

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

全站儀虛擬實境學習系統之研究(2/2) 研究成果報告(完整版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2520-S-216-001-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：中華大學土木與工程資訊學系

計畫主持人：葉怡成

計畫參與人員：博士班研究生-兼任助理：李振民
碩士班研究生-兼任助理：陳安、張皓博、陳定中、陳柏愷

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年10月14日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

研究成果報告

全站儀虛擬實境學習系統之研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC 95-2520-S-216-001

執行期間：95年8月1日至96年7月31日

計畫主持人：葉怡成

共同主持人：

計畫參與人員：李振民、陳安、陳定中、張皓博、陳柏愷

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)：精簡報告

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：中華大學土木工程學系

中華民國九十六年十月十四日

全站儀虛擬實境學習系統之研究

Virtual reality learning system for operation practice of total station
instrument

計畫編號：NSC 95-2520-S-216-001

執行期限：95 年 08 月 1 日 至 96 年 07 月 31 日

主持人：葉怡成 中華大學土木工程學系 教授

摘要

本研究之目的在於爲了改善傳統測量教學受限於天候、儀器數量、分組教學、時數壓縮等不可控制之因素所導致之教學成效不良，結合電腦輔助教學(Computer Assist Instruction)與虛擬實境(Virtual Reality)，製作出一套可於電腦中反覆操作的全站儀虛擬實境測量實習系統。本系統提供了虛擬三維空間與及虛擬全站儀，並以虛擬儀表板動作來模擬全站儀的儀表板之實際操作；以滑鼠與鍵盤動作來模擬全站儀的望遠鏡筒之實際操作。實習內容分成兩個階段：(1)架設儀器：細分爲概略定心、概略定平、精確定心、精確定平階段；與(2)座標測量：細分爲概略照準、精確照準階段。本系統提供學生互動化、個人化、三維化的學習過程，以及即時化的學習回饋，突破傳統教學方式的束縛。研究結果顯示，本系統確實可以作爲學生課前預習、課後練習的工具，也可成爲輔助教師教學的教材。

關鍵字：虛擬實境、測量實習、全站儀

Abstract

The main objective of this system is to design a virtual reality learning system for operation practice of total station instrument, and to make learning this skill easier. Students can use this system to simulate the operation processes, including setting the instrument and surveying the coordinate of points on the field. The system could take advantages of the special characteristics of virtual reality in teaching instrument operations, including immersion, interaction and imagination.

Key words: Virtual reality, surveying practice, total station instrument.

一、前言

測量儀器為高單價的設備，在學校受限於經費的情況下，儀器採購的數量往往不足。而又為了安全考量，學生經常只能在課堂上操作儀器。但傳統的測量教學課程，是分組進行實習教學，每位學生能操作儀器的時間不多，再加上成績為團體計算，常發生到學期末還無法獨立操作儀器的現象。但受限於儀器數量的不足，至今仍無法達成一人一台儀器的教學方式。如何使用現有的教學資源來解決問題，即是本研究的重點。

電腦輔助教學(Computer-Assisted Instruction, CAI)是一個解決問題的辦法。但早期的電腦輔助教學是使用圖像與動畫來進行學習，於一些簡單的問題中灌輸課程的概念，這對早已接受電腦科技洗禮的學生來說，過於簡單的互動式教學媒體就如同課本一般死板，已經無法達到學生的需求。且測量儀器為複雜之設備，僅靠簡單的圖像與動畫來教學是不足夠的。要令學生對儀器的操作更熟悉，本研究採用近年來熱門的虛擬實境(Virtual Reality)來進行電腦輔助教學。在電腦上反覆操作虛擬的測量儀器，一來可另學生於現場操作實習前，先一步熟悉儀器的使用方式，二來可以避免儀器因不慎的操作而故障損壞。

研究流程如圖 1-1。本研究一共分為六章，各章內容闡述如下：第一章為前言。第二章為文獻回顧。第三章為系統分析。第四章為系統設計。第五章為系統建構。第六章為結論與建議。

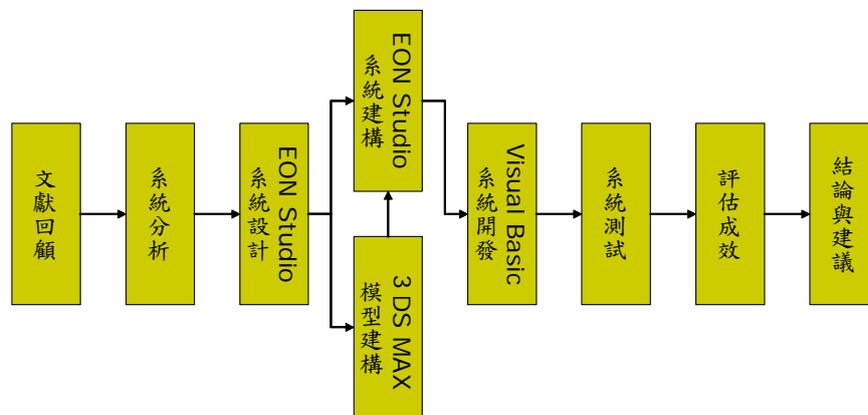


圖 1-1 研究流程

二、文獻回顧

2-1 全站儀、電腦輔助教學與虛擬實境

全站儀(Total Station)又稱電子速測儀，乃整合電子經緯儀、電子測距儀、電子計算機及電子記錄器成一體之儀器。

電腦輔助教學(Computer Assist Instruction)係指運用電腦之交談式或互動式(Interactive)的功能來引介教材，以提供個別(Individual)或個別化(Individualized)之一種教學環境。此種教學環境必須以電腦為工具，且引導此環境之軟體，必須能表現出交談式或互動性的功能。

電腦輔助教學的分類如下：

- 教導式(Tutorials)。
- 模擬式(Simulations)。
 - ✓ 物質現象模擬
 - ✓ 程序模擬
 - ✓ 狀況模擬
 - ✓ 過程模擬。
- 練習式(Drill and Practice)。
- 測驗式(Tests)。
- 遊戲式(Games)。

傳統教學與電腦輔助教學之比較如表 2-1。

虛擬實境(Virtual Reality)簡單來說是利用電腦與其它特殊硬體設備及資訊軟體模擬三維空間環境，讓使用者在此虛擬世界與電腦作互動，藉由特殊的人機介面讓使用者進入該世界，並自由的控制彷彿身歷其境一般。

虛擬實境特性如下：

- 由電腦產生。
- 是個三維立體空間。
- 可以和這個空間的事物進行交談。
- 可以隨使用者的意志自由的游移。
- 要有融入感及參與感。

虛擬實境要素如下：

- 融入度(Immersion)
- 互動性(Interaction)
- 想像力(Imagination)

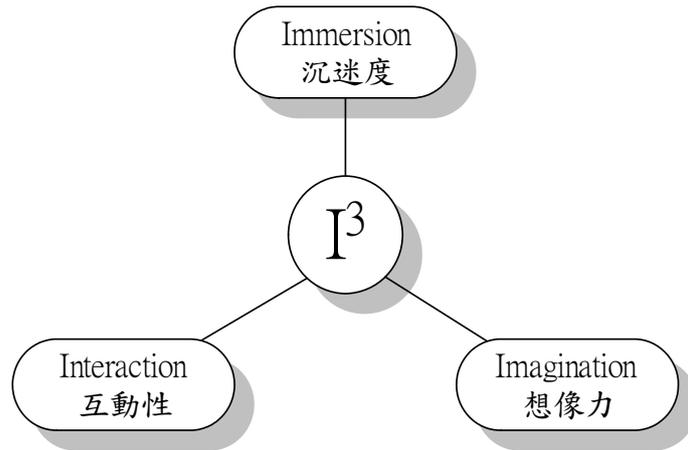


圖 2-1 虛擬實境要素

表 2-1 傳統教學與電腦輔助教學之比較

	傳統式教學	電腦輔助教學
學習方式	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習者被動地吸收知識。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習者主動地建構知識。
學生活動	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習者複製老師授課內容。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習者在系統中產生互動。
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。
學習流程	<ul style="list-style-type: none"> ● 講師口述→考試→回饋→知識。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 情境學習→操作系統→學習→知識。
特性比較	<ul style="list-style-type: none"> ● 學習者程度不一，教學者不易掌握教學進度。 ● 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。 ● 透過互動式多媒體，用活潑化的方式教學。

虛擬實境的種類如下：

- 依使用的技術分類
 - ✓ 幾何式虛擬實境(Graphic-based VR)
 - ✓ 影像式虛擬實境(Image-based VR)
 - ✓ 混合式虛擬實境(Hybrid VR)
- 依投影的技術分類
 - ✓ 桌上型 VR 系統(Desktop VR)
 - ✓ 融入型 VR 系統(Immersive VR)
 - ✓ 投影型 VR 系統(Projection VR)
 - ✓ 模擬型 VR 系統(Simulation VR)
 - ✓ 完全沉浸型 (Full-Immersion VR)

2-2 虛擬實境在電腦輔助教學之應用

- 教學

由於虛擬實境的技術強調身歷其境，在對使用者所收到感官刺激的程度而言，遠超過平面媒體的圖文訊息傳遞，對於課程主題的記憶及領悟有實質加深的效果。

- 訓練

藉由反覆的訓練將能夠降低實作時可能衍生非預期的風險。虛擬實境技術可經由特定領域的專才參與，提供完善而具體的演練程序，並由物件模型強化物的設計以刺激使用者的正面反應。

- 模擬

模擬係於虛擬實境應用中導入時間或獎懲壓力，再藉由互動性良好的人機介面，讓使用者有一定的發揮與思考空間。

2-3 虛擬實境在工程教育上之應用

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三角網測量，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輔助效果。

江宗原(2005)建立一套導線測量教學系統，這套互動式系統中包含：(1)測量學教學(導線測量與細部測量部分)模組(2)導線測量實習模組(3)地物測量實習模組，並採用模擬式遊戲教學法(SG)搭配虛擬實境建構。

許啓彬(2005)建立可套用於汽車駕駛模擬器之車輛模擬軟體，此軟體分成車輛動力傳輸、車輛動態與操控運動感覺等三個次模組。

三、系統分析

3-1 需求分析

傳統測量實習全站儀教學流程如圖 3-1，新全站儀測量實習教學流程如圖 3-2。

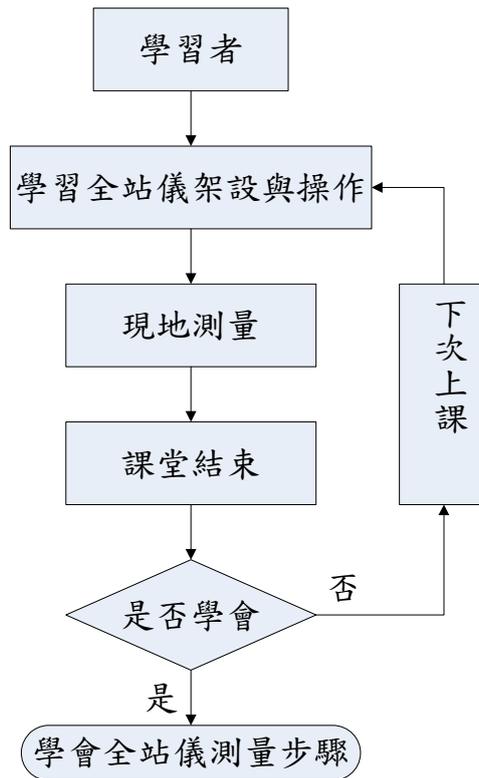


圖 3-1 傳統測量實習全站儀教學流程圖

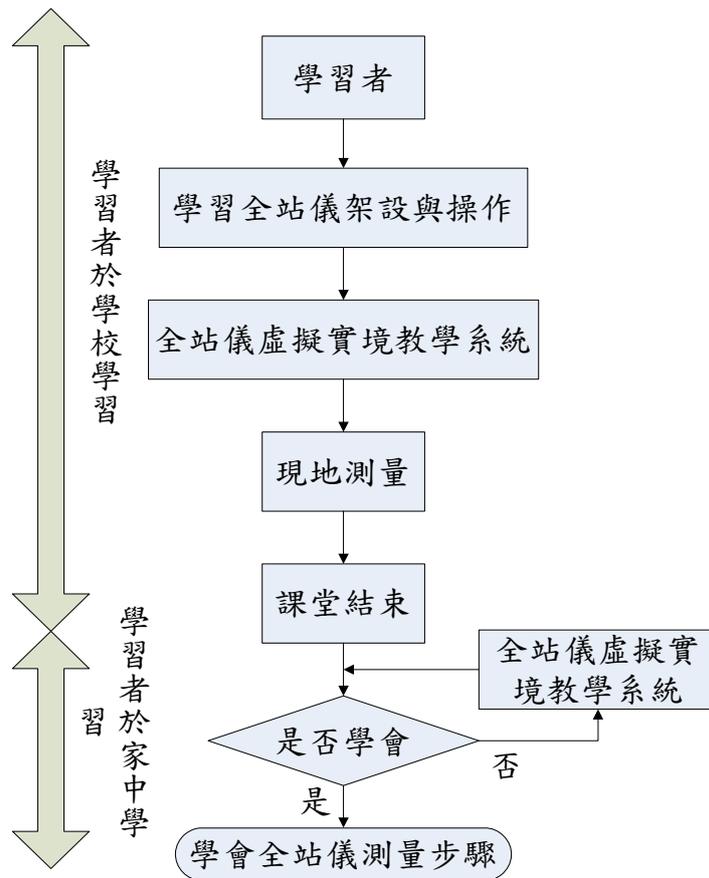


圖 3-2 新全站儀測量實習教學流程圖

3-2 資源分析

全站儀的廠牌眾多，最新的機種還擁有照相、錄影等功能。本系統在設計規劃階段，由於需要真實的儀器作為系統開發參照之用，選定系上實習教學所用之由 TOPCON 公司所開發的 GTS-211D 全站儀。該機型擁有基本測量、座標放樣、交會測量、求測點座標、懸高測定，多邊測量等功能。



圖 3-3 TOPCON GTS-211D 全站儀

3-3 教學目標

正確的架設儀器為測量工作的重點，全站儀在開始進行測量前必須完成定心與定平的步驟，而測量的準確度完全取決於這個步驟的正確與否。為了讓使用者可以反覆練習，增加現場實測時的操作熟練度，本系統將此步驟囊括其中，分為「全站儀架設教學」與「全站儀座標測量教學」兩大部份。

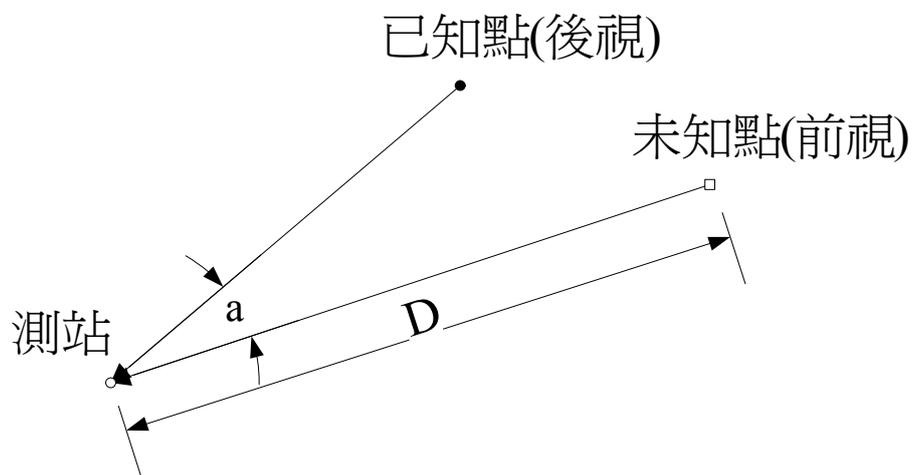


圖 3-4 直接座標測量示意圖

3-4 全站儀架設教學系統分析

- 概略定心系統所需之功能：
 - ✓ 展示定心鏡中顯視的畫面。
 - ✓ 使用者可操作腳架移動。
 - ✓ 若使用者未正確完成步驟將顯示出警示訊息。
- 概略定平系統所需之功能：
 - ✓ 顯示圓盒水準氣泡。
 - ✓ 腳架之伸縮需在鬆開腳架鎖定螺旋後才能調整。
 - ✓ 無法一次調整兩支腳架，若操作將並發出警訊。
 - ✓ 調整腳架之伸縮需與定心之偏差同步。
- 精確定心系統所需之功能：
 - ✓ 需要解除基座固定螺旋才可移動主機。
 - ✓ 主機移動受自由度限制。
 - ✓ 使用者移動主機超出範圍後將發出警訊。
- 精確定平系統所需之功能：
 - ✓ 顯示管狀水準氣泡。
 - ✓ 定平完成須返回定心模式進行檢驗。

3-5 全站儀座標測量教學系統分析

- 照準模式系統所需之功能：
 - ✓ 顯示望遠鏡目鏡中之畫面。
 - ✓ 水平、垂直度盤固定螺旋，望遠鏡、度盤微調螺旋四個功能必須可以操作。
 - ✓ 標明前視與後視反射稜鏡。
- 面版操作模式系統所需之功能：
 - ✓ 顯示液晶螢幕之畫面。
 - ✓ 需可進行後視與前視之功能。

四、系統設計

4-1 教學策略設計

- **做中學**：系統將引導學習者完成整個測量的過程，使用者在操作的過程當中，主動的建構知識。
- **提供逼真環境**：真實的校園場景，跟現地測量時擁有相同的環境，增加融入度。
- **錯誤引導**：當使用者做出錯誤的操作時，系統將會提供警示訊息，並限制使用者操作下一個步驟。
- **可自由探索**：使用者在進行操作步驟時，可以隨時切換至自由移動模式來瀏覽完整地形，增加使用者的想像空間。
- **紀錄評估**：記錄使用者操作架設步驟的完成時間。

4-2 內容設計

- **實習環境設計**

全站儀實習必需先選擇一個空間，其實習流程圖如圖 4-1。本系統建構的虛擬空間如圖 4-2 與 4-3。

- **實習內容設計**

正確的架設儀器為測量工作的重點，全站儀在開始進行測量前必須完成定心與定平的步驟，而測量的準確度完全取決於這個步驟的正確與否。儀器架設實習流程圖如圖 4-4。架設儀器後可以開始作座標測量，座標測量實習流程圖如圖 4-5。

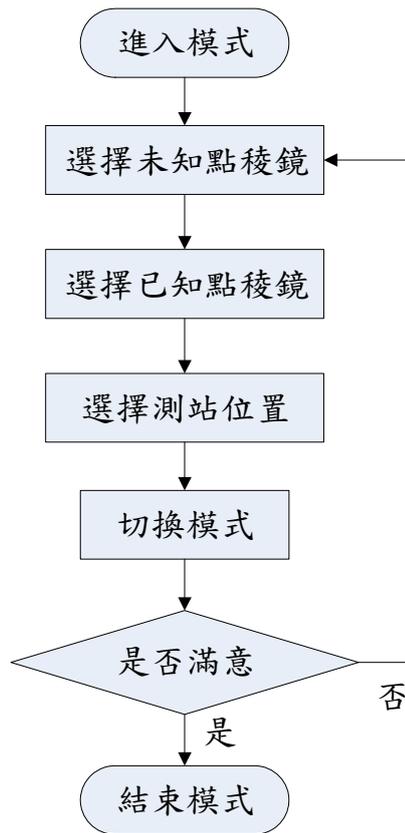


圖 4-1 選擇場地的實習流程圖

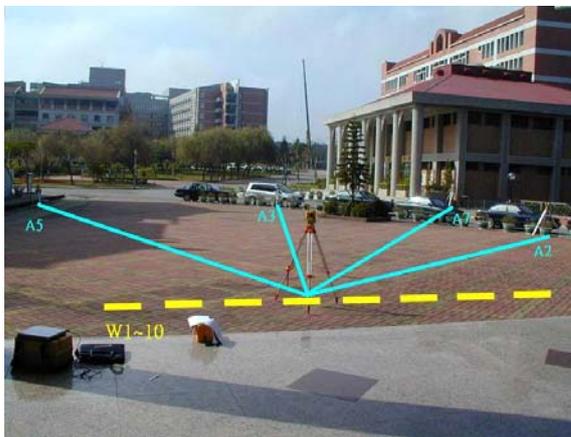


圖 4-2 本系統建構的真實空間

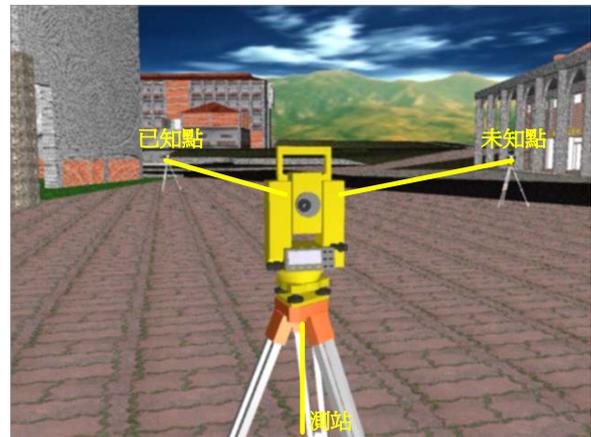


圖 4-3 本系統建構的虛擬空間

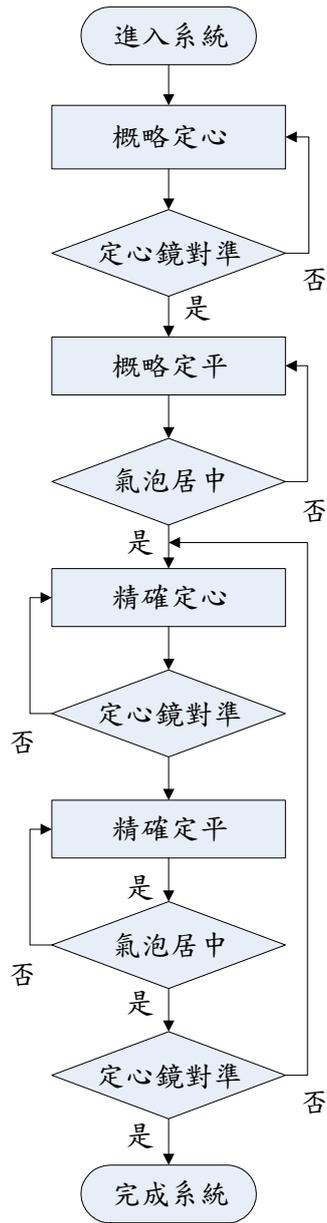


圖 4-4 儀器架設實習流程圖

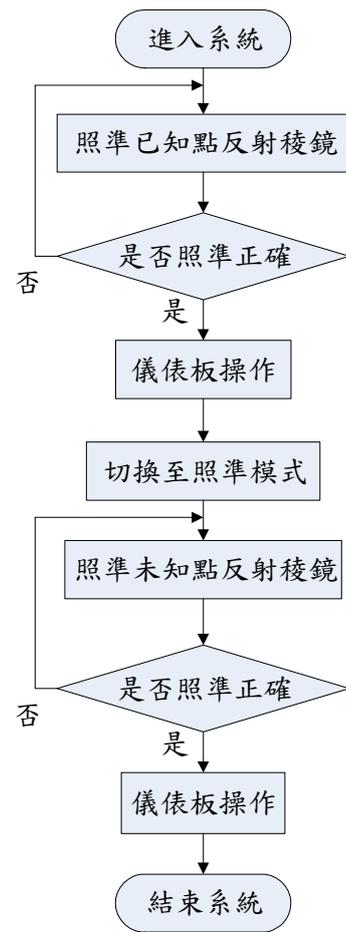


圖 4-5 座標測量實習流程圖

4-3 全站儀架設教學系統設計

全站儀架設教學系統設計依實習流程分成四個部份：

- 概略定心模式系統設計(圖 4-6)。
- 概略定平模式系統設計(圖 4-7)。
- 精確定心模式系統設計(圖 4-8)。
- 精確定平模式系統設計(圖 4-9)。

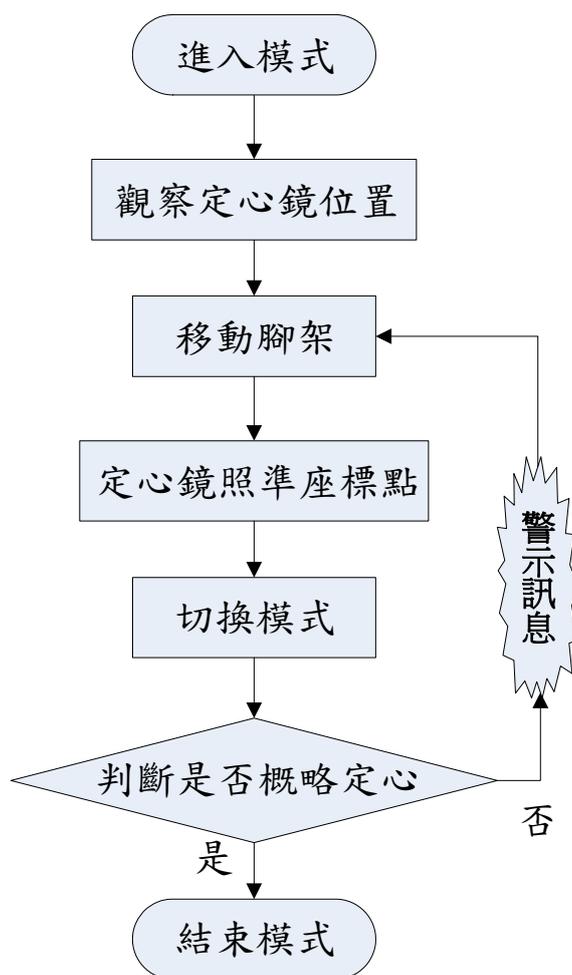


圖 4-6 概略定心模式系統設計

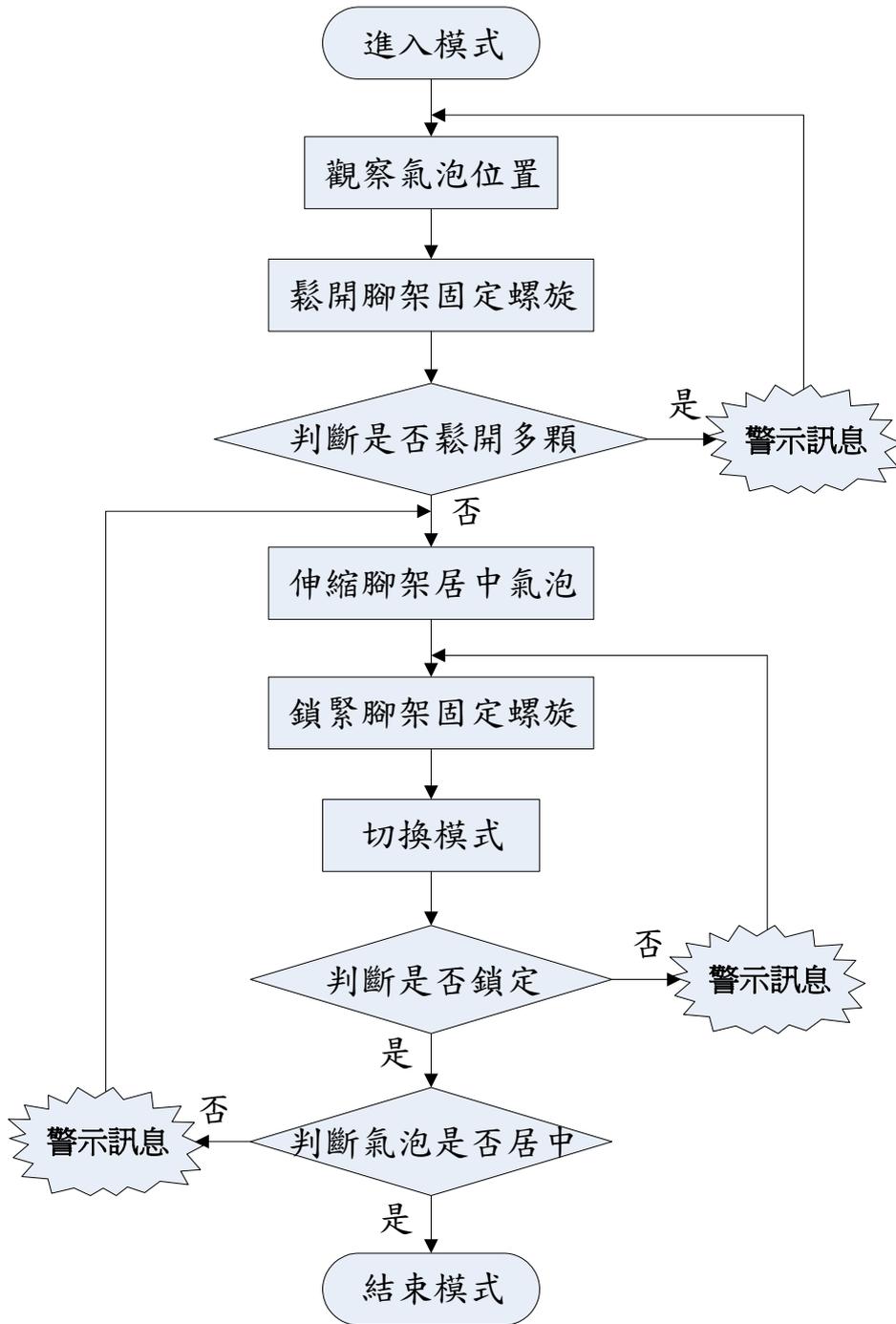


圖 4-7 概略定平模式系統設計。

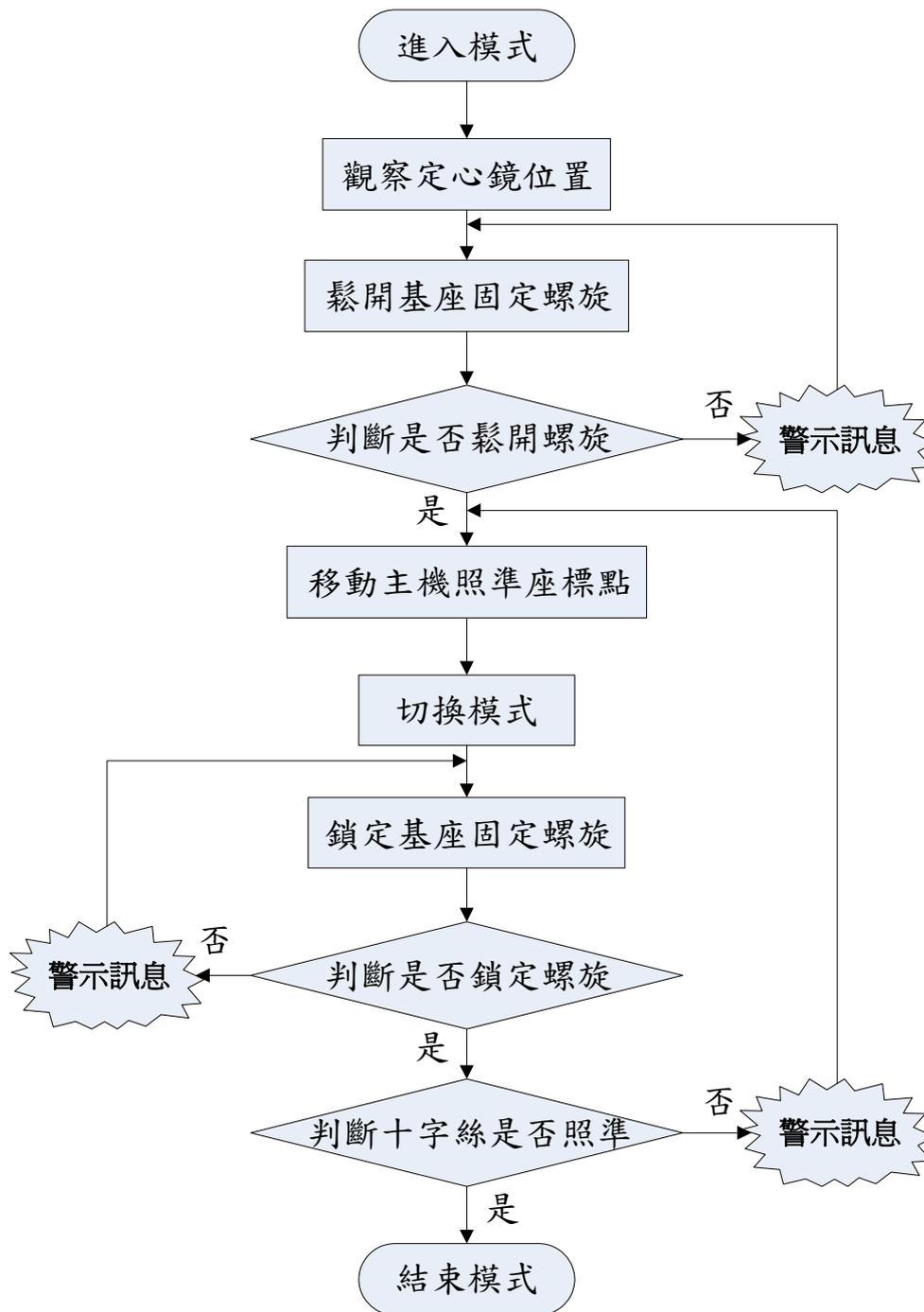


圖 4-8 精確定心模式系統設計。

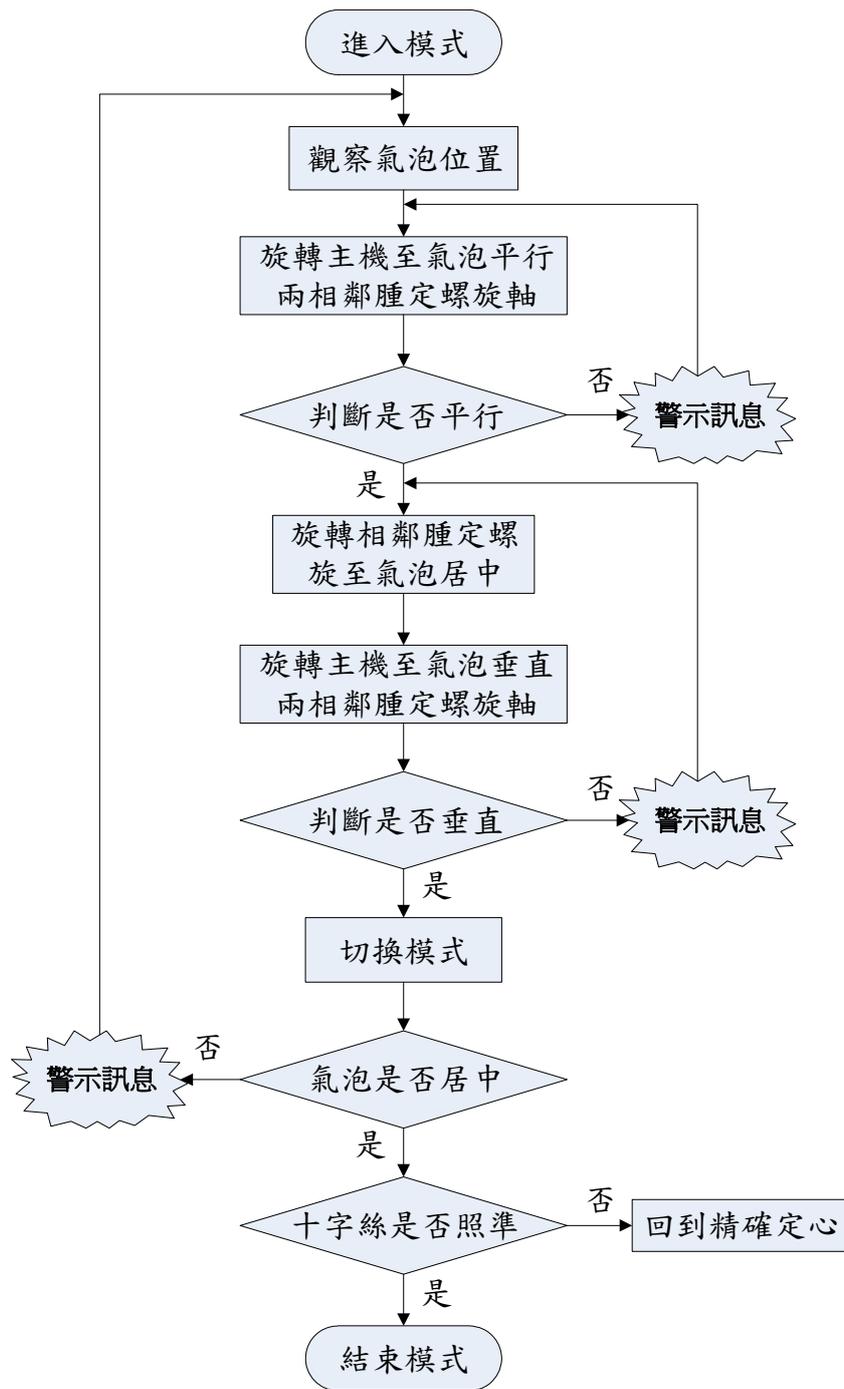


圖 4-9 精確定平模式系統設計。

4-4 全站儀座標測量教學系統設計

全站儀座標測量教學系統設計依實習流程分成二個部份：

- 照準模式系統設計(圖 4-10)。
- 儀表板操作模式系統設計(圖 4-11)。

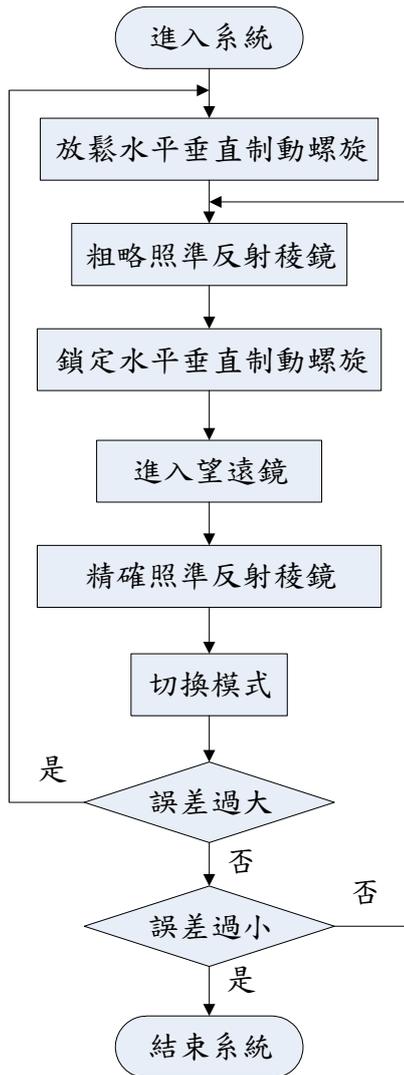


圖 4-10 照準模式系統設計

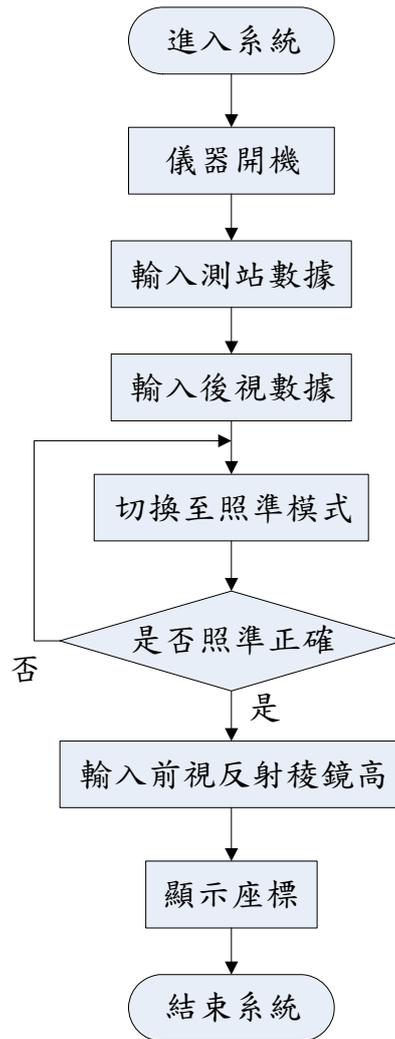


圖 4-11 儀表板操作模式系統設計

4-5 介面設計

全站儀教學系統的介面設計依實習需求分成四個部份(圖 4-12)：虛擬實境顯示區(右上)，切換模式(左上)，互動功能(右下)，虛擬儀表板(正下方)，其中

- 虛擬實境顯示區(圖 4-12 右上)：用以模擬學習者透過肉眼或儀器看到的景物變

化。

- 切換模式圖示設計(圖 4-12 左上)：切換模式讓學習者切換到不同的操作模式(圖 4-13)。
- 互動功能操作設計(圖 4-12 右下方的十字形)：以互動按鈕模擬全站儀的腳架與主機的移動之實際操作(圖 4-14)。
- 虛擬儀儀板設計(圖 4-12 正下方)：以虛擬儀儀板動作來模擬全站儀的儀儀板之實際操作。

此外，本系統以滑鼠與鍵盤動作來模擬全站儀的望遠鏡筒之實際操作(圖 4-15)。

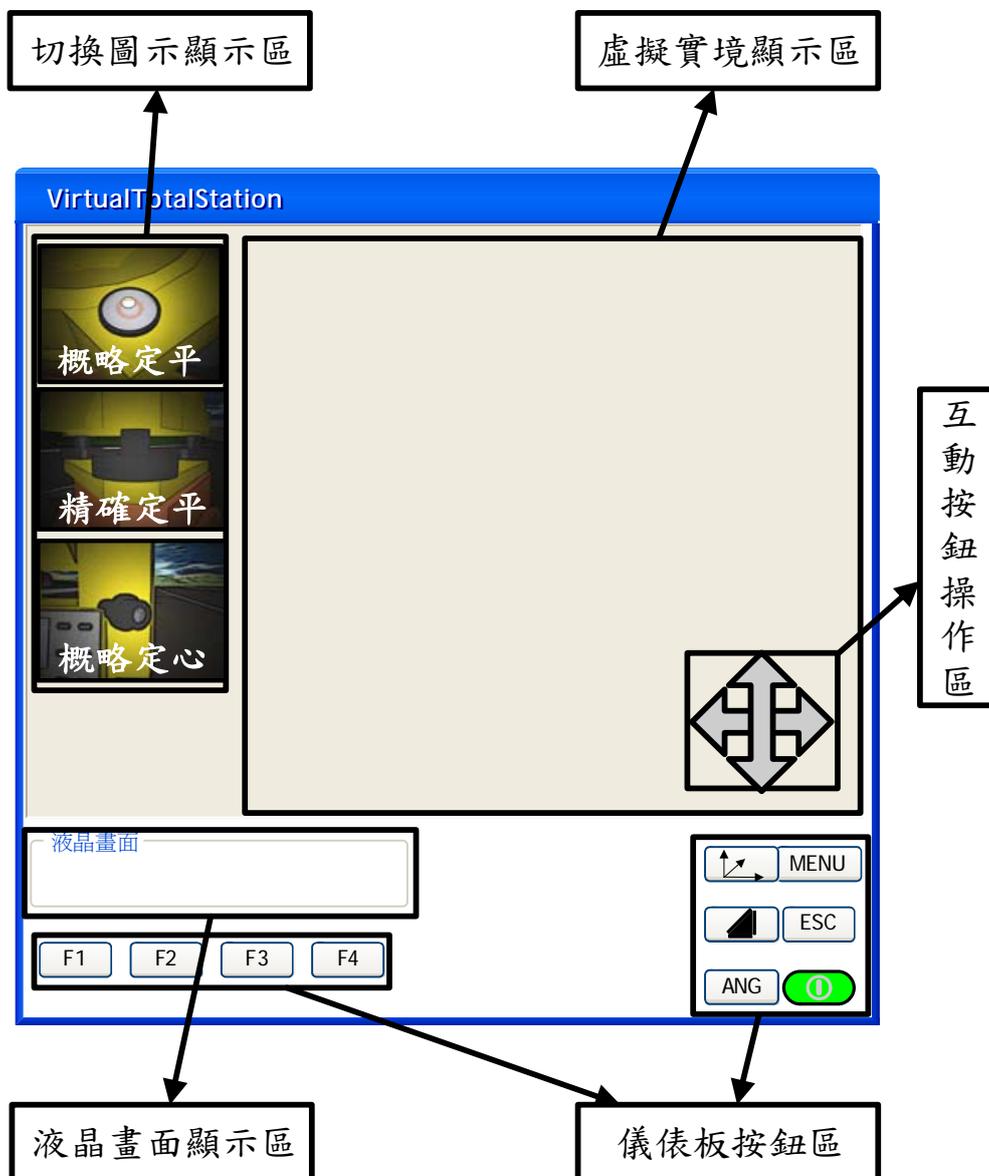


圖 4-12 虛擬儀儀板設計

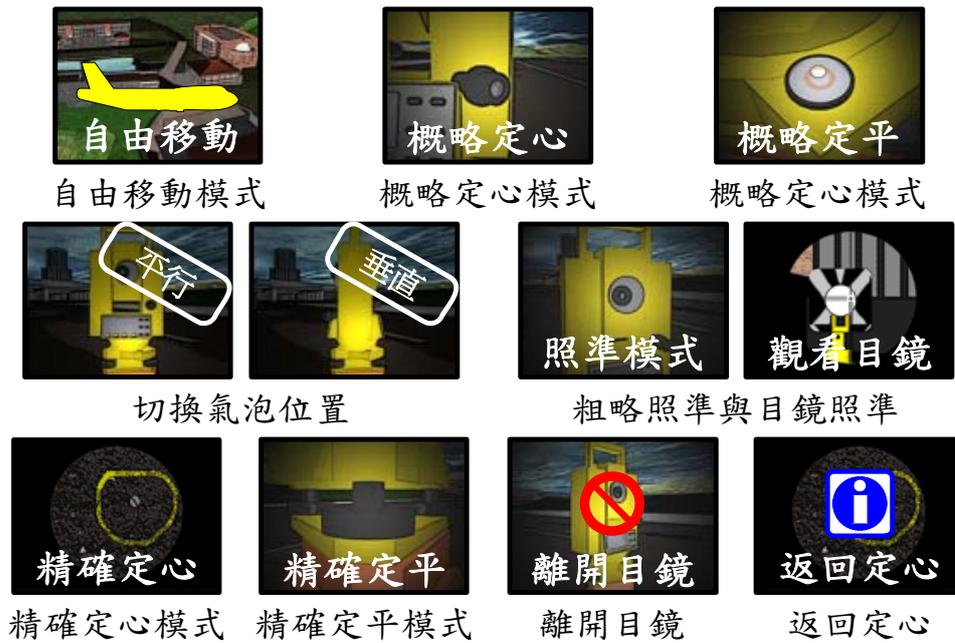
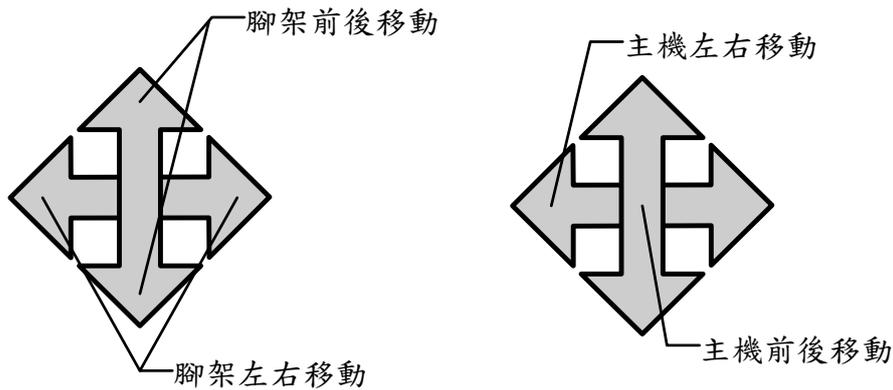
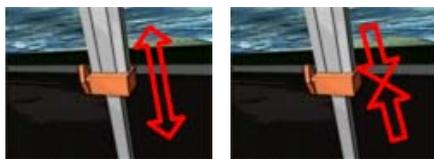


圖 4-13 切換模式圖示設計



全站儀腳架移動操作圖示

全站儀主機移動操作圖示



全站儀腳架伸縮操作圖示



相鄰踵定螺旋操作圖示



對腳踵定螺旋操作圖示



精確照準微調螺旋開關

圖 4-14 互動功能操作設計

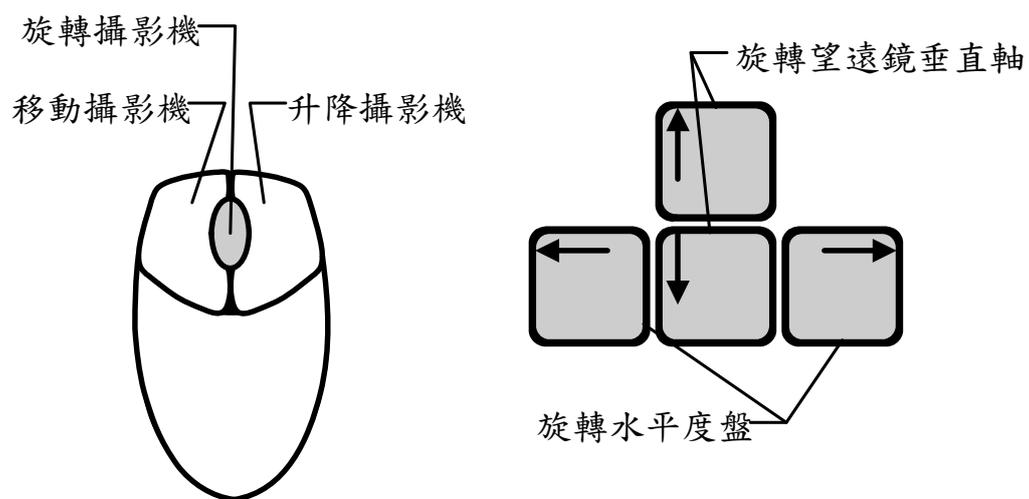


圖 4-15 操作控制設計

五、系統建構

本系統的建構之要點如下：

- 以 3DSMAX 進行建物與儀器模型初步編輯，建構儀器可控制移動部分並調整場景中建物之位置。
- 使用 Photoshop 製作系統當中需用到之貼圖，並調整比例覆蓋於模型上。
- 將儀器與建物模型匯入 EON 中，進行互動功能的建構。

5-1 系統建構流程

選定 3DSMAX 之原因

- 使用容易，操作簡單。
- 國內教育學習資源豐富。
- 接續前者研究，整合容易。
- 可與 AutoCAD 相互結合。
- 內建許多建築模型，適合系統場景的建構。

5-2 模型建構與互動編輯軟體選定之原因

選定 EON Studio 之原因

- 採圖形介面的編輯模式，撰寫程式容易。
- 教育版本價格較有彈性，適合教學使用。
- 可輸出較小之執行檔，可攜性好。
- 相較他牌軟體而言，模擬效果較佳。

5-3 虛擬實境物件之建構

本系統的虛擬實境的物件及其功能與使用的軟體列表如表 5-1。虛擬物件與實際物件的比較如圖 5-1~圖 5-6。

表 5-1 虛擬實境的物件及其功能與使用的軟體

元件名稱	功能	建構軟體
全站儀本體	系統中操作全站儀的本體。	3DSMAX
反射稜鏡	系統中照準用之反射稜鏡含腳架。	3DSMAX
腳架	系統中用以置放全站儀與概略定心用。	3DSMAX
圓盒水準氣泡	系統中用以操作之圓盒水準氣泡。	3DSMAX
管狀水準氣泡	系統中用以操作之管狀水準氣泡。	3DSMAX
3D 地形	依照學校南區地形所建構成之立體地形。	3DSMAX
3D 建物	依照現地測量場景建構五棟建物，分別為中華大學活動中心、中華大學國際會議廳、中華大學圖書館、工學院大樓與設計學院大樓。	3DSMAX
地形地物貼圖	使建物與地形更為逼真。	Photoshop



全站儀本體(虛擬)



全站儀本體(實際)

圖 5-1 虛擬物件與實際物件的比較：全站儀本體



反射稜鏡組(虛擬)



反射稜鏡組(實際)

圖 5-2 虛擬物件與實際物件的比較：反射稜鏡

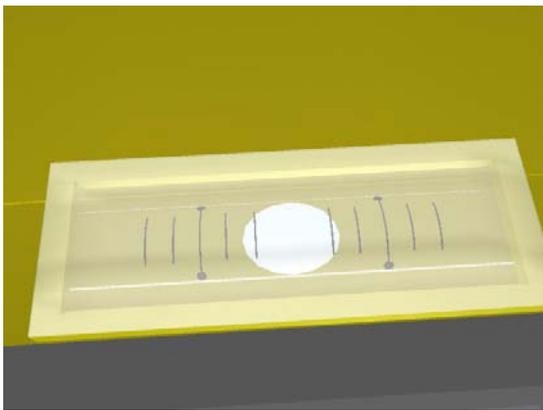
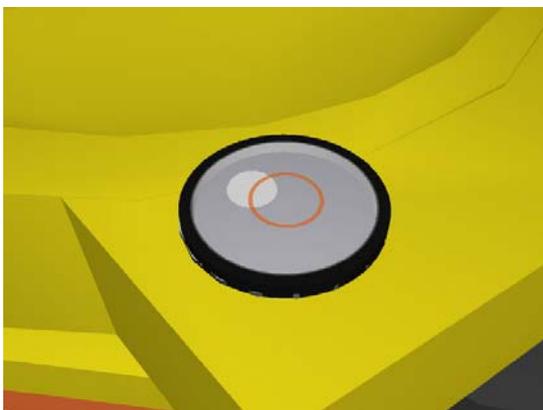


圖 5-3 虛擬物件與實際物件的比較：管狀水準氣泡



圓盒水準氣泡(虛擬)



圓盒水準氣泡(實際)

圖 5-4 虛擬物件與實際物件的比較：圓盒水準氣泡

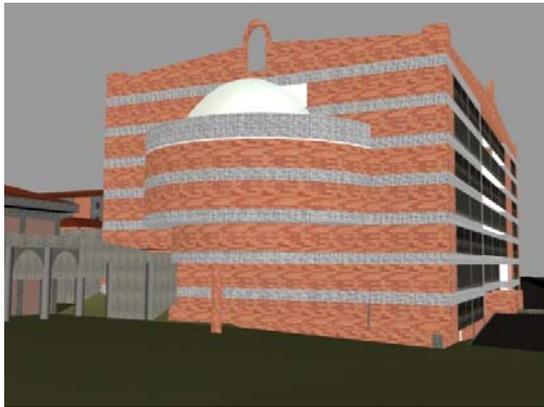


活動中心(虛擬)



活動中心(實際)

圖 5-5 虛擬物件與實際物件的比較：3D 建物



圖書館(虛擬)



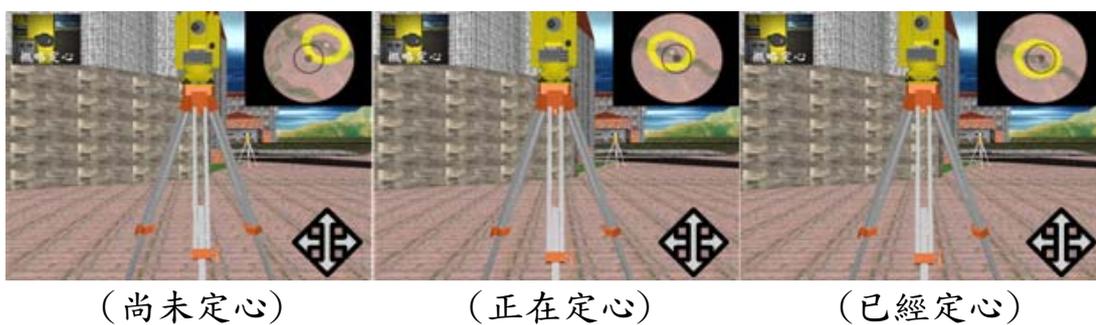
圖書館(實際)

圖 5-6 虛擬物件與實際物件的比較：3D 建物

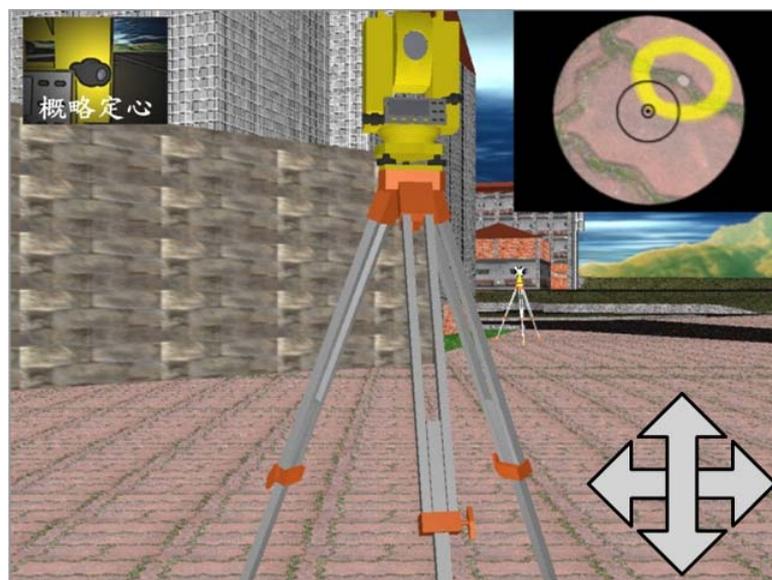
5-4 全站儀架設教學系統建構

全站儀架設教學系統建構分成四部份：

- 概略定心模式系統建構(圖 5-7)。
- 概略定平模式系統建構(圖 5-8)。
- 精確定心模式系統建構(圖 5-9)。
- 精確定平模式系統建構(圖 5-10)。

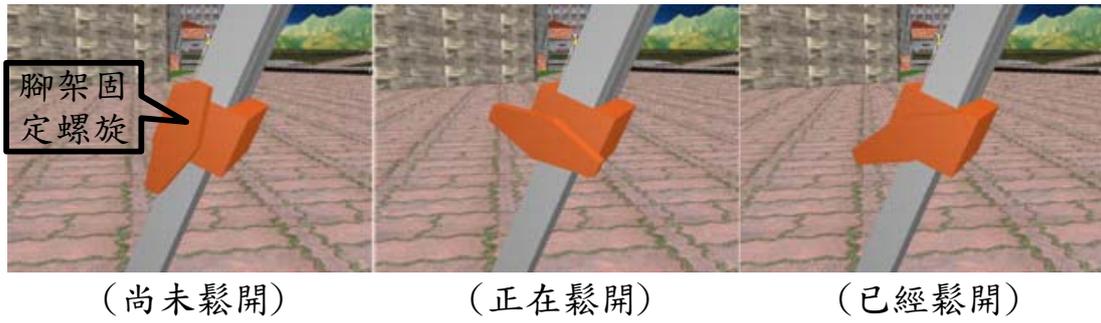


概略定心過程

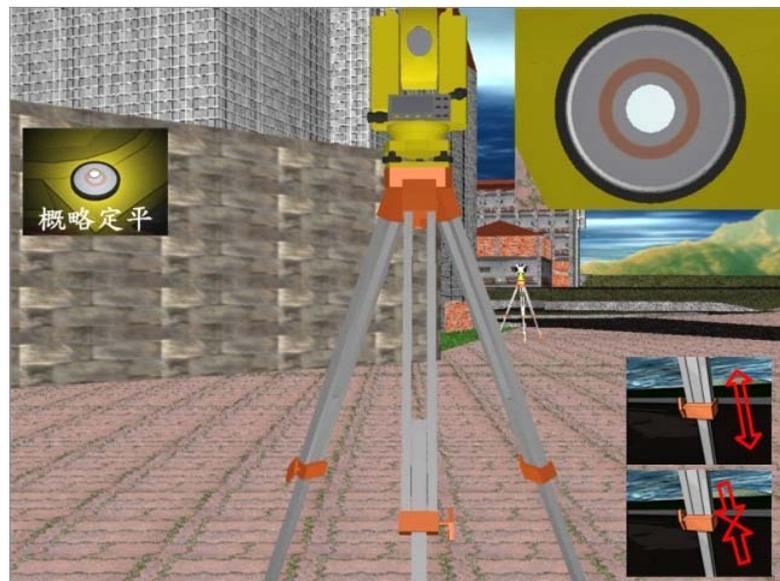


概略定心模式

圖 5-7 概略定心模式系統建構：操作過程



腳架固定螺旋旋轉過程

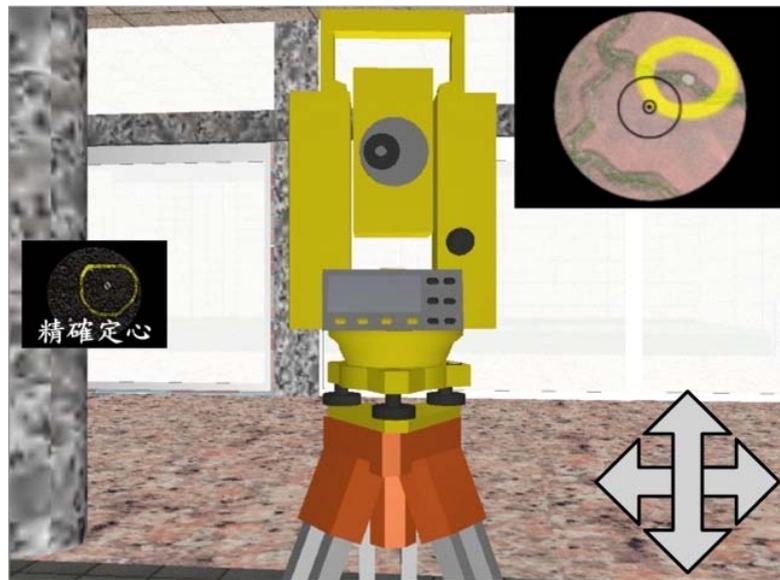


概略定平模式

圖 5-8 概略定平模式系統建構：操作過程



基座固定螺旋旋轉過程

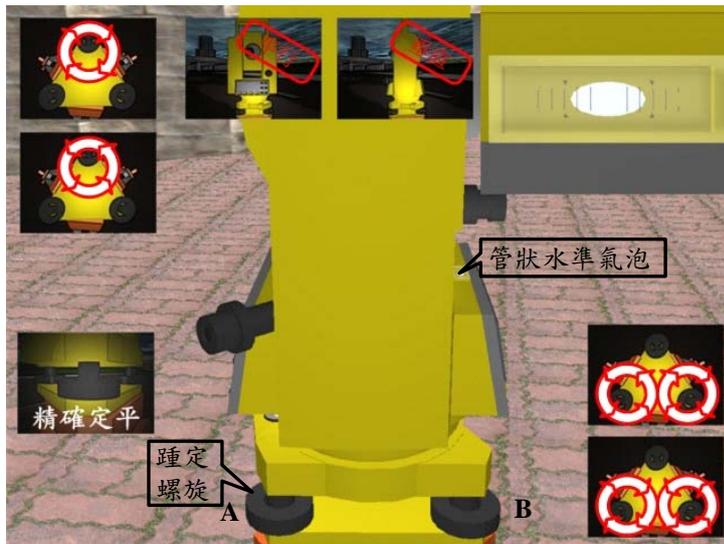


精確定心模式

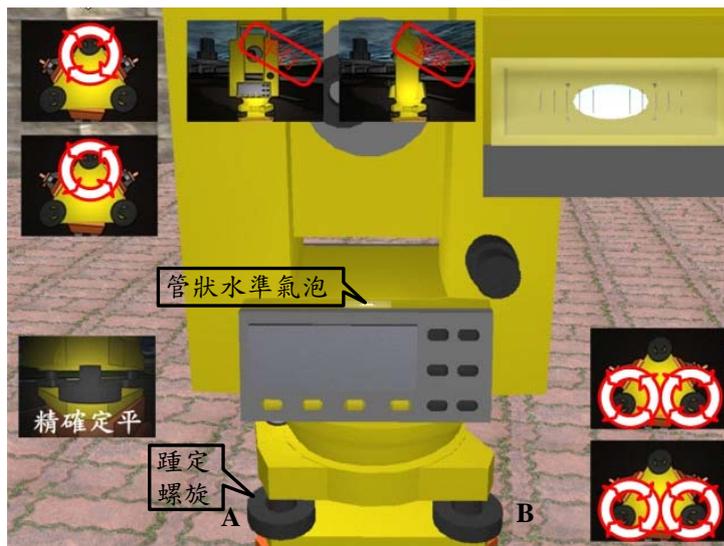
圖 5-9 精確定心模式系統建構：操作過程



全站儀主機旋轉過程



精確定平垂直模式



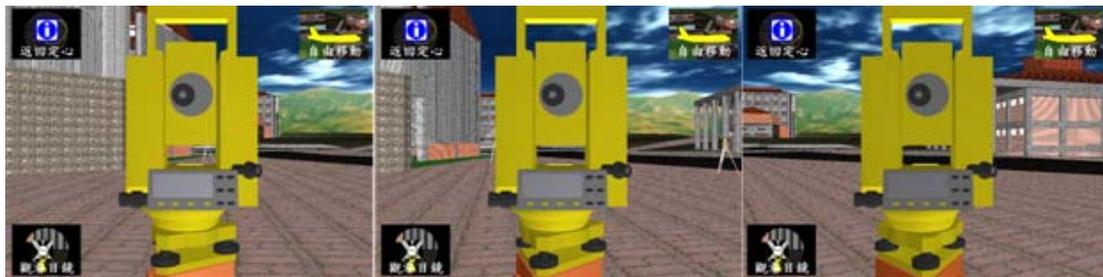
精確定平行模式

圖 5-10 精確定平模式系統建構：操作過程

5-5 全站儀座標測量教學系統建構

全站儀座標測量教學系統建構分成二部份：

- 概略照準模式系統建構(圖 5-11)。
- 精確照準模式系統建構(圖 5-12)。

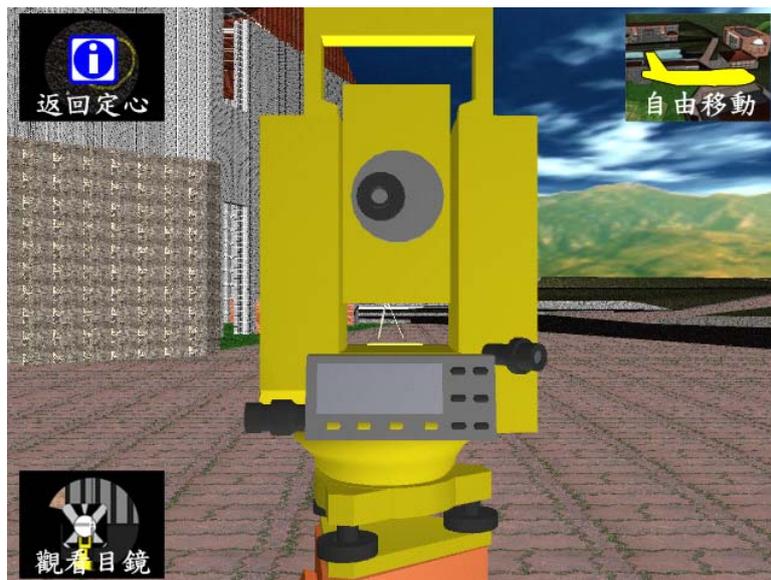


(搜尋目標)

(旋轉主機)

(對準目標)

粗略照準旋轉過程

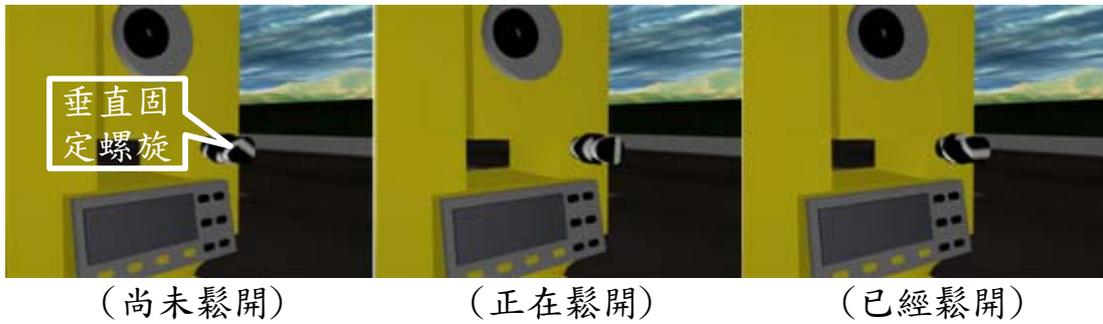


粗略照準模式

圖 5-11 粗略照準模式系統建構

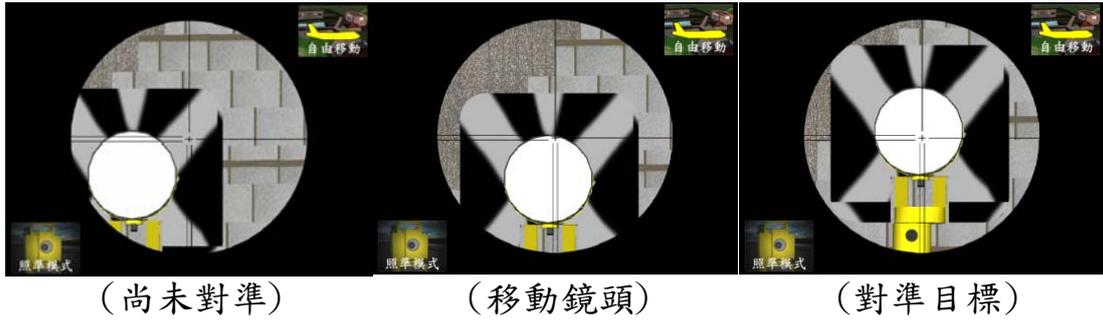


水平度盤固定螺旋旋轉過程

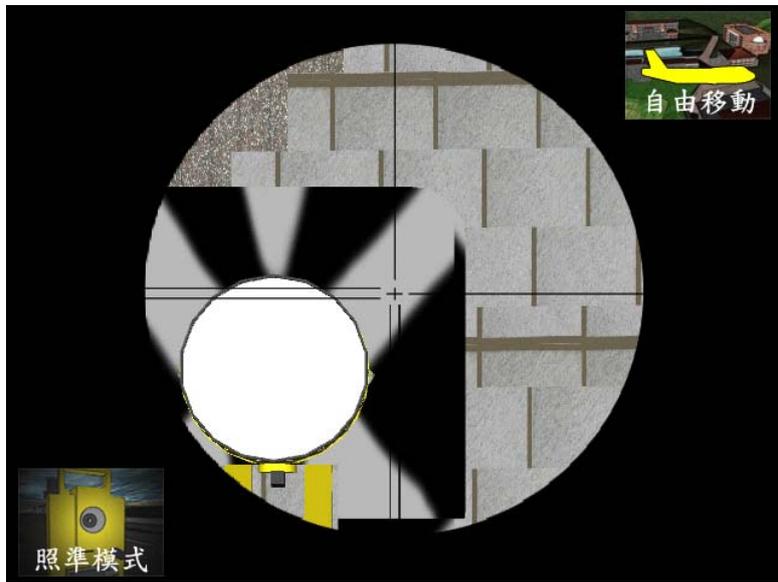


垂直度盤固定螺旋旋轉過程

圖 5-11 粗略照準模式系統建構(續)



目鏡照準過程



目鏡照準模式

圖 5-11 精確照準模式系統建構

六、結論與建議

6-1 結論

一、系統分析

1. 全站儀教學系統必須教導使用者「如何正確的架設全站儀」與「正確的照準目標稜鏡的步驟」。
2. 在初學者常犯錯誤的地方，必須要放大細節的部分，給予使用者深刻的映象。

二、系統設計

本系統依教學目標分為兩大主題，分別為「全站儀架設教學系統」與「全站儀直接座標測量系統」，前者負責教導使用者正確的架設測站，並可解決許多傳統教學的盲點；而照準模式的所見即所得(教師可從旁輔助照準訣竅)，相較傳統教學的不便性更顯得難能可貴。

三、系統建構

1. 結合 3DSMAX、EON 與 Photoshop 三套軟體可以建構十分擬真的虛擬物件與場景。
2. 「全站儀架設教學」系統可以分成四個模式組合而成，包括概略定心模式、概略定平模式、精確定心模式與精確定平模式。這些模式可以利用 EON 開發完成。

6-2 建議

一、系統畫面

1. 後續可著手改善貼圖效果，增加運行流暢度。
2. 設法設計出合適的模型比例與符合人眼的視角範圍。
3. 可加入真實天氣系統，以增加系統的融入度。
4. 增加汽車、樹木、行人等物件於系統中，可產生更為逼真的場景。

二、操作介面

1. 介面操作的傳達性能略嫌不足，如能使用滑鼠進行仿接觸式的操作，便可提高擬真的程度。
2. 可以安排一個「小幫手」於其中，隨時指點使用者操作的方法。

三、教學內容

1. 如能加上其他類型的測量實習教學主題，將可提升本系統的應用價值。
2. 未來可將全站儀內部運算功能建構完整，將可模擬所有需用到全站儀之測量課程。

四、系統評估

為了證明系統之有效性，這裡提出對照測試架構，即將不同班級分成實驗組（應用本系統輔助教學與學習）與對照組（使用傳統教學）。如果在實地測驗中實驗組比對照組表現佳，即可印證本研究的系統具有提升教學成效的效果。

參考文獻

- Câmara, A. S. et al. (1998). "Virtual Environments and Water Quality Management," *Journal of Infrastructure Systems*, Vol.4, No.1, pp.28-36.
- Arduino, P. et al. (1997). "Geotechnical Triaxial Soil Testing within Virtual Environment," *Journal of Computing in Civil Engineering*, Vol.11, No.1, pp.44-47.
- Arslan, G. (2003). "Design of a Web-Based Virtual Construction Site Visit for Education of Civil Engineering Student (Part I)," *Proceedings of the Fourth Joint International Symposium on Information Technology in Civil Engineering*, ASCE, pp. 1-8, Nashville, Tennessee.
- Bosch, A. and Baker, N. (1995). "Simulation of Construction Operations in Virtual Interactive Environments," *Proceedings of the Second Congress, ASCE*, pp. 1435-1442, Atlanta, Georgia.
- Carriere, P. et al. (1996). "Performance of a Virtual Runoff Hydrograph System," *Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE*, Vol.122, No.6, pp.421-427.
- Dale, N. B. and Weems, C. (1996). *Programming and problem solving with C++*. Lexington, Mass.
- David, K. and Scot, W. (1998). *Programming Microsoft Visual C++*. Microsoft Press, NY.
- El-Bibany, H. (1995). "Information Technology and Education: Towards the Virtual Integrated Architecture/Engineering/Construction Environment," *Proceedings of the Second Congress*, 420-424, ASCE, Atlanta, Georgia.
- Hartman, J. (2003). "Technology: Researchers Create Virtual Earthquake Engineering Lab," *Civil Engineering, ASCE*, Vol.73, No.2, pp.38.
- Hashash M. A. and Ghaboussi, J. (2002). "Discrete Element Modeling for the Development of a Real-Time Soil Model in a Virtual Reality Environment," *Proceedings of the Third International Conference*, pp.23-25, Santa Fe, New Mexico.
- Nadeau, D.R. (1999). "Building Virtual World with VRML," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.19, No.2, pp.253-277.
- Phillips, B. C. and Thompson, G. (2002). "Virtual Stormwater Management Planning in the 21st Century," *Proceedings of the Ninth International Conference on Urban Drainage*, pp.38-45, Portland, Oregon.
- Rojas, E. M. and Mukherjee, A. (2002). "Data Modeling for the Virtual Coach," *Proceedings of the International Workshop on Information Technology in Civil Engineering, ASCE*, pp.308-317, Washington, D.C.
- Simoff, S. J. and Maher, M. L. (1997). "Design Education via Web-Based Virtual Environments," *Proceedings of the Fourth Congress*, pp. 418-425, ASCE, Philadelphia, PA.
- VRML Standard Version 2.0, <http://vrm1.org/VRML2.0/>
- 謝佳翰、葉怡成 (2004),「評量中心在營造業人力資源管理的應用」,現代營建雜誌,第291期,47-59。
- 鍾日欣、葉怡成、李振民 (2004),「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。
- 洪銘駿、葉怡成、李振民 (2004),「角色扮演法在營建管理教學之應用」,營建管理季刊,

第 58 期，37-45。

- 陳世峰、葉怡成、邱欽融、李振民 (2002)，「數值地形測量電腦輔助學習系統之應用」，2002 創意教學與研究研討會論文集，聯合技術學院，苗栗市。
- 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。
- 李振民、葉怡成 (2005)，「測量實習虛擬實境學習系統」，土木水利工程學刊 (投稿中)。
- 葉怡成 (1999)，測量學 — 21 世紀觀點，東華書局。
- 黃武元、張宸彬、施勝忠 (2001)，「非同步學習活動與教材特性的探討」，國立高雄師範大學資訊教育研究所研究報告，1-9 頁。
- 何榮桂、郭再興 (1996)，「多媒體電腦輔助教學在網路上的發展趨勢」，資訊與教育，第五十五期，第 25-31 頁。
- 饒達欽 (1991)，電腦與資訊教育，松崗出版社。
- 許秀影、趙榮耀、全宏志、劉虎城、楊大鶴、簡肇胤 (2000)，「虛擬實境技術應用於遠距教學之研究」，遠距教學期刊，第 13.14 期，第 6-17 頁。
- 許秀影、林慶懋、李明河、趙榮耀、劉虎城、簡肇胤 (1998)，「結合虛擬團對與最新資訊科技有效改善原住民教育之探討」，第七屆國際電腦輔助教學研討會，高雄，第 42-55 頁。
- 嚴子翔 (2001)，VRML 虛擬實境網頁語言，知城數位。
- 嚴子翔 (2001)，「整合全球資訊網與視覺化環境於房屋結構設計平台之初步研究」，碩士論文，國立交通大學土木工程研究所。
- 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，中華大學土木工程研究所。
- 陳世峰 (2003)，「虛擬實境在測量實習教學之應用」，碩士論文，中華大學土木工程學系。
- 邱欽融 (2002)，「虛擬實境在數值地形測量電腦輔助學習系統之應用」，碩士論文，中華大學土木工程學系。
- 鍾日欣 (2002)，「多媒體在 GPS 測量實習教學之應用」，碩士論文，中華大學土木工程學系。
- 林政佑 (2002)，「虛擬實境於工業設計教育之應用」，碩士論文，台灣科技大學設計研究所。
- 蕭丞鈞 (2001)，「靜脈注射虛擬實境模擬系統」，碩士論文，中央大學機械工程研究所。
- 陳采穗 (1998)，「虛擬實境在加強空間能力學習之研究」，碩士論文，政治大學資訊管理學系。
- 吳銘輝 (1998)，「虛擬實境在建築設計之初探」，碩士論文，交通大學應用藝術所。
- 葉儒智 (1998)，「虛擬實境學習環境之教學設計研究」，碩士論文，臺南師範學院資訊教育研究所。
- 劉勝民 (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」，碩士論文，臺灣師範大學工業教育研究所。

柯廷潔 (1997), 「利用虛擬實境技術進行個人電腦組裝訓練」, 碩士論文, 交通大學資訊工程學系。

邱明祺 (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」, 碩士論文, 交通大學土木工程研究所。

蘇芬雅 (1996), 「虛擬實境地震學習系統--MOVER 之設計與發展」, 碩士論文, 交通大學傳播研究所。

陳安 (2006), 「全站儀操作虛擬實境實習系統」, 碩士論文, 中華大學土木工程學系。

計畫成果自評

本研究之目的在於爲了改善傳統測量教學受限於天候、儀器數量、分組教學、時數壓縮等不可控制之因素所導致之教學成效不良，結合電腦輔助教學 (Computer Assist Instrucation)與虛擬實境(Virtual Reality)，製作出一套可於電腦中反覆操作的全站儀虛擬實境測量實習系統。本系統提供了虛擬三維空間與及虛擬全站儀，並以虛擬儀儀板動作來模擬全站儀的儀儀板之實際操作；以滑鼠與鍵盤動作來模擬全站儀的望遠鏡筒之實際操作。實習內容分成兩個階段：(1)架設儀器：細分爲概略定心、概略定平、精確定心、精確定平階段；與(2)座標測量：細分爲概略照準、精確照準階段。本系統提供學生互動化、個人化、三維化的學習過程，以及即時化的學習回饋，突破傳統教學方式的束縛。研究結果顯示，本系統確實可以作爲學生課前預習、課後練習的工具，也可成爲輔助教師教學的教材。

本研究已發表相關期刊論文二篇：

- 李振民、陳世峰、葉怡成，「測量實習虛擬實境學習系統」，視聽教育，第四十八卷第五期，第 1-18 頁 (2007)。
- 李振民、唐爲灝、葉怡成，「全站儀操作虛擬實境實習系統」，視聽教育，第四十八卷第三期，第 50-61 頁 (2006)。

此外，已寫成一篇投稿論文，目前正複審中：

- Chen-Min Li, I-Cheng Yeh, Shin-Feng Chen, Tusang-Yuan Chiang, Li-Chuan Lien, “Virtual Reality Learning System for Digital Terrain Model Surveying Practice,” *ASCE, Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*.

此外，指導碩士論文二篇：

- 陳安 (2006)，「全站儀操作虛擬實境實習系統」，碩士論文，中華大學土木工程學系。
- 江宗原 (2005)，「虛擬實境再測量實習教學之應用」，碩士論文，中華大學土木工程學系。

可供推廣之研發成果資料表

可申請專利

可技術移轉

日期：96 年 5 月 20 日

國科會補助計畫	計畫名稱：全站儀虛擬實境學習系統之研究 計畫主持人：葉怡成 計畫編號：NSC 95-2520-S-216-001 學門領域：資訊教育—電腦輔助教學—地球科學
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：爲了改善傳統測量教學受限於天候、儀器數量、分組教學、時數壓縮等不可控制之因素所導致之教學成效不良，結合電腦輔助教學與虛擬實境，製作出一套可於電腦中反覆操作的全站儀虛擬實境測量實習系統。本系統提供了虛擬三維空間與及虛擬全站儀，並以虛擬儀儀板動作來模擬全站儀的儀儀板之實際操作；以滑鼠與鍵盤動作來模擬全站儀的望遠鏡筒之實際操作。實習內容分成兩個階段：(1)架設儀器：細分爲概略定心、概略定平、精確定心、精確定平階段；與(2)座標測量：細分爲概略照準、精確照準階段。本系統提供學生互動化、個人化、三維化的學習過程，以及即時化的學習回饋，突破傳統教學方式的束縛。</p> <p>英文：The main objective of this system is to design a virtual reality learning system for operation practice of total station instrument, and to make learning this skill easier. Students can use this system to simulate the operation processes, including setting the instrument and surveying the coordinate of points on the field. The system could take advantages of the special characteristics of virtual reality in teaching instrument operations, including immersion, interaction and imagination.</p>
可利用之產業及可開發之產品	大專土建相關科系電腦輔助教學
技術特點	本系統提供學生互動化、個人化、三維化的學習過程，以及即時化的學習回饋，突破傳統教學方式的束縛。
推廣及運用的價值	本系統提供學生互動化、個人化、三維化的學習過程，以及即時化的學習回饋，突破傳統教學方式的束縛。