

# 引力モデルに関する一試算

## ～日本国内航空旅客数を例として～

02004210 慶應義塾大学 \*大濱 基宏 OHAMA Motohiro  
 01700130 慶應義塾大学 柳井 浩 YANAI Hiroshi

### 1. はじめに

任意の2点間に発生する交通量を表すモデルの一つに引力モデルがある。これは、ある2点間の往来交通量を、2点間の距離と、2点の人口に依存するものとして(1)式のように定式化したものである。

$$\rho_{ij} = \alpha \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{r_{ij}^2} \quad (1)$$

ここに、

- $\rho_{ij}$  : 地点*i, j*間の交通量
- $P_k$  : 地点*k*の人口
- $r_{ij}$  : 地点*i, j*間の距離
- $\alpha$  : 正の定数

このモデルが実際に観測されたデータとどのくらい適合するのかという点については、いろいろな報告があるが、ここでは日本国内の航空旅客数について2,3調べてみた。それとともに、状況に応じてモデルを修正したり、モデルを利用して航空機の利用率を推定することを試みた。



図: 5つの空港

### 2. 定式化

図1に示す5つの空港間の人々の移動に関して、(1)式の引力モデルをあてはめてみる。ただし、東京と大阪に関しては、羽田、成田及び伊丹、関西国際の各空港を含むものとし、東京-大阪間、東京-福岡間、大阪-福岡間については、航空以外の交通機関が密であることから、まずは、考察対象外とした。

#### 2.1 航空旅客数に関する前提条件

ここで、次のように仮定しておく。

(ア)各空港 *i* (上述の5つ)を出発点として利用する潜在的人口は、その空港 *i* を含む領域  $G_i$  に居住する人口である。 $G_i$  は以下の都道府県とし、その人口を表1に示す[1]。

- $G_{北}$ : 北海道
- $G_{東}$ : 東京, 神奈川, 埼玉, 千葉, 茨城, 栃木, 群馬
- $G_{阪}$ : 大阪, 京都, 兵庫, 奈良, 和歌山, 滋賀
- $G_{福}$ : 福岡, 佐賀, 長崎
- $G_{沖}$ : 沖縄

表1: 各領域  $G_i$  の人口[人] (1995年)

北海道	東京圏	大阪圏	福岡圏	沖縄
5692217	39518468	20626681	7362940	4024285

(イ)交通手段は航空機のみとし、空港間距離には平均時間距離を用いる。その際、往復の時間差、空港数、便数を考慮して重みづけを行う。

表2: 各空港間の平均時間距離[時間]

	北海道	東京圏	大阪圏	福岡圏	沖縄
北海道	0	1.50	1.96	2.33	3.42
東京圏		0	-	-	2.42
大阪圏			0	-	1.94
福岡圏				0	1.35
沖縄					0

#### 2.2 モデルの検証

このモデルの検証は、(1)式を成立させるような係数  $\alpha$  の存在を示すことである。そのため、(1)式と実際の航空旅客数(表3)[2]の差の2乗和を最小にするような係数  $\alpha$  を求め、このときの適合度を調べた(図2)。

表3:実際の航空旅客数[人] (1995年)

	北海道	東京圏	大阪圏	福岡圏	沖縄
北海道	0	7838000	2235000	444000	88000
東京圏		0	-	-	2453000
大阪圏			0	-	1379000
福岡圏				0	963000
沖縄					0

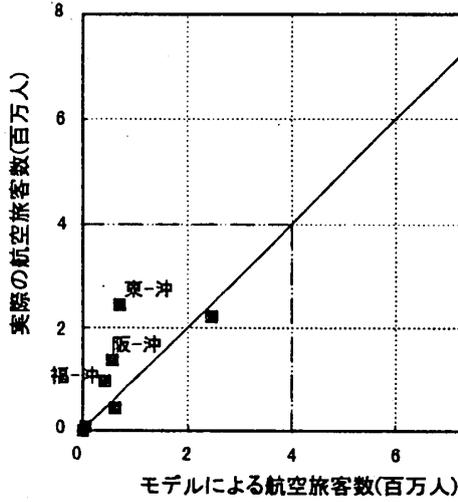


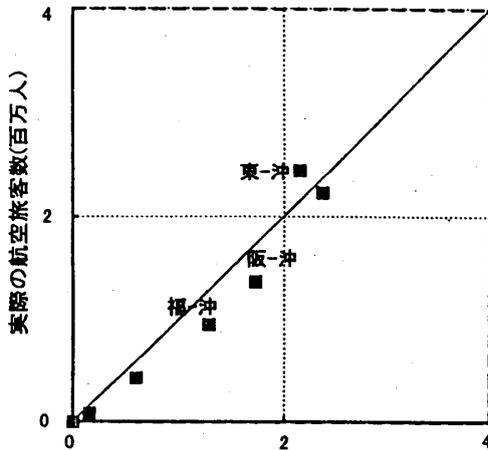
図2: 引力モデルの適合度

### 3. 結果とモデルの修正

図2からしても、引力モデルがかなりの適合をすることがわかるが、さらに詳細に見れば、沖縄発着のデータに乖離が見られる。これは、観光による集客力の存在がその理由と推察される。そこで、沖縄発着のデータについては、沖縄県の人口に係数を乗じた‘見かけの人口’を用いることを試みた。すなわち、沖縄発着のデータ( $\rho_{.o}$ )に関しては、

$$\rho_{.o} = \alpha \cdot \frac{P_i \cdot (\beta_o P_o)}{r_{io}^2} \quad (2)$$

$\beta_o$ : 沖縄の見かけ人口係数



モデルによる航空旅客数(百万人)

図3: 修正引力モデルの適合度 (沖縄発着データの拡大図)

と考えることにし、再び、偏差の2乗和を最小にするような  $\alpha, \beta_o$  を求め、この場合の適合度を示したのが図3である。

これを見れば、引力モデルが適合の程度という意味において、ほぼ満足が行くものであるということがわかる。

### 4. 航空機利用率の推定

このような修正の後、第2節で除外した3つの区間のデータを再び取り入れて、モデルによる計算値と実際の観測値を比較してみたのが図4である。

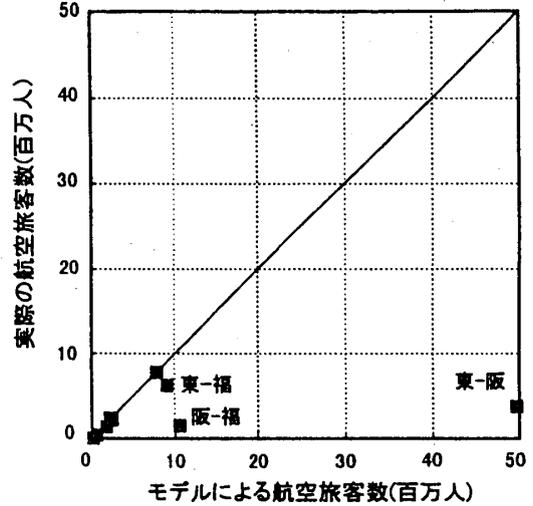


図4: 修正引力モデル (削除3区間を加えた場合)

モデルをひとまず正しいものと考えるとき、ここに見られる観測値との乖離を、他の交通機関によるものと考えれば、この図から航空機の利用率を推定することができよう。

一方において、この利用率も公表された諸種のデータ[3]から他の方法によって推定されるので、これを比較したものが表4である。

表4: 航空機利用率の比較 (1995年)

	モデル (%)	実際 (%)
東京-大阪	7.75	9.89
大阪-福岡	14.77	31.00
東京-福岡	70.73	83.44

東京-大阪間、東京-福岡間については、ほぼ満足のいくものであるが、大阪-福岡間については、航空機を利用して移動する人が、モデルにより推定される数の2倍を超えている。この点については、一層の考察が必要である。

### 5. 参考文献

- [1] 朝日年鑑, 朝日新聞社, 1996
- [2] 運輸省大臣官房統計調査部: 航空輸送統計年報, 1997
- [3] 運輸省大臣官房情報管理部: 旅客地域流動調査, 1997