

教育部教學實踐研究計畫成果報告
Project Report for MOE Teaching Practice Research Program

計畫編號/Project Number：PSK1090334

學門專案分類/Division：[專案]技術實作

執行期間/Funding Period：109 年 8 月 1 日 ~ 110 年 7 月 31 日

體驗學習法在機器人控制實務教學之實踐計畫
Experiential Learning Project in the Robot Control Practice Teaching

機器人控制實務
Robot Control Practice

計畫主持人(Principal Investigator)：蘇國和

共同主持人(Co-Principal Investigator)：

執行機構及系所(Institution/Department/Program)：中國文化大學機械系

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)：2021 年 8 月 3 日

體驗學習法在機器人控制實務教學之實踐計畫

蘇國和^{1*}，林宣宏²，許哲維³

中國文化大學機械工程學系

sgh@ulive.pccu.edu.tw^{1*}, A7105552@ulive.pccu.edu.tw², dewey0824@gmail.com³

摘要

從學生在機器人課程的歷年學習表現，發現他們在理論探討方面，興趣缺乏，上課無法集中精神，但在實作體驗與簡單程式撰寫方面，卻有很高的學習興趣。因而想到美國著名教育家約翰·杜威(John Dewey)，曾提出做中學(Learning by Doing)的教學法，他主張在學習過程中，最好讓學生，先從想學的，擅長且喜愛的學習方式，開始進行體驗，逐漸引導進入課程核心。為配合產業需求並提升學生就業競爭力，[機器人控制實務]是中國文化大學工學院[機器人跨域]必修課程，旨在培養學生具備設計，分析與執行機器人實務控制所需之基本技術能力。因此，109 學年度提出教育部教學實踐研究計畫，引用「做中學與學中做」的學習方法，引導學生進入課程核心。機器人控制教學時，從單一功能開始實作，循序漸進，增加模組數並與微控制器搭配，使用 Arduino 及 Raspberry Pi 兩種業界常用的微控制器，引導課程進行。此計畫以互動式陪伴機器人之控制與實作，做為主題，因其功能多樣且富變化，有很多可發揮創意之處，例如與主人外出散步的紅外線及超音波避障，RFID 辨識跟隨，與人語音互動，人臉辨識，遠端行動裝置控制等，學生會有很高的成就感，更可提升其實作能力。

關鍵詞：做中學、體驗學習、微控制器、深度學習、互動式陪伴機器人

壹、緒論

一、動機

此教學實踐研究計畫- [體驗學習法在機器人控制實務教學之實踐計畫]，有兩個動機。

(a) 觀察 107 學年以來的各項學習表現，學生在理論推導方面，興趣缺乏，上課無法集中精神，但在實作體驗與簡單程式撰寫方面，卻有很高的學習興趣，為改善學習成效，讓學生真正吸收課程內容。

(b) 藉由「做中學、學中做」的學習方式，從單一功能開始，循序漸進，增加模組數並與微控制器搭配整合，引導課程進行，提升學生實作能力。

二、主題及研究目的

配合產業需求並提升學生就業競爭力，[機器人控制實務]是文化大學工學院[機器人跨域]必修課程，旨在培養學生具備六項核心能力，其中比重較重的兩個分別是核心能力(2):設計與執行實驗，以及分析與解釋數據的能力;核心能力(3):執行工程實務所需技術、技巧及使用工具之能力,其比重分別為 40% 與 30%。此計畫擬以互動式陪伴機器人之控制與實作，做為課程主題，因其功能多樣且富變化，有很多可以讓學生發揮創意的地方，例如與主人外出散步的紅外線及超音波避障，RFID 辨識跟隨，與人語音互動，影像辨識，遠端電腦或行動裝置控制等，讓學習者有很高的成就感，進而可提升學生之實作能力，降低學用落差。

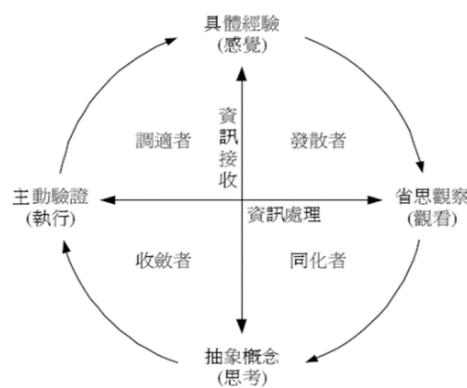
貳、文獻探討

從107學年學生在機器人課程的學習表現，發現他們在理論探討方面，興趣缺乏，上課無法集中精神，但在實作體驗與簡單程式撰寫方面，卻有很高的學習興趣。有一句成語，如魚得水，如果我們花70%的時間去訓練魚學跑步、爬樹或是飛行，只剩下30%的時間去練習牠最厲害也最喜歡的游泳，可能導致他最後的成就只有本來的百分之三十甚至更少。出生在美國佛蒙特州的著名教育家約翰·杜威(John Dewey, 1859-1952) [1]，提出做中學(Learning by Doing)的教學法，強調教學必須從經驗出發，主張在學習過程中，應該避免預先將過多的教學理論，加諸在學生身上，最好讓學生，先從想學的，擅長且喜愛的學習方式，開始進行體驗，逐漸引導進入課程核心，這正如本校學生在實作體驗方面，有很高的學習興趣，因此，此計畫擬引用「做中學與學中做」的學習方法，引導他們進入課程核心。這個思想深深影響了美國20世紀的教育方式[2]，而杜威的做中學可細分為三個重點[3]，分別為:

- (1)生活經驗: 教育應該要與生活經驗相結合。
- (2)親身探究: 藉由親自動手探究，學習的過程才能被轉化成個體的經驗。
- (3)反省思考: 嘗試錯誤與反思原因是讓個體進步的動力。

從上述可以看得出，杜威認為經驗是學習中十分重要的一環，杜威認為教育是一種「屬於 (within) 經驗」、「由於 (by) 經驗」和「為 (for) 經驗」的發展。經驗是人的領受與認知，而會提出做中學，就是因為杜威認為：「事物作為被處置，被使用，被施行，被享受，被忍受的對象，比作為被認知的對象多得多。」他的理由是：「它們在作為被認知的事物之前，已經是被領受的事物了」。而經驗又可以分成初級經驗與次級經驗，初級經驗就是「初級的，未加反省的經驗」(primary, un-reflective experience)，而次級經驗則是「次級的，反省的經驗」(secondary, reflective experience)，兩者最大的差異就在於前者只有單純的體驗而後者是有加以去反思後才得到的結果

[4]。反思是學習中十分重要的一步，因為只有經過反思，經驗才會被有效的分配歸類，只有這樣下一次在遇到類似的情形，可以將上次的經驗，拿來當成工具去解決問題，這樣才可以真正的稱為學習。不只杜威有這種想法，其他如大衛·庫伯(David Kolb)也提出了體驗學習法又稱經驗學習法[5]，體驗學習法的細節如圖一所示[6]。



圖一 體驗學習法[6]

另外從機器人的控制技術來看，就產品的結構與功能而言，互動式陪伴機器人的製作很適合做為學習機器人的研究主題，因為它的功能多樣且富變化，有很多可以讓學生發揮創意的地方，非常有趣，讓學習者有很高的成就感。為讓課程進行順暢，讓學生的實作有所依據，目前蒐集了在市場上販售的機型樣本，做為學習與實作參考。從規格中可知，每種機型都各自有不同的功能，圖二(a)為日本SONY在2018年1月重新推出的互動式陪伴機器人aibo，伴隨著機構、感測、控制與人工智慧技術進步，全新的aibo在外型與動作流暢度上更逼近真狗，也提供更開放的作業系統，讓玩家輕易開發出各式各樣的功能，透過內建64位元的四核心處理器，以及位於鼻子、身上的相機作為電腦視覺，並且配合深度學習方式與外界產生互動，並且配合雲端輔助運算持續學習，隨著與使用者長期互動產生不同「性格」。SONY不僅將aibo定位為互動式陪伴狗，也規劃為智慧小管家，藉由聲控系統與網路，主人透過它管理家中所有設備，在更高階的學習系統協助下，也是貼身小秘書[7]。圖二(b) 為日本產業技術綜合研究所研發的機器海豹Paro，它可

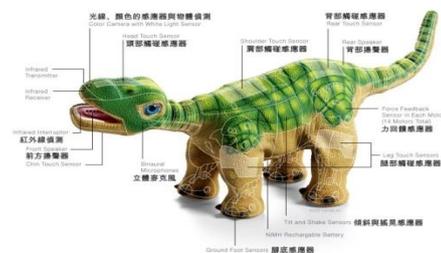
緩解失智症的行為和心理症狀，不僅對肢體接觸有反應，還會跟使用者的眼神交會，Paro還能夠改善憂鬱、焦慮和壓力等症狀，進而降低相關醫療措施，部分病患甚至從不說話變得願意開口，起初先跟機器海豹對話，接著跟別人提起機器海豹[8]。圖二(c)為由美國Innvo Labs 公司研發的第二代Pleo恐龍機器人，它內部配備十四個馬達，動作可以完全獨立自主行動、不需要遙控，就能夠相當靈活流暢，四隻腳可彎曲退後，也具有靈敏的觸覺、視覺和聽覺，是一隻具有生命形態的互動式陪伴機器人，能有效地促進自閉症譜系障礙（ASD）兒童的言語[9]。圖二(d)為外型逗趣的對話機器人Sota，是由日本科學技術振興機構(JST)、大阪大學，以及機器人製造商Vstone共同研發，此款機器人不但可以彼此交談，還能跟人類互動對話，頭部、手部和身體也能伴隨著說話自然擺動，其圓滾滾的雙眼甚至還會眨、會轉動，是一種具有社交對話能力的機器人[10]，限於篇幅，無法一一列舉。國內業界在互動式陪伴機器人領域的研究比較少見，不論是居家陪伴、療癒、及教育方面都著墨不多，只有少數幾家公司有販售，如女媧製造(NUWA)所研發的小丹機器人(圖三)，整合各種感測元件，可以識別人臉、物件、手勢、聲源等，並擁有分析語意，理解對話內容的能力。讓互動式陪伴機器人融入日常生活情境，擁有接近人類直覺的溝通方式。一般機器人互動較為死板，NUWA則利用了動態三維情感模型，模擬人類多變的情緒反應及行為表現，讓使用者在與機器人互動過程中，更自然也更有趣[11]。



(a) 互動式陪伴狗aibo [7]



(b) 機器海豹Paro [8]



(c) 恐龍機器人Pleo [9]



(d) 對話機器人Sota [10]

圖二、國外研製之互動式陪伴機器人



(a)小丹機器人擁有分析語意能力 [11] (b)小丹機器人具有三維情感模型 [11]

圖三、國內研製之互動式陪伴機器人

參、研究方法與教學實踐步驟

一、研究設計說明

- (一) 教學目標:互動式陪伴機器人控制與實作
- (二) 教學方法: 以「做中學與學中做」的體驗學習法引導課程進行，讓學生由淺入深，漸進理解機器人控制與實作，同時融入學生有興趣的人工智慧在人臉辨識上。擬從單一功能開始實作，循序漸進，增加模組數並與微控制器搭配，引導課程進行。
- (三) 成績考核方式: (1)筆試:20%,(2)實作:60%, (3)創意競賽:20%
- (四) 學習成效評量工具: (1)期初實作與期末實作評量比對,(2)自我反思評量, (3)團隊同儕評量

二、教學實踐步驟

此計畫擬從單一功能開始實作，循序漸進，增加模組數並與微控制器搭配，使用Arduino及Raspberry Pi兩種業界常用的微控制器，引導課程進行，以互動式陪伴機器人控制與實作，做為主題，計畫實施流程與步驟如圖四。授課與實作內容：A.機構；B.主要周邊元件說明(紅外線，超音波，RFID，Micro SD，攝影鏡頭)；C.馬達驅動模組；D.Arduino及Raspberry Pi微控制器；E.人臉表情模型建立的步驟說明；F.學習成效評量；G.使用實驗室說明，七個部分。

(一) 計畫實施流程與步驟(圖四)

(二) 各週課程進度:

週次	上課內容(課堂時間)	實作內容(課堂與課後時間)
1	運動學與機構說明	期初實作測驗與機構製作
2	五種感測元件與驅動模組介紹	感測電路製作
3	驅動模組介紹	驅動電路製作
4	Arduino 微控制器介紹	感測及驅動模組與 Arduino 硬體製作及除錯
5	程式說明	程式撰寫及除錯

6	學習反思	功能展示與修正
7	Raspberry Pi 微控制器介紹	感測及驅動模組與 Raspberry Pi 硬體製作及除錯
8	程式說明	程式撰寫及除錯
9	學習反思	功能展示與修正
10	語音原理說明	語音硬體製作及除錯
11	程式說明	語音程式撰寫及除錯
12	程式說明	語音程式撰寫及除錯
13	人工智慧說明	人臉表情模型建立及除錯
14	深度學習說明	人臉表情模型建立及除錯
15	人臉辨識原理說明	辨識程式撰寫及除錯
16	學習反思	互動式陪伴機器人整合測試與修正
17	業師授課(陳廷碩 課長)	互動式陪伴機器人創意競賽
18	期末筆試	期末實作測驗

肆、教學成果

分六組進行教學，在此以表現中等的第二組的實作紀錄為例，內含該組的實作過程及心得與省思，呈現教學與學習成果。

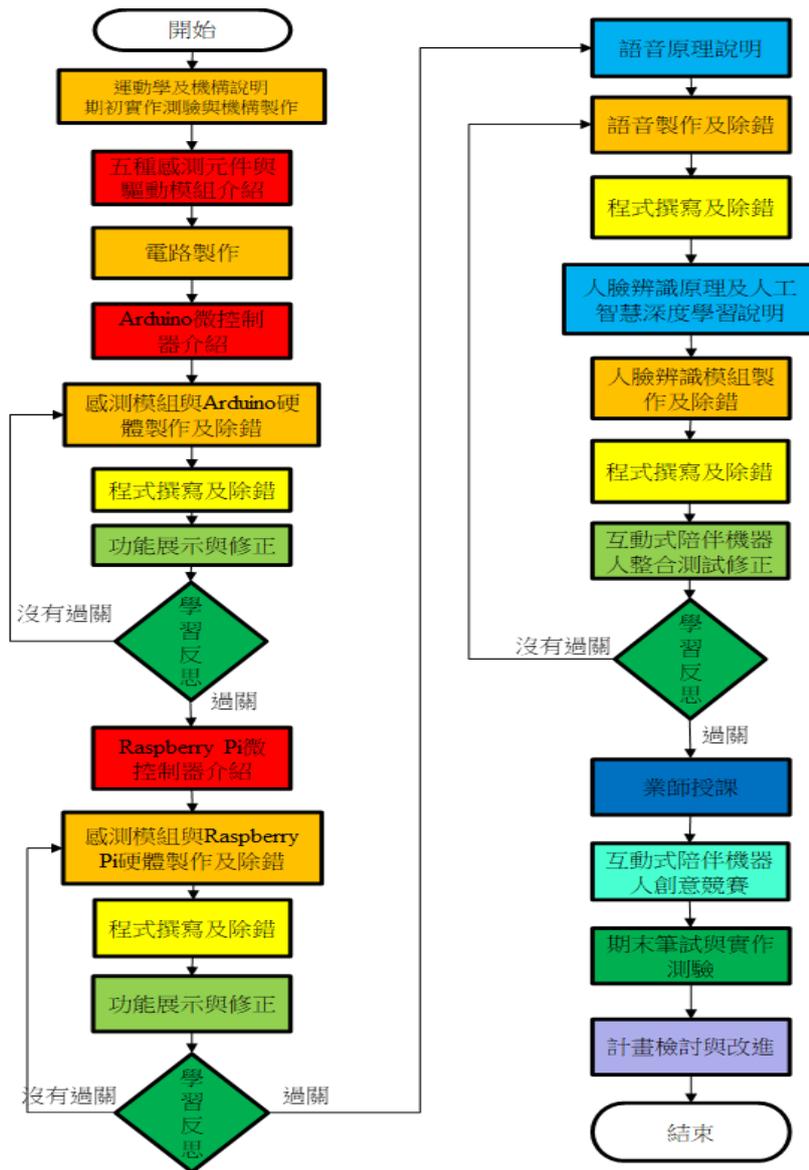
一、項目一之學生實作記錄

組別	第二組
組員	陳均泓 邱登麟 陳明正 吳宥霖 何玟慧
實作項目	項目一 機器人硬體組裝
原理與實作過程	首先我們從老師講解,認識了各種硬體設備以及其作用;例如使用直流電馬達驅動機器人,使其穩定供電,使用紅外線偵測障礙物,使機器人可以自動轉向,以及一個 MCU(包含 CPU、ROM、RAM、I/O 等)來使機器人運作,在了解各個部件的功用後,我們開始照著說明書組裝,雖然有一些小失誤,但在大家的積極參與和學長的幫助之下解決了問題,最後成功的將機器人組裝完畢。
心得與省思	雖然這次組裝過程有一點小失誤,但是仔細閱讀說明書以及學長的幫助下通過和大家討論之後都能順利排除困難,下次我們會更細心地去查看說明書,進行操作減少錯誤,使實作更加順利。

二、項目二之學生實作記錄

組別	第二組
組員	陳均泓 邱登麟 陳明正 吳宥霖 何玟慧
實作項目	項目二 開發 M-Bot 應用程式

原理與實作過程	我們這次使用了 Mblock 寫機器人的程式,先將機器人與電腦連結,然後開始測試程式,寫程式首先要畫出流程圖檢查邏輯,在檢查完沒有問題之後,在開始將程式碼拼湊起來,最後再將完成的程式碼上傳到機器人上面進行測試。
心得與省思	在一開始挺順利的,但中間遇到了困難,但在學長的幫助下解決了一些指令的問題,之後機器人無法轉彎,在無數的嘗試之下,跟同學互相討論之後終於解決了轉彎的問題,最後在同學精準的預測之下,直接解決了角度問題,完成實作。



圖四、計畫實施流程與步驟

三、項目三之學生實作記錄

組別	第二組
組員	陳均泓 邱登麟 陳明正 吳宥霖 何玟慧
實作項目	項目三 觸角機器人

原理與實作過程	首先將機器人安裝上極限開關(用來偵測有沒有撞到障礙物),因為安裝在機器人的前方,像觸角一樣可以偵測障礙物,在開關碰觸到障礙物之後,使用 PWM (pulse width modulation) 控制訊號的開關,開(ON/HIGH)表示輸出高電位,關(OFF/LOW)表示無輸出,然後控制通電的時間比例,讓電流能夠有高低的变化,以此改變左右輪的運轉速度(例如運轉速度想要為 25%就讓電流以 25%的時間通高電壓加上 75%的時間通低電壓),使機器人轉彎。
心得與省思	我們這次遇到了比較多的困難,在安裝極限開關的時候花了許多時間在調整安裝位置,最後我們決定將螺絲鎖在別的位置將其固定住。程式的部分首先在要先在 M-Block 安裝擴充元件,如果沒有安裝擴充元件會找不到極限開關的指令方塊,有了極限開關的方塊之後,在控制轉彎的地方出了問題;第一點是左右轉的時候的左右輪動力出錯(要右轉的話需要讓左輪的動力大於右輪),第二點則是無法讓感應器被按壓時讓他改變輪轉速度,因為我們沒有設置極限開關被按壓時將數值改變成 0,而是直接將方塊放進迴圈,少了一個判斷式,最後一點則是轉彎的幅度,如果要讓轉彎幅度變大必須要將動力差調整成更大(在教授的指導下也知道可以將動力設定成負數),最後在學長及教授的幫助下克服了以上的困難。

四、項目四之學生實作記錄

組別	第二組
組員	陳均泓 邱登麟 陳明正 吳宥霖 何玟慧
實作項目	項目四 巡線避障
原理與實作過程	利用了 M-Block 寫出機器車的程式,一開始讓車子前進並利用巡線感測器偵測黑線,巡線感應器將紅外線反射結果分成兩種:黑色與白色,其中反射能量強的為白色,反射能量弱的為黑色,因此根據回傳值,共有四種情況。如果兩邊都是黑線則紅外線不會反彈,(此情況回傳值為 0)繼續前進。若有一方為黑線一方不是,則進行轉彎(回傳值為 1 或 2),如果兩邊都無法偵測到黑線,則進行迴轉直到尋找到黑線(回傳值為 3)。
心得與省思	這次實作遇到的問題為要讓車子能夠處理不同的情況,我們一開始的程式能夠讓車子順利前進,但是當遇到要轉彎的時候,就會開始左右顫抖,最後原地繞圈圈,經過學長的指導,知道了此情況為前進及轉彎的轉速過快而導致,修正好此問題之後,第二個問題是如何讓車子在進入情況 3 的時候能夠順利找到黑線,想出來的辦法為讓車子持續地進行右轉,此方法可以運用在行進到直角時順利找到黑線並進行修正,但有時會導致車子有往回走的情況,因此此方法可能需要再改良。

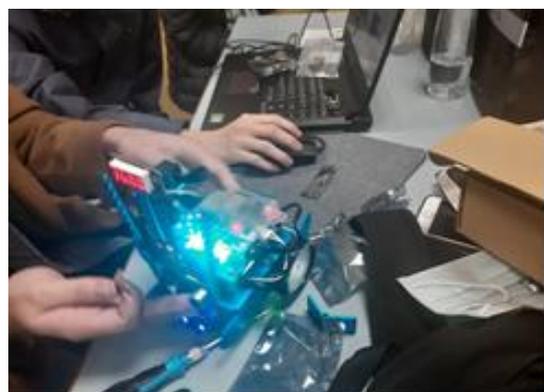
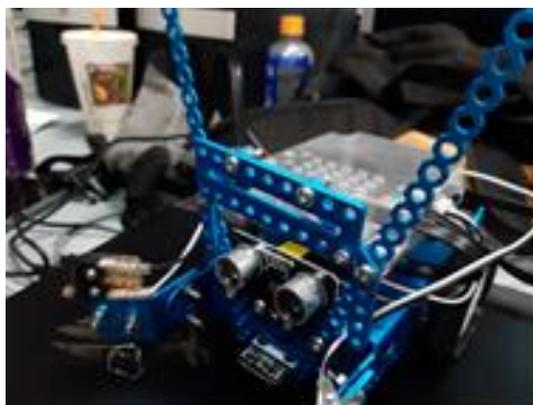
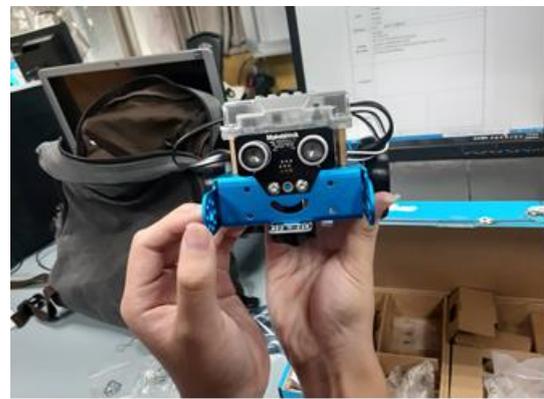
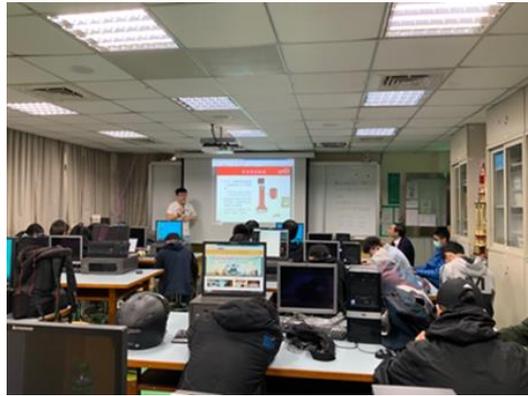
五、項目五之學生實作記錄

組別	第二組
組員	吳宥霖 邱登麟 陳明正 陳均泓 何玟慧
實作項目	項目五 自動倒車與紅外線人體追蹤
原理與實作過程	我們一開始先從自動倒車開始實作，先利用車子前端的紅外線感測器去偵測障礙物，當接近障礙物時會透過蜂鳴器警告，距離障礙物越近的時候頻率越高，我們利用了各種音符來當作不同的頻率標準，而當接近障礙物到達一定程度時會自動倒車。完成了自動倒車的實作之後，還進行了紅外線人體追蹤的實作，先將紅外線人體感測器裝上 M-BOT，之後去偵測紅外線的變化，當有變化的時候則會回傳有人經過，讓車子知道並且可以順利停止不去撞到人。
心得與省思	這次的實作沒有遇到太多困難，我們先完成倒車的系統之後再開始將蜂鳴器的頻率變化加上系統，當車子能夠順利倒車之後進行距離的微調，直到能夠順利倒車，由於車子有慣性因此沒有辦法如想像中的順利，但經過幾次調整就能夠讓車子順利倒車。而紅外線的部分我們比較花時間在組裝上面，將紅外線感測器裝好之後，使用迴圈去進行紅外線變化的感測，由於只能回傳紅外線變化的值，因此若有人停在車子前面則車子會無法停止，這可能是需要改善的地方，但總的來說還算是順利完成。

六、項目六之學生實作記錄

組別	第二組
組員	吳宥霖 邱登麟 陳明正 陳均泓 何玟慧
實作項目	項目六 各種額外組件創意拼接
原理與實作過程	本學期的最後一次實作，要自己將上課還未上到的組件安裝到 MBOT 上，我們使用了伺服馬達、四位顯示器、LED 燈、搖桿等功能。首先是組裝的問題，先將各種要使用的套件組裝到 MBOT 上，組裝好之後將各種套件的程式碼進行各種測試，確認了它的用途及能做到的事情之後，再將各種套件融合再一起，我們利用了搖桿讓車子能夠根據搖桿進行移動、四位顯示器可以顯示目前搖桿的座標、LED 可以根據速度進行不同顏色的閃光。
心得與省思	這是最後一次實作，在題目上也比較有發揮性，我們在組裝的時候大家不知道怎麼裝，於是我們就加上了一堆的藍色鐵條，再將零件安裝上去，成品就變得很好玩，組裝好之後我們考慮的各種功能無法實現，例如同服馬達只能夠轉半圈，在克服這些問題上花了很多時間，原本預想的功能跟實際不同的情況下，改變了當初的預想，進行各種溝通之後將不同的功能盡量結合，最後雖然跟預期的相去勝遠，但大家在完成實作學習到東西的同時也很開心，為這門課畫下完美的句點

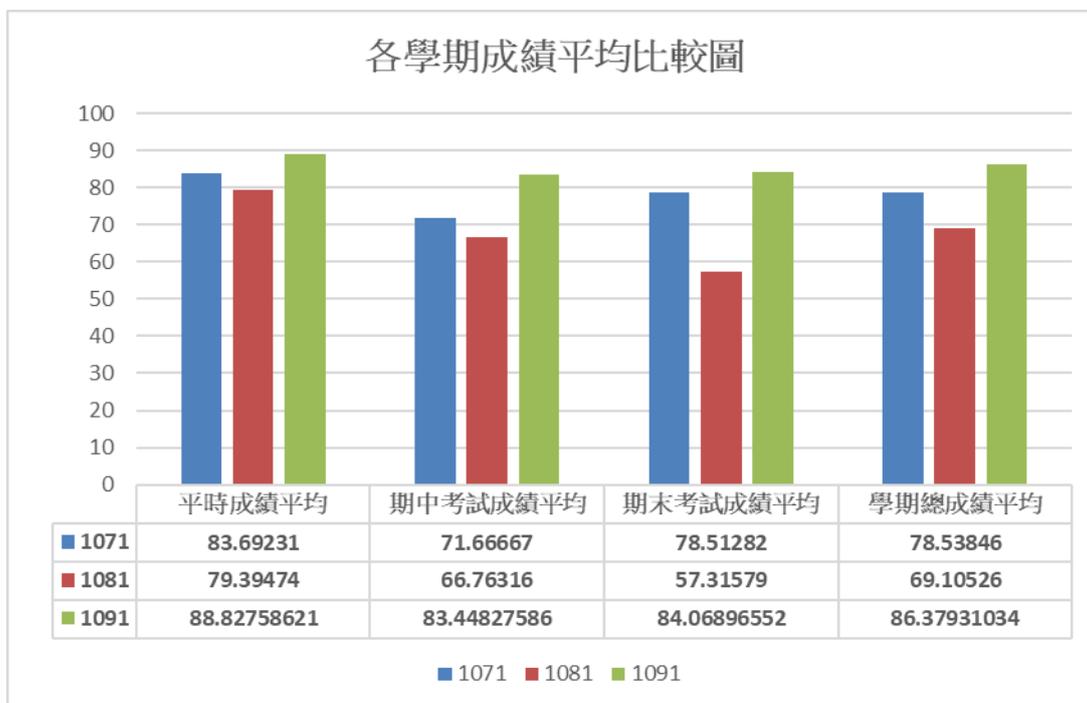
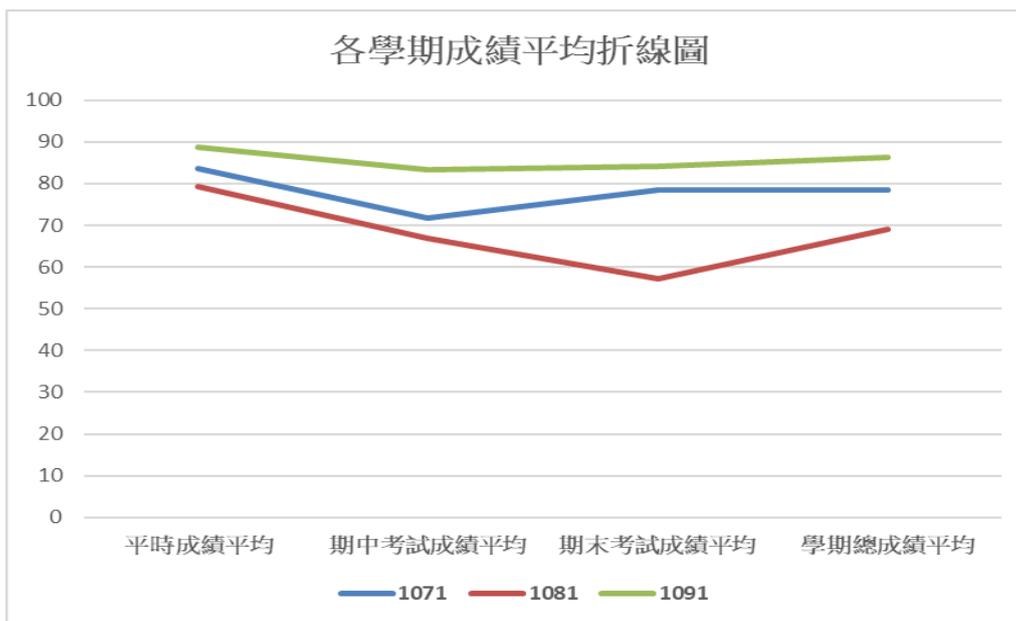
七、學生實作過程與成品照片(圖五)



圖五、實作過程與成品照片

八、學習成果比較(圖六)

學期	平時成績平均	期中考試成績平均	期末考試成績平均	學期總成績平均
1071	83.69231	71.66667	78.51282	78.53846
1081	79.39474	66.76316	57.31579	69.10526
1091	88.82759	83.448276	84.068966	86.37931



圖六、學習成果比較

伍、結語

此計畫旨在讓學生有較高的學習成就感，進而提升他們的實作能力，降低學用落差，具有下列教學成果

(a)上課不會枯燥乏味，激發學生學習興趣，專心學習，可提升學習者的實作能力，降低學用落差。

(b)課程內容與教材，整理公布在課輔系統中，供學生下載使用，並於成果發表時，與大家分享。

(c)此計畫所採用的教學測驗與學習成效評量方法，是申請人參考教育界前輩的做法，再融合自己的實務經驗，研發出來的方法，與大家分享。

陸、參考文獻

- [1] <https://zh.wikipedia.org/wiki/>, [Online] Available.
- [2] 吳木崑，杜威經驗哲學對課程與教學之啟示，臺北市立教育大學學報，民98。
- [3] <http://tkbrobot.pixnet.net/blog/post/134486267>, [Online] Available.
- [4] 林逢祺，教育哲學：一個美學提案，出版社：五南，2015。
- [5] 余豪傑，Dewey評價理論及其在教育上之蘊義，臺灣師範大學教育學系學位論文，2006。
- [6] 趙偉順、張玉山，經驗學習理論在生活科技課程的教學應用－以「扭轉乾坤」曲柄玩具單元為例，生活科技教育月刊，2011。
- [7] 「寵物機器人aibo」2018年上市！配合深度學習方式與外界產生互動。[Online] Available: <https://us.aibo.com/>.
- [8] 研發機器海豹Paro的日本產業技術綜合研究所是日本最大的國家級研發公司。[Online] Available: <https://www.aist.go.jp/>.
- [9] 接手繼續研發Pleo恐龍機器人的美國Innvo Labs公司，是一家機器人伴侶寵物設計公司。[Online] Available: https://www.pleoworld.com/pleo_rb/eng/about.php.
- [10] 研發對話機器人Sota的日本科學技術振興機構。[Online] Available: <https://www.jst.go.jp/>.
- [11] 研發小丹機器人的女媧製造。[Online] Available: <https://www.nuwarobotics.com/>.