

旅客機の中・小型化による運航効率の向上の分析

An Analysis on Improvement of Operation Efficiency Caused by Down-sizing of Airplane

指導教授 轟 朝 幸

M5018 角 田 健

1. はじめに

わが国の主要空港である東京国際空港（以下、羽田）や成田国際空港（以下、成田）は、限られた空港容量で需要をさばくため、発着する旅客機は大型機が主流であった。

しかし最近では、これらの主要空港の整備が進んで空港容量が増加したことに加えて、中・小型機の性能が向上したことで、これらの空港を利用する航空会社は、ここ数年機材を中・小型化する傾向にある。

機材を中・小型化することにより、滑走距離、騒音、空港施設利用料の減少や、国際線では7割程度、国内線では6割程度しか確保できていないロードファクター（以下、L/F）の向上、大型機の乗り入れを制限する空港への就航など、様々なメリットが生じる。

そこで本研究は、旅客機の中・小型化による運航効率の向上を、包絡分析法（以下、DEA手法）を用いて航空会社の路線運営面及び空港の運用面から分析する。その結果から、旅客機の中・小型化によって運航効率の改善を図れたかを考察することを目的とする。

DEA手法を用いた航空分野の研究は、各空港間の施設等を比較し、空港経営状況を分析・考察した研究¹⁾が多く、航空機に着目した研究は筆者の知る限りない。また小型機の運航に関する研究も、新規路線の開設や発着回数の増加による、利用者の利便性の向上などに着目した研究²⁾が多く、航空機材の中・小型化による運航効率の向上に着目した研究は少ない。

本研究は、航空機材の中・小型化による運航効率の向上の分析を DEA 手法で行う点で、これらの既存研究と一線を画している。

2. 近年の旅客機の中・小型化について

(1) 分析対象について

本研究では、対象年の10月期の航空時刻表をもとに運航機材データを作成する。10月は1年のうちで最も平均的な機材運航を行っている月である。また、臨時便などの影響等も少ないことから対象とする。本研究では各路線とも、10月の使用機材で1年間を通じて使用していると仮定して分析を進める。

次に、旅客機のサイズの分類について定義する。本研究では、表-1の分類に則って大型機、中型機、小型機を分類する。基本的には乗員150人以下の旅客機を小型機、乗員400人以上の旅客機を大型機、その間を中型機とするが、エンジン数を考慮してB777シリーズにおいては中型機として取り扱う。

表-1 代表的旅客機のデータ

分類	機種	略称	座席数(席)	最大燃料搭載量(t)	最大航続距離(km)	全長(m)
大型	B747-400	B744	524	216,840	13,450	70.6
	B747-200	B747	452	199,158	12,700	70.6
中型	B777-300	B773	451	171,160	11,029	73.9
	B777-200	B777	380	171,160	9,649	63.7
	B767-300	B763	269	90,770	11,306	54.9
	A300-600	A306	266	68,150	8,000	54.1
小型	A321	A321	185	23,700	4,460	44.5
	A320	A320	150	29,840	4,800	37.6
	B737-400	B734	126	20,020	6,230	33.6

出典) 航空統計要覧

(2) わが国の旅客機の機材内訳

次に、近年のわが国の旅客機の機材の動向についてまとめる。図-1に国内線全体、図-2に国際線全体の旅客機の機材サイズのシェアの変遷を、それぞれ1990年度からの5年毎に示す。

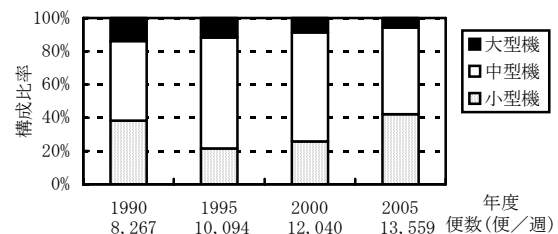


図-1 国内線全体の機材サイズのシェアの変遷

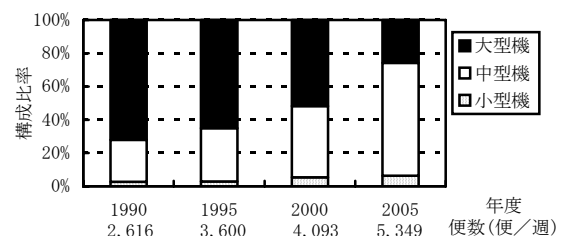


図-2 国際線全体の機材サイズのシェアの変遷

これらの図から大型機のシェアの経年変化に着目すると、わが国の空港を利用する旅客機は、特に国際線において年々中・小型化が進んでいる。

同様に、羽田と成田の各空港の機材サイズのシェア

の変遷について、図-3及び図-4にそれぞれ示す。

これらの図から国内線、国際線の拠点空港である羽田、成田では、わが国全体では1990年度から年々、中・小型機のシェアが増加している傾向に対して、両空港とも1995年を境に中・小型化が進んでいる。

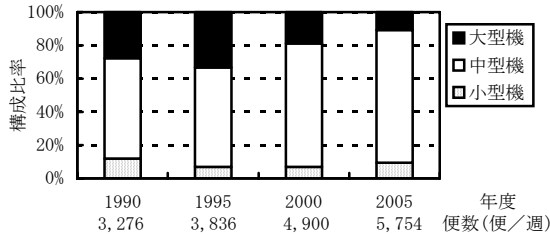


図-3 羽田の機材サイズのシェアの変遷

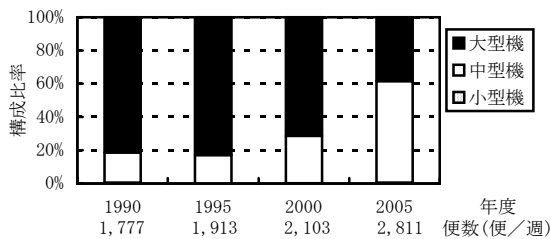


図-4 成田の機材サイズのシェアの変遷

3. DEA 手法の概要

本研究で用いる DEA 手法とは、企業などの事業体の経営効率性を評価するための手法である。DEA 手法では事業体を、資源を投入して便益を産出する変換過程とみなす。投入・産出項目数を複数設定しても、効率値を計測することが可能な分析手法である。代表的モデルとして、CCR と BCC モデルが挙げられる。

CCR モデルとは、規模に関して収穫が一定であるモデルであり、最も優れたパフォーマンスを持った意思決定主体 (以下、DMU) を基準として、当該 DMU に最も有利となるように評価する手法である。

一方 BCC モデルとは CCR モデルの拡張であり、規模の変化による効率性の変動を、現存する活動に準拠して考慮するモデルである。BCC モデルは DMU 数が少ない場合、その多くの DMU が効率的であるという結果が出てしまうため、本研究では CCR モデルを用いて分析を行う。以下に CCR のモデル式を示す。

$$\text{Max } \sum_{r=1}^t u_r y_{r0} \quad (1)$$

$$\text{Subject to } \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{i0} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^t u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (3)$$

$$u_r, v_i \geq \varepsilon \quad (4)$$

$$i=1, \dots, m, \quad j=1, \dots, n, \quad r=1, \dots, t$$

ここで、

x_{ij}, y_{rj} : 各DMUの変数*i*, *r*の入・出力量

u_r : 出力変数*r*に対するウェイト

v_i : 入力変数*i*に対するウェイト

n : 対象 DMU 数

m, t : 入・出力変数の数

ε : 非アルキメデス無限小数

4. 航空会社の路線運営面に関する分析

(1) 分析項目の選定

航空会社が路線運営面で運航効率を向上させるには、着陸料や燃料代などの運航費用の削減を行い、L/F を向上させて運航収益を増加させることが必要である。そこで分析の投入項目には、1便あたりの着陸料 (以下、着陸料) と 1便あたりの使用燃料量 (以下、使用燃料量) を設定する。一方、分析の産出項目として、対象路線の1便あたりの運航収益 (以下、運航収益) を設定する。対象路線の運航収益は、年間収益を各路線の座席提供数に比例配分して算出する。

(2) 分析路線の選定

本研究で分析した航空会社の路線運営面の効率の向上のうち、成田空港発着便を代表事例として紹介する。

成田空港就航路線で1995年以降に機材を中・小型化した路線の目的地別集計を図-5に、変更機種別集計を図-6にまとめる。図-5から、ヨーロッパやアジア路線を中心に成田便は中・小型化が進んでいることがわかる。また図-6から、中・小型化した路線の機材は B747 シリーズからの変更が9割以上を占めることがわかる。

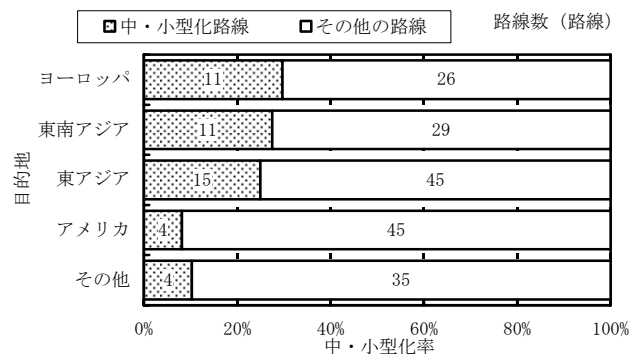


図-5 中・小型化路線の目的地別集計

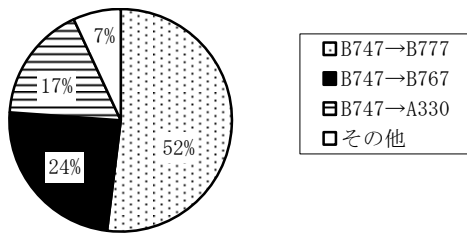


図-6 中・小型化路線の変更機種別集計

本概要では代表事例として、これらの図の上位項目であるヨーロッパ便で、機種を B747 から B777 に変更した日本航空の成田-パリ線の分析結果を CASE 1 として示す。また異なる会社における中・小型化による影響の傾向を把握するため、同時期に同様の機材変更を行っている全日空の成田-ワシントン線の分析結果を CASE 2 として示す。

(3) パリ線 (CASE 1) の分析結果

CASE 1 の投入・産出項目をまとめて以下の表-2 に示し、分析結果を図-7 に示す。

表-2 分析 CASE 1 の投入 (I)・産出 (O) 項目

年度	機材	(I)着陸料 (万円/便)	(I)使用燃料量 (kl)	(O)運航収益 (万円/便)
1990	B747	90.7	156	1066
1995	B747	90.7	156	1022
2000	B744	95.3	152	1365
2005	B777	70.5	116	1046

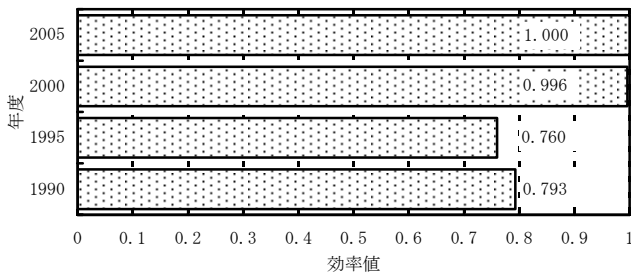


図-7 パリ線 (CASE 1) の効率値グラフ

CASE 1 では、機材が中型化された 2005 年が効率的な運航を指す 1 を示している。これは 2005 年の投入項目の着陸料と使用燃料量が減少して、産出項目の 1 便あたりの収益が増加していることが影響していると考えられる。即ち航空会社にとっては、1 便の運航に関する費用項目である着陸料と使用燃料量を削減して、さらに提供座席数の削減により L/F が向上したことで、1 便からの収益率が向上し、生産性を上げることができたといえる。

また 2000 年の効率値が 2005 年とほとんど差がないのは、2002 年の成田の平行滑走路供用開始で当該路線の運航便数が増加し、対象便からの収益率がほとんど

変化しなかったことが要因と考えられる。

(4) ワシントン線 (CASE 2) の分析結果

続いて CASE 1 と同時期に機材変更を行っている全日空の成田-ワシントン線を CASE 2 として分析する。

CASE 2 の分析の投入項目を表-3 に示し、分析結果を図-8 に示す。

表-3 分析 CASE 2 の投入 (I)・産出 (O) 項目

年度	機材	(I)着陸料 (万円/便)	(I)使用燃料量 (kl)	(O)運航収益 (万円/便)
1990	B747	90.7	169	722
1995	B747	90.7	169	774
2000	B744	95.3	163	739
2005	B777	70.5	131	646

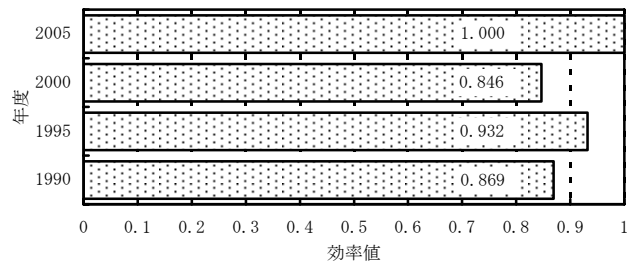


図-8 ワシントン線 (CASE 2) の効率値グラフ

図-8 においても、機材が中型化された 2005 年が効率的な運航を指す 1 を示している。

CASE 1 及び CASE 2 の結果より、航空会社及び路線が変わっても航空機の中・小型化によって運航効率が向上していることがわかる。ここで CASE 1 と CASE 2 において、大型機の運航年での効率値の傾向が異なっているのは、産出項目の運航収益の値が影響していると考えられる。

以上のことから、航空会社の路線運営面においては航空機材を中・小型化することにより、運航効率が向上し、生産性が向上すると考えられる。

5. 空港の運用面に関する分析

(1) 分析項目及び分析空港の選定

次に空港の運用面に関する分析を行う。

空港にとって運用の効率を上げるためには、騒音などの社会的費用の削減や、スロット枠の増加によるサービス水準の向上などの要素が必要である。そしてこれらの要素から、空港への就航便数を増加させることによって、空港の運用効率が向上すると考える。

そこで投入項目には、航空機 1 便あたりの離陸時の平均騒音値 (以下、騒音値) 及び、航空機 1 便あたりの離陸時の平均滑走路占有時間 (以下、滑走路占有時間) の各指標を設定する。また産出項目には、空港の

1日あたりの離陸便数（以下、離陸便数）の指標を設定する。

分析対象空港として、国内線の代表空港である羽田をCASE 3、また2006年4月以降に騒音面の問題から、3発機以上の大型機の乗り入れが禁止され、強制的に中・小型化が進むこととなった大阪国際空港（以下、伊丹）をCASE 4として分析する。

(2) 羽田 (CASE 3) の分析結果

CASE 3の分析の投入・産出項目をまとめて表-4に示し、分析結果を図-9に示す。

表-4の各投入項目の値は、各機種の便数が総便数に占める割合に、各機種の基準騒音値及び滑走路占有時間を乗じたものの平均値である。

表-4 分析CASE 3の投入 (I)・産出 (O) 項目

年度	(I)騒音値 (dB/便)	(I)滑走路占有 時間 (秒/便)	(O)離陸便数 (便/日)
1990	94.8	96.4	234
1995	95.2	100.0	275
2000	94.0	95.5	362
2005	93.6	93.1	411

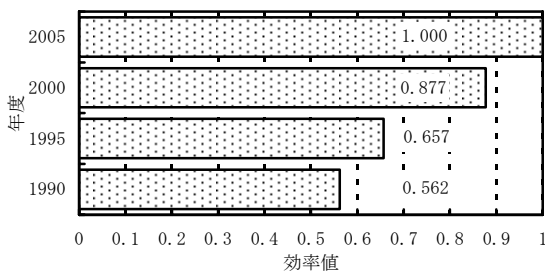


図-9 羽田 (CASE 3) の効率値グラフ

図-9から機材が中・小型機の比率が最も高い2005年が、最も効率的な空港運用を行っている。これは滑走路占有時間が減少して離陸便数が増加したことに加え、投入項目の騒音値も減少しているためである。即ち機材の中・小型化によって、社会的費用の削減と提供サービスの向上が達成されて、生産性が向上したといえる。なお1990年と1995年の効率値が低いのは、同年の産出項目の離陸便数数の影響と考えられる。

(3) 伊丹 (CASE 4) の分析結果

続いてCASE 4の分析結果を示す。CASE 4では、大型機の就航が禁止された前後の年である2005年と2006年で空港の運用効率の変化を見る。

CASE 4の分析の投入・産出項目をまとめて表-5に示し、分析結果を図-10に示す。

図-10より機材の中・小型化が行われた2006年が、大型機が就航していた2005年と比較して効率的な

空港運用を行っている。これもCASE 3と同様、機材の中・小型化で空港運営の生産性が向上したといえる。

ここでCASE 4において効率値の分析結果に大きな差が出ていない要因は、2006年に開港した神戸空港や同関西都市圏の関西国際空港への旅客のシフトがあったためであると考えられる。

表-5 分析CASE 4の投入 (I)・産出 (O) 項目

年度	(I)騒音値 (dB/便)	(I)滑走路占有 時間 (秒/便)	(O)離陸便数 (便/日)
2005	89.6	87.9	174
2006	89.1	85.1	191

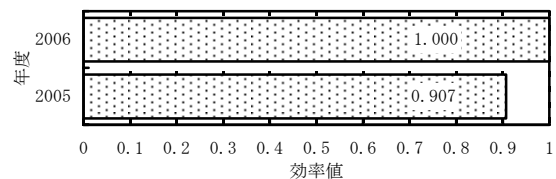


図-10 伊丹 (CASE 4) の効率値グラフ

6. おわりに

第4章及び第5章の結果より、航空会社の路線運営面及び空港の運用面の両方において、機材を中・小型化したことにより生産性が向上したことを明らかにした。この理由として航空会社の路線運営面においては、機材の中・小型化によって、L/Fが向上したことや乗務員削減による人件費の削減、着陸料や空港施設利用料の軽減などが影響していると考えられる。一方空港の運用面においては、機材の中・小型化によって、騒音値の軽減や滑走路占有時間の短縮が達成され、就航便数が増加したことが影響していると考えられる。

本研究における今後の課題として、分析項目・方法の再検討が必要と考える。具体的には、入出力項目の算出方法や使用データの数値の精緻化、推計値を使用しているデータの見直しなどを検討し、より詳細なデータが入手できた場合は、分析データに反映し、分析結果を逐次修正することが必要であると考えられる。

さらに、分析対象路線の拡大や分析対象空港の拡大、分析対象年の拡大を行う必要もあると考える。

参考文献

- 1) 杉村佳寿、石倉智樹：仁川国際空港と関西国際空港の経営比較分析、第28回土木計画学研究発表会・講演集、2003。
- 2) 平松健志、橋本安男、屋井鉄雄：地方国際航空線におけるリージョナル・ジェット就航可能性の分析、第28回土木計画学研究発表会・講演集、2003。