

東吳經濟商學學報 第七十五期
(民國一〇〇年十二月)：31-68.

我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用

張寶光* 黃台心** 韓宜蓁***

摘 要

本文以我國貨櫃航運產業具代表性的個案海運公司，其內部遍佈全球各定期航線之微觀資料，針對個案公司歐洲、美洲、亞洲及大西洋等 21 條定期航線，2003 至 2007 年的去回程季資料進行生產力分析。為求能更真切地捕捉海運公司的營運特色，本文以共同邊界投入導向距離函數為基礎，依循 Orea (2002) 提出在變動規模報酬假設下，計算 Malmquist 指數的方法，將共同邊界生產力指數拆解為傳統的 Malmquist 生產力指數以及效率追趕、規模追趕及潛在技術變動等項。主要實證結果如下，首先，在樣本期間中去回程航線生產力指數未具顯著差異。其次，去程航線平均每季之技術進步率顯著低於回程航線。第三，去程航線生產技術相對於潛在技術水準可以提升的空間顯著比回程大。綜言之，相對於過去以貨櫃航運公司為分析對象之文獻，本研究改以個案公司內部航線微觀層次資料進行分析，並將課題延伸至生產力變動及效率追趕的實證資訊，

* 張寶光（通訊作者），淡江大學會計學系教授。通訊地址：新北市淡水區英專路 151 號。E-mail:baog@mail.tku.edu.tw。

** 黃台心，國立政治大學金融學系教授。

***韓宜蓁，中國科技大學財金系專任講師。

作者們感謝兩位匿名評審之寶貴建議，使本文更臻完善；文中如有任何缺失，悉由作者負責。

或較能提供更具體資訊予企業的管理階層，做為擬訂長期績效評估及經營決策之依據。

關鍵詞：貨櫃航運業、定期航線、技術缺口比率、共同邊界生產力變動、追趕

壹、緒論

海、空運輸產業係構成台灣經濟發展不可或缺的一環，堪稱為台灣經濟命脈的推手，其中，尤以航（海）運業的進出口量占全部運量的 99% 以上（交通部，民 97），故航運業實為台灣對外貿易運輸的關鍵產業，其產業競爭力與營運績效的提升是個重要課題。

航運業之運輸模式通常與其營運績效有緊之密關聯性，相對於不定期之航線言，定期航線的景氣波動主要受船噸供需之影響，就中、短期而言，定期航運業之船舶供給彈性小，經常造成供需失調，增加航運業者之經營風險。其次，經營定期航運業之固定成本較高，如貨櫃船、貨櫃、車架等，故進入障礙高，屬資本密集產業，且具回收緩慢、獲利率及運費收入常有波動之產業特性。而運送之貨物種類繁多，計算運費的方式不同，造成每航次收入不固定，加上航商在國際市場上常受運費同盟、策略聯盟或合作協議夥伴的牽絆，又受法律管制，無法任意提高運費或相關作業費用。

另就貨櫃運輸貨物言，定期航運業所承攬之貨物本身種類及貨物質量輕重不同，且各國國際分工方式不一，使遠洋洲際航線上，貨櫃數量的供需很不平衡，導致單向空櫃數量差距頗大，形成洲際間空櫃調度作業頻繁，增加空櫃調度費用，進而侵蝕定期航運公司的獲利。

關於航運業營運績效研究之文獻，主要均以財務績效為主，例如 Grammenos 及 Marcoulis (1996)；Lim (1996)；Evangelista 及 Morvillo (1998) 等。中文文獻大多區分成定期及不定期兩種航運業加以探討，其中以定期航運業為研究對象之文獻，如林光、李選士與王昱傑（民 92）針對台灣地區四家上市貨櫃航運公司的財務營運績效進行評估；另外，王榮祖、林文恭與朱銀鈴（民 94）與王昱傑（民 95）則以灰聯關分析法評估台灣主要貨櫃航運公司之財務績效。對於不定期航運業之研究，同樣使用灰關聯分析法評估

我國不定期航運類公司的經營績效者，如劉金鳳、林文晟、蘇育玲與劉中平（民 93），而黃承傳與鍾政棋（民 93）則運用資料包絡分析法(data envelopment analysis)，利用我國五家股票上市散裝航運公司資料，進行營運績效之評估。整體而言，航運業營運績效研究之方法各有所長，較值得注意者為，前述文獻均針對公司層級的資料進行分析，少有以公司內部航線做為分析對象。

通常而言，以航線層級進行分析，具有以下特色。首先，以航線為對象時，則可依航運業的經營特性將航線再細分成去程與回程兩個技術水準截然不同的類別，藉此分析所得之資訊更有助於管理階層的決策需要。其次，因每家航商所開闢之航線不盡相同，若以航商（廠商）層級資料從事效率評估，由於營運基準不一，直接比較之意義不大。第三，如以航線別為對象進行效率評估，其結果除可直接供公司管理階層進行營運調整的參考外，亦可提供同業在進行營運策略評估時多一個參考學習榜樣。綜合而言，利用公司內部航線資料進行分析可以補強過去文獻甚少討論的領域，故而上述特色即是本文選擇航運業中經營定期航線的個案公司內部去回程航線為對象，以進行效率分析的主要動機。

如前所述，由於航運業去回程航線之單向貨運量、裝卸量、轉運量及空櫃數量差距頗大，隱含此兩組生產決策單位係使用不同之生產技術，故若能同時估計去回程個別及共同邊界下之效率或生產力時，則或能提供更具決策攸關之資訊予管理者做營運調整之參考，除能瞭解航運業內部不同航線之效率狀態外，更能有較明確之決策點來提昇廠商之生產效率。由於過去文獻對航運業效率及共同效率(Meta- efficiency)已有所討論（張寶光、黃台心及王士豪，民 99；黃台心及張寶光，民 99），且較傾向於靜態性之分析，而在效率動態性之探討則相對較少；故本文即針對航運業航線去回程共同邊界的生產力變動加以分解，除包含傳統麥氏生產力指數(Malmquist productivity index)外，另涵蓋群組與共同邊界相對生產力變動之分析，此不但可填補航運業效率動態性文獻之缺口外，且能提供攸關之生產力變動資訊予管理階層做為營運決策參考。

有關麥氏生產力指數之估計方法，過去常採用固定規模報酬(constant returns to scale, CRS)假設下的資料包絡分析法來分析，其重要特點之為固定

規模報酬與變動規模報酬(variable returns to scale, VRS)的包絡線必有交集。然而，若擬將受評估單位的環境不確定性因素納入方法考量而採隨機邊界分析法時，則前述關係不必然存在(Orea, 2002)。若使用變動規模報酬生產函數進行估計，進而計算麥氏生產力指數時，不符合生產力指數應具備的等比例性原則，¹ 必須有所調整。有關此點，Orea (2002)有詳細推導，該文透過變動規模報酬產出面距離函數的推導，將規模效率調整項納入共同邊界生產力指數變動的構成項目中，使該距離函數符合等比例性質，如此，甚至使共同邊界生產力變動之分解內涵更為完整與正確。

過去從事航運業效率評估的方法，大多數文獻以確定邊界的資料包絡分析法為之（如朱明輝，民93；吳偉銘及林泓毅，民93；黃承傳及鍾政棋，民93），然而廠商在實際的營運過程中，經常面臨不確定因素的干擾，故若在分析方法上採用能納入隨機因素的模型，應可獲得比較接近實況的營運資訊，對於管理階層的決策參考價值或可更高。故本文改採能納入營運不確定因素的隨機邊界模型，估計個別群組與共同邊界投入面 *traslog* 距離函數，進而可以計算個別群組與共同邊界生產力指數的跨期變動，*traslog* 函數具有相當的伸縮性，希冀儘量降低可能出現的函數設定不恰當缺點，並將隨機因素隔離，期能獲得較正確的估計結果。

綜合而言，本文採取隨機邊界投入面距離函數針對我國具代表性的某大型海運公司，其去回航程定期航線資料進行生產力變動分析，除估計本個案公司全球各大洲去回程航線共同邊界函數外，並進一步比較去回程航線共同邊界生產力變動組成要素的差異，做為管理階層擬定經營策略的參據，進而或可達成提升個案公司效率與促進資源之有效利用。

貳、文獻探討

一、航運業之營運績效

全球貨櫃航運市場的運價近幾年發生重大變化，尤其自94年開始，因全球各定期航運公司開始擴充船隊，運量供給增加，使得全球運價下滑，引發海運市場激烈的競爭，造成各家定期航運公司獲利自95年起大幅縮減（劉世忠，民96）。如何提升廠商競爭力以強化營運績效的課題，益顯重要。

過去對航運業營運績效的研究，大多以整體產業與財務績效為探討主軸，國外文獻如 Grammenos 及 Marcoulis (1996) 以 19 家分別在美國、挪威、斯德哥爾摩及倫敦上市的航運公司為對象，選定股票市場 β 係數、股利收益、財務槓桿當作股價績效的決定因素，以橫斷面分析方法，加入特定產業變數如平均船齡，檢驗上述變數對股價績效是否有顯著效果。Lim (1996) 分析美國海運與長榮海運兩大航運公司的興衰，比較兩家公司的財務績效，包括營運成本、營運收入、總資產、長期負債、保留盈餘、銷售報酬、股東權益報酬和資產報酬率等。Evangelista 及 Morvillo (1998) 根據獲利能力評量 50 家義大利航運公司的績效，衡量指標有三：股東權益報酬率、投資報酬率和借貸報酬率。發現股東權益報酬率為負者超過三成，在 5% 以下的公司約占全部樣本七成；在投資報酬率方面，超過一半的公司為負值；若從外部融資者的觀點評量獲利能力，約四成公司的借貸報酬率在 10% 以下。

國內有關航運業經營績效文獻，直接區分成定期及不定期兩類加以探討。以定期航運業為研究對象者，如林光等人（民 92）針對台灣地區四家上市貨櫃航運公司的財務營運績效進行評估；王榮祖等人（民 94）則以灰聯關分析法評估陽明海運與長榮海運兩家公司之績效；王昱傑（民 95）針對台灣三家主要貨櫃船公司，以灰聯關法將財務比率分群，評估貨櫃船公司的財務績效。對於不定期航運業之研究，如劉金鳳等人（民 93）使用灰聯關分析法評估我國不定期航運類公司，包括新興、台航、益航、中航、裕民、遠森科等公司的經營績效；黃承傳與鍾政棋（民 93）則運用資料包絡分析法，利用我國五家股票上市散裝航運公司資料，進行營運績效之評估。較特別的是，朱明輝（民 93）針對陽明海運個案公司進行技術效率與生產力之評估。

綜合前述針對航運業的研究文獻可知，均是針對公司層級的資料進行分析，企圖透過不同的績效評估方法，釐清影響航運業經營績效之關鍵因素，提供管理階層之營運參考。利用單一貨櫃航運公司內部各定期航線之微觀資料，進行績效評估之文獻，僅林郁芳（民 90）以資料包絡分析法，探討國內某大貨櫃航商內部 24 條定期航線之經營績效。

二、實證方法相關文獻

在縱橫資料(panel data)模式中，過去均將技術效率以不隨時間變動(time-invariant)的方式納入考量；Kumbhakar (1990)則首先將技術效率以隨時間變動(time-varying)的方式納入隨機生產邊界的縱橫資料模式中，但仍為單一邊界的情況。

過去對異質生產技術的群體，大多使用相同的效率邊界進行分析，產生異質生產技術群體間效率比較基礎不一致的缺點，對此，Battese *et al.* (2004)及 O'Donnell、Rao 及 Battese (2008)提出共同邊界函數(meta-frontier function)之方法俾供在共同邊界上進行比較。另外，陳谷荔及楊浩彥（民97）參考 Orea (2002)及 O'Donnell *et al.* (2008)之做法，透過變動規模報酬產出面距離函數的推導，將規模效率調整項納入共同邊界生產力指數變動的構成項目中，使該距離函數符合等比例性質，如此，甚至使共同邊界生產力變動之分解內涵更為完整與正確。相關介紹參見本文之第4節。

參、技術缺口比率與共同邊界 Malmquist 生產力指數之模型

由於投入面距離函數的衡量，係在產出水準固定之下，求投入量之極小化，本文研究對象為定期貨櫃航運業，廠商較能掌握者，為有效率地配置各種要素投入，投入面距離函數較能反映此產業之營運特色，故本文雖沿續原採產出導向的陳谷荔與楊浩彥（民97）之模式，然將之改為投入面函數以利分析。加之距離函數具有能適用多產出及多投入特色，以及生產函數無法估算收入份額與成本份額等資訊，故本文依循 Kumbhakar 及 Wang (2007)所使用的投入面距離函數為研究對象，運用其係數估計值計算諸如技術效率、技術變動及規模經濟等生產特性。²

在共同生產邊界基礎上，某廠商第 t 期的投入面距離函數定義為

$$D_t^*(x_t, y_t) = \sup_{\lambda} \{ \lambda : x_t / \lambda \in L(y_t) \} \quad (1)$$

其中 x_t 是 $J \times 1$ 向量，代表該廠商第 t 期的要素投入組合， $L(y_t)$ 代表可將

我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用

$M \times 1$ 產出向量 y_t 生產出來的所有要素投入組合形成的集合， $\lambda \geq 1$ 。投入面距離函數與技術效率 $TE_t^*(x_t, y_t)$ 的關係互為倒數，即

$$0 \leq \frac{1}{D_t^*(x_t, y_t)} = TE_t^*(x_t, y_t) \leq 1 \quad (2)$$

各群組投入面距離函數的定義類似(1)式，唯改用 $D_t^k(x_t, y_t)$ 代表第 k 群組第 t 期的投入面距離函數，基於群組邊界與共同邊界的關係，群組投入面距離函數必須小於或等於共同生產邊界的投入面距離函數，即

$$D_t^k(x_t, y_t) \leq D_t^*(x_t, y_t) \quad (3)$$

故

$$\frac{1}{D_t^*(x_t, y_t)} = TE_t^*(x_t, y_t) \leq TE_t^k(x_t, y_t) = \frac{1}{D_t^k(x_t, y_t)}. \quad (4)$$

利用(3)或(4)式，定義技術缺口比率（technology gap ratio，簡稱 TGR）為

$$0 \leq TGR_t^k(x_t, y_t) = \frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_t^*(x_t, y_t)} = \frac{TE_t^*(x_t, y_t)}{TE_t^k(x_t, y_t)} \leq 1 \quad (5)$$

引申得到共同生產邊界技術效率與群組邊界技術效率之關係

$$TE_t^*(x_t, y_t) = TE_t^k(x_t, y_t) \times TGR_t^k(x_t, y_t) \quad (6)$$

以第 k 群組邊界為基準，衡量 t 期至 $t+1$ 期麥氏生產力指數，簡稱 MPI，表為

$$\begin{aligned} MPI_{t,t+1}^k(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) &= \left[\frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_t^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_{t+1}^k(x_t, y_t)}{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \left[\frac{D_{t+1}^k(x_t, y_t)}{D_t^k(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

$$= TEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k \quad (7)$$

等號右邊第一與第二兩項，都是在固定規模報酬假設下，得到的技術效率變動與技術變動； $TEC_{t,t+1}^k$ 可以進一步拆解成變動規模報酬下的（純）技術效率變動以及規模變動。

若以共同生產邊界為基準，衡量 t 期至 $t + 1$ 期麥氏生產力指數，簡稱 MMPI，表為

$$\begin{aligned} MMPI_{t,t+1}(x_t, y_t, x_{t+1}, y_{t+1}) &= \left[\frac{D_t^*(x_t, y_t)}{D_t^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \times \frac{D_{t+1}^*(x_t, y_t)}{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{D_t^*(x_t, y_t)}{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \left[\frac{D_{t+1}^*(x_t, y_t)}{D_t^*(x_t, y_t)} \times \frac{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= TEC_{t,t+1}^* \times TC_{t,t+1}^* \quad (8) \end{aligned}$$

等號右邊第一項與第二項，亦都是在固定規模報酬假設下，得到的技術效率變動與技術變動； $TEC_{t,t+1}^*$ 也可以拆解成變動規模報酬下的（純）技術效率變動以及規模變動。

(8)式的 MMPI 可另表為

$$\begin{aligned} MMPI_{t,t+1} &= TEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k \times \left[\frac{\frac{D_t^*(x_t, y_t)}{D_t^k(x_t, y_t)}}{\frac{D_t^*(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^k(x_{t+1}, y_{t+1})}} \times \frac{\frac{D_{t+1}^*(x_t, y_t)}{D_{t+1}^k(x_t, y_t)}}{\frac{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= TEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k \times TGRC_{t,t+1}^k \quad (9) \end{aligned}$$

表示 MMPI 已被拆開成第 k 群組邊界在固定規模報酬之下，麥氏生產力指數 ($TEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k$) 與第 k 群組技術缺口比率從 t 期至 $t + 1$ 期變動率的幾何平均 ($TGRC_{t,t+1}^k$) 之乘積， $TGRC_{t,t+1}^k$ 可稱為「技術缺口比率變動率」(technology gap ratio change)，其值若大於一，技術缺口隨時間經過縮小，代表第 k 群組

邊界逐漸追上共同邊界。

(9)式等號右邊第一項 $TEC_{t,t+1}^k$ ，可分解成變動規模報酬下的技術效率變動以及規模變動，即

$$\begin{aligned} TEC_{t,t+1}^k &= \frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})} = \frac{TE_{t+1}^{kv}(x_{t+1}, y_{t+1})}{TE_t^{kv}(x_t, y_t)} \times \frac{SE_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t^k(x_t, y_t)} \\ &= TEC_{t,t+1}^{kv} \times SEC_{t,t+1}^k \end{aligned} \quad (10)$$

式中有上標 v 者，代表變動規模報酬。(9)式等號右邊第三項，第 k 群組技術缺口比率變動率，可再拆解成

$$\begin{aligned} TGR_{t,t+1}^k &= \left[\frac{TGR_t^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_t^k(x_t, y_t)} \times \frac{TGR_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_{t+1}^k(x_t, y_t)} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{TGR_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_t^k(x_t, y_t)} \left[\frac{TGR_t^k(x_t, y_t)}{TGR_{t+1}^k(x_t, y_t)} \times \frac{TGR_t^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \\ &= \frac{TGR_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_t^k(x_t, y_t)} \times \frac{TC_{t,t+1}^*}{TC_{t,t+1}^k} \end{aligned} \quad (11)$$

上式等號右邊第一項，代表在固定規模報酬之下，第 k 群組第 $t+1$ 期與 t 期技術缺口變動率，本研究稱此為「技術追趕」(catch-up in technology, 簡稱 CUT)。其值若大於一，表示由第 t 期至 $t+1$ 期，群組邊界與共同邊界之間的差距縮小，也就是第 k 群組在 $t+1$ 期時的生產邊界，相對於第 t 期，更靠近共同生產邊界；反之，若小於一，第 k 群組在 $t+1$ 期時的生產邊界，相對於第 t 期，更遠離共同生產邊界。

(11)式等號右邊第一項技術追趕，再做進一步拆解

$$CUT_{t,t+1}^k = \frac{TGR_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{TGR_t^k(x_t, y_t)} = \frac{\frac{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}}{\frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_t^*(x_t, y_t)}} = \frac{\frac{D_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}}{\frac{D_t^k(x_t, y_t)}{D_t^*(x_t, y_t)}}$$

$$\begin{aligned}
& \frac{D_{t+1}^{kv}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^{kv}(x_t, y_t)} \frac{SE_t^k(x_t, y_t)}{SE_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})} \\
&= \frac{D_{t+1}^{*v}(x_{t+1}, y_{t+1})}{D_t^{*v}(x_t, y_t)} \frac{SE_t^*(x_t, y_t)}{SE_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \\
&= \frac{TE_t^{kv}(x_t, y_t)}{TE_t^{*v}(x_t, y_t)} \frac{SE_t^k(x_t, y_t)}{SE_t^*(x_t, y_t)} \\
&= \frac{TE_{t+1}^{kv}(x_{t+1}, y_{t+1})}{TE_{t+1}^{*v}(x_{t+1}, y_{t+1})} \frac{SE_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})} \\
&= CUE_{t,t+1}^{kv} \times CUS_{t,t+1}^k \tag{12}
\end{aligned}$$

換言之，第 k 群組技術追趕(CUT)由兩種成份組成，其一為在變動規模報酬之下的效率追趕(catch-up in efficiency, CUE)，另一為規模追趕(catch-up in scale, CUS)。若都大於一，代表第 k 群組邊界隨時間經過，逐漸靠近（趕上）共同生產邊界；反之，若都小於一，代表第 k 群組邊界逐漸遠離共同生產邊界。

(11)式等號右邊第二項，本研究稱為「潛在技術變動」(potential technological change, PTC)，等於共同生產邊界的技術變動除以第 k 群組邊界的技術變動，其值若大於（小於）一，代表共同生產邊界比群組邊界上升（下降）速度快（慢），因而對 MMPI 產生正向貢獻；這也顯示廠商生產技術可以提升的空間擴大。

綜合以上分解結果，在固定規模報酬假設之下，將 MMPI 表為

$$MMPI_{t,t+1} = TEC_{t,t+1}^{kv} \times SEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^k \tag{13}$$

肆、實證模式

根據 Färe 及 Primont (1995)，投入面距離函數 (D) 針對要素投入向量 x ，具有非遞減、凹性以及線性齊次等性質。以下為精簡符號，將代表廠商的下標省略，第 k 群組某廠商於 $t (= 1, \dots, T)$ 期的變動規模報酬投入面距離函數表為頗具伸縮性的 translog 型式如下：

我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用

$$\begin{aligned} \ln D_t^{kv} = & a_0 + \sum_{j=1}^J a_j \ln x_{jt} + \sum_{m=1}^M b_m \ln y_{mt} + 0.5 \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^J a_{jk} \ln x_{jt} \ln x_{kt} \\ & \times 0.5 \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^M b_{mk} \ln y_{mt} \ln y_{kt} + \sum_{j=1}^J \sum_{m=1}^M c_{jm} \ln x_{jt} \ln y_{mt} \end{aligned} \quad (14)$$

若要加入時間趨勢項，只需視同產出項放入即可。

因為投入面距離函數具有線性齊次和對稱等性質，必須直接在(14)式中考慮，即

$$\sum_{j=1}^J a_j = 1$$

$$\sum_{k=1}^J a_{jk} = 0, \quad \forall j$$

$$\sum_{j=1}^J c_{jm} = 0, \quad \forall m$$

$$a_{jk} = a_{kj}, \quad \forall j \neq k$$

$$b_{mk} = b_{km}, \quad \forall m \neq k$$

一階齊次性質可採標準化方式放入(14)式，即任選一個要素投入當作中立財(numeraire)，例如 x_1 ，(14)式成為

$$\begin{aligned} \ln(D_t^{kv}/x_1) = & a_0 + \sum_{j=2}^J a_j \ln(x_{jt}/x_{1t}) + \sum_{m=1}^M b_m \ln y_{mt} + 0.5 \sum_{j=2}^J \sum_{k=2}^J a_{jk} \ln(x_{jt}/x_{1t}) \ln(x_{kt}/x_{1t}) \\ & + 0.5 \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^M b_{mk} \ln y_{mt} \ln y_{kt} + \sum_{j=2}^J \sum_{m=1}^M c_{jm} \ln(x_{jt}/x_{1t}) \ln y_{mt} \end{aligned} \quad (15)$$

依據投入面距離函數的定義， D_t^{kv} 必須大於或等於一，令 $\ln D_t^{kv} = U_t$ 必定是一非負值，代表技術無效率，移項至等號右邊並加入隨機干擾項 V_t ，且假設 V_t 與 U_t 統計獨立，得到回歸方程式：

$$\begin{aligned}
-\ln x_t = & a_0 + \sum_{j=2}^J a_j \ln(x_{jt}/x_{1t}) + \sum_{m=1}^M b_m \ln y_{mt} + 0.5 \sum_{j=2}^J \sum_{k=2}^J a_{jk} \ln(x_{jt}/x_{1t}) \ln(x_{kt}/x_{1t}) \\
& + 0.5 \sum_{m=1}^M \sum_{k=1}^M b_{mk} \ln y_{mt} \ln y_{kt} + \sum_{j=2}^J \sum_{m=1}^M c_{jm} \ln(x_{jt}/x_{1t}) \ln y_{mt} + v_t - U_t
\end{aligned} \quad (16)$$

其中 $v_t - U_t$ 代表組合誤差，故可將(16)式當作生產函數進行估計。由於本文之產出變數只有一個，(14)-(16)式之 $M = 1$ 。由於本文探討生產力變動，故需額外考慮時間趨勢項，只需將其視為額外之產出變數，置於(16)式即可。利用(14)式，Färe 及 Primont (1995) 定義在投入距離函數下之規模彈性值 (elasticity of scale, SE_t^k) 為

$$(SE_t^k)^{-1} = -\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln D_t^{kv}}{\partial \ln y_m} = -\sum_{m=1}^M \varepsilon_m^t = -\left[b_1 + b_{11} \ln y_{1t} + \sum_{j=2}^J c_{j1} \ln(x_{jt}/x_{1t}) \right] \quad (17)$$

式中 ε_m^t 代表第 m 產出的偏產量彈性的絕對值。各產出偏產量彈性之和再乘以負一後，取倒數即得規模彈性值，該值大於一代表規模報酬遞增 (increasing returns to scale, IRS)，等於一代表固定規模報酬，小於一代表規模報酬遞減 (decreasing returns to scale, DRS)。

最後，依據 Jondrow、Lovell、Materov 及 Schmidt (1982) 和 Battese 及 Coelli (1995)，可以替每個樣本廠商計算出以群組邊界為基礎的技術效率值 $TE_t^k(j)$ 。因為本研究使用 Frontier 4.1 軟體進行估計，它會自動計算每個樣本的技術效率值。

傳統上，在計算 Malmquist 指數時，大多假設固定規模報酬，常與現實不符，Orea (2002) 提出在變動規模報酬假設下，計算 Malmquist 指數的方法，本文將依循此方法計算個別與共同邊界之 Malmquist 指數，以下簡述計算過程。

一般而言，生產力變動指數必須滿足四項特性，包括恒等性 (identity)、單調性 (monotonicity)、可分性 (separability) 以及比例性 (proportionality)。雖然前面定義(7)與(8)兩式的 MPI 和 MMPI 服從前三項特性，但不符合比例性。比例性指產出或投入變動的權數總和，必須等於 1；以投入面函數為例，此性質要求投入距離函數必須同時是產量 y 的負一階齊次函數以及要素投入

我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用

x 的一階齊次函數。由於投入面距離函數本來就必須滿足一階齊次於要素投入，故投入變動的權數總和等於 1，即 $\sum_{j=1}^J \varepsilon_j^t = 1$ ，其中 ε_j^t 為投入距離函數 (14) 式對 $\ln x_j$ 的偏微分；然而，產出變動的權數總和卻不具備這樣的特性，依據 (17) 式，規模彈性的定義為 $SE_t^k = -1 / \sum_{m=1}^M \varepsilon_m^t$ ，因此只有在 CRS 時， SE_t^k 等於 1，而此時投入距離函數才具有負一階齊次於 y 的特性；易言之，在規模報酬遞增 ($SE_t^k > 1$) 或是規模報酬遞減 ($SE_t^k < 1$) 的情況下，投入距離函數都不具有負一階齊次於 y 的特性。綜上所述，除非 MPI 和 MMPI 是在 CRS 假設之下計算得到，否則 MPI 和 MMPI 不是一個正確衡量總要素生產力變動的公式，因為其忽略了規模效果的潛在貢獻，不符合比例性原則。

根據 Diewert (1976) 提出的二次恆等定理 (quadratic identity lemma)，在變動規模報酬之下，投入面距離函數於兩期間的變動率可表為

$$\begin{aligned} \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t) - \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1) &= \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M [-\varepsilon_m^{t+1} - \varepsilon_m^t] \ln \left(\frac{y_{m+1}}{y_m} \right) - \\ &\frac{1}{2} \sum_{j=1}^J \left[-\frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}}{\partial \ln x_j} - \frac{\partial \ln D_t^{kv}}{\partial \ln x_j} \right] \ln \left(\frac{x_{j+1}}{x_j} \right) + \frac{1}{2} \left(-\frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial t} - \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial t} \right) \end{aligned} \quad (18)$$

生產力指數一般定義為產出成長率的加權平均值與要素投入成長率加權平均值的差，取自然對數後表為

$$\begin{aligned} \ln MPI_{t,t+1}^{kv} &= \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M [-\varepsilon_m^{t+1} - \varepsilon_m^t] \ln \left(\frac{y_{m+1}}{y_m} \right) \\ &- \frac{1}{2} \sum_{j=1}^J \left[-\frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial \ln x_j} - \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial \ln x_j} \right] \ln \left(\frac{x_{j+1}}{x_j} \right) \\ &= \left[\ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t) - \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1) \right] \\ &- \frac{1}{2} \left(-\frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial t} - \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial t} \right) \end{aligned} \quad (19)$$

上式中第一個等式的權數為產出的偏產量彈性和投入距離彈性，第二個等式中的第一項，相當於麥氏生產力指數中的技術效率變動率，第二項相當於技術變動率。現在，針對第 k 群組，仿照 Orea (2002) 推導出一個考慮規模效果（滿足比例性）的投入導向一般化 Malmquist 生產力指數，以 $\ln G_{t,t+1}^k$ 表示，此時 $\ln G_{t,t+1}^k$ 就是在變動規模報酬之下的一般化麥氏生產力指數，令

$$\ln G_{t,t+1}^k = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M (e_m^{t+1} + e_m^t) \ln \left(\frac{y_{mt+1}}{y_{mt}} \right) - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^J (-\varepsilon_j^{t+1} - \varepsilon_j^t) \ln \left(\frac{x_{jt+1}}{x_{jt}} \right) \quad (20)$$

其中

$$e_m^t = \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t) / \partial \ln y_m}{\sum_{m=1}^M \partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t) / \partial \ln y_m} \quad (21)$$

此時， $\ln G_{t,t+1}^k$ 已經服從比例性，因為不論是產出變動或是投入變動的權數總和都是 1，它也同時服從恒等性、單調性及可分性，故 $\ln G_{t,t+1}^k$ 才是正確的衡量生產力變動公式。請注意， $G_{t,t+1}^k$ 可以根據群組邊界 (D^{kv}) 或共同邊界 (D^{*v}) 函數計算得到。若以群組邊界為對象， $\ln G_{t,t+1}^k$ 亦可再拆解成 (19) 式的 $\ln MPI_{t,t+1}^{kv}$ 以及規模效果對總要素生產力的貢獻，即

$$\begin{aligned} \ln G_{t,t+1}^k &= \ln MPI_{t,t+1}^{kv} - \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \left[\left(-\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial \ln y_m} - 1 \right) e_m^{t+1} \right. \\ &\quad \left. + \left(-\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial \ln y_m} - 1 \right) e_m^t \right] \ln \left(\frac{y_{mt+1}}{y_{mt}} \right) \\ &= \ln MPI_{t,t+1}^{kv} - \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \left[\left(\frac{1}{SE_{t+1}^k} - 1 \right) e_m^{t+1} + \left(\frac{1}{SE_t^k} - 1 \right) e_m^t \right] \ln \left(\frac{y_{mt+1}}{y_{mt}} \right) \quad (22) \end{aligned}$$

上式等號右邊第二項代表規模效果，若在 CRS 技術下，因為 $SE_t^k = 1$ ，所以 $\ln G_{t,t+1}^k = \ln MPI_{t,t+1}^{kv}$ ；若在 IRS 技術下，因為 $SE_t^k > 1$ ，若產出變動為正，則規模效果對於 $\ln G_{t,t+1}^k$ 的影響為正，反之則為負；若在 DRS 技術下，因為 $SE_t^k < 1$ ，

若產出變動為正，則規模效果對於 $\ln G_{t,t+1}^k$ 的影響為負，反之則為正。

接著將(19)式代入(22)式，得到：

$$\begin{aligned} \ln G_{t,t+1}^k &= -[\ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1) - \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)] \\ &+ \frac{1}{2} \left[\frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial t} + \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial t} \right] \\ &- \frac{1}{2} \sum_{m=1}^M \left[\left(-\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln D_{t+1}^{kv}(x^{t+1}, y^{t+1}, t+1)}{\partial \ln y_m} - 1 \right) e_m^{t+1} \right. \\ &\left. + \left(-\sum_{m=1}^M \frac{\partial \ln D_t^{kv}(x^t, y^t, t)}{\partial \ln y_m} - 1 \right) e_m^t \right] \ln \left(\frac{y_{m,t+1}}{y_{m,t}} \right) \end{aligned} \quad (23)$$

上式等號右邊第一項，相當於(10)式的技術效率變動率 ($TEC_{t,t+1}^{kv}$)，右邊第二項，相當於變動規模報酬下的技術變動率 ($TC_{t,t+1}^{kv}$)，右邊第三項代表規模效果，相當於(10)式右邊第二項 $SEC_{t,t+1}^k$ 。

若以共同邊界為對象，透過類似以上的推導過程，亦可得到變動規模報酬共同邊界投入導向一般化 Malmquist 生產力指數，以 $\ln G_{t,t+1}^*$ 表示。參考(13)式，表為

$$\begin{aligned} \ln G_{t,t+1}^* &= (TEC_{t,t+1}^{kv} \times SEC_{t,t+1}^k \times TC_{t,t+1}^{kv}) \times [CUE_{t,t+1}^{kv} \times CUS_{t,t+1}^{kv}] \times PTC_{t,t+1}^k \\ &= \ln G_{t,t+1}^k \times [CUE_{t,t+1}^{kv} \times CUS_{t,t+1}^{kv}] \times PTC_{t,t+1}^k \end{aligned} \quad (24)$$

值得注意者，(24)式完全是在變動規模報酬之下進行。其中， $\ln G_{t,t+1}^k$ 可根據(23)式利用群組邊界計算得到；根據(12)式， $CUE_{t,t+1}^{kv}$ 需分別估計群組與共同邊界投入面距離函數後，分別得到第 t 與 $t+1$ 期的技術效率值；同樣根據(12)式，改寫 $CUS_{t,t+1}^{kv}$ 成為

$$CUS_{t,t+1}^{kv} = \frac{\frac{SE_t^k(x_t, y_t)}{SE_t^*(x_t, y_t)}}{\frac{SE_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}} = \frac{\frac{SE_{t+1}^*(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t^*(x_t, y_t)}}{\frac{SE_{t+1}^k(x_{t+1}, y_{t+1})}{SE_t^k(x_t, y_t)}} = \frac{SEC_{t,t+1}^*}{SEC_{t,t+1}^k} \quad (25)$$

其中 $SEC_{i,t+1}^*$ 利用代表共同邊界投入面距離函數，依據(23)式右方最後一項計算得到。最後，依據(11)式定義的 $PTC_{i,t+1}^k$ ，運用(23)式右方第二項，分別針對群組與共同邊界投入面距離函數取時間偏微分即得。

伍、資料與變數定義

一、個案公司簡介

H 海運公司早期營運帶有濃厚政治色彩，其成立目的在鞏固國家航運政策。後來，此公司股票在台灣證券交易所公開上市，由經營團隊設法從資本市場籌集資金，稍後又在倫敦證券市場發行可轉換公司債，籌資建造新船，係一家深具國際海運能力之代表性公司。

H 海運公司成立初期，陸續購置船舶組織船隊，共購置半貨櫃船、雜貨船、散裝船及冷陳船等共計 17 艘船。民國 69 年配合政府頒佈的「貿易航業與造船配合實施方案」，著手建造全貨櫃船以發展貨櫃運輸。大致而言，H 公司的營運狀況可以民國 69 年為分界點，在此之前以傳統貨輪為營運主力，建造第一批貨櫃船後，正式邁入貨櫃化運輸的階段，此後 H 公司的營運則以貨櫃船為主要運輸業務。

個案公司屬於定期航運業，其營運規模（資本額或營業收入）在國內上市定期或不定期的航運業中，目前名列台灣前五大航商內，航線幾乎遍布全球的主要航區，故本研究個案公司具有相當的產業代表性。

個案公司的定期航線包括歐洲航區的亞歐線 3 條，地中海線 1 條，印歐航線 1 條。大西洋航區則有 4 條航線，美洲航區之航線則包括美東線 3 條，美西線 2 條，加拿大航線 1 條。至於亞洲航區之航線則有印尼線 1 條，泰國線 1 條，菲律賓線 1 線，日本線 2 條，日印線 1 條等，共計 21 條航線。

前述各航區中，屬長程者為歐洲與美洲航區，所使用的船舶均為大型者，在本文之 92 年至 96 年的研究期間中，其航線平均艙位數分別為 6,147 與 7,038 個。至於屬中長程的大西洋航區與亞洲航區，所使用的船舶均為中小型者，其航線平均艙位數分別為 2,590 與 4,580 個。

貨櫃航運業每條航線各有去程及回程路線兩種，分別面對不同的市場營運狀況，其中，航線定期出航時，大都招攬較充足之載貨量，而返航時，

我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用

則不一定可承攬到足夠的載貨量，致去程之收入遠大於回程之收入，此為航運業所獨具之營運特色。另外，各航線在營運中，除了海勤人力之投入外，其他主要之投入項目包括航線艙位數、空櫃調度成本、裝卸費用、及各港埠的轉運成本等。

二、資料來源

本研究旨在探討 H 貨櫃航運公司各航線之技術效率，並將影響技術無效率的貨櫃航運公司環境特性同時納入考量。納入分析的對象包括有歐洲、美洲、亞洲及大西洋等四個航區所屬的 21 條定期航線。

考量貨櫃航運業每條航線各有去程及回程路線兩種，而各航線去、回程面對不同的市場營運狀況，為清楚觀察此兩種航程路線之效率差異，本研究將每條航線的去程及回程的資料分開處理。如此，前述 21 條航線包括去程與回程各有 21 個評估單位，故共計以 42 個受評估單位進行分析。³

取樣期間為 92 年第 1 季至 96 年第 4 季。由於每條航線所選取之觀測年數最少為 3 年，最多為 4 年，故屬於不平衡之縱橫資料結構(unbalance panel data)，總計含 716 個樣本點。在資料來源方面，人員數及艙位數係由人事及業務部門提供，其餘投入和產出變數的數據，均取自會計部門的檔案資料庫。

三、變數定義與敘述統計

依據貨櫃航運業特性及與個案公司高階管理階層實務訪談，參酌相關文獻所選擇之各種投入與產出變數，且基於定期航線經營成本、收益及裝載率等三大要素，界定出本研究所使用的投入變數、產出變數與環境變數。

由於樣本期間跨越 92 年第 1 季至 96 年第 4 季，為使得各年度金額變數具有相同實質購買力，本研究利用行政院主計處公佈的水上運輸業產出物價指數，基期為 90 年，平減各航線各年度之投入與產出項中屬於金額變數者。本文所使用的投入變數共有 6 項，產出變數有 1 項，此兩類變數的選取及定義說明如下。

(一)產出變數

運費收入（美元）

從製造業相關文獻以及實務觀點，再參考朱明輝（民 93）之建議，本

文認為運費收入為衡量海運公司各航線經營績效良窳最直接的生產指標，其計算方式通常以運價乘以運量，運量係以 20 呎或 40 呎貨櫃為計算單位。實質上，若能以每季載運 20 呎標準貨櫃數為產出變數，應較為恰當。然而，本文無法由個案公司取得各航線每季實際載運量，僅能退而求其次，以各航線每季之運費收入做為產出變數，且透過我國行政院主計處公布的水上運輸產業產出物價指數加以平減，冀圖儘可能消除物價變數之因素。

(二) 投入變數

1. 航線艙位數（20 呎標準櫃）

所謂航線艙位數指各航線之淨有效使用艙位，包括自有、承租或聯營公司交換艙位之淨有效營運使用量。

2. 航行燃料成本（美元）

航行燃料為貨櫃船的變動成本，在航次成本中佔有一定之比例，尤其近年來國際原油價格不斷上漲，更使航商對航行燃料成本的節省特別重視，且燃料消耗量及其使用之油類會隨採用機器之不同及航程的長短而有所改變，因此將航行燃料成本納入投入變數。

3. 海勤人員數（人）

依朱明輝（民 93）之建議，其生產除必須有實質資本的投入外，更須人力資本的投入，而考量本研究是以個案公司之定期航線為績效評估之標的，海勤人員數為其直接人工，因此將海勤人員之人數納入投入變數。

4. 空櫃調度成本（美元）

貨櫃調度是屬於定期貨櫃航商之後勤支援作業，在實務運作中常為航商帶來很大的成本負擔。事實上，在各特定航線各港口進、出口貨櫃量不一的情形之下，航線的設計可能影響船舶容量之充分使用與調櫃作業之順暢，從各定期航線進行評比，貨櫃會在各航線中反覆地流動，若回程有貨量不足或空船時，空櫃會在不同地區調動，因而產生搬運之調度成本，因其佔航線營運成本頗高，故而將空櫃調度成本納入投入變數。

5. 裝卸費用（美元）

裝卸費用對於海運業來說，皆在營運成本中所佔的比例都是最大的，包含船上貨物裝卸之固定基本費及其它相關費用，因此可得知裝卸費用是定期航運產業之成本結構要項。

6. 轉運成本（美元）

個案公司之變動成本佔航線營運成本比率最高，且含最關鍵指標如「貨物運費」、「集貨船費用」、「裝卸費」等與營業最攸關的成本項目；因此必要加入各別項「貨物運費」、「集貨船費用」、「裝卸費」為投入項目，以加深這些成本對效率的影響，但因「貨物運費」及「集貨船費用」皆屬非直靠港貨載的轉運費，因此將此二項合併成「轉運成本」。

四、變數之敘述統計

表 1 顯示，去程之產出變數的平均值為 8,672,433 美元較回程的平均值 3,119,159 美元高；而就投入面而言，去程各項投入變數的平均值除海勤人員數 240 人與回程相同外，其餘之變數均較回程高，顯示去程之貨載量較回程高，去程與回程之貨載有不平衡的問題。產出與投入變數之標準差，除航線艙位數、航行燃料成本及海勤人員外，去程各變數皆高於回程，顯示去程資料之離散程度較回程大。

從表 1 可發現，各季之產出面平均值中，第四季運費收入最高，達 6,276,477 美元，依次為第三季的 6,274,061 美元、第二季的 5,849,504 美元，而第一季 5,189,005 美元則最低；就投入面的平均值而言，除海勤人員數第三季 243 人高於第四季的 241 人為最高外，其餘變數，最高皆為第四季，其次為第三季，最低亦為第一季，顯示第一季為淡季。

表 2 係 716 個總樣本之投入產出統計量，在產出面，每季運費收入平均為 5,895,795 美元；就投入面而言，航線艙位數平均有 6,748 個 20 呎大的標準櫃艙位，航線艙位數之多寡，主要受遠洋的歐美航線與近海的亞洲航線不同所影響；航行燃料成本平均為 947,345 美元，約占平均產出之 16.07%，燃料成本的高低，主要受國際燃油價格之漲跌所影響；空櫃調度成本平均為 283,797 美元，主要為歐美地區之物流貨載量不平衡，去程貨載量較回程為高，回程經常需調度空櫃所致，而亞洲地區物流之貨載量較為平衡，較不需空櫃的調度；裝卸費用平均為 1,202,631 美元，約占平均產出之 20.40%，在營運成本中之比例甚大；轉運成本平均為 786,898 美元，轉運成本之投入，主要為歐美地區之物流經常需將進口貨櫃再轉運至內陸所致；海勤人員數平均為 240 人，其人數之多寡主要端視各該航線的航行次數而定。

表 1 去回航程各季投入產出變數之樣本統計量

去程					
變數名稱	第一季	第二季	第三季	第四季	去程
產出面					
運費收入	7,506,896 (9,688,427)	8,487,756 (10,194,978)	9,374,192 (11,573,708)	9,334,096 (10,965,903)	8,672,433 (10,609,988)
投入面					
航線艙位數	6,470 (5,137)	6,785 (5,206)	6,875 (5,371)	7,029 (5,405)	6,789 (5,262)
航行燃料成本	853,565 (1,403,309)	975,310 (1,544,424)	1,022,022 (1,635,675)	1,078,045 (1,653,592)	981,753 (1,557,526)
空櫃調度成本	310,646 (350,561)	314,640 (362,235)	354,861 (393,562)	405,001 (438,896)	345,718 (387,545)
裝卸費用	1,257,564 (1,282,976)	1,408,930 (1,368,185)	1,497,343 (1,471,288)	1,519,765 (1,392,410)	1,420,461 (1,378,460)
轉運成本	839,421 (1,078,792)	963,947 (1,187,098)	1,008,214 (1,254,479)	1,017,866 (1,238,885)	957,221 (1,188,768)
海勤人員數	236 (36)	241 (32)	243 (32)	241 (31)	240 (33)
回程					
變數名稱	第一季	第二季	第三季	第四季	回程
產出面					
運費收入	2,871,114 (3,138,254)	3,211,253 (3,454,559)	3,173,930 (3,512,757)	3,218,859 (3,525,458)	3,119,159 (3,400,098)
投入面					
航線艙位數	6,404 (5,183)	6,665 (5,291)	6,801 (5,436)	6,969 (5,450)	6,708 (5,322)
航行燃料成本	805,088 (1,437,066)	915,570 (1,548,202)	940,316 (1,612,411)	992,160 (1,669,968)	912,938 (1,563,527)
空櫃調度成本	203,944 (219,419)	207,492 (217,114)	222,344 (227,152)	254,946 (252,691)	221,876 (229,191)
裝卸費用	904,706 (869,544)	1,004,381 (911,638)	999,538 (914,331)	1,030,787 (908,562)	984,801 (898,757)
轉運成本	569,189 (593,363)	622,697 (612,041)	625,479 (632,361)	649,363 (623,283)	616,574 (613,512)
海勤人員數	235 (37)	240 (33)	243 (32)	242 (32)	240 (33)

1. 去程及回程航線的樣本數各為 358 個。
2. 括弧()內係標準差。
3. 除航線艙位數以 20 呎標準櫃為單位、海勤人員以人數為單位外，其餘變數單為皆為美元。

我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用

表 2 去回航程投入產出變數之總樣本統計量

去程					
變數名稱	第一季	第二季	第三季	第四季	去程
產出面					
運費收入	5,189,005 (7,547,657)	5,849,504 (8,038,507)	6,274,061 (9,077,497)	6,276,477 (8,680,987)	5,895,795 (8,348,649)
投入面					
航線艙位數	6,437 (5,146)	6,725 (5,235)	6,838 (5,389)	6,999 (5,412)	6,748 (5,288)
航行燃料成本	829,327 (1,416,479)	945,440 (1,542,374)	981,169 (1,620,060)	1,035,102 (1,657,550)	947,345 (1,559,818)
空櫃調度成本	257,295 (296,476)	261,066 (302,614)	288,603 (327,235)	329,973 (364,913)	283,797 (324,126)
裝卸費用	1,081,135 (1,107,061)	1,206,655 (1,176,971)	1,248,441 (1,246,700)	1,275,276 (1,197,613)	1,202,631 (1,183,039)
轉運成本	704,305 (878,643)	793,322 (957,233)	816,846 (1,009,016)	833,615 (995,111)	786,898 (960,511)
海勤人員數	236 (37)	241 (32)	243 (32)	241 (32)	240 (33)

1. 樣本個數：716。

2. 括弧()內係標準差。

3. 除航線艙位數以 20 呎標準櫃為單位、海勤人員以人數為單位外，其餘變數單為皆為美元。

表 3 去回程航線投入產出變數均數檢定結果

變數	去程航線均數	回程航線均數	t 統計量 (p value)
運費收入(Y)	8,672,433	3,119,159	9.4308 ($<.0001$)
航線艙位數(X ₁)	6,789	6,708	0.2035 (.8388)
航行燃油成本(X ₂)	981,753	912,938	0.5900 (.5554)
空櫃調度成本(X ₃)	345,718	221,876	5.2043 ($<.0001$)
裝卸費用(X ₄)	11420,461	984,801	5.0092 ($<.0001$)
轉運成本(X ₅)	957,221	616,574	4.8181 ($<.0001$)
海勤人員數(X ₆)	240.29	239.98	0.1237 (.9016)

為進一步瞭解個案公司去回程航線投入與產出變數之間，是否因航線去回程的營運因素，諸如不同接單情況，而有顯著差異，利用各變數的平均數進行差異性檢定，結果彙述於表3。表3顯示除了航線艙位數、航行燃油成本與海勤人員數在去回航程間不具顯著差異外，其餘運費收入、空櫃調度成本(X₃)、裝卸費用(X₄)及轉運成本(X₅)均在1%下具統計顯著差異性。產生之主因可能為回程航線之載貨量相對甚少，故X₃至X₅等三種投入必須做出相對應之調整，隱含去回程航線生產技術具潛在差異性。

陸、實證結果分析

此處首先根據 Battese、Rao 及 O'Donnell (2004) 之做法，估計非線性(QP)共同邊界投入面距離函數參數⁴，另外也採用SFA法，合併去回航線樣本資料，估計(14)式隨機邊界距離函數模型，個案公司去回程航線變動規模報酬下參數估計結果整理於附錄1與附錄2中⁵。表中QP的估計結果採兩階段進行，第一階段考量個別航程生產技術差異，個別估計距離函數回歸係數，至第二階段才將所有樣本合併，以數理規劃法找出共同邊界距離函數。SFA法合併去回航程樣本後，直接一次估計隨機成本邊界函數，忽略去回航程生產技術的潛在差異。承襲數理規劃法的缺點，QP模型沒有考慮隨機因素，無法區隔偶發因素對係數估計值的影響，且無法直接估計各係數的估計標準誤。Battese *et al.* (2004)建議使用模擬或拔靴法，估計各係數的標準差，本研究採用後者，針對樣本資料以抽後放回方式重複抽樣5000次，依據這5000次的係數估計值計算得到。

去回程航線的生產技術是否存在差異？若沒有差異則前面兩階段估計法失去意義，也無需計算技術缺口比率。為釐清此點，本文採用對數概似比檢定法進行檢測，其檢定統計量為 $\lambda = -2\{\ln[L(H_0)] - \ln[L(H_1)]\}$ ，其中 $\ln[L(H_0)]$ 為合併去回程航線的對數概似函數值， $\ln[L(H_1)]$ 是去程或回程航線個別隨機邊界最大概似估計法的對數概似函數值加總。如此，得到 λ 值等於102.6，自由度為40，達到1%顯著水準，顯示去回航程間的確存在技術差異，應在分析模型中予以考慮。換言之，共同邊界距離函數法是較佳的選擇。

接下來進行生產力變動及技術缺口比率變動率之分析。利用個案公司

我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用

去回程航線隨機距離邊界模型的參數值，估計去回程航程所有航線的技術效率(TE)，連同QP規劃法估計的共同距離函數參數估計值，可以計算共同邊界技術效率，進而根據(6)式計算TGRC估計值。整理去回程航線的TE估計值(含組成要素)、LP估計的TGRC值與TE*值，列於次頁表4及表5中。

一、去回程共同邊界麥氏生產力指數分析

(一)去回程航線 gMMPI 及其組成要素之分析

表4及表5列示去程與回程兩條航程群組之gMMPI動態，與其分解結果之概況，gMMPI及GMPI趨勢圖如圖1及圖2所示，其中值得注意的是，每逢各年之第四季，即當年之第三季與第四季之變動量，次年之第一季與本年第四季之變動，均有較大幅度之波動，隱含航運業有潛在的季節效應現象。在指數的波動幅度方面，gMMPI約在0.95至1.1間，而GMPI則約介於0.8至1.2之間，故去回程航線個別群組的麥氏生產力指數波動幅度，較共同邊界麥氏生產力指數為大。

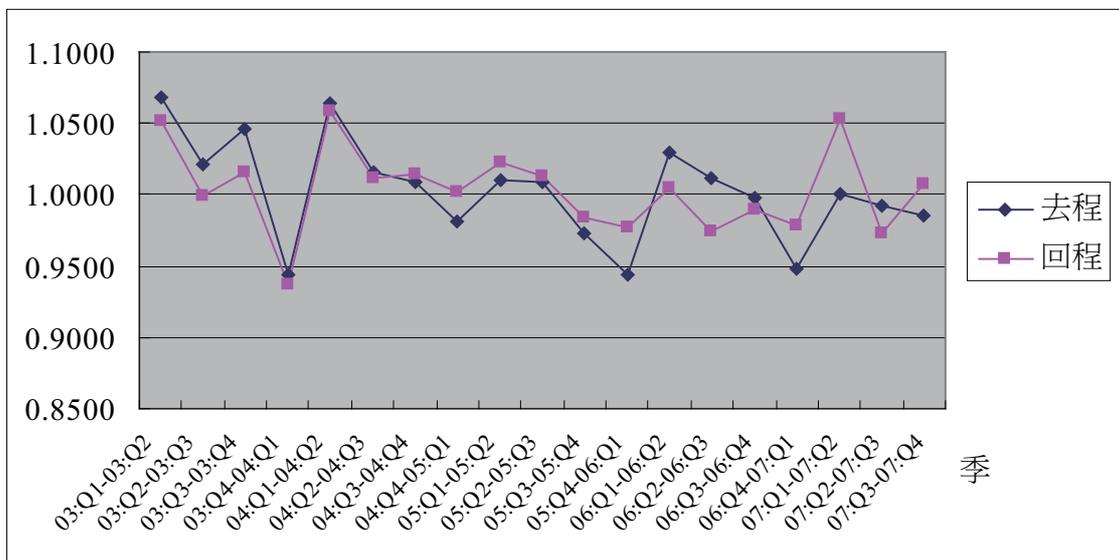


圖1 共同邊界麥氏生產力指數(gMMPI)趨勢圖

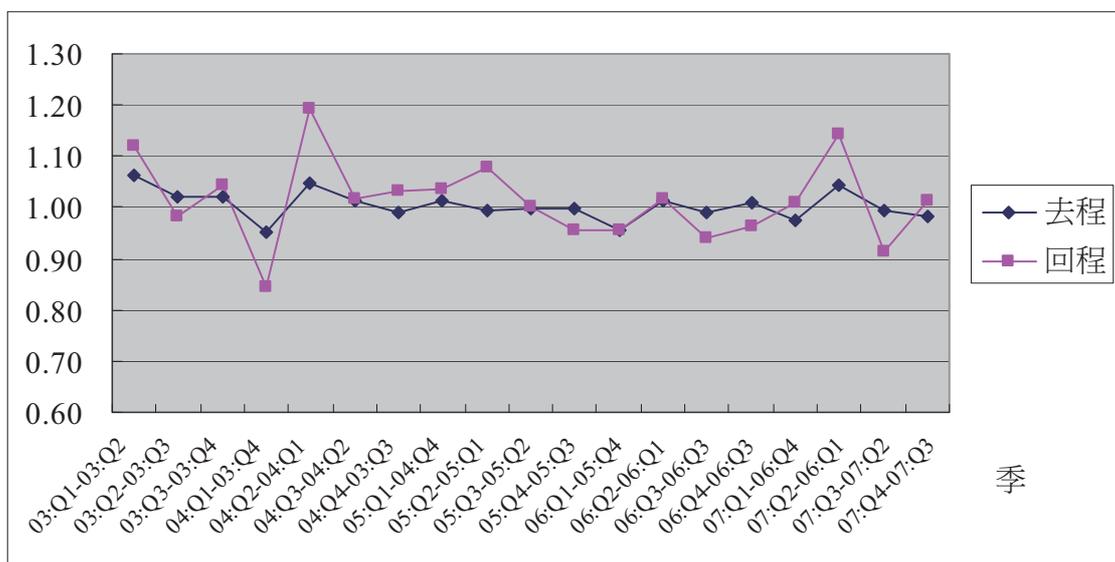


圖 2 去回個別航程麥氏生產力指數(GMPI)趨勢圖

表 4 及表 5 隱含幾個重要的意涵：首先，觀察表中的 gMMPI，去程的季平均升幅約在 0.37% 左右，而回程季平均升幅則約為 0.35%，兩者升幅極為接近，然而其組成要素的變動則有所差異。欲瞭解去回航程組成要素的差異，可以由 GMPI 及 TGRC 來探究其原因。首先，以群組邊界為基準，GMPI 在 2003-Q1 至 2007-Q4 間，去程航線變動規模報酬之技術效率呈現進步的現象，平均每季的升幅約為 0.78%，而生產技術則呈現退步現象，平均每季約 0.51% 的降幅，同時生產規模亦出現平均每季 0.16% 的改善。另一方面回程航線變動規模報酬之技術效率亦呈現進步的現象，平均每季的升幅約為 0.17%，而生產技術則呈現平均每季 0.01% 的微幅進步，同時生產規模則呈現平均每季 1.29% 的升幅。故去程航線 GMPI 小於回程航線，係因較小的規模改善及技術進步率，及較多的技術效率進步所造成。

我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用

表 4 去程共同邊界 Malmquist 生產力指數之分解彙總表

季別	EC	SC	TC	GMPI	TGRC	CUT	CUE	CUS	PTC	gMMPI
2003Q1~ 2003Q2	1.0323 (0.0616)	1.0327 (0.0390)	0.9986 (0.0055)	1.0640 (0.0652)	1.0072 (0.0891)	1.0072 (0.0891)	0.9782 (0.0637)	1.0311 (0.0459)	0.9978 (0.0061)	1.0684 (0.0754)
2003Q2~ 2003Q3	1.0154 (0.0578)	1.0066 (0.0205)	0.9978 (0.0050)	1.0199 (0.0635)	1.0047 (0.0609)	1.0047 (0.0609)	0.9942 (0.0631)	1.0133 (0.0211)	0.9977 (0.0048)	1.0218 (0.0411)
2003Q3~ 2003Q4	1.0037 (0.0535)	1.0194 (0.0535)	0.9978 (0.0051)	1.0216 (0.0891)	1.0246 (0.0637)	1.0246 (0.0637)	1.0131 (0.0586)	1.0135 (0.0429)	0.9984 (0.0045)	1.0462 (0.1132)
2003Q4~ 2004Q1	0.9900 (0.0437)	0.9645 (0.0555)	0.9972 (0.0045)	0.9531 (0.0769)	0.9909 (0.0560)	0.9909 (0.0560)	1.0289 (0.0526)	0.9639 (0.0361)	0.9996 (0.0033)	0.9443 (0.0890)
2004Q1~ 2004Q2	1.0224 (0.0507)	1.0307 (0.0600)	0.9964 (0.0047)	1.0490 (0.0622)	1.0134 (0.1391)	1.0134 (0.1391)	0.9784 (0.0488)	1.0338 (0.1053)	1.0000 (0.0038)	1.0648 (0.1814)
2004Q2~ 2004Q3	1.0081 (0.0644)	1.0082 (0.0203)	0.9965 (0.0050)	1.0132 (0.0740)	1.0069 (0.0767)	1.0069 (0.0767)	0.9975 (0.0762)	1.0099 (0.0173)	0.9997 (0.0046)	1.0154 (0.0361)
2004Q3~ 2004Q4	0.9910 (0.0450)	1.0037 (0.0113)	0.9963 (0.0051)	0.9909 (0.0445)	1.0198 (0.0571)	1.0198 (0.0571)	1.0195 (0.0519)	0.9998 (0.0087)	1.0003 (0.0043)	1.0083 (0.0237)
2004Q4~ 2005Q1	1.0278 (0.0422)	0.9908 (0.0211)	0.9958 (0.0049)	1.0142 (0.0489)	0.9690 (0.0469)	0.9690 (0.0469)	0.9748 (0.0445)	0.9929 (0.0122)	1.0012 (0.0043)	0.9809 (0.0284)
2005Q1~ 2005Q2	0.9899 (0.0449)	1.0103 (0.0200)	0.9952 (0.0051)	0.9953 (0.0482)	1.0174 (0.0554)	1.0174 (0.0554)	1.0079 (0.0519)	1.0080 (0.0092)	1.0012 (0.0043)	1.0106 (0.0353)
2005Q2~ 2005Q3	0.9998 (0.0308)	1.0030 (0.0155)	0.9950 (0.0053)	0.9976 (0.0260)	1.0116 (0.0441)	1.0116 (0.0441)	1.0034 (0.0365)	1.0064 (0.0134)	1.0016 (0.0041)	1.0085 (0.0355)
2005Q3~ 2005Q4	1.0148 (0.0442)	0.9904 (0.0327)	0.9942 (0.0051)	0.9992 (0.0562)	0.9758 (0.0714)	0.9758 (0.0714)	0.9832 (0.0679)	0.9893 (0.0175)	1.0031 (0.0038)	0.9725 (0.0535)
2005Q4~ 2006Q1	0.9970 (0.0539)	0.9655 (0.0536)	0.9932 (0.0046)	0.9554 (0.0641)	0.9873 (0.0808)	0.9873 (0.0808)	1.0035 (0.0608)	0.9791 (0.0342)	1.0038 (0.0034)	0.9433 (0.0939)
2006Q1~ 2006Q2	1.0027 (0.0405)	1.0172 (0.0252)	0.9930 (0.0048)	1.0129 (0.0507)	1.0170 (0.0431)	1.0170 (0.0431)	1.0017 (0.0365)	1.0116 (0.0137)	1.0036 (0.0040)	1.0294 (0.0537)
2006Q2~ 2006Q3	0.9870 (0.0387)	1.0105 (0.0281)	0.9934 (0.0056)	0.9908 (0.0498)	1.0229 (0.0546)	1.0229 (0.0546)	1.0166 (0.0461)	1.0024 (0.0145)	1.0035 (0.0042)	1.0116 (0.0373)
2006Q3~ 2006Q4	1.0230 (0.0561)	0.9922 (0.0209)	0.9936 (0.0061)	1.0081 (0.0488)	0.9921 (0.0595)	0.9921 (0.0595)	0.9909 (0.0608)	0.9976 (0.0133)	1.0038 (0.0045)	0.9977 (0.0247)
2006Q4~ 2007Q1	1.0046 (0.0462)	0.9763 (0.0555)	0.9927 (0.0082)	0.9737 (0.0715)	0.9741 (0.0454)	0.9741 (0.0454)	0.9848 (0.0500)	0.9842 (0.0167)	1.0054 (0.0071)	0.9479 (0.0736)
2007Q1~ 2007Q2	1.0370 (0.0450)	1.0177 (0.0234)	0.9898 (0.0120)	1.0443 (0.0446)	0.9599 (0.0536)	0.9599 (0.0536)	0.9531 (0.0548)	1.0003 (0.0142)	1.0070 (0.0069)	1.0006 (0.0312)
2007Q2~ 2007Q3	1.0113 (0.0568)	0.9935 (0.0455)	0.9885 (0.0116)	0.9934 (0.0764)	1.0014 (0.0639)	1.0014 (0.0639)	0.9860 (0.0566)	1.0076 (0.0189)	1.0078 (0.008)	10.9922 (0.0647)
2007Q3~ 2007Q4	1.0001 (0.0436)	0.9921 (0.0216)	0.9921 (0.0055)	0.9838 (0.0327)	1.0029 (0.0562)	1.0029 (0.0562)	1.0005 (0.0485)	0.9978 (0.0090)	1.0044 (0.0050)	0.9854 (0.0372)
平均	1.0078 (0.0500)	1.0016 (0.0400)	0.9949 (0.0063)	1.0043 (0.0647)	1.0009 (0.0695)	0.9993 (0.0698)	0.9968 (0.0567)	1.0024 (0.0375)	1.0017 (0.0054)	1.0037 (0.0792)

1. 符號意義：EC：效率變動，SC：規模變動，TC：技術變動，GMPI：個別航程麥氏生產力指數，TGRC：技術缺口比率變動率，CUT：技術追趕，CUE：技術效率追趕，CUS：規模追趕，PTC：潛在技術相對變動，MPI：共同邊界麥氏生產力指數。

2. 樣本數：358。

3. 表中各指標值係取群組之平均值。

4. 括號內數值係標準差。

表 5 回程共同邊界 Malmquist 生產力指數之分解彙總表

季別	EC	SC	TC	GMPI	TGRC	CUT	CUE	CUS	PTC	gMMPI
2003Q1~ 2003Q2	0.9878 (0.0877)	1.1365 (0.2277)	1.0022 (0.004)	61.1184 (0.2043)	0.9568 0.1066	0.9568 0.1066	1.0247 (0.0909)	0.9426 (0.1200)	0.9968 (0.0040)	1.0518 (0.0799)
2003Q2~ 2003Q3	0.9933 (0.0576)	0.9880 (0.1408)	1.0023 (0.0040)	0.9844 (0.1571)	1.0347 0.1355	1.0347 0.1355	1.0120 (0.0908)	1.0264 (0.1062)	0.9968 (0.0031)	0.9997 (0.0621)
2003Q3~ 2003Q4	0.9991 (0.0337)	1.0410 (0.2429)	1.0025 (0.0038)	1.0430 (0.2516)	0.9975 0.1081	0.9975 0.1081	1.0040 (0.0530)	0.9969 (0.0980)	0.9964 (0.0032)	1.0163 (0.098)
2003Q4~ 2004Q1	0.9985 (0.0496)	0.8447 (0.0868)	1.0021 (0.0041)	0.8453 (0.0966)	1.1188 0.1055	1.1188 0.1055	1.0114 (0.0671)	1.1084 (0.0750)	0.9981 (0.0036)	0.9369 (0.0482)
2004Q1~ 2004Q2	1.0219 (0.0681)	1.1619 (0.1847)	1.0013 (0.0037)	1.1916 (0.2259)	0.9050 0.1023	0.9050 0.1023	0.9734 (0.0656)	0.9294 (0.0661)	0.9985 (0.0034)	1.0584 (0.0825)
2004Q2~ 2004Q3	0.9780 (0.0704)	1.0372 (0.3044)	1.0011 (0.0034)	1.0157 (0.3039)	1.0328 0.1477	1.0328 0.1477	1.0309 (0.0742)	1.0034 (0.1220)	0.9983 (0.0038)	1.0109 (0.1067)
2004Q3~ 2004Q4	1.0097 (0.0417)	1.0221 (0.0910)	1.0014 (0.0038)	1.0312 (0.0729)	0.9868 0.0439	0.9868 0.0439	0.9992 (0.0435)	0.9911 (0.0579)	0.9981 (0.0035)	1.0148 (0.0368)
2004Q4~ 2005Q1	1.0275 (0.0467)	1.0081 (0.0846)	1.0007 (0.0048)	1.0379 (0.1151)	0.9728 0.0817	0.9728 0.0817	0.9721 (0.0550)	1.0008 (0.0488)	0.9992 (0.0056)	1.0020 (0.0523)
2005Q1~ 2005Q2	0.9881 (0.0553)	1.0926 (0.1067)	1.0004 (0.0051)	1.0765 (0.0814)	0.9545 0.0755	0.9545 0.0755	1.0067 (0.0800)	0.9521 (0.0659)	0.9981 (0.0039)	1.0232 (0.0602)
2005Q2~ 2005Q3	0.9898 (0.0776)	1.0161 (0.1191)	1.0006 (0.0043)	1.0025 (0.1071)	1.0197 0.0926	1.0197 0.0926	1.0313 (0.0810)	0.9923 (0.0822)	0.9988 (0.0029)	1.0136 (0.0457)
2005Q3~ 2005Q4	1.0097 (0.0489)	0.9476 (0.1138)	1.0006 (0.0042)	0.9574 (0.1206)	1.0390 0.1015	1.0390 0.1015	1.0009 (0.0708)	1.0401 (0.0712)	0.9984 (0.0031)	0.9839 (0.0457)
2005Q4~ 2006Q1	1.0089 (0.0682)	0.9484 (0.2195)	1.0004 (0.0054)	0.9566 (0.2255)	1.0588 0.1869	1.0588 0.1869	1.0032 (0.0621)	1.0592 (0.2055)	0.9996 (0.0051)	0.9766 (0.1068)
2006Q1~ 2006Q2	20.9876 (0.0553)	1.0358 (0.1558)	0.9982 (0.0054)	1.0168 (0.1317)	1.0011 0.1098	1.0011 0.1098	1.0107 (0.0638)	0.9920 (0.1122)	1.0008 (0.0051)	1.0053 (0.0619)
2006Q2~ 2006Q3	0.9943 (0.0707)	0.9501 (0.1049)	0.9980 (0.0056)	0.9391 (0.0868)	1.0435 0.0763	1.0435 0.0763	1.0054 (0.0859)	1.0399 (0.0738)	1.0014 (0.0054)	0.9744 (0.0441)
2006Q3~ 2006Q4	1.0095 (0.0719)	0.9592 (0.1254)	0.9980 (0.0055)	0.9615 (0.1043)	1.0378 0.1001	1.0378 0.1001	1.0094 (0.0915)	1.0295 (0.0907)	1.0017 (0.0051)	0.9897 (0.0555)
2006Q4~ 2007Q1	1.0171 (0.0558)	0.9953 (0.1857)	0.9970 (0.0054)	1.0102 (0.2043)	0.9919 0.1299	0.9919 0.1299	0.9593 (0.0441)	1.0298 (0.1156)	1.0026 (0.0040)	0.9787 (0.0717)
2007Q1~ 2007Q2	1.0188 (0.0556)	1.1287 (0.2119)	0.9953 (0.0094)	1.1425 (0.2105)	0.9388 0.1228	0.9388 0.1228	0.9934 (0.0592)	0.9433 (0.1143)	1.0026 (0.0036)	1.0526 (0.1080)
2007Q2~ 2007Q3	0.9864 (0.0479)	0.9343 (0.0920)	0.9953 (0.0090)	0.9151 (0.0764)	1.0675 0.0681	1.0675 0.0681	1.0085 (0.0634)	1.0599 (0.0933)	1.0022 (0.0032)	0.9726 (0.0413)
2007Q3~ 2007Q4	1.0144 (0.0658)	1.0051 (0.0995)	0.9976 (0.0026)	1.0147 (0.0933)	0.9967 0.0610	0.9967 0.0610	0.9994 (0.0603)	0.9981 (0.0659)	1.0012 (0.0016)	1.0069 (0.0493)
平均	1.0017 (0.0603)	1.0129 (0.1785)	1.0001 (0.0053)	1.0133 (0.1812)	1.0087 (0.1171)	1.0095 (0.1168)	1.0035 (0.0708)	1.0073 (0.1067)	0.9992 (0.0043)	1.0035 (0.0745)

1. 符號意義：EC：效率變動，SC：規模變動，TC：技術變動，GMPI：個別航程麥氏生產力指數，TGRC：技術缺口比率變動率，CUT：技術追趕，CUE：技術效率追趕，CUS：規模追趕，PTC：潛在技術相對變動，MPI：共同邊界麥氏生產力指數。

2. 樣本數：358。

3. 表中各指標值係取群組之平均值。

4. 括號內數值係標準差。

其次，在去回程航線的技術缺口比率變動率方面，在 92 年-Q1 至 96 年-Q4 間，去程航線各季間之 TGRC 值多數大於 1，且平均 TGRC 值大於 1，表示去程航線群組出現持續的追趕，其群組邊界隨時間經過有向共同邊界貼近的現象，其 TGRC 季平均值為 1.0009，顯示去程航線邊界平均每季以 0.09% 的幅度貼近共同邊界。回程航線之 TGRC 值在樣本期間大部份均大於 1，顯示其群組邊界有向共同邊界貼近的現象；但仍有 9 個樣本季其 TGRC 小於 1，顯示其群組邊界有與共同邊界遠離的情況，綜計結果，回程航線平均 TGRC 值大於 1，表示回程航線群組仍出現季間持續的追趕，其整體群組邊界有向共同邊界貼近的現象，其追趕值平均為 1.0087，顯示群組邊界平均每季以 0.87% 的幅度貼近共同邊界。

為獲取更明確的「追趕」意涵，本文將 TGRC 分解成技術追趕(CUT)及潛在技術相對變動(PTC)兩個成份，前者之比值若大於 1，代表個別去回程航線實際所面對的技術缺口，隨時間經過而呈現縮小，即 TGR 值提高，意味著存在生產技術對潛在技術的追趕現象；後者之比值若大於 1，表示潛在技術水準提昇的速度相對高於當前的技術水準，意味著去回程航線技術發展潛在或空間的擴增。表 4 及表 5 中，去程航線在樣本期間的 CUT，除有七個季間其追趕值小於 1 外，其餘各季間的 CUT 均大於 1，其平均值為 0.9993，平均每季縮減約 0.07%，表示去程航線實際所面對的技術缺口，隨時間經過而呈現擴大，去程航線的生產技術對潛在技術未具有追趕的現象。回程航線在樣本期間 CUT，雖有九個季間其追趕值小於 1，然其 CUT 的平均數卻大於 1，其值為 1.0095，意謂平均每季提高約 0.95%，表示回程航線實際所面對的技術缺口，隨時間經過而更為縮小，回程航線的生產技術對潛在技術具有追趕的現象。

另就 PTC 而言，去程航線的比值皆大於 1，樣本期間之平均值為 1.0017，表示去程航線的技術發展潛力呈現上升的現象。回程航線的 PTC 比值大多小於 1，平均值為 0.9992，顯示回程航線的技術發展潛力相對於去程航線較為下降。

歸納而言，回程航線之 TGRC 值 1.0087 大於去程的 1.0009，顯示回程航線群組邊界平均每季以 0.87% 的幅度貼近共同邊界，較去程的 0.09% 為大，其原因主要是回程航線的 CUT 值 1.0095 較回程航線的 CUT 值 0.9993 為高所

致，因為去回程航線的 PTC 甚為接近。

最後，若進一步將 CUT 再分解成技術效率追趕與規模追趕兩個成份時，可以瞭解回程航線的 CUT 值 1.0095 較去程航線的 0.9993 高之原因為，回程航線平均的技術效率追趕值與規模追趕值分別為 1.0035 及 1.0073，均高於去程航線的 0.9968 與 1.0024 所致。

(二) 去回程 MMPI 及其組成要素差異性檢定結果

為瞭解去回程共同邊界麥氏生產力指數(gMMPI)及其組成要素之平均數是否具顯著差異，本文將去回程 gMMPI 及其組成要素平均數之差異性檢定結果彙總於表中。如表 6 所示，去回程 gMMPI 平均值差異的 t 檢定值為 -0.0338 ($p = 0.9730$)，故去回程航線 gMMPI 平均值間不具顯著差異。由於 gMMPI 係由個別群組的生產力變動指數及技術缺口比率變動率組成，故以下即分別檢視兩個組成要素在去回航程是否有顯著差異。

首先，先探討去回航程個別群體生產力指數的差異，去回航程生產力指數平均數差異的 t 檢定值為 0.8649 ($p = 0.3874$)，故去回程航線生產力指數亦未具顯著差異。進一步檢視去回航程生產力指數組成要素的差異情況，在去回航程技術效率變動與規模變動的差異性方面，其 t 檢定值分別為 -1.4069 ($p = 0.1599$) 與 1.1298 ($p = 0.2593$)，故去回航程技術效率變動與規模變動並不具顯著差異。另外，在去回航程技術變動差異性方面，其 t 檢定值為 11.3599 ($p = 0.0051$)，去程技術進步顯著小於回程。歸納而言，去回航程之生產力指數雖無顯著差異，然其組成要素的技術變動卻有顯著不同，在樣本期間中去程航線平均每季之技術進步顯著低於回程航線。

其次，再探討技術缺口比率變動率的去回航程差異，去回航程技術缺口比率變動率平均數差異的 t 檢定值為 1.0473 ($p = 0.2954$)，故去程技術缺口比率變動率並未顯著小於回程技術缺口比率變動率。進一步檢視去回程航線技術缺口比率變動率組成要素的差異情況，在去回航程技術追趕差異性方面，其 t 檢定值為 1.3799 ($p = 0.1682$)，故去程航線技術追趕未顯著小於回程航線。另外，在去回航程潛在技術變動差異性方面，其 t 檢定值為 -6.7051 ($p < 0.001$)，故顯示去程航線生產技術相對於潛在技術水準可以提升的空間顯著比回程大。由於技術追趕可再分解成技術效率追趕及規模追趕兩個要

我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用

素，故本文再將此兩個組成要素之差異性加以檢定，在去回航程技術效率追趕差異性方面，其 t 檢定值為 1.3509 ($p = 0.1772$)，顯示去程技術效率追趕未顯著大於回程。其次，在去回航程規模追趕差異性方面，其 t 檢定值為 0.7972 ($p = 0.4258$)，去程規模追趕未顯著小於回程。

表 6 去回程 gMMPI 及其組成要素平均數差異性檢定彙總表

指標名稱	去程 平均數	回程 平均數	t 值 (回程－去程)	p 值
共同邊界麥氏生產力指數(gMMPI)	1.0037	1.0035	-0.0338	0.9730
個別航程生產力指數(GMPI)	1.0043	1.0133	0.8649	0.3874
個別航程技術效率變動(TEC)	1.0078	1.0017	-1.4069	0.1599
個別航程規模變動(SEC)	1.0016	1.0129	1.1298	0.2593
個別航程技術變動(TC)	0.9949	1.00011	1.3599	0.0051
技術缺口比率變動率(TGRC)	1.0009	1.0087	1.0473	0.2954
技術追趕(CUT)	0.9993	1.0095	1.3799	0.1682
潛在技術變動(PTC)	1.0017	0.9992	-6.7051	<0.001
技術效率追趕(CUE)	0.9968	1.0035	1.3509	0.1772
規模追趕(CUS)	1.0024	1.0073	0.7972	0.4258

歸納前段去回航程技術缺口比率變動率及其組成要素變動的檢定結果可知，去程技術追趕未顯著大於回程，然去程航線生產技術相對於潛在技術水準可以提升的空間顯著比回程小。進一步將技術追趕分解成技術效率追趕及規模追趕兩個要素並加以檢定時，並未發現去回航程間有顯著差異。

歸納而言，去回程航線間，其共同邊界麥氏生產力指數雖無顯著差異，然在其組成要素的檢定中發現去程航線生產技術相對於潛在技術水準可以提升的空間顯著比回程小。上述結果之管理意涵為，個案公司欲充分利用現有產能，宜加強回程航線之載貨量，具體做法包含：(1)與其他國家的海運公司策略聯盟；(2)採彈性訂價方式吸引回程航線之客源；(3)與回程航線市場潛在客戶商訂長期輸運合約，以穩定客源。以上做法，皆在冀圖擴大回程接單輸運量，及舒緩去回程潛在技術水準顯著差異之現象。另外，本文針對台灣貨櫃航運業具代表性公司去回程航線生產力變動之實證結果，或可做為其他貨櫃航運同業營運之參考。

柒、結論彙述

台灣屬於出口導向的小型開放經濟體，海運業對台灣經濟發展具有重大之貢獻。本研究以台灣具有代表性的貨櫃航運公司進行個案研究，探討公司內各航線間的相對效率及生產力變動情況，由於貨櫃航運業之產業特性使然，去程航線與回程航線間在運費及要素投入組合上有重大差異，隱含去回航程間存在潛在異質的生產技術水準。故本研究採取能比較不同生產技術群體的共同邊界投入導向距離函數來探討個案貨櫃航運公司去回程航線的投入與產出資料，另外，為了捕捉環境及營運上隨機因素對不同航線之衝擊，本研究以隨機邊界法來衡量個案貨櫃航運公司之效率與生產力。

本文主要之發現彙述如下，首先，在樣本期間中去回程航線生產力指數未具顯著差異。其次，去程航線平均每季之技術進步率顯著低於回程航線。第三，去程航線生產技術相對於潛在技術水準可以提升的空間顯著比回程大。綜言之，相對於過去以貨櫃航運公司為分析對象之文獻，本研究改以個案公司內部航線微觀層次資料進行分析，並將課題延伸至生產力變動及效率追趕的實證資訊，除可補強相關航運效率研究文獻之缺口外，或較能提供更具體資訊予企業的管理階層，做為擬訂長期績效評估及經營決策之依據。

附錄 1 去、回程航線隨機邊界法投入面距離函數估計結果

	去程航線估計結果		回程航線估計結果	
	係數估計值	t 值	係數估計值	t 值
Constant	-5.4076	-3.0768	4.8552	1.7877
$\ln(X_2)$	0.1044	0.4535	-0.0679	-0.2753
$\ln(X_3)$	-0.6472	-3.3892	-0.3955	-1.9032
$\ln(X_4)$	-0.6362	-1.5159	0.2100	0.5387
$\ln(X_5)$	0.5137	4.0328	0.7707	3.9251
$\ln(X_6)$	2.0895	4.4877	0.7247	1.3746
$\ln(Y)$	0.5595	1.2914	-1.5726	-2.7796
t	-0.0052	-0.3271	0.0387	1.8678
$0.5 \times \ln(X_2)^2$	-0.0041	-0.2917	-0.0050	-0.3605
$0.5 \times \ln(X_3)^2$	0.0270	2.3191	-0.0075	-2.1645
$0.5 \times \ln(X_4)^2$	0.2651	4.8328	0.1396	2.8688
$0.5 \times \ln(X_5)^2$	0.0368	3.7930	0.0693	4.6452
$0.5 \times \ln(X_6)^2$	-0.1653	-2.2357	0.0629	0.8705
$0.5 \times \ln(Y)^2$	-0.1230	-2.1543	0.1336	1.9544
$0.5 \times t^2$	-0.0002	-0.7557	0.0002	0.9478
$\ln(X_2) \times \ln(X_3)$	-0.0157	-1.0082	-0.0150	-0.9071
$\ln(X_2) \times \ln(X_4)$	-0.0541	-1.6406	-0.0293	-1.0227
$\ln(X_2) \times \ln(X_5)$	0.0711	4.8570	-0.0070	-0.4941
$\ln(X_2) \times \ln(X_6)$	0.0395	1.2840	0.0709	2.5284
$\ln(X_2) \times \ln(Y)$	0.0083	0.2680	0.0380	1.3062
$\ln(X_2) \times t$	-0.0025	-1.3737	0.0004	0.2719
$\ln(X_3) \times \ln(X_4)$	-0.1157	-3.4018	-0.0176	-0.6543
$\ln(X_3) \times \ln(X_5)$	0.0099	1.0520	-0.0227	-1.7655
$\ln(X_3) \times \ln(X_6)$	0.1156	3.8946	0.0933	3.7050
$\ln(X_3) \times \ln(Y)$	0.1007	3.8795	0.0643	2.7943
$\ln(X_3) \times t$	-0.0008	-0.6812	0.0016	1.0141
$\ln(X_4) \times \ln(X_5)$	-0.0962	-5.4485	0.0150	0.7037
$\ln(X_4) \times \ln(X_6)$	0.1504	2.8886	-0.1003	-1.8856
$\ln(X_4) \times \ln(Y)$	0.0587	1.3074	-0.0777	-1.6973
$\ln(X_4) \times t$	0.0097	3.0320	0.0109	3.4031
$\ln(X_5) \times \ln(X_6)$	-0.1006	-4.7825	-0.0882	-5.5654
$\ln(X_5) \times \ln(Y)$	-0.0511	-2.9657	-0.0862	-4.3872
$\ln(X_5) \times t$	-0.0062	-6.7078	0.0025	2.1271
$\ln(X_6) \times \ln(Y)$	-0.1841	-2.9460	0.0365	0.5605
$\ln(X_6) \times t$	0.0018	0.7397	-0.0064	-2.6278
$\ln(Y) \times t$	0.0001	0.0602	-0.0090	-3.5440
σ^2	0.0040	2.9808	0.0677	2.8490
Gamma	0.4924	2.8542	0.9640	7.4987
η	0.0532	3.5186	-0.0019	-0.2021
Log-likelihood	517.2496		566.8094	

註：1. 去回程航線個別之總樣本數為 358。

2. 所有的 $X_i, i = 2 \cdots 6$, 均除以 X_1 。

附錄 2 隨機邊界法與共同邊界投入面距離函數估計結果

	SFA	估計標準誤	QP	估計標準誤
Constant	6.6374	0.9302	2.2605	0.6886
$\ln(X_2)$	0.1105	0.1256	0.3074	0.1485
$\ln(X_3)$	0.4213	0.1471	0.3189	0.2351
$\ln(X_4)$	-0.1075	0.2445	0.6628	0.3130
$\ln(X_5)$	-0.0901	0.0883	0.1532	0.1252
$\ln(X_6)$	1.4019	0.2593	0.5444	0.1882
t	0.0068	0.0159	0.0399	0.0206
$0.5 \times \ln(X_2)^2$	0.0201	0.0171	0.0809	0.0193
$0.5 \times \ln(X_3)^2$	0.0024	0.0046	0.0079	0.0193
$0.5 \times \ln(X_4)^2$	0.3240	0.0571	0.4110	0.0836
$0.5 \times \ln(X_5)^2$	0.1115	0.0120	0.1330	0.0251
$0.5 \times \ln(X_6)^2$	0.2319	0.0430	0.1150	0.0227
$0.5 \times t^2$	-0.0014	0.0005	-0.0017	0.0003
$\ln(X_2) \times \ln(X_3)$	-0.0539	0.0215	0.0354	0.0240
$\ln(X_2) \times \ln(X_4)$	-0.0749	0.0311	-0.1565	0.0461
$\ln(X_2) \times \ln(X_5)$	0.0839	0.0185	0.0424	0.0218
$\ln(X_2) \times \ln(X_6)$	-0.0315	0.0234	-0.0017	0.0167
$\ln(X_2) \times t$	0.0032	0.0021	0.0015	0.0017
$\ln(X_3) \times \ln(X_4)$	0.0290	0.0344	-0.0922	0.0531
$\ln(X_3) \times \ln(X_5)$	-0.0589	0.0166	-0.0100	0.0254
$\ln(X_3) \times \ln(X_6)$	0.0006	0.0144	-0.0264	0.0194
$\ln(X_3) \times t$	-0.0040	0.0025	-0.0010	0.0021
$\ln(X_4) \times \ln(X_5)$	-0.1458	0.0212	-0.1921	0.0275
$\ln(X_4) \times \ln(X_6)$	0.0135	0.0360	0.0359	0.0512
$\ln(X_4) \times t$	0.0016	0.0044	-0.0073	0.0052
$\ln(X_5) \times \ln(X_6)$	-0.1033	0.0170	-0.0454	0.0191
$\ln(X_5) \times t$	-0.0031	0.0017	-0.0014	0.0017
$\ln(X_6) \times t$	-0.0004	0.0019	-0.0001	0.0018
σ^2	0.2055	0.0047	-	-
Gamma	0.9638	0.0075	-	-
η	0.0464	0.0006	-	-
Log-likelihood	796.9021		-	-

註：1. 總樣本數為 716。

2. QP 的標準差採拔靴法獲得。

3. 所有的 $X_i, i = 2 \cdots 6$, 均除以 X_1 。

附 註

1. 學者們普遍對 TFP 指數有一個共識，認為 TFP 指數必須滿足四項應該具備的特性：恒等性(identity)單調性(monotonicity)可分性(separability)以及比例性(proportionality)。
2. 依據 Coelli、Rao、O'Donnell 及 Battese (2005, 頁 180) 指出，無論是由投入面或產出面來衡量技術無效率，均是對同一技術邊界進行衡量，此在以計量經濟法估計時，投入或產出導向的選擇更不是那麼地重要。選擇投入導向或產出導向來衡量效率，以管理者是否能對之進行決策為依歸。
3. 高強、黃旭男及 T. Sueyoshi (民 92, 頁 45-47) 定義決策單位為：「各受評單位需具以下特性：受評估單位有相同的目標，執行相似的工作；受評估單位在相同的市場條件下運作；影響受評估單位績效之投入產出項目相同。」本研究去回程航線皆符合其所稱決策單位之特性，例如，去回程航線均有相同產出極大化目標以及使用之投入與產出項目均相同等，至於市場條件，在去程時，服務對象可能為出口廠商，承攬之貨物可能為電子相關產品，市場條件相同；然而回程時，服務對象大多為原物料或機器設備等進口廠商，亦皆在相同市場條件下運作，故本文將去回程航線視為 DMU。
4. 本文係針對生產力變動的課題加以探討，然而在計算共同邊界下之生產力變動情形時，需要先將不同群組的共同邊界估計出來方能致之。在共同邊界參數的估計，本文係根據 Battese *et al.* (2004) 與 O'Donnell、Rao 及 Battese (2008) 所提出的極小化距離平方和(minimum sum of squares of deviations)，又稱二次規劃法(quadratic programming, QP) 估計而得。
5. 由於本文係根據 Battese *et al.* (2004) 與 O'Donnell *et al.* (2008) 所提出的極小化距離平方和(minimum sum of squares of deviations) 來估計個案公司去回程航線的共同邊界參數，此法需滿足共同邊界大於或等於群組邊界的限制條件，故均採數理規劃的方法進行參數估計，而 SFA 無法將不等式的條件 impose 入其模式中，故而並未採用 SFA 法。

參考文獻

1. 王昱傑（民 95），「利用灰關聯分析進行台灣地區貨櫃船公司財務績效代表性指標之擷取」，*航運季刊*，第十五卷第一期，頁 1-17。
2. 王榮祖、林文恭及朱銀鈴（民 94），「應用灰色關聯分析於貨櫃航運業營運與財務績效代表性指標之擷取」，*航運季刊*，第十四卷第一期，頁 63-85。
3. 朱明輝（民 93），「陽明海運技術效率與生產力之評估」，*台灣經濟論衡*，第一卷第六期，頁 1-25。
4. 交通部全球資訊網 <http://www.motc.gov.tw/motchypage/>（民 97，7 月）
5. 吳偉銘及林泓毅（民 93），「台灣貨櫃船隊效率之檢驗」，*航運季刊*，第十三卷第四期，頁 21-30。
6. 林光、李選士及王昱傑（民 92），「以財務比率評估海運業財務營運績效之研究」，*航運季刊*，第十二卷第一期，頁 43-59。
7. 林郁芳（民 90），*應用資料包絡分析法於航運公司定期航線營運績效之評估*，國立交通大學經營管理研究所碩士論文。
8. 高強、黃旭男及 T. Sueyoshi（民 92），*管理績效評估：資料包絡分析法*，台北：華泰文化事業公司出版。
9. 陳谷茹及楊浩彥（民 97），「共同邊界 Malmquist 生產力指數的延伸：跨國總體資料的實證分析」，*經濟論文叢刊*，第三十六輯第四期，頁 551-88。
10. 張寶光、黃台心及王士豪（民 99），「我國 H 海運公司貨櫃定期航線技術效率分析」，*管理與系統*，第十七卷第四期，頁 743-64。
11. 黃台心及張寶光（民 99），「我國某海運公司貨櫃定期去回程航線共同邊界效率分析」，*應用經濟論叢 2009 生產力與效率特刊*，頁 227-65。
12. 黃承傳及鍾政棋（民 93），「資料包絡分析法應用於散裝航運公司營運績效之評估」，*運輸學刊*，第十六卷第二期，頁 145-82。
13. 劉世忠（民 96），「貨櫃海運業產業概況」，*產業資訊*，第五十九期，頁 33-6。
14. 劉金鳳、林文晟與、蘇育玲及劉中平（民 93），「以灰關聯分析評估我國不定期航運上市公司經營績效」，*航運季刊*，第十三卷第四期，頁 11-9。
15. Battese, G. E., T. J. Coelli (1995), "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data." *Empirical Economics*, 20, pp. 325-32.
16. Battese, G.E., D. S. P. Rao, and C. J. O'Donnell (2004), "A Metafrontier Production Function for Estimation of Technical Efficiencies and Technology Gaps for Firms Operating Under Different Technologies." *Journal of Productivity Analysis*, 21, pp.91-103.

17. Coelli, T.J., D. S. P. Rao, C. J. O'Donnell, and G.E. Battese (2005), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, 2nd Edition, Springer Science Business Media, Inc.
18. Diewert, W. E. (1976), "Exact and Superlative Index Numbers." *Journal of Econometrics*, 4, pp. 115-45.
19. Evangelista, P., and A. Morvillo (1998), "The Role of Training in Developing Entrepreneurship: The Case of Shipping in Italy." *Maritime Policy and Management*, 125, No. 1, pp.81-96.
20. Färe, R., and D. Primont (1995), *Multi-output Production and Duality: Theory and Applications*, New York: Kulwer Academic Publishers.
21. Grammenos, C. T H, and S. N. Marcoulis (1996), "A Cross-section Analysis of Stock Returns: The Case of Shipping Firms." *Maritime Policy and Management*, 23, No.1, pp.67-80.
22. Jondrow, J., C.A.K. Lovell, I.S. Materov, and P. Schmidt (1982), "On Estimation of Technical Inefficiency in the Stochastic Frontier Production Function Model." *Journal of Econometrics*, 19, pp. 233-8.
23. Kumbhakar, S.C. (1990), "Production frontiers, panel data, and time-varying technical inefficiency." *Journal of Econometrics*, 46, pp.201-12.
24. Kumbhakar, S.C. and D. Wang (2007), "Economic reforms, efficiency and productivity in Chinese banking." *Journal of Regulatory Economics*, 32, pp.105-29.
25. Lim, S. M.(1996), "Round-the-world Service: The Rise of Evergreen and the Fall of U.S. Lines." *Maritime Policy and Management*, 23, No.2, pp.119-44.
26. O'Donnell, C. J., D. S. P. Rao ,and G. E. Battese (2008), "Meta-Frontier Frameworks for the Study of Firm-Level Efficiencies and Technology Ratios." *Empirical Economics*, 34, pp.231-55.
27. Orea, L. (2002), "Parametric Decomposition of a Generalized Malmquist Productivity Index." *Journal of Productivity Analysis*, 18, pp.5-22.

Using a Metafrontier Input Distance Function to Estimate Productivity Change for a Huge Container Liner Shipping Firm of Taiwan

Bao-Guang Chang* **Tai-Hsin Huang**** **Yi-Chen Han*****

Abstract

The present study investigates the productivity of a container shipping company in the marine industry of Taiwan. An empirical study is conducted based on the company's panel data from 2003 to 2007, covering the inbound and outbound operations of 21 regular routes to Asia, America, Europe, and the Atlantic. The analytic model is constructed based on metafrontier input-orientated distance function, from which the constituents of metafrontier technical efficiency and metafrontier productivity index change are derived. Main findings are as follows. First, both the metafrontier technical efficiency and technology gap ratios of outbound routes are significantly greater than that of inbound routes, attributed to the export-centric character of Taiwan. Second, the productivity changes (technical efficiency change and technical change) of inbound routes are significantly greater than that of outbound routes, which indicates the demand fluctuation of inbound shipping. Third, the margin to improve for production technology (relative to potential technology level) of outbound routes is significantly less than that of inbound routes. In conclusion, unlike previous research generally

* Corresponding author: Professor of the Department of Accounting, Tamkang University, Tel: (02)26215656 ext. 2887; Fax: (02)26209738; E-mail: baogail.tku.edu.tw.

** Professor of the Department of Money and Banking, National Chengchi University.

***Lecturer of the Department of Finance, China University of Technology.

我國海運公司貨櫃定期航線共同邊界生產力變動分析：投入導向距離函數之應用

adopted the entire marine industry as studied subject, the present study focuses on individual company's internal operation data and extends the issues to productivity change and efficiency catch-up, and thus may provide more relevant information to the management for formulating long-term performance evaluation and business decision-making.

Key words: Container Shipping, Liner Shipping, Technology Gap Ratio, Meta-Frontier Productivity Change, Catch Up

