

鉄道との競合を考慮した航空路線再編成モデル

2004MM084 上嶋悠紀代

指導教員: 佐々木美裕

1 はじめに

航空利用者は年々増加しつつあり、ほとんどの航空路線において座席利用率の年間平均は60~70%に上っている。このような状況の中で、費用削減および利潤追求のために運行する航空路線の見直し・再編が行われている。最近では大都市間のフライトが増便される一方、地方空港へのフライトは一部で削減または廃止される傾向がある。本研究では、旅行者は旅行時間によって移手段を選択するものと仮定し、鉄道との競合を考慮した航空路線の再編成を行うモデルを提案する。

2 航空路線再編成モデル

2.1 モデルの説明

全国に代表点を設定し、その代表点間を旅行するものとする。旅行方法は鉄道のみの方と航空も含む方法の2つである。それぞれの旅行方法で旅行時間を求めるために鉄道ネットワークと複合ネットワークを作成する。複合ネットワークは航空路を含んでいる。各代表点間の鉄道のみでの最短旅行時間と、航空も含む最短旅行時間を2つのネットワークを利用しダイクストラ法で求める。2つの旅行方法の旅行時間を不便度とする。この不便度を基に各代表点間の旅行者をロジット関数を用いてそれぞれの旅行方法に配分する[2]。配分された旅行者数をもとに各航空路における利用者数を決定する。

2.2 航空利用移動時間

全ての空港間を航空を利用して移動可能とするため全ての空港間の飛行時間を設定をする。三浦[1]は既存航空路線の発着空港間直線距離とフライト時間をもとに回帰直線を求めており、
空港間飛行時間[分] = $0.0727 \times \text{空港間直線距離[km]} + 33.9$
となる。データ作成時にこの式を利用して全空港間の飛行時間を求める。さらに、三浦[1]は出発空港と到着空港で登場手続きや手荷物の受けとりなどに要する時間を66分と定めている。本研究でも航空を利用する場合は旅行時間に66分を加算して考えている。また、空港間の直線距離は球面三角法の原理より求めた大圏距離とする。

2.3 ロジット関数

旅行者を2つの旅行方法に配分する際にロジット関数[2]を用いる。不便度はそれぞれの旅行時間としている。

たとえば、ある都市間 π の鉄道での旅行時間を A 、航空も含む旅行時間を B のとき、 A と B を不便度として配分率を決定する。航空利用に対する配分率は、

$$\frac{e^{-kB}}{e^{-kA} + e^{-kB}}, k > 0$$

となる。本研究では $k = 1$ とする。 k は値が大きくなるにつれて0-1配分に近づく。

3 ネットワークの作成

3.1 代表点と空港

全国に代表点をおく。各都道府県の人口が最も大きい都市を調べそのJR駅を代表点とする。さらに都道府県間流動表[3]で北海道は道東、道北、道央、道南の4地域に分かれて流動量が分かっているのでこの四地域それぞれにも代表点をおく。ただし、鉄道との競合を考えると沖縄県は代表点に入れない。よって代表点は全部で49ヶ所である。この流動表[3]は交通機関別になっており、本研究の代表点間の流動量は航空と鉄道の流動量の和で考えた。

日本には約100個の空港がある。これのうち主要4島以外の離島にあるものは鉄道との競合が考えられないため除く。また空港の規模は考えないものとする。よって55ヶ所の空港を研究対象とする。

3.2 鉄道ネットワーク

鉄道のみでの旅行時間を求めるために鉄道ネットワークを作成する。

まず代表点である49ヶ所の駅をノードとする。また各空港のホームページアクセス情報からわかる最寄り駅がこの代表点の中に無い場合と鉄道利用時に乗換で使われる主要駅は、ノードとして追加する。対象となった全ての駅の鉄道による接続関係から枝を作成し、枝は接続されている駅間の最短旅行時間を「駅すばあと」を使って求める。

3.3 複合ネットワーク

複合ネットワークは航空も含む旅行経路と時間を求めるために作成する。これは鉄道ネットワークに空港ネットワークを合成したものである。空港ネットワークとは55ヶ所の空港をノードとし、その全点对間に枝を張ったネットワークである。枝はこの空港間の飛行時間であり、2.2節で求めたものとする。

各空港と最寄駅の間の移動時間を「駅すばあと」を用いて調べ枝の重みとする。このようにして鉄道ネットワークと空港ネットワークがつながれ、複合ネットワークとなる。

4 記号の定義

以下の記号を定義をする。 (a, b) は a から b への移動をあらわしている。

A : 空港55ヶ所の集合

S : 代表点49ヶ所の集合

$\pi = (s, t)$: 空港 $s \in A$ から空港 $t \in A$ の航空路

$\lambda = (i, j)$: 代表点 $i \in S$ を出発点とし、代表点 $j \in S$ を目的地とする旅行経路

Π : 全ての π の集合

Λ : 全ての λ の集合

F_λ : $\lambda \in \Lambda$ の複合ネットワーク上での旅行時間

R_λ : $\lambda \in \Lambda$ の鉄道ネットワーク上での旅行時間

W_λ : $\lambda \in \Lambda$ の旅行者数

$w_{\lambda\pi}$: $\lambda \in \Lambda$ で航空路 $\pi \in \Pi$ を利用する旅行者数

f_π : 航空路 $\pi \in \Pi$ の総利用者数

まず、代表点間 $\lambda \in \Lambda$ の航空を含む旅行方法へ配分される人数 $w_{\lambda\pi}$ は、

$$w_{\lambda\pi} = \frac{W_\lambda \cdot e^{-kF_\lambda}}{e^{-kF_\lambda} + e^{-kR_\lambda}}, (\lambda \in \Lambda)$$

と表される。さらに、各航空路 $\pi \in \Pi$ における利用者数 f_π は、

$$f_\pi = \sum_{\lambda \in \Lambda} w_{\lambda\pi}, (\pi \in \Pi)$$

と表される。ここで、 $f_\pi = f_{(s,t)}$ ($s, t \in A$) であるから、各空港ごとの利用者数総計 P_s は

$$P_s = \sum_{t \in A} f_{(s,t)} + \sum_{t \in A} f_{(t,s)}, (s \in A)$$

と表される。

5 実行結果

5.1 各空港の利用者予測

各空港ごとの利用者数（各空港を出発地・到着地として利用する人数）の総計を求めた結果、利用者数の多い15空港を表1に示す。

表 1: 実行結果 空港ごとの一ヶ月利用者数 上位15空港

空港名	実行結果	平成17年	相対差
1 羽田	6352639.24	2229750.37	1.85
2 大阪	2492398.78	689764.40	2.61
3 中部	2152026.18	217927.40	8.87
4 福岡	1531174.99	574655.80	1.66
5 千歳	1166947.99	676775.01	0.72
6 仙台	1132474.75	113209.29	9.00
7 成田	1049590.15	44077.15	22.81
8 神戸	817710.37	0.00	--
9 松本	537411.44	4982.35	106.86
10 新潟	447201.8	38699.69	10.56
11 鹿児島	353858.65	183405.58	0.93
12 熊本	333168.43	118633.43	1.81
13 広島西	308780.09	2908.32	105.17
14 小松	300524.86	92034.99	2.27
15 長崎	299038.44	91311.19	2.27

5.2 アクセスと計算後の新規路線

例として松本空港・神戸空港・中部国際空港をあげる。

松本空港は平成17年に3空港との間にしか航空路線が無い。しかし、松本空港周辺の関東信越地域は空港が少なく、また本州内陸部の鉄道利用では旅行時間が長いため、松本空港の利用者が計算後に増えたものと考えられる。また新潟空港も同様の理由が考えられる。計算後の松本空港発着路線は図1で、30空港から新規路線が編成され既存路線は廃止ならなかった。

神戸空港は平成18年に開港した新しい空港で、アクセス時間は兵庫県代表点から33分となる。本研究で用いた各空港の最寄り駅までの平均アクセス時間は78.88分であり、兵庫県は他の地域に比べ空港アクセスの条件が良いことが分かる。

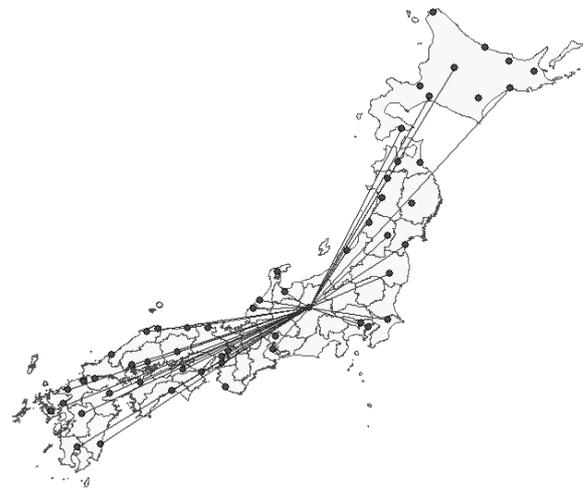


図 1: 実行結果 松本空港発着航空路線

中部国際空港は、愛知県の代表点から39分で、県営名古屋空港は50分となったため中部国際空港の利用者数が増加した。また東海地方は空港が少なく利用が集中した。平成17年の中部国際発着路線に対し、新たに11空港との間に新規航空路線が編成されたが、既存航空路線のあった女満別空港・米子空港・福島空港・稚内空港との航空路線は廃止となった。福島空港は福島県の代表点から151分かかりアクセスの悪さが原因とみられ、実際に平成19年からこの航空路線が廃止になっており、現実に即した結果となった。

6 おわりに

地方空港の中で仙台空港・松本空港・新潟空港が鉄道の旅行時間からみた不便さにより利用者数が増加した。また空港規模の大きい第一種空港の中で関西国際空港はアクセスの悪さにより利用者数が減少した。

本研究では旅行者配分にもちいたロジット関数のパラメータ k の値を1としたが、この値を推定した上で予測を行うことが今後の課題である。また都道府県別の流動量を利用していたが、同じく第3回全国幹線旅客純流動調査で生活圏別の流動量も報告されているので、生活圏別に代表点をおいてより現実的な編成を考える必要がある。最後に鉄道と航空の競合の考える際、時間ではなく料金で旅行方法を決定する旅行者もいる。旅行時間と旅行代金の両方を考慮したモデルの考案も大きな課題である。

参考文献

- [1] 三浦英俊：都市間最短旅行時間に基づく国内新規空港の利用者数予測分析，日本オペレーションズ・リサーチ学会和文論文誌，49巻 pp.89-105 (2006).
- [2] Mihiro Sasaki, Masao Fukushima：Stackelberg Hub Location Problem, *Journal of Operations Research Society of Japan*, Vol. 44, No. 4, pp.390-402(2001).
- [3] 交通機関別都道府県間流動表：第3回全国幹線旅客純流動調査，国土交通省。

<http://www.mlit.go.jp/toukeijouhou/toukei-jouhou.html>