



国内線LCC就航前後における空港の効率性計測：確率的フロンティア分析を用いた考察（〈特集〉交通産業の構造変化と交通政策）

安達，晃史
松瀬，由佳里
正司，健一

(Citation)

国民経済雑誌, 216(1):93-105

(Issue Date)

2017-07-10

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/E0041252>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/E0041252>



国内線 LCC 就航前後における 空港の効率性計測

——確率的フロンティア分析を用いた考察——

安	達	晃	史
松	瀬	由	佳
正	司	健	一

国民経済雑誌 第 216 巻 第 1 号 抜刷

平成 29 年 7 月

国内線 LCC 就航前後における 空港の効率性計測

——確率的フロンティア分析を用いた考察——

安 達 晃 史
松 瀬 由 佳 里
正 司 健 一

わが国においても本格的国内線 LCC が就航するなど、航空市場は大きな変革期を迎えている。本稿は、国内の拠点空港28空港の航空系活動における効率性の計測を行ったものである。2008年度から2015年度までのパネルデータを用い、確率的フロンティア分析による生産関数の推定を行ったところ、効率性は上昇傾向にあること、規模の経済が存在していることが示された。また効率性上位10空港のうち、羽田空港と大阪国際空港を除く 8 空港に国内線 LCC が就航しており、逆に、効率性の下位10空港では国内線 LCC 就航空港が 3 空港しかないことも明らかになった。

キーワード 空港、効率性、確率的フロンティア分析、LCC

1 は じ め に

2012年、わが国の国内線旅客市場でも、本格的な低費用航空会社（LCC: Low Cost Carrier）が就航を開始し、マスコミ等でも話題となった。この年は LCC 元年（『日本経済新聞』2013. 2.26 朝刊）とも称されるほどに、わが国の航空輸送産業においてエポックメイキングな年であった。今後、国内線 LCC はさらに発展し、大手航空会社（FSC: Full Service Carrier）との競争にも注目が集まっている。米ボーイング社は今後20年で航空旅客市場は毎年4.8%のペースで成長すると予測しているなど、引き続き世界全体で航空旅客の需要拡大が見込まれている（「Boeing Current Market Outlook 2016 to 2035」）。

これまで LCC のビジネスモデルでは、費用を抑えるために、着陸料が安くスロットに余裕のある第2空港¹⁾を利用するのが主流と考えられてきた。実際、米国サウスウエスト航空をはじめとして、LCC 黎明期の各社は、そのような戦略をとっていた。しかしながら、そのビジネスモデルの多様化に伴い、21世紀に入ってから LCC は第2空港から基幹空港へその就航先をシフトしはじめている傾向をみせている（Choo and Oum, 2013）。村上（2012）は

このような状況を踏まえて、米国航空市場における LCC と FSC の競争形態について分析を行い、LCC が第2空港よりも基幹空港に参入する方が消費者余剰の観点から望ましいことを明らかにしている。

国内線 LCC がその路線網を増やしつつある現在、このことがはたして各空港の効率性にどのような影響を与えているかの検討は興味深いテーマである。そこで、本研究では確率的フロンティア分析を用いて、国内空港の効率性を推定し、国内線 LCC の就航との関係についての考察を試みる。本研究における国内線 LCC とは、2012年以降に就航開始した4社（ピーチ・アビエーション、ジェットスター・ジャパン、バニラ・エア、春秋航空日本）とする。

本稿の構成は以下の通りである。まず、次節では空港の効率性に関する先行研究を概観する。続く第3節では、本研究で用いる確率的フロンティア分析の方法論について整理する。第4節では国内空港の効率性に関する推定を行い、その結果に基づいて、若干の考察を行う。最後に、第5節で本研究のまとめを行い、今後の研究課題を述べる。

2 空港の効率性に関する議論

空港の効率性に関しては、これまで大別すると3種類のアプローチで分析がなされてきた。生産性指標を用いるアプローチでは、決定論的に生産フロンティアを定めるデータ包絡分析（DEA: Data Envelopment Analysis）と確率論的に生産フロンティアを定める確率的フロンティア分析（SFA: Stochastic Frontier Analysis）の2つが代表的である。3番目の分析手法としては、全要素生産性（TFP: Total Factor Productivity）などを指標とするアプローチがある。近年におけるベンチマーキング手法の発展に伴い、SFA による空港の研究も増えてきたが、DEA に比べるとまだ数は少ない。空港の効率性に関する実証研究について各手法の包括的なサーベイを行っている Liebert and Niemeier (2013) の指摘にもあるように、DEA はノンパラメトリックな手法であるのに対し、SFA や TFP はパラメトリックな手法であるという大きな違いがある。そのため、方法論の選択（とりわけ DEA と SFA）によって異なる結果を示す場合があり、手法の選択には注意が必要であるとされる (Bogetoft and Otto, 2011)。

効率性をどのように定義するかについてはいくつかの議論がある。たとえば、労働生産性のように、投入量に対する産出物の量でこれを捉えることが、古典的な手法といえるだろう。一方でこのような指標では、需要条件が異なる場合に実際に費用効率的な生産を行っているかどうかを考慮できていないといった問題点もある。

Farrell (1957) は経済的効率性を、技術的効率性（TE: Technical Efficiency）と価格効率性（PE: Price Efficiency）の積として定義した。ここで技術的効率性とは、所与の投入水準の下で財・サービスの生産量を最大化できているかどうかを測る尺度である。他方、価格効率

性とは、所与の生産水準の下で費用最小化を達成する投入比率の選択をしているかどうかを測る尺度である。

表 1 は空港の効率性に関する先行研究についての概要を示したものである。1980年代以降、空港の効率性を測る手法として DEA が用いられた研究がいくつか行われてきた。代表的な研究としては Gillen and Lall (1997), Parker (1999), 横見 (2003) などが挙げられる。その多くが、空港民営化といった政策潮流を受けて、民営化による効率性の変化に焦点をあてている。例えば横見 (2003) は、Parker (1999) の研究を発展させ、英国 6 空港に関して 1975 年度から 2001 年度の間に於ける民営化前後での効率性の変化を、Malmquist 指数を用いて計測している。Parker (1999) では民営化による効率性の変化があまり見られなかったのに対し、横見 (2003) は民営化によって BAAplc の全空港で効率性が改善したとの結果を導出している。

TFP を空港の効率性計測に用いた先駆的な研究としては、Hooper and Hensher (1997) が有名である。一般的な TFP を用いた手法はその後、インプットとアウトプットを内生的に加重するパラメトリックな、内生加重 TFP (EW-TFP: Endogenous Weighted TFP) へと発展した。Oum et al. (2003), Yoshida and Fujimoto (2004) がこの手法を用いて空港の効率性に関する分析を行っている。

SFA はサンプル数が少ない場合、過敏に反応する傾向があり、関数型を特定する必要があるといった特徴があるため、初期の研究で SFA が用いられるのは非常に珍しかった (Assaf, 2010)。しかし昨今はデータ数の増加と手法の確立に伴い、SFA による研究が増えてきている。SFA を用いた研究は、生産関数を用いる生産アプローチと費用関数を用いる費用アプローチに二分され、前者は、Pels et al. (2001, 2003), Tovar and Martín-Cejas (2009, 2010), Scotti et al. (2012) が、後者は、Oum et al. (2008) などが挙げられる。

Pels et al. (2001, 2003) は空港利用の効率性評価に対して SFA を用いた初めての研究といえ、空港インフラに関する投入データ (ターミナルのサイズ等) を用いてトランスログ型生産関数の推定を行った。Tovar and Martín-Cejas (2009, 2010) はスペインの空港に関して投入距離関数による推定を行っている。空港の生産活動にとって、航空事業だけではなく非航空事業 (商業) の存在は非常に重要である (Liebert and Niemeier, 2013)。しかしながら、これまではアウトプットは営業利益としてまとめられる (Assaf, 2008) か、アウトプットごとにモデルを分ける (Pels et al., 2003) パターンが多く、複数生産を直接扱う研究はなかった。これに対し、Scotti et al. (2012) はイタリアの 37 空港について 2005 年から 2008 年のデータを用いて、SFA による複数アウトプットをモデル化した産出距離関数の推定を行っている。その結果、競争にさらされている空港よりも地域独占力のある空港の方が効率的であり、民間空港の効率性は官民共同所有の空港よりも非効率的であるという結果を導いている。

表1 空港の効率性分析に関する先行研究

年	著者	モデル	対象国・地域	分析年	空港数	インプット	アウトプット
1997	Gillen et al. (1997)	DEA	US	1989-1993	21	滑走路数 ゲート数 ターミナル面積 従業員数 手荷物集荷ベルト数 駐車場台数	乗降客数 貨物取扱量
1997	Hooper and Hensher (1997)	TFP	オーストラリア	1988/89 -1991/92	6	航空系収入 非航空系収入	資本ストック 人件費 その他支出 (資本・人件費以外)
1999	Parker (1999)	DEA	イギリス	1979-1995	22	従業員数 投入資本 その他営業費用	総収入 旅客数 貨物・郵便取扱数
2003	Pels et al. (2003)	DEA SFA (production)	ヨーロッパ	1995-1997	33	空港総面積 固定スポット数 オープンスポット数 滑走路数	発着回数
2003	Oum et al. (2003)	EW-TFP	アジア ヨーロッパ 北米	1999	50	発着回数(予測値) チェックインデスク数 手荷物受取所数	乗降客数
2003	横見 (2003)	DEA	イギリス	1975-2001	6	従業員数 滑走路本数 ターミナル総面積 ゲート数 営業費用(資本・労働を除く)	乗降客数 貨物取扱量 発着回数 非航空系収益(指標)
2003	Yoshida and Fujimoto (2004)	DEA EW-TFP	日本	2000	67	従業員数 滑走路総延長 ターミナル総面積 アクセス費用 従業員数	発着回数 or 商業収入
2004	Yoshida and Fujimoto (2004)	DEA EW-TFP	日本	2000	67	乗客数 着陸回数 貨物取扱量	
2007	Barros and Dieke (2007)	DEA	イタリア	2001-2003	31	人件費 資本金 人件費を除く営業費用	便数 乗降客数 貨物取扱数 航空系収益 ハンドリング収益 商業収益
2008	Fung et al. (2008)	DEA	中国	1995-2004	25	滑走路総延長 旅客ターミナル面積	旅客数 貨物取扱量 発着回数
2008	Oum et al. (2008)	SFA (cost)	アジア オーストラリア NZ ヨーロッパ 北米	2001-2004	109	従業員数 滑走路本数 ターミナル総面積 営業費用(人件費を除く)	乗降客数 発着回数 非航空系収益
2008	尾関 (2008)	DEA	日本	1997-2003	53	滑走路総延長 ターミナル総面積 従業員数	乗降客数 発着回数 貨物取扱量
2010	Tovar and Martín-Cejas (2010)	SFA (production)	スペイン	1993-1999	26	従業員数 空港面積 ゲート数	発着回数 平均機体サイズ 非航空収益比率
2012	Scotti et al. (2012)	SFA (production)	イタリア	2005-2008	37	1時間あたりフライト数 スポット数 ターミナル延床面積 チェックインデスク数 手荷物受取所数 従業員数	発着回数 乗降客数 取扱貨物量

日本の国内空港の効率性に関する研究としては、主に地方空港に焦点をあてた、Yoshida and Fujimoto (2004) と尾関 (2008) がある。Yoshida and Fujimoto (2004) は DEA と EW-TFP による 2 つのアプローチで地方空港（特に当時の第 3 種空港及び 1990 年代以降に開港した空港）の経営非効率性を明らかにし、これに基づいて日本の地方空港整備政策を批判している。しかしながら、いずれのモデルも単年度のデータによる分析である。尾関 (2008) は 1997 年度から 2003 年度までの 7 年間のデータを用いて日本の地方空港の生産性変化に関する分析を行い、航空法改正後の分析期間が 4 年間で限られていることに留意する必要があるとしながらも、2000 年の航空法改正が生産性変化の順位を固定化させるという影響を与えたことを明らかにしている。しかしながら、わが国において非効率性を定量的に考慮した分析はまだ十分になされているとは言い難い。特に、この 10 年で本格的な LCC の国内線参入や空港コンセッションの開始など、わが国の航空市場は大きく変化し、空港経営にも変化が出てきていることから、さらなる分析と議論が必要と考える。

3 方 法 論

本研究では SFA を用いて、新規 LCC 参入 (2012 年) 以後のデータを用いた国内空港について効率性に関する検討を行うことにする。

3.1 Stochastic Frontier Analysis

SFA は、Aigner et al. (1977) 及び Meeusen and van Den Broeck (1977) から始まった。SFA は、企業が実際に行う生産と生産可能フロンティアの間に乖離が存在すると想定し、その乖離を非効率性として計測を行うものである。従って、SFA では誤差項を 2 つ (OLS 等における通常の誤差項 v と非効率性を表す誤差項 u) 仮定している。

$$y_{it} = f(x_{it}, t) e^{-u_{it}} e^{v_{it}} \quad (1)$$

(1) 式の両辺を対数変換すると、(2) 式が得られる。

$$\ln y_{it} = \ln f(x_{it}, t) - u_{it} + v_{it} \quad (2)$$

y_{it} は事業体 i の t 年の産出、 x_{it} は事業体 i の t 年の投入ベクトル、 t は年を表している。 v_{it} は平均 0、分散 σ_v^2 の正規分布に従う誤差項を表しており、全ての u_{it} とは互いに独立であると仮定する。 u_{it} は生産フロンティアからの (確率的) 偏差を表しており、非負の値をとる。その分布としては Aigner et al. (1977) の半正規 (half-normal) 分布・Steavenson (1980) の切断正規 (truncated-normal) 分布・Greene (1990) のガンマ (gamma) 分布のいずれかを仮定することが一般的である。分布の仮定に応じて異なる最尤推定値を示すものの、効率性の指標に大差はないとされる (Greene, 1990)。

非効率性 u_{it} は, Battese and Coelli (1992) のモデルに従えば,

$$u_{it} = \eta_{it} u_i = e^{-\eta(t-T)} u_i \quad (3)$$

と表すことができる。 η は効率性の経年変化を表す未知のパラメータで, 例えば $\eta > 0$ の場合は経年変化により技術的効率性が改善されていることを示している。本稿で採用するこのモデルでは, 非効率項が時間を通じて可変と仮定することから, 一般的に Time-variant model²⁾ と呼ばれる。

各事業体の技術的効率性 TE_{it} は, 観測されるアウトプットと確率的フロンティア上のアウトプットの比率で表すことができ, 以下のように定義される。

$$TE_{it} = \frac{y_{it}}{f(x_{it})e^{v_{it}}} = \frac{f(x_{it})e^{-u_{it}}e^{v_{it}}}{f(x_{it})e^{v_{it}}} = e^{-u_{it}} \quad (4)$$

分母は各空港の一定の投入水準に対する最大の生産量を表す生産フロンティアであり, 分子は実際の観測値である。取りうる値の範囲は $0 < TE_{it} \leq 1$ である。この値が1に近いほど効率的で, 逆に0に近いほど非効率的であると判断される。本稿では, このモデルによって推定される技術的効率性を効率値として扱い, 分析を行う。

誤差項と非効率項が技術的効率性にどの程度影響を持つのかを示す指標として, γ というパラメータが用いられる。 $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma$ で表され, 0 から 1 の値をとる。ここで $\sigma = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$ であり, γ が1に近ければ近いほど, 誤差項よりも非効率項がフロンティアからの乖離を説明する上で重要であることになる。

3.2 推定方法

推定方法には主に修正 OLS (COLS: Corrected Ordinary Least Square) と最尤法 (ML: Maximum Likelihood) という2種類の方法が考えられてきた。推定値はCOLSよりもMLの方が漸近的に有効 (efficient) である。また, 小標本においても非効率性の影響が強ければ最尤推定量の方がCOLS推定量より統計的に優れた性質を有していることを Coelli (1995) は示している。以上を踏まえ, 本研究では最尤法による推定を用いることにした。なお今回の推定にはRを使用した。³⁾

4 推定結果と考察

4.1 データとモデル

全国97空港のうち, 2015年現在で国内線LCCが就航している空港は18空港あるが, そのうち拠点空港に15空港, 地方管理空港には3空港と, そのほとんどは拠点空港に就航している。この点を踏まえ, 本研究では拠点空港に分類されている28空港についての2008～2015年度の時系列データ (サンプルサイズ: 196) を使用して分析を行う。

インプットとしては従業員数 (Labor), ターミナル延床面積 (Terminal), スポット数 (Spot) の3つを採用し, アウトプットは乗降客数 (APM) とした。従業員数, ターミナル延床面積, スポット数は『全国空港ターミナルビル要覧』(各年) から, 乗降客数は『航空統計要覧』(各年) から得ている。本研究で使したデータの記述統計は表2に示されている。

表2 データの記述統計

	従業員数 (Labor)	ターミナル延床面積 (Terminal)	スポット数 (Spot)	乗降客数 (APM)
最小値	4	4,095	4	118,194
中央値	31.5	25,604	10	2,466,772
最大値	738	894,000	224	75,987,728
平均値	105.2	106,212	31.24	8,034,720
標準偏差	152.70	190,803.8	45.826	13,820,236

空港の行う生産活動のインプットとしては, 滑走路も考えられる。例えば, Yoshida and Fujimoto (2004) や尾関 (2008) の研究では, 滑走路の総延長を採用している。Pels et al. (2003) は, 滑走路の本数をインプットの変数に含んだトランスログ型確率的生産関数の推定を行っている。しかしながら, Pels et al. (2003) は滑走路の変数についてのパラメータ (2次の項) の符号が負となり, 想定とは逆の推定結果となっている。われわれも, 滑走路総延長をインプット変数として導入したモデルの推定も行ったが, 同様に負の値を示し, また統計的に有意な結果とはならなかったため, 本研究では滑走路の変数を採用しないこととした。

確率的生産フロンティアの研究では, 最もベーシックな Cobb-Douglous 型生産関数やトランスログ型生産関数, そして複数インプット・複数アウトプットを扱うことのできる距離関数を用いるのが一般的である。費用に関する適切なデータが入手できなかったため, 本研究では, 航空系活動の生産に注目して, 乗降客数を被説明変数とする Cobb-Douglous 型生産関数を採用することにした。モデルは以下の通りに定式化される。

$$\ln(\text{APM}_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Labor}_{it}) + \beta_2 \ln(\text{Terminal}_{it}) + \beta_3 \ln(\text{Spot}_{it}) - u_{it} + v_{it} \quad (5)$$

非効率項の分布は, 平均0, 分散 σ_u^2 の半正規分布を仮定して推定を行った。推定の結果, 係数 β_1, β_2 及び β_3 の和が1以上であれば, 規模の経済が存在すると判断される。

4.2 推定結果

推定結果は表3に示されている通りである。インプットの従業員数, ターミナル延床面積, スポット数については1%水準で有意な結果となった。それら以外の変数 (定数項,

σ^2, γ) についても全て1%水準で有意となった。誤差項の分散 σ_v^2 と非効率項の分散 σ_u^2 によって表される γ が有意な値を示していることから、国内拠点空港には非効率性の存在が認められることになる。Time effect を表す値 η は正の有意な値 (0.011) となっており、2008年から2015年で効率性が上昇していることを示している。また、係数 β_1, β_2 及び β_3 の和は1.076であるため、規模の経済が存在していることが示されている。

非効率項の分布については、半正規分布以外にも、切断正規分布を仮定したモデルについても比較のため推定を行ったが、半正規モデルの方が高い対数尤度 (LL: Log Likelihood) の値を示した。

表3 推定結果

変数	推定値	標準誤差
定数項	β_0	8.283
従業員数	β_1	0.183
ターミナル延床面積	β_2	0.523
スポット数	β_3	0.370
σ^2		0.513
γ		0.983
η		0.011
LL	142.519	
平均効率値	0.592	

1) *** は1%水準で有意。

2) $\gamma = \sigma_u^2 / \sigma$, $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$

4.3 考察

ここで28空港を、国内線を主に扱っている25空港と、国際線利用者の比率の高い（全体の40%以上を占める）3空港に分けて、検討をすすめることにする。国内線利用者と国際線利用者の利用特性は、チェックイン手続きの違いからも容易に理解されるように大きく異なり、これに対応して、当然ターミナルビル等の施設の造りもこれら2タイプの空港で大きく異なってくる。実際、当初から国際線利用をメインにおいて整備された3空港は、商業施設等での非航空系活動による収益を大きく見込んだターミナルビルの造りとなっていることもあわさって、他の国内線主体の空港と比べてターミナルビルの規模が著しく大きい。表4は、国内線を主に扱っている25空港の、われわれが推定した各年（2008年度から2015年度）効率値の平均値と、各空港の国内線発着便数に占めるLCCの便数シェアを示している。また、表5は国際線利用者が多い3空港（関西国際空港、中部国際空港、成田国際空港）の推定された各

年効率値の平均値を示している。

表4に示されているように、最も平均効率値が高かったのは那覇空港である。次いで、熊本空港、東京国際空港、松山空港という順になった。同表から明らかなように、国内線基幹空港である東京国際空港、大阪国際空港、新千歳空港、福岡空港、那覇空港の平均効率値はいずれも上位となっている。さらに、上位10空港のうち東京国際空港と大阪国際空港を除く8空港には、いずれも国内線 LCC が就航しており、LCC 就航空港の効率値が軒並み上位となっているといえることがうかがえる。下位には国内線 LCC 未就航の空港が多いなど、全体的にも LCC が就航している空港の方が未就航の空港よりも比較的効率的といえる結果であった。このように、国内線 LCC は基幹空港や比較的規模の大きい効率的な空港を中心に参入していることを示唆する結果が得られた。

東京国際空港と大阪国際空港に国内線 LCC が就航していないのは、発着枠の問題が原因と考えられる。両空港は、既存の航空会社で発着枠がすでに埋まっており、また、大阪国際空港の運用時間における制約等⁴⁾を鑑みても、新たに国内線 LCC が就航するのは厳しいのが現状である。

一方、最も平均効率値が低かったのは山形空港で、稚内空港、新潟空港も同様に0.3を切る低い値となった。大分空港はLCC 就航空港の中で0.4程度と最も低い平均効率値となった。大分空港は、国内 LCC では、ジェットスターが2013年4月に成田便の運行を開始し（2014年時点で往復3便）、翌14年10月には関空へも往復1便が就航していた。しかし、2015年10月より大分―関空便が運休していることからわかるように、LCC 利用者が他の空港と比べてそれほど多くないのが現状である。

国際線を主に扱う関西国際空港、中部国際空港、成田国際空港の3空港は効率値が0.3程度と、表4で見てきた各空港と比較して、相対的に低い値となっている。これは既述したように、国際線旅客への対応が重視された結果、本研究でインプット変数として採用した従業員数、ターミナル延床面積、スポット数のいずれもが、他の国内線メインの空港と乗降客数の差以上に大きいことが原因であると考えられる。特に3空港のターミナル延床面積は他の空港と比べてとても広い。これは既述したように、国内線利用者よりも空港の滞在時間が長い国際線利用者を意識して、商業施設等を充実させているためである。本研究ではデータ制約もあって、アウトプットとして乗降客数のみを採用したので、航空系生産活動だけに焦点をあてたことになり、平均効率値を国内線主体空港と見くらべると一見過剰投資に見える結果となっている。しかし、商業施設等の非航空系活動に対する投資という側面もこれらの空港の生産活動、効率性を分析する際には考慮する必要がある。

3空港を比較すると、関西国際空港が最も高い平均効率値を示しており、成田国際空港が中部国際空港よりも若干であるが効率的という結果となっている。EW-TFP を用いて2000

表 4 国内線が主体の空港の平均効率値

順位	空港	平均効率値	LCC シェア	乗降客数（2015年）
1	○ 那覇	0.967	5.3%	18,544,404
2	○ 熊本	0.965	5.2%	3,234,044
3	東京国際	0.834		75,987,728
4	○ 松山	0.816	12.5%	2,880,651
5	○ 福岡	0.803	10.9%	21,367,726
6	○ 広島	0.800	8 %	2,667,998
7	大阪国際	0.771		14,626,733
8	○ 高松	0.761	17.6%	1,806,420
9	○ 鹿児島	0.754	12.5%	5,234,657
10	○ 新千歳	0.723	14.1%	20,839,064
11	旭川	0.713		1,168,638
12	○ 仙台	0.703	7.4%	3,114,248
13	高知	0.680		1,356,267
14	秋田	0.680		1,244,332
15	北九州	0.562		1,317,542
16	帯広	0.525		612,580
17	山口宇部	0.500		922,765
18	○ 宮崎	0.494	1.96%	3,027,684
19	釧路	0.486		693,650
20	○ 長崎	0.482	2.10%	3,107,036
21	函館	0.449		1,794,134
22	○ 大分	0.397	11.1%	1,853,372
23	新潟	0.273		980,750
24	稚内	0.260		230,402
25	山形	0.207		183,049

1) ○印の付いている空港は国内線 LCC 就航空港。

2) LCC シェアは2016年時点の国内線便数シェアを表している。

表 5 国際線が主体の空港の平均効率値

空港	平均効率値
関西国際	0.363
成田国際	0.302
中部国際	0.301

年の効率値を推定している Yoshida and Fujimoto (2004) では、関西国際空港よりも成田国際空港の方が効率的という逆の結果が示されている。これは、ピーチ・アビエーションが関西国際空港を2012年に拠点ハブとして就航開始し、その後相次いで他の新規 LCC も就航したことで着実に旅客数を伸ばしていることから、分析期間の違いがその要因であると考えられる。

5 結 論

本研究では、国内拠点空港28空港を対象とし、8年間（2008年度から2015年度）における技術的効率性の推定を行った。推定の結果、国内拠点空港の旅客利用において少なからず非効率性が存在することが明らかとなった。また、Time effect を表す値 η は正の有意な値となり、全体のトレンドとして効率性は年々改善の傾向にあるという結果が得られた。

上位10空港のうち東京国際空港と大阪国際空港を除く8空港には、いずれも国内線 LCC が就航しており、LCC 就航空港の効率値が上位になっているという結果が示された。国際線を主に扱う3空港の効率性を比較したところ、関西国際空港の効率性が最も良いという結果が得られた。先行研究では成田国際空港の方が効率性は高い結果となっていたが、これは分析期間の違いから、近年関西国際空港が LCC の誘致を積極的に行うなど経営改善を行った結果、効率性が向上したことを裏付けているものと考えられる。

本研究では空港の運用時間について考慮していないが、24時間空港とそれ以外の空港を比較すると、運用時間の制限は空港の非効率性を小さくする要因であると考えられる (Pels et al., 2003)。今後はこのような要素もモデルに取り込むことが望まれる。

横見 (2015) の指摘にあるように、LCC 旅客と空港収入（特に非航空系収入）の関係についての分析が今後重要な課題となると考えられる。われわれの分析においても、国際主体の空港では旅客数だけで効率性を議論できない点がうかがえた。このように、費用効率性や収益効率性も考慮した空港全体の生産活動について考察することが今後の研究課題である。

わが国では2016年から関西国際空港及び大阪国際空港のコンセッション運営が開始され、これに続いて仙台空港や神戸空港で、複数の空港でコンセッションに向けた動きが始まるなど、空港民営化の流れは近年加速している。今後このような経営体制の変化がその効率性にどのような効果をもたらすかについても検討していく必要があるだろう。

注

* 本稿は、科学研究費補助金（基盤研究(B)課題番号 16H03671）による共同研究の成果の一部である。

1) セカンダリー空港ともいい、都市圏の基幹空港（プライマリー空港）の補完的役割を担ってい

る空港の総称である。これらの空港は基幹空港と比べてターミナルビル等の施設は簡素なものとなっており、空港施設使用料は安い。

- 2) このモデルでは個体ごとの効率性の順位に変動は生じることはなく、一様な変化をする。Battese and Coelli (1995) のように非効率項が観測可能な他の変数に依存することを仮定した内生モデルもある。
- 3) SFA の分析に対応しているパッケージは「Benchmarking」, 「sfa」, 「frontier」などがある。Bogetoft and Otto (2011, p. 337) は「frontier」の最適ルーティンが昨今の標準から外れていると指摘しており、使用には注意が必要である。しかしながら、「frontier」は最も汎用性が高く、パネルデータにも対応しているため、今回はこのパッケージを選択した。
- 4) 大阪国際空港の運用時間は 7:00~21:00、東京国際空港は 24 時間（ただし国内線ターミナルの開館時間は、定期便の運行時間に合わせて原則 5:00~24:00）となっている。

参 考 文 献

- Aigner, D. J., Lovell, C. A. K., & Schmidt, P. (1977) "Formulation and estimation of stochastic frontier production function models." *Journal of Econometrics*, 6 (1), 21-37.
- Assaf, A. (2008) "Accounting for size in efficiency comparisons of airports." *Journal of Air Transport Management*, 15 (5), 256-258.
- Assaf, A. (2010) "Bootstrapped scale efficiency measures of UK airports." *Journal of Air Transport Management*, 16 (1), 42-44.
- Barros, C. P., & Dieke, P. U. (2007) "Performance evaluation of Italian airports: A data envelopment analysis." *Journal of Air Transport Management*, 13 (4), 184-191.
- Battese, G., & Coelli, T. (1992) "Frontier production functions, technical efficiency and panel data with application to paddy farmers in India." *Journal of Productivity Analysis*, 3, 153-169.
- Battese, G., & Coelli, T. (1995) "A model for technical inefficiency effects in a stochastic frontier production model for panel data." *Empirical Economics*, 20, 325-332.
- Bogetoft, P., & Otto, L. (2011) *Benchmarking with DEA, SFA, and R*, Springer.
- Choo, Y. Y., & Oum, T. H. (2013) "Impacts of low cost carrier services on efficiency of the major US airports." *Journal of Air Transport Management*, 33, 60-67.
- Coelli, T. (1995) "Estimators and hypothesis tests for a stochastic frontier function: A Monte Carlo analysis." *Journal of Productivity Analysis*, 6, 247-268.
- Farrell, M. J. (1957) "The measurement of productive efficiency." *Journal of the Royal Statistical Society*, 120, 253-281.
- Fung, M. K. Y., Wan, K. K. H., Van Hui, Y., & Law, J. S. (2008) "Productivity changes in Chinese airports 1995-2004." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44 (3), 521-542.
- Gillen, D., & Lall, A. (1997) "Developing measures of airport productivity and performance: An application of data envelopment analysis." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 33 (4), 261-273.
- Greene, W. H. (1990) "A gamma distributed stochastic frontier model." *Journal of Econometrics*, 46 (1-

- 2), 141-163.
- Hooper, P. G., & Hensher, D. A. (1997) "Measuring total factor productivity of airports—An index number approach." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 33(4), 249-259.
- Liebert, V., & Niemeier, H. M. (2013) "A survey of empirical research on the productivity and efficiency measurement of airports." *Journal of Transport Economics and Policy*, 47(2), 157-189.
- Meeusen, W., & van Den Broeck, J. (1977) "Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error." *International Economic Review*, 18(2), 435-444.
- Oum, T. H., Yan, J., & Yu, C. (2008) "Ownership forms matter for airport efficiency: A stochastic frontier investigation of worldwide airports." *Journal of Urban Economics*, 64(2), 422-435.
- Oum, T. H., Yu, C., & Fu, X. (2003) "A comparative analysis of productivity performance of the world's major airports: Summary report of the ATRS global airport benchmarking research report—2002." *Journal of Air Transport Management*, 9(5), 285-297.
- Parker, D. (1999) "The performance of BAA before and after privatisation: A DEA study." *Journal of Transport Economics and Policy*, 33(2), 133-145.
- Pels, E., Nijkamp, P., & Rietveld, P. (2001) "Relative efficiency of European airports." *Transport Policy*, 8(3), 183-192.
- Pels, E., Nijkamp, P., & Rietveld, P. (2003) "Inefficiencies and scale economies of European airport operations." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(5), 341-361.
- Scotti, D., Malighetti, P., Martini, G., & Volta, N. (2012) "The impact of airport competition on technical efficiency: A stochastic frontier analysis applied to Italian airport." *Journal of Air Transport Management*, 22, 9-15.
- Stevenson, R. E. (1980) "Likelihood functions for generalized stochastic frontier estimation." *Journal of Econometrics*, 13(1), 57-66.
- Tovar, B., & Martín-Cejas, R. R. (2009) "Are outsourcing and non-aeronautical revenues important drivers in the efficiency of Spanish airports?" *Journal of Air Transport Management*, 15(5), 217-220.
- Tovar, B., & Martín-Cejas, R. R. (2010) "Technical efficiency and productivity changes in Spanish airports: A parametric distance functions approach." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46(2), 249-260.
- Yoshida, Y., & Fujimoto, H. (2004) "Japanese-airport benchmarking with the DEA and endogenous-weight TFP methods: Testing the criticism of overinvestment in Japanese regional airports." *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 40(6), 533-546.
- 尾関淳哉 (2008) 「Malmquist 指数を用いた地方空港の生産性変化の計測」『日本経済研究』日本経済研究センター, 59, 22-41.
- 村上英樹 (2012) 「LCC 参入後の航空市場形態」『運輸と経済』72(12), 15-21.
- 横見宗樹 (2003) 「民営化空港の技術的効率性の評価 英国 BAAplc を事例として」『運輸政策研究』6(3), 2-8.
- 横見宗樹 (2015) 「LCC と空港の非航空系収入に関する議論の展開」『KANSAI 空港レビュー』2015年5月号, No. 438, 28-30.