

旅客のマルチクラス均衡配分を内生化した航空市場分析モデル

Airline Market Analysis Model with Endogenized Multi-class Equilibrium Allocation of Passengers

北海道大学工学部 ○学生員 各務健介 (Kensuke Kagami)
 北海道大学大学院工学研究院 正員 峪 龍一 (Ryuichi Tani)
 北海道大学大学院工学研究院 正員 内田賢悦 (Kenetsu Uchida)

1. はじめに

アジア・太平洋地域は、近い将来世界最大の航空市場に成長すると予測されている。その要因として、各国の経済成長に伴う国民の平均所得の増加に加えて、LCC (Low-Cost-Carrier) の参入による航空運賃の低価格化が挙げられる。

日本においても、平成 24 年に LCC が就航して以降、LCC 旅客数は大幅に増加している。政府は、LCC を含む国際線就航を通じた訪日外国人旅行客の増加や新たな需要喚起などを目的に様々な施策に取り組んでいる。

一方課題として、日本国内では羽田空港・成田空港などの主要空港の空港容量の逼迫・混雑が問題となっている。アジア地域の航空市場の拡大により、空港利用者はさらに増えることが予想されており、空港機能強化などの対応策が進められている。また、訪日外国人旅行客数の増加には地方部の空港に国際線を誘致することによる誘客促進が重要であり、地方空港の空港着陸料の低減や、旅客の受入環境の強化といった取り組みがなされている。以上のことから、日本は LCC や地方空港への国際線誘致による旅客数の増加と、主要空港の混雑緩和の 2 つの課題に同時に取り組む必要がある。

本研究では、そのような状況を想定し、地方空港に新たに国際線が参入する場合を考える。これにより利用者は従来の主要空港を回避した、地方空港を経由する経路が新たな選択肢として与えられ、空港の混雑状況に影響を及ぼす。利用者の経路選択が変わることで各航空路線・空港の利用者数が変化し、それに応じて航空会社と空港事業者が取るべき戦略も変化すると考えられる。

空港の混雑を考慮した航空ネットワーク問題を扱った既存研究として、Takebayashi¹⁾がある。Takebayashi¹⁾は、滑走路容量の制約による空港の混雑と航空機サイズの影響を考慮した航空会社と利用者の行動を分析するモデルを用いて、複数空港システムに対する適切な空港経営の在り方について議論している。また、空港事業者及び航空会社と HSR (高速鉄道) の協力関係を想定して、利用者及び交通事業者の行動を考察する研究も存在する。Takebayashi²⁾では Takebayashi¹⁾のモデルに新たに空港事業者の行動を考慮し、空港と HSR の協力関係が市場にもたらす影響について分析しており、小規模空港と HSR の連携が大規模空港の混雑を緩和し、空港収益を増加させると結論付けている。芦谷³⁾は Takebayashi¹⁾のモデルをベースとして、国外航空会社・国内航空会社が HSR とそれぞれ協力関係となった時の社会的便益の差異について分析している。また、Tani et al.⁶⁾では、北海

道の航空市場を対象とし、旅客、空港事業者、航空会社の行動モデルを提案した上で、空港の一括民営化の導入が航空市場に与える影響について分析している。

これらの既存研究は、いずれも航空会社は FSC (Full-Service-Carrier) を仮定したモデルを提案しており、LCC の存在を考慮していない。FSC と LCC では航空機の機材繰りによる遅延といった、移動時間の不確実性に違いが存在する。加えて、FSC と LCC では利用者の移動目的 (ビジネス・観光など) が異なっている。利用者属性によって時間価値と移動時間信頼性価値は異なるため、FSC と LCC の選択行動を記述するためには、こうした利用者の異質性を考慮したモデルを検討する必要がある。

そこで本研究では、利用者属性の異質性と航空輸送の移動時間の不確実性を考慮した航空ネットワークモデルを提案する。LCC 国際線が国内地方空港に参入する状況を想定し、国内主要空港の混雑緩和に与える影響について、利用者の行動及び航空会社・空港事業者の収益性の観点から分析する。

具体的な手法として、航空輸送に関して、FSC, LCC の移動時間の平均・標準偏差をそれぞれ外生的に与えることで、各航空会社における不確実性を表現する。利用者の移動目的はビジネス・観光の 2 つに大別する。それぞれの移動目的を有する利用者に対して異なる時間価値・移動時間信頼性価値を与えることで、利用者の異質性を考慮した効用関数を提案する。

2. モデルの仮定

本研究で用いるモデル (図-1) と、モデル化における仮定を以下に示す。

- ・ 航空市場を国外市場 (Zone1) と国内市場 (Zone2) に分け、それぞれに Central Business District (CBD) を 1 ヶ所ずつ設定する。CBD1, CBD2 はそれぞれ Zone1, Zone2 の中心市街地を表す。利用者は CBD1-CBD2 間を移動し、そこでの需要 (OD 交通量) は一定である。
- ・ Zone1 には 1 つの空港 (空港 A) があり、CBD1 内に存在する。すなわち、空港 A-CBD1 間のアクセス時間は十分に小さい。
- ・ Zone2 には国内主要空港 (空港 B) と国内地方空港 (空港 C) の 2 つの空港が存在する。利用者は両空港と CBD2 を結ぶ鉄道・バス等の航空以外のアクセス交通を利用できる。また、空港 C-CBD2 よりも空港 B-CBD2 の方がよりアクセス時間が短い (地方空港より主要空港の方が CBD に近い) と仮

定する。

- ・ アクセス交通のサービス性（運賃、所要時間、運行頻度）は与件であるとする。
- ・ CBD 間を空港 C 経由で移動する利用者には、航空とアクセス交通の乗り継ぎにおいて一定の運賃割引が適用される。運賃割引は、空港 C がアクセス交通の事業者に補助金を支援することで実現されるものとする。
- ・ 空港 A-B 間は FSC と LCC の 2 つの航空路線があり、それぞれ別の航空会社がサービスを提供する。両社は常に競争関係にあると仮定する。また、これらの 2 つの航空路線は、それぞれ別々の経路として扱うものとする。
- ・ 空港 A-C 間は LCC のみが就航し、空港 A-B 間の LCC と同一の航空会社がサービスを提供する。
- ・ 簡単のため、各航空路線の名称は以下のように表記して議論する。
 - ① 空港 A-B 間の FSC 国際線：「主要 FSC」
 - ② 空港 A-B 間の LCC 国際線：「主要 LCC」
 - ③ 空港 A-C 間の LCC 国際線：「地方 LCC」
- ・ 地方 LCC が未就航の場合と、地方 LCC が就航する場合の 2 つのケースを想定し、両ケースにおいて空港ごとの利用者数及び航空会社・空港事業者の収益の変化について分析する。

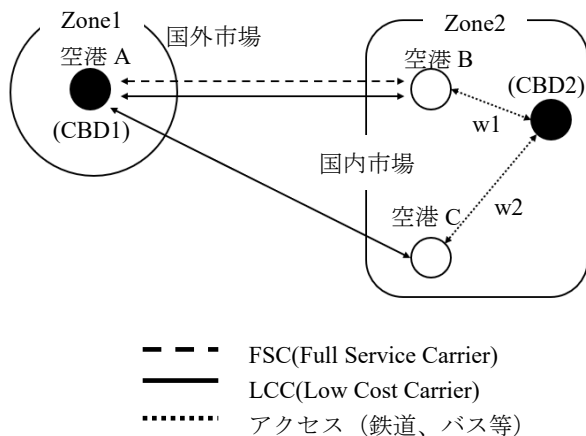


図-1 航空市場のネットワークモデル

3. モデルの定式化

3.1 記号

本稿で用いる記号を以下に示す。

- Ω OD ペアの集合
- N 航空会社の集合
- W アクセス交通の集合
- H 空港の集合
- z 利用者の属性 $\forall z \in \{b: business, s: sightseeing\}$
- π^n 航空会社 $n \in N$ の利潤
- π^h 空港 $h \in H$ の利潤
- L^n 航空会社 $n \in N$ が提供するリンクの集合
- L^{-n} 航空会社 $n \in N$ 以外の航空会社（競合他社）が

- 提供するリンクの集合
- K^{rs} OD ペア rs の経路の集合
- X_z^{rs} OD ペア rs 、属性 z ($\forall z \in \{b, s\}$) 利用者の交通需要
- $x_{k,z}^{rs}$ OD ペア rs の経路 k における属性 z ($\forall z \in \{b, s\}$) 利用者の交通量
- $u_{k,z}^{rs}$ OD ペア rs の経路 k における属性 z ($\forall z \in \{b, s\}$) 利用者の効用
- y_l^n リンク $l^n \in L^n$ における交通量
- f_l^n リンク $l^n \in L^n$ における運行頻度
- p_l^n リンク $l^n \in L^n$ における運賃
- v_l^n リンク $l^n \in L^n$ における航空機サイズ（座席数）
- $\alpha_{i,z}, \alpha_{k,z}^{rs}$ 効用関数におけるパラメータ
- p_k^{rs} OD ペア rs の経路 k における航空運賃
- p_w^{rs} OD ペア rs における CBD と空港との接続にかかる費用
- $\delta_l^{rs,k}$ OD ペア rs の経路 k がリンク l^n を通るとき 1、そうでないとき 0 をとる変数
- $\delta_w^{rs,k}$ 交通アクセス $w \in W$ が OD ペア rs の経路 k を通るとき 1、そうでないとき 0 をとる変数
- w_k^{rs} OD ペア rs の経路 k における CBD との接続に掛かる一般化費用
- C_l^{OP} リンク $l^n \in L^n$ における総オペレーションコスト
- C_l^{Base} リンク $l^n \in L^n$ における空港着陸料以外のオペレーションコスト
- t_k^{rs} OD ペア rs の経路 k における航空路線の所要時間
- t_w^{rs} OD ペア rs における CBD と空港との接続所要時間
- θ 確率的利用者均衡モデルの分散パラメータ
- f^{L^n} リンク集合 L^n に設定する運行頻度ベクトル
- $\tilde{f}^{L^{-n}}$ 航空会社 $n \in N$ 以外の航空会社によって提供される、最適戦略時の運行頻度ベクトル
- f_l^n 航空会社 $n \in N$ がリンク $l^n \in L^n$ に提供する最適な運行頻度ベクトル
- ρ 地方空港国際線とアクセス交通の乗り継ぎ利用者に適用される運賃割引率
- β_z 移動目的が z の利用者の航空輸送の移動時間に対する時間価値
- γ_z 移動目的が z の利用者の航空輸送の移動時間の不確実性に対する移動時間信頼性価値
- $\delta_{Access}^{(1,2)}$ 利用者が OD ペア (1,2) において地方 LCC とアクセス交通の乗り継ぎを利用するとき 1、そうでないとき 0 を取る変数
- q^h 空港 $h \in H$ が航空路線に課す空港着陸料
- \tilde{q}^{-h} 空港 $h \in H$ 以外の空港が航空会社に課す最適戦略時の空港着陸料

δ_h^{ln}	リンク $l^n \in L^n$ の航空路線が空港 $h \in H$ に着陸するとき 1, そうでないとき 0 をとる変数
F_h^n	航空会社 $n \in N$ の空港 $h \in H$ における滑走路容量
u_{rs}^z	OD ペア rs 、属性 z ($\forall z \in \{b, s\}$) 利用者の最大効用
\mathbf{x}	経路交通量ベクトル
\mathbf{x}^*	利用者均衡状態時の経路交通量ベクトル
Ψ	実行可能領域における経路交通量ベクトル

3.2 航空会社の行動

各航空会社は利潤を最大化するように行動する。各航空会社の利潤を以下のように定義する。

$$\begin{aligned} & \pi^n(\mathbf{f}^{L^n}, \tilde{\mathbf{f}}^{L^n}) \\ &= \sum_{rs \in \Omega} \sum_{k \in K^{rs}} \sum_{l^n \in L^n} p_{l^n} \cdot \hat{x}_{k,z}^{rs} \cdot \delta_{l^n}^{rs,k} - \sum_{l^n \in L^n} C_{l^n}^{OP} \cdot f_{l^n} \quad (1) \end{aligned}$$

where $\mathbf{f}^{L^n} = \{f_{l^n} \forall l^n \in L^n, \forall n \in N\}$

$\hat{x}_{k,z}^{rs}$ は航空会社 n の行動に対する最適な経路交通量を表し、利用者の行動に関する変分不等式問題の解して得られるものである。航空会社は Takebayashi¹⁾に倣い、他社の運航頻度を所与として、自社の運行頻度を制御することで企業の利潤最大化を目的として行動する。

航空会社 n の利潤最大化問題は式(2)-(4)のように表される

$$\begin{aligned} & \max_{\mathbf{f}^{L^n}} \pi^n(\mathbf{f}^{L^n}, \tilde{\mathbf{f}}^{L^n}) \\ &= \sum_{rs \in \Omega} \sum_{k \in K^{rs}} \sum_{l^n \in L^n} p_{l^n} \cdot \hat{x}_{k,z}^{rs} \cdot \delta_{l^n}^{rs,k} - \sum_{l^n \in L^n} C_{l^n}^{OP} \cdot f_{l^n} \quad (2) \end{aligned}$$

subject to

$$\sum_{l^n \in L^n} f_{l^n} \cdot \delta_h^{ln} \leq F_h^n, \text{ for } \forall l^n \in L^n \quad (3)$$

$$\mathbf{f}^{L^n} > 0 \quad (4)$$

where $\mathbf{f}^{L^n} = \{f_{l^n} \forall l^n \in L^n, \forall n \in N\}$

式(2)の右辺第1項は運輸収入、右辺第2項はオペレーションコストを表す。なお、オペレーティングコスト $C_{l^n}^{OP}$ は空港着陸料を考慮して式(5)のように表される。

$$C_{l^n}^{OP} = C_{l^n}^{Base} + \sum_{h \in H} q_h \cdot v_{l^n} \cdot \delta_h^{ln} \quad \forall l^n \in L^n, \forall n \in N \quad (5)$$

また、式(3)は航空会社 n の滑走路容量制約である。

3.3 空港事業者の行動

空港事業者の目的は様々であるが、本研究では Takebayashi²⁾と同様に、民間企業のように空港の利潤最大化を目的として行動すると仮定して定式化を行う。

3.3.1 国内主要空港・国外空港の利潤関数

国内主要空港及び国外空港では空港着陸料をコントロールすることで利潤最大化を行う。国内主要空港・国外空港の利潤最大化問題は式(6), (7)のように表される。

$$\max \pi^h(q^h, \tilde{q}^{-h}) = q^h \cdot \sum_{n \in N} \sum_{l^n \in L^n} f_{l^n} \cdot v_{l^n} \cdot \delta_h^{ln} \quad \forall h \in H \quad (6)$$

subject to

$$\begin{aligned} & \mathbf{f}^n = \arg\{ \max \pi^n(\mathbf{f}^{L^n}, \tilde{\mathbf{f}}^{L^n}) \text{ subject to (3) and (4)} \} \\ & \text{for } \forall l^n \in L^n, \forall n \in N \quad (7) \end{aligned}$$

制約条件(7)は航空会社 n の利潤最大化問題の解として最適な運行頻度が得られていることを意味する。

3.3.2 国内地方空港の利潤関数

国内地方空港では、地方 LCC が未就航の際は、モデル上空港 C を発着する航空路線が存在しないため、収益を 0 として、就航時との収益の差異を比較する。国内地方空港では空港着陸料による収入に加えて、地方 LCC + アクセス交通乗り継ぎ利用者の運賃割引の実施に必要な費用を、アクセス交通への補助金として負担すると仮定する。以上より、国内地方空港の利潤最大化問題は式(8),(9)のように表される。

$$\begin{aligned} \max \pi^h(q^h, \tilde{q}^{-h}) &= q^h \cdot \sum_{n \in N} \sum_{l^n \in L^n} f_{l^n} \cdot v_{l^n} \cdot \delta_h^{ln} \\ &\quad - \rho \cdot \sum_{k \in K^{rs}} \sum_{rs \in \Omega} x_{k,z}^{rs} \cdot \delta_{Access}^{(1,2)} \\ &\quad \forall h \in H, \forall k \in K^{rs}, rs \in \Omega, \forall z \in \{b, s\} \quad (8) \end{aligned}$$

subject to

$$\begin{aligned} & \mathbf{f}^n = \arg\{ \max \pi^n(\mathbf{f}^{L^n}, \tilde{\mathbf{f}}^{L^n}) \text{ subject to (3) and (4)} \} \\ & \text{for } \forall l^n \in L^n, \forall n \in N \quad (9) \end{aligned}$$

3.4 利用者の行動

3.4.1 利用者の効用関数

OD ペア rs 、ルート k における利用者の効用関数は式(10)のように表される。

$$\begin{aligned} u_{k,z}^{rs}(x_{k,z}^{rs}) &= \alpha_{1,z} \cdot \left(t_k^{rs} + \sum_{w \in W} \delta_w^{rs,k} \cdot t_w^{rs} \right) + \alpha_{2,z} \cdot \sigma_{rs,k} \\ &\quad + \alpha_{3,z} \cdot \left(p_k^{rs} + \sum_{w \in W} \delta_w^{rs,k} \cdot p_w^{rs} - \rho \cdot \delta_{Access}^{(1,2)} \right) \\ &\quad + \alpha_{4,z} \cdot d_k^{rs}(x_{k,b}^{rs}, x_{k,s}^{rs}) + \sum_{l^n \in L^n} \frac{\alpha_{5,z}}{f_{l^n}} \cdot \delta_{l^n}^{rs,k} + \alpha_{k,z}^{rs} \\ &\quad \forall l^n \in L^n, \forall n \in N, \forall k \in K^{rs}, \\ &\quad \forall rs \in \Omega, \forall w \in W, \forall z \in \{b, s\} \quad (10) \end{aligned}$$

右辺第1項、第2項は移動時間に基づく項であり、後ほど説明する。右辺第3項は運賃に関する項である。各経路のうち、地方 LCC + アクセス交通の乗り継ぎのルートを利用する際は運賃割引が適用されることを反映している。右辺第4項は空港の混雑による利用者の不効用を表す項である。Takebayashi¹⁾では、容量制約に基づく混雑を、ラグランジュ乗数を用いて表現している。この場合、空港容量に達しない限りは待ち時間が 0 と計算されるが、一般的に容量が逼迫するほど航空輸送の移動時間の不確実性が増加し、利用者の不効用は交通量に比例して漸次大きくなると考えられる。したがって本研究では空港内の混雑による待ちが非線形近似されるものと仮定して、容量制約に基づく混雑コストを表現する。混雑コスト関数 $d_k^{rs}(x_{k,b}^{rs}, x_{k,s}^{rs})$ は以下のように表される。

$$d_k^{rs}(x_{k,b}^{rs}, x_{k,s}^{rs}) = \left(\frac{x_{k,b}^{rs} + x_{k,s}^{rs}}{v_{l^n} \cdot f_{l^n}} \right)^m \quad \forall z \in \{b, s\} \quad (11)$$

m は混雑コスト関数 $d_k^{rs}(x_{k,b}^{rs}, x_{k,s}^{rs})$ のパラメータである。また、式(10)の右辺第5項は運行本数から得られる平均待ち時間 (Takebayashi²⁾) であり、ダイヤ遅れの影響を考慮したものである。

さて、航空による移動時間 t_k^{rs} について、LCC と FSC では航空機の機材繰りによる遅延といった、移動時間の不確実性に違いが存在すること、利用者の移動目的（ビジネス・観光）によって時間価値・移動時間信頼性価値に違いがあることを表現するため、式(12)のように移動時間信頼性の概念を導入している。

$$t_k^{rs} = \alpha_{1,z} \cdot \bar{t}_k^{rs} + \alpha_{2,z} \cdot \sigma_{rs,k} \quad (12)$$

\bar{t}_k^{rs} は t_k^{rs} の平均、 $\sigma_{rs,k}$ は t_k^{rs} の標準偏差であり、正規分布に従うものとする。ここで、式(10)、(12)より、時間価値 β_z と移動時間信頼性価値 γ_z を式(13)で定義する。

$$\begin{cases} \beta_z = \frac{\alpha_{1,z}}{\alpha_{3,z}} \\ \gamma_z = \frac{\alpha_{2,z}}{\alpha_{3,z}} \end{cases} \quad (13)$$

ここで、ビジネス利用者の方が運賃より移動時間を重視し、フライトの遅延・欠航等のリスクに敏感な傾向にあると仮定する。したがって、利用者属性 $z \in \{b, s\}$ の（時間価値、移動時間信頼性価値）をそれぞれ (β_B, γ_B) 、 (β_S, γ_S) とすれば、以下のような関係が成立する。

$$\begin{cases} \beta_B > \beta_S \\ \gamma_B > \gamma_S \end{cases} \quad (14)$$

3.4.2 確率的利用者均衡配分

Takebayashi¹⁾の The bi-level model においては、シングルクラスにおける利用者の行動を確率的利用者均衡配分モデルとして定式化し、等価な最適化問題に置き換えている。しかし本研究では、異なる利用者属性（ビジネス・観光）を考慮することによる、マルチクラスの利用者の行動を考えている。そのため、利用者のリンクコスト関数は非対称となり、確率的利用者均衡配分を最適化問題として定式化することはできない。そこで、均衡条件を経路交通量に関する変数を用いた変分不等式問題として定式化を行う。ロジット型の確率的利用者均衡配分の均衡条件は以下の式(15)-(18)のように表される。

$$\begin{cases} x_{k,z}^{rs} \cdot \left\{ -u_{k,z}^{rs}(x_{k,z}^{rs}) + \frac{1}{\theta} \ln \left(\frac{x_{k,z}^{rs}}{X_z^{rs}} \right) + u_{rs}^z \right\} = 0 \end{cases} \quad (15)$$

$$\begin{cases} -u_{k,z}^{rs}(x_{k,z}^{rs}) + \frac{1}{\theta} \ln \left(\frac{x_{k,z}^{rs}}{X_z^{rs}} \right) + u_{rs}^z \geq 0, x_{k,z}^{rs} \geq 0 \end{cases} \quad (16)$$

$$\begin{cases} -u_{rs}^z \cdot \left\{ \sum_{k \in K^{rs}} x_{k,z}^{rs} - X_z^{rs} \right\} = 0 \end{cases} \quad (17)$$

$$\begin{cases} \left\{ \sum_{k \in K^{rs}} x_{k,z}^{rs} - X_z^{rs} \right\} \geq 0 \end{cases} \quad (18)$$

$$\forall rs \in \Omega, \forall k \in K^{rs}, \forall z \in \{b, s\}$$

ここで、 u_{rs}^z は OD ペア rs 、利用者属性 z の利用者の最大効用を表す。

均衡条件を経路交通量のみを変数とした変分不等式問題として以下の式(19)のように定義する。

Find $\mathbf{x}^* \in$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } & \sum_{rs \in \Omega} \sum_{k \in K^{rs}} \sum_z \left[\frac{1}{\theta} \ln \left(\frac{x_{k,z}^{rs*}}{X_z^{rs*}} \right) - u_{k,z}^{rs}(x_{k,z}^{rs*}) \right] \\ & \cdot (x_{k,z}^{rs*} - x_{k,z}^{rs*}) \leq 0 \\ & \forall \mathbf{x}, \mathbf{x}^* \in \Psi \end{aligned} \quad (19)$$

where

$$\mathbf{x} = \{x_{k,z}^{rs} \mid \forall k \in K^{rs}, \forall rs \in \Omega, \forall z \in \{b, s\}\}$$

$$\Psi = \left\{ \mathbf{x} \mid X_z^{rs} = \sum_{k \in K^{rs}} x_{k,z}^{rs} \quad \forall rs \in \Omega, \forall z \in \{b, s\}, x_{k,z}^{rs} \geq 0 \quad \forall rs \in \Omega, \forall k \in K^{rs}, \forall z \in \{b, s\} \right\}$$

4. まとめと今後の課題

本研究では、利用者属性の異質性と航空輸送の移動時間の不確実性を考慮し、LCC 国際線の地方空港への就航による利用者行動の変化を分析するためのモデルを提案した。航空輸送の移動時間について、FSC, LCC に移動時間の平均・標準偏差をそれぞれ外生的に与えることで、移動時間の不確実性を表現した。また、ビジネス利用者と観光利用者では前者の方が時間価値・移動時間信頼性価値が大きいと仮定して、利用者属性によって異なる効用関数を定義した。定式化によって得られる、経路・利用者属性ごと交通量から、各リンクの総交通量及び各空港の利用者数を算出することができる。LCC 国際線の地方空港への就航が主要空港の混雑緩和へ及ぼす効果を、空港利用者数、航空会社・空港事業者の収益性の変化の観点から評価することが可能となる。今後は具体的な数値計算によるシミュレーションを行い、モデルの検証を行う。

5. 参考文献

- 1) Takebayashi, M. (2012). Managing the multiple airport system by coordinating short/long-haul flights. *Journal of Air Transport Management*, 22, 16-20.
- 2) Takebayashi, M. (2016). How could the collaboration between airport and high speed rail affect the market?. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 92, 277-286.
- 3) Xia, W., & Zhang, A. (2016). High-speed rail and air transport competition and cooperation: A vertical differentiation approach. *Transportation Research Part B: Methodological*, 94, 456-481.
- 4) 芦谷雄世. “高速鉄道と航空会社の協力関係が社会的便益に与える影響” 令和元年度北海道大学卒業論文.
- 5) Su, M., Luan, W., Fu, X., Yang, Z., & Zhang, R. (2020). The competition effects of low-cost carriers and high-speed rail on the Chinese aviation market. *Transport Policy*, 95, 37-46.
- 6) Tani, R., Takashima, I., Kato, T., Tamura, T., & Uchida, K. (2022). Analysis of the effect of bundled airport privatization on an airline network. *Transport Policy*, 124, 203-211.
- 7) 国土交通省：令和4年版国土交通白書 第II部 国土交通行政の動向 第6章 競争力のある経済社会の構築,
<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r03/hakusho/r04/pdf/np206000.pdf> (閲覧日 2022.11.23).