

範例引導與問題導向混合學習策略 對國小學生機器人程式學習成效的影響

楊秀全¹ 李隆盛^{2,*}

¹桃園市永順國民小學

²國立臺灣師範大學 科技應用與人力資源發展學系

摘要

問題導向學習策略已被廣泛運用在機器人程式設計等跨領域課程，但加上常見但可能阻礙創意發展的範例引導是否更具成效，是常被關切的課題。本研究以準實驗法，探究「範例引導與問題導向混合學習」(實驗組)以及「一般問題導向學習」(控制組)兩種不同學習策略的成效差異，針對95名國民小學五年級學生，進行兩組各14節的機器人程式設計課程。課程實施前後以自編關鍵能力量表評量學生的自主學習、合作學習、問題解決、批判思考及創造創新等五種能力，並以「認知負荷量表」測量學生學習機器人程式設計的認知負荷。課程實施後另以國際運算思維測驗(Bebras test)評量學生運算思維。研究結果顯示這種混合型學習策略因為有適切的鷹架範例導入，較一般問題導向學習策略更能：提升國小學生的自主學習、合作學習、問題解決以及批判思考等能力，並在學習機器人程式設計上有較好的學習成就，同時提升學生在機器人程式設計的運算思維、降低學生的認知負荷。

關鍵詞：STEM跨領域教育、問題導向學習、程式設計教學策略、範例引導學習、機器人教育

壹、緣起與目的

機器人教育被認為可培養學生的資訊素養和其他關鍵能力(Lathifah et al., 2019)，正在各國中小學方興未艾。隨著數位學習的興起，愈來愈多學校將機器人和程式設計納入課程，使課程更加有趣且透過動手實作讓學生更容易理解和掌握程式撰寫。此外，機器人教育激發學生創意，提高邏輯思維和批判性思維能力(Rim et al., 2014)。然而，現有

研究大多著重驗證了機器人在教育中的積極影響，因此機器人輔助學習對學習成效之影響的實證研究發現仍充滿許多挑戰(Zhong & Xia, 2020)。

機器人程式設計學習有助提升邏輯思考能力(Grover & Pea, 2013; Kalelioğlu, 2015; Lye & Koh, 2014)、運算思維能力，和展現優異的合作和互動能力(Eguchi & Uribe, 2017)。我國教育部發展十二年國民基本教育課程綱要(以

*通訊作者：李隆盛，lungshenglee@gmail.com；ORCID：0000-0002-9416-9274

投稿：2023/6/15，修訂：2023/9/25，接受：2023/9/28，線上出版：2024/1/29

下簡稱新課綱)，課程內容強調學校課程教學應運用科技工具培養學生的動手實作、邏輯與運算思維、問題解決、批判性思考和創造性思考等高層次思考能力(教育部，2018)。因此，機器人程式設計課程需關切學生未來所需關鍵能力的增進。

問題導向的教學模式有助於機器人程式設計學習和問題解決成效，但缺乏提示指引可能使學生在面對複雜問題時感到困惑。因此，結合問題導向和提示導向(如提供範例引導)的教學方法可能更有效，以減少學生的認知負荷來提升教學成效(Çakiroğlu et al., 2018)，設計機器人程式課程時，透過結合問題導向和提示導向二者的教學方法，鼓勵學生進行團體合作。但是此一論述尚待實證研究支持。緣此，本研究探討問題導向和範例引導混合學習對機器人程式設計學習的效果。因此，本研究之研究目的如下：

- 一、在問題導向學習策略中，有無範例引導對於學生機器人程式的關鍵能力的差異。
- 二、在問題導向學習策略中，有無範例引導對於學生機器人程式的學習成績的差異。
- 三、在問題導向學習策略中，有無範例引導對於學生機器人程式的運算思維的差異。
- 四、在問題導向學習策略中，有無範例引導對於學生機器人程式的認知負荷的差異。

貳、文獻探討

一、機器人程式學習在培養新課綱核心素養與關鍵能力中的角色

近年，機器人在教育的應用上被廣泛地認為能提升學生關鍵學習能力(趙嘉浩等，2017)，而機器人導入教學現場的研究驗證，則發現機器人教學有助於學生提升學習成果

(Konijn & Hoom, 2020)，張基成等(2019)也運用 Understanding by Design (UbD)的課程設計模式發展出機器人跨領域統整課程，藉由任務式的教學策略，讓學生實際動手做，連結真實世界的學習情境。新課綱中三面九項核心素養是當今中小學課程發展的主軸，九項之一為「科技資訊與媒體素養」(教育部，2021)，期望運用科技工具及使用材料與資源，激發學生動手實作，而透過機器人導入教學，可以培養解決問題、運算思維等核心概念，這也符合現代社會對基本素養的需求。

此外，2003年聯合國教科文組織提出了終身學習的五大支柱，2005年歐盟提出了終身學習的八項關鍵能力。International Society for Technology in Education (ISTE) (Brooks-Young, 2017)發布的新版學生科技應用能力標準主張學生應具備的相關知能，包括主動學習、數位化公民、知識建構、創新設計、運算思維、創意溝通和全球合作等七個領域。這些能力標準強調從學生主動學習出發，定位學生應用科技的範疇，讓學生充分發揮學習能量。因此，在參酌國內外諸多核心素養和關鍵能力文獻後，以下針對與本研究中國小機器人程式學習成效較為相關的能力進行論述。

(一)自主學習能力

根據ISTE學生標準(Brooks-Young, 2017)，學生需使用科技積極選擇、實現並展示學習目標，轉向以學生為中心的課堂。機器人程式撰寫可促進自主學習，學生可參考網路資源並自主設計製作機器人。李隆盛與楊秀全(2019)的研究顯示，範例引導學習能提升國小學生的自主學習能力。課程編序成為學習引導，學生通過自主抄錄筆記和對照範例解決問題，獲得個人成就感，成為自主

學習的動力來源。然而，運算思維和程式設計能力的培養需要課程活動、真實任務、不插電媒材和教師同儕鷹架的協助(Lye & Koh, 2014)。透過程式學習培養運算思維，如問題分析、拆解、找規律、設計演算等，提高問題處理效率。透過機器人程式設計，學生能思考如何解決問題，培養屬於自己的思考模式，學習更有效率地處理問題。

(二)合作學習能力

在程式教育中，學生通常需要解決問題，並透過合作編寫程式或討論解題策略來進行溝通，可以減少初學程式設計學生的焦慮和挫折感，且有助於培養正向的程式設計態度(Dongo et al., 2016)。在機器人課程中，學生可透過個別或群組的機器人模組進行合作討論，形成組內共學並強化組間互學。學生需要展示學習成果給老師或同儕，因此良好的溝通能力尤其重要。ISTE的學生標準(Brooks-Young, 2017)強調透過科技與他人合作的能力，培養全球視野和豐富學習。合作能力是21世紀的關鍵能力，促進學生成為全球公民並為解決全球議題做出貢獻。合作學習也是以學生為中心的重要方式。協同合作有助於提升科技學習效果，並透過不同教學策略分析學生的合作學習能力。

(三)問題解決能力

程式教育中的分析問題、拆解問題、找出規律、設計演算等，有助於培養運算思維，讓學生能夠更有效率的解決生活中的問題，就像學校生活常遇到的搭車上學乃至於結交朋友，都需要有個別的思考模式。機器人進入小學教學現場，是國內的教育趨勢，可以培養創造力及問題解決能力(陳怡靜、張基成，2015)。邱仁一與崔夢萍(2021)的後設分析研究中指出，提供學習者導入程式語言

學習的環境，對於學生的問題解決能力具有正向的學習效果。國外學者Sullivan (2017)則透過開放式設計挑戰學習機器人課程，有效的培養兒童的問題解決能力。

(四)批判思考能力

在機器人程式設計中複雜問題解決情境下，批判性思考給學生機會退一步並思考如何能真的解決問題，以及什麼樣的問題解決策略能達成學生的目標。徐新逸與項志偉(2016)指出國小翻轉教學融入資訊課程程式設計，能激發學生自主學習的動機，願意去探索、嘗試、思考屬於自己的知識；再藉由編寫程式的學習歷程，利用高層次的思考驗證自己的想法，增進其批判思考力。國外學者指出，透過MINDSTORMS進行機器人程式設計活動，有助於增強學生的邏輯思維和批判性思維(Rim et al., 2014)。學習機器人程式設計其主要目的是要讓學生能有效率的思考以及有效率的問題解決，培養學生問題解析、模式辨識、抽象思考、演算法概念、檢核除錯等基本能力，故本研究嘗試比較在不同的機器人程式設計教學策略下，瞭解學生自覺批判思考能力的概況。

(五)創造創新能力

在學生學習程式設計時，最重要的就是撰寫能依序執行的程序，且完整執行後就能有如預期且正確的結果，所以，可以訓練學生在學習程式設計時，將問題進行分割的概念，進而培養邏輯思考的能力。ISTE認為在設計過程中，為了確定和解決現實問題，學生採用多種技術去開發創新而實用的解決現實問題的方案，這些方案就是創造能力的表徵(Brooks-Young, 2017)。Kobsiripat (2015)認為Scratch程式設計的學習，可以提升國小學生的創造力，讓學生能有與傳統程式設計截

然不同的學習經驗。Pérez-Poch等(2016)的研究指出在程式設計課程中，透過多媒體功能的導入，有助於提升學生的創造力。因此，本研究也期望透過教學策略的比較，來分析學生在學習機器人程式設計時，在創新創造能力層面自覺表現的情形。

(六)運算思維與程式設計

程式軟體工具讓學生能運用科技設計驗證其構思的成品，實踐運算思維(劉明洲，2017)，此外，提供學習者運算思維情境，在學習程式語言時，有助理解抽象概念並提升學習動機，是促進運算思維的絕佳工具(Moreno-León & Robles, 2015)。Chen等(2017)設計機器人程式編輯的課程，其研究結果顯示課程對於國小學生的運算思維有提升的助益。Pérez-Marín等(2020)研究指出，Scratch教學能顯著提升高中學生運算思維。機器人控制和設計是新課綱生活科技課程的重要教學內容，各縣市教育局紛紛建立資訊教育課程大綱，確保學習連貫性。例如，桃園市國民小學資訊科技課程大綱(桃園市政府教育局，2018)中的機器人程式設計教學活動，培養學生問題解決和科技應用能力。

二、機器人程式設計學習策略的相關研究

程式語言的學習對許多學生來說一直不是容易學習的科目，程式語言指令看似不難，但組合千變萬化，要如何將抽象的問題以程式實際撰寫出來，即為程式設計最重要課題。認為程式語言初學者會遇到的問題在於理解程式歷程及控制結構，所以在程式設計的教學上，應該著重於讓學生理解問題及程式運作上的邏輯架構，讓學生更容易進入解題的情境脈絡。

(一)機器人程式設計學習中的認知負荷

機器人程式教學對學生的認知資源需求很高，學生以不同方式學習程式設計，在認知負荷的交互作用層面會有不同的影響(Abdul-Rahman & du Boulay, 2014)。然而，這種認知負荷常常給學生帶來壓力。認知負荷理論指出，學習內容的設計和教學方法對學習者的概念獲得和認知活動有重要影響。降低學習者的認知負荷並提升學習成效是重要目標(莊謙本等，2011)。任務本位向度和學習者本位向度是構成認知負荷的因果因素和評估因素。學習者在處理訊息時，所遭遇的認知負荷包含內在認知負荷、外在認知負荷和增生認知負荷。內在認知負荷受教材難易程度的影響，教師可以適度切割教材或提供前導示例，降低學習者的內在認知負荷。外在認知負荷主要因教學設計不良，教師應避免呈現與學習教材無關的訊息。增生認知負荷則可透過適當的教材呈現和策略引導學生建構解題基模，提升學習成效。

研究顯示，導入多媒體學習時，若能降低學習的認知負荷，就能提升學習效果(Hong et al., 2020)。在小學機器人程式教學中，輔助學習者認知過程，透過範例引導協助組織訊息和整合訊息至關重要(Gaudiello & Zibetti, 2013)，並且調整任務順序及工作量，以減少高年級學生的認知負荷來提升教學成效(Çakiroğlu et al., 2018)。因此教學者應著重讓學生真實理解問題和程式運作的邏輯，以具象的程式語言撰寫歷程，是學習程式設計時的關鍵。

(二)機器人程式設計學習中的鷹架輔助

鷹架理論被以不同形式廣泛應用在各種教學場域(徐琍沂、徐遠雄，2020)，機器人課程的教學常使用鷹架策略，提供成品展示和

步驟指引，讓學生進行模仿練習解決問題。當學習者在探索學習環境中，鷹架的輔助對於推論和思考過程非常重要。在強調探索和問題解決的遊戲式學習中，使用程序鷹架逐步引導學習者思考和專注於解決問題，維持學習動機。在學習新概念和能力，如程式設計等方面，教師需要思考提供何種鷹架以協助學生達成學習目標。由於情境複雜，單一類型的鷹架無法滿足大部分學生的需求，在不同的教學情境中，教師會因應學生的不同情況使用不同的鷹架策略。

Basu等(2017)應用智慧型導師系統來分析學習者資訊，依據個別學習狀況提供解決問題任務的導引機制或程式半成品等適性學習鷹架，讓學生在解題過程中能夠逐步收斂問題解決方法。電腦化鷹架在科學、科技、工程與數學(Science, Technology, Engineering, and Mathematics, STEM)教學中有助於專題學習，整體效能高於其他模式(Belland, 2017, pp. 107-126)。對於小學生而言，教師需提供更多自主鷹架，電腦化鷹架在專題學習中效果較好(Lin & Reigeluth, 2016)，傳統教學模式很少兼顧講述和問題導向學習，而電腦化鷹架能改善這種情況。

(三)機器人程式設計學習中的範例引導

鷹架引導在學習中的作用類似於房屋建築，需瞭解學習者特性並提供外在協助，以達到最佳支援效果(Wouters & van Oostendorp, 2013)。教師可透過問答結合學生認知結構和提出的問題，促進答案的歸納與推論。設計問題讓學生利用先備知識思考解答，透過師生問答討論提升問題解決能力、學習動機和成效(王秀鶯, 2013)。

鷹架在學習中的作用需適時提供協助，隨著學習者能力提升，可以逐漸撤除鷹架，

使學習者能自主解題。範例引導教學在程式語言教學中廣泛應用，學習者透過範例的引導學習有效地完成任務策略，內化並理解知識(Renkl, 2014)。研究也發現學生對於翻轉教學法有正向看法，課堂中提供範例可以讓學習者專注於問題本身，讓學生有時間實作程式解題，教授的課程範圍比一般講課範圍廣(Mason et al., 2013)。在程式設計教學中，教師可製作解題步驟範例，強調規則，透過模仿範例或推敲未完成部分進行學習。然而，範例教學對學生的問題解決能力僅在初學者有效，仍需要斟酌性質(涂金堂, 2011)。

(四)問題導向的機器人程式設計學習

學生學習機器人程式設計時，透過電腦科技解決問題，提升運算思維應用能力。機器人程式設計學習涵蓋機構、動力、控制、互動和程式控制等關鍵議題。程式設計能力教導學生透過邏輯分析複雜問題，找出最佳解決方法(Lazonder & Harmsen, 2016)，問題解決能力是運用學習到的知識和技能處理未解問題，愈複雜的問題需要更多元的能力。

問題導向學習的程式設計則讓學生透過撰寫程式解決問題，除了知識本身，也培養心智技巧(Hadjerrouit, 2008)，培養學生邏輯思考能力。學習者需要以程式設計的邏輯思考方式解決問題，這些能力可幫助他們在不同領域解決問題(Fernaes et al., 2006)。因此，問題導向學習應用於程式設計教學的四個步驟包括：1.瞭解問題需求，釐清相關資訊與條件；2.擬定解決方案，拆分問題為子問題並整理關聯性；3.程式撰寫，利用圖形化程式設計執行解題任務；最後4.除錯和測試，修正程式錯誤並確認正確性。國小階段學習程式設計是培養運算思維的重要途徑。程式撰寫的循環過程包括描述、執行、反思

和除錯，除錯是學生建構知識的機會，運用問題導向教學法的Scratch程式設計教學可以提升學生的運算思維能力(吳偉元，2018)。

(五)範例引導與問題導向的機器人程式設計學習

問題導向學習策略是提升國小學生問題解決能力的有效方法。對於新手學習者，在程式設計中解決問題時可能遇到困難，缺乏提示或指引。為了協助初學者，可以引入範例引導學習策略，先研讀範例再進行解題練習，這能提升學習成效(Renkl, 2011)。範例引導學習能更好地促進學習，並減少錯誤，學習者可以觀察範例中的專家認知活動，建立自己的認知活動。研究指出，演練範例能直接引導學生解題，可提升信心並降低錯誤(何品萱等，2017)。van Es與Jeurig (2017)透過學習任務、支持性資訊、及時資訊和子任務練習等方式，有助於記憶先前所學的知識，並應用於新的學習上，在學習程式設計時帶來了顯著的學習效果。在國小機器人程式學習中，問題導向教學策略組表現優於僅提供範例引導的組別(李隆盛、楊秀全，2019)。透過問題導向教學策略先瞭解問題需求並擬定解決方案，然後進行程式設計解題任務，最後通過反覆除錯和測試進行學習。

範例引導學習可能限制學生思考問題核心和程式積木關聯的能力，但仍優於傳統問題解決教學。範例引導學習可幫助學習者理解解題邏輯，激發自主學習動力。若能混合應用範例引導和問題導向教學策略，找出其教學優勢點，探討其對學生機器人程式設計學習成就和效果的影響，並比較問題導向學習策略，當可釐清疑慮並裨益教學策略的適切選擇與運用。

參、方法與程序

本研究以準實驗法，探究「範例引導與問題導向混合學習」以及「一般問題導向學習」兩種不同教學策略的成效差異。

一、研究對象

本研究以桃園市某國小五年級所有四個班級作為母群進行研究，以班級為單位，採隨機分派方式決定組別，即就全部四個班級隨機抽選兩個班級為實驗組，實施範例引導與問題導向混合學習策略，兩個實驗組班級共計46名學生；其餘兩個班級為控制組，實施一般問題導向學習策略，兩個控制組班級共計49名學生。此四個班級在四升五年級分班時皆已依照教育部規定，採S型常態編班。此外，學生在進行本研究的前一學期之資訊課學期成績經獨立樣本 t 檢定分析後，實驗組與控制組學生的平均分數各為88.93與89.06， t 值為-0.08， p 值為.057，未達顯著水準(.05)，表示實驗組與控制組的學生在本學習課程前資訊起始成績沒有顯著差異。

二、研究工具

課程實施前後兩組學生均進行「關鍵學習能力量表」施測，教學過程中亦進行課程目標導向的標準本位成就評量，學生作品皆針對功能、創意、程式、AI設計、外型等五項進行評分，以瞭解學生的學習成效。同時，將觀察紀錄轉成文字檔，與量化資料加以比較、相互檢核，來淬鍊出學生對機器人程式設計的學習狀況、對課程的理解等等，作為本研究質性分析之依據。記錄方式為「生：組別／班序／座號」，冒號後為學生所表達或口說的內容，例如「生C2-11：我有看旁邊的程式，但我跟他不太一樣」代

表「控制組學生第2班編號11的學生上課時說道：我有看旁邊的程式，但我跟他不太一樣」。每一大單元結束後，進行「認知負荷量表」及Bebras國際運算思維挑戰賽測驗。工具說明如下。

(一) 機器人教材教具

本研究所使用之本研究所指之機器人程式設計，係由Webduino公司於2019年新推出的開發板(Web:Bit)，Web:Bit硬體的主控版是微型電腦，電機板上具有生活常見的感測器，如溫度感應、光線或方位陀螺儀等，在組裝運用上也相當簡單。除了學習程式設計的邏輯，其附屬的感應器以及二輪機器人套件，可以同時學習到STEM的跨領域知識，甚至是物聯網以及人工智慧的概念。對於教師而言，Web:Bit套件的多變化及簡單拓展性，在國小階段中有限的教學時間內具有很大的優勢。課程採取UbD課程設計，並將課程教材放置於學習吧網站(LearnMode學習吧)，依據單元的教學目標來編輯成合適的機器人程式設計課程內容，學生可於系統中進行討論、發表，可訓練學生的溝通以及表達能力。

(二) 關鍵能力量表發展

本研究參考Chai等(2015)所編製之「二十一世紀學習關鍵因素量表」，編製檢測學生在程式設計課程前後所表現的自主學習能力、合作學習能力、問題解決能力、批判思考能力、創造創新能力等關鍵能力量表，屬自陳量表，採李克特(Likert)五等量表，五個能力向度共27個題目，每個向度分別有5～8個子題。該量表經預試Cronbach's α 內部一致性檢視，預試信度如下：自主學習能力信度 $\alpha = .895$ 、合作學習能力信度 $\alpha = .954$ 、問題解決能力信度 $\alpha = .896$ 、批判思考能力信度 $\alpha = .811$ 、創造創新能力信度

$\alpha = .886$ ，總內部一致性Cronbach's α 係數為.957，具良好量表信度。課程實施前後兩組學生均施測「關鍵學習能力量表」，並針對前後測問卷所蒐集資料以共變數分析(Analysis of Covariance, ANCOVA)方式進行分析，將前測分數作為共變數比較其關鍵學習能力的後測分數是否達到顯著。

(三) 運算思維測驗

本研究使用Bebras國際運算思維挑戰賽作為評估學生運算思維能力的測驗，測驗的主要目標透過解謎推理的題目提升學習者的思考動機和高層次思考能力，並有助於減輕對資訊科學的恐懼感。為了比較學生的成績相對地位，本研究將測驗分數轉換為T分數進行後續分析。

(四) 認知負荷量表

本研究所採用之認知負荷問卷量表修改自Sweller等(1998)所制定，原量表包含5題心智負荷和3題心智努力，其 α 值分別為.86和.85。本研究使用修正後的主觀自我評量認知負荷量表，包含5題心智負荷和2題心智努力，採用李克特七點量表方式進行評分，分數範圍為1～7分，得分愈低表示認知負荷愈低。信度分析方面，使用Cronbach's α 信度係數檢驗量表的內部一致性。根據學習者填答的數據，該量表的Cronbach's α 值為.929，顯示量表具有良好的內部一致性信度。項目分析方面，透過內部一致性分析和獨立樣本t檢定評估各題項的鑑別度，結果顯示各題項的p值均符合變異數同質性，且p值均達到顯著水準。本研究採用極端組檢核法以獲得試題鑑別力的最大可靠性，所有試題的決斷值(critical ratio)介於5.44至11.22之間，均達到統計上的顯著水準($p < .001$)，顯示本量表的試題具有良好的鑑別力，因此保留所有試題。

(五)課程與教學設計

機器人程式設計整合運算思維，以核心問題引導學生探究。程式撰寫從學習目標轉為解決問題工具。UbD重視課程設計邏輯，先確定學習目標、學生理解的展現，再設計教學活動。表1為本研究之機器人程式設計課程，以運算思維為大概念，包含演算法、模式辨識、抽象化和拆解。學習內容涵蓋資

訊教育(演算法、程式設計、系統平臺、資料處理與分析、資訊科技應用、資訊科技與社會)和科技教育(科技本質、設計製作、科技應用、科技與社會教育)。課程核心問題引導學生培養關鍵能力與運算思維，透過實作和標準評量檢核學習情況，包括知識吸收程度和機器人設計思維，學生可以利用學習吧線上平臺進行自主練習，完成教師指定的實作

表1：機器人課程教學目標連結培養關鍵能力與運算思維一覽表

| 主題 | 單元 | 教學目標與培養關鍵能力 | 運算思維 |
|-----------------|----------------------------|---|-------------|
| 第一主題 生活中的演算法 | 一、把資料數位化 | 透過不插電的編碼教學，以影片連結進行自主學習，課後兩兩合作檢查編碼實作。 | 抽象化 |
| | 二、生活中的演算法 | 在日常生活中找到演算法的證據，以影片連結進行Web:Bit編輯器自主學習。 | 演算法 |
| 第二主題 人工智慧 | 三、用Web:Bit動腦設計天氣程式 | 瞭解如何取得天氣預報資料的連結，練習以Web:Bit編輯器驗證氣象資料的問題，並兩兩合作檢查程式撰寫。 | 演算法 模式識別 |
| | 四、用Web:Bit動腦設計天氣預警程式 | 以影片連結進行自主學習，思考如何進行天氣預報的預警，練習以Web:Bit編輯器撰寫問題導向專案，並兩兩合作檢查程式撰寫。 | 模式識別 抽象化 |
| | 五、用Web:Bit動手製作整合按鈕控制程式設計 | 瞭解開發板上按鈕的功能，練習搭配燈光及按鈕撰寫問題導向專案，並兩兩合作檢查程式撰寫。 | 演算法 模式識別 |
| | 六、用Web:Bit動手製作整合按鈕取得資訊程式設計 | 能批判思考撰寫程式時常見的錯誤，練習撰寫利用按鈕取得氣象資料的專案。 | 模式識別 |
| 第三主題 桌面小夥伴 | 七、動腦設計_桌面小夥伴 | 思考生活中協助改善生活的物件，透過結構化的圖表(設計稿)，提出可行的動手製作計畫。 | 演算法 |
| | 八、動手製作_桌面小夥伴 | 修正自己動手製作的物件，檢視外形、結構及功能，將小夥伴整體最佳化。 | 演算法 |
| 第四主題 機電整合 | 九、機電整合_前進！登月小車 | 以影片連結自主學習鍵盤控制MoonCar的實境，練習撰寫利用鍵盤控制機器人的專案，並能在完成專案後調教修正。 | 拆解 |
| | 十、機電整合應用_Wi-Fi控制前進！登月小車 | 以影片連結自主學習鍵盤控制MoonCar的實境，練習撰寫利用無線網路控制機器人的專案，並能在完成專案後調教修正。 | 模式識別 拆解 |
| | 十一、機電整合應用_Wi-Fi控制登月小車_偵測距離 | 以影片連結自主學習鍵盤控制MoonCar的實境，思考生活中避障的案例，練習撰寫仿生活中倒車雷達及警示的專案，並能在完成專案後調教修正。 | 拆解 抽象化 |
| | 十二、機電整合應用_導航前進_循線感應 | 以影片連結自主學習鍵盤控制MoonCar的實境，思考生活中循跡的案例，練習撰寫自主循跡前進的專案，並能在完成專案後調教修正。 | 拆解 抽象化 |

任務。亦即本研究課程每週均規劃有進度名稱(如人工智慧——用Web.Bit動腦設計天氣程式)、課程內容(如程式設計——輸入與輸出、取得氣象資料的程式設計、範例鷹架)、運算思維(如演算法模式識別)、對應生活科技課綱內涵(如科技的應用、科技與社會)。

二、實施程序

本研究同步提供實驗和控制兩組14週課程與教學。表2表述實驗組採用範例引導與問題導向混合學習策略範例，教師針對任務目標給予學習者問題，接著提供學生不同類型的範

例，並給予學生在機器人程式設計上相關重要概念的提示，學生可從教師提供的步驟範例或部分解題程式積木，以模仿或修改教師範例的方式來學習解題任務的思考邏輯。控制組的教學策略是讓學生進行問題導向的學習，教師提供學習情境問題，在學習者面臨問題時適時給予協助，並鼓勵學習者透過討論思考來發展出創新的構想或解題策略，兩組學生僅在教學策略上有差異。課程建置在學習吧雲端平臺，內容涵蓋運算思維、基礎機器人的程式學習、科技應用、生活小幫手的創作以及機器人的機電整合控制等。

表2：機器人課程第四主題：機電整合——第九單元「機電整合_前進！登月小車」案例

| 教學流程 | 教學策略 | 教師教學活動 | 設計概念 |
|----------------------------------|-----------|---|--|
| 提供問題解決的知識和實例 (提供定義模糊的問題來引起動機) | 實驗與控制兩組一致 | 引起動機影片：播放影片 提問：日常生活中，還有哪些控制機器人的案例呢？ 提問：如果利用鍵盤來控制機器人，那是怎樣的運作呢？ | 讓學生瞭解機器人控制的意義，並思考生活中控制機器人的範例。 |
| 介紹主題活動並分析問題 | 實驗與控制兩組一致 | 教師教導透過鍵盤來控制MoonCar的運作，播放說明文件：說明鍵盤控制會使用到的積木及其功能原理。並透過教師發問，讓學生確認已經知道的及待答的核心問題在於程式命令的傳輸。 | 讓學生瞭解控制MoonCar的步驟，教師透過發問，讓學生提出看法、澄清和界定題目訊息，幫助學生確認已知和待答訊息。 |
| 提供學生練習範例 | 僅在實驗組實施 | 提供學生練習範例：控制MoonCar的運作的程序性鷹架範例，以完成任務所需的積木(未組合)作為範例引導。 | |
| 引導思考 | 僅在實驗組實施 | 範例引導與問題導向混合學習：指導學生觀察、思考上述範例運行過程，根據所給學習資源畫出(或思考)控制的流程以及偵錯的程序。選擇完成較好的學生的流程圖來進行展示分享與分析。 | 引導活動時，教師巡視、個別指導，發現普遍性問題，統一講解。讓學生循序漸進掌握知識，符合學習規律，有利於困難點的突破。 |
| | 僅在控制組實施 | 引導學生思考前幾個單元所學習到的程式設計知識如第五單元「用Web.Bit動手製作整合按鈕控制程式設計」，找到一個最適合的解決方案，應用到這個任務上。 | |
| 評估執行解決問題 | 實驗與控制兩組一致 | 上傳作業： 1.鍵盤控制登月小車。 2.完成後要實際測試，並上傳程式截圖。 | 除了要修改程式之外，也要檢查組裝是否正確，並且要反覆地進行測試，直到完全成功為止。 |

肆、結果與討論

一、學生運算思維的影響

本研究在程式設計成就測驗的部分，計算分數比照Benjamin組計分原則，為瞭解學生成績的所在地位，本研究將測驗者分數轉換成T分數進行分析。表3為不同學習策略學生在Bebras國際運算思維挑戰賽成績的獨立樣本t檢定結果，顯示範例引導與問題導向混合學習策略組平均得分為52.2009、標準差11.16820，一般問題導向學習組平均得分為47.8908、標準差8.31669，兩者達顯著差異： $F(93) = 5.398$ 、 $p < .05$ ，顯示範例引導與問題導向混合學習策略組在運算思維測驗中成績優於一般問題導向學習策略組。

根據研究數據顯示，範例引導與問題導向混合學習策略在機器人程式學習後能顯著提升學生的運算思維能力，相較於一般問題導向教學組表現更好。此結果與李隆盛與楊秀全(2019)的研究結果不一致，推論可能是因為本研究教學設計採用了UbD結構化的課程設計，並結合了問題導向和範例引導的優點，讓學生透過思考和實作來解決問題。課程中進行生活導向的課題解決和任務完成，能提升學生的自我滿足感，培養邏輯和抽象思考能力。機器人程式設計涵蓋了流程規劃、邏輯判斷、除錯和測試等方面，這些能力對應到運算思維的核心能力，如抽象化、演算法和模組化，符合劉明洲(2017)的論述，學習程式設計可以具體化運算思維。機器人程式設計以積木拖曳方式進行，要瞭解不

同程式積木之間的關聯，思考邏輯性並驅動機器人。學生透過試驗、測試、重建和模組化等過程逐漸形成運算思維框架，提升抽象化、演算法設計、模組化等能力，與Chen等(2017)針對美國南部城市的一所公立國小六年級學生的機器人程式教學研究結果一致。對照教師觀察紀錄，學生對運算思維測驗有興趣，認為它有趣且類似腦筋急轉彎，並能將這些能力應用到其他課程的學習中，例如，Bebras題目的解題和生活數學應用問題解決型態類似。因此，機器人程式設計課程能增加學生的運算思維能力，並將這些能力應用到其他領域的問題解決中。

二、學生關鍵能力的影響

本研究目的之一在於瞭解機器人學習方式對關鍵學習能力的影響，為瞭解「不同程度的機器人教學鷹架」對於學生在「關鍵能力自我評估」是否有顯著差異，研究者以「不同教學策略」為自變項，兩組學生前測之平均分數作為共變量，後測得分為依變量，進行ANCOVA。在資料進行ANCOVA前先實施「組內迴歸係數同質性」考驗，表4顯示五個向度均未達統計上的顯著差異，表示自變項與共變量兩組分數的迴歸線斜率差異不顯著且滿足平行的條件，符合進行共變數分析時「組內迴歸係數同質性」的基本假定，可進行「關鍵能力」後測各分項得分之ANCOVA。

接著將兩組的前測作為共變數，對於各組於「關鍵學習能力量表」後測中各分項得

表3：不同學習策略學生在Bebras國際運算思維挑戰賽成績的獨立樣本t檢定結果

| 組別 | T分數平均值 | T分數標準差 | F | 顯著性 |
|--------|---------|----------|-------|------|
| 一般問題導向 | 47.8908 | 8.31669 | 5.398 | .037 |
| 混合範例引導 | 52.2009 | 11.16820 | | |

分進行平均數的調整，以剔除前測對「關鍵學習能力量表」後測中各分項得分之影響。由表5可知利用共變數進行分析調整，將共變數對實驗教學的影響剔除後，對各組的影響。

在變異數分析中， η^2 的效果可以解釋依變項變異數多少的百分比，表示在排除學業成就的主要效果及教學設計與學業成就交互作用效果之影響後，可以解釋依變項變異量的多少百分比；學業成就的淨值表示在排除教學設計的主要效果及教學設計與學業成就交互作用效果之影響後，可以解釋依變項變異量的多少百分比。因此當檢定為顯著性差異時，同時引入將有助解釋分析結果。

分析結果顯示範例引導與問題導向混合

表4：關鍵能力前測得分之「組內迴歸係數同質性」考驗摘要表

| 向度 | <i>F</i> | 顯著性 |
|--------|----------|------|
| 自主學習能力 | 0.275 | .601 |
| 合作學習能力 | 0.074 | .787 |
| 問題解決能力 | 1.868 | .175 |
| 批判思考能力 | 0.073 | .787 |
| 創造創新能力 | 1.688 | .197 |

表5：不同學習策略學生關鍵能力共變數分析

| 向度 | 教學策略 | 平均數 | 標準差 | <i>F</i> | 顯著性 | η^2 | 觀察的冪統計量 |
|--------|--------|--------|---------|----------|-------|----------|---------|
| 自主學習能力 | 一般問題導向 | 3.6612 | 0.56007 | 16.930 | .0000 | 0.155 | 0.983 |
| | 混合範例引導 | 4.1783 | 0.66697 | | | | |
| 合作學習能力 | 一般問題導向 | 3.7388 | 0.69905 | 7.398 | .0080 | 0.074 | 0.768 |
| | 混合範例引導 | 4.1696 | 0.68113 | | | | |
| 問題解決能力 | 一般問題導向 | 3.7265 | 0.76015 | 10.775 | .0001 | 0.096 | 0.901 |
| | 混合範例引導 | 4.0609 | 0.66248 | | | | |
| 批判思考能力 | 一般問題導向 | 3.6867 | 0.78257 | 23.227 | .0000 | 0.202 | 0.998 |
| | 混合範例引導 | 4.0507 | 0.70252 | | | | |
| 創造創新能力 | 一般問題導向 | 3.5816 | 0.81072 | 0.931 | .3370 | 0.010 | 0.159 |
| | 混合範例引導 | 3.8478 | 0.81048 | | | | |

學習策略組學生的「自主學習能力」、「合作學習能力」、「問題解決能力」、「批判思考能力」等能力優於一般組，顯示此教學策略對機器人程式設計中的學生能力提升有顯著效果。對照教師觀察紀錄，教師會在範例引導與問題導向混合學習策略組提供程式步驟影片，再視學生學習的實際情況，斟酌減少部分支持(改為未組合的程式積木、網路資源範例等)，學生有了參考的方向，搭配自己抄製的筆記或流程圖，進而提升自主學習。

其實我在假日的時候，就會先上系統看要做的課程，這樣我上課的時候，完成的速度就更快了。(生E1-03)

此外，教師指導學生兩兩合作，相互確認程式流程或提醒對方撰寫程式的正確與否，程式的理解能力較佳的學生可以解釋範例給落後的同學聽，以避免落後的學生搶快而胡亂組合程式積木，錯過思考解題過程的機會。

那個○○○……重複執行……重複執行啦，你沒有在上課喔。(生C2-11)

學生在設計創作上進行遷移可以增進初學者運用程式設計進行真實問題解決的成效，學生就會更願意去嘗試解決問題，透過操作程式碼來驗證自己的看法，學生也較容易批判其結果的合理性。然而，在「創新創造能力」方面，國小階段學生可能仍習慣複製和模仿老師的講解，還不熟悉草圖繪製，加上受限於材料，以致限制了他們的創造力發揮空間。

做簡單的就好，我怕做不完。(生C1-12)

我家裡找不到材料，所以用教室的紙盒，大概就只能長這樣。(生C2-08)

三、學生程式設計學習成績的影響

本研究針對各單元的作業評量，以獨立樣本 t 檢定進行分析，表6顯示結果發現，學生在四大主題課程單元中，範例引導與問題導向混合學習策略組的學生學習成效優於一般問題導向學習策略學生組。

第一單元「把資料數位化」中，範例引導與問題導向混合學習策略組和一般問題導向組的學習成效沒有統計上的顯著差異：範例引導與問題導向混合學習策略組的概念測驗平均及標準差分別為92.39、8.739，一般問題導向組的概念測驗平均及標準差分別為91.53、9.365， $t(93) = -0.462$ 、 $p > .01$ 。對照教師觀察紀錄，由於該單元屬於不插電的運算思維範疇，學生對於初次學習編碼的轉換、圖案與編碼間的意義，以及與平常思考習慣的差異感到困難。學生習慣觀看解題但在實作時常出錯，有些學生以紙張推演表格以找出規則。兩種教學法對學生在「運算思維-抽象化」的初次學習成效未達統計上的顯著差異。兩組學生對課程內容感到混淆甚至不瞭解：

我實在不知道題目在幹嘛，感覺像是要學數學座標。(生C1-19)

我不知道做這個編碼跟學習程式的關係是什麼……(生C2-10)

第八單元「動腦設計_桌面小夥伴-創意」項目中，表6顯示標準本位評量的部分，範例引導與問題導向混合學習策略組的平均及標準差分別為4.13、1.002，一般問題導向組的平均及標準差分別為4.10、1.005， t 檢定之結果顯示兩組學生在不同的教學策略上未達統計上的顯著： $t(93) = -0.138$ 、 $p > .01$ ，效果量為0.0299，屬低效果量，表示範例引導與問題導向混合學習策略，在學生學習的層面並沒有顯著優於一般問題導向學習的策略。探究其原因，推測是於創意想法要化成實際製作的過程中，出現許多困難而阻礙了學生的創意展現，因此減低了學生對這兩項的概念；而混合範例引導及問題導向學習組學生提供了作品範例，雖然讓學生能有參考模仿的對象，但因為要綜整外型、材料及程式，較為深奧且複雜，學生只能根據教師所提供的資訊嘗試模仿、設計與製作，其創造表現難有較大的空間去發揮，也可能因此限縮了學生的創意。摘錄本研究的觀察紀錄，範例引導與問題導向混合學習策略組學生的陳述，受限於材料或生活周遭事物的影響，其創意也無法做重大的突破；部分一般問題導向學習策略組學生的陳述，顯示學生期望能有更多的範例可以參考。

突然找不到適合的盒子可以改造，所以就改成現在做的這個，也可以的啦。(生E1-03)

同學都在談論Switch遊戲機，我就想說做一臺來試試看，大家都跟我借來看。(生E2-12)

希望能有一些方向可以看，或者有一些作法可以參考？(生C2-05)

表6：不同學習策略學生在各單元作業評量獨立樣本 t 檢定一覽表

| 單元 | 組別 | 平均數 | 標準差 | t | 顯著性 | 效果量 |
|--------------------------|--------|-------|--------|--------|------|--------|
| 第一單元——概念測驗 圖形密碼 | 一般問題導向 | 91.53 | 9.365 | -0.462 | .832 | 0.0470 |
| | 混合範例引導 | 92.39 | 8.739 | | | |
| 第二單元——概念測驗 程式初探演算法 | 一般問題導向 | 77.14 | 16.330 | -3.241 | .002 | 0.6660 |
| | 混合範例引導 | 86.09 | 9.995 | | | |
| 第三單元——實作作業 天氣資料評分 | 一般問題導向 | 3.02 | 1.010 | -2.506 | .014 | 0.4979 |
| | 混合範例引導 | 3.57 | 1.109 | | | |
| 第四單元——實作作業 天氣預警 | 一般問題導向 | 3.90 | 1.295 | -3.417 | .001 | 0.7160 |
| | 混合範例引導 | 4.61 | 0.577 | | | |
| 第七單元——實作作業 流程圖繪製 | 一般問題導向 | 3.24 | 1.362 | -4.480 | .000 | 0.9363 |
| | 混合範例引導 | 4.28 | 0.807 | | | |
| 第八單元——實作作業 桌面小夥伴-功能 | 一般問題導向 | 2.88 | 0.484 | -2.239 | .028 | 0.4470 |
| | 混合範例引導 | 3.15 | 0.698 | | | |
| 第八單元——實作作業 桌面小夥伴-創意 | 一般問題導向 | 4.10 | 1.005 | -0.138 | .891 | 0.0299 |
| | 混合範例引導 | 4.13 | 1.002 | | | |
| 第八單元——實作作業 桌面小夥伴-程式 | 一般問題導向 | 2.78 | 0.587 | -4.837 | .000 | 0.9891 |
| | 混合範例引導 | 3.35 | 0.566 | | | |
| 第八單元——實作作業 桌面小夥伴-人工智慧 | 一般問題導向 | 2.94 | 0.377 | -3.420 | .001 | 0.7033 |
| | 混合範例引導 | 3.22 | 0.417 | | | |
| 第八單元——實作作業 桌面小夥伴-造型 | 一般問題導向 | 2.96 | 0.538 | -1.142 | .256 | 0.2386 |
| | 混合範例引導 | 3.09 | 0.551 | | | |
| 第九單元——實作作業 鍵盤控制小車 | 一般問題導向 | 2.39 | 1.525 | -2.684 | .009 | 0.5526 |
| | 混合範例引導 | 3.20 | 1.408 | | | |
| 第十單元——實作作業 Wi-Fi控制小車 | 一般問題導向 | 3.69 | 1.342 | -2.092 | .039 | 0.4378 |
| | 混合範例引導 | 4.22 | 1.073 | | | |
| 第十一單元——實作作業 倒車雷達 | 一般問題導向 | 3.82 | 1.149 | -2.205 | .030 | 0.4502 |
| | 混合範例引導 | 4.28 | 0.886 | | | |
| 第十二單元——概念測驗 循跡概念 | 一般問題導向 | 89.47 | 9.005 | -2.385 | .017 | 0.4966 |
| | 混合範例引導 | 93.15 | 5.513 | | | |

想不出來耶……上網找的話，時間不太夠。(生C2-16)

第八單元「動手實作_桌面小夥伴-造型」分項中，從表6標準本位評量來看，範例引導與問題導向混合學習策略組的平均及標準差分別為3.09、0.551，一般問題導向組的平均及標準差分別為2.96、0.538， t 檢定之結果顯示兩組學生在不同的教學策略上未達統

計上的顯著： $t(93) = -1.142$ 、 $p > .01$ ，效果量為0.2386，屬中效果量，表示範例引導與問題導向混合學習策略，在學生學習的層面並沒有顯著優於一般問題導向學習的策略。探究其原因，兩組學生在碰到材料割錯了或黏錯了，會感到挫折，且很高比例的學生不會想要改變策略，而是選擇直接再做一次，導致在這個部分花了非常多的時間，而在主控

板安裝的時候，學生都對安裝的方式較沒概念，大多數學生會選擇使用膠帶固定，正因為使用膠帶，所以也不會考慮尺寸的問題，甚至草草的黏一黏就交出作品，顯示兩組對於造型受限於時間以及工具技術，範例的引導也無法讓造型能有較突出的表現。

我想說就把主機板黏上去就好，不會掉下來就好呀。(生C1-14)

沒想到做一個外盒這麼難，還要切還要黏，這樣就好吧。(生C2-05)

綜上，在一般問題導向學習策略中加入範例引導的學習策略，有助於學生在機器人程式設計的整體學習，透過各單元作業任務練習，學生在程式學習、機器人功能、人工智慧等學習作業，都有顯著的效果。在進行程式設計各單元任務時，由於課程設計是採循序漸進，每一個單元任務都是上一個單元任務概念的疊加，除了能重複練習到相關程式概念之外，範例引導在作業撰寫的過程仿作範例，融入了問題導向的策略，生活化的情境引導學生能進行思考，而繁瑣的思考與問題解決，在程式編輯的過程中需要大量的抽象思考，有時候，學生很難發現錯在哪裡，造成挫折感而不願意再挑戰或再思考，實驗組的學習策略，讓學生較容易找出自己錯誤的地方並且更正，並從中進步，增進了對指令、語法的理解，讓學

生能有較佳的成功經驗，有利於學生願意爭取好的程式學習成績。

四、學生認知負荷的影響

表7顯示，範例引導與問題導向混合學習策略組在心智負荷和心智努力的向度上得分平均低於一般問題導向學習策略組，範例引導與問題導向混合學習策略組學生投入的努力較少，因受到鷹架的協助減少了心像和記憶的負荷。總體而言，根據量表的結果，可以推測「範例引導與問題導向混合學習策略」的課程設計並未造成較高的認知負荷。

在表8中，獨立樣本 t 檢定顯示在「第一主題：生活中的演算法」的心智負荷向度上，範例引導與問題導向混合學習策略組和一般問題導向學習策略組之間沒有顯著差異($p > .05$)。

接著分析接受範例引導與問題導向混合學習策略與一般問題導向學習策略在認知負荷方面上的差異，其學習教材包括了「像素編碼實作」、「驗證演算法」等，從教材難易來說，在第一及第二主題學生初次學習編碼的轉換，因這種找規律或找出類似流程的思考習慣，與平常學科學習內容很不相同，以致於教材內容對兩組學生在心智負荷沒有顯著的差異($p > .05$)。

表7：不同學習策略學生在四大主題課程之認知負荷程度

| 組別 | 第一主題 生活中的演算法 | | 第二主題 人工智慧 | | 第三主題 桌面小夥伴 | | 第四主題 機電整合 | |
|--------|-----------------|------|--------------|------|---------------|------|--------------|------|
| | 平均數 | 標準差 | 平均數 | 標準差 | 平均數 | 標準差 | 平均數 | 標準差 |
| 心智負荷平均 | | | | | | | | |
| 控制組 | 2.51 | 1.39 | 2.38 | 1.45 | 2.32 | 1.43 | 2.57 | 1.52 |
| 實驗組 | 2.47 | 1.32 | 2.01 | 1.14 | 1.81 | 0.78 | 1.91 | 0.96 |
| 心智努力平均 | | | | | | | | |
| 控制組 | 2.81 | 1.57 | 2.76 | 1.83 | 2.95 | 1.83 | 2.80 | 1.66 |
| 實驗組 | 2.62 | 1.52 | 2.08 | 1.43 | 2.24 | 1.24 | 2.15 | 1.25 |

表8：不同學習策略學生在四大主題課程之認知負荷量平均數的t檢定

| 主題 | 心智負荷／心智努力 | F | t | 顯著性 |
|---------|-----------|--------|-------|------|
| 第一主題 | 心智負荷平均 | 0.199 | 0.145 | .885 |
| 生活中的演算法 | 心智努力平均 | 0.002 | 0.587 | .559 |
| 第二主題 | 心智負荷平均 | 3.125 | 1.345 | .182 |
| 人工智慧 | 心智努力平均 | 10.201 | 2.007 | .046 |
| 第三主題 | 心智負荷平均 | 15.525 | 2.155 | .031 |
| 桌面小夥伴 | 心智努力平均 | 12.337 | 2.199 | .029 |
| 第四主題 | 心智負荷平均 | 16.138 | 2.496 | .013 |
| 機電整合 | 心智努力平均 | 7.364 | 2.126 | .035 |

要畫成Minecraft的人物嗎？這也太難了……(生E1-01)

老師你可以再說一次嗎？我不知道為什麼如果第一個是黑色，就要補一個零……(生E2-12)

而第二主題在心智努力向度中達到顯著水準，因輔助的範例包括了「獲得預報天氣的訊息，並理解天氣預報的各種資料」、「回顧上一堂課天氣預報實作」、「按鈕開關運作的原理」、「上一單元常出現的錯誤」以及「未組合積木鷹架範例」等，提供的類型多屬於程序鷹架，學生認為範例是有幫助的，加上老師分步驟引導學生對於問題的分析與瞭解，在模仿修改的歷程中，對於作業的完成有所助益。

在第三和第四單元中的教材內容增加了控制實作、機電整合控制和測試的內容，並結合「引導」和「鷹架」的教學效果。在心智努力向度上，範例引導與問題導向混合學習策略組和一般問題導向學習策略組在認知負荷上達到顯著差異。範例的輔助包括了鍵盤控制、生活中的超音波及循跡程式的範例等，這些範例主要屬於程序鷹架，學生認為這些範例有幫助。從圖1和圖2可以看出，在前兩個單元中，兩組學生的心智負荷和心智

努力之間沒有顯著差異。然而，在第三和第四單元中，教材進入較複雜的觀念，範例的引入對學生起到作用，避免受到教材複雜性的影響。範例引導與問題導向混合學習策略通過引導問題步驟，使學生內化和連結先前的積木指令，不斷驗證和修正概念，加深對程式積木功能和任務目標的理解，有效地轉換舊經驗並應用。

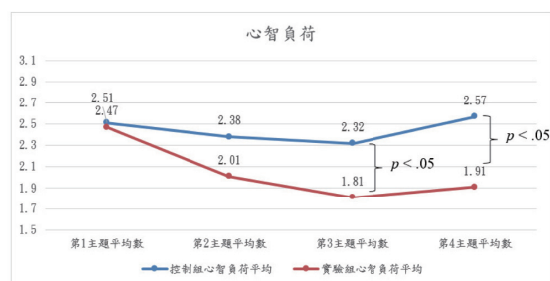


圖1：各主題階段心智負荷情形

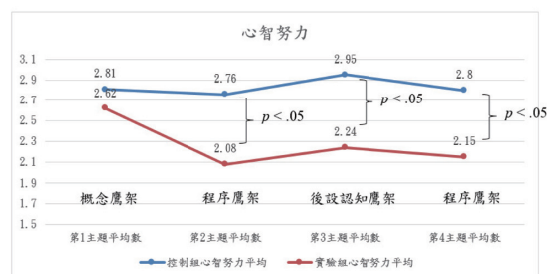


圖2：各主題階段心智努力情形

伍、結論與建議

本研究混合了範例引導與問題導向學習策略，並以問題導向教學策略為基礎，進行學習者為中心的設計。研究使用UbD設計、標準本位評量，探討學生機器人程式設計課程後對學生的能力、成績、運算思維和認知負荷的影響，綜述如下。

一、結論

(一)在問題導向學習策略中加入範例引導的學習策略，可以提升學習者在機器人程式設計中自主學習、合作學習、問題解決以及批判思考等關鍵能力

在機器人程式設計中，結合範例引導的問題導向學習策略能夠提升學生的自主學習、合作學習、問題解決和批判思考能力。然而，範例引導與問題導向混合學習策略在創新創造能力方面的提升效果有限。由於範例的提供，學生可能因害怕錯誤而出現與範例相似的作業結果，限制了他們跳脫範例框架的能力。此外，課程時間的限制和複雜性對學生的創造性表現產生影響，學生只能根據教師提供的資訊進行模仿、設計和製作，限制了他們發揮創意的空間。綜合上述，範例引導與問題導向混合學習策略對學生能力的提升有一定效果，但仍存在限制。

(二)在一般問題導向學習策略中加入範例引導的學習策略，可以提升學習者在機器人程式設計的學習成績

本研究結果與van Es與Jeurig (2017)針對荷蘭某小學高年級學生的程式設計教學研究結果一致，提供演練範例有助於學生在學習任務上的表現。範例引導與問題導向混合學習策略在機器人程式設計中顯著提升學生的學習效果，涵蓋程式學習、機器人功能和人工智慧等方面。學生透過機器人互動修訂程

式設計問題，並學會多元化的編輯方法，從中培養運算思維和機器人程式設計能力。範例引導與問題導向混合學習策略不僅提升關鍵能力的學習，也增進學生運用程式設計解決真實問題的成效。

(三)在一般問題導向學習策略中加入範例引導的學習策略，可以提升學習者在機器人程式設計的運算思維

本研究發現範例引導與問題導向混合學習策略在機器人程式學習中顯著提升學生的運算思維能力，融入「透過設計瞭解的課程設計理論」並結合具體化的課程範例，教師引導學生進行問題解決，透過反覆嘗試與思考，學生的程式設計與演算思考能力得到幫助並提升。

(四)在問題導向學習策略中加入範例引導的學習策略，可以降低學生的認知負荷

在加入範例引導的學習策略後，可以降低學生學習程式設計的認知負荷。概念性鷹架範例引導學習者思考問題的關鍵性知識，而程序鷹架則在分步驟引導學生解題的分析與瞭解方面有幫助。動手實作則提供清晰的任務指示和學習重點，讓學習者逐步改善自我學習表現。範例引導與問題導向混合學習策略組學生逐漸內化學習內容，並在創作過程中得到更好的指引。

(五)本研究設計的教學模組，可有效提升學生對機器人程式設計課程的學習效果

在課程與教學設計方面，本研究以「透過設計瞭解的課程設計理論」進行課程與教學設計，亦即是以學習者為中心，及範例引導與問題導向混合學習策略的模式，輔以標準本位評量方式，規劃設計出有目的教學模

組，此與張基成等(2019)的研究取向相符。在教學實驗結果方面，本研究的實驗組教學模組有效提升了學生在機器人程式設計課程中的核心助益——培養108新課綱科技領域的核心素養。亦即本研究實驗組教學模組在一般問題導向學習策略中加入範例引導的學習策略，彌補了單一教學策略的不足，學生會更專注於機器人程式設計課程內容所欲解決問題的適切設計、課程內容設計學習所連結的基礎知識等，導入知識和實作，連結了學生的自主學習、合作學習、問題解決和批判思考能力，課程由簡入繁，有效提升了運算思維，同時減輕了認知負荷。

二、建議

根據以上結論，研究者提出下列四項建議，供國小學生機器人程式教學實務和後續研究兩層面參考。

(一)教學上提供具體創意引導的範例可以提高學生的創造力和創新能力

研究顯示，學生容易依循老師給予的範例進行作業，因此，給予具體的創意發想指導能夠提升學生的創意表現。範例設計應符合基本學科知識和任務要求，避免過於複雜或多樣化的範例增加學生的負擔，並藉由範例的篩選提供具備創造力引導的範例，以提升創造力效果。

(二)在教學中引入不同類型的鷹架範例有助於學生學習不同類型的知識

在國小程式設計課程的初學階段，學生

作業的完成度可能不佳，因為教材內容可能過於困難，需要給予充分的練習，幫助學生建立問題基模。透過更多學習範例的時間，增加基模的建構，可以使用情境故事、遊戲沉浸式學習或體驗式學習引入機器人程式設計教學，激發學生的好奇心和學習動機。到了課程後期，學生已有一定程度的問題基模和規則自動化，可以嘗試不同的範例教材呈現，逐一進行功能講解，以探究研究結果。同時，教材設計可以結合更多概念性知識的學習，讓學生在閱讀範例時除了熟悉程序性策略，也能理解概念以達到學習目標。

(三)教學實驗對象宜擴及不同規模、地區學校及不同年級學生

本研究教學實驗係以桃園市的某大型、都會國小五年級學生做為研究對象，研究結果較適合推論至學校規模、地區相近學校及年級相仿學生。後續研究可擴及不同規模、地區學校及不同年級學生，使更能周全瞭解範例引導與問題導向混合學習策略對所有國小學生機器人程式學習成效的影響。

(四)研究變項可擴增以加深對教學策略與成效的理解

除了本研究中所探究的教學策略與學習成效變項之外，是否還有與教學策略會產生交互作用的變項？有中介與調節變項？關鍵能力中自主學習能力較佳的學生在不同的學習策略中，是否有認知負荷或其他學習成效差異情形？均值得後續研究進一步探究。

參考文獻

王秀鶯(2013)。導入Scratch程式教學對國中生自我效能與學習成就之探究——以程式設計課程為例。國立臺灣科技大學人文社會學報，9(1)，1-15。

- [Wang, H.-Y. (2013). A study on the importation of the scratch program teaching on junior high school students' self-efficacy and academic achievement-exemplified by program design courses. *Journal of Liberal Arts and Social Sciences*, 9(1), 1-15.]
- 何品萱、王麗君、陳明溥(2017)。互動式擴增實境在國中生機器人程式設計學習之探討。《中等教育》，68(3)，16-33。https://doi.org/10.6249/SE.2017.68.3.02
- [He, P.-X., Wang, L.-C., & Chen, M.-P. (2017). The effects of interactive augmented reality strategies on novice programming. *Secondary Education*, 68(3), 16-33. https://doi.org/10.6249/SE.2017.68.3.02]
- 吳偉元(2018)。運用問題導向學習教學策略提升國小學童運算思維能力之研究——以程式設計課程為例。未出版之碩士論文。國立臺北教育大學。
- [Wu, W.-Y. (2018). *Using problem-based learning strategies to enhance the computational thinking ability of elementary school students: A case study of programming courses* [Unpublished master thesis]. National Taipei University of Education.]
- 李隆盛、楊秀全(2019)。範例引導學習與問題導向學習之教學策略對國小學生機器人程式學習的影響。《數位學習科技期刊》，11(4)，77-104。https://doi.org/10.3966/2071260X2019101104004
- [Lee, L.-S., & Yang, H.-C. (2019). The influence of example-led learning and problem-oriented learning strategies on the elementary student's robot programming learnings. *International Journal on Digital Learning Technology*, 11(4), 77-104. https://doi.org/10.3966/2071260X2019101104004]
- 邱仁一、崔夢萍(2021)。積木式程式設計之學習成效後設分析。《教育學報》，49(2)，71-95。
- [Chiu, J.-I., & Tsuei, M. (2021). The meta-analysis of block-based programming on students' learning outcomes. *Education Journal*, 49(2), 71-95.]
- 涂金堂(2011)。運用「範例(worked-out example)」在國小數學問題解決的教學實驗研究。《教育心理學報》，43(1)，25-50。https://doi.org/10.6251/BEP.20100414
- [Tu, C.-T. (2011). An instructional experiment: Using worked-out examples in mathematics problem-solving of elementary school students. *Bulletin of Educational Psychology*, 43(1), 25-50. https://doi.org/10.6251/BEP.20100414]
- 徐琍沂、徐遠雄(2020)。整合鷹架理論和翻轉教學模式融入專題式學習課程。《教學實踐與創新》，3(1)，129-163。https://doi.org/10.3966/261654492020030301004
- [Hsu, L.-I., & Hsu, Y.-H. (2020). Integration of scaffolding theory and flipped teaching approaches into a project-based course. *Journal of Teaching Practice and Pedagogical Innovation*, 3(1), 129-163. https://doi.org/10.3966/261654492020030301004]
- 徐新逸、項志偉(2016)。翻轉教室融入國小六年級資訊課程對批判性思考能力之影響。《課程與教學》，19(4)，23-60。https://doi.org/10.6384/CIQ.201610_19(4).0002

- [Shyu, H.-Y., & Hsiang, C.-W. (2016). The impacts of flipped-classroom integrated into computer course on critical thinking for 6th graders. *Curriculum & Instruction Quarterly*, 19(4), 23-60. [https://doi.org/10.6384/CIQ.201610_19\(4\).0002](https://doi.org/10.6384/CIQ.201610_19(4).0002)]
- 桃園市政府教育局(2018)。桃園市國民小學資訊科技課程綱要。 <https://bit.ly/41o2QmM>
- [Department of Education, Taoyuan. (2018). *Taoyuanshi guomin xiaoxue zixun keji kecheng gangyao*. <https://bit.ly/41o2QmM>]
- 教育部(2018)。十二年國民基本教育課程綱要——國民中學暨普通型高級中等學校：科技領域。 <https://bit.ly/41EktPz>
- [Ministry of Education. (2018). *Curriculum guidelines of 12-year basic education for elementary school, junior high and general senior high schools—Technology*. <https://bit.ly/41EktPz>]
- 教育部(2021)。(111學年度實施)十二年國民基本教育課程綱要：總綱。 <https://bit.ly/3GJEDOh>
- [Ministry of Education. (2021). *(Implemented from Aug. 2022) Curriculum guidelines of 12-year basic education: General guidelines*. <https://bit.ly/3GJEDOh>]
- 陳怡靜、張基成(2015)。兩岸機器人教育的現況與發展。 *中等教育*，66(3)，37-59。 <https://doi.org/10.6249/SE.2015.66.3.03>
- [Chen, Y.-C., & Chang, C.-C. (2015). The status and development of robotics education in Taiwan and China. *Secondary Education*, 66(3), 37-59. <https://doi.org/10.6249/SE.2015.66.3.03>]
- 張基成、曾繁勛、嚴萬軒、陳怡靜(2019)。帆船機器人STEM跨領域統整課程的發展及學生認知成就與態度——網狀式主題統整與重理解的課程設計。收錄於張基成、周保男(編著)，*第八屆工程、技術與科技教育學術研討會論文集*(頁57-73)。臺灣工程教育與管理學會。 <https://doi.org/10.6571/SCETE.201905.0005>
- [Chang, C.-C., Tseng, F.-H., Yen, W.-H., & Chen, Y.-C. (2019). Students' cognitive achievement and attitude toward and development of cross-disciplinary integrative STEM course on robotic sailboat: Approaches of webbed thematic integration and understanding by design. In C.-C. Chang & P.-N. Chou (Eds.), *The 8th Conference on Engineering, Technological and Technology Education* (pp. 57-73). Association of Taiwan Engineering Education and Management. <https://doi.org/10.6571/SCETE.201905.0005>]
- 莊謙本、黃議正、沈家仔(2011)。植基認知負荷取向在課程教材設計及其教學成效分析。 *屏東教育大學學報：教育類*，36，169-205。
- [Chuang, C.-P., Huang, Y.-J., & Shen, C.-Y. (2011). Developing teaching materials based on cognitive load theory and its effectiveness analysis. *Journal of Pingtung University of Education: Education*, 36, 169-205.]
- 趙嘉浩、梁至中、蔡孟蓉(2017)。機器人課程教材鷹架對高中生未來關鍵學習能力的影響。 *數位學習科技期刊*，9(3)，95-114。 <https://doi.org/10.3966/2071260X2017070903005>

- [Chao, C.-H., Liang, J.-C., & Tsai, M.-J. (2017). The impacts of material scaffoldings on students' learning competencies in high school robotics curriculum. *International Journal on Digital Learning Technology*, 9(3), 95-114. <https://doi.org/10.3966/2071260X2017070903005>]
- 劉明洲(2017)。創客教育、運算思維、程式設計～幾個從「想」到「做」的課程與教學設計觀念。臺灣教育評論月刊，6(1)，138-140。
- [Liu, M.-C. (2017). Chuangke jiaoyu, yunsuan siwei, chengshi sheji ~ Ji ge cong “xiang” dao “zuo” de kecheng yu jiaoxue sheji guannian. *Taiwan Educational Review Monthly*, 6(1), 138-140.]
- Abdul-Rahman, S.-S., & du Boulay, B. (2014). Learning programming via worked-examples: Relation of learning styles to cognitive load. *Computers in Human Behavior*, 30, 286-298. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.09.007>
- Basu, S., Biswas, G., & Kinnebrew, J. S. (2017). Learner modeling for adaptive scaffolding in a Computational Thinking-based science learning environment. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 27(1), 5-53. <https://doi.org/10.1007/s11257-017-9187-0>
- Belland, B. R. (2017). *Instructional scaffolding in STEM education: Strategies and efficacy evidence*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-02565-0>
- Brooks-Young, S. (2017). *ISTE standards for students: A practical guide for learning with technology*. International Society for Technology in Education.
- Çakiroğlu, Ü., Suiçmez, S. S., Kurtoğlu, Y. B., Sari, A., Yildiz, S., & Öztürk, M. (2018). Exploring perceived cognitive load in learning programming via Scratch. *Research in Learning Technology*, 26, Article 1888. <https://doi.org/10.25304/rlt.v26.1888>
- Chai, C. S., Deng, F., Tsai, P.-S., Koh, J. H. L., & Tsai, C.-C. (2015). Assessing multidimensional students' perceptions of twenty-first-century learning practices. *Asia Pacific Education Review*, 16(3), 389-398. <https://doi.org/10.1007/s12564-015-9379-4>
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., & Eltoukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers & Education*, 109, 162-175. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>
- Dongo, T., Reed, A. H., & O'Hara, M. (2016). Exploring pair programming benefits for MIS majors. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 15, 223-239. <https://doi.org/10.28945/3625>
- Eguchi, A., & Uribe, L. (2017). Robotics to promote STEM learning: Educational robotics unit for 4th grade science. In Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ed.), *Proceedings of the 7th IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC 2017)* (pp. 186-194). Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/ISECon.2017.7910240>
- Fernaes, Y., Kindborg, M., & Scholz, R. (2006). Rethinking children's programming with contextual signs. In K.-J. Räihä & J. Höysniemi (Eds.), *Proceedings of the 2006 Conference*

- on *Interaction Design and Children* (pp. 121-128). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1139073.1139105>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K-12: A review of the state of the field. *Educational Researcher*, 42(1), 38-43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Gaudiello, I., & Zibetti, E. (2013). Using control heuristics as a means to explore the educational potential of robotics kits. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 15-28.
- Hadjerrouit, S. (2008). Towards a blended learning model for teaching and learning computer programming: A case study. *Informatics in Education*, 7(2), 181-210. <https://doi.org/10.15388/infedu.2008.12>
- Hong, J.-C., Hwang, M.-Y., Tai, K.-H., Lin, P.-H., & Lin, P.-C. (2020). Learning progress in a Chinese order of stroke game: The effects of intrinsic cognitive load and gameplay interest mediated by flow experience. *Journal of Educational Computing Research*, 58(4), 842-862. <https://doi.org/10.1177/0735633119881471>
- Kalelioğlu, F. (2015). A new way of teaching programming skills to K-12 students: Code.org. *Computers in Human Behavior*, 52, 200-210. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.047>
- Kobsiripat, W. (2015). Effects of the media to promote the scratch programming capabilities creativity of elementary school students. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, 174, 227-232. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.651>
- Konijn, E. A., & Hoorn, J. F. (2020). Robot tutor and pupils' educational ability: Teaching the times tables. *Computers & Education*, 157, Article 103970. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103970>
- Lathifah, A., Budiyanto, C. W., & Yuana, R. A. (2019). The contribution of robotics education in primary schools: Teaching and learning. *AIP Conference Proceedings*, 2194(1), Article 020053. <https://doi.org/10.1063/1.5139785>
- Lazonder, A. W., & Harmsen, R. (2016). Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 86(3), 681-718. <https://doi.org/10.3102/0034654315627366>
- Lin, C.-Y., & Reigeluth, C.-M. (2016). Scaffolding wiki-supported collaborative learning for small-group projects and whole-class collaborative knowledge building. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(6), 529-547. <https://doi.org/10.1111/jcal.12140>
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41, 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>
- Mason, G. S., Shuman, T. R., & Cook, K. E. (2013). Comparing the effectiveness of an inverted classroom to a traditional classroom in an upper-division engineering course. *IEEE Transactions on Education*, 56(4), 430-435. <https://doi.org/10.1109/TE.2013.2249066>

- Moreno-León, J., & Robles, G. (2015). Computer programming as an educational tool in the English classroom a preliminary study. In T. Rüttnann & M. E. Auer (Eds.), *Proceedings of 2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 961-966). Institute of Electrical and Electronics Engineers. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2015.7096089>
- Pérez-Poch, A., Olmedo Torre, N., Sánchez Carracedo, F., Salán Ballesteros, M. N., & López Álvarez, D. (2016). On the influence of creativity in basic programming learning in a first-year engineering course. *International Journal of Engineering Education*, 32(5B), 2302-2309.
- Pérez-Marín, D., Hijón-Neira, R., Bacelo, A., & Pizarro, C. (2020). Can computational thinking be improved by using a methodology based on metaphors and Scratch to teach computer programming to children? *Computers in Human Behavior*, 105, Article 105849. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.12.027>
- Renkl, A. (2011). Instruction based on examples. In R. E. Mayer & P. A. Alexander (Eds.), *Handbook of research on learning and instruction* (pp. 272-295). Routledge.
- Renkl, A. (2014). Learning from worked examples: How to prepare students for meaningful problem solving. In V. A. Benassi, C. E. Overson, & C. M. Hakala (Eds.), *Applying science of learning in education: Infusing psychological science into the curriculum* (pp. 118-130). Society for the Teaching of Psychology.
- Rim, H., Choi, I., & Noh, S. (2014). A study on the application of robotic programming to promote logical and critical thinking in mathematics education. *The Mathematical Education*, 53(3), 413-434. <https://doi.org/10.7468/mathedu.2014.53.3.413>
- Sullivan, F. R. (2017). The creative nature of robotics activity: Design and problem solving. In M. S. Khine (Ed.), *Robotics in STEM education: Redesigning the learning experience* (pp. 213-230). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57786-9_9
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- van Es, N., & Jeuring, J. (2017). Designing and comparing two scratch-based teaching approaches for students aged 10-12 years. In C. S. Montero & M. Joy (Eds.), *Proceedings of the 17th Koli Calling International Conference on Computing Education Research* (pp. 178-182). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3141880.3141883>
- Wouters, P., & van Oostendorp, H. (2013). A meta-analytic review of the role of instructional support in game-based learning. *Computers & Education*, 60(1), 412-425. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.07.018>
- Zhong, B., & Xia, L. (2020). A systematic review on exploring the potential of educational robotics in mathematics education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 79-101. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y>

The Effect of Example-Led and Problem-Based Combined Learning Strategy on Elementary School Students' Learning Effectiveness of Robotics Programming

Hsiu-Chuan Yang¹ and Lung-Sheng Lee^{2,*}

¹Yongshun Elementary School, Taoyuan District, Taoyuan City

²Department of Technology Application and Human Resource Development,
National Taiwan Normal University

Abstract

Problem-Based Learning (PBL) strategy has been widely applied to interdisciplinary curricula, including robotics programming. However, whether incorporating the guidance of examples into this strategy can increase learning effectiveness is frequently discussed. This study explores the effectiveness of two different but commonly used learning strategies, that is, “PBL combined with example guidance” and “general PBL”, through a quasi-experimental method. A 14-period robotics programming course was implemented for 95 elementary school fifth-graders. A self-designed key competency scale was used to assess the students' competencies before and after the course, including autonomous learning, cooperative learning, problem solving, critical thinking, and creativity and innovation. Following the assessment, the Bebras test was administered to evaluate the computational thinking of the students, and a cognitive load assessment was implemented to evaluate the cognitive load of students when learning robotics programming through the two different learning strategies. Consequently, the example-guided and problem-based combined learning strategy can enhance elementary school students' autonomous learning, cooperative learning, problem solving, and critical thinking skills, achieve better learning achievement effectiveness in robotics programming because of the incorporation of appropriate scaffolding examples. In addition, the mixed learning strategy can also improve the students' computational thinking in robotics programming and reduce their cognitive load.

Key words: Interdisciplinary STEM Education, Problem-Based Learning, Programming Learning Strategy, Example-Guided Learning, Robotic Education

* Corresponding author: Lung-Sheng Lee, lungshenglee@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9416-9274

Received: 2023/6/15, Revised: 2023/9/25, Accepted: 2023/9/28, Available Online: 2024/1/29