

國立臺灣師範大學教育心理與輔導學系
教育心理學報，民 98，40 卷，3 期，341—362 頁

3D 虛擬實境應用於醫學教育接受度之研究*

賴 崇 閔 黃 秀 美 廖 述 盛 黃 雯 雯

國立臺中技術學院
資訊科技與應用研究所

中國醫藥大學
通識教育中心

3D 技術應用於教學是一種趨勢，因為 3D 化的教材可以有效的傳達課程的內容，然而 3D 教材的極致表現即為虛擬實境 (Virtual Reality, VR)。因此，本研究主要在建立一個「虛擬人體結構輔助教學系統」，該系統以網頁的方式呈現，並用於輔助人體結構學的教學。本系統提供學習者一個互動的學習環境，主要用於提升醫學相關科系的大學生對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，期望學生能了解人體結構間的空間位置，並提高學習者的學習興趣。本研究旨在探討醫學相關科系的學生對 3D 虛擬實境應用於教學上的接受度評估，並依據情境學習理論、虛擬實境和科技接受模式建立研究架構，其研究變數包括：學生對系統的認知易用性、學生對系統的認知有用性與學生對系統的使用意願。評估的方法採用問卷調查的方式，本研究採用投影式虛擬實境進行教學，以及學生利用桌上型虛擬實境進行自主性學習後，利用該問卷進行評估。本研究結果顯示：1. 學生的認知易用性可以預測學生的認知有用性。2. 學生的認知易用性與認知有用性可預測學生的使用意願，其中認知有用性可解釋使用意願 49% 的變異量。

關鍵詞：互動式學習、科技接受模式、虛擬實境

使用虛擬實境 (Virtual Reality; VR) 技術應用在教學上已經逐漸受到重視。例如，在醫學上，利用 VR 建立虛擬的人體結構 (Human Structure) 以幫助在解剖學上的教導。所謂虛擬實境，是一種人機介面技術，利用電腦繪圖與相關硬體，所產生的一個三度空間虛擬環境，並在環境中提供仿如真實世界般的視覺、聽覺等感官的模擬，使人們可以透過各種感應裝置 (如 3D 立體眼鏡、立體手套等) 與環境中的虛擬物件進行互動。簡單的說，虛擬實境就是「模擬真實的環境」。虛擬實境主要是利用即時性的 3D 電腦繪圖 (Real-Time 3D Rendering) 呈現即時性、動態與互動的場景，來縮短使用者認知上的差異，並且輔助適當的軟硬體人機介面，讓使用者能夠與虛擬情境進行互動，以提昇學習的興趣及成效。

虛擬實境與一般電腦產生的影像有什麼不同呢？就本質上，這兩者有著顯著的差異性。就一般

* 1. 本論文係賴崇閔提國立臺中技術學院資訊科技與應用研究所之碩士論文的部分內容，在黃秀美教授的指導下完成。通訊作者為黃秀美教授，通訊方式：404 台中市三民路三段 129 號 資訊科技與應用研究所。
2. 本研究承國科會經費之部份補助 (計畫編號：NSC-96-2628-S-025-001-MY2 與 NSC-96-2516-S-039-001) 及 CMU96-080，特此致謝。

電腦產生的影像而言，它是固定的，也就是在某個時間上會出現固定的影像呈現。然而，虛擬實境與使用者兩者之間是維持著互動的關係，虛擬的三度空間環境，會隨著使用者的指示而產生不同的結果顯示。

虛擬實境將是未來在教學上重要的應用，因為它能提供仿如真實世界般的視覺、聽覺等感官的模擬，如此將減少一層認知形式上的轉換，或是減少平面資料轉換成適合的心智模式時所產生的錯誤觀念（黃仁竑，游寶達，民84）。另外，虛擬實境所呈現的3D 擬真場景，讓使用者產生印象深刻的視覺或聽覺等效果，進而可以刺激整個大腦的學習（朱經明，民88）。虛擬實境可以建立使用者的三度空間概念，減低2D 的圖像需要轉換成3D 物件的困難度，讓一般2D 的圖像轉換成由使用者親身實地操作的虛擬實境，這將是科技與教育上理想的結合。

本研究主要在利用虛擬實境技術建置一個「虛擬人體結構輔助教學系統」，用以探討醫學相關科系的學生對於此系統之接受度。此系統提供一個虛擬實境的學習情境，學習者可融入情境中，並具有身歷其境的感受。教師可利用本系統在課程中進行投影式虛擬實境教學，學生也可使用本系統獨立進行桌上型虛擬實境學習。本研究依據相關文獻建立研究變數：學生對系統的認知易用性（Perceived Easy to Use）、學生對系統的認知有用性（Perceived Usefulness）及學生對系統的使用意願，以探討學生對3D 虛擬實境技術應用在醫學教育之接受度。

另外，本研究假設學生的個別差異若對系統的使用意願造成影響，將阻礙到系統的推廣，故本研究也將探討學生的個別差異對系統的接受度是否造成影響。最後，本研究以中國醫藥大學之醫學相關科系之學生為研究對象，對本研究所提出的研究假設進行驗證。本研究之研究結果可提供虛擬實境相關教學之參考。以下對相關文獻進行分析與歸納，以作為本研究之理論基礎。

一、情境學習理論

Brown, Collins & Duguid (1989) 提出「情境認知」(situated cognition) 這個名詞，他們認為知識存在於學習的情境脈絡 (context) 及學習活動之中，學習者必須主動與情境進行互動而取得知識的脈絡，並從此脈絡中建構出屬於自己的知識。另外，Brown et al. (1989) 也指出，學習的情境為真實的情境而非抽象式的符號邏輯環境，學習者必須處於實際的情境來學習知識技能。

由以上敘述可知，知識是存在於情境之中，學習者必須在學習的情境中，透過對學習教材的主動操作與探索，去了解知識的意義和實用性。除此之外，情境學習同樣重視學習者可以透過與情境的互動來建構知識。因此，情境學習著重在建立一個可以提供學習者主動建構知識的互動式學習情境。

隨著資訊技術的發展，目前的教學多採用電腦科技輔助教學的進行，如果依 Brown et al. (1989) 所指情境學習必須在真實的情境中方能進行學習，如此對情境學習的應用將產生莫大的限制。因此，McLellan (1994) 對情境學習提出不同的見解，他認為學習情境可以是真實或是虛擬的情境，學習者可在電腦多媒體所產生的情境中進行學習。然而，虛擬實境能提供一個互動式的虛擬情境，且可利用視覺效果呈現抽象問題，並提供學習者主動操作及反覆練習的機會。

二、虛擬實境 (Virtual Reality, VR)

虛擬實境是電腦模擬 (Computer-based Simulation) 的一種表現方式，在介紹虛擬實境之前，首先必須瞭解什麼是電腦模擬。Dennis & Kansky (1984) 認為電腦模擬提供一種仿製真實情境的虛擬場景，並讓使用者在這仿製的情境中進行觀察及判斷的學習。從另一個觀點來看，Heinich, Molenda & Russell (1989) 認為電腦模擬必須將真實的情境予以簡單化，只擷取其中精華部份，以求讓使用者

能充分的融入情境之中。從以上兩個觀點來看，電腦模擬具有「仿製」及「取其精髓」這兩個概念。

從教學的角度來看，Lee（1999）認為藉由學習者的主動參與，電腦模擬能有效幫助學習者瞭解抽象知識，以增進學生的學習動機及提升學習成效。同樣地，林秀美（民85）認為電腦模擬提供反覆學習的機會，讓學習者能有嘗試錯誤及把握重點的機會，以獲得知識轉移及獨立學習的能力。另外，在相關的研究中指出，使用電腦模擬的教學成效優於傳統式的教學。

虛擬實境的概念起源於1960年代 Ivan E. Sutherland 教授所提出的「Ultimate Display」觀念，主要在介紹以電腦來顯示3D 空間圖像的概念。再者，虛擬實境顧名思義上就是「模擬真實的環境」，它是利用電腦相關軟硬體技術，如電腦繪圖、影像設備等工具，產生一個讓使用者「信以為真」的3D 虛擬環境。然而虛擬實境不單只是一個硬體系統（Riva,1999），它應該具備有讓使用者可以直接體驗及溝通的設計（Bricken, 1990），同時虛擬實境也成為使用者與資訊進行互動的一種新的介面（Satava & Jones, 1996）。Pratt, Zyda & Kelleher（1995）也指出虛擬實境可以讓使用者與電腦所產生的3D 環境進行即時性的互動。換句話說，虛擬實境就是透過電腦的即時運算，並配合電腦顯示卡的即時描繪，所呈現出三度空間虛擬環境，而使用者可藉由人機介面與虛擬環境進行互動，讓使用者有身歷其境的感受。

（一）虛擬實境的種類

虛擬實境系統可依據「週邊設備」與「呈現方式」的不同予以分類，主要可分為融入式、桌上型、模擬器式及投影式虛擬實境（Carl & Anderson,1994；梁朝雲與李恩東，民87）：

1.融入式虛擬實境（Immersion VR）

又可稱為沉浸式虛擬實境，該類型系統會產生一個環繞使用者的環境，當使用者進入虛擬環境後將完全融入系統中，並完全與外界隔離。在系統中，電腦將發送訊息以刺激使用者的感官，包括視覺、聽覺與觸覺等；而使用者的肢體動作也將透過週邊設備回傳至電腦，以呈現適當的影像。而週邊設備大多屬於較昂貴的裝置，如：頭盔顯示器、資料手套（Data gloves）等。

2.桌上型虛擬實境（Desktop VR）

又稱為非浸入式虛擬實境，該類型的系統的建立只需使用一般的多媒體電腦與虛擬實境軟體，並搭配鍵盤、滑鼠等設備即可操作。有時可使用3D 滑鼠或搖桿增加展示的效果。該類型的系統相對於其它三種系統而言，可說是最經濟的虛擬實境系統。

3.模擬器式虛擬實境（Simulator VR）

又稱為載具型虛擬實境（Vehicle VR），該類型的系統必須能夠真實地模擬實際環境，並完整的模擬特定的操作界面與設備。以飛行駕駛模擬而言，其操作的儀器設備皆與實際的飛行駕駛艙內的相關儀器設備相同。當使用者在操作時，虛擬實境系統會模擬各種儀器的真實狀況的反應給使用者。此類型的系統主要是為了要降低訓練的成本，大多應用在軍事、飛行訓練或具有危險性的訓練上。

4.投影式虛擬實境（Projection VR）

該類型的系統主要是使用投影機將虛擬影像投射至3D 螢幕或顯示牆上。使用者可以透過配戴3D 立體眼鏡或偏光眼鏡來體驗虛擬情境，其效果就如同3D 立體電影一樣。投影式虛擬實境與融入式虛擬實境的差異，主要是投影式虛擬實境允許在多人同時使用的情況下，而融入式虛擬實境僅供單人使用。

（二）虛擬實境於教育上的應用

在教育方面，虛擬實境系統能讓學習者與學習教材進行互動，並提供學習者身歷其境的感受，同時也能提供學習者反覆練習的機會。如果一般的傳統教學能夠輔助虛擬實境進行教學活動，相信能提供給學習者一個更逼真、更具彈性、學習效果更好的學習環境。圖1為 Temkin, Acosta, Hatfield, Onal & Tong（2002）所建立的線上虛擬人體解剖學教學系統。同樣地，Hoffman, Murray, Curlee &

Fritchle (2001) 應用虛擬實境技術建置一個名為 Anatomic VisualizeR 的教學系統，用以輔助臨床解剖學的教導，如圖2所示。

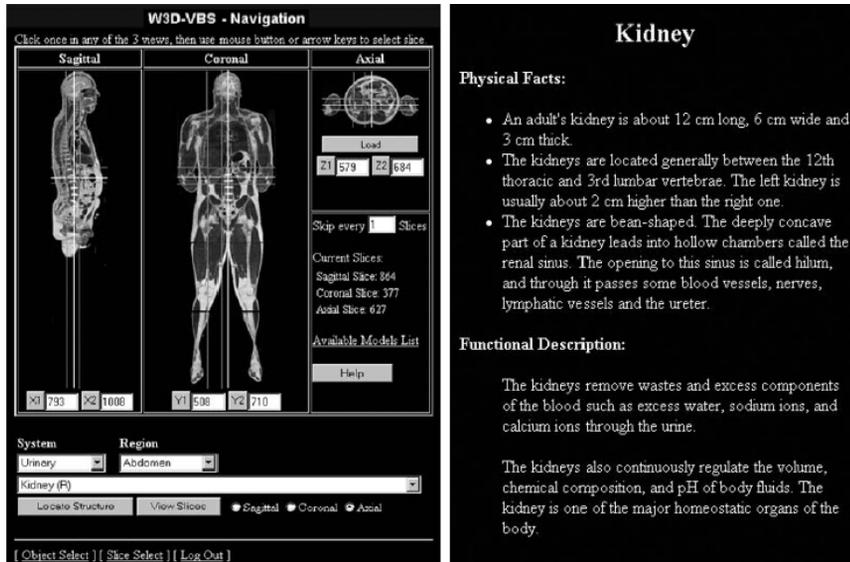


圖1 Temkin et al.的線上虛擬人體解剖學教學系統

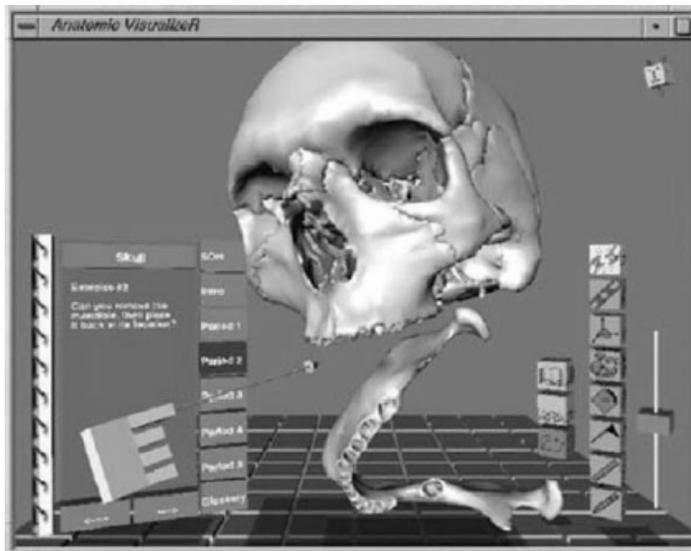


圖2 Hoffiman et al.的 Anatomic VisualizeR 系統

另外，尚有利用電腦斷層掃描 (CT) 或核磁共振 (MRI) 等2D 影像掃描技術取得人體的平面影像，並使用3D 建模技術將人體的器官立體化，接著再使用虛擬實境的方式加以呈現，用以幫助使用者對人體結構(Human structure)的了解。Brenton et al. (2005) 利用網頁為主 (Web-based) 的人體結構虛擬系統，以幫助在人體解剖學上的教導，如圖3所示。

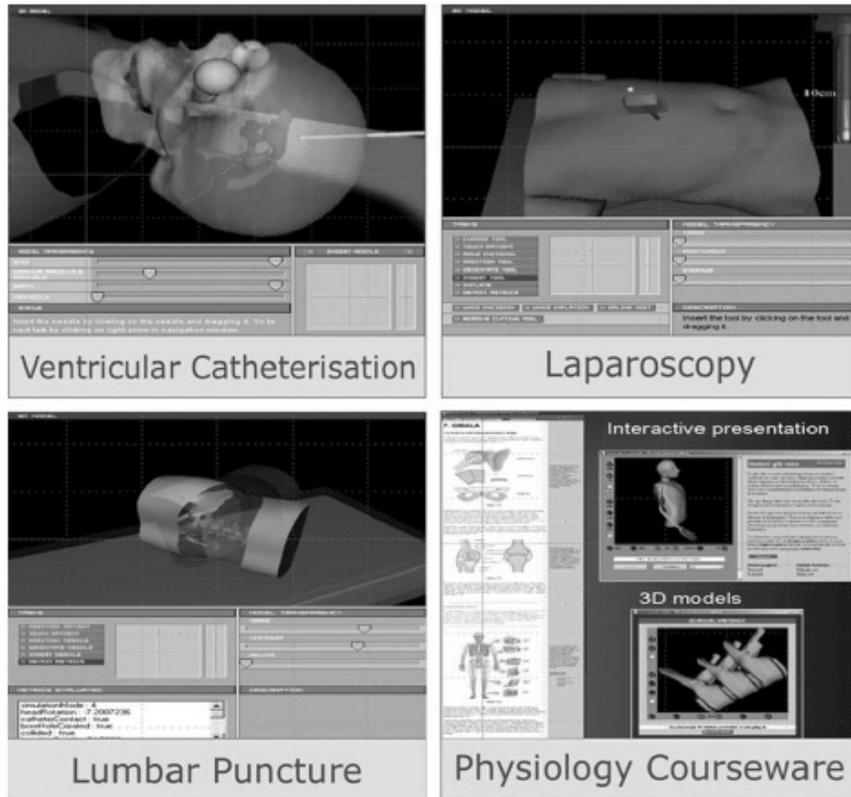


圖3 Brenton et al.建立的線上人體結構虛擬系統

三、科技接受模式 (Technology Acceptance Model, TAM)

科技接受模式是由 Davis (1986) 以理性行為理論 (TRA, Theory of Reasoned Action) 為基礎發展而來，其理論常用於探討人類行為的意圖 (behavioral intention) (Fishbein & Ajzen, 1975)。此理論指出人類行為的表現決定於個人的行為意圖，而行為意圖受個人對此行為的態度 (attitude) 與主觀的標準所影響 (Davis, 1989)。換言之，個人的使用行為是受到個人對科技態度的影響，而個人的態度包含相當廣泛，有些是認知方面 (cognitive attitude)，有些則是情感方面 (affective attitude)。

TAM 模型提供一個理論基礎用以瞭解外部因子對使用者內部的信念、態度與意圖的影響，進而影響科技使用的情形 (Davis, 1986)。其假定兩個明顯的個人認知與情感方面因素，亦即認知上的有用性 (perceived usefulness) 及易用性 (perceived easy to use)，與科技接受行為最有關係。

所謂認知有用，Davis, Bagozzi & Warshaw (1989) 說明認知有用性為「使用者相信一個特定系統會增加他工作表現的程度」，當個人覺得系統有用時，他會對此一系統抱持正面的態度。另一信念為認知易用性，Davis et al. 說明認知易用性為個人相信使用特定系統所能省下努力 (effort) 的程度。努力被視為一個有限的資源，個人必須將其妥善分配到自己的各項活動上。由於系統的易用性對態度有正向的影響，因此當其他條件都一樣時，若一個系統在認知上是容易使用的，此系統被接受的可能性將會較高。

此外，由於使用者的整體工作中有一部份和實際使用系統本身有關，因此系統易用性可以增加此部份的工作效能，進而對整體生產利益有增進的效果，因此會影響到使用者的有用認知。反之，認知有用對認知易用並無顯著影響。另外，當使用者對系統的使用產生易用性及有用性的認知時，

則對系統的使用即保持正向的態度，並進而增加對系統的使用意願。

研究方法

本研究主要在建置一個「虛擬人體結構輔助教學系統」，用於輔助人體結構學的教導。教師可利用本系統在課堂上進行投影式虛擬實境教學；另外，學生也可使用本系統於課後進行自主性桌上型虛擬實境學習。本研究即利用該系統進行實際教學評估，以探討學生對3D 虛擬實境技術應用在醫學教育之接受度。以下對本研究的研究方法進行說明：

一、研究架構

本研究旨在探討醫學相關科系的學生對3D 虛擬實境應用於教學上的接受度評估，並依據情境學習理論、虛擬實境和科技接受模式建立研究架構，如圖4所示，其研究變數包括：學生對系統的認知易用性、學生對系統的認知有用性、學生對系統的使用意願與學生的個別差異。以下說明「虛擬人體結構輔助教學系統」的建置方法及步驟。

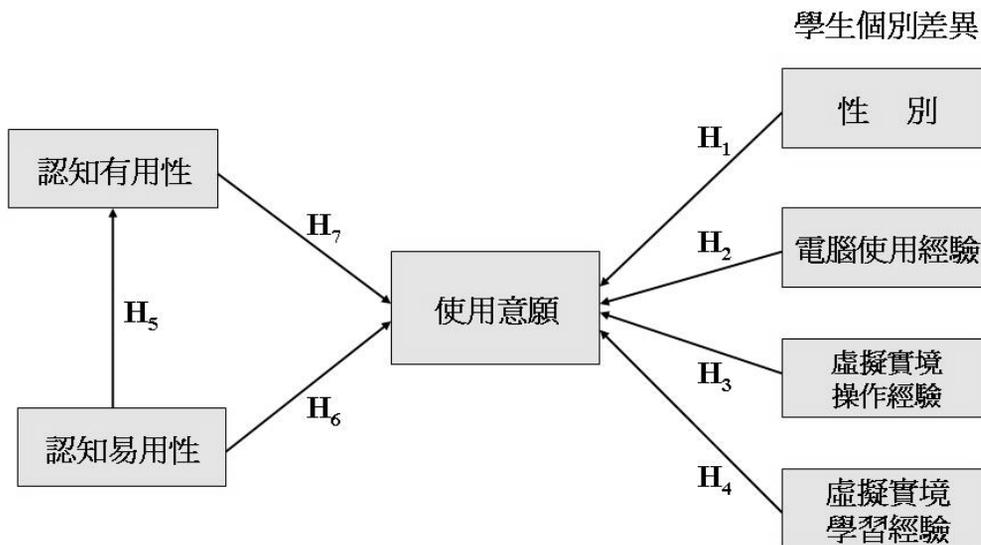


圖4 研究架構與假設

本研究依據研究目的訂定以下之研究假設：

(一) 學生的個別差異對虛擬實境使用之影響

- H₁：男、女同學對系統的使用意願並無顯著差異。
- H₂：學生使用電腦的經驗對系統的使用意願並無顯著差異。
- H₃：學生的虛擬實境操作經驗對系統的使用意願並無顯著差異。
- H₄：學生的虛擬實境學習經驗對系統的使用意願並無顯著差異。

(二) 「認知易用性」及「認知有用性」對學習者的「使用意願」之影響

- H₅：學習者認知易用性能預測學習者的認知有用性。
- H₆：學習者認知易用性能預測學習者的使用意願。
- H₇：學習者認知有用性能預測學習者的使用意願。

二、系統介紹

(一) 系統架構

本研究建立的「虛擬人體結構輔助教學系統」為 Client-Server 的架構，在 Client 方面，本研究將利用 PHP 及 Java Script 兩種網頁程式語言進行網頁之設計，並利用 3dsMax 與 VR4MAX 做為虛擬實境的主要開發工具，3dsMax 是一套 3D 物件的建模工具，而 VR4MAX 則提供高效能的及時互動虛擬環境，本研究利所建置的虛擬實境影像為可執行檔 (.exe 檔)，其特點在於學習者可不用安裝任何執行程式即可進行虛擬實境影像的操作，可增加學習上的方便性。系統的使用者可透過網頁將虛擬實境檔案下載至個人電腦中執行並進行互動式操作。在 Server 方面則是利用 Apache、PHP 架設一個支援 PHP 程式的 Web Server，並安裝 MySQL 資料庫以提供教學網站存取資料。系統架構如圖5所示。

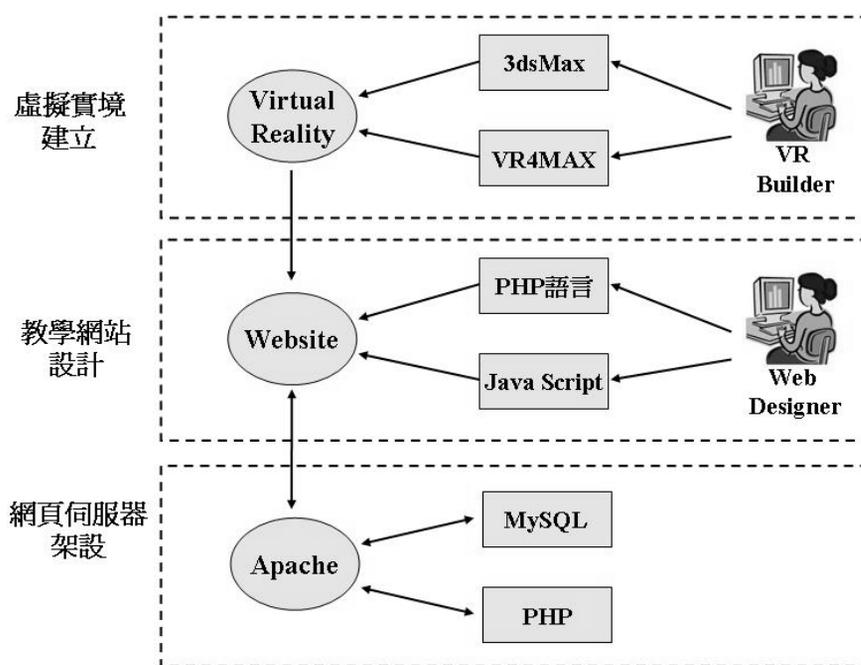


圖5 系統架構圖

(二) 系統呈現方式

本研究採用 Turbo Squid 公司所開發的人體資料庫中已完成 3D 建模的組織及器官，並利用 3dsMax 進行相關互動性操作的設定，最後將此 3D 化的人體物件及互動性操作輸出至 VR4MAX，即完成虛擬人體結構的建置。但就教學而言，純粹的虛擬實境只呈現相關的 3D 影像，對學習者進行人體結構的學習，可能尚不足傳達完整的知識。因此，本研究將該虛擬人體結構與網頁技術進行結合，並輔助相關內容的文字說明，讓學習者可透過網路獨立進行自主性學習。

(三) 系統安裝

本系統除了提供互動式虛擬實境操作外，尚提供 3D 人體結構的展示播放，其展示的工具採用 Flash Player 播放器，因此本系統為方便使用者進行 3D 人體結構的觀看，提供使用者下載 Flash Player 工具並進行安裝。除此之外，本系統尚提供「系統下載」功能，使用者可透過該功能將本系統的全部內容，下載至個人電腦中，如此更方便使用者利用本系統進行人體結構的學習。

(四) 課程內容

本系統提供使用者一個互動的學習環境，主要的教學課程包括人體結構中的大腦與神經系統、呼吸系統、環循系統、消化系統、泌尿系統及骨骼系統六大單元（如圖6所示），本研究期望學生透過本系統進行學習後，能更深入了解人體結構間的空間的相對位置，期望提高學習者的學習興趣及學習成效。圖7為本系統的課程內容選擇頁面，使用者可透過滑鼠點選欲學習的課程單元，當使用者選擇課程單元後，隨即進入課程學習頁面並進行相關內容的學習。在課程學習頁面中，使用者可透過「子單元選單」選擇該單元的學習內容，其課程學習頁面如圖8所示。

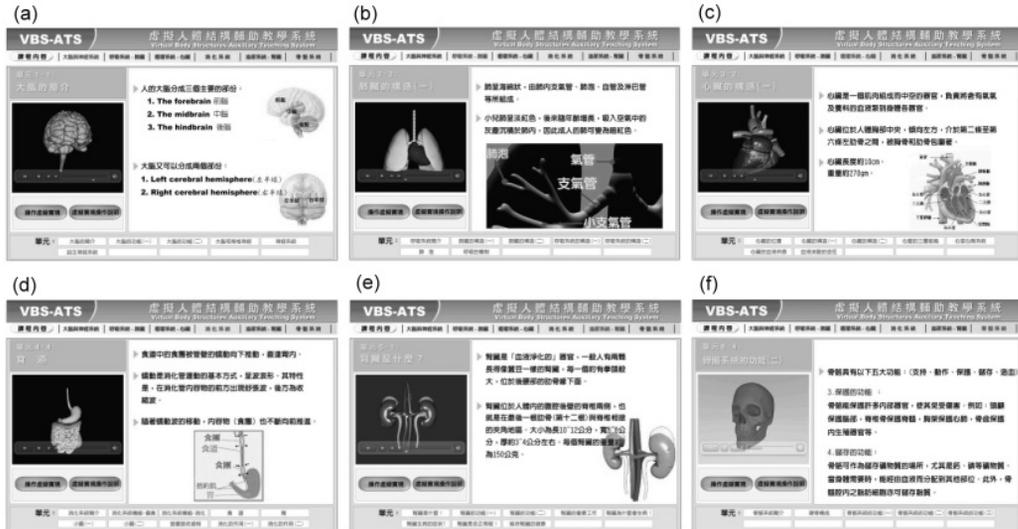


圖6 課程六大單元：(a)大腦與神經系統 (b)呼吸系統-肺臟 (c)循環系統-心臟 (d)消化系統 (e)泌尿系統-腎臟 (f)骨骼系統



圖7 課程內容選擇頁面



圖8 課程學習頁面

(五) 互動式桌上型虛擬實境

本系統除了在課堂上應用投影式虛擬實境進行教學之外，學生也可使用本系統於課後進行自主性桌上型虛擬實境學習。本系統所提供的課程單元除了一般的文字說明外，尚包含1至3個虛擬人體結構的互動式操作元件，學習者可透過點選「課程學習頁面」中的「操作虛擬實境」按鈕即可進行3D人體器官之形狀、位置及大小的觀察，除此之外學習者可透過本研究設計的互動性操作設定對3D人體器官進行旋轉及移動等互動的操作動作。本系統共提供九個虛擬人體結構互動式操作元件，如圖9所示。本系統並提供操作說明以方便使用者進行虛擬實境的操作。

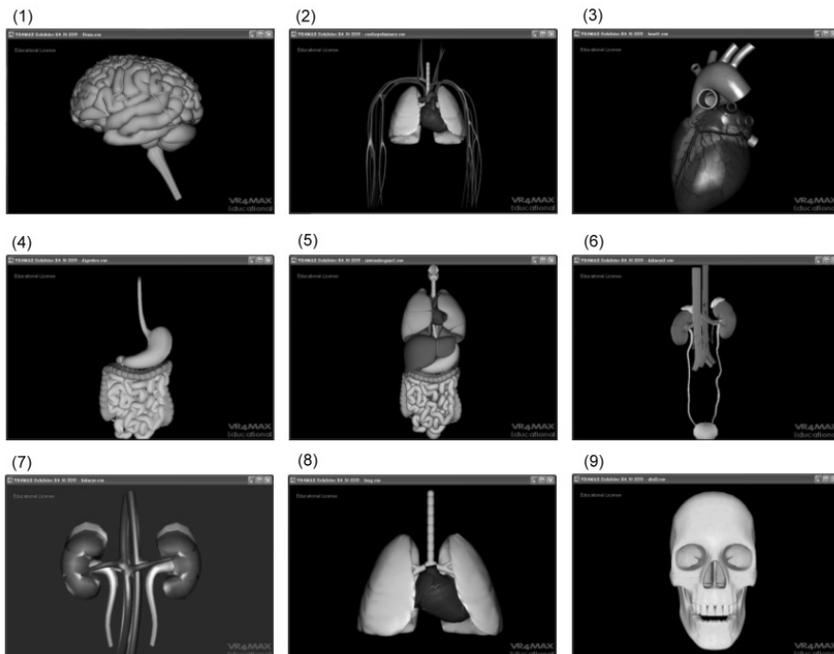


圖9 本系統的互動式虛擬實境操作元件

(六) 投影式虛擬實境

VR4MAX除了在個人電腦上執行之外,尚可結合四項設備進而成為投影式虛擬實境(Huang et al., 2006),該設備包括:VR4MAX Processor、Stereo 3D Converter、Projection Equipments及3D Screen(如圖10所示)。使用者可配戴3D眼鏡,觀看立體化的3D影像。

- 1.VR4MAX Processor:為一台多媒體電腦,主要是負責執行VR4MAX或其可執行檔。
- 2.Stereo 3D Converter:主要是將3D影像進行處理,使影像更具備真實的立體感。
- 3.Projector Equipments:是由2台投影機所組成,負責將3D影像投射至3D螢幕上。
- 4.3D Screen:用於顯示具有真實立體感的3D影像。

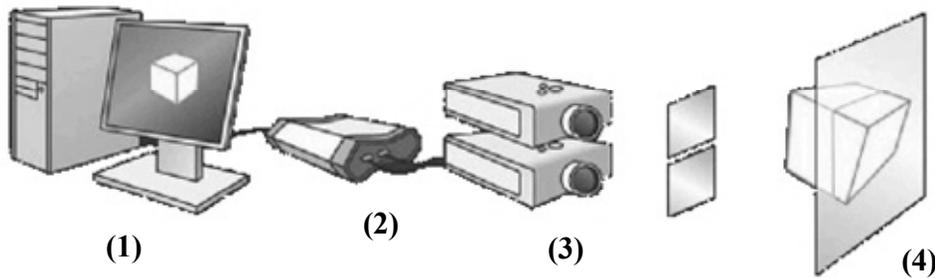


圖10 投影式虛擬實境設備之示意圖

(七) 討論區

本系統為了增進使用者間的學習互動而建立討論區,期望使用者能透過討論區分享彼此的學習心得及感想。

三、研究對象

本研究以中國醫藥大學進行生物課程學習的學生為實驗對象,取樣的科系為生物科技系及藥學系,並以班為單位進行實驗教學(每系各兩班,共四班)。在實驗過程中,將不告知研究對象正在進行教學實驗,以避免霍桑效應(Hawthorne Effect)之產生。

本研究共回收167份有效問卷,其中男有91位,女有76位。受測者就讀科系中,生物科技系佔78人,藥學系佔89人。在電腦使用經驗方面,以6~10年的電腦操作經驗為最多。而在使用虛擬實境的經驗方面,則有128位(76.6%)受測者曾經操作過虛擬實境。另外有82位(49.1%)受測者曾經使用虛擬實境進行學習(如圖11所示)。

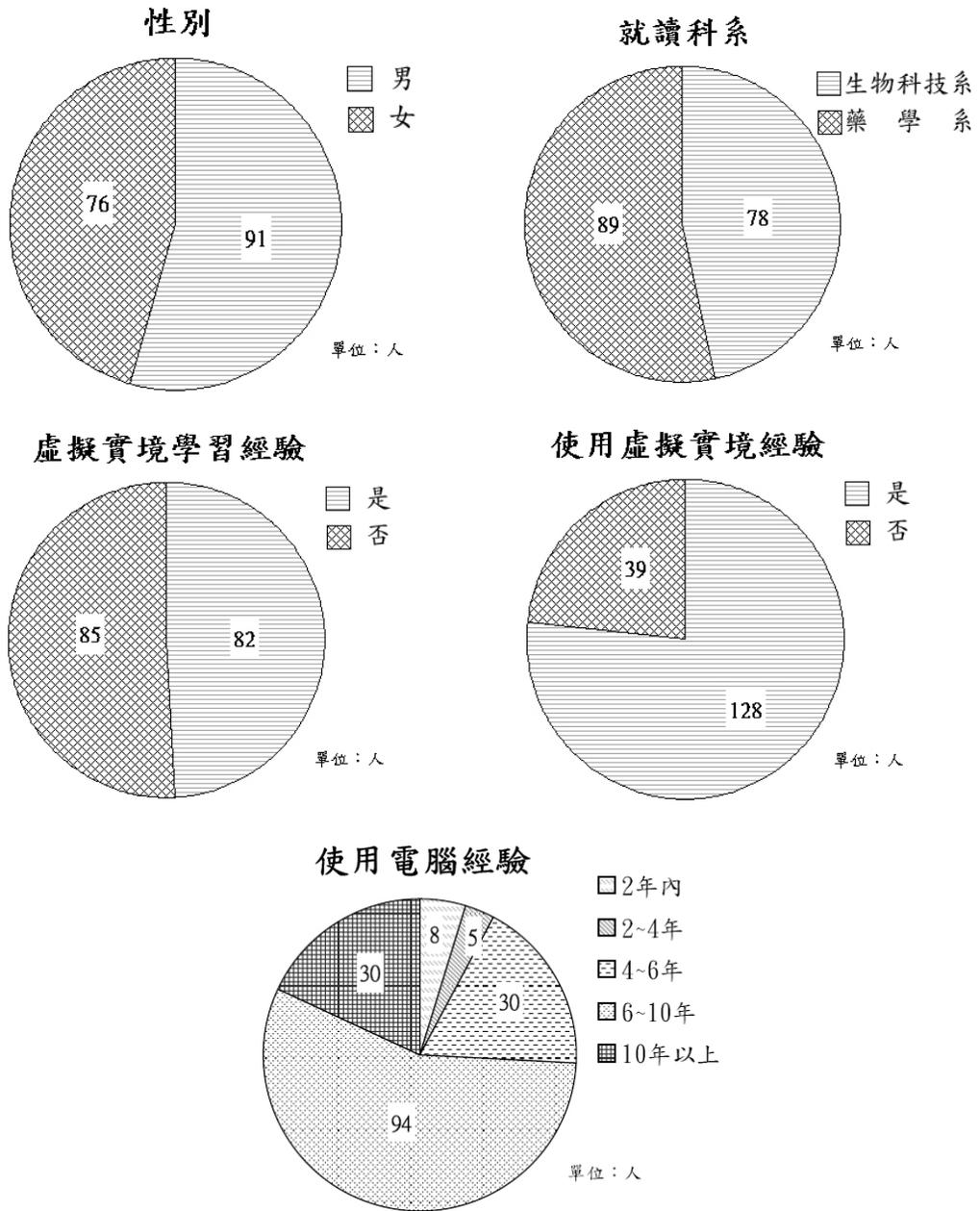


圖11 受測者基本資料分析圖

四、教學活動

在實驗的進行方面，首先負責實驗的研究者向受試對象進行系統介紹，內容包括虛擬實境的製作方法及系統的建置方式，並說明系統的設備、操作方式及相關功能介紹，圖12 (a) 為投影式虛擬實境的設備，其中包括一台多媒體電腦、一台3D 影像傳播器及二台投影機，圖12 (b) 為投影式虛

擬實境的展示效果。接著，針對系統應用在課堂教學的部份進行實驗教學，教學上以投影式虛擬實境為主要的教學方法，學生透過配戴3D眼鏡即可觀看仿如真實的3D虛擬人體器官，圖12(c)(d)為學生戴上3D眼鏡進行學習的情況。在課堂教學後則請學生，利用課後時間使用本系統所提供的桌上型虛擬實境，進行自主性學習，在此之後則利用問卷與系統所提供的討論空間，調查其使用後的感想及意見。



圖12 投影式虛擬實境教學

五、研究工具

本研究為輔助教學教材設計之研究，因此研究工具包含教學工具及評量工具。教學工具為本研究所設計之輔助教學系統，其內容包含人體結構中的大腦與神經系統、呼吸系統、血液循環系統、消化系統、泌尿系統及骨骼系統等六大單元，每個單元包含1至3個虛擬場景及文字說明。評量工具為問卷調查表，問卷的設計包含三個部份（如表1所示）：認知易用性、認知有用性及使用意願，並採用李克特式（Likert Scale）七量表型式，受試者依自己的感覺從「非常同意」、「同意」、「稍同意」、「沒有意見」到「稍不同意」、「不同意」、「非常不同意」中，勾選與自己意見相符的選項，在統計上分別以7至1分做為計算的分數。

本研究希望能藉此問卷瞭解學習者對運用本系統進行學習的接受度，並依其意見協助了解學生對虛擬實境應用於教學的使用意願。以下敘述本研究的研究變數之操作型定義：

（一）個人基本資料相關變數

1.性別：探討使用者的性別差異對系統的使用意願是否有所差異。

2.電腦使用經驗：探討使用者的電腦經驗對系統的使用意願是否有所差異，其電腦經驗以時間做為劃分的依據，分別為2年內、2至4年、4至6年、6至10年及10年以上。

3.虛擬實境操作經驗：本研究所指的操作虛擬實境經驗為使用者是否曾經使用過虛擬實境，其虛擬實境包括博物館線上導覽、3D 電腦遊戲等，該變數主要在探討使用者的虛擬實境操作經驗對系統的使用意願是否有所差異。

4.虛擬實境學習經驗：本研究所指的虛擬實境學習經驗為使用者是否曾經利用虛擬實境進行學習，例如：利用3D 人體器官進行人體結構學之學習，該變數主要在探討使用者的虛擬實境學習經驗對系統的使用意願是否有所差異。

(二) 認知易用性 (perceived easy to use)

根據 Davis et al. (1989) 提出，認知易用性為個人相信使用特定系統所能省下努力 (effort) 的程度。本研究將此變數定義為：「使用者操作虛擬人體結構輔助教學系統的容易使用程度」，例如：介面簡單易懂、容易操作。

(三) 認知有用性 (perceived usefulness)

Davis et al. (1989) 說明認知有用性為使用者相信一個特定系統會增加他工作表現的程度。本研究將此變數定義為：「使用者利用虛擬人體結構輔助教學系統進行學習有助於提升人體結構學之學習效果」。

(四) 使用意願 (intention to use)

本研究將此變數定義為：使用者未來有意願使用虛擬人體結構輔助教學系統進行學習。

六、問卷之效度、信度

本研究邀請三位專家學者對問卷的內容效度進行審查，審查上依研究目的與題目之相關性及措詞合適性進行評量，依據評量結果，將鑑別度較低的若干問項刪除，並針對語意不清者加以修改。接著依據修改後的問卷題目進行前測，前測的受試者共有30人。

本研究採用 SPSS for Windows 12.0版本之統計軟體進行資料分析。在進行因素分析之前，將利用 KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 樣本適切性檢定 (KMO Measure of Sampling Adequacy) 與 Bartlett's 球形檢定 (Bartlett's Test of Sphericity) 進行變項之間相關情形的檢定，判斷變項是否適合進行因素分析。本研究資料檢定之結果，KMO 檢定值為0.93，顯示各變項彼此之間具有極佳的相關性。另外，Bartlett's 球形檢定的卡方值為3907.58，達顯著性，表示本研究之調查資料適合進行因素分析。

本研究利用主成份分析法 (Principle component analysis) 進行因素分析後發現，13個測量題目可以抽離出三個主要的因素，並經過直交轉軸 (orthogonal rotation) 的最大變異法 (Varimax) 後發現，構成因素一的題目有5題，構成因素二的題目有3題，構成因素三的題目有5題，根據題目的特性，分別命名為「認知有用性」、「認知易用性」、「使用意願」。接著檢驗各因素的量表之內部一致性 α 係數，結果顯示各因素的量表一致性頗高。各因素的題目、負荷量 (Factor Loading) 及 Cronbach's α 值請見表1。

表1 問卷的信度與因素分析

測量題目	負荷量	Cronbach's α
因素一：認知有用性 (可解釋變異量：17.49%)		
1. 我覺得「本系統」對學習是有幫助的	.791	0.94
2. 我覺得「本系統」使我對學習的內容更加瞭解	.753	
3. 我覺得利用「本系統」進行學習人體結構，是個不錯的選擇	.799	

(續下頁)

表1 (續)

4. 我覺得「本系統」對人體結構的學習很有幫助	.812	
5. 我覺得「本系統」是一套很好的學習輔助系統	.760	
因素二：認知易用性 (可解釋變異量：11.61%)		
6. 我覺得「本系統」的操作是容易的	.898	
7. 我覺得「本系統」的操作是方便的	.895	0.88
8. 我覺得「本系統」的操作簡單易懂	.845	
因素三：使用意願 (可解釋變異量：12.31%)		
9. 我覺得「本系統」可提升我的學習的意願	.558	
10. 我將來有意願繼續使用「本系統」來進行學習	.547	
11. 我有意願使用「本系統」所提供的「討論區」與同學分享學習心得	.673	0.94
12. 我希望其他課程也能使用 3D 模擬環境來協助學習活動	.740	
13. 整體來說, 我覺得「本系統」是一個值得嘗試的學習方式	.627	

研究結果與討論

一、敘述性統計

本研究為瞭解受測者個別差異對系統的使用意願是否有所差異, 因此利用獨立樣本 t 檢定及單因子變異數 (ANOVA) 進行分析, 其分析的項目包括: 受測者的性別、虛擬實境操作經驗、虛擬實境學習經驗及電腦使用經驗等四項, 對系統的使用意願是否有顯著差異。其檢定結果如表2所示, 受測者的「性別」、「虛擬實境操作經驗」及「虛擬實境學習經驗」對「使用意願」之 Levene 檢定結果皆未達顯著。表2之 t 檢定及 ANOVA 檢定結果也顯示, 受測者的個別差異對系統的使用意願並無顯著差異。

表2 各項變數對系統使用意願之 Levene、 t 與 ANOVA 檢定結果

變數	使用意願		
	Levene 檢定	t 檢定	ANOVA 檢定
性別	2.75 (0.10)	-0.25 (0.81)	--
虛擬實境操作經驗	0.00 (0.99)	-0.00 (0.99)	--
虛擬實境學習經驗	0.03 (0.85)	0.87 (0.39)	--
電腦使用經驗	--	--	0.63 (0.65)

註：括號外數字為檢定結果, 括號內數字為顯著性

二、迴歸分析

本研究為了探討認知易用性對認知有用性是否有顯著預測作用, 以認知有用性為依變數, 認知易用性為自變數。依表3所示, 「認知易用性」獨立可以解釋使用意願的12%變異量, 以調整後 R^2 來表示仍有11%的解釋力, 另外依表4所示, 其 F 值為21.40, $p=0.000<0.001$ 達顯示水準, 表示納入的自變項認知易用性與依變項認知有用性間有顯著的相關存在。另外, 本研究進一步對於個別獨變項進行事後考驗, 如表5所示, 依逐步分析的係數估計發現, 其 Beta 係數達0.34, t 值為4.63 ($p=0.000$)。

表3 多元迴歸模式相關訊息 (認知易用性與認知有用性)

模式	R	R ²	調過後 的R ²	估計的 標準誤	變更統計量				
					R ² 改變量	F改變	分子 自由度	分母 自由度	顯著性 F 改變
1	0.34(a)	0.12	0.11	0.92	0.12	21.4	1	165	0.00

a 預測變數：認知易用性 b 依變數：認知有用性

表4 迴歸模式之變異數分析摘要表 (認知易用性與認知有用性)

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	17.92	1	17.92	21.40	.000 (a)
	殘差	138.15	165	0.84		
	總和	156.07	166			

a 預測變數：認知易用性 b 依變數：認知有用性

表5 自變項迴歸的估計值與顯著性檢定 (認知易用性與認知有用性)

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B之估計值	標準誤	Beta分配		
1	常數	3.81	0.367		10.41	0.00
	認知易用性	0.30	0.65	0.34	4.63	0.00

a 依變數：認知有用性

除此之外，本研究以使用意願為依變數，認知易用性、認知有用性為自變數，探討認知易用性、認知有用性對使用意願是否有顯著預測作用。依表6所示，在第一階段（模式1）即被選入的最佳獨變項是「認知有用性」，獨立可以解釋使用意願的49%變異量，以調整後 R²來表示，仍有49%的解釋力。第二個被選入的獨變項為「認知易用性」，該變項單獨可以解釋依變項7%的變異量，F 改變量為 23.88 (p=0.000)，符合被選入的標準，因此模式2共有認知有用性與認知易用性兩個獨變項，總計可以解釋依變項55%的變異量，調整後仍為55%，並依表7所示，其 F 值為101.56，p=0.000<0.001達顯著水準，表示納入的自變項認知有用性、認知易用性與依變項使用意願間有顯著的相關存在。由此可知虛擬實境對學生學習上的有用性為最主要接受虛擬實境的原因。

表6 多元迴歸模式相關訊息 (認知易用性、認知有用性與使用意願)

模式	R	R ²	調過後 的R ²	估計的 標準誤	變更統計量				
					R ² 改變量	F改變	分子 自由度	分母 自由度	顯著性 F 改變
1	0.70(a)	0.49	0.49	0.65	0.49	157.41	1	165	0.00
2	0.74(b)	0.55	0.55	0.61	0.07	23.88	1	164	0.00

a 預測變數：認知有用性 b 預測變數：認知有用性, 認知易用性 c 依變數：使用意願

表7 迴歸模式之變異數分析摘要表 (認知易用性、認知有用性與使用意願)

模式		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
1	迴歸	65.92	1	65.92	157.41	.000 (a)
	殘差	69.11	165	0.42		
	總和	135.03	166			
2	迴歸	74.71	2	37.35	101.56	.000 (b)

(續下頁)

表7 (續)

殘差	60.32	164	0.37
總和	135.03	166	

a 預測變數：認知有用性 b 預測變數：認知有用性, 認知易用性 c 依變數：使用意願

除此之外，本研究進一步對於個別獨變項進行事後考驗，如表8所示，依逐步分析的係數估計發現，「認知有用性」首先被納入模式1中，該變項可獨立預測依變項使用意願，Beta 係數為0.70， t 值為12.55 ($p=0.000$)。模式2中的係數估計中，增加了「認知易用性」的進入，其 Beta 係數為0.27 ($t=12.55$, $p=0.000$)，而認知有用性的 Beta 此時降為0.61， t 值為10.94 ($p=0.000$)，顯示認知有用性變項的效果因為排除了認知易用性的影響而降低。

表8 自變項迴歸的估計值與顯著性檢定 (認知易用性、認知有用性與使用意願)

模式		未標準化係數		標準化係數	t	顯著性
		B之估計值	標準誤	Beta分配		
1	常數	1.74	0.29		6.06	0.000
	認知有用性	0.65	0.05	0.70	12.55	0.000
2	常數	0.97	0.31		3.12	0.002
	認知有用性	0.56	0.05	0.61	10.94	0.000
	認知易用性	0.23	0.05	0.27	4.89	0.000

a 預測變數：認知有用性 b 依變數：使用意願

三、意見調查

本研究除了進行量化之研究外，尚且利用系統所提供的討論區及問卷開放式問項收集使用者的學後感想及意見回饋，以便能更進一步的進行質化之研究，以下針對各個構面進行說明：

(一) 課程內容學習感想

如表9所示，使用者對系統所提供的教學內容感到滿意，認為3D 教材能更清楚的呈現人體器官的構造，並且能有效的表現各個器官的形狀、大小及空間位置。另外，使用者認為利用3D 教材進行學習是令人感到有趣的，且對學習上是有幫助的。

表9 課程內容學習感想

編號	感想
1.	能用這樣立體圖形讓我們觀察大腦真的是非常棒的方式喔，這樣大腦內的組織相對位置都能比較清楚知道囉！
2.	一顆心臟其上下左右前後觀都有很大的不同，只看各單一面很難將整體的感覺聯合起來，透過這套軟體就能很輕易的了解整顆心臟的架構。
3.	消化系統的器官很多，而且擠在小小的軀體中有很多部分都重疊到，透過這套軟體可以很清楚的了解到器官間的相對位置和大小形狀顏色。
4.	因為常常會忘記肝跟胃的位置，用了這套軟體後有幫助的感覺。
5.	泌尿系統這一章介紹的很詳細，除了基本的構造功能介紹外，還有腎臟的保健，大家在小心肝的同時也要保護腎喔！
6.	有了這套虛擬實境可以讓我更加了解人體骨骼組成，真的很棒！

(二) 課程內容建議

如表10所示，使用者認為在大腦與神經系統課程所提供的3D 教材，能為大腦的各個部份進行著色以增加辨識度，並且希望能針對各單元新增有關疾病及預防的課程內容。在骨骼系統方面希望能提供更多3D 模型以幫助學習。

表10 課程內容建議

編號	建 議
1.	如果能增加顏色以區分各腦室或是有由上往下或是由下往上的觀察角度會更好。
2.	如果能按照不同區域，功能來替大腦上色的話，效果應該會更好吧。
3.	可以就肺部疾病加以說明，讓大家更了解疾病的預防與產生。
4.	心臟這一部份很不錯，但是能加上心臟疾病的預防會更好。
5.	只有顱骨有 3D 立體模型，希望能看到其它骨骼的 3D 模型。

(三) 系統使用觀感

如表11所示，使用者認為本系統所提供的3D 教材能幫助其對人體結構的學習，對各個器官的立體相對位置能更加了解，而且能減輕學習者在想像上的負擔，由此可知使用者對系統所提供的虛擬實境之想像力設計感到滿意。

表11 系統使用觀感

編號	感 想
1.	目前的解剖課是解剖小組用投影片方式講解，我們看到的講義大都是平面影像，在一些細節的部分看的較不清楚，如果有這個系統作輔助這問題就可以獲得改善。
2.	這份軟體多了拉遠拉近的功能，讓我們唸書的角度能更完整，不僅將各個器官外型烙印腦海中，更重要的是，將各個器官之間的立體相對位置剖析的清楚了當，進階學習以系統為單位的生理結構。
3.	一般的課本或是簡報都是平面的，很難讓學生了解背面的構造，用這個軟體就能解決此問題，且更能加深印象而不是憑空想象的死記。
4.	這個軟體真的很不錯，老師使用它來教學真的有減輕我們學生想像上的負擔，畢竟要想像一個連本體都沒看過的器官，並要從各個角度去切入視野，如果沒有這個系統的輔助真的還蠻吃力的，希望還有其他的器官或是人體的解構以此系統的方式呈現。

(四) 系統修改建議

如表12所示，使用者希望能增加虛擬實境的互動性功能，例如可以組裝及拆解人體器官，以滿足學習者想操作3D 化人體器官的需求。並且期望系統能提供更多的人體模型以增進使用者對人體結構的學習效益。

表12 課程內容學習感想

編號	建 議
1.	我覺得用 3D 對於解剖等科目真的很有幫助，但我覺得這個系統應該可以多一些功能像是一層一層的剝開會更有助益。
2.	這系統真的是很方便，如果用在解剖學上可能不錯，但是如果增加更多可以操作的內容應該會對學習更有助益

(續下頁)

表12 (續)

3.	還蠻清楚的耶，不過要是能手動操作（譬如說：可以依層層剝開 或是像遊戲一樣組合器官位置會更好喔）
----	---

結論與未來研究

一、結論

本研究主要在建置一個「虛擬人體結構輔助教學系統」，教師可利用此系統在課程中進行投影式虛擬實境教學，如此可提供一個虛擬實境的學習情境讓學習者可融入情境中，使其具有身歷其境的感受。另外學生也可使用本系統獨立進行桌上型虛擬實境學習，如此學生即可利用鍵盤及滑鼠進行3D 虛擬人體器官互動操作（例如：旋轉及位移）。

本研究之研究成果可分成兩個階段進行陳述，第一階段本研究依據情境學習及虛擬實境相關文獻作為研究的理論基礎，致力於發展一套人體結構教學教材，該教材除了利用虛擬實境技術建置虛擬人體器官外，並搭配3D 動畫、2D 影像及文字說明建立出一系列人體結構相關的教學內容，最後結合網頁技術建構出網頁化的虛擬人體結構輔助教學系統。系統提供學習者一個互動的學習環境，主要是讓學習者瞭解人體結構間的空間位置，並提高學習者的學習興趣及增進相關知識的認知。該系統可應用於課堂教學及學生自主性學習，教師可利用該系統在課堂上進行投影式虛擬實境教學，學生也可使用該系統於課後進行自主性桌上型虛擬實境學習。

本研究之第二階段延續第一階段之研究成果，評估使用者個別差異對本研究所建置的虛擬人體結構輔助教學系統的接受度是否會產生影響，並驗證本研究所提出的研究假設。評估結果說明如下：

（一）學生的個別差異對系統接受度之影響

本研究發現學生的性別、電腦使用經驗、虛擬實境操作經驗及虛擬實境學習經驗，對系統的接受度並無顯著差異。由此可知本研究建置的輔助教學系統可被不同學習經驗的使用者所接受，如此可增加系統的使用普遍性。本研究之研究結果發現，醫學相關科系學生對系統的接受度頗高，並不會因性別及相關經驗而有所差異，由此可見本研究所建置的虛擬人體結構輔助教學系統為大多數的使用者所接受。

（二）學習者的「認知易用性」、「認知有用性」對「使用意願」之影響

本研究發現認知易用性可以預測認知有用性。因此，本研究結果也說明3D 虛擬實境系統的易用性，可以增加學習效能進而對認識人體結構產生有用性的效果。除此，本研究發現認知易用性、認知有用性對使用意願具有預測關係，這表示學生對系統的認知易用性及認知有用性將影響使用者對3D 虛擬實境系統的接受度程度。其中認知有用性可以解釋使用意願達到49%變異量，較認知易用性可以解釋使用意願7%的變異量為高。換句話說，虛擬實境對學生學習上的有用性為最主要學生能接受虛擬實境的原因。另外，本研究也發現系統的操作介面是否容易使用，及教學內容的設計是否對人體結構的學習有所幫助，皆為影響使用者對此3D 虛擬實境系統使用意願的因素。

綜合以上的分析，本研究建議未來將虛擬實境技術導入醫學教育，可朝向二個方向進行發展，一為增加虛擬實境的互動性操作設計，如此可以輔助醫學系學生學習解剖學，學生可以隨時操作3D 化人體器官以各種角度觀察各部份的器官，並可以讓學生組裝及拆解人體器官，或是進行外科手術的模擬操作。另一方面為導入問題導向學習（Problem-Based Learning, PBL）策略，醫學科系的學生在學習上主要在於瞭解人體器官的功能、位置及運作方式，而虛擬實境即可模擬相關情境，讓學生在情境中獲取問題解決的能力，如此可提供學生判斷思考的機會，並進而培養學生臨床上問題解決

能力。

目前醫學教育是透過課堂教學、放射學影像、可視性人體投射（Visible Human Project）、人體解剖與解剖示範等方法進行醫學相關知識的傳承，但隨著社會的變遷及科技的發展，除了以上這些傳統的教學方法，醫學教育是否能尋求創新的方式進行教學將是未來一個值得探討的問題。在英國 Peninsula Medical School 已經利用多媒體教材、電腦影像等方式取代傳統解剖學的教導（Brenton et al., 2007），由此可知電腦科技對醫學教育將帶來另一個時代的教學方法，其中虛擬實境技術所具備的互動性（Interaction）、融入性（Immersion）及想像力（Imagination）將是未來最具有醫療教學設計發展的空間，因此虛擬實境教學將是未來教育研究上不可或缺的一環。

二、研究限制

本研究依據研究目的需要將人體器官及組織進行3D 建模，但要為所有的人體器官及組織進行3D 建模，需要花費大量的時間及成本方能建置完畢。故本研究採用 Turbo Squid 公司所開發的人體資料庫中已完成3D 建模的組織及器官，並利用相關工具將其建置成虛擬實境。因此本研究只能根據此人體資料庫建立3D 虛擬人體器官並依此製作相關教學教材。另外，本研究在實驗對象的取樣上，只針對生物科技系與藥學系的學生進行教學實驗，因此研究結果在推論醫學教育上是有所限制。

另外，本研究所提供的投影式虛擬實境（Projection VR），其3D 虛擬實境影像的真實感及互動性的強度較融入式虛擬實境（Immersion VR）為低，然而依據課堂教學與成本上的考量，因融入式虛擬實境在同一時間裡只能提供一位使用者進行操作，且相關設備皆屬昂貴器材，所以本研究採用投影式虛擬實境以便提供多人同時使用，較適合在一般的課堂上使用。然而，投影式虛擬實境的使用者與影像無法進行個別互動，因此本研究另外提供桌上型虛擬實境（Desktop VR）以增加使用者與虛擬實境影像的互動。

三、未來研究方向

本研究主要在探討虛擬實境在醫學教育的應用，再者虛擬實境技術隨著電腦科技的發展而逐漸成熟，以下建議二個未來研究的方向：

（一）導入 Web3D 技術：

本研究目前所使用的虛擬實境操作介面需在使用者的個人電腦中執行，因此只能在特定的平台上進行虛擬實境的操作。未來的研究上可利用 Web3D 技術（例如：VRML、X3D）或其它工具（如：Virtools）將本研究的3D 人體器官模型網頁化，並輔以 Java applet 程式設定群組互動性功能，進而形成合作學習模式與系統跨平台的特性。

（二）實驗設計方面：

未來的研究對於實驗設計，可採用實驗組及對照組的方式，以較嚴謹的準實驗設計，達到驗證研究模式較佳的效果，更進一步瞭解虛擬實境應用在醫學教育上對學習者的學習成效所產生的影響。

參 考 文 獻

- 朱經明（民88）：多媒體與身心障礙兒童。特殊教育季刊，72期，10-12頁。
 林秀美（民85）：電腦模擬一個具有潛力的學習環境。視聽教育雙月刊，38卷，3期，16-25頁。
 黃仁竑、游寶達（民84）：遠距教學與虛擬實境（Virtual Reality）。資訊與教育，50期，24-27頁。
 梁朝雲、李恩東（民87）：虛擬實境的發展與種類。視聽教育雙月刊，40卷，3期，18-26頁。

- Brenton, H., Hernandez, J., Bello, F., Strutton, P., Purkayastha, S., Firth, T. & Darzi, A. (2007). Using multimedia and Web3D to enhance anatomy teaching. *Computers & Education*, 49(1), 32-53.
- Bricken, W. (1990). Virtual reality: Directions of growth, University of Washington, Seattle, *WAHITL Technical Report R-90-1*.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-41.
- Carl, L.E., & Anderson, T. (1994). *The Virtual Reality Casebook*. NY: Van Nostrand Reinbold.
- Davis, F. D. (1986). *A technology acceptance model for empirically testing new end-user information system: theory and results*. Unpublished doctoral dissertation, MIT Sloan of management, Cambridge, MA.
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13, 319-340.
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P. & Warshaw, P. R. (1989). User acceptance of computer technology: a comparison of two theoretical models. *Management Science*, 35(8), 982-1003.
- Dennis, J. R., & Kansky, R. J. (1984). Electronic slices of reality: The instructional role of computerized simulations. In J. R. Dennis & R. J. Kansky (Eds.), *Instructional computing: An acting guide for educators*. Glenview, Illinois: Scott, Foresman.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Heinich, R., Molenda, M., & Russell, J.D. (1989). *Instructional media and the new technologies of instruction*. Canada: John Wiley & Sons Press.
- Hoffman, H., Murray, M., Curlee, R., & Fritchle, A. (2001). Anatomic visualizeR: teaching and learning anatomy with virtual reality. *Information technologies in medicine*, 1, 205-218.
- Huang, H. M., Lai, C. M., Liaw, S. S., Yang, P. I., Liu, C. K. & Hsu, J. M. (2006). Using VR4MAX to Enhance Learning Interactivity. In K. M. Chao (Chair), *NDAP: A Successful Website Story in Taiwan*. The Fourth AEARU Workshop on Network Education (AWNE 2006), Taipei, Taiwan.
- Lee, J. (1999). Effectiveness of Computer-based instruction simulation: A meta-analysis. *International Journal of Instructional Media*, 26(1), 71-85.
- McLellan, H. (1994). Situated learning: Continuing the conversation. *Educational Technology*, 34(10), 7-8.
- Pratt, D. R., Zyda, M., & Kelleher, K. (1995). Virtual Reality: In the Mind of the Beholder. *IEEE Computer*, 28, 17-19.
- Riva, G. (1999). Virtual Reality as a communication tool: a socio-cognitive analysis. *Presence, Teleoperators and Virtual Environments*, 8, 460-466.
- Satava, R. M., & Jones, S. B. (1996). Virtual reality and telemedicine: exploring advanced concepts, *Telemed J*, 2(3), 195-200.
- Temkin, B., Acosta, E., Hatfield, P., Onal, E., & Tong, A. (2002). Web-based Three-dimensional Virtual Body Structures: W3D-VBS. *American Medical Informatics Association*, 9(5), 425-436.

收稿日期：2007年09月07日

一稿修訂日期：2007年12月11日

接受刊登日期：2008年04月22日

Bulletin of Educational Psychology, 2009, 40 (3), 341-362
National Taiwan Normal University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

A Study of User's Acceptance on Three-dimensional Virtual Reality Applied in Medical Education

<p>Chung-Min Lai Hsiu-Mei Huang</p> <p>Graduate School of Computer Science and Information Technology</p> <p>National Taichung Institute of Technology</p>	<p>Shu-Sheng Liaw Wen-Wen Huang</p> <p>Department of General Education</p> <p>China Medical University</p>	
---	---	--

Using three-dimensional (3D) contents for learning virtual reality (VR) is the use of 3D graphic systems in combination with various devices to provide the effect of immersion in the interactive virtual environment. In this study, the authors built a Virtual Body Structures Auxiliary Teaching System (VBS-ATS) based on situated learning and virtual reality theory. This system is a Web-based three-dimensional interactive learning environment that can be used for assisting students to learn human structure. In addition, this system consists of six learning units including Nervous System, Respiratory System, Vascular System, Digestive System, Urinary System, and Skeletal System of a human body. The main purpose of this study attempts to evaluate learners' perceptions on 3D virtual reality applied in medical education. The instructor uses project virtual reality to present 3D course contents in the classroom. To improve interactivity, learners can use the Web-based 3D learning system through desktop virtual reality to assist their learning when they need. Three research variables: perceived usefulness, perceived easy to use and intention to use, are investigated in this study. Finally, a questionnaire, based on Technology Acceptance Model (TAM), was developed for evaluating this 3D VR learning environment. Results indicated that perceived easy to use can predict perceived usefulness. Moreover, perceived easy to use and perceived usefulness can predict students' intention to use the 3D virtual reality system. In addition, perceived usefulness accounts for 49% of variance in intention to use the system.

KEY WORDS: interactive learning, technology acceptance model (TAM), virtual reality (VR)

