



虛擬實境地理資訊教學平台之建置

蔡元芳*、黃姿榕**、鄭于綸**

*國立台北教育大學社會科教育學系環境資訊應用組副教授

**國立台北教育大學社會科教育學系碩士班研究生

【摘 要】

本研究旨在透過虛擬實境及地理資訊系統的結合，建置人機互動之地理教學平台。首先透過全球定位系統的輔助，以包含豐富文化與自然資源之台北縣淡水鎮為例，完成資料庫之外業行動調查，並利用地理資訊系統的強大空間模組做相關資訊的連結與展現。再以遙感探測技術結合數值地形模型及 3D 繪圖軟體，完成研究區內 3D 地形及地物之建置，最後將其整合於虛擬實境互動軟體中，建置 3D 虛擬實境地理教學平台。並針對 76 位中小學社會科領域相關教師進行系統測試與訪談，結果顯示本系統確實有助於改善傳統地理教學之不足。本研究藉由虛擬實境的擬真性及互動性，以及地理資訊系統強大的空間展示和分析模組，期能讓地理教學融入虛擬實境互動中，讓親臨其境之感帶來教育性及空間性概念。希望本研究可使當前大多停留在 2D 紙本教材的地理教學，能有更具體且豐富之互動學習環境。

關鍵字：虛擬實境、地理資訊系統、數值地形模型、遙感探測、
全球定位系統

Establishing a Geographic Information Teaching Platform Based on Virtual Reality

Yuan-Fan, Tsai^{*}、Tzu-Zong, Huang^{}、Yu-Lun, Cheng^{**}**

^{*} Associate professor, Department of Social Studies Education, National Taipei University of Education

^{**} Graduate Student, Department of Social Studies Education, National Taipei University of Education

【Abstract】

This study aims to establish a man-machine interaction teaching platform of geographic information via the integration of virtual reality and geographic information systems. Firstly, with the global positioning system technology, we created a field investigation database based on the cultural and natural environment of Tamsui town in Taipei County. The database was setup by geographic information systems to demonstrate the information. Then, by integrating digital terrain modeling, remote sensing technology and 3D sketch software, we setup the 3D geography and 3D buildings of the study area. Finally, the 3D geographic information teaching platform was established by virtual reality interaction software. Then we proceed to a series of tests and interviews with seventy-six social studies teachers in elementary and junior high schools, and the result shows that the system could bring a distinct improvement in traditional geography teaching. The most valuable achievement of this research is to build a customized virtual geographic information platform with the aid of 1) the simulative and interactive feature of virtual reality; and 2) the powerful demonstrations and the analytic functions of geographic information systems. The platform

offers an educational and spatial environment conducive to learning geography. Furthermore, we demonstrate the features and feasibility of the platform and show that how the teaching of geography can be done in an interesting way to improve the traditional 2D paper teaching.

Keyword: Virtual Reality (VR), Geographic Information systems (GIS), Digital Terrain Modeling (DTM), Remote Sensing (RS), Global Positioning System (GPS)

壹、前言

隨著電腦科技的快速發展，人類世界已進入了 E 世代，新的世紀將是「知識社會」與「資訊科技」領航的時代，為提升國家競爭力，跟上社會脈動，培養國民具備科技應用能力與技能，已成為各國政府教育發展的重點。我國教育部亦於民國 90 年起推動『資訊融入教學』的相關政策。因此若能自由地運用如此媒介來創造與認識屬於生活週遭的教材，並發展出各種新式的資訊教學平台與課程，將會為教學環境注入創意的新血。故本研究希望藉由社會科數位教材的研發與設計大力推動資訊融入教學的措施，讓學生因此獲得日常生活中不易獲得的經驗、加快學習速度、增進學習樂趣並有系統的解決問題。將校園圍牆外美麗的家鄉帶進教室來，為教學者省去戶外教學規劃的種種困境，另一方面，也讓學生在安全的環境中認識自己的家鄉，甚至透過虛擬的互動設計，培養空間資訊概念及體認自己生長環境上的人、事、物，遂為本文之研究目的。

地理空間變化及分布為地理教學中之重點（陳振東，1979），但在傳統教學中所使用的文字與圖片等媒體，並不容易將實際地景具體化，野外實察或現地拍攝之多媒體影片也難以同時兼顧多項細節，且多缺乏與學習者之間的互動。從知識的本質來看，根據地理學知識結構的分析，地理學是一門橫跨自然科學與社會科學且具有綜合性質的知識領域（施添福，1983）；地理學既討論自然環境更涉及地表上不同文化背景的人群，這些人在不同文化涵養下各自產生對環境的獨特觀點和感受，依據這些觀點和感受發展出對環境不同的價值觀，然後在適應環境的方式中做了不同的選擇。International Geographical Union（1995）所制定的國際地理憲章內容中也提到，現代地理教育強調科技的整合、全球化的國際議題，以及多元化的思維；而利用電腦科技來協助地理教學，正是協助地理教育達到此目標的有效工具。另外，根據1994年所制定的美國國家地理課程標準中指出，地理科應由科目內容（Subject Matter）、技能（Skill）及觀點（Perspective）等三個互相關聯不可分的元素組成。同時針對學生的地理技能訂立明確的學習目標，強調培養學生提出地理問題、收集、組織、分析地理資料及回答地理問題的能力。而我國九年一貫教育方案，也著重在基本能力的培養和訓練，強調有效地運用資訊和科技，培養學生具備獨立思考、解決問題和

終身學習的能力，以拓展學生學習經驗與提升高層次的學習成就做為資訊融入教學的目標（徐新逸，2003）。因此，在地理教育的研究趨勢上，電腦輔助地理教學的研究已成為現今地理教育重要的一環。

虛擬實境（Virtual Reality，簡稱 VR）為目前相當熱門的話題之一，依照 Burdea（1993）以 VR 的功能特性所提出的 VR 金三角概念，VR 是一種包含互動性（Interaction）、沉浸性（Immersion）、及想像性（Imagination）的電腦影像合成技術，目的是藉此產生 3D 擬真的虛擬世界，Kalawsky（1993）則指出虛擬實境是利用電腦模擬出三維的虛擬空間，而電腦在此空間中提供了視覺、聽覺、觸覺等感官模擬，藉由這些模擬，讓使用者更有親臨實境之感，Wilson（1999）則認為虛擬實境是讓使用者可以從任何角度去觀察電腦科技建構出來的三維立體世界，且能與虛擬世界中的物件做適當的互動。虛擬實境所包含的技術與應用層面相當廣博，舉凡教育訓練、醫學、設計、商業、軍事、娛樂、太空、簡報、藝術、監控、科學視覺化、聽覺評估、刑事調查、網路應用等等，對人類生活造成的影響與日俱增（吳世光和陳建和，2000；許嘉宏，2004；侯璟林，2004；陳靖，2002；陳金泉，2003），但是目前國內較少見將虛擬實境技術應用於中學地理資訊教學上，陳哲銘（2003）曾探討過虛擬野外實察確實能彌補無法進行實際野外實察之缺憾，並達到一定之教學成效，而國外學者 Colin, Andrew and Dane（2005）曾針對大學學生設計虛擬的 3D 國家公園實察系統，結果顯示學生對於虛擬實察的技術接受度很高，且表示虛擬實察的技術有助於他們瞭解國家公園的整體環境和背景，Spicer & Stratford（2001）以大學生成為對象，進行學生對於虛擬實察的識覺研究，研究顯示學生非常肯定虛擬實境技術對於學習上的價值，且表示虛擬實境有助於他們在進行實際野外實察前對環境的了解與認識，還有實察後的整體複習與回顧。Michael（1998）也指出虛擬實查是連結課堂觀念和真實世界的一種可行途徑。故本研究嘗試結合地理資訊系統（Geographic Information systems，簡稱 GIS）與虛擬實境的技術，提供地理學習者一個可融入的虛擬場景進行地理知識的學習，除了讓使用者有親臨實境的體驗之外，更希望能增加使用者的互動感，讓使用者可任意地於時間及空間中行走，自由地操作學習介面，故本研究以地理資訊系統結合虛擬實境技術所建構的融入式與互動式學習環境，將在地理教學上提供最佳的教育效果，亦為未來大眾終生學習教育管道

發展之趨勢。

本研究鑑於以往的地理教材多為紙本或 2D 的形式，教學者於教學上雖有各式教具輔助，但學習者在空間之比對及地理環境資訊的認識仍常有理解上的困難；加上近年來九年一貫鄉土教學課程之盛行，實地訪查教學之實施相當熱門，但礙於現實教學環境中教師之教學時數限制，以及戶外實地訪查之時效及人、物力之耗費龐大，種種因素在現實考量上有其困難而不易執行，故希望藉由新興資訊科技之整合，建構出結合地理資訊系統的虛擬實境互動地理學習平台，擴展傳統單向、固定的教學方式，更期望將來能藉著遊戲互動的方式，引發學習者的興趣，提高學習成效，甚至藉由網站發佈提供一個終生學習之平台。趙琇華（2005）研究就曾提出為因應九年一貫課程，探討地理教學結合資訊教學的應用，建議運用資訊科技及網際網路的技術，建置一個地理教學平台，提供另一種突破時間和地點限制的學習方式。曾登標（2003）亦指出其所建置之網路教學平台有助於教師進行線上教材編制及資訊融入教學政策之推行。陳國璋（2003）研究中也指出藉由電腦教學平台之設計，可擴充資訊交換的方式，以及提升自我學習的能力。程馥慧（2004）研究發現，網路教學平台的建置，除可作為傳統教學之輔助，更成為另一種具功能性及實用性的學習場域。從以上學者研究發現，資訊融入教學已為必然之趨勢，且有非常顯著之教學成效。但目前多數之資訊教學平台，多缺乏地理空間資訊之規劃和展現。因此本研究為顧及 3D 虛擬環境之擬真性及研究經費限制後，擬以較小範圍之區域為研究對象，選擇在人文及地理方面皆具特色之淡水鎮為例，建置此研究區域之地理資訊系統資料庫，並將其整合於虛擬實境互動環境中，進一步提出人機互動的介面，藉由簡易之操作介面，透過寫實之 3D 情境，讓使用者可自由選定觀看角度與視野，希望藉著資訊科技及電腦技術，解決實際生活中無法克服的距離空間障礙，並嘗試結合 GIS 及 VR 兩大技術之優點，讓此地理教學平台之互動及查詢分析功能充分展現。

本研究之設計流程如圖 1 所示，主要可分為地理資訊系統之建置及虛擬實境之空間建構，在地理資訊系統之建置方面主要工作項目有研究區資料蒐集、外業資料庫調查及內業資料庫建置；在虛擬實境之空間建構方面主要工作項目有遙感探測（Remote Sensing，簡稱 RS）技術結合數值地形模型（Digital Terrain Modeling，簡稱 DTM）完成的研究區 3D 地形、地物之建置、以及虛擬實境人機互動情境設計。最

後再將地理資訊系統與虛擬實境空間系統做介面之整合，完成 3D 虛擬實境地理教學平台之建置，教學平台建置完成後，並針對中小學地理學相關教學領域之 76 位教師進行本系統之教學成效評估。

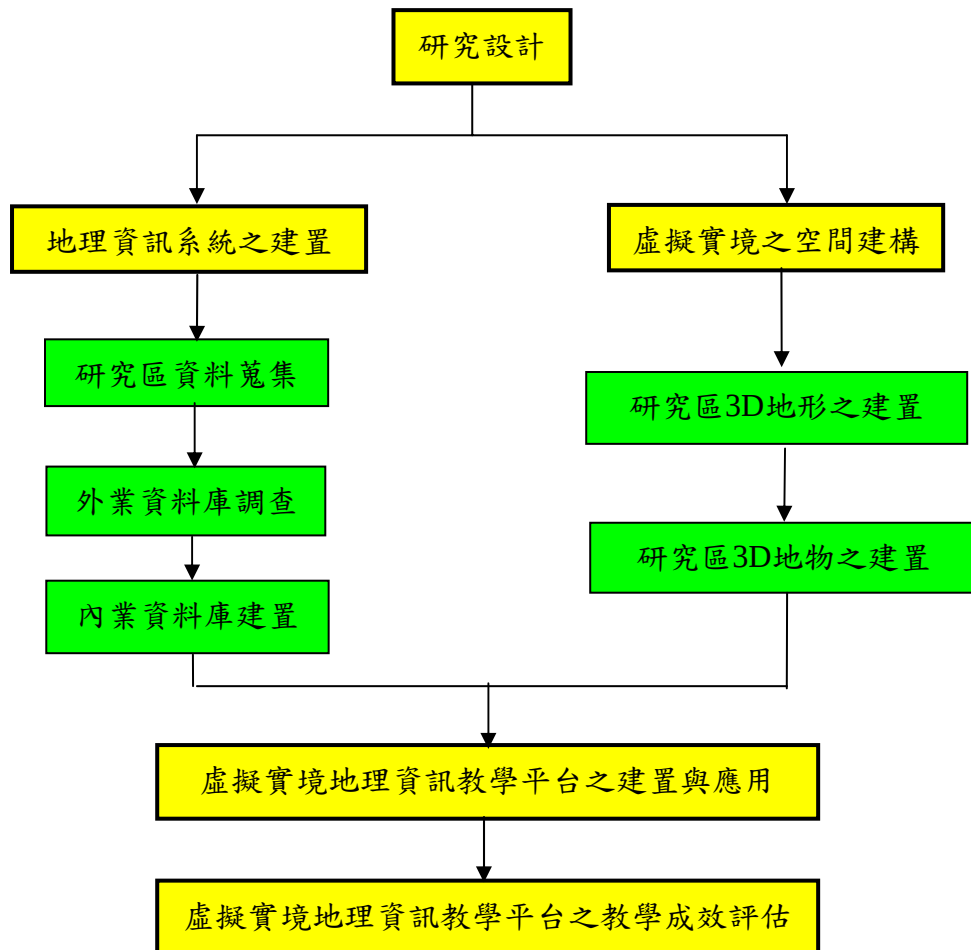


圖 1 研究設計流程圖

貳、地理資訊系統之建置

地理資訊系統雖是目前地理學科領域廣泛應用的軟體（林信亨，2000；朱聖心，2000；陳群應，2001；余俊青，2002；王智聖，2002；汪家夷，2002），但其使用介面對中小學生的學習有其困難度，也較難在引起學生學習動機方面有所突破。但其強大的空間展示及分析查詢功能，仍然是地裡科教學上不可或缺的利器。

一套完整之地理資訊系統，可以儲存龐大的空間資訊，不但能呈現電子地圖，且具有詳細屬性資料以備查詢，構成一個兼具查詢、顯示、分析、資料管理等之多功能、效率高之整合性系統（Goodchild，2004）。一般地理資訊系統軟體所具備的功能，主要是能將空間資料（spatial data）或屬性資料（attribute data）加以收集與輸入（Capture）、轉換（Transfer）、編輯（Edit）、儲存（Store）、結構增修（Structure and Restructure）、查詢（Query）、分析（Analysis）與展示（Present）等，為極具潛力的資源經營管理工具（Maguire et al.，1991）。本研究之資料庫蒐集建置部份即利用地理資訊系統（GIS）之強大展示及空間分析模組，配合全球衛星定位系統（Global Positioning System，簡稱 GPS）完成研究區內之外業資料庫調查及內業資料庫建置。

一、研究區資料蒐集

淡水鎮在行政區界上位於台北縣，北鄰三芝鄉，南以關渡平原和台北相接，西瀕台灣海峽，並與八里以淡水河相隔，總面積有 70.6565 平方公里。淡水鎮行政區域劃分為 33 個里，淡水鎮公所為淡水鎮最高行政機構，總計有 562 鄰。至民國 95 年 12 月底，本區對外交通有台 2 線及 101 縣道，分別連接台北市及三芝鄉。本區人文環境，文化資產豐富，自 17 世紀西班牙、荷蘭據領台灣北部之時，淡水即已登上世界的舞台。其後的鄭氏王朝及清帝國也基於各自的需要治理淡水地區，因此也留下了淡水的相關紀事，這些都成為理解淡水的重要依據，也使其不論在地理景觀、自然生態、市鎮形成或人文歷史方面都具有特色（紀雪惠等，2006）。西元 1842 年鴉片戰爭之後，台灣的戰略地位及所蘊藏的自然資源又再度引起西方列強的重視；1858 年英法聯軍之役，清廷戰敗遂與各國簽訂天津條約，台灣開放通商及內河航運權，淡水港成為國際通商口岸。不僅英國人在紅毛城設領事館，各國洋行也都到淡水設

行貿易，淡水進入輝煌時代，也同時成為西方文化的登陸台灣的門戶。1872 年 3 月 9 日馬偕博士也抵達淡水，並以此為其宣教、醫療和教育的根據地。西式醫院和新式教育因而得在淡水創設，對早期的台灣開通思想、啓迪民智均有深遠的影響。1895 年中日甲午戰爭後清廷戰敗，日本正式統治台灣，後因淡水河道日漸淤積，地位終究還是被基隆港所取代，淡水的經濟漸漸轉向以附近腹地的農漁業為主。雖然淡水商港繁華不再，但經過了這麼多民族的洗禮，淡水這個充滿多元文化的小鎮，其文化地位自無法抹滅（張建隆，2001）。

研究區境內除淡水河口的狹小平原外，大屯山陵被覆泰半，形成所謂山城河港，自古即為台灣八景之一，昔日並有「東方威尼斯」之稱，近日已成北台灣觀光勝地。本研究首先將各種方式所蒐集到的資料，區分為文化、自然二個類別以進行分類處理。

（一）文化類別資料

根據英國學者 Tylor（1958）對「文化」所下的定義是：「文化是一種複合的整體，包括知識、信仰、藝術、道德、法律、習慣及作為社會一份子所獲得的任何其他能力。」，因此文化是不斷在累積與發展，在淡水河流域的環境生態中，不同時代人們的生活、聚落與產業逐漸交織成特殊的自然人文景觀，孕育出豐富多元的文化資產。故針對諸如宗教、古蹟、生活方式、建築藝術等相關資料（表 1）加以收集。再輔以對於相關文史工作者進行文化資料的訪談，如淡水文化基金會董事長張建隆先生、淡江中學校史館館長蘇文魁先生、淡水古蹟園區張寶釧館長等，藉以對於淡水的整體文化脈絡及背景，有更深刻的想法與認知（洪捷勝，2006）。

表 1 文化類別資料說明

文化資料類別	舉例說明
宗教	如淡水禮拜堂、馬偕博士相關資料
古蹟	如淡水二十多處古蹟的多元文化與歷史以及一級古蹟紅毛城的前世今生等
生活方式	例如由二級古蹟鄞山寺，可以窺知當時居民的生活脈絡
建築藝術	如歷史建築八角塔、牛津學堂等

（二）自然類別資料

自然類別，就以淡水自然環境為基礎，包括地形、地理、動植物、交通…等，作為主要的區分。屬於自然景觀的地景、地貌、地質、水文土壤、動植物分布所形成的生態…等；再加上自然地理環境的地形、氣候、生物等要素，將之進行連結，讓使用者能對空間及環境進行深度的認識。淡水的自然生態環境，自是以紅樹林為主軸延伸；茂密生長在海邊的紅樹林，形成一道天然屏障，抵擋海浪對海岸的侵蝕，也可以阻擋強勁的海風，或把泥沙擋下，使海埔地擴大。紅樹林的根系可以淨化水質，也因此主要生長及棲息地點幾乎都在鹹水與淡水的交會處；紅樹林的生態寶藏，是學生最好的戶外教室，更是學者專家研究大自然的好題材。淡水竹圍至紅樹林地區的紅樹林，是由水筆仔所組成的純林，水筆仔的得名便因幼苗像是一枝枝懸掛的筆。從水筆仔開花、發芽、成熟、掉落、著根到成長的奇特過程，是最佳的自然教室。(洪捷勝，2006)

二、外業資料庫調查

利用 GPS 衛星定位系統、個人數位助理（Personal Digital Assistant，簡稱 PDA）版地理資訊系統軟體（Super Pad）、以及 VB 程式語言（Visual Basic 6.0，簡稱 VB）進行客製化介面之開發，並進行外業資料庫調查。

（一）GPS 衛星定位運用

利用 GPS 衛星定位系統，對於調查位置進行搜尋。將現地調查的所在點進行定位，讓最真實與最確切的位置資訊以數化的方式記錄下來。

（二）外業行動資料庫建置

結合 GPS 及 GIS，利用外業調查工具 PDA（建置 GPS 及安裝 Super Pad），並以 VB 程式進行客製化介面開發以利外業行動資料庫的建置。如圖 2 為 Super Pad 外業調查基本圖面結合 GPS 衛星定位系統。接下來到達所要進行現地調查的場所，以衛星定位系統將確實定位後，再將其依類別進入登錄表單選定登錄在行動資料庫中，如圖 3 所示。進入子項目後，依照每個項目的實際地點，對於各個項目在資料流中所設定的登錄項目，進行外業調查與記錄包含文字資料、影像資料及影音資料等。

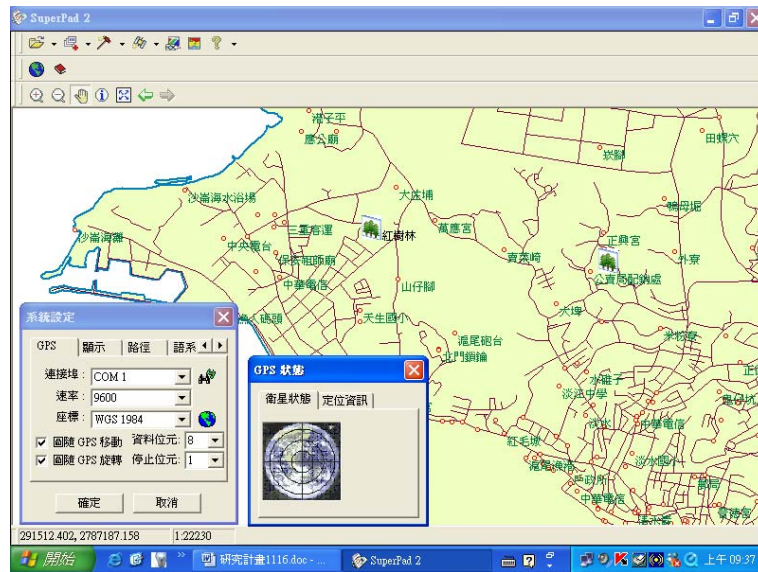


圖 2 淡水鎮的外業行動調查電子地圖結合 GPS 衛星定位系統

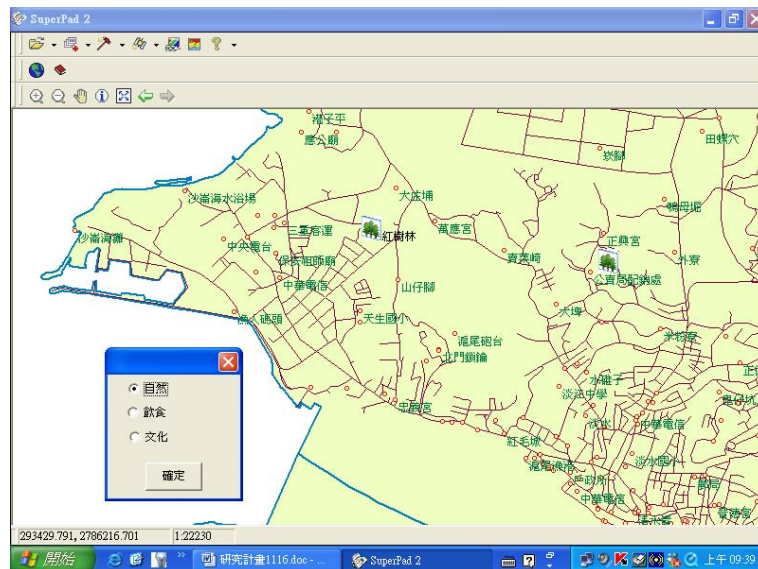


圖 3 淡水鎮的外業行動調查電子地圖—依類別進入登錄表單

如圖 4 與圖 5 分別為文化類目與自然類目利用 VB 程式所開發出之外業調查客製化登錄表單，完整且真實的對於每個記錄點做最完整的資料記錄及影像的收集，再將所收集到的資料，分別彙入行動資料庫中，以完成外業行動資料庫的建置。

圖 4 針對文化類目所開發出之外業調查客製化登錄表單

圖 5 針對自然類目所開發出之外業調查客製化登錄表單

三、內業資料庫建置

將外業資料庫以資料流的方式收集完整，進行資料庫的分析與檔案重整，確實進行資料連結。內業資料庫建置，除基本設定的 GIS 數化資料外，另外須經過編輯使其得到可讀性，讓使用者獲得的資訊更加完整。資料內容包括：說明文字檔（txt 檔）、影音檔（mpeg 檔）、圖檔照片（jpeg、gif、tif 檔…等）、聲音檔（wmv 檔）。

（一）影像編輯：

以收集到的影音、影像等資料，進行分析及導覽性資訊化之編輯（包括照片檔案、影片檔案及相關訪談或導覽解說之影音檔案），並對於相關資料進行文化、自然、等相關背景的補充及加強介紹，讓資料更加具完整性。如圖 6 為文化類目一紅毛城影音導覽撥放檔首頁。在導覽影片編輯部份，先挑選出具有歷史文化意義（如紅毛城、馬偕博士相關調查點…等）、自然景觀（如紅樹林…等），再利用 CyberLink PowerDirector 威力導演（影片製作系統），進行圖（jpg 檔）、文（txt 檔）再加上影音（mpg 檔）及聲音（wmv 檔）的編輯，將其製作成影音撥放檔，以利於加強使用者對淡水的瞭解。



圖 6 文化類目一紅毛城影音導覽撥放檔首頁

（二）GIS 客製化開發：

配合外業調查的資料流型態，將其所收集之相關資訊進行分析建檔及再組織(陳錦媽，2003；黃敏郎等，2005)，以 PC 版地理資訊系統軟體 (Super GIS) 搭配 VB 軟體，進行內業資料庫建置之客製化開發工作。將所組織妥善的完整資料，再將相關資料置入客製化專案地理資訊系統，包含 Super GIS、Super PAD、Builder 及 VB 等相關系統與程式，進行系統化功能整合，將資料數化，以利進行查詢，如圖 7 所示。

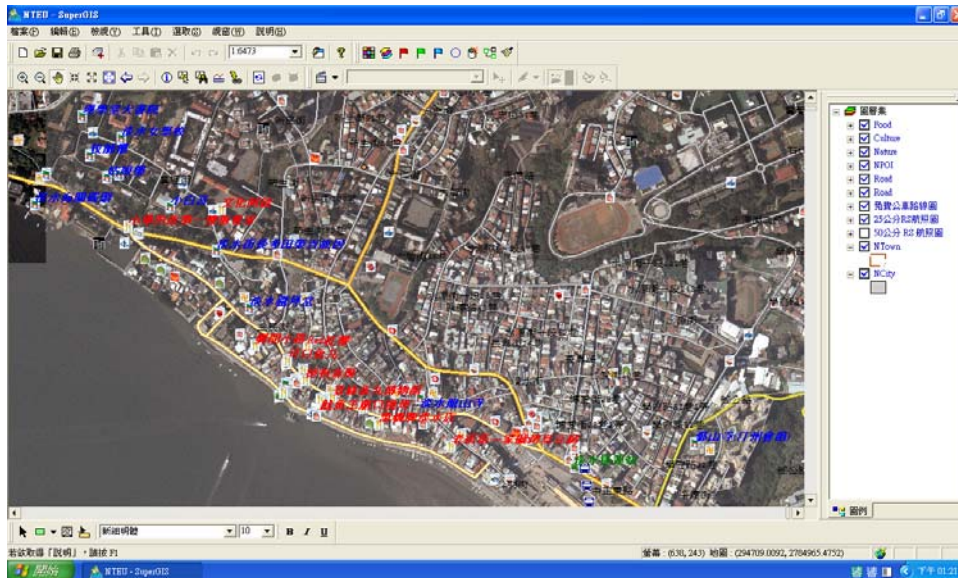


圖 7 淡水鎮地理資訊系統內業資料庫建置客製化開發畫面

叁、虛擬實境之空間建構

寓教於樂，為目前教育環境中教學與學習之趨勢，尤其以應用互動式多媒體教材的教學方式更為目前及未來教育之重心，但目前在教育實務界以及研究領域所提出的相關研究，多為單一軟體素材之應用，皆有其應用在學習上的不足性(余俊青，2002；陳靖，2002；陳金泉，2003；蘇國章，2005)，然而據陳泰弘(2001)及林祥偉(2002)之研究指出，地理資訊系統雖有其限制，但可藉由整合相關軟體或程式，



進一步開發出符合使用者需求或研究方向之新型態使用介面，並改善其功能不足之處。故本研究欲解決前人研究之限制，嘗試整合虛擬實境（VR）及地理資訊系統（GIS），而以遙感探測（RS）科技結合數值化地形資料，完成淡水鎮之 3D 虛擬實境底圖，並利用虛擬實境所提供之擬真環境及互動的功能，結合地理資訊系統提供之強大資料庫檢索資訊，建立新的 GIS 時空分析及互動之學習模式，並在模擬真實情境的過程中，配合相關地景及空間資訊之檢索讓學習者及教學者得以將之應用在地理相關知識的學習上，並證明此資訊整合技術之可行性。

一、研究區 3D 地形之建置

直至今日，遙測技術已相當成熟，遙測影像可以將實際景物做最真實的呈現，看見較為細緻、清楚的影像。故若將本系統加入遙測影像，將使其系統更加具有可靠性及完整性。甚至在科學的領域中，使用遙感探測所得到的影像，可以利用於地理學、生物學，乃至於水文土壤等相關大地技術的科學，讓它們真實的呈現這個世界的每個角落（James，2002），也可以讓使用者更真實的掌握自己所處的位置，更貼近真實的感受。而目前應用遙測技術發展之 3D 資訊瀏覽器更如雨後春筍般蓬勃發展，如 Google 公司提出之 Google Earth、藏識科技研發之 INet Universe 網際網路三維地理資訊發佈伺服器軟體和九鼎科技代理之 Skyline 等等，在考量經濟因素、平台架設之方便性、軟體支援相容性和資料庫管理等各項因素後，選擇以 Skyline TerraExplorer Pro 軟體做為平台開發之工具。

本階段首先進行相關基本設定，第一個步驟是處理地形檔，以作為圖資加疊之基礎；接著設定視窗介面定義內容座標系統的參數（地形檔的參數及圖資的參數需相同），以利資料匯入之正確性。本研究選擇 TerraExplorer Pro 軟體建置研究區之 3D 數值化地形，其產生架構如圖 8 所示。



圖 8 數值化地形圖之產生架構圖

藉由 TerraBuilder 程式，將由群立科技(股)公司提供之兩千五百分之一淡水鎮正射影像用座標系統結合淡水鎮 40 公尺乘 40 公尺之規則網格 DTM，產生地理 3D 數值化地形模型及地形資料庫，同時將高程資料及影像檔案資料兩者作最快優化之連結，並將此作為本研究教學平台之底圖，架構出能完整呈現多元地形、地貌及地理資料之 3D 模擬之虛擬地理空間，如圖 9 所示。

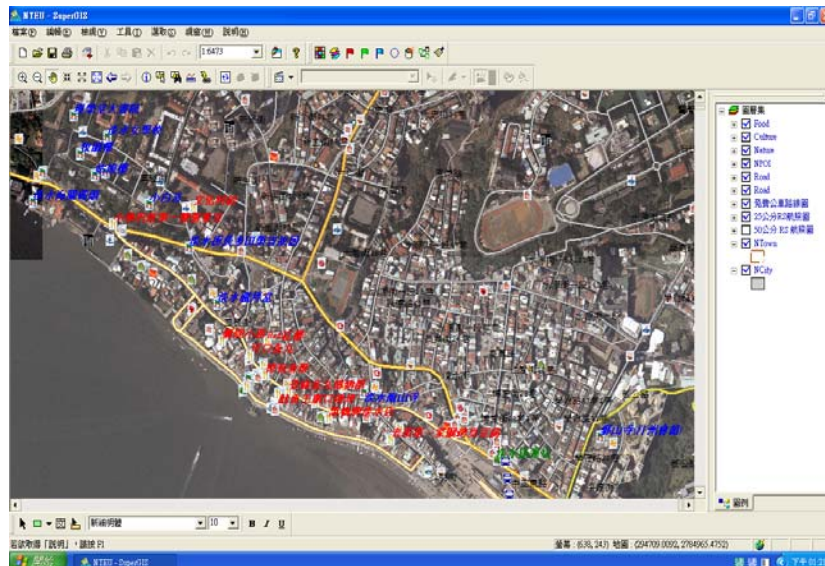


圖 9 淡水鎮 3D 數值化地形模型

二、研究區 3D 地物之建置

為增進 3D 虛擬環境之擬真性以及教學平台之豐富性，研究選擇淡水地區極具歷史意義與建築特色之建物，利用 SketchUp 及 3DsMAX 等 3D 繪圖軟體（陳力欣，2006）或 TerraExplorer Pro 軟體內建之 3D 空間資訊整合軟體之模組作為編輯之工具，並結合外業調查中建物材質之影像資料，將淡水鎮著名古蹟或歷史建築建立、產生、編輯，如圖 10、11，以呈現研究區域擬真之 3D 實景並突顯區域地理內容，再匯入在淡水鎮數值化地形上，使其產生虛擬實境之空間，最後再加上巡航路線及定點的規劃，架構擬真感十足之地理學習環境，並透過文字、影像、聲音和動畫等多媒體的超連結介紹，增進學生對於淡水鎮無形之文化背景與歷史脈絡的體驗和學習。

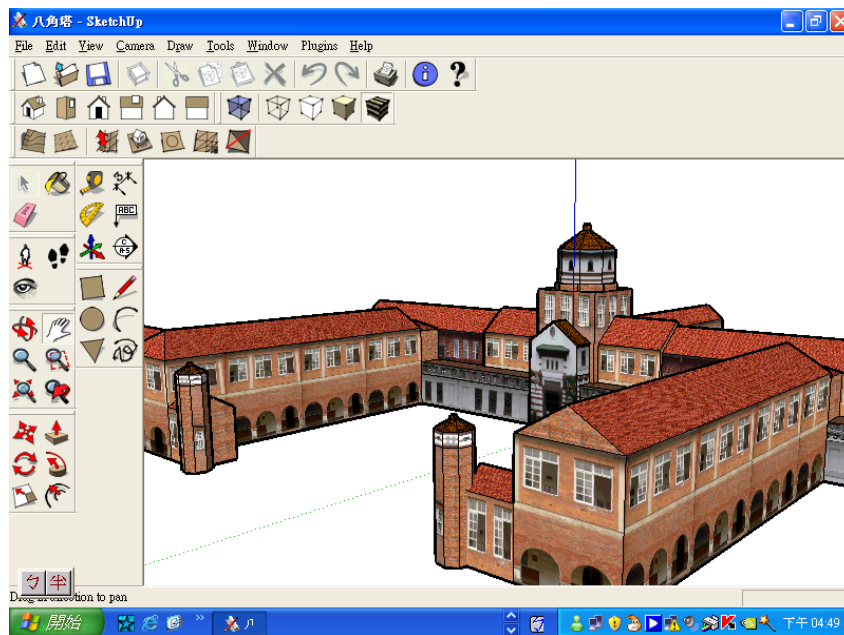


圖 10 淡水鎮淡江中學八角塔 3D 古蹟建模

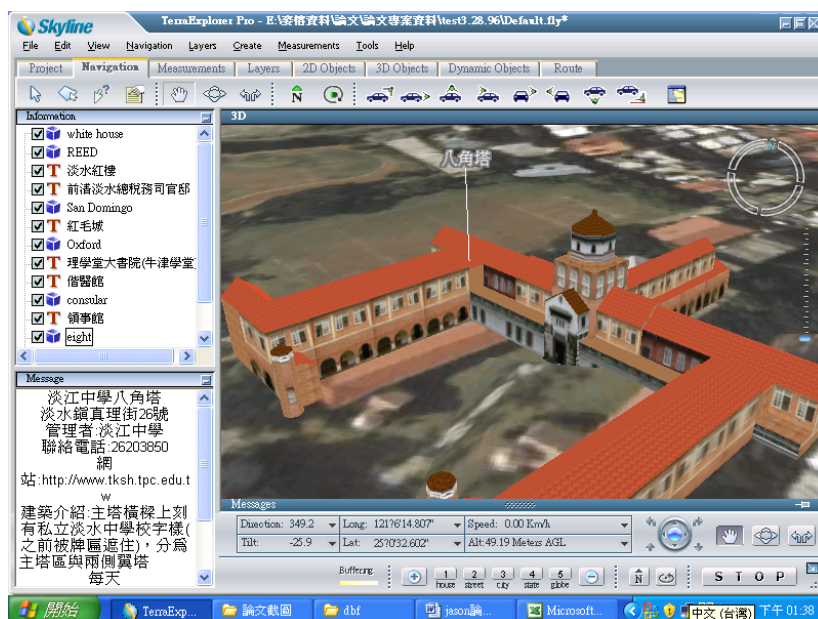


圖 11 淡水鎮淡江中學八角塔轉檔後匯入虛擬實境空間模式

肆、虛擬實境地理資訊教學平台之建置與應用

虛擬空間情境之模擬，是針對互動虛擬實境工具結合前述之地理資訊系統資料庫，透過使用者直覺式的操作，以探討地理資訊所呈現的形式與可能性。本研究希望藉由使用者直覺式生活經驗的延伸，應用在虛擬實境互動環境上，讓使用者獲得資訊的方式，是由實際的虛擬操作獲得。以下茲就本研究所開發出之虛擬實境地理資訊教學平台如何建置並融入地理教學成為輔助教材，進行細部之說明：

一、教學平台之建置

透過前述之地理資訊系統建置及虛擬實境空間建構，將研究區之 3D 空間資訊包含影像資料、高程資料、向量資料加以融合，並設置超連結至特定區域、物件、網頁、應用程式或資料庫，整合文字及網頁內容訊息，將已設計規劃要讓使用者了解或學習之相關資訊，整合入此一虛擬實境介面中，使資料庫與虛擬 3D 建物連結，再

套上區域資訊至 3D 地圖，將之顯示在資訊視窗中，創造一個擬真互動的環境，提升研究區域的特定特徵、顯示功能，期能多元化的呈現在學習者面前。最後，再透過巡航路徑、飛行模式、速度之規劃，設定量測及地形分析工具以及最佳視野範圍，讓使用者得以沿著獨特的路線接近設定地區的導覽，或自行操作了解研究區域相關資料，甚至允許在圖層上作資料之屬性查詢，讓此平台以人性化之介面呈現出來。圖 12 即為本研究所開發出之淡水鎮虛擬實境地理資訊教學平台，使用者在進入此教學平台後，可先使用巡航路徑，先對整個研究區域作初步的瀏覽，接下來，使用者可依興趣或是教學目的，對各個景點或特殊建物，在螢幕平推控制區利用滑鼠或虛擬搖桿在 3D 世界中自由飛行進行細部之查詢。使用者亦可透過連結功能仔細觀看 3D 建物，或連結多媒體導覽及內建 GIS 資料庫，使其對研究區引發動機，甚至透過屬性資料庫查詢，深入了解研究區之文史地資料，獲得近一步的知識。

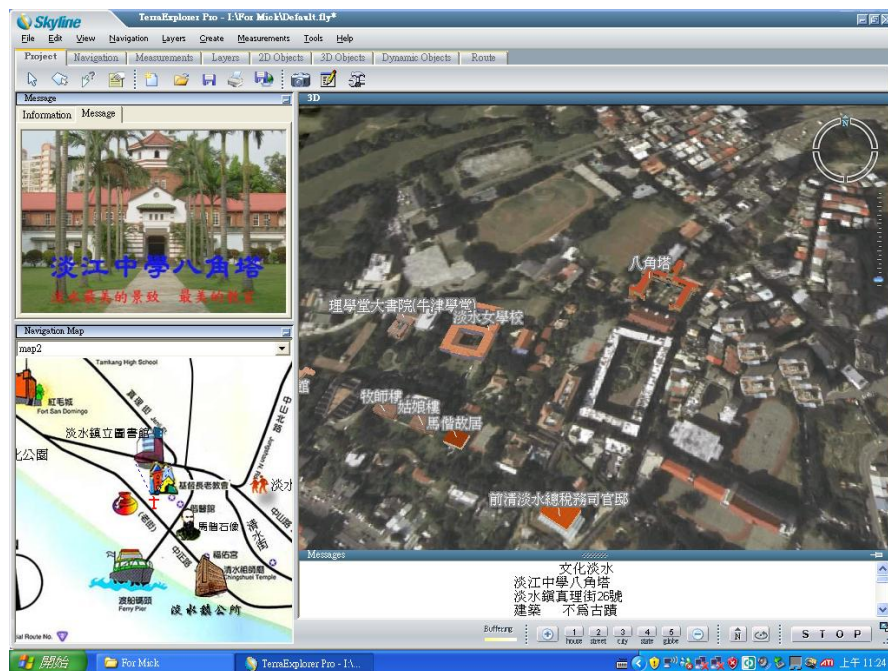


圖 12 淡水鎮虛擬實境地理資訊教學平台之建置

二、教學平台之應用

教學策略是指教師教學時，有計畫地引導學生學習，而達成教學目標所採行的一切方法。因此，虛擬實境地理資訊教學平台在中小學的地理教學應用上，如果能搭配適當的教學策略，將會讓使用者透過對此教學平台的操作之餘，一併將相關的地理知識建構起來。正確的教學目標是有效教學設計的基本工作，以利教學方向的把握，並產生良好的教學效果（李緒武，1998），以下就 Bloom（1956）所提出的三大目標領域，作為此教學平台如何應用於中小學地理教學策略上的主要方向。

- （一） 認知：認知的目標強調智慧的、學習的以及解決問題的活動。認知領域內的目標層次包含了知識、理解、應用、分析、綜合及評鑑。藉此教學平台，使用者可以將其當做整合所學知識並將之發揮的平台。例如學生學習「經緯度」的概念後，便可藉由此平台延伸學習其他國家及地區的經緯度以及「相對位置」和「絕對位置」的觀念，甚至是時區換算的觀念等。
- （二） 情意：情意的目標強調對喜厭、態度、價值的信念與學習。藉著教學平台擬真互動的 3D 情境，讓使用者有身歷其境之感，並藉此陪樣對自己居住環境的認同及愛護。
- （三） 動作技能：動作技能的目標強調對操作和動作表現的學習，將此教學平台應用於中學地理教學之初，使用者需有一段對此教學平台的熟悉過程，藉由反覆操作與練習，習得應用此教學平台解決各種地理問題的技能。

在教學平台建置完成之後，本研究嘗試針對國中地理教學與本系統的功能作結合和比較，但礙於前文提及此研究受經費與研究範圍大小等限制，選擇淡水鎮作為教學平台建置之範例，而淡水並非地理課本中主要講述單元，故試著以九十六學年版本的國中一年級社會課本作為教學平台應用之例，單元內容主要著重在對台灣的描述，包括地理位置、自然環境、資源、聚落、交通、環境問題與保育等，希望藉由課本中講述的地理相關技能作為 3D 虛擬實境教學平台的檢視項目，分述如下：

- （一） 方位：藉由此平台所提供的方位角，得以讓學生在實際直覺式的操作中，利用滑鼠，對此功能鍵作平移、轉向等操作，了解方位的表示方法。
- （二） 位置：利用此平台，可以讓學生以台灣為基礎，聚焦到學生所生活的週遭社

區地圖，或是探討台灣與週遭國家的關係以及台灣在地球上的位置，進一步加深學生對「相對位置」與「絕對位置」的精緻化學習。甚至，也可藉由平台提供的 message bar 延伸學習重點，透過巡航控制鍵，使用者可以點擊縮放等級按鍵去觀看州(省)、城市或街道景觀，亦可點擊(+)號或(-)號去連續放大或縮小觀看的模式。另外，可透過朝正北(Face North)的按鍵，點擊 ，讓使用者將地圖朝向北方，隨時掌握地圖的方向性及確切的位置。最後，還有虛擬搖桿的功能，讓使用者以直觀方式(類似現實生活中的飛行)，在 3D 世界中自由飛行。使用虛擬搖桿可以倒退、前進及側面飛行並可改變觀看角度及飛行方向，增加使用者親臨其境的體驗，如圖 13 所示。

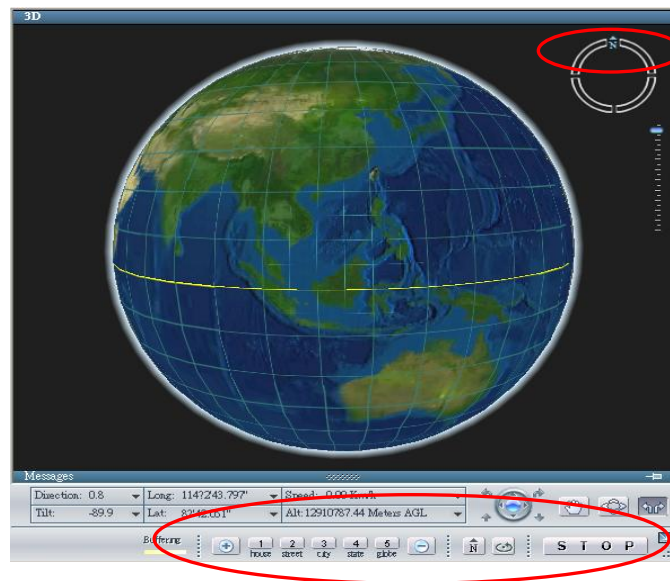


圖 13 虛擬實境地理資訊教學平台應用於經緯度及時區的學習

- (三) 距離：利用本系統的「量測」工具，可以讓使用者換算地圖上任意兩點之間的距離。因此，藉此工具，台灣的任意兩點距離，或是台灣與世界上其他國家間的距離，都可立刻完成量測。故此工具也可以讓學生對距離的概念，有較完整且具體的體認，如圖 14 所示。
- (四) 地圖：資訊融入地理教學就是希望藉著資訊科技讓學生有接觸類似真實世界

的教學，而地理教學中，「地圖」應當是屬於事實或是概念的層次（陳俊源、趙貞怡，2007），所以學生在學習有關地圖方面的知識時，應盡量以較具體的方式呈現，才能使學生有清楚的學習輪廓。因此，本研究之地理教學平台，所呈現的模擬地球，其地圖是由衛星空拍而成的航照圖，在地圖畫面的真實度上，具有足夠的擬真程度。藉著如此接近真實的地圖，可加速學生對地圖概念的認知。

- （五）地形地貌：地形地貌的學習，須著重在具體化的學習。此地理教學平台在地形、地貌的呈現，利用航照圖結合 DTM 資料以 3D 立體的方式呈現，故能讓學習者接觸立體化的地形。台灣的地貌非常豐富，包含了平原、丘陵、台地、盆地、高山……等，所以如果能在真實的地圖上，輔以立體化的模型來呈現，對學習者的學習，相信能更有助益。於此教學平台，我們可以利用巡航功能去認識各種地形，藉著拖拉模式或點擊及拖曳地形表面去移動及旋轉 3D 地形模型，如此動作讓學習者得以對地形、地貌有更深層的認識。甚至可以搭配教學平台的「量測工具」，測量台灣山脈的高度以及台北盆地和嘉南平原的面積等，這些實際數據的提供，讓學生得以結合數字、計算及測量等能力進行地形地貌的認識與學習。



圖 14 擬實境地理資訊教學平台應用於淡水河口的距離之量測

根據上述以國中一年級社會領域地理課程內容為例，應用本文發展之虛擬實境地理資訊教學平台的各項功能與元素，可達成國中一年級社會領域地理課程之教學目標如表 2 示。

表 2 應用本文所建置之教學平台可達國中一年級地理領域學科之教學目標

國一地理教學單元	地理課程所應達到具體教學目標	教學平台應用
(1)台灣的位置與範圍	1-1 能說出方位的表示方法 1-2 能認識「相對位置」 1-3 能利用經緯度說明「絕對位置」 1-4 能介紹台灣的地理位置和範圍	衛星地圖 移動/縮放工具 經緯度檢視
(2)台灣的地形	2-1 能認識台灣的五大地形 2-2 能了解台灣地形的特色及分布	衛星地圖 移動/縮放工具 3D 地形地貌
(3)台灣的資源	3-1 能了解台灣土地的利用情形	衛星地圖 移動/縮放工具
(4)台灣的水文	4-1 能認識水系的基本概念 4-2 能認識流域的基本概念 4-3 能認識集水區的基本概念	衛星地圖 移動/縮放工具 3D 地形地貌
(5)台灣的區域與交通	5-1 能欣賞自己生活區域的特色 5-2 能理解不同的生活環境、交通及運輸方式	衛星地圖 移動/縮放工具 3D 自建建物

伍、虛擬實境地理資訊教學平台之教學成效評估

為瞭解本虛擬實境地理資訊教學平台之教學成效為何，本研究特別針對 76 位擁有中小學社會科教育及地理教育專長之在職教師及儲備教師進行系統測試及問卷調查。問卷主要分為兩大部分，第一部份為系統之主觀性使用滿意度調查；第二部份為對系統之改善建議與教學成效評估。

第一部份調查共分為三個面向，主要包括（1）系統平台功能方面；（2）與傳統教學比較方面；（3）整體滿意度方面。係以李克特尺度（Likert scale）量表進行，受試者依其同意程度分為量表加以反映或評定，分成「非常同意」、「同意」、「普通」、「不同意」、「非常不同意」等五個程度。其調查結果如表 3，在系統平台功能方面平均約有 85.4% 教師表示同意及非常同意；在與傳統教學比較方面平均約有 82.1% 表示同意及非常同意本教學平台比傳統地理教學方式能培養學生更多相關之地理學習與能力；另外在整體滿意度方面則平均有近 82.3% 表示滿意及非常滿意。調查結果顯示本教學平台確實可以改善傳統地理教學之不足，並可凸顯資訊科技融入地理教學之重要性及其貢獻。

表 3 平台之之主觀性使用滿意度問卷調查次數分配表（單位：人）

滿意度 題目	非常 不同 意	不 同 意	普 通	同 意	非 常 同 意
(1) 系統平台功能方面					
平台上的指北針工具，可幫助學生習得方位判別的概念或地理技能？	1 (1.3%)	2 (2.6%)	12 (15.8%)	50 (65.8%)	11 (14.5%)
平台上經緯度呈現，可協助學生對於絕對位置判別的學習？	1 (1.3%)	3 (3.9%)	19 (25.0%)	42 (55.3%)	11 (14.5%)
平台上放大、縮小及拖曳功能，比傳統紙本更有助於清楚學習大小比例尺的地理知識？	2 (2.6%)	2 (2.6%)	15 (19.7%)	32 (42.1%)	25 (32.9%)
系統中藉由滑鼠之虛擬搖桿的功能，得以讓學生以直觀方式（類似現實世界之飛行）有親臨	2 (2.6%)	2 (2.6%)	7 (9.2%)	43 (56.6%)	22 (28.9%)

意度 題目	滿	非常 不同 意	不 同 意	普 通	同 意	非 常 同 意
實境之感受，這項特性有助於地形景觀差異之判別學習？						
利用系統的量測工具，可以對學生在地形計測（包含平行距離、垂直距離及面積測量）這一技能，有較完整且具體的體認？	1 (1.3%)	1 (1.3%)	23 (30.3%)	38 (50.0%)	13 (17.1%)	
利用巡航功能，得以讓學生對研究區有整體性的認識，也避免野外實察讓學生因為身處在其中所造成見樹不見林的遺憾？	2 (2.6%)	4 (5.3%)	13 (17.1%)	36 (47.4%)	21 (27.6%)	
平均百分比	1.95%	3.05%	19.52%	52.87%	22.58%	
(2) 與傳統教學比較方面						
與紙本教學相較，利用此教學平台進行教學較易引起學生的學習興趣？	2 (2.6%)	0 (0%)	0 (0%)	39 (51.3%)	35 (46.1%)	
多利用虛擬實境的方式呈現真實地景，可使課程內容更具體化（例如：3D 立體的呈現，有助於學生對地形地貌的學習）？	2 (2.6%)	1 (1.3%)	3 (3.9%)	46 (60.5%)	24 (31.6%)	
資訊教學平台可培養學生紙本教學無法達成的能力？（例如：軟體或儀器操作技能等）？	3 (3.9%)	0 (0%)	13 (17.1%)	40 (52.6%)	20 (26.3%)	

意 度 題 目	滿 意	非 常 不 同 意	不 同 意	普 通	同 意	非 常 同 意
使用網路搜尋引擎連結功能尋找延伸資料，可以培養學生資料蒐集與分析資料的能力？	0 (0%)	3 (3.9%)	18 (23.7%)	41 (53.9%)	14 (18.4%)	
以虛擬實境的技術來模擬地理真實地景，可培養學生觀察的能力？	1 (1.3%)	5 (6.6%)	26 (34.2%)	34 (44.7%)	10 (13.2%)	
以虛擬實境的技術來模擬地理現象，可以讓學生了解地理現象的空間變化？	1 (1.3%)	2 (2.6%)	8 (10.5%)	49 (64.5%)	16 (21.1%)	
此教學平台對戶外教學課程有助益？	1 (1.3%)	2 (2.6%)	4 (5.3%)	53 (69.7%)	16 (21.1%)	
平均百分比	1.86%	2.43%	13.53%	56.74%	25.4%	
(3) 整體滿意度方面						
整體而言，此地理資訊教學平台在地理教學上是可行的？	0 (0%)	2 (2.6%)	6 (7.9%)	46 (60.5%)	22 (28.9%)	
會願意使用在實際地理教學上？	0 (0%)	5 (6.6%)	3 (3.9%)	48 (63.2%)	20 (26.3%)	
系統的操作方便好用？	1 (1.3%)	4 (5.3%)	22 (28.9%)	37 (48.7%)	12 (15.8%)	
資訊科技融入地理教學有其必要性？	1 (1.3%)	1 (1.3%)	6 (7.9%)	40 (52.6%)	28 (36.8%)	
利用此教學平台，能培養學	1	0	15	44	16	

意度 題目	滿	非常 不同 意	不 同 意	普 通	同 意	非 常 同 意
生認知到應用電腦技能解決地理問題的能力？		(1.3%)	(0%)	(19.7%)	(57.9%)	(21.1%)
平均百分比		0.78%	3.16%	13.66%	56.58%	25.78%

第二部份為對系統之改善建議與教學成效評估，主要探討三個方向，包括（1）教學平台應用於實際教學執行面時可能會遇到的教學困境；（2）教師對教學平台之改善建議；（3）教學平台應用於實際教學執行面時能達成哪些教學成效。問卷係以複選題方式進行，受試者可自由勾選。

在（1）教學平台應用於實際教學執行面時可能會遇到的教學困境，76 位教師之調查結果如表 4。其中有 84.2% 之教師認為授課學校之資訊設備不足將是本系統推行之最大困難點，另外有 63.2% 之教師認為教學時數不夠會影響教學進度將是本系統推行之第二困難處。而在學習成效無法立即彰顯、及利用此地理資訊教學平台設計課程困難度高亦有近半之教師認為需要克服，但僅有一成左右之教師認為資訊科技輔助傳統教學接受度不高為本系統之推行困境。顯見當前之地理教師似乎已經可以接受資訊科技融入地理教學之挑戰，但希望能提升授課學校之資訊設備、自我之資訊能力、及提高教學時數。

表 4 教學平台應用於實際教學執行面時可能會遇到的教學困境調查表

題目	勾選教師人數及百分比
1. 教學時數不夠會影響教學進度	48 (63.2%)
2. 授課學校之資訊設備不足	64 (84.2%)

題目	勾選教師人數及百分比
3. 對資訊科技輔助傳統教學接受度不高	9 (11.8%)
4. 學習成效無法立即彰顯	31 (40.8%)
5. 利用此地理資訊教學平台設計課程困難度高	41 (53.9%)

在（2）教師對教學平台之改善建議方面，76 位教師之調查結果如表 5。其中有 73.7%之教師認為互動性可再增加，有 69.7%之教師認為可設計遊戲增加趣味性，另外有 60.5%之教師認為擬真度可再提高，且可讓使用者參與資料庫之建置（如自家附近）。而在可規劃使用者 DIY 建置 3D 立體模型及簡化操作系統，勾選之教師人數則較少。顯見本系統之操作性簡單，但互動性較不足，因此未來若能加入遊戲設計之概念或讓學生參與簡單資料庫之建置，應可大大提升系統之互動性，並提高學生之學習興趣。

表 5 教師對教學平台之改善建議調查表

題目	勾選教師人數及百分比
1. 可設計遊戲增加趣味性	53 (69.7%)
2. 可規劃使用者 DIY 建置 3D 立體模型	27 (35.5%)
3. 可讓學生參與資料庫之建置（如自家附近）	46 (60.5%)
4. 擬真度可再提高	46 (60.5%)
5. 互動性可再增加	56 (73.7%)
6. 簡化操作系統	32 (42.1%)

而在（3）教學平台應用於實際教學執行面時能達成哪些教學成效方面，76 位

教師之調查結果如表 6。其中認為能達成探索性之教學成效為最高達 94.7%，其次為新奇性(86.8%)、實境感(84.2%)、應用性(56.6%)、人與環境認同感(44.7%)。但在延伸性(39.5%)、自主性(32.9%)、啟發性(31.6%)及創造性(27.6%)等方面，76 位教師則認為本教學平台在此四方面之教學成效較為缺乏。因此如何加強教學平台功能藉以提升此四方向之教學成效則為本研究之未來發展方向。

表 6 教學平台應用於實際教學執行面時能達成哪些教學成效之調查表

題目	勾選教師人數及百分比	題目	勾選教師人數及百分比	題目	勾選教師人數及百分比
1. 探索性	72 (94.7%)	4. 實境感	64 (84.2%)	7. 創造性	21 (27.6%)
2. 自主性	25 (32.9%)	5. 延伸性	30 (39.5%)	8. 應用性	43 (56.6%)
3. 新奇性	66 (86.8%)	6. 啟發性	24 (31.6%)	9. 人與環境認同感	34 (44.7%)

陸、結論與建議

一個地方的區域地理特質會影響其地關係與文化風貌，地方的特殊地景意象也會成為地方人民乃至國家認同的象徵。本研究希望藉由虛擬實境技術及 3D 影像虛擬環境與資料庫，能讓使用者將來可依不同之教學目標規劃、構想、配置地理教學相關措施，並利用淡水鎮之動態虛擬實境模擬教學平台技術以豐富地理教學之領域，更期望後續之研究能進一步檢驗在實際教學上之成效，期能提供國內相關學術或教育單位作為地理教學及相關研發之參考依據。茲將本研究所獲得之幾點結論與建議整理如下：

- 一、透過本文建置之虛擬實境地理教學平台，可以幫助教師改進教學現場戶外實察之限制及困境，甚至避免學習者見樹不見林之遺憾，讓學習者得以了解研究區域完整的地理空間概念，加上教學平台設計之人性互動功能，更能增加學習者之學習動機及興趣，培養其主動學習之能力，讓地理學習融入虛擬實境互動，在育樂中達到學習之目的。

- 二、本研究之教學平台亦提供了另一種的教學素材，教學者可自行設計符合教學需求的區域，希望能提供教學者及相關單位作為資訊融入教學之參考，藉此增進教學方式的多元化以及提升教學之效能。
- 三、本研究所開發出之教學平台經 76 位中小學地理教育相關專長之教師進行系統測試及問卷調查，顯見本系統確實可以改善傳統地理教學之不足，並可凸顯資訊科技融入地理教學之重要性及其貢獻。但從實際教學面觀之互動性較弱為其缺點，因此未來若能加入遊戲設計之概念或讓學生參與簡單資料庫之建置，應可提高學生之學習興趣。
- 四、本教學平台在探索性、新奇性、實境感、應用性、及人與環境認同感等方面有顯著教學成效，但在延伸性、自主性、啟發性、及創造性等方面則有待加強。初探其原因在學生無法參與平台之設計與建置。因此，未來若能增加學生對於平台建置之參與和遊戲活動設計，並配合完整教學活動與學習單之設計，應可改善上述較為薄弱之教學成效。

誌謝：感謝國科會科學教育處(計畫編號NSC96-2515-S-152-002)對於本研究所提供的資源與補助



陸、參考文獻

- 王智聖 (2002)。都市公園生態空間特性之研究-以台南市公園鳥類為例。國立成功大學都市計畫學系碩士學位論文，未出版，台南。
- 朱聖心 (2000)。應用地理資訊系統製作地震及降雨所引致之山崩危險圖。國立臺灣大學土木工程學研究所碩士學位論文，未出版，台北。
- 余俊青 (2002)。地理資訊系統融入高中地理教學之研究。國立臺灣大學地理環境資源學研究所碩士論文，未出版，台北。
- 吳世光、陳建和 (2000)。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。
- 李緒武 (1998)。社會科教材教法。台北，五南。
- 汪家夷 (2002)。生態旅遊之土地分區研究－以惠蓀林場為例。朝陽科技大學休閒事業管理系碩士學位論文，未出版，台中。
- 林信亨 (2000)。地理資訊系統應用於土石流危險溪流危險度判定之研究。台灣大學土木工程研究所碩士學位論文，未出版，台北。
- 林祥偉 (2002)。地理資訊系統與人工智慧整合之研究。臺灣大學地理環境資源學研究所博士論文，未出版，台北。
- 侯璟林 (2004)。虛擬實境整合多媒體應用於觀光產業導覽設計之研究 - 以川瀨野天湯泉會館為例。銘傳大學觀光研究所碩士論文，未出版，台北。
- 施添福 (1983)。我國中學的地理教育：反省與展望。台北：台灣師範大學地理學系。
- 洪捷勝 (2006)。文化遊憩行動導覽結合地理資訊系統之研究－以淡水鎮為例。台北教育大學社會科教育學系碩士學位論文，未出版，台北。
- 紀雪惠 (2006)。MAGIC TAMSUI 魅力淡水。台北：北縣淡水古蹟博物館。
- 徐新逸 (2003)。學校推動資訊融入教學的實施策略探究。科技與媒體，64，68-84。
- 張建隆 (2001)。看見的，和看不見的·淡水－十七世紀至十八世紀初，西、荷及清人對淡水的記述與認知。載於淡江大學歷史系主編，二〇〇一年淡水學學術研討會：歷史、生態、人文論文集(頁 47-79)。台北：國史館。
- 許嘉宏 (2004)。虛擬實境技術於工程教育訓練之應用－以橋梁工法為例。國立台灣

- 科技大學營建工程系碩士學位論文，未出版，台北。
- 陳振東（1979）。**鄉土教材與地理教學**。台灣省：省政府教育廳編印。
- 陳錦嫻（2003）。**GIS 技術與實務應用**。台北：新文京開發。
- 陳力欣（2006）。**SketchUp 建築及室內設計應用，基礎篇**。台北：碁峯。
- 陳俊源、趙貞怡（2007）。Google Earth 融入國小五年級社會領域地理教學之應用初探。**教學科技與媒體**，80，90-108。
- 陳泰弘（2001）。**以多視景虛擬實境建立網際三維地理資訊系統之研究**。國立中山大學海洋環境及工程研究所碩士論文，未出版，高雄。
- 陳群應（2001）。**地理資訊系統於火災調查應用之研究**。國立台北科技大學土木與防災技術研究所碩士學位論文，未出版，台北。
- 陳靖（2002）。**資訊科技融入『九年一貫地球科學』創意教學之研究 — 以九二一大地震虛擬實境教學為例**。國立台南師範學院自然科學教育學系碩士論文，未出版，台南。
- 陳金泉（2003）。**影像式虛擬實境應用於國小一年級「認識校園」單元之行動研究：以『認識重陽國小校園』為例**。台北市立師範學院視覺藝術研究所碩士論文，未出版，台北。
- 陳哲銘（2003）。「虛擬」野外實察－讓野外實察更「真實」。**中等教育**，54(5)，110-123。
- 陳國璋（2003）。**設計以 Link Grammar Agent 為基礎之智慧型聊天室教學平台**。淡江大學資訊工程學系碩士論文，未出版，台北。
- 曾登標（2003）。**九年一貫課程資訊融入教學平台之發展研究**。國立高雄師範大學工業科技教育學系碩士論文，未出版，高雄。
- 程馥慧（2004）。**我國大學校院網路教學平台建置方式、建置資源及其相關影響因素之研究**。世新大學傳播管理學系碩士論文，未出版，台北。
- 黃敏郎、劉守恆、仲琦科技（2005）。**地理資訊系統：基礎操作實務**。台北：松崗。
- 趙琇華（2005）。**建構一符合 SCORM 標準之 E-learning 教學平台－以軍訓教學系統為例**。國立成功大學工學院工程管理碩士論文，未出版，台南。
- 蘇國章（2003）。**電子地圖運用於社會領域地圖教學對國小五年級學生空間認知之影響**。國立教育大學教育科技研究所碩士學位論文，未出版，嘉義。

- Colin A. Arrowsmith, Andrew W. Counihan and Dane McGreevy (2005). Development of a multi-scaled virtual field trip for the teaching and learning of geospatial science. *International Journal of Education and Development using ICT*, 1(3), 42-56.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, the classification of educational goals – Handbook I: Cognitive Domain*. New York: McKay.
- Burdea, G.. (1993). *Virtual Reality System and Application*. Paper presented at Eletro'93 International Conference, NJ.
- Goodchild, M. F. (2004). Social sciences: interest in GIS grows. *ArcNews*, 26(1), 1-4.
- International Geographical Union (1995). International Charter on Geographical Education. *Teaching Geography*, 95-99.
- James, B. C. (2002). *Introduction to Remote Sensing*. New York: Guilford Press.
- Kalawsky, R. S. (1993). *The Science of Virtual Reality and Virtual Environments*. Workingham, England: Addison-Wesley.
- Maguire, D. J., Goodchild, M. F., & Rhind, D. W. (1991). *Geographical Information System*. New York : Longman Scientific and Technical.
- Ritter, M. E., (1998). Virtual field trips: just like being there, Teaching with Technology *Today Newsletter*, 2, from <http://www.uwsa.edu/ttt/articles/tttv2n4.htm>.
- Tylor, E. B. (1958). *Religion in Primitive Culture*. New York : Harper and Brothers.
- Wilson, J. R. (1999). Virtual Environments Applications and Applied Ergonomics. *Applied Ergonomics*, 3(1), 3-9.
- Spicer, J. I. & Stratford, J. (2001). Student perceptions of a virtual field trip to replace a real field trip. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17, 345-354.

