

# 互動式 STEAM 人形機器人教具之開發與教學應用

鄭瑞鴻

國立高雄科技大學 模具工程系

E-Mail: rick.cheng@nkust.edu.tw

## 一、前言

近年來，STEAM 教育強調跨領域整合、實作導向與問題解決能力的培養，其中機器人實作被視為連結科學、工程與科技應用的重要教學媒介。然而在實際教學現場中，常可觀察到學生雖能依指示完成零件組裝或程式設定，卻難以整合感測、致動與控制之間的系統關係，學習往往停留在完成作品，而非理解系統。機電整合正是機器人系統的核心基礎，其教學價值不僅在於技術訓練，更在於引導學生建立工程系統思維，理解複雜系統如何由多個子模組協同運作。然而，多數市售機器人教具偏向封閉式設計，結構與控制邏輯不易拆解，限制了學生深入探究與教師教學延伸的彈性。基於上述背景，本文以互動式 STEAM 人形機器人教具為開發主軸，結合模組化機構設計、嵌入式控制與無線互動介面，發展一套可重組、可擴充且可實際導入課程的 STEAM 教學教具，並透過課程實施與教學觀察，探討其於機電整合與機器人實作教學中的應用成效。

## 二、設計理念與系統架構

本教具之設計以 STEAM 教育精神為核心，將科學原理、工程設計、科技應用、藝術造型與數學概念整合於單一教具系統中，並以人形機器人作為具體學習載體，使學生能直觀理解人體關節運動與機械結構之對應關係，進而連結伺服馬達控制、角度計算與程式邏輯。在教學應用上，教師可依學生程度調整教學深度，從基礎組裝與單關節動作控制，逐步引導至多關節協調與系統整合，使教具同時具備入門性與進階延伸彈性。本研究所開發之互動式 STEAM 人形機器人教具，其整體系統架構與模組配置如圖 1 所示，包含結構模組、控制模組與互動介面模組三大部分，作為後續機電整合與教學應用之基礎。結構模組採人形比例設計，具備 16 軸可動關節，所有結構件皆以 3D 列印方式製作，並導入易製造與易組裝設計 (Design for Manufacturing and Assembly, DFMA) 概念，使學生能反覆進行拆解、組裝與調整；

控制模組則以 ESP32 為核心控制器，負責伺服馬達驅動與動作指令管理，並透過模組化程式架構，將控制邏輯拆分為系統層、模組層與零件層，以降低學生理解複雜控制系統的門檻；互動介面模組則建置跨平台 Web 操作介面，使學生可透過平板、手機或電腦進行即時控制與動作設定，強化人機互動體驗。

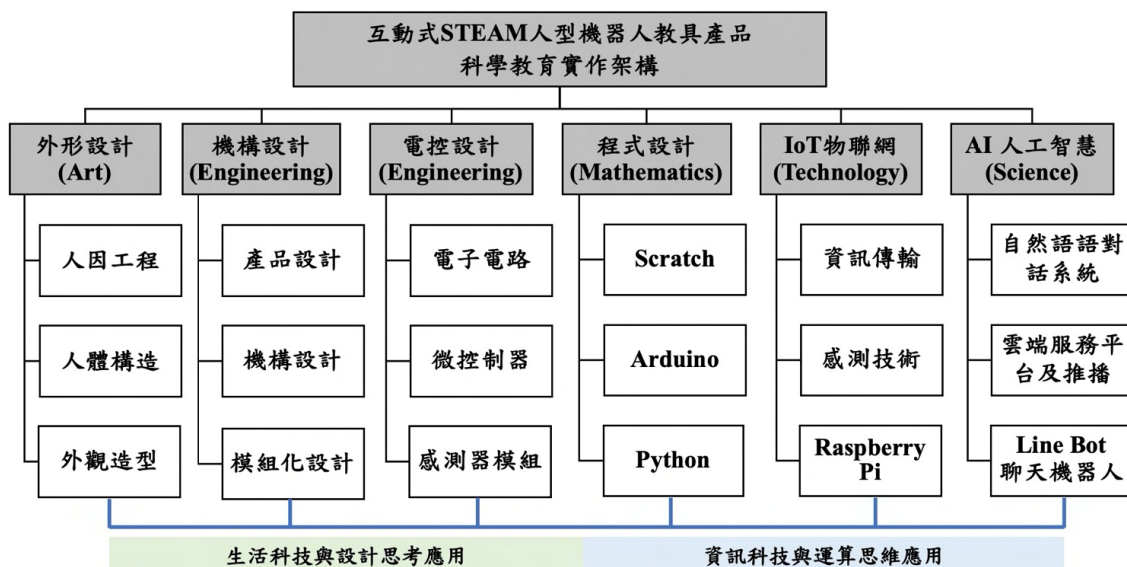


圖 1 互動式 STEAM 人形機器人教具之整體系統架構與模組配置

### 三、機電整合與控制實作

在人形機器人之機構設計上，參考人體關節活動範圍與比例關係，將人因工程概念轉化為機構設計參數，使機器人在動作表現上更貼近真實人體姿態，並協助學生理解「人體運動學」與「機械運動學」之間的對應關係。在機電整合實作過程中，學生需同時處理機構配置、伺服馬達安裝與控制配線，其實作樣貌如圖 2 所示，呈現人形機器人由零組件逐步整合為可動系統的歷程。控制系統採用層級式架構，先完成單一關節之角度控制與動作測試，再進一步進行多關節協調與動作規劃，其進階動作控制成果如圖 3 所示，能有效協助學生理解局部控制與整體動作表現之間的系統關係。此外，透過 Wi-Fi 無線通訊與 Web 互動介面，學生可即時觀察控制參數調整對機器人動作之影響，並進行反覆測試與修正，使學習歷程更具互動性與即時回饋特性。



圖 2 人形機器人於機電整合實作過程中之結構組裝與致動模組配置

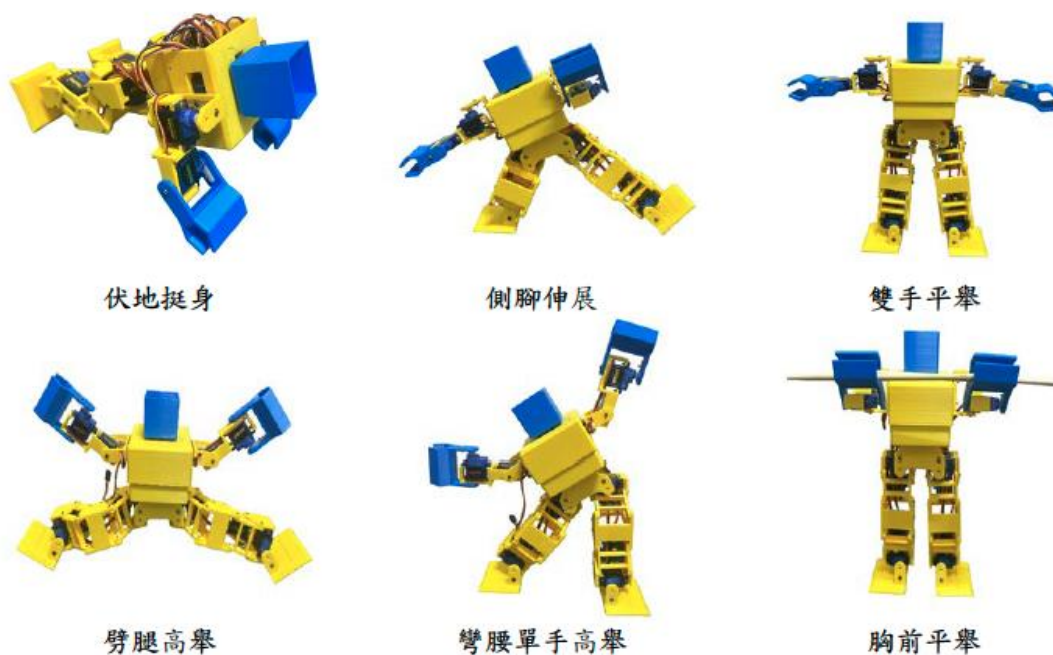


圖 3 人形機器人多關節協調控制與連續動作測試之實作成果

#### 四、課程應用與教學實踐

本教具已實際導入技術型高中與大專院校相關課程，作為機器人學、STEAM 專題與創客課程之核心教學媒介，並延伸應用於國中小學 (K-12) STEAM 探究與體驗教學，作為工程與運算思維向下扎根之示範。課程中，學生以模擬企業工程團隊分工的方式進行學習，分別

負責外觀設計、機構組裝、程式控制與系統測試，其教學實作歷程如圖 4 所示。課程設計採專題導向學習 (Project-Based Learning, PjBL) 結合探究式教學，引導學生依循工程設計流程，從系統需求分析、結構設計、程式撰寫到整合測試，逐步完成機電整合任務。透過角色分工與協作歷程，學生能具體體驗工程團隊中不同職能之互補關係，並理解各模組對整體系統表現的影響。經過完整的機電整合與反覆測試後，人形機器人可完成多種連續動作展示，其最終整體成果如圖 5 所示，作為學生系統整合學習的具體展現。



圖 4 STEAM 課程中學生進行人形機器人系統整合實作 (國中小學 K-12 示範)



圖 5 互動式 STEAM 人形機器人完成機電整合後之整體動作展示成果

## 五、教學成效與反思

根據課程前後測問卷與教師觀察結果，學生在學習動機、運算思維與問題解決能力等面向皆呈現正向成長。多數學生回饋指出，透過人形機器人教具的實作過程，能更清楚理解感測、致動與控制之間的關係，而非僅止於程式操作與指令輸入。在教學反思方面，機電整合學習初期仍需教師適時提供鷹架，引導學生從局部調整逐步過渡至整體系統理解；未來可透過分階段任務設計與更具視覺化的控制回饋機制，進一步降低學習門檻，並提升高層次工程思考能力的培養效果。

本文以互動式 STEAM 人形機器人教具為例，說明機電整合如何轉化為具體可行的教學實踐。透過模組化設計與互動式控制介面，教具不僅提升學生的實作參與度，也有助於培養其系統思維與跨領域整合能力。未來將持續結合人工智慧與感測技術，擴充教具功能與教學應用情境，期能為 STEAM 與機器人教育提供更具深度與延展性的教學工具。

### 延伸學習連結

1. 互動式 STEAM 人形機器人教具科教實作成果介紹：<https://reurl.cc/rKO1pb>
2. 義大大昌醫院大昌巷弄長照站：動力機械模型機器人祖孫同樂：<https://reurl.cc/Eb5Zkn>
3. 超實務的教學現場：教阿公阿嬤做機器人：<https://reurl.cc/VmbjpQ>