

從電路到音樂：機器人陪伴下的電子樂器實作學習旅程

胡志堅¹

¹大同大學 事業與資訊經營學系

E-Mail : holdenhu@gm.ttu.edu.tw

一、前言

在人工智慧、物聯網與智慧製造快速發展的時代背景下，產業對人才的需求已逐漸從單一專業技能，轉向重視跨域整合能力、系統思維與創新問題解決能力。教育體系亦隨之轉型，逐步由傳統知識導向教學模式，邁向以實作與探究為核心的學習目標。近年來，結合感測、致動、控制與系統設計等關鍵技術之機器人與智慧系統，已逐漸導入教育場域，成為支持科技學習的媒介。透過實作導向學習活動，學習者不僅能深入理解科技運作原理，亦能培養工程思維、運算思維與跨領域整合能力。

結合專題導向學習與多模態科技工具，有助於提升學習者於 STEM 學習歷程中的參與程度與理解深度。例如，DrawDio 電子樂器實作套件將電子電路與聲學原理轉化為可操作的創作活動，使學習者在「畫圖發聲」的實作過程中，自然建構抽象概念理解。此外，導入機器人輔助與敘事式學習架構，亦能營造具情境性與互動性的學習環境，進一步提升學習動機與投入程度。基於上述背景，本文探討以機器人輔助 STEM 教學，引導學習者動手實作 DrawDio 電子樂器套件之教學模式，並分析其於教育情境中之成效與實務應用價值。

二、打造會「說故事」的教學機器人

多數人的印象中，電子電路與程式設計往往充滿複雜符號與抽象公式，讓許多學習者望而卻步。然而，如果學習過程不再只是對著教師抄筆記，而是透過機器人引導以故事敘事指導學習者實際動手操作，會不會讓工程學習變得更親切有趣？

為了提升學習動機，將整體課程設計成一段完整的故事情境，學習者不再只是被動接受知識，而是化身為故事中的科技冒險者，在任務情節中逐步完成各項挑戰。本文介紹一套結合實作學習、敘事設計與科技支援的機器人輔助學習模式，嘗試為學習者打造一種兼具知識性與趣味性的全新課堂樣貌。課程以 DrawDio 電子樂器套件作為教材，引導學習者親手組裝電路，製作可與人們互動的發聲裝置。在實作過程中，機器人向學習者解說計時器積體電路如何產生音頻信號，如何改變電路參數，以及不同導電材料為何會影響所產生的聲音頻率高

低。這些原本存在於課本中的理論概念，透過學習者實作而轉化為其具體經驗；當學習者焊接電子零件、接線、反覆測試，直到聽見聲音成功發出時，學習不再只是理解公式，而是體驗一項屬於自己的科技作品與學習歷程。

基於上述概念，如圖一所示，實體機器人與平板電腦中的虛擬機器人皆可扮演數位導師的角色，透過語音提示、文字、多媒體影像及影片等素材的結合，機器人可以擬人化的表情、姿態與動作來說故事、敘述知識、說明流程與即時回饋。如圖二所示，機器人藉由多模態互動機制引導學習者認識電子零件、依序完成電路設計、感測測試、以及系統整合等任務。這種具備即時互動特性的學習方式，讓學習者在完成任務的同時，也建立起與科技之間的正向連結。

以機器人為核心之教學腳本，融入完整的敘事元素，包括情境設定、角色設計、以及故事情節發展，其中機器人可以扮演多種角色，如圖一(#1)小女孩、圖一(#2)機器人助理、圖一(#3)小男孩、以及圖一(#4)博士老師等。如圖二所示，機器人依循敘事架構，將教學內容劃分多個階段，引導學習者理解與 DrawDio 電子樂器套件相關之 STEM 概念。例如，首先，概述學習活動內容，包括故事背景、角色設定與腳本核心概念；接著，說明電子樂器的製作過程及其內部構造；第三部分，介紹電壓、電流、電阻與歐姆定律之基本原理；第四部分，說明重要電子元件及其功能；第五部分，解釋聲音頻率、振幅，以及揚聲器產生聲音的原理；最後，詳細說明 DrawDio 電子樂器套件的組裝流程。



圖一 機器人具備角色扮演、表情變化、姿態動作、語音、文字等多模態互動機制[3]



圖二 機器人多模態互動機制引導學習者學習電子樂器實作[3]

圖三以印尼的高中生為實際案例，透過機器人所提供之 DrawDio 知識引導內容，結合上述敘事元素、概念說明與角色互動，可有效進行敘事導向之知識轉譯歷程[2]。根據學習者的學習成效顯示，結合機器人輔助與敘事設計的實作課程，能為學習者帶來多層面的正向影響。在認知層面，學習者能更清楚理解電路運作原理、感測訊號處理流程與系統整合邏輯，逐步建立跨學科的知識結構；在技能層面，透過反覆實驗與修正，學習者培養出工程設計、問題診斷與系統優化能力；在情意層面，故事導向與互動機制提升了學習投入感，使學習者更願意主動挑戰困難。此外，若結合小組合作學習模式也會強化學習者的溝通表達與團隊協作能力，讓他們在解決技術問題的同時，學會協調分工與共同決策。當科技工具被賦予「引導者」與「陪伴者」的角色，學習環境便能從傳統教室轉化為充滿互動與創造力的探索空間，機器人不再只是冷冰冰的設備，而成為協助學習者理解世界的學習夥伴。



圖三 機器人以敘事情境引導學習者實作電子樂器[2]

三、未來發展

機器人透過語音變化、表情呈現與肢體動作等人性化互動行為進行概念講解與操作示範，能有效提升學習情境之臨場感與親和力，進而促進學習者對 STEM 知識與實作技能的理解與習得。多數學習者表示，在機器人輔助學習環境中，不僅能感受到高度的學習樂趣與成就感，也更願意主動參與課堂活動與任務挑戰。課程結合實體機器人與平板電腦之虛擬機器人為教學媒介，有助於強化學習者的專注度、學習動機、知識理解深度與實作經驗品質。

在教學歷程中，機器人主要負責說明科學原理、示範操作流程與提供實作指引，使學習者得以循序掌握關鍵學習內容與技術要點。其所展現之社交互動行為與敘事導向知識轉譯策略，有效降低抽象概念理解門檻，協助學習者將理論知識轉化為可操作的實務能力，並促進其跨領域知識與技能的整合發展。此外，情境導向與真實任務取向的實作活動，亦能進一步提升學習者的學習興趣與正向學習態度。然而，現階段機器人在基礎知識建構與技能培養方面具有顯著成效，但在人類教師於高層次認知引導、批判思考培養與個別化教學支持方面，仍具不可取代之優勢。因此，本文建議未來教學實務可發展「人機協作」之混合教學模式，由機器人負責基礎概念講解、操作示範與重複性技能訓練，人類教師則聚焦於高階思維引導、問題診斷、學習歷程調控與個別化輔導，以形塑具連續性與一致性的學習支持體系。

未來若能持續強化機器人之教學互動功能，整合數位學習平台與智慧分析工具，並導入

學習歷程追蹤與適性化調適機制，將有助於建構更具彈性與精準性的教學支援系統。透過完善的人機協作架構與智慧化學習環境設計，不僅可進一步提升學習者之學習參與度與 STEM 核心素養，亦能為智慧教育與科技輔助學習之永續發展奠定重要基礎。

延伸學習

1. 科學教育實作學門計畫成果:整合「HaaS 動手實作即服務」學習策略的「科學玩具組件」開發與成效評估(1/2)。 <https://www.sepd.com.tw/index.php/results/article/page/22>
2. 胡志堅，普拉提維（2026）。DrawDio 增強式 STEM 學習：機器人與平板電腦輔助多模態敘事專案式學習之比較研究。 *International Journal of Social Robotics*。比較「機器人」與「平板電腦」兩種 DrawDio 增能專題導向學習在多模態敘事框架下，對 STEM 知識習得與學習態度之影響，研究指出結合實體與多模態數位元素可有效導入科技增能以維持學習興趣。 <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s12369-025-01339-x.pdf>
3. 胡志堅（2024）。探討以 CPS 為基礎之機器人輔助教學在 STEM 教育中的影響。 *International Journal of Human-Computer Interaction*。透過「機器人教師+平板」引導製作 DrawDio，評估其對 STEM 知識、技能與態度的影響。結果顯示可加速知識習得、擴增動手實作並提升投入與動機；但人類教師於高層次知識教學仍較具優勢，建議採人機協作教學模式。 <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/10447318.2023.2262278>