

軸心區位與配置模式應用於定期貨櫃 航線規劃之探討

APPLICATION OF HUB LOCATION AND ALLOCATION MODELS IN ROUTE PLANNING FOR CONTAINER LINER SERVICES

陳秀育 Shiou-Yu Chen¹
盧華安 Hua-An Lu²
張榕峻 Rong-Jyun Jhang³

(102 年 12 月 31 日收稿，103 年 5 月 20 日第 1 次修改，103 年 12 月 23 日第 2 次修改，
104 年 6 月 16 日第 3 次修改，104 年 9 月 2 日定稿)

摘 要

定期航運公司通常以系統化方式進行航線規劃以提供廣泛的服務。本研究利用軸心區位與配置模式應用於定期航運公司航線規劃。在考慮遠洋貨櫃運輸特性下，提出雙向單一指派混合整數規劃模式。此模式以最小總運送成本為目標式，包含母船之運輸成本與集貨航線之運輸與裝卸成本，可免除設定折扣係數，並可達到經濟規模之特性。本研究利用簡例整理出影響船舶靠港選擇之影響因素，包括母船彎靠港數、貨量多寡、轉口裝卸折扣率、船舶租金及燃料費等等。最後利用最佳化套裝軟體 OPL 進行國內某大定期貨櫃航商實際資料之驗證。

-
1. 國立臺灣海洋大學航運管理學系副教授 (聯絡地址：20224 基隆市中正區北寧路 2 號 國立臺灣海洋大學航運管理學系；聯絡電話：(02)24622192；E-mail: shiouyu@mail.ntou.edu.tw)。
 2. 國立臺灣海洋大學航運管理學系教授 (聯絡地址：20224 基隆市中正區北寧路 2 號 國立臺灣海洋大學航運管理學系)。
 3. 國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士 (聯絡地址：20224 基隆市中正區北寧路 2 號 國立臺灣海洋大學航運管理學系)。

關鍵詞：航線規劃；軸心區位與配置模式；軸輻路網；定期貨櫃航商

ABSTRACT

Liner shipping companies usually conducted an appropriate systematic analysis method in order to provide a wide range of route service. This study applied a hub location and allocation model to route planning of liner shipping companies. In considering the characteristics of deep-sea going service, this study proposes a mixed integer programming model with bi-directional single allocation. The proposed model aims to minimize total delivery cost, comprise transportation costs by mother ship, transportation and stevedoring costs in feedering, which can reflect the economies of scale on arcs without employing the discount coefficient. Through tested the proposed model with simple example, this study identified factors that may affect the choice of port to call, including the number of mother ship calls, quantities of delivered containers, transshipment discount rate of stevedoring, charter hires and bunker costs of ship etc. Finally, optimized software packages OPL was used to verify the real data from one top twenty liner shipping company.

Key Words: Route planning; Hub location and allocation model; Hub-and-spoke network; Container liner shipping company

一、前言

目前，軸心區位與配置模式 (hub location and allocation models) 已普遍應用於航空客運網路、航空貨運與快遞運輸網路、網際網路及通訊網路等產業。軸輻式路網 (hub-and-spoke network) 運輸方式指從起點出發，不直接抵達終點而是透過一個或者兩個以上之轉運中心轉運，最後運送至終點之運輸模式。海運運輸中，Pearson^[1] 提出船舶載重噸越大，則每噸或每 20 呎標準櫃 (twenty-foot equivalent unit, TEU) 貨物在海上運送成本將相對降低。大型化船舶具備設備優良、所需船員數較少、船速較快及相對較省油等優點，使每櫃之營運成本降低，因此全球遠洋貨櫃公司皆發展此目標 (交通部運輸研究所^[2])。Ashar^[3] 也提出了對航商的優勢包含降低單位運送成本、增加談判籌碼、提高艙位使用率、擴大服務涵蓋範圍等。船舶大型化能帶給航商許多好處，然而也導致航商在靠港選擇上受到限制與航線規劃缺乏彈性。因現今並非所有的港口都有足夠的水深及腹地、先進的港埠設備，供大型貨櫃船停靠與貨櫃裝卸。其次，亦非所有港口皆有足夠的貨櫃流量，讓大型貨櫃船產生規模經濟。為克服以上問題，定期貨櫃航商航線規劃勢必得重新調整，考慮改變沿途停靠所有港口的傳統單一航線，而改停少數的大型港口，以發揮大型貨櫃船的效率。因此，貨櫃船的定期航線將發展出以大型港口為轉運中心的主線，並結合支線的軸輻路網模式 (謝尚行與王賢崙^[4])。

定期貨櫃航商所發展「軸輻路網模式」，即貨物經由子船即為集貨船 (feeder ship) 從起運港運送至被指派之所屬母船 (大型貨櫃船) 拜訪港，再透過大船即為母船 (mother

ship) 將所有貨物運送至目的港區域之所屬母船拜訪港，最後以子船分別運送至各目的港，母船在整個航線區域內，僅選擇停靠幾個較大的港口，此類港口稱為軸心港 (Hub Port)；航線區內母船未停靠的港口，則由集貨船運送貨物，此類港口則稱為集貨港 (Feeder Port)。而航行於航線區內軸心港間的航線，稱為主線；繞行於集貨港間的航線，稱為支線，支航線藉由軸心港與主航線作連結。航商藉由此種主線與支線相連，所構成的「海運軸輻路網」，可以更有效地降低運輸成本 (陳逸凱等人^[5])。支線上之集貨船運送貨物至軸心港的母船與自母船承接貨物運至目的地這樣的流程牽涉指派的決策，因此規劃「海運軸輻路網」宜應用，軸心區位與配置模式，尋求最佳之母船停靠港數和位置，及集貨港指派至母船拜訪港轉運情形，使運輸系統成本最低，即為母船拜訪港區位問題 (hub location problem) 和集貨港指派問題 (feeder port allocation problem) 之結合。

Bijwaard 與 Knapp^[6] 及 Stopford^[7] 皆提到國際貿易的貨物量有 90% 皆由海運運送。且近年來全球貨櫃航商為滿足客戶運輸服務需求，追求規模經濟降低營運成本，因此船舶大型化已成為國際海上貨櫃運輸市場之發展趨勢。貨櫃航商大都逐漸訂購大型船舶以汰舊換新，如 Maersk Line 在 2006 年投入 15,200 TEU 之 EMMA MAERSK 營運，並在 2013 年投入 18,000 TEU 之 Triple E 船舶。根據國際貨櫃化期刊 (Containerisation International; CI^[8]) 至 2012 年 3 月為止統計，如表 1，現有船舶以艘數來分析，以載重噸 2,000TEU 以下之船舶居多數，共占約一半，其他 6,000TEU 以上之船舶亦占少數。由表 2 來看，新船訂單中艘數與載重噸以 10,000TEU 以上之船舶占最多，居次為 4,000TEU~5,999TEU 與 2000TEU 以下之船舶，綜合兩表，6,000TEU 以下船舶數居多，而大船中以超過 8,000TEU 之船舶有大量增加趨勢，中間 6,000TEU~7,999TEU 之船舶有減少趨勢，故整體船舶有著 M 型化現象，由以上資料可發現，貨櫃船舶的確有大型化趨勢，且船舶大小差距將會越來越大。因海運運輸運量需求漸漸增加，加上上述船舶大型化趨勢，90 年代開始國際航商逐漸採取主航線及子航線配合所產生軸輻式路網的運輸型式，於主航線上配置較大型船舶，選擇幾個較大之港口當母船拜訪港，再以較小之集貨船行駛區域內之航線，由此搭配可充分利用船舶運量，且減少船舶數使用量，並可達到運輸成本降低之好處。

表 1 2012 年 3 月止目前世界現有貨櫃船隊統計表

單位 (TEU)	2000 以下	2000~ 3999	4000~ 5999	6000~ 7999	8000~ 9999	10000 以上	Total
艘數	2,425	1,027	908	228	263	85	4,936
百分比	49%	21%	18%	5%	5%	2%	100%
TEU數	2,525,179	2,892,086	4,330,628	1,513,585	2,247,856	1,063,130	14,572,464
百分比	17%	20%	30%	10%	16%	7%	100%

註：整理自 CI online^[8]。

表 2 2012 年 3 月止新貨櫃船訂單統計表

單位 (TEU)	2000 以下	2000~ 3999	4000~ 5999	6000~ 7999	8000~ 9999	10000 以上	Total
艘數	113	88	115	43	85	146	590
百分比	19%	15%	20%	7%	14%	25%	100%
TEU 數	139,925	273,543	526,358	298,608	733,040	1,900,435	3,871,909
百分比	4%	7%	13%	8%	19%	49%	100%

註：整理自 CI online^[8]。

過去相關研究中，軸心區位與配置模式最先大量應用於航空運輸與快遞業，海運發展上初期較少，近幾年有陸續增加趨勢。惟目前文獻多半應用過去已發展之模式套用於海運界或只發展新的演算法來求解，或常利用一折扣係數來處理轉運成本上之差異，然對於此折扣係數之設定並未考慮實際運作層面，較無法反應出海運運輸之特性。另外亦有某些文獻將轉運點設為外生變數，並將轉運點數量設為一已知數而產生之結果，本文認為若轉運點設為內生變數或因某些因素限定停靠港數而產生之結果，相對較有彈性，也較貼近實務。

隨著船舶大型化的發展、全球最大航商採行日班服務航線規劃以及其他大型航商聯盟亦跟進之趨勢下，軸心港更形集中，甚至朝向層級化幅軸式 (Hierarchical Hub-and-Spoke Network) 營運模式發展。所謂層級化 軸幅式營運模式，根據交通部運輸研究所^[9]指出，主航線網路的層級性在港口呈現在 3 種不同的功能層次。以東亞航線至遠歐航線為例，第 1 階層稱為洲際樞紐港 (群)；或稱大型樞紐港 (Mega-hub)，其分別是上海／寧波、香港/深圳、與東南亞的新加坡。第 2 階層為區域性主要轉運樞紐港 (Main Hub)；亦有稱作次樞紐港 (Sub-hub)，扮演港口經濟腹地本身之進出口功能之外，其主要功能是連結第 3 階層與鄰近區域港口 (Regional Ports) 間的近洋航線；以及非日班服務之主航線與鄰近集貨港口 (Feeder Ports) 之往來航線間的轉運功能。而第 3 階層即是區域港口 (Regional Ports) 或集貨港口 (Feeder Ports)。國外學者 De Monie^[10] 則將層級化分為全球性樞紐港 (global pivot ports)，利用各種大小不同的接駁船型，使其得以連結各區域性的樞紐港 (regional pivot ports)，再依次連結次區域性主要港埠 (sub-regional main ports) 及接駁港埠 (feeder ports)。此一層級化趨勢使得軸心區位與配置模式在當前「海運軸輻路網」上更具有其應用空間。本研究所提出之軸心區位與配置模式正是為了呼應當前全球航商充份應用貨櫃船舶大型化與策略聯盟策略等帶來之航線規劃變化，透過模式的設定以求更貼近定期貨櫃航商實務上之操作。

另外，本文之模式不同於以往文獻採用折扣係數統一處理之假設，而是順應上述軸心港朝向層級化幅軸式的趨勢，也就是說船舶越大型，層級化程度愈深，才能利用規模經濟，使總運輸成本因而下降。本研究以最小運送總成本為目標式，由母港間航段上總成本 (此為大型船舶) 與集貨單位貨櫃運送成本 (此為相對小型集貨船) 計算，加上在母港泊靠享

有之轉口折扣，在船舶更大型（或日班服務出現）使貨櫃樞紐港更集中化與層級化的情形下，母港間航段上總成本與轉口折扣所產生的經濟規模特性更為顯著。此即反映出層級化與軸心區位模式折扣係數之關係。因此本研究利用不同船型母船相對成本上之差異反映軸心港層級化轉運作業之優勢，此一設定相較於設定折扣係數更具應用之彈性。

本文計分為五節，除於本節說明研究背景與動機外，第二節旨在回顧軸心區位與配置模式發展之相關研究，並整理出海運發展此模式之優勢與特性，以助於釐清本文所建構模式之特性；第三節在說明本文實證分析模型之設定情形；第四節在於利用亞洲到地中海航線進行模型之實證分析；第五節則總結本文之成果，進行結論與建議。

二、文獻回顧

本節整理軸心區位與配置模式之相關文獻，並回顧航線規劃之相關研究，以作為本文規劃研究方向與理論架構之參考。

2.1 軸心區位與配置模式之相關研究

軸輻式路網此問題包含母船拜訪港（即軸心港）選擇問題與集貨港指派問題，其發展主要是由設施區位問題（facility location problem, FLP）延伸而來。在全球化每個產業皆追求低成本高效率的趨勢下，許多運輸業者皆採取發展軸輻路網運輸模式。轉運中心最早從空運發展而來，從 1978 年美國國內解除航空管制後，由美國民用航空局（Civil Aeronautics Board, CAB）最早所採用。軸輻式路網主要源自一種航空運輸的航網結構，以主要空運中心為「軸」，其他航空站為「輻」的航線配置，將主要幹線的機場作為轉運站，提供旅客與貨物中轉的服務。

在軸心區位與配置模式中，通常假設有 n 個節點，包含起點、終點與候選軸心，節點間擁有流量，依據成本、時間或距離來選擇節點間之連接，軸心與軸心間連結會產生折扣數 α 。此軸心區位與配置問題最早由 O'Kelly^[11] 開創並將此問題發展數學規劃模式求解，之後幾十年陸續有許多學者投入此領域研究，並依不同產業發展屬於各自產業之數學模式（O'Kelly 與 Miller^[12]、Campbell^[13]、Alumur 與 Kara^[14]）。以下將說明兩大指派模式之發展狀況：

（一）單一指派模式

模式首先由 O'Kelly^[11] 明確定義單一指派模式，此模式限制每個非轉運點只能指派給一個轉運點並與其相接，各轉運點間則是兩兩之間的相互連接，為一完全路網。將模式應用於航空旅客運輸業，當時規劃將節點指派給最近之軸心指派策略，但之後發現此指派策略並非可產生最佳解，因此 Aykin^[15] 發展一新指派策略程序，使節點並非指派給最近軸心，而選擇最適指派軸心。Aykin^[16,17] 增加軸心設置成本，並允許非軸心與軸心間可直接

連接。O'Kelly 等人^[18]以節點流量對稱為基礎，將原始限制式刪減後，在求解時間內亦找到整數解。Ernst 與 Krishnamoorthy^[19]發展一新數學式，以多商品流量問題為基礎，較少變數與限制式來求解較大之問題，其中限制式比 Skorin-Kapov 等人^[20]還少。Ernst 與 Krishnamoorthy^[21]則提供軸心有容量上限之單一指派數學式。

(二) 多重指派模式

多重指派模式允許一個支點連接數個轉運點，在轉運點位置為已知的條件下，選擇可降低總運輸成本的節線。此模式首先由 Campbell^[13]提出，使用線性整數規劃模式處理 p 個軸心指派問題，並加入軸心點設置成本與節線上之容量。Abdinnour-Helm 和 Venkataramanan^[22]以多商品流量為基礎，發展一新二次整數規劃模式。Sasaki 等人^[23]利用多重指派模式處理特殊問題，限制只能轉運一次之 p 個軸心問題。Ebery 等人^[24]以 Ernst 和 Krishnamoorthy^[25]為基礎，解除對軸心數之限制，但增加對軸心容量之限制。Sasaki 和 Fukushima^[26]提出限制只轉運一次之多重指派數學模式，此模式對軸心與節線上有容量限制。Mari'n 等人^[27]提出新數學式將三角不等式之限制解除，且減少限制式數，更使求解結果更嚴謹。

應用於海運方面研究中，國內研究最早可由謝尚行與張斐茹^[28]開始，其以 O'Kelly^[11]的軸輻式路網為基礎，將貨櫃船母船與子船間之單位運送成本差異以折扣係數表示，結合海運母船拜訪港、集貨港、主支航線等特性建立總運送成本最小化之海運軸輻式路網模式。而游至誠^[29]延續謝尚行與張斐茹^[28]之研究，亦以 O'Kelly^[11]的軸輻式路網為基礎，並利用折扣係數處理運送成本上之差異，但在集貨港上發展迴圈航線，由原本集貨港只能直接連接母船拜訪港而演變成允許集貨港可間接連接母船拜訪港，即集貨港間可變一迴圈再統一送往母船拜訪港之航線。Hsieh 與 Wong^[30]發展以利潤最大化目標之海運軸輻路網，且除母船拜訪港位置與集貨港指派外，更進一步結合游至誠^[29]，處理支線迴圈問題，其模式亦利用折扣係數來處理主航線經濟規模上之成本差異。Hsu 與 Hsieh^[31]利用成本函數包含航運成本與存貨成本雙目標建立一海運軸輻路網，且除航線外更延伸至船型與頻次之決策。成本函數中除一般認知之航運成本外，其加入以經濟批量模式將貨物存貨成本視為決策之主要考量因素，以反應貨主需求，且此研究利用貨物運載量與船型相依的航運與存貨成本函數，來顯示海運網路流量規模經濟效益表現於成本函數中。林亞蓁^[32]建構一海運軸輻路網，使用折扣係數來處理主支線上之成本差異，且利用需求不確定性來隨機規劃需求量以更符合海運實務。Aversa 等人^[33]建立總成本最小之海運軸輻路網並設定為 P 個軸心中位問題 (P -hub Median Problem)，將其應用於南美洲東岸航線港口配置上，並比較當軸心港數越多時，總成本則是遞減狀態。Imai 等人^[34]利用基因演算法 (GA, Genetic Algorithm) 與蠻力法 (Brute-Force Method) 分別解多層次靠港路網 (MPC, Multi-Port Calling) 與軸輻路網並比較，總成本上多層次靠港網路優於軸輻路網，但發展軸輻路網為提供短程往返式服務，且對於在軸心港與集貨港間之貨櫃管理尤其對空櫃之處理特別有利。Gelareh 等人^[35]發展軸心港數為外生變數，且亦利用折扣係數處理主支線上成本差異之海運軸輻路網。

2.2 航線規劃之相關研究

關於航線規劃文獻，大多針對船舶排程 (ship routing)、船隊部署 (fleet deployment) 與船舶排班 (ship scheduling) 等課題做探討，著重於網路模式的構建與求解方法的設計。陳春益與邱明琦^[36]利用多元商品網路設計問題 (Multicommodity network design problem) 追求多種船流以及多種貨櫃流之總成本極小化之航線網路設計方式，發展有助於實務上航商航線規劃之分析。另外在航線規劃綜合評估上，謝景昌^[37]認為彎靠港口選擇為航商營運重要決策之一，但實務上航商幾乎都憑經驗來進行方案選取，未有實用之決策模式輔助。而影響航線規劃主要因素包括航行跨越區域及貨物需求量、貨櫃船艘數及船型選擇、航行路徑形式、彎靠方式、航行速率、服務水準、營運成本。張正宜^[38]整理文獻後歸納出影響大型船舶靠港選擇因素，分別為港口設施條件如進港航道需要有足夠水深及港口迴船池、碼頭後線有廣闊場地當貨櫃堆積場等，港口之地理位置如成本上的競爭優勢、港口腹地貨源，港埠經營環境變化趨勢分析如航運市場環境、商港機能多元化、經貿產業趨勢等。航線規劃考慮中，成本分析為航商規劃航線重要決策因素，因成本相對較高，雖然可能達到高佔有率，但相對投資報酬率可能較低。故除外在因素考量外，成本因素為其他考量因素之基本。林光與張志清^[39]將定期航運營運成本分成 3 類，固定成本、半變動成本與變動成本。董晉偉^[40]利用模擬方法分析定期航商航線經營績效，以歐亞航線為例，將營運成本分成固定成本與變動成本，固定成本中船租占最主要成本將近一半，變動成本以燃料費占最大，將近 30%~40%之間，其次為裝卸費與運河通過費。嚴崇仁^[41]利用作業管理制度定義每個變動成本的產生機制，透過成本模式航商能夠更容易且精準的求得每個航段的邊際成本。作者亦將成本分成固定成本與變動成本，但特別增加額外服務產生之變動成本，如燃油調整費、幣值調整費、旺季費等。謝幼屏^[42]將航行成本包含航商擁有與使用船舶需固定花費或分攤的船舶時間成本，以及船舶航行須耗費的燃油成本、彎靠港口須支付的港埠成本，利用經濟數學模型歸納整理，發展成一定期航運營運成本函數。綜合以上可知國際貨櫃航運市場，成本仍舊是最主要競爭策略，而降低成本與規模經濟 (Economics of Scale) 是緊密相關的。為了追求規模經濟，目前航運公司主要採取了前面所提之船舶大型化策略 (在企業內部實現)，還有另一有效策略就是策略聯盟或併購策略 (在企業外部實現)。此都是航商利用規模試圖降低成本的做法。如前所述日班服務與策略聯盟重組推出的類日班服務都在遠歐航線投入 8,000 TEU 以上的大型船舶，驅使泊靠的軸心港數目減少，但為了服務全球的顧客，其他非軸心港口的貨源，勢必要依賴綿密的集貨船網路將貨源彙集，才能達成大型船舶的規模經濟承載率。因此在此情境下更凸顯本研究採用軸心區位模式的價值。

依據以上文獻回顧可歸納以下：

1. 軸輻式路網發展已幾十年，O'Kelly 率先發展數學規劃模式求解，至今已 20 幾年，吸引許多學者投入此領域研究，發展出不同特性之模式，本研究因應當上海運網路愈發軸心港化趨勢，採用軸心區位模式於定期貨櫃航線規畫。

2. 定期航運因應海運市場上的發展趨勢，包含船舶大型化策略與策略聯盟，早已運用軸輻式航線規劃，猶有過之的是，新造超大船舶數（大於 15,000 TEU）持續增加，且已進化為多層次之軸輻式營運網路。站在船公司之考量，軸輻式航線使公司降低成本且提高服務品質，為一適當發展之營運方式。
3. 航線規劃需考量因素包含許多，以成本為基礎思考點出發，再以質性分析調整部分港口特性與港口停靠次序，將使航線規劃更貼近實際市場需求，乃本研究之貢獻所在。

三、模式建構

由第二節瞭解海運定期航運相關特性與軸輻路網之發展後，及考慮所有可能限制條件下，本節將建構一海運路網之數學模式。

3.1 問題剖析與模式構建構想

近年船公司於主要遠洋航線如亞洲－美西海岸或亞洲－歐洲等航線航行之船舶有逐漸增大的趨勢。發展軸輻式路網航線，全球區域樞紐港佈局可達到降低單位運送成本。靠泊港口選擇對於航商而言，對於其營運成本影響甚鉅，航線設計之優劣可由船隊彎靠港口而定，彎靠港口選擇上除成本高低為基本考量外，最重要影響因素為此港口可提供之貨源多寡。因此船舶大型化後，大型船舶彎靠選擇上因欲搭配近洋航線或集貨航線間貨櫃轉運之連結，以達規模經濟，使營運總成本最小，故大型母船彎靠港之選擇與集貨港轉運航線規劃成為航商重要思考問題。過去研究常利用設定折扣係數 α 值以反映規模經濟，但折扣係數 α 值如何決定皆無一有力之邏輯解釋。因此本文捨棄過去將折扣係數設定為外生以反映規模經濟之方式，而直接將成本利用不同船型母船於母港間航段上總成本與集貨單位貨櫃運送成本計算，替代設定折扣係數，以實際成本來反映規模經濟之形成。一般航線設計之文獻中，大都將軸心假設為已知，然而本文將軸心假設為內生變數，由模式成本決定最佳母船拜訪港，並發展出集貨港如何指派給母船拜訪港。而除基本模式外，本文發展之模式更可彈性地依特性變更限制式來符合，如限制特定港口停靠、限制母船拜訪港口數、可由單一指派轉變成多重指派等。

本研究之模型構想在設計航線規劃時以極小化總運送成本為目標函數。總運送成本包含母船航段之運輸成本與集貨航線之運輸與裝卸成本 (stevedoring cost)。總運送成本之考量上，本文將固定成本假設為租賃船舶且已知，以每日租金為其計算單位，變動成本中分成船舶費用與貨物費用，船舶費用中除在港成本外以燃料費所占比例最大，因考慮以實際所有費用計算較困難，本文以燃料費佔總變動成本之四成左右為基準，推估總變動成本。貨物費用方面則以貨物裝卸費用為其基準。為了讓模式更符合研究問題，本文針對各參數有以下之假設：

1. 模式中所設計之單一航線是一條跨區域之遠洋定期貨櫃航線，母船所拜訪之港口即「軸

心港」，其他母船未拜訪之港口則為「集貨港」，每一集貨港都指派至單一母船拜訪港以進行集貨。。

2. 所有起訖港口間之貨櫃運量為已知且固定，不因母船停靠與否而有所改變。文中利用區位與配置之觀念，反映母船拜訪與集貨之關聯性。
3. 以海運遠洋實際貨櫃流量來看，通常同一區域或國家間不會有運量產生，主要運量應產生在跨大洋港口間。
4. 所使用之船舶船型為已知，航速固定。
5. 本模式暫定為單一航商之單一航線，不考慮聯營或艙位互租、互換。
6. 港口間距離以船舶航行距離計算，而非實際距離。
7. 貨櫃計算單位為 TEU，為簡化問題本文之單位運輸成本以重櫃為單位，排除空櫃與特殊櫃之計算。

3.2 模式內容

本模式中上下標 m 表示起點即起運港， n 表示目的地即目的港， i 與 j 表示航線途中經過之港口。以下說明模式中之變數與參數之意涵：

(一) 變數與參數

模式使用之各種變數與參數定義，分別說明如下：

上下標：

m, n, i, j ：節點標記， (m, n) 表示貨物運送起訖點， (i, j) 表示途中運送之航線中間點。

目標值：

Z ：表示為路網內的總運送成本。

決策變數：

x_{ij}^{mn} ：從起運港 m 至目的港 n 經由選定之母船拜訪港 i 與 j 所流經之流量數，且港口 i 與 j 皆為母船拜訪港。

y_{ij}^{mn} ：從起運港 m 至目的港 n 經由港口 i 與 j ，且港口 i 與 j 其中有 1 個為選定之母船拜訪港，其所流經之流量數。

z_{ij} ： z_{ij} 表示港口間之航線連結，若 $z_{ij} = 1$ ，則港口 i 與港口 j 相互連接，也表示港口 i 與 j 至少有 1 個為母船拜訪港，而 $z_{ij} = 0$ ，表示港口 i 與 j 無互相連接；當 $i = j$ 時，且 $z_{ii} = 1$ 或 $z_{jj} = 1$ 時，表示港口 i 或 j 為母船拜訪港，反之若 $z_{ii} = 0$ 或 $z_{jj} = 0$ 時，表示港口 i 與 j 皆非母船拜訪港。

w_{ij} ： w_{ij} 表示母船拜訪港間之航線連結，若 $w_{ij} = 1$ ，則港口 i 與港口 j 相互連結，且港口 i 與 j 皆為母船拜訪港。當 $w_{ij} = 1$ 時，則 z_{ij} 亦將等於 1。

參數：

q^{mn} ：指從起運港 m 到達目的港 n 的貨櫃需求量。

h_{ij} ：港口 i 與 j 皆被選為母船拜訪港，兩港間之總運輸成本。

c_{ij} ：港口 i 與 j 有一者被選為母船拜訪港，兩港間之每櫃單位距離運輸成本。

A_i ：港口 i 之原始每櫃裝卸成本。

A_{ij} ：航段 i 到 j 之總裝卸費。

V ：為一個很大的正整數。

P ：為一任意常數。

(二) 目標式與限制式

有關模式之目標式與限制式，說明如下：

$$\text{Min. } \sum_{(i,j \neq i)} h_{ij} w_{ij} + \sum_{(m,n)} \sum_{(i,j \neq i)} (c_{ij} + A_{ij}) y_{ij}^{mn} + \sum_{(m,n)} \sum_{(i,j)} A_{ij} x_{ij}^{mn} \quad (1)$$

subject to

$$\sum_{j \neq i} x_{ij}^{mn} + \sum_{j \neq i} y_{ij}^{mn} - \sum_{j \neq i} x_{ji}^{mn} - \sum_{j \neq i} y_{ji}^{mn} = \begin{cases} q^{mn}, & \text{if } i=m \\ 0, & \text{otherwise} \\ -q^{mn}, & \text{if } i=n \end{cases} \quad \forall i, m, n, n \neq m \quad (2)$$

$$z_{ij} \leq z_{ii} + z_{jj} \quad \forall i, j \neq i \quad (3)$$

$$\sum_{j \neq i} z_{ij} \leq 1 + Vz_{ii} \quad \forall i \quad (4)$$

$$\sum_{i \neq j} z_{ij} \leq 1 + Vz_{jj} \quad \forall j \quad (5)$$

$$\sum_{(m,n)} x_{ij}^{mn} \leq V(z_{ii} + z_{jj} - z_{ij}) \quad \forall i, j \neq i \quad (6)$$

$$\sum_{(m,n)} y_{ij}^{mn} \leq V(2 - z_{ii} - z_{jj}) \quad \forall i, j \neq i \quad (7)$$

$$\sum_{(m,n)} x_{ij}^{mn} + \sum_{(m,n)} y_{ij}^{mn} \leq Vz_{ij} \quad \forall i, j \neq i \quad (8)$$

$$\sum_{(m,n)} x_{ij}^{mn} \leq w_{ij} V \quad \forall i, j \neq i \quad (9)$$

$$x_{ij}^{mn}, y_{ij}^{mn} \geq 0 \quad \forall m, n, i, j \quad (10)$$

$$z_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \quad (11)$$

在目標式中，以總運送成本 Z 之最小化為目標，由 3 個部分組成，第 1 部分 $\sum_{(i,j \neq i)} h_{ij} w_{ij}$ 為經由兩者皆為母船拜訪港 i 與 j 之航線段總運輸成本，因 h_{ij} 為母船拜訪港之運送成本相對於 c_{ij} 為子船運送成本，若母船運載量越大則其單位運送成本將越小，故其成本若在一定運量上將會產生經濟規模，可降低成本；第 2 部分 $\sum_{(m,n)} \sum_{(i,j \neq i)} (c_{ij} + A_{ij}) y_{ij}^{mn}$ 為起運港 m 至目的港 n 之流量是經由港口 i 與 j 之航線段轉運，且其中有一個為母船拜訪港之航線段總運輸之成本，因 $i=m$ 或 $j=n$ 必有一個成立，故最標準航線為 $m \rightarrow n$ 之流量，若 $i=m$ ，則 m 港之貨量指派給 j ，且 j 必定是母船停靠港，第 1 部分與第 2 部分相加為總運輸成本；第 3 部分 $\sum_{(m,n)} \sum_{(i,j)} A_{ij} x_{ij}^{mn}$ 為貨櫃裝卸成本，包含起訖港 m 、 n 皆為母船拜訪港之直接運送模式之原始裝卸費與起訖港 m 、 n 非母船拜訪港而是藉由母船拜訪港轉運產生轉運折扣裝卸費之總和；三者相加則可得到總運送成本。首先運送成本可分成直航到達與轉運到達，直航可分成以母船主航線直航與利用集貨船支線直航，兩者分別以 x_{mn}^{mn} 與 y_{mn}^{mn} 表示運量；轉運部分可分為 4 類，第 1 類為母船間一次以上轉運，成本計算上除航段成本外，裝卸成本以 x_{mi}^{mn} 與 x_{jn}^{mn} 表示。第 2 類為起運港為集貨港，以集貨船運至指派之母船拜訪港，再以母船轉運一次以上至母船拜訪港之目的港，此類成本包含集貨船航段成本與母船主航線上之成本，以 y_{mi}^{mn} 與 x_{jn}^{mn} 表示，特別在裝卸成本上，因集貨港運至指派之母船拜訪港轉運時，裝卸費於起運港裝載一次，到轉運之母船拜訪港時從集貨船卸下加上裝載至母船，因此需計算兩次。第 3 類為起運港與目的港皆為集貨港，但中間藉由母船多次轉運，故前後兩段分別為 y_{mi}^{mn} 與 y_{jn}^{mn} 表示，並包含前後段因轉運產生之兩次裝卸費，中間則以 h_{ij} 表示航段成本。最後第 4 類為預防發生之不合理情形所設定之成本，集貨港運至母船拜訪港指派後，再轉運至另一集貨港，接著轉運至另一母船拜訪港為目的港，故成本上為避免產生此情形，則設定符合該情形之成本。各航線運送可能情形整理如下所示，並以簡圖輔助說明如下表 3：

1. 母船主航線直航：起運港與目的港皆為母船拜訪港且不經轉運之運送總成本 = $h_{mn} w_{mn} + x_{mn}^{mn} (A_m + A_n)$ 。
2. 子船支線直航：起運港為集貨港，目的地港為母船拜訪港，且目的地港為集貨港被指派之母船拜訪港的運送總成本 = $y_{mn}^{mn} (c_{mn} + A_m + A_n)$ 。
3. 母船間一次以上之轉運：起運港與目的港皆為母船拜訪港，但中途停靠其他母船拜訪港之運送總成本 = $h_{mi} w_{mi} + h_{ij} w_{ij} + h_{jn} w_{jn} + x_{mi}^{mn} (A_m) + x_{jn}^{mn} (A_n)$ 。

4. 起運港為集貨港之轉運：起運港為集貨港，轉運至被指派之母船拜訪港，再運送至目的地港為母船拜訪港之運送總成本= $Y_{mi}^{mn}(c_{mi} + A_m + 2A_j) + h_{ij}w_{ij} + h_{jn}w_{jn} + x_{jn}^{mn}(A_n)$ 。
5. 起運港與目的港皆為集貨港之轉運：起運港為集貨港，轉運至被指派之母船拜訪港，中途停靠其他母船拜訪港或直接抵達目的地港被指派之母船拜訪港，再轉運至目的地港為集貨港之運送總成本= $y_{mi}^{mn}(c_{mi} + A_m + 2A_j) + y_{jn}^{mn}(c_{jn} + 2A_i + A_n) + h_{ij}w_{ij}$ 。
6. 特殊情況之轉運：起運港為集貨港，轉運至被指派之母船拜訪港，再轉運至其他集貨港，再轉運至目的地港母船拜訪港之運送總成本= $y_{mi}^{mn}(c_{mi} + A_m + 2A_j) + y_{in}^{mn}(c_{ij} + 2A_i + 2A_n) + h_{ij}w_{ij}$ ，此類為特殊情況，非目前實務上可能規劃，故此運送總成本將增大以限制其發生之可能。

表 3 直航與轉運形式之簡圖

直航與轉運形式	簡圖
1.母船主航線直航	
2.子船支線直航	
3.母船間一次以上之轉運	
4.起運港為集貨港之轉運	
5.起運港與目的港皆為集貨港之轉運	
6.特殊情況之轉運	



限制式部分針對定期航線之航程與海運運送特性，如循環航程、轉運指派、航程時間等加以限制。以下將就詳細內容加以說明：

1. 航段流量守恆限制

限制式(2)符合量量守恆，從起運港 i 出發之貨櫃需求量，沿著航線上受指派之各母船拜訪港轉運，直至目的港 j 之總貨櫃需求量應相等。因定期貨櫃航線具有循環航程之特性，船舶需依序到離各港口，而船舶抵達某一港口時，將此港貨物裝載後依序運至目的港，以免港口貨物累積之不合理現象。故各航段需遵守流量守恆限制，符合貨物流向需求。

2. 母船拜訪港設立限制

限制式(3)兩節點相連之航線若允許通行，則表示兩節點中至少有一節點為母船拜訪港。限制式(4)與(5)表示某一節點 i 向外可連接指派之航線數為單一，若節點 i 為母船拜訪港，則向外可連接之航線數為多重指派。因設定母船停靠大港，而母船拜訪港除自身港口貨量外，尚有集貨港貨物運至此轉運。而母船拜訪港間將有規劃之航線通行以致可區域間行轉運行為。

3. 貨櫃運送路徑限制

限制式(6)與(7)將流量分成兩類，第 1 類為限制式(6)，為兩端點皆為母港之航線流量，另一類為限制式(7)，指兩端點只有一端點為母船拜訪港之航線流量。並分別以 X 與 Y 表示， X_{ij}^{mn} 為 i 與 j 之航段為母船航行路徑， Y_{ij}^{mn} 為 i 與 j 之航段為集貨船航行路徑。限制式(8)指兩節點 i 與 j 之航線若非連接航線，則 i 與 j 之航線上即無任何流量通行。以限制各航段間貨物流通可行性，包含對 X_{ij}^{mn} 與 Y_{ij}^{mn} 之限制，表示某起迄港口對 (m, n) 之櫃量是否通過節限 (m, i) 、 (i, j) 與 (j, n) ，當行經 i 與 j 港時，由於該港不是目的港，必須將櫃量累積至下一航段，所以要求各港口節點進出運送路徑具守恆性質。

4. 軸心港間航段限制

限制式(9)指母船拜訪港間之航線若連接，則航線上才允許有運量產生。指母船航線規劃中，若軸心港間連接航行，則此航段才有貨櫃量產生，且母船拜訪港停靠到離港數應相等。

5. 航程週期時間限制

海運營運中，除公司本身營運成本需考量外，對於顧客對於貨櫃運輸時間要求上亦是非常重要，故對於以上限制式下，基於公司營運成本最小化所得之結果，若導致運輸時間過長，將失去航線規劃之目的，因此本文建議若在上述之限制式下之結果將導致運送時間過長，則建議加上以下之限制式。

$$\sum_i z_{ii} \leq P \quad (12)$$

限制式(12)中之 P 即為限制船舶停靠港數，由此可控制船舶運送時間，達到貨主需求。

3.3 簡例測試

實務上影響航線規劃成本因素包括(1)船公司通常會與港口裝卸公司設定轉口折扣裝卸費。(2)貨量多寡將影響母船艙位使用率，間接影響規模經濟之影響程度。(3)固定成本中之船舶每日租金，景氣好壞對船舶大小租金差別亦有影響。(4)燃料費占變動成本最大，油價波動勢必大大影響航商航線規劃成本。(5)彎靠港數亦將影響航線規劃成本。本文利用簡例假設航商所服務之航線為遠洋定期貨櫃航線，服務範圍內設定 6 個虛擬港口，以遠東-美西為例，遠東設定 4 個港口，分別為 E1 到 E4，美西設定 2 個港口，分別為 W1 與 W2。

每個港口均須提供服務，服務的方式可以是主航線直靠或是透過接駁航線轉運。另假設起訖港口的貨櫃運量，暫不考慮區域內之需求，以遠洋航線貨向為主。虛擬港相關成本如表 3 到表 6 分別說明如下：

1. 起訖港口對之貨櫃需求量 (O/D pairs demand)

遠東地區有 4 個港口，美西有 2 個港口，因此其間雙向之貨櫃起訖港口對共有 $6 \times 6 = 36$ 個。每一個起訖港口對之貨櫃需求量如表 4 所示。

表 4 簡例之港口對櫃量 (單位：TEU)

	E1	E2	E3	E4	W1	W2
E1	0	0	0	0	200	160
E2	0	0	0	0	400	300
E3	0	0	0	0	800	600
E4	0	0	0	0	500	300
W1	100	400	600	400	0	0
W2	200	350	400	100	0	0

2. 各港口裝卸費假設如表 5 所示。

表 5 簡例之港口裝卸費 (單位：美元)

	E1	E2	E3	E4	W1	W2
裝卸成本 (重櫃)	40	51	117	110	197	192

3. 各航段以集貨船載運之每單位運送成本如表 6 所示。

表 6 簡例集貨船單位貨櫃運輸成本 (單位：美元)

	E1	E2	E3	E4	W1	W2
E1	0	123	273	472	2,254	2,481
E2	123	0	201	400	2,172	2,394
E3	273	201	0	284	2,001	2,244
E4	472	400	284	0	1,779	2,004
W1	2,254	2,172	2,001	1,779	0	414
W2	2,481	2,394	2,244	2,004	414	0

4. 各航段以大型船舶載運之航段成本如表 7 所示。

表 7 簡例母船航段運輸成本 (單位：美元)

	E1	E2	E3	E4	W1	W2
E1	0	224,205	493,523	855,205	3,475,318	3,832,777
E2	224,055	0	364,905	732,396	3,348,295	3,699,205
E3	491,223	362,755	0	518,986	3,086,105	3,467,382
E4	846,305	723,646	512,386	0	2,745,100	3,098,391
W1	3,457,418	3,330,545	3,070,505	2,736,100	0	763,064
W2	3,803,377	3,669,955	3,440,282	3,077,891	751,564	0

依情境假設，以求得個別因素影響情況，情境 1 為正常情況下船舶停靠選擇與彎靠數限制，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 9,820,781 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2。加入限制式(12) $P=3$ 時，結果為母船將停靠 E3、W1、W2，營運總成本為 10,584,891 美元。其中集貨港為 E1、E2 及 E4，皆將貨量指派給 E3。母船依序停靠 E3→W1→W2→E3。

情境 2 為船公司與港口裝卸公司設定轉口折扣裝卸費與彎靠數限制，轉口貨櫃裝卸折扣率分別設定為 10%、25%、50%、60%，限制式(12)皆不列入限制式時，結果分析分別為：轉口裝卸折扣為 10%、25%與 50%時，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 9,814,181 美元、9,803,621 美元與 9,787,781 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2；轉口裝卸折扣為 60%時，最佳選取港口數為 4 個，分別為 E3、E4、W1 及 W2。結果之營運總成本為 9,690,126 美元。其中集貨港為 E1 與 E2，皆將貨量指派給 E3，母船將依序停靠為 E3→W1→W2→E4→E3。

情境 3 為貨量多寡下船舶停靠選擇，貨量多寡以正常情況為基準，分別減少 10%與 20%，其他成本條件不變，亦無彎靠港數限制下，則無轉口貨物折扣，貨量減少 10%與 20%時，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 9,640,264 美元與 9,459,747 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E3→W1→W2→E4→E2；有轉口裝卸折扣為 25%時，貨量減少 10%時，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 8,937,821 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2；有轉口裝卸折扣 25%時，貨量減少 20%時，最佳選取港口數為 4 個，分別為 E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 8,739,239 美元。其中集貨港有 E1 與 E2，其貨量將指派給 E3，母船將依序停靠為 E3→E4→W2→W1→E3。

情境 4 為景氣好或壞，船舶每日租金變動影響，無轉口裝卸折扣，景氣好時船舶租金大漲一倍與景氣差船舶租金大跌一半，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1

及 W2，結果之營運總成本為 10,937,271 美元與 9,670,418 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2；有轉口裝卸折扣 25% 時，景氣好時船舶租金大漲一倍與景氣差船舶租金大跌一半，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 10,920,111 美元與 9,653,258 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2。

情境 5 為燃料費高低對船舶停靠選擇之影響，無轉口裝卸折扣，燃料費漲 10% 與 20% 時，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 10,545,050 美元與 11,228,733 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2；有轉口裝卸折扣 25%，燃料費漲 10% 與 20% 時，最佳選取港口數為 5 個，分別為 E2、E3、E4、W1 及 W2，結果之營運總成本為 10,527,890 美元與 11,228,733 美元。其中集貨港只有 E1，其貨量將指派給 E2，母船將依序停靠為 E2→E4→W2→W1→E3→E2。

由簡例中，各情境得出之結果，可歸納成以下分析：

1. 軸心港選取考量因素包含貨量多、裝卸費相對便宜、距離主要市場較近。，正常情況下，因 E3 貨量最多，E4 離 W 區最近，因此遠東區選取此兩港為主要軸心港。航線方面，正常情況呈現蝴蝶航線 8 字航線，以 E3 為基準，將遠東區所有貨物集貨至 E3，統一運至美西。
2. 若轉口裝卸折扣分別為 10%、25%、50%、60%，就本模式而言，有轉口裝卸將降低營運總成本，當轉口裝卸費達一定程度下，將形成母船拜訪港只有少數大港，其他港口皆為集貨港，貨物以轉運運送。
3. 當轉口裝卸折扣有一定程度下，限制母船拜訪港數時，將鼓勵貨物轉口，並將母船拜訪港條件中之裝卸費相對較便宜相對減弱，進而以距離市場主場為主要考量。
4. 如果貨櫃運量比原來貨櫃運量分別減少 10%、20%，就本模式而言，對油料成本和各港口靠港成本沒有影響，但原本主要母船拜訪港貨量減少，使母船拜訪港相對優勢減少，選取母船拜訪港上，將減少靠港數，以符合經濟規模。
5. 將固定成本船舶租金分成景氣好母船租金相對較高與景氣差小船租金相對較高之情況，對於油料成本與各港口靠港成本沒有影響，航段成本相對增減，故於本模式而言，固定成本船舶租金無明顯影響。
6. 燃料費上分別漲 10% 與 20%，於此模式下，簡例結果中，燃油費上漲幅度若較小，影響性將較小。

四、實例驗證

為驗證第三節所建構模式之合理性與正確性，本文選定某國際航運公司的遠東／地中海航線。依據模式內容所需，蒐集該航線實際相關資料，經基本參數分析後代入模式求解。

4.1 實例設計與結果

本文實例選自某航運公司公布於網站之航線資料。所採用參數以該航商所提供於航線規劃期間之資料為基礎。首先本文選取港口包括青島 (Qingdao)、連雲 (Lianyungang)、上海 (Shanghai)、寧波 (Ningbo)、廈門 (Xiamen)、基隆 (Keelung)、高雄 (Kaohsiung)、香港 (Hong Kong)、巴生港 (Port Klang)、新加坡 (Singapore)、傑貝阿里 (Jebel Ali)、阿巴希 (Shahid Rajaei)、阿什杜德港 (Ashdod)、賽德港 (Port Said)、熱那亞 (Genoa)、來亨 (Leghorn)、福斯 (Fos) 共 17 個港口，設定以 5000TEU 船舶運送，其他相關之料如下說明。

1. 港口間航行距離

本文透過 Sea-Rates.com 網站^[43]來得取港口間航行距離。

2. 子船與貨櫃母船之運送成本模式

本文以分析每一貨櫃從港口 A 裝上貨櫃船，經海上船舶運送至港口 B，再從港口 B 卸下貨櫃，其間所產生的一切費用。依董晉偉^[40]中將成本分為固定成本與變動成本，其固定成本為航運公司自有船舶營運所產生之成本，而本文為利用航運公司租船營運之成本，故以每日船舶租金為計算單位；變動成本包含港埠費用、船舶航行燃料費、稅金、佣金、棧儲費、淡水、運河通過費、代理費、貨損理賠等，特別燃料費用占總變動成本之 30~40% 為最大，且其他費用瑣碎難以取得，故本文將以燃料費用推估總變動成本。設定母船運送成本以航段總成本為基準。

3. 裝卸費用

利用航運公司提供之歷史資料整理修改，並包含原始裝卸費用與轉口裝卸折扣費用，如表 8 所示。

表 8 案例港口裝卸費用 (單位：美元)

港口	青島	連雲	上海	寧波	廈門	基隆	高雄	香港	巴生港
原始裝卸	78	66	117	107	56	55	51	247	86
轉口折扣	59	50	88	80	42	41	38	185	65
港口	新加坡	傑貝阿里	阿巴希	阿什杜德	賽德	熱那亞	來亨	福斯	
原始裝卸	139	146	60	58	13	153	165	168	
轉口折扣	104	110	45	44	10	115	124	126	

4. O-D 流量

本文以遠洋航線為主，故設定主要流量為跨洋流量，區域內部只允許轉口航線，內部並無實質流量。因本文流量為參考航運公司過去資料預估假設，非實際數量。

將以上之各參數資料代入模式中，以 CPLEX-OPL 3.5 軟體求解，結果總成本為 8,931,288 美元，母船主航線停靠依序為上海→新加坡→巴生港→阿巴希→賽德→香港→廈門→高雄→寧波→上海共 9 個港口。集貨港航線如表 9 所示。

表 9 實例集貨港指派情況

港口	青島	連雲	基隆	傑貝阿里	阿什杜德	熱那亞	來亨	福斯
指派	高雄	高雄	高雄	阿巴希	賽德	賽德	賽德	賽德

實際航商航線母船停靠以為上海、寧波、香港、新加坡、來亨、熱內亞、福斯為主，與其相比，此結果中亞洲區間母船靠泊之港口大多相同，只是靠泊港數偏多，且因高雄港其裝卸費用便宜許多，且又為亞歐航線，因此青島、連雲、基隆皆集貨至高雄轉運；於地中海區域中，本實例結果皆將地中海港口指派至賽德港轉運，與實際航線皆停靠 3 個地中海港口有差異，主要原因於賽德港之裝卸費便宜許多，故以成本上考量則以賽德港為母船拜訪港，轉運地中海區域貨量則會最節省成本。

4.2 敏感度分析

依據第三節簡例測試之結果，對於影響船舶彎靠與指派因素中，以限制母船彎靠數、貨量多寡與裝卸折扣費率影響最顯著，因此本文針對這幾項因素對實例進行敏感度測試，並分析其結果。

(一) 母船彎靠數限制

實例之最佳解中，母船共停靠 9 個港口，以下本文分別設定母船停靠 7~10 個，結果整理如表 10：

此案例最佳解母船彎靠數為 9 個，若設定減少一彎靠數時，平均成本將增加 1.4%，但若設定增加彎靠數，則成本增加幅度將較大。母船彎靠情形方面，在刪減部分，依結果分析，可依序有以下規則：(1)同一區域內決定某個港口被選取，當裝卸費差不多時，則考量母港間航段上總成本與集貨船單位貨櫃運送成本，如高雄與廈門之關係。例如實例中限制母船彎靠數為 7 時，青島、連雲、上海、基隆、高雄都指派給母港廈門，當限制母船彎靠數為 8，青島、連雲、基隆、高雄仍指派給母港廈門，當彎靠數設定為 9 時，高雄港就會獲選為被選為遠東/地中海航線之軸心港。由上陳述大概可以察覺出廈門與高雄間的拉鋸，廈門港在母港間航段上總成本與集貨船單位貨櫃運送成本相對於高雄港佔優勢（詳見附表 2 與 3），而高雄港轉口折扣與廈門又差異不大（高雄 38，廈門 42），因此限制母船彎靠數 7 與 8 時，高雄港都還無法有相對低成本的優勢足以被選為母港。直到彎靠數設定為 9 時，高雄於回程時得以被選定為母港。(2)當彎靠數減到一定程度，兩端港口將只選取相對離市場較近且貨量較多之港口，如新加坡、香港、廈門，停靠港將集中於市場兩端之中間，以

利轉運服務，例如本例中當彎靠數降為 7 時，地理位置最較佳之廈門取代貨源充足之上海港。

表 10 案例母船彎靠數變動結果

母船彎靠數	目標值 (單位：美元)	主航線	指派情形
7	9,188,878	廈門→香港→新加坡→賽德→阿什杜德港→傑貝阿里→阿巴希→廈門	青島、連雲、上海、基隆、高雄→廈門； 寧波、巴生港→新加坡； 熱那亞、來亨、福斯→賽德
8	9,070,924	上海→寧波→廈門→香港→新加坡→賽德→阿什杜德港→阿巴希→上海	青島、連雲、基隆、高雄→廈門； 巴生港→新加坡； 傑貝阿里→阿巴希； 熱那亞、來亨、福斯→賽德
9	8,931,288	上海→新加坡→巴生港→阿巴希→賽德→香港→廈門→高雄→寧波→上海	青島、連雲、基隆→高雄； 傑貝阿里→阿巴希； 阿什杜德、熱那亞、來亨、福斯→賽德
10	9,355,669	青島→賽德→阿什杜德→阿巴希→傑貝阿里→新加坡→香港→廈門→寧波→上海→青島	連雲→青島； 基隆、高雄→廈門； 巴生港→阿巴希； 熱那亞、來亨、福斯→賽德

(二) 貨量多寡

本文將案例之貨量分別減少 10%與 20%，結果整理如表 11：

當貨量減少時，成本下降原因將會因貨量減少而下降，但相對也會因貨量減少，船舶航段貨櫃量無法達一定規模，導致無規模經濟反而增加成本。此案例中，當貨量減少微量時，成本下降幅度較大，因此時貨量尚達經濟規模，因貨量減少而產生之成本下降，但當貨量由 10%減少至 20%時，相對成本減少幅度小很多，可能因貨量減少過多，使母船航段上經濟規模性較低，反而不因貨量減少而減少相同幅度。

(三) 轉口裝卸折扣費率

轉口裝卸折扣費率標準約為 25%，本文將案例之轉口裝卸折扣費率設定為 10%，結果整理如表 12，當轉口裝卸折扣率增加時，將鼓勵貨物轉口運輸，此時母船停靠港數將減少。由此案例可發現確實有此現象，且當轉口裝卸費率增加時，母船將選擇貨量較多之港口，同區域相較於裝卸較稍微便宜之港口其優勢將消失而不被選取，如連雲與傑貝阿里。

表 11 案例貨量折扣率變動結果

貨量 減少率	目標值 (單位：美元)	主航線	指派情形
0%	8,931,288	上海→新加坡→巴生港→阿巴希 →賽德→香港→廈門→高雄→寧 波→上海	青島、連雲、基隆→高雄； 傑貝阿里→阿巴希； 阿什杜德、熱那亞、來亨、福斯→ 賽德
10%	8,688,050	上海→基隆→賽德→阿巴希→巴 生港→新加坡→香港→廈門→高 雄→寧波	青島、連雲→基隆； 傑貝阿里→阿巴希； 阿什杜德、熱那亞、來亨、福斯→ 賽德
20%	8,608,907	上海→高雄→巴生港→賽德→新 加坡→香港→廈門→基隆→寧波 →上海	青島→巴生港； 連雲→基隆； 傑貝阿里、阿巴希、阿什杜德、熱 那亞、來亨、福斯→賽德

表 12 案例轉口裝卸折扣率變動結果

轉口裝卸 折扣率	目標值 (單位：美元)	主航線	指派情形
10%	9,187,522	連雲→上海→高雄→廈門→香 港→新加坡→巴生港→傑貝阿 里→阿巴希→賽德→寧波→連 雲	青島→連雲； 基隆→高雄； 阿什杜德港、熱那亞、來亨與福斯 →賽德
25%	8,931,288	上海→新加坡→巴生港→阿巴 希→賽德→香港→廈門→高雄 →寧波→上海	青島、連雲、基隆→高雄； 傑貝阿里→阿巴希； 阿什杜德、熱那亞、來亨、福斯→ 賽德

4.3 小結

綜合實例之結果分析，由第三節所得之影響船舶靠港選擇因素上，主要以限制母船停靠數、貨量折扣率與轉口裝卸折扣率為考慮因素，案例中得出之結果與預期大致相同。航次序上，實例中，首先因中國為主要進出口國家，特別上海為世界第一大港，出口貨量亦居前幾名，故航線中中國先由上海出發，因上海貨量充足，即航行往新加坡與巴生港裝運後，直接往中東、地中海航行，回程時因貨物相對較少，需較多目的港之貨物累積以達成經濟規模，故回程停靠之港口較多。母船拜訪港中除原本貨量相對較多之港口外，另一種即為相對轉口裝卸成本較低。以案例中賽德、高雄港之相對轉口裝卸成本低許多，因而得以在母船停靠數為 9 時獲選為母港。惟在本實例中，根據本研究之模式設定目標式為最小運送總成本＝母港間航段上總成本＋集貨貨櫃運送成本＋在母港泊靠享有之轉口折扣，首先以此實例觀察，成本所占比例最多是母港間航段上總成本，高雄港母港間航段上總成本

都居於劣勢 (請見下附表 2)，其次青島、連雲與基隆集貨至廈門的集貨船單位貨櫃運送成本都低於集貨至高雄 (146, 138, 43) vs. (152, 145, 46)，而高雄港轉口折扣與廈門也差異不大 (高雄 38, 廈門 42)，因此限制母船彎靠數 7, 8 高雄港都還無法有相對低成本的優勢足以被選為母港。直到彎靠數設定為 9 時，高雄於回程時得以被選定為母港。因此本研認為，雖然實務上普遍認為，台灣有適合發展轉口港之利基，因大陸港口興起，其貨物進出口量大，相對其裝卸費將逐年提高，於此環境下，台灣雖進出口貿易量相對少很多，但可利用轉口費用低之優勢發展轉口港，擠身於次主要港口之列，但高雄港在致力於成為航商所選擇的轉口港，除提供優惠的轉口折扣外，更可站在航商立場，實務性整體地考慮高雄港與鄰近港口 (例如廈門) 間總運送成本包含母船航段之運輸成本與集貨航線之運輸與裝卸成本。

五、結論與建議

本文以租用大型船舶規劃航線上欲彎靠之軸心港港口為探討主體，進一步分析最低成本限制下母船未停靠之集貨港口將貨物指派給何軸心港連結之；考量實務上之週班服務、去回程停靠不同港口等規劃因素下，在潛在貨量固定與各項成本已知情況下，以航商所乘載之貨量求解總營運成本最小，建立一最適靠泊港口次序與集貨港指派之決策模式。

5.1 結論

近年來海運市場供給遠大於需求，造成定期市場競爭激烈，故航商在開關選擇停靠港口時，更須審慎評估成本效益，本文之模式經由簡例測試與案例分析，可反映裝卸成本、航行時間與轉口裝卸折扣率對母船靠港選擇之影響；但對於其他質性因素如法令政策、全球經濟興衰或其他突發事件等，本文主要以量化資料考慮，因此排除上述因素之影響。遠洋航線設計規劃時，考慮因素甚多，除了定期航線之循環航線、航行時間、貨櫃流通等特性外，更需將市場競爭特性包含成本、利潤等納入考量。航商以獲利為主要考量，相對而言即將營運總成本在可行之範圍內降到最低，追求經營最佳化。航線規劃過去常以有經驗之企劃人員或船長、大副等依照經驗規劃或重組航線，但面對目前市場變動劇烈且競爭的環境下，光靠有經驗人員之規劃尚嫌不足。應用新科學工具和數學模式，發展符合航線規劃特性之程式，再搭配經驗人員之調整，對定期航商將有助益，也將是時代趨勢。

藉由前述各章節之整理分析，本文可獲得以下結論：

1. 本文以混合整數規劃發展一處理航線規劃問題，包含母船停靠港選擇與集貨港指派問題。本文成本上以實際航段與單位運送成本為決策資料，應用軸心區位與配置模式得出一最佳航線繞程解，由此模式直接透過成本間之差異以呈現船舶大小與貨量而產生之規模經濟性，與過去設定一固定之折扣係數使成本變動差異完全相同，有更真實呈現成本之變動差異。模式中並追加一限制式規範航行時間，使船舶運送時間於合理狀況，並找

出總成本最低之可行解。

2. 為測試模式之可行性，代入假設之簡例，依照不同情境之簡例測試，包含母船拜訪港數、轉口裝卸折扣費、固定成本船舶每日租金與燃料費等，以檢測模式實用性與驗證影響靠港選擇之因素，由結果得出母船拜訪港數越少成本將越大，轉口裝卸折扣費對於選擇母船拜訪港影響甚大，固定成本船舶每日租金與燃料費小額增加將對母船拜訪港選擇與集貨港指派影響較小。
3. 透過簡例測試，本文將模式應用於實例遠東-地中海航線，於實例中，除規劃出適當之主航線，並得出各集貨港指派點，並對實際情況說明，顯示本文模式之規劃結果在實務上應用應具可行性。結果中基本情境下，地中海區只選取賽德港為母船停靠港，主要因賽德港之裝卸費低許多，使地中海其他港口皆透過其轉運。遠東地區首先接選取上海、香港、新加坡等主要大港停靠，其他如廈門、高雄等因裝卸費較低，適合發展轉運港，因此也是母港停靠選擇。另外雖然青島、連雲為貨量充足之港口，但因離地中海目標市場較遠，故於遠東/地中海航線下，將往南指派到裝卸費較低之高雄轉運。
4. 母船拜訪港選擇以貨量相對較多之港口外，另一種即為相對轉口裝卸成本較低。案例中賽德、高雄港之相對轉口裝卸成本低許多，對航商而言，若排除其他考慮因素，純以成本來考量，臺灣有適合發展轉口港之利基，因大陸港口興起，其貨物進出口量大，相對其裝卸費將逐年提高，於此環境下，臺灣雖進出口貿易量相對少很多，但可利用轉口費用低之優勢發展轉口港，擠身於次主要港口之列。
5. 面對地理位置鄰近存在之競爭對手，例如廈門，建議高雄港在致力於成為航商所選擇的轉口港，除提供優惠的轉口折扣外，更可站在航商立場，實務性整體地考慮高雄港與鄰近港口間總運送成本包含母船航段之運輸成本與集貨航線之運輸與裝卸成本之相對優勢。

5.2 建議

本文主要針對單一航商進行分析，以重櫃為分析單位，設定路網為單一指派，不考慮各港作業效率情形，以成本最小化為目標值進行分析，鑒於在問題上之假設，導致部分資料簡單化，因此建議後續研究可就下列各項建議進行修改或深入探討：

1. 本文利用模式求解之問題尚不大，若欲應用於實務更多節點之問題解決上，發展啟發式解法將會使求解時間縮短，又能獲得相對較佳之可行解。
2. 近年航商結盟或航線聯營盛行，因可減少航商營運風險，故建議可將航商間聯營或共同派船模式加入研究模式中，使模式不限於自有船隊或租賃船舶。
3. 本模式僅以重櫃為考慮對象，對於特殊櫃或空櫃調度問題等尚無考慮，故未來之研究可將問題擴及多重櫃種為對象，進行實務上問題之解決。
4. 本文主要只以彎靠港口數來限制船舶週期，若未來能加入實際船期時間且為動態性，則將會更符合實務需求。

5. 本研究流量為歷史資料修改而成，對於實際需求運量較無深入研究，而未來若能先發展預測需求運量數學式再套入本文模式應用將會更符合實際。
6. 船舶愈造愈大，日班服務與航商策略聯盟，驅使港口軸心化並朝向層級化軸幅式 (Hierarchical Hub-and-Spoke Network) 營運模式發展，航商航線規劃議題更為細緻與複雜，惟關於次級路網規畫之議題較複雜，未列入本研究所探討之範圍，因此建議未來研究可針對此部分做更深入之探討，使航線規劃議題與時俱進。

參考文獻

1. Pearson, R., *Container Ships and Shipping*, Fairplay, London, 1988.
2. 交通部運輸研究所，船舶大型化趨勢對我國海運產業發展之影響分析，民國 99 年。
3. Ashar, A., "Revolution Now", *Containerization International*, Yearbook 2002, 2002, pp. 56-60.
4. 謝尚行、王賢崙，「最適貨櫃船型與船速之非線性規劃模式」，*運輸學刊*，第 18 卷，第 1 期，民國 95 年，頁 1-26。
5. 陳逸凱、林振榮、張啟隱，「定期貨櫃航商軸幅航線之選擇模式」，*航運季刊*，第 21 卷，第 4 期，民國 101 年，頁 1-20。
6. Bijwaard, G. E. and Knapp, S., "Analysis of Ship Life Cycles -The Impact of Economic Cycles and Ship Inspections", *Marine Policy*, Vol. 33, No. 2, 2009, pp. 350-369.
7. Stopford, M., "Challenges for Global Shipping, Anniversary of the Danish Shipowners Association", *Clarkson Research*, 2009, pp. 1-13.
8. Containerization International, <http://www.ci-online.co.uk/>, 2012.
9. 交通部運研所，我國貨櫃港口因應環境變遷之碼頭營運模式研究，民國 102 年。
10. De Monie, G., "The Future Is Mega Hubs", *Cargo Systems*, 1997, pp.73-75.
11. O'Kelly, M. E., "A Quadratic Integer Program for the Location of Interacting Hub Facilities", *European Journal of Operational Research*, Vol. 32, 1987, pp. 393-404.
12. O'Kelly, M. E. and Miller, H. J., "The Hub Network Design Problem: A Review and Synthesis", *Journal of Transport Geography*, Vol. 2, No.1, 1994, pp.31-40.
13. Campbell, J. F., "Integer Programming Formulations of Discrete Hub Location Problems", *European Journal of Operational Research*, Vol. 72, 1994, pp. 387-405.
14. Alumur, S. and Kara, B.Y., "Network Hub Location Problems: The State of the Art", *European Journal of Operational Research*, Vol.190, 2008, pp.1-21.
15. Aykin, T., "On a Quadratic Integer Program for the Location of Interacting Hub Facilities", *European Journal of Operational Research*, Vol. 46, 1990, pp. 409-411.
16. Aykin, T., "Lagrangean Relaxation Based Approaches to Capacitated Hub-and Spoke Network Design Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 79, 1994, pp. 501-523.

17. Aykin, T., "Networking Policies for Hub-and-Spoke Systems with Applications to the Air Transportation System", *Transportation Science*, Vol. 29, 1995, pp. 201-221.
18. O'Kelly, M. E., Bryan, D. L., Skorin-Kapov, D., and Skorin-Kapov, J., "Hub Network Design with Single and Multiple Allocation: A Computational Study", *Location Science*, Vol. 4, No. 3, 1996, pp. 125-138.
19. Ernst, J. and Krishnamoorthy, M., "Efficient Algorithms for the Uncapacitated Single Allocation P-Hub Median Problem", *Location Science*, Vol. 4, 1996, pp. 139-154.
20. Skorin-Kapov, D., Skorin-Kapov, J. and O'Kelly, M. E., "Tight Liner Programming Relaxations of Uncapacitated P-Hub Median Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 94, 1996, pp. 582-593.
21. Ernst, A. T. and Krishnamoorthy, M., "Solution Algorithms for the Capacitated Single Allocation Hub Location Problem", *Annals of Operations Research*, Vol. 86, 1999, pp. 141-159.
22. Abdinnour-Helm, S. and Venkataramanan, M. A., "Solution Approaches to Hub Location Problem", *Annals of Operations Research*, Vol. 78, 1998, pp. 31-50.
23. Sasaki, M., Suzuki, A., and Drezner, Z., "On the Selection of Hub Airports for the Airline Hub-and-Spoke System", *Computers & OR*, Vol. 26, 1998, pp. 1411-1422.
24. Ebery, J., Krishnamoorthy, M., Ernst, A., and Boland, N., "The Capacitated Multiple Allocation Hub Location Problem: Formulations and Algorithms", *European Journal of Operational Research*, Vol. 120, 2000, pp. 614-631.
25. Ernst, A. T. and Krishnamoorthy, M., "Exact and Heuristic Algorithms for the Uncapacitated Multiple Allocation P-Hub Median Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 104, 1998, pp. 100-112.
26. Sasaki, M. and Fukushima, M., "On the Hub-and-Spoke Model with Arc Capacity Constraints", *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol. 46, No. 4, 2003, pp. 409-428.
27. Mari'n A., Ca'novas L., and Landete M., "New Formulations for the Uncapacitated Multiple Allocation Hub Location Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol. 172, 2006, pp. 274-292.
28. 謝尚行、張斐茹，「軸輻路網模式在定期貨櫃船定線之應用」，*運輸計劃季刊*，第 30 卷，第 4 期，民國 90 年，頁 871-890。
29. 游至誠，「允許集貨港與軸心港不直接相連之海運軸輻路網模式」，交通大學運輸工程與管理學碩士論文，民國 90 年。
30. Hsieh, S. H. and Wong, H. L., "The Marine Single Assignment Nonstrict Hub Location Problem: Formulation and Experimental Examples", *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 12, No. 4, 2004, pp. 343-353.
31. Hsu, C. I. and Hsieh, Y. P., "Direct Versus Terminal Routing on a Marine Hub-and-Spoke Container Network", *Journal of Marine Science and Technology*, Vol. 13, No. 3, 2005, pp. 209-217.
32. 林亞蓁，「定期貨櫃航運之網路設計」，高雄第一科技大學運籌管理所碩士論文，民國 99 年。

33. Aversa, R., Botter, H. E., Haralambides, R. C., and Yoshizaki, H. T. Y., "A Mixed Integer Programming Model on the Location of a Hub Port in the East Coast of South America", *Maritime Economics and Logistics*, Vol. 7, 2005, pp. 1-18.
34. Imai, A., Shintani, K., and Papadimitriou, S., "Multi-port vs. Hub-and-Spoke Port Calls by Containerships", *Transportation Research Part E*, Vol. 45, 2009, pp. 740-757.
35. Gelareh, S., Nickel, S., and Pisinger, D., "Liner Shipping Hub Network Design in a Competitive Environment", *Transportation Research Part E*, Vol. 46, 2010, pp.1-16.
36. 陳春益、邱明琦，「貨櫃航線網路設計模式之研究」，**運輸計劃季刊**，第 31 卷，第 2 期，民國 91 年，頁 267-298。
37. 謝景昌，「定期貨櫃船靠泊港口決策模式探討」，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，民國 90 年。
38. 張正宜，「臺灣地區規劃闢建洲際貨櫃中心深水碼頭之最佳化港口選擇」，國立臺灣海洋大學商船學系碩士論文，民國 95 年。
39. 林光、張志清，**航業經營與管理**，第 7 版，航貿文化事業，臺北，民國 99 年。
40. 董晉偉，「定期航線經營之模擬分析—以亞歐航線為例」，國立臺灣海洋大學航運管理學系碩士論文，民國 95 年。
41. 嚴崇仁，「定期航運作業基礎成本分析與顧客分群訂價之研究」，國立臺灣海洋大學運輸與航海科學系碩士論文，民國 97 年。
42. 謝幼屏，「軸輻貨櫃海運網路之路線、船型與頻次之決策研究」，國立交通大學運輸科技與管理學系博士論文，民國 94 年。
43. Sea-rates.com, <http://www.searates.com/cn/reference/portdistance/>, 2012.

附 錄

附表 1 實例各港 O-D 流量

	青島	連雲	上海	寧波	廈門	基隆	高雄	香港	巴生港	新加坡	傑貝阿里	阿巴希	阿什杜德	賽德	熱那亞	來亨	福斯
青島	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	50	100
連雲	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	100	0	0
上海	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	200	200	0	200	0	200
寧波	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0	50	100	100	0
廈門	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	200
基隆	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
高雄	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100	150	200	0
香港	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150	50	0	100	150
巴生港	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	50
新加坡	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	0	100	200
傑貝阿里	0	0	100	50	50	0	0	50	0	100	0	0	0	0	0	0	0
阿巴希	0	0	50	100	0	0	50	0	50	100	0	0	0	0	0	0	0
阿什杜德	100	0	120	100	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
賽德	100	0	50	0	0	0	100	50	50	150	0	0	0	0	0	0	0
熱那亞	0	50	50	0	50	0	50	50	0	100	0	0	0	0	0	0	0
來亨	0	0	100	0	0	0	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
福斯	0	0	100	0	50	50	0	50	0	150	0	0	0	0	0	0	0

附表 2 實例之母船航段營運成本

	青島	連雲	上海	寧波	廈門	基隆	高雄
青島	0	56,857	134,766	169,245	324,096	278,171	336,893
連雲	54,367	0	118,266	152,575	307,055	262,241	320,223
上海	134,200	120,190	0	64,889	220,480	182,335	233,278
寧波	163,633	149,623	61,066	0	194,807	156,291	207,605
廈門	317,267	302,890	215,433	195,177	0	105,910	83,132
基隆	273,100	259,823	178,966	158,279	107,528	0	114,028
高雄	331,567	317,557	229,733	172,579	84,782	114,060	0

附表 3 實例集貨船單位貨櫃運送成本

	青島	連雲	上海	寧波	廈門	基隆	高雄
青島	0	20	59	72	146	124	152
連雲	20	0	51	65	138	117	145
上海	61	53	0	26	99	81	106
寧波	72	65	24	0	85	66	91
廈門	146	138	97	85	0	43	32
基隆	124	117	79	66	43	0	46
台中	133	126	85	72	28	23	28
高雄	152	145	104	74	32	46	0

