

國立成功大學
交通管理科學研究所
碩士論文

貨櫃航商收益管理之研究
——以艙位分配為例

研 究 生：李啟安

指導教授：陳春益 博士

中華民國九十年六月

摘 要

由於貨櫃航商提供之艙位不具儲存性，航商如何配置適當之艙位數至適當之起訖對，以避免發生艙位過多或短缺之情形，造成營收減少，為航商重視之課題。有關艙位之配置，乃屬營收管理之研究領域，在航空業已有很具體的成效，因此，如何將營收管理應用至貨櫃航商，以協助增加收益，據以提昇其競爭力為本研究之研究重點。

貨櫃航商之艙位分配特性與航空客運之特性不儘相同，如航商在考量艙位分配時，必須考量艙位與貨櫃之整合運用、重櫃與空櫃一併考量、海陸運之銜接、以及航線網之整體利潤等。此外，一般艙位分配問題，常僅以運價作為主要考量，並未涉及過程中所發生成本之不同，如貨櫃不平衡所造成之空櫃調度成本之變化，因此，研究中將不單考量收益面，亦考量成本面之因素，亦即以利潤作為考量。

為期研究成果能具體落實，本研究以國內某大航商為例，除構建艙位分配數學模式外，並利用實證資料進行實例分析。經實證分析結果，本研究所構建之艙位分配模式，頗符合實務上之運作，值得供貨櫃航商參考。

Abstract

One of the biggest challenges container shipping carriers faces is to allocate containership slots in an efficient, effective manner, and in turn increase their revenue, namely, yield management. Atop of an efficacious slot allocation mechanism, success can only be achieved with a thorough understanding in the maximization of containership slot utility. For instance, differences in regional demand mean that apart from allocating slots for loaded containers, container shipping carriers also have to spare sufficient space for empty containers. Furthermore, container shipping carriers offer not only a service route, but also a service network, nowadays. Therefore, when allocating containership slots for containers with various origin-destination pairs, the service network aspect should be taken into account. All these explain the inevitability and difficulty of the slot allocation problem of container vessels.

This paper makes an attempt to formulate an optimization model for the containership slot allocation problem. In order to take the loaded/empty container aspect and service network aspect into consideration, a multicommodity network flow model is formulated. This slot allocation model is evaluated with a real-world case extracted from a top national shipping carrier. It is hoped that this model can help carriers to allocate containership slots more efficiently.

目 錄

表目錄

圖目錄

第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	3
1.3 研究範圍.....	4
1.4 研究方法.....	5
1.5 研究內容與流程.....	6
第二章 艙位分配問題與文獻回顧.....	9
2.1 艙位分配與收益管理概述.....	9
2.1.1 艙位分配與收益管理之意義	9
2.1.2 艙位分配之特性	10
2.2 貨櫃航商艙位分配相關文獻.....	16
2.2.1 一般性艙位分配問題	16
2.2.2 重櫃排程問題	19
2.2.3 空櫃調度問題	19
2.2.4 貨櫃海運運輸之趨勢對艙位分配之影響	21
2.3 小結.....	23
第三章 貨櫃航商艙位分配模式之構建.....	24
3.1 貨櫃航商艙位分配概念性模式.....	24
3.1.1 模式假設	24
3.1.2 艙位分配概念性模式	25
3.2 貨櫃航商艙位分配數學模式之構建.....	29
3.2.1 數學模式之構建	29
3.2.2 模式特性	33
3.3 簡例測試.....	33
3.3.1 簡例測試	33
3.3.2 敏感性分析	40
3.4 小結.....	45

第四章 實例研究.....	46
4.1 前置作業.....	46
4.1.1 路徑產生器	46
4.1.2 網路產生器	48
4.1.3 圖形產生器	49
4.1.4 實例資料準備	50
4.2 實例分析.....	58
4.2.1 運算結果分析	58
4.2.2 敏感度分析	63
4.3 小結.....	73
第五章 結論及建議.....	75
5.1 結論.....	75
5.2 建議.....	76
參考文獻.....	77

表 目 錄

表 1-1 實施收益管理之成效.....	2
表 2-1 艙位分配相關要項（以產業劃分）.....	12
表 2-2 貨櫃海運與航空客運之艙位分配特性差異.....	17
表 2-3 重櫃利潤.....	19
表 2-4 空櫃調度費用.....	19
表 2-5 李高彥文獻之整理.....	20
表 3-1 簡例中，各航線停靠之港口.....	34
表 3-2 簡例中，海上運輸成本(航線 1).....	34
表 3-3 簡例中，海上運輸成本(航線 2).....	35
表 3-4 簡例中，各起訖對之運價及需求.....	35
表 3-5 簡例中，港口裝/卸費.....	36
表 3-6 簡例中，內陸空櫃調度費用.....	36
表 3-7 簡例結果，各起訖對求解結果艙位分配數量（重櫃數）.....	37
表 3-8 簡例結果，各港艙位可使用數(出口)及貨櫃進入數(進口).....	38
表 3-9 裝卸費用變動時，各港艙位可使用數(出口)及貨櫃進入數(進口).....	43
表 3-10 價格變動時，各港艙位分配數(出口)及貨櫃進入數(進口).....	44
表 4-1 遠東/美洲各航線可用艙位數.....	51
表 4-2 遠東各港至美洲各港每航次平均重櫃流量.....	52
表 4-3 美洲各港至遠東各港每航次平均重櫃流量.....	53
表 4-4 美洲各內陸場站佔所屬服務港口之重櫃需求比重.....	54
表 4-5 需求前 15 大之起訖對資訊.....	55
表 4-6 各區域需求平均數、上下限值.....	56
表 4-7 裝/卸成本.....	56
表 4-8 內陸空櫃運輸單位成本.....	57
表 4-9 模式運算結果與實例結果各港口重櫃流量比較.....	60
表 4-10 模式運算結果與實例結果重空櫃關係.....	61
表 4-11 部分內陸場站重空櫃進出之情形.....	62
表 4-12 美洲到遠東需求為下限值之相關資訊.....	62
表 4-13 運價變動時，需求達上下限值個數情形.....	64
表 4-14 運價變動時，部分場站重空櫃進出情形.....	64
表 4-15 運價變動後，美洲到遠東部分場站需求變動之相關資訊.....	65
表 4-16 遠東運價調降之影響.....	66
表 4-17 刪除航線之影響.....	67
表 4-18 聯營航線增加艙位之影響.....	68

表 4-19 模式運算結果與航線 6 增加艙位之結果比較.....	69
表 4-20 美洲到遠東需求之範圍改變.....	70
表 4-21 船舶容量改變之影響.....	72
表 4-22 遠東與美洲各區域間需求上下限值.....	73

圖 目 錄

圖 1-1 研究流程.....	8
圖 2-1 收益管理架構.....	10
圖 2-2 貨櫃航商艙位分配之示意.....	15
圖 2-3 重櫃流與空櫃流示意.....	16
圖 2-4 門檻曲線法示意.....	18
圖 2-5 重空櫃考量示意.....	18
圖 3-1 概念性模式網路示意.....	26
圖 3-2 簡例營運網路示意.....	34
圖 3-3 簡例結果，各航段流量示意.....	39
圖 3-4 簡例結果，各內陸節線流量示意.....	39
圖 3-5 內陸空櫃調度成本增加時，各航段流量示意.....	41
圖 3-6 內陸空櫃調度成本增加時，各內陸節線流量示意.....	41
圖 3-7 船舶容量增加時，各航段流量示意.....	42
圖 3-8 船舶容量增加時，各內陸節線流量示意.....	42
圖 4-1 路徑產生器作業流程.....	47
圖 4-2 路徑產生圖示說明.....	48
圖 4-3 網路產生器作業流程.....	48
圖 4-4 圖形產生器作業流程.....	49
圖 4-5 資料庫建置流程.....	50
圖 4-6 遠東、美洲空櫃調度情形及航線上之流量.....	59
圖 4-7 OAK 到 TYO 內陸場站之需求僅達下限值說明.....	63
圖 4-8 DEN 到 TYO 內陸場站之需求僅達下限值說明.....	63
圖 4-9 運價上升對 OAK 到 TYO 內陸場站之影響.....	65

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

在 90 年代，由於航商擴張船隊與增大船型，使得貨櫃運輸之年平均成長率約達 7%，幾乎為世界經濟成長率的兩倍[7]，然貨櫃海運市場供給大於需求，造成市場競爭激烈，航商為吸引更多貨源，遂以增加航線服務港口，或增闢航線之方式，來擴大其服務市場。然由於海運屬高資本產業，固定成本甚高，若直接以自有之船隊來服務，將需投入相當龐大之資本，因此，近年來航線聯營盛行，即藉由各聯營航線間之艙位互租、共用，使服務據點增加。而此一現象，亦使得航商之營運路網從單一航線擴展為多航線的營運網路，面對如此多的航線及不同港口間之貨櫃運輸需求，航商如何在各航線上分配適當艙位，以避免各起訖對之貨櫃在運送時，發生艙位分配過多或不足之情形，造成艙位無法有效使用，使收益減少，此乃航商重視的課題之一。

再者，全球貿易的不平衡，導致各區域的貨櫃需求不盡相同，部分區域為缺櫃區，部分區域為多櫃區，產生貨櫃流量嚴重不平衡之現象，以遠東/美洲航線為例，1999 年東西向差距達二百多萬 TEU[17]。此外，由於貨櫃之運送，有重覆使用之特性，航商為維持其正常之營運，必須使其貨櫃之流動儘量達到”平衡”，即出去多少貨櫃，應儘量回來多少貨櫃，使得空櫃調度為一必要性作業。另外，由於各區貨櫃需求數量差異大，造成多櫃區之運價相對缺櫃區所出去之貨櫃運價低，如美洲到遠東之運價約為遠東到美洲運價之四成，因此，理論上，航商在進行其艙位分配時，除需對重櫃之利潤加以考量外，必須同時考量空櫃調度之成本，以避免過度膨脹空櫃調度費用，侵蝕既有之利潤，影響整體收益。易言之，航商在考量各航線之艙位分配時，必須兼顧空櫃調度問題。此外，隨者航線網路化之影響，貨櫃之運送不單僅可由一條航線服務，因此，對於艙位之分配應整個航路網加以考量，因此，航商之艙位分配有其特殊性，值得加以探討。

艙位分配之決定，雖涉及諸多之因素，然實務上，常以市場為導向，針對需求之大小進行分配，若需求大於供給時，再以利潤為次要考量，但近年來隨著艙位供給大於需求、運價之低落、空櫃調度成本之攀升，決策者不能僅以市場需求為導向，應就本身之收益進行管理，亦即在滿足基本需求後，對於利潤較差之貨櫃加以拒絕、或者對於貨櫃需求較不平衡之場站，適度拒絕貨櫃進出該場站，避免過多之空櫃調度費用，以尋求較佳之整體收益，此乃目前航商所朝向之目標，亦是本研究探討重點之一。

有關艙位之分配，乃屬收益管理之研究領域，且在航空業已有很具體的成效，以 American Airlines 為例，在 1989 年因施行收益管理淨收益增加 4.5 億~5 億美元，而 United Airlines 亦於 1990 年增加淨收益 1~2 億美元（表 1-1）。所謂收益管理，廣義而言乃在適當時間將適當座位賣給適當之顧客，以達成收益最大化之目的[18,26]，其一般內涵包含訂價（Pricing）及訂位控制（Reservation Control）[26]，常應用在時效性資產（Perishable Asset），亦即所提供之服務不具儲存性，若於產生時無法使用，將失去其效用。由於訂價受競爭對手及市場供需而影響，一般多僅就訂位控制部分予以探討。而狹義之收益管理係指艙位分配[14]，其意義乃依據其各艙位所能使用之貢獻程度來分配，對貨櫃航商而言，即主要針對重櫃之貢獻度加以考量，此狹義之收益管理，亦即艙位分配之部分為本研究之研究重點。

表 1-1 實施收益管理之成效

年份	航空公司	淨收益	提升營運收入的比例
1989	American Airlines	4.5~5 億美元	5%
1990	United Airlines	1~2 億美元	-

資料來源：[13]

艙位分配在海運業之應用研究並不多，Maragos[32,33]曾對狹義之收益管理以海運定期航線加以研究，追求總收益最大，即費率乘以該費率所分配之艙位值最大為目標，並構建一數學模式。由於海運之運費受商品本身價值影響，因此，文中針對同一起訖不同商品等級所造成不同費率加以考量，並針對多個起訖港進行範例測試，形成多費

率等級多起訖對之艙位分配問題。Ha[23]亦在費率已知條件下，探討多等級商品之艙位分配，以進行各起訖各費率等級分派適當之艙位。唯兩者除考量重櫃之收益外，並未涉及空櫃調度之成本所造成之收益減少現象。

李高彥[3]曾針對國內某一航商之收益管理進行探討。其考量之因素，除重櫃之收益外，亦針對空櫃調度所造成之成本加以探討。文中亦以價格已知下，對於其各起訖對進行艙位分配。其費率雖未針對各商品等級所造成之費率影響加以考量，唯該作者針對不同貨櫃尺寸（20 呎、40 呎）、類型（乾櫃、冷凍櫃）、及起訖對給予不同之平均費率進行探討。此外，該作者利用網路分析方法進行數學模式之構建，形成一多元商品網路問題，並以實例進行分析。實例研究中，區域間之航線僅有一條，與目前航線網路化、聯營化之情形並不相同，亦即除應考量同一航線各起訖對之艙位分配，尚需考量同一起訖不同航線所分配之艙位數，以追求整體最佳。

基於上述研究背景，引發下列數項研究動機：

- 1.貨櫃航商之艙位分配需考量航線之網路化、聯營化，以及貨櫃之平衡化等特性，且由於貨櫃數量、停靠港口增加，將使艙位分配之分析更加困難。因此，在實務上航商如何處理艙位分配相關問題，值得加以深入探討。
- 2.由於貨櫃航商之艙位分配問題，所考量之因素甚為複雜，因此，如何針對目前的艙位分配問題，提供一較有效率的分析方法，以期改善收益，頗值得加以研究。

1.2 研究目的

以往艙位分配多應用於航空客運業，且成效良好，然貨櫃海運運輸與航空客運業之特性不盡相同，如需考慮貨櫃平衡化之因素，以反映實務上之運作。此外，目前海運艙位分配之相關文獻並未能完全考量航線之網路化、聯營化，以及貨櫃之平衡所造成之影響。因此，本

研究嘗試構建一符合實務運作之航商艙位分配模式。

具體而言，本研究之主要目的可臚列如后：

- 1.瞭解貨櫃航商艙位分配問題及特性，如航線網路化、貨櫃平衡化；
- 2.構建貨櫃航商艙位分配之數學模式，以利協助航商進行收益分析；
- 3.提出具體結論及建議，以期協助航商增加收益。

1.3 研究範圍

本研究目的之達成，將配合下列之研究範圍進行：

1.就航線規模而言

本研究以國內某大航商（以下簡稱航商 A）為實例分析對象，由於航商 A 為一全球性航商，貨櫃分布遍及全球，本應考量航商 A 遠洋近洋航線之艙位分配，但由於規模龐大，本研究僅以遠洋之遠東/美洲定期全貨櫃航線為考量，其中遠東/美西航線數七條，包含自有航線一條及聯營航線六條，遠東/美東航線為一條，合計八條航線行駛於其間。

2.就艙位空間而言

一般收益乃依據銷售之費率乘上所銷售之艙位數而得，然由於海運市場競爭激烈，訂價除受競爭者影響，亦常受各運費組織之規範，其費率往往無法自行決定，因此，本研究不考量訂價課題，亦即在各起訖對平均費率下，對於各起訖對之艙位進行分配。

3.就規劃時間而言

在實務上，艙位分配作業可分為二階段，第一階段乃為規劃性之事前作業，即於某固定時間召開協調會議，針對各港進行整體性之艙位分配，例如香港或高雄到美西地區可使用之艙位數；第二階段乃屬日常性之即時作業，主要乃依據每航次之需求進行即時性調整，

如香港到美西之貨櫃需求激增，分配之艙位數不敷使用，而向高雄進行協調，以增加香港到美西之艙位數，當然，高雄到美西之可使用艙位數將減少。本研究以考量整體性之事前艙位分配作業為主，因此，僅考量某一特定時點之整體利潤最大，不隨船舶航行之時間變動而作即時之分配。

4.就貨櫃類型而言

實務上，貨櫃要能產生效用，主要乃為重櫃之收益，然由於航商為重複使用貨櫃，及維持其正常營運，必須使貨櫃儘量達到平衡，以一港為例，即該港運送出去之重空櫃數應儘量等於該港運送進來之重空櫃數，因此，除探討能產生效益之重櫃外，對於空櫃之調度，亦需加以考量，故本研究主要針對重櫃與空櫃兩種類型之貨櫃進行探討。

5.就航商利潤而言

一般收益管理常單指收益面，並不涉及運送過程中所發生之費用，然隨著航線網路化之結果，貨櫃運送之可行路徑增加，其發生之費用亦有所差異，加上貨櫃需求之不平衡，造成貨櫃必須進行調度行為，以隨時補充未來貨櫃容器之需求，所產生之空櫃調度費用比重相對增加，航商不能單就收益面來探討，因此，本研究乃以利潤為考量，亦即探討收益面與成本面之關係，分配適當之艙位，以避免成本過度膨脹。

1.4 研究方法

為達研究目的，本研究分兩方面進行，首先，瞭解業者如何面對此一艙位分配問題，以提供本研究對問題之瞭解，第二部分，則探討是否有合適的分析工具予以輔助。

全球性航商之艙位分配，其規模龐大，本研究實地至航商 A 進行訪談，以瞭解實務上貨櫃航商如何處理此大型之艙位分配問題，供

本研究參考。

在分析工具部分，由於已取得航商 A 之貨櫃異動歷史資料，因此，利用統計方法，針對既有取得之航運資料進行分析，如各起訖對貨櫃需求量之平均值、標準差等統計，以利用該統計量據以對各起訖對之需求或變動性有所瞭解。

另外，艙位分配之研究方法一般可分成三類[31]，包含數學規劃法、邊際收益模式、以及門檻曲線法等。其中邊際收益模式主要以經濟學觀點；門檻曲線法則利用統計方法，將歷史資料繪製其各費率之需求圖形，供管理者決策訂位開放與否及艙位之使用情形，唯兩者較適合處理航段間之問題，無法因應航線網路化之情形。此外，該兩種方法較無法考量特殊起訖點間之限制問題，如同一起訖點間有兩航線經過會互相影響、重空櫃一起考量等，且由於實際之艙位分配問題頗為龐大，以數學規劃法來處理應較適合，因此，本研究利用數學規劃之方式來構建數學模式。由於貨櫃航商在實務作業上，考量重空櫃流進流出平衡之問題，與數學規劃法之網路分析的流量守恆觀念頗為相似，且本研究利用李高彥所構建之多元商品網路流量問題之模式進行單一航線之範例測試，結果相當良好，而陳春益、馬開平[10,11]等人，則利用網路分析方法對貨櫃海運之空櫃調度進行研究，成效良好。因此，本研究參考其構建之經驗，利用網路分析協助構建艙位分配數學模式。

1.5 研究內容與流程

本研究之流程如圖 1-1 所示，相關步驟之內容簡述如后：

1.確定研究範圍及目的

為便利研究之進行，本研究先界定研究範圍，包括航線、艙位、貨櫃考量因素等，並對本研究之目的加以確定。

2.文獻回顧

本研究先就艙位分配之相關文獻加以瞭解，並對於貨櫃航商艙位分配問題之特性，如重空櫃一併考量、整體之航線等，以及相關課題，如重櫃所延伸之重櫃排程問題、空櫃所延伸之空櫃調度問題等加以回顧，以進一步瞭解其間之差異。

3.實地訪談與資料蒐集及分析

為瞭解實務上如何處理大型且複雜之艙位分配，本研究除實地訪談，以瞭解實務運作外，並蒐集相關資料，如費率、成本資料、起訖對需求等。謝東緯[20]曾對該航商實證資料進行分析，唯內容較著重於亞洲部分，區域間僅有總量關係，並未有本研究所需區域間各起訖對之個別資料，因此，本研究利用該歷史資料加以彙整，以取得本研究所需之資料，作為分析使用。

4.艙位分配模式之構建

由於艙位分配考量因素甚多，為一大型問題，而航商追求其利潤最大化，因此，本研究藉助數學規劃之最大化方式，構建一艙位分配模式，以尋求最大利潤之目標，並據以協助航商進行艙位分配。

5.模式求解

針對所構建之模式及特性，及實務經驗，尋求合適之求解方法，以期在容忍之時間內，取得一合理解，以利實證結果分析。

6.實證研究結果分析

利用所構建之艙位分配模式，配合航商 A 之資料，進行實證研究，進一步瞭解模式之適用性。

7.結論及建議

整理研究經驗與心得，研擬具體結論及建議，提供航商在艙位分配方面與後續相關研究之參考。

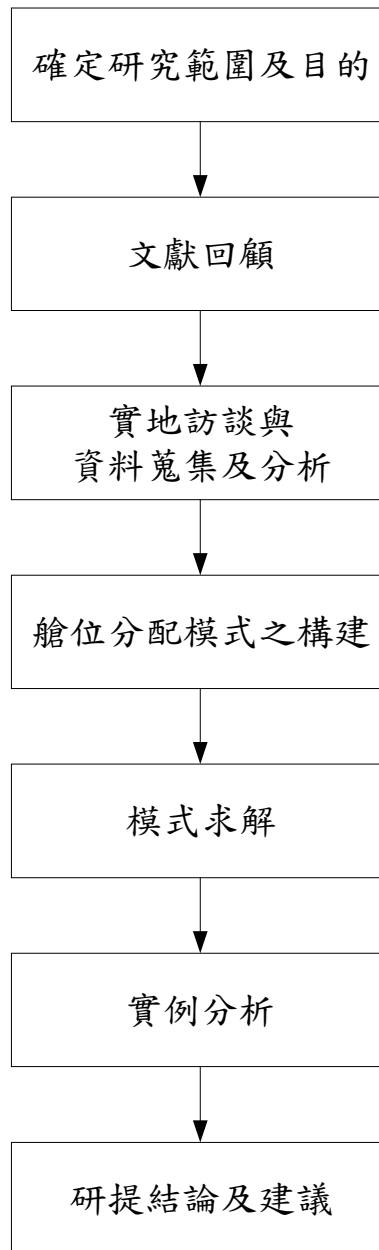


圖 1-1 研究流程

第二章 艙位分配問題與文獻回顧

由於本研究主要在探討貨櫃航商如何利用艙位分配來提高其本身之收益，因此，除實地訪查，以瞭解其特性外，將對相關文獻作一回顧。2.1 節先針對一般之收益管理與艙位分配作一概述，以瞭解適用艙位分配之特性，利於運用在貨櫃航商上；2.2 節則針對貨櫃航商艙位分配相關課題加以回顧，以提供本研究模式之構建；最後，對於貨櫃海運運輸之趨勢，對航商艙位分配產生之影響，予以探討。

2.1 艙位分配與收益管理概述

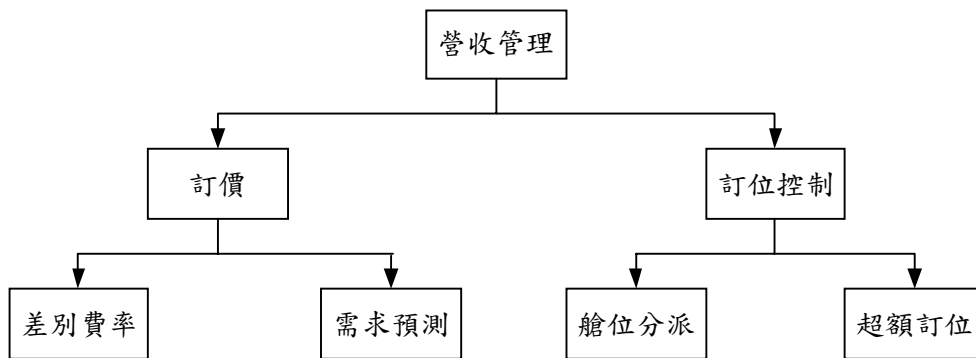
本節先對艙位分配與收益管理之意義加以說明，以瞭解兩者之差別，並對其適用之特性加以探討。

2.1.1 艙位分配與收益管理之意義

所謂艙位分配 (Seat Allocation)，乃對於一航班上可供訂位空間進行管理，其基本工作在於決定是否接受訂位系統的訂位要求，其目的則是希望藉由高低票價之艙位配置數量間的調整，求取最大的期望收益，亦即如何適當分配座位給各等級之旅客，以避免空位起飛或過多之低票價座位，造成收益之損失。此外，隨著軸輻式網路的形成，短程旅客與長程旅客共乘同一班機之機會愈來愈高，如何適當分配座位給各旅程之旅客，亦將是一相當重要之作業。

而收益管理 (Yield Management/Revenue Management) 不同人有不同定義，例如美國航空 (American Airlines, 1987) 就定義為：「在適當時間將適當座位賣給適當之顧客，以達成收益最大化之目的」，而 Orkin (1989) 定義為：「控制平均收益與承載率使收益最大」[26]，一般而言，常以美國航空所定義為主。其所銷售的就客運而言，空間即為座位，而貨運則指載運貨物之空間。從定義來看，廣義之收益管理內涵包括訂價 (Pricing) 及訂位控制 (Reservation Control) [18,26] 兩部分，其中，訂價包括差別費率與需求預測；訂位控制包括艙位分

派（Seat allocation）與超額訂位（Overbooking），如圖 2-1 所示。



資料來源：[18]

圖 2-1 收益管理架構

以航空為例，常於同一班機內，以不同之折扣來吸引不同之旅運需求，如休閒旅客或商務客等，以提高乘載率，然由於機位具有不可儲存性的特性，且在開放市場中，航空公司票價政策受限於競爭對手營運策略互動關係，實際能自由調整的情形幅度有限，而為追求該班機之利潤最大化，常用之手段就是對其艙位作最有效之運用，亦即艙位分配，也因此，狹義之收益管理常指艙位分配。

不管是艙位分配或收益管理，其執行乃使用預訂策略與資訊系統，將容量與需求加以整合，以追求最大利潤，也因此，許多產業均應用此觀念來改善其收益，如美國航空公司（American Airlines）在 1989 年以收益管理之方法，為公司的營業收入增加了 5 億美元；馬略特飯店（Marriott Hotel）則創造了一億多美元的營收，這些都是成功的例子。

2.1.2 艙位分配之特性

根據 Kimes（1989）[30]之研究，認為可應用收益管理之領域多具有以下之特性，而觀其艙位分配之特性，亦如收益管理之特性相同，說明如下：

1. 存貨具有不可儲存性（perishable asset）

由於一般運輸或服務業其所產生之服務，若無法於供給產生時得到

需求，加以利用，以產生效益，則將損失過剩部分，無法將其儲存，有別於一般製造業，能將其產能過剩之產品予以儲存，等待適當時機再予以出售。也因此，艙位分配必須將其所提供之艙位儘量予以利用。

2. 固定容量限制 (fixed capacity)

由於營運之工具或設施，無法於短期予以擴充，因此，其容量受限於既有之規模，無法即時增加。如航空客機之機位數、旅館之房間數、貨櫃海運之艙位數等，均無法於短時間內增加或減少其容量供給。

3. 具市場區隔能力 (ability to segment markets)

對於提供之服務之市場，可針對時間敏感 (time-sensitive) 或價格敏感 (price-sensitive) 加以區隔，以針對不同之客源收取不同之收益，一方面吸引較敏感之顧客，以增加承載率，另一方面，收取較高之價位，以增加其收益。

4. 商品可透過訂位系統預先出售 (product sold in advance)

透過訂位系統之協助，使管理者能掌握供給之變動狀況，以瞭解是否繼續開放低價顧客進入，或僅開放高價位之顧客進入，以使利潤最大。

5. 需求波動 (fluctuating demand)

由於大部分之服務業其需求常有淡旺季之不確定需求，因此，如何在淡季時刺激需求，以增加利用率；在旺季時，提高單位之利潤，以提高其總收益，均需管理者對其需求波動情形予以預測，以利決策。

6. 邊際銷售成本遠低於固定成本 (low marginal selling cost and high marginal capacity change cost)

以航空或海運為例，這些高資本密集的產業，為增加其容量，必須

投入甚多之固定成本，因此，邊際銷售成本往往較固定成本低甚多。

Weatherford[26]等則指出，收益管理一般所採用之目標式及限制式，可依據企業與公司特性、目標加以選擇。在目標式方面，計有下述七種：1.收益/貢獻最大；2.容量使用最大；3.單位旅客之平均收入最大；4.總收入最大；5.對顧客之誠信度損失，即商譽損失成本最小；6.淨現值最大；7.向每位顧客索取所願償付之最大票價等。在限制式方面，包括可用容量固定限制、航班頻率、最低可容忍之顧客服務水準、公司目標或者競爭對手行為等因素。在成本方面，包括每單位閒置成本等變動成本項目及超賣成本等。

陳昭宏[14]曾就海運、航空、鐵路等產業別之艙位分配相關要項加以整理，整理如表 2-1：

表 2-1 艙位分配相關要項（以產業劃分）

產業別	海運公司	航空公司	鐵路公司
經營目標	最大營收		
決策單位	艙位數（不同費率等級與行程）		
資源	船艙	機艙	車廂空間
價格	差別定價		
產品特性	不可儲存性		
需求	不確定		
網路型態	單航段/多航段/網路		

資料來源：[14]

觀看上述，其不同產業間之艙位分配相關要項大致相同，而所指之一般艙位分配主要乃藉由價格的不同，使得艙位之使用對目標值之貢獻程度亦不同，且一般僅探討收益面，視成本為一固定成本，而不予考量。然貨櫃航商所需考量要素，不單單僅對艙位進行管理，尚牽涉到其他因素。為瞭解貨櫃海運之特性，將針對較多文獻探討之航空客運業作一比較，以瞭解兩者之差異。

就表 2-1 中可發現，海運公司與航空公司在經營目標、決策單位、資源、價格等特性相同，而貨櫃海運與航空客運在該些項目上，與該產業上之特性上亦相同。然在其他特性上，貨櫃海運與航空客運略有不同，其差異計有五項，如表 2-2：

(1)提供之產品

貨櫃海運所提供之產品除船舶之艙位供其裝載外，尚需提供貨櫃容器供貨主使用，而航空客運僅需提供座位數供乘客搭乘。

(2)雙向平衡情形

航空客運在特定時節或時段會有嚴重單向之不平衡，如台灣七月出國人數較多，然未來大部分之旅客仍將回來，因此，就較長期來看，可說是雙向平衡；然貨櫃海運由於貿易的不平衡，導致貨櫃（重櫃）嚴重單向不平衡，唯就實務來看，重櫃與空櫃總數會儘量達一平衡之狀態。

(3)容器調度問題

貨櫃海運由於涉及貨櫃容器之問題，因此，會產生容器調度之問題，而航空客運僅需座位即可，並不需要調度相關之器具，如座椅。

(4)載運種類

貨櫃海運之裝載貨品，其尺寸、貨櫃裝載種類、特殊櫃等，均會有所差異，而航空客運主要裝載旅客（人），並無其他貨種，不過對於所提供之服務不同，如經濟艙或頭等艙，亦可視為不同之種類。

(5)費率

費率除依所提供之服務品質不同有關外，貨櫃海運對於商品種類、所佔空間大小、運行距離較為相關，而航空客運則主要與運行距離及對時間之敏感程度較為相關。

由上可知，兩者最大差異乃在貨櫃航商其艙位要產生效用，除需有艙位供其放置貨櫃外，貨主必須要先有貨櫃才能裝載貨物，因此，航商除對艙位進行管理外，尚需針對貨櫃進行管理，以適時提供貨櫃供貨主裝載使用。

表 2-2 貨櫃海運與航空客運之艙位分配特性差異

項目	海運貨櫃	航空客運
提供之產品	艙位、貨櫃	座位
雙向平衡情形	連續性重櫃雙向不平衡	時段性雙向不平衡
容器調度問題	有	無
載運之種類	不同尺寸、貨種、特殊櫃（貨櫃種類）	單一（人），但分艙等費率
費率	與商品種類、所佔空間、距離較相關	與距離、時間較相關

資料來源：本研究整理

在艙位管理上，由於航線數多，且停靠之港口亦有不同，因此，航商有必要考量航線對艙位分配之影響。此外，由於所使用之艙位並非運載著人，而是貨櫃，貨櫃並沒有感受，因此，只要航線或成本許可下，貨櫃可經由多次轉運到達目的地；而貨櫃之管理，因涉及貨櫃之重複使用特性，及貨櫃平衡化之觀念，使艙位分配時不單考量重櫃，亦需針對空櫃加以考量，使問題更形複雜，此乃因各區域貨櫃需求不同，部分區域為缺櫃區（如遠東區域），部分區域為多櫃區（如美洲區域），航商為維持其正常營運，必須同時考量空櫃調度之成本，以避免空櫃調度費用過度膨脹，侵蝕既有之營收，影響整體之利潤，亦即必須整合重櫃與空櫃之關係。此外，貨櫃之運送不單僅服務於港口，其內陸之運輸部分亦相當重要，尤以無法直接產生效益之空櫃調度所產生之費用最需考量，以 1998 年為例，全球調櫃費用 120 億美元中，其中 42 億用於內陸運輸，占整體 35%[17]，顯示其內陸運輸之重要性，因此，本研究將加以考量。

具體而言，貨櫃航商之艙位分配應考量下列項目（圖 2-2）：

- 1.艙位與貨櫃之整合運用：貨櫃船艙位之空間效用必須放置貨櫃後才能發揮，故艙位與貨櫃之運用必須一併加以考量。
- 2.重櫃與空櫃一併考量：貨櫃除尺寸或類型不同外，最大不同之地方在於該貨櫃是否能產生效用，亦即有重空櫃之區分。運送重櫃能產生效益，並賺取收費，而空櫃主要在於支援未來重櫃之需求。然由

於貨櫃在各區域之供需不一，航商為求貨櫃之平衡化（即某區域之貨櫃數流出要儘量等於流進之數量），因此，不能單考量重櫃之利潤，亦必須考量空櫃為支援重櫃需求所進行之空櫃調度行為，及所發生之空櫃調度費用。

3.海陸運之銜接：由於貨櫃之運送不單僅服務於港口，故不能僅考量海運部分，亦需考量陸運部分，尤其美洲內陸幅員廣闊，其內陸之運輸相當重要，因此，海運部分裝卸至港口端後，尚需考量連接港口與內陸場站之路運部分，尤其內陸部分之多缺櫃區，其空櫃運送所造成之調度行為及費用。

4.航線網之整體利潤：由於貨櫃船必須載運空櫃，故某一航段營收高，並不能表示所屬航線營運績效良好，必須就往返航線加以考量，甚至就整體航線網加以考量，以期整體營收最大化。

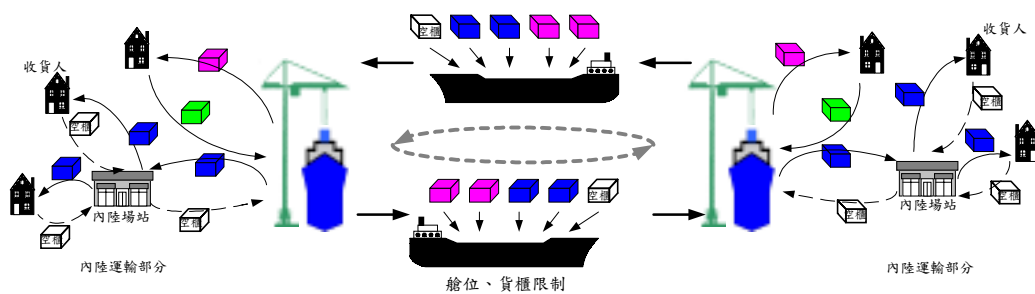


圖 2-2 貨櫃航商艙位分配之示意

綜觀上述，本研究並不單考量重櫃所收取之費率或收益，尚牽涉運送重櫃所引發之費用，如空櫃調度費用，因此，本研究所強調收益乃指利潤，亦即牽涉收益面及成本面，非一般所指收益管理僅探討收益面而已。為具體說明貨櫃航商艙位分配問題之特性，茲假設航商 X 有二貨櫃航線聯絡區域 M 與區域 N，航線一沿港口 A、B、C、D 灣靠，航線二沿港口 A、B、D、E 灣靠，返程則循相反方向（圖 2-3），茲有一起訖對（1,6）重櫃需求，航商 X 需為此一起訖對重櫃需求尋一運送路線，如路線 1→A→B→C→D→6，其中 1→A，D→6 為陸運部分，A→B→C→D 為海運部分，而海運部分必須考量是否有艙位；至場站 6 後，必須考量是否另有重櫃需求，如有，則可裝櫃返回區域

M，如無，則可調至場站 4、5、7，或逕調回區域 M（以收集節點加以表示），以符合貨櫃平衡之觀念，即流進某節點之重空櫃數需儘量等於流出之重空櫃數，以期有足夠之貨櫃供後續裝載使用（圖 2-3）。易言之，場站 1 至場站 6 乃在尋求一較低成本之路徑，屬重櫃排程問題，而場站 6 至場站 4、5、7，以及至收集節點則屬空櫃調度問題。至於收集節點之功用除作為收集或支援各節點之空櫃數外，亦隱含兩區域貨櫃不平衡情形，而由於以貨櫃平衡之觀點進行貨櫃管理，因此，該兩收集節點之多缺櫃情形，可視為跨區之需求或供給節點，其意義則可代表跨區之空櫃調度行為。

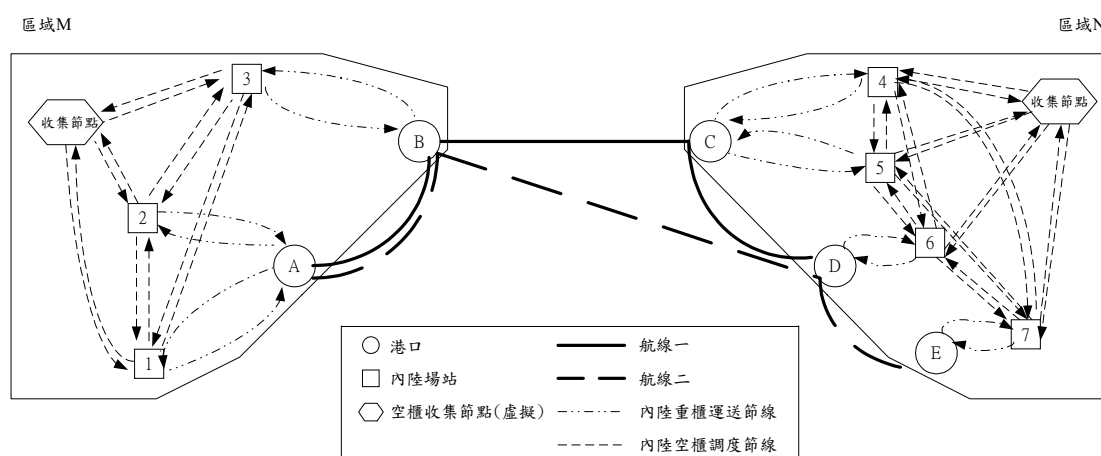


圖 2-3 重櫃流與空櫃流示意

從以上說明及艙位分配應考量之項目可知，本研究貨櫃航商艙位分配問題，由於以利潤為導向，非單指收益面，因此，主要包含三個基本元素，分別為艙位、重櫃、以及空櫃，其相關文獻說明如后。

2.2 貨櫃航商艙位分配相關文獻

本研究所考量之貨櫃航商艙位分配問題所牽涉之基本元素為艙位、重櫃、及空櫃，因此，將針對其相關文獻加以回顧。

2.2.1 一般性艙位分配問題

所謂一般性艙位分配乃依據艙位所提供之貢獻進行分配，其艙位

所得之貢獻以重櫃之收益為主，並不涉及行駛路徑上之成本或其他相關成本項。艙位分配應用在海運之文獻並不多見，在國外文獻部分，主要有 Maragos[32,33]及 Ha[23]兩位作者，國內則有李高彥[3]一文，其中，李高彥除考量重櫃之費率外，尚考量到空櫃調度之問題，與本研究所要考量之因素相似，因此，將於本節最後探討。

Maragos[32,33]乃在探討多等級商品之收益管理（狹義），以對各等級商品分配適當之艙位數。文中先以 2 港口 2 費率（兩種不同價值之運送物品）進行模式之探討及構建，繼而擴展至 2 港口多費率，多港口多費率之情況，基本模式乃以動態方式構建，並考量需求之不確定性。研究中除構建出多港口（多航段）多等級貨物之考量外，並將動態規劃模式，轉換成線性規劃求解，並以範例進行測試，其目標式乃在容量限制下，追求期望收益值最大。然文中並不考量空櫃調度或其運送途中之費用，如裝卸費等。

Ha[23]亦探討多等級商品之收益管理（狹義），以將各等級商品分配適當之艙位數。該研究主要引用 Belobaba 之邊際期望法，以及門檻曲線法加以探討，其中邊際期望法乃以一低票價的訂位要求須在其票價大於等於一高票價訂位要求所能產生之期望收益的情形下才能被接受，反之，則應拒絕此一低票價的訂位要求；而門檻曲線法乃依據商品需求之歷史資料，以預約訂位之期間為橫軸，預測各時點之總和累積需求，如發現實際需求超過預期，則可考量預先停止顧客訂位（如圖 2-4）。該文並利用跨太平洋東向之船舶進行實例分析。然文中並未對實例資料之處理予以描述，僅以求解之結果加以呈述，且著重於該航段上，未就整體網路或航線加以考量。此外，該文亦以重櫃之收益（費率）為主要考量，未就相關成本加以探討。

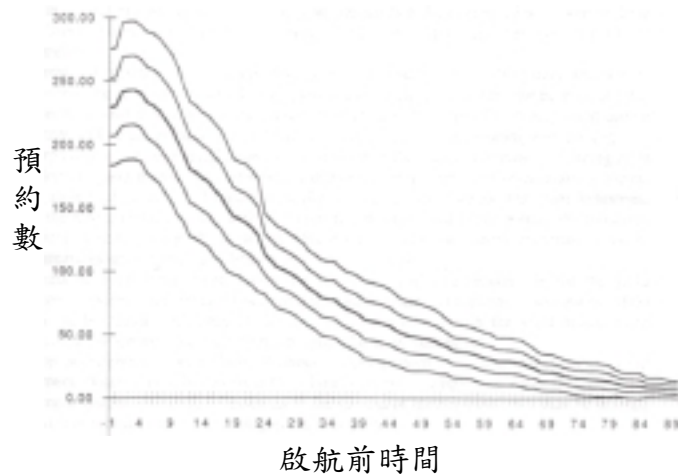


圖 2-4 門檻曲線法示意

由國外文獻中不難發現，主要針對單一起訖多重費率之艙位分配加以探討，對於貨櫃海運之部分特性並未加以考量，如需考慮空櫃運輸、轉運、以及實務上考量重櫃與空櫃”平衡”之觀念等。今以一例為說明，若未考量空櫃之調度問題以及貨櫃平衡問題，將可能造成收益高估之現象。如圖 2-5 所示，今有兩港口 A、B，從 A 港口至 B 港口之需求上限為 2，B 港口至 A 港口之需求上限為 1，其重櫃之利潤（費率-相關成本）如表 2-3，空櫃調度費用如表 2-4，則若不考量空櫃調回之成本（即不考量下一次貨櫃容器之使用，純就重櫃之利潤來看），將儘量滿足其重櫃需求，而使利潤產生高估，然實際之利潤卻為

A→B 重櫃利潤	$700 \times 2 = 1,400$
B→A 重櫃利潤	$300 \times 1 = 300$
空櫃調度成本	$-800 \times 1 = -800$

其總利潤僅為 900 美元，反而不如 A→B 及 B→A 各只運送一個重櫃之利潤 1,000 美元（ $700 \times 1 + 300 \times 1$ ）為高。因此，貨櫃海運有必要考量空櫃調度問題。

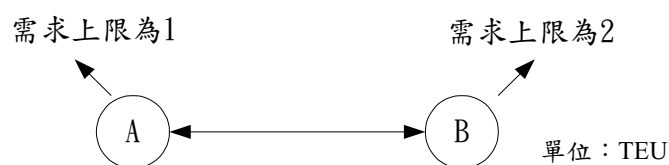


圖 2-5 重空櫃考量示意

表 2-3 重櫃利潤

單位：美元

D O	A	B
	A	B
A		700
B	300	

表 2-4 空櫃調度費用

單位：美元

D O	A	B
	A	B
A		-500
B	-800	

2.2.2 重櫃排程問題

由於本研究以利潤為考量，並不單指收益，因此，若重櫃運送之路徑不一樣，其發生之成本也將不相同，也因此，本研究之艙位分配隱含重櫃排程問題。所謂重櫃排程問題，乃在各航線可用艙位限制下，為各起訖對貨櫃需求搜尋適宜之運送路徑，以期總運送成本最低。有關重櫃排程問題之文獻並不多見，國內陳春益、邱明琦[12]等人考量貨櫃海運營運路線及貨櫃運送可轉運之特性，將各港口設置一轉運節點（或裝卸節點）提供各航線間貨櫃之移動。模式考量在滿足重櫃需求下，尋求一較短路徑，以使總運送成本最低，其中考量因素包括裝卸成本、海運運輸成本、重櫃需求、及艙位容量限制，唯並未就重櫃之運價及空櫃調度等加以探討。

2.2.3 空櫃調度問題

由於貿易不平衡，及貨櫃之重複使用性，使得空櫃調度為一必要性作業。所謂空櫃調度乃將空櫃適時地補給至需要的地方，以滿足貨主之貨櫃需求，即探討空櫃要調往何處、數量多少。空櫃調度相關文獻有，陳春益、謝東緯等人[4,5,10,11]曾對遠/近洋空櫃調度問題加以探討。其考量因素乃在重櫃需求確定下，對於貨櫃之規格（20 呎、40 呎）、權屬（自有、租賃）、多條航線等加以考量，並構建一多元商品網路流量問題，其成本項考量包括空櫃調度成本、空櫃存置成本、裝卸船成本、提還櫃成本等，唯空櫃調度成本僅考量海上部分，並未對陸上運輸部分加以探討，此外，在探討空櫃調度時，常假設重櫃需求為已知，並未對重櫃部分加以酌著。

另外，國內李高彥[3]曾針對艙位、重櫃、與空櫃一起考量，且利

用實證資料加以探討。其中有二點較上述文獻不同：(1)將需求之不確定性以需求上下限制來約束；(2)考量空櫃調度對重櫃利潤之侵蝕。其數學模式之構建利用網路分析技巧，考量貨櫃海運實務上重櫃與空櫃”平衡”之觀點，並針對貨櫃種類（20 呎、40 呎）及貨櫃類型（乾櫃、冷凍櫃）構建一多元商品網路問題，唯在求解時，並未針對其所構建之模式發展合適之求解方法，使其求解時間甚長。由於該文獻考量艙位、重櫃、以及空櫃，與本研究所要考量之因素相同，為進一步瞭解，便於本研究參考，將針對其中之目標式與限制式、輸入與輸出參數、假設條件、使用方法、考量因素、以及其優劣處加以比較，茲分述如表 2-5：

表 2-5 李高彥文獻之整理

項目	說明
目標式	(重櫃利潤—空櫃調度、持有成本—提還櫃成本)
限制式	需求上下限、艙位限制、載重限制、還櫃上限
輸入參數	1.各櫃種在起訖港一裝一卸之裝卸費用 2.各起訖對各櫃種之需求數（上下限值） 3.各起訖各櫃種之費率 4.各起訖各櫃種空櫃調度費用 5.各起訖各櫃種持有成本 6.各港各櫃種租還櫃成本 7.各航線艙位限制 8.各港各櫃種平均載重噸 9.各航線船舶載重上限 10.各港各櫃種還櫃上限
輸出參數	1.各起訖對各櫃種重空櫃配置之數量 2.在各港各櫃種之租還櫃數量
假設條件	1.區域間起訖運費已知 2.區域內起訖不貨載，亦即只考慮遠洋部分 3.櫃種間無替代性（如冷凍櫃不可當成乾櫃使用） 4.區域間起訖需求呈 Normal 分配 5.在陸循環時間 30 天，以反映貨櫃折舊或租金費用 6.各航線之船舶具同質性
使用方法	1.需求預測採用 Fuzzy 理論 2.貨櫃載運重量利用迴歸分析 3.模式構建利用網路分析法
考量因素	1.區域間僅單一航線 2.考量不確定需求（唯利用模糊數後，仍可視為確定性） 3.屬事前規劃方式

	4.各起訖對之平均費率
優劣	優： 1.需求、成本項多以實務資料分析 2.考量多個起訖對 劣： 1.區域間僅單一航線，不符合目前多航線之需求 2.僅分析遠洋部分 3.僅利用 GAMS（列式與求解），並未針對問題特性發展一求解方法，使求解時間較長

資料來源：本研究整理

李高彥一文，主要考量以港口為主，其成本亦僅著重於海上部分，雖有租還櫃或折舊等貨櫃成本之考量，唯目前服務據點並不限於港口，內陸據點間彼此亦有需要互相調度貨櫃，且內陸空櫃調度費用佔空櫃調度費用約 35%[17]，若不考量內陸之空櫃調度之因素，將無法整體性考量，以便對艙位進行分配，因此，本研究將不單考量港口對港口之關係，尚考量內陸據點及內陸調度因素。此外，該文獻僅針對區域間單一航線進行探討，未就目前各區域間多航線之網路影響加以研究，也因為僅考量單一航線，貨櫃運送並無法發生轉運行為，也無法選擇最佳之運送路徑，故本研究僅參考其考量因素及實證資料之數據，以構建本研究之模式。

綜合上述，尚未有對其艙位與貨櫃（重空櫃）之整合運用、海陸運之銜接、及航線網之整體利潤等三特性對艙位分配加以考量。此外，近年來船舶大型化、航線聯營化、以及軸輻式網路之形成，勢必對艙位分配有所影響，底下就其貨櫃海運運輸之趨勢對艙位分配之影響加以探討。

2.2.4 貨櫃海運運輸之趨勢對艙位分配之影響

近年來隨著貨櫃需求日益增加，航商競爭激烈，加上科技之進步，使得貨櫃船型有大型化之趨勢，未來海運貨櫃運輸之趨勢，勢必造成航商在艙位分配之改變。

1.船舶大型化

近年來由於造船技術之進步，船舶趨於大型化。以去年（2000）全

世界手持訂單量達 118.5 萬 TEU，佔現有運力的 27%，其中 4000 TEU 以上之船舶佔 77 萬 TEU，佔總訂單的 65%，顯示貨櫃將向大型化發展[8]。未來航商如何隨貨櫃船之大型化，對於其艙位分配勢必造成影響，如未來船舶大型化使得每艙位之使用成本降低，且艙位供給可能大於需求數，可能使空櫃置放於船舶上，若某港口缺少貨櫃時，則予以補給，除一方面可減少貨櫃放置於陸地之存置成本外，亦可隨時補充缺櫃之地區，唯如此之作業方式，對航商而言，是否能填補購置船隻之成本，以減少總成本之支出，值得未來加以探討。

2. 軸輻式網路之產生

由於船舶大型化後，一方面並不是每個港口皆能提供足夠水深的碼頭供其靠泊，另一方面為降低成本及縮短運送時間，大型的船舶僅能選擇少數重要港口靠泊，並在這些港口之間從事大量運送的營運方式，再以輻射狀接駁支線作輔助系統，利用小貨櫃船航行於超大港與支港之間之接駁方式（Feeder Service），把貨物集中於轉運大港，亦即藉由轉運之功能來處理貨櫃，唯過多的轉運成本及轉運時造成處理時間之增加，是否侵蝕或影響收益，亦是未來後續可加以探討。

3. 航線聯合經營

海運業是資金及技術密集之產業，航線聯合經營可使各別船公司以較少的資本支出，擴大業務領域，分散財務風險，並且使海運市場運價穩定，避免船噸過剩。航線聯合經營在海運市場上已存在多年，其中艙位互租發展最為迅速，未來更有日益增多之趨勢。

艙位互租（Slot/Space Chartering）乃營運於同一航線之貨櫃船經營者，各提供一艘或數艘性能與設備相近之船舶，共同成立聯營集團，在集團內互相協議以調整船舶之航行，簽訂部份艙位之租船契約以共用該等船舶[6]。惟對於貨源之招攬及船舶之營運則由航業公司各自為之。此種方式乃定期船貨櫃化營運後，為國際貨櫃船經營者所普遍採用，船公司藉自己所擁有之船舶艙位去換取其它公司之艙

位，此舉雖未能增加承運量，但卻可藉以增加船舶班次以提高服務品質、降低營運成本、及提高艙位利用率。未來航商之艙位分配，除考量本身所提供之艙位數外，對於聯營所互租或租用數量，其成本是否較自行供給有利，抑或租用數量是否符合本身之考量，均是可供後續加以研究。

2.3 小結

綜觀上述文獻之回顧，本研究可得到幾點結論：

- 1.由於航商收益管理所應考量之因素甚多，尤其近年來航線網路化、航商聯營、船舶大型化、以及貨櫃平衡之考量，實有必要發展一套分析之方法或系統以協助貨櫃航商處理艙位分配問題。
- 2.目前相關文獻中，尚未有對貨櫃航商艙位分配之整體性特性加以考量，如艙位與貨櫃之整合運用、重空櫃一併考量、海陸運之銜接、以及航線網之整體收益，因此，本研究將對此一整合性問題加以探討。
- 3.由於本研究為實際分析航商 A 之艙位分配，且航線及起訖對甚多，基於數學規劃模式較能處理實際龐大問題，並可針對各起訖對加上其他限制式，此外，由於貨櫃海運實務上考量重空櫃”平衡”問題，與網路分析流進流出之概念相似，且陳春益[10,11]等人利用網路分析方法對於海運相關問題進行分析，效果相當良好，因此，本研究將利用網路分析來構建模式。

第三章 貨櫃航商艙位分配模式之構建

貨櫃航商艙位分配如 2.1 節所述，必須考量艙位與貨櫃之整合運用、重櫃與空櫃一併考量、海路運之銜接、以及航線網之整體利潤。為期能確實掌握艙位分配問題，3.1 節將在構建數學模式之前，首先建立一概念性模式，以為構建數學模式依據。3.2 節則利用該概念性模式構建數學模式；3.3 節則對進行範例測試及敏感性分析，以瞭解該模式之適用性。

3.1 貨櫃航商艙位分配概念性模式

在建立概念性模式之前，需確定本研究所構建模式之假設。因此，本小節先介紹模式之假設，再說明貨櫃航商艙位分配概念性模式。

3.1.1 模式假設

為簡化網路之複雜度，利於模式之構建，對於實務上若干考量因素作一假設。茲說明如后：

- 1.艙位分配問題所牽涉層面甚廣，如艙位、貨櫃、航線等，且一般大型航商貨櫃分布遍及全球，若從全球性之角度加以考量，則問題之規模將十分龐大、複雜，因此，文中係以遠東/美洲航線為探討對象；
- 2.模式中各項參數，如航線、裝卸成本、海上運輸成本、陸上運送成本、各起訖對之平均運價為已知，其中各起訖對之運價僅先假設以平均運價為考量，並不針對同一起訖對區分不同之費率；
- 3.暫不考量空櫃調回缺櫃區域之時間落差或閒置時間、航行時需求之變動、以及貨櫃內陸循環時間(Turn around time)所需之時間，即本研究先不探討動態或隨機性之參數，而以規劃性之靜態事前作業為主。
- 4.空櫃調度部分，文中僅探討區域內之調度行為，即區域內各節點間可相互調度空櫃支援，其多餘或不足部分則統一由空櫃收集節點收

集或補充，並未直接考量跨區域之空櫃調度；

5.為反映重櫃運送與空櫃調度間之損益（Trade-off）關係，以及重櫃需求之不確定性因素，各起訖對之重櫃需求，將以一範圍值表示，此除表示不確定性因素外，區域間之貨櫃需求如其重櫃利潤相對過低，或將使衍生的空櫃調度成本過高，則可藉由拒絕或減少服務該重櫃需求，以追求利潤最大化。其重櫃需求數暫以每航次各起訖對平均需求加減一個標準差處理；

6.僅探討越洋之服務，近洋部分並不加以探討。

3.1.2 艙位分配概念性模式

在 2.1 小節曾就貨櫃流動示意加以說明，然圖 2-3 之示意只代表一營運之網路，並無法表示運送過程所需考量之因素，如行徑之路徑或發生之成本，說明如后：

1.可行路徑之涵蓋

由於航線數眾多，單一起訖對之貨櫃除可直接由單一航線運送外(不轉換航線)，亦能藉由不同航線間之轉換到達迄點，因此，必須確保能考量所有可行之路徑。

2.各項成本之核算

在航線營運網路為已知且為固定下，貨櫃運送路徑不同，所需之成本亦可能有所差異，此外，由於本研究考量內陸場站間之關係，而不侷限於港口，因此，在進行艙位分配時，應儘量納入各項成本。經 2.1 節之分析，艙位分配之成本主要有五項：

- (1)裝卸及處理成本：為貨櫃在港口之裝/卸船，以及相關作業之處理成本。貨櫃所在之港口不同，其裝/卸及處理費用將有所差異。
- (2)貨櫃海上運輸成本：貨櫃運送之路徑不同，其運送到達時間亦有所差異，貨櫃海上運輸成本即為貨櫃使用艙位之費用及貨櫃本身之折舊費，此項成本與運送路徑所行經之時間成正比。

(3)重櫃內陸運輸成本：由於貨櫃需求點並非於港口，因此，貨櫃必須先由內陸場站運至港口，或由港口運至內陸場站，其間所發生之費用即為重櫃之內陸運輸成本，此項成本與運送之距離成正比。

(4)空櫃內陸調度成本：為考量內陸場站間空櫃移動情形所考量之成本項。本研究考量區域內之空櫃調度行為，以將多餘之空櫃運送至缺櫃之場站，供未來裝載重櫃使用，此項成本亦與運送距離成正比。

為使問題能考量上述兩項因素，本文參考陳春益、邱明琦[12]在實際之航運網路上，加入了裝/卸櫃節點之設計，修改圖 2-3 營運網路圖（圖 3-1），以下就其網路示意圖各節點及節線加以說明：

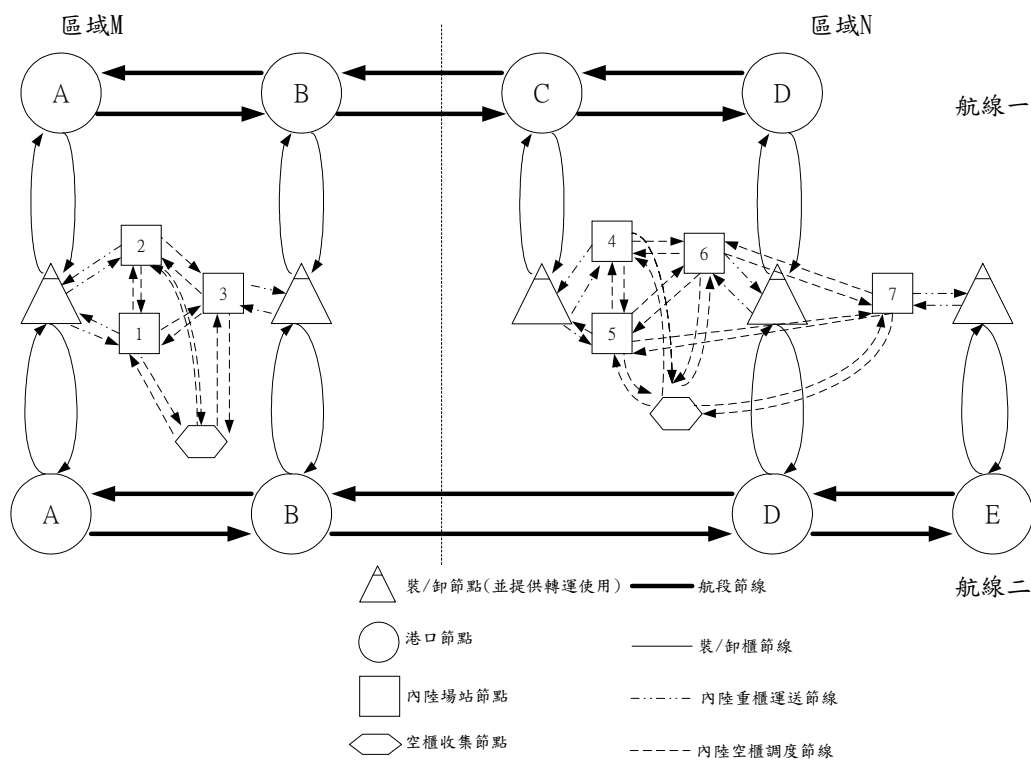


圖 3-1 概念性模式網路示意

1.節點部分

(1)港口節點

代表實際航運網路中各航線泊靠港口。

(2)內陸場站節點

代表實際貨櫃需求發生處。

(3)裝/卸節點

對應各港口節點，本節點在網路中係透過裝/卸船節線，將內陸場站節點與港口節點作連結，並且作為不同航線轉運時所對應港口節點之銜接。

(4)空櫃收集節點

由於本研究並未直接將空櫃作跨區域之調度，而本研究探討之對象為遠東地區與美洲地區，其遠東地區為一缺櫃區，而美洲地區為一多櫃區，為避免多櫃區之空櫃無法運出或缺櫃區無空櫃供其使用，將在各區域內設一空櫃收集節點，以吸收或提供空櫃使用。若以貨櫃平衡之觀點來看，即進入某區域之重空櫃數要等於出去之重空櫃數，其各區域空櫃收集節點所蒐集之空櫃數，代表著該區域多櫃或缺櫃情形，亦即該區域需藉助跨區域之調度，運出之空櫃數或運進之空櫃數。

2.節線部分

(1)航段節線

航段節線代表各航線上任二前後泊靠港間之航段，節線上之流量代表船舶在該節線上所運送之重櫃數量，此一流量係由不同之起訖對需求累積而成，且其受節線上各航線船舶可用艙位大小之限制。該節線除反映流經該航段之重櫃流量外，節線上主要反應兩港間航行之天數或海上之運送變動成本（如燃料費）等，以作為重櫃運送時，選擇路徑之依據。

(2)裝/卸櫃節線

重櫃若要從貨櫃存置場搬移至貨櫃船上或從貨櫃船搬至存置場，必須藉由貨櫃拖車以及橋式起重機搬運，此一過程由裝/卸櫃

節線代表。節線上反映流量經過時之裝/卸櫃成本。

(3)內陸重櫃運送節線

聯絡各內陸場站與港口之節線，代表貨櫃運送至港口時，所發生之內陸運送費用。由於實務上各內陸場站之貨櫃由那一港口進出，其所經路徑固定，因此，本研究並不尋求內陸場站至各港之最短路徑，即視各內陸場站至所屬服務港口之內陸運送路徑為固定且單一。

(4)內陸空櫃調度節線

由於各區域之內陸場站之進出貨櫃數多不一致，常有多餘或短缺之空櫃，因此，必須藉由調度之方式以滿足各處場站對貨櫃之需求。內陸空櫃調度節線主要乃連結各區域之內陸場站或空櫃收集節點，以進行空櫃調度。其中，各場站間之空櫃調度節線，可反映各場站間空櫃流量經過之內陸調度運送成本；而各場站與空櫃收集節點之內陸空櫃調度節線，其流量之加總表示該區域之空櫃短缺或多餘之情形，由於該節點主要乃反映跨區之空櫃調度情形，因此，其節線上之成本包含數項，包括該場站運至所屬服務港口之內陸成本及裝卸成本、平均海上運送成本（如跨區域之平均運行時間或燃料成本）等項，藉此，以表示跨區域之空櫃調度成本。

本研究之艙間分配乃以追求利潤最大化為考量，若各起訖對之貨櫃需求所行經之路徑不同，或其空櫃調度之內陸場站有所不同，對於目標值而言，將產生變化。為利於瞭解重空櫃與利潤之關係，將以圖 3-1 之(1,6)起訖對需求為例。起訖對(1,6)之節點 1 可經由航線一之 A→B→C→D、或航線二之 A→B→D、或航線一之 A→B 轉航線二之 B→D、或航線二之 A→B 轉航線一之 B→C→D 到達節點 6，其行走之節線，包含裝/卸櫃節線、航段節線、重櫃內陸運送節線等，節線上所反映之成本可加以得知。而為滿足該起訖對之需求，起訖對所行經路徑之總流量應符合該起訖對之需求限制。而運至節點 6 時，其重櫃

轉為空櫃以提供從節點 6 出去之重櫃裝載使用或進行空櫃之調度作業，若有空櫃調度行為發生，則將藉由內陸空櫃調度節線，進行調度，而節線上可反應空櫃調度所花費之費用。此外，航段上受限於船舶容量限制，因此，各起訖對行經該航段之貨櫃流量累積不能超過此一限制。

具體而言，本研究之目標式乃追求利潤最大化，即針對各起訖對之運價減去所發生之費用，以及空櫃調度費用。其概念性模式可表示如后：

極大化： $\{ (\text{重櫃運價收入} - \text{重櫃運輸費用}) - (\text{空櫃調度成本}) \}$

限制條件：(1)重櫃需求限制

(2)重櫃流與空櫃流之平衡限制

(3)各航段艙位容量限制

3.2 貨櫃航商艙位分配數學模式之構建

本小節將依上述概念性模式據以構建貨櫃航商艙位分配數學模式。3.2.1 節說明數學模式之構建；3.2.2 則說明模式之特性與求解策略。

3.2.1 數學模式之構建

本節配合 3.1 節所建立之概念性模式，構建貨櫃航商艙位分配問題之數學模式，以決定各起訖對可接受之重櫃數、及各內陸場站之空櫃調度數量。另外，為利於瞭解各起訖對所行經之路徑，且由於定期貨櫃航線之航線、航班固定，因此，針對此特性，本研究以路徑流量作為決策變數，即將各起訖對之重櫃指派至對應之可行路徑上，至於空櫃部分，則由於起訖之關係並未明確，因此，以節線之方式加以處理。

首先定義模式中使用到之決策變數及參數如下：

1. 決策變數

Y_k^{od} ：起訖對 od 路徑 k 之艙位分配數；

XE_{ij} ：從 i 到 j 之空櫃流量；

2. 參數

f_k^{od} ：起訖對 od 路徑 k 之單位貢獻（利潤），其包含費率減去該路徑 k 所有成本（包括內陸重櫃運輸費用、裝卸費、海上運輸費用等）；

c_{ij} ：從 i 到 j 空櫃運送單位成本；

$u_{l,ij}$ ：航線 l 上節線(i,j)之容量上限；

d_u^{od}, d_l^{od} ：起訖對 od 之需求上下限值；

$\delta_{k,l,ij}^{od}$ ：節線(i,j)是否屬於起訖對 od 路徑 k 航線 l 上之節線，其值 1 表有通過，0 表沒通過；

3. 其他

L：所有航線集合；

A_S ：海上節線之集合；

A_{LA} ：內陸節線之集合；

OD：所有起訖對之集合；

K^{od} ：起訖對 OD 所有可能運送路徑之集合；

O,D：所有起訖對起點及迄點之集合。

根據上述之決策變數及參數定義，貨櫃航商艙位分配模式之目標式與限制式可列式如后：

1.目標函數

目標函數中主要考量艙位分配與空櫃之影響，其中艙位分配受重櫃所影響，其包含之項目有各起訖對之運價、裝卸費用、內陸重櫃運送費用、以及海上之運送費用，利用運價減去所產生之費用，得重櫃之利潤或該分配艙位之利潤值；空櫃部分則針對內陸空櫃節線，其中包括各內陸場站間之空櫃調度費用以及場站與收集節點間之空櫃調度費用。

$$Max \sum_{od \in OD} \sum_{k \in K^{od}} f_k^{od} Y_k^{od} - \sum_{(i,j) \in A_{LA}} c_{ij} XE_{ij}$$

2.限制式：

(1)重櫃需求限制

為反映重櫃運送與空櫃調度間之損益關係，以及重櫃需求受市場之變動性，各起訖對之重櫃需求，以一範圍值表示，此除表示市場需求之變動性因素外，區域間之貨櫃需求如重櫃利潤過低或會導致空櫃調度成本過高，則可藉由拒絕該重櫃需求，以追求利潤最大化，亦即分配至該起訖對之可使用艙位將減少，而將多餘之艙位分配至利潤較高之起訖對上。此外，由於任一起訖對可經由不同之路徑到達迄點，因此，所經過之各路徑總流量必須符合該起訖對之重櫃需求限制。

$$d_l^{od} \leq \sum_{k \in K^{od}} Y_k^{od} \leq d_u^{od} \quad \forall od \in OD$$

(2)重櫃與空櫃流量平衡限制

由於貨櫃之需求端點在各內陸場站，而空櫃之調度亦以此為調度起訖點，因此，重櫃與空櫃在內陸場站銜接，其表示重櫃與空櫃進入後之數量，和重櫃與空櫃出去之數量要達一平衡狀態，其中重櫃主要受該節點之貨櫃需求數，空櫃則視內陸空櫃調度之影響。

$$\sum_{d:od \in OD} \sum_{k \in K^{od}} Y_k^{od} + \sum_{j:(i,j) \in A_{LA}} XE_{ij} - \sum_{d:od \in OD} \sum_{k \in K^{od}} Y_k^{do} - \sum_{j:(i,j) \in A_{LA}} XE_{ji} = 0 \quad \forall i \in o, \forall o \in O$$

(3)各航段艙位容量限制

對於各起訖對中，利用到相同之航段節線，其流量總和不能超過航行該航段之船舶可用艙位數。本研究雖未對於跨區之空櫃調度行為加以直接考量，然由於本研究以實務之貨櫃平衡觀點進行模式構建及考量，即進入某點之貨櫃數在某時段內等於出去某點之貨櫃數，且僅探討越洋之服務，因此，本研究為簡化其過程，假設各區域進入之貨櫃總數在同一時點等於出去之貨櫃總數，故即使不直接考量空櫃運送所佔之艙位數，其與重櫃之加總亦不會超過其各航段之容量限制。

$$\sum_{od \in OD} \sum_{k \in K^{od}} Y_k^{od} \delta_{k,l,ij}^{od} \leq u_{l,ij} \quad \forall (i,j) \in A_S, \forall l \in L$$

(4)決策變數為非負整數之限制式

表各起訖對路徑上之艙位分配數量與各內陸場站之空櫃調度數量為非負整數。

$$Y_k^{od}, XE_{ij} \in N \cup 0$$

其整個數學模式可臚列如后：

$$\text{Max} \sum_{od \in OD} \sum_{k \in K^{od}} f_k^{od} Y_k^{od} - \sum_{(i,j) \in A_{LA}} c_{ij} XE_{ij} \quad (1)$$

s.t.

$$d_l^{od} \leq \sum_{k \in K^{od}} Y_k^{od} \leq d_u^{od} \quad \forall od \in OD \quad (2)$$

$$\sum_{d:od \in OD} \sum_{k \in K^{od}} Y_k^{od} + \sum_{j:(i,j) \in A_{LA}} XE_{ij} - \sum_{d:od \in OD} \sum_{k \in K^{od}} Y_k^{do} - \sum_{j:(i,j) \in A_{LA}} XE_{ji} = 0 \quad \forall i \in o, \forall o \in O \quad (3)$$

$$\sum_{od \in OD} \sum_{k \in K^{od}} Y_k^{od} \delta_{k,l,ij}^{od} \leq u_{l,ij} \quad \forall (i,j) \in A_S, \forall l \in L \quad (4)$$

$$Y_k^{od}, XE_{ij} \in N \cup 0 \quad (5)$$

模式中，以個別起訖對之艙位分配數為決策變數，在涵義上，乃

在於可使用之艙位限制下，對於個別之起訖對分配適當之艙位供其重櫃裝載使用，亦即若求解結果某一起訖對分配 5 個艙位，表示該起訖對最多可裝載 5 個貨櫃，而本研究為利於計算其總利潤，乃依該最佳之艙位分配數視為重櫃裝載數，亦即分配 5 個艙位數即表示裝載 5 個重櫃數，因此，所求得之艙位分配數即為重櫃裝載數。

3.2.2 模式特性

上小節所構建之艙位分配問題模式，以各起訖對為考量，可各自形成一最短路徑問題，再加上重櫃需求限制，以及各航段艙位容量限制等，成為一多元商品網路流量問題 (Multi-commodity Network Flow Problem)；而空櫃調度部分，則藉由限制式(3)將重櫃與空櫃加以銜接，而轉為單一種商品 (貨櫃) 進行處理。此外，由於變數皆必須為整數，所以同時也是一整數規劃問題。

本研究以路徑之決策變數為考量，一旦航線數規模增加或可轉運之節點增加，將產生過多之變數，造成不易求解，而一般該問題可利用細分 (Partitioning) 或分解 (Decomposition) 法加以求解。然由於貨櫃海運之裝卸成本頗高，一般實務上最多僅發生一次轉運現象，因此，本研究在路徑搜尋上，擬針對此一特性，僅對可直達或僅轉運一次之路徑加以考量，而不搜尋各起訖對所有可行路徑，以減少過多不必要之路徑及相關之決策變數，增加運算負擔。

3.3 簡例測試

在進行實例分析前，本研究先以假設之資料進行簡例測試與敏感性分析，以瞭解上述艙位分配模式之合理性。

3.3.1 簡例測試

簡例的設計包含兩區域、8 個港口、10 個內陸場站，36 個起訖對，以及 2 條航線，其網路如圖 3-2 所示，簡例測試資料包括航線、各起訖對、港口、內陸場站等資訊。

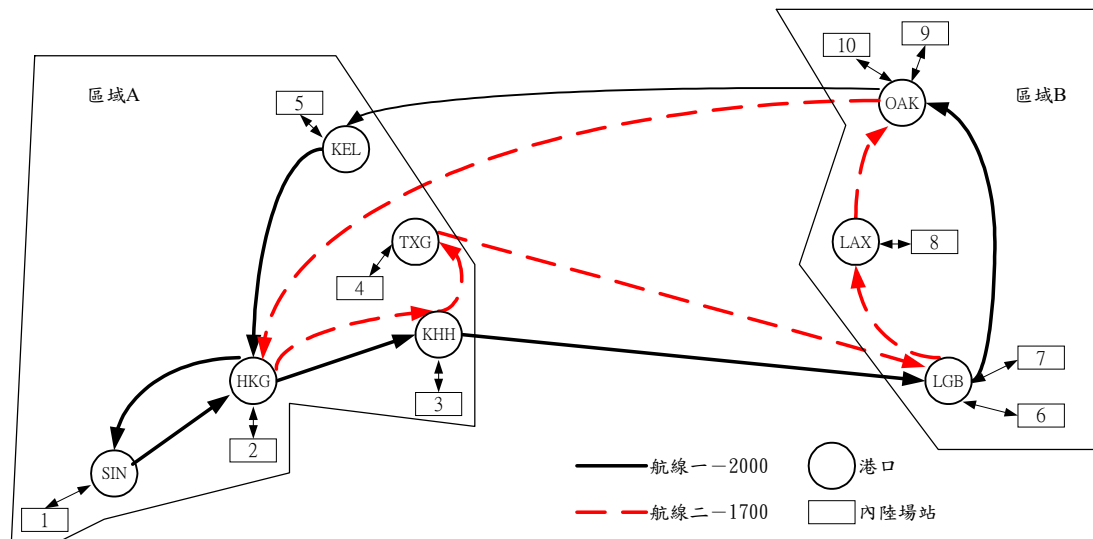


圖 3-2 簡例營運網路示意

1.航線資料：簡例中航線資料包括各航線之停靠港口與容量限制、各航段之海上航行成本（表 3-1）。海上之運輸成本乃以航行天數乘以平均每日每 TEU 之單位成本而得（表 3-2、3-3），且假設航線一之單位成本較航線二低。值得一提的是，由於航線之行駛方向為一循環性，並無對稱性，即雖航線一之 SIN 到 KHH 為 80 美元/TEU，然 KHH 到 SIN 則需先繞行到 LGB→OAK→KEL→HKG 後才能到 SIN，因此，其費用為 512 美元/TEU，不過，在實務上，該航段上之貨櫃可能直接藉由近洋航線來提供服務。

表 3-1 簡例中，各航線停靠之港口

單位：TEU

航線	可用艙位數	停靠港口
航線一	2,000	SIN→HKG→KHH→LGB→OAK→KEL→HKG→SIN
航線二	1,700	HKG→KHH→TXG→LGB→LAX→OAK→HKG
合計	3,700	

註：單向貨櫃運能為 3,700 TEU。

表 3-2 簡例中，海上運輸成本(航線 1)

單位：美元/TEU

From\to	SIN	HKG	KHH	LGB	OAK	KEL	HKG
SIN	0	48	80	272	320	512	544
HKG	544	0	32	224	272	464	496
KHH	512	464	0	192	240	432	464
LGB	320	368	400	0	48	240	272

OAK	272	224	352	544	0	192	224
KEL	80	32	160	352	400	0	32
HKG	48	96	128	320	368	560	0

表 3-3 簡例中，海上運輸成本(航線 2) 單位：美元/TEU

From\to	HKG	KHH	TXG	LGB	LAX	OAK
HKG	0	40	60	300	340	380
KHH	640	0	20	260	300	340
TXG	620	660	0	240	280	320
LGB	380	420	440	0	40	80
LAX	340	380	400	640	0	40
OAK	300	340	360	600	640	0

2.各起訖對資料：包括各起訖對之起訖港、平均重櫃運價、以及平均重櫃需求等，共 36 個起訖對（表 3-4）。其中，由於本研究之重櫃需求為一範圍，因此，將先以各起訖對之平均需求數加減 10%為其需求上下限值。

表 3-4 簡例中，各起訖對之運價及需求

起點	起港	迄港	迄點	平均 運價	平均 需求	起點	起港	迄港	迄點	平均 運價	平均 需求
1	SIN	LGB	6	1800	200	6	LGB	SIN	1	1000	350
1	SIN	LGB	7	1800	230	6	LGB	KHH	3	800	230
1	SIN	OAK	9	1800	200	6	LGB	HKG	2	900	240
1	SIN	OAK	10	1800	200	6	LGB	KEL	5	800	80
2	HKG	LAX	8	1500	200	7	LGB	SIN	1	1000	270
2	HKG	LGB	6	1500	200	7	LGB	KHH	3	800	160
2	HKG	OAK	9	1500	200	7	LGB	HKG	2	900	130
2	HKG	OAK	10	1500	200	7	LGB	KEL	5	800	70
3	KHH	LGB	6	1400	300	8	LAX	HKG	2	900	100
3	KHH	LGB	7	1400	300	8	LAX	KHH	3	800	110
3	KHH	LAX	8	1400	300	9	OAK	SIN	1	1000	130
3	KHH	OAK	9	1400	250	9	OAK	HKG	2	900	140
3	KHH	OAK	10	1400	250	9	OAK	KHH	3	800	130
4	TXG	LGB	7	1400	100	9	OAK	KEL	5	800	60
4	TXG	OAK	9	1400	100	10	OAK	SIN	1	1000	120

5	KEL	LGB	7	1400	150	10	OAK	HKG	2	900	100
5	KEL	OAK	10	1400	150	10	OAK	KHH	3	800	80
						10	OAK	TXG	4	800	70
						10	OAK	KEL	5	800	60

註：運價單位：美元/TEU

需求單位：TEU

3.港口與內陸場站資料：包括港口一裝或一卸之費用（表 3-5）、內陸空櫃調度成本（表 3-6），其中場站 1-5 之間假設無內陸調度之行為，僅可運至空櫃收集節點。此外，重櫃運至港口之重櫃運送成本，本簡例先均設為 100 美元/TEU。

表 3-5 簡例中，港口裝/卸費

單位：美元/TEU

SIN	HKG	KHH	TXG	KEL	LGB	LAX	OAK
85	200	50	70	70	140	140	140

表 3-6 簡例中，內陸空櫃調度費用

單位：美元/TEU

From\To	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Es
1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	85
2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	200
3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	50
4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	70
5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	70
6	--	--	--	--	--	0	100	150	200	200	300
7	--	--	--	--	--	100	0	100	150	200	300
8	--	--	--	--	--	150	100	0	100	200	300
9	--	--	--	--	--	200	150	100	0	100	300
10	--	--	--	--	--	200	200	200	100	0	300
Es	85	200	50	70	70	300	300	300	300	300	300

註：Es 表空櫃收集節點

--表無作用之節線段

上述簡例資料經轉換成 3.2 節所構建之模式，並利用數學規劃軟體 CPLEX[22]進行求解，求解時間為 0.83 秒，目標值為 3,386,214 美元。由求解結果分析，滿足最低重櫃需求數、內陸場站多餘或不足之空櫃發生空櫃調度行為等方面，均相當符合本研究預期結果，茲詳細說明如下：

1.重櫃流量（艙位分配數）

模式所得之艙位分配數，乃依重櫃需求數及艙位限制下求得，其所分配之艙位，本研究視為裝載之重櫃數等於所分配之艙位數來計算。在表 3-7 可發現，(2,8)、(4,9)、(5,10)等之起訖對由於受限於航段上之艙位容量限制，且該起訖對所得之重櫃利潤較其他起訖對低（如(1,6)、(2,6)等），因此，僅分配滿足下限需求之艙位供其裝載使用。

表 3-7 簡例結果，各起訖對求解結果艙位分配數量（重櫃數）

單位：TEU

起點	迄點	平均需求	實際分配數量	平均利潤(美元)	起點	迄點	平均需求	實際分配數量	平均利潤(美元)
1	6	200	220	1103	6	1	350	385	575
1	7	230	253	1103	6	3	230	207	-10
1	9	200	220	1055	6	2	240	264	360
1	10	200	220	1055	6	5	80	88	150
2	8	200	201	620	7	1	270	297	575
2	6	200	220	698	7	3	160	167	-10
2	9	200	180	688	7	2	130	143	360
2	10	200	180	688	7	5	70	77	150
3	6	300	330	750	8	2	100	110	360
3	7	300	330	750	8	3	110	121	30
3	8	300	330	710	9	1	130	143	575
3	9	250	241	720	9	2	140	154	360
3	10	250	275	670	9	3	130	143	70
4	7	100	110	750	9	5	60	66	198
4	9	100	90	670	10	1	120	132	575
5	7	150	165	638	10	2	100	110	360
5	10	150	135	590	10	3	80	88	70
小計			3700		10	4	70	77	30
					10	5	60	66	198
					小計			2838	

針對表 3-7 各起點或迄點之港口，配合所行經之路徑作一加總，可得到各港口在各航線上重櫃進出之情形。以 SIN 港口為例，其內陸場站為 1，因此，以 1 為起點之艙位分配數（出口櫃）為 220+253+220+220 得 913 TEU，同理以 1 為迄點之貨櫃進入數（進口

櫃，即由其他起點分配至 1 之艙位數加總）為 385+297+143+132 得 957 TEU。藉由上面之方式，可得表 3-8 各港口艙位分配數（可裝載之重櫃數）及貨櫃進入數之總計。

表 3-8 簡例結果，各港艙位可使用數(出口)及貨櫃進入數(進口)

單位：TEU

港口	航線	艙位分配數 (貨櫃出口數)	貨櫃進口數	港口	航線	艙位分配數 (貨櫃出口數)	貨櫃進口數
SIN	航線 1	913	957	LGB	航線 1	847	847
	航線 2	0	0		航線 2	781	781
	小計	913	957		小計	1,628	1,628
HKG	航線 1	569	0	OAK	航線 1	407	1,153
	航線 2	212	781		航線 2	572	388
	小計	781	781		小計	979	1,541
KHH	航線 1	218	0	LAX	航線 1	0	0
	航線 2	1,288	726		航線 2	231	531
	小計	1,506	726		小計	231	531
TXG	航線 1	0	0				
	航線 2	200	77				
	小計	200	77				
KEL	航線 1	300	297				
	航線 2	0	0				
	小計	300	297				

將求解結果針對各航線之航段分配給各起訖對之艙位，可繪製圖 3-3 各航段之流量圖。以航線 1 之 SIN 到 HKG 為例，其經過該航段之起訖對計有(1,6) 220 TEU,(1,7) 253 TEU,(1,9) 220 TEU,(1,10) 220 TEU,(5,7) 165 TEU,(5,10) 135 TEU，共 1213TEU。又如航線 1 之 KHH 到 LGB 航段，其經過該航段之起訖對計有(1,6) 220 TEU, (1,7) 253 TEU, (1,9) 220 TEU, (1,10) 220 TEU, (2,6) 209 TEU, (2,9) 180 TEU, (2,10) 180 TEU, (3,9) 218 TEU, (5,7) 165 TEU, (5,10) 135 TEU，共 2000 TEU。其計算方式，乃經過該航段之起訖對艙位分配數加總，而非該航段起港之艙位分配數。

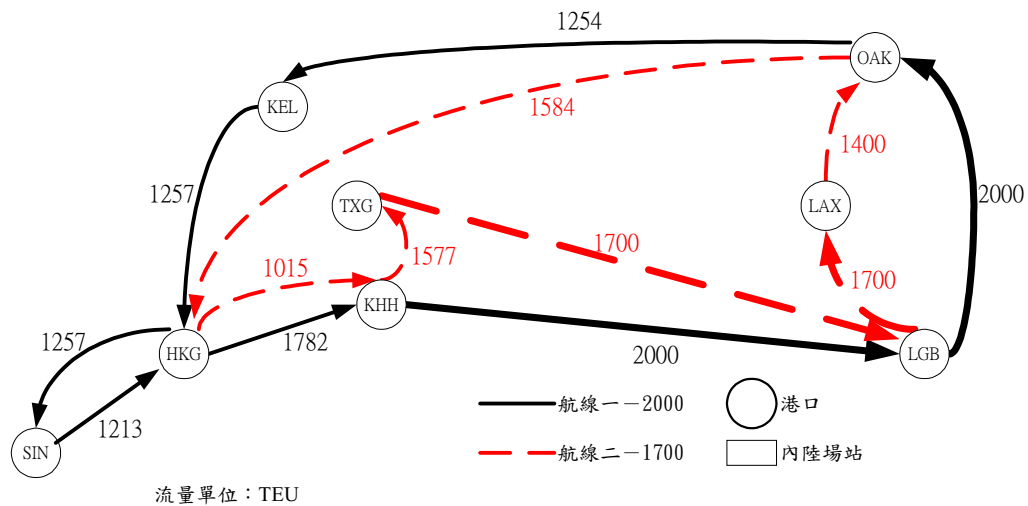


圖 3-3 簡例結果，各航段流量示意

由圖 3-3 可知，航線一之 KHH→LGB 及 LGB→OAK 航段與航線二之 TXG→LGB 及 LGB→LAX 航段達到船舶之艙位上限，而 KHH→LGB 與 TXG→LGB 為跨區之航段，表未來若能提高其艙位數，將可增加其收益，唯必須考量增加之收益是否能超過艙位增加之成本。

2. 空櫃流量

由表 3-8 各港貨櫃進出之情形，可瞭解該港口貨櫃平衡情形，以 KHH 港口（內陸場站 3 之服務港口）為例，出口之貨櫃數與進口之貨櫃數相差 780 TEU，此部分之貨櫃數將需要其他地方之空櫃來補充，藉此可瞭解空櫃進出情形。其模式求解結果，可繪製如圖 3-4。

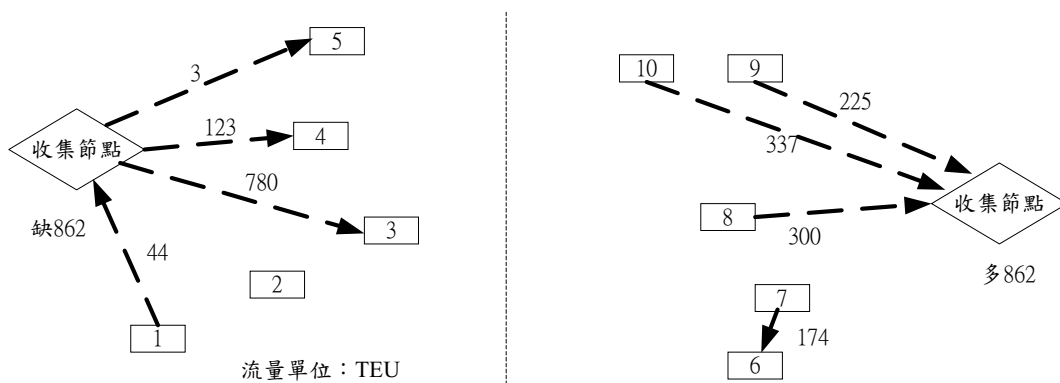


圖 3-4 簡例結果，各內陸節線流量示意

配合圖 3-4 及表 3-8，內陸場站 2（HKG 港口）剛好進入之貨櫃數等於出去之貨櫃數，自行達到平衡狀態（重空櫃數進入數與出去數相等），故不需額外之空櫃調度行為；在內陸場站 6、7，均由 LGB 港口來提供服務，兩者間之空櫃調度成本較低，且剛好場站 7 為多櫃區，場站 6 為缺櫃區，因此場站 7 調度空櫃至場站 6，而達到貨櫃平衡狀態；至於其餘場站除接受其他場站進入之空櫃或出去之空櫃數外，多餘或不足之空櫃則由空櫃收集節點收集或提供，以右邊之收集節點為例，多出 862 個空櫃，此代表該區域為一多櫃區，可作為未來跨區域之空櫃使用；相對地，左邊之收集節點除場站 1 進入之空櫃數外，尚缺 862 個空櫃，則等待其他區域之空櫃調入。

為進一步瞭解本模式是否能適用，因此，本研究將變動成本項、運價及艙位數進行敏感度分析，以測試艙位分配模式之適用性。

3.3.2 敏感性分析

為瞭解模式對於一些參數的改變造成決策上的改變是否合理，本研究將進行內陸空櫃調度成本、船舶艙位、裝卸費用、及價格等四種參數之敏感性分析。

1. 內陸空櫃調度成本

此項分析主要是要瞭解當內陸空櫃調度費用改變時，模式反映決策的結果，為凸顯其差異，本研究將內陸空櫃調度成本調整為原來 2 倍，並進行求解。求解結果目標值為 3,129,698 美元，可整理繪製如圖 3-5、3-6。其中，圖 3-5 各航段上之數字表求解後，流經該航段之重櫃流量數，而圖 3-6 之節線上數字，則代表流經該節線之空櫃數。

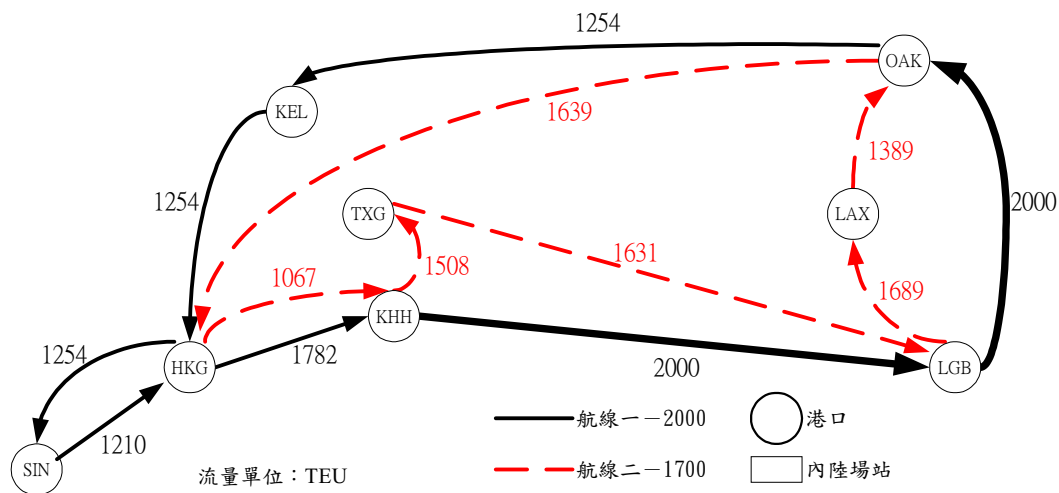


圖 3-5 內陸空櫃調度成本增加時，各航段流量示意

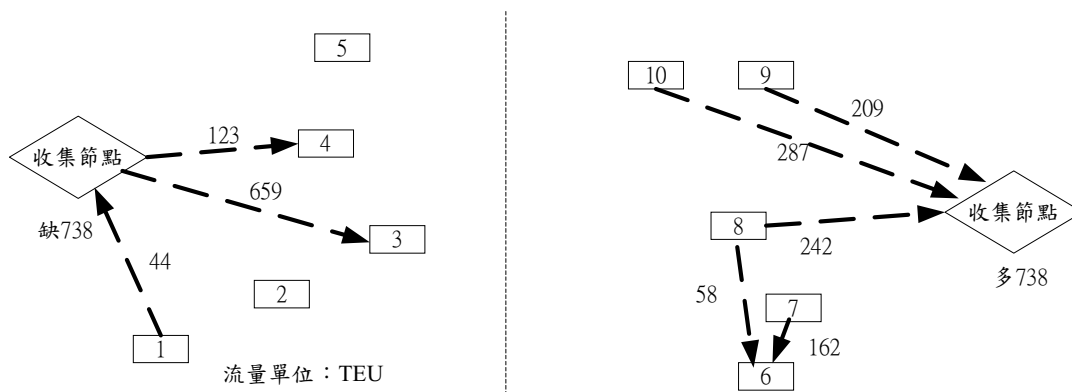


圖 3-6 內陸空櫃調度成本增加時，各內陸節線流量示意

由圖 3-5 及圖 3-6 可發現，由於內陸空櫃調度費用增加，因此，為了減少調度之次數，模式驅使不平衡之狀況差距減少，使得部分航線上之艙位並未全部使用，如航線二在 TXG 至 LGB 及 LGB 至 LAX 之航段原為滿載 1,700 TEU，如今僅有 1,631 TEU 及 1,689 TEU，亦即重櫃之運送相對減少，此乃避免貨櫃不平衡所產生之空櫃調度成本增加所致。而原來多櫃區之空櫃數為 862 TEU，現減少為 738 TEU，可見空櫃調度費用若侵蝕到重櫃之利潤時，則將減少重櫃所造成之不平衡，亦即分配較少之艙位給貢獻較低之貨櫃需求，以避免過多之空櫃調度費用發生，此結果與實務觀念相當吻合。

2.船舶艙位

船舶艙位將影響航商能否在有利潤的情形下，多乘載一些貨櫃，此項分析在測試模式是否能反映該項因素，本研究增加各航線之船舶容量，航線一由原來 2,000 TEU，增加至 2,500 TEU；航線二由原來 1,700 TEU 增加至 2,000 TEU，而其運送單位成本先假設不變，其結果目標值為 3,471,996 美元，可整理繪製如圖 3-7、3-8。圖 3-7 各航段上之數字表求解後，流經該航段之重櫃流量數，而圖 3-8 之節線上數字，則代表流經該節線之空櫃數。

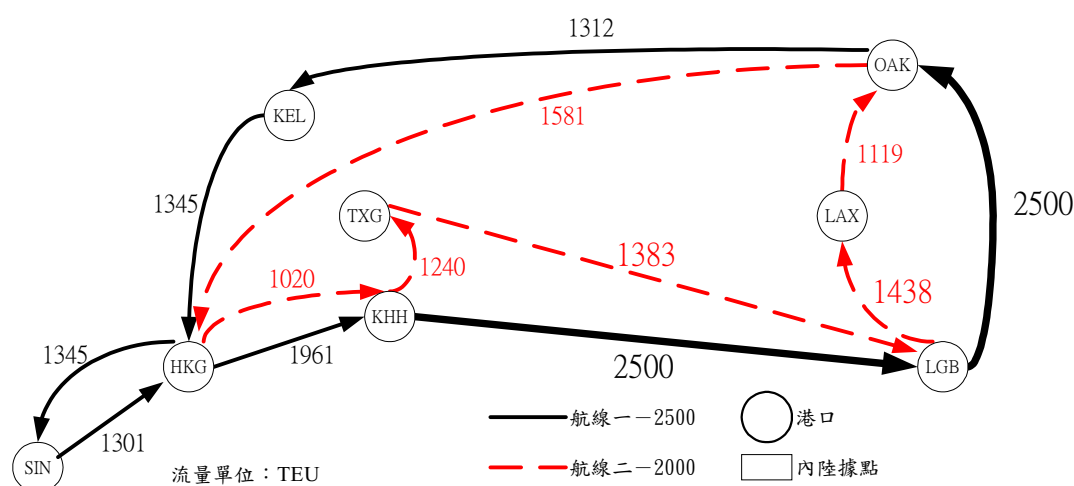


圖 3-7 船舶容量增加時，各航段流量示意

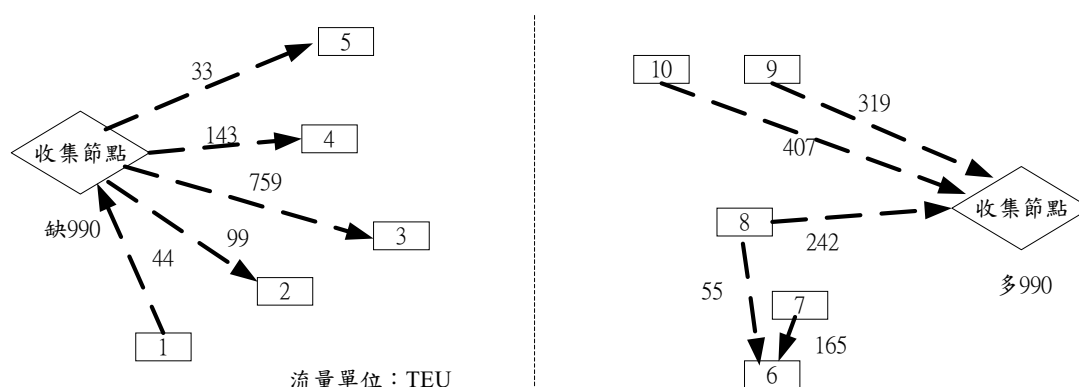


圖 3-8 船舶容量增加時，各內陸節線流量示意

由圖 3-7 及 3-8 可發現，雖二航線均增加其艙位，然由於航線一單位成本較低，導致航線二所增加之艙位數使用情形比原先還低，由原來 1,700 TEU 滿載情形，剩 1,581 TEU (OAK→HKG)。由此可瞭

解，航商在增加艙位數時，必須瞭解各航線對整體之影響程度，如航線一增加艙位對於整體而言較航線二好。當然，若重櫃之利潤能抵銷貨櫃不平衡所發生之空櫃調度費用，則重櫃數在艙位容量允許下，將儘量達到需求之上限值，相對地，將使得空櫃之調度次數相對增加，不平衡之情形也較嚴重（原來不平衡狀況為 862 TEU，現為 990 TEU），此結果與實務觀念相當吻合。唯增加艙位數之成本必須評估是否能由所收取之重櫃利潤加以填補。

3.裝卸費用變動

由於貨櫃運送需藉由船舶運送，因此，起訖點均會發生裝/卸費用，一旦裝卸費用發生改變，直接影響重櫃之利潤。本研究為瞭解本模式能否反映該項因素，因此，變動其中一個港口之裝/卸費用，以瞭解其重櫃運送或艙位分配之數量變動情形。本研究以 OAK 港口為例，將裝卸費用增加 4 倍時，其結果目標值為 2,348,484 美元，可整理如表 3-9：

表 3-9 裝卸費用變動，各港艙位可使用數(出口)及貨櫃進入數(進口)

單位：TEU

港口	航線	貨櫃出口數	貨櫃進口數	港口	航線	貨櫃出口數	貨櫃進口數
SIN	航線 1	913	957	LGB	航線 1	847	847
	航線 2	0	0		航線 2	836	781
	小計	913	957		小計	1,683	1,628
HKG	航線 1	569	0	OAK	航線 1	407	1,153
	航線 2	223	781		航線 2	516	322
	小計	792	781		小計	923	1,475
KHH	航線 1	218	0	LAX	航線 1	0	0
	航線 2	1,222	739		航線 2	231	542
	小計	1,440	739		小計	231	542
KEL	航線 1	300	297				
	航線 2	0	0				
	小計	300	297				
TXG	航線 1	0	0				
	航線 2	200	63				
	小計	200	63				

由於 OAK 之裝卸費用增加，相對進入或出去之重櫃貢獻程度減少，使得其分配之數量或進入之數量較簡例少，原在 OAK 所分配之艙位有 979 TEU，現為 923 TEU，進入之貨櫃數原有 1,541 TEU，現為 1,475 TEU，顯示在有限之艙位下，如果重櫃之貢獻程度降低，則可能造成該港所分配之數量降低或進入該港之貨櫃數減少，其減少之部分，將可供其他貢獻較高之貨櫃或起訖對使用。

4.價格變動

在成本不變下，變動運送之價格，將直接對重櫃之貢獻造成影響，如運價提高，其利潤亦相對提高，為瞭解模式能否顯示該因素之影響，將以(2,9)起訖對為例，增加其原先運費為 1.5 倍，其結果目標值為 3,546,134 美元，可整理如表 3-10：

表 3-10 價格變動，各港艙位可使用數(出口)及貨櫃進入數(進口)

單位：TEU

港口	航線	貨櫃出口數	貨櫃進口數	港口	航線	貨櫃出口數	貨櫃進口數
SIN	航線 1	913	957	LGB	航線 1	847	847
	航線 2	0	0		航線 2	781	781
	小計	913	957		小計	1,628	1,628
HKG	航線 1	609	0	OAK	航線 1	407	1,153
	航線 2	191	781		航線 2	572	409
	小計	800	781		小計	979	1,562
KHH	航線 1	178	0	LAX	航線 1	0	0
	航線 2	1,309	726		航線 2	231	510
	小計	1,487	726		小計	231	510
KEL	航線 1	300	297				
	航線 2	0	0				
	小計	300	297				
TXG	航線 1	0	0				
	航線 2	200	77				
	小計	200	77				

由於與起訖對(2,9)相關之港口為 HKG (起港) 及 OAK (迄港)，因此，將直接影響該兩港口所分配之可使用艙位數或進入之數量，進而影響其他港口所分配之可使用艙位數。由表 3-10 對照表 3-8 來看，

HKG 所分配之可使用艙位數增加 (781 TEU 至 800 TEU)，而 OAK 進入之貨櫃數亦相對增加 (1,541 至 1,562 TEU)。單就(2,9)起訖對來看，在簡例中僅達需求下限值 180 TEU (表 3-7)，然由於運價提高，增加該起訖對之貢獻，因此，其需求分配達上限值 220 TEU，而由於整個路網之互相影響，部分起訖對數量有增有減，也因此，其該港口所分配之數量或進入之數量 (HKG 及 OAK)，並未等於該(2,9)起訖對所增加之數量 40 TEU (220→180)。

3.4 小結

本研究之艙位分配主要乃依據重櫃對目標值之貢獻程度，其包含重櫃之利潤以及空櫃調度費用之影響，因此，一旦重櫃之利潤增加或相對於其空櫃調度費用為低，則航商之營運將以完全滿足市場重櫃需求為導向，促使兩區域之貨櫃不平衡之情形更為擴大；反之，如果重櫃利潤不高或空櫃調度費用過高，則重櫃與空櫃在航線艙位之使用上，將產生相互競爭之現象，即增加重櫃或減少重櫃以減緩貨櫃不平衡之情形或發生之空櫃調度費用作一權衡。

本研究之數學模式經上一小節簡例測試及敏感性之分析可知，能適時反應參數變化所造成之影響。如艙位增加後，由於航線一之單位成本較航線二低，因此，重櫃會循較低成本路徑行走，使得航線一之艙位使用較佳，而若重櫃所得之利潤能彌補空櫃調度所造成之成本，則將增加其重櫃之運送。此外，對於運價、成本之增減，本模式亦能反應其結果，如空櫃調度成本增加，將驅使重櫃運送減少，以減少貨櫃不平衡之情形過度嚴重，顯示本研究之模式運算相當合理。

第四章 實例研究

本章旨在利用上章所構建之貨櫃航商艙位分配模式進行實證之分析。4.1 節將說明實證分析之前置作業，包括路徑產生器、網路產生器與圖形產生器之撰寫以及實例資料之準備；4.2 節則對實例進行分析比較，並對相關影響因素進行敏感度分析。

4.1 前置作業

由於實證資料龐大，無法以人工方式處理，因此，本研究特以程式語言撰寫路徑產生器、網路產生器、圖形展示介面等，以輔助模式之撰寫與求解結果之展示。

4.1.1 路徑產生器

本研究之數學模式乃以路徑為決策變數，然由於航線數多，且各航線可透過共同停靠之港口來轉運，若以人工搜尋所需之可行路徑，將非常耗時耗力，因此，本研究利用 Visual Basic 程式語言搜尋各起訖對可行之路徑，以方便實例分析時求解之用。本研究基於 3.2 節問題之特性，在路徑搜尋上僅針對各起訖對考量無轉運（即直達）及轉運一次（即經過兩條航線）之路徑，並不搜尋所有可行路徑，以減少不必要之路徑及相關之決策變數。路徑產生器作業流程如圖 4-1。

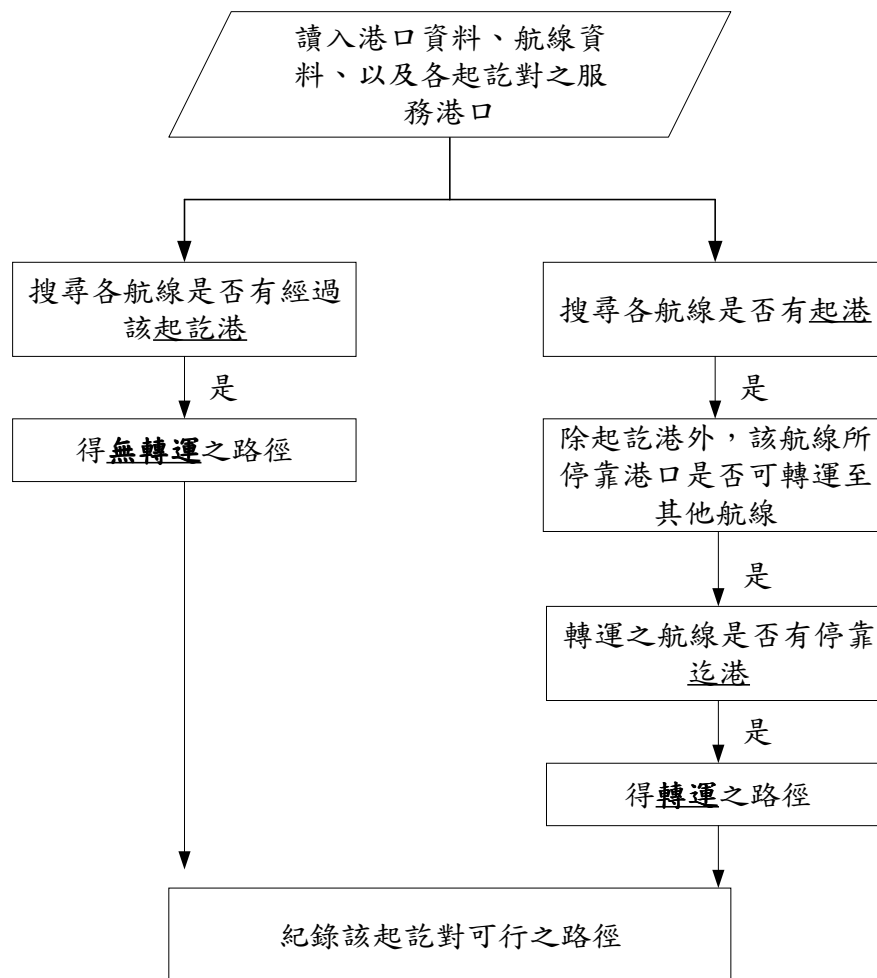


圖 4-1 路徑產生器作業流程

其流程乃先針對單一航線搜尋是否有起訖港，若有，則得無轉運之路徑；若無，則搜尋下一航線，直到全部航線均搜尋完畢。另外，對於轉運部分之路徑，則先以一航線搜尋是否有起港，再依該航線起港後面停靠之港口作為轉運點，搜尋其他航線是否有停靠該港而能轉運，若有，則搜尋是否有停靠迄港；若無，則再搜尋其他航線，直到全部航線均搜尋完畢。

以圖 4-2 為例，若有一起訖對港口，起港為 A，迄港為 E，則搜尋之結果在不轉運之路徑上，則有航線一之 A→B→C→E 一條，若有轉運者（一次轉運）則有航線一之 A→B 轉航線二之 B→C→D→E、以及航線一之 A→B→C 轉航線二之 C→D→E，總可能路徑為三條。

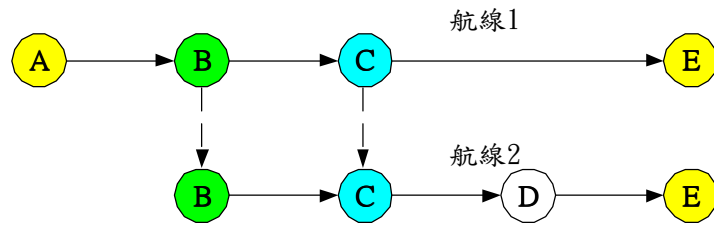


圖 4-2 路徑產生圖示說明

4.1.2 網路產生器

在求解網路問題時，由於在實例分析應用上，問題所包含之變數及限制式過多，若以人工撰寫模式所需之資料，將非常耗時耗力，因此本研究以 Visual Basic 程式語言撰寫貨櫃航商艙位分配模式之網路產生器，以方便實例分析時求解之用。網路產生器作業流程如圖 4-3。

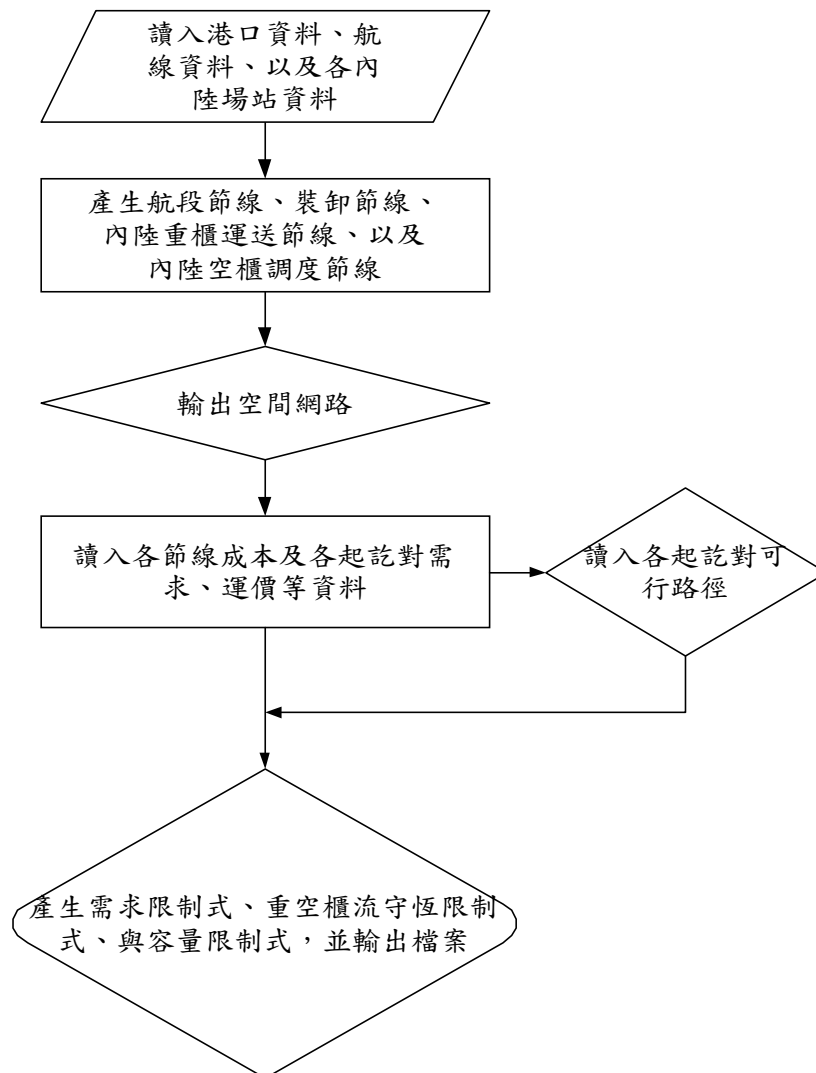


圖 4-3 網路產生器作業流程

4.1.3 圖形產生器

本研究為方便求解結果之讀取，另以 Visual Basic 程式語言撰寫一轉換程式，將結果轉換成地理資訊系統 MapInfo[28]可讀取之格式，並藉由 MapInfo 軟體進行結果之展示。其作業流程如圖 4-4。

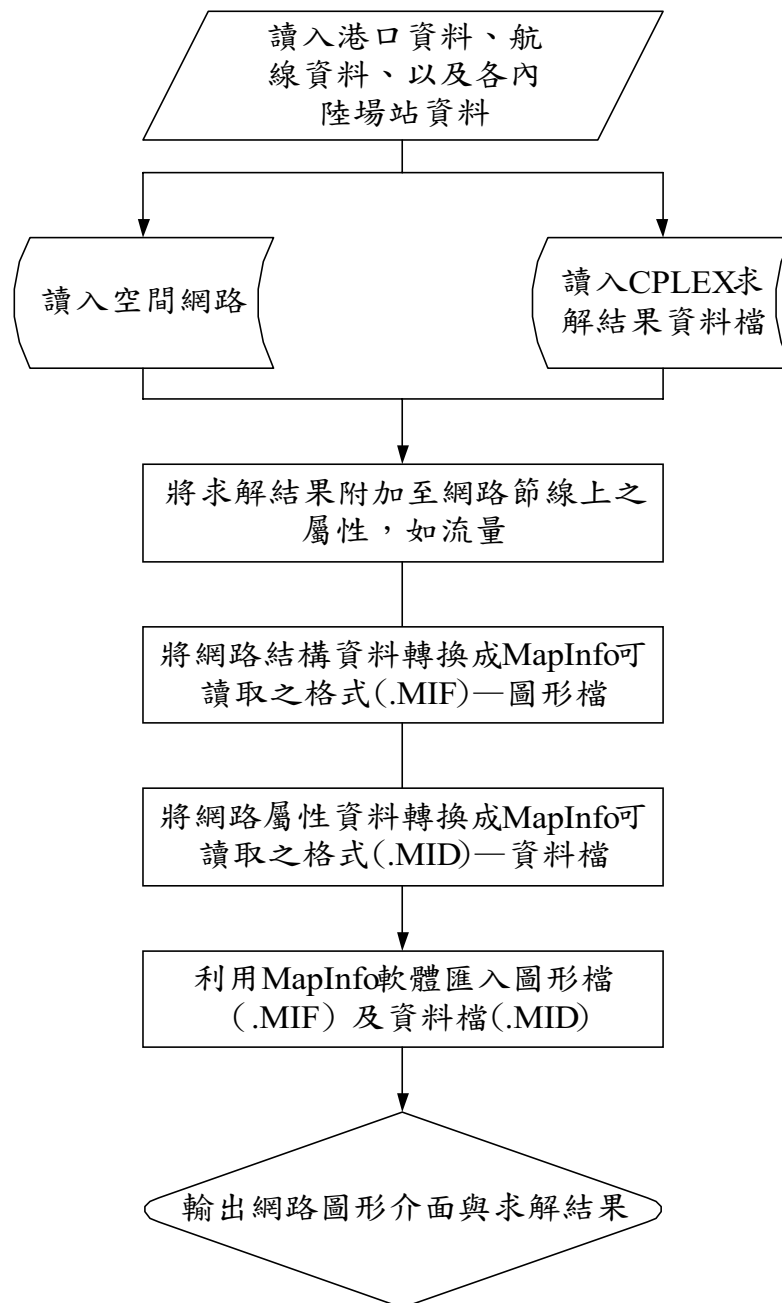
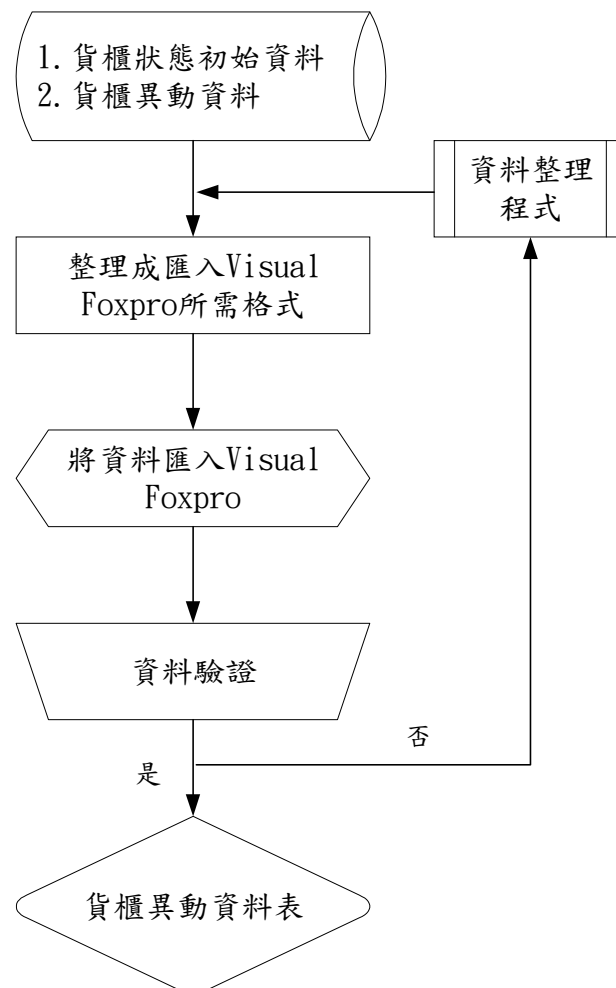


圖 4-4 圖形產生器作業流程

4.1.4 實例資料準備

本研究主要以航商 A 遠東區域與美洲區域定期航線為實證研究對象，而為進行實證研究，本研究需整理遠東地區與美洲地區之相關資料，包括各起訖對之重櫃需求數、運價、空櫃調度成本、航線等。由於謝東緯[20]曾對該航商進行研究，將航商 A 之實證資料建立一資料庫，透過 Visual FoxPro 資料庫軟體平台，依其性質整理成五種異動資料格式（貨櫃裝船異動、貨櫃卸船異動、租櫃異動、還櫃異動、內陸異動）以及狀態初始資料，然後利用 Visual FoxPro 提供之資料匯入功能，將資料整批匯入產生貨櫃裝船異動表、貨櫃卸船異動表、租櫃異動表、還櫃異動表與內陸異動表，其流程如圖 4-5。



資料來源：[20]

圖 4-5 資料庫建置流程

為方便相關資料之統計與取得，本研究將應用謝東緯[20]所設計之五種異動表，再配合自行撰寫之程式語言，對該資料表加以整理，以取得本研究所需之資料，如港口間重櫃需求數等。經由資料之蒐集與整理，可得到本研究所需之參數，茲說明如后：

1.航線資訊

航商 A 遠東及美洲航線，依據歷史資料，美西線共七條（一條自營航線，六條聯營航線），美東線一條，合計有八條航線行駛於其間，其可用艙位數及停靠之港口整理如表 4-1。

表 4-1 遠東/美洲各航線可用艙位數

航線別	航線名	可用艙位 (TEU)	停 靠 港
美西線	航線 1	2,335	SHI→HKG→KAO→TCH→BSB→LAX→OAK→YKH→KBE→BSB→SHI
	航線 2	900	SIN→HKG→KAO→LAX→OAK→KBE→KEE→HKG→SIN
	航線 3	620	YTI→HKG→KBE→NGY→TYO→LAX→OAK→TYO→NGY→YTI
	航線 4	150	TIA→SHI→KBE→NGY→LAX→OAK→YKH→KBE→TIA
	航線 5	600	KAO→HKG→NGY→TYO→TCM→VCB→PLD→TYO→NGY→KBE→KAO
	航線 6	75	SJU→HKG→YKH→LAX→SEA→VCB→YKH→KBE→SJU
	航線 7	150	XIN→DLQ→QDA→KBE→VCB→LAX→XIN
	小計	4,830	
美東線	航線 8	1,990	KAO→HKG→KEE→BSB→KBE→YKH→TYO→SAV→WIL→NYC→BSB→KAO
總 計		6,820	

註 1：單向貨櫃運輸能量為每週 6,820 TEU。

註 2：遠東地區之港口為，DLQ（大連）、SHI（上海）、SJU（蛇口）、QDA（青島）、XIN（新港）、TIA（廈門）、YTI（鹽田）、HKG（香港）、NGY（名古屋）、TYO（東京）、KBE（神戶）、YKH（橫濱）、BSB（釜山）、SIN（新加坡）、KEE（基隆）、KAO（高雄）、及 TCH（台中）；美洲地區之港口為，LAX（洛杉磯及長堤）、OAK（奧克蘭）、SEA（西雅圖）、PLD（波特蘭）、TCM（它科馬）、VCB（溫哥華）、NYC（紐約）、WIL（威明頓）、及 SAV（薩凡納）。

由於各航線停靠之港口不同，各航段上航行時間將造成差異，相對在海上運輸所花費成本亦將有所不同，因此，對於同一起訖點若行經不同之路徑，所產生之費用將有所差異。而本研究海上運輸費用之

設定，乃依航行之時間乘上一單位成本（美元/每日每 TEU），而由於該航商部分航線為聯營之航線，為作區隔，本研究假設自營航線較聯營航線便宜，其海上運輸單位成本則介於 7-9 美元/每日每 TEU。

2.各起訖對重櫃需求資訊

本研究之重櫃需求，乃依據謝東緯[20]所構建之五種異動資料表，配合自行撰寫之程式，自所構建之航商 A 貨櫃異動資料庫中搜尋彙整而得。然由於美洲地區東西邊內陸幅員大、距離長，貨櫃需求又不單發生於港口附近，因此，航商 A 將其美洲地區區分為九大區域 50 個內陸場站點，（該九大區域包括西岸的 S.CALI、N.CALI、PNW、MID WEST、及 GULF 區，東岸有 N.ATLANTIC、M.ATLANTIC、S.ATLANTIC，以及加拿大之 CANADA 區），以方便作業。雖在遠東地區該航商亦有針對各國設置內陸場站，唯其空間距離較短，故本研究先將遠東地區部分予以簡化，在貨櫃需求上僅探討發生於港口，而暫不探討內陸場站之需求。

(1)港口間平均每航次需求量

本研究引用之統計資料為 1998 年 12 月-1999 年 11 月，航商 A 遠東各港到美洲各港之貨櫃流量，以及美洲各港至遠東各港之貨櫃流量，如表 4-2、4-3。

表 4-2 遠東各港至美洲各港每航次平均重櫃流量 單位：TEU

From\To	VCB	WIL	LAX	NYC	OAK	PLD	SAV	SEA	TCM	Total
DLQ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SHI	0	0	277	14	20	0	0	0	0	311
SJU	0	0	36	0	0	0	0	0	0	36
QDA	0	0	50	0	0	0	0	0	0	50
XIN	0	0	42	0	0	0	0	0	0	42
TIA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
YTI	0	0	267	0	33	0	0	0	0	300
HKG	12	273	1194	405	94	28	246	0	292	2544
NGY	0	0	39	0	0	0	0	0	7	46
TYO	0	0	185	0	15	0	14	0	52	266

KBE	0	10	67	17	0	0	19	0	0	113
YKH	0	0	0	0	0	0	8	0	0	8
BSB	0	74	387	160	24	0	143	0	0	788
SIN	0	0	152	0	14	0	0	0	0	166
KEE	0	55	0	71	0	0	46	0	0	172
KAO	14	63	755	149	107	0	91	0	122	1301
TCH	0	0	420	0	16	0	0	0	0	436
Total	26	475	3871	816	323	28	567	0	473	6579

資料來源：本研究整理

表 4-3 美洲各港至遠東各港每航次平均重櫃流量

單位：TEU

From/To	DLQ	SHI	SJU	QDA	XIN	TIA	YTI	HKG	NGY	TYO	KBE	YKH	BSB	SIN	KEE	KAO	TCH	Total
VCB	0	0	0	0	0	0	0	13	0	13	16	0	0	0	0	38	0	80
WIL	0	0	0	0	0	0	0	89	0	0	0	0	103	0	31	73	0	296
LAX	0	146	0	0	38	0	0	285	51	158	217	89	363	91	327	235	38	2038
NYC	0	0	0	0	0	0	0	133	0	0	0	0	235	0	82	117	0	567
OAK	0	16	0	0	0	0	0	94	20	70	46	42	96	0	98	85	21	588
PLD	0	0	0	0	0	0	0	41	24	84	58	0	0	0	0	80	0	287
SAV	0	0	0	0	0	0	0	66	0	0	11	15	111	0	62	172	0	437
SEA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TCM	0	0	0	0	0	0	0	24	20	26	0	0	0	0	0	57	0	127
Total	0	162	0	0	38	0	0	745	115	351	348	146	908	91	600	857	59	4420

資料來源：本研究整理

從表 4-2 及 4-3 可發現，雖然航線上停靠 DLQ、TIA、及 SEA 港口，唯其不管進口或出口貨櫃均為 0，表航商 A 之貨櫃需求並不以這些港口為重點（該些港口以租用聯營航線行駛，無法更改其停靠港口）。另外，由表 4-2 可得知，HKG 及 KAO 出口之貨櫃數最多（2544+1301 TEU），佔總量近六成；反觀表 4-3 進入 HKG 及 KAO 之進口貨櫃不到四成（745+857 TEU），除顯示貨櫃進出之不平衡外，如 HKG 進出之貨櫃量相差 1,799 TEU，也可從表 4-2 及 4-3 瞭解，貨櫃量大都集中在某些港口上。

(2)美洲內陸場站需求

由於謝東緯[20]所構建之航商 A 貨櫃異動資料庫僅記錄到港口對港口之重櫃需求，並未記錄到內陸場站實際發生需求之關係，因此，

本研究配合實務上內陸場站常由同一港口來服務之原則，對於內陸場站與港口之需求量，係透過比例分配之方式將港口對港口之數量需求，依據特定原則分配至各內陸場站，其比例之分配原則乃參考航商 A 一年之各內陸場站貨櫃需求佔該港口所服務之內陸場站總量之關係，可整理如表 4-4。唯為適當簡化，若該場站平均每週（每航次）之需求小於 1 TEU 時，將予以忽略不計。如要運算 CHI 出口至 HKG 之貨櫃量，則透過表 4-3 之 LAX 港口到 HKG 港口之出口貨櫃量為 285 TEU，乘上表 4-4 CHI 佔 LAX 港口貨櫃需求量之 15.1%，則可得到內陸場站 CHI 到 HKG 之運量為 43 TEU。

表 4-4 美洲各內陸場站佔所屬服務港口之重櫃需求比重

美西地區					美東地區				
港口	區域	場站名	遠東到美洲比例	美洲到遠東比例	港口	區域	場站名	遠東到美洲比例	美洲到遠東比例
LAX	S.CALI	LAX	56.8%	48.2%	NYC	N.ATLANTIC	NYC	74.3%	72.0%
		SDG	0.1%	0.0%			BOS	8.1%	5.0%
	MID WEST	CHI	17.9%	15.1%			BAL	9.8%	9.0%
		CCN	0.6%	1.0%			PSB	0.8%	0.2%
		CLL	1.3%	2.0%			PHL	0.0%	2.6%
		CMB	1.6%	1.6%			WCS	3.9%	8.1%
		DET	1.0%	1.9%		CANADA	MTL	1.4%	1.3%
		GRS	0.2%	0.1%			TRT	1.7%	1.8%
		IDA	0.4%	0.1%			HAL	0.0%	0.0%
		KSS	1.1%	2.0%	WIL	M.ATLANTIC	WIL	10.5%	71.3%
		LSV	0.6%	0.2%			NFK	11.7%	14.0%
		MKE	0.2%	0.1%			CLT	77.7%	13.8%
		MNP	1.3%	2.2%			GBR	0.0%	0.9%
		OMH	0.0%	0.3%	SAV	S.ATLANTIC	SAV	61.9%	60.7%
		SLS	1.0%	1.6%			ALT	17.6%	7.5%
	GULF	HOU	6.1%	12.3%			BIR	1.3%	0.1%
		DLS	4.8%	5.7%			CHS	6.0%	30.0%
		MPH	3.4%	3.8%			JAX	1.7%	0.1%
		NAS	0.3%	0.1%			MIA	3.9%	0.1%
		NOL	0.9%	1.7%			MOB	1.5%	1.5%
		EPA	0.4%	0.1%			HSV	0.0%	0.0%
							TPA	6.0%	0.1%
OAK	N.CALI	OAK	93.7%	93.5%					

		DEN	3.3%	3.8%
		SLC	2.9%	2.7%
SEA	PNW	SEA	100.0%	100.0%
PLD	PNW	PLD	100.0%	100.0%
TCM	PNW	TCM	100.0%	100.0%
VCB	CANADA	VCB	100.0%	100.0%

資料來源：本研究整理

另外，從表 4-4 不難發現，港口所服務之內陸場站，其需求大都集中在少數幾個內陸場站，如 LAX 港口以服務 LAX 及 CHI(芝加哥)為主，而其他被服務之內陸場站之需求量則相對較低。

(3)起訖對運量及運價

由於本研究著重在美洲之內陸場站，其場站數達 50 個點，再配合遠東之港口 17 個，將產生(50+17)乘(50+17)個起訖對，然本研究僅探討越洋部分（即遠東到美洲或美洲到遠東間），因此，其貨櫃需求表將為一 17（遠東停靠港數）乘 50（美洲內陸節點數）乘 2（遠東到美洲、美洲到遠東），扣除部分需求為 0，亦有 477 個起訖對。由於實際之 OD 表過於龐大，因此文中僅列舉運量排名前 15 名（表 4-5）。另外，由於本研究模式在需求上，以一範圍值來運作，因此，加入一上下限值，其上下限之取得乃分析該起訖對一年 52 週之資料，求得一標準差，將平均數加減一標準差所得，如表 4-6。至於運價部分，遠東到美洲之運價約在 2100-3200 美元/TEU，而美洲到遠東之運價則設定為遠東到美洲運價之四成。

表 4-5 需求前 15 大之起訖對資訊

排名	遠東到美洲起訖資訊					美洲到遠東起訖資訊				
	起點	迄點	運價	需求 下限值	需求 上限值	起點	迄點	運價	需求 下限值	需求 上限值
1	HKG	LAX	2500	576	811	LAX	BSB	840	155	199
2	KAO	LAX	2100	331	552	NYC	BSB	1200	149	191
3	HKG	NYC	3200	227	377	LAX	KEE	840	139	178
4	HKG	TCM	2500	243	353	LAX	HKG	1000	121	156
5	TCH	LAX	2100	206	286	LAX	KAO	840	101	129
6	BSB	LAX	2100	199	264	LAX	KBE	880	94	120

7	HKG	CHI	3200	182	256	SAV	KAO	1120	92	117
8	HKG	CLT	3200	162	269	NYC	HKG	1280	87	112
9	SHI	LAX	2500	128	204	OAK	KEE	840	79	102
10	YTI	LAX	2500	120	199	OAK	BSB	840	79	99
11	HKG	SAV	3200	114	189	NYC	KAO	1120	76	98
12	KAO	CHI	2800	104	174	OAK	HKG	1000	77	97
13	BSB	NYC	3000	94	155	PLD	TYO	880	74	94
14	KAO	TCM	2100	93	155	OAK	KAO	840	72	93
15	TYO	LAX	2200	86	143	PLD	KAO	840	70	90

註：運價單位：美元/TEU，需求上下限值單位：TEU。

表 4-6 各區域需求平均數、上下限值

單位：TEU

	下限值	平均數	上限值
遠東到美洲	5,314	6,579	8,278
美洲到遠東	3,937	4,420	5,023

3. 裝/卸櫃費用

港口之裝卸費用如表 4-7，包含空櫃裝/卸成本、重櫃裝/卸成本兩項，由於成本項涉及公司機密，故僅利用部分取得資料進行估算，其中重櫃部分假設為空櫃裝/卸費用之 1.5 倍。

表 4-7 裝/卸成本

單位：美元/TEU

遠東地區			美洲地區		
港口名	空櫃裝/卸成本	重櫃裝/卸成本	港口名	空櫃裝/卸成本	重櫃裝/卸成本
DLQ	45	68	VCB	220	330
SHI	65	98	WIL	135	203
SJU	70	105	LAX	155	233
QDA	45	68	NYC	280	420
XIN	45	68	OAK	180	270
TIA	45	68	PLD	200	300
YTI	100	150	SAV	170	255
HKG	150	225	SEA	210	315
NGY	145	218	TCM	180	270
TYO	235	353			
KBE	155	233			
YKH	155	233			
BSB	90	135			

SIN	80	120
KEE	95	143
KAO	50	75
TCH	115	173

4.空櫃調度成本

空櫃調度成本之發生有兩種情形，一為各場站間之空櫃調度費用，另一為場站運送至本研究所設計之空櫃收集節點，茲說明如下：

(1)場站間之空櫃調度費用

場站間之內陸運輸方式有兩種，一為公路運送，另一為鐵路。由於成本項涉及公司機密，故僅利用部分取得資料進行估算，本研究假設其空櫃運送成本或調度費用為距離與單位運送費用之乘積，其單位成本如表 4-8。以 LAX 到 CHI 為例，由於藉由鐵路運送，運送距離約為 1750 英哩，因此，乘上每單位成本 0.2 美元/英哩，得運輸費用 350 美元。

表 4-8 內陸空櫃運輸單位成本 單位：美元/英哩

鐵路		公路	
1000 英哩以上	0.2	300 英哩以上	0.5
350-1000 英哩	0.5	0-300 英哩	1.0
0-350 英哩	0.8		

(2)場站至空櫃收集節點之費用

本研究在遠東與美洲各設有一空櫃收集節點，作為多餘之空櫃收集或供給使用，其費用之設定，在美洲區域乃依各場站運至所服務之港口之空櫃內陸運輸成本，加上一裝船費用、相關文件處理費、及平均海上航行之成本（乃海上航行單位成本乘上航行時間，其中美西到遠東地區航行時間設為 12 天，美東到遠東地區航行時間設為 22 天），將各項成本累加而成；而遠東區域則設為卸船費用加上一處理費而得。以 CHI 為例，運至 LAX 之空櫃調度費用為 350 美元，加上在 LAX 之裝船費用 155 美元，以及海上航行時間 12 天所需花費之費用累加，即為 CHI 將空櫃運至空櫃收集節點之費用。

5. 重櫃內陸運送成本

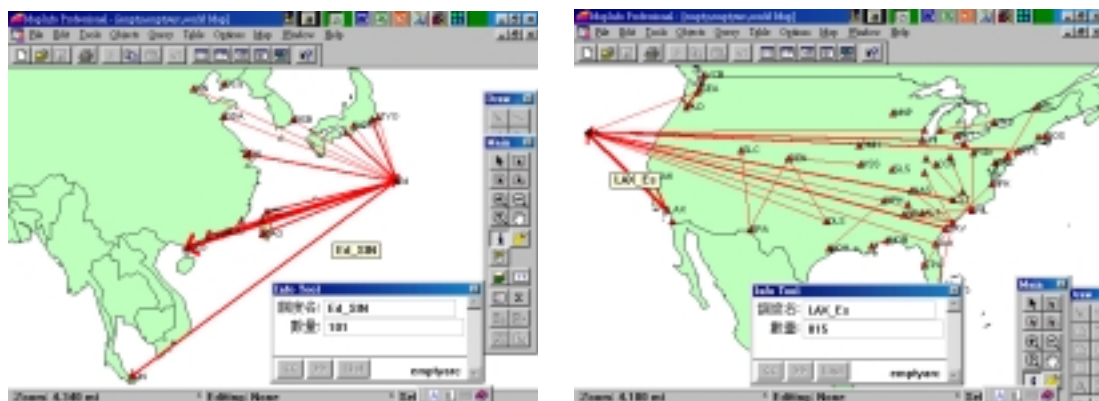
重櫃運至港口卸船後，貨櫃需從港口運至需求之場站或貨櫃從內陸場站運至港口裝船，其發生之費用為重櫃內陸運送成本。一般而言，運送重櫃之運輸成本較運輸空櫃成本為高，因此，本研究將假設其重櫃運送成本為空櫃運送成本之 1.5 倍。以 CHI 為例，運至 LAX 港口之內陸空櫃運輸費用為 350 美元，乘上 1.5 倍後，得其重櫃運送費用 525 美元。

4.2 實例分析

本研究主要以航商 A 遠東與美洲越洋之定期全貨櫃航線為實證研究對象，實證資料如 4.1.4 所整理，包括航線資訊、各起訖對重櫃需求資訊、裝/卸費用、空櫃調度成本、以及重櫃內陸運輸成本等，底下就其實證結果加以分析。

4.2.1 運算結果分析

將上述之實證資料經 4.1 節所設計之路徑產生器及網路產生器，依 3.2 節所構建之模式，並以各起訖對需求加減一標準差（運算 1），產出 16,926 個決策變數及 993 條限制式之艙位分配數學模式，將該模式輸入 CPLEX 數學規劃求解軟體進行求解，求解時間為 6.29 秒，最佳之目標值為 12,866,077 美元，其結果可透過 4.1.3 節之圖形產生器，利用地理資訊系統軟體 MapInfo 加以展示如圖 4-6。



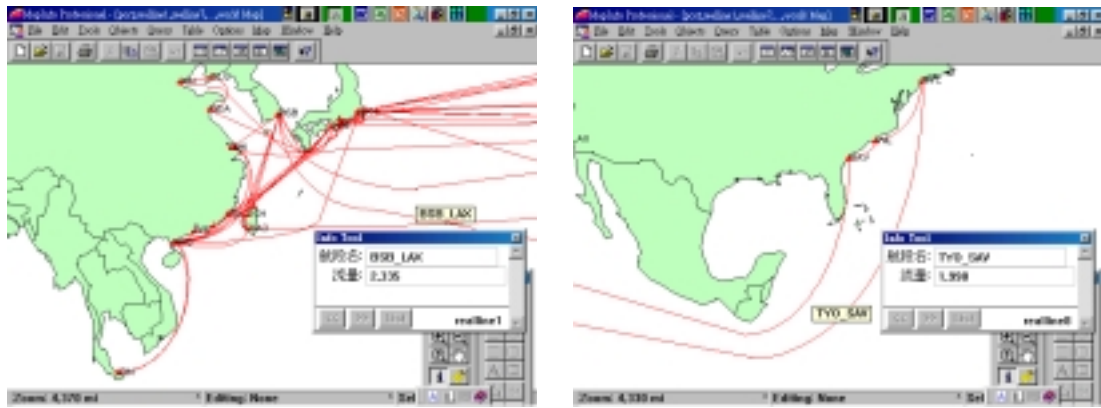


圖 4-6 遠東、美洲空櫃調度情形及航線上之流量

模式運算結果與實例結果可整理成相關報表，茲說明如后：

1.各港重櫃流量

表 4-9 可顯示各港口出口貨櫃（與所分配之艙位數同）與進口貨櫃之數量，其運算結果與實例結果作一對照，可知道運算 1 結果在各港之進出口情形大致與實例結果相似，如遠東地區最不平衡之港口為 HKG，相差近 1,700 TEU，實際狀況亦是如此；美洲地區最不平衡為 LAX，實際亦是如此。而觀其總量關係，運算 1 之結果由於在各起訖對之需求採一範圍值，一旦運送之貨櫃能增加整體利潤時，對於各起訖對所能使用之艙位數將持續增加，直到達該起訖對需求上限值，而不需要艙位為止，也因此，運算 1 所得之運送數較實例為多，尤其美洲地區到遠東地區相差 547 TEU (4967 - 4420)，觀其原因，乃部分美洲到遠東之貨櫃仍有利潤，以及為避免兩區域之不平衡現象過大之結果。唯實際發生之需求若不如運算結果多，將發生收入高估之情形。為避免兩者之立足點差異過大，即需求標準相差過大，本研究將其需求上限設定與實例相同，並進行分析比較。

表 4-9 模式運算結果與實例結果各港口重櫃流量比較

遠東地區							美洲地區						
港口	運算 1 結果 ¹		實例結果		運算 2 結果 ²		港口	運算 1 結果 ¹		實例結果		運算 2 結果 ²	
	出口數 (TEU)	進口數 (TEU)	出口數 (TEU)	進口數 (TEU)	出口數 (TEU)	進口數 (TEU)		出口數 (TEU)	進口數 (TEU)	出口數 (TEU)	進口數 (TEU)	出口數 (TEU)	進口數 (TEU)
SHI	400	189	311	162	311	162	LAX	2328	3877	2038	3871	2038	3871
HKG	2516	840	2544	745	2544	744	OAK	639	353	588	323	574	323
KAO	1087	968	1301	857	1301	857	TCM	136	533	127	473	124	473
TCH	372	66	436	59	436	59	VCB	86	32	80	26	79	26
BSB	965	1019	788	908	788	906	PLD	302	35	287	28	277	28
YKH	13	177	8	146	8	146	SAV	490	663	437	567	437	567
KBE	145	393	113	348	113	348	WIL	333	446	296	475	296	475
SIN	219	118	166	91	166	91	NYC	653	881	567	816	567	816
KEE	202	674	172	600	172	598	Total	4967	6820	4420	6579	4392	6579
YTI	352	0	300	0	300	0							
NGY	57	131	46	115	46	115							
TYO	315	348	266	351	266	328							
SJU	49	0	36	0	36	0							
XIN	58	44	42	38	42	38							
QDA	70	0	50	0	50	0							
Total	6820	4967	6579	4420	6579	4392							

註：¹ 運算 1 結果為需求上下限值設定為平均需求數加減一標準差。

² 運算 2 結果乃需求上限值與實例相同，下限值則設定為平均需求數減一標準差。

從上表運算 2 之結果（需求上限與實例相同），在遠東地區各港出口數（即各港所分配之可使用艙位數）彼此相同，因此，其加總之總量亦相同，其主要原因乃遠東地區至美洲地區之貨櫃利潤高，因此，不易有拒絕之情形產生；而美洲地區部分港口之出口數較實例結果為低，如港口 OAK 在實例中所分配之艙位數為 588 TEU，運算 2 之結果僅分配 571 TEU，供其裝載貨櫃出口，顯示部分經由港口 OAK 運送出去之貨櫃可能利潤過低，導致產生拒絕之情形。

2. 重空櫃總量關係

針對運算 1、2 結果及實例結果之重空櫃總量關係來比較，可整理如表 4-10。運算 1 結果，其區域間貨櫃不平衡情形、以及空櫃調度

費用均較實際為低，而總利潤則較高，兩者相差 877,731 美元，約相差 7% ($(12866077 - 11988346) / 12866077$)。唯運算 1 之平均重櫃利潤卻較實例結果差，觀其原因，乃由於美洲到遠東之貨櫃運價較低，而運算 1 美洲到遠東地區之貨櫃載運數量較實例為多，因此，重櫃平均利潤反而較實際情形為差，不過總利潤值還是運算 1 之結果較高。

運算 2 之結果則由於拒絕部分利潤較低之貨櫃，使得總利潤、平均重櫃利潤均較實例結果佳，雖造成遠東地區與美洲地區貨櫃不平衡現象增加，然並未造成空櫃調度費用增加，因為，部分拒絕之發生，有助於降低美洲內陸空櫃調度個數及遠東空櫃調度個數。

表 4-10 模式運算結果與實例結果重空櫃關係

項目		運算 1 結果 ¹	實例結果	運算 2 結果 ²
總利潤 (美元)		12,866,077	11,988,346	11,993,774
重櫃部分	遠東到美洲(TEU)	6,820	6,579	6,579
	美洲到遠東(TEU)	4,967	4,420	4,392
	小計(TEU)	11,787	10,999	10,971
	重櫃總利潤(美元)	14,247,856	13,541,877	13,543,952
	平均重櫃利潤(美元)	1209	1231	1235
空櫃調度部分	美洲內陸部分(TEU)	946	905	880
	遠東部分(TEU)	1,045	1,075	1,048
	跨洋部分(TEU) ³	1,853	2,159	2,187
	小計(TEU)	3,844	4,139	4,115
	空櫃調度總費用(美元)	1,381,779	1,553,531	1,550,178
	平均空櫃調度成本(美元)	359	375	377

註：¹ 運算 1 結果為需求上下限值設定為平均需求數加減一標準差。

² 運算 2 結果乃需求上限值與實例相同，下限值則設定為平均需求數減一標準差。

³ 跨洋部分乃指遠東地區與美洲地區貨櫃不平衡之現象，以顯示跨區域之空櫃調度個數。

值得一提的是，運算 2 之美洲到遠東之貨櫃需求上限為 4,420 TEU，但結果僅為 4,392 TEU，顯示部分需求並未達上限值，亦即有拒絕貨櫃需求之情形發生，為瞭解其可能原因，下一段將加以探討。

3. 拒絕重櫃原因

為瞭解美洲到遠東貨櫃遭拒絕之原因，本研究利用運算 2 之結果加以整理，將部分場站之重空櫃進出情形列出（表 4-11），及部分美洲到遠東需求為下限值之起訖對相關資訊列於表 4-12。

4-11 部分內陸場站重空櫃進出之情形 單位：美元,TEU

場站名	重櫃		空櫃				多缺櫃情形
	出口	進口	出去數	進入數	空櫃到收集節點	收集節點到場站	
OAK ¹	553 (205) ²	310 (1654)	0	243 (-163)	0	0	缺櫃區
DEN	14 (-499)	7 (930)	0	7 (-273)	0	0	缺櫃區
TYO	266 (1534)	328 (11)	0	0	62 (-275)	0	多櫃區

註：¹ 此處 OAK 乃指港口 OAK 之附近內陸場站名（請參照表 4-4），故重櫃出口與進口數與表 4-9 港口 OAK 有所不同。

²()為該場站進入或出去之重櫃平均利潤，計算方式為該場站總利潤除以總 TEU 數；或為空櫃調度平均費用，計算方式為該場站總花費除以總 TEU 數。

表 4-12 美洲到遠東需求為下限值之相關資訊

起點	迄點	需求(TEU)	上下限情形	重櫃利潤(美元)
OAK	TYO	59	下限值	45
DEN	TYO	2	下限值	-662
TYO	OAK	15	上限值	1,365

從表 4-11 及表 4-12 可看，美洲到遠東之需求僅達下限值之主要原因乃重櫃利潤過低，無法填補空櫃調度之成本。茲舉兩例說明：

(1)OAK 到 TYO 之起訖對

以 OAK 到 TYO 為例，由於遠東到美洲之可使用艙位已滿載，無法再由遠東地區運送貨櫃至 OAK 場站，而 OAK 本身為缺櫃區，因此，若要運送貨櫃至 TYO，必須先調一空櫃進入 OAK（約 163 美元），其運送至 TYO 之重櫃利潤為 45 美元，然而 TYO 為一多櫃區，未來進入之多餘貨櫃又需空櫃調出，花費為 275 美元。因此，就其實質之利潤為-393 美元(45-163-275)，然若不從 OAK 運載重櫃至 TYO，而直接將空櫃運至空櫃收集節點，以提供至遠東缺櫃地區，其所花費之成本僅 207 美元，反較運送重櫃回遠東地區較划算，故 OAK 到 TYO

僅需符合其下限值即可。

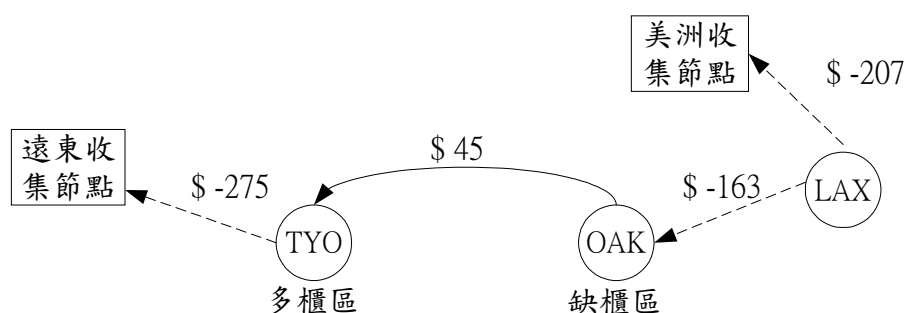


圖 4-7 OAK 到 TYO 內陸場站之需求僅達下限值說明

(2)DEN 到 TYO 之起訖對

DEN 到 TYO 則除如 OAK 到 TYO 一樣需先調入空櫃後以裝載貨物，並且在 TYO 需將多餘之空櫃運至其他缺櫃區，此外，從 DEN 到 TYO 重櫃利潤為負值，合計從 DEN 將貨櫃運至 TYO 需花費 1,210 美元(-273-662-275)，因此，該起訖對僅需達最低之需求數即可，以避免多運載而減少整體利潤。

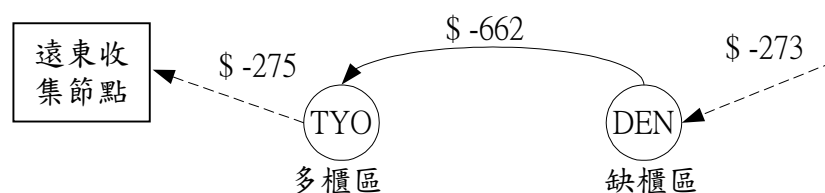


圖 4-8 DEN 到 TYO 內陸場站之需求僅達下限值說明

4.2.2 敏感度分析

本節將藉由調整運價費率、聯營航線可使用艙位、美洲到遠東之需求、及增加自有船舶之容量，以瞭解這些因素對於艙位分配之影響。

1. 運價對艙位分配之影響

由於市場運價變動幅度大且快，為瞭解運價對艙位分配之影響，將對美洲到遠東地區之運價及遠東到美洲地區之運價進行調整。

(1)美洲到遠東之運價

在 4.2.1 實例分析瞭解部分美洲到遠東貨櫃有拒絕之現象發生，觀其可能之原因，乃由於美洲到遠東之重櫃利潤過低之結果，為進一步瞭解，本研究藉由提高運價及降低運價，以影響重櫃之利潤，瞭解其影響程度。其運價乃將原先美洲到遠東之訂價為遠東到美洲之四成，各加減一成，使運價提高到五成，以及降低至三成，其結果如表 4-13：

表 4-13 運價變動時，需求達上下限值個數情形

	原運價為四成時*	運價為五成時	運價為三成時
總起訖對數(美洲到遠東)	223 個	223 個	223 個
達上限之個數(美洲到遠東)	208 個	217 個	169 個
僅達下限之個數(美洲到遠東)	15 個	6 個	54 個
重櫃數(美洲到遠東)	4,967 TEU	5,017 TEU	4,771 TEU
重櫃數(遠東到美洲)	6,820 TEU	6,820 TEU	6,820 TEU

註：*即運算 1 結果。

(a)提高美洲到遠東運價

當運價提高至五成時，美洲到遠東之重櫃運送個數相對增加，從 4,967 增加至 5,017 TEU，共增加 50 TEU。以 OAK 到 TYO 為例，原來僅達下限值，由於重櫃之利潤增加，使得達到上限值，說明如后。

表 4-14 運價變動時，部分場站重空櫃進出情形 單位：美元,TEU

場站名	重櫃		空櫃				多缺櫃情形
	出口	進口	出去數	進入數	空櫃到收集節點	收集節點到場站	
OAK	627 (423)	343 (1678)	0	284 (-163)	0	0	缺櫃區
TYO	313 (1529)	396 (248)	0	0	83 (-275)	0	多櫃區
DEN	19 (286)	6 (964)	0	13 (-286)	0	0	缺櫃區

註：()為該場站進入或出去之重櫃平均利潤，計算方式為該場站總利潤除以總 TEU 數、或為空櫃調度平均費用，計算方式為該場站總花費除以總 TEU 數，單位美元。

表 4-15 運價變動後，美洲到遠東部分場站需求變動之相關資訊

起點	迄點	需求 (TEU)	上下限情形	重櫃利潤 (美元)
OAK	TYO	76	上限	265
TYO	OAK	19	上限	1,365
DEN	TYO	2	下限	-442

雖然 OAK 為缺櫃區，必須先調一空櫃進入 OAK (約 163 美元)，而 TYO 為多櫃區，未來進入之多餘貨櫃又需空櫃調出，花費為 275 美元。然就其重櫃部分來看，OAK 到 TYO 可獲利 265 美元，而空櫃調度所發生之費用為 438 美元(163+275)，實際得到利潤為-173 美元(265-438)。然若空櫃不運至 OAK 載裝重櫃至 TYO，而鄰近之多櫃區 (LAX) 直接將貨櫃運至空櫃收集節點則需花費 207 美元，反而損失較多，故 OAK 到 TYO 在艙位使用容許下，會多載運，而達到上限值，以避免損失過多。

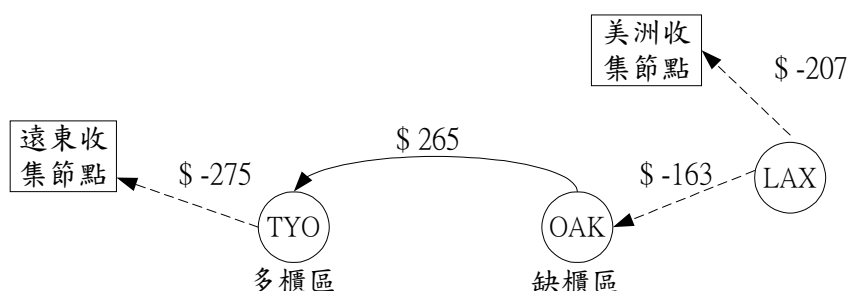


圖 4-9 運價上升對 OAK 到 TYO 內陸場站之影響

(b)降低美洲到遠東運價

當美洲到遠東之運價降低時，使得重櫃利潤相對降低，其所分配之艙位數亦相對降低，減少約 200 TEU (表 4-13)，另外，所分配之艙位數僅達下限需求之起訖對數亦相對增加，從原先 15 個，增加到 54 個，即拒絕部分利潤過低之重櫃需求，而直接將空櫃運至空櫃收集節點增加，此可突顯航商在接收貨櫃時，並不能單以減少兩區域之不平衡現象為目的而儘量攬貨，必須考量其所得之利潤是否較直接將空櫃運到缺櫃區之成本佳，否則因拒絕其重櫃需求。

至於將運價調整至五成仍有部分起訖對僅達下限值，以及調整運

價為三成僅達下限值之起訖對增加，其原因則如 4.2.1 小節所述，乃由於美洲到遠東之重櫃利潤仍無法負擔所花費之成本或比直接將空櫃調度至空櫃收集節點損失多，因此，仍僅達下限值，此處並不再累贅說明。

(2)遠東到美洲之運價

由於遠東到美洲之艙位分配已達船舶之容量限制，因此，增加運價並無法增加出口之貨櫃數或艙位分配數，故並不探討運價調漲之現象，不過，由於遠東到美洲之貨櫃利潤較高，以原運價水準來看（運算 1），平均重櫃利潤為 1,209 美元/TEU，其遠東到美洲之平均利潤將可能超過 1,500 美元/TEU，因此，將運價調降二成，或三成其利潤仍超過 1,000 美元/TEU，對於不平衡所造成之空櫃成本仍可負擔，因此，遠東到美洲之艙位分配數並沒有減少。

表 4-16 遠東運價調降之影響

項目		原運價水準*	遠東運價降二成	遠東運價降三成
總利潤（美元）		12,866,077	9,173,189	7,338,349
重櫃部分	遠東到美洲(TEU)	6,820	6,820	6,820
	美洲到遠東(TEU)	4,967	4,967	4,962
	小計(TEU)	11,787	11,787	11,782
	重櫃利潤(美元)	14,247,856	10,501,637	8,646,367
	平均重櫃利潤(美元)	1,209	891	734
空櫃調度部分	美洲內陸部分(TEU)	946	906	942
	亞洲部分(TEU)	1,045	1,049	1,055
	跨洋部分(TEU)	1,853	1,853	1,858
	小計(TEU)	3,844	3,808	3,855
	空櫃調度費用(美元)	1,381,779	1,328,448	1,308,018
	平均空櫃調度成本(美元)	359	349	339

註：*即運算 1 結果。

2.聯營航線之效果

由於航商 A 美西航線除自營航線一條外，其餘六條均為聯營航線，為瞭解聯營航線對於該公司可能造成之影響，底下將探討刪除某聯營航線之影響，以及增加聯營航線艙位之租用，對航商 A 之影響。

(1)刪除某聯營航線

為瞭解聯營航線對於該公司可能造成之影響，將依序刪除某一聯營航線，以瞭解其影響之程度。由於當刪除某一聯營航線後，可能造成某些起訖對無法運送，故模式中將對該起訖對之貨櫃需求予以省略。

表 4-17 刪除航線之影響

	運算 1 結果	刪除航線 2	刪除航線 3	刪除航線 4	刪除航線 5	刪除航線 6	刪除航線 7
減少之艙位數(TEU)(1)	0	900	620	150	600	75	150
重櫃利潤(萬美元)(2)	1424.79	1238.36	1291.51	1400.97	1310.51	1410.88	1393.07
空櫃調度費用(萬美元)(3)	138.18	115.87	117.99	136.64	124.7	136.43	135.11
總利潤(萬美元)(4)=(2)-(3)	1286.61	1122.49	1173.52	1264.32	1185.81	1274.45	1257.95
總利潤減少比例(%)*		12.8%	8.8%	1.7%	7.8%	0.9%	2.2%

註：*總利潤減少比例(%)計算方式為各方案總利潤減運算 1 之總利潤，除以運算 1 之總利潤所得，如 $[(1122.49-1286.61)/1286.61] \times 100\% = 12.8\%$ 。

從上表可得知，去除航線 2 時所造成之影響最大，超過一成，其可能之原因，乃由於美西線從遠東到美西之越洋航段均為滿載之情形，而去除航線 2 時，可使用艙位減少 900 TEU，佔美西航線之可使用艙位約 18% (900/4830)，使得利潤與原來比較時，相差最大。相對地，由於航線 6 可用艙位僅 75 TEU，因此，其影響之程度相對是最少的。

(2)增加聯營航線之可使用艙位

聯營航線所提供之可使用艙位，使航商可不需自行花費龐大之固定成本購置船隻，其艙位之可變動性較高，通常航商均依其對市場需求之預估，與聯營航商協議其租用艙位數，在此，本研究擬針對各聯營航線增加其可使用艙位，以瞭解當聯營航線可使用艙位增加時，對於航商 A 之影響程度。本研究先就各聯營航線多租用 100 TEU，使單向貨櫃運能增加至 6,920 TEU，其結果整理如表 4-18：

4-18 聯營航線增加艙位之影響

項目		航線 2	航線 3	航線 4
總利潤 (美元)		13,011,123	13,012,463	13,010,523
重櫃部分	遠東到美洲(TEU)	6,920	6,920	6,920
	美洲到遠東(TEU)	4,970	4,970	4,970
	小計(TEU)	11,890	11,890	11,890
	重櫃總利潤(美元)	14,432,090	14,433,430	14,431,490
	平均重櫃利潤(美元)	1,214	1,214	1,214
空櫃調度部分	美洲內陸部分(TEU)	946	946	946
	遠東部分(TEU)	1,024	1,024	1,024
	跨洋部分(TEU)	1,950	1,950	1,950
	小計(TEU)	3,920	3,920	3,920
	空櫃調度總費用(美元)	1,420,967	1,420,967	1,420,967
	平均空櫃調度成本(美元)	362	362	362
與運算 1 結果總利潤差異(美元)		145,046	146,386	144,446

項目		航線 5	航線 6	航線 7
總利潤 (美元)		12,925,069	13,013,692	12,990,415
重櫃部分	遠東到美洲(TEU)	6,868	6,920	6,920
	美洲到遠東(TEU)	4,967	4,970	4,970
	小計(TEU)	11,835	11,890	11,890
	重櫃總利潤(美元)	14,322,304	14,434,659	14,411,382
	平均重櫃利潤(美元)	1,210	1,214	1,212
空櫃調度部分	美洲內陸部分(TEU)	946	946	946
	遠東部分(TEU)	1,045	1,024	1,024
	跨洋部分(TEU)	1,901	1,950	1,950
	小計(TEU)	3,892	3,920	3,920
	空櫃調度總費用(美元)	1,397,235	1,420,967	1,420,967
	平均空櫃調度成本(美元)	359	362	362
與運算 1 結果總利潤差異(美元)		58,992	147,615	124,338

從表 4-18 可得知，增加航線 6 之效果，對航商而言較佳，唯與增加航線 2、3、4 之差異不大，主要原因乃均停靠 LAX 港口之故。由於遠東到 LAX 之出口貨櫃所佔比例將近 6 成，與 LAX 有關之起訖對有 150 組，然而在 4.2.1 之運算 1 結果，受限於可使用艙位之限制，及其他起訖對最低需求，導致在 150 組內有 63 組起訖對貨櫃需求無法達上限值，而其貨櫃利潤卻介於 1,800-2,000 美元間，因此，一旦

可使用艙位數增加，將增加運至 LAX 之貨櫃數，如表 4-19，其 LAX 港口進入之個數與運算 1 結果增加 100 TEU。另外，之所以航線 6 之利潤較航線 2、3、4 稍微大，乃由於航線 6 由 HKG 經 YKH 到 LAX 之海上航行時間僅 11 天，而其他航線，如航線 2 由 HKG 到 LAX 則需 13 天，使得航行航線 6 所花費之航行成本較低，因此，總利潤較高。

至於增加航線 5 與航線 7 之效果，則由於其越洋間之需求不高，如航線 5 進入 TCM、VCB、以及 PLD 之數量本來就有限，因此雖增加可用艙位數，卻出現不滿載之情形；而航線 7 雖有停靠 LAX，然遠東端之 XIN、QDA 及 KBE 出口之數量亦有限，其運送之重櫃利潤相較於其他航線運至 LAX 為低，也因此，雖然仍為滿載 (6920 TEU) 情形，然其總利潤卻較航線 6 低。

故未來航商 A 若要增加總利潤，可考量多租用航線 6 之艙位數或航線 2、3、4 之艙位數亦可，以期總利潤增加最多。

表 4-19 模式運算結果與航線 6 增加艙位之結果比較

遠東地區					美洲地區				
港口	運算 1 結果		航線 6 增加艙位之結果		港口	運算 1 結果		航線 6 增加艙位之結果	
	出口數 (TEU)	進口數 (TEU)	出口數 (TEU)	進口數 (TEU)		出口數 (TEU)	進口數 (TEU)	出口數 (TEU)	進口數 (TEU)
SHI	400	189	402	189	LAX	2328	3877	2331	3977
HKG	2516	840	2561	840	OAK	639	353	639	353
KAO	1087	968	1107	968	TCM	136	533	136	533
TCH	372	66	372	66	VCB	86	32	86	32
BSB	965	1019	965	1019	PLD	302	35	302	35
YKH	13	177	13	177	SAV	490	663	490	663
KBE	145	393	152	393	WIL	333	446	333	446
SIN	219	118	219	118	NYC	653	881	653	881
KEE	202	674	202	674	Total	4967	6820	4970	6920
YTI	352	0	361	0					
NGY	57	131	60	131					
TYO	315	348	329	351					
SJU	49	0	49	0					

XIN	58	44	58	44
QDA	70	0	70	0
Total	6820	4967	6920	4970

另外，從表 4-19 之總量關係可看出，增加艙位數對於美洲到遠東地區之貨櫃量，增加幅度不高，僅從 4,967 TEU 增加到 4,970 TEU，因此，其艙位之主要之運用還是在遠東到美洲地區。

3.調整美洲到遠東之需求數

由於遠東與美洲對貨櫃之需求差異甚大，以航商 A 實例之結果為例，相差 2,100 TEU（詳表 4-9），而本研究利用平均貨櫃需求數加減一個標準差，使得兩者差異縮減為 1,800 TEU（表 4-9），其中，美洲到遠東之起訖對有 9 成以上均達到上限（詳表 4-13），未來若能增加其美洲到遠東之貨櫃，應能持續增加其利潤，並減少其不平衡現象。因此，本研究調整美洲到遠東之貨櫃需求，由原來平均數加減一個標準差，調整到加減兩個標準差，亦即加大其需求範圍，由原先下限值為 3,937，調整為 3,472，上限值為 5,023，調整為 5,512 TEU。另外，為瞭解美洲到遠東之需求量若與遠東到美洲之需求差異過大時，航商應如何因應，因此，本研究調整美洲到遠東之需求量，將原先之平均需求調降三成，使其下限值為 2,748 TEU，上限值為 3,495 TEU，其結果可整理如表 4-20：

表 4-20 美洲到遠東需求之範圍改變

項目		運算 1 結果	放寬美洲到遠東需求之變動範圍	降低美洲到遠東之需求量
總利潤（美元）		12,866,077	13,132,662	11,948,926
重櫃部分	遠東到美洲(TEU)	6,820	6,820	6,815
	美洲到遠東(TEU)	4,967	5,401	3,481
	小計(TEU)	11,787	12,221	10,296
	重櫃總利潤(美元)	14,247,856	14,389,343	13,822,357
	平均重櫃利潤(美元)	1209	1,177	1,342
空櫃調度部分	美洲內陸部分(TEU)	946	1,105	639
	遠東部分(TEU)	1,045	1,226	563
	跨洋部分(TEU)	1,853	1,419	3,334
	小計(TEU)	3,844	3,750	4,536

	空櫃調度總費用(美元)	1,381,779	1,256,681	1,873,431
	平均空櫃調度成本(美元)	359	335	413

(1)放寬美洲到遠東之需求變動範圍

從表 4-20 可以看出，當美洲到遠東之需求之範圍增加時，美洲到遠東之貨櫃數增加 434 TEU (5401-4967)，使得兩區域貨櫃不平衡之情形減少，不過，觀看重櫃之平均利潤，增加需求後之重櫃利潤反而減少 24 美元/TEU，其主要原因，乃由於美洲到遠東之運價較便宜，利潤亦相對較低，然載運之個數卻較原先為多，拉低了重櫃之平均利潤。

另外，雖然美洲到遠東之需求上限值為 5,512 TEU，而求解結果顯示並未達到該上限值，且部分起訖對仍僅達下限值，觀其原因如 4.2.1 所述，乃因重櫃利潤過低所至，一旦所得之重櫃利潤能負擔所造成之空櫃調度，或減少其不平衡之發生，則美洲地區到遠東地區之貨櫃，將大部分接收，這也符合實際航商在運作時，常對於美洲之貨櫃需求，全部接受，唯仍需注意部分美洲場站，如 4.2.1 所述之 DEN，由於其重櫃利潤為負（運價－重櫃內陸運輸成本－裝卸費用－海上運輸成本），因此，該起點之貨櫃量仍僅達最低之限度即可。

(2)降低美洲到遠東之需求

當美洲到遠東之貨櫃需求降低，使兩區域間之不平衡情形加劇時，由表 4-20 可發現，遠東到美洲地區之貨櫃量已非滿載之情形，而略有下降，其下降之幅度雖然不大，不過可以發現，由於不平衡之情形嚴重，使得空櫃調度總費用增加，其增加幅度約三成左右。顯示航商若遇到兩區域之需求差異甚大時，應需適度拒絕重櫃部分起訖對之需求，以避免重櫃利潤無法負擔空櫃調度所產生之成本，及不平衡之現象擴大。

4.增加船舶容量

由於科技之發達及航商間之競爭激烈，航商為降低艙位每單位使用成本，紛紛購入大型船舶，以本研究所探討之航商 A 為例，近年

來亦投入大型船舶於營運路網中，為瞭解其可能之影響，將對航商 A 之自營航線，航線 1 及航線 8 增加其船舶之可使用艙位數。

本研究設定航線 1 之可用艙位數，由原先 2,335 TEU，提高至 4,500 TEU，航線 8 之可使用艙位數，由原先 1,990 TEU，增加至 3,000 TEU，而艙位單位使用成本，即海上運輸成本項，雖會較原先為低，此處先假設其單位成本不變，其運算結果如表 4-21。

表 4-21 船舶容量改變之影響

項目		運算 1 結果	航線 1 艙位增加	航線 8 艙位增加	航線 1-8 艙位增加
總利潤（美元）		12,866,077	14,252,200	13,421,951	14,807,602
重櫃 部分	遠東到美洲(TEU)	6,820	7,892	7,206	8,278
	美洲到遠東(TEU)	4,967	4,971	4,968	4,971
	小計(TEU)	11,787	12,863	12,174	13,249
	重櫃利潤(美元)	14,247,856	16,099,855	15,014,617	16,868,763
	平均重櫃利潤(美元)	1,209	1,252	1,233	1,273
空櫃 調度 部分	美洲內陸部分(TEU)	946	869	981	972
	遠東部分(TEU)	1,045	1,004	1,010	971
	跨洋部分(TEU)	1,853	2,921	2,238	3,307
	小計(TEU)	3,844	4,794	4,229	5,250
	空櫃調度費用(美元)	1,381,779	1,847,655	1,592,666	2,061,161
	平均空櫃調度成本(美元)	359	385	377	393

從表 4-21 可知，由於可使用艙位的增加，加上遠東到美洲地區之重櫃利潤高，使得艙位分配數均增加。若配合表 4-22 來看，增加航線 1 之容量（遠東到美西部分），其分配數為 7,892 TEU，剛好為遠東到美西之需求上限 5,902 TEU，加上遠東到美東需求受限於容量限制之 1,990 TEU，顯示遠東到美洲地區之貨櫃並無拒絕之現象，同理，航線 8 增加艙位或同時增加航線 1 及航線 8 之艙位，亦無拒絕貨櫃之現象。而美洲到遠東地區之貨櫃，則由於利潤較低，因此，變化幅度不大，也因此，兩地區不平衡之現象加劇，使得空櫃調度費用增加。

另外，航線 8 增加艙位後，其遠東到美洲之艙位分配數增加 387 TEU (12,174-11,787)，而其重櫃利潤增加 766,761 美元 (15,014,617-14,247,856)，平均重櫃利潤約為 1981 美元/TEU，較航線 1 增加艙位後之平均重櫃利潤 1,721 美元/TEU 為高，顯示增加航線 8 對每單位貨櫃貢獻較高。

表 4-22 遠東與美洲各區域間需求上下限值 單位：TEU

項目		需求上限值	需求下限值
遠東地區	遠東到美西	5,902	3,883
	遠東到美東	2,376	1,431
	小 計	8,278	5,314
美洲地區	美西到遠東	3,547	2,783
	美東到遠東	1,476	1,154
	小 計	5,023	3,937

4.3 小結

經由上述對實例進行分析比較，並對相關影響因素進行敏感度分析，可歸納出幾點，分述如下：

1. 經模式之運算結果與實例結果比較，本研究在總利潤上增加均較實例結果好，其原因乃顯示本模式能有效分配艙位，適當拒絕重櫃利潤較低之貨櫃需求。
2. 當美洲到遠東之運價調整時，其對遠東到美洲之貨櫃量影響較低，影響較大者仍為美洲到遠東之貨櫃需求數。當運價較高時，因利潤相對增加，多運送貨櫃較為有利；若降低運價，則反而應該拒絕部分重櫃需求，而直接將空櫃運至缺櫃區，其花費之成本反較運送重櫃為佳。
3. 本研究測試聯營航線對航商 A 之影響，可發現由於航線 2 可使用艙位數最多，因此，一旦刪除該航線之需求量，將使得利總利潤減少最多。而若增加聯營航線之可使用艙位時，由於航線 6 停靠之港口貨櫃需求量尚可增加，且其利潤頗高，因此，對航商 A 而言，增加

航線 6 之可使用艙位，將可增加較多之利潤。

- 4.當遠東與美洲之貨櫃需求相差約一半時，由於貨櫃不平衡之情況加劇，因此，部分遠東到美西之貨櫃將予以拒絕，以避免過高之空櫃調度費用，侵蝕既有之利潤。
- 5.在增加自營航線上之艙位容量時，對於遠東到美洲之艙位分配數影響較大；對於美洲到遠東地區之艙位分配數，則由於其重櫃利潤較低，因此，增加幅度有限。

第五章 結論及建議

本章就研究貨櫃航商艙位分配問題之結論與建議，分別列示於 5.1 節與 5.2 節。

5.1 結論

- 1.實務上航商對於艙位分配常以重櫃加以考量，忽略空櫃調度所造成之影響，而本研究之艙位分配所強調的，乃在於重空櫃一起考量，亦即多載（重櫃）未必是好的，必須追求最大利潤。經測試結果顯示，應拒絕部分重櫃需求，以使航商之利潤最大，此可作為航商未來在接受重櫃時，應要有較全盤之考量。
- 2.貨櫃航商艙位分配問題其考慮因素相當複雜，其涉及櫃務、業務及運務三方面之互動，航商必須隨時注意市場動向調整航線、規劃艙位、調度貨櫃，以降低成本獲取最大之利潤。然而，面對如此大型化、網路化、平衡化的艙位分配系統，決策者若僅憑經驗法則恐難做出考慮周詳的決策，因此有需要發展一艙位分配模式予以輔助。
- 3.傳統上，研究貨櫃航商艙位分配問題多以假設資料加以進行，本研究除以完整實務一整年之歷史資料加以進行分析外，尚取得相關成本項目，配合實務航商艙位分配之特性所構建艙位分配模式，經範例及實例測試，求解結果應屬合理。
- 4.實務上，由於貨櫃需求點並未均在港口，航商必須採陸運之拖車或火車來運送，尤其是大陸型地區如美國。本研究所構建之模式亦考量內陸之運送成本及空櫃調度行為，且測試結果相當良好。
- 5.實務上，航商對於同一起訖對不同貨種，會收取不同之運價，本研究雖未針對同一起訖不同貨種之差別運價加以探討，唯在同一航段上考量不同起訖對之運價，其效果亦可顯示本研究之模式對於不同貢獻之貨櫃加以考量，未來可輕易將本研究之模式加以擴展，將同一起訖不同運價加入。

5.2 建議

- 1.本研究採事前規劃之方式進行探討，唯海運運送貨櫃並非當天即可到達目的地，因此，未來可針對時間因素，如需求隨時間變動而變動加以考量。
- 2.本研究先將不同之貨櫃尺寸轉換成 TEU 數進行分配，未來可針對各尺寸之貨櫃（20 呎、40 呎）或乾櫃及冷凍櫃等各別分配其艙位數，供其裝載貨櫃。
- 3.本研究之空櫃調度僅著重於內陸部分，跨區域之空櫃調度僅以一空櫃收集節點代表，未來可考量跨區域之空櫃調度行為，以將空櫃直接調度至所需之內陸場站。
- 4.由於全球貿易持續不平衡有愈來愈嚴重的趨勢，短期內亦不太能改善，而艙位分配僅能在現有條件下尋求最佳的分配數量，後續應可探討市場機能所導致訂價之差異對重櫃之需求變化，以及重櫃之利潤，進而影響艙位分配之結果。
- 5.本研究僅先以貨櫃平衡之觀念對於重空櫃進行探討，然實務運作時，貨櫃又區分為自有櫃及租賃櫃，其成本設定有所不同，此外，運作中常牽涉到租還櫃行為，如可在缺櫃區藉由租櫃來取得貨櫃，供其貨主取用、裝載，避免自行空櫃調度，此部份可待後續之研究與探討。
- 6.隨著科技之發達，船舶大型化為一趨勢，然艙位之增加並未帶來需求之增加，使得艙位過剩之情形發生，未來可對此一課題加以探討，如將空櫃置放於船舶上，而減少貨櫃置放於陸地之存置費用，並得以隨時補充缺櫃之地方，以瞭解對航商進行艙位分配之影響。

參考文獻

- 1.朱道凱譯，收益式管理—分眾時代的市場訂價策略，麥田出版社，民國 87 年。
- 2.汪進財，「網路分析於收益管理之應用」，中華民國第四屆運輸網路研討會，頁 15-25，民國 88 年。
- 3.李高彥，定期貨櫃海運業應用收益管理之研究，國立交通大學管理科學研究所碩士論文，民國 84 年。
- 4.余秀梅，多元商品模式應用在動態空櫃調度問題之研究，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 83 年。
- 5.周伯魁，建立動態貨櫃微觀模式之研究—兼論貨櫃調度決策支援系統之構建，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 84 年。
- 6.林光，海運學，華泰書局，民國 86 年。
- 7.郭洪森，「未來 5 年貨櫃市場供求關係預測」，航貿周刊，第 200024 期，頁 48-50，民國 89 年。
- 8.郭洪森，「未來市場運價將如何發展」，航貿周刊，第 200036 期，頁 50-53，民國 89 年。
- 9.郭維杰，多席訂位與多站停靠之艙位規劃模式，淡江大學土木工程研究所碩士論文，民國 84 年。
- 10.陳春益、馬開平，「近洋貨櫃調度模式之研究」，運輸學刊，第十一卷第一期，頁 1-16，民國 88 年。
- 11.陳春益、謝東緯、陳怡安，「遠洋航商空櫃調度模式之研究」，中華民國運輸學會第十五屆論文研討會，，民國 89 年。
- 12.陳春益、邱明琦，「貨櫃排程問題之研究」，運輸計劃季刊，2001 (審核中)。

- 13.陳昭宏，航空公司營收管理模式之研究—整合艙位配置與超額訂位之動態策略，國立成功大學博士論文，民國 86 年。
- 14.陳昭宏，「旅運服務業營收管理模式之研究—以航空公司為例」，第四屆服務管理研討會論文集，頁 89-105，民國 87 年。
- 15.陳茂南，航空公司網路機位庫存管理，國立中央大學土木工程學系博士論文，民國 89 年。
- 16.許文娟，Kasilingam 航空貨運收益管理模式之研究，國立交通大學交通運輸研究所碩士論文，民國 87 年。
- 17.張楊，「世界貨櫃運量不平衡及其解決方法初探」，航貿周刊，第 200016 期，頁 50-52，民國 89 年。
- 18.張有恆，航空運輸管理，鼎漢國際工程顧問股份有限公司，民國 87 年。
- 19.張有恆，運輸業經營與管理，華泰書局，民國 85 年。
- 20.謝東緯，遠洋航商空櫃調度問題之研究，國立成功大學交通管理科學研究所碩士論文，民國 89 年。
- 21.顏上堯、陳茂南，「航空公司網路機位庫存管理—混合共用容量控制策略」，運輸計劃季刊，第 29 卷，第 1 期，頁 53-78，民國 89 年。
- 22.CPLEX Optimization, Inc., CPLEX Manual, 1993.
- 23.Dong Woo Ha, Capacity Management in the Container Shipping Industry: The Application of Yield Management Techniques, The University of Tennessee, Ph.D., August 1994.
- 24.Jinn Tsai Wong, Frank S. Koppelman, and Mark S. Daskin, “Flexible Assignment Approach to Itinerary Seat Allocation”, Transportation Science, Vol. 27B, No. 1, pp33-48, 1993.
- 25.Jeffrey. I. McGill and Garrett. J. Van Ryzin, “Revenue Management: Research Overview and Prospects”, Transportation Science, Vol.33,

No. 2, pp233-252, 1999.

26. Lawrence R. Weatherford and Samuel E. Bodily, "A Taxonomy and Research Overview of Perishable-Asset Revenue Management: Yield Management, Overbooking, and Pricing", *Operations Research*, Vol. 40, No. 5, pp831-844, 1992.
27. Lee T. C., and M. Hersh, "A Model for Dynamic Airlines Seat Inventory Control with Multiple Seat Bookings", *Transportation Science*, Vol. 27, No. 3, pp252-265, 1993.
28. MapInfo Corporation, *MapInfo User's Guide*, 1992.
29. R. G. Kasilingam, "Air cargo revenue management: Characteristics and complexities", *European Journal of Operational Research*, pp36-44, 1996.
30. Sheryl E. Kimes, "The Basics of Yield Management", *The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, Vol. 30, Iss. 3, pp14-19, 1989.
31. Sheryl E. Kimes, "Yield Management: A Tool for Capacity-Constrained Service Firms", *Journal of Operation Management*, Vol. 8, No. 4, pp348-363, October 1989.
32. Spyridon A. Maragos, *Revenue Management for Ocean Carriers: Optimal Capacity Allocation with Multiple Nested Freight Rate Classes*, Massachusetts Institute of Technology, Master, May 1994.
33. Spyridon A. Maragos, *Yield Management for the Maritime Industry(Shipping, Itineraries)*, Massachusetts Institute of Technology, Ph.D., 1994.

著作人簡歷



姓 名：李啟安

籍 貫：台灣省台南市

生 日：民國 65 年 12 月 9 日

學 歷：國立成功大學交通管理科學研究所

國立成功大學交通管理科學系

台灣省立台南第二高級中學

賜教處：台南市大興街 40 巷 71 號

電 話：(06)2585875