

往復式內燃機引擎構造及工作原理虛擬實境 教材開發

呂卓勳^{1*} 范森堯²

¹佛光大學 資訊應用學系

²國立花蓮高級工業職業學校 汽車科

摘要

本研究透過虛擬實境技術開發符合情境學習理念之「虛擬實境引擎組裝數位教材」，提供學生透過虛擬實境之方式瞭解引擎結構與運作原理。為了瞭解本教材對於學生的影響，本研究透過便利取樣選取某技術型高級中等學校汽車科一年級學生共 28 人為研究對象，以 ARCS 學習動機模型評估量表進行調查，並且再以質性訪談結果進行探討。結果發現本教材對於學生能提升正面態度，教材具備趣味性、可提升學生學習注意力與興趣，可幫助學生能夠完成並理解汽車引擎的架構。本教材之開發應可協助學生學習引擎結構與原理，並且提升學習的興趣與動機，可作為在教育實務上發展與建置虛擬實境教材應用的參考。

關鍵字：情境學習、虛擬實境、ARCS 學習動機模型、數位教材開發、往復式內燃機引擎

壹、緒論

依據教育部於 2014 年發布「十二年國民基本教育課程綱要總綱」內容，其中學生學習目標應為「自發」、「互動」、「共好」，其中自發互動強調教育單位應培養學生具備自主學習能力(教育部, 2021)。由於傳統課堂教學多為教師單向傳授知識，亦即老師台上教學與學生台下聆聽的模式，然而現代各種知識更動快速與複雜度提升，教師均意識到傳統教學模式的限制。依據情境學習 (Situating Learning) 概念，教學現場提供學生一個真實情境，讓學生置身於

真實或擬真情境中與環境互動，教師可從旁觀察並於必要時提供協助，可激發學生主動參與學習活動，幫助學生自行建構知識內容，並將外顯知識轉化為內隱知識 (Brown et al., 1989)。因此透過情境學習方式進行教學，教師可幫助學生探索並試圖理解概念與知識，進而提升主動學習的意願，可滿足我國十二年國民基本教育培養學生具備自主學習能力的理念。

近年來虛擬實境 (Virtual Reality, VR) 技術成熟，加上能夠執行虛擬實境的設備價格逐漸能為大眾所接受，並且虛擬實境的應用軟體能透過免費或開源 3D 建模與

* 為本文通訊作者

多媒體軟體開發平台進行設計與建置，建置成本大幅降低，過去難以建置相同或模擬環境的課程，都能在低成本的條件下建置虛擬環境使學生體驗，加深學生學習印象與提升學習興趣(Merchant et al., 2014; Netland et al., 2020)。藉由虛擬實境媒體的應用，能輔助學習者不受限於時間與地點，藉由互動探索的方式引導學習者了解學習內容。並且虛擬實境具備一定的視覺模擬效果，透過寫實逼真的視覺顯示，進一步提高學習者沉浸於學習內容的程度，因此用虛擬實境來建構情境學習式數位教材，是目前數位學習的重要發展方向之一。

過去技術型高級中等學校工業職業學校汽車修理科（以下稱汽修科）學生學習了解四行程引擎之結構與運作方式，主要透過課本教材、教師說明、課堂課程等方式進行學習。然而引擎構造複雜，僅透過紙本教材或教師課程講解，仍難以使學生理解與體驗引擎結構與運作，因此需以透過實體引擎拆修實作，學生得以了解引擎構造與原理。若透過教師帶領學生進行實體引擎之維修與拆解，雖然可讓學生留下深刻印象，並有藉由實作方式建立知識體系的優點，但提供實體引擎作為教材有成本較高，與前置時間過長的缺點，加上引擎體積較大，拆裝過程相當繁複與耗時。並且引擎機械構造複雜、零件沉重，需要小心操作，對於初次接觸課程的學生，具備一定之危險性，若能藉由虛擬實境的模擬，可減少學生在實作過程的危險性(Vergara et al., 2017)。

為了使汽修科學生能夠在初次課程對於引擎具備一定之認識，加強其印象並引起興趣，研究者透過虛擬實境技術，建構引擎裝修之數位教材，期望以虛擬實境的情境學習，協助學生在教師課堂講解的傳統教學中，先行提升學習興趣，進而引導至實地操作拆解維修引擎。學生僅須透過虛擬實境裝置，即可先行在課堂說明後，初步體驗引擎之結構內容與運作模式，透過虛擬實境的方式，不僅加強課堂說明之印象，並可作為未來進一步實地進入實習工廠後，因有虛擬實境教材所學習之經驗，而有效的加強學生對引擎的認識與興趣。在教師方面，可在課堂教學與課本教材外，以數位多媒體做為橋樑引出學生之學習動機，並且節省教材成本與準備時間，進而提高教學之效率。

本研究目的主要如下：1. 開發一套以虛擬實境技術為基礎之引擎裝修數位學習教材，學習目標包括：認識內燃機往復式引擎各機件瞭解、瞭解引擎分解組合集相關附件認識、瞭解四行程引擎四個工作步驟及原理。2. 以花蓮縣某技術型高級中等學校汽修科學生為主要使用對象，透過學生體驗，以 ARCS 學習動機模型評估量表確認並了解學生接受度。研究成果期望能提供虛擬實境數位學習設計融入技術型高級中等學校學生在學習應用上的參考，協助學生與教師提升學習意願與成效。

貳、文獻探討

一、情境學習

情境學習 (Situated Learning) 是根據 Brown, Collins 和 Duguid(1989)依據情境認知理論所提出的學習模式，認為學習者所獲取的知識是源自於學習者主動與環境的互動而產生。類似於 Suchman(1987)所提出「情境行動 (Situating Action)」的觀點，亦即知識能藉由實際的生活經驗所取得，個人與所處的環境進行互動才能理解知識含意，若人與環境脫鉤，知識僅是無意義抽象符號。因此情境學習強調學習是一種學習者與社會環境互動的過程，亦即「學習者加上周圍環境 (Person-plus-the-Surround)」，學習者所得的知識或技能為學習者與情境互動的成果，也就是說知識是情境脈絡 (Context) 下的產物。故知識獲取的過程可以不僅是教師單向式提供知識給予學生，藉由情境學習的概念，教師可建立與當下社會脈絡相似的環境與背景，教師站在協助或指導的角色，由學生與環境的互動過程中自行建構知識。因此情境學習過程強調學習者能夠操作的實作體驗，設計與實際情境相似的學習環境，學習者能夠互動、參與、回饋與反思。透過小組合作學習，或是由教師、專家較有經驗者從旁扮演促進者 (Facilitator)，教師能從不同角度觀察學習者的反應與行為，提供回饋協助，來促進有效學習，讓學習者在學習活動中扮演主要角色，而非單純的知識接收者。藉由讓學習者主導學習活動、不斷探索、整合所有相關知識，以建構知識

來理解其原理，並能更有效率地將所學的知識應用到現實生活。

故情境學習理念重視學習者與學習環境互動之歷程，如何提供或營造一個可供學習者主動建構知識的學習環境，是良好應用情境學習理念的重要關鍵。因此學者 Winn(1993)提出情境學習的三種教學設計方式：1. 將學習活動設計成學徒制教學，藉由學習者與專家的互動，而逐漸獲得專家知識的歷程；2. 提供近似於真實的學習經驗，以較為真實的方式進行課堂的學習活動；3. 提供真實世界的情境使學習者親身經歷。McLellan(1996)也提出類似的看法，認為情境學習中所謂情境 (Context) 可為三種型式：1. 真實的工作環境；2. 高度真實或虛擬、類似的工作環境；3. 錨式情境脈絡 (Anchoring Context)，一種以影像或影片呈現教學內容的情境教學方式。情境學習強調學習者必須要處在實際或模擬真實情境的活動中，因此情境教學重視建立真實情境或模擬接近真實的學習環境，但一般傳統教室難以提供逼真或擬真情境，無論是藉由師徒制、建構實習教室等方式，仍有師資人力與成本限制。若利用多媒體與資訊科技，可在合理的成本下提升學習者學習興趣與提供擬真的操作體驗，因此利用多媒體與資訊科技已是實踐情境教學的有效工具，可以彌補教室環境的不足。其中利用虛擬實境技術開發擬真學習環境，是目前利用多媒體技術實踐情境教學的重要技術，以下針對虛擬實境技術進一步的說明。

二、虛擬實境

虛擬實境最早的概念起源於 Sutherland(1965) 所提出的「Ultimate Display」，利用電腦軟硬體技術，如 3D 繪圖、影像設備、操作裝置等工具來顯示 3D 物件模擬真實的環境，可讓使用者感受「身歷其境」的感覺。隨即第一個利用虛擬實境頭戴顯示器的應用「The Sword of Damocles」被發展出來，與現代常見的虛擬實境頭戴裝置(包括頭戴顯示器、手套或控制器等)相當類似，成為日後虛擬實境裝置的基本設計概念(Sutherland, 1968)。其中虛擬實境多半定義為一種可以實現遙視(Telepresence)的中介裝置，使用者透過虛擬實境裝置感受暫時性或遠距性的媒介環境(Mediate Environment)(Steuer, 1992)。因此虛擬實境不僅可讓使用者體驗 3D 繪圖環境，例如電腦遊戲或模擬訓練(Zyda, 2005)，也可透過影片或即時攝影機(Sreedhar et al., 2016)，體驗遠端的現實環境。因此虛擬實境不僅是電腦運算技術與硬體的呈現效果，更可成為使用者與資訊互動的介面(Riva, 1999)。近年來由於高效的 3D 運算技術的發達，從桌上型個人電腦到智慧型行動裝置，虛擬實境的應用更為普遍，透過電腦硬體的即時運算呈現出三度空間虛擬環境，使用者可藉由人機介面在虛擬環境進行探索，可讓使用者有身歷其境的感受。

過去即有學者探討虛擬實境應用於教育與訓練的用途，其中沉浸式學習被視為虛擬實境的最大優勢(Psotka, 1995)。近年

來由於硬軟體的進步，並且藉由開放軟體的支援，經由虛擬實境輔助學習者了解學習內容，以互動且兼具探索方式引導學習者學習，已是數位教育的潮流之一(張訓, 2018)。例如賴崇閔、黃秀美、廖述盛和黃雯雯(2009)透過虛擬實境建立「虛擬人體結構輔助教學系統」，用於輔助人體結構學的教學，提供學習者了解人體結構中的神經系統、呼吸系統、血液循環系統、消化系統、泌尿系統及骨骼系統的認知。周惠柔與林弘昌(2018)則是將虛擬實境應用於建立高中學生橋樑工程設計的概念，培養學生的科技素養，發現虛擬實境的應用可有效引起學生的學習動機。吳勝儒(2019)利用虛擬實境影片針對自閉症青少年進行性騷擾防治，有效的教導自閉症青少年習得性騷擾防治的三步驟，包括「說不/推開」、「閃躲/逃離現場」以及「報告師長」等。Netland, Flaeschner, Maghazei 和 Brown (2020)則將虛擬實境應用於研究所的管理課程，模擬真實工廠的虛擬環境，認為虛擬實境的技術能在低成本的前提下，使用於研究所以上的課程，並且發現虛擬實境能改善學生的學習體驗。Sung, Mergelsberg, Teah, D'Silva 和 Phau (2021)則利用虛擬實境於大專行銷課程中建立虛擬商店，應用虛擬實境技術提升學生體驗感受，藉此介紹行銷理論，發現虛擬實境技術可以提升學生的愉悅感與沉浸感。顯示目前國民教育、大專教育、專業訓練等教學場域，利用虛擬實境的多媒體科技來提供擬真環境，已是逐漸被接受導入與實

地使用。

參、研究方法

一、虛擬實境教材開發

本虛擬實境引擎組裝數位教材開發，主要運用的硬體裝置為 HTC VIVE Pro 虛擬實境裝置，並且執行於 PC 平台，可使用電腦螢幕或投影機供他人觀看。虛擬實境教材中的素材製作主要可分為兩方面：

1. 引擎 3D 模型：主要由技術型高級中等學校製圖科教師與學生合作，透過 3D 建模軟體 Autodesk Inventor 進行繪製與設計；
2. 虛擬場景建置：場景主要以設計虛擬汽車修理廠環境，透過免費或創用 CC 授權條款之 3D 模型素材，並且搭配適當之燈光、粒子效果、音效等進行修改，以增加虛擬實境教材之臨場感與擬真效果。數位教材程式設計主要為慈濟科技大學資訊科技與管理系師生進行設計與開發，採用開放多媒體軟體開發平台 Unity 遊戲引擎，以 Steam VR 開發套件進行虛擬實境內容的軟體統合與建置。數位教材採取「雛形法 (Prototype)」進行開發作業，主要透過多次實作教材軟體開發，透過快速建立試驗系統供使用者（教師與學生）評估，使用者經與系統雛形互動後，對其使用與資訊上需求可快速確認，設計方可依照使用者意見修正與修改。最後透過實地運作與測試，取得使用者回饋，作為之後修改的參考依據，以確保能符合使用者的需求。重複此過程，直到所建置的版本能為使用者所接受，雛形本身即可以直接轉換為正

式交付之資訊系統。透過以上這樣的系統開發反覆 (Iterative) 程序，因此本數位教材經過多次的雛形建立與測試，最終使用者所接受的教材軟體雛形便可用來作為最終之成品，使得每個版本都能更精確的反映使用者的實際需求。

本教材主要應用於技術型高級中等學校汽修科學生一年級學生，學習與了解引擎構造之用。由於汽修科一年級學生多未具備汽車裝修之經驗，對於汽車之重要結構也尚未有具體之認識，透過虛擬實境之方式，可加強學生對於引擎構造之印象，並且提高學生之學習興趣。本虛擬實境引擎裝修之教材主要之結構如圖 1 所示。學習內容依照所設計的學習目標包括：1. 往復式內燃機引擎的構造；2. 往復式內燃機引擎各元件分解組合；3. 四行程引擎四個工作步驟及原理。透過虛擬實境的方式，帶領學生實地了解並體驗汽車零件之裝修模擬，並且本教材以情境學習的理念，建立 3D 擬真的汽修廠環境，學生藉由虛擬實境的模擬，進行沉浸式學習。首先教材內容帶領學生體驗虛擬實境中汽修廠環境，之後進行往復式內燃機引擎之基本介紹，基本介紹內容包括各機件認識與引擎各元件位置。再透過往復式內燃機引擎各元件分解組合的模擬，讓學生實地體驗引擎零件拆卸與組合。最後再進行四行程引擎四個工作步驟及原理，加深學生對於瞭解引擎中進氣、壓縮、動力、排氣四個行程的運作及現象。相關教材各單元(關卡)內容說明可見圖 1 之說明。

教學策略方面，教師可先藉由課堂教學，初步使學生對於引擎於汽車運作之重要性有所認知。之後教師可透過本教材進行學生實地體驗，學生透過教材指示或教師口頭說明，在虛擬環境中將合適與正確的引擎零件拆裝與組合。使用本虛擬實境數位教材的流程說明如下(註 1)。由於多數學生較少使用虛擬實境之經驗，故需要透過基本的說明帶領學生練習操作，實地了解操作方式與內容，並且適應虛擬實境內的環境。練習的內容包括：在虛擬汽修廠移動、抓取物件、點選物件等(圖 2)。學生了解虛擬實境之基本內容後，正式進入

教材操作，首先將虛擬實境中的引擎零件卸下，並且置放到正確的位置，引擎物件可透過手把取起與觀看(圖 3)。其中將各引擎部件置放到正確位置後，教材畫面即顯示該項部件在引擎中的功能與工作方式(圖 4)。引擎部件拆卸並置放正確位置後，學生再透過教材提示與教師口頭說明，將合適與正確的引擎零件組合成完整的引擎(圖 5)。完成組合後之引擎零件，學生可透過發動引擎的動作，運作引擎，瞭解進氣、壓縮、動力、排氣四個行程運作及現象(圖 6)。

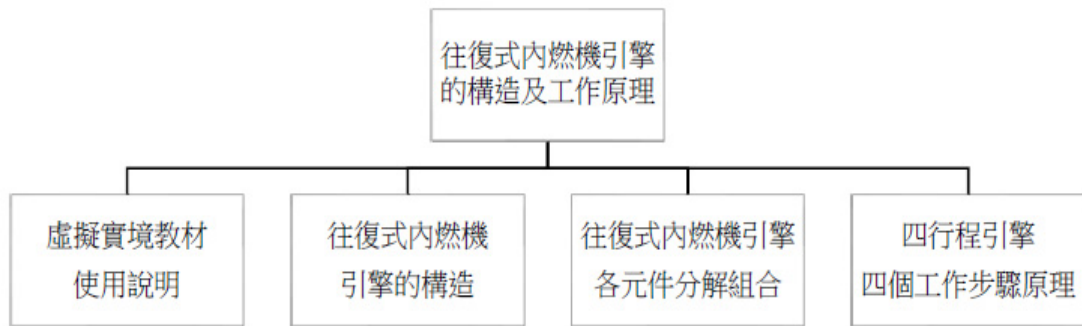


圖 1 本教材之基本結構內容

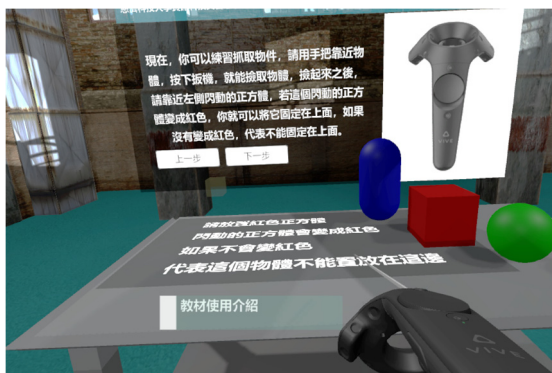


圖 2 教材使用說明



圖 4 引擎機件拆卸

圖 3 引擎機件拆卸

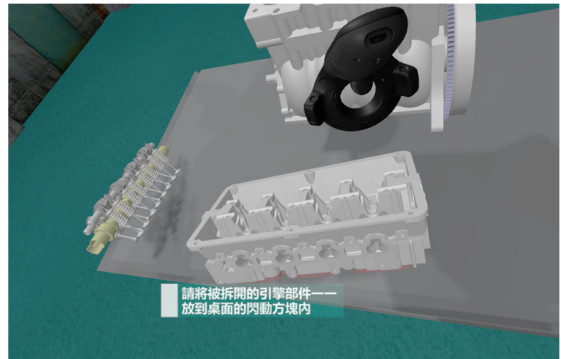


圖 5 引擎零件組合



圖 6 四行程引擎原理

二、教材專家檢核與學生試用

本研究的虛擬實境數位教材主要以 Nielson(1994) 所提出的啟發式評估 (Heuristic Evaluation) 進行，可在實際的使用者測試前，藉由專家的經驗，先找出基本的使用性問題，並且根據專家的回饋，進行數位教材的修正與調整。評估包括教材檢核與教材滿意度調查，專家主要由技術型高級中等學校三位教師所組成，包括汽修科教師、教務處教學組長、汽修科主任共三人，進行時間為 107 年 09 月，地點於花蓮縣某技術型高級中等學校進行，進

行本數位教材之測試、問卷調查、訪談。教材評估結果方面，多數的衡量項目均高於 4.0 分，顯示本數位教材應具備相當的可行性。問卷調查後研究者再進行調查後的訪談，教師們表示本數位教材內容難易度較低，應可引起學生之興趣，但仍建議透過課堂之教學，協助學生了解引擎各項部件細節、構造、主要部件運作之方式。教師也建議可在引擎部件拆卸階段，在汽車各部件用途說明方面加強敘述，應使學生看完相關汽車部件說明後，再接續下一個汽車部件置放，以加強學生之印象。下

表 1 為問卷調查之統計結果。

除了專家評估之外，研究者另以三位汽修科學生進行數位教材試用，透過學生的角度，進行初步教材滿意度評估。其中問卷調查結果，發現共有三個項目低於 4.0 分，主要為「4.使用此份教材讓學習變得更有效率。」、「7.此份教材幫助我更快速達成課程目標。」、「10.我願意推薦此份教材給其他人使用。」。可能主要的原因為受測學生虛擬實境使用經驗較少，需要時間先行了解與熟悉虛擬實境設備的操作，例如適應虛擬實境頭盔、了解虛擬實境手把操作方法、如何在虛擬環境中移動等，方能深入了解數位教材之內容。並且三位學生已透過課堂學習了解引擎構造與運作原理，

也已實際操作過引擎的拆裝與修繕工作，了解數位教材的內容後，對於教材內部的深度評估較為簡單。但是學生均反應以虛擬實境方式學習相當有趣，認為應可以提高初次學習的興趣，之後再進行課堂教學與投影片說明，可加深同學對於引擎構造與原理的理解。學生們也建議在引擎部件拆卸階段，在汽車各部件用途說明方面應加強敘述，才能了解此項汽車部件之用途，再接續下一個汽車部件置放。本教材在實際教學內容前已增加使用教學，因此三位學生能快速上手並進行課程之學習。以下表 2 為問卷調查統計結果與學生測試操作的畫面（圖 7）。

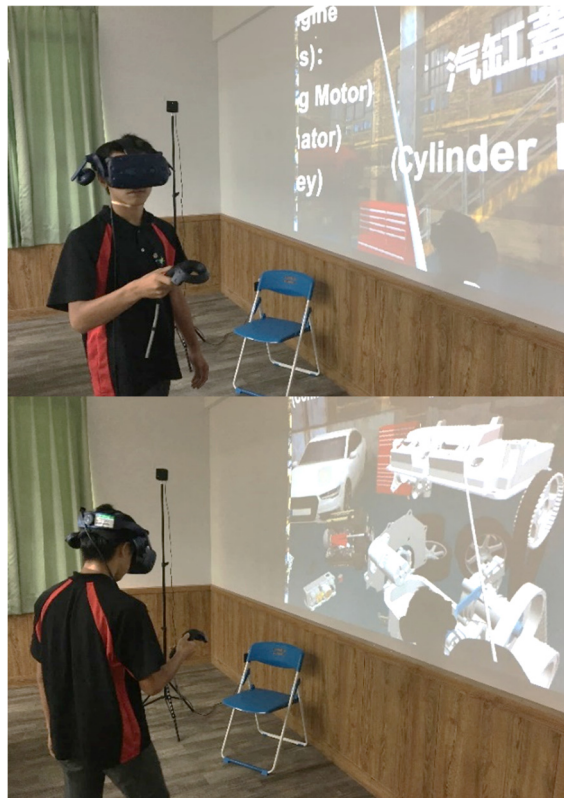


圖 7 學生操作本數位教材畫面

表 1 專家教材評估統計分析結果

構面	項目	平均數	構面平均數
A. 教材內容	A1.具正確性	4.67	4.39
	A2.符合學習者程度(深度、廣內容表現深度)	4.00	
	A3.由合理且明確的學習任務組成	4.33	
	A4.涵蓋之學習任務適切且份量合宜	4.33	
	A5.學習任務安排具有合理的順序	4.67	
	A6.內容及學習任務能達成預定的學習目標	4.33	
B. 教學設計	B1.學習目標具體且完整具體且完整	4.67	4.70
	B2.學習目標適用 VR/AR 之特性	4.67	
	B3.學習任務適合者特性	5.00	
	B4.提供適當的學習任務，幫助學習者熟悉學習目標的內容	5.00	
	B5.執行學習任務時，提供適當之回饋	4.33	
	B6.評量機制，有助於學習者瞭解進展與效果	4.33	
	B7.學習目標、教材內容、學習任務、評量機制具一致性	4.33	
	B8.能維持學習者之學習興趣	5.00	
	B9.學習者可有效控制學習任務的進行	5.00	
	B10.學習追蹤功能於教材內或平台上，可正確顯示學習者之學習進度	4.67	
C. 介面與操作	C1.介面功能容易操作與使用	4.67	4.52
	C2.介面設計能適切呈現教材內容	4.33	
	C3.媒體呈現適宜的擬真效果	4.67	
	C4.媒體運用能促進學習目標的內容理解	5.00	
	C5.(自學版)提供適切的求助管道	4.33	
	C6.(自學版)提供適切的的操作指引·功能標示清楚且名稱使用具一致性	4.67	
	C7.(自學版)提供學習者再次進入教材時·回到前次學習任務之功能	4.00	

表 2 試用學生教材滿意度評估統計分析結果

項目	平均數	構面平均數
1. 我喜歡使用此份教材來學習往復式內燃機引擎的構造及工作原理。	4.67	4.30
2. 我願意使用此份教材來學習往復式內燃機引擎的構造及工作原理其他單元。	4.67	
3. 使用此份教材讓學習變得更有興趣。	4.67	
4. 使用此份教材讓學習變得更有效率。	3.67	
5. 使用此份教材後我能說出此單元的學習主題。	4.33	
6. 此份教材的設計能維持我的學習動機。	4.67	
7. 此份教材幫助我更快速達成課程目標。	3.67	
8. 此份教材提供我適當的學習任務來熟習學習內容。	4.67	
9. 此教材提供我具體情境進行學習互動。	4.33	
10. 我願意推薦此份教材給其他人使用。	3.67	

三、研究設計、對象與途徑

為瞭解本虛擬實境引擎裝修數位教材之教學成效，研究者透過便利取樣選取花蓮縣某技術型高級中等學校汽車科一年級學生共 28 人為研究對象，以參與學生進行數位教材的實地操作、問卷調查、現場訪談蒐集量化與質化資料。由於課程時間僅為二堂課約 100 分鐘，試教教師透過投影片與課本教材，先行教學引擎相關組件與運作方式。教師首先實地操作數位教材，使學生初步了解虛擬實境引擎裝修教材之使用方式，之後數位教材由同學實際操作，未操作同學可透過現場一同觀看，參與同學操作數位教材（圖 8）。

虛擬實境數位教材使用教學結束後，參與學生填答 ARCS 學習動機模型評估量表，以了解學生對於數位教材之學習成效。研究者參考並修改「ARCS 學習動機模型 (ARCS Model)」(Keller, 1983; 陳勇全 &

廖冠智, 2013)，建立衡量架構與評估量表，以評估學習成效與動機表現。依據 ARCS 學習動機模型，本研究推論，如果數位教材可引出學習者的興趣或專注，應可提升學習動機，進而影響學習效果。為了確認本研究能提升學生的興趣與注意力，問項包括四個項目：1. 注意力 (Attention)，指本教材能引起學生注意的程度，題項共 5 題；2. 相關性 (Relevance)，指本教材能使學生對課程內容產生認同感，這種認同感亦即課程內容對學生有意義且有密切關係的，並且與自身利益是有幫助的，題項共 5 題；3. 自信心 (Confidence)，指本教材能幫助學生順利完成學習內容，進而建立完成學習的信心，題項共 5 題；4. 滿足感 (Satisfaction)，指本教材能提供學生在學習上獲得滿足或愉悅感，題項共 10 題。問項可見下表 3。



圖 8 教學操作現場

表 3 本研究所使用之 ARCS 學習動機模型評估量表

構面	問項代碼	問項
注意力	Q1	教材引導的教學過程能引起我對引擎的好奇心
	Q2	我可以專注在這個教材的內容
	Q3	透過虛擬實境方式能吸引我的注意力
	Q4	教材內的模擬引擎組裝能引起我的興趣
	Q5	教材呈現畫面能吸引我
相關性	Q6	教材內容對我課程的學習有幫助
	Q7	使用這個教材後，我能說出與引擎有關的學習知識
	Q8	我能將虛擬實境的引擎和生活中的車輛做相關的聯想
	Q9	我能將教材內學習到的引擎知識，跟生活上的經驗做結合
	Q10	我能將教材內學習到的引擎知識，跟以前學習過的汽車相關知識做結合
自信心	Q11	使用這個教材後，我對學會教材內的引擎知識有信心
	Q12	我有信心完成教材內的所有挑戰任務
	Q13	我覺得教材操作很簡單
	Q14	我有自信操作教材內的教學內容
	Q15	在教材內我可以表現優良，我相信是我自己努力達到的
滿足感	Q16	我喜歡使用此份教材來學習引擎的構造及工作原理
	Q17	我願意使用此份教材來學習引擎的構造及工作原理
	Q18	使用此份教材讓學習變得更有趣
	Q19	使用此份教材讓學習變得更有效率
	Q20	使用此份教材後我能說出此單元的學習主題
	Q21	此份教材的設計能維持我的學習動機
	Q22	此份教材幫助我更快速達成課程目標
	Q23	此份教材提供我適當的學習任務來熟習學習內容
	Q24	此教材提供我具體情境進行學習互動
	Q25	我願意推薦此份教材給其他人使用

問卷問項採 Likert-Scale 五點尺度量表設計，受試者依其同意程度分為量表加以反映或評定，尺度為五點尺度，分成「非常同意」、「同意」、「普通」、「不同意」、「非常不同意」等五個程度。問卷調查之外另輔以施行現場觀察和實際訪談，來加以紀錄教學活動與學生實際使用情況，觀察紀錄內容將整理成文字編輯稿，輔助探究學生體驗教材與 ARCS 學習動機之表現情形。問卷回收結果分析部分，試教參與學生共 28 人，由於中途 2 位同學提早離席，故回收共 26 份問卷。

肆、研究發現與討論

首先就 ARCS 學習動機模型進行學習成效與動機表現之評估，下表 4 為問項平均分數整理，平均數均大於 3.5 分。依照問卷調查結果，「注意力」部分共有三個項目為高於 4.0 分，顯示學生均對於虛擬實境數位教材有興趣，並且可以吸引同學的注意力。「注意力」共有二個項目低於 4.0 分，主要為「我可以專注在這個教材的內容」與「教材呈現畫面能吸引我」。可能主要的原因為本次試教過程，所使用的投影設備較老舊，對於在旁觀看的學生較難清楚觀看其內容。但親自操作的學生則反應，透過虛擬實境頭盔觀看數位教材內的場景、物件、文字均可清晰辨識，因此未來若需要以投影方式讓其他學生觀看，將需要較高解析度的投影機或螢幕來顯示。在「相關性」部分，題項平均分數多為 3.65 至 3.96 分間，顯示本教材能引起學生的好奇心與

注意力外，學生也多能將教材連結至現實生活中之引擎，因此本教材應可提供擬真情境，幫助學生理解汽車引擎的架構。在「自信心」部分，較高的分數為「我有自信操作教材內的教學內容」，其餘平均分數多為 3.77 至 4.0 分間，學生對於自身能夠良好操作與理解教材內容有相當的自信程度。在「滿足感」部分，平均分數在 3.73 至 4.12 分，顯示學生對於此教材基本上持正面態度，並且認為虛擬實境能夠幫助提升學習的樂趣。其中「使用此份教材讓學習變得更有效率」與「此份教材幫助我更快速達成課程目標」平均 4.0 分，顯示學生對於數位教材能協助了解課程內容呈現較高的滿意度，並且最後一項題目「我願意推薦此份教材給其他人使用」，平均分數為 4.12 分，顯示此教材學生多半認為可以推薦給其他學生使用。

課程與教材操作完成後，研究者另外針對實際操作教材之三位同學（以下分別以 A 生、B 生、C 生進行標示）進行簡易觀察與訪談，三位同學中其中二位同學過去沒有體驗過虛擬實境（A 生與 C 生），一位同學則具備體驗虛擬實境的經驗（B 生）。三位同學均表示此種虛擬實境體驗相當有趣，操作方式雖然不是很熟悉，但在老師的指導與教材第一部分使用教學後，都可在教材內第二部分拆卸引擎部件逐漸上手。依據觀察的結果，A 生在學習使用本計畫教材的時程較久，主要的原因為 A 生過去沒有使用虛擬實境的經驗，需耗費較久的時間習慣，但 A 生可於課程時程完成教材。

相對 A 生，B 生在過去曾有使用虛擬實境遊戲之經驗，因此相當了解虛擬實境頭盔、手把等使用方式，B 生表示可在短時間內盡快上手並且體驗其內容。使用完成後，A 生表示「教材拆卸引擎的章節一開始有點難以理解需要完成的任務是甚麼，後來經由教材內的引導語音說明，才了解是要從完整的引擎中拆卸，建議如果引擎可以

更清楚的表示可拆卸會更容易理解」。A 生則表示「使用完有點暈暈的，不知道是不是不習慣的原因？」建議可以將所需要完成的動作改成較為簡單的程序。B 生表示「有點太簡單了，對我來說較無挑戰性，可是這種虛擬實境的方式印象深刻很有趣。」

表 4 ARCS 學習動機模型評估統計分析表 (n=26)

構面	問項代碼	平均數	標準差	五點量表各題百分比(%)					構面平均數
				1	2	3	4	5	
注意力	Q1	4.04	0.90	0.0	7.7	15.4	42.3	34.6	3.95
	Q2	3.85	0.77	0.0	0.0	38.5	38.5	23.1	
	Q3	4.00	0.78	0.0	0.0	30.8	38.5	30.8	
	Q4	4.00	0.78	0.0	0.0	30.8	38.5	30.8	
	Q5	3.88	0.93	0.0	7.7	26.9	34.6	30.8	
相關性	Q6	3.88	0.75	0.0	0.0	34.6	42.3	23.1	3.82
	Q7	3.92	0.83	0.0	0.0	38.5	30.8	30.8	
	Q8	3.65	0.96	0.0	11.5	34.6	30.8	23.1	
	Q9	3.69	1.03	0.0	11.5	38.5	19.2	30.8	
	Q10	3.96	0.65	0.0	0.0	23.1	57.7	19.2	
自信心	Q11	3.77	0.75	0.0	0.0	42.3	38.5	19.2	3.85
	Q12	3.77	0.93	0.0	11.5	23.1	42.3	23.1	
	Q13	3.77	0.85	0.0	0.0	50.0	23.1	26.9	
	Q14	4.00	0.73	0.0	0.0	26.9	46.2	26.9	
	Q15	3.92	0.92	0.0	3.8	34.6	26.9	34.6	
滿足感	Q16	3.88	0.80	0.0	0.0	38.5	34.6	26.9	3.91
	Q17	3.81	0.79	0.0	0.0	42.3	34.6	23.1	
	Q18	3.73	0.76	0.0	0.0	46.2	34.6	19.2	
	Q19	4.00	0.68	0.0	0.0	23.1	53.8	23.1	
	Q20	3.88	1.01	0.0	11.5	23.1	30.8	34.6	
	Q21	3.96	0.81	0.0	0.0	34.6	34.6	30.8	
	Q22	4.00	0.83	0.0	0.0	34.6	30.8	34.6	
	Q23	3.73	0.81	0.0	0.0	50.0	26.9	23.1	
	Q24	3.96	0.94	0.0	7.7	23.1	34.6	34.6	
	Q25	4.12	0.70	0.0	0.0	19.2	50.0	30.8	

本次課程結束後協同觀課教師進行討論，分別提出以下建議：1. 數位教材首先須進行拆卸引擎部件方式進行，再進行引擎組合，拆卸之部分建議可再加強，例如需要透過虛擬起子、扳手等工具，才能進行拆卸，可增加真實引擎修理的感受。2. 由於使用者在虛擬環境中仍有場域限制，建議應該建立虛擬的牆面，當使用者移動至區域範圍外，可提醒使用者已超出使用場域限制。3. 虛擬實境文字說明過多，建議可減少說明文字，以明顯的簡要說明即可，再輔以語音進行解說。4. 可增加小測驗，增加教材的豐富性，也可瞭解使用者的學習成效。5)建議可增加學生操作的系統背景數據紀錄，可作為學生學習的行為分析之用。

伍、結論與建議

本研究以情境學習的精神，透過 hTC VIVE Pro 虛擬實境裝置設計虛擬實境數位教材，建構虛擬汽修引擎情境，能協助學生節省真實引擎裝配拆卸的前置時間，並且加強學習印象。經由問卷調查結果進行分析，以及學生與教師的質性回饋，本數位教材應可透過虛擬實境提升學生學習注意力與興趣，學生普遍認為虛擬實境教材可幫助學生理解汽車引擎的架構，以及能夠完成並理解教材內的內容，並且認為操作虛擬實境內容具有一定的趣味性。本教材提供技術型高級中等學校學生或相關領域課程在教學上的參考，協助教師利用虛擬實境教材進一步提升學習意願與成效，

除此之外，本教材也能用於物理熱學與其他科普課程，可幫助師生提升內燃機原理提升學習興趣。

由於本數位教材目前為第一版本，仍具備改進之空間，依據教材評估以及試教之學習成效結果，本數位教材研究限制與未來研究方向如下：1. 本研究受限於課程進度安排、課堂時間等因素，因此未能採隨機抽樣的方式，使得研究結果較無法外推至多數學生或其他科目。2. 學生可能因為初次接觸虛擬實境的數位學習工具，因新奇感而在學習興趣與學習動機有較正向的回饋，單一次的教學活動，較難推論至長期性的學習成效，需要進一步的研究得以確認學習成效。3. 經由使用者觀察發現，若使用者過去使用虛擬實境裝置的經驗較少，甚至毫無經驗，初次使用本數位教材多無法立刻進入狀況，需先行說明何謂虛擬實境、如何使用虛擬實境手把等教學，一小時課程難以讓所有學生充分體驗虛擬實境，多數學生僅能透過投影或大螢幕了解其內容，儘管研究者也提供 Google Cardboard 與 hTC VIVE Focus 版本之自學版本教材，然而此二種版本仍有其操作與體驗上的限制，教材仍具備較大的硬體限制，需搭配適當之硬體設備。

在未來教材的精進優化方面，學生反應建議可提升 3D 引擎模型之精緻度，例如以金屬、塑膠等材質加強，提升模型的精細程度。學生也建議拆卸過程可再搭配虛擬起子、扳手等工具，讓學生在模擬拆卸的過程中更增加擬真程度。觀課老師則

建議，可透過系統數據紀錄，紀錄學生在操作數位教材過程中的行為數據與結合測驗功能之資料，可做為更進一步的學生學習行為分析。除此之外，教材應提供學生切換不同的關卡與教學內容，並將簡易的測驗功能添加於教材中，以協助教師可在使用教材後能確認其學習成果。教師也建議增加較為細緻的學習內容，將重要的引擎零件的細緻結構、運作原理，透過合適的互動模式與動畫，提供學生較為深入引擎零件知識。

致謝

本論文由教育部「107年虛擬實境暨擴增實境(VR/AR)教學應用教材開發與教學實施計畫」所補助，研究參與人員包括呂卓勳助理教授、國立花蓮高級工業職業學校汽車科范森堯專任教師。

陸、參考文獻

- 吳勝儒 (2019): 虛擬實境性騷擾防治課程對自閉症青少年學習效果之研究。臺灣性學學刊, 25 (1), 1-29。doi: 10.3966/160857872019052501001。
- 周惠柔、林弘昌 (2018): 應用虛擬實境與輔助學習軟體於高中橋樑結構設計概念之學習成效。科技與人力教育季刊, 4 (4), 34-66。doi: 10.6587/jthre.201806_4(4).0003。
- 張訓 (2018): 虛擬實境運用於教育場域可能面臨的問題。臺灣教育評論月刊, 7 (11), 120-125。
- 教育部 (2014): 十二年國民基本教育課程綱要總綱。取自 <https://www.naer.edu.tw/PageSyllabus?fid=52>。
- 陳勇全、廖冠智 (2013): 昆蟲知識學習之虛擬實境教材設計與 ARCS 探究。數位學習科技期刊, 5 (1), 51-68。
- 賴崇閔、黃秀美、廖述盛、黃雯雯 (2009): 3D 虛擬實境應用於醫學教育接受度之研究。教育心理學報, 40 (3), 341-361。
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42. doi: 10.3102/0013189X018001032
- Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.
- McLellan, H. (1996). Situated learning perspectives: *Educational Technology*.
- Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.033>
- Netland, T. H., Flaeschner, O., Maghazei, O., & Brown, K. (2020). Teaching Operations Management With Virtual Reality: Bringing the Factory to the Students. *Journal of Management Education*, 44(3), 313-341. doi: 10.1177/1052562919892028
- Nielsen, J. (1994). Usability inspection methods. Paper presented at the Conference companion on Human factors in computing systems.
- Psozka, J. (1995). Immersive training systems: Virtual reality and education and training. *Instructional Science*, 23(5), 405-431. doi: 10.1007/BF00896880
- Riva, G. (1999). Virtual Reality as Communication Tool: A Sociocognitive Analysis. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(4), 462-468. doi: 10.1162/105474699566341
- Sreedhar, K. K., Aminlou, A., Hannuksela,

- M. M., & Gabbouj, M. (2016, 11-13 Dec. 2016). Viewport-Adaptive Encoding and Streaming of 360-Degree Video for Virtual Reality Applications. Paper presented at the 2016 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM).
- Steuer, J. (1992). Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence. *Journal of Communication*, 42(4), 73-93. doi: 10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x
- Suchman, L. A. (1987). *Plans and situated actions: The problem of human-machine communication*: Cambridge university press.
- Sung, B., Mergelsberg, E., Teah, M., D'Silva, B., & Phau, I. (2021). The effectiveness of a marketing virtual reality learning simulation: A quantitative survey with psychophysiological measures. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 196-213. doi: <https://doi.org/10.1111/bjet.13003>
- Sutherland, I. E. (1965). *The Ultimate Display*. Paper presented at the Proceedings of IFIP.
- Sutherland, I. E. (1968). *A head-mounted three dimensional display*. Paper presented at the Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I, San Francisco, California.
- Vergara, D., Rubio, M. P., & Lorenzo, M. (2017). On the Design of Virtual Reality Learning Environments in Engineering. *Multimodal Technologies and Interaction*, 1(2), 11.
- Winn, W. (1993). Instructional Design and Situated Learning: Paradox or Partnership? *Educational Technology*, 33(3), 16-21.
- Zyda, M. (2005). From visual simulation to virtual reality to games. *Computer*, 38(9), 25-32.

投稿日期：110 年 07 月 20 日

接受日期：110 年 10 月 31 日

註 1: 實地操作錄影可見：

<https://youtu.be/UE1aYtwo8bQ>

Development and Evaluation of Virtual Reality Teaching Materials for Reciprocating Internal Combustion Engine Structure and Operation

Cho-Hsun Lu^{1*} and Sen-Yao Fan²

¹ Department of Applied Informatics, Fo-Guang University

² Department of Automobile, National Hualien Industrial Vocational Senior High School

Abstract

Based on ideas of Situated Learning, this study developed a reciprocating internal combustion engine teaching material by providing Virtual Reality (VR) simulated environments. The teaching material provides an internal combustion engine structure and operation introductions and assembling simulations. To explore the impact of VR teaching material on industrial vocational senior high school students, twenty-eight 10th-grade students were recruited as research participants through a convenience sampling method. After the implementation of the VR intervention, a structured questionnaire survey base on ARCS Model and interviews were then conducted. The results revealed that students had a positive attitude toward VR teaching material adoption in classrooms. Students found that VR teaching material was interesting and it improved their concentration on knowledge of the internal combustion engine. The findings suggested that the VR teaching material could positively influence students' interest and learning motivation of engine structure. Our study provides practical development and implementation for engineering educators in educational VR applications.

Keywords: situated learning, virtual reality, ARCS Model, digital teaching material development, reciprocating internal combustion engine

* corresponding author