論文　首都圏空港における非集計モデルを用いた空港アクセス交通の手段選択特性分析

土方　康裕[1]・中村　文彦[2]・有吉　亮[3]・田中　伸治[4]

[1]正会員　横浜国立大学大学院都市イノベーション学府（〒240-8501 横浜市保土ケ谷区常盤台 79-5）
E-mail: hijikata-yasuhiro-st@ynu.jp(Corresponding Author)

[2]正会員　東京大学大学院特任教授 大学院新領域創成科学研究科（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1）
E-mail: nakamura-fumi@edu.k.u-tokyo.ac.jp

[3]正会員　名古屋大学特任准教授　未来社会創造機構（〒464-8601 名古屋市千種区不老町 NIC609）
Email: ryou.ariyoshi@mirai.nagoya-u.ac.jp

[4]正会員　横浜国立大学大学院教授　都市イノベーション研究院
（〒240-8501 横浜市保土ケ谷区常盤台 79-5）
Email: stanaka@ynu.ac.jp

空港アクセス交通の利用者は，今後増えることが想定されている．そのため手段選択特性分析を実施し，利用者ニーズに合わせたレベルの高いアクセス交通を実現する必要がある．本研究の目的は，利用者のニーズの傾向を理解して，鉄道を含む空港アクセス機能の改善を行うことである．本研究では，航空旅客の自宅と空港間について，往復の空港アクセス交通の手段選択特性分析を行った．ネスト構造を持った混合ロジット（MXL）モデルを用いた非集計分析により，利用者個人の旅行状況と交通手段選択の関係を明らかにした．また 2 つの空港への交通手段別の時間価値や，費用を変化させた際の交通手段選択率の変化を分析した．これらの結果から国内外の交流の活性化につながる空港アクセス手段機能向上に資する知見が得られた．

Key Words: *airport access,travel mode choice,transportation policy,mixed logit model*

1.　はじめに

(1)　研究の背景

人口減少や少子高齢化が進む中，我が国の経済・社会を維持・発展させていくためには，国内外の交流の活性化に取り組むことが必要である．新型コロナウイルスの影響などにより近年では大きく航空需要が減少しているが，IATA[注1)]によると将来予測については，世界の総旅行者数は，2019 年比で，2024 年には 103%とコロナ流行前を超え，2025 年には 111%に達すると予測されている．ビジネスにおいても，オンライン会議のような非接触型の経済活動が活発化したが，接触型の経済活動に対する需要も依然として根強い．今後は，接触型と非接触型の経済活動を両立させていくものと考えられる[注2)]．

国の施策に目を向けると 2015 年には，第二次国土形成計画（全国計画）として，国から対流促進型国土の形成を目標とした計画が発表された．

これまでの背景からは，我が国として成長を続けるためには交流の活性化が必要であり，国として施策を実施していることがわかる．また中期的にも航空需要のコロナ前への復調が想定されている．したがって，今後も航空を利用した交流は伸びる可能性が大いにある．その対応として空港を増設することや航空機のスピードそのものを向上させることも考えられるが，現実的には難しく，空港までのアクセス手段の利便性を向上させ，発地から着地までのトータルな移動の評価をとらえることが重要になってくる．

空港アクセスは，バスや自家用車によるものが多く，鉄道は対抗輸送機関として，空港との連携がとられている例は少なかった．しかしながら航空機輸送の需要の増加に伴い，大量輸送や所要時間の正確性，環境面でも優れた特徴を持つ鉄道を，アクセス手段として取り入れている空港が，日本のみならず世界的にも増えてきている．とくに大規模空港においては，航空と鉄道のそれぞれの特性を生かし，連携して利用者の利便性を向上させることが極めて重要になってきている．

そこで空港アクセス交通の手段選択特性を分析することにより，利用者のニーズの傾向を理解できれば，より効率的に機能強化を図り，空港アクセス交通の利便性の向上が実現できると考えられる．首都圏（成田・羽田）の空港アクセス交通利用者（空港到着時）は，鉄道の選択が 54%[注3)]，バスでは 25%[注3)]，自家用車では 12%[注3)]，その他 8%[注3)]となっている．今後さらなる航空需要の増加を見込む中で，空港アクセス交通の手段選択特性を分析し，施策に反映させ，国内外の交流の活性化につなげる必要がある． また，空港アクセス交通の機能強化は，その都市の魅力の向上にもつながり，国内外のより大きな経済活動をひきつけ，都市の国際競争力を高める 1 つの要因になりえると考えられる．

(2) 研究の目的

本研究では，首都圏空港である成田空港と羽田空港において，空港アクセス交通として，鉄道，空港バス，自家用車の 3 つの空港アクセス交通の手段選択特性分析を行う．成田と羽田の両空港は，アクセス手段として鉄道を選択する率が高い[注3)] また複数の鉄道サービスが存在する．そこで鉄道サービスの違いに着目するため，鉄道の手段選択を細分化しより精緻な分析を行うこととした．

具体的には，交通手段選択のメカニズムを，基礎集計分析を行い，航空旅客の交通手段選択の傾向を把握する．次に旅行者の制約条件や個人の意識を考慮した非集計分析として，混合ロジットモデルによって分析を行う．さらに，推定したモデルを利用して，旅行費用を変化させた場合の交通手段選択率を算出し，追加料金の受容がどの程度なのかを分析することにより，新たな施策に対して収入の程度を判断する知見とする．これらを通じて，今後のアクセス交通の機能向上に資する手段選択特性を明らかにし，施策に反映することを目的とする．

利用者のニーズの傾向を理解し空港アクセス機能の改善ができれば，交流の活性化や我が国の経済・社会を維持・発展につながると考える．

2. 既往研究の整理

これまで空港アクセス交通を扱った研究事例は多いが，整理すると以下がある．

石川ら [1)]は，広島空港から羽田空港への航空便利用者を対象として，出発地から目的地までを航空便と空港までのアクセス便（リムジンバス）に分け，各交通機関の遅延に対する認知の違いについて MXL モデルを用いて分析している．その結果，所要時間の不確実性が高い交通機関においては，個人の予測する遅延時間など認知の違いを表現できることを明らかにしている．

綾城ら [2)]は，羽田空港の利用者に独自の調査を行い，往路・復路別交通手段選択率を分析している．また，旅行時間信頼性の評価を行い，バスの選択理由には，着席性や，乗り換えの必要がないといったリムジンバス特有の項目を挙げている．そして非集計モデルにより旅行目的別，居住地別，往路・復路別にカテゴリー分けを行った上で交通手段選択予測モデルを構築している．

萩原ら [3)]は，羽田空港リムジンバスにおいて復路（空港発）に対して往路（空港着）の利用割合が低いことに着目し，旅行時間信頼性が利用者の交通手段選択行動に与える影響を把握した．そして平均分散アプローチによる交通手段選択モデルを構築し，旅行時間信頼性の評価を行った．

奥ノ坊ら [4)]は，訪日外国人の増加や LCC 利用者の増加など東京圏を取り巻く環境の変化に着目し，空港アクセス利用者に関する統計データに基づく行動分析を行い，それらを踏まえた需要推計モデルを構築している．

Birolinia ら [5)]は，ミラノ・ベルガモ空港において，混合ロジットモデルを用いて空港アクセスの交通手段選択モデルを分析している．その結果，低いコストでソリューションを提供することを目指すのではなく，顧客の優先順位を意識すべきであると述べている．また車外移動時間，車内移動時間について，時間価値を計算し，24 ユーロ/h，19 ユーロ/h と算出している．

これまでの研究では，主に羽田空港に着目して往復の交通手段選択を分析しており，鉄道をサービスレベル（特急と普通）もしくはルート別（京急とモノレール）に分けて分析している例は少ない．そこで本研究では，成田と羽田の両空港に着目し，比較分析を行った．これは成田空港では，追加料金が必要な鉄道特急サービスが存在するなど多様なサービスが存在することと，羽田空港においては，京浜急行と東京モノレールという 2 つの鉄道サービスが存在するためである．

3. 調査の概要

(1) 航空機利用を目的として移動した利用者への調査

成田空港と羽田空港の利用者は，一都六県（東京，神奈川，千葉，埼玉，群馬，栃木，茨城）をほぼ出発地としており[注3)]，調査の対象範囲を一都六県とした．空港へ通勤している利用者などは対象から外し，自宅と空港間の交通手段選択について尋ねる調査を行った．調査結果は，完答したサンプルのみを集計した（500 サンプル）．また 3 年以内に自宅から成田空港と羽田空港をそれぞれ 1 回以上往復した利用者を対象とした．意識調査

表-1　Webアンケート調査概要

調査手法		Webアンケート
対象者		・東京都，神奈川・千葉・埼玉・茨城・栃木・群馬県在住者 ・18歳以上の者 ・羽田空港と成田空港の両空港に3年以内に必ず1回は自宅から往復した者
調査期間		2022年4月15日～19日
サンプル数		500サンプル
質問項目	個人属性	性別・年齢層・居住地(郵便番号)
	旅行状況	・旅行目的，滞在日数，旅行同行者の数 ・自宅近くの空港までのリムジンバス停の有無 ・回答者が所有する車の有無 ・未就学児の同伴の有無 ・空港までの一人当たり携行荷物の重さ
	利用交通機関	・直近1回の旅行について，自宅から空港へ移動する際の最後の交通手段，もしくは空港から自宅へ移動する際の最初の交通手段
	意識調査（ダミー変数）	（交通機関選択において重視する事柄） ・所要時間の正確性 ・着席などの移動の快適性 ・荷物を持った移動の容易性 ・ほかの人との接触回避

の調査項目には，空港アクセス交通において，手段選択に影響を及ぼす事柄を選定した．調査の概要を（**表-1**）に示す．またサンプルは無作為に抽出したため，回答者の居住地は東京都が最も多く（43%），次いで神奈川県（23%），千葉県（14%），埼玉県（14%）が続き，茨城県（4%），栃木県（1%），群馬県（1%）は，少ない分布となった．他の項目は，性別では女性が194名（39%），男性が306名（61%）となり男性が2割程度多い結果となった．あわせて，データ空間のスケールを確認するため，所要時間の分布を**図-1**に示す．

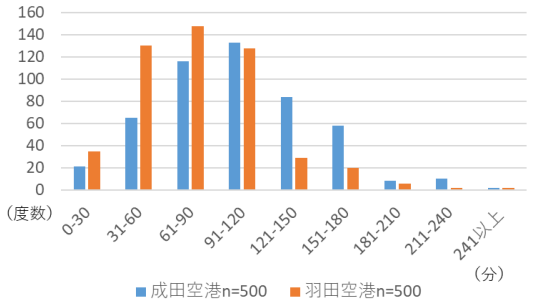


図-1　自宅と成田・羽田空港間の所要時間分布

年齢階層は，なるべく多様な行動パターンを分析するため，均一にサンプルを抽出した．旅行目的では，仕事目的が92名（18%），観光目的が408名（82%）となり今回の調査はサンプルの大部分が観光目的となった．

(2)　往路と復路の違いに着目した調査の集計結果

今回の調査での，自宅から成田空港と羽田空港までの交通手段（鉄道，バス，自家用車）について，所要時間や費用（所要時間や費用は，実際に選択された交通手段に対して調査で回答された数値をここでは用いる）などを調査した．また意識調査として空港までの所要時間の正確性の重視や空港までの着席などの移動快適性の重視なども調査した．全サンプルのうち，21名以上で旅行をしているサンプルと交通手段にタクシー・自転車・徒歩を選択しているサンプルについては，少数であることから除いて集計した．多数の集計データから，後述する第4章において非集計モデルで分析する項目について，交通手段選択のクロス集計として，a）自宅から空港までの往復の交通手段選択の状況，b）利用者個人の状況や志向を整理し，考察を行った（**図-2~3**）．

a)　自宅から空港までの往復の交通手段選択の状況

自宅から空港までの往復の交通手段選択の状況をまとめた（**図-2**）．国土交通省航空旅客動態調査[注4)]では，出発地から空港への移動と，空港から目的地までの移動では，前者より後者の方が鉄道の選択が減る傾向がみられるが，今回の調査結果では，わずかに鉄道の選択が減っている程度である．国の調査では空港から目的地への移動が，すべて自宅が目的地ではないが（同一人物の往復の結果ではないため），今回は同一人物の連続する往復の手段選択結果であり，空港からの移動は自宅が必ず目的地であることや，回答者の居住地域の大部分が，一都三県と鉄道利便性の高い地域であることが影響している可能性がある．なお，成田、羽田とも同様の傾向である．

b)　利用者個人の状況や志向との整理

過去の文献[2,3,4,5)]から，空港アクセスにおける手段選択特性分析では様々な説明変数を用いて分析されてきている．本研究の分析は，利用者が携行する荷物の重さ(kg)，

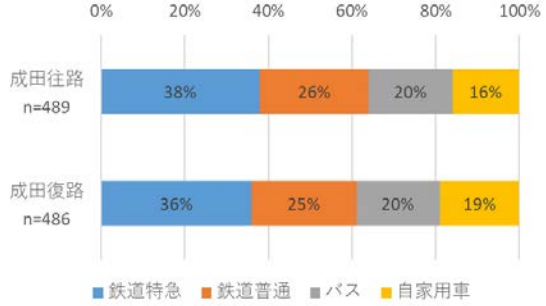


図-2　自宅と成田空港の往復交通手段選択

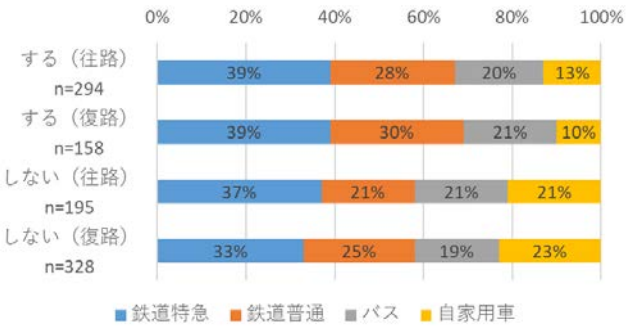


図-3 成田空港往復の正確性重視と交通手段選択

旅行時の未就学児の同伴の有無，時間正確性重視の有無，着席等快適性重視の有無などの調査を実施した．往路と復路で傾向の違う時間正確性重視の有無の説明変数について集計結果の考察を以下述べる（**図-3**）．自宅と空港間の交通手段選択割合について着目すると，往路復路と正確性重視する・しないについて，カイ 2 乗検定を行ったところ 5%有意にならなかった．往路と復路の比較では，すると答えた選択数が往路から復路で大きく減少する．しかしながら，往路と復路での交通手段選択割合の変化については，差はみられなかった．往路で選択した交通手段を復路では，ほぼ変更しないことが明らかになった．なお，羽田空港も同様な結果となった．

4. 交通手段選択に関する要因分析

(1) 分析手法

鉄道についての交通手段を，サービスレベルの違いなどにより，2 つに分け，交通手段間の独立性の仮定が不完全であることを考慮して，ネスト構造を持った MXL モデルにより分析を行った．また両空港の交通手段別の時間価値（支払意思額）を算出し，あわせて構築したモデルにより費用を変化させた際の交通手段選択のシェアの変化についても分析を行った．

分析手法には，交通手段選択において鉄道を細分化し，非集計モデルを構築することから，IIA 特性を緩和するため，ネスト構造をモデルに持たせた[6]．あわせて個人の主観的な選好や認識のばらつきを分析するため，混合ロジット（MXL）モデルを用いて所要時間（ラインホール時間とアクセス時間），費用，正確性の重視，快適性の重視の 5 つの説明変数をランダム化し分析を行った．

4 つの交通手段について，成田空港であれば，鉄道特急（追加料金が必要な鉄道サービス，JR 成田エクスプレスや京成スカイライナー），鉄道普通（追加料金が不要な鉄道サービス，JR 快速や京成アクセス特急等）バス，自家用車とし，羽田空港では，京浜急行電鉄（京急），東京モノレール（モノレール），バス，自家用車とした．交通手段に対する定数項以外の説明変数として次のように定義した．すべての交通手段に共通な変数として空港までの乗車時間（ラインホール時間），一人当たりの費用を定義した．鉄道とバスに共通な説明変数として，駅やバス停までのアクセス時間，空港までの乗換回数，出発地付近に空港までの直行バス停の有無（ダミー），利用可能な車の有無（ダミー），未就学児の同伴有無（ダミー），空港までの所要時間の正確性を重視（ダミー），空港までの着席などの移動快適性重視（ダミー）を定義した．自家用車のみの説明変数として，一人当たりの携行荷物の重さを定義した．

交通手段選択において，鉄道を 2 種類に分けていることや，バスの LOS（Level of Service）を作成する際に，自宅からバス停（空港への直行バス）までの間に鉄道を使用することも考慮　して，2 種類の鉄道とバスが同一ネスト内に含まれる（**図-4**）と仮定して分析することとした．

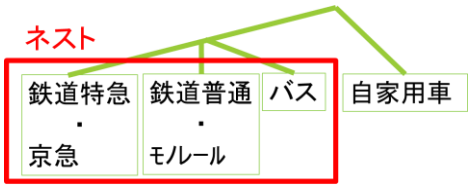


図-4 ネスト構造図

また説明変数に関して，駅・バス停までのアクセス時間，乗車（ラインホール）時間，費用については，対数変換を行った．

具体的なモデルについては，効用 V を（1）式のように定義する．

$$V_{in} = \sum_{k} \beta_k Z_{kin} \qquad (1)$$

V_{in} :個人 n が選択肢 i の選択による効用の確定項
Z_{kin}:選択肢 i についての k 番目の説明変数
β_k :k 番目の説明変数のパラメーター

MXL モデルの選択確率を（2）式のように定義する．

$$P_{smn} = \int_{b_n} \left[\frac{\exp(V_{sn} + \lambda\Lambda_{sn})}{\sum_{s'} exp(V_{s'n} + \lambda\Lambda_{s'n})} \frac{\exp(V_{smn})}{\sum_{m'} \exp(V_{sm'n})} \right] f(b_n)\, db_n \qquad (2)$$

P_{smn}:個人nが上位選択で選択肢sを選択したときに，下位選択で選択肢mを選択する確率
V_{sn} :個人nが上位選択で選択肢sの選択による効用の確定項
Λ_{sn} :個人nが上位選択の選択肢sにおけるログサム変数
λ :スケールパラメーター
V_{smn} :個人nが上位選択で選択肢sを選択したときに，下位選択で選択肢mの選択による効用の確定項
b_n :個人nの個人の主観的な選好や認識のばらつきの影響を表すランダム効果（正規分布$f(b_n)$を仮定し，各交通手段におけるランダム化した説明変数に対応している．ランダム化した説明変数と$f(b_n)$の標準偏差の推定値は**表-2**に記載）

ログサム変数を（3）式のように定義する．

$$\Lambda_{sn} = \ln \sum_{m'} \exp(V_{sm'n}) \quad (3)$$

上記の（1），(2），(3）式より，ハルトン法により乱数を100回発生させ，それを用いて選択確率の平均値を算出する．ランダムドロー法により乱数を2000回発生させた場合との比較を行ったが，推定結果はほぼ同じであった．その平均値を尤度として最尤推定法によりパラメーターβ_k，λを推定する．

時間価値（VOT）の計算については，乗車（ラインホール）時間で計算を行う．また乗車時間と一人当たり費用の効用関数を対数線形にて特定化しており，時間価値は次式（4）で算出する．

$$VOT = \frac{\partial c}{\partial t} = \left(\frac{\partial V}{\partial t}\right) \Big/ \left(\frac{\partial V}{\partial c}\right) = \frac{\beta_t}{\beta_c} \cdot \frac{\bar{c}}{\bar{t}} \quad (4)$$

β_t :モデルで算出した乗車時間に関する推定値
β_c :モデルで算出した費用に関する推定値
$\bar{c}$、$\bar{t}$:各交通手段で選択されたサンプルの平均値

(2) サービス水準（LOS）の設定

各交通手段のサービス水準については，自宅の位置を郵便番号から緯度経度を示す座標（国際地球基準座標系）に変換[注4)]し，デジタル道路地図[注5)]を利用して，その座標から最寄り駅やバス停を解析することにより算出する．最寄り駅やバス停までの距離0.5km以下は徒歩利用，距離0.5kmを超える場合は乗用車利用を想定し，徒歩は4km/h[注6)]，乗用車は時速20km/h[注6)]で距離に応じた所要時間とした．なお，ここでの乗用車は代表交通手段ではなく，補助交通手段として扱う．駅またはバス停までの合計所要時間をアクセス時間として算出した．最寄り駅もしくはバス停から空港までの経路については，2020年9月の鉄道時刻表データを用い．鉄道路線，乗り換えに分類し，最小所要時間でダイクストラ法により設定した．なお乗換1回について１５分の時間を設定している．空港までの自家用車利用については，国土交通省費用便益分析マニュアルに基づき設定し，経路上の有料道路料金を計上した．

5. 結果と考察

(1) 混合ロジット（MXL）モデルの分析結果と考察

推定結果を**表-2**に示す．基本的な説明変数である駅バス停までのアクセス時間，乗車（ラインホール）時間，費用の項目については，効用が減少する負の符号となり有意な結果が得られた．

結果の解釈であるが，個人の選好や認識のばらつきを示す標準偏差が有意にならなかった．今回の調査では，旅行の目的が仕事と観光をあわせて推定しており，ばらつきが出るものと推測していたが，今回の結果からは，航空機利用のため空港へ移動するという大原則の上では，今回ランダム化した説明変数では個人の認識のばらつきはほぼないことが明らかになった．

成田空港は，羽田空港に比べて，旅行時間が長く快適性や未就学児の同伴が手段選択に影響を及ぼすことが分かった．時間正確性については，国際線の発着が多い成田空港に対して，羽田空港が国内線中心であり，余裕時間の差による影響がある可能性が高い．離陸時間に対する事前空港到着時間の平均を算出すると，成田空港は93分前に到着しているが，羽田空港は78分前に到着している．このため，成田空港のようにむしろ余裕時間を多めにとって行動している可能性があり，余裕時間が少ないことや都心に近く道路混雑がより想定される羽田空港への移動について時間正確性が求められていると考えられる．時間価値の空港別の比較については，一般的に移動距離が長いほど時間価値が高くなることが言われており，羽田空港に比較して都心からの距離が長い成田空港の方が時間価値が高い妥当な結果となっている．

往路と復路の説明変数の違いについては，所要時間，費用や乗換回数といった変数は，往路復路ともに有意となり差があまり出なかった．個人の選好をより反映する時間正確性については，往路羽田が有意となり，復路成田が有意となっている．推定値は，羽田の方が成田に比較して大きい値であり，羽田空港への利用者の方が，比較的強く正確性について意識している傾向がみられる．

表-2　MXLモデル推定結果

説明変数	効用関数使用				成田空港(往路)			成田空港(復路)			羽田空港(往路)			羽田空港(復路)		
	特急・京急	普通・モノ	バス	自家用車	推定値	t値		推定値	t値		推定値	t値		推定値	t値	
特急/京急の定数項	○				7.83	3.09	***	7.67	3.05	***	23.50	3.50	***	24.29	3.46	***
普通/モノレール定数項		○			6.96	2.79	***	6.93	2.79	***	23.45	3.47	***	24.20	3.42	***
バスの定数項			○		6.24	2.44	**	5.76	2.27	**	22.70	3.34	***	23.60	3.31	***
駅バス停までのアクセス時間(分) (平均値) (標準偏差)	○	○	○		-2.03 0.00	-2.76 0.96	***	-2.09 0.02	-2.79 0.28	***	-6.57 0.00	-3.56 0.99	***	-6.23 0.00	-3.53 0.99	***
乗車（ラインホール）時間(分) (平均値) (標準偏差)	○	○	○	○	-1.12 0.00	-3.24 0.91	***	-1.15 0.03	-3.23 0.92	***	-1.61 0.54	-3.62 0.38	***	-1.58 0.00	-3.53 0.91	***
費用(円)（平均値） (標準偏差)	○	○	○	○	-0.59 0.00	-2.90 0.10	***	-0.60 0.00	-2.95 0.96	***	-1.60 0.00	-3.66 0.94	***	-1.39 0.00	-3.07 0.85	***
乗換回数	○	○	○		-0.47	-3.52	***	-0.47	-3.45	***	-0.32	-1.99	**	-0.43	-2.65	***
直行バス停有			○		1.20	3.73	***	1.62	4.36	***	1.40	4.41	***	1.19	4.07	***
自家用車の所有	○	○	○		-1.81	-2.52	**	-1.76	-2.60	***	-4.76	-2.23	***	-4.46	-2.08	**
時間正確性重視 (平均値) （標準偏差）	○	○	○		0.35 0.00	1.13 0.97		1.02 0.01	2.30 0.83	**	2.27 0.00	1.95 0.98	*	2.16 0.02	1.55 0.88	
快適性重視 (平均値) (標準偏差)	○	○	○		0.66 0.00	1.80 0.90	*	0.49 0.01	1.30 0.79		1.04 0.02	0.97 0.91		0.86 0.02	0.73 0.87	
未就学児の同伴有	○	○	○		-1.42	-2.19	**	-1.42	-2.13	**	-1.67	-1.05		-1.86	-1.11	
携行荷物の重さ				○	0.04	2.07	**	0.03	2.08	**	0.10	1.76	*	0.15	2.18	**
サンプル数					489			486			480			479		
スケールパラメーター					0.98	3.49	***	0.98	3.55	***	0.34	3.17	***	0.32	2.91	***
初期尤度					-677.9			-673.9			-665.4			-664.0		
最終尤度					-576.4			-569.9			-538.3			-544.2		
尤度比					0.15			0.15			0.19			0.18		
補正済み尤度比					0.12			0.13			0.16			0.15		
的中率					0.47			0.47			0.48			0.48		
VOT（鉄道特急）					63.34			64.19			—			—		
VOT（鉄道普通）					33.75			34.33			—			—		
VOT（京急）					—			—			11.66			13.26		
VOT（モノレール）					—			—			13.07			14.77		
VOT（バス）					39.08			40.51			17.91			20.15		
VOT（自家用車）					56.81			58.58			32.12			36.17		

***：1%有意、**：5%有意、*：10%有意　　VOT:Vale of Time

(2)　費用を変化させた場合の交通手段選択率の推移

推定されたパラメータのうち，標準偏差以外の有意となっている数値を用いた．往路と復路の鉄道特急と京急の費用について，初期値を LOS の値とし，そこから鉄道特急もしくは京急の費用のみを，2 倍に変化させた場合の交通手段の選択率を分析する（**図-5~8**）．

将来の鉄道施策を考えた場合に，特急や京急について，サービスの対価として費用を上昇させ，どのような選択率になるのかを成田と羽田，往路と復路で比較検討し考察する．羽田の往路と復路の比較について，京急とモノレールのシェアに着目するとシェアの逆転が復路より往路の方が早い，これは，往路の方が費用に関して敏感な

結果であると言える．逆に成田の場合に特急と普通のシェアの逆転は，羽田とは異なり，復路が往路より早い．これらから，復路の方が費用に関して敏感な結果となっていると考えられる．成田と羽田の比較では，成田の選択率の変化に対して，羽田の選択率の変化が大きい．特急鉄道は，JR，京成ともに運賃にさらに運賃と同額以上の特急料金が加算される．特急鉄道を選択する利用者は当初から快適性や速達性といったサービスの対価として特急料金の支払意志があり選択していると考えられるが，京急については，運賃だけで乗車可能であり，費用はなるべく小さくしたい利用者も選択している．このため費用上昇に伴う選択確率の変化が京急は大きくなっていると考えられる．

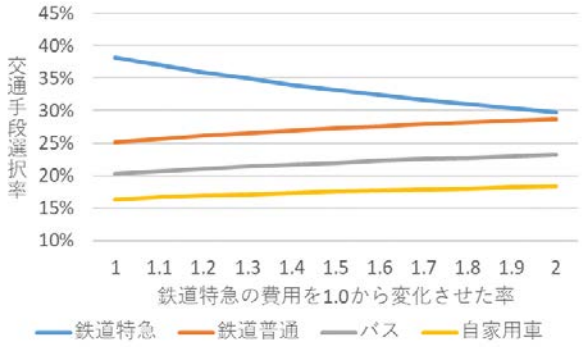


図-5　交通手段選択率の変化(成田往路)

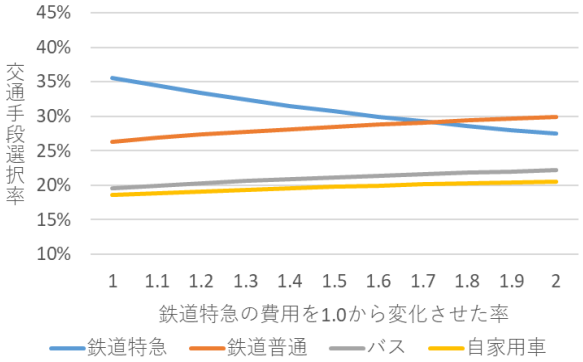


図-6　交通手段選択率の変化(成田復路)

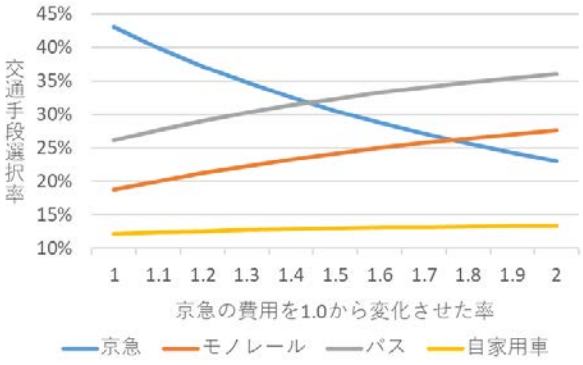


図-7　交通手段選択率の変化(羽田往路)

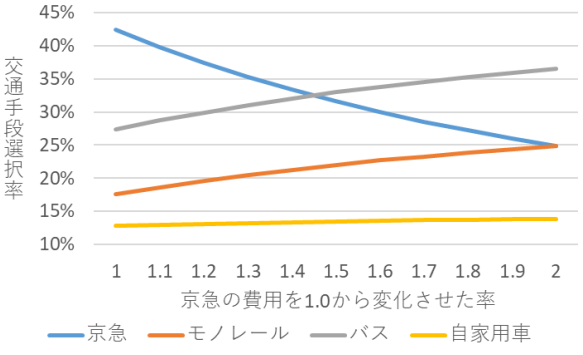


図-8　交通手段選択率の変化(羽田復路)

6.　結論

本研究は，交通手段選択のメカニズムを，基礎集計分析を行い，航空旅客の交通手段選択の傾向の把握を行った上で，旅行者の制約条件や意識を考慮した混合ロジットモデルによって分析し，今後のアクセス交通の機能向上に資する手段選択特性を明らかにした．とくに過去分析された例が少ない鉄道を細分化して，空港バス，自家用車の交通手段について分析を行った．これらを踏まえて結論を以下のようにまとめた．

- 今回のデータでは，個人の主観的な選好や認識のばらつきについては，旅行時間や費用，正確性や快適性などにおいては，ほとんどないことが分かった．これは，飛行機を乗るために空港に移動するという目的においては，個人の差が出にくいことを示している．
- 旅行時間が比較的長い成田空港への移動では，着席等快適性重視や未就学児の同伴が有意となり，ダミー変数間の推定値の比較においても未就学児の同伴は値が大きく影響が大きいことが分かった．鉄道においても家族連れに対する配慮や着席等の快適性をさらに向上できれば，利用者数の向上につながる可能性がある．
- 鉄道特急については，推定されたパラメータを用いて往路と復路の費用について，2 倍に変化させた場合の交通手段選択率の変化が京急に比較して少ないことが分かった．このため，追加料金負担に対してあまり抵抗がない可能性がある．付加価値を高めるサービスを設定すれば，追加料金が受容される可能性が高いと考えられる．

今後の展開については，今回サンプル数の問題から分析を行っていない仕事目的別の行動分析や出発時間帯や居住地別での調査実施により，手段選択特性の比較検討の実施が考えられる．

また，羽田空港へは JR 東日本が羽田空港アクセス線を計画している．この路線へは，高崎線，宇都宮線，常磐線が乗り入れる予定であり，グリーン車という特別料

金が必要な車両が連結されている．成田空港への特急サービスとは少し異なるが，追加料金を支払うサービスは，鉄道においては羽田空港では初めての設定となる．これらの需要想定や料金設定などにも今回の結果から得られた知見が活用できる．

謝辞：本論文を執筆するにあたり，貴重なデータを提供していただいた社会システム株式会社の井上真志氏，奥ノ坊直樹氏，また的確な助言をいただいた横浜国立大学大学院松行美帆子教授，安部遼佑准教授，東京大学助教渡邉萌氏，名古屋大学未来社会創造機構特任助教早内玄氏，横浜国立大学交通と都市研究室鈴木渉氏ほか皆様へ，心より感謝を申し上げます．

NOTES

注1) 国際航空運送協会（IATA）航空旅客動向予測，2022.3.
注2) 経済産業省通商白書（令和４年）.
注3) 国土交通省航空旅客動態調査（令和元年度）.
注4) TREEMAPS 郵便番号ジオコーディング.
注5) 一般財団法人デジタル道路地図協会 Digital Road Map デジタル道路地図.
注6) 国土交通省費用便益分析マニュアル.

REFERENCES

1) 石川智之，藤原章正，杉惠頼寧，李百鎮：不確実性を考慮した長距離都市間交通スケジュール決定行動モデルの構築，土木計画学研究発表会・講演集，Vol .26, No.62,2002．[Ishikawa,N. Fujiwara,A. Sugie,Y. and Lee,B. :Scheduling Behavior Models of Long-distance Intercity Travel Considering Uncertainties, *Infrastructure Planning Review of the Japan Society of Civil Engineers*, Vol .26, No.62,2002.]
2) 綾城本祐，久保田勤，小島健太，齊原潤：羽田空港アクセス交通需要予測モデルの構築と改善施策の検討に関する調査研究, Vol .19, No.3,運輸政策研究，pp.3-13,2006．[Ayaki,M. Kubota,T. Kojima,K. and Saih-ara,J. : A study on construction of travel model to HANEDA airport and examination of improvement policy of transit service to HANEDA Airport, *Transport policy studies' review of Institution for Transport Policy Studies*, Vol .19, No.3, pp.3-13,2006.]
3) 荻原貴之，岩倉成志，野中康弘，伊東祐一郎：羽田空港リムジンバスを対象とした旅行時間信頼性の評価，土木学会論文集 D3（土木計画学）,Vol.70,No.5 (土木計画学研究・論文集第 31 巻),pp.I_589- I_595, 2014. [O-gihara,T. Iwakura,S. Nonaka,Y. and Ito,Y. : Evaluation of Travel Time Reliability on Haneda Airport Acc-ess Bus Services, *Infrastructure Planning Review of the Japan Society of Civil Engineers*, Vol.70,No.5,pp. I_589- I_595, 2014.]
4) 奥ノ坊直樹，石部雅士，土屋貴佳，山下良久：東京圏における空港アクセス旅客の行動特性を踏まえた都市鉄道需要予測モデルに関する研究, 土木計画学研究・講演集，Vol.55,No.47-06,2017.[Okunobou,N. Ishibe,M. Tuchiya,T. and Yamashita,Y. : Research on Urban Rail Demand Forecasting Model Based on the Behavioral Characteristics of Airport Access Passengers in the Tokyo Area, *Infrastructure Planning Review of the Japan Society of Civil Engineers*, Vol.55,No.47-06,2017.]
5) Birolini, S. Malighetti, P. Redondi, R. Deforza, P. :Access mode choice to low-cost airports;Evaluation of new direct rail services at Milan-Bergamo airport, *Transport Policy*, vol. 73, pp.113-124,2019.
6) Kenneth, E. Train.:Discrete Choice Methods with Simulation, *the United Kingdom at the University Press, Cambridge*,pp.171-172,2003.

(Received March 31, 2023)
(Accepted June 9 , 2023)

ANALYSIS OF MODE CHOICE CHARACTERISTICS OF AIRPORT ACCESS TRANSPORTATION USING A DISAGGREGATED MODEL AT METROPOLITAN AIRPORTS

Yasuhiro HIJIKATA, Fumihiko NAKAMURA, Ryo ARIYOSHI, and Shinji TANAKA.

The purpose of this study is to understand the trends in user needs and to improve airport access transportation. The number of users of airport access transportation is expected to increase. We need to conduct a mode choice characteristics analysis to achieve a high level of accessibility that meets the needs of users. We conducted a mode choice analysis of round-trip airport access transportation between an airline passenger's home and the airport. Using a nested mixed logit (MXL) model, we found a relationship between individual user travel status and transportation mode choice. We also calculated the time of value for the two airports and found that the express rail service to Narita Airport is the most expensive. Our results provide insight into the functional improvement of airport access that can lead to the revitalization of exchange.