第三章 研究方法

3.1 技術效率的定義與距離函數

「技術效率」是指生產決策單位是否能在既定要素投入下生產出當時技術所能達到的最大產出量，或者在當時的技術下使用最少的投入達成既定的產出水準之能力。前者屬於產出導向（Output Oriented）定義，後者則為投入導向（Input Oriented）定義。

除了分辨是否具技術效率之外，Shephard(1970)定義的距離函數可用來衡量多投入多產出情況下效率的高低程度。假設DMU$_i$（市場中第i個DMU）使用N種投入，$x=(x_1,...,x_N)$，生產M種產出，$y=(y_1,...,y_M)$，且生產技術具有強可拋性[1]（Strong Disposability）。生產技術可表示為：$T=\{(x,y)\,|\,x\text{可生產}y\}$；投入集合（Input Set）$L(y)=\{x\,|\,(x,y)\in T\}$；產出集合（Output Set）$P(x)=\{y\,|\,(x,y)\in T\}$。

投入距離函數定義為：$D_I(y,x)=\max\{\theta\,|\,x/\theta\in L(y)\}$。由於$D_I(y,x)$係依據投入集合$L(y)$而定義，故$D_I(y,x)$亦將一階齊次於x[2]。若由投入導向來衡量技術效率（Farrell，1957），$TE_I=\min\{\lambda\,|\,\lambda\cdot x\in L(y)\}=\left[D_I(y,x)\right]^{-1}$，因$1\le D_I(y,x)<\infty$，故$0<TE_I\le 1$。當$D_I(y,x)>1$（$TE_I<1$），表示技術無效率；當$D_I(y,x)=1$（$TE_I=1$），則表示技術效率。如圖 3-1，實際所使用之投入x固然可生產y，但是一按比例縮減的（較少的）投入組合(x/θ^*)即可達到產出水準y，按定義屬技術無效率，此時$D_I(y,x)=\theta^*>1$，$TE_I<1$。

---

[1] 生產技術具強可拋性條件：若$(x,y)\in T$，當$x'\ge x, y'\le y$，則$(x',y')\in T$。

[2] 關於距離函數的其他特性，請參考Kumbhakar et al.(2000)、Coelli et al.(1997)。

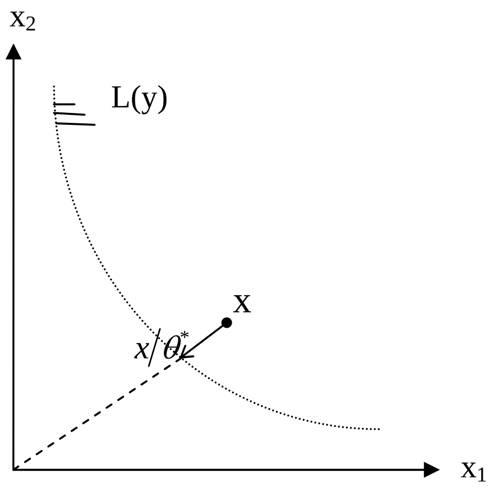

圖 3-1 投入距離函數（N＝2）

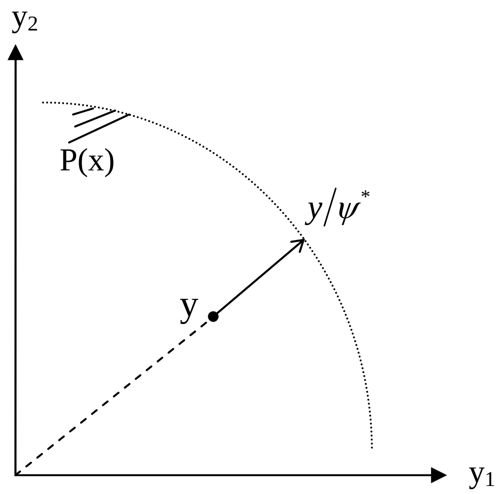

圖 3-2 產出距離函數（M＝2）

產出距離函數定義為：$D_O(x,y)=\min\{\Psi \mid y/\Psi \in P(x)\}$。由於 $D_O(x,y)$ 係依據投入集合 $P(x)$ 而定義，故 $D_O(x,y)$ 亦將一階齊次於 y。若由產出導向來衡量技術效率，$TE_O=\left[\max\{\phi \mid \phi\cdot y\in P(x)\}\right]^{-1}=D_O(x,y)$，$0<D_O(x,y)=TE_O\le 1$。當 $D_O(x,y)<1$（$TE_O<1$），表示技術無效率；當 $D_O(x,y)=1$（$TE_O=1$），則表示技術效率。如圖 3-2，在使用之投入 x 後實際生產 y，但是依照當時的技術水準，其實應可達成一按比例擴張的（較高的）產出組合 $\left(y/\Psi^*\right)$，此顯示技術無效率，這時 $TE_O=D_O(x,y)=\Psi^*<1$。

在選擇以投入導向或產出導向模型估計效率值時，主要的考量因素是廠商在於投入或者產出之間，何者的掌控程度較高。國際觀光旅館產業需求波動極大，而這些波動多為外在環境影響所導致（如旅遊淡旺季、經濟景氣、台灣觀光的相對國際競爭力……等），廠商即使施展各式行銷手法，能促進的產出改變有限。相對的，國際觀光旅館業對於調整資本、勞工、耗材等投入要素的掌控程度則較高，故本文擬以投入距離函數來進行效率衡量。

3.2 效率估計—隨機邊界分析法

本文將使用 Aigner、Lovell 及 Schmidt(1977)提出之隨機邊界分析法估計距離函數。SFA 模型係利用計量方法來衡量效率，必須給予 $D_I\left(y,x\right)$ 特定函數形式的假設，而技術效率則設定爲一符合單邊分配（One-Sided Distribution）之誤差項。此外，DMU 在生產過程中，常會遭遇人爲無法控制的非技術性隨機衝擊，如地震、颱風等天災、機器運作的良窳、或是外在因素導致生產要素供給的不確定等，這些隨機干擾因素，廠商無法完全掌控，卻會直接或間接地影響到廠商的產出水準，故 SFA 模型將 DMU 所無法控制的因素考慮進來，設定爲一符合對稱分配（通常爲常態分配）之誤差項，使得生產邊界具有隨機性質。

根據前述距離函數定義可知，$1=TE\cdot D_I\left(y,x\right)$。首先，由於本文所分析之國際觀光旅館資料期間長達 11 年，在期間內可能有生產技術進步的情形發生，爲利於後續生產力變動分析時能順利將生產技術進步與技術效率改變造成的影響拆解，我們在距離函數中加入時間變數t，以考慮隨時間經過，生產技術變動所造成各期距離函數的改變。接著，配合SFA模型加入隨機干擾項後，DMU_i於第t期之投入距離函數可改寫成以下形式：

$$1=D_I\left(y_{it},x_{it},t;\beta\right)\cdot\exp\left(v_{it}-u_{it}\right) \qquad (3\text{-}1)$$

其中，v_{it}爲隨機干擾項，$v_{it}\sim iidN\left(0,\sigma_v^2\right)$；$u_{it}$爲技術無效率項，符合一非負數單邊分配；$\beta$則爲待估計係數。

由於在生產過程中，例如市場競爭程度、所有權型態、管理方式等等不同的因素，常影響 DMU 將投入轉換爲產出的技術結構或效率表現。在效率分析的研究中，欲真正瞭解經營管理效率並讓研究結果對廠商有所啓示，必須找出影響個別廠商效率的變數。過去有許多文獻利用兩階段的方式進行分析。首先

第一階段裡，假設無效率項u_{it}符合一獨立且齊一之分配（Independently and Identically Distribution）用以估計個別廠商效率值。接著在第二階段，則假設前階段估計出的效率值爲數個廠商別影響變數之函數，用以解釋這些影響變數造成廠商經營效率的高低。然而仔細分析會發現，當第二階段估計出之係數不全爲 0 時，隱含了無效率項並不符合第一階段中的齊一分配假設（Not Identically Distributed），形成兩階段之間假設矛盾的衝突。由於這個衝突是因爲額外利用第二階段的外生函數分析無效率影響因素所造成的，故後來有相當多文獻提出各種方法（Deprins and Simar, 1989；Kumbhakar et al., 1991；Huang and Liu, 1994；Battese and Coelli, 1995），將無效率影響變數直接納入效率衡量模型中，使得效率值估計及無效率影響因素的分析均於單一階段中同時完成，可有效解決兩階段分析法的衝突。這樣的方法稱爲一階段分析法。

本文採用Battese and Coelli(1995)提出之一階段分析法，直接利用環境變數來解釋技術無效率項之平均數變動。在式(3-1)中，假設不同的環境變數（z_{it}）對技術無效率項造成影響，且外在環境變數不會干擾特定投入要素之使用，兩者之間互相中立[3]，$u_{it} = \delta_0 + \delta' z_{it} + \varepsilon_{it}$，其中$\varepsilon_{it} \sim N\left(0, \sigma_\varepsilon^2\right)$。又由於$u_{it}$必須符合非負數之限制， $u_{it} = \delta_0 + \delta' z_{it} + \varepsilon_{it} \geq 0$ ，亦即表示ε_{it}必須更進一步服從截斷於$-\left(\delta_0 + \delta' z_{it}\right)$之常態分配。故假設技術無效率項$u_{it}$服從截斷於 0 之常態分配，$u_{it} \sim N^+\left(\mu_{it}, \sigma_u^2\right) = N^+\left(\delta_0 + \delta' z_{it}, \sigma_u^2\right)$。

另外，由於 SFA 模型係利用計量方法來衡量效率。但觀察式(3-1)，其等式

[3] 在此假設下做成之模型稱爲中立性（Neutral）模型，無效率項u_{it}僅是環境變數z_{it}之函數，$u_{it} = g\left(z_{it}\right)$。相對於此，若考慮外在環境因素對特定投入要素使用造成影響之模型，則稱非中立（Non-Neutral）模型，無效率項u_{it}是環境變數z_{it}及投入x_{nit}之函數，$u_{it} = g\left(z_{it}, x_{nit}\right)$。

左邊均為 1，這樣的等式表示無法進行迴歸估計，必須加以改寫。我們知道投入距離函數一階齊次於 x，亦即 $D_I\left(y_{it},\lambda_{it}x_{it};\beta\right)=\lambda_{it}D_I\left(y_{it},x_{it};\beta\right)$，$\lambda_{it}>0$。令 λ_{it} 等於投入變數向量之 Euclidean Norm 的倒數，$\lambda_{it}=|x_{nit}|^{-1}=\left(\sum_n x_{nit}^2\right)^{-1/2}$，可得：

$$D_I\left(y_{it},\frac{x_{it}}{|x_{nit}|};\beta\right)=\frac{1}{|x_{nit}|}D_I\left(y_{it},x_{it};\beta\right) \tag{3-2}$$

今將式(3-1)等式兩邊同乘 $|x_{nit}|^{-1}$，並將式(3-2)代入，可得

$$\begin{aligned}|x_{nit}|^{-1}&=|x_{nit}|^{-1}D_I\left(y_{it},x_{it},t;\beta\right)\cdot\exp\left(v_{it}-u_{it}\right)\\&=D_I\left(y_{it},\frac{x_{it}}{|x_{nit}|},t;\beta\right)\cdot\exp\left(v_{it}-u_{it}\right)\end{aligned} \tag{3-3}$$

假設投入距離函數符合 Translog 函數形式，式(3-3)之模型可展開如式(3-4)。而本文使用之效率分析模型則重新整理於式(3-4)～(3-7)。

$$\begin{aligned}\ln(|x_{nit}|^{-1})&=\beta_0+\sum_m\beta_{1.m}\ln y_{mit}+\sum_n\beta_{2.n}\ln\frac{x_{nit}}{|x_{nit}|}+\sum_{m,q}\beta_{3.mq}\ln y_{mit}\cdot\ln y_{qit}\\&+\sum_{n,p}\beta_{4.np}\ln\left(\frac{x_{nit}}{|x_{nit}|}\right)\cdot\ln\left(\frac{x_{pit}}{|x_{pit}|}\right)+\sum_m\sum_n\beta_{5.mn}\ln y_{mit}\cdot\ln\frac{x_{nit}}{|x_{nit}|}\\&+\sum_m\beta_{6.m}\ln y_{mit}\cdot t+\sum_n\beta_{7.n}\ln\frac{x_{nit}}{|x_{nit}|}\cdot t+\beta_8 t+\beta_9 t^2+v_{it}-u_{it}\end{aligned} \tag{3-4}$$

$$v_{it}\sim iidN\left(0,\sigma_v^2\right) \tag{3-5}$$

$$u_{it}\sim N^+\left(\mu_{it},\sigma_u^2\right) \tag{3-6}$$

$$\mu_{it}=\delta_0+\sum_k\delta_k z_{kit} \tag{3-7}$$

有了上述的模型與假設設定後，即可定義出對數概似函數（Log-likelihood Function），以最大概似估計法估計出 β、δ、σ_v^2、σ_u^2 等各項參數[4]，並可以利

[4] 估計距離函數的潛在問題是，式(3-4)等號右邊有投入作為解釋變數，因此可能並非外生變數，對此問題請參閱Kumbhakar and Lovell(2000)。

用條件期望值估計出個別DMU於各期之技術效率，

$$TE_{it} = E\left[\exp\left(-u_{it}\right) | \varphi_{it}\right]，\varphi_{it} = v_{it} - u_{it} \tag{3-8}$$

3.3 Malmquist 生產力指數

生產力係產出除以投入的比值，當產出變動與投入變動幅度不同時，會造成生產力的變動。過去文獻提出許多方法來衡量生產力變動[5]，這些方法大致可歸類成兩類。第一種方法主要利用指數方法來建構生產力指數，如Fisher(1992)生產力指數或Törnqvist(1936)生產力指數，這類方法同時需要數量與價格資料，並且需對生產技術結構及廠商行爲做假設。第二種方法則是利用先行的非參數計算或迴歸估計結果，來建構生產力指數，例如Malmquist生產力指數。因爲先行計算（如DEA分析）或迴歸估計（如SFA分析）的結果中提供了生產技術的資訊可以取代價格資料或相關假設，所以這種方法不需要價格資料，也不需要做廠商追求利潤極大或成本極小…等等的行爲假設。由於價格資料取得困難，本研究將利用不需價格資料這項優點，配合隨機距離函數估計的結果，以Malmquist生產力指數來衡量國際觀光旅館產業長期間之生產力變化。

1982 年，Caves, Christensen and Diewert首次將Malmquist(1953)指數使用於生產力分析，說明了生產力的變化可以兩距離函數之間的比率來衡量。而同時間，Nishimizu and Page(1981)運用邊界分析法的架構，認爲生產力的變動可以拆解成兩部分。第一部份爲源自於技術進步造成生產邊界變化，進而產生的生產力變動，稱爲技術變動（Technical Change）；第二部分則是相對於既定的生產邊界，因個別DMU之生產配置改變所造成的生產力變動，稱爲效率變動（Efficiency Change）。後來，Färe, Grosskopf, Norris and Zhang(1994)整合兩篇文

[5] 關於各種生產力指數之介紹請參閱Coelli et al.(1997)。

獻，提出一可拆解的Malmquist生產力指數[6]。利用Malmquist指數來衡量生產力變動主要有兩大優點：第一，Malmquist指數係依距離函數之比值而定義，故不需使用價格資料，也不需假設市場爲完全競爭；第二，由於經濟事件的改變係連續發生，但統計資料卻是間斷記錄（如每年記錄一次之年資料），利用間斷的時間點資料來衡量連續變化時常會造成誤差，而Malmquist指數採用兩不同時點距離比值之幾何平均的定義，則可避免此項誤差。

Malmquist 生產力（投入導向）指數用來衡量 s 期（基期）與 s+1 期之間生產力變動，定義爲

$$m_I\left(y_s, x_s, y_{s+1}, x_{s+1}\right)=\left[\frac{D_I^s\left(y_{s+1}, x_{s+1}\right)}{D_I^s\left(y_s, x_s\right)} \times \frac{D_I^{s+1}\left(y_{s+1}, x_{s+1}\right)}{D_I^{s+1}\left(y_s, x_s\right)}\right]^{1/2} \quad (3\text{-}9)$$

其中 $D_I^s\left(y_{s+1}, x_{s+1}\right)$，表示 s+1 期觀察值相對於 s 期技術的生產邊界，所計算出之投入距離函數，亦即 $D_I^s\left(y_{s+1}, x_{s+1}\right)=\max\left\{\theta \mid x_{s+1}/\theta \in L_s\left(y_{s+1}\right)\right\}$。$\frac{D_I^s\left(y_{s+1}, x_{s+1}\right)}{D_I^s\left(y_s, x_s\right)}$ 部分，表示在 s 期技術之生產邊界下，s+1 期觀察值相較於 s 期觀察值生產力的變動；$\frac{D_I^{s+1}\left(y_{s+1}, x_{s+1}\right)}{D_I^{s+1}\left(y_s, x_s\right)}$ 部分，表示在 s+1 期技術之生產邊界下，s+1 期觀察值相較於 s 期觀察值生產力的變動，而 Malmquist 指數採用兩部分幾何平均來衡量 s 與 s+1 時點間生產力的變動。當 m_I 小於 1，顯示 s 期到 s+1 期之間生產力出現正成長；反之當 m_I 大於 1，則顯示生產力的退步。

式(3-9)可重新改寫爲式(3-10)，

$$m_I\left(y_s, x_s, y_{s+1}, x_{s+1}\right)=\frac{D_I^{s+1}\left(y_{s+1}, x_{s+1}\right)}{D_I^s\left(y_s, x_s\right)}\left[\frac{D_I^s\left(y_{s+1}, x_{s+1}\right)}{D_I^{s+1}\left(y_{s+1}, x_{s+1}\right)} \times \frac{D_I^s\left(y_s, x_s\right)}{D_I^{s+1}\left(y_s, x_s\right)}\right]^{1/2} \quad (3\text{-}10)$$

[6] 關於Malmquist生產力指數的詳細拆解，詳Fuentes et al.(2001)。

如前述定義，投入距離函數代表技術效率水準（倒數），$D_I(y,x)=\left[TE_I\right]^{-1}$。

$\dfrac{D_I^{s+1}(y_{s+1},x_{s+1})}{D_I^{s}(y_{s},x_{s})}$部分，爲 s 期與 s+1 期間技術效率（倒數）之比值，反應兩期之間的效率變動（Efficiency Change）。而$\left[\dfrac{D_I^{s}(y_{s+1},x_{s+1})}{D_I^{s+1}(y_{s+1},x_{s+1})}\times\dfrac{D_I^{s}(y_{s},x_{s})}{D_I^{s+1}(y_{s},x_{s})}\right]^{1/2}$部分，則是分別利用兩期觀察值來比較 s 期到 s+1 期間之技術改變，並加以幾何平均，反映出技術變動（Technical Change）的幅度。故，透過(3-10)式，總生產力的變動（m_I），可拆解成效率變動與技術變動兩部分，

$$\text{效率變動}=\frac{D_I^{s+1}(y_{s+1},x_{s+1})}{D_I^{s}(y_{s},x_{s})} \tag{3-11}$$

$$\text{技術變動}=\left[\frac{D_I^{s}(y_{s+1},x_{s+1})}{D_I^{s+1}(y_{s+1},x_{s+1})}\times\frac{D_I^{s}(y_{s},x_{s})}{D_I^{s+1}(y_{s},x_{s})}\right]^{1/2} \tag{3-12}$$

同樣的，當這兩部分指數小於 1，表示 s 期到 s+1 期之間發生正向的進步，反之若指數大於 1，顯示出現退步的狀況。

有了Malmquist指數這項工具後，只需將估計出的投入距離函數代入公式中，即可用以分析生產力變化幅度。前小節中，說明本文以SFA分析法估計投入距離函數，其中模型設定投入距離函數符合Translog形式（式(3-3)～(3-4)）。

令$LD_{it}^{t}(y_{it},x_{it},t;\beta)=\ln\left[D_I\left(y_{it},\dfrac{x_{it}}{|x_{nit}|},t;\beta\right)\right]$，表示t期（上標）技術下，DMU$_i$第t期（下標）觀察值所估計出之距離函數對數值乘以$|x_{nit}|^{-1}$。

$$LD_{it}^{t}\left(y_{it},x_{it},t;\beta\right)=\ln\left[D_I\left(y_{it},\frac{x_{it}}{|x_{nit}|},t;\beta\right)\right]$$

$$=\beta_0+\sum_m\beta_{1.m}\ln y_{mit}+\sum_n\beta_{2.n}\ln\frac{x_{nit}}{|x_{nit}|}+\sum_{m,q}\beta_{3.mq}\ln y_{mit}\cdot\ln y_{qit}$$

$$+\sum_{n,p}\beta_{4.np}\ln\left(\frac{x_{nit}}{|x_{nit}|}\right)\cdot\ln\left(\frac{x_{pit}}{|x_{pit}|}\right)+\sum_m\sum_n\beta_{5.mn}\ln y_{mit}\cdot\ln\frac{x_{nit}}{|x_{nit}|}$$

$$+\sum_m\beta_{6.m}\ln y_{mit}\cdot t+\sum_n\beta_{7.n}\ln\frac{x_{nit}}{|x_{nit}|}\cdot t+\beta_8 t+\beta_9 t^2 \qquad （3\text{-}13）$$

以 $\hat{\beta}$ 代表估計出之參數代入，並於時間項（t）代入所屬期間，將式(3-13)加以整理則可計算出 Malmquist 指數所需之不同距離函數。

$$D_I^s\left(y_s,x_s\right)=|x_{nis}|\cdot\exp\left(LD_{is}^s\left(y_{is},x_{is},s;\hat{\beta}\right)\right) \qquad （3\text{-}14）$$

$$D_I^{s+1}\left(y_{s+1},x_{s+1}\right)=|x_{nis+1}|\cdot\exp\left(LD_{is+1}^{s+1}\left(y_{is+1},x_{is+1},s+1;\hat{\beta}\right)\right) \qquad （3\text{-}15）$$

$$D_I^s\left(y_{s+1},x_{s+1}\right)=|x_{nis+1}|\cdot\exp\left(LD_{is+1}^s\left(y_{is+1},x_{is+1},s;\hat{\beta}\right)\right) \qquad （3\text{-}16）$$

$$D_I^{s+1}\left(y_s,x_s\right)=|x_{nis}|\cdot\exp\left(LD_{is}^{s+1}\left(y_{is},x_{is},s+1;\hat{\beta}\right)\right) \qquad （3\text{-}17）$$