

臺灣地區國際港埠貨櫃吞吐量分配模式 ——兼談臺灣地區進出口貨櫃南北轉運問題

A CONTAINER THROUGHPUT SPLIT MODEL FOR INTERNATIONAL PORTS IN TAIWAN AREA

周建張 Chien-Chang Chou¹

(93 年 9 月 13 日收稿，93 年 12 月 30 日第一次修改，94 年 3 月 23 日
第二次修改，94 年 11 月 10 日定稿)

摘 要

本文是以港埠貨櫃吞吐量分配問題為研究對象，利用數學規劃方法建構港埠貨櫃吞吐量分配模式，最後以臺灣地區進出口貨櫃實例對模式進行測試，經測試結果發現：(1) 當港埠之貨櫃吞吐量分配完全來自於其腹地內之區域貨櫃貨源時，則航商與貨主的總收益最大；(2) 根據本文模式輸出之最佳解顯示，臺灣地區每年進出口貨櫃「北櫃南運」、「南櫃北運」的數量應只有 28.7849 萬 TEU 左右，但目前實際上臺灣地區「北櫃南運」、「南櫃北運」的數量早已超過 100 萬 TEU，似乎稍多了一點；(3) 根據本文模式輸出結果顯示，目前臺灣地區每年「北櫃南運」、「南櫃北運」所發生的內陸運輸成本約 98.75 億元，此一結果亦可合理地解釋最近幾年來北部地區的進出口貨主為何積極地建議政府在北部地區應另開闢新港—臺北港。

另外本文亦對模式進行敏感性分析，經分析結果發現，模式中的各項成

1. 大華技術學院國際貿易學系副教授兼系主任 (聯絡地址:307 新竹縣芎林鄉大華路 1 號 大華技術學院國際貿易系; 電話: 03-5927700 轉 2900; E-mail: chiench1@ms58.hinet.net); 國立高雄海洋科技大學航運技術學系副教授 (聯絡地址:805 高雄市旗津區中洲 3 路 482 號 高雄海洋科技大學航運技術學系)。

本因素以港埠貨櫃裝卸費用、港埠貨櫃裝卸效率、以及船舶裝載率等三項因素對航商的成本影響最明顯。因此本文建議港埠相關單位，若是要吸引更多航商的船舶來灣靠，可以採取三項比較有效的措施：(1) 降低港埠貨櫃裝卸費用、(2) 提高港埠裝卸效率以減少船舶在港時間、(3) 吸引更多的貨櫃貨源以提高航商的船舶裝載率。

關鍵詞：貨櫃運輸管理；數學規劃

ABSTRACT

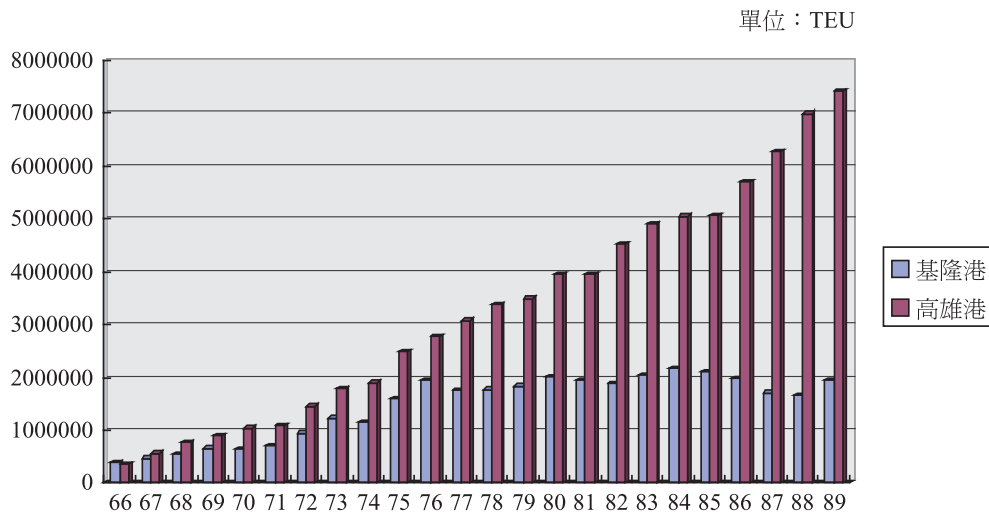
To formulate a container throughput split model for international ports in Taiwan area, we developed a container throughput split model by using a mathematic programming method. Then, this model was tested by a Taiwanese case. The results show that (a) The total revenue of carriers and shippers is the largest while the container throughputs are from the port's hinterland. (b) About one million TEU international trade containers in North Taiwan area are imported/exported via Kaohsiung port in South Taiwan. (c) Due to case (b), the inland freight for container transportation in Taiwan area is 9.875 billion dollars. The result can be used to explain why the shippers in North Taiwan area suggest the Department of Government Transportation to build a new international container port in North Taiwan area.

In addition, the sensitivity analysis is taken by changing costs in this paper. The sensitivity analysis results show that the loading and unloading charges, loading and unloading efficiency, and loading rate of vessel are most important for carriers to reduce their operation costs. Thus, we suggest that in order to attract more vessels to call ports, port managers should (a) reduce the loading and unloading charges, (b) improve loading and unloading efficiency, and (c) loading rate of vessel.

Key Words: Containerization transportation management; Mathematic programming

一、前言

從圖 1 我們可以看出歷年來國內進出口貨櫃分別從基隆港與高雄港進出口的貨櫃數。從民國 66 年至 75 年間，分別從基隆港與高雄港進出口的貨櫃數並沒有明顯的差距；但是從民國 76 年以後，此現象即有很大的轉變，高雄港每年的進出口貨櫃數持續快速增加，反觀基隆港的貨櫃數總是一直維持在 2 百萬 TEU 左右；尤其是到了民國 89 年，高雄港的貨櫃數已經是基隆港的三倍。造成此現象的原因就是航商將大部分的船隻灣靠高雄港來裝卸貨櫃，只有少部分的船隻灣靠基隆港。導致臺灣北部地區一部分的出口貨櫃必須千里迢迢運至高雄港出口。同樣地，進口貨櫃在高雄港卸下後也必須千里迢迢的運至臺灣北部地區。



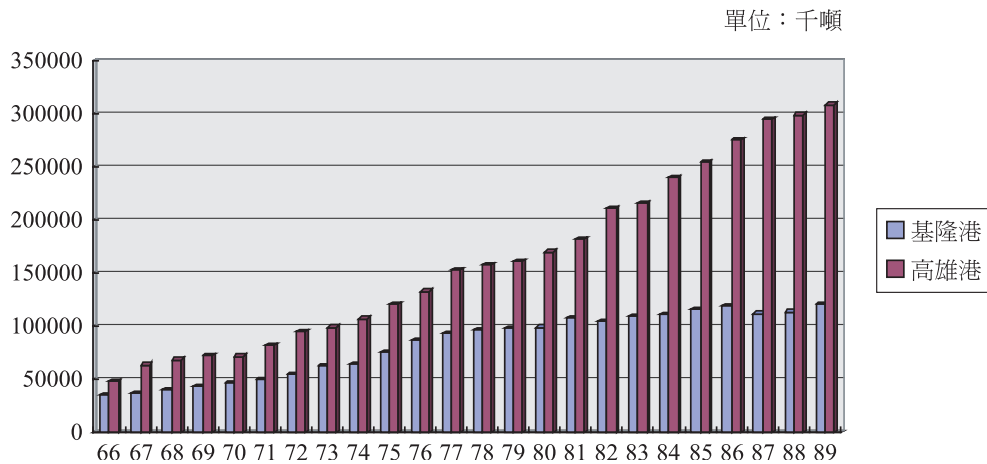
資料來源：交通部運輸研究所。

圖 1 基隆港與高雄港歷年貨櫃裝卸量

從圖 2 我們可以看出歷年來進出高雄港與基隆港的船舶總噸位數。從民國 66 年至 75 年間，灣靠高雄港與基隆港的船舶總噸位數並沒有明顯的差距，但是從 76 年以後，航商的船舶灣靠高雄港的總噸位數即明顯地逐年快速增加，反觀灣靠基隆港的船舶總噸位數總是維持在 1 億噸左右；尤其是到了民國 89 年，灣靠高雄港的船舶總噸位數已經是基隆港的三倍。造成航商的船舶比較喜歡停靠高雄港裝卸貨櫃，而比較不喜歡停靠基隆港裝卸貨櫃的原因有許多，諸如高雄港實施專用貨櫃碼頭制度是一個重要的影響因素；另外因為停靠基隆港裝卸貨櫃的時間較長，導致航商必須支付較多的港口作業費用，例如從基隆港進出口的貨櫃必須經由基隆市區的道路，但是由於基隆市區道路容量不足加上拓寬不易，使貨櫃拖車常常塞車在基隆市區，而航商的船舶為了等待拖車上的出口貨櫃，必須延長船舶停靠在基隆港的時間，導致航商必須支付更多的船席費與相關的港口作業費用；其次，因為基隆港後線不足，導致貨櫃裝卸效率比高雄港低。再者，貨櫃船舶日趨大型化的趨勢下，航商為了節省船舶灣靠港口的費用，在臺灣地區採取只灣靠單一港口的策略，例如船舶若是灣靠高雄港就不再灣靠基隆港；若灣靠基隆港就不再灣靠高雄港。而大部分航商的船隻都是選擇灣靠高雄港，導致目前國內北部地區貨源地的出口貨櫃必須千里迢迢的從北部運至高雄港；反之，北部地區的進口櫃亦必須千里迢迢的從高雄港運回北部，這就是國內目前所謂的「北櫃南運」與「南櫃北運」的現象。此現象徒增國內進出口商的內陸運輸成本與時間，不利於進出口商對外貿易的競爭力。

另一方面，臺灣地區進出口貨物的貨源區域分配，北部地區的進出口貨物占全臺灣進出口貨物的大部分；南部地區的貨源居次；中部地區占最少。可見每年北櫃南運與南櫃北運的貨櫃量很大，經年累月下來，國內北部地區的進出口商不想繼續負擔北櫃南運或是南

櫃北運的內陸運輸成本與時間，因此近幾年來積極地建議政府應該在北部地區另外開闢一個國際商港－臺北港。



資料來源：交通部運輸研究所。

圖 2 基隆港與高雄港歷年進港船舶總噸位數

因此本文希望能找到一個能夠使航商與進出口貨主二者總收益最大化之港埠貨櫃吞吐量分配模式，以供政府相關單位、航商、以及進出口貨主參考。本文共計五節，第一節是前言，說明目前國內進出口貨櫃之港埠貨櫃吞吐量分配現況，以及本文之研究目的與動機；第二節是文獻回顧；第三節是建構本文所提出的航商與進出口貨主總收益最大化之港埠貨櫃吞吐量分配模式；第四節是測試模式，以臺灣地區進出口貨櫃實例對本文模式作測試，並進行各項成本參數的敏感度分析；第五節則是結論與建議。

二、文獻回顧

過去相關文獻包括行政院經濟建設委員會^[1]、中華顧問工程司^[2]、以及交通部運輸研究所^[3-6]在建構臺灣地區各國際港埠貨櫃吞吐量模式時最常見的建構方法，大都是採 PTA 或是 OPC 方法。

所謂 PTA (port traffic allocation) 港埠運量分配模式，是由 Gleave^[7] 所發展出來，該模式中考慮貨主的內陸運輸成本與航商的船舶在港成本，並以貨主的內陸運輸成本與航商的船舶在港成本二項成本之和最小化為最適解，可以下式表示：

$$\text{Min } TC = \text{Min} \sum_i \sum_j q_{ij} (CI_{ij} + CP_j)$$

TC ：代表臺灣各地區之貨物利用各港口進出口之總運輸成本；

q_{ij} ：表示第 i 個分區貨物經由第 j 個港口進出口之運量；

CI_{ij} ：表示第 i 個分區貨物至第 j 個港口之單位內陸運輸成本；

CP_j ：表示經由第 j 個港口進出口之單位貨物所產生之船舶在港成本。

PTA 港埠運量分配模式實際上是簡化運輸公路網最低成本的交通量指派方法，並考慮港埠特性之運量分配模式，其基本假設是貨主會依循最低的內陸運輸成本來選擇進出口港。但是在臺灣地區實際的貨櫃運輸系統中，許多貨主其進出口貨櫃都是委託貨物承攬業者代為託運，而貨物承攬業者在選擇貨櫃的進出口港口時，除了考慮內陸運輸成本之外，還要考慮船公司已經配置且公布之航線、船期、艙位數等諸多因素，導致貨物承攬業者最後實際所選擇的貨櫃進出口港口並不是最低內陸運輸成本的港口，此實務現象與 PTA 港埠運量分配模式之基本假設一貨主會依循最低的內陸運輸成本來選擇進出口港一有所不同。

所謂 OPC (optimum port capacity) 最適港埠能量分配模式，是以上述 PTA 港埠運量分配模式為基礎，但是其所考慮的成本因素除了航商的船舶在港成本與貨主的內陸運輸成本之外，更加入考量船席成本之因素（包括船席作業與等候成本），可以下式表示：

$$\text{Min } TC = \text{Min} \sum_i \sum_j [365C_{bj}S_j + C_{vj}T_j(n_{sj})_k + q_{ij}CI_{ij}]$$

TC ：表示整個運輸系統之總成本；

C_{bj} ：第 j 個港口碼頭每日固定成本；

S_j ：第 j 個港口之碼頭數；

C_{vj} ：靠泊第 j 個港口之船舶每日成本；

T_j ：第 j 港口每年工作天數；

$(n_{sj})_k$ ：平均在第 j 港之船舶艘數。 k 是 Erlang 係數；

q_{ij} ：表示第 i 個分區貨物經由第 j 個港口進出口之運量；

CI_{ij} ：表示第 i 個分區貨物至第 j 個港口之單位內陸運輸成本。

該 OPC 最適港埠能量分配模式，除了可以計算出各港埠的進出口貨櫃吞吐量分配之外，還可以找出每個港埠最佳碼頭數，提供港埠規劃擴建碼頭之參考。

交通部運輸研究所^[8]曾探討臺灣地區港埠均衡發展策略，其研究報告中指出，每個國際商港各有其商業機能，亦有其服務的腹地。而港埠都市在發展上既為貿易中心、金融中

心、工業中心、以及資訊中心，因而港埠為服務港埠都市應以港埠群之觀念建立群之中心港埠，並以港埠群帶動港埠都市與地方型港埠發展，相輔相成，互助共利。然而今日臺灣地區港埠發展缺乏港埠群之觀念，使得港埠服務之範圍界定不易，缺乏政策支持，更使得貨櫃運輸除了航商、貨主的因素以外，港埠本身運輸服務的功能未能充分發揮，導致臺灣地區進出口貨櫃「北櫃南運」、「南櫃北運」的問題叢生。

郭塗城^[9]曾探討臺灣地區各國際港埠的能量問題，該研究報告中是以系統模擬的方法來推估各港埠的合理能量，並提出相關的規劃策略以供參考。

Yang^[10]曾探討各港埠間之貨櫃吞吐量分配問題，以數學規劃的方法來建構模式。該文模式中主要包含兩個子模式，第一個子模式中是以航商追求收益最大化為目標建構目標式，而以此目標來規劃航線、船期、灣靠的港口，並且公布這些資訊給進出口貨主。第二個子模式是貨主只能根據第一個子模式中航商所公布的航線、船期、灣靠的港口等已知的條件下，以進出口貨櫃運輸成本最小化為目標建構目標式，來選擇貨櫃進出口的港口。惟此模式並無法有效的解釋某些貨櫃運輸實務，例如，在第一節中已經敘述航商比較喜歡灣靠高雄港且航商選擇灣靠高雄港對其比較有利，若根據 Yang 所提出的模式中第一個子模式—航商追求收益最大化子模式，則航商的船隻應該「全部」選擇灣靠高雄港才對，但目前的實務現象並非如此。

綜上所述可知，過去相關文獻在建構港埠貨櫃吞吐量時，大都是採用數學規劃方法，並以航商的船舶在港成本與船席成本、以及貨主的內陸運輸成本三者之和最小化為目標函數。因此本文亦是採用數學規劃方法，考慮航商的船舶在港成本與船席成本、以及貨主的內陸運輸成本，來建構臺灣地區國際港埠貨櫃吞吐量分配模式，求解出各港埠最佳貨櫃吞吐分配量，並與實際現況作一比較。另一方面，過去相關文獻建構港埠貨櫃吞吐量分配模式時較少進行敏感度分析，因此本文進一步對模式進行敏感度分析，以了解各項參數變動時，對航商與貨主的收益影響程度為何？以供政府交通運輸部門、港埠經營者、以及航商等參考。

三、港埠貨櫃吞吐量分配模式之建構

本文所建構的港埠貨櫃吞吐量分配模式，其目標函數是航商與貨主雙方能夠同時追求總收益最大的一種決策模式，此決策行為如圖 3 所示，根據圖 3 我們可建構航商與貨主雙方同時追求總收益最大化之港埠貨櫃吞吐量分配模式如后。在建構模式之前，先說明模式的基本假設如下：

1. 國際間的貿易貨物依包裝方式不同，大致上可分為貨櫃貨、散裝貨、雜貨等，本文模式中只考慮貨櫃貨。
2. 臺灣的國際商港有基隆港、台中港、高雄港三個，但進出口貨櫃主要是從基隆港與高雄

- 港出口，因此模式中只考慮北部的基隆港與南部的高雄港兩港；美西地區只考慮洛杉磯一個港口。
3. 在航運市場中，一般將經營航線大致上分為美西、歐洲、以及環球三種航線，模式中只考慮臺灣至美西這一條航線。
 4. 貨櫃的起迄點 (O-D) 分別以 k 、 k' 符號來表示，且為簡化起見，在臺灣地區北部貨櫃的起點或迄點視為同一區，南部地區視為同一區，亦即在臺灣地區貨櫃的起迄點只分為北部與南部兩區；而美西地區貨櫃的起點或迄點均視為同一區。
 5. 模式中所考慮的船舶只有定期貨櫃船，其他種類的船舶例如散裝、雜貨船不予考慮。
 6. 航商與進出口貨主是以追求總收益最大化為目標，其他特殊的經營行為不予考慮，例如非理性的削價競爭行為。
 7. 貨櫃的內陸運輸成本考慮臺灣地區的內陸運輸成本以及貨櫃在美西地區與洛杉磯港之間的內陸運輸成本。
 8. 臺灣地區的進出口貨櫃總數為已知，且航商在臺灣／美西這一條航線上所提供的船舶艙位容量足夠將臺灣／美西兩地間的全部貨櫃運送完畢。亦即航商與貨主的收入是固定的，且不考慮所有價格及代收代付之費用。

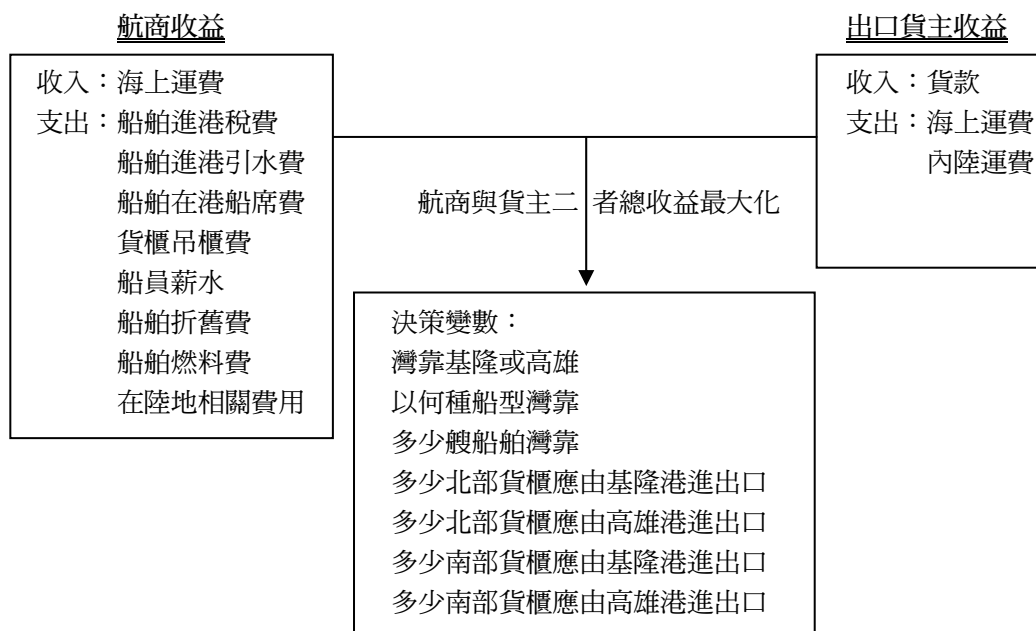


圖 3 港埠貨櫃吞吐量分配模式之決策架構圖

目標式

$$\begin{aligned}
Max \quad RS + RO = & (RF - CT - CP - CL - CB - CC - CD - CF - CA) + (RM - RF - CI) \\
= & \sum_L \sum_i \sum_j R_{ij} (\lambda_{ij}^L S^L Y_{ij}^L) - \sum_L \sum_i \sum_j W^L (C_{ti} + C_{ij}) Y_{ij}^L - \sum_L \sum_i \sum_j W^L (C_{pi} + C_{pj}) Y_{ij}^L \\
& - \sum_L \sum_i \sum_j (C_{li} + C_{Ri} + C_{lj} + C_{Rj}) \lambda_{ij}^L S^L Y_{ij}^L - \sum_L \sum_i \sum_j (T_{bi}^L C_{bi}^L + T_{bj}^L C_{bj}^L) Y_{ij}^L \\
& - \sum_L \sum_i \sum_j C_c^L Y_{ij}^L - \sum_L \sum_i \sum_j C_d^L Y_{ij}^L - \sum_L \sum_i \sum_j C_F^L T_{Sij}^L Y_{ij}^L / 330 \\
& - \sum_L \sum_i \sum_j C_{PF}^L T_{Pij}^L Y_{ij}^L / 30 - CA + \sum_L \sum_i \sum_j R_M (\lambda_{ij}^L S^L Y_{ij}^L) - \sum_L \sum_i \sum_j R_{ij} (\lambda_{ij}^L S^L Y_{ij}^L) \\
& - \sum_k \sum_i \sum_j \sum_{k'} (C_{lki} + C_{ljk'}) X_{kijk'} \quad (1)
\end{aligned}$$

RS ：航商的總收益；

RO ：貨主的總收益；

RF ：航商的運費收入；

CT ：航商船隻進港稅捐支出；

CP ：航商船隻進港領港費用支出；

CL ：貨櫃裝船、卸船費用支出；

CB ：航商船隻停在港口船席費用支出；

CC ：航商付給船員薪水支出；

CD ：航商船隻的折舊費用；

CF ：船舶燃料費用；

CA ：航商在陸地的人事、銷管、租金…等相關費用；

RM ：貨主的貨款收入；

CI ：貨主的內陸運費支出。

限制式

$$Y_{ij}^L \geq 0, \quad \forall i, j, L \quad (2)$$

$$X_{kijk'} \geq 0, \quad \forall k, i, j, k' \quad (3)$$

$$\sum_i \sum_j Y_{ij}^L = Y^L \quad (4)$$

$$\sum_L \sum_i \sum_j \lambda_{ij}^L S^L Y_{ij}^L = Q \quad (5)$$

$$\sum_k \sum_i \sum_j \sum_{k'} X_{kijk'} = Q \quad (6)$$

$$\sum_k \sum_j \sum_{k'} X_{kijk'} = \sum_L \sum_j \lambda_{ij}^L S^L Y_{ij}^L \quad (7)$$

$$\sum_{k'} \sum_i \sum_j X_{kijk'} = Q_k \quad (8)$$

上述第(1)式目標函數，表示航商與貨主追求總收益(收入－支出)最大化。第(2)式是指決策變數 Y_{ij}^L 為非負數限制式。第(3)式是指決策變數 $X_{kijk'}$ 為非負數限制式。第(4)式是指航商指派航行於 i 、 j 港之間的 L 型船舶數目，必須等於航商所提供的 L 型船舶數目。第(5)式是指航商所提供的船舶艙位容量總數，剛好可以載完臺灣地區出口的總貨櫃數，其中 Q 是代表臺灣地區出口的總貨櫃數。第(6)式是指數量守恆限制式，臺灣地區的貨主決定經由任何途徑將貨櫃運至目的地的全部貨櫃數量之和，等於臺灣地區的總出口貨櫃數。第(7)式是指貨主決定經由起運港 i 港出口的貨櫃數量，等於航商在 i 港所提供的船舶艙位容量，亦即航商在起運港 i 港所提供的船舶艙位容量數，剛好可以載完貨主決定由 i 港出口的貨櫃數。第(8)式是指數量守恆限制式， k 區貨源地的貨主決定經由任何途徑將貨櫃運至目的地的全部貨櫃數之和，等於 k 區貨源地的出口貨櫃總數。其中 Q_k 是代表 k 區貨源地的出口貨櫃總量。

符號說明：

$$RF = \sum_L \sum_i \sum_j R_{ij} (\lambda_{ij}^L S^L Y_{ij}^L)$$

i ：表起運港， $i = 1, 2$ 。若 $i = 1$ 表高雄港；若 $i = 2$ 表基隆港；

j ：表卸貨港， $j = 1$ ，表美西洛杉磯港；

R_{ij} ：航商將貨櫃從起運港 i 港運送至卸貨港 j 港之運費收入；

λ_{ij}^L ： L 型船舶在 i 、 j 港間的裝載率；

S^L ： L 型船舶的容量， $L = 1, 2$ 。若 $L = 1$ 表 4229 TEU 大型船舶；若 $L = 2$ 表 2054 TEU 小型船舶；

Y_{ij}^L ：航商決定指派經營 i 、 j 港之間航線的 L 型船舶數目，是模式的決策變數。

$$CT = \sum_L \sum_i \sum_j W^L (C_{ii} + C_{ij}) Y_{ij}^L$$

W^L ： L 型的船隻噸位， $L = 1, 2$ 。若 $L = 1$ 表 4229 TEU 大型船舶，51943 噸； $L = 2$ 表 2054 TEU 小型船舶，32322 噸；

C_{ii} ：船隻進 i 港時支付給港口的船舶稅捐／(每噸)；

C_{ij} ：船隻進 j 港時支付給港口的船舶稅捐／(每噸)。

$$CP = \sum_L \sum_i \sum_j W^L (C_{pi} + C_{pj}) Y_{ij}^L$$

C_{pi} : 船隻進 i 港時支付給港口的領港費用/(每噸) ;

C_{pj} : 船隻進 j 港時支付給港口的領港費用/(每噸) 。

$$CL = \sum_L \sum_i \sum_j (C_{li} + C_{Ri} + C_{lj} + C_{Rj}) \lambda_{ij}^L S^L Y_{ij}^L$$

C_{li} : 在 i 港的貨櫃裝船費用 (非出租專用碼頭) ;

C_{Ri} : 在 i 港時每 TEU 貨櫃所分擔的出租專用碼頭租金 ;

C_{lj} : 在 j 港的貨櫃卸船費用 (非出租專用碼頭) ;

C_{Rj} : 在 j 港時每 TEU 貨櫃所分擔的出租專用碼頭租金 。

$$CB = \sum_L \sum_i \sum_j (T_{bi}^L C_{bi}^L + T_{bj}^L C_{bj}^L) Y_{ij}^L$$

T_{bi}^L : L 型船舶停在 i 港船席的時間長 ;

T_{bj}^L : L 型船舶停在 j 港船席的時間長 ;

C_{bi}^L : L 型船舶停在 i 港船席的費用/(單位時間) ;

C_{bj}^L : L 型船舶停在 j 港船席的費用/(單位時間) 。

$$CC = \sum_L \sum_i \sum_j C_c^L Y_{ij}^L$$

C_c^L : L 型船舶上船員每年的薪水 。

$$CD = \sum_L \sum_i \sum_j C_d^L Y_{ij}^L$$

C_d^L : L 型船舶每年的折舊費用 。

$$CF = \sum_L \sum_i \sum_j C_F^L T_{Sij}^L Y_{ij}^L / 330 + \sum_L \sum_i \sum_j C_{PF}^L T_{Pij}^L Y_{ij}^L / 30$$

C_F^L : L 型船舶每年的海上航行燃料費用 ;

T_{Sij}^L : 經營 i 、 j 港航線的 L 型船舶，從 i 港到 j 港所需的海上航行天數 ;

C_{PF}^L : L 型船舶每年的在港停航燃料費用 ;

T_{Pij}^L : 經營 i 、 j 港航線的 L 型船舶，在 i 港與 j 港的停航天數 。

$$RM = \sum_L \sum_i \sum_j R_M (\lambda_{ij}^L S^L Y_{ij}^L)$$

R_M ：貨主的貨款收入／TEU

$$CI = \sum_k \sum_i \sum_j \sum_{k'} (C_{lki} + C_{ljk'}) X_{kijk'}$$

k ：表貨櫃在內陸的起點， $k = 1, 2$ 。若 $k = 1$ 表貨櫃的起點在臺灣南部地區；若 $k = 2$ 表貨櫃起點在臺灣北部地區；

k' ：表貨櫃的內陸迄點， $k' = 1$ 表貨櫃的內陸迄點在美西的內陸地區；

C_{lki} ：貨櫃從 k 貨源地運至起運港 i 港的內陸運費；

$C_{ljk'}$ ：貨櫃從卸貨港 j 運至貨櫃內陸目的地迄點 k' 的內陸運費；

$X_{kijk'}$ ：表貨櫃數量，是本文模式的決策變數，亦即貨主決定將內陸貨源地 k 的貨櫃從 i 港出口，且運送至目的港 j ，再經由內陸運輸運送至內陸目的地 k' 的貨櫃數量。

四、模式之測試

4.1 簡例測試

本文模式建構完成之後，以臺灣地區進出口貨櫃實例對模式進行測試，以了解模式的適切性。模式所需輸入的數據資料如表 1 所示，而模式的輸出結果如表 2 所示。表 1 中各項數據之出處或是推估方法說明如下：

1. 航商運費收入 (RF)：數據資料係來自蔡緣的「國際貿易實務與書類」^[11]，因每家船公司每 TEU 運費從 USD 1,105 ~ 1,576 不等，因此本文取平均值 $(1,105 + 1,576) / 2 = 1,340$ ，USD 1,340 換算成新台幣 NTD 46,900。
2. 船隻進港稅捐 (CT)：數據資料來自林清河的「海關實務」^[12]。
3. 進出港引水費 (CP)：數據資料來自「基隆港引水費率表」^[13]，交通部 88.12.02 交航八十八字第 0571842 號函核定。引水費 = 水呎費率 × 吃水 (呎) + 噸位費率 × 總噸位 / 500。水呎費率 = 283 元；噸位費率 = 52 元。4229TEU 船舶吃水約 13 公尺 (43 呎)，船舶噸位 51943 噸，因此 4229TEU 大船引水費 = $283 \times 43 + 52 \times 51,943 / 500 = 17,571$ 元；2054TEU 船舶吃水約 9 公尺 (30 呎)，船舶噸位 32322 噸，因此 2054TEU 小船引水費 = $283 \times 30 + 52 \times 32,322 / 500 = 11,851$ 元。美西地區洛杉磯港的資料係來自洛杉磯港網頁 <http://www.portlosangeles.org/tariff.htm>，根據船舶長度分別收取 1,422、1,027 元美金之外，每噸加收 0.00315 美金，因此換算成新台幣則 4229TEU 大船的引水費 = $1,422 \times 35 + 51,943 \times 0.00315 \times 35 = 55,496$ 元；2054TEU 小船的引水費 = $1,027 \times 35 + 32,322 \times 0.00315 \times 35 = 36,046$ 元。
4. 起重機吊櫃費 (CL)：基隆港的吊櫃費數據來自「基隆港埠業務費率表」^[14]，基隆港吊

- 櫃費若是採船邊提櫃的方式則 1,715 元/TEU。若採進入貨櫃場的方式則 2,497 元/TEU，本文採平均值 $(1,715 + 2,497) / 2 = 2,106$ 元/TEU。而高雄港因為貨櫃碼頭出租給航商營運，因此航商無須另外支付吊櫃費，但航商須支付專用貨櫃碼頭租金。至於美西洛杉磯港的吊櫃費 275 美金，係來自盧華安「遠洋定期航線排程與貨櫃調度模式」^[15] 的資料，換算成新台幣 $275 \times 35 = 9,625$ 元。
5. 專用貨櫃碼頭租金 (CR)：數據資料係作者訪問航商獲得專用碼頭租金，若是航商沒有將北部地區的貨櫃大量地南運到高雄港出口，專用碼頭租金比正常的吊櫃費略便宜，大約是 2,100 元/TEU。若是以目前的情況，航商將北部地區的貨櫃大量地南運到高雄港出口，專用碼頭租金可大幅下降，大約是 1,450 元/TEU。因此本文假設專用碼頭租金隨著貨櫃南北運數量增加而呈線性遞減，例如貨櫃南北運數量 0TEU 時吊櫃費為 2,100 元/TEU，貨櫃南北運數量為 25 萬 TEU、50 萬 TEU、75 萬 TEU、100 萬 TEU、125 萬 TEU、150 萬 TEU 時相對應的吊櫃費分別為 1,937 元、1,775 元、1,612 元、1,450 元、1,288 元、1,126 元。
 6. 碼頭碇泊費用 (CB)：根據「基隆港埠業務費率表」^[14]。美西地區洛杉磯港的資料係來自洛杉磯港網頁 <http://www.portlosangeles.org/tariff.htm>，船舶碼頭費用每天是 4892 美金，換算成新台幣 $4892 \times 35 = 171,220$ 元。
 7. 船員薪水支出 (CC)：數據係來自馮正民、袁劍雲的「船舶設籍對航商船員成本之影響」^[16]。
 8. 船舶折舊費用 (CD)：數據資料係來自王鴻仁「以高雄港為中心之貨櫃轉運航線分析」^[17]。
 9. 船舶燃油成本 (CF)：數據資料參考許巧鶯、彭美珠的「海運公司之複合快速運送營運策略分析」^[18]，4229TEU 大船每海浬的航行成本 47 美元，2054TEU 的小船每海浬 34 美元，臺灣高雄港至美西港口所需的天數是 18 天。本文推估船舶往返高雄港與美西港之間，扣除船舶在港時間以及進入船塢歲修的時間，一年約可往返 9 趟。以及根據盧華安的「遠洋定期航線排程與貨櫃調度模式」^[15] 的資料，高雄港至美西港口的距離 5859 海浬。因此本文推估 4229TEU 大船每年的燃油成本 $47 \times 5,859 \times 9 \times 2 \times 35 = 173,484,990$ 元新台幣。2054TEU 小船每年的燃油成本 $34 \times 5,859 \times 9 \times 2 \times 35 = 125,499,780$ 元新台幣。另外亦考慮船舶在港的停航燃油成本，根據陳敏生「海運經營」^[19] 的資料，定期貨櫃船每日的航行燃油成本與停航燃油成本的比率約 6：1。
 10. 船舶從起運港到目的港之海上航行天數 (T)：數據資料參考許巧鶯、彭美珠的「海運公司之複合快速運送營運策略分析」^[18]，4229TEU 大船從臺灣高雄港至美西港口所需的天數是 15 天，2054TEU 的小船從臺灣高雄港至美西港口所需的天數是 18 天。
 11. 貨櫃內陸運費 (CI)：根據楊中正「基隆、高雄兩港間貨櫃海上轉運之研究」^[20] 文中所引用之臺灣地區汽車貨櫃運輸同業公會公告之運輸費率。惟汽車貨櫃運輸同業公會公告之運輸費率與實際運送價格相差十分懸殊，業者經常以「雙程運送」及「託運對

象」為主要運價差異因素。以高雄與基隆之間拖車費為例，單程運價約為 7,250 元，來回雙程約為 12,000 ~ 13,000 元之間。據工會表示，此運費表僅供參考，實際收費由貨主與託運人相互協定之。本文模式採用的內陸運輸成本取平均值 $(7,250 + 12,500) / 2 = 9,875$ 元。至於美西地區的內陸運費數據資料係來自許巧鶯、彭美珠「海運公司之複合快速運送營運策略分析」^[18]，美西港口至內陸各鐵路場站之鐵路運費從 USD320 ~ USD660 不等，本文取平均值 $(320 + 660) / 2 = 490$ 美元，換算成新台幣 $490 \times 35 = 17,150$ 元。

12. 臺灣地區進出口貨櫃數 (Q)：資料係來自交通部運輸研究所「運輸資料分析」^[21]。
13. 航商所提供的船舶數 (Y)：根據 Institute of Shipping Economic and Logistics^[22]的統計資料指出，因為船舶大型化的結果，目前航商配置在遠東—美西航線的大船數量與小船數量比率約 9：1。因為船舶的裝載率 $\lambda = 0.75$ ，大船的船舶容量 4229TEU、小船的船舶容量 2054TEU，因此本文概略推估，航商配置大船數量 1592 艘、小船數量 176 艘，剛好可以載完臺灣地區的進出口貨櫃數量。 $4,229 \times 0.75 \times 1,592 + 2,054 \times 0.75 \times 176 = 5,320,554$ TEU。
14. 船舶裝載率 (λ)：數據資料係來自石豐宇的「海運航商各種策略聯盟之評估—以合作賽局求解」^[23]，因各家船公司的船舶裝載率從 0.6 ~ 0.9 不等，本文取平均值 $(0.6 + 0.9) / 2 = 0.75$ 。另外，在起迄運量已知情況下，裝載率隨航次增減而改變，航次增加則裝載率下降，反之亦然，因此本文在做敏感度分析時亦將 Y_{ij}^L 與船舶裝載率 (λ) 之交互關係一併納入考量。
15. 船舶艙位容量 (S)：資料係來自許巧鶯、彭美珠「海運公司之複合快速運送營運策略分析」^[18]。
16. 船舶噸位數 (W)：數據資料係來自基隆港的「港灣業務計費憑單」^[24]。
17. 貨源地的貨櫃數 (Q)：本文根據交通部運輸研究所資料^[21]、以及楊中正的「基隆、高雄兩港間貨櫃海上轉運之研究」^[20]，二者資料加以推估。89 年基隆港出、進口貨櫃數分別為 862,422TEU、997,255TEU；高雄港為 1,852,344TEU、1,607,870TEU。楊中正根據海關資料整理出 87 年貨櫃南北運的數量為 928,172TEU。因此本文推估北部、南部地區的貨源分別約 2,787,849TEU ($862,422 + 997,255 + 928,172 = 2,787,849$)、2,532,042TEU ($1,852,344 + 1,607,870 - 928,172 = 2,532,042$)。
18. 基隆港年裝卸能量：根據郭塗城君的「港埠能量規劃策略之研究」^[9]，民國 86 年時基隆港有 14 座貨櫃碼頭，合理的裝卸能量約 160.6 萬個／年。又根據基隆港務局民國 91 年的「統計要覽」^[25]，基隆港的貨櫃碼頭有 15 座。因此推估基隆港的合理貨櫃裝卸能量 $1,606,000 \text{ 個} \times 1.45 / 14 \times 15 = 2,500,000 \text{ TEU} / \text{年}$ 。
19. 貨主的貨款收入 (RM)：根據關稅總局的統計資料「二十一類貨物進出口值排行統計表」^[26]，將進出口貨物總值扣除非貨櫃貨物（例如：礦產品、化學品、航空器與船舶設備、水泥與石料…等）價值，得到進出口貨櫃貨物價值，再除以進出口總貨櫃 TEU

數，得到每 TEU 貨櫃價值。民國 89 年時，每一 TEU 貨櫃的價值 $RM = (2,518,621,510,000 + 1,373,152,241,000) / 6,171,067 = 630,648$ 。式中 2,518,621,510,000 是 89 年臺灣地區出口貨櫃貨物價值，1,373,152,241,000 是進口貨櫃貨物價值，6,171,067 是臺灣地區進出

表 1 模式之輸入數據資料

項 目	基隆港	高雄港	洛杉磯港
1 航商運費收入 (RF)	46,900 元/TEU	46,900 元/TEU	46,900 元/TEU
2 船隻進港稅捐 (CT)	2 元/噸	2 元/噸	0
3 進出港引水費 (CP)	大船 17,571 元 小船 11,851 元	大船 17,571 元 小船 11,851 元	大船 55,496 元 小船 36,046 元
4 起重機吊櫃費 (CL)	2106 元/TEU	0 元 (出租碼頭)	9625 元/TEU
5 專用碼頭租金 (CR)	0 元	1937/TEU	0 元
6 碼頭碇泊費用 (CB)	3944 元/小時	3944 元/小時	171,220 元/天
7 船員薪水支出 (CC)	大船 20,622,000 元/年；小船 15,976,905 元/年		
8 船舶折舊費用 (CD)	大船 115,833,340 元/年；小船 70,000,000 元/年		
9 船舶燃油成本 (CF)	大船航行燃油 173,484,990 元/年；小船航行燃油 125,499,780 元/年 大船停航燃油 2,628,560 元/年；小船航行燃油 1,901,512 元/年		
10 海上航行天數 (T)	大船 15 天；小船 18 天		
11 內陸運費 (CI)	北櫃南運 9875 元/TEU	南櫃北運 9875 元/TEU	美西內陸運費 17,150 元/TEU
12 進出口貨櫃總數 (Q)	5,319,891 TEU		
13 航商提供船舶數 (Y)	大船共計 1592 艘；小船共計 176 艘		
14 船舶裝載率 (λ)	$\lambda=0.75$		
15 船舶艙位容量 (S)	大船 4,229 TEU；小船 2,054 TEU		
16 船舶噸位數 (W)	大船 51,943 噸；小船 32,322 噸		
17 貨源地的貨櫃數 (Q_k)	北部地區 2,787,849 TEU；南部地區 2,532,042 TEU		
18 基隆港年裝卸能量	2,500,000 TEU/年		
19 貨主貨款收入 (RM)	632,830 元/TEU		
20 航商在陸費用 (CA)	98,794,256,370 元/年		

資料來源：蔡綠^[11]、林清河^[12]、基隆港務局「基隆港引水費率表」^[13]、基隆港務局「基隆港埠業務費率表」^[14]、盧華安^[15]、馮正民與袁劍雲^[16]、王鴻仁^[17]、許巧鶯與彭美珠^[18]、陳敏生^[19]、楊中正^[20]、交通部運輸研究所^[21]、Institute of Shipping Economic and Logistics^[22]、石豐宇^[23]、基隆港務局「港灣業務計費憑單」^[24]、基隆港務局「統計要覽」^[25]、關稅總局^[26]、洛杉磯港網頁 <http://www.portflosangeles.org/tariff.htm>、臺灣證券基金會網頁 <http://www.sfi.org.tw>。

口貨櫃 TEU 數。民國 90 年時， $RM = (2,251,137,943,000 + 1,504,486,909,000) / 5,914,265 = 635,011$ 。式中 2,251,137,943,000 是 90 年臺灣地區出口貨櫃貨物價值，1,504,486,909,000 是進口貨櫃貨物價值，5,914,265 是臺灣地區進出口貨櫃 TEU 數，得到每 TEU 貨櫃價值約 635,011 元，本文取兩年的平均值 $(630,648 + 635,011) / 2 = 632,830$ 元/TEU。

20. 航商在陸地的相關費用：數據資料係來自臺灣證券基金會航運產業各類財務報表電子書，網頁 <http://www.sfi.org.tw>。航商在陸地相關費用每年約 98,794,256,370 元

從表 2 的模式輸出結果可知，為了使航商與貨主總收益最大化，港埠之貨櫃吞吐量分配完全取決於腹地內之區域貨源運量，若腹地內貨源運量繼續增加，超出港埠之裝卸能量時，其超額運量將移轉至其他港口裝卸進出口。亦即臺灣北部地區的貨櫃應由北部的基隆港出口，而臺灣南部地區的貨櫃應由南部的高雄港出口，只有約 28.7849 萬 TEU 的北部貨櫃因為基隆港裝卸能量不夠而必須北櫃南運或是南櫃北運經由高雄港進出口，此輸出結果似乎是合理的。惟與目前的實務不同者是，近幾年來為推動高雄港成為亞太轉運中心，高雄港實施專用碼頭出租制度，將貨櫃碼頭出租給航商，而航商為了充分使用該出租貨櫃碼頭以達到經濟規模，紛紛將北臺灣地區的貨櫃經由高雄港來進出口，造成目前北部地區的部分貨櫃不經基隆港進出口，反而經由高雄港進出口。

表 2 模式輸出結果

貨櫃分配數	經由基隆港進出口	2,500,000 TEU
	經由高雄港進出口	2,819,891 TEU
	北櫃南運數	287,849 TEU
航商收支	海上運費收入	249,502,900,000 元
	航商的成本	211,230,000,000 元
	航商的收益	38,272,900,000 元
貨主收支	貨款收入	3,366,533,400,000 元
	海上運費支出	249,502,900,000 元
	內陸運輸費	94,078,700,000 元
	貨主的收益	3,022,951,800,000 元
系統總收益 (航商收益 + 貨主收益)		3,061,224,700,000 元

4.2 敏感度分析

本文藉由下列 6 種不同的情況進行敏感度分析，並與 4.1 節中所述原例進行比較分析，並據以探討各影響因素在不同的情況下對航商的成本與收益、貨主的成本與收益、以及整個系統總收益之影響為何。

例 1：調整船舶進港稅費

1. 基隆港的船舶進港稅費從原例中的 2 元調降為 1 元，經運算結果顯示，本例與原例相比較之下，則系統總收益增加 0.0027%，航商收益增加 0.2202%，航商的成本降低 0.0399%，而貨主的收益與內陸運費皆不變。
2. 高雄港的船舶進港稅費從原例中的 2 元調高為 3 元，經運算結果顯示，本例與原例相比較之下，則系統總收益降低 0.0030%，航商收益減少 0.2406%，航商的成本增加 0.0436%，而貨主的收益與內陸運費皆不變。

由本例的敏感性分析結果可知，船舶進港稅費從目前的 2 元／噸調降為 1 元／噸或是調高為 3 元／噸，對整個貨櫃運輸系統、航商收益、以及貨主收益的影響並不大。

表 3 船舶進港稅費之敏感性分析

案 例	系統總收益	航商收益	貨主收益	航商成本	貨主內陸運費
原 例	3,061,224,700,000	38,272,900,000	3,022,951,800,000	211,230,000,000	94,078,700,000
例 1-1	3,061,309,000,000 (0.0027%)	38,357,200,000 (0.2202%)	3,022,951,800,000 (0%)	211,145,600,000 (-0.0399%)	94,078,700,000 (0%)
例 1-2	3,061,132,600,000 (-0.0030%)	38,180,800,000 (-0.2406%)	3,022,951,800,000 (0%)	211,322,100,000 (0.0436%)	94,078,700,000 (0%)

例 2：調整港埠貨櫃裝卸費用

1. 基隆港的貨櫃裝卸費用從原例中的 2106 元／TEU 調降為 1606 元／TEU，經運算結果顯示，本例與原例相比較之下，則系統總收益增加 0.0408%，航商收益增加 3.2662%，航商的成本降低 0.5917%，而貨主的收益與內陸運費皆不變。
2. 高雄港的貨櫃碼頭租金從原例中的 1937 元／TEU 降低為 1437 元／TEU (調降幅度一樣是 500 元)，經運算結果顯示，本例與原例相比較之下，則系統總收益增加 0.0460%，航商收益增加 3.6843%，航商的成本降低 0.6676%，而貨主收益與貨主的內陸運費皆不變。

由本例的敏感性分析結果可知，調降港埠貨櫃裝卸費用對航商成本的降低很有幫助。

表 4 港埠貨櫃裝卸費用之敏感性分析

案 例	系統總收益	航商收益	貨主收益	航商成本	貨主內陸運費
原 例	3,061,224,700,000	38,272,900,000	3,022,951,800,000	211,230,000,000	94,078,700,000
例 2-1	3,062,474,800,000 (0.0408%)	39,523,000,000 (3.2662%)	3,022,951,800,000 (0%)	209,980,000,000 (-0.5917%)	94,078,700,000 (0%)
例 2-2	3,062,634,800,000 (0.0460%)	39,683,000,000 (3.6843%)	3,022,951,800,000 (0%)	209,819,800,000 (-0.6676%)	94,078,700,000 (0%)

例 3：調整港埠貨櫃裝卸效率

1. 基隆港的貨櫃裝卸效率從原例中的 17 個／小時增加為 22 個／小時，經運算結果顯示，本例與原例相比較之下，則系統總收益增加 0.0124%，航商收益增加 0.9994%，航商的成本降低 0.1811%，而貨主的收益與內陸運費皆不變。
2. 高雄港的貨櫃裝卸效率從原例中的 28 個／小時調高為 33 個／小時（調升幅度一樣是 5 個／小時），經運算結果顯示，本例與原例相比較之下，則系統總收益增加 0.0122%，航商收益增加 0.9837%，航商的成本降低 0.1782%，而貨主收益與貨主的內陸運費皆不變。

由本例的敏感性分析可知，提高港埠貨櫃裝卸效率對整個系統的收益與航商的收益很有幫助。

表 5 港埠貨櫃裝卸效率之敏感性分析

案 例	系統總收益	航商收益	貨主收益	航商成本	貨主內陸運費
原 例	3,061,224,700,000	38,272,900,000	3,022,951,800,000	211,230,000,000	94,078,700,000
例 3-1	3,061,607,200,000 (0.0124%)	38,655,400,000 (0.9994%)	3,022,951,800,000 (0%)	210,847,400,000 (-0.1811%)	94,078,700,000 (0%)
例 3-2	3,061,601,200,000 (0.0122%)	38,649,400,000 (0.9837%)	3,022,951,800,000 (0%)	210,853,400,000 (-0.1782%)	94,078,700,000 (0%)

例 4：調整北部地區的港埠年貨櫃裝卸能量

本例假設將基隆港的年貨櫃裝卸能量從原例中的 250 萬 TEU 提高至足夠吞吐目前臺灣北部地區的進出口貨源 278.7849 萬 TEU。經運算結果顯示，本例與原例相比較之下，則系統總收益增加 0.0756%，航商收益減少 1.3761%，航商的成本增加 0.2493%，而貨主的收益增加 0.0940%，貨主的內陸運費減少 3.0214%。

表 6 港埠年貨櫃裝卸能量之敏感性分析

案例	系統總收益	航商收益	貨主收益	航商成本	貨主內陸運費
原例	3,061,224,700,000	38,272,900,000	3,022,951,800,000	211,230,000,000	94,078,700,000
例 4	3,063,540,600,000 (0.0756%)	37,746,200,000 (-1.3761%)	3,025,794,400,000 (0.0940%)	211,756,700,000 (0.2493%)	91,236,100,000 (-3.0214%)

例 5：調整船舶裝載率

1. 將船舶裝載率從原例中的 $\lambda = 0.75$ 調高為 $\lambda = 1.0$ ，經運算結果顯示，本例與原例相比較之下，則系統總收益增加 0.3543%，航商收益增加 28.3435%，航商的成本降低 5.1355%，而貨主的收益與內陸運費皆不變。

2. 將船舶裝載率從原例中的 $\lambda = 0.75$ 調低為 $\lambda = 0.5$ (調整幅度一樣是 0.25)，經運算結果顯示，本例與原例相比較之下，則系統總收益減少 0.7072%，航商收益減少 56.5661%，航商的成本增加 10.2492%，而貨主的收益與內陸運費皆不變。

由本例的分析結果可知，船舶裝載率的高低影響航商的成本頗鉅。例如將船舶裝載率從 $\lambda = 0.75$ 調高為 $\lambda = 1.0$ ，則航商成本降低 5.1355%；將船舶裝載率從 $\lambda = 0.75$ 調低為 $\lambda = 0.5$ (調整幅度一樣是 0.25)，但是航商成本卻增加 10.2492%，幾乎是前者的 2 倍。可知當船舶裝載率若是無法維持在某一水準時(例如 $\lambda = 0.75$)，對航商成本影響頗大。然而要提高船舶裝載率並非易事，因為通常一個國家或地區的進出口貨櫃數量是固定的，因此無法藉由增加進出口貨櫃數量來提高船舶裝載率，只能藉由吸引別的貨源地區的進出口貨櫃(例如臺灣地區的北櫃南運)與別的國家的轉口櫃來提高船舶裝載率。由此不難窺知，航商為何要將北臺灣地區的貨櫃千里迢迢地南運到高雄港進出口，就是要維持其船舶裝載率。

表 7 船舶裝載率之敏感性分析

案 例	系統總收益	航商收益	貨主收益	航商成本	貨主內陸運費
原 例	3,061,224,700,000	38,272,900,000	3,022,951,800,000	211,230,000,000	94,078,700,000
例 5-1	3,072,072,600,000 (0.3543%)	49,120,800,000 (28.3435%)	3,022,951,800,000 (0%)	200,382,100,000 (-5.1355%)	94,078,700,000 (0%)
例 5-2	3,039,575,200,000 (-0.7072%)	16,623,400,000 (-56.5661%)	3,022,951,800,000 (0%)	232,879,500,000 (10.2492%)	94,078,700,000 (0%)

例 6：調整貨櫃南北運的數量

1. 本例假設臺灣地區貨櫃南北運數量是 0 TEU，高雄港貨櫃碼頭租金是 2,100 元／TEU，經運算結果顯示，系統總收益為 3,063,540,600,000 元，航商收益為 37,746,200,000 元，航商的成本為 211,756,700,000 元，貨主的收益為 3,025,794,400,000 元，貨主的內陸運費為 91,236,100,000 元。
2. 本例假設臺灣地區貨櫃南北運數量是 25 萬 TEU，並因為隨著貨櫃南北運數量增加而致使高雄港出租專用碼頭的起重機裝卸次數提高，可降低每 TEU 貨櫃所分擔的碼頭租金降為 1,937 元／TEU。經運算結果顯示，本例與貨櫃南北運數量是 0 TEU 時相比較，則系統總收益減少 0.0638%，航商收益增加 1.3561%，航商的成本降低 0.2417%，而貨主的收益減少 0.0815%，貨主的內陸運費增加 24.6875 億元，增加 2.7059%。
3. 本例假設臺灣地區貨櫃南北運數量增加為 50 萬 TEU，且使高雄港每 TEU 貨櫃所分擔的貨櫃碼頭租金降為 1,775 元／TEU。經運算結果顯示，本例與貨櫃南北運數量是 0 TEU 時相比較，則系統總收益減少 0.1251%，航商收益增加 2.9202%，

航商的成本降低 0.5205%，而貨主的收益減少 0.1631%，貨主的內陸運費增加 49.375 億元，增加 5.4118%。

4. 本例假設臺灣地區貨櫃南北運數量增加為 75 萬 TEU，且使高雄港每 TEU 貨櫃所分擔的貨櫃碼頭租金降為 1,612 元/TEU。經運算結果顯示，本例與貨櫃南北運數量是 0 TEU 時相比較，則系統總收益減少 0.1837%，航商收益增加 4.7077%，航商的成本降低 0.8391%，而貨主的收益減少 0.2447%，貨主的內陸運費增加 74.0625 億元，增加 8.1177%。
5. 本例假設臺灣地區貨櫃南北運數量增加為 100 萬 TEU，且使高雄港每 TEU 貨櫃所分擔的貨櫃碼頭租金降為 1,450 元/TEU。經運算結果顯示，本例與貨櫃南北運數量是 0 TEU 時相比較，則系統總收益減少 0.2397%，航商收益增加 6.7016%，航商的成本降低 1.1945%，而貨主的收益減少 0.3263%，貨主的內陸運費增加 98.75 億元，增加 10.8235%。
6. 本例假設臺灣地區貨櫃南北運數量增加為 125 萬 TEU，且使高雄港每 TEU 貨櫃所分擔的貨櫃碼頭租金降為 1,288 元/TEU。經運算結果顯示，本例與貨櫃南北運數量是 0 TEU 時相比較，則系統總收益減少 0.2931%，航商收益增加 8.9100%，航商的成本降低 1.5882%，而貨主的收益減少 0.4079%，貨主的內陸運費增加 123.4375 億元，增加 13.5295%。
7. 本例假設臺灣地區貨櫃南北運數量增加為 150 萬 TEU，且使高雄港每 TEU 貨櫃所分擔的貨櫃碼頭租金降為 1,126 元/TEU。經運算結果顯示，本例與貨櫃南北

表 8 貨櫃南北運數量之敏感性分析

案例	系統總收益	航商收益	貨主收益	航商成本	貨主內陸運費
例 6-1 0 TEU	3,063,540,600,000	37,746,200,000	3,025,794,400,000	211,756,700,000	91,236,100,000
例 6-2 25 萬 TEU	3,061,583,700,000 (-0.0638%)	38,258,100,000 (1.3561%)	3,023,325,600,000 (-0.0815%)	211,244,800,000 (-0.2417%)	93,704,850,000 (2.7059%)
例 6-3 50 萬 TEU	3,059,705,300,000 (-0.1251%)	38,848,500,000 (2.9202%)	3,020,856,800,000 (-0.1631%)	210,654,400,000 (-0.5205%)	96,173,600,000 (5.4118%)
例 6-4 75 萬 TEU	3,057,911,200,000 (-0.1837%)	39,523,200,000 (4.7077%)	3,018,388,000,000 (-0.2447%)	209,979,700,000 (-0.8391%)	98,642,350,000 (8.1177%)
例 6-5 100 萬 TEU	3,056,195,200,000 (-0.2397%)	40,275,800,000 (6.7016%)	3,015,919,400,000 (-0.3263%)	209,227,100,000 (-1.1945%)	101,111,100,000 (10.8235%)
例 6-6 125 萬 TEU	3,054,560,000,000 (-0.2931%)	41,109,400,000 (8.9100%)	3,013,450,600,000 (-0.4079%)	208,393,500,000 (-1.5882%)	103,579,850,000 (13.5295%)
例 6-7 150 萬 TEU	3,053,005,800,000 (-0.3438%)	42,024,000,000 (11.3330%)	3,010,981,800,000 (-0.4895%)	207,478,800,000 (-2.0201%)	106,048,600,000 (16.2353%)

運數量是 0 TEU 時相比較，則系統總收益減少 0.3438%，航商收益增加 11.3330%，航商的成本降低 2.0201%，而貨主的收益減少 0.4895%，貨主的內陸運費增加 148.125 億元，增加 16.2353%。

綜合例 5 與例 6 可發現，航商為了降低成本，必須維持其船舶裝載率在某一特定水準，所以將北臺灣地區的進出口貨櫃千里迢迢地運至高雄港，經由高雄港進出口。如此一來雖然可以降低航商的成本，但是卻也造成了大量的貨櫃南北轉運，徒增貨主的內陸運輸成本。經模式敏感度分析結果顯示，當臺灣地區貨櫃南北運數量從 0 TEU 增至 150 萬 TEU 時，雖然航商的成本可降低 42.778 億元，但是貨主的貨櫃內陸運輸費用卻增加 148.125 億元，導致系統內航商與貨主的總收益下降 105.347 億元。

五、結論與建議

5.1 結論

1. 本文提出港埠貨櫃吞吐量分配模式，經臺灣地區進出口貨櫃實例測試結果顯示，為使貨櫃運輸系統中的航商與貨主總收益最大化，港埠之貨櫃吞吐量分配完全取決於其腹地內之區域貨源。若腹地內貨櫃貨源繼續增加，超出港埠之最適能量時，其超額貨櫃貨源將移轉至其他港口裝卸進出口。簡言之，臺灣北部地區的貨櫃應由北部的基隆港出口，而超過北部基隆港貨櫃裝卸能量的超額貨櫃，再南運至高雄港出口，而臺灣南部地區的貨櫃，則應由南部的高雄港出口。此模式輸出結果似乎是合理的，惟與目前的實務不同者是，近幾年來為推動高雄港成為亞太轉運中心，高雄港實施專用碼頭出租制度，將貨櫃碼頭出租給航商，而航商為了充分使用該出租貨櫃碼頭以達到經濟規模，紛紛將北臺灣地區的貨櫃經由高雄港來進出口，造成目前北部地區的部分貨櫃不經基隆港進出口，反而經由高雄港進出口。
2. 目前臺灣地區「北櫃南運」、「南櫃北運」的貨櫃量似乎稍微多了一點。臺灣地區北部的貨櫃貨源初步推估約略 278.7849 萬 TEU，而基隆港的合理貨櫃裝卸能量有 250 萬 TEU。根據本文模式輸出結果顯示，必須「北櫃南運」、「南櫃北運」的貨櫃量大約只有 28.7849 萬 TEU，但是目前臺灣地區「北櫃南運」、「南櫃北運」的貨櫃量已經有 100 多萬 TEU。此一結果不僅徒增國內進出口貨主的內陸運輸成本 98.75 億元，亦增加中山高速公路的運輸量負荷。而每年 98.75 億元的貨櫃南北運輸費用亦是最近幾年來北部地區的進出口貨主為何積極地建議政府在北部地區應另開闢新港（臺北港）的理由之一。此與相關的研究報告結論類似，例如交通部運輸研究所^[27]、基隆港務局^[28]的研究報告指出，臺灣北部地區的進出口貨櫃約占全臺灣地區進出口貨櫃的一半，基隆港的貨櫃處理能量已達飽和，加上基隆港地理因素的關係，增建大型貨櫃船貨櫃碼頭不易，導致北櫃南運的數量越來越多，業者必須額外負擔內陸運輸費用。因此建議政府在北部

地區應及早建新港，以分擔基隆港的運量。

3. 經敏感性分析後發現，模式中的各項成本因素以港埠貨櫃裝卸費用、港埠貨櫃裝卸效率、以及船舶裝載率等三項對航商的成本影響最明顯，而調降船舶進港稅費對系統總收益、航商成本的影響並不大。
4. 目前實務作業上，灣靠高雄港的航商除了吞吐南部地區的貨櫃貨源之外，亦積極地將北部地區的貨櫃南運經由高雄港進出口，即是想藉由更多的貨櫃量來降低高雄港出租專用貨櫃碼頭的每單位貨櫃裝卸費用，以及提高船舶裝載率，來降低航商的成本。但是根據本文模式敏感度分析結果顯示，當臺灣地區每年「北櫃南運」、「南櫃北運」的貨櫃量若是高達 150 萬 TEU 時，雖然航商的成本比起貨櫃南北運為 0 TEU 時可節省 42.778 億元，但是貨主的貨櫃內陸運輸費用卻增加 148.125 億元，導致系統內航商與貨主的總收益還是下降 105.347 億元。

5.2 建議

1. 相較於中國大陸與東南亞各新興國家，目前臺灣國內的土地成本與勞動力成本已經偏高，再加上目前國內的進出口貨主必須負擔南櫃北運與北櫃南運的龐大內陸運輸成本，不利於國內進出口貨主對外貿易的競爭力。雖然在實務上有些進出口貨櫃的內陸運輸成本是由航商吸收，但有些比較無議價能力的小貨主，必須自行吸收貨櫃南北運的內陸運輸成本。無論是航商吸收貨櫃內陸運輸成本，或是由貨主自行吸收貨櫃內陸運輸成本，都會使系統總收益減少，因此目前海運業航商與進出口貨主所構成的貨櫃運輸系統並不是整個系統總收益最大的情況，尚有大幅改善的空間。因此本文建議為了使整個系統總收益最大化，同時解決目前臺灣地區「北櫃南運」、「南櫃北運」的現象，以及因應未來北部地區進出口貨櫃貨源的成長量，應該擴充北部地區港埠的貨櫃裝卸能量，使北部地區的港埠貨櫃裝卸能量足夠吞吐北部地區的進出口貨櫃貨源，如此一來雖然航商成本每年會增加 42.778 億元，但是貨主卻可節省 148.125 億元的內陸運輸成本，則每年整個貨櫃運輸系統可節省 105.347 億元。因此，就從經濟效益成本面而言，投資興建臺北港應屬合理。因為未來等臺北港建港完成後，北部地區的進出口貨櫃就不需再千里迢迢運往高雄港裝船出口，除了可以降低國內進出口貨主的內陸運輸成本外，並能夠疏緩中山高速公路的運輸量負荷。
2. 本文亦建議港埠經營者若是要吸引更多航商的船舶來灣靠，可以採取三項比較有效的措施：(1) 降低港埠貨櫃裝卸費用。(2) 提高港埠裝卸效率以減少船舶在港時間。(3) 吸引更多的貨櫃貨源或是別的國家的轉口貨櫃，以提高航商的船舶裝載率。
3. 轉運的因素亦會影響港埠的貨櫃吞吐量分配，例如，航商若是選擇高雄港作為其東南亞地區貨櫃轉運的樞紐港時，則會造成東南亞地區的進出口貨櫃經由高雄港轉運，增加高雄港的貨櫃裝卸量，但本模式尚未將東南亞地區的貨櫃經由高雄港轉運的因素納入模式中考量。因此後續研究若能將東南亞地區貨櫃經由高雄港轉運的因素納入模式中加以考

量，則更能真實地反映港埠貨櫃吞吐量分配實務。

參考文獻

1. 行政院經濟建設委員會，**最適港埠能量與運量分配模式**，民國七十四年。
2. 中華顧問工程司，**基隆新港計劃施工可行性再研究暨執行計劃擬撰初步報告**，基隆港務局，民國八十一年。
3. 交通部運輸研究所，**臺灣地區國際港埠運量需求與分配之研究**，民國七十五年。
4. 交通部運輸研究所，**臺灣地區深水港址進出口貨物分布運量模式之建立與運量分配**，民國七十七年。
5. 交通部運輸研究所，**中華民國臺灣地區整體運輸系統長期發展規劃**，民國七十九年。
6. 交通部運輸研究所，**港埠運量預測模型建立之研究**，民國八十九年十二月。
7. Gleave, G. R., "Port Traffic Allocation Model", *The Dock and Harbor Authority*, 1981, pp. 374-376.
8. 交通部運輸研究所，**臺灣地區港埠均衡發展策略之研究**，民國八十四年。
9. 郭塗城，「港埠能量規劃策略之研究」，國科會專題研究報告，民國八十六年。
10. Yang, Z., "Analysis of Container Port Policy by the Reaction of an Equilibrium Shipping Market", *International Journal of Maritime Policy and Management*, Vol. 26, No. 4, 1999, pp. 369-381.
11. 蔡緣，**國際貿易實務與書類**，第 19 版，華泰書局，民國九十年，頁 169-170。
12. 林清河，**海關實務**，智楊書局，民國九十年，頁 93。
13. 基隆港務局，**基隆港引水費率表**，民國八十八年。
14. 基隆港務局，**基隆港埠業務費費率表**，民國八十八年。
15. 盧華安，「遠洋定期航線排程與貨櫃調度模式之研究」，**運輸計劃季刊**，第三十二卷，第三期，民國九十二年，頁 423-446。
16. 馮正民、袁劍雲，「船舶設籍對航商船員成本之影響」，**運輸計劃季刊**，第三十一卷，第三期，民國九十一年，頁 663-678。
17. 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，民國八十八年，頁 78。
18. 許巧鶯、彭美珠，「海運公司之複合快速運送營運策略分析」，**運輸計劃季刊**，第三十二卷，第四期，民國九十二年，頁 751-744。
19. 陳敏生，**海運經營**，文笙書局，民國八十二年，頁 550。
20. 楊中正，「基隆、高雄兩港間貨櫃海上轉運之研究」，國立海洋大學航運管理研究所碩士

論文，民國八十七年，頁 37。

21. 交通部運輸研究所，**運輸資料分析**，民國九十一年。
22. Institute of Shipping Economic and Logistics, “Container and General Cargo Fleet, Supply/Demand, Ports”, *Shipping Statistics and Market Review*, June 2004, p. 6.
23. 石豐宇、陳明和、胡權峰，「海運航商各種策略聯盟之評估－以合作賽局求解」，**運輸計劃季刊**，第三十二卷，第三期，民國九十二年，頁 391-422。
24. 基隆港務局，**臺灣業務計費憑單**，民國九十一年。
25. 基隆港務局，**統計要覽**，民國九十一年。
26. 關稅總局，**二十一類貨物進出口值排行統計表**，民國九十一年。
27. 交通部運輸研究所，**臺灣地區港埠整體規劃及其未來發展之研究**，民國八十六年。
28. 基隆港務局，**徵求民間機構參與興建暨營運臺北港貨櫃儲運中心**，民國八十九年。

