

96-30-7249
MOTC-IOT-95-H2DB005

多船操縱模擬系統研究 (二)



交通部運輸研究所
中華民國 96 年 4 月

96-30-7249

MOTC-IOT-95-H2DB005

多船操縱模擬系統研究 (二)

著 者：邱永芳、張富東、李良輝

交通部運輸研究所

中華民國 96 年 4 月

多船操縱模擬系統研究. 二 / 邱永芳、張富東、
李良輝著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，民
96

面：公分

參考書目：面

ISBN 978-986-00-9247-9（平裝）

1. 航海 - 自動化 2. 虛擬實境

444.8029

96005967

多船操縱模擬系統研究（二）

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：臺北市敦化北路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96年4月

印刷者：福島實業有限公司

版（刷）次冊數：初版一刷130冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：（02）23496880

國家書坊臺視總店：臺北市八德路3段10號B1・電話：（02）25781515

五南文化廣場：臺中市中山路6號・電話：（04）22260330

GPN：1009600782 ISBN：978-986-00-9247-9（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。

96

多船操縱模擬系統研究(二)

交通部運輸研究所

GPN : 1009600782

定價 200 元

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 (二)			
國際標準書號 (或叢刊號) ISBN978-986-00-9247-9 (平裝)	政府出版品統一編號 1009600782	運輸研究所出版品編號 96-30-7249	計畫編號 95-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 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 95 年 03 月 至 95 年 12 月
關鍵詞：航海模擬系統；虛擬實境；影像處理；			
摘要： 近年來，航海模擬系統發展技術，隨著個人電腦硬體發展日新月異而有全新的面貌，航海模擬系統所需的視效繪圖電腦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。此外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。 本計畫預計開發建置一套「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、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。本年度工作項目與內容包括：訂定系統發展規劃與細部功能規格、研究 STCW 78/95 公約內操船模擬系統相關規定、副本船仿真儀表設備連線整合(含硬體系統採購)、副本船之系統整合測試、多船模擬教官(主控)台設計、電子海圖模組開發以及臺中港模型轉換等。本船/副本船系統整體設計與測試，本系統共分為「船舶駕駛控制台」、「海景視效投影系統」、「簡易教官台」等三項硬體設備；軟體部分則包括「海景視效顯示系統」、「虛擬港灣模型」、「中央控制整合系統」等三項。			
出版日期	頁數	工本費	本 出 版 品 取 得 方 式
96 年 4 月	136	200	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 ()			
ISBN (OR ISSN) 978-986-00-9247-9 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009600782	IOT SERIAL NUMBER 96-30-7249	PROJECT NUMBER 95-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 2006 TO December 2006
RESEARCH AGENCY: National Kaohsiung University of Applied Sciences PRINCIPAL INVESTIGATOR: Lee. Liang-hwei PROJECT STAFF: Lin Yi-hsian, Huang Ming-er, 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 In recent years, navigation simulation system technique has been changing dramatically, and the all-new feature comes along with the personal computer processing development. The visual effect and graphics system for the navigation simulation system can rely on personal computer and no more expensive workstation type. The development of the large projection equipment changes with time, and the price is also significant slippery. These technical evolution and development let the large visual scene system that navigation simulator required become feasible. This project anticipates the development from building a set of "Multi-ships Simulation System", and the system includes Own-ship, sub-ship and instructor sets, important software key technique being developed, while including virtual scene system, ships motion model, electronics maritime map, radar to imitate the system etc. The hardware includes the computer graphic system, projection system, simulated instruments and integrated test of the entire equipments and software system. The research items of this year include planning on the system development and detailed functional specification, studying the contents about navigation simulation system in STCW 78/95, and developing the kernel program tools for building and modeling a virtual scene system, and building the three-dimensional model of Taichung Harbor, and integrating the virtual scene system and the ship motion model etc.			
DATE OF PUBLICATION April 2007	NUMBER OF PAGES 136	PRICE 200	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	
英文摘要	Π
目錄	
圖目錄	
表目錄	
第一章 前言	1
第二章 研究方法與工作項目	9
2.1 研究方法	9
2.2 工作項目	11
第三章 系統規劃	15
3.1 訂定系統發展規劃與細部功能規格	15
3.2 開發操船模擬器三度空間視景繪圖顯示系統	22
3.2.1 場景繪圖管理(Scene Graph Management)	23
3.2.2 模型物件管理(Object Management)	24
3.2.3 運動模式管理(Motion Modeling)	26
3.2.4 自然環境特效	27
3.2.5 海洋環境特效	29
3.3 製作港區三度空間模擬模型	37
3.3.1 資料獲取	41
3.3.2 資料處理	44
3.3.3 資料整合與規劃	50
3.3.4 港灣圖台建置	55
3.3.5 模型資料庫建置	61
3.3.6 港灣圖台與模型資料庫套合與融合	64
第四章 研究過程與步驟	67
4.1 整體架構	67
4.2 本船、副本船仿真儀表設備連線整合	68
4.3 本船、副本船之系統整合測試	68

4.4 多船模擬教官(主控)台設計	72
4.5 電子海圖模組開發	73
4.6 台中港模型轉換	73
4.7 整合視景繪圖顯示系統與船舶動力模式	73
第五章 研究成果與完成項	75
5.1 研究成果	75
5.2 完成項目與測試	76
第六章 結論與建議	85
參考文獻	87
附錄一 期中報告審查意見處理情形表	89
附錄二 期末報告審查意見處理情形表	93
附錄三 簡報資料	95

圖 目 錄

圖 1-1 台中港港灣圖台建模	2
圖 1-2 高雄港港灣圖台建模	3
圖 1-3 花蓮港港區虛擬導覽	3
圖 1-4 使用多個曲面投影機建構出大型海港的模擬場景	4
圖 2-1 「多船操縱模擬系統」	10
圖 2-2 「多船操縱模擬系統」主本船架構	11
圖 3-1 雷達模擬子模組所模擬的場景	19
圖 3-2 多船模擬系統主本船硬體架構圖	20
圖 3-3 多船模擬系統副本船硬體架構圖	20
圖 3-4 英國船商公司全功能航海模擬器系統配置圖	21
圖 3-5 船舶控制與導航裝置等儀器控制顯示	22
圖 3-6 自然環境特效	28
圖 3-7 海洋環境特效	29
圖 3-8 以視點距離為函數的影像簡化計算公式	33
圖 3-9 隨視點距離所計算求得不同解析度的地面涵蓋範圍圖	34
圖 3-10 大地場景流覽系統	36
圖 3-11 高雄港碼頭模型	38
圖 3-12 高雄港壽山圖台	38
圖 3-13 一般性建物(a)與重要地標(b)建物模型	39
圖 3-14 港灣設施模型：燈塔(a) 貨櫃(b) 消波塊(c)	39
圖 3-15 船舶模型	40
圖 3-16 船舶操縱模擬視景資料庫建置流程圖	41
圖 3-17 (a)高雄港 40m DTM 與(b)SPOT6.25m 衛星影像資料	42
圖 3-18 影像種類	42
圖 3-19 高程資料	44
圖 3-20 貼圖影像鑲嵌	45
圖 3-21 RGB-HIS 色彩模型流程圖	47
圖 3-22 影像融合示意圖	47

圖 3-23 高雄港港區影像鑲嵌	49
圖 3-24 LiDAR 獲取建物高度示意圖	50
圖 3-25 GIS 建模示意圖(一)	52
圖 3-26 GIS 建模示意圖(二)	52
圖 3-27 GIS 建模示意圖(三)	53
圖 3-28 高雄港總圖與高雄港第一港口、第二港口	54
圖 3-29 高雄港分區圖	55
圖 3-30 地形建模資料	56
圖 3-31 產生 DED	56
圖 3-32 地形網格模型	57
圖 3-33 地形網格模型	58
圖 3-34 紋理映射與紋理分塊(a)Mip-Map 紋理映射,(b)Clip-Map 紋理分塊	59
圖 3-35 高雄港山體模型之紋理映射貼圖	60
圖 3-36 高雄港港灣模型	61
圖 3-37 三種主要的建物模型	62
圖 3-38 港灣設施模型：倉庫(a) 吊臂(b) 燈塔(c) 船舶(d)	63
圖 3-39 物件空間屬性	65
圖 3-40 碼頭模型套合	65
圖 4-1 多船模擬系統主本船硬體架構圖	67
圖 4-2 多船模擬系統副本船硬體架構圖	68
圖 4-3 「船舶駕駛控制台」外觀以及仿真設備連線情形	70
圖 4-4 副本船系統架構圖	71
圖 4-5 多船系統架構圖	72
圖 5-1 船舶操縱模擬系統架構圖	77
圖 5-2 主控台	77
圖 5-3 教官台	78
圖 5-4 仿真儀表	79
圖 5-5 船舶操控組件	79

圖 5-6 單槍投影機	80
圖 5-7 兩船交會	80
圖 5-8 船舶行進畫面	81
圖 5-9 本船進港畫面	81
圖 5-10 FLT 模型讀入顯示效果圖	83

表 目 錄

表 3-1 各種等級模擬器的操作環境	17
表 3-2 DED 組成	43

第一章 前言

台灣位於西太平洋海岸濱亞洲大陸棚交界，南通南中國海，北接琉球群島，不但在海洋環境上地處重要地位，在地理位置上也位居亞太航運樞紐，正因台灣地處重要的國際航線樞紐，台灣很早就開始發展國際航運與漁業資源開發，國內商漁船足跡更遍佈全球。有鑑於近年來世界各國對於海洋法的重視，無不積極伸張其經濟海域主權，因此，內政部除已於 88 年公布領海基點基線，明確劃定我國 12 海浬領海主權，並積極推動與執行相關海洋政策。因此，對於船舶操縱模擬系統的需求，已從原有的船長、航海人員擴大到海權執法人員航運技術訓練。

國際海事組織(IMO)在 1995 年新修訂的 STCW 海上航行訓練、認證與值班標準國際公約(Standards of Training, Certification and Watchkeeping)中，大幅增加與航海模擬系統相關的規定，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，並可取得相關證照，以加快高素質航海人才培養，減少海上實際訓練時間。此一規定無疑地加速推動世界各國航海模擬器的發展。我國非常重視船長、航海人員、值班人員的航運技術，很早就已經開始使用大型航海模擬系統進行人員培訓所需的模擬訓練。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。國外的大型船舶操縱模擬系統因其模擬系統功能齊全、效果逼真，且憑藉其掌握多項高資訊軟硬體關鍵技術的優勢，造成國人難以自行研發操船模擬系統。但由國外引進之大型船舶操縱模擬系統的維護與更新，必須仰賴國外原廠，不但維護昂貴且技術無法自主，對提升國內資訊產業水準，開拓國際市場，都形成明顯的障礙。

為支持政府發展航運與漁業所需港灣與近海海洋環境資訊需求，本所本中心多年來已經投注大量經費在近海與港灣海洋環境的觀測與海洋

環境數值模擬研究，這些成果也已應用於建構近海海洋環境資料庫與資訊服務系統，並朝建立自動化即時觀測與 e 化海岸與港灣自然環境資訊系統之目標邁進，以提供政府部門充分掌握海岸與港灣自然環境資訊，提升國家領海內海洋事務管理、港灣航運管理與經營、近海防災與海上救難。

本中心已於 91-93 年度投入研究經費在數位海岸圖像與視覺化港灣資訊系統的發展，奠定發展航海模擬系統所需的關鍵技術的先導研究，並已建置完成台中（圖 1-1）、高雄（圖 1-2）、基隆與花蓮港（圖 1-3）等港口港灣模型，也完成海洋與自然環境特效研究，人機介面，多船模擬所需的避碰與港泊管理系統等已有相當的成果。此外，在發展船舶動力模式所需的港灣附近水深 30 公尺以內的海底地形、波浪與海流等自然環境，亦已有充分的資訊。

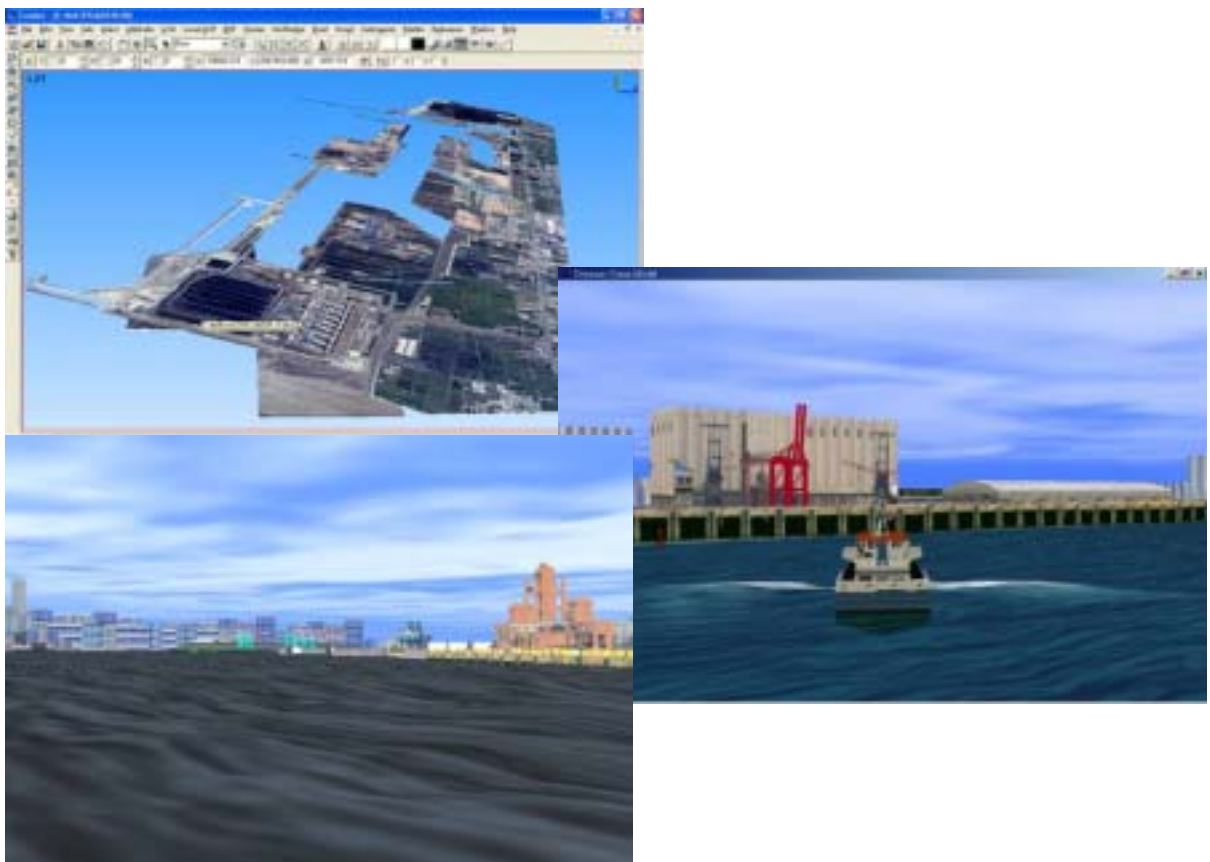


圖 1-1 台中港港灣圖台建模

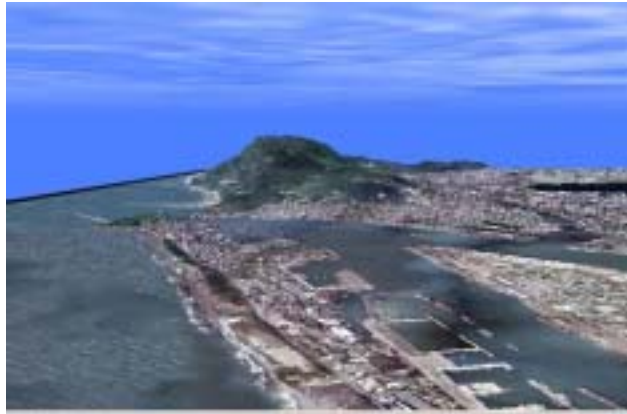


圖 1-2 高雄港港灣圖台建模



圖1-3 花蓮港港區虛擬導覽

本中心目前的「視覺化港灣資訊系統」，其港灣視景系統內的港灣模型、自然環境特效與海洋環境特效雖然均已符合一定的真實度，而該系統主要為使用美國 Mulitgen 公司的 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(Runtime license)，每一艘船以三個投影機計算，約需執行執照(Run-Time License)費用約為 150 萬元左右，以一套雙船系統為例，其執行執照費用即高達 300 萬元，並不符合國人自製與未來擴充發展多船模擬系統之需求。且目前所使用的港

灣模型建模工具軟體費用非常昂貴，若未來需修改現有港口內設施或擴充建立其他港口，亦不符合國人自製之需求。

近年來，航海模擬系統發展技術，隨著個人電腦硬體發展日新月異而有全新的面貌，航海模擬系統所需的視效繪圖電腦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。個人電腦系統設備與顯示卡的開發研究，台灣都是居世界的重要地位，且其價格與效能比，均與過去昂貴的繪圖工作站相距不遠。此外大型投影設備的發展日新月異，價格也大幅下降，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採購與製造。



圖 1-4 使用多個曲面投影機將海景視效投射於圓柱螢幕上，建構出大型海港的模擬場景

本研究將自行開發船舶操縱模擬中之視景系統建置，台灣建模工具亦將採用平價且容易操作軟體系統之模型格式(如 3DMax, DXF 等)，系統

開發規範以符合 STCW 78/95 操船模擬器規範為原則，各項硬體系統以本土製造、容易採購、容易維修為原則，整套系統設計包括所有的開發技術文件，以利後續通過國際認證為目標。

全球定位系統(GPS)、遙感探測(RS)及地理資訊系統(GIS)等 3S 技術的整合帶動了空間資訊科學的新發展趨勢，3S 所探測的資料雖然都是真實世界的資訊，然而，3S 的表現方式多為平面，且其功能多半侷限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」。以往受限於電腦功能與 3S 技術發展限制，電腦模擬應用系統所依賴的虛擬實境技術，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、地圖與船舶動態資料結合...等，可使虛擬實境所模擬的場景更接近真實世界且更具內涵。

本研究預計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。

本研究分成四個年度完成，第一年已完成工作項目與內容包括：訂定系統發展規劃與細部功能規格、研究 STCW 78/95 公約內操船模擬系統相關規定、開發操船模擬器視景繪圖顯示系統所需的三度空間繪圖成像繪圖核心程式、製作高雄港三度空間模擬模型、操船模擬器視景繪圖顯示系統等，並由本研究團隊自行籌購仿真儀表設備硬體系統，提前完成副本船仿真儀表設備連線整合。第二年預計工作項目與內容包括副本

船仿真儀表設備連線整合(含硬體系統採購)、副本船之系統整合測試、多船模擬教官(主控)台設計、電子海圖模組開發以及台中港模型轉換等。第三年則為主本船之系統整合測試、主本船投影設備(3通道投影設備)、主本船船艙裝潢、多船模擬架構設計(本船與副本船整體連線測試)以及基隆、花蓮港港灣模型轉換。第四年預計工作項目包括增加主本船投影設備(單通道投影設備)、雷達模擬設備、系統整體連線測試、調整、系統整合測試、評估、系統文件、操作手冊編寫、產品國際認證規劃與產品發表會等。

本研究在第一年度已完成工作項目如下：

(1) 研究 STCW 78/95 公約內操船模擬系統相關規定

國際海事組織(IMO)在1995年新修訂的STCW海上航行訓練、認證與值班標準國際公約(Standards of Training, Certification and Watchkeeping)中，大幅增加與航海模擬系統相關的規定，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，並可取得相關證照，以加快高素質航海人才培養，減少海上實際訓練時間。

本研究開發之多船操縱模擬系統各項性能指標，必須符合STCW78/95公約有關用於培訓和適任評估的模擬器標準。本年度已將STCW 78/95 公約附錄所列規定之強制性標準，第A-I/12節「使用模擬設施之標準」，以及STCW 78/95 公約及其附錄所列之建議準則列於附錄，並將其內容作為訂定本研究多船模擬系統規範之依據。

(2) 訂定系統發展規劃與細部功能規格

詳細訂定「多船操縱模擬系統」本船、副本船與教官台各子系統

之細部規格與「多船操縱模擬系統」所需功能。各子系統之細部規格包括本船、副本船與教官台所有電腦系統、投影系統、駕駛台仿真設備及儀表、與電子海圖、雷達模擬等子系統之硬體與船艙內裝配置之整體規劃。「多船操縱模擬系統」所需功能包括駕駛台資源管理 (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的熟悉和使用等功能規格訂定。

(3) 開發操船模擬器三度空間視景繪圖顯示系統

參考目前所使用的Vega系統，以及其他及時模擬系統如VTree, Open Scene Graph, OpenGVS等系統功能架構，開發操船模擬器所需三度空間視景繪圖顯示系統，包括3D繪圖核心模組、大地地形地貌空間資料庫與幾何貼圖管理模組、港灣設施模型地理資訊管理模組、自然環境特效(日、夜、晨、昏、雲、霧)等。目前，海洋環境特效部分(波浪模擬、船舶船艏浪與船尾浪)尚未完成。

(4) 製作港區三度空間模擬模型

以建立高雄港與台中港之經驗，採用高解析彩色衛星影像與數值地形高程資料(DEM)製作基礎圖台，並以本案開發之「大地地形地貌空間資料庫與幾何貼圖管理模組」所產生之地形地物為參考依據，在基礎圖台上以「港灣設施模型地理資訊管理模組」建立修改碼頭、燈塔、助航標、貨櫃集散場與貨櫃吊架、倉庫等重要港灣設施。

(5) 本船/副本船系統整體設計與測試

本研究已完成本船/副本船系統整體設計與測試，本系統為完全

由國人自行整合之船舶操控模擬系統，本系統共分為「船舶駕駛控制台」、「海景視效投影系統」、「簡易教官台」等三項硬體設備；軟體部分則包括「海景視效顯示系統」、「虛擬港灣模型」、「中央控制整合系統」等三項。

第二章 研究方法與工作項目

2.1 研究方法

航海模擬器(Navigation Simulator)是指一個複雜的電腦軟體系統，由一組電腦透過網路互相連結，有些電腦負責與船舶操控所使用的儀器連線，有些則控制儀表按鈕被按下後的動作，有些則負責計算船舶動態資訊或顯示海洋環境或進出港的場景等。一個航海模擬器可以讓海員通過符合STCW 78/95 公約中第A II/1與A II/2節的訓練與認證考試。

一個主本船的航海模擬器的主要模組包括下列項目：

- 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

本研究預計在本中心內設置一套「多船操縱模擬系統」，系統主要由本船、教官台與副本船所構成（系統構想如圖2-1），系統內重要的軟體關鍵技術與港灣模型製作，將完全由研究團隊自行研究開發。多船操縱模擬系統可依據場地大小與訓練實際需求增加若干個副本船。系統各項性能指標必須符合STCW78/95公約有關用於培訓和適任評估的模擬器標準。

研究範圍主要為「多船操縱模擬系統」內重要的軟體關鍵技術與港灣模型製作，包括視景系統開發（3D繪圖核心模組、港灣模型建模與更新管理系統、自然環境特效、海洋環境特效）視景系統與船舶動力模式之整合、視景系統與電子海圖、雷達模擬等系統開發。並進行高階繪圖電腦系統、投影系統、仿真儀表、船艙內裝等實體設備硬體系統與軟體

系統之整合測試（主本船架構如圖2-2）。



主本船架構



圖 2-2 「多船操縱模擬系統」主本船架構。

2.2 工作項目

本研究現階段主要的工作項目如下：

(1) 本船、副本船仿真儀表設備連線整合(含硬體系統採購)

將依據前期訂定之系統發展規劃與細部功能規格，提供本中心辦理採購，再系統整合經驗，將本船、副本船仿真儀表設備包含仿真舵、推桿與顯示儀表等，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連線整

合。

(2) 本船、副本船之系統整合測試

本年度測試之本船、副本船系統整合測試包含船舶操控模擬系統，本系統共分為「船舶駕駛控制台」、「海景視效投影系統」、「簡易教官台」等三項硬體設備；其中，「海景視效投影系統」之設備採購費用編列於第三年，今年度僅以一般之投影機替代。軟體部分則包括「海景視效顯示系統」、「虛擬港灣模型」、「中央控制整合系統」等三項系統整合測試。

(3)多船模擬教官(主控)台設計

將依據前期訂定之系統發展規劃與細部功能規格，提供本中心辦理採購相關硬體設備，再依據前期系統整合經驗，將教官台與本船與副本船整合。教官台設計其功能模組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，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。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。

(4)電子海圖模組開發

電子海圖為背景的船舶動態圖形顯示要求在電子海圖上將船舶的運動狀態以二維圖形(俯視圖)的方式標繪出來,它能夠直觀地顯示出船舶的幾何位置、船舶的航向、航速以及其他一些操船資訊(如拖輪、錨、纜等)。

(5)台中港模型轉換

台中港模型轉換採取航空影像與DEM套疊產生地形景觀或建物的景觀模型，這種模型對地形與地表提供了逼真的三維表示，但該方法僅對地形地表進行了建模表達，並利用現有GIS資料及配合其高程屬性資料建

立，可增加其他相關資訊(例如，房屋高度、形狀、位置、方位角等)，同時使用規則幾何體(如矩形體、長方體等幾何構造體)來表達視景建物。這種方法可利用GIS中現有資料大量產生簡易建物模型，同時，也可利用了GIS系統進行資料管理、查詢與檢索。因而可以方便地且快速地建構大範圍視景建物模型。

第三章 系統規劃

本研究以地理資訊系統(Geographic Information Systems, GIS)、全球衛星定位系統(Global Position System, GPS)與遙感探測(Remote Sensing, RS)等 3S 空間資訊(Spatial Information)技術與虛擬實境(Virtual Reality, VR)技術為建置港灣視景資料庫之基礎，結合運用網路通訊架構、大型影像與資料庫管理、電機機械自動控制之可程式化控制器技術(Programmable Logic Controller, PLC)、曲面投影顯像技術、三度空間電腦繪圖、雷達視效模擬等技術，進行系統整合開發設計，並經過詳細之評估與測試，技術以符合本案研究需求。

3.1 訂定系統發展規劃與細部功能規格

航海仿真系統是一種典型的人在回路中的仿真，人作為一個環節參與到仿真系統中，通常通過仿真系統提供的各種信息，經過判斷和決策對系統進行操縱和控制，進而達到人員訓練、方案論證、海事分析等目的。該系統已應用於：

- (1)規則訓練;
- (2)雷達/ARPA、ECDIS的熟悉和使用;
- (3)BridgeTeamworkManagement綜合訓練;
- (4)船舶操縱綜合能力培養訓練;
- (5)港口和航道開發分析;
- (6)由於特殊需要，某些已大於航道、泊位設計能力的船舶進出港和靠離泊的可行性及相關措施研究;
- (7)事故調查與分析。

IMO(世界海事組織)一直鼓勵在航海教育和培訓中使用模擬器，新的STCW78/95公約(海員培訓發證值班公約)還允許將接受模擬器訓練的時間部分折算成海上經歷的時間。

國際海事組織 (IMO), 在關於海員培訓、值班和發證公約的國際會議上, 規定在海運界對於雷達、ARPA和GMDSS操作訓練, 使用模擬器來培訓是強制性的。根據IMO有關文件對船舶操縱模擬器的定義, 船舶操縱模擬器是一種能部分模仿真實情況專門為滿足某些特種目的而設計, 以便讓操作者在一個可控制的安全環境中通過操作來實踐和(或)顯示其能力的裝置。船舶操縱模擬器主要用於航海教學與培訓, 其功能應能滿足STCW公約和主管機關的有關教學與培訓的要求。根據目前我國的航海教學與人員訓練, 船舶操縱模擬器應包括如下的基本功能:

- (1) 現有雷達模擬器的主要功能(如雷達和ARPA操作訓練, 雷達標繪和避碰訓練, 雷達導航訓練, 擁擠水域航行訓練等);
- (2) 受限水域和進出港航行的操縱訓練;
- (3) 夜航訓練;
- (4) 操舵訓練;
- (5) 大型和超大型船舶操縱訓練;
- (6) 惡劣環境下的操縱訓練, 包括能見度不良、強風、強流等;
- (7) 錨泊和靠離泊訓練等口。

另外, 船舶操縱模擬器是一種比較昂貴的大型設備, 除保證滿足教學和訓練的基本要求外, 還應考慮在科學研究和工程設計中發揮應有的作用。因此, 在設計航海模擬器專案時應盡可能考慮使其可用於:

- (1) 為航行和導航設備的開發研究提供模擬實驗條件;
- (2) 駕駛人員行為研究;
- (3) 海事原因分析研究;
- (4) 特定水域或特定船舶操縱方法研究;
- (5) 航道或泊位設計的論證與評估;

(6) 船舶和其他設備工程設計的論證和性能預報等。

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。

各種等級模擬器的操作環境詳列於表3-1

表3-1各種等級模擬器的操作環境

編號	操作環境	A	B	C	D
a	目標船	✓	✓	✓	✓
	模擬器應能提供至少10條不同種類的目標船，每條船均具有足夠精度的數學模型				

b	目標船須配備符合避碰規則的航行燈，號型和聲信號 信號可由教練員分別控制，每個目標船在天氣晴朗時，距離本船應能提供與速度相對應的船頭浪花	✓	✓		
c	模擬器應能同時提供至少20條目標船(參閱STCW-95 section A-1/12.4.3)，教練員可為每條目標船設定足夠數量的轉向點	✓	✓	✓	✓
d	視景				
	模擬器應提供真實的白天或夜晚的視景，包括可變化的氣象能見度，隨時間變化，能夠創建從濃霧到晴朗的系列視覺情景	✓	✓		
e	視景系統能體現本船六自由度運動	✓			
f	視景系統能體現本船三自由度運動		✓		
g	視景的更新速率至少30幀/秒，有足夠的分辨率	✓			
h	視景的更新速率至少20幀/秒，有足夠的分辨率		✓		
i	有獲得足夠的環境真實感，投影銀幕應距駕駛台窗5m以上，觀測者可使用望遠鏡系統	✓			
j	視景系統應能提供四周(水平360)和垂直至少25視場角視景。 水平視場角可以是至少240，其餘部份可漫遊	✓			
k	視景系統應提供至少120°		✓		
l	視景系統應能顯示所用海圖上的全部導航標誌	✓	✓		
m	視景系統所顯示的物體應具有足夠的真實感	✓	✓		
n	視景顯示系統中兩台投影器顯示的視景邊界畸變應盡量減小	✓			
o	外界聲響 模擬器應提供與模擬海況時對應的環境聲響(風、雨等)	✓			
p	航行水域 航行水域應包括與所用海圖相應的隨時間變更的流模型，潮水應有所反映	✓	✓	✓	
q	與所用海圖相對應的水深，並應反映相應的潮水狀況	✓	✓	✓	✓
r	模擬器能提供方向和強度可變的波浪	✓	✓		

每個船舶模擬單元內，配備有雷達顯示幕，模擬顯示本船與他船情形，以提昇模擬真實性。雷達模擬子系統部份，將雷達模組與即時模擬系統整合，可讀取三度空間港灣模型內地形高度、房屋建物特徵、海面船隻等，模擬雷達顯示幕上所看見產生港灣態勢與他船位置(圖4-1)。

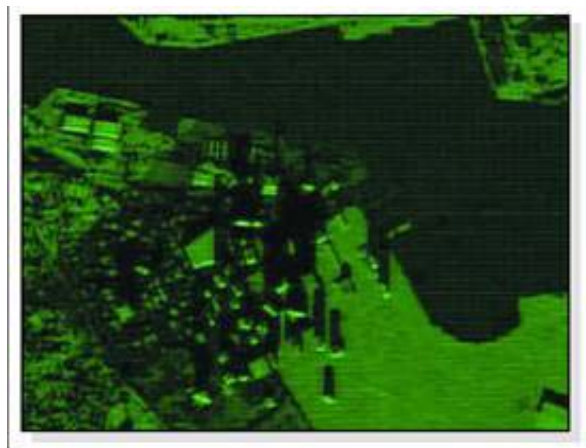


圖3-1 雷達模擬子模組所模擬的場景

透過雷達模擬子模組，系統可以及時模擬雷達顯示幕的情形，並且可以透過應用程式開發介面，將特定的目標船位置，透過網路系統傳送給船舶管理系統，提供自動避碰決策系統計算所需參數。

目前各國發展之先進模擬器的視景展示系統，多採用先進的OpenGL圖形技術，動態即時生成視景圖像，包括：本船、目標船、周圍的物標、環境的影響、能見度及光照等的影響，完全符合STCW 95的各項細節的規定。航海模擬系統允許在任何時間和各種氣象環境下改變能見度和光照程度。教官可以根據訓練的目的和要求，在練習中的任何時刻即時改變訓練環境的能見度條件及光照條件。學員可以在練習中看到全部的360度視景。根據硬體環境和系統的要求，每個視景通道最大可達到1280 X 1024 的解析度。根據自身的要求，使用者可使用個人電腦來顯示視景，也可使用高解析度投影機顯示效果更佳。

本研究預計在本中心內建置一套「多船操縱模擬系統」，系統主要由

本船、教官台與副本船所構成，本系統硬體架構規劃圖如圖3-2、圖3-3所示。



圖3-2 多船模擬系統主本船硬體架構圖



圖3-3 多船模擬系統副本船硬體架構圖

整套系統的配置將參考美國Ship Analytics或英國船商公司發展之航海模擬器，將雷達顯示幕(radar displays)，電子海圖(ECDIS)，船舶控制(vessel controls)與導航裝置(navigational sensors)等，全部安裝於主控台(console)內，所有的航海模擬視景由5-7個投影機投射於圓柱形螢幕上，音效系統與視效系統全部裝璜於一個房間內，如圖3-4所示。



圖3-4 英國船商公司全功能航海模擬器系統配置圖。圖片來源

http://www.transas.com/simulators/bridge_simulators/full_mission/index.asp

全套系統船舶控制與導航裝置等儀器控制顯示使用PLC連接，並使用RS-232c與電腦系統通訊，如圖3-5所示。





圖3-5 船舶控制與導航裝置等儀器控制顯示。

為驗證本研究所列規格之可行性，本研究已依據所列規格實際完成副本船測試，詳細說明列於3-5節。

3.2 開發操船模擬器三度空間視景繪圖顯示系統

參考目前所使用的Vega系統，以及其他即時模擬系統如VTree, Open Scene Graph, OpenGVS等系統功能架構，開發操船模擬器所需三度空間視景繪圖顯示系統。

目前世界各國所使用的航海模擬器之三度空間視景繪圖顯示核心模組，大部份採用許多國際知名的即時模擬(Real-Time Simulation)的電腦繪圖公司所發展的核心模組，如美國Ship Analytics公司的全功能航海模擬器與大連海事學院的航海模擬器均採用Multigen-Paradiam公司的VEGA即時模擬系統為其視景繪圖顯示核心模組。當然VEGA並非唯一的選擇，其他如Vtree，OpenGVS及美國的Sense8公司的WTK(World Toolkit)等。

因此要自行發展航海模擬器之視景繪圖顯示系統，首先必須了解這些三度空間視景繪圖顯示核心模組所使用的關鍵技術，才能依據國人需求，自行研發本土化的繪圖顯示核心模組。綜觀這些電腦繪圖公司的核心模組，其架構包括下列各項基本要求：

3.2.1 場景繪圖管理(Scene Graph Management)

為了給使用者建立一個能使他感受到身歷其境和沉浸其中的環境，必要的條件就是根據需要能在虛擬系統中逼真地顯示出可觀世界中的一切物件。例如，能顯示出山川河谷、魚蟲鳥獸、花草樹木、五官軀體、車船路橋、廣廈樓宇等物件的三維圖像。不只是要求所顯示的物件在外形上與真實物件酷似，而且要求它們在形態、光照、質感等方面都十分逼真。

當我們站在山頂上看山腳下廣大的平原，我們可能很難想像要用多少個多邊形和多大的材質貼圖才能把眼前所看見的場景全部放進模擬系統裡？因此，在兼顧逼真與效率的前提下，經常使用於室內景觀繪圖的Z-Buffer演算法已經無法解決這些問題，而必須採用多層次解析度(LOD)的觀念，來管理場景中的景觀與物件模型。

場景的調度，是場景管理中的一個關鍵技術。對於大規模的場景資料庫，一次全部載入記憶體是不實際的；而且圖形系統為了保證操作之即時性，每幅繪製的多邊形也不能超過某個上限值。因此，對於大規模的場景，應當將其分塊後進行調度。

這一要求需要場景構建時就必須加以考量。首先應當根據圖形系統的限制估計出每個裝載模組的最大多邊形數目，為場景構造提供一個上限值，在產生特徵物及選取地形點時，一旦產生的多邊形數目超過這此一上限值，則不再選點。場景資料庫生成後提供給不同的模擬應用程式，由於其視域不同，而且對資料的精確要求亦不同，因此，不同的模擬場合實體的調度是不同的。

虛擬環境的建模(Modeling)是整個場景模擬系統建立的基礎，僅僅建立靜態的三維幾何體對場景模擬來講還是不夠的。在虛擬環境

中，物體的特性涉及到位置改變、碰撞、捕獲、縮放、表面變形等等。因此，場景繪圖管理的主要目的在管理模擬場景內的物件的位置與碰撞偵測，以最佳化的方式繪圖。

物體位置包括物體的移動、旋轉和縮放。在模擬場景中，我們不僅對絕對坐標感興趣，也對三維物件相對坐標感興趣。對每個物件都給予一個坐標系統，稱之為物件坐標系統。這個坐標系統的位置隨物體的移動而改變。

在場景模擬系統中，我們經常需要檢查物件A是否與物件B碰撞，例如使用者的手是否已觸到了虛擬的球。碰撞檢測需要計算兩個物體的相對位置。如果要對兩個物件上的每一個點都做碰撞計算，就要花許多時間。因而，許多場景仿真系統在即時計算中，有時採用矩形邊界檢測以節省時間，但往往把精確性給犧牲了。事實上，這種方法類似光線跟蹤技術中的包圍盒技術。

3.2.2 模型物件管理(Object Management)

模型物件管理模組用於儲存和管理模型庫的基本物件模型和組合物件模型。模型物件指模擬環境中產生和顯示的一切物件，包括靜態的和動態的模型物件。靜態物件相對全球座標其位置或形狀不隨時間發生變化，如地理環境，即模擬實體所依賴的物理環境，包括地形、地貌及地面上的各種特徵物(如道路、橋樑、房屋、機場、港口等)；動態物件根據模擬任務及其隨著演練過程的進行，其位置、形狀有時均會隨機地發生變化，如飛機、艦船；對全天候的戰場環境，還必須表現各種氣候條件(如白天、夜晚、雲、霧等)，各種特殊效果(如海浪、爆炸、煙火等)，以及場景中的各種聲音效果(如爆炸聲、飛機的轟鳴聲等)。不僅如此，還要表現在模擬過程中動態實體的運動屬性，它包括動態實體的位置、姿態，它們與地理環境之間產生的各種遮蔽，

各物體之間的碰撞等。

物件的幾何模型是用來描述物件內部固有的幾何性質的抽象模型，所表示的內容包括物件中基本的輪廓和形狀，以及反映基本表面特點的屬性（如顏色）。此外物件的幾何模型也包括基元(entity)間的連接性，即基元結構或物件的拓撲(topology)特性，連接性的描述可以用矩陣、樹、網路等方式表達。應用程式在處理物件的幾何模型時通常需要一些額外的數值和說明資訊，這些資訊不一定是與幾何形狀有關的，例如基元的名稱，基元的物理特性等等。幾何模型一般可以表示成分層結構，因而我們有可能使用由頂向底的方法將一個幾何物件分解，也可以使用由底向頂的構造方法重構一個幾何物件。

物件中基元的輪廓和形狀可以用點、直線、多邊形圖形、曲線或曲面方程式，甚至圖像等等方法表示，到底用什麼方法表示取決於對儲存和計算平衡的綜合考慮：抽象的表示法其模型所需儲存空間較小，但取用時需要重新計算；具體的表示可以節省生成的計算時間，但模型所需儲存空間和存取資料時所花費的時間和記憶體空間比較大。

虛擬物件外表的真實感主要取決於它的表面反射和紋理，以往若要提高一個物件真實感的辦法是增加物體的多邊形細節，但對即時模擬的應用系統來說，增加多邊形會使圖形處理速度變得緩慢。現代圖形硬體乎都具有即時紋理處理能力，這意味著在維持圖形速度的同時，可利用少量的多邊形和紋理增強真實感。紋理中的最小元素被稱為紋理元素(Texel)，每個紋理元素由紅、綠、藍、亮度和紋理透明度(Alpha)組成。運用紋理貼圖在模擬場景有許多優點。首先，它提高物體細膩度以及景物的真實感。其次，紋理貼圖可透視變換提供更好的三維線索。最後，紋理貼圖可大幅減少場景多邊形的數目，因而提高

更新頻率(Refresh)。

紋理能用下面兩種方法產生：一個是用圖像繪製軟體建檔編輯和儲存紋理點陣圖，例如常用的Photoshop軟體；另一個是用數位照機拍攝所需的紋理貼圖。目前，已有商品化的紋理資料庫出售，很多高級的圖形平臺，通過提供複雜的即時紋理硬體來提高真實感。

3.2.3 運動模式管理(Motion Modeling)

物件模型的運動模式主要包括動態實體模型本身所特有的運動方式和外界環境或其他物件間產生交互的行為。交互行為類又包含產生某種動作的原因、產生某種動作的運動，以及參與對外界環境或其他物件交互的控制。

虛擬物件物理建模包括定義物件的質量、重量、慣性、表面紋理、光滑或粗糙、硬度、形狀改變模式(橡皮帶或塑膠)等等，這些特性與幾何建模和行為規則結合起來，形成更真實的虛擬物理模型。這種真實度的模式建立稱為物理建模(Physical Modeling)。

電腦物理仿真傳統上作為數量分析和預測的工具，具有一定的作用。建立仿真系統需要物理學與電腦圖形學配合。帶有高速3D圖形功能的高性能電腦的出現為重要的物理建模提供了硬體基礎，並且可以在交互過程內看到結果。這個發展為人們找到了許多新奇的和令人激動的物理學方法，例如使用者在虛擬世界完成物理實驗，或者給帶有物理求解的抽象數學提供視覺化的圖形介面。

因為我們習慣瞭解真實世界的操作技巧，因此，使用物理仿真作為交互環境的感覺，是這些物體模型為真實物體的抽象。例如在自動控制系統中的數學模型就是對控制系統特性的抽象和概括。傳統的仿真建模階段與實際仿真執行是完全分離的，前者包括人工推導和系統

運動方程式。增加仿真可以預先提供模型的操作能力，但是這個能力的限制之一是沒有動態建立新模型的能力以及修改已經存在的模型，例如在玩具世界的組合和虛擬機械的實驗中，增加新的區塊，產生和中斷聯繫，不同的區塊可方便地連接和分離等等。

動態建立虛擬物體物件的關鍵在於適當地動態約束處理，將簡單的物件合併成複雜的物件，如可以用來表示一些拼圖和滑梯等物件，或者將一堆零件裝配成機器。動態約束也允許使用者定義所期望的物件的形式和行為。在物理系統中增加或刪除約束將從結構上改變系統運動方程，約束的改變導致力的變化。交互環境必須反映這些變化，可以自動地求解新的運動方程，並且沒有明顯的滯後現象發生。

3.2.4 自然環境特效

包括雲氣的大氣模式(Atmospheric Model)、雲的型態與顏色，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。另外系統必須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，以增加雲層的真实程度。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。

氣候環境模型的形成採用多層天空模式，自地向上，分為貼地霧

景、下透明區、下過渡區、雲層、上過渡區和上透明區八個層次。上、下透明區為晴空紋理，作為整個天空的背景。在三維場景製作過程中，透過改變不同區域的寬度和明暗灰度就形成了晴空、多雲、陰、多霧等不同的氣候環境模型。(如圖3-6所示)

- 晴空：把貼地霧景區域壓縮，下過渡區至上過渡區設置為零，也就是說，除小部分貼地霧景外，只剩下透明區。
- 多雲：將雲層區域加大，並增加雲處理。雲處理可以給背景貼雲層的紋理材質，也可以通過建雲的三維模型，然後顯示來實現；
- 陰天：上、下透明區設置為零，下過渡區、雲層、上過渡區加大到擴充整個天空。
- 多霧：將貼地霧景擴充到整個天空。

此外，將背景的上、中、下區域的顏色進行調整，就可以實現白天、黃昏、夜晚的環境模型。

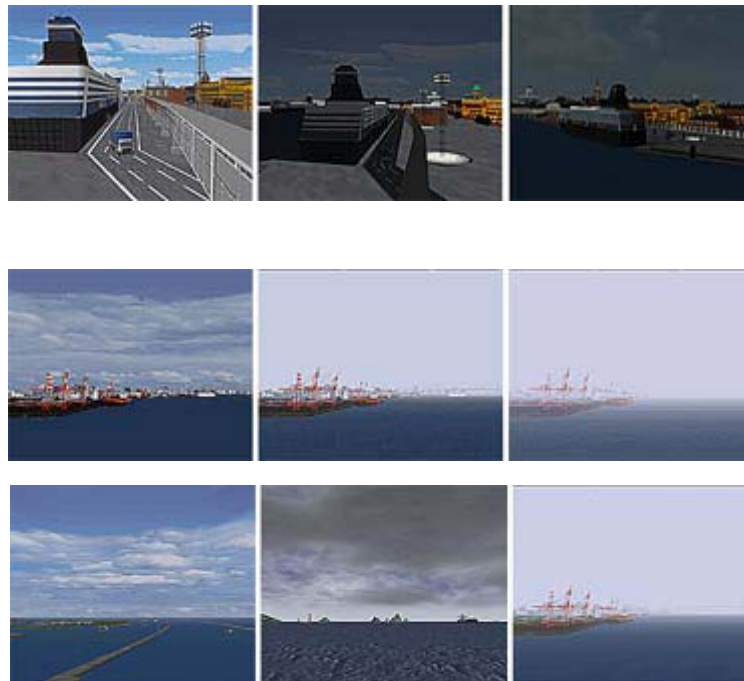


圖3-6 自然環境特效

3.2.5 海洋環境特效

VEGA系統之所以會被各大航海模擬系統所採用的主要原因是其提供的海洋環境特效，VEGA系統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或通過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。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。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。(如圖3-7所示)

- (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。

因此，本研究之海洋環境特效將參考VEGA系統之原理與航海模擬器基本需求設計海洋環境特效。

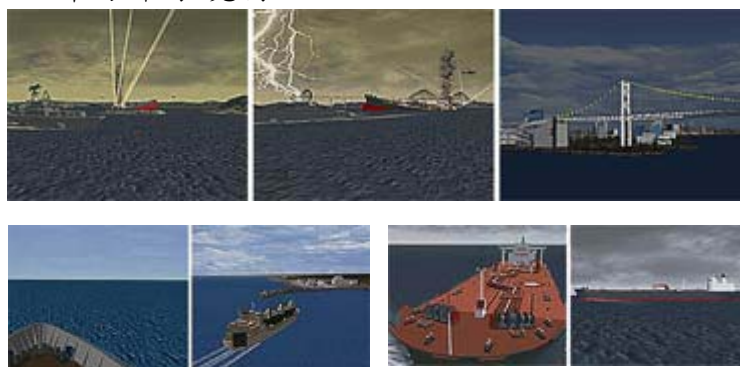


圖3-7 海洋環境特效

本案目前已經完成三度空間視景繪圖顯示系統核心中，困難度最高之「與視點相關(View Dependent)」 「多層次細節(LoD)」之大地場景流覽系統之設計，可結合衛星影像與數值高程模型，進行即時模擬顯示。系統核心已可放置建物模型與紋理貼圖，並可將建物模型與地理資訊系統整合，作為後續建立港灣模型使用。惟因海洋環境特效部份目前仍在進行測試，尚未完成整合，將於下年度賡續完成。以下簡要說明三度空間視景繪圖顯示系統核心各項關鍵技術：

1. 三度空間視景繪圖顯示系統核心設計理念

人類在進入 21 世紀後，Internet 技術也正在改變著全世界，而社會對地理資訊系統的需求也在不斷地增長，為日新月異的科技領域往前邁向一大步。如何將 3S（GIS：地理資訊系統；RS：遙感探測；GPS：全球定位系統）技術與 Internet 技術融合為一體，彼此互動互補，也是目前熱門研究的課題。

就實際應用觀點而言，目前市場上的地理資訊系統與空間資料庫仍無法有效儲存、管理、展示大型且巨量的影像資料，不易在網路上展示巨量的影像資料，也難以在網路上以有限的頻寬展示大型三維立體化影像。因此，以現有 3S 技術為基礎，發展本土化三度空間視景繪圖顯示系統核心，仍然受到極大的限制。然而，自從 2005 年中網路蒐尋引擎大廠 Google 推出 GoogleEarth 之後，更為空間資訊研究領域開啟在網路上流覽全球大型影像與地形資料的新里程碑。

本研究的目的是在探討如何發展一個以網路為基礎之 3D 地形顯示系統所需的技術，作為三度空間視景繪圖顯示系統核心。這個技術必須以 TB 級巨量無縫影像空間資料庫管理系統為核心內容，具有多解析度、高效的空間索引和空間查詢特性，且能以與視點相關技術，在網路上展現與即時瀏覽大型的三維影像資料。

本案首先分析基於 LoD 之大規模圖像即時瀏覽研究現況，設計一套以網路為基礎之 3D 地形顯示系統所需的技術，最後以高雄港為範例展示以本研究所探討的技術實作的初步成果。

(1)基於 LoD 之大規模圖像即時瀏覽研究現況

近年來有關地形模型建構的研究一直非常熱門。Lindstrom 首先提出化簡地形模型之視點相依的誤差計算方法。它們首先根據地形頂點所在周遭地勢的垂直高度變化定義每個頂點的高度差，之後一一將頂點的高度差投影到螢幕座標系統上，如果高度差投影小於給定的誤差容許值，則此頂點就可以化簡，而幾何模型會因此頂點的化簡將兩個較小的三角形合併成一個大三角形，以產生地形資料的多層次精細度模型 (Lindstrom, 1996)。Lindstrom 於 2001 年再次提出 SOAR 演算法，以視點相依的方式，在記憶體(Out-of-Core)最佳化方式排列資料，達到快速流覽地形的目的(Lindstrom, 2001)。

Hoppe 應用漸進式網格模型的概念使用前置處理製作地形的多層次精細模型，之後在依據觀視點的改變而動態調整顯像所需的幾何模型，成功地完成三角不規則網格的多層次精細度模型之即時顯像。此法基於三角形不規則網的方法則直接用滿足重要性條件的頂點生成網格，雖然此法基於規則網格生成網格中的頂點數目和三角形數目都較多，但是易於裁剪和簡化，繪圖的效率更高(Hoppe, 1998)。

即時最佳化可適性網格 (Real-time Optimal Adaptive Meshes, ROAM) 演算法其主要理論是輸入地形的大小以及三角格總數和展示地形所需要的時間無關。因為在 ROAM 演算法中展示所需的時間和三角格每秒所改變的數目成比例，換句話說 ROAM 重視的是地形三角格每秒鐘所改變的數目，而不是三角格總數的多寡。可以在連續的範圍實現從最基本的平面到最高級的最佳化。而且 ROAM 演算法分割成小方塊非常快速

(Duchaineau D. *etal.*, 1997)。

Thatcher Ulrich 提出 ChunkLOD 的演算法，近年來由於消費者對 3D 繪圖需求與日俱增，電腦繪圖原理也由原先以 CPU 為主 3D 繪圖流程 (pipeline)，改為以繪圖顯示卡上的繪圖晶片 (GPU) 的 3D 繪圖流程，也大幅改變了在模型幾何的 LOD 考量上的演算法。

(2) 以網路為基礎之 3D 地形顯示技術探討

本研究提出之網路 3D 地形顯示技術，除了參考上述各種基於 LOD 之大規模圖像即時瀏覽研究的優點外，使用特殊的資料結構，以加速在伺服器端大型影像與 DEM 的資料存取。此外，在計算完所需的地型模型圖資後，還必須考慮網路資料傳輸頻寬與續傳的問題，在不將資料放入客戶端電腦硬碟的前提下，達成在網路上快速流覽大型 3D 地形的目的。以下分別說明本研究所使用的各項關鍵技術：

<1> 與視點相關的影像與地形簡化

大型影像與地形 3D 流覽的基本概念是以地形高程點所構成的多邊形表面 (polygonal surface)，用透視投影的方式呈現在電腦螢幕上，為求地形流覽的真實感，可將衛星影像貼覆在多邊形表面所構成的地表模型上，這個貼在地表的衛星影像就是這個地表模型的貼圖材質 (Texture Mapping)。與視點相關的影像簡化技術，是以視點所見範圍內，離視點愈近的影像採用較高的解析度，較遠的地方採用較差的影像解析度。

考慮螢幕上每個像元 (pixel) 能顯示的影像數量是固定的，因此影像簡化方法的目的是儘量在螢幕上的每個像元內只顯示一個貼圖材質影像像元，若採用與視點相關的概念，可以 (1) 式計算出以視點距離為函數的影像簡化計算公式

$$d(n) = \frac{Width * Detail * 2^n}{2 * \tan(\frac{\theta}{2})} (n \geq 0) \quad (1)$$

其中

Width: 顯示視窗寬度(寬、高中取較大者)

Detail: 衛星影像解析度 (unit/pixel)

θ : 視角

由視點離地面高度與(1)式,可以計算出每一個整數的 n 值代入 $d(n)$ 後,在地面上的投影長度,這個投影長度就是在三度空間繪圖中的視埠寬度(Viewport Width),由不同的 $d(n)$ 值所求得的投影長度(圖 3-8)。當視點在移動時,會因為高度位置不同,必須隨時計算當時 n 值的範圍(亦即要計算幾個層次的影像), n 值的大小可以用下式決定:

$$\begin{aligned} H &\leq d(n) \\ d(n-1) &< MaxD \\ d(n) &\geq MaxD \end{aligned} \quad (2)$$

其中 MaxD 為模型最大可視距離

H 為視點高度

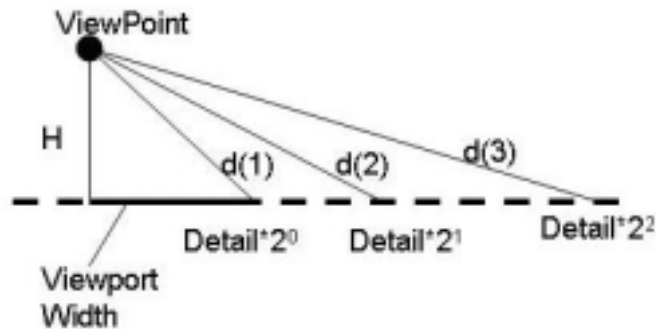


圖 3-8、以視點距離為函數的影像簡化計算公式

由於地表模型已經貼覆衛星影像作為其貼圖材質,因此,可以對 DEM 資料作更進一步的簡化,本研究提供一個地形簡化參數,讓使用者自行決定電腦螢幕上每多少個像元,才需要有一個高程值,就可以

達到最佳的模擬視覺效果。由這個參數值再參考圖 3-9 的多解析影像涵蓋圖，用來決定地形的簡化過程。

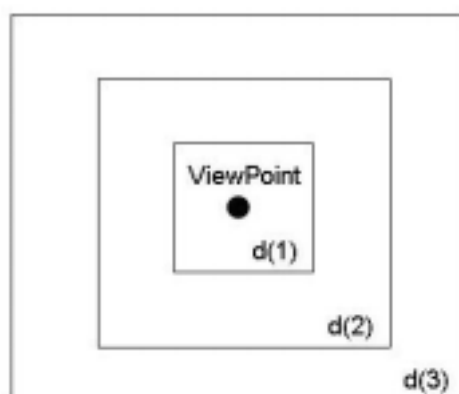


圖 3-9、隨視點距離所計算求得不同解析度的地面涵蓋範圍圖

假設在 $d(1)$ 距離範圍內，由使用者決定的地形簡化參數求得之地形取樣解析度為 dx ，為使後續建立的地形模型不會有不一致的情形，必須將 dx 約化成 2 的倍數，那麼在 $d(2)$ 範圍內的地形取樣解析度就為 $2dx$ ，以此類推即可求得簡化後的多解析度地形圖。

<2>自適應調整的誤差控制指標

確定與視點相關的影像與地形簡化關係式之後，還必須知道何時該重新產生新的地形模型與影像。本研究設定一個自適應調整的誤差控制指標，系統每秒鐘計算並檢查這個指標是否大於一個門檻值，若大於該門檻值，才重新產生新的地形模型與影像。

這個自適應調整的誤差控制指標(AECI, Adaptive Error Control Index)主要是檢查新的視點看到的地面涵蓋面積差是否過大，作為是否更新的依據。此指標的計算方式是依據檢查點當時視點位置所計算求得之多解析度地面涵蓋圖，計算其與現有模型每個不同解析度的面積差，再以 $d(n)$ 中的 n 值($n \geq 0$)加上 1 作為反比加權指數，累計加權後面積差即為此誤差控制指標。

假設現在使用的模型，其多解析度涵蓋為 $n=2,3,4$ ，而在計算並檢

查 AECI 時所得的多解析度涵蓋為 $n=3,4,5$ ，因此，AECI 計算方式如下

$$ErrorIndex = dA_3 \frac{1}{(3+1)} + dA_4 \frac{1}{(4+1)} + dA_5 \frac{1}{(5+1)} \quad (3)$$

其中

dA_n : 代表不同解析度的面積差

當 $ErrorIndex=0$: 代表檢查點與現有模型涵蓋面積完全改變

當 $ErrorIndex=1$: 代表檢查點與現有模型涵蓋面積完全相同。

依據經驗，在單機作業環境時，門檻值設為 0.9~0.85 時效果最好，在網路作業環境時，門檻值則設為 0.7 時效果最好。

<3> 網路資料傳輸設計

由於以網路為基礎的大型影像地形流覽的效能最大關鍵，仍然在於網路頻寬的限制因素，為降低網路資料傳輸量，影像與地形資料都必須經過壓縮後，才經由網路傳送。影像壓縮方式是以數位餘弦轉換 (DCT, Digital Cosine Transform) 與 Huffman 壓縮後傳送；地形則只有第一個值以倍精度實數傳送，之後的值則只傳送前後資料高程差，降低傳送資料的動態範圍後，再將高程差以 12bit 大小重新編碼包裝後傳送，減少網路資料傳送量。

此外，當模型重新更動後，先傳送地形資料，當地形資料收畢後，立即以舊有貼圖材質先更新模型，此時在螢幕上已經感覺到畫面被更動。這時，隨後傳到的影像是以分塊的方式，逐步更新模型的貼圖材質。所以，當使用者忽然停在目標區上空時，會慢慢看到地面的衛星影像一塊一塊逐漸變清楚，其更新速度與網路頻寬就有很大的關係，Google Earth 也是使用相同的方式更新衛星影像。

由於本研究除了傳送地形與衛星影像外，還要傳送向量資料與全區導覽圖。因此，在 TCP 資料傳輸設計上是開啟三條 Socket 連線來完

成不同類型的資料傳送。

(3) 三度空間視景繪圖顯示系統核心成果

本研究提出之以網路為基礎的大型影像三度空間視景繪圖顯示系統核心技術已完成基礎架構，成果如圖 3-10。



圖3-10 大地場景流覽系統

3.3 港灣視景資料庫建置

以建立高雄港與台中港之經驗，採用高解析彩色衛星影像與數值地形高程資料(DEM)製作基礎圖台，並以本案開發之「大地地形地貌空間資料庫與幾何貼圖管理模組」所產生之地形地物為參考依據，在基礎圖台上以「港灣設施模型地理資訊管理模組」建立修改碼頭、燈塔、助航標、貨櫃集散場與貨櫃吊架、倉庫等重要港灣設施。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，因此，如何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、方便地發展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，每個港灣需包含下列各項模型：

1. 港灣碼頭模型：

在衛星影像上用不規則多邊形面工具描繪碼頭，配合數值地形模型(DTM)輸入碼頭高程後，完成碼頭模型雛形建立。為提高顯示圖像的速度，應對於大型衛星影像進行適當切割。並藉由數位攝影器材取得碼頭的貼圖材質，經調製後得到最接近真實之碼頭貼圖，便可完成碼頭製作(圖3-11)。在自然海岸線地區，選擇幾何工具中的Strip Face功能，進行海岸線之製作。

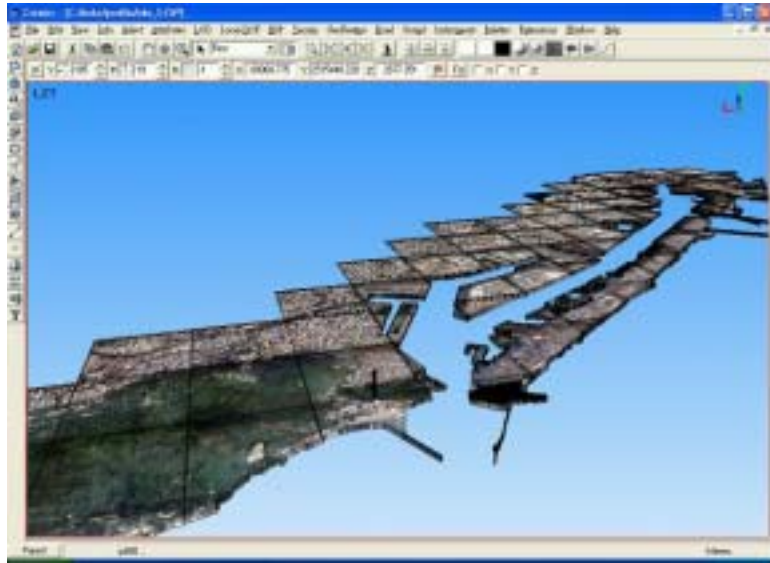


圖3-11 高雄港碼頭模型

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(圖3-12)。

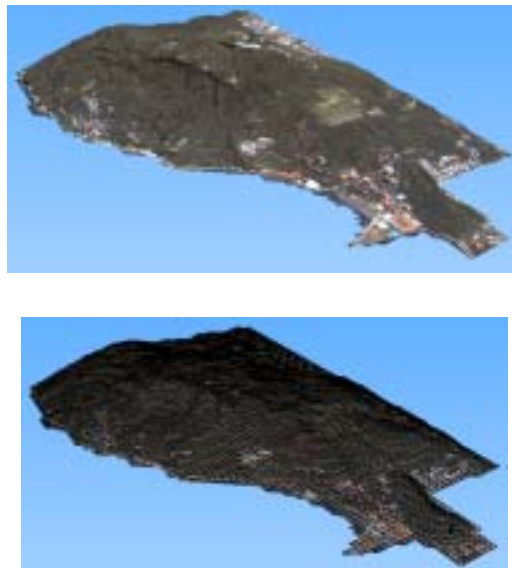


圖3-12 高雄港壽山山體模型

3. 建物模型：

港灣模型在人工建物方面，必須考慮其視覺感受、建模成本、與系統效能，故將人工建物方面分類成一般性建物與重要地標，並且建立成模型庫(如圖3-13)。重要地標為單一性無法重複利用之模型，一般性建物含貨櫃、碼頭、燈塔等人工建物、房屋等模型，可重複利用之模型。



圖4-13 一般性建物(a)與重要地標(b)建物模型

4. 港灣設施：

位於港灣中之景物，如倉庫、吊臂、貨櫃、航道標誌、消波塊及信號台等(如圖3-14)。

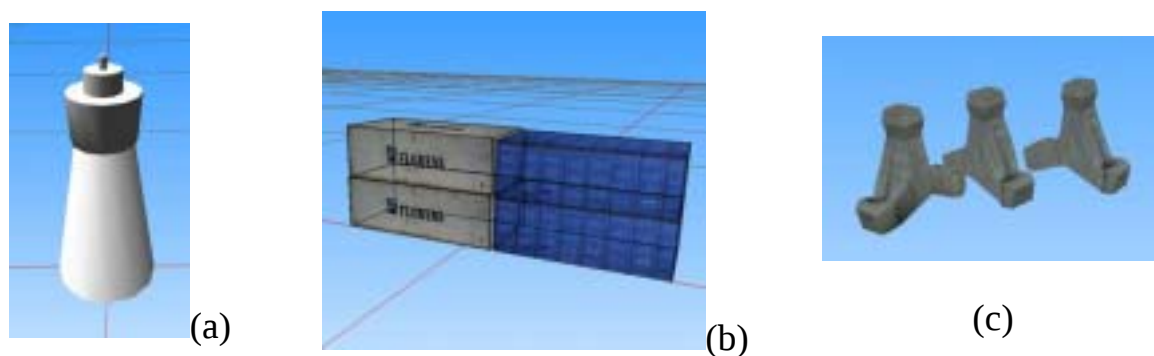
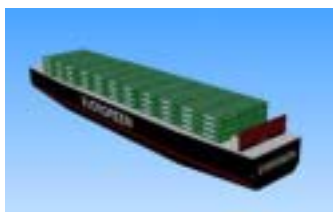


圖3-14 港灣設施模型：燈塔(a) 貨櫃(b) 消波塊(c)

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、遊艇與貨櫃輪等。



(a) 貨櫃輪



(b) 遊艇

圖3-15 船舶模型

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。

船舶操縱視景資料庫之建置可分為下列七項主要步驟：資料獲取、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 3-16 所示。以下以高雄港為實例，詳述各步驟內容：

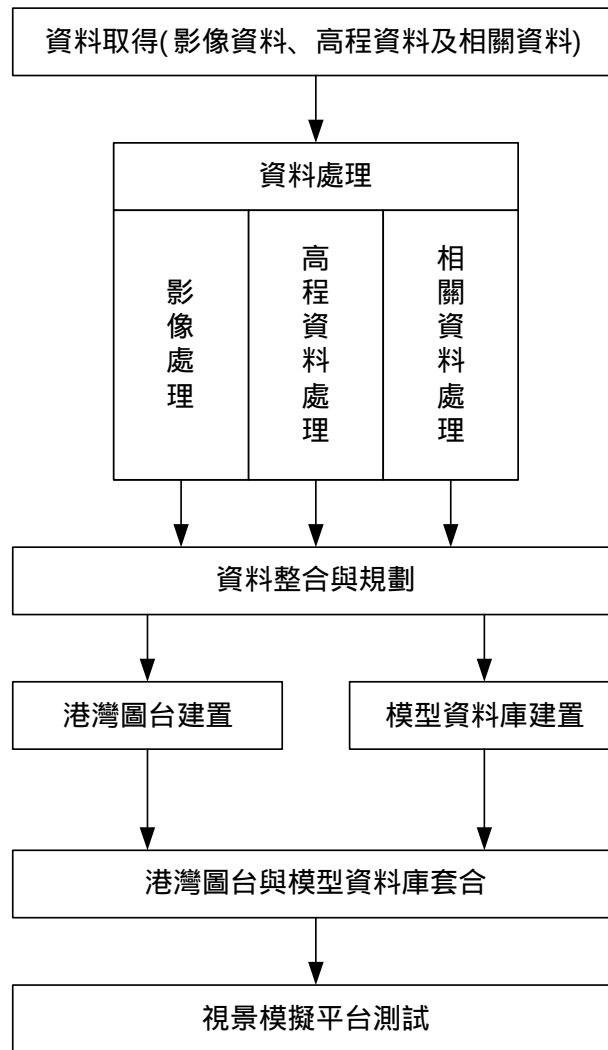


圖 3-16 船舶操縱模擬視景資料庫建置流程圖

3.3.1 資料獲取

資料獲取指建置港灣視景資料庫所需之港灣空間資料之獲取，主要包含影像資料與高程資料，其中大範圍港區基礎圖台採用高雄港40m DTM與SPOT 6.25m衛星影像(如圖3-17)為基本資料。高細膩程度的港灣模型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衛星影像(圖3-18a)，壽山部份地形物件模型貼圖(圖3-18b)及由野外拍攝的高雄港現場影像(圖3-18c)。



(a)



(b)

圖 3-17 (a)高雄港 40m DTM 與(b)SPOT6.25m 衛星影像資料



(a)捷鳥衛星影像



(b)高雄港數位航測影像



(c)現場影像

圖 3-18 影像種類

高程資料主要以數值高程模型(DEM)為主，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

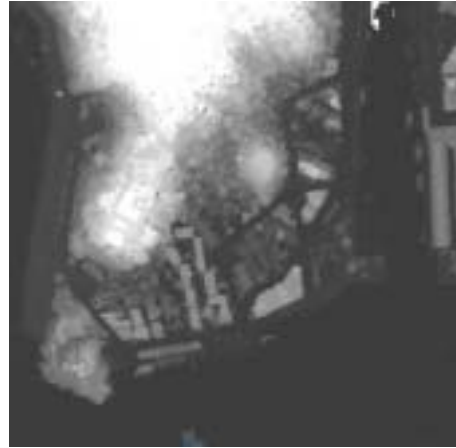
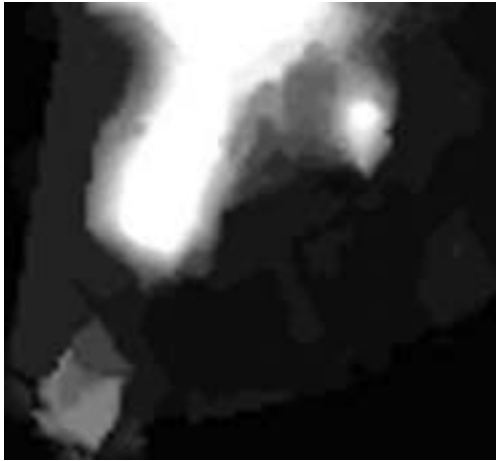
建構地形模型的依據。這種高程取樣的過程稱為資料獲取，就現階段而言，資料獲取方法由傳統地面測量到目前的空載雷射掃瞄(LiDAR)皆可做為取得地形資料的方式。

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3-2)和資料部分(資料部分即高度資料，如圖3-13)。

表 3-2 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

除了高解析航拍與衛照影像外，高細膩程度的港灣模型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。本研究使用高雄港壽山及旗津區域1m DTM(圖3-19a)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3-19b)。



(a)高雄港壽山及旗津 1m DTM (b)LiDAR 高雄港港區高度資料

圖 3-19 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。

3.3.2 資料處理

為提昇影像與高程資料在視景資料庫內的顯示效能，必須對所取得的影像與高程資料進行最佳化處理，並統一各種獲取之資料來源之地理座標，才能於地理資訊系統上進行整合與規劃。

港灣視景資料庫內所需之影像處理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軟體進行影像處理、鑲嵌、色彩平衡等處理，以產生可供港灣模型所需的物件紋理貼圖。亦可製作成多層次的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。此外，為求貼圖影像資訊的連貫性亦會採用影像鑲嵌技術，將單張的現場相片，組合成完整的貼圖，如圖3-20。

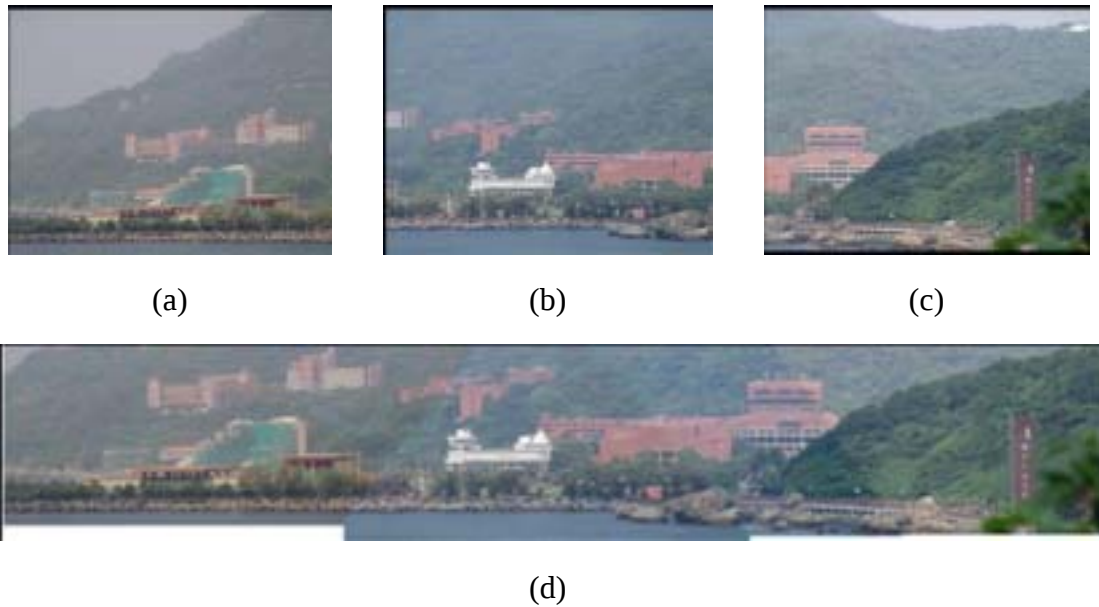


圖 3-20 貼圖影像鑲嵌

遙測影像資料來源可略分為衛星影像與航測影像兩大類，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)改正或進行特徵萃取(Feature Extraction)，如影像正射化糾正(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

影像因地形起伏所產生之像點移位及變形，配合數值地形模型DTM資料之，以逐點修正之，並賦於影像中每個像素地理坐標。

(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。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3-21)，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：

- (1) 將低解析度多光譜影像(圖3-22a)之大小調整至與高解析度全色態影像Pan(圖3-22b)相同，調整後之多光譜影像分別為R、G、B波段。
- (2) 將R、G、B波段影像選擇某一種色彩模型進行轉換計算。
- (3) 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。
- (4) 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3-21c)，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3-21d)。

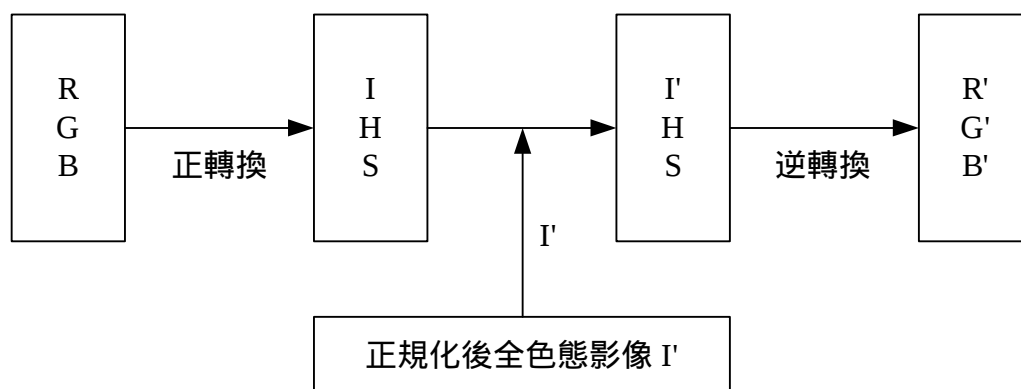


圖 3-21 RGB-HIS 色彩模型流程圖



(a)全色態影像



(b)多光譜影像



(c)融合後影像



(d)高雄港 QuickBird 1m 融合影像

圖 3-22 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3-23所示。

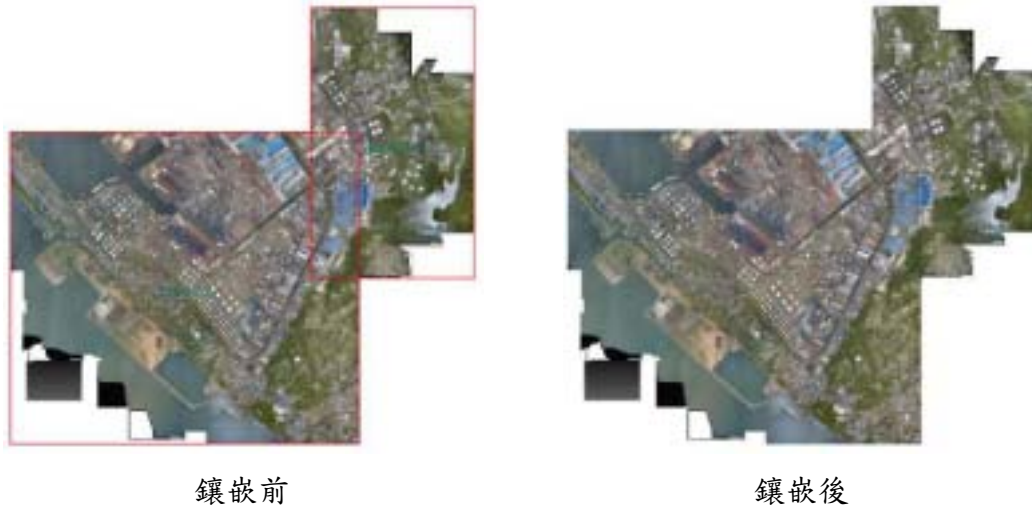
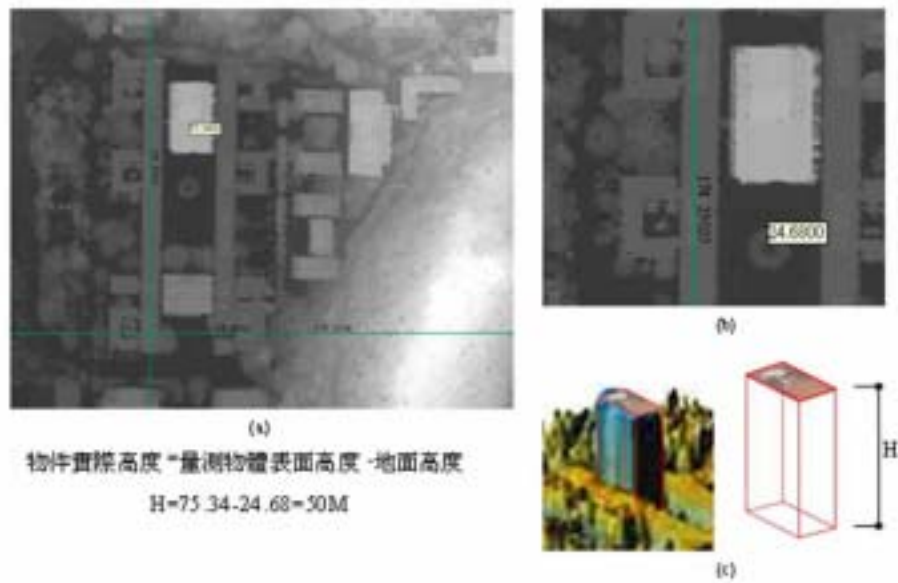


圖 3-23 高雄港港區影像鑲嵌

在高程資料處理方面，本研究採用中興測量公司於2005年2月實測之高雄港區LiDAR實測資料，作為提取港區複雜建物高程資料來源，由於LiDAR資料採用橢球體為高程基準，故其高度資料取得後無法直接使用，需先進行濾波處理進而取得正規化數值表面模型(nDSM: normalized Digital Surface Model)。本研究採用林承毅(2005)所提出CFTRA(Coarse to Fine Terrain Recovery Algorithm)Lidar資料濾波與地形復原演算法，以階層式多項式曲面作為濾除地物之參考趨勢面，將LiDAR原始資料中之地物濾除後，再以地形復原技術，回復被濾除之地物點高程。再以距離加權網格法(Inverse Distance Weighted Gridding Method)分別以LiDAR原始資料與經CFTRA演算法濾波後資料，求得數值表面模型(DSM)與數值高程模型(DEM)，並以DSM-DEM求得1m解析度之nDSM，建立相對建物高度資料庫。於數化建物時，以建物位置至資料庫內，查詢相對建物高度(圖3-24)。就港灣視覺模擬而言，此相對高度計算方式已符合本研究的需求。



(a)量測物體表面高度、(b)地面高度、(c)物件實際高度

圖 3-24 LiDAR 獲取建物高度示意圖

3.3.3 資料整合與規劃

將取得的影像與高程資料於地理資訊系統(GIS)中整合，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。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。資料整合是透過GIS建模技術所完成。

1. GIS 建模技術

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完成基於GIS建模技術的港灣圖台建置。SiteBulider 3D為Multigen Paradigm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，SiteBuilder 3D擁有自己對於模型建模與編修的建模工具Model Builder 3D，該軟體已擁有Creator的所有基本建模功能，SiteBuilder 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。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，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3-25a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 3-24b為結合向量與影像資料之示意。

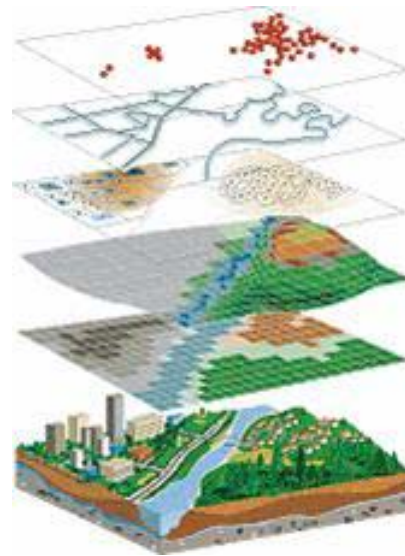
(3) 建構基底地形

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3-26a)：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。



(a) 統一坐標基礎



(b) 向量與網格式資料(資料來源
<http://www.usgsquads.com/>)

圖 3-25 GIS 建模示意圖(一)

(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3-25b)，並建構相關的屬性資料。



(a) 建構基底地形



(b) 物件數化

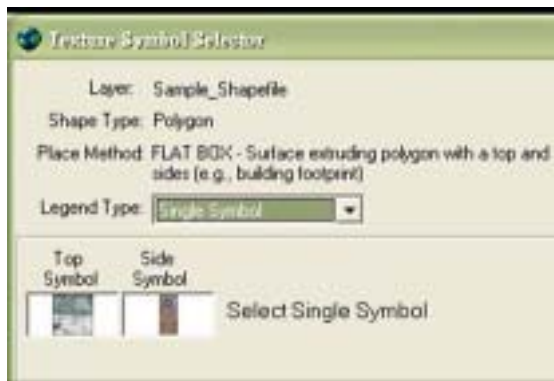
圖 3-26 GIS 建模示意圖(二)

(5) 指定貼圖

指定物件模型的頂部(Top)與側面(Side)紋理材質(圖3-27a)，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3-27b)。



(a)指定貼圖



(b)匯出模型

圖 3-27 GIS 建模示意圖(三)

2. 港區資料規劃

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3-28)，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 3-28 高雄港總圖與高雄港第一港口、第二港口(資料來源: 交通部高雄

港務局 <http://www.khb.gov.tw/www/index.htm> 及高雄交通網
<http://ktrans.tripod.com/index.htm>)

本研究將高雄港分為八大部份(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3-29)。

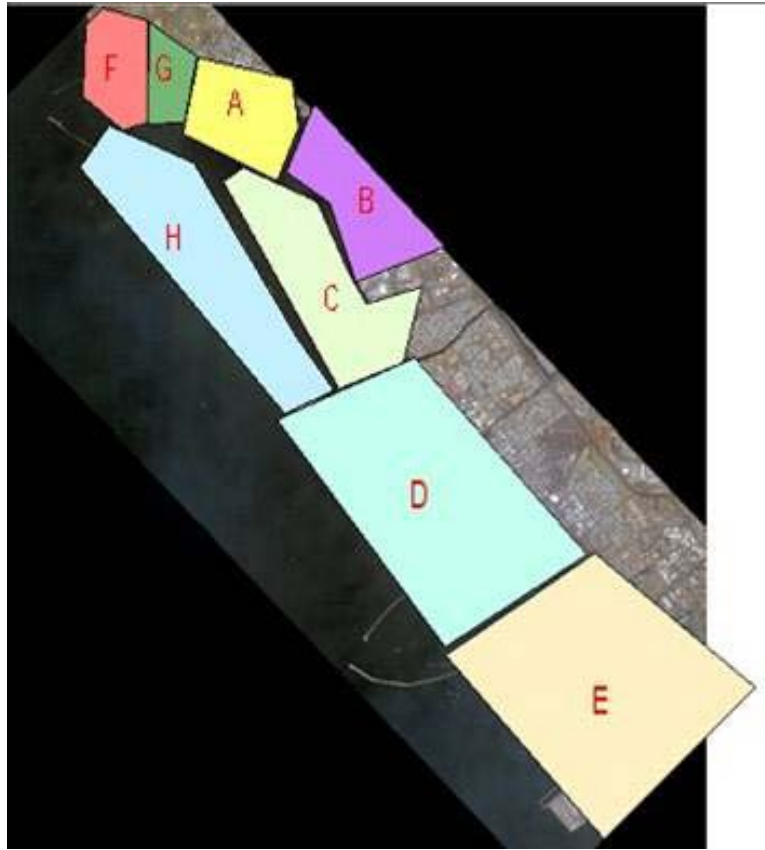


圖 3-29 高雄港分區圖

3.3.4 港灣圖台建置

本研究除使用GIS建模技術建立基本圖台外，亦使用MultiGen Creator的地形建模工具建立山體模型。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：

(1) 高程資料準備

依據3-3-1節所述，將不同資料來源之高程格式資料轉換成MultiGen Creator標準的DED(Digital Elevation Data)資料。首先取得高雄港第一港口1M解析度高程資料與QuickBird 0.61M的衛星影像圖(圖3-30)其左下到右上經緯度坐標分別為(120.155,22.370)與(120.160,22.371)。

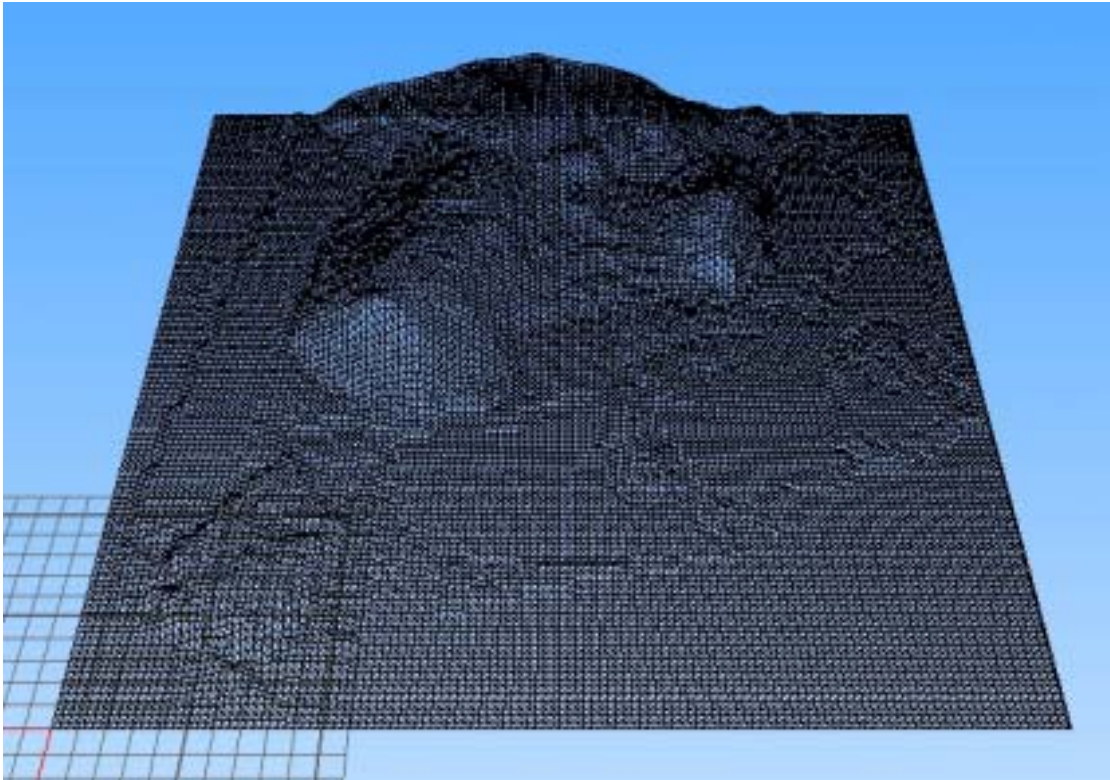


圖 3-32 地形網格模型

(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 3-33所示為一張標準的Mip-Map索引表的儲存模式。可假設給定的紋理影像的分辨率512x512，則包括紅、綠、藍三分量的整個Mip-Map表可儲存在1024x1024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。

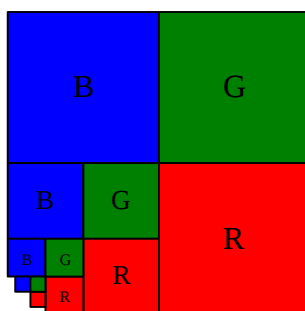


圖 3-33 Mip-Map 儲存方式表

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3-34a)，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。

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。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2048x2048，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×m塊(如圖3-34b)，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。

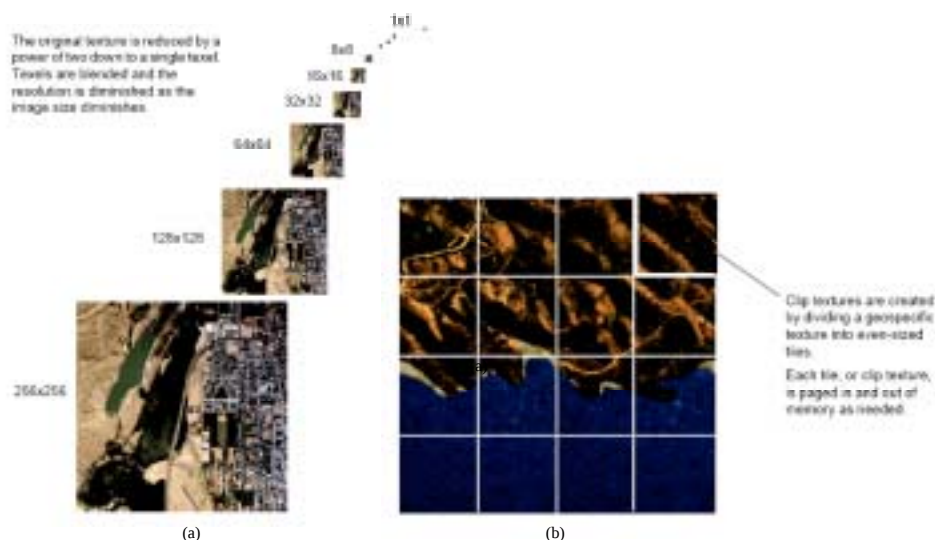
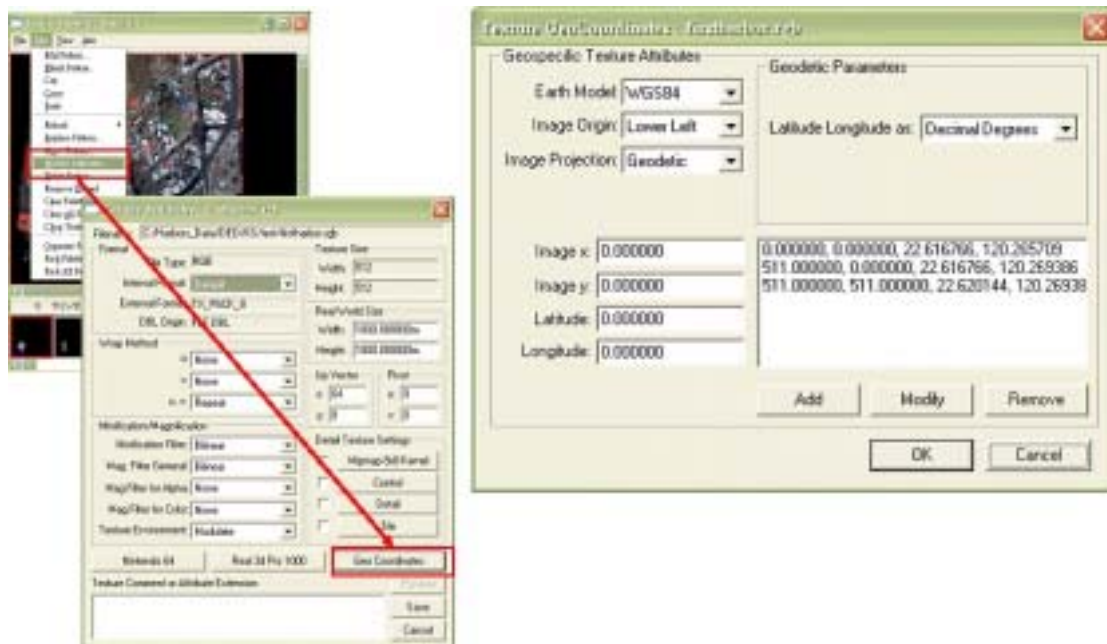
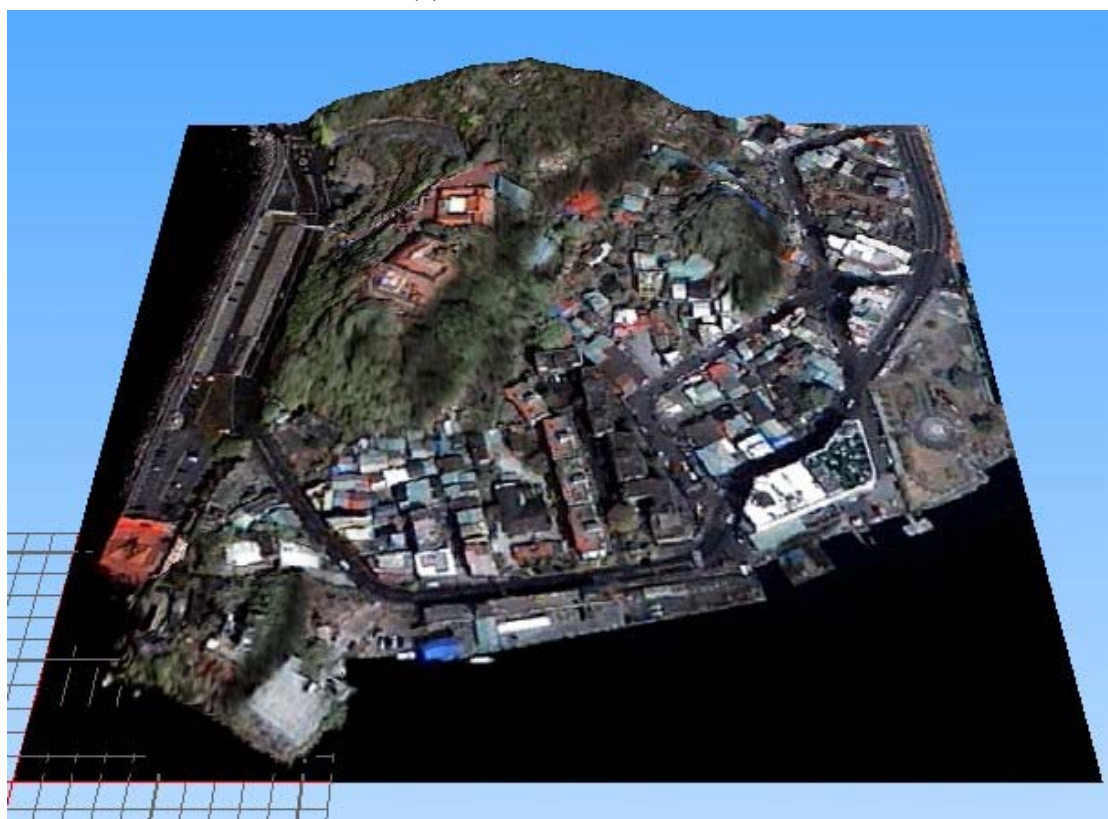


圖 3-34 紋理映射與紋理分塊(a)Mip-Map 紋理映射,(b)Clip-Map 紋理分塊

將紋理到指定的地理坐標上，並完成地理貼圖，地形模型便告完成(圖3-35)。



(a) 紋理地理坐標指定



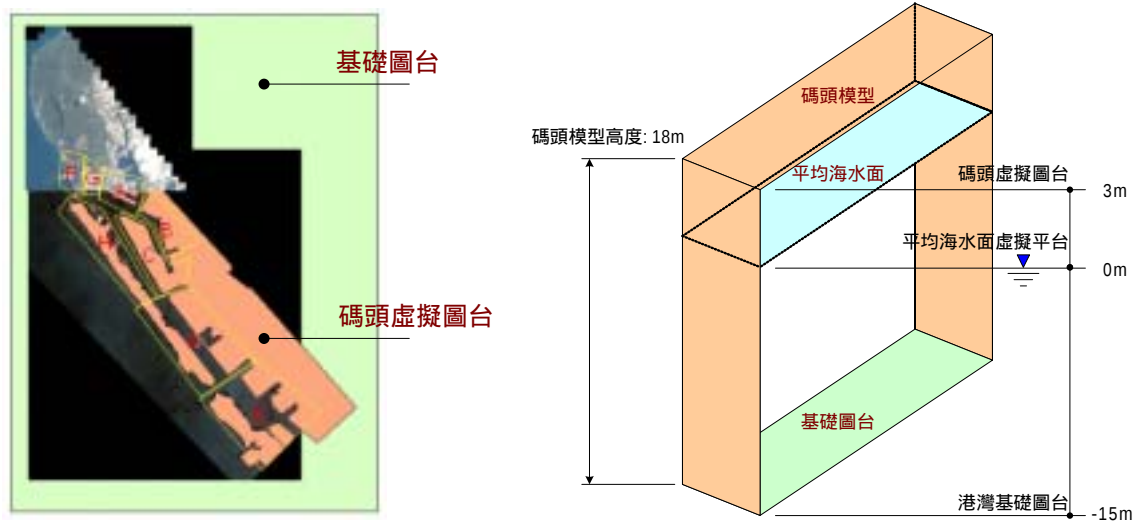
(b) 紋理貼圖

圖 3-35 高雄港山體模型之紋理映射貼圖

最後再與以GIS建模技術完成之虛擬港灣圖台整合，依據海圖所載高雄港航道平均深度與平均潮汐高度，建置高雄港模型(圖3-36)。



(a) 高雄港各部份模型示意圖



(b) 港灣圖台建置示意圖

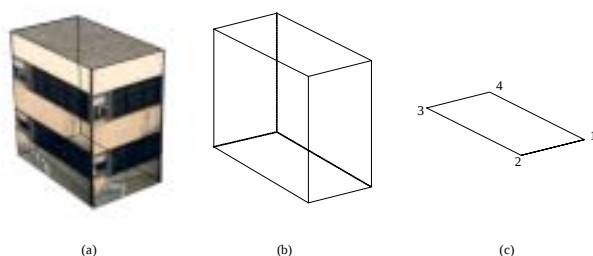
圖 3-36 高雄港港灣模型

3.3.5 模型資料庫建置

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。由建物模型的建模方法來分，又可分为平頂建物、複雜建物與標誌性建物。

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。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。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。至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，我們採用在MultiGen Creator環境中精確建立。如圖3-37所示。



(a) 平頂建物模型



(b) 複雜建物(高字塔)分解為 1、2、3、4、5，五個部份



(c)標誌性建物：高雄港旗津地區 76 咖啡廳

圖 3-37 三種主要的建物模型

港灣視景資料庫內的港灣設施模型，是港灣模型真實度的另一項關鍵，本研究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。由於高雄港是國際港埠，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。此外，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(如長榮、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，吊臂亦是附屬於貨櫃旁不可缺少的物件。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。本研究完成之各項港灣設施與船舶模型如圖3-38。

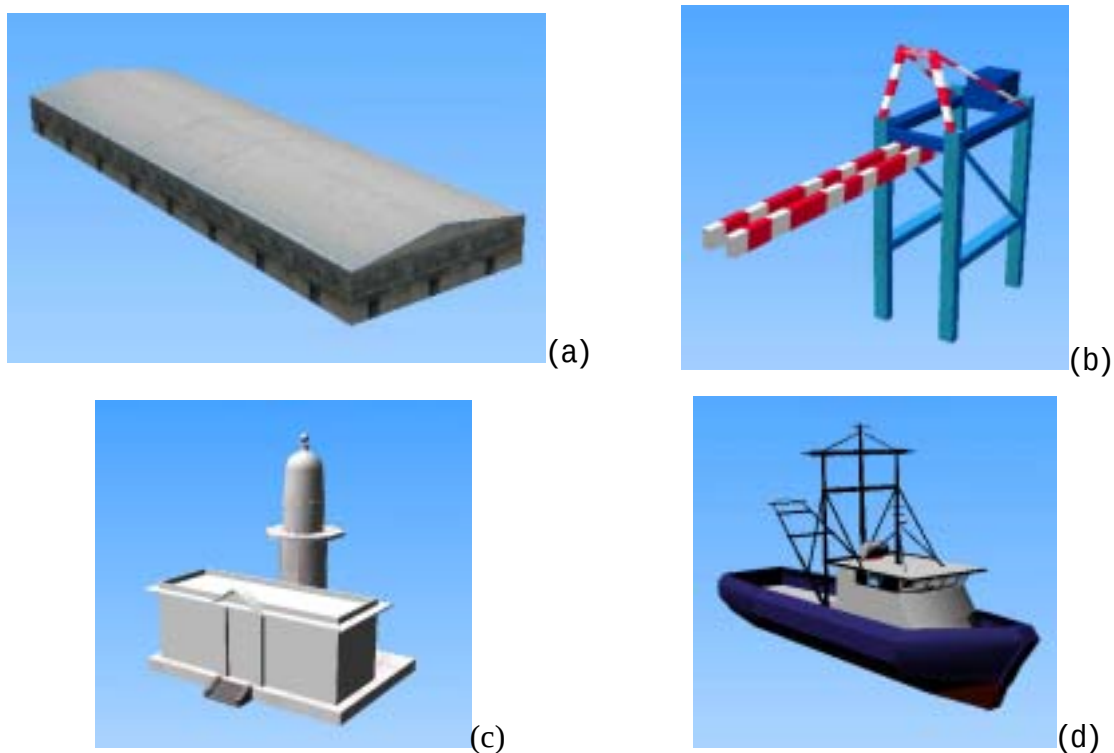


圖 3-38 港灣設施模型：倉庫(a) 吊臂(b) 燈塔(c) 船舶(d)

3.3.6 港灣圖台與模型資料庫套合與融合

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。

港灣圖台與模型資料庫套合的第一個步驟必須先數化地物地理位置，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，本研究以物件模型前面邊緣線為基準，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。

完成數化後，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，本研究自行設計取得物件套合所需之空間屬性資料的地物套合系統(圖3-39)，最後透過指定模型資料庫的模型至數化的位置，完成地物模型之套合(圖3-40)。



圖 3-39 物件空間屬性

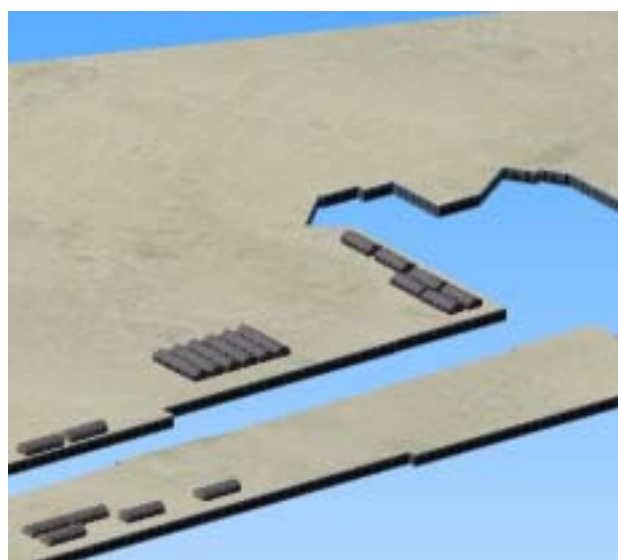


圖 3-40 碼頭模型套合

副本船架構



圖 4-2 多船模擬系統副本船硬體架構圖

4.2 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，由高雄應用科技大學採購之仿真舵、推桿與顯示儀表，委由國內廠商整合製造駕駛控制台基座，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)則由海軍左支部協助設計，藉由此經驗更能快速且完善完成此項任務。

4.3 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(圖4-3)。

副本船系統整體設計架構圖如圖4-4，未來將依據副本船架構擴充本船架構，並以多船模式建構整套系統，系統架構圖如4-5。





圖4-3 「船舶駕駛控制台」外觀(上、中)以及仿真設備連線情形(下)。

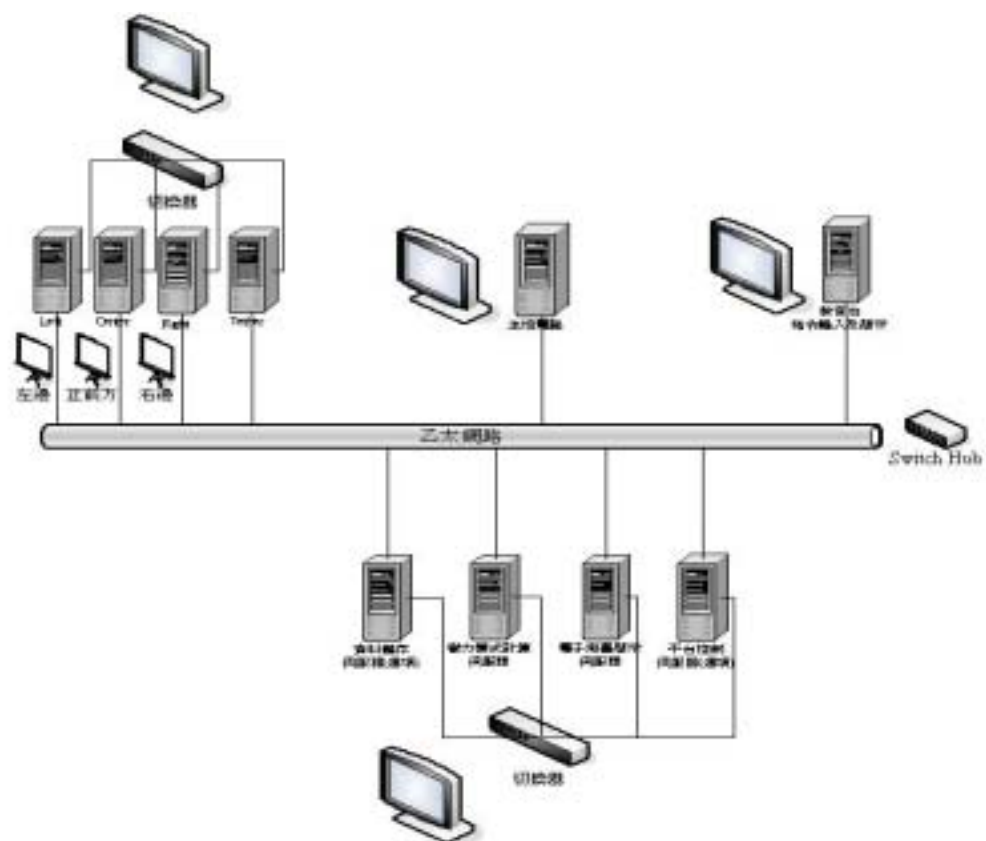


圖4-4 副本船系統架構圖

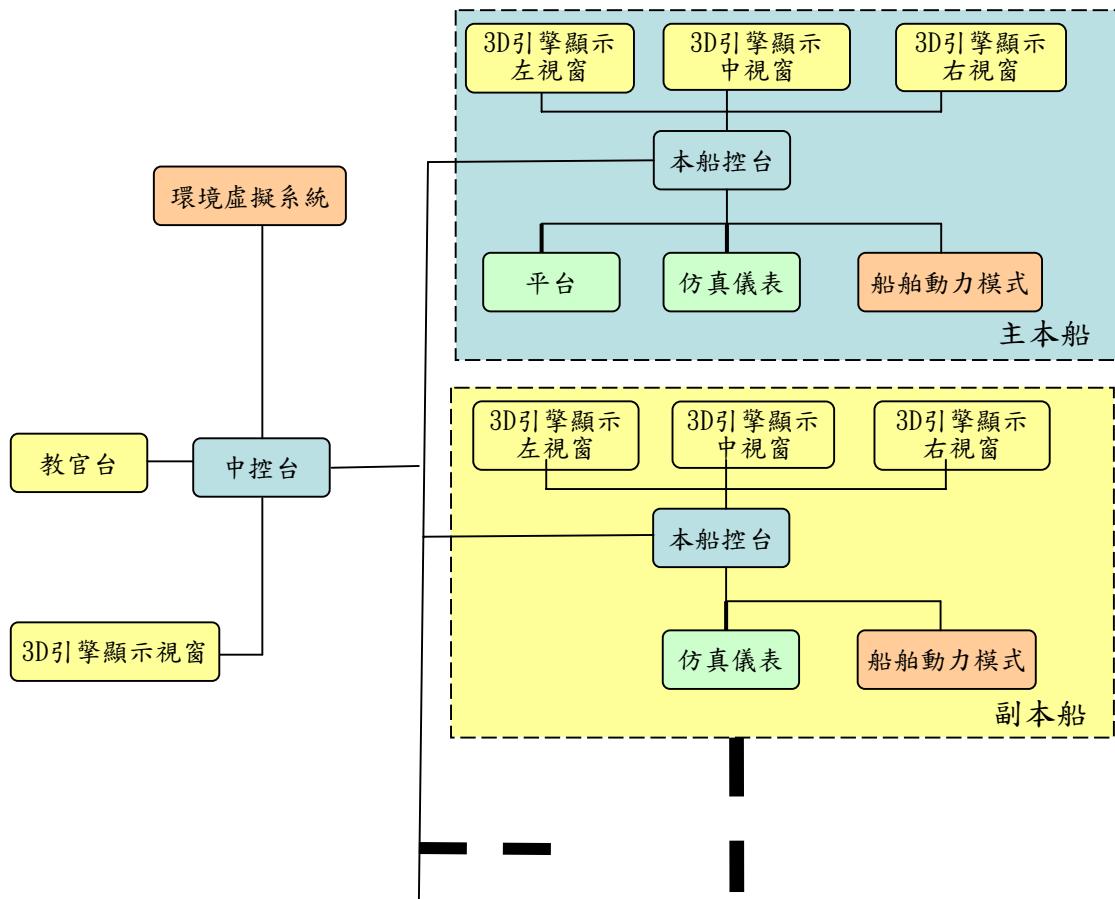


圖4-5 多船系統架構圖

4.4 多船模擬教官(主控)台設計

系統中之所有的場景選擇、操作控制均由「教官台」負責控制，教官台功能模組具有快速切換選擇多個場景專案功能。預儲模擬場景專案是指事先定義的各項模擬參數，可自行定義、儲存、設定優先順序與修改內容，優先順序最高的五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：

- 1.模擬港口：從現有港灣資料庫內選擇模擬港口。
- 2.本船啟始位置。

- 3.模擬開始自然環境初始狀態。
- 4.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）
- 5.模擬期間的自然環境變化，包括風、浪、流、日夜晨昏與可見度。

教官台功能模組具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，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。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。

4.5 電子海圖模組開發

電子海圖技術電子海圖的顯示功能包括海圖的無級放大、縮小、平移、局部放大、分層顯示等。值得一提的是在設計海圖顯示功能時強調了“資訊過濾”，資訊過濾分兩種，一種是自動過濾，即能自動的根據顯示狀態決定顯示的信息量，如在顯示水深時，自動的根據海圖顯示比例尺決定水深點的疏密。另一種是手動過濾，即根據操縱者的意願決定顯示資訊的取捨（如海圖的分層顯示）。

4.6 台中港模型轉換

以建立高雄港之經驗，採用高解析彩色衛星影像與數值地型高程資料(DEM)製作基礎圖台，並以本案開發之「大地地形地貌空間資料庫與幾何貼圖管理模組」所產生之地形地物為參考依據，在基礎圖台上以「港灣設施模型地理資訊管理模組」建立修改碼頭、燈塔、助航標、貨櫃集散場與貨櫃吊架、倉庫等重要港灣設施。

4.7 整合視景繪圖顯示系統與船舶動力模式

將本年度所開發之本船、副本船系統將與本中心另案研究之港灣真實

海況與船舶動力模式整合，並規劃多船模擬通訊架構，並依據整合實際情形訂定第三年度需新增之電腦系統規格。

第五章 研究成果與完成項目

5.1 研究成果

(1) 本船、副本船仿真儀表設備連線整合(含硬體系統採購)

完成本船、副本船仿真儀表設備連線整合包含仿真舵、推桿與顯示儀表等，整合製造駕駛控制台基座，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連線整合。

(2) 本船、副本船之系統整合測試

完成本船、副本船系統整合測試包含船舶操控模擬系統，本系統共分為「船舶駕駛控制台」、「海景視效投影系統」、「簡易教官台」等三項硬體設備；軟體部分則包括「海景視效顯示系統」、「虛擬港灣模型」、「中央控制整合系統」等三項系統整合測試。

(3) 多船模擬教官(主控)台設計

完成設計教官台設計其功能模組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，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。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。

(4) 電子海圖模組開發

完成開發電子海圖為背景的船舶動態圖形顯示要求在電子海圖上將船舶的運動狀態以二維圖形(俯視圖)的方式標繪出來,它能夠直觀地顯示出船舶的幾何位置、船舶的航向、航速以及其他一些操船

資訊(如拖輪、錨、纜等)。

(5) 台中港模型轉換

中港模型轉換採取航空影像與DEM套疊產生地形景觀或建物的景觀模型，這種模型對地形與地表提供了逼真的三維表示，但該方法僅對地形地表進行了建模表達，並利用現有GIS資料及配合其高程屬性資料建立，可增加其他相關資訊(例如，房屋高度、形狀、位置、方位角等)，同時使用規則幾何體(如矩形體、長方體等幾何構造體)來表達視景建物。這種方法可利用GIS中現有資料大量產生簡易建物模型，同時，也可利用了GIS系統進行資料管理、查詢與檢索。因而可以方便地且快速地建構大範圍視景建物模型。

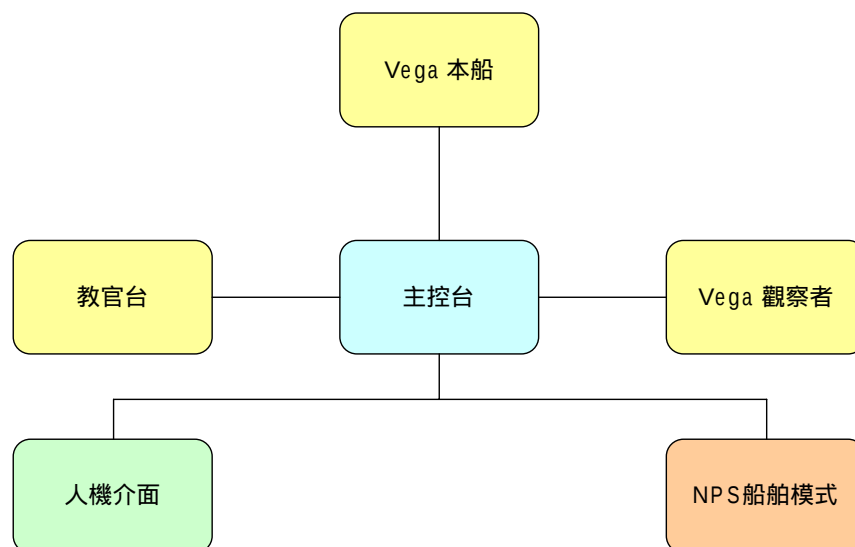
(5) 整合視景繪圖顯示系統與船舶動力模式

將本年度所開發之副本船系統與港研中心現有船舶動力模式整合且規劃多船模擬通訊架構，並依據整合實際情形訂定第三年度之電腦系統規格。

5.2 完成項目與測試

本測試為以高雄港船舶操縱模擬視景系統與人機介面整合為例，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 5-1 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：



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 5-2)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。

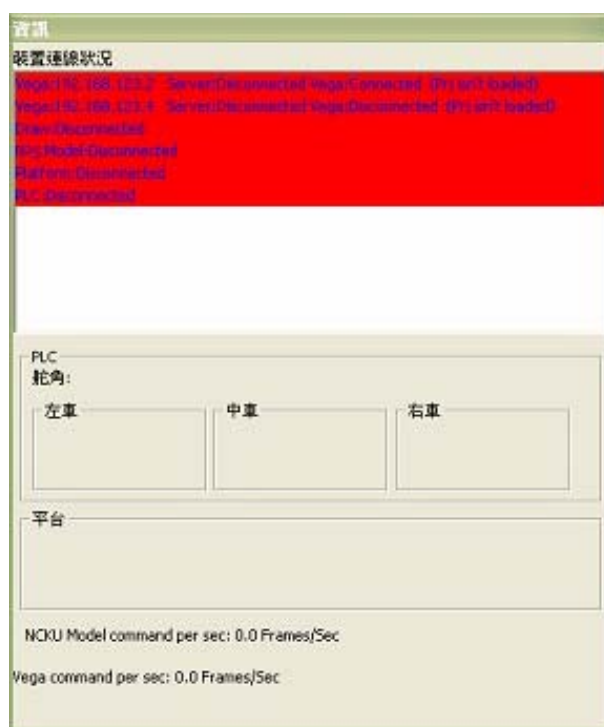


圖 5-2 主控台

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 5-3 中顯示教官台可設定天候、風、波浪與海流。

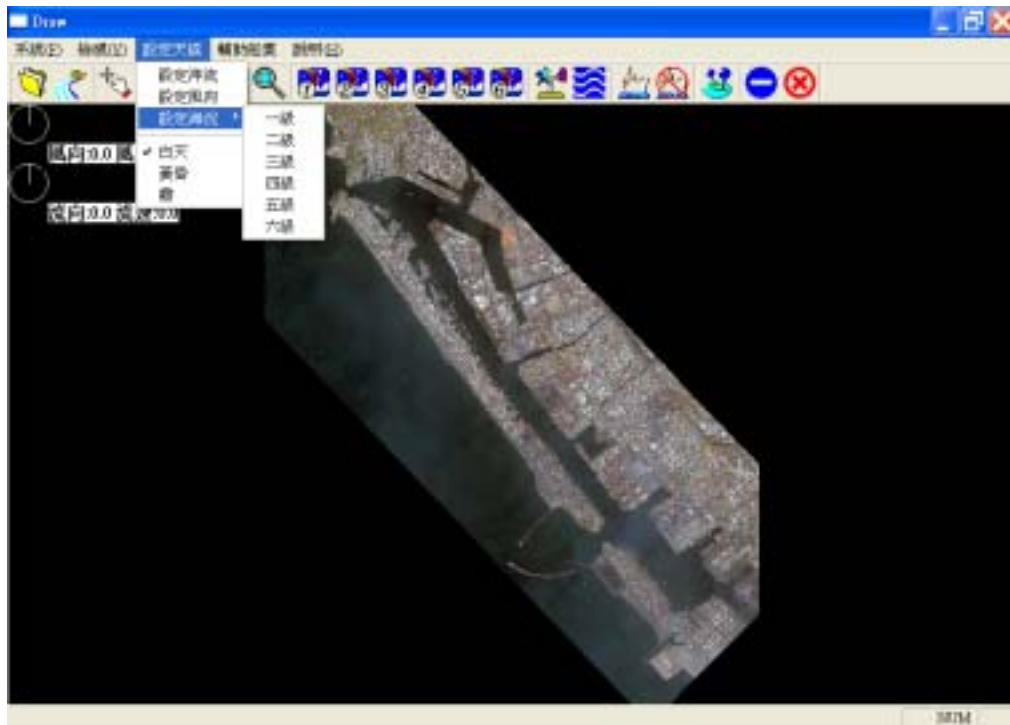


圖 5-3 教官台

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(圖5-4)與船舶操控組件(圖5-5)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5-6)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 5-4 仿真儀表



舵輪與速度操控桿



PLC

圖 5-5 船舶操控組件



圖 5-6 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 5-7 為兩船即將交會的情況；圖 5-8 為船舶行進畫面。

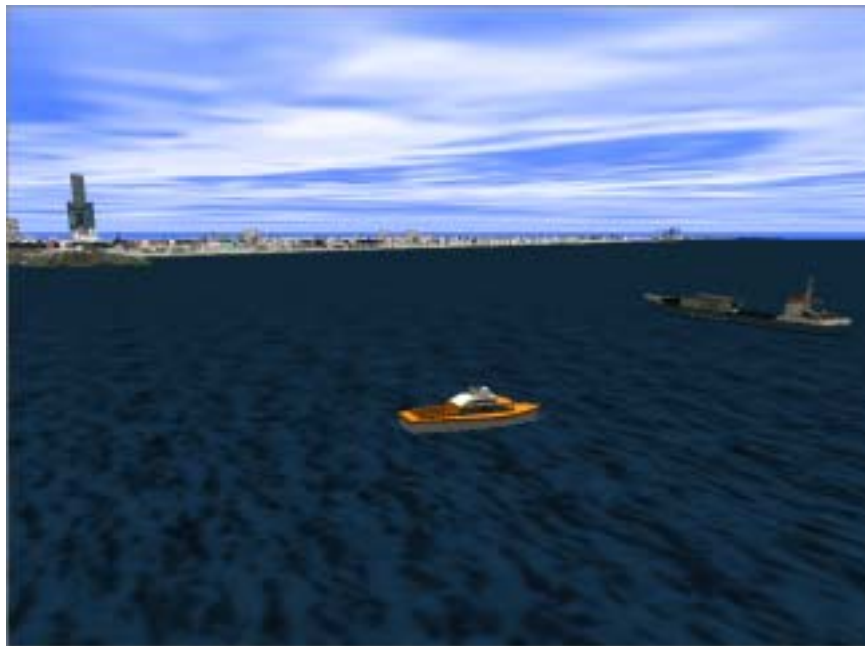


圖 5-7 兩船交會



圖 5-8 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 5-9 為本船於高雄港進港的畫面。



圖 5-9 本船進港畫面

(7) OpenFlight 模型格式讀入與顯示

- 開發平臺：Windows9x/ 2000/XP；
- 程式碼：C++ & OpenGL；
- 讀入模型：OpenFlight 三維模型資料；
- 讀入紋理：rgb 紋理數據。
- 可以脫離 Multigen Creator 和 Vega 環境流覽 FLT 模型；
- 可以直接修改其中的代碼控制三維實體的位置坐標和角度；

可以用於視覺化仿真和虛擬顯示發佈。圖 5-10 所示為 FLT 模型讀入顯示效果圖

•

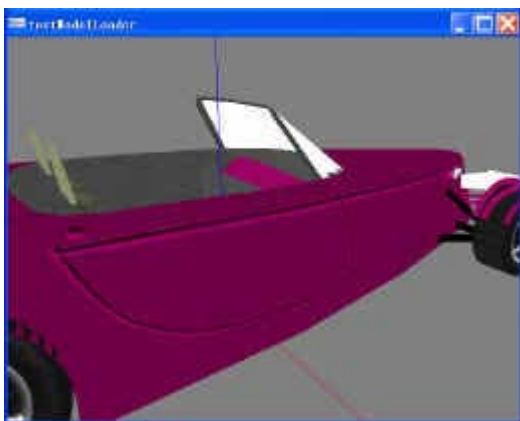
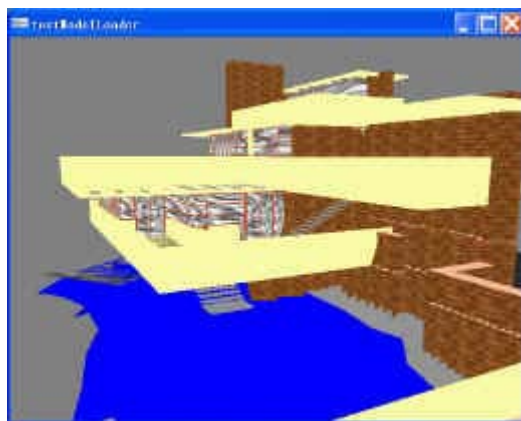




圖 5-10 FLT 模型讀入顯示效果圖

第六章 結論與建議

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。

1. 空間資訊技術為虛擬實境環境的關鍵技術

空間資訊技術為 21 世紀重要科技之一，空間資訊理想的視覺化是對現實世界真實的寫景，隨著虛擬實境技術的發展，這一理想越來越成為現實。為了進一步提高人機交互性，將先進的電腦視覺化技術與虛擬現實技術引入地理資訊系統領域，人們早就開始了虛擬現實技術(VR)與 GIS 結合的研究。本研究從量取港灣建物高度、平面形狀貼圖、坐標等空間資料，全部採取空間資訊技術中獲取資料的方法，並完成高雄港港灣模型，整體而言已符合虛擬實境真善美的精神。

2. 虛擬實境中自然環境導入

完成含自然環境特效已包含雲、霧、晨昏日夜及波浪等基本模式，然而並未開發動態改變這些模式的設定參數介面。例如本系統的自然環境參數雲層採用採用晴朗清晰的天氣（可見範圍 50000 公尺），雲層採用絞鏈狀雲層模式(Hinged Cloud)。

3. 符合船舶模擬相關視景規範

以高雄港為例，除本船模型外，視景系統內另設定一艘軍艦從高雄港內依照固定航線向港外自動行駛。此外，高雄港內另設定有 26 艘貨船、2 艘拖船與 12 個浮標等動態物件，在波浪模式可選擇固定波向(方

位角 45 度)與二級海象(波浪週期 6.5 秒,波高 8.5 英尺)或美國海軍學院所研究之動態波浪模式(可提供 1 到 5 級海象)、風模式相結合。

4. GIS 整合模型資料庫

本論文提出以 GIS 建模方式整合出符合船舶操縱模擬的模型資料庫,藉由此資料庫的擴充,可應用於各領域之視景資料庫中,並可提升對於視景資料庫後續維護的效率。

5. 虛擬實境中人機界面實現

本研究中已完成已將高雄港界港灣模型藉由 Vega 模擬開發平台與真實船舶操控組件(包括舵輪與速度操控桿)相結合,使用者在操作系統時,不再以滑鼠或搖桿來操控船舶運動。

6. 衛星影像電子海圖

運用地理資訊系統元件,設計衛星影像電子海圖,可同步顯示三度空間模擬系統船位所在位置。系統包含 QuickBird 全彩高解析度衛星影像底圖(平面解析度 0.7 公尺)與高雄港港內水深、海岸線、碼頭等向量圖資訊。

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。

本年度之研究已完成本船、副本船之系統整合測試、多船模擬教官(主控)台設計及部分視景繪圖顯示系統與船舶動力模式之整合。

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

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
張哲豪 教授： 1.規格發展引用國際標準甚佳，然也須重視後續系統文件的撰寫，以確保程式的可發展性與可維護性。 2.如何整合船舶動力模式的方式，請於報告中加以說明。 3.在目前的系統規格中，是否需要考慮聲音方面的效果。	1.感謝委員對本計畫之肯定與支持。當系統設計及測試完成時，將提供完整的系統文件，以利後續使用及維護 2.船舶動力模式中心另已委託臺灣海洋大學翁教授另案進行研究，本案將以該研究成果進行船舶動力模式整合工作，整合方式已有經驗，並將於報告中加以說明。。 3.本研究中已考慮聲音方面的效果。。	納入計畫參考 已說明 納入計畫參考
杜德銘 教授： 1.本計劃已至完成階段，因此視景繪圖顯示系統與船舶動力模式的整合愈顯得重要性，建議應加速此部份的測試，因為單船與多船模式的繁雜度是不等同。	1.船舶動力模式中心另已委託臺灣海洋大學翁教授另案進行研究，本案將以該研究成果進行船舶動力模式整合工作，測試工作已開始模擬進行中。	納入計畫參考
夏榮生 教授： 1.船舶動力模式由中心委託海	1.與海大翁教授與進行二次	已說明

大翁教授研究，是否有進行兩案之交流會議，以瞭解介面之需求，減少未來系統整合之困難度。 2.請評估多船操縱模擬系統之船隻數數量之瓶頸為何？並早期尋求解決方案，以避免未來在多船操縱時面臨之問題。	之研討，翁教授亦親自南下高雄本實驗室瞭解實際系統之設計與操作，進行充分討論。 2.多船操縱模擬顯示主要仍以主本船為主，其他船隻在視野內出現之數量不可能太多，以目前的網路架構足以應付可能出現之船隻數量。	已說明
儲慶美 教授： 1.主持人基於本案第一年之基礎研究，本年度目前之研究成果已完成大部份工作項目，如本船、副本船之系統整合測試等，成效良好。 2.船舶操縱模擬器分成四個等級，報告中請說明本案以達成B級。	1.感謝委員對本計畫之肯定與支持。 2.遵照委員意見辦理。	納入計畫參考
陳明宗 研究員： 1.請加強期中報告中連線整合及測試之過程及相關結果。 2.視覺虛擬系統依本船或副本船不同須輸出三、五或多個顯示畫面，不知就多畫面顯示之介接或顯示效果有否測試。	1. 遵照委員意見辦理。 2.本研究中多船之顯示係由網路來串接與同步，該系統架構已完成實際測試，效果良好。	已說明 納入計畫參考
林柏青 研究員： 1.此船隻操縱模擬系統主要應用於操船人員訓練，本研究在視覺效果上作很多努力，譬如港區場景，船隻運動，水面波浪等，主要是讓效果	1.感謝委員之肯定。	

逼真，可以肯定。 2.教官台可以動態改變模擬期間的自然環境變化，包括風速、風向、流速、流向，但波浪則無波向，難道波向對操船不重要嗎？ 3.對操船影響較大風、浪及流，於模擬期間由教官台動態的下指令改變，由於船隻由外海進入港區，海況可能會有極大變化，遮蔽區甚至會有渦流產生。是否可以由實測資料將不同潮時、季節風甚至是颱風時的港區附近海域的流況與波浪分佈建立在不同模式中，由教官台電腦自動將環境的風、浪、流等應力加在船身上，可以操船訓練更為逼真有效。 4.不同港口之海況環境應各申實測資料建立各自之海況環境模式。	2.波向當然會影響船舶操縱，處理上為併入自然環境變化中作為影響船舶動力模式之處理。 3.同問題 2，將各種影響因素均併入自然環境變化中作為影響船舶動力模式之處理。 4.海況環境依各港口不同而改變，故將使用不同之環境模式。	納入計畫參考 納入計畫參考
---	---	-----------------------------

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(二)

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
張哲豪 教授： 1.由於計畫產出成果已接近實務可行程度，建議提出軟體各階段成本估計，含建模、軟體、投影設備視景系統等。	1.感謝委員對本計畫之肯定與支持。軟體各階段成本估計，含建模、軟體、投影設備視景系統等已完成規劃，將於明年度中採購硬體設備並安裝測試。	納入計畫參考
杜德銘 教授： 1.引用 Lidar 高程資料建模對貼圖的真實度的確可加強逼真度，但投入的資料處理的時間是否值得？ 2.用自行開發的程式取代 Vega 後的效率是否一致？	1.引用 Lidar 高程資料主要在獲取建物正確之高程資料，並非全部應用於建模工作，因此並不會大幅增加建模時間，應該值得。 2.自行開發的引擎工具係以 OpenGL 來執行繪圖工作，測試結果效率與 Vega 相同。	納入計畫參考 已說明
夏榮生 教授： 1.研究成果已如期完成，因新的軟硬體技術不斷更新要如何因應新技術的轉變，及如果要做的話，預計要使用多少時間及經費。	1.感謝委員對本計畫之肯定與支持。本年度完成各項軟體功能之設計，同時完成系統運作所需之硬體規劃，含建模、投影設備視景系統等，所需經費視實際系統而定，將作進一步之細部評估，並於明年度中採購硬體	納入計畫參考

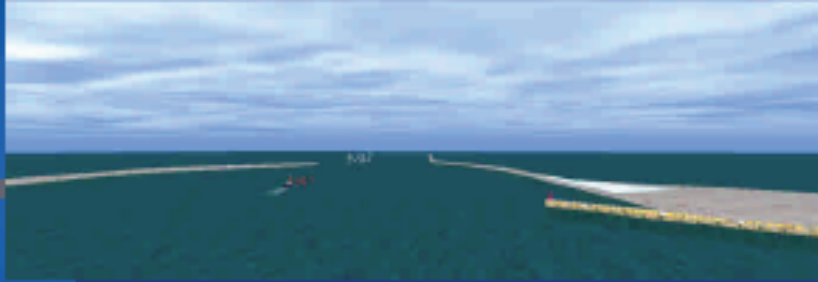
	設備並安裝測試。	
陳明宗 研究員： 1.摘要內所提之年度工作項目與內容似乎是第一年所完成之項目，請更正為第二年應完成之工作項目與內容。 2.請補充期末報告中連線整合及測試之過程及相關結果。 3.請補充台中港模型轉換所完成之相關內容。	1.遵照委員意見辦理。 2.連線整合為實務之細節相關結果已由系統實際運作中展示結果，遵照委員意見說明其程序。 3.台中港模型轉換為圖檔內部資料格式的重新排列，將遵照委員意見作過程說明。	已說明 納入計畫參考
林柏青 研究員： 1.本系統由國人自行研發，提高技術自主能力難能可貴，值得肯定。 2.船舶進港時，必須由教官台動態隨機改變自然環境變化，如風、浪、流等以配合實際港域海況，是否可事先製作成一模式檔，作為操船訓練使用。 3.文中對於視景繪圖顯示系統與船舶動力模式整合後的效果與測試結果如何並未說明。	1.感謝委員之肯定與支持。 2.教官臺之設計即依此要求而設計，由教官台動態隨機改變自然環境變化，如風、浪、流等以配合實際港域海況，可提供操船訓練使用。 3.多船船舶動力模式為另案委由海大翁教授開發設計，本案先前完成已單船動力模式之整合測試，多船船舶動力模式整合後的效果與測試結果將於硬體系統結合後進行評估與展示。	納入計畫參考 已說明

附錄三 簡報資料



多船操縱模擬系統(二)

期末簡報



高雄應用科技大學

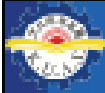
國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



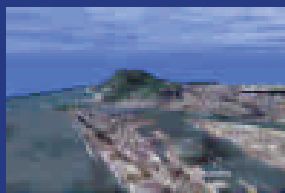
計畫背景

- 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年度「多船操縱模擬系統(一)」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)

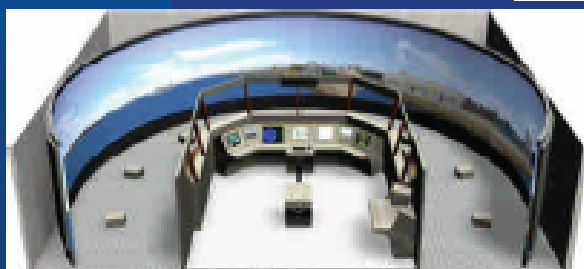


國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



虛擬實境重要組成部分

- 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



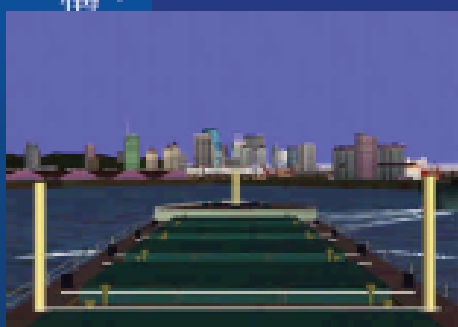


大型海港模擬場景



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。





STCW 78/95 公約對視景建模的限制



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、海流之影響及他船交互作用。
4	船舶操縱及操縱模擬 表B-I/12節 38.1	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。
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。 國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



船舶操縱模擬器的基本功能



- (1) 現有雷達模擬器的主要功能(如雷達和ARPA操作訓練，雷達標繪和避碰訓練，雷達導航訓練，擁擠水域航行訓練等)。
- (2) 受限水域和進出港航行的操縱訓練。
- (3) 夜航訓練。
- (4) 操舵訓練。
- (5) 大型和超大型船舶操縱訓練。
- (6) 惡劣環境下的操縱訓練，包括能見度不良、強風、強流等。
- (7) 錨泊和靠離泊訓練等口。





船舶操縱模擬器發展的四個等級

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：全功能的船舶操縱模擬器 (Full Mission Simulator)

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)

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。



船舶操縱模擬器發展的四個等級

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

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)

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。





多船操縱模擬系統全案構想

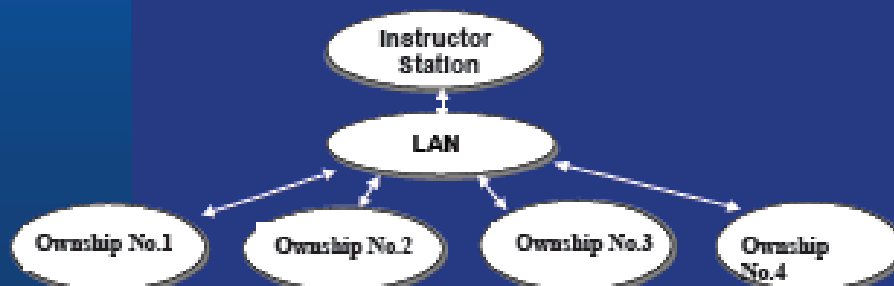
- ✦ 系統架構
 - 由主本船、副本船與教官台所構成
- ✦ 自行研究開發重要的軟體關鍵技術
 - 視景系統（包括3D繪圖核心模組、港灣模型、自然環境特效、海洋環境特效）、電子海圖、雷達模擬系統
- ✦ 系統整合測試
 - 高階繪圖電腦系統、投影系統、仿真儀表、船艙內裝等實體設備與軟體系統之整合與測試
- ✦ 船舶動力模式(中心另委託海大翁教授研究案)整合

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

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室







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

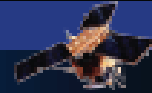
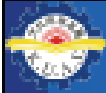


系統特色

- 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

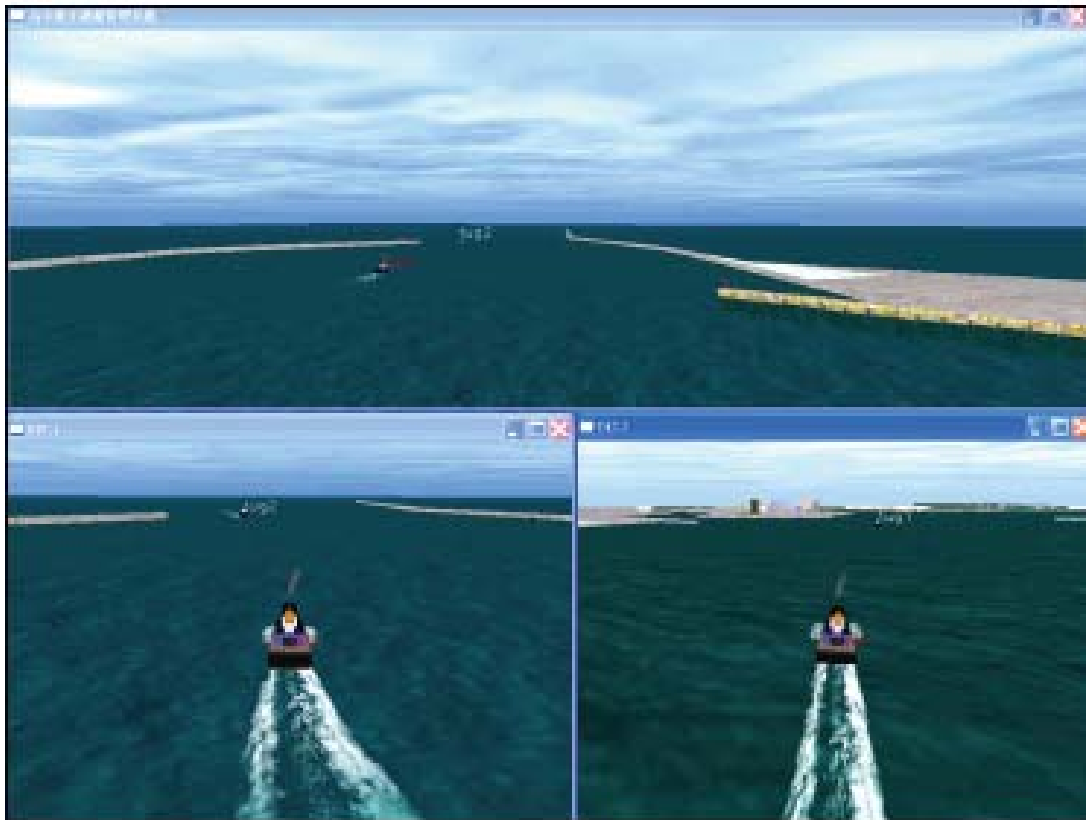


關鍵技術-多船模式操作



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。

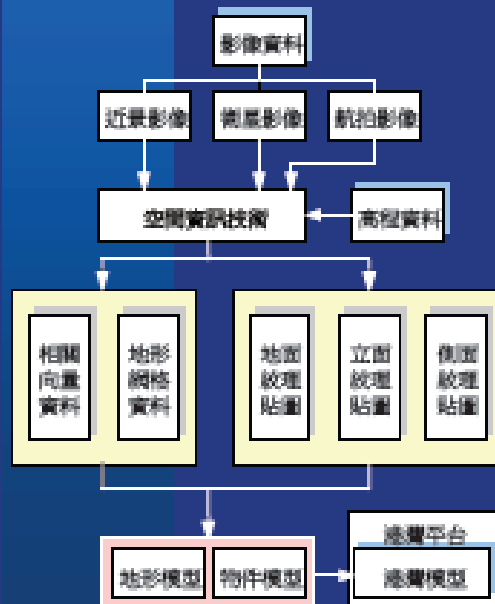
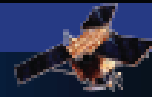
 **船舶航跡流的仿真模型**

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。

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



空間資訊技術視景建模方案



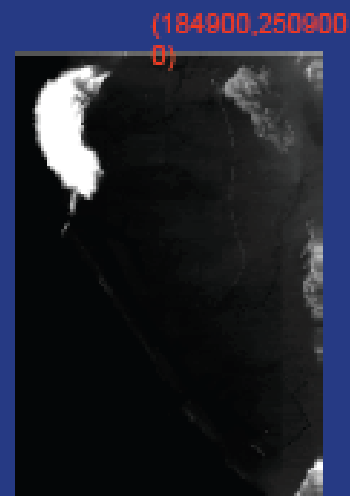
國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



高程資料來源



- 地形
 - 全台灣40公尺 DTM (針對所需部分作切割)
 - LiDAR (本研究採中興測量所提供之高雄港區資料)
- 建築物
 - 電子地圖
 - 數值地形圖
 - LiDAR



(171400,249000)

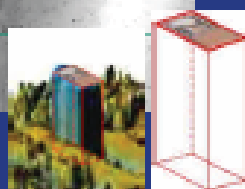
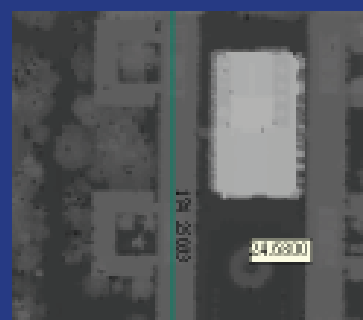
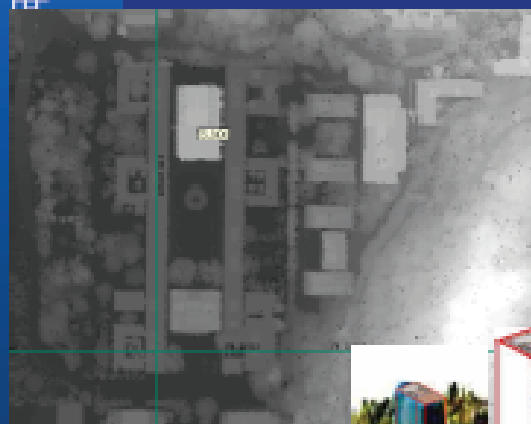
國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





LiDAR高程檔載入高度資料

- 物件實際高度=量測物體表面高度-地面高度

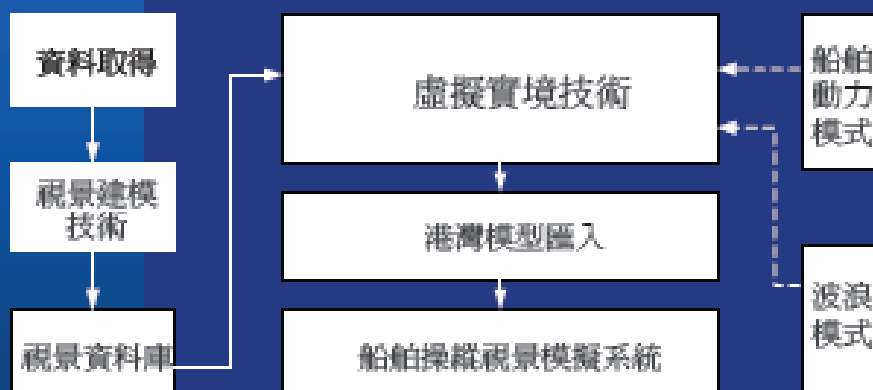


$$H=75.34-24.68=50M$$

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



資料應用



資料應用流程圖

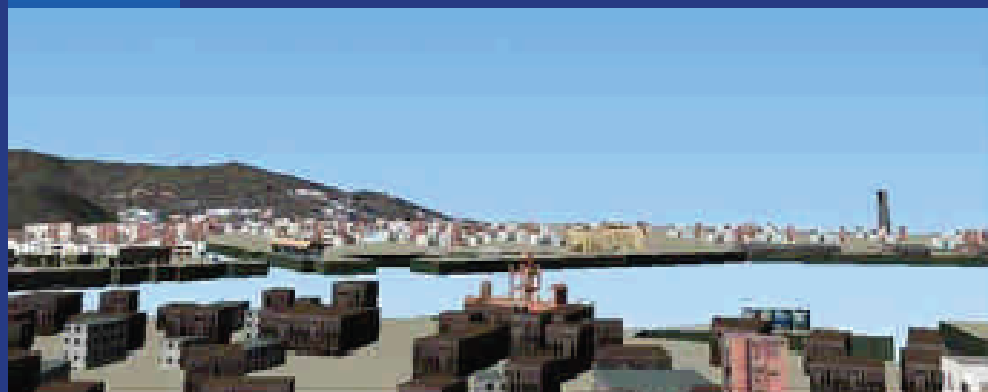
國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室







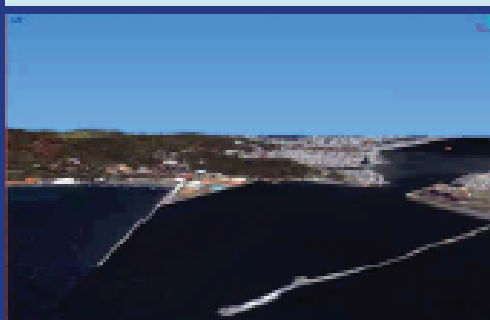
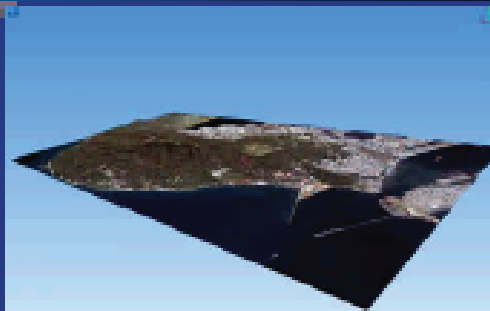
GIS建模應用



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



地形建模

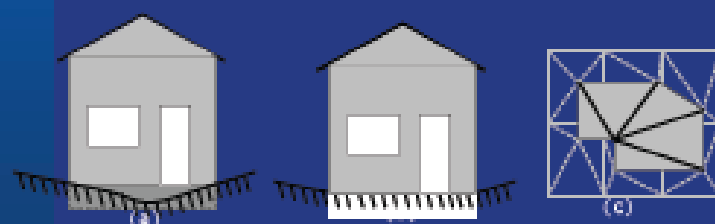




物件模型與地形的套合與融合

套合：直接將地物放置在地形表面上。

融合：首先產生地形的TIN網路，然後逐漸加入地物模型，與地形整合在一起。這種方法的缺點是動態加入地物要完全重構那些受影響的地形塊，同時單獨實體的管理比較複雜。

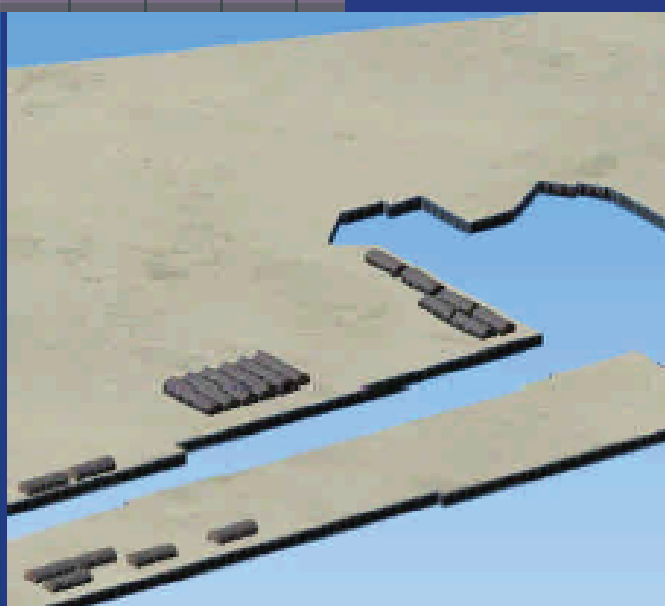


地物模型與地形套合形式

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



碼頭模型套合



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





地形與建物套合

- 壽山地形與中山大學建物



港灣模擬視景資料庫建模流程

資料取得(影像資料、高程資料及相關資料)

資料處理

影像
處理

高程
資料
處理

相關
資料
處理

資料整合與規劃

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

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





視景資料庫模型種類

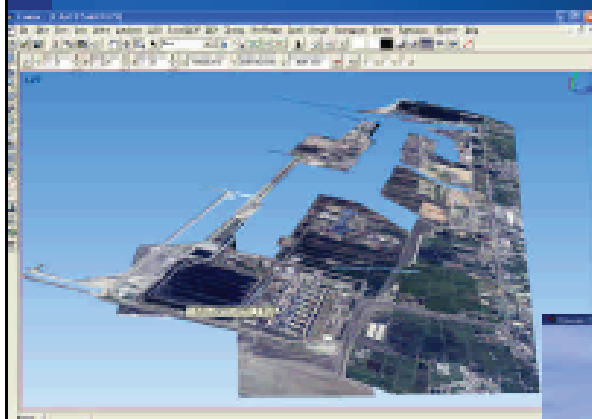
- 港灣物體模型
- 港灣設施物件
- 港灣內其他物件
- 港灣外其他物件
- 標的建築物
- 助航標誌模型
- 目標船舶與本船船首建模

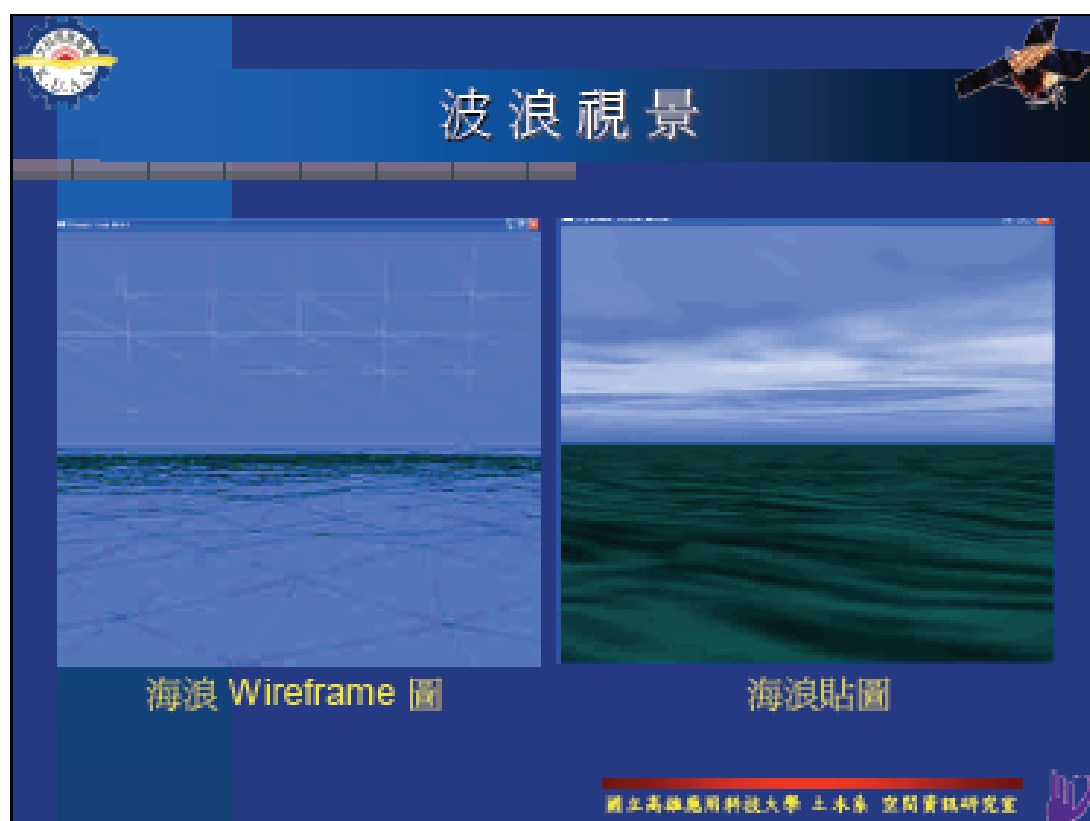
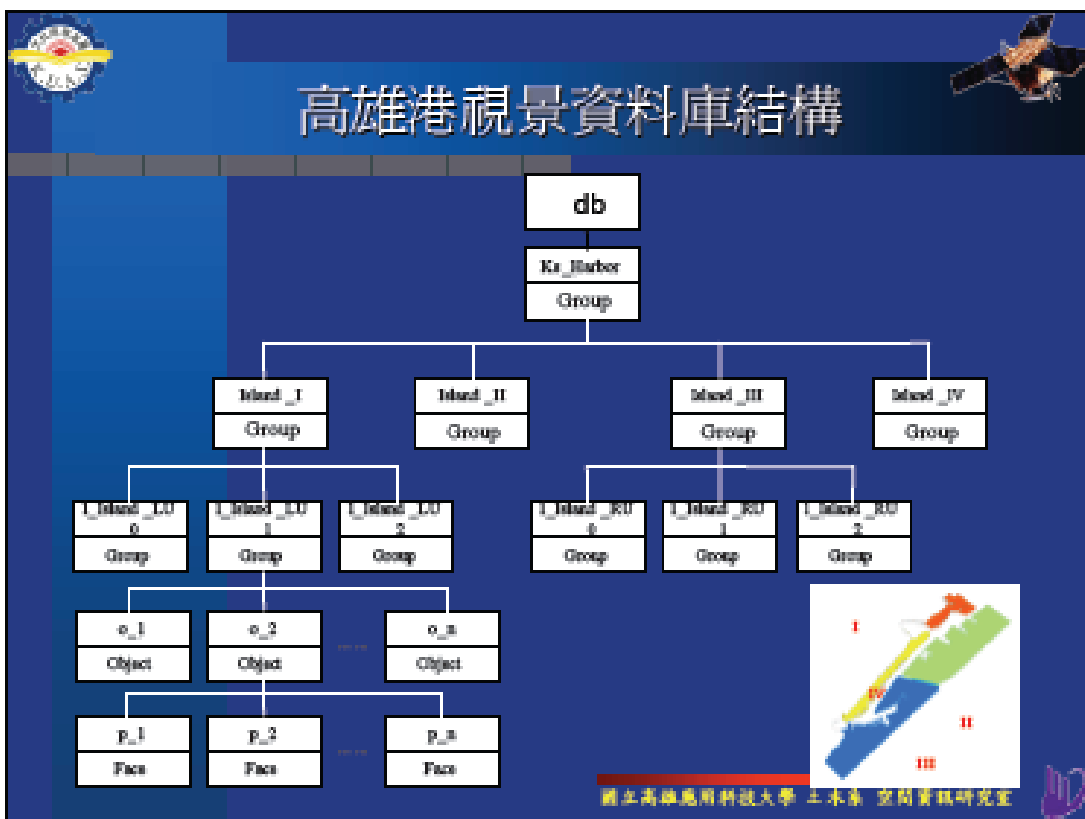
代碼	視景說明	注意圖
01	山	
02	港灣物體	
03	港灣設施物件	
04	港灣內其他物件	
05	港灣外其他物件	
06	標的建築物	
07	助航標誌	
08	目標船舶	
09	本船船首	
10	港灣物體	
11	港灣設施物件	
12	港灣內其他物件	
13	港灣外其他物件	
14	標的建築物	
15	助航標誌	
16	目標船舶	
17	本船船首	
18	港灣物體	

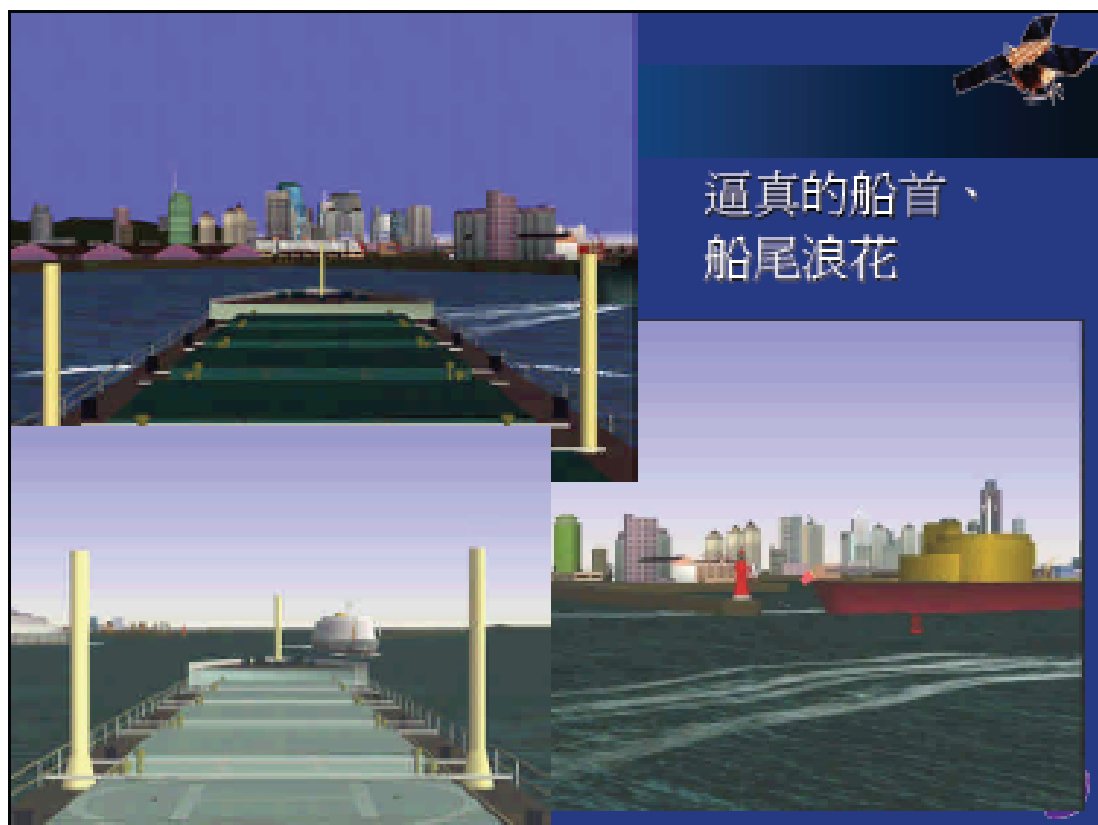
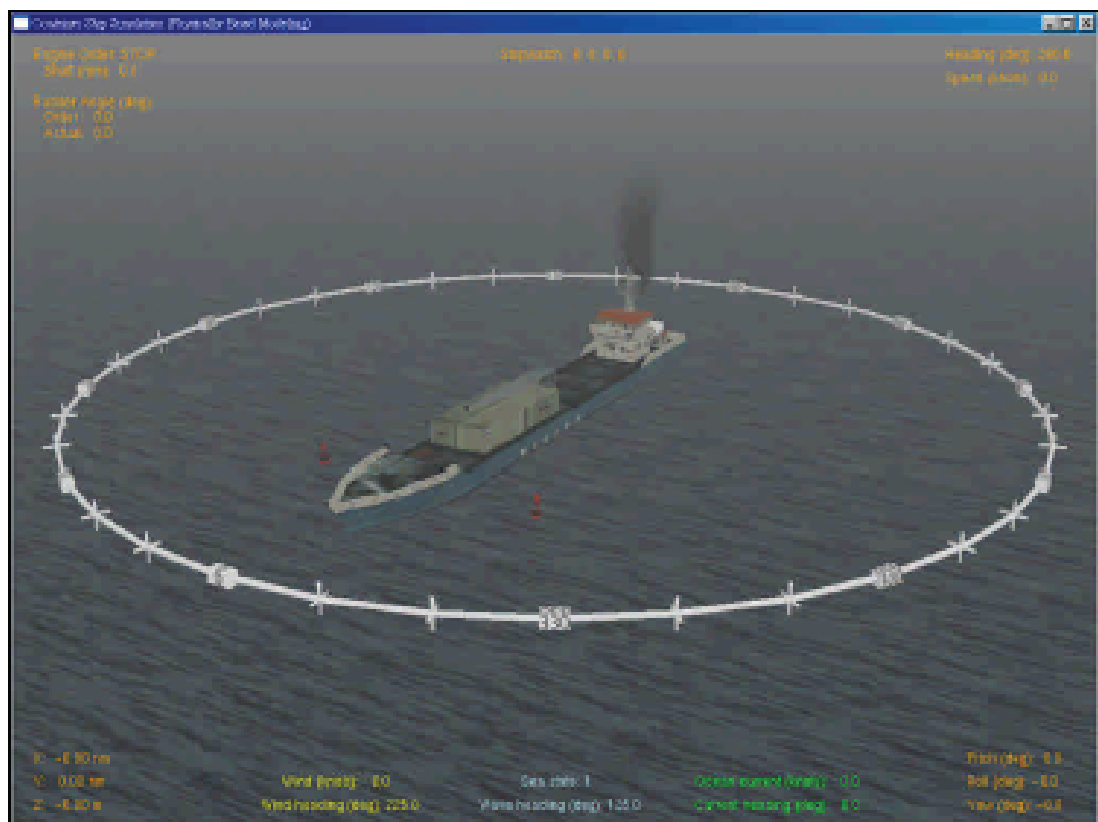
類別	模型名稱	位置	數量	說明
01	山	港灣	1	港灣物體模型
02	港灣物體	港灣	1	港灣設施物件
03	港灣設施物件	港灣	1	港灣內其他物件
04	港灣內其他物件	港灣	1	港灣外其他物件
05	港灣外其他物件	港灣	1	標的建築物
06	標的建築物	港灣	1	助航標誌
07	助航標誌	港灣	1	目標船舶
08	目標船舶	港灣	1	本船船首
09	本船船首	港灣	1	港灣物體
10	港灣物體	港灣	1	港灣設施物件
11	港灣設施物件	港灣	1	港灣內其他物件
12	港灣內其他物件	港灣	1	港灣外其他物件
13	港灣外其他物件	港灣	1	標的建築物
14	標的建築物	港灣	1	助航標誌
15	助航標誌	港灣	1	目標船舶
16	目標船舶	港灣	1	本船船首
17	本船船首	港灣	1	港灣物體
18	港灣物體	港灣	1	港灣設施物件



港灣模型









關鍵技術－電子海圖顯示



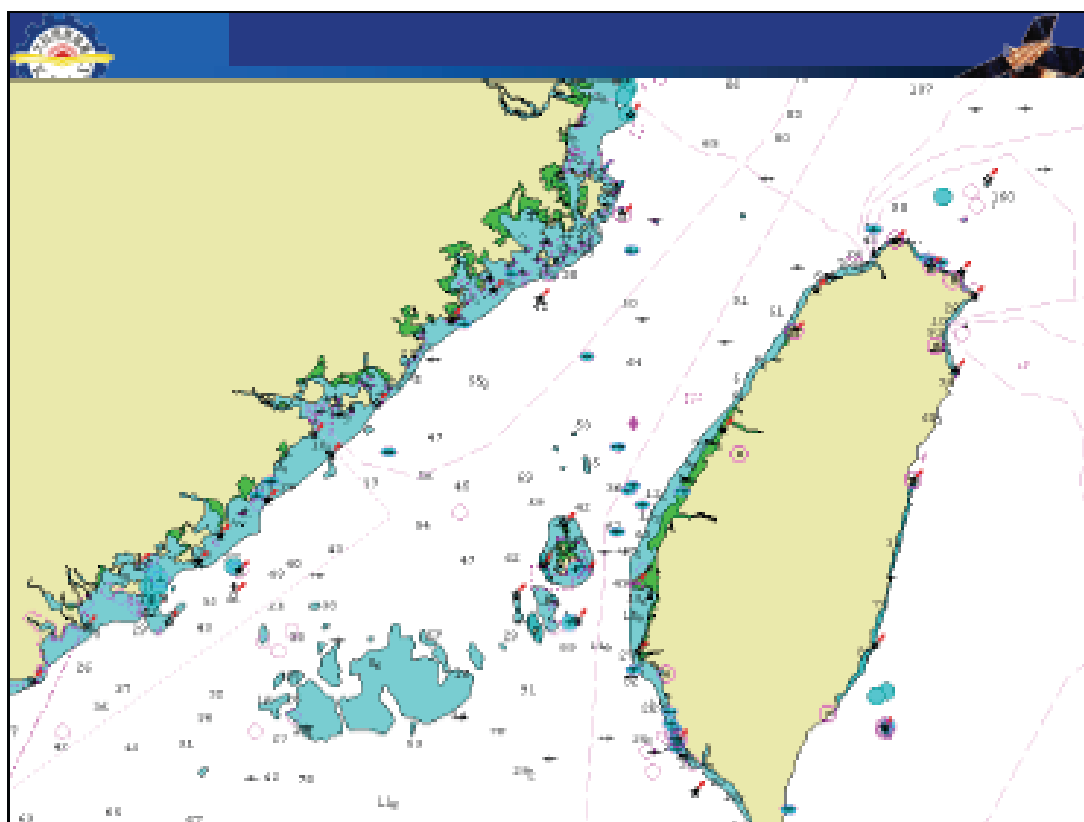
■ ECDIS（電子海圖）：

電子海圖資訊齊全，具有無級縮放、分層顯示、自動計算水深等功能，並可實現漫遊顯示和不同比例尺海圖間的相互切換，可進行海圖的編輯、改正。

■ 船舶動態圖形顯示：

在電子海圖上將船舶的運動狀態以二維圖形（俯視圖）的方式動態無閃爍地標繪出來，它能夠直觀地顯示出船舶的幾何位置、船舶的航向、航速以及其他一些操船資訊（如拖輪、錨、纜等）

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



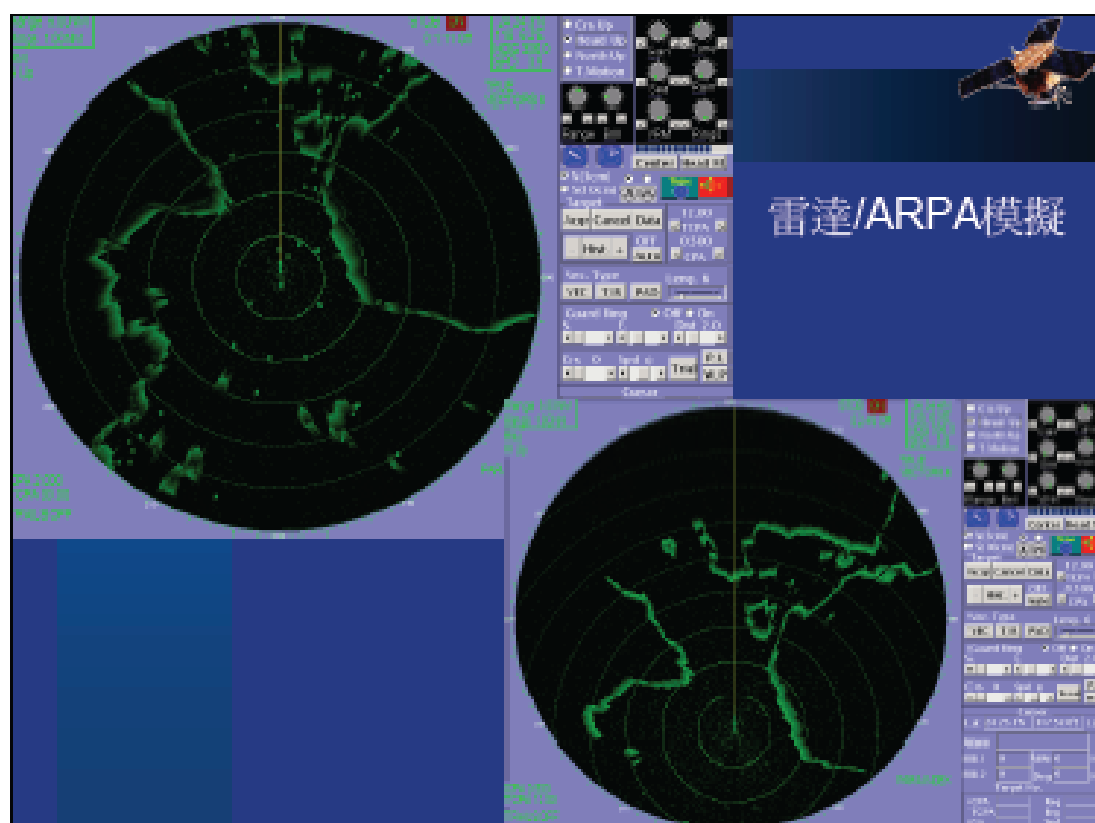


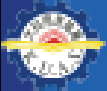
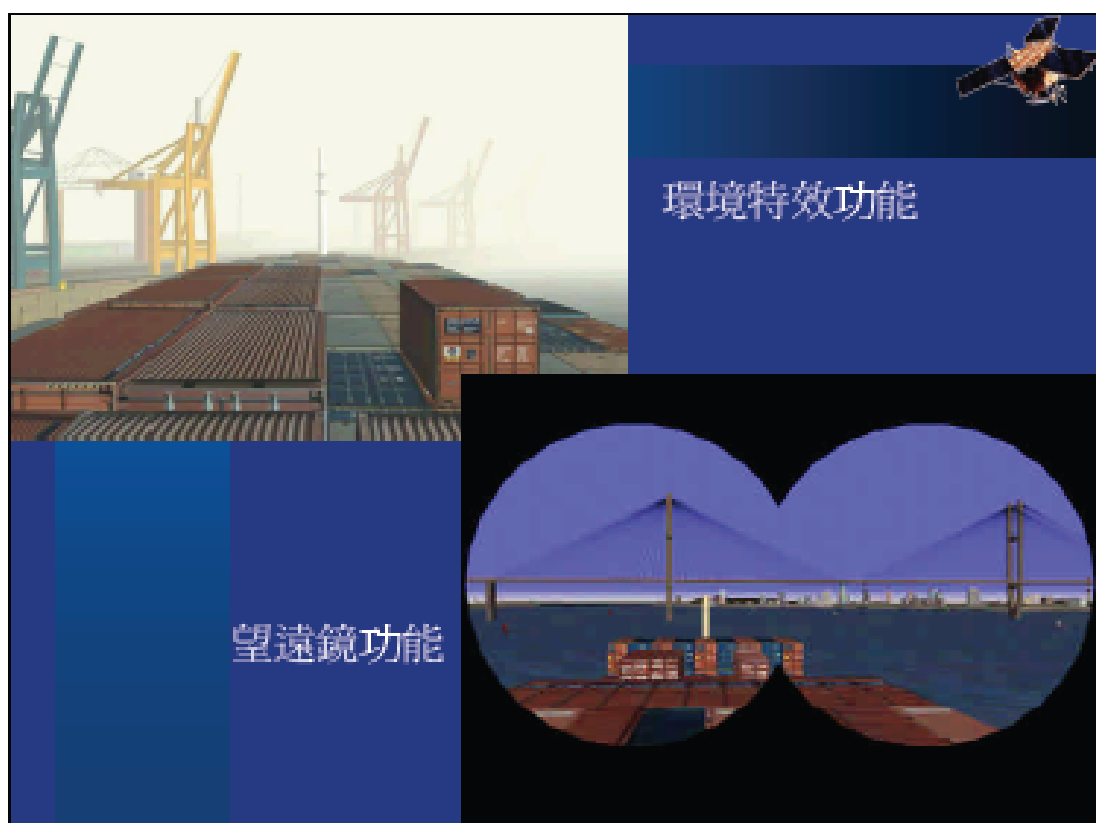
關鍵技術－雷達/ARPA模擬



- 雷達圖像中主要包括岸線回波、固定物標回波、運動目標回波、遠假回波、雷達同頻干擾、異常大氣條件對雷達的影響以及對雷達性能參數的類比、雷達最小探測距離、SART、RACON等的模擬。
- 岸線的資料結構中包括物標的平均高度、物標的類型、回波反射屬性、發現距離等。
- 採用以Bresenham演算法為基礎的回波生成演算法，可以獲得回波強度隨距離衰減、小扇形擴散的效果。由於在目標資料中包含有平均高度資料，可以極方便地實現遮擋、隱藏。

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





已完成工作項目

- 研究STCW 78/95 公約內操船模擬系統相關規定
- 訂定系統發展規劃與細部功能規格
- 開發操船模擬器三度空間視景繪圖顯示系統
- 製作港區三度空間模擬模型
- 本船/副本船系統整體設計與測試

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





操船模擬器三度空間視景繪圖



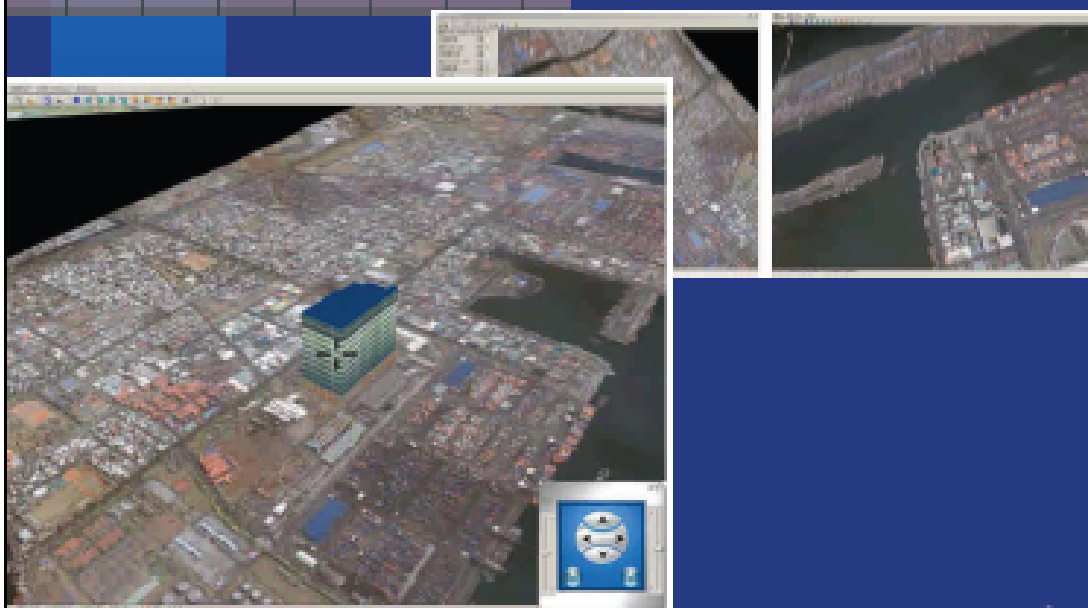
顯示系統開發

- 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



大地場景流覽系統



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



海洋與港灣環境特效

- ☛ Sky(天空)
- ☛ Sea(海況)
- ☛ Berths(錨地)
- ☛ Aids to navigation(助航標誌)
- ☛ Routed clouds and visibility in local areas(能見度)
- ☛ Lights(燈光)
- ☛ Tidal Effect(潮汐)
- ☛ Own Ship(本船)

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

自然環境特效

- ☛ Simulated effects
 - ☛ Illumination
 - ☛ Visibility (Fog and distance shading)
 - ☛ Field of view
 - ☛ Sun angle shading

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



港灣模型與場景模型之製作



建立港灣模型基礎圖台

- 高雄港壽山地形建模
- 高雄港旗津地形建模

建立人工建物、房屋模型

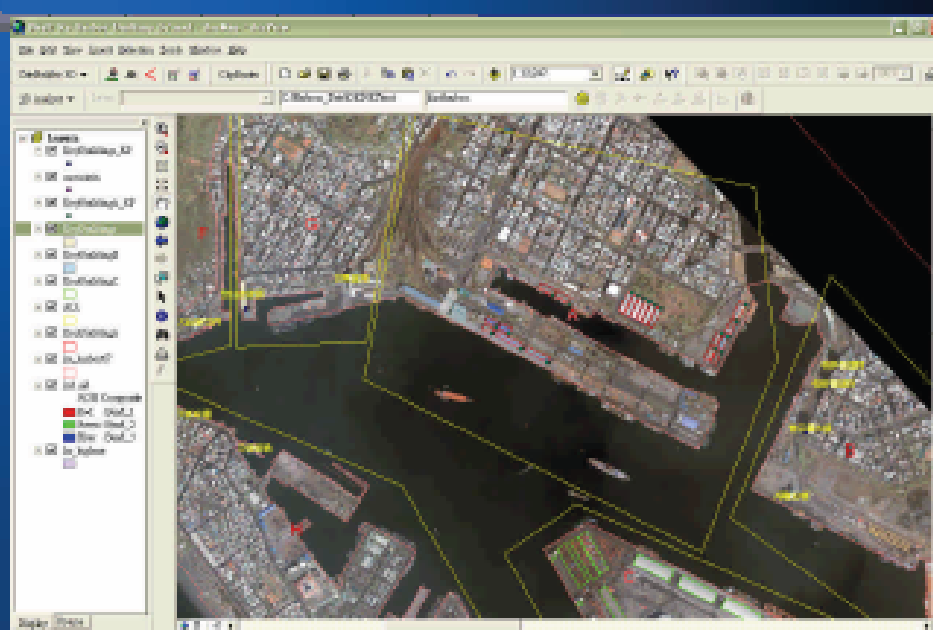
- 平頂建築物
- 複雜建築物幾何模型
- 標誌性建築物

港區特殊建物建模

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

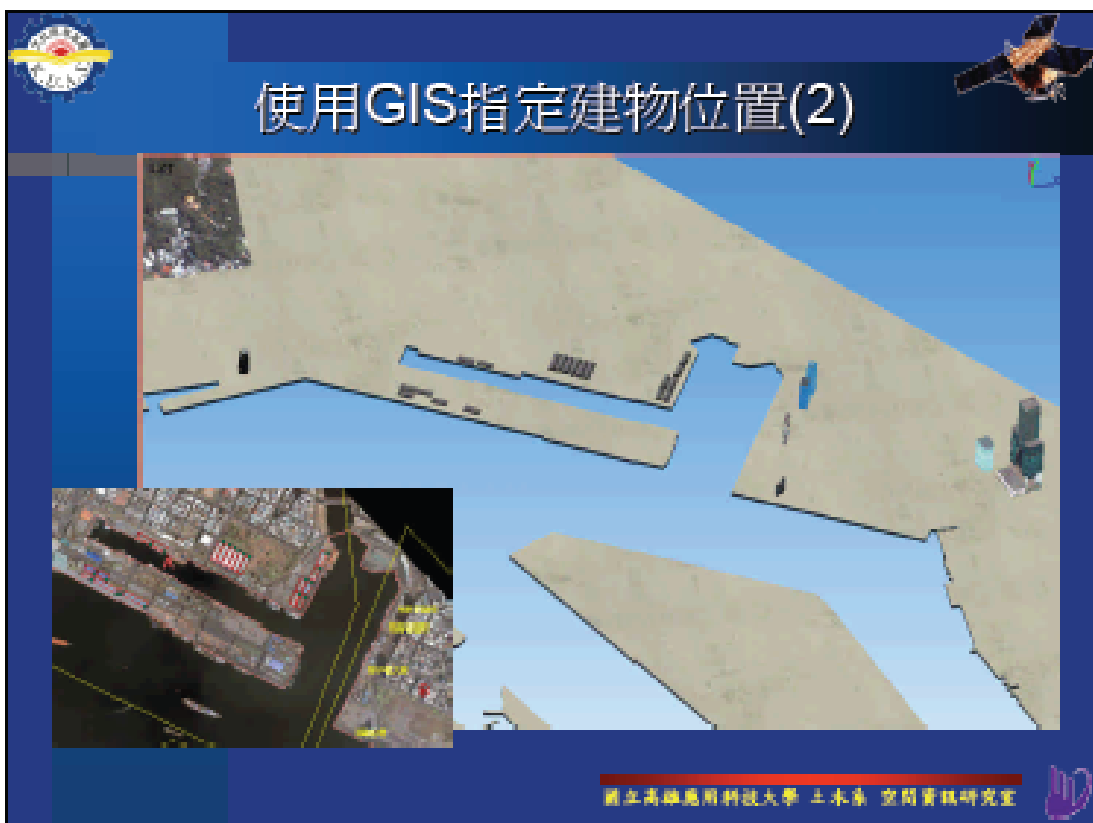


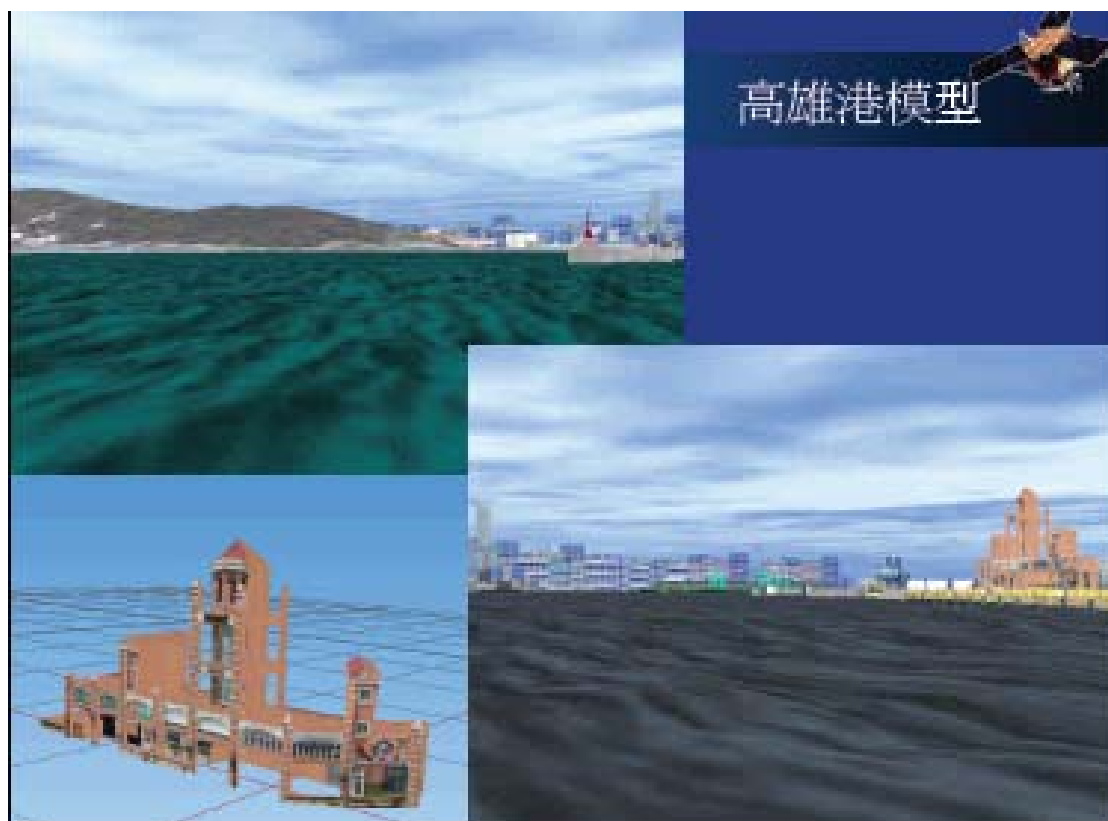
使用GIS指定建物位置(1)



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室

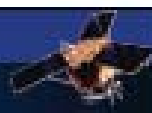








本年度工作項目與預期成果



- ✚ 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
- ✚ 多船模擬教官(主控)台設計
- ✚ 電子海圖/雷達 模組開發
- ✚ 台中港模型轉換
- ✚ 整合視景繪圖顯示系統與船舶動力模式

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 (海軍左支部協助)

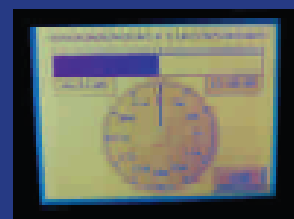
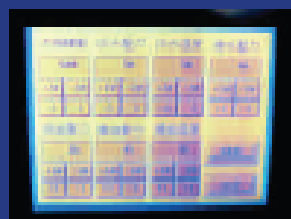
船舶動力模式

- ◆ 暫採成功大學方銘川教授提供海軍之「船舶動力模式」
- ◆ 俟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，即可予以抽換及測試

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



明科技





本船/副本船系統整合測試(2)



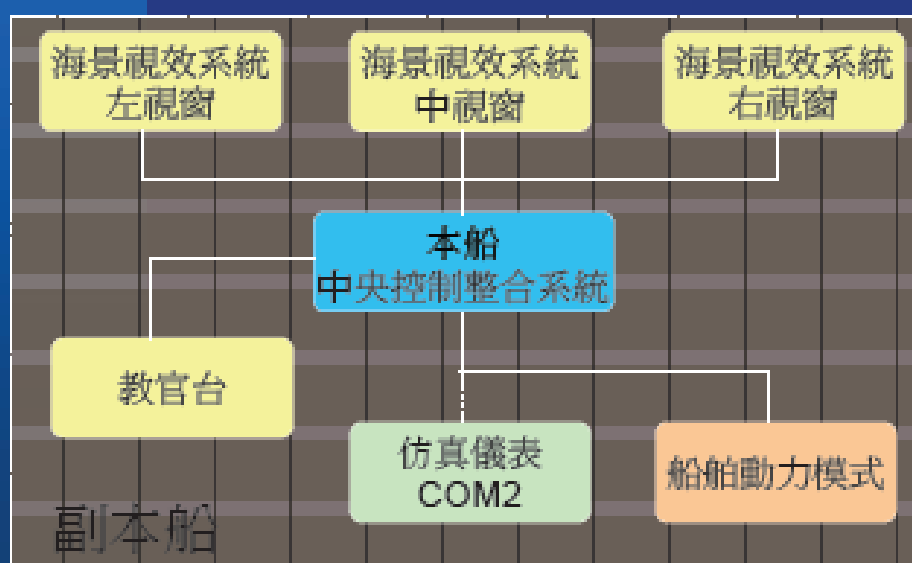
中央控制整合系統

- ◆ 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。

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



「中央控制整合系統」系統架構圖

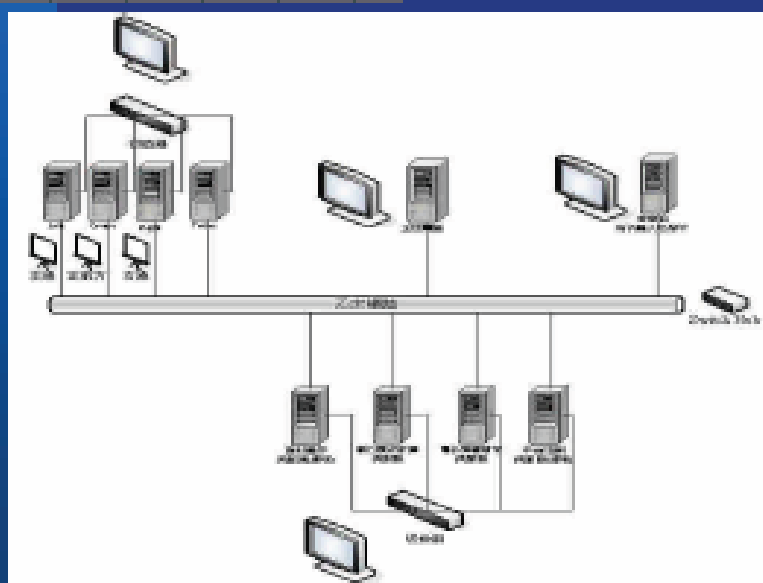


國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





「中央控制整合系統」系統架構圖



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(3)



簡易教官台

- ◆ 教官台功能模組具有快速切換選擇多個場景專案功能（目前包括高雄港與基隆港），教官台可隨時終止現有模擬場景，開始新的模擬場景。
- ◆ 具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，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
- ◆ 教官台功能模組可紀錄與回播模擬經過

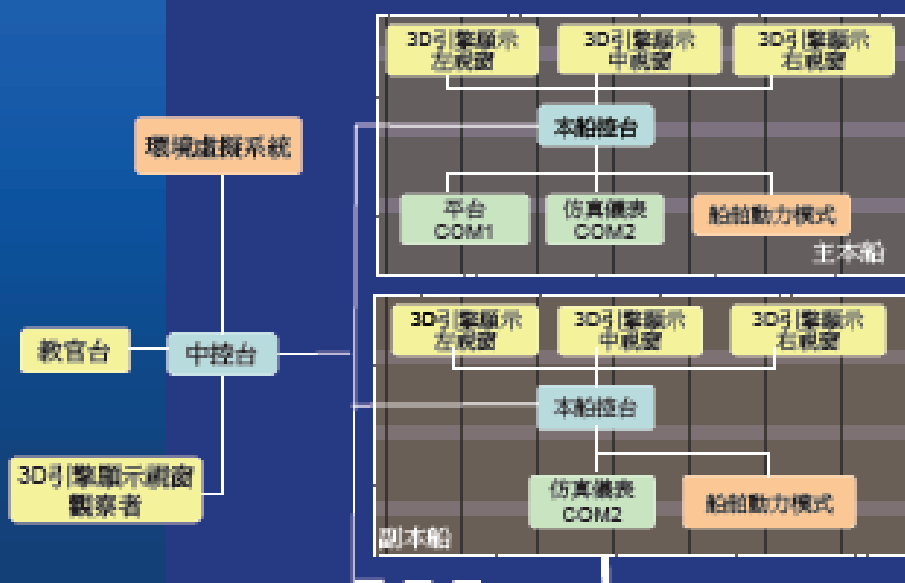
整套系統之機電整合由國內藏識科技公司協助

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



- 多船模擬教官(主控)台設計
 - ★系統中之所有的場景選擇、操作控制均由「教官台」負責控制，教官台功能模組具有快速切換選擇多個場景專案功能。
 - ★預儲模擬場景專案是指事先定義的各項模擬參數，可自行定義、儲存、設定優先順序與修改內容。

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室



預儲模擬場景專案內各項模擬參數

- ★ 模擬港口：從現有港灣資料庫內選擇模擬港口。
- ★ 本船啓始位置。
- ★ 模擬開始自然環境初始狀態。
- ★ 模擬場景內運動中船隻船型、數量、啓始位置與運動參數（航線、速度）
- ★ 模擬期間的自然環境變化，包括風、浪、流、日夜晨昏與可見度。

國立高雄應用科技大學 土木系 空間資訊研究室





- 電子海圖模組開發

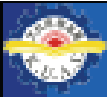
- 電子海圖技術電子海圖的顯示功能包括海圖的無級放大、縮小、平移、局部放大、分層顯示等
- 在設計海圖顯示功能時強調了“資訊過濾”,資訊過濾分兩種,一種是自動過濾,即能自動的根據顯示狀態決定顯示的信息量,如在顯示水深時,自動的根據海圖顯示比例尺決定水深點的疏密.另一種是手動過濾,即根據操縱者的意願決定顯示資訊的取舍(如海圖的分層顯示)。



- 台中港模型轉換

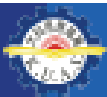
- 以建立高雄港之經驗，採用高解析彩色衛星影像與數值地型高程資料(DEM)製作基礎圖台，並以本案開發之「大地地形地貌空間資料庫與幾何貼圖管理模組」所產生之地形地物為參考依據，在基礎圖台上以「港灣設施模型地理資訊管理模組」建立修改碼頭、燈塔、助航標、貨櫃集散場與貨櫃吊架、倉庫等重要港灣設施。





- 整合視景繪圖顯示系統與船舶動力模式
 - 將本年度所開發之本船、副本船系統將與港研中心另案研究之港灣真實海況與船舶動力模式整合，並規劃多船模擬通訊架構，並依據整合實際情形訂定第三年度需新增之電腦系統規格。

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

