95-56-7198 MOTC-IOT-94-H2DB006

船舶運動數值模式建立之研究 (一)



交通部運輸研究所

中華民國 95 年 3 月

95-56-7198 MOTC-IOT-94-H2DB006

船舶運動數值模式建立之研究 (一)

著者:張富東、邱永芳、周宗仁、翁文凱 林騰威、賴建中

交通部運輸研究所

中華民國 95 年 3 月

95 船舶運動數值模式建立之研究(一)

交通部運輸研究所

GPN:1009500874 定價 100 元 國家圖書館出版品預行編目資料

船舶運動數值模式建立之研究. — / 張富東等 著. — 初版. — 臺北市 : 交通部運研所, 民95 面 : 公分 參考書目:面 ISBN 986-00-4894-0(平裝) 1. 船舶工程 444 95006473

船舶運動數值模式建立之研究(一) 著 者:張富東、邱永芳、周宗仁、翁文凱、林騰威、賴建中 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) 話:(04)26587176 電 出版年月:中華民國 95 年 3 月 印刷者: 版(刷)次冊數:初版一刷 110冊 本書同時登載於交通部運輸研究所網站 定 價: 100 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2號 B1•電話:(04)22260330

GPN:1009500874 ISBN:986-00-4894-0(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:船舶運動數值	直模式建立之研究(一)				
國際標準書號(或叢刊號)	政府出版品統一編號	運輸研究所出版品編號	計畫編號		
ISBN 986-00-4894-0 (平裝)	1009500874	95-56-7198	94-H2DB006		
本所主辦單位:港研中心	合作研究單位:國立台	台灣海洋大學	研究期間		
主管:邱永芳主任	計畫主持人:周宗仁、	翁文凱	自94年02月		
計畫主持人:邱永芳	研究人員:林騰威、頼	媍建中	П > . 1 от / ј		
研究人員:張富東	地址:基隆市北寧路工	二號	至94年12月		
聯絡電話:04-26587122	聯絡電話:02-246221	92			
傳真號碼:04-26571329					
關鍵詞:船舶操縱、模擬計算					

摘要:

船舶操縱性能模擬計算之應用除可輔助船舶設計外,亦可應用於港灣規劃、海上 交通動線規劃、操船模式評估、海事鑑定評估分析等,同時其亦為操船模擬機之主要 構成要素,因此各國之學術機構或船舶協會皆紛紛建構操船模擬系統,然而有關船舶 操縱性能之項目繁多,影響因素亦甚複雜,如何建立一較完整且可靠之計算模式,均 為各國的研究重點。

船舶由外海航行至港口附近,乃至於進入港內,其所受外在之自然力,如風力、 波浪漂流力、潮流力等將因地形水深及防波堤、碼頭結構存在因素之影響而發生變 化,同時船舶航行及其運動亦將受海底底床效應及碼頭固定邊界影響,而船舶間之相 互運動亦將影響其運動特性,凡此種種變化皆將使船舶之運動特性更為複雜,而不再 像深海時之情況,本研究主要目的在於開發一套船舶操縱性能模擬系統,使其適用性 更近似於實際港口或港內運作之情況,本研究之船舶操縱運動數學模式主要依據日本 MMG(Mathematical Modeling Group)之研究成果,探討船舶在港口附近以至於港內碼 頭岸邊之運動。

本研究在操縱模擬計算之基本構架下,討論項目主要可分為三大方面,其一為船 舶特性方面,其包含船體流體力微係數、主機特性及舵力,第二項為自然環境之作用 力,其包含風力、波浪力、潮流力,第三項為人為環境或自然環境邊界對船舶運動之 影響,其包含淺水效應、拖船效應、岸際效應、船舶間之交互作用。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
95年3月	90	100	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 體可按定價價購。
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: Establishment of Numerical Models for Ship Motion (I)						
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT	NUMBER		
ISBN986-00-4894-0	1009500874	95-56-7198	94-H2I	DB006		
(pbk)						
DIVISION: Harbor &	Marine Technology Center		PROJECT	PERIOD		
DIVISION DIRECTO	R: Chiu, Yung-Fang					
PRINCIPAL INVEST		FROM Febr	uary 2005			
PROJECT STAFF: Ch	TO Decer	nber 2005				
PHONE: (04) 2658711						
FAX: (04) 26564418						
RESEARCH AGENCY: National Taiwan Ocean University						
PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chung-Ren Chou, W. K. Weng						
PROJECT STAFF: T.	PROJECT STAFF: T.W. Lin, C.C. Lai					
ADDRESS: 2, PEI-NING RD., KEELUNG 202, Taiwan, R.O.C.						
PHONE: (02) 24622192 #6126						
KEY WORDS:						
SHIP OPERATION	, NAVIGATION NUMERICAL COMPUT	TATION				

ABSTRACT:

The developments of maneuvering simulation are usually employed in ship design. Besides, it can also be applied in port planning, harbor transportation, estimation for the simulation model, shipwreck etc. Owing to the fact that maneuvering simulation model is an essential element to navigation simulator, committees on ship design and the academia focus their eyes on the developments of the models.

Transformation of wave, current and wind make it more difficult to estimate the external forces acting upon a ship in the area around or inner the harbor than in the deepwater region. The purpose of this research is to develop a suitable simulation model to predict ship's motions in the region. Model adopting from Mathematical Modeling Group's results predicts ship's motions around or inner harbor region.

Three items were discussed under the fundamental frame of the simulating model. The first item contains hydrodynamic derivatives of hull forces, the effects of propeller and the main engine; the second includes forces due to winds, currents and waves; the third is the effects caused by natural or artificial boundary.

DATE OF PUBLICATION March 2006	NUMBER OF PAGES 90	PRICE 100	CLASSIF RESTRICTED SECRET UNCLASSIFIED	TCATION CONFIDENTIAL TOP SECRET	
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.					

目 錄

中	文摘	要	Ι
英	文摘	要	Π
目	錄		Ш
圖	目錄		IV
表	目錄		III
第	一章	研究主旨	1
第	二章	工作執行狀況	7
第	三章	數學模式	9
第	四章	介面設計	35
第	五章	波力風力與潮流力之計算	49
第	六章	結論	59
參	考文	獻	61
附	錄 A	期中報告審查意見處理情形表	65
附	錄 B	期末報告審查意見處理情形表	69
附	錄 C	簡報資料	73

圖目錄

圖3-1	船體座標系與大地座標系示意圖10
圖 3-2	縱移附加質量 (mx) 估算圖16
圖3-3	橫移附加質量 (m,) 估算圖17
圖3-4	平擺附加質量慣性矩 (J_{zz}) 估算圖18
圖3-5	肥胖船型船體之橫移附加質量 (m _y) 估算圖 19
圖3-6	肥胖船型船體之橫移附加質量 (m _y) 估算圖 20
圖3-7	肥胖船型船體之橫移附加質量 (m_y) 估算圖21
圖3-8	肥胖船型船體之平擺附加質量慣性矩(Jzz)估算圖22
圖3-9	肥胖船型船體之平擺附加質量慣性矩(J_{zz})估算圖23
圖3-10	肥胖船型船體之平擺附加質量慣性矩 (J_{zz}) 估算圖24
圖3-11	非線性阻尼力係數 $(Y_{\beta \beta })$
圖3-12	非線性阻尼力係數(Y _{β r})26
圖3-13	非線性阻尼力係數(Y _{rr})26
圖 3-14	非線性阻尼力矩係數(N _{r r})27
圖3-15	非線性阻尼力矩係數(N _{ββγ})28
圖3-16	非線性阻尼力矩係數(N _{βrr})28
圖4-1	整體操作介面
圖4-2	「本船基本資料」輸入介面42
圖4-3	「係數選擇」介面45
圖4-4	「試驗參數」選擇介面46
圖5-1	船速為零時之船體X軸向波浪漂流力51

圖 5-2	船速為零時之船	體y軸向波浪漫	票流力		51
圖5-3	船速為零時之船	體Z軸向波浪灣	票流力矩		52
圖5-4	船速為零時之風	作用於船體X車	由向力		53
圖5-5	船速為零時之風作	≅用於船體y軸	向力		
圖5-6	船速為零時之風作	∈用於船體Z軸	向力矩		
圖5-7	船速U為10節時之	風作用於船體	x軸向力		55
圖5-8	船速U為10節時之	風作用於船體	y軸向力		55
圖5-9	船速U為10節時之	風作用於船體	Z軸向力矩		56
圖5-10)潮流速度為1m/st	時之潮流作用	於不同速度	船體X軸向力) 57
圖5-11	潮流速度為1m/sE	時之潮流作用:	於不同速度	船體y軸向た	; 58
圖5-12	潮流速度為1m/st	時之潮流作用	於不同速度	船體z軸向力	1矩58

表目錄

第一章 研究主旨

1.1 計畫背景分析

一個國家經濟力大致可由其海、空運之活絡程度而定,因此一個 經濟高度發展之國家必定非常注意其海、空運之發展與安全性,同時 並紛紛成立海、空運運輸人員訓練中心,以訓練及儲備其高品質之海 空、運之運輸人才,而隨著電子儀器模擬機之發展,我國交通部首次 於 1985 年撥款購買「操船模擬機系統」附設於「國立台灣海洋大 學」,以作為船長操船進出港口訓練用,近二十年來造就不少傑出的 航海人員,而操船模擬機係統亦為海運發展國家必備及爭相研發之模 擬工具。1997 年「交通部運輸研究所港灣技術研究中心」與「台大造 船及海洋工程研究所」邱逢琛教授亦發展出「進出港操船模擬計算系 統」(洪,1997)。

操船模擬系統主要可簡單的區分成兩大部份,其一為船舶航行時 其運動之數值模擬,另一部份則為其可視化景觀部份及其附屬之操船 相關設備,有關船舶航行運動數值模擬之研究相當多,不管在深海 中、近岸區、大波浪作用下、甚至進出港口時之船舶運動特性皆有相 當多之研究被發表,而其船舶運動計算之基本理論主要大多以細長體 理論或其改良方法為主,船體所受之自然環境外力大致上為潮流力、 風力、波浪力,而在船舶之動力上,則參考各船舶之特性,根據引擎 渦輪螺旋槳之推進力、舵效與粘性阻力加以計算,在船舶航行運動之 數值計算上,則因所用時間縮尺之不同而有所謂快時(Fast Time)操 船與真時操船(Real Time)兩種方式,一般而言,快時操船模擬由於 時間縮尺影響,必須考慮船舶各項特性,如舵之反應、螺槳轉速變化 及其對各流體力之影響,以及電腦計算之反應速度;另外,在近岸區 或港區內時,因船舶存在之環境地理位置所衍生之效應,如水深效 應、岸邊效應、干涉效應及拖船效應等。

以往相關研究或目前之船舶航行運動方程式大都著重於主機之模擬上,配合各種船舶之特性進行船舶運動特性之研究,自然環境外力 則僅考慮風力與潮流力,對於波浪力之作用則較少考慮,由於目前船 舶航行大都僅考慮進出港口時航行之安全,因此各環境因素所衍生之 效應上亦大都僅考慮部分,如水深效應;然而船舶由外海進入淺水 區,進而入港口、靠泊,波浪所引起之變形,如淺化、繞射、反射等 效應,對於船舶所受外力及運動應有很大之影響,尤其在天候較差、 大波浪作用下或船舶噸位較輕時,其影響更劇,有必要加以考慮。

台灣四面環海、並以海立國,海運船舶進出港口門戶之繁忙可想 而知,然而至目前為止,船舶進出港口之操船模擬,或購至國外、或 無法完整之模擬描述其過程之運動狀況,實有必要發展符合本國需要 且完整之船舶運動數值模式,有鑑於此,本研究希望能在目前既有之 船舶運動模擬之基礎上,計算船舶由外海進入港口乃至停靠繫纜為止 之運動,自然力則除考慮風與潮流力外,波浪則考慮方向波浪所引起 之外力,各環境所衍生之效應亦在船舶進港錨泊過程中分別考慮,另 外,為因應未來海運之需求,本研究亦將針對多艘船舶進出港時,船 舶間之相互影響及所引發之水流效應進行考慮。

1.2 研究範圍與對象

本研究主要以航行於港口附近或港內之船舶為探討對象,數值探 討在此區域內航行船舶之運動情形,所使用之船舶操縱理論主要參考 日本 MMG之研究成果;在計算過程中,討論的項目大致可分為船舶 之基本特性:如船殼形狀係數、螺槳推進力、舵力、主機特性等,以 及外在環境因素所引起的流體力:如潮流力、風力、波浪力等之作用 力對船舶運動之影響,另外,並考慮船舶在此區域所可能面臨之問 題:如受拖船推、頂靠岸時、港內水深較淺之情況、船舶於碼頭岸邊 航行時所引起的橫向吸引力、航行中兩船之交互作用情形。

本計劃主要目的於以「交通部運輸研究所港灣技術研究中心」委 託「台大造船及海洋工程研究所」邱逢琛教授之研究為基礎,並加以

延伸擴充,同時利用 Visual Basic 程式語言,以物件導向及視窗化重 新設計,使其在進入港口的船舶管理系統與操船模擬系統上更具方便 性、實用性與簡易性,同時整合其他可視化的研究計畫,完成虛擬實 境的模擬系統。

1.3 全程計畫工作計畫概要書

本計劃預計以四年(94-97)完成,其全程架構如圖 1-1 所示,各 年度執行之預期之具體成果分述如下:

第一年:

本年度主要完成操船模擬系統操作平台整體之構架介面,其中包含自然環境與船舶特性介面的建立;另外,並建立隱藏於操作平台後 之基本數學模式:

船舶特性介面建立:主機模擬介面、操舵模擬介面。

風、浪、流等自然環境介面建立。

操船模擬系統基本數學模式之建立。

船舶所受風力、波浪力(規則波)、潮流力之計算與程式之建立。
 第二年:

延續第一年之基礎外,本年度將進行主機及舵機之模擬,並考慮 船舶所受不規則波外力作用,另外,對於船舶進港過程中,因水深變 淺所引起之淺水效應亦在本年度加以檢討:

- 主機模擬程式之建立。
- 舵機模擬程式之建立。
- 螺槳模擬程式之建立。
- 船舶所受波浪力(包含單方向不規則波與多方向不規則波波力)之 計算與程式之建立。

第三年:

本年度計畫主要考慮船舶在進入港口淺水區或即將靠碼頭過程 中,所可能面臨之效應與外力,如船舶靠泊所引起之碼頭岸邊效應, 拖船推、頂船船舶之效應以計算船舶進出港口之運動,故本年度主要 工作項目如下:

- 遂水效應對港口附近、港內船舶受力之計算與程式之建立。
- 船舶靠岸時,碼頭岸壁對船舶受力之效應計算與程式與程式建
 立。
- 船舶靠泊時,拖船推頂對船舶受力之效應計算與程式建立。
- 船舶靠碼頭時,帶纜效應對船舶受力之計算與程式建立。
- 完成真實模擬(Real Time)。

第四年:

主要探討在多本船進出港口情況下,船舶運動因船舶距離及船舶 間水流、波浪所引起之干涉效應,另外,並考慮時間縮尺,完成快時 模擬(Fast Time),與其他影像處理計畫結合,呈現多艘船舶進出港 口時之運動狀況,完成工作如下:

- 計算多本船相互靠近航行時,因船體間水流、波浪所引起之干涉 效應對各船體受力之影響。
- 考慮時間縮尺,完成快時模擬(Fast Time)。

1.4 預期成果

整個計畫執行完畢後,能較精確的掌握船舶於進出港、甚而泊靠 碼頭時所受之自然外力與因環境因素所衍生之各效應,因此能更為精 確之模擬單艘或多艘船舶在進出港口與泊靠時之運動情形,若能整合 其他可視化影像處理研究,進行港區景觀處理及目前港灣技術研究中 心已有之設備,可統合成一操船模擬系統,對於未來台灣各港口船舶 進出港,乃至泊靠於碼頭,皆可提供一更準確之模擬,同時可供港灣 規劃、進出港船舶管理以及海事鑑定的參考,亦可提供操船訓練用。 本計劃在整體計畫完成後,將提出之兩套軟體包括:

- 操船模擬系統操作介面軟體:包含介面之操作與環境資料之輸入方 式說明與格式。
- 多本船操船模擬軟體程式:包含操船運動主程式與前述各環境外力 之副程式。



圖 1-1 全程計畫架構圖

第二章 工作執行狀況

2.1 本年度之進行步驟與方法

本年度主要完成多本船操船模擬系統整體構架操作介面之建立, 操作介面之撰寫軟體為 Visual Basic 程式語言,建立操作介面平面可 視化與物件導向系統,將多本船操船模擬程式與操作介面連結,所有 有關操船所需船舶特性資料(船舶數、各船舶資料係數、舵、主機、螺 築等)與各環境外力資料(風、波浪、潮流、水深效應、拖船效應等)皆 可藉由操作介面輸入及選項,而隨著船舶航行前進改變之外力因素, 如風力、波浪力、潮流力等亦可藉由程式讀取之方式輸入。

操作介面可視化與物件導向系統的優點在於操作之簡單方便,同 時藉由操作平台各資料輸入選項的建立以及操作者與平台間之互動, 使操船模擬系統更為簡易,操作者將不致因所需輸入各項資料之繁瑣 而出錯;另外,一般而言,若環境外力因素突然改變,如瞬間之風 力、風向或流速與流向的改變,諸如此不可事先預測之因素,在執行 操船模擬程式時將必須先於程式中加以設定,否則無法順利模擬,然 此種方式則已失卻操船模擬系統在訓練船員與海事鑑定上之價值,本 研究所建立之操作介面則可隨機隨時以滑鼠於電腦銀幕上改變外力參 數,以求更符合實際操船之需要與狀況。

在多本船操船模擬系統中,除非各船接近至互相影響之範圍,否 則基本上各船應為互相獨立之運動體,然而在港灣規劃、海事鑑定或 港域各船舶之監控與管理上,多艘船舶之航行位置與相互間之影響視 有必要加以了解的,而操作介面提供此項選擇,本研究所建置之操作 介面平台除可提供由一人操縱多艘船,亦可分由多人藉由不同之操作 銀幕操作多艘船舶;除此之外,各船舶航行所經過之軌跡亦可經由可 視化選項選擇及時顯現或不顯現於介面平台上。

由於操作介面在多本船操船模擬系統中有上述諸多優點及實際需

要,因此本研究首先建立操作平台,同時建構平台上操船時所需各項 參數資料及選項,而後並建立操船方程式之理論基礎,並撰寫主程式 與各副程式,其執行各步驟如下:

- 蒐集操船運動所需各資料因素與參數,包含基本船舶特性、主機、舵以及影響操船運動之各環境因子。
- 建立多本船操船模擬主要操作介面平台。
- 建立各本船基本資料輸入介面平台。
- 建立各系數與環境因素選項輸入介面平台。
- 建立操船運動方程式理論主構架,並建立操船運動主程式。
- 建立操船運動之環境外力,風力、規則波波力、潮流力之理論與 程式。

2.2 本文內容

本研究主要分成六章,第一章為研究主旨,說明本研究之主要研 究目的、計畫整體構架、整體研究完成後之預期成果與所提供之研究 成果。第二章為工作執行狀況,包括計畫執行步驟與方法,及說明所 採用方法之優點,另外,並說明本年度計畫之執行要項。第三章為數 學模式,主要說明操船運動方程式之理論基礎,並逐項說明影響操船 運動之各項參數或外力之理論。第四章則為操船介面平台之建立,本 章展示以 Visual Basic 建立之操船介面平台成果,並說明各介面平台 之功能與介面平台中各項所需輸入資料與選項。第五章為操船模擬系 統程式主體構架,說明操船模擬系統主程式構架流程,並以實際船舶 為模型展示環境外力(風力、規則波波浪力、潮流力)之計算結果。第 六章為結論。

第三章 數學模式

本計劃操船運動數學模式主要以「交通部運輸研究所港灣技術研 究中心」委託「台大造船及海洋工程研究所」邱逢琛教授之研究為基 礎,利用 Visual Basic 程式語言,以物件導向及視窗化重新設計,使 其更具方便、實用、簡易,並加以擴展,使其更適用於港口附近及港 區內之操船運動。

一般而言,研究船舶運動的計算模式大致可分兩種,其一為船舶 運動計算模式,根據牛頓第二運動定律推展出六自由度運動方程式, 其六自由度運動分別為三個線性位移,相對於直角座標系統分別為縱 移(Surge)、橫移(Sway)、垂直移(Heave)及三個角旋轉,即縱搖 (Pitch)、橫搖(Roll)、平擺(Yaw)。模擬船舶於大海中航行時之運動, 座標系統固定於船舶上,船舶航速以固定速度前進,並根據都譜勒定 律重新計算海洋波浪之週期與波向,在波力的考量上則考慮波強制力 (Exciting force),即包含入射波強制力(Froude-Krylov force)、繞射波強 制力(Diffraction force),另外,並考慮因船舶運動所誘發之 Radiation force,理論基礎主要以勢流理論為基礎,同時已定常解進行數值計 算,其解法與海洋結構物波力計算大致相同,但由於船舶外型大都為 細長型,因此 Korvin-Kroukovsky 及渡邊等學者相繼發展細長型理論 (Ordinary Strip method, OSM),OSM 法在流體力的計算上有部分簡 化,但不失為一實用之方法,其後有多位學者針對 OSM 法加以改 進,大致發展出四種新型的 Strip method (NSM)。

另一為船舶操縱運動方程式,其主要在於考察船舶操舵的功能與 特性,即目前所謂操船模擬系統的理論基礎,船舶操縱運動方程式在 座標的應用上,由於實務上的需要,大都採用「大地固定座標」及 「船體固定座標」兩個座標系統,如圖 3-1 所示。其基本上依據牛頓 第二運動定律,亦可發展出六自由度之操縱運動方程式,由於操縱運 動方程式主要功能在於探討船舶操舵迴旋與航行安全性能,另外,由 於船舶操縱運動必須隨著船舶所在位置的變動逐時計算,為簡化整個

計算量,因此省略對操縱與航行性能影響較小之縱平面上之運動項 (Heave、Pitch、Roll),而根據以往相關研究指出,在波高較小時,省 略上述三個運動方程式所得結果與實測結果差異不大,但大波高時如 颱風波作用時則影響較大,目前全世界操船模擬系統所應用之方程式 亦大都使用簡化過之方程式,同時在其流體力的考慮上,亦僅考慮入 射波強制力,而不考慮船舶與流體間之互制行為。本研究所使用到的 數學模式乃以邱(1997)所整理之模式為基礎,同時參考日本 MMG(Mathematical Modeling Group)所發展之模式加以擴展。數學模 式同樣採用「大地固定座標」及「船體固定座標」兩個系統,並假 設:

(a)地球自轉與公轉運動對船舶操縱運動影響甚小,可忽略。

(b)操船過程中之起伏(Heave)及縱搖(Pitch)運動甚小,可忽略。

(c)船體固定座標軸近似於船體之慣性主軸。



圖 3-1 船體座標系與大地座標系示意圖

船舶在航行中由於外力之作用,因此誘發船體六自由度之運動, 而固定於船體上之座標系統將因船體之旋轉而變動,若設船體在 x、 y、z 軸之旋轉角分別為φ、θ及ψ,則由座標轉換原理其各相對應之 旋角速度p、q、r分別為

$$p = \dot{\phi} - \dot{\psi} \sin \theta$$

$$q = \dot{\psi} \sin \phi \cos \theta + \dot{\theta} \cos \phi \dots (3-1)$$

$$r = \dot{\psi} \cos \phi \cos \theta - \dot{\theta} \sin \phi$$

若假設船體旋轉運動為一微小運動,則(3-1)式可簡化成:

$$p = \dot{\phi} - \dot{\psi}\theta \cong \dot{\phi}$$

$$q = \dot{\psi}\phi + \dot{\theta} \cong \dot{\theta} \qquad (3-2)$$

$$r = \dot{\psi} - \dot{\theta}\phi \cong \dot{\psi}$$

而根據牛頓第二運動定律,其運動方程式可表示為:

$$\vec{F} = \frac{d}{dt} (m\vec{U}_G) = m\frac{d}{dt} (\vec{U} + \vec{\Omega} \times \vec{R}_G)$$

$$\vec{M} = \vec{M}_G + \vec{R}_G \times \vec{F} = \frac{d}{dt} (\vec{H}_G) + \vec{R}_G \times \vec{F}$$
 (3-3)

將其展開後,可得船體運動力與力矩之平衡方程式: 力平衡方程式:

$$X = m[\dot{u} + qw - rv - x_G(q^2 + r^2) + y_G(pq - \dot{r}) + z_G(pr + \dot{q})]$$

$$Y = m[\dot{v} + ru - pw - y_G(r^2 + p^2) + z_G(qr - \dot{p}) + x_G(pq + \dot{r})] \qquad (3-4)$$

$$Z = m[\dot{w} + pv - qu - z_G(q^2 + p^2) + x_G(pr - \dot{q}) + y_G(rq + \dot{p})]$$

力矩平衡方程式:

$$K = I_{xxG}\dot{p} + (I_{zzG} - I_{yyG})qr + m[y_G(\dot{w} + pv - qu) - z_G(\dot{v} + ru - pw)]$$

$$M = I_{yyG}\dot{q} + (I_{xxG} - I_{zzG})pr + m[z_G(\dot{u} + qw - rv) - x_G(\dot{w} + pv - qu)] \dots (3-5)$$

$$N = I_{zzG}\dot{r} + (I_{yyG} - I_{xxG})pq + m[x_G(\dot{v} + ru - pw) - y_G(\dot{u} + qw - rv)]$$

式(3-3)、(3-4)、(3-5)中各符號之表示如下:

 \vec{R} :船體上任一點相對於座標原點之座標向量(= $x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$)

- \vec{R}_{G} :船體上任一點相對於重心座標之座標向量(= $x_{G}\vec{i} + y_{G}\vec{j} + z_{G}\vec{k}$)
- $\hat{\Omega}$:對應於座標原點之角速度($\hat{\Omega} = p\vec{i} + q\vec{j} + r\vec{k}$)
- \vec{U} :對應於座標原點之角速度($\vec{U} = u\vec{i} + v\vec{j} + w\vec{k}$)
- \vec{F} :作用於船體之力 $\vec{F} = X\vec{i} + Y\vec{j} + Z\vec{k}$
- \vec{M} :作用於船體之力矩 $\vec{M} = K\vec{i} + M\vec{j} + N\vec{k}$

若座標原點設於船體重心上,並僅考慮水平面上之運動,則(3-4)、(3-5)式將簡化成:

$$m(\dot{u} - vr) = X$$

$$m(\dot{v} + ur) = Y \qquad (3-6)$$

$$I_{zzG}\ddot{\psi} = N$$

而邱(1997)則再考慮 Roll 運動,因此操縱運動方程式為:

$$m(\dot{u} - vr) = X$$

$$m(\dot{v} + ur) = Y$$

$$I_{ZZG} \ddot{\psi} = N$$

$$I_{XX} \ddot{\phi} = K$$

(3-7)

作用於船舶之各方向外力與力矩分別為

 $X = X_{H} + X_{P} + X_{R} + X_{W} + X_{WV} + X_{E} + X_{C} + X_{B} + X_{F}$ $Y = Y_{H} + Y_{P} + Y_{R} + Y_{WV} + Y_{E} + Y_{C} + Y_{B} + Y_{F}$ $N = N_{H} + N_{P} + N_{R} + N_{W} + N_{WV} + N_{E} + N_{C} + N_{B} + N_{F}$ $K = K_{H} + K_{P} + K_{R} + K_{W} + K_{WV} + K_{E} + K_{C} + K_{B} + K_{F}$ (3-8)

式(3-7)為分別考慮縱移(Surge)、橫移(Sway)、平擺(Yaw)、及橫搖(Rol l)四個自由度之船舶操縱運動方程式。式(3-8)之下標 H、P、R、W、 WV、E、C、B、F分別代表船體流體力(<u>H</u>ull)、螺槳(<u>P</u>ropelle r)、舵(<u>R</u>udder)、風(<u>W</u>ind)、波浪(<u>Wave</u>)、主機(<u>E</u>ngine)、潮流 (<u>C</u>urrent)、邊界(<u>B</u>ank)、及其他之力源(<u>F</u>orce)如拖船、繫纜力 等。 本研究在應用船舶操縱方程式時,同時考慮兩種狀況,因此在程式 設計時,可選擇是否對橫搖運動進行解析。而作用於船舶之各項力與 力矩則分述如下列各節中。

3.2 螺槳力

螺槳力可由下式求得:

 $(I_{prop} + I_{ps})\dot{n} = Q \qquad (3-9)$

式(3-9)則是「螺槳轉動方程式」,其中,Q為作用於推進軸系(含螺槳) 之扭矩($Q = Q_p + Q_E$); I_{prop} 為螺槳之極慣性矩; I_{ps} 為連接主機與螺槳 之軸慣性矩。

「螺槳轉動方程式」之 $(I_{prop}+I_{ps})$ 估算公式如下:

$$I_{prop} + I_{ps} = 0.424 \rho D_p^5 (1.3 + q) A_E / \left(\frac{\pi}{4} D_p^2\right) \dots (3-10)$$

其中

$$q = \begin{cases} 2 & (Diesel \ Engine) \\ 20 & (Steam \ Turbine) \end{cases}$$

 D_p 為螺槳直徑, A_E 為螺葉展開面積(Expanded Area)。

3.3 船體流體力

考慮橫搖運動時,船體流體動力可表示為:

$$X_{H} = -m_{x}\dot{u} + m_{y}vr + \frac{1}{2}L^{2}U^{2}(X_{vv}v'^{2} + X_{vr}v'r' + X_{rr}r'^{2} + X_{vvvv}v'^{4}) + X_{0}(u) \dots (3-11)$$

$$Y_{H} = -m_{y}\dot{v} + m_{y}ur + \frac{1}{2}L^{2}U^{2}(Y_{\beta}\dot{\beta} + Y_{r}\dot{r} + Y_{NL}\dot{r} + Y_{Roll}) \qquad (3-12)$$

$$N_{H} = -J_{zz}\dot{r} + \frac{1}{2}\rho L^{3}U^{2} \left(N_{\beta}\beta' + N_{r}r' + N_{NL} + N_{Roll}\right) \dots (3-13)$$

$$K_H = -J_{XX}\ddot{\phi} + N(\dot{\phi}) - mg \cdot \overline{GZ}(\phi) - Y_H Z_H \qquad (3-14)$$

式中

$$\begin{split} \beta' &= -\tan^{-1}(v/U) \\ r' &= vL/U \\ X' &= x/(\frac{1}{2}\rho L^2 U^2) \\ Y' &= Y/(\frac{1}{2}\rho L^2 U^2) \\ N' &= N/(\frac{1}{2}\rho L^2 U^2) \\ v' &= v/U \\ v' &= v/U \\ v' &= v/U \\ U : 重 心移動速度 \\ m_x : 縱移附加質量 \\ m_y : 橫移附加質量 \\ J_{ZZ} : 平擺附加質量慣性矩 \\ J_{XX} : 橫搖附加質量慣性矩 \\ X'_{vv} &\times X'_{vr} &\times X'_{vvv} : 因船舶平面運動所引起之無因次阻力增 \\ m係數 \\ X_0(u) : 船舶直進阻力 \\ Y'_{\beta} &\times Y'_{r} &\times N'_{\beta} &\wedge N'_{r} : 無因次線性流體阻尼力與力矩係數 \\ Y'_{NL} &\sim N'_{NL} : 無因次橫搖運動所引起的橫移力與平擺力矩 \\ \end{split}$$

-N(\$\$):横摇阻尼力矩

 Z_H :船體流體橫移力作用點與重心G的垂直距離 其中 $m_y vr$ 是因附加質量 m_y 引起之 x 方向離心力, $m_x ur$ 是因附加質量 m_x 引起之 y 方向離心力。 非線性流體阻尼力及阻尼力矩,以及橫搖對 y 方向力及 z 方向力 矩之影響,根據邱(1997)於文中提到可依 Inoue 等人(1981a)建議表 示如下:

$$N_{NL} = N_{r|r|} \dot{r} |r'| + N_{\beta\beta r} \beta^{2} \dot{r} + N_{\beta r r} \beta^{r^{2}}(3-16)$$

$$Y_{Roll} = Y_{\phi} \dot{\phi} + Y_{\beta|\phi|} \beta \left| \phi \right| + Y_{r|\phi|} r \left| \phi \right|$$
(3-17)

縱移附加質量 m_x 、橫移附加質量 m_y 、及平擺附加質量慣性矩 J_{ZZ} 可藉 由 Motora 圖(圖 3-2~3-4)之無因次係數,由船型主要尺寸轉換求 得。對船型方塊係數 C_B 在 0.8 左右之肥胖船型, J_{ZZ} 及 m_y 可依 Mikelis 圖 3-5~圖 3-10 由船型主要尺寸求得。當船體俯仰(Trim)時之非線性阻 尼力($Y'_{\beta|\beta|}$ 、 $Y'_{\beta|r|}$ 、 Y'_{rr})及阻尼力矩係數($N'_{\gamma|\gamma|}$ 、 $N'_{\beta\beta\gamma}$ 、 N'_{\betarr}),可依 Inoue 等人(1981a)之方法估算圖求得,如圖 3-11~圖 3-16 所示。

另外,船體固定座標系取為重心G,水平轉力矩之表示法為

$$N_{HG} = -J_{ZZG}\dot{r} + \frac{1}{2}\rho L^{3}U^{2}(N_{\beta}\dot{\beta}' + N_{r}\dot{r}' + N_{NL} + N_{Roll}) + Y_{HO} \cdot x_{\otimes} \dots \dots \dots (3-19)$$

式中

x_∞:船舯之X座標

Y_{HO}:流體阻尼力,可表示為

 $Y_{HO} = \frac{1}{2} \rho L^2 U^2 (Y_{\beta} \beta' + Y_{r} r' + Y_{NL}) \qquad (3-20)$ 式中,阻尼力係數均為對應船舯求得者。



圖 3-2 縱移附加質量 (m_x) 估算圖 (Motora, 1959a)



圖 3-3 橫移附加質量 (m_y) 估算圖 (Motora, 1959b)





圖 3-5 肥胖船型船體之横移附加質量 (m_y) 估算圖(Mikelis,1982)



圖 3-6 肥胖船型船體之橫移附加質量 (m_y) 估算圖(Mikelis, 1982)



圖 3-7 肥胖船型船體之橫移附加質量 (m_y) 估算圖(Mikelis, 1982)



圖 3-8 肥胖船型船體之平擺附加質量慣性矩(J_{ZZ})估算圖 (Mikelis,1982)



圖 3-9 肥胖船型船體之平擺附加質量慣性矩 (J_{zz}) 估算圖 (Mikelis,1982)



圖 3-10 肥胖船型船體之平擺附加質量慣性矩 (J_{zz}) 估算圖(Mikelis,1982)



圖 3-11 非線性阻尼力係數 $(Y_{\beta|\beta|})$ (Inoue et al.,1981a)



圖 3-12 非線性阻尼力係數 $(Y_{\beta|r|})$ (Inoue et al.,1981a)



圖 3-13 非線性阻尼力係數 (Y',r) (Inoue et al.,1981a)


圖 3-14 非線性阻尼力矩係數 $(N_{\gamma|\gamma|})$ (Inoue et al.,1981a)



圖 3-15 非線性阻尼力矩係數 $(N'_{\beta\beta\gamma})$ (Inoue et al.,1981a)



圖 3-16 非線性阻尼力矩係數 $(N_{\beta rr})$ (Inoue et al.,1981a)

對於 Y'_{ϕ} 、 $Y'_{\beta|\phi|}$ 、 $Y'_{r|\phi|}$ 、 N'_{ϕ} 、 $N'_{\beta|\phi|}$ 、 $N'_{r|\phi|}$ 而言實驗數據甚少,可由 Hirano (1980)對某貨櫃輪船進行試驗結果表示:

 $Y_{\phi} = Y_{\beta\phi} = Y_{r\phi} = 0$ (3-21)

$$N_{\phi}^{'} = -0.17925$$
(3-24)

其中, φ: 弳度橫搖角。

而 X'_{w} 、 X'_{w} 、 X'_{wvv} 之估算公式可表示為:

 $X'_{\nu\nu} = 0.4(TB/L^2) - 0.006$(3-25)

$$X'_{vvvv} = 4(TB/L^2) - 0.002$$
 (3-26)

$$X'_{rr} = 0.0003$$
.....(3-27)

至於 $N(\phi)$,可表示如下:

 $N(\dot{\phi}) = \frac{2\pi (I_{XX} + J_{XX})}{T_R} K \dot{\phi} \dots (3-28)$

其中

$$T_R$$
:橫搖自然週期 (= $\frac{1.108}{\overline{GM}}\sqrt{\frac{I_{XX}}{m}}$)

K:橫搖阻尼係數(≒0.3)

GM:定傾高(Metacentric Height)

X₀(u)則可利用統計方法(Holtrop & Mennen,1978, 1982)估算,亦可 由直進時螺槳有效跡流係數及推減係數估算法求得。

3.4 舵力

操船時舵力大小由舵之幾何形狀與有效入流決定。實際操舵產生 舵力時,會在舵前方之主船體上誘導產生另一交叉流(Cross Flow),而 有額外之橫移力與水平轉力矩作用於主船體上。根據 MMG 研究結果 顯示,圖 3-17 所示為舵力在各方向之分力與力矩,可表示如下:

 $X_R = -(1-t_R)F_N\sin\delta \qquad (3-29)$

$$Y_R = -(1+a_H)F_N\cos\delta \dots (3-30)$$

$$N_R = -(x_R + a_H x_H) F_N \cos \delta \qquad (3-31)$$

$$K_R = -(z_R + a_H z_H) F_N \cos \delta \qquad (3-32)$$

其中

t_R: 舵之阻力減少係數

- a_H: 舵之額外橫向力與橫向力之比值
- x_R : 橫向力作用點的 X 座標
- x_H:額外橫向力作用點的 X 座標
- Z_R:横向力作用點的 Z 座標
- z_H:額外橫向力作用點的 Z 座標

δ : 舵角

 F_N : 舵的正向作用力(Normal Force)



圖 3-17 舵力示意圖(邱, 1997)

其中 $(1-t_R)$ 約介於 0.7 與 0.8 之間,模擬計算時可取 0.75。舵的正向作用力 F_N 可表示如下:

$$F_{N} = \frac{1}{2} \rho A_{R} U_{R}^{2} C_{N} \dots (3-33)$$

其中 A_R 為舵面積, U_R 為舵的有效入流速度, C_N 為為舵正向力係數。 舵正向力係數 C_N 之表示法如下:

$$C_{N} = \frac{6.13\Lambda}{\Lambda + 2.25} \sin \alpha_{R} \dots (3-34)$$

Λ 為舵之幾何展弦比(Geometrical Aspect Ratio), α_R 為舵的有效入流攻角。

另外,螺槳依船速及轉速狀態可分為四個象限:

第一象限:n>0,u>0 第二象限:n>0,u<0 第三象限:n<0,u<0 第四象限:n<0,u>0

螺槳在四個象限中之推力與扭力可表示為下:

$$X_{p} = (1 - t_{p}) \cdot \frac{1}{2} \rho \{ [u(1 - \omega_{p})]^{2} + (0.7\pi n D_{p})^{2} \} \times \frac{\pi}{4} D_{p}^{2} C_{T} \beta_{p} \dots (3-35)$$

$$Q_{P} = -2\pi J_{PP} \dot{n} - \frac{1}{2} \rho \{ [u(1-\omega_{P})]^{2} + (0.7\pi nD_{P})^{2} \} \times \frac{\pi}{4} D_{P}^{3} C_{Q} \beta_{P} \dots (3-36)$$

其中, t_p 為推力減少係數, ω_p 為螺槳有效跡流係數, J_{pp} 為螺槳附加 極慣性矩(Added Polar Moment of Inertia), $C_T \cdot C_Q$ 則依船舶資料內插 估算(Lammeren et al.,1969)。在正常航行狀態下,即第一象限 n>0, u>0,螺槳之推力與扭力可表示為下:

$$X_{p} = (1 - t_{p})\rho n^{2} D_{p}^{4} K_{T} J_{p} \dots (3-37)$$

 J_p 為螺槳前進比(Advance Ratio), $K_T \sim K_Q$ 可由回歸公式估算(黃等人,1987)。

3.5 波浪力

不規則波之計算可利用規則波疊加之原理加以計算,而規則波中 之航行船舶除受一階振盪力作用外,尚受二階穩態漂流力之作用。為 簡化起見,暫不考慮振盪力對操縱運動之影響。波浪飄流力之表示法 如下:

$$X_{WV} = X_{WV} \beta_R \cdot \frac{1}{2} \rho_g L_{PP} \zeta_a^2$$
 (3-39)

$$Y_{WV} = Y_{WV} \beta_R \cdot \frac{1}{2} \rho g L_{PP} \zeta_a^2 \dots (3-40)$$

$$N_{WV} = N_{WV}^{\dagger} \beta_R \cdot \frac{1}{2} \rho g L_{PP} \zeta_a^2 \dots (3-41)$$

式中*ζ_a為波高,X[']_{WV}、Y[']_{WV}、N[']_{WV}為波浪漂流力係數,是船速、波長 船長比及相對波向角β_R之函數。至目前為止考慮船速效應之波浪飄流 力實驗值或理論計算值並不多見,本研究在計算波浪作用力時,則引 用 Hirano(1980)所發表船舶於靜止時之漂流力試驗結果作為計算之漂 流力係數。*

3.6 潮流力

作用於船舶之潮流力與力矩可表示如下:

$$X_{c} = X_{c}^{\dagger} \alpha_{R} \cdot \frac{1}{2} \rho \overline{A}_{f} \overline{V}_{R}^{2} \dots (3-43)$$

$$Y_C = Y_C \alpha_R \cdot \frac{1}{2} \rho \overline{A_s} \overline{V_R^2} \dots (3-44)$$

$$N_{C} = N_{C}^{\prime} \alpha_{R} \cdot \frac{1}{2} \rho \overline{A}_{s} L_{PP} \overline{V}_{R}^{2} \dots (3-45)$$

$$K_{C} = K_{C}^{'} \alpha_{R} \cdot \frac{1}{2} \rho(\overline{A}_{s}^{2} / L_{PP}) \overline{V}_{R}^{2} \dots (3-46)$$

其中, X'_c、Y'_c、N'_c、K'_c為潮流力係數,是相對流向角α_R之函數, A_f 及A_s分別代表水面下船體之正向及側向投影面積。V_R為對潮流的 相對船速。

3.7 風力

作用於船舶之風力與風力矩可表示為:

 $X_{W} = X_{W}^{'} \gamma_{R} \cdot \frac{1}{2} \rho_{a} A_{f} V_{R}^{2} \qquad (3-42)$

$$Y_W = Y_W^{'} \gamma_R \cdot \frac{1}{2} \rho_a A_s V_R^2 \dots (3-43)$$

$$N_{W} = N_{W}^{'} \gamma_{R} \cdot \frac{1}{2} \rho_{a} A_{s} L_{PP} V_{R}^{2} \dots (3-44)$$

$$K_{W} = K_{W} \gamma_{R} \cdot \frac{1}{2} \rho_{a} (A_{s}^{2} / L_{PP}) V_{R}^{2} \dots (3-45)$$

式中,風力係數 X'_w, Y'_w, N'_w, K'_w 為相對風向角 γ_R 之函數, $\overline{A}_f \mathcal{D} \overline{A}_s \mathcal{D}$ 別代表水面上船體之正向及側向投影面積。 ρ_a 為空氣密度,本研究在計算風力係數時引用 Isherwood(1973)試驗所得風阻力回歸公式作為計算風力之參考。

第四章 介面設計

如前章所述,船舶操縱運動方程式外力繁多,各項外力係數有理 論解者艱深難懂、無理論解者亦大都必須藉由試驗結果迴歸而得,一 般人要完全了解整個船舶操縱運動的內容並不十分容易,然而此方程 式之終極目標主要在於即使不明瞭船舶操縱運動理論的人能運用自 如,因此操縱運動方程式搭配虛擬實境,透過虛擬影像重新包裝並呈 現另一簡單、易於讓一般人接受與應用的方式,然而船舶航行於大 海、進而進港靠泊過程中,所面臨的狀況相當多,每個狀況都必須修 正或增加運動方程式的參數並修改程式,對使用及操作此程式的人造 成很大之困難及不便,有鑑於此如,本研究希望藉由介面的設計,整 合操船模擬系統程式,使其呈現另一較為簡潔、易於了解及執行的面 貌。

介面設計地好壞攸關未來整個船舶操縱運動程式在執行時的方便 性、簡單易了解與操作,同時必須兼顧整個方程式未來可能之擴充 性,基於此,整合介面在原設計初始即必須構思整體構架,以及將執 行本程式各項所需參數資料整合、分類,而後藉由所建立之各界面連 結船舶操縱運動方程式主程式與各副程式,未來在執行程式時,將是 以直接於介面面板上操控船舶航行運動的方式進行。本計劃所設計的 程式係運用 Microsoft Visual Basic 軟體,該軟體所撰寫之程式最大優 點是視窗化,在軟體開發完成後,使用全依滑鼠控制指令操作,極為 容易,本程式所開發之軟體僅適用在 Microsoft Windows。

由於介面之設計影響未來船舶操縱運動方程式執行之順暢與方 便,因此本年度最主要之工作項目在於本項介面設計上,本研究團隊 亦耗費相當大的心力在於參數統合、分類、資料輸入及介面程式撰寫 與修改上,經過統合執行船舶操縱運動所需各項資料後,整研究將其 以四個介面呈現,各界面功能、目的與所需輸入資料及其各資料說 明、建議、目前可提供選擇之各理論或經驗參數皆呈現於介面上,以 利使用者執行程式,此四個介面分別為「整體操作介面」、「本船資

35

料介面」、「係數選擇介面」、「試驗參數介面」,將分別說明於下 列各小節中。

4.1 整體操作介面

整體操作介面主要提供操船者在操船時,能充分掌握操船當時之 船舶與外在環境狀況,同時進行操船模擬試驗,茲針對所設計介面板 上視窗功能與各指令功能加以說明如下:

如圖 4-1 所示,本介面顯示功能大致可分為五個區塊,各區塊指 令與功能分別敘述如下:

1. 面板右側黑色箭頭指令:

此功能主要在於操縱船舶主機與舵,水平左右方向箭頭為改變船 舶舵角的指令,而垂直向上下箭頭則為操控主機轉速之指令,在程式 設計上亦設置有最大轉速 60rpm、最大之舵角 30 度之控制。本研究在 操縱船舶個數上,目前設計最大之操縱船舶數為可同時操縱四艘船, 在設計上,各艘船之控制指令可分別獨立出現於各自之介面上,亦可 全部統合於同一個介面上,指令之下達全部以滑鼠操控,在下達指令 後,介面即連結其後所掛載之程式進行運算,並將執行結果呈現於介 面板上各顯示區塊上。

2. 面板中下方綠色顯示區域:

本區域功能主要在於即時顯示操船時各該船之船速、船向、船位 置與角速度,同時並呈現船舶當時刻所在位置之水深,另外並顯示拖 船狀況。

3. 面板中上方黑色方塊指令:

其指令包括有:

●開始模擬:

●停止模擬:

●風速設定:輸入風向及風速

●波浪設定: (共有三種波浪可供使用)

(1)規則波:輸入波向、波高及週期

(2) 單方向不規則波:輸入波向、有義波波高、及有義波週期

(3)多方向不規則波:輸入主波向、有義波波高、及有義波週期●潮流設定:

(1)有潮流場資料時自動輸入

(2) 無潮流場資料時由頁面即時輸入

●拖船開始作用(預計共有六處作業點)

●拖船解除作用

●岸堤效應

- ●水深效應
- ●船舶間干涉效應
- ●時間縮尺

各該指令下達後,亦將由介面連結其後所掛載之程式進行運算,並將 執行結果呈現於介面板上各顯示區塊上。

4. 左上方籃色顯示區塊:

本區塊主要功能為顯示操船時間、時間縮呎、船舶所在位置之風 速、風向、波高、波向及流速、流向等資料,另外並顯示各船當時之 舵角。

5. 左下方視窗顯示區塊:

本區主要為呈現各船舶在操船過程中,與附近港區水域結構物之 相關位置,本視窗利用 Visual Basic 程式語言結合電子數位版軟體, 可直接輸入港區結構、防波堤、碼頭、及海岸等深線之相關平面與垂 直座標,同時並結合船舶操縱程式進行如淺水效應、干涉效應、岸壁 效應等程式計算,在顯示上,本視窗可選擇是否即時顯示船舶航行過 程中之重心位置軌跡。

,操船模擬系統 _ & × 説明(ED) 時間間 時間 2. 堤岸(1) 風(5) _____ 開始(日) 用達0M 用向0 波0M 波向0 流速0MS 流向0 1 船干涉(2) 流(6) 停止(2) 能角(船1) 0(船2) 0(船3) 0(船4) 0 轉数(船1) 0(船2) 0(船3) 0(船4) 0 4 後化(3) 波(7) 拖船顶(0) 1 拖船離(E) 時間比(4) 机振施域 船1船連0.0 (m/sec) 船向 135.0 (Deg 船1[X]50 [V]30.0 角速度 0.0 (Degh 税2税3第0.0 (m/sec) 船南 145.0 (Deg) 船2[X]10.0 [Y]30.0 角速度 0.0 (Deg 船3船速 0.0 (m/sec) 船向 150.0 (Deg 船3[X]15.0 [Y]30.0 角速度 0.0 (Dep 船4船速0.0 (m/acc) 船南 150.0 (Deg) 船4[2]20.0 [Y]300 角速度 0.0 (Dep 水灌加 168001章 1688 . 整體操作介面構想圖 ■開始 🔯 收件匣 - Macrosoft Outlook 🚮 LepLink Gold 🛓 shup_manoeuvring_simulat. 6 換船機能系統 10°.4

圖 4-1 整體操作介面

4.2 「本船基本資料」輸入介面

本船基本資料介面提供輸入所欲操船之船舶基本資料,其可輸入 之資料包括:

- 1.船名
- 2.船型
- 3.引擎種類

(1) 柴油

(2)蒸汽

4. 垂標間長

5.船寬

- 6.船形方塊係數
- 7.螺槳流動校正係數
- 8. 艉垂標吃水
- 9. 艏垂標吃水
- 10.平均弦長
- 11.水面係數
- 12.縱向浮心/垂標間長
- 13.縱向重心/垂標間長
- 14.球艏横斷面積中心與基線的距離
- 15.球型艏之剖面面積
- 16.主甲板上船樓與甲板室側向投影面積
- 17.上甲板面積係數

18.模船深

- 19. 柴油引擎主機扭矩
- 20.蒸氣渦輪起始馬力
- 21. 螺槳數目
- 22.螺葉數目
- 23.螺葉展開面積比
- 24.螺槳直徑
- 25.螺距

26.螺葉 x 座標

27.舵數

28. 舵面積

29. 舵幾何展弦比

30. 舵高

31.舵 x 座標

32.縱附加質量

33.横附加質量

34.Jzz/Izz

35.水線上船體正向投影面積

36.水線上船體側向投影面積

37.水線上船體正向投影面積積中心與船艏間距離

38.水線下船體正向投影面積

39.水線下船體側向投影面積

40.水線下船體正向投影面積積中心與船艏間距離

41.旋轉半徑/船寬

42.定傾高

43.gz-φ曲線係數第一項

44.gz-0 曲線係數第二項

45.水線以下流體橫移力作用點與水面距離

46. 舵壓中心與重心距離(向下為正)

47.螺槳之極慣性矩

48.螺槳附加質量慣性矩

49.垂直重心高度

50.船全長

- 51.基本資料總數
- 52.試驗項目
 - (1)操船模擬
 - (2)Z 試驗
 - (3)YZ 試驗
 - (4)逆 SPIRAL 試驗
 - (5)新航路試驗
 - (6)偏位試驗
 - (7)自動方位試驗
 - (8)角速度自動導航試驗
 - (9)正弦操舵試驗
 - (10)前後進試驗
 - (11)SPIRAL 試驗
 - (12)旋轉試驗
- 53. 起始舵角
- 54. 操舵指令角度
- 55.船方位
- 56. 操舵時間常數
- 57. 螺槳驅動裝置時間常數
- 58. 最大回轉數
- 59. 最大舵角

9及20項擇1輸入,另1項輸入 崔數據,無正確數據時輸入[.0 - 註2 32-34項可由 Mot) ·程式會自動使用 Isherwo	ona Chart 查得。註3 35-37項輸 od的經驗值。			
1船名	17上甲板面積係數	33 mv/m 橫附加賢量	- 49 vcg 垂直重心高度	65	
Shipneme	cu /	my	VCg		10
2 船型 shiptype	18模船柒 dmld	34 Izz/Izz jzz	50 Loa 全長 loa	66	
3 enotume 1 舉油 2 茲河	19 崇加引擎工程开始	35 %線上船網正向投影的	51 基本语影响剧	67	
iengtype	demax	up_t	n_dataa		
4 Lpp 垂標間長	20_蒸氣渦輪	36水線上船體側向投影面	52 試驗項目	68	
lpp /	起始馬力 shp	up_1	test_no 諸 選 擇 💌		
5b船覧 b 「	21g紫梁數目 pro_no	37水線上船體側向技影面 	53 rud_1 rud_1	69	
6 cb 船形方現係數 cb	229菜葉數目 pro_blade	38 水線下船體正向投影面 und_t	54 操舵指令角度 rdeg	70	
7 cp 爆發流動被正係數	23螺葉展開面積比	39 水線下船鍔側向投影面	55 船方10	71	3
cb [pro_se_s0	und_1	ship_deg		
8 ta t艉重標吃水 ta	249繁荣直徑 pro_dia	40 水線下船體側向投影面 一 積中心與 船	56 操舵時間常數 deg/æc rod_time	72	
9_世 植垂德吃水	259期但	41 argox=kxx'(radii of	57 账梁驅動裝置時間常數	73	
щ. Г	pro_pilch	gyra)/b argox	pro_time sec		
10 cm 平均弦長	26螺葉×座標	-42 定傾高	58 最大回轉數	74	
cm	pro_pos	gm	cw_rpm		
11_cwp 水血係數	27. 航数 rvd_no	-43 cgz1 gz-0 曲線係數	59 最大舵角 delta_pud	75	
	1			1	
12 LCB(縦向浮心)几pp lcb	28 舵血積 rud_azeà	- 44 cgz2 gz- 0 曲線係數 - cgz2	60	76	
13 LCG(縱向重心)/Lpp	29 能幾何要弦比 rud_asp	45 水線以下流體積移刀作 用點與水 面距離Lh	61	77	
14_hb球脑横斷面積中心 與基線的	30 舵高 rod_ht	46. 舵崖中心與重心距離 向下為正	62	78	
距離 hb		21	1	1	
15 abt 求型語乙剖面面積 abt	31死x姪標 rod_pos	- 4/ Ipropeller 熙熙之極憤性я - mmoip	E-03	/9	
16王申极上船裡與申极室 側向投影 面積esad	32 mx/m 縦附加賀重 mx	48 Jpp 繁荣附加算重價性知 ammoip	64	-80	

圖 4-2 「本船基本資料」 輸入介面

4.3 「係數選擇」介面

係數選擇介面可輸入進行船舶操縱運動方程式數值計算所需相關 係數如下:

1.附加質量係數(本系統提供有三種附加質量係數)

(1)Motora xm_x, m_y, J_{ZZ} (對重心) (已列在基本資料表中)

(2)Mikelis 估算 m_y , J_{ZZ} (對船舯) (已列在基本資料表中)

(3)Clarke 經驗公式估算 m_y, J_{ZZ} (對船舯)

- 2.阻尼係數(本系統提供有四種線性阻尼係數)
 - (1)Wanger
 - (2)Norrbin
 - (3)Inoue
 - (4)Clarke
- 3.螺槳曲線(本系統提供二套螺槳曲線)
 - $(1)C_T \cdot C_o$
 - (2) $K_T \cdot K_o$
- 4.有無阻力-速度曲線
- 5.有 無 K_T、 K_Q 曲線(2 階)
- 6. 螺槳種類(本系統提供二系列預測螺槳的性能)
 - (1)B-series
 - (2)MAU-series
- 7.共有三種預估方法
 - (1)Holtrop 1978
 - (2)Holtrop 1982(推進係數為1)
 - (3) Holtrop 1982
- 8.船型種類
 - (1)客輪及渡輪
 - (2)貨輪主機在船舯满載
 - (3)貨輪主機在船舯壓艙
 - (4)貨輪主機在船艉
 - (5)貨輪主機在船艉壓艙
 - (6)油輪及散裝輪駕駛臺在船舯

- (7)油輪及散裝輪駕駛臺在船艉壓艙
- (8)油輪及散裝輪駕駛臺在船艉滿載
- (9)油輪及散裝輪駕駛臺在船艉壓艙
- (10)拖網船
- (11)拖船
- 9.作用波浪種類(本系統提供三種波浪型式)
 - (1)有義波
 - (2)單方向不規則波
 - (3)多方向不規則波
- 10.螺槳種類(本系統提供三種螺槳)
 - (1)單漿
 - (2)單漿開艉(Open Stern)
 - (3) 雙紫
- 11.阻力-速度曲線的階數
 - (1)2 階
 - (2)3 階
- 12.有沒有實船資料
- 13.有沒有 feed back-主機為蒸汽渦輪時可利用 feed back 保持一定轉速
- 14.橫搖效應-要不要考量橫搖效應,通常可不考量
- 15. 淺水效應-要不要考量淺水效應

				- F
村加賀	暈係數		11	
add.	[法:發]罢	-		1 200
	1987714	-	共有三種[1] Motors求mx,my,isz(對重心)已列在基本資料表中[2] Mikels估算my,isz(對船評)[2] Clarke經驗公式估算my,isz(對船钟)	0
祖尼係	數		12.11	
damp	諸選擇		共有四種總性問用[11Wangerf2]Northin [3]Inone [4]Clarke	1 666
			2.4.13 Het EE (6.1777) The To	1 200
際菜田	線		Rénd	1000
curve	諸選擇	-	- 説明 共有市名開始曲線、01CT 00 の12T20	1000
	100000000		天有州安保宗曲称[1]しいしば[2]ないない	
明77-7	東暦曲線resist	ance-velo	city 曲規	1 1 1 2 2 2
ïv	[法:發]罢	-		1 233
	BH 3221-F		有沒有阻力-速度曲線resistance-velocity 曲線[1] 沒有 [2] 有	
				1000
KT_KC	2 曲線(2階)		設用	
ktką	諸選擇	1	前約1 有沒有 KT KO 曲線(2階) [1] 沒有 (2] 有	1 1 1 2 2 3
	The province of		LECKLE WET POST INTO A COLOR OF A	1.000
课菜植	iže		ana di	•
pro	「諸粱擇	-		
3	PH-MAN T		預測 B-series 及 MAU-series 账源比压能 [1] B-series [4] MAU-series	
中国王	and the second second		- 52//21-	00
itter	TEX:SHE		- 説明 1	
dere.	請)我1平	-	共有三種預估方法[1] Holtrop 1978 [2] Holtrop 1982(推進係數為 1)[3] Holtrop 1982	
	1015	1		
胎型性	(明	11	- 説明	
21 UP	請選達	-	1 客輪及渡輪2 貨輪主機在船种滿載3 貨輪主機在船軸壓艙4 貨輪主機在船艉5 貨輪主機在 船銀屋艙6 油輪及散裝輪電駛臺在船軸7 油輪及散裝輪駕駛臺在船銀區艙8 油輪及散裝輪駕 駛臺在船艉滿載9 油輪及散裝輪駕駛臺在船銀區艙10 拖網船11 拖船	
作用波	小用油料目			
WV.	諸發擇	-		
	6H32214		共有三種波浪[1]有義波 [2] 單方向个規則波 [3]多万向个規則波	
明日改制	28			
screw	「主法のなり間」	-	- 説明	
	198137	<u> </u>	1 單葉 2.單葉開尾3 雙葉	
010 10-1				
nonder	[24:38492	-	説明	
	a百)进行	-	阻力-速度曲線(resistance-velocity)的階數(2階或3階)	
64.95 AI	100 51 -0-			
加强性	(電外/J	-0	説明	
data.	話選擇	-	有沒有實船資料 1 沒有 2. 有	
feed ba	ck		説明	
feed	諸選擇	<u></u> (i	主機為蒸汽渦輪時可利用beed back保持一定轉速 1要 2.不要	
橫搖対	應		39 cg	
mll	諸選擇		武·91 東不更学员雄雄効素,通常而不学员 1 更 9 更	
	1200222		女小女行里顶饰双爬,把吊马小"石里",女子女	
遂水贫	朣			
shallov	/ 誌 發播			
	194 7221++	-	是否團領水域1.深水2.漫水	

圖 4-3「係數選擇」介面

4.4 「試驗參數」選擇介面

										35 BH	
1. 1987 1 665 (718)	07510 at 45 m dt	17 #67 547	amial	22300800148	e an agu	40		es.			
1.第1家BKW 跡流係數	DU图 通时 % / F % /	no_data		yaw	地段	- 49		55 Shipname			
aewf			2000	L.					-		
2.浸水比 sal	f]	18. 最大指述	(m/s)	- 34 初期X方1	向加速度	- 50		-66 Shipping		10	
-880h	1	sheermax	k	08	1		d.	Shiphone	1	U	
3.若ishallow	=2 輸入水碟(m)	19 afterbody	form	35初期y方向	向加速度	51		67			
h深水時 爲999	[icstern	諸選擇 💽	Va	I	-	1	Shipname			
4 cm 貨體或	油輸	20 bilge kees	area	36 初期擴揚	角加速度	52	-	68			
iemm	請選擇 💽	bilarea	1	rolla	1	-	1	Shipname	1		
5.浸水域直;	進係數增幅率	21 transom st	tern area immerse	ac 37		53		69			
amr 深水時 爲 1		at			1	- Shipneine	1	Shipname	1		
6.(my+xvr)	漫水/深水	22. 第1象限	wp0	38		54		70			
acm深水時 高1		aewf11			l.	- Shipneme		Slupname	1		
7.初期估算(直 deltaO(deg)	23.第1家服	df 推力阻力	39		55		71			
gdelta		tdf11	-		l.	Shipneme		Shipname			
8.初期估算(a rpml (rpm)	24.第2家服	wp0	- 40		56		72		 l	
grpm	I	sewf12			I	Shipname	1	Shipname	1		
9.舵有效流。	人速度内的C1	25.第2象限	tdf	-41		57		73		(III)	
ic1	諸選擇・	tdf12			1	Shipname	1	Shipname	1	(Internet)	
10 ixx+ijxx f	古算值 客輪0.12	26. 弗3家限	wp0	42		58		74			
油輪0.133 iff	諸選擇 💽	sewf13			1	Shipname	1	Shipname			
11.阻力增温	率	27.第3家服1	ldf	43		59	-	75			
emp_factor	1	tif13			J.	- Shipnama	1	Shipname			
12.直進時舵	的有效跡流係數	28. 第4象限	wp0	- 44		60		76			
wr0		aewf14			1	 Shipname 	1	Shipname			
13. 舵推進阻	门墙军	29. 第4象限	tdf	45		61		77			
tdr		tdf14			1	- Shipname	1	Shipname			
14 appendag	e factor	30 初期x方向	句船速	- 46		62		78			
ik2	諸選擇 💽	u			1	- Shipneme	1	Slupname	1		
15 appendag	e wetted surface	31 初期y方向	句船速	471		63	-	20 Shipname			
area sapp		v	1		l.	- Shipname	1	Dispinone			
16.ship hull s	surface roughness	32 初期擴播	角	- 48		64	-	-80			
maa (micro m)		roll			1	Shipname	1	Jupname	1		

圖 4-4 「試驗參數」選擇介面

試驗參數介面提供執行操船數值模擬時所需初期條件及相關參數 如下。

1. 第1象限直進時槳有效跡流係數

2. 淺水比

3.水深

- 4.船體形狀相關值 cm
- 5. 淺水域直進係數增幅率
- 6.(my+xvr)的淺水與深水比
- 7. 初期估算值 delta0(deg)
- 8. 初期估算值 rpm1(rpm)
- 9. 舵有效流入速度內的C₁值
- 10. I_{xx} + J_{xx} 估算值 客輪 0.125 油輪 0.133
- 11. 阻力增幅率
- 12. 直進時舵的有效跡流係數
- 13. 舵推進阻力幅率
- 14. appendage factor
- 15. appendage wetted surface area
- 16. ship hull surface roughness
- 17. 輸入計算點數
- 18. 最大船速(m/s)
- 19. afterbody form
- 20. bilge kees area
- 21. transom stern area immersed
- 22. 第1象限有效跡流係數
- 23. 第1象限推進阻力幅率
- 24. 第2象限有效跡流係數
- 25. 第2象限推進阻力幅率
- 26. 第3象限有效跡流係數
- 27. 第3象限推進阻力幅率

- 28. 第4象限有效跡流係數
- 29. 第4象限推進阻力幅率
- 30. 初期 X 方向船速
- 31. 初期 y 方向船速
- 32. 初期横摇角
- 33. 初期平擺速度
- 34. 初期 x 方向加速度
- 35. 初期 y 方向加速度
- 36. 初期横搖角加速度

第五章 波力、潮流力與風力之計算

本年度計畫之另一項執行工作為完成波浪力、潮流力與風力之計 算與程式設計,在計算風、浪、流力量時,主要以前述第三章之數學 模式為基礎,另外,為配合未來整個船舶操縱運動方程式之計算與各 項驗證工作,因此在計算時所採用的船舶,除必須有船舶基本資料 外,另外,尚必須有各項之實船試驗資料,而到目前為止,公開的實 船試驗資料相當少,要符合本研究各項效應如淺水效應、干涉效應、 岸壁效應等實測資料更是少之又少,到目前為止,僅 Crane 於 1979 所發表的 278,000 噸級的砂石兼油輪 OSAKA 號有在淺水中及其他試 驗的實船試驗資料,因此本研究在進行計算時將採用此船做為計算之 供試船,其本船之基本資料如表 5-1 所示。

船名 shipname	ESSO OSAKA
船型 shiptype	油槽船
全長 loa	343
垂標間長 lpp	325
船寬b	53
型深 dmld	28.3
設計滿載吃水	22.05
方塊係數 cb	0.831
縱向重心 lcg	10.3
平均吃水	12.13
艏垂標吃水 ta	12.13
艉垂標吃水 tf	12.13
水線下船體正向投影面積 und_t	1500
水線下船體側向投影面積 und_l	3500
水線下船體側向投影面積中心至船艏距離 und_c	180
縱移附加質量 Mx	0.0756
橫移附加值量 My	0.944
平擺附加質量慣性矩 Jzz	0.624

表 5-1 本船基本資料

5.1 波力計算結果

在進行規則波波力計算時,以波浪週期 8 秒、波高 0.5 公尺、水深 100 公尺為計算條件,同時在波向上每間隔 10 度計算一次,如圖 5-1 至 5-3 所示為船速 U=0 時,不同角度入射波浪作用下,船體在 x、y

所受的水平力與對 z 軸之旋轉力矩。由圖中顯示,不管力或力矩在方向的分布上,大致以 y 軸(90 度)為基準呈對稱或反對稱分佈。



圖 5-1 船速為零時之船體 X 軸向波浪漂流力



圖 5-2 船速為零時之船體 y 軸向波浪漂流力



圖 5-3 船速為零時之船體 z 軸向波浪漂流力矩

5.2 風力計算之結果

圖 5-4 至圖 5-6 所示為船舶靜止時,在不同風速、風向作用下, 供試船所受之 X、y 軸水平力及對 z 軸之力矩,一般而言,風速越大, 船舶所受之力與力矩越大,然而其在 X 軸方向所受之最大風力未必出 現於 0 度(船首方向)或 180 度(船艉方向),同時,最小之風力也未出 現於 90 度角上,同樣的,對於船舶所受 y 軸之風力並未以 y 軸為對稱 軸,由船首附近方向而來之風力大致有較船尾方向之風力為大的傾 向,此原因主要可能是一般船首弧度都較船尾大,導致有較大範圍角 度之風力作用於 X 方向上;而在 z 軸的旋轉力矩上,船艉方向作用的 風所引起之旋轉力矩有較大的趨勢。

圖 5-7 至圖 5-9 則為 10 節(5^{m/sec})時的風力作用結果,由圖中顯 示,由於船舶前進速度的關係,在船首方向附近大角度範圍內之風將

52

使船舶在船長方向有較大之受力,同時零受力角度亦偏往 120 度附近;對船側方向之受力而言,其引起船側受最大風力之風向亦大致移往 120 度附近,力矩亦有此類似情況發生,整體而言,由於船舶前進速度的影響,將導致船舶所受船長方向與船側方向之受力改變。



圖 5-4 船速為零時之風作用於船體 x 軸向力



圖 5-5 船速為零時之風作用於船體 y 軸向力



圖 5-6 船速為零時之風作用於船體 Z 軸向力矩



圖 5-7 船速 U 為 10 節時之風作用於船體 x 軸向力



圖 5-8 船速 U 為 10 節時之風作用於船體 y 軸向力



圖 5-9 船速 U 為 10 節時之風作用於船體 z 軸向力矩

5.3 潮流力

圖 5-10 至圖 5-12 所示為在固定潮流流速 1m/sec 的條件下,不同 船速時,船舶所受之水平縱向與側向力及對 z 軸之旋轉力矩。其受力 變化趨勢大致與風力有類似變化的情況。



圖 5-10 潮流速度為 1m/s 時之潮流作用於不同速度船體 x 軸向力



圖 5-11 潮流速度為 1m/s 時之潮流作用於不同速度船體 y 軸向力



圖 5-12 潮流速度為 1m/s 時之潮流作用於不同速度船體 z 軸向力矩

第六章 結論

操船模擬系統的核心方程式為船舶操縱運動方程式,然而為求達 到計算的速度與簡單及操舵的主要目的,同時由於部份外力無法直接 以理論方式求得,因此船舶操縱運動方程式有很多簡化的過程,而其 外力部分亦常須經由實測或試驗而得計算所需係數,其所牽涉不僅複 雜且範圍廣大,有鑑於此,本計劃之主要目的除改進船舶操縱運動方 程式(如加入不規則波外力)外,亦希望能使操縱運動方程式更簡單、 更易操作,使一般不十分清楚操縱理論的人能輕易操船,基於此,本 計劃本年度主要工作項目大都集中於操船模擬系統之操作介面與資料 輸入介面及相互間連結上。

本研究本年度建立了操船所需各「本船基本資料」介面、「係數 選擇」介面及「試驗參數選擇」介面,同時並完成主要的「操控介 面」及部分環境外力計算,大致完成整體構架,未來將在此構架下針 對操縱運動方程式加以改進。

參考文獻

- 1. Crane, C.L." Maneuvering Trials of the 278,000 DWT Esso Osaka in shallow and Deep Waters", T. SNAME, Vol.87, 1979.
- 2. C.C. Mei "Flow around a thin body moving in shallow water", J. Fluid Mech. Vol.77, Part 4, 1976.
- 3. E.O. Tuck "Shallow water flows past slender bodies", J. Fluid Mech. Vol.26, Part 1, 1966.
- 4. Fujino, M., "An Introduction to Ship Manoeuvrability---Safety of Navigation and Prediction of Manoeuvering Performance", Lectures held at National Taiwan University, Taipei, 1986.
- 5. H. Eda and C.L. Crane, Jr "Steering Characteristics of Ships in Calm Water and Waves", T.SNAME, Vol.73, 1965.
- 6. H. Eda, R. Falls, D.A. Walden "Ship Maneuvering Safety Studies", TSNAME, Vol.87, 1979.
- 7. H. Eda "maneuvering performance of high-speed ships with effect of roll motion, Ocean Engineering", Vol.7, No.3, 1981.
- Hirano, M., "On Calculation Method of Ship Maneuvering Motion at Initial Design Phase," J. of the Society of Naval Architecture of Japan, Vol. 147, pp. 144-153, 1980. (in Japanese)
- Holtrop, J., and G.G.J. Mennen, "A Statistical Power Prediction Method," International Shipbuilding Progress, Vol.25, No.290, pp.253-256, 1978.
- Holtrop, J., and G.G.J. Mennen, "An Approximate Power Prediction Method," International Shipbuilding Progress, Vol.29, No.335, pp. 166-170, 1982.
- Inoue, S., M. Hirano, and K. Kijima, "Hydrodynamic Derivatives on Ship Manoeuvering," International Shipbuilding Progress, Vol.28, No.321, pp. 112-125, 1981a.
- Inoue S., M. Hirano, K. Kijima, and J. Takashina, "A Practical Calculation Method of Ship Maneuvering Motion," International Shipbuilding Progress, Vol.28, No.325, pp. 207-222, 1981b.
- Inoue, S., Hirano, M. and Mukai, K., "The Nonlinear Terms of Lateral Force and Moment Acting on Ship Hull in the Case of Manoeuvering", Trans. West-Japan Soc. Nav. Archit, No. 58, 1979

- 14. Kose, K., Hirata, H., Hashizume, Y. and Fatagawa, E. "On a Mathematical Model of Manoeuvering Motions of Ships in Low Speeds", Jour. Soc. Nav. Archit. Japan, No. 155, 1984.
- K.S.M Davidson and L.I. Schiff "Turning and Course Keeping Oualities of ships", T.SNAME, Vol.54, 1946.
- Lammeren, W.P.A.V., J.D.V. Manen, and M.W.C. Oosterveld, "The Wageningen B-Screw Series," Trans. SNAME, Vol.77, pp. 269-317, 1969.
- Mikelis, N.E., "Data for the evaluation of the acceleration coefficients for tankers manoeuvring in shallow and deep waters," International Shipbuilding Progress, Vol. 29, No. 340, pp. 334-342, 1982.
- Motora, S., "On the Measurement of Added Mass and Added Moment of Inertia for Ship Motions (Part 2)," J. Soc. Nav. Archit. Japan, Vol. 106, pp. 59-62, 1959a. (in Japanese)
- Motora, S., "On the Measurement of Added Mass and Added Moment of Inertia for Ship Motions (Part 3)," J. Soc. Nav. Archit. Japan, Vol. 106, pp. 63-68, 1959b.(in Japanese)
- 20. R.F. Beck, J.N. Newman, E.O. Tuck "Hydrodynamic force on ship in dredged channels", J. ship research, Vol.19, No.3, 1975.
- 21. R.W. Yeung, W.H. Hwang "Nearfield hydrodynamic interactions of ships in shallow water", J. Hydronautics, Vol.11, No.4, 1977.
- 22. R.W. Yeung "Interactions of slender ships in shallow water", J. Fluid Mech. Vol.85, 1978.
- 23. Yoshimura, Y., "Mathematical Model for the Manoeuvering Ship Motion in Shallow Water", Jour. Kansai Soc. Nav. Archit. Japan, No. 200, 1986.
- 24. 森正彦,田中捻,溝口純敏,"船の操縦性能シミュレーションプロ グラスとその適用例",石川島播磨技報,第13巻,第5號,571-582頁,1973。
- 25. 田中捻,宮田秀,"船の操縦性能シミュレーションプログラスとその適用例(第2報)",石川島播磨技報,第17巻,第2號,135-142頁,1977。
- 26. "船の操縦性能の推定",日本造船學會誌,第668號。
- 27."第3回操縦性シンポジウム",日本造船協會,1981。
- 28."操船論",岩井聰,海文堂,1977。

- 小川,小山,貴島, "MMG報告-I操縦運動の数學モデルについて",日本造船協會誌,575號,1977。
- 30. 浜本剛実, "MMG報告-II 操縦性数學モデルの理論背景", 日本造 船協會誌, 577號, 1977。
- 31. 葛西,湯室, "MMG報告-III 舵に作用する力と船體・プロペラとの干渉",日本造船協會誌,578號,1977。
- 32.小瀨,貴島, "MMG 報告-IV 拘束模型試驗の方法及び試驗裝置", 日本造船協會誌, 579號, 1977。
- 33.小川,長谷川,芳村,"MMG報告-V操縦運動数學モデルの実驗 的檢証と改良",日本造船協會誌,616號,1980。
- 34. 藤井 斉,"船の操縦性における実船・模型の相関に関する一考察",西部造船協會會報,第62號,1981。
- 35.小川陽弘,"外力お受ける船の操縦運動の計算(その2)",日本造 船協會論文集,第134號,1973。
- 36. 湯室彰規,"操縦性指数の縮率影響の一推定法",日本造船協會 論文集,第137號,1975。
- 37.小山建夫,周正會,元良誠三,小柳雅志郎,"Circular Motion
 Test(CMT)にいよる操縦性試験法について",日本造船協會論文集,第138號,1975。
- 38.小山健夫,渡邊高根,渡邊岩夫,"操縱性解析への最小2乘法の應用",日本造船學會論文集,第134號,1973。
- 39. 小瀨邦治,金鐘三,小林弘明,"回頭角速度Z試驗法とその實船 および自航模型船への適用", 關西造船協會誌,第149號, 1973。
- 40. 小瀨邦治,芳村康男,"Z試驗の新しい解析法(續報)",日本造船
 學會論文集,第138號,1975。
- 41.金 鐘三,小林英一,野本謙作,"操縱性試驗の最小自乘法解析",
 日本造船學會論文集,第144號,1978。
- 42. 元良誠三,"船體運に對する付加質量および付加慣性モーメント
 について――その1,旋回に對する付加慣性モーメント――",
 造船協會論文集,第105號,1959。
- 43. 元良誠三,"船體運動に對する付加質量および付加慣性モーメントについて――その2,前後動對する付加質量――",造般協會論文集,第106號,1960。
- 44. 元良誠三,"船體運動に對する付加質量および付加慣性モーメントについて――その3,左右動に對する付加質量――",造船協會論文集,第106號,1960。
- 45.小瀨邦治,佐伯敏朗,"操縱運動の新しい數學モデルについて", 日本造船學會論文集,第146號,1979。
- 46. 芳村康男,石井正夫,T.F. Huang,"560,000DWT ULCC の操縦 性とその縮率影響の一考察",關西造船協會誌,第183號, 1981。
- 47. 邱逢琛,曾國正,"淺水域及限制水道中船舶座底量預估法之探 討",NTU-INA, Tech. Rept. No. 249, June, 1987
- 48. 邱逢琛,"進出港操船模擬分析",中興工程顧問社,1997。
- 49. 黄正利、丁肇隆、施純暐,"高速艇及排水型船螺槳設計之研究", NTU-INA Tech. Rept. No.217, Aug., 1987.
- 50. 洪憲忠, "港灣操船運動模擬計算系統之研究", 交通部運輸研究 所, 1997。

附錄A 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:船舶數值模式建立之研究

執行單位:國立台灣海洋大學

參;	與審查人員	合作研究單位	本所計畫承辦單位
及	其所提之意見	處理情形	審查意見
-	、林銘崇教授		
1.	數學模式及相關基本工	1. 感謝肯定。	已提出說明
	作之建立與準備相當完		
	備。		
2.	操船模式中除流之效應	2. 感謝肯定。	已提出說明
	外,亦考慮波浪之效		
	應,值得肯定。		
9	山明悠朝卫岛朝之机它	0 长期十期生味,兴仁兴	
J.	相關係數及多數之設止	0. 尔朗木報告时,詳加說 明。	七 挺 出 祝 明
	り 肥 報 感 彩 音 計 昇 結 里 ·		
-	木,且阴1F 玩听。 、本中采 数 授		
_	子心庙仪仪		
1.	Heave 及 Pitch 在操船	1. 船體在形狀比例上屬於	已提出說明
	過程不重要,可以忽略	細長體,在細長體理論推導	
	的原因,請略加說明。	時,Heave 及 Pitch 運動相	
		對於其他的影響是可以忽	
		略不計,詳細過程將會於期	
		末報告做說明。	
2.	請於頁內加入研究團隊	2. 於期末報告時,將會加	已提出說明
	的名單。	入。	
3.	考慮波力、潮流力,但	3. 遵照辦理。	已提出說明
	並未解析波、流與船三		
	者的互制,請於文內稍		
	記明。		
1			

三、許泰文教授	
1. 一般工程計算之程;	式, 1. 雖然 Fortran 的計算能 已提出說明
採用 Fortran 語言者	異 力比 Visual Basic 較好,
寫,因其計算能力	咬其 但採用 Visual Basic 設計
他程式語言強,本語	十畫 是基於使用者上的考量,使
卻採用 Visual Basi	c程得使用者較能快速上手,具
式語言,其原因為(可? 有操作介面上的優勢,並且
	可以即時的控制各參數的
	設定(如:風向改變、流向
	改變等)。另外,本計畫的
	主程式是由 Visual Basic
	做操作介面,事實上計算則
	是運用 Fortran 做計算,
	Visual Basic 的主程式呼
	叫 Fortran 所編譯的動態
	執行檔(*.dl1)來做運算,
	結合了兩個軟體各自的優
	勢來撰寫。
2. 本計劃模擬系統, 打	采用 2. 分別使量兩部主機,其中 已提出說明
平行處理設計,其	目的 一台在計算計算完成後,將
與功能為何?a.船動	豐運 資料即時輸出給另一台主
動數值計算及b.虚:	疑實 機做影像的呈現, 兩部主機
境影像,兩者如何約	吉 同時運轉分工處理。主要是
合?	在計算及 3D 虛擬實境時,
	兩項工作都相當佔用系統
	資源,同一部電腦可能無法
	满足這樣的需求,又本研究
	團隊有平行計算的經驗,故
	採用此模式。

四、邱永芳主任		
 本計畫主要目的除操船 模擬外,對於未來海事 鑑定上之使用,應事先 思考。 	 本計畫將該目的納入研 究辦理。 	已提出說明
 目前發展部分應加強說 明,其差異性和原因。 	 2.數學模式是沿用邱 (1997)所整理出的模式,另 外補其中未考量到之淺水 效應、拖船效應、船舶間之 作用力、繫纜效應。在模擬 多本船進港時,上述之效應 影響必須加以考量。 	已提出說明
 2. 操船運動方程式先建立 再加入各影響外力,爾 後再完成整個系統建 立。 	3. 本計畫即是以該方式進 行。	已提出說明
五、張金機研究員		
 Fast time & Real time 之定義請再查明,Fast time & Real time 並非 由時間縮尺定義。 	 Fast time 船舶操作模擬 時,是希望原本進港程序 為2小時的動作可以在 短時間內預測完成,其中 包含時間縮尺的因素必 須詳加考量。由於時間縮 尺的關係,所有的物理量 將會有所改變,例如:轉 速每分鐘 60 轉的引擎, 在時間縮尺為 0.1 時,轉 速會變為 600 轉。 	已提出說明

2.	附加質量及阻尼係數建	2. 附加質量及阻尼係數是	已提出說明
	議再蒐集較新研究資	根據本船實際出廠海測	
	料。	為準,目前在無實際資料	
		的情況下,將會使用前人	
		研究所回歸之係數,故本	
		計畫在設計時,設計兩種	
		方式模擬-有實測資料	
		及無時測資料。當然有實	
		測資料較能符合實際情	
		形。	
六	、吳基研究員		
1.	除操船運動理論,船舶	1. 本研究在整體架構時, 已	已提出說明
	特性介面設計外,本年	考慮環境條件資料輸入之	
	度重點工作之一為自然	方式,這部份將於期末報告	
	環境之建立,如何建立	詳述。	
	及輸入系統,請加以說		
	明。		

附錄 B 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:船舶數值模式建立之研究

執行單位:國立台灣海洋大學

參與審查人員	合作研究單位	本所計畫承辦單位
及其所提之意見	處理情形	審查意見
一、林銘崇教授		
1. 對現有模式之擴展部分	1. 已於第一章 1.2 節中加	已提出說明
建議稍作說明。	強說明。	
2. 本研究係針對港口附近	2. 港口與港內效應包含邊	已提出說明
或港內之船舶,港口及	界效應、水深效應、干涉效	
港內效應如何顯現于數	應等等,在模擬時,於船舶	
學模式?	操縱運動方程式中加入各	
	項影響外力。	
3. 目錄上第四章所示頁碼	3. 謝謝指證, 已於目錄中修	已修正
與實際不符。	正。	
4. 介面設計為重點之一,	4. 感謝肯定。	已提出說明
考慮周詳。		
二、梁乃匡教授		
1. 已按預定工作計畫完	1. 感謝肯定。	已提出說明
成所需內容。		
三、李忠潘教授		
1. "," 點太多,每段文	1. 感謝指正,已於文中修	已修正
字少有"。"點,請於	止。	
道當位置分句。		
0 D1 石山 "力上山"日	0 コ ム ト カ 佐 エ	-7 14 T
2. P.4 貝起, 多本船 是	2. 匕於又甲修止。	七修止
	9 コ ム ム カ 佐 エ	-7 14 T
o. Surge, Sway, Heave 及	J. C 於 又 甲 修 止。	口诊止

	Pitch, Roll, Yaw 等英文		
	的中文翻譯,請於第一		
	出現時即出現。		
4.	P.11 起的方程式内出現	4. 已於文中修正。	已修正
	怪符號,請修正。		
_			
5.	圖 3-2 至 3-10 的縱	5.已於文中修正。	已修正
	移,平擺等文字後		
	加註英文。		
四	、許泰文教授		
1.	方程式符號打字有些錯	1. 感謝指正,已於文中修	已修正
	誤,請改正。	正。	
2.	實際操船模擬,方程式	2. 方程式中之係數係根據	已提出說明
	中的係數如阻尼係數或	船舶實測或於實驗館中試	
	曳引力係數如何決定?	驗所得係數決定。	
	是否需要實測數據加以		
	率定。		
五	、邱永芳主任		
1.	展示部份已具有雛形,	1. 遵照辦理。	已提出說明
	已可做操船,目前使用		
	光6船模測試,建議應		
	儘速配合。		
2.	建議目前已完成部份先	2. 遵照辦理。	已提出說明
	行建立界面協調。		
	<i>h</i> , <u>n</u> , <u>-</u> <u>n</u> = <u>n</u>		
3.	多船操船應考量二船之	3. 遵照辦理。	已提出說明
	间之相互作用。		

六	、張金機研究員		
1.	操船模擬整體操作介面 具有實用性。	1. 感謝肯定。	已提出說明
2.	請就快時操船定義再加 強說明。	 2. 已於第一章第1-1節中加 強說明。 	已提出說明
セ	、吳基研究員		
1.	報告中提到之實船試驗 資料,僅使用 OSAKA 號數據,其對本研究模 式建立之正確性影響如 何?請評估。	 目前實船資料公開者不 多,本研究以公開之 OSAKA進行驗證、討論理 論程式之正確性,在實際應 用時,需以實際所欲操船的 本船資料進行模擬。 	已提出說明
2.	本船基本資料輸入介面 所列參數,是否全為模 式必需參數,請說明。	 本船基本資料所包含的 為船舶基本特性、配備與資料,為操船時必須提供之資料。 	已提出說明

附錄 C 簡報資料











招触理动数值摄火



a.船體流體力

• 考慮橫搖運動 $X_{H} = -m_{x}\dot{u} + m_{y}vr + \frac{1}{2}L^{2}U^{2}(X'_{yy}v'^{2} + X'_{yy}v'r' + X'_{yy}r'^{2} + X'_{yyyy}v'^{4}) + X_{0}(u)$ $Y_{H} = -m_{y}\dot{v} + m_{y}ur + \frac{1}{2}L^{2}U^{2}(Y'_{\beta}\beta' + Y'_{y}r' + Y'_{ML} + Y'_{Roll})$ $N_{H} = -J_{zx}\dot{r} + \frac{1}{2}\rho L^{3}U^{2}(N'_{\beta}\beta' + N'_{y}r' + N'_{ML} + N'_{Roll})$ $K_{H} = -J_{XX}\ddot{\phi} + N(\dot{\phi}) - mg \cdot \overline{GZ}(\phi) - Y_{H}Z_{H}$





Thursdatter	T.T-mermerine	ジョーの福利市営业	おいた意思変ん高素		
10000	Resource -	1 A A A A A A A A A A A A A A A A A A A			
- Autor	dash.	44	Solut 28		EBE
TRANSPORT OF THE OWNER.	ALL DE REAL PROPERTY.	of some in some work and in-	Sector Contractor		
ination	(burner)	a.t	1.1		
A Los Married	A READ	MARK PROPERTY IN	Parameters.	A4	
(hp	総括馬な	19,1	HILM (38 IR 18 -)		
33400	2190104111	TO SHARE A REPORT OF THE PARTY	53 ind 1	-	
A CONTRACTOR	1000 C	194.1	100.1		
tinb fierte zeitenten	2.195.00 M 12	月11日7日7日1日日日日日日	NIMBER	N	
199	per Siete	(mage and the second se	HH		
719 100-000002388	2 BER STRATATE	FE WAR F RESEMPLIES.	51 BUTUE	1	
	1.4.4	Ind.	445-144		
0 s 46 mt. 1	STREET, BILL	4日1日日762日月日日日	N 10 Kimb The leave	18	
	in the second se	Ruch.	and them		
9,4 Main 19125	254400	dl argeneiter/pails of	ST SECTION OF BUILDING STATE		
1990	a and	Sala.	and the second s		
III.on/19257A	CONTRACTOR OF CO	4026944	N ALTERNA		
				-	
((*))	141.44	tari .	Allected T	1 mm	
12 LOBRER Droot on	an er mind	ALCOLUMN & BARRIER			
1.600	100,000	1 1472			
LESCH MERCINE (CONTIN	THE MANAGER	AS SERVICE AND IN MARKED F	- et:	-11	
	400.000	目的なた			
ROADINGSINGERG	Stati	前用出生心样能力相同	(44)		
EL 1000	(400,00)	WTHE .			
DOWN REAGEZ ADDUMIN	2000.4610	AT him gelder 10000-21 Harth 1993	(5)	19	
and A	ton The	impoon 1	(f)	1	
LE. 8. 141 80. 1 16219 44244 65:30	ACC	All fage we deter the tot the rest	64		
Real .			· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
11					
		AU :			
	1 1 0	T 1 44 44	E - 44 (1.4 4	A	
	圖 4-2	本船县	本首料 単	新八 介面	
	1.00	n in Arcenti,	2 33 MIGH 3	66 61 D.D.	

		31v1 crammed.aw.hcraft@insoldnrcdatelieu		and the second
Antonia (Sector)	व्या	20 WI H: WICHER MINISTER OF Wanger (1990) And URing the 1972 Date		
100				
ALIGNER (SALINY)	्य	IN METER HEALTH HEALER (1) CT/CQ (2) NT/ON		
101-22-30.00.00.09-e-e-	interested in	- ie) Watalie		
An INCOME.	-1	101月 1911年1月月1日(東京市時時日1月1日)		
ILT_XCERIMCERED		and a second		
HINH DRUKER	-	902698 KT_02 mid-cRin (i) (#98 (2) 85		
and the second second		NAME AND ADDRESS OF	1.1	
Non- TENDED		Will Design H. Mall. and Milling M. Old Design 70 MAIL and		
	-	The state of the second s		Inergi
78.30 /3.2	-	24 PF		THE OF
The sector	- 54	州东江縣南位共活出1340800 1878 [2] Holloop (1992)[新新新新新](1)[2] Holloop (1992)		
10.0254.50		ad we		
HAMA DECEM	-			
and a state of the second		1011		
HALF DEVICES	-1	助数 共有二種法法(1)特殊法 21 単方向下規則法 (1)よ力の下規則法		
STATISTICS.	-	30.90		
THINK THINK	12.5	1. 单位 2.单位/印度:2. 建动		
NO.22		water -		
main (Inthis		 DC VI DD 15 - DR 20 of Second Access on Local Academic (SEC VIC. 2007) 		
on state in the				
Allein BECHING	1011	「新橋」 「新橋」 「「「「「「」」」 「「」」		
	-	·特殊教育的资料:1.25年3.79		
Brod Duck	-	INFL CONTRACTOR CONTRACTOR CONTRACTOR		
Trees. No. 3614	100	主体的是内容和的专利用10001001月14-定转进1图2干费		
10010-01100				
	21	其下菜支量煤油炒菜、油菜用干有量 1. 第 2 第		
UR-10008		and all		
Harden (1989) 16	-	型资源,他不进1课水了,进大		
	_		11 111	

1.941世际 +1640米时如10	2011年6月1日年1	()注:時干燥書言	49	82	
Designed.	1. 1995	- MA		giotimes 1	
2.00000044	TRACTICIAN INCOME	14 KORILCEIN SERIE	1981		
	spectrum (armi	n
1 Minholizer + 3 WA TOPOG	o III attachuty some	104600E2Himthild00	100	0	
ALTER M	states (1929) at 1	(m) (1	Ibiginar (
A.m.Mtg.c.Max	30 hilgs heer som	IN SCHOOL PROVIDED.	10	14	
ann BAR -	Allien	wills.	1	Illigiuma	
LASSINGSTRATE	21 knows was sine time	101	- 90		
and the second second	4		Sume 1	Ibistory 1	
distant Pater	the second sector	1.00	14	100	
10007 F 88	weed11		There is a	Sharmer 1	
TATENA PLA LUNCT	the latter and the property of	1	6		
all state	1011		Damie 1	aligower [
statements in the second	A REAL PROPERTY AND A	144			
the substance of the operation of the	aref12	100 F	Dillore C	flarmer I	
	and the second s		3	and the second second	and the second se
DATE OF THE PARTY	ALL STORES	2711 T	Therese 1	Distance	1003
#1. December 21			Contraction of the local data	The second secon	
In conversion the brack of the ball	Dev BIRLA	.47	- Horney I	TH History	
THE PARAMENT OF	and the second s	1	and the second second	and the second s	
11 HEROWNER	27.3823838.90	ANC	10 mm	100 Million (11)	
	900.0	1		and the second s	
12.0.0000001000000000000000000000000000	Care Middle web				
	and a	1 5		and and and a second second	
12利用地位为63	21 \$64283.31	(43)			
		1	summer (authorne 1	
10 opposings Justic	SC WARDON PERCENT	140	0	and Restory in the	
12 建茶油 -				Digners	
15 opprating worked partner	JI WANTERING	411	10	Therease 11	
icano unditi			Dunne		
18 day hall palace surghand	TO BUILDING AND IN	. W.	- M		
State and			Thitmate	(Diganter	

風、浪、流力量之計算 •計算時所採用的船舶,除必須有船舶基 本資料外,另外,尚必須有各項之實船 試驗資料 ·採用Crane於1979所發表的278,000頓級的 砂石兼油輪OSAKA號做為計算之供試船



