

(Ⅳ－30) 航空ネットワークのリンクフロー算出モデルの構築

日本大学大学院 学生員 梅沢 史章
 日本大学理工学部 正 員 榛沢 芳雄
 日本大学大学院 学生員 轟 朝幸

1. はじめに

近年、国内航空輸送の旅客需要は、社会経済の発展や技術革新により、著しい増加を示している。

航空政策は、最近において保護政策から一転して規制緩和と政策へと移行してきた。これには航空輸送の運航計画において、航空企業が供給量を自由に設定できるようになる可能性がある。そのために、このような状況における航空ネットワークの効果（需要量、供給量など）を分析する必要がある。

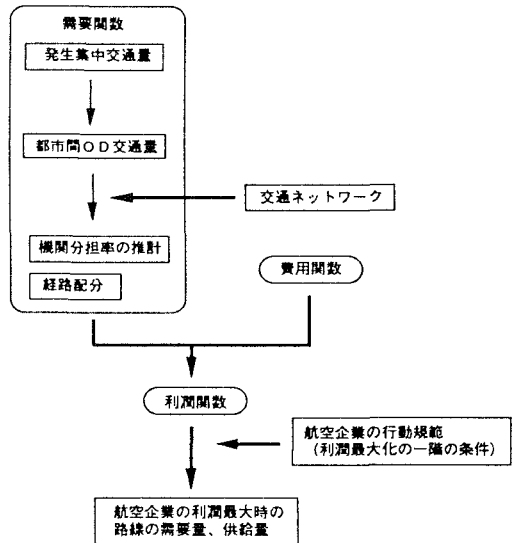
航空輸送では、航空輸送の需要量（旅客数）は航空企業の供給量（座席数、運航回数）に影響を受けている。また逆に、サービスを提供する航空企業は、航空の需要量に合わせて供給量を決定している。今後、規制緩和が進められれば、航空ネットワークの効果を分析する場合、需要と供給関係を明示的に取り扱うことが重要と考えられる。しかし、従来の需要推計ではこの供給行動は所与とされているのが一般的である。

そこで本研究では、企業は利潤を最大化するように供給量を決定するという企業の供給行動規範を置き、航空ネットワークのリンクフロー算出手法を提案する。

2. リンクフロー算出手法の概要

提案するリンクフロー算出手法を以下に述べる。航空輸送においては需要量と供給量には相互関係がある。航空企業は価格が規制されている場合、供給量を調整して、利潤を最大化するような行動を取ると考えられる。そこで、航空の需要量を求める需要関数に供給量を説明変数として内生化した。これにより、供給条件（航空企業の供給量）に沿った路線の需要量が算出される。

本手法の手順を図－1に示す。交通需要は重回帰モデルのような単純な関数のみで表現することは難しく、一般には4段階推計法のような手順を踏む。そこで今回は、4段階推計法の各段階を包括したような需要関数を構築する。この需要関数と費用関数、交通ネットワークの所与データ（所要運賃、所要時間など）を利潤関数に代入する。ここで利潤関数 π を供給



図－1 リンクフロー算出手法のフロー

量 s で一階偏微分を行なった式（1）に前述のデータを代入すると供給量が求まる。次に、需要関数に代入し、需要量を求める。

$$\frac{\partial \pi}{\partial s} = 0 \quad (1)$$

この結果、企業の利潤最大時における路線の供給量と需要量が求まることになる。

3. モデルの構築

まず、需要関数、利潤関数、費用関数の定式化をする。

路線の需要関数を次のように定式化した。

$$q_r = \sum_i \sum_j \delta_{rj} T_{ij} P_{ij}^a \quad (2)$$

ここで、 q_r ：リンク r の需要フロー

$\delta_{rj} = (1 : \text{路線 } r \text{ が OD ペア } ij \text{ の経路に含まれるとき}, 0 : \text{その他のとき})$

T_{ij} ：都市間 ij のOD交通量

P_{ij}^a ：都市間 ij の航空の交通機関分担率

本来、供給条件は4段階推計法の各段階で考慮されるべきであるが、都市間のトリップは、ある目的を持って行なわれており、交通条件が変化しても他都市間へトリップを変更することは少ないと考えられる。そこで、式(2)において、航空の供給量は交通機関分担率に影響すると考え、式(3)に内生化する。供給量にはOD経路の平均の座席数を用いる。構築する交通機関分担率モデルは集計ロジットモデルとし、航空の競合交通手段は鉄道のみを扱い、また航空利用者は最短経路を選択すると仮定する。

$$P_{ij}^a = \frac{1}{1 + \exp(v_{ij})} \quad (3)$$

$$v_{ij} = \alpha(\Delta t_{ij}) + \beta(\Delta f_{ij}) + \gamma \ln(s_{ij}) + \eta \quad (4)$$

ここで、 Δt_{ij} ：所要時間差（鉄道－航空）

Δf_{ij} ：所要運賃差（鉄道－航空）

s_{ij} ：座席数

$\alpha, \beta, \gamma, \eta$ ：パラメータ

式(4)において、座席数を自然対数でとることにより、航空利用者の効用はある程度の座席数までは一気にかかることを意味する。

費用関数は国際民間航空機関（ICAO）の費用構造の分析をもとに式(5)で定式化した。この式は、1つは直接営業費（座席1席当たりの費用）であり、主に運航に関わる費用で、使用機材の大きさや路線距離により異なる。本研究では、使用機材の大きさは一定と仮定した。もう1つは間接営業費（旅客1人当たりの費用）で、空港での旅客の処理にかかる運送費や営業販売費等である。利潤関数は収入から費用を減じた式(6)である。路線の利潤関数 π_r は式(2)、(5)、(6)を用いて式(8)で定式化した。

$$C = cq_r + k_r s_r \quad (5)$$

$$\pi_r = f_r q_r - C \quad (6)$$

$$= (f_r - c)q_r - k_r s_r \quad (7)$$

$$= (f_r - c) \sum_i \sum_j \delta_{ij} T_{ij} P_{ij}^a - k_r s_r \quad (8)$$

ここで、 C ：運航費用

π_r ：路線の利潤関数

f_r ：運賃

c ：旅客1人当たりの費用

k_r ：座席1席当たりの費用

s_{ij} ：路線の供給量

4. リンクフロー算出手順

都市間OD交通量、航空・鉄道ネットワークの所与のデータ（航空・鉄道の所要運賃、所要時間）、運航費用、路線距離を(8)式に入力し、各路線の需要関数・利潤関数を作る。この時点で、各路線の需要関数・利潤関数は航空の座席数 S_{ij} を変数とする関数となる。

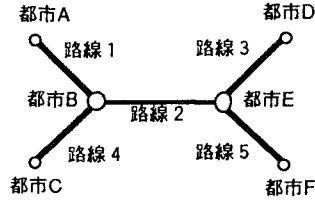


図-2 仮想航空ネットワーク

今回構築した交通機関分担率モデルでは座席数 S_{ij} に各OD経路の平均座席数を用いた。そのため、実際に計算を行なうとき、ODごとに S_{ij} 中の座席数の変数は変化する。例えば、図-2のようなネットワークで座席数の変数を S_r とすると、ODペア都市A-Dの場合、都市Dまで3路線を乗り継ぐので、 S_{ij} 中の座席数の変数は

$$S_{ij} = \frac{(S_1 + S_2 + S_3)}{3} \quad (9)$$

となる。

次に、この各路線の利潤関数に利潤最大化のための条件を与え、各路線の利潤関数をその路線の S_{ij} 中の座席数の変数で偏微分し、0とおく。例えば、図-2のネットワークで路線1の利潤関数では、座席数の変数 S_1 で偏微分する。この時、ネットワーク上の S_{ij} の座席数の変数の数と各路線に対する利潤関数の数は一致するので、 r 元連立方程式ができる。図-2のネットワークでは5元連立方程式になる。この解（各路線の座席数）を反復法によって得ることができる。

5. おわりに

今回は、近年、政策の転換を図っている国内航空輸送を対象に、運航計画が変化した場合の航空ネットワークの効果分析手法を提案した。その中で、企業は利潤を最大化するように供給量を決定するという企業の行動規範を置き、リンクフロー算出モデルを構築した。