

網路虛擬實境與情境學習的整合應用

梁朝雲 張弘毅

Integrated Application of Internet Virtual Reality and Situated Learning

Chaoyun Liang

Associate Professor and Chairman

Hong Chang

Instructor

Department of Information Communication

Yuan Ze University

Tao-yuan, Taiwan, R.O.C.

Abstract

This article introduces an ongoing project that integrates Internet virtual reality techniques with situated learning theory, and tries to find out the synthesized application. Based upon the synthesis, the authors develop a set of learning materials that can provide an environment for multiple-user participation and real-time interaction on Internet. A detailed description of the instructional design process is offered, followed by the suggestions for future research in this promising area.

Keywords :

Internet ; Virtual reality ; Internet virtual reality ; Situated learning material development

虛擬實境(virtual reality)是電腦科技近年來異軍突起、發展迅速的一環，雖然目前這類技術還多半使用在軍事航太的專業訓練，但距離普及化於一般教育應用卻也指日可待。如同其他教育科技一樣，虛擬實境有其媒體特性與適用領域，同時也能搭配或實踐特定的教育理念。本文即簡介項正進行

的一項 LEAD 遠距教學研發計畫(註一)，本專案嘗試整合虛擬實境與情境學習(situated learning)理念，並藉此開發一套認識九份建築與聚落發展的地理教材。

一、虛擬實境

大體而言，虛擬實境可從狹義的技術面來定義，亦可由廣義的媒介使用經驗來分析。以技術面而言，可以列舉方式條列出虛擬實境需要哪些器材構成，如 Gigante 認為虛擬實境在技術上需要若干配備：即時 3D 由電腦產生圖形，廣角、立體化的視覺呈現，使用者頭部及手勢姿態的追蹤，立體化聲音，觸覺回饋，以及聲音輸入與輸出設備(註二)。Gigante 並指出使用者在此一人造環境中應能產生參與感的幻覺，即虛擬實境是一可浸入式(immersive)、多重感官刺激的經驗。也有學者認為，以技術為定義可能有以某項輸入輸出設備的有無作為判定標準的缺失(註三)。因此有些學者是以人機界面的角度來定義虛擬實境，如 Latta 即認為虛擬實境是經由電腦與其周邊設備創造出一個具有感受力的環境，此環境可由個人的行動而被動態控制，因此對於使用者來說，就好像處於真實的環境一般(註四)。

此外，Summitt & Summitt 將虛擬實境定義為一種電子通訊媒介，他們以超越「機器」的觀念來解釋虛擬實境，而將之視為感官經驗的延伸，也就是虛擬實境是一種使用者的經歷，就如同電話可延伸我們的聽覺範圍，相對的虛擬實境則可延伸人類所有的感官範圍。他們認為應以生動度(環境的逼真情況)與相互作用(指每個個體間相互溝通的程度)來定義虛擬實境(註五)。Burdea & Coiffet 則提出虛擬實境應具備三個 I：浸入度(immersion)、互動性(interaction)與想像力(imagination)。他們認為，虛擬實境不只是一種媒體，也不只是一種高階的人機界面，虛擬實境在各方面的應用都是為了解決特定問題，而這些應用多半包含了開發者的設計創意在內。因此人類的想像力將對應用的領域產生重大影響(註六)。

Applewhite 也以使用者的經驗觀點來定義虛擬實境，不過他偏重於使用者與系統設備的互動流程上。他認為首先使用者將「浸入」於一個高度互動的模擬環境，而後使用者的身體動作傳遞訊息並經由系統加以處理，最後

再將動作結果呈現給使用者，其結果便是一個真實且前後一致的世界(註七)。Glenn 亦指出，虛擬實境應為一種經驗而非技術。他認為虛擬實境應以使用者為主體，使用者願意放棄他們的不信任感，或願意相信他們在虛擬空間所作的事。因此，一個產品或環境能否提供虛擬實境的經驗是主觀的，端賴於使用者的感受而定義(註八)。

近年來，虛擬實境逐漸朝向多人使用、網路式的方向發展。在繁繁多例中又以 DIS、MUD 與 VRML 的發展與應用最富盛名。DIS(Distributed Interactive Simulation)為美國 DARPA 與 PM Trade 在 1989 年所發展的系統，主要運用於軍事模擬如彈藥補給管理、受傷與擊毀等複雜之戰場資訊交換。MUD(Multi-User Dungeon)的發展目的在將傳統文字型的網路交談系統或網路多人遊戲加以圖形化，並在操作界面上作改良，以增加趣味性。而 VRML(Virtual Reality Modeling Language)則是網際網路上新興的虛擬實境模型語言，緣起於 1994 年，並隨著 WWW 的興起而強力發展(註九)。目前 VRML 屬於桌上型的虛擬實境系統，但就其多人網路連線互動的特質，與單機桌上型的虛擬實境系統有極大區別，因網路化系統在遠距教學的應用極富發展潛力，實應投注更多心力與資源加以深入研究。

二、虛擬實境的教學應用

University of Washington 的人機界面實驗室(Human Interface Technology Laboratory, HITL)自 80 年代末期，便開始一系列應用虛擬實境在教育上的研究與實驗。William Winn 的 *Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality*，即是其中一篇被廣為引述的文獻，他對電腦輔助教學提出以下四個發展階段的看法(註十)：

第一代電腦輔助教學是以行為理論為基礎，有三個特色：(一)在足夠的教學內容指引下，學生的行為應是可以理性預期的；(二)一項知識或技術，是可經由簡化的過程分割成片段以利學生學習；(三)處方式的教學理論十分可靠，此種系統化的教學設計所產生的教學素材也具有相當的效益。總體來講，第一代電腦輔助教學屬於「教學」導向(instruction-oriented)，也是目前大多數電腦教材所採用的設計方式。

第二代電腦輔助教學轉為強調教學內容的設計，注重提供如何提供學習者教材內容，這樣的轉變主要是基於認知科學(cognitive science)的興起。設計者領悟到學生了解與處理資訊的能力，正是影響學習成效的重要因素，因此也較注重學習者之間個別的差異，認為沒有任何兩位學習者的心理狀態會完全相同。如何設計不同的教學處方，以因材施教教於不同資質才能的學生，是此類電腦輔助教育學者所倡導的重要理念。

第三代則強調使用者與電腦系統間的互動性，認為不能只注意教學內容的呈現，學習者和教材間的自然互動也是個極重要的因子，此派理論同樣是依循認知理論發展而來。以此理念開發的系統多半強調高度人工智慧化的互動形式，也就是往「電腦教師」之路邁進。第三代電腦輔助教學的代表作品如 Merrill's 的「Instructional Transaction」，就是認為所有的學習都應基於學生與系統間的互動而生。

Winn 所認為的第四代電腦輔助教學，並不注重到底要提供學習者何種課程，而主張由學生自行建構知識，也就是建構主義的概念(註十一)。建構主義學者認為，學習者依其個人經驗對外在的事物進行詮釋，所得到的結論便是學習的結果。因此，不可能有一個標準化、絕對客觀的世界，就像我們可以用第三人稱的觀點解釋蝙蝠的發聲系統，卻永遠不可能知道蝙蝠自己的觀感是否真是如此。虛擬實境以其獨有的特質，將十分適合此類教育理念的實現，Winn 也因此將其稱為空的科技(empty technologies)，科技本身只是一個殼，老師和學生可自由地在這個殼中建構學習。而 Winn 也同時指出，能讓多人參與的網路虛擬實境將可具體實踐建構主義所倡導的社羣關係，藉由參與者的彼此對話與互動，共同創造羣體的認知與意義。

抱持著類似的看法，William Bricken 進一步指出，在虛擬實境中學習需要注意以下五個議題(註十二)：

(一)可設計的參與學習(programmable participation)

創造環境讓學習者能夠參與，學習者的行動將直接決定其所要學習的內容，而虛擬實境也可提供多樣的學習情境或設計入多元化的行為邏輯，即使在同一情境，依學習者個別的差異、興趣，也會產生互異的學習歷程與結果。

(二)自然的語意表達(natural semantics)

Bricken 認為大多數的科學都具有可具象化的部分，應該先用較自然的

具象化事物來解釋問題，而非一開始便使用純文字的抽象形式來學習。

(三) 建構主義

學習主要來自學習者在自己生活環境中的經驗，因此可將課程內容隱藏起來，而藉由學習者自行注意、發覺，並經歷而學習。

(四) 認知呈現(cognitive presence)

在多人的虛擬實境中，彼此皆可看到對方的虛擬身體，但虛擬身體的表現方法並不限定要與真實世界的人相對應，如果由學習者扮演物體，對於彼此認知也會產生不同的變化。

(五) 多人參與

藉由多人共存於一個空間，透過彼此溝通協商而達成意義建構的目的。

Loeffler & Anderson 認為人類處理視覺化資訊的能力較文字資訊為高，因此與真實情境相近的學習內容與呈現方式將有助於學習的動機和成效，而虛擬實境的呈現方式正可促進此種學習的動機。此外，他們也強調藉由親身經驗而學習的重要性，畢竟學習並不完全是一種心理過程，其與生理的行動亦十分相關，學習者可藉由在虛擬實境中身體的行動而加深記憶與印象。Loeffler & Anderson 也認為，虛擬實境適用於醫學教育、軍事訓練的領域，對於網路式的虛擬實境則可進行遠距教學與多人合作式、學徒式的教育訓練(註十三)。

邱貴發認為虛擬實境的實踐力與情境學習的哲思恰可匹配，在《情境學習理念與電腦輔助學習》一書，他即以 Lave 的教育理念深入探討情境學習與虛擬實境的關係。他認為 Lave 的理論有兩個最為重要的觀點：(一)合理的邊際參與(*legitimate peripheral participation, LPP*)：人類必須藉由參與社會的互動而學習，參與須注重其過程，不可為形式上的參與；(二)實務社羣(*community of practice*)：學習要在社會文化的實務環境中進行，不同科目便須在互異的實務環境中學習。而在此社會化的學習情境中，也必然存在背景各異的分散式智慧(*distributed intelligence*)，人際之間可以進行知識分享(*knowledge sharing*)，或分工合作(*collaboration/cooperation*)。對於學習者參與的過程也可視為知識建構的過程，學習者本身需要去主動積極地建構知識(註十四)。從此觀點來看，網路式、多人參與的虛擬實境應是實現 Lave 理念的最佳方式。

然而，Bricken 認為虛擬實境應用於教學上仍有待解決的問題，其一便是成本考量。以最能達到臨場感的沉浸式虛擬實境而言，其硬體設備與教材製作的成本仍然過高。此外，要發展一套虛擬實境的課程，不但在模型製作、物件行為設定與操作程式撰寫都須十分費心。一般教師想要製作所需的背景知識過多，普及發展恐將非常困難，複雜的專業知能自然也將造成教師和學生恐懼、排斥的心理。即使學會使用，但能否將其功能及優點完全發揮，也值得注意(註十五)。

三、情境學習理念

有些學者認為情境學習是建構主義的核心，兩者理念是相通的(註十六)，甚或認為情境學習就是建構主義的唯一內涵(註十七)。因此本專案即採用情境學習作為理論基礎，以開發九份地理教材。上文曾提及 Lave 的兩大理念，其中 LPP(合理的邊際參與)是指讓學習者在實際參與過程中得到經驗而完成學習。Hay 對此重新詮釋並指出，LPP 是以新的角度來看「做中學」(learning by doing)與學徒制教學(apprenticeship)，而學習活動則是其中最為重要的成份，沒有活動便沒有情境的產生(註十八)。因此，如何讓學習者主動參與活動並自行操作事物，便是教材設計的一大重點。至於學徒制教學則認為，學習應像中古時代師傅傳授學徒的教學方式一般，藉由對師傅的觀察、模仿而逐漸累積知識技能。此外，學徒制的教學觀點認為學習者思考的啓迪亦可經由觀察、模仿、練習的過程得來。

Winn 認為，要達到情境學習的目標主要有三種教學設計方式：(一)將學習活動設計成學徒制教學；(二)提供近似於真實的學習經驗，就是將課堂的學習活動轉換為更實際的方式來進行；(三)直接規劃設計處於真實世界中的學習經驗(註十九)。McLellan 認為此種真實的情境主要指：(一)真實的工作環境；(二)高度真實或虛擬、類似的工作環境；(三)錨式情境脈絡(anchoring context)，如影片與多媒體節目之類的互動呈現方式(註二十)。因此，一個真實的學習環境(或至少是逼真的環境)是實踐情境學習理論所必備的。至於實務社羣方面，情境學習強調不同的科目必須在互異的實際環境中進行，而教師在此環境宜扮演教練的角色，示範操作過程，或擔任從旁輔導或給予提

示的角色；至於學習者則扮演各學科領域的專家，在整個學習活動中，每位學習者都相互作為其他學習者的老師，互動交流以共同完成學習。Hay 比較整理了情境學習理論、建構主義與教學系統理論，對照於不同的學習活動方式，如表一(註二一)。

表一 教學理論與學習活動方式

教育理論	學習者活動方式	學習活動的參與者
情境學習理論	創造(creating)	實務社羣中的參與者
建構主義	進入(entering)	學習者
教學系統理論	接受(receiving)	教師

本研究羣並不贊同將建構主義與情境學習中的學習活動作如此明顯的區分，因為建構主義依 Bricken & Byrne 的闡述也具有創造性的成分，而情境學習也必須先進入情境後方可學習。不過由表一可看出在情境學習活動中，每個參與者都可作為其他參與者的老師，而非限於建構主義中的學習者而已，也就是說，每個參與者都有其角色扮演的重要性。邱貴發也認為，參與者的角色扮演或身分(identity)認同是十分重要的。而除了對自我角色的認同外，也必須被社羣的其他參與者認同，兩者共同建構參與者的角色身分。Lave 同時提出完全參與(full participation)的概念，即每個參與者都要找到其身份定位，發揮各自專長所學，始能完全參與活動。由於實務社羣的每位參與者需要共同且完全的參與，也因此引出參與者共同協商(negotiation)的必要性(註二二)。

除了學徒制教學、教練角色、建議提示的進行方式外，McLellan 認為，多人共同參與練習以及合作學習都是情境學習的重心(註二三)。Hay 也認為透過此種社會練習(social practice)的過程才可讓每個新手變成專家，而這些觀點也都是由實務社羣的概念衍生而來(註二四)。此外，邱貴發認為尚有其他情境學習的重點，如參與機會(opportunity)與接觸權(access)，兩者正是參與活動的前提。要學習者參與活動，自然要給予參與的機會，且最好能夠讓學習者達到完全參與的理想；而接觸權則是學習者接觸學習資源的權利，包括接觸各個領域專家、其他參與者、相關工具、資料與活動等。在教材活動設計上如果讓學習者欠缺接觸資源的權利或機會，情境學習也就無從實現(註二五)。

綜觀各家觀點，Carr 指出情境學習的實施應包括以下重點：

(一)學習須在相關的文化環境進行，如此的學習將較為真實；

(二)知識是由活動過程得來；

(三)學習是在實務社羣中逐漸適應社羣觀點的過程；

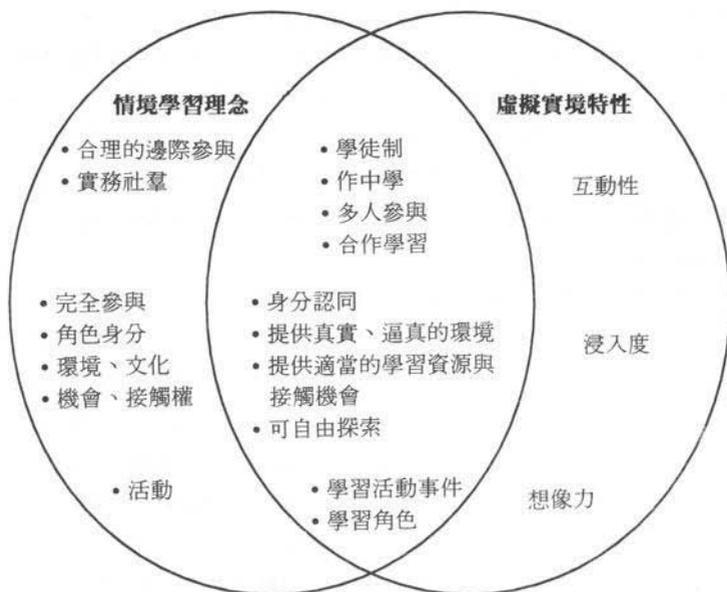
(四)學習是讓每個學習者在實務社羣中發展角色認同的過程；

(五)意義是由羣體協商討論而共同建構的；以及

(六)學習要在真實的情境進行，而不是在抽象的學校教室完成(註二六)。

四、網路虛擬實境與情境學習

本研究羣認為，Burdea & Coiffet 所提出虛擬實境三要素的互動性、浸入度與想像力，正好提供了情境學習理念發展的溫床。茲將兩者之契合面作以下分析(註二七)。



圖一 情境學習理念與虛擬實境的契合應用

由圖一可看出，虛擬實境系統的高互動性，能夠讓情境學習理念之合理邊際參與的作中學與學徒制教學理念，得以充份發揮。在虛擬實境的教材中，學習者能在具高度互動的環境中進行實務操作而學到知識技能，且藉由身體的行動加深記憶。至於學徒制方面，專家的角色可由學習者與老師交互扮演，亦可由電腦擔任以呈現一些較難由參與者表現的題材。而以實務社羣理念與學徒制教學衍生而來的多人參與和合作學習，也可在網路虛擬實境中盡情發揮。

虛擬實境特有的浸入式環境及擬真的三度空間視覺表現，都是比較接近自然語意的呈現方式，能提供較佳的臨場感，正與情境學習追求高度真實應用環境的理想相互契合。雖然虛擬實境在技術上能提供擬真的可能性，但仍需教材與場景設計上的配合才能達到極致的表現。而完全參與者角色的扮演，係指要讓學習者認同自己與他人的身分和角色，這也可經由虛擬實境的沉浸與互動特性以達成部分目標，不過仍需參與者真正融入情境方可完全達成。此外，在參與學習的機會與接觸資源的權利方面，可由虛擬實境浸入式直接互動的環境，將教材內容作隱藏設計，讓學習者依其個人興趣和經驗，自由探索學習資源以詮釋並建構所學。

此外，虛擬實境教材所需的想像力主要指設計教材系統者的創意成分，此一創意成分與情境學習理念所主張的活動設計相互契合。例如，在營造學習情境時，往往須要安排一些非真實發生但相關的學習活動與事件。這些活動的規劃與經營就有賴教材設計者予以假想模擬，讓參與者依照情節的發展而得到正確的回饋，進而從活動中得到知識。至於學習者的角色扮演方面，有別於在真實世界中人類壽命的限制，學習者很容易便可在虛擬世界裡縱貫古今地自由探索與學習。就觀察角度而言，在虛擬實境中人類的視角是較不受限制的，因此學習者可以藉由自由飛行或漂浮鳥瞰，或放大、縮小自己的身材，以蟲視的觀點來觀察事物。然而，諸如此類的創意及活動，都有賴於教材構建者發揮其想像力來設計。

五、教材主題選擇與背景說明

LEAD 專案在第二年進行時，乃以台灣鄉土的建築與聚落為主題，研

發小組不以導覽方式直接將九份建築與聚落發展的歷史源由告知學習者，而是讓學習者自行探索、嘗試與創造，以找尋這個鄉土城鎮的發展脈絡。學習者進入百年前的虛擬實境九份，扮演著拓荒先民的角色，運用過程中累積的相關常識與經驗，自行建構屬於九份一地的建築聚落發展史(註二八)。此外，本研發小組也希望藉由資訊網路的多人參與特性，讓學習者彼此自由的協商討論，老師則扮演提示與從旁輔助的教練角色，希望能藉此整合每個個體的內在觀點，得到一個彼此認可的九份聚落概念。

選擇以九份為主題，有以下兩個主要考量：(一)人為外力干擾因素少：由於人為規劃的都市大多由少數主事者依其意念而設計，並非因地制宜地依照居民需要而形成，而這些規劃與設計往往具有美學或政治的考量，一般民眾較難掌握其思考脈絡。讓學習者扮演先民開墾九份，正是因為這塊地區的建築與聚落發展較少受到人為外力的干擾；(二)現地保存完整：虛擬實境教材需要以大量立體視覺圖像呈現，而這些圖像與模型的重塑需要大量的文獻資料以供參考製作。選擇一個保存完善的聚落作為主題，將有助於圖像採集與實景補拍，使教材內容的真實性與豐富性大為提升。

洪達仁指出，九份聚落是由居民依生活需要所自發而成的城鎮，雖然前後發展並沒有統一的組織與規劃，但這種自發性的聚落仍具有相當的秩序性與整體性(註二九)。他以定量分析來探討九份城鎮的發展背景，如自然環境、區位、地質、歷史與人文背景等因素，認為影響九份城鎮聚落發展主要有：礦坑洞口位置、自然環境，以及交通運輸等三大因素。

(一)礦坑洞口的影響

九份礦坑最早發展於山頂的礦脈露頭之處，因為採取豎坑採礦，礦坑達到一定深度後便會在較低處再開闢一片平坑以利搬運礦石，因此九份主要的礦坑洞口由 1 號坑至 10 號坑有逐漸下移的趨勢。九份居民早期皆以礦工為主，多數羣居於距離礦坑洞口較近之處，礦坑洞口的位置也因此直接影響了聚落發展的走向。九份幾條主要的城鎮道路，如橫向的基山街與輕便路，其中心點也都為礦坑洞口，方便居民工作與交通行動，而縱向的豎崎路則連接各個不同時代的坑口，也反映了不同時代礦坑的開挖順序。

(二)自然環境的影響

九份位於台灣北端，冬季時東北季風十分強勁，因此居民的聚落位置與

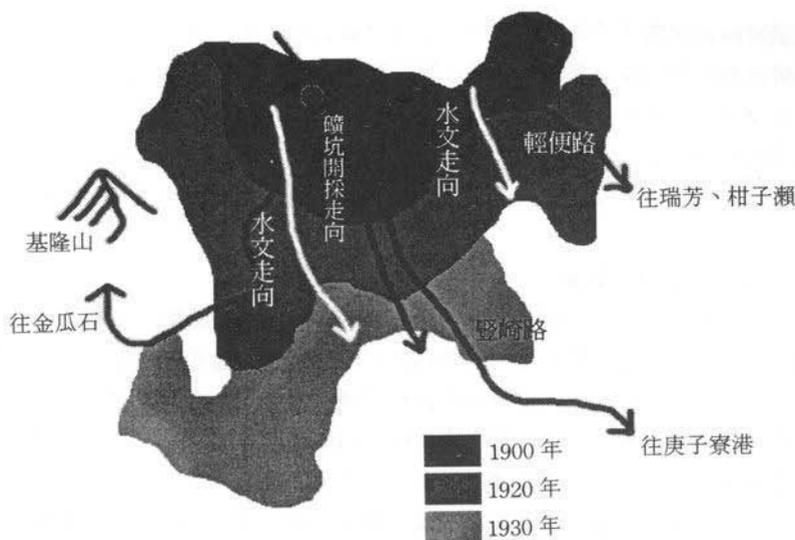
住屋座向也盡量避開迎風面，選擇在山腰處搭建住所，而九份左側的基隆山也可抵擋長年的東北季風，地理位置相對右側較為優越，也因此開發較早。在水文方面，由於飲用水的供給也是早期聚落發展上極為重要的考量，一些較大的聚落多是依水而建。九份一地的自然環境在東西兩側各有一條小溪，可方便居民用水，或作為漂洗礦石之用，因此也是影響聚落發展的重要因素之一。

(三) 聯外交通的影響

九份早期只是一個礦業山城，糧食和其他民生必需品都須仰賴外地的運補，而在地所挖出的礦石也須向外運送，因此聯外交通亦成為聚落發展的重要因素。九份過去的交通可分為水運和陸運兩大主軸；水運以九份山下的庚子寮港作為貨物吞吐之處，縱向的豎崎路則作為九份與庚子寮港之間貨物運送補給的主要幹道。冬季海運不通時，居民須以基隆河作為輔助的補給線，九份往此處運補的路線坡度較緩，易於運送，此一方向則以橫向的輕便路作為聯絡道路，因此，這一橫一縱的聯外交通動脈也深深地影響了九份聚落的發展史。

除了上述影響因素之外，九份的建築聚落與台灣一般的城鎮發展神似，如廟宇信仰中心的興建與市集位置的選擇都位於人口聚集的市中心，如基山街、輕便路與豎崎路路口等地都發展成為九份的主要商業區，住宅區則散佈在其周圍。較早建造的廟宇如福山宮(註三十)，位於早期發展的基山街街頭，而後期九份發展以觀光商業為主，居民則大多轉為信仰商業的守護神，其中以供奉關公的聖明宮最具規模(影響九份城鎮發展的因素可參見圖二)。

九份當地建築形式的演進受到內在就地取材與外在時空背景的雙重影響。九份發展初期，由於居民多為淘金客，並不打算久留此地，因此建築形式多以茅草建構，而後市鎮繁榮，為求長遠居住而有當時閩南地區常用的磚瓦建築的發展。居民為了適應當地多雨潮溼的氣候，隨後逐漸有了以就地取材製成的石牆與油毛氈屋頂的特色建築，以及為順應小區域大量暴增人口的緊密建築型態。當礦區商業鼎盛時期，九份商業區開始有了日據時代常見的巴洛克式房屋立面，與較高的樓層發展。台灣光復以後，由於礦業沒落、人口外流，建築聚落的發展也停滯不前，較大事件如1987年的藝術村事件以及限建的謠言，使得大量舊屋因而改建成現在一般台灣常見的鋼筋水泥房。由



圖二 九份城鎮發展的影響要素

這些外在因素可以得知九份在建築發展的脈絡上亦是有跡可循。

正因為九份的聚落與建築兩者皆有跡可循，因此當學習者被充分告知當地的歷史背景、地理環境，和其他外在變因後，根據各自過去累積的經驗與常識判斷，自行思索並經過溝通討論，便應可描繪出九份一地的聚落發展全貌。學習者所自行發展出來的建築聚落史至少應與事實差距不遠，而無須由教師平鋪直敘地一一闡述每個區域的發展歷程。如果其間仍存有較大的差異，教師亦可由此知道學習者對於某些因素可能無法正確理解或有其特殊的觀點，而發現學習者問題之所在。

六、教材設計原則與課程活動安排

基本上，本教材的設計是依循情境學習與網路虛擬實境的整合應用為原則。教材設計的重點如下：

(一) 作中學

在九份建築的部分，如果能讓學習者親自搭建房舍，應該會比從旁觀看

收益更豐，因為學習者可藉由肢體的操作與行動加深所學記憶。對於建築聚落位置的選擇也應該讓學習者自行思考練習而決定，而非進行單向的導覽與觀賞。

(二)學徒制

每位參與者在虛擬實境中自由探索一段時間後，均可獲得一部分知識，再經由相互傳授知識，例如學生 A 興建草屋，學生 B 興建石屋，在各自探索而了解各自優缺點後，便可進行協商討論，修正並決定往後彼此的建築策略，如此對於九份的建築發展將會有更深刻的體認。

(三)多人參與、合作學習

多人參與溝通互動的方式有許多，如口語對話、看到彼此活動狀況，甚或可利用肢體語言溝通等，唯限於平民化科技使用的考量，本專案以能做到學習者彼此交流意見即可。在合作學習方面，以聚落發展為例，若讓學習者自由選擇建築區位，彼此間應不是相互競爭，而應設計成小組合作的伙伴關係。

(四)身分認同

以九份建築聚落作為主題，並要讓學習者能融入情境之中，研發小組便考慮讓學習者扮演早年參與開墾拓荒的先民，促使學習者設身處地的思考，決定建築的位置與形式，而非讓學習者扮演觀光客或單純系統使用者的角色。

(五)提供逼真環境

在教材製作上，應讓整體情境與九份現地神似，至少在視覺呈現上要儘量接近真實，例如九份北側有基隆山，則應在虛擬場景的相對位置製作一個類似的山形，並輔以材質貼圖與光影效果，增加其真實性，讓學習者一看即知。

(六)提供適當學習資源與接觸機會

當學習者對某項建築元素或影響聚落發展的地理因素有興趣時，教材便應設計能讓其有直接接觸內容解說的機會。例如學習者對於油毛氈屋頂有興趣時，只需點選油毛氈便可得到相關的解說，無須經過複雜的程序就可接觸學習資源。

(七)可自由探索

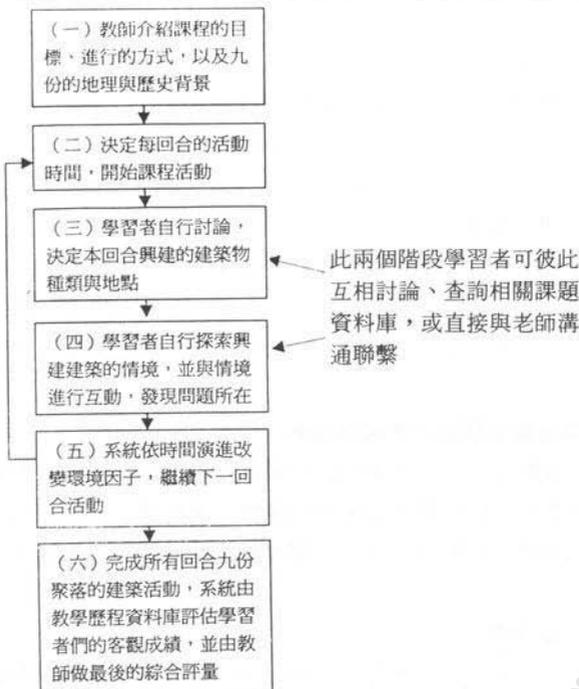
學習者在虛擬的九份場景中，應仍可自由地探索事物，例如在興建石屋

的過程中，便可自由選擇不同的位置及角度來操作或觀看事物，而興建途中如果臨時想參考其他的地理環境和建築，亦可自由、不受限制地行動。

(八)活動安排與紀錄評估

學習者可在虛擬的九份場景中參與一個建築物興建的活動，亦可讓學習者自由飛行、漂浮鳥瞰九份全貌。對於學習的歷程與成果而言，諸如興建位置的好壞，建築建構單元完成與否，都可利用電腦予以記錄，輔助學習效果的評估。

本教材課程活動的安排概分為五個階段(如圖三)。第一階段，除了提供學習者先備知識並告知活動進行的方式之外，也希望讓學習者找到其身分定位，而逐漸融入九份虛擬的情境。學習者在此階段可練習自由探索的技巧，以及接觸學習資源的方式，藉由此一練習講解，讓學習者在往後的活動中能夠完全的參與。第二階段為活動起點，由於本教材設計為多人參與，每個學習者完成活動的時間並不相同，為避免能力高的學習者枯等能力低者，因此



圖三 課程活動進行的方法與程序

仍以事先約定的時間來進行活動，能力高者應盡量幫助能力低的同伴，藉由共同合作、交流互動，以促進學習成效。第三階段則安排學習者自行決定學習活動的主題，隨著學習者選擇建築型式與地點的不同，便會促發不同的學習活動。這一層面的設計考量與建構主義理念相符，亦即注重學習者自身的控制，讓學習者自行決定要學習哪方面的課程素材。

第四階段乃是進行活動，也正是本教材設計的核心部分，學習者在此階段可由「作中學」以練習興建屋舍，或觀看場景中虛擬人物的操作動作而以學徒制的方式來進行學習，亦可彼此相互討論協商以達到多人合作學習的目的。本階段希望學習者能夠完全參與活動，藉以獲取學習的經驗。第五階段則是改變的階段，隨著九份外在環境的變化而更動虛擬場景，例如礦坑下移或工作環境改變等，學習者便必須思考因應的對策，如跟著將城鎮重心向下移以方便居民工作。這其實也算是整體學習活動進行的一部分。待全部安排的活動進行完畢之後，系統便會將隱藏的學習歷程紀錄以圖表顯示出來，並對於學習者發展的聚落位置之好壞程度轉以數據呈現，作為學生自我或教師評量的重要參考。

在課程活動進行過程中，讓學習者自行決定建構主要有兩部分，其一為決定興建建築的種類與位置，其二為探索情境以發現興建的結果，學習者反覆根據環境的變化進行這兩個步驟，直至所有回合結束為止。在系統方面，除了須要具備可提供教材的資料庫之外，本研發小組也將完成一套教學歷程的資料庫雛形，以自動記錄學習者每回合興建建築物的位置與種類，之後再根據建築物位置與種類的適合性，與學習者對此建築的了解程度以評估建築物的好壞。本研究擬以「居住滿意度」(註三一)與情境互動的完成度作為評量標準，如學習者在情境中興建草屋，則居民的滿意度可能設為1，磚房則滿意度為2，而石屋則滿意度為3。

在位置關係上，本系統對於城市運輸需求的模式分析採用總體程序式需求模式(註三二)，此即為依照住家與其他建築種類間的距離作為判定滿意度的標準，如礦工住屋與礦坑距離較近，則其住戶滿意度便較距離遠者為高。如果越多民宅聚集在離礦坑、市場、廟宇近的地方，則整體的滿意度便較彼此距離遠的聚落組合滿意度高，而興建道路則可提升交通的效率，也會提升整體居民的滿意度。透過此模式的學習過程，可讓學習者建立起市場、廟宇

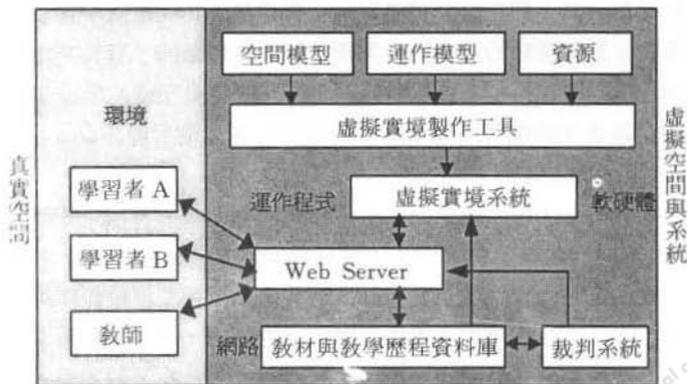
等公共建築與民生必需的水源都是聚落發展初期之重要因素的觀念，再加上九份特有的礦業變遷，學習者如依此原則規劃興建房舍，則整體居住滿意度應會較高，也會與九份現有的聚落分佈神似。如此學習者不但可學到九份的建築聚落發展史，更能培養觸類旁通的學習力，以深度了解台灣聚落的發展脈絡。

七、系統架構與雛型設計

本教材所需的系統架構，除了應可提供情境探索的虛擬實境外，尚須資料庫以提供教材內容及學習歷程紀錄，而學習者間和師生間的溝通互動功能也需伺服器負責傳遞訊息。因此，本專案在系統設計上選用以 WWW 為主體架構，並結合視訊會議、電子討論區的功能進行多人溝通的工作。由於現今常見的網路虛擬實境 VRML 標準語言可整合在 WWW 之上，使用者與支援開發的軟體也較多，而採用 VRML 2.0 的標準，並以 WWW server 做為共同傳遞的伺服器。在居住滿意度的評估上，除了教學歷程資料庫的記錄外，尚須撰寫裁判程式，用以計算學習者規劃聚落的合適性與滿意度，因此參考 Latta 的提示以形成本專案整體虛擬實境的系統架構。

至於各參與者與系統的互動流程列如表二(以第一單元課程為例)：

在第一回合開始時，學習者扮演 1890 年代第一批九份礦工居民的角色



圖四 本研究整體系統架構

表二 第一單元課程活動進行系統流程

時間軸

流 程 (採回合制)	學生 A	學生 B	教師	Web Server (教學伺服器)	DB(含教材資料庫、學習歷程資料庫與裁判系統)
第一回合 一號坑新礦開挖九份聚落的誕生			說明九份聚落發展背景，讓學生了解該聚落早期構成的重要影響因子 老師在此階段也可隨時指導學生	將最原始九份自然地理地圖傳送至學生A學生B所在的client端 等候學生回傳選擇資料	教材資料庫與教學歷程資料庫開始啟動
	透過學生彼此溝通，在地圖上各選一位置興建建築，式樣任選，回傳至Web Server	同左			
	等候回應	同左	等候回應	Web Server接收學生選擇的建築形式與地理位置，將資料傳至DB	
	等候回應	同左	等候回應	等候回應	學生的選擇紀錄至教學歷程資料庫，裁判系統計算其居住滿意度，並產生動態vrmf格式場景
	等候回應	同左	等候回應	接收DB的訊息，將虛擬場景與相關訊息分別傳送至學生端與教師端	
	學生進入自行建構的場景遊歷與互動，如學生A建築石屋，學習完畢後，再將結果回傳至Server	同左	教師得知學生的選擇，及系統分析的居民滿意程度後，可進入學生建構的虛擬場景觀看	等候學生回傳選擇資料	



時間軸

，其所面對的是九份的原始自然環境，只在山頂有一處礦坑(一號洞)，其他地形因素包括水文、附近城鎮、港口位置關係圖等。學習者若要興建礦工住宅，應選擇接近水源溪流及礦坑洞口附近，並決定一種民宅建築的型式興建，隨著學習者不同的選擇，可觀看此建築物的特色，或直接參與興建的工作，也可聽聽程式產生的「虛擬居民」之意見，以供下一回合參考。兩個學習者結束情境遊歷後，便可開始第二回合的建築與位置選擇工作，學習者可繼續在水源、礦坑附近興建第二棟民宅，也可在幾個回合過後，開始在人口密集區域興建廟宇或市場、洋樓等建築，學習者同時亦可興建道路以提升交通便利，增加居住滿意度。

數回合後，由於礦坑位置向下轉移，整體居住滿意度的條件又為之一變，學習者也必須跟著將建築重心繼續向下方區域發展，興建新的道路與公共設施，以符合新的狀況條件。至於往後的時間，也有許多新的狀況必須由學

習者一一發現解決，如草屋和磚瓦屋會逐漸毀壞，學習者必須將之更新為較新且耐久的建築形式，至於礦業蕭條及觀光發展時期所產生的種種環境變化，也須學習者加以應變處理。

本教材的總體學習目標是希望學習者在課程活動的進行時間內，藉由各景點及各建築互動點的自由探索，個別建構並整理出影響九份建築與聚落發展的脈絡及關鍵因子，並藉由與另一學習者間的溝通協調，從而發現當地建築的最適類型與最適地點。學習者自行設計規劃的聚落雖不一定會與真實的九份建築位址完全吻合，但其參與過程應可讓學習者了解九份發展的脈絡，學習者也可嘗試多種不同的聚落組合，而藉由居住滿意度的高低培養正確的聚落發展觀念。以下將本教材每一階段的預訂學習目標加以簡述。

第一階段：利用虛擬實境探索的過程，以了解九份的地理特質和聚落特性，並洞悉這些特性對於九份聚落發展與建築的影響（如礦坑位置、自然環境、交通等因素）。

第二階段：藉由活動時間的限制，學習安排彼此間合作溝通的方式。

第三階段：學習者了解各項影響因子後，能自行建構設計虛擬的九份聚落。

第四階段：了解九份各代表性的建築型態與其元件特性，並對建築構造和適用性有所認識，學習者能拆解組合，並能正確地回答九份各種建築設施的功用。

第五階段：了解時代變遷對於九份聚落發展與建築的影響。

第六階段：藉由學習歷程的紀錄，學習者可了解本次課程活動的成果與疏失，以作為下次進行活動時的改進參考。

若要完整詳盡地建構九份百年來的興衰，大約需要五六十回合的活動進行，所需製作時間較長，因此本教材雛形以完成六至十回合的教學活動為目標，就是自 1890 年代九份開始發展至 1910 年代第一次黃金時期前後約二三十年間的過程。在此範圍內，學習者大致已可學會安排礦工住屋、廟宇，以及興建少量商業建築與道路，這些具代表性的知能應用以驗證本系統製作之可行性與效能。此外，在各建築建置單元部分，研發小組選擇以石屋作為讓學習者自行建構房舍的樣本，至於其他建築種類則以簡單的互動形式表現。在硬體系統方面，由於本研究重點在於網路虛擬實境與情境學習的整合應用

，因此以完成可讓學習者在虛擬九份的情境中遊歷與互動的系統為主要目標，而教材資料庫、教學歷程資料庫與裁判系統則以較簡易的方式設計執行。

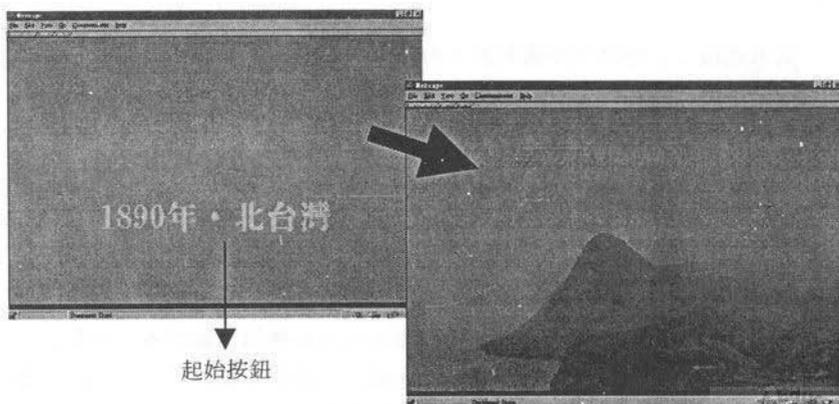
八、界面操作與設計

由於本系統的虛擬實境部分採用 VRML 語法撰寫，在學習者 client 端只須使用一般的 WWW browser，再加上可觀看 VRML 的外掛程式即可。至於學習者在虛擬實境三度空間遊覽，由於牽扯到三個軸向：前進後退、上下與左右的運動，因此以桌上型電腦常用的鍵盤或滑鼠控制操作，可能並非十分容易，畢竟這些配備主要是為文字界面與視窗界面而設計，並非專為 3D 瀏覽互動之用。因此研發小組建議使用 SGI 公司的 Cosmo Player 2.0 版作為 client 端的外掛瀏覽程式。此軟體的操作方式如下。

移動：拖曳滑鼠左鍵向前與向後可讓視野前進與後退，拖曳滑鼠左鍵向左與向右則是左右轉彎的動作。

俯仰轉頭：拖曳滑鼠中鍵移動可讓學習者站在場景中，原地作視角的俯仰、左右轉頭觀看的動作。

平移：拖曳滑鼠右鍵前進後退可讓學習者視野上下平移運動，左右移則可達成視野左右平移的運動。

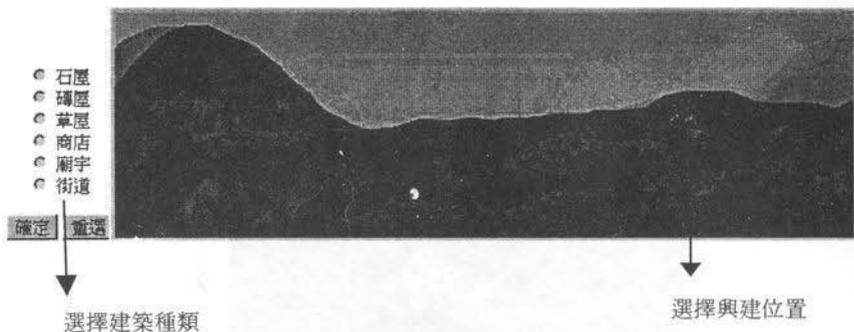


圖五 「褪色的黃金城——認識九份」片頭畫面

互動：要與場景中的物體有所互動的話，可直接以滑鼠左鍵點選該物體，有時以滑鼠左鍵點選物體後拖曳不放也可移動該物體。

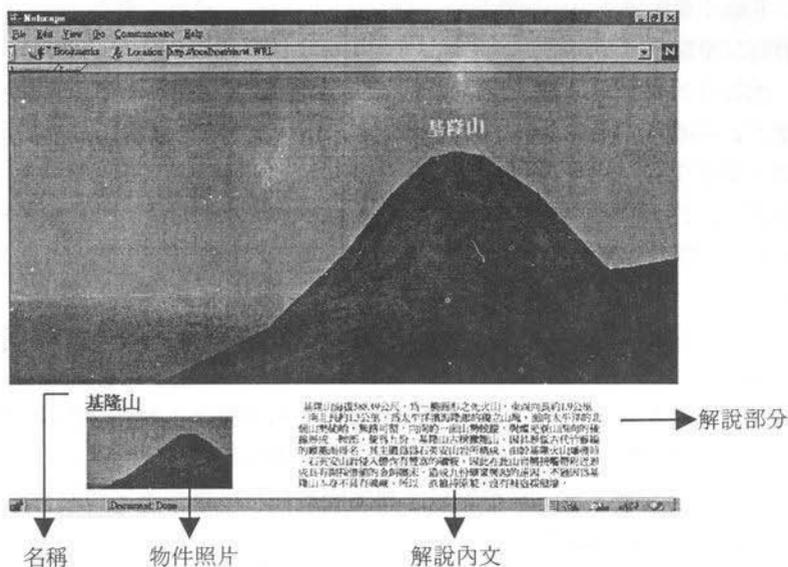
本教材的開場片頭是以點選「1890年·北台灣」字樣啟動一段 VR 動畫，學習者以遨翔鳥瞰的視野由海面逐漸飛向內陸，在薄霧中逐漸呈現九份的輪廓，產生朦朧的美感。旁白則介紹九份的歷史與地理背景，以及活動進行的方法。此段 VR 動畫最大的特點是在播放的中途，學習者仍可自由選擇觀看視角，場景並增加了鳥類飛翔與船隻穿梭海面的動作，以增加整體的生動程度。

待第一回合開始後，便是讓學習者選擇建築的種類與興建位置，此時將 browser 分為上下兩個 frames，上半部區域呈長方形以呈現九份的場景，下半部為選單畫面。建築位置是在右方地圖的方格中點選，如果學習者已預先選擇了建築種類，則該建築圖像也會即時出現在地圖點選的位置上。而後學習者點選各建築元件，其解說以及課後問題都將出現在下半部的 frame 中，替換掉本選單的畫面。



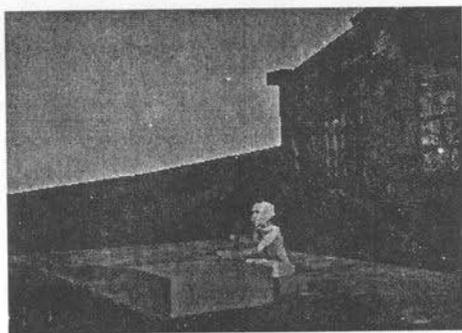
圖六 「褪色的黃金城——認識九份」
建築種類與位置選單畫面

由於學習者可直接與虛擬場景的物體互動，因此不須額外為這些物體設計 icon 圖示，例如學習者關於基隆山有興趣的話，可直接以滑鼠左鍵點選基隆山，即可在下方的 frame 獲得關於基隆山的解說，其中物件照片是以實地拍攝製成，主要為防止虛擬實境場景的物件模型與貼圖過於簡化或模糊而無法仔細觀賞。

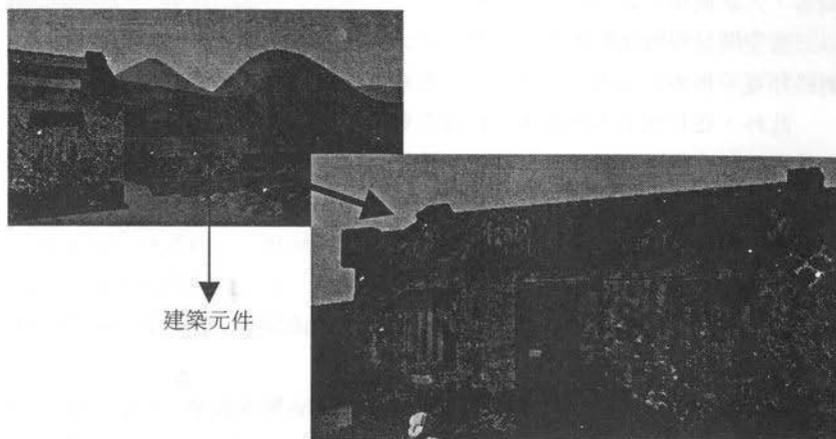


圖七 「褪色的黃金城——認識九份」解說畫面

在教材場景中也會出現一些電腦控制的虛擬人物，像下圖的人物便有反覆打石的動作，學習者可從旁觀察學習，點選它也能得到一些解說。



圖八 「褪色的黃金城——認識九份」虛擬人物畫面



圖九 「褪色的黃金城——認識九份」興建建築過程

以石屋建築為例，屋頂部分的建築元件原本散落一旁，當滑鼠移至這些元件上時，游標會變成圓形，表示這些物體可以有所互動，學習者便可將其拖放至定位，以完成興建的活動。

綜言之，本實作界面的設計原則就是希望能盡量簡化，不作多餘的 icon 圖示，讓學習者直接與場景互動。對於必要提供的解說資訊則放置於虛擬場景的下方，模擬一種實地遊覽時，低頭觀看導遊手冊那種按圖索驥的感覺。另外值得附帶一提的是，學習者在自由探索時，其頭燈是開啓的，也就是學習者視線注意到何處，該處的亮度便會增加，方便學習者仔細觀看並能提高注意力。

九、研發成果限制與未來發展

過去一般電腦輔助教學常用的多媒體載體，多半由具有高儲存容量的光碟擔任，許多動畫影像與聲音效果也多能在光碟媒介上表現得宜，隨著資訊網路的普及，將會有越來越多的教學軟體上網，以促動彰顯其羣體服務、多人互動的應用潛力。傳統在電腦輔助建築的相關軟體多半不具網路功能，同時也多著重於建築的視覺呈現，目標使用者為建築設計師、業主或欲購屋的

顧客，欠缺使用於教育應用上的研發成果。本專案可以為建築聚落此類較須以三度空間呈現與互動的課程內容，提供一個可行的教學模式，唯礙於目前網路頻寬等技術上的考量，無法製作更精細或實踐更具創意的設計。

此外，在目前國內推動本土教育方興未艾的氣氛與環境，應用何種方法來呈現素材才能讓學習者心領神會、確實明了，是一件非常重要的課題。尤其對於地方鄉土的歷史緣起及建築聚落發展方面的教學，進行實地觀察時往往常有滄海桑田之慨，很難想像當年拓荒開墾的情景。這些教材若由書本文字說明，儘管輔以相關照片也很難身入其境般地一窺全貌。因此本研發小組採用網路虛擬實境情境的教學方式介紹九份的城鎮發展，相信對推動鄉土教育的資訊化與網路化會有相當大的貢獻。

在教材設計方面，本專案突破了傳統鄉土建築聚落教學，由歷史地理與人文背景介紹開始，按部就班地講述該聚落的發展過程，而改以非線性的互動設計，學習者可自行探索思考、溝通協調，找尋該聚落與建築發展的脈絡，從而依此脈絡創造心中理想的聚落。學習者因此學到的將是細心觀察，探詢聚落發展脈絡的方法，而非只獲得該聚落發展過程的既成事實。這對學習者在研究其他建築聚落時，應可舉一反三活用此邏輯，以達到事半功倍的學習成效。如同其他研發專案一般，本計畫在執行中亦有許多障礙無法克服，茲做下列整理與建議以供後續研究探討。

(一)建築與聚落專業探討不足

本教材研發過程偏重學習理念與資訊科技兩大部分，對於建築與聚落發展方面的專業知識涉獵不多，而教材內容也無法針對歷史發展、建築藝術、空間安排等作更深入的探討。未來若能參考建築城鄉領域專家的意見，相信將會得到更精確詳實的電腦輔助建築教育的設計概念。

(二)呈像品質與互動性的兩難

現有一般個人電腦處理 3D 影像的效能仍然不佳，只要模型的 polygon 面數過多，或材質貼圖太大，互動的流暢度便會大幅下降，場景讀取速度也會過於緩慢。雖然一張好的 3D 加速卡配合高速電腦可以解決這個問題，但對於普及性將會產生很大的問題。本教材多數的建築模型與貼圖都是以簡化的型式構建，對於了解各部分功能與特性雖已足夠，但要達到美學欣賞的標準還差一大段距離，尤其在巴洛克式洋樓部分，由於實景裝飾頗多，簡化後

的呈像品質降低不少。未來如果要用虛擬實境來呈現此類建築體裁的美感時，仍須多所考量。

(三)多人參與的即時互動尚待加強

本教材採用 HTTP 作為網路連結的傳輸協定。此協定在多人即時互動上有先天不足之處，因此在 VRML 場景中，學習者仍無法即時看到對方的動作。雖然研發小組改採 Chat room 方式以實踐溝通功能，學習者可透過此功能共同協商建構場景，但畢竟仍有視覺與肢體動作的溝通無法畢盡其功，為本專案最大缺憾。未來 VRML 3.0 版將會增加多人互動的功能，相信可在技術上彌補上述不足。

(四)增加教材完整性與成效評估

本研究目前只發展了雛形系統，未能將九份建築聚落課程完整做出，因此無法對學習者使用本教材的全盤效果作評估工作。後續研究如能將全部課程完成，並與傳統教學的成效加以觀察比較，將可確認本教材的學習效益。

(五)擴充學習歷程紀錄的分析功能

影響居住滿意度的因子(如氣候與溫度)仍有部分未能即時完成，將影響最後評估表單的完整性。而學習歷程紀錄目前仍採用簡單的列表方式呈現，未來應可結合人工智慧系統，將這些資料加以整理分析。另外在學習歷程方面，亦可考慮增加學習者操作與遊歷過程的紀錄，如能就此加以分析研究，將更能發現學習者有興趣的地方與忽略的要點，可以更方便地找出學習者的問題。

(六)桌上型虛擬實境有其感官上的侷限性

使用螢幕、喇叭與滑鼠為主的桌上型虛擬實境設備，由於接收訊息的感測器與發出訊息的效果器並不能涵蓋人類所有的感官知覺，因此在許多效果的表現都有其侷限。例如在腳本設計時，使用住宅距離礦坑的遠近作為評估居住滿意度的因子，然而在虛擬空間，學習者的移動只是單純的滑鼠拖曳，即使移動一段較長距離，學習者也很難能夠感覺到距離遙遠所帶來的不便。此外，諸如東北季風溼冷的感覺也很難直接表現出來，可能會讓學習者在認知上有所誤差。

(七)活動進行的時間軸可更具想像力

本教材採用回合方式進行，回合的更替仍是模擬真實世界的時間演進。

目前離形系統的活動仍須由第一回合開始，未來在活動設計上應可更具想像空間，將虛擬實境的學習環境加上可自由切換進入時間點的功能，讓學習者能選擇不同的時代進入情境學習。或許也可擴充三度空間虛擬實境的概念，達到可任意調整活動進行流向與速度的四度空間模擬，相信藉此應能創造出更有創意的教材。

附 註

註一 LEAD 前導計畫 (LEAD, LEArning on Demand) 為元智大學資訊傳播學系受中華電信研究所委託的遠距教育研發專案，其目的在於建構網路學習環境並設計教材內容。本專案以「褪色的黃金城——認識九份」為題，第一年以合作學習理論為基礎設計介紹採礦與煉礦的課程，第二年則整合情境學習理論與網路虛擬實境技術來設計九份建築與聚落發展的學習內容。

註二 M.A. Gigante, "Virtual Reality: Definitions, history and applications," In *Virtual Reality Systems*, ed. by R.A. Earnshaw, et al. (London: Academic Press, 1993), pp.3-14.

註三 J. Steuer, "Defining Virtual Reality: Dimensions determining telepresence," *Communication in the Age of Virtual Reality* (Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1995), pp.35-56.

註四 J.N. Latta, "When Will Reality Meet the Marketplace?" *Virtual Reality '91*, The Second Annual Conference (San Francisco, Sep. 23-25, 1991), pp. 109-114.

註五 P.M. Summitt, & M.J. Summitt, *Creating Cool 3D Web Worlds with VRML* (Foster City: IDG, 1996).

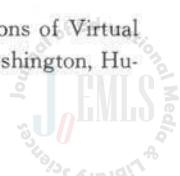
註六 G.Burdea, & P.Coiffet, *Virtual Reality Technology* (New York: Wiley-Interscience, 1994).

註七 H.L. Applewhite, "Position Tracking in Virtual Reality," *Virtual Reality '91*, The Second Annual Conference (San Francisco, Sept. 23-25, 1991), pp.1-8.

註八 S. Glenn, "Real Fun, Virtually: Virtual Experience Amusement and Products in Public Space Entertainment," *Virtual Reality '91*, The Second Annual Conference (San Francisco, September 23-25, 1991), pp.62-69.

註九 李恩東，網路虛擬實境教材設計之研究，中壢：元智大學資訊研究所，碩士論文，民國 78 年。

註十 W. Winn, "A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality," (HITL Report No. R-93-9), Seattle, WA: University of Washington, Human Interface Technology Laboratory, 1993.



註十一 建構主義 (constructivism) 是相對於過去以客觀的知識論 (objective epistemology) 為基礎的假設。客觀主義的知識論重心在於認知的客體，也就是知識的內容上，認為知識應是客觀的、普遍的、真實的及確定的。而建構主義者則認為知識是個體主動參與學習過程，透過個人經驗來建構獲得的；每個學習者都依據本身既有的經驗與世界互動，而產生各自的詮釋 (interpretation)，建構主義的知識論重心是認知的主體，也就是學習者本身。

註十二 W. Bricken, "Learning in Virtual Reality" (HITL-TR-M-90-5), Seattle, WA: University of Washington, Human Interface Technology Laboratory, 1990.

註十三 C.E. Loeffler, & T. Anderson, *The Virtual Reality Casebook* (New York, 1994).

註十四 邱貴發，情境學習理念與電腦輔助學習：學習社群理念探討(台北市：師大書苑，民國 85 年)。

註十五 W. Bricken, "Extended Abstract: A formal foundation for cyberspace," *Virtual Reality '91*, The Second Annual Conference (San Francisco, September 23-25, 1991), pp.9-36.

註十六 朱湘吉，〈新觀念、新挑戰——建構主義的教學系統〉，*教學科技與媒體*，2(民國 87 年)：15-20。

註十七 朱則剛，〈建構主義對教學設計的意義〉，*教學科技與媒體*，26(民國 85 年)：3-12。

註十八 K.E. Hay, "Legitimate Peripheral Participation, Instructionism, and Constructivism: Whose situation is it anyway?" *Educational Technology*, 33: 3 (1993), pp.33-38.

註十九 W. Winn, "Instructional Design and Situated Learning: Paradox or Partnership?" *Educational Technology*, 33: 3(1993): 16-21.

註二十 H. McLellan, "Situated Learning: Continuing the Conversation," *Educational Technology*, 34: 9(1994): 7-8.

註二一 K.E. Hay, "The Three Activities of a Student: A reply to tripp," *Educational Technology*, 34: 9(1994): 22-27.

註二二 同註十四，邱貴發。

註二三 同註二十，McLellan。

註二四 同註十八，Hay。

註二五 同註十四，邱貴發。

註二六 A.A. Carr, D.H. Jonassen, M.E. Litzinger, & R.M. Marra, "Good Ideas to Foment Educational Revolution: The Role of Systemic Change in Advancing Situated Learning, Constructivism, and Feminist Pedagogy," *Educational Technology*, 38: 1(1998): 5-15.

註二七 同註九，李恩東。

註二八 類似 Maxis 公司的 SimCity 遊戲中，玩者扮演市長的角色來主導城市的建設，但本活動中學習者直接決定欲興建建築物的樣式種類，並能經由探索活動直接獲得居民的反應。

註二九 洪達仁，九份城鎮與外部空間之研究，台中：東海大學，碩士論文，民國 77 年。

註三十 九份早期為礦業中心，與地爭利，因此以土地公為宗教信仰。

註三一 此為本研究自行設計簡化的系統評量標準，用以將學習者的學習成效加以量化計算，活動進行時並不予學習者知悉，而只讓學習情境有所動態變化，例如居住滿意度過低時，情境中的居民可能有所抱怨，讓學習者間接得知，另一方面則可留作教師輔助評量之用。

註三二 總體程序需求模式為運輸規畫學運輸需求預測模式的一種，是將眾人的旅運決策以旅次發生、旅次分布、運具分配及交通量指派四個步驟進行分析。本研究中簡化其分析方法，只探討旅次發生與分布(目的地)間的距離因子，而此模式也認為由家出發與回家的旅次佔一般人生活中所有旅次的 80% 以上，因此家旅次實是此一模式的分析重點。這也是本研究中採用的分析依據。