

# シグモイド関数による新幹線開通を想定した航空シェア予測

2016SS044 村越和熙

指導教員：三浦英俊

## 1 はじめに

国内の長距離移動には寝台列車などの電車が主流の時代もあったが、現在は飛行機や新幹線が主に利用されている。近年、2015年の北陸新幹線の延伸や2016年の北海道新幹線の開通など国内の旅客流動の変化が著しく、各公共交通機関による長距離移動者のシェア争いが過熱している。

その長距離移動において高いシェアを占めるのは飛行機による移動であり、本研究では航空シェアについて考察を行う。

## 2 研究の目的

本研究は、シグモイド関数と全国幹線旅客純流動調査を用いて航空シェアの予測モデル構築を行う。作成したモデルをもとに、北海道新幹線の延伸や長崎新幹線の建設後の航空シェアを予測する。

## 3 使用データ

### 3.1 全国幹線旅客純流動調査について

全国幹線旅客純流動調査とは、国内の幹線交通機関（鉄道・バス・航空・船・乗用車の5種類）における県をまたぐ旅客流動の実態を定量的かつ網羅的に把握することを目的とした調査である。1990（平成2）年度に調査を開始して以来、5年に1回の頻度で国土交通相が統計データを作成している。

幹線交通機関の輸送実績を整理する他の流動調査とは異なり、個々の旅客に着目することでその旅行行動全体を捉えており、出発地、目的地、旅行目的や旅客属性が把握できることをその特色としている。

### 3.2 全国幹線旅客純流動調査の結果概要

2015年度の年間旅客流動量は約18億人で、国民1人当たりでは年間約14回に相当する。300km未満の近距離帯では乗用車等、300km～700kmの中距離帯では鉄道、700km以上の長距離帯では航空が主に利用されている。移動距離が長く、かつ新幹線が開通していない都道府県への移動では高い航空シェアを占める。（表1参考）

## 4 記号の定義と数式

本研究で使用する記号を以下のように定義する。

$V$ ：出発地点の集合

$N$ ：目的地の集合

$i$ ：出発地候補地点 ( $i \in V$ )

$j$ ：目的地候補地点 ( $j \in N$ )

$I$ ：都府県と北海道を4分割した地域の集合

$d_{ij}$ ： $i, j$ 間の直線距離 (km) ( $i, j \in I$ )

表1 主要3都市を出発地点とした航空シェア

出発地	目的地	航空シェア (%)	直線距離 (km)
東京	富山	33	249
愛知	熊本	58	628
大阪	札幌	93	1053

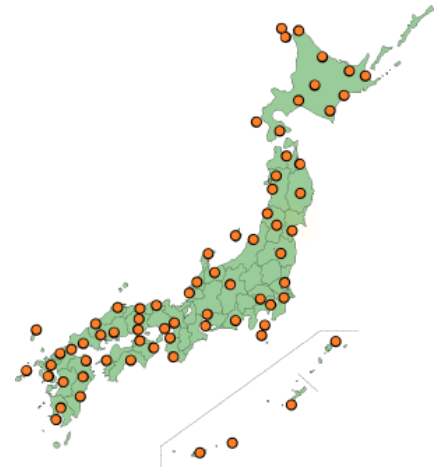


図1 国内の空港の分布

$s_{ij}$ ：出発地点  $i$  に新幹線の駅があるかないかを表す 0-1 パラメータ ( $i, j \in I$ )

$t_{ij}$ ：目的地  $j$  に新幹線の駅があるかないかを表す 0-1 パラメータ ( $i, j \in I$ )

$a_{ij}$ ： $i, j$  間の移動に必要な新幹線の乗り換えを表す 0-1 パラメータ ( $i, j \in I$ )

$c_{ij}$ ： $j$  での空港の有無を表す 0-1 パラメータ ( $i, j \in I$ )

$e_{ij}$ ： $i, j$  間は海をまたぐ移動であるかどうかを表す 0-1 パラメータ ( $i, j \in I$ )

$f_{ij}$ ： $i$  から  $j$  への旅行者のうち航空を利用する割合実データ ( $i, j \in I$ )

$\hat{f}_{ij}$ ： $i$  から  $j$  への旅行者のうち航空を利用する割合を表す予測値 ( $i, j \in I$ )

$w_0, w_1, w_2, w_3, w_4, w_5, w_6$ ：シグモイド関数のパラメータ

シグモイド関数で表すと以下ようになる。

$$\hat{f}_{ij} = \frac{1}{1 + e^{-h}} \quad (1)$$

$$h = w_0 d_{ij} + w_1 s_{ij} + w_2 t_{ij} + w_3 a_{ij} + w_4 c_{ij} + w_5 e_{ij} + w_6$$

最小二乗法による出発地点  $i$  から出発する旅行者の航空利用率を記述するための目的関数は以下ようになる。

$$\text{Minimize } \sum_{i \in I} (\hat{f}_{ij} - f_{ij})^2$$

## 5 予測に用いたシグモイド関数

(1) の数式はシグモイド関数  $f(x) = \frac{1}{1 + e^{-ax}}$  ( $a > 0$ ) と一般的に呼ばれる関数である。一般に、予測結果の分類をする際に、 $x = 0$  周辺以外は  $y = 0$  か  $y = 1$  になるというシグモイド関数の性質が有用なため、本研究では航空シェアの予測モデル作成時に用いた。

## 6 予測モデルについて

全国幹線旅客純流動調査の実データの航空シェアデータになるべく合うような航空シェア予測をするためのパラメータ推定を行う。

予測モデルを用いて都道府県庁 47 地点、北海道の稚内市役所、釧路市役所、函館市役所を合わせた 50 地域同士の航空流動を合わせた学習データで地域間の航空シェア予測を行った。ソルバーを使用して最適値を求めると、得られたパラメータの値は、 $w_0 = 0.004475$ ,  $w_1 = -0.419900$ ,  $w_2 = -1.322573$ ,  $w_3 = 0.931627$ ,  $w_4 = 0.088273$ ,  $w_5 = 0.722340$ ,  $w_6 = -2.614401$  となった。7 つのパラメータを  $\hat{f}_{ij}$  に代入すると各地域間の航空シェア予測を算出することができる。

次の 7 章では、47 都道府県の中で、2011 年の九州新幹線延伸によって 2010 年と 2015 年の人々の移動手段が変化した熊本県を起点とした推定結果を記述した。

## 7 九州新幹線延伸時の予測結果

熊本県から京都府への航空シェア予測は 2010 年実績 45.4 %、予測 41.8 % であり、2015 年実績 36.1 %、予測 24.1 % となっており、新幹線の開通による航空シェアの低下を反映した精度の高いモデルだと確認ができた。

## 8 予測精度の考察

航空シェア予測をした結果、予測と実績の乖離は小さいものの、依然として乖離の大きい県もあった。この乖離を小さくする対策として、学習データを出発地点と目的地点の日本の地方区分に則った 2 地方だけに絞って予測を行ってみた。例えば、鹿児島県から大阪府への予測をする場合は九州地方と関西地方を学習データとして予測を行っている。

すると、熊本県から京都府への航空シェア予測は 2010 年実績 45.4 %、予測 44.1 %、2015 年実績 36.1 %、予測 31.8 % と実績に近づけることができた。学習データの予測誤差二乗平均は 0.050 (50 地域間の学習データでは 0.054) と改善され、予測と実績の乖離が全体的に少なくなったことが分かった。

## 9 北海道・長崎新幹線が全線開業したときの予測結果

道央 (札幌) から青森県への航空シェア予測は 19.1 % となり、北海道新幹線が延伸すると 15.6 % とやや落ち込む。また、長崎から大阪への同予測は 58.8 % となり、長崎新幹線が開通すると 22.6 % と大きく落ち込む予測となった。北海道・長崎新幹線についても、50 地域のデータを用いた予測より出発地点と目的地点を含む 2 地方だけの予測のほうが予測と実績の乖離は少なかった。表 2 に他の都道府県も含めた新幹線が開業した際の航空シェアの変化をまとめている。

表 2 航空シェアの比較

出発地	目的地	実績 (2010) (%)	予測 (2010) (%)	*予測 (20XX) (%)
札幌	青森	24.8	19.1	15.6
札幌	東京	97.4	86.8	75.7
長崎	大阪	58.0	58.8	22.6
長崎	愛知	52.9	69.9	56.4

(\*北海道・長崎新幹線開通と仮定)

## 10 今後の課題

新幹線開業時の航空シェアの低下を反映した予測モデルとなったものの、一つ一つ詳細に見ると予測と実績で乖離してしまっている点が見受けられる。

8 章の考察により、似たような属性の都道府県同士だけで予測をすると良いことが分かったが、日本の地方区分に完全に則ると愛知から新潟まで広がる中部地方では 1 地方あたりの範囲が広すぎてしまうという課題が残る。また、この 2 地方での予測モデルを用いても長崎から兵庫への航空シェア予測は 0.003 % しか改善されなかった。

このように乖離が改善されない都道府県が存在するので、新しい変数を導入するなどのさらなる改善策を試みたい。

## 参考文献

- [1] 国土交通省：『全国幹線旅客純流動調査』。(令和 2 年 1 月閲覧)
- [2] 浅野 あやめ, 島津 拓矢 南山大学 2014 年度卒業研究『航空の新規路線における旅客数の予測』。
- [3] 国土交通省九州運輸局：『九州新幹線鹿児島ルート全線開業 3 年間のまとめについて』。(令和 2 年 1 月閲覧)
- [4] 長崎県庁：『九州新幹線西九州ルート』。(令和 2 年 1 月閲覧)