

97-20-7307

MOTC-IOT-96-H2DB005

多船操縱模擬系統研究 (三)



交通部運輸研究所

中華民國 97 年 3 月

97-20-7307
MOTC-IOT-96-H2DB005

多船操縱模擬系統研究 (三)

著者：邱永芳、張富東、李良輝

交通部運輸研究所

中華民國 97 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目資料

多船操縱模擬系統研究. 三 / 邱永芳, 張富東,
李良輝著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運
研所, 民97. 03
面 ; 公分
參考書目：面
ISBN 978-986-01-3807-8(平裝)

1. 航海 2. 自動化 3. 虛擬實境

444. 8029

97006195

多船操縱模擬系統研究 (三)

著 者：邱永芳、張富東、李良輝
出版機關：交通部運輸研究所
地 址：台北市敦化北路 240 號
網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)
電 話：(04) 26587176
出版年月：中華民國 97 年 3 月
印 刷 者：承亞興企業有限公司
版(刷)次冊數：110 冊
工 本 費：300 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02) 23496880
五南文化廣場：台中市中山路 6 號・電話：(04)22260330

GPN：1009700768

ISBN：978-986-01-3807-8 (平裝)

著作財產權人：中華民國 (代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：多船操縱模擬系統研究（三）			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-3807-8（平裝）	政府出版品統一編號 1009700768	運輸研究所出版品編號 97-20-7307	計畫編號 96-H2DB005
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳主任 計畫主持人：邱永芳 研究人員：張富東、蔡金吉 蓋美瑛、陳進冰 聯絡電話：04-26587221 傳真號碼：04-26571329	合作研究單位：國立高雄應用科技大學 計畫主持人：李良輝副教授 研究人員：林奕翔、黃明哲、鄭傳璋 地址：高雄市三民區建工路 415 號 聯絡電話：07-3814526 轉 5256		研究期間 自 96 年 03 月 至 96 年 12 月
關鍵詞：航海模擬系統；虛擬實境；影像處理；			
摘要： 本研究旨在採用空間資訊技術，從資料的獲取、處理、規劃到建構港灣視景資料庫，最後配合虛擬實境技術，建置一套「多船操縱模擬系統」。本年度配合本所港研中心「主本船船舶操縱模擬器」硬體購置案，依照本所港研中心場地配置，規劃設計主本船船艙硬體裝潢架構以及視景投影系統。本研究設計網路通訊中央控制程式，搭配多台控制運算電腦，完成主本船與仿真儀表設備連線測試與整合、港灣視景資料庫與船舶動力模式整合測試，使得「主本船船舶操縱模擬器」得以順利設置完成，並依據完成之主本船模擬系統架構，設計規劃多船模擬架構。在港灣模型轉換進度方面，完成基隆、花蓮港港灣模型資料格式轉換。			
出版日期	頁數	工本費	本 出 版 品 取 得 方 式
97 年 3 月	198	300	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

**PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS**

TITLE: Multiple Ships Simulation System (III)			
ISBN (OR ISSN) ISBN 978-986-01-3807-8 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009700768	IOT SERIAL NUMBER 97-20-7307	PROJECT NUMBER 96-H2DB005
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yuang-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu Yuang-fang PROJECT STAFF: Chang Fu-tung PHONE: +886-4-26587221 FAX: +886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM March 2007 TO December 2007
RESEARCH AGENCY: National Kaohsiung University of Applied Sciences PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lee. Liang-hwei PROJECT STAFF: Lin Yi-hsian, Huang Ming-jer, Cheng Chun-chang ADDRESS: 415 Chien Kung Road, Kaohsiung 807, Taiwan, R.O.C. PHONE: +886-7-3814526 ext5256			
KEY WORDS: Navigation Simulation System, Virtual Reality, Image Processing			
ABSTRACT The objective of this study is to apply geo-spatial information technologies, including the spatial data acquisition, process, plan, construction of harbor visualization database, and the integration of virtual reality techniques to build a "Multiple-Ship Manipulation Simulation System". Coordinating with the procurement of "Main Ship Manipulation Simulator" hardware initiated by Harbor and Marine Technology Center (HMTTC), this study designed the layout of a ship cabin and the projector system for the simulator according to the building configuration in HMTTC. This study designed a network-based central control program to communicate and control desktop computers, which account for individual functionality in a simulator. The communication between instruments controlled and control program has been tested correctly. The harbor visual database was successfully integrated with the ship dynamic simulation model. These works are major factors in making the first local main ship simulator. This study also designed a framework of multiple-ship simulation system according to the configuration of this main ship simulator. According to the harbor visual model conversion schedule, Keelung and Hualian Harbors have been converted from Multi-gen format to the general model format which is supported by most of the virtual reality applications.			
DATE OF PUBLICATION March 2008	NUMBER OF PAGES 198	PRICE 300	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要·····	I
英文摘要·····	II
目 錄 ·····	III
圖目錄·····	VI
表目錄 ·····	X
第一章 前言·····	1
1.1 研究動機·····	1
1.2 研究目標與方法·····	2
1.3 工作項目與內容·····	3
第二章 船舶操縱模擬視景建模基礎與相關技術·····	5
2.1 船舶操縱模擬器·····	5
2.1.1 船舶操縱模擬器分級·····	5
2.1.2 船舶操縱模擬器對視景系統的基本要求·····	6
2.1.3 STCW78/95 公約對船舶操縱模擬視景的規範·····	7
2.2 船舶操縱模擬視景相關空間資訊技術·····	8
2.2.1 資料獲取方法·····	8
2.2.2 資料種類·····	11
2.2.3 空間資料於船舶操縱模擬之應用·····	13
2.3 視覺化技術·····	14
2.4 虛擬實境技術·····	15
2.4.1 虛擬實境技術簡介·····	15
2.4.2 虛擬實境的特徵·····	16
2.4.3 虛擬實境技術與仿真、多媒體的差異性·····	17
2.4.4 虛擬實境技術的應用領域·····	18
第三章 建模技術與相關應用·····	21
3.1 物件模型建模技術·····	21
3.1.1 物件模型簡介·····	21
3.1.2 物件模型建模方法·····	23

3.1.3 Creator 建模技術·····	25
3.1.4 地理資訊系統建模技術·····	36
3.2 地形建模技術研究 ·····	42
3.2.1 地形資料獲取方式·····	42
3.2.2 MultiGen Creator 地形產生演算法 ·····	44
3.2.3 MultiGen Creator 地形建模流程 ·····	46
3.2.4 地形建模範例·····	51
第四章 港灣視景資料庫建置 ·····	57
4.1 港灣視景資料庫簡介 ·····	57
4.2 船舶操縱模擬視景資料庫的建模流程 ·····	58
4.3 視景資料庫範例 ·····	60
4.3.1 港灣資料取得與處理·····	60
4.3.2 資料整合與規劃·····	67
4.3.3 港灣圖台建置·····	70
4.3.4 模型資料庫建置·····	72
4.4 視景資料庫整合 ·····	81
4.4.1 物件與地形的套合與融合·····	82
4.4.2 物件模型與地形套合步驟·····	83
4.4.3 港灣視景資料庫整合·····	86
第五章 視景資料庫應用·····	89
5.1 VEGA 簡介·····	89
5.1.1 VEGA 應用程式開發架構 ·····	92
5.1.2 場景與環境特效整合·····	94
5.2 視景模擬測試 ·····	98
5.3 船舶操縱模擬視景系統與人機介面整合·····	99
第六章 多船操縱模擬系統設計·····	105
6.1 ShipModel 程式庫(Visual Basic 6 版) ·····	106
6.1.1 簡介·····	106
6.1.2 程式庫使用方法 (Visual Basic 6) ·····	108

6.1.3 程式庫函數·····	111
6.2 船舶操縱模擬系統流程 ·····	115
6.3 船舶操縱模擬系統硬體規劃·····	121
6.3.1 整體配置與主要組件 ·····	122
6.3.2 規格設計 ·····	123
6.4 船舶操縱系統裝設流程說明 ·····	132
6.5 Open Flight 視景模型轉換 ·····	136
第七章 結論·····	143
參考文獻·····	145
附錄一：期中報告審查意見處理情形表·····	147
附錄二：期末報告審查意見處理情形表·····	149
附錄三：簡報資料·····	153

圖 目 錄

圖 2.1 空間資料應用·····	12
圖 2.2 DEM 與 DSM·····	13
圖 2.3 空間資料之應用·····	14
圖 2.4 三者關係圖·····	18
圖 3.1 多邊體模型與曲線模型·····	23
圖 3.2 層次化結構視圖·····	28
圖 3.3 紋理空間映射至圖像空間示意圖·····	32
圖 3.4 平行紋理映射·····	32
圖 3.5 模型建模流程圖·····	34
圖 3.6 港灣物件模型·····	36
圖 3.7 GIS 建模示意圖(一) ·····	38
圖 3.8 GIS 建模示意圖(二) ·····	39
圖 3.9 GIS 建模示意圖(三) ·····	39
圖 3.10 碼頭外形數化 ·····	40
圖 3.11 碼頭模型 ·····	41
圖 3.12 GIS 建模應用範例·····	41
圖 3.13 高度資料(彩色暈渲) ·····	43
圖 3.14 地形紋理材質·····	44
圖 3.15 Polymesh 取樣圖·····	45
圖 3.16 MultiGen Creator 地形建模流程圖 ·····	47
圖 3.17 Mip-Map 儲存方式表·····	48
圖 3.18 紋理 LoD 示意圖 ·····	49
圖 3.19 紋理映射與紋理分塊 ((a)Mip-Map(紋理映射),(b)Clip-Map(紋理分塊)) ·····	50
圖 3.20 地形模型專案結構圖 ·····	51
圖 3.21 地形建模資料·····	52
圖 3.22 Raster To DED·····	52

圖 3.23 指定高程資料屬性資料與坐標·····	53
圖 3.24 產生 DED·····	53
圖 3.25 地形網格模型·····	54
圖 3.26 紋理地理坐標指定·····	54
圖 3.27 紋理貼圖·····	55
圖 3.28 山體模型完成·····	55
圖 3.29 高雄港山體模型(一) ·····	56
圖 3.30 高雄港山體模型(二) ·····	56
圖 4.1 船舶操縱模擬視景資料庫建置流程圖·····	58
圖 4.2 DTM(a)與衛星影像資料(b) ·····	59
圖 4.3 影像種類·····	61
圖 4.4 RGB.HIS 色彩模型流程圖·····	63
圖 4.5 影像融合示意圖·····	64
圖 4.6 高雄港港區影像鑲嵌·····	65
圖 4.7 影像鑲嵌·····	66
圖 4.8 高程資料·····	66
圖 4.9 LiDAR 獲取建物高度示意圖·····	67
圖 4.10 資料整合 ·····	68
圖 4.11 高雄港總圖 ·····	69
圖 4.12 高雄港第一港口、第二港口·····	70
圖 4.13 高雄港分區圖 ·····	70
圖 4.14 高雄港各部份模型示意圖·····	72
圖 4.15 港灣圖台建置示意圖·····	72
圖 4.16 港灣模型資料庫 ·····	73
圖 4.17 平頂建物模型·····	74
圖 4.18 複雜建物(高字塔)分解為 1、2、3、4、5，五個部份·····	75
圖 4.19 高雄港旗津地區 76 咖啡廳·····	75
圖 4.20 倉庫模型 ·····	76
圖 4.21 部分航標模型·····	77

圖 4.22 貨櫃與吊臂·····	77
圖 4.23 山體模型·····	78
圖 4.24 船首模型·····	79
圖 4.25 船舶模型(一) ·····	80
圖 4.26 船舶模型(二) ·····	80
圖 4.27 模型資料庫(Model Library) ·····	81
圖 4.28 建物與地形的套合與融合·····	83
圖 4.29 物件數化·····	84
圖 4.30 物件數化順序·····	84
圖 4.31 物件數化規則·····	84
圖 4.32 物件空間屬性·····	85
圖 4.33 模型指定·····	86
圖 4.34 碼頭模型套合·····	86
圖 4.35 高雄港視景資料庫結構圖 ·····	87
圖 5.1 簡易衛星影像海圖 ·····	92
圖 5.2 Vega 關係圖 ·····	94
圖 5.3 Vega 模擬系統中雲、霧的大氣模式·····	95
圖 5.4 高雄港視景與環境特效整合·····	97
圖 5.5 高雄港視景與環境特效整合測試·····	99
圖 5.6 船舶操縱模擬系統架構圖·····	99
圖 5.7 主控台·····	100
圖 5.8 教官台·····	101
圖 5.9 仿真儀表·····	101
圖 5.10 船舶操控組件·····	102
圖 5.11 單槍投影機·····	102
圖 5.12 兩船交會·····	103
圖 5.13 船舶行進畫面·····	103
圖 5.14 本船進港畫面·····	104

圖 6.1 多船系統架構圖·····	105
圖 6.2 ShipModel 程式庫系統架構·····	107
圖 6.3 本船控制程式連線畫面·····	107
圖 6.4 離線測試畫面·····	108
圖 6.5 專案開啟畫面·····	109
圖 6.6 開啟新增引用項目畫面·····	109
圖 6.7 設定引用項目畫面·····	110
圖 6.8 範例程式主畫面·····	110
圖 6.9 程式庫模組畫面·····	111
圖 6.10 教官台載入流程 ·····	115
圖 6.11 教官台啟動模擬流程 ·····	116
圖 6.12 操船模擬進行流程 ·····	117
圖 6.13 結束模擬－教官台下令停止流程 ·····	118
圖 6.14 結束模擬－擬態程式下令停止流程·····	119
圖 6.15 結束模擬－船艦與海岸或海面船隻碰撞流程·····	120
圖 6.16 現有場地尺寸示意·····	121
圖 6.17 主系統完成後參考外觀·····	122
圖 6.18 船舶操縱模擬器視景展示系統整體配置·····	123
圖 6.19 船舶動力推桿及方向舵仿真外觀·····	125
圖 6.20 教官台外觀示意·····	129

表 目 錄

表 2.1	STCW 78/95 公約對操船模擬器視景相關規定·····	7
表 2.2	視景建模所需資料類型及獲取方式一覽表·····	10
表 3.1	建模方法覽表·····	24
表 3.2	截面放樣產生船體的流程表·····	29
表 3.3	Creator 各種地形演算法·····	46
表 4.1	物件模型與地形套合步驟·····	83
表 5.1	場景中模型坐標指定·····	90
表 5.2	Vega 的核心類·····	94
表 6.1	系統各部硬體連線方式·····	106
表 6.2	程式庫函數·····	114

第一章 前言

1.1 研究動機

船舶操縱模擬器研發是近二十幾年來國際海運界普遍關注的課題，國際海事組織(IMO)在 1995 年新修訂的 STCW 海上航行訓練、認證與當值標準國際公約(Standards of Training, Certification and Watch keeping)中大幅增加船舶操縱模擬器相關的規定，鼓勵各國航海教育和培訓機構使用船舶操縱模擬器對學員進行訓練與特定項目之培訓，允許藉此獲得相關的證照，以減少實際的海上訓練時數。此一規定無疑地加速各國推動船舶操縱模擬器的發展。

早期的船舶操縱模擬器，例如雷達模擬器，主要利用雷達影像來模擬資訊，屬於一種無視覺的船舶操縱模擬器，配合視景系統可以為操作者提供直覺、真實且豐富的資料來源，使模擬操縱者具有身歷其境般的感覺。

港灣視景系統為利用電腦技術產生一個虛擬的場景，提供操縱者一個逼真的航行環境，故港灣視景系統的優劣已成為船舶操縱模擬器開發研究的勝敗關鍵；近年來，國外已累積大量的技術與經驗，相較之下，國內目前使用的船舶操縱模擬器是整套引進國外開發的系統，而其中港灣視景部分也係外製，且大多著重於海浪對船體運動姿態與性能的影響，其港灣視景的製作則因整個空間資料獲取之限制，而僅侷限於二維圖資，如海圖、港灣平面圖等二維資料，在視景建模部分則停留在傳統建模，且物件模型大都以視覺感官為出發點，並無考慮到與整個地理環境之關聯性。隨著空間資訊技術在資料獲取、處理與應用資料的進步，對於整個資料的獲取得以跳離二維的思維，改以一個三維之方式，對地理環境進行資料獲取與建模，這種方法不僅快速而且相對真實。

本研究旨在採用空間資訊技術，從資料的獲取、處理、規劃到建構港灣視景資料庫，最後配合虛擬實境(Virtual Reality)應用於船舶操縱模擬系統中。在建置「船舶操縱模擬器」底下視景系統之「港灣視景資料庫」與「動態模擬模組」，並藉由網路與其它多台控制運算電腦搭配，完成與六軸運動平台「位置控制器」、「Washout 控制器」之整合，使該系統可勝任於「船舶動態模擬訓練系統」的相關應用。

1.2 研究目標與方法

船舶操縱模擬系統中有關「視景資料庫」之建構基礎在於濱海港灣地區的高解析度影像資料與數值高程模型(DEM)之整合；除了航空攝影所獲得的彩色影像外，商用高解析度衛星影像亦可提供海岸地區虛擬港灣電腦模型的基礎材質。另外，港灣環境中包括船體、目標船、港口人工建築物(房屋、倉庫、碼頭等)、港口裝卸機械、導航設施(燈塔、浮筒等)等則可透過三維建模技術予以完成，同時配合紋理貼圖工作、細節層次模型(Level of Detail, LoD)之建立及三維模型之瀏覽等即可完成視覺化之港灣環境模型。

空間技術包含三大關鍵技術即全球定位系統(Global Positioning System ,GPS)、遙感探測(Remote Sensing ,RS)及地理資訊系統(Geographic Information Systems ,GIS)等稱為 3S 技術，該技術所獲取的資料皆為真實世界的 3D 空間資訊，然而，對於資料的表現方式一般多為二維方式，且功能主要以資料在決策分析輔助方面，隨著電腦科技的日新月異，3S 技術已經逐漸與電腦模擬技術整合，發展成為「虛擬地理資訊系統(Virtual GIS)」。以往受限於電腦功能與 3S 技術發展限制，一直無法提供接近真實世界的場景，現在，借重 3S 的技術與其所展現的真實世界資訊，例如遙感探測所取得的真實世界縮影，GPS 可決定船舶動態

位置，GIS 技術可將遙感探測、地圖、影像與船舶動態資料結合...等。

1.3 工作項目與內容

本計畫在本中心內建置一套「多船操縱模擬系統」，系統主要由主本船、副本船與教官台所構成，系統內重要的軟體關鍵技術將自行研究開發，包括視景系統（包括 3D 繪圖核心模組、港灣模型、自然環境特效、海洋環境特效）、船舶動力模式、電子海圖、雷達模擬系統等軟體系統開發，硬體則包括高階繪圖電腦系統、投影系統、仿真儀表、船艙內裝等實體設備與軟體系統之整合與測試。

本年度完成，工作項目與內容如下：

(1).本船、副本船仿真儀表設備連線整合

本船、副本船所有電腦系統、投影系統、駕駛台仿真設備及儀表、與電子海圖等子系統之硬體設備連線整合與船艙內裝配置。此項工作之前導研究已完成，藉由仿真舵、推桿與顯示儀表，駕駛控制台基座，控制台內之仿真舵、推桿與顯示儀表使用 PLC 控制器與操控系統連結，PLC 控制器與人機介面設計(包含艦橋、與輪機部門介面)，本年度將進行必要之修正與測試。

(2).本船、副本船之系統整合測試

本船、副本船之系統整合測試過程包含「中央控制整合系統」經由 RS-232C 通信協定接收「船舶駕駛控制台」仿真設備之俾令與舵令後，即時傳送給「船舶動力模式」。「船舶動力模式」，模式具有時間管理功能，模式接受整合系統之車令與舵令後會依據不同電腦系統效能，自動調控所有積分計算時間，「中央控制整合系統」於固定時間內接收該「船舶動力模式」所輸出的計算船位與姿態，分送給各項子系統使用。

「中央控制整合系統」透過網路接收「船舶動力模式」所輸出的計算船位與姿態後，即時將視覺虛擬系統中之觀察者移動至該船位位置，並可依據姿態動態產生視景晃動。海景視效將採用兩個投影機（一個本船投影機，一個外部觀察者投影機），故整合系統在每一次移動船位必須同時移動不同電腦上的兩個觀察者。

(3).主本船船艙硬體裝潢架構規劃。

依設置場地之實際形狀及大小，規劃場景及硬體之佈設方式。

(4).多船模擬架構設計(本船與副本船整體連線測試)

(5).視景繪圖顯示系統與船舶動力模式整合測試

與海洋大學翁教授開發之多船船舶動力模式整合測試

(6).基隆、花蓮港港灣模型資料格式轉換。

第二章 船舶操縱模擬視景建模基礎與相關技術

本章說明船舶操縱模擬器分級與對視景系統之基本要求，並說明建構視景資料庫的相關空間資訊技術，其中包含利用空間資訊技術獲取資料的方法與流程，並說明相關資料處理方法與應用，最後說明視覺化技術與虛擬實境技術。

2.1 船舶操縱模擬器

2.1.1 船舶操縱模擬器分級

經過數十年來的發展，船舶操縱模擬器經歷了從簡單到複雜，從單一到綜合的過程，目前航海界已基本達成共識，將船舶操縱模擬器(Bridge Operation Simulator)分成如下四個等級：

A 級：功能完備的船舶操縱模擬器 (Full Mission Simulator)

功能完整的船舶操縱模擬器，能完整地模擬船舶駕駛操作環境，包括在受限水域進行高級操縱和引航訓練。

B 級：多功能船舶操縱模擬器 (Multi Task Simulator)

多功能船舶操縱模擬器能完整地模擬船舶駕駛台操作環境，但不要求能在受限水域進行高級操縱和引航訓練。

C 級：有限功能船舶操縱模擬器 (Limited Task Simulator)

有限功能船舶操縱模擬器能模擬船舶駕駛台操縱環境(無視景，單憑儀器操縱)，以便進行有限的航行和避碰操縱。

D 級：單一功能船舶操縱模擬器 (Single Task Simulator)

單一功能船舶操縱模擬器能模擬特定的駕駛儀器操作，或有限的航行操縱情景，但操作者並不真正置身在駕駛台環境之中(例如桌上模擬器模擬操作區域的俯視圖)其更具體的功能。

目前，世界上許多先進國家在多功能船舶操縱模擬器(B 級)的開發研制上都有長足的發展，具有全功能的船舶操縱模擬器(A 級)也在部分國家相繼出現，如英國、美國、挪威、德國、義大利、日本...等。

2.1.2 船舶操縱模擬器對視景系統的基本要求

西元 1990 年 Phillippe Husni 提出視景模擬白皮書(Visual Simulation White Paper)，其中與本船視景模型相關的視景指標包含：

1. 視景顯示的內容：

應包括水面、四周的陸地，人文景觀(橋梁、碼頭、建物)、目標船、助航設施、燈塔、從船橋可以觀察到的本船結構。

2. 視景具有 5 到 8 個通道，水平視場角為 120° 至 240° ，各別可擴展至 360° 。

3. 解析度指標：

每個像素 2~3 弧分(Arc Minutes)。

4. 視景更新速率：

1000 至 2000 個多邊形，每秒 15 至 30 幀，視景更新速率與顯示內容、紋理、光照、明暗處理、分辨率和反走樣有密切關係。

另外，挪威船級社(DNV)所提出的船舶操縱模擬器認證標準(Standard for Certification of Maritime Simulator System)中，與本船視景模型相關的視景指標大致如下：

(1) 提供白天或夜晚逼真的場景，包括時間和能見度的變化並建構一組不同視覺條件下的視景，從濃霧到天氣晴朗。

(2) 實現本船六個自由度的運動。

(3) 有足夠的分辨率，視景更新速率不低於 30 幀/秒(B 級為 20 幀/秒)

(4) 所顯示的對象均有足夠的真實性。

(5) 視景系統應能顯示本船四周的景物(水平 360°)。

- (6) 能依據所用海圖於視景中顯示全部導航標誌。
- (7) 所顯示的模型物件均有足夠真實性。
- (8) 相鄰兩個投影機投射的視景之間邊界畸變應盡可能縮小。

2.1.3 STCW78/95 公約對船舶操縱模擬視景的規範

國際海事組織(IMO)在 1995 年修訂的海員培訓、發證和當值標準國際公約(STCW95)中規定了船舶駕駛員必須參加各類船舶操縱模擬器訓練，並要求使用大型航海仿真教學訓練系統—多功能綜合型的船舶操縱模擬器系統，以全面提高船舶駕駛員的教學培訓品質。由此可見，模擬器在教學培訓中的應用已經為包括我國在內的世界各航運國家所重視，並且為我國培養世界一流船員隊伍，保障船舶和港口安全，樹立良好的國際形象上發揮著越來越重要的作用。

因此，國際海事組織(IMO)在新近修訂的 1978/95 年國際海員培訓、發證和當值標準國際公約(STCW)中多次強調了這種模擬器的作用，並就其在航海專業教學培訓中的應用做出了明確的規定。STCW 公約於視景的相關條例如表 2.1。

表 2.1 STCW 78/95 公約對操船模擬器視景相關規定

編號	STCW-95 有關條例	內 容
1	航行及當值模擬 表B-I/12節 37.1	製造一個逼真操作環境，包括與所執行之航行當值任務及所評估之操縱技能相當之航行控制與通信儀器及設備；
2	表B-I/12節 37.2	提供一個真實白晝或黑夜之視景，包括各種能見度或僅在夜間從駕駛台觀測，及提供學員觀測扇形區域之最小水平視野，該視野需與航行及當值任務及目的相當；
3	表B-I/12節 37.3	真實模擬「本船」在開闊水域情況下之動態特性，包括天氣、潮流、海流之

		影響及他船隻交互作用。
4	船舶操縱及 操縱模擬	提供各種能見度之白晝及黑夜從駕駛台觀測之真實視界，及供學員觀測扇形之最小水平視野，該視野應與航行及當值任務及目的相當。
	表B-I/12節 38.1	
5	表B-I/12節 38.2	真實模擬在受限水域「本船」之動態特性，包括淺水效應及岸壁效應。

如前所述 DNV 船級社(Det Norske Veritas Classification Society)已發展了一套完備的服務，並涵蓋了 STCW-95 公約中各方面的條款，並提供有效的認證、協助及訓練服務，從而推動海洋保護及海上人命安全的重要事業。

2.2 船舶操縱模擬視景相關空間資訊技術

2.2.1 資料獲取方法

一般來說，視景建模中空間資訊技術扮演最關鍵的角色為資料獲取(Data Acquisition)，藉由獲取不同來源的空間資訊，而使用於不同領域上，不同的資料來源決定著資料獲取的內容、格式、精度與物件模型的方法，可使用於不同的用途上。這些資料來源(Data Source)包括：

1 建物平面或設計圖

該資料來源為最基本的應用資料，包含建物各部分的詳細資訊，從中獲取 3D 幾何建模所需數據時，需要藉由人工數化方式完成，因此工作量大，適合於少量建築物的建模。

2 數值地形圖與 2D GIS 資料庫

該資料不僅含有視景建模所需要的幾何資訊，如地理位置、等高線與高程點、建築物的屋頂形狀、建築物邊界與面積、建物高度、樓層數等，另外含有豐富的屬性資料，如建物用途、建物結構等。現有紙張地形圖可透過數化儀、掃描器等工具轉化為數位地圖和 2D GIS 中的資料。其缺點為缺少建築物垂直

面的幾何形狀與紋理資訊。

3 航空攝影測量。

數位攝影測量可以為視景建模中提供豐富的幾何形狀與像片紋理資料，對有明顯輪廓的建築物，能夠提供精準的三維資料，稱之為數值建物模型(Digital Building Model, DBM)及地面高程模型(DEM)。但航空攝影在建築物密集區中常會發生遮蔽現象，而不能有效提供建築物立面的幾何和像片紋理資料，這些缺陷可以經由其他資料的獲取(如近景攝影測量或現場攝影)而加以補足。如此，攝影測量是目前 3D 資料獲取的最有效率的方法之一。

4 雷射掃描系統

雷射掃描系統包括地面雷射與空載雷射兩種，地面雷射是將雷射掃描系儀(Laser Scanner)固定於地面點對目標物進行直接掃描，精度可達 mm 等級；空載雷射(Light Detection and Ranging, LiDAR)掃描系統最初是由美國太空總署 NASA 所設計研發，其結合了雷射掃描儀(Laser Scanner)、全球定位系統(Global Positioning System, GPS)與姿態量測系統(Inertial Measuring Unit, IMU)，由飛行載體以測距方式直接獲取地面高度資料(含 DSM 及 DEM)、距離影像(Range Image)及點雲(Point Cloud)之 4D 資料，若配合同步數位像機以獲取紋理資料，可提供更有效率之建模方法，該法目前正快速發展中，預期將成為未來 3D 建模之重要技術。

5 衛星遙感探測

隨著美國一公尺解析度商業衛星系統的建立，衛星遙測已進入一個高空間解析度、高時間解析度、高光譜解析度所謂三高的時代。高解析度遙感影像保證了地面的資料來源、環境、社會與經濟的資訊皆清晰可見，可以為港灣模型的建立提供詳細且豐富的幾何資料，是產生正射影像資料和 DTM 的重要資料來源。其高精度特點實現了以前只有用航空像片才能達到的

精度，保證影像對於較小目標特徵的識別更加有效，高解析度和高精度兩者結合起來使得衛星遙感影像得以發揮更精確之應用，高時間解析度意味著可針對特定區域於短時間內進行環境變遷偵測，進而保證獲取資料的動態性、即時性與現況。

遙測技術可區分為被動式(光學攝像)及主動式(雷達攝像)兩種，光學式色彩較接近人眼之視覺經驗，但易受天候及日夜影響，而主動式可不受日夜及天候影響，但其幾何成像較為特殊，就建模應用而言，仍以光學式攝像所得影像為主。

國內可供參考使用的商用高解析度衛星影像有美國太空圖像(Space Image)公司之 IKONOS 衛星影像(攝像解析度為1m)、美國數位全球 (Digital Global)公司的 QuickBird 衛星影像(0.61m)、法國 SPOT5 衛星影像(2.5m)與我國之福爾摩沙二號衛星影像(2m)。

綜合上面視景建模所需資料類型及獲取方式可整理如表 2.2。

表 2.2 視景建模所需資料類型及獲取方式一覽表

資料類型	資料獲取方式
建物高度資料	(1)數值地形圖按層數粗略求取建物高度。 (2)用人工或半自動的方式借助軟體基於影像獲取(以建築物屋頂資料為主)。 (3)從航拍立體像對中提取建物高度。 (4)用 LiDAR(空載雷射)結合航照影像。
建築物的幾何形狀資料	(1)根據地形圖或地籍圖數位化得到建物投影平面幾何資料。 (2)將電子地圖或 2D GIS 中的建築物輪廓線，用簡單幾何體表達建築物外形特徵。 (3)使用航空影像進行交互獲取，使用航拍影像以及地面攝影對建築物邊緣線進行自動提取。 (4)在地面使用雷射掃描器與 GPS，透過測距獲

	取。 (5)使用高解析度衛星影像進行建物形狀自動提取。
建築物及地面的紋理資料	(1)根據航空拍影像獲取。 (2)根據衛照影像獲取。 (3)根據地面攝影像片直接獲取。 (4)用機載雷射掃描器結合空中影像，經過演算法處理提取建築物頂部紋理資料。 (5)用近景測量結合數位相機獲取建築物立面紋理。
DEM 資料	(1)根據地形圖上等高線及高程資料產生。 (2)直接使用 2D GIS 中的 DEM 資料。 (3)航照影像立體對影像自動化產生。 (4)由 LiDAR(空載雷射)掃描器掃描得到。
其他資料	(1)官方出版品、報章雜誌、電子海圖等。 (2)現有 2D GIS 資料庫。 (3)現地調查與現有資料庫的整合。

2.2.2 資料種類

資料種類概分為向量資料(Vector Data)與網格式資料(Raster Data)，向量資料是一種利用點、線、面展示整個世界的資料格式；網格式資料包含影像資料(Image Data)及網格資料(Grid Data)，不同的用途需要不同的資料(圖 2.1)，向量資料的類型包含許多格式(如*.shp、*.dwg、*.dxf)，結構各有優劣、各有其適用的用途，不同結構的資料也可以互相轉換；網格式資料則諸如遙測影像與數值地形高程資料，因遙測影像檔案種類較為單純，下面僅就高程資料中之數值地型模型作說明。

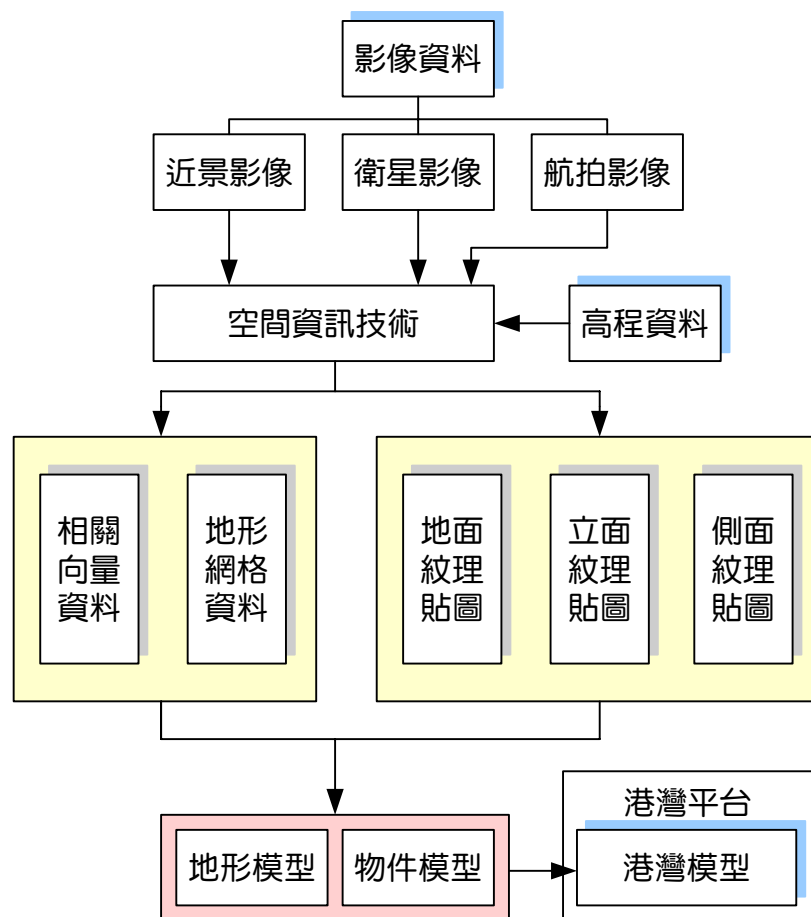


圖 2.1 空間資料應用

數值地形模型(DTM)

數值地形模型(Digital Terrain Model, DTM)的觀念是由美國麻省理工學院的 Miller 博士在 1957 年提出，將地形表面上任一點之位置與高程以 X, Y, Z 之數值方式表示，以規則網格(Grid)或不規則三角形網(TIN)之方式儲存，配合電腦之處理，在土地資訊系統中具有極為重要之應用，如：自動化製圖(等高線、數值暈渲)，影像之正射化糾正、三維顯示，地形特徵粹取(山脊、山谷線、坡度、坡向)，動態地形景觀視覺模擬，配合地理資訊系統之其他應用等。由於近年來都市人口密集區發展快速及地形模型適用的領域日趨廣泛，因而有許多各種不同的模型名稱衍伸出來：

1. DEM(Digital Elevation Model)

將地表面高度以數值方式表示，不含建物、植被等物體之高度。(圖 2.2.(a))

2. DSM(Digital Surface Model)

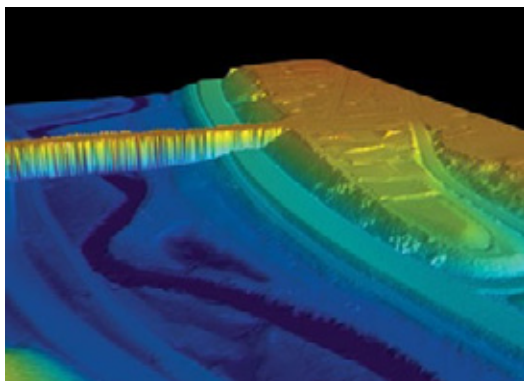
包含建物、植被及所有覆蓋於地表面物體之高度以數值方式表示。(圖 2.2.(b))

3. DBM(Digital Building Model)

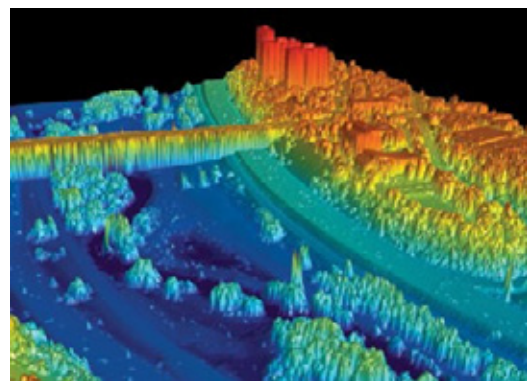
主要適用於都會區，高樓林立的地方，用來描述建築物高度的數值資料。

4.DTM(Digital Terrain Model)

將地表特徵，包括地表高程、坡度、坡向、山脊、山谷、斷線等特徵融合以數值方式表示。



(a) DEM



(b) DSM

圖 2.2 DEM 與 DSM

2.2.3 空間資料於船舶操縱模擬之應用

將所取得的資料進行不同用途的應用，例如飛行模擬、景觀模擬與醫學模擬，本研究應用於船舶操縱模擬系統中(圖 2.3)，從空間資料的取得、處理到建置港灣視景資料庫，並配合虛擬實境等相關技術整合成符合使用需求的模擬系統。

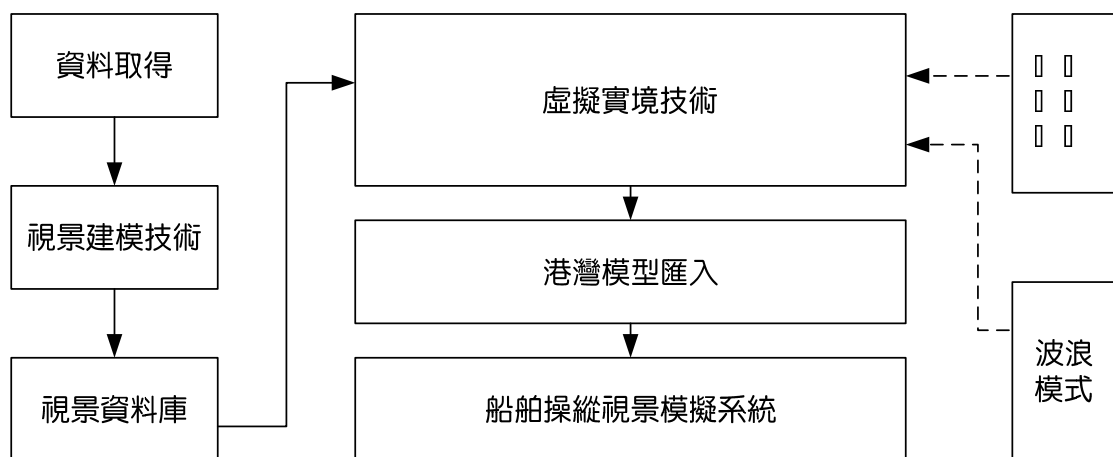


圖 2.3 空間資料之應用

2.3 視覺化技術

多數人都曾經玩過許多類型的互動遊戲，即現在所謂的角色扮演(Role Play Game, RPG)遊戲的經驗，經由與其他人或物進行互動，藉以學習和認識周圍的世界。實際上，這種類似角色扮演遊戲就可以看做是一種簡單的“仿真”，即透過類比來認識世界。

一般來說，要透過仿真來認識某個系統，首先需要建立一個近似於系統的數學模型，然後經由重覆分析以獲取各種資料與結果來認識該系統。考慮到真實世界的複雜性，儘管“仿真”不是認識世界的惟一途徑，但是對於那些具有很多不確定因素與隨機性的系統，應用電腦仿真技術可以更好地達到認知的目的。現在使用的各種訓練系統，諸如飛行類比、單兵作戰、船舶模擬等都是典型的仿真應用，人們透過在代表真實世界情況的虛擬環境中進行模擬訓練以達到或者近似達到進行真正實際訓練時的效果。

仿真技術從其誕生之日起就與視覺化技術結下了不解之緣。從生理和心理的角度來說，人類所能接受的各種資訊中有百分之八十都來自視覺，人們在很早之前就開始自覺或不自覺地使用了“視覺化”技術，小至文書處理所使用的圖表、投影片報告所使用的流程圖、用具體的圖片來表達抽象的概念等等。從概念上來

說，視覺化就是一種用圖形或圖像來表徵資料的計算方法，即利用電腦圖形圖像技術將一維資料轉化為可觀察的二維或三維幾何表示，進一步達到增強人們對抽象資訊認知的目的。

視覺化技術的應用領域非常廣泛，大體上可以分為科學計算的視覺化和空間資訊的視覺化兩類，其中前者多應用於科學和工程計算，以數學模型為中心實現計算過程的視覺化和計算結果的視覺化。本研究將要討論的視覺化仿真屬於後者，具體而言就是實現三維空間資訊的視覺化，也常把這種視覺化仿真稱為“視景仿真”，目的在於使用戶能夠與真實三維世界的視覺化三維物件模型進行即時互動，即在虛擬環境中體驗真實世界。這裏強調是三維模型，是因為我們生活的物質世界本身是三維的，所以使用三維圖形會比使用二維圖形具有更高的真實感，這樣既可以在三維模型內外隨意地進行漫遊，又可在虛擬三維空間中充分發揮想像，進而獲得真實世界中都不易得到的各種體驗。

2.4 虛擬實境技術

2.4.1 虛擬實境技術簡介

目前視景模擬技術重要發展方向是對虛擬實境系統的發展。透過虛擬實境與仿真技術相結合可以在仿真系統中實現視覺化的虛擬場景，透過直接的視覺體現來對仿真對象進行模擬與操作。

虛擬實境(Virtual Reality, VR)技術，是在資訊科學的快速發展中誕生的。它依託於計算機科學、數學、力學、聲學、光學、機械學、生物學乃至美學和社會科學等多種學科，在計算機圖形學、圖像處理與模式識別、人工智慧技術、多感測器技術、語音處理與音響技術、網絡技術、平行處理技術和高性能計算機系統等資訊技術的基礎上迅速發展起來。

從概念上講，虛擬實境是一種由計算機和電子技術創造的新

世界，是一個看似真實的模擬環境，透過多種感測設備，使用者可根據自己的感覺，利用人的自然技能對虛擬世界中的物體進行觀察和操作，參與其中的事件；同時提供視、聽、觸等直覺而又自然的即時感知，並使參與者"沉浸"於模擬環境中。

VR 並不是真實的世界，而是一種互動的環境，人們可以透過計算機的各種媒體進入該環境，並與之互動；從技術上看，VR 與各相關技術有若或多或少的相似之處，但在思維方式上，VR 已經有了質的進步。由於 VR 是一門系統性技術，所以它不像某一單項技術那樣只從一方面思考問題，它需要將所有組成部分作為一個整體去追求系統整體性能的最佳化。

2.4.2 虛擬實境的特徵

虛擬實境是一種高度逼真地模擬人在自然或特定環境中視、聽、動等行為的人機界面技術，具有沉浸性、交互性及構想性等重要特徵，最終將成為人機交互的最高型式。

1. 沉浸感(Immersion)

虛擬實境向使用者提供了全身心地進入機制，對於傳統的人機界面，人與機器可以交往，但在交往過程中人十分清楚地感覺到自己身處於界面之外。而對於虛擬實境，人在與機器交往過程中所感覺到的是自己置身於這一特殊的虛擬環境界面之中，與這個環境融為一體。

2. 互動性(Interaction)

虛擬實境為使用者提供了互動的機制，使用者藉由動作的輸入與虛擬視景進行相對應的變化，該變化讓使用者的感覺產生新的感受。

3. 想像力(imagination)

虛擬實境不僅僅是一個使用者與計算機的界面，而且可使使用者沉浸於此環境中獲取新的知識，提高準確性和理性認

知，進而產生新的構思。這種構思結果輸入到系統中去，系統會將處理後的狀態實時顯示或由感測器反饋給用戶。

2.4.3 虛擬實境技術與仿真、多媒體的差異性

媒體(Media)指接受資訊的媒介，多媒體可以理解為多種媒體的綜合應用，而我們一般所說的多媒體僅指視覺和聽覺媒體的組合，稱為狹義多媒體；把包括視、聽、觸、嗅、味等媒體的全部組合稱為廣義多媒體。

仿真(Simulation)的核心組成部分僅是一個計算、調度的過程。它並不一定需要表現過程，只要透過對模型的計算最後給出一系列的數據即可，這就是數字仿真，但不直觀，不易驗證仿真程序的對錯。若在仿真過程和結果增加文本提示、圖形、圖像、動畫表現，可使仿真過程更直觀，結果更容易理解，並能夠驗證過程的正確性，這種仿真稱為視覺化仿真。若在此基礎上加入聲音，就可得到狹義上的多媒體仿真。若再加入三維界面、交互功能、觸、嗅、味知覺等，就成了 VR 仿真系統。

前面對虛擬實境技術已作了一般的說明，從軟體的角度來看，VR 系統的軟體主要研究虛擬環境及其中物體的幾何、物理及行為仿真，只有很好地解決了這個問題，人與系統的自然互動才有可能。因此，也可以將 VR 系統看作一種仿真系統，但根據系統目的的不同，可將其分為 VR 仿真系統和 VR 應用系統兩類。前者研究具有不確定性的某一系統的表現特徵，重點關注仿真的過程及結果，根據仿真的過程及結果採輔助決策，如 VR 作戰系統。而後者研究解決某種實際問題，只關心結果，如操縱機器人到危險地帶執行任務的 VR 系統。

從上面的分析可以看出，仿真與多媒體、虛擬實境是目的與表現方法的關係。它們三者的關係可以用圖 2.4 來表示：

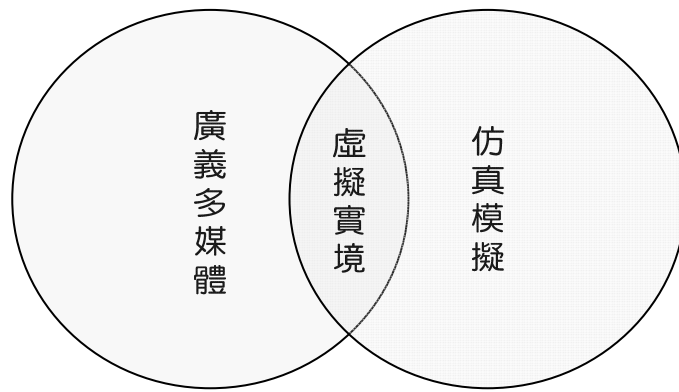


圖 2.4 三者關係圖

2.4.4 虛擬實境技術的應用領域

1. 軍用和民用圖形仿真

採用 VR 技術進行圖形仿真，可以取代傳統的手工繪圖，在正式生產之前就可以在系統中進行內部零件的組裝測試模擬，並可模擬產品的工作性能。例如美國的 F-18 戰鬥機、波音公司的 777 客機均是在 VR 系統中完成設計。

2. 科學研究與科學計算視覺化

在虛擬環境中顯示和共享數據已成為現實。科學家可以用圖形表示複雜的實驗數據，透過直觀的圖形分析數據，可以找到新的資訊處理方法。隨著 VR 技術的發展，科學計算視覺化系統採用 VR 界面，促進了科學計算視覺化的發展，複雜分子結構和管線佈線顯示方面就是成功的範例。

3. 娛樂業

利用虛擬實境技術開發旅遊業、遊戲、虛擬演員等已經取得成績或正在設想中，透過虛擬實境界面可以將人們帶領進入逼真的虛擬環境中。

4. 地球科學應用

地球系統的各種現象或過程都可以用 VR 技術進行模擬。對地球系統結構的模擬，如分子結構、地質構造、大型工程等等的模擬。對地球系統的運動現象與過程的模擬。如火山爆發過

程、龍捲風產生過程、生態系統的演化過程、城市規劃與改造等的模擬、綜合開發的虛擬試驗。

當然，VR 技術在其它行業、學科，如船舶操縱、醫學、電力工業、電信業與建築業等的應用也有極大的潛力和價值；近年來，虛擬實境技術為了應付龐大的資料亦推出比傳統 DIS(Distributed Interactive Simulation) 新一代的分散式架構 HLA(High-Level Architecture，高階分散式網路架構)，HLA 是由美國國防部所提出的一種架構，HLA 用技術執行架構(Run- Time Infrastructure, RTI)觀念為底層架構，並實際以數台個人電腦構成模擬器電腦系統，並以平行運算的方式使整個模擬系統達到即時的要求(顯像頻率為每秒 20~30 個畫面)，進而符合美國 FAA 標準。由此可知，在不久的未來，虛擬實境技術所建構的平台與資料量將不再具任何限制，將會更具沉浸感，互動性亦會比現在更加自然。

第三章 建模技術與相關應用

3.1 物件模型建模技術

物件模型建模技術是虛擬實境中視景模擬之基礎。物件模型的研究主要探討三維模型的逼真性、準確性與即時性。逼真性指三維模型在視覺上給人的感受，主要以真實感與視覺和諧為目標；在視景模擬中，達到逼真性的方法是利用紋理映射(Texture Map)的方法，而不同於一般 CAD 軟體為採用增加多邊形細節的方法。準確性是指三維模型與實際幾何物件間的差異；幾何形狀和比例則是衡量準確性的主要指標。即時性是三維模型在視景模擬中滿足人眼對連續影像感受的指標，(視景模擬中一般通常採用 25 幀/秒作為最低的連續性指標，通常我們採用細節層次模型(Level of Detail, LoD)等方法來減少三維模型的多邊形數量來達到即時性。本章中利用前面章節所介紹的空間資訊技術獲取的空間資料透過三維建模方法來建構出虛擬實境場景中的幾何物件模型。

3.1.1 物件模型簡介

建模是整個視景模擬系統建置的基礎，而物件模型亦是該組成的基本單位，一般來說視景建模主要包含幾何建模(Geometric Modeling)、動態建模 (Kinematical Modeling)、物理建模(Physical Modeling)等，本研究所指之視景建模即幾何建模。幾何模型的描述與建立是電腦圖形學中的重要研究領域。首先，在電腦中建立起三維幾何模型。在給定觀察點和觀察方向後，使用電腦的硬體功能，產生消隱、光照以及投影的成像過程，進而產生幾何模型的影像。物件模型的描述了虛擬物件的形狀和外觀(紋理、顏色、表面反射系數)。幾何模型具有兩個資訊，一個內含點位的資訊，另一個為它的結構排列資訊，用來說明這些點之間的連接。具體而言，幾何建模可分為 1.線框模型、2.多面體模型、3.

複雜的曲面模型。

1. 線框(Wireframe)模型

用線和頂點來顯示整個架構；在真實生活中，很少有物體能夠採用此種方法來進行描繪。儘管如此，它在計算機圖形學中具有非常重要的地位。對這些模型採從世界坐標空間到螢幕坐標空間的暈渲(Shading)技術可能是最容易的，因為它不用考慮複雜圖元的網格化(Rasterization)或隱藏面消除問題，當在編輯階段僅僅需要一個複雜場景的近似輪廓時，就可採用此種模型來對場景進行描繪。

2. 多面體(Polygonal approximation)模型

由於並不是所有的實體模型都是適合用線框模型來進行描述的。因此，使用一種用面來描述實體的模型是另一種可行的方法。由於實際生活中的許多實體都包含有一些共面的多邊形，並且對這種模型進行網格化處理也變成是可行的。因此，我們就可以用一系列的多邊形片面來表示物件，參照圖 3.1.(a)與後面將要說明的曲面模型相比，多面體模型有如下優點：

- (1) 多邊形形狀簡單，便於計算和處理。
- (2) 多邊形可以任意精度逼近曲面物體，並可以表示為排列結構較複雜的物件模型。
- (3) 只需儲存各個多邊形的頂點即表示物體的幾何資訊，在計算多邊形內任一可見點的光亮度時，所需的資訊可由頂點的資訊內插值得到，這使得對多面體的繪製可藉由提升硬體性能來實現。

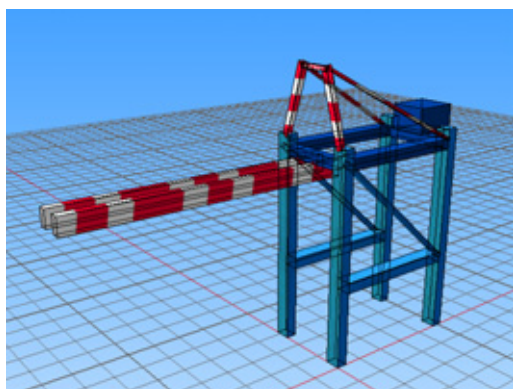
3. 曲面(Curved surface)模型

當然，採用多面體模型進行場景造型也有不足的地方，此時，可使用多邊形面片來對曲面進行建模，可增加其逼真度，相對而

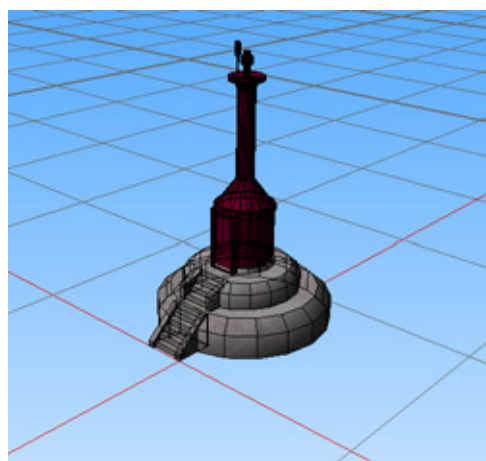
言，會增加繪圖顯示的負擔，見圖 3.1.(b)。

對大量的多邊形來說，除了處理儲存和處理過程十分複雜之外，對於建模階段也不是一個十分適合的方法。由多邊形構成的多面體的離散點不利於對表面屬性進行處理。表面上一個屬性的改變，如表面曲率改變，就要求對許多點的坐標進行修改。要提高精度。同時又不增加建模時的難度，還要減少多邊形的數量，我們通常使用較簡單的曲面片來對一些更複雜的曲面區域進行描述。

上述所介紹的模型技術，可建構出模型的基本模型物件，藉由各基本物件間的靈活組合可建構出任何所要的物件模型。



(a)多邊體模型(吊臂模型)



(b)曲線模型(小燈塔)

圖 3.1 多邊體模型與曲線模型

3.1.2 物件模型建模方法

整合所有建模方法，大致可分為一般建模技術與地理資訊 (Geographic Information Systems, GIS) 建模技術，建模類別則包括 A.三維動畫類：3Ds Max、Maya 等...，B.專業虛擬實境類：VRML、MultiGen Creator 等...，C.三維 GIS 類：ArcGIS、IMAGIS、CCGIS 等...。其應用層面如表 3.1 所示。

表 3.1 建模方法覽表

建模方法	類別	軟體名稱	應用層面	特性
一般建模技術	三維動畫	3ds Max、MAYA	遊戲、影片、視覺設計與虛擬實境	1.多邊形面數無固定 2.模型資料結構複雜
	虛擬實境	X3D(VRML)，MultiGen Creator	虛擬實境、網路、遊戲與工程	1.多邊形面數少 2.模型結構簡單
GIS 建模	三維 GIS	ArcGIS，IMAGIS，CCGIS	地理資訊視覺化、虛擬實境	1.多邊形面數無固定 2.保留原始檔案資料 3.模型結構簡單

前兩者之間從表面上看有許多共同點，據性質而言用途與應用層面上確有相當程度的差異性，雖然兩者都使用三維模型來表現虛擬實境，也都透過暈渲技術來實現真實世界，但實際上 A 類的畫面是預先暈渲好的，B 類畫面採「即時」產生的，儘管它們最終在螢幕上顯示的效果都是連續的畫面。但三維動畫只是連續播放暈渲好的畫面，所以不具有任何的互動性，雖然 A 類亦可使用於虛擬實境中，但其即時性與功能性仍無法與 B 類相比，故仍較常用於影片、視覺設計與電影特效中。三維建模方法為 GIS 所衍生出的一種建模方法，藉由建構的空間資料庫進行建模，此方法可配合一般建模技術使用，可準確且快速的達到使用者之需求，本研究採用表列所提到之專業虛擬實境建模軟體 MultiGen Creator 與 ArcGIS 的 SiteBuild 3D 作為主要建模工具，以下就物件模型建模方法內容進行介紹。

3.1.3 Creator 建模技術

MultiGen Creator 是 MultiGen Paradigm 公司推出的一套效能佳的即時互動三維建模軟體，它能夠滿足視景模擬、互動式遊戲開發、虛擬城市以及其他的應用領域。

MultiGen Creator 包括一套綜合的強大建模工具，具有精簡、直覺式的互動性，即所見即所得的三維及時環境。能夠讓使用者看到在資料庫的任何地方與細節發生了什麼事情。針對要完成的任務，讓用戶總能找到所需的工具或使用自行定義的工具箱。

MultiGen Creator 先進的即時功能如細節層次、多邊形刪減、邏輯刪減、繪製優先、分離平面等是 OpenFlight 成為最受歡迎的即時三維影像格式的幾個原因，許多重要的 VR 開發環境都與它相容。MultiGen Creator 的建模環境提供即時互動的、多重顯示和用戶定義的三維圖形觀察器和一個有二維層次的結構圖，所有的顯示是交互且具有關聯性的。這種靈活的組合加速了資料庫的組織、模型的產生、編輯修改、賦予屬性和結構關係的定義。

1. Open-Flight 資料結構

三維建模是視景、虛擬實境系統設計的核心問題之一。三維資料庫又是整個建模的基礎。三維資料庫的檔案格式對視景系統效能有相當大的影響，常用的 CAD 格式並不適用於即時模擬系統下。Open-Flight 為 MultiGen 的層次結構的資料格式。該資料格式是 MultiGen 的基礎。Open-Flight 資料庫的樹狀結構以二進位的檔案格式儲存，檔案由一系列線性紀錄而成。記錄的前兩個區域為解析資訊，定義操作碼與長度，每個記錄的最大長度為 64kb。檔案包含了三種類型的紀錄：節點原始記錄、輔助紀錄和控制紀錄。記錄的長度隨著記錄項的增加而增加，而且所有的記錄大小必須是 4 的倍數個字節。樹的層次結構由控制記錄來標識，層次結構中的每個節點都由一個主節點記錄和 0 個或多個輔

助記錄來表示。主節點記錄標識一個節點的類型，並包含大部分該節點屬性資料，其餘的屬性資料，例如注釋、ID、平移轉換等都存儲在輔助記錄中。輔助記錄緊跟於主節點記錄之後，控制記錄之前。

Open-Flight 是邏輯化的有層次的視景描述資料庫，用來通知圖像產生器何時以及如何暈渲即時三維場景，非常精確可靠。開放的連接及簡易互動式的操作與細節層次、多邊形篩選、邏輯篩選、繪製優先順序、二進位分離面等先進的即時功能一起使得它成為即時三維視景模擬領域的工業標準。

它是一個分層的資料結構，它用層次和屬性來描述三維物體，它採用層次結構對物件進行描述，可以保證對物體頂點、面的控制，允許對集合層的資料進行直接操作，使建模過程快捷方便。它包含五個層次，分別為：

(1) Open-Flight 資料庫頭層次(Header level)：

Open-Flight 使用幾何體，層次結構和屬性資料來描述三維物件。它可以配置控制系統和資料庫建構歷史，包含外部引用的路徑名，模型各部分和幾何造型定義、位置和大小。

(2) 集合層次(Group Level)：

以邏輯組的形式組織與定義模型各組件，用於總體模型的建構、動畫和即時暈渲。其擴展的功能有：

<1> 外部引用：

分佈在不同檔案中之所有模型，透過資料庫關係進行快速視景裝配。允許用戶直接在其他資料庫中進行重新定位。

<2> 細節層次(LoD)：

為減少即時暈渲的開銷，按距離範圍切換模型的不同版本，達到減少多邊行的目的，它用於管理即時系統的顯示負載。在遠距離觀察時，物體表示非常簡單，但隨著眼睛靠近物體，就會不斷增加物體的複雜性。

<3> 自由度(DoF)：

為即時動畫序列定義部件的的絞鏈關節和運動範圍，如模型的移動和旋轉。

<4> 切換：

為動態場景的變化而設計的功能，如特殊效果和運輸工具的損壞。

(3) 物體層次(Object Level)：

提供更好的細節結構、組織個別部件的刪減、模型面的即時暈渲。其擴展的功能有：

<1> 文件：把 3D/2D 與靜態/動態的文件放在儀表顯示中。

<2> 光源：定義光源的類型、位置和方向。

<3> 聲音：定義目附加聲音(Waveforms)到動態三維的物體。

(4) 表面層次(Face Level)

<1> 為暈渲提供更細緻的控制而定義和組織的表面和屬性

<2> 為色彩與紋理和選擇材質

<3> 告示板選擇標記

<4> 定義表面暈渲的選項、色彩與紋理

<5> 定義明暗模式，包括平坦、光滑和頂點色彩

<6> 定義材質：放射的、光譜的、周邊的、擴散的、有光澤的和帶有透明度

(5) 頂點層次(Vertex Level)：

組織和定義資料庫中幾何造型最細的一級，提供對頂點的位置、色彩、紋理映射、光線向量與絕對控制。

2. 層次化建模技術

為了方便整個模型的管理，Open-Flight 採用層次化的結構來儲存三維模型，多邊形層次結構是對點、線、面的組織，而模型層次結構是對物體幾何特徵的組織。Open-Flight 層次結構的最底層為多邊形層次(Polygon Level)，其中每個節點代表一個多邊形，記錄了多邊形的頂點、色彩、透明度、材質、紋理等訊息。

由多個多邊形節點組成一個物體(Object)，所有的物體集合構成物體層。物體層上方的層次是集合層(Group Level)，而整個模型的最上層是資料庫層(Database Level)。這種層次結構有利於對三維場景或物體進行幾何規劃，從而更高效的進行管理。圖 3.2 是在 MultiGen Creator 中建造船舶模型的層次化結構視圖。

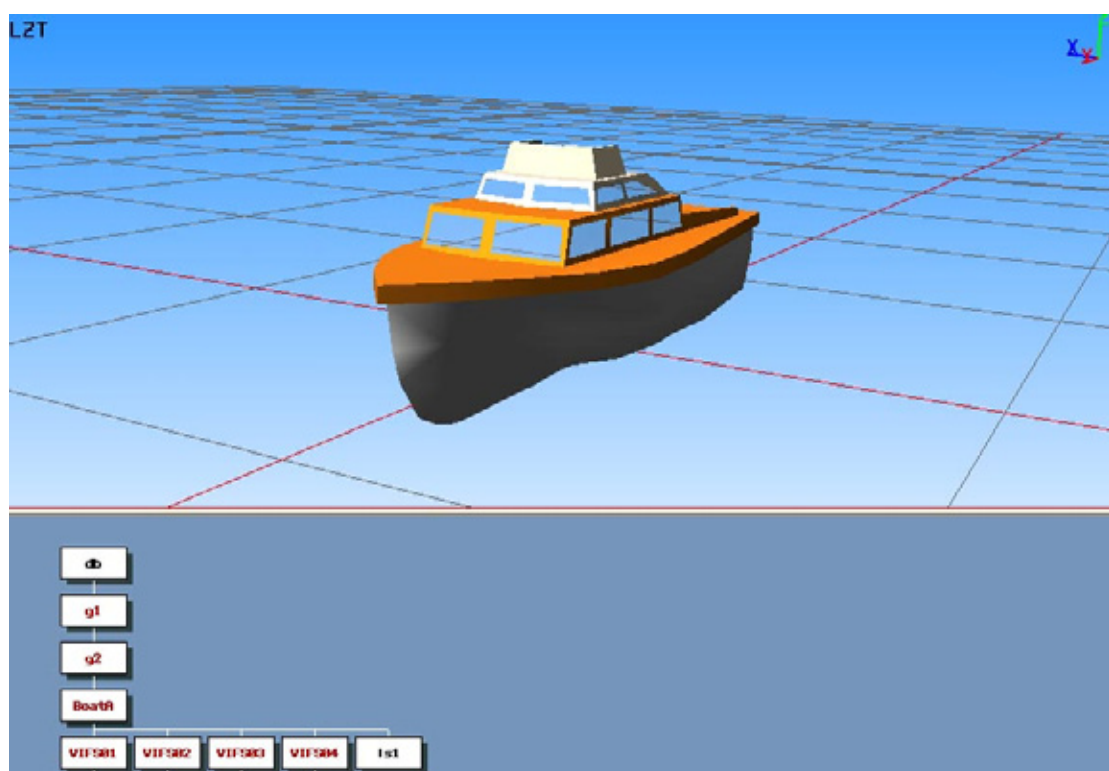


圖 3.2 層次化結構視圖

Group 的規劃是 Open-Flight 建模之關鍵。Group 規劃有邏輯規劃與空間位置規劃。邏輯規劃是按照物件本身具有的功能屬性規劃。例如將飛機規劃成機身、機翼、尾翼等部分。邏輯規劃有利於從功能和屬性方面對模型進行管理，因此適用於建造特徵尺度較小(一般是指 100m 以內)的物件，如交通工具、樹木、房屋等。而在建造這尺寸較大的物體(如地形、城市等)的時候，邏輯規劃則有可能帶來不必要的系統性能損耗。這是因為，在 Vega、OpenGVS 等使用 Open-Flight 檔案的視景軟件中對 Open-Flight 軟體進行繪製和裁剪，都是以 Group 為單位的。

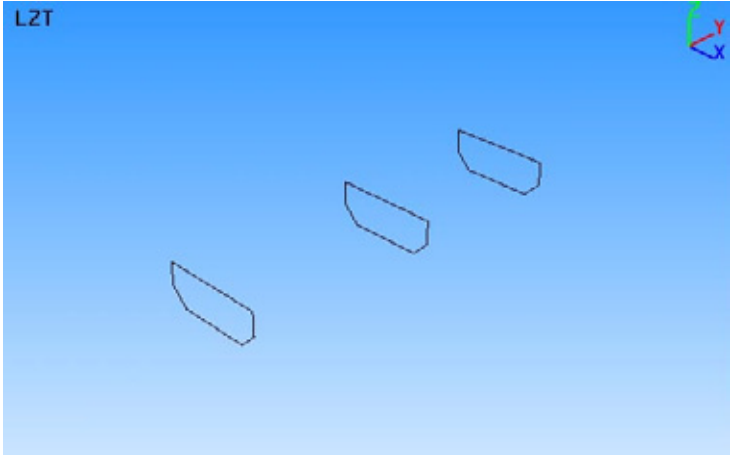
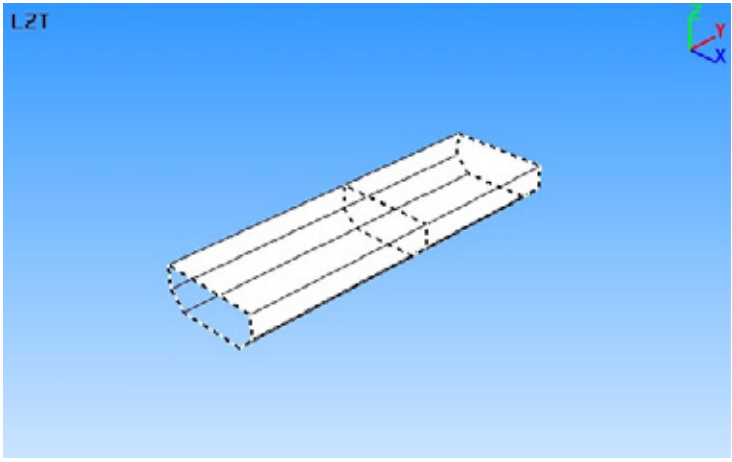
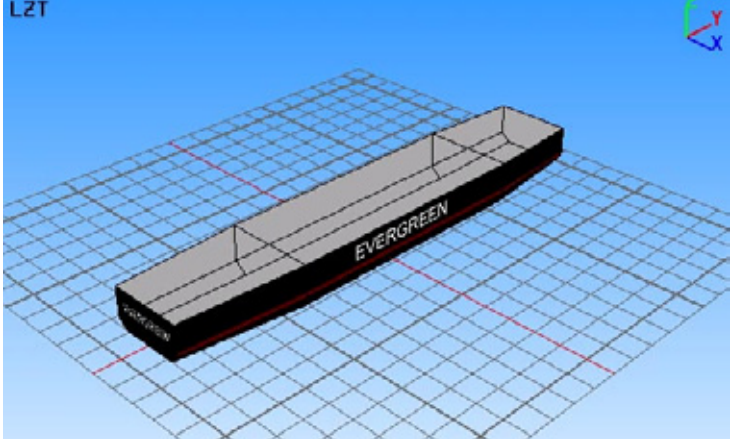
在繪製場景時，一個 Group 中如果有一個頂點進入了視景體的範圍，則整個 Group 都將被繪製，之後再進行轉換和裁剪。所以對於特徵尺寸較大的物體，使用空間位置規劃將更具有高效率。例如。一個大地形場景，按照邏輯關係規劃 Group，則可分為地形、樹木、建築物等。這樣做雖然有利於使用者理解與建立模型，但是在視景系統中繪製時，則會因為某一棵樹進入了繪製區，而需要繪製所有的樹木。在這種情況，應當使用空間位置規劃。即將場景按照空間相對位置，規劃成塊。每塊的尺寸越小，則分的塊數越多，系統在繪製時越能節省硬件資源。但是尺寸過小則將給場景管理帶來不便，所以分塊的尺寸應根據硬體的條件，在易於管理性與節省系統間取得平衡。

3. 截面放樣技術(Loft)

截面放樣(Loft)技術是目前在物體多邊形建模方面套用最廣泛的建模技術之一。它是在關鍵位置放置截面，並連線各個截面頂點得到多邊形模型。在 MultiGen Creator 中，提供了自動放樣工具 Loft Tool，可自動完成截面頂點連線的工作。表 3.2 為利用截面放樣產生船體的流程表，首先藉由設計圖或相關資料繪製船體的截面，截面經過適當比例與形狀調整後，進行放樣動作，最後可得到船體的初步模型。

表 3.2 截面放樣產生船體的流程表

截面放樣步驟	圖例
--------	----

繪製截面	
放樣	
船體截面放樣 初步成果	

用截面放樣技術適合產生以柱體為主要形狀的各種物體，包括汽車、船舶、飛機、燈塔等。環境中許多物件模型多是用截面放樣技術可建構的。

4. 消隱(Hide)技術

要增強三維模型的真實感，必須對三維物體進行消隱處理。

所謂消隱指找出物體中不可見的部分並消除。視景模擬中需要快速的消隱演算法，而計算機動畫則需要採用高度真實感圖形演算法。在演算法設計和選擇上，需要在計算速度和圖形細節之間進行權衡，沒有一種演算法可以兼顧兩者。

所有的消隱演算法都涉及到排序。排序的核心是分辨體、面、邊、點與觀察點間幾何距離的遠近。按距離排序的前提是：一個物體離觀察點越遠，它越有可能被另一距離觀察點較近的物體部分或全部的遮擋。在確立各景物在距離或深度上的順序後，還需要對它們進行橫向和直印的排序，以確定一個物體實際上是否為那些距離觀察點較近的物體所遮擋。消隱演算法很大程度上取決於排序的效率。

5. 紋理映射(Texture Mapping)

三維物體通常具有表面細節，例如花紋、粗糙表面等，可以用兩種方法來描述這些表面細節：一是在表面繪製多邊形，二是使用紋理。紋理實際上就是一塊平面區域內的色彩集合。在視景模擬中，由於即時性的要求，增加表面多邊形數量會影響到顯示幀數，所以一般使用紋理映射技術來為物體增加表面細節。紋理映射的實質是建立二維平面圖形與三維曲面之間的對應關係。由於只有小部分的三維曲面能無失真的展開成，二維平面，大多數曲面展開時會產生失真，所以紋理映射主要需要解決的問題就是如何盡量減小這種失真。圖 3.3 是紋理映射的示意圖。圖中棋盤圖案從二維的紋理空間映射到三維景物空間，再從景物空間投影到二維的影像空間。

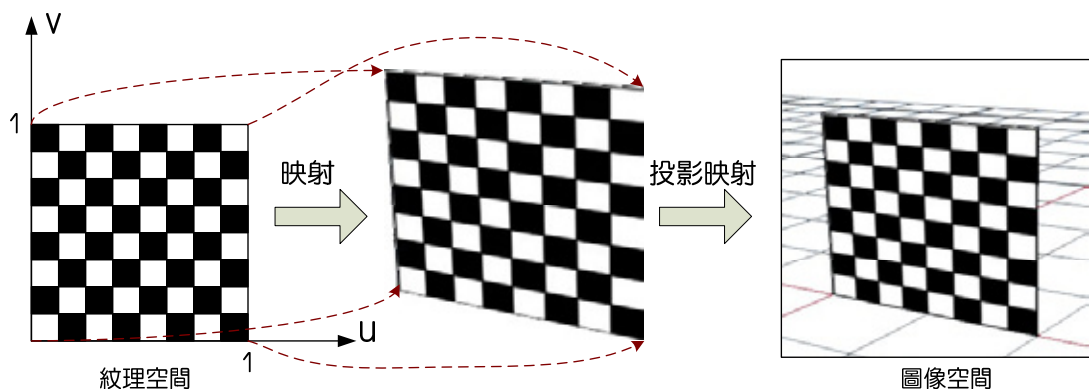


圖 3.3 紋理空間映射至圖像空間示意圖

從紋理空間到景物空間的映射，一般採投影映射，投影映射可分平行紋理投影和透視紋理投影。就視景建模軟件中，以平行紋理投影映射套用較多。平行紋理投影首先需要確定投影方向 W ，任意選取一個垂直於 W 的平面作為投影平面。然後再在投影平面上任選一個向量 U ，則可以用 W 和 U 建立一個投影坐標系 $EUVW$ ，其中 E 為 W 所在軸線與投影平面的交點。如圖 3.4 所示。

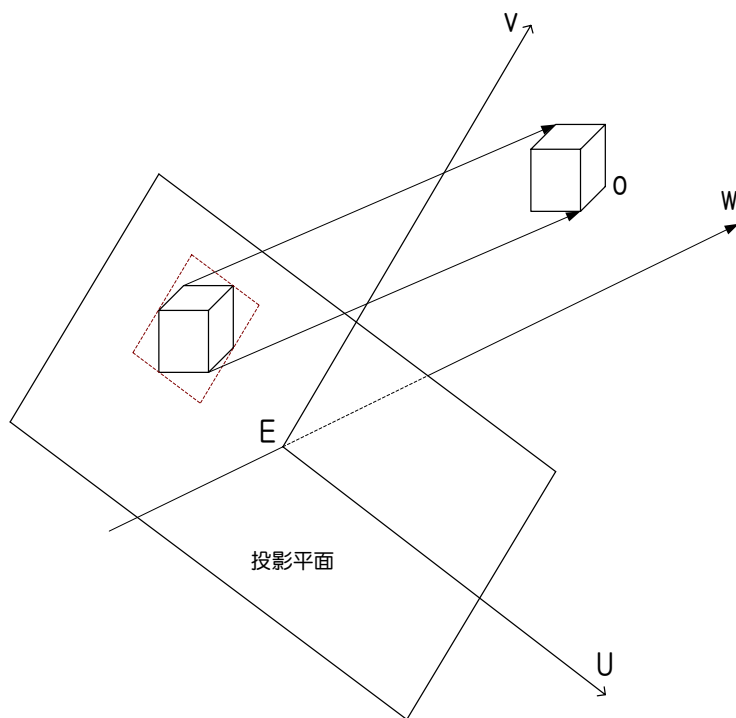


圖 3.4 平行紋理映射

將景物從景物空間坐標系變換到投影坐標系，並計算得到該坐標系下、平行於坐標軸的矩形體包圍盒 $[u_1, u_2] \cdot [v_1, v_2] \cdot [w_1, w_2]$ 。因此，景物表面上的任一點 $O(u, v, w)$ 所對應的紋理坐標為：

$$(x, y) = g\left(\frac{u - u_1}{u_2 - u_1}, \frac{v - v_1}{v_2 - v_1}, 0\right) \quad (3.1)$$

其中 g 為投影平面上的矩形區域到紋理空間的仿射轉換 (Affine Transformation, 包含縮放、旋轉、平移和剪切)。

6. 應用範例(港灣模型)

前面章節中說明一般常見的建模技術與本研究所採用的 Creator 建模方法，本章節利用港灣視景資料庫的港灣模型採 Creator 建模方法提出實際範例。

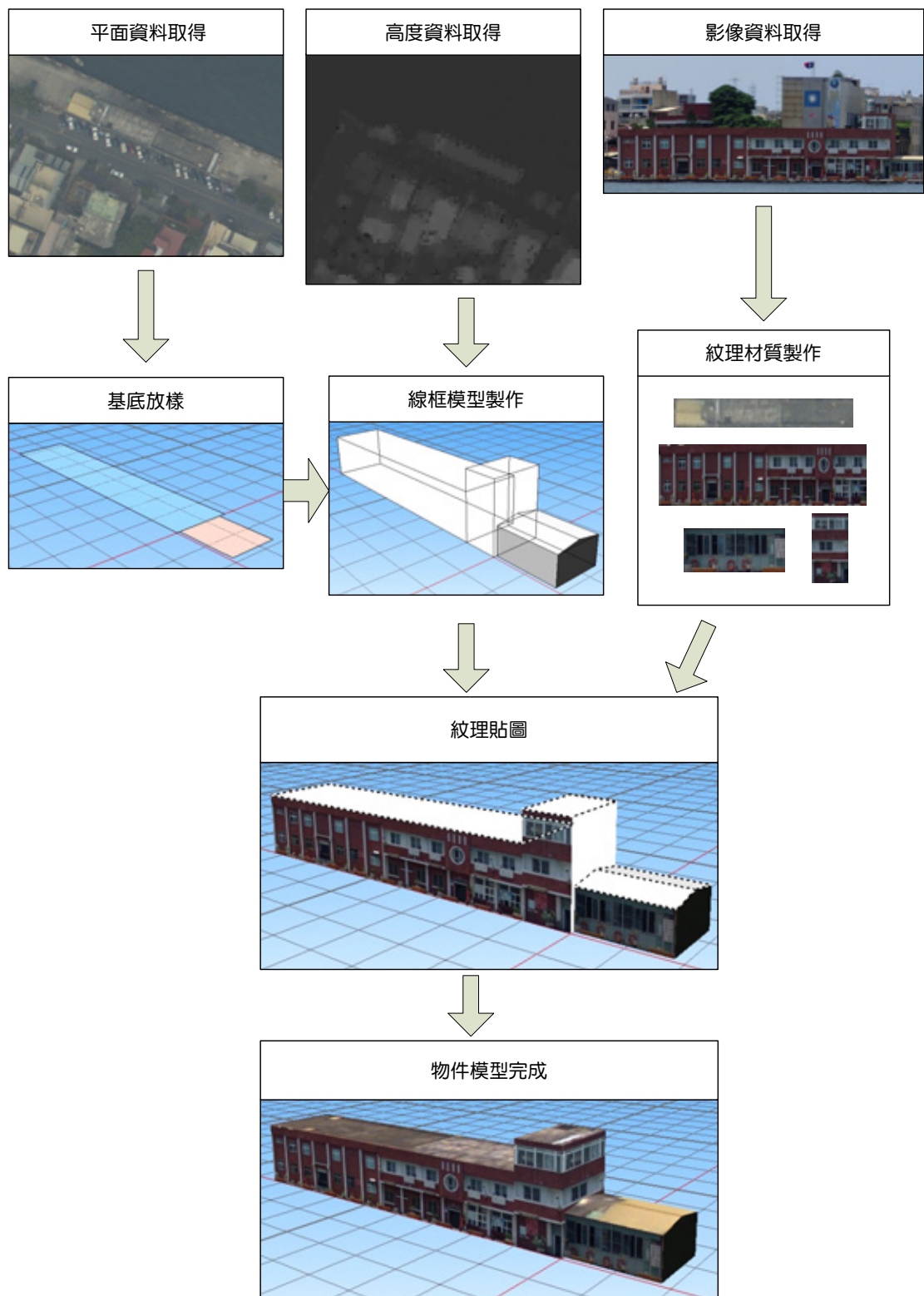


圖 3.5 模型建模流程圖

<1> 獲取空間資料

此步驟所指的空間資料指平面、高度與影像資料，藉由前面章節所介紹的空間資訊技術大範圍且迅速取得建模所

需之空間資料。

<2> 基底放樣

將所得到的平面資料進行建物基底放樣，藉此動作抵定建物於局部坐標中之平面尺寸。

<3> 線框模型製作

藉由所得到之高度採截面放樣方法，建構出所需的線框模型。

<4> 紋理貼圖

利用前面介紹的紋理貼圖技術，將所製作之紋理材質對線框模型進行貼圖，此時物件模型初步完成。

<5> 細節修正與調整

此步驟牽涉到個人主觀審美意識，此步驟與建模的時間成正比，花的細節修正時間越長，該細節越為仔細，但須考慮該物件對於整體場景效能是否會帶來過度的負荷。

利用上述步驟可嚴謹且科學的建構出各種物件模型，此概念可套用到現行所有的三維建模軟體本研究並將船舶操縱模擬中所需要的物件模型，如下圖所示。



(a)簡易建物



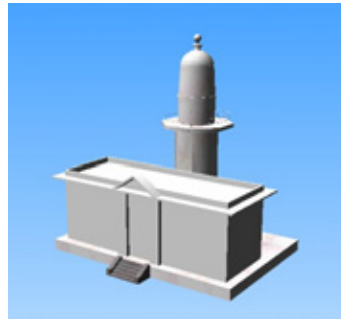
(b)港口建物



(c)85 大樓



(d)漢神百貨



(e)旗津燈塔



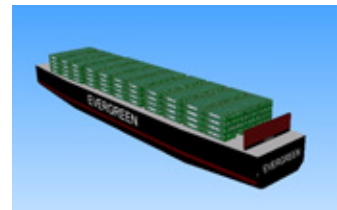
(f)高字塔



(g)小燈塔



(h)消波塊



(i)貨櫃船

圖 3.6 港灣物件模型

3.1.4 地理資訊系統建模技術

地理資訊系統(GIS)大致包含向量資料(Vector Data)與網格式資料(Raster Data)，向量資料是一種利用點、線、面展示整個世界的資料格式；網格式資料包含影像資料(Image Data)及格網資料(Grid Data)，GIS 建模技術為藉由地理資訊系統中所建構的向量資料與網格式資料直接產生物件模型，該方法所產生的模型一般較為簡單，但此種模型擁有 GIS 中資料收集、管理、分析與展現的優點，資料可重覆使用，並保留原始向量與網格式資料格式。

目前 GIS 系統已逐漸普及,但由於其操作平臺、資料庫和應用軟體不盡相同,採用的資料格式也不盡相同，不同 GIS 軟體廠商都擁有各自的資料標準。

1. SiteBuilder 3D 簡介

Multigen.Paradigm.SiteBulider 3D 為 MultiGen 公司為 ArcGIS 所開發的一個擴展模組。提供即時性(Real-Time)及對地理環境所見即所得的可視化功能，包括行走(Walk)、駕車(Drive)、飛行(Fly)、依編輯路徑運動方式(Path)，在立體圖形移動時，配合平面地圖上顯示視角。此外可將產生的物件模型匯出為符合工業標準的 Open-Flight 格式。整體而言，SiteBulider 3D 擁有自己對於模型建模與編修的建模工具 ModelBuilder 3D，該軟體已擁有 Creator 的所有基本建模功能，SiteBulider 3D 並提供模型資料庫的功能，可將所完成的物件模型依據屬性放置於資料庫內，下面小節以 SiteBulider 3D 為例介紹 GIS 建模的流程。

2. 建模流程

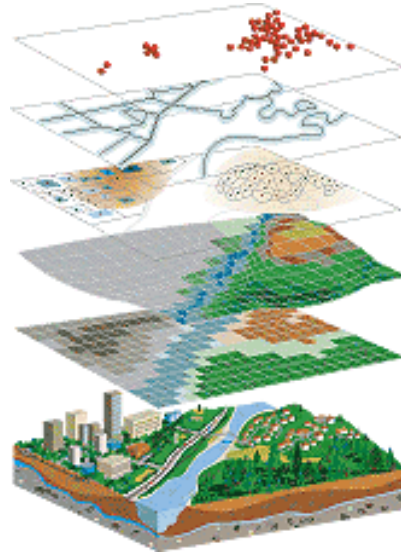
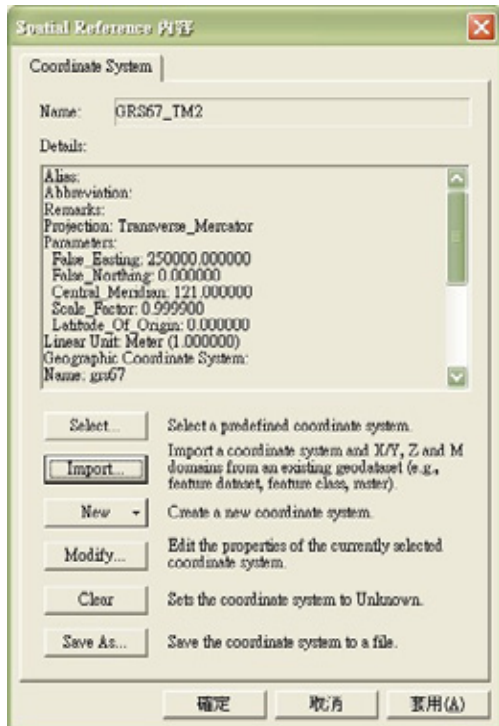
GIS 建模流程的原則與一般地理資訊系統處理空間資料一樣，第一步須先定義其坐標系統，將所得到的影像資料與向量資料統一坐標基礎，完成後才能繼續對要建模的部份進行數化與建模，主要流程步驟如下：

<1> 統一坐標基礎

GIS 建模與空間資訊領域一樣，首重坐標系統的定訂，對於每次建模而言須有相同的坐標基礎，如第二章說明，這些坐標基礎包括統一的地圖投影、統一的座標系統，有了統一的地理基礎之後才能將後續加入的各種空間資料提供一個基礎的作業平台，圖 3.7.(a)為在 ArcGIS 中給予坐標基礎。

<2> 加入向量與網格式資料

向量資料包含數值高程模型(DTM)、CAD 檔(*.dxf)、數化檔(Shapfile)等；影像資料(Image Data)，如航拍與衛照影像皆屬於影像資料。圖 3.7.(b)為結合向量與影像資料之示意。



(a) 統一坐標基礎

(b) 向量與網格式資料

圖 3.7 GIS 建模示意圖(一)

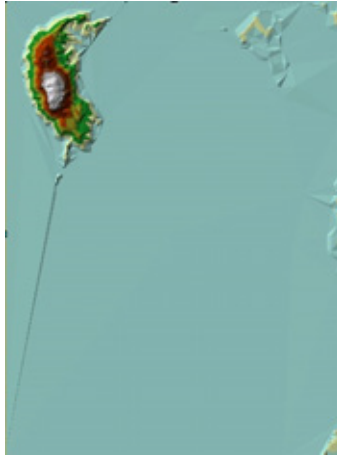
(b) 資料來源 <http://www.usgsquads.com/>

<3> 建構基底地形

如同統一坐標基礎一樣，GIS 建模於一般三維建模的最大不同點在於 GIS 建模所建構的模型與其地理環境具有一體性，且所建構出的物件模型都有個別的屬性資料，如位置、方向與高度等，故須先定義它的基底地形，SiteBuilder 3d 中提供三種方式建構基底地形(圖 3.8.(a))：1.規則網格(GRID)資料,2.不規則三角網(TIN),3.特徵(Features)，由不同的資料格式建構出我們想要的基底地形。

<4> 物件數化

完成基底地形後可針對所要的物件進行數化(圖 3.8.(b))，並建構相關的屬性資料。



(a)建構基底地形



(b)物件數化

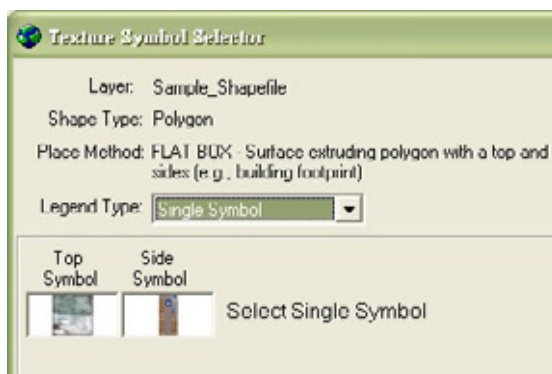
圖 3.8 GIS 建模示意圖(二)

<5> 指定貼圖

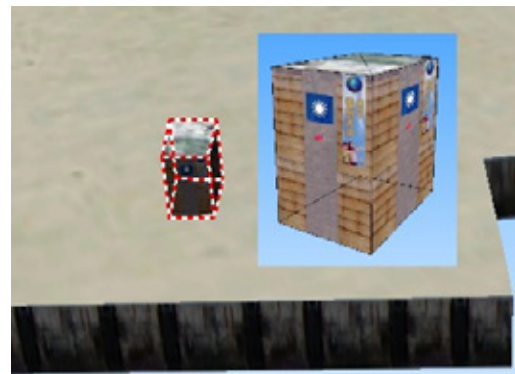
指定物件模型的頂部(Top)與側面(Side)紋理材質(圖 3.9.(a))，並定義其貼圖方向。

<6> 匯出模型

完成上述動作後，匯出物件模型(圖 3.9.(b))。



(a)指定貼圖



(b)匯出模型

圖 3.9 GIS 建模示意圖(三)

3. 應用範例(其他港灣模型)

GIS 建模方法適用於大量且簡單的物件模型建模，本研究中華港灣碼頭與一些數量較為龐大之建物皆採用此種方式建構完成，以下就港灣圖台提出實際應用範例；假設欲建構一水深 15 公尺，高於海平面三公尺，坐標基礎 TWD67-TM2 的碼頭模型，

採下面步驟完成。

(1) 劃定範圍與統一坐標基礎

產生矩形方框(■)，指定坐標並定義高度為-15m 之基底地形(圖 3.10)。

(2) 數化港灣碼頭

利用高解析衛星影像將碼頭外形數化(■)並指定高度為18m(圖 3.10)。

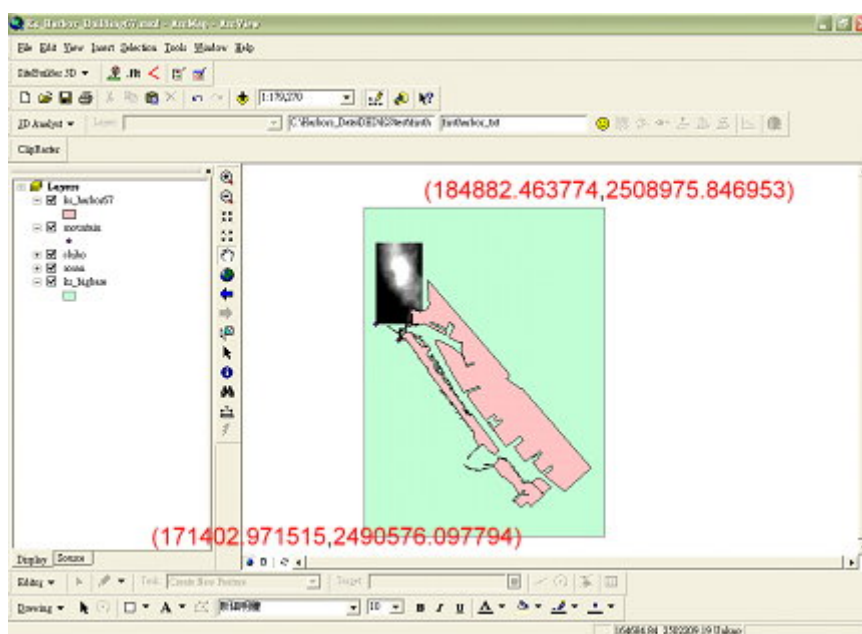


圖 3.10 碼頭外形數化

(3) 匯出碼頭模型

使用 SiteBuilder 3D 中 3D Legend Editor 指令，將圖 3.10 所數化之碼頭指定貼圖與匯出模型，此步驟可得到一符合地理坐標之碼頭物件模型，此物件可用於第四章港灣視景資料庫的基底平台模型(圖 3.11)；日後仍可於 GIS 中進行相關屬性的變動與修正。

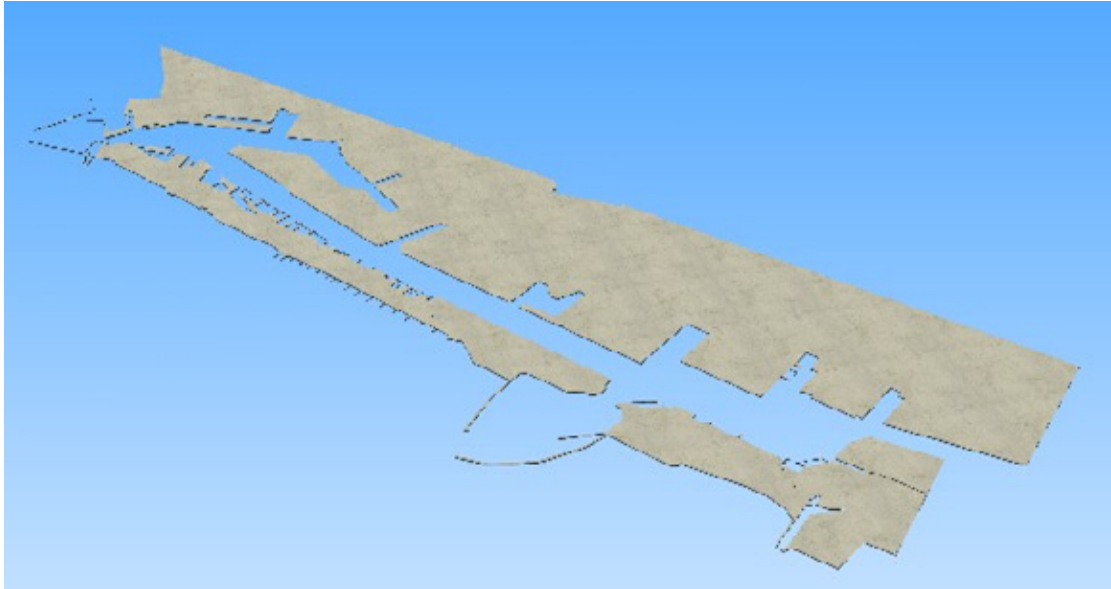


圖 3.11 碼頭模型

除上述範例外，還可建構許多船舶操縱模擬中所需要的物件模型(圖)，這種方式所建構的模型一般較為單調且簡單，所以通常會搭配其他建模工具(如 Model Builder)來建構較複雜的模型，並透過地理資料系統將模型套疊致正確位置，這部份將於第四章詳加敘述。



圖 3.12 GIS 建模應用範例

3.2 地形建模技術研究

對於視景模擬而言，地形是一個重要的組成部分。首先，地形是港灣模型的基礎。船舶於海面航行、飛機從地面起飛和車輛在地面行駛等，上述的模擬都需要用到地形。一艘船在進港時山體地形與天空往往是整個畫面的背景。故地形的逼真與否，決定了視景模擬畫面的真實度。本章以地形網格建模方法為主題，利用所獲取的地形資料進行建模。這節並介紹幾種常見的地形資料格式、地形網格產生演算法等。

紋理材質是增加地面真實度的主要方法，本節詳細討論了如何提取模型的高度資料，並合成地形紋理的步驟。本章的最後，介紹 MultiGen Creator 軟體建構地形模型的流程和主要步驟。

3.2.1 地形資料獲取方式

數值高程模型(DEM)乃以數值化方式來展現三度空間地形起伏變化情形。數值地表模型(DSM)為地表(如建築物、植被之三度空間數值模型。除了可應用於國土規劃外，對於防救災、建築景觀設計、工程規劃、民生、科技、建設及國防等方面，亦具有極高的應用價值。為了正確的描述地形，必需萃取適當的地形特徵點作為建構地形模型的依據。這種高程取樣的過程稱為資料獲取，就現階段而言，資料獲取方法如同第二章所敘述由傳統地面測量到目前的空載雷射掃瞄(LiDAR)皆可做為取得地形資料的方式。

MultiGen Creator 的數值高程資料 DED(Digital Elevation Data)提供了快速建構大面積地形資料庫的方法，可以使地形精度接近真實世界，並具有高逼真度三維屬性特徵及影像特徵。它提供了一個地形網格產生器，能讀取地形資料，產生地形網格，並自動的為網格貼上與地理坐標相對應的紋理。MultiGen Creator 所使用的地形資料格式為 DED(Digital Elevation Data)資料，它還提供

了一個轉換工具，能將其他格式的地形資料轉換成 DED 格式。Creator 支持以下幾種資料格式和 DED 資料之間的轉換：NIMA DTED、USGS DEM，亦可以利用二維灰階影像產生 DED 資料。DED 資料包括檔頭(如表 3.3)和資料部分(資料部分即高度資料，如圖 3.13)。

表 3.3 DED 組成

檔頭	資料部分
(1)DED 檔案中包含的地形塊(Tiles)數量。 (2)平均高度。 (3)每個地形塊的左下角、右上角的經緯度。 (4)經度、緯度方向上取樣點的間距。 (5)經度、緯度方向上取樣點的總數。	高度資料

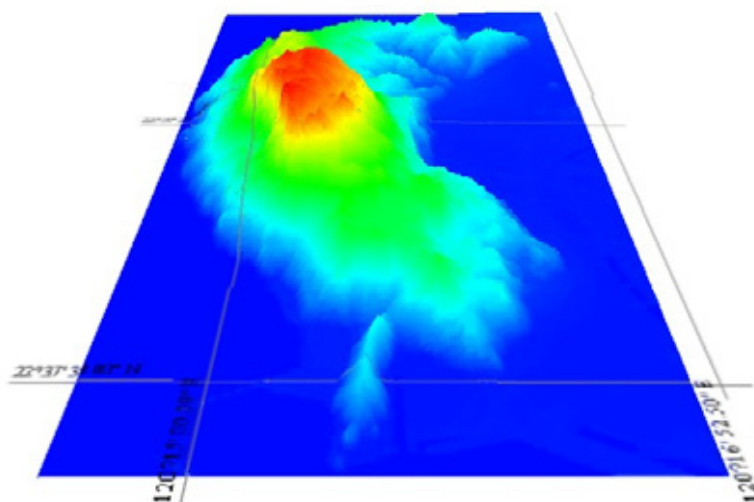


圖 3.13 高度資料(彩色暈渲)

2.地形紋理材質

除了高度資料，為了具有逼真的三維地形，如同三維物件建

模一樣，必須取得地形的紋理材質，常見的來源有航拍與衛照拍攝之影像，這些相片通常都標註了四個頂點的經緯度以供貼圖(如圖 3.14)之用。



圖 3.14 地形紋理材質

3.2.2 MultiGen Creator 地形產生演算法

MultiGen Creator 提供了 Polymesh、Delaunay、Terrain Culture Triangulation(TCT)、Continuous Adaptive Terrain(CAT)幾種地形產生演算法，它們的差別主要是對地形資料重新取樣的方法不同。

1. Polymesh：

Polymesh 演算法採用四元樹方式來表示地形模型，由一個以上的平面多邊形組成，從原始地形資料的左下角(西南角)開始，分別沿著經度和緯度方向每隔一個設定的值(稱為取樣頻率)選取一個點，用這些點為頂點建立三角形網格。由於原始網格中的點在經度和緯度方向上是等距的，所以用 Polymesh 方法產生的三角形網格非常規則。圖 3.15 是 Polymesh 的取樣圖。這種演算法

的優點在於地形表面沒有形變，產生速度快，沒有 LoD 等級的限制，處理程序沒有點數限制，可以推算整個面片數量。它的缺點在於，在產生比較平坦的地形部分時，三角形數量會產生過多的現象，就小範圍視景模擬而言，有助於描述地形的細節。

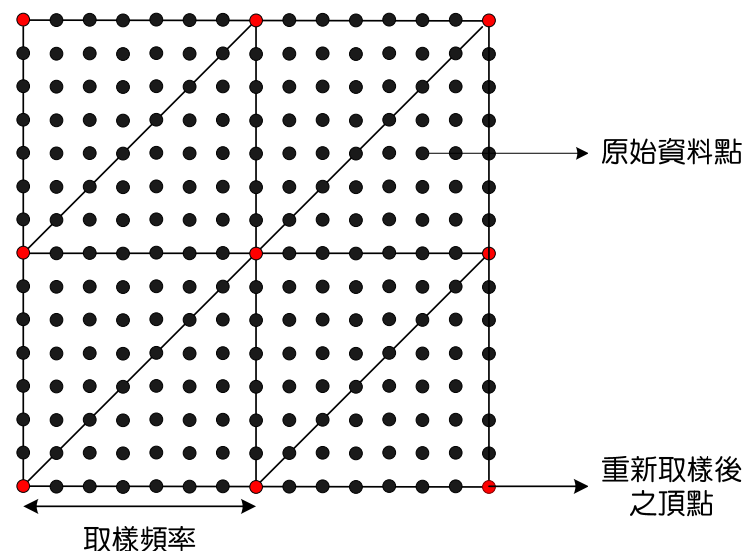


圖 3.15 Polymesh 取樣圖

2. Delaunay :

Delaunay 演算法是現在最為流行的三角網格產生演算法。該演算法能對空間進行最佳化的三角形分割，能夠準確保留邊界且三角形數量最少，並支援 Z 緩衝(Z-buffering)，能隨地形起伏變化而動態產生多邊形，一般用於大範圍地形顯示。

3. Continuous Adaptive Terrain(CAT) :

這種演算法主要運用於 LoD 模型的建構，其 LoD 的切換相當的平滑，缺點在於由於不允許切割，所以它所使用的地理紋理必須和地形包含相同區域的訊息。

4. Terrain Culture Triangulation(TCT) :

它可以視為一種帶限制的 Delaunay 演算法。它允許先投影文化(Culture)特徵後，再藉由這些文化特徵產生地形，也可以只投影文化特徵而不產生地形。以上的四種地形演算法所產生的網

格各具有其特性與用途，如表 3.3 所示。

表 3.3 Creator 各種地形演算法

演算法	特性	用途
Polymesh	地形細節詳細，貼圖較不會走樣，視覺效果佳	小範圍，著重地形細節
Delaunay	結構簡單，少數點能表達一定精度要求之地形模型	大範圍，著重特徵點準確性
CAT	提供不同 LoD 間的切換，執行效率佳，但不允許切割	大範圍
TCT	單一 LoD，並可投影文化特徵	大範圍，並可結合文化特徵如道路、河流

3.2.3 MultiGen Creator 地形建模流程

MultiGen Creator 提供了功能完備的地形建模工具，地形建模的流程如下(圖 3.16)：

1. 資料取得

這裡所指的資料大致分為高程資料與特徵資料，對高程資料而言，由於地形高程資料格式依來源的不同有著不同的格式，故需要把原始資料轉換成 MultiGen Creator 標準的 DED(Digital Elevation Data)資料，其包括：NIMA DTED(Digital Terrain Model Format, 數字高程資料)、USGS DEM(Digital Elevation Model Format)，另外，所取得的地物、地貌等相關特徵資料需轉為 DFD(Digital Feature Data)檔，事實上，對於地形建模而言，特徵資料並非一定需要，且特徵資料常需經由繁瑣程序，如轉檔軟體 FME(Feature Manipulate Engine，加拿大 Safe 公司的 GIS 資料轉換軟體)。

2. 地形模型產生

讀入 DED 資料後，可選擇單一或批次檔案，視建模的範圍與用途選擇，選擇後可進行相關參數的設定，如地圖投影類型、地形演算法與 LoD 等。

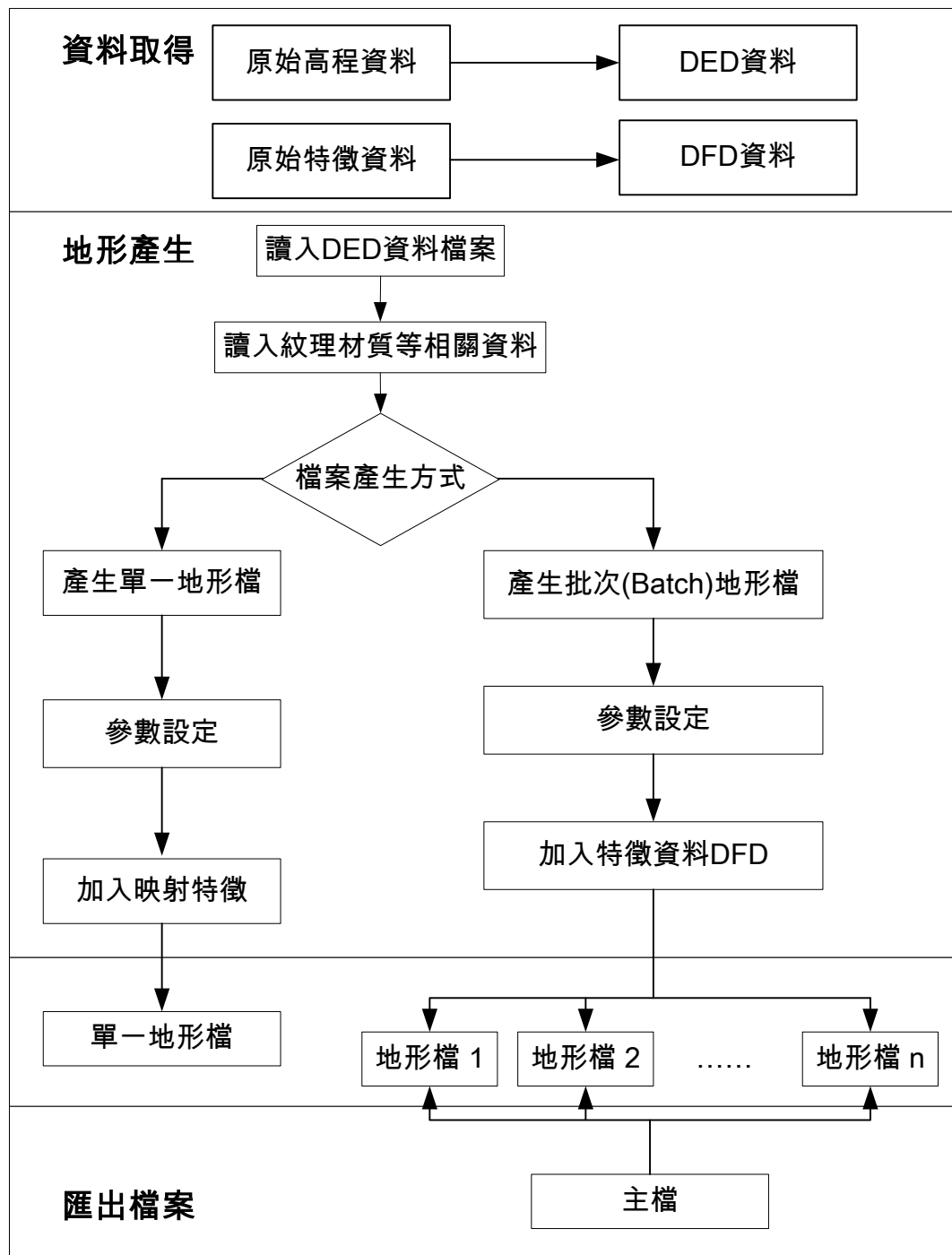


圖 3.16 MultiGen Creator 地形建模流程圖

3. 紋理映射貼圖

完成地形模型後，才可進行紋理映射貼圖，地形的紋理資料量較大，有別於一般物件模型紋理，故常會對該紋理進行切割與解析度處理，這技術稱細節層次紋理映射 (Multum in Parvo, MiP-Map)，Mip-Map 技術是由 Williams 在 1983 年所提出的，Williams 簡單將低一級影像每邊長的解析度取為高一級解析度的二分之一，而同一級解析度的紋理數組則由紅、綠、藍三個分量的紋理數組組成。由於這一索引表包含同一區域紋理區域在不同解析度下的紋理顏色值，故稱為 Mip-Map，它是拉丁文『Multum in Parvo』的縮寫，意在聚集在一塊聚集在一塊小區域內的許多東西。圖 3.17 所示為一張標準的 Mip-Map 索引表的儲存模式(如圖 3.17)。可假設給定的紋理影像的分辨率 512×512 ，則包括紅、綠、藍三分量的整個 Mip-Map 表可儲存在 1024×1024 的內存記憶體中，其中右下角、右上角及左上角區域分別儲存影像的紅、綠、藍分量在初始分辨率下的取樣值，而左下角區域則為對紋理影像紅、綠、藍三分量逐級壓縮的結果。

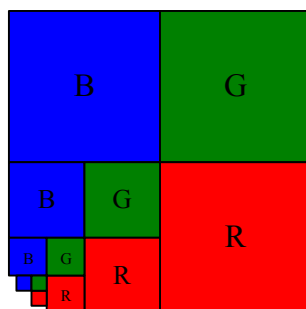


圖 3.17 Mip-Map 儲存方式表

當高解析的紋理影像映射到一個對於視點較小的平面上時，不僅會造成資料的多餘，並會引起影像的閃爍與晃動。層次細節紋理映射技術的出現，就是要解決當資料量過大時，解析度較高的紋理映射到較小的平面上所出現的因紋理資料多餘而造成的系統效能降低以及圖像閃爍和晃動，即稱為紋理走樣。所謂層次細節紋理，就是按照一定的演算法把紋理預先做過濾將其分為由

大到小的等級，程式根據透視轉換的效果選取不同等級的圖像進行映射。常見且較為典型的層次化方法為一致性層次細化。

假定原始紋理圖像的大小為 64×64 像素，可按長、寬依次減半的方式用一定的影像簡化演算法將影像簡化為 32×32 、 16×16 、 8×8 、 4×4 、 2×2 和 1×1 六個等級的影像序列(如圖 3.19.(a))，將這些圖像序列從最大的開始編號，比如 64×64 編號為『mipmap#1』， 32×32 編號為『mipmap#2』等...，依此類推，形成將這些圖像序列以一定的索引方式聯接，形成金字塔影像，如圖所示。當紋理影像對應到螢幕上是每像素為 16 個紋素時，那就選用『mipmap#3』，即 16×16 像素的紋理影像，這樣，既能保證在不影響顯示品質的同時，又能較好地減少紋理映射的浪費，進而有效提升系統效能。當然，如果紋理貼圖在 u,v 方向上大小不一致，那就可以分別進行減半細化，這就所謂的非一致層次細化。對於非一致層次細化，需要用一對索引值來表示紋理貼圖層次，但這時所需的記憶體為原始紋理貼圖的 4 倍。

如圖 3.18 所示，當某一平面距視點遠近不同時，該平面經過透視轉換後在螢幕上顯示的大小便會不相同。在場景動態漫遊的過程中，判斷該平面與視點的遠近，以選擇合適解析度的影像以進行映射，進而實現基於視點遠近的紋理細節層次映射。

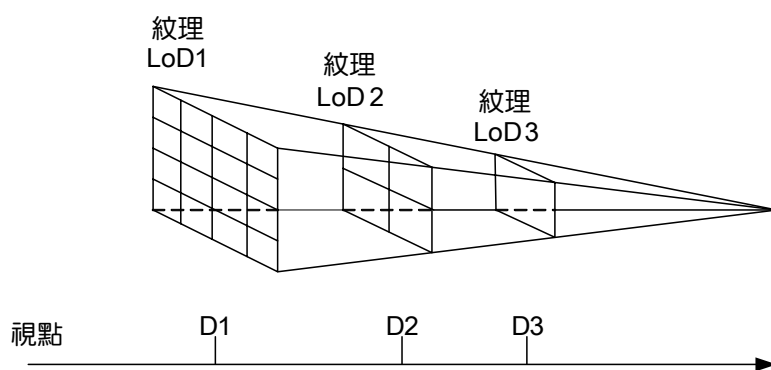


圖 3.18 紋理 LoD 示意圖

當地形紋理影像過大時，由於受到顯示卡本身紋理顯示儲存的限制，便有其限制，一般顯示卡通常不能大於 2048×2048 ，但

為了解決此問題可使用紋理分塊(Clip-Map)的演算方法來進行處理。將一個超出紋理顯示限制的大影像分割為 $n \times m$ 塊(如圖 3.19.(b))，對分割的子塊再進行 Mip-Map 算法處理，然後分別載入系統後根據視點判斷進行顯示。

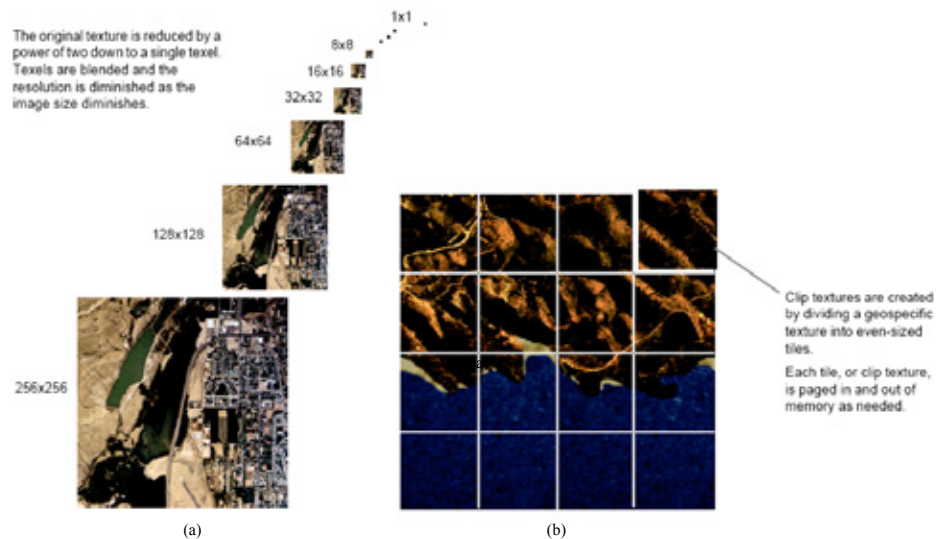


圖 3.19 紋理映射與紋理分塊
((a)Mip-Map(紋理映射),(b)Clip-Map(紋理分塊))

3. 匯出檔案

完成紋理映射後，地形模型便告完成，Creator 並可將上述過程所有的資料、如、特徵資料、參數設定與輸出位置儲存為一個專案檔(如圖 3.20)，以利後續模型的修改。

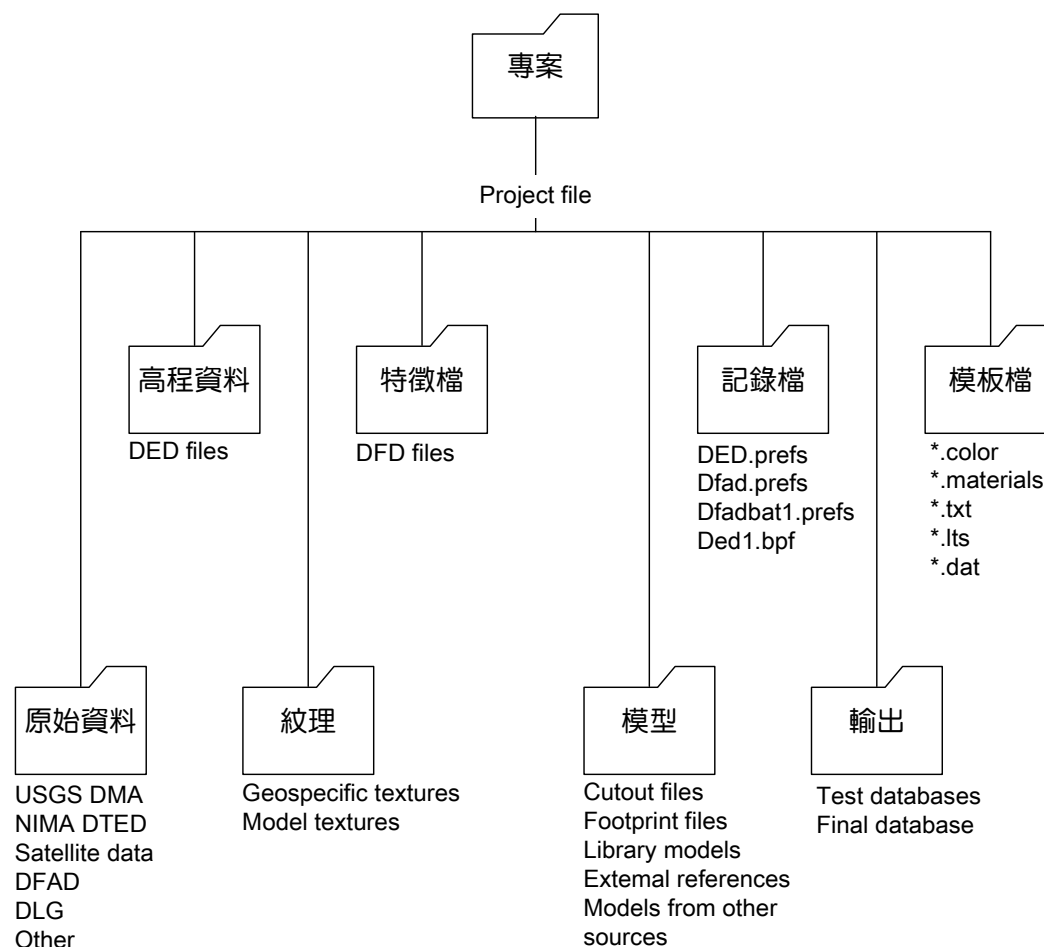


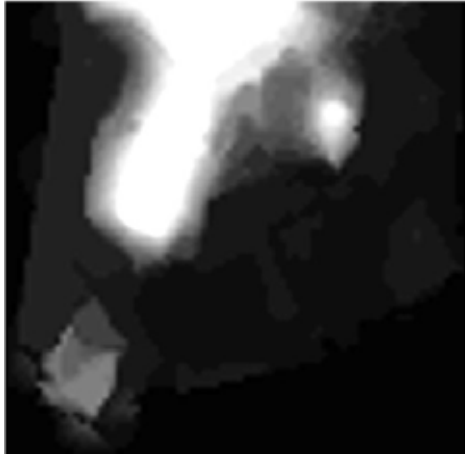
圖 3.20 地形模型專案結構圖

3.2.4 地形建模範例

本節以高雄港第一港口處地形為例作地形建模範例，採取步驟如下：

1. 資料處理

首先取得高雄港第一港口地形建模資料，地形建模資料如前面所介紹分別為高程資料與影像資料，所取得高程資料為 1M 解析度(圖 3.21.(a))，影像為 QuickBird 0.61M 的衛星影像圖 3.21.(b)，其左下到右上經緯度坐標分別為(120.155,22.370)與(120.160,22.371)。



(a) 高程資料



(b) 影像資料

圖 3.21 地形建模資料

2. 產生 DED

本範例將所取得的 DTM 資料轉為 ASCII 文字檔格式後，再藉由 Creator 轉為標準 DED 格式(圖 3.22)，在轉換過程並指定高程資料屬性資料與坐標(圖 3.23)，最後產生 DED 檔(圖 3.24)。

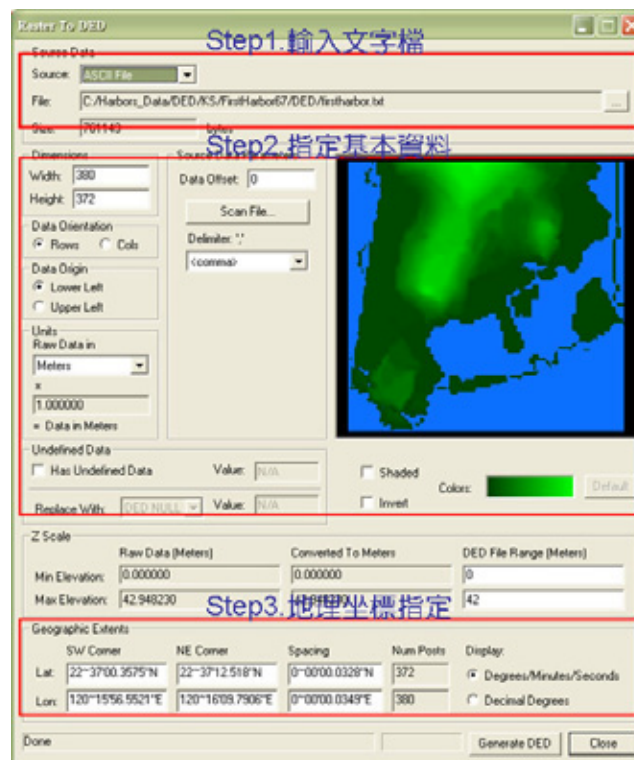


圖 3.22 Raster To DED

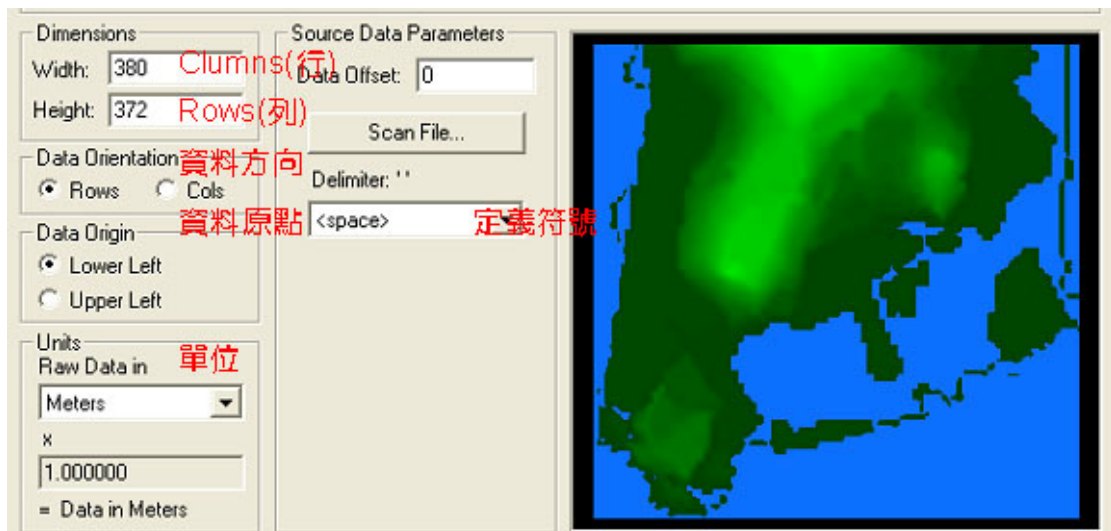


圖 3.23 指定高程資料屬性資料與坐標

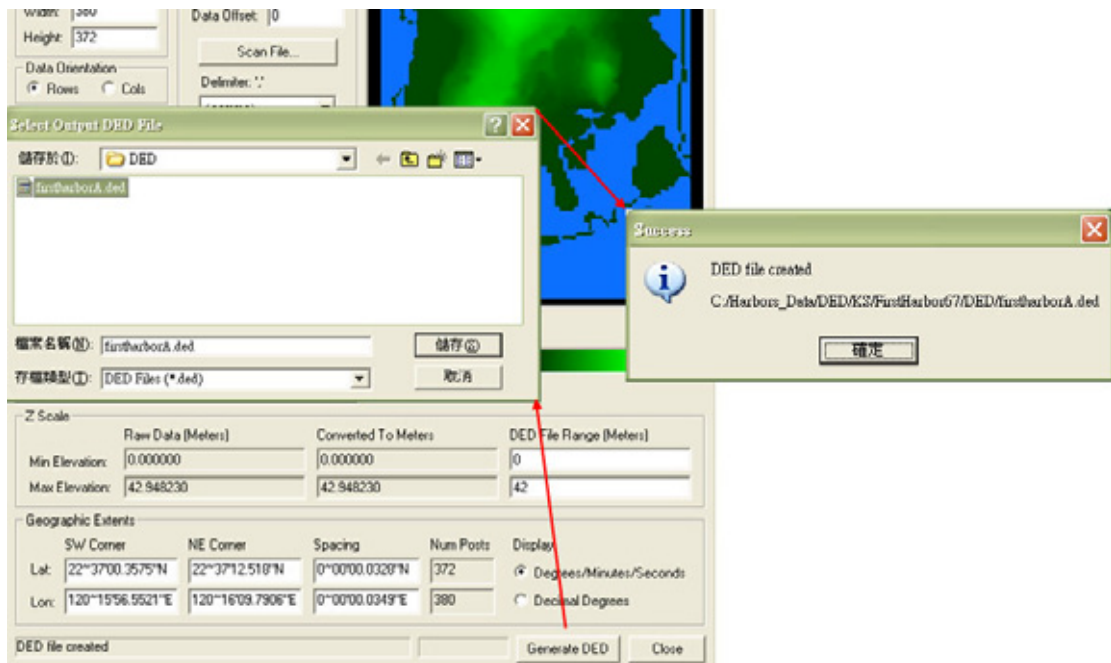


圖 3.24 產生 DED

3.產生地形網格模型

本範例選擇 Polymesh 為地形產生的演算法產生網格模型。

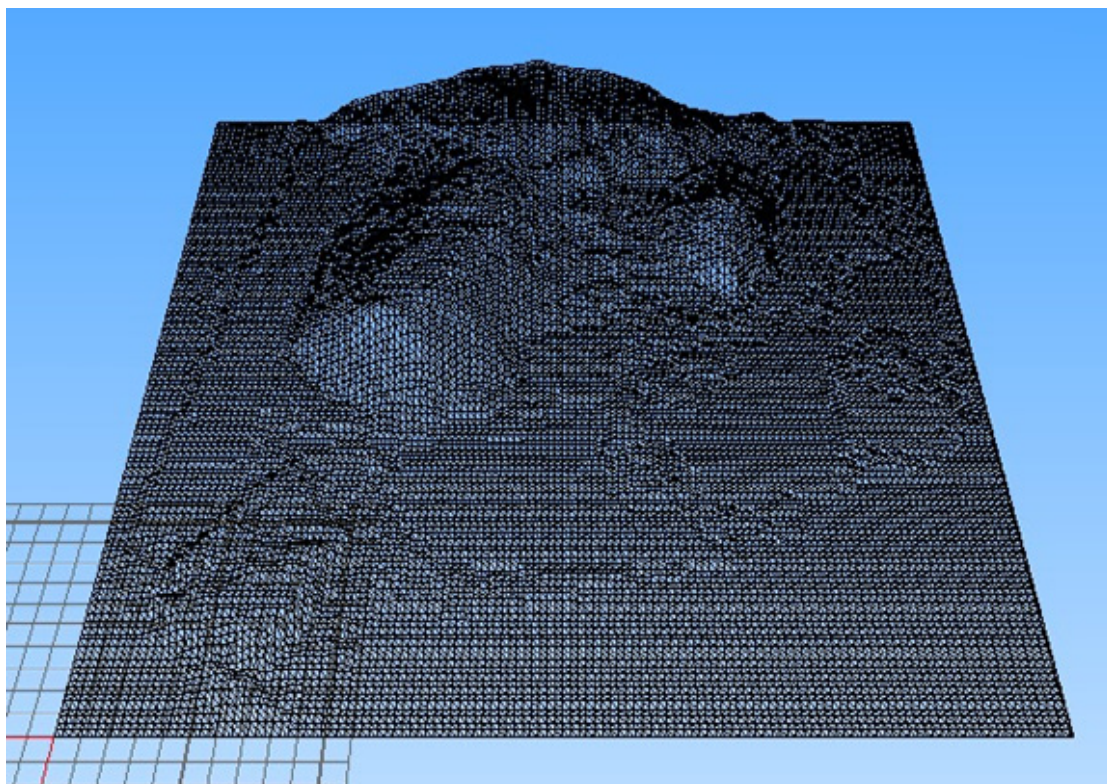


圖 3.25 地形網格模型

4. 紋理映射(Texture Mapping)

將紋理到指定的地理坐標上(圖 3.26)，並完成地理貼圖(GeoPut，圖 3.27))，地形模型便告完成(圖 3.28)。

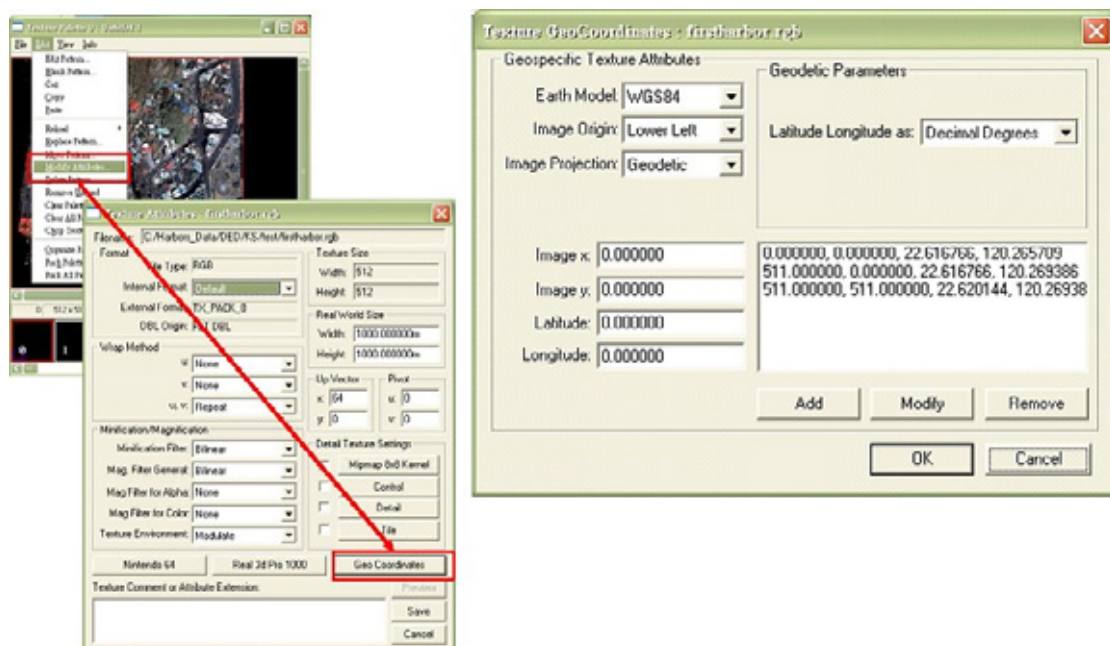


圖 3.26 紋理地理坐標指定



圖 3.27 紋理貼圖

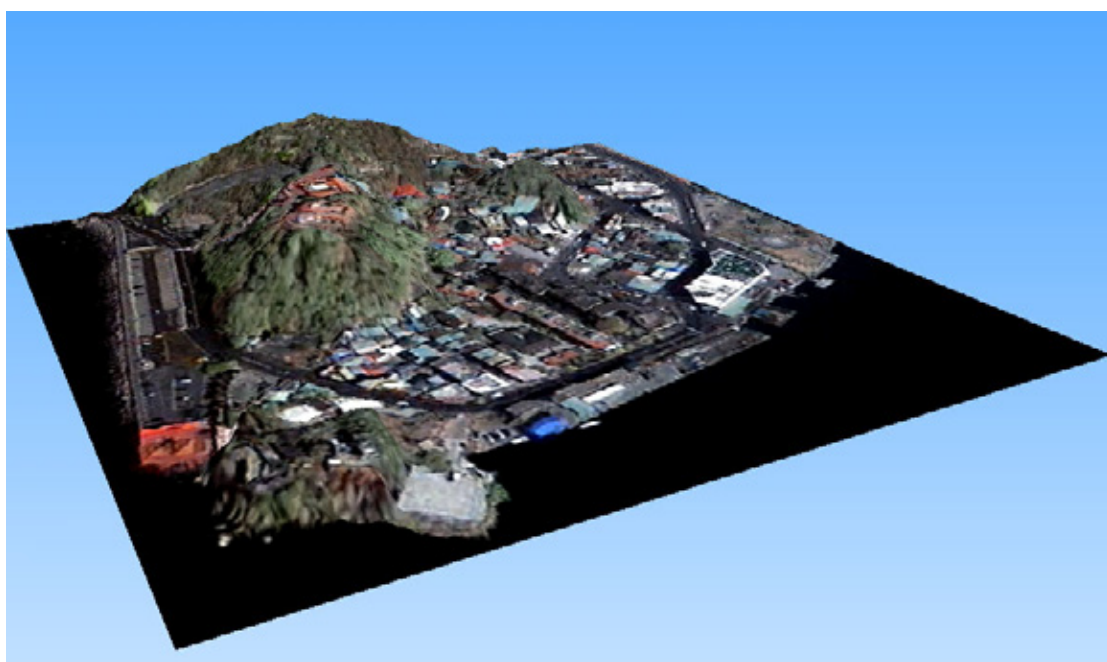


圖 3.28 山體模型完成

地形視覺化起初是由地理資訊系統的三維視覺化需求所發展而來的，地形建模也逐漸發展成一個專門研究數值地形模型或數值高程模型的產生、簡化、顯示與仿真為主的電腦視覺化應用技術。本章節介紹利用 MultiGen Creator 建構地形，坊間相關商用

軟體也不少，像前面 GIS 建模中所介紹的 Sitebuilder 3D 亦是，它可將 ArcGIS 中所產生的 TIN 或 GRID 檔轉換成*.flt，在局部的地形中可以採用，大範圍的地形效果並不佳，總而言之，除了上面介紹建模流程，亦可採用相同方式建構本研究灣環境中山體模型，如圖 3.29 及 3.30 所示。

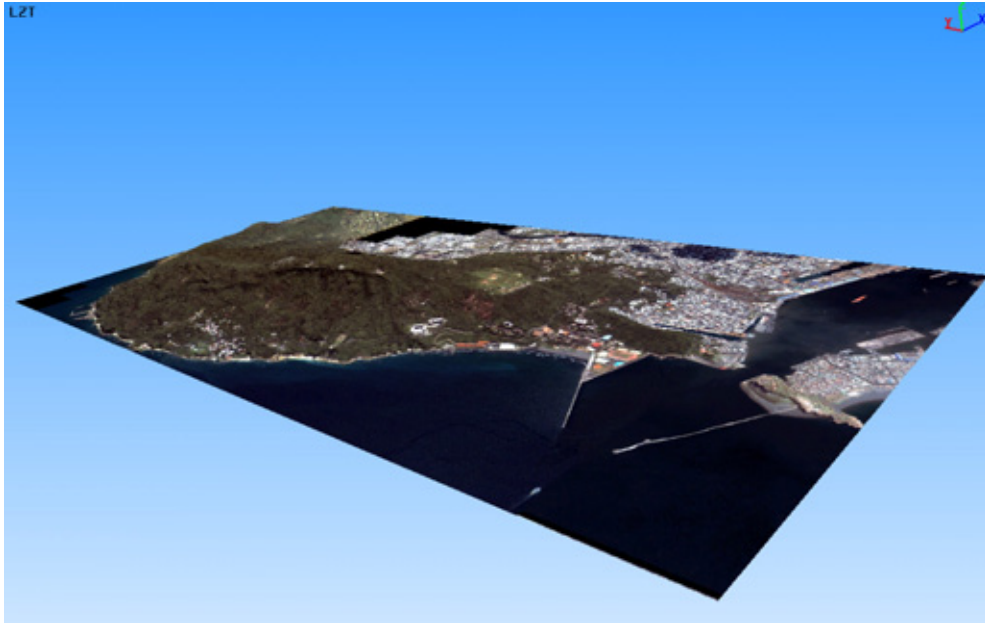


圖 3.29 高雄港山體模型(一)

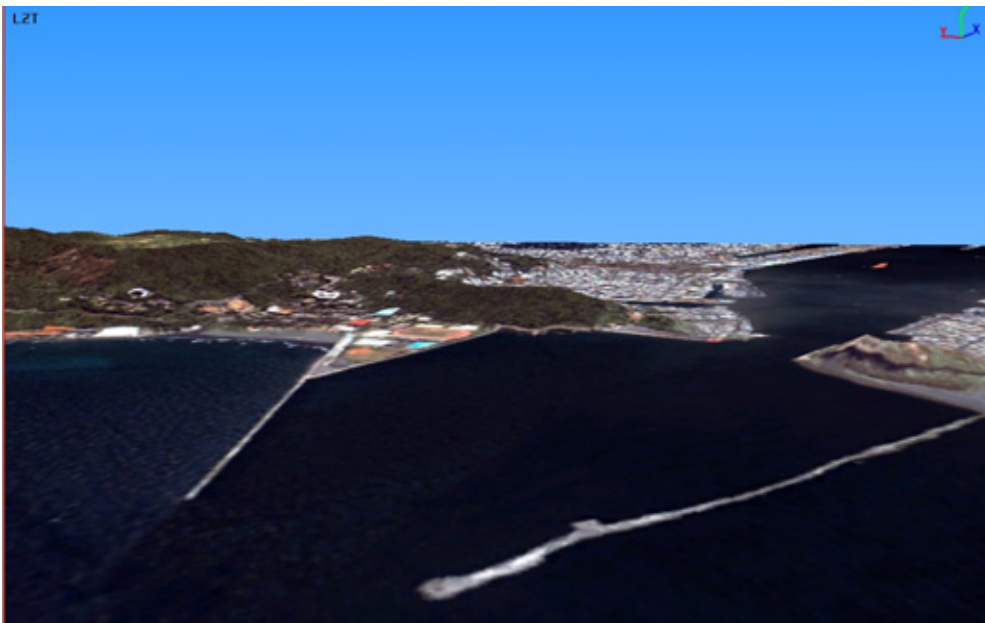


圖 3.30 高雄港山體模型(二)

第四章 港灣視景資料庫建置

4.1 港灣視景資料庫簡介

本研究採用階層式與物件導向結合的三維資料結構，建構船舶操縱模擬視景資料庫模型，引進了 Open-Flight 資料格式，使得視景資料庫的相容性大幅提高。

階層式與物件導向相結合的三維資料結構針對模擬航行環境的特點與船舶操縱模擬訓練的要求，利用前面所說明的三維建模技術建構出合適的三維物件。航海模擬器視景仿真視景仿真模型具有三維、動態、場景範圍大和實體不規則等特點，因而研究一種適應航海模擬視景仿真模型特點的三維資料結構，可以逼真、方便地實現海上船舶操縱訓練是非常重要的，本研究採用分層結構與物件導向相結合的三維資料結構，可以非常方便地構建真實航行環境。特別適應人工構建物標實體(如它船，浮筒等)的動態變化。根據船舶操縱模擬訓練規範，模擬視景資料庫應根據使用者的需求，包含船舶航行所見之港灣環境，每個港灣需包含以下模型：

1. 港灣碼頭模型：

按衛星影像配合數值地形模型(DTM)建立，為了提高顯示圖像的速度，應對於大影像進行適當切割。

2. 港灣山體模型：

山體是港灣視景中較為複雜的景物，且山體模型的資料量於視景資料庫中佔有相當大的部份，本研究採衛星影像製作紋理材質，使山體模型具有相當程度的真實感。

3. 建物模型：

按使用性質可區分為港區內與港區外建物。

4. 港灣設施：

位於港灣中之景物，如倉庫、吊臂、貨櫃、航道標誌及信號所等。

5. 副本船模型：

包括常見的各種船舶類型，包括駁船、舢舨、漁船、小蒸汽船、拖船、挖泥船、渡輪、集裝箱船、油輪、軍艦、遊艇等。

6. 本船船首模型：

所有的副本船都具有相對應的三維船首模型。

4.2 船舶操縱模擬視景資料庫的建模流程

船舶操縱視景資料庫的建模可分為下列工作：資料取得、資料處理及整合、港灣圖台建置、模型資料庫建置、港灣圖台與模型資料庫套合、視景模擬平台測試。其建置流程如圖 4.1 所示。

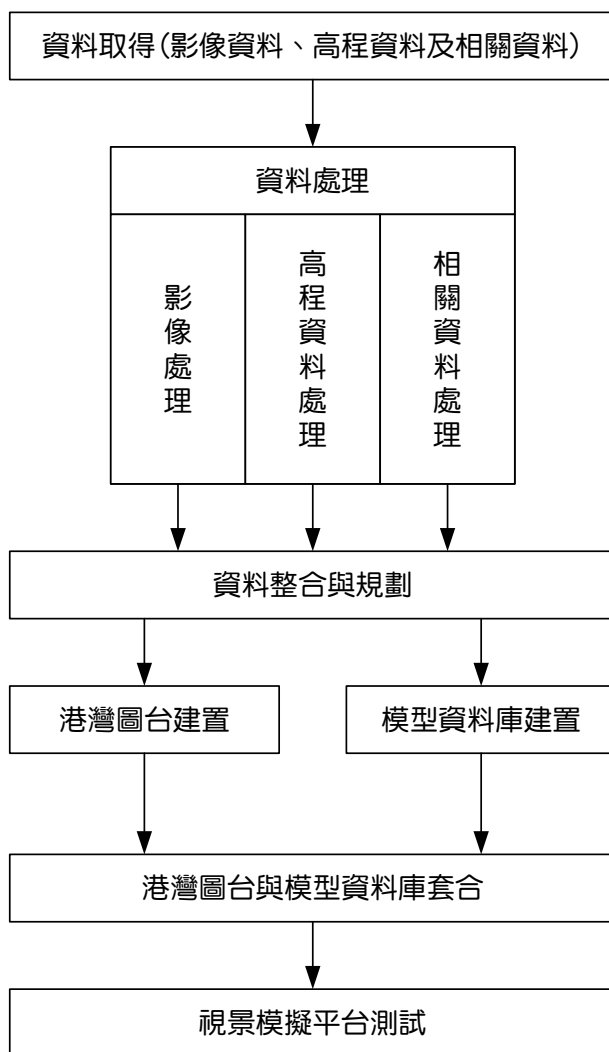


圖 4.1 船舶操縱模擬視景資料庫建置流程圖

1. 資料取得

資料取得指取得港灣空間資料，主要包含影像資料與高程資料(如圖 4.2.(a)與圖 4.2.(b)含數值地形模型(DTM)、LiDAR 資料等)。

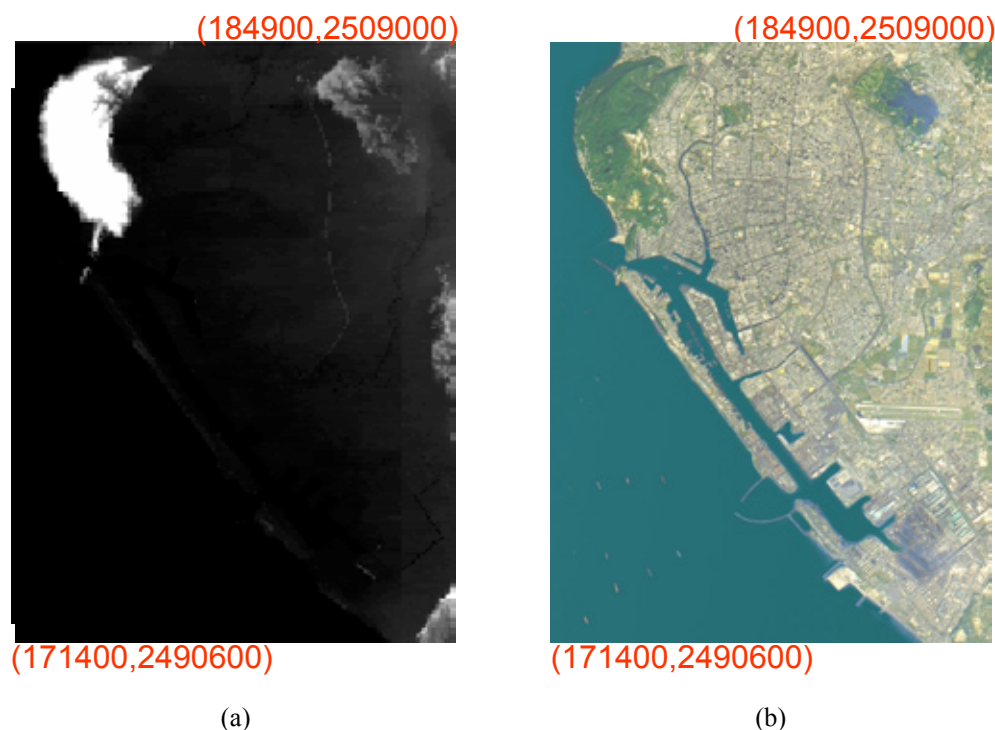


圖 4.2 DTM(a)與衛星影像資料(b)

(a)高雄港灣區域 40 公尺 DTM,(b)SPOT6.25 公尺衛星影像)

2. 資料處理

對所取得的資料進行相關處理，對效能的影響進行最佳化處理使取得的資料能夠進行於地理資訊系統上整合與規劃。

3. 資料整合與規劃

將取得的資料於地理資訊系統中整合(圖 4.3)，配合相關資料對整個港灣進行視景資料庫規劃，此規劃包含整個場景的區域劃分、模型種類等。

4. 港灣圖台建置

港灣圖台的建置為整個視景資料庫中最底層且最為重要的步驟，本研究藉由地理資訊系統對空間資料的整合能力透過 Sitebuild 3D 建置港灣圖台。

5. 模型資料庫建置

模型資料庫為建置符合用途需求的模型資料庫，本研究依據視景白皮書所提出的需求配合第三章所說明的建模技術建置出我們所要的模型資料庫。

6. 港灣圖台與模型資料庫套合與融合

藉由地理資訊系統標定模型資料庫中模型之位置與比例將模型放置在港灣圖台表面上。

7. 視景模擬平台測試

指視景資料庫在建置完成後，將其移植到視景模擬平台上進行測試，不同的平台可能會產生不同的問題，並記錄資料庫所發生的錯誤及需改進之地方，反復此一動作，直至資料庫達到系統設計要求。

視景資料庫的建模大體上可以分為以上述流程，但實際工作中，可以根據結合實際需要，各部份交互使用，下面以高雄港作為具體範例敘述。

4.3 視景資料庫範例

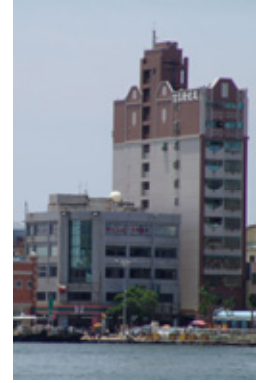
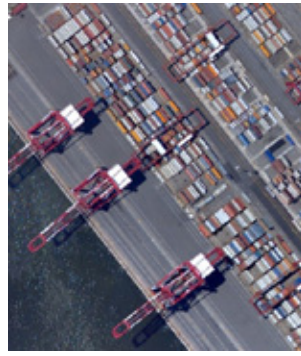
本節以高雄港為例，實際說明資料來源、資料處理、建物分類與模型資料庫等，利用前面章節中所說明空間資訊技術建構出符合需求的視景資料庫。

4.3.1 港灣資料取得與處理

1. 衛星影像

(1) 資料來源

本研究採用多來源影像進行港灣資料庫建置，其中包含港灣建物數化所使用的 QuickBird(圖 4.3.(a)) 衛星影像，壽山部份地形物件模型貼圖((圖 4.3.(b)))及由野外拍攝所得到的高雄港現地影像(圖 4.3.(c))。



(a)捷鳥衛星影像 (b)LiDAR 港區影像資料 (c)高雄港港區影像

圖 4.3 影像種類

【註】：QuickBird 衛星影像自 RITI 購得；高雄港港區 LiDAR 影像資料由中興測量公司提供研究學習之用。

(2) 影像處理

影像處理在此可概分為現地照片與遙測影像處理兩個部分，在現地照片處理方面可運用 PhotoShop 軟體進行修正，產生可以使用的物件紋理貼圖。除了利用 PhotoShop 軟體進行影像融合、鑲嵌、色彩平衡、幾何等處理，製作成多層次的 PSG 紋理檔，再利用轉檔過程產生 MultiGen Creator 採用的格式 (RGB、RGBA、INT 及 INTA) 紋理檔案格式。為了增加運算速度，紋理的解析度隨地形、物標變化而不同。

遙測影像部分又可略分為衛星影像與航拍影像，衛星影像之處理，基本上可分成兩個層面，其一為輻射性處理 (Radiometric Processing)，係針對影像灰度值 (Gray Value) 進行相關之運算，如影像加強 (Image Enhancement)、色彩融合 (Color Fusion)... 等。另一則為幾何處理 (Geometric Processing)，係以不同的演算法則完成因攝像時諸多因素對影像造成之幾何變形 (Geometric Distortion) 改正或進行特徵粹取 (Feature Extraction)，如影像之正射化糾正 (Ortho.Rectified)、地形高程資料 (DTM) 之產生... 等。一般而言，就資料之使用目的而言，利用影像融合 (Image Fusion) 技術來提升影像色彩之品質；要精

確使用高解析度衛星影像，首要的工作當先解決影像之幾何校正問題，否則因受到傾斜攝影與地形起伏影響將造成原始攝影影像之幾何變形，因而無法作為類似地圖之量測目的使用，這將造成資料使用上之不便與不準確。處理影像幾何變形的程序在製圖之術語上稱之為正射影像糾正 (Ortho Image Rectification)，而進行影像正射化糾正程序則有賴數值地形模型 (Digital Terrain Model, DTM) 資料之配合，以逐點修正因地形起伏所產生之像點移位。

<1> 影像正射糾正

將向量或網格圖形資料之坐標系統轉換成大地坐標系統。

例如：將航拍影像之資料平面化並賦予大地坐標。

<2> 影像融合

影像融合乃藉由某種演算法結合兩類或多類以上的影像，以形成一張同時兼具這些影像所有優點的新影像[5]。影像融合的技術在近幾年已發展出許多方法，依據它們的效能而言，IHS 法是遙測影像領域中為較普遍運用之演算法(圖 4.4)，而 WT 法使用多重解析分解 (multiresolution decomposition) 則是一種較新的技術，此法在空間與頻譜定義域下，依據影像解析度變化下之大小不同之尺寸，可描述區域之變異量。

欲執行不同類型遙測影像融合，其先決條件為兩種影像必須具有完全相同之幾何性質及影像尺寸(大小)，必要時需進行前級處理，包括必要之幾何糾正或影像放大處理等。影像融合處理之程序如下：

- a. 將低解析度多光譜影像(圖 4.5.(a))之大小調整至與高解析度全色態影像 Pan(圖 4.5.(b))相同，調整後之多光譜影像分別為 R、G、B 波段。

- b. 將 R、G、B 波段影像選擇某一種色彩模型進行轉換計算。
- c. 利用轉換後之亮度影像，將欲融合之全色態影像(Pan)予以灰度值正規化。
- d. 以正規化後的全色態影像(Pan)取代色彩模型轉換後之亮度影像(如 HIS 色彩模型之 I、YIQ 色彩模型之 Y 及 PKL 色彩模型之 PKL1 等)，並執行逆轉換成 RGB 顏色系統，各波段分別為 R'、G'、B'，此即為融合後之影像(圖 4.5.(c))，另外本研究於視景建模中採用融合處理得到 QuickBird 1M 衛星影像(圖 4.5.(d))。

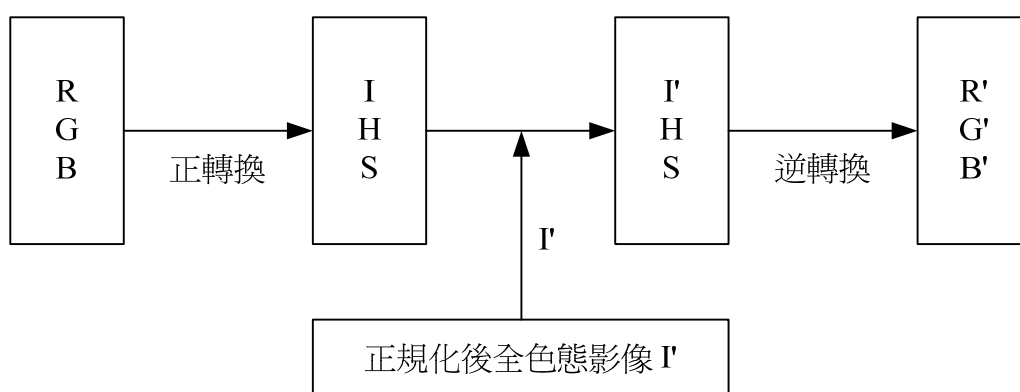


圖 4.4 RGB-HIS 色彩模型流程圖



(a)全色態影像



(b)多光譜影像



(c)融合後影像



(d)高雄港局部 QuickBird 1M 融合影像

圖 4.5 影像融合示意圖

<3> 影像之簡易幾何校正

影像之幾何校正又稱為影像之正射化糾正處理，其目的在消除原始攝影之影像受到傾斜攝影與地形起伏影響所造成之幾何變形，糾正後影像才可作為量測應用之處理，如面積之計算等。校正之方法得視精度之需求可採取簡易糾正及嚴密之糾正方式。

簡易之數學模式來進行影像之幾何校正，其中包括多項式模式(Polynomial Model)轉換，有理函數模式(Rational Function Model, RFM)等，這些方法均是選擇均勻分佈及適當數目之控制點，藉以推求轉換模式之係數後，以重新取樣方式完成影像之幾何校正。

使用多項式模式，進行影像糾正之基本原理為選擇適當階數之多項式來調和(Fitting)所攝取之影像，基本上並不考慮高程之問題，為屬於平面對平面之轉換，因此採用平面控制點，來推求所選用多項式之係數，並藉以完成全區影像之轉換，該糾正方法之特點為計算簡易而快速。

有理函數模式(Rational Function Model, RFM)，則是為

改善多項式中未考慮高程的因素所提出。在多項式中加入控制點高程因子，且增加多項式之係數，並以有理多項式型式(即分子、分母均為多項式)，使模式能更適合於曲面(Surface)之糾正處理。該模式目前已廣泛使用於高解析衛星影像之幾何糾正。

<4>影像鑲嵌

利用衛照及航拍於空中對地面所拍攝之照片時，往往無法用單一張照片涵蓋整個區域範圍，因此需藉由連續的拍攝，再將連續拍攝所得到的影像鑲嵌成一整幅的影像，現行市面上商用軟體大都擁有鑲嵌功能，本研究利用 OrthoVista 軟體將高雄港港區內部份數位航拍鑲嵌成一整體影像，以利後續數化過程時資料之整體性及連續性，如圖 4.6 所示。

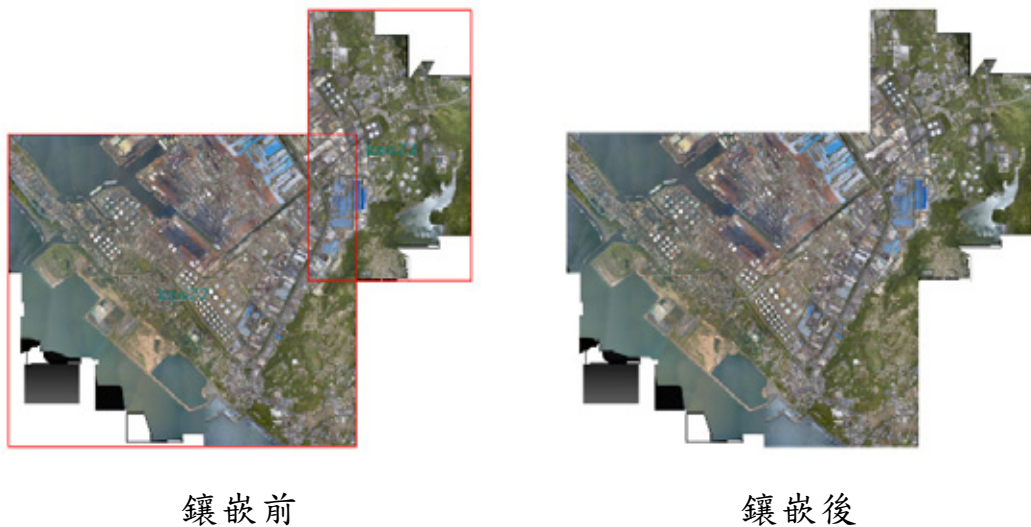


圖 4.6 高雄港港區影像鑲嵌

除衛照及航拍，另外於現地拍射影像時，為求影像資訊的連貫性亦會採用影像鑲嵌技術，圖 4.7 將(a)(b)(c)組合成(d))。

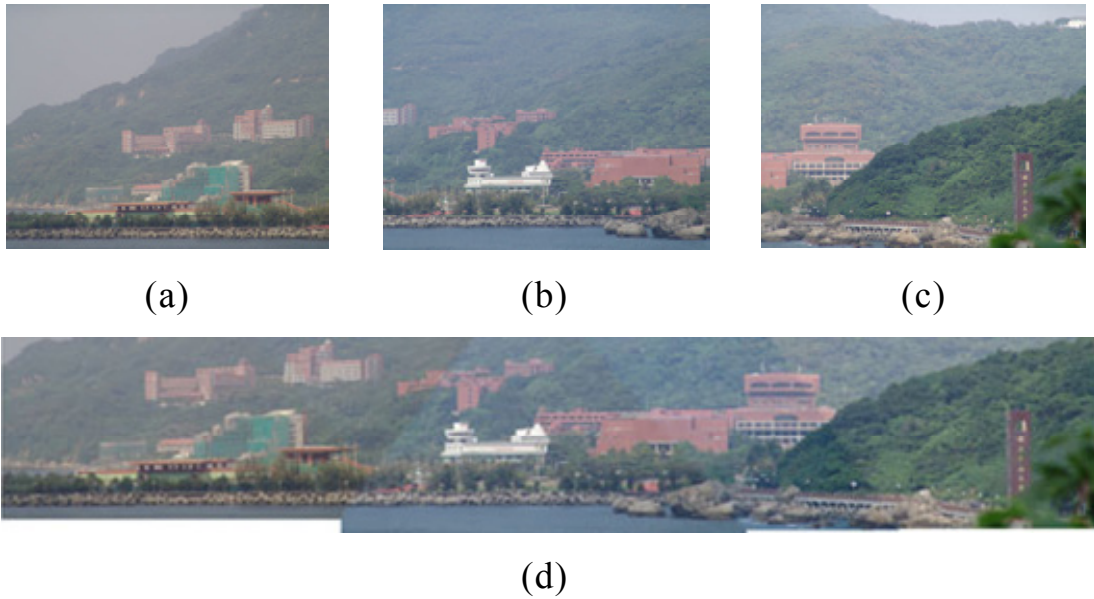
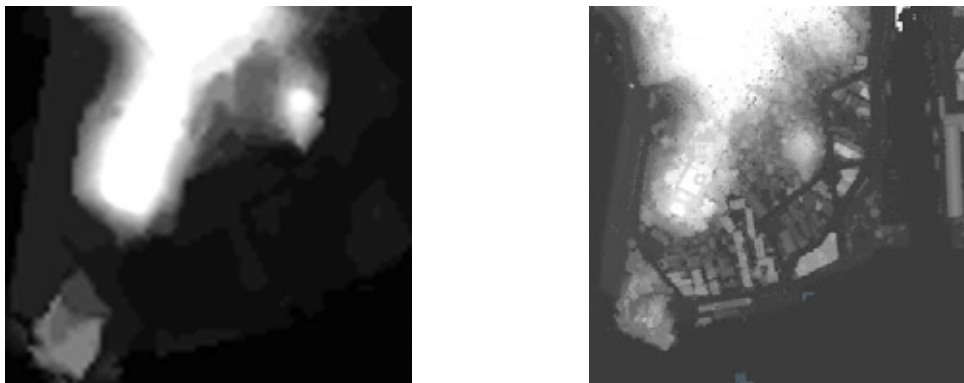


圖 4.7 影像鑲嵌

2. 高程資料

(1) 資料來源

空間資料的取得主要用途在於獲取三維物件模型(三維物件包含山體模型及碼頭、建物等)的屬性資料，除了高解析航拍與衛照影像外，更需要高精度及高解析度的 DEM、DTM 山體模型建模)與 DSM 等高程資料。本研究利用高雄港壽山及旗津區域 1m DTM(圖 4.8.(a))資料建構山體模型與高雄港港區 LiDAR 資料獲取碼頭及建物高程(圖 4.8.(b))。



(a)高雄港壽山及旗津 1m DTM (b)LiDAR 高雄港港區高度資料

圖 4.8 高程資料

【註】：高雄港壽山及旗津區域 1m DTM 與高雄港港區 LiDAR 高程資料分別由成功大學衛星中心與中興測量公司提供。

<1> 資料處理

由於原始的 LiDAR 資料採用橢球體為其基準，故資料取得後無法立刻使用，需先進行濾波處理進而取得數值表面模型(DSM)，本研究藉由林承毅(2005)所提出 CFTRA 濾波演算法得到數值表面模型(DSM)與數值高程模型(DEM)，並採 DSM-DEM 所獲取之相對建物高度，並於數化建物時同部抓取建物高度(圖 4.9)，就港灣視覺模擬而言，此相對高度計算方式已符合我們的需求。

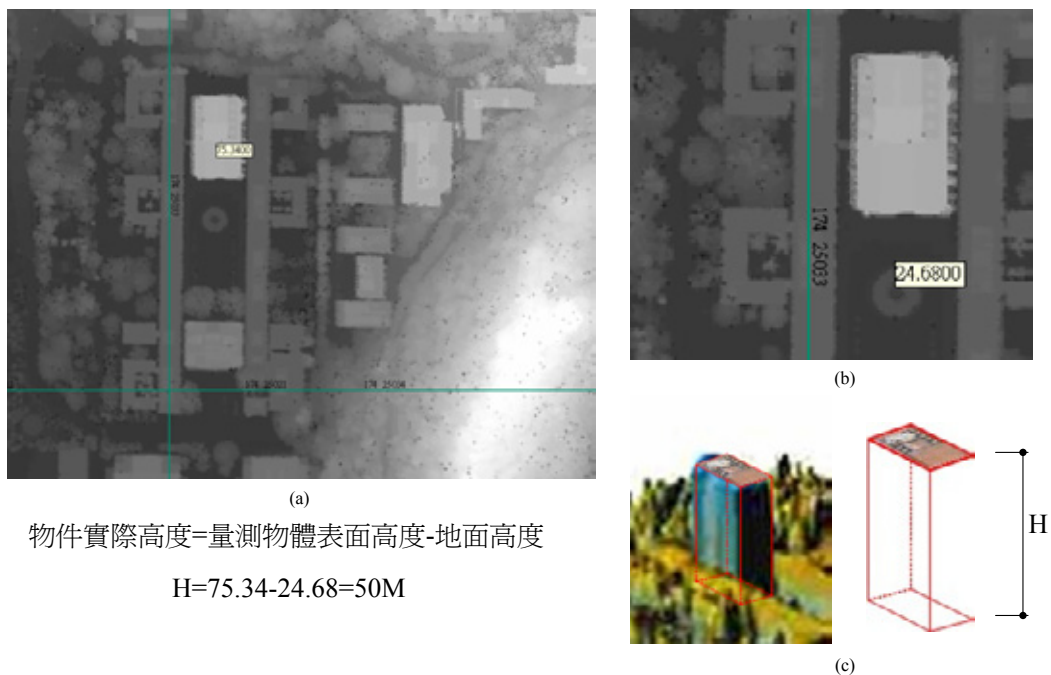


圖 4.9 LiDAR 獲取建物高度示意圖
((a)量測物體表面高度、(b)地面高度、(c)物件實際高度)

4.3.2 資料整合與規劃

1. 資料整合

資料整合時必須先定義坐標系統與地圖投影，所有的資料必須建立在同一個坐標基礎上，所有視景資料庫中各模型之點位位置才能精確地座落於正確的位置上，本研究中所取得的影像與高程資料以 TM2_TWD67 坐標系統為多，故在進行坐標定義時選擇 TM2_TWD67，不同的作業用途所採用的坐標基礎都會不同，必須先轉換至相同的坐標系統架構下，所有資料才能

精確整合(圖 4.10 資料整合)。

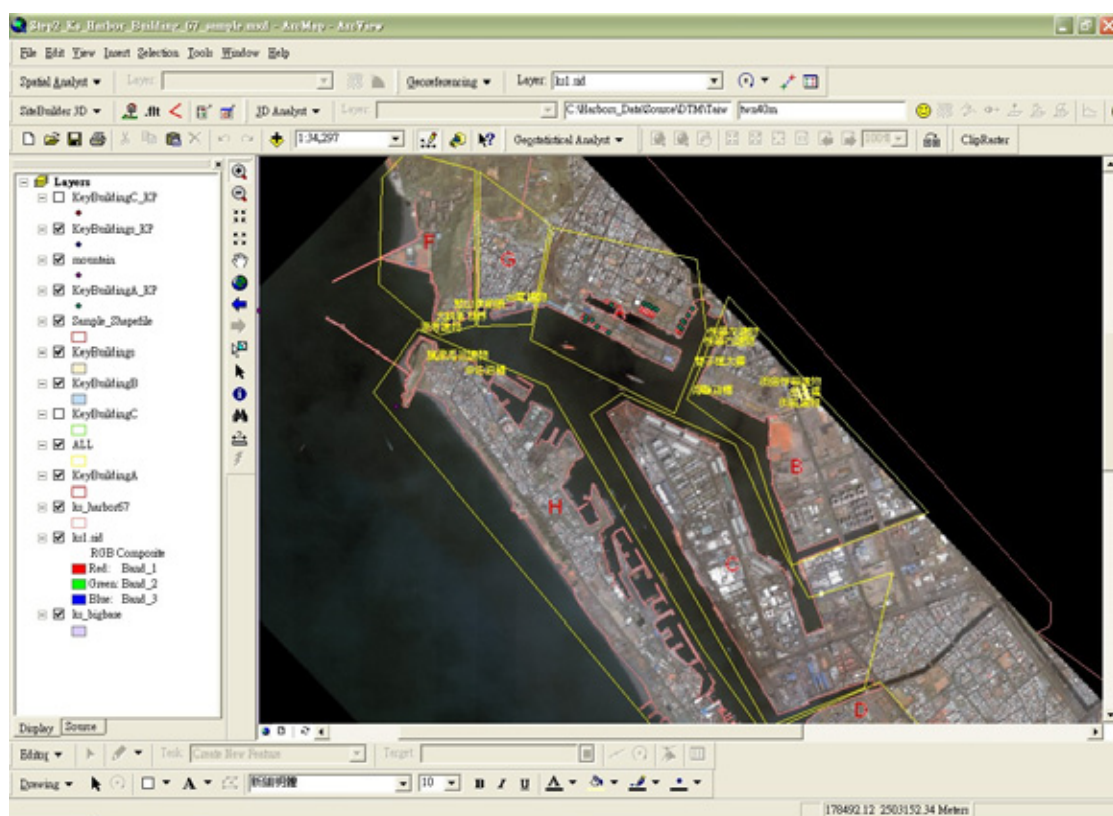


圖 4.10 資料整合

2. 資料規劃

高雄港為我國第一大商港，港灣自然條件優良，港域廣闊、腹地廣大，全年氣候條件溫和，臨海附近有狹長沙洲，係屬港灣之天然屏障。高雄港本身地理條件優越，港灣形勢天成，自建港以來，即在海運運輸上，扮演重要之角色，目前為我國最大之國際港埠，並位居世界貨櫃進出之第五大貨櫃港。目前正積極擴充港埠設備，朝遠東地區最大貨櫃轉運樞紐港及主要散裝貨物轉運中心之目標發展。高雄港港區面積為 17,678 公頃，其中陸域面積 1,442 公頃，佔全港面積之 8.2%，水域面積 16,236 公頃，佔全港面積之 91.8%，港區配置以碼頭作業區為主，其次為工業區，其餘則為港務行政、漁港、造船廠、台電、中油等用地。

高雄港目前進出港航道有第一港口及第二港口(圖 4.11)，

第一港口之內港口水深 11 公尺，有效寬 100 公尺，航道寬 80 公尺，可通行 3 萬噸級船舶；第二港口之內港口水深 16 公尺，有效寬 250 公尺，航道寬 140 公尺，可通行 10 萬噸級船舶。現有航道全長十八公里，主航道 12 公里，支航道 6 公里。碼頭 118 座，全長 26,595 公尺，繫船浮筒 22 組，同時可供 155 艘船靠泊。

高雄港常被視為「良港天成」，水域面積約十三平方公里，陸地面積有十四平方公里，本為潟湖及一些小港口、池塘所構成。



圖 4.11 高雄港總圖

資料來源：交通部高雄港務局

<http://www.khb.gov.tw/www/index.htm>

本研究將高雄港(圖 4.12)分為八大部份(A~H)，內含港務局所劃分五大部份，與未分類之 85 大樓都會區與旗津地區、中山大學(如圖 4.13)。



圖 4.12 高雄港第一港口、第二港口

資料來源:高雄交通網 <http://ktrans.tripod.com/index.htm>

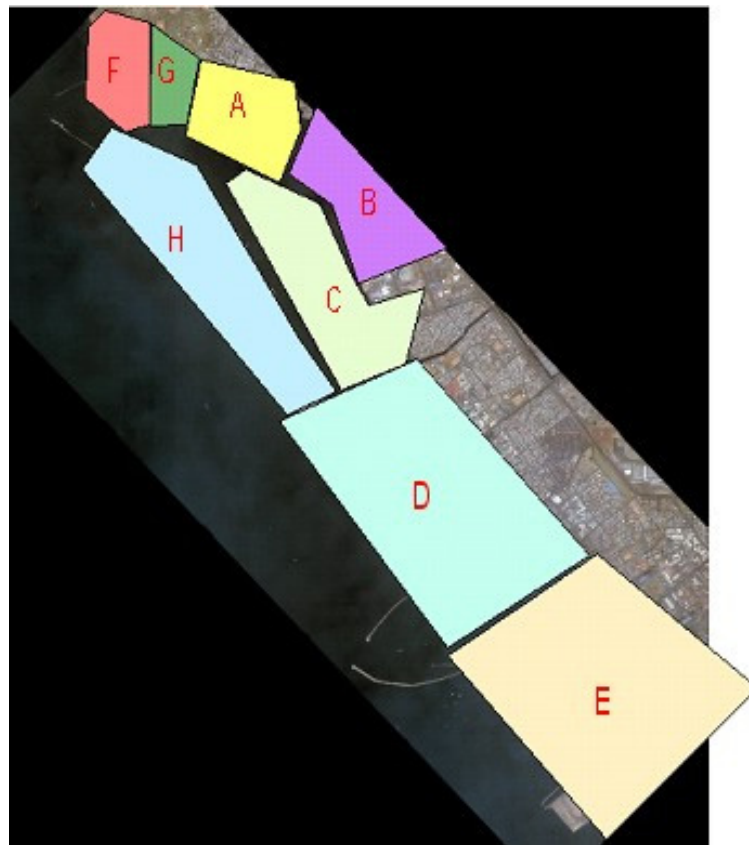


圖 4.13 高雄港分區圖

4.3.3 港灣圖台建置

1. 港灣圖台假設

由海圖及港務局網站得知，高雄港航道平均深度為 14m 到 16m 之間，高雄港潮差約兩、三公尺，本研究由 Lidar 資料得知碼頭平均高程約為 3m，由於這些資料並無切確數據，且經

年累月在改變，故本研究就所取得資料對高雄港進行以下假設：

- (1) 外港至航道水深為 15m。
- (2) 碼頭從平均海水面到其頂部平面高為 3m。
- (3) 高雄港港灣山體物件模型之高程以平均海水面 0m 起算。

利用第三章所述的地理資訊建模方式，首先於系統中進行上述假設的輸入，配合 SiteBuild 3D 進行港灣圖台的建置(圖 4.14)，其步驟如下。

2. 建置步驟

(1) 建置港灣基礎圖台

故先行假設深 15m 之港灣基礎圖台，此平台為碼頭模型最基底的部分。

(2) 建置碼頭虛擬圖台

碼頭模型：自基礎圖台起算 18m，此圖台為放置碼頭中物件模型的平台，此時會產生一高於平均海水面 3m 之碼頭虛擬平台模型

(3) 建置平均海水面虛擬平台

製作等於平均海水面虛擬圖台，此為放置山體模型平台

(4) 測試港灣圖台

製作高於平均海水面 3m 之虛擬圖台，此為放置碼頭中物件模型的平台，上面所提到的虛擬平台並非實體模型，而是在地理資訊系統中所做的假設，由這些假設再經由 SiteBuilder 3D 將碼頭模型完成，詳細步驟見第二章 GIS 建模範例(圖 4.15)。



圖 4.14 高雄港各部份模型示意圖

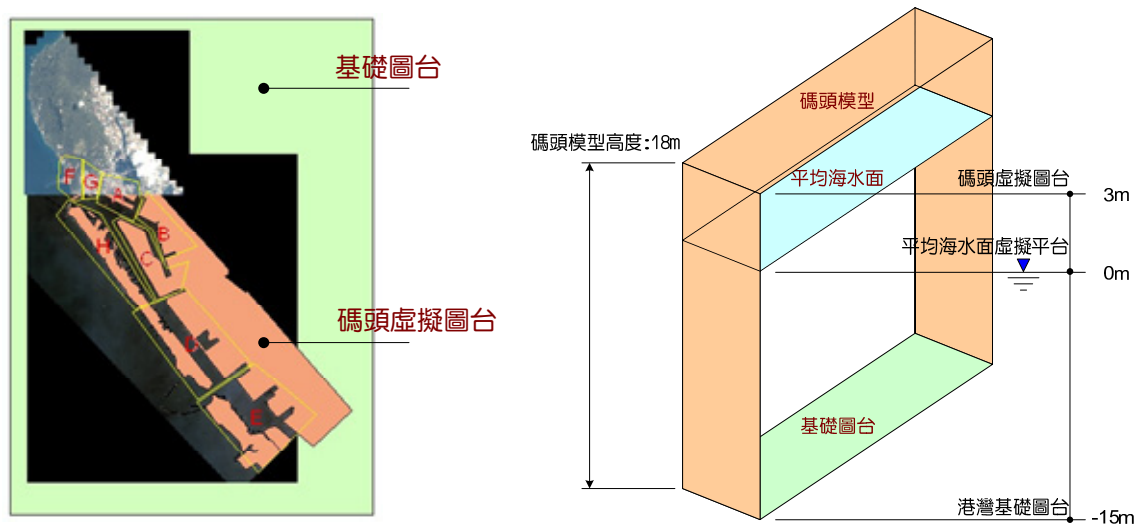


圖 4.15 港灣圖台建置示意圖

藉由上述步驟大抵可完成港灣圖台的設置與碼頭模型的建置，對於所做的若干假設，日後仍可藉由地理資訊系統中對該資料進行修改，並可短時間中立即完成。

4.3.4 模型資料庫建置

船舶操縱模擬器視景資料庫中，除了最底層的港灣圖台模型與碼頭模型以外，還包含許多其他港灣物件模型與動態行進的物件模型(例如船舶)。具體可區分為靜態與動態物件模型(圖 4.16)，對模型資料庫而言，為提供不同需求的視景資料庫使用，

例如船舶操縱模擬器視景資料庫中貨櫃與吊臂物件模型，視景其它區域如對此類物件有需求亦可直接取用此模型，故模型資料庫中以靜態物件模型為主，簡單來說，模型資料庫中保存各種類的物件模型，依不同用途作分類，並提供視景資料庫建置時使用。

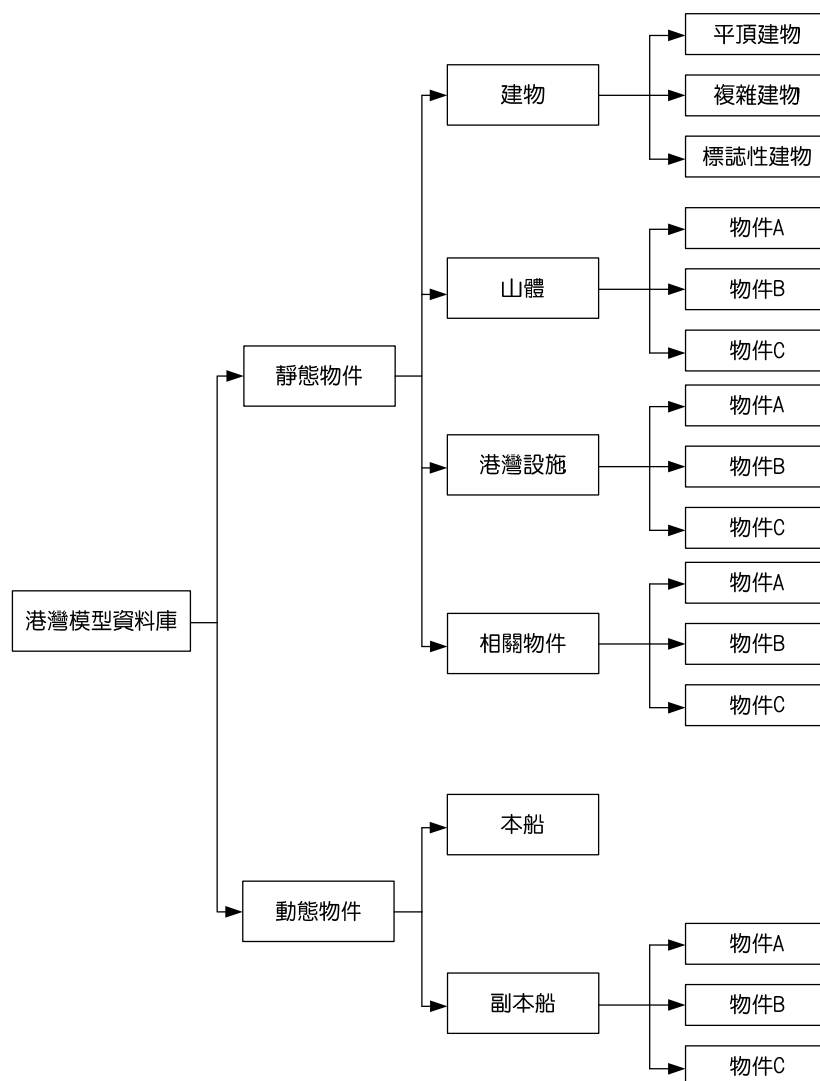


圖 4.16 港灣模型資料庫

1. 靜態物件模型

(1) 建物模型

一般來說，港灣視景建物可分為港區內與港區外建物，港區內建物是指位於港區當中的建物，它是構成視景中人文景觀的主要部分。港區外建物為位於港區外，但建物外型特

殊且明顯，能集中及有效的描述整體港灣景觀的建物，如高雄市 85 大樓。

<1> 平頂建物

平頂建築物是建築物模型中最常見最多的一種建築類型，其可以看作頂面和各個垂直外牆面的組合。如圖 4.17 所示。

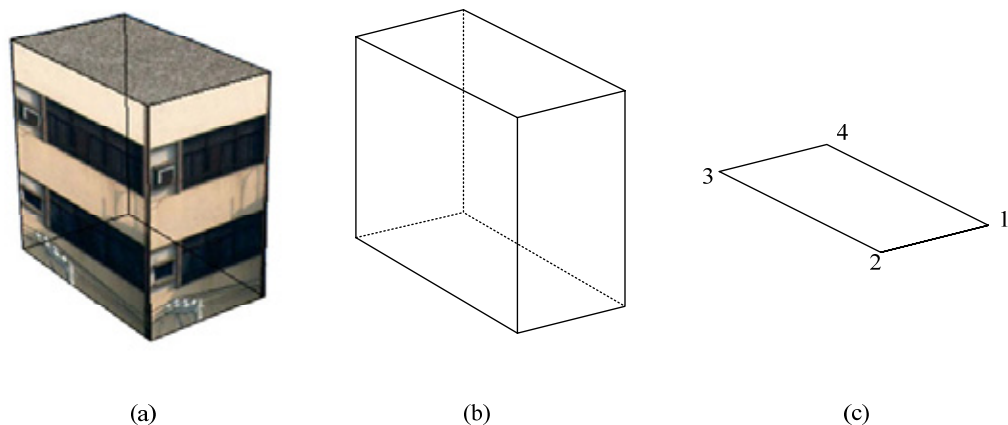


圖 4.17 平頂建物模型

<2> 複雜建物

而有些房屋儘管其總體外形與上述兩種不同，但是仍可被分解為兩個或更多的基本幾何體，這樣就可以用多個基本幾何體的組合來表示一個複雜的建築物。如圖 4.18 所示(複雜建物的分解)採用這種方式，可於資料獲取時將複雜建築物分解成基本的建築物，應用基本的獲取方式分別採集基本幾何體的資料。

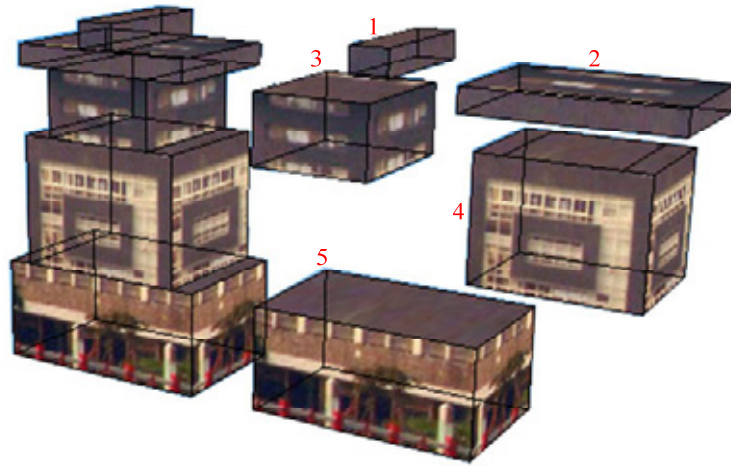


圖 4.18 複雜建物(高字塔)分解為 1、2、3、4、5，五個部份

<3> 標誌性建物

對於港灣中的標誌性建築、模型建立應該比較詳細，真實感強。我們必須對模型進行細緻的刻畫，而這種細緻的刻畫利用 2D GIS 資料難以進行。所以對於標誌性建築(圖 4.19)，我們採用在 MultiGen Creator 環境中精確建立。

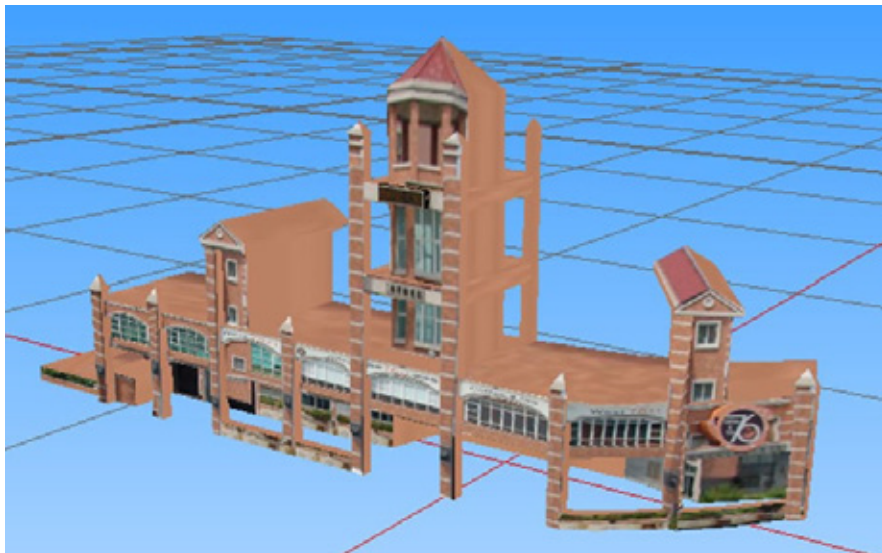


圖 4.19 高雄港旗津地區 76 咖啡廳

(2)港灣設施

本範例除高雄港務局網站公布之 14 項港灣設備，將倉庫、航道標誌及信號所與船舶模型另外加上吊臂、貨櫃一併納入模型資料庫中的港灣設施。

<1> 倉庫

高雄港是國際港埠，有數量相當多的倉庫，這些倉庫運用於各種用途，例如水泥倉庫、儲米、儲糖與儲油倉庫等，亦屬高雄港的特色之一(圖 4.20)。

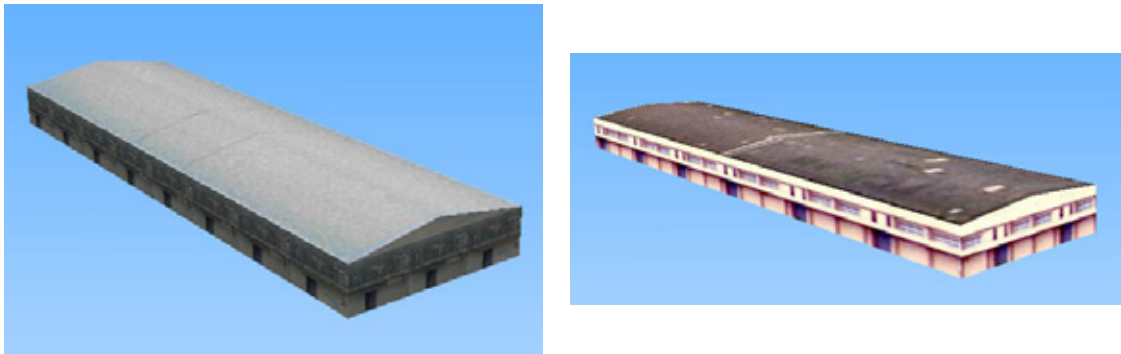


圖 4.20 倉庫模型

<2> 航道標誌及信號所

以高雄港港務局所公開於網站的資料得知高雄港的助航標誌有燈塔、浮標、礁燈與信號所藉由信號標誌以供船舶確定船位、航向、遠離危險。它也是船舶操縱模擬器視景中重要的組成之一，下圖為高雄港視景資料庫使用的第一港口紅、白燈塔(圖 4.21)。

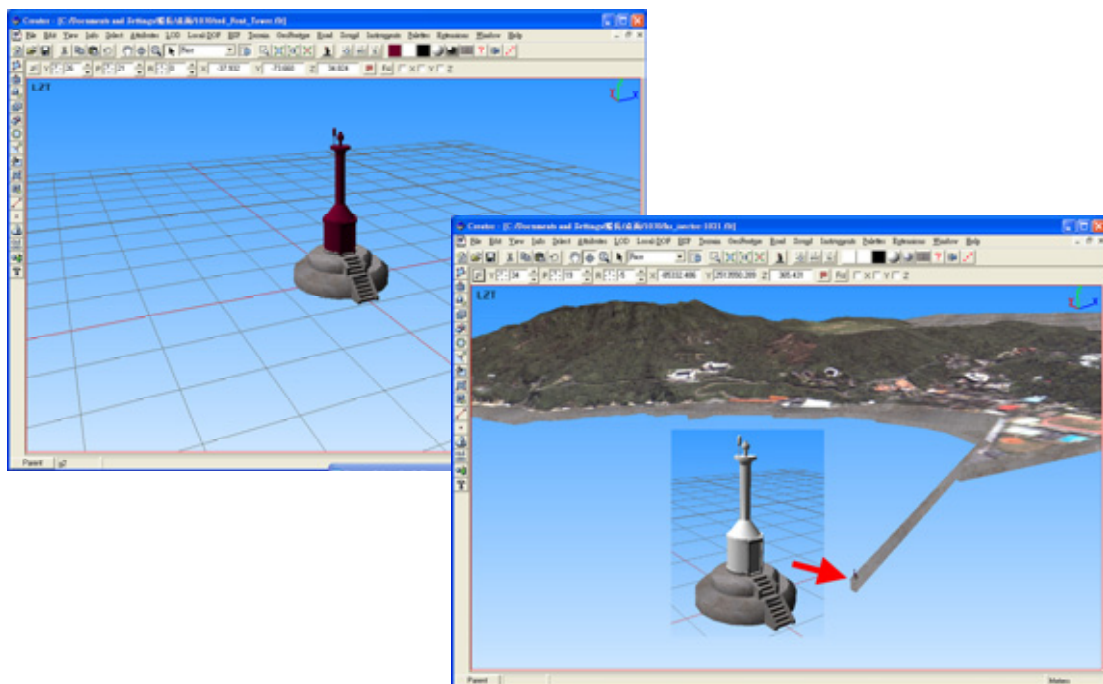
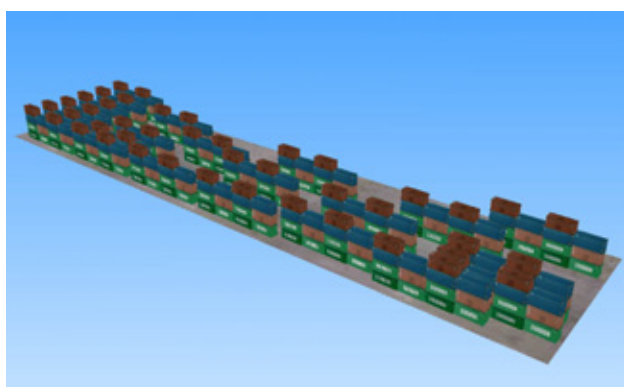


圖 4.21 部分航標模型

<3> 貨櫃與吊臂

高雄港自中島商港區至第二港口，航行過程中有為數不少的貨櫃碼頭(圖 4.21.(a),包含長榮、陽明與萬海等貨櫃)，形成港區內的一大特色，相較於貨櫃碼頭，吊臂(圖 4.22.(b))亦是附屬於貨櫃旁不可缺少的物件。



(a) 貨櫃



(b) 吊臂

圖 4.22 貨櫃與吊臂

(3)山體

山體模型是港灣視景資料中重要的組成部份，高雄港第一港口出口處，正是旗后山和壽山對峙的空隙，有如兩座巨石，犄角而立，形勢極為險要，也形成極佳風光，故山體模型是高雄港的一大特色，在此採第三章所說明的地形建模方式，建構壽山(圖 4.23.(a))與旗后(圖 4.23.(b))兩座山體。



(a) 壽山

(b) 旗后

圖 4.23 山體模型

2.動態物件模型(船舶模型)

根據高雄港港務局網站資料得知，航行於高雄港港內航行的船舶有駁船、舢舨、小蒸汽船、貨輪、拖船與渡輪等，對視景資料庫而言於碼頭旁停靠、港區行駛與載客渡輪等皆屬於視景資料庫組成的一部份，故製作的目地可採取偏重視覺的角度出發，但就船舶操縱而言就必須考慮到船舶整體屬性，不同的船舶有著不同的屬性，例如吃水深度、噸位與船舶模式，這方面國內有許多專業研究，本研究使用美國海軍學院所公佈的貨輪船舶模式，分別以本船與副本船方式進行船舶操縱模擬。

<1> 本船船首模型

在航海模擬器的三維視景中，本船船首是指駕駛員在駕駛台向前方觀看時，所看到的本船形狀，在整個視景中，它距視點最近，基本上沒有什麼變化，而且，本船船首還是駕駛員據以判斷船舶運動的參照物，透過視景與本船船

首的相對運動，使操縱者感受到一種真實的運動感，本船船首的圖形，可以透過簡單模型貼船首紋理的方法來實現。也可以採用廣泛使用的建模軟體，如 3DS MAX、Maya 和 MultiGen Creator 等建模工具，建立三維的幾何模型(圖 4.24)。

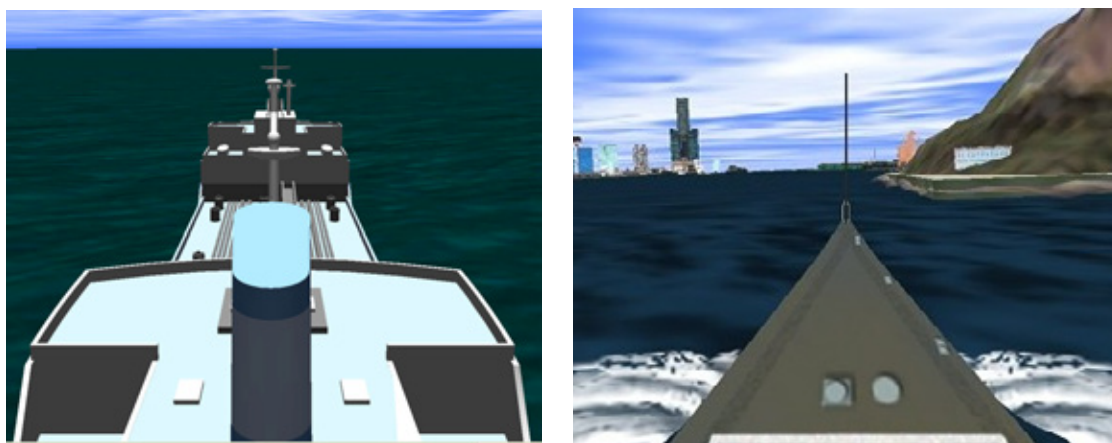


圖 4.24 船首模型

<2> 副本船船舶模型

副本船船舶模型也是視景資料庫非常重要的組成部分之一，它是模擬船舶操縱環境中本船發生交互對抗練習的對象。船舶模型的外形要與實際船舶相互一致(圖 4.25 及圖 4.26)，包括幾何尺寸、顏色、噸位、駕駛台高度以及吃水深度等。

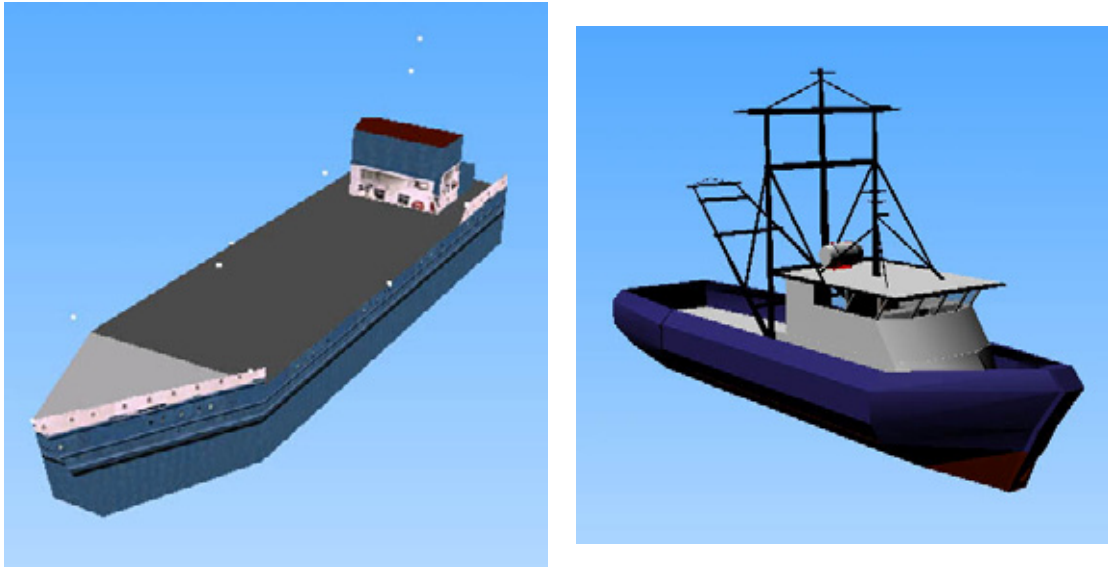


圖 4.25 船舶模型(一)

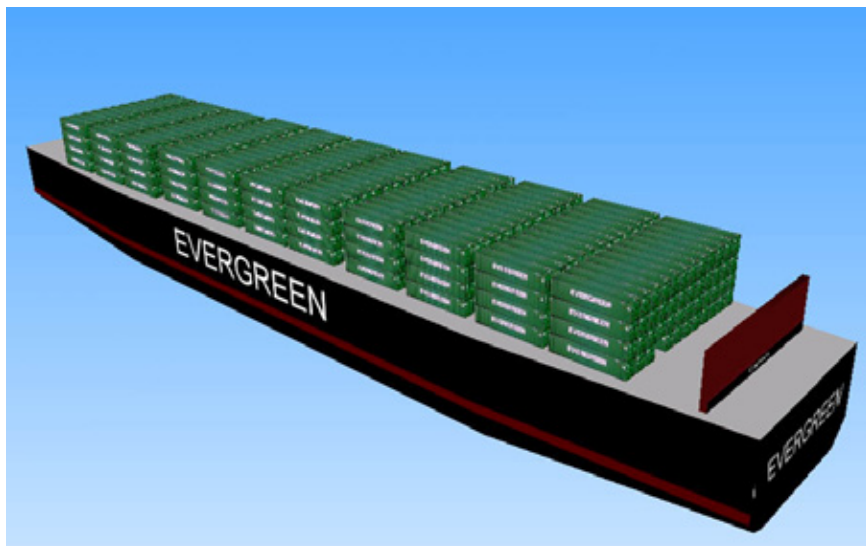


圖 4.26 船舶模型(二)

3.模型資料庫(Model Library)建立

將上述模型資料整理後可透過 SiteBuilder 3D 將模型分門別類建置成模型資料庫，另外，可配合 GIS 建立該模型物件屬性(如形狀、位置、面積、高度等)，此資料庫可讓建模人員迅速將建物利用 GIS 的圖層疊合方式將建物準確地放置於相對位置，並可針對物件進行迅速修正與更換，此方式不僅大量節省建模人員的工作時間，並符合地理資訊分層管理的精神，之後

並可對該資料庫進行簡易索引，如圖 4.27 對可查詢該組別中高度大於 150 公尺的建物。

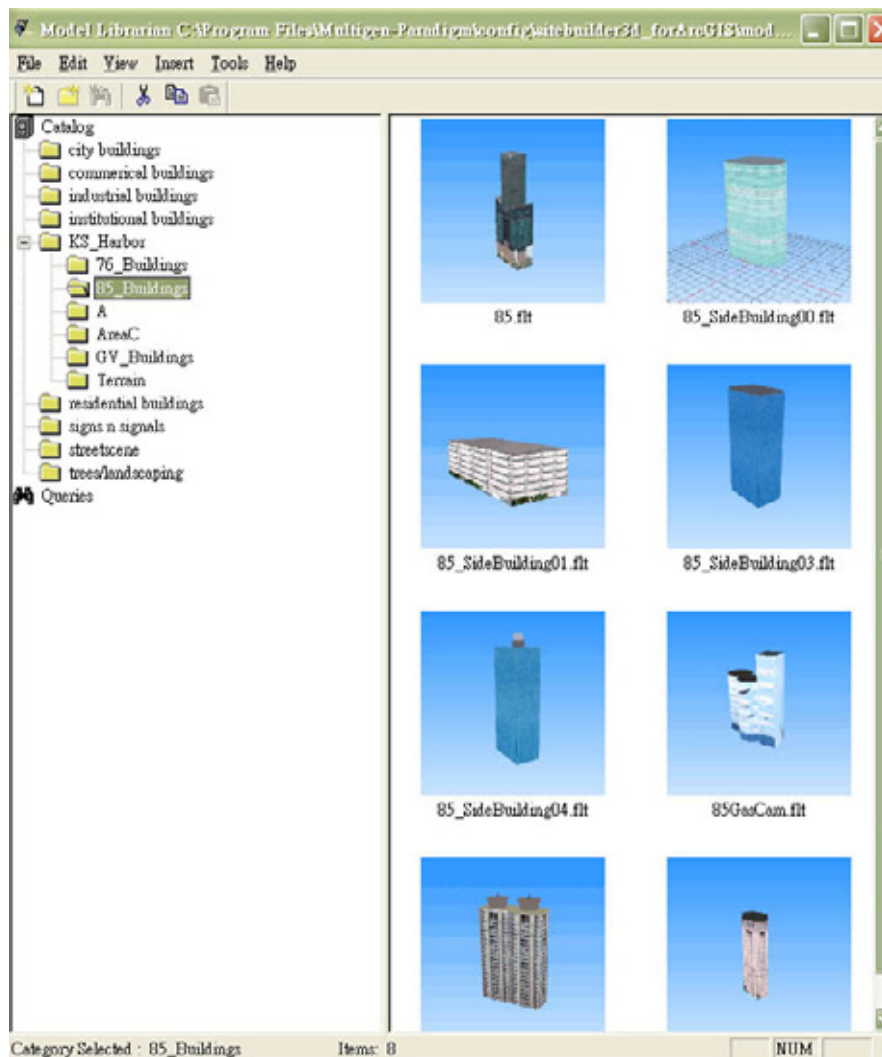


圖 4.27 模型資料庫(Model Library)

4.4 視景資料庫整合

完成模型資料庫後，視所使用的用途組合成合乎使用者使用的視景資料庫，所有的物件於自身皆為局部坐標 (Local Coordinates,所謂局部坐標系，也就是坐標系以物體的中心為座標原點，物體的旋轉或平移等操作都是圍繞局部坐標系進行的)，將物件模型套合至地形可略分為兩個方式，一為採用傳統三維動畫模型方式，藉由建模過程將物件擺放至欲放置的地方，此方式

雖簡單且直覺化，但隨著物件模型日益龐大，易造成資料量超過硬體所能負荷的狀況，對於日後視景資料庫的維護必定帶來極大的不便，另一個方法為透過地理資訊系統，先行標定與計算物件所在位置、方向與比例，並透過給予模型資料庫這些屬性資料，進而將模型擺置正確位置，此方式較符合空間資訊技術的精神，對於視景建置與日後維護會帶來極大的便利，下節將就模型與地形的套合步驟作說明。

4.4.1 物件與地形的套合與融合

任何單獨目視條件下，房屋表現為本身垂直、其基準高隨著地形起伏，解決建物與地形匹配的方法有兩種：

1. 改變房屋模型

在與地形的合成中，首先尋找出房屋覆蓋的地形網格中的最高點和最低點，然後將模型的水準基準面放在最高點，最後構造建物基準面之下的模型 4.28.(a)(b)。

2. 編輯地形模型

如果在區域範圍內，其水準基準面相同，可以透過對地形模型的編輯完成。可將多邊形內得網格點高程置平，並將多邊形經過的網格進行重新分割(4.28.(c))。

物件間的放置可大致分為套合與融合兩類方式：

(1) 套合

直接將地物放置在地形表面上。這一方法最簡單和實用，藉由得到的建物位置資料、將所在位置的建物放在地形面上。

(2) 融合

首先產生地形的 TIN 網路，然後逐漸加入地物模型，與地形結合在一起。

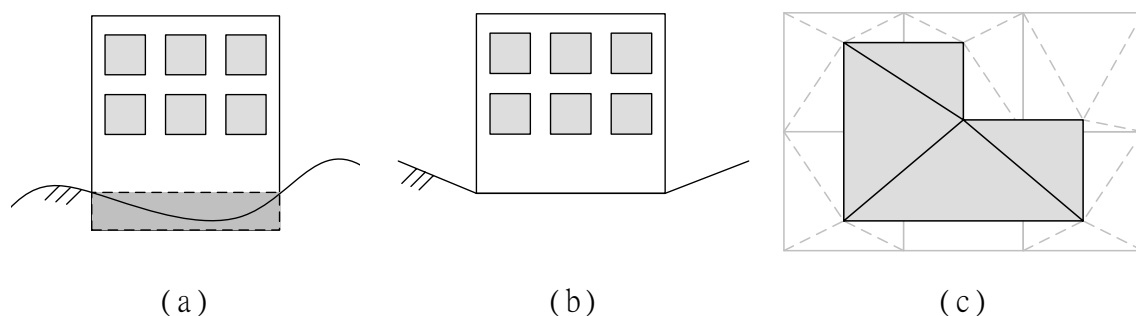


圖 4.28 建物與地形的套合與融合
(a)(b)套合, (c)融合

4.4.2 物件模型與地形套合步驟

1.標誌性數化與套合建置作業流程

物件模型與地形套合步驟可分為物件數化、空間屬性取得、指定模型與匯出(表 4.1)。

表 4.1 物件模型與地形套合步驟

步驟	簡介	備註
Step1. 物件數化	數化該建物正面第一、二點。	
Step2. 空間屬性取得	取得對應模型空間屬性資料。	
Step3. 模型指定	於模型資料庫指定模型。	
Step4. 匯出	將模型匯出。	

(1) 物件數化

數化的目的在於取得該物件與所在位置之空間資訊，針對物件所要套合的位置進行數化(圖 4.29)，本研究以物件模型前面邊緣線為基準(圖 4.30,數化順序)採多邊形(Polygon)方式數化，而不以物件模型四個端點方式取得中心點，由實驗得知後者因為數化的品質不一易造成物件模型與現地不符的狀況，如吊架伸出於碼頭外情形，且方位角與法線相差 90 度不易估算正確方位，若數化稍有偏差，極易造成偏斜現象(圖 4.31)。

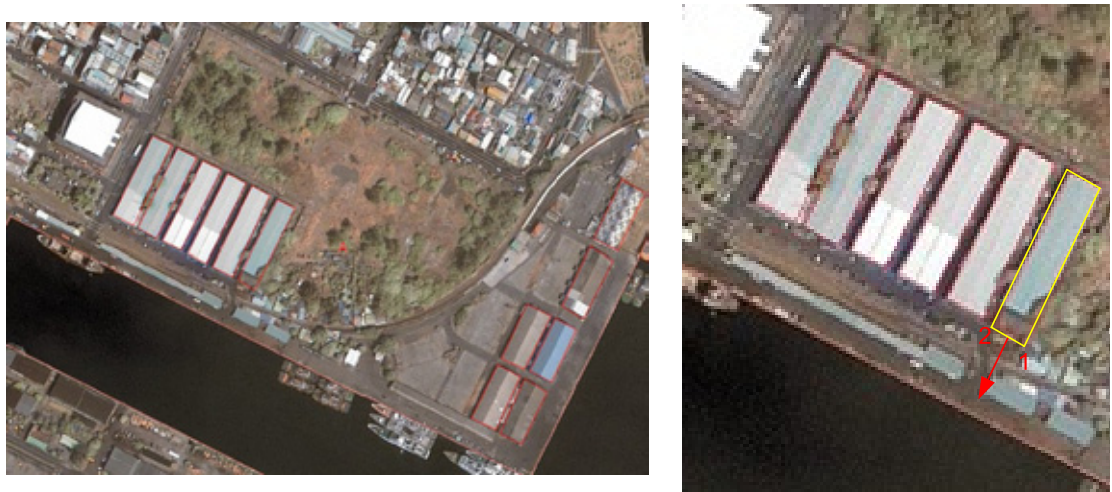
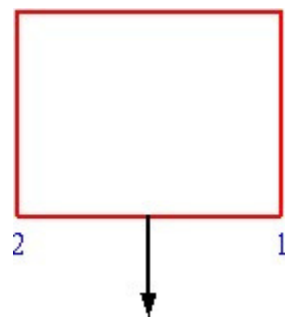
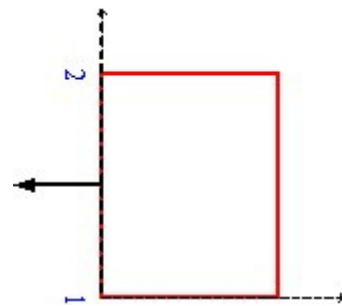


圖 4.29 物件數化

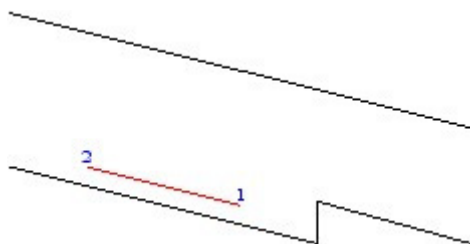


(a)數化順序

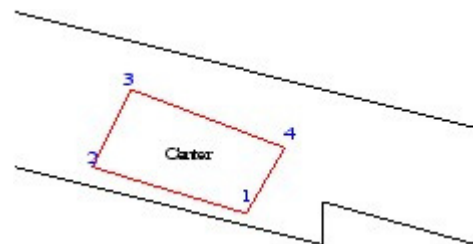


(b)模型放置位置

圖 4.30 物件數化順序



(a)建物易對齊岸邊



(b)建物易由其他點位影響導致偏斜

圖 4.31 物件數化規則

2.取得物件空間屬性

由地理資訊系統將空間資料與相關屬性資料結合，透過外部程式取得空間位置、距離、幾何形狀、大小等空間屬性，本

範例以 ArcGIS 之 Shapefile 向量資料為例，設計取得物件套合所需之空間屬性資料，程式分為以下步驟(圖 4.32)：

- (1)開啟多邊形 Shapefile。
- (2)讀出多邊形 Shapefile 內節點坐標。
- (3)將節點坐標及多邊形資訊與存檔。
- (4)計算第 1 點至第 2 點方位角。
- (5)計算方位角及模型定位點。
- (6)點轉存為 ShapeFile 圖層。

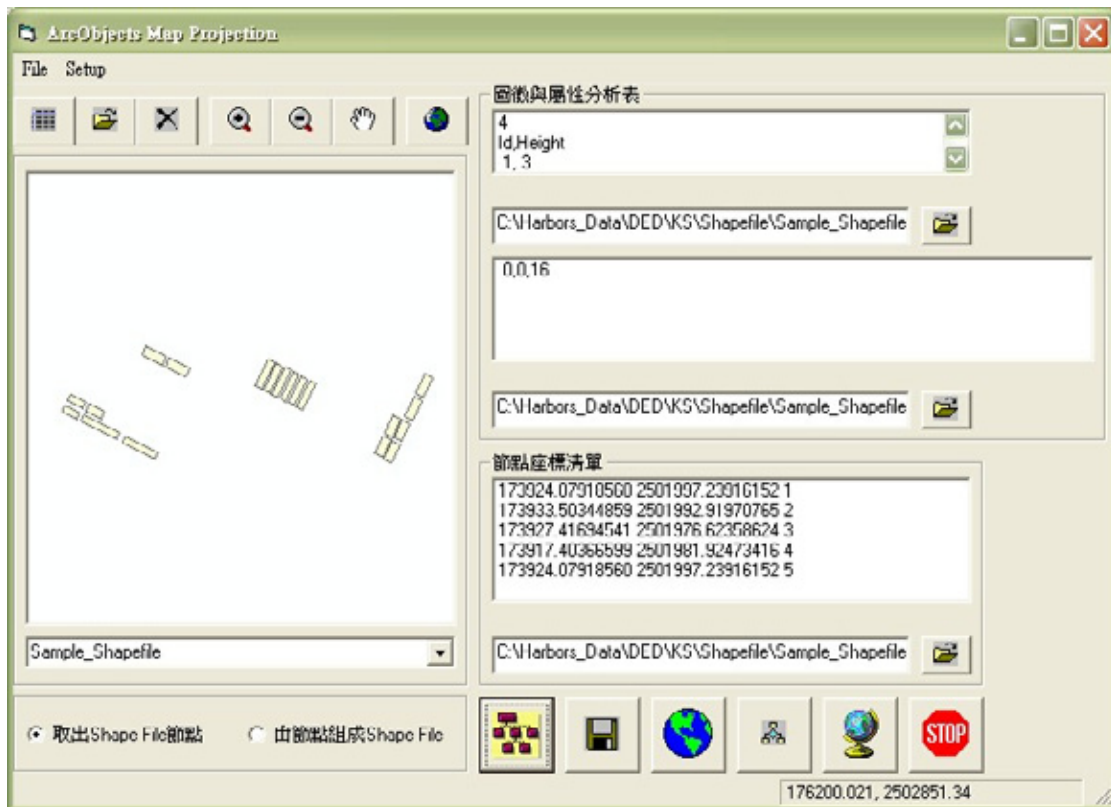


圖 4.32 物件空間屬性

3.模型指定(Model Selector)

指定模型資料庫的模型至數化的位置(圖 4.33 模型指定)。

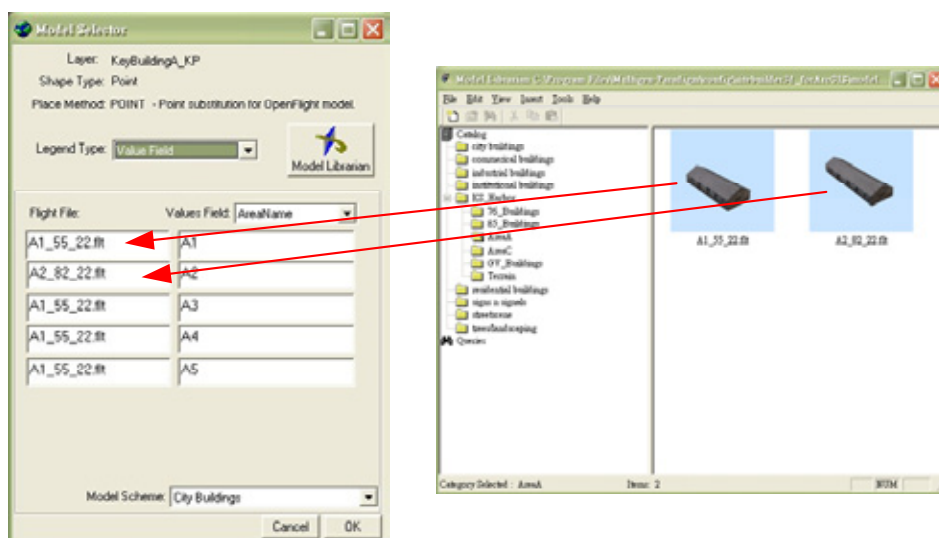


圖 4.33 模型指定

4. 匯出 (Output Model)

將完成上述動作的模型匯出成 Open-Flight 格式 (*.flt)，即可完成整個模型套合的流程(圖 4.34 碼頭模型套合)。

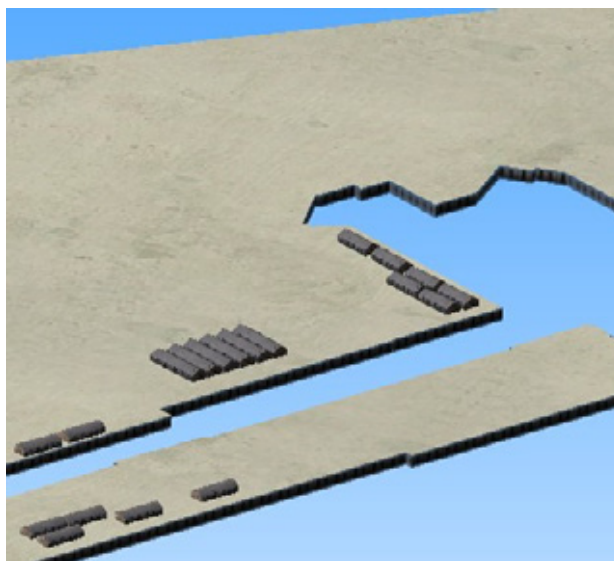


圖 4.34 碼頭模型套合

4.4.3 港灣視景資料庫整合

視景資料庫的建置過程中，還有一個很重要的環節就是整個資料庫的整合。依前面章節所說明的模型套合方式依所規劃層級結構完成港灣視景資料庫，整個資料庫的總資料庫節點如圖 4.35 所示，使用了大量的外部引用節點，這種方法可以大幅提升資料

庫建模的靈活度，某些模型如燈塔、建物等可以在多個港口模型庫中交互使用，降低相當程度的作業量，另外其餘的動態物件模型，因其通常有其特殊用途，故不合成在此資料庫中。

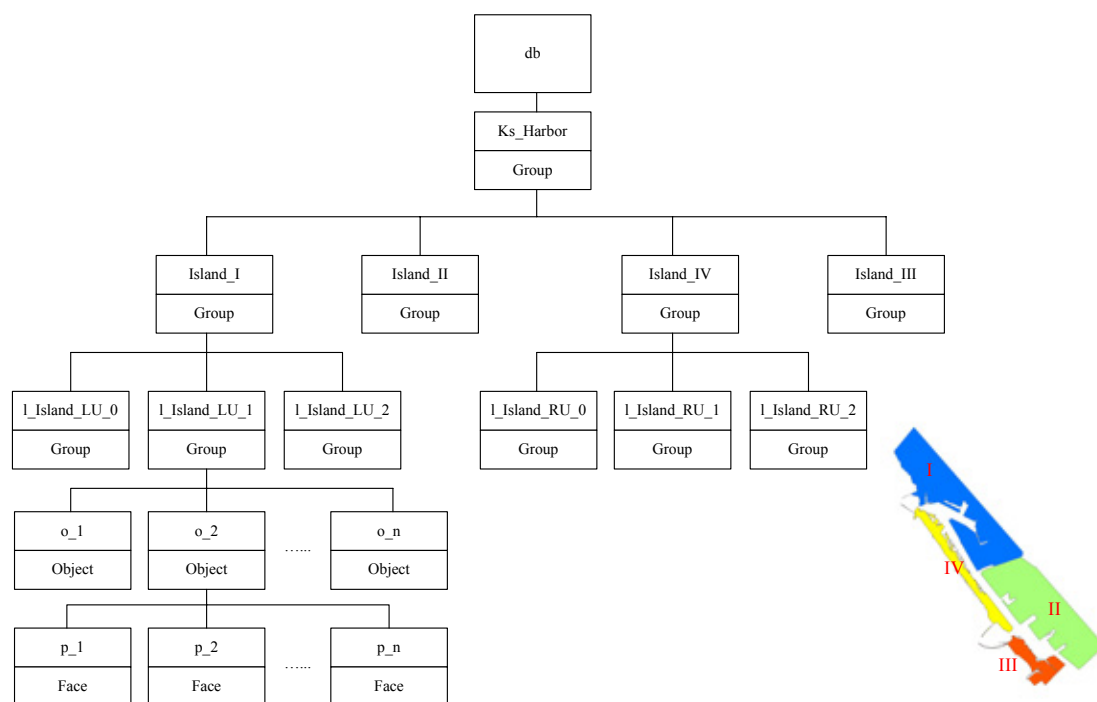


圖 4.35 高雄港視景資料庫結構圖

視景資料庫產生的 FLT 檔案可以是單一檔案，也可以是多個檔案以批次(Batch)方式存在的(與地形建模一樣)。首先，以港灣碼頭物件模型為基底將不同組別(Group)的港灣模型物件(Object)採用外部參考的方式各自匯入其所屬的港灣碼頭組別上，面節點為最底層的節點，各節點間必須依造其邏輯結構來排列，並將其整合為一個檔案。

整個港灣模型由上到下為：

- (1)港灣模型圖台(Group)
- (2)港灣碼頭組(Group)
- (3)港灣模型物件(Object)
- (4)物件面(Face)

港灣視景資料庫整合為整個視景資料庫最後的動作，由於視景資料庫最終的目的為提供船舶操縱系統使用，故整合過程中應按步就班建立資料庫的層級結構，並於物件建模時採用 LoD 與減少不必要的多邊形面。

第五章 視景資料庫應用

由空間資訊資料取得、處理與建模所建構的視景資料庫，最終目的必須整合於視景系統中以供相關專業領域用途使用，本章以前面建置之港灣視景資料庫以 Vega 虛擬實境開發平台將整個視景資料庫應用於船舶操縱模擬。

5.1 VEGA 簡介

Vega 是 MultiGen-Paradigm 公司最主要的工業軟體，為新一代仿真軟體開發環境，用於即時視覺類比、虛擬實境和一般視覺應用上。Vega 將先進的模擬功能和易用工具相結合，對於複雜的應用，能夠提供快速、方便的建立、編輯和驅動工具。它能顯著地提高工作效率，同時大幅度減少原始程式的開發時間。

Vega 具有良好的視覺化程式設計環境，便於程式設計師和非程式設計師使用。它使用一種圖形視窗界面環境 LynX，可以快速、容易、顯著地改變應用性能、視頻通道、多中央處理器(CPU)、視點、觀察者、特殊效果、一天中不同的時間、系統配置、模型、資料庫及其他，且不用編寫原始程式。LynX 可以擴展成包括新的、使用者定義的面板與功能，快速地滿足使用者的特殊要求，能在極短時間內開發出完整的即時應用，用 LynX 動態預覽功能，可立刻看到操作的變化效果。

Vega 還包括完整的 C 語言應用程式介面，為軟體人員提供最大限度的軟體控制和靈活性。即時模擬應用軟體發展人員更喜歡 Vega，因為 Vega 提供了穩定、相容、易用的介面，使他們的開發、支持和維護工作更快和效率更高。Vega 可以有效地減少在圖形程式設計上花費的時間。使用 Vega 軟體中的 LynX 交談式圖形介面動態設定一個模擬場景，並無一定程序，在此只是依照一般的順序說明建立一個模擬場景的要素，當了解整個程序之後，可以在任何一個步驟作更進一步的修改。

1.物件(Object)

物件是一個模擬場景中的核心，它可以分為靜態(Static)及動態(Dynamic)二種，前者如地形、房屋...等，後者如汽車、飛機、船艦...等，這些物件可以由許多種模型建構軟體產生，如MultiGen、3DS MAX...等，因此當新建立一個物件後，必須指定一個模型檔案給這個物件。例如：指定高雄港及貨船物件，首先分別定義一個名為 Harbor 及 Cargo 的物件，並將其分別指定到存放高雄港目錄下 ks_habor.flt 及 cargo.flt 兩個 Open Flight 的模型檔。設定好之後可以用 Object Viewer 工具程式來檢視這兩個物件。其中，高雄港物件只會被用到一次，而且它是不動的，而貨船可能不只一艘，而且它是可以移動的，因此在選用後需作如下的設定(表 5.1)。

表 5.1 場景中模型坐標指定

物件名稱	Conversion	坐標系統
Harbor	Use	Static
Cargo	Clone	Dynamic

2.場景(Scene)

場景是一群物件的集合，在一個模擬中可以有幾個不同的場景，每個場景中可以有一個以上的物件，端看需要而定，例如：我們可以建立一個只有城鎮的場景，也可以建立一個有汽車和城鎮的場景。設定好場景內的物件之後，可以用 Scene Viewer 來觀察這個場景，可選從正上方向下看或透視方式觀看，或用不同的運動模式來瀏覽場景。

3.遊戲者(Player)

所謂遊戲者是一場模擬中會動的物件，它可以被使用者藉由滑鼠或搖桿等各種輸入設備控制它們的位置、方向等。一個遊戲者可以由一個或多個物件所組成如掛著飛彈的飛機...

等，相同的物件可以被不同的遊戲者所共用，但這個物件必須在前面所提的 Conversion 設定為 Clone，才可以被共用。

4. 觀察者(Observer)

觀察者可以想像成一場電影的攝影機，我們所看到電影中的場景或遊戲者的演出都是透過這些攝影機的拍攝來觀賞的。一部電影可能是用不同的攝影機同時拍攝，每個攝影機可以拍攝不同的場景。如果我們要拍攝的是一個動態的場景，必須賦予觀察者適當的運動方式，例如我們要拍一部汽車廣告，可以讓汽車馳騁在風景優美的鄉間，攝影機則緊跟著汽車或繞著汽車拍攝。

5. 運動模式(Motion Model)

每一個會動的元件都有一種運動的方式，稱為運動模式，Vega 提供了 Spin(繞著運動物件觀賞)、Drive(開車)、UFO(幽浮運動方式)、Fly(飛行)等五種簡單型運動模式，遊戲者及觀察者可以設定不同的運動模式以達到特殊的模擬效果，但這兩者有所不同，一個遊戲者的運動模式指其本身的運動模式，使用者可藉由輸入裝置如滑鼠或搖桿以互動的方式控制遊戲者，但遊戲者不見得被我們所看到。觀察者的運動模式則是藉由攝影機以某種運動方式觀察周遭環境。

6. 視窗(Window)

可以將不同的結果同時展示出來，有許多方式，最簡單最快的方式是開另一個視窗，把不同的觀察者指定輸出到不同的視窗就可以了。每個視窗的性質(如視窗名稱、有無邊框等)及位置都可以很容易地設定。

7. 頻道(Channel)

視窗的設定方式好比是買了兩台電視看不同的片子一樣，

但如果是要在同一視窗看不同的片子(類似具有子母畫面的電視)，該如何作呢？在頻道的控制面板內新增一個頻道，將不同的攝影機放到不同的頻道內即可，放好後再調整各頻道在視窗內的位置即可。各頻道除了看不同的片子外，還可以利用 Skew 功能來看同一個攝影機拍出來的場景，但是是從不同的角度看，如照後鏡或模擬大視窗...等，另外，本研究中即利用此功能將電子海圖以彩色衛星影像呈現(圖 5.1 簡易衛星影像海圖)。

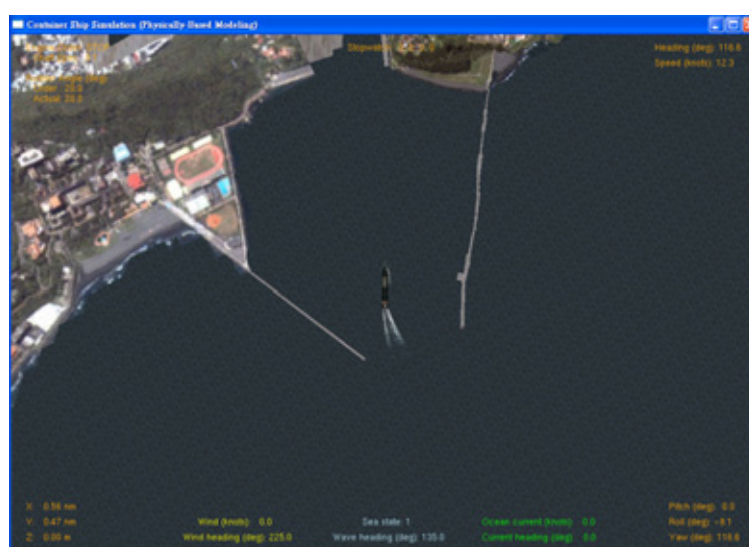


圖 5.1 簡易衛星影像海圖

5.1.1 VEGA 應用程式開發架構

對於 Windows NT 平臺上的 Vega 應用，主要有三種類型：控制臺程式、傳統的 Windows 應用程式和基於 MFC(Microsoft Foundation Classes)的應用。但無論是哪一種應用，建立 Vega 應用的三個必需的步驟為：

1 初始化：

這一步初始化 Vega 系統並創建共用記憶體以及信號量等；

2 定義：

透過 ADF 應用定義檔創建三維模型或是透過顯式的函數調用來創建三維模型；

3 配置：

透過調用配置函數來完成配置設置完 Vega 系統後，就開始了 Vega 應用的主迴圈，主迴圈的作用是對三維視景進行暈渲驅動。它主要分兩個步驟，對於給定的幀速進行幀同步和對當前的顯示幀進行必要的處理。

以下顯示了一個最小的 Vega 應用程式：

```
main( ) {  
    vgInitSys();                //初始化  
    vgDefineSys(myapp.adf);     //定義  
    vgConfigSys();             //配置  
    while(bContinuing) {  
        vgSyncFrame();         //同步幀  
        vgFrame();             //幀內處理  
                                //application specific code  
    }
```

這是一個控制台的應用程式。但是 Vega 只是一個包含十幾種不同模組的函數集(如圖 5.3 所示)，並沒有視窗函數(雖然 Vega 函數庫中提供了一些視窗和事件管理的函數，但這些函數在實際應用中還遠遠不夠)，它缺乏物件導向能力，不符合當前流行的軟體設計構思，因此需要一個視窗系統來完成 Vega 即時仿真的程式設計。而且在 Windows 平臺上開發，那麼具有良好圖形用戶介面的應用程式將更受到歡迎。對於基於視窗的應用來說，Vega 系統透過提供一個視窗初始化函數調用來完成，即只要把上述的初始化函數 `vgInitSys()` 替換成 `vgInitWinSys()` 即可。該函數透過獲得視窗控制碼來初始化 Vega 的顯示視窗，所有的 Vega 應用程式接口包括檔頭、相關類及函數命名都以 Vg 為首，每一個 Vega 類都是一個完整的控制結構，可隨意設置與更改模型屬性。Vega 的核心類如表 5.2 所示，其他詳細說明請見 Vega Programmer' Guide。

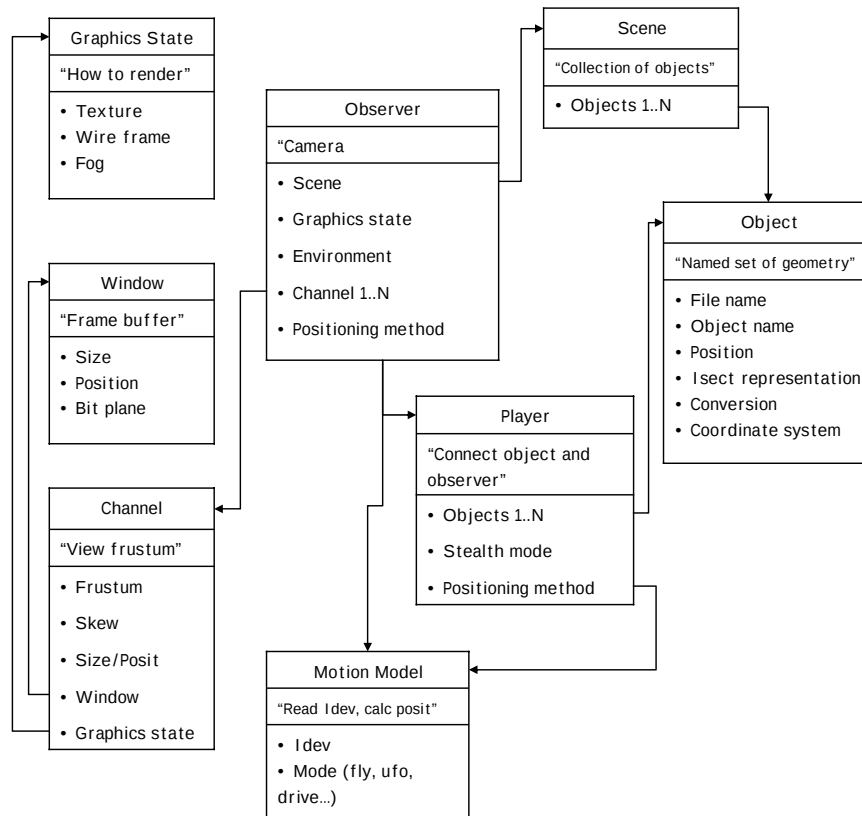


圖 5.2 Vega 關係圖

表 5.2 Vega 的核心類

類 名	功 能	類 名	功 能
VgChannel	表單中的通道	VgObserver	仿真視點
VgEnv	環境管理	VgPart	局部物體
VgEnvfx	環境效果	VgPath	路徑參數
VgFog	霧管理	VgPlayer	角色
VgGfx	通道中圖形控制	VgScene	視景環境
VgIsector	碰撞	VgSystem	Vega 系統
VgLight	光源	VgTexture	紋理
VgMotion	運動方式	VgTflod	細節層次
VgObject	對象	VgWindow	圖形視窗

本研究採用美國海軍學院所提供的風、波浪、海流之船體運動模式，採用多執行緒 Visual Studio C++所建構。

5.1.2 場景與環境特效整合

對於船舶操縱模擬器而言，最重要的特效為自然環境特效與

海洋環境，藉由自然環境特效的雲、霧與光線可以讓操作者產生如同真實環境的視覺效果，藉由海洋環境特效可結合真實環境的海流、波浪等真實模式，提供船舶操縱模擬逼真的感受。

1. 自然環境特效

(1) 雲、霧與光線模式

包括霧氣的大氣模式(Atmospheric Model)、雲的型態與顏色，從圖 5.3 中我們可以看到雲、霧與光線模式之間的關係。



圖 5.3 Vega 模擬系統中雲、霧的大氣模式

在模擬系統中的光源型態包括太陽光或月光，可定義其高度與方位，或以三度空間座標賦予其位置。一般而言，在虛擬世界場景光源表現上，可以用漫射(Ambient)與擴散(Diffuse)參數來設定光線對於場景真實程度的影響。Vega 則另外提供一種晨昏日夜模式(Time of Day Dependant)，來表現一天當中不同的光線明亮度，對場景真實程度的影響。

雲層的位置處於虛擬世界的一般可見範圍與光線之間，且雲層的上下各有轉化區域(Translation Zone)，在此區域內的雲層是

以漸層方式定義其顏色變化，以增加雲層的真實程度。Vega 雲層模型主要有盒狀雲層 (Box Cloud) 與絞鏈狀雲層 (Hinged Cloud)，絞鏈狀雲層具有較多的特殊效果，例如可模擬雲層移動的效果，並可對不同的光線參數隨之改變其顏色，以模擬類似朝陽或夕陽的特殊效果。

地面惡劣天氣(如暴風雨)或霧氣決定模擬場景的最大可見距離(Visibility Range)，這個距離是指隨著觀察者移動，動態改變其視域範圍內的環境特效。

(1) 海洋環境特效

為逼真的海上模擬提供精美的特殊效果。所有的海上效果都可由 LynX 或透過 C 語言 API 控制。Vega Marine 支援海洋計算中多處理器，對於複雜的海洋環境，可以指定 CPU 並行處理圖形通道。Vega Marine 產生即時動態的海洋模型，上面覆蓋著紋理、波浪的高度和週期都與海的狀態相一致，Vega Marine 為各種海的狀態提供無與倫比的紋理設計。

<1> 貼有紋理的即時動態海洋模型

<2> 波浪高度和週期對應於不同的地質海洋狀態

<3> 對海洋模型的計算支援多 CPU 的並行處理

<4> 海洋效果：

包括風、波浪、船尾航跡、船尾稜緣、船頭波浪、浮標、旋渦、拍岸浪花、漂浮物等。在海洋環境特效方面，至少包括潮汐與波浪等基本模組，並包括在不同海象(sea state)狀況下的波浪大小。海浪的模擬可以用波浪基本方程式(式 5.1)加以描述：

$$\zeta = Tide + \zeta_0 \sum_{i=1}^{10} \cos(k_i \sin x + y \cos x) + \Omega_i \omega_s t + \varphi_i) \quad (5.1)$$

式中

Tide：平均潮汐高度

$\zeta_0 = 0.112H_s$ 平均波浪能量， H_s 代表顯著波高

$$k_i = \frac{(\Omega_i \omega_s)^2}{g} \quad \text{波數（從深水波關係式獲得）}$$

g ：重力加速度

χ =波向(0~2)

Ω_i =第 i 個元素的角頻率

$$\omega_s = \frac{2\pi}{T_s} = \text{某個海象的角頻率}$$

φ_i =第 i 個元素的相位角

上述波浪方程式內各元素之波高、相位角可以與真實波浪模式整合，可透過 Vega 將產生之環境特效與整個場景資料庫整合(圖 5.4)。

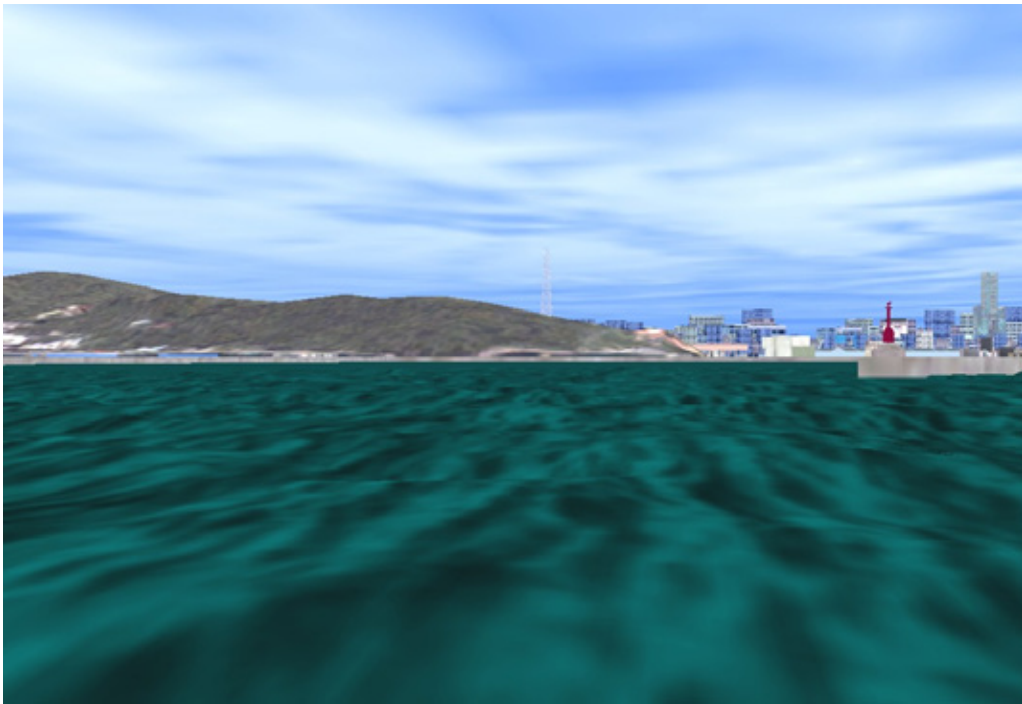


圖 5.4 高雄港視景與環境特效整合

5.2 視景模擬測試

視景資料庫的好壞只有透過視景系統的使用調試，不斷調整，才能最終達到滿意的效果。一般來說，在視景系統的研製階段，建模人員和視景程式員之間應該經常交換意見，互相協商資料庫模型的設計結構，使得大家見解統一。在這個階段，建模人員應能提供簡單的資料庫供視景程式師研究編寫驅動程式。而後者也能提供簡單的驅動程式供建模人員調試資料庫使用。這種簡單的資料庫，不一定要求滿足實際應用，只提供給視景驅動程式測試、顯示之用，經由測試與修改錯誤後，確定最後的視景資料庫檔，並運行模擬器視景顯示程式，觀察整體運行效果，如再發現錯誤，可以再次要求建模人員進行修改，最終應能達到預計的逼真效果，圖 5.5 為進行測試畫面，5.5.(a)、5.5.(c)、5.5.(e)為一般狀態下環境之測試，此時沒有設定霧、浪與夜晚，此時可進行測試 5.5.(b)霧模擬、5.5.(d)浪模擬 5.5.(f)夜晚。



(a) 無霧狀態



(b) 霧模擬



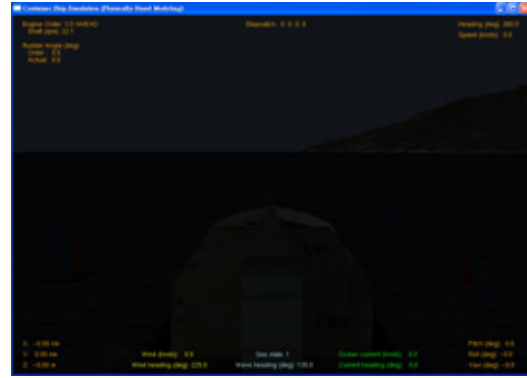
(c) 無浪狀態



(d) 浪模擬



(e) 白天



(f) 夜晚

圖 5.5 高雄港視景與環境特效整合測試

5.3 船舶操縱模擬視景系統與人機介面整合

經上述測試無誤之後，可透過相關虛擬實境技術將所完成之視景系統整合風、波浪等物理模式、建構出船舶操縱模擬系統，本論文以 Vega 為模擬平台，結合國內藏識科技公司所開發之網路通訊架構與大型影像資料庫管理，配合可邏輯化控制器 (Programmable Logic Controller, PLC)、單槍投影機，進行視景系統整合；圖 5.6 為船舶操縱模擬系統架構圖，最後透過船舶操控組件(包含舵輪與速度操控桿)設計人機介面完成船舶操縱模擬系統。本船舶操縱模擬系統可分為下列六大部分：

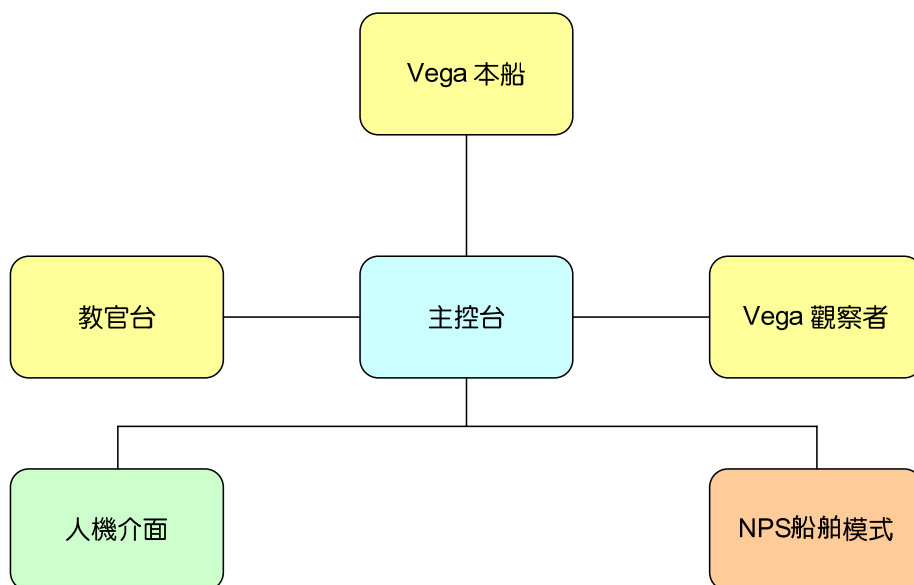


圖 5.6 船舶操縱模擬系統架構圖

1. 主控台

經由 RS-232C 通信協定接收操縱者人機介面之俾令與舵令後，即時傳送給「船模」。主控台(圖 5.7)於固定時間內接收該「船舶動力模式」所輸出的計算船位與姿態，分送給本船與觀察者。

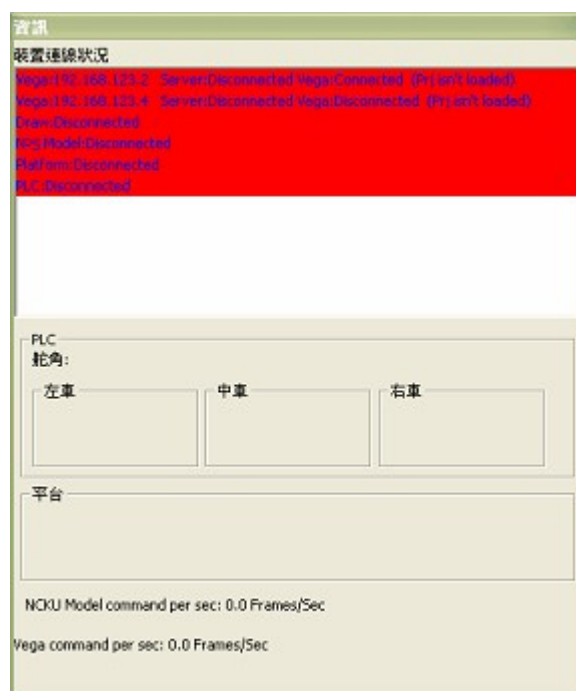


圖 5.7 主控台

2. 教官台

控制整個船舶操縱模擬之所有狀況，其中包含高解析衛星影像簡易電子海圖，可經由此畫面隨時掌控本船位置，並下達相關狀況，如海浪、波流與風，圖 5.8 中顯示教官台可設定天候、風、波浪與海流。

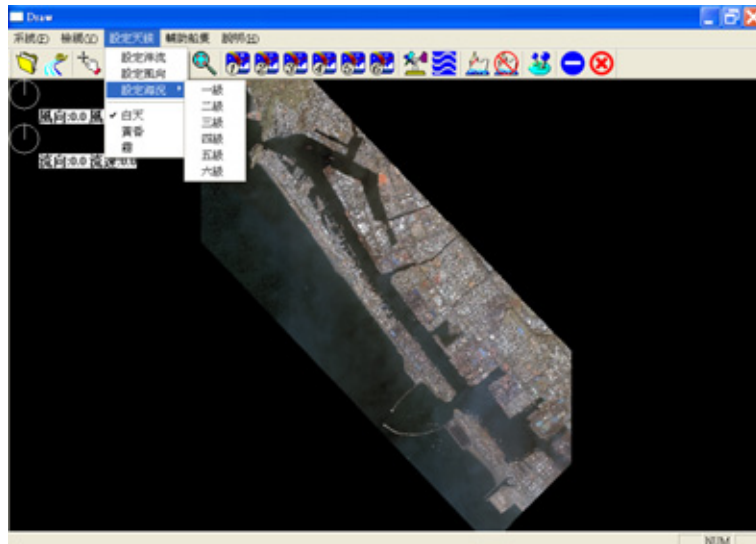


圖 5.8 教官台

3. 船舶運動模式

採用美國海軍學院(NPS)網路所公開之船模，由於船模非本研究討論之內容，故在此部分採取較理想且公開的船舶模式。

4. 人機介面

讓使用者在操作系統時，透過仿真儀表圖(5.9)與船舶操控組件(圖 5.10)將訊號傳入虛擬系統之中；在顯示系統方面，以單槍投影機(圖 5.11)配合投影布幕顯示模擬系統場景與操船情形，可提供操船模擬者身歷其境的感受，亦可配合全景投影機投射到在半圓形曲面螢幕上。

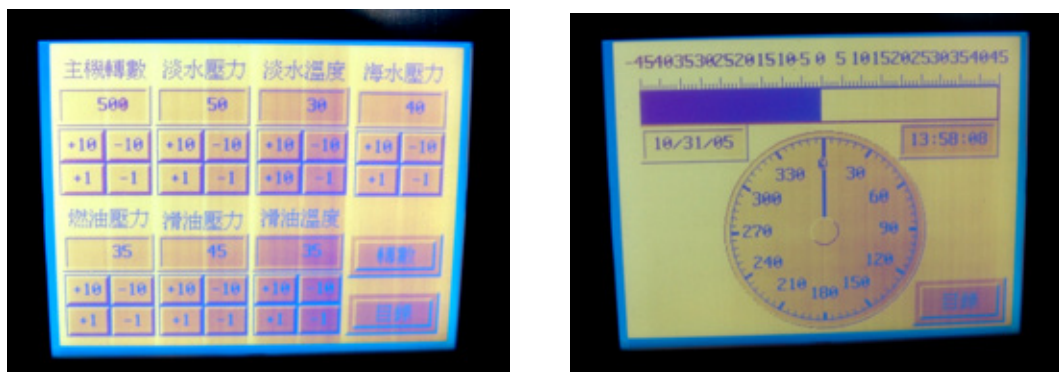


圖 5.9 仿真儀表



舵輪與速度操控桿



PLC

圖 5.10 船舶操控組件



圖 5.11 單槍投影機

5. 觀察者

觀察者為提供操縱者以外之人員觀看，藉此了解操縱者的所在位置與狀態。圖 5.12 為兩船即將交會的情況；圖 5.13 為

船舶行進畫面。

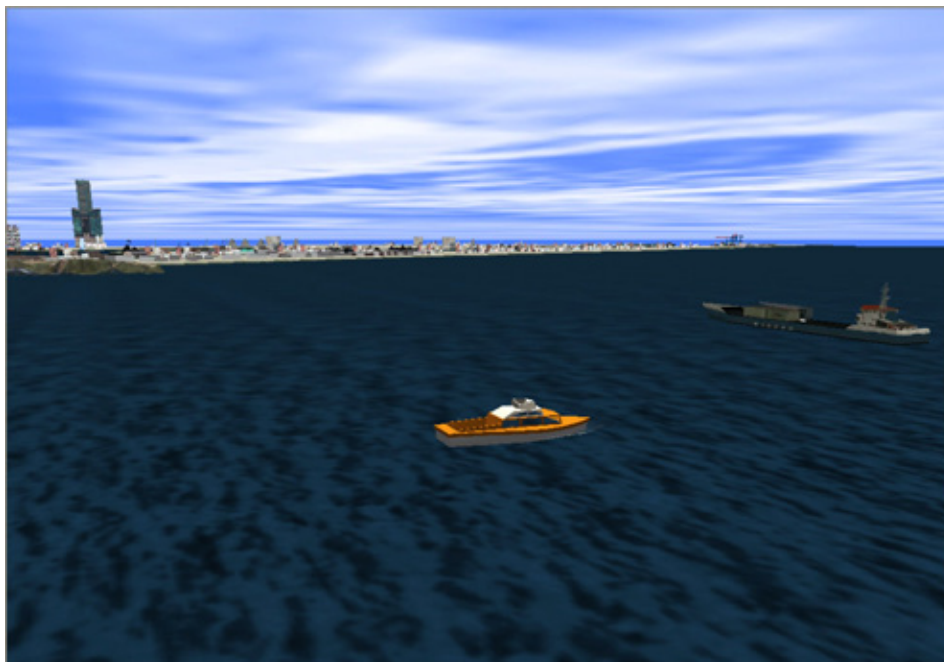


圖 5.12 兩船交會



圖 5.13 船舶行進畫面

6. 本船

此部分為船舶操縱最主要的部分，操縱者於此進行船舶操縱模擬，圖 5.14 為本船於高雄港進港的畫面。



圖 5.14 本船進港畫面

第六章 多船操縱模擬系統設計

「多船操縱模擬系統」，是指一個複雜的電腦軟體系統，其中包含人機介面、船舵、車令等機械硬體直接與操作者溝通接觸。PLC是負責將操作者的機械動作轉成數位信號。船模系統是將環境因素與操作者之操作及時運算出交互作用之反應結果、教官台是包含有自然環境主控功能，可於模擬期間動態改變模擬期間的自然環境變化。此外，教官台功能模組可紀錄與回播模擬經過，製作成播放檔，以利離線觀看、評估與分析。並紀錄學員姓名、模擬日期、模擬場景參數、模擬過程航跡等資訊。3D視覺模擬是將模擬結果視覺化，讓操作者能沈浸於模擬器中。控制台是負責整合各系統，與管理各系統間資料傳輸。各系統與控制台連接是透過乙太網路作資料交換，由自行開發的程式庫ShipModel負責。系統架構圖如6.1所示，各硬體連接與連接方式如表6.1所示。

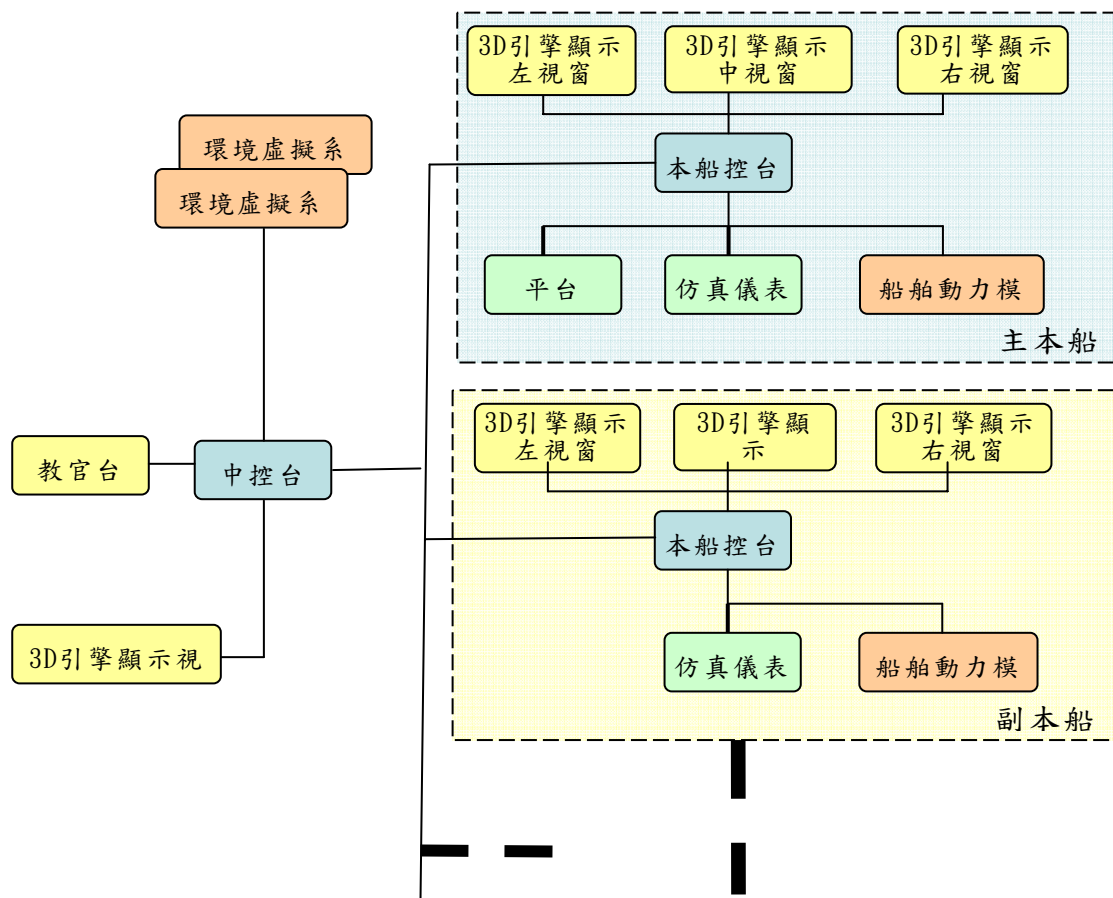


圖6.1 多船系統架構圖

表6.1系統各部硬體連線方式

甲連接端	乙連接端	連線方式
船舵	PLC	電阻
車令	PLC	電流
人機介面	PLC	數位信號
主控台	PLC	RS232
主控台	液壓平台	RS232
主控台	教官台	TCP/IP
主控台	Vega-左	TCP/IP
主控台	Vega-中	TCP/IP
主控台	Vega-右	TCP/IP
主控台	Vega-環繞	TCP/IP
Vega-左	投影機-左	螢幕訊號輸出
Vega-中	投影機-中	螢幕訊號輸出
Vega-右	投影機-右	螢幕訊號輸出
Vega-環繞	投影機-環繞	螢幕訊號輸出

6.1 ShipModel 程式庫(Visual Basic 6 版)

6.1.1 簡介

ShipModel 程式庫是一套符合 COM 元件規格，可讓使用 Visual Basic 6 開發船模動力模式設計者，用來在網路上傳送與接收資料的專屬程式庫，這套程式庫負責與本船船舶操縱模擬系統的中央控制程式(本船中控程式)連線、傳送與接收船舶操縱模擬系統所需的各項參數數據，並將模式計算結果傳送給本船中控程式，程式庫的基本架構圖如圖 6.2 所示。

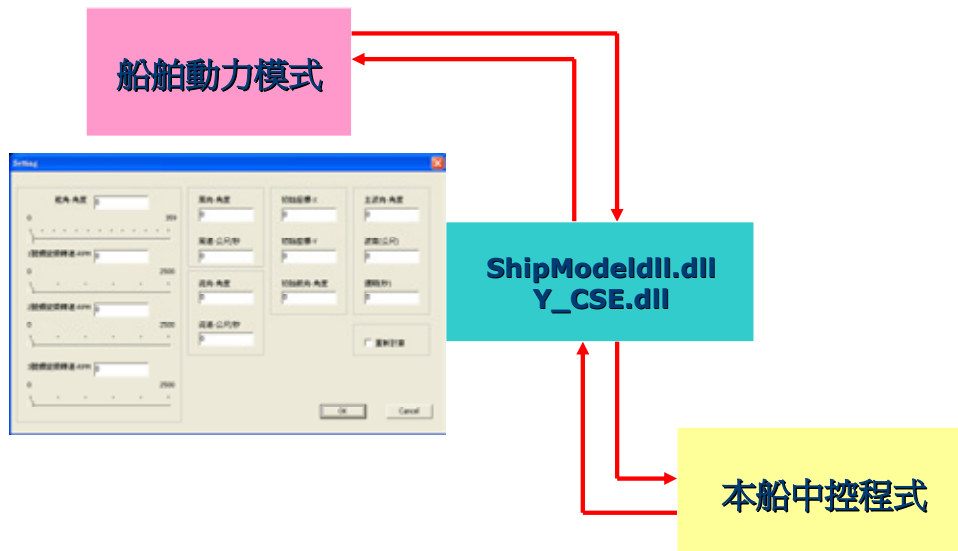


圖 6.2 ShipModel 程式庫系統架構圖

Visual Basic 6 船模動力模式設計者，可以使用這套程式庫與船舶操縱模擬系統的中央控制程式連線，完成下列各項工作：

1. 透過網路與船舶模擬系統的本船中控程式連線(圖 6.3)

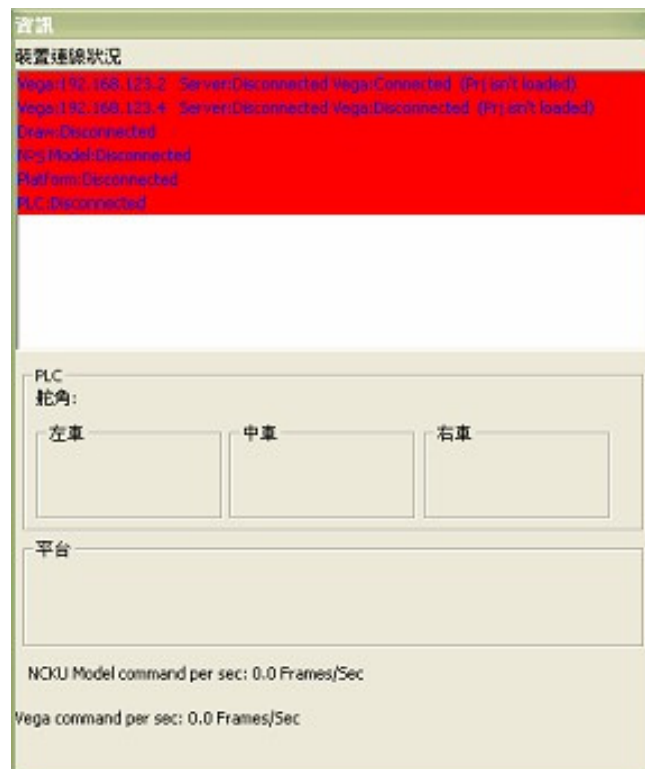


圖 6.3 本船控制程式連線畫面

2. 透過網路取得由本船中控程式所傳來，由教官台所指定的初始位置與航向。

3. 透過網路取得由本船中控程式所傳來，模擬期間由本船仿真儀表控制程式傳給本船中控程式的下列各項參數
 - ✚ 由操控者所改變的舵令與俾令(最多可達三俾)
 - ✚ 風向，風速，主波向(Wave Direction)，波高(Wave Height)，週期(Wave Cycle)，流向，流速等由教官台所改變的環境參數
4. 將模式計算結果，透過網路傳給本船中控程式
 - ✚ 船位(PosX,PosY,PosZ), Heading, Pitch, Roll
 - ✚ 船的三軸速度(SpX, SpY, SpZ)，角速度(SpH, SpP, SpR)
 - ✚ 船的舵角(Rudder Angle)，螺旋槳轉速(Prop Speed)
5. 離線測試模組，如圖 6.4 所示

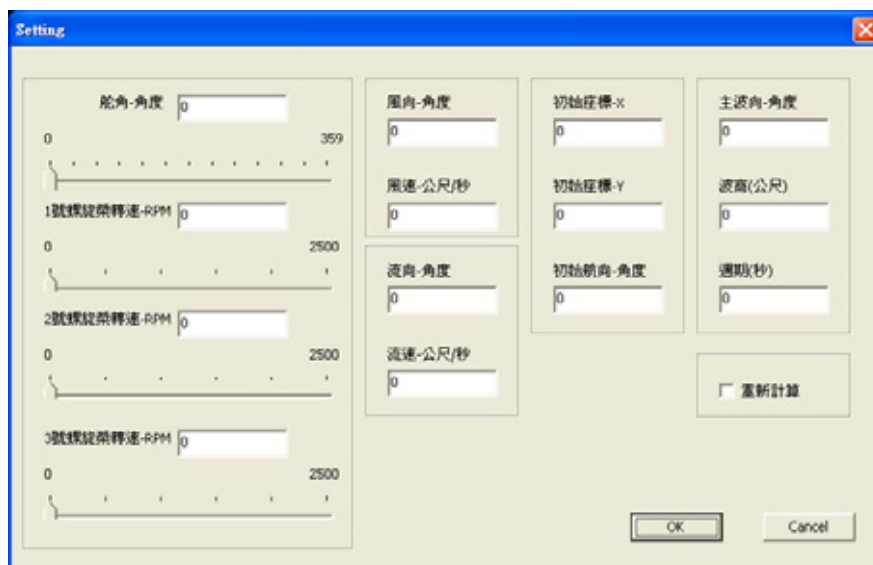


圖 6.4 離線測試畫面

6.1.2 程式庫使用方法 (Visual Basic 6)

開啟光碟所附 VB6 專案 Ship_simulation.vbw 開啟後，如圖 6.5 所示

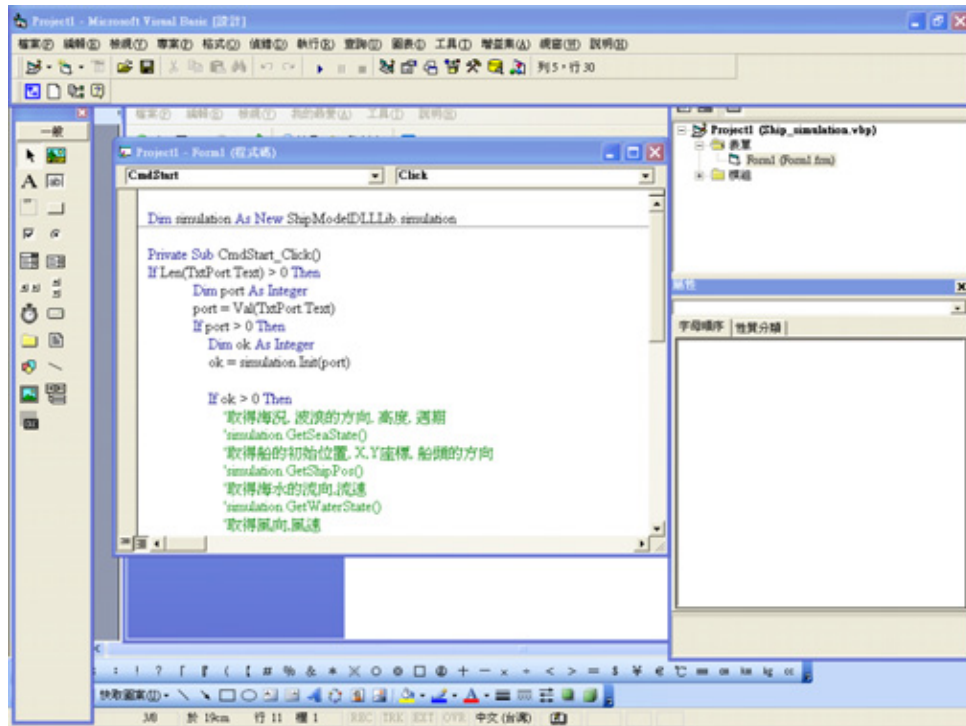


圖 6.5 專案開啟畫面

選取「專案」→「設定引用引用項目」→「瀏覽」即開啟新增引用項目，如圖 6.6 所示

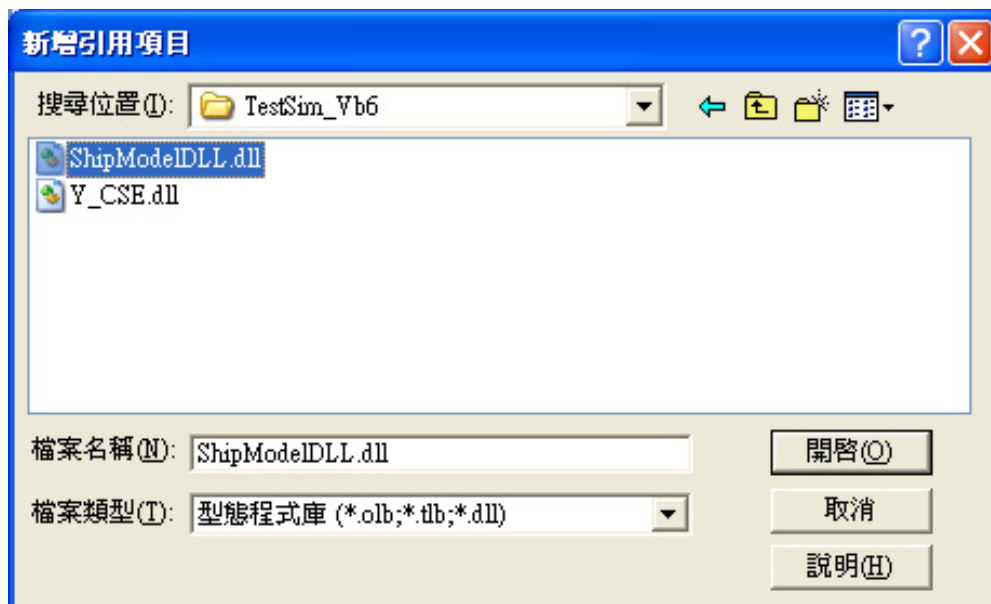


圖 6.6 開啟新增引用項目畫面

選取【ShipModeDLL.dll】程式庫後選擇「開啓」，回至設定引用項目如圖 6.7 所示，並勾選『ShipModeDLL 1.0 型別程式庫』，按下「確定」後即可執行該專案。



圖 6.7 設定引用項目畫面

執行結果如圖 6.8 所示：



圖 6.8 範例程式主畫面

按下「啟動」按鈕後進入程式庫模組，如圖 6.9 所示：

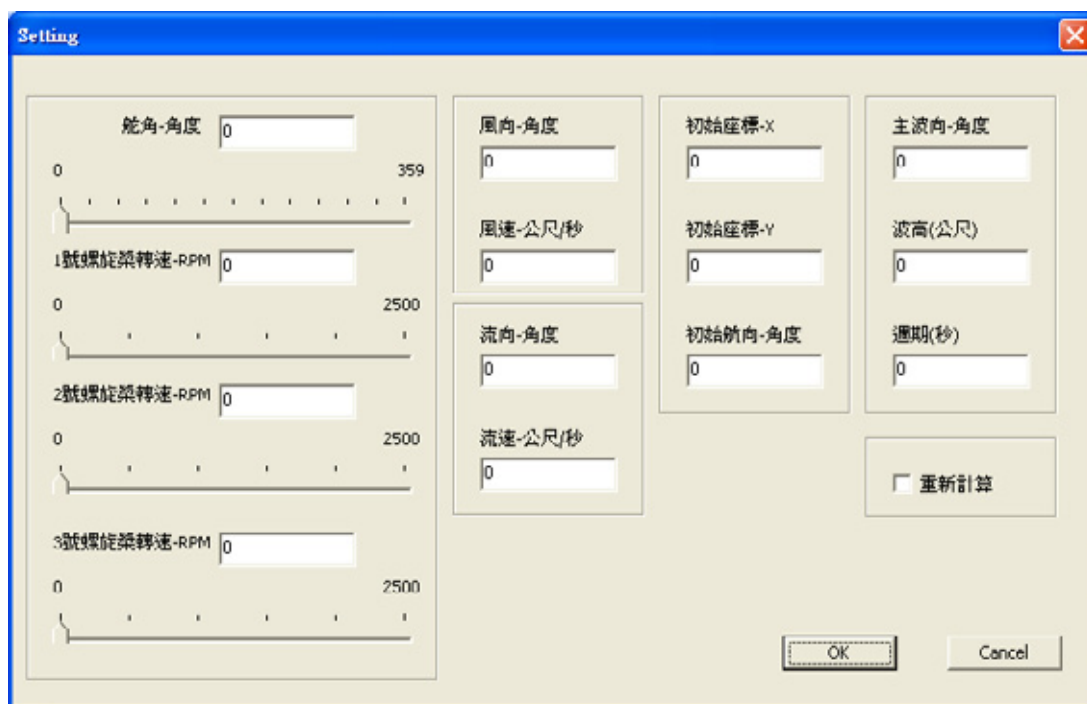


圖 6.9 程式庫模組畫面

6.1.3 程式庫函數

Init

描述：

這個方法是傳入連接埠的號碼並建立連線，傳回數判斷是否連線成功。

Syntax	Value=[form]. simulation .Ini(Long)
Data type	Integer
Access	Read only

GetSeaState

描述：

這個方法是取得海況、波浪的方向、高度與週期。

Syntax	Value=[form]. simulation .GetSeaState
Data type	Integer
Access	Read only

GetShipPos

描述：

這個方法是取得船的初始位置、X，Y 座標、船頭的方向。

Syntax	Value=[form]. simulation . GetShipPos
Data type	Integer
Access	Read only

GetWaterState

描述：

這個方法是取得海上的流向與流速。

Syntax	Value=[form]. simulation . GetWaterState
Data type	Integer
Access	Read only

GetWindState

描述：

這個方法是取得目前的氣象狀況包含有風向與風速。

Syntax	Value=[form]. simulation . GetWindState
Data type	Integer
Access	Read only

GetShipState

描述：

這個方法是取得目前船隻舵的方向以及三支螺旋槳的轉速資料。

Syntax	Value=[form]. simulation . GetShipState
Data type	Integer
Access	Read only

SendShipMotion

描述：

這個方法是送出目前船艦的位置座標以及船隻的行進方向。

Syntax	[form]. simulation . GetShipState(X,Y,Z,Heading,Pitch,Roll)
Data type	Integer
Access	Write only

SendShipRPM

描述：

這個方法是送出目前船艦的舵向以及三支螺旋槳的轉速。

Syntax	[form]. simulation . SendShipRPM
Data type	Integer
Access	Write only

SendShipSpeed

描述：

這個方法是送出目前船艦加速度其中包括有 X 的加速度、 Y 的加速度、Z 的加速度、Head 的加速度、Pitch 的加速度、Roll 的加速度。

Syntax	[form]. simulation . SendShipSpeed
Data type	Integer
Access	Write only

整理如表 6.2 所示。

表 6.2 程式庫函數

項次	函數	說明
1	Init(<i>expression</i>)	建立連線， <i>Expression</i> 為 Port No.
2	GetSeaState	取得海況，包含有波浪的方、高度、週期
3	GetShipPos	取得船的初始位置、X，Y 座標、船頭的方向
4	GetWaterState	取得海上的流向、流速
5	GetWindState	取得風向、風速
6	GetShipState	取得舵的方向及三支螺旋槳的轉速
7	SendShipMotion	船艦的(X,Y,Z 座標,Heading,Pitch,Roll)
8	SendShipRPM	舵向,三支螺旋槳的轉速
9	SendShipSpeed	加速度, X 的加速度, Y 的加速度, Z 的加速度, Head 的加速度, Pitch 的加速度, Roll 的加速度

6.2 船舶操縱模擬系統流程

1. 教官台載入專案。如圖 6.10。

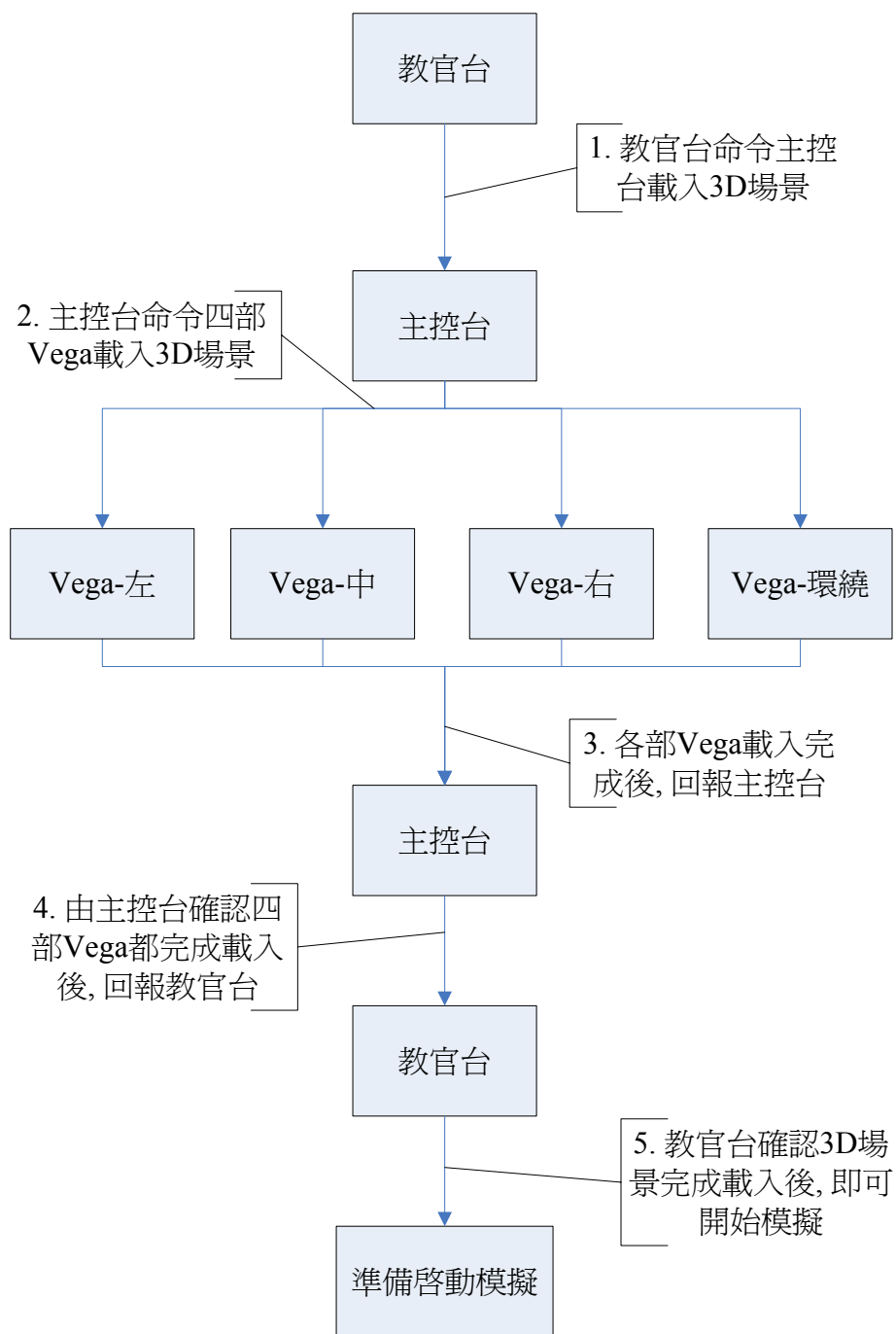


圖 6.10 教官台載入流程

2..教官台啟動模擬。如圖 6.11。

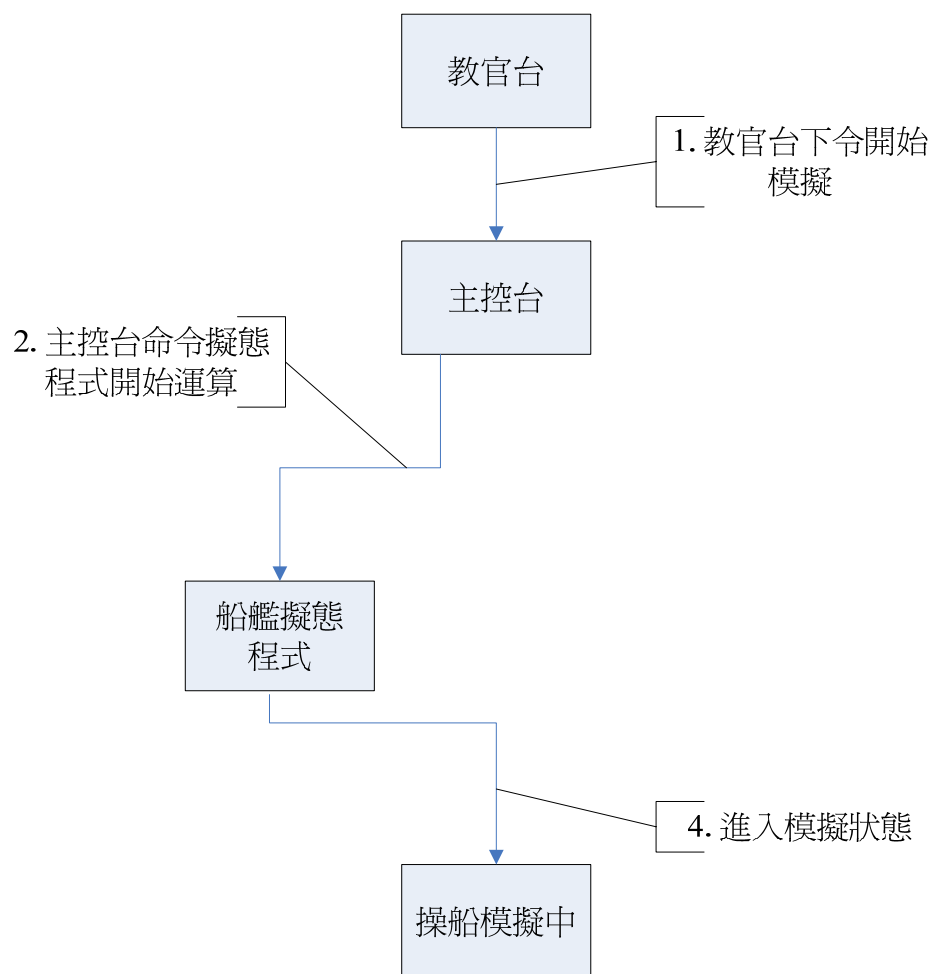


圖 6.11 教官台啟動模擬流程

3. 操船模擬進行中。如圖 6.12。

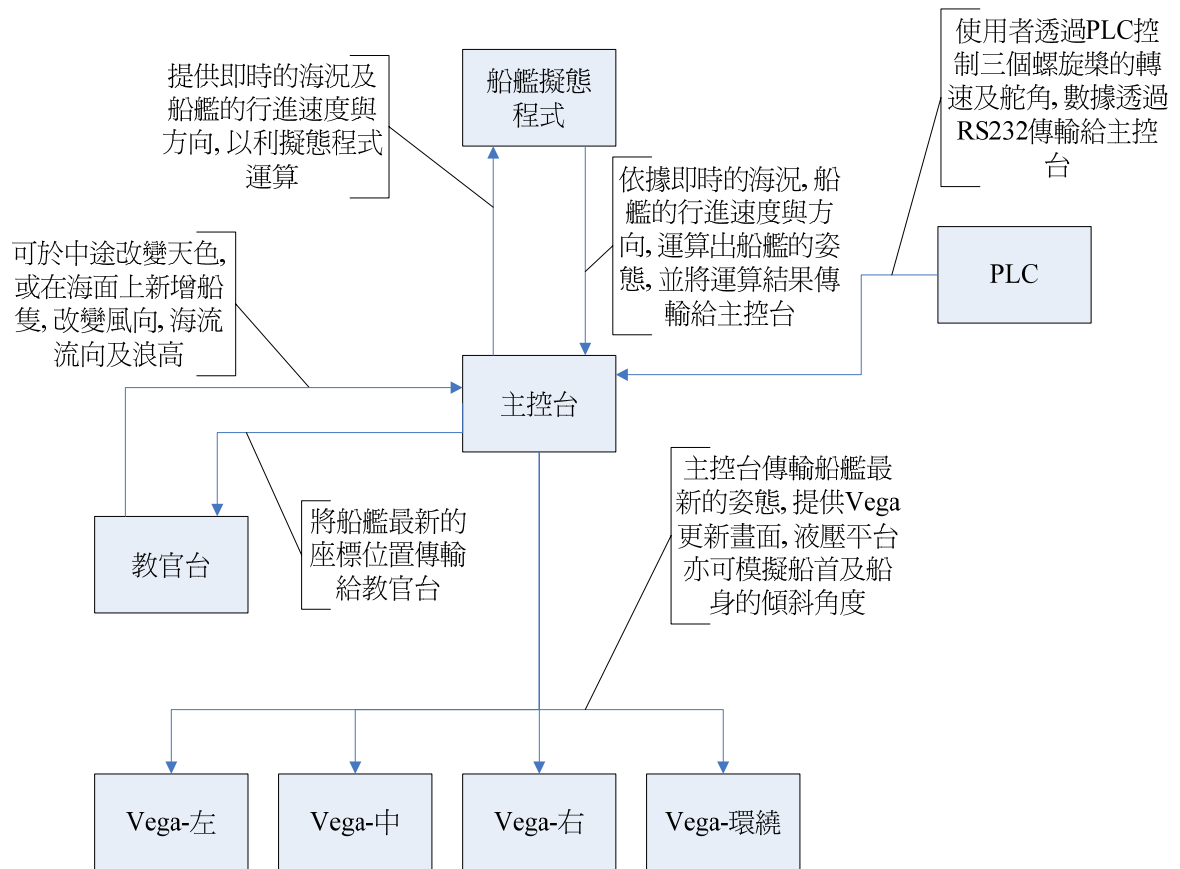


圖 6.12 操船模擬進行流程

4.結束模擬 – 教官台下令停止。如圖 6.13。

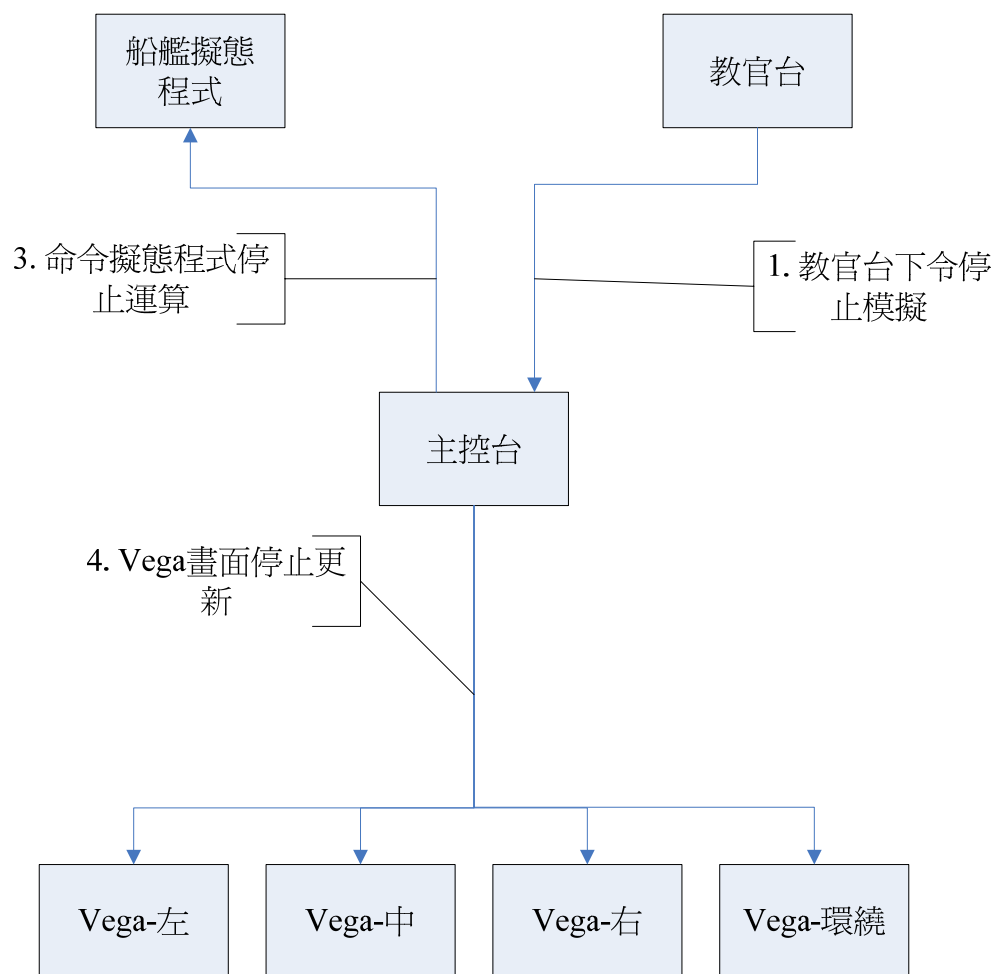


圖 6.13 結束模擬－教官台下令停止流程

5.結束模擬 – 擬態程式下令停止。如圖 6.14。

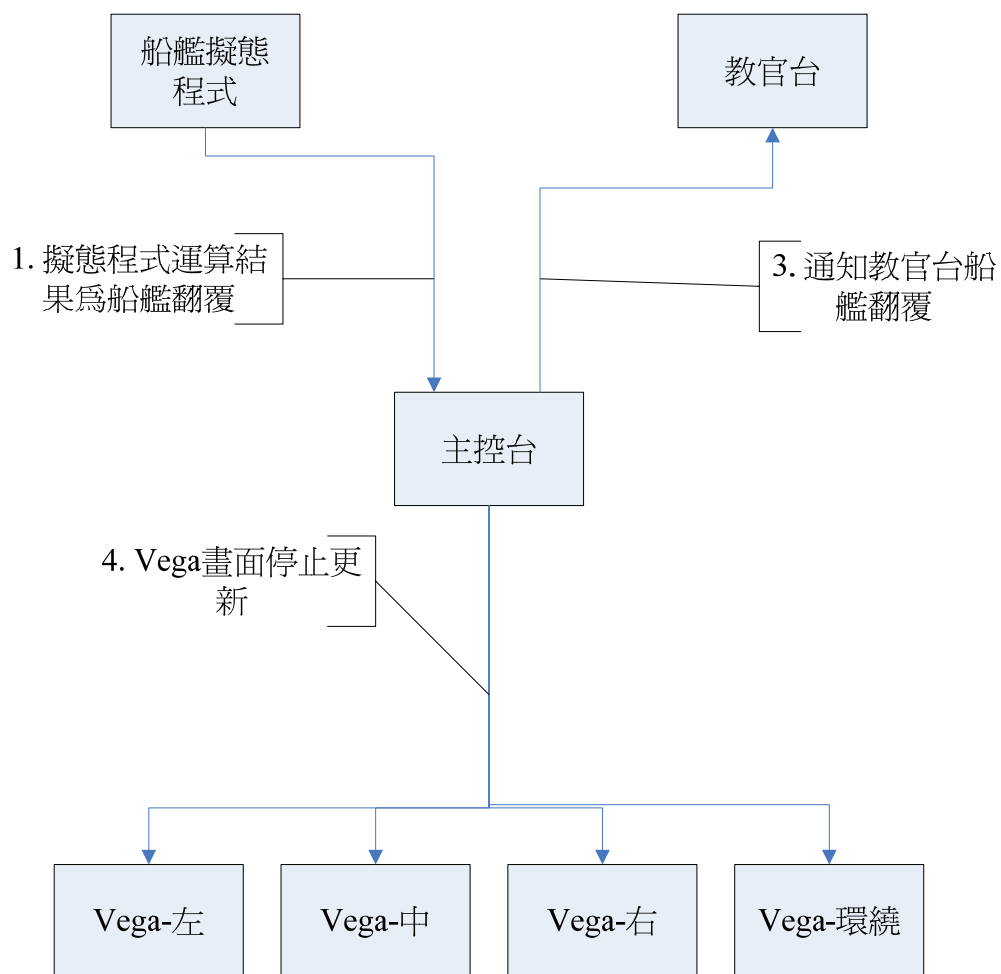


圖 6.14 結束模擬-擬態程式下令停止流程

6.結束模擬 – 船艦與海岸或海面船隻碰撞。如圖 6.15。

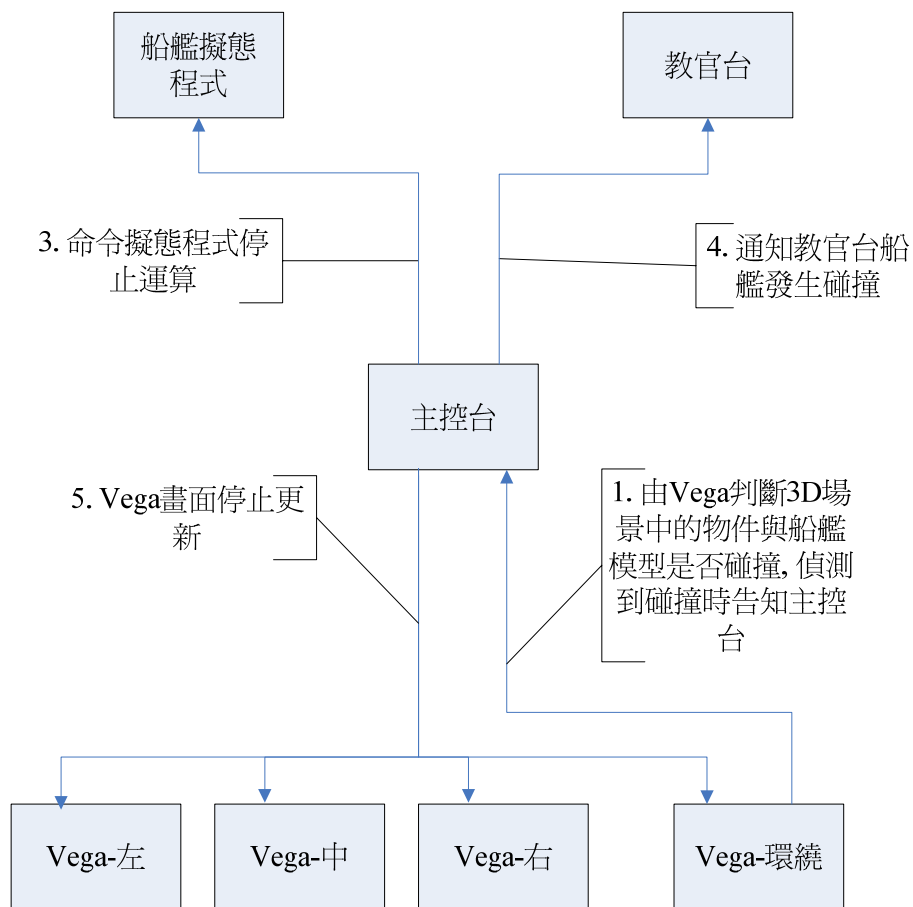


圖 6.15 結束模擬 – 船艦與海岸或海面船隻碰撞流程

6.3 船舶操縱模擬系統硬體規劃

本研究案規劃利用交通部運輸研究所港灣研究中心(以下簡稱本中心)辦公大樓五樓研究室 (現有場地尺寸示意如圖 6.16 所示)，設置「船舶操縱模擬器視景展示系統」(以下簡稱本系統)乙座，其主系統完成後參考外觀如圖 6.17(僅供參考)。藉由本系統的採購可以協助本中心建立一套完整可行的操船模擬器設備，且對於相關船舶運動數值模式之研究亦可從實際操作中得到模擬驗證，完成後將可加速達成台灣海域航安與管理電子化之目標。

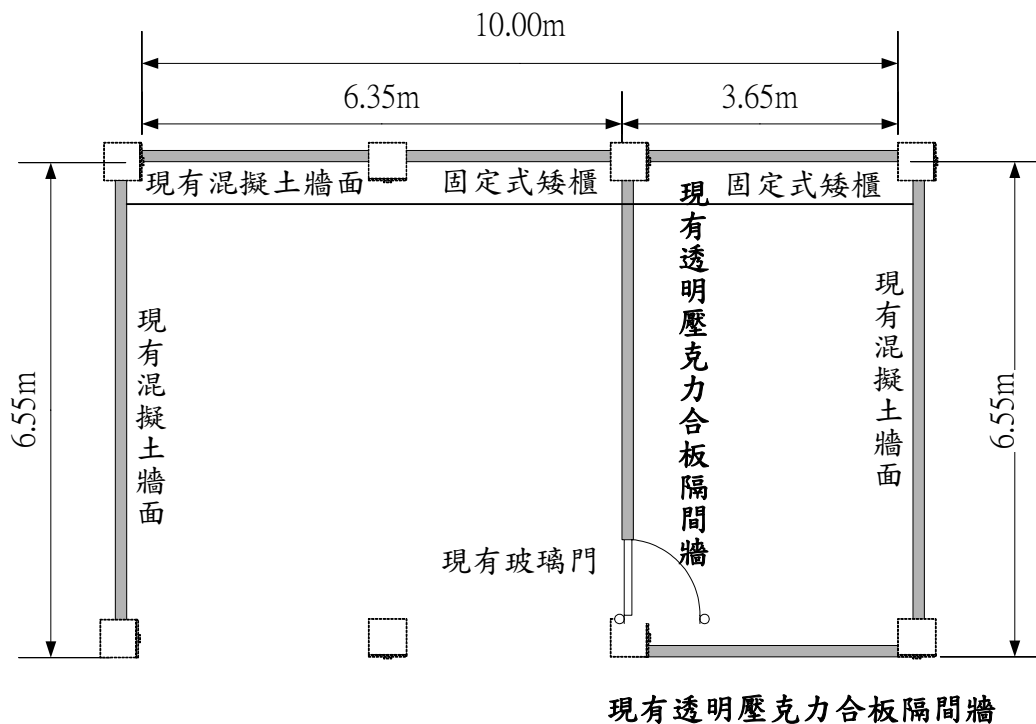


圖 6.16 現有場地尺寸示意



圖 6.17 主系統完成後參考外觀

6.3.1 整體配置與主要組件

本視景展示系統整體配置如圖 6.18 所示，採購主要項目計有：

- 一、 船橋模擬艙乙組
- 二、 船舶操控系統乙組
- 三、 海景視效投影系統乙組
- 四、 本船中央控制系統乙組
- 五、 多船控制系統及教官台乙組
- 六、 散熱冷房及不斷電系統乙組
- 七、 現有場地整修及隔間乙式

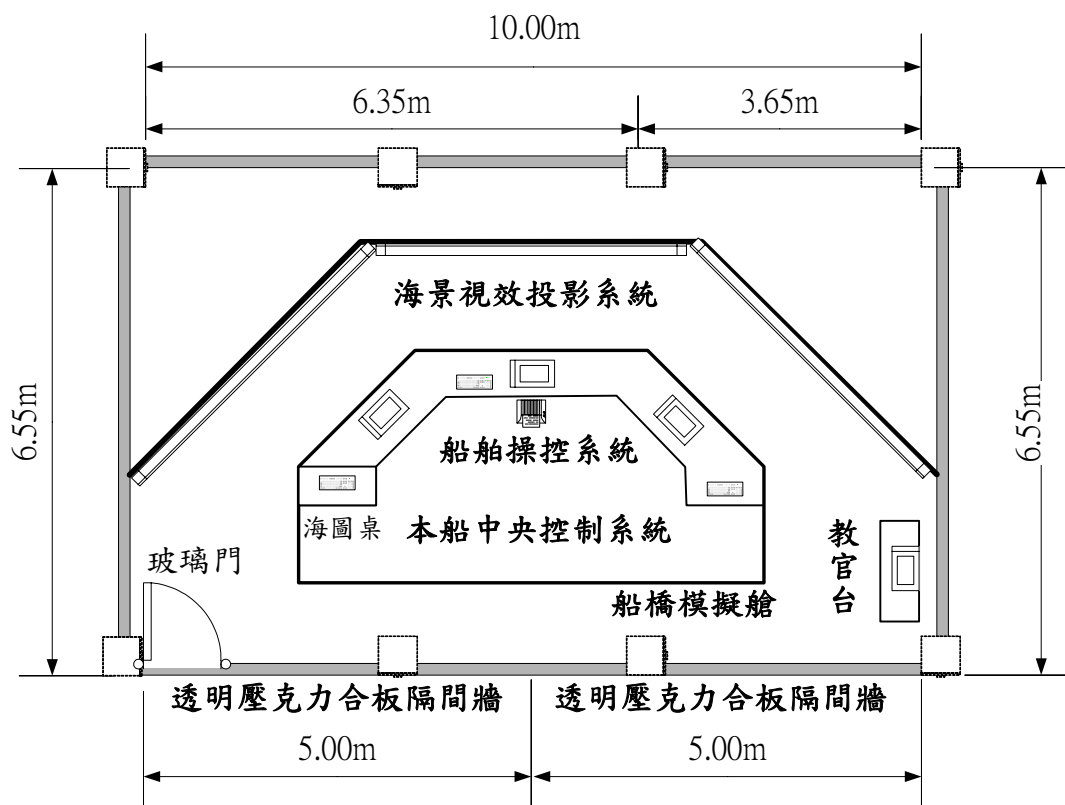


圖 6.18 船舶操縱模擬器視景展示系統整體配置

6.3.2 規格設計

一、船橋模擬艙

1. 船橋模擬艙利用現有場地模擬船舶內部裝設，為一密閉艙間(艙間內部可以不包括地板)，需包括人員進出之艙門，及各項仿真儀表設施。船艙高度不得高於本中心現有場地之輕剛架屋頂高度，需能容納船舶操控系統於其中，至少須有 145 度以上(含)視野的窗戶，模擬艙體配置參考圖 6.16、圖 6.17 及圖 6.18 規劃設計。
2. 模擬艙本身需為可拆裝式，完工後需附組裝說明書，並完成本中心人員拆裝訓練。拆卸後各單一組件，須能進入本中心研究大樓電梯，以利後續搬運。

3. 模擬艙內裝設數位攝影機，可將操作人員操作情形傳送至教官台，教官台須裝設擴音設備，利於指示操作人員。

二、船舶操控系統

1. 船舶操控系統需設置「操縱主控台」上，主控台則設置於「船橋模擬艙」內，主控台之材質為金屬，大小需能包括船舶操控系統之各項設備(尺寸及外觀參考如圖 6.16、圖 6.17 及圖 6.18 規劃，細部規格由廠商自行設計)。主控台高度需與模擬艙視景窗高度配合，不可遮住視景窗致使操作人員無法在船艙內看到海景視效。
2. 「操縱主控台」至少需包括「船舶操縱設備」、「船舶動力系統狀態顯示設備」、「海圖桌」等空間，並預留未來本中心擴充「電子海圖」與「雷達顯示器」兩模組之空間。
3. 「船舶操縱設備」至少包括兩個「船舶動力推桿」、一個「船舶方向舵」(仿真外觀如圖 6.19 所示)。「船舶操縱設備」需以「可程式邏輯控制器(PLC)」整合，並能以個人電腦控制傳送至「本船中央控制系統」之中央控制程式，再由中央控制程式將「船舶操縱設備」之實體訊號與本中心現有船舶動力系統軟體所需之舵令與俾令整合。另提供個人電腦及 15 吋 LCD 彩色 TFT 嵌入面板型液晶顯示器，顯示輪控資訊內容，其規格需能執行本中心之多船操縱模擬系統軟體，並提供滑鼠軌跡球內嵌於主控台上。

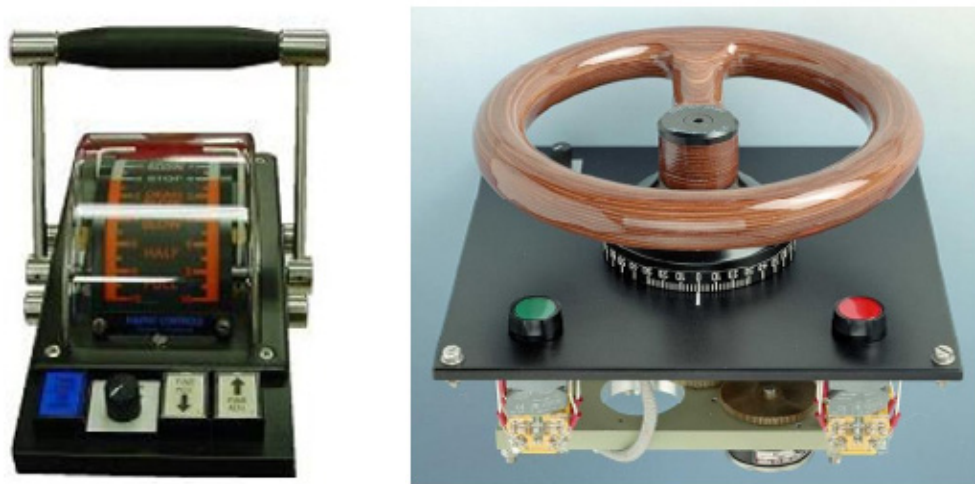


圖 6.19 船舶動力推桿及方向舵仿真外觀

4. 「船舶動力系統狀態顯示設備」需包括「主機轉速錶」、「大軸轉速錶」、一個 5.7 吋 LCD 彩色 TFT 人機介面，可供顯示航速航向，一個 10.4 吋 LCD 彩色 TFT 人機介面，可輸入選擇顯示不同狀態下的主機與輪控資訊。
5. 主控台左方為可放置 A0 海圖紙之海圖桌。主控台右方放置一個 15 吋 LCD 彩色 TFT 嵌入面板型液晶顯示器，可顯示電子海圖，其右方預留一個可安裝 15 吋 LCD 彩色 TFT 嵌入面板型液晶顯示器大小位置，可供本中心未來擴充使用。廠商須提供個人電腦乙套，其規格需能執行本中心之電子海圖顯示系統。
6. 電子海圖系統所採用之個人電腦基本配備須具中央處理器(Intel Core 2 Duo E4400)、主記憶體(DDR2 1G)、硬碟(SATA-250GB)、顯示卡(NVIDIA GeForce 7300LE)、光碟燒錄機(DVD SuperMulti)、內建網路介面(10/100 Mbps)、內建音效卡(HD)、鍵盤滑鼠組、擴充槽(PCI Express (x16)1 組, PCI Express (x1)1 組, PCI 2 組)、RS232 序列埠(1 組)、USB2.0 通用埠(2 組)、電源供應器(350W)、作業系統為 Windows XP PRO 規格以上。

三、海景視效投影系統

1. 海景視效投影系統含四個投影設備（三個本船投影機，一個外部觀察者大型液晶螢幕），須包括投影機、3D 海景視效顯示用電腦、投影布幕、場地隔間(含觀景透明窗)與冷房設備等。
2. 投影機解析度至少 1024*768(含)，亮度至少 4000 流明以上(含)，包括投影機固定安裝，三台投影機之間色差宜不宜過大。投影系統需要配合場地及模擬艙大小調整，正確的將 3D 海景視效投影於布幕上，並可由模擬艙內部看見整個海景視效。
3. 投影布幕須圍繞於模擬艙外部，讓模擬艙內部可視範圍達 120~145 度之間。投影布幕須以硬質背板固定，以避免布幕晃動，影響模擬效果。硬質背板需為可拆裝式，每單一背板拆卸後，須能進出本中心研究大樓電梯，以利本中心人員搬運。
4. 3D 海景視效顯示電腦須能夠正常顯示本中心現有之海景視效系統軟體(美國 Multigen-Paradigm 公司之 Vega 即時模擬系統或美國 PolygonWorks 公司的 Quest 3D 虛擬實境模擬系統)，每台投影機須介接個人電腦即時顯示。另外須以一台電腦主機搭配 27 吋以上(含)液晶螢幕，於模擬艙外部顯示環場效果。
5. 本系統共需 4 台個人電腦，所採用之個人電腦基本配備須具中央處理器(Intel Core 2 Duo E4400)、主記憶體(DDR2 1G)、硬碟(SATA-250GB)、顯示卡(NVIDIA GeForce 7300LE)、光碟燒錄機(DVD SuperMulti)、內建網路介面(10/100 Mbps)、內建音效卡(HD)、鍵盤

滑鼠組、擴充槽(PCI Express (x16)1 組, PCI Express (x1)1 組, PCI 2 組)、RS232 序列埠(1 組)、USB2.0 通用埠(2 組)、電源供應器(350W)、作業系統為 Windows XP PRO 規格以上。

四、本船中央控制系統

1. 操作人員使用本系統「船舶操控系統」操控之舵令與俥令、船舶動力模式之船舶動態以及四個海景視效系統之船舶運動姿態等各項資訊，均需以中央控制系統所採用之個人電腦透過網路系統集中管理，並以專屬電腦執行此系統。中央控制系統程式需能透過網路或 RS-232c，讀取 PLC 傳送之「船舶操控系統」操控之舵令與俥令。
2. 中央控制系統程式需能提供以 FORTRAN 或 VB 程式語言設計之船舶動力模式所需之程式庫，使其能在網路上即時傳送動力模式所計算之船舶動態，需包括程式庫與程式設計手冊。本中心現有「艦船動力模式」具有時間管理功能，模式接受中央控制系統程式之俥令與舵令後會依據不同電腦系統效能，自動調控所有積分計算時間，中央控制系統程式必須於固定時間內接收該「艦船動力模式」所輸出的計算船位與姿態，分送給各項子系統使用。
3. 本中心現有「艦船操控模擬系統」中之 3D 海景視效採用美國 Multigen-Paradigm 公司之 Vega 即時模擬系統或美國 PolygonWorks 公司的 Quest 3D 虛擬實境模擬系統。二者包括完整的 C 語言應用程式介面，並支援海洋環境特效。中央控制系統程式透過網路接收「艦船動力模式」所輸出的計算船位與姿態後，必須即時將

3D 海景視效系統中之觀察者移動至該船位位置，並可依據姿態動態產生視景晃動。海景視效投影系統採用四個投影設備（三個本船投影機，一個外部觀察者大型液晶螢幕），故中央控制系統程式在每一次移動船位必須同時移動不同電腦上的船舶位置。

4. 中央控制系統程式需能即時監控各項模組之狀態，俟所有模組或子系統皆備便後，才能由教官台下達開始模擬指令。廠商需提供一台「中央控制系統程式」專屬電腦，其規格至少需能執行本中心之現有控制系統軟體。
5. 本系統所採用之個人電腦基本配備須具中央處理器 (Intel Core 2 Duo E4400)、主記憶體(DDR2 1G)、硬碟 (SATA-250GB)、顯示卡(NVIDIA GeForce 7300LE)、光碟燒錄機(DVD SuperMulti)、內建網路介面 (10/100 Mbps)、內建音效卡(HD)、鍵盤滑鼠組、擴充槽(PCI Express (x16)1 組, PCI Express (x1)1 組, PCI 2 組)、RS232 序列埠(1 組)、USB2.0 通用埠(2 組)、電源供應器(350W)、作業系統為 Windows XP PRO 規格以上。

五、多船控制系統及教官台

1. 教官台分為硬體設備與教官台功能模組兩部份，硬體設備的主要目的在集中各項資訊設備，以利模擬系統啟動與管理，其教官台外觀示意圖如圖 6 所示。

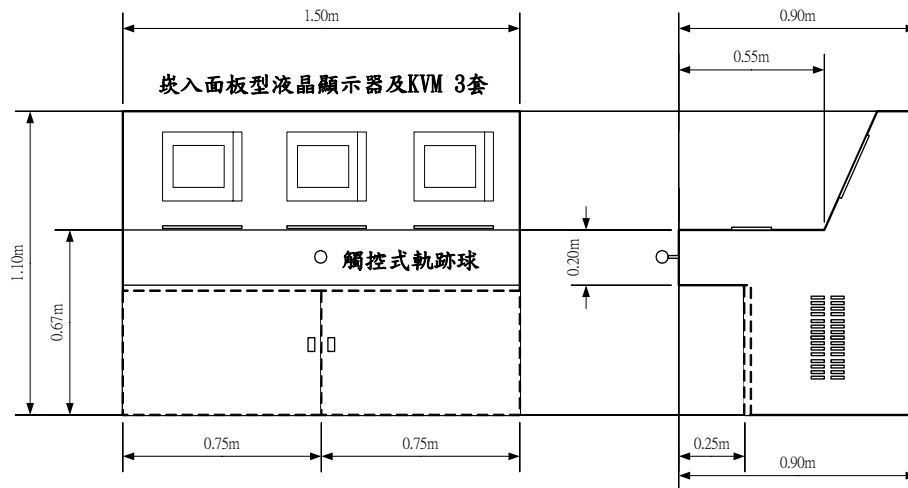


圖 6.20 教官台外觀示意

2. 硬體設備包含一個資訊桌，其大小需能容納所有電腦設備。教官台資訊桌上鑲有三組 15 吋 LCD 彩色 TFT 嵌入式面板型液晶顯示器，一個觸控式軌跡球與三套 KVM，負責控制所有電腦設備，其規格至少需能執行本中心現有之多船控制系統軟體。廠商需負責所有視訊延長線佈線所需線材及施工，視訊分配器安裝與測試，網路佈線所需線材及施工，Switch Hub 安裝與內部網路設定與測試。
3. 教官台資訊桌本身需為可拆裝式，完工後需附組裝說明書。拆卸後各單一組件，需能進出本中心研究大樓電梯，以利後續搬運。
4. 教官台功能模組為配合教官台硬體設備與「本船中央控制系統」。教官台功能模組須具有快速切換選擇 5 個（數量由本中心決定）以上（含）預儲模擬場景專案功能，以利本中心展示「船舶操控模擬系統」功能與平常訓練所需。預儲模擬場景專案是指事先定義的各項模擬參數，可讓本中心自行定義、儲存、設定優先順序與修改內容，優先順序最高的 5 個預儲模擬場景

專案，可與教官台硬體設備快速選擇按鈕連線，教官台可隨時終止現有模擬場景，開始新的模擬場景。

預儲模擬場景專案內包括下列各項模擬參數：

- A. 模擬港口：從現有港灣資料庫內選擇模擬港口。
- B. 本船啟始位置。
- C. 模擬開始自然環境初始狀態。
- D. 港灣內停泊船隻船型、數量與位置。
- E. 模擬場景內運動中船隻船型、數量、啟始位置與運動參數（航線、速度）
- F. 模擬期間的自然環境變化，包括風、浪、流、日夜晨昏與可見度。

- 5. 教官台所採用之個人電腦須具有自然環境主控功能，可動態改變模擬期間的自然環境變化，包括風（風速、風向）、浪（海象 1-6 級）、流（流速、流向）、日夜晨昏與可見度。
- 6. 可紀錄與回播模擬經過，製作成播放檔，以利離線觀看、評估與分析。並紀錄學員姓名、模擬日期、模擬場景參數、模擬過程航跡等資訊。
- 7. 廠商需提供個人電腦乙台，其規格至少需能執行本中心之現有控制系統軟體。
- 8. 本系統所採用之個人電腦基本配備須具中央處理器 (Intel Core 2 Duo E4400)、主記憶體(DDR2 1G)、硬碟 (SATA-250GB) 、顯示卡(NVIDIA GeForce 7300LE)、光碟燒錄機(DVD SuperMulti)、內建網路介面 (10/100 Mbps)、內建音效卡(HD)、鍵盤滑鼠組、擴充槽(PCI Express (x16)1 組, PCI Express (x1)1 組, PCI 2 組)、RS232 序列埠(1 組)、USB2.0 通用埠(2 組)、電源

供應器(350W)、作業系統為 Windows XP PRO 規格以上。

六、冷房及不斷電系統乙組

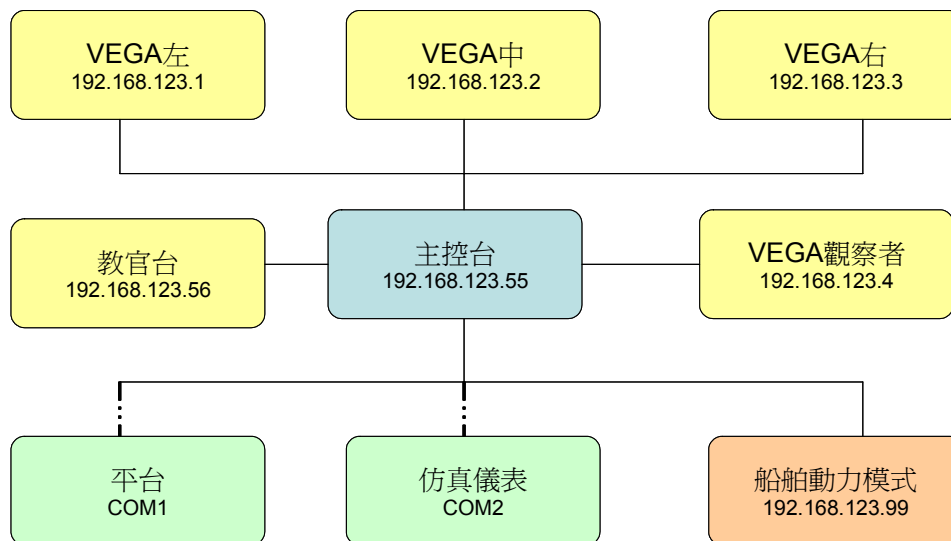
1. 本系統必需裝設分離式冷房設備(冷房效能至少 90000 Kcal/hr 以上)及其室內外配線，於正常室溫 25℃ 下至少需能連續運作達 8 小時，操作期間不得有跳電或過熱情形發生。
2. 廠商需依本系統之總耗電量計算所需電源功率，並提供足夠之電力配線，電力配電箱位置由本中心指定後安裝。
3. 廠商需提供在線式(on line)不斷電系統(UPS 6000W 以上)，並完成其與主系統間之配線與組裝測試。

七、現有場地整修及隔間

1. 現有場地內部透明壓克力合板隔間牆拆除，天花板輕鋼架接縫部分重新補強。
2. 拆除後之透明壓克力合板隔間牆舊料可以再利用，作為現有場地與走道間之透明壓克力合板隔間牆使用，新建之隔間牆外觀應力求與舊有隔間牆一致。

6.4 船舶操縱系統裝設流程說明

簡易流程



主控台(192.168.123.55)→教官台(192.168.123.56)
→船舶動力模式(192.168.123.99)
→Vega 中(192.168.123.2)
→觀察者(192.168.123.4)

一、主控台

主控台預設 IP 位置為 192.168.123.55

資料夾中有三個執行檔

1. CenterCom_Eng.exe→主控台英文介面，執行此檔案即可。



第一行：Vega 中

紅色為未連結

淡紅色為已連結等待中

淡綠色為 Vega 已啟動

綠色為 Loading OK

第二行：Vega 觀察者

紅色為未連結

淡紅色為已連結等待中

淡綠色為 Vega 已啟動

綠色為 Loading OK

第三行：教官台

紅色為未連結

綠色為 Loading OK

第四行：船舶動力模式

紅色為未連結

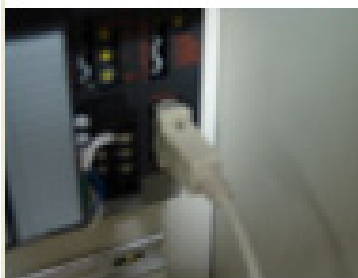
綠色為 Loading OK

第五行：液壓平台(尚未有此裝置)

第六行：PLC(相關說明如下圖)

紅色為未連結

綠色為 Loading OK



PLC 內部裝設位置



PLC 外部與主控台裝設位置

	Step1.插電 Step2.將 PLC 內外插座接上(如上圖所示) Step3.選擇三車模式，並按確定 Step4.執行主控台程式等待 注意：a.PLC 須為 RUN 狀況 b.前面跳線接頭須裝上 (預設插於 COM2)
舵輪與車令	

2. CenterCom.exe：主控台中文介面，與 CenterCom_Eng.exe 擇一執行即可。

3. PLC.exe：PLC 測試(按 Open 開始執行)



4. config.cfg

有任何更動可於此修改。

ex.如無觀察者可用雙斜線 // 將該行取消

//[Vega]=192.168.123.4:2501, 2001, 2101
alsjdlfljldkjf9018723c123[ad@!23412#\$1
[Cmder]=192.168.123.56:3500
[Model]=192.168.123.99:4100
[PLC]=COM2
[Platform]=COM1
[Vega]=192.168.123.2:2501,2001,2101*
[Vega]=192.168.123.4:2501,2001,2101

二、Vega 中

預設 IP 位置為 192.168.123.2

執行位置：C:\2005AirShow\實驗室 Vega 控制程式\
VegaServer.exe

三、Vega 觀察者

預設 IP 位置為 192.168.123.4

執行位置：C:\2005AirShow\實驗室 Vega 控制程式\
VegaServer.exe

Ps.此資料夾之 adf 檔由 Vega 中修改而來。

四、教官台

預設 IP 位置為 192.168.123.56

執行位置：C:\教官台\Draw_沒有接平台.exe

[註] Draw.exe 為接液壓平台時執行。

五、船舶動力模式

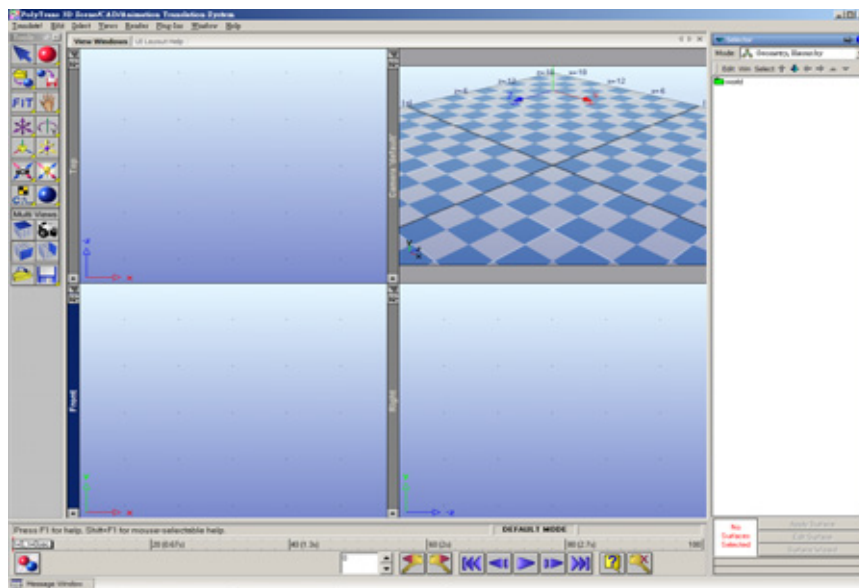
預設 IP 位置為 192.168.123.99

執行位置：C:\船模_FACG60\ ModelServer.exe

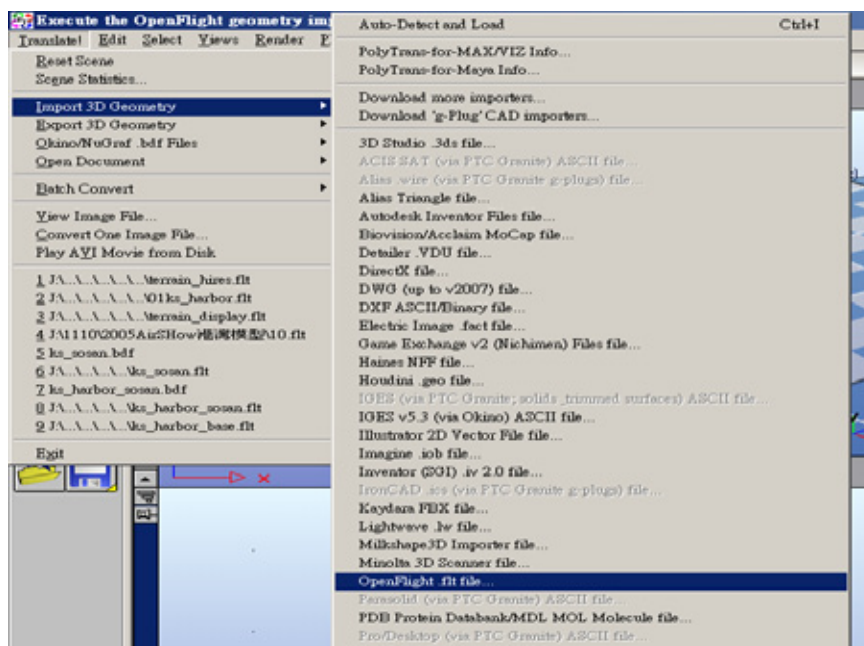
6.5 Open Flight 視景模型轉換

在 Vaga 軟體中 3D 模型是使用 OpenFlight 之檔案格式，若要在 Quest3D 使用須轉成其支援個格式。目前支援 3D 模型格式轉換可使用 PolyTrans 軟體工具為之，將 OpenFlight 檔案格式轉成 3D Studio 檔案格式，再匯入 Quest3D。其步驟如下：

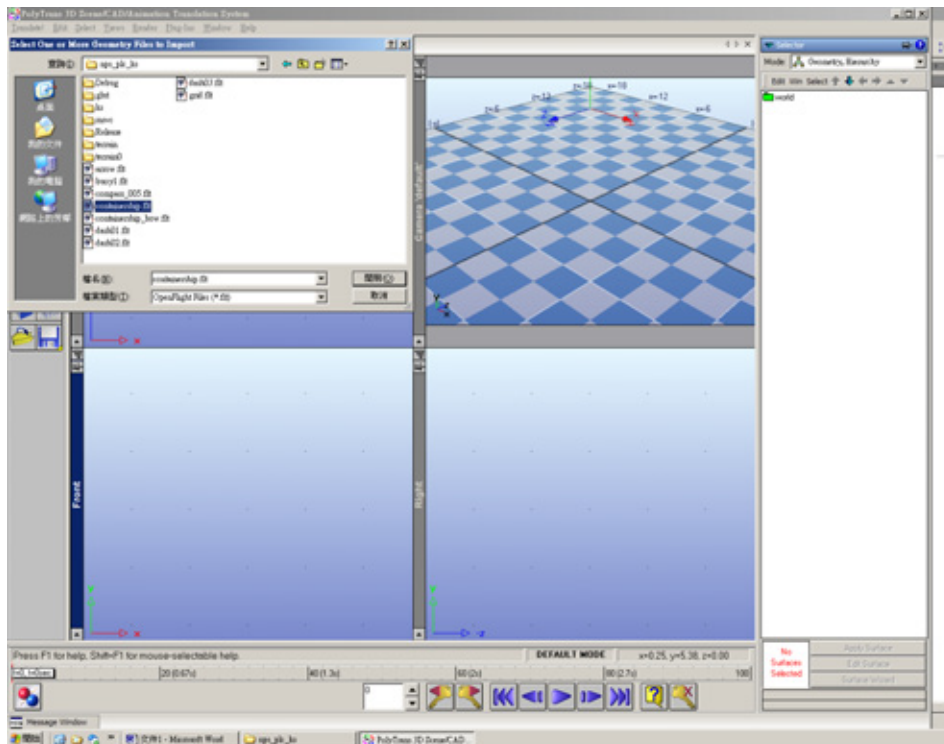
1. 開啟 PolyTrans



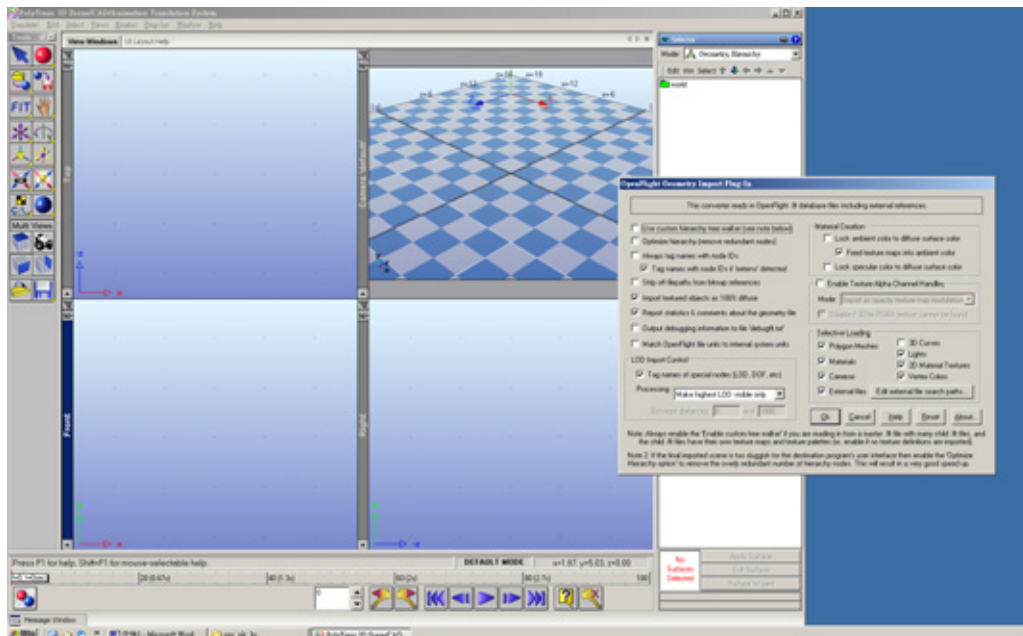
2. 匯入欲轉換之檔案 <Import 3D Geometry/OpenFlight>



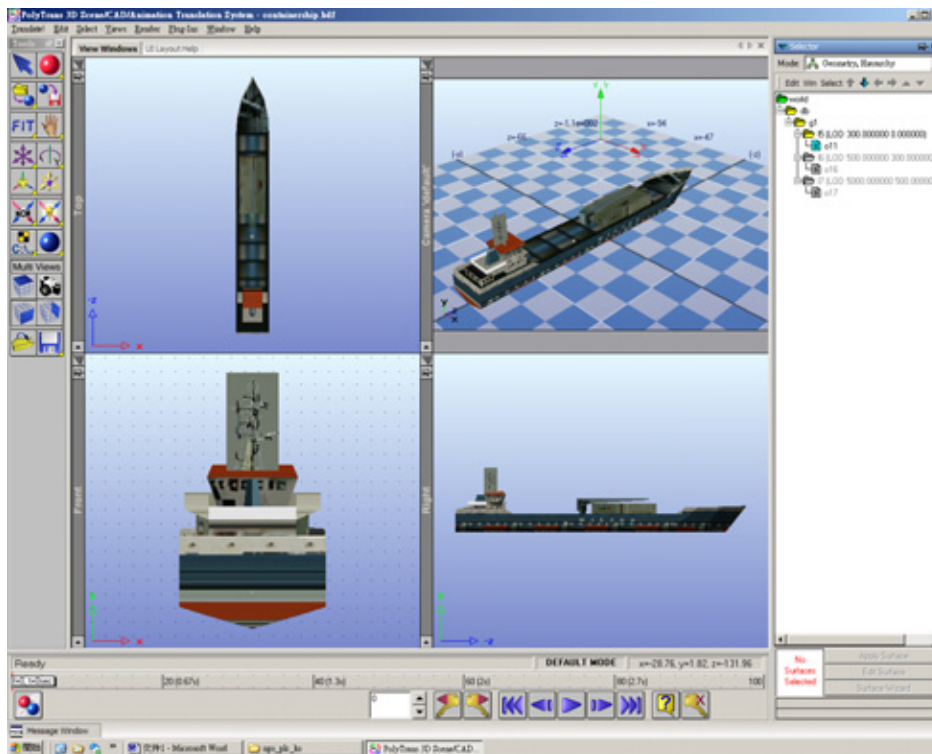
3. 選擇欲匯入之檔案



4. 跳出視窗後,即選擇 OK.

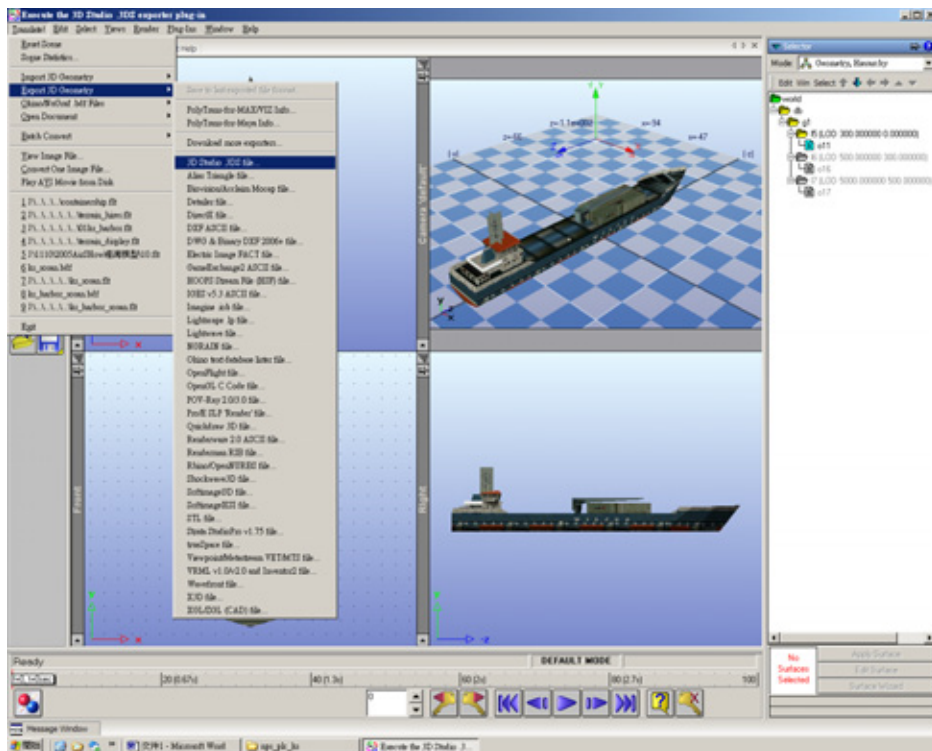


5. 即將檔案匯入 PolyTrans

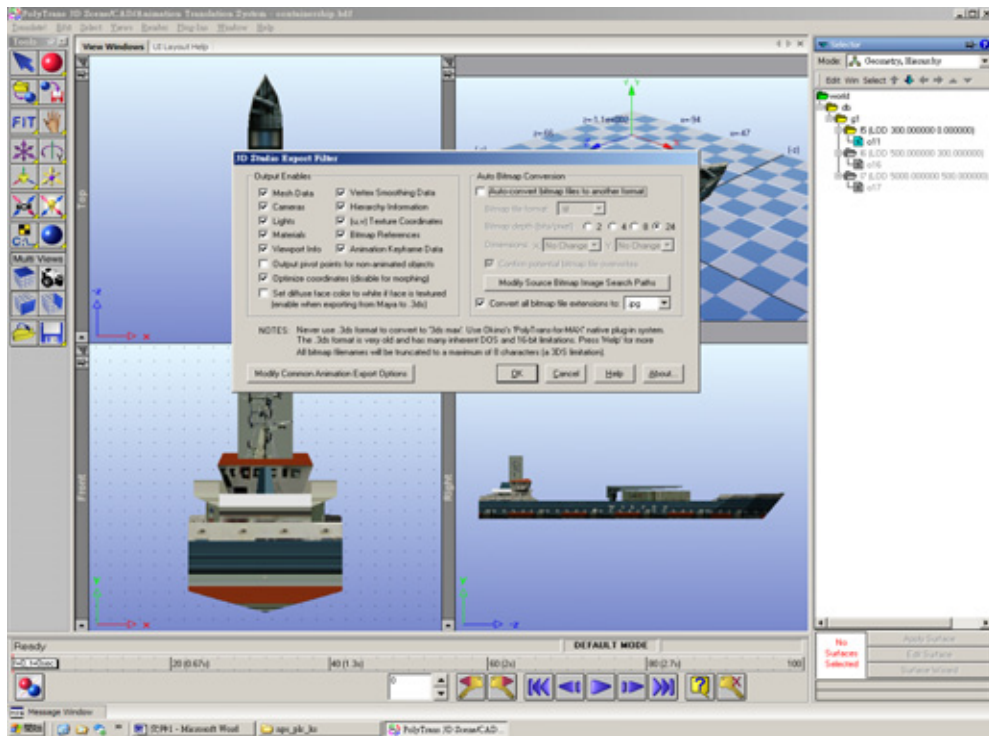


6. 將檔案轉出為 3D studio.3ds file

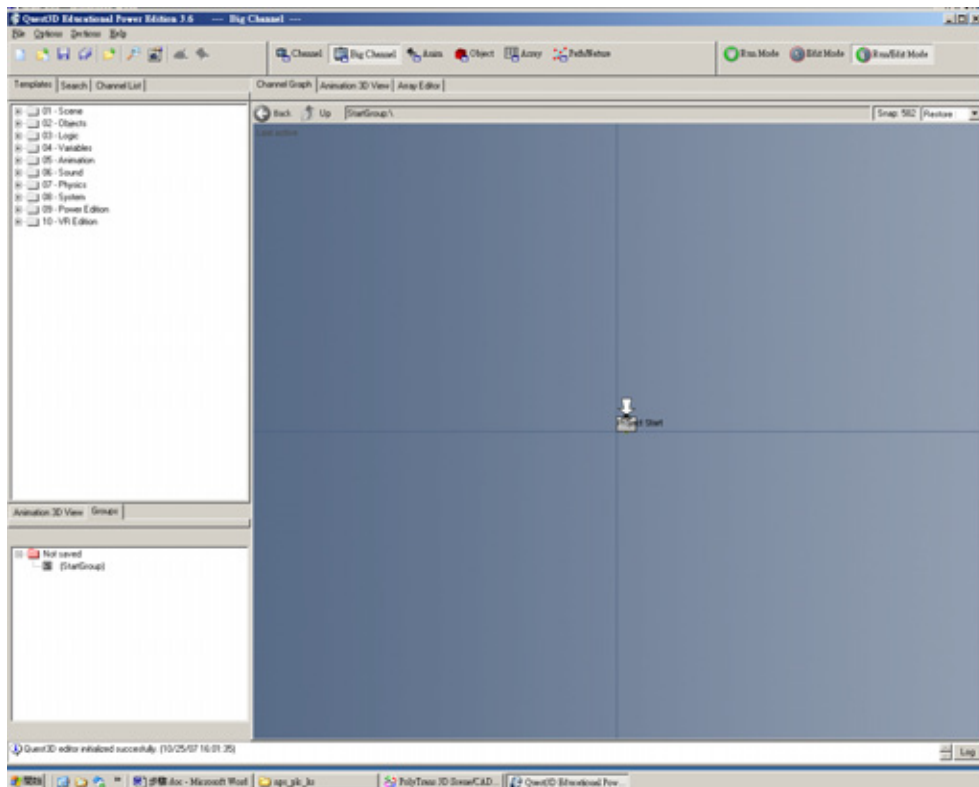
<Export 3D Geometry/3D studio.3ds file>



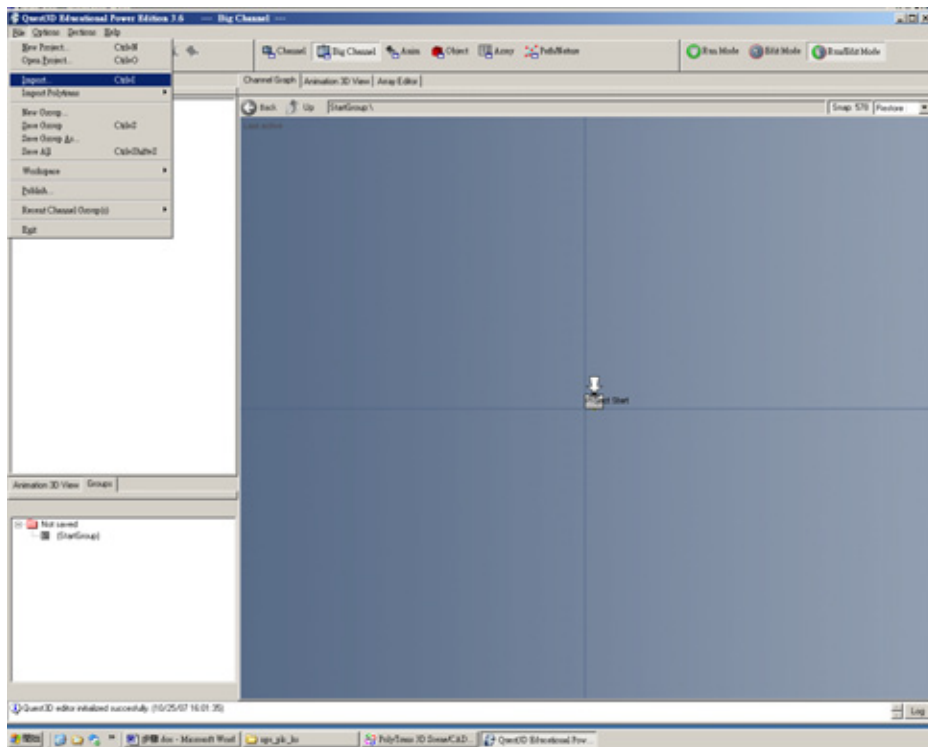
7. 跳出視窗後,選擇 OK 後,即將檔案轉成 3D studio.3ds file 檔 ,
轉完後即可關閉 PolyTrans



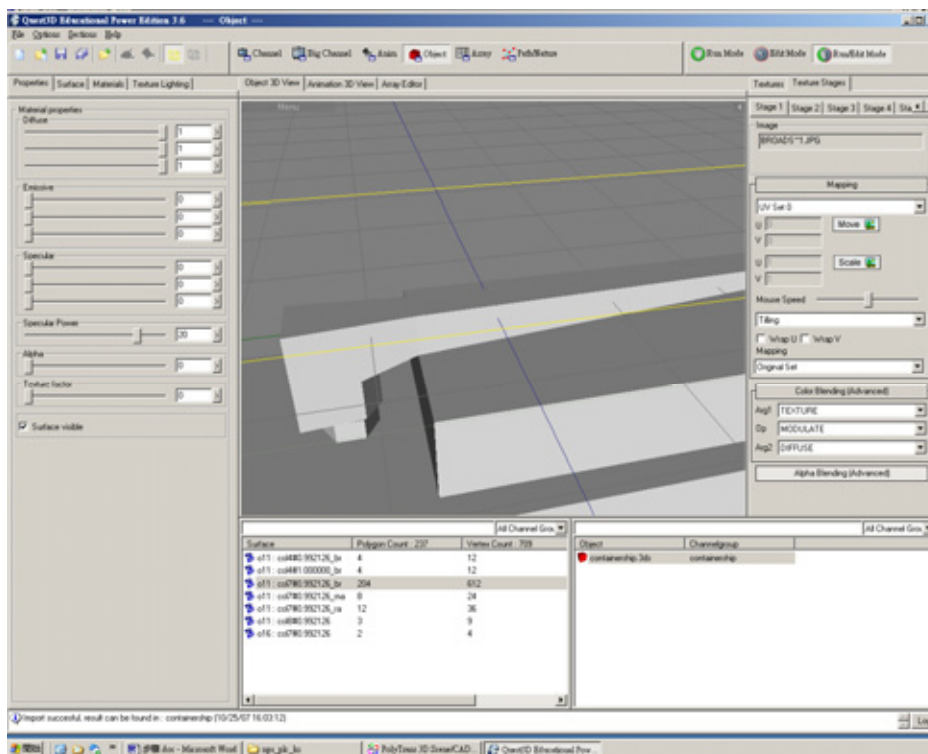
8. 打開 Quest 3D



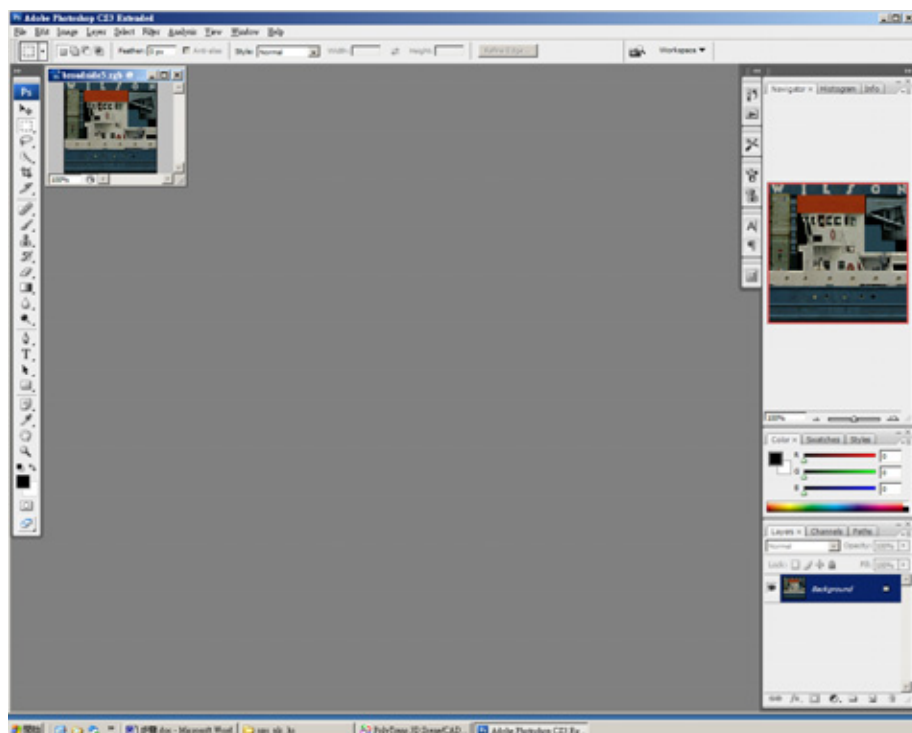
9. 選擇欲匯入之檔案 <Image>



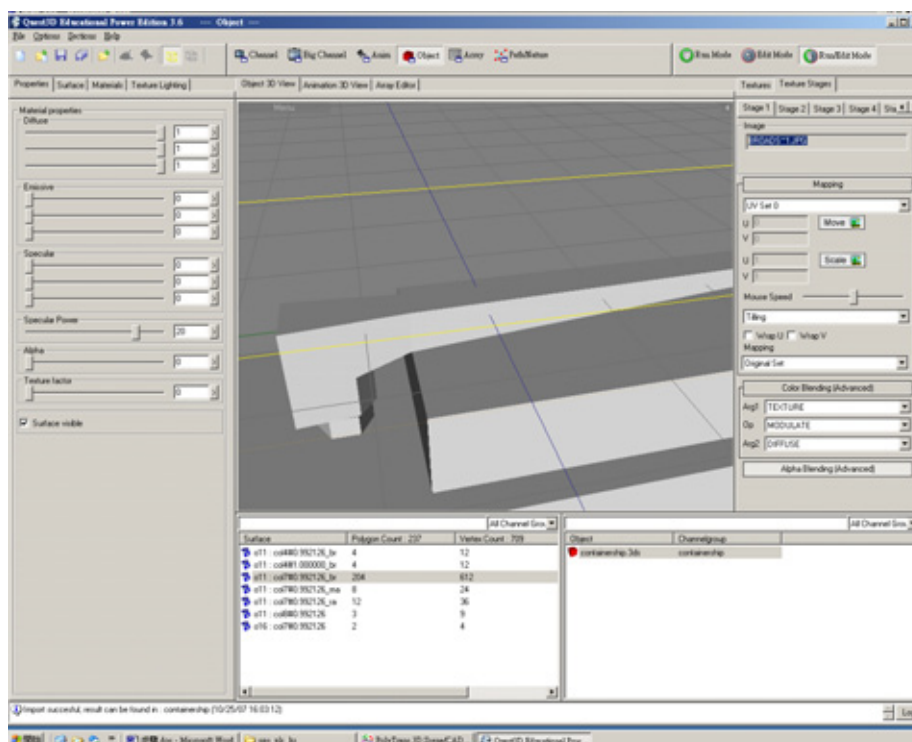
10. 檔案已經匯入 Quest 3D 中,但無法顯示模型上之貼圖,故將既有圖片<RGB>轉為<JPG>檔



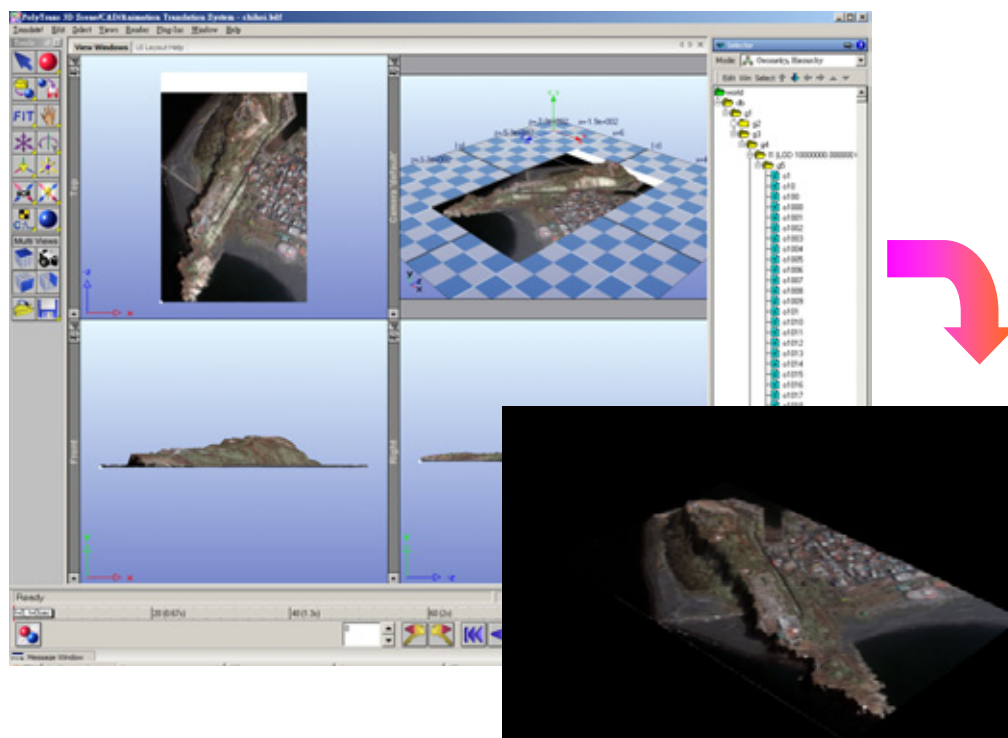
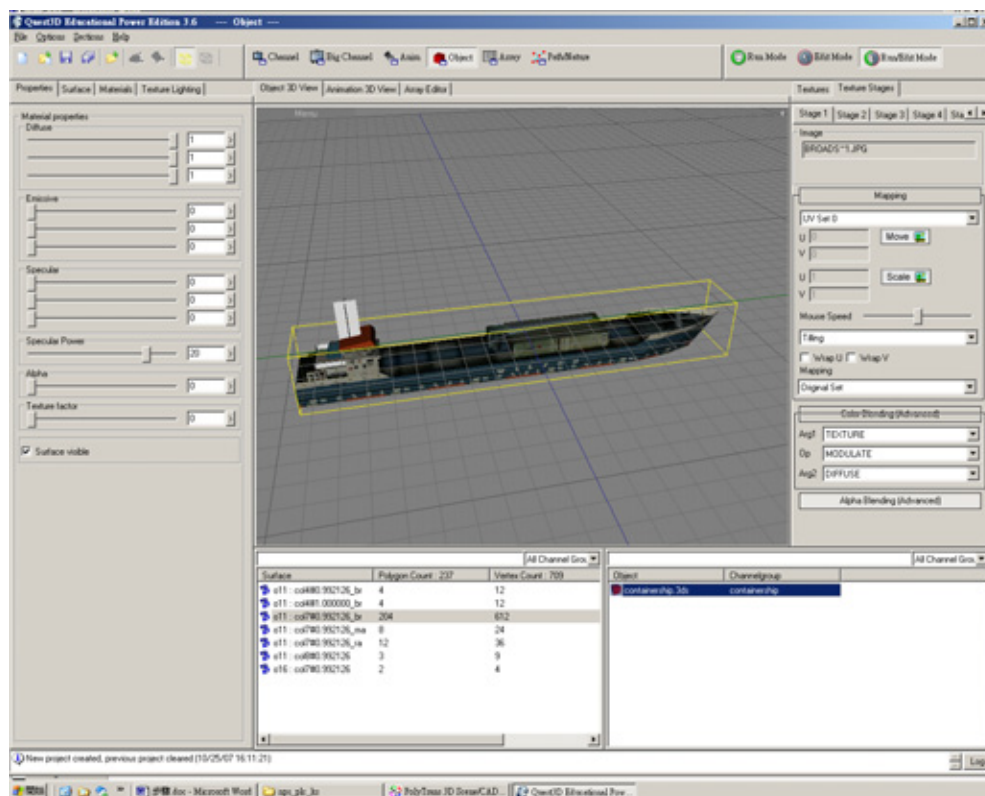
11. 選擇欲貼的圖片,於 POTO SHOP 中另存為 JPG 檔,即可與 Quest 3D 使用



12. 將右上角的 Texture Stages 中,所含的圖片名稱複製,並把步驟 11 所另存的圖片名稱更改與此圖片名稱相同,即可使用。



13. 重新匯入後,模型中即可顯示貼圖



第七章 結論

隨著虛擬實境技術、計算機模擬技術與科學視覺化，本研究以空間資訊技術為基礎，提出建構船舶操縱模擬視景的方法與流程，並利用三維建模技術與虛擬實境技術完成船舶操縱視景系統。整體而言，以提供完整的擴充接口，可藉由相關知識的導入產生更加完備的模擬器。專業將整個三維環境之資料取得、資料處理、應用方式作完整呈現。

整體而言，本研究已運用空間資訊技術，整合港灣海洋環境與海岸地理資訊，並運用電腦繪圖與虛擬實境(Virtual Reality)技術，以視覺化的方法展現及分析進出港船舶航行以及港灣的自然環境資訊，並結合人機界面完成船舶操縱模擬系統。此船舶操縱模擬系統已能應用於真實航海模擬系統，而非一般假設條件下的理想環境，並可依據現場水深、地形提供波浪不同相互模式。

參考文獻

1. 江建輝，2003，船舶於不規則波浪中之虛擬動態模擬之研究，成功大學系統及船舶機電工程學系碩士論文。
2. 李良輝等，2004，視覺化港灣環境資訊系統，交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究報告。
3. 李良輝，2003，遙測影像之幾何處理與數值地型模型之整合應用，國立高雄應用科技大學土木工程與防災科技研究所。
4. 李瑞，張錫恩等，2002，基於 MultiGen Creator Pro 建立的虛擬環境中的几何模型，Vol.28, No.8。
5. 邱逢琛、曾國正，1988，港內操船運動模擬計算系統，中華民國第十屆海洋工程研討會論文集。
6. 林承毅，2005，空載雷射掃描資料產生數值高程模型之研究，國立高雄應用科技大學土木工程與科技防災研究所碩士論文。
7. 林克衛，2000，虛擬實境於船舶操縱模擬系統之應用，成功大學造船及船舶機械工程學系碩士論文。
8. 金一丞、尹勇等，2002，STCW 公約與航海模擬器的發展，大連海事大學學報。
9. 金一丞，尹勇等，1999，航海模擬器視景的研究，大連海事大學學報-8。
10. 黃俊傑，2002，虛擬實境於船舶輪機人員訓練系統之應用，成功大學造船及船舶機械工程學系碩士論文。
11. 黃信格，1998，於虛擬實境應用於船舶操縱之研究利用，成功大學造船及船舶機械工程學系碩士論文。
12. 張開國、郭長齡等，2004，一九七八航海人員訓練、發證及當值標準國際公約及其修正案[中譯本]，交通部運輸研究所。
13. 楊波，2001，虛擬現實技術-MultiGen Vega 應用研究與實現，電子科技大學碩士論文。
14. 曾慶耀、李信德，2004，國立台灣海洋大學簡介，交通部運輸研究所港灣報導，頁 1~2，二月。
15. 鄭克平，2002，航海模擬器視景建模技術研究及應用，上海海運學院，碩士論文。

16. 盧泰均，2000，虛擬實境即時船舶動態模擬系統之場景與模型建立，國立交通大學電機與控制工程系碩士論文。
17. Ayman.F.Habib,2003, “Digital Terrain Modelling”, University of Calgary, Chap1.
18. David.Leonardo.Lencastre.Sicuro,“Physically base modeling and simulation of a ship in open water 3-D virtual environment”,Naval Postgraduate School.
19. Husni,P,Visual Simulation White Paper,1990.
20. MultiGen Creator User’s Guide, MultiGen-Pardigm Co.
21. OpenFlight Scene Description Database Specification,2000,[Version 15.7.0]
22. SiteBuilder 3D for ArcGIS, SiteBuilder 3D Getting Started ,2003, MultiGen-Pardigm Co.
23. Vega,2001,LynX User’s Guide,MultiGen-Pardigm Co.
24. Vega,2001, Vega,Programmer's Guide,MultiGen-Pardigm Co.
25. Vega,2001, Vega,Options Guide,MultiGen-Pardigm Co.

附錄一、期中報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

☒期中 ☐期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：多船操縱模擬系統研究(三)

執行單位：國立高雄應用科技大學土木工程學系

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦 單位審查意見
崔國強 副教授： 1. 現行進度與以期進度相當符合，就後續視景繪圖顯示系統與船舶動力模式整合上是否有預期之困難呢？ 2. 另就基隆、花蓮港模型之建置，特別是就地形建模方面，亦請說明。	1. 船模部份另由海大負責研發，依本研究團隊之經驗，預期應該不會有困難。 2. 基隆、花蓮港模型之建置，係使用與高雄港方式完成，即以 MultiGen 為工具。	追蹤考核 符合規範要求
儲慶美 副教授： 1. 建議報告書採用彩色，以利報告閱讀，如 p. 62 區分為紅色、淡紅色等。 2. 建議報告書增列系統功能圖。 3. 依本年工作項目之「主本船船艙硬體裝潢架構規劃」建議增加規劃設計圖，以提供硬體成本分析表。	1. 報告書因彩色頁多，故在初稿採黑白列印以節省成本，正式報告改採彩色列印。 2. 期末報告中一定會增列系統功能圖。 3. 該工作目前正進行中，期末報告中將會對規劃設計圖及硬體成本分析做完整說明。	符合規範要求 期末追蹤考核
方銘川 教授： 1. 所用之軟體 Vega 昂貴擬改為 Quest3D 軟體當然是一件好事，但應以不影響年度進度為宜。	1. 該工作正同步進行中，相信應不會影響年度工作之進度。	追蹤考核

2. 與船舶動力模式之整合，應加速執行；應與海大翁教授密切配合。 3. 報告書應針對第三年預計項目，逐項說明進度(%)，比較容易供審查者審查。 4. 對於後續之裝潢架構應詳細，並依港研中心需求與預算限制，提供設計分析，而且應不要將不必要之設備列入，例如液壓平台。 5. 圖 5-11 似乎為過去「光六」之計畫案之圖，應修正為本計畫之內容才是。	2. 將確實與海大翁教授密切配合來完成船舶動力模式之整合。 3. 謹遵委員意見進行修正。 4. 目前確實依港研中心需求與預算限制，進行設計分析，並以系統之完整性為優先考慮。 5. 謹遵委員意見進行修正。	期末追蹤 已修正 列入參考 已改正
洪憲忠 研究員： 1. 建議加強與另一計劃「船舶運動數值模式」協商整合。 2. 建議更新 P. 33 高雄港在貨櫃裝卸量排名。 3. 建議將 P. 43「航道標誌」改為「航路標識」。 4. 內容及圖多次重覆，建議改善。 5. P. 52 船舶模擬統起動時，請加入初始船速。	1. 將確實與海大翁教授密切配合來完成船舶動力模式之整合。 2. 謹遵委員意見進行修正。 3. 謹遵委員意見進行修正。 4. 謹遵委員意見進行修正。 5. 船舶模擬統起動時，已經加入初始船速。	追蹤考核 已修正 已修正 已修正 已修正

附錄二、期末報告審查意見處理情形表

交通部運輸研究所合作研究計畫

☐期中 ☒期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：多船操縱模擬系統研究(三)

執行單位：國立高雄應用科技大學土木工程學系

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承 辦單位審查 意見
張憲國 教授： 1. 虛擬實境模擬在動畫軟體及平行計算進步下，已是良好的研究工具。目前在現景模擬(如波浪大小及流速大小)是否與實況相近，是操船的重要影響因子，請執行單位盡量建構。 2. 目前虛擬現景是否有畫面更換不連續上之問題？ 3. 虛擬實境模擬是否有即時計算上時差問題存在？	1. 本研究使用 3S(GPS, RS, GIS)及虛擬實境技術來建置場景資料庫，目的即在建構逼近真實之狀況，系統中已確實考慮了包括浪的等級、日夜、天氣條件及能見度等，以模擬真實之實際情況。 2. 該現象依目前計算機速度及繪圖顯示卡之功能增進，已有大幅改善。 3. 目前計算機速度不會在計算上存在時差問題。	符合規範要求 符合規範要求 符合規範要求
許泰文 教授： 1. 操船和波潮流海況密切相關，是否需要波潮流先行模擬，或實況模擬，請釐清。 2. 視景實物模擬部份，請增加具體展示。	1. 本系統為即時模擬並非先行模擬。 2. 視景實物模擬成果已在前一年度完成，目前正進行硬體採購及建置中，完成後將	符合規範 列入考核

3. 本軟體使用將遭遇何種困難，建議增加篇幅說明。	以具體模擬展示。 3. 目前並未有發現實質困難，當然若發現有困難存在，定會有所說明。	列入考核
李賢華 教授： 1. 船舶操縱過程之即時反應，互制反應及反應延時可再詳細說明。 2. 若建置完成後宜有實際模擬展示，可瞭解實際運作情形。	1. 船舶操縱過程之即時反應係配合船舶動力模式之計算，原則上以每秒輸出一個點之位置與姿態，再由系統轉換成對應之畫面，二者間之時間配合即可達到同步之原則，以目前計算機的速度，可滿足此一要求。 2. 硬體系統正進行採購及建置中，確實將以實際模擬展示，可瞭解實際運作情形。	已修正 符合規範要求
林炤圭 教授： 1. 為了提升操船模擬系統之視覺效果，海景資料庫的建置與資料的豐富與否，有其絕對之必要性。因此海景的視訊資料檔應能包含各種不同海象之海面視象。不同海象之海面變化可以由波浪預報及港灣波動模擬之取得。 2. 模擬過程之紀錄與回播是否能以 fast time 播出，有那些輸出格式(教官台功能設計)。	1. 海景資料庫已確實考慮了包括浪的等級、日夜、天氣條件及能見度等，以模擬真實之實際情況。 2. 教官台功能設計中已考慮對模擬過程紀錄之回播，已瞭解模擬操作之過程。	符合規範 符合規範
邱永芳 主任：		

1. 設備應通過儀器認證。 2. 專利申請應考量。	1. 謹遵委員意見辦理。 2. 已有考慮。	列入考核 列入下年度 重點工作項 目
洪憲忠 研究員： 1. 報告請依本所出版品格式 辦理。 2. 本計畫於本年度是否與另 一計畫「船舶運動數值模 式」建立之研究(三)整合 測試？	1. 謹遵委員意見辦理。 2. 海大翁教授負責船舶運動數 值模式之研究，已完成數據 格式之定義，整合測試工作 將於明年度完成。	已修正 列入考核

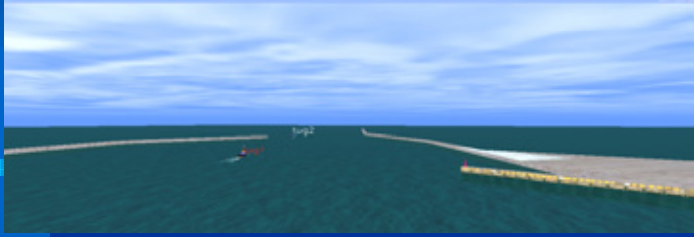
附錄三、簡報資料



多船操縱模擬系統(3/4)

期末報告書 簡報











高雄應用科技大學

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





計畫背景



- 國際海事組織(IMO)在1995年新修訂的STCW公約中，允許並鼓勵各國航海教育和培訓機構使用航海模擬系統對學員進行訓練和有關專項培訓。
- 國內目前使用中的航海模擬系統大多整套引進國外研製和開發的大型船舶操縱模擬系統，必須仰賴國外原廠，不但維護昂貴且技術無法自主。
- 94，95年度「多船操縱模擬系統(一)、(二)」已奠定發展航海模擬系統所需的關鍵技術的基礎。
- 系統主要使用Vega系統開發，開發者除了必須購買開發系統外，使用者亦必須付昂貴的執行費用，並不符合國人自製與未來擴充發展多船模擬系統之需求。

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





視覺化港灣資訊系統



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



發展技術評估



- 航海模擬系統發展技術，隨著個人電腦硬體發展日新月異，航海模擬系統已經可以個人電腦為發展平台，不再需要昂貴的繪圖工作站。
- 大型投影設備的發展日新月異，價格也大幅下滑，讓航海模擬器所需的大型場面視景，不再需要由昂貴的繪圖顯示單元所構成。
- 例如使用三個曲面投影機可投射在直徑約九公尺的圓柱螢幕上，建構出氣勢磅礴的大型海港模擬場景，有助於提升航海模擬系統的真實性。
- 且航海模擬系統所需的仿真儀表與邏輯控制線路均可在國內組裝整合。

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





虛擬實境技術



多
媒
體

虛
擬
實
境

仿
真
模
擬

- (1) 沉浸性(Immersion)
- (2) 互動性(Interaction)
- (3) 想像力(imagination)



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



船舶操縱模擬重要組成部分

- 投影設備
- 船體運動模式
- 視景系統



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





大型海港模擬場景



船舶模擬器對視景系統的基本要求



- 視景模擬白皮書：1990年，Phillippe Husni中對船舶操縱模擬器的視景提出視景所顯示之內容應包含水面、陸地、人文景觀(碼頭、橋樑、建物)、目標船、助航設施、燈塔並可從船橋觀察到本船整體結構。



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





多船操縱模擬系統全案構想



- 系統架構
 - 由主本船、副本船與教官台所構成
- 自行研究開發重要的軟體關鍵技術
 - 視景系統（包括3D繪圖核心模組、港灣模型、自然環境特效、海洋環境特效）、電子海圖、雷達模擬系統
- 系統整合測試
 - 高階繪圖電腦系統、投影系統、仿真儀表、船艙內裝等實體設備與軟體系統之整合與測試
- 船舶動力模式(中心另委託海大翁教授完成研究)整合

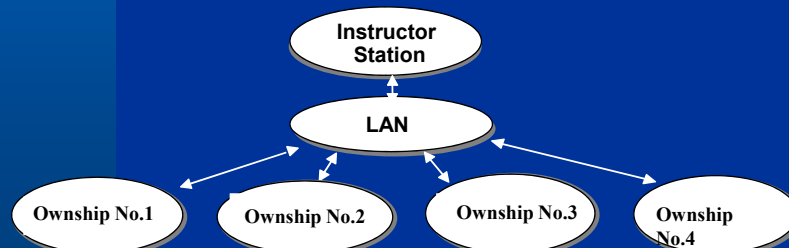
國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



系統架構



- 系統由教官台、主本船及若干個副本船構成，採用分散式互動模擬與高階模擬架構（HLA）的設計概念和先進的網路技術，將系統的各電腦相互連接，本船之間可同步看到三維視景和雷達影像。
- 系統的各项指標完全滿足STCW78/95公約有關用於培訓和適任評估的模擬器的性能標準



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





主本船模擬器的主要模組

一個主本船模擬器的主要模組：

- 教官台工作區(Instructors working place)
- 各項演練與測考的模擬場景資料庫
- 三度空間海景生成與顯示系統
- ECDIS電子海圖顯示系統
- 雷達標繪/ARPA訓練
- 導航設備





主本船駕駛台





系統特點

- 多本船系統：由主本船及若干個副本船構成，本船之間可同步看到三維視景和雷達影像
- 採用CGI（電腦成像）技術，用高階個人電腦加高性能圖形加速卡，採用曲面修正投影機配合圓柱形螢幕可產生逼真的大水平角三維視景
- 採用先進的HLA網路模擬技術，設計多本船模擬系統，使系統規模具有極大的可擴充性，可以滿足不同的要求
- 船舶操縱數學模型：本階段先行研發單俾單舵貨櫃輪模型，不僅適用於教學訓練，也能用於科學研究和輔助工程設計

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



系統特色

- ECDIS（電子海圖）：採用我國出版之ENC國際標準電子海圖，具有無級縮放、分層顯示等功能、自動警示功能；
- 類比雷達/ARPA：所有功能滿足STCW78/95 公約要求。
- 具有足夠的物理真實感的類比船橋：類比船橋與當今最先進的組合船橋相似，並配備具有與實船相似的船舶操縱設備

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





系統功能

- 駕駛台資源管理 (Bridge Resource Management)
- 駕駛台團隊工作 (Bridge Team Work)
- 船舶操縱
- 避碰
- 靠泊/離泊
- 狹窄水域、受限水域航行
- 進港/出港
- 錨泊
- 不同海況、天氣能見度條件下的船舶操縱
- 雷達標繪/ARPA訓練
- ECDIS的熟悉和使用

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

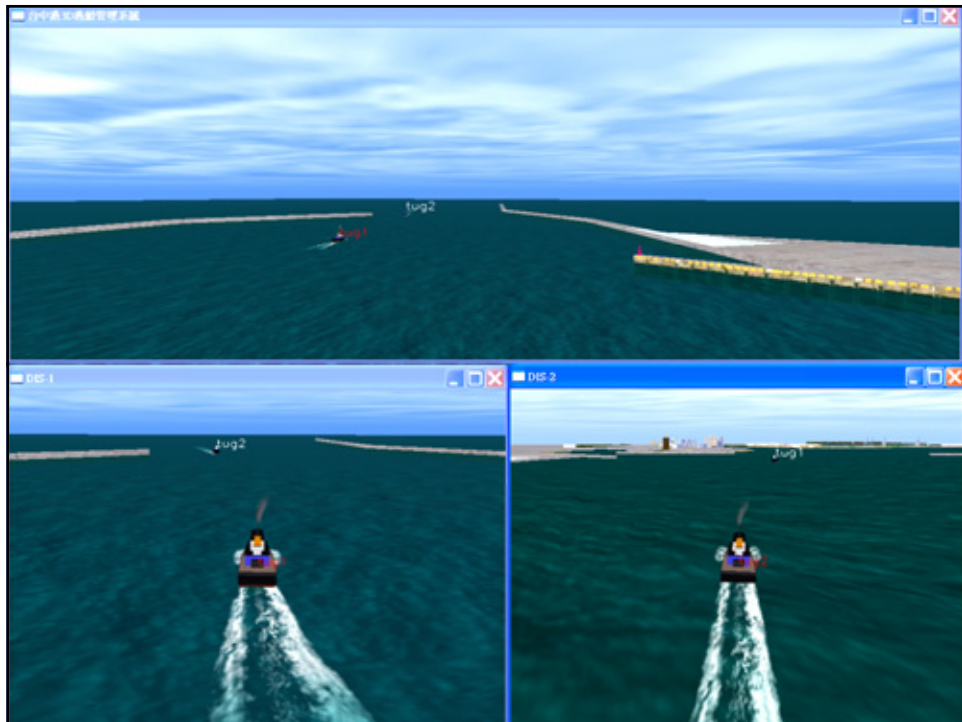


關鍵技術－多船模式操作



DIS/HLA分散式模擬通信架構之多船模擬應用系統，使不同船隻可透過網路系統，同時在相同港灣場景內進行操船模擬。







關鍵技術－三維視景



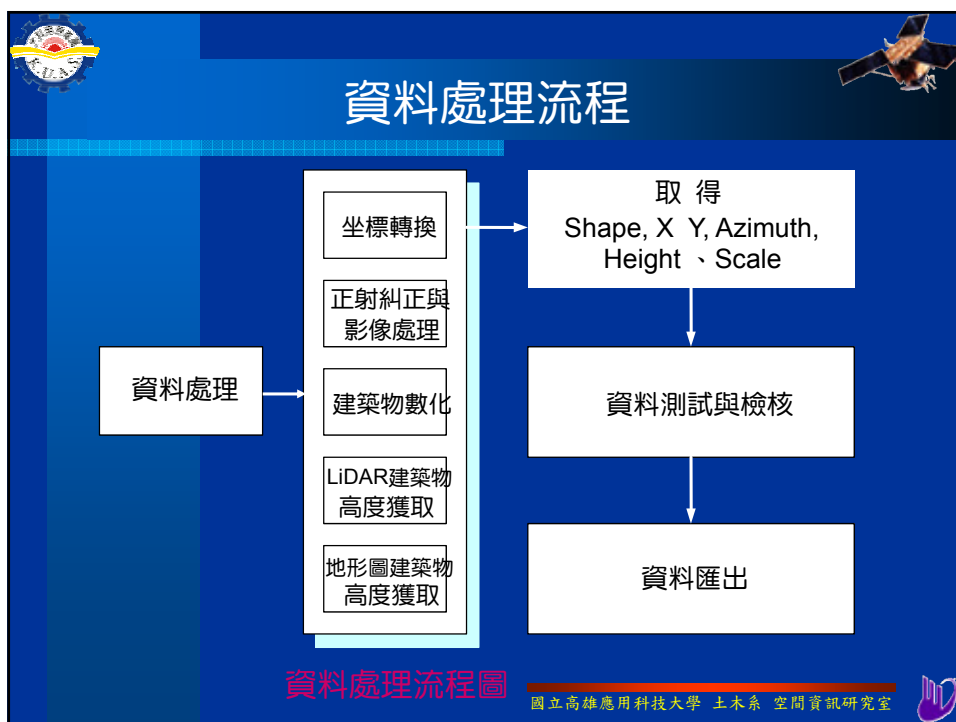
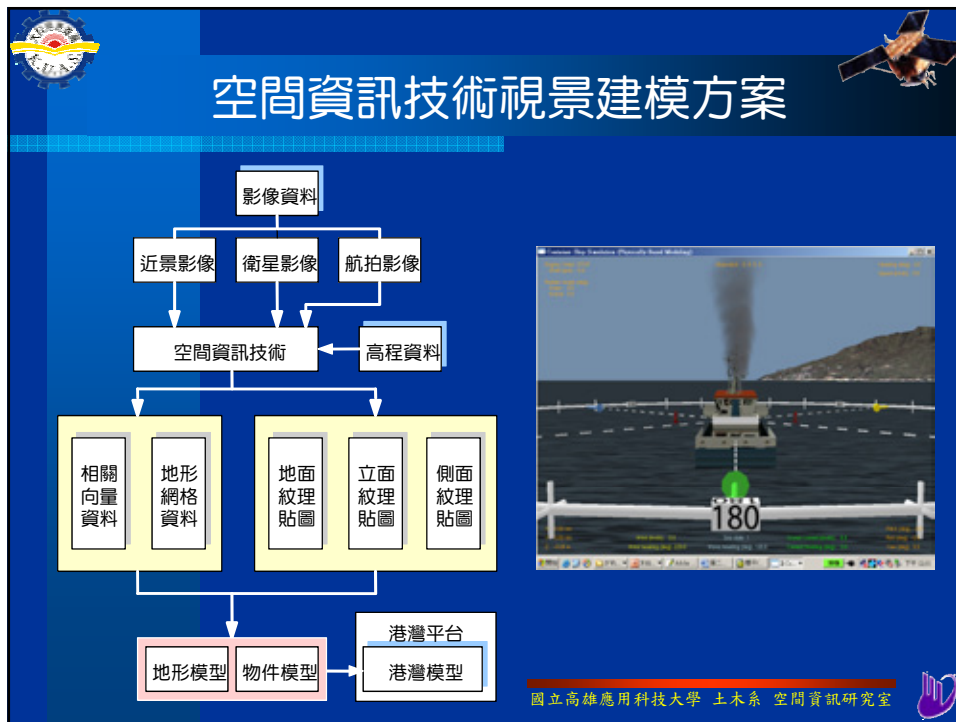
 **波浪仿真模型**

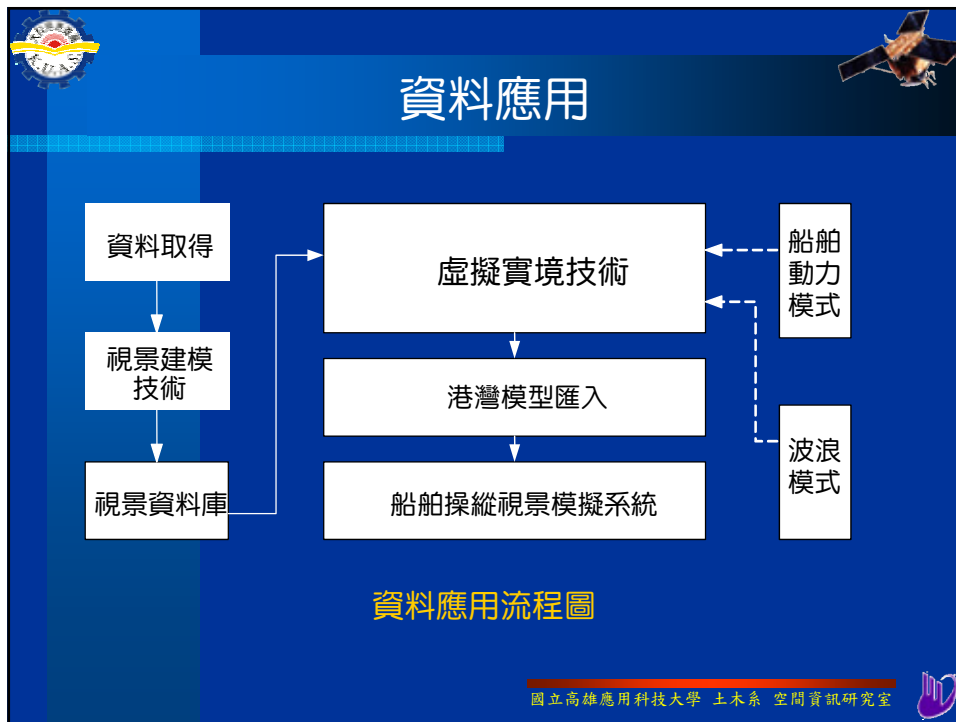
波浪的仿真是一項關鍵技術。該仿真模型既滿足仿真系統對演算法的即時性要求，又使仿真波浪的要素（波高、週期等）能和某一波浪等級基本吻合。

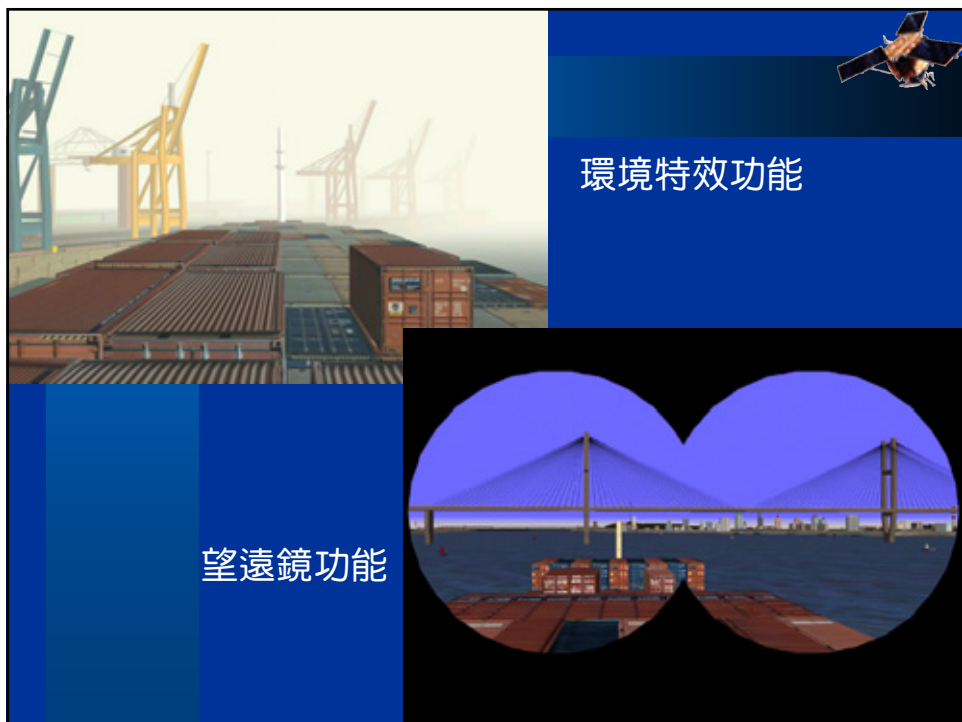
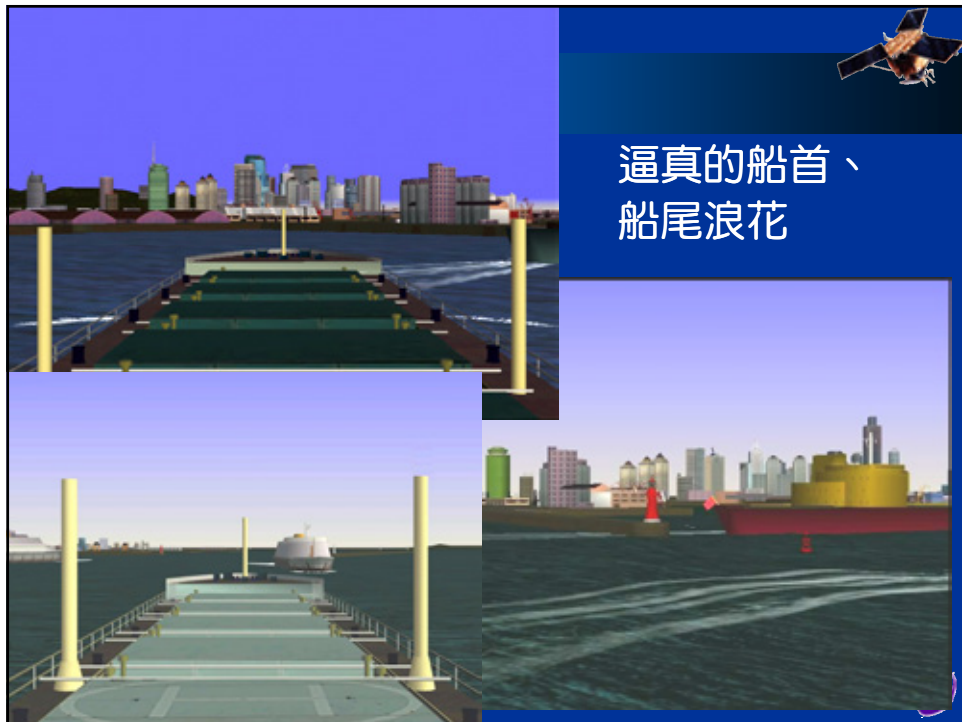
 **船舶航跡流的仿真模型**

船舶航跡流採用粒子模型和圖像合成相結合的方法實現，模擬航跡流的形狀隨船舶大小、速度、船舶航向和海面的起伏而變化。實際航跡流的不規則性通過圖像合成的方法實現。











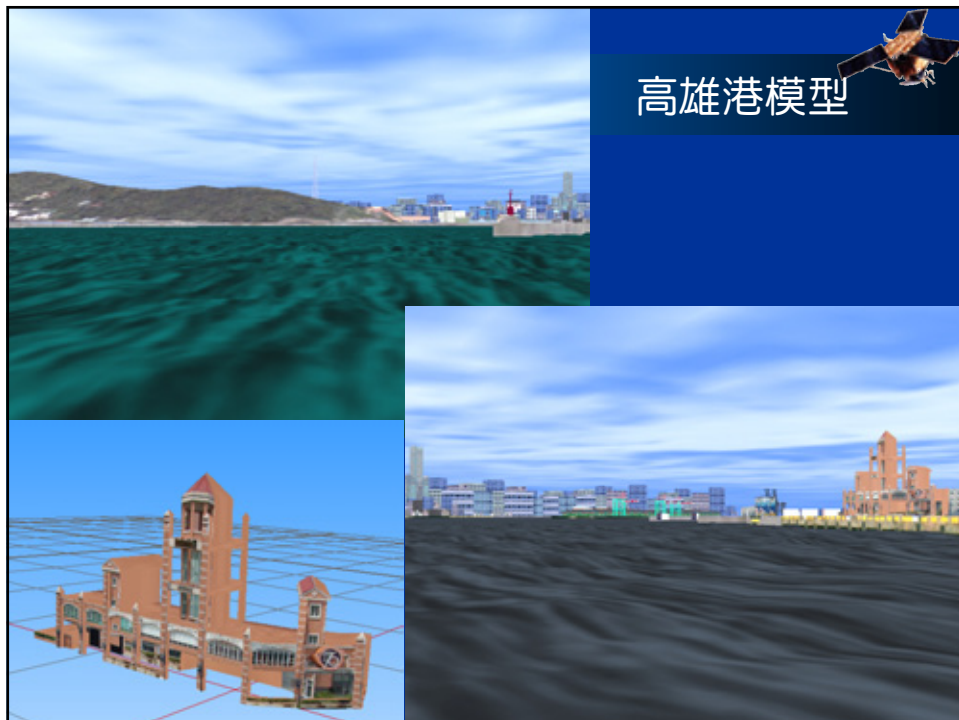
操船模擬器三度空間視景繪圖



顯示系統開發

- ▣ 大地場景流覽系統
- ▣ 場景繪圖管理(Scene Graph Management)
- ▣ 模型物件管理(Object Management)
- ▣ 運動模式管理(Motion Modeling)
- ▣ 自然環境特效
- ▣ 海洋環境特效

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



高雄港模型



本年度工作項目與預期成果



- 本船、副本船仿真儀表設備連線整合(含硬體系統採購)
- 本船、副本船之系統整合測試
- 主本船船艙硬體裝潢架構規劃
- 多船模擬架構設計(本船與副本船整體連線測試)
- 基隆、花蓮港港灣模型資料格式轉換
- 視景繪圖顯示系統與多船船舶動力模式整合測試

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



本船/副本船系統整合測試(1)



- 船舶駕駛控制台
 - ◆ 高應大採購仿真舵、推桿與顯示儀表
 - ◆ 委由國內廠商整合製造駕駛控制台基座
 - ◆ PLC控制器與人機介面設計
- 船舶動力模式
 - ◆ 港研中心另案委託臺灣海洋大學翁教授研究之「船舶動力模式」完成後，本年度將進行整合測試

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





「船舶駕駛控制台」外觀



用科技



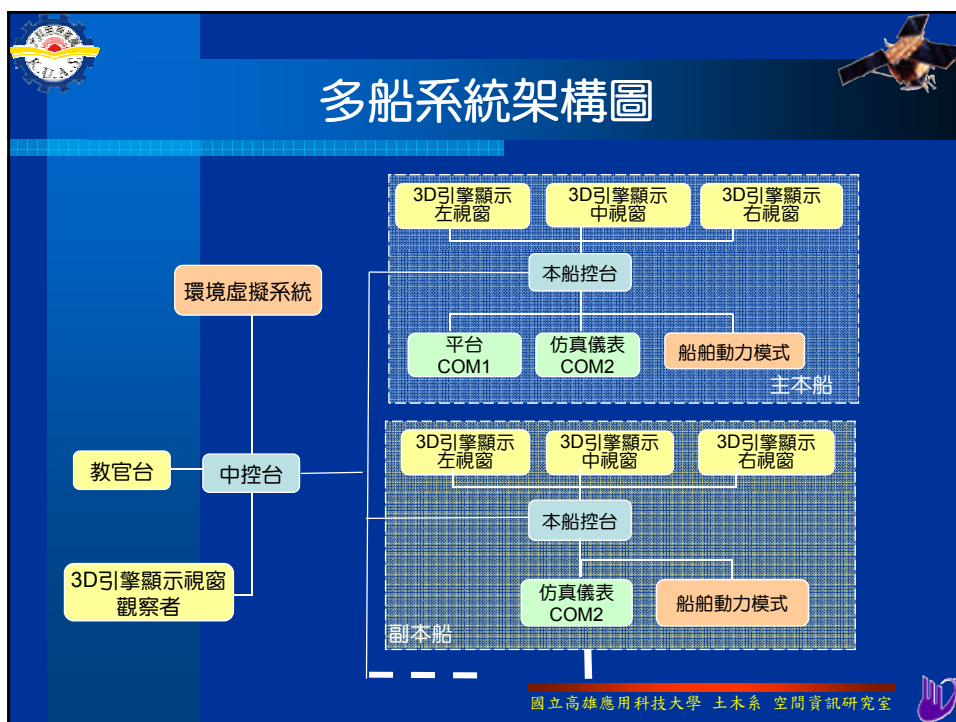
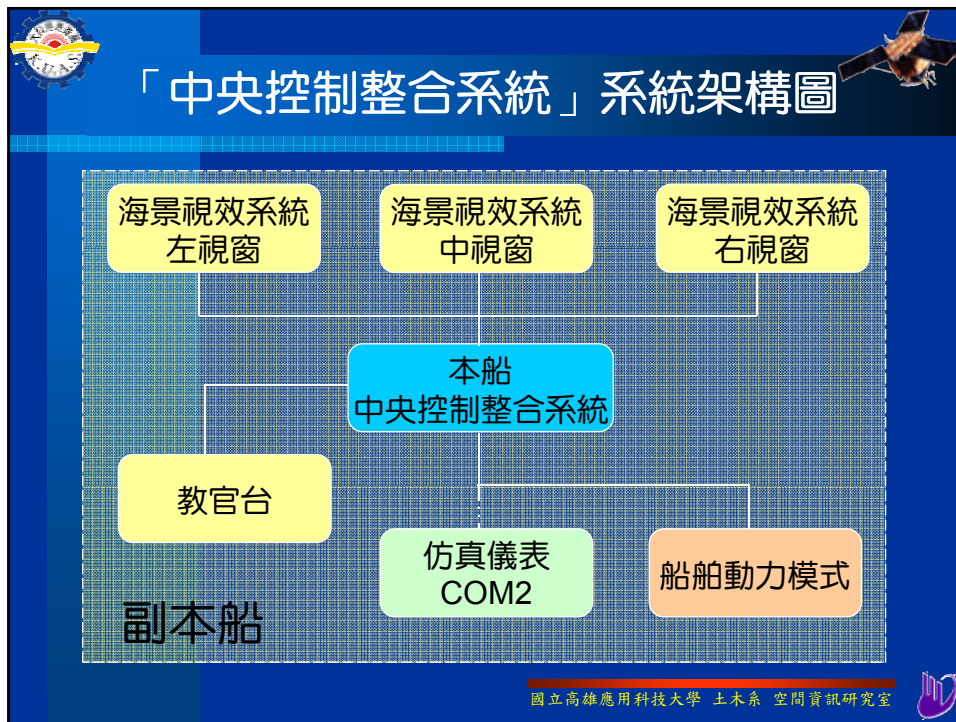
本船/副本船系統整合測試(2)



中央控制整合系統

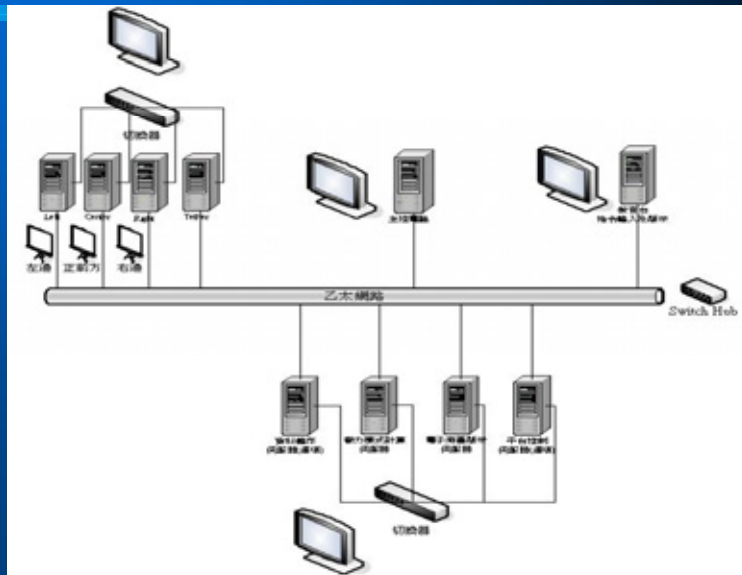
- ◆ 經由RS-232C通信協定接收仿真設備之俾令與舵令，即時傳送給「船舶動力模式」
- ◆ 於固定時間內接收「船舶動力模式」所輸出的計算船位與姿態後，即時將海景視效系統中之觀察者移動至該船位位置，並可依據姿態動態產生視景晃動。
- ◆ 海景視效採用四個投影機（三個本船投影機，一個外部觀察者投影機），故整合系統在每一次移動船位必須同時移動不同電腦上的四個觀察者。







「中央控制整合系統」系統架構圖



研究室



ShipModel 程式庫簡介



ShipModel程式庫是一套專為Fortran船模動力模式設計者所設計的程式庫，船模動力模式設計者使用這套程式庫，可以完成下列工作：

1. 透過網路與船舶模擬系統的本船控制程式連線。利用TCP/IP來連接船舶模擬系統，各硬體連接通道如圖
2. 取得連線時傳來的初始位置與航向。在船舶模擬系統起動時，需要有船舶之始位置與航向的初始值。
 - (1) 由操控者所改變的舵令與俾令(三俾)
 - (2) 風向，風速，主波向(WaveDir), 波高(WaveHeight), 週期(WaveCycle)，流向，流速等由教官台所改變的環境參數

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





ShipModel 程式庫簡介



3. 取得模擬期間由本船控制程式傳來的下列參數
 - (1) 船位(PosX,PosY,PosZ), Heading, Pitch, Roll
 - (2) 船的三軸速度(SpX, SpY, SpZ), 角速度(SpH, SpP, SpR)
 - (3) 船的舵角(RudderAngle), 螺旋槳轉速(PropSpeed)
4. 將下列模式計算結果，傳給本船控制程式
5. 離線測試模組

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



本船控制程式



裝置連接狀況

Vega (192.168.123.2) Server Disconnected Vega Connected (Prj not loaded)
Vega (192.168.123.4) Server Disconnected Vega Disconnected (Prj not loaded)
Ocean Disconnected
Drj Model Disconnected
Platform Disconnected
RT Disconnected

PLC
舵角:

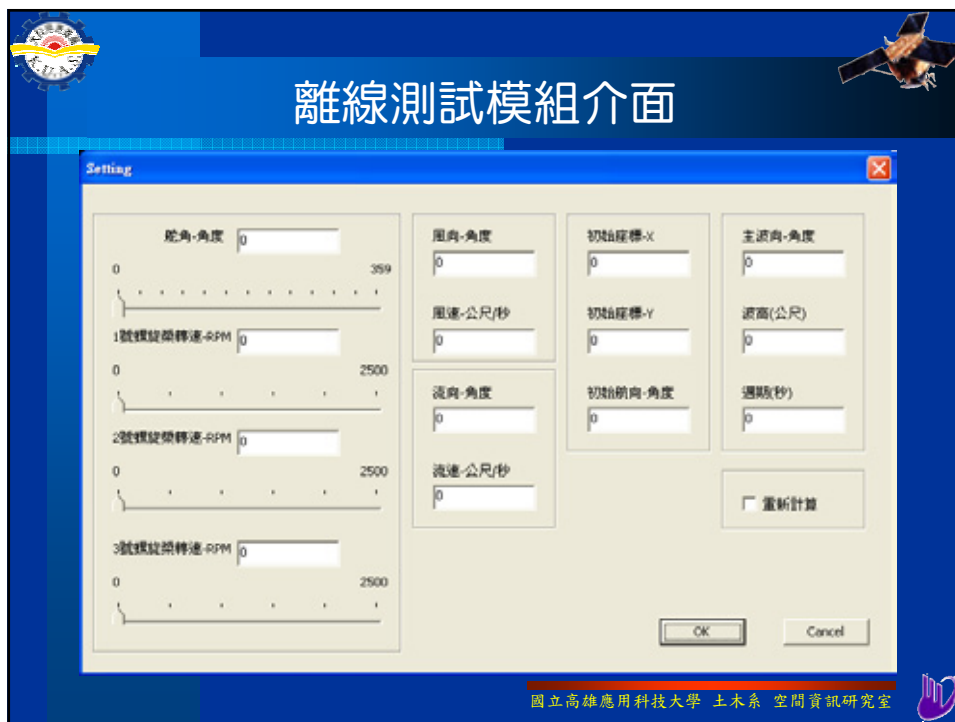
左車 中車 右車

平台

NOGU Model command per sec: 0.0 Frames/Sec
Vega command per sec: 0.0 Frames/Sec

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





船舶動力模式整合

- 安裝程式
- 程式庫架構圖
- 離線測試模組操作程序

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



安裝程式

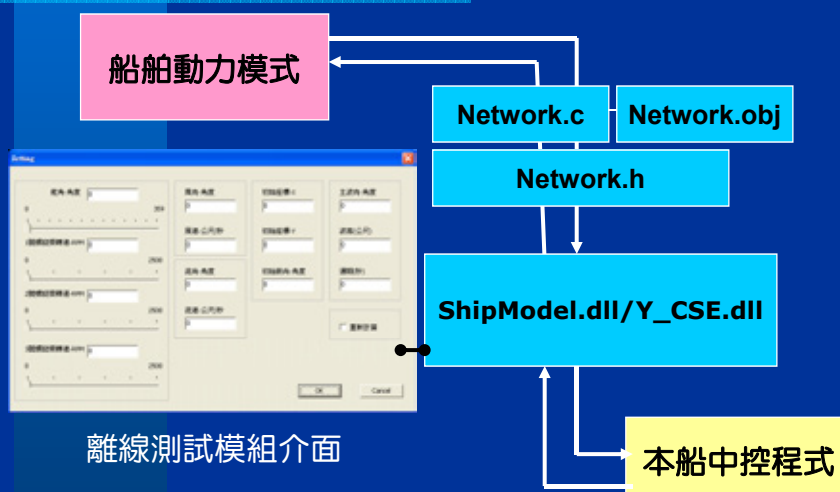


- 複製必要的程式庫到船舶動力模式目錄
 - ShipModel_Fotran目錄下的下列程式
 - ShipModel.dll
 - Y_CSE.dll
 - Network.c
 - Network.h
 - ShipModel_Fotran目錄下debug或release子目錄的Network.obj
- 參考ShipModel.for程式呼叫方式

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



程式庫架構圖



離線測試模組介面

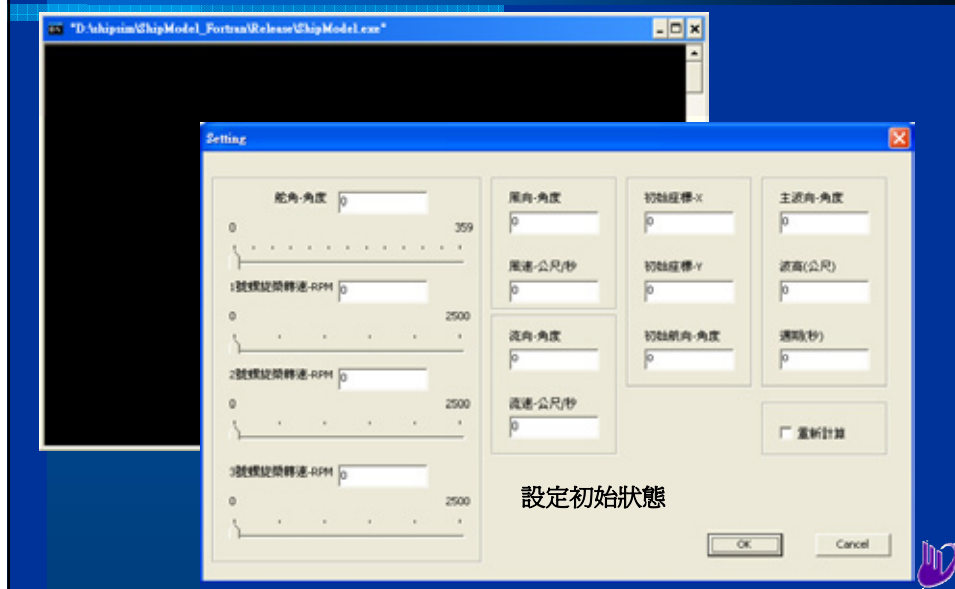
本船中控程式

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

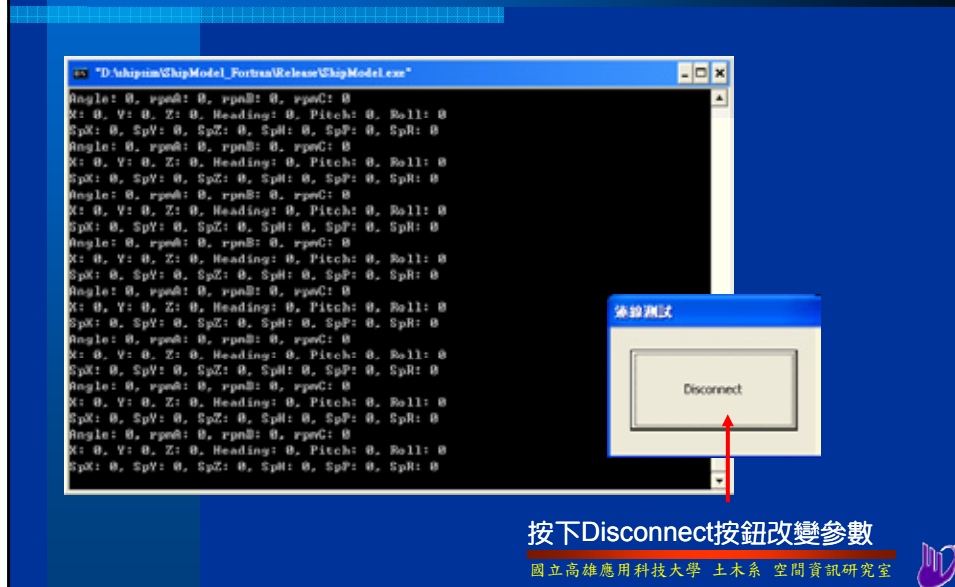




離線測試模組操作程序(1)

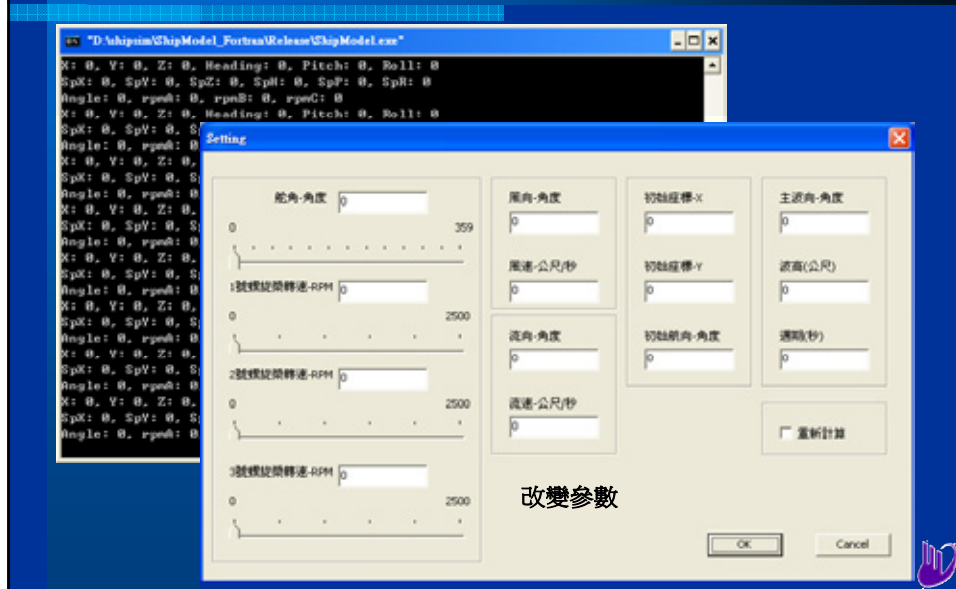


離線測試模組操作程序(2)





離線測試模組操作程序(3)

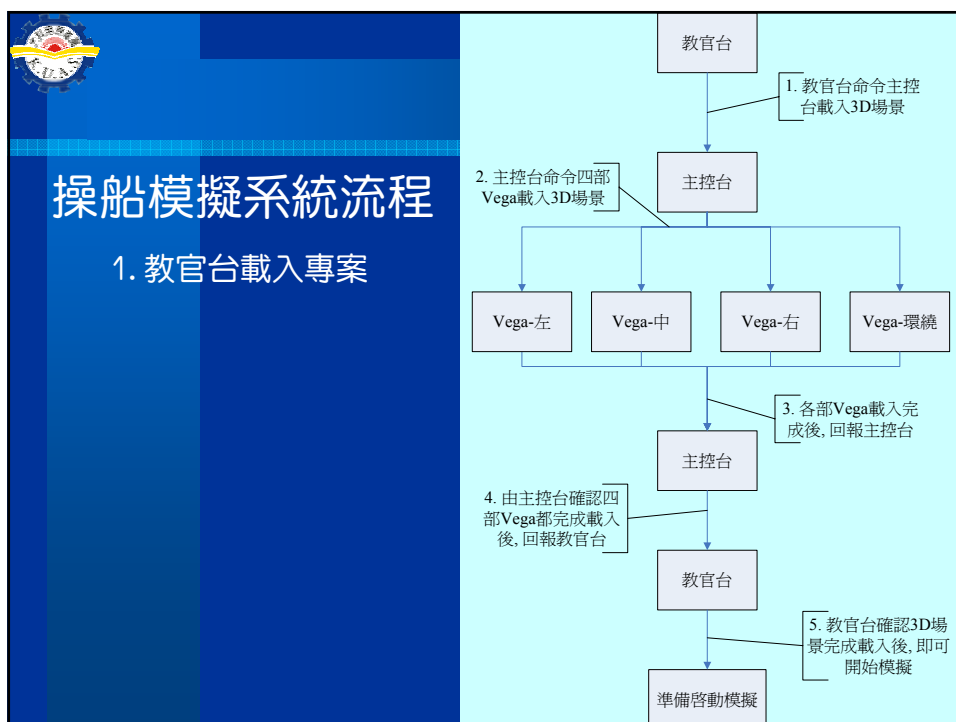


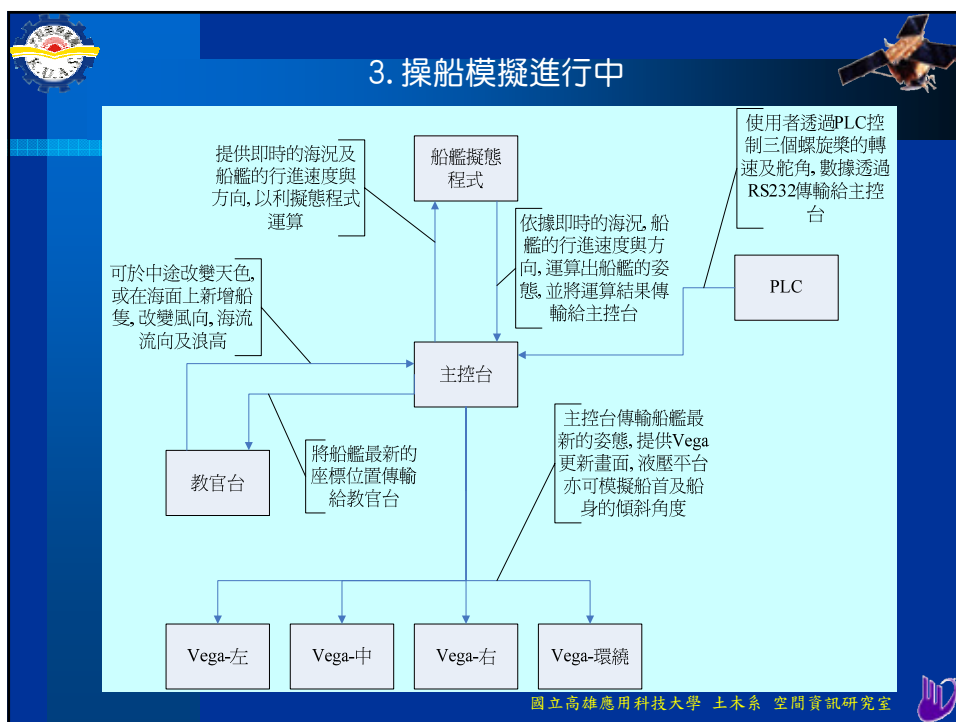
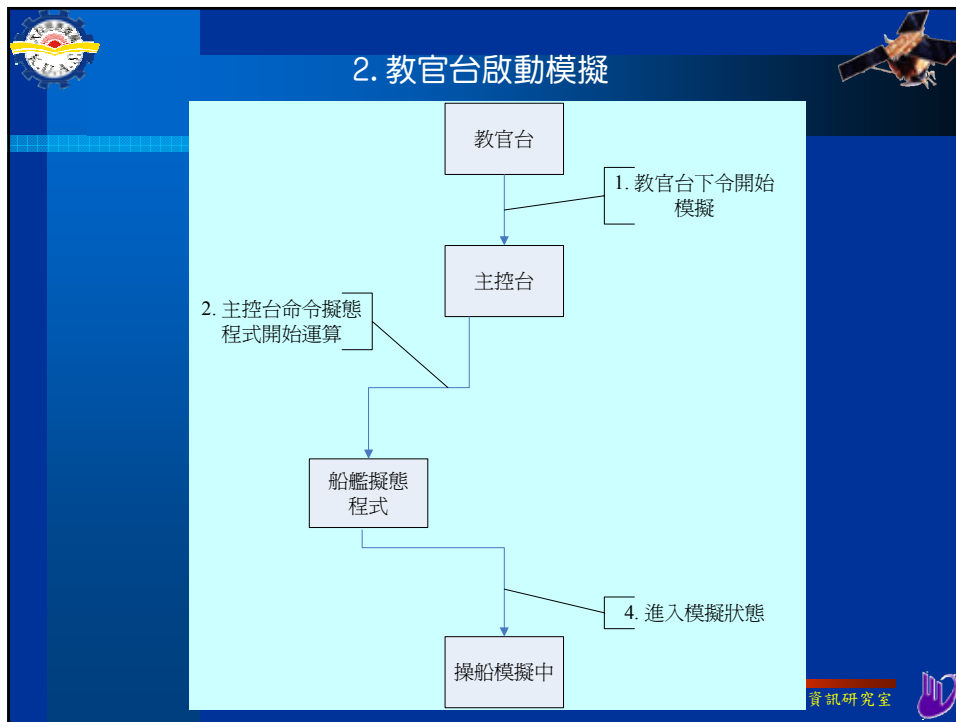
ShipModel_Fortran 程式解析

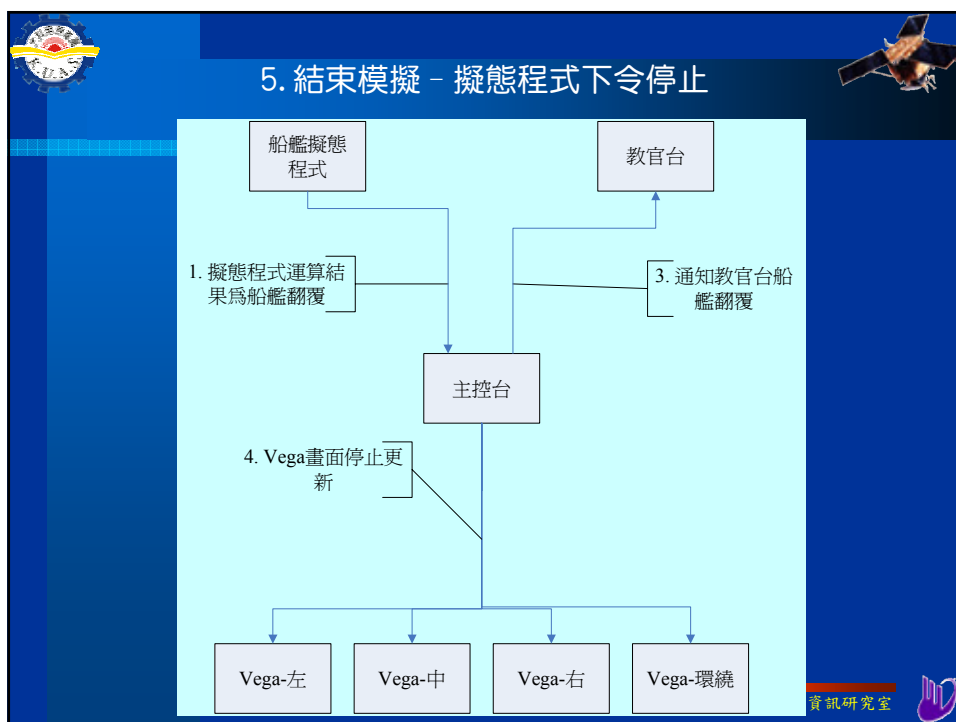
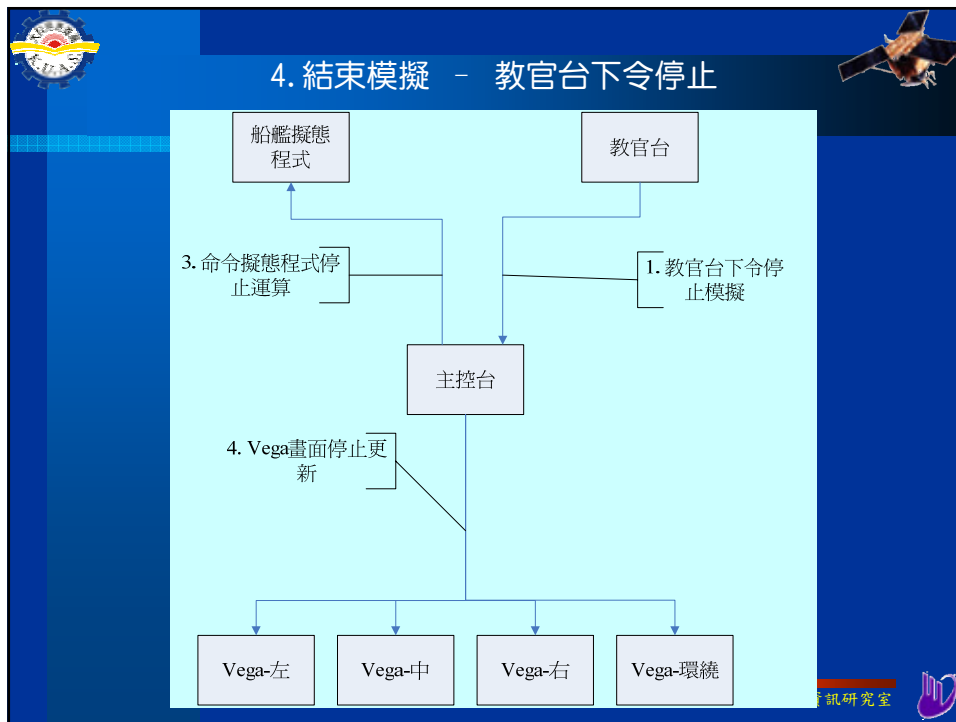


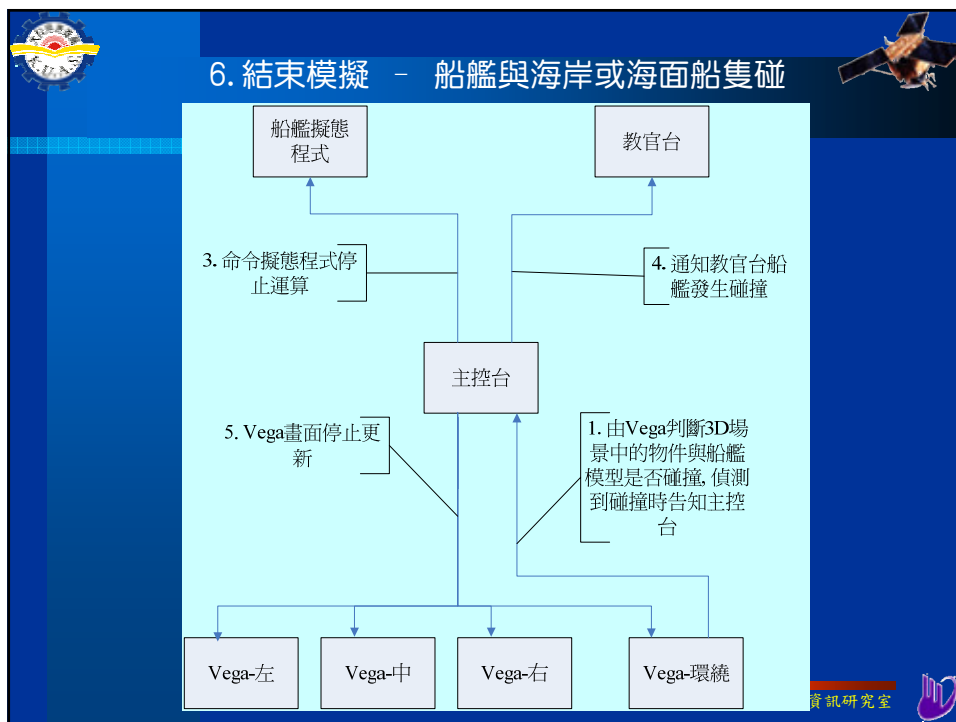
- 連線用函數
 - InitComm: 建立連線
 - Online: 開始模擬
- 取得外部狀態
 - GetPos: 取得船初始座標，初始航向
 - GetShip: 取得舵角，大軸轉速
 - GetWind: 取得風速，風向
 - GetFlow: 取得流速，流向
 - GetSea: 取得主波向，波高，週期
- 外送模式狀態
 - SendData: 送出船的座標，Heading, Pitch, Roll
 - SendSp: 送出船的三軸速度，角速度 (控制平台)
 - SendRPM: 送出船的舵角，螺旋槳轉速 (顯示在儀表)





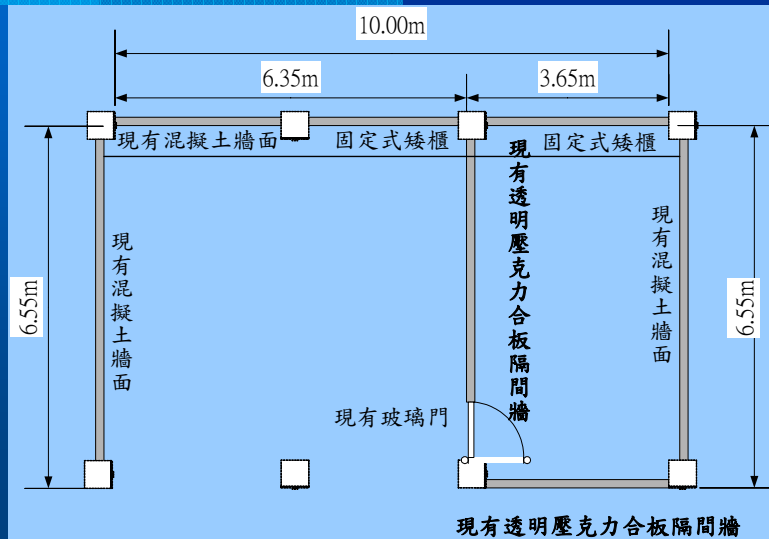








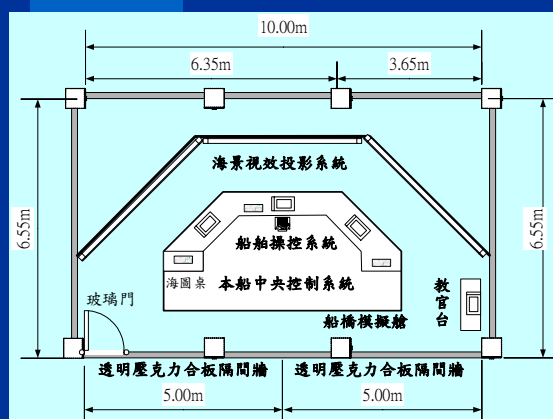
船舶操縱模擬系統場地規劃



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



船舶操縱模擬系統整體配置



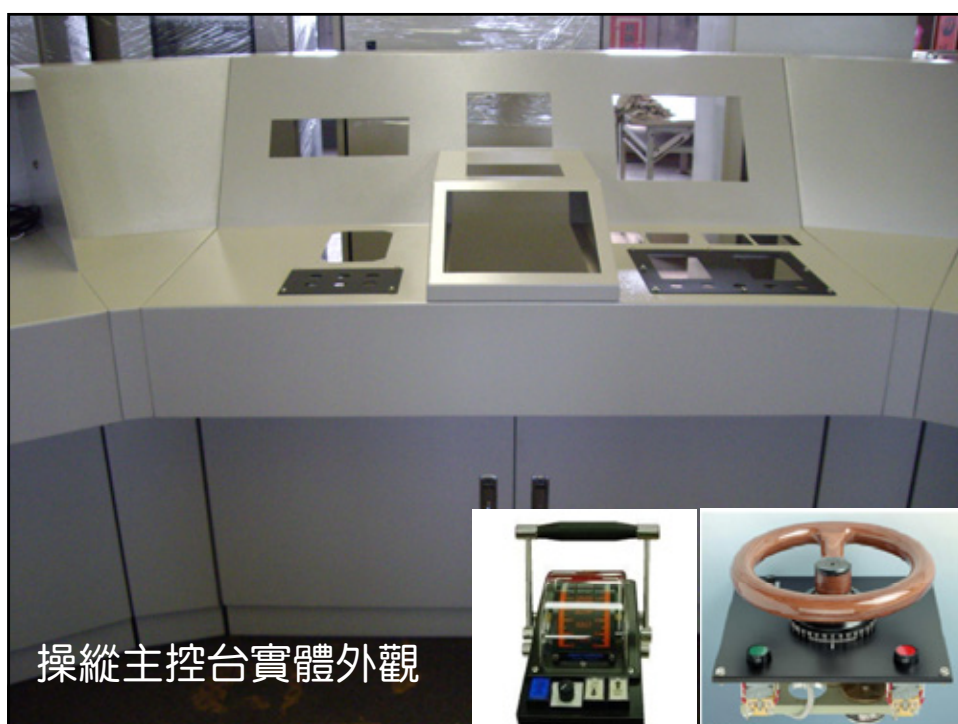
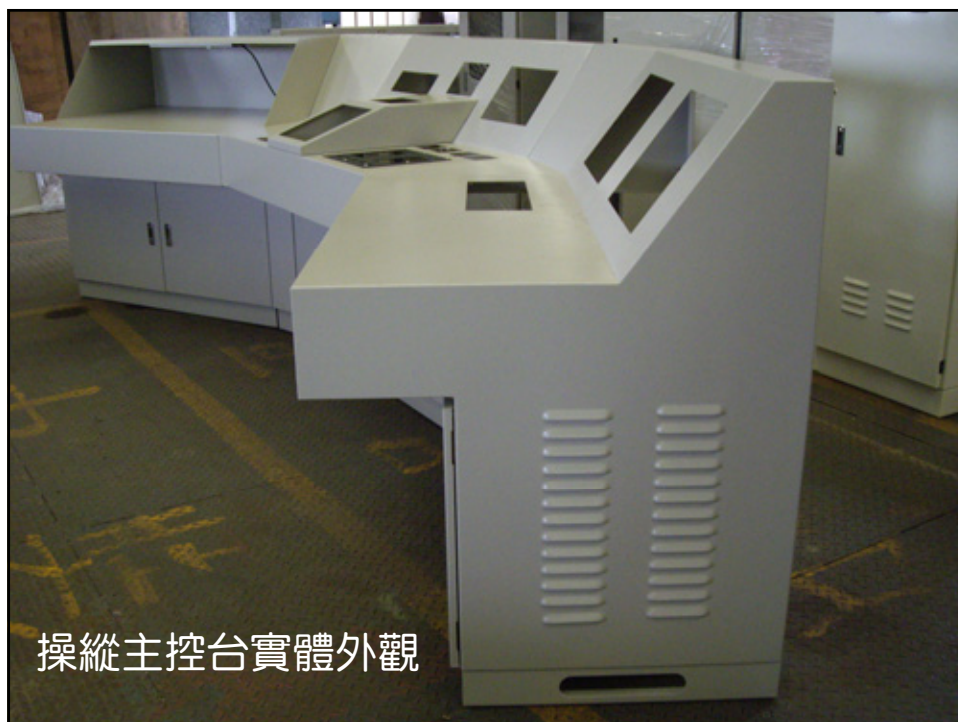
系統組件：

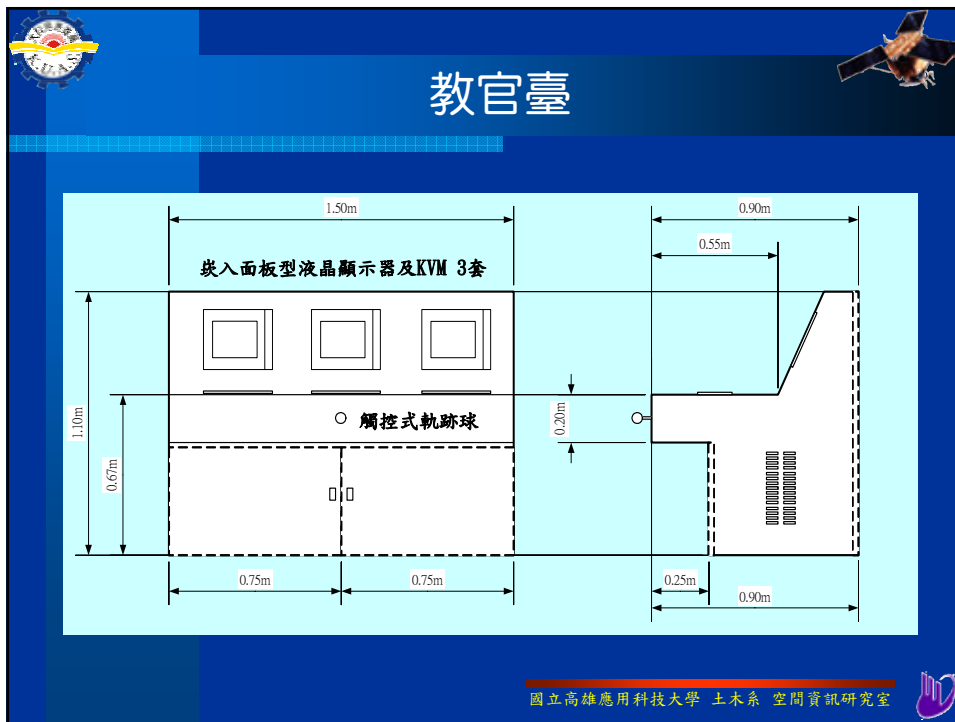
- 船橋模擬艙乙組
- 船舶操控系統乙組
- 海景視效投影系統乙組
- 本船中央控制系統乙組
- 多船控制系統及教官台乙組
- 散熱冷房及不斷電系統乙組
- 現有場地整修及隔間乙式



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室









結 論

-  視景系統設計完成
-  離線系統整合測試完成
-  船舶操縱場地硬體規劃完成
-  連線系統整合測試進行中

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



簡報完畢，敬請指教



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

