

LCC 参入による総旅行量への影響分析

高本 優生¹・山口 裕通²・中山 晶一郎³

¹学生非会員 金沢大学 理工学域環境デザイン学類

E-mail: eggprince317@stu.kanazawa-u.ac.jp

²正会員 金沢大学助教 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: hyamaguchi@se.kanazawa-u.ac.jp

³正会員 金沢大学教授 理工研究域地球社会基盤学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

E-mail: nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

2012 年の「LCC 元年」以降、LCC の国内路線が大きく拡大されており、これらの路線拡大は旅行行動に大きな影響を与えたことが予想される。この影響には、新規需要を創出し旅行者総数が増加したパターンと、既存の大手航空会社や鉄道から旅客を奪うというパターンが考えられる。そこで、本稿ではモバイル空間統計を用いて、LCC 参入による効果を明らかにすることを試みた。その結果、LCC のある OD で旅行者数の増加は見られたが、景気や新幹線開業等の影響を考慮すると、LCC の参入が旅行者総数に影響を与えていると言い切れるものではないことがわかった。

Key Words: LCC (Low Cost Carrier), mobile space statistics, total travel volume

1. はじめに

(1) 研究背景

2012 年以降、全日空 (ANA)、日本航空 (JAL) は相次いで外国資本等と共同出資し、国内に複数の格安航空会社 (LCC: Low Cost Carrier) が路線就航した。LCC とは花岡¹⁾の定義に従えば、「効率化によって低価格かつサービスが簡素化されていることと引き換えに低い航空運賃を提供する航空会社」のことを指す。航空路線網に LCC という新たなキャリアが参入したことにより交通手段の選択肢が増え、国内の旅行行動は大きく変化しつつあることが予想される。そして、それぞれの航空会社は低価格運賃設定を通じ、新たな需要層を創出することが予想され、日本経済の活性化に繋げうるものである。このことから、2012 年は「LCC 元年」と呼ばれており、LCC は 2019 年現在も路線の拡大が進んでいる。

航空モード間のみで見ると、「LCC 参入効果」は数字として如実に表れており (一部路線を除く)、様々なデータを基に多くの研究がなされている。国土交通省²⁾は、我が国で起こった LCC 参入効果をデータで分析した結果として LCC による新規需要の増加を示唆し

ている。大阪-福岡、仙台、石垣や名古屋-新千歳、鹿児島、福岡といった路線では、全日空 (ANA)、日本航空 (JAL) などの大手航空会社 (以下 FSC: Full Service Carrier) が横ばいまたは増加した上で、LCC も旅客数を増やしている。これは、FSC を利用していた需要を奪うことなく、LCC が新たな旅行需要を創出したと考えられる。一方で、それ以外の路線においては FSC の利用者が減少し、LCC が増加した路線であり、路線により状況は異なることが分かる。このように明確な LCC の参入効果が確認されるものの、国内の LCC 市場はまだ発展途上な状態である。中部国際空港では 2019 年に LCC 専用の新ターミナルが建設予定であり、全国的にみても今後更なる LCC 路線網の拡大が予想される。

一方で、LCC が就航した、もしくは今後就航の可能性のある地方自治体からの視点で見ると、「航空市場に登場した LCC という新たなキャリアが新規需要を創出した」という結果は、より多くの観光客が流入することを意味しており、地域の発展に直接つながる要素であろう。実際に、LCC 参入によって運賃が大幅に下がることで、観光客がこれまでは高コストのためにあきらめていた (潜在していた) 旅行需要を顕在化できるようになったとすると、「新規需要の創出」は十分

に考えられる。さらには、LCC を用いた「日帰り旅行」など新たな旅行形態も提示されており、これまで実現されていなかった新規需要が増えることも期待される。

しかし、これまでの分析では、純粋な「新しく創出された旅行行動」を分析してきたとは言い難い。なぜなら、この質問に回答するためには、航空だけでなく新幹線や高速道路といった既に充実した都市間交通ネットワークが張り巡らされている日本において、他のモードとの競争関係も無視できない。そのために、航空路線のみのデータから、新規需要を創出したと判断することは不可能である。つまり、各都市間の鉄道路線、高速道路網の LOS・旅行数なども考慮しながら LCC 参入効果を分析することが必要である。

現状では、地方自治体が空港・あるいは航空会社に公的資金を投じて航空路線を維持しているケースが多くある。たしかに、公共交通機関であるが故に、その地方の最低限の LOS を確保するためとして必要なケースも存在する一方で、不適当な需要予測のもとで余計に公的資金を支出しているケースも十分に考える。そのため、本研究を通じて他の交通機関や旅行総数の変化の側面から LCC をはじめとする航空路線の存在効果を推定することで、「その自治体の観光客総数の増加に繋がるか」、ひいては「地方自治体として資金を投じて LCC を誘致すべきか」ということを定量的に議論できる。ここで、全てのモードを含めて、旅行総数の増加が十分に期待できる場合は、LCC は地方が優先して誘致する根拠となりうる、一方で LCC 参入によって単に他の交通機関から旅客が奪われ総数として変化がない場合は、観光収入には繋がらない上に不必要な市場への介入であり、地方自治体として公的資金を投入すべきケースではないと判断できる。

(2) 本研究の着眼点と目的

以上のような研究背景から本研究では、長距離旅行における LCC 参入による効果・影響について分析を行っていく。

分析対象とするモードは

- ①FSC (Full Service Carrier)
- ②LCC (Low Cost Carrier)
- ③RAIL (新幹線・特急)

の 3 つとし、LCC 就航前後で人々の選択行動はどのように変わったのかを定量的に推定する。

また、LCC 参入による旅行行動の変化としては、以下の 1~3 の 3 パターンが考えられる。

- (1)FSC (ANA, JAL) から利用者を奪った
- (2)RAIL (新幹線、特急等) から利用者を奪った
- (3)新しい需要を喚起した

本研究では、上記の(1)~(3)の考えられる 3 種類の LCC

効果のすべてを取り扱った分析を目指す。LCC が新規需要を創出する場合、図 1 のように旅行者総数が増加する結果となる。一方、LCC が FSC と競合関係にある場合、図 2 のように FSC から旅客を奪うという結果になると予想される。まず 2 で(3)の部分に相当する効果を分析する内容である「旅行総数の増加効果」について、モバイル空間統計を用いて分析する。次に、3 で(1)と(2)に相当する「モード間の競合関係」について全国幹線旅客純流動調査を用いた離散選択モデル(Discrete Choice model)の一種であるネスティッドロジットモデル(Nested Logit model)の推定を提案する。具体的には、階層型のモデルであるネスティッドロジットモデルを用いて鉄道・LCC・FSC の選択構造を明らかにする方法論を述べる。

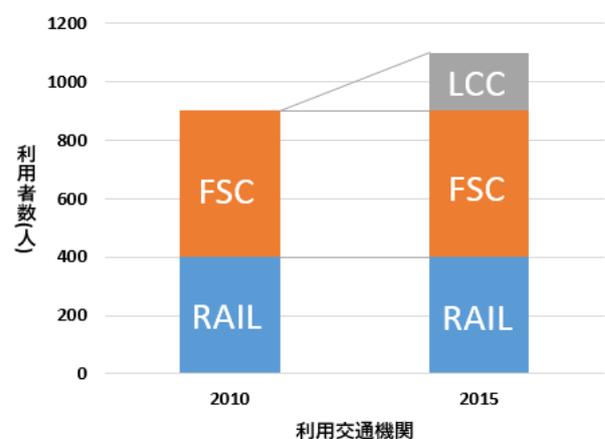


図 1. LCC が独立したモードの場合

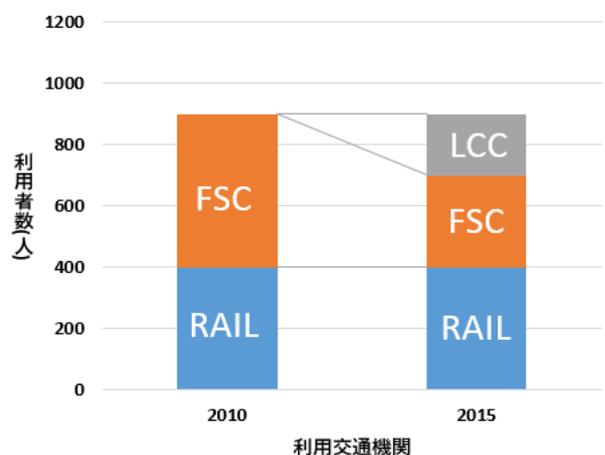


図 2. LCC が FSC と競合関係にある場合

(3) 関連する既存研究と本研究の位置づけ

ここで、国内における LCC に関する研究を整理していく。花岡ら³⁴⁾は LCC という新たなキャリアとは何か、という問いに対し、諸外国と比較しながら LCC 専用ターミナルをはじめとする簡素化されたサービスについて、LCC の本質と我が国における LCC の在り方に言及している。また、日本に到達した LCC という波を日本という特徴ある国においてどのように受け入れら

れるのか予想し、今後の日本の LCC について述べている。

竹林⁹⁾は我が国における LCC の参入状況に加えて本格的な参入の可能性について、エアラインの供給量競争とそれによる路線設計問題を同時に研究するモデルを提案することを通じて検討している。

また、国内の LCC の競争分析も行われている。村上¹⁰⁾によれば、日本では LCC のような低価格戦略が苦戦している理由として以下の要因を挙げている。まず、FSC の運賃が高額なために旅客を奪いやすい市場環境であるにもかかわらず、高コストがかかっていることが原因で十分に思い切った低運賃を設定できてない。その他にも、羽田空港をはじめとする大都市近辺空港における発着枠の制約がある。さらに、FSC による熾烈な対抗競争により利潤を失っている上に、スカイマークなど LCC 同士の同一路線競争という米国でもほとんどない例を戦略としている現状があり、自分の首を絞めているようなケースが散見されるという。

しかし、このような状況においても、Peach Aviation 株式会社（以下：Peach）のプレスリリース⁷⁾によると、Peach は、就航からわずか 2 年余りで黒字化を達成し、2015 年 3 月期決算では、2 年連続の増収増益を実現するなど、低運賃を実現しながら利益を生み出す経営基盤を構築し、着実に実績を積み上げている。2012 年 3 月 1 日、3 機の航空機で国内線 2 路線の運航を開始した当初の便数は 1 日 14 便、1 日あたりの搭乗者数はわずか 1,800 人あまりだったが、2015 年には 16 機の航空機で国内線 12 路線、国際線 7 路線の計 19 路線で 1 日約 80 便を運航し、同年 8 月 6 日には累計搭乗者数が 1000 万人にのぼり、1 日当たりの搭乗者数は 1 万 2 千人以上にのぼった。そして 2019 年 2 月までに、路線数を国内線 16 路線、国際線 15 路線までに増やし、2017 年 3 月期決算においても営業利益率 12.2%、4 年連続増収増益と着実に成長を続けている。

以上のように、LCC とは何かという分析や、既存の大手航空会社との競争分析は多くなされている。一方で、旅客者数の動向に言及した研究は十分になされていないのが現状である。我が国における LCC の発展に関する研究において「LCC が持続することが、果たして国民経済によいことなのか」を確認することは、非常に重大な意味を持つ。先にも述べたように、LCC を誘致する側の地方自治体としての関心事は、旅行者の総数が増加するか否かである。

しかし、これまで行われてきた旅客数の変化に関する研究に関しては、航空モード間のみでシェアの奪い合いがどのように変化したかに留まっており、国内旅行に関して日本特有の、地上に張り巡らされた新幹線などの鉄道網を含めた LCC の参入効果分析は、未だな

されていないのが現状である。また、近々公開予定の全国幹線旅客純流動調査も LCC の参入効果を明らかにできる可能性を秘めている。

本研究では、国土交通省が監修した全国幹線旅客純流動調査(調査時点：第 5 回、第 6 回)、ドコモインサイトマーケティング社が提供するモバイル空間統計を用いて、交通手段の選択肢の構造、旅行行動がどのように変化したのかを定量的に分析する。全国幹線旅客純流動調査は、調査間隔こそ 5 年と長いものの、個人属性が非常に細かいレベル(詳細は後述)で整理されている。また、モバイル空間統計は、交通機関を特定することはできないものの、旅客の旅行行動を 1 時間毎という細かい時間間隔で把握することができる。

これらを用いて、これまで十分に分析されてこなかった「LCC 参入によって純粋に旅行数の総量が増えたか」というポイントも含めて LCC 参入効果を明らかにすることを目的とする。

2. モバイル空間統計を用いた統計分析

(1) モバイル空間統計の概要

本研究では、OD ベースの旅行量データとして、株式会社ドコモ・インサイトマーケティングが提供するモバイル空間統計を用いる。モバイル空間統計は、各携帯電話の位置情報が周期的に各地の基地局エリアごとに把握されていることを利用し、各基地局が管轄するエリア内の NTT ドコモの携帯電話台数から、都市における人口分布を推計したものである。モバイル空間統計は人口分布、性別・年齢階層別人口構成、地域間の移動人口からなる。推計対象となる空間的な範囲は携帯電話のサービスエリアとほぼ等しく、日本全国の市区町村役場を 100%カバーしている。また、時間的には最も細かい情報では、携帯電話ネットワークが各基地局エリアに所在する携帯電話を把握する頻度(おおよそ 1 時間毎)の単位で、継続的なデータを作成することが可能である。

このモバイル空間統計の滞在データには、「居住地」「性別」「年代」の属性データが付与されている。例えば、A 県に居住し B 県に 13 時に滞在する 30 代の男性が何人かというデータを長期的かつ継続して取得することができるため、本研究に必要な、旅行者の総数の変化を、比較的正確に取得することができる。本研究では、長距離の移動行動を対象としており都道府県単位の移動データを用いて分析していく。また、時間としては、最も旅行先に滞在している可能性が高いと思われる、昼間 13:00~14:00 の 1 時間のデータを用いていく。

モバイル空間統計はその仕組み上、いくつか留意点がある。まず各基地局のエリア単位で把握される運用データが基礎となるため、メッシュデータの空間解像度は基地局の密度（数百 m～数km間隔）に依存する。また推計対象とする人口の範囲は携帯電話の利用人口に依存する。とくに、普及率が低い 80 歳以上や、携帯電話サービスの契約を行えない 14 歳以下に関する人口はモバイル空間統計の推計対象外とされており、年齢層が 15～79 歳の人口が推計対象となる。NTT ドコモの携帯電話利用者をサンプルとする統計的な推定情報であるために、真の滞在人口とモバイル空間統計により推計された人口の間には誤差が生じる。モバイル空間統計による推計人口の信頼性については、既存統計との比較検証を行っており、メッシュ内人口が 1,000 人程度以上あり、かつ 1km メッシュレベルであれば、人口推計に一定の信頼性があることが示されている。滞在人口のデータは最も細かい空間単位で 250m メッシュまで詳細に取得できるがそのメッシュに滞在人口が少ない場合には、プライバシー保護の関係から秘匿処理されてしまう。そのため用いるデータのメッシュの大きさには留意する必要がある。そのため、モバイル空間統計は図-3.1 に示すように、[1] 人口統計の作成に不要な電話番号の様な個人を識別できる情報を運用データから除去する、また生年月日を年齢層に変換するなどの「非識別化処理」、[2] 性別・年代別などの属性別に携帯電話の台数を数え、ドコモの携帯電話の普及率を加味し人口推計を行う「集計処理」、[3] 推計人口のなかで少ない人口を除去もしくは丸め込む「秘匿処理」の三段階の手順で作成される。このような手順を踏むことにより、モバイル空間統計は集団の人数のみをあらわす人口統計となり、個人を特定することはできないように配慮されている。都道府県単位のデータを分析する本研究では、この処理による影響はほとんどないと思われる。また、モバイル空間統計のデータは、旅行者数などの移動数の「総数」がわかるため、定量的、俯瞰的な分析ができる一方で、A 県から B 県に移動した時の「目的」「移動手段」はわからないという欠点がある。LCC 効果の把握を目的とする本研究では、移動手段の情報は必要不可欠である。そのため、移動手段の情報も把握することができる全国幹線旅客純流動調査も組み合わせ推測していく。

(2) 分析の概要

本研究の分析対象は各都道府県間を移動した旅行者数である。そして、LCC 就航効果を読み取るため、LCC 就航前と就航後の旅客人数を比較していく。しかし、モバイル空間統計のサービス開始が 2014 年 3 月からであり、それより前のデータを分析することはでき

ない。

そこで、本研究では 2014 年の 3 月以降で LCC が新たに就航した都道府県ペア（大阪⇄大分、熊本、宮崎）と、これとの比較分析のため LCC の就航のない都道府県（大阪⇄佐賀、広島、新潟）の旅行人数を抽出してその変化を分析していく。またこれらの都道府県ペア間の旅行人数は、お盆や年末年始等に旅行数が大きく増加するという季節変動の特徴があり、この変動を適切に扱わなければ正確に LCC 効果を推計することはできない。そのため、LCC の就航日から同じ季節の半年間もしくは 1 年間の平均値 $\bar{n}_{(i,j),P_{\text{aft}}}$ をとり、さらに比較対象である就航前についても同一季節・期間の平均値 $\bar{n}_{(i,j),P_{\text{bef}}}$ を比較することで分析する。これらの平均値は、日付 d における、居住地 i ・滞在地 j の推計人口を $n_{(i,j),d}$ とすると、以下の式(1)から算出できる：

$$\bar{n}_{(i,j),P} = \frac{1}{N(P)} \sum_{d \in P} n_{(i,j),d} \quad (1)$$

ここで、 $N(P)$ は期間 P に含まれる日数を意味する。本分析では、都道府県ペア (i,j) と期間 P について、以下の表 1 に示す期間を集計して分析を行った。

表 1. 対象 OD

	対象 OD
LCC 就航有	大阪⇄大分, 熊本, 宮崎
LCC 就航無	大阪⇄佐賀, 広島, 新潟

さらに、全都道府県を網羅的に分析することで、LCC が就航した地域は LCC の就航がない地域に比べて旅行者数が増えているかの分析も実施していく。そのため、大阪を基準としての旅行人数の平均 $\bar{n}_{(i,j),P}$ の比をとる。これを式(2)に示す。

$$R_{(i,j)} = \frac{\bar{n}_{(i,j),P_{\text{aft}}}}{\bar{n}_{(i,j),P_{\text{bef}}}} \quad (2)$$

このとき、 $P_{\text{aft}} = [2014.04.01 \sim 2015.03.31]$ 、 $P_{\text{bef}} = [2015.04.01 \sim 2016.03.31]$ として算出する。ただし、2016.02.29 は除く。

(3) モバイル空間統計の分析結果

前節の表-1 の都道府県間ペアごとに毎日の推計人口 $n_{(i,j),d}$ の変化と、その差分を表 2, 3 に示す。まず、就航前の時系列推移をみると、通常の平日では 1,000 人程度であるが、毎週末には 500 人から 1,000 人増加するような時間変動がある。さらに、GW・夏休み・シルバーウィークの期間には、2,000 人から 3,000 人ほどの人が熊本県に訪れていることが分かる。次に、就航前後の差を見ていこう。大半の期間では就航後も就航前と同じ

ような時間変動であり、旅行者数が増加したことはあまり確認できないが、7月の期間とシルバーウィークに限っては就航前より就航後の方が大きく増えていることが分かる。その結果を図3に示す。就航前後の平均値を算出した結果は、1,420人（就航前）と1,529人（就航後）であり、1日あたりで129人も増加していることがわかる。この平均人数は、LCCの航空機1機あたりの座席数（200-300席）と比較すると十分に大きく、かなり総旅行量が就航前と後で増えたといえるであろう。

次に、逆方向の熊本居住・大阪滞在の推計人口を図4で確認していく。純粋な旅行者数の変化で見ると、LCCのある区間では旅行者数が増加している。結果は図-1のグラフに示す。大阪⇄大分、熊本、宮崎いずれのODも大阪発で地方に向かう便より、地方発で大阪着の便の方がより旅客数の増加が顕著であった。しかし、LCCの就航がなかった、大阪⇄佐賀、広島、新潟のODに関して同様に分析した結果、こちらも旅客数が増加している地域が多いという結果になった。

そこで、前節でも述べたように、各都道府県の中でLCCが就航した地域はLCCの就航がない地域に比べて旅行者数が増えているかを分析するため、旅行人数の平均 \bar{n} の比をとりLCCの有無で比較した。これをグラフに表したものが図5である。全都道府県の中で、祝日等の年毎の変動が少ない5/7~8/5の区間で平均値をとり、その比をとったものがこのグラフである。 \bar{n} (就航後)/ \bar{n} (就航前)で2期間の分析を行った結果、大阪より東（都道府県コードが若い）都道府県では旅行者数が増加、九州地方では旅行者が減少している地域もみられた。ここにLCCが就航した都道府県をプロットすると図のようになる。LCCが新たに就航したにも関わらず、旅行者が減少している地域があり、景気だけでなくその他の交通機関や地域的影響がLCC効果に比べてかなり大きいということが分かった。

以上の分析より、今回のモバイル空間統計を用いた分析においては、一概にLCCの効果であると言い切れないという結果になった。LCCの効果か否かを断定するには、景気の影響を除去する必要がある。

また、景気の影響を考慮するために推計を行った「大阪→各都道府県」の旅行人数の平均 \bar{n} の比をとった図-3.8を見ても、年毎の変化が地域によってばらつきが非常に大きいことがわかる。

これらの結果より、景気以外のノイズ(景気の変動の地域差、新幹線の開業等)の影響が大きいと考えられ、ODベースのモバイル空間統計のデータを用いた分析では、1で述べた「(3)新しい需要を喚起した」という効果は確認ができなかった。また、人口規模の影響除去を行っても同様の結論となった。

表 2.LCC就航有路線と1日平均とその差分

	1日平均		
	就航前	就航後	差
大阪(居住地)関西 - 熊本	2372	2390	18
熊本(居住地) - 大阪関西	1420	1549	129
大阪(居住地)関西 - 大分	1993	2034	41

表 3.LCC就航無路線と1日平均とその差分

	1日平均		
	2014年度	2015年度	差
大分(居住地) - 大阪関西	1081	1177	96
大阪(居住地)関西 - 宮崎	1487	1506	19
宮崎(居住地) - 大阪関西	989	1049	60

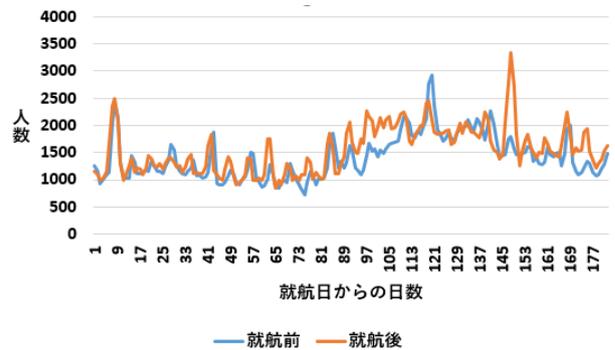


図 3. 大阪(居住地)関西 - 熊本線

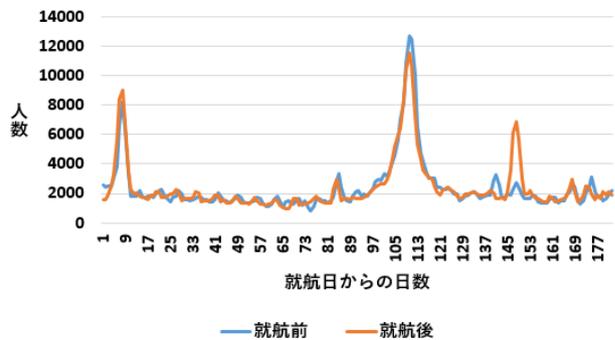


図 4. 熊本(居住地) - 大阪関西線

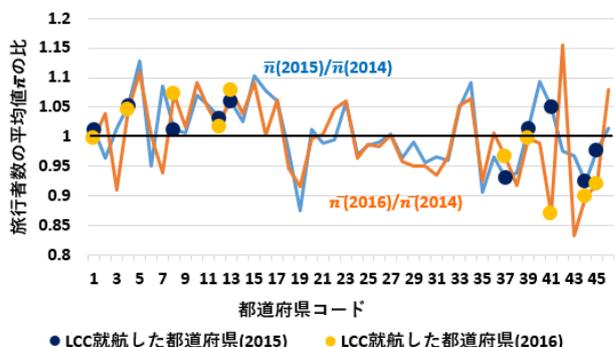


図 5. 大阪→各都道府県

3. 離散選択モデルを用いた交通機関選択推定

(1) 本研究で提案する解析方法

前では、「LCC の参入によって長距離旅行における交通機関選択にどのような変化が生じたか」に着目して、旅行者総数の側面を分析した。そのために、モバイル空間統計の OD ベースの情報をを用いて都道府県間を移動した旅行者の数が就航前と就航後で度だけ変化したのかに注目して、分析を行った。就航前後の同一期間で分析を行ったところ、すべてのモードを合算した OD 毎の旅行者数が LCC の参入した OD で増加することがわかった。しかし、LCC のない OD に関しても同様に旅行者数が増加しており、一概に LCC の参入による影響であると断定できるものではないという結果となった。そこで、景気の影響の除去や人口規模の影響の除去を試みたものの、新幹線の影響や九州地方を襲った豪雨、震災などの影響が大きいために、OD ベースの分析では LCC の開業による影響だけを明確に抽出することは困難であることがわかった。一方で、LCC の開業によって生まれる旅客者数の変化は、例えば北陸新幹線の開業効果よりもはるかに小さく、景気等の影響をしのぐほどの大きな変化ではないということが明らかになった。

今後 LCC の効果をさらに分析するためには、モードベースの分析が必要になる。モード間の関係性を分析し、交通機関同士の類似性を明らかにすることで、どのモード間が競合関係にあるのかを明らかにすることができる。そこで、今年公開予定である全国幹線旅客純流動調査（第 6 回：2015 年）を用いる。全国幹線旅客純流動調査は我が国の幹線交通機関における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り、5 年に 1 回（休日・平日）アンケート形式で行われている。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いる。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。2010 年に行われた第 5 回の調査と第 6 回を組み合わせることで、2010～2015 年に就航した LCC によって旅行者のモード選択にどのような変化が観測されたかを分析することができる。

具体的には、全国幹線旅客純流動調査を用いて離散選択モデルの最尤推定を提案する。構成としては、はじめに離散選択についての概要を述べ、階層型のロジットモデルを用いて選択肢構造を明らかにする。

本稿では、関西国際空港を発着し地方を繋ぐ便を LCC と定義し、伊丹空港を発着する便を FSC と定義する。なお、関西国際空港は関空-東京、新千歳、沖縄等の旅客数が多い路線は FSC や外資系の航空会社(カンタ

ス航空、ルフトハンザ航空)が就航しており、関西国際空港発着の便を LCC とみなすことはできないため、我が国の LCC であるピーチ・アビエーションとジェットスター・ジャパンが就航した OD のみを抽出し分析を行う。

(2) ネスティッドロジットモデルの概要

本研究では、各交通機関間の関連性を議論するため、離散選択モデル (Discrete Choice model) の一種である選択肢の類似性(競合関係の強さ)を扱えるネスティッドロジット(Nested Logit model)モデルを採用する。誤差項の実値を確率的に生成させ、式(3)で表す効用関数に従い効用を算出し、最大となった選択肢が選ばれるというランダム効用最大モデルの考え方に基づいて推定を行う。

$$U_{i,n} = x_s s_f + x_t t_f + x_a a_f + x_d a_d + \varepsilon_{i,n} \quad (3)$$

$U_{i,n}$: 個人 n が選択肢 i を選択したときの効用

s_f, t_f, a_f, a_d : 説明変数(各交通機関の便数, 所要時間, 空港アクセス時間, 直線距離)

x_s, x_t, x_a : 説明変数に関するパラメータ

$\varepsilon_{i,n}$: 個人 n の選択肢 i に関する誤差項 (Gumbel 分布に従う)

ネスティッドロジットモデルでは、類似した選択肢 i は 1 つのネストにまとめられ、同一のネスト内では ΠA 特性が保たれるが、異なるネスト間では ΠA 特性は保持されない。二重構造のネストを仮定すると、上位ネストで選択肢 i が選ばれた後に、下位ネストで選択肢 j が選ばれる同時確率は、式(4)のように表される。

$$\begin{aligned} P_{(i,j)} &= P(i)P(j|i) \\ &= \frac{\exp(V_i + \lambda U_i)}{\sum_i \exp(V_i + \lambda U_i)} \cdot \frac{\exp(V_{j,i})}{\sum_i \exp(V_{j,i})} \end{aligned} \quad (4)$$

すなわち、選択肢 i が選択肢 j が選ばれる同時確率は、上位ネストで選択肢 i が選ばれる周辺確率と、選択肢 i が選ばれたもとの、下位選択肢 j が選ばれる条件付確率の席となる。このとき、下位ネストの合成効用 U を上位ネストの確定項も組み入れて計算する。下位ネストの合成効用は式(5)のように表され、仮定したネスト構造が正しければ、合成効用のスケールパラメータ λ は 0 から 1 の間をとる。パラメータ λ が 1 のときは、仮定したネスト構造は無意味(無相関)であり、通常の多項ロジットモデルと等しくなる。

$$U_i = \ln \sum_j \exp(V_{j,i}) \quad (5)$$

ネスティッドロジットモデルを適用するにあたり、選択肢のネスト構造を仮定することが必要になる。前述のように、モバイル空間統計や全国幹線旅客純流動調

査を用いた OD ベースの分析では FSC と旅客の奪い合いが起こっているとは考えにくい集計結果が得られたため、いま下記の図 4.6 のような構造を仮定した。図のように LCC が新しいモードかつ FSC と RAIL が競合関係にあるという推定結果になった場合、LCC が独立であり、FSC と新幹線の誤差項の間に相関があるネスト構造となる。考えられる 3 種類のの構造の中で、最も尤度が最大となるものを、より良い予測をするモデルとみなす。LCC, FSC, RAIL が独立である 3 パターンが考えられる。

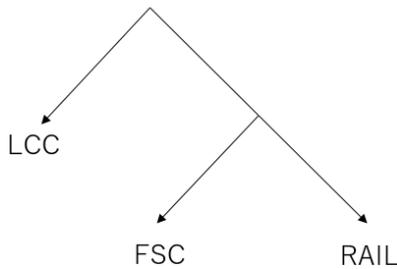


図 6. 交通機関選択のネスト構造 (LCC 独立)

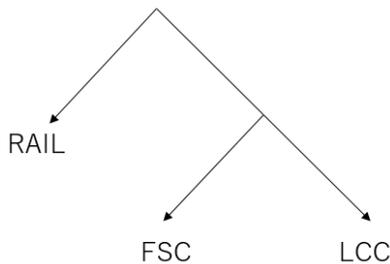


図 7. 交通機関選択のネスト構造 (RAIL 独立)

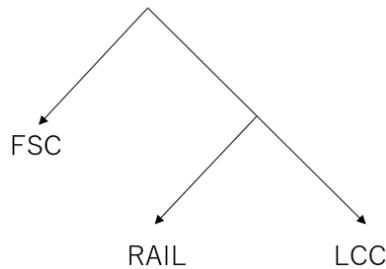


図 8. 交通機関選択のネスト構造 (FSC 独立)

このとき、各々の交通機関の選択確率 P_f は式(4-18)のように表現される。この式を用いて最尤推定を行う。

$$\begin{cases} P_{LCC} = \frac{\exp(V_{LCC})}{\exp(V_{LCC}) + \{\exp(V_{FSC}/\lambda) + \exp(V_{RAIL}/\lambda)\}^\lambda} & (6) \\ P_{FSC} = \frac{\exp(V_{FSC}/\lambda) \{\exp(V_{FSC}/\lambda) + \exp(V_{RAIL}/\lambda)\}^{\lambda-1}}{\exp(V_{LCC}) + \{\exp(V_{FSC}/\lambda) + \exp(V_{RAIL}/\lambda)\}^\lambda} & (7) \\ P_{RAIL} = \frac{\exp(V_{RAIL}/\lambda) \{\exp(V_{FSC}/\lambda) + \exp(V_{RAIL}/\lambda)\}^{\lambda-1}}{\exp(V_{LCC}) + \{\exp(V_{FSC}/\lambda) + \exp(V_{RAIL}/\lambda)\}^\lambda} & (8) \end{cases}$$

λ : スケールパラメータ

本稿では、以上のようなモデルを作成し、分析することによって LCC 参入効果について、モード間の競合

(代替) 関係も含めて明らかにできる可能性が高い。とくに、2 のモバイル空間統計を用いた研究において、LCC 参入により旅行数自体が増加している箇所が部分的に確認されており、このような効果が大きいとすると、ネスティッドロジットモデルで最尤推定される構造は図 6 になる可能性が高いと期待される。この場合は、FSC と新幹線の間ほど代替関係は強くなく、低価格で移動できる新しい手段として旅行行動の変化に寄与するようなものであり、その点で地方自治体などがある程度、新しく誘致をとる戦略の妥当性を示すことができる可能性がある。

4. おわりに

本稿の結果をまとめながら、研究により明らかとなった LCC 参入効果に関する知見や、それらに関する考察を行う。本研究では、「LCC の参入によって長距離旅行における交通機関選択にどのような変化が生じたか」に着目して、旅行者総数の側面とモードシェアの変化を分析した。まず、旅行者総数への LCC 参入効果の分析をするための OD ベースの分析を、モバイル空間統計を用いて行った。その上で、モード別の変化を考慮して分析するため全国幹線旅客純流動調査を用いて分析を行った。さらに、モードの選択行動がどのような構造をしているのか (選択枝間の相関関係がどのようになっているか) を推定するため、離散選択モデルの考えに基づき、選択枝間の類似性を扱うことのできるネスティッドロジットモデルの構築を提案した。また、本モデルで構築したモデルを用いてシミュレーション分析を行った。

2 のモバイル空間統計を用いた OD ベースの分析では、LCC 就航前と就航後について同じ期間で分析を行ったところ、すべてのモードを合算した OD ごとの旅客者数が LCC の参入した OD ペアで増加することが分かった。しかし、LCC のない OD に関しても同様に旅行者数が増加しており、一概に LCC の効果であると断定できるものではなかった。そこで、景気の影響除去を試みたものの、新幹線の開業などを含む LCC 参入以外での旅客数変動が大きいために、OD ベースの分析では LCC の開業による影響だけを明確に抽出することが困難であることが分かった。一方で、LCC の開業によって生まれる旅客数の変化は、例えば北陸新幹線開業の効果よりもはるかに小さく、景気等の影響を凌ぐほどの大きな変化ではないということが明らかになった。

続いて、3 ではモード間の関係性を明らかにするために、離散選択モデルの一種であるネスティッドロジットモデルを提案した。これは、近々公開予定の全国幹

線旅客純流動調査を用いた分析である。ネステッドロジットモデルは選択肢の類似性を考慮したものであり、IIA 特性を緩和させる効果がある。LCC の就航によって、FSC, RAIL と比較したときに選択確率がどのように変わったのかを分析することができる。今後、全国幹線旅客純流動調査（第 6 回）が公開され次第、モデルの推定を行う予定である。

謝辞：本研究は、科学研究費補助金・若手研究(B)17K14736、文部科学省卓越研究員事業として支援を受けた研究による成果の一部である。この場を借り、皆様に感謝いたします。

参考文献：

- 1) 国土交通省航空局：我が国の LCC の現状と課題，2013
- 2) 国土交通省国土交通政策研究所：LCC の参入効果分析に関する調査研究，2014
- 3) 花岡伸也：LCC の本質と国内 LCC の将来：ていくおふ，2015 - ide.titech.ac.jp
- 4) 花岡伸也：到達した LCC の波と我が国の行方 - ていくおふ，ANA 総合研究所，2012 - ide.titech.ac.jp
- 5) 竹林幹雄：わが国国内航空旅客輸送市場への LCC 参入に関する一考察 - 土木計画学研究・講演集，2005 - library.jsce.or.jp
- 6)
- 7) Peach Aviation プレスリリース：累計搭乗者数が 1,000 万人を突破
- 8) Shepard, F. P. and Inman, D. L. : Nearshore water circulation related to bottom topography and wave refraction, *Trans. AGU.*, Vol.31, No.2, 1950.
- 9) C. R. ワイリー（富久泰明訳）：工学数学（上），pp.123-140, ブレイン図書，1973.
- 10) Smith, W. : Cellular phone positioning and travel times estimates, *Proc. of 8th ITS World Congress*, CD-ROM, 2000.

THE IMPACT OF LCC ON TOTAL TRAVEL VOLUME
: OBSERVATION IN JAPANESE DOMESTIC MARKET
Yuki TAKAMOTO, Hiromichi YAMAGUCHI and Shoichiro NAKAYAMA

Since "the first year of LCC" in 2012, the domestic routes of LCC have been expanded greatly, and it is expected that these line expansion greatly affected the traveling behavior. The influence may be a pattern that creates new demand and the total number of travelers has increased and a pattern that deprives passengers from existing major airlines and railways. In this paper, we tried to clarify the effect of LCC entry by using mobile space statistics. As a result, the number of tourists increased with OD with LCC. However, considering the impact of the economy and the opening of the bullet train, it turned out that it can not be affirmed that the entry of LCC had an influence on the total number of travelers.