

寡占市場モデルと路線配便モデルの組合せによる国内航空市場分析手法*

A Domestic Air Demand Analysis System Considering Oligopoly Condition*

石倉智樹**, 石井正樹***

By Tomoki ISHIKURA**, Masaki ISHII***

1. はじめに

航空政策検討のため実務的に用いられている従来の航空需要予測モデル¹⁾では、航空輸送サービス供給者であるエアラインの行動がモデル化されておらず、運航頻度、運賃、路線設定等については、与件の前提条件とされている。したがって、政策効果の評価を行うにあたり、政策がエアラインの行動に及ぼす影響をモデルで表現することができない。

運航規制の変化、空港使用料変化など、エアラインの供給行動に影響する政策による旅客需要への影響を評価するためには、エアラインの行動を明示的に考慮する手法が必要である。そこで本研究は、多様な航空政策を評価可能な手法開発を目的として、寡占的航空市場におけるクールノー均衡モデルと、近接空港間におけるエアラインの便数配分行動モデルの組合せによる国内航空市場モデルを構築する。

2. 既存研究の整理

エアラインの行動と旅客行動の相互影響をモデル化し、実ネットワークレベルへ適用した研究としては、Kanafani and Ghobrial²⁾, Ghobrial and Kanafani³⁾, Hansen and Kanafani⁴⁾, Hansen⁵⁾などが代表的である。これらのモデルは、運賃がエアラインの行動と独立に与えられる構造であるため、旅客流動のような物理的変化の分析は可能であるが、経済的影響の評価については課題が残る。

航空市場を経済均衡モデルとして表現する手法としては、Oum et al⁶⁾, 大橋・安藤⁷⁾, 大橋・安藤⁸⁾のような寡占市場均衡モデルが

挙げられる。これらは、データ制約や計算負荷等のため現実的なネットワークへの適用が困難と考えられ、小規模の仮想ネットワークを対象として理論的市場分析が行われている。

黒田ら⁹⁾, 高田ら¹⁰⁾は、旅客のOD需要を外生値とした国際ネットワーク市場の均衡モデルを構築した。竹林ら¹¹⁾は、国際航空市場において、OD需要についても重力モデルにより内生化した、エアラインと旅客の均衡モデルを構築した。しかし、国際航空市場を対象としたモデルでは、我が国の国内航空市場のような鉄道等との交通モード間競合が評価できないこと、近接空港間での代替関係が表現されないことなどの課題がある。

一方、竹林¹²⁾は、国内航空市場を対象に、地域分割の単位を「ゾーン間OD市場」と「都市間OD市場」の二段階に階層化し、エアラインと旅客の市場行動に加えて、ゾーン内の空港間競合を分析する手法を提案した。本研究は、国内航空旅客市場における多様な分析を可能とするため、竹林¹²⁾の枠組みを参考に、国内航空市場モデルの構築を行う。

3. モデルの枠組み

本研究のモデルは、「ODゾーン間航空市場モデル」と「路線別便数配分モデル」の2つのサブモデルから構成される。モデルの全体枠組みを図-1に示す。

我が国の航空市場では、同一路線で運航するエアライン数が少なく、完全競争的という前提は現実的ではない。したがって、各ODゾーン間航空市場では、エアライン間がクールノー型寡占状況であると仮定する。ODゾーン間航空市場モデルは、比較的大きなゾーニングの下で、エアライン間のクールノー型

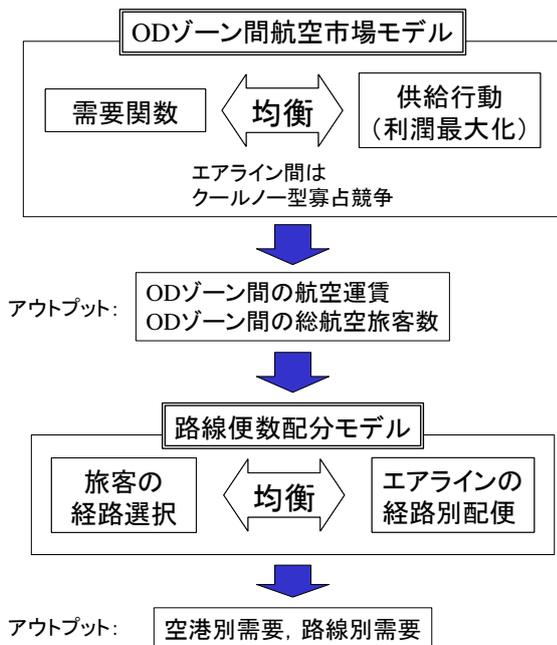


図-1 モデルの全体枠組み

均衡モデルとして定式化される。

同一の OD ゾーン間では、利用空港が異なる場合でも、運航距離の差が小さいため、エアラインの運航費用に大きな差はない（近隣空港間で空港使用料に大きな差がある場合はこの限りではない）と考えられる。そこで、同一 OD ゾーン間では、任意の空港ペアを運航する場合においても、費用構造に差はないと仮定する。また、同様の理由により、同一 OD ゾーン間における任意の空港ペアによっても運賃差が生じないと仮定する。

OD ゾーン間航空市場モデルのアウトプットとして、OD ゾーン間の航空運賃と旅客需要量が得られ、ここで得られた需要が路線別便数配分モデルの入力値となる。なお、他交通機関との競合については、OD ゾーン間航空市場モデルで考慮されることとなる。

路線別便数配分モデルは、OD ゾーン間航空市場モデルから得られた総需要を基に、各航空路線への便数および旅客数配分を推定する。ここでは、OD ゾーン間航空市場モデルよりも細分化されたゾーニングを行い、航空サービスレベルである便数や空港アクセス利便性による旅客の経路選択行動への影響を詳細に評価することを可能とする。細分化され

たゾーンを以下では生活圏ゾーンと呼ぶ。

OD ゾーン間の航空市場においては、総需要量と総供給座席数が先決されている。旅客行動については、生活圏ゾーンを集計単位とし、空港アクセス条件と、航空サービスレベルである路線便数を考慮して、経路選択が行われる。各エアラインは、路線に投入される機材のロードファクターを最適化するという行動規範の下、旅客の経路選択行動を考慮して路線毎の配便数を決定する。

次章以降では、各段階におけるモデルの詳細を述べる。

4. OD ゾーン間航空市場モデル

(1) モデルの一般形

本モデルにおける需要関数の一般形を以下のように定義する。

$$OD_{rs} = f_{rs}(p_{rs}^{air}, Acc_{rs}^{air}, M_{rs}, Y_r, Y_s, Y) \quad (1)$$

OD_{rs} : OD ゾーン rs 間の航空需要

p_{rs}^{air} : OD ゾーン rs 間の航空運賃

Acc_{rs}^{air} : OD ゾーン rs 間の航空サービスに関するアクセシビリティ指標

M_{rs} : OD ゾーン rs 間における航空以外の競合交通機関に関するサービスレベル (LOS) 変数ベクトル

Y_r : OD ゾーン r の社会経済指標変数ベクトル

Y_s : OD ゾーン s の社会経済指標変数ベクトル

Y : 日本の社会経済指標変数ベクトル

各エアラインは、以下のように利潤最大化行動を行うと考える。

$$\max \pi_{rs}^m(q_{rs}^m) = p_{rs}^{air}(OD_{rs}) \cdot q_{rs}^m - C_{rs}^m(q_{rs}^m) \quad (2)$$

q_{rs}^m : OD ゾーン rs 間におけるエアライン m の供給 (=需要)

$C_{rs}^m(q_{rs}^m)$: OD ゾーン rs 間におけるエアライン m の費用関数

費用関数については、供給量のみ関数で

はなく、以下のように他の外生変数もパラメータとする関数と考える。

$$C_{rs}^m = C_{rs}^m(q_{rs}^m, tax_{rs}, \mathbf{x}_{rs}^m) \quad (3)$$

C_{rs}^m : ゾーン rs 間のエアライン m の費用

q_{rs}^m : ゾーン rs 間のエアライン m の輸送量

tax_{rs} : OD ゾーン rs 間の運航に関わる税

\mathbf{x}_{rs}^m : OD ゾーン rs 間におけるエアライン m の特性変数列ベクトル

$p_{rs}(OD_{rs})$ は逆需要関数であり、式(1)を変

形することにより得る。また、

$$OD_{rs} = \sum_m q_{rs}^m \quad (4)$$

である。当該市場に M 社のエアラインが参入し、クールノー的競争を前提とすると、一階の条件は以下のように表される。

$$\frac{\partial p_{rs}^{air}}{\partial q_{rs}^m} \cdot q_{rs}^m + p_{rs}^{air} - \frac{\partial C_{rs}^m}{\partial q_{rs}^m} = 0 \quad \forall m \in M \quad (5)$$

式(5)は各エアラインの反応曲線を意味しており、全エアラインの供給量の関数となる。これら M 本の連立方程式を解くことにより、均衡需要（供給）および均衡価格が得られる。

5. 路線便数配分モデル

(1) 路線便数配分モデルの定式化

路線便数配分モデル構築においては、OD ゾーン間航空市場モデルにおけるエアラインの行動との不整合が生じない形の定式化を行う必要がある。すなわち、OD ゾーン間航空市場モデルにより各エアラインの提供する座席数、運賃および旅客の空港間 OD は決定されているので、路線便数配分モデルではこれらの変数を固定した上で、エアラインの合理的な行動を表現する必要がある。

そこで、本研究は、エアラインの行動規範として「各便の機材容量と需要とのギャップを最小化する」ことを想定したモデル化を行

う。すなわち、望ましいロードファクター（以下、目標ロードファクターと呼ぶ）からの乖離が小さくなるように、ロードファクターが調整されるよう、各路線の便数が決定される。本モデルでは、エアラインの路線別便数配分と、旅客の経路選択行動の均衡解として、路線別便数および旅客数が導出される。

エアラインの便数配分は、以下のように定式化される。

$$\min_{Freq_{rs}^1, Freq_{rs}^2, \dots, Freq_{rs}^k} \sum_k (Capa_{rs}^{ik} \cdot Freq_{rs}^{ik} - D_{rs}^{ik})^2 \quad (6)$$

subject to

$$\sum_{k \in K} D_{rs}^{ik} = \overline{q_{rs}^i} \quad (7)$$

$$Capa_{rs}^{ik} \cdot Freq_{rs}^{ik} - D_{rs}^{ik} \geq 0 \quad (k=1, \dots, K) \quad (8)$$

$$Capa_{rs}^{ik} = Seat_{rs}^{ik} \cdot LF_{rs}^{ik} \quad (9)$$

$Capa_{rs}^{ik}$: rs 間のエアライン i の航空経路 k の機材容量

$Freq_{rs}^{ik}$: rs 間のエアライン i の経路 k の便数

D_{rs}^{ik} : rs 間のエアライン i の経路 k の旅客数

$\overline{q_{rs}^i}$: rs 間のエアライン i の総旅客数（先決）

$Seat_{rs}^{ik}$: rs 間のエアライン i の経路 k の機材サイズ（座席数）

LF_{rs}^{ik} : rs 間のエアライン i の経路 k の目標ロードファクター

なお、 D_{rs}^{ik} は、各経路に関する LOS を説明変数とする旅客の経路配分モデルより与えられる。例として、ロジット型選択モデルの場合における定式化を以下に示す。

$$P_{rrss}^{ik} = \frac{\exp(V_{-k_{rrss}}^{ik})}{\sum_{k \in K} \exp(V_{-k_{rrss}}^{ik})} \quad (10)$$

$$V_{-k_{rrss}}^{ik} = \sum_{n \in N} (\phi_n \cdot X_{rrss-n}^{ik}) \quad (11)$$

$$D_{rs}^{ik} = \sum_{rr \in R} \sum_{ss \in S} (D_{rrss}^i \cdot P_{rrss}^{ik}) \quad (12)$$

rr: OD ゾーン r の中に含まれる生活圏ゾーン

ss: OD ゾーン s の中に含まれる生活圏ゾーン

P_{rrss}^{ik} : rrss 間のエアライン i の経路 k に関する選択確率

$V_{-k_{rrss}}^{ik}$: rrss 間のエアライン i の経路 k に関する

る効用関数

$X_{rrss_n}^{ik}$: 効用関数における n 番目の説明変数

D_{rrss}^i : rrss 間においてエアライン i を利用する旅客数

ϕ_n : パラメータ

ただし、経路需要は次の制約を満たす。

$$D_{rs}^i = \sum_{rr \in F} \sum_{ss \in S} D_{rrss}^i \quad (13)$$

7. おわりに

本研究は、クールノー型寡占市場を反映した経済均衡モデルと、ロードファクター最適化による路線便数配分モデルを組合せ、供給者であるエアラインの行動を反映した国内航空需要分析モデルを構築した。

本モデルは、着陸料・航空燃油税等を変化させる政策による影響や、機材サイズの変化、ローコストキャリア等限界費用が異なるエアラインの参入など市場状況変化による影響を評価することが可能となるように設計されている。モデルのパフォーマンスを評価するため、実データによる分析および再現精度等の検討を行ったが、紙面の都合上、モデルの課題と合わせて講演時に示す。

謝辞

本研究は、平成 16 年度需要予測手法改善勉強会における検討成果を基に加筆・修正したものであり、同勉強会では、東京海洋大学兵藤哲朗助教授、日本大学轟朝幸助教授、神戸大学竹林幹雄助教授、東京電機大学高田和幸助教授をはじめ、国土交通省航空局の政策担当者の方々から貴重なご意見をいただきました。また、分析にあたっては株式会社三菱総合研究所の土谷和之氏、飯田正仁氏に御協力いただきました。この場を借りて謝意を表します。

参考文献

1) 国土交通省航空局: 平成14年度航空需要予測手

法に関する調査報告書, 2003

- 2) Kanafani, A. and Ghobrial, A.: Airline Hubbing – Some Implications for Airport Economics, Transportation Research -A vol.19A, No.1, 15-27, 1985
- 3) Ghobrial, A. and Kanafani, A.: Future of Airline Hubbed Networks: Some Policy Implications, Journal of Transportation Engineering vol.121, No.2, 124-134, 1995
- 4) Hansen, M. and Kanafani, A.: Hubbing and Rehubbing at JFK International Airport - The ALIGATER Model, University of California Transportation Center Working Paper, No.408, 1989
- 5) Hansen, M.: Airline Competition in a Hub-Dominated Environment: An Application of Noncooperative Game Theory, Transportation Research -B vol.24B, No.1, 27-43, 1990
- 6) Oum, T., Zhang, A. and Zhang, Y.: Airline Network Rivalry, Canadian Journal of Economics, vol.28, pp.836-857, 1995
- 7) 大橋忠宏, 安藤朝夫: ネットワークを考慮した航空旅客市場と航空政策のモデル分析, 応用地域学研究, No.2, pp133-144, 1996
- 8) 大橋忠宏, 安藤朝夫: 航空市場でのハブ・スポークネットワーク形成と空港使用料に関する研究, 土木学会論文集, No.611, IV-42, pp33-44, 1999
- 9) 黒田勝彦, 竹林幹雄, 平井一人, 正木智也, 鈴木秀彦: 規制緩和下における国際航空旅客輸送市場のモデル分析, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp835-843, 1999
- 10) 高田和幸, 屋井鉄雄, 原田誠: エアライン間提携の影響分析手法に関する研究, 土木学会論文集, No.667, IV-50, pp73-83, 2001
- 11) 竹林幹雄, 黒田勝彦, 鈴木秀彦, 宮内敏昌: 完全競争市場として見た国際航空旅客輸送市場のモデル分析, 土木学会論文集, No.674, IV-51, 35-48, 2001
- 12) 竹林幹雄: わが国国内航空旅客輸送市場へのLCC参入に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, No.31, CD-ROM, 2005