

教育部教學實踐研究計畫成果報告格式(系統端上傳 PDF 檔)

教育部教學實踐研究計畫成果報告(封面)

Project Report for MOE Teaching Practice Research Program (Cover Page)

計畫編號/Project Number：PMS1090162

學門專案分類/Division：數理

執行期間/Funding Period：109 年 08 月 01 日~111 年 01 月 31 日

(計畫名稱/Title of the Project)

以 micro:bit 物聯網實作提升生命科學背景學生程式語言之學習動機

(配合課程名稱/Course Name)

程式設計與資料處理

計畫主持人(Principal Investigator)：廖柏凱

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：

國立臺灣海洋大學/水產養殖學系

成果報告公開日期：

☐立即公開 ☒延後公開(統一於 2023 年 9 月 30 日公開)

繳交報告日期(Report Submission Date)：111 年 03 月 22 日

以 micro:bit 物聯網實作提升生命科學背景學生程式語言之學習動機

一. 報告內文(Content)(至少 3 頁)

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

在非電資相關科系進行基礎程式設計教學，容易遇見兩個普遍共通的問題為「時間不足」與「動機低落」，申請人基於以下兩點動機提出本教學實踐研究計畫，以提升學生的學習動機來改善教學品質：

期望引導學生主動增加練習時數

必修課班級人數多，學生程度也落差也較大，在時間有限的情況下，教師難以在顧及到每一位同學的學習需求。因此，若能在上課時間外提供額外的動力讓學生主動增加練習時數，預期將可以改善學生的學習成效。以養殖系的同學為例，許多同學會自行設立水族爬蟲缸，而商業化水質監控設備極為昂貴，因此若能以程式語言為核心教導 DIY 簡易水質監控設備，將可有效增進養殖系同學的學習動力。

期望透過實物操作的做中學來增強動機

本校養殖系近年來大學部學生組成由技職體系升學而來的比例逐漸增加，技職體系的訓練相對於普通高中體系在基礎數理上較為薄弱，但卻有較強的實作經驗。因此多數學生其實較為適應「做中學」的教學方式，尤其是有實體的物件可以摸到會比電腦上的程式練習題要來得更具有吸引力。

因此，本教學實踐計畫致力於建立適用程式語言初學者可以在課堂時間外持續學習的實物專題，因此提出以 BBC micro:bit 物聯網開發板作為課程輔助教具，而此教具符合以下四個需求：

- a. micro:bit 使用較為簡易的程式語言介面(Blockly)來減低挫折感，也同時支援 Python 程式語言編輯介面，因此在銜接到更完整的程式語言時不需更換硬體。
- b. 所使用之物聯網設計可與系上之專長有所關連，用以增強學生動機與興趣。
- c. micro:bit 具有與部分 Arduino 物聯網套件相互擴充的特性，因此學生的創意不會受限。有意繼續深入的同學有較多相關進階課程可以選擇銜接。
- d. 物聯網包括軟體、硬體與網路三大部分，micro:bit 提供詳細的線上教學範本，可以幫助學生對硬體與網路這兩部分的知識需求減到最低，對於初學者較為友善。

本研究計畫基於一個關鍵的假設：「透過物聯網實體可提升學習動機將可以幫助非電資專業的學生學習程式設計」來設定整體研究目的，即致力於提出適宜生命科學背景學生之新教學硬體教材教案以提升教學品質。利用實體物聯網 micro:bit 教具的應用，整合該教材進入原有之課程結構，期望達成以下三個研究目的：

- a. 探討物聯網教具對於學生自主學習時數之影響。本研究預期在提供學生足夠的基礎知識與具有實用價值的目標後，同學可以透過分組合作在課堂外自主學習，最終做出一個自己可以使用的作品。

- b. 探討同學相互協助與溝通以激發創意下的學習效果。大多數成績中上的同學具有協助他人的能力，也因為如此分組作業或是分組合作是一個常用的教學方法。而本研究計畫期望利用物聯網的高度擴充性，根據同學合作促進創意與主動學習來不斷投入，用以觀察學生們啟動自我協作的的能力。
- c. 探討同學學習動機於本課程中之變化。學習動機並非一成不變，可能受到教材的內容、教師的教學方法或甚至是考試作業成績影響而波動。因此本計畫將探討採用物聯網實體教學前後之學習動機之改變。若能促進長期的學習動力，那本課程所帶給學生的改變將遠遠多於兩學分的必修課而已。

2. 文獻探討(Literature Review)

學習動機與資訊科學教育

對於學習動機的討論常會以「胡蘿蔔」與「鞭子」的比喻來說明獎勵與懲罰(Pink, 2011)。雖然「胡蘿蔔」通常比「鞭子」提供更好的動力(Elliot and Covington, 2001; Pintrich, 2000)，但兩種都難以達到最有效的動機取向，因為外在的獎勵與懲罰會有類似經濟學中的邊際效應遞減。因此提升學生內在的動機更能促使學生進入成長型思維，這樣的學生通常會有更好的學習主動性、學習行為以及學習情緒(Dweck, 2006)。在眾多被提出的動機心理學理論中，由美國心理學家 Edward Deci 和 Richard Ryan (1985) 所提出**自我決定理論**(Self-Determination Theory, SDT) 是較為偏重探討外部動機與內部動機的理論之一。根據自我決定理論的看法，動機是從外到內連續性光譜的存在，從外部的獲得獎懲，例如成績或獎金，一直到內在的，如滿足個人興趣或為了學習而學習(Ryan and Deci, 2000)。內部動機越強烈，自我的決定性就越強，因此缺乏動機的學生就會有無目標與找不到努力的價值等缺乏自我決定的表徵(Ryan and Deci, 2000)。基於自我決定理論的建議，教師若要促進資訊科學課程學生之動機可以朝向滿足三個基本心理需求著手，包括**自主感(Autonomy)**、**勝任感(Competence)**以及**歸屬感(Relatedness)**，例如，於上課期間提供即時且友善的回饋、回答問題時以引導方式讓學生自己找出正確的方向(Black and Deci, 2000; Ryan and Deci, 2002)、多於課堂內應用科技可讓學生感到好奇與有興趣(Jonassen, 2013)、以及利用同儕互助以達成滿足感獲得刺激等。在國內，由國立臺灣師範大學李忠謀教授所指導的碩士論文研究，馮毓琪(2013年)研究發現針對中低動機的學生若給予非傳統上課模式的刺激，如提供線上教學影片學習，可改善資訊工程學系一年級學生之學習動機與態度。另一個同為師範大學碩士論文研究，由邱貴發教授所指導，黃意潔(2013年)透過遊戲或是動畫來教導程式設計排序演算法，該研究指出透過遊戲化學習的過程可以引起學生的學習興趣與動機，並提升學習成效。

其他影響因子與資訊科學教育

Idemudia *et al.* (2016) 研究了多項大專生的行為指標對於程式設計之能力與實際使用程式語言之關聯性研究，該研究指出有三項行為指標「自我預期之使用程式語言能力」、「自我效能感」以及「使用程式語言的習慣」對於程式語言能力有顯著正相關，而「使用程式語言的焦慮感」則有顯著負相關。Adkins and Linville (2017) 研究了考試的頻率對於入門級程式設計課程之學習成就影響，發現增加考試頻率雖對成績之影響不顯著，但對學生之意願調查結果顯示，學生希望在課程中進行更多的考試，以減少焦慮並增加自信心和學習動機。然而，針對考試焦慮感的研究則顯示，不論使用紙本或是線上考試約有四分之一至一半的學生曾感受到考試焦慮且影響到自己的表現，在允許學生攜帶筆

記應考後則可以降低其焦慮感 (De Raadt, 2012; Kavakci et al. 2014)。這些研究成果與程炳林, 林清山 (2001) 所提出的情感動機影響學習相似, 例如, 考試焦慮、自尊心都可能影響了學習情緒, 負面情緒亦將反過來影響到學習意願。

對於程式設計初學者的教學

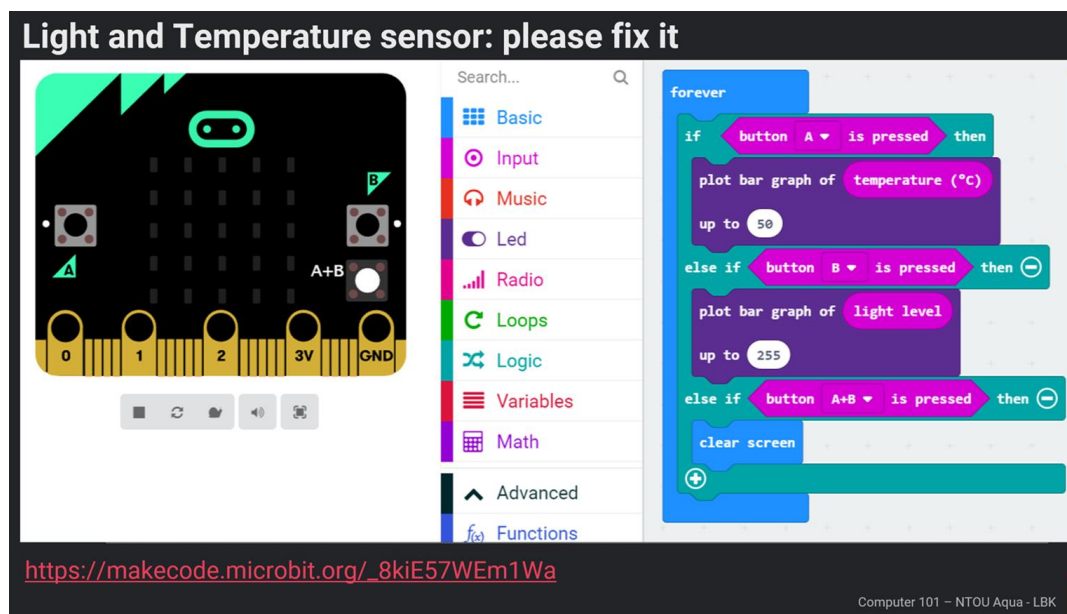
Robins et al. (2003) 指出教學者必須設法引起程式語言初學者的學習動機, 可運用視覺化的程式設計環境、合作學習等方式加強學生的問題解決能力。與初學者相關的教學研究大略可以分類為以問題導向式教學、選擇適當的程式語言、合作學習、運用教學工具等四種方式。McIver and Conway (1996) 則指出傳統上常用的 C 語言這類型的程式語言, 其語法、語意對初學者來說太過困難, 尤其是有當多種程式寫法可以達到同一種運算結果情況, 更容易讓初學者感到混淆。近年來發展的 Blockly 程式語言也同樣符合程式語言的概念, 而其視覺化界面與拖拉式程式寫作的特色, 讓學生能有效降低學習程式設計時的認知負擔, 有助於學習演算法等解題概念 (Lister, 2011)。近期的針對初學者教育的研究 (Prather et al., 2019) 則指出, 初學者在面對程式設計難題時往往不知道問題的重點, 因此應先提倡學習後設認知 (Metacognition), 意即認知的認知, 建立方法讓新手一步一步知道問題點真正的所在。該研究還發現, 在有較多的介入與協助下, 程式設計初學者較能認清問題關鍵並完成程式設計任務 (Prather et al., 2019)。

物聯網實作與程式設計教育

程式語言的實物實作, 常見為使用 LEGO 機器人 (Gerber et al. 2017) 或是其他商業化遊戲機器人, 在台灣也已有許多成功的例子, 不只於校園內也有許多坊間教學機構採用。然而這些機器人大多仍受限於該公司所生產之傳感器或相容零件, 因此在微型電腦大量低價出現後, 物聯網教育逐漸興起 (Gubbi et al. 2013)。物聯網教育可以追溯到 1999 年, 當時麻省理工學院 (MIT) 的 Auto-ID Center 首次提出物聯網概念 (Ashton 2009)。因物聯網產品具有可高度商業化的特性, 因此物聯網教育早已發展出多個層面, 並不受限於資訊科學領域內的教育使用, 例如 Bagheri 與 Movahed (2016) 提出可直接做為商業教育使用。

在近年來, 視覺化程式設計運用於資訊科學教育中一直很突出, 而 Blockly 程式語言為 Google 公司所開發之其中一種視覺化程式設計 (圖三), 於 2012 年之 Maker Faire 首度被展示 (Fraser 2015)。Blockly 為一免費程式語言, 且可轉做商業用途, 並提供後端介面對程式方塊進行擴充, 因此除了教育用途外 (Passault et al. 2016; Mahadevan et al. 2016) 短短幾年已有許多商業化的案例, 如 KANO COMPUTER® 2016 年於募資網站 Kickstarter 以互動套件成功吸引超過 2300 名支持者, 募得超過 64 萬元美金 (<http://kck.st/2cyTGKd>), 該產品也持續於該公司網站販售。視覺化程式設計對於初學者較為友善, 可以避免掉前期大量語法錯誤 (syntax error) 所造成的挫折感。在台灣較為成功的案例為 Webduino®, 2015 年於台灣所創立之物聯網教育公司, 其取名意為以 Web 串接 Arduino 的技術。Webduino 整合了 Blockly 程式語言與自行開發之網路擴充版, 大幅地降低了學習物聯網的門檻 (Webduino 開發團隊, 2016)。本計畫原規劃以 Webduino 作為主要教材, 但經過申請人的初步實測後發現 Webduino 需要在 WIFI 無線網路環境下才能使用, 且連線數量多時較不穩定, 因此本計畫改用英國國家廣播公司 (BBC) 所生產的物聯網教育用開發板 micro:bit 做為本計畫之主要硬體教具 (圖一)。micro:bit 同樣以 Blockly 為基礎的圖像式程式編輯語言, 與微軟公司 (Microsoft) 合作使用稱為 MakeCode 的編輯介面。MakeCode 本身一樣為免費語言編輯器, 且具有良好的模擬介面, 讓沒有 micro:bit 實體板的同學也可以充分練習。

於替代性程式語言上，原有 MicroPython 的網頁介面(<https://python.microbit.org/v/2>) 可以 Python 程式語言撰寫，但其缺乏模擬器因此對於手上沒有實體版的同學將會有練習上的難度。由於 Makecode 加 micro:bit 系統的成功，除了原有 blockly 的圖像式程式編輯語言外，目前可同步使用 Python 或 Javascript 撰寫，並且具有即時轉換的功能，使得程式語言新手可以更外上手多種不同的程式語言。



圖一、Blockly 程式語言 BBC micro:bit 物聯網軟體介面。除了一般的程式設計界面外，micro:bit 還提供了模擬器介面與範例程式碼(左側)，讓使用者可以測試後再花錢購買套件。上圖右側為課程程式教學範例一修復程式。此範例先提供一段基本的程式碼給同學（超連結網址），由教師操作並說明此程式哪邊有錯誤（bug），並解釋錯誤的原因後交由同學自行操作練習修復程式碼。圖片截圖自<https://microbit.org/code/>。

3. 研究問題(Research Question)

本研究以 micro:bit 物聯網實做為出發點，提供具有實用性的範例來提升內部動機，促進同學主動投入更多時間學習以增加學習成效，並培養較長遠的程式設計思維回饋到自身的內部動機。基於此，本研究以前後測問卷訪談以及 TronClass 教學輔助平台的活動數據為分析方法來探討一下幾個研究問題：

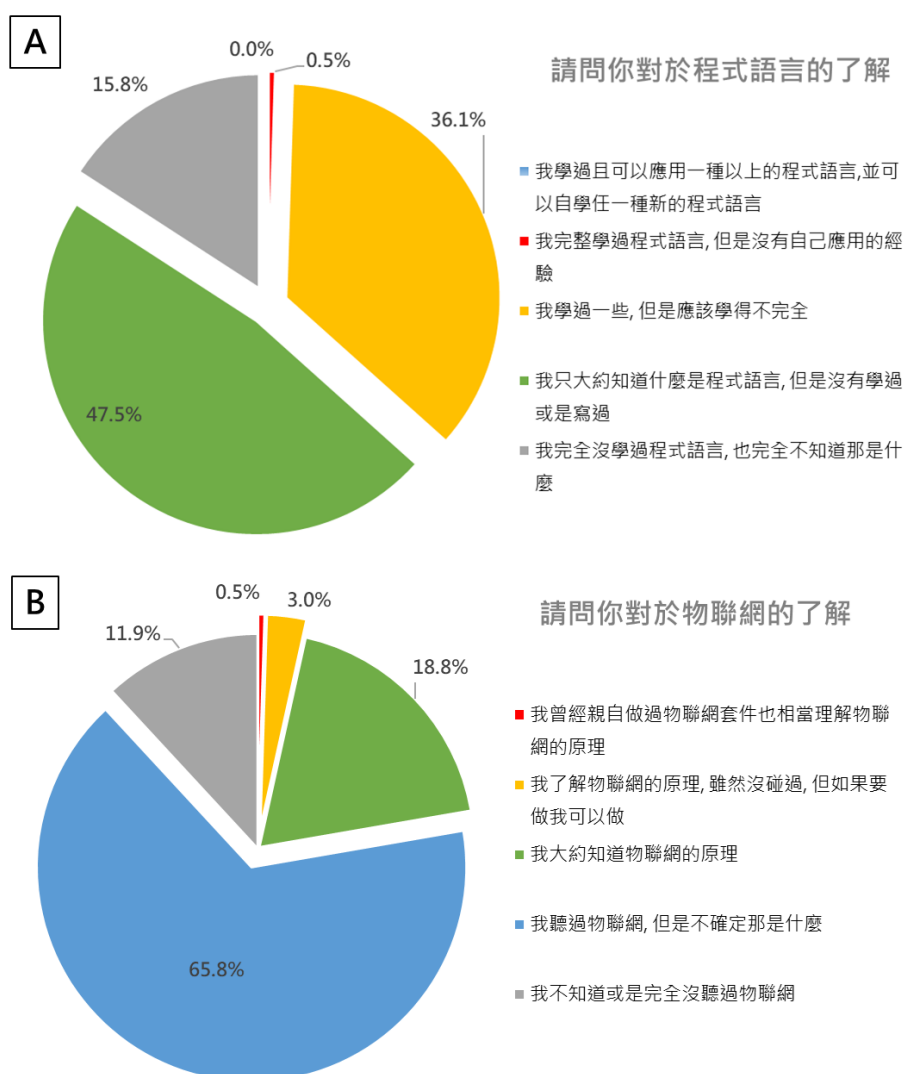
- 相比於原有的程式設計教學，micro:bit 物聯網教學是否改變學習者的感受
- 使用 micro:bit 物聯網教學後，學習者的學習動機是否有所改變？
- 使用 micro:bit 物聯網教學後，同學對於將來應用程式設計於自己的專業是否具有信心？
- 在教學輔助平台的後台活動數據是否可以作為程式設計學習成就之分析依據

4. 研究設計與方法(Research Methodology)

研究對象

本計畫研究對象為本校水產養殖學系大學部一年級學生為主（圖二），多數同學在之前並不具備相關的知識或是基礎，選入必修課「程式設計與資料分析」的所有同學。這群同學進入大學剛滿半年，僅開始學習生命科學相關之基礎專業課程，但多數對於水產養

殖抱有興趣與熱誠。在面對「程式設計與資料分析」這樣的課程時，學生大多表示有困難度，但因為電腦現已為生活必需品，若課程內容與生活事物或系內專業相接軌時，較能初步吸引學生的關注。



圖二、108 與 109 學年度期初問卷對於學生原有之背景知識結果分析。A，對於程式設計所了解程度之比例圓餅圖。B 對物聯網了解程度之比例圓餅圖。結果為兩年度 AB 兩班合併共 202 份問卷之統計結果繪圖。結果顯示，多數的學生在進入大學之前並不具備程式設計或是物聯網的學習基礎。

研究設計

本研究計畫設立課程目標為利用 Micro:bit 物聯網做為教具，引導養殖系學生在實作與競賽中開發簡易之物聯網裝置。研究設計可以粗分為三個部分：

期初問卷與前測問卷

於課程第一週會請同學填寫線上問卷，內容主要為調查：**1.對於物聯網的理解程度、2.目前對程式語言理解程度**。到學期中，會邀請有填寫知情者同意書的受測者，進行一對一訪談，並進行 MSLQ 動機量表前測，量表題目與參考資料來源請參閱附件一。

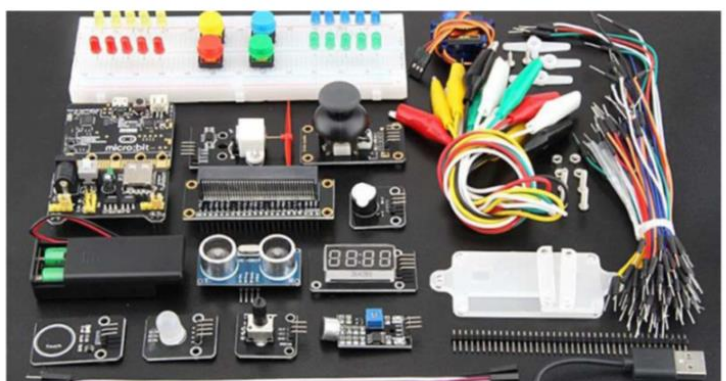
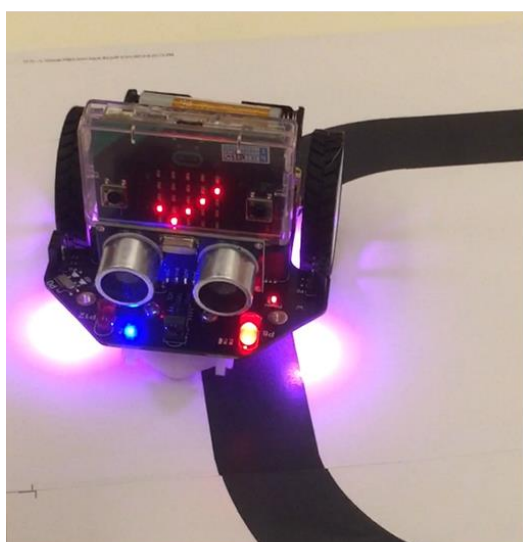
實作教學與分組

於下半學期的教學中，將會在課堂上採用 micro:bit 開發板之主題實作示範教學。於學期中後段，預計進行分組物聯網實做。本課程共兩班級，每班分成十組操作，每組約 4~5 人。課程內會提供基礎的知識，物聯網實做部分也會安排基本的練習，而分組題

目部分則提供設計與可探索之方向(圖二)，附加網路參考資源與拍攝關鍵步驟之短片放入 TronClass 課程頁面給同學參考。若同學有需求也會安排學生助教或是老師提供諮詢。由於接近學期末時，因疫情因素改為遠距教學，因此原排定之分組競賽改為由老師示範，並且原期末考改為分組線上專題報告。

後測問卷

於課程結束後會對受測者進行再次一對一訪談，內容主要為調查三大部分：**1.對於上課內容之理解程度以及教學方式之感受、2.對教材選用之感受、3.此物聯網實作所投入之時間與成果。**並進行 MSLQ 動機量表後測。



包括：輕觸按鍵開關、聲音傳感器模組(偵測聲音)、搖桿傳感器模組、有源蜂鳴器模組(發出聲音)、觸摸傳感器模組、旋轉電位器模組(可變電阻)、超聲波傳感器模組、P0090 舵機(定向馬達)、四位數數字顯示模組、L9110 風扇模組(螺旋槳)

注意 1: 如需要特定模組請找老師或助教索取, 若需要上列以外的模組請聯絡老師詢問

注意 2: 安裝模組的接線與基本設定, 會由老師或助教協助

圖二、教材說明。同學除了基本的操作說明與上課指引外，在 TronClass 課程網站上還會提供作業示範影片（截圖如左圖），以及可自行套用的延伸套件列表與說明（右圖）。

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

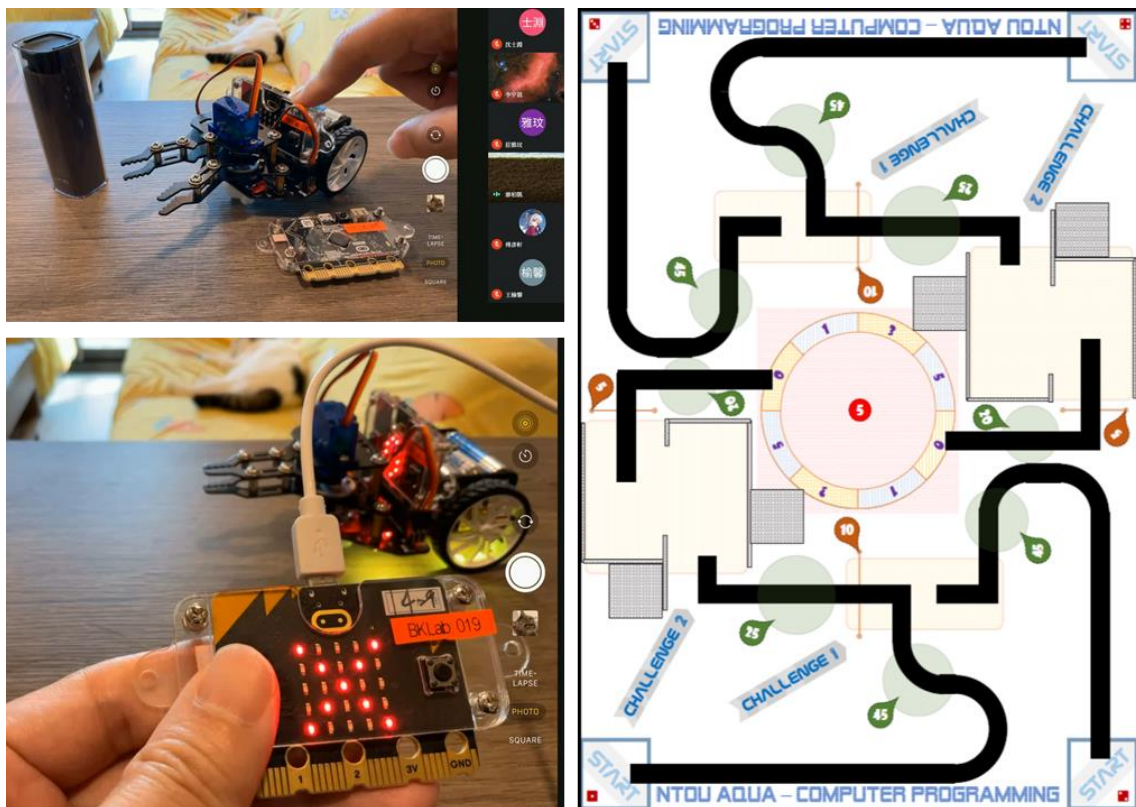
(1) 教學過程與成果

教材套件一、跨領域教案：使用 micro:bit 內建感測器開發

由於上課時間有限，若每一個程式專題都在上課時間由零開始帶同學寫起，常常會發生不少同學跟不上而放棄的現象，若教師放慢速度不斷去同學的電腦前面巡查，則又容易導致程式功能寫不完，讓同學摸不著頭緒這段程式碼可以做什麼。為了解決這個困擾，本課程改採三種程式設計教學替代方案，先提供一些基本程式碼後指派三種任務分別為：**完成某程式功能、強化某程式功能與修復某程式功能**，相關之教學程式碼，請參閱附件二。

教材套件二、實作型教案：循跡小車分組競賽

物聯網開發板除本身的感測器外，還會附加許多擴充接口可以連接外部感測器輸入或輸出資料。而這些功能同樣也較難在課堂上的時間一一講述，因此利用分組作業的方式，使用 Micro:bit 開發板配上循跡小車套件來進行遊戲化教學，提供各組基本的材料與說明書外，並以加分的方式鼓勵各組加入附加的套件（圖三）。



圖三、遠距教學 micro:bit 小車循跡與遙控示範。左側，由於疫情因素改為遠距教學，因此將循跡小車比賽改為線上示範。右圖、將循跡小車的黑色路線加以修改，增加難度挑戰包括斷點、直角轉彎、牆壁偵測與搬運貨物等，印製 A0 尺寸海報賽道圖，此賽道一次可供四組同學同場較勁以增加趣味性。

分組實作成果：期末分組報告之 micro:bit 開發創意競賽

因疫情因素改為遠距教學，因此期末考改為分組線上專題報告，但各組可依需求來借用 micro:bit 開發板兩片以及相關所需之感測器等。兩班級共約分為 20 組，進行期末專案報告，內容要求須具有生活或與專業相關之 micro:bit 程式設計，可選用自己熟悉之程式語言，並且進行線上示範，可用模擬器或是實體。部分成果如圖四、五所示。

作品主題：數位炸彈

作品說明(150 字以內)：

遊戲目的：

這遊戲要讓玩家享受其中的刺激和娛樂來紓解壓力。

玩法：

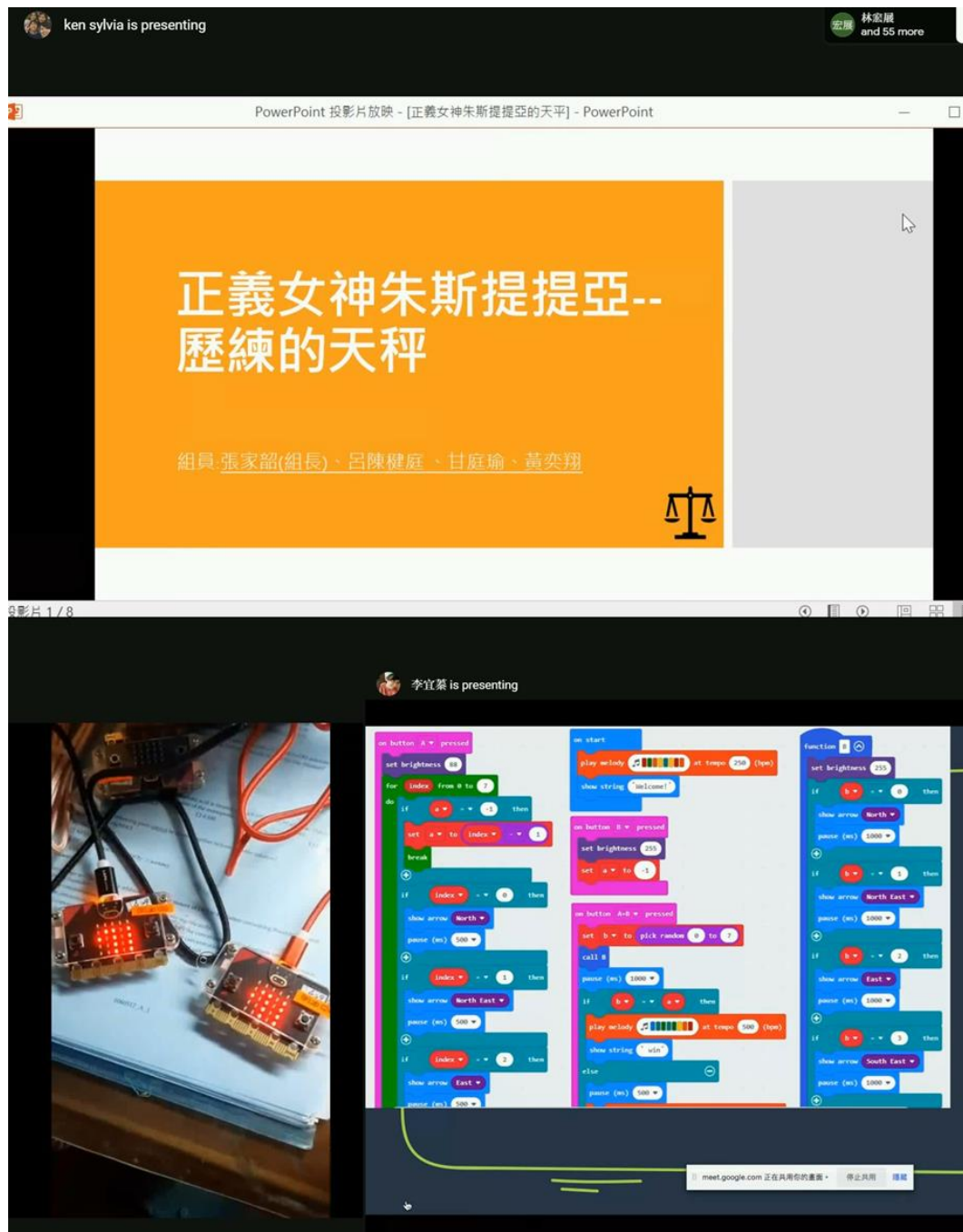
A 鍵輸入為十位數 而 B 鍵則為個位數

- 1.每一輪電腦都會從 0 到 49 之間隨機抽取一個整數為炸彈。
- 2.電腦會請求玩家猜測這神秘數字並進行對比和提示是否大於或小於答案。
- 3.電腦會再次請求玩家猜測數字。
- 4.猜中數字後,螢幕上將出現炸彈圖案和音效，代表遊戲輸了。

組員預計工作分配表：

組員	工作項目	預計完成時間	備註
張哲瑋	協調開會時間	5/29	
周典	程式架構	6/8	
張哲瑋&余文德	製作投影片&美編	6/15	
劉瀚元	作品說明	6/1 & 6/8	
沈順培	使用手冊	6/15	

圖四、分組實作專題報告。分組實作書面報告部分截圖，組員需分配任務並線上合作。



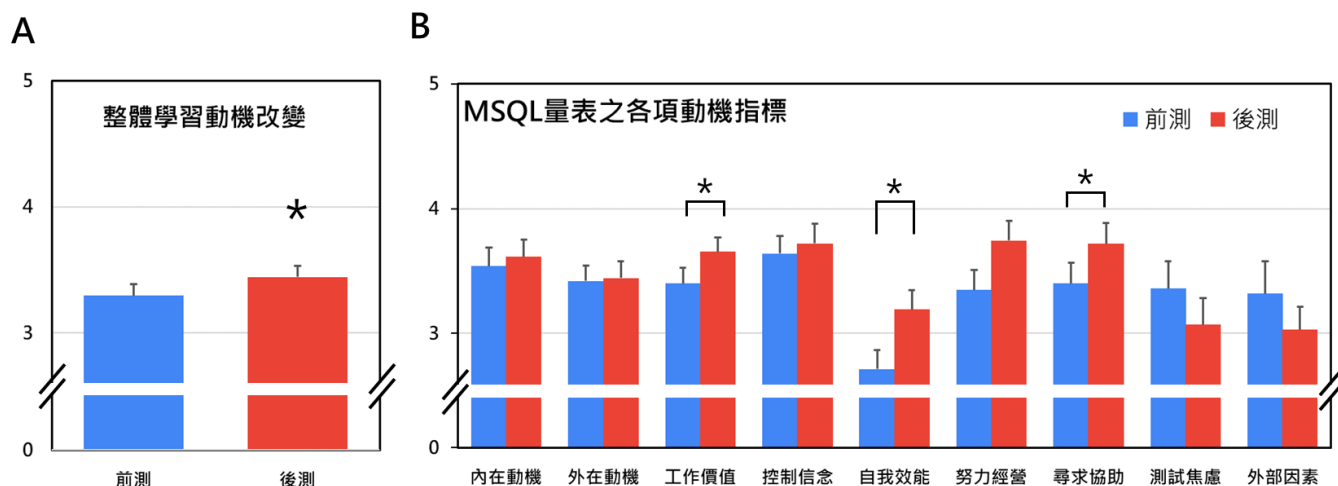
圖五、分組實作專題報告。上圖為遠距報告錄影之範例截圖。下圖左側為報告之直播實作成果，下圖右測為該組之 blockly 程式碼。

研究結果一：透過 micro:bit 物聯網實作教學後，學習動機顯著增加。

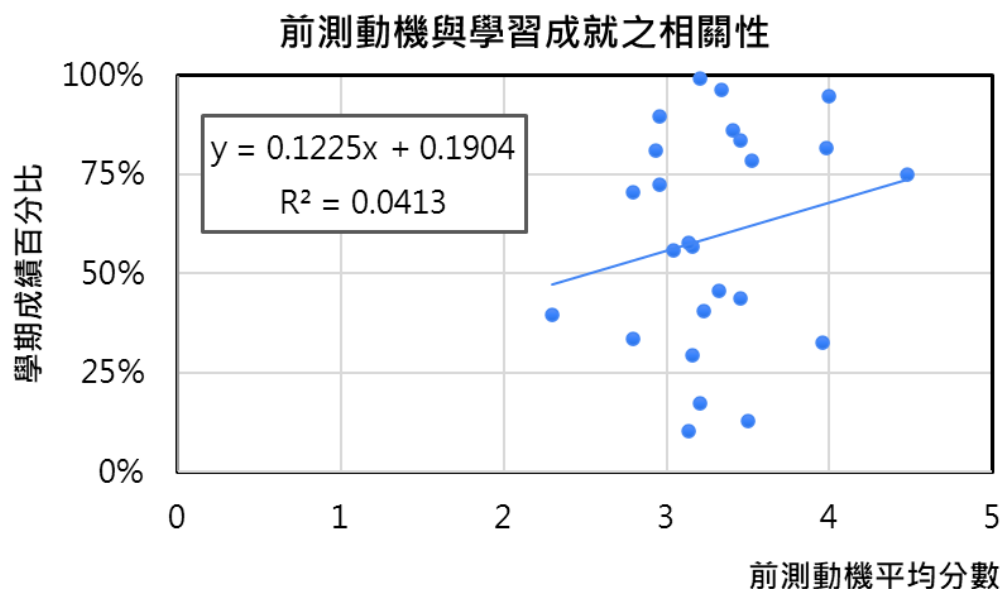
為了瞭解使用 micro:bit 物聯網開發板進行實作教學後對於同學的學習動機之影響，以適用於程式設計之 MSLQ 量表對 29 位自願受測者進行量測。29 位受測者之社會期許量表部分平均皆於 3.00~4.08 分區間，屬於正常至輕度社會期許人格，因此採用所有受測者對 MSLQ 量表之量測結果。整體學習動機相比，使用 micro:bit 物聯網教學後，受測者平均學習動機有所提升（圖六 A）。本研究所採用之量表可依題目特性在細分為動機中的 9 個面向，以完整進行前後測之 22 位受測者，之前後差異值進行分析，顯示在工作價值、自我效能與尋求協助之動機面向上有所提升，其他則不顯著。顯示出透過與本科系相關的之主題進程式設計實作教學，可以讓學生更能預期未來的工作領域

有可能會用到（工作價值面向），可以讓學生更有信心可以成功運用程式設計（自我效能面向），並且願意在遇到困難時向朋友或是前輩尋求協助（尋求協助面向）。

另一方面，有趣的是由於學習成就（以成績排名百分比為依據）與動機並無明顯之關聯性，顯示可能無法使用一項指標去預測另一項，意即可能有受測者很有學習動機，但仍然學得較不好，反之亦同。這項發現與教師的直覺上並不相同，有待將來進一步研究。



圖六、MSLQ 量表分析結果。A，29 位受測者之。B，。5 點式量表，由各題之分數 1~5 分進行全體平均(A)或非類別平均(B)，分數越高代表動機越高。*, $p < 0.05$; student's t-test, paired analysis. Error bar = standard error.



圖七、前測動機與學習成就並無明顯之關聯性。25 位受測之個人 MSLQ 動機平均分數（越高越有學習動機）比對其該學期之學期成績百分比（越高成績越好），以線性回歸關聯性分析顯示，兩者無相關性。

研究結果二：透過機器學習分析後台操作數據可找出學期成就之預測性。

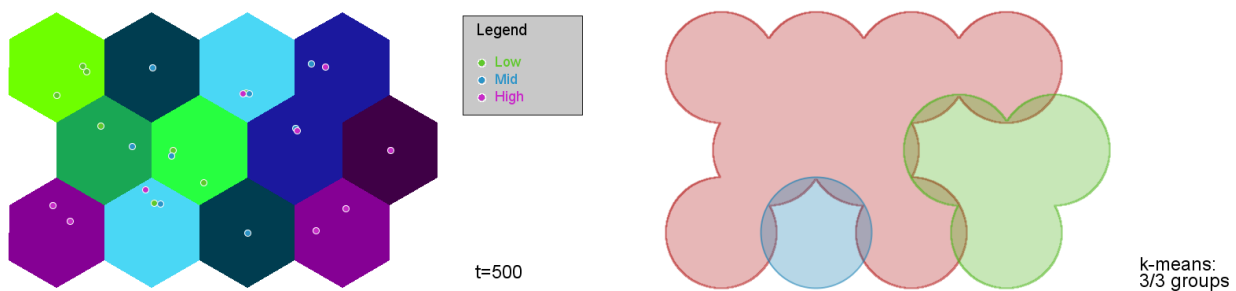
由於在本研究中無法使用動機之強弱來預測同學之學習成效，因此本研究嘗試對教學輔助平台 TronClass 之學生活動後台數據分析進行進一步之研究，TronClass 系統提供部分活動數據供匯出，包括了課程葉面訪問次數、時間、影片觀看次數與時間、文件教材觀看次數與時間、作業繳交次數、測試次數、討論區、點名等數值資料（圖八）。由於項目眾多，不易一一進行關聯性分析。因此，本研究透過 SOM (self-organizing map) 非監督式機器學習演算法將學生學習之多維度數據投影到二維平面進行分群分析（Kohonen, 1990）。SOM 之運算結果為相鄰之神經節點具有數值上的相似性，因此可透過資料點（學生）的聚集程度來了解，哪一類的學生其使用 TronClass 是否有其特性。

首先將學生資料以學期成績（原始成績）分為三群為：高分（>75 分）、中等（65~75 分）、低分（<65 分），再進行機器學習分群。結果顯示三組群之學生可被 SOM 演算法區分開來，並與 k-means 非監督式機器學習演算法分為三個群體，與原始的學期成績表現具有一致性（圖九）。這樣的結果顯示，三種學習表現的同學有其各自族群內的教學輔助平台使用特色。

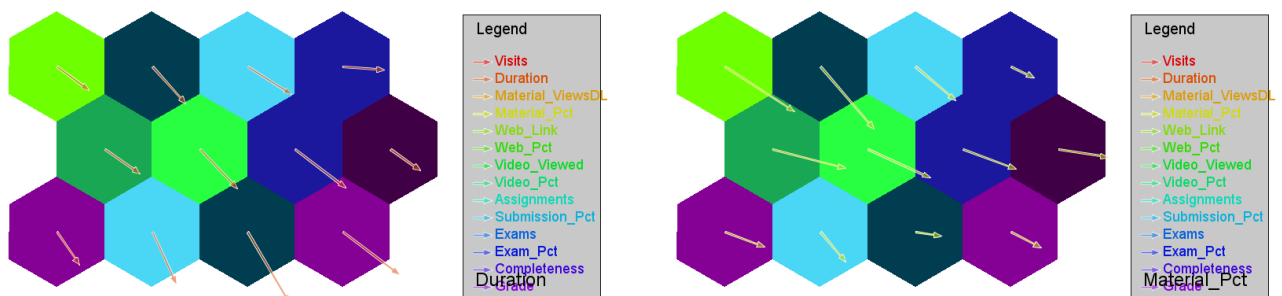
本研究接著對 SOM 之分群結果進行視覺化呈現，以向量方式表示數據的大小走向，向量走向與分群一致的有 TronClass 總上線時間（圖十左）與教材使用（包含線上看與下載）的百分比（圖十右）兩個項目，顯示使用學習輔助平台的時間越長與觀看教材的比例越高學習表現越好。類似的分析，可以發現連外的補充資料網址的觀看次數（圖十一左）與作業繳交的百分比（圖十一右）對於學習表現的關聯性較低。

User No.	Name	First Visit	Visits	Duration	Video Viewed	
1	009331	2021.02.22 11:24	769	08:01:16	0	
2	009331	2021.02.21 21:45	2286	73:24:27	1	
3	009331	2021.02.22 11:02	733	12:10:20	1	
4	009331	2021.02.22 10:10	890	04:31:21	0	
5	009331	2021.02.22 10:23	622	09:05:32	2	
6	009331	2021.02.01 10:52	1267	20:55:40	0	
7	009331	2021.02.22 11:25	527	07:39:21	0	
8	009331	2021.02.22 11:24	551	11:53:44	0	
9	009331	2021.02.22 11:24	694	25:10:23	0	
10	009331	2021.02.22 11:23	1151	34:41:33	1	
11	009331	2021.02.22 11:24	866	18:39:35	5	

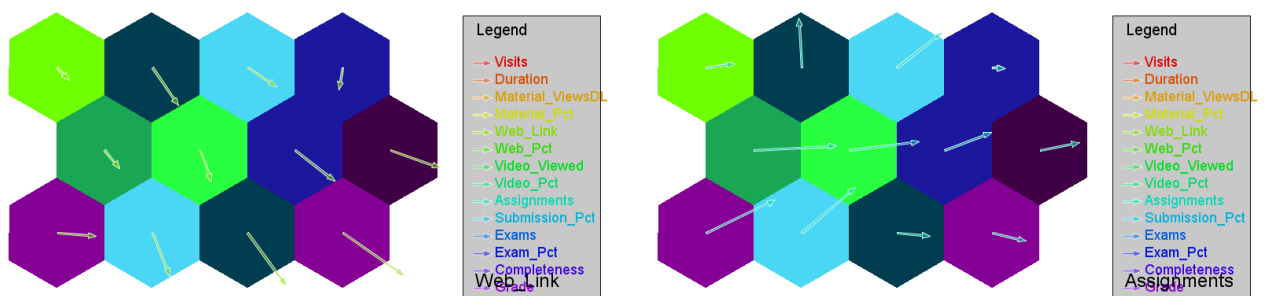
圖八、間接學習資料取得。由於本課程之教材、補充資料、作業與小考皆在 TronClass 上，待學期結束後，於 TronClass 後台下載學生之 TronClass 之操作數據。



圖九、人工智慧機器學習演算法分群。(左)透過 SOM (self-organization map) 非監督式機器學習演算法將學生學習之多維度數據投影到二維平面進行分群分析，輸出結果之相鄰 SOM 神經節點具有數值上的相似性。學生資料以學期成績(原始成績)分為三群為:高分(紫色，>75 分)、中間(藍色，65~75 分)、低分(綠色，<65 分)。(右)進階以 k-means 非監督式機器學習演算法對 SOM 結果進行分群，有一群高分群之學生之 TronClass 操作具有一致性(綠色區塊，右下角)。



圖十、SOM 結果中相關性較高之參數向量分佈。參數向量箭頭指向數據較高的方向，箭頭長度越長方向越一致代表數據一值性愈好，等於相關性高。(左)TronClass 總上線時間。(右)教材使用(包含線上觀看與下載)的百分比。



圖十一、SOM 結果中相關性較低之參數向量分佈。箭頭指向無固定方向性，因此類參數對於判斷學生之學習成就較無意義。(左)連外的補充資料網址的觀看次數。(右)作業繳交的百分比。

(2) 教師教學反思

本研究採用前後測追蹤的方式進行研究，在期初時先進行問卷，了解同學們過去對於程式設計與物聯網有多少接觸，上半學期才算傳統的程式設計教學方式，以老師講解後讓同學在電腦上實作的方式進行，期中時進行訪談與量表前測，下半學期採用物聯網單晶片開發板的實作教學，學期結束後再邀請受測者進行訪談與後測。

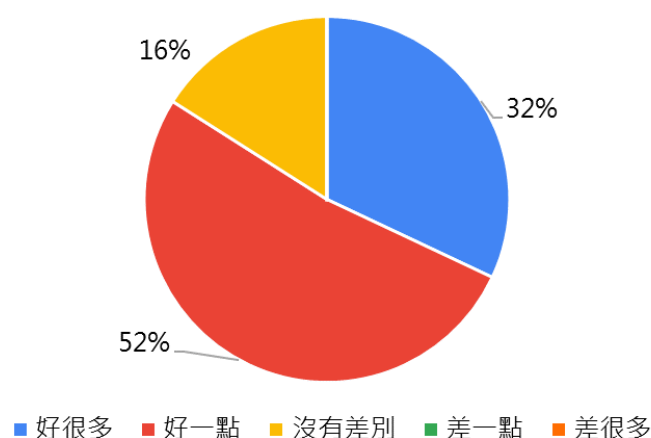
本研究選用之物聯網程式編輯器為 Microsoft MakeCode，其為一網路介面編輯器。使用上相當直覺，分享程式碼也很便捷，大多數的同學首次使用便可以在一個小時內做出第一個有功能的程式，因此 MakeCode 做為課程的軟體教材是相當值得推薦的選擇。然而

本學期電腦教室的網路以及電腦並不穩定，有兩次上課時 MakeCode 完全連不上，其餘時候也常需要等待超過 5 分鐘的網頁開啟時間。由於 MakeCode 並沒有離線的方案可以選用，因此如果若發生網路無法使用的情形時，的確會對教學進度造成嚴重地干擾。

本年度計畫較可惜的是接近期末時，因疫情因素改為遠距教學，因此部分教學內容改以老師進行線上示範，原排定以分組來競賽的遙控車競賽也改以老師示範的方式進行。原定之期末考也改以分組線上專題報告的形式進行，題目要求以 micro:bit 開發板為核心進行一個與生活或是養殖相關的專題設計。遠距教學為規劃外之事件，因此藉此機會將遠距教學列入訪談項目之一，有趣的是，絕大多數同學覺得比起實體上課對自己的學習狀況更好（圖十二），此點與多數由實體上課轉為遠距教學的老師感受背道而馳，因此是否只是教師在教學上一時不習慣所產生的負面感受，還是學生單純比較喜歡遠距教學的自由感，目前還有待將來進一步研究。

在前述的 MakeCode 教材與分組專題中，鼓勵各組在原有的示範程式碼或主題上額外添加硬體擴充功能之部分（如使用圖二之套件），並提供開發板與小套件給各組自由借回使用。以兩班共二十組同學而言，僅有不到 5 組達成，並不算高比例，主要原因推測為分組作業時間已經接近期末，作業時間安排僅有兩~三週。大多數的組別僅能完成基本的作業要求，之後之教學將針對此部分進行改善。整體而言，同學偏好講課以外的活動多於單純講課，因此除了本計畫所原提出之部分，還多方嘗試了例如請同學上台參與遊戲以及使用 Kahoot! 進行遊戲問答等教學方式，同學的正面回饋也有所增加。

遠距教學比起在實體上課對於自己的學習狀況



圖十二、遠距教學對於學習狀況之自我評價結果。上圖結果為 25 位受測者之訪談結果，無人表示遠距教學相對於實體上課對自我的學習狀況較差。

(3) 學生學習回饋

學習訪談問卷結果

期中問卷由教學助教對受測者進行一對一訪談。一對一訪談問卷結果準確度較高，且由助教紀錄詳細的談話內容，因此安排較多問答題後，再由助教進行統整，以確保準確度。結果顯示大多數同學願意在課堂外平均每週多花約 3 小時的時間來學習本門課程，且大多數的同學認為本課程之內容與教材有正面作用（圖十三）。

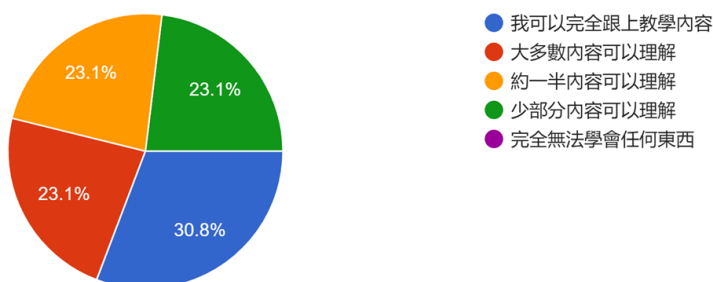
另一方面，於學期末進行匿名問卷調查結果(圖十四)顯示多數同學認為教材內容適合本

系之學生，且以 Micro:bit 物聯網來學習程式語言是正向幫助的。到了學期末，大多數同學對於程式語言的學習態度也逐漸由陌生轉為正面。

最後，本研究嘗試請受測者於期中時預期自己的期末成績表現（圖十五），發現僅有 1/4 左右的受測者會有極大的預測誤差（誤差 30% 以上），而有一半的同學可以準確預測到自己在全班的百分位表現，而當訊問自己的對本課程的努力付出，多數都是認為自己高於平均的，甚至亦高於對自己的興趣。總結來說，多數同學認為自己有足夠的用功，而在班上表現不夠好有可能是其他因素所造成，如其它人已經學過程式設計或自己本身不夠有天份等。

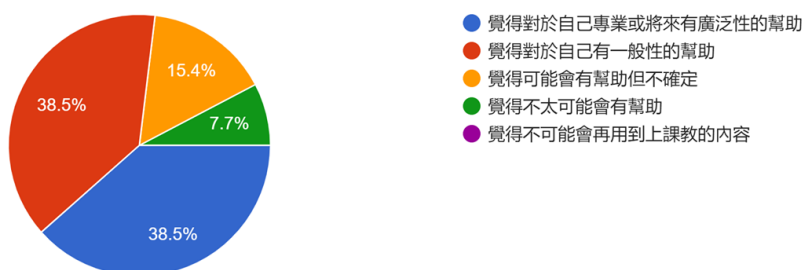
你覺得到目前為止本課程的學習狀況

13 則回應

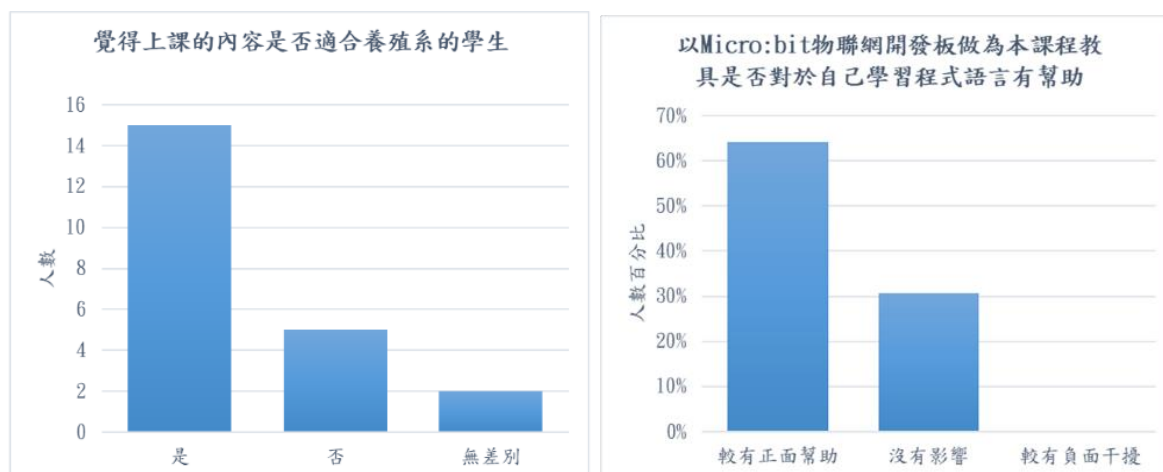


你覺得這門課對於你將來有甚麼樣的幫助？

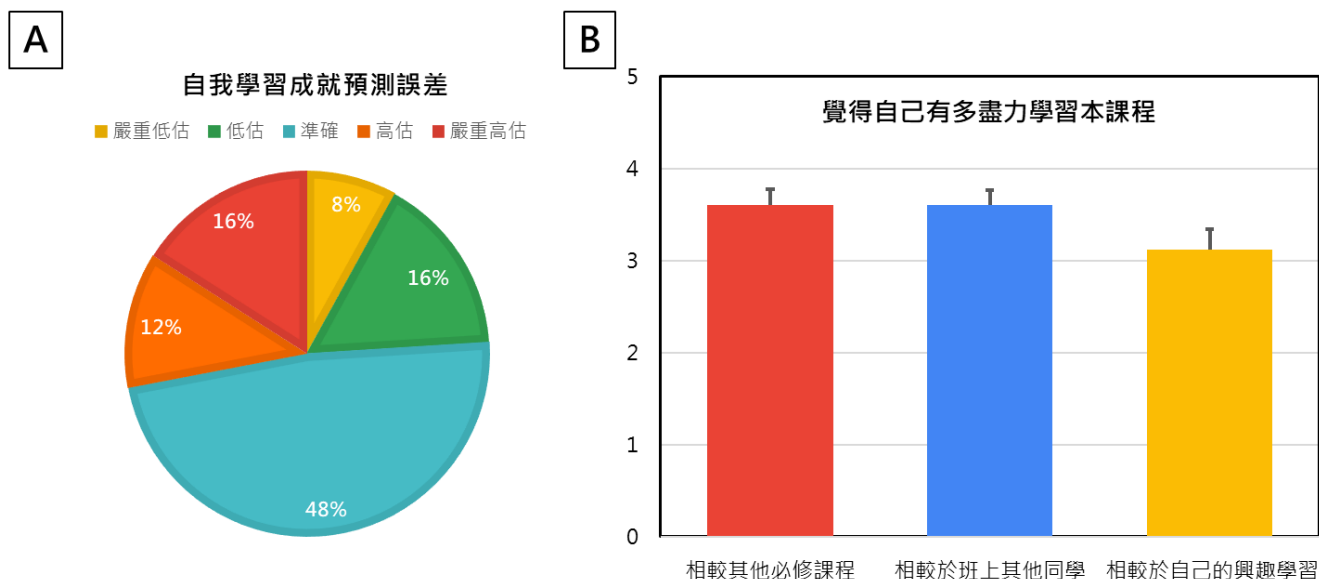
13 則回應



圖十三、期末學習問卷分析結果。問卷人數為 13 人。



圖十四、教學內容適用性之匿名問卷結果。問卷人數為 22 人。



圖十五、學習成就與學習付出之自我評價。A 期中之自我預估與期末實際結果之差異。B 期末之學習付出自我評價。訪談人數為 26 人。

6. 建議與省思(Recommendations and Reflections)

在本計畫執行時，受到了校內教學中心同仁的諸多幫助，在此表達感謝之意。由於疫情因素改為遠距的教學，導致原本規劃以實作作為教學策略的研究變得相當不易執行。由於遠距教學並不是因為疫情才特有的，只是以往並較少有對遠距實作或是由老師觀看學生結果立刻於以指導的課程進行準備，因此在將來仍有研究偏重實作的課程該如何有效地以遠距方式達成教學的目標的需求。

二. 參考文獻(References)

- Adkins, J. K., Linville, D. (2017). Testing Frequency in an Introductory Computer Programming Course. *Information Systems Education Journal*, 15(3) pp 22-28.
- Ashton, K. 2009. That "Internet of Things" Thing - 2009-06-22 - Page 1 - *RFID Journal* [Online]. Available at: <https://www.rfidjournal.com/articles/view?4986> [Accessed: 16 January 2019].
- Bagheri, M. and Movahed, S.H. 2016. The effect of the internet of things (iot) on education business model. In: 2016 12th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS). IEEE, pp. 435-441.
- Black, A. E., & Deci, E. L. (2000). The effects of instructors' autonomy support and students' autonomous motivation on learning organic chemistry: A self-determination theory perspective. *Science education*, 84(6), 740-756.
- Jonassen, D. H. (2013). Transforming learning with technology: Beyond modernism and post-modernism, or whoever controls the technology creates the reality. In *The nature of technology* (pp. 101-110). Brill Sense.

6. Dweck, C. S. (2006). *Mindset: The new psychology of success*. New York, NY: Random
7. House Publishing Group.
8. Deci, Edward L.; Ryan, Richard M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. New York: Plenum. ISBN 978-0-306-42022-1.
9. Elliot, A. J., Covington, M. V. (2001). Approach and Avoidance Motivation. *Educational Psychology Review*.
10. Fraser, N. 2015. Ten things we've learned from Blockly. In: 2015 IEEE Blocks and Beyond Workshop (Blocks and Beyond). IEEE, pp. 49–50.
11. Gerber, L.C., Calasanz-Kaiser, A., Hyman, L., Voitiuk, K., Patil, U. and Riedel-Kruse, I.H. 2017. Liquid-handling Lego robots and experiments for STEM education and research. *PLoS Biology* 15(3), p. e2001413.
12. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S. and Palaniswami, M. 2013. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems* 29(7), pp. 1645–1660.
13. Kavakci, O., Semiz, M., Kartal, A., Dikici, A., & Kugu, N. (2014). Test anxiety prevalence and related variables in the students who are going to take the university entrance examination. *Dusunen Adam: The Journal of Psychiatry and Neurological Sciences*, 301–307.
14. Kohonen, T. (1990). The self-organizing map. *Proceedings of the IEEE*, 78(9), 1464-1480.
15. Mahadevan, A., Freeman, J. and Magerko, B. 2016. An interactive, graphical coding environment for EarSketch online using Blockly and Web Audio API.
16. Passault, G., Rouxel, Q., Petit, F. and Ly, O. 2016. Metabot: A Low-Cost Legged Robotics Platform for Education. In: 2016 International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC). IEEE, pp. 283–287.
17. Pintrich, P. R. (2000). An Achievement Goal Theory Perspective on Issues in Motivation Terminology, Theory, and Research. *Contemporary educational psychology*, 25(1), 92–104.
18. de Raadt, Michael. (2012). Student created cheat-sheets in examinations. Australian Computer Society, Inc.
19. Robins, A., Rountree, J., & Rountree, N. (2003). Learning and Teaching Programming: A Review and Discussion. *Computer Science Education*, 13(2), 137–172.
20. Webduino 開發團隊. (2016). 實戰 Webduino - 物聯網開發 x 智慧家居應用 x 自走車. 碁峰出版社.
21. 陳佳宜, & 李忠謀. (2018). 從目標導向至問題導向: 高學習成就學生之程式設計學習研究. *TANET2018 臺灣網際網路研討會*, 2586-2591.
22. 黃意潔. (2013). 遊戲式排序教學對五專生及高中生排序演算概念之影響. 國立臺灣師範大學碩士論文
23. 程炳林, 林清山. (2001). 中學生自我調整學習量表之建構及其信效度研究. *測驗年刊*, 48 卷 1 期, P1 – 41
24. 馮毓琪. (2013). 非傳統上課模式對於中低動機學生的學習影響研究. 國立臺灣師範大學碩士論文

三. 附件(Appendix) (請勿超過 10 頁)

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。

附件一、MSLQ 動機量表

動機之評估主要以國內學者吳靜吉、程炳林(1992)修定之「激勵學習策略量表」(Motivated Strategies for Learning Questionnaire, MSLQ)，採用之題目為陳與李（2018）所修訂之針對程式設計學習之題目版本。MSLQ 量表中原分為六個細部面向為：內在動機、外在動機、工作價值、控制信念、自我效能、測試焦慮。陳與李（2018）另加入三個面向為：努力經營、尋求協助、外部因素。共 44 題。此外，由於訪談與問卷為了要追蹤個別學生之各項指標變化，因此大多資料在收集時記名問卷。為避免產生作答偏差，於期中訪談時會加入 Crowne and Marlowe (1960)所編製之社會期許量表，避免結果受到「乖寶寶效應」之影響，即回答皆過度正面之受訪者。社會期許量表由本研究自行翻譯為 13 題，整份量表為隨機之 57 題，5 點程度問卷形式，並每次將題目重新隨機排序。題目如下表：

題號	題目	所屬類別
1	在學習電腦時，我比較喜歡對我有挑戰的內容，以便能學到新的東西。	內在動機
2	如果我用對方法學習，我就可以學會程式語言的內容。	控制信念
3	在這門課考試時，我會想到：和其他同學相比我是多麼差勁。	測試焦慮
4	如果我不瞭解程式語言的內容，那是因為程式語言太難了。	外部因素
5	我認為我可以把在程式語言所學到的概念應用到別的課程中。	工作價值
6	在程式語言學習中，我相信我會得到優異成績。	自我效能
7	我確定我可以瞭解程式語言的內容中最困難的部份。	自我效能
8	在程式語言學習得到好成績，是我最滿意的事	外在動機
9	在這門課考試時，我會一邊作答一邊想到我不會的題目。	測試焦慮
10	如果我沒學會程式語言，那是我自己的過錯。	控制信念
11	學會程式語言對我是重要的。	工作價值
12	在程式語言學習裡我最關心的事就是得到好成績。	外在動機
13	我有信心我可以學會程式語言的基本觀念。	自我效能
14	如果可以的話，我要我的成績比班上大多數同學好。	外在動機
15	如果我瞭解程式語言的內容，那主要是因為老師的關係。	外部因素
16	在這門課考試時，我會想到考不好的後果。	測試焦慮
17	我有信心我能瞭解老師在程式語言裡所教的最複雜的內容	自我效能
18	在程式語言裡，我比較喜歡能引起我好奇心的內容，即使那些內容難以學習。	內在動機
19	我對程式語言的學習很有興趣。	工作價值
20	如果我夠用功的話，那麼我就會瞭解程式語言。	控制信念
21	在這門課考試當時，我會感覺不自在，渾身不舒服。	測試焦慮
22	我有信心在程式語言裡的作業和考試表現優異。	自我效能
23	我預期在程式語言學習中表現良好。	自我效能
24	在程式語言學習時，最令我滿意的事就是儘量把課程內容徹底搞懂。	內在動機

25	我認為學習程式語言的內容對我是有用處的。	工作價值
26	如果有機會挑選作業，我會挑選我能從中學到東西的作業，即使並不能保證得到好成績。	內在動機
27	如果我不瞭解程式語言，那是因為我不夠用功。	控制信念
28	我喜歡程式語言。	工作價值
29	瞭解程式語言的內容對我是很重要的。	工作價值
30	如果我沒學會程式語言的內容，那是因為老師的關係。	外部因素
31	在這門課考試當時，我會覺得我心跳很快。	測試焦慮
32	我確定我能精通程式語言的技能或技巧。	自我效能
33	如果我學會了程式語言的內容，那是因為程式語言容易學習。	外部因素
34	我要在班上表現得好，因為對我的家人、朋友、或其他人顯示我的能力是重要的。	外在動機
35	考慮程式語言的困難程度、老師、和我個人的技巧，我想我會表現良好。	自我效能
36	在研讀程式語言時，我常試著解釋內容給同學或朋友聽。	努力經營
37	在研讀程式語言時，我經常覺得很懶或無聊，以致在完成計劃要做的事之前便放棄了。	努力經營
38	我試著和同學一起工作，以完成這門課的作業。	努力經營
39	在程式語言學習時，即使我不喜歡我們所做的一切，我也會努力把它作好	尋求協助
40	在研讀程式語言時，我常安排時間與一些同學討論課程內容。	尋求協助
41	為了把我不太瞭解的觀念弄清楚，我會去請教老師。	尋求協助
42	當我在程式語言中有不瞭解的地方時，我會請教同學。	尋求協助
43	即使程式語言枯燥無趣，我也會努力做下去，直到完成為止。	尋求協助
44	在這門課裡，我試著找出幾個同學，好讓我在需要時可以向他們請教。	尋求協助
45	我做選擇之前會思考我的選項	乖寶寶
46	我會毫不猶豫地去幫助別人	乖寶寶
47	如果沒被鼓勵很難繼續我的工作	乖寶寶
48	有時候我會懷疑我在人生中的成功能力	乖寶寶
49	當無法照我的意思走的時候我有時會感到不滿	乖寶寶
50	我對我的穿著很小心	乖寶寶
51	我總是不會聊八卦	乖寶寶
52	我是一個很好的傾聽者	乖寶寶
53	我總是原諒別人做錯的事	乖寶寶
54	當我有不知道的事情，我不介意承認	乖寶寶
55	我不會讓別人因為我做錯的事而受到懲罰	乖寶寶
56	我會嫉妒別人的好運	乖寶寶
57	我從來沒有刻意說了傷人的話	乖寶寶

附件二、教材參考程式碼與影片

1. 骰子程式:
https://makecode.microbit.org/_432WYaKoucqY
2. 碼錶程式:
https://makecode.microbit.org/_RfDPj0LbD56f
3. 溫光度檢測器:
https://makecode.microbit.org/_8kiE57WEm1Wa
4. 循跡避障程式碼:
https://makecode.microbit.org/_P27ffr0A6deg
5. 迷你賽道的範例影片:
https://youtu.be/SmzKnJnRb_M