

第 部門

国内航空旅客需要予測モデルの構築とその適用

神戸大学工学部 学生会員 ○大曾根 甲斐
 神戸大学大学院 学生会員 三船 善和
 神戸大学工学部 F10-会員 黒田 勝彦

神戸大学工学部 正会員 竹林 幹雄
 神戸大学大学院 学生会員 溝端 翔平

1.はじめに

1997 年の規制緩和以降、新規参入や、大手の割引制度の導入など、国内航空市場は大きく変化し、需要も顕著な伸びを見せてきている。本研究では、国内航空市場を考究するにあたり、特にエアラインの行動に着目し、その行動が市場に与える影響を分析することが可能である。さらに鉄道との競合、同地域での空港選択を考慮し、ネットワークの適用範囲を国内全域とした国内航空旅客輸送市場モデルを構築する。

2.モデル

本モデルでは、エアラインの行動は利潤最大化を目的として行動するものと仮定する。本モデルで考慮する主体は3種類である。すなわち、利用者として旅客、供給者としてエアライン、競合交通機関の鉄道の3種類と仮定する。ただし、鉄道は航空との競合のみを考慮してダイヤ並びに運賃が構成されていないため、ここでは能動的に戦略を変更する主体としては取り扱わない。

以下に本モデルの前提条件を示す。

- 運行サービスは鉄道と複数のエアライン(JAL, ANA, JAS)によって行われるものとする。
- 鉄道の運賃は与件とする。
- 鉄道の運航頻度も与件とし、輸送能力は無限度とする。
- エアラインにおける各リンクでの運賃・便数は市場によって決定されるものとする。
- エアラインは3種類の機材を持つが、各リンクには1種類の機材しか投入できないとする。
- エアラインの各リンクにおける、供給座席数・便数・運賃は往復で等しいものとする。
- 正規ナッシュ解を最適解として採用する。
- 旅客の属性は考慮しない。
- 旅客は地域経済の中心の駅をセントロイドとする。

- 旅客の路線選択はロジット配分で行われる。

本研究においてモデルは、2段階に分けて構築する。1段階目として、エアラインは座席数 $seat_{ij}^m$ を手段として、旅客数 x_{ij}^m を獲得し、利潤を最大にするような需要量 x_{ij}^m を求める。2段階目としては、1段階目において決定した座席数 $seat_{ij}^m$ をもとにエアラインは便数 f_{ij}^m を設定し、旅客はエアライン内で路線選択を行うというものである。

1段階目におけるエアラインの直面する利潤最大化問題は次のように定式化される。

$$Obj: Z_1^m(seat_{ij}^m) = \sum_{ij} x_{ij}^m * p_{ij} - \sum_{ij} VC_{ij}^m$$

$$Sub.to: seat_{ij}^m \geq 0$$

$$x_{ij}^m \leq seat_{ij}^m$$

2段階目は次のように定式化される。

$$Obj: Z_2^m(f_{ij}^m) = \sum_i (f_i^m * AS_i^m - x_i^m) \rightarrow \min$$

$$Sub.to: f_{ij}^m \geq 0$$

$$\sum_j \delta_{ij}^m * f_{ij}^m \leq \frac{1}{2} AP_i$$

$$seat_{ij}^m = \arg(\max Z_1^m)$$

$seat_{ij}^m$: m 社の空港 ij 間の供給座席数(席),
 x_{ij}^m : m 社の空港の ij 間の旅客数(人), p_{ij} : 空港 ij 間の運賃関数(円)別途参照, VC_{ij}^m : m 社の可変コスト関数(円)別途参照, f_{ij}^m : m 社の空港の ij 間の便数(便), $AS_{ij}^{m,h}$: m 社の空港(駅)の ij 間の1機材あたりの容量(席/機), δ_{ij}^m : クロネッカーデルタ (m 社が空港 ij 間に就航しているとき1, そうでないとき0), AP_i : 空港 i の滑走路容量 (回/週)

また空港間便数 f_i と供給席数 $seat_{ij}$, およびリンクフロー x_i とゾーン間フロー x_{ij} は次の関係式を満たす .

$$\sum_{l \in ij} f_l^m * AS_l^m = seat_{ij}^m$$

$$\sum_{l \in ij} x_l^m = x_{ij}^m$$

運賃関数に関しては鉄道競合路線 , 非鉄道競合路線で異なるものと仮定し ,

$$(\text{競合路線}) \quad p_{ij} = (p_{rs}^{rail})^{\gamma_1} * (x_{rs}^{air} / X_{rs})^{\gamma_2}$$

(非鉄道競合路線)

$$p_{ij} = e^{\tau_1} * (d_{ij})^{\tau_2} * (\sum_m seat_{ij}^m)^{\tau_3}$$

とする .

p_{rs}^{rail} : 空港間 ij と競合する鉄道運賃 , x_{rs}^{air} : ij を背後空港とする航空旅客数 , X_{rs} : ij を背後空港とする総旅客数 , d_{ij} : ij の空港間距離 , $seat_{ij}^m$: m 社の空港(駅) ij 間の供給座席数 ,

$\gamma_1, \gamma_2, \tau_1, \tau_2, \tau_3$: パラメータ

コスト関数は Oum²⁾らの可変コスト関数を適用し , ICAO FINANCIAL DATA をもとに , パラメータ推計を行った結果 , 国内市場においては , 以下の式で表すことができる .

$$VC_{ij}^m(f_{ij}^m) = \exp \left\{ \alpha_1 + \frac{1}{2} \alpha_2 \ln(sk_{ij}^m * AL) * \ln(sk_{ij}^m * AM) \right\}$$

$$seat_{ij}^m * d_{ij} = sk_{ij}^m$$

$seat_{ij}^m$: m 社の空港(駅) ij 間の供給座席数

(席) sk_{ij}^m : m 社の空港 ij 間の座席有償キ口 (座席キ口)

AL^m : m 社の単位労働費 (円 / 座席有償キ口)

AM^m : m 社の単位機材費 (円 / 座席有償キ口)

α_1, α_2 : パラメータ

と決定した .

また , 旅客の行動は以下のように定式化される .

$$x_{rs}^m = \frac{\exp(V_{rs}^m)}{\sum_m \exp(V_{rs}^m)} X_{rs}$$

$$V_{rs}^m = \mu_1 TT_{rs}^m + \mu_2 TC_{rs}^m + \mu_3 f_{rs}^m$$

x_{rs}^m : 輸送主体 m を利用する rs 間の旅客数 ,

X_{rs} : rs 間の総旅客数 , TT_{rs}^k : 輸送主体 m を利用する場合の rs 間の総旅行時間 , TC_{rs}^k : 輸送主体 m

を利用する場合の rs 間の総旅行費用 , f_{rs} : rs 間の運航頻度 , μ_i : パラメータ ($i = 1, 2, 3$)

また , r もしくは s において , 複数空港が存在し , 空港選択が行われている場合は上記の配分後 , さらに配分を行う . エアラインは便数を設定し , 旅客は航空会社内での路線選択を行う . その場合の以下のとおりに定式化される .

$$x_{ij}^k = \frac{\exp(U_{ij}^k)}{\sum_k \exp(U_{ij}^k)} x_{rs}^m$$

$$U_{ij}^k = \beta_1 AIT_{ij}^k + \beta_2 AIC_{ij}^k + \beta_3 f_{ij}^k$$

x_{ij}^k : k 経路(空港)を利用する ij 間の旅客数 ,

AIT_{ij}^k : k 経路(空港)を利用するときのアクセス時間とイグレス時間の和 , AIC_{ij}^k : k 経路(空港)利用するときのアクセス費用とイグレス費用の和 ,

f_{ij}^k : ij 間の運行頻度 , β_i : パラメータ ($i = 1, 2, 3$)

3. 数値計算

エアラインは日本国内全域にネットワークをもっているため , 日本国内全域を 46 ゾーンに設定した . 基本的には都道府県であるが , 北海道においては , 道北・道東・道央・道南の 4 地域に分け , 山陰地方においては , 空港の位置関係上 , 鳥取市近郊と , 米子市以西と 2 地域に分けた . また , 利用空港を 34 空港に設定し , 関東圏は羽田空港の利用 , 関西圏においては伊丹空港と関西空港の選択 , 佐賀・大分・長崎においては , それぞれの空港と福岡空港を選択可能とした . 鉄道に関しては , 距離帯別交通機関選択より , 航空の利用者数が 20% ~ 80% のゾーン間に関しては航空と鉄道が競合していると定義し , 利用駅を決定した . 紙面の都合上 , モデルの精度および結果の詳細は講演時に発表する .

参考文献

- 1) Mark M Hansen : A Model of Airline Hub Competition, Dissertation Paper, Institute of Transportation Studies, University of California Berkeley, May 1988
- 2) Tae Hoon Oum and Yimin Zhang : Cost Competitiveness of Major Airlines: An International Comparison