學生正面的肯定，並認為對學習有幫助且願意繼續使用。

以上共摘錄 14 種類型的軟體，Scratch 的部份另整理於表 2-3 教師藉由這些軟體工具，使教學更能呈現數學的概念或增加教學的互動性，其中電腦白板和整合式即時回饋系統是軟體和硬體結合一起使用，使教學更便利有效，另外網路科技的發達，利用 APP 的軟體工具，可以學習的類型更多了，例如在 Android 系統下，使用 GooglePlay (Google, 2007)，用數學教學關鍵字搜尋，下載數學挑戰-鍛煉你的大腦這款軟體，如下圖 2-1，就可以在智慧型手機、平板或電腦上使用並練習乘法等，而這樣的數學教學的相關軟體工具能搜尋到 200 種以上，所以不缺乏軟體工具的類型，而是課堂中如何使用及什麼時機使用的問題。



圖 2-1 數學挑戰-鍛煉你的大腦

資料來源：Paridae(2016)。數學挑戰-鍛煉你的大腦。取自

<https://play.google.com/store/apps/details?id=pl.paridae.app.android.quiz.math>。

二、資訊硬體工具：莊思筠、賴阿福與馮清皇(2011)曾提及目前的教室，區分為三種

類別，其一為一般教室，教室中沒有資訊設備，只有黑板、粉筆及實體教具；其二是資訊融入教學的教室，有電腦、單槍、網路的教室環境，可以使用虛擬教具，其三是未來教室，有多樣的資訊設備，如液晶螢幕、多台教師用電腦、學生群組電腦、實物投影機、網路攝影機、有線或無線網路、電子書實體機、iPad、智慧型手機或電子白板等相關資訊設備。而在台灣已從 2008-2011 年教育部推動班班有電腦、單槍及具有網路的環境（教育部，2008c），所以在台灣的一般教室皆為有電腦、單槍、網路的資訊融入教學的教室環境。

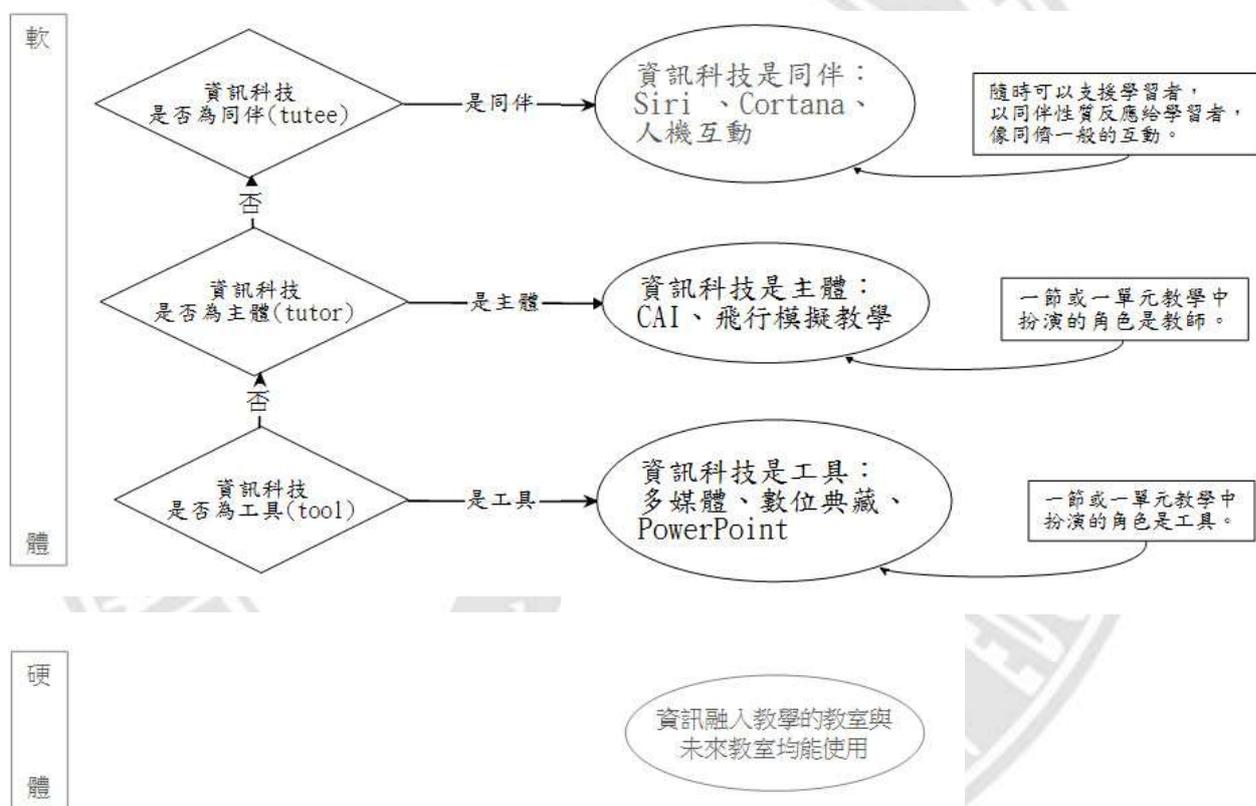


圖 2-2 資訊科技融入教學的角色類型

三、資訊軟體與硬體搭配：在教室的人物角色有三種：教師、學生、同儕，資訊科技是學習的工具或內容，如今資訊科技帶來的互動性，能夠讓學生、教師與教學內容三者間充分互動（ETEACHER 編譯中心，2015），並且因科技的進步，加上網路便利及大數據的資料庫，使得教學內容在資訊科技融入教學中的角色易位，也

能扮演同儕的類型與學童一起學習，將科技扮演的角色及學生的參與情形分為三類，分別是：(一)資訊科技作為呈現學習者的工具(tool)；(二)資訊科技為學習者的主體(tutor)；(三)資訊科技是學習者的伙伴(tutee)等(Taylor,1980)整理於圖 2-2。

貳、 本研究資訊科技融入數學教學的意涵

因慮及小學的一般教師或資訊教師不具備專業的程式設計能力，無法勝任設計出資訊科技成為同儕的角色，再者因教學對象為四年級學童，為使教學模式於在教學現場推廣應用，所以本文採用以教師為教學者，資訊科技為工具的教學運用為主。

Scratch 操作教學 PowerPoint 簡報教學以及 EverCam 影片教學作為資訊融入數學教學的設計。

第二節 Scratch 操作教學之探究

壹、Scratch 世界趨勢與臺灣現況

Scratch 是一種製作動畫或遊戲的程式架構，適合一年級以上學生學習程式設計，目前在 Scratch 官方網站，最新的是 2.0 版，使用者可以直接在線上編輯程式，只要連線到 <https://scratch.mit.edu/>，此網站可使用具有中文化的操作介面進行編寫程式，申請加入 Scratch，透過網頁中點入新建，即可在網頁或單機電腦上製作，作品發佈到官方網站中，可以分享給網路世界。操作頁面上方有功能表，主要操作有角色、舞台、程式、造型、音效及背包六個區塊，圖 2-3 是電腦上操作的畫面(姜祖華,2016)。

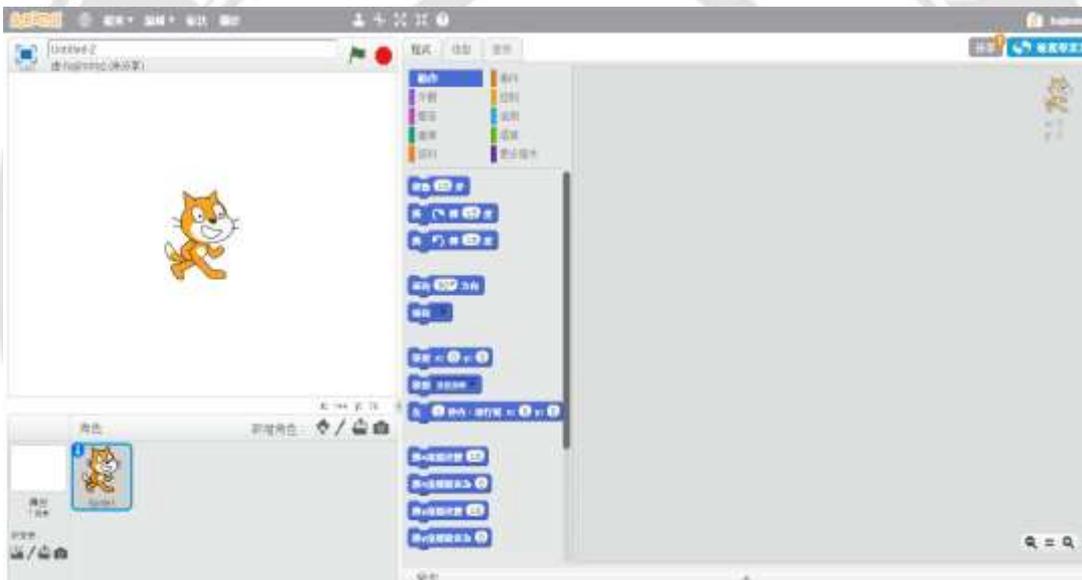


圖 2-3 Scratch 的操作畫面

資料來源：MIT(2015)。SCRATCH。取自 <https://scratch.mit.edu/>。

以 Google 網頁，搜尋兒童學習程式相關議題整理如下，分別以語言、數學、程式與 Scratch 為關鍵字所得數據。

表2-2

Google 網頁關鍵字搜尋數據

英文	網頁筆數	中文	網頁筆數	比例(英/中)
----	------	----	------	---------

kid language	231,000,000	兒童語言	2,330,000	9.9
kid math	105,000,000	兒童數學	700,000	150.0
Kid Code	246,000,000	兒童程式	1,300,000	189.2
Scratch	229,000,000	Scratch	270	848148.1

由表 2-2 得知，臺灣對於世界的兒童程式網頁數量較少，而 Scratch 已經在 150 個國家中使用，支援 40 多種語言，讓來自世界各地的學生、小孩與他們的父母可以使用 Scratch 發揮創意，輕鬆創造互動式故事、動畫、遊戲、藝術等，完成的作品還可以透過 Scratch 網站分享到世界各地，數據表示華人使用兒童程式設計的網頁比例少，相較於世界使用 Scratch 網頁的情形更少，表示 Scratch 在世界關注的情形很高，但在中文的網頁中被關注的情形是很少的，所以在華人的使用上是值得推動 Scratch 相關教學，讓臺灣的程式教學走入世界的趨勢。

再由圖 2-4 可知，全世界使用 Scratch 的區域趨勢，在台灣搜尋指標是 23，代表美國是查尋次數最多，最高以 100 的值，臺灣的值是 23，所以全球趨勢是在使用此軟體的人次是明顯高過臺灣，只因台灣人口少，如果增加人口的因素比例，臺灣實則有重視 Scratch。



圖 2-4 在 Google 趨勢之地區熱門度表示圖

資料來源：Google(2016)。

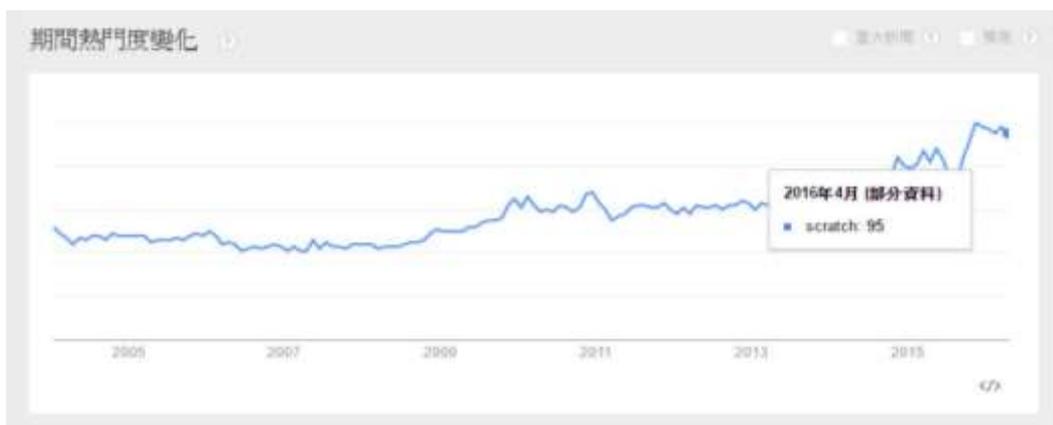


圖 2-5 在 Google 趨勢之期間熱門度變化表示圖

資料來源：(Google, 2016)

再以圖 2-5 的折線圖來看，全球查找 Scratch 的人數是不斷增加中，反觀我們臺灣的教育，未有正式或明顯的推動程式教育，而此時全球正在熱絡使用該程式，表示正學習此能力的人次不斷成長中，臺灣在正式培養學童該項能力具有努力空間。

貳、Scratch 與數學教學相關研究

表2-3

Scratch 與數學教學相關研究

研究者	研究主題	領域	研究結果
楊志億 (2015)	合作學習教學法與講述式教學法於國小六年級 Scratch 教學之比較研究	資訊	學生小組成就區分法和拼圖法第二代此兩種合作學習教學法與傳統講述式教學法的學生在 Scratch 學習成就的變化上無顯著差異。
史雅齡 (2014)	應用 Scratch 程式語言融入國中二年級數學教學-以一元二次方程式為例	數學	應用 Scratch 程式語言融入國中二年級數學教學立即效果未有顯著差異。
施怡如	Scratch 程式設計對國中	數學	Scratch 程式設計課程對於國中學生數

(2014)	七年級學生數學能力及問題解決態度之影響		學概念之「三角形與多邊形內角」、「直角座標平面」、總分等向度均有顯著正向影響。
吳婉珍 (2013)	應用 Scratch 程式設計對數學提升國中學習障礙學生直線方程式之成效研究		三位學生的表現情形均較教學前進步，顯示 Scratch 程式設計教學能提升數學學習障礙學生在直角坐標平面及二元一次方程式圖形學習之成效。
張俊傑 (2012)	Scratch 程式語言教材設計與發展-以國一數學直角坐標及直線方程式為例	資訊	Scratch 融入數學領域的學生在學習成就測驗表現優於對照組學生。接受 Scratch 融入數學領域的學生在學習成就延宕測驗表現優於對照組學生。學生對使用 Scratch 融入數學領域教學給予正面肯定。
蔡孟憲 (2010)	Scratch 程式設計對國小五年級學生幾何概念及邏輯推理能力的影響	資訊	Scratch 程式設計對國小五年級學生幾何概念有顯著提升，而對邏輯推理能力未有顯著提升。
蕭信輝 (2010)	Scratch 程式設計對國小五年級學童科學過程技能、問題解決能力及後設認知之影響	資訊	Scratch 程式設計對學童之科學過程技能及對於學童之問題解決能力有顯著提升，而對於後設後設認知的提升未達顯著。不同 Felder-Silverman 學習風格的學生對於 Scratch 學習成效之影響無顯著差異。
何秀美 (2010)	創造思考技法融入國小 Scratch 程式設計教學之	資訊	創造思考技法融入 Scratch 程式設計教學課程之設計上可有效提昇國小學童

研究

的創造思考能力。在 Scratch 程式範例教學比創造思考技巧融入 Scratch 教學更能昇學童在程式分析的成就表現上。

楊建民 (2009)	探究式教學法與講述式教學法在國小 Scratch 程式教學學習成效之研究	資訊 探究式教學法及講述式教學法分別教授 Scratch 程式設計，對國小五年級學童呈現之學習成效沒有顯著差異。中分組較低分組有顯著，高分組較低分組有顯著差異。
---------------	--------------------------------------	--

從上述整理可知以 Scratch 為平台來進行數學或資訊領域的教學，對於學生學習興趣均有顯著提升，但對於數學的學習成效方面，有 2 篇有顯著的成效，1 篇有正面的影響，另餘 6 篇，探討的內容是以資訊領域為主，學習 Scratch 的程式來研究數學領域的學習成效，尚無考量到學生應具備的數學能力問題，以及學生認知負荷的問題，再加上本研究使用不同工具進行教學，在不同教學法下探討其學習成效的顯著性，所以選擇 Scratch 操作教學為其中一種教學的工具，來設計教學，期望能有助於數學領域中坐標平面概念的學習成效。

第三節 坐標平面概念及相關研究

一、定義

在數學領域中，一個平面就是基本的二維空間概念。直接說，它可以看成一個無窮大的平面。現今的數學方面的幾何學、三角學及製圖的基本工作都在二維的基礎概念上發展，在方便於數學上進行溝通，最基本的是一個點為開始，要能精準的敘述，以最簡單方式，又能與其他的概念不混淆，給兩個數據能說明坐標平面上唯一的一個點，這也是坐標的表示方式（Ross 等人，2016）。

二、兒童發展的坐標平面概念

Descartes (1637) 定義的坐標系統是西方科學發展的重要發展之一。在一個虛構的平面上模擬一個直角坐標系統 X 軸與 Y 軸，要精確地陳述每一個點的位置，這樣的觀念對現在的七年級以上的學生來說，是相當容易理解的，也覺得很容易學，而在四年級尚未接觸到負數及連續數的概念時，要能學習是得捨去某部份的內容才能適應。在希臘時代，人類處理平面幾何的問題，只能以圖形的面向開始，透過作圖的方式或畫輔助線等方式來決定是否有等分或垂直等性質的建立。但是有了坐標平面系統後，我們藉由數據將幾何問題使用文字或數據代數化。例如：在笛卡兒之前所瞭解的直線、圓只是一個圖，但是有了坐標平面系統後，我們可以用方程式精確敘述，也可以清楚交點或相交相關的狀況。除了將幾何圖像代數化，笛卡兒的坐標平面系統同時也說明了代數的問題也有其幾何意義。

Piaget (1960) 將二維空間概念的發展區分成以下幾個層級：

(一) 層級一：知覺感受 (perceptually)，空間判斷約從 4 到 6 歲開始發展。此層級的兒童多以視覺來感受點的位置，尚不會使用工具，也無法接受提示使用測量工具，以知覺 (perception) 直接判斷，無測量 (measurement) 的動作。研究發現，此層級的兒童常混淆點的位置。

(二) 層級二：一維空間 (one dimensional space) 的測量，此層級兒童初始具有

測量行為，有的兒童會以手測量，有的兒童會使用直尺或紙條來測量。僅能單一水平或垂直方向的測量，無法了解直線傾斜角度是否改變。此層級的兒童限於一次測量，尚不具二維空間概念。例如：測量時會不在意是否有傾斜的情形，進行水平測量時，就不會再考慮高度。

(三) 層級三：過渡時期(transitional period)，此層級兒童的測量行為，仍以長某一點為測量起點，能注意直尺的斜角，並會維持測量斜角的不變。兒童會開始考慮將直尺進行斜向的測量，當兒童進行水平或垂直距離的測量時，即為二維空間測量的優先條件。

(四) 層級四：經驗探尋(empirical discovery)，經過錯誤嘗試後，兒童能分割細部和改變位置的坐標平面，以互相垂直的兩條線進行定位。並將水平和垂直測量更準確。此層級兒童尚未將二維空間概念內化為操作的基模。

(五) 層級五：操作領會(operational grasp)的二維空間測量，此層級的兒童不經歷錯誤嘗試，立即能以互相垂直的直線進行定位。

由上述可知，Piaget 二維空間的發展中，認為二維空間概念發展是連續性的過程，發展成熟即達到層級五—操作領悟的二維空間測量層級，能正確使用坐標的觀念來做二維空間的測量。

對於二維空間的概念的發展從層級三的學生，經過教學能促進明顯的改變效果(王郁軒，1997)，證明坐標平面的概念是可以透過教學而加以促進。如果依 Piaget 認知發展理論，四年級學童處於具體操作期(7至11歲)，兒童對二維空間的概念可以由以自我為中心，發展為座標系原點的想法，關於二維空間的概念，是在8到9歲達到成熟的層級五。但國內研究卻顯示，我國一到六年級學童二維空間概念之發展較 Piaget 的理論慢(廖德富，1997)。

三、坐標平面概念的相關能力指標

(1) 生活中的應用：從一到七年級的能力指標分年細目整理如表 2-4，從中顯示 11-12 歲的能力指標當中並沒有坐標平面相關概念，但生活中確實可見，例如：班級中座

位表上會有第一排第三位的同學，圍棋的棋盤是 19*19 的樣式，每一個交叉點，可以用坐標平面的概念來說明。(2)自然領域的應用：自然與生活科技領域中，在五年級的階段，認識環境的能力指標 2-3-4-1，內容為長期觀測太陽，了解太陽的方位(或最大高度角)在改變，在夜晚同一時間，四季的星象也不同，但它們有年度的規律變化。該項能力，不僅是觀察東西向及南北向二個維度，還加上高度角的第三維度的測量。(3)數學領域的銜接：四年級的能力指標 4-S-06，呈現學童已學到了理解平面上直角、垂直與平行的意義。七年級學到完整的直角坐標平面的概念時，又要學會直角坐標平面繪製一次函數的課程，學習的高度與廣度同時增加，如能在四年級與七年級期間先學兒童坐標平面的認知屬性，具有銜接課程的性質，讓學童學習更容易。

表2-4

數學領域幾何主題一到七年級的能力指標分年細目表(教育部，2008)

年齡	編號	能力指標分年細目表
7	1-s-01	能認識直線與曲線。
7	1-s-03	能描繪或仿製簡單平面圖形。
7	1-s-05	能描述某物在觀察者的前後、左右、上下及兩個物體的遠近位置。
8	2-s-02	能認識生活周遭中水平、鉛直、平行與垂直的現象。
8	2-s-03	能使用直尺畫出指定長度的線段。
8	2-s-04	能畫出兩點間的線段，並測量其長度。
9	3-n-07	能由長度測量的經驗，透過刻度尺的方式來認識數線，標記整數值，並在數線上作比較、加、減的操作。
10	4-s-06	能理解平面上直角、垂直與平行的意義。
13	7-n-01	能以「正、負」表徵生活中相對的量，並認識負數是性質（方向、盈虧）的相反。

13 7-a-11 能運用直角座標系來標定位置。

13 7-a-14 能在直角座標平面上描繪一次函數的圖形。

13 7-a-15 能在直角座標平面上描繪二元一次方程式的圖形。

完整的直角坐標平面是包含負數的概念，而負數是於七年級才有學到，再加上小數或分數的概念正才開始了解，概括來說年齡及認知概念的局限，所以直角坐標平面於 10 至 12 歲學習時，應有所修正，也就是將負數先去除，象限問題也不談，只暫時以自然數為範圍，所以使用二組數據，並以(0,0)以上的整數，包含 X 軸、Y 軸及原點等概念為學習目標，本文定為兒童坐標平面，表示的圖如圖 2-6。

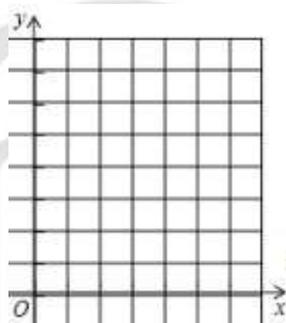


圖 2-6 兒童坐標平面範例圖

從上述可知，坐標平面的認知發展，已於四年級接近成熟，但直到國中才進行平面坐標的教學，而在 Scratch 的使用及操作中，會運用平面坐標的概念，是符合麻省理工大學媒體實驗室所開發時主要是為 8 到 16 歲的孩子所設計的程式，而本國教材中，卻將此概念的學習延至 13 歲才進行教學，而且，讓學生應該可以學會的年齡，卻因為教材編製的順序限制了學生學習該概念的時機，所以如能以補充教材的數位教學中推動 Scratch 教學，對於四年級的學生坐標平面概念的發展應有重要的助益。

第四節 認知負荷相關研究

現今坐標平面的教學於七年級實施，包含負數的概念、象限的概念，而四年級無法瞭解負數的概念，因此本研究於四年級的教學中，僅進行第一象限的教學，另外，因慮及不同的數位教學方式，可能造成學童不同的認知負荷，導致學習成效之差異，所以本研究進一步探討國內數學教學上有關認知負荷的研究，如表 2-5。

表2-5

工作範例與解題練習呈現順序的認知負荷相關研究

研究者 (年代)	研究主題	研究結果
林玉川 (2013)	工作範例之教學順序 對學生學習成效與認 知負荷影響之研究— 以圓複合圖形面積為 例	認知負荷與學習成效而言，低能力似乎較適合先研 讀工作範例再問題解決「W-P 組」的教學模式，而 高能力似乎較適合先問題解決再研讀工作範例「P- W 組」P-W 的教學模式。
吳權展 (2012)	工作範例呈現順序與 解釋方式對國小三年 級面積單元學習成效 及認知負荷之影響	1、在學習成效方面：後測的成績的影響有顯著差 異，「先範例」優於「先解題」；但在延時後測則沒 有影響；工作範例的「解釋方式」不會影響立即後 測及延時後測的「學習成效」。
許文清 (2013)	工作範例之教學順序 對學生學習成效與認 知負荷影響之研究-- 以面積覆蓋活動為例	1、不同教學順序的實驗設計，W-P 組與 P-W 組均 有助於學習成效的提升，P-W 組的學習成效顯著優 於 W-P 組。2、在認知負荷量表中之花費心力面向 上，P-W 組顯著多於 W-P 組，亦即在本研究中先 解題再看工作範例(P-W)會增加學習者的認知負荷 感，但此認知負荷是有助於學習，因此也得到較好 的學習成績。

從上述可知，先範例與先解題的呈現順序的確影響學習成效，其中吳權展(2012)研究指出三年級學童在學習面積單元時，在學習成效的結果是「先範例」顯著優於「先解題」。許文清(2013)學習面積的認知屬性是「先解題」優於「先範例」，但時機是在四年級。林玉川(2013)將主要以工作範例與問題解決的教學順序呈現方式為自變項，包括先「研讀工作範例」再「問題解決」的「W-P組」、先「問題解決」再「研讀工作範例」的「P-W組」；另一個自變項為學生能力，分為低、中與高能力組。研究結果發現：從認知負荷與學習成效而言，低能力似乎較適合先「研讀工作範例」再「問題解決」的教學模式，而高能力似乎較適合先「問題解決」再「研讀工作範例」的教學模式。本文探討的內容是四年級初始學習兒童坐標平面的認知屬性。

第三章 研究方法

本章旨在依據相關文獻及研究目的，自編四年級兒童坐標平面補充教材，並使用三種資訊工具來進行數位教學及評估其成效，為達成研究目的，本研究除了設計三種數位教材外亦進行教學實驗以評估三種教學之成效，以下分成研究架構、研究流程、研究對象、研究工具及資料處理與分析等五節來說明。

第一節 研究架構與設計

本研究運用自行編製的教案及數位教材進行教學實驗，將受試者分為三組，利用不同的數位學習方式，探討教學成效、認知屬性分布以及認知負荷。研究架構如圖 3-1。

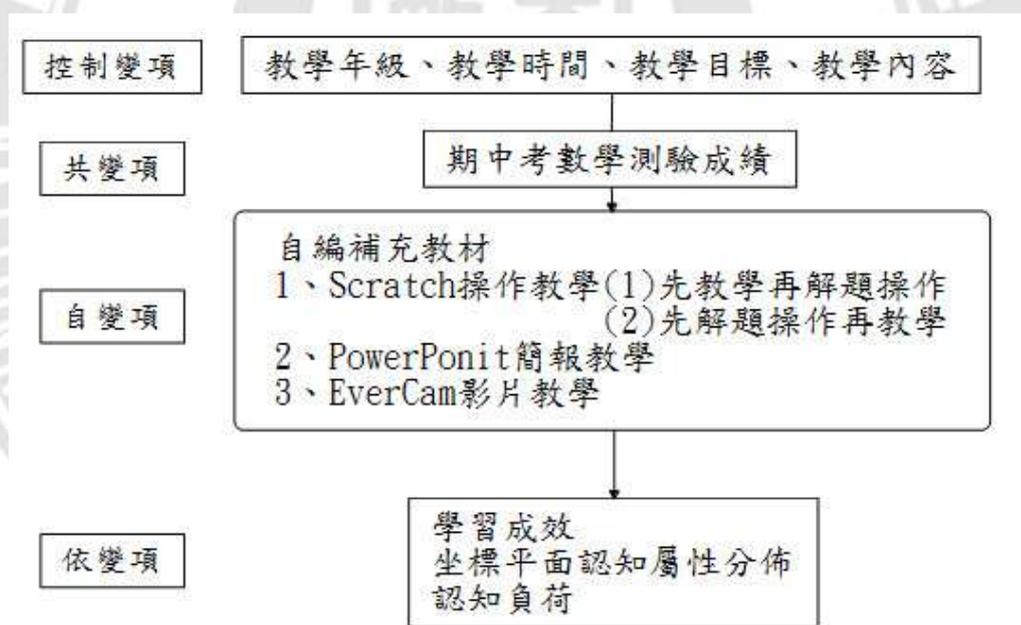


圖 3-1 研究架構圖

壹、各變項說明

一、控制變項

(一)教學年級：對象為四年級學童。

(二)教學時間：均為 2 節，共 80 分鐘。

(三)教學目標：自訂兒童坐標平面的概念，即為認知屬性。

(四)教學內容：依照教學工具的不同，自編教材三大類，分別是 PowerPoint 簡報教學、Scratch 操作教學與 EverCam 影片教學等三類教案，為探討 Scratch 操作教學的學習成效，分別將 Scratch 操作教學編為「先教學再解題操作」及「先解題操作再教學」2 種教案，所以教學內容共 4 種。

二、共變項

兒童坐標平面的教學內容，是屬原創性的補充教材，沒有先行前測，是因為前測內容是四年級尚未有基礎的概念學習，易產生亂猜的回答，例如坐標圖，尚未教學之前是完全不會的，為避免學生作答未教學過的概念測驗，產生焦慮及隨意作答，因此僅以期中考的數學領域測驗成績為前測分數。

三、自變項

本研究的補充教材依據教學目標，設計三套的課程，分別使用不同的數位工具，分別是 Scratch、PowerPionnt 及 EverCam 影片，參考七年級第四單元直角座標平面，自編教案，修改適合四年級學童的兒童坐標平面補充教材。

四、依變項

其一是學習成效，是皆在進行三種不同教學後，三組學生皆進行坐標平面測驗。其二是認知負荷，此指三組學生於教學過程後，進行認知負荷量表施測所得之分數，分數愈高，代表認知負荷愈高。其三是坐標平面認知概念屬性，此部分是將學生在平面坐標測驗作答情形，經由 DINA 模型分析診斷得到認知診斷結果。

第二節 研究對象

方便取樣法之抽樣調查南投縣某國小四年級的學生，隨機抽取 5 個班級，各班人數約 18-23 人，分別以三種不同數位工具進行教學如表 3-1，其中 Scratch 操作教學再區別為先解題與先教學的 2 種不同教學順序，共形成 4 種教學法如表 3-2，因施測或教學時部份學生有上資源班課程及請假等情形，未參加施測，因此並未納入本研究進行分析。

表 3-1

三種不同數位工具之各組人數表

數位工具	次數	百分比
Scratch 操作教學	41	39.8
PowerPoint 簡報教學	41	39.8
EverCam 影片教學	21	20.4
總計	103	100.0

表 3-2

四種不同數位教學法之各組人數表

數位教學法	次數	百分比
先解題_用 Scratch 操作	19	18.4
先教學_用 Scratch 操作	22	21.4
PowerPoint 簡報教學	41	39.8
EverCam 影片教學	21	20.4
總計	103	100.0

第三節 研究流程

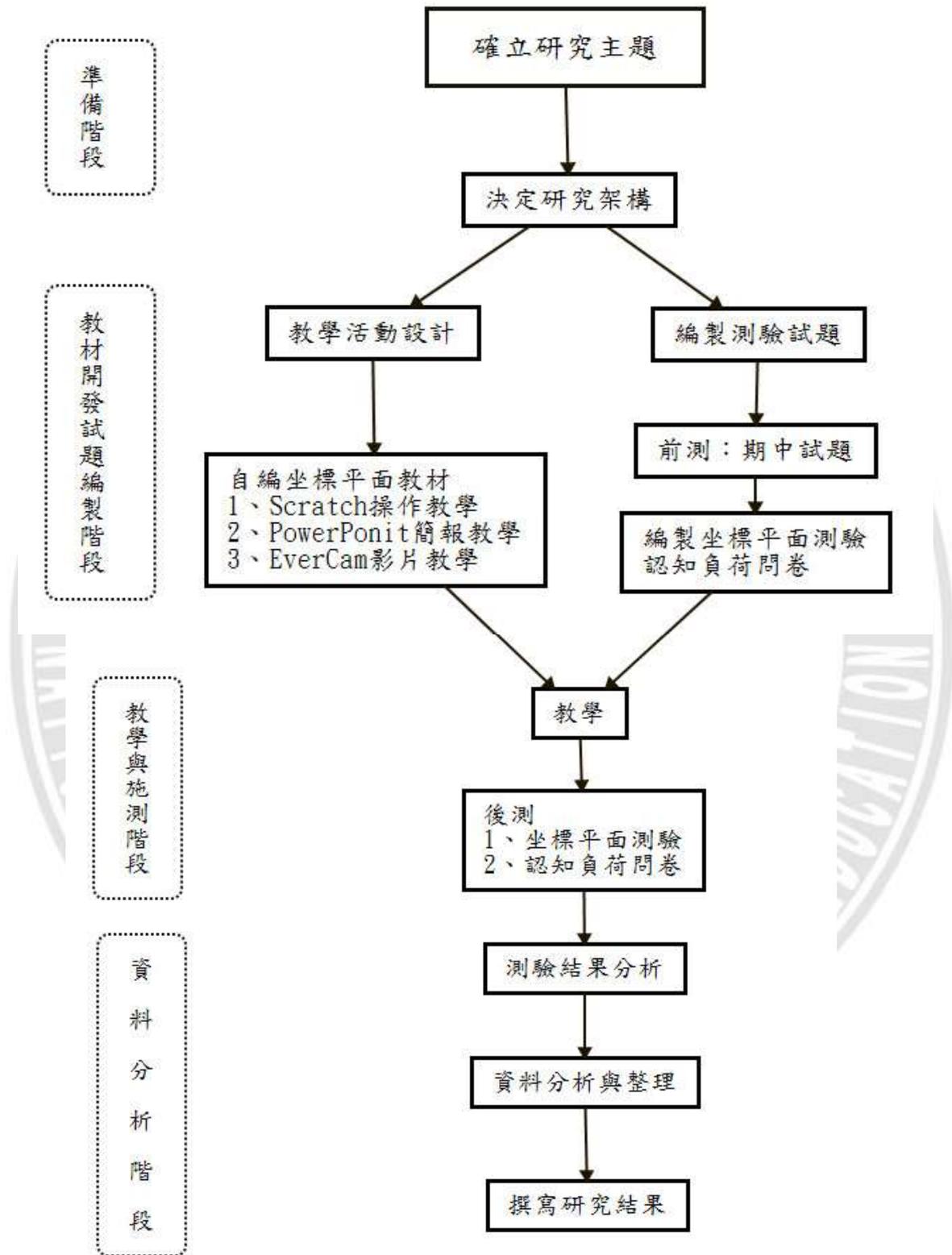


圖 3-2 研究步驟圖

本研究的研究流程如圖 3-2，主要分為四個階段：準備階段、教材開發及試題編製階段、教學與施測階段、資料分析階段。

壹、 準備階段

確定研究主題後，根據研究動機與目的，閱讀資訊融入數學教學的相關文獻，以決定融入的工具與教學的主題，做為試題編製及教材開發的主要依據

貳、 試題編製及教材開發階段

一、編製試題

本研究參考相關文獻後，進行坐標平面測驗及認知負荷問卷的題目編製。

二、教材開發

為設計出符合教學目的之教材，研究者針對平面坐標及學生認知發展進行分析，並研究 Scratch 程式，寫出教學軟體，同時編製 PowerPoint 簡報教學、與 EverCam 影片教學三類教案，於教案完成後，進行教學測試，完成三份教材。

參、 教學與施測階段

一、教學階段

研究對象為四年級學生，在實施坐標平面測驗及認知負荷的測驗前，先由研究者進行實驗教學，實驗組以研究者所開發的 Scratch 操作教學、PowerPoint 簡報教學與 EverCam 影片教學進行實驗教學，對照組則無進行教學。因教學內容相當的易懂，無先前的前測，是以學期中的數學評量為前測，為確保教學後的準確性及實驗處理的效果，教學活動後當天或隔天進行後測。

二、坐標平面測驗施測

正式測驗採用 google 於網頁結合為表單，形成每位學生於電腦教室，一人一機進行測驗，施測時給予明確的指導語，鼓勵不要亂猜，以確保受試者的真實學會的情形。

三、認知負荷問卷填答

於坐標平面測驗完，時間不足，另外找時間再進行認知負荷的問卷填寫。以利後續認知負荷的相關分析。

肆、 資料分析階段

根據坐標平面測驗及認知負荷結果，進行資料分析並依據分析結果，撰寫研究記錄及資料統整，完成本研究。



第四節 研究工具

為達本研究的研究目的，所使用的研究工具有：教學工具、自編教材、自編測驗、資料搜集與分析工具。分別說明如下：

壹、 教學工具

分別說明 Scratch、PowerPoint、EverCam 三種軟體的使用，並整理如表 3-3。

一、Scratch

提供圖形化的操作介面，能用滑鼠拖曳積木撰寫程式，主要幫助兒童及青少年學習發展所設計的程式，從中學習程式設計的基本概念(蔡俊平，2012)。本研究藉由此程式設計出二種教學法，「Scratch 操作教學之先教學再解題」與「Scratch 操作教學之先解題再教學」的教學，經由學童每人使用一部電腦，在操作的過程中學習坐標平面的認知屬性。

二、PowerPoint

由 Microsoft 公司開發的簡報程式，可將文字、圖像、影片等安置在投影片上，藉由該軟體的設定，也可以形成動畫的表現方式。本研究利用該軟體設計「PowerPoint 簡報教學」之教學法，由講述者使用滑鼠，控制投影片出現的順序及內容，學童聆聽簡報說明及配合學習單的練習學習坐標平面的認知屬性。

三、EverCam

台灣數位學習科技股份有限公司開發的簡報錄影程式，與 PowerPoint 簡報程式操作上類似，可以將文字、圖像、影片、動畫等方式以投影片方式呈現，唯獨另外加上繪圖板的書寫功能，使錄製影片中所寫的文字或符號比「PowerPoint 簡報教學」更能清楚呈現在投影片上，最後錄好的影片上傳至網路上。本研究使用 PowerPoint 簡報教學中已設計好的簡報，使用 EverCam 軟體事先錄影，設計出「EverCam 影片教學」之教學法，讓學童使用個別的電腦播放該影片，以此方式學習坐標平面的認知屬性。

表 3-3

四種教學法簡要說明表

教學法	主要操作者	操作電腦或學習單練習	互動情形	特點
Scratch 操作教學之先教學再解題	學童	操作電腦	學生與電腦互動為主，教師輔助。	電腦為主要教學者，先教學再解題
Scratch 操作教學之先解題再教學	學童	操作電腦	學生與電腦互動為主，教師輔助。	電腦為主要教學者，先解題再教學
PowerPoint 簡報教學	教師	學習單	學生與教師互動	教師教學仍有使用黑板輔助說明
EverCam 影片教學	教師	學習單	學生看完影片與教師互動	影片教學內容有清楚的文字或符號說明

貳、 自編教材

本研究學童坐標平面教學，配合能力指標改編教材內容，並依不同教學工具，編製不同的教案，有 Scratch 操作教學、PowerPionnt 簡報教學、EverCam 影片教學，分別使用 Scratch、PowerPoint、EverCam 三種軟體，做為教學工具。此外再將 Scratch 操作教學分「先教學再解題操作」及「先解題操作再教學」2種，共4種教學，所以自編教材有4種教案，以下簡要說明4種教學模式，詳細教案請參閱附錄一至四。

一、 Scratch 操作教學

(一) 先教學再解題操作

本研究設計之 Scratch 操作教學有二種，一種是先教學再解題操作，數位工具融入教學的說明如表 3-4，。

表 3-4

Scratch 操作教學之先教學再解題操作的教學模式說明

活動	教學階段	教學流程	課中資訊工具說明
----	------	------	----------

提示說明一 1.複習數線的觀念



觀看呈現內容

操作左右鍵
並觀察數字的變化

一、準備
活動

實作一

2. 在數線上操作移動，會呈現數線的相對位置的數值。



提示說明二 1.介紹直角坐標平面，說明 X 軸、Y 軸及原點

觀看呈現內容

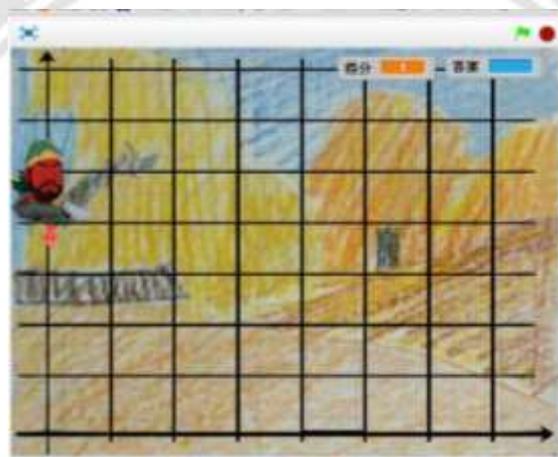
二、發展
活動

操作滑鼠滑動移
到 X 軸、Y 軸及
原點



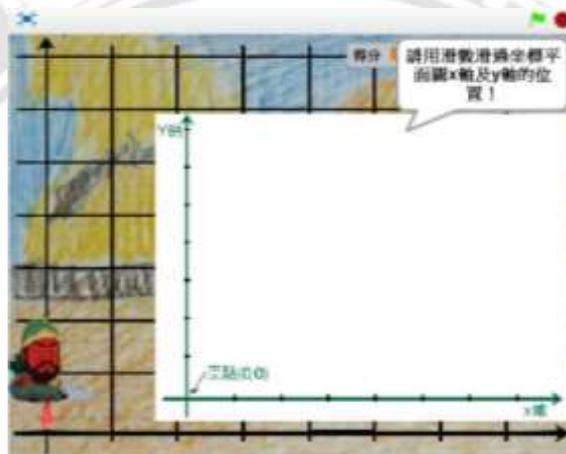
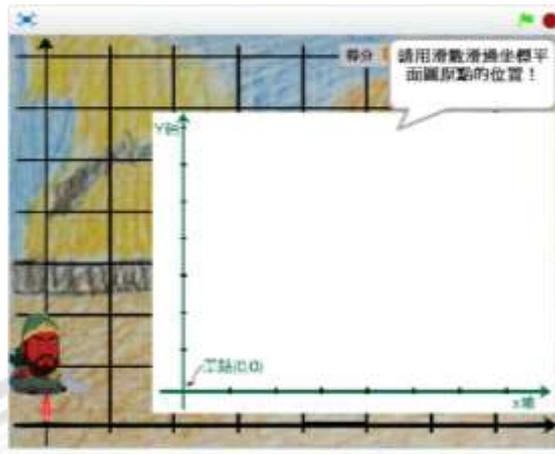
觀看關羽移動位置，最後說明這是Y軸。

關羽移動位置



實作二 2.操作滑鼠滑過X軸、Y軸及原點，會呈現這是X軸、Y軸及原點。

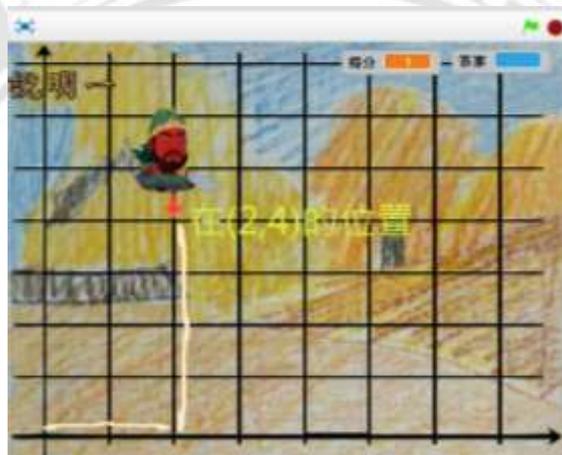
操作滑鼠滑動



提示說明三 1. 呈現關羽所在的平面上點的座標的表示
 觀看內容
 示詳細範例，並說明先往右數第 2 格，
 再往上數第 4 格的意思。

三、發展 活動





實作三

2. 由學生填入(2,4)於回答框中。

將鍵盤打出(2,4)並按 ENTER



四、綜合活動

提示說明四 1. 看張飛與關羽對話提示，並從中協助張飛能打敗呂布。

邊看提示邊操作



實作四

每個移動，會呈現所在的數對位置，進行簡單的移動任務。

邊看提示
邊操作



(二)先解題操作再教學

第二種 Scratch 操作教學是先解題操作再教學，數位工具融入教學的模式說明如表 3-5

表 3-5

Scratch 操作教學之先解題操作再教學的教學模式說明

活動	教學階段	教學流程	課中資訊工具說明
一、準備活動	實作一	1. 在數線上操作移動，會呈現數線的相對位置的數值。	操作左右鍵並觀察數字的變化



2. 複習數線的觀念

提示說明一

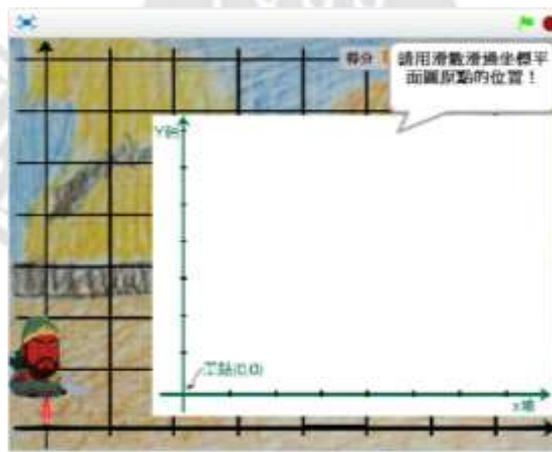


觀看呈現文字內容

實作二

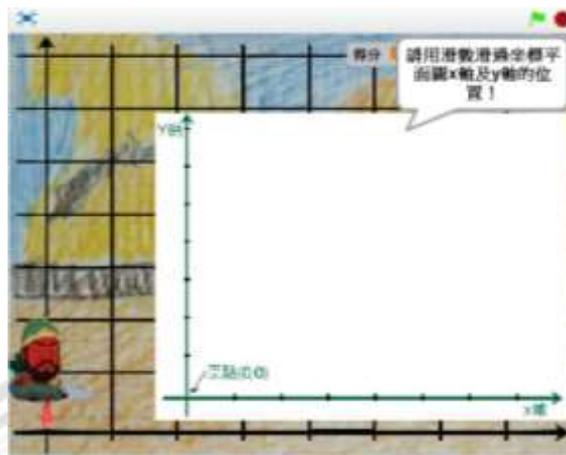
1. 操作滑鼠滑過 X 軸、Y 軸及原點，會呈現這是 X 軸、Y 軸及原點。

操作滑鼠滑動學生此時隨意滑動



二、發展活動

操作滑鼠滑動移到 X 軸、Y 軸及原點



提示說明二 2.接著進入直角坐標平面，說明 X 軸、Y 軸及原點



觀看關羽移動位置，最後說明這是 Y 軸。
觀看呈現內容



關羽移動位置



關羽動作為劃過Y軸。



再說明這是Y軸。

實作三

回答時學生無法正確回答，因為尚未教導。

1. 由學生填入(2,4)於回答框中。

操作回答錯誤時，關羽回應要專心看。



二、發展活動

提示說明三 2. 接著呈現關羽所在的平面上點的座標的表示詳細範例，並說明先往右數第 2 格，再往上數第 4 格的意思。

觀看內容



操作三 3. 再操作一次

關羽再問一次



鍵入正確答案
(2,4)
關羽回覆

操作與說明 1. 看張飛與關羽對話提示，並從中協助張飛能打敗呂布。

邊看提示
邊操作

三、綜合
活動



操作與說明 每個移動，會呈現所在的數對位置，進行簡
五 單的移動任務。

邊看提示
邊操作

實作五



二、 PowerPoint 簡報教學

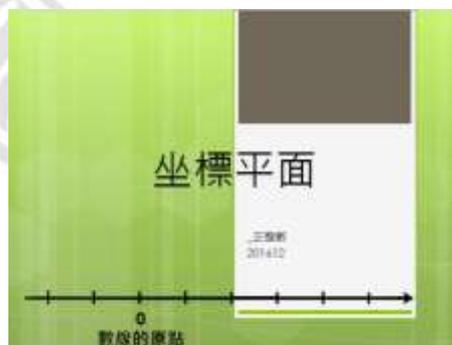
本研究使用該工具，乃因文字、圖片容易結合，該工具的图片或文字能以動畫方式呈現，以表 3-6 呈現 PowerPoint 簡報教學教學模式。

表 3-6

PowerPoint 簡報教學教學模式說明

活動	教學階段	教學流程	課中資訊工具說明
----	------	------	----------

(一)引起動
機 1.複習數線的觀念



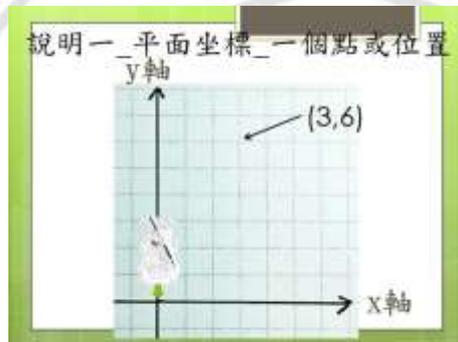
一、準
備活動

2. 尋找地點與直角坐標平面



(二)教學活動 1. 說明一
動 呈現張飛(3,6)所在的座標，說明先往右數第
3格，再往上數第6格的意思。

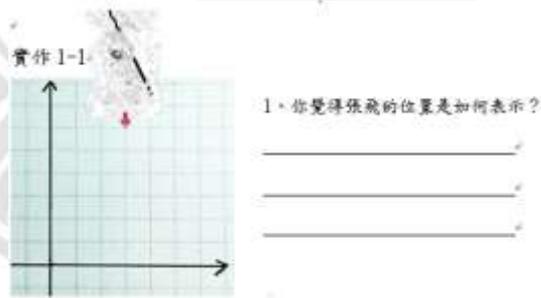
張飛從原點移動
到箭頭所指的位
置。



二、發
展活動

2. 練習一
先往右數第3格，再往上數第6格的位置，
在座標上紀錄為(3,6)

在紙上填入
(3,6)

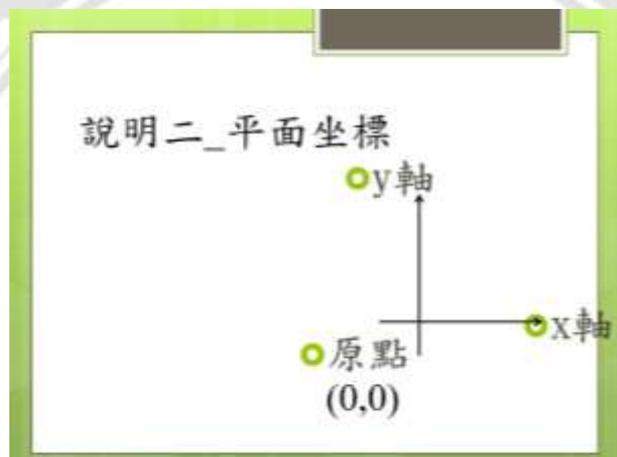
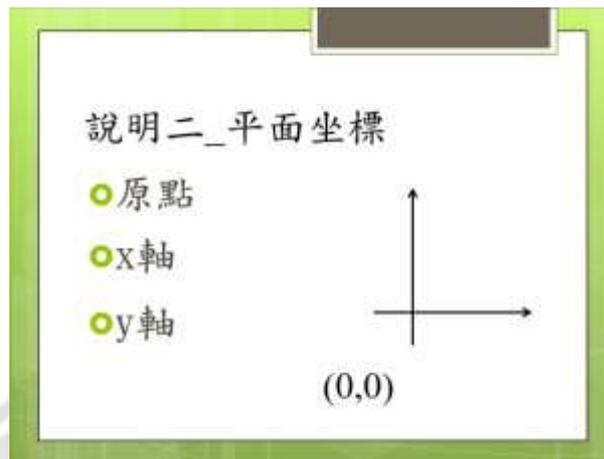


(三)教學活動 1 說明二：說明 x 軸、垂直軸、橫軸(水平
動 軸)及 y 軸。

說明同時點滑
鼠，使原點、X
軸和 Y 軸會移動
到該部位上

二、發
展活動

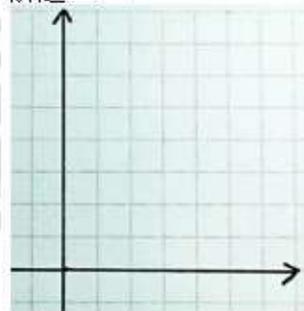
學生觀察並了解各部位的位置



2. 練習二

指出 x 軸及 y 軸，在學習單上填入

解題二、



- 1、請你指出 x 軸？
- 2、請你指出 y 軸？
- 3、請你點出原點？

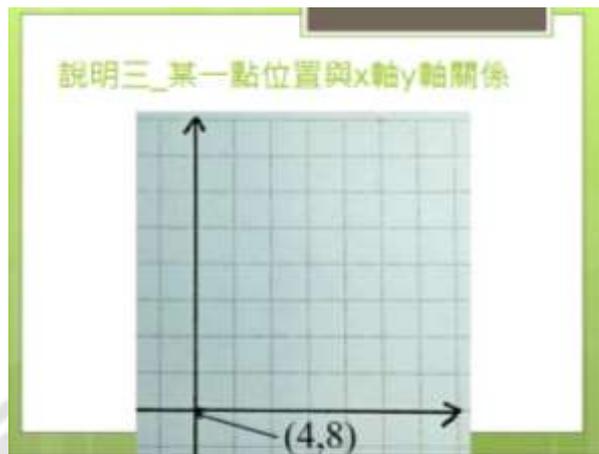
在學習單上劃上箭頭或將各部位寫在位置上。

二、發展活動

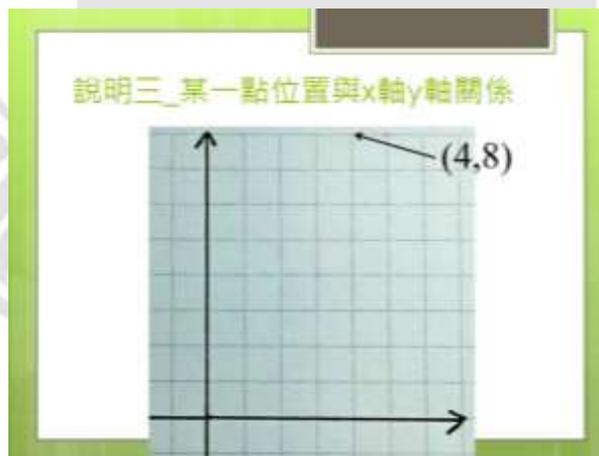
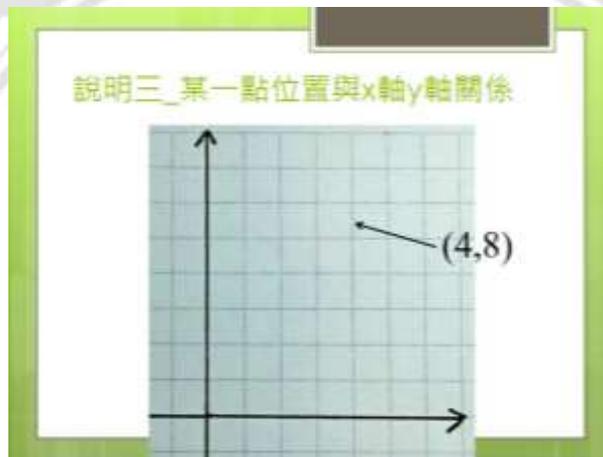
動

(四)教學活動 1.說明三

說明(4, 8)即是在 x 軸橫向往右取到 4，直向往上取到 8，其中 4 就是 x 軸的值，8 就是 y 軸的值。



使用 PPT 上的動畫功能，讓學生來數往右 4 格，往上 8 格。

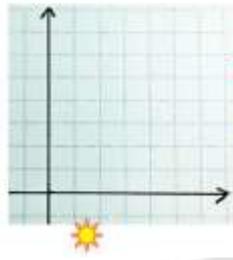


2. 練習三

在座標平面上描點(5,3)，(6,0)，(0,0)，分別用星星、月亮、太陽，放在三個點上，學習單上畫出。

學生練習寫出(4,8)及其他3點的位置。

實作 4

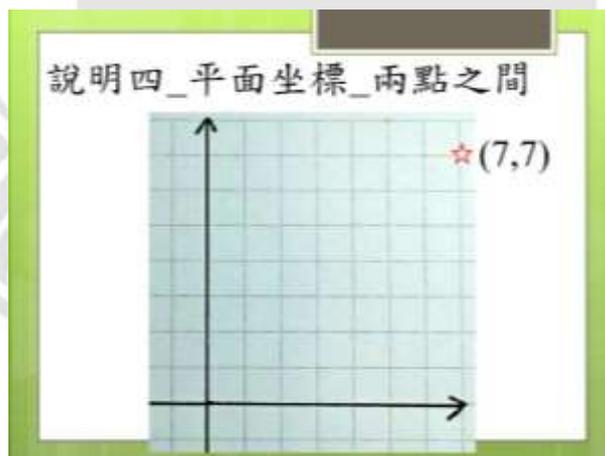
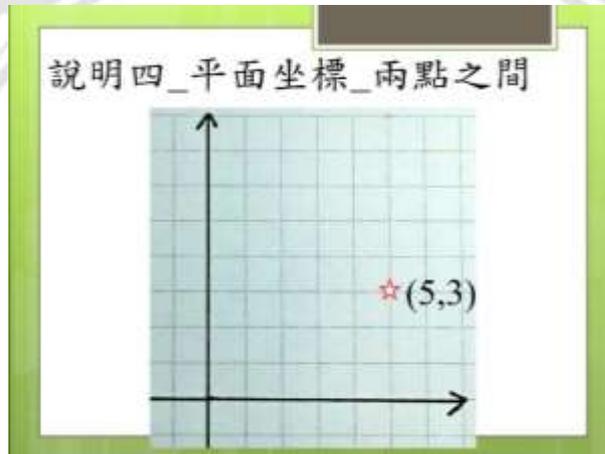


1. 從原點出發，(4, 8) 橫向移動 4 格，是平行什麼軸？_____
- 是往左還是往右？_____
- 接著再往上或下移動？_____
- 移動幾格？_____
- 是平行什麼軸來移動的？_____
2. 請你用箭頭畫指出星星(5, 3)的位置？
3. 請你用箭頭畫指出月亮(6, 0)的位置？
4. 請你用箭頭畫指出太陽(0, 0)的位置？

(五)教學活動 1. 說明四

動

星星往右 2 格，往上 4 格，所在位置表示為 x 軸的位置 5+2；y 軸的位置 3+4，顯示出 (7, 7) 的表示方式。



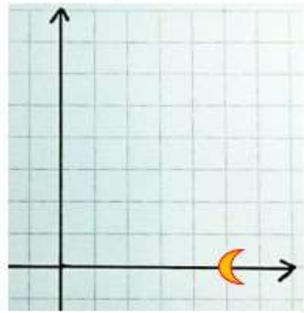
二、發展活動

動畫方式從 (5, 3) 移動到 (7, 7)

2. 練習四

月亮往右 1 格，往上 5 格，所在位置如何表示？所在位置在坐標哪裡

學生練習寫下坐標

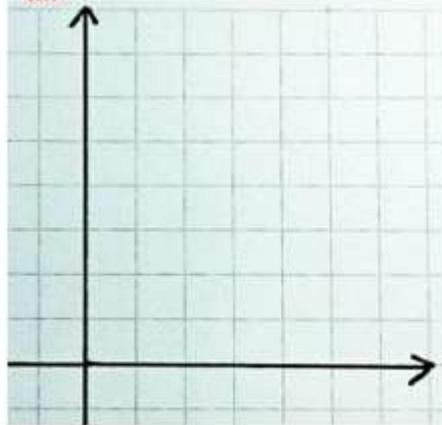


1、月亮往左 2 格，往上 5 格，所在的位置如何表示？

(一) 互動活動 1、二人一組互相回答對方點的位置
說出對方所放置的點位置。

二人一組互相回答對方的學習單中的問題

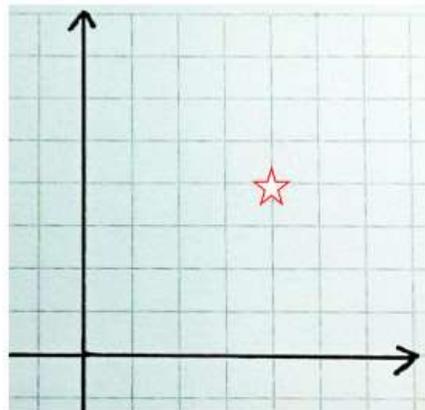
(一) 請自定位置，並寫出坐標位置



三、綜合活動

2、互相回答對方到達星星位置的移動情形。

二、圖一的點，往左或往右幾格接近星星？
往上或往下幾格會達到星星的位置？

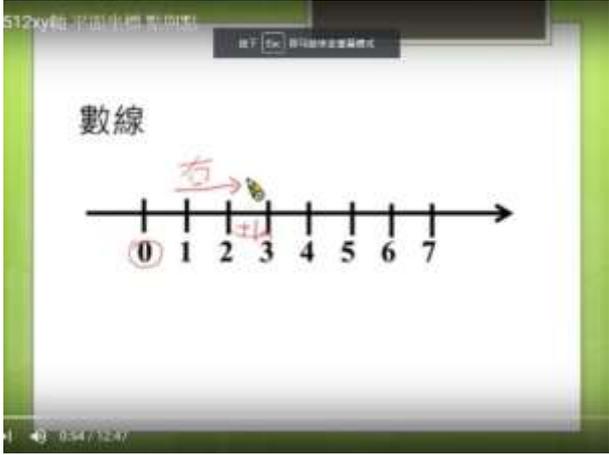
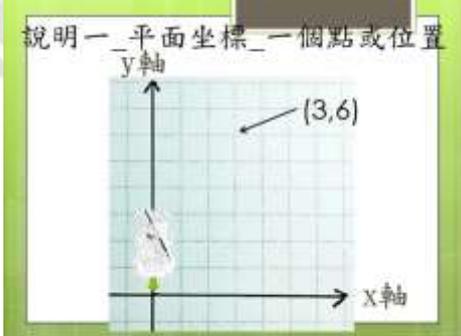


三、 EverCam 影片教學

以前述 PowerPiont 簡報教學為基礎，將其錄製 EverCam 影片，錄好影片後，上傳至 YouTube 上，上課時由學童看影片自學，影片播放結束後，再進行坐標平面測驗。所以教學說明不再重覆呈現，就以 PowerPiont 簡報教學無法呈現的內容提出說明，以表 3-7 呈現 EverCam 影片教學之教學模式。

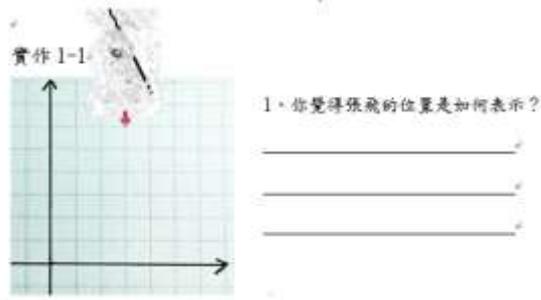
表 3-7

EverCam 影片教學之教學模式說明

活動	教學階段	教學流程	課中資訊工具說明
一、準備活動	1. 引起動機	1. 複習數線 	能有 PowerPiont 簡報教學的圖片動畫，還能直接使用繪圖筆畫圖或加字，很容易控制筆畫。
二、發展活動	(二)教學活動	1. 說明一 呈現張飛(3,6)所在的座標，說明先往右數第 3 格，再往上數第 6 格的意思。 	張飛從原點移動到箭頭所指的位置。
		2. 練習一	

先往右數第 3 格，再往上數第 6 格的位置，在座標上紀錄為(3,6)

在紙上填入(3, 6)

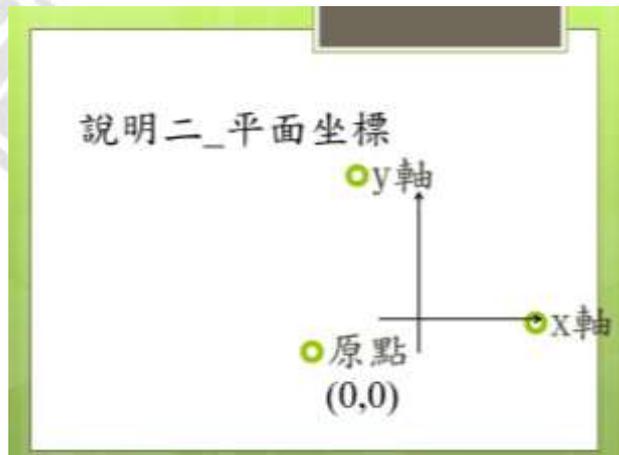
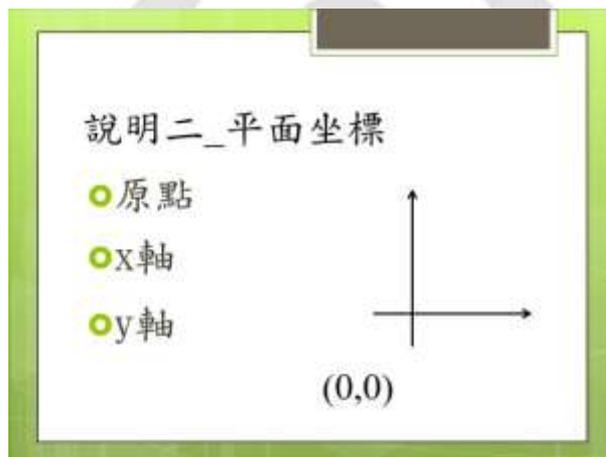


(三)教學活動 1 說明二：說明 x 軸、垂直軸、橫軸（水平軸）及 y 軸。

說明同時點滑鼠，使原點、X 軸和 Y 軸會移動到該部位上

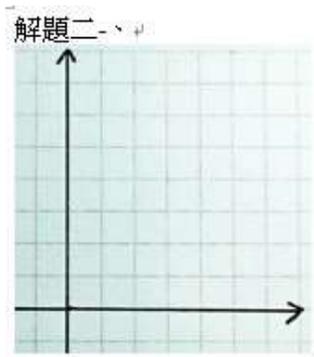
學生觀察並了解各部位的位置

二、發展活動



2. 練習二

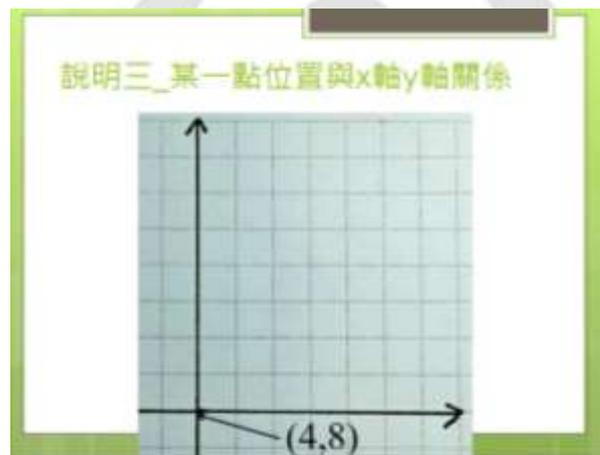
指出 x 軸及 y 軸，在學習單上填入



- 1、請你指出 x 軸？
- 2、請你指出 y 軸？
- 3、請你點出原點？

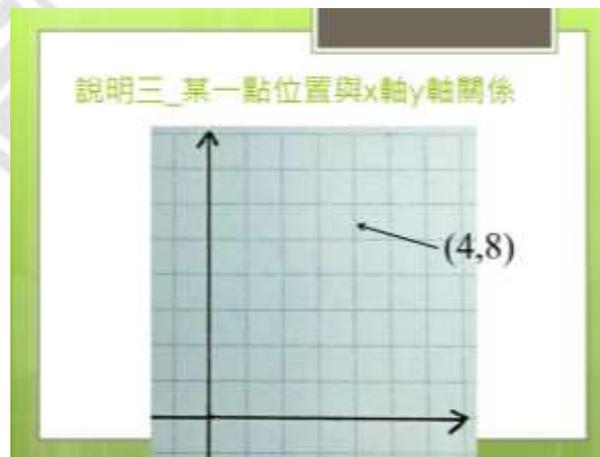
在學習單上劃上箭頭或將各部位寫在位置上。

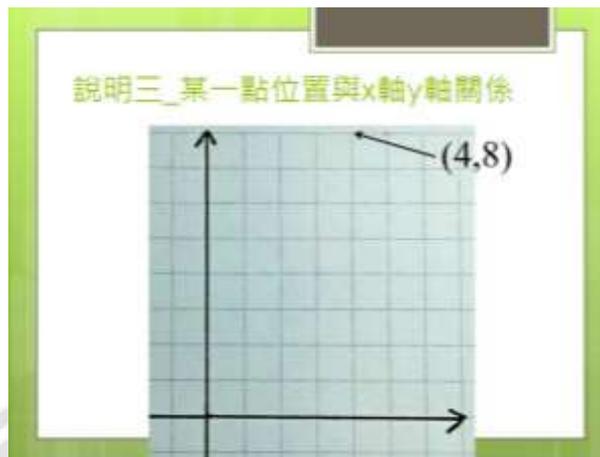
(四)教學活動 1.說明三
說明(4,8)即是在 x 軸橫向往右取到 4，直向往上取到 8，其中 4 就是 x 軸的值，8 就是 y 軸的值。



使用 PPT 上的動畫功能，讓學生來數往右 4 格，往上 8 格。

二、發展活動



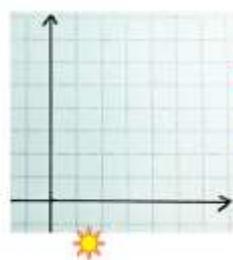


2. 練習三

在座標平面上描點(5,3)，(6,0)，(0,0)，分別用星星、月亮、太陽，放在三個點上，學習單上畫出。

學生練習寫出(4,8)及其他3點的位置。

實作4



1. 從原點出發，(4,8) 橫向移動4格，是平行什麼軸？_____
- 是往左還是往右？_____
- 接著再往上或下移動？_____
- 移動幾格？_____
- 是平行什麼軸來移動的？_____
2. 請你用箭頭畫指出星星(5,3)的位置？
3. 請你用箭頭畫指出月亮(6,0)的位置？
4. 請你用箭頭畫指出太陽(0,0)的位置？

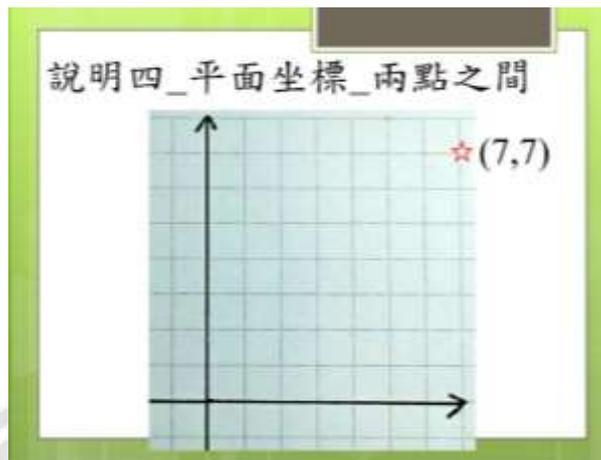
(五)教學活動

1. 說明四

星星往右2格，往上4格，所在位置表示為x軸的位置 $5+2$ ；y軸的位置 $3+4$ ，顯示出(7,7)的表示方式。



二、發展活動

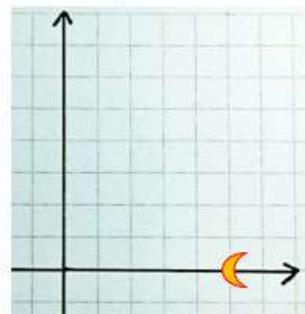


動畫方式從(5, 3)
移動到(7, 7)

2.練習四

月亮往右 1 格，往上 5 格，所在位置如何表示？所在位置在座標哪裡

學生在練習



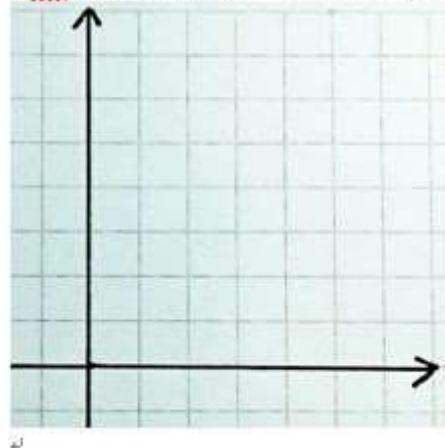
1、月亮往左 2 格，往上 5 格，所在位置如何表示？

(一)互動
活動

1、二人一組互相回答對方點的位置
說出對方所放置的點位置。

二人一組互相回
答對方的學習單
中的問題

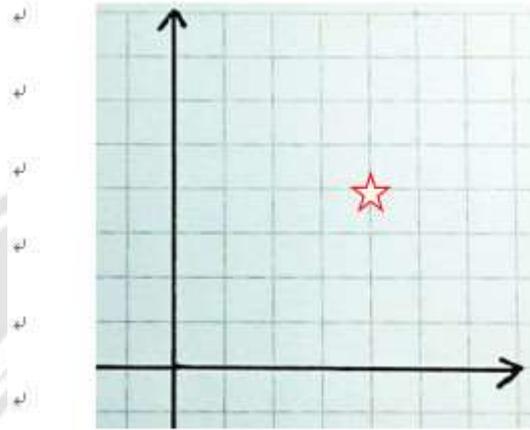
(一)請自定位置，並寫出坐標位置



三、綜
合活動

2、互相回答對方到達星星位置的移動情形。

(二)圖一的點，往左或往右幾格接近星星？
往上或往下幾格會達到星星的位置？



參、 自編測驗

本研究的測驗有：一、坐標平面認知診斷測驗。二、認知負荷量表。

一、坐標平面認知診斷測驗

坐標平面認知診斷測驗試題詳細內容請參閱附錄五。

(一)測驗範圍

本研究測驗範圍是將九年一貫數學領域能力指標 7-a-11 能理解平面直角坐標系改為能了解兒童坐標平面的概念，並將此概念細分為 7 個學童學習後需具備的認知屬性，依此屬性編製坐標平面測驗的題目。

(二)認知屬性

將認知屬性與題目之間的對應編製成如表 3-8，再由專家定義出 Q 矩陣，如表 3-9。

表 3-8

認知屬性與試題的對應表

認知屬或 編號	概念內容	試題
認知屬性 di1	認識數線的位置概念	11、16、18
認知屬性 di2	認識直角平面坐標的圖、各部位的名稱及原點	1、2、3、4、6、 24、25、26、27、 30
認知屬性 di3	能以原點為起點且包含 X、Y 軸，紀錄一點的位置。	5、6、7、8、10、 20、22、23、24、 25、26、27、28、30
認知屬性 di4	能從點的紀錄值，取得坐標平面的位置。	9、10、12、13、14、 15
認知屬性 di5	能計算一點到 X 軸或 Y 軸的最近距離。(最近的距離是垂直的直線長度)	12、13、17、29
認知屬性 di6	能以非原點為起點，找到另一點的位置。	10、14、15、17、 29、20、21、29
認知屬性 di7	能從紀錄位置的數值，再直接找另一點的 X 及 Y 的距離或 X、Y 軸的距離。	14、15、17、19、21

(三) 試題與概念間關聯 Q 矩陣

以試題與概念間關聯 Q 矩陣再將每個題目的測驗的屬性以表 3-9 來呈現。

表 3-9

試題與概念間試題關聯 Q 矩陣

試題 編號	認知屬性							小計
	di1	di2	di3	di4	di5	di6	di7	
1	0	1	0	0	0	0	0	1
2	0	1	0	0	0	0	0	1
3	0	1	0	0	0	0	0	1
4	0	1	0	0	0	0	0	1

5	0	0	1	0	0	0	0	1
6	0	1	1	0	0	0	0	2
7	0	0	1	0	0	0	0	1
8	0	0	1	0	0	0	0	1
9	0	0	0	1	0	0	0	1
10	0	0	1	1	0	1	0	3
11	1	0	0	0	0	0	0	1
12	0	0	0	1	1	0	0	2
13	0	0	0	1	1	0	0	2
14	0	0	0	1	0	1	1	3
15	0	0	0	1	0	1	1	3
16	1	0	0	0	0	0	0	1
17	0	0	0	0	1	1	1	3
18	1	0	0	0	0	0	0	1
19	0	0	0	0	0	1	1	2
20	0	0	1	0	0	1	0	2
21	0	0	0	0	0	1	1	2
22	0	0	1	0	0	0	0	1
23	0	0	1	0	0	0	0	1
24	0	1	1	0	0	0	0	2
25	0	1	1	0	0	0	0	2
26	0	1	1	0	0	0	0	2
27	0	1	1	0	0	0	0	2
28	0	0	1	0	0	0	0	1
29	0	0	0	0	1	1	0	2
30	0	1	1	0	0	0	0	2
小計	3	10	14	6	4	8	5	1

由於本研究之對象為四年級學童尚未學習過坐標平面教材，所以於教學後進行施測。施測資料使用 GUICDM 軟體以 DINA 模型分析測驗試題猜測度與粗心度結果，如表 3-10，因本測驗的施測人數較少，且試題對學童是未曾學習過的概念，所以刪除猜測度與粗心度大於.7 的題目，刪除試題編號 5、16，如表 3-11。

表 3-10

DINA 模型分析坐標平面測驗之猜測度與粗心度的試題參數分析

試題編號	GUESS	SE(GUESS)	SLIP	SE(SLIP)
1	0.232561	0.10943	0.299678	0.051558
2	0.46654	0.123364	0.042936	0.025631
3	0.401819	0.121306	0.29135	0.050955
4	0.563903	0.120735	0.077689	0.031182
5	0.861559	0.074725	0.011887	0.012299
6	0.607066	0.098317	0.061686	0.028179
7	0.586317	0.109322	0.122453	0.036997
8	0.409828	0.112325	0.050035	0.024569
9	0.39996	0.12114	0.112265	0.045445
10	0.307766	0.052497	0.472807	0.128147
11	0.560016	0.09157	0.024524	0.023764
12	0.130016	0.047623	0.152833	0.082828
13	0.173362	0.051757	0.123602	0.078096
14	0.574642	0.05366	0.116371	0.089288
15	0.302274	0.052376	0	0.188233
16	0.733854	0.083465	0.001327	0.024758
17	0.386906	0.051099	0.301832	0.155348
18	0	0.138714	0.726255	0.063062
19	0.400652	0.055241	0.068815	0.0824
20	0.096384	0.037845	0.271336	0.126269
21	0.28929	0.05129	0.31807	0.127436
22	0.397327	0.109954	0.392043	0.055056
23	0.52617	0.112003	0.167858	0.042897
24	0.496421	0.101519	0.063141	0.028384
25	0.458296	0.101459	0.115222	0.037652
26	0.301991	0.095625	0.075169	0.03176
27	0.304284	0.094552	0.271012	0.051706
28	0.267712	0.100994	0.245958	0.049058
29	0.407622	0.05735	0	0.286046
30	0.312131	0.095481	0.117624	0.038444
平均	0.398556	0.087558	0.169859	0.069915

註：GUESS 即為猜測度，SLIP 即為粗心度

表 3-11

DINA 模型分析坐標平面測驗之猜測度與粗心度的試題參數分析

試題編號	GUESS	SE(GUESS)	SLIP	SE(SLIP)
1	0.119696	0.093961	0.298803	0.049824
2	0.513648	0.132163	0.072136	0.028978
3	0.249205	0.115926	0.276472	0.048739
4	0.434204	0.1316	0.069152	0.028889
6	0.616994	0.096607	0.063075	0.028438
7	0.593782	0.109455	0.12543	0.037372
8	0.539939	0.111683	0.086508	0.032326
9	0	0.25395	0.095553	0.040785
10	0.288945	0.053326	0.440657	0.118281
11	0.501183	0.09901	0.019115	0.018825
12	0.049529	0.044097	0.160596	0.081247
13	0.175728	0.055352	0.257219	0.077933
14	0.569543	0.053954	0.101207	0.084119
15	0.297157	0.052257	0	0.168594
17	0.387871	0.051211	0.308893	0.160152
18	0	0.166028	0.741309	0.058391
19	0.408244	0.054152	0.039562	0.074613
20	0.109767	0.039053	0.321573	0.122387
21	0.315113	0.051101	0.404601	0.13579
22	0.47739	0.112117	0.414073	0.055348
23	0.446321	0.111954	0.147639	0.04054
24	0.506239	0.100114	0.063811	0.028638
25	0.452179	0.100118	0.110437	0.036738
26	0.325026	0.096227	0.0793	0.031808
27	0.310167	0.093525	0.270412	0.051762
28	0.142302	0.09066	0.214222	0.046366
29	0.372361	0.058215	0	0.222885
30	0.302945	0.09382	0.110876	0.037308
平均	0.339481	0.09363	0.189023	0.069538

(四)測驗信度

本測驗以 Cronbach's Alpha 係數計算內部一致性信度，整份量表的信度值是.791，接近.8 所以信度尚可，而表 3-12 呈現各試題刪除後，Cronbach's Alpha 的值除了第 12、21、29 題之信度微提高外，其餘皆合理下降，經檢視上述三題之試題內容，發現並無需修正之處，因此不進行刪題。

表 3-12

坐標平面測驗刪該試題時的 Cronbach's Alpha 值

試題編號	Cronbach' Alpha (如果 試題已刪除)	試題編號	Cronbach' Alpha (如果 試題已刪除)
it01	.782	it17	.790
it03	.787	it18	.786
it04	.783	it19	.782
it05	.790	it20	.786
it06	.781	it21	.792
it07	.783	it22	.781
it08	.780	it23	.784
it09	.783	it24	.779
it10	.787	it25	.787
it11	.786	it26	.775
it12	.793	it27	.781
it13	.789	it28	.785
it14	.791	it29	.792
it15	.786	it30	.782

二、認知負荷量表

(一)信度效度分析

本量表以 Cronbach's Alpha 係數建立內部一致性信度，將第 6 題(si06)負向的選項改為正向後 其信度值如表 3-13 所示。整份量表的信度值為.872，為具有良好信度之測驗。

表 3-13

認知負荷量表信度分析表

量表題號	Cronbach's Alpha	量表題號	Cronbach's Alpha
si01	.860	si11	.855
si02	.865	si12	.864
si03	.856	si13	.864
si04	.864	si14	.861
si05	.861	si15	.857
si06	.886		
si07	.865		
si08	.867		
si09	.859		
si10	.870		

肆、 數據資料處理工具

數據資料處理工具分為三項：(一)分析工具有 SPSS、Excel 軟體。(二)資料搜集工具有 Google 表單、Excel。(三)測驗診斷工具 GUICDM。

第五節 資料處理與分析

本研究整理施測後所取得的資料，並根據研究目的，利用 SPSS 統計軟體與 Excel 軟體進行統計分析，所有假設考驗 α 值設為 0.05 顯著水準。

一、以獨立樣本單因子共變數分析為本研究的主要分析方法，分別敘述如下：

以 Scratch 操作教學來看，先教學再解題操作和先解題操作再教學的教學成效是否有顯著差異；PowerPoint 簡報教學、EverCam 影片教學、Scratch 操作教學的整體學習成效是否有顯著差異，以上兩部份均是期中考數學測驗成績為共變量，再分析教學後的後測成績之差異情形。

二、認知負荷問卷的分析使用 ANOVA，了解三組教學後認知負荷的差異情形。

第四章 研究結果

本章分成四節，根據研究目的呈現研究結果。第一節先教學再解題操作和先解題操作再教學對 Scratch 教學成效之影響。第二節三種不同數位教學之整體學習成效差異分析。第三節三種數位不同教學法之學童認知屬性分佈情形。第四節三種不同數位教學法之學童認知負荷的分析。

第一節 先教學再解題操作和先解題操作再教學對 Scratch 教學成效之影響

為探討以 Scratch 操作教學融入坐標平面的教學效果，設計先教學再解題操作及先解題操作再教學兩種模式的教學程序，本節對於兩組實驗組的學童及一組未教學對照組的學童，坐標平面測驗的後測來分析學習成效，進行單因子以變數分析，探討排除學童在實驗教學前的能力差異，以及經實驗教學處理後，兩組學童在坐標平面的表現是否達顯著差異，分析結果如下：

實驗教學後，將兩組學童「先教學再解題操作」及「先解題操作再教學」的前測及後測成績進行單因子共變數分析，探討在 Scratch 操作教學中，不同的教學順序對學童在坐標平面認知診斷測驗的影響。依變數為坐標平面測驗成績，固定因子為教學法，其組內迴歸同質性檢定結果如表 4-1；教學法和坐標平面前測成績之交互作用項考驗的 F 值為.080，顯著性 P 值為.779 > .05，表示兩組迴歸線的斜率同質，即共變項(前測成績)與依變項(後測成績)間的關係不會因為實驗處理的不同而有所差異，符合共變數分析之迴歸係數同質性的假設，可繼續進行獨立樣本單因子共變數分析。

表 4-1

Scratch 操作教學之坐標平面測驗組內迴歸同質性檢定摘要表

來源	型 III 平方和	df	平均值平方	F	顯著性
修正的模型	3893.855 ^a	3	1297.952	5.104	.005
截距	29.075	1	29.075	.114	.737

教學法	75.082	1	75.082	.295	.590
前測	2642.850	1	2642.850	10.392	.003
教學法 * 前測	20.376	1	20.376	.080	.779
錯誤	9409.405	37	254.308		
總計	164872.449	41			
校正後總數	13303.260	40			
a. R 平方 = .293 (調整的 R 平方 = .235)					

排除共變項(前測成績)對依變項(坐標平面後測成績)的影響力後。表 4-2 為共變數分析摘要表，教學法之 F 值=5.041，顯著性 P 值=.031<.05，達.05 顯著水準，表示在排除前測成績的影響後，坐標平面後測成績的高低因實驗處理的不同而有顯著性差異，「先教學再解題操作」及「先解題操作再教學」的在坐標平面的學習成效有顯著差異。

表 4-2

Scratch 操作教學在坐標平面測驗後測效果之共變數分析摘要表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F	顯著性
修正的模型	3873.480 ^a	2	1936.740	7.805	.001
截距	15.145	1	15.145	.061	.806
前測	2929.852	1	2929.852	11.807	.001
教學法	1251.030	1	1251.030	5.041	.031
錯誤	9429.781	38	248.152		
總計	164872.449	41			
校正後總數	13303.260	40			
a R 平方 = .291 (調整的 R 平方 = .354)					

由表 4-3 為邊際平均數摘要表，由此表可知：「先解題操作再教學」比「先教學再解題操作」的坐標平面後測分數的邊緣平均數顯著低 11.121。所以在 Scratch 操作教學下，「先教學再解題操作」顯著優於「先解題操作再教學」的學習成效。

表 4-3

「先教學再解題操作」及「先解題操作再教學」的邊緣平均數標準差摘要表

教學法	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
先教學再解題操作	65.955 ^a	3.365	59.144	72.766
先解題操作再教學	54.834 ^a	3.622	47.503	62.166

a. 模型中出現的共變量已估計下列值：前測 = 89.317。



第二節 三種不同教學之整體學習成效差異分析

本節主要在探討 PowerPoint 簡報教學、Scratch 操作教學與 EverCam 影片教學三種不同教學的學習成效比較。分析時先以三種數位教學法為自變項，以學童期中考數學成績為共變項，不同教學後的坐標平面認知診斷測驗為依變項，進行獨立單因子共變數分析之統計考驗。

在進行單因子共變數分析之前，首先需進行組內迴歸係數同質性考驗，係在考驗各實驗處理內共變項對依變項進行迴歸分析得到的斜率是否有顯著差異，即在考驗原分組自變項與共變項間是否有顯著的交互作用。

由表 4-4 得知，交互作用項的 F 值為.821，顯著性 P 值為.443 > .05，表示三組迴歸線的斜率同質，符合共變數分析之迴歸係數同質性的假設，可繼續進行獨立樣本單因子共變數分析。

表 4-4

三種不同教學的坐標平面測驗組內迴歸同質性檢定摘要表

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
修正的模型	8938.034 ^a	5	1787.607	7.790	.000
截距	315.702	1	315.702	1.376	.244
教學法 3	242.388	2	121.194	.528	.591
前測	8621.709	1	8621.709	37.572	.000
教學法 3 * 前測	376.946	2	188.473	.821	.443
錯誤	22258.717	97	229.471		
總計	415663.265	103			
校正後總數	31196.751	102			

a. R 平方 = .287 (調整的 R 平方 = .250)

排除共變項的影響後，僅考慮不同數位教學是否會影響坐標平面測驗的成績，由表 4-5 三種不同教學的坐標平面測驗共變數分析表得知，教學法之 F 值=1.579，顯著性 P 值=.211 > .05，未達.05 顯著水準，所以得知三種不同數位教學方式之坐標平面

測驗成績無顯著差異，整體而言教學成效並無不同。

表 4-5

三種不同教學的坐標平面測驗共變數分析表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F	顯著性
修正的模型	8561.088 ^a	3	2853.696	12.481	.000
截距	201.299	1	201.299	.880	.350
前測	8384.982	1	8384.982	36.673	.000
教學法 3	722.108	2	361.054	1.579	.211
錯誤	22635.663	99	228.643		
總計	415663.265	103			
校正後總數	31196.751	102			

a. R 平方 = .274 (調整的 R 平方 = .252)

以上是三種教學法之成效比較結果，若進一步再將 Scratch 操作教學的部份拆為 2 種不同程序的教學來看，形成四種教學法的比較，接著進行共變數分析之迴歸係數同質性的檢定。

表 4-6 呈現組內迴歸同質性檢定結果，F 值=.499，顯著性 P 值=.684 > .05，未達顯著水準，表示 4 種教學法自變項與共變項間無顯著的交互作用。

表 4-6

四種教學法之迴歸同質性檢定表

來源	第 III 類平方和	df	平均值平方	F	顯著性
修正的模型	10209.439 ^a	7	1458.491	6.602	.000
截距	284.502	1	284.502	1.288	.259
教學法 4	289.434	3	96.478	.437	.727
前測	8048.904	1	8048.904	36.434	.000
教學法 4 * 前測	330.621	3	110.207	.499	.684
錯誤	20987.311	95	220.919		
總計	415663.265	103			
校正後總數	31196.751	102			

a. R 平方 = .327 (調整的 R 平方 = .278)

排除共變數的影響後，4種教學方法是否會影響坐標平面測驗的成績，由4種不同教學的坐標平面測驗共變數分析表(表 4-7)得知，教學法之 F 值=3.126，顯著性 P 值=.029<.05，達.05 顯著水準，所以得知經過4種不同數位教學方法對坐標平面測驗有顯著影響。

表 4-7

四種不同教學的坐標平面測驗共變數分析表

來源	型 III 平方和	df	平均平方和	F	顯著性
修正的模型	9878.819 ^a	4	2469.705	11.353	.000
截距	300.994	1	300.994	1.384	.242
前測	8759.086	1	8759.086	40.266	.000
教學法 4	2039.839	3	679.946	3.126	.029
錯誤	21317.932	98	217.530		
總計	415663.265	103			
校正後總數	31196.751	102			

a. R 平方 = .317 (調整的 R 平方 = .289)

表 4-8 為事後比較摘要表，由此表資料得知：以 Scratch 操作教學中，「先教學再解題操作」顯著優於「先解題操作再教學」有顯著差異，而本節另外發現，

「EverCam 影片教學」的坐標平面後測成績顯著優於「Scratch 操作教學中的先解題再教學」， $P=.006<.05$ ，且平均差異是「EverCam 影片教學」高 13.364 分，所以「EverCam 影片教學」顯著優於「Scratch 操作教學中的先解題再教學」的學習成效。

表 4-8

四種不同教學情形的坐標平面測驗成對比較摘要表

(I) 教學法 4 (J)教學法 4	(I-J)平均 差異	標準誤	95% 差異的信賴 顯著性 b 區間 b

						下限	上限
先解題_用 scratch 操作	先教學_用 scratch 操作	-11.390*	4.628	.016		-20.573	-2.206
	PowerPoint 簡報教學	-7.432	4.120	.074		-15.608	.744
	EverCam 影片教學	-13.364*	4.747	.006		-22.784	-3.944
先教學_用 scratch 操作	先解題_用 scratch 操作	11.390*	4.628	.016		2.206	20.573
	PowerPoint 簡報教學	3.958	3.902	.313		-3.787	11.702
	EverCam 影片教學	-1.975	4.536	.664		-10.976	7.027
PowerPoint 簡報教學	先解題_用 scratch 操作	7.432	4.120	.074		-.744	15.608
	先教學_用 scratch 操作	-3.958	3.902	.313		-11.702	3.787
	EverCam 影片教學	-5.932	3.976	.139		-13.823	1.959
EverCam 影 片教學	先解題_用 scratch 操作	13.364*	4.747	.006		3.944	22.784
	先教學_用 scratch 操作	1.975	4.536	.664		-7.027	10.976
	PowerPoint 簡報教學	5.932	3.976	.139		-1.959	13.823
根據估計的邊際平均值							
*. 平均值差異在 .05 層級顯著。							
b. 調整多重比較：最小顯著差異（等同於未調整）。							

由表 4-9 的邊際平均數摘要表，由此表資料得知，第一「EverCam 影片教學」是 66.344 為最高分；第二「Scratch 操作教學中的先教學再解題」是 64.369 為次高分；第三「PowerPoint 簡報教學」是 60.412 排第三。「EverCam 影片教學」和「Scratch 操作教學中的先教學再解題」兩者成績均顯著高於「Scratch 操作教學中的先解題再教學」。

表 4-9

四種不同教學情形的坐標平面測驗邊際平均數摘要表

教學法 4	平均數	標準誤	95% 信賴區間	
			下限	上限
先解題_用 scratch 操作	52.980a	3.409	46.214	59.746
先教學_用 scratch 操作	64.369a	3.148	58.123	70.616

PowerPoint 簡報教學	60.412a	2.304	55.84	64.984
EverCam 影片教學	66.344a	3.247	59.9	72.788

a. 模型中出現的共變量已估計下列值：前測 = 87.328。



第三節 四種不同教學法之學童認知屬性分佈情形

本節研究認知屬性在四種教學方法後之通過率情形如表 4-10。從表中得知認知屬性 di1 是學習坐標平面的先備知識，未著重教學於此，所以全部學童的平均通過率是 64.81%，屬於中等通過率。四種教學法之認知屬性的通過率平均值依序從 di2 到 di7 越來越小，認知屬性通過率平均值以 di2 的 83.38% 最高，認知屬性 di5 的通過率平均值降至 49.53%，認知屬性 di6、di7 通過率的平均值只剩下 26.93% 及 25.35%，學童回答認知屬性 di6、di7 的測驗試題，多以猜測的方式回答。四種教學法在教學上未使學童學得好認知屬性 di1、di5、di6 與 di7。認知屬性 di2 到 di4 再分別來看：1、認知屬性 di2，四種教學法以「PowerPiont 簡報教學」的通過率最高是 87.8%，該認知屬性是認識坐標平面的圖及包含原點的各部位名稱，以「PowerPiont 簡報教學」的通過率最好，「Scratch 操作教學中的先教學再解題」和「EverCam 影片教學」是分別是 86.36% 和 85.71%，高於「Scratch 操作教學中的先解題再教學」的通過率 73.68%；2、認知屬性 di3 來看，「EverCam 影片教學」的通過率最高是 85.71%；3、認知屬性 di4 來看，以「PowerPiont 簡報教學」的通過率最高是 92.68%。

表 4-10

四種教學法之學童認知屬性通過率

通過率	人數	認知屬性(%)							平均
		di1	di2	di3	di4	di5	di6	di7	
先解題_Scratch 操作教學	19	52.63	73.68	73.68	73.68	52.63	21.05	21.05	52.63
先教學_Scratch 操作教學	22	54.55	86.36	81.82	77.27	59.09	40.91	27.27	61.04
PowerPiont 簡報 教學	41	85.37	87.8	75.61	92.68	29.27	21.95	29.27	60.28
EverCam 影片 教學	21	66.67	85.71	85.71	71.43	57.14	23.81	23.81	59.18
平均	25.75	64.81	83.39	79.21	78.77	49.53	26.93	25.35	58.28

註：

di1：認識數線的位置。

di2：認識直角平面坐標的圖、各部位的名稱及原點。

di3：能以原點為起點包含 X、Y 軸上，紀錄一點的位置。

di4：能從點的紀錄值，取得坐標平面的位置。

di5：能計算一點到 X 軸或 Y 軸的最近距離。

di6：能以非原點為起點，找到另一點的位置。

di7：能從紀錄位置的數值，再直接找另一點的 X 及 Y 的距離或 X、Y 軸的距離。

四種教學法以認知屬性之通過率進行同質性分析，如表 4-11，其中 di1 的認知屬性通過率之同質性檢定 $P=.000 < .05$ ，di4 的認知屬性通過率之同質性檢定 $P=.000 < .05$ ，di5 的認知屬性通過率之同質性檢定 $P=.047 < .05$ ，顯示不同教學法之組內變異有顯著差異，故為不同質。因不同質，故進行 Welch 分析，如表 4-12，di1 的認知屬性通過率 Welch 分析所得 $P=.021 < .05$ ，具有顯著差異，再進行 Games-Howell 檢定分析，如表 4-13，所得 P 值均大於 .05，分析結果無顯著差異。di4 與 di5 在 Welch 變異數分析中，如表 4-12，P 值均大於 .05，不具有顯著差異。亦即 di1、di4 與 di5 的認知屬性在四種教學法中，不影響學童學習此三個屬性的通過率。

表 4-11

四種教學法認知屬性通過率之百分比進行同質性分析

屬性編號	Levene 統計資料	df1	df2	顯著性
di1	14.064	3	99	.000
di2	2.268	3	99	.085
di3	1.819	3	99	.149
di4	10.545	3	99	.000
di5	2.743	3	99	.047
di6	2.494	3	99	.064
di7	.743	3	99	.529

表 4-12

四種教學法 di1、di4、di5 認知屬性通過率 Welch 分析

屬性編號	統計資料 a	df1	df2	顯著性
di1	3.593	3	42.774	.021
di4	2.266	3	40.592	.095
di5	2.628	3	45.573	.062

a. F 值已漸進發佈。

表 4-13

四種教學法 di1 認知屬性通過率 Games-Howell 檢定分析

因變數	教學法 I	教學法 J	平均差 異 (I-J)	標準 誤	顯著性	95% 信賴區間	
						下限	上限
di1	先解題_用 scratch 操 作	先教學_用 scratch 操作	-.019	.160	.999	-.45	.41
		PowerPoint 簡報教學	-.327	.130	.081	-.68	.03
		EverCam 影 片教學	-.140	.158	.811	-.57	.28
	先教學_用 scratch 操 作	先解題_用 scratch 操作	.019	.160	.999	-.41	.45
		PowerPoint 簡報教學	-.308	.122	.075	-.64	.02
		EverCam 影 片教學	-.121	.151	.854	-.53	.28
	PowerPoint 簡報教學	先解題_用 scratch 操作	.327	.130	.081	-.03	.68
		先教學_用 scratch 操作	.308	.122	.075	-.02	.64
		EverCam 影 片教學	.187	.119	.411	-.14	.51
	EverCam	先解題_用	.140	.158	.811	-.28	.57

影片教學 scratch 操作

先教學_用 scratch 操作	.121	.151	.854	-.28	.53
PowerPoint 簡報教學	-.187	.119	.411	-.51	.14

四種教學法之認知屬性 di2、di3、di6 與 di7 通過率的同質性分析，如表 4-11，該四個屬性的 P 值均大於.05，故為同質。又因同質，得進行變異數分析，如表 4-14，所得 P 值均大於.05，變異數分析未達顯著，所以四種不同教學法對於學童學習 di2、di3、di6 與 di7 認知屬性的通過率沒有影響。

表 4-14

四種教學法的認知屬性之變異數分析

屬性編號		平方和	df	平均值		顯著性
				平方	F	
di2	群組之間	.278	3	.093	.692	.559
	在群組內	13.237	99	.134		
	總計	13.515	102			
di3	群組之間	.212	3	.071	.409	.747
	在群組內	17.089	99	.173		
	總計	17.301	102			
di6	群組之間	.612	3	.204	1.046	.376
	在群組內	19.310	99	.195		
	總計	19.922	102			
di7	群組之間	.103	3	.034	.172	.915
	在群組內	19.819	99	.200		
	總計	19.922	102			

第四節 四種不同教學法之學童認知負荷差異分析

本節將學童在四種不同數位教學法的認知負荷上之差異進行分析，如表 4-15，認知負荷量表同質性檢定 $P=.183 > .05$ ，顯示不同教學法之各組間無顯著差異，故為同質。又因同質，得進行變異數分析，如表 4-16，所得 $P=.563 > .05$ ，變異數分析未達顯著，所以四種不同教學法對於學童的認知負荷沒有影響。

表 4-15

四種不同教學法之學童認知負荷同質性檢定

Levene 統計資料	df1	df2	顯著性
1.650	3	99	.183

表 4-16

四種不同教學法認知負荷變異數分析

	平方和	df	平均值平方	F	顯著性
群組之間	272.313	3	90.771	.685	.563
在群組內	13111.424	99	132.439		
總計	13383.737	102			

為了解高、低分組的學童在四種不同教學法之認知負荷差異，先將學童依坐標平面概念測驗分數區分為高分組及低分組，總人數由高至低排列後，將總分最高的前 27% 設為高分組，再從低分部分向上取總人數的 27%，再進行變異數分析。低分組之認知負荷同質性檢定如表 4-17，所得 $P=.620 > .05$ ，顯示低分組的各組間無顯著差異，故為同質。又因同質，得進行變異數分析，低分組之認知負荷變異數同質性檢定如表 4-18，由於 $P=.993 > .05$ ，變異數分析未達顯著，所以四種不同教學法對於低分組學童在認知負荷沒有影響。

表 4-17

四種不同教學法之低分組學童認知負荷同質性檢定

Levene 統計資料	df1	df2	顯著性
-------------	-----	-----	-----

.603 3 24 .620

表 4-18

四不同教學法之低分組學童於認知負荷的變異數同質性檢定

	平方和	df	平均值平方	F	顯著性
認知負荷 群組之間	15.886	3	5.295	.029	.993
在群組內	4394.841	24	183.118		
總計	4410.727	27			

了解四種不同教學法之學習成效取高分組的學童，於認知負荷的差異進行分析，高分組之認知負荷同質性檢定如表 4-19，所得 $P=.074 > .05$ ，顯示高分組的各組間無顯著差異，故為同質。又因同質，得進行變異數分析，高分組之認知負荷變異數同質性檢定如表 4-20，由於 $P=.107 > .05$ ，變異數分析未達顯著，所以四種不同教學法對於高分組學童在認知負荷沒有影響。

表 4-19

四種不同教學法之高分組學童認知負荷同質性檢定

Levene 統計資料	df1	df2	顯著性
2.615	3	24	.074

表 4-20

四種不同教學法之高分組學童於認知負荷的變異數同質性檢定

	平方和	df	平均值平方	F	顯著性
群組之間	787.729	3	262.576	2.266	.107
在群組內	2780.852	24	115.869		
總計	3568.581	27			

第五章 結論與建議

本章分為兩節，第一節依據研究的發現，歸納與總結；第二節提出本研究的研究建議，作為未來的研究參考。

第一節 結論

壹、「先教學再解題操作」和「先解題操作再教學」對 Scratch 操作教學成效之影響

研究結果支持「先教學再解題」的學習成效顯著優於「先解題再教學」，此結果與黃俊瑋(2012)之研究中，「先範例再解題」的學習成效顯著高於「先解題再範例」的學習成效相符。

貳、PowerPoint 簡報教學、EverCam 影片教學、Scratch 操作教學的整體學習成效的差異

「EverCam 影片教學」與「Scratch 操作教學中的先教學再解題」顯著優於「Scratch 操作教學中的先解題再教學」的學習成效，「EverCam 影片教學」與「Scratch 操作教學中的先教學再解題」均具有先教學的特質，其中「EverCam 影片教學」不具有 Scratch 操作教學的操作特質，四年級學習坐標平面的認知屬性之數位工具有無操作特質不影響學習成效的顯著。「PowerPiont 簡報教學」由教師操作或展示數位工具來進行教學，學習成效上與其他數位工具的學習成效無顯著差異。如果在學生每人一台電腦使用狀況下，以 Scratch 或 EverCam 數位工具進行教學時，先教學的學習成效顯著優於 Scratch 操作教學的先解題操作的學習成效。

參、四種教學法學習後對學童具備認知屬性分佈情形影響

學童經過四種教學法所學的七個認知屬性之通過率無顯著差異，亦即是四種教學法不會影響學童學習坐標平面的認知屬性。

肆、四種教學法的認知負荷無顯著差異

全體受測學童的認知負荷無顯著差異，低分組與高分組的認知負荷也均無顯著差異，也就是四種教學法不會影響學童的認知負荷。



第二節 建議

綜合以上所述，本研究之後對數學教學之建議及對後續研究的建議，以做為教育相關單位及人員推動數位教學或資訊融入教學之相關研究的參考。

壹、對數位教學的建議

2012 年教學已走進了智慧學習的階段（黃榮懷、楊俊鋒、胡永斌，2012），未來能將數學領域的能力指標和資訊領域的能力指標等，能再規劃結合，並配合學童的認知發展，能有計劃性的引導學童學習面對未來必需具備的能力，同時教師在教學過程中，以適切與合理的進行教學與測驗，本研究提出以下二點建議改進：

一、教學設計的建議

數據、程式、資訊平台、數位工具軟體與硬體各方面各有專才，現職教師不具有每項能力，但期望提升教學的品質，非一人力可為，需組成團隊提升數位教學的效能，而本研究只能貢獻三種數位工具的應用，又配合學習的部份僅有一個能力指標，有許多不足，期望未來有更多的研究，將不同階段的學習或不同概念的學習，研究出使用恰當的數位工具，設計更完善的數位學習環境，使學生好學與學好，進而樂於學習。

二、診斷測驗的建議

因本研究者所學的限制，所以僅使用網路表單的平台，未使用更先進的診斷測驗，現今已有電腦化診斷測驗的平台，未來可應用此平台讓診斷測驗可以發揮即時診斷立即回饋的效果，使得測驗的品質更佳。

貳、對後續研究的建議

- 一、本研究教學實驗之研究對象是採取方便取樣，僅限南投縣一所國小的五個班級，有效樣本有 103 人，影響本研究的外在效度，因此本研究結果不可進行過度推論。後續相關研究可採用隨機取樣的方式，增加樣本的代表性，增加樣本數後，推論更具代表性。

- 
- 二、 本研究的診斷測驗，未能施行診斷的前測，無法在選項上進行迷思概念的誘答分析，未來研究可以編製學生迷思概念的誘答選項，協助學生學會認知屬性。
- 三、 教學內容未有理論支持，如能在教學理論上先發掘班級學童學習的認知屬性通過率有顯著降低的情形時，進行及時的再教學，使得學童學習的認知屬性之通過率不會顯著降低，使全班學生具有更好的學習效果。
- 四、 在面對數位、資訊及網路時代的變遷發現，數學領域的能力指標稍有不足之處，尚待發掘並規劃於新課綱，是值得未來研究者進一步發展的領域。學童六年級升到七年級之間因環境變化應提早教學，數學概念未列入六年級之前的能力指標能學而未學，或是能力指標中的認知屬性是六年級之前能學習部分的認知屬性也未有適當的課程進行教學，希望後續研究有人能發現及發展上述不足的數學領域之教學，使學童面對未來的數位環境，具有世界領先的能力，教出下一位臺灣之光。

參考文獻

中文文獻

- Chen, L. (2015)。5 歲開始程式列必修，愛沙尼亞、英國、美國從小培養兒童的「**運算思維**」。取自 <http://www.inside.com.tw/2015/10/12/coding-education>
- ETEACHER 編譯中心 (2015)。「**走到哪，學到哪**」，行動學習讓學生創造新的學習價值。取自 <https://eteacher.edu.tw/Article.aspx?id=2985>
- Google (2007)。Google Play。取自 <https://play.google.com/store>
- Google (2016)。Google Trends。取自 <https://www.google.com.tw/trends/explore#q=scratch>
- Paridae (2016)。數學挑戰 - 鍛煉你的大腦。取自 <https://play.google.com/store/apps/details?id=pl.paridae.app.android.quiz.math>
- Ross、YurikBot、ChengH、Palatino、彭鵬、Palatino 等人 (2016)。平面。取自 <https://zh.wikipedia.org/wiki/平面>
- 王郁軒 (1997)。國小學生二維空間概念發展與自然科「**指出位置來**」單元教學的研究(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 史雅齡 (2014)。應用 Scratch 程式語言融入國中二年級數學教學-以一元二次方程式為例(未出版之碩士論文)。淡江大學，新北市。
- 行政院研究發展考核委員會編 (2007)。網路社會發展政策整合研究--子計畫-網路社會教育發展與資訊教育機會政策規劃(POD)。臺北市：行政院研究發展考核委員會。
- 何秀美 (2010)。創造思考技法融入國小 Scratch 程式設計教學之研究(未出版之碩士論文)。臺北市立教育大學，臺北市。
- 吳承鴻 (2011)。應用 Flash 教案於國小五年級數學課程之研究-以面積及時間的計算單元為例(未出版之碩士論文)。國立臺北科技大學，台北市。

- 吳婉珍 (2013)。應用 Scratch 程式設計對提升國中學習障礙學生直線方程式之成效研究(未出版之碩士論文)。國立彰化師範大學，彰化縣。
- 吳權展 (2012)。工作範例呈現順序與解釋方式對國小三年級面積單元學習成效及認知負荷之影響(未出版之碩士論文)。佛光大學，宜蘭縣。
- 呂易儒 (2012)。動態幾何系統 Cabri 3D 輔助教學下對高中生空間概念單元學習成效影響之研究(未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 李幸穎 (2013)。臺北市國小教師資訊專業學習社群之運作與資訊融入教學之現況調查研究(未出版之碩士論文)。臺北市立教育大學，臺北市。
- 李浩綸 (2013)。歐美國家最夯的兒童才藝課：程式語言！不用識字就可以開始學了。取自 <https://buzzorange.com/techorange/2013/08/08/kindergarten-coders-can-program-before-they-can-read/>
- 李福裕 (2015)。資訊多媒體教學對於學習態度和學習成效之影響—以數學為例(未出版之碩士論文)。臺北教育大學，臺北市。
- 林玉川 (2013)。工作範例之教學順序對學生學習成效與認知負荷影響之研究—以圓複合圖形面積為例(未出版之碩士論文)。國立臺北教育大學，臺北市。
- 林育如 (2010)。發展數位化教學方案之歷程研究：以國小全數直式乘法為例(未出版之碩士論文)。臺北教育大學，臺北市。
- 林蒨蒨、林娟如 (2014)。幼兒數學認知診斷評量工具初探。教育學誌，32。
- 姜祖華 (2016)。延伸科技接受模式探討使用多媒體教材(未出版之博士論文)。亞洲大學，臺中市。
- 施怡如 (2014)。Scratch 程式設計對國中七年級學生數學能力及問題解決態度之影響(未出版之碩士論文)。臺北市立大學，臺北市。
- 紀宏偉 (2011)。WebQuest 教學法在數學教學中的應用。实验科学与技术，06。
- 高慧君 (2013)。程式設計邏輯訓練：使用 Scratch。臺北市：松崗資產管理股份有限公司。

康春花、吴会云、陈婧、曾平飞 (2015)。小学数学“图形与几何”认知诊断测验的编制。教育测量与评价(理论版), 10。

張俊傑 (2012)。Scratch 程式語言教材設計與發展-以國一數學直角座標及直線方程式為例(未出版之博士論文)。淡江大學教育, 臺北市。

教育部 (2008a)。97 年國民中小學九年一貫課程綱要。取自
http://teach.eje.edu.tw/9CC2/9cc_97.php

教育部 (2008b)。97 年國民中小學九年一貫課程綱要。取自
http://teach.eje.edu.tw/9CC2/9cc_97.php?login_type=1

教育部 (2008c)。教育部中小學資訊教育白皮書 2008—2011。臺北市：教育部

莊思筠、賴阿福、馮清皇 (2011)。數位化未來教室之探討。國教新知, 58, 頁 30-51。

許文清 (2013)。工作範例之教學順序對學生學習成效與認知負荷影響之研究—以面積覆蓋活動為例(未出版之博士論文)。國立臺北教育大學, 臺北市。

許志亮 (2012)。Scratch-程式語言-程式語言簡介-雲林縣國教輔導團。取自
ceag.ylc.edu.tw/v2/file/downfile/files/7629

國家教育研究院(2016)。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科技領域草案。臺北市：國家教育研究院。

陳治國 (2012)。應用認知負荷理論為基之數位學習於圓面積學習成效改善。亞洲大學, 臺中市。

陳采姿 (2015)。動態幾何軟體 GeoGebra 融入高二數學幾何教學設計與反思(未出版之碩士論文)。國立中山大學, 高雄市。

陳建安 (2002)。國小三年級學生運用電腦教學軟體學習「分數和小數」成效之研究(未出版之碩士論文)。國立屏東師範學院, 屏東縣。

曾誠興 (2014)。互動式電子白板融入國小五年級數學領域線對稱單元之教學成效研究(未出版之碩士論文)。南開科技大學, 南投縣。

- 黃俊瑋 (2012)。生活語言式工作範例對國小數學面積單元的學習成效、認知負荷與動機影響之研究(未出版之碩士論文)。佛光大學，宜蘭縣。
- 黃榮懷、楊俊鋒、胡永斌 (2012)。从数字学习环境到智慧学习环境—学习环境的变革与趋势。開放教育研究，18:1。
- 黃維玲 (2016)。在英國，五歲開始培養程式力。取自
http://www.gvm.com.tw/Boardcontent_30981.html
- 黃熾 (2015) 歐巴馬簽署新教育法案，正式將電腦科學視為必要學科。取自
<http://technews.tw/2015/12/16/obama-signed-a-new-law-of-computer-science/>
- 楊志億 (2015)。合作學習教學法與講述式教學法於國小六年級 Scratch 教學之比較研究(未出版之碩士論文)。國立交通大學，新竹市。
- 楊建民 (2009)。探究式教學法與講述式教學法在國小 Scratch 程式教學學習成效之研究(未出版之碩士論文)。國立屏東教育大學，屏東縣。
- 虞翔 (2013)。同時呈現的範例與解題之學習成效與認知負荷研究(未出版之碩士論文)。國立臺中教育大學，台中市。
- 廖德富 (1997)。中小學生二維座標概念之發展研究(未出版之碩士論文)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 維基百科編者 (2016, June 7)。AlphaGo。取自
<https://zh.wikipedia.org/w/index.php?title=AlphaGo&oldid=40390354>
- 劉永蕙 (2008)。數位典藏融入小學教學之研究—以臺北市立國小 教師為例。臺灣大學(未出版之碩士論文)，臺北市。
- 劉景聰 (2008)。虛擬教具融入國小六年級分數補救教學成效之研究(未出版之碩士論文)。中原大學教育，桃園市。
- 蔡小玲 (2008)。整合式即時回饋系統融入國小六年級數學教學成效實驗研究(未出版之碩士論文)。國立臺中教育大學，台中市。
- 蔡兆琛 (2015)。運用圖像式思考 Apps 融入教學活動對國小學生高層次思考之研究

(未出版之碩士論文)。宜蘭大學，宜蘭市。

蔡孟憲 (2010)。Scratch 程式設計對國小五年級學生幾何概念及邏輯推理能力的影響

(未出版之碩士論文)。臺北市立教育大學，臺北市。

蔡俊平(2012)。玩轉 Scratch 動畫遊戲製作。新北市：松崗資訊股份有限公司

鄭苓巧 (2008)。資訊科技融入國小六年級學童學習面對稱成效之研究(未出版之碩士

論文)。臺北教育大學，臺北市。

蕭信輝 (2010)。Scratch 程式設計對國小五年級學童科學過程技能、問題解決能力及

後設認知之影響(未出版之碩士論文)。臺北市立教育大學，臺北市。

謝琇雅 (2014)。資訊融入數學教學對學習成就與學習態度之影響——以「數形規律與

等差數列」為例(未出版之碩士論文)。國立中興大學，臺中市。

羅成婷 (2012)。運用 GSP 軟體融入國小幾何面積教學成效之研究(未出版之碩士論

文)。臺灣師範大學，臺北市。

西文文獻

Code.org (2015). Code. Retrieved from <https://code.org/learn>

Descartes, R. (1637). Discourse on the Method. Retrieved from
https://en.wikipedia.org/wiki/Discourse_on_the_Method

De La Torre ,J. (2009a). A cognitive diagnosis model for cognitively based multiple-choice options. *Applied Psychological Measurement* 33 (3), 163-183

De La Torre ,J. (2009b). DINA model and parameter estimation: A didactic. *Journal of Educational and Behavioral Statistics* 34 (1), 115-130

Junker, B. W., & Sijtsma, K. (2001). Cognitive assessment models with few assumptions and connections with non parametric item response theory. *Applied Psychological Measurement*. 25(3), 258-272.

MIT (2006). Scratch. Retrieved from <https://scratch.mit.edu/>

Piaget (1960). Genetic Epistemology. Retrieved from
https://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_epistemology

Taylor (1980). Tutor, Tool, Tutee: A Vision Revisited. Retrieved from
<http://www.citejournal.org/volume-9/issue-2-09/editorial/tutor-tool-tutee-a-vision-revisited/>

Sweller, J., J. J. G. Van Merriënboer, et al. (1998). "Cognitive architecture and instructional design." *Educational psychology review* 10(3): 251-296.

附錄

附錄一

Scratch 操作教學先教學再操作

單元名稱	兒童坐標平面	教材來源	103 學年度翰林七下第 2 章
演示教師	蔣俊明	指導老師	施淑娟 老師
演示班級	四丁	學生人數	22 人
教學日期	104.09.	教學時間	120 分鐘
預備知識	1.已瞭解正數的觀念與數線的意義。 2.能寫出數線上點的坐標表示法。		
學生分析	整體程度中等、學習意願良好。		
教學媒體	電腦×24、Scratch。		
教學方法	資訊融入教學。		
能力指標	圖形與空間 S-3-6 能運用直角座標系及方位距離來標定位置。		
教學目標	1.能察覺生活中與數學相關的情境。 2.能寫出直角坐標平面上點的坐標表示法。 3.能運用直角坐標及方位距離來標定位置。 4.能將直角坐標平面的觀念與生活中的方向、方位結合。		
活動時間分配	引起動機：回憶起數線。5 分鐘 介紹直角坐標平面。10 分鐘 說明坐標平面上點的坐標表示法。40 分鐘 scratch 互動遊戲。25 分鐘 試卷及量表。40 分鐘		

教學活動	時間	評量、提示與 注意事項
------	----	----------------

<p>一、準備活動</p> <p>1.課前準備：</p> <p>(1)教師：準備教材及教具。</p> <p>(2)學生：複習數線的觀念及預習本節。</p> <p>2.引起動機：</p> <p>藉由圖片說明尋找地點與直角坐標平面的關係。</p>	5 分	scratch、電腦
<p>二、發展活動</p> <p>(一)提示說明一</p> <p>1.介紹直角坐標平面。藉由圖片說明坐標軸的重要性，將原點稍加說明。</p> <p>2.用 scratch 說明坐標平面上點的坐標的題目。</p> <p>3.呈現關羽所在的平面上點的座標的表示詳細範例，並說明先往右數第 2 格，再往上數第 4 格的意思。</p>	10 分	Scratch、電腦
<p>(二)學生實作一</p> <p>1.佈題 1：先呈現關羽所在位置的問題。我們稱為在座標上的「(2,4)呈現其數字」讓學生在電腦中鍵入數字，表示出他在所在的位置。</p> <p>2.第 2 題：請問張飛((3,6)圖上未呈現)的位置是如何表示？請學生在電腦鍵入數字。</p> <p>3.第 3 題：呂布的位置如何表示？</p>	15 分	
<p>(三)提示說明二</p> <p>1.說明 x 軸是橫軸及 y 軸是縱軸和相對在座標的線。</p> <p>2.說明(4，8)即是在 x 軸橫向往右取到 4，直向往上取到 8，其中 4 就是 x 軸的數值，8 就是 y 軸的數值。</p> <p>3.(4,8)的位置往右 2 個單位，再往上 1 個單位就是到(6,9)的位置。</p>	10 分	
<p>(四)學生實作二</p> <p>1.指出 x 軸及 y 軸，用鍵盤鍵入 x 或 y</p> <p>2.在座標平面上描點(5,3)，(6,0)，(0,0)，分別用星星、月亮、太陽，放在三個點上，使用 scrach 操作。</p> <p>3.星星往上 2 個單位，往右 4 個單位，所在位置表示為 x 軸的位置 5+2；y 軸的位置 3+4，顯示</p>	15 分	

<p>出(7,7)的表示方式。</p> <p>4.月亮往上1個單位，往右5個單位，所在位置在座標哪裡？請問月亮的位置如何表示？</p> <p>三、綜合活動</p> <p>1、scratch 互動遊戲競賽，(1)張飛攻擊關羽。(2)每個移動說出每個座標。</p> <p>2. 平面坐標測驗共有 30 題試題。</p> <p>3、能完成的學生，進行認知負荷量表填寫。</p>	<p>25 分</p> <p>30 分</p> <p>10 分</p>	<p>scratch 互動遊戲</p> <p>google 表單</p> <p>認知負荷量表</p>
---	-------------------------------------	--



附錄二

Scratch 操作教學先操作再教學

單元名稱	兒童坐標平面	教材來源	103 學年度翰林七下第 2 章
演示教師	蔣俊明	指導老師	施淑娟 老師
演示班級	四乙	學生人數	19 人
教學日期	104.09.	教學時間	120 分鐘
預備知識	1.已瞭解正數的觀念與數線的意義。 2.能寫出數線上點的坐標表示法。		
學生分析	整體程度中等、學習意願良好。		
教學媒體	電腦x24、Scratch。		
教學方法	資訊融入教學。		
能力指標	圖形與空間 S-3-6 能運用直角座標系及方位距離來標定位置。		
教學目標	1.能察覺生活中與數學相關的情境。 2.能寫出直角坐標平面上點的坐標表示法。 3.能運用直角坐標及方位距離來標定位置。 4.能將直角坐標平面的觀念與生活中的方向、方位結合。		
活動時間分配	引起動機：回憶起數線。(5 分) 介紹直角坐標平面。(10 分) 說明坐標平面上點的坐標表示法。(65 分) 試卷及量表。(40 分)		

教學活動	時間	評量、提示與注意事項
一、準備活動 1.課前準備： (1)教師：準備教材及教具。 (2)學生：複習數線的觀念及預習本節。 2.引起動機： 藉由圖片說明尋找地點與直角坐標平面	5 分	scratch

<p>的關係。</p> <p>二、發展活動</p> <p>1.告知本節重點，介紹直角坐標平面。 藉由圖片說明坐標軸的重要性。</p> <p>(一)學生實作一(用 scratch 呈現坐標平面上點的坐標的題目。)</p> <p>1.問題 1，請問張飛((3,6)圖上未呈現)的位置是如何表示？請學生在電腦鍵入數字。 會的且答正確，操作下題：問題 2。</p> <p>(二)提示說明一</p>	10 分	scratch
<p>2_1 不會的點選「說明一」</p> <p>影片播放呈現關羽所在的平面座標上表示的點，並從原點開始往右數第 2 格，上數第 4 格的意思。讓學生在電腦中再鍵入數字，表出關羽所在的位置。</p> <p>3.再次回答，鍵入張飛的位置。還不會的，再點一次小說明，先往右數第幾格？再往上數第幾格？</p>	10 分	
<p>2_2 問題 1 會的且回答正確，進行問題 2：呂布的位置如何表示？</p> <p>3.問題 2 能正確回答的，進行實作二，不能正確回答的，再跳回問題 1，再學一次。</p> <p>(三)學生實作二</p> <p>1.問題 3：選出 x 軸(未顯示正確名稱)的名稱：有選項 x 軸、y 軸，水平軸 垂直軸，請學生點選答案，點選水平軸的同時也顯示這稱為 x 軸。答錯的進行說明二；答對的進入問題 4。</p> <p>2.問題 4：選出 y 軸的名稱：有選項 x 軸、y 軸，水平軸、垂直軸，請學生點選答案。點垂直軸的同時也顯示這稱為 y 軸。答錯的進行說明二；答對的進入學生實作三。</p> <p>(四)提示說明二</p> <p>呈現出平面座標，直接表示平躺的線是水平方向，稱為 x 軸，豎立的線是垂直方向，稱為 y 軸。</p>	10 分	
<p>(五)學生實作三</p> <p>1.問題 5：趙雲的位置以(4，8)表示，問學生趙</p>	10 分	

<p>雲位置中，第一個數是在什麼軸上來點數取得？橫向往右取到多少？第二個數是在什麼軸上來點數取得？直向往上取多少？，其中 4 就是什麼軸上的值？8 是什麼軸上的值？</p>		
<p>(六)提示說明三</p>	10 分	
<p>再將(4,8)以趙雲來代表，趙雲是從原點先往右移動 4 格，再往上移動 8 格，呈現出 4 在 x 軸上，8 在 y 軸上。再呈現實作三。讓學生再實作一次。</p>		
<p>(七)學生實作四</p>		
<p>1.問題 6：將星星、月亮、太陽放置於正確的座標平面上，分別給(5,3)，(6,0)，(0,0)座標，用星星、月亮、太陽的圖，放在三個正確的點上，使用 scratch 操作。</p>		
<p>2.月亮往右 1 格，往上 5 格，所在位置在座標哪裡？請問月亮的位置怎麼表示？</p>		
<p>(八)提示說明四</p>		
<p>星星往右 2 格，往上 4 格，所在位置表示為 x 軸的位置 5+2；y 軸的位置 3+4，顯示出(7,7)的表示方式。</p>		
<p>三、綜合活動</p>		
<p>1、scratch 互動遊戲競賽，每個移動說出每個座標。</p>	15 分	scratch 互動遊戲
<p>2.平面坐標測驗共有 30 題試題。</p>	30 分	google 表單測驗
<p>3、填寫認知負荷量表。</p>	10 分	認知負荷量表

附錄三

PowerPiont 簡報教學

單元名稱	直角坐標平面	教材來源	103 學年度翰林七下第 2 章
演示教師	蔣俊明	指導老師	施淑娟 老師
演示班級	四丁、四戊	學生人數	18 人、23 人
教學日期	104.06.	教學時間	120 分鐘
預備知識	1.已瞭解正數的觀念與數線的意義。 2.能寫出數線上點的坐標表示法。		
學生分析	整體程度中等、學習意願良好。		
教學媒體	電腦×1、單槍投影機×1、powerpoint。		
教學方法	講述教學法、問答教學法。		
能力指標	圖形與空間 S-3-6 能運用直角座標系及方位距離來標定位置。		
教學目標	1.能察覺生活中與數學相關的情境。 2.能寫出直角坐標平面上點的坐標表示法。 3.能運用直角坐標及方位距離來標定位置。 4.能將直角坐標平面的觀念與生活中的方向、方位結合。		
活動時間分配	引起動機：回憶起數線。(5 分) 介紹直角坐標平面。(10 分) 說明坐標平面上點的坐標表示法。(65 分) 試卷及量表。(40 分)		

教學活動	時間	評量、提示與注意事項
一、準備活動 1.課前準備： (1)教師：準備教材及教具。 (2)學生：複習數線的觀念及預習本節。 2.引起動機： 藉由圖片說明尋找地點與直角坐標平面的關係。 二、發展活動 1.介紹直角坐標平面。藉由圖片說明坐標軸的重要性。	5 分	Powerpoint 及

<p>(一)示範說明一</p> <p>1.呈現張飛(3,6)所在的座標，說明先往右數第3格，再往上數第6格的意思。</p> <p>2.從先往右數第3格，再往上數第6格的位置，在座標上紀錄為(3,6)</p>	10分	學習單
<p>(二)學生解題一</p> <p>1.解題1、先呈現關羽所在位置的問題。 我們稱為在座標上的「(2,4)呈現其數字」讓學生在學習單中填入數字，表示出關羽所在的位置。</p> <p>2.解題2：請問劉備((2,4)圖上未呈現)的位置是如何表示？在學習單中填入數字，表示出他在所在的位置。</p> <p>3.解題3：呂布的位置如何表示？在學習單中填入</p>	10分	
<p>(三)示範說明二：說明x軸、垂直軸、橫軸(水平軸)及y軸。</p>	10分	
<p>(四)學生解題二：指出x軸及y軸，在學習單上填入。</p>		
<p>(五)示範說明三：說明(4,8)即是在x軸橫向往右取到4，直向往上取到8，其中4就是x軸的值，8就是y軸的值。</p>	10分	
<p>第二節課</p>		
<p>(六)學生解題三：在座標平面上描點(5,3)，(6,0)，(0,0)，分別用星星、月亮、太陽，放在三個點上，學習單上畫出。</p>		
<p>(七)示範說明四：星星往右2格，往上4格，所在位置表示為x軸的位置5+2；y軸的位置3+4，顯示出(7,7)的表示方式。</p>	15分	
<p>(八)學生解題四：月亮往右1格，往上5格，所在位置如何表示？所在位置在座標哪裡</p>		
<p>三、綜合活動</p>		
<p>1、紙上互動遊戲競賽，每個移動寫出每個座標。</p>	20分	紙本遊戲
<p>2、平面坐標測驗共有30題試題。</p>	30分	google表單
<p>3、認知負荷量表填寫。</p>	10分	認知負荷量表

附錄四

EverCam 影片教學教案

單元名稱	直角坐標平面	教材來源	103 學年度翰林七下第 2 章
演示教師	蔣俊明	指導老師	施淑娟 老師
演示班級	四甲	學生人數	21 人
教學日期	104.06.	時間	120 分鐘
預備知識	1.已瞭解正數的觀念與數線的意義。 2.能寫出數線上點的坐標表示法。		
學生分析	整體程度中等、學習意願良好。		
教學媒體	電腦x21、powerpoint。		
教學方法	講述教學法、問答教學法。		
能力指標	圖形與空間 S-3-6 能運用直角座標系及方位距離來標定位置。		
教學目標	1.能察覺生活中與數學相關的情境。 2.能寫出直角坐標平面上點的坐標表示法。 3.能運用直角坐標及方位距離來標定位置。 4.能將直角坐標平面的觀念與生活中的方向、方位結合。		
活動時間分配	引起動機：回憶起數線。(5 分) 介紹直角坐標平面。(10 分) 說明坐標平面上點的坐標表示法。(65 分) 試卷及量表。(40 分)		

教學活動	時間	評量、提示與注意事項
一、準備活動 1.課前準備： (1)教師：準備教材及教具。 (2)學生：複習數線的觀念及預習本節。 2.引起動機： 藉由圖片說明尋找地點與直角坐標平面的關係。 二、發展活動	5 分	PowerPoint、單槍

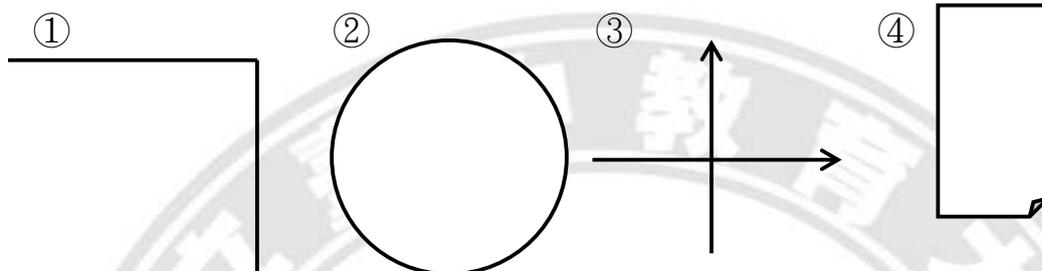
<p>1.介紹直角坐標平面。藉由圖片說明坐標軸的重要性。</p> <p>(一)示範說明一</p> <p>1.呈現張飛(3,6)所在的座標，說明先往右數第3格，再往上數第6格的意思。</p> <p>2.從先往右數第3格，再往上數第6格的位置，在座標上紀錄為(3,6)</p>	10分	PowerPoint、單槍及學習單
<p>(二)學生解題一</p> <p>1.解題1、先呈現關羽所在位置的問題。我們稱為在座標上的「(2,4)呈現其數字」讓學生在學習單中填入數字，表示出關羽所在的位置。</p> <p>2.解題2：請問劉備((2,4)圖上未呈現)的位置是如何表示？在學習單中填入數字，表示出他在所在的位置。</p> <p>3.解題3：呂布的位置如何表示？在學習單中填入</p>	10分	
<p>(三)示範說明二：說明x軸、垂直軸、橫軸(水平軸)及y軸。</p> <p>(四)學生解題二：指出x軸及y軸，在學習單上填入。</p> <p>(五)示範說明三：說明(4,8)即是在x軸橫向往右取到4，直向往上取到8，其中4就是x軸的值，8就是y軸的值。</p>	10分	
<p>第二節課</p> <p>(六)學生解題三：在座標平面上描點(5,3)，(6,0)，(0,0)，分別用星星、月亮、太陽，放在三個點上，學習單上畫出。</p> <p>(七)示範說明四：星星往右2格，往上4格，所在位置表示為x軸的位置5+2；y軸的位置3+4，顯示出(7,7)的表示方式。</p> <p>(八)學生解題四：月亮往右1格，往上5格，所在位置如何表示？所在位置在座標哪裡</p>	15分	
<p>三、綜合活動</p> <p>1、紙上互動遊戲競賽，每個移動寫出每個座標。</p> <p>2、完成30題平面坐標測驗試題。</p> <p>3、認知負荷量表填寫。</p>	20分 30分 10分	紙本遊戲 google 表單測驗 認知負荷量表

附錄五

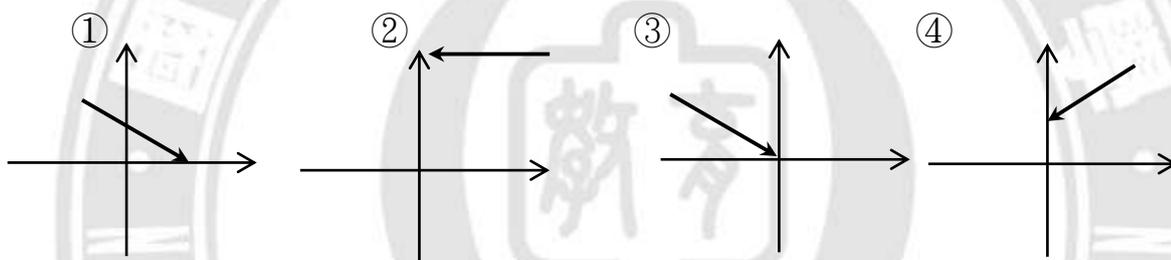
兒童坐標平面測驗試題

2015 年 坐標平面 學校名稱： 國小 班級： 座號： 姓名：

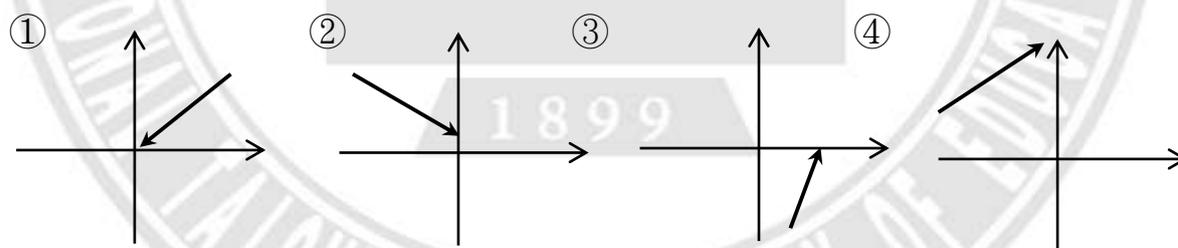
1、以下哪一個是直角坐標平面的圖示？



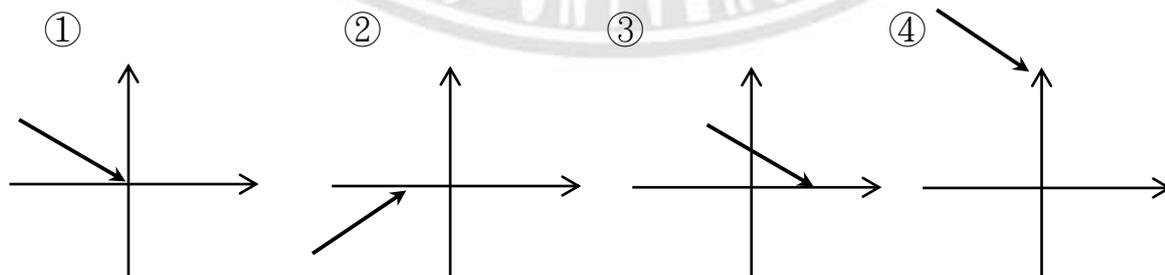
2、以下選項中，哪一個直角坐標平面中，箭頭所指的位置是原點？



3、以下直角坐標平面中，箭頭所指的位置，哪一個是指 X 軸？



4、以下直角坐標平面中，箭頭所指的位置，哪一個是指 Y 軸？



5、在直角坐標平面上，下列代表一個點所在位置的表示方式，何者正確？

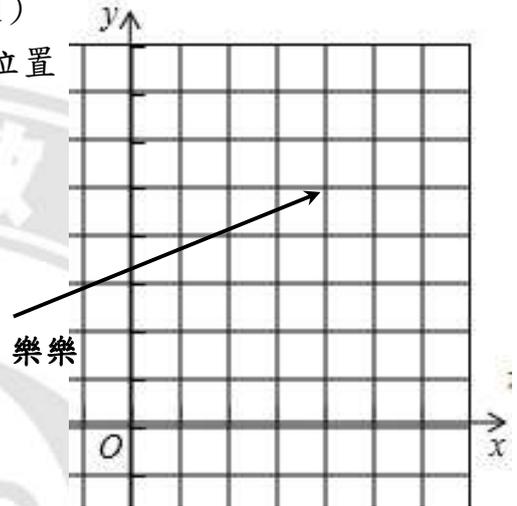
- ① $2*3$ ② $2 \cdot 3$ ③ (2_3) ④ $(2, 3)$

6、在直角坐標平面當中，以下哪一個表示原點的坐標？

- ① $(1, 0)$ ② $(0, 0)$ ③ $(1, 1)$ ④ $(0, 1)$

7、在右圖一中「樂樂」在坐標平面中的位置表示的方式是哪一個表示正確？

- ① $(5, 4)$; ② $(4, 5)$; ③ $3, 5$; ④ 9 。



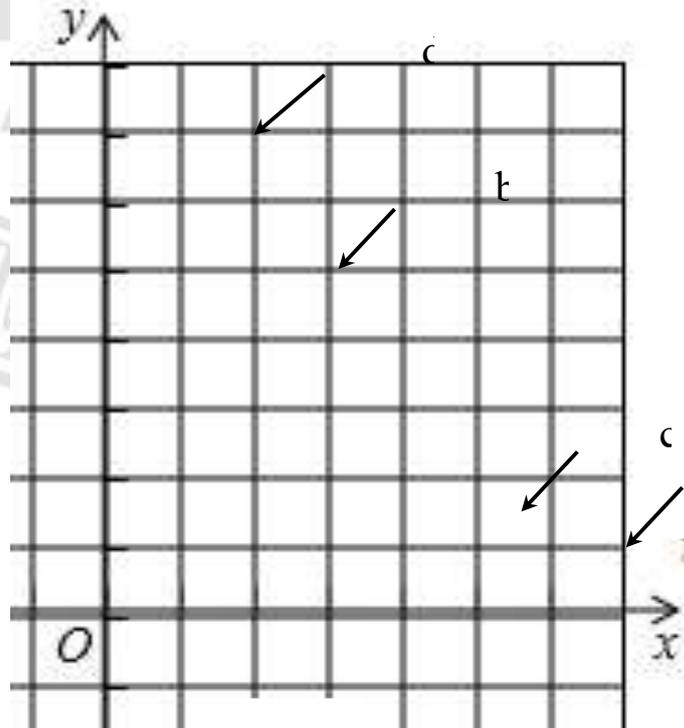
8、在右圖一中，在下列選項中，哪一個敘述能正確說明樂樂的位置？

- ① 從原點為開始，往右數第4格，再往上數第5格
 ② 從原點為開始，往右數第5格，再往上數第4格
 ③ 從原點為開始，往左數第4格，再往下數第5格。
 ④ 從原點為開始，往右上數8格。

圖

9、在下圖二直角坐標平面中，哪一個點是標示A點在 $(2, 7)$ 的位置

- ①a ②b ③c ④d



圖

圖

- 10、直角坐標平面上有一點A，如果A點向下移動4個單位，再向右移動3個單位，最後到達B點，B點的最後位置是(9, 10)，A點坐標原本是多少？
① (6, 14) ; ② (13, 13) ; ③ (12, 6) ; ④ (13, 7)。
- 11、若小凱文、大凱文分別在數線上0和10的位置，如果兩位凱文面對面走，越走越近，小凱文的和大凱文的速度一樣，這兩位凱文會在數線上的哪個位置相遇？
①6 ②0 ③5 ④10
- 12、直角坐標平面上，勞埃德在一點(3, 2)的位置，要到x軸的距離是多少個單位長？
①1 ②2 ③3 ④4
- 13、直角坐標平面上，勞埃德在一點(3, 2)的位置，到y軸的距離是多少個單位長？
①1 ②2 ③3 ④4
- 14、暴龍在坐標(2, 6)的位置，在坐標平面上從原點出發時，沿著平行x軸的什麼方向移動，可以找到暴龍？
①上方 ②下方 ③左方 ④右方
- 15、暴龍在坐標(2, 6)的位置，先從原點出發，在x軸上，要最接近暴龍時，必需最少移動多少個單位？
①1 ②2 ③4 ④6
- 16、數線上，水晶遊園車在直線4的位置，如何移到7的位置？
①向上移3 ②向下移3 ③向左移3 ④向右移3
- 17、水晶球在坐標(3, 5)的位置，在y軸上，要最少移動多少個單位可以最接近原點？
①1 ②3 ③5 ④8
- 18、數線上，移動什麼方向是代表增加的？移動什麼方向是代表減少的？①左右 ②右、上 ③左、下 ④上、下
- 19、賽車選手稱號為拓海的選手，在坐標是(2, 12)，終點坐標是(5, 10)出發，要騎到終點，從直角坐標平面平行x軸移動多少個單位可以最接近終點？
①1 ②2 ③3 ④4
- 20、賽車選手稱號為拓海的選手，在坐標位置是(2, 12)，而終點的坐標是

(5, 10) ，要最接近終點時，必需往平行 y 軸的什麼方向移動？①上②下
③左④右

- 21、賽車選手稱號為拓海的選手，在坐標是(2, 12)，終點坐標是(5, 10)出發，要騎到終點，從直角坐標平面平行 y 軸移動多少個單位可以最接近終點？
①1 ②2 ③3 ④4

22、下圖三中是一群小小兵在排隊，請問排在第2排，第3個的小小兵是誰？

第4個				提姆 (Tim)
第3個		包伯 (Bob)	菲爾 (Phil)	
第2個		馬克 (Mark)	戴夫 (Dave)	
第1個	傑瑞 (Jerry)			史都華 (Stuart)

第1排 第2排 第3排 第4排
①戴夫 (Dave) ②包伯 (Bob) ③馬克 (Mark) ④菲爾 (Phil)

23、上圖三中，戴夫 (Dave) 的位置在第3排第2個位置的意思，可以看成坐標是多少？

①(1, 1) ②(2, 2) ③(2, 3) ④(3, 2)

24、右圖中的四個點的位置，哪一個在 x 軸上？

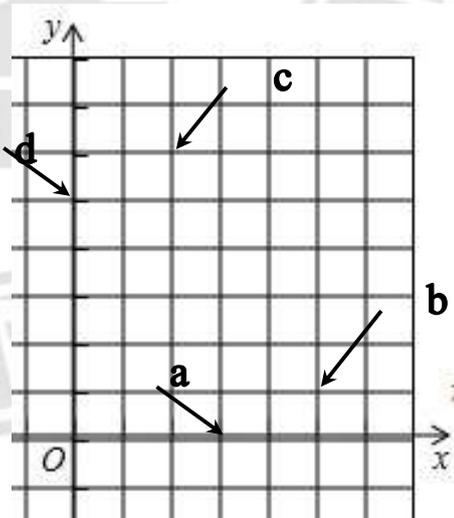
①a ②b ③c ④d

25、右圖中的四個點的位置，在 x 軸上的點，坐標是多少？

①(4, 0) ②(5, 0)
③(2, 5) ④(0, 5)

26、右圖中的四個點的位置，哪一個在 y 軸上？

①a ②b ③c ④d



27、右圖中的四個點的位置，在 y 軸上的點，坐標是多少？

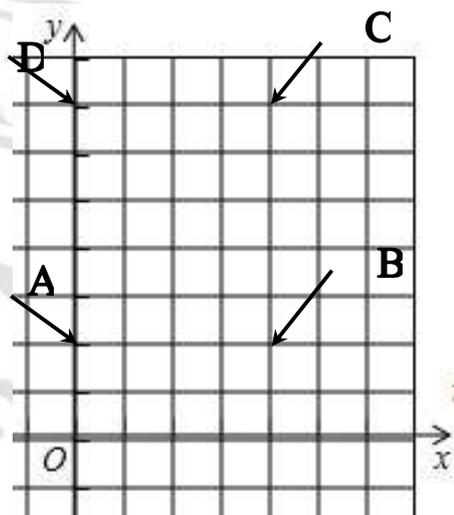
①(4, 0) ②(5, 1)

圖

- ③(2, 5) ④(0, 5)

28、右圖中四個點，A 至 D 的依序坐標分別是多少？

- ①(0, 2) ; (4, 2) ; (4, 7) ; (0, 7)
 ②(2, 0) ; (4, 2) ; (7, 4) ; (7, 0)
 ③(0, 2) ; (4, 2) ; (4, 6) ; (0, 6)
 ④(2, 0) ; (4, 2) ; (7, 4) ; (7, 0)

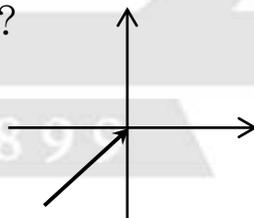


29、右圖中四個點所組成的四邊形，面積是多少平方單位？

- ①36
 ②30
 ③25
 ④20

30、右圖所指的點，座標是多少？

- ①(0, 1) ②(1, 1) ③(0, 1) ④(0, 0)



附錄六

Scratch 操作教學之認知負荷問卷

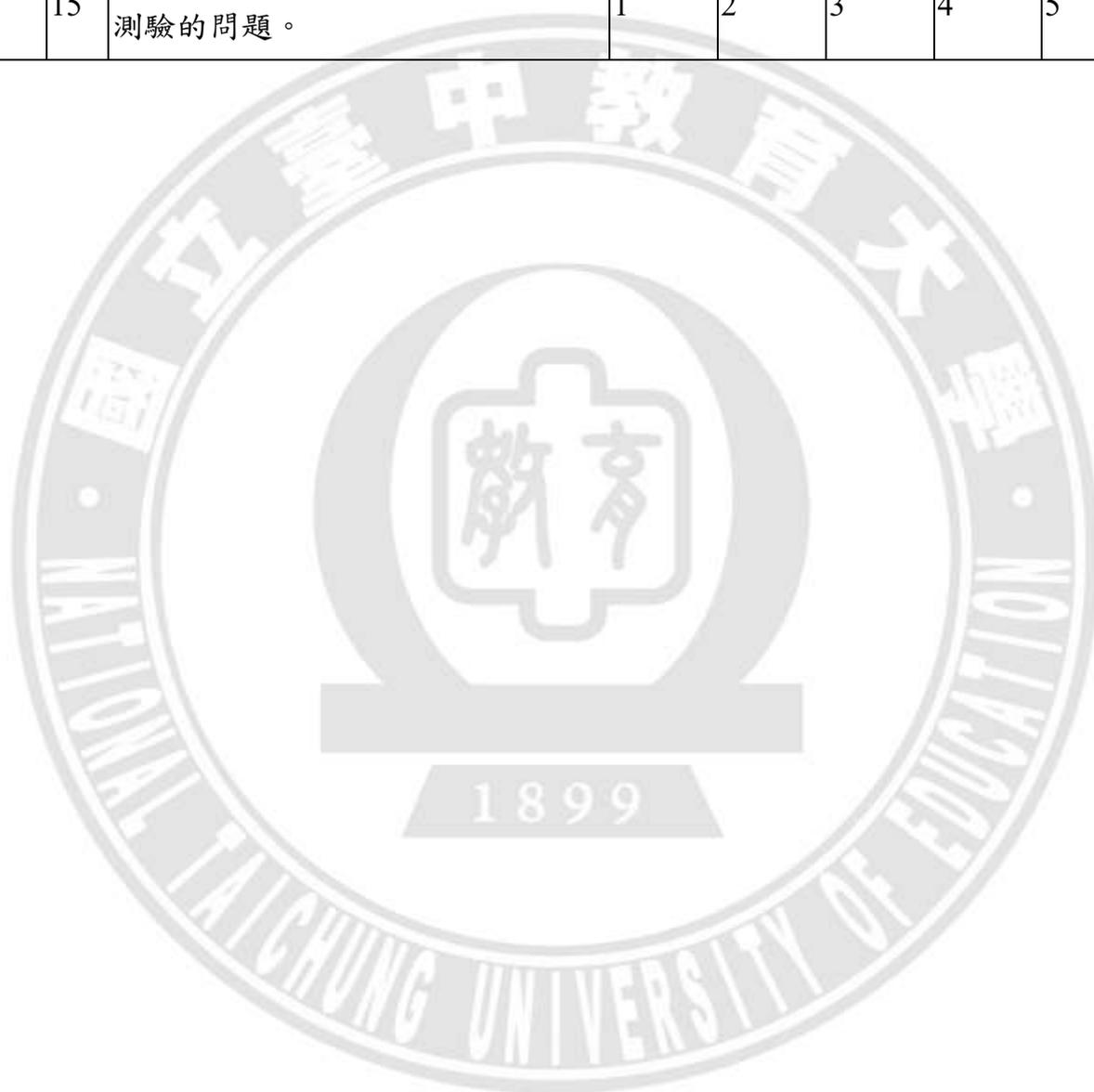
班級：

座號：

姓名：

認知負荷問卷		非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意	
內在負荷	1	我有信心藉由 Scratch 操作學好坐標平面。	1	2	3	4	5
	2	學習坐標平面對我來說是容易的。	1	2	3	4	5
	3	回答測驗題目，使我覺得有信心。	1	2	3	4	5
	4	我很輕鬆的回答測驗題目。	1	2	3	4	5
	5	我有充足的時間操作完所有的學習活動。	1	2	3	4	5
外在負荷	6	Scratch 操作中，動畫太多，讓我無法專心學好。	1	2	3	4	5
	7	學會 Scratch 操作，對我來說是簡單的。	1	2	3	4	5
	8	我感到 Scratch 操作的解說是很有趣。	1	2	3	4	5
	9	以操作 Scratch 操作來學習坐標平面，使我覺得很輕鬆。	1	2	3	4	5
	10	用電腦操作的學習，使我感到很有趣。	1	2	3	4	5
有效負荷	11	Scratch 的解說方式，讓我很容易學到坐標平面的重點。	1	2	3	4	5
	12	我自認為很努力的學習，才能輕易回答所有的測驗。	1	2	3	4	5

13	經過 Scratch 操作，使我對坐標平面的學習內容印象很深刻。	1	2	3	4	5
14	透過 Scratch 操作，幫助我了解正確的坐標平面的概念。	1	2	3	4	5
15	在 Scratch 操作中，更能學會解決測驗的問題。	1	2	3	4	5



附錄七

PowerPiont 簡報教學之認知負荷問卷

班級： 座號： 姓名：

認知負荷問卷		非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意	
內在負荷	1	我有信心藉由簡報的上課方式來學好坐標平面。	1	2	3	4	5
	2	學習坐標平面對我來說是容易的。	1	2	3	4	5
	3	回答測驗題目，使我覺得有信心。	1	2	3	4	5
	4	我很輕鬆的回答測驗題目。	1	2	3	4	5
	5	我有充足的時間操作完所有的學習活動。	1	2	3	4	5
外在負荷	6	簡報講解中，動畫太多，讓我無法專心學好。	1	2	3	4	5
	7	以簡報的上課方式，對我來說是簡單的。	1	2	3	4	5
	8	我感到簡報的課程是很有趣。	1	2	3	4	5
	9	以聆聽簡報的課程來學習坐標平面，使我覺得很輕鬆。	1	2	3	4	5
	10	用電腦操作的學習，使我感到很有趣。	1	2	3	4	5
有效負荷	11	簡報的課程，讓我很容易學到坐標平面的重點。	1	2	3	4	5
	12	我自認為很努力的學習，才能輕易回答所有的測驗。	1	2	3	4	5

13	經過簡報的課程，使我對坐標平面的學習內容印象很深刻。	1	2	3	4	5
14	透過簡報的課程，幫助我了解正確的坐標平面的概念。	1	2	3	4	5
15	在簡報的課程中，更能學會解決測驗的問題。	1	2	3	4	5



附錄八

EverCam 影片教學之認知負荷問卷

班級： 座號： 姓名：

認知負荷問卷		非常不同意	不同意	普通	同意	非常同意	
內在負荷	1	我有信心藉由 EverCam 影片學好坐標平面。	1	2	3	4	5
	2	學習坐標平面對我來說是容易的。	1	2	3	4	5
	3	回答測驗題目，使我覺得有信心。	1	2	3	4	5
	4	我很輕鬆的回答測驗題目。	1	2	3	4	5
	5	我有充足的時間看完所有的學習影片。	1	2	3	4	5
外在負荷	6	在 EverCam 影片當中，動畫太多，讓我無法專心學好。	1	2	3	4	5
	7	觀看坐標平面的影片來學習，對我來說是簡單的。	1	2	3	4	5
	8	我感到影片的解說是很有趣。	1	2	3	4	5
	9	以 EverCam 影片來學習坐標平面，使我覺得很輕鬆。	1	2	3	4	5
	10	用電腦操作的學習，使我感到很有趣。	1	2	3	4	5
有效負荷	11	EverCam 影片的解說方式，讓我很容易學到坐標平面的重點。	1	2	3	4	5
	12	我自認為很努力的學習，才能輕易回答所有的測驗。	1	2	3	4	5

13	經過觀看 EverCam 影片，使我對坐標平面的學習內容印象很深刻。	1	2	3	4	5
14	透過 EverCam 影片，幫助我了解正確的坐標平面的概念。	1	2	3	4	5
15	在 EverCam 影片中，更能學會解決測驗的問題。	1	2	3	4	5

