

# 本邦LCCの参入は空港の効率性を高めたのか？

—包絡分析法を用いた効率性・生産性評価—

欧米諸国における空港パフォーマンスとLCCの関係については、正負様々な結果が報告されている。わが国では本邦LCCの参入以降、航空旅客は増加するなか、その関係について不明瞭のままである。本稿は、わが国の空港とLCCやインバウンドとの関係について定量的に分析する初めての試みとして、2010～16年度における国管理空港の航空系事業と空港全体の活動に関する効率性・生産性分析を行っている。DEAおよびMalmquist生産性指数を用いた生産性分析では、2012年以降、空港全体の生産性が2.65%の平均成長率で成長していることが示された。二重ブートストラップ法を用いた効率性に関する要因分析では、国内線LCCのシェア拡大が効率性を高めていることが明らかとなった。

キーワード | 国管理空港, LCC (低費用航空会社), DEA (包絡分析法), 二重ブートストラップ法, Malmquist生産性指数

安達晃史  
ADACHI, Koji

博士(商学) 同志社大学商学部助教

## 1—はじめに

多くの国管理空港では、滑走路等を用いた航空機の離発着業務などの航空系事業における運営を国が行う一方、非航空系事業として位置づけられるターミナルビルの運営などは民間の空港会社や第3セクターが担う、いわゆる「上下分離」の状態にあり、運営の非効率性が問題視されてきた。このような状況のなか、2010年に「空港運営のあり方に関する検討会」が設置され、国管理空港の経営改革が本格的に議論され始めたことをきっかけに、本格的な空港運営の効率化が進展し始めた。2011年のPFI法改正によってコンセッション方式の導入が可能となって以降、国管理空港では航空系および非航空系事業の一体運営に向けた準備が進められることとなった。

国管理空港における一体運営開始に先立ち、2012年には国内航空会社としては初めて本格的な低費用航空会社(LCC:Low-Cost Carrier)が参入し始めた。国管理空港では、2012年3月にPeach Aviationが新千歳・福岡・長崎に就航したのを皮切りに、Jetstar JapanやAir Asia Japan(後のVanilla Air)などがこれに続く形で次々と参入し、現在では19空港のうち11空港において国内線にLCCが就航している(各空港におけるLCCの参入時期や初参入の航空会社については付録A—1参照)。

また、LCCの新規参入と時を同じくして閣議決定された「観光立国推進基本計画」の推進によって、インバウンド需要は劇的に増加し、わが国の航空旅客市場を取り巻く環境は大きな転換点を迎えることとなった。そして2016年によく、国管理空港のコンセッション第1号として仙台の一体運営が始まり、空港運営の効率化が本格的に動き

始めたのである。

さらに2017年にはインバウンド増加を目指す空港政策として「訪日誘客支援空港」制度が導入され、主に地方空港における新規国際線の誘致が推進されている。しかしながら、2018年度における国管理空港の航空旅客市場の現状を概観すると、全旅客数に占める国際線旅客の割合は18%程度に留まっている<sup>注1)</sup>。「訪日誘客支援空港」制度はこの状況を打開するための足掛かり的政策でもあるため、インバウンドと空港の関係は空港政策において今後ますます重要になると予想される。

LCCの新規参入による新規需要の掘り起こしと、インバウンド需要の急増が相まってわが国の航空旅客市場は右肩上がりの成長を遂げてきた。空港の効率性や生産性も同様に上昇してきたと一般的に考えられている。確かに、LCCが空いている空港スロットを埋める形で参入した場合は、旅客数や航空系および非航空系収入が純増することになるので、空港のパフォーマンスには正の効果をもたらすだろう。しかし、LCCが大手航空会社(FSC:Full Service carrier)に取って代わる場合は注意が必要である。FSCよりもLCCの扱う機材の方が小型であることが多く、空港全体の取扱便数が変わらない場合、キャパシティ(提供座席数)が減少する可能性がある。たとえ座席利用率が同じであったとしても、航空系収入はマイナスになり、空港パフォーマンス全体に負の効果をもたらしかねない。

2018年度における国内線の座席利用率を比較すると、FSC 2社(ANAおよびJAL)が約70%なのに対し、LCC 5社(Peach Aviation, Jetstar Japan, Vanilla Air, Air Asia Japan, Spring Japan)は概ね80%を超えており、LCCが小型機材であるという理由だけで、一概に空港パフォー

スに対して負の効果があると判断するのは難しいかもしれない。むしろ、FSCよりもLCCの方が空港の経営にプラスの効果をもたらしている可能性も考えられる。いずれにせよ空港キャパシティは有限であるため、LCCの参入・シェア拡大が必ずしも空港の経営効率性を高めてくれるとは限らないという点は留意しておく必要があるだろう。

このように、空港とLCCの関係については、状況次第で正負どちらの関係性も成立しうるものとなっている。しかし残念ながら、わが国における空港のパフォーマンスとLCCとの関係についてはこれまで定量的に検証されてきたとは言いがたく、この点について精査する必要があるだろう。インバウンド需要の急成長というトレンドを踏まえた上で、LCCの参入・シェア拡大が空港にもたらした影響について定量分析することで、効率化が課題とされている国管理空港のパフォーマンスとLCCの関係について新たな知見を得ることができるだろう。

以上の背景を踏まえ、本稿では2012年以降に国内線市場に参入した航空会社（Peach Aviation, Jetstar Japan, Vanilla Air, Air Asia Japan, Spring Japan）を本邦LCCと定義し、代表的なベンチマーキングの手法である包絡分析法（DEA: Data Envelopment Analysis）を用いて国管理空港の技術的効率性を計測する。さらに二重ブートストラップ法を用いて効率性の要因分析を行うことで、本邦LCCが実際に空港の効率性を高めたのかどうかを検証する。また、Malmquist生産性指数を計測することで、国管理空港における生産性の経年変化についても分析を試みる。以下では、2章において先行研究を概観し、3章では分析手法、続く4章ではデータについて述べる。5章では効率性および生産性の計測結果について考察し、さらに6章では効率性に関する要因分析の結果について述べる。そして最後に、本稿のまとめを述べる。

## 2——先行研究

### 2.1 空港ベンチマーキング

各空港の効率性や生産性を計測し、さらにその要因について分析を行うことを主な目的とする空港ベンチマーキング研究は、空港政策および空港経営の改善において重要な役割を果たしてきた。ベンチマーキング研究には主に、①全要素生産性（TFP: Total Factor Productivity）などを用いた分析、②包絡分析法（DEA）、③確率的フロンティア分析（SFA: Stochastic Frontier Analysis）という3つの方法論が存在する。Hooper and Hensher<sup>1)</sup>のようにTFPを用いた黎明期の研究や、Pels et al.<sup>2)</sup>や安達ら<sup>3)</sup>のようにSFAを用いた研究もいくつか挙げられるものの、国内の空港ベンチマーキング研究ではDEAを用いた研究<sup>4)~10)</sup>が主

流となっている。空港ベンチマーキング研究のなかでDEAが主流となっている最大の理由は、DEAがSFAのように関数型の特定化や誤差項の分布を仮定する必要がないという利点があるからである。さらに、「公的役割を持つ空港は必ずしも利潤最大化行動を取らない」という考え方から、公営空港を対象とするベンチマーキングにSFAが馴染みにくいとする指摘<sup>8)</sup>もあるため、とりわけ公営空港のみを対象とする分析ではDEAが選択される場合が多い。

### 2.2 わが国の空港を対象とするベンチマーキング研究

わが国の空港を対象とするベンチマーキング研究は2000年代以降、分析手法・対象期間・対象空港の数や種別に違いはあるものの、複数の研究者（グループ）によって断続的に蓄積がなされてきた（表—1）。

わが国では空港整備法が制定されてから2000年代前半までの間に「1県1空港」を目指した空港整備が行われてきた。これに伴い、空港への過剰投資による非効率の発生が問題視されてきた。Yoshida and Fujimoto<sup>4)</sup>は、2000年度における国内67空港のデータを用いてDEAおよび内生加重TFPによる分析を行った結果、本州の地方空港における技術的非効率性の存在を明らかにしている。さらに、1990年代以降に開港した空港の経営効率性の低さも指摘しており、小規模な地方空港への過剰投資への批判を支持している。2001年における国内42空港について効率性の計測を行っている花岡ら<sup>5)</sup>は、関西国際や名古屋において、過剰な従業員数が非効率を発生させていることを指摘し、従業員削減などの具体的な改善案を提示している。

空港の所有形態と効率性の関係に焦点を当てて国際比較を行った唯一の研究である横見<sup>6)</sup>は、データの制約がありながらも、地方空港における所有形態別の効率性について日本の6空港と英国の21空港を比較し、公有空港が民有空港よりも非効率であることを明らかにしている。しかし、対象となっている日本の6空港はすべて公有公営の空港であるため、民有空港とも比較するなど、課題は残されている。

空港の収益と効率性の関係に関して焦点を当てた一連の研究<sup>7)~8)</sup>では、収支バランスや収益性の良い空港が必ずしも効率的ではないという結果が報告されている。林・林田<sup>7)</sup>は2010年度における効率性を計測するとともに、多段階アプローチを用いて地理的要因や制度的要因といった

■表—1 国内空港を対象とした先行研究

方法論	単年度	複数年度
DEA	Yoshida and Fujimoto <sup>4)</sup> , 花岡ら <sup>5)</sup> , 横見 <sup>6)</sup> , 林・林田 <sup>7)</sup> , 小熊 <sup>8)</sup>	尾関 <sup>9)</sup> , 小熊 <sup>10)</sup>
SFA		安達ら <sup>3)</sup> , 安達 <sup>11)</sup>

出典：筆者作成。

空港の裁量が及ばない要因の影響を除去した形での効率性評価を試みている。さらに要因分析では、効率値を被説明変数、空港収支を説明変数とする単回帰分析を行っており、収支バランスの良い空港であっても効率性改善の余地が残されていることを示している。一方、小熊<sup>8)</sup>は2013年度の国内38空港を対象に、ネットワークDEAを用いて空港全体の運営および航空系事業と非航空系事業それぞれの効率性評価を行っている。さらに、ブートストラップ切断回帰およびOLSによる要因分析の結果、林・林田<sup>7)</sup>と同様に、収益性の高い空港が必ずしも空港全体で効率的になるとは限らないことを示している。このように、単年度のデータを用いたDEAの分析により、複数のテーマに関して研究の蓄積がなされてきたものの、国内空港の効率性を経年変化に注目して分析を行なっている研究は少なく、尾関<sup>9)</sup>と小熊<sup>10)</sup>の2つである。

尾関<sup>9)</sup>は2000年の航空法改正による影響の検証を目的として1997～2003年度における53空港の効率性および生産性の評価を試みている。航空法改正によって地方空港の効率性が低下し、その結果、年平均で1%の生産性低下をもたらされていることを示している。

小熊<sup>10)</sup>は2012～2014年度における26空港（国管理空港19空港と共用空港7空港）について、航空系事業と非航空系事業を仮想的に一体とみなした空港全体の効率性および生産性の評価を行っている。計測の結果、生産性が年平均10%上昇していることを示し、年間旅客数が150万人以上では有意に効率的であるものの、空港施設規模の違いは効率性に影響がないと結論づけている。空港規模に関して旅客数だけでなく施設規模についても焦点を当てている点は新たな試みである。しかし、仮説検定では旅客と施設規模を別々に扱っており、両者の関連性については明らかにできていないという問題もある。さらに、施設規模については「3,000m以上の滑走路を所有しているかどうか」のみで判断しているため、費用面やその他の要素についても今後検討する余地はあると考えられる。

わが国では、主にDEAを用いた空港ベンチマーキング研究の蓄積がなされてきた。しかし、SFAを用いた研究には①推定の複雑さ、②わが国の空港特有の「上下分離」という制度的特徴と計量経済学に基づく利潤最大化行動の仮定との整合性、などといった問題点があり、現時点では安達<sup>3)</sup>および安達<sup>11)</sup>の2つしか存在しない。安達<sup>3)</sup>では、旅客輸送（航空系事業のみ）の効率性について複数投入1産出の生産フロンティアモデルで効率性の計測を行った結果、本邦LCC参入空港の方が平均的に効率値は高い傾向にあるという考察を示している。しかしながら、本邦LCC参入空港と非参入空港の差が有意なものであるかどうかを定量的に検証するまでには至っていないため、

さらなる分析が必要である。安達<sup>11)</sup>では、国管理空港における航空系事業と非航空系事業の総合的な活動を評価するために複数投入・複数産出の確率的生産距離関数の推定を行い、経営効率性と非航空系収入比率の関係について分析している。非航空系収入比率が非効率性に与える限界効果を推定した結果、47.6%付近を頂点とし、そこから遠ざかるにつれて効率性が低下するという「逆U字」の関係があることを明らかにしている。

### 2.3 空港のパフォーマンスとLCC

空港のパフォーマンスとLCCの関係について定量的な分析をおこなった研究は数少ないものの、米国や欧州の空港を中心に、LCCの参入効果や支配力、あるいは非航空系収入への影響などに関する分析がいくつか報告されている。LCCが空港パフォーマンスに与える影響について初めて定量的な分析を行ったBottasso et al.<sup>12)</sup>は、イギリスの基幹空港を対象にTFPを計測し、LCCの参入が空港の生産性上昇と運賃低下の刺激となっている可能性について指摘している。

空港におけるLCCの支配力（シェア）が空港のパフォーマンスに与える影響については、相反する結果が報告されている。近年では、2次空港<sup>注2)</sup>を中心に展開する従来のLCCのビジネスモデルとは異なり、基幹空港においてFSCと競合するハイブリッドLCCが登場してきた。このことを背景としてLCCの空港選択行動の変化に注目したChoo and Oum<sup>13)</sup>は、米国の基幹空港を対象にVFP（Variable Factor Productivity）<sup>注3)</sup>を用いてLCCの空港における支配力（提供座席数のシェア）が空港の効率性に与える影響について分析を行なっている。彼らは、LCCとFSCの混在する空港よりも、どちらかのサービスに特化した空港の方が効率的になると結論づけている。これに対し、イタリアの33空港の技術的効率性および環境効率性を計測しているMartini et al.<sup>14)</sup>は、負の外部効果をもたらす産出物（騒音と大気汚染）を考慮したDEAモデルと外部効果を含めないモデルを比較し、環境を考慮した空港の効率性に与える影響はLCCとFSCの間に有意な差は無いことを示している。さらに、LCCが空港支配力を強めることで空港の効率性を低下させる可能性があることにも言及しており、Choo and Oum<sup>13)</sup>と相反する結果となっている。DEAを用いてスペイン35空港の効率性を計測しているCoto-Millan et al.<sup>15)</sup>は、Tobitモデルによる要因分析を行った結果、空港規模とLCCの支配力（旅客数シェア）が空港の全体効率性および規模効率性に正の効果をもたらしていることを示している。

以上の先行研究<sup>13)~15)</sup>では共通してLCCの支配力（シェア）が空港の効率性に与える影響について分析がなされて

いるものの、国内線と国際線を分けて分析されていないという問題がある。例えば、国際線比率がごくわずかの空港で国際線のみLCCシェアが拡大しても、空港全体のパフォーマンスにはさほど影響がないかもしれない。また、国内線と国際線が同程度の比率の空港においては、どちらのLCCシェア拡大がより空港パフォーマンスに寄与しているかも明確には分からない。

効率性以外にも空港のパフォーマンスとLCCの関係について定量分析を行なっている研究はある。例えば、非航空系収入に対するLCCの影響について分析しているYokomi et al.<sup>16)</sup>は、イギリスの26空港を対象とし、収入関数の推定を行なっている。キャパシティ制約のない空港において、非LCC1便の限界収入が£226であるのに対し、LCC1便の限界収入はそれを下回る£147であることから、非航空系収入に対するLCCの寄与度が低いことを明らかにしている。

空港のパフォーマンスとLCCの関係については、LCCによる正の効果と負の効果の両方が報告されている。しかし、LCCの影響力を定量化する際に空港全体のシェアを用いているため、国内線や国際線ごとの詳細な効果までは明らかになっていない。航続距離の長い国際線では、総費用に占める燃料費の割合が高まり、LCCとFSCの平均費用の差が小さくなる。その結果としてLCCのFSCに対するコスト優位性は弱まってしまう。そうすると、例えば国内線と国際線で同じシェアだったとしても、その数字の持つ意味合いは違ってくるはずである。したがって国内線と国際線でのシェアの違いについては、さらなる分析が必要であると考えられる。

### 3——分析手法

本稿では、DEAに二重ブートストラップ法を適用した2段階法を用いて各空港の技術的効率性に影響を与える要因について分析を行う。さらに、Malmquist生産性指数を計測することで本邦LCCの参入前後における生産性がどのように変化してきたのかを明らかにする。以下では、本稿で用いるこれらの分析手法について説明する。

#### 3.1 2段階法（効率性の計測と要因分析）

DEAによる2段階法は、第1段階で技術的効率性を計測し、次の第2段階で要因分析を行う。本稿ではまず第1段階で、わが国の国管理空港の技術的効率性を計測する。DEAにはいくつかの基本的なモデルがあり、Charnes et al.<sup>17)</sup>の規模に関して収穫一定を仮定したCRSモデルとBanker et al.<sup>18)</sup>の規模に関して収穫可変を仮定したVRSモデルの2つが一般的に用いられる<sup>注4)</sup>。

DEAではさらに指向型（産出指向型か投入指向型）を設定する必要がある。産出指向型モデルでは、一定の投入要素のもとでどれだけ多くの生産物を生産できるかを評価する。一方、投入指向型モデルでは、一定の生産物をどれだけ少ない投入要素で生産できるかを評価する。空港は滑走路やターミナルビルなどといった投入要素の経年変化は少ないという特徴があるため、本稿では産出指向型モデルを選択して分析を行うこととする。

空港がK個の生産要素を投入してM個の生産物を産出している場合を仮定する。投入ベクトルをX、産出ベクトルをYと表すこととする。産出指向型の両モデルは線形計画法によってそれぞれ以下のように表すことができる。

産出指向型CRSモデル：

$$\begin{aligned} \max_{\delta, \lambda} & \delta \\ \text{s.t.} & \delta y_o - Y\lambda \leq 0 \\ & X\lambda \leq x_o \\ & \lambda \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

産出指向型VRSモデル：

$$\begin{aligned} \max_{\delta, \lambda} & \delta \\ \text{s.t.} & \delta y_o - Y\lambda \leq 0 \\ & X\lambda \leq x_o \\ & \lambda \geq 0 \\ & \sum \lambda = 1 \end{aligned} \quad (2)$$

計測される $\delta$ は効率値 $\theta$ の逆数となっており、1以上の値をとる。 $\delta$ の値が1の場合、(相対的に) フロンティア上に位置する最も効率的なDMU (Decision Making Unit) であると判断される。 $\delta$ の値が1より大きい値の場合、現在の投入レベルを保ったまま産出レベルを $\delta$ 倍に増加させることで効率的となることを示している。また、 $\delta$ の逆数( $1/\delta$ )は、投入指向型モデルで計測される効率値 $\theta$  (0から1の値をとる) と一致する。 $\lambda$ は未知のウェイトを表すベクトルである。

次の第2段階では、技術的効率性に影響を与えている要因について検証する。要因分析では次式の切断回帰モデルを用いる。

$$\hat{\delta}_i = z_i\beta + \varepsilon_i \quad (3)$$

$\delta$ は第1段階で求めた技術的効率性、 $z_i$ は要因ベクトル、 $\beta$ は推定されるパラメータ、 $\varepsilon_i$ は $1-z_i\beta$ で左側を切断された正規分布に従う誤差項<sup>注5)</sup>である。

かつてDEAを用いた効率性の要因分析ではTobitモデル

による回帰が一般的な推定方法であった。しかし、Simar and Wilson<sup>19)</sup>は「推定される効率値と要因分析で使用する説明変数との間における相関を排除できない」という問題について指摘して以来、彼らの提唱する二重ブートストラップ法によって修正された効率値を被説明変数とする分析が主流となっている。

### 3.2 二重ブートストラップ法

本稿では、Simar and Wilson<sup>19)</sup>の指摘する2段階法の問題点に対処するため、彼らの提案するアルゴリズム#2を用いて二重ブートストラップ法による推定を行う。手順は以下の7つのステップとなっている。

[アルゴリズム#2の手順]

ステップ1: DEAにより、技術的効率性 $\hat{\delta}_i$ を求める。

ステップ2:  $\hat{\delta}_i > 1$ となるサンプルを用いて、最尤法で切断回帰モデルを推定し、 $\hat{\beta}$ と $\hat{\sigma}_\varepsilon$ を求める。

ステップ3: 次の4つの手順(3.1)～(3.4)を $L_1$ 回繰り返す、 $(\hat{\delta}_i^*)_{i=1}^{L_1}$ を求める。

(3.1) 切断正規分布 $N(0, \hat{\sigma}_\varepsilon^2)$ から $\varepsilon_i$ を抽出する。

(3.2) 抽出した $\varepsilon_i$ によって $\delta_i^* = z_i \hat{\beta} + \varepsilon_i$ を計算する。

(3.3)  $x_i^* = x_i$ ,  $y_i^* = y_i \times (\hat{\delta}_i / \delta_i^*)$ を作成する。

(3.4)  $x_i^*$ と $y_i^*$ を参照集合に用いてDEAで $\hat{\delta}_i^*$ を求める。

ステップ4: ステップ3で求めた $\hat{\delta}_i^*$ を用いて(3)式でバイアス( $bias_i$ )を求めた後、修正済技術的効率性の推定量 $\hat{\delta}_i$ を(4)式より計算する。

$$bias_i = \frac{1}{L_1} \sum_{i=1}^{L_1} \hat{\delta}_i^* - \hat{\delta}_i \quad (4)$$

$$\hat{\delta}_i = \hat{\delta}_i - bias_i \quad (5)$$

ステップ5:  $\hat{\delta}_i$ を被説明変数とする $z_i$ 上への切断回帰モデルを最尤法で推定し、 $\hat{\beta}$ および $\hat{\sigma}_\varepsilon^*$ を得る。

ステップ6: 次の3つの手順(6.1)～(6.3)を $L_2$ 回繰り返す、 $\{(\hat{\beta}^*, \hat{\sigma}_\varepsilon^*)\}_{l=1}^{L_2}$ を求める。

(6.1) 切断正規分布 $N(0, \hat{\sigma}_\varepsilon^2)$ から $\varepsilon_i$ を抽出する。

(6.2) 抽出した $\varepsilon_i$ によって $\delta_i^{**} = z_i \hat{\beta} + \varepsilon_i$ を計算する。

(6.3)  $\delta_i^{**}$ を被説明変数とする $z_i$ 上への切断回帰モデルを最尤法で推定し、 $\hat{\beta}^*$ および $\hat{\sigma}_\varepsilon^*$ を得る。

ステップ7: ステップ6で求めた $\{(\hat{\beta}^*, \hat{\sigma}_\varepsilon^*)\}_{l=1}^{L_2}$ とステップ5で求めた $\hat{\beta}$ および $\hat{\sigma}_\varepsilon$ を用いて、 $\beta$ の各要素と $\sigma_\varepsilon$ の信頼区間を計算する。

第 $j$ 番目のパラメータ $\beta_j$ の $(1-a) \times 100\%$ 信頼区間は次式の通りである。

$$\Pr(-b_\alpha \leq \hat{\beta}_j - \beta_j \leq -a_\alpha) = 1 - \alpha \quad (6)$$

しかし、 $\hat{\beta}_j - \beta_j$ の分布は未知であり、 $a_\alpha$ および $b_\alpha$ の値はわからないため、ステップ6で求めた $\{(\hat{\beta}^*, \hat{\sigma}_\varepsilon^*)\}_{l=1}^{L_2}$ を用いて、

$$\Pr(-b_\alpha^* \leq \hat{\beta}_j^* - \hat{\beta}_j \leq -a_\alpha^*) \approx 1 - \alpha \quad (7)$$

より $a_\alpha^*$ および $b_\alpha^*$ の値を見つける。ここで得られた $a_\alpha^*$ および $b_\alpha^*$ を(6)式の $a_\alpha$ および $b_\alpha$ にそれぞれ代入し、 $\beta_j$ の $(1-a) \times 100\%$ 信頼区間は $(\hat{\beta}_j + a_\alpha^*, \hat{\beta}_j + b_\alpha^*)$ となる。

### 3.3 Malmquist生産性指数

生産性分析で扱うMalmquist生産性指数とは、投入距離関数を用いて消費分析を行ったMalmquist<sup>20)</sup>が提唱した指数の概念に基づき、Caves et al.<sup>21)</sup>が生産性の変化を計測する指標として定義したものである。そして、Färe et al.<sup>22)</sup>はこの指標を2つの構成要素(効率性変化と技術進歩)に分解したことで汎用性が高まり、空港のみならず、様々な分野において広く応用されてきた。Malmquist生産性指数の導出方法と分解モデルについては尾関<sup>9)</sup>などを参考にしながら解説を行う。

Malmquist生産性指数の計測にはDEAの距離関数を用いることとなる。まず、 $t$ 期の技術水準における産出距離関数は(8)式のように定義される。

$$D_o^t(x^t, y^t) = \min \{ \theta : (x^t, y^t / \theta) \in P^t \} \quad (8)$$

$P^t$ は $t$ 期における生産可能集合を、 $x^t$ および $y^t$ はそれぞれ $t$ 期における投入ベクトルと産出ベクトルを、 $\theta$ は $(x^t, y^t / \theta) \in P^t$ が実現可能な最小値を表している。

Caves et al.<sup>21)</sup>の定義したMalmquist生産性指数は、上記の距離関数を用いて以下の(9)式と(10)式で表される。

$$M_{CRS}^t = \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \quad (9)$$

$$M_{CRS}^{t+1} = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^{t+1}(x^t, y^t)} \quad (10)$$

2期間の生産性を比較する場合は、 $t$ 期および $t+1$ 期の生産フロンティアを基準として用いる必要がある。しかし、定義では $t$ 期と $t+1$ 期の比較を行う際に2つの異なる指標が存在するという問題が生じてしまう。 $t$ 期の生産技術を参照して距離の計測を行う(9)式と、 $t+1$ 期の生産技術を参照して距離の計測を行う(10)式はそれぞれ1時点における生産フロンティアを基準としており、2つの式は一致し

ない。そこで、Färe et al.<sup>22)</sup>などはこの2つの式の幾何平均をとった次の(11)式をMalmquist生産性指数として定義しており、2つの異なる指標が存在するという問題が克服されている。多くの先行研究でこの定義が採用されていることから、本稿も、これをMalmquist生産性指数の定義として採用する。

$$M(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \left[ \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}) D_o^{t+1}(x^t, y^t)}{D_o^t(x^t, y^t) D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

次に、Malmquist生産性指数の分解について検討を行う。これまで、Malmquist生産性指数の分解モデルはいくつか提唱されており、その中でも広く採用されているFäre et al.<sup>22)</sup>のモデルは、CRSを仮定した生産フロンティアを基準とする産出距離関数を用いて、(11)式を「技術効率性変化」と「技術変化」の2つの要素に分解する形で次式の通りに表される。

$$M(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}) = \frac{D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_o^t(x^t, y^t)} \left[ \frac{D_o^t(x^{t+1}, y^{t+1}) D_o^t(x^t, y^t)}{D_o^{t+1}(x^t, y^t) D_o^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

左辺はt期からt+1期にかけての「生産性変化(Prod)」を表している。右辺の括弧の外側はt期からt+1期にかけて効率値がどれだけ変化したかを示す「技術効率性変化(Eff)」, 括弧の内側はt期からt+1期にかけてどれだけフロンティアがシフトしたかを示す「技術変化(Tech)」を表している。

本稿では小熊<sup>10)</sup>などの先行研究に倣い、Färe et al.<sup>22)</sup>のモデルを用いてMalmquist生産性指数を技術効率性変化と技術変化の2つに分解し、考察を行うこととする。ただし、このモデルでは各年(度)のフロンティアが交差しないという前提のもと、規模に関する収穫が一定(CRS)という仮定を置く必要があるため、実際の生産性が規模に関して変化している場合には、構成要素の分解が意味をなさない可能性があることに留意しておく必要がある。

#### 4 データ

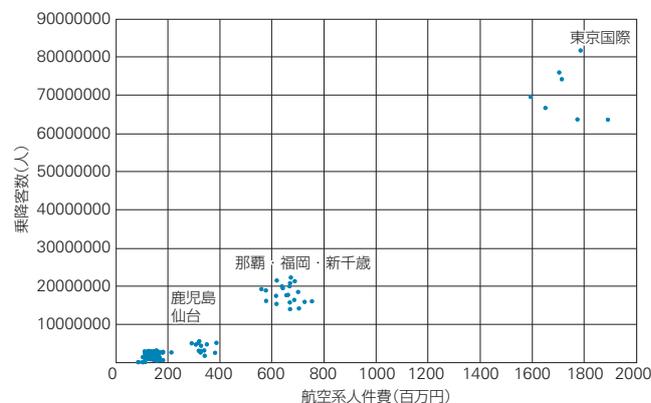
分析対象である国管理空港に関するデータの概要について説明する。

##### 4.1 空港の規模に関する考察

空港ベンチマーキング研究ではしばしば、「年間旅客取扱数100~150万人の空港において規模の増加に伴う急激な費用逓減がみられる一方、年間300万人以上の空港では規模に関する収穫一定である」というDoganis<sup>23)</sup>の示

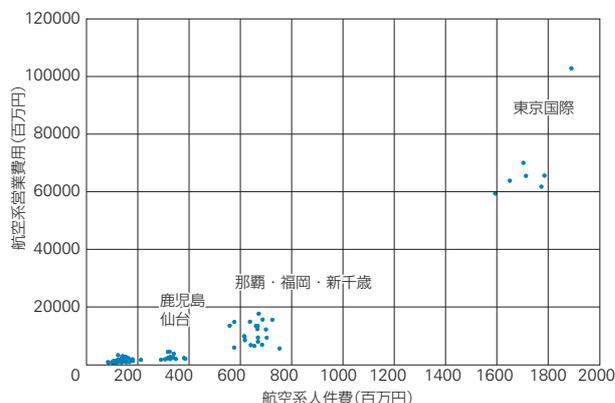
唆に基づいて分析が進められてきた。しかしながら、SFAなどを用いた研究では規模の経済が確認されている事例もあるため、Doganis<sup>23)</sup>の前提に立って分析を行うことで誤った結果を導く可能性が生じる場合もある。したがって、分析に先立ち、分析対象のデータが規模に関してどのような特徴を持っているかを事前に確認する必要があるだろう。先行研究の多くでは代表的な産出項目である乗降客数(あるいは旅客数)を指標として空港規模に関する議論がなされてきた。しかし、同じ乗降客数でも施設規模や投入レベルが大きく異なる場合も考えられる。したがって本稿では、乗降客数だけでなく費用データと併せて多角的な考察を試みる。

2010年度から2016年度の国管理空港における航空系人件費と乗降客数の関係(図一)や航空系人件費と航空系営業費用の関係(図二)から分かるように、航空系事業に係る人件費で整理すると4グループに分類することができる。まず、航空系事業にかかる人件費が年間15億円を上回る東京国際を第1グループとする。次の第2グループは、年間5億円を上回る那覇・福岡・新千歳の3空港とする。第3グループは、年間3億円程度の鹿児島・仙台の2空港とする。そして、3億円以下のその他の空港を第4グループとして分類する。単純に乗降客数だけで分類すると、第3グ



出典：『暦年・年度別空港管理状況調査』および『空港別収支の試算結果について』より筆者作成。

図一 航空系事業人件費と乗降客数の関係



出典：『暦年・年度別空港管理状況調査』および『空港別収支の試算結果について』より筆者作成。

図二 航空系事業人件費と航空系営業費用の関係

ループの鹿児島・仙台と第4グループのその他の空港とを明確に区別することはできない。しかし、このように費用面に焦点を当てることで、両グループの異なる特徴が明らかになる。

東京国際が明らかに突出していることにも注意が必要である。生産フロンティアが外れ値の影響によって大きくシフトしてしまう場合もあるため、効率性の計測では東京国際を含めた場合と含めない場合で結果が異なるかを確認しておくべきだろう。空港の生産活動を捉える上で、乗降客数という最も一般的な指標だけでは不十分であるかもしれない。要因分析では以上のことを踏まえた分析を行うこととする。

#### 4.2 分析に使用するデータ

本稿ではDEAを用いた先行研究<sup>8-10)</sup>を参考にし、国管理空港19空港の2010年度から2016年度まで7年間のパネルデータを用いて2通りのケースについて効率性・生産性の計測を行う。ケース①では航空系事業に着目して効率性および生産性の計測を行う。一方、ケース②では、航空系事業に非航空系事業を加えて空港全体の活動に関する効率性および生産性を計測する。使用するデータの記述統計量は表—2に記載してある。

採用する変数は、産出項目4つ（乗降客数・着陸回数・貨物取扱量・総収入）と、投入項目5つ（延床面積・スポット数・滑走路総延長・航空系人件費・総費用）である。産出項目のうち、乗降客数・着陸回数・貨物取扱量は、国土交通省航空局『暦年・年度別空港管理状況調査』（各年）より得ることができる公表データである。

投入項目のうち、延床面積・スポット数・滑走路総延長は『全国空港ターミナルビル要覧』（各年度）より得ている。財務データ（総収入・航空系人件費・総費用）はすべて国土交通省が公表する『空港別収支の試算結果について』（各年度）から得ている<sup>注6)</sup>。なお、総収入および総費用は、航空系事業と非航空系事業の営業収益および営業費用をそれぞれ合算した値を用いている。また、財務データは金額で表されるため、分析にはGDPデフレーターによって2016年を基準として実質化した値を用いる。以上の変数のうち、各ケースの効率性・生産性分析で使用する投入・産出に関する変数は表—3にまとめられている。

効率性の要因分析では、LCCのシェア拡大や空港規模の差が効率性に与える効果について分析を行う。使用するデータの記述統計量は表—4に記載してある。

LCCとの関係については、OAGのスケジュールデータを基に、提供座席数ベースで算出した国内線および国際線それぞれのLCCシェアを採用している。なお、海外LCCのシェアは国際線にのみ含まれている。

空港規模との関係については、前項における考察に基づき、2つのグループダミーを採用する。第4グループの13空港を基準とし、第2グループ（那覇・福岡・新千歳の3空港）および第3グループ（鹿児島・仙台の2空港）のダミー変数を採用している。なお、外れ値の影響を考慮し、東京国際を除外して分析を行っている。

空港の活動に関連する以上の変数以外にも、外生的な非裁量要因を考慮する必要がある。本稿では、空港需要に関連する2つの要因（経済活動・インバウンド）を取り入れて分析を行う。

空港需要は、所在地周辺（後背地）における経済活動の影響を受ける。空港周辺の経済活動が盛んになるにつれ、空港需要は増加し、効率性を高めると考えられる。しかし、経済活動が極めて活発で空港需要が空港キャパシティを超過した場合、混雑が発生し、かえって効率性を下げってしまう可能性もある。いずれにしても、空港の活動を評価するうえで、周辺地域の経済活動は重要な要素のひとつであるため、空港所在地の県内総生産（実質値）を空港後背地における経済活動の指標として採用する。これは、内閣府Webサイトの『県民経済計算 平成18年度—平成28年度（2008SNA, 平成23年基準）』より得ている。

近年のインバウンド需要増加を受けて、航空需要は増加傾向にあることも無視できない重要な要因である。わが国全体ではインバウンド需要が増加傾向ではあるものの、地域によってその増加の割合には差がある。したがっ

■表—2 産出物および投入物の記述統計量

変数	平均	標準偏差	最小値	最大値
乗降客数 (人)	8,249,939	16,097,168	169,141	81,735,366
着陸回数 (回)	33,103	46,989	1,294	224,707
貨物取扱量 (t)	103,749	230,636	173	1,190,908
総収入 (百万円)	24,237	64,573	225	353,563
延床面積 (㎡)	82,190	162,295	4,095	797,110
滑走路総延長 (m)	3,458	1,945	2,200	11,360
スポット数 (個)	27.43	46.47977	4	224
航空系人件費 (百万円)	321	386.09	84	1889
総費用 (人件費含む) (百万円)	22,679	61,117	934	318,808

■表—3 本稿で扱うケース

ケース	産出	投入
ケース① (航空系)	乗降客数, 着陸回数, 貨物取扱量	航空系人件費, 延床面積, スポット数, 滑走路総延長
ケース② (全体)	乗降客数, 着陸回数, 貨物取扱量, 総収入	延床面積, スポット数, 滑走路総延長, 総費用 (人件費を含む)

■表—4 要因分析で扱う変数の記述統計量

変数	平均	標準偏差	最小値	最大値
国内線LCCシェア (比率)	0.074	0.088	0.000	0.328
国際線LCCシェア (比率)	0.128	0.239	0.000	1.000
第2グループ (ダミー)	0.159	0.367	0.000	1.000
第3グループ (ダミー)	0.098	0.299	0.000	1.000
県内総生産 (兆円)	14.531	21.529	2.230	103.752
訪日外国人延べ宿泊者数 (万人)	189.683	340.665	1.648	1977.589

て、本稿では各地域のインバウンド需要を表す変数として、空港の所在する都道府県ごとの外国人延べ宿泊者数を採用する。これは観光庁『宿泊旅行統計調査』(各年)より得られている。

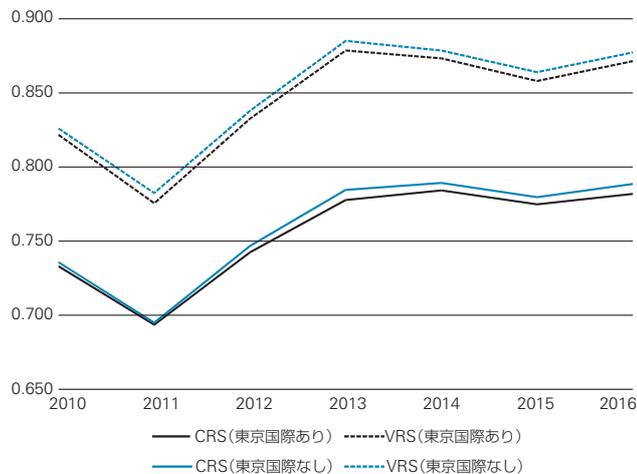
## 5— 効率性および生産性の分析結果

本章ではDEAによる効率値およびMalmquist生産性指数の計測結果について示し、本邦LCC参入前後における変化について考察を行う。なお、分析にはRのパッケージ‘Benchmarking’を使用している。

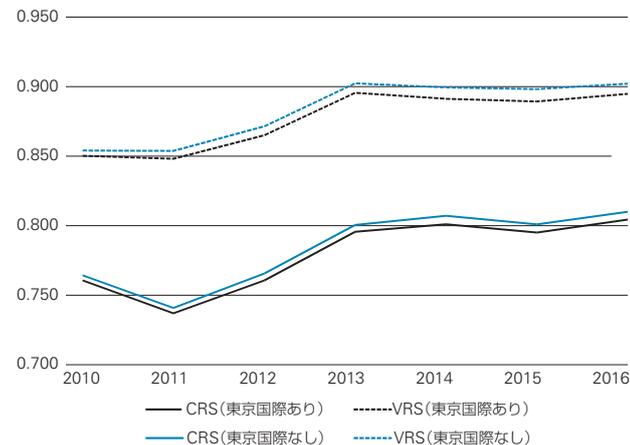
### 5.1 効率値の計測結果

まずは全体的な傾向を捉えるため、各年度の平均効率値をグラフ化したのが次の図—3および図—4である。モデルの性質上、CRSモデルよりもVRSモデルの方が高い値で推移しているものの、どちらもほぼ同様の動きを示している。

平均効率値の推移に関する特徴としては、①東日本大震災の影響で2011年度は大幅に効率性が低下している、②2012年度から2013年度にかけて本邦LCC参入による



図—3 平均効率値の推移 (ケース①)



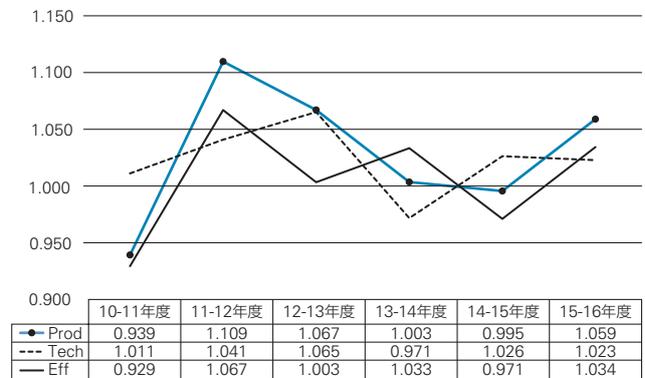
図—4 平均効率値の推移 (ケース②)

新規需要創出やインバウンド需要増加の後押しを受けて震災前を上回る形で効率性が高まっている、③2013年度以降は微増減を繰り返すほぼ横ばい、という3点が挙げられる。

モデルの特性上、一般的にVRSモデルの方がCRSモデルよりも高い効率値が計測されやすく、効率値が1と評価される空港がCRSモデルよりも多くなることで効率性の差がわかりにくくなるといった問題がある。また、東京国際の有無について比較すると、航空系事業に注目したケース①では、CRSモデルで2011年度以降、黒線と水色線の差が広がっており、東京国際が平均効率値を引き下げていることが推察される。東京国際が外れ値としてフロンティアを上方へシフトさせることで、他の空港の効率値を相対的に低下させている可能性が考えられる。航空系事業と非航空系事業を合わせたケース②でも同様に、東京国際を含む黒線が水色線を下回っている。以上の問題を考慮し、生産性計測および要因分析では東京国際を除外したCRSモデルによる分析結果について議論を行う(各空港の効率値の詳細については付録参照)。

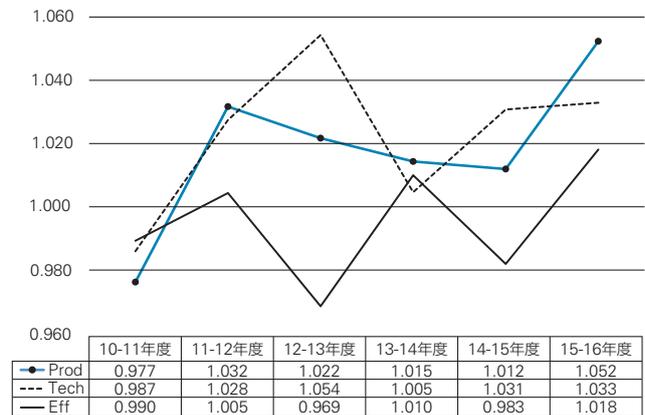
### 5.2 Malmquist生産性指数の計測結果

各ケースにおける生産性指数の計測結果が図—5および図—6に示されている。生産性指数の各種値は、2期間にお



注:「10-11年度」の値は2010年度から2011年度にかけての変化率を示している。

図—5 各種指数の平均値推移 (ケース①)



注:「10-11年度」の値は2010年度から2011年度にかけての変化率を示している。

図—6 各種指数の平均値推移 (ケース②)

ける変化率を示しており、「1以上の値であればプラス成長、1未満の値であればマイナス成長」と解釈することができる。生産性 (Prod) の推移に注目すると、航空系事業に着目したケース①と空港全体の活動に注目したケース②で異なる動きを示していることがわかる。ケース①では、東日本大震災の影響を受けて一旦落ち込んだものの翌年以降本邦LCCが本格的に参入し始めたこともあり、2011年度から2012年度にかけてフロンティアが上昇している。2013年度から2014年度にかけてはフロンティアが後退し、2014年度から2015年度にかけて生産性の値が1を下回りマイナス成長となったものの、2015年度から2016年度にかけては再び生産性が約5%上昇していることが見てとれる。

一方、ケース②では、2011年度以降、安定したプラス成長で推移しており、約2.65%の平均成長率となっている。2013年度以降も非航空系事業が拡大し、航空系事業の生産性低下をカバーしつつ空港全体の活動を牽引していると考えられる。特に、2015年度から2016年度にかけて最も生産性が上昇しており、5%を超える成長率となった。技術変化 (Tech) も2011年度から2016年度まで1以上の正の値で推移しており、空港全体の活動のフロンティアは上昇し続けている。

### 5.3 本邦LCC参入に関する仮説の検証

国管理空港全体の傾向としては、効率性および生産性が2010年度から2011年度にかけて下がりつつも、その後2013年度までは上昇し、以降は微増減しながらほぼ横ばいで推移していることが明らかとなった。しかしながら、全体および個別の空港の効率性の推移や生産性変化のみでは、本邦LCC就航前後の変化は不明瞭である。したがって、本節では「本邦LCC参入と空港の効率性・生産性との関連性」について、①2012年以前と以後、②LCC参入空港におけるLCC参入前後、③国内線LCC参入空港と非参入空港をそれぞれ比較することによって、本邦LCC参入前後における空港の効率性変化について詳しく考察を行う。

まず、本邦LCCが参入した空港 (以下、参入空港) と参入していない空港 (以下、非参入空港) の平均効率値を比較したところ、参入空港の方が航空系事業のみのケース①では約44%、非航空系事業を加えたケース②では約41%非

■表—5 参入空港と非参入空港の平均効率値比較

	非参入空港	参入空港	比率 (参入/非参入)
ケース①	0.589	0.850	1.443
ケース②	0.616	0.872	1.415

■表—6 参入空港における参入前後の平均効率値比較

	参入前	参入後	比率 (参入後/参入前)
ケース①	0.810	0.893	1.102
ケース②	0.835	0.914	1.095

参入空港よりも高いという結果となった (表—5参照)。さらに、本邦LCCが参入した空港のみについて、参入前の平均効率値と参入後の平均効率値を比較したところ、参入後の方がいずれのケースにおいても参入前より約10%高い値を示している (表—6参照)。

図—3および4で示された平均効率値の推移と併せて判断すると、2013年度以降の効率性は全体としては伸び悩んでいるにもかかわらず、参入空港においては本邦LCC参入前よりも効率的になっているようである。しかしこのことだけで本邦LCC参入が空港の効率性に正の効果をもたらしたと断定することはできない。まずは、参入空港において本邦LCC参入前後の効率値を比較し、効率値が有意に高くなっているかどうかについて仮説検証する必要がある。

いずれのケースにおいても参入空港の効率性が非参入空港よりも高い傾向にあるという表—5の結果は、安達ら<sup>3)</sup>の考察とも整合的である。しかし、参入空港と非参入空港の間における効率性の差が果たして統計的に有意な差であるかまでは明らかにされていないため、こちらについても検証する必要があるだろう。

以上の考察を踏まえ、本稿では3つの仮説 (表—7) に応じてそれぞれ2群に分け、ノンパラメトリック検定の一種であるWilcoxon順位和検定を用いて両群の効率値について差があるかどうかの検証を行う。ただし、東京国際を分析対象に含めることで、とりわけ航空系活動を扱うケース①の生産フロンティアが大きく変わってしまうことを考慮し、両ケースともに東京国際を含まない18空港の計測結果について仮説検定を行う。

各ケースの検定結果 (表—8, 9) のうち、仮説1については、いずれのケースにおいてもかろうじて有意な結果となったものの、①2012年以前の対象年度が2010年度および2011年度の2年間しかないこと、②東日本大震災による

■表—7 仮説

仮説1	本邦LCC 就航前 (2011年以前) と後 (2012年以降) では、国管理空港全体として就航後の方が効率性は上昇している
仮説2	参入空港において、本邦LCC 参入後の方が参入前よりも効率的である
仮説3	参入空港と非参入空港では、参入空港の方が効率的である

■表—8 検定結果 (ケース①)

	ケース①	U値	P値
仮説1	2012年前後	1293.5	0.046**
仮説2	LCC参入前後	475.5	0.014***
仮説3	参入・非参入	605.5	0.000***

注：\*\*\*は1%、\*\*は5%有意水準で有意であることを示している。

■表—9 検定結果 (ケース②)

	ケース②	U値	P値
仮説1	2012年前後	1352.5	0.087*
仮説2	LCC参入前後	450	0.006***
仮説3	参入・非参入	730.5	0.000***

注：\*\*\*は1%、\*は10%有意水準で有意であることを示している。

影響を大きく受けていること、の2点を差し引いて考える必要がある。東京国際を除く国管理空港全体において、2011年度における大幅な効率性の低下がなければ、明確な差は生じていないかもしれない。また、2013年度以降全体の平均効率値がほとんど横ばいであったことも鑑みると、この結果だけで本邦LCC参入の効果を判断することは難しいだろう。

一方、仮説2および仮説3については、両ケースとも有意な差が確認されている。参入空港における参入前後を比較した仮説2は、いずれのケースでも1%有意となっており、LCCの増加がもたらす効果は空港全体よりも航空系事業のみの方が有意性は高いという結果が示された。LCC参入に伴う航空旅客の新規需要創出は航空系事業に直結していることから、LCC参入が効率性の改善に直接寄与していると考えられる。しかし、日本のLCC旅客増加が空港内の商業施設などの利用に対してもたらす効果は航空系事業に比べると限定的なのかもしれない。非航空系事業を加えたケース②よりもケース①の方がLCC就航前後で効率性に大きな差があるとすれば、これはFSCよりもLCCの方が空港の非航空系収入に対する寄与度が低いというYokomi et al.<sup>16)</sup>の結果とも整合的である。

## 6——要因分析の結果と考察

効率性に関する要因分析では、Simar and Wilson<sup>19)</sup>の提案に従い、修正済効率値を被説明変数とする切断回帰モデルの推定を行なった。推定にはRのパッケージ「rDEA」を使用している。なお、ループの回数については、彼らの提案通り、ステップ3の $L_1$ は100、ステップ6の $L_2$ は2000に設定

■表—10 要因分析の推定結果（ケース①：CRSモデル）

変数	係数	下限	上限
定数項	0.7844***	0.5056	1.1202
国内線LCCシェア	-4.1891***	-6.5681	-1.6260
国際線LCCシェア	-0.0250	-0.3925	0.3961
第2グループダミー	-1.3059***	-1.8009	-0.5239
第3グループダミー	-0.1754	-0.5365	0.4447
県内総生産	0.0773***	0.0542	0.0987
訪日外国人延べ宿泊者数	0.0004	-0.0001	0.0009

注：\*\*\*は1%有意水準で有意であることを示している。  
下限と上限は、95%信頼区間を表している。

■表—11 要因分析の推定結果（ケース②：CRSモデル）

変数	係数	下限	上限
定数項	0.8454***	0.5882	1.2023
国内線LCCシェア	-3.2717***	-5.3099	-0.7772
国際線LCCシェア	-0.0880	-0.4535	0.3285
第2グループダミー	-1.7803***	-2.4604	-0.6728
第3グループダミー	-0.5733*	-1.0082	0.2261
県内総生産	0.0680***	0.0425	0.0889
訪日外国人延べ宿泊者数	0.0001	-0.0004	0.0007

注：\*\*\*は1%、\*は10%有意水準で有意であることを示している。  
下限と上限は、95%信頼区間を表している。

している。各ケースにおける推定結果は表—10および11に示されている。被説明変数は1以上の値（効率値の逆数）であるため、係数の符号が正の値をとる場合は非効率性を高めていることを意味しており、逆に負の値をとる場合は効率性を高めていると解釈することができる。

まずは空港の活動に直接関係する変数について考察する。両ケースとも国内線LCCシェア、第2グループダミーの係数が1%水準で有意な負の値となっている。したがって、国内線におけるLCCのシェア拡大が効率性を高めており、第2グループ（那覇・福岡・新千歳）が基準（第4グループ）の空港よりも効率的であることが明らかとなった。一方、国際線LCCシェアの係数は符号が負になっているものの、いずれのケースにおいても有意な値とはならなかった。国管理空港の多くは国内線が旅客の多くを占めているためか、今回の分析期間において国際線LCCのシェア拡大が空港のパフォーマンス向上に寄与しているとは判断し難い結果となっている。しかし、国際線旅客数が全旅客数に占める割合が今後高まることになれば、空港のパフォーマンスに与える影響力を増し、将来的には効率性の改善に寄与する可能性も十分に考えられるだろう。また、第3グループダミーの係数は、ケース①では有意な値とはならず、ケース②においても10%有意水準をこらうじてクリアしたに過ぎないため、基準空港よりも効率的と断定するのは難しいだろう。これは、第3グループが第4グループと比べて航空系人件費が比較的高いものの、営業費用全体ではほとんど変わらないことが理由かもしれない。効率性と空港規模の関係については、資本と労働の両方を同時に考慮するなど、さらなる工夫が必要であろう。

次に、空港の活動以外の変数について考察する。空港周辺の経済活動が空港に与える影響については、

- ・経済活動が盛んになると空港の利用が増える（+）
- ・空港規模と経済活動のバランスを損なうことにより、外部不経済（混雑）が生じ、非効率が発生（-）

という正負両方の効果が想定される。

県内総生産の係数はいずれのケースも正の値で有意な値となっており、効率性に対する負の効果が示された。これは、規模の大きい空港における混雑による負の外部効果を反映しているのかもしれない。東京国際を除く国管理空港のうち、福岡と新千歳はIATA (International Air Transport Association) のWSG (World Slot Guidelines) において混雑空港と指定されており、どちらも経済活動が活発で県内総生産が上位の都道府県に所在している。そのため、経済活動の指標である県内総生産が負の外部性を反映させ、係数が正の値（効率性に対して負）となった可能性が考えられる。

第2グループダミーと県内総生産の係数の符号が相反

する結果となったことからわかるように、周辺の経済活動が盛んで規模の大きい空港には、おそらく効率性に対する正負両方の効果が同時に働いていることが明らかとなった。しかしながら、空港周辺の経済活動に対する空港の最適規模を明らかにするまでには至っていないため、空港周辺の人口（あるいは人口密度）や空港の混雑度合いを示す指標を変数に取り入れるなど、今後さらに詳細な分析が必要であろう。

一方、インバウンドのトレンドを示す訪日外国人延べ宿泊者数の係数は、いずれのケースにおいても有意な値とはならなかった。国管理空港全体の旅客数のうち、国際線旅客が占める割合は増加傾向にあるものの、2018年度において18%程度にとどまっている。成田国際や関西国際などの会社管理空港に国際線旅客が集中しているものの、訪日外国人増加のインパクトが国管理空港の技術的効率性を改善させるほどには至っていないというのが現状であると推察される。「訪日誘客支援空港」制度による国際線誘致が進められることによって、インバウンドが空港の効率性にも正の効果をもたらすことが期待できるだろう。

## 7—おわりに

本稿では、わが国における空港パフォーマンスとLCCやインバウンドとの関係について、初めて定量分析を試みた。2010年度から2016年度までの7年間における国管理空港の効率性および生産性の計測を行い、さらに要因分析では国内線LCCのシェア拡大が効率性に正の効果をもたらしていることを明らかにした。本稿の結果は以下のよう

にまとめられる。DEAによる効率性計測およびMalmquist生産性指数の計測では、航空系事業のみ焦点を当てたケース①と、非航空系事業を加えて空港全体の活動を捉えたケース②について分析を行った。平均効率値は両ケースともに、2011年3月の東日本大震災の影響で一旦低下したものの、その後2013年度までは上昇傾向が続き、2014年度以降は伸び悩んでいることが示された。また、東京国際を含めることでフロンティアがシフトしてしまう可能性があることから、東京国際を除く18空港に関して生産性分析を行うこととした。

生産性は、ケースごとに少し異なる動きを示している。ケース①では本邦LCC参入後にマイナス成長に転じた時もあったものの、ケース②では2012年度以降の平均成長率が2.65%と安定したプラス成長となっていることが明らかとなった。また、計測された効率性に関する3つの仮説について、Wilcoxon順位和検定を用いて差の検定を行った。本邦LCCが参入した空港について参入前後の効率性を比

較した結果、ケース①の方がケース②よりも差が大きく、参入後に効率性が有意に上がっていることが明らかとなった。また、本邦LCCの参入した空港と参入していない空港の効率性を比較した場合、参入した空港の方が有意に効率的であることが示された。

二重ブートストラップ法を用いた要因分析では、ケース①、②ともに国内線LCCシェア、第2グループダミーの係数が1%水準で有意な負の値を示した。この結果から、国内線LCCシェアの拡大が空港の効率性に正の効果をもたらしていること、そして第2グループの3空港（那覇・福岡・新千歳）が他の空港よりも効率的であることが明らかとなった。

空港周辺の経済活動を示す県内総生産の係数については、いずれのケースにおいても正の有意な値（効率性に対して負）となった。とりわけ第2グループの3空港は規模が大きく、周辺の経済活動も盛んであるため、ダミー変数において空港需要に対する正の効果が表れている一方で、県内総生産では負の外部効果（混雑）が効率性を低下させる可能性が同時に示されたと考えられる。以上より、空港と周辺の経済活動の間には相反する効果が同時に働いていることが明らかとなった。しかしながら、空港周辺の経済活動に対する空港の最適規模を明らかにするまで空港周辺の人口（あるいは人口密度）や空港の混雑度合いを示す指標を変数に取り入れるなど、今後さらに詳細な分析が必要である。

一方、国際線LCCシェアおよびインバウンドのトレンドを示す訪日外国人延べ宿泊者数の係数はいずれも有意な値とはならなかった。国管理空港全体における国際線旅客は2018年度で18%程度にとどまっており、今回の分析期間における割合はさらに低いため、空港の効率性に及ぼす影響はそれほど大きくないのかもしれない。「訪日誘客支援空港」制度の拡充によって国管理空港における国際線需要が高まることで、今後インバウンドが国管理空港の効率性にも正の効果をもたらすことが期待できるだろう。そうすると、国際線誘致の取り組みや空港と航空会社（特にLCC）の関係が空港のパフォーマンスにどのような影響を及ぼすのかについても明らかにすることができるかもしれない。インバウンド政策と空港政策に関するこれらの分析については、今後も継続して行う価値が十分にあるだろう。

本稿における分析では、人件費や総収入など金銭データを用いる際に基準を統一するという観点から、国管理空港のみを分析対象としている。しかし、関西国際や成田国際など本邦LCCが拠点を置く会社管理空港や、神戸や新石垣など比較的利用者の多い地方管理空港とも比較することで、所有形態の違いがもたらす効果を明らかにするこ

とができるだろう。また、空港ごとに滑走路やターミナルビルといった空港施設の運用時間が異なるため、運用時間制約（カーフェュー）の有無やその長さが空港の生産活動を左右する場合もある。この点をモデルに組み込むことで、空港の実働時間に対する運用効率性などを計測することができると考えられる。以上を今後の実証研究における課題としたい。

**謝辞:** 本稿は、航空政策研究会2019年度若手研究者研究助成ならびにJSPS科研費JP19K23208の助成を受けたものです。執筆にあたり、査読員の先生方からは大変有益なコメントを頂きました。また、データの整理において、同志社大学商学部3年生（当時）金裁演氏に多大なご協力を頂きました。ここに深く感謝の意を表します。

**付録**

■表A-1 国管理空港における本邦LCCの参入

空港	参入年月	初参入の航空会社
新千歳	2012年03月	Peach Aviation
仙台	2013年04月	Peach Aviation
高松	2013年12月	Jetstar Japan
松山	2013年06月	Jetstar Japan
福岡	2012年03月	Peach Aviation
長崎	2012年03月	Peach Aviation
熊本	2014年10月	Jetstar Japan
大分	2013年03月	Jetstar Japan
宮崎	2015年08月	Peach Aviation
鹿児島	2012年04月	Peach Aviation
那覇	2012年07月	Jetstar Japan

出典：筆者作成

■表A-2 各空港の効率値（ケース①・CRSモデル）

空港	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
新千歳	0.720	0.634	0.775	0.932	0.876	0.905	1.000
稚内	0.405	0.394	0.386	0.348	0.357	0.365	0.392
釧路	0.545	0.423	0.421	0.510	0.484	0.491	0.506
函館	0.420	0.369	0.455	0.442	0.443	0.487	0.452
仙台	0.707	0.495	0.752	0.925	0.901	0.815	NA
新潟	0.630	0.559	0.677	0.632	0.735	0.642	0.665
広島	0.737	0.698	0.724	0.721	0.744	0.731	0.785
高松	0.626	0.614	0.663	0.659	0.742	0.750	0.781
松山	0.845	0.881	0.860	0.994	0.954	0.950	0.909
高知	1.000	1.000	0.949	0.927	0.954	0.930	0.917
福岡	0.845	0.859	0.917	1.000	0.984	0.991	1.000
北九州	0.602	0.558	0.611	0.587	0.545	0.548	0.556
長崎	0.927	0.859	0.904	0.814	0.959	0.887	0.812
熊本	0.951	0.950	0.958	0.952	0.970	1.000	1.000
大分	0.513	0.525	0.566	0.679	0.704	0.679	0.702
宮崎	0.815	0.823	0.915	1.000	0.922	0.978	1.000
鹿児島	0.956	0.918	0.919	0.994	0.927	0.923	0.925
那覇	0.995	0.948	0.987	1.000	1.000	0.958	1.000
平均	0.736	0.695	0.747	0.784	0.789	0.779	0.788

■表A-3 各空港の効率値（ケース②・CRSモデル）

空港	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
新千歳	0.880	0.841	0.884	0.950	0.980	0.992	1.000
稚内	0.410	0.394	0.388	0.353	0.378	0.394	0.487
釧路	0.565	0.475	0.465	0.537	0.504	0.518	0.526
函館	0.527	0.473	0.473	0.519	0.561	0.570	0.545
仙台	0.748	0.750	0.921	0.925	0.940	0.843	NA
新潟	0.593	0.500	0.594	0.592	0.615	0.602	0.627
広島	0.843	0.798	0.830	0.819	0.851	0.813	0.894
高松	0.693	0.668	0.682	0.783	0.797	0.804	0.803
松山	0.877	0.878	0.897	0.995	0.977	0.977	0.965
高知	0.997	1.000	0.943	0.930	0.947	0.928	0.917
福岡	0.848	0.868	0.933	1.000	0.990	1.000	1.000
北九州	0.606	0.568	0.623	0.600	0.562	0.571	0.583
長崎	0.939	0.895	0.851	0.847	0.913	0.896	0.818
熊本	0.961	1.000	0.981	1.000	0.988	1.000	1.000
大分	0.552	0.571	0.571	0.677	0.698	0.693	0.750
宮崎	0.754	0.746	0.816	0.876	0.837	0.851	0.849
鹿児島	0.960	0.922	0.923	1.000	0.984	0.994	1.000
那覇	1.000	0.984	1.000	1.000	1.000	0.966	1.000
平均	0.764	0.741	0.765	0.800	0.807	0.801	0.810

注

- 注1)『空港管理状況調査』より算出。
- 注2)都市圏の基幹空港（プライマリ空港）周辺に位置し、補完的機能を担う空港の総称。
- 注3)空港における資本の投資や支出は長期間にわたるものが多く、単年度ごとに資本の投入量を測ることが難しいため、資本投入を疑似的に固定要素とみなし、その他の可変要素のみに焦点を当てた生産性指標として計測する手法。
- 注4) CRSモデルおよびVRSモデルはそれぞれ分析者の名前の頭文字をとってCCRモデル、BCCモデルと呼ばれることもある。
- 注5)  $\delta_i \geq 1$ であるため、(3)式より  $\epsilon_i \geq 1 - \delta_i \beta$ となるからである。
- 注6) コンセッションによる一体運営が開始された2016年度の仙台については、航空系人件費に関するデータが得られなかったため、分析からは除外している。

参考文献

- 1) Hooper, P. G. and Hensher, D. A. [1997], "Measuring total factor productivity of airports—an index number approach," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol.33, No.4, pp.249-259.
- 2) Pels, E., Nijkamp, P. and Rietveld, P. [2003], "Inefficiencies and scale economies of European airport operations", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol.39, No.5, pp.341-361.
- 3) 安達晃史・松瀬由佳里・正司健一 [2017], "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—", 『国民経済雑誌』, 第216巻1号, pp.93~105.
- 4) Yoshida, Y. and 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*, Vol.40, No.6, pp.533-546.
- 5) 花岡伸也・浅輪宇充・森地茂 [2004], "第71回運輸政策コロキウムアジアの空港民営化と経営効率性—タイを事例として—", 『運輸政策研究』, Vol.7, No.3, pp.63~70.
- 6) 横見宗樹 [2009], "日本の地方空港における効率的な所有・運営体系の日英比較に基づく実証的研究", 『交通学研究』, 第52号, pp.221~230.
- 7) 林亮輔・林田吉恵 [2015], "日本の空港の効率性評価: 非裁量要因を考慮した DEA 効率値の計測", 『日本経済研究』, 第72巻, pp.1~20.
- 8) 小熊仁 [2017], "ネットワークDEAを用いた空港運営の効率性評価と要因分析", 『交通学研究』, 第60号, pp.63~70.
- 9) 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』, 第59巻, pp.22-41.
- 10) 小熊仁 [2017], "DEA による国管理空港の効率性評価", 『経済学論纂(中央大学)』, 第57巻, 第3・4合併号, pp.55~67.
- 11) 安達晃史 [2019], "空港の効率性と非航空系収入比率の関係に関する考察",

- 「交通学研究」, 第62号, pp.189~196.
- 12) Bottasso, A., Conti, M. and Piga, C. [2012], "Low-cost carriers and airports' performance: empirical evidence from a panel of UK airports", *Industrial and corporate change*, Vol.22, No.3, pp.745-769.
- 13) Choo, Y. Y. and Oum, T. H. [2013], "Impacts of low cost carrier services on efficiency of the major US airports", *Journal of Air Transport Management*, Vol.33, pp.60-67.
- 14) Martini, G., Manello, A. and Scotti, D. [2013], "The influence of fleet mix, ownership and LCCs on airports' technical/environmental efficiency", *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Vol.50, pp.37-52.
- 15) Coto-Millán, P., Casares-Hontañón, P., Inglada, V., Agüeros, M., Pesquera, M. Á. and Badiola, A. [2014], "Small is beautiful? The impact of economic crisis, low cost carriers, and size on efficiency in Spanish airports (2009–2011)", *Journal of Air Transport Management*, Vol.40, pp.34-41.
- 16) Yokomi, M., Wheat, P. and Mizutani, J. [2017], "The Impact of Low Cost Carriers on Non-Aeronautical Revenues in Airport: An Empirical Study of UK Airports", *Journal of Air Transport Management*, Vol.64 (Part A) . pp. 77-85.
- 17) Charnes, A., Cooper, W. W. and Rhodes, E. [1978], "Measuring the efficiency of decision making units", *European journal of operational research*, Vol.2, No.6, pp.429-444.
- 18) Banker, R. D., Charnes, A. and Cooper, W. W. [1984], "Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis", *Management science*, Vol.30, No.9, pp.1078-1092.
- 19) Simar, L. and Wilson, P. W. [2007]. "Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes", *Journal of econometrics*, Vol.136, No.1, pp.31-64.
- 20) Malmquist, S. [1953]. "Index numbers and indifference surfaces", *Trabajos de estadística*, Vol.4, No.2, pp.209-242.
- 21) Caves, D. W., Christensen, L. R. and Diewert, W. E. [1982], "The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity", *Econometrica*, Vol.50, No.6, pp.1393-1414.
- 22) Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M. and Zhang, Z. [1994], "Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries", *The American economic review*, Vo.84, No.1, pp.66-83.
- 23) Doganis, R[1992], *The Airport Business*, Routledge.

(原稿受付2020年2月14日,受理2020年9月18日)

---

## Dose Japanese LCCs' Entry Have a Positive Effect on Airport Efficiency? :Measuring Efficiency and Productivity Using Data Envelopment Analysis

By Koji ADACHI

Both positive and negative relationships between airport performance and LCCs have been reported in U.S. and Europe. The effect of LCC on airport management remains unclear, while air passenger movement has increased after LCCs' entry. For the purpose of investigating the relationships between airports and LCCs or inbound tourism, this paper estimate efficiency and productivity of Japanese airports administrated by central government with the data from 2010 to 2016, by using DEA and Malmquist productivity index. Moreover, factor analysis with double bootstrap procedure is conducted in the second stage regression. We find that Japanese airports have maintained a productivity growth rate of about 2.65% per year, and the increase in the LCC share of domestic market has a positive effect on airport efficiency.

---

**Key Words :** *airport administrated by central government, Low-Cost Carrier LCC, data envelopment analysis, double bootstrap procedure, malmquist productivity index.*

---