

都市間の国際航空路線の就航可能性を判断する 実用モデルに関する基礎的研究

横瀬 和也¹・清水 哲夫²

¹航空保安大学校（〒589-0047 大阪府泉佐野市りんくう往来南3-11）

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

E-mail:t-sim@tmu.ac.jp

本研究は、個々の国際路線へのLCCやFSCの就航可能性を、その路線が接続している2都市の市場・経済規模や観光の状況を示すデータから簡便に評価する手法に関する基礎的な研究を実施した。具体的には、任意の二都市間の国際航空路線への就航可能性を評価するロジスティック型のモデルを提案した。

アジアの11の国・地域の436都市を対象に、市場・経済規模や観光の状況のデータを取得・加工し、モデル推定を試みた。その結果、妥当なパラメータ推定結果が得られたものの、就航確率予測精度は改善が必要であることが分かった。

Key Words : *intercity flight connection model, logistic model, low cost carrier*

1. はじめに

日本政府観光局(JNTO)¹⁾によれば、2013年に初めて年間1,000万人を超えた訪日外国人観光客数は、2017年に早くも2,800万人に達し、急速に拡大している。その原動力はアジア地域で、その8割以上を占める。

この拡大は、ローコストキャリア(LCC)の運行路線の充実が大きく寄与している可能性がある。国土交通省の国際線就航状況²⁾によると、日本へのLCC直行便は、2017年夏ダイヤ時点で、中国、韓国、台湾、香港、マレーシア、タイ、フィリピンの7か国・地域から就航している。この7か国・地域と日本を結ぶ路線を就航する航空会社を、Center for Aviation(CAPA)のAirline profiles³⁾に基づき、LCCとFSC(フルサービスキャリア)に分類し、週間便数(直行便)を比較すると、2015年夏時点で620.5便だったLCCは、2017年夏時点で1085.5便と約75%増加したのに対し、FSCは2257.5便から2358便へと4%の微増にとどまっている。依然としてFSCのシェアは大きいものの、LCCが拡大するインバウンドの受け皿となっていることはほぼ疑いない。

一方で、法務省の出入国管理統計⁴⁾によれば、2016年の訪日外国人観光客の約70%が成田空港、関西空港、羽田空港の主要3空港から出入国している。この3空港に福岡空港、那覇空港、中部空港、新千歳空港を加えた主要

7空港では約93%に達し、これら主要7空港からアクセスしづらい地方部ではインバウンド成長の恩恵を受けづらい構造となっている。

政府による訪日外国人観光客数の達成目標が2020年に4,000万人、2030年に6,000万人と設定され、そのために地方への誘客を強化する施策が取り組まれている。観光庁の『観光ビジョン実現プログラム2017』⁵⁾に地方空港のゲートウェイ機能強化とLCC就航促進が明記された。具体的事業として、地方イン地方アウトの流れを創出するため、国際線着陸料割引等の支援を受けられる訪日誘客支援空港の認定が2017年よりスタートし、支援拡大空港、継続支援空港、育成支援空港の3カテゴリーで合計27空港が認定された⁶⁾。

一方で、国際LCC路線の新規路線の就航をめざす地方の地域・自治体では、路線誘致策の検討にあたり、地方空港の受け入れ態勢強化のみならず、ターゲットとする路線や相手空港を適切に選定する必要がある。LCCのビジネスモデルの特徴として、ポイント・トゥ・ポイント・ネットワークの展開、既存航空会社が就航していない路線への就航が考えられ、未就航路線にどの程度就航の可能性があるか評価する方法論が必要となる。

就航可能性評価のためには、LCCの路線展開戦略や新規路線の需要規模といった情報を得る必要がある。しかし、1)FSC、LCCを問わず、コードシェアや航空連合へ

の加盟、FSCのLCC子会社化等により、多くの航空会社間に複雑な提携関係が存在すること、2)各航空会社は激しい競争環境にさらされており、村上⁷⁾が指摘するように、競合路線か否かによって運賃設定を変えるLCCが存在することやFSCと新規航空会社に競合関係が生じること、といった環境下においては、各航空会社の路線展開戦略を直接各エアラインへのインタビュー調査等によって明らかにすることは難しいと考えられる。そこで本研究では、就航実績という客観的な情報から就航可能性を定量的に評価を行う方法論を検討する。

このとき、空港が所在する地域・自治体の立場に着目すると、その空港周辺地域の市場・経済規模を表すデータによって就航可能性を簡便に評価できることが、実務上望ましいと考えられる。本研究では、個々の国際路線へのLCCやFSCの就航可能性を、その路線が接続している2都市の市場・経済規模や観光の状況を示すデータから簡便に評価する手法を検討する。

2. 既往研究と本研究の特徴

(1) LCCに関する既往研究

花岡⁸⁾は、LCCを「効率化の向上によって低い運航費用を実現し、低運賃で簡素化された航空輸送サービスを提供する航空会社」と定義し、そのシステム・サービス上の特徴について、低運賃、ポイント・トゥ・ポイント・ネットワーク、高い機材稼働率等の11項目を挙げている。

中でも低運賃に関連して、LCC参入による運賃の変動や競合他社の動向を研究した事例は多い。花岡⁸⁾は、アジア主要路線におけるLCCの最低運賃とFSCの最低運賃を比較し、実際にLCCの運賃がFSCよりも低価格であることを示した。村上⁷⁾は、LCCがある程度市場支配力を持つFSCに近い運賃を設定することを示した。

LCC参入による旅客需要変動に関する研究も存在する。石倉⁹⁾は、関西―新千歳線を対象にFSCが就航している既存路線へのLCC参入による旅客需要の変化を実証的に分析し、LCC参入によって新規需要が開拓されうること、既存のFSCからLCC利用へと乗り換える転換需要がみられることを明らかにした。井上¹⁰⁾は、LCC参入後の航空市場を仮定し、LCCの航空市場への参入が旅客需要に与える影響を分析し、同様に、既存のFSCや鉄道からLCCへの転換需要があることを示した。これらの研究を通じて、LCC参入後の旅客需要変動の把握し、新規需要規模や転換需要規模の予測やエアライン間競争をシミュレーションすることができ、適切な空港機能強化策の立案が可能となる一方、就航実績のない路線にLCCが参入した場合の旅客需要の予測は難しい。

なお、LCCの路線展開実績をまとめた研究は少ない。山田¹²⁾は、日本国内線を対象に参入実績を時系列に整理した上で、参入・路線展開に関する想定と参入実績とを比較しているが、LCCが単独で就航する新規国際路線の成立可能性については示唆が得られていない。

(2) 都市間航空旅客数に関する既往研究

都市間の純流動航空旅客数データは、新規路線の需要予測をする上での基礎的なデータとなる。しかし、現存の国際航空統計は都市間総流動データとなっており、乗り継ぎを考慮した純流動を直接把握できない。

寺崎¹³⁾は、On Flight Origin and Destination(以下OFOD統計)とTraffic by Flight Stage(以下TFS統計)から国際航空旅客市場における都市圏間純流動数を推定するモデルを構築し、主要空港が存在する10の都市圏間の全90ODペアへ適用した。しかし、モデルの適用対象都市圏の拡大には依然モデルの改良が必要であり、また、観測旅客数に基づく推定であるため、直行便の新規就航による誘発需要に対応できない。

山田¹²⁾は、OFOD統計とTFS統計にCapstats統計を加えた3種類の統計組み合わせで、より高い信頼性で路線別国際航空旅客数(総流動旅客数)を推計する手法を示した。しかし、推定対象が総流動である点が課題である。

都市間航空旅客数の推計だけではなく、その要因を分析した研究として、Matsumoto¹⁴⁾によるグラビティーモデルがある。これは、都市間航空旅客量および貨物量を被説明変数に、両都市の一人当たり所得、人口、両都市間距離、都市ダミーを説明変数としたモデルとなっている。この研究が対象とした航空ネットワークは、アジア、ヨーロッパ、南北アメリカ内部の主要都市間ネットワークと、これら3地域都市間ネットワークを統合した世界ネットワークであり、都市間というよりは国家間の人と物の流動量を評価するモデルとなっている。

(3) 本研究の特徴

本研究では、Matsumoto¹⁴⁾のグラビティーモデルをベースに、任意の二都市間の国際航空路線への就航可能性を評価するモデルを検討する。このモデルが有すべき特徴として、1)就航実績のない都市間も併せ、任意の都市間の就航可能性を表現できること、2)両都市の社会経済状況と観光状況を反映できること、を挙げる。1)の特徴を考慮するため、本研究ではグラビティー型ではなく、ロジスティック型の就航可能性評価モデルを提案する。

3. 就航可能性評価モデルの定式化と使用データ

(1) モデル定式化

本研究では、2つの都市*i*と*j*の市場・経済規模と観光の状況を示すデータを用いて、路線*ij*の旅客需要ポテンシャル V_{ij} を式(1)で示す。

$$V_{ij} = \frac{\prod_{s=1}^S (G_i^s G_j^s)^{\alpha_s} \prod_{p=1}^P (A_i^p A_j^p)^{\beta_p}}{D_{ij}^\gamma} \quad (1)$$

ここで、 G_i^s は*i*の*s*番目の市場・経済規模指標、 A_i^p は*i*の*p*番目の観光指標、 D_{ij} は*ij*間の距離指標、 α_s 、 β_p 、 γ はパラメータである。本研究は、都市間の就航可能性に興味があるため、 $i \rightarrow j$ と $j \rightarrow i$ を同時に考慮したポテンシャルとして表現している。

ij 間の就航確率は、上記のポテンシャルを用いて式(2)で表す。

$$P_{ij} = \frac{1}{1 + \exp(V^* - \ln(V_{ij}))} \quad (2)$$

ここで V^* は就航確率0.5となるポテンシャル値(調整項)である。後述のデータを用いて、 α_s 、 β_p 、 γ 、 V^* を最尤法で推定する。

(2) 各指標の設定

各都市の市場・経済規模指標として、都市人口と一人当たりGRPを用いる。これは、人口規模が大きく一人当たり所得が大きいほど海外旅行の需要が大きいと考えられることと、Matsumoto¹⁴⁾、Khadaroo and Sektanah¹⁵⁾などの類似研究で使用されていることによる。

各都市の観光指標として、世界的な旅行口コミサイトであるトリップアドバイザーに掲載されている観光口コミ数を用いる。この理由は、各都市の観光ポテンシャルを共通データで表現するためである。

(3) 使用データとその加工方法

モデル構築のためには、各航空会社の就航路線情報や空港後背圏ごとの人口・域内総生産、観光口コミ数のデータを作成する必要がある。以下にそのプロセスを記す。

a) 分析対象国・地域

2017年夏時点で日本の地方空港へ国際LCC路線を運航する航空会社と路線数は6社延べ20路線である。日本の地方空港と海外空港を結ぶ路線のみでモデル推定を行うことは現実的でない。そこで、日本の主要7空港を発着する国際路線に加えて、東・東南アジア域内の国際路線も対象とする。

各都市の人口と域内総生産(GRP)のデータを入手する必要がある。本研究では、GRPデータを国家の公的機関ホームページから入手できた日本、韓国、中国、タイ、マレーシア、インドネシア、フィリピンの7か国と、シンガポール、ブルネイ、香港、マカオの4の国・地域を

合わせた11の国・地域を分析対象とした。

b) 航空会社の就航路線・都市の設定

都市間の就航路線の有無の判定には、イギリスOAG社(OAG Aviation Worldwide Limited)が出版するアジア太平洋地域の航空時刻表『Pocket Flight Guide Asia Pacific』(2017年12月号、以下、航空時刻表)を用いた。この航空時刻表からは、アジア太平洋地域内の路線別フライトスケジュールを得ることができる。なお、バンコク、北京、ジャカルタ、クアラルンプール、大阪、ソウル、上海、東京の8都市は複数空港を計上する。

航空時刻表から、1)対象国間の異なる2国・地域を結ぶ路線であること、2)2017年12月3日(出発地現地時間)からの3週間で毎週1便以上双方向にフライトがあること、3)直行便であること、の条件を満たす就航路線を抽出した。その際、コードシェア便は運航を担当する航空会社の路線とした。結果、68社621路線が抽出された。先のAirline profilesによる分類でLCCが29社となっている。また、LCCのみが運航する路線は161、FSCのみが292、両方が168となっている。

さらに、上述の68社のうち1社以上の航空会社が2017年12月中に1便以上国際線、国内線を問わず就航している438の都市を抽出した。

c) 行政界の人口およびGRPの設定

対象国・地域の公的機関ホームページから行政界ごとの人口とGRPの2016年版を入手した。2016年の行政界別人口データを入手できなかった場合は全国人口の伸び率を用いて補正を行った。GRPは米ドル単位に統一した(世界銀行が公表する購買力平価による国内総生産に、各国公表GRPの当該都市国内シェアを乗じて算出)。

d) 対象都市の人口、一人あたりGRPの設定

Arcmap10.4を用いて対象空港によるボロノイ分割を行い、得られた領域を対象空港の空港後背圏とした。次に、面積按分法によって各データ収集単位の2016年人口、2016年GRPデータを各空港後背圏に配分した。同一都市に複数の空港が存在する8都市については、その都市の各空港の空港後背圏となる領域をすべて足し合わせている。最後に、各対象都市の2016年GRPを2016年人口で除した値を各対象都市の2016年一人当たりGRPとした。

e) 観光口コミ数の設定

2017年11～12月に、トリップアドバイザーでの地域ごとの観光口コミ数データを収集した。これもd)と同様にボロノイ分割により空港後背圏のデータに変換した。なお、2都市は口コミ数が0となったため、分析対象からは除外した。

f) 距離の設定

距離指標は都市の緯度経度情報を用いて、その間の直線距離を算出して用いる。

表-1 パラメータ推定結果

| 説明変数 | パラメータ値 | t値 |
|------------------------|---------|------|
| 人口(α_s) | 0.433 | 10.9 |
| 一人あたりGRP(α_g) | 0.276 | 3.58 |
| ロコミ数(β_p) | 0.765 | 23.6 |
| 距離(γ) | 1.13 | 12.5 |
| 調整項(V^*) | 29.2 | 14.5 |
| サンプル数 | 67,349 | |
| 最終尤度 | -1081.0 | |

表-2 モデルの予測精度の評価

| | | モデルによる予測 | | |
|----|-----|----------|----|--------|
| | | 未就航 | 就航 | 合計 |
| 実績 | 未就航 | 66,988 | 32 | 67,020 |
| | 就航 | 280 | 49 | 329 |
| | 合計 | 67,268 | 81 | 67,349 |

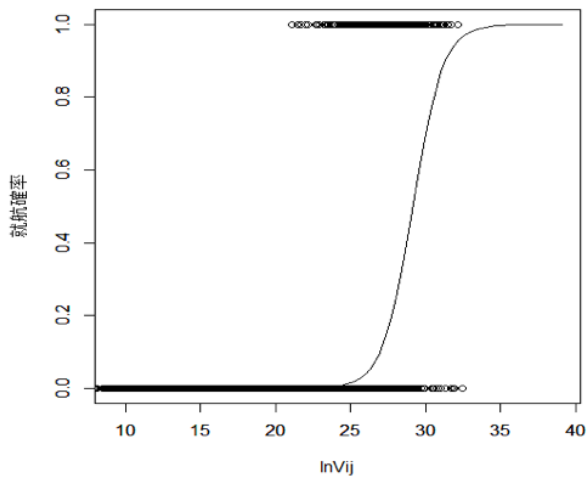


図-1 就航確率の回帰曲線と就航有無のプロット図

4. モデル推計結果

(1) 標準モデルの推定結果

分析結果の詳細は講演時に示すが、ここでは分析対象436都市の67,349路線(都市間)におけるLCC就航確率モデルの推定結果を表-1に示す。推定はRで行っている。各説明変数の符号条件について、人口、一人あたりGRP、ロコミ数が増えれば就航確率が増加し、距離が長くなれば就航確率が減少するため、妥当な結果であると判断される。なお、図-1に就航確率の回帰曲線と就航有無のプロット図を示す。

次に、モデルの妥当性を評価するため、 P_{ij} が0.5以上と推定された路線を就航、0.5より小さく推定された路線を未就航として、就航実績とのクロス表を作成した結果を表-2に示す。実際にはLCCが就航していない67,020路線のうち99%以上の66,988路線が未就航と予測された。

一方、実際にLCCが就航している329路線のうち約85.1%の280路線が未就航と予測されており、このモデルの就航確率予測精度は改善が必要であると考えられる。

(2) 改良モデルの推定結果

上記280路線のうち、121路線にFSCが就航している。また、モデルによる予測と実際との両方でLCCが就航している49路線のうち、47路線にFSCが就航していた。対象国間でLCCの就航する329路線のうち168路線にFSCが就航している。FSCの就航路線とLCCの就航路線には正の相関があると考えられ、FSCが就航している場合に1、就航していない場合に0となるダミー変数を加えてモデル推定を行った。しかし推定精度の向上にはつながらなかった。

さらに予測が外れる条件を精査すると、中国路線の判定精度が低いことが判明したため、中国都市を対象から外して223都市、19,850路線でモデル推定を行った。その結果、就航判定の精度が大きく改善したが、依然として実際にLCCが就航している164路線のうち89路線が未就航と予測されるなど、さらなる改善が必要である。

5. おわりに

本研究は、個々の国際路線へのLCCやFSCの就航可能性を、その路線が接続している2都市の市場・経済規模や観光の状況を示すデータから簡便に評価する手法を検討した。具体的には、Matsumoto¹⁴⁾のグラビティーモデルをベースに、任意の二都市間の国際航空路線への就航可能性を評価するモデルを検討し、ロジスティック型の就航可能性評価モデルを提案した。アジアの11の国・地域の436都市を対象に、市場・経済規模や観光の状況のデータを取得・加工し、モデル推定を試みた。その結果、妥当なパラメータ推定結果が得られたものの、就航確率予測精度は改善が必要であることが分かった。

今後は、モデル予測精度の改善を図る必要があるが、その際、モデル推定における未就航路線のサンプリング、国・地域の経済状況の違いを反映した変数設定、セカンダリー空港の存在を考慮できるモデル構造もしくは変数設定、目的地の魅力変数として観光以外の要因を含めること、といった検討が必要となろう。

参考文献(URLは2018年7月31日現在)

- 1) 日本政府観光局：統計データ（訪日外国人・出国日本人）、
https://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/visitor_trends/index.html

- 2) 国土交通省：国際線就航状況,
http://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr19_000005.html
- 3) Center for aviation: Airline profiles, <https://centreforaviation.com/data/profiles/airlines>
- 4) 法務省：出入国管理統計表,
http://www.moj.go.jp/housei/toukei/toukei_ichiran_nyukan.html
- 5) 観光庁：観光ビジョン実現プログラム 2017,
<http://www.mlit.go.jp/common/001186595.pdf>
- 6) 国土交通省報道発表資料,
http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku19_hh_000070.html
- 7) 村上英樹：LCC 参入後の航空市場形態，運輸と経済，Vol.72, No.12, pp.15-21, 2012.
- 8) 花岡伸也：LCC の本質と国内 LCC の将来，ていくおふ，No.137, pp.12-21, 2015.
- 9) 花岡伸也：アジアの LCC の運賃分析，運輸と経済，Vol.72, No.12, pp.1-7, 2012.
- 10) 石倉智樹，山本浩平，小根山裕之：国内線格安航空会社参入による需要誘発および航空会社間競争への影響に関する分析，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol.5, No.5, pp.701-707, 2014.
- 11) 井上岳，丹精清輝，喜渡基弘，今橋喬広：ベルトラン・ナッシュ均衡モデルによる格安航空会社(LCC)の本邦航空市場参入の影響に関する分析，運輸政策研究，Vol.16, No.2, pp.30-42, 2013.
- 12) 山田幸宏，井上岳，小野正博：路線別国際航空旅客数の推定方法，国土総合技術研究資料，No.786, 2014.
- 13) 寺崎淳也，鹿島茂，谷下雅義，大根田洋祐：国際航空旅客市場における都市圏間順流動旅客数の推定，運輸政策研究，Vol.13, No.2, pp.14-22, 2010.
- 14) Matsuyamoto, H.: International air network structures and air traffic density of world cities, Transportation Research Part E, Vol.43, pp.269-282, 2007.
- 15) Khadaroo, J. and Seetanah, B.: The role of transport infrastructure in international tourism development: A gravity model approach, Tourism Management, Vol.29, pp.831-840, 2008.

(2018. 7. 31 受付)

A STUDY ON INTERCITY FLIGHT CONNECTION MODEL IN ASIA REGION

Kazuya YOKOSE and Tetsuo SHIMIZU

This paper proposes the practical model which represents flight connection probability between any cities with airport basing logistic model. The model has logistic function whose explanatory variables represent socio-economic and tourist attraction status.

The model parameters are estimated in the network of eleven countries/regions with 436 cities in east Asia and south east Asia. It is found out that all parameters are enough significant, however its forecasting precision should be improved.