

関西地域における国内航空路線の持続性に関する要因分析

東京交通短期大学 専任講師 眞中今日子

本研究では、2015 年に実施された航空旅客動態調査の個票データを用いて、航空と鉄道の 2 財からなる都市間交通市場を想定した航空需要関数及び運賃関数を推計した。その結果から各路線の自己価格弾力性やアクセス・イグレス弾力性を算出した。自己価格弾力性と所要時間、及び自己価格弾力性と市場シェアの関係から、アクセス・イグレスを含めた総所要時間の短縮が、航空の市場支配力を高める可能性を示唆することができた。併せて、関西 3 空港の利用状況や就航する各路線の自己価格弾力性およびアクセス・イグレス弾力性の算出結果を通じて、関西 3 空港の今後のあるべき姿を検討した。

キーワード：航空と鉄道の関係、競争、代替財、ロジットモデル

1. はじめに

日本の空港は、空の玄関口として公共交通ネットワークの一端を担っている。昨今、航空業界は COVID-19 の世界的な感染拡大を受け、就航路線の減便および撤退・運休の判断をせざるを得ず、航空ネットワークの維持・存続には大きな影響を与えた。特に、地方路線および地方空港はこの影響を大きく受けたであろう。しかし、移動が制限されてもなお航空の役割は変わらず、人やモノの移動を国内外問わず支えている。今後の感染終息に向け、各空港は効率的な空港運営のために、①あらためて空港利用者（旅客）のニーズを確認すること、その上で②求められる路線維持そして路線開拓による航空ネットワークの維持・拡大に目を向けることが求められるだろう。

そこで本研究では、大阪国際空港（以下、伊丹空港）、関西国際空港（以下、関西空港）、そして神戸空港の関西 3 空港に着目し、関西 3 空港を発着する国内路線を対象にその路線の航空ネットワーク維持の要因について、2015 年に実施された航空動態調査の個票データを用いて分析する。本研究は大きく 2 つのセクションに分かれている。

次の第 2 章では、2015 年の航空旅客動態調査の個票データから国内航空需要関数および運賃関数を推定し、自己価格弾力性とアクセ

ス・イグレス費用弾力性をそれぞれ路線ごとに算出する。算出した自己価格弾力性とアクセス・イグレス費用弾力性から、路線ごとの特徴を整理する。国内航空路線を分析対象とするうえで、無視することができないのは鉄道の存在である。日本国内の都市間交通においては鉄道と航空は競合関係にあることが考えられ、互いが代替財として機能している可能性があるからである。そのため、航空と鉄道の 2 財が存在する都市間交通市場を想定し、自己価格弾力性を通じて鉄道との関係も整理し、航空が需要を獲得する要因についても検討する。

続いて第 3 章では、同様に 2015 年の航空旅客動態調査の個票データを用いて、関西 3 空港利用者（旅客）の特徴を 5 つの視点から整理し、今後の需要獲得にむけた各空港の在り方を検討する。第 2 章、3 章の研究を通じて今後の関西地域における航空・空港経営に関する基礎資料を提供することが本研究の研究目的・意義である。

2. 鉄道との関係を考慮した国内航空路線の維持要因分析

2.1 分析モデル

ここでは、分析モデルの概要を述べる。都市間交通市場において、航空と鉄道の関係は

武藤・内山 (2001)¹⁾や山口 (2018)²⁾をはじめとした日本国内をはじめ、多くの国や地域を対象に多くの既存研究にて議論されてきた。本研究でも航空と鉄道の2財からなる都市間交通市場を想定し、需要関数および航空運賃関数を推定した。2015年に実施された航空旅客動態調査の個票データを集計して用い、関西3空港を発着する国内路線252路線を本研究の分析対象とした。

まず、航空と鉄道の競争を考慮した需要関数を、binomial logit modelにて定式化する。本研究では、城本・金本 (2008)³⁾、山口 (2018)²⁾に基づき、交通機関 m ($m=1$ {航空}、 2 {鉄道}) の需要関数を以下のように定義する。 i は起点 (出発地)、 j は終点 (到着地) を示す。

$$Q_{ijm} = M_{ij} \cdot S_{ijm} = M_{ij} \cdot \frac{\exp(\delta_{ijm})}{\sum_{m=1, 2} \exp(\delta_{ijm})} \quad (1)$$

ここで、 Q_{ijm} 、 M_{ij} 、 S_{ijm} は、それぞれ交通機関 m の OD_{ij} 間における需要量、OD_{ij} 間における全交通需要量、および、OD_{ij} 間における交通機関 m のマーケットシェアである。

次に、マーケットシェア S_{ijm} は、logit model から導出されるため、間接効用関数 δ_{ijm} を以下のように定義する。

$$\begin{aligned} \delta_{ij1} &= \alpha + \beta P_{ij1} + \gamma X_{ij1} + \zeta Z_{ij1} + \omega_1 \\ \delta_{ij2} &= \beta P_{ij2} + \gamma X_{ij2} + \zeta Z_{ij2} + \omega_2 \end{aligned}$$

ここで、 P 、 X 、 Z は経済主体が交通機関 m の OD_{ij} 間における運賃、所要時間、および、便数 (頻度) である。 ω_1 、 ω_2 は非確定項 (誤差項) である。 δ_{ijm} は間接効用関数であるため、 $\delta_{ij1} > \delta_{ij2}$ で交通機関 $m=1$ を選択する。交通機関 1 を選択する確率は、

$$\begin{aligned} P(Q_{ij1}) &= P(\delta_{ij1} > \delta_{ij2}) \\ &= P\{\alpha + \beta P_{ij1} + \gamma X_{ij1} + \zeta Z_{ij1} + \omega_1 \\ &\quad > \beta P_{ij2} + \gamma X_{ij2} + \zeta Z_{ij2} + \omega_2\} \\ &= P\{\omega_2 - \omega_1 < \alpha + \beta(P_{ij1} - P_{ij2}) + \gamma(X_{ij1} \\ &\quad - X_{ij2}) + \zeta(Z_{ij1} - Z_{ij2})\} \\ &= F\{\alpha + \beta(P_{ij1} - P_{ij2}) + \gamma(X_{ij1} - X_{ij2}) + \zeta(Z_{ij1} \\ &\quad - Z_{ij2})\} \end{aligned}$$

となる。ここで、 F は確率関数の分布関数である。この分布関数にロジスティック分布 (ガンベル分布) を適用すると以下の式が得られる。

$$\begin{aligned} F(m=1|P_{ij}, X_{ij}, Z_{ij}) \\ = \frac{\exp(\delta_{ij1})}{\exp(\delta_{ij1}) + \exp(\delta_{ij2})} \end{aligned}$$

$$= \frac{\exp(\alpha + \beta P_{ij1} + \gamma X_{ij1} + \zeta Z_{ij1})}{\exp(\alpha + \beta P_{ij1} + \gamma X_{ij1} + \zeta Z_{ij1}) + \exp(\alpha + \beta P_{ij2} + \gamma X_{ij2} + \zeta Z_{ij2})} \quad (2)$$

(2)を(1)に代入することで Q_{ijm} を導出する。

$$Q_{ijm} = M_{ij} \cdot S_{ijm} = M_{ij} \cdot \frac{\exp(\alpha + \beta P_{ij1} + \gamma X_{ij1} + \zeta Z_{ij1})}{\exp(\alpha + \beta P_{ij1} + \gamma X_{ij1} + \zeta Z_{ij1}) + \exp(\alpha + \beta P_{ij2} + \gamma X_{ij2} + \zeta Z_{ij2})} \quad (3)$$

さらに、需要関数を推定するために、

$\ln(Q_{ij1}) - \ln(Q_{ij2})$ を求める。

$$\begin{aligned} \ln(Q_{ij1}) - \ln(Q_{ij2}) &= \delta_1 - \delta_2 \\ &= \alpha + \beta(P_{ij1} - P_{ij2}) + \gamma(X_{ij1} \\ &\quad - X_{ij2}) + \zeta(Z_{ij1} - Z_{ij2}) \\ &\quad + \omega_3 \quad (4) \end{aligned}$$

ω_3 は正規分布に従う攪乱項である。(4)に航空におけるアクセス・イグレスのコストを加える。

$$\begin{aligned} \ln(Q_{ij1}) - \ln(Q_{ij2}) &= \delta_1 - \delta_2 \\ &= \alpha + \beta_1(P_{ij1} - P_{ij2}) + \beta_2(p_{ij1}) \\ &\quad + \gamma(X_{ij1} - X_{ij2}) \\ &\quad + \zeta(Z_{ij1} - Z_{ij2}) + \omega_3 \quad (5) \end{aligned}$$

なお、鉄道におけるアクセス・イグレス費用はその運賃に含むこととする。したがって、本稿では p_{ij2} は定義していない。

国内航空市場においてはクールノー一型の競争が働いているものとし、Dresner et al.(1996)⁴⁾ および、Murakami(2011a)⁵⁾ にならい航空運賃関数を以下のとおり定式化する。

$$p_{ij1} = \lambda(Q_{ij1})^\mu (MC_{ij1})^\tau (Z_{ij1})^\rho (HHI_{ij1})^\rho \prod_{k=1}^n D_{ijk}^{\eta_k} \quad (6)$$

ここで、 P_{ij1} および、 MC_{ij1} は、それぞれ OD_{ij} 間における運賃、限界費用である。Dresner et al. (1996)⁴⁾ は、 μ は需要量 (Q_{ij1}) に対して、正にも負にもなり得ると指摘する。つまり、需要量 (Q_{ij1}) の増加は、高い価格 (P_{ij1}) を生じさせる場合があるほか、高い輸送密度によって、低いコスト (価格) になる場合もあるとする。

さらに、 $\prod_{k=1}^n D_{ijk}^{\eta_k}$ は、OD_{ij} の特性である、鉄道の運賃水準 (P_{ij2})、航空と鉄道の所要時間の比率 (X_{ij1}/X_{ij2})、業務目的比率 (BIZ_{ij1})、両端の地域における一人当たり県民所得の平均値 (Y_{ij}) および LCC ダミー (LCC) の5種類の変数を採用する。

(6)の自然対数をとると、

$$\ln p_{ij1} = \lambda + \mu \ln(Q_{ij1}) + \tau \ln(MC_{ij1}) + \varphi \ln(Z_{ij1}) + \rho \ln(HHI_{ij1}) + \sum_{k=1}^n \eta_k \ln D_{ijk} + \omega_4 \quad (7)$$

が求められる。 ω_4 は正規分布に従う攪乱項である。 MC_{ij1} は OD_{ij} での航空の限界費用であり、Brander and Zhang (1990)⁶⁾にならい、

$$MC_{ij1} = AC \left(\frac{Dist_{ij1}}{AFL} \right)^{-\theta} Dist_{ij1} \quad (8)$$

とする。ACは、交通機関1(航空)の平均費用であり、国内の人キロで割った運行コストとして求められる。 $Dist_{ij1}$ は、ijの距離、AFLは航空における平均航行距離(average flight length)である。 θ については、Oum et al. (1993)⁷⁾が推定した $\theta=0.43$ を用いることとする。(8)を(7)に代入して、式(5)と式(7)をSURで同時推定する。

需要関数・航空運賃関数の推計結果から、各路線の自己価格弾力性を算出する。式(1)を運賃価格 P_{ij1} で微分すると、以下の式(9)となる。

$$\frac{\partial Q_{ij1}}{\partial P_{ij1}} = M_{ij} \cdot \beta_1 \cdot S_{ij1} \cdot (1 - S_{ij1}) \quad (9)$$

式(9)に $\frac{P_{ij1}}{Q_{ij1}}$ をかけると、各航空路線の自己価格弾力性を示す式(10)が算出される。

$$Ep = |\beta_1 \cdot P_{ij1} \cdot (1 - S_{ij1})| \quad (10)$$

本研究では、航空と鉄道の2財のみが存在する都市間交通市場を仮定している。この市場において、自己価格弾力性が高いということは、航空運賃が変化(上昇/下落)することによって航空需要および鉄道需要にも変化をもたらすことを意味する。つまり、同経路上に鉄道という代替財が存在することだと解釈することができる。その一方で、自己価格弾力性が低いということは、航空運賃が変化しても航空需要には変化を与えず、鉄道需要も変化しないことを意味する。つまり、同経路上において、鉄道は代替財の役割を果たしていないと解釈することができるだろう。

2.2 分析結果

図1は、時間比率(アクセス・イグレス所要時間を含む、航空総所要時間/鉄道総所要時間)を横軸に、各路線の自己価格弾力性を縦軸にプロットしたものである。

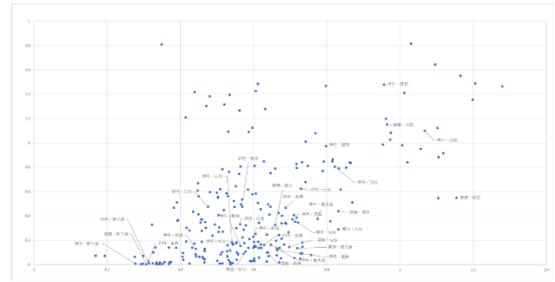


図1 時間比率と弾力性の関係

上図より、自己価格弾力性が0.5以上の比較的弾力的な路線は、一部の路線を除くと、時間比率が0.4から1の間に収まることがわかる。つまり、時間比率が0.4から1の間にある路線では、概ね鉄道が航空の代替財として機能していることを示唆している。時間比率が0.4を下回る経路では、自己価格弾力性が0に近い値をとる経路が多く、これらの経路では鉄道が航空の代替財としての性質を持たない可能性がある。

伊丹・関西空港では、羽田(東京)、福岡(博多)など新幹線と競合している経路では自己価格弾力性が高くなり、鉄道は航空の代替財としての性質を持っていることが明らかになった。一方、新千歳、秋田・仙台をはじめとする北海道・東北地方への路線や長崎・宮崎・松山など新幹線がない、特急など利用し乗り換えが発生する経路では自己価格弾力性が低いことが明らかになった。このような路線では鉄道が航空の代替財としての性質を持たず、航空の市場支配力が高い可能性がある。神戸空港では、羽田便のみが自己価格弾力性が高いことが示された。該当路線は東海道新幹線との競合があるため、鉄道は航空の代替財としての性質を持つものと考えられる。それ以外の路線は自己価格弾力性が低く、他の2空港とも、また鉄道とも異なる路線であることから、独占的な路線ととらえることができるだろう。

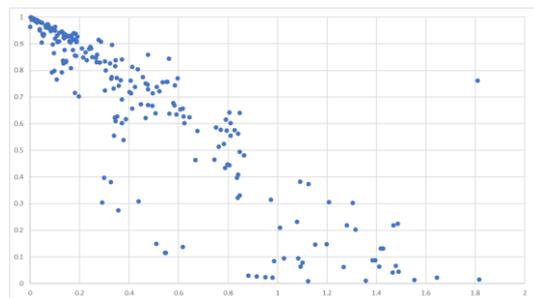


図2 弾力性と市場シェアの関係

また、図2では航空と鉄道の2財のみを仮

定した都市間交通市場において航空が占めるシェアを縦軸に、自己価格弾力性を横軸にプロットしたものを示している。図2から、自己価格弾力性が低いほど、航空の市場シェアが高まる傾向があることが分かる。

図1と合わせて考慮すると、時間比率（航空総所要時間/鉄道総所要時間）が低く、自己価格弾力性が低い経路ほど、航空の市場支配力が強くなることが示される。このことから、鉄道が航空の代替財としての役割を果たしている経路、特に時間比率が0.4~1の経路において、総所要時間の短縮が航空の市場支配力を強くする一つの要因になりうるといえよう。

2.3 アクセス・イグレス弾力性の算出

自己価格弾力性の算出と同様に、式(1)をアクセス・イグレス費用 p_{ij1} で微分すると、以下の式(11)となる。

$$\frac{\partial Q_{ij1}}{\partial p_{ij1}} = M_{ij} \cdot \beta_2 \cdot S_{ij1} \cdot (1 - S_{ij1}) \quad (11)$$

式(11)に $\frac{p_{ij1}}{Q_{ij1}}$ をかけると、各航空路線の需要のアクセス・イグレス費用弾力性を示す式(12)が算出される。

$$Ep = |\beta_2 \cdot p_{ij1} \cdot (1 - S_{ij1})| \quad (12)$$

アクセス・イグレス費用を空港別にみると、関西や神戸は、比較的都心に近い伊丹に比べて高い。アクセス・イグレス費用の相対的に高い郊外の空港は、鉄道（新幹線）だけでなく、同地域に存在するより都心部に近い空港との競合が考えられる。アクセス・イグレス費用が高くなり、航空総費用が増加、また航空総費用におけるアクセス・イグレス費用の比率が高くなると、航空需要に影響を与える可能性がある。

アクセス・イグレス費用弾力性の算出結果より、関西3空港を出発空港とする路線では、伊丹=成田、関西=成田、および関西=羽田、神戸=羽田においてアクセス・イグレス費用弾力性が高くなることが示された。これらの路線は東海道新幹線と競合しており、所要時間や価格において航空と鉄道が拮抗している。そのため、旅客はアクセス・イグレス費用にも敏感になっているものと考えられる。新幹線と競合する経路においては、アクセス・イグレス費用にも気を配る必要があろう。

3. 関西3空港需要の選択要因と特徴の検討

ここでは、①関西3空港の利用目的②空港

利用者の居住地③ビジネス目的での利用者の居住地④利用者が重複すると考えられる伊丹・神戸空港の利用特性⑤利用者の空港アクセス所要時間をそれぞれ整理した。これらの分析から得られたポイントは、以下の通りである。

1) 伊丹空港はビジネス空港、関西・神戸空港は観光空港の要素が強い。関西空港と成田空港は共に観光空港であるが、関西空港は成田空港に比べてビジネス客をうまく取り込んでいる。

2) 神戸市内のビジネス客の半数は神戸空港を、残り半数は伊丹空港を利用する。京都市内のビジネス客は、ほとんどが伊丹空港を利用する。

3) 伊丹空港は大阪市、神戸市、京都市の利用者をはじめとして、滋賀県から岡山県まで幅広く利用者が分布する。また、乗り換え客も多い。

4) 関西空港は大阪市のほか、堺市などの泉州地域と和歌山市のビジネス客が多い。観光・帰省では、泉州地域に加えて和歌山県・奈良県の需要もとらえている。

5) 伊丹空港と神戸空港に挟まれた尼崎・西宮・芦屋エリアの顧客は、強くはないが、東に向かう場合は伊丹空港を、西に向かう場合は神戸空港を利用する傾向が見られる。

6) アクセス時間については、関西3空港で大きな差はなく、それぞれの空港は近郊の需要者を上手く捉えている。

7) アクセス時間は、多くの空港では31分から1時間30分の間の利用者が最も多く、2時間を超えると急激に利用者が減少する。これらの結果を踏まえて、関西3空港の望ましいあり方について簡単にまとめる。

神戸空港については、神戸市、および、その東側の西宮市、尼崎市、大阪市、西側の明石市、姫路市が主要な利用者であり、かつ、観光需要が多い空港でもあることから、神戸市内とその近隣の観光地への観光客の需要をとらえているものと思われる。その一方で、神戸市内のビジネス客の半数は伊丹空港を利用していることから、該当旅客を取り込むために便数や出発時刻をうまく調節する必要がある。伊丹空港よりやや優位である西側の路線（九州・四国方面）を誘致して神戸市内とその東側エリアのビジネス需要を取り込むことも検討に値すると思われる。

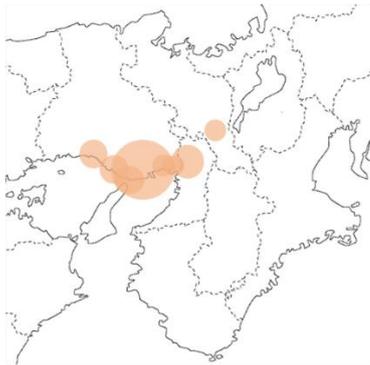


図3 神戸空港の利用者エリア

関西空港については、観光空港であり、かつ、大阪府の南部地域のビジネス需要をうまく捉えていることから、今後も、大阪府、和歌山県、奈良県への観光客需要と、大阪市内南部、泉州地域のビジネス客需要をとらえ続けることが重要である。ただし、大阪市内北部のビジネス需要を考えたとき、伊丹や神戸と比べて、アクセス時間が長くなるためやや不利な状態にあること、そして、アクセス時間が2時間を超えると利用者が大幅に減ることから、2時間以内でアクセスできる大阪市内南部、泉州地域、和歌山県、奈良県のビジネス・観光需要を確実に取り込むのが望ましいかもしれない。

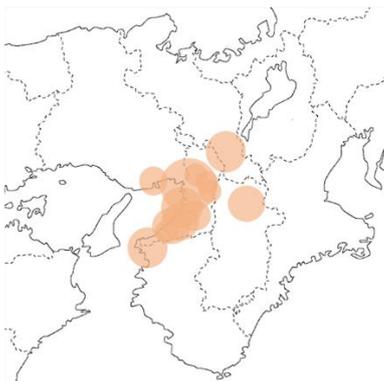


図4 関西空港の利用者エリア

伊丹空港については、大阪市内、京都市内などの関西地域の北部エリアのビジネス需要をうまく捉えている。その一方で、大阪市内北部、兵庫県の神戸市を含む東側の地域において、神戸空港と利用者が重なっている。東

側の路線（関東・東北方面）は神戸空港に比べてやや優位性があるため、路線・便数・発着時間帯を調節して、神戸空港と補完関係を作るなどの工夫が必要になるかもしれない。

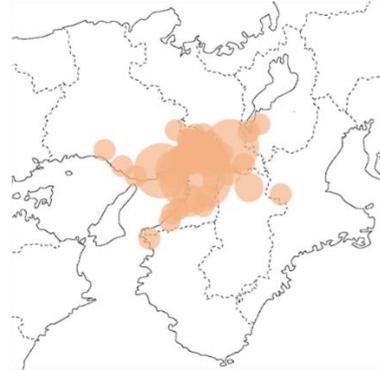


図5 伊丹空港の利用者エリア

4. おわりに

本報告書では、自己価格弾力性およびアクセス・イグレス弾力性を算出することによって、また航空動態調査の個票データを集計・分類し空港利用者の特性を整理することによって、関西3空港の今後の姿について検討してきた。上記の分析結果を踏まえ、以下のようにとまとめたい。

1) 神戸空港は、地方空港としての性質を持つ。神戸＝羽田以外の路線は鉄道(新幹線)と競合せず、ある種独占的な路線となっている。神戸＝羽田の利用者の増加は、航空の総所要時間の低下のみならず、伊丹との関係を踏まえた運航頻度等の利便性の向上がカギとなる。

2) 関西空港は、観光需要のほか、大阪府南部のビジネス需要を取り込んでいる傾向がある。そのため、関西＝福岡、など自己価格弾力性が高い(>0.5)路線については、総所要時間を短縮することが望ましい。特に関西空港は伊丹空港と比較して、アクセス・イグレス費用が大きく、弾力性も相対的に高い。アクセス・イグレス費用の低減、総費用に対するアクセス・イグレス費用比率(アクセス・イグレス費用/航空総費用)の低減などで、2時間以内でアクセスできる大阪市内南部、泉州地域、和歌山県、奈良県のビジネス・観光需要を確実に取り込むことが望ましい。

3) 伊丹空港は、大阪市内、京都市内などの関西地域北部エリアのビジネス需要をうま

く捉えている。その一方で、兵庫県の神戸市を含む東側の地域において、神戸空港と利用者が重複している。東側の路線（関東・東北方面）は神戸に比べてやや優位性があるため、路線・便数・発着時間帯を調節して、神戸空港とのカニバリゼーションを防ぐ関係を構築するなどの工夫が必要になろう。

ただし、本研究では航空と鉄道の2財からなる都市間交通市場を想定している。そのなかで、交通手段選択の要因となる運行（運航）頻度については、1日の運行（運航）本数（便数）である、集計した数値を考慮した。しかし、実際には運行（運航）する時間帯や、運行（運航）時間間隔など、1日の運行本数（便数）以外にも交通手段選択要因として考慮すべき側面があることに留意したい。上記を考慮する手法について検討することは、今後の課題とする。

また、データの制約上高速バスなどの他の交通手段を考慮することができず、現状を100%反映しているとは言い難い。高速バスは多くの都市間を結び、都市間交通を担う交通手段として近年大きな成長を遂げている。特に東京＝大阪間では、多くの高速バスが運行されており、時間や費用の都合から高速バスを選択する消費者も一定数存在する。そのため、関西3空港の今後の姿をより明確に検討するために、高速バスを考慮したモデル構築を目指すことも、併せて今後の課題として挙げる。

謝 辞

本研究は一般財団法人関西空港調査会の助成事業により実施された。多大なるご支援に対し、ここに深く感謝の意を表します。

また、本研究に貴重なコメントを頂戴いたしました慶應義塾大学加藤一誠先生、日本航空岩崎平様、そして本研究のデータ収集にご尽力いただきました航空政策研究会、慶應義塾大学加藤一誠ゼミの皆様に対しましても、この場をお借りして改めて感謝いたします。

参考文献

- 1) 武藤雅威・内山久雄（2001）「新幹線と航空の競合時代を反映した国内旅客幹線交通の現状と展望」、『運輸政策研究』、第4巻、第1号、pp.2-7.
- 2) 山口勝弘（2018）「都市間鉄道との競争を考慮した圏内航空市場の分析」、『交通学研究』、第61号、pp.109-116.
- 3) 城所幸弘・金本良嗣（2008）「ロジック型モデルと費用便益分析」、『道路投資の便益評価—理論と実践』、東洋経済新報社、第6章、pp.161-202.
- 4) Dresner, M., Lin, J.S.C., Windle, R. (1996). The impact of low-cost carriers on airport and route competition. *J. Transp. Econ. Policy* 30(3), 309–328.
- 5) Murakami, H. (2011)a. Empirical analysis of inter-firm rivalry between Japanese full-service and low-cost carriers, *Pac. Econ. Rev.* 16(1), 103–119.
- 6) Brander, J.A., Zhang, A. (1990). Market conduct in the airline industry: An empirical investigation. *RAND J. Econ.* 21(4), 567–583.
- 7) Oum, T. H, Zhang, A., Zhang, Y. (1993). Inter-firm rivalry and firm-specific price elasticities in deregulated airline markets. *Journal of Transportation Economics and Policy*, 27(2), 171–192