

# 海運公司之複合快速運送營運策略分析

## ANALYZING OPERATING STRATEGIES FOR INTERMODAL EXPRESS SHIPMENTS OF MARINE CARRIERS

許巧鶯 Chaug-Ing Hsu<sup>1</sup>

彭美珠 Mei-Chu Peng<sup>2</sup>

(90 年 12 月 26 日收稿，91 年 8 月 13 日第一次修改，91 年 10 月 8 日  
第二次修改，92 年 9 月 26 日定稿)

### 摘 要

本研究以解析性方法分析海運公司提供複合快速運送方案之成本與市場。於需求面考慮貨主貨物價值、運送時間等因素，以運輸成本與存貨成本最小為目標，構建貨主選擇運送方案模式。在供給面，則考慮海運公司營運船舶、貨櫃流量、運送距離等因素，構建海運公司提供不同運送方案之營運策略規劃模式。並在內陸運送階段，以內陸轉運成本及存貨成本總和最小為原則，構建內陸載運組合規劃式。進一步，並在供需互動架構下，以最大利潤為目標，求解營運策略規劃模式。範例研究結果顯示，海運公司提供複合快速運送的方案較適用於遠洋航線，且當託運貨物價值愈高時，貨主較傾向以快速運送方案託運。而當航線貨運市場中，高時間價值貨種的貨櫃量占總貨櫃量的比率愈高時，海運公司提供複合快速運送的市場利基愈大，可訂定的海運差別定價愈高。另外當貨種價值愈低、目的地愈靠近鐵路場站，迄點港口的內陸運送階段，則愈宜以鐵路運送方式轉運貨物。本研究可提供海運公司因應市場狀況，研擬快速運送營運策略的可行性，以同時提升貨主與海運公司在市場上之競爭優勢。

- 
1. 國立交通大學運輸科技與管理學系教授 (聯絡地址：300 新竹市大學路 1001 號交通大學綜合一館運輸科技與管理學系)。
  2. 國立交通大學運輸科技與管理學系博士班研究生。

**關鍵詞：**海運公司；貨種價值；運送營運策略；複合快速運送

### ABSTRACT

*This study developed models on analyzing operating strategies, costs and market segments for intermodal express and standard shippings provided by a marine carrier. On the demand side, the shipping alternative choice model assumed shippers with different demand characteristics choose the alternative with the least transportation and inventory costs between intermodal express and standard shipping services. On the supply side, the study considered container size, speed, service frequency, and the shipping distance to construct a shipping operating strategy model by maximizing the carrier's profits. The inland transshipment model assumed the marine carrier chooses the alternative with the least inland transportation and inventory costs between rails and trucks for shippers. Furthermore, the demand-supply interactions between marine carriers and shippers are analyzed by integrating the above submodels. The results showed that intermodal express services are suitable for long-distance shipping lines and shippers shipping high-value freights tend to select the express shipping service. The sensitivity analysis shows that the express shipping service will be more necessary when the average value of shipping freight in the market increases. In addition, the railroad transshipment will increase when the value of shipments decreases or the shipping destination is close to railroad terminal. The results of the study showed how marine carriers can set up intermodal express operating strategies in response to different market structures so as to markedly cut down the costs of both carriers and shippers and enhance competitiveness.*

**Key Words:** Marine carriers; Value of shipment; Shipment operating strategy; Intermodal express shipping

## 一、前言

近年來，由於全球經濟發展與國際貿易日趨熱絡，貨主為提高貨物在國際市場的競爭力，除了提升生產技術外；另一方面亦透過快速運送方式以降低貨物運輸時間與成本，以使貨物在國際市場上更具競爭力。現今世界著名航商中，已有不少業者透過資金轉投資、或異業結盟等方式積極投資於貨櫃碼頭、貨櫃場及內陸運輸；甚至有結合航空產業以提供更完整的服務。歸納其目的即在於提供客戶具一貫性、完整性的全程運輸服務，以降低貨物運送過程中的運送及轉運時間。故各運輸業者如何透過良好的運輸規劃、控制及相互間做更有效的整合，以降低整體運送時間，實為一重要的課題。

實務上，目前海運業者在海運階段的經營方式，除了與海運貨運承攬運送人簽訂契約，由其承攬一部分的貨載外，亦自行營運攬貨。就目前營運泛太平洋航線的海運公司而言，各家海運業者與貨運承攬運送人之簽約量占所有貨載約 5% ~ 35% 不等，故可知海運

公司對於艙位的營運多以自行攬貨為主。另外以提供運送服務所涵蓋的階段而言，可分為僅提供港至港的服務或包括迄點港口的內陸運送階段運送服務。以國內某海運公司之泛太平洋航線貨載為例，有百分之六十九為港對港的貨櫃運輸，而延伸至美國內陸地區的運送服務，則占承攬貨櫃總量的百分之三十一。

以構建數學模式為主之貨櫃運輸文獻，大多為貨櫃場站之貨櫃調度、貨櫃儲位管理資訊系統、貨櫃航線設計、貨櫃船舶大型化等相關議題之研究。另一方面雖有許多探討海運運輸業者服務屬性之相關研究，如 Konings<sup>[1]</sup>、Holguin-Veras 和 Jara-Diaz<sup>[2]</sup>、Lu<sup>[3]</sup> 等，然此類文獻大多以統計問卷的方式討論海運服務屬性。而在複合運輸方面，近幾年雖亦有學者相繼探討此領域相關的議題，如 Konings<sup>[1]</sup>、Nozick 和 Morlok<sup>[4]</sup>、Nierat<sup>[5]</sup>、Bookbinder 和 Fox<sup>[6]</sup> 等。然上述文獻多以實務案例，說明複合運輸在規劃載運組合時的決策依據。對於同時以貨主及海運公司雙方的角度，構建數學模式分析海運複合運輸營運策略與市場之研究則甚少。

目前實務上，海運公司在海運階段，從相同起迄點港口所提供之運送服務，常由於海運時間長短的差異而向貨主收取不同的海運運費。在海運快速服務的相關文獻中，Holguin-Veras 和 Jara-Diaz<sup>[2]</sup> 曾提出貨櫃場站提供停放貨櫃優先處理的差異服務，並以不同目標式如追求社會福利最大、場站營運利潤最大等求得最適差別訂價，然該篇論文未討論市場範圍及後端運送的問題。另 Cheung 和 Muralidharan<sup>[7]</sup> 將優先服務的觀念引入零擔貨物動態路線網路的規劃，該研究並以實際資料進行範例分析，結果顯示提供優先運送服務與未引用優先運送服務前相比較是有利的。以上二文獻雖定義為優先服務，但其本質皆為降低貨物的運送時間。

綜上所述，在與海運複合運輸相關的理論文獻中，以數學模式分析整體運送過程提供快速運送服務之相關議題者，尚付之闕如。故本研究嘗試構建一數學模式，假設貨主在選擇運送方案時，考慮運輸成本與存貨成本間的權衡取舍，以總和成本最小者為選擇運送方案的依據。進一步，並構建海運公司所提供不同運送方案之成本函數，包含運輸成本、裝卸櫃成本與場租成本等，以規劃營運策略的最適運送船舶、頻次、海運差別定價與規劃最適載運組合。並在供需互動架構下，分析貨主的需求特性，包括貨物價值、運送距離及託運貨櫃量等，對海運公司規劃營運策略與最適載運組合的影響。

本研究範例以台灣高雄港與美國西雅圖港為海運航線研究的起迄港口，由於起迄點港口之內陸運送成本函數架構類似，且台灣陸地幅員狹小、不如西雅圖港內陸交通網路綿密、幅員遼闊。故為簡化分析，後續成本函數之構建僅考慮迄點港口的內陸運送階段。

## 二、模式構建

本研究構建兩個主模式，其中之貨主選擇運送方案模式，假設貨主選擇最適的運送方案，以使其所面對的運輸成本與存貨成本總和最小。而海運公司根據研究期間內，各貨主

選擇不同運送方案的貨櫃總量，以最大利潤為目標，規劃營運策略模式，以求得最適營運船舶、頻次及快速運送方案之海運差別定價。

## 2.1 營運策略及參變數定義與假設

海運公司為提高營運收益，提供一般運送及快速運送方案，拖運貨主所託運的貨櫃貨物。並針對兩運送方案在特定研究期間內所吸引到的貨櫃總量，規劃海運階段的最適營運策略，包括不同運送方案的營運船舶、運送頻次及海運差別定價。而在內陸運送階段，則根據貨主選擇的運送方案，對其託運貨物的需求特性（貨櫃量、貨種時間價值、目的地距離）規劃最適載運組合。其中海運公司所規劃營運策略之快速運送方案的總運送時間，必定小於一般運送方案的總運送時間。以下為本研究中相關之模式範疇及參變數定義。

1. 本研究以海洋貨櫃運輸的複合運輸為研究對象，其他散雜貨之海洋運輸，不在研究範圍內。
2. 為簡化模式複雜度，以一般乾貨 20 呎整櫃貨為計算單位，至於其他類型的貨櫃，則未予以討論。由於整櫃貨出口運送，多由貨主自行至場站提領空櫃裝貨完成後，再運回場站等候裝船出口。故研究中將不討論貨物由貨主工廠運至起運港口貨櫃場站的內陸運送成本。
3. 本研究中假設貨主之買賣雙方交易條件，為國貿條規 (Incoterms 2000) 中較適用於複合運輸方式的 Carriage Paid To (CPT) (... named place of destination) 之貿易條件，亦即貨物交付買方之前仍屬貨主的存貨。

### 參變數符號定義

- $s$  : 海運公司提供之運送方案， $s = s', s''$ ，其中  $s'$  表一般運送方案， $s''$  表快速運送方案。
- $j$  : 海運公司可選擇之內陸載運組合， $j = r, t$ ，其中  $r$  代表海運公司先以鐵路運送，再透過公路轉運至目的地的載運組合。 $t$  表直接以公路拖車將貨櫃轉運至目的地的載運組合。
- $V$  : 海運公司營運船舶  $v$  的集合， $\forall v \in V$ 。
- $I$  : 適合貨櫃運輸的所有貨種  $i$  集合， $\forall i \in I$ 。
- $C$  : 所有貨主  $c$  的集合， $\forall c \in C$ 。
- $q_s^{ci}$  : 貨主  $c$  之貨種  $i$  以運送方案  $s$  託運的貨櫃量。

### 決策變數符號

- $\psi_{s''}$  : 二元變數，貨主選擇以快速運送方案託運貨櫃時為 1，否則為零。
- $\delta_{s,v}$  : 二元變數，當船舶  $v$  為海運公司營運運送方案  $s$  之最適營運船舶時為 1，否則為零。  
 $\forall v \in V, s = s', s''$ 。
- $\delta_r^{ci}$  : 二元變數，若海運公司以鐵路拖運的方式轉運貨主  $c$  的貨種  $i$  至目的地時為 1，否則為零。

$\phi_{s,v}$ ：海運公司以船舶  $v$  營運運送方案  $s$  的運送頻次。

$\rho_{s',v}$ ：海運公司提供快速運送方案  $s'$ ，且以船舶  $v$  營運的海運差別定價， $\forall v \in V$ 。

## 2.2 貨主選擇運送方案所承擔之成本

經與國貿實務界實際訪談得知，國際貿易雙方當買方（即受貨人）對貨物需求急迫或時間不充裕的情況下，買方願以較高交易金額的方式補償賣方的損失，賣方（即貨主或託運人）在安排貨物運輸選擇運送人託運貨物時，運送時間的長短即為一重要的考量因素，以配合買方需求。此亦為影響賣方是否可以獲得此批訂單的關鍵因素之一，亦是賣方建立良好商貿關係的絕佳機會。

另由 McGinnis<sup>[8]</sup> 以託運人的觀點分析，發現速度與可靠度為最重要的服務因子。Brooks<sup>[9,10]</sup> 探討影響託運人選擇海運貨櫃運送人的因素中，提出最重要者為服務成本（費率）、其次為航班頻率、航商信譽及運送時間等。Collison<sup>[11]</sup> 以行銷定位方式，指出運送人應利用降低整體平均運輸時間、提供可靠的班表等方式，以符合託運人的需求。

綜上所述，由實務界訪談結果、企業競爭優勢及相關海運服務水準文獻得知，運費成本、航班頻次及平均運送時間，實為貨主選擇運送服務的重要因素。故本研究在規劃貨主對運送方案之選擇模式時，即以此三項為主要的影響因素，其中航班頻次、運送時間的長短皆與時間有關，故假設貨主以運輸成本與存貨成本最小為目標，選擇最適的運送方案託運貨櫃。以下即對貨主選擇運送方案之成本加以說明。

### 2.2.1 運輸成本

貨主承擔的運輸成本為其支付給海運公司的運費，其中包括海運階段及迄點港口至目的地內陸運送階段兩項運費。運費的高低，取決於海運公司制定的運費；而此運費又與貨物運送量、運送距離有關。本研究為分析貨主面對海運公司提供差異運送方案時的決策行為，故對於其他影響運輸公司營運成本之外在因素，如燃油市場價格遽增等，本研究將視為外生。另外在內陸運送階段的運費，乃以目前實務上的作法，以海運公司支付給內陸運送業者的費用乘上一報酬率（佣金率），為計算貨主內陸運送費用的運輸成本。

令  $\pi_s$  為海運公司根據運送方案  $s$ ，代貨主安排最適內陸載運組合，所收取的報酬率，其中  $s = s', s''$ ， $tc_j^{ci,d}$  為海運公司轉運貨主  $c$  的貨種  $i$ ，於迄點港口透過不同載運組合  $j$  將貨櫃運至目的地  $d$ ，所需負擔的內陸運送費用。則貨主選擇不同運送方案所面對的內陸運送費用為  $(1 + \pi_s)tc_j^{ci,d}$ 。令  $\rho_{s',v}$  代表運送方案  $s = s', s''$  每一單位貨櫃的海運運費，本研究的一般運送方案  $s'$  的海運階段運輸成本，擬以目前海運市場特定航線的運價為參考依據，而快速運送方案  $s''$  的海運階段運輸費用，即為本研究欲求得的最適快速運送方案運價。則貨主  $c$  選擇運送方案  $s$  託運貨物  $i$  所負擔的單位貨櫃總運輸費用為  $f_{s,v}^{ci,d}$ ，為運送方案  $s$  的海運運輸費用及於迄點港口之內陸階段的運輸費用總和。如式(1)所示。

$$f_{s,v}^{ci,d} = \rho_{s,v} + (1 + \pi_s)tc_j^{ci,d}, \quad \forall c \in C, \forall i \in I, s = s', s'', \forall v \in V, j = r, t \quad (1)$$

而其所需承擔的總運輸成本，為每單位貨櫃的運輸成本與貨主託運貨櫃量  $q_s^{ci}$  的乘積，為  $q_s^{ci} f_{s,v}^{ci,d}$ 。

### 2.2.2 存貨成本

存貨成本為貨物在運送過程中，由於無法被使用或出售的價值損失或所需負擔的機會成本。此項存貨成本的高低與貨物運送量、貨物價值及運送時間有關。本研究將運送期間分為海運階段及迄點港口之內陸運送階段，故模式中即以此來分析各階段的存貨成本。

#### 1. 海運階段的存貨成本

##### (1) 等候裝運的存貨成本

貨主託運貨櫃在起點港口等候裝船的存貨成本，與海運公司所規劃運送方案  $s$  之營運船舶、運送頻次有關。本研究假設研究期間為一季，海運公司針對運送方案  $s$  規劃船舶  $v$  在特定航線的運送頻次  $\phi_{s,v}$  為均勻分布。換言之，特定航線的相鄰兩班次之間的時間間隔一致。則運送方案  $s$  以船舶  $v$  營運之航線週期長度為  $T_{s,v}$ ，即研究期間長度  $T^l$  除以頻次  $\phi_{s,v}$ ，表示為  $T_{s,v} = T^l / \phi_{s,v}$ ， $s = s', s'', \forall v \in V$ 。另貨物於起點港口等待船舶裝運的平均等候運送時間，為航線週期的一半，即  $T_{s,v}^m = T^l / 2\phi_{s,v}$ 。假設貨種  $i$  之單位貨櫃價值為  $P^i$ ，而貨種  $i$  單位貨櫃存放一天之存貨成本占該貨櫃貨物價值的比率為  $R^i$ ，則  $P^i R^i$  為貨種  $i$  單位貨櫃一天的時間價值。故貨主選擇運送方案  $s$  託運單位貨櫃在起點港口等候運送的存貨成本，為貨種  $i$  單位貨櫃一天的時間價值與貨物於起點港口的平均等候運送時間之積，為  $P^i R^i T_{s,v}^m$ 。

##### (2) 船舶上的存貨成本

貨主之貨櫃在船舶上的存貨成本，為運送方案  $s$  以船舶  $v$  營運，航行起迄點港口  $m, n$  所需的航行天數  $T_{s,v}^{mn}$  與貨種  $i$  的單位貨櫃一天的時間價值  $P^i R^i$  之積，為  $P^i R^i T_{s,v}^{mn}$ 。

#### 2. 內陸運送階段的存貨成本

內陸運送階段乃指貨櫃於迄點港卸下後，透過迄點港口的內陸運送將貨櫃運至目的地的過程。此階段貨主面對的存貨成本，與海運複合公司所安排最適的載運組合有關。當海運公司對貨主  $c$  之貨種  $i$  採用以公路貨櫃拖車轉運至目的地時，所需的運送時間為  $T_j^{ci,d}$ ， $j = t$ 。若海運公司將貨主  $c$  的貨種  $i$  交由鐵路轉運，則貨主會增加另一項等候鐵路班次的存貨成本。而不同運送方案，在內陸運送階段的等候轉運時間會不同，令選擇運送方案  $s$ ，於迄點港口  $n$  等待鐵路運送的平均等候時間為  $T_{s,j}^n$ 。另外鐵路運輸業者將貨主  $c$  之貨種  $i$  之貨物運至目的地鄰近鐵路場站  $d_r$  所需的時間為  $T_j^{ci,d_r}$ 。而從目的地鄰近鐵路場站，再以公路貨櫃拖車將貨櫃轉運至目的地的運送時間為  $T_j^{ci,d_n}$ 。則以鐵路運送載運組合轉運的總運送時間為  $(T_{s,j}^n + T_j^{ci,d_r} + T_j^{ci,d_n})$ ， $j = r$ 。將內陸運送階段各載運組合所需的總時間以

$T_{s,j}^{ci,d}$  表示，則如式(2)：

$$T_{s,j}^{ci,d} = \begin{cases} T_j^{ci,d_t} & , j = t \\ T_{s,j}^n + T_j^{ci,d_r} + T_j^{ci,d_n} & , j = r \end{cases} \quad (2)$$

將上述運送方案  $s$  的運送時間，包括平均等候裝船時間、船舶海上運送時間、內陸運送階段的運送時間——加總，可得貨主選擇一般或快速運送方案的總運送時間為  $(T_{s,v}^m + T_{s,v}^{mn} + T_{s,j}^{ci,d})$ 。而貨主承擔之總存貨成本，即為貨種  $i$  單位貨櫃一天的時間價值  $P^i R^i$ 、貨主託運的貨櫃量  $q_s^{ci}$  與所需總運送時間的乘積，以  $IC_s^{ci}$  表示，如式(3)：

$$IC_s^{ci} = P^i R^i q_s^{ci} (T_{s,v}^m + T_{s,v}^{mn} + T_{s,j}^{ci,d}), \quad \forall c \in C, \forall i \in I, s = s', s'', \forall v \in V, j = r, t \quad (3)$$

### 2.2.3 貨主選擇運送方案模式

貨主在選擇最適運送方案時，以所負擔的運輸成本與存貨成本總和最小為依據，如式(4)。其中下標  $s'$  表選擇一般運送方案，下標  $s''$  表快速運送方案。式(4)表貨主  $c$  在考慮運輸成本與存貨成本的權衡取舍下，將其貨種  $i$  的  $q_s^{ci}$  貨櫃量全數指派到所承擔總成本最小的運送方案  $s$ 。即：

$$\psi_{s''} = \begin{cases} 1, & \text{if } \min_{s', s''} [(f_{s',v}^{ci,d} q_s^{ci} + IC_{s'}^{ci}), (f_{s'',v}^{ci,d} q_s^{ci} + IC_{s''}^{ci})] = f_{s'',v}^{ci,d} q_s^{ci} + IC_{s''}^{ci} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \forall c \in C, \forall i \in I, \forall v \in V \quad (4)$$

由於各貨主以運輸成本與貨物時間成本之和最小的運送方式託運貨櫃，且僅擇其中之一，故貨主  $c$  選擇快速運送方案託運貨櫃時，表其總成本最小且  $\psi_{s''}$  為 1，否則  $\psi_{s''}$  為零。根據式(4)，可以推知貨主選擇不同運送方案時的臨界條件為  $(f_{s',v}^{ci,d} q_s^{ci} + IC_{s'}^{ci}) - (f_{s'',v}^{ci,d} q_s^{ci} + IC_{s''}^{ci}) = 0$ ，依式(3)，進一步展開可得知貨主選擇不同運送方案的臨界條件式為：

$$q_s^{ci} (f_{s'',v}^{ci,d} - f_{s',v}^{ci,d}) = P^i R^i q_s^{ci} [(T_{s',v}^m - T_{s'',v}^m) + (T_{s',v}^{mn} - T_{s'',v}^{mn}) + (T_{s',j}^{ci,d} - T_{s'',j}^{ci,d})] \quad (5)$$

當上式的左式值小於右式值時，表示就整體運送過程而言，選擇快速運送方案所增加的運輸成本小於可節省之存貨成本。即快速運送方案的運輸成本雖高於一般運送方案，但卻可為貨主節省更多的存貨成本，故此時貨主會選擇快速運送方案。反之，當左式值大於右式值時，即表示選擇快速運送方案所增加的運輸成本大於所節省的存貨成本，此時貨主不會選擇快速運送方案。將各貨主選擇運送方案的結果——加總後，可得知海運公司提供不同運送方案所承攬到的貨櫃流量。則海運公司提供快速運送方案吸引的總貨櫃量為  $\sum_{i \in I} \sum_{c \in C} \psi_{s''} q_s^{ci}$ 。而選擇一般運送方案的總貨櫃量，則可表示為  $\sum_{i \in I} \sum_{c \in C} (1 - \psi_{s''}) q_s^{ci}$ 。於研究期

間內，海運公司提供運送方案  $s'$ 、 $s''$  可承攬到貨櫃總量，以  $Q_s$  表示。

$$Q_s = \sum_{i \in I} \sum_{c \in C} [(1 - \psi_{s''})q_s^{ci} + \psi_{s''}q_s^{ci}] , \quad s = s', s'' \quad (6)$$

綜上，海運公司可得知兩種運送方案  $s$  的總貨櫃量， $s = s', s''$ ，以進一步規劃研究期間，所提供之運送方案  $s$  的最適營運船舶、運送頻次。

## 2.3 海運公司成本函數

本研究以海運公司為研究對象，其成本除了海運階段的成本外，亦包括迄點港口的內陸運送成本。本節即對海運階段、內陸運送階段之成本加以說明。

### 2.3.1 海運階段之成本函數

海運階段的成本可分為兩大項：1. 與船舶有關的海運營運成本，其中又分為船舶營運固定成本、營運變動成本與港口業務費三大項。2. 與貨櫃量有關的海運營運成本，包括貨櫃裝卸費與場租成本兩項。各項成本如下：

#### 1. 與船舶有關之成本

與船舶有關的成本，包括船舶固定營運成本（其中船員薪金、伙食費、船舶修理費、保險費、船舶折舊、物料費、淡水費、管理費用等皆包含在內），及航行海上時的燃油變動成本、港口業務費用。

假設  $R_{s''}$  為提供快速運送方案需額外負擔的費用，包括優先靠泊碼頭或增加機具設備使用、人工等的額外成本。令船舶  $v$  每日平均固定營運成本為  $F_v$ 、以運送方案  $s$  及不同船舶  $v$  航行起迄港  $m, n$  間所需的海運天數為  $T_{s,v}^{mn}$ 。則以船舶  $v$  航行港口  $m, n$  的營運固定成本，可表示為  $T_{s,v}^{mn} F_v$ 。林永山<sup>[12]</sup>指出航速較慢的船舶航行單位距離所耗費燃油成本通常低於航速較快的船舶，由於海上運送時間的差異，與船舶航行的船速有關，而船舶的航行船速又將直接影響船舶的燃油成本，故令  $f_{s,v}$  為運送方案  $s$  以船舶  $v$  航行單位距離所耗費的燃油變動成本。令  $d^{mn}$  為起迄港的距離。則運送方案  $s$  以船舶  $v$  航行起迄港口  $m, n$  的總燃油變動成本為  $f_{s,v} d^{mn}$ 。至於另一項與船舶有關的費用，為貨櫃船停靠起迄港的港口業務費，以船舶總噸位為計價標準。令  $H_v^{mn}$  為海運公司在起迄點港口支付的港口業務費，則海運公司提供運送方案  $s$  以船舶  $v$  營運之每航次成本  $SC_{s,v}$ ，即為提供快速運送方案所需額外負擔的費用、船舶營運固定成本、航行總燃油變動成本與港口相關業務費用四項成本的總和。如式(7)：

$$SC_{s,v} = \psi_{s''} R_{s''} + T_{s,v}^{mn} F_v + f_{s,v} d^{mn} + H_v^{mn} , \quad s = s', s'' , \quad \forall v \in V \quad (7)$$

上式中， $\psi_{s''}$  為二元變數，當運送方案  $s$  為快速運送時  $\psi_{s''}$  為 1，否則為零。本研究以一季為研究期間，為反映實務上貨櫃運輸定期航運的特性，故假定海運公司規劃一季中，



運送方案  $s$  以船舶  $v$  航行起迄港航線的總頻次為  $\phi_{s,v}$ 。則海運公司在研究期間，提供不同運送方案  $s$ ， $s = s', s''$  以船舶  $v$ ， $v \in V$  營運的總航行營運成本，為船舶  $v$  每航次的營運成本  $SC_{s,v}$  與船舶  $v$  的運送頻次  $\phi_{s,v}$  之乘積，如(8)式。

$$\sum_{v \in V} \delta_{s,v} [\psi_{s''} R_{s''} + T_{s,v}^{mn} F_v + f_{s,v} d^{mn} + H_v^{mn}] \phi_{s,v}, \quad s = s', s'' \quad (8)$$

由於海運公司，可由營運船舶集合  $V$  中，選擇一最適船舶營運，故上式中，海運公司提供之運送方案  $s$  若以船舶  $v$  營運，則  $\delta_{s,v}$  為 1，否則為零。

## 2. 與貨櫃量有關之成本

海運成本中與貨櫃量有關成本，為貨櫃裝卸費、機械使用費、過磅費、場租、碼頭使用費等。其中貨櫃裝卸費、機械使用費、過磅費以每櫃每次為計價單位。而場租、碼頭使用費的計價方式，依不同的貨櫃規格大小，以每櫃每日的方式計算費用。

令  $g^{mn}$  為起迄點港口裝卸每單位貨櫃費用，包括機械使用費、過磅費，則港口裝卸櫃費用為運送方案  $s$  的總貨櫃量  $Q_s$  與每單位貨櫃裝卸成本之積，即  $Q_s g^{mn}$ 。而港口貨櫃場站中場租成本，由於貨櫃在迄點港口卸櫃後，港口貨櫃場站大都規定若貨主於一定時間內提櫃免收場租成本，故本研究之場租成本僅考慮起點港口的部分。令運送方案  $s$  以船舶  $v$  營運時，貨物於起點港口等待船舶裝運的平均等候運送時間，為航線週期的一半，即  $T_{s,v}^m = T^1 / 2\phi_{s,v}$ 。而  $r^m$  為在起點港口的貨櫃場站中每櫃每日的場租費用。則場租成本即為每櫃每日的場租費用與不同運送方案的平均等候運送時間之乘積，即  $r^m T_{s,v}^m$ 。此項與貨櫃量有關的海運營運成本，即為海運公司在起迄點港口裝卸櫃費用、等候裝船的場租成本之和， $[g^{mn} + T_{s,v}^m r^m]$  與運送方案  $s$  總貨櫃量  $Q_s$  之積，即

$$Q_s [g^{mn} + T_{s,v}^m r^m], \quad s = s', s'' \quad (9)$$

綜上所述，則海運公司於港口  $m, n$  提供運送方案  $s$  的海運航線成本，為式(8)、式(9)之加總，如式(10)：

$$\sum_{v \in V} \delta_{s,v} [\psi_{s''} R_{s''} + T_{s,v}^{mn} F_v + f_{s,v} d^{mn} + H_v^{mn}] \phi_{s,v} + Q_s (g^{mn} + T_{s,v}^m r^m), \quad s = s', s'' \quad (10)$$

### 2.3.2 內陸運送階段之總成本

Konings<sup>[1]</sup> 提及運輸公司需與轉運整合中心有良好的配合，以快速順利的操作貨物運送。海運公司為貨主安排最適載運組合時，除考慮各載運組合的運輸成本差異外，亦考慮貨物在迄點港口場站透過其他運具轉運，所耗費等候時間成本的多寡。而於此階段，快速運送方案之貨櫃將優先處理，以加強兩種運送方案的差異，使選擇快速運送的貨物在內陸運送階段，亦享有快速運送方案的權利。

在內陸運送階段之載運組合，可分為只以公路貨櫃拖車運送的公路載運方式，或先將貨櫃以鐵路運送至目的地鄰近鐵路場站，再以公路貨櫃拖車運送至目的地的鐵路載運方式兩種，不同載運組合的成本函數說明如下。

### 1. 內陸運送階段的運輸成本

海運公司將貨櫃交由內陸運送業者託運的運輸成本，為內陸運送業者在考量貨櫃量及運送距離後，向海運公司所收取的運輸成本。本研究將內陸運送階段的運輸成本，視為外生已知。令海運公司以公路貨櫃拖車轉運，所需負擔每單位貨櫃的運輸成本為  $tc_j^{ci,d_t}$ ， $j=t$ 。而以鐵路運送時之單位貨櫃運輸成本則為  $(tc_j^{ci,d_r} + tc_j^{ci,d_n})$ ， $j=r$ ，其中  $tc_j^{ci,d_r}$  為港口與迄點鐵路場站間每單位貨櫃的運輸成本。 $tc_j^{ci,d_n}$  為鐵路轉運後再透過以公路貨櫃拖運至目的地的運輸成本。

### 2. 內陸運送階段的存貨成本

內陸運送階段的存貨成本，可分為等候轉運運具運送的存貨成本及轉運運具運送時的存貨成本。影響因素為運送至目的地的距離及轉運運具提供的班次密集度，另亦與貨主託運貨種的時間價值有關。由於以公路貨櫃拖車運送較無班次密集與否的問題，故將等候公路貨櫃拖車的轉運時間，包含在公路的運送時間內。以下對不同載運組合之內陸運送階段存貨成本加以說明。

#### (1) 公路拖運

當海運公司以公路貨櫃拖車的載運組合方式，接駁轉運貨主  $c$  之貨種  $i$  單位貨櫃的存貨成本，為貨種  $i$  單位貨櫃之每日時間價值  $P^i R^i$  與由迄點港口至目的地所需的時間  $T_j^{ci,d_t}$  之乘積。

#### (2) 鐵路拖運

以鐵路運送的載運組合的存貨成本，為貨種  $i$  的每日時間價值  $P^i R^i$  與所需的總運送時間  $(T_{s,j}^n + T_j^{ci,d_r} + T_j^{ci,d_n})$  之乘積。其中  $T_{s,j}^n$  為不同運送方案，貨物於迄點港口  $n$  等待鐵路運送的平均等候時間。 $T_j^{ci,d_r}$  為迄點港口之鄰近場站運至目的地之鄰近鐵路場站的運送時間。 $T_j^{ci,d_n}$  為由目的地鄰近鐵路場站再以公路貨櫃拖車運至目的地的運送時間。

由於本研究假設海運公司於美國內陸運送階段，會以運輸及存貨成本總和最小的原則為貨主選擇最適載運組合，令內陸運送階段每單位貨櫃之運輸及存貨成本總和為  $tic_{s,j}^{ci,d}$ 。當以鐵路轉運的成本小於公路轉運成本時，表示海運公司將以鐵路拖運的方式拖運貨主  $c$  之貨種  $i$  貨櫃至目的地，且  $\delta_r^{ci}$  值為 1，否則為零。則海運公司為貨主安排載運組合，以式 (11) 表示。

$$\delta_r^{ci} = \begin{cases} 1, & \text{if } tic_{s,j}^{ci,d} = \min\{(tc_j^{ci,d_r} + tc_j^{ci,d_n}) + P^i R^i (T_{s,j}^n + T_j^{ci,d_r} + T_j^{ci,d_n}), \\ & (tc_j^{ci,d_t} + P^i R^i T_j^{ci,d_t})\} \\ & = (tc_j^{ci,d_r} + tc_j^{ci,d_n}) + P^i R^i (T_{s,j}^n + T_j^{ci,d_r} + T_j^{ci,d_n}) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad \forall c \in C, \forall i \in I, s = s', s'', j = t, r \quad (11)$$

### 2.3.3 海運公司之內陸載運組合規劃式

海運公司根據式(11)為貨主安排最適載運組合，以內陸運送成本及存貨成本總和最小者為依據。其數學規劃式如下：

$$\min_{\delta_r^{ci}} tic_s^{ci} = q_s^{ci} [(1 - \delta_r^{ci}) tic_{s,j}^{ci,d} + \delta_r^{ci} tic_{s,j}^{ci,d}], \quad \forall c \in C, \forall i \in I, s = s', s'', j = t, r \quad (12)$$

s.t.

$$q_s^{ci} = \sum_{j=r,t} [(1 - \delta_r^{ci}) q_s^{ci} + \delta_r^{ci} q_s^{ci}], \quad \forall c \in C, \forall i \in I, s = s', s'' \quad (13)$$

$$\sum \delta_r^{ci} = 1 \quad (14)$$

$$\delta_r^{ci} \in \text{Binary} \quad (15)$$

式(12)中  $tic_s^{ci}$  表海運公司根據貨主  $c$  託運貨種  $i$  所選擇的運送方案  $s$ ，以內陸運送成本與存貨成本總和最小規劃其最適載運組合。式(13)為不會發生無人提貨的限制式，即貨主  $c$  託運的貨種  $i$ ， $q_s^{ci}$  之貨櫃運抵迄點港口後，必會透過不同的載運組合將貨櫃轉運至目的地。(14)式為海運公司在規劃貨主  $c$  之託運貨種  $i$  的貨櫃量之載運組合子模式時，只選擇唯一載運方式之限制式；式(15)中  $\delta_r^{ci}$  為決策變數，表示內陸運送階段是否利用載運組合  $r$  運送。當海運公司以鐵路拖運的載運組合運送貨主  $c$  之貨種  $i$  貨櫃時， $\delta_r^{ci}$  值為 1，否則為零。

### 2.3.4 海運公司於內陸運送階段的總運輸成本

透過載運組合子模式，將海運公司承擔內陸運送階段，各載運組合的運輸成本加總後，可得知海運公司在內陸運送階段的總運輸成本。張蕙<sup>[13]</sup>提及鐵路公司為求業務之積極發展，常吸引或招攬大批貨櫃運量以符合鐵路運送時的經濟性。故本研究假設當海運公司託運的貨櫃量符合鐵路公司折扣門檻值  $Q^{Rail}$  時，鐵路運送公司即會予其運輸成本的折扣率  $\lambda$ ，且  $\lambda < 1$ 。反之，則折扣率  $\lambda = 1$ 。則海運公司在規劃最適內陸載運組合情況下，運送方案  $s$  於內陸運送階段的總運輸成本，為公路運輸成本與鐵路運輸成本之和，表示為  $TC_s$ ，即：

$$TC_s = \sum_{i \in I} \sum_{a \in A} \sum_{j \in J} q_s^{ci} [(1 - \delta_r^{ci}) tc_j^{ci, d_i} + \delta_r^{ci} \lambda (tc_j^{ci, d_r} + tc_j^{ci, d_{rt}})] , \quad s = s', s'' \quad (16)$$

### 三、海運公司營運利潤函數與營運策略規劃模式

#### 3.1 海運公司營運利潤函數

根據 2.2 節之貨主選擇運送方案模式，可得知所有貨主以個別總運送成本為考量，對運送方案的選擇結果。由於內陸運送階段中，海運公司之載運組合規劃式的運輸成本與存貨成本皆為外生，且規劃最適載運組合時，皆已以總成本最小為原則。故海運公司在擬定快速運送方案之差別定價時，僅考慮海運階段不同運送方案之運輸成本與存貨成本間之抵換關係。因此將以整體運輸過程為基礎時，各貨主選擇運送方案  $s$  時的臨界條件式(5)，轉換成單就海運階段而言，貨主選擇運送方案的臨界條件。以下式表示：

$$q_s^{ci} (\rho_{s'',v} - \rho_{s',v}) = P^i R^i q_s^{ci} [(T_{s',v}^m - T_{s'',v}^m) + (T_{s',v}^{mn} - T_{s'',v}^{mn})] \quad (17)$$

將式(17)個別貨主  $c$  選擇運送方案  $s$  時的均衡狀態加總起來，可得式(18)。即為海運公司於研究期間內，綜合各貨主在不同需求特性下，面對運送方案  $s$  時的均衡情況。

$$\sum_{s=s', s''} \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} q_s^{ci} (\rho_{s'',v} - \rho_{s',v}) = \sum_{s=s', s''} \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} P^i R^i q_s^{ci} [(T_{s',v}^m - T_{s'',v}^m) + (T_{s',v}^{mn} - T_{s'',v}^{mn})] \quad (18)$$

將(18)式移項處理後，可得提供快速運送方案的海運差別訂價，如式(19)。

$$\rho_{s'',v} = \rho_{s',v} + \left( \frac{\sum_{s=s', s''} \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} P^i R^i q_s^{ci}}{\sum_{s=s', s''} \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} q_s^{ci}} \right) [(T_{s',v}^m - T_{s'',v}^m) + (T_{s',v}^{mn} - T_{s'',v}^{mn})] \quad (19)$$

而  $\sum_{s=s', s''} \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} P^i R^i q_s^{ci} / \sum_{s=s', s''} \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} q_s^{ci}$  為將各貨種時間價值與相對貨櫃量的乘積除以研究期間承攬到的貨櫃總量，即該航線拖運貨櫃的貨種時間價值平均值。由(19)式可知貨種時間價值平均值、兩運送方案的運送時間差距，與快速運送方案的海運差別定價呈正向關係。意即研究期間拖運貨櫃的貨種時間價值平均值愈高或兩運送方案的時間差距愈大，則快速運送的海運差別定價愈高。其中  $\rho_{s',v}$  代表一般運送方案的單位貨櫃海運運費成本，而本研究擬以目前研究航線的海運市場運價為此項成本的參考依據。

將式(19)代入式(1)可得知快速運送方案的單位貨櫃總運輸費用，而貨主  $c$  選擇以運送方案  $s$  託運貨櫃量  $q_s^{ci}$  至目的地，所支付的總運費可表示為  $q_s^{ci} f_{s,v}^{ci,d}$ 。則海運公司在研究期間內，提供運送方案  $s$  及船舶  $v$  營運的收益函數，可表示如式(20)。

$$\sum_{i \in I} \sum_{c \in C} \sum_{j \in J} \delta_{s,v} f_s^{ci} q_s^{ci} \quad (20)$$

上式中  $\delta_{s,v}$  為海運公司由營運船舶集合  $V$  中，選擇一船舶營運運送方案  $s$ ，若以船舶  $v$  營運，值為 1，否則為零。在得知總收益函數後，可再依二節計算海運公司提供運送方案  $s$  的總成本如式(21)，表示為貨櫃量與運送距離相關的成本函數  $C_{s,v}$ ，其中的第一項表示與船舶有關的營運成本，即式(8)；第二項為與貨櫃量有關的營運成本，即式(9)；第三項為內陸最適載運組合的總運輸成本，即式(16)。則海運公司於研究期間提供不同運送方案  $s$  之總成本，表示如下：

$$C_{s,v} = \sum_{v \in V} \delta_{s,v} (\psi_{s''} R_{s''} + T_{s,v}^{mn} F_v + f_{s,v} d^{mn} + H_v^{mn}) \varphi_{s,v} + Q_s (g^{mn} + T_s^m r^m) + TC_s, \quad s = s', s'' \quad (21)$$

海運公司運送方案  $s$  的利潤，即為收益函數式(20)減去成本函數式(21)，而海運公司營運總利潤，則為各運送方案  $s$  的利潤總和，以  $\Pi$  表示，如(22)式所示。

$$\Pi = \sum_{s=s', s''} \left[ \left( \sum_{i \in I} \sum_{c \in C} \sum_{v \in V} \delta_{s,v} f_{s,v}^{ci,d} q_s^{ci} \right) - C_{s,v} \right] \quad (22)$$

### 3.2 海運公司之營運策略規劃模式

綜合上述，可進一步構建海運公司提供運送方案  $s$  之營運策略規劃模式，如式(23)至式(32)所示。

$$\text{Max } \Pi = \sum_{s=s', s''} \left[ \left( \sum_{i \in I} \sum_{c \in C} \sum_{v \in V} \delta_{s,v} f_{s,v}^{ci,d} q_s^{ci} \right) - C_{s,v} \right] \quad (23)$$

st.

$$L_v \phi_{s,v} \geq Q_s, \quad s = s', s'', \quad \forall v \in V \quad (24)$$

$$Q_s = \sum_{i \in I} \sum_{c \in C} q_s^{ci}, \quad s = s', s'', \quad \forall v \in V \quad (25)$$

$$q_s^{ci} = \sum_{s=s', s''} [(1 - \psi_{s''}) q_s^{ci} + \psi_{s''} q_s^{ci}], \quad \forall c \in C, \quad \forall i \in I, \quad s = s', s'' \quad (26)$$

$$\sum_{v \in V} \delta_{s,v} = 1, \quad s = s', s'' \quad (27)$$

$$\delta_{s,v} \in \text{Binary} \quad (28)$$

$$\psi_{s''} \in \text{Binary} \quad (29)$$

$$\phi_{s'',v} \geq \phi_{s',v}, \quad s = s', s'', \quad \forall v \in V \quad (30)$$

$$\rho_{s'',v} \geq \rho_{s',v}, \quad s = s', s'', \quad \forall v \in V \quad (31)$$

$$C_{s,v} = \sum_{v \in V} \delta_{s,v} (\psi_{s''} R_{s''} + T_{s,v}^{mn} F_v + f_{s,v} d^{mn} + H_v^{mn}) \phi_{s,v} + Q_s (g^{mn} + T_s^m r^m) + TC_s, \quad s = s', s'' \quad (32)$$

其中式(23)為海運公司利潤最大化的目標式；式(24)表為船舶  $v$  的平均承載量  $L_v$  與頻次的乘積，需大於等於貨主的總需求量，為供給大於需求的限制式；式(25)為海運公司承攬到各貨主選擇運送方案  $s$  託運的貨櫃總量，式(26)為貨主僅會選擇一種運送方案  $s$  託運貨櫃。式(27)為海運公司在規劃運送方案  $s$  的最適船舶時選擇唯一之限制式。式(28)中  $\delta_{s,v}$  為決策變數，表海運公司於營運船舶集合  $V$  中，擇一最適船舶  $v$  營運運送方案  $s$  以使其利潤達最大化，故若  $\delta_{s,v}$  為 1 時，則表示以船舶  $v$  營運運送方案  $s$  可得最大利潤，否則  $\delta_{s,v}$  為零。式(29)表貨主僅會選擇一種運送方案託運貨種  $i$  的貨櫃，當貨主  $c$  選擇以快速運送方案時， $\psi_{s''}$  為 1，否則為零。式(30)中之  $\phi_{s,v}$  亦為決策變數之一，該式表模式所求出的快速運送方案  $s''$  以船舶  $v$  營運的運送頻次需大於或等於一般運送方案  $s'$  之頻次。式(31)中  $\rho_{s'',v}$  亦為決策變數，該式限制透過式(19)求得的快速運送方案海運差別定價  $\rho_{s'',v}$  需大於或等於一般運送方案的運價  $\rho_{s',v}$ 。最後式(32)為運送方案  $s$  的總運輸成本限制式。

貨主在選擇運送方案模式中，將依據海運公司所規劃運送方案  $s$  的營運船舶、運送頻次及快速運送方案的海運差別定價，以運輸成本與存貨成本總和最小，選擇最適運送方案，如式(4)。而貨主對各運送方案的選擇，又將影響海運公司各運送方案的貨櫃總量。海運公司在營運策略規劃模式中，依據研究期間內不同運送方案的貨櫃總量，以最大利潤為目標，規劃各運送方案的最適營運船舶、運送頻次，如式(23)至式(32)。所規劃出之營運船舶、運送頻次，將進一步影響貨主所需擔負的存貨成本；而由式(5)與式(19)可推導快速運送方案的海運差別定價。而所擬定的快速運送方案之海運運價，將進而影響貨主選擇快速運送方案所承擔的運輸成本。

本研究的模式中，貨主與海運公司皆在彼此相互影響，以尋求一均衡狀態下的最適營運船舶、運送頻次及海運運價。而此均衡結果需滿足不同需求特性貨主對運送方案的需求量，如式(24)。另外，亦須滿足海運公司追求利潤最大化的目標式(23)。本研究模式求解步驟，可列述如下：

#### STEP 1. 初始化

輸入參變數資料，令  $a$  為求解最適營運策略模式的次數，當  $a = 0$ ，給定海運公司運送方案  $s$  之運送船舶  $v^a$ 、頻次  $\phi_{s,v}^a$ 、快速運送方案之海運差別定價  $\rho_{s'',v}^a$  的初始值。

**STEP 2. 求解貨主最適運送方案模式**

將船舶  $v^a$ 、頻次  $\phi_{s,v}^a$ 、快速運送方案之海運差別定價  $\rho_{s,v}^a$  代入貨主選擇運送方案模式 (式(4)與式(5)) 中，以求得各貨主的最適運送方案，進而依式(6)求得運送方案  $s$  的貨櫃總量  $Q_s^a$ 。

**STEP 3. 求解最適內陸載運組合**

根據貨主選擇的最適方案，由內陸載運組合規劃式 (式(12)至式(15)) 規劃其最適載運組合  $j^a$ ，並由式(16)求得海運公司內陸運送階段的總運輸成本。

**STEP 4. 求解海運公司營運策略規劃模式**

將 STEP 2 求得運送方案  $s$  的貨櫃總量  $Q_s^a$ 、及 STEP 3 求得內陸運送階段的總運輸成本，代入海運公司營運策略規劃模式 (式(23)至式(32)) 中，且求解營運策略新的最適營運船舶  $v^{a+1}$ 、運送頻次  $\phi_{s,v}^{a+1}$  及海運差別運價  $\rho_{s,v}^{a+1}$ 。

STEP 5. 若  $Q_s^{a+1} = Q_s^a$ ，則結束船舶  $v$  之求解過程並輸出結果；否則，令  $a = a + 1$  重複 STEP 2 至 STEP 4 繼續求解。

STEP 6. 重新從船舶  $V$  集中選擇未求解過的船舶  $v$ ，重複 STEP 1 至 STEP 5 直至所有船舶皆運算結束。

STEP 7. 比較船舶集合  $V$  中以船舶  $v$  營運運送方案  $s$  之利潤總值，將可使利潤總值達最大的營運船舶、運送頻次及海運運價輸出。此為在供需均衡下，海運公司提供不同運送方案之營運策略規劃模式最適解。

## 四、範例分析與敏感度分析

本節以一海運公司的特定國際海洋航線為研究對象，範例分析中透過 Lingo 與 Excel 數值軟體協助，分析求解所構建的數學規劃式。以下 4.1 節為範例背景說明；4.2 節說明本範例之結果，並分析討論實質意義；4.3 節則針對主要影響因素進行敏感度分析。

### 4.1 範例背景說明

本研究以台灣高雄港為起點港、美國西雅圖港為迄點港口之越太平洋航線為研究對象。在貨種之時間價值估計上，依據美國 Transportation Statistics Annual Report<sup>[14,15]</sup> 及中華民國 2000 年台灣地區出口貿易統計月報<sup>[16]</sup> 資料，經由交叉比對分析，推估台灣海運貨櫃出口至美國之主要貨種及各貨種時間價值，如表 1 所示。本研究研擬針對塑膠、橡膠及其製品類；引擎及其相關零件類；紡織品、皮革、皮毛及其飾品類與電子器材及辦公設備類等四項的平均每日存貨成本，為本研究範例分析中，代表性貨種之時間價值研擬依據。

另外將貨主的需求特性列如表 2，表中摘錄貨主  $c$  託運的貨櫃量、貨種  $i$  單位貨櫃的每日時間價值、貨主  $c$  託運的貨櫃由迄點港口至目的地的距離。

表 1 我國貨櫃貨物裝載出口貨載暨存貨成本分類表

1	基本金屬及其製品類	3 (USD/DAY/TEU)
2	塑膠、橡膠及其製品類	5 (USD/DAY/TEU)
3	家具用品、木材、藤製材及製品	7 (USD/DAY/TEU)
4	引擎及其相關零件	10 (USD/DAY/TEU)
5	機器及機械用具及零組件類	13 (USD/DAY/TEU)
6	紡織品，皮革、皮毛及其飾品類	15 (USD/DAY/TEU)
7	電子器材及辦公設備	20 (USD/ DAY/TEU)
8	運輸工具及相關零件	30 (USD/ DAY/TEU)

資料來源：1.Transportation Statistics Annual Report 1998–Long-distance Travel and Freight<sup>[14]</sup>.

2.Transportation Statistics Annual Report 1999<sup>[15]</sup>.

3.中華民國台灣地區出口貿易統計月報資料<sup>[16]</sup>。

表 2 貨主的需求特性表

貨種時間 價值 <sup>1,2,3</sup> (USD/ DAY/TEU)	貨主 $c$	迄點港至目 的地距離 (miles)	貨櫃量 (TEU)	貨種時間 價值 <sup>1,2,3</sup> (USD/ DAY/TEU)	貨主 $c$	迄點港至目 的地距離 (miles)	貨櫃量 (TEU)
5	1	192	1,765	15	9	205	3,200
	2	380	1,250		10	410	1,590
	3	601	1,405		11	613	2,630
	4	815	940		12	790	2,900
10	5	169	1,800	20	13	179	1,770
	6	364	1,400		14	390	1,550
	7	560	2,150		15	507	2,000
	8	825	1,290		16	812	2,360

資料來源：1.Transportation Statistics Annual Report 1998<sup>[14]</sup>.

2.Transportation Statistics Annual Report 1999<sup>[15]</sup>.

3.中華民國台灣地區出口貿易統計月報資料<sup>[16]</sup>。

至於海運公司的營運船舶特性及海運成本相關參數估計值，則如表 3 至表 5 所示。其中表 4 的貨櫃流量為國內某一航運公司在高雄至西雅圖港之一季貨櫃總量，並根據鄭俊華<sup>[17]</sup> 假設供快速運送方案每航次增加的成本約為 2,500 美元。將表 3 至表 5 代入式(10)即可求得研究期間內，運送方案  $s$  以船舶  $v$  航行特定航線之海運階段總成本。



表 3 海運公司的船舶特性表

船 名	v21 <sup>2</sup>	v22 <sup>1</sup>	v41 <sup>2</sup>	v42 <sup>2</sup>
容量 (TEU)	1,810	2,054	4,229	4,211
交船日期 (西元年)	1983	1985	1993	1998
航速 (miles/hrs)	20	22	23	25
每日燃油耗油量 (M/T)	120	170	180	220

資料來源：1.陽明海運公司網站<sup>[18]</sup>。

2.長榮海運公司網站<sup>[19]</sup>。

表 4 高雄港至西雅圖港航線的港口相關成本表

船 舶	平均承載量 <sup>1</sup> $L_v$ (TEU)	固定營運成本 <sup>2</sup> $F_v$ (USD/DAY)	港口費用 <sup>3,4</sup> $H_v^{mn}$ (USD/SHIP)	貨櫃流量 <sup>1</sup> $Q$ (TEU)
v41, v42	2,500	18,000	14,000	30,000
v21, v22	1,200	13,000	14,000	

資料來源：1.陽明海運公司網站<sup>[18]</sup>。

2.航貿週刊<sup>[20,21]</sup>。

3.長榮海運公司網站<sup>[19]</sup>。

4.台灣省國際港埠業務費費率表<sup>[22]</sup>。

表 5 海運公司的相關成本參變數估計值表

參數	意 義	估計參數值	單 位
$g^{mn}$	起迄港裝卸櫃費用 <sup>1,2</sup> 。	330	USD/TEU
$r^{mn}$	起點港以每櫃每日的費用，包括碼頭通過費、場租等 <sup>1,2</sup> 。	65	USD/DAY
$T_{s'v}^{mn}$	一般運送方案分別以船舶 v21, v41 營運的海運時間 <sup>3</sup> 。	18、15	DAY
$T_{s''v}^{mn}$	快速運送方案分別以船舶 v21, v41 營運的海運時間 <sup>3</sup> 。	15、12	DAY
$\bar{d}^{mn}$	高雄港至西雅圖港的航行距離。	7,920	miles
$f_{s',v}$	一般運送以船舶 v21, v41 航行時每單位距離的燃油變動成本 <sup>4,5</sup> 。	34、47	USD/miles
$f_{s'',v}$	快速運送以船舶 v22, v42 航行時每單位距離的燃油變動成本 <sup>4,5</sup> 。	44、53	USD/miles
$T^l$	研究期間的長度 (一季)。	122	DAY
$\pi_s$	海運公司向貨主收取內陸運送費用的報酬率或佣金率，其中 $s = s', s''$ <sup>2</sup> 。	0.01、0.03	

資料來源：1.長榮海運公司網站<sup>[19]</sup>。

2.香港港務局網站<sup>[23]</sup>。

3.陽明海運公司網站<sup>[18]</sup>。

4.航貿週刊<sup>[20,21,24,25]</sup>。

5.海運月刊<sup>[26,27,28]</sup>。

在公路轉運的內陸運送成本方面，本研究除參考曾俊鵬<sup>[29]</sup>之數值外，並實際與實務界訪談，了解由於美國內陸運輸為一近似完全競爭的市場，海運公司與美國內陸運輸業者所簽訂的運費表，會因時間性、起迄對、及各地市場競爭狀況有所異動。因受限業者簽訂之契約實務資料不易取得，亦依情況而具差異。故本研究依實務狀況以每哩若干運費的運費計價方式，作為美國內陸運輸階段的運送成本之假設基準值。在經業者確認合理下，本研究將曾俊鵬<sup>[29]</sup>所設定的每哩運費修訂為 1.65 美元，而每車次最低運費亦調整為 100 美元的運費，以反映目前美國內陸運輸階段以公路轉運的運送成本。而公路運送時間的估計，則考慮美國公路速限規定、公路貨櫃拖車司機長程駕駛所需要的休息時間等因素，推估公路貨櫃拖車單位距離所需的運送時間。

鐵路運送的成本資料，以太平洋聯邦鐵路公司 (Union Pacific Railroad)<sup>[30]</sup> 不同運送距離的運輸成本資料，為本研究載運組合模式中之鐵路運輸成本的參考值。另外 Martin<sup>[31]</sup>指出公路運輸的經濟運送距離約為 450miles，故本研究將以此距離設定為內陸運送階段由鐵路場站轉運至目的地的最大公路運送距離。當鐵路場站轉運至目的地超過此距離時，則假設有另一鐵路場站更鄰近目的地。表 6 為由西雅圖港至各場站距離，每單位貨櫃 (TEU) 的運輸成本與運送時間估計值。在內陸運送階段規劃最適載運組合，雖將存貨成本納入考量因素中，但計算海運公司的內陸運送總成本時，則僅考慮實際發生的運送金錢成本。另假設鐵路公司給予折扣的貨櫃量門檻值為  $Q^{Rail} = 10,000\text{TEU}$ ，成本折扣率  $\lambda = 0.95$ 。

表 6 鐵路運送運費及估計運送時間表

西雅圖港至鐵路場站距離 (miles)	至各鐵路場站的鐵路運費 (USD/TEU)	平均等候運送時間 (hrs)	
		一般運送	快速運送
183	320	22	10
306	550	30	18
558	660	40	28
912	1,040	58	46
1,063	1,200	63	51
1,398	1,340	78	66
1,535	1,480	86	74
1,709	1,580	95	83

資料來源：Union Pacific Railroad<sup>[30]</sup> 及本研究整理。

## 4.2 模式結果說明

本研究所構建的模式規模，主要與模式輸入的自變數的類型數量有關。就供給面的海運公司營運策略規劃模式，包括一般及快速運送服務方案，而於範例分析中，依運送船舶的大小分 2,000TEU 及 4,000TEU 兩類的船舶，另外同一類船舶又分不同的航行速度。至

於最適載運組合規劃模式，則包括公路貨櫃拖車及鐵路場站轉運兩種。另外再以需求面的貨主而言，範例分析中，依託運貨櫃的貨種時間價值差異簡化分為四種不同貨種，分別為貨種時間價值為 5、10、15、20 (USD/DAY/TEU) 的貨物，而每一種貨物又依迄點目的地距離分布分為四類，即運送距離為 200miles、400miles、600miles 及 800miles，如此共有 16 組不同需求特性的貨物。本研究模式的運算時間，與模式規模大小有關，於範例分析中，在採上述輸入變數類型數量及應用 Lingo 及 Excel 數值軟體作為分析工具下，其運算時間約十五分鐘左右。

將表 2 至表 6 之參變數值，代入所建構之模式，可求得海運公司在最大利潤目標下之規劃結果。表 7 為海運公司與貨主雙方於供需互動均衡時，貨主面對運送方案  $s$  的總成本。其中一般運送方案的海運階段運輸成本，以目前海運市場各航線的運價為依據，而快速運送方案的海運階段運輸費用，則為本研究求得的最適海運運價。以貨主 1 及貨主 13 而言，兩者的差異除了目的地運送距離有些許的差異外，造成最大差異的主因為貨種的時間價值。以貨主 1 而言，其內陸運送階段的距離為 192miles，託運的貨櫃量為 1,765TEU，選擇一般運送方案每櫃所承擔的總運輸成本為 1,951 (USD/TEU)。若改選擇快速運送方案託運貨櫃時，則每櫃所承擔的總成本增為 2,007 (USD/TEU)。而貨主 13 其內陸運送階段的距離為 179miles，託運的貨櫃量為 1,770TEU，選擇一般運送方案每櫃所承擔的總運輸成本為 2,321 (USD/TEU)。若貨主 13 改選以快速運送方案託運貨櫃時，每櫃所承擔的總成本可降為 2,287 (USD/TEU)。

表 7 各貨主使用不同運送方案的成本

貨種時間 價值 $P^i R^i$ (USD/DAY/ TEU)	貨主	運送方案 $s$ 總成本		貨種時間 價值 $P^i R^i$ (USD/DAY/ TEU)	貨主	運送方案 $s$ 總成本	
		一般 (USD/TEU)	快速 (USD/TEU)			一般 (USD/TEU)	快速 (USD/TEU)
5	1	<b>1,951</b>	2,007	15	9	2,234	<b>2,231</b>
	2	<b>2,936</b>	3,020		10	4,491	<b>4,485</b>
	3	<b>2,871</b>	2,949		11	3,133	<b>3,132</b>
	4	<b>4,270</b>	4,386		12	<b>3,309</b>	3,317
10	5	<b>2,043</b>	2,069	20	13	2,321	<b>2,287</b>
	6	<b>2,872</b>	2,911		14	2,962	<b>2,930</b>
	7	<b>2,302</b>	2,332		15	2,627	<b>2,601</b>
	8	<b>3,672</b>	3,721		16	2,745	<b>2,733</b>
總貨櫃量		一般運送方案		<b>14,900TEU</b>			
		快速運送方案		<b>15,100TEU</b>			

綜上所述，可知貨主託運的貨櫃其貨物屬貨種時間價值愈低者，愈傾向選擇一般運送方案。反之，貨種時間價值愈高時，貨主會選擇快速運送方案託運貨櫃。且當目的地內陸運送距離愈遠，貨主亦愈傾向選擇一般運送方案。由各貨主選擇運送方案之結果，可知選擇一般運送方案的總貨櫃量為 14,900TEU，選擇快速運送方案的總貨櫃量為 15,100TEU。

根據第三節所構建海運公司營運策略規劃模式及內陸載運組合規劃式，可求得海運公司在海運階段及內陸運送階段的營運策略及其運輸總成本與收益。透過營運策略規劃模式的求解結果，於研究期間即一季總和 122 天中，範例中之海運公司應同時提供一般與快速運送方案，且應分別以船舶 v41, v22 營運。而在以最大利潤為目標時，所擬定的快速運送方案之最適海運差別定價為 1,580 (USD/TEU)。表 8 為供需均衡時，海運公司之總營運收益、成本表。此時一般與快速運送方案的最適運送頻次分別為 6 及 13 航次、其海運總成本為 3,920 萬美元，海運總收益為 4,720 萬美元、總利潤為 700 萬美元。

表 8 海運公司總營運收益、成本表

單位：萬美元

運送	船舶	頻次	海運總成本	運送方案之最適海運差別定價	海運總收益	海運總利潤
一般	v41	6	1,950	0.15	2,235	700
快速	v22	13	1,970	0.158	2,385	

此結果中，快速運送方案以小型船舶 v22 而未以大型船舶營運的理由，乃因可承攬到之快速運送方案的貨櫃量較低，以小型船舶營運，可由於容量較小而提供較多的頻次營運，使貨櫃平均等候裝船運送時間降低。

依據海運公司的內陸載運組合規劃式，可得出表 9 最適載運組合之結果。表 9 中貨主 1、5、9、13、2、6、10、14 的目的地距離較近，海運公司在鐵路轉運的總運送成本遠大於公路轉運的考量下，會選擇以公路拖運的載運組合轉運至目的地。而貨主 3、7、11、15、4、8、12、16 託運的貨櫃，由於距目的地較遠，故海運公司在公路載運組合的總運送成本大於鐵路載運組合的總運送成本考量下，會選擇以鐵路拖運的載運組合將貨主的貨櫃轉運至目的地。

由表 9 可知貨物的時間價值即便有顯著的差異，其目的地運送距離較短時，海運公司皆會以公路運送方式載運貨櫃。主要的原因在於公路運輸適合短程運送，運輸費用較低。而當運送距離與目的地相距較遠時，海運公司則改以鐵路運送的載運組合轉運貨櫃至目的地。當以公路轉運至目的地的距離超過經濟里程後其運輸費用會驟增，且駕駛長時間開車亦需要相對的休息時間。而鐵路運輸則適用於長程運輸，運費成本雖隨著距離的增加，其邊際里程運費，則呈遞減的情況。故當目的地運送距離愈遠時，最適載運組合愈傾向以鐵路轉運。

表 9 海運公司規劃之最適載運組合表

貨主	貨種時間價值 (USD/DAY/TEU)	至目的地鄰近的鐵路場站 (miles)	鐵路場站運至目的地距離 (miles)	載運組合總成本 (USD/TEU)		貨主	貨種時間價值 (USD/DAY/TEU)	至目的地鄰近的鐵路場站 (miles)	鐵路場站運至目的地距離 (miles)	載運組合總成本 (USD/TEU)	
				公路	鐵路					公路	鐵路
1	5	183	42	<b>318</b>	475	3	5	558	84	999	<b>819</b>
5	10		63	<b>281</b>	480	7	10		96	939	<b>828</b>
9	15		21	<b>343</b>	476	11	15		93	1,035	<b>829</b>
13	20		36	<b>300</b>	479	15	20		84	864	<b>836</b>
2	5	306	36	<b>631</b>	706	4	5	912	96	1,356	<b>1,203</b>
6	10		153	<b>609</b>	817	8	10		72	1,383	<b>1,215</b>
10	15		78	<b>690</b>	713	12	15		46	1,335	<b>1,219</b>
14	20		125	<b>661</b>	775	16	20		52	1,383	<b>1,229</b>

海運公司將選擇一般運送方案的 14,900TEU，依據各貨主的需求特性分別以公路或鐵路的方式轉運。其中以公路拖運的載運組合運送至目的地的貨櫃總量為 6,215TEU，而以鐵路拖運的載運組合轉運的貨櫃量為 8,685TEU。另外快速運送方案的貨櫃總量 15,100TEU 中，安排以公路拖運的載運組合運送至目的地的貨櫃總量為 8,110TEU，以鐵路拖運的方式轉運至目的地的則有 6,990TEU。海運公司得出最適載運組合的總貨櫃量後，即可求算內陸運送階段的運送成本與收益。表 10 為海運公司在最適情況下的內陸運送總成本與總收益。其中以公路轉運至目的地的總內陸運送成本為 636 萬美元。而選擇以鐵路為載運組合轉運的總內陸運送成本為 1,477 萬美元。則內陸運送階段的總運輸成本合計約為 2,113 萬美元。而海運公司根據貨主選擇運送方案，規劃內陸運送階段載運組合時，以公路與鐵路運送分別可獲取運輸收益為 650 萬美元、1,583 萬美元，合計為 2,233 萬美元；故海運公司，在內陸運送階段的總利潤約為 120 萬美元。

表 10 海運公司內陸運送的收益、成本表

單位：萬美元

運送方案	公 路		鐵 路	
	運送收益	總運送成本	運送收益	總運送成本
一般運送方案	271	268	907	854
快速運送方案	379	368	676	623
載運組合	650	636	1,583	1,477
內陸運送總利潤	14		106	

### 4.3 敏感度分析

本節將針對主要的參變數進行敏感度分析。包括總運送時間差異、貨種組合比例、貨種時間價值等因素變化，對海運公司營運策略及載運組合規劃之影響。

#### 4.3.1 總運送時間差異對貨主選擇運送方案之影響

兩運送方案的總運送時間差，受各運送方案的平均等候裝船時間及船舶設定最適航速之影響。惟當外在船舶製造技術提升時，船舶航行速度即會相對提高。

當本範例供需均衡時，快速運送與一般運送方案的總運送時間差距為六天。海運差別價差為每櫃 80 (USD/TEU)，則貨主選擇兩運送方案的貨種時間價值之臨界值為 12.8 (USD/DAY/TEU)。如表 11 及圖 1 可知，當運送時間差距固定，海運差別定價價差與貨種時間價值的臨界值呈正向關係。圖 1 的線段為等運送時間差距線，當貨主託運的貨種時間價值落於圖 1 線段的左上方時，貨主將選擇快速運送方案託運貨櫃，因為貨主選擇快速運送方案可節省的存貨成本，大於多負擔的運輸成本。反之，若位於右下方時即表示貨主會選擇一般運送方案託運貨櫃。

表 11 不同運送時間差距及海運差別定價差額下的貨種時間價值臨界值

兩策略運送時間差 海運價差	2 天	4 天	6 天	8 天	10 天
40 (USD)	17.5	9.2	6.4	4.8	3.9
80 (USD)	35.1	18.4	12.8	9.6	7.8
120 (USD)	52.7	27.6	19.2	14.4	11.6
160 (USD)	70.3	36.8	25.6	19.2	15.5
200 (USD)	87.9	46.0	32.0	24.0	19.4

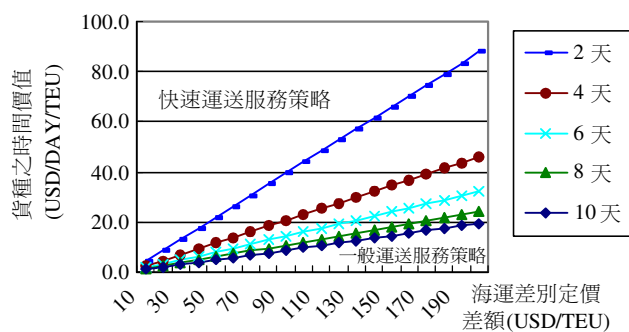


圖 1 貨種時間價值與海運差別定價關係圖

假設其他情況不變，若兩運送方案的總運送時間差距減少為 2 天時，則貨主選擇快速運送方案的貨種時間價值臨界值，將由原來的 12.8 (USD/DAY/TEU) 增為 35.1 (USD/DAY/TEU)。若兩運送方案的總運送時間差距增為 10 天時，則貨主選擇快速運送方案的貨種時間價值臨界值，由原來的 12.8 (USD/DAY/TEU) 降為 7.8 (USD/DAY/TEU)。由此可知，若兩運送方案的總運送時間差距愈大時，斜線的斜率愈緩。此時大部分貨種之時間價值落於左上方，海運公司提供快速運送方案愈有利。

由於運送時間差距，包含平均等候裝船的時間、海上運送期間的時間兩項。假設海運差別定價差額固定，且兩方案的海上運送時間相同，若兩運送方案的時間差距來自於平均等候時間，即快速運送方案的運送頻次多於一般運送方案。然而兩運送方案的頻次差距，主要與選擇快速運送的貨櫃量多寡有關。若海運公司承攬到的貨櫃量，高時間價值的貨櫃量占大部分時，此時快速運送方案頻次增加，兩運送方案的頻次即可能產生明顯的差距，使兩運送方案的平均等候時間差距增加。由此可知，海運公司提供快速運送方案，較適用於高時間價值貨種的貨櫃量占此航線市場的比率較大。

另一方面，若運送時間差距來自海上運送的時間，為海運公司兩運送方案以不同船舶航行。由於船舶的不同，其航行的經濟速率亦會有差異，造成兩運送方案的海上運送時間有差距產生。但當航線距離較短時，由船舶航速不同所造成的海運時間差距有限。而當航線距離較遠時，兩運送方案以不同船速航行，海上運送時間即可產生較明顯的差距。由此推知，快速運送方案相對適用於遠洋航線。

#### 4.3.2 貨種組合改變對海運公司營運規劃之影響

本節主要分析市場上貨種組合改變時之最適因應營運策略，依貨種  $i$  每日時間價值差異簡化，分為四種  $In^1 = 5$ 、 $In^2 = 10$ 、 $In^3 = 15$ 、 $In^4 = 20$  (USD/DAY/TEU) 的貨種。假設海運公司面對市場上可承攬到的總貨櫃量不變。

若目前航線的貨載市場所承攬到的貨櫃中，單位貨櫃的每日時間價值為 5 (USD/DAY/TEU) 的貨櫃量占航線總貨櫃量的百分之七十，其他三類各占 10%，貨種組合比例為 7:1:1:1，此航線以低價貨種為主。此時海運公司面對的貨種單位貨櫃每日時間價值平均值為 8。而此航線的貨運市場中，貨種時間價值大於 8 的貨櫃量占 30%，如圖 2 橫軸的部分為各貨種的貨櫃累積量，縱軸的部分為貨種的時間價值。圖中實線段為貨種組合改變時各貨種的貨櫃累積量，虛線段為各貨種組合改變時之貨種時間價值臨界值。當航線的貨載市場所承攬到的貨櫃中貨種組合比例為 7:1:1:1 時，如圖 2 以低價貨種為主之運送方案決策圖，圖中虛線段下方為選擇一般運送方案的累積貨櫃量。故可知當營運大部分為低時間價值貨運之市場的航線時，海運公司在追求利潤最大的情況下，將僅提供一般運送方案並以船舶 v21 營運該航線。

當海運公司面對營運航線的貨載市場，為各類時間價值的貨種其貨櫃量占航線總貨櫃量各 25% 時，貨種組合比例為 1:1:1:1，此航線貨種組合均勻。海運公司面對的貨種平均時間價值為 12.5 (USD/DAY/TEU)。而此航線的貨運市場中，單位貨櫃的貨種每日時

間價值大於 12.5 的貨櫃量占 50%。海運公司在追求利潤最大的考量下，會同時提供一般及快速運送方案營運，以滿足市場上高時間價值貨主的需求。此時兩運送方案的最適船舶，為以 v21 營運一般運送方案，而快速運送方案則以船舶 v22 營運，兩運送方案一季的運送頻次各為 13 次，最適快速運送方案的運價為 1,530 (USD/TEU)。進一步可求知貨主面對海運公司提供的運送方案，選擇快速運送方案的貨種時間價值臨界值為 10 (USD/DAY/TEU)。意即當貨主託運的貨種其時間價值高於 10，貨主即會選擇快速運送方案。如圖 3 貨種組合均勻時之運送方案決策圖所示，圖中虛線段為貨種的時間價值臨界值，則該線段上方為選擇快速運送方案的累積貨櫃量為 13,125TEU，而線段下方為選擇一般運送方案的累積貨櫃量為 16,875TEU。

另設目前航線的貨載市場所承攬到的貨櫃中，單位貨櫃的每日時間價值為 20 (USD/DAY/TEU) 的貨櫃量占航線總貨櫃量的百分之七十，其他三類各占 10%。即海運公司面對貨運市場的貨種組合比例為 1：1：1：7 時，該航線以高價貨種為主，海運公司面對市場上的貨櫃，其貨種平均時間價值為 17 (USD/DAY/TEU)。其中此航線的貨載組合中各貨種單位貨櫃每日時間價值大於貨種時間價值平均值為 17 的貨櫃量即占 70%，可知此航線屬高時間價值的貨運市場。此時海運公司的最適營運策略，為以小型船舶營運一般及快速運送方案，且一般及快速運送方案的運送頻次分別為 8、18 次，而最適快速運送方案的運價為 1,620 (USD/TEU)。進一步可得知貨主面對海運公司提供的運送方案，選擇快速運送方案的貨種時間價值臨界值為 6.0 (USD/DAY/TEU)。意即為當貨主託運的貨種其時間價值高於 6.0 時，會選擇快速運送方案。如圖 4 以高價貨種為主之運送方案決策圖所示。虛線段之上方為選擇快速運送方案的累積貨櫃量為 27,000TEU，虛線段之下方為選擇一般運送方案的累積貨櫃量為 3,000TEU。

綜上所述，海運公司面對特定航線貨載市場的貨種時間價值平均值愈高，貨主選擇快速運送方案的貨種時間臨界值愈低，則愈適合提供快速運送方案。反之，則不適合提供快

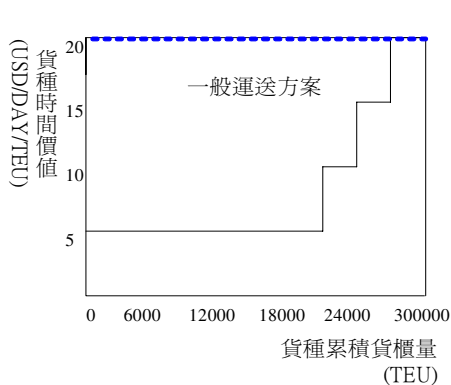


圖 2 以低價貨種為主之運送方案決策圖

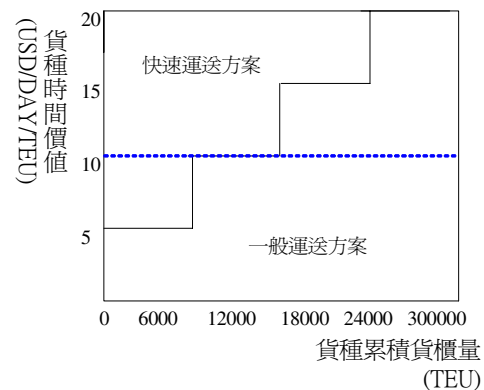


圖 3 貨種組合均勻時之運送方案決策圖



速運送方案的營運策略。因為提供快速運送方案可吸引的貨櫃量少，將無法達到收支平衡的情況，故海運公司將僅提供一般運送方案之營運策略，以降低單位貨櫃的營運成本。

#### 4.3.3 貨種組合變化與最適海運差別定價之關係

海運公司在追求最大利潤的情況下，因應貨種組合改變所擬定最適海運差別定價，可以圖 5 所示。圖中橫軸的部分為兩策略的海運價差，縱軸為高時間價值貨種之貨櫃占總貨櫃量的比率。圖中虛線段為兩運送方案總成本相同臨界線。虛線段上方為快速運送方案的總成本低於一般運送方案的總成本。故線段上方的區域，為選擇快速運送方案的範圍；反之，虛線段下方的區域為選擇一般運送方案的範圍。由圖 5 可知，當高時間價值的貨種比率小於 0.5 時，海運公司提供快速運送方案，並無市場利基存在。當高時間價值貨種比率為 0.5 時，海運公司可擬定之最適快速運送方案定價為 1,520 (USD/TEU)，即兩運送方案的海運價差為 20 (USD/TEU)。若海運公司的最適快速運送方案運價高於 1,520 (USD/TEU)，則貨主會由於快速運送方案的總成本大於一般運送方案，而改以一般運送方案託運貨櫃。而當海運公司面對的航線貨載市場，高時間價值貨種的貨櫃量之比率占 0.7 時，在追求最大利潤的情況下，快速運送方案定價最高可擬定為 1,570 (USD/TEU)，若高於此運價貨主將會改變選擇決策，繼而影響利潤。

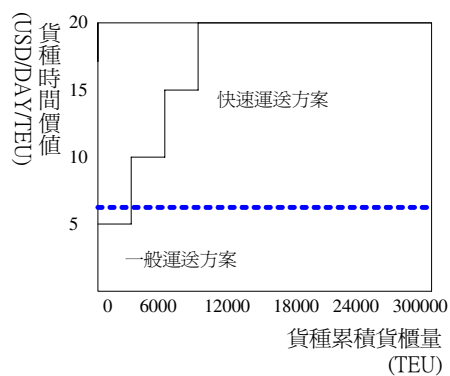


圖 4 以高價貨種為主之運送方案決策圖

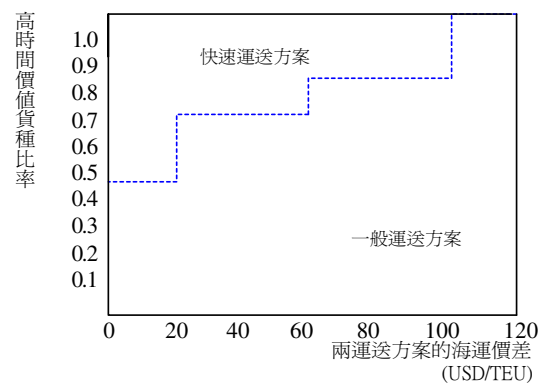


圖 5 貨種組合的比率與海運價差之關係圖

#### 4.3.4 貨種時間價值對載運組合選擇的影響

在以公路運送的距離及迄點港口至目的地鄰近鐵路場站的距離已知下，可求得在特定貨種時間價值下，兩種載運組合總成本相等時，由鐵路場站轉運至目的地的公路運送臨界距離。如表 12 所示。

表 12 載運組合臨界距離表

目的地距離 (miles)	鐵路場站距離 (miles)	由鐵路場站轉運公路的臨界距離 (miles)			
		$In^1 = 5$ (USD/DAY/TEU)	$In^2 = 10$ (USD/DAY/TEU)	$In^3 = 15$ (USD/DAY/TEU)	$In^4 = 20$ (USD/DAY/TEU)
< 200	0	0	0	0	0
200	183	0	0	0	0
400	306	0	0	0	0
600	558	197	200	202	207
850	912	215	220	224	227
1,000	1,063	259	271	279	288
1,200	1,398	368	385	398	414

由表 12 可知，當運至目的地鄰近鐵路場站的運送距離小於 306miles 時，貨種時間價值的高低，並不會對海運公司選擇的最適載運組合造成影響，即皆選擇以公路運送的載運組合轉運貨櫃。而當迄點港口至鐵路場站的距離大於 306miles 時，海運公司選擇載運組合時，即會因為貨種的時間價值差異而有影響。以貨種 1、貨種 4 為例說明，假設其公路運送至目的地距離相同皆為 600miles；且以鐵路運送載運組合轉運，迄點港至目的地鄰近鐵路場站的鐵路運送距離為 558miles。則貨種 1 由鐵路場站以公路轉運至目的地的臨界距離為 197miles，意即當由目的地鄰近鐵路場站，再以公路運送至目的地的實際距離小於 197miles 時，海運公司則會以鐵路運送的載運組合轉運貨櫃。而貨種 4 以鐵路的載運組合轉運的臨界距離，為目的地鄰近鐵路場站至目的地的距離小於 207miles。亦即若兩貨種由鐵路場站運至目的地的實際距離皆為 200miles 時，則在運輸成本與存貨成本最小的原則下，貨種 1 會以鐵路運送方式轉運；而貨種 4 則應以公路運送的方式轉運至目的地。由此可知，當目的地相同時，貨種時間價值愈低，愈適合以鐵路拖運。而貨種時間價值愈高，則適合以公路貨櫃拖車轉運的方式運送至目的地。

圖 6 為在不同目的地距離與由鐵路場站轉運至目的地的距離下，海運公司面對不同貨主需求特性時，所做的最適載運組合選擇臨界圖。圖中顯示兩種載運組合總成本相等時的臨界線。臨界線上方的部分，表示以鐵路運送再透過公路轉運至目的地的總成本，大於僅以公路載運組合運送的成本。故臨界線上方為以公路載運組合運送的市場範圍。反之，臨界線下方的區域為選擇以鐵路運送載運組合的市場範圍。由圖 6 可知，當運送的目的地愈集中於目的地鄰近的鐵路場站時，愈傾向以鐵路轉運至目的地。

經由本研究範例分析及敏感度分析的研究結果，可歸納下列的研究發現：

1. 在其他條件不變下，海運公司所提供快速運送的方案較適用於遠洋航線。海運公司在海運階段，係以選擇最適船舶的方式來載運兩種方案的貨物，所以當海運階段的距離短時，海運公司若欲透過船舶速度的差異來區隔兩方案的運送時間，其時間差異較有限。因此船舶航行海運階段的距離較長時，快速運送方案較易凸顯其運送時間的優勢。

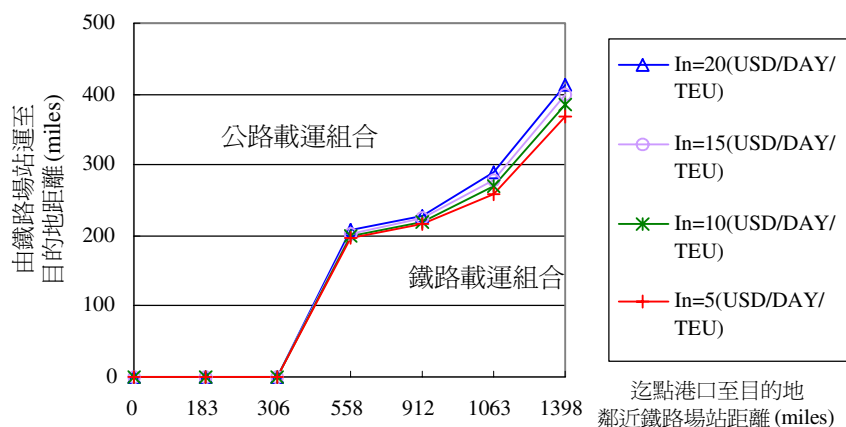


圖 6 載運組合市場臨界圖

2. 當在其他條件不變下，選擇快速運送方案的總貨櫃量較低時，海運公司應以小型船舶提供快速運送的服務，除可降低營運成本，亦可提高航線運送頻次，降低貨主所承擔的存貨成本。
3. 於航線貨運市場中，高時間價值貨種的貨櫃量占總貨櫃量的比率愈高時，海運公司提供快速運送方案的市場利基愈大，海運差別定價亦愈高。
4. 另外，在內陸運送階段，當承攬到的貨物其貨種價值愈低、或目的地愈靠近鐵路場站時，則貨物由迄點港口卸下後轉運至目的地，宜以鐵路運送方式轉運貨物。

## 五、結論與建議

本研究以解析性方法，探討海運公司依市場上貨主的需求特性，並以利潤最大為目標，規劃最適的營運船舶、運送頻次及快速運送方案的海運差別定價。研究中藉由貨主選擇運送方案模式、海運公司營運策略規劃模式及內陸載運組合規劃式之整合，分析海運公司提供快速運送方案營運策略之可行性與貨主對運送方案的選擇行為。研究結果可提供海運公司在面對不同航線貨載市場時，研擬最適營運策略之參考依據，以同時提升貨主與海運公司在市場上之競爭優勢。

透過與國內實務界訪談後得知，目前海運公司實務運作尚未發展出一套營運模式，提供決策者透過較精確的計量分析，有效擬訂公司營運與市場服務策略。而本文模式針對貨主重要的需求特性（託運貨櫃量、貨種時間價值）規劃之營運策略模式，雖非完整的海運貨運市場分析，但已充分表達海運實務界供需雙方考慮的重點。而所架構載運組合模式之考量因素，如運輸成本、運輸時間、等候轉運的時間及鐵路轉運目的地距離，亦已表達複合運輸公司規劃最適內陸載運運具之實務現況。

本研究所以構建之模式，其中部分假設與分析仍有未臻理想之處，茲列述如下，以為後續研究之參考：

1. 本研究為簡化模式複雜度，以一般乾貨 20 呎貨櫃為計算的單位。但實務上貨櫃規格種類繁多，海運公司面對不同的貨櫃類型，在營運成本及運費上即會有差異。未來於同一理論架構下，可將不同的貨櫃類型納入研究範圍中，討論不同貨櫃類型對快速運送營運策略可行性的影響。
2. 海運航線的貨櫃量，會因時間、季節、航向、各國國情、運輸淡、旺季等因素而有差異。研究中為方便討論僅考慮單航向的貨櫃流量，未來亦可將海運階段雙向航線時的貨櫃流量及內陸運送階段貨櫃進出量平衡性的問題納入模式中，分析貨櫃進出調度的平衡性，對海運公司營運策略規劃之影響。
3. 本研究僅考慮海運公司以內部營運的方式，規劃提供一般及快速運送方案的最適船舶、頻次及擬定最適海運差別定價，以期提高競爭優勢及獲取較大的營運利潤。但未考慮海運公司可與海運同業結盟的營運型態。如共同互派船舶、艙位分享等方式營運該航線，以提高船舶承載率，降低營運成本。未來研究可將同業結盟的經營型態納入考慮，使研究結果更能反映目前海運複合運輸的營運情況。
4. 本研究中海運公司的營運策略規劃模式，並未探討運送時間可靠度的問題。建議未來可針對在保證特定運送時間內，完成運送服務的條件限制下，探討對其營運策略與載運組合規劃之影響，以反映目前運輸業者對整體運送時間可靠度之重視。
5. 本研究範例分析以公開的統計資料平均值作為相關成本資料的推估值，在後續實際應用上海運公司可依據實際發生或規劃之基本營運資料應用於本研究所以構建之模式，將可更準確地求得海運公司在其特定營運條件下之最適營運策略。
6. 最後，由於目前國際航空貨運市場逐年成長，未來可考慮將航空運輸納入營運策略的主航線研究範圍，以評估海運、空運兩種不同運送方式配合鐵公路之複合運輸的市場範圍。

## 參考文獻

1. Konings, J. W., "Integrated Centres for the Transshipment, Storage, Collection and Distribution of Goods", *Transport Policy*, Vol. 3, No. 1/2, 1996, pp. 3-11.
2. Holguin-Veras, J., Jara-Diaz, S., "Optimal Pricing for Priority Service and Space Allocation in Container Ports", *Transportation Research Part B*, Vol. 33, 1999, pp. 81-106.
3. Lu, C. S., "Logistic Services in Taiwanese Maritime Firms", *Transportation Research Part E*, Vol. 36, 2000, pp. 79-96.
4. Nozick, L. K., Morlok, E. K., "A Model for Medium-term Operations Planning in an Intermodal Rail-truck Service", *Transportation Research Part A*, Vol. 31, No. 2, 1997, pp. 91-107.
5. Nierat, P., "Market Area of Rail-truck Terminals: Pertinence of the Spatial Theory", *Transportation Research Part A*, Vol. 31, No. 2, 1997, pp. 109-127.

6. Bookbinder, J. H., Fox, N. S., "Intermodal Routing of Canada-Mexico Shipments under NAFTA", *Transportation Research Part E*, Vol. 34, 1998, pp. 289-303.
7. Cheung, R. K., Muralidharan, B., "Dynamic Routing for Priority Shipment in LTL Service Network", *Transportation Science*, Vol. 34, No. 1, 2000, pp. 86-98.
8. McGinnis, M. A., "Segmenting Freight Markets", *Transportation Journal*, Vol. 18, No. 1, 1978, pp. 58-68.
9. Brooks, M. R., "An Alternative Theoretical Approach to the Evaluation of Liner Shipping—Part I: Situational Factors", *Maritime Policy and Management*, Vol. 11, No. 1, 1984, pp. 35-43.
10. Brooks, M. R., "An Alternative Theoretical Approach to the Evaluation of Liner Shipping—Part II: Choice Criteria", *Maritime Policy and Management*, Vol. 12, No. 2, 1985, pp. 145-155.
11. Collison, F. M., "North to Alaska: Marketing in the Pacific Northwest—Central Alaska Liner Trade", *Maritime Policy and Management*, Vol. 11, No. 2, 1984, pp. 99-112.
12. 林永山, 「我國定期航線運量分析與船隊最適規模研究」, 國立台灣海洋大學航運管理學系碩士論文, 民國八十六年。
13. 張尊, **鐵路運輸學理論與實務**, 臺灣商務出版社, 民國八十九年修訂版。
14. Bureau of Transportation Statistics, *Transportation Statistics Annual Report 1998—Long-distance Travel and Freight*, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 1998. (<http://www.bts.gov>).
15. Bureau of Transportation Statistics, *Transportation Statistics Annual Report 1999*, U.S. Department of Transportation, Washington, D.C., 1999.
16. 財政部關稅總局統計室, **中華民國台灣地區出口貿易統計月報**, 民國八十九年十月。
17. 鄭俊華, 「基隆港船舶優先靠泊制度之探討」, 國立台灣海洋大學航運管理學系碩士論文, 民國八十五年六月。
18. 陽明海運公司 (<http://www.yml.com.tw>)。
19. 長榮海運公司 (<http://www.evergreen-marine.com.tw/vp/gxtype.htm>)。
20. 航貿週刊, 第三十九期, 民國八十九年十月, 頁 105。
21. 航貿週刊, 第四十期, 民國八十九年十月, 頁 105-107。
22. 台灣省交通部, **台灣省國際港埠業務費費率表**, 民國八十五年四月。
23. 香港港務局 (<http://www.info.gov.mardep/chinese/dept/fees.htm>)。
24. 航貿週刊, 第二十四期, 民國八十九年六月, 頁 48-50。
25. 航貿週刊, 第三十八期, 民國八十九年九月, 頁 50-53。
26. 海運月刊, 2000 年 3 月, 頁 88-89。
27. 海運月刊, 2000 年 4 月, 頁 82。
28. 海運月刊, 2000 年 9 月, 頁 97。

29. 曾俊鵬，「美國越太平洋航線海運複合運送之研究」，中國文化大學海洋研究所航運組碩士論文，民國七十四年六月。
30. Union Pacific Railroad (<http://www.uprr.com>).
31. Martin, R. N., "The Spatial Elasticity of Freight Costs", Ph.D. Dissertation, Department of Geography, Indiana University, 1983.