

# 教育部 109 年度中小學科學教育計畫專案

## 期末報告大綱

計畫編號：4-6

計畫名稱：Zenbo伴我學--強化小六學童運算思維與問題解決能力之探討

主持人：陳欣民

共同主持人：周濟仁、郭淑茹

執行單位：嘉義縣大同國小

### 一、計畫目的及內容：

十二年國教總綱中將「資訊科技」列為必修課程，資訊科技學習表現包括四個向度：運算思維與問題解決、資訊科技與合作共創、資訊科技與溝通表達及資訊科技的使用態度。其中，「運算思維」(Computational Thinking, 簡稱CT)為資訊科技課程主軸，希冀由運算思維之培養，提升學生善用運算思維與資訊科技工具解決問題、合作共創、溝通表達等高階能力(教育部, 2016)。運算思維，指的是「利用數位科技設計與實作演算解法解決問題的思維」(ACARA, 2013)，意指能有效應用運算方法與工具解決問題之思維能力。在資訊時代中，運算思維已成為分析與處理生活問題，以及探究各種領域知識之基本工具，與總綱所訂定之核心素養中的系統思考與問題解決、規劃執行與創新應變、符號運用與溝通表達、及科技資訊與媒體素養等能力，皆密切呼應(國家教育研究院, 2015)。許多研究開始探討如何利用程式設計教學培養問題解決與運算思維，課程設計著重在引導學生運用運算思維解決問題，而非程式設計細節

(Howland, Good, & Nicholson, 2009; Lewis, 2010, Jonas & Sabin, 2015)。視覺化程式設計工具(如Scratch與Greenfoot)讓學習者容易地學會程式設計，且能專注於設計與創作，經歷創作、修改與使用的歷程，學生可體驗與應用運算思維，更進一步可接續一般的程式語言(如Python、Java)，以逐步發展運算思維(Grover & Pea, 2013)。除了逐漸重視運算思維之外，強調科學、科技、工程、藝術及數學跨科際整合學習之STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics)教育已成為全球各國的教育趨勢，亦影響了資訊科技教育的課程與教學。實施STEAM教學時，可結合科學模擬、電腦實驗操作與科學視覺化等工具與科技，透過動手實作(hands-on)的歷程，整合STEAM這五個領域進行跨科學習，以提供學生解決複雜問題的機會，精進學生的高層次創意思考，並更能應用於真實情境的問題解決，進而培養二十一世紀之關鍵能力(Maeda, 2013; Connor, Ferri, & Meehan, 2013; Rolling, 2016)。

隨著AI時代來臨，程式語言和機器人已是未來學習主流。南非基礎教育部(The Department of Basic Education)(DBE, 2021)已明確的將程式語言與機器人結合成為其課綱中的正式科目，其官網特別提到，「Coding」是特別寫給

機器人讀取並執行的指令，此過程包含了邏輯思維、運算能力及遞迴性。學習者必須要決定他們想要機器人做什麼任務，設計程式讓任務發生，傳達給機器人以預見所有的結果。視「Coding」為撰寫程式語言以達成特殊目標、解決問題的一種寫作，這種寫作能提供學習者必要的知識和技巧以準備好應付未來世界挑戰的能力。強調培養面對未來工作、創意、合作及問題解決的能力。華碩在2016年首度發表智慧機器人 Zenbo，採用 Intel 處理器及 Intel RealSense 技術，搭配內建鏡頭能如人眼般感知景深、追蹤人體動作，另搭載多種感測器，並支援語音辨識操作。因為涵蓋對話，亦可強化表情、動作、輪燈、物聯…等功能，本校為了讓資訊科技與課室教學、生活結合，在幾年前就已分別購置了 Zenbo 機器人以供教學使用。基於上述的研究背景與動機，本研究擬結合 Zenbo 的 Android 平台設計和 STEAM 課程，先讓學生學習基本的程式碼，接續，讓學生能應用所學程式碼於機器人的指令，測試程式碼預期的目標和機器人實際運作的結果有何差距？如何解決問題以達成預期目標？讓學生從課程中習得運算思維及問題解決的能力。本研究擬將「機器人程式碼學習」結合「STEAM 專題課程」，引導學生進行探究，教學活動設計參考 Burke(2014) 6E 學習模式，以及 Quigley 等(2017) STEAM 教學模式，以探討此專題教學設計模式及學生反應，分析實施成果並提出建議以提供未來教育專題教學設計與實施建議，本研究目的如下：

- (一) 研發 Zenbo 系列機器人於程式碼學習之教學設計與實施策略。
- (二) 運用 Zenbo 系列機器人於教學設計模式對於提升學童運算思維能力之成效探討。
- (三) 運用 Zenbo 系列機器人於教學設計模式對於提升學童問題解決能力之成效探討。

## 二、研究方法及步驟：

### (一) 研究設計

本研究採個案研究法，使用 STEAM 課程設計，將所有學科內容整合到「Zenbo 系列機器人」的專題研究。教學團隊包括資訊領域教師、數學領域教師（包括班導師）、藝文領域教師，共同擬定教學目標、教學內容、教學方式與教學時間，將其整理成課程設計，並特聘國立嘉義大學企業管理學系暨研究所翁頂升教授的研究團隊來指導、協助授課。說明如表 2 所示。

表 1：Zenbo 系列機器人專題研究課程

學習階段	屬性	課程目標	教學內容	教學方式	參與教師
探索體驗期	STE 參與	學生能學習基本 Scratch 程式設計原理	學生每人使用一台電腦，直接上機學習，教師講解後，巡迴電腦教室指導	示範教學、練習實作、除錯指導	資訊領域教師為主，團隊教師協同

探索體驗期	STE 探索	學生能編寫簡易Scratch程式			教學
探索體驗期	STEM解釋	學生能發想「Zenbo適用動作」程式並試寫程式	學生發想Zenbo可做動作如進、退、轉圈，並撰寫動作程式	學生自由表、討論與建議	
創意實踐期	STEM策劃	學生能實際測試Zenbo系列機器人動作程式	簡易程式與數學概念結合，如測量Zenbo速率，學生能撰寫程式並實際測試相同時間，不同行走距離或相同距離，不同行走時間	討論與解決問題	
創意實踐期	STEM深化	執行各項任務（如速率任務）並比較預期目標與實際測試差異並調整程式	教師給定數學任務，如請學生設計走正三角形、六邊形的路徑。執行過程牽涉到內外角	討論與解決問題、滾動式修正最佳化	數學領域教師為主 團隊教師協同教學
深化創新期	STEAM 深化	學生能將藝術創作結合科技創新應用	美化Zenbo螢幕頁面調整Zenbo動作、表情、輪燈處理及改善3D圖形 例如搖頭角度調整。	討論與解決問題	美術教師為主， 團隊教師協同教學
深化創新期	STEAM 評量	師生透過討論與省思彈性調整研究與創作	集結課程與教學成果 探究學生學習成效	成果展示 心得撰寫	團隊所有 教師

如上表 2 所示，研究區分為三個階段：(1)「探索體驗期」：奠定學生程式設計的基礎，並透過電腦與Zenbo的連線，讓學生能觀察與測試程式語言如何驅動Zenbo的動作與行為；(2)「創意實踐期」：由於Zenbo系列機器人的功能涵蓋對話、表情、動作、輪燈、物聯...等功能，在實踐期著重於請學生應用所學的程式語言，去驅動Zenbo。以數學科的「速率單元」為例，讓學生親自動手輸入簡易程式碼，體驗三個因素-速率、時間和距離改變時，會分別得到怎樣的

結果。而機器操作有誤差，學生能實地測量Zenbo走的長度，去看誤差的範疇；也能思考走的距離長或短時，其誤差值的結果。(3)「深化創新期」：此階段著重於靈活運用所學，發想一段獨一無二的機器人表演（融合速率、表情、聲光、走三角形、前進、轉圈、後退...），當輸入程式卻發現機器人做出的行為與預期有出入，使用運算思維和問題解決能力調整Scratch程式設計。

## (二)研究對象

本研究對象擬以嘉義縣某大型國小一個六年級班級為研究對象，由於此班的級任導師如如（化名）老師對數學教學極有興趣，並樂於嚐試新的教學方法，表明樂意參與本研究，是為立意取樣。其中男生 14 人，女生 9 人，在小六的數學單元中將會學到速率概念，且部份同學曾參加暑期 Scratch 程式營的教學，有程式設計的基礎。全班學生都喜歡動手操作，平常上數學課、資訊課時亦踴躍發言，當面對需要解決的問題時學生會和朋友及小組討論以解決問題，顯示該班學生在面對問題時有一定的問題解決能力。

## (三)研究工具

本研究的研究工具概述如下：

1. 課後 Zenbo 程式碼學習單：教師依課堂曾教過的程式挑戰學生所學，例如偵錯（給目標程式讓學生找出錯的程式碼並改正）、給任務（請設計讓 Zenbo 走一個三角形路徑的程式）

2. 問題解決態度量表：透過詹秀美、吳武典(2007)所編製之「新編問題解決測驗」對受試者施測，來了解受試者如何運用「解釋推論、猜測原因、逆向猜測原因、決定解決方法及預防問題」等五項能力解決日常生活所遇到之問題，其分量表分別探究問題解決思考歷程三要素：界定原因、解決方法、與預防問題的能力是否增進，針對以上三要素分別給予測驗並進行分析。

3. 運算思維能力測驗：採用「國際運算思維能力測驗題庫-2016年」，國際運算思維挑戰賽 (International Challenge on Informatics and Computational Thinking) 自 2004 年開始每年於 11 月中的國際 Bebras 週全球同步舉行。Bebras Challenge 藉由淺顯易懂又生活化的情境式題型，讓參與學生運用抽象化、演算法設計、問題拆解、模式辨識、樣式一般化、自動化...等運算思維 (Computational Thinking) 核心能力，自我挑戰解決問題。由於本研究對象為六年級學生，因此從中選取 Benjamin 組之 12 題試題，易中難各難度平均分配 4 題。

年齡組		難度						總數
		易		中		難		
		正確	錯誤	正確	錯誤	正確	錯誤	
Pre-Primary	一、二年級	尚未開放						
Primary	三、四年級	尚未開放						
Benjamin	五、六年級	16	-4	20	-5	24	-6	12
Cadet	七、八年級	12	-3	16	-4	20	-5	15
Junior	九、十年級	12	-3	16	-4	20	-5	15
Senior	十一、十二年級	12	-3	16	-4	20	-5	15

圖 1 選取運算思維能力測驗適合高年級學童的作答題

4. 教師省思札記：團隊教師可從解決問題流程、問題表示與分析、解決問題方法與策略、資料收集分析、結果評估與解題步驟改善等不同面向記錄學生的學習情形。

#### (四)資料蒐集與分析

本研究所探討的研究問題、資料蒐集與資料分析方式說明如下表 3，研究團隊輔以三角檢證及內容分析法等,逐字逐句地整理所有資料檔案,歸納出背後所代表的意涵,完成質性資料的分析與形成主張。用以詮釋國小學生參與Zenbo 機器人專題研究課所習得的運算思維及問題解決能力。

表 3 研究目的、資料蒐集與資料分析方式

研究目的	資料蒐集	資料分析
(一) 研發Zenbo系列機器人於程式碼學習之教學設計與實施策略	1. Zenbo程式碼學習單 2. 半結構式晤談紀錄 3. 教師省思札記	1. 分析 Zenbo程式碼學習單內容 2. 進行半結構式晤談紀錄、教師省思札記分類並詮釋結果
(二) 運用Zenbo系列機器人於教學設計模式對於提升學童運算思維之成效探討	1. 國際運算思維能力測驗題庫-2016年 2. 半結構式晤談紀錄 3. 教師省思札記	1. 分析學生國際運算思維能力測驗之表現 2. 綜合半結構式晤談紀錄、教師省思札記的三角檢證，形成主張
(三) 運用Zenbo系列機器人於教學設計模式對於提升學童問題解決能力之成效探討	1. 新編問題解決測驗 2. 半結構式晤談紀錄 3. 教師省思札記 4. 問題解決態度量表	1. 分析學生問題解決量表之表現 2. 綜合學習日誌、半結構式晤談紀錄、教師省思札記的三角檢證，形成主張

### 三、目前研究成果：

#### (一) 探索體驗期~抽象化為具體的震撼

本校的學生從五下就開始上「scratch」程式語言，半年多了對程式不陌生，但僅停在「機上操作」的階段。第一堂課，翁教授團隊請學生輸入簡單的「表情」及「燈光」指令，並設定Zenbo IP，連結 Zenbo 後，學生親眼看到自己寫的程式可以驅動機器人，都覺得好有成就感！

##### (0924 課觀)

小俊：哇！真好玩！看到 Zenbo 隨我寫的指令臉上時而咧嘴笑、時而不高興，真的好可愛喔！

小琪：我輸入微笑+閃紅光的程式，Zenbo 就微笑、兩旁輪軸閃著紅光，真的好好玩！好想再玩一次！

##### (0924 T 札)

T2：小朋友親眼看到自己寫的程式可以驅動機器人，一定覺得好有成就感喔！比起在電腦上玩 scratch 設計，連結 Zenbo 更可以化抽象、虛擬世界的程式為真實世界的具體操作活動，真實多了！

#### (二) 創意實踐期~問題解決需用數學的邏輯思維

翁教授提醒我們：「未來可跟數學課本各單元結合，讓機器人可做更多的程式」(1008 共備)，這樣的思考在「創意實踐期」實現了！

##### (1118 課觀)

T: 大家想想看, 怎麼讓 Zenbo 走出一個「正三角形」的路徑呢?

(S 分組討論並設計)

S12 (舉手): 老師, 好奇怪喔! 正三角形是 60 度耶! 可是我在程式上「角度」的部份輸入 60 度, 怎麼走不出正三角形呢?

S25: 我們這種也是耶~

T: 喔! 那你們把自己當做 Zenbo, 你要走出一個正三角形, 要轉幾度呢?

(全班同學起身試走與討論, 在地上用粉筆畫出一個大正三角形)

S23: 要轉更大的角度才行...好像超過 90 度耶!

T: 試著用量角器量量看~

S15: 是 120 度!

T: 賓果! 我們來學「外角」的概念。外角是指由多邊形的一邊和鄰邊的延長線所形成的角度, 60 度叫做三角形的「內角」, 同一頂點的內角和外角加起來是 180 度。

S12: 哇! 我知道了! Zenbo 要轉外角 120 度, 走出來的才會是正三角形啦!

一開始, 老師讓學生練習讓 Zenbo 走「長方形」。由於「長方形內、外角皆 90 度」, 所以讓學生直覺上產生「走多邊形角度程式碼要考量內角」的迷思概念。然而在「正三角形」路徑的規劃上, 學生遇到了認知衝突。他們發現走內角 60 度根本走不出一個「正三角形」的路徑! 在試走的結果下, 學生發現「外角」的存在, 也發現 60 度的外角是 120 度! 換句話說, 要讓 Zenbo 走任何的多邊形, 轉的角度是外角, 而非內角~學生亦從此體會到如何應用數學思維解決科學問題的方法。

### (三) 深化創新期

經過了 12 堂課的基礎與進階課程訓練, 學生已對 Zenbo 行為模式所需之程式語言指令有了完整的理解與練習, 在最後四堂課中, 進入了「深化創新期」, 請學生以組別為單位, 藉由小組合作與討論的方式, 充份應用所學, 調整與美化創作成果。

如下圖所示, 教師在黑板上佈了三個題目, 並請學生紙上寫出程式語言指令做為學習日誌, 接續, 上機操作以驗證自己的 coding 成效。題目敘述如下:

1. 偵錯題: 請讓 Zenbo 做出表情, 並重覆兩次頭左右各轉動 30 度。

以下指令對嗎?

轉動頭部向   度

轉動頭部向   度

2. 偵錯題: 請修改以下指令使 Zenbo 確實走一個正三角形

移動向   公尺  速度

轉動身體向   度

移動向   公尺  速度

轉動身體向   度

3. 挑戰題: 請利用學過的程式, 讓 Zenbo 做出三個以上的連續動作



圖 2 教師布題，讓小組了解題意

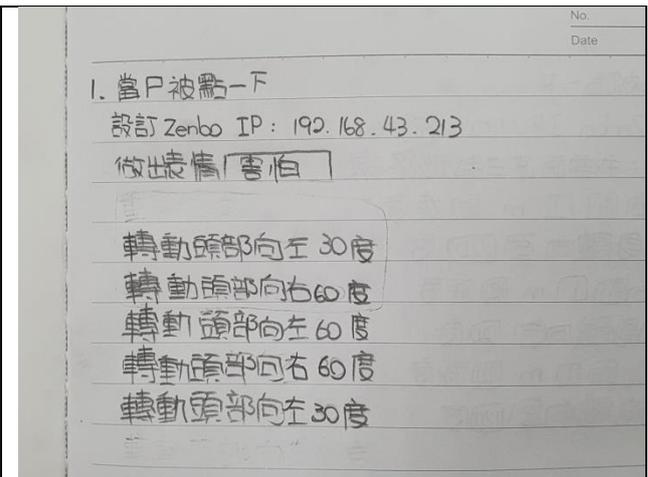


圖 3 學生正確回答第一個問題

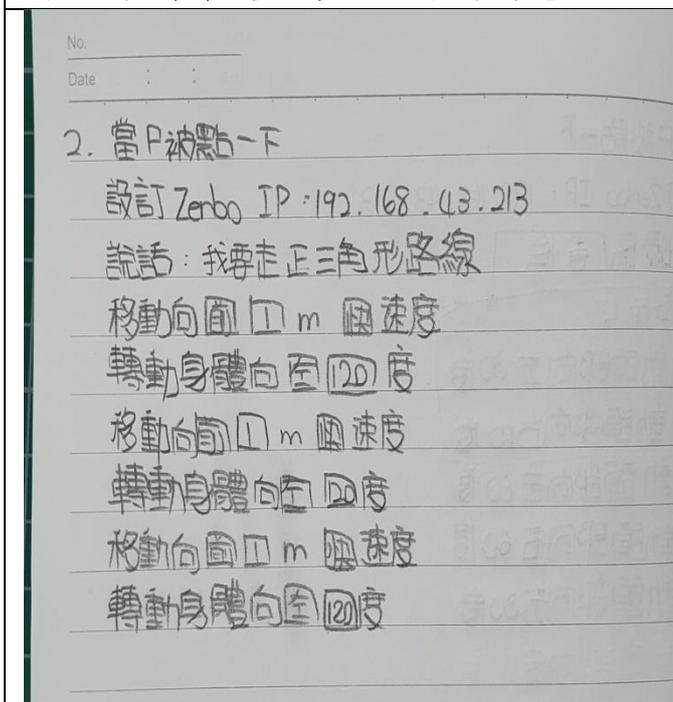


圖 4 學生正確回答第二個問題

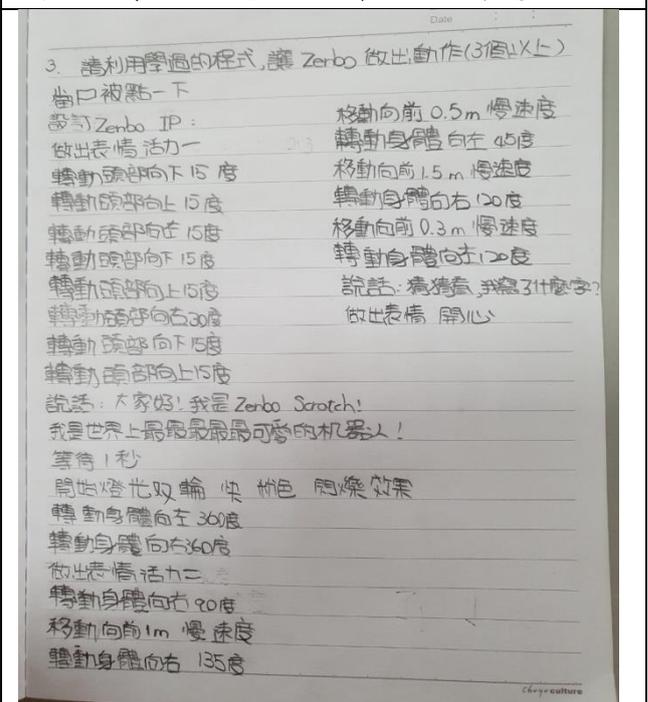


圖 5 學生正確回答第三個問題

#### (四)「運算思維測驗」與「新編問題解決測驗」後測結果

##### 1. 運用Zenbo系列機器人於教學設計模式對於提升運算思維測驗表現之成效探討

本研究採用「國際運算思維能力測驗題庫-2016年」作為運算思維能力前、後測的評量工具，來了解學童融入Zenbo系列機器人於教學設計模式後運算思維能力提升情形。並以實驗組與對照組學生所得的前、後測成績來進行單因子共變數分析，探討兩組學生問題解決能力是否有顯著差異。

在進行共變數分析之前，須先檢定兩組受試者之「運算思維能力」測驗的前測分數，是否符合組內迴歸係數同質性的假設，以考驗各組內共變數對依變項進行迴歸分析所得斜率是否相等，再確定是否進行單因子共變數分析，結果如下表1所示：

表 1 兩組學生運算思維能力之迴歸係數同質性考驗摘要表

向度	變異來源	SS	Df	MS	F	p
運算思維能力	迴歸係數同質性	5515.46	1	5515.46	3.678	.06
測驗總分	誤差	55480.07	37	1499.46		

由上表 1 可知，實驗組和對照組在迴歸係數同質性的檢定中，「運算思維能力」與共變項交互作用的 F 值=2.10 且  $p=.16(p>.05)$ ，運算思維能力未達顯著水準。這表示組內迴歸線的斜率相同，亦即共變項（前測成績）與依變項（後測成績）間的關係不會因自變項處理水準的不同而有所差異，以實驗處理組的共變項（前測成績）來預測依變項（後測成績）所得到的迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，因此可以繼續進行共變數分析。

## 2. 兩組學生運算思維能力之共變數分析

為了解兩組學生在實驗處理前後運算思維能力之間的表現是否有顯著差異，將兩組受試者成績進行獨立樣本單因子共變數分析，以前測成績為共變量，後測成績為依變項進行考驗，結果如下表所示：

表 2 兩組受試者之運算思維能力之共變數分析摘要表

向度	變異來源	SS	Df	MS	F	p
運算思維能力	組間(教學法)	7320.93	1	7320.93	4.56	.03
	組內(誤差)	60995.53	38	1605.15		

從表 2 中可得知，排除共變項（前測成績）對依變項（後測成績）的影響力後，自變項對依變項所造成的實驗處理效果顯著，其運算思維能力總分  $F=4.56$ ， $p=.03<.05$  達到 .05 以上的顯著水準，顯示該教學方案對於運算思維能力之成效有顯著。

由此結果可以發現，實驗組學生在接受此課程後，其邏輯運算思維能力有顯著的進步，推測是上課時藉由 scratch 程式語言的撰寫訓練，學生必須顧及邏輯的縝密性，例如讓機器人呈現頭先往左、再往右各轉 30 度，程式語言應該是左 30- 右 60，而非左 30- 右 30，因要讓機器人先回到中間再向右轉 30 度。這種訓練有助於學生邏輯思維的培養。

## 2. 運用 Zenbo 系列機器人於教學設計模式對於提升學童問題解決能力之成效探討

本研究以詹秀美與吳武典(2007)所編製之「新編問題解決測驗」作為問題解決前、後測的評量工具來了解學童融入 Zenbo 系列機器人於教學設計模式後問題解決能力提升情形，包括「界定問題」、「解決方法」、「預防問題」、「變通性」、「有效性」和「全測驗總分」等向度的表現能力得分。並以實驗組與對照組學生所得的前、後測成績來進行單因子共變數分析，探討兩組學生問題解決能力是否有顯著差異。接著再針對學童對本計畫的教學活動回饋之筆記進行探

討以及根據教師透過在教學中的觀察與學生的實驗紀錄進行省思。

### 1. 兩組學生問題解決能力之迴歸係數同質性分析

在進行共變數分析之前，須先檢定兩組受試者之「界定問題」、「解決方法」、「預防問題」、「變通性」、「有效性」和「全測驗總分」等分測驗的前測分數，是否符合組內迴歸係數同質性的假設，以考驗各組內共變數對依變項進行迴歸分析所得斜率是否相等，再確定是否進行單因子共變數分析，結果如下表 5 所示：

**表 5 兩組學生問題解決能力之迴歸係數同質性考驗摘要表**

向度	變異來源	SS	Df	MS	F	p
界定問題	迴歸係數同質性	5.35	1	5.35	.29	.60
	誤差	693.86	37	18.75		
解決方法	迴歸係數同質性	35.11	1	35.11	1.07	.31
	誤差	1218.156	37	32.92		
預防問題	迴歸係數同質性	2.26	1	2.26	.07	.80
	誤差	1219.19	37	32.95		
變通性	迴歸係數同質性	.87	1	.87	.11	.74
	誤差	293.07	37	7.92		
有效性	迴歸係數同質性	25.44	1	25.44	.69	.41
	誤差	1364.19	37	36.87		
全測驗總分	迴歸係數同質性	50.17	1	50.17	.45	.51
	誤差	4106.35	37	110.98		

由上表 5 可知，實驗組和對照組在迴歸係數同質性的檢定中，「界定問題」與共變項交互作用的F 值=.29 且 $p=.60(p>.05)$ ；「解決方法」與共變項交互作用的F 值=.1.07 且 $p=.31(p>.05)$ ；「預防問題」與共變項交互作用的F 值=.07 且 $p=.80(p>.05)$ ；「變通性」與共變項交互作用的F 值=.11 且 $p=.74(p>.05)$ ；「有效性」與共變項交互作用的F 值=.69 且 $p=.41(p>.05)$ ；問題解決「全測驗總分」與共變項交互作用的F 值=.45 且 $p=.51(p>.05)$ ，六種問題解決能力向度都未達顯著水準。這表示組內迴歸線的斜率相同，亦即共變項（前測成績）與依變項（後測成績）間的關係不會因自變項各處理水準的不同而有所差異，以各實驗處理組的共變項（前測成績）來預測依變項（後測成績）所得到的各條迴歸線之迴歸係數並無不同，符合共變數分析中組內迴歸係數同質性的假定，因此可以繼續進行共變數分析。

### 2. 兩組學生問題解決能力之共變數分析

為了解兩組學生在實驗處理前後問題解決能力之間的表現是否有顯著差異，將兩組受試者成績進行獨立樣本單因子共變數分析，以前測成績為共變量，後測成績為依變項進行考驗，結果如下表 6 所示：

**表 6 兩組受試者之問題解決能力之共變數分析**

向度	變異來源	SS	Df	MS	F	p
----	------	----	----	----	---	---

界定問題	組間(教學法)	2.99	1	2.99	.16	.69
	組內(誤差)	699.21	38			
解決方法	組間(教學法)	416.28	1	416.28	12.62	.001
	組內(誤差)	1253.67	38	32.98		
預防問題	組間(教學法)	6.37	1	6.37	.198	.66
	組內(誤差)	1221	38	32.14		
變通性	組間(教學法)	35.32	1	35.32	4.57	.04
	組內(誤差)					
有效性	組間(教學法)	22.92	1	22.92	.63	.43
	組內(誤差)	1389.63	38	36.57		
全測驗總分	組間(教學法)	249.61	1	249.61	2.28	.14
	組內(誤差)	4156.53	38	109.38		

從表 6 中可得知，排除共變項（前測成績）對依變項（後測成績）的影響力後，其「界定問題」 $F = .16$ ， $p = .69 > .05$ ；「解決方法」 $F = 12.62$ ， $p = .001 < .05$ ；「預防問題」 $F = .198$ ， $p = .66 > .05$ ；「變通性」 $F = 4.57$ ， $p = .04 < .05$ ；「有效性」 $F = .63$ ， $p = .43 > .05$ ；「全測驗總分」 $F = 2.28$ ， $p = .14 > .05$ 。僅「解決方法」及「變通性」達到 .05 以上的顯著水準，顯示該教學方案對於問題解決能力之「解決方法」及「變通性」成效有顯著。而「界定問題」、「預防問題」、「有效性」及「全測驗總分」皆未達到 .05 以上的顯著水準，顯示該教學方案對於問題解決能力之成效沒有顯著差異。

由上述結果可以發現，實驗組學生在接受此課程後，在「解決方法」和「變通性」的向度有顯著的進步，推論其原因，在上課的時候，通常由老師布題如「讓機器人跳舞（說話），並讓學生嚐試撰寫出程式語言。學生最常練習的就是如何「解決老師所問的問題」（解決方法）、以及「若機器人的行為不如預期，要如何修改程式」（變通性），因之實驗組學生的表現在此兩個向度有顯著進步。然而因為問題是老師所界定，老師的佈題亦沒有讓學生嚐試預防可能發生非預期性問題的機會，所以其他向度並沒有顯著的進步。這些部份是未來研究可進一步設計與探究的主題之一。

#### 四、討論與建議(含遭遇之困難與解決方法)：

(一) 電腦數量：受限筆電數目，原本是四~五人一組，造成部分學生是課堂客人

◎解決方式：向別班借筆電，最後湊足 12 台，每兩人共用一台筆電。

(二) 授課教師解說使用的螢幕不夠大，不易解說讓全班學生都看清楚。

◎解決方式：使用電視型大螢幕。

(三) Google 自 110 年元月起不支援全球的 google scratch 線上免費程式。

◎解決方式：積極接洽其他相關付費程式、或未來改採其他小型機器人如 LEGO 做類似練習。

## 五、參考資料：

- 詹秀美、吳武典（2007）。*新編問題解決測驗指導手冊*。台北：心理出版社。
- 國際運算思維能力測驗（2016）。引自 <https://is.gd/9G8zYw>。
- Australian Curriculum, Assessment, Reporting Authority (ACARA). (2013). *Draft Australian curriculum technologies*. Retrieved from <http://consultation>.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. doi:10.3102/0013189X12463051.
- Hung, I.-C., Chao, K.-J., Lee, L., & Chen, N.-S. (2013). Designing a robot teaching assistant for enhancing and sustaining learning motivation. *INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENTS*, 21(2), 156-171.
- Jonas, M., & Sabin, M. (2015). Computational thinking in Greenfoot: AI game strategies for CS1: conference workshop. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 30(6), 8-10.
- Lewis, M. (2010). *Problem Solving through Programming with Greenfoot*. Retrieved from <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.186.959&rep=rep1&type=pdf>.
- Maeda, J. (2013). STEM + Art = STEAM. *The STEAM Journal*, 1(1), 1-3.
- The Department of Basic Education (DBE, 2021). DBE and partners workshop Coding and Robotics Curriculum for the GET Band. Retrieved from <https://www.education.gov.za/CodingCurriculum010419.aspx>