

IV-141

シュタッケルベルグ均衡による国内航空旅客需要予測モデルの開発

神戸大学大学院 正 会 員 平井 一人
 神戸大学工学部 正 会 員 竹林 幹雄
 神戸大学工学部 学生会員 松蔭 信豊

神戸大学工学部 フェロー会員 黒田 勝彦
 大林組 正 会 員 正木 智也

1 はじめに

我が国の国内航空旅客需要は、今後 21 世紀を迎えるにあたって、全国整備新幹線の導入など国内航空ネットワークを取り巻く環境が大幅に変化すると考えられる。さらに昨今の公共投資削減の風潮もあり莫大な公的資金導入と高い効率性を必要とする空港整備はその妥当性が問われる。本研究では国内航空旅客輸送市場を対象として、均衡モデルの開発を行い、今後の空港整備に有益な国内航空旅客流動モデルの構築を行うことを目的とした。また、黒田ら¹⁾により定式化されたモデルを計算するにあたり遺伝的アルゴリズムを用いる事で探索時間の短縮を試みた。

2. 国内航空旅客流動モデル

モデルは国内旅客市場への参加主体として航空会社、旅行者それに航空機の代替機関である鉄道を想定するが、旅行者は航空会社と鉄道会社が提示する戦略に基づいて行動するというシュタッケルベルグ計画問題と仮定した。なお、鉄道会社は航空会社に対して戦略を持たない主体と考えている。本モデルでは、キャリアーは利潤の最大化を目的とし、旅行者は総旅行時間最短規範に従って行動するとした。

● キャリヤーの行動

キャリアーは自己の利潤の最大化を目的として運航計画を立て、各路線の運航頻度を決定する。

$$\max B(f_l) = \sum_i \sum_j \sum_k \left(\sum_{\ell} p^{\ell} \cdot \delta_k^{\ell} \cdot x_{ij}^k \right) - \sum_{\ell} f_{\ell} \cdot (AC^{\ell} + \delta_k^{\ell} \cdot LC^h) \quad (1)$$

$$s.t. \quad \sum_{\ell} \delta_h^{\ell} \cdot f_{\ell} \leq CA^h \quad (2)$$

$$f_l = f_i \quad (3)$$

$$f_l \geq 0 \quad (4)$$

and 旅行者の条件式

$$s.t. \quad \left. \begin{array}{l} \text{OD 保存式} \\ \text{機材容量制約式} \\ \text{非負条件式} \end{array} \right\} \text{ユーザーの制約条件式}$$

ここで、 x_{ij}^k : ij 間 k 経路の旅行者数(人)、 δ_k^{ℓ} :クロネッカーデルタ(ij 間 k 経路がリンク ℓ を通るとき1、そうでないとき0)、 p^{ℓ} :リンク ℓ の運賃(円/人・回)、 f_{ℓ} :リンク ℓ の往路の運行頻度(回/日)、 f_{ℓ} :リンク ℓ の復路の運行頻度(回/日)、 AC^{ℓ} :リンク ℓ の運行費用(円/回)、 LC^h :空港 h を使用するときの1回あたりの着陸料(円/回)、 δ_h^{ℓ} :クロネッカーデルタ(リンク ℓ が h 空港を通るとき1、そうでないとき0)、 CA^h :空港 h の空港容量(便/日)、 L :路線の集合。

● 旅行者の行動

旅行者は、キャリアーの提示した運航頻度などを基に総旅行時間最短規範に従って行動を決定する。

$$\min T(x_{ij}^k) = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ij}^k \cdot t_{ijk} \\ = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ij}^k \cdot \left\{ t_{ijk}^a + \sum_{\ell} \delta_k^{\ell} \cdot t^{\ell} + \sum_{\ell} \sum_{\ell'} \delta_{2k}^{\ell} \cdot \delta_{2k}^{\ell'} \cdot \frac{OT^h}{2 \cdot f_{\ell}} + \sum_{\ell} \sum_{\ell'} \delta_{3k}^{\ell} \cdot \delta_{2k}^{\ell'} \cdot WT \right\} \quad (5)$$

$$s.t. \quad \sum_k x_{ij}^k = X_{ij} \quad (6)$$

$$\sum_i \sum_j \sum_k \delta_k^{\ell} \cdot x_{ij}^k \leq f_{\ell} \cdot CP^{\ell} \cdot \lambda \quad (7)$$

$$x_{ij}^k \geq 0 \quad (8)$$

ここで、 X_{ij} : ij 間の旅行者数(人/日)、 δ_{2k}^{ℓ} :クロネッカーデルタ(リンク ℓ が ij 間 k 経路の第1リンクであるとき1、そうでないとき0)、 δ_{3k}^{ℓ} :クロネッカーデルタ(リンク ℓ が ij 間 k 経路の第1リンクであるとき1、そうでないとき0)、 δ_{2h}^{ℓ} :クロネッカーデルタ(リンク ℓ の出発空港が h であるとき1、そうでないとき0)、 CP^{ℓ} :リンク ℓ の機材容量(人/便)、 t_{ijk} : ij 間 k 経路の総旅行時間(分)、 t_{ijk}^a : ij 間 k 経路のA

Keyword: 国内航空旅客、シュタッケルベルグ均衡、集計モデル、遺伝的アルゴリズム

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 TEL 078-881-1212

ケース・イグレス時間(分)、 t^l :リンク l の旅行時間(分)、 OT^h :空港 h の営業時間(分)、 WT :中継空港での平均乗り継ぎ待ち時間(分)、 λ :ロードファクター(=0.7)

3 システムの構築

本研究では、構築した国内旅客流動モデルを用いて実用的なケーススタディを行なうために遺伝的アルゴリズム(GA)を組み込んだシステムを構築した。手法としては単純GAを用い、選択にはルーレット選択、交叉は一点交叉法を用いた²⁾。目的関数は航空会社の運行頻度で決まる利潤の式である。

4 国内航空旅客流動分析

本研究では、構築したモデルを用いて1991年時点での現状再現を行なったのち2010年においていくつかのケーススタディを行った。

(1) 2010年のデータ設定

空港:ジェット機が就航する空港を選び、乗り継ぎ可能な空港は4空港(羽田・関空・伊丹・中部)のみとした。

OD交通量:OD交通量データは平成3年度「幹線旅客純流動調査」³⁾をもとに単純成長率法を用いて2010年の総航空旅客数を予測した。

空港使用料:空港使用料として普通着陸料および特別着陸料のみを考慮した。

その他のデータ:各路線の運賃、運行時間、駅-空港間のアクセス・イグレス時間ならびに費用は1997年度の時刻表掲載の値を用いた。

(2) GAのパラメータ設定

GAの各種パラメータは、現状再現計算で得た設定値をもとに2010年の設定値について実用的な計算時間の範囲内で試行錯誤的に求めた。世代数は上限200世代、個体数は上限200個、交叉率は上限0.6とした。

(3) ケーススタディ

ケース1:2010年において国内航空市場を取り巻く周辺状況が現在と変化しないと想定した場合である。

ケース2:2010年において整備新幹線が使用されたとした場合である。なお、図1と図2において()内の数字は各空港の旅行者数占有率を表している。

まず、ケース1については、羽田空港、新千歳空港及び福岡空港の3空港が利用者数、運航頻度ともに高くなることが明らかになった。これは、現在国内航空市場において旅客需要が高く採算性が高い羽田-新千歳間、羽田-福岡間の運航頻度の増加により、より多くの旅客

を獲得できるためと考えられる。一方伊丹空港、関西国際空港、新中部国際空港はいずれも上述の2路線のように多くの旅客を見込める路線を持たないことから、使用する機材の小さな路線の占める割合が高くなり運航頻度のわりに少ない旅行者数を示した。

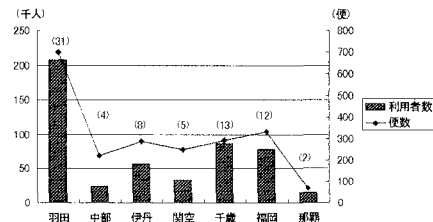


図1 主要空港における利用者数と便数[ケース1]

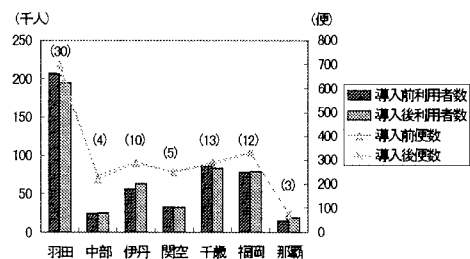


図2 主要空港のケース1と2における便数と空港利用者数

ケース2については、整備新幹線が導入されることによる影響は主要空港においては羽田と伊丹を除き影響が総じて小さい結果となった。これは整備新幹線によりアクセス時間が短縮した九州地方の旅客が、羽田を経由する路線の利用を減らしたためと考えられる。

5. おわりに

本研究においては、キャリアーの戦略として運航頻度のみを変化させて考えたが、今後は旅客数に応じて投入する機材を変化させることや、進展する航空規制緩和を考慮したモデルに改良し、モデルの政策説明力を上げていく必要がある。加えてGAのパラメータを安定させるチューニングを続ける必要がある。

[参考文献]

- 1) 黒田勝彦、竹林幹雄、三保木悦幸: シュタッケルベルグ均衡による国内航空ネットワークの最適化、土木計画学研究・講演集 No. 19(1) 1996. 11 pp265-268
- 2) 坂和正敏、田中雅弘: 遺伝的アルゴリズム、朝倉書店 1995. 5
- 3) 国土庁: 平成3年度幹線旅客純流動調査、運輸経済研究センター