

93-73-7106

MOTC-IOT-92-H1BA03

高雄港發展轉運中心業務之研究



交通部運輸研究所

中華民國九十三年四月

93-73-7106

MOTC-IOT-92-H1BA03

高雄港發展轉運中心業務之研究

著 者：朱金元、王克尹、謝幼屏

交通部運輸研究所

中華民國九十三年四月

高雄港發展轉運中心業務之研究

著 者：朱金元、王克尹、謝幼屏

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市敦化北路 240 號

網 址：www.iot.gov.tw/chinese/lib/lib.htm

電 話：(02)23496789

出版年月：中華民國九十三年四月

印 刷 者：

版(刷)次冊數：初版一刷 120 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定 價： 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓•電話：(02)23617511

三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓•電話：(02)25006600

國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1•電話：(02)25787542

五南文化廣場：台中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號•電話：(04)7252792

青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓•電話：(07)3324910

高雄港發展轉運中心業務之研究

交通部運輸研究所

GPN: 1009301497

定價 元

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：高雄港發展轉運中心業務之研究			
國際標準書號（或叢刊號）	政府出版品統一編號 1009301497	運輸研究所出版品編號 93-73-7106	計畫編號 92-H1BA03
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：朱金元 研究人員：王克尹、謝幼屏 聯絡電話：04-26587111 傳真號碼：04-26571329			研究期間 自 92 年 01 月 至 92 年 12 月
關鍵詞：樞紐港、集貨港、轉運中心			
摘要： 政府為因應日益嚴峻之國內外經濟情勢，於二十世紀末期釐定「亞太營運中心計畫」，作為臺灣地區跨世紀的經濟建設藍圖，並期藉此維持台灣地區在國際的競爭實力與地位，其中將高雄港發展成為「亞太轉運中心」乃為其中相當重要的一項政策目標。 高雄港欲發展成為「亞太轉運中心」之政策目標，首重競爭力之提昇，特別是近年來日本、韓國、香港、新加坡、馬來西亞與中國大陸等國家或地區，莫不積極推廣其航運事業，新(或擴)建其港埠設施，期使其發展成為全球或地區性之轉運中心，此對高雄港發展成為亞太轉運中心之影響甚鉅。實有必要對於亞太地區之現行主要轉運港埠的競爭力及其發展情況加以掌握與瞭解。基此乃提出「高雄港發展轉運中心業務」之研究，分三個子計劃來研究；第一子計劃「高雄港貨櫃航線轉運成本分析」之探討、第二子計劃「東北亞主要轉運港之發展對高雄港之衝擊」，以及第三子計劃「貨櫃碼頭出租最適規模之研究」。這計畫蒐集分析亞太地區內現有及新興轉運港埠之基本條件與發展方向，以利進一步比較分析亞太地區各主要轉運港埠之競爭能力，及研判未來發展趨勢，以儘速掌握我國港埠的發展契機。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
93 年 4 月	86		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： ☐限閱 ☐機密 ☐極機密 ☐絕對機密 （解密【限】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: Developing Kaohsiung Port into a Hub Port			
ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009301497	IOT SERIAL NUMBER 93-73-7106	PROJECT NUMBER 92-H1BA03
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chin-Yuan Chu PROJECT STAFF: ke-yi Wang, Yu-ping Hsieh PHONE: 886-4-26587111 FAX: 886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM : Jan. 2003 TO : Dec. 2003
KEY WORDS: Hub port, Transit center			
ABSTRACT: To cope with the economical crisis and preparing for the coming millennium, the government has designated an Action Plan of Asia-Pacific Operation Center. To serve as the next centurial blueprint of economical development, the scheme is enhanced to maintain Taiwan's competitiveness in the international market. The project of developing Kaohsiung port into a Hub Port of Asia Pacific plays an important role in the scheme. Under the goal of developing a Hub Port of Asia Pacific, competitiveness is the key point during the process. Recently, Japan, Korea, Hong Kong, Singapore, Malaysia and China are actively promoting their shipping businesses, to renew and/or build the related facilities of ports in order to become a marine transit center. This has certainly made an enormous impact on the development of Taiwan into the Hub Port of Asia Pacific. Realizing and grasping the competitive trend of major ports in this region is a must. Under these circumstances this topic was rawed, which is divided into three subtopics: 1) "Container transshipment Cost at the Port of Kaohsiung," 2)"Development of Major Hub Ports in Northeast Asia and their impact on the Port of Kaohsiung," 3)" Optimal Number of Berths in Container Terminal." The purpose is to compare the competitiveness of major exist ports in Asia Pacific region and anticipate the future market development trend through collecting and analyzing the basic conditions and development trend of ports. Furthermore, this study also aims to help government to master the critical moment of developing Taiwan's ports.			
DATE OF PUBLICATION April 2004	NUMBER OF PAGES 86	PRICE	CLASSIFICATION ☐ SECRET ☐ CONFIDENTIAL ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

高雄港發展轉運中心業務之研究

目 錄

第一章 前言	1-1
1.1 目標	1-3
1.2 實施策略方法及工作項目	1-4
第二章 高雄港貨櫃航線轉運成本分析之研究.....	2-1
2.1 成本函數構建	2-1
2.2 轉運成本分析	2-6
第三章 東北亞主要轉運港之發展對高雄港之衝擊.....	3-1
3.1 全球貨櫃海運發展	3-2
3.2 國際航運市場環境特性分析	3-4
3.3 航運市場之發展與競爭分析	3-6
3.4 超大型貨櫃船之發展及限制	3-7
3.5 超大型貨櫃船未來之發展分析	3-12
3.6 釜山港	3-15
3.7 光陽港	3-21
第四章 貨櫃碼頭出租最適規模之研究.....	4-1
4.1 前言	4-1
4.2 等待理論	4-2
4.3 港埠系統評估指標	4-12
4.4 碼頭營運績效分析	4-14
第五章 結論與建議	5-1

5.1 結論	5-1
5.2 建議	5-3

表 目 錄

表 2.1 各型貨櫃船之船型相關參數值	2-7
表 2.2 馬尼拉港貨櫃經高雄港轉運之主航線的實際可行航運服務	2-8
表 2.3 馬尼拉港貨櫃經高雄港轉運之接駁航線的實際可行航運服務	2-9
表 2.4 馬尼拉港貨櫃經香港轉運之主航線的實際可行航運服務	2-9
表 2.5 貨櫃經高雄港轉運之實際可行航運服務之總航運成本 與存貨成本	2-10
表 2.6 馬尼拉港貨櫃經香港轉運之接駁航線的實際可行航運服務	2-11
表 2.7 貨櫃經香港轉運之實際可行航運服務之總航運成本 與存貨成本	2-12
表 2.8 在不同航運服務情況下的轉運港決策	2-13
表 3.1.1 2015 年前全球貨櫃港埠運量預測	3-3
表 3.1.2 歷年來櫃船舶尺寸及其裝載容量一覽表	3-10
表 3.4.2 歷年來櫃船舶尺寸及其裝載容量一覽表	3-16
表 3.6.2 釜山港的貨櫃吞吐量	3-19
表 3.6.3 釜山港各貨櫃碼頭歷年來貨櫃裝卸量比重	3-20
表 3.6.4 釜山新港建設計畫	3-21
表 3.7.1 光陽港貨櫃碼頭設施現狀	3-22
表 3.7.2 光陽港的貨櫃吞吐量	3-23
表 3.7.3 光陽港的建設計畫	3-23
表 4.2.1 等候線系統有 n 個顧客之狀態分析	4-7

表 4.2.2 等候線無顧客之系統狀態分析	4-8
表 4.3.1 國內船舶到達分佈相關研究彙整表	4-13
表 5.1.1 轉運中心港口之貨櫃起重機(自 1996 年 6 月起訂製)台車和 吊升速度表	5-2
表 5.1.2 岸邊起重機裝卸速度百分比彙整表	5-3
表 5.1.3 超巴拿馬起重機之速度表	5-4
表 5.1.4 Quay crane handling speeds respondents specifying.....	5-6
表 5.1.5 先進櫃場與自動化使用案例	5-7
表 5.2.1 超巴拿馬極限型貨櫃船船寬與貨櫃橫列對照表	5-9
表 5.2.2 起重機類型和前伸距長度表	5-10
表 5.2.3 起重機類型和前伸距長度對照表.....	5-10
表 5.2.4 全球主要轉運港於 97 & 98 年訂製之貨櫃起重機彙整表.....	5-11
表 5.2.5 交付起重機元件規範彙整表	5-12

圖 目 錄

圖 2.1 任一型貨櫃船的柏拉圖最佳解.....	2-6
圖 4.2.1 等待系統主要變數關係圖.....	4-4

第一章 前言

發展臺灣成為亞太海運轉運中心是我國政府為因應日益嚴峻的國內、外經濟情勢，並為邁向 21 世紀作準備所規劃的亞太營運中心計畫中所推動的六大專業中心之一。根據經建會的規劃，亞太海運轉運中心是要將臺灣發展成為東亞地區貨櫃轉口及相關附加價值活動之集中地點，其目的在暢通臺灣與東亞地區貨物運輸，增強臺灣作為亞太地區商業中心的功能，並發揮支援製造中心發展的作用。在具體做法上，係以高雄港為主，基隆港及臺中港為輔，從事軟、硬體的港埠建設，並設置境外航運中心，以突破現階段兩岸不能直接通航的困境。

從海運的經濟運作觀察，貨櫃轉運中心的形成主要源於航商經營的貨櫃船隊之幹線(trunk route)及支線(branch route)的交接點，以及兩條幹線的交接點。首先，在貨櫃船經濟佈置之下，愈來愈大型化的母船在一條主幹線上儘量減少靠泊港口，在同一個區域內(譬如亞太地區內)的支航線上的其他港口則以比較小型的子船集貨，而在幹線及支線的交接點上自然地形成軸心港 (hub port or pivot port)，即通稱的轉運中心。當然並非在幹線上有母船靠泊的港口都是樞紐港，只有在幹線及支線交接的港口才是，至於在支航線上的小港口則通稱為集貨港(feeder port)。另外，服務於不同地區的兩條遠洋洲際航線(譬如遠東與北美、遠東與歐洲、遠東與澳紐等航線)亦有可能在一個港口交接不同地區之貨櫃貨，而該港口便也自然地成為另一種形式的兩遠洋洲際航線服務(main line services)的轉運中心。倘若某港口恰能同時得到上述兩種貨櫃轉運業務，則其轉運的地位便更為強化。航商為了尋求更有效率之經營，除了航商之間策略聯盟、合併...以外，更在全球各地理區位尋求適當之港埠作為轉運中心。而各地理區塊之主要港埠，依據其發展目標又可分別定位為：(1)全球性軸心港 (Global hub ports)：服務圍繞主要海洋盆地之國家或橫跨不只一洲之港埠，例如 Colombo 或 Singapore 服務東南亞以及及印度洋包括中東及非洲東岸。(2)區域性軸

心港 (Regional hub ports)：只服務一個洲所有海岸線的貿易，例如 Port of Bahamas 服務北、中、南美洲東岸之需求。(3)次區域軸心港 (Sub - Regional hub ports)：只服務一個洲部分之市場，例如 Port of Durban 服務南非以及非洲東岸之需求。目前在亞太地區扮演這種轉運中心角色的都是世界上的貨櫃大港，譬如：高雄、橫濱、釜山、香港、新加坡等港，大陸之上海港也急起直追。

對於臺灣地區的貨櫃轉運港口而言，航商是否樂於將其納入其轉運的航線進行轉運作業悠關港口的轉運業務之發展。因應上述貨櫃船舶大型化及航線軸心化 (hubbing) 的全球海運發展趨勢，臺灣若欲發展成為亞太海運轉運中心，須具備堅強之轉運功能。無論對大陸沿海港口如廈門、福州等，或長江內河港如武漢等，都有直接運輸之利益與加強之必要。甚至對亞洲區域間之連繫，或跨區域性大型貨櫃船之主要航線，勢必不可缺少集散轉運之經濟快速運送能力。此外，以區域或者全球轉運中心為發展目標之航商為了確保其裝卸作業之順暢都希望能保有貨櫃碼頭之經營權，因此紛紛投資貨櫃碼頭或者與貨櫃碼頭經營者簽訂契約或者向港務局租用碼頭來經營。但是港埠為國家經濟發展很珍貴之資源，港務局要出租碼頭，不能漫無章法的全部滿足航商之需求，到底應該要幾座才能達到經濟規模，亦是值得深入探討的。而為了提昇港埠之競爭力，近年來日本、韓國、中國大陸相繼大幅擴建貨櫃碼頭並安置新型岸上貨櫃起重機以因應未來貨櫃母船大型化之靠泊需求，反觀高雄港卻未積極擴建貨櫃碼頭，對高港未來之發展形成嚴厲的挑戰。

本研究從航運市場的經營環境與航商的營運策略切入研究主題，在經營環境方面分析貨櫃海運的發展趨勢與海運市場的供需變化和航商貨櫃船噸之發展情形，在航商的營運策略方面，基本上主要航商為提昇市場之競爭力，擴大市場佔有率所採行之營運策略對內主要以船舶大型化之方式，對外則採取策略聯盟之方式來因應，因此在航運市場裏超大型貨櫃船之發展需求與航商策略聯盟之發展情形和各聯盟在

主要航線指派之船型與與競爭港口貨櫃運量之消長即可評估相關港埠在該區域競爭力之強弱。東北亞地區韓國、日本及大陸華北地區各主要競爭港埠為積極爭取地區轉運中心之地位，近年來紛紛浚深航道、擴建港埠設施、購置超大型機具來爭取商機滿足航商營運需求，因此各港未來之發展計劃及所採行之營運策略成為高雄港發展東亞地區轉運中心所必需具備之參考資訊。

本所港研中心於 91 年度之「航運新技術發展對港埠規劃之影響」中，已針對不同類型之樞紐港其所應具備之發展條件作探討。因此本年度進一步針對上述高雄港貨櫃轉運中心之發展潛力問題，提出三個子計劃來研究；第一子計劃「高雄港貨櫃航線轉運成本分析」之探討、第二子計劃「東北亞主要轉運港之發展對高雄港之衝擊」，以及第三子計劃「貨櫃碼頭出租最適規模之研究」等三個研究案來探討千禧年後「高雄港轉運中心之地位」，以提供港埠主管機關及相關單位參考，相關研究內容請參閱各子計劃。

1.1 目標

第一子計劃：高雄港貨櫃航線轉運成本分析之研究 (謝幼屏)

- 1.分析東亞、東南亞地區各集貨港欲運往各洲之貨櫃是否會透過高雄港轉運？分析高雄港轉運櫃之貨物來源，了解轉運櫃之運送需求，以確認高雄港轉運業務之競爭優勢與弱勢。
- 2.進行情境分析，做為高雄港策略研擬之參考。對各航線進行情境分析，分析高雄港若降低港埠費用、提高服務效率時，那些地區的貨櫃會移轉至高雄港轉運，轉運櫃量增加多少，分析結果可供高雄港研擬港埠策略做參考。

第二子計劃：東北亞主要轉運港之發展對高雄港之衝擊 (王克尹)

- 1.分析東北亞地區主要港埠環境與營運市場

- 2.分析全球主要轉運港埠之區位與設施條件
- 3.比較高雄港與東北亞港埠之競爭力
- 4.分析東北亞航運發展對港埠之影響
5. 配合航運新技術之發展，提昇高雄港之競爭力
- 6.迎合航運市場之發展需勢，提出高雄港之因應策略。

第三子計劃：貨櫃碼頭出租最適規模之研究（朱金元）

- 1.瞭解承租高雄港各貨櫃航商其船舶及碼頭經營成本
- 2.瞭解各承租航商裝卸貨櫃種類及數量
- 3.提供未來港務局擬定碼頭出租策略或是開放碼頭 BOT 興建之參考。

1.2 實施策略方法及工作項目

第一子計劃：高雄港貨櫃航線轉運成本分析之研究

本研究首先回顧相關文獻，並進行航商、港務局訪談，以蒐集相關成本與路線資料。其次，依據蒐集的成本與路線資料分別針對馬尼拉港、廈門港、胡志明港等臺灣鄰近地區集貨港欲運往北美、歐洲、澳洲等地區之貨櫃運送路線做分析，探討其貨櫃是否會經高雄港轉運，抑或經香港、新加坡港轉運。然後匯集所有經高雄港轉運的航線，可了解高雄港轉運櫃的需求，確認高雄港轉運業務之優劣勢。最後進行情境分析，針對各航線貨櫃，探討當高雄港採取費率降低、效率提高策略時，貨櫃運送路線之改變做探討。

主要工作項目：

- 1.回顧相關文獻、進行航商與港務局訪談，以取得各項運送成本資料。

- 2.馬尼拉港運往北美、歐洲、澳洲之貨櫃運送路線分析。
- 3.廈門港運往北美、歐洲、澳洲之貨櫃運送路線分析。
- 4.胡志明港運往北美、歐洲、澳洲之貨櫃運送路線分析。
- 5.探討高雄港費率、效率變動之情境分析。

第二子計劃：東北亞主要轉運港之發展對高雄港之衝擊

在資料的蒐集與分析上，本研究從下列三方面著手：

1.現成資料之蒐集與分析：

資料來源包括國內、外航港相關期刊、雜誌及 WWW 網站之統計、報導與論述，以及國內、外與本計畫相關之 WWW 網站位址及其內容之搜尋。

2.原始資料之蒐集、整理與分析：

藉由實地訪查航商與港口的方式蒐集本計畫所需資料進行整理與分析。茲簡述如下：

- (1)在航商方面，抽樣訪查了長榮、陽明、萬海、等國內貨櫃航商及列名於世界前二十大，而且在臺灣有較大之業務量的麥司克快桅、美國總統等國外航商在臺分公司或其總代理。
- (2)在港口方面，實地訪查了國內的高雄港並蒐集日本橫濱港、上海港以及韓國釜山港最新資料供研究分析之用。

主要工作項目

第一年 東北亞主要轉運港對高雄港之衝擊

- 1.緒論
- 2.全球航運發展趨勢分析與回顧

3. 超大型貨櫃船之發展分析

4. 航商聯盟與營運方式分析

5. 東北亞主要港埠之發展分析

第二年 東北亞主要轉運港對高雄港之衝擊

1. 日本、韓國之港埠政策與營運環境分析

2. 日本、韓國、中國大陸主要港埠之發展分析

3. 高雄港發展轉運中心營運環境分析

4. 東北亞主要轉運港之競爭態勢分析

5. 東北亞主要轉運港之比較分析

6. 高雄港發展之策略

7. 結論與建議

第三子計劃：貨櫃碼頭出租最適規模之研究

主要工作項目：

1. 回顧相關文獻、蒐集資料及航商訪談

2. 分析各貨櫃碼頭承租航商其到港船舶分佈型態

3. 建立評估指標

4. 各承租航商到港船舶之成本分析

5. 各承租航商進出口櫃、轉口櫃、空櫃分析

6. 承租碼頭經營成本分析

7. 貨櫃碼頭出租最適規模分析

第二章 高雄港貨櫃航線轉運成本分析之研究

2.1 成本函數構建

基於航商做航運規劃時，不僅考慮自身負擔的航運成本，亦會顧慮貨主需求將貨物存貨成本納入考量，本研究提出以追求航運成本與貨物存貨成本最小化為兩分別目標，做為轉運港決策與進行貨櫃轉運成本分析之基礎。首先，考慮定期貨櫃航運服務具有多港靠泊的特性，針對多港靠泊航線分析貨櫃運送過程之各項成本，構建航運成本函數與貨物存貨成本函數，然後推導兩成本間的數學關係式，並分析貨櫃船型與頻次的決策問題。

考慮一多港靠泊航線，運送路線從第 1 個靠泊港開始，經過第 2 個靠泊港、第 3 個靠泊港、...、至第 n 個靠泊港後返回第 1 個靠泊港。各靠泊港間的貨物流量確定，以 $Q_{ij}(i,j=1,2,\dots,n)$ 表示由第 i 個靠泊港至第 j 個靠泊港的貨物流量，當 $i=j$ 時 $Q_{ij}=0$ 。航商使用 t 型貨櫃船提供運送頻次(sailing frequency)為 f 次／季的航運服務。

航運成本包括船舶時間成本、船舶燃油成本與港埠成本三部份。

船舶時間成本表示航商對於所屬船舶每日須固定花費或分攤的各項費用之總和。一航次的航行時間包括了船舶在海上的時間以及在各靠泊港的滯港時間。貨櫃船在一港口的滯港時間可以分為二部份，一是裝卸時間，為貨櫃船靠泊碼頭之貨櫃裝卸時間，包括等待開工時間、實際裝卸時間與裝卸過程中的暫停時間(如換班或用餐)，此一時間可由貨櫃裝卸量與該港的工作效率推估，以 R_i 表示第 i 個靠泊港的毛裝卸效率(gross handling rate, TEU／小時)，則貨櫃船在第 i 個靠泊港的裝卸時間為該港的貨櫃裝卸量除以毛裝卸效率，為 $\frac{1}{fR_i} \sum_{j=1}^n (Q_{ij} + Q_{ji})$ 小時；二是進出港時間，包括貨櫃船進離港口所需的內港航行時間與進出港口可能發生等待延誤的時間，此一時間可由港口的平均貨櫃船進出港等待時間與航行時間估算，以 W_i (小時)表示第 i 個靠泊港的進出港時

間，則貨櫃船在第 i 個靠泊港的滯港時間為 $\frac{1}{24}W_i + \frac{1}{24fR_i} \sum_{j=1}^n (Q_{ij} + Q_{ji})$ 日，
 一航次的總滯港時間為 $\frac{1}{24} \sum_{i=1}^n W_i + \frac{1}{24f} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\frac{Q_{ij} + Q_{ji}}{R_i} \right)$ 日。貨櫃船在海上的
 時間為總航程除以服務航速，以 D_i 表示航線上第 i 個靠泊港與下一個靠
 泊港間的航行距離， V_t 表示 t 型貨櫃船的服務航速(海浬／小時)，則一
 航次的總海上時間為 $\frac{1}{24V_t} \sum_{i=1}^n D_i$ 日。

以 S_t 表示 t 型貨櫃船的平均每日船舶時間成本，船舶時間成本為平
 均每日船舶時間成本(S_t)、運送頻次(f)與一航次的航行時間三者之乘
 積，為 $\frac{fS_t}{24} \sum_{i=1}^n (W_i + \frac{D_i}{V_t}) + \frac{S_t}{24} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(\frac{Q_{ij} + Q_{ji}}{R_i} \right)$ 。

船舶燃油成本表示航商為使船舶航行所需耗費之燃料費用。以 F_t
 表示 t 型貨櫃船在海上的單位距離燃油成本， B_{it} 表示 t 型貨櫃船在第 i
 個靠泊港的燃油成本，則一航次的船舶燃油成本為 $\sum_{i=1}^n (F_t D_i + B_{it})$ ，整季
 的總船舶燃油成本為 $f \sum_{i=1}^n (F_t D_i + B_{it})$ 。

港埠成本為航商在各港埠所耗費之成本，主要包括港灣費用與棧
 埠費用二部份。在港灣費用方面，以 α_{it} 與 β_{it} 表示 t 型貨櫃船進入第 i
 個靠泊港之港灣費用的固定部份與隨靠碼頭之裝卸時間變動部份，則
 整季在第 i 個靠泊港的港灣費用為固定費用($f\alpha_{it}$)加上變動費用(β_{it})與
 靠碼頭之裝卸時間($\frac{1}{R_i} \sum_{j=1}^n (Q_{ij} + Q_{ji})$)乘積，為 $f\alpha_{it} + \frac{\beta_{it}}{R_i} \sum_{j=1}^n (Q_{ij} + Q_{ji})$ ，則整
 季的總港灣費用為所有靠泊港的港灣費用之和，為
 $f \sum_{i=1}^n \alpha_{it} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\beta_{it}}{R_i} (Q_{ij} + Q_{ji})$ 。在棧埠費用方面，考慮貨櫃是利用岸上機具
 進行裝卸，以 G_i 表示在第 i 個靠泊港處理單位貨櫃(TEU)的平均處理成
 本，則在第 i 個靠泊港的棧埠費用為在第 i 個靠泊港的貨櫃總裝卸量
 ($\sum_{j=1}^n (Q_{ij} + Q_{ji})$)與單位貨櫃處理成本(G_i)之乘積，為 $G_i \sum_{j=1}^n (Q_{ij} + Q_{ji})$ ，一季的

總棧埠費用為所有靠泊港棧埠費用之和，為 $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n G_i (Q_{ij} + Q_{ji})$ 。

港埠成本為港灣費用與棧埠費用之和，為 $f \sum_{i=1}^n \alpha_{it} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[\left(\frac{\beta_{it}}{R_i} + G_i \right) (Q_{ij} + Q_{ji}) \right]$ 。

以 $TC1(t, f)$ 、 $AC1(t, f)$ 分別表示整季的總航運成本與單位貨櫃航運成本，則

$$TC1(t, f) = f \sum_{i=1}^n \left[\alpha_{it} + \frac{S_t W_i}{24} + B_{it} + D_i \left(\frac{S_t}{24 V_t} + F_t \right) \right] + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[\left(G_i + \frac{\beta_{it}}{R_i} + \frac{S_t}{24 R_i} \right) (Q_{ij} + Q_{ji}) \right] \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

$$AC1(t, f) = \frac{TC1(t, f)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij}} = \frac{f \sum_{i=1}^n \left[\alpha_{it} + \frac{S_t W_i}{24} + B_{it} + D_i \left(\frac{S_t}{24 V_t} + F_t \right) \right]}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij}} + \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[\left(G_i + \frac{\beta_{it}}{R_i} + \frac{S_t}{24 R_i} \right) (Q_{ij} + Q_{ji}) \right]}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij}} \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

存貨成本表示貨物在運送過程中由於不能被使用、出售的價值損失或所需負擔的機會成本，與儲存量、貨物價值和存貨時間有正向關係。在此僅考慮因為航運服務所發生的存貨成本，包括了貨櫃在港口的等待時間成本與在船上的航運時間成本。

貨櫃在出發港等待船舶的平均等待時間為運送週期的二分之一，若一季以 13 週(91 日)表示，則平均等待時間為 $\frac{91}{2f}$ 日。以 H 表示單位貨櫃貨物的每日平均時間價值，則整季的總等待時間成本為總貨物流量($\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij}$)、單位貨櫃平均等待時間($\frac{91}{2f}$)與貨物時間價值(H)三者的乘積，為 $\frac{91H}{2f} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij}$ 。

貨櫃在船上運送時所發生的航運時間成本可由貨櫃在船上的航運

時間乘以貨物時間價值(H)估算。不過，貨櫃在船上的航運時間因起迄港不同而異。以 T_{ij} (日) 表示在航線上貨櫃由第 i 個靠泊港至第 j 個靠泊港的航運時間，則 T_{ij} 包括由第 i 個靠泊港至第 j 個靠泊港之間所有經過航段的航行時間與所有經過港口的滯港時間。其中貨物在出發港與目的港的時間不易估算，基於起迄端時間相對於整個航運時間而言不大，以出發港的滯港時間概算，則貨櫃由第 i 個靠泊港至第 j 個靠泊港的航運時間(T_{ij})可表示如下：

$$T_{ij} = \frac{1}{24} \sum_{k=1}^n \delta_{ijk} \left[W_k + \frac{1}{f R_k} \sum_{l=1}^n (Q_{kl} + Q_{lk}) + \frac{D_k}{V_t} \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

$$= \frac{1}{24} \sum_{k=1}^n \delta_{ijk} \left(W_k + \frac{D_k}{V_t} \right) + \frac{1}{24 f} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \frac{\delta_{ijk}}{R_k} (Q_{kl} + Q_{lk})$$

式中 δ_{ijk} 為 0,1 變數，

$$\delta_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{航線上由第 } i \text{ 至第 } j \text{ 個靠泊港的貨櫃有經過第 } k \text{ 個} \\ & \text{靠泊港以及第 } k \text{ 個靠泊港與下一靠泊港間的航段, } \dots(2.4) \\ 0, & \text{沒有經過。} \end{cases}$$

則由第 i 至第 j 個靠泊港的貨櫃航運時間成本為貨物流量(Q_{ij})、運送時間 (T_{ij}) 與 貨 櫃 時 間 價 值 (H) 三 者 之 乘 積 ， 為

$\frac{H Q_{ij}}{24} \sum_{k=1}^n \delta_{ijk} \left(W_k + \frac{D_k}{V_t} \right) + \frac{H Q_{ij}}{24 f} \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \frac{\delta_{ijk}}{R_k} (Q_{kl} + Q_{lk})$ 。所有貨櫃的航運時間成本為

$$H \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (Q_{ij} T_{ij}) = \frac{H}{24} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n Q_{ij} \delta_{ijk} \left(W_k + \frac{D_k}{V_t} \right) + \frac{H}{24 f} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \frac{Q_{ij} \delta_{ijk}}{R_k} (Q_{kl} + Q_{lk})$$

總貨物存貨成本為等待時間成本與航運時間成本之和，以 $TC2(t, f)$ 、 $AC2(t, f)$ 表示總貨物存貨成本與單位貨櫃存貨成本，則

$$TC2(t, f) = \frac{91H}{2f} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij} + \frac{H}{24} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n Q_{ij} \delta_{ijk} \left(W_k + \frac{D_k}{V_t} \right) \dots\dots\dots(2.5)$$

$$+ \frac{H}{24 f} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \frac{Q_{ij} \delta_{ijk}}{R_k} (Q_{kl} + Q_{lk})$$

$$\begin{aligned}
AC2(t, f) = \frac{TC2(t, f)}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij}} = \frac{91H}{2f} + \frac{H \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n Q_{ij} \delta_{ijk} \left(W_k + \frac{D_k}{V_t} \right)}{24 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij}} \\
+ \frac{H \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n \frac{Q_{ij} \delta_{ijk}}{R_k} (Q_{kl} + Q_{lk})}{24f \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{ij}}
\end{aligned} \dots\dots\dots(2.6)$$

由單位貨櫃航運成本與單位貨櫃存貨成本的數學式可知，對任意 t 型貨櫃船而言，單位貨櫃航運成本($AC1$)隨運送頻次(f)的增加而增加，而單位貨櫃存貨成本($AC2$)隨運送頻次(f)的增加而減少，兩者間存在此消彼漲的替代關係。

由於貨櫃船容量有限，在容量限制下的貨櫃船運送頻次(f)必大於或等於最大的航段貨物流量($Max_k \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \delta_{ijk} Q_{ij}$)除以船舶容量(U_t)，即

$$f \geq \frac{Max_k \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \delta_{ijk} Q_{ij}}{U_t}。 \text{ 令 } f_t^{\min} \text{ 表示 } t \text{ 型貨櫃船的最小運送頻次，則}$$

$$f_t^{\min} = \frac{Max_k \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \delta_{ijk} Q_{ij}}{U_t}， \text{並令 } \overline{AC1_t} \text{ 與 } \overline{AC2_t} \text{ 分別表示在最小運送頻次時的單位}$$

貨櫃航運成本與單位貨櫃存貨成本， $\overline{AC1_t}$ 即為單位貨櫃航運成本之最小值， $\overline{AC2_t}$ 即為單位貨櫃存貨成本之最大值，則任意 t 型貨櫃船的運送頻次可行解位於成本關係曲線上，為最小運送頻次點($\overline{AC2_t}, \overline{AC1_t}$)左上方的實線(如圖 2.1 所示)。當船型只有一種時，該型貨櫃船的可行解即為二目標數學規劃模式之柏拉圖最佳解。

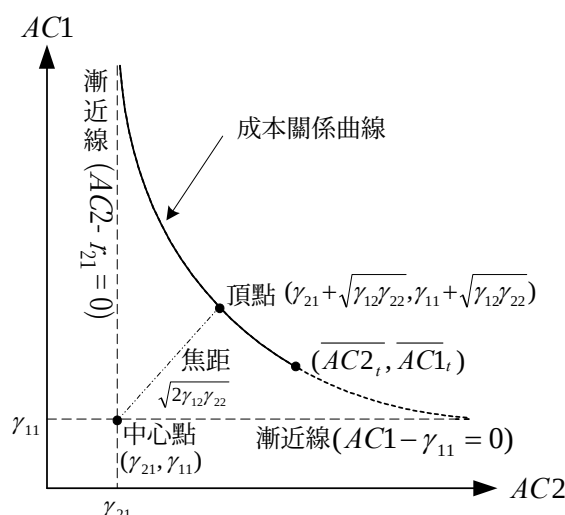


圖 2.1 任一型貨櫃船的柏拉圖最佳解

當船型有兩種或兩種以上時，由於不同船型貨櫃船之港灣費用 (α_{it} , β_{it})、每日船舶時間成本(S_t)、燃油成本(F_t , B_{it})與航速(V_t)等船舶相關參數因船型而異，使得不同船型貨櫃船的成本關係曲線、最小運送頻次點 $(\overline{AC2_t}, \overline{AC1_t})$ 不相同，各型貨櫃船的可行解落在目標值空間上的不同位置，此時，柏拉圖最佳解為各型貨櫃船可行解中最接近原點(0,0)之離散點所組成。

2.2 轉運成本分析

高雄港位於東北亞、東南亞及中國大陸間之要衝，並為歐亞美全球貿易及航路必經之處，地緣位置極佳。遠東地區位於越太平洋航線與遠東—歐洲航線兩大主要航線之間，逐漸形成東北亞以釜山、神戶為轉運中心、東南亞以新加坡為轉運中心，東亞以香港、高雄、上海為轉運中心的軸輻海運系統。以高雄港為轉運中心的港口為東亞地區的港口，如馬尼拉港、胡志明港、廈門港等港口。在此以馬尼拉港為研究對象，針對該港之貨櫃運送路線做分析，探討其貨櫃在轉運成本的考量下，是選擇經高雄港轉運，抑或經香港轉運。

馬尼拉港是菲律賓的最大港口，2000 年的總貨櫃作業量 2,867,836 TEU，佔菲律賓全國總量 3,604,713 TEU 的 79.56%，為世界第

15 大貨櫃港。考慮一航商經營遠東至北美西岸之越太平洋航線，該航商的航線安排採軸輻系統，並定位馬尼拉港為集貨港。因此，馬尼拉港的貨櫃需以集貨船運至軸心港，然後在軸心港將貨櫃裝上大型母船，經主航線運至另一區域的軸心港，再以集貨船分別運送至各個目的港。

假設該航商的主航線由高雄港出發，經香港、上海、釜山，而至洛杉磯，回程時經釜山後返回高雄港，而馬尼拉港運往美西的貨櫃則以接駁航線運送至高雄港或香港轉運。並假設航商可用的貨櫃船船型有五種，分別以 $T_i (i=1\sim5)$ 表示由小至大的船型，各型貨櫃船的船舶容量(U_i)、服務航速(V_i)、每日船舶時間成本(S_i)、單位距離燃油成本(F_i)與進港燃油成本(B_{it})如表 2.1 所示。

表 2.1 各型貨櫃船之船型相關參數值

船 型	T1	T2	T3	T4	T5
船舶容量 U_i (TEU)	1,810	2,728	3,428	4,211	5,652
服務航速 V_i (哩/時)	21.0	20.5	20.7	25.0	25.0
每日船舶時間成本 S_i (美元)	21,940	22,865	23,571	24,360	25,813
單位距離燃油成本 F_i (美元/哩)	15.51	20.81	24.32	23.57	29.89
進港燃油成本 B_{it} (美元/次)	77.62	104.05	121.59	117.84	149.44

註：1.此五種船型均為長榮海運公司所使用之船型，表中各船型的服務航速(V_i)引用自該公司網站。

2.各船型的每日船舶時間成本(S_i)與船舶燃油成本(F_i 、 B_{it})依據王鴻仁(1998)估算 1,687TEU、5,200TEU 貨櫃船的每日時間成本與每日燃油成本值，以線性法推估，並假設進港燃油成本各港相同為單位距離燃油成本的五倍。

各型貨櫃船在港口的港灣費用固定部份(α_{it})、變動部份(β_{it})與單位貨櫃處理成本(G_i) 以各船型在高雄港之費用計算，各種使用費依據「高雄港港埠業務費費率表」(高雄港務局，2002)計算。且主航線的流量以交通部運輸研究所(1999)報告中民國 90 年的世界貨櫃運輸結構為分析之基本資料，並假設該航商在各起迄港間的市場佔有率為 5%。另

外模式中各港口的平均毛裝卸效率(R_i)、平均等待時間(W_i)按高雄港 2001 年的船舶動態資料與棧埠作業資料估算，貨物存貨成本(H)則參考相關資料估算。

依據前面構建的成本函數，應用數學軟體 Mathematica 可以推論馬尼拉港之貨櫃經高雄港或香港轉運的成本。

當馬尼拉港的貨櫃經高雄港轉運時，其主航線的各型貨櫃船之成本關係曲線數學式、最小運送頻次($f_i^{\min}$)，以及在最小運送頻次時的單位貨櫃航運成本($\overline{AC1_i}$)與單位貨櫃存貨成本 ($\overline{AC2_i}$)可推導出來，並推論出各型貨櫃船的可行解。進一步，考慮在實務上航商安排的運送頻次以週為單位，提供兩週一班以上的航運服務，則當貨櫃經高雄港轉運，其主航線實際可選擇的航運服務，及以在各服務頻次時的航運成本與存貨成本如表 2.2 所示。

表 2.2 馬尼拉港貨櫃經高雄港轉運之主航線的實際可行航運服務

單位：美元/TEU

運送頻次	船型	航運成本	存貨成本	運送頻次	船型	航運成本	存貨成本
兩週一班 ($f=6.5$)	不可行	-	-	每週三班($f=39$)	T4	278	441
每月三班 ($f=9$)	不可行	-	-	每週四班($f=52$)	T4	324	410
每週一班 ($f=13$)	不可行	-	-	每週五班($f=65$)	T4	371	391
兩週三班 $f=19.5$)	不可行	-	-	每週六班($f=78$)	T4	418	379
每週二班 ($f=26$)	T5	247	503	每日一班($f=91$)	T4	464	370

其由馬尼拉至高雄港之接駁航線的各型貨櫃船之成本關係曲線數學式、最小運送頻次($f_i^{\min}$)，以及在最小運送頻次時的單位貨櫃航運成本($\overline{AC1_i}$)與單位貨櫃存貨成本 ($\overline{AC2_i}$)可計算出來，推論出各型貨櫃船的可行解。得到該航線實際可選擇的航運服務，及以在各服務頻次時的航運成本與存貨成本如表 2.3 所示。

綜合考量主航線的實際可行之航運服務與接駁航線之實際可行之

航運服務，可求得在不同運送頻次組合情況下的單位貨櫃航運成本與存貨成本如表 2.4 所示。

表 2.3 馬尼拉港貨櫃經高雄港轉運之接駁航線的實際可行航運服務

單位：美元/TEU

運送頻次	船型	航運成本	存貨成本	運送頻次	船型	航運成本	存貨成本
兩週一班 ($f=6.5$)	T1	175	279	每週三班 ($f=39$)	T1	382	76
每月三班 ($f=9$)	T1	191	211	每週四班 ($f=52$)	T1	465	66
每週一班 ($f=13$)	T1	217	157	每週五班 ($f=65$)	T1	547	60
兩週三班 ($f=19.5$)	T1	258	117	每週六班 ($f=78$)	T4	682	51
每週二班 ($f=26$)	T1	299	96	每日一班 ($f=91$)	T1	773	48

當馬尼拉港的貨櫃經香港轉運時，其主航線的各型貨櫃船之成本關係曲線數學式、最小運送頻次($f_t^{\min}$)，以及在最小運送頻次時的單位貨櫃航運成本($\overline{AC1_t}$)與單位貨櫃存貨成本 ($\overline{AC2_t}$)可計算出來，推論各型貨櫃船的可行解。進一步，考慮在實務上航商安排的運送頻次以週為單位，提供兩週一班以上的航運服務，則當貨櫃經高雄港轉運，其主航線實際可選擇的航運服務，及以在各服務頻次時的航運成本與存貨成本如表 2.5 所示。

表 2.5 馬尼拉港貨櫃經香港轉運之主航線的實際可行航運服務

單位：美元/TEU

運送頻次	船型	航運成本	存貨成本	運送頻次	船型	航運成本	存貨成本
兩週一班 ($f=6.5$)	不可行	-	-	每週三班 ($f=39$)	T4	278	440
每月三班 ($f=9$)	不可行	-	-	每週四班 ($f=52$)	T4	324	409
每週一班 ($f=13$)	不可行	-	-	每週五班 ($f=65$)	T4	371	390
兩週三班 ($f=19.5$)	不可行	-	-	每週六班 ($f=78$)	T4	418	378
每週二班 ($f=26$)	T5	247	502	每日一班 ($f=91$)	T4	464	369

表 2.4 貨櫃經高雄港轉運之實際可行航運服務之總航運成本與存貨成本

單位：美元/TEU

主航線 \ 接駁航線		f=6.5	f=9	f=13	f=19	f=26	f=39	f=52	f=65	f=78	f=91
f=26	航運成本	256	256	258	260	262	266	270	274	281	285
	存貨成本	517	513	511	509	508	507	506	506	506	505
f=39	航運成本	287	287	289	291	293	297	301	305	312	316
	存貨成本	455	451	449	447	446	445	444	444	444	443
f=52	航運成本	333	333	335	337	339	343	347	351	358	362
	存貨成本	424	420	418	416	415	414	413	413	413	412
f=65	航運成本	380	380	382	384	386	390	394	398	405	409
	存貨成本	405	401	399	397	396	395	394	394	394	393
f=78	航運成本	427	427	429	431	433	437	441	445	452	456
	存貨成本	393	389	387	385	384	383	382	382	382	381
f=91	航運成本	473	473	475	477	479	483	487	491	498	502
	存貨成本	384	380	378	376	375	374	373	373	373	372

其由馬尼拉至香港之接駁航線的各型貨櫃船之成本關係曲線數學式、最小運送頻次($f_t^{\min}$)，以及在最小運送頻次時的單位貨櫃航運成本($\overline{AC1_t}$)與單位貨櫃存貨成本($\overline{AC2_t}$)可計算出來，推論各型貨櫃船的可行解。該航線實際可選擇的航運服務，及以在各服務頻次時的航運成本與存貨成本如表 2.6 所示。

表 2.6 馬尼拉港貨櫃經香港轉運之接駁航線的實際可行航運服務

單位：美元/TEU

運送頻次	船型	航運成本	存貨成本	運送頻次	船型	航運成本	存貨成本
兩週一班 (f=6.5)	T1	181	284	每週三班 (f=39)	T1	416	81
每月三班 (f=9)	T1	199	216	每週四班 (f=52)	T1	510	71
每週一班 (f=13)	T1	228	162	每週五班 (f=65)	T1	604	65
兩週三班 (f=19.5)	T1	275	122	每週六班 (f=78)	T4	756	55
每週二班 (f=26)	T1	322	102	每日一班 (f=91)	T1	859	52

綜合考量主航線的實際可行之航運服務與接駁航線之實際可行之航運服務，可求得在不同運送頻次組合情況下的單位貨櫃航運成本與存貨成本如表 2.7 所示。

若航商以航運成本與貨物存貨成本之和為轉運港之決策依據，則在不同的主航線與接駁航線服務下的轉運港決策結果如表 2.8 所示。

表 2.7 貨櫃經香港轉運之實際可行航運服務之總航運成本與存貨成本

單位：美元/TEU

主航線 \ 接駁航線		f=6.5	f=9	f=13	f=19	f=26	f=39	f=52	f=65	f=78	f=91
f=26	航運成本	256	257	258	261	263	267	272	277	284	289
	存貨成本	516	513	510	508	507	506	505	505	505	505
f=39	航運成本	287	288	289	292	294	298	303	308	315	320
	存貨成本	454	451	448	446	445	444	443	443	443	443
f=52	航運成本	333	334	335	338	340	344	349	354	361	366
	存貨成本	423	420	417	415	414	413	412	412	412	412
f=65	航運成本	380	381	382	385	387	391	396	401	408	413
	存貨成本	404	401	398	396	395	394	393	393	393	393
f=78	航運成本	427	428	429	432	434	438	443	448	455	460
	存貨成本	392	389	386	384	383	382	381	381	381	381
f=91	航運成本	473	474	475	478	480	484	489	494	501	506
	存貨成本	383	380	377	375	374	373	372	372	372	372

表 2.8 在不同航運服務情況下的轉運港決策

接駁航線 主航線	f=6.5	f=9	f=13	f=19	f=26	f=39	f=52	f=65	f=78	f=91
f=26	香港	香港	香港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港
f=39	香港	香港	香港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港
f=52	香港	香港	香港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港
f=65	香港	香港	香港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港
f=78	香港	香港	香港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港
f=91	香港	香港	香港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港	高雄港

第三章 東北亞主要轉運港之發展對高雄港之衝擊

對於台灣地區的貨櫃轉運港口而言，航商是否樂於將其納入其轉運的航線進行轉運作業悠關港口的轉運業務之發展。因應上述貨櫃船舶大型化及航線軸心化（hubbing）的全球海運發展趨勢，台灣若欲發展成為亞太海運轉運中心，須具備堅強之轉運功能。無論對大陸沿海港口如廈門、福州等，或長江內河港如武漢等，都有直接運輸之利益與加強之必要。甚至對亞洲區域間之連繫，或跨區域性大型貨櫃船之主要航線，勢必不可缺少集散轉運之經濟快速運送能力。此外，以區域或者全球轉運中心為發展目標之航商為了確保其裝卸作業之順暢都希望能保有貨櫃碼頭之經營權，因此紛紛投資貨櫃碼頭或者與貨櫃碼頭經營者簽訂契約或者向港務局租用碼頭來經營。但是港埠為國家經濟發展很珍貴之資源，港務局要出租碼頭，不能漫無章法的全部滿足航商之需求，到底應該要幾座才能達到經濟規模，亦是值得深入探討的。而為了提昇港埠之競爭力，近年來日本、韓國、中國大陸相繼大幅擴建貨櫃碼頭並安置新型岸上貨櫃起重機以因應未來貨櫃母船大型化之靠泊需求，反觀高雄港卻未積極擴建貨櫃碼頭，對高港未來之發展形成嚴厲的挑戰。

本研究從航運市場的經營環境與航商的營運策略切入研究主題，在經營環境方面分析貨櫃海運的發展趨勢與海運市場的供需變化和航商貨櫃船噸之發展情形，在航商的營運策略方面，基本上主要航商為提昇市場之競爭力，擴大市場佔有率所採行之營運策略對內主要以船舶大型化之方式，對外則採取策略聯盟之方式來因應，因此在航運市場裏超大型貨櫃船之發展需求與航商策略聯盟之發展情形和各聯盟在主要航線指派之船型與與競爭港口貨櫃運量之消長即可評估相關港埠在該區域競爭力之強弱。東北亞地區韓國、日本及大陸華北地區各主要競爭港埠為積極爭取地區轉運中心之地位，近年來紛紛浚深航道、擴建港埠設施、購置超大型機具來爭取商機滿足航商營運需求，因此各港未來之發展計劃及所採行之營運策略成為高雄港發展東亞地區轉

運中心所必需具備之參考資訊。本研究經由港埠規劃理論及策略性規劃方法來分析高雄港發展成亞太地區轉運中心之相關問題及所應採行之因應措施。

3.1 全球貨櫃海運發展

由於貨櫃運輸的興起與發展，已被認為是海運運輸的重要里程碑。透過特殊設計的貨櫃船來運載貨櫃從事國際貿易，其所帶來的經濟效益已非傳統式的一般雜貨船所能比擬。基本上貨櫃運輸其所帶來的效益包括作業簡化、運輸責任專一、裝卸迅速、貨物運輸安全、貨物包裝費用減低、貨物保險費用節省、運輸管制系統易於以電腦控制等種種優點。近年來，隨著貨櫃船舶大型化、以及航商之間的聯合、聯營和艙位互租之趨勢，全球三大主要貿易航線，已漸漸被少數大型航商所壟斷。因此，促成海運市場競爭結構之調整，甚且，也間接造成了國際港埠間之激烈競爭。而各國政府有鑑於此一趨勢之發展，故也無不竭盡所能提昇其貨櫃運輸之效率，以吸引航商對其進出口貨物提供更快速與經濟之運送服務。而隨著國際貨櫃運輸之革命性的發展，其對國際運輸環境之影響與港埠競爭環境之衝擊，更是引起各國政府與學者之重視與研究。

Brian(1993)提及國際貨櫃運送的發展對國際貿易產生兩項主要改變：(1)貨櫃化可橫跨多種的運輸工具，貨物移動的自由度大增，瓦解了傳統的腹地概念，港口不再是壟斷港口所在城市對外之貨運，貨物可經由陸運或空運方式轉運到其他集散地；(2)貨櫃運輸方式改變了傳統的貿易組織，貨櫃化商品從生產者到消費者間的及戶運送成長迅速。

海運貨櫃化運輸不僅造成全世界之運輸革命，同時配合複合運送作業，使得服務範圍從以前港到港(port to port)服務擴張至戶到戶(door to door)的服務，因此海運貨櫃運輸對於國際物流運送合理化之進展，具有舉足輕重之角色。

根據國際貨櫃化雜誌年報(Containerisation International Yearbook)

歷年統計數據得悉，1990 年全世界海運貨櫃運量由 8,559 萬 TEU，上升到 1999 年之 2 億 130 萬 TEU，由於突破 2 億紀錄所以得謂正式邁入『2 億 TEU 時代』，2000 年比前年增加 6.6%為 2 億 1,460 萬 TEU，2001 年則較前年增加 8.1%為 2 億 3,190 萬 TEU，所以未來全世界貨櫃運量仍呈現穩定上漲之趨勢。

然而，依據英國海洋運輸顧問公司(Ocean Shipping Consultants Ltd 2000)2000 年所出版的 The Global Containerport Market To 2015 以二種情境預測全球貨櫃港埠運量如表 3.1.1 所示，情境一係依據過去十年全球經濟發展情形和主要工業化國家 GDP 之成長情形，由全球八大區域主要貨櫃港埠歷年所累積之貨櫃運量數據，預估全球貨櫃港埠運量至 2005 年時將成長 61%為 337.0 百萬 TEU，而 2010 年達 462.0 百萬 TEU，2015 年為 611.0 百萬 TEU，情境二預測之成長率較低，全球貨櫃港埠運量至 2005 年時成長率為 47%，運量達 307.4 百萬 TEU，而 2010 年達 400.5 百萬 TEU，2015 年為 505.3 百萬 TEU。預期全球八大區域都因貨櫃運量之高度成長而受惠。

表 3.1.1 2015 年前全球貨櫃港埠運量預測

單位：百萬 TEU

年度	貨櫃運量 Case1	貨櫃運量 Case2
1999	209.65	209.65
2000	229.51	229.50
2001	247.69	243.58
2002	267.44	258.21
2003	288.82	273.71
2004	311.94	289.96
2005	337.04	307.37
2010	462.01	400.45
2015	611.01	505.26

資料來源：Ocean Shipping Consultants Ltd。

3.2 國際航運市場環境特性分析

自二十世紀八十年代以來，國際航運市場的經營環境產生了巨大的變化，航運業所面臨的挑戰日趨嚴峻。概括起來國際航運市場的環境變化主要表現在下列幾個層面：

1. 全球航運整合物流時代的來臨

隨著國際經貿的一體化，以及跨國公司的大量出現，國際市場的全球化也日益顯著。商品從原料、生產、運輸、包裝、儲存、銷售等各個環節實現了全球化的物流活動。這對希望在全球市場得到生存發展的全球運送人來說，必須打破限制，將服務範圍拓展到物流的各個領域。國際航運業尤其是航運公司除了經營傳統海運業務外，必須逐步地介入其他各種運輸模式，實現物流的全程控制。物流業透過高效率、低成本、專業化的運輸、儲存、包裝、裝卸、配送、加工、資訊處理等環節，大幅地提高了經濟活動的效率，降低整體運送成本，展現出現代國際航運業的高度效益。

物流業的快速發展，不僅為航運業提供新的發展契機，同時也對傳統的航運業提出了更高與更新的要求。有關航運專家指出，物流服務將是航運業在 21 世紀發展的新領域和新的經濟成長點，未來將領导航運業大幅成長和進步。因此，物流服務將改變傳統航運的經營管理模式，導致航運競爭程度進一步地加劇。

2. 全球運送人將引領新時代

貨櫃運輸的蓬勃發展打破了航運業原有的市場競爭局面，運費同盟的壟斷地位也趨於崩潰，不少獨立的船公司抓位機會投入航運市場，並伴隨貨櫃化的進程而發展壯大起來。如國內的長榮海運公司目前已是全球最大的貨櫃航運公司之一，而它正是在貨櫃化發展過程中迅速發展起來的企業。長榮海運公司於 1968 年開始進入航運市場的時候，只有一艘 6,913 噸的雜貨船，船齡已有 17 年。該公司以獨立船東的姿態進入貨櫃航運市場，借助於貨櫃化的進程而迅速

成長壯大。航運業的這種發展情勢也正符合了經濟全球化的需要，為創造一種新的國際航運局勢奠下了基礎。

跨國公司採行全球化的經營策略，影響了國際貿易的規劃，改變了海運貨物的流向，對海上運輸服務的要求也更高了。90 年代以後，大型航運公司開闢了環球航線，將業務拓展到全球市場的各個地區，形成了“全球運送人”。但是由於航運業缺少維持市場競爭秩序的“領導者”，貨主與運送人之間的關係完全是一種對立關係，顧客的忠誠度很低，價格戰尚未結束，運價下滑的趨勢並沒有得到明顯的遏止。此一現象直至 2003 年中期，因東亞地區貨源大幅成長才使運價止跌回升。

3. 船舶大型化已成主流

獨立運送人的崛起，削弱了運費同盟的壟斷地位，導致以運費同盟為中心的市場秩序為之瓦解。從而也引起了市場競爭的白熱化。全球貨櫃運能過剩的問題也開始顯露出來，各公司為了爭奪貨源，不惜削價競爭。從 80 年代以後，這種低價競爭的手段已經導致船公司的利潤微薄，降低成本成了提昇競爭力的最佳法寶。

船舶大型化是降低經營成本的最有效方法。1986 年全球貨櫃船隊中 2,000TEU 以上之貨櫃船僅佔全球貨櫃船隊運能的 15% 左右，而到了 1997 年，該比率已經成長到 60%，如果包括已訂造的貨櫃船，該比率則高達 72%。船舶大型化所帶來的規模經濟效益是明顯的，但它所直接衍生的問題卻是貨櫃船隊運能進一步的過剩，未來勢必導致另一回合的削價競爭。由此形成“運能過剩—運價低迷—利潤下降”的惡性循環效應，將嚴重影響船公司未來的生存環境，除非全球貨櫃運量持續大幅成長，才能改變低迷之市場環境與運價結構。

4. 聯盟合併，謀求出路

為了改善價格競爭所帶來日益惡化的市場競爭環境，航運公司也採取了許多策略，其中最主要的方式是航商的聯合經營和全球化

經營。從 90 年代開始這種聯盟方式在短短幾年內，迅速地席捲了全球前 20 大航運公司，六大聯盟之船隊運能佔全球貨櫃船隊運能的 50%以上。然而，降低成本的努力終究被激烈的競爭所消耗，每標準櫃的運價持續下降，到了 2002 年初，某些航線的運價已低到 100 美元以下。

5. 航運安全與環境要求日高

隨著海上運輸活動的日益頻繁，有關海上安全、海洋環境保護和船舶營運效率等的國際標準的制定和實施也加快了腳步。自二十世紀 90 年代以來，港口國監控、國際海上人命公約(SOLAS)、國際安全管理(ISM)規則、散貨船安全對策、國際防止船舶污染公約(MARPOL)、海員培訓、發證和國際標準輪值公約(STCW)等條約日益得到國際社會的重視，對於遏制大規模的海洋污染和人員傷亡事故的發生有著重要的作用。

3.3 航運市場之發展與競爭分析

1. 全球貨櫃船市場發展分析

在全球航運市場競爭日益激烈的形勢下，貨櫃船裝卸速度快、準時、安全、效率高、運送成本低等優勢日趨明顯，其貨源不斷擴大，因此貨櫃船隊一直呈現快速成長趨勢，目前其成長速度超過了全球經濟和貿易量的成長。據有關方面統計，全球貨櫃船隊運能年平均成長率達 9%，幾乎每十年成長一倍。面對競爭日趨激烈的貨櫃航運市場，各大航運公司為了在競爭中取勝，紛紛訂造大型貨櫃船來降低營運成本，以取得規模經濟效益。

克拉克松顧問公司預測，大量大型貨櫃船的相繼投入營運將對現有航運市場產生根本性的影響，未來將形成大型和小型兩大類航運公司。目前，主要航線基本上被擁有 5,000TEU 級以上船舶的大型航運公司所壟斷。小型公司由於沒有規模經濟效益的優勢，因此只

有避開同其競爭，選擇不同的市場，開闢被大公司所忽略的新航線，才能生存下來。開拓新航線對整體航運業也是有利的，然而如果準備投入營運的船公司在新建船連續交付下，初始階段可能將經歷數年的困難期。大型貨櫃船投入東西向遠洋航線營運，每單位 TEU 的燃油成本、船員費用、保險費用、港口費用都可以降低，平均每 TEU 的營運成本也可以大大減少，從而顯示出其競爭優勢。據德國 Planco 顧問公司分析，在歐/亞航線，一艘 1.2 萬 TEU 貨櫃船與 2 艘 6,000TEU 貨櫃船相比，每 TEU 成本可以節省 70 美元。最近，韓國三星造船推出了一款用於越太平洋航線的 9,134TEU 貨櫃船。據報導分析，該船與 2 艘 4,500TEU 貨櫃船相比可以降低成本 18%。目前，歐洲、亞洲、北美洲的主要港口都可以彎靠 10,000~12,000TEU 貨櫃船。據在貨櫃船領域比較領先的德國勞氏船級協會(GL)分析，目前 1.2 萬 TEU 以上、吃水 15.3m 以上的貨櫃船還沒有出現需求。如果蘇伊士運河不能通航大型貨櫃船，則歐洲/遠東航線就難以取得規模效益。GL 認為近幾年內建造 18,000TEU 麻六甲型貨櫃船是不可能的。

3.4 超大型貨櫃船之發展及限制

1. 超大型貨櫃船之發展分析

貨櫃船大型化的發展過程中，1980 年代主要的障礙在於考量超越巴拿馬運河限制的不確定性，甚至於在美國總統輪船公司決定下單建造超巴拿馬極限型船舶之時，仍有一些船公司指出巴拿馬極限型船舶在航線間可轉換的彈性，是航運業者經營的主要優勢，而不願建造超巴拿馬極限型噸位的船舶。因此，花了五至六年的時間，才使得其他船公司接受發展超巴拿馬極限型噸位船舶的計劃。然而，自 1990 年代初期以來，貨櫃船大型化的發展腳步，是以每二年或更短的時間加速突破船舶的尺寸(表 3.4.1 所示)。1996 年後出現可以裝載 6,000 TEU 以上的大型貨櫃船。這種巨型經濟貨櫃船具備船上設備優良、所需船員少、船速快及省油等優點，如此才能使每艙櫃 (SLOT)之營運成本降低。90 年代末期全球最大型貨櫃船為 P&ON

公司的 6690TEU，進入 2002 年時此紀錄才被 Hapag Lloyd 7500TEU 的 Hamburg Express 所突破，2003 年六月建造於韓國三星造船廠，屬於東方海外公司的東方長灘輪 (OOCL Long Beach) 船長 323 公尺，船寬 42.8 公尺可載 17 排貨櫃，高度 61.5 公尺可疊 17 層貨櫃，航速 25 海浬裝載容量為 8063TEU，為目前全球投入營運中最大型之貨櫃船。近年來經由海運界、船級協會、船舶設計師、造船廠和航商間之研究對於超大型船舶之設計已經達到更先進之境界，不管這類型船舶將投入何種貿易航線目前由於受到海運市場運能嚴重過剩的影響而尚未出現，航運專家相信超大型貨櫃船(Ultra Large Containership ULCS) 出現之年代已經不遠了。德國的勞氏船級協會配合韓國三星重工業造船廠已經發展出 9,300TEU 貨櫃船之設計圖，依據該協會董事會之執行委員 Dr.Hans Payer 於 2002 年指出“定期航運正處於危機中，這是事實，不過依我長期的觀察：由於世界人口的增加、生活水準的提昇、加上中國和蘇聯貨櫃運輸市場的出現，全球貨櫃運量仍會持續成長，這些因素將足以提供填補超大型貨櫃船之市場需求”。

勞氏船級協會與英國的海運顧問公司 (Ocean Shipping Consultant) 的船舶設計師已於 2001 年合作完成 12,500TEU 貨櫃船之設計研究。依據勞氏船級協會貨櫃船之業務經理 David Tozer 指出：最終而言，可能在這個十年的後半段，下一代的規模經濟將會被採行，介於 10,700TEU 到 12,500TEU 之船舶將會被引進。不過當船舶載運能量提昇超過 10,000TEU 時，已經引起市場為難，因為目前市場上由蘇氏公司所設計之船用柴油引擎最大馬力大約在 93,000 BHP 無法驅駛 10,000TEU 以上之貨櫃船保持 25 節船速運行。為了達到所要求的服務速度，包括建議安裝兩部引擎但此舉會引起其他額外成本(包括建造和營運費用)。另一建議則使用反循環推進器，與傳統之推進器相比將可減少 15% 的引擎動力需求，這可能是採用雙引擎的替代選擇，不過此項技術尚未證明適用在大型高速的船舶例如超巴拿馬極限型貨櫃船上。儘管超大型貨櫃船安置雙引擎會產生負面之

財務衝擊，但附加的安全界限配置在固有的雙引擎上，長期而言將會有利的。

勞氏船級協會的 12,500TEU 超大型貨櫃船 (ULCS)之特徵為船寬達 57 公尺，比 9,000TEU 至 10,000TEU 船型之有效船寬還大，該船比目前營運中之任何船舶之船寬還寬出 14 公尺，而很重要的是在東西向航線上某些主要港口已經訂造的起重機或正在營運中之橋式起重機其外伸距都可服務 ULCS 級之船舶，因而使得定期航商投入此種噸位之船舶已經成為可行。在主要貨櫃港之水深對經營超大型貨櫃船並不造成影響，在 ULCS 之設計研究裏勞氏協會研究指出”我們的分析顯示 12,500TEU 貨櫃船滿載之最大吃水為 14.5 公尺，在 ULCS 選擇彎靠之主要貨櫃港之水深已經快速進行改善中，目前至少在 17 座碼頭可提供至少 14.5 公尺之水深，而承諾未來將投資濬深港口水深的港口數在 2003 將增加至 25 個，2008 年將達 28 個。但是儘管 12,500TEU 的貨櫃船在目前技術上可行和全球主要港埠都能為這種船舶提供合適的靠泊碼頭之下，任何提供如此巨大的規模經濟都可能被無效率的港埠營運和基礎設施所消除殆盡，因為如此大量的貨櫃彼此間所增加的轉換量，會在無效率貨櫃碼頭上造成閉鎖癱瘓情形。

關於超大型船舶吃水問題，迄今似乎尚無超過 14.5 公尺者。但將來是否會發展到 16 公尺或 17 公尺，則仍無法確定。至於 15,000 TEU 船是否可能出現目前仍不確定，理論上該等船吃水為 16m，船長將達 405m，寬為 56m 比 Maersk ‘K’級船寬 14m，意即可再增列至 22 排。而麻六甲極限型貨櫃船，有學者預測指出：此型船舶可能在 2010 年問世，理論上全長為 400 公尺，船幅為 60 公尺，吃水為 21 公尺，有 243,000DWT，甲板上可裝載 24 排貨櫃，載櫃能量為 18,154 TEU。只能在極少數港埠作業，以運能 3,000 至 5,000 TEU 的船來擔任接駁作業，負責接轉前往及來自他港之貨櫃。船舶大型化並不會對造船技術構成威脅，而主要課題是 12,000、15,000、18,000 TEU 配置是否經濟，由航商觀點貨量需幾近滿載方符合經濟規模效益，

而這得經由結盟聯營始克其成，但聯盟間合作得視其長期條件以決定是否重行洗牌重組。

表 3.4.2 歷年來櫃船舶尺寸及其裝載容量一覽表

公司別 \ 項目	交船日	船長 (m)	吃水 (m)	船幅 (m)	排數	載運容量 (TEU 數)
OCL	1972	287.0	13.0	32.1	13	3,000
Hapag Lloyd	1981	246.5	12.5	32.2	13	3,500
USL	1984	289.0	12.0	32.0	13	4,300
APL	1988	275.2	12.5	39.4	14	4,340
Hapag Lloyd	1991	294.0	12.6	32.2	13	4,400
HMM	1992	264.1	13.5	37.1	14	4,411
NYK	1994	299.9	13.0	37.1	14	4,743
OOCL	1995	276.0	12.0	40.0	14	4,850
Maersk	1996	318.2	14.0	42.8	17	6,000+
P&ON	1998	299.9	14.5	42.8	17	6,690
Hapag Lloyd	2001	320	14.5	42.8	17	7,500
OOCL	2003	323	14.5	42.8	17	8,063
BRS 115	2000+	362	16	56	22	11,612
BRS 140	2000+	405	16	56	22	14,252
Malacca Max	2010 ?	400	21	60	24	18,154

資料來源：Opportunities for container ports 1998，中華港埠第 31 卷，本研究整理

2. 發展超大型船的限制因素

從實現貨櫃船大型化規模經濟效益的條件可以明顯地看出，貨櫃船大型化的理由大都是理想化的，貨櫃船大型化及其規模經濟會受到諸多因素的限制。這些限制因素包括：

(1) 貨櫃船運能過剩，供大於求

依據英國海運顧問公司之研究指出，自 1980 年代以來，特別是長榮海運公司於 1984 年開闢東、西向環球航線以來，全球定期貨櫃船之總運能一直大於貨櫃化貨物之海運需求，因此造成貨櫃船裝載率一直不太理想，嚴重時更低到 40% 左右；伴隨著貨櫃船舶大型化與航商間彼此策略聯盟或併購形成，造成全世界之貨櫃船舶供給過剩，特別是在 1999 年中期以後這種現象更為明顯。依據英國 Drewry 航運顧問公司 2002 年公佈全球貨櫃航運市場季報告指出，2002 年市場情況，貨物量將成長 5.8%，而船噸過剩達 14.5%，較 2001 年貨物量成長 4%，船噸過剩 12.6%，顯現市場狀況並未改善。而這種現象仍將持續下去，也將引發定期貨櫃航商間更激烈的競爭。同時由目前海上貨櫃運輸費率低迷之情形，在可預見的將來仍然持續。

(2) 航道、港口水深和碼頭裝卸能力的限制

大型船舶受到港口、航道水深等自然條件以及泊位大小和港口裝卸能力等因素的限制這是顯然的。超大型貨櫃船對航道、港口、貨櫃碼頭的要求是 15 公尺以上水深，400 公尺岸線碼頭和面積至少 100 公頃的堆積場，以及兩舷可同時作業的船渠式碼頭。對於一般 8,000TEU 的貨櫃船而言，一個港口必須具備每小時 330 move 之裝卸能力，而目前平均裝卸能力僅為每小時 120—150 move。航道、碼頭水深不足和裝卸效率無法配合都是超大型船舶的發展瓶頸。而港口、航道等基礎設施的投資興建與船舶的建造一樣，屬於典型的資本密集產業，投資回收期限長。稍有不慎就會造成資金的浪費或閒置。

(3) 環球航行條件短期不會具備

赤道環球航線的開通有待於巴拿馬運河的拓寬。對環球航線船期的要求，實現最短運距的環球航行，必須拓寬巴拿馬運河，以使超大型貨櫃船通過，有關資深專家粗略估算，建成可使 15,000 TEU

船舶通過的巴拿馬運河，需要建設資金 70—100 億美元，工程工期約需 4-5 年。

(4)航運市場的過渡競爭

為了爭取全球樞紐港或地區核心港的地位，各國政府、航運集團、和港埠當局都會加入競爭，透過大規模投資興建港埠設施以爭取全球樞紐港和區域國際物流中心的地位。多重的投資導致競爭過渡，造成資金浪費和港埠資源的閒置，反而使港口的競爭力下降，達不到規模經濟的目的。貨櫃運輸市場與其他形態的航運市場一樣，早已進入了成熟期，超巴拿馬型貨櫃船必須進行環球或幹線運輸，而航運集團對幹線貨櫃船隊的壟斷經營和競爭異常激烈，越是競爭激烈，風險就越大，躋入並立足的可能性就越小。

(5)船舶大型化的前車之鑒

70 年代市場專家對油輪大型化的預測是，隨著全球對石油需求的快速增加，將會出現 100 萬 DWT 的超巨型油輪，結果最大的油輪是 1973 年建造的兩艘 48 萬 DWT 超巨型油輪。最終情況是 48 萬 DWT 的超巨型油輪沒航行幾次就退役成為海上儲油槽。70 年代初期到 90 年代初期的 20 年間是乾散貨船大型化的黃金時期，使全球乾散貨運能增加三倍。以後這一趨勢逐漸衰退並停止下來，也沒帶來預期的規模經濟效益。現在的情況是，超大型油輪(VLCC)在 20-30 萬 DWT 之間，沒有 30 萬 DWT 以上的超級巨型油輪在營運。目前的乾散貨船最大也只在不到 20 萬 DWT 徘徊。

3.5 超大型貨櫃船未來之發展分析

邁入 21 世紀以後，造船界與學術界就有專家預測，不久的將來可裝載一萬個標準貨櫃的超大型貨櫃輪將會在歐洲問世。航港相關業者所最關切的議題不外乎，超大型貨櫃船最新的發展趨勢和未來發展方向究竟如何？海運界應如何來因應等問題。

依據德國 2001 年出版的海軍雜誌”Naval Architect”指出，韓國三星造船廠正在建造 9,200 TEU 載運能力的超巴拿馬型貨櫃船，韓國大宇造船公司也正在建造 9,300 TEU 載運能力的超巴拿馬型貨櫃船。但是該雜誌指出，早就有造船廠表示準備接受有關建造 10,000TEU 的超大型貨櫃船的訂單。更令人驚訝的是，丹麥有一家造船公司已經在策劃與人合夥建造 12,500 TEU 的”蘇伊士級 (Suezmax)”超巨型貨櫃船。這種貨櫃船的吃水在 14.5 公尺左右，船體寬度在 50 公尺，正好是目前船舶通過蘇伊士運河的最大限度。據國際造船專家預測，18,000 TEU 的貨櫃船屬於”麻六甲級 (Malaccamax)”因為這種超巨型貨櫃船的吃水達到 21 公尺左右，正好是可以通過麻六甲海峽船舶的最大吃水限度。但是新的造船技術和先進設計水平可以使滿載 18,000 TEU 貨櫃船的最大吃水減少到”僅僅”18 公尺。最新一代兆級(mega)12,500 TEU 的貨櫃船至少需要 8 萬至 10 萬千瓦馬力，按照現在世界造船工業發展速度和使用造材料、設計水平和生產技術，製造出輸出馬力達到如此高水平的內燃機是可能的。目前，德國 MAN B&W 內燃機公司已經生產出輸出馬力達到 7 萬千瓦，14 缸的 K98MC 船用柴油機，只需單軸驅動就足夠推動 15,000 TEU 級貨櫃船時速達到 25 節。

目前，全球能夠接納這些兆級貨櫃船的貨櫃樞紐港大約有 15 個。這些樞紐港目前遇到的最大問題是碼頭基礎設施一時尚難以應付超大型貨櫃船所帶來的巨大的貨櫃進出口量。這就是為何阿曼的撒拉拉貨櫃港、馬來西亞的丹戎帕勒帕斯港和其它一些新生的貨櫃樞紐港，其新港址的規劃興建都選擇在遠離都會區的主要原因。儘管現代化的造船技術、造船的軟硬體設備，還有機具設施完善的貨櫃樞紐港，都會為超級貨櫃船不斷的問世和升級換代提供有效的服務，但是到目前為止，大多數航運公司都採取觀望態度，真正願意為超級貨櫃船投下訂單的航商還是極為少數。據 2001 年 8 月”Lloyd’s List”雜誌刊登德魯里航運諮詢公司的一篇文章指出，許多航運專家都認為，在運載能力為 4,000 TEU 的貨櫃船上的每只標準櫃位(20 foot slot)的成本是 2,315 美元，而同樣在一艘 10,000 TEU 運能的貨櫃船上的每只標準櫃位的成本

可以降低到 1,449 美元。但是文章接著指出，這個櫃位成本數據並沒有完全反映出全部的費用。還有許多隱藏成本沒有被全部顯示出來。例如貨櫃支線轉運成本，貨櫃陸地運輸成本，雇員成本等等均沒有納入成本核算項目。儘管如此，德魯里航運諮詢公司仍然樂觀地指出，2005 年之前將有單船 10,000 TEU 運能的貨櫃船正式投入營運。2010 年問世的超級貨櫃船的單船運能將增加到 12,000 TEU。

國際上一些海運專家對超級貨櫃船的發展趨勢進行長期的調查研究後發現，與基本載運能力為 4,000 TEU 左右的”巴拿馬”級貨櫃船相比，基本運能為 1.25 萬 TEU 左右的”蘇伊士”級貨櫃船每載運一只標準櫃可以節省 20% 的成本，但是如果與目前正在營運之主流船型 6,000 TEU 左右的”超巴拿馬”型貨櫃船相比，“蘇伊士”級貨櫃船載運每只貨櫃所節省的成本幾乎是微不足道。但是德魯里航運諮詢公司的專家指出，透過一系列研究分析顯示，如果貨櫃船從“蘇伊士”級發展到基本運能為 1.8 萬 TEU 左右的”麻六甲”級，櫃位運輸成本可以再節省 15%。於是德魯里航運諮詢公司之專家樂觀的指出，未來兆級貨櫃船可以和目前經營得十分興盛的汽車運輸專用船展開激烈的競爭。據海運專家估算，如果把目前全球汽車年運輸總量以每只 40 英尺貨櫃內配載四輛汽車，全部轉由“麻六甲”級貨櫃船來運輸，每年只需“麻六甲”級貨櫃船 15 艘次即可全部運完全世界所有的汽車貿易量，至於後者每一輛汽車的運輸成本必然比現有的汽車專用船大幅度下降。如果這一切成為事實，目前仍然生意興隆的汽車運輸專用船有可能被迫停航或閒置。

總而言之，以“蘇伊士”級或者“麻六甲”級，單船運能在 1.2 萬 TEU 以上超大型貨櫃船的優點確實很多，但是正如一些國際海運專家所指出的，目前國際上一些中、大型航運公司在評估是否準備開發投資“蘇伊士”級或者“麻六甲”級之超大型貨櫃船的重大議題上，幾乎都處於觀望的態度等待別人邁出第一步，由目前全球海運市場的經營環境仍處於供過於求之階段，市場運費仍然十分低迷的形勢來評估，超大型貨櫃船應不會如雨後春筍那般立即大量湧現出來。

3.6 釜山港

1. 貨櫃碼頭設施

釜山港位於韓國南部，此港口是連接東亞大陸和太平洋海岸的重要門戶，該港設立已 120 年，並由 North Port, South Port, Gamchun Harbor, Tadaepo Harbor 等四座港區所組成。2002 年釜山港處理南韓 95% 的貨櫃量及 45% 的出口量。

釜山港水域面積為 243 平方公里，海岸長度為 202 公里，港內水深為-5.0 至-15 公尺，潮差為 1.3 公尺。釜山港現擁有一般碼頭及貨櫃碼頭，並且韓國大部分的貨櫃運輸都經由此港口進出，該港現有的四座貨櫃中心是位於北港區(North Harbor)如表 3.6.1 所示，分別為子城台碼頭 Jasungdae(1978 年 9 月營運)，神仙台碼頭 Shinsundae(1991 年 6 月營運)，牛岩碼頭 Uam(1996 年 9 月營運) 及甘曼碼頭 Gamman (1998 年 4 月營運)。另兩座韓進海運公司位於勘灣 Gamchun Harbor 港區的貨櫃碼頭同樣在 1997 年 11 月已開始營運。現有 1、2、3、4、7 號碼頭和中央碼頭(Central Pier)是位於北港區，1、2 號碼頭目前由政府營運，其餘碼頭已由民間公司所租用營運。一般碼頭將近 80% 是裝卸貨櫃貨，其餘才是一般貨物。而中央碼頭位於 Gamchun Harbor 港區，是由 Dongjin Co., Ltd. 所租用作為裝卸木材使用。釜山港目前已提供最佳的民營化貨櫃碼頭設施，並在發展新的釜山港區，預計可在 2006 年開始營運。其中甘曼貨櫃碼頭 (Gamman Container Terminal)已在 2002 年增加一座新的碼頭並持續推動自由化政策。

表 3.6.1 釜山港貨櫃碼頭設施現狀

項目	子城台碼頭	神仙台碼頭	勘灣碼頭	牛岩碼頭	甘曼碼頭	勘灣擴張區域
投資建設年份	1978 (1 個泊位 96.9)	1991 (1 個泊位 97.9)	1997	1996	1998	2002
長度(米)	1,447 (1,262+185)	1,200	1,400	500	600	826
靠泊能力	5 萬載重噸x4 2 萬載重噸x1	5 萬載重噸x4	5 萬載重噸x4	2 萬載重噸x1 5 萬載重噸x2	5 萬載重噸x2	5 萬載重噸x2 5 萬載重噸x1
水深(米)	12.5	14-15	15	11	13	12-15
處理能力 (TEU)	100 萬	128 萬	120 萬	40 萬	20 萬	48 萬
面積 (平方米)	64.7 萬	103.8 萬	75 萬	18.4 萬	14.2 萬	30.8 萬
鐵路線 (米)	980	925	1,032	--	--	--
橋吊(台)	12	11	12	4	4	7
(拿馬型)	(8)	(8)	(5)	(4)	(--)	(--)
(超巴拿馬型)	(5)	(3)	(8)	(--)	(4)	(7)

資料來源：釜山港務局

2. 營運概況

韓國港口基本上是由國家管理和營運即所謂“國有國營”，但為提高營運績效和競爭力，90 年代開始即進行碼頭民營化作業。釜山港貨櫃碼頭營運公司(BCTOC)是 1978 年由國家所成立，到 1999 年 5 月才由政府予以民營化，租用者為現代商船，該公司同年 7 月將 BCTOC 改稱為現代釜山貨櫃碼頭(HBCT)。同時為了因應釜山不斷成長的貨櫃需求，韓國政府擬定長程計畫發展位於外海的 Gaduk Island 為未來的貨櫃中心。跟據這項新港計畫每年將可增加 4,600,000 TEU 的能量，這項計畫將有助於釜山港成為亞太地區的樞

紐港並領導韓國成為海運大國。

此新港將為貨櫃專用碼頭，釜山新港公司(Pusan New Port Co. Ltd.) 是由韓國著名公司如 Samsung, Hyundai, Hanjin, 等於 1997 年 6 月組成。而另一項進行中的甘曼貨櫃中心擴建計畫是在 1998 年開始營運，以配合港口日益增加的貨櫃運輸需求，已在 2001 年時全部完工。該項工程完工後，釜山港已可同時容納停泊十六艘五萬噸級貨櫃船。回顧近十年來釜山港的貨櫃成長甚為快速，2002 年釜山港的貨櫃量已為 1991 年貨櫃量的 3.2 倍，近三、四年來貨櫃的年平均成長率高達 30%以上，其中 1997 年釜山港 Jasungdae、Shinsundae 及 Uam 等貨櫃碼頭貨櫃作業量達 533 萬 TEU，成長率為 10.77%，與全球第四大貨櫃港的荷蘭鹿特丹港競爭激烈，1998 年則為 589 萬 TEU，成長率為 9.92%，1999 年則以 11.94%的成長率，貨櫃量高達 644 萬 TEU，位居全球第四大貨櫃港，2000 年貨櫃量為 754 萬 TEU 超越高雄港排名全球第三，至 2002 年的 933 萬 TEU 使得釜山港穩居全球第三大貨櫃港。貨櫃碼頭中獲得經營甘曼貨櫃碼頭(GECT)的經營權是由長榮和韓國東部 (Dongbu) 集團共同取得，經營權長達 30 年。長榮和立榮將是此碼頭的最重要客戶，但長榮仍傾向將此一每年 800,000 TEU 能量的碼頭作為公共使用的碼頭。

私人所經營的貨櫃碼頭對釜山港營運有相當大的影響，主要是過去三年來引進民營化的措施。在 1999 年 5 月，現代釜山貨櫃公司 (Hyundai Busan Container Terminal) 接管子城台碼頭，早先這座貨櫃中心是由國營的釜山貨櫃公司(Busan Container Terminal Operating Company, BCTOC) 所經營。這座韓國最大的公共碼頭，有 13 部岸邊橋式起重機，碼頭長度為 1,447 公尺，但是作業效率非常低。現代海運 (HMM) 表示，由於碼頭水淺和機具老舊，因此該公司計畫投資美金 167 百萬元以更新機具並浚深碼頭水深。特別是韓進海運將把岸邊水深由 12.5 公尺浚深到 14 公尺，以容納超過 5,000 TEU 的超巴拿馬型貨櫃船的靠泊。同時它將更換場地的跨載機改以膠輪式的橋式起重機，現代海運希望能將此碼頭的裝卸 1 百萬 TEU 提升到 1.3

百萬 TEU。

神仙台貨櫃碼頭是由釜山東碼頭公司（Pusan Eastern Container Terminal, PECT）所經營，也同樣已被民營化。1999 年 PECT 裝卸 1,196,207 TEU，比 1998 年 1,226,151 TEU 衰退 2.4%，減少的原因是由於光陽港新碼頭和釜山甘曼碼頭的啟用，使一些以前的客戶如現代海運都流失掉。從 1998 年起，甘曼貨櫃中心即按步驟開始配合民營化措施，這些公司如朝陽（Cho Yang）、現代海運（HMM）、大韓通運（Korea Express）都參與營運，例如現代甘曼貨櫃碼頭已在 1999 年 4 月完工啟用。其他如韓進海運所擁有的甘川碼頭（Kamcheon）在 2000 年 5 月也已裝卸第一百萬 TEU，這個碼頭是在 1997 年 11 月啟用。

位於釜山港主要貨櫃中心約 20 公里的新港區，擁有兩座 300 公尺碼頭，面積為 34 公頃，水深為 14 公尺並有 4 部岸邊超巴拿馬型橋式起重機。目前是由韓進和它的聯盟夥伴，朝陽、德國勝利（DSR-Senator）和區域性航運公司如 Dongnama Shipping、Heung-A Line 所共同使用。韓進公司在 2000 年佔釜山港的 13% 裝卸量，這由甘川、甘曼和勘灣（Kupyong）三座碼頭共同完成。

釜山港因外資限制條件的解除、貨櫃碼頭的擴建、港埠經營民營化以及碼頭設施的現代化等實施，使得釜山港作業效率為之提升，2002 年釜山港的貨櫃量達 9.33 萬 TEU，成長率為 15.6%；其中轉口量為 383 萬 TEU，成長率更高達 30.2%，使釜山港轉口櫃比例由 1997 年 20.7% 增加為 42.0%，而轉運櫃之成長比率由 1991 年的 17.4% 增加為 30.2%，如表 3.6.2 所示。

從統計資料可看出韓國政府已成功的將該國港口發展為區域性樞紐港。很明顯的，遠洋海運業者已使用釜山港及在不遠處的光陽港，以作為運送中國大陸、日本、俄羅斯太平洋岸及東南亞的轉運貨源。

表 3.6.2 釜山港的貨櫃吞吐量

年份	進口	出口	轉運	內貿	合計
1996	1,838	1,981	941	83	4,843
1997	1,993	2,136	1,105 (17.4)	99	5,333
1998	2,154	2,358	1,214 (9.9)	138	5,891
1999	2,272	2,406	1,632 (34.4)	129	6,439
2000	2,484	2,551	2,390 (16.4)	116	7,541
2001	2,497	2,514	2,943 (23.1)	119	8,073
2002	2,695	2,763	3,831 (30.2)	44	9,333

註：括號中為比去年的成長率(%)

3. 未來發展計畫

未來十年，南韓政府計畫開發九個新的港口，投資建設 236 座碼頭，預計 2011 年總吞吐量達 3.22 億噸，屆時南韓將成為東北亞的配送中心。而釜山港新釜山港區(New Pusan Port)興建 30 座貨櫃碼頭工程完工後，可增加 810 萬 TEU 的貨櫃容量，將使釜山港的貨櫃作業更順暢，而塑造為舊金山風格的港口亦成為釜山港的另一個目標。在釜山港的各項擴建計畫中，新的甘曼貨櫃中心（Gamman）在 2002 年有相當幅度的貨櫃量成長，達到 2.22 百萬 TEU。而神仙台（Shinsundae）貨櫃中心為 1.52 百萬 TEU，子城台（Jasungdae）貨櫃中心也達到 1.52 百萬 TEU，另外韓進的專用碼頭甘川(Kamcheon)貨櫃量為 503,084 TEU，近洋使用的 UAM 貨櫃碼頭也達到 501,827 TEU 如表 3.6.3 所示。

表 3.6.3 釜山港各貨櫃碼頭歷年來貨櫃裝卸量比重

單位：TEU

區分	合計	子城臺	神仙臺	甘曼碼頭	牛岩碼頭	甘川碼頭
‘97 年 (比重)	5,332,744 (100.0)	1,808,146 (33.9)	1,452,036 (27.2)	- (-)	340,554 (6.4)	- (-)
‘98 年 (比重)	5,891,168 (100.0)	1,228,383 (20.9)	1,195,563 (20.3)	882,117 (15.0)	278,692 (4.7)	357,984 (6.1)
‘99 年 (比重)	6,439,589 100.0	1,006,645 15.6	1,177,188 18.3	1,398,476 21.7	348,983 5.4	435,895 6.8
‘00 年 (比重)	7,540,387 (100.0)	1,433,801 (19.0)	1,282,135 (17.0)	1,769,120 (23.5)	312,299 (4.1)	386,818 (5.1)
‘01 年 (比重)	8,072,814 (100.0)	1,272,288 (15.8)	1,319,761 (16.3)	1,922,497 (23.8)	447,693 (5.5)	432,941 (5.4)
‘02 年 (比重)	9,333,603 (100.0)	1,520,063 (15.7)	1,520,208 (15.8)	2,227,478 (23.2)	501,827 (4.8)	503,084 (4.9)

資料來源：釜山港務局

釜山從 1990 年代起即一直在擴充港口貨櫃碼頭和進行第四階段的計畫，位於甘曼的貨櫃碼頭已在 1997 年完工，該項計畫增加四座碼頭並可供 50,000 DWT 船舶靠泊。稍後持續興建兩座以上的深水碼頭，安置 5 部超巴拿馬型橋式起重機和一座可供 5,000 DWT 船型靠泊的集貨船碼頭。在這確定的擴建區域，包含碼頭長度 826 公尺和陸地面積為 308,000 平方公尺，已在 2002 年三月完工，每年可增加 480,000 TEU 的裝卸能量，工程經費共計美金 193.8 百萬元。完工後，釜山港已可同時容納 14 艘深水貨櫃船作業。

儘管持續在投資新的貨櫃碼頭，釜山港仍需在未來五年增加新的貨櫃碼頭能量，為了配合此項計畫，新的港口將建在這所謂的「釜山新港計畫」如表 3.6.4 所示，該計畫由三星（Samsung）集團所負責第一階段計畫，該計畫於 1997 年至 2006 年完成 11 座貨櫃碼頭長度 3500

公尺，第二階段計畫預計在 2007 年至 2011 年完成 19 座貨櫃碼頭長度 6050 公尺。到 2011 年時將增為 30 座碼頭，所有碼頭設施將允許 50 年的經營權。

表 3.6.4 釜山新港建設計畫

年份	第一階段	第二階段	全部工程
工期	1997-2006	2007-2011	1997-2011
岸壁靠泊能力 (長度，米)	5 萬載重噸*11 (3,500)	5 萬載重噸*19 (6,050)	5 萬載重噸*30 (9,550)
裝卸能力 (千 TEU)	3,000	5,100	8,100
財政資金： 民間資金	47%：53%	72%：28%	59%：41%

最初有些觀察家認為韓國政府的雙樞紐港策略是有缺點的，特別是光陽港會搶走釜山港一部分的業務，但是兩者的業務卻都快速的成長。在 1999 年，光陽港貨櫃量為 420,000 TEU，在 2001 年前全年達到 887,000 TEU。

大部分的世界大型航運業者，如新世界聯盟（New World Alliance）大聯盟（Grand Alliance）和麥司克都有定期線靠光陽港，貨物在此轉運也逐漸增加，新世界聯盟每月有三班航次到光陽，使用現代海運的專用碼頭，主要原因為節省內陸道路運費用和由南韓西岸船運的費用。雖然釜山港負起韓國主要的貨櫃運輸量，幾乎達到現在的 80%，但光陽和仁川兩港仍企圖爭取此一市場大餅。

3.7 光陽港

1.碼頭設施

韓國的光陽新港位於釜山南方 180 公里處，同樣對釜山港產生

競爭壓力，四座貨櫃碼頭已完全由私人公司所營運。目前光陽港有 8 部超巴拿馬型橋式起重機配置在 1,400 公尺的碼頭上，水深為 15 公尺，每年的裝卸能量為 960,000 TEU。光陽港貨櫃碼頭是從上世紀九十年代後半期起建設的，第一階段於 1998 年建成了 4 個 5 萬載重噸泊位。第二階段的第一期工程於 2002 年 4 月完成 2 個 5 萬載重噸泊位和 2 個 2 萬載重噸泊位的投資如表 3.7.1 所示，後者主要用於支線船。

表 3.7.1 光陽港貨櫃碼頭設施現狀

項 目	第一階段	第二階段第一期
投資年.月	1998.7	2001.12
岸線長度(米)	1,400	1,150
靠泊能力	5 萬載重噸*4	5 萬載重噸*2 2 萬載重噸*2
水深(米)	15	12~15
處理能力(TEU)	120 萬	81.4 萬
面積(平方米)	84 萬	54.8 萬
鐵路線(米)	1,040	--
橋吊(台)	8	6
(巴拿馬型)	(1)	(--)
(超巴拿馬型))	(7)	(6)

2.營運概況

在韓國，在釜山港以外作為中心港建設的有光陽港。光陽港的貨櫃碼頭於 1998 年投資建設，正式營運是從 1999 年開始的，2001 年的吞吐量已達到約 88.7 萬 TEU 如表 3.7.2 所示。

表 3.7.2 光陽港的貨櫃吞吐量

單位：千 TEU

年份	進口	出口	轉運	內貿	合計
1998	21	11	--	--	32
1999	25	19	--	--	44
2000	283	268	64	27	642
2001	333	344	166	44	887

3.未來發展計劃

光陽港的建設計劃由於是在八十年代後半期制訂的，因而以韓國貨櫃集團為建設主體。第一階段已經結束，第二階段的一期工程也已投資。今後將進行第二階段的第二和第三期的建設，從整個計劃看，2011 年前將建成 29 個 5 萬載重噸泊位和 4 個 2 萬載重噸泊位。從資金方面看，財政資金占 31%，貨櫃集團資金占 69%，這 69%幾乎都來自發行債券和租賃費收入如表 3.7.3 所示。

表 3.7.3 光陽港的建設計畫

年份	第一階段	第二階段 第一期 第二期		第三階段	全部工程
工期	1987-1999	1995-2001 1995-2003		2004-2011	1987-2011
岸壁靠泊能力 (泊位)	5 萬載重噸*4	5 萬載重噸*2 2 萬載重噸*2	5 萬載重噸*2 2 萬載重噸*2	5 萬載重噸*21	5 萬載重噸*29 2 萬載重噸*4
裝卸能力 (千 TEU)	1,200,000	815,000	815,000	6,300,000	9,1130,000
財政資金： 民間資金	46%：54%	52%：48%		23%：77%	31%：69%

第二階段的光陽港發展計畫將增加 2.7 公里碼頭，包含四座深水碼頭和四座集貨船碼頭，屆時光陽港每年裝卸能量可達到 2.4 百萬 TEU。

第四章 貨櫃碼頭出租最適規模之研究

4.1 前言

港埠之興建最主要的目的就是服務航商與貨主，因此任何一個港埠想要在競爭激烈之市場中脫穎而出，就不能忽略航商及貨主之需求。自貨櫃化運輸導入海運市場以來，整個海運經營環境有了很大之變動，航商與航商之間，以及港埠與港埠之間之競爭都越來越激烈。而為了確保本身之競爭能力，增加市場佔有率，航商與港埠也都各自朝向更大經營個體及擴大經營業務範圍之方向發展。

航商之策略非常明確，除了不斷的透過結盟、合併、收購形成更強大的個體，擴大其業務營運範圍，涉足物流供應鏈配銷管理，以改善它們的營運效率、強化財務體質外，而且為了進一步達到規模經濟、降低營運成本，航商也持續的興建大型及專業化之船舶以增加其船舶總載運能量。如果這些船舶花大部分之時間滯留在港埠，則將造成航商營運上很大之損失，而且為了滿足貨主要求增加戶及戶運送頻率之需求，所以航運公司必須採取不同之方法去訂定它們的航線、減少灣靠之港埠以及加速貨物裝卸速度來達到這個目的。短期內航商將會要求貨櫃中心之績效，提高其裝卸效率從現在國際標準的每小時 65 個櫃，提高至每小時 100 個櫃；而就長期而言，則要達到每小時 150 個櫃之裝卸效率。因此，航商與貨櫃中心經營者間之契約協定有越來越嚴格之傾向，航商要求能夠更緊密的控制貨櫃中心經營者之作業流程，以確保其貨櫃船都能以最低之費率在預定之作業時間，完成裝卸作業而出港。如果貨櫃中心經營者不能滿足其各種營運效率之要求，則航商將會進而希望自己來經營貨櫃中心，以充分掌握物流配銷作業每一環節之管理，以確保廠商貨主能在既定之時間及地點得到契約數量之貨品。

面對航商組織結構變動、提供垂直整合之服務、貨櫃船大型化、灣靠港口數目減少、灣靠頻率增加等，為了提高港埠之競爭力，除了

地理位置以外，港埠當局必須投資建設大得足以容納數條主要航線及它們的接駁航線同時到達、裝卸及儲存相當大量貨櫃之樞紐貨櫃中心(mega-terminal)。並且以最低費率提供航商貨主最高品質服務以及最高之滿意度。可是港埠之資源非常珍貴有限，不能無限制之開發擴建。貨櫃中心之經營，到底至少要幾座才能達到經濟規模？在不同之既有船席規模狀況下，是否增建船席之效益都是一樣的？例如以台北港貨櫃儲運中心 BOT 之興建，是一次興建兩座？四座？六座？還是更多？高雄港各航商其承租專用碼頭之船席數是否達到經濟規模？在航商有朝自己擁有貨櫃碼頭經營之需求，港埠當局又為了提高競爭力有興建更多更大型貨櫃中心之壓力下，因此，相關之碼頭營運績效課題必須廣泛又深入研究。

本研究將從最基本之港埠系統特性開始探討，討論其船舶到達時間間隔分佈，船席服務時間分佈，不同碼頭經營型態適合之等待模式。接著分別以不含成本函數之評估指標以及包含船舶及碼頭各種成本項之無因次 IND 指標來分析不同貨櫃碼頭規模之營運績效，其獲致之結果，將可作為港埠當局經營及規劃貨櫃中心之參考。

4.2 等待理論

等待理論(Queuing theory)之概念為擁擠問題之發生係由於某交通流受阻撓而造成遲滯現象，此種交通流通常為一種不連續性(discrete)之型態，與船舶之到港、停靠船席接受裝卸服務，然後出港之型態非常類似，因此相關之等待模式(queuing model)就被廣泛應用於探討港埠擁擠狀況及船舶滯港時間分析之研究。有關港埠等待系統之影響因素大概有：1.船舶到達時間間隔其機率分佈到底為何？2.船舶來源是否限量？3.等待線長度是否有限？4.船舶靠泊船席接受服務，其服務原則為何？先到先服務？大船先服務？某種船舶有優先權？或者其它服務準則？5.船席數量多寡？6.船舶在船席接受裝卸服務其裝卸時間分佈為何？影響因素不同，則其適用之等待模式自然也不相同。

4.2.1 等待系統之表示方法

由上節等待系統之構成因素所述，可知一個等待系統之結構可以由下列六個不同特性來描述： $(a / b / c) : (d / e / f)$

- a：表到達船舶數目之分佈或任何兩艘船到達時間間隔之分佈，當船舶到達數目為 Poisson distribution，而彼此到達時間間隔分佈為 Exponential distribution 時，以 M 表示；若為 Erlang distribution 則以 E_k 表示，k 為 Erlang distribution 之相位；固定時間到達以 D 表示。
- b：表被服務或離開之船舶數目分佈，或被服務船舶之服務時間分佈。可能為 M， E_k ，或 D。
- c：服務設施（服務人員）數目，港埠系統中之船席數目。
- d：服務系統（設施）之服務方式。
- e：整個系統所能容納之最大個數（包含等待及正在接受服務之顧客數目）。
- f：顧客來源之群體。

4.2.2 等待模式主要隨機變數間之關係

各變數之關係可由圖 4.2.1 來說明：

λ ：單位時間顧客平均到達率

$1/\lambda$ ：顧客到達平均時間間隔

μ ：單位時間顧客平均服務率

$1/\mu$ ：顧客平均服務時間

L_q ：等候接受設施服務之顧客數目

L_s ：正在接受服務之顧客數（當有等待發生時與服務設施數相等）

W_q ：顧客等待被服務之等待時間

W ：顧客在整個系統之時間

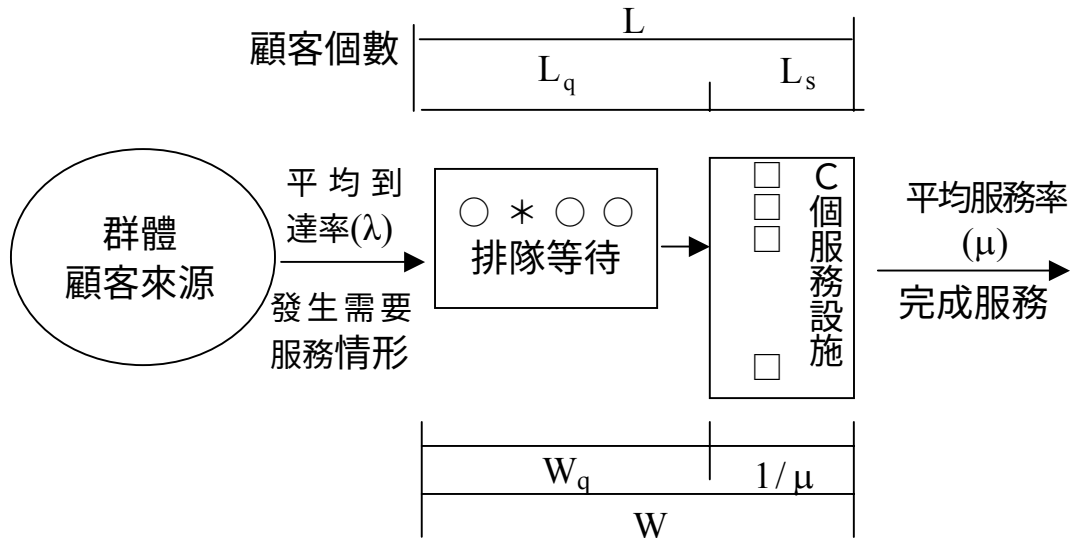


圖 4.2.1 等待系統主要變數關係圖

4.2.2 到達時間間隔指數分佈

指數分佈機率密度函數 $f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ (2.2)

分佈函數 $F(t) = \int_0^t f(t) dt = 1 - e^{-\lambda t}$ (2.3)

故可到達時間間隔 t 之平均或期望值 $E(t) = \int_0^\infty t \cdot f(t) = \frac{1}{\lambda}$ (2.4)

於 t_1 與 t_2 間隔時間內發生一次到達之機率：

$P(t_1 \leq t \leq t_2) = e^{-\lambda t_1} - e^{-\lambda t_2}$ (2.5)

依據指數分佈之性質，可以求得在下一時間段 T 內將無任何到達之機率（亦即到達時間間隔 $t > T$ ）為

$$P(t > T) = 1 - (1 - e^{-\lambda T}) = e^{-\lambda T} \dots\dots\dots(2.6)$$

而就 Poisson distribution 而言，於下一時間段 T 無任何顧客到達之機率為：

$$P(x = 0) = \frac{e^{-\lambda T} (\lambda T)^x}{x!} = e^{-\lambda T} \dots\dots\dots(2.7)$$

由以上之敘述可知：於一等待系統中，若於一段時間之顧客到達數目符合 Poisson distribution，則其顧客到達時間間隔可以指數分佈來表示。

4.2.3 顧客服務時間分佈及服務率

分析顧客服務時間之方式，與分析顧客到達之情形相同，亦即將時間劃分為許多相等之小時間段，然後分析顧客接受完服務後離去之機率分佈及顧客接受服務時間長短之分佈，因此可以得到與分析顧客到達情形時相似之推論：

1. 於某特定時間段內完成服務之機率與該特定區段時間之長度呈正比例，此一比例稱為平均服務率（mean service rate）以 μ 來表示。
2. 在任何長度之時間 T 中，完成服務之次數（或顧客離去之個數）係以平均值為 μT 之 Poisson distribution 型態產生。
3. 完成服務或顧客離去之時間間隔，係以平均服務時間為 $1/\mu$ 之指數分佈型態產生。
4. 服務完成或顧客離去時間之長短，係一隨機之現象。亦即每一顧客完成其所需之服務而離去，與以前之顧客完成服務離去之時間並無直接關聯，並不受到已經發生之服務完成時間影響。

4.2.4 (M/M/1：FCFS/ ∞/∞) 系統狀況

等待系統狀態通常係以在系統中被服務以及在等待中之顧客數目

(n) 來表示，例如在港埠等待系統中，即是指停靠在船席正在裝、卸貨，以及排隊等待靠泊船席之船舶數。遇有其他不同系統情況時只需改換顧客之單位即可，並無實質上之不同。一般常用之符號及其意義概述如下：

λ ：平均到達率，即於一單位時間內到達之顧客數目或單位時間內發生一次之機率（例如 8 分鐘內到達 0.08 人，則 1 分鐘內到達 0.01 人；或 1 分鐘內到達 1 人之機率為 0.01，所以 $\lambda = 0.01$ ）。

$\lambda \Delta t$ ：於時間 t 到 $t + \Delta t$ 之間，有一位顧客到達之機率（8 分鐘到達 1 人之機率為 0.08）。

$1 - \lambda \Delta t$ ：於 Δt 時間內，無一次或更多次到達之機率。

μ ：平均服務率，即於一單位時間內完成服務後離去之顧客數目或單位時間內發生一位顧客完成服務而離去之機率。

$\mu \Delta t$ ：於時間 t 到 $t + \Delta t$ 之間，有一位顧客完成服務而離去之機率。

$1 - \mu \Delta t$ ：於 Δt 時間內，無一次或更多次服務完成之機率。

n ：系統狀態之單位數，係指在 t 時間內，於系統中被服務以及在等待中之顧客數目。

$P_n(t)$ ：於時間 t ，系統中有 n 個顧客之機率（包含被服務以及在等待中之顧客數目）。

$P_{n+1}(t)$ ：於時間 t ，系統中有 $n + 1$ 個顧客之機率。

$P_{n-1}(t)$ ：於時間 t ，系統中有 $n - 1$ 個顧客之機率。

$P_n(t + \Delta t)$ ：於時間 $t + \Delta t$ ，系統中有 n 個顧客之機率

為瞭解等候線系統狀態之性質，必須要先求解 $P_n(t)$ 以獲得系統中之期望顧客數目。為求解 $P_n(t)$ ，有必要先分析 $P_n(t + \Delta t)$ 之意義。

若 $n > 0$ ，則 $P_n(t + \Delta t)$ 係包含四種互斥與完全之事件，亦即四種事件必須發生一種，而且若其中任一事件發生，則其他三種事件皆不發生，如表 4.2.1 所示。

表 4.2.1 等候線系統有 n 個顧客之狀態分析

事件	於時間 t 系統中有 n 個顧客之機率	於 t 到 $t + \Delta t$ 顧客到達數目	於 t 到 $t + \Delta t$ 完 成服務顧客數目	於時間 $t + \Delta t$ 時 系統中顧客數目
I	P_n	0	0	n
II	P_{n+1}	0	1	n
III	P_{n-1}	1	0	n
IV	P_n	1	1	n

$$P(I) = P_n(t)(1 - \lambda\Delta t)(1 - \mu\Delta t)$$

$$P(II) = P_{n+1}(t)(1 - \lambda\Delta t)(\mu\Delta t)$$

$$P(III) = P_{n-1}(t)(\lambda\Delta t)(1 - \mu\Delta t)$$

$$P(IV) = P_n(t)(\lambda\Delta t)(\mu\Delta t)$$

由於為相斥事件，所以

$$\begin{aligned}
 P_n(t + \Delta t) &= P(I) + P(II) + P(III) + P(IV) \\
 &= P_n(t)(1 - \lambda\Delta t - \mu\Delta t) + P_{n+1}(t)(\mu\Delta t) + P_{n-1}(t)(\lambda\Delta t) \\
 &= P_n(t) - P_n(t)(\lambda\Delta t + \mu\Delta t) + P_{n+1}(t)(\mu\Delta t) + P_{n-1}(t)(\lambda\Delta t) \quad \dots\dots(2.8)
 \end{aligned}$$

上式已省略 Δt^2 項。

當系統達到穩定狀態時，系統狀態之機率已不隨時間之進行而有所改變，亦即以時間為函數之系統狀態機率變化率為零。也就是：

$$\frac{P_n(t + \Delta t) - P_n(t)}{\Delta t} = 0 \dots\dots\dots(2.9)$$

將 $P_n(t + \Delta t)$ 代入可求出

$$P_n(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} P_{n+1}(t) + \frac{\mu}{\lambda + \mu} P_{n-1}(t) \dots\dots\dots(2.10)$$

當在穩定狀態時 $P_n(t)$ 可逕以 P_n 表示，而不受時間影響，所以上式可表為：

$$P_n = \frac{\mu}{\lambda + \mu} P_{n+1} + \frac{\mu}{\lambda + \mu} P_{n-1} \dots\dots\dots(2.11)$$

(2.11)式中之 $n-1$ 必須 ≥ 0 ，否則不合等待線系統狀態之要求，故需另外求解 $P_0(t)$ 之值。

求解 $P_0(t)$ 之方式與求解 $P_n(t)$ 之方式相同，亦係自 $P_0(t + \Delta t)$ 著手。分析 $P_0(t + \Delta t)$ 之可能狀況，計有下列兩種，如表 4.2.2 所示：

表 4.2.2 等候線無顧客之系統狀態分析

事件	於時間 t 系統中有 n 個顧客之機率	於 t 到 $t + \Delta t$ 顧客到達數目	於 t 到 $t + \Delta t$ 完成服務顧客數目	於時間 $t + \Delta t$ 時系統中顧客數目
V	P_0	0	---	0
VI	P_1	0	1	0

$$P(V) = P_0(t)(1 - \lambda\Delta t)$$

$$P(VI) = P_1(t)(1 - \lambda\Delta t)(\mu\Delta t)$$

$$P_0(t + \Delta t) = P_0(t)(1 - \lambda\Delta t) + P_1(t)(\mu\Delta t) \quad (\text{省略 } \Delta t^2 \text{ 項})$$

當系統達到穩定狀態時，系統狀態之機率已不隨時間之進行而有所改變，亦即以時間為函數之系統狀態機率變化率為零。也就是：

$$\frac{P_0(t+\Delta t)-P_0(t)}{\Delta t} = \frac{P_0(t)(1-\lambda\Delta t)+P_1(t)(\mu\Delta t)}{\Delta t} \dots\dots\dots(2.12)$$

$$= -\lambda P_0(t) + \mu P_1(t) = 0$$

$$\therefore P_1(t) = \frac{\lambda}{\mu} P_0(t) \text{ 或 } P_0(t) = \frac{\mu}{\lambda} P_1(t) \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\text{當系統狀態達到穩定時，(2.13) 式可化為 } P_1 = \frac{\lambda}{\mu} P_0 \dots\dots\dots(2.14)$$

由 (2.11) 式，當 $n = 1$ 時

$$P_1 = \frac{\mu}{\lambda + \mu} P_2 + \frac{\mu}{\lambda + \mu} P_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu} P_2 + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \left(\frac{\mu}{\lambda} \right) P_1 \dots\dots\dots(2.15)$$

$$= \frac{\mu}{\lambda + \mu} P_2 + \frac{\mu}{\lambda + \mu} P_1$$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{\lambda}{\mu} P_1 = \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^2 P_0$$

同理，當 $n = 2$ 時

$$\Rightarrow P_3 = \frac{\lambda}{\mu} P_2 = \frac{\lambda}{\mu} \left(\frac{\lambda}{\mu} P_1 \right) = \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^2 P_1 = \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^3 P_0$$

$$\text{依此類推 } P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0, n \geq 0 \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\therefore \sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1 \dots\dots\dots(2.17)$$

將 (2.16) 代入 (2.17) 式

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n P_0 = P_0 \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu} \right)^n = 1 \dots\dots\dots(2.18)$$

∵ μ 必須大於 λ ，即 $\lambda/\mu < 1$ 等待線系統才不至於無限擴展，∴ 為收斂級數。

$$\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 = P_0 \sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n = P_0 \left(\frac{1}{1 - \frac{\lambda}{\mu}}\right) = 1$$

$$\Rightarrow P_0 = 1 - \frac{\lambda}{\mu} \dots\dots\dots(2.19)$$

將 (2.19) 代入 (2.16) 式 $\Rightarrow$

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n \left(1 - \frac{\lambda}{\mu}\right), n \geq 0$$

$$\text{令 } \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$

$$\text{則 } P_n = \rho^n (1 - \rho) \dots\dots\dots(2.20)$$

整個系統中顧客數目（包括等待及接受服務） L ：

$$L = E(n) = \sum_{n=0}^{\infty} n \cdot P_n = \sum_{n=0}^{\infty} n \cdot \rho^n \cdot (1 - \rho) = (1 - \rho) \sum_{n=0}^{\infty} n \cdot \rho^n \dots\dots\dots(2.21)$$

$$= (1 - \rho) \frac{\rho}{(1 - \rho)^2} = \frac{\rho}{1 - \rho} \quad 0 < \rho < 1$$

$$V = \text{Var}(n) = \sum_{n=0}^{\infty} [n - E(n)]^2 = \frac{\rho}{1 - \rho^2} \dots\dots\dots(2.22)$$

在穩定狀態下，系統中平均在等待之顧客數 L_q ：

$$L_q = \begin{cases} 0, & L = 0, 1 \text{ (單線到達單一服務設施); (若為多個服務設施則 } L = 0, 1, \dots, C) \\ L-1, & L \geq 2 \text{ (單線到達單一服務設施); (若為多個服務設施則 } L \geq C, L_q = L - C) \end{cases}$$

$$\text{令 } \phi(\gamma) = P(L_q = \gamma), \gamma = 0, 1, 2, \dots$$

$$\text{則 } \phi(0) = P(L_q = 0) = P(L = 0) + P(L = 1) = P_0 + P_1 = (1 - \rho) + \rho(1 - \rho) = 1 - \rho^2$$

$$\phi(\gamma) = P(L - 1 = \gamma) = P(L = \gamma + 1) = P_{\gamma+1} = (1 - \rho) \rho^{\gamma+1}$$

$$\therefore \phi(\gamma) = \begin{cases} 1 - \rho^2, & \gamma = 0 \\ (1 - \rho) \rho^{\gamma+1}, & \gamma \geq 1 \end{cases}$$

$$L_q = E(\gamma) = \sum_{\gamma=0}^{\infty} \gamma \cdot \phi(\gamma) = \sum_{\gamma=1}^{\infty} \gamma \cdot (1 - \rho) \rho^{\gamma+1} = \frac{\rho^2}{1 - \rho} \dots\dots\dots(2.23)$$

每位顧客於系統中之平均等待時間 W_q ：

設隨機變數 T_q 為顧客在等待系統中所費之時間，而 $W_q(t)$ 為等待時間之機率分佈函數，則 $W_q(0) = P(T_q = 0) = P_0$ （到達顧客發現系統無人） $= 1 - \rho$ 。而如果有一位顧客到達時發現已有 n 人在系統中，則這位顧客必須等到此 n 個顧客之總服務時間 $T_q = \sum_{i=1}^n S_i$ 才能進入服務系統。因為每一個 S_i 都是獨立且一致之指數分佈，故 T_q 呈 Gamma distribution，其機率密度函數為：

$$f(t) = \mu e^{-\mu t} \frac{(\mu t)^{n-1}}{(n-1)!}, \quad t \geq 0, n \geq 1$$

$$\therefore W_q(t) = P(T_q \leq t) = P(T_q = 0) + P(0 < T_q \leq t) = 1 - \rho \cdot e^{-\mu(1-\rho)t}, \quad t > 0$$

$$W_q = E(T_q) = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)} \dots\dots\dots(2.24)$$

一個顧客花費在整個等待系統之平均時間（包括等待及接受服務） W ：

由於 Exponential distribution 服務時間之期望值為 $\frac{1}{\mu}$

$$\therefore W = W_q + \frac{1}{\mu} \dots\dots\dots(2.25)$$

4.3 港埠系統評估指標

船舶進港、靠碼頭、裝卸貨及(貨櫃)場站等作業，皆宜有各別的評估指標。一般而言，航商若使用公用碼頭，船舶進港時，有空船席則可以直接靠碼頭進行裝卸作業，若無空的浮筒或船席靠泊，則必須在外港等候，即以擁擠度(DC)、船舶在港等待時間(W_q)指標等來衡量港口擁擠與船席作業效率之程度。船舶靠泊後，在裝卸作業方面，則有裝卸機具的作業效率(γ_g, γ_n)與船舶平均服務時間($1/\mu$)等指標，以衡量船舶在船席之作業效率。貨物卸下之後，通常會存放於貨櫃場站(MY, CY, CFS)，以等候拖車或鐵路運輸將貨交給貨主。貨櫃場站中，需考量貨櫃裝卸效率、貨櫃取出率、場站土地使用率、貨櫃搬運能力及貨櫃處理能力等場站內的各種指標，以衡量貨櫃場站的運作情形。

4.3.1 等候系統之參數

有關港埠運輸系統之評估指標，從 1960 年代初期各式各樣的評估指標陸續被提出。一般而言，港埠運輸系統之作業流程可以等候系統來描述。國內外文獻中探討船舶到達接受港埠設施服務完畢後再離開之之相關等待模式研究眾多，其中，(M/M/N)及(M/E_k/N)兩者等候系統模式最常被用來描述其系統狀況。Mettam (1967)，Jones & Blunden (1968)，Agerschou & Korsgaard (1969)，De Weille & Ray (1974)，Noritake & Kimura (1983) 認為最能夠描述船舶在港移動之等待模式是 M / M / S(∞)和 M / E_k / S (∞) ($k = 2$ or 3)。王慶瑞 (1972)，Kenneth & Nilsen (1977)，UNCTAD (1978) 證明隨機到港之船舶其服務時間以 Erlang distribution 最為適當。郭塗城等人(1990)將歷年來國內有關船舶到達時間分佈之重要文獻及其研究成果彙整如表 4.3.1 所示，由表 4.3.1 中可知，除了曾安源(1991 年)、盧坤信(1997 年)外，早期文獻大都以統計學上之卡方 (χ^2) 適合度檢定來驗證船舶到達時間分佈。而檢定結果只有黃承傳(1988)、曾安源(1991 年)、盧坤信(1997 年)之研究中檢定出船舶到達時間分佈不符合 Poisson 分佈的現象。因此，吾人可利用各模式所推導出來的各種系統狀態來作為港埠運輸系統之評估指標。

服務時間為 Erlang 分佈時， $k=1$ 即為指數分佈， $k=\infty$ 則為均勻分佈 (Uniform Distribution)，因此，本文以(M/E k/N)系統來探討其特性。

表 4.3.1 國內船舶到達分佈相關研究彙整表

文獻作者	檢定港埠	檢定對象及種類	抽樣年度	檢定方式	檢定結果*
王慶福	基隆港	全港各類船舶	1970	卡方適合度檢定	符合
林肇光	基隆港	全港貨櫃船	--	卡方適合度檢定	符合
	台中港	全港各類船舶	--	卡方適合度檢定	符合
	高雄港	全港貨櫃船	--	卡方適合度檢定	符合
蘇立恆	基隆港	全港各類船舶	1978	卡方適合度檢定	符合
汪進財	高雄港	全港貨櫃船	1978	卡方適合度檢定	符合
			1979	卡方適合度檢定	符合
		全港散雜貨船	1978	卡方適合度檢定	符合
	台中港	全港各類船舶	1978	卡方適合度檢定	符合
劉森添	高雄港		1979~1983	卡方適合度檢定	符合
黃承傳	基隆港		1987	卡方適合度檢定	不符合
朱金元	花蓮港	全港各類船舶	1988	卡方適合度檢定	符合
曾安源	基隆港	全港商船	1987~1989	K-S 檢定	不符合
盧坤信	高雄港	定期貨櫃船	1995	K-S 檢定	不符合
		不定期貨櫃船	1995	K-S 檢定	符合

註：“*”表到達時間間隔檢定結果是否符合指數分佈

4.4 碼頭營運績效分析

碼頭經營績效之良窳，具體反映於其所能產出之船席能量，以及相關成本之節省上。影響船席能量之因素眾多，例如：船舶因素、碼頭因素、岸上前線作業因素、碼頭後線配合因素、碼頭經營方式、裝卸作業方式、實際機具使用數、全年實際作業數、碼頭使用率、船席數等。其中，合理船席使用率(ρ)之決定，實為計算船席作業能量之關鍵所在。決定合理使用率(ρ)之方法，可分為與等候系統有關之擁擠度法(DC)、平均等待時間法(W_q)、等待因子法 ($AWT/AST = W_q \times \mu$) 及結合等待理論相關模式與成本函數最適化建立評估指標之分析方法。各種指標之特性以及其使用時之優缺點，在前面章節已有敘述。本研究則基於操作之簡便性，以及不同港埠、不同期間成本之比較性，分別採用等待因子法及無因次指標 IND 來進行相關營運規模分析。

第五章 結論與建議

5.1 結論

1. 高雄港貨櫃航線轉運成本分析之研究針對航商是否選擇高雄港做為其轉運港之課題做探討。首先回顧相關文獻，分析高雄港的貨櫃轉運現況，然後構建出以追求航運成本與貨物存貨成本最小化為目標的成本函數，運送以分析單一集貨港的轉運成本。
2. 在文獻回顧部份，回顧了有關航線規劃與靠泊港決策之文獻。由航線規劃相關文獻之回顧，可知大部份文獻針對航線安排、船舶排班課題做探討，著重於網路模式的構建與求解方法的設計。由靠泊港選擇之相關文獻回顧，可知過去研究大多針對一般靠泊港之決策做探討，近來因我政府推動高雄港成為亞太海運中心，才陸續有不少學者專家針對海運轉運中心之選擇做討，一般靠泊港之決策按研究方法可分為問卷調查法與數學規劃法兩類，而海運轉運中心的決策按研究方法則可以分為港埠競爭力比較法與成本分析法。
3. 在成本函數構建部份，本文提出以追求航運成本與貨物存貨成本最小化為轉運港選擇的兩大目標，針對多港靠泊航線分析在貨櫃運送過程中的各項成本，構建出航運成本函數與貨物存貨成本函數。其中，航運成本包含航商擁有與使用船舶每日須固定花費或分攤的船舶時間成本，船舶航行所需耗費的燃油成本，以及船舶在各港口灣靠與裝卸貨櫃所支付的港埠成本；貨物存貨成本則包含貨櫃在港口的等待時間成本，以及在船上的航運時間成本。然後推導航運成本與貨物存貨成本兩目標間的數學關係式，確認兩者具有權衡取捨的反向變動關係，並以數值分析說明運用此成本函數分析貨櫃運送的船型決策問題。
4. 東北亞主要轉運港之發展對高雄港之衝擊預計分二年完成，第一年主要係分析探討全球海運經營環境之變化與回顧貨櫃海運之發展趨

勢同時藉由航運市場之發展與競爭分析進入超大型貨櫃船未來之發展和航商策略聯盟之營運方式並分析對港埠造成之衝擊影響同時提出港埠之因應措施。最後分析東北亞主要港埠之發展包括釜山、光陽、橫濱、東京等港之營運設施與發展現況，以便持續展開第二年之研究工作項目。

5. 高雄港貨櫃碼頭出租最適規模之研究首先以根據平均等待時間與平均服務時間比值之等待因子法，求得不同相位數 K ，在不同船席規模 N ，當 $AWT/AST=20\%$ 及 $AWT/AST=30\%$ 時之合理使用率 ρ ，計算其變化量、變化量與單一船席使用率之百分比、船席能量增加倍數、總效益以及總效益百分比。發現：無論 K 值為何，當船席數由 1 座增加為 2 座時其效益最為顯著，其次是由 2 座增加為 3 座時，而船席規模由 3 座增加為 4 座時之效益，似乎剛好為在各種指標中效益變化曲線之頂點，當船席規模再增加為大於 6 或 7 座時，其增加之效益變化比較不顯著而趨於穩定。不同 K 值時增加船席數之效益以 $K = \infty$ 最大， $K = 1$ 時最小，也就是從船舶到達時間間隔非常隨機之指數分佈到達，轉變為到達時間間隔非常均勻過程，在相同船席規模時，其效益越來越好。其中以由 $K = 1$ 轉變為包含數個碼頭之貨櫃中心營運型態 ($K = 2$)，對於增加船席之效果最為顯著。
6. 至於以包含船舶單位時間成本、船舶裝載貨物之時間成本、碼頭建設維護成本、裝卸機具設置操作維護成本之無因次指標 IND 來分析時，其增加碼頭數之營運效益與利用等待因子法分析之結果頗為相似，都是當船席數由 1 座增加為 2 座時其效益最為顯著，其次是由 2 座增加為 3 座時，而船席規模由 3 座增加為 4 座時之效益，剛好為在曲線之頂點，當船席規模再增加為大於 6 或 7 座時，其增加之效益變化比較不顯著而趨於穩定。而當船席規模超過 3 座時，其所帶來之總效益，不同 K 值之間之差異非常有限。在相同船席規模時，以 $K = \infty$ 時之 IND_{min} 最低。

7. 根據研究結果初步可以判斷，貨櫃中心營運規模其船席數至少要大於 3 座，因為在此規模其效益最為顯著。而雖然船席規模越大其每座船席之最適能量越高，但船席規模到達 6 或 7 座以上時，其效益趨於穩定，而其船舶到達時間間隔越均勻越好，單位貨物在港之總成本越低。

5.2 建議

1. 高雄港貨櫃航線轉運成本分析之研究主要針對單一集貨港的轉運成本做探討，建議進一步擴大研究範圍，探討多個集貨港之問題
2. 建議進一步針對政策面問題做情境分析，探討當高雄港採取費率降低或效率提昇策略時，對於貨櫃轉運之影響。

參考文獻

1. Plumlee C.H., "Optimum Size Seaport", Journal of the Waterways and Harbors Division, ASCE, Vol.92 No. WW 3, pp 1-24, Aug.1966.
2. Nicalau, S.N., "Berth Planning by Evaluation of Congestion and cost", Journal of the Waterways and Harbors, ASCE, Vol.93 No. WW 4, pp 107-132, Nov. 1967.
3. Wanhill S.R.C. "Further Analysis of Optimum Size Seaport", Proc. of ASCE, Vol. 100, No. WW4, pp377-383. 1974.
4. De Weille J. and Ray.A, "The Optimum Port Capacity", Journal of Transport Economics and Policy, Vol., No.3, pp 244~259.1974.
5. F. W. Steutel, "Poisson Processes and A Bessek Function Integral", SIAM Review, Vol.27, No.1, pp.73-77, 1985.
6. Richard L. Smith, "Extreme value theory based on the largest annual events", Journal of Hydrology, Vol.86, pp.27-43. 1986.
7. Huang, W.C.,Chisuaki,T., Shih,W.H.,Huang, M.J., Wu, S.C. "Optimal Determination of Berths and Cranes in Container Ports", journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 2(1), pp. 55-71.
8. Chu, C.Y., Huang, W.C., Wu, S.C., Cheng, P.L." Cranes Allocation and Integrated Effectiveness Study In a Container Terminal ", Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.3, No.1, October, 2001.
9. Chu, C.Y. and Huang, W.C. "Aggregates Cranes Handling Capacity of Container Terminals: the port of Kaohsiung", MARIT. POL. MGMT., Vol.29, No.4, pp 341-350, 2002.
- 10.Containerisation International, Feb., Jun., Jul., Sep., 2003.
- 11.王慶瑞，等待原理應用於港埠問題之研究－以基隆港為例，運輸計畫季刊，第一卷第四期，民國六十一年，pp. 241-268。

- 12.郭塗城，船舶等待時間之模擬與碼頭經濟使用率分析，海洋學院航管學報 13 期，民國 71 年 5 月。
- 13.朱金元，王慶福，港埠最適能量之研究，第二屆港灣技術研討會，港灣技術研究所，民國 77 年 9 月。
- 14.朱金元，高雄港營運改善策略之模擬研究，運輸計畫季刊，第十八卷第四期，民國 78 年。
- 15.單誠基，台灣港埠最適能量之使用率研究，運輸計畫季刊，第十九卷第一期，民國 79。
- 16.曾安源，基隆港商船到達型態之研究，國立海洋大學碩士論文，民國八十年。
- 17.黃文吉，港埠系統特性之研究，運輸計畫季刊，第 19 卷第 2 期，民國 80 年 6 月。
- 18.黃文吉，盧旭美，林東容，曾浩璽，貨櫃基地船席及裝卸機具最佳配置之研究－理論及模擬解析之比較，中華民國運輸學會第 11 屆論文研討會，民國 85 年 12 月。
- 19.黃文吉，樗木武，施文雄，陳冠良，港埠能量最適化特性之研究，運輸學會第 11 屆研討會論文集，民國 85 年 12 月。
- 20.夏力生，港務管理與棧埠經營，翠柏林企業股份有限公司，民國 87 年 2 月。
- 21.朱金元，下一世代之貨櫃輪：國際港埠是否已經準備好面對挑戰，No.162 高雄港月刊，民國 88 年 12 月。
- 22.朱金元、黃文吉，「海運經營環境變動對於港埠貨櫃營運之影響研究」，航運季刊第九卷第二期，民國 89 年 6 月。

- 23.郭塗城，黃文吉，鄧振源，程培倫，吳勝傑，定期貨櫃船舶到達時間間隔之研究，運輸學會第 15 屆研討會論文集，民國 89 年 12 月，pp.709-718。
- 24.黃文吉，吳勝傑，程培倫，港埠作業能量推估簡傑法之研究，運輸學會第 15 屆研討會論文集，民國 89 年 12 月，pp.765-774。
- 25.朱金元、黃文吉，「高雄港貨櫃碼頭橋式起重機干擾係數之實證研究」，航運季刊第十卷第一期，民國 90 年 3 月。
- 26.台灣地區港埠能量調查分析與估算方式之研究，交通部運輸研究所，民國 90 年 5 月。
- 27.周和平，簡光志，吳清慈，民營貨櫃碼頭作業成本與利潤之分析，海運研究學刊第十一期，民國 90 年，pp. 65-95。
- 28.王志成，港埠 BOT 計畫案例探討---以台北港貨櫃儲運中心 BOT 案為例，第 24 屆海洋工程研討會工程技術講座，交通部運輸研究所港灣技術研究中心，民國 91 年 11 月，pp. 259-283。
- 29.貿易交易公報，船市平台，民國 92 年 7 月。
30. 陳一平，從九八年世界前二十大貨櫃船公司排名看貨櫃運輸發展趨勢(下)，航貿週刊，9894，12/14/1998。
31. 林資源、陳榮聰編譯，未來超大型貨櫃輪之可行性與設計，船舶與海運，編號 768，1999.7.6。
32. 朱金元，下一世代之貨櫃輪：國際港埠是否已經準備好面對挑戰，高雄港月刊，。
33. 黃俊源，港埠基礎設施與相關配置設備之發展，高雄港月刊，第 157、158、159 期，民國 88 年。
34. 陳依伶、徐國裕，貨櫃船大型化對未來海運經營管理之影響，船舶與海運 867 期。

35. 徐劍華及曲林達，國際航運經濟新論，北京，人民交通出版社。
36. 大小有沒有關係，中華港埠，Vol.31.第 1 期，民國 91 年 4 月。
37. 陳春益、林正章、呂錦山（Jul. 1999）「發展高雄港為國際物流中心委託調查分析」，高雄港務局委託，國立成功大學交通管理科學研究所。
38. 曾國雄、李彌（1998），「亞洲已開發國家航運政策之比較分析」，交通部研究計劃，國立臺灣海洋大學航運管理學系。
39. 吳榮貴（1998），「臺灣地區貨櫃轉運航線與最適船型分析經營特性分析」，交通部研究計劃，國立臺灣海洋大學航運管理學系。
40. 「臺灣地區港埠自由化政策之探討」，（1995），八十四年度港埠經營管理研討會論文集，pp.2.1 ~ 2.13
41. 「亞太海運中心的港埠經營策略」，（1995），發展臺灣成為亞太交通中心研討會第一階段---『強化海運競爭能力』引言集，pp.40 ~ 44。
42. 吳榮貴及林光(1993)，台灣海峽兩岸港埠運量之研究，中華民國，交通部運輸研究所委託研究報告，編號 82-85-466，共 124 頁。
43. 吳榮貴，林光，陳福照及簡進國 (1994)，台灣自大陸進口散貨之港埠運量調查研究，第二屆海峽兩岸海上航運學術研討會論文集，中華民國，pp.B2-3-1 至 B2-3-21。
44. 吳榮貴(1992)，“台灣地區未來港埠貨櫃化運輸之展望”，港埠現代化研討會論文集，台北世貿中心，中華民國，pp.2-1 至 2-38。
45. “發展台灣為海運中心之瓶頸與對策” (1995)，中國土木水利工程學會，八十四年年會論文集，11 月 24 日，高雄，pp.127-136。
46. 王鴻仁，以高雄港為中心之貨櫃轉運航線分析，國立海洋大學航運管理研究所碩士論文，1998 年。

- 47.交通部運輸研究所，「台灣地區海運運量預測專題報告」，1999 年。
- 48.高雄港務局，「高雄港港埠業務費費率表」，2002 年。