科學教育學刊
2023, 第三十一卷第二期, 193-219
DOI:10.6173/CJSE.202306_31(2).0004

Contemporary Journal of Science Education
2023, 31(2), 193-219

行動式虛擬實境學習系統對大學生的學習成效、情境興趣與認知負荷之影響性：以野柳地質國家公園為例

張懷綾[1]　金凱儀[2、*]　王慶生[3]

[1]國立陽明交通大學　教育研究所
[2]東吳大學　資料科學系
[3]真理大學　資訊工程學系

摘要

臺灣擁有多樣化的地質地貌，為保護其自然景觀，依法成立地質公園，同時藉由普及大眾的地學知識，喚起大眾對於自然景觀的重視。然而，到達地質公園所需的交通時間及距離消退民眾探究的熱誠與興趣。為此，本研究提出一套支援3D景物展示功能的行動式虛擬導覽學習系統，並進一步探討採用虛擬實境技術支援學習者學習臺灣特殊地質地貌時，對學習者的學習成效、情境興趣及認知負荷之變化。本研究選取北部兩所私立大學的154位大學部學生，80位學生為使用「行動式虛擬實境學習系統」的實驗組，另74位學生則採用「多媒體教學影片與投影片素材」的對照組，讓二組學生以各自的學習方式，來自主完成所指定的野柳地質教育的學習活動。透過本研究的實驗結果顯示，實驗組的記憶能力與理解能力方面，均獲得顯著性成長，而在情境興趣方面的兩組學生呈現統計上顯著性差異，實驗組統計上顯著優於對照組；認知負荷方面，實驗組則在統計上顯著低於對照組。是故，本研究認為在學習者無法進行地質環境的實地訪查時，適時加入虛擬實境技術模擬之環境，並針對各特殊地標進行相關介紹，能有效提升學習者的學習成效、刺激情境興趣，同時降低學習者的認知負荷。

關鍵詞：行動學習、地質教育、情境興趣、虛擬實境、認知負荷

壹、背景動機

臺灣本身具有豐富且珍貴的地質景觀，當地質地景經由專家組織評審通過，便能成為地質公園。這些認證後的地質地形擁有一定的規模及分布範圍的地質遺跡景觀為主體，融合其他自然景觀與人文景觀，且具備稀有的自然屬性、特殊地質科學的意義、較高的美學觀賞價值，從而構成的獨特自然區域。因此，地質公園除了作為地質遺跡景觀和生態環境的重點保護區，更成為地質科學研究與普及的基地，更被教育部視為重要的戶外教學場地(教育部，2018)。

*通訊作者：金凱儀，kychin.scholar@gmail.com；ORCID：0000-0002-6099-2289
投稿：2022/12/15，修訂：2023/4/14，接受：2023/4/15，線上出版：2023/8/8

為此，學校會定期組織戶外活動帶領學生走出教室，接近大自然，除了輔助課室知識的驗證外，更可以增進學生的自主學習、溝通表達能力、美感能力、問題解決能力及人際關係等(陳美燕、葉劭緯，2015)。雖然提及許多組織戶外活動對學生學習的好處，但學校帶領學生出遊一事，往往需要考量交通、學生安全、雨天備案等其他事務，無法經常性的組織校外教學(吳秋慧，2019)。其二，教授課程的教師仍不具備將戶外場所作為學習資源的能力(Triana & Ruhimat, 2018)此外，課程進度也會成為是否進行戶外教學的考量之一。因此，在現今臺灣教育的體制下，相關的教學模式仍主要採取課堂聽講的形式，以多媒體教學影片與投影片進行輔助教學。在過去的研究中也表示，學生僅僅在臺下聽老師進行講解，難以提起興趣及保持長時間的專注，最終導致學習成效不如預期(張靜嶐，1996；蘇以青等，2008；Barragan et al., 2021; Hochberg et al., 2018)。

在科技快速的發展下，許多學者開始將科技導入教學領域中，以改善傳統的教學環境的限制，減少帶領學生外出所產生的不確定因素。例如，Woods等(2016)使用擴增實境互動式沙盒進行大學生的地理地質教育課程，結合帶有虛擬輪廓線的真實沙盒、三維(3D)掃描相機、可視化軟體以及投影儀創建的水流模型等設備，讓學生透過比較2D平面圖及3D立體圖的方式瞭解各地形、地貌的基本概念。Martínez-Graña等(2022)則是使用Google Earth疊加地理參考製圖、野外指南以及增強實境的應用程式，並設計一條包含12個地質遺址的路線，教導學生有關地質概念、岩石的識別，地球動力學及地質歷史……等各地球科學相關之知識，促使學生可以用自己的眼睛看到事物的事實，使他們對地質學更加好奇和產生興趣。Chang等(2020)則是採用基於同伴評估的學習方式，教導學生運用自然科學課中的知識，進行VR專案的設計，藉此期望培養學生的批判性思考及創作能力，進而提高學生的學習興趣。Hürst等(2016)是使用虛擬實境技術建置一個虛擬博物館，並讓使用者觀賞虛擬博物館中提供的畫作，在欣賞的過程當中，使用者可以進入基於某畫作創建了完整的3D世界，以利瞭解畫作的風格，使不常去博物館的使用者，願意透過此虛擬博物館進行體驗活動。

由上述例子可知，在需要進行導覽或教導地理地質相關之研究，多趨向導入虛擬實境或擴增實境技術進行教學活動。換言之，虛擬實境或擴增實境等新興技術更適合使用於地質教學與導覽活動。而擴增實境技術與虛擬實境技術的區別在於，前者著重於虛擬物件與真實環境之互動性；後者則是創造出一個仿真的虛擬環境，並與虛擬空間中的虛擬物件進行互動，讓使用者能透過感官的模擬刺激，進而產生身歷其境般的體驗(吳世光、陳建和，2002)。相較於擴增實境技術需要在特定的真實環境才能作用，虛擬實境技術只需要擁有硬體設備，即可隨時隨地進行活動。因此，若將虛擬實境技術與學習活動結合，能夠讓學生在虛擬的環境中學習，並透過感官的刺激加深對內容性的印象，透過更加直覺性的學習方式，得到更好的學習效果(Makransky & Lilleholt, 2018)。

由上述可知，虛擬實境具備直覺化及多感官刺激的特性，且能呈現出真實的仿照空間，多數人更是將臨場感及沉浸傾向作為指標來衡量虛擬實境的體驗效果。而在教學的過程中，若能提高學生的學習興趣，則對於學生的學習成效具有正向影響(Palmer, 2004; Tai et al., 2022)。其中，學習興趣中的情境興

趣是可以透過外界環境因素，包含教材的編排、課程設計、情境安排等，並影響學生產生其興趣。因此，虛擬實境給予的臨場感便能有效培養學生的情境興趣，進而促使學生產生動力及好奇心去瞭解並學習相關教學內容(Huang et al., 2023; Makransky et al., 2020)。此外，當設備可以呈現完整的虛擬場景及細部內容時，更能幫助學生提高空間定向、空間思維能力以及記憶能力(Carbonell-Carrera et al., 2020; Kuznetcova et al., 2023)。

然而，雖然虛擬實境能帶給使用者許多益處，部分學者認為虛擬實境輸出的多感官訊息提示給予的過多，可能會對使用者產生認知負荷(cognitive load)，並且使用3C學習也可能對於使用者的認知焦慮、認知負荷有負面的影響(Falode, 2018; Liu et al., 2017)。尤其，採取沉浸式或者高度擬真的教學環境，會更容易增加認知負荷，進而影響學生的學習成效(Frederiksen et al., 2020; Zhao et al., 2020)。更有過去研究顯示，將認知負荷保持在低水準的狀態，才會對學習者的情境興趣產生積極影響(Park et al., 2015)。是故，除了需注意教材或者教學的強度是否會超過使用者的學習容量外，也需要額外注意虛擬實境技術對使用者學習能力的影響性。

儘管虛擬實境技術發展日漸廣泛，然而應用在地質教育中的研究仍較為新穎，其研究結果仍有發展的空間(蔡元芳等，2008；Carbonell-Carrera et al., 2020)。如今疫情蔓延的情況下，採用虛擬實境技術進行教學，可以降低參與實體活動而染疫的風險，同時也降低實體外出所帶來的安全風險，卻能提供學生靠近大自然的模擬管道，藉此提升學生的學習成效。近期，黃國禎(2012)等學者皆提倡無所不在的教育，讓學習不只是在教室中學習，也能夠突破環境的限制，進行學習活動。而虛擬實境與行動裝置的結合，正是值得發展與研究的方向。

因此，為釐清虛擬實境技術能否幫助使用者進行地質教育上的學習活動，本研究提出一套支援3D景物展示功能的行動式虛擬導覽學習系統，並以臺灣北部的野柳地質國家公園作為主場景，利用虛擬實境技術呈現地質公園中的豐富地貌，提供學習者身歷其境之體驗。同時，搭配Google Cardboard進行高沉浸度的操作，增加系統的趣味性。而對照組則使用本研究自行編撰之多媒體教學影片與投影片素材，兩組皆採取自主學習的方式進行學習活動，藉由實施前後測及撰寫問卷方式施測。瞭解使用行動式虛擬導覽學習系統後，對於大學生的情境興趣、認知負荷與學習成效之影響性，並比較兩組的學習興趣、認知負荷與學習成效，以探討導入3D虛擬景物與虛擬實境技術至學習活動中，是否能提供3D虛擬景物與虛擬實境技術應用於導覽學習活動上的學習成果，進而推動數位技術導入地質教育之應用。

貳、文獻回顧

一、虛擬實境技術對學生學習成果的影響

虛擬實境技術具有三種基本特性，分別是想像、互動、沉浸(Burdea & Coiffet, 1994)。想像性可以讓使用者能夠感受自己置身於虛擬空間中；互動性則是讓使用者可以在虛擬空間自由遊走，並與虛擬資訊進行互動之動作；沉浸性是讓使用者進入3D虛擬空間。換言之，虛擬實境讓使用者想像自身處於真實環境中，並能夠與環境、物件進行高度的互動，且在虛擬空間中進行探索。此外，透過電腦進行三維空間的模擬，產生一個虛擬實境的學習環境，讓學習者能夠在不

受真實地理、時間的限制，身處於不同的學習環境，亦可進行學習活動(陳又菁，2020；Ou, Chu, & Tarng, 2021)。是此，虛擬實境不僅是可以讓使用者完全沉浸的互動場景，且能改善時間及空間上的學習限制，並在虛擬空間中探索與互動，達到較好的學習體驗，相較於一般教材，虛擬實境更能夠引起學生的學習興趣(Makransky & Lilleholt, 2018)。

在過往的虛擬實境技術研究中，Plass等(2022)提出想要設計有效的虛擬實境學習體驗，便需要進行完整的學習目標設立、基於何種理論到虛擬實境功能的連結。Li等(2022)則是發現虛擬實境環境比起現實環境更具有沉浸感。York等(2021)發現VR環境對於學生來說，是最有趣、有效的語言學習環境，且學生的焦慮感下降。Ou, Liu與Tarng (2021)則是發現若使用頭戴式顯示器(Head-Mounted Display, HMD)設備呈現教學內容會比使用桌面的虛擬實境技術呈現教學內容更有沉浸感，並增強學習者的興趣和動力，且學習成效也高。

因此，本研究以野柳地質公園為主軸，設計一套3D虛擬模型結合行動式虛擬實境導覽學習系統，讓學生不受限場地及時間的限制，進行地質教育的學習。同時，透過導覽系統的人性化界面，且搭配Google Cardboard觀察地質國家中的立體景觀，促進導覽系統的互動性與趣味性，最後，進行實驗活動，以探討本研究提出之系統對大學生進行地質教育活動的學習成果。

二、虛擬實境技術對情境興趣的影響

興趣在學習的過程中扮演重要的角色，因為興趣能促進學生學習，增加學生的內在動機及應用在學習上的策略。然而，Hidi與Anderson (1992)指出在教學環境中會發現學生的個人興趣各有不同，若要直接改變或影響學生的個人興趣，並讓其與學校的課程目標達到一致，是無法一蹴可及的。不過，教師可以透過設計好的學習環境及利於教學的學習策略等來引發學生的情境興趣，以此提升學生的學習成就。

情境興趣為興趣理論中的其中一個種類，是發生在某種環境下所產生的刺激，或是因環境引發學習者注意力的反應，且情境興趣是發展個人興趣的一個主要成分。Krapp (2005)指出個人受外在情境的重複刺激，並經由內化後，可逐漸轉化成個人興趣。Mitchell (1997)也指出情境興趣雖然僅有短暫的效力，但確實是個人興趣發展的重要元素。當學生經歷數次愉悅的情境興趣經驗，便能有效的發展成個人興趣。Palmer (2004)亦發現學生經歷多次的情境興趣經驗，能增進科學的自我概念、享樂及學習動機，並能改善學生對學習科學的焦慮感。

目前有關興趣文獻的回顧多表明，學習興趣與學習成效有著顯著性的關係(Ainley et al., 2002; Nieswandt, 2007)。許多學者嘗試以不同的學習策略、新興科技的新鮮感等學習方式誘發，並提高學生的情境興趣。Lin等(2021)發現虛擬實境引導系統能提高情境興趣中的新奇與挑戰維度。Tai等(2022)更進一步瞭解使用虛擬實境技術的學習興趣越高，產生的沉浸感越強。虛擬實境模擬場景的功能使學習者能更加激發對某學科的興趣，且也有助於維持其興趣(Huang et al., 2023; Makransky et al., 2020)。上述結果可知，具有模擬情境的虛擬實境能引發學習者的情境興趣。另一方面，新奇度亦是一種增強情境興趣的方式，然而持續效果不久。此外，若能有效降低學習者的認知負荷，便有很大機率能維持及提高學習者的情境興趣。

因此，本研究將探討以野柳地質知識為主題，使用虛擬實境技術進行學習活動，探討學生使用系統所具備的功能後，所產生的情境興趣之影響。同時比較使用學習內容相同的多媒體教學影片與投影片素材，兩種學習模式之情境興趣，進而協助未來相關領域之學習應用。

三、虛擬實境技術對學生認知負荷的影響

認知負荷是指學習者在學習過程中，教學內容對工作記憶造成的整體負擔(Ayres, 2018; Kalyuga & Plass, 2017)。通常認為，若接受的資訊量過多，容易讓學習者產生認知負荷，又或者伴隨著教材呈現的方式、學習內容的複雜化、時間焦慮……等，使學生產生龐大的學習負擔。但是，又會為滿足工作記憶的需求，強行占用長期記憶、編碼等所需的資源，最終導致學習效率降低，產生挫折感(Paas et al., 2003)。而Moreno (2010)探討認知負荷時，需要考慮學習動機來作為有效認知與高效學習環境的關鍵組成部分。換言之，若提高學習者參與的積極性，其認知負荷便會下降。此外，認知負荷理論區分三種在學習過程中需要工作記憶資源的負荷類型。其一，內在，主要由學習材料和學習者先驗知識的複雜性產生，但不受教學設計之影響(Sweller & Chandler, 1994)；其二，外部，又稱無效的認知負荷，主要是由系統設計不良造成的；其三，增生，又稱有效的認知負荷，主要由學習設計產生，然而與外部認知負荷不同，此負荷有利於學習(Sweller et al., 1998)。

整體而言，進行教學設計時，應減少無關的學習負載(如：額外的資訊處理導致學習受阻)，並增加相關學習負載(如：支援學生學習的訊息處理)。而過去研究顯示，在虛擬實境技術互動中，學生若遇到的挫折感越少，即認知負荷越小，則學生的參與度會增高(Bueno-Vesga et al., 2021)。Sankaranarayanan等(2020)則是發現在具備高度認知負荷的狀況下，採用虛擬實境技術進行手術歷程模擬，會有更好的學習成果。Albus等(2021)則是表明在虛擬實境環境中若能多給予具有集成註釋的學習材料，會讓學生的學習成效提高、外在認知負荷降低，且增生認知負荷增高。換言之，在虛擬實境環境中適時給予註解可以提高學生的增生認知負荷。此外，Li等(2022)則是發現女性在虛擬實境環境中的表現較男生差，且認知負荷也有增高的趨勢。

因此，本研究將探討學生在使用系統的過程中，是否會出現認知負荷之現象。同時比較使用學習內容相同的多媒體教學影片與投影片素材，兩種學習模式之認知負荷，進而提供一個未來修改學習系統之方向。

四、虛擬實境技術對地質課程教學的影響

虛擬實境技術的概念與開發已有幾十年之久，隨著其載體的行動裝置、穿戴裝置的普及化，採用虛擬實境技術進行教學的成本更加低廉，如今將此新興技術支援與加強各科目的工作及教學越來越普遍。由於可以透過虛擬實境技術將擬真的3D地形、地形資訊與地理空間資訊視覺化(Carbonell-Carrera et al., 2021)，如此的特色不僅可提供學生處於現場之沉浸感，更能讓其得以自由移動並與虛擬對象進行互動，促進學生對於地理空間的理解與現象之思考(Carbonell-Carrera et al.; Longley et al., 2015; Philips et al., 2015; Shin, 2017)。Fisher與Unwin (2001)也在過去提出虛擬實境技術對於地理科目是很重要的，更

能為使用者提供很多可視化的想像。此外，在商業發展與應用上，也有「Google Earth VR」應用程式來作為地理學虛擬實境系統的主要學習工具，它可以讓使用者在虛擬的地球中走動，也能進行深度的城市漫遊，且無須額外建置模型或自行拍攝，擁有相關設備即可直接使用(Hagge, 2021; Patterson, 2007)。

然而，上述應用程式主要透過變形及拼接照片，包含衛星照片、街景照片等，使用者在進行學習或觀看物件的過程，仍有可能會出現周遭部分扭曲，或者沒有被拍攝到的部分無法觀看的情況(Roelofsen & Carter-White, 2022)。故為了讓使用者有不失真的呈現及完整的互動性，並更符合學者帶給使用者的教學內容，部分學者選擇採用3D建模建置一個符合現實環境的虛擬場域(Carbonell-Carrera et al., 2021; Lv et al., 2017)。Porathe與Prison (2008)即證實運用3D建模的虛擬環境學習，能讓使用者更快且準確地判斷物件，並瞭解虛擬物件的內容。Lv等亦使用3D建模建構地理資訊，幫助使用者理解地理結構並增強記憶力。Carbonell-Carrera等則是採用Unity軟體建構地形地理虛擬環境，並應用於景觀設計教學中，來提高學習者對於空間的理解程度。這類的研究結果大多顯示，基於3D模型的系統讓使用者具備更高的興趣與積極性，且進而產生對空間或物件的理解自信(Carbonell-Carrera et al.; Philips et al., 2015)。

目前最常見的虛擬實境地質教學系統，多半是採用照片擷取並拼接而成，並在照片上疊加相關資訊，企圖讓學生在身歷其境的環境中學習，增加記憶點，然而缺點如同上述，照片外的資訊更無從得知，只能讓學生進行推測。而3D建模技術所花費的時間與成本較大，因此多半是使用於專業性的課程或工作當中，多採用斷層圖或等高圖的模式建構畫面，或虛構一個合理但不存在於地球中的環境，讓學生從中瞭解原理即可。因此，本研究期望運用3D建模技術建造一個真實數據及狀況的野柳地質公園，並應用在地質教育課程中，用於比較使用此系統及多媒體簡報教學模式，是否能讓學生產生較高的情境興趣及較好的記憶力。

參、行動式3D虛擬實境導覽系統

本研究透過Adobe Illustrator、3ds Max、Unity、Android SDK以及Durovis Dive SDK等數種軟體開發工具，進行行動式3D虛擬實境導覽系統之開發，並呈現於Android智慧型手機平臺。此系統以新北市萬里區野柳地質公園為主軸，並透過園區提供之紅外線掃描三維數據，進行後續調整。本系統利用Unity軟體之地形編輯器模擬真實地形，結合空拍的實景照片作為地貌紋理，使地貌能夠更貼近真實樣貌。而後，根據數張不同角度的拍攝照片製作模型的紋理，利用3D雷射掃描技術進行重要景物的3D建模。最終，將所有素材導入Unity進行虛擬場景的美化及系統功能的整合，於虛擬環境中呈現擬真度高的立體地貌。

如圖1所示，本系統主要分為四個模組，分別為導覽指南模組、虛擬導航模組、立體景物展示模組、知識問答模組。其一，導覽指南模組對應系統主選單介面中的野柳資訊按鈕及遊程推薦按鈕，以提供使用者野柳地質公園的基本參訪資訊；其二，虛擬導航模組則對應到系統主選單介面中的自由導覽按鈕及自動導覽按鈕，讓使用者在虛擬環境中自主瀏覽，亦可跟隨已設計好的導覽路線進行深入導覽；其三，立體景物展示模組對應系統主選單介面中的全景圖像按鈕及立體圖像按鈕，使用者可以旋轉手機或結合Google Cardboard觀看重要景點之3D虛擬模型；最

後，知識問答模組對應到系統主選單介面的知識問答按鈕，讓使用者複習野柳地質公園的地質知識問答。

當導覽活動開始前，學習者需先於Android的行動平臺上，安裝本研究所提供的行動式虛擬實境學習系統，開啟後即進入本系統的主選單介面，如圖2(a)所示；實際探訪野柳地質公園前，可以選擇野柳資訊按鈕，進入野柳地質公園資訊界面(如圖2(b)所示)，此介面提供整理好的野柳公園開園時間、閉園時間、門票收費標準、停車資訊等基本實地遊覽資訊，讓學習者不須額外運用網路查詢相關資料，即可取得參訪訊息。此外，若實際抵達野柳地質公園後，亦可點擊進入遊程推薦按鈕，根據系統的指引進行園區導覽，然而，本次活動不使用此功能，在此不贅述。

在活動過程中，學習者可選擇自由導覽按鈕或自動導覽按鈕(如圖2(a))。首先選擇自由導覽按鈕，即可進入自由導覽模式。進入自由導覽介面，如圖3(a)所示，畫面右上角具有完整的野柳地質公園之小地圖，小地圖中的紅

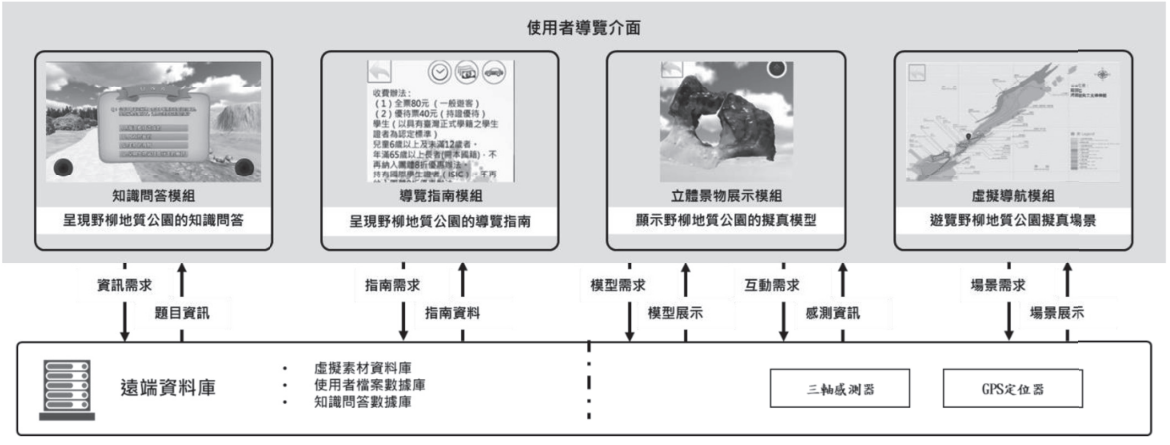


圖1：導覽系統模組圖

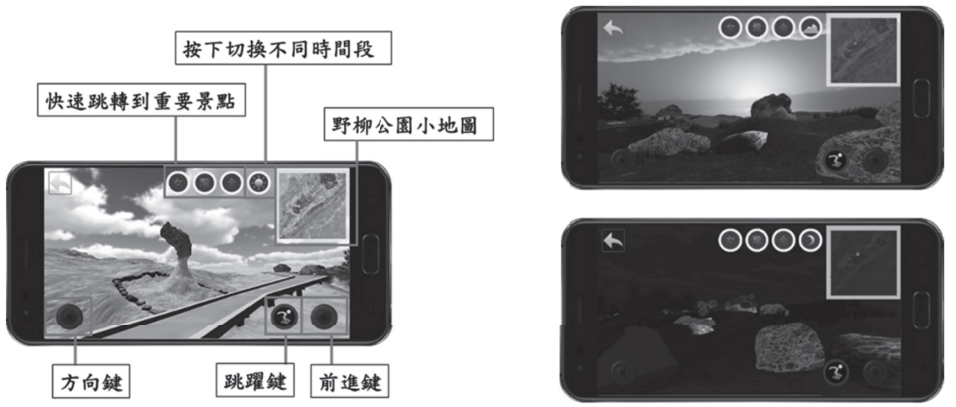


(a) (b)

圖2：(a)系統主選單及(b)野柳地質公園資訊之操作畫面

點為目前標示位置。若在虛擬場景移動，小地圖中的紅點也會隨之移動。位於小地圖左側的四個圓形按鈕，由左至右則是女王頭快速鍵、龍頭岩快速鍵、金剛岩快速鍵以及時間按鍵。學習者若想快速移動或無法找尋到特定景點時，可以點擊前三個按鍵，快速抵達女王頭、龍頭岩或金剛岩之位置。若學習者想觀看其他時間段的野柳公園景緻時，則可以按場景時間切換按鍵，分別有白天、黃昏及夜晚的時間(如圖3(b))可供選擇，讓學習者觀賞更多樣化的景貌。而介面下方由左至右分別為方向鍵、跳躍鍵以及前進鍵。透過滑動方向鍵，可以讓學習者旋轉觀看的方向；跳躍鍵則是讓學習者不會因地形的崎嶇而卡在低處；最後，只需要一直按住前進鍵，即可探索虛擬場景中的每一個角落。

若點擊自動導覽按鈕，則立即前往自動導覽功能路徑選單介面，如圖4(a)所示。本系統參考館方推薦的主要景點，規劃較推薦的遊園路徑，並根據實地遊園所需時間分30分鐘、45分鐘及60分鐘三種路徑選擇，因此學習者可選擇三種不同遊園時間的自動導覽路徑，選定路徑後，系統將根據選擇的參觀時間，帶領學習者進入虛擬實境場景中進行



(a)　(b)

圖3：(a)自由導覽模式之介面及(b)場景時間切換



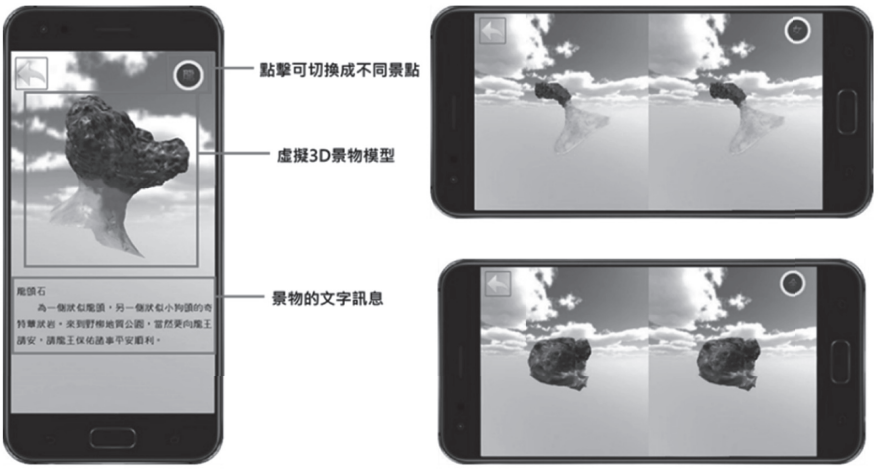
(a)　(b)

圖4：自動導覽模式之介面：(a)路徑選單、(b)場景導覽

自動導覽(如圖4(b))。在導覽過程中，系統帶領學習者重點式參觀野柳地質園區，學習者在自動移動時可任意轉動視角觀看場景，事先瞭解園區的環境與動線。當抵達重要景點時，系統會停止移動，以供學習者可以近距離觀看景點。學習者也可以選擇點擊該景物觀看3D模型及導覽資訊，並於觀看結束時進行問題作答。當整條路線導覽完畢時，學習者可選擇其他參觀時間的路線繼續導覽或結束導覽行程。

當到達重要景點後，學習者可以點擊虛擬場景中的重要景點，包含女王頭、龍頭岩及金剛岩等三項重點景物，或者學習者也可從系統主選單中選擇全景圖像按鈕，系統進入單元介面，學習者可點擊介面中想瞭解的景物或地質相關學習資訊，並依照學習內容的性質分為三個單元，其中包含介紹野柳地質公園的歷史、野柳公園中的重要景物、特殊景觀的形成方式等，其畫面立即轉至展示介面，圖5(a)為野柳公園中的重要景物單元中的畫面。全景圖像是以自動旋轉的方式展示重要景物立體模型，讓學習者以360度的視角，完整環視觀察景物的立體樣貌，它呈現在畫面中的上半部分。畫面下方同時展示該景物的靜態文字解說，包含類型、特色、樣貌特徵等，提供使用者多元表徵的學習管道。當學習者在觀看完此部分的學習內容時，會連結知識問答中的題庫，並出現與之相關的選擇題供學習者做答(如圖6所示)，以促進學習者去複習所學內容，強化記憶關鍵知識。此外，學習者也可點擊立體圖像按鈕，搭配Google Cardboard等HMD裝置，觀看躍然眼前的立體景物。此系統會基於左右眼觀看角度的差異，產生立體圖像的3D效果(如圖5(b))，並抓取行動裝置中的三軸感測器數據，回傳資訊。最終，根據三軸感測器變化數值展示不同角度之3D景物模型，讓學習者可以仔細觀察重要景物的形狀及紋理，更全面觀賞景物的樣貌。

在虛擬場景模組的主要導覽路線中配置問答題目看板，如圖6(a)所示。在進行重要景點的資訊內容閱覽後，系統將提示學習者可點擊問答看板，進入知識問答介面(如圖6(b))，並予以作答。各題目加入與野柳地質



(a) (b)

圖5：立體景物展示之介面：(a)重要景物、(b) 立體圖像的3D效果



(a) (b)

圖6：(a)問答題目看板及(b)知識問答之介面

公園相關的地質知識，讓學習者在導覽路線的過程中，能體驗簡單的答題互動，提高學習者參觀時的興趣。題目皆為四選一之選擇題，當學習者回答錯誤，會出現答案的細部解釋，如圖7(a)所示，觀看完畢後，可進行下一道題目；當學習者回答正確，則會進入下一道題。題庫中共有10道題目，每次進行遊戲時題目皆為隨機出現，以複習野柳地質公園相關資訊，鞏固學習到的知識。回答完所有問題後，系統會自動統計答題分數於介面中，作為結束問答畫面，如圖7(c)所示，增加使用者的成就感及趣味性，以達到寓教於樂之目的。

肆、研究方法與流程

一、實驗對象

本研究的學習教材取自於真理大學人文與資訊學系課程「臺灣文化遺產概論」中的部分授課內容，主要是帶領大學生認識野柳的地質環境，並解說其在臺灣文化資產上所扮演的重要性；而過去的教學方式，主要是由教師講解並播放教材圖片和影片，偶爾會視課程情況來搭配實地參訪的方式，但也時常因走訪當日天氣的因素(如下雨、風大等)或入場人數過多等問題，無法給予學生良好的學習體驗，再加上近年因疫情影響，更難以帶領學生至當地進行實地參訪的活動。因此，本研究將野柳公園整體地質地貌建構至系統中，並安排工作坊的形式邀請真理大學人文與資訊學系，以及東吳大學資料科學系兩校學生共同參與，除了讓二系學生都可從中瞭解人文地貌的知識外，更讓他們瞭解如何運用資訊科技來促進臺灣文化保存的工作，進而讓二系學生之間有共學的機會。因此，本研究的實驗對象以真理大學及東吳大學之大學生為主，受測者的年齡皆介於18 ~ 20歲間，其招募受測者採用的是便利抽樣法(convenience sampling)，兩所大學各抽取兩個班級，一共有154位學生協助參與完整的實驗



(a) (b) (c)

圖7：知識問答答題後之介面：(a)回答錯誤時的答案解釋、(b)答對獲得分數、(c)分數統計畫面

活動。此外，在活動開始前，本實驗已告知所有受測者會在不打擾正常授課的原則下進行實驗流程，並可以在中途任何一環節退出實驗。

本研究將154位大學生分為實驗組(N = 80，男生36名，女生44名)及對照組(N = 74，男生42名，女生32名)。實驗組的組成為真理大學人文與資訊學系之學生59人、東吳大學資料科學系之學生21人，採用本研究所提供的行動式3D虛擬實境導覽系統進行自主學習，並使用行動裝置作為導覽工具，如圖8(a)所示。此外，當學習者進行立體圖像導覽時，另外搭配頭戴式裝置Google Cardboard來進行學習活動，如圖8(b)所示。

對照組的組成為真理大學人文與資訊學系之學生55人、東吳大學資料科學系之學生19人，採用多媒體教學影片與投影片素材的模式進行自主學習，其教材使用與實驗組相同的學習教材，並藉由Google Map的360度環繞照片搭配旁白的講述(如圖9(a))，展示重要地質景觀，及地質景觀之說明，更透過街景功能來示範導覽路線，進行導覽學習活動之解說，如圖9(b)所示。最終，以本系統及傳統影音教學作為對照，進而瞭解3D虛擬實境導覽系統是否協助使用者進行地質知識的學習，進而提高其學習成效與情境興趣，並探討3D虛擬實境導覽系統對於使用者之學習認知負荷之影響。



(a) (b)

圖8：實驗組進行學習活動之畫面：(a)使用行動裝置、(b)搭配頭戴式裝置



(a) (b)

圖9：對照組的學習教材之畫面：(a) 360度環繞照片、(b)導覽路線示範

二、實驗量測工具

本研究以野柳地質國家公園作為主場景，使用3D虛擬實境技術之導覽系統，並作用於智慧型手機上，以提供學習者進行導覽學習活動。為了瞭解學習者實驗前後的學習變化，本研究設計一套用以量測學習成效變化的前後測考題。前測的部分採用獨立樣本*t*檢定(independent sample *t*-test)進行分析的工作，以確保在研究開始前，二組學生所擁有的背景知識之廣度和深度具有一致的基準。而後測的部分則是採用單因子共變數分析(Analysis of Covariance, ANCOVA)進行分析的工作，用以比較經過各自的學習模式後，二組學生的學習成效變化。再者，本研究為瞭解學生使用不同學習模式後，所產生的學習興趣之變化及情形，採用以Chen等(2001)所提出的理論作為情境興趣量表的設計基礎，所設計的情境興趣量表，讓學生在實驗過後進行填寫，並採用獨立樣本*t*檢定進行分析的工作。除了瞭解兩組學生的學習成效及情境興趣之差異外，本研究也依照Sweller (1988)學者的理論作為認知負荷量表的基礎，設計認知負荷問卷，並給予兩組學生填寫，以利瞭解採用本研究所提出的系統進行實驗，是否會造成學生的認知負荷升高，最終降低學生的學習效果。

首先，本研究以野柳地質國家公園的基本資訊介紹，及重要地景之形成與地質特性作為參考，並搭配高中的地理教材，設計實驗所用的地質知識前後測驗卷考題。在二份試卷設計完畢後，給予兩位經驗豐富的自然科學教師進行審閱及修訂的專業驗證工作，檢查所有測驗題目皆適合本次教學內容所提供的範圍，確保兩份測驗卷的難易度趨於一致，保證本實驗的學習成效之效度。此外，本研究在前後測考題的題型設計中，共分為兩種測驗題型。其一為記憶型測驗題，包含選擇題(例如：請問野柳「女王頭」哪個部分屬於軟質砂岩層？A：頭部；B：頸部；C：底部；D：全部。共五題，每題4分，總分20分)及配合題(例如：在潮間帶附近，常散布著許多積水的深凹穴，這是因為____挾帶著____與凹穴產生摩擦，經過長期向下和向四周鑽挖，再經由空氣中的____侵蝕而形成的。共八題，每題5分，總分40分)，此類型的題型在題目設計上，本身具備部分的提示訊息，考驗學生回想過去看過或學過的地理相關知識之程度，其總分合計60分；其二是理解力測驗題，以問答題為主(例如：請問為什麼女王頭「頸部」的部分，受外營力侵蝕的最明顯，請說明原因？共四題，每題10分，總分40分)，此類題型在題目設計上，是讓學生透過對題目的理解能力，直接撰寫相對應的內容，屬於問答式的作答題，計分方式為每題設立關鍵字進行階段式的給分，每題最高給予十分，此項總分合計為40分。最終將兩種題型分數核算，其總分為100分。此外，前後測驗卷的Cronbach's α係數分別為.74及.86，表明兩個測試卷皆具有可接受的內部一致性。

其次，本研究採用Krapp等(1992)學者及Schraw與Lehman (2001)學者之興趣理論作為興趣量表的參考，本次研究僅探討學生的情境興趣。意旨本研究主要探討個體藉由學習活動中的體驗，例如環境的刺激、教學的感受、情境的影響，而產生興趣上的觸發與影響(Renninger & Hidi, 2016)。此情境興趣被定義為五個面向：新奇(例如：我覺得這種導覽活動，非常引起我的好奇心)、專注需求(例如：我認為在導覽過程中，我無法專心)、持續享受(例如：我認為此次導

覽內容，讓我更有興趣探究野柳地質國家公園)、探究意圖(例如：我想進一步瞭解導覽過程中的所有內容)、挑戰(例如：對我來說，這種導覽方式非常複雜)，除此之外，規劃整體情境興趣之面向(例如：我希望使用這種導覽方式進行更多活動)來驗證量表之效度。本次量表參考涂馨友等(2019)學者的「體育課情境興趣量表」，並將情境興趣量表的中文敘述進行修改，以符合實驗活動的狀況。最終，採納量表題數共12題，每個面向各兩題，並使用Likert五尺度量表進行計分。此外，部分題項為反項題，以確保量表的可信度。在其問卷的分析結果中，新奇、持續享受、專注需求、挑戰、探究意圖五個因素的內部一致性Cronbach's α係數，依序為.87、.89、.83、.89、.80，而整體情境興趣則為.91，所有面向的信度係數皆大於.80 (Cronbach, 1951; George & Mallery, 2009)。

最後，本研究之認知負荷量表引用自Sweller (1988)學者的理論作為認知負荷量表的基礎，並與情境量表相同，使用Likert五尺度評定學習者的認知負荷程度。本認知負荷量表將認知負荷分為三個面向，分別為內在認知負荷(例如：我認為這場導覽活動的內容對我而言是困難的。共三題)、外在認知負荷(例如：我認為此種導覽方式，操作起來非常複雜。共三題)、增生認知負荷(例如：我認為我需要花費大量的時間，思考導覽活動中遇到的學習內容。共四題) (Sweller；郭秀緞，2005)，總題數為十題。其目的為探討在不超過工作記憶負荷的限制下，當內在認知負荷較高時，可以改善教學設計或是教材的呈現方式，來降低外在認知負荷(郭秀緞；陳密桃，2003)，若增生負荷較高時，則代表該教學設計適合學生進行學習。此外，在其問卷的分析結果中，整體問卷的內部一致性Cronbach's α係數為.88，表示此份問卷具高度可靠性。

三、實驗流程

本研究之實驗流程，如圖10所示。首先，研究人員會花10分鐘，對所有參與實驗之學生說明本次實驗的研究內容與目的，學生可以自由選擇是否參予實驗，亦可隨時於活動途中，退出本次實驗的活動內容，後續也不會採用該學生之實驗數據。當學生瞭解整個實驗內容後，即可簽署知情同意書，並進行30分鐘的學習成效之前測測驗，以確保兩組對於本次教學活動的前備知識水準是具有一致性。前測考試完成後，將會間隔一段時間，進行後續的實驗內容。三週過後，工作人員會再次邀請參與實驗之學生進行實驗的學習活動，實驗組的學習工具為智慧型手機，並且採用本研究的3D虛擬實境導覽系統進行野柳公園的探索與學習。此外，另提供頭戴式裝置Google Cardboard，讓實驗組之學生可以搭配頭戴裝置進行3D模型的效果體驗。對照組則是使用手機進行多媒體教學影片與投影片素材的學習，並且配合一張學習單，其題項與本研究之系統內的知識問答問項如出一轍，僅無法做到讓學生觀看完部分地質知識，便立即回答相關問題。在整個學習活動中，工作人員不會進行學習內容之引導，或干涉學生的任何學習行為，僅解決學生在學習過程當中，所遇之系統技術性問題。整個學習活動進行約40分鐘，兩組除了學習器材、教材內容呈現方式不同外，教材內容皆一致。

完成學習活動過後，兩組學生將進行30分鐘的學習成效之後測測驗，以及填寫本實

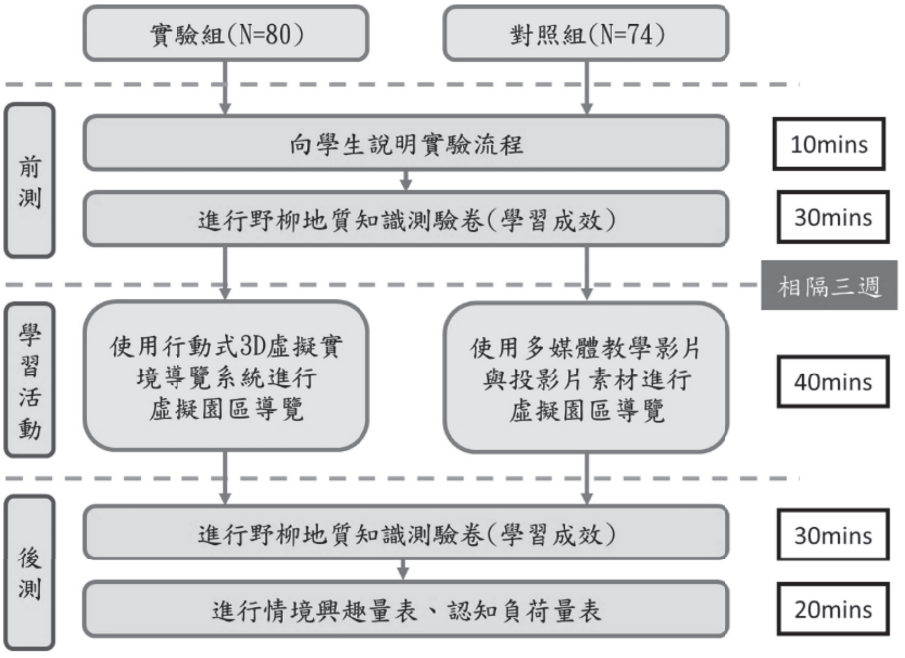


圖10：實驗流程圖

驗所提供的情境興趣量表及認知負荷量表，以利於衡量學生的學習成效、情境興趣與認知負荷之變化及差異性。

伍、研究結果

一、學習成效之測驗結果

實驗開始前，本研究為兩組學生進行學習成效的前測測驗，並採用獨立樣本*t*檢定進行測驗成果的比較，以確保兩組學生進行學習活動前，對導覽教材內容具備相同的知識水平。如表1所示，實驗組學生的前測測驗平均分為35.96 (*SD* = 12.90)；對照組學生的前測測驗平均分則為37.27 (*SD* = 19.89)。其結果顯示，兩個組別的總分平均得分並不具有統計上的顯著性差異($t(152) = -0.48$，$p > .05$)。換言之，兩組學生在進行學習活動前皆具相同的學習先備知識。此外，本研究也進行記憶力及理解力的前測分析工作。在記憶力的分析結果顯示，實驗組學生的平均值為30.96 (*SD* = 9.64)；對照組學生的平均值為29.20 (*SD* = 11.68)。由上述可知，兩個組別的記憶力平均得分也不具有統計上的顯著差異性($t(152) = 1.02$，$p > .05$)。在理解力的分析結果顯示，實驗組學生的平均值為5.30 (*SD* = 6.09)；對照組學生的平均值為8.07 (*SD* = 11.06)。其結果仍顯示兩個組別的理解力平均得分不具有統計上的顯著差異性($t(152) = -1.90$，$p > .05$)。

實驗結束後，本研究為提升實驗結果分析的準確性，將前測成績作為自變數，教學活動的成績作為應變數，並採用ANCOVA分析法進行學習成效後測分析的工作，使分析結果排除前測差異的干擾，以確保分析結果的公正性。此外，在進行分析前，Levene's test變異數同質性檢定結果為不顯著，因此符合變異數同質假設(記憶：$F(1, 152) = 0.49$，$p > .05$；理解：$F(1, 152) = 2.14$，$p > .05$；總

分：$F(1, 152) = 0.23$，$p > .05$)，故可直接進行ANCOVA之分析。

經由ANCOVA之分析將兩組前測數據的干擾排除後，得到兩組學生的後測成績之分析，如表2所示。在總成績方面，實驗組學生未調整的平均值為53.60 ($SD = 20.43$)，調整後的平均值為53.88 ($SD = 2.22$)；對照組學生未調整的平均值為37.81 ($SD = 21.73$)，調整後的平均值為37.51 ($SD = 2.30$)，兩組學生的成績呈現統計上的顯著性差異($p < .001$)。其次，在記憶力方面，實驗組學生未調整的平均值為33.58 ($SD = 11.78$)，調整後的平均值為33.33 ($SD = 1.34$)；對照組學生未調整的平均值為24.43 ($SD = 12.83$)，調整後的平均值為24.70 ($SD = 1.39$)，兩組學生的記憶成績也呈現統計上的顯著性差異($p < .001$)。最後，在理解力方面，實驗組學生未調整的平均值為20.25 ($SD = 12.02$)，調整後的平均值為20.74 ($SD = 1.24$)；對照組學生未調整的平均值為13.36 ($SD = 10.73$)，調整後的平均值為12.84 ($SD = 1.29$)，兩組學生的理解成績呈現統計上的顯著性差異($p < .001$)。由此可知，當學生透過兩種的學習模式完成本次導覽學習活動後，無論是在總分、記憶力或者理解力方面，實驗組學生的學習成效皆能有著明顯的進步幅度，並且顯著優於對照組，達到顯著之差異性。換言之，透過本研究的實驗成果證實，學習者使用本研究所提供的行動式虛擬實境學習系統進行自主學習，相較於採用多媒體教學影片與投影片素材的自主學習模式，是

表1：學習成效前測測驗分析之結果

	實驗組$N = 80$		對照組$N = 74$			
因素	*M*	*SD*	*M*	*SD*	*t*	*p*
記憶	30.96	9.64	29.20	11.68	1.02	.63
理解	5.30	6.09	8.07	11.06	-1.90	.31
總分	35.96	12.90	37.27	19.89	-0.48	.06

註：*N*為測驗人數。

表2：學習成效後測測驗分析之結果

項目	變異來源	平方和(*SS*)	自由度(*df*)	均方(*MS*)	*F*	*p*	η^2
記憶	共變量	1503.85	1	1503.85	10.58	.001	.07
	組間	2839.42	1	2839.42	19.97	.000	.18
	組內	21469.87	151	142.19			
	總和(Total)	157330.00	154				
理解	共變量	1592.56	1	1592.56	13.19	.000	.08
	組間	2340.69	1	2340.69	19.39	.000	.11
	組內	18231.59	151	120.74			
	總和(Total)	65847.00	154				
總分	共變量	8135.79	1	8135.79	20.72	.000	.12
	組間	10278.50	1	10278.50	26.18	.000	.15
	組內	59284.76	151	392.61			
	總和(Total)	403052.00	154				

能夠獲得更好的學習成效，並在記憶力及理解力的表現上，皆產生差異化之成果。

二、情境興趣之測驗結果

本研究將情境興趣量表分為新奇、持續享受、專注需求、挑戰、探究意圖，共五個因素，另外增加整體情境興趣之因素來驗證量表效度，並採用獨立樣本*t*檢定進行情境興趣量表的成果分析工作。由於此問卷用於瞭解二組學生在採取不同學習模式中受到刺激後，其產生之情境興趣是否呈現差異性，故在學生經歷過各自的學習活動後，再安排進行本問卷的後測工作。

情境興趣測驗之分析結果，如表3所示。情境興趣之五個因素的分析結果中，新奇層面($t(152) = 6.83$，$p < .001$)、持續享受層面($t(152) = 6.53$，$p < .001$)、專注需求層面($t(152) = 6.79$，$p < .001$)、挑戰層面($t(152) = -3.66$，$p < .001$)、探究意圖層面($t(152) = 5.96$，$p < .001$)以及用於驗證量表效度的整體情境興趣層面($t(152) = 7.81$，$p < .001$)皆具有統計上的顯著差異性，並且除了挑戰因素外，其餘因素皆是實驗組的平均數顯著優於對照組。由此可知，本實驗結果證明，學習者在使用本研究所提供的行動式虛擬實境學習系統進行自主學習，相較於採用多媒體教學影片與投影片素材的自主學習模式，在情境興趣上具有更優秀的表現，所有因素皆產生高度差異化之成果。此外，由於挑戰因素與其餘因素呈現反向關係，換言之，若挑戰因素成績越高，則表明實驗活動越複雜及困難。因此在實驗數據中發現，學習者採用傳統多媒體教材進行自主學習時，比起使用本實驗之系統進行自主學習，具有較高的挑戰性。

三、認知負荷之測驗結果

本研究採用Sweller (1988)學者的理論作為認知負荷量表的基礎，其認知負荷分為三個面向，包含內在、外在以及增生。進一步探討本實驗所進行之教學形式、教材內容對於兩組學生的認知負荷之影響，並使用獨立樣本*t*檢定進行認知負荷量表的成果分析工作。

認知負荷測驗之分析結果，如表4所示。認知負荷之三個因素的分析結果中，內在層面($t(152) = -3.97$，$p < .001$)、外在層面($t(152) = -3.97$，$p < .001$)以及增生層面($t(152) = 4.76$，$p < .001$)皆具有統計上的顯著差異性。由上述數據表明，實驗組的內在及外在認知負荷因素之平均數皆低於對照組。本研究可以推斷對於學生來說，實驗組的教學結構難易度及教材呈現方式相較於對照組，更容易讓學生瞭解及吸收，此外兩組教材的範圍及內容皆一致，因此對於教材內容則不另作討論。另外，實驗組的增生認知負荷因素之平

表3：情境興趣測驗之分析結果

	實驗組$N = 80$		對照組$N = 74$			
因素	平均數	標準差	平均數	標準差	*t*	*p*
新奇	4.24	0.62	3.39	0.90	6.83	< .001
持續享受	4.19	0.62	3.33	0.96	6.53	< .001
專注需求	3.86	0.68	3.09	0.73	6.79	< .001
挑戰	2.36	0.97	2.97	1.07	-3.66	< .001
探究意圖	3.96	0.57	3.24	0.88	5.96	< .001
整體情境興趣	4.27	0.63	3.26	0.93	7.81	< .001

表4：認知負荷測驗之分析結果

	實驗組$N = 80$		對照組$N = 74$			
因素	平均數	標準差	平均數	標準差	t	p
內在認知負荷	2.42	0.66	2.85	0.67	-3.97	< .001
外在認知負荷	2.43	0.86	3.03	1.01	-3.97	< .001
增生認知負荷	2.60	0.62	2.16	0.54	4.76	< .001

註：N為測驗人數。

均數則是高於對照組。因此，使用行動式虛擬實境學習系統相較於多媒體教學影片與投影片素材學習，更適合學生進行自主學習。

陸、結論與討論

本研究旨在探討在地質知識的學習活動中，導入一套行動式虛擬實境學習系統，透過手持式行動裝置及虛擬實境技術之應用，融入野柳公園地質地景的教材內容，包含導覽路線、虛擬場景、3D景物模型等，讓學習者無須到達野柳地質公園，不再受到時間與空間的限制，即可進行自主學習的工作。為了驗證本研究此系統對學生的學習成效、情境興趣及認知負荷之影響性。本研究招募154位大學生，並將其分為實驗組(使用行動式虛擬實境學習系統)以及對照組(使用多媒體教學影片與投影片素材)，並透過自主學習之形式，完成各自的導覽學習活動，接著再透過收集學生的學習成效前後測之測驗資料，以及情境興趣問卷、認知負荷問卷之調查資料，進一步釐清本研究所提的實驗假設。

從學習成效的測驗結果分析來看，兩組在未經過導覽學習活動前，前測先備知識水平趨於一致。透過各自系統及學習教材學習後，後測結果顯示，實驗組學生的成績不論是記憶力題型或理解力題型之測試皆明顯高於對照組學生，因此相較採用教學影片與投影片的形式進行自主學習，導入行動式虛擬實境學習系統的自學模式更能有效幫助學生提升自己的記憶力及理解力。在記憶力方面，本研究推測由於此學習系統具有知識問答功能的支援，讓實驗組學生在自主學習的過程中，可以更有效率的複習學習內容，從而讓實驗組的學生在記憶力上表現更佳，更能回憶起教學內容。而在理解力方面，本研究推測雖然兩組皆採取自主學習之形式進行學習活動，然而透過教學影片及投影片素材，比起使用行動式虛擬實境學習系統，仍然缺乏主動理解的動機。雖然兩組教材內容一致，然而對照組學生僅點擊本研究所準備之教學影片及投影片素材進行觀看，實驗組學生則是使用智慧型手機進行場景的探索。因虛擬實境所延伸出的沉浸感及互動功能，通過虛擬實境技術顯示的逼真3D地形，可將地球地表、地形資訊和地理空間數據作可視化呈現(Carbonell-Carrera et al., 2020)，並以360度的視角完整的觀察景物的立體樣貌，這也促使實驗組學生可以針對特殊景點的細節處，進行更細緻的再觀察及思考；也就是說，這種地質環境的視覺呈現不僅為學生提供了處於該地之沉浸感，也使學生能夠自由移動並與虛擬對象進行互動(Carbonell-Carrera et al.; Shin, 2017)，進而讓其更深入的觀察所看到虛擬物件和學習內容。是故，實驗組學生的理解力上表現更優秀，更能組織完整的回答內容。其研究結果也呼應過去研究學者亦認為透過虛擬實境技術支援學習活動，可以更有效地鞏固學習者的記憶過程，刺激其情境興趣，進而提升學習者的

學習表現(Bracq et al., 2019; Longley et al., 2015; Petersen et al., 2022; Philips et al., 2015; Sun et al., 2023)。

其次，從情境興趣的調查結果分析來看，實驗組學生在情境興趣上的表現顯著優於對照組，情境興趣的新奇、持續享受、專注需求、挑戰、探究意圖以及整體情境興趣之六個因素的數據皆是如此。本研究認為就如同上述所提出，兩組學生皆採用自主學習的模式學習各自的教材內容，且保證提供的教材內容皆相同的狀況下，本研究所提出之系統整體而言，對學生來說較為有趣且具吸引力，也能讓學生持續享受學習過程，而系統中的3D虛擬模型展示功能及知識問答功能，也能讓學生在學習地質相關知識的過程中，保持高度的新奇感及探索慾望，因此符合本研究之假設。此外，本研究亦推測對照組學生在使用教學影片及投影片素材進行教學活動時，僅需要點擊影片播放鍵及投影片，即可觀看學習內容，然而影片若過長或內容呈現形式不足以吸引學生的關注，則容易導致學生的專注度下降(王佩瑜，2020)，從而使學習效果大打折扣。

最後，從認知負荷的調查結果分析來看，實驗組學生的認知負荷低於對照組。本研究已知兩組學生的先備知識程度一致，且提供的教材內容一致。然而，實驗組學生的內在認知負荷以及外在認知負荷仍顯著低於對照組，表示實驗組所使用的系統比起對照組的影片及投影片，有更好的教材結構及呈現方式，不需要耗費大量的心力以學習地質知識。實驗組學生在學習內容的過程中，需要在虛擬環境中找到學習的景物，並從中學習每個景物的相關資訊，隨後便可點擊景色旁的問答看板，回答相關問題。然而對照組主要依靠影片進行學習，若要重新觀看某個知識點，便需要拉動影片的時間條尋找，這無疑會耗費更多時間。另外，對照組在學習過程中，雖有給與學習單進行知識點的回顧，但仍不同於使用實驗組的系統，可以看完一個重要景點，便立即回答相關知識問題。而增生認知負荷方面，則是實驗組學生的成績顯著高於對照組，本研究所提出之系統不同於對照組所給予的影片教學，此系統將完整的野柳公園建構其中，且重要景點也設有3D虛擬樣貌，供學生進行360度的翻閱、查看，這對於學生的空間概念及建構認知基模有較佳的幫助，雖然一定程度的增加學生的認知負荷，但是促進學生學習，而非干擾其學習。其結果也符合Sweller (2010)學者認為增生認知負荷的顯著性，代表此教學設計有助於學生建立基模，且使學生有餘力進行更多的深入學習。

本次的研究成果初步表明，將3D虛擬模型導入虛擬場景中，並適時給予知識問答，增加趣味性，可以有效提高學生的情境興趣、降低認知負荷，進而提高其學習成效。然而本次實驗過程中，有學生反映操作介面與過往熟悉的搖桿操作有些許的不同，主要是操作按鈕位置與其他應用程式有差異，未來也會將操作位置進行改進，以符合大眾的習慣。此外，本次實驗僅針對大學生進行活動，無法適用於所有階段的學生及使用者。因此，未來期望能將此套系統實際應用到國、高中課堂，並瞭解此系統對於國高中生的學習成效及情境興趣是否有如此好的變化。

誌謝

本研究承蒙國家科學及技術委員會專題研究計畫(MOST 111-2410-H-031-002-MY2)經費補助，亦感謝參與本研究之戴于真學生等人，其於實驗實施上所提供的建議與協助。

參考文獻

王佩瑜(2020)。磨課師影片式課程之設計、製作與實施：以通識「數位內容輕鬆做」為例。**大學教學實務與研究學刊**，**4**(1)，77-112。https://doi.org/10.6870/JTPRHE.202006_4(1).0003

[Wang, P.-Y. (2020). The design, production, and implementation of MOOC for university general education. *Journal of Teaching Practice and Research on Higher Education*, *4*(1), 77-112. https://doi.org/10.6870/JTPRHE.202006_4(1).0003]

吳世光、陳建和(2002)。影像式虛擬實境之發展及其在觀光產業應用之研究。**觀光研究學報**，**8**(1)，109-125。https://doi.org/10.6267/JTLS.2002.8(1)7

[Wu, S.-K., & Chen, C.-H. (2002). The development of image-based VR systems and its applications in the travel industry. *Journal of Tourism Studies*, *8*(1), 109-125. https://doi.org/10.6267/JTLS.2002.8(1)7]

吳秋慧(2019)。從戶外教育發展脈絡探討戶外教育之內涵。**臺灣教育評論月刊**，**8**(12)，153-159。

[Wu, C.-H. (2019). Cong huwai jiaoyu fazhan mailuo tantao huwai jiaoyu zhi neihan. *Taiwan Educational Review Monthly*, *8*(12), 153-159.]

涂馨友、盧俊宏、楊明蓁(2019)。體育課情境興趣量表中文化及信效度檢驗。**體育學報**，**52**(3)，389-404。https://doi.org/10.6222/pej.201909_52(3).0009

[Tu, H.-Y., Lu, F. J.-H., & Yang, M.-C. (2019). Validation of the Chinese version of the situational interest scale. *Physical Education Journal*, *52*(3), 389-404. https://doi.org/10.6222/pej.201909_52(3).0009]

陳又菁(2020)。導入頭戴式虛擬實境於學習成效、心流體驗與認知負荷之探究：以昆蟲課程為例。**數位學習科技期刊**，**12**(3)，1-23。https://doi.org/10.3966/2071260X2020071203001

[Chen, Y.-C. (2020). Effects of applying head-mounted virtual reality in insect education on achievement, flow experience, and cognitive load. *International Journal on Digital Learning Technology*, *12*(3), 1-23. https://doi.org/10.3966/2071260X2020071203001]

陳美燕、葉劭緯(2015)。國中小校外教學現況與戶外教育政策認知之調查研究。**教育脈動**，**4**，44-67。

[Chen, M.-Y., & Yeh, S.-W. (2015). A study of investigate for the current situation of field trip and the cognition of outdoor education policy of teachers and students in elementary school and junior high school. *Pulse of Education*, *4*, 44-67.]

陳密桃(2003)。認知負荷理論及其對教學的啟示。**教育學刊**，**21**，29-51。

[Chen, M.-t. (2003). Cognitive load theory and its implications for instruction. *Educational Review*, *21*, 29-51.]

教育部(2018)。**國民中小學辦理戶外教育實施原則**。https://bit.ly/3W16781

[Ministry of Education. (2018). *Guomin zhongxiaoxue banli huwai jiaoyu shishi yuanze*. https://bit.ly/3W16781]

郭秀緞(2005)。以認知負荷的觀點探討數學問題設計的適切性。**教育研究**，**13**，169-182。

[Kuo, H.-T. (2005). Cognitive load perspectives on discussing the fitness of mathematic problem designs. *Educational Research*, *13*, 169-182.]

張靜譽(1996)。傳統教學有何不妥？**建構與教學**，**4**，版1+4。

[Chang, J.-K. (1996). Chuantong jiaoxue youhe butuo? *Constructivism and Teaching*, *4*, 1+4.]

黃國禎(2012)。行動與無所不在學習的發展與應用。**T&D飛訊**，**141**，52-61。

[Hwang, G.-j. (2012). Advancements and applications of mobile and ubiquitous learning. *T&D Fashion*, *141*, 52-61.]

蔡元芳、黃姿榕、鄭于綸(2008)。虛擬實境地理資訊教學平台之建置。**社會與區域發展學報**，**1**(1)，79-111。https://doi.org/10.29868/JSRD.200812.0004

[Tsai, Y.-F., Huang, T.-Z., & Cheng, Y.-L. (2008). Establishing a geographic information teaching platform based on virtual reality. *Journal of Social and Regional Development*, *1*(1), 79-111. https://doi.org/10.29868/JSRD.200812.0004]

蘇以青、柯薰貴、劉雅瑛(2008)。課室教學與數位學習兩種學習模式的比較——學習者之主觀經驗。**高雄護理雜誌**，**25**(1)，8-21。

[Su, Y.-C., Ko, H.-K., & Liu, Y.-Y. (2008). A comparative analysis of traditional classroom lecturing and e-learning from the learner's perspective. *The Kaohsiung Journal of Nursing*, *25*(1), 8-21. https://doi.org/10.6692/KJN-2008-25-1-2]

Ainley, M., Hidi, S., & Berndorff, D. (2002). Interest, learning, and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of Educational Psychology*, *94*(3), 545-561. https://doi.org/10.1037/0022-0663.94.3.545

Albus, P., Vogt, A., & Seufert, T. (2021). Signaling in virtual reality influences learning outcome and cognitive load. *Computers & Education*, *166*, Article 104154. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104154

Ayres, P. (2018). Subjective measures of cognitive load: What can they reliably measure? In R. Z. Zheng (Ed.), *Cognitive load measurement and application: A theoretical framework for meaningful research and practice* (pp. 9-28). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315296258-2

Barragan, M. E. M., Aguilar, G. M. M., Garcia, Y. M., Gonzalez, G. J. L., & Puentes, P. C. R. (2021, October). *Comparative analysis between the conditions associated to traditional teaching and those associated to online teaching*. 2021 10th International Conference on Software Process Improvement (CIMPS), Torreón, Mexico. https://doi.org/10.1109/

CIMPS54606.2021.9652592

Bracq, M.-S., Michinov, E., & Jannin, P. (2019). Virtual reality simulation in nontechnical skills training for healthcare professionals: A systematic review. *Simulation in Healthcare: The Journal of the Society for Simulation in Healthcare*, *14*(3), 188-194. https://doi.org/10.1097/SIH.0000000000000347

Bueno-Vesga, J., Xu, X., & He, H. (2021). The effects of cognitive load on engagement in a virtual reality learning environment. In Institute of Electrical and Electronics Engineers (Ed.), *2021 IEEE Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)* (pp. 645-652). Institute of Electrical and Electronics Engineers. https://doi.org/10.1109/VR50410.2021.00090

Burdea, G., & Coiffet, P. (1994). *Virtual reality technology*. Wiley.

Carbonell-Carrera, C., Gunalp, P., Saorin, J. L., & Hess-Medler, S. (2020). Think spatially with game engine. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *9*(3), Article 159. https://doi.org/10.3390/ijgi9030159

Chang, S.-C., Hsu, T.-C., & Jong, M. S.-Y. (2020). Integration of the peer assessment approach with a virtual reality design system for learning earth science. *Computers & Education*, *146*, Article 103758. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103758

Chen, A., Darst, P. W., & Pangrazi, R. P. (2001). An examination of situational interest and its sources. *British Journal of Educational Psychology*, *71*(3), 383-400. https://doi.org/10.1348/000709901158578

Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, *16*(3), 297-334. https://doi.org/10.1007/BF02310555

Falode, O. (2018). Pre-service teachers' perceived ease of use, perceived usefulness, attitude and intentions towards virtual laboratory package utilization in teaching and learning of physics. *The Malaysian Online Journal of Educational Technology*, *6*(3), 63-72. https://doi.org/10.17220/mojet.2018.03.005

Fisher, P., & Unwin, D. (Eds.). (2001). *Virtual reality in geography*. CRC Press. https://doi.org/10.4324/9780203305850

Frederiksen, J. G., Sørensen, S. M. D., Konge, L., Svendsen, M. B. S., Nobel-Jørgensen, M., Bjerrum, F., & Andersen, S. A. W. (2020). Cognitive load and performance in immersive virtual reality versus conventional virtual reality simulation training of laparoscopic surgery: A randomized trial. *Surgical Endoscopy*, *34*(3), 1244-1252. https://doi.org/10.1007/s00464-019-06887-8

George, D., & Mallery, P. (2009). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference 16.0 update* (9th ed.). Allyn & Bacon.

Hagge, P. (2021). Student perceptions of semester-long in-class virtual reality: Effectively using "Google Earth VR" in a higher education classroom. *Journal of Geography in Higher*

Education, *45*(3), 342-360. https://doi.org/10.1080/03098265.2020.1827376

Hidi, S., & Anderson, V. (1992). Situational interest and its impact on reading and expository writing. In K. A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp (Eds.), *The role of interest in learning and development* (pp. 215-238). Erlbaum.

Hochberg, K., Kuhn, J., & Müller, A. (2018). Using smartphones as experimental tools—Effects on interest, curiosity, and learning in physics education. *Journal of Science Education and Technology*, *27*(5), 385-403. https://doi.org/10.1007/s10956-018-9731-7

Huang, Y., Richter, E., Kleickmann, T., & Richter, D. (2023). Comparing video and virtual reality as tools for fostering interest and self-efficacy in classroom management: Results of a pre-registered experiment. *British Journal of Educational Technology*, *54*(2), 467-488. https://doi.org/10.1111/bjet.13254

Hürst, W., de Boer, B., Florijn, W., & Tan, X. J. (2016, July). *Creating new museum experiences for virtual reality*. 2016 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW), Seattle, WA. https://doi.org/10.1109/ICMEW.2016.7574692

Kalyuga, S., & Plass, J. L. (2017). Cognitive load as a local characteristic of cognitive processes: Implications for measurement approaches. In R. Z. Zheng (Ed.), *Cognitive load measurement and application: A theoretical framework for meaningful research and practice* (pp. 59-74). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315296258-5

Krapp, A. (2005). Basic needs and the development of interest and intrinsic motivational orientations. *Learning and Instruction*, *15*(5), 381-395. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2005.07.007

Krapp, A., Hidi, S., & Renninger, K. A. (1992). Interest, learning, and development. In K. A. Renninger, S. Hidi, & A. Krapp (Eds.), *The role of interest in learning and development* (pp. 3-25). Erlbaum.

Kuznetcova, I., Glassman, M., Tilak, S., Wen, Z., Evans, M., Pelfrey, L., & Lin, T.-J. (2023). Using a mobile Virtual Reality and computer game to improve visuospatial self-efficacy in middle school students. *Computers & Education*, *192*, Article 104660. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104660

Li, C., Yeom, S., Dermoudy, J., & de Salas, K. (2022, July). *Cognitive load measurement in the impact of VR intervention in learning*. 2022 International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT), Bucharest, Romania. https://doi.org/10.1109/ICALT55010.2022.00103

Lin, H. C.-S., Yu, S.-J., Sun, J. C.-Y., & Jong, M. S. Y. (2021). Engaging university students in a library guide through wearable spherical video-based virtual reality: Effects on situational interest and cognitive load. *Interactive Learning Environments*, *29*(8), 1272-1287. https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1624579

Liu, D., Bhagat, K. K., Gao, Y., Chang, T.-W., & Huang, R. (2017). The potentials and trends of virtual reality in education. In D. Liu, C. Dede, R. Huang, & J. Richards (Eds.), *Virtual, augmented, and mixed realities in education* (pp. 105-130). https://doi.org/10.1007/978-981-10-5490-7_7

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). *Geographic information science and systems* (4th ed.). Wiley.

Lv, Z., Li, X., & Li, W. (2017). Virtual reality geographical interactive scene semantics research for immersive geography learning. *Neurocomputing*, *254*, 71-78. https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.07.078

Makransky, G., & Lilleholt, L. (2018). A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education. *Educational Technology Research and Development*, *66*(5), 1141-1164. https://doi.org/10.1007/s11423-018-9581-2

Makransky, G., Petersen, G. B., & Klingenberg, S. (2020). Can an immersive virtual reality simulation increase students' interest and career aspirations in science? *British Journal of Educational Technology*, *51*(6), 2079-2097. https://doi.org/10.1111/bjet.12954

Martínez-Graña, A. M., Díez, T., González-Delgado, J. Á., Gonzalo-Corral, J. C., & Merchán, L. (2022). Geological heritage in the "Arribes del Duero" natural park (western, spain): A case study of introducing educational information via augmented reality and 3d virtual itineraries. *Land*, *11*(11), Article 1916. https://doi.org/10.3390/land11111916

Mitchell, M. (1997, March). *Situational interest in the statistics classroom*. Annual Meeting of the American Educational Research Association, Chicago, IL. https://reurl.cc/VL78pY

Moreno, R. (2010). Cognitive load theory: More food for thought. *Instructional Science*, *38*(2), 135-141. https://doi.org/10.1007/s11251-009-9122-9

Nieswandt, M. (2007). Student affect and conceptual understanding in learning chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, *44*(7), 908-937. https://doi.org/10.1002/tea.20169

Ou, K.-L., Chu, S.-T., & Tarng, W. (2021). Development of a virtual wetland ecological system using VR 360° panoramic technology for environmental education. *Land*, *10*(8), Article 829. https://doi.org/10.3390/land10080829

Ou, K.-L., Liu, Y.-H., & Tarng, W. (2021). Development of a virtual ecological environment for learning the taipei tree frog. *Sustainability*, *13*(11), Article 5911. https://doi.org/10.3390/su13115911

Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, *38*(1), 1-4. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1

Palmer, D. (2004). Research Report: Situational interest and the attitudes towards science of primary teacher education students. *International Journal of Science Education*, *26*(7), 895-908.

https://doi.org/10.1080/0950069032000177262

Park, B., Flowerday, T., & Brünken, R. (2015). Cognitive and affective effects of seductive details in multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, *44*, 267-278. https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.061

Patterson, T. C. (2007). Google Earth as a (not just) geography education tool. *Journal of Geography*, *106*(4), 145-152. https://doi.org/10.1080/00221340701678032

Petersen, G. B., Petkakis, G., & Makransky, G. (2022). A study of how immersion and interactivity drive VR learning. *Computers & Education*, *179*, Article 104429. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104429

Philips, A., Walz, A., Bergner, A., Graeff, T., Heistermann, M., Kienzler, S., Korup, O., Lipp, T., Schwanghart, W., & Zeilinger, G. (2015). Immersive 3D geovisualization in higher education. *Journal of Geography in Higher Education*, *39*(3), 437-449. https://doi.org/10.1080/03098265.2015.1066314

Plass, J. L., Perlin, K., Roginska, A., Hovey, C., Fröhlich, F., Maso, A. S., Olsen, A., He, Z., Pahle, R., & Ghosh, S. (2022). Designing effective playful collaborative science learning in VR. In H. Söbke, P. Spangenberger, P. Müller, & S. Göbel (Eds.), *Joint International Conference on Serious Games* (pp. 30-35). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15325-9_3

Porathe, T., & Prison, J. (2008, April). *Design of human-map system interaction*. CHI‘08: The 26th annual CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Florence, Italy. https://doi.org/10.1145/1358628.1358774

Renninger, K. A., & Hidi, S. E. (2016). *The power of interest for motivation and engagement*. Routledge.

Roelofsen, M., & Carter-White, R. (2022). Virtual reality as a spatial prompt in geography learning and teaching. *Geographical Research*, *60*(4), 625-636. https://doi.org/10.1111/1745-5871.12551

Sankaranarayanan, G., Odlozil, C. A., Wells, K. O., Leeds, S. G., Chauhan, S., Fleshman, J. W., Jones, D. B., & De, S. (2020). Training with cognitive load improves performance under similar conditions in a real surgical task. *The American Journal of Surgery*, *220*(3), 620-629. https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2020.02.002

Schraw, G., & Lehman, S. (2001). Situational interest: A review of the literature and directions for future research. *Educational Psychology Review*, *13*(1), 23-52. https://doi.org/10.1023/A:1009004801455

Shin, D.-H. (2017). The role of affordance in the experience of virtual reality learning: Technological and affective affordances in virtual reality. *Telematics and Informatics*, *34*(8), 1826-1836. https://doi.org/10.1016/j.tele.2017.05.013

Sun, J. C.-Y., Ye, S.-L., Yu, S.-J., & Chiu, T. K. F. (2023). Effects of wearable hybrid AR/VR learning material on high school students' situational interest, engagement, and learning performance: The case of a physics laboratory learning environment. *Journal of Science Education and Technology*, *32*(1), 1-12. https://doi.org/10.1007/s10956-022-10001-4

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, *12*(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, *22*(2), 123-138. https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5

Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, *12*(3), 185-233. https://doi.org/10.1207/s1532690xci1203_1

Sweller, J., van Merrienboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, *10*(3), 251-296. https://doi.org/10.1023/A:1022193728205

Tai, K.-H., Hong, J.-C., Tsai, C.-R., Lin, C.-Z., & Hung, Y.-H. (2022). Virtual reality for car-detailing skill development: Learning outcomes of procedural accuracy and performance quality predicted by VR self-efficacy, VR using anxiety, VR learning interest and flow experience. *Computers & Education*, *182*, Article 104458. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104458

Triana, I. J., & Ruhimat, M. (2018). Understanding of geography teacher towards geopark as learning resources. In A. G. Abdullah, L. Anggraeni, D. Iswandi, M. M. Adha, D. N. Anggraini, F. N. Asyahidda, O. T. Hidayat, J. A. Dewantara, & K. Fatkhi (Eds.), *Proceedings of the Annual Civic Education Conference* (ACEC 2018) (pp. 493-496). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/acec-18.2018.113

Woods, T. L., Reed, S., Hsi, S., Woods, J. A., & Woods, M. R. (2016). Pilot study using the augmented reality sandbox to teach topographic maps and surficial processes in introductory geology labs. *Journal of Geoscience Education*, *64*(3), 199-214. https://doi.org/10.5408/15-135.1

York, J., Shibata, K., Tokutake, H., & Nakayama, H. (2021). Effect of SCMC on foreign language anxiety and learning experience: A comparison of voice, video, and VR-based oral interaction. *ReCALL*, *33*(1). 49-70. https://doi.org/10.1017/S0958344020000154

Zhao, J., Lin, L., Sun, J., & Liao, Y. (2020). Using the summarizing strategy to engage learners: Empirical evidence in an immersive virtual reality environment. *The Asia-Pacific Education Researcher*, *29*(5) 473-482. https://doi.org/10.1007/s40299-020-00499-w

科學教育學刊
2023, 第三十一卷第二期, 193-219
DOI:10.6173/CJSE.202306_31(2).0004

Contemporary Journal of Science Education
2023, 31(2), 193-219

The Impact of Mobile Virtual Reality Learning System on Undergraduate Students' Learning Performance, Situational Interest and Cognitive Load: A Case Study of Yehliu Geopark

Huai-Ling Chang[1], Kai-Yi Chin[2,*] and Ching-Sheng Wang[3]

[1]Institute of Education, National Yang Ming Chiao Tung University
[2]Department of Data Science, Soochow University
[3]Department of Computer Science and Information Engineering, Aletheia University

Abstract

Taiwan has diversified geology and a rich and colorful landscape. To protect its natural landscape, Taiwan has established geoparks according to laws and regulations and attempts to arouse the public's attention to the natural landscape by increasing the public's knowledge of geoscience. However, as geoparks are remotely located, the public's enthusiasm and interest in exploring geoparks are likely to be exhausted by expensive and time-consuming journeys or weather factors. To this end, this study proposed a mobile virtual tour learning system that supports 3D scenery display function, and further discussed the change in learners' learning outcome, situational interest, and cognitive load when they learn Taiwan's special geology and landscape with the support of Virtual Reality (VR) technology. A total of 154 students from two private universities in northern Taiwan were enrolled in the experiment of this study. While 80 students were included in the experimental group using the "mobile VR learning system", 74 students were included in the control group using multimedia teaching videos and PowerPoint materials. Students in both groups were allowed to learn in their own way to complete the designated learning activity about the Yehliu geological education program. The experimental result of this study shows that the memory and comprehension of students in the experimental group were improved significantly. In terms of situational interest, students of both groups showed a statistically significant difference with the situational interest of the experimental group being significantly higher than that of the control group. The cognitive load of the experimental group was significantly lower than that of the control group. Therefore, this study suggests that when learners cannot explore the geological environment on site, learners' learning results and situational interest can be improved effectively and their cognitive load can be reduced if the

* Corresponding author: Kai-Yi Chin, kychin.scholar@gmail.com; ORCID: 0000-0002-6099-2289
Received: 2022/12/15, Revised: 2023/4/14, Accepted: 2023/4/15, Available Online: 2023/8/8

environment simulated by VR technology is appropriately added and special landmarks are introduced.

Key words: Mobile Learning, Geological Education, Situational Interest, Virtual Reality, Cognitive Load