

應用樂高機器人發展資優教育方案之教學 實例分析與探討

林業盈
臺北市萬大國小
特教組長

摘 要

本篇文章主要在分析與探討應用樂高機器人發展資優教育方案的教學實例。筆者分析，透過樂高機器人發展的資優教育方案，不但能符合學生學習興趣、強調高層思考能力、培養團隊合作精神，亦能增進資訊科技素養，這些能力對於資優生而言都是相當重要的。在方案設計上，主要參考 Renzulli 的三合充實模式來發展教學架構，最後規劃與安排教學活動內容。教學結束後，透過來自學生和教師的回饋，獲得教學成果的訊息，藉此針對應用樂高機器人在方案發展與設計教學上進行探討並提出建議，希冀能提供其他教學者應用此科技玩具教學時作為參考與使用。

關鍵詞：樂高機器人、資優教育方案

Analysis of Teaching Example by Applying LEGO Robot to Develop Program of Gifted Education

Yeh-Ying Lin
Supervisor of Special Education Teacher
Wan Da Elementary School, Taipei City

Abstract

This article was mainly on the analysis and discussion of the application of Lego robot (LEGO MINDSTORMS) in order to develop the teaching examples of gifted education programs. The author analyzed that development of gifted education programs with Lego robot not only meet the students' interest in learning, emphasizing the higher level thinking skills, building a strong team spirit, increasing Information Technology(IT) literacy. These abilities are particularly important for gifted students. Designing the program was mostly consulted Renzulli's The Enrichment Trial Models, then develop the teaching structure of the program and plan the teaching activities. After teaching,

林業盈 (Ivylin2107@yahoo.com.tw)。

the author obtained feedback from students and analyzes the teaching achievements. Developing and designing the teaching proposals with the application of Lego robot, the author hoped to provide other educators to apply this technological toys as a reference to when they teach and use with Lego robot.

Keywords: Lego Robot, education programs for the gifted

壹、緒論

興科技的發展以驚人的高速改變人類的一切生活，使得整個世界、國家與社會中的環境與生活，展開一波又一波的改變。這些改變依賴著不斷進步的科技，幫助人類解決充斥在生活中的未知問題與挑戰。其中又以機器人技術和相關產業的擴展最為突飛猛進，尤其機器人綜合了機械、電子、資訊、人工智慧及工程設計等領域的創新成果，而透過各種組合創造機器人的功能，非常適合作為教育領域的實踐平臺。現今全球各國已如火如荼地積極開發機器人科技，因此需要更多人才的投入，因此如何從小培養具有工程、科技、跨領域整合應用、團隊合作及解決問題的能力，已成為當今先進國家需要正視的教育議題。

在臺灣，機器人或是程式設計教育在學校系統做得很慢，但是民間卻跑得很快。坊間兒童機器人程式設計課程愈開愈多，網際網路的線上免費課程也愈來愈多元。無論是付費或是免費的課程，通常都是家庭教育資源優渥的孩子較有機會接觸。因此這讓擔任教師一職的筆者燃起心中的教育魂，期待有機會也能熱血地用「翻轉」的角度，將機器

人或程式設計的教育帶到公立學校，讓資源匱乏但富有潛力的孩子也能探索機器人的花花世界。筆者應用樂高機器人發展資優教育方案並完成教學，並將此一實例進行分析、探討並提出建議，希冀能提供其他教學者應用此科技玩具教學時參考與使用。

貳、樂高機器人介紹

一、功能介紹

LEGO Mindstorms EV3 是樂高公司在 2013 年初發表 Mindstorms 系列的第三代機器人，採用可程式化積木，擁有輸出輸入端，藉此讀取各類感應器的輸入值，並控制輸出端的伺服馬達運轉或 LED 燈泡等，另配有零件組合含各式各樣的組件，以美國國家儀器 LabVIEW(Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) 開發的 NXT-G 圖形化軟體(The NXT-G Programming Language)，作為編寫機器人程式的介面平台。樂高機器人的工作原理即是組合可程式化積木，結合傳動裝置、輪子、馬達、感應器(如圖 1)等創作機器人，再藉由連結一連串的簡單圖示而形成複雜的程式後，下載至可程式化積木內，執行從電腦傳來個人所設定的程式，控

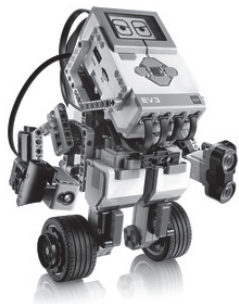


圖 1 可程式化積木、感應器及馬達

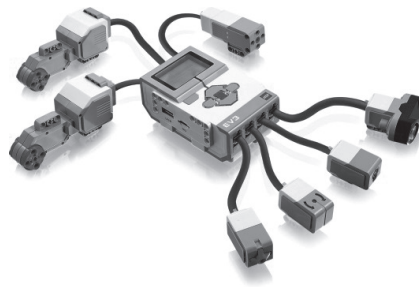


圖 2 組裝完成的機器人模型

制輸入感應器或輸出伺服器馬達，也就是控制機器人來產生複雜的機器人動作（如圖 2）。

二、教育應用

從實徵研究發現，透過課程設計的活動，結合電腦程式，控制所創造出來的機器人模型，能充實學校科技教學課程，讓教學活潑化、學習趣味化 (Papert, 1993; Sargent, Resnick, Martin, & Silverman, 1996)。另外，更有許多文獻指出，樂高機器人提供豐富且具高互動性的系統整合學習環境，不僅讓學生從真實生活情境中的事物出發，透過做中學、玩中學，親自動手設計及創造的活動過程，使用、精練與培養學生各種技能，如：程式編寫與設計、機械模型組裝、分析錯誤、評鑑作品、立體空間等能力，亦提供學習情境來訓練及培養學生問題解決和高層思考的能力，如：創造力，透過同儕的溝通、討論與互助以達合作學習的效果，更能鼓勵與協助學生正向發展其情意能力和學習態度，如：適應科技社會的能力，以提升學生的學習動機和成效 (李謀正，2006；施能木，2007；陳怡瑄，2008；Deken, Koch, & Dudley, 2013；Gibbon, 2007；Mosley & Kline, 2006)。

三、教學方式

使用樂高機器人進行教學時，整個問題解決步驟並不宜太過於複雜，操作過程通常包括：1. 設計與組裝機器人。2. 在電腦上編寫程式。3. 將程式下載至機器人主機。4. 測試與執行程式 (吳志緯、黃萬居，2003；李謀正，2006)。而學生在應用樂高機器人解決問題時之歷程為：1. 發現與確定問題。3. 決定方法與分配工作。4. 積木設計與組裝。5. 程式設計與執行測試。6. 除錯修正與反省回顧 (吳志緯，2003；李謀正，2006)。至於在人機操作比例上，不少研究者建議以四人共用一套 LEGO Mindstorms 設備是較佳的人機比 (Mosley & Kline, 2006)，但謝健全等人 (2004) 在其研究中則建議，在國小階段若採三人一

組，可使學生動手操控習得的時間增長，更有助於學習，尤其小學生面對英文介面的程式軟體，需要更多時間 (黃世隆，2004；Mosley & Kline, 2006)。另外，還有提供開放的教室讓學生自由使用操作，以及需將學生組裝積木的時間應列入考量、設備應提早準備等注意事項 (Mosley & Kline, 2006)。

參、方案發展背景與設計依據

一、發展背景

(一) 符合學生學習興趣

《身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法》(教育部，2013) 中提及特殊才能優異，包含工具運用和電腦方面具優異潛能的學生。在正式資優課程中所提供的相關學習內容並不普遍，加上坊間相關課程又所費不貲，無法顧及社經地位不利但富有潛能及學習需求的學生。本方案課程除了滿足對工具運用和電腦等領域有需求的學生外，學習方式上亦符合學生喜好的動手操作，加上以科技感鮮明的「機器人」為主題，能引發學生探究好奇心和學習動機。

(二) 強調高層思考能力

Van Tassel-Baska(1998) 曾指出資優生具有參與高層次思考活動的學習需求。本方案課程除了帶領學生認識創意發明和創造力的重要性外，鼓勵學生靈活運用創思技法，發展學生創造力；透過學生投入程式設計至操控機器人執行任務的過程，提供學生邏輯思考、澄清判斷、推論分析的練習。最後，藉由學生觀察不同任務情境後，從程式的設計處理到機器人的實際執行，創造自己想要的工具和方法，培養學生問題解決能力。

(三) 培養團隊合作精神

本方案中每個問題導向的情境，需要學生形成團隊來完成任務，小至使用工具、設計草稿，大至研究方法的規劃與執行、討論與建議，都需要依照每個成員的興趣、能力與專長進行分工，過程中需要同心協力、溝

通協調，才是達成團隊目標的最佳途徑，藉此發展學生團隊合作的精神。

(四) 增進資訊科技素養

科技教育的一項重點就是訓練學生擁有程式編寫的技能，不少國家也在中小學課程中設立程式語言課，並且將懂得程式運作背後的基本邏輯，設定為「數碼公民」的基本知識。本方案以機器人為工具，導入程式語言的概念與使用方式，不只讓學生設計符合自己所需的工具，更有助於在數學、科學、科技及工程的學習，以期學生在 21 世紀的高科技社會中成為有所貢獻的未來公民。

二、設計依據

本方案主要參考 Renzulli (1977) 的三合充實模式進行規劃。第一部分主要偏向第一類型的一般試探性活動，針對新興科技、機械人操作及應用進行興趣試探及知識充實；第二部分主要偏向第二類型的團體訓練活動，聚焦創思技法、研究基本能力及程式語言設計等技能訓練；第三部分主要偏向第三類型的個別或小組探討實際問題，請學生以小組形式，應用先前所學內容，自行設計並完成各組的救援任務。

肆、教學實例分析

一、方案目標

- (一) 學生能認識研究方法和技能，發揮獨立研究的興趣與精神。
- (二) 學生能靈活運用創思技法，發展創造力及勇於創新的精神。
- (三) 學生能應用程式編寫與動力機械的知識與技能，培養解決問題的能力。
- (四) 學生能參與討論、溝通協調、互相欣賞，增進合作和人際互動能力。

二、教學對象

本方案對象為臺北市各公立國小四至六年級學生，在工具運用或電腦方面擁有特殊才能者，以相關領域具優異表現並經學校推薦之學生為主。本方案採 2-3 位學生為一組學習團隊，共同使用一套樂高機器人設備。

三、教學期程

以一個學期為期程，每週三下午進行三小時的課程，共 20 週，60 小時。

四、教學架構

本方案名稱為「機器人教我的研究課」，以樂高機器人建構學習環境，參考 Renzulli 的三合充實模式進行規畫，設計能達成學生中心、高層思考、團隊合作及科技素養共 10 個單元的活動（如圖 3）。一般試探性活動包含暖身篇中的五個單元—「遇見，機器人的時代」、「研究的巨人」、「問題是個問題」、「資料庫的鑰匙」、「不找答案找方法」，旨在讓學生認識國內外機器人產業與發展情形、創意發明和創造力的重要性、創思技法的使用方式及原則、研究步驟中的基本內容，以及機器人的運作零件及程式語言。團體訓練活動包含行動篇中的四個單元—「太陽能與聲控車機器人」、「軌跡車機器人」、「走迷宮機器人」、「車輛型或動物型機器人」，旨在讓學生應用創思技法解決實際問題，並根據研究步驟中的基本內容進行訓練，以及使用程式編寫操控機器人的動作。個別或小組的實際問題探討包含成果篇的一個單元—「救援小隊出發」，旨在讓學生應用創思技法、研究方法及機器人的程式編寫與操控，以及完成解決實際問題情境的研究，最後對整體研究歷程提出總結與回饋。

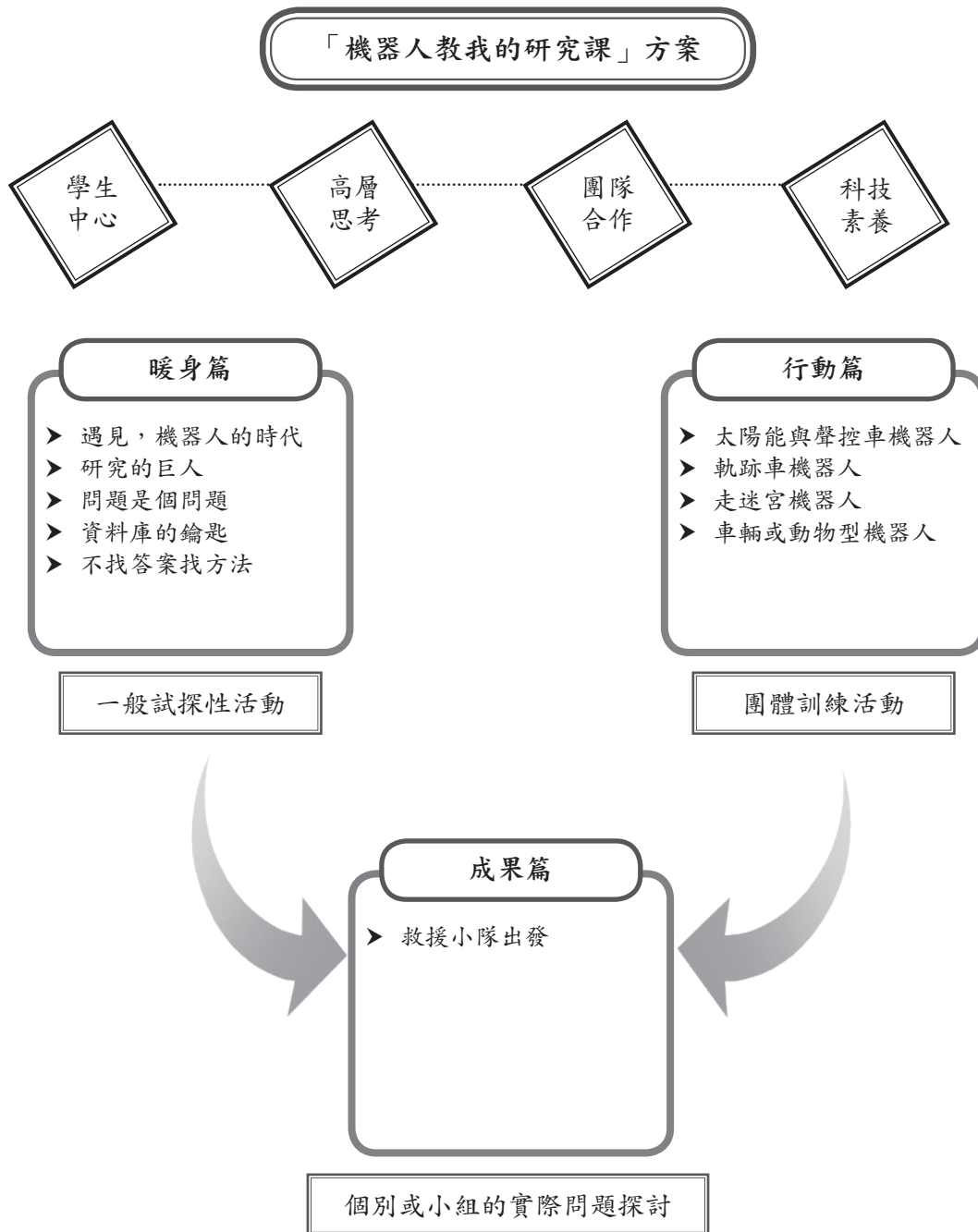


圖 3 教學架構

五、教學活動設計

子題	課程 / 活動內容說明	時數	區分性
【暖身篇】 遇見，機器人的時代	1. 發上課用具、介紹環境和上課公約、師生相見歡(破冰活動)	1	
	2. 生活科技知多少? 探討智慧科技(機器人)對未來生活的影響，並欣賞樂高機器人的創意作品	1	
	3. 認識智慧型機器人產業與發展情形	1	
【暖身篇】 研究的巨人 (上)	1. 欣賞國小學生作品	1	學生自選作品
	2. 小組分享作品摘要及讀後感		
	3. 認識機器人的基本結構、名稱及功能(技術型零件、馬達、感測器)	1	
	4. 小組運用技術型零件和馬達組裝「打陀螺」機構並使機構運轉	1	
	5. 小組運用技術型零件、馬達(帶主機)組裝「滷肉」(Explorer)		
【暖身篇】 研究的巨人 (下)	1. 介紹「發現問題、預測、實驗和應用」的研究過程的形式	1	
	2. 小組運用技術型零件、馬達進行不同系統的簡易機械組裝與運用	2	
	3. 認識機器人主機介面、主目錄及面板		
【暖身篇】 問題是個問題(上)	1. 認識研究主題的來源與選擇主題時的注意要項	1	
	2. 運用腦力激盪法練習發現主題		
	3. 嘗試使用主機 APP 編寫程式並使「滷肉」依指令運作	2	
	4. 認識程式的操作介面及程式指令塊的工作原理		
【暖身篇】 問題是個問題(下)	1. 認識研究問題與假設的定義	1	學生自選主題
	2. 練習敘述研究問題與假設		進行問題與假設練習
	3. 認識並運用移動指令塊建立程式並完成任務	2	
	4. 認識並運用聲音及顯示指令塊建立程式並完成任務		
【暖身篇】 資料庫的鑰匙(上)	1. 認識資料蒐集的工具(圖書及網路)	1	
	2. 認識資料分類及歸納方法(如心智圖法)		
	3. 認識並運用聲音、顯示及主機狀態燈指令塊建立程式並完成任務	2	
【暖身篇】 資料庫的鑰匙(下)	1. 運用不同工具進行資料蒐集	1	學生自選資料
	2. 練習將資料進行分類與歸納及發表		進行分類與歸納
	3. 認識並運用開關模式及馬達指令塊建立程式並完成任務	2	
	4. 統整運用不同指令塊進行探索挑戰		
【暖身篇】 不找答案找方法(上)	1. 認識研究方法的種類與特色	1	
	2. 認識自變項與依變項設計與規劃的方法		
	3. 認識並運用等待及迴圈指令塊建立程式並完成任務	2	

(續下頁)

五、教學活動設計（續）

子題	課程 / 活動內容說明	時數	區分性
【暖身篇】 不找答案找方法(下)	1. 進行自變項與依變項的設計與規劃 2. 練習記錄實驗的重點與技巧 3. 認識並運用自訂指令塊建立程式並完成任務 4. 統整運用不同指令塊進行探索挑戰	1 2	學生自選研究變項進行實驗設計與紀錄
【行動篇】 太陽能與聲控車機器人	1. 瞭解認識太陽能車的眼睛—顏色感測器 2. 製作「聲控車」—感應器的綜合應用與練習	3	依學生能力調整目標分為低中高三組
【行動篇】 軌跡車機器人(上)	1. 認識軌跡車軌跡控制方法 2. 介紹各種軌跡法的操作方式與應用 3. 各種軌跡法說明與優缺點討論	3	依學生能力調整目標分為低中高三組
【行動篇】 軌跡車機器人(下)	1. 製作「單光循跡機器人跑」—各種感應器的結合應用與練習(如圖5) 2. 討論實做與分享	3	依學生能力調整目標分為低中高三組
【行動篇】 走迷宮機器人(上)	1. 認識超音波感測器 2. 組裝「超音波感測器機器人」 3. 了解基本原理、功能及運用	3	依學生能力調整目標分為低中高三組
【行動篇】 走迷宮機器人(下)	1. 瞭解並實際進行基本輪型機器人的結構組裝，並進行試跑 2. 製作「走迷宮機器人」，並與夥伴競賽，看哪一組可以最先走出迷宮 3. 討論實做與分享	3	依學生能力調整目標分為低中高三組
【行動篇】 車輛型 or 動物型機器人	1. 認識競速或行走的機械結構組裝 2. 建立程式並進行指令測試 3. 討論實做與分享(如圖6)	3	依學生能力調整目標分為低中高三組
【成果篇】 救援小隊出發	1. 應用創思技法進行「救援小隊」之任務宣達及專長分工 2. 複習「發現問題、預測、實驗和應用」的研究模式 3. 討論、設計與規劃「救援小隊」的研究摘要	3	學生自選研究主題的領域(分軌研究)
	根據研究摘要執行方法，完成「救援小隊」之研究，如：蒐集資料、操控變項、程式編寫、測試實驗、校正修改、溝通協調等(如圖7)	6	學生進行個人或小組的獨立研究
	1. 根據研究大綱執行方法，完成「救援小隊」之研究任務 2. 摘要撰寫研究結果、結論與討論建議	3	學生進行小組的獨立研究
	1. 「救援小隊出發」動態成果展現(如圖8、9) 2. 作品觀摩、交流與評選 3. 得獎的事 4. 教師講評與學員回饋	3	教師依照學生不同能力給予不同評選標準

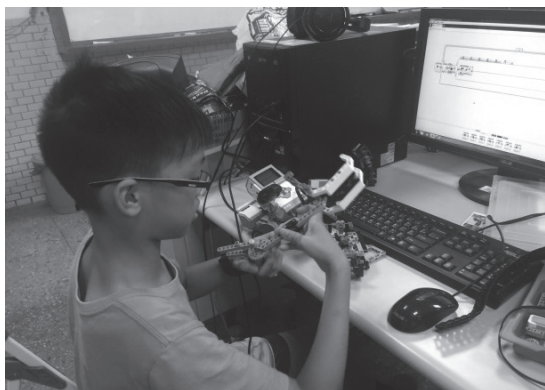


圖 4 我一定要組個與眾不同的怪手



圖 5 運用感應器製作巡跡機器人

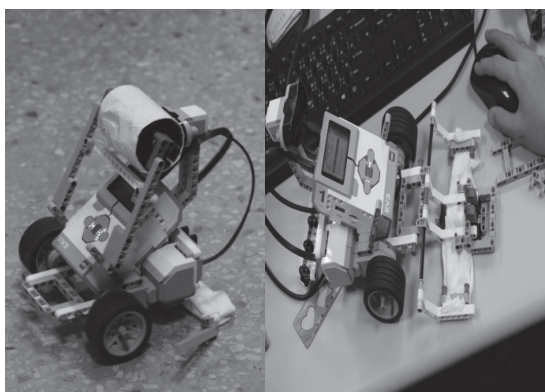


圖 6 清潔機器人作品

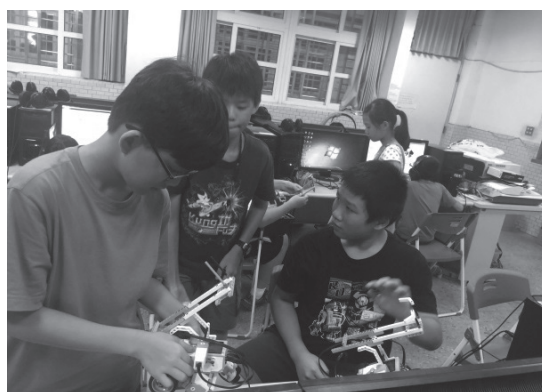


圖 7 各組中的「公關」與他組協調與溝通



圖 8 各小組上台發表研究動機、目的和方法



圖 9 熱鬧的「救援小隊出發」動態成果展現

伍、教學成果探討

本方案教學結束後，筆者根據所設定的六項方案目標，從學生自評、同儕互評及教師評量等內容分析、歸納學生學習成果，茲分述如下：

一、方案目標 I：學生能認識研究方法和技能，發揮獨立研究的興趣與精神

在方案進行的過程中，學生能對研究有初步概念，而且能夠發現問題並發揮研究精神獨立解決。

學生甯敘述：「研究摘要的報告很清楚。」

學生藜：「投球的角度、程式、球太重、球會不會到別組的機器人上，都是遇到的困難和問題，我們不斷修改、調整和研究，最後才成功。」

學生好：「雖然我的程式一直寫錯，或是程式寫對，但機器人跑不出來，我會問老師、同學，或是自己想辦法解決。」

學生韋：「很佩服你們失敗 N 次還是願意繼續挑戰。」

至於教師評量則發現，學生對研究方法和技能有初步認識，但是部分學生不感興趣，因此課程內容需再針對學生學習的個別化加以設計。

教師提到：「研究方法課程沒有辦法會上機器人的課程內容能長時間引起學生專注，部分學生感覺無聊，……惟學生的學習單完成率達 100%，正確率亦達 95% 以上。」

綜上所述，第一項方案目標可謂已達成，但在課程內容上仍有待修改之處。

二、方案目標 II：學生能靈活運用創思技法，發展創造力及勇於創新的精神

學生在運用機械零件組裝機器人執行任務時，能夠發揮創意和巧思，做出獨特的作品。

學生任敘述：「我們的掃地機器人是別人都沒有的滾筒造型，而且是廢物利用不要

的衛生紙筒、瓶蓋……。」

學生媽：「真佩服第 O 組的創意，能用遙控的方式好厲害、好有趣！」

不過，教師卻發現部分學生的創意過於天馬行空，或是停留在教師所提供的參考範例上打轉。

教師提到「有些學生的點子太不切實際，沒有可用的設備材料或是根本就不可能達成，也忘記解決問題、完成任務的真正目的……。」

「學生在執行成果發表任務時，因受限於程式的撰寫無法給予機械正確的動作指令，所以為了避免整體任務的失敗，而放棄運用多元材料與設計創意動作，只依照老師給的範例依樣畫葫蘆而已，實為可惜。」

另外，學生能運用創思技法進行討論和完成任務。

學生侃就說：「創思技法能幫助我們討論和想事情。」

教師也從學生的作品中，確認學生對創思技法已有概念。

教師：「每位學生都能用心智圖法針對研究報告做摘要，八成以上學生畫出來的心智圖結構清楚且完整，……，對四年級學生而言較為吃力，但能展現層次和分類的概念，也會運用顏色和圖片等技巧。」

綜上所述，第二項方案目標可謂已達成，但須進一步思考如何幫助學生進行更有效完成任務的創意思考。

三、方案目標 III：學生能應用程式編寫與動力機械的知識與技能，培養解決問題的能力

在方案進行中，學生能觀察不同任務情境，結合程式編寫與動力機械的知識和技能，找到能解決實際問題的工具和方法。

學生祐：「我學到了如何創作程式，並學到了許多有關 EV3 機器人的技巧，例如：組裝各種零件、馬達和感測器、讓機器人循著軌跡前進(循跡)等……」。

學生侑：「機器人接球一開始不是太遠就太近，所以都接不到也投不到，後來我們決定要去現場量長度，再用程式讓機器人跑出我們要的距離，……」

學生澤：「……機器人走超過自己的範圍，而且程式也等了太久才讓機器人動。後來改變程式並且把機器人手臂的距離拉短，也把秒數減短……」。

教師也發現到，學生最後還能審視並檢討整個解決問題的過程。

學生弘：「我遇到送不出球的問題，但最後我們最後能一起討論、研究並想辦法解決……」、「……有時候是程式寫不出來，但是我們會請教老師，然後盡量把程式寫出來。」

不過，教師卻提到學生在程式編寫與動力機械的學習和操作時間不足，影響整體教學進度。

教師敘述：「學習內容有關硬體上的動力機械，以及軟體上的程式設計，兩者皆需學生長時間的學習與練習，加上受限於學生在課堂上能自由運用的時間不足，又無法將教學設備帶回運用課後時間完成。尤其程式指令要讓機械能執行正確動作，需要硬體和軟體的配合，這是非常需要時間一再反覆的測試、修改，再測試、再修改。因此最後有不少任務和單元只能縮短時間進行。」

另外，教師也提到人力不足的問題，影響教學品質。

教師敘述：「因分組參與學生人數稍多，並且每項任務主題與過程皆不同，教師若人力不足時，無法確實掌控學生的成果品質。」

最後則是對於學生的先備經驗和學習能力之差異，影響到時間運用和學生學習成就感的問題。

教師敘述：「程式設計和機械組合皆需要耗費許多時間分別熟悉，熟能生巧後才能順利地將兩者加以結合。但是學生對於程式撰寫或是動力機械的先備經驗不一致，有的

學生曾經上過類似的課程，更有的學生擁有相關設備能利用課後時間在家練習，所以先備經驗較不足的學生需要更多時間練習。……學生的學習特質和風格不相同，有的學生擁有強烈的學習動機和好奇心，能夠長時間的持續專注於探究，但有的學生需要立即的回饋，比較無法忍受曖昧，因此若無留意到學生們的個別需求和程度，易造成部分學生產生挫折感而放棄學習。」

綜上所述，從學生的學習成果表現上來看，雖然已達成第三項方案目標，但教師對於教學，在時間、人力和學生個別差異上，還需要針對課程內容和學習方式進行調整。

四、方案目標IV：學生能參與討論、溝通協調、互相欣賞，增進分工合作和人際互動的能力

學生能在規模、性質不同的任務中，發揮團隊分工合作的精神，並且學生在團隊內與團隊間，運用溝通、協調等人際互動技巧以達成目標，

學生翔：「我學到遇到困難時，要能和同伴一起解決。我們在最後一場比賽有遇到一點困難，但我們有合作、協調和溝通，所以結果還不錯，只有一些部分還差一點點就成功。」

學生任：「雖然遇到傳球機器人傳不了球的問題，但我們試著跟下一組溝通，然後改程式、再測試，也謝謝下一組的同學跟我們一起討論和修改，最後才能順利將球傳出來。」

另外，每位學生在成果發表後都能給予其他小隊鼓勵及回饋。

學生茜：「很欣賞你們的創意，機器人的名字和造型很酷，程式也寫得很棒，很少有錯誤。」

綜上所述，第四項方案目標確定已達成。

陸、結語與建議

一、結語

臺灣從 1993 年就開始進行機器人教育的研究(陳怡靜、張基成, 2015), 尤其 2018 年後將實施的「十二年國民基本教育課程綱要總綱」(教育部, 2014), 已將程式設計課程納入, 目的是希望臺灣也能趕上這波教育趨勢, 以培養未來人才。

筆者經過這 20 週的方案教學後, 在教學現場中仍有許多問題和困境待解決, 除了上述針對教學成果所發現的問題外, 在有限的經費下, 樂高機器人的設備和維修所費不貲, 而且零件種類、數量繁多, 保管事務常造成教師工作負擔, 加上教師人力及專業度不足等, 都是教學應用上的難題; 當然也需要注意學生使用電腦的時間, 降低眼睛受傷害的風險。儘管如此, 若能藉此科技玩具為媒介, 訓練有潛力的資優生, 並且滿足其學習需求, 增進資訊科技素養, 同時擁有高層思考能力、團隊合作精神, 相信是個創新且值得一試的教學媒材。

二、建議

(一) 審視個別差異, 彈性調整課程

建議教學者可視學生的能力程度, 增加難易度不同的分組練習或任務。而對於成果發表的內容也可減少限制、彈性開放工作細節, 更可從多元智能的角度思量, 讓每位學生能依各自優勢能力進行工作分配, 擁有盡情發揮的管道。

(二) 鼓勵嘗試錯誤, 勇於創意發想:

在最後的大型任務時, 教師可直接給予明確的問題情境, 從旁協助學生檢視程式邏輯是否正確, 並且在學生創造發想階段時, 鼓勵或提醒學生運用已學會的技術, 才能創造出與眾不同的作品和表現。

(三) 彈性運用時間, 擴大人力資源:

在規劃活動內容及時間時, 必須視學生

的學習進度和成效進行彈性調整與運用, 例如簡化需花費較多時間完成的任務, 或是降低複雜度及過關標準。另外, 可運用相關人力資源, 例如: 小老師制度、志工老師等, 或是融入拼圖教學法諸如此類的策略, 協助並督促每組學生確實進行分組研究及成果展現。

參考文獻

- 吳志緯 (2003): 國小學生以電腦樂高進行科學學習之個案研究。臺北市立師範學院科學教育研究所碩士論文, 未出版, 臺北。
- 吳志緯、黃萬居 (2003): 以電腦樂高進行國小科學教學活動設計與實施之研究。科學教育研究與發展季刊專刊, 51-87。
- 李謀正 (2006): 國小學童創造力的研究—以電腦樂高為例。國立雲林科技大學資訊管理系碩士班碩士論文, 未出版, 雲林縣。
- 施能木 (2007): 應用機器人於國小學童「自然與生活科技」領域創意學習之課程設計與實施。生活科技教育月刊, 40(2), 18-31。doi: 10.6232/LTE.2007.40(2).7
- 教育部 (2013): 身心障礙及資賦優異學生鑑定辦法。臺北: 教育部。
- 教育部 (2014): 十二年國民基本教育課程綱要總綱。臺北: 教育部。
- 陳怡瑄 (2008): 機器人顯學機器人學習熱: 下個明星產業兒童才藝班最愛。遠見雜誌, 2, 242-247。
- 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。doi: 10.6249/SE.2015.66.3.03
- 黃世隆 (2004): 應用電腦樂高輔助高中生程式設計學習之行動研究。國立臺灣師範大學資訊教育學系在職進修碩士班碩士論文, 未出版, 臺北。
- 謝建全、施能木、鄭承昌 (2004 年 11 月)。機械人組合教學輔具在國小創意學習與問題解決歷程教學上之應用。論文發表於國立臺南大學主辦之「2004 年資優教育」學術研討會, 臺南。
- Deken, B., Koch, D., & Dudley, J. (2013). Establishing a Robotics Competition in an Underserved Region: Initial Impacts on Interest in Technology and Engineering. *Journal of Technology, Management & Applied Engineering*, 29(3), 1-9。doi: 10.1016/S0923-4748(99)00003-X

- Gibbon, L. W. (2007). *Effects of LEGO Mindstorms on convergent and divergent problem-solving and spatial abilities in fifth and sixth grade students*. Unpublished master's thesis, Seattle Pacific University, Seattle.
- Mosley, P., & Kline, R. (2006). Engaging students: A framework using Lego robotics to teach problem solving. *Information Technology, Learning and Performance Journal*, 24(1), 39-45.
- Papert, S., & Harel, I. (1993). *Constructionism*. Norwood, NJ : Ablex Publishing Corporation.
- Renzulli, J., S. (1977). *The Enrichment Triad Model : A guide for developing defensible programs for the gifted and talented*. Mansfield, CT : Creative Learning.
- Sargent, R., Resnick, M., Martin, F., & Silverman, B. (1996). *Building and learning with programmable brick*. *Constructionism in Practice* (pp.161-173). Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- Van Tassel-Baska, J. (1998). *Gifted and talented learner*. Denver, CO : Love.