

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

測量實習虛擬實境學習系統之研究
Virtual Environment for Surveying Practice

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC-93-2520-S-216-001-

執行期間：93年8月1日至94年7月31日

計畫主持人：葉怡成

共同主持人：

計畫參與人員：陳世峰、唐為灝、江宗原

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：中華大學

中 華 民 國 94 年 10 月 10 日

致謝

本研究的完成最需感謝江宗原同學的努力，沒有他一再嘗試、修改，本研究難以完成。

葉怡成 謹誌
九十四年十月

摘要

傳統的測量教學之中，有許多複雜的因素如天候不佳、儀器的數量限制、師生比例差異過大等因素，導致學習者意願低落，影響教學品質。教學方式的革新與科技的進步對於傳統教學方式有莫大的衝擊。本研究是採用電腦輔助教學的方式，將教學設計中廣泛被採用的認知、技能、情意三領域之目標分類，配合互動式多媒體系統與虛擬實境的方式，重新設計教學流程。本研究利用 3D 建模與 3D 互動式軟體，建構一套具有互動式的虛擬實境系統，並以測量實習教學中的導線測量與地物測量為範例，其目的著重於讓學習者能了解測量實習應注意的原則與方法，達到教學的目的。

關鍵詞：多媒體、互動式多媒體、虛擬實境、測量實習

Abstract

The main objective of this system is to supplement field teaching of surveying practice via intelligent interaction with the computer-based tutoring system, including traversing surveys, planimetric mapping surveys. This system is designed to be a self-paced virtual tutor with intelligent, user-friendly interactions. The system took advantage of the special characteristics of virtual reality in teaching surveying practice, including immersion, interaction and imagination.

Key words: multimedia, interactive multimedia, virtual reality, survey practice.

目錄

第一章 導論	01
1-1 研究目的.....	01
1-2 研究方法.....	02
1-3 研究內容.....	03
第二章 文獻回顧	04
2-1 教學媒體.....	04
2-1-1 多媒體教學種類	07
2-2-2 媒體教學法	09
2-2 虛擬實境.....	11
2-2-1 虛擬實境特性	11
2-2-2 虛擬實境的優點	15
2-2-3 虛擬實境的應用	15
2-3 人機介面	17
2-3-1 人機介面定義	17
2-3-2 人機介面的種類與形式	18
2-3-3 人機介面設計方法	19
2-4 電腦輔助學習(CAI)	21
2-4-1 電腦輔助學習	21

2-5	互動式多媒體
2-5-1	互動多媒體之定義
2-5-2	互動式多媒體的特性與設
2-5-3	互動式多媒體之優點與限
2-6	虛擬實境在工程教育上之應用 ...
第三章	系統分析
3-1	前言
3-2	系統分析
3-3	教學系統
3-3-1	教學系統設計原理
3-3-2	遊戲在教育上的應用 ...
3-3-3	傳統教學與互動多媒體教
3-3-4	教學理論
3-3-5	認知領域
3-3-6	動作技能領域
3-3-7	情意領域
3-4	導線測量教學系統
3-4-1	導線教學系統設計原理 .
3-4-2	傳統教學與虛擬實境教學

3-5	地物點測量教學系統	54
第四章	系統設計	55
4-1	前言	55
4-2	測量實習虛擬實境教學系統	58
4-2-1	系統流程	58
4-3	虛擬導線測量實習教學	61
4-3-1	虛擬導線測量功能介紹	63
4-4	虛擬地物測量實習教學	67
4-4-1	虛擬地物測量功能介紹	69
4-5	討論	74
第五章	系統建構	75
5-1	前言	75
5-2	虛擬實境模型建構軟體	75
5-2-1	選用 3DMAX 原因	77
5-2-2	3DS MAX 簡介	77
5-3	虛擬實境互動建構軟體	79
5-3-1	選定 Virtools 之原因	81
5-3-2	Virtools 簡介	81
5-4	物件建構	83

5-4-1	素材之建構	83
5-4-2	素材與實務之比較	84
5-5	3D 虛擬導線測量系統建構.....	90
5-5-1	導線測量系統虛擬實境互動功能.....	90
5-5-2	人物移動模式之建構	91
5-5-3	導線定位點模式之建構	93
5-5-4	瞄準鏡模式之建構	94
5-5-5	射擊模式之建構	95
5-5-6	參數計算模式之建構	96
5-6	3D 虛擬地物測量系統建構.....	98
5-6-1	地物測量系統虛擬實境互動功能.....	98
5-6-2	人物移動模式之建構	99
5-6-3	瞄準鏡模式之建構	101
5-6-4	射擊模式之建構	102
5-6-5	參數計算模式之建構	104
第六章	結論與建議.....	106
6-1	結論	106
6-2	建議	107
參考文獻	110

圖目錄

圖 1-1 研究流程.....	03
圖 2-1 教學媒體特色.....	06
圖 2-2 多媒體教學種類分類.....	08
圖 2-3 戴爾經驗金字塔.....	09
圖 2-4 虛擬實境五項特性.....	13
圖 2-4 虛擬實境的三個要求.....	13
圖 2-5 人機介面流程.....	20
圖 3-1 研究理論基礎.....	44
圖 3-2 教學與遊戲關係圖.....	43
圖 4-1 傳統導線與地物測量實習教學流程圖.....	56
圖 4-2 虛擬實境測量實習教學流程圖.....	57
圖 4-3 導線與地物測量虛擬實境教學系統流程圖.....	59
圖 4-4 系統評分模組流程圖.....	60
圖 4-5 虛擬導線測量實習教學流程圖.....	61
圖 4-6 人物操作移動流程圖.....	63
圖 4-7 導線控制點定位流程圖.....	64
圖 4-8 瞄準鏡控制流程圖.....	64
圖 4-9 射擊模式流程圖.....	65

圖 4-10 分數計算模式流程圖.....	65
圖 4-11 評分系統模組流程圖.....	67
圖 4-12 虛擬實境地物測量實習教學流程圖.....	68
圖 4-13 人物操作移動流程圖.....	70
圖 4-14 導線控制點定位流程圖.....	70
圖 4-15 瞄準鏡控制流程圖.....	71
圖 4-16 射擊模式流程圖.....	71
圖 4-17 資料計算與儲存模式流程圖.....	72
圖 4-18 評分系統模組流程圖.....	73
圖 5-1 全站儀儀器與 3D 素材之比較圖.....	85
圖 5-2 全站儀腳架與 3D 素材之比較圖.....	85
圖 5-3 全站儀套件與 3D 素材之比較圖.....	85
圖 5-4 反射稜鏡與 3D 素材之比較圖.....	86
圖 5-5 虛擬操作人物素材.....	86
圖 5-6 3D 虛擬校園地形與現地地形比較圖(校門).....	87
圖 5-7 3D 虛擬校園地形與現地地形比較圖(土木館).....	87
圖 5-8 3D 虛擬校園地形與現地地形比較圖(白馬湖與機械館)	87
圖 5-9 3D 虛擬校園地形圖.....	88
圖 5-10 育成大樓與 3D 建物素材比較圖.....	88

圖 5-11 建築大樓與 3D 建物素材比較圖	88
圖 5-12 活動中心大樓與 3D 建物素材比較圖	89
圖 5-13 國際會議廳與 3D 建物素材比較圖	89
圖 5-14 圖書館與 3D 建物素材比較圖	89
圖 5-15 機械館與 3D 建物素材比較圖	90
圖 5-14 人物攝影機程式畫面	94
圖 5-15 人物移動攝影機視點畫面	94
圖 5-16 攝影機切換按鈕(導線測量)	91
圖 5-17 人物移動鍵盤示意圖(導線測量)	92
圖 5-18 人物攝影機程式畫面(導線測量)	92
圖 5-19 人物移動攝影機視點畫面(導線測量)	92
圖 5-20 導線控制點鍵盤操作示意圖(導線測量)	93
圖 5-21 導線定位點建構畫面(導線測量)	95
圖 5-22 導線定位點執行畫面(導線測量)	95
圖 5-23 細部瞄準鍵盤控制示意圖(導線測量)	94
圖 5-24 瞄準鏡模式建構畫面(導線測量)	94
圖 5-25 瞄準鏡模式執行畫面(導線測量)	94
圖 5-26 射擊模式鍵盤控制示意圖(導線測量)	95
圖 5-27 射擊模式建構畫面(導線測量)	95

圖 5-28 射擊模式執行畫面(導線測量).....	95
圖 5-29 參數與資料儲存鍵盤控制示意圖(導線測量).....	96
圖 5-30 參數計算模式建構畫面(導線測量).....	97
圖 5-31 參數計算模式執行畫面(導線測量).....	97
圖 5-32 人物移動鍵盤控制示意圖(地物測量).....	99
圖 5-33 攝影機鍵盤控制示意圖(地物測量).....	99
圖 5-34 人物攝影機程式畫面(地物測量).....	100
圖 5-35 人物攝影機程式畫面(地物測量).....	100
圖 5-36 瞄準鏡模式建構畫面(地物測量).....	101
圖 5-37 瞄準鏡模式執行畫面(地物測量).....	102
圖 5-38 射擊模式鍵盤控制示意圖(地物測量).....	103
圖 5-39 射擊模式建構畫面(地物測量).....	103
圖 5-40 射擊模式執行畫面(地物測量).....	104
圖 5-41 參數模式建構畫面(地物測量).....	105
圖 5-42 參數模式執行畫面(地物測量).....	105

表目錄

表 2-1 虛擬實境的應用	16
表 2-2 CAI 使用方法	22
表 2-3 互動式多媒體之特性、形式分析表	24
表 2-4 1995~2004 年以虛擬實境為相關研究國內博碩士論文整理	31
表 2-5 1997~2004 年度國科會虛擬實境於訓練與學習專題研究 .	34
表 2-6 1990~2004 年 ASCE 土木相關領域以虛擬實境為相關期刊論文 與研討會.....	37
表 3-1 傳統教學與互動多媒體教學在測量學教學方面之比較...	45
表 3-2 認知領域的六個層次表	48
表 3-3 認知領域的六個層次表（應用於導線測量與地物實習教學）	49
表 3-4 傳統教學與虛擬實境輔助學習教學之比較	53
表 4-1 導線測量系統功能表	62
表 4-2 地物測量系統功能表	69
表 5-1 3DS MAX 與 MAYA 軟體比較.....	76
表 5-2 Virtools 與其他軟體之比較表.....	80
表 5-3 系統元件建構表	84

第一章 導論

1-1 研究目的

傳統的測量教學之中，有許多複雜的因素如天候不佳、儀器的數量限制、學習者人數過多或是師資不足等問題，經常會影響到教學品質。如何克服教學上的盲點，將教學活潑化、互動化、個人化，是一個值得研究的課題。

導線與地物測量教學部分仍有諸多盲點，一般傳統教學方式很難教導學生導線佈點原則，以及地物點選點要領。本研究藉由虛擬實境(VR)以及數位學習的方式，使教師們能清楚地呈現導線點與地形要點的概念，並且搭配活潑化、互動化、個人化遊戲方式，增加學生對測量的認知與了解(參考圖 1-1)。

本研究採用 3D Studio MAX (以下簡稱 3DS MAX)建立高度真實性的模型，搭配 Virtools Dev (以下簡稱 Virtools)互動軟體來製作電腦輔助系統。而這套 Virtual Reality Surveying(以下簡稱 VRS)互動式系統中包含：(1)導線測量教學系統(2)地物測量教學系統。系統採用模擬式遊戲教學法(SG)搭配虛擬實境建構而成，利用高度的真實性與互動性使用者能在虛擬世界中遊走，以進行導線測量以及地物測量實習，強化使用者對導線測量與地形要點的概念。

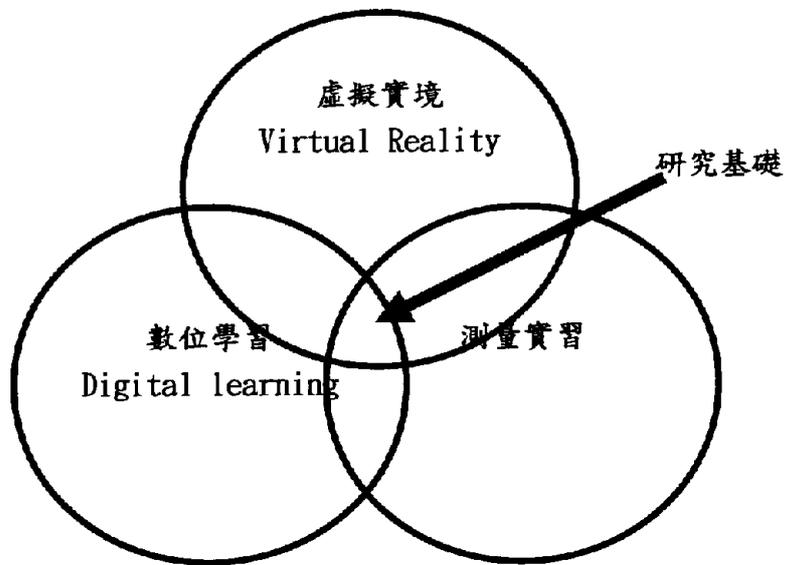


圖 1-1 研究理論基礎

1-2 研究方法

本論文研究方法分為二大部分：

一、 VRS 教學系統

本研究利用 3DS MAX 建構虛擬地形、地形、地物，並以 Virtools 賦予系統互動功能模擬導線測量實習與地物測量實習的虛擬實境教學系統。

二、 VRS 系統教學的成效分析

為了客觀分析 VRS 系統在教學上的成果，我們在完成練習後立即對學生作問卷調查，進行成效分析。

本系統的研究流程如圖 1-2 所示：

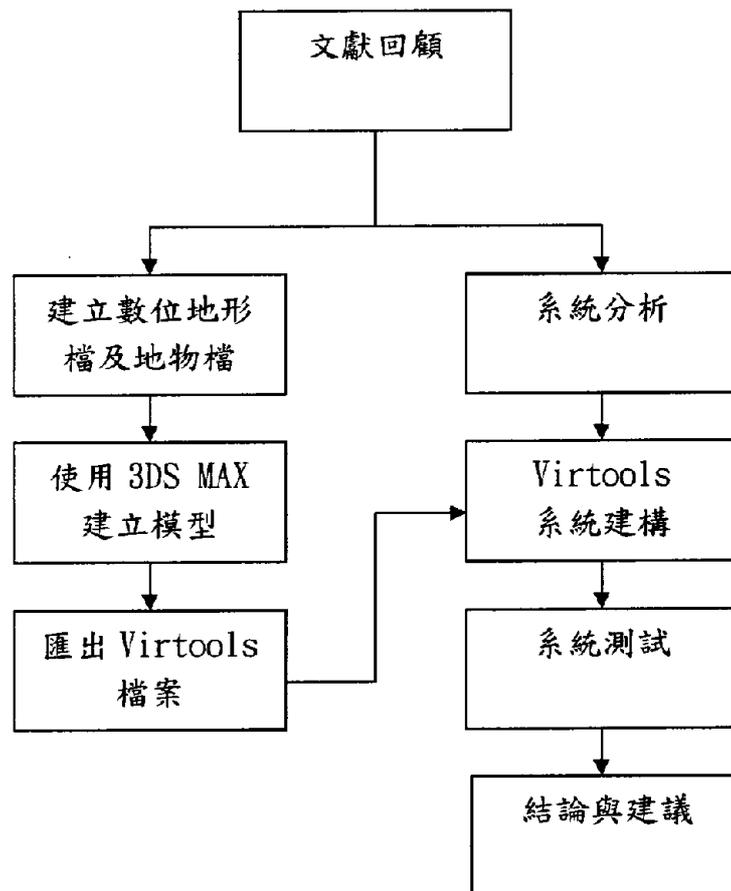


圖 1-2 研究流程

1-3 研究內容

本研究內容第二章為文獻回顧，主要回顧與虛擬實境及電腦輔助學習(CAL)的相關的研究。第三章系統分析，探討系統應達成目標。第四章系統設計，研究如何將教學理念運用於虛擬實境以及互動遊戲中。第五章系統建構，描述系統建構工具、方法、流程。第六章系統測試，以問卷評估系統效能。第七章：為結論與建議

第二章 文獻回顧

2-1 教學媒體

由於資訊科技的發達，教師可以取得媒體形式種類急遽增加，教師做為學習的引導者，有必要檢視學習環境中，教學媒體對學生可能造成的潛在影響。

成功的教學具備了各種教學觀點的特色〔1〕：

- 主動參與：學生主動參與有意義的任務，與內容互動，便可以達到有效的學習。
- 反覆練習：學習新的事物必須經過一次以上的接觸才記得住，在不同環境下練習，可以運用新知識、新技能的能力。
- 個別差異：每一個學習者因個性、性向對某一主題的學習過程有所不同。有效的教學法應讓每一位學習者依照不同速度去涉獵不同的主題。
- 快速回饋：學習者必須知道他們的思考方式是否正確，教師的書面訂正、電腦的電子訊息、遊戲的計分系統皆可幫助學生瞭解自己的吸收程度以及不明瞭的地方。
- 實際情境：在真實的情境之中發生的事情往往能讓我們容易記得並且應用得當。而機械式的學習只能獲的「死知識」(inert-knowledge)。

- 社會互動：一起相處的人隨時可成為指導者或是學習夥伴，提供教學上或是人際關係上的支持。因此在設計或選擇媒體時，都必須重視參與互動。

綜合以上分析可知，成功的學習主要的關鍵是在於教師如何將各種教學媒體整合於課程之中。

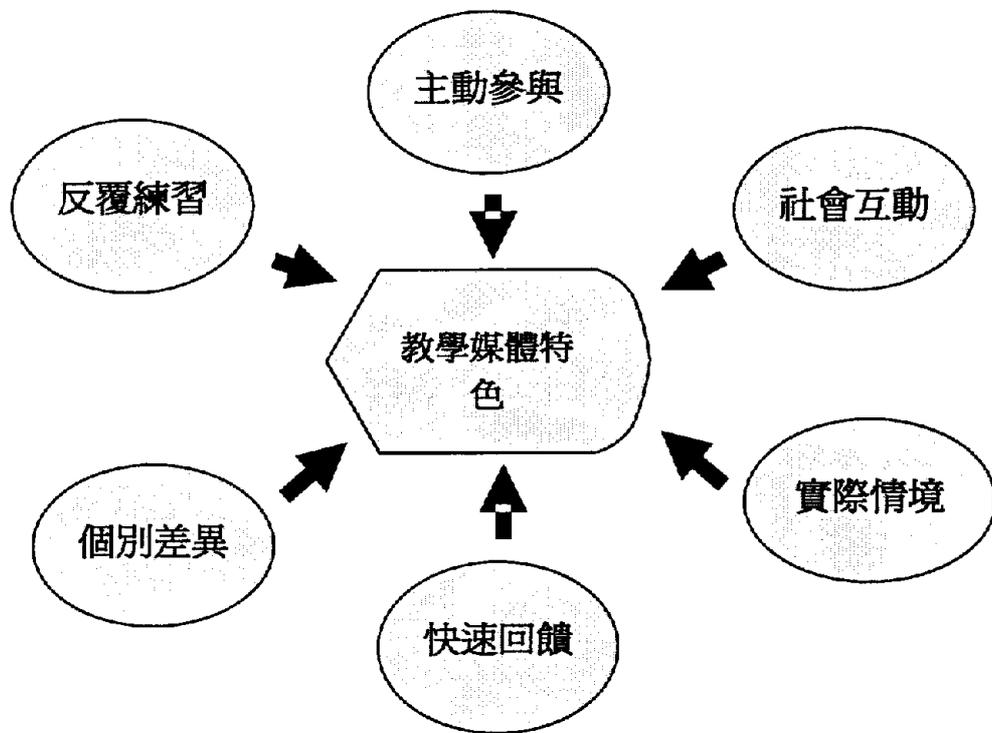


圖 2-1 教學媒體特色

2-1-1 多媒體教學種類

多媒體系統可以包括傳統媒體的結合運用或是與電腦結合，並呈現文字、圖畫、聲音與視訊以提升教學效果。多媒體系統在教育與訓

練上應用的目的，就是希望讓學習者處於一個能擁有多感官經驗，以提昇學習效果。一般的多媒體型態有下列這種(參考圖 2-2)〔1〕：

- 多媒體套件：能結合多種型式的媒體應用於單一主題的媒體。
- 超媒體：能呈現非循序式的教材媒體。
- 互動式媒體：能讓學習者接受回饋和互動學習的媒體。
- 虛擬實境：能讓學習者沉浸在多重感官經驗，擬真地與景物互動的軟體。
- 專家系統：能結合專家經驗教導學習者如何解決複雜的問題的軟體。

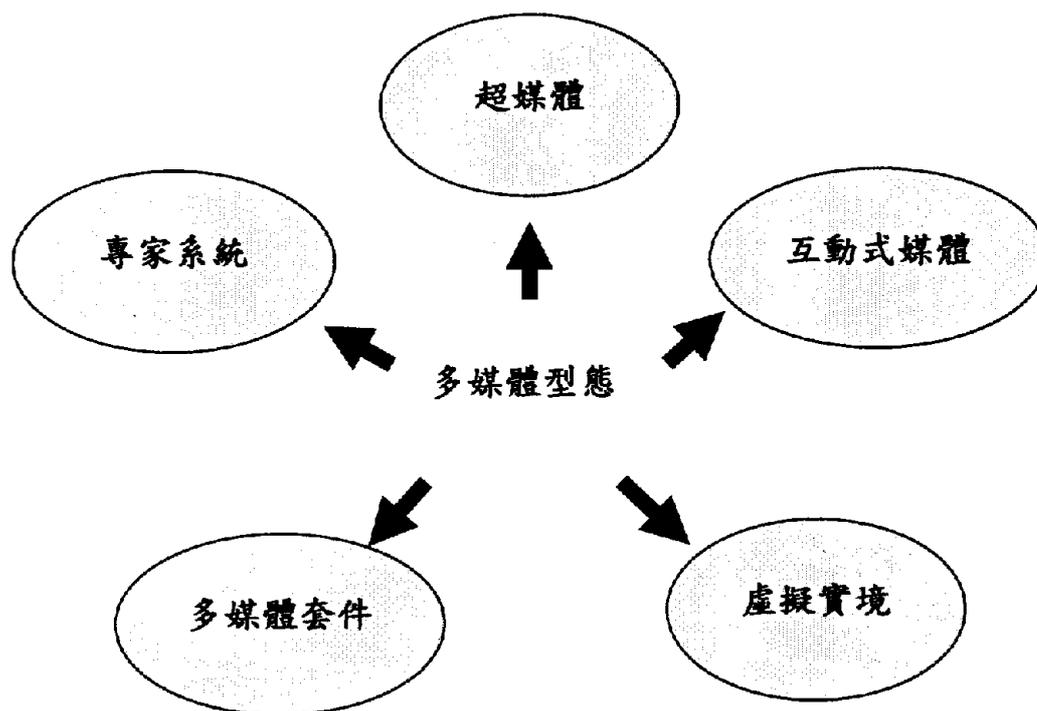


圖 2-2 多媒體教學種類分類

2-1-2 媒體教學法

所有媒體幾乎都可以使用下列這十種教學方法，分別是〔1〕：

1. 講述法：以說明、改編或傳播資訊給學習者的方式呈現資訊。因為是單向的溝通方式，其缺點是無法立即與學習者進行互動，也無法由學習者得到立即回應。資訊來源可以是教科書、錄影帶、錄音帶、教師等。
2. 示範法：讓學習者觀察一個實際的例子，以便學習某種技能或程序。示範法的目標可能是要學習者模仿一項身體表現的動作，或是模仿某個典範的態度與價值。例如在職訓練常用一對一的示範，有經驗的員工對新進人員示範某項程序的操作。示範法進行時可以立即提出疑問、回答問題。
3. 討論法：讓學生與教師之間或是學生與學生之間可交換意見。此方法可使用於教學與學習過程的任何階段。討論法是評估學生知識、技能和態度的有效方法。
4. 反複練習法：學習者接受一連串的練習，這些練習的目的在於增進學生對新技能使用的流暢度，或復習已習得的技能。為了使這方法更有效，必須加入回饋部分，才能強化正確的回應，矯正學生在過程中可能犯的錯誤。例如使用在練習數學、學習外語及字彙。

5. 個別指導法：指導者(可以是人、電腦軟體等)展現內容、提出問題、要求學習者回應、提供恰當的回饋，直到學習者展現預定能力。
6. 合作學習法：利用團體合作方式，如二到三人為一組共同解決老師指定的問題。這個方法可以使學生在解決問題的過程中學到更多的知識。
7. 遊戲學習法：用遊戲能創造出一個較快樂的學習環境，讓學生為了想要達到目標而遵循所訂定的規則，從遊戲過程中學習技能或概念。此種方法能引起學生自發性的學習，並且處裡在教學上較沉悶或重複性較高的內容特別有效。
8. 模擬學習法：讓學生體驗一個具體而微的真實情境。在沒有實際情境中的風險或花費之前提下，提供學生實際練習。
9. 發現學習法：讓學生採用歸納、探究的方式來達到學習效果；換言之，學生必須親身體驗一連串的試驗與犯錯的過程，進而找出問題並解決之。此法主要目的是培養學生在參與過程中，能對內容有更深一步了解。
10. 問題解決法：安排一個新的問題給學生，讓學生踴躍參與。隨著同伴之間的合作及討論，學生學會思考、解釋，進而找出答案。

而本研究應用的教學法是採遊戲學習法與模擬學習法，利用遊戲與虛擬實境的方式，將較沉悶或重複性高的課程內容轉變成有趣的學習媒體，引發學生學習的自發性。

2-2 虛擬實境

虛擬實境是利用電腦模擬三度空間，以電腦繪圖之技術產生一個擬真的情境，其主要目的是要營造一個直覺式的互動環境。

虛擬實境必須掌握以下這五個特性〔2〕：

1. 由電腦產生。
2. 是個 3D 立體空間。
3. 可以和這個空間的事物進行交談。
4. 可以隨使用者的意志自由的游移。
5. 要有融入感與參與感。

虛擬實境要滿足三個要求，參考圖 2-5〔2〕：

- 融入度(Immersion)：當為了一件事情沈迷投入時，會達到渾然忘我的境界完全無視於外界的環境。虛擬實境就是藉助這種心理讓人擺脫現實環境的壓力，讓人進入到電腦所模擬的虛擬世界。
- 互動性(Interaction)：因為真實的世界中，人可以與周圍的環境互動，例如：抬頭可以看到太陽、白雲，可以和行人打招呼。

所以虛擬實境就是要把這種人與環境的互動性，加入虛擬世界中讓虛擬世界變得更加地真實。

- 想像力 (Imagination)：人類就是有類似天馬行空的想像力，才創造了今日的世界。虛擬實境就是想藉著人的想像力，將虛擬實境和真實的事物聯想一起。好比一個雖然沒有進入大英博物館，卻可透過網際網路去瀏覽參觀虛擬的大英博物館。

虛擬實境最大特點在於能讓使用者能有“身歷其境”的感覺，即使這個電腦所產生的虛擬世界在現實生活並不存在。此項技術透過電腦把原本數值化的資料或是理論化的定理，透過圖學的立體圖形表示方式建立一個不存在的世界，使得使用者可以置身在這個資料中來直接處理這些資料，或是對某一個理論化的定理有更清楚的認識〔3〕。

虛擬實境的優點與限制有下列幾項〔1〕：

優點：

- 提升學習安全：藉由 VR 所建構的真實世界，可以讓使用者不必身歷災難與險境就能進行學習。
- 擴展學習領域：可以藉由 VR 建構出真實世界無法達到的效果。

限制：

- 軟硬體的成本高昂：完整的 VR 設備相當昂貴。
- 技術尚未完全成熟：達到發展成熟的 VR 教學軟體寥寥可數。

虛擬實境(Virtual Reality，簡稱VR)是由電腦和一些專用的軟體和硬體所虛擬出一個擬真環境。藉由整合3D電腦繪圖、3D音效與其他人體感知介面所構成的一個模擬環境。虛擬實境在各領域應用整理如表2-1。

由表2-1的歸納，可以清楚的發現虛擬實境的應用層面相當廣泛，不僅應用於日常生活與娛樂中，更運用於特別的訓練與狀況的模擬上。

2-3 電腦輔助學習(CAL)

自1980年代以來個人電腦快速成長，使電腦快速成為正式或非正式教育中的關鍵教學科技。電腦輔助學習的類型如表2-2所示。

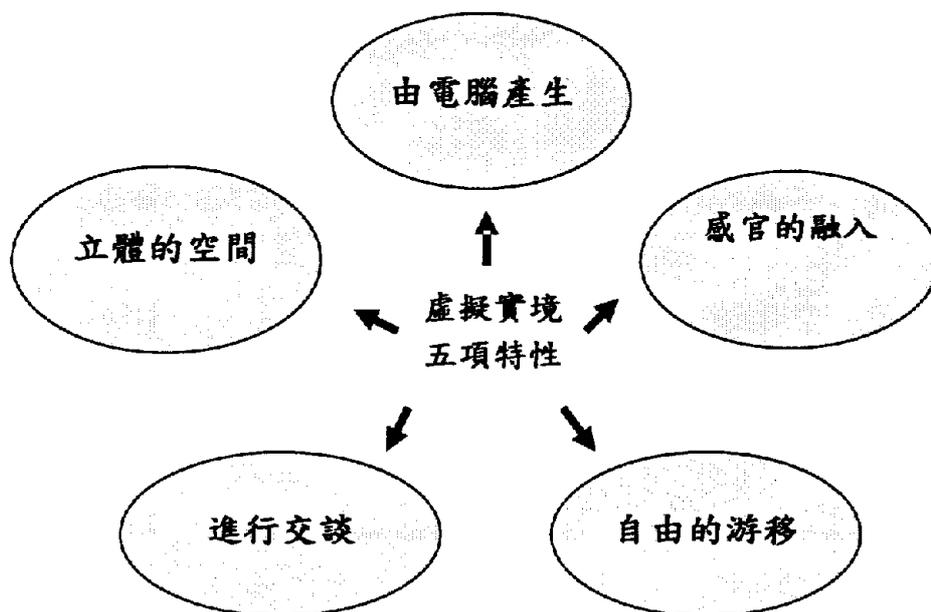


圖 2-3 虛擬實境五項特性

表2-1 虛擬實境的應用〔4〕

項目	應用市場	應用類別
一	網路應用	虛擬銀行、商店、博物館、大學(校園)等。
二	教育	虛擬科學實驗室、虛擬天文館、青少年數理立體觀念、生活教育、專業領域的教育訓練等CAI軟體。
三	訓練	駕車(一般車輛、吊車、堆土機...等)、飛行、滑雪、機械人操作模擬、火災救災演練及各式儀器、設備操作、安裝與檢修訓練。
四	醫學	外科手術、遠程遙控手術、身體復健、虛擬超音波影像、牙齒校正、及藥物合成等。
五	設計	器材、室內、景觀、建築、土木、管線工程、機械人輔助設計、室內音響模擬等。
六	商業	廣告(動產、不動產、一般業務推銷及企業Home Page製作)、財務分析、電傳會議及虛擬購物中心等。
七	簡報	博物館、紀念館、捷運車站簡介及遊客導覽系統。
八	軍事	飛行模擬、各式軍車、軍艦、武器操控及軍事演習等。太空訓練、虛擬駕駛等。
九	監控	即時性股市行情顯示、電信網路及交通監控等。
十	藝術	動態藝術、虛擬演員、虛擬音樂等。
十一	科學視覺化	行星表面重建、虛擬風洞試驗、分子結構分析等
十二	刑事調查	犯罪現場模擬。
十三	娛樂	電腦遊戲、電動玩具機、虛擬電影院

表2-2 電腦輔助學習〔1〕

方法	目的	教師角色	電腦角色	學生角色
反復練習式學習	<ol style="list-style-type: none"> 1. 複習已教過的事實與術語。 3. 必要時問題與答案反復練習。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 安排教材。 3. 檢查進度。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提問題。 2. 檢查進度。 3. 評量學生反應。 4. 提供回饋。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 練習教過內容並回答問題。 2. 接收回饋。
個別指導式學習	<ol style="list-style-type: none"> 1. 提供補救教學。 2. 教導觀念與原則。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 選擇教材。 2. 適性教學。 3. 監看進度。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 呈現資訊。 2. 提出問題。 3. 整理概念。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 與電腦互動。 2. 回答與提出問題。
遊戲式學習	<ol style="list-style-type: none"> 1. 有趣方式訓練、練習、競賽。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 設定限制。 2. 指導過程。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 扮演競爭者、裁判。 2. 分數記錄。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 學習策略。 2. 學習技能。
模擬式學習	<ol style="list-style-type: none"> 1. 接近自然的真實情境。 2. 以小組或個別教學。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 介紹主題。 2. 呈現背景。 3. 引導簡報。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 扮演角色。 2. 送出決定後的結果。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 練習做決定。 2. 接受決定後結果。 3. 評量決定。
發現式學習	<ol style="list-style-type: none"> 1. 探詢資料庫 2. 推演方法。 3. 嘗試錯誤。 4. 測試假設。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 呈現問題。 2. 監看進度。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 呈現資訊。 2. 儲存資料。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 做出假設。 2. 測試假設。 3. 發展規則。
問題解決式學習	<ol style="list-style-type: none"> 1. 定義問題。 2. 試驗假設。 3. 檢驗資料。 4. 產生答案。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 分派問題。 2. 協助學生。 3. 檢查結果。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 呈現問題。 2. 處理資料。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 定義問題。 2. 設定解答。 3. 處理變數。 4. 執行嘗試錯誤。

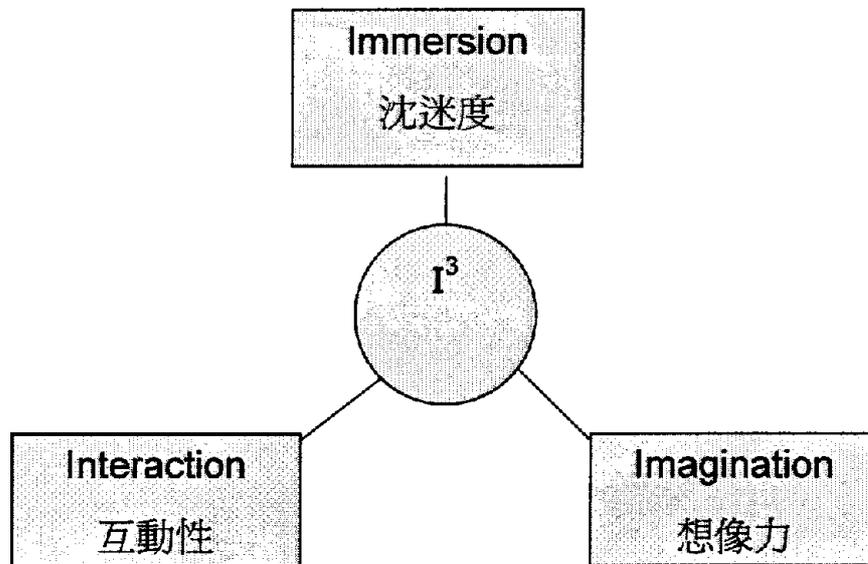


圖 2-4 虛擬實境的三個要求〔2〕

2-4 虛擬實境在工程教育上之應用

(一) 國內相關研究

陳瓊瑤(1995)以虛擬實境在教育訓練之應用為探討的主題，進行研究。本研究主要是採取實作方式和分析比較方式。研究結果顯示，虛擬實境在教育訓練之應用是可行的。

蘇芬雅(1996)承續國內外相關領域的研究結果，繼續探索 VR 於教育應用的可行性，設計出一套專為國中學生設計的虛擬實境地震學習系統：MOVER。研究結果顯示，MOVER 系統的學習內容可以適合國中程度的受試者。他們對於虛擬實境的接受性很高，對未來虛擬實境於教育應用的發展亦持正面態度。

柯廷潔(1997)設計一套個人電腦組裝職訓的虛擬實境系統。使用

時受訓者頭部戴上頭盔顯示器，本系統則即時輸出立體的組裝工作台場景，可看到工作台上各種逼真貼圖的組件及工具。然後受訓者移動雙手，開始從事組裝動作。由本研究成果得知，受訓者在接受虛擬組裝訓練後，對電腦組裝有進一步的認識，並其接受度高。

邱明祺(1997)探討虛擬實境於電腦輔助教學上的應用，完成一間虛擬材料力學實驗室，並評估其可行性及適用範圍。本研究將虛擬實境結合全球資訊網及超文件格式的技術，提供系統相關的材料力學教學資源。研究結果顯示，虛擬實境能提供了電腦輔助教學 3D 圖形的觀察介面，而超文件連結則提供了相關的教學說明網頁，藉由兩者的相輔相成，提供使用者能夠達到更好的學習效果。

陳采穗(1998)嘗試將虛擬實境技術應用在加強國小高年級學童的空間能力上。依據學者對空間能力的研究及虛擬實境技術的特性，開發一套可以加強積木旋轉能力的三度空間物體操控軟體。統計結果顯示，接受本研究所開發之軟體訓練的國小高年級學童，其積木旋轉能力有顯著的增強。

吳銘輝(1998)嘗試著透過一個建築設計的實驗來分別測試傳統繪圖與虛擬實境兩項媒材，並根據實驗的過程與最終的結果來比較兩種媒材的差異性，及找出虛擬實境在建築設計過程中的一些特性。研究結果顯示，虛擬實境中具有三維空間的即時視覺感受，在空間的處

理與空間的安排利用上都可以有比較仔細的考慮。

葉儒智(1998)從虛擬實境學習環境的深入探討，配合學習理論及教學設計之系統化方法，利用虛擬實境塑形語言(VRML)發展出一個可以透過 Internet 來學習的虛擬實境學習環境線上課程。經過實際施測之程式追蹤及使用者回饋問卷之分析，有 85.1%的使用者認同本虛擬實境學習環境系統之內容設計。

劉勝民(1998)研究之目的在建構一套三維虛擬實境的課程軟體發展模式，並以所建構之發展模式，設計製作識圖教學課程軟體系統雛形。為達成研究目的，本研究首先探討課程軟體之建構模式與設計原則，並以國民中學生活科技課程中識圖與設計單元之教學活動構思當做應用實例，再以雛形法進行課程軟體開發，最後再進行評估與應用。本研究課程軟體的發展模式、人機界面設計原則、方法與技術，可為其他需要空間能力配合之課程提供發展課程軟體的參考。

蕭丞鈞(2001)運用虛擬實境技術發展一套在個人電腦操作環境下之靜脈注射虛擬實境模擬系統。在學生模擬操作結束後，系統將詳細列出在整個注射程序中使用者的操作行為之評估報告。研究結果顯示，本系統可增進醫護學員對靜脈注射的瞭解，於實地操作時更具備精進之技術。

林政佑(2002)透過多媒體與網際網路結合工業設計課程，發展出

一套可學習、測驗的網路教學模式，以有助於工業設計教育的教學與學習。研究結果發現，以網路虛擬實境的方式做為學習後的練習、測驗，並搭配不同的媒體類型做為解說之教學模式，對於教學滿意度有正向偏好的影響。

邱欽融(2002)以電腦輔助學習來提升測量實習數值地形測量的教學效果，包括：(1)利用 VRML 建構一套「立體地形模型系統」S3VR 以輔助地形特徵說明。(2)研發一套「虛擬實境數值地形測量電腦輔助學習系統」ICALS。學生可在虛擬實境的環境中進行選取地形特徵要點及編輯三角網，如臨現場般的進行測量作業，並在作業完成後立即了解學習狀況、達到即時回饋的效果。

陳世峰(2003)利用一套虛擬實境測量實習教學系統 ICALS，建立充足且具代表性之地形模型提供學生練習，並對使用系統的學生進行問卷，以評估系統的實用性。研究結果顯示，系統對學習有良好的貢獻性。

鍾日欣(2003)描述一個在全球定位系統(GPS)儀器與量測之領域的互動式多媒體之發展經驗。這個系統的主要目標是，經由以多媒體技術為基礎的教學系統的智慧型互動，幫助學生獲得 GPS 操作的基礎，以補野外教學之不足。這個系統被設計成一個具有智慧的、使用者友善的互動之自我控制進度的虛擬教師。課程軟體包括在模擬真實

儀器的虛擬儀器上作練習的單元，因此，學生能夠沒有實際儀器下，進行虛擬的操作實習。根據對學生的問卷，學生對這個系統有良好的反應。

唐為灝(2004)藉由虛擬實境互動性、個人化回饋、參與感及融入感等特性，建立一套虛擬全站儀，使初學者不會被傳統測量實習中時間與空間條件所限制，以達成最佳的學習效果，並提升學習興趣，進而改善教學的品質與效果。已初步建立全站儀雛形，並完成定心、定平與照准等全站儀功能。

回顧 1995-2004 年國內博碩論文相關於虛擬實境相關研究如表 2-3。其中與土木直接相關者有申請人指導的「虛擬實境在全站儀測量實習教學之應用」(唐為灝 2003)、「虛擬實境在測量實習教學之應用」(陳世峰 2003)、「虛擬實境在數值地形測量電腦輔助學習系統之應用」(邱欽融 2002)，以及非申請人指導的「虛擬實境於電腦輔助教學之研究-以材料力學之學習為例」(邱明祺 1997)、「虛擬實境學習環境之研究：以結構力學之學習為例」(姚裕勝 1995) 等五篇。從表中可看出近年來以虛擬實境應用在訓練與學習系統的論文廣泛的被研究，其中以教育、資工、醫學及機械最廣，並且陸續得到優良的成果。但在土木領域中被研究的可謂少數，因此，如何進一步應用虛擬實際技術於提昇土木教學品質，實為一個可研究的重要方向。

回顧 1997-2004 年度國科會於虛擬實境於訓練與學習專題研究如表 2-4。從表中可看出近年來虛擬實境應用在醫學手術模擬、地球科學學習最為普遍。其中與土木直接相關者除了申請人的「測量實習虛擬實境學習系統之研究」(葉怡成 2003) 之外, 有「資訊科技融入地球科學教學與學習之研究」(李逢春 2004)、「應用雷達資料進行降雨系統之辨識與平移速度估計技術研究及其虛擬實境展示」(李天浩 2001)、「虛擬實境於地形資料獲取與模擬之應用」(李良輝 1998)、「虛擬實境在材料力學輔助教學之應用」(林昌佑 1998) 等五篇。

(二) 國外相關研究

Arduino 等人 (1997) 將虛擬實境應用在大地工程中三軸土壤試驗, 製作一個可做為訓練工具的土壤三軸試驗虛擬實境模式, 讓使用者可透過系統了解試驗的整個進行過程與限制。本研究成功設計出一個以個人電腦為平台的虛擬實境土壤三軸試驗系統, 使學生能在系統中模擬學習實驗室中所進行的步驟及狀況。

Cámara 等人 (1998) 研究目的為透過虛擬實境的技術, 將水資源分佈及水資源利用充分展示, 最終期能透過網際網路提供設計者及一般市民水資源規劃資訊的參考。

Hashash & Ghaboussi (2002) 以離散元素法建立一套即時的土壤反應虛擬實境模型, 其中包含土壤的性質、有效應力等, 使學生能

學習到與大地工程相關的知識。

Phillips & Thompson (2002) 以虛擬實境的方式模擬出暴風雨水的管理方式。系統允許使用者可定義土地使用情況，系統再據以模擬暴風雨水的影響，以提供研究者與管理者規劃與防制的參考資訊。

Arslan (2003) 設計一套為土木工程學生教育，以網路為基礎的虛擬營建工地參訪系統，使學生能透過網路與虛擬實境的技術，學習營建工地中的相關知識。

回顧 1990-2004 年國外土木相關領域的虛擬實境相關期刊與研討會論文整理表如表 5。表中可看出近年來的期刊及研討會論文的應用主題有水資源模擬、工程設計模擬、工程營建模擬、實驗室模擬等，這些研究有很大的比例是應用在工程教育中，可見虛擬實境應用在土木工程教育中的重要性。

由以上蒐集整理資料過後，虛擬實境教學在近年來科技進步下各種領域的虛擬實境教學被廣泛的應用。但國內土木相關類別上，虛擬實境還是一個尚未被運用自如的類別，尚有許多可以討論與深入研究的課題，都是可以在以後的研究中深入探討的一些題目。

表 2-3 1995~2004 年以虛擬實境為相關研究國內博碩士論文整理表

作者	指導教授	年代	標題	學校	學位	備註
唐為灝	葉怡成	2003	虛擬實境在全站儀測量實習教學之應用	中華大學	碩士	土木工程學系
陳世峰	葉怡成	2003	擬實境在測量實習教學之應用	中華大學	碩士	土木工程學系
邱欽融	葉怡成	2002	虛擬實境在數值地形測量電腦輔助學習系統之應用	中華大學	碩士	土木工程學系
詹德譯	鍾斌賢 林聰武	2002	以虛擬實境情境應用於合作學習分組之依據	中原大學	碩士	資訊工程研究所
吳駿翔	陳俊達	2002	戰車操控訓練模擬器之虛擬實境系統研究	大葉大學	碩士	自動化工程研究所
王柏棋	黃正清	2002	虛擬實境應用於船舶避碰訓練系統之研究	成功大學	碩士	造船及船舶機械工程學系
許嘉修	方銘川	2002	波浪中船體運動之虛擬實境操縱模擬	成功大學	碩士	造船及船舶機械工程學系
林政佑	柯志祥	2002	虛擬實境於工業設計教育之應用	台灣科技大學	碩士	設計研究所
林克衛	方銘川	2001	虛擬實境於船舶操縱模擬系統之應用	成功大學	碩士	造船及船舶機械工程學系
盧泰均	林進燈	2001	虛擬實境即時船舶動態模擬系統之場景與模型建立	交通大學	碩士	電機與控制工程系
蕭丞鈞	鄭銘章	2001	靜脈注射虛擬實境模擬系統	中央大學	碩士	機械工程研究所
周松瑞	黃俊仁	2001	駕駛模擬系統中高速公路虛擬實境場景開發之研究	中央大學	碩士	機械工程研究所
莊中安	林彥君	2001	虛擬實境場景建構程式之設計與製作	台灣科技大學	碩士	電子工程系
黃德昌	黃俊仁 董基良	2001	影像處理與虛擬實境在醫學上的應用	中央大學	碩士	機械工程研究所

表 2-3、1995-2004 年以虛擬實境為相關研究國內博碩士論文整理表 (續)

作者	指導教授	年代	標題	學校	學位	備註
陳文慶	陳義男 吳聰能	2000	運動模擬與虛擬實境之整合研究	臺灣大學	博士	造船及海洋工程學研究所
王昭仁	劉育東	1998	虛擬實境中的建築設計推論	交通大學	碩士	應用藝術所
林佳宏	溫嘉榮	1998	不同認知型態的國中學生在虛擬實境學習教室中學習歷程之研究	高雄師範大學	碩士	工業科技教育學系
葉儒智	林奇賢	1998	虛擬實境學習環境之教學設計研究	臺南師範學院	碩士	資訊教育研究所
劉勝民	施純協	1998	建構三維虛擬實境課程軟體發展模式之研究—以國中生活科技識圖	臺灣師範大學	碩士	工業教育研究所
沈義訓	梁朝雲	1998	網路虛擬實境博物館互動展示之研究—以元智大學校史館為例	元智大學	碩士	資訊研究所
李逢格	歐聖榮	1997	應用虛擬實境於日式庭園石組偏好氣勢之研究	中興大學	碩士	園藝學系
戴彥甫	邱茂林	1997	建築生產系統之虛擬實境模擬與研究	成功大學	碩士	建築(工程)學系
詹登貴	詹寶珠	1997	虛擬實境技術在內視鏡手術模擬上的應用	成功大學	碩士	電機工程學系
許暉東	方晶晶	1997	虛擬實境之應用	成功大學	碩士	機械工程研究所
蔡秀菲	周倩	1997	虛擬實境在網路學習環境之研究:以健康教育為例	交通大學	碩士	傳播研究所
柯廷潔	陳稔	1997	利用虛擬實境技術進行個人電腦組裝訓練	交通大學	碩士	資訊工程學系
邱明祺	林昌佑	1997	虛擬實境於電腦輔助教學之研究-以材料力學之學習為例	交通大學	碩士	土木工程研究所
陽光曦	許秀影 莊謙亮	1997	虛擬實境技術應用於國軍戰車模擬器之研究	國防管理學院	碩士	資源管理研究所
楊致祥	施乃中	1997	公共空間避難逃生之虛擬實境模擬研究	台灣科技大學	碩士	工程技術研究所

表 2-3、1995-2004 年以虛擬實境為相關研究國內博碩士論文整理表 (續)

李恩東	梁朝雲	1997	網路虛擬實境教材設計之研究—以九份建築與聚落發展課程為例	元智大學	碩士	資訊研究所
林鄉鎮	何志宏 魏健宏	1996	高速公路小汽車駕駛者跟車行為之研究-以虛擬實境(VR)技術所構建之駕駛模擬系統為工具	成功大學	碩士	交通管理(科學)學系
蘇芬雅	周倩	1996	虛擬實境地震學習系統—MOVER之設計與發展	交通大學	碩士	傳播研究所
謝耀賢	陳稔	1996	環場全景製作技術及其在虛擬實境應用	交通大學	碩士	資訊工程學系
蘇俊仁	王宜明	1996	虛擬實境在技術訓練暨科學視覺實例應用之研究	彰化師範大學	碩士	工業教育學系
盧文貴	陳甦臺	1996	虛擬實境遠距學習系統實作與研究—以機構運動學為例	彰化師範大學	碩士	工業教育學系
楊麗娟	楊東麟	1995	個人電腦虛擬實境應用的三維醫學影像視覺系統	逢甲大學	碩士	資訊工程研究所

表 2-4 1997~2004 年度國科會虛擬實境於訓練與學習專題研究

年度	姓名	執行機關	計畫名稱
2004	李逢春	長榮大學媒體設計科技學系	資訊科技融入地球科學教學與學習之研究
2003	董基良	國立中央大學機械工程學系	腹腔鏡手術之虛擬實境數位學習系統之研究
2003	周文忠	國立屏東師範學院資訊科學系	虛擬實境應用於國小圖形與空間幾何學習之研究
2003	葉怡成	中華大學土木工程學系	測量實習虛擬實境學習系統之研究
2003	江宏志	清雲科技大學工業工程與管理系(科)	應用虛擬實境技術建構多媒體醫學知識庫學習系統之研究
2002	張金堅	國立台灣大學醫學院	產學合作計畫：虛擬實境於外科醫療及教學之應用
2002	方銘川	國立成功大學造船及船舶機械工程學系(所)	船舶於波浪中之虛擬實境操縱模擬系統之研發

表 2-4 1997~2004 年度國科會虛擬實境於訓練與學習專題研究(續)

年度	姓名	執行機關	計畫名稱
2002	謝凱生	高雄榮民總醫院小兒科	建立血管內超音波影像自動分析系統與虛擬實境的血管導管手術模擬訓練系統
2001	李天浩	國立臺灣大學土木工程學系暨研究所	應用雷達資料進行降雨系統之辨識與平移速度估計技術研究及其虛擬實境展示
2001	柯志祥	國立臺灣科技大學工商業設計系	虛擬實境在遠距教育上的應用
2000	張俊彥	國立臺灣師範大學地球科學系(所)	地球科學「虛擬實境」學習之初探
2000	蔡文祥	國立交通大學資訊科學學系	以電腦視覺技術作人與虛擬實境場景之互動
2000	李逢春	國立臺南師範學院自然科學教育學系	地球科學網際網路之虛擬實境遠距教學研究-以「台灣河流侵蝕」之 3D 虛擬實境及其地理資訊系統為例-淡水河
2000	董基良	國立中央大學機械工程學系	火箭發射系統全程操控虛擬實境技術之研製
2000	許蒼嶺	國立中山大學電機工程學系(所)	配電系統運轉決策支援系統—子計畫二:調度員訓練系統的虛擬實境模擬器
2000	高富建	私立吳鳳工商專科學校電子工程科	整合基本電學理論與實習教學之多媒體虛擬實境電腦輔助教學系統設計
1999	董基良	國立中央大學機械工程學系	汽車駕駛模擬系統之研製—子計畫一:駕駛虛擬實境系統之研究
1999	溫嘉榮	國立高雄師範大學工業科技教育學系(所)	虛擬實境輔助概念學習遷移之研究
1998	何錦文	國立中央大學資訊工程系	地形地貌高速處理與虛擬實境技術之結合
1998	李良輝	國立高雄應用科技大學土木工程系	虛擬實境於地形資料獲取與模擬之應用
1998	邱茂林	國立成功大學建築學系(所)	建築構造與系統之虛擬實境模擬與研究
1998	邱茂林	國立成功大學建築學系(所)	虛擬實境在建築視覺模擬之研究與應用
1998	林昌佑	國立交通大學土木工程學系	虛擬實境在材料力學輔助教學之應用

表 2-5 1990~2004 年 ASCE 土木相關領域以虛擬實境為相關期刊論文與研討會

作者	篇名	出處
Gokhan Arslan (2003)	Design of a Web-Based Virtual Construction Site Visit for Education of Civil Engineering Student	Proceedings Of The Fourth Joint International Symposium On Information Technology In Civil Engineering, November 15-16, 2003, Nashville, Tennessee, pp.1-8
Eddy M. Rojas and Amlan Mukherjee (2002)	Data Modeling for the Virtual Coach	Proceedings of the International Workshop on Information Technology in Civil Engineering, November 2-3, 2002, Washington, D.C. ,pp. 308-317
Julie Hartman (2003)	Technology: Researchers Create Virtual Earthquake Engineering Lab	Civil Engineering—ASCE, Vol. 73, No. 2, February 2003, pg. 38
Youssef M. A. Hashash and Jamshid Ghaboussi (2002)	Discrete Element Modeling for the Development of a Real-Time Soil Model in a Virtual Reality Environment	Geotechnical Special Publication no.117; Proceedings of the Third International Conference Sept. 23-25, 2002, Santa Fe, New Mexico, USA
Brett C. Phillips and Geoffrey Thompson (2002)	Virtual Stormwater Management Planning in the 21st Century	Proceedings of the Ninth International Conference on Urban Drainage, Sept. 8-13, 2002, Lloyd Center Doubletree Hotel, Portland, Oregon
Lisa Martin, Joe G. Castillo (1998)	Innovative Technology Combines the Components of a Sewer System to Create Virtual Computer Models	Water Resources and the Urban Environment-98 , pp. 669-674
Eddy M. Rojas (2000)	Virtual Environments for Construction Engineering and Management Education	Construction Congress VI , pp. 669-674
Robert Geist, David Vernon, and Robert Schalkoff (1998)	Rendering Inversion in the Automated Construction of Virtual Environments	Robotics 98 ,pp. 263-270
Simeon J. Simoff and Mary Lou Maher (1997)	Design Education via Web-Based Virtual Environments	Computing in Civil Engineering ,pp. 85-91
Augusto Op den Bosch and Nelson Baker (1995)	Simulation of Construction Operations in Virtual Interactive Environments	Computing in Civil Engineering , pp. 1435-1442
Eddy M. Rojas (2000)	Virtual Environments for Construction Engineering and Management Education	Construction Congress VI ,pp. 263-270
Hossam El-Bibany (1995)	Information Technology and Education: Towards the Virtual Integrated Architecture/Engineering/Construction Environment	Computing in Civil Engineering ,pp. 420-424

表 2-5 土木相關領域以虛擬實境為相關期刊論文與研討會 (續)

作者	篇名	出處
E. Freund and J. Roßmann	Projective Virtual Reality Conquers Robotics	Robotics 98, pp. 258-264
E. Freund, A. Meister, and J. Roßmann	Simulation of Human Avatars in Virtual-Reality	Robotics 98, pp. 279-285
Won S. Kim and Robert Brown	Telerobotic Servicing with Virtual Reality Calibration and Semi-Automatic Intermittent Model Updates	Robotics for Challenging Environments, pp. 43-49
António S. Câmara, Jorge N. Neves and António Carmona Rodrigues	Virtual Environments and Water Quality Management	Journal of Infrastructure Systems, Vol. 4, No. 1, March 1998, pp. 28-36
Ronald G. Hughes and David L. Harkey, P.E	Cyclists' Perception of Risk in a Virtual Environment: Effects of Lane Conditions, Traffic Speed, and Traffic Volume	Traffic Congestion and Traffic Safety in the 21st Century: Challenges, Innovations, and Opportunities
Michael C. Fu and E. William East	A Proposed Virtual Design Review Environment	Construction Congress V: Managing Engineered Construction in Expanding Global Markets

第三章 系統分析

3-1 前言

傳統的測量實習教學，很難清楚表現出導線與地物測量的觀念。在課堂上教授會因書本文字敘述不夠生動、繪圖的表示易於抽象而難以讓學生理解。帶領學生到實地講解也會因天候、地形等因素而難以讓學生明白。有鑑於此，本研究希望利用虛擬實境與遊戲式學習，融合課堂教授的抽象解說能力，與實地講解的具體展現能力，形成全新的教學模式，改進傳統教學的缺陷與盲點。

本研究利用虛擬實境，採取模擬式遊戲的方式，結合模擬（角色扮演、情境模擬）和遊戲（努力達成目標、有特定遊戲規則）的特性來設計測量實習教學系統。使用模擬遊戲的主要原因是它提供寓教於樂的學習。學生經由虛擬實境進行寓教於樂的學習。

將數位遊戲應用於教育並不是新鮮事。例如早期的電腦輔助教學(CAI)，早就大量應用了遊戲技巧來作為學習過程的一種方法。但多數教育軟體設計者或是研究電腦輔助教學方法的人，通常並不具備遊戲設計背景知識，因此許多以教育為目的的遊戲設計，通常都一成不變或是侷限在傳統的觀念中，只能建立一些較為規則性的遊戲；例如以 STEP BY SETP 的動作完成指定內容，或只是在學習過程附加簡單的小遊戲，希望能將知識藉由遊戲的包裝灌輸給使用者。

本研究則是將學習過程轉變成遊戲過程，簡言之，遊戲本身就學習。傳統教學與互動多媒體教學之比較如表 3-1。

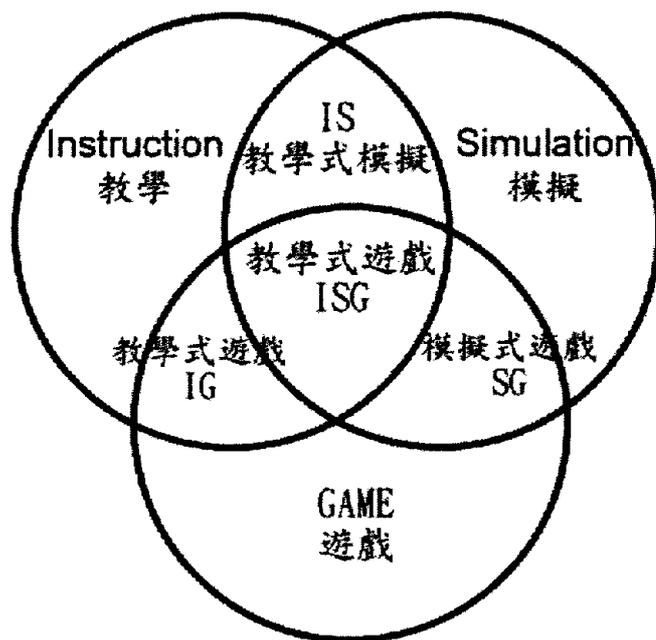


圖 3-1 教學與遊戲關係圖〔1〕

表 3-1 傳統教學與互動多媒體教學在測量學教學方面之比較〔13〕

	傳統式教學	互動式多媒體教學
學習方式	● 學習者被動地吸收知識。	● 學習者主動地建構知識。
學生活動	● 學習者複製老師授課內容。	● 學習者在遊戲中產生互動。
教學方式	<ul style="list-style-type: none"> ● 以講義、圖片說明。 ● 以口述講解。 ● 以黑板繪圖或文字講解抽象概念。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習者於任何一台電腦上進行上機學習。 ● 教學者從旁輔助學習者上機學習。 ● 學習者透過遊戲方式增進學習興趣。

表 3-1 傳統教學與互動多媒體教學在測量學教學方面之比較〔續〕

	傳統式教學	互動式多媒體教學
學習流程	● 講師口述→考試→回饋→知識。	● 情境學習→操作系統→學習→知識。
優缺點比較	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習者程度不一，教學者不易教學進度。 ● 學習者必須跟上教師進度，部分學習者無法跟上進度。 ● 學習者通常只能依據上課時的講義、課本學習。 ● 學習者處於被動吸收狀態，無法主動學習。 ● 教學中會出現重複性高或是內容較沉悶的情況。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 個別化教學，教學者容易掌握教學進度。 ● 一人一機制度，不會發生因為擁擠而無法學習之問題。 ● 學習者可在課後獨自於家中電腦複習上課內容。 ● 學習者可無限次的進行操作練習。 ● 學習者可依自行學習效果調整學習進度。 ● 透過互動式媒體，以遊戲方式教學。

3-2 導線測量教學系統

導線測量是屬於控制測量的一種，其原理為測量相鄰導線點之間距離，以及兩段導線所夾水平角，以確定各導線點的平面座標。導線測量的方式有四種，分別是：(1)閉合導線(2)附合導線 (3)展開導線(4)自由導線。本研究是以附合導線為範例，讓學習者學習導線點如何正確佈設。

導線點佈設的原則為：

原則一、導線點應設在視野寬廣，可以量測較多地物點之處，以減少導線點。

原則二、導線點應設在與相鄰導線點可以互相通視之處。

原則三、導線點應設在與相鄰導線點有適當距離之處，因為邊長太短時測角誤差較大，影響導線精度。

原則四、導線點應設在不易變動之處，以避免導線點被破壞。

原則五、導線點應設在可以使地物均有導線點可以施測之處，以減少細部測量時圖根點增設之需求。

本研究將利用虛擬實境與遊戲學習來模擬導線測量，讓學習者能在遊戲中練習如何佈設最佳的導線點路徑。

3-3 地物測量教學系統

地物測量的目的是量測出地物的平面座標，以製作平面圖。地物

點選點原則如下：

原則一、建物的地物點應以滴水線為原則。

原則二、地物點應適度取捨，以平衡測量效率與地物精細之間的兩難關係。

原則三、地物點應利用較近的測站來測量為宜。

第四章 系統設計

4-1 前言

傳統的導線與地物測量教學流程圖如圖 4-1。本研究加入虛擬實境教學系統這新元素，期望可以達到提昇學習者的學習興趣與學習效率的目的。新的導線與地物測量教學流程如圖 4-2。

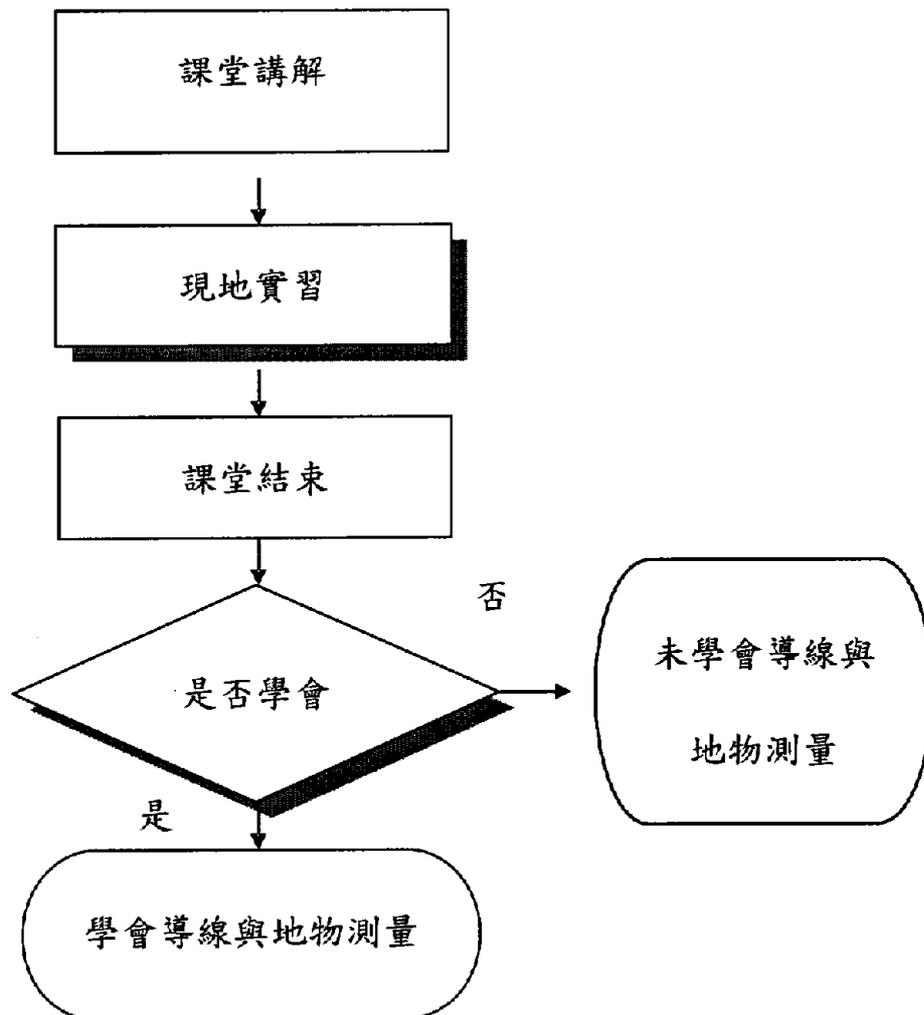


圖 4-1 傳統導線與地物測量實習教學流程圖

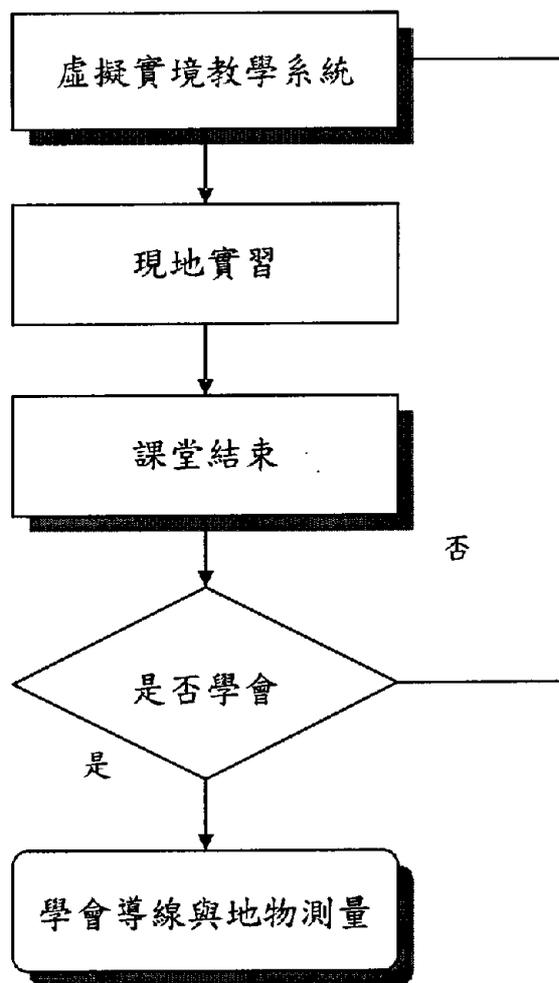


圖 4-2 虛擬實境測量實習教學流程圖

4-2 導線測量教學系統

本系統的運作程序如下：

1. 學生利用虛擬實境瀏覽地形、地物。
2. 學生從起始點出發遊走至適當位置，佈設第一個導線點。
3. 學生在目前的導線點以 360° 迴轉以射擊遊戲方式，擊破代表重要

地物點的反射稜鏡。

4. 學生從目前導線點出發，移動至適當位置佈設下一個導線點。
5. 重複步驟 3 至步驟 4，直到目前導線點可以與終端點通視。
6. 系統分析學生學習成效。

虛擬導線測量實習教學流程圖，如圖 4-3。

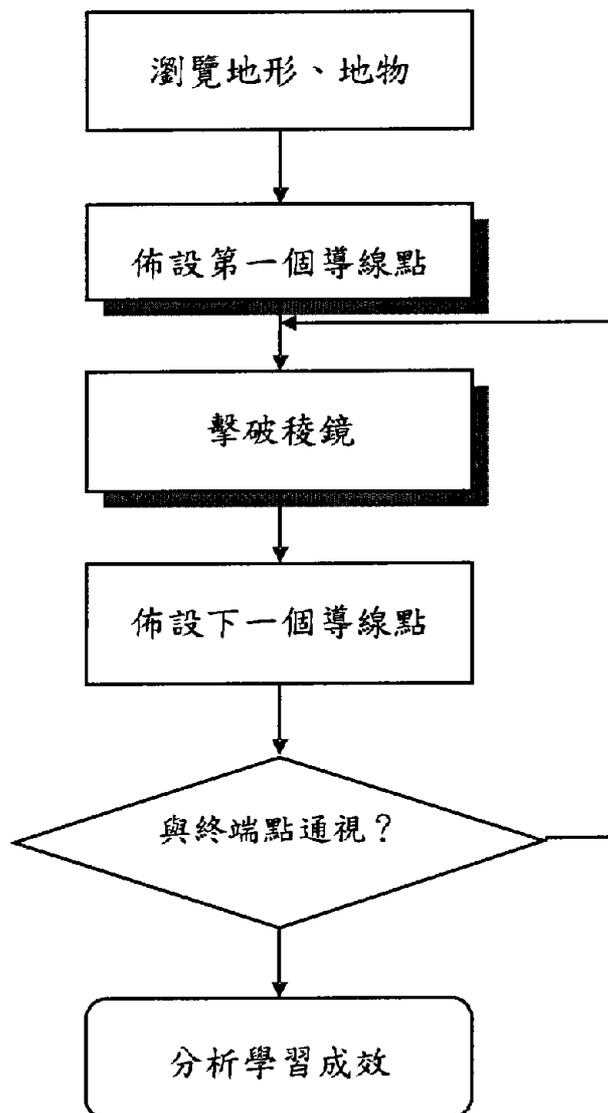


圖 4-3 虛擬導線測量實習教學流程圖

本系統分成六個模式、分述如下：

1. 人物移動模式

利用鍵盤控制遊走在虛擬實境之中。人物操作移動之流程如圖 4-4 所示。

2. 導線點定位模式

人物移動到目的地點後，利用鍵盤控制鈕設立導線點，以確立導線佈點位置，並擷取導線點的座標值。導線點定位模式之流程如圖 4-5 所示。

3. 瞄準鏡模式

導線點確立後，利用鍵盤切換視窗，隨即進入瞄準鏡模式。此模式仿造狙擊槍瞄準方式進行反射稜鏡瞄準，並控制瞄準鏡運動。瞄準鏡模式的流程如圖 4-6 所示。

4. 射擊模式

進入瞄準模式後，可進行射擊動作，將反射稜鏡擊破，並傳送反射稜鏡編號到計算儲存模式。射擊模式之流程如圖 4-7 所示。

5. 計算儲存模式

經過導線點的佈設以及射擊模式後，系統會自動計算擊破反射稜鏡數、剩餘反射稜鏡數與導線點設立數。計算儲存模式之流程如圖

4-8 所示。

6. 評分模式

結束虛擬導線測量實習後，系統進入評分模式，將儲存的資料載入，以分析學生學習成效。

評分的項目配合前章之「導線點佈設原則」，包括：

- (1) 累計導線點數目：配合原則一「導線點應設在視野寬廣，可以量測較多地物點之處，以減少導線點。」
- (2) 檢核導線點通視：配合原則二「導線點應設在與相鄰導線點可以互相通視之處。」
- (3) 計算導線點距離：配合原則三「導線點應設在與相鄰導線點有適當距離之處，因為邊長太短時測角誤差較大，影響導線精度。」
- (4) 檢核導線點位置：配合原則四「導線點應設在不易變動之處，以避免導線點被破壞。」
- (5) 累計地物點數目：配合原則五：「導線點應設在可以使地物均有導線點可以施測之處，以減少細部測量時圖根點增設之需求。」

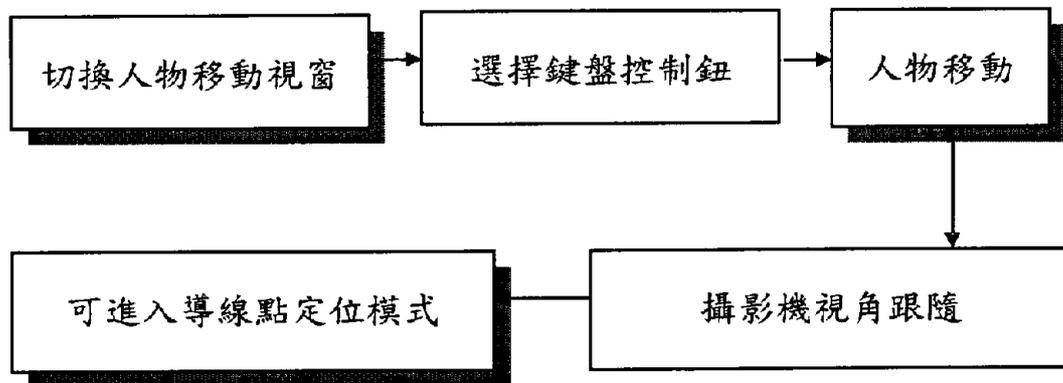


圖 4-4 人物移動模式之流程圖

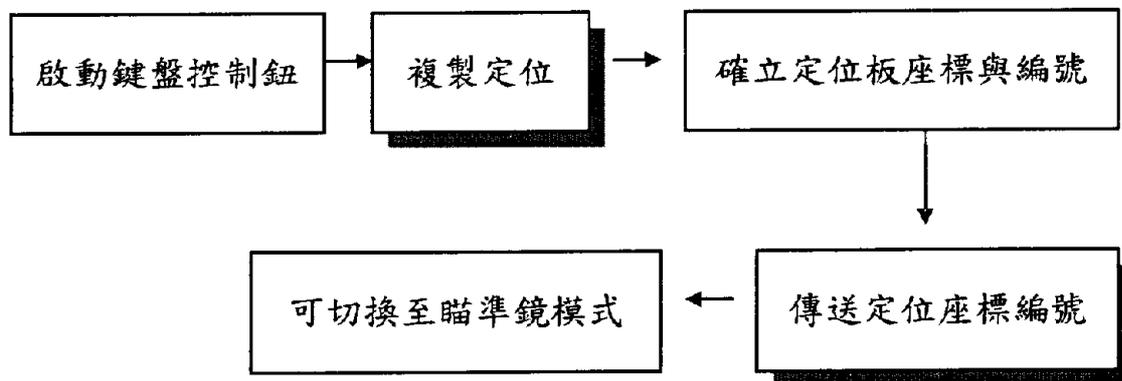


圖 4-5 導線點定位模式之流程圖。

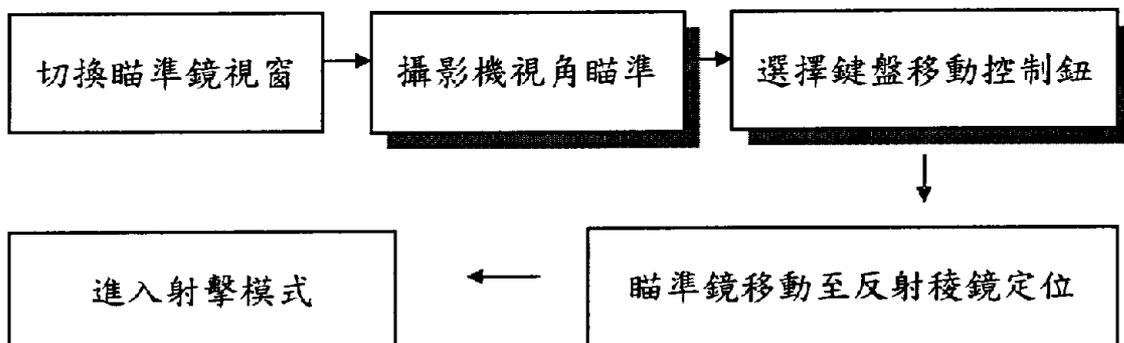


圖 4-6 瞄準鏡模式之流程圖

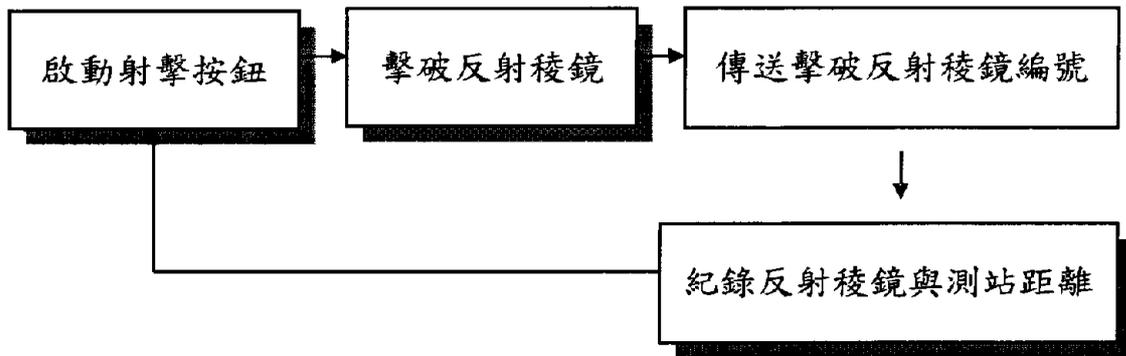


圖 4-7 射擊模式之流程圖

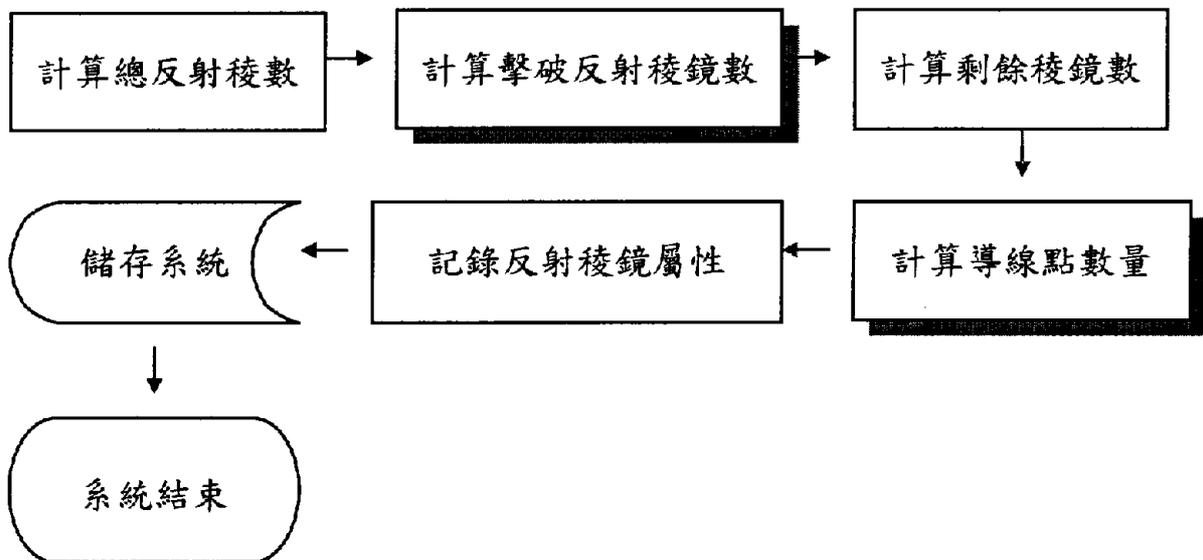


圖 4-8 計算儲存模式流程圖

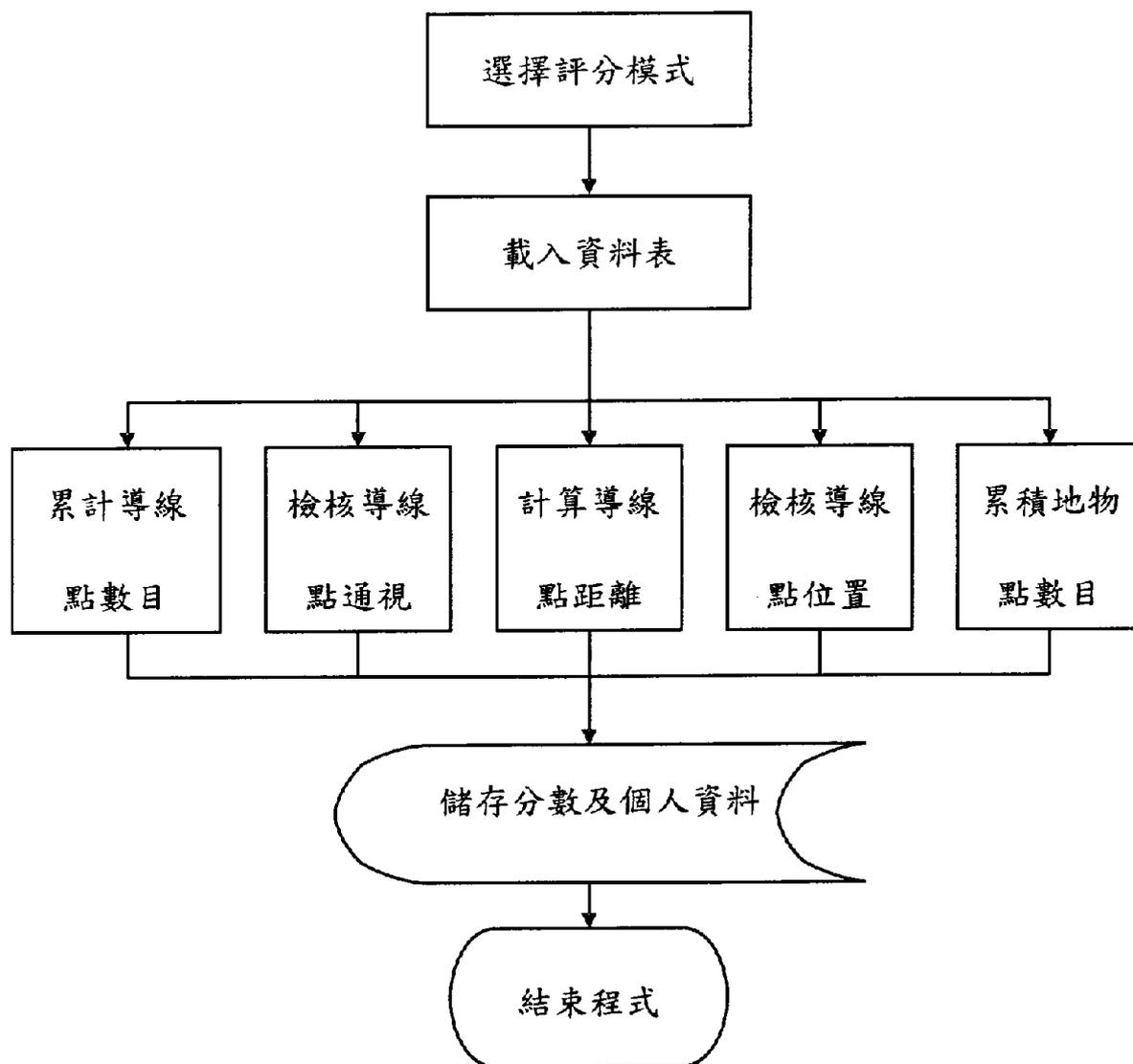


圖 4-9 評分系統模組流程圖

4-3 地物測量教學系統

本系統的運作程序如下：

1. 學生利用虛擬實境瀏覽地形、地物、導線點(由教師設定)。
2. 學生從起始點移動至第一個導線點。
3. 學生在目前的導線點，以 360°迴轉以射擊遊戲方式擊破代表重要

地物點的反射稜鏡。

4. 學生從目前導線點，移動至下一個導線點。
5. 重複步驟 3 至步驟 4，直到已擊破所有應該擊破的稜鏡以施測所有應該施測的地物點。
7. 系統計算分析學生學習成效。

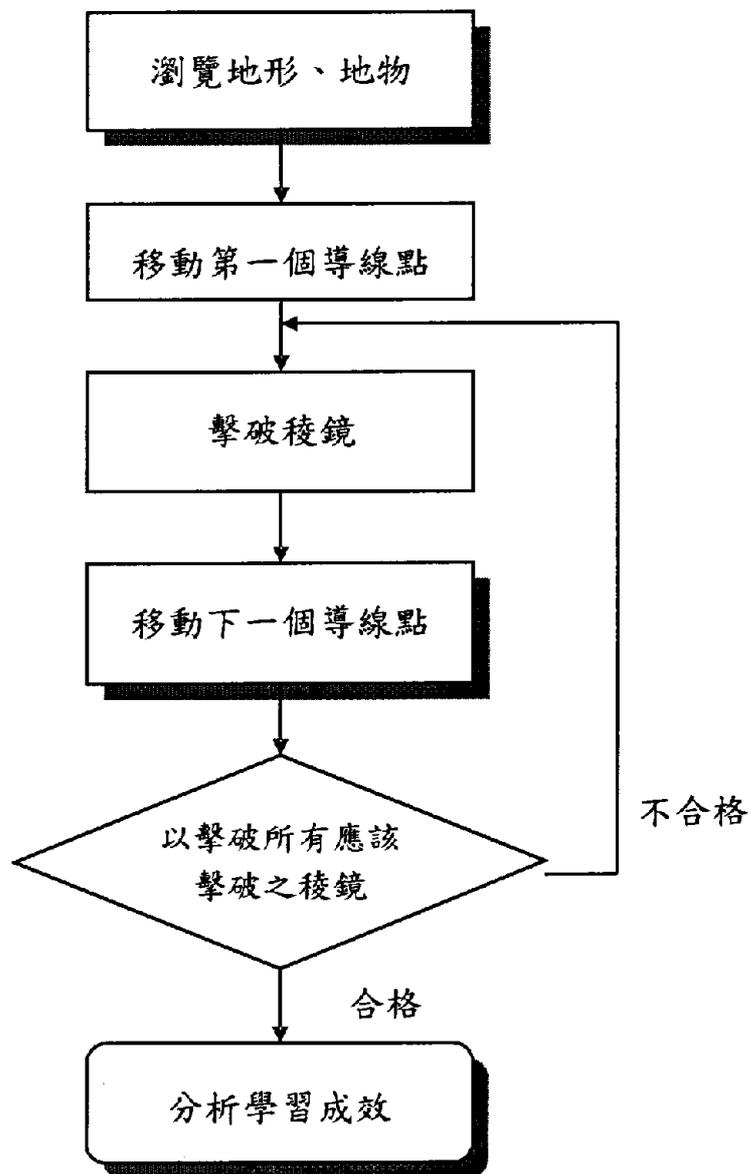


圖 4-10 虛擬導線測量實習教學流程圖

上述程序與導線測量教學系統十分相似，但有三點不同：

1. 上述程序中導線點有教師設定。
2. 上述程序中的稜鏡(即地物點)必須由學生決定哪些應該擊破(即施測)。
3. 擊破稜鏡時必須考慮在適當位置導線點進行射擊稜鏡(施測地物點)。

本系統分成五個模式、分述如下：

1. 人物移動模式

利用鍵盤控制遊走在虛擬實境之中。人物操作移動之流程如圖 4-11 所示。

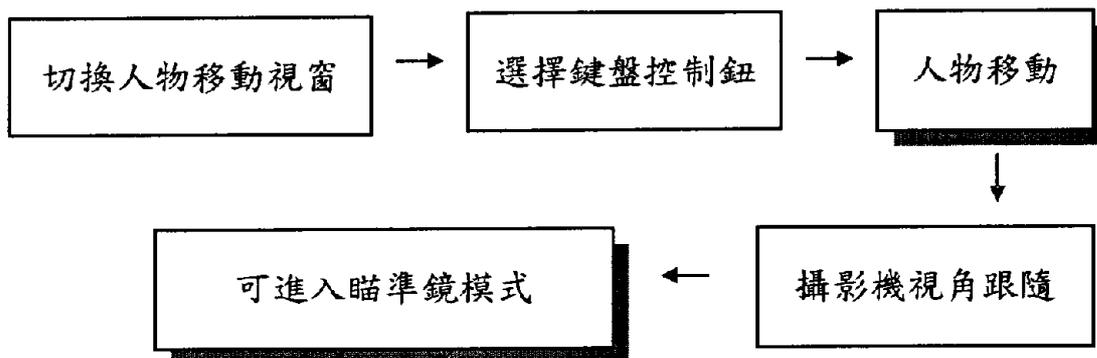


圖 4-11 人物移動模式流程圖

2. 瞄準鏡模式

到達導線點後，利用鍵盤切換視窗，進入瞄準鏡模式。此模式仿

造狙擊槍瞄準方式進行反射稜鏡瞄準，並控制瞄準鏡運動。瞄準鏡模式的流程如圖 4-12 所示。

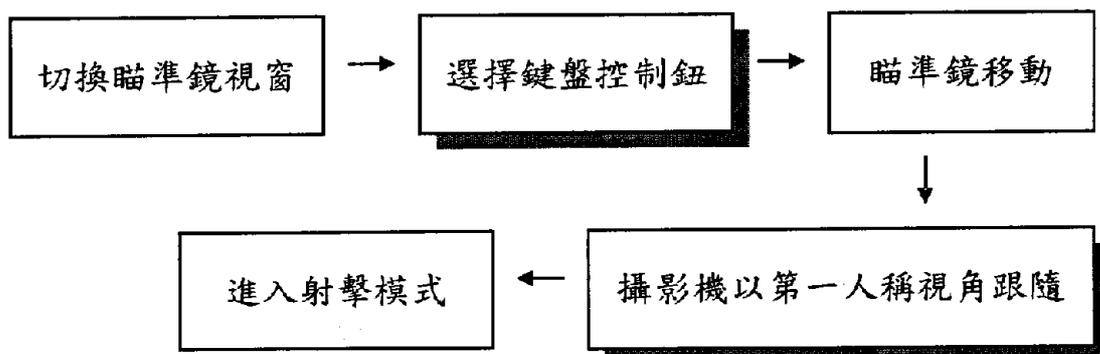


圖 4-12 瞄準鏡模式之流程圖

3. 射擊模式

進入瞄準模式後，可進行射擊動作，將反射稜鏡擊破，並傳送反射稜鏡編號到計算儲存模式。射擊模式之流程如圖 4-13 所示。

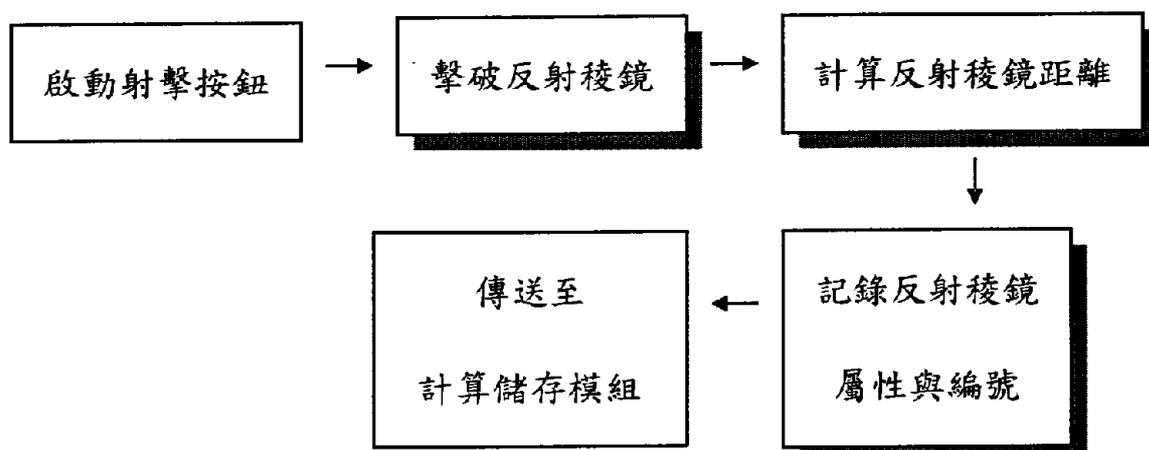


圖 4-13 射擊模式之流程圖

4. 計算與儲存模式

經過地物點的射擊遊戲後，系統會自動計算擊破反射稜鏡數、剩餘反射稜鏡數與導線點使用數，計算與儲存模式的流程如圖 4-14 所示。

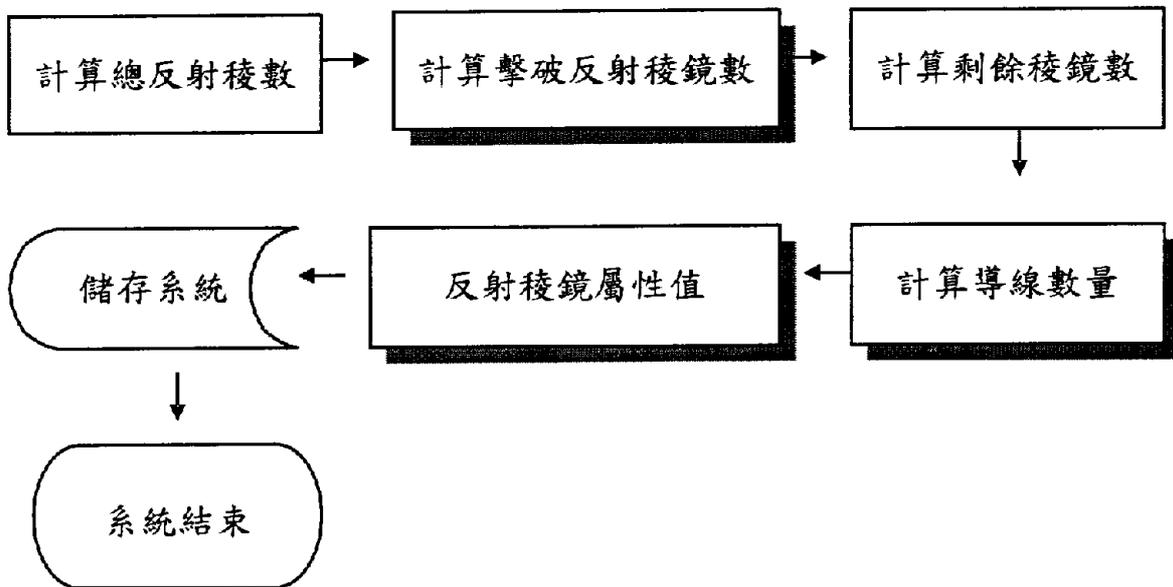


圖 4-14 計算儲存模式之流程圖

5. 評分系統模式

結束虛擬地物測量實習後，系統進入評分模式，將儲存的資料載入，以分析學生的學習成效。

評分項目配合前章之「地物點選取原則」，包括：

1. 記錄學生選擇的地物點之編碼，以配合原則一「建物的地物點應

以滴水線為原則。」

2. 計算測站與地物點間之距離，以配合原則三「地物點應適度取捨，以平衡測量效率與地物精細之間的兩難的關係。」
3. 累計學生選擇地物點之總數，以配合原則二「地物點應利用較近的測站來測量為宜。」

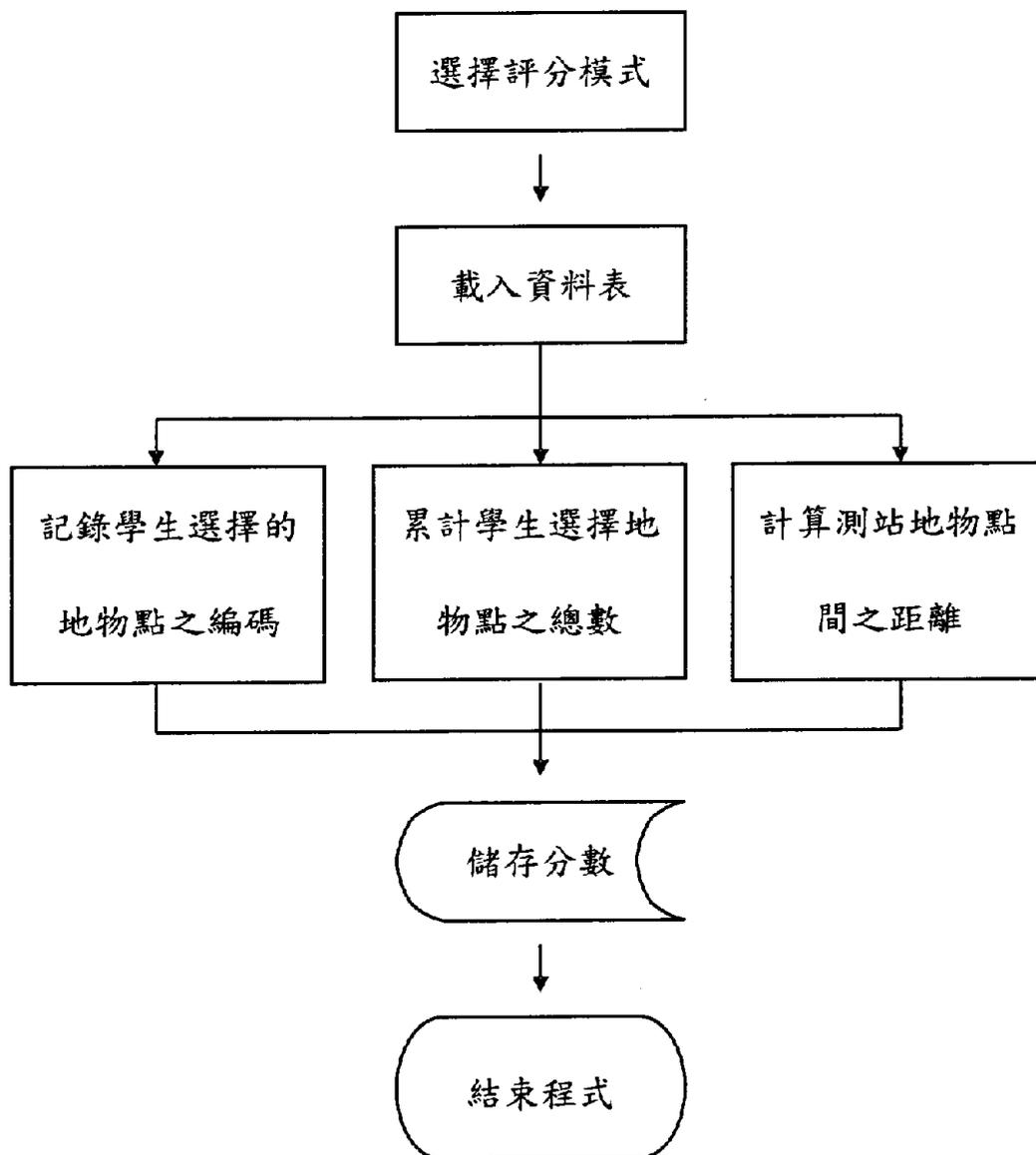


圖 4-15 評分系統模組流程圖

第五章 系統建構

5-1 前言

本系統的建構程序為：

1. 以 AUTOCAD 進行地形檔與建築物初步的編輯，建立等高線位置與地形與建築物的相對位置。
2. 將地形與地物資料匯入 3DS MAX，進行實際地物編輯與建物模型建造與模型貼圖。
3. 將地形與地物模型匯入 Virtools，進行互動功能建構。

本章第二節先介紹系統前處理軟體、第三節介紹虛擬實境模型建構軟體 3DS MAX，第四節介紹虛擬實境互動建構軟體 Virtools，第五節介紹虛擬實境物件之建構，第五節介紹導線測量教學系統之建構，第六節介紹地物測量教學系統之建構。

5-2 系統建構前處理軟體

由於本系統為測量實習教學系統，因此地形地物必須十分精準。因此本研究利用本校之 1/1000 地形圖之 AutoCAD，檔做為地形模型的依據程序如下：

1. 將地形的等高線數值資料找出。
2. 利用 AutoCAD 在數值圖檔上作編輯以及將未閉合之線段予以閉

合。

3. 賦予等高線實地高程。
4. 匯出至 3DS MAX。

地物資料的處理方式為：

1. 找出地物在平面圖上的座標。
2. 利用 AutoCAD 在數值圖檔上作編輯以及將未閉合之線段予以閉合。
3. 賦予地物位置高程。
4. 匯出至 3DS MAX。

整理好的的檔案由 3DS MAX 等高線圖產生地形模型的功能，產生精準的本校地形模型。

5-3 虛擬實境模型建構軟體

近年來 3D 技術運用多來越多，軟體層出不窮，目前大多數常用 3D 建模軟體為 3DS MAX、MAYA、Sumatra、Lightwave、Rhino 等軟體。這些軟體各有特色，使用者可以挑選自己習慣的建模軟體來進行建模。但也必須應注意是否有跟互動式軟體相互支援，而目前支援本系統互動式軟體 Virtools，目前有三種建模軟體支援，分別是 Lightwave、3DS MAX 與 MAYA。目前大眾廣泛較為接受的建模軟體為

3DS MAX 與 MAYA。這兩套建模工具本身功能差異性不大，以下為 3DS MAX 與 MAYA 軟體比較表。

表 5-1 3DS MAX 與 MAYA 軟體比較

比較項目	3DS MAX	MAYA
價格比較	中等價位	高價位
性能比較	1. 可以 Win98 底下執行。 2. 硬體要求低。 3. 包含人物動作工具套件、法線貼圖和多邊形編輯修改器。支援新一代 PC，遊戲機以及移動平台。	1. 系統要求為 NT 版本以上。 2. 硬體要求高。 4. 完整的建模系統、強大的程序紋理材質和粒子系統、出色的角色動畫系統以及 MEL 腳本語言。
介面親合性	容易上手。	類似 MAX 介面，但較為複雜。
使用人數	使用人數多。	較 MAX 人數少。
適合種類	較適合建築模型製作。	較擅長人體模型製作。

3DS MAX 與其他軟體其實功能上差異性上並不大，甚至有些軟體在建模功能上或是貼圖顯示上之功能略比 3DS MAX 良好，但本系統選定 3DS MAX 為此虛擬實境教學系統之建模軟體為之主要原因為(1)介面使用親合性較高。(2)參考書籍比其他軟體多。(3)價格上較為低廉。(4)適合建築物與地形的模型建造，提供許多內建建築模型，如樓梯、牆壁、窗戶等。(5)可與 AutoCAD、VRML 相互結合。(6)課程普遍。因此，本研究決定採用 3DS MAX 做為虛擬實境模型建構軟體。

自 1996 年由 Kinetix 推出 3DS MAX1.0 版本，3DS MAX 前進的步伐一直沒有停止過，在隨後的 2.5 和 3.0 版本中 3DS MAX 的功能被慢慢完善起來，將當時主流技術包含進去，比如增加了被稱為工業標準的 NURBS 建模方式。其中的 3.1 版是一個非常優秀的版本，其卓越性與穩定性使得現在還是有很多人使用這版本。在隨後升級中，3DS MAX 不斷把優秀的外掛整合進來，在 3DS MAX4.0 版中將以前單獨出售 Character Studio 併入；5.0 版本中加入強大的 Reactor 動力學模式系統，全局光和光渲染系統；而在 6.0 版本中將 3DS MAX 迷期待已久的電影級渲染器 Mental Ray 整合了進來。所有的這些都使 3DS MAX 使用者對 3DS MAX 以後發展充滿信心。

Autodesk 的子公司 Discreet 公司於 2004 年 8 月 3 日發佈 7.0 版本。此版本的滿足了遊戲開發、角色動畫、電影電視視覺效果和設計行業方面日新月異的制作需求。此版本包括業界首創遊戲開發行業的工作流加速器「法線貼圖」(Normal Mapping) 和「多邊形編輯修改器」(Edit Poly Modifier)。多邊形編輯器使動畫制作更為方便和快速。

在應用方面，擁有強大功能的 3DS MAX 被廣泛應用於電視與娛樂業中，比如片頭動畫與視頻遊戲製作，而在國內發展相對比較成熟的建築效果和建築動畫製作中，3DS MAX 的使用率更佔據絕對優勢。根

據不同行業的應用特點對 3DS MAX 的需求程度有也所不同。建築方面應用相對來說所需功能並不需要太多，只要求單張的渲染效果和環境效果，以及比較簡單的動畫；片頭動畫與和視頻遊戲應用中動畫佔的比例很大，對視頻遊戲對角色動畫的要求較高；。

5-4 虛擬實境互動建構軟體

本系統的虛擬實境互動建構軟體選用原則包括

1. 軟體為桌上型虛擬實境軟體。
2. 軟體可透過網路使用。
3. 軟體採圖形界面的編輯模式(物件導向程式)。
4. 軟體的市場普及程度高。
5. 軟體的技術支援程度高。
6. 軟體的學習困難程度低。

目前市面上虛擬實境軟體眾多，但大部分都是強調於展示與虛擬瀏覽功能，並無實質上的互動介面程式。根據上述的原則本研究選擇 Virtools 做為此系統建構軟體。Virtools 與其他互動式虛擬實境軟體的比較如表 5-2 所示。

Virtools 是一款由法國人製作出的虛擬實境建構軟體，它不但擅長於營造出各類的虛擬環境，更是適合運用於網際網路上，不但開發

容易、快速，更提供了許多線上遊戲所需的網路模組以及伺服器端的服務，使得製作線上 3D 遊戲變得容易簡單易學[16]。

Virtools Dev 是一套整合軟體，可以將現有常用的檔案格式整合在一起，如 3D 的模型、2D 的圖形或是影音等。Virtools Dev 不是 3D Engine，而是一套具備豐富互動行為模組的即時 3D 環境虛擬實境與多媒體互動編輯軟體，可以做出不同用途的 3D 產品，如網際網路、電腦遊戲、多媒體、建築設計、互動式電視、教育訓練、模擬與產品展示等[16]。

Virtools Dev 除了可以編輯製作的介面外，還包含了 SDK，可供程式人員開發新的功能、新的硬體驅動程式或是將內容編譯成執行檔等[6]。

Virtools Dev 的互動是行為模組就像在堆積木一樣，可以利用拖放的方式將互動行為模組賦予在適當的物件或是角色上，以流程圖的方式決定行為模組的前後處理順序，逐漸編輯成一個完整的互動是虛擬世界[16]。

Virtools 除了可以在專用的 Virtools Player 執行播放所製作的作品外，最大的特色則在於它還可輸出成網頁格式 htm 檔，創作者可以將其資料做成一獨立的 3D 網頁，更可進一步編輯與一般網頁或 Flash 網頁整合在一起，創造絢麗且令人驚奇的網頁或遊戲。最新上

市的 Virtools Dev 3.0 發展出更多更炫的 3D 技術，不但有效的提升 3D 互動數位內容的製作效率，更加入了許多 DirectX 9 的最新視效功能。為了打造更專業的開發環境與專案流程管理，此版本也與功能強大的專案管理軟體 NXN alienbrain 相容，再加上 Virtools 本來就具備的開放式 SDK 程式庫，讓您的研發過程更無後顧之憂，加速專案製作與產品上市的時間〔8〕。

5-5 虛擬實境物件之建構

無論在何種虛擬實境程式中，物件擬真度具有相當的重要性。虛擬物件的建構必須與實際物件相似，才不會導致使用者在實際操作過程中，產生因物件與實際物品相差太大而造成教學成效不佳之問題。且擬真度越高會讓學習者更能融入教學中，提高學習者使用率與學習興趣。本系統主要的建物簡述於表 5-3。

表 5-2 Virtools 與其他軟體之比較表 (4)

	View-point	Cult3D	Virtue3D	Super-scape	EON	Virtools
大型幾何物件演算速度	3	3	3	3	4+	4
複雜之物件於同場景	3	3	3	3	4	4
動態資料下載	3	3	N/A	3	5	5
從伺服器端下載材質	N/A	N/A	N/A	N/A	4	4
模擬真實場景之能力	2	3	3+	3+	5	2
使用之便易性	3	3	3	3	4	4
各種商業應用架構	N/A	N/A	N/A	N/A	4	4
多人共用同一場景	3	N/A	N/A	N/A	4	4
複雜之互動功能	3	3+	3+	3+	5	4
視覺品質	4+	4	3	4	4	3
壓縮幾何面及材質功能	4+	4	3	4+	4	3
支援多種貼圖功能	3	3	2	3	4	4
網頁發佈	3	3+	3	3	4	4
與 VR 相關硬體相容	N/A	N/A	N/A	N/A	5	5
可接受之輸入格式	3	3	3	3	4	3
與其它多媒體之整合	3	3	3	2	4	3
網頁全螢幕功能	N/A	N/A	N/A	N/A	5	5
支援影音檔	N/A	N/A	N/A	N/A	5	4
支援 3D 音效	N/A	N/A	N/A	N/A	4	4
立體顯像功能	N/A	3	N/A	N/A	5	4

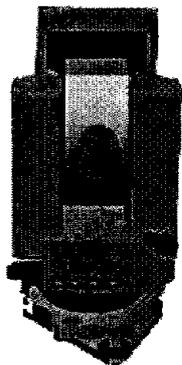
註：1. N/A 代表無支援此功能

2. 分數約高表示支援程度越大

表 5-3 系統元件建構表

元件名稱	功能	建構軟體
全站儀本體	代表操作全站儀的本體。	3D MAX
反射稜鏡本體	代表中反射稜鏡的本體。	3D MAX
操作人物 1	場景虛擬遊移以及虛擬測量操作之主角，並提供控制點之座標。	3D MAX
操作人物 2	手持反射稜鏡之主角，並提供地物點的座標及編號。	3D MAX
3D 建物	形成中華大學全區建物群。	3D MAX 與 AOUTOCAD
3D 地形	形成中華大學全區 3D 地形。	3D MAX 與 AOUTOCAD
2D 介面	系統 2D 介面，主要顯示計算模式後的結果。	Photoimpact
地形地物貼圖	使建物與地形更為逼真。	Photoimpact

本系統建構之虛擬物件與實務之比較見圖 5-1 至圖 5-29 所示。



5-1 虛擬全站儀儀器

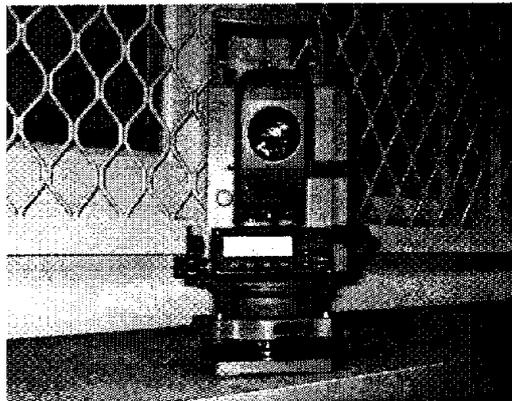


圖 5-2 全站儀儀器

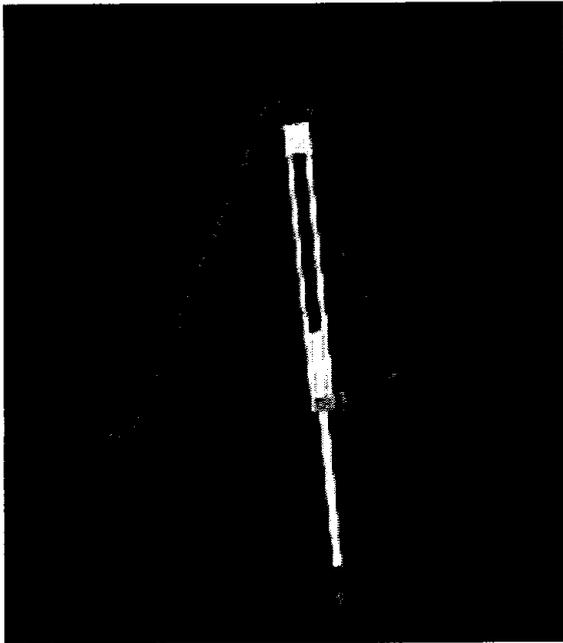


圖 5-3 虛擬全站儀腳架



圖 5-4 全站儀腳架

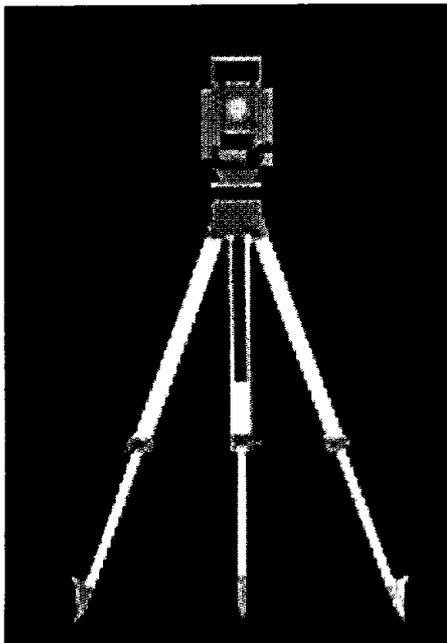


圖 5-5 虛擬全站儀本體

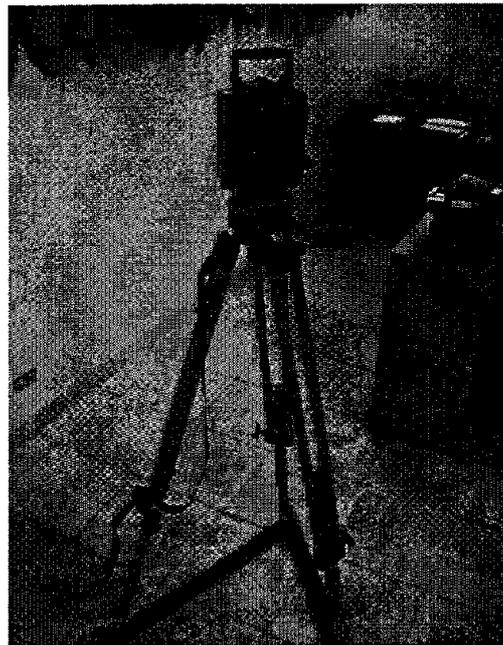


圖 5-6 全站儀本體

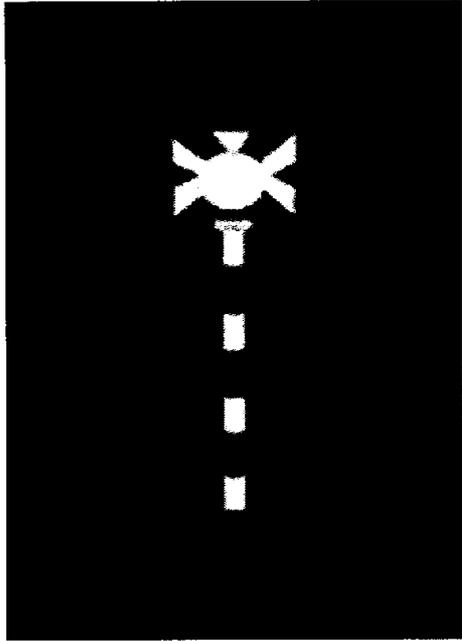


圖 5-7 虛擬反射稜鏡標竿

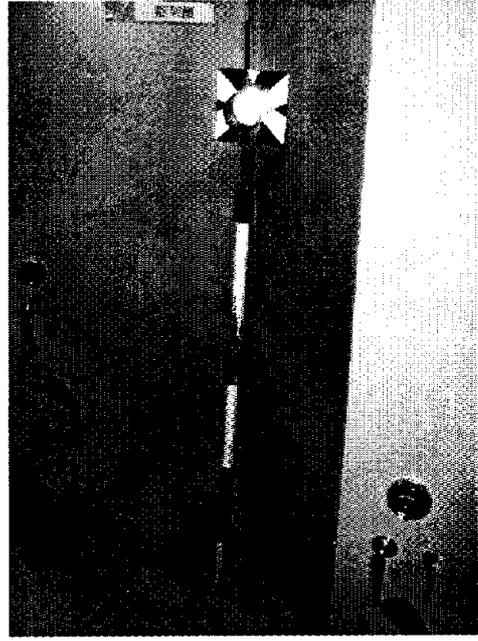


圖 5-8 反射稜鏡標竿

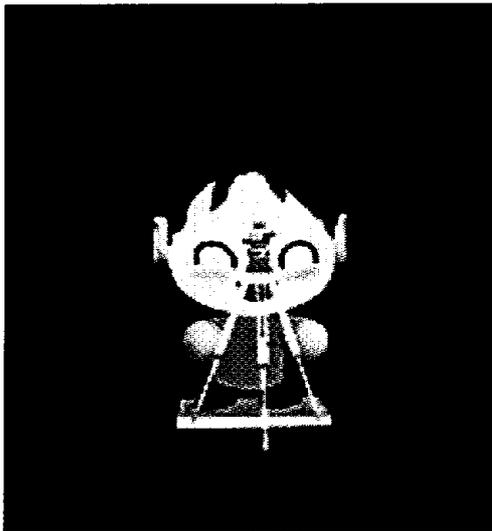


圖 5-9 全站儀測量手

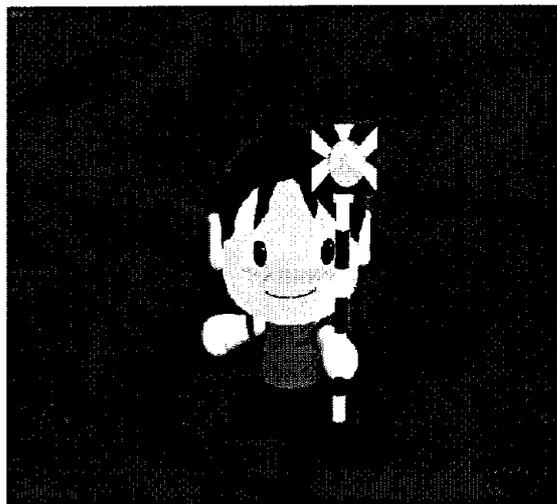


圖 5-10 稜鏡標竿手

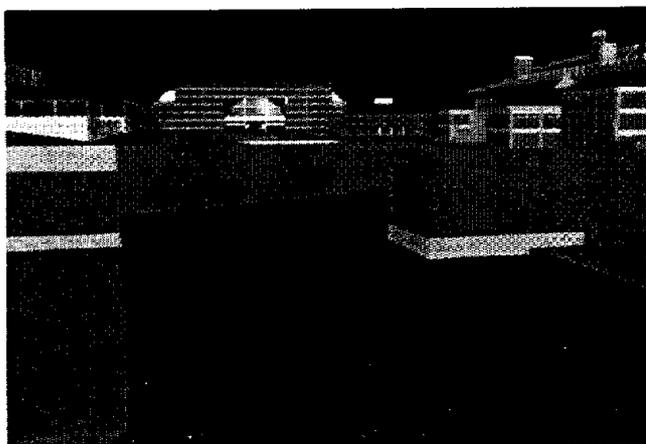


圖 5-11 虛擬校園地形(大門)



圖 5-12 現地校園地形(大門)

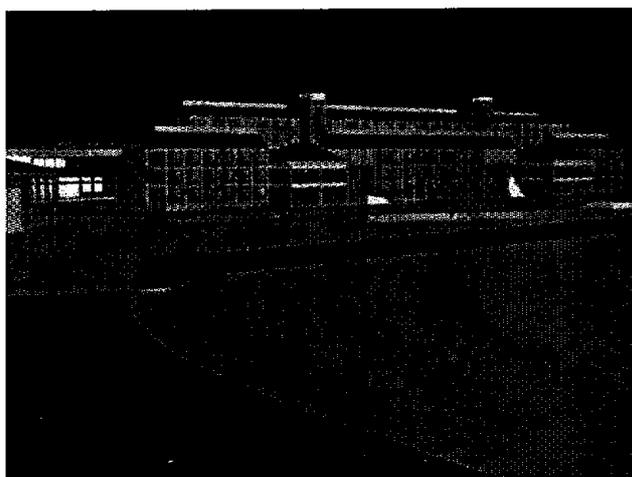


圖 5-13 虛擬校園地形
(建築學院與圖書館廣場)



圖 5-14 現地校園地形
(建築學院與圖書館廣場)



圖 5-15 虛擬校園地形
(白馬湖與綜一館)

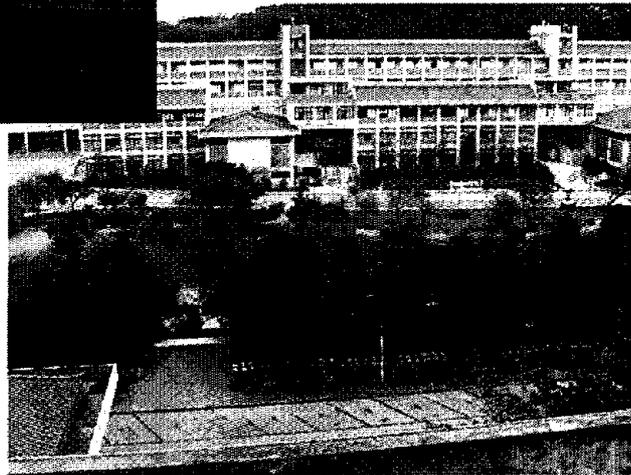


圖 5-16 現地校園地形
(白馬湖與綜一館)

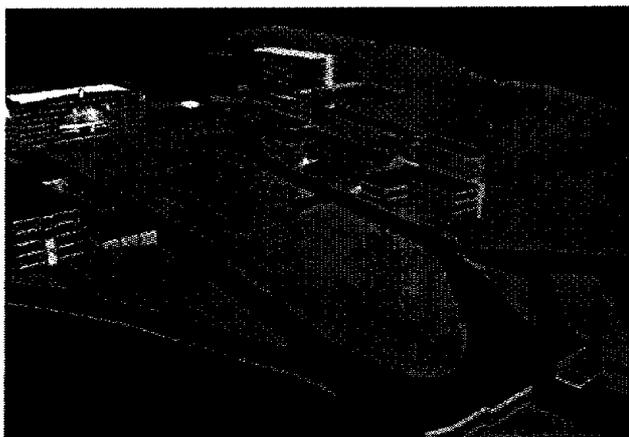


圖 5-17 3D 虛擬校園地形圖
(由西南向東北)



圖 5-18 3D 虛擬校園地形圖
(由南向北)

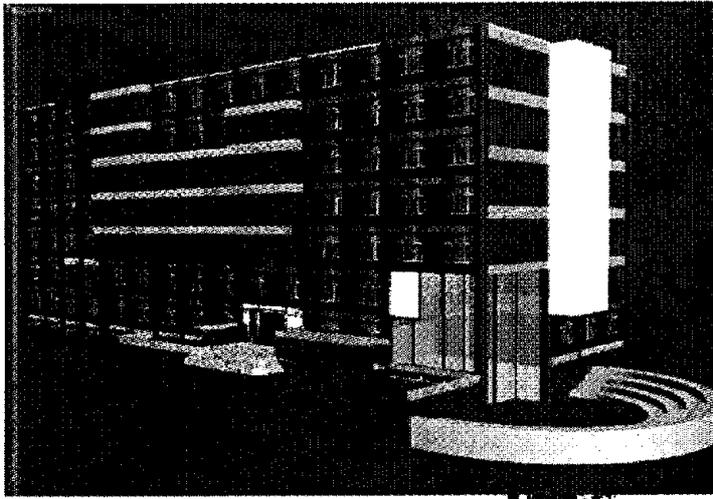


圖 5-19 虛擬育成大樓



圖 5-20 現地育成大樓

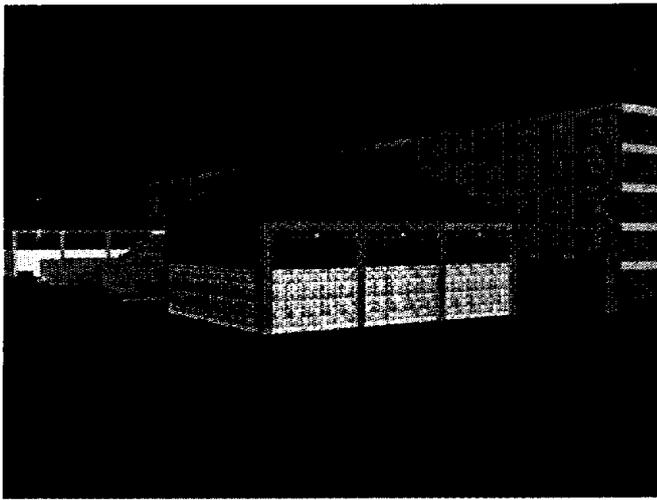


圖 5-21 虛擬建築學院



70 圖 5-22 現地建築學院

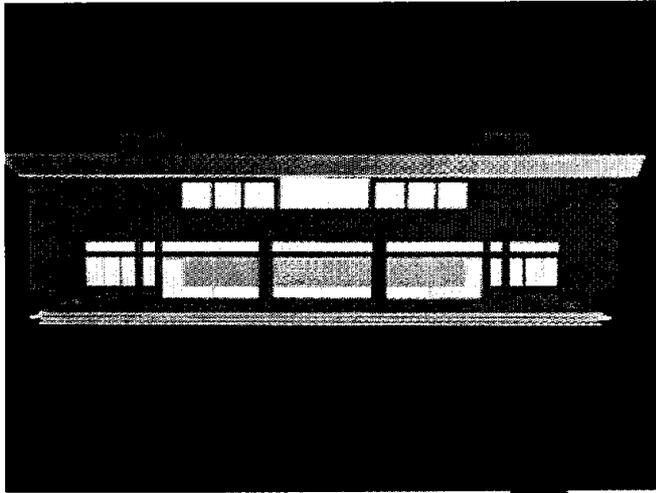


圖 5-23 虛擬活動中心大樓

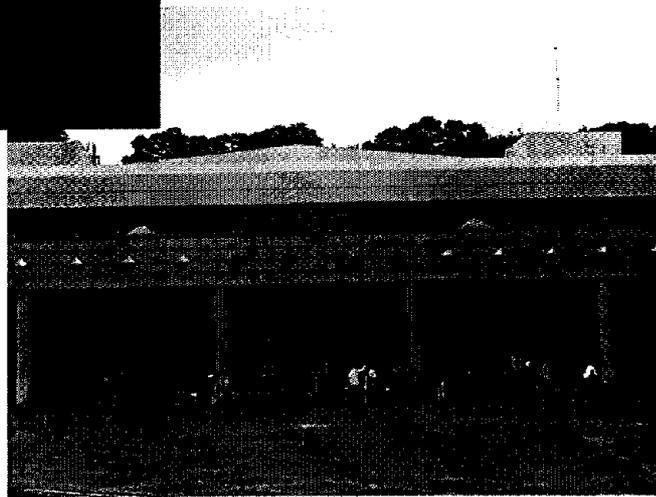


圖 5-24 現地活動中心大樓

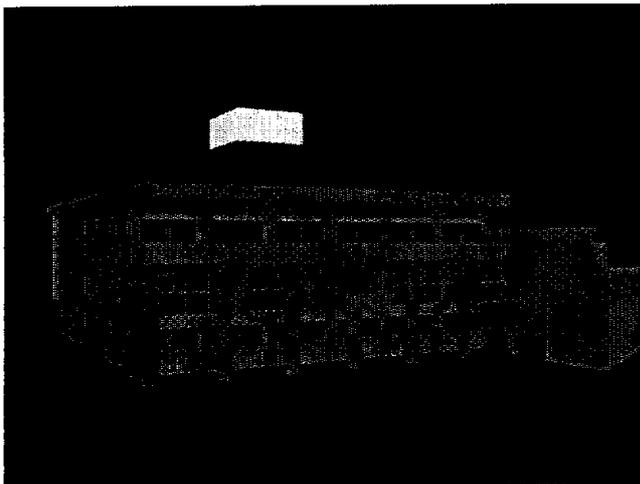


圖 5-25 虛擬國際會議廳

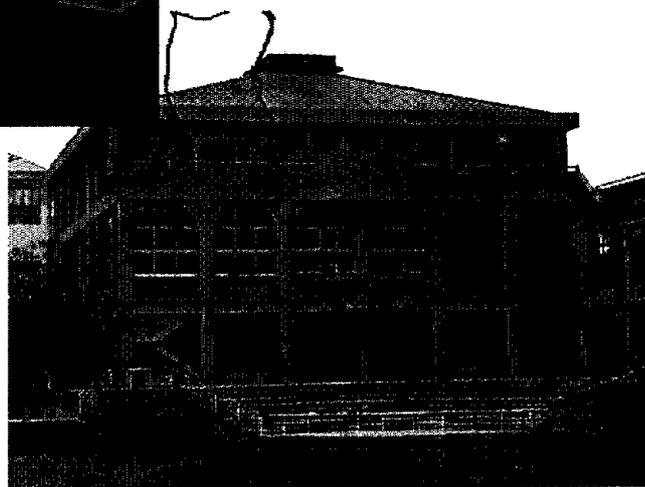


圖 5-26 現地國際會議廳

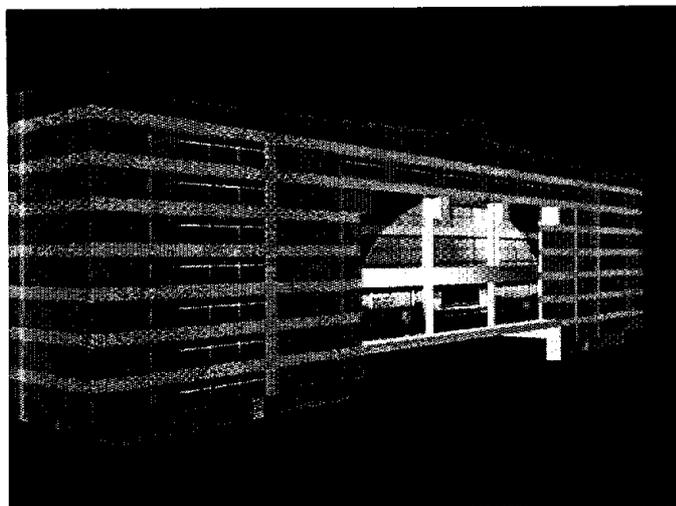


圖 5-27 虛擬圖書館大樓



圖 5-28 現地圖書館大樓

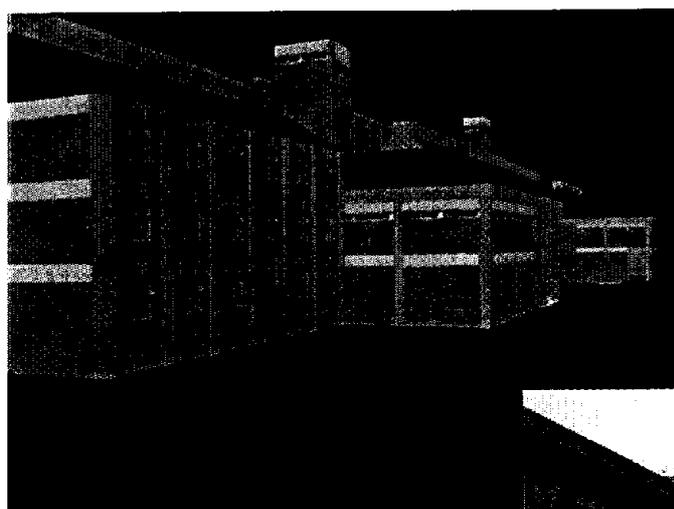


圖 5-29 虛擬綜一館大樓



圖 5-30 現地綜一館

5-6 導線測量教學系統建構

導線測量教學系統一共分為五大部分，分別是：

- 人物移動模式
- 導線點定位模式
- 瞄準鏡模式
- 射擊模式
- 計算儲存模式。

3D 互動模式操作說明：

5-6-1 人物移動模式之建構

本研究利用3DS MAX建構全站儀本體模型，再匯入Virtools建構互動功能。本研究採用與一般遊戲軟體相似的鍵盤操作方式控制全站儀本體在虛擬實境上游走(參考圖5-31與圖5-32)。當全站儀主體遊走時，攝影機會跟隨一起遊走，使螢幕呈現地形與地物的虛擬實境。參考圖5-33。這功能可以利用物件導向的編輯介面將Virtools的內建模組加入而達成(參考圖5-34)。

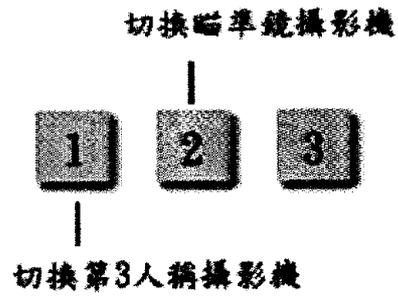


圖5-31 攝影機切換按鈕(導線測量)

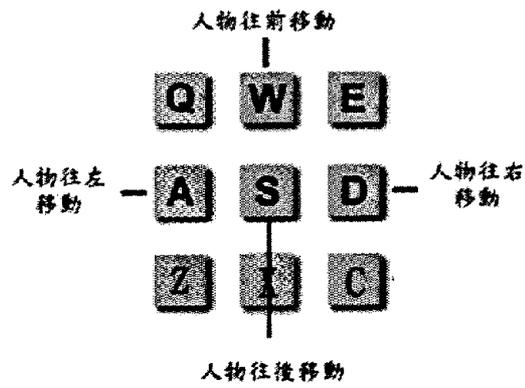


圖5-32 人物移動鍵盤操作示意圖(導線測量)

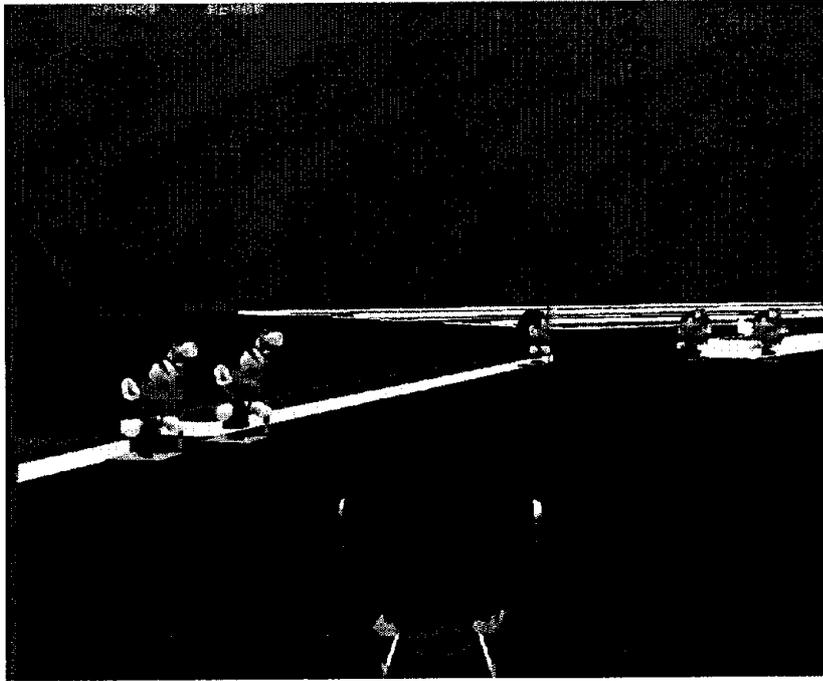


圖 5-33 人物移動模式之攝影機視野畫面(導線測量)

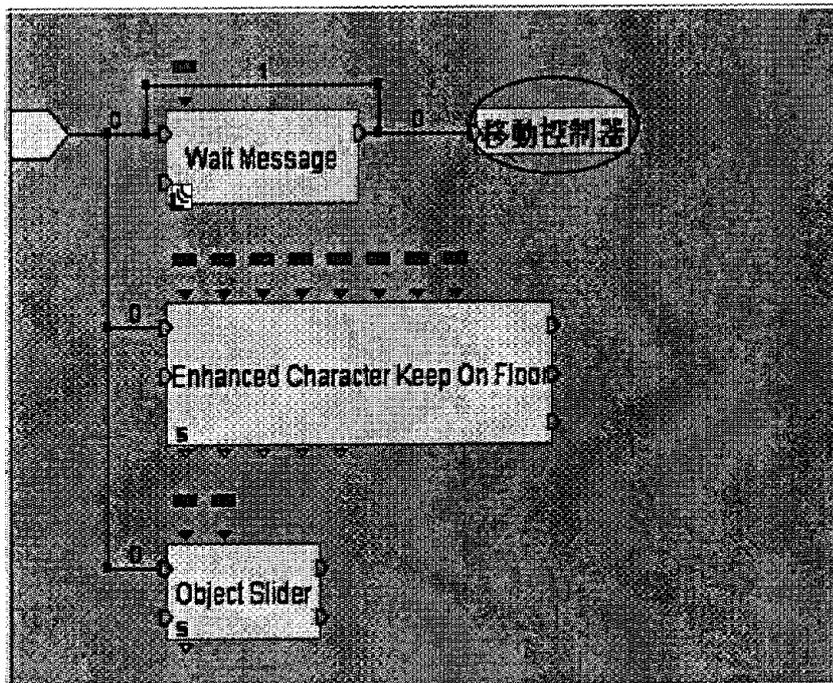


圖 5-34 人物移動模式之攝影機程式畫面(導線測量)

5-6-2 導線定位模式之建構

本研究利用3DS MAX建構全站儀本體模型，再匯入Virtools建構互動功能。本研究採用鍵盤操作方式設定導線點(參考圖5-35)。當設定導線點時，系統會傳送其坐標誌「計算儲存模式」(參考圖5-36)。這功能可以利用物件導向的編輯介面將Virtools的內建模組加入而達成(參考圖5-37)。

5-6-3 瞄準鏡模式之建構

本研究利用3DS MAX建構全站儀本體模型以及瞄準器畫面，再匯入Virtools建構互動功能。本研究採用鍵盤操作方式使全站儀鏡頭上下、左右迴轉(參考圖5-38)。當鏡頭迴轉時，攝影機的方向會跟隨一起迴轉(參考圖5-39)。這功能可以利用物件導向的編輯介面將Virtools的內建模組加入而達成(參考圖5-40)。

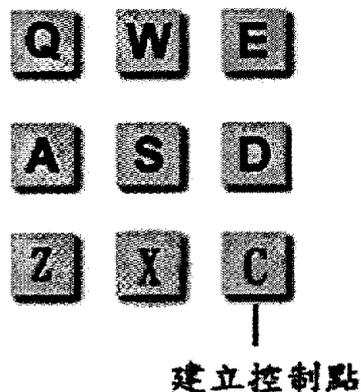


圖 5-35 導線控制點鍵盤操作示意圖(導線測量)

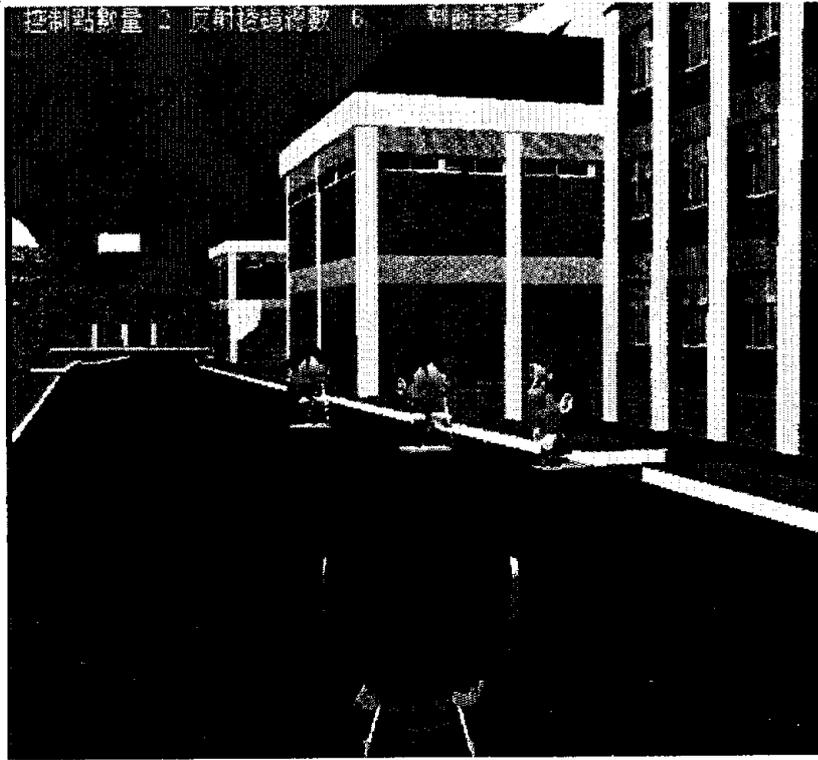


圖 5-36 導線定位模式之執行畫面(導線測量)

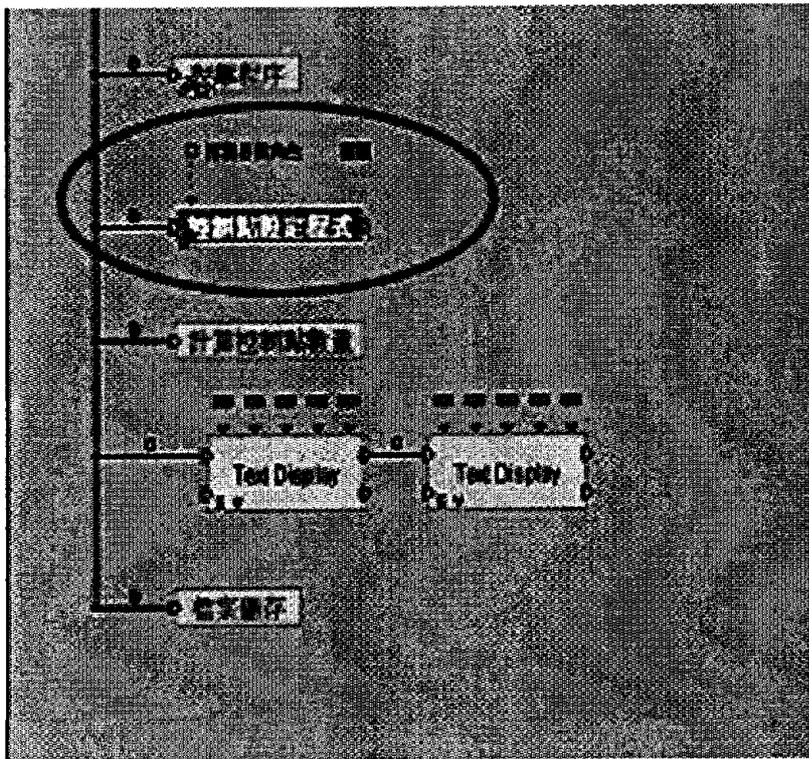


圖 5-37 導線定位模式之程式畫面(導線測量)

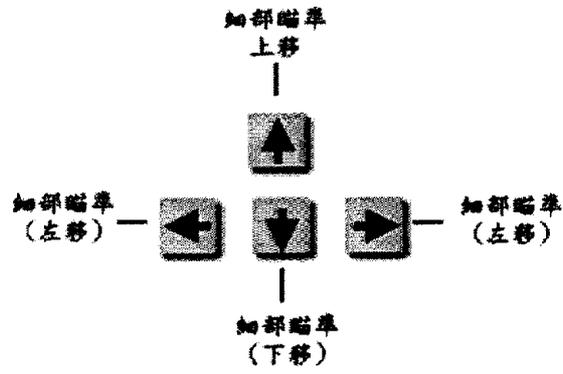


圖 5-38 細部瞄準鍵盤控制示意圖(導線測量)

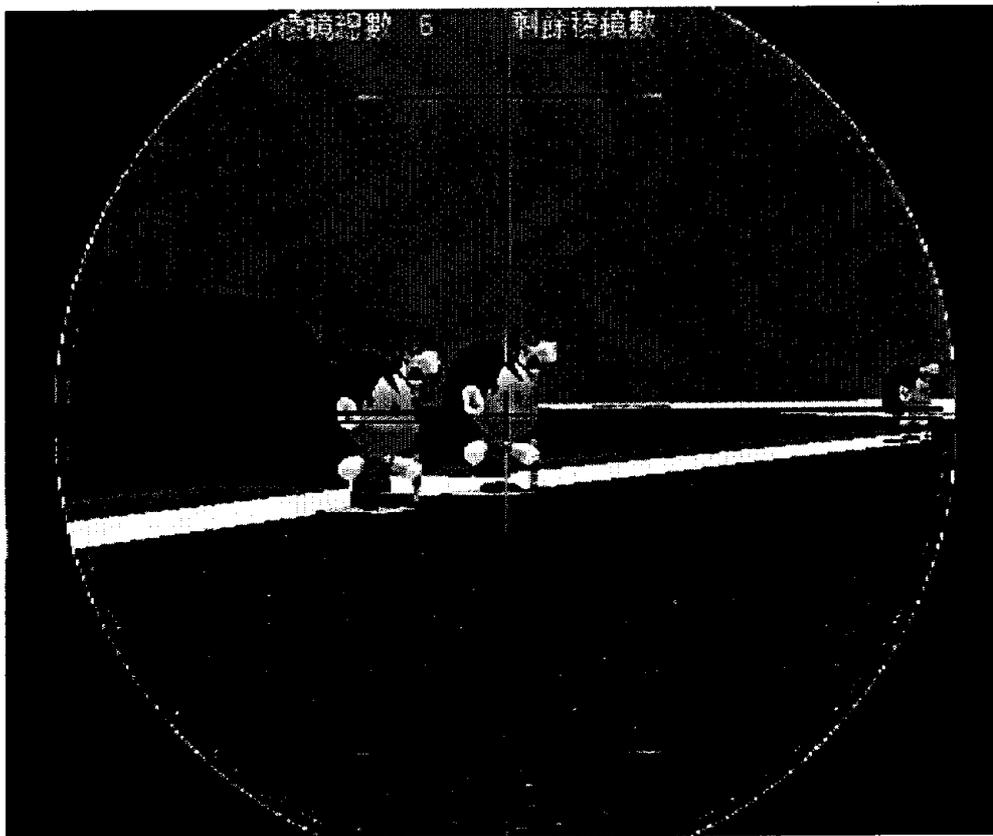


圖 5-39 瞄準鏡模式執行畫面(導線測量)

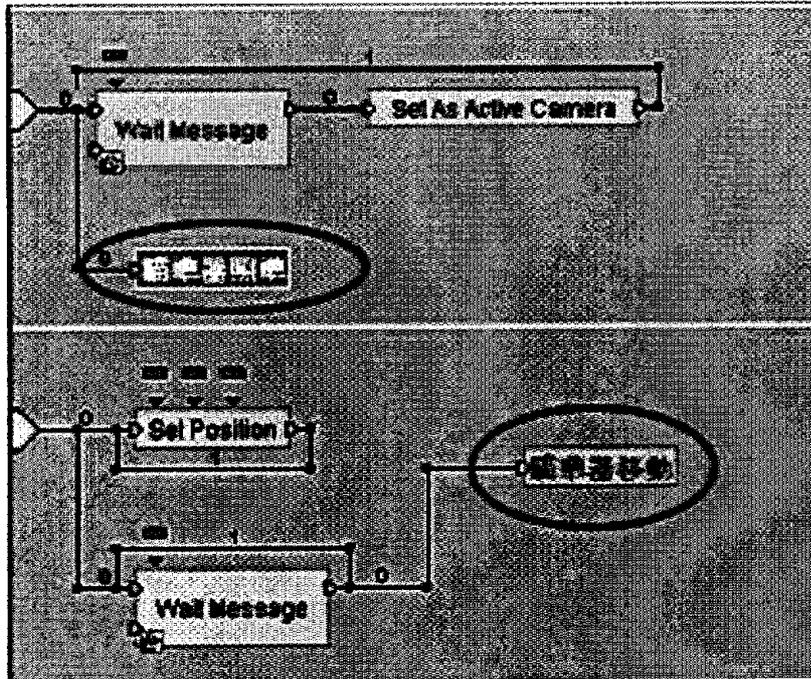


圖 5-40 瞄準鏡模式建構畫面(導線測量)

5-6-4 射擊模式之建構

本研究利用3DS MAX建構全站儀本體模型以及紅外線，再匯入Virtools建構互動功能。本研究採用與一般遊戲軟體相似的鍵盤操作方式控制射擊稜鏡(參考圖5-41)。當射擊時，稜鏡會消失，系統會傳送稜鏡編號、座標、稜鏡與導線點間之距離至「計算儲存模式」(參考圖5-42)。這功能可以利用物件導向的編輯介面將Virtools的內建模組加入而達成(參考圖5-43)。

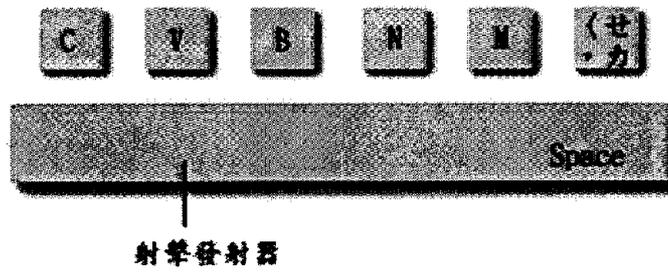


圖 5-41 射擊模式鍵盤控制示意圖(導線測量)

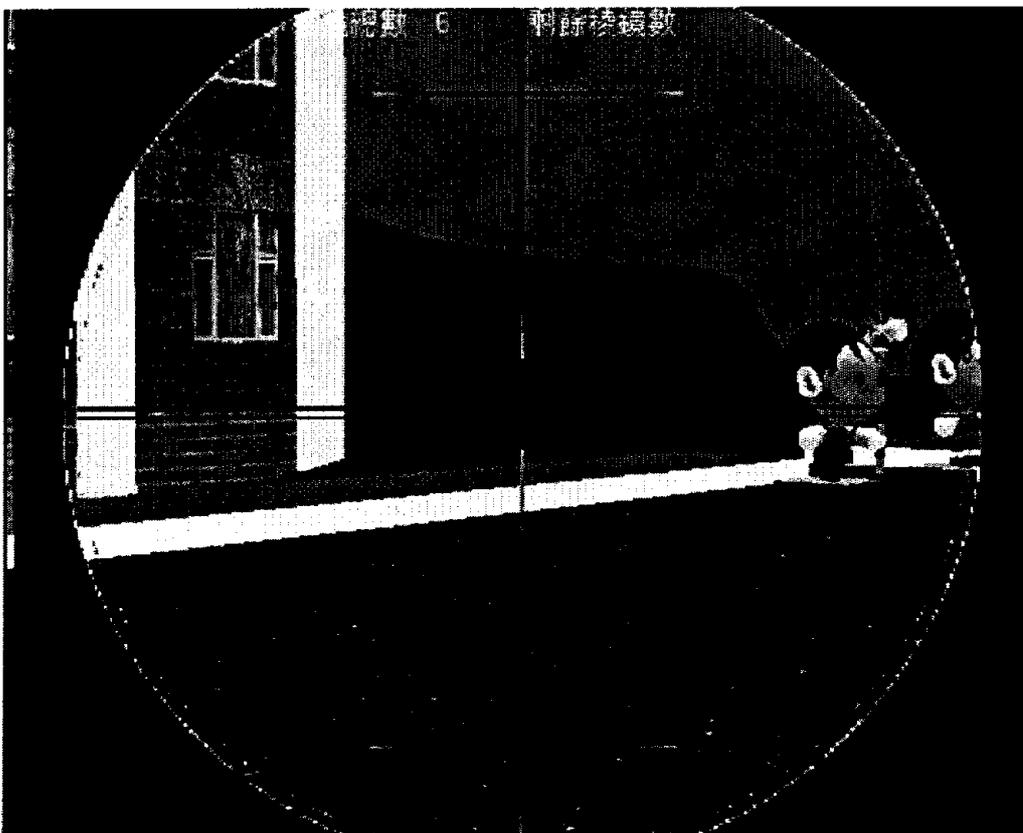


圖 5-42 射擊模式之執行畫面(導線測量)

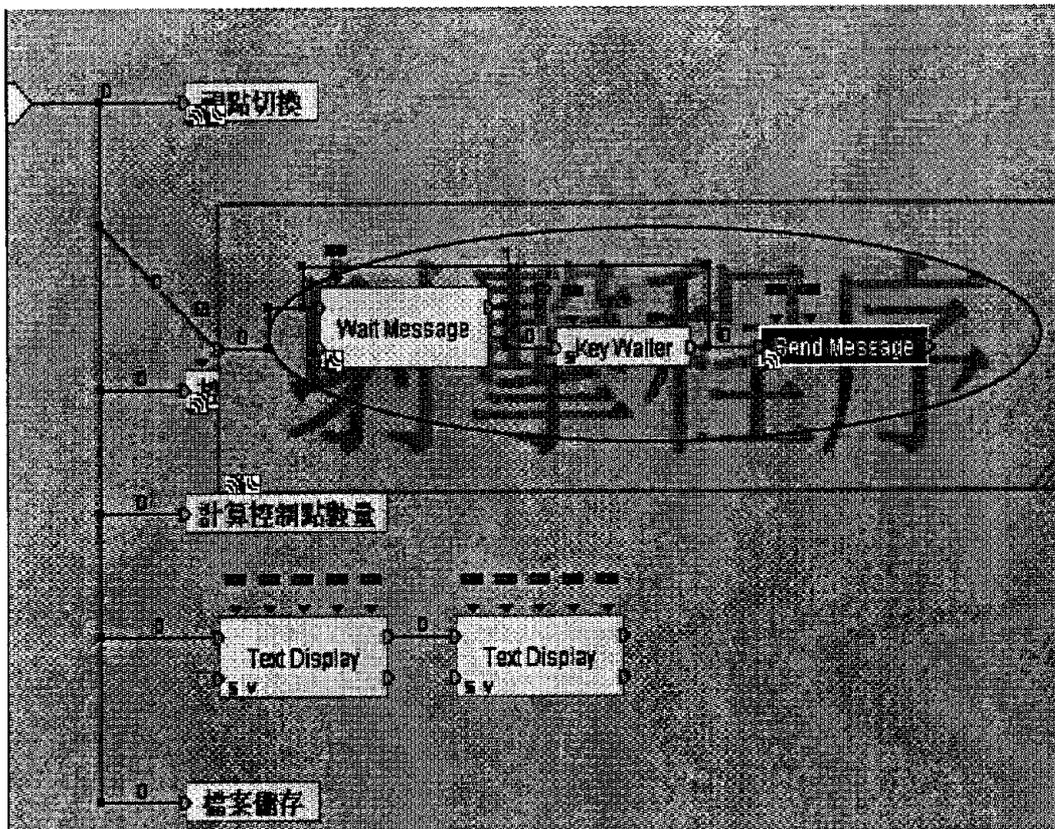


圖 5-43 射擊模式建構畫面(導線測量)

5-6-5 計算儲存模式之建構

本研究利用 Virtools 建構互動功能。本研究採用鍵盤控制計算儲存模式(參考圖 5-44)。當導線定位後，會傳來導線點座標，系統便可以計算導線點間之距離。當稜鏡擊破後會傳來稜鏡編號、稜鏡座標以及擊破之數量，系統可用以計算導線點(測站)與反射稜鏡(測點)間的距離(參考圖 5-45)。這功能可以利用物件導向的編輯介面將 Virtools 的內建模組加入而達成(參考圖 5-47)。

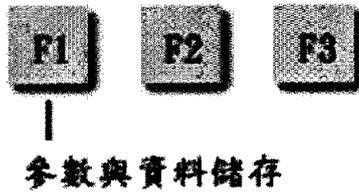


圖 5-44 計算儲存模式之鍵盤操作示意圖(導線測量)

Add Column		Add Row				
0	1	2	3	4	5	
地物 31	404.4403	180.8387	0.0000	-304.2187	1	
地物 30	109.3108	398.1898	0.0000	-23.3042	1	
地物 30	166.8104	208.1871	0.0000	-71.8708	1	
地物 30	168.8204	206.1871	0.0000	-71.8708	1	
地物 30	122.2051	207.2046	0.0000	-3.2245	1	
	174.8355	180.8387	0.0000	1.3302	1	
地物 35	109.1728	124.8045	0.0000	-21.2080	1	

圖 5-45 計算儲存模式執行畫面(導線測量)

未命名 - 記事本				
檔案(F)	編輯(E)	格式(O)	檢視(V)	說明(H)
地物點1	56.121	245,144,121	1	
地物點2	12.154	156,153,211	1	
地物點3	54.156	156,512,124	1	
地物點5	45.563	487,641,564	1	
地物點4	35.561	456,154,456	1	
地物點6	24.456	458.152.145	1	

圖 5-46 計算儲存模式產生之文字檔(導線測量)

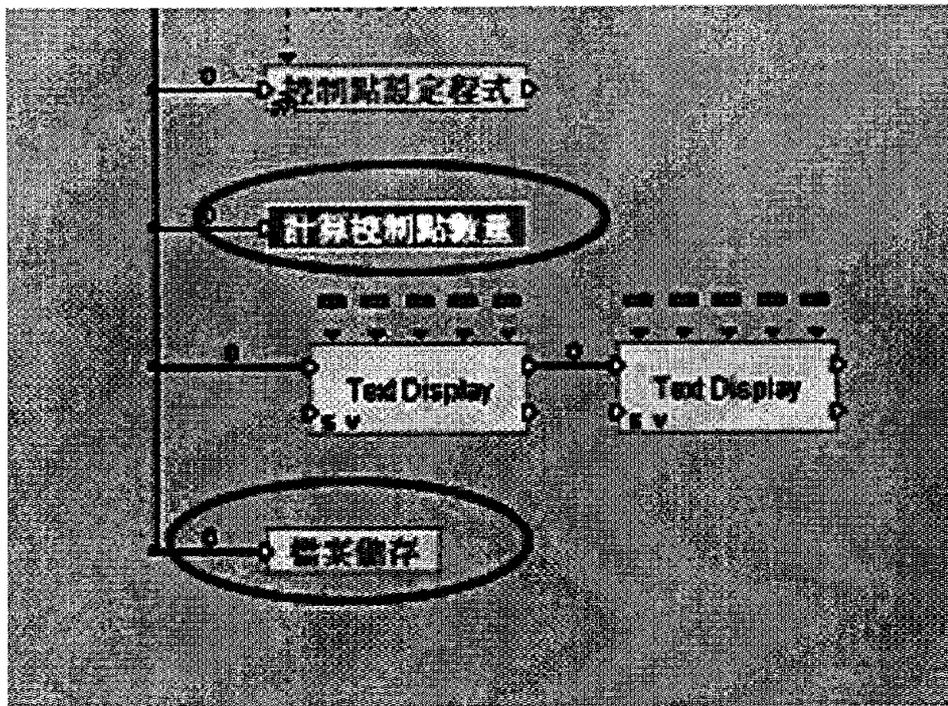


圖 5-47 參數計算模式執行畫面(導線測量)

5-7 地物測量教學系統建構

地物測量教學系統一共分為四大部分，分別是：

- 人物移動模式
- 瞄準鏡模式
- 射擊模式
- 計算儲存模式

5-7-1 人物移動模式之建構

本研究利用3DS MAX建構全站儀本體模型，再匯入Virtools建構互動功能。本研究採用與一般遊戲軟體相似的鍵盤操作方式控制全站

儀主體由一個導線點移動至下一個導線點（參考圖5-48與圖5-50）。

當全站儀主體改變位置時，攝影機會跟隨一起改變，使螢幕呈現地形與地物的虛擬實境（參考圖5-51）。這功能可以利用物件導向的編輯介面將Virtools的內建模組加入而達成（參考圖5-52）。

5-7-2 瞄準鏡模式之建構

本系統建構之方法與前導線測量教學系統中的瞄準器模式類似，可參考5-6-3節。唯一不同之處是地物測量教學的瞄準器鍵盤切換控制為圖5-50所示。

5-7-3 射擊模式之建構

本系統建構之方法與前導線測量教學系統中的射擊模式類似，可參考5-6-4節。

5-7-4 計算儲存模式之建構

本系統建構之方法與前節的導線測量教學系統中之計算儲存模式類似，可參考5-6-5節。不同之處在於為滿足第4-3節的「地物測量原則」傳遞參數與計算方式有所不同，只記錄下列參數以符合地物測量原則。

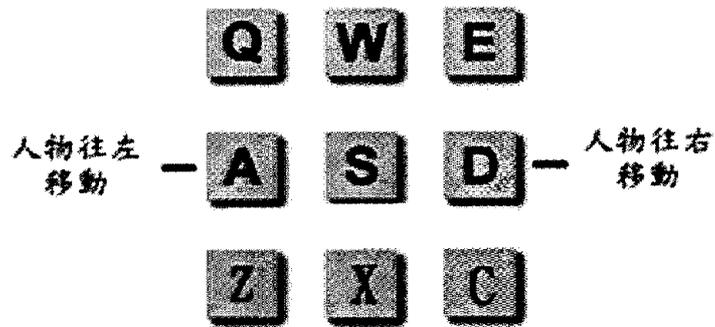


圖 5-48 人物移動鍵盤控制示意圖(地物測量)

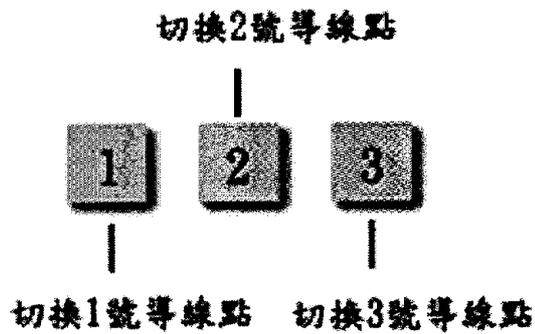


圖 5-49 選擇目標導線點鍵盤控制示意圖(地物測量)

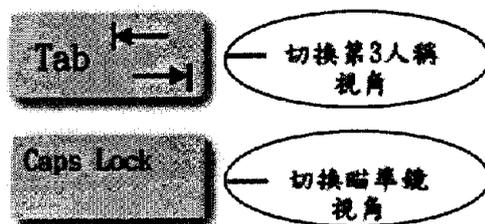


圖 5-50 攝影機鍵盤控制示意圖(地物測量)

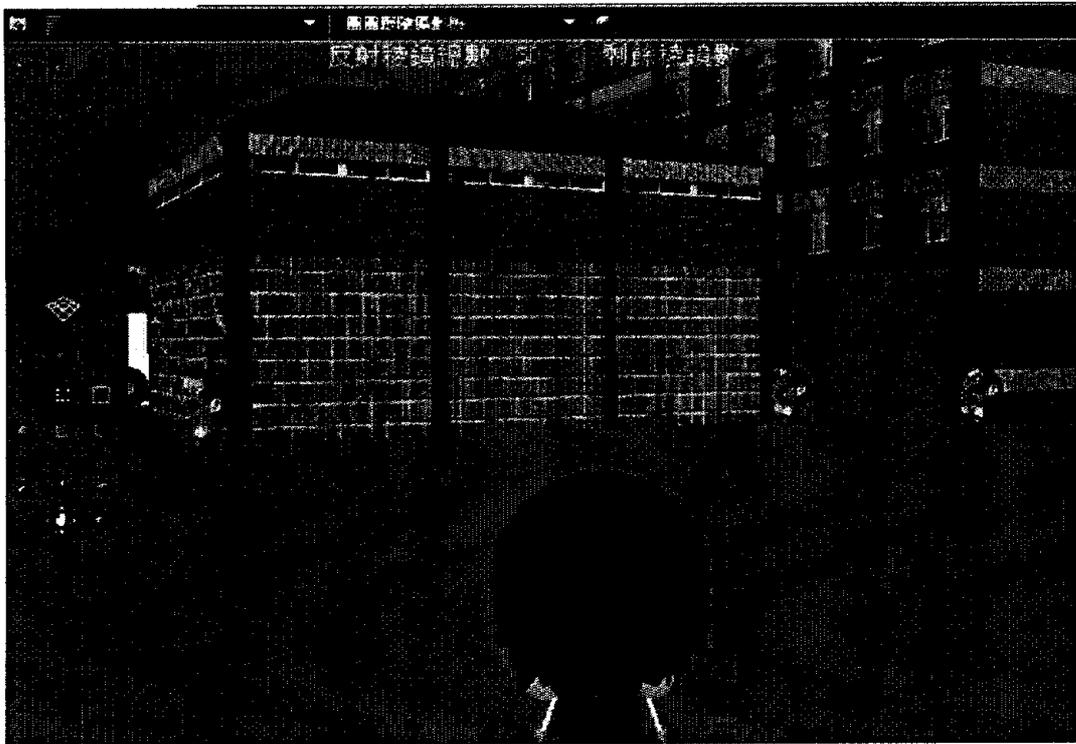


圖 5-51 人物移動模式攝影機視野畫面(地物測量)

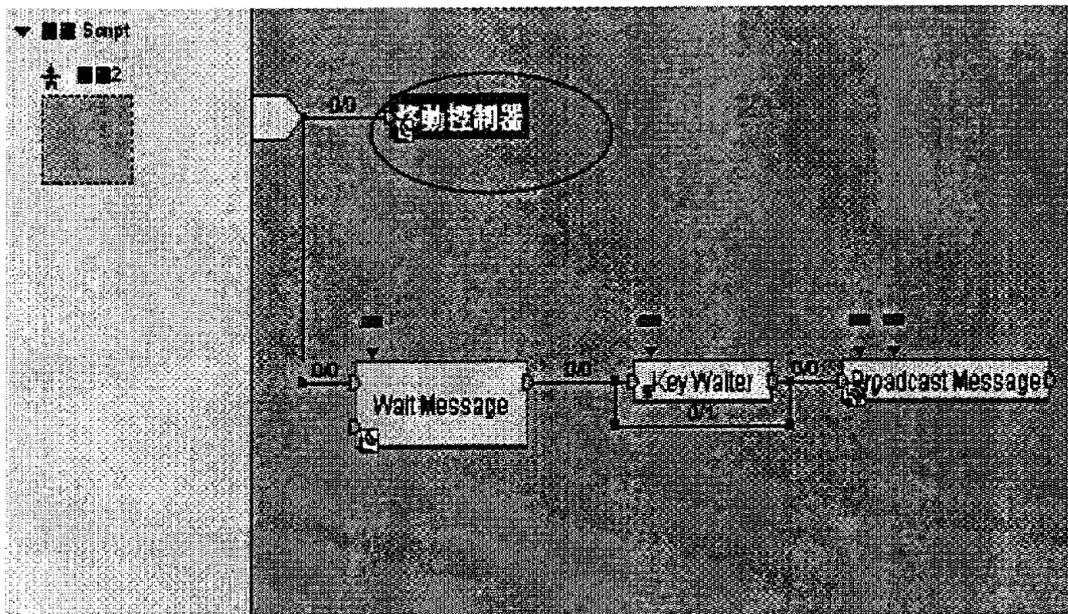


圖 5-52 人物移動模式攝影機程式畫面(地物測量)

第六章 結論與建議

6-1 結論

本研究的重要結論如下：

1. 系統分析：

由系統分析得知導線測量教學系統需能教導學生下列導線佈設

原則：

原則一、導線點應設在視野寬廣，可以量測較多地物點之處，以減少導線點。

原則二、導線點應設在與相鄰導線點可以互相通視之處。

原則三、導線點應該在與相鄰導線點有適當距離之處，因為邊長太短時測角誤差較大，影響導線精度。

原則四、導線點應設在不易變動之處，以避免導線被破壞。

原則五、導線點應設於可以使地物均有導線點可以施測之處，以減少細部測量時圖根點增設之需求。

此外，地物測量教學系統需能教導學生下列地物測量原則：

原則一、建物的地物點應以滴水線為原則。

原則二、地物點應適度取捨，以平衡測量效率與地物精細之間的兩難的關係。

原則三、地物點應利用較近的測站來測量為宜。

2. 系統設計：

由系統設計得知導線測量教學系統需能在學生實習過程中取得下列參數，以評估其導線佈設是否滿足導線佈設之原則：

- (1) 累計導線點數目：配合原則一「導線點應設在視野寬廣，可以量測較多地物點之處，以減少導線點。」
- (2) 檢核導線點通視：配合原則二「導線點應設在與相鄰導線點可以互相通視之處。」
- (3) 計算導線點距離：配合原則三「導線點應該在與相鄰導線點有適當距離之處，因為邊長太短時測角誤差較大，影響導線精度」。
- (4) 檢核導線點位置：配合原則四「導線點應設在不易變動之處，以避免導線被破壞」。
- (5) 累計地物點數目：配合原則五：「導線點應設於可以使地物均有導線點可以施測之處，以減少細部測量時圖根點增設之需求」。

此外，地物測量教學系統需能在學生實習過程中提供下列分析功能，以評估其地物測量是否滿足地物測量原則：

- (1) 記錄學生選擇的地物點之編碼，以配合原則一「建物的地物點應以滴水線為原則」。

- (2) 累計學生選擇地物點之總數，以配合原則二「地物點應利用較近的測站來測量為宜」。
- (3) 計算測站與地物點間之距離，以配合原則三「地物點應適度取捨，以平衡測量效率與地物精細之間的兩難的關係」。

3. 系統建構：

由系統建構得知：

- (1) 結合 AutoCAD、3DS MAX、以及 Virtools 三套軟體可以建構十分擬真的虛擬物件。
- (2) 導線測量教學系統可以分成五個模式，包括人物移動模式、導線點定位模式、瞄準鏡模式、射擊模式、計算儲存模式。這些模式所需的互動式功能可以利用 Virtools 內建功能，以物件導向編輯介面來達成，免去傳統的繁複程式撰寫過程。
- (3) 地物測量教學系統可以分成四個模式，包括人物移動模式、瞄準鏡模式、射擊模式、計算儲存模式，這些模式一樣可以利用 Virtools 來達成。

6-2 建議

對於本研究，作者提出以下幾點建議，以供後續研究參考：

1. 增加場景種類的多樣性：

本系統建構是以中華大學校區為範例，但在實際測量中遇見的地形與地物都不盡相同，在實際測量中的難易程度也會有所改變。以導線測量為例，學習者必須選擇適當的位置做為導線點以控制重要地物點（反射稜鏡），這過程的困難度與地形、地物的複雜度有密切關係。因此，只靠一種地形與地物場景並不易學習透徹。如果能增加地物與地形的種類，應可提高學習效果。

2. 擴大應用領域的豐富性：

本系統以導線測量與地物測量為教學主題。如果能加上其他類型的測量實習教學主題，例如地形測量、GPS 測量、工程放樣測量等，將可提升本系統的應用價值。

3. 加強人機介面的互動性：

本系統在介面操作的傳達性能嫌不足，必須仰賴鍵盤的操作模式才能使系統運行。如果能發展融入式虛擬系統，便可藉由互動式頭套與手套控制器進行融入式教學，將會提高系統擬真的程度，並加深人機之間的互動。

4. 加強評分系統的自動化

在本系統中有許多學生學習成效評估項目，未能將其自動化，必須仰賴人工判讀，例如通視部份。如果能強化這方面的功能，將可提升系統的自動化程度，改進系統效能。

參考文獻

- [1] Robert Heinich等 (原著), 張霄亭、單文京等 (編譯), 教學媒體與學習科技, 雙葉書廊, 台北, 民91。
- [2] 林政宏, 深入虛擬實境VR, 基峰資訊, 台北, pp. 2-3-9, 民86。
- [3] 黃俊堯, 「虛擬實境技術的介紹與應用趨勢」, 自動化科技, pp. 100-107, 民83。
- [4] 瑋特擬真科技有限公司, <http://www.vimtek.com.tw/about-vr/>。
<http://www.eonreality.com.tw/newvimtek/software/eon%BBP%A8%E4%A5L%C3%FE%A6%FC%B2%A3%AB~%A4%F1%B8%FB.htm>。
- [5] Shuman、張台先 (原著), 吳東光、周士祺、柳百郁 (編譯), 多媒體概論, 高立圖書, 台北, 民89。
- [6] 王泓斌, 「互動超媒體設計應用於虛擬資訊空間之研究」, 成功大學工業技術系碩士論文, pp. 26-27, 民91。
- [7] 王泰元, 人機介面的使用模式研究「, 台灣工業技術學院碩士論文」, pp. 18-22, 民84。
- [8] 陳協慶, 人機介面系統設計, 朝陽科技大學工業工程與管理系, <http://www.cyut.edu.tw/~hcchen/downdata/mm-interface.pdf>
- [9] 李青蓉、魏丕信、施郁芬、邱昭彰編著, 人機介面設計, 國立空中大學, 台北, 民87。
- [10] 吳鼎武·瓦歷斯, 電腦空間與人文論文集, 田園城市文化, 台北, 民88。

- [11] 林彥銘，「互動式多媒體展示研究以國立自然科學博物館為例」，國立雲林科技大學視覺傳達設計系碩士班，民93。
- [12] 葉怡成，測量學-21世紀觀點，東華書局，民88。
- [13] 鐘日欣，「多媒體在GPS測量實習教學之應用」，中華大學土木工程系碩士班，民92。
- [14] 徐照麗，教學媒體：系統化設計、製作與運用，五南書局，民89。
- [15] 唐為灝，「虛擬實境在全站儀測量實習教學之應用」，中華大學土木工程學系碩士班，民92。
- [16] 汪洋，Virtools Dev2.5 使用手冊，博碩文化，民92。
- [17] 劉明昆，Virtools 遊戲數位動力，文魁資訊，民92。
- [18] 愛迪斯科技股份有限公司，<http://www.axis3d.com.tw/index.jsp>。

本研究計畫已發表之研究論文

1. 鍾日欣、葉怡成、李振民，2004(4)，“多媒體在 GPS 測量實習教學之應用”，視聽教育雙月刊，第 45 卷，第 5 期，28-38。
2. 葉怡成、李振民、唐為灝、江宗原、連立川，「全站儀操作虛擬實境實習系統」，2005 年數位學習研討會，屏東。
3. 陳世峰、葉怡成、李振民，2003，“測量實習之虛擬實境系統”，2003 國際科技教育課程改革與發展研討會論文集，高雄市。

本研究計畫已投稿之研究論文

1. 李振民、唐為灝、葉怡成，「全站儀操作虛擬實境實習系統」，中華理工學刊，(2005)。
2. 李振民、陳世峰、葉怡成，「測量實習虛擬實境學習系統」，技術學刊，(2005)。

本研究計畫發表之學位論文

1. 唐為灝，2004，虛擬實境在全站儀測量實習教學之應用，碩士論文，中華大學土木工程學系。
2. 江宗原，2005，虛擬實境在測量實習之應用，碩士論文，中華大學土木工程學系。

本研究計畫的專屬推廣網頁(www.chu.edu.tw/~icyeh/vr)

計畫成果自評

傳統的測量教學之中，有許多複雜的因素如天候不佳、儀器的數量限制、師生比例差異過大等因素，導致學習者意願低落，影響教學品質。教學方式的革新與科技的進步對於傳統教學方式有莫大的衝擊。本研究是採用電腦輔助教學的方式，將教學設計中廣泛被採用的認知、技能、情意三領域之目標分類，配合互動式多媒體系統與虛擬實境的方式，重新設計教學流程。本研究利用 3D 建模與 3D 互動式軟體，建構一套具有互動式的虛擬實境系統，並以測量實習教學中的導線測量與地物測量為範例，其目的著重於讓學習者能了解測量實習應注意的原則與方法，達到教學的目的。

本研究已完成上述目標，並已發表數篇研究論文：

1. 鍾日欣、葉怡成、李振民，2004(4)，“多媒體在 GPS 測量實習教學之應用”，視聽教育雙月刊，第 45 卷，第 5 期，28-38。
2. 葉怡成、李振民、唐為灝、江宗原、連立川，「全站儀操作虛擬實境實習系統」，2005 年數位學習研討會，屏東。
3. 陳世峰、葉怡成、李振民，2003，“測量實習之虛擬實境系統”，2003 國際科技教育課程改革與發展研討會論文集，高雄市。

以及數篇投稿論文

1. 李振民、唐為灝、葉怡成，「全站儀操作虛擬實境實習系統」，中華理工學刊，(2005)。
2. 李振民、陳世峰、葉怡成，「測量實習虛擬實境學習系統」，技術學刊，(2005)。

研究結果顯示

1. 結合 AutoCAD、3DS MAX、以及 Virtools 三套軟體可以建構十分擬真的虛擬物件。
2. 導線測量教學系統可以分成五個模式，包括人物移動模式、導線點定位模式、瞄準鏡模式、射擊模式、計算儲存模式。這些模式所需的互動式功能可以利用 Virtools 內建功能，以物件導向編輯介面來達成，免去傳統的繁複程式撰寫過程。
3. 地物測量教學系統可以分成四個模式，包括人物移動模式、瞄準鏡模式、射擊模式、計算儲存模式，這些模式一樣可以利用 Virtools 來達成。

在應用價值上，這些技術可用來建構不同的土木工程教學系統。因此可利用之產業及可開發之產品包括：

- 測量實習教學系統

- 工程施工實習教學系統

(本研究計畫的專屬推廣網頁：www.chu.edu.tw/~icyeh/vr)

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利

 可技術移轉

日期：94 年 10 月 10 日

國科會補助計畫	計畫名稱：測量實習虛擬實境學習系統之研究 計畫主持人：葉怡成 計畫編號：NSC-93-2520-S-216-001- 學門領域：資訊教育
技術/創作名稱	測量實習虛擬實境學習系統
發明人/創作人	葉怡成
技術說明	<p>中文：虛擬實境測量實習學習系統(Virtual Environment for Surveying Practice，以下簡稱 VES 系統)，其中包含導線測量、地物測量，期能使學生透過本系統的教學及分析增進並了解測量實習的課程。本系統主要運用電腦教學以輔助戶外測量實習課程。如此，學生能在之中得到系統的反饋，並增加自己的實習技巧。本研究的優點為將測量實習教學融入虛擬實境特有的融入感、互動性及想像力之中。</p> <p>英文：The main objective of this system is to supplement field teaching of surveying practice via intelligent interaction with the computer-based tutoring system, including traversing surveys, planimetric mapping surveys. This system is designed to be a self-paced virtual tutor with intelligent, user-friendly interactions. The system took advantage of the special characteristics of virtual reality in teaching surveying practice, including immersion, interaction and imagination.</p>
可利用之產業及可開發之產品	<ul style="list-style-type: none"> ● 測量實習教學系統 ● 工程施工實習教學系統
技術特點	本研究利用3D建模與3D互動式軟體，建構一套具有互動式的虛擬實境系統，並以測量實習教學中的導線測量與地物測量為範例，其目的著重於讓學習者能了解測量實習應注意的原則與方法，達到教學的目的。
推廣及運用的價值	傳統的測量教學之中，有許多複雜的因素如天候不佳、儀器的數量限制、師生比例差異過大等因素，導致學習者意願低落，影響教學品質。教學方式的革新與科技的進步對於傳統教學方式有莫大的衝擊。本研究是採用電腦輔助教學的方式，將教學設計中廣泛被採用的認知、技能、情意三領域之目標分類，配合互動式多媒體系統與虛擬實境的方式，重新設計教學流程。 本研究計畫的專屬推廣網頁(www.chu.edu.tw/~icyeh/vr)