

旅客数の月需要パターンに基づく 国内航空路線分類

田中 寛人¹・石倉 智樹²

¹学生非会員 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: tanaka-hiroto@ed.tmu.ac.jp

²正会員 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: iskr@tmu.ac.jp

今後の国内航空需要は、国内人口の縮小や高齢化などによって、減少していくことが予想されている。そういった情勢の中で今後の航空政策や運航計画では、各路線需要の路線特徴を把握することが重要である。また、航空政策や運航計画を検討する上で、路線特徴の中でも、特に月需要の変動パターン、とりわけピーク・オフピークを把握することが、各路線の需要の平準化やもっとも不利益を生むオフピーク需要の短縮化及び底上げを図る上で重要である。

本研究では、各路線需要の季節変動性により注目をしつつ、各路線の月需要パターンを過去の需要の推移から抽出し、分類化した。この結果を用いて、各路線が国内航空全体ではどのような需要傾向に位置づけられるかを把握し、今後の航空政策や運航計画の判断材料となることを目指す。

Key Words : *intercity traffic, route characteristic, seasonal factor, machine learning*

1. はじめに

我が国の国内航空旅客数は2000年前半で頭打ちになり、以降は第3次石油危機やリーマンショックなどの経済情勢に合わせ推移してきた。そのような経済情勢により航空旅客需要が低迷した際には、利益が見込めなくなった地方路線などで減便や撤廃が相次いだ¹⁾。また、今後は国内人口の減少と高齢化の進行や情報通信技術の発展による業務の効率化など経済以外の要因によって国内航空旅客数は減少に転じることが予想されている²⁾。

一方で、行政による空港周辺の政策や各航空企業の路線の運航計画及び運航サービス改善を図るにあたっては、各路線の月需要の変動パターン、とりわけピーク・オフピークについて把握することは重要である。奥村ら³⁾では、都市間交通特有の視点として、需要の季節変動が大きいことがネットワークの便益評価において重要であることが述べられている。そして、国内航空輸送の政策検討においても、路線の月別需要の変動特性を把握することは重要であるが、既存研究では路線における月別需要に注目した分析は行われていない。そこで、本研究では政策検討のための基礎的知見を得るため、機械学習の手法を応用して、月需要パターンに基づく国内航空路線の

分類を試みる。

2. 既存研究

旅客の個人属性に関するものとして、藤生ら⁴⁾は、1987年から2011年までの25年間の航空旅客動態調査から国内全体の航空旅客の特性を経年変化とともに分析している。また、奥村ら²⁾では都市間交通の発生需要を分析するために、個人属性や旅行目的から宿泊旅行回数を推定する手法を提案している。一方、行動特性に関する研究として、山口ら⁵⁾では、各ゾーンからの空港アクセスLOSを用いて、国内空港の機能が停止した際に利用客は代替路線を用いるか、行き先を変更するか、旅行を取りやめるかの行動予測を行っている。しかし、これらの研究は旅行者の個人特性や行動特性について述べたものであり、路線の特性に関する研究は蓄積されていない。

続いて、国内航空の路線の特性について分析した研究について整理する。1つの空港に注目した研究として、宮崎ら⁶⁾は能登空港へのアクセス整備が及ぼす影響を分析する基礎的研究として、能登空港の利用者特性分析を行っている。国内路線全体の特性に関しては、森地ら⁷⁾

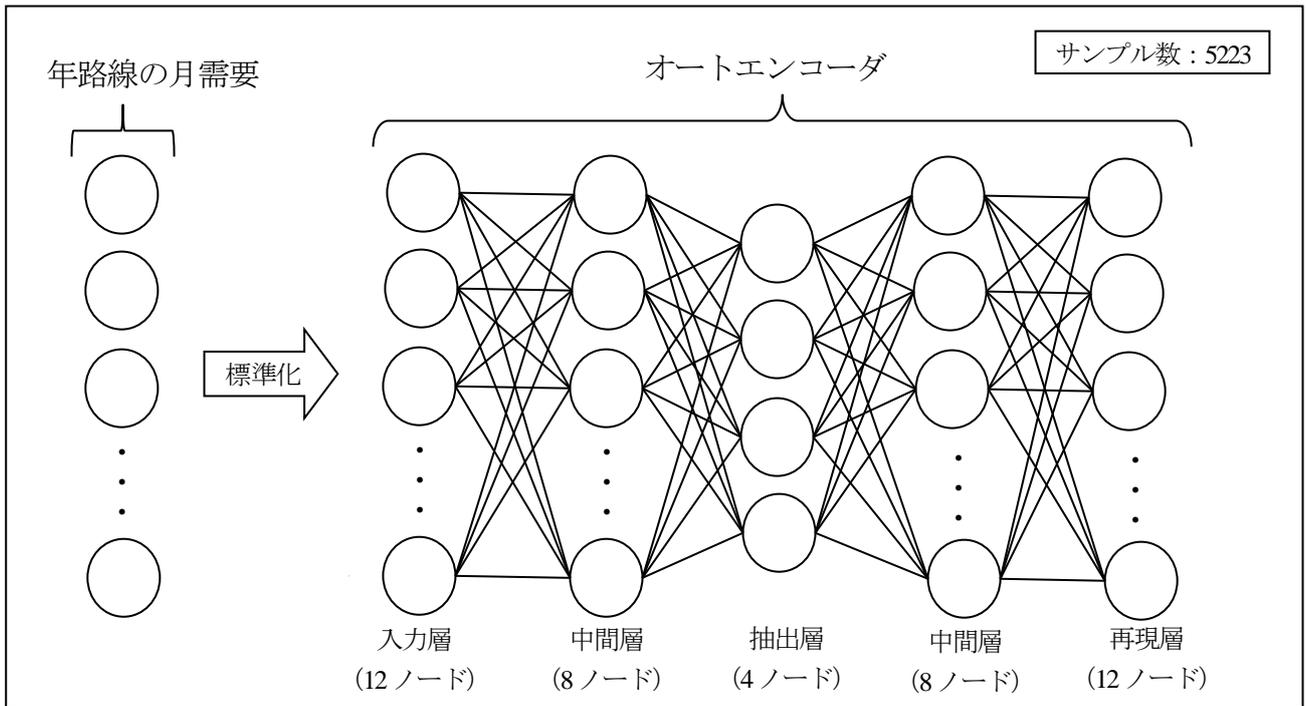


図-1 特徴量抽出に用いるネットワーク

では、行政による長期的な空港整備計画の策定の材料として、旅客数の多い国内30路線を国鉄との競合関係から分類し、運賃や航空機事故、競合交通機関の参入などを各分類の年間需要の変動要因として、それぞれの影響力を分析している。また、清水ら⁸⁾では航空需要予測の手法を開発する初期段階として、国内路線を幹線・沖縄路線・東京－地方空港・4大都市－地方空港・地方－地方空港の5つに路線を分類し、第2次産業人口・第3次産業人口・Air-Rail時間比を用いて、各分類の年間需要と社会経済の関係性を線形回帰モデルによって推定している。

このように、森地ら⁷⁾、清水ら⁸⁾では、運賃設定や航空機事故、社会経済など需要変動の要因に注目し、それらと年需要の変動の関係性について分析を行っているが、月需要の変動に関する分析は行っていない。そこで本研究では、国内航空路線の月需要の季節変動に着目し、路線特徴の分析を行う。

3. 分析手法

(1) 概要

本研究では、各路線の月需要パターンが経年的にはどのような変化が見られるのかを把握するため、同一路線でも年別に別サンプルとしてカウントした。そして、それぞれの年路線の月需要から標準化月需要を算出し、それに基づき抽出された特徴量を用いて分類を行う。

月需要パターンの特徴量の決定方法には、いくつかの

手法が存在する。簡易的なものでは、分析者によって、月需要の分散や需要規模など、月需要の変動特徴を示す代理指標を選択し、それぞれの年路線の特徴量とする方法がある。しかしながら、このような分析者によって指標を選択する方法では、分析を行う際に、いずれの指標を重視したかという主観が影響を与えてしまう。そこで、このような主観による影響を取り除くため、本研究では機械学習により月需要から特徴量を抽出するネットワークを構築した。具体的にはディープラーニングのオートエンコーダを用いる。図-1は本研究で構築したネットワークのイメージである。まず、需要規模の影響を小さくし、割合的变化による月需要パターンに注目するため、月需要を年路線ごとに(1)式によって標準化した。これを、本研究では年路線の標準化月需要と定義する。

$$d_x^{n(A)} = \frac{D_x^{n(A)} - \bar{D}^{n(A)}}{\sigma^{n(A)}} \quad (1)$$

$D_x^{n(A)}$: A路線 平成n年x月の月需要

$\bar{D}^{n(A)}$: A路線 平成n年の平均月需要

$\sigma^{n(A)}$: A路線 平成n年の月需要の標準偏差

$d_x^{n(A)}$: A路線 平成n年x月の標準化月需要

次に、この標準化月需要をオートエンコーダの入力値とし、入力層→中間層→抽出層→中間層→再現層という手順で計算を行うオートエンコーダネットワークを作る。続いて、このネットワークに入力値を与えた時の入力層と再現層の差が小さくなるように、各リンクの重みを学

習させていく。そして、学習によりリンクの重みが適切になったオートエンコーダに対して再度標準化月需要を入力し、算出された抽出層の値を年路線の特徴量とした。

以上の手順により抽出された特徴量を用いて、k-meansの非階層クラスタリングにより年路線を月需要パターンに分類した。本稿では、6つに分類したケースを示す。

表-1 年路線の分類結果

| 分類ラベル | 分類数 | 割合(%) |
|-------|------|-------|
| 0 | 745 | 14.3 |
| 1 | 1132 | 21.7 |
| 2 | 668 | 12.8 |
| 3 | 1015 | 19.4 |
| 4 | 855 | 16.4 |
| 5 | 808 | 15.5 |

(2) 対象路線とデータ

本研究では、同一路線でも年別に別サンプルとしてカウントし、各サンプルの1月から12月までの月需要を特性データとする。月需要の値は、国土交通省の航空輸送統計調査（年報）の国内定期航空路線別区間別月別運航及び輸送実績データ⁹⁾における月別旅客数の値を用いた。また、研究対象とするサンプルの選定条件は、平成1年から平成25年の期間において、1月から12月までの各月で運航が全て行われた年路線とした。各月の運航の有無は、国土交通省の航空輸送統計調査（年報）の国内定期航空路線別区間別月別運航及び輸送実績データ⁹⁾における各月の旅客需要が1以上であることによって判断する。そして、この条件によつての選定を行った結果、5223の年路線を分析対象路線とした。

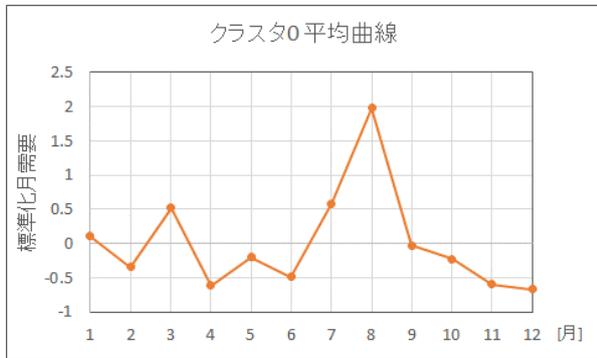


図-2 クラスタ0の平均曲線

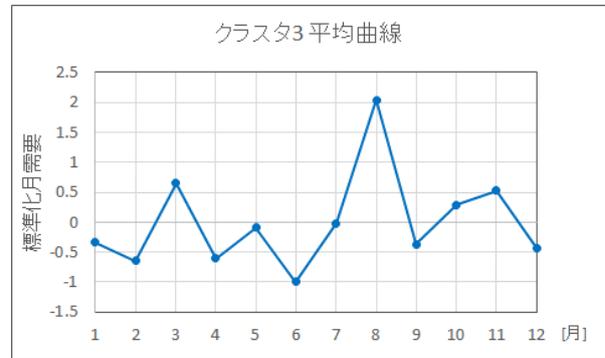


図-5 クラスタ3の平均曲線

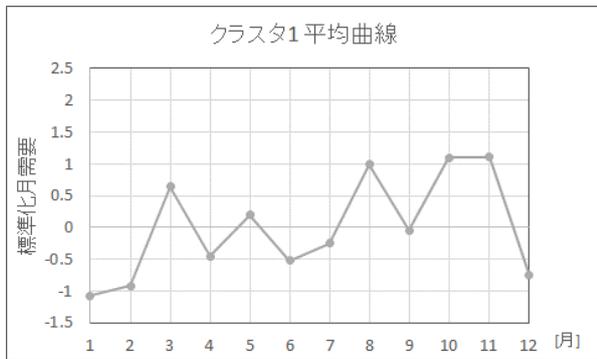


図-3 クラスタ1の平均曲線



図-6 クラスタ4の平均曲線

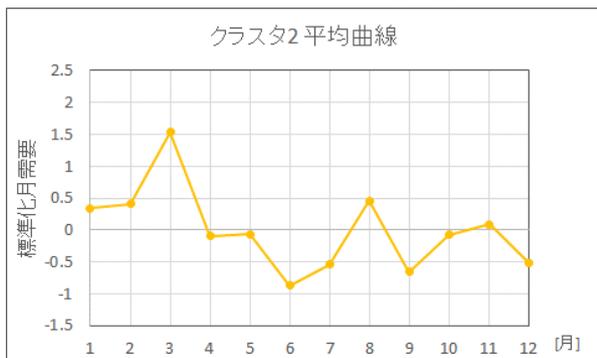


図-4 クラスタ2の平均曲線

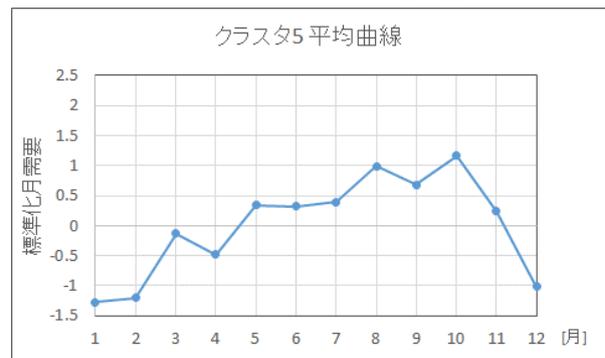


図-7 クラスタ5の平均曲線

表-2 那覇・新千歳をODに含む路線の分類

| 分類ラベル | 分類数 (那覇路線) | 割合 (%) | 分類数 (新千歳路線) | 割合 (%) |
|-------|---------------|-----------|----------------|-----------|
| 0 | 141 | 23.6 | 127 | 20.4 |
| 1 | 76 | 12.7 | 8 | 1.3 |
| 2 | 132 | 22.1 | 35 | 5.6 |
| 3 | 181 | 30.3 | 21 | 3.4 |
| 4 | 49 | 8.2 | 351 | 56.3 |
| 5 | 18 | 3.0 | 81 | 13.0 |
| 合計 | 597 | | 623 | |

4. 分類結果

抽出された特徴量に基づき、サンプルを6つの需要傾向グループに分類した結果が表-1である。また、各グループに分けられたサンプルにおける標準化月需要の平均曲線を表すのが、図-2から図-7である。今回のサンプルでは、月需要の増減が比較的小さいクラス1に最も多くの年路線が分類された。次いで、3・8・11月にピークを迎えるクラス3に多く分類され、3月に最大のピークを迎えるクラス2の分類数は最小となった。

続いて、観光地へのアクセス性が高く、多くの空港と運航が盛んな那覇空港及び新千歳空港（H17年以前は千歳空港）をODに含む路線の分類結果に注目する。

那覇路線・新千歳路線の分類結果を示すのが表-2である。両路線は共にクラス1への分類数は少なく、表-1の示す全体傾向とは異っていることを示した。このことから、観光旅客の多い路線とそうでない路線では月需要パターンが異なることを確認することができる。また、各路線を比較すると、那覇路線では、3・8・11月にピークを迎えるクラス4と3・8月ピークを迎えるクラス0に分類されるものが多く、ピーク・オフピークの突出が小さいクラス1やクラス5に分類されるものは少なかった。対して、新千歳路線は8月にかけて徐々にピークを迎えるクラス4に過半数が分類され、那覇路線同様にクラス1には殆ど分類されなかった。また、新千歳路線では、4年以上の運航がある路線において、同一路線の全ての年が同分類に分けられるケースが6路線(新千歳—名古屋・新千歳—新潟・新千歳—金沢・他3路線)存在したが、那覇路線では同条件にあてはまる路線が存在しなかった。さらに、新千歳路線はメインクラス以外に分類される確率が小さく安定的であるが、一方で那覇路線は同一路線でもサンプルの分類が不安定な結果を示した。このことから新千歳路線では、那覇路線より月需要パターンが経年的に変化しにくいことがわかる。

続いて那覇路線・新千歳路線のそれぞれのサンプルの

表-3 那覇・新千歳を含む路線の分類例

| 路線 | 年(平成) | 分類ラベル |
|---------|-----------------------------|-------|
| 関西—那覇 | 10,11,13,14,20,25 | 0 |
| | 17 | 1 |
| | 8,9,12,15,16 | 2 |
| | 7 | 3 |
| | 21,22,23 | 4 |
| | 18,24 | 5 |
| 大阪—那覇 | 1,4,5,6,8~14,16,17,18,20~24 | 0 |
| | 2,3,7 | 3 |
| | 15,25 | 4 |
| 名古屋—那覇 | 5,6,9,10,11,13,14,15 | 0 |
| | 14,16 | 2 |
| | 2,3,7,8,12 | 3 |
| 那覇—久米島 | 6,9,10,20,23 | 0 |
| | 14,15,16,18,24 | 1 |
| | 11,12,13,17,21,22 | 3 |
| | 1~5,7,8,25 | 4 |
| | 19 | 5 |
| 関西—新千歳 | 25 | 0 |
| | 8,9,11 | 1 |
| | 12,16 | 2 |
| | 22,23 | 4 |
| | 7,13,17,18,20,21,24 | 5 |
| 大阪—新千歳 | 6,8~13,15,17,18,20~24 | 0 |
| | 1~5,7,14,16,25 | 4 |
| 名古屋—新千歳 | 1~16 | 4 |
| 新潟—新千歳 | 1~4,6~25 | 4 |
| 成田—新千歳 | 1~13,15,16,17,20,21,23,25 | 0 |
| | 18 | 2 |
| | 24 | 3 |
| | 14,22 | 4 |
| 東京—新千歳 | 5,6,8,10~15 | 0 |
| | 1~4,7,9,16,17,18,20~25 | 4 |

路線表記は航空輸送統計調査（年報）⁹⁾に基づく

分類傾向に注目していく（表-3）。那覇路線内で各サンプルを比較すると、関西—那覇、大阪—那覇は、双方とも関西地方と那覇空港を結ぶ路線であり、サンプルが一番多く分類されたのはクラス0であった。しかし、大阪—那覇は安定的にクラス0に分類されたことに対して、関西—那覇はクラス2にも多くが分類され、またクラス0からクラス5まで全てにサンプルが割り振ら

れている。このことから、関西一那覇、大阪一那覇の2路線間にも分類傾向の違いが確認される。同様に新千歳路線に注目した場合も、関西一新千歳、大阪一新千歳ではメインクラスと分類の安定性ともに大きな違いがある。更に成田一新千歳、東京一新千歳においても、同様にメインクラスと分類の安定性に大きな違いが確認できる。以上のことから、本研究の結果により同じような役割を持つことが考えられる路線同士であっても、月需要パターンや分類の安定性には違いがあることが確認された。また、関西一那覇路線、関西一新千歳路線では共に不安定な分類が行われたことから、関西空港がODに含まれる路線では月需要パターンが経年的に変動しやすいという特徴を持つことが考えられる。

5. おわりに

本研究では、国内航空路線の月需要パターンに注目し、1月から12月までの全月で運航があった5223の年路線を対象として、それぞれの特徴量を抽出し、これに基づき6つの需要変動グループへの分類を行った。

その結果、観光旅客が多い路線の分類傾向は国内航空路線全体と異なっていることが示された。また、観光旅客が共に多い那覇路線と新千歳路線であっても、それらの分類傾向が異なっていることから、観光路線内でも月需要パターンとその経年的な変動性には違いがあることも検討される。さらに、関西一新千歳路線と大阪一新千歳路線及び成田一新千歳と東京一新千歳のように互いに近い役割があることが考えられる路線であっても、月需要パターンとその経年的な変動性には違いがあるという結果を示した。このことから、同様の役割が考えられる路線であっても、画一的な航空政策の場合、その効果は路線ごとに変化することが検討される。そして、本研究の結果は、機械学習を用いることで、同じような役割が考えられる路線間でも、実際には需要傾向の違いを発見し、分類することができることを明らかにした。今後は各需要傾向グループに対して、年単位のような長期的な需要傾向を含む分析へと発展させることを検討している。

参考文献

- 1) 白石勇人, 平田輝満: 国内航空路線の休廃止が地方間移動に与える影響に関する分析, 土木計画学研究・講演集, vol.49, pp.173_1-9, 2014.
- 2) 奥村誠・山口裕通・大森一樹: 都市間トリップ発生パターンの旅行目的間比較, 土木計画学研究・講演集, vol.49, pp.174_1-10, 2014.
- 3) 奥村誠・中川大・山口勝弘・土谷和之・奥村泰宏・日野智・塚井誠人: SS4 都市間交通の分析と評価の課題, 土木計画学研究・講演集, vol.25, CD-ROM, 2002.
- 4) 藤生慎・高田和幸: 国内航空旅客の旅行特性の経年変化に関する分析, 土木計画学研究・講演集, vol.46, pp.140_1-4, 2012.
- 5) 山口裕通・奥村誠: Generalized Nested Logit Model による航空路線の新設・廃止に対する旅客行動の推定, 土木計画学研究・講演集, vol.52, pp.549-557, 2015.
- 6) 宮崎耕輔・高山純一・中山晶一郎: 航空旅客動態調査データを用いた能登空港の利用者特性分析, 土木計画学研究・講演集, vol.32, pp.281, 2012.
- 7) 森地茂・田村亨・河野俊郎: 国内航空旅客需要の動向と影響要因分析, 土木計画学研究・講演集, vol.7, pp.279-286, 1985.
- 8) 清水浩一郎・吉川雅修・片谷教孝: 国内航空旅客需要の社会経済要因との関連性の分析, 土木計画学研究・講演集, vol.7, pp.323-326, 1995.
- 9) 国土交通省: 航空輸送統計調査(年報) 国内定期航空路線別区間別月別運航及び輸送実績 平成元年～平成25年 (<http://www.mlit.go.jp/k-toukei/cgi-bin/search.cgi>)
- 10) 株式会社インプレス発行・Sebastian Raschka 著・株式会社クイープ訳・福島真太郎監訳・発行者土田米一・高橋隆志編集: Python 機械学習プログラミング 達人データサイエンティストによる理論と実践, 2016年8月第1版第3刷
- 11) 株式会社オーム社発行・新納浩幸著・発行者村上和夫: Chainer による実践深層学習, 平成29年1月第1版第4刷