

機器人教學分析與評量架構應用 —以 START！AI 智慧小車為例

陳明萱

國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系研究生

一、前言

十二年國民基本教育科技領域的課程旨在培養學生的科技素養，透過運用科技工具、材料、資源，該課程致力於培養學生實際操作的技能，並培育他們在設計和創造科技工具及資訊系統方面的知識。同時，課程還著眼於培養學生的探索能力、創造性思考、邏輯與運算思維、批判性思考，以及解決問題的高層次思考能力（教育部，2018）。

近年來，機器人教材在校園中越來越常見，有樂高的動力機械套件、智高的機器人模組、及開源的 Arduino 可結合雷射、3D 列印來製作出不同的機構結構模組（張庭綸，2022）。其中，「START！AI 智慧小車」（以下簡稱為智慧小車）為臺師大科技系自造大師團隊所發展之教學專案，特色訴求於「容易上手、成本低廉，且屬於開源的機器人教學模組」。採用市售通用零件，具備模組化底盤設計，基礎版本配備機械手臂，滿足多數機器人教學需求。

智慧小車採用 Ardublockly 及 Micro:Bit 圖形化開發環境，使程式撰寫在生活科技及資訊科技課程中易於教學，適合中小學學齡階段的融入。其內容可對應至我國課綱學習內容，包含程式設計、資訊科技應用、設計與製作及科技的應用等面向，透過設置不同的任務來培養學生的在設計製作與運算思維上的能力。本文旨在分析與探討智慧小車之學習內容，並根據其發展出一套適用於智慧小車的評量系統，以期透過發展之評量框架，讓機器人教育能夠在中學順利推展。

二、START！AI 智慧小車概述

（一）學習內容

機器人教學（Robot Teaching）為學生在教學者的引導下，進行設計、製作機器人的學習過程。學生在學習機構和結構相關知識的同時，也能學會如何有效地運用各種電子零件和感測器。智慧小車則為一項機器人教學模組，透過智慧小車的學習體驗，培養學生具備設計製作、程式設計的能力，以完成課程活動中的任務或解決特定問題。機器人教學的優勢在於學生不僅運用了科學和數學知識，更要親自動手製作機構和結構，並挑選合適的材料和零件進行實際操作，實現知識與實踐並重的學習目標。

智慧小車的課程內容主要可分為以下五項：車體組裝、TT 直流馬達、感測元件、伺服馬達及 AI 影像辨識，在每一項中，又可再將其課程細分為不同的階段任務及學習內容。每項課程內容皆設立由淺至深的階段任務，以 TT 直流馬達的教學為例，首先設定基本的前進、停止、後退作為第一階段的任務，接著深入探討單輪轉彎及差速轉彎的差異，並將「」字轉彎與 8 字轉彎納入第二階段和第三階段的任務中。透過循序漸進的方式，以確保學生在每項階段任務中能學習到課程所期望之目標。詳細內容如表 1 所示，資料由作者根據教育部《十二年國民基本教育科技領域課程綱要》（2018）及 START！AI 智慧小車官方網站（網址：<https://sites.google.com/a/go.pymhs.tyc.edu.tw/startlearning/>）內容進一步分析與整理而成。

表 1 智慧小車課程內容與其對應之學習內容

課程內容	階段任務	對應之學習內容
車體組裝	智慧小車佈線	生 P-IV-4 設計的流程。 生 A-IV-5 日常科技產品的電與控制應用。 生 A-IV-6 新興科技的應用。
	底盤組裝	生 P-IV-4 設計的流程。
	手臂組裝	生 P-IV-5 材料的選用與加工處理。
	夾爪組裝	生 A-IV-2 日常科技產品的機構與結構應用。
TT 直流馬達	前、後、停止	生 A-IV-5 日常科技產品的電與控制應用。
	單輪轉彎（「」字轉彎）	資 P-IV-1 程式語言基本概念、功能及應用。 資 P-IV-2 結構化程式設計。
	差速轉彎（8 字轉彎）	資 P-IV-4 模組化程式設計的概念。
感測元件 （紅外線感測器）	遇到黑線停下	生 A-IV-5 日常科技產品的電與控制應用。 資 P-IV-2 結構化程式設計。 資 P-IV-4 模組化程式設計的概念。 資 P-IV-5 模組化程式設計與問題解決實作。
	計算遇到黑線數量後停下	
	黑線折返跑	
	S 型循跡	
	S 型跨線循跡	
	十字轉彎 90 度（左轉到岔路）	
	十字轉彎 90 度（回到原路）	
伺服馬達	手臂抬放	生 A-IV-2 日常科技產品的機構與結構應用。 生 A-IV-5 日常科技產品的電與控制應用。 資 P-IV-2 結構化程式設計。 資 P-IV-4 模組化程式設計的概念。 資 P-IV-5 模組化程式設計與問題解決實作。
	夾爪開合	
	遇到黑線停下並抬起物品再放下	
	十字轉彎並將物品取至指定位子放下	
	折返跑取物	
AI 影像辨識	球體辨識	生 A-IV-6 新興科技的應用。 資 P-IV-1 程式語言基本概念、功能及應用。 資 P-IV-4 模組化程式設計的概念。
	圖卡辨識	
	圖卡辨識控制移動	
	影像訓練	
	三岔路辨識取物	生 A-IV-2 日常科技產品的機構與結構應用。 生 A-IV-5 日常科技產品的電與控制應用。 生 A-IV-6 新興科技的應用。 資 P-IV-5 模組化程式設計與問題解決實作。 資 T-IV-2 資訊科技應用專題。

資料來源：研究者自行整理

（二）學習單與紙本測驗

智慧小車可透過學習單的引導和階段任務的相互配合，使學生能夠深入理解每個學習階段的內容。以 TT 馬達與紅外線循跡功能為例，學習單內容是根據智慧小車官網所提供的資料自行進行整理與發展，在其內容上要求學生解釋機器人轉彎的不同方式，探討這些方式之間的差異，並詳細說明如何在行走過程中沿著黑線前進。透過問答題的方式，除了能夠釐清學生是否能理解期課程內容外，也能從延伸應用與探討中確認學生的學習成效，如圖 1 所示。

一、馬達與循跡功能

（一）以「智慧小車」為例，若要讓機器人轉彎，總共有幾種轉彎的方式？這些方式有什麼不同？

→ 三種，原地自轉為雙輪以相反方向前進，單輪轉彎為一輪不轉一輪向前，差速轉彎為利用兩輪速度差異。

（二）請說明如何讓「智慧小車」沿著黑線行走？

→ 使用紅外線感測器，利用黑色及白色吸收光線和反射光線上的差異，根據讀取的數值來判斷是否為黑線。若兩邊皆讀取判別為白色則向前走，若右邊讀取判別為黑色則向右轉，反之亦然，若兩邊皆讀取判別為黑色則停止。

二、循跡功能應用與探討

（一）具備循跡功能的機器人能解決那些問題？生活中有哪些循跡功能的應用？

→ 可減少人員接觸、減少運用貨物的勞力成本、無人駕駛交通工具、可遠端控制等等。

圖 1 學習單部分內容範例

同時，也可使用紙本測驗來評量學生對機器人專題內容的實質理解。例如，透過單選題測驗學生對機器人內部結構、訊號種類和基本程式邏輯的理解；以題組題的方式測驗學生對多步驟程式邏輯和實際操作內容的掌握，以評估其是否能夠深入理解並應用所學知識，如圖 2 所示。

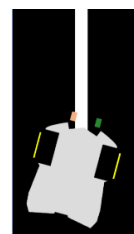
選擇題

1. 下列何者不是機器人的內部結構？(A)控制器(B)驅動器(C)致動器(D)感測器
2. 在機器人的內部結構中，控制器可以比擬成人類的哪一個器官？(A)眼睛(B)神經(C)大腦(D)肌肉
3. 日常中「說話的聲音」，若對比至「訊號的種類」，屬於哪一種訊號？(A)類比訊號(B)數位訊號
4. 為了讓程式不斷重複執行，應該將指令方塊放置右圖於何處？
5. 紅外線感測模組中，若序列埠監控回傳數值為 875，推測此時偵測到？(A)黑線 (B)白線

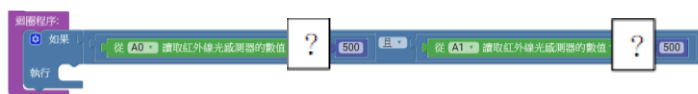


二、題組題

1~3. 為題組題，如右圖若改為黑底白線且線比車寬並遇到此偏轉狀況，為了將車子導回白線的軌道上而進行程式編寫題目如下

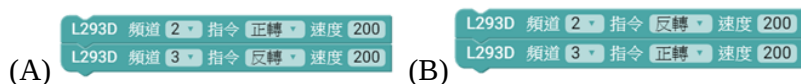


1. 要讓車子回到正軌，判斷式「？」中依序填入的順序為？



(A) $\leq$ 、 $\leq$ (B) $\geq$ 、 $\geq$ (C) $\geq$ 、 $\leq$ (D) $\leq$ 、 $\geq$

2. 滿足條件判斷後，要執行什麼動作？



3. 循跡判斷直行此指令時，紅外線模組兩眼偵測狀況為何？

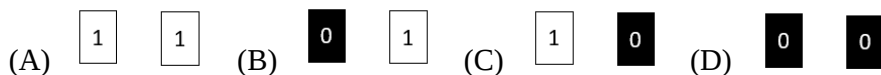
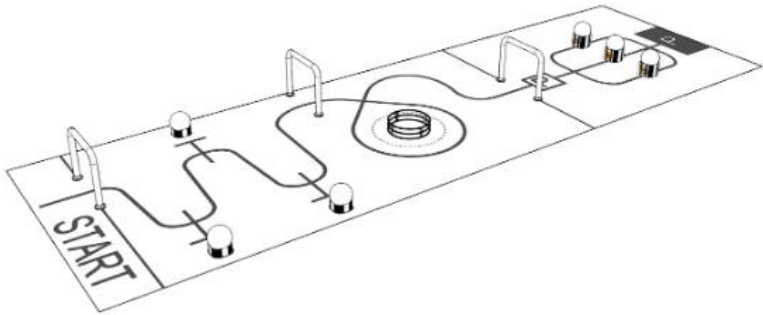


圖 2 紙本測驗部分內容範例

(三) 競賽項目

智慧小車競賽採用任務性評量的方式，根據智慧小車的學習內容設計競賽關卡。競賽任務主要集中在紅外線循跡、夾取目標物、將目標物放置於指定區域以及影像辨識等方面。這些競賽任務要求智慧小車整合並應用其所學的知識，透過一系列指定的任務挑戰，完成各項要求。

以 START！AI 智慧小車第四屆競賽為例，競賽場地共分為 A、B、C 三區，以閘門作為場地的區分，如圖 3 所示（資料取自智慧小車官網）。A、B 區的任務為紅外線循跡並夾取目標物後，攜帶目標物進入 B 區並放置於裝配槽中；C 區任務則需透過 AI 影像辨識的功能夾取辨識目標物，將其放置於白色 P 區，並由 AB 區的智慧小車夾取運送至裝配槽內，非辨識目標物則需運送至黑色 P 區，詳細計分項目如圖 4（資料取自智慧小車官網）。



國中組場地示意圖

圖 3 第四屆智慧小車競賽場地示意圖

第四屆 START! AI智慧小車競賽計分卡(國中組)

比賽順序		學校		隊名	
區域	A區	B區	C區	扣分	
競賽紀錄	☐ 車輛通過閘門 x 10 ☐ 接觸產品 x ____ 10 (最多3次)	☐ 車輛通過閘門 x 10 ☐ 攜帶產品通過閘門 ____ x 20 (最多4次) ☐ 產品完全送入 B 區裝配槽 ____ x 30 (最多4次)	☐ 接觸目標產品 x 10 ☐ 目標產品進入白色 P x 40 ☐ 非目標產品進入黑色 P ____ x 30(最多2次) ☐ 車輛停至指定地點 ____ x 20(最多2次)	☐ 任務重置次數 扣分 ____ x 10(最多5次) ☐ 非目標產品進入B區 扣分 ____ x 10(最多2次) ☐ 非目標產品進入裝配槽 扣分 ____ x 20(最多2次)	
	小計	/ 40	/ 210	/ 150	
	剩餘時間: __分__秒		選手簽名		評審簽名
	總分 ____ / 400 分				

2023.01.12版

圖 4 第四屆智慧小車競賽計分卡

三、智慧小車評量架構之應用

根據 Petrina（2007）的觀點，生活科技課程強調與生活經驗的結合，因此最適合以真實評量的方式進行，並分為三類：檔案評量（Portfolio Assessment）、實

作評量(Performance Assessment)、標準參照評量(Criterion-Referenced Assessment and Rubrics)。在其中，Petrina 將「實作評量」定義為教師透過觀察與紀錄，評估學生在實際操作中的能力表現；而「標準參照評量」則是在教學前，教師依據不同等級的表現制定標準，再根據這些標準對學生的表現進行評估。我們可將其視為發展評量框架的基礎，並將其結合智慧小車的學習內容，以發展一個適用於智慧小車的學習評量框架，如表 2 所示：

表 2 智慧小車評量架構與應用

評量方式			應用
檔案 評量	學習單		了解學生在各項課程內容後的學習情況（形成性評量）
實作 評量	標準 參照 評量	設計思考 （車體組裝）	了解學生在智慧小車的組裝與佈線的情況（形成性評量）
		運算思維 （階段任務）	了解學生在智慧小車程式邏輯上的理解（形成性評量）
		競賽	了解學生在智慧小車的綜合應用（總結性評量）
紙筆測驗評量			了解學生在智慧小車的知識掌握情況（總結性評量）

本文將分別以運算思維（階段任務）和競賽評量舉例說明之。

（一）運算思維（階段任務）

以紅外線感測元件的課程內容為例，共分為七個階段任務，如表 3。參考其內容，可將其以標準參照評量的方式進行評量，如表 4 所示。在「遇到黑線停下」、「S 型循跡」、「十字轉彎 90 度（左轉到岔路）」這三項階段任務中，由於是不同的運算思維融入，故在評量之表現優秀上可允許學生進行多次測試，但在接續的階段任務中，皆為前項任務的延伸應用，故將評量標準提高。

表 3 紅外線感測元件之階段任務

主題	階段任務
感測元件（紅外線感測器）	遇到黑線停下
	計算遇到黑線數量後停下
	黑線折返跑
	S 型循跡
	S 型跨線循跡
	十字轉彎 90 度（左轉到岔路）
	十字轉彎 90 度（回到原路）

表 4 感測元件（紅外線感測器）各階段任務的評量方式

		優秀	普通	待加強
感測元件 （紅外線感測器）	遇到黑線停下	能夠在測試 2 次內完成任務	再經過協助調整後完成任務（測試超過 2 次）	未能完成任務
	計算遇到黑線數量後停下	能夠在初次測試時完成任務	再經過協助調整後完成任務	未能完成任務
	黑線折返跑	能夠在初次測試時完成任務	再經過協助調整後完成任務	未能完成任務
	S 型循跡	能夠在測試 2 次內完成任務	再經過協助調整後完成任務（測試超過 2 次）	未能完成任務
	S 型跨線循跡	能夠在初次測試時完成任務	再經過協助調整後完成任務	未能完成任務
	十字轉彎 90 度（左轉到岔路）	能夠在測試 2 次內完成任務	再經過協助調整後完成任務（測試超過 2 次）	未能完成任務
	十字轉彎 90 度（回到原路）	能夠在初次測試時完成任務	再經過協助調整後完成任務	未能完成任務

（二）競賽

在此總結性評量的項目中，參照競賽計分項目及其任務目標進行評量的規準設計，並依其分為優秀、普通、待加強及不合格四個標準。由於為總結性評量之任務，故評量項目皆以多功整合評量為基準，不考慮單一任務執行之成果如何，詳如表 5。

表 5 智慧小車競賽評量內容

		優秀	普通	待加強	不合格
競賽	將 A 區物品攜帶至 B 區裝配槽內	可完成循跡並通過閘門將物品全數置於裝配槽內	循跡不穩定但仍能將物品置於裝配槽內	能將物品攜帶置 B 區，但無法置於裝配槽內	未能完成任務
	C 區影像辨識及運送	能成功辨識到目標物，並將其運送至裝配槽內	能成功辨識到目標物，但未能運送至裝配槽內	能辨識到物品，但無法辨識出正確之目標物	未能完成任務
	結束時停車	智慧小車皆停在指定區域	智慧小車壓線停在指定區域	智慧小車無法停在指定區域	智慧小車無法自行停止

四、結語

機器人教學的融入已然成為科技教育的主流趨勢。本文以智慧小車為範例，透過對應教育部(2018)十二年國民基本教育課程綱要科技領域，以及參考 Petrina (2007) 的評量建議，發展了一套適用於智慧小車學習的課程評量方式。這不僅有助於深化學生對科技領域的理解，更為機器人教育在國中階段的推行與實施提供了支持，期望透過這樣的評量框架，讓機器人教育能夠在學術和實踐層面取得更為順利的發展。

參考文獻

- 張庭綸（2022）。設計思考融入機器人教學之行動研究－以START！智慧小車為例（國立臺灣師範大學科技應用與人力資源發展學系碩士論文）。取自 <https://etds.lib.ntnu.edu.tw/thesis/detail/c5d931fc0093e84025f50cd2682c2da0/>
- 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（2018）。取自: <https://cirn.moe.edu.tw/Upload/file/27547/66409.pdf>
- START！AI智慧小車(無日期)。取自<https://sites.google.com/a/go.pymhs.tyc.edu.tw/startlearning/>
- National Assessment Governing Board (2018). *Technology and engineering literacy assessment and item specifications for the 2018 National assessment of educational progress*. San Francisco, CA: WestEd.
- Petrina, S. (2007). *Advanced teaching methods for the technology classroom*. Hershey, PA: Information Science Publishing.

