

# 秋冬季データを活用した幹線交通機関選択モデルの構築と 旅行時間変動価値の推定

竹村 九二寿\* 岩倉 成志（芝浦工業大学）  
久保田 征志（日本能率協会総合研究所）

Development of a Intercity Transportation Mode Choice Model using Autumn and Winter Trip Data and  
Estimation of Value of Travel Time Variability  
Kunitoshi Takemura\*, Seiji Iwakura, (Shibaura Institute of Technology)  
Masashi Kubota, (JMA Research Inc.)

Heavy snowfall, torrential rain, encounters with wild animals, and increased traffic or operational restrictions due to facility renovations have recently undermined the reliability of travel times on major transportation routes. To evaluate the economic value of travel time reliability, we attempted to construct a mean-variance model using transportation mode choice data from the fall and winter seasons to analyze annual travel time fluctuations and estimate travel time reliability value. The annual travel time variability analysis revealed that shinkansen trains have high punctuality, expressways exhibit significant variability during the Obon period, and airlines experience a significant deterioration in punctuality during winter, particularly in heavy snowfall regions. The result of using pooled data from autumn and winter, we were able to clarify the impact of time reliability indicators on intercity transportation. Although probe data is available year-round, challenges include the inability to determine the number of passengers, making it difficult to calculate per-person travel costs, and the inability to identify the specific ticket type used for airlines.

**キーワード：**旅行時間信頼性，幹線交通機関，旅行時間信頼性価値，プローブデータ，平均分散モデル  
(travel time reliability, intercity transportation, value of travel time variability, probe-data, Mean-Variance model)

## 1. はじめに

旅行時間信頼性の経済評価は2000年前後から国内外で都市交通を中心に多くの研究が蓄積されており、高速道路やバイパスにおける時間信頼性向上便益として事業評価で試算されてきた。その際信頼性比は、1.0と仮定しているが、その効果は総便益に対して約3-22%を占めており<sup>1)</sup>、大きな便益の一つであるといえる。しかし、幹線交通に関する旅行時間信頼性の経済評価の研究成果は未だない。気候変動に伴う大雪・豪雨や野生動物との接触、施設更新に伴う通行規制が増加しており、旅行時間信頼性評価の重要性は益々高まっている。

東海道新幹線では、荒天の遅延も含め1.1[分/1列車]<sup>2)</sup>である点など、定時性の高さは、時間価値が高い中長距離移動において、旅行時間信頼性の影響を受けると考えられる。本研究は、東北地方と北陸地方の高速道路、新幹線、航空を対象に年間のday-to-dayの旅行時間変動の分析をおこなった上で、旅行時間信頼性の経済価値を明らかにする。

幹線交通の旅行時間信頼性の経済評価を行うために取得

した2018年前後2か年の日々の交通機関別時間帯別・運行別旅行時間データと、携帯位置情報データを利活用した冬期を含む日別の幹線交通需要データを組み合わせ、非集計ロジットモデルによって幹線交通の旅行時間信頼性評価値を算出する。

一般的に幹線交通の時間価値は都市交通に比して高く、旅行時間信頼性価値も相応に大きいと想定される。交通機関ごとの旅行時間変動の季節別変化が旅行需要にも影響する可能性を明らかにし、離散選択モデルの平均-分散アプローチを用いて、幹線交通の旅行時間信頼性の経済価値を計測する。異なる幹線交通の旅行時間変動を比較分析し、旅行者の携帯位置データで、旅行時間信頼性の経済価値を算出する従来に無い試みである。

以下、2.では幹線交通の旅行時間変動や旅行時間信頼性の経済評価に対する既往研究の整理から本研究の立場を明確にする。3.では分析に用いたデータを紹介し、データ作成の流れに触れる。4.ではday-to-dayデータから基礎分析を行い、データにどのような特性があるかを季節別や時間別に分け、明らかにする。5.では携帯位置情報データを用

いた幹線交通機関選択モデルを構築し、推定結果と経済価値についてまとめる。最後に6. で本研究のまとめを行う。

## 2. 既往研究の整理

旅行時間変動に関わる既存研究として、若林ら(2009)<sup>4)</sup>は、道路の旅行時間信頼性指標の比較を行い、BT, PT, TTV, 平均旅行時間の前後10分を示す $P(\text{ave} \pm 10)$ , パーセンタイル値指標の「TT80-TT20」, 「TT70-TT30」を、東名名古屋JC-名神吹田IC間を対象に分析した。なお、若林(2001)<sup>5)</sup>は降雪等気象影響が道路旅行時間変動TTV(Travel Time Variability)に与える影響に関わる分析もおこなっている。梅田・桑原ほか(2021)<sup>6)</sup>が冬季道路交通にて異常事象が発生した際に交通流に及ぼす影響の軽減を目的として、プローブデータと気象データを融合してリスクを評価する手法の提案をおこなった。福田・水口ほか(2017)<sup>7)</sup>は、広域で長期観測可能なプローブデータを利用した信頼性指標を算出する方法を提案した。12月や1月の降雪期は非降雪期の10月に比して旅行時間信頼性が大きく低下することを示した。

坂下ら(2009)<sup>8)</sup>は航空遅延の現状把握を目的として、羽田空港の発着データと周辺気象データを用いて、運行ダイヤや搭乗口の設備環境、天候が航空遅延に影響を及ぼしている要因を明らかにした。また平田ら(2018)<sup>9)</sup>は、日本国内の航空ネットワークにおける航空機遅延の波及現象の実態把握と費用対効果分析のための波及遅延モデルを開発した。

幹線鉄道に関する旅行時間変動の研究は少ないが、Li, X.(2021)<sup>10)</sup>は3000kmに及ぶ幹線交通(航空, 幹線鉄道, 高速バス)の交通機関選択における定時性の弾力性分析をおこなっている。また意思決定の側面では、柴田ら(2009)<sup>11)</sup>が選択肢の選別過程を考慮した交通機関選択モデル(MIMIC-PLCの統合モデル)の構築を行っている。調査をもとに、人の交通機関に対する選択重視度をまとめ、幹線鉄道重視度の中で「定時性」が影響を与えることを示唆している。

都市鉄道に関しては、Wardman and, Batley (2014)<sup>12)</sup>がPassenger Focus (2012)でValue for Moneyに次いで定時到着が旅客満足度の最も重要な要因とされていることを紹介し、都市鉄道の旅行時間信頼性研究の広範なレビューをおこなった。小林ら(2020)<sup>13)</sup>は列車編成ごとの20日間の運行実績データを用いて遅延状況を分析するとともに旅行時間信頼性価値VTTVの算出もおこなっている。van Loon et al.(2011)<sup>14)</sup>は、オランダの鉄道ネットワークを対象に旅行時間信頼性が、利用需要にどう影響しているのかspデータを活用し、パーセンタイル値を用いて説明している。この中で、定期券利用者の変動を説明するには「TT80-TT50」であるとまとめられている。

旅行時間信頼性の経済評価の既存研究としては、Fosgerau and Fukuda et al. (2008)<sup>15)</sup>が、デンマークの都市交通サービス(鉄道, バス)を対象に、平均-分散アプローチとスケジュー

リングアプローチを統合した新しいアプローチ手法を用いてモデル解析をおこなった。Fosgerau and Karlström(2010)<sup>16)</sup>は、Small (1982)<sup>17)</sup>が提案したスケジューリングアプローチが平均-分散アプローチと整合的に取り扱えることを示した。Carrion(2012)<sup>18)</sup>は、旅行時間信頼性とその価値に関する研究のレビューを行い、さらに信頼性推定値の相違が生じる背景原因を明らかにするためメタ分析を行った。メタ分析の結果は決定的なものではないとして、さらなる研究が必要であるとまとめている。

福田(2010)<sup>19)</sup>と中山(2012)<sup>20)</sup>は、旅行時間変動の経済的価値の既存研究をレビューするとともに研究課題を述べている。旅行時間信頼性を評価する指標として信頼性比RR(=旅行時間変動価値VTTV(Value of Travel Time Variability)と時間価値VTT(Value of Travel Time saving)の比較をおこなった。旅行時間変動を標準偏差とした場合の既存研究の信頼比は福田(2010)によると、Transek(2002)が推定した0.96からBatley(2007)が推定した3.28まで存在し、中山(2012)では、Black&Towriss(1993)の0.55からde Jongら(2007)の2.4までが記されている。Wardman&Batley(2014)<sup>12)</sup>のレビューでも福田と中山の整理と同等である。信頼性比RRは0.5~3.3までの間をとり、多くの研究成果では1.0~2.0となっている。荻原ほか(2013)<sup>21)</sup>は、羽田空港リムジンバスを対象に、旅行時間信頼性が利用者の交通機関選択に与える影響について、旅行時間変動価値VTTVのパラメータを過去の利用回数や乗車時間などの変数で構造化するモデルを開発し、信頼性比RRが0.54~2.15で変動し、乗車時間が長く、リムジンバス利用頻度が低いとRRが増加することを示した。

また携帯情報データを活用した研究として、Andersson et al.(2024)<sup>22)</sup>がある。スウェーデンでは、長距離移動において、主要データであった交通調査は、回答率の低下によってデータの質の低下などの問題が発生している。この事態に対応するため、携帯位置情報データと旅行調査データを融合した新たなデータを用いた分析を行っている。結果として鉄道移動時間に対して航空移動時間の交差弾力性が従来の交通調査の結果を利用したものより高く、また自動車移動時間に対する鉄道・航空の交差弾力性もより高いことを示唆している。

## 3. 分析データの紹介

### (1) 旅行時間変動データ

東北地方と北陸地方の幹線交通の旅行時間データを季節別、交通機関別に分析する。

a) 新幹線：JR 東日本の列車位置情報アプリから、路線区間、運行位置を5分毎に記録した。遅延時間の算出は、停車駅での実到着時刻とダイヤ上の到着時刻との差分とした。(2019/02/10-2020/01/10の290日間)

b) 航空：運航記録原簿データに基づく運航者、出発到着

spot, 発着時遅延時間など, 欠測や欠航を含むデータ (2018/01/01-2018/12/31 の 365 日間 航空局提供)

c) 高速道路: 車両感知器データ(タイムスライス法による IC 間所要時間, 平均旅行時間, 距離などを 6 時~24 時の間を 5 分毎に記録) (2018/01/01-2018/12/31 の 365 日間 (株)道路計画提供)

(2)幹線交通移動データ

2018 年の秋季 10 月の 7 日間, 冬季 1 月の 7 日間の計 14 日間分 (2018/01/10-1/12, 1/17-1/18, 1/25-1/26, 10/15-10/21 の 14 日間) の関東・東北・北陸エリアの携帯位置情報データを (株) ブログウォッチャーから購入し, 滞在・交通手段判定を行い, 交通機関選択データ (RP データ) を作成した. 滞在・交通手段判定の手順は以下のとおりである.

a) point データを個人別に時系列順に並べ, 移動経路を整理する.

b) 対象地域 (関東, 東北・北陸間) の行動を抽出.

c) point データの緯度経度の観測時間から, 207 ゾーン(対象地域のみ)ごとの滞在時間の算出を行う.

d) ゾーンごとにゾーンの輪郭があてはまる矩形を設定し, その長辺側の距離を  $34\text{km/h}^3$  で移動した際の所要時間を算出する.

e) 実際の移動では小休憩などを含むため, 所要時間に 60 分を上乗せした時間を滞在時間の閾値とし, 閾値以上滞在した人を滞在と判定する.

f) 各 point データと空港敷地, 港湾敷地, 鉄道路線でマップマッチングを行い, 交通手段判定を行う.

g) 航空, フェリー, 鉄道の判定を行った以外を道路の利用に設定する.

以上の操作に加えデータのクリーニングを行った. データ構築は日本能率協会総合研究所に依頼しておこなった.

4. 旅行時間信頼性の基礎分析

季節間の旅行時間分布の差異を確認するため旅行時間変動データを用いて関東 - 東北・北陸間を交通機関別に分析する. 東京から青森方面へ移動したデータを図-1 から図-3 に示す.

図-1 左に新幹線の運行データを横軸に遅延時間(分), 縦軸に計測回数を示した. 定時に集中しており, 新幹線の旅行時間信頼性の高さが見て取れる. また図-1 右は, 定時到着の列車を除いて, 月別に集計した. 冬季に悪化しているように見えるが, 遅延率から見てみると, 他の時期に比べて大きな差異が見られるわけではない. しかし遅延率は冬季の 12 月, 1 月が最も高い値を示しており, 冬季期間の影響を多少受けていると判断できる.

図-2 左は, 青森道の高速道路の移動データを横軸に所要時間, 縦軸に観測回数を与えたものである. 平均所要時間を軸に正規分布形状を示すが, 450-475 分は左右で異なる形

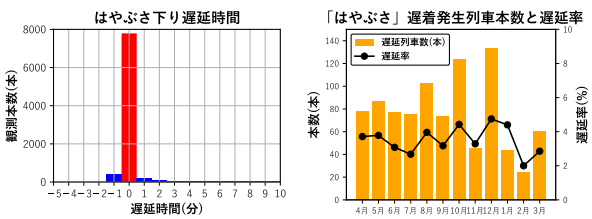


図-1 はやぶさの遅延時間分布と遅延列車の月別分布

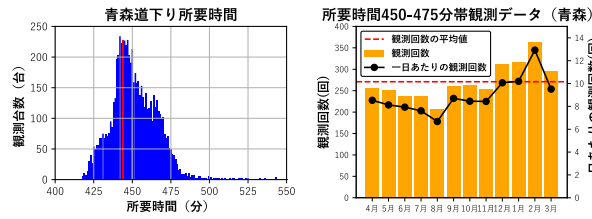


図-2 青森道の所要時間分布と450-475 分帯月別分布

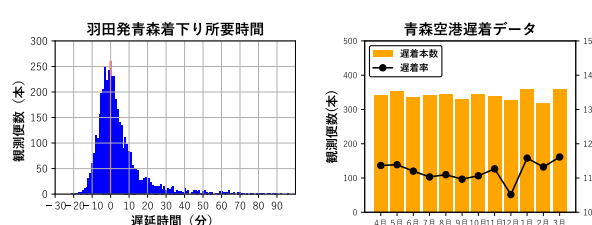


図-3 青森空港遅着月別分布

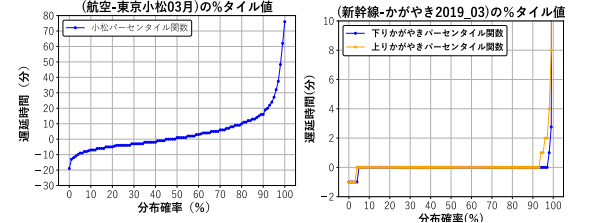


図-4 新幹線と航空のパーセンタイル指標

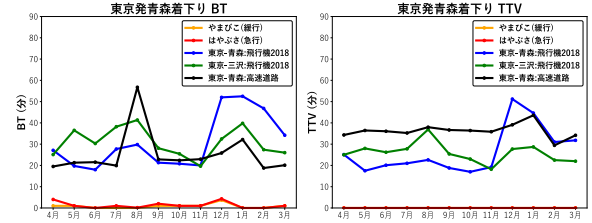


図-5 東京発青森着の月別時間信頼性交通機関比較

表-1 青森と八戸の降雪量の比較 (単位は cm)

2018	1 月	2 月	3 月	11 月	12 月
青森降雪	193	159	38	26	182
青森積雪	92	110	91	21	51
八戸降雪	14	54	22	3	36
八戸積雪	6	20	13	3	13

状となっている。該当部分を抜粋し、月別にまとめたものが図-2 右である。赤い点線が年間の平均値を出したものであり、12 月から 3 月において高い値を示している。つまり、高速道路は冬季の影響を受けやすいことがわかる。

図-3 左に羽田発青森着の航空機データの遅延時分を示した。定時を軸にすると分布の広がり確認でき、10 分の早着や 20 分近い遅着が散見される。遅着を抜粋したものが図-3 の右であり、冬季の折れ線グラフが他の時期に比べ高く、雪害の影響を受けたい除雪処理や空港の閉鎖などの問題があるといえる。

図-4 は高速道路で用いられるパーセンタイル値指標を航空と鉄道に適用したもので、図-4 左は、東京(羽田/成田)から小松空港への 2 月、図-4 右は、東京から北陸に向かう新幹線の 3 月のものである。航空は高速道路のパーセンタイル分布の概形と類似の曲線を描くが、新幹線は冬季でも 90%以上の列車が遅延 0 分となっているため直線的なグラフになる。このことから新幹線の定時性の高さがわかる。次に、旅行時間信頼性指標の PT(TT95), BT(TT95-TTave), TTV(TT90-TT10), TT80-TT20, TT70-TT30 を分析した。高速道路が該当 OD 間の平均所要時間、新幹線、航空がダイヤ上の定時を平均所要時間として BT を算出した。図-5 は時間信頼性指標を用いて横軸は月、縦軸が指標値(単位は分)である。図左は BT(TT95-TTave)で、新幹線が高速と航空に比べて特に低い値を示している。また高速道路は、航空に比べ概ね信頼性値が高いが、8 月は逆転して大きな値を示している。これは道路特有のお盆の帰省渋滞に起因するものと考えられる。データには東北道を含み、渋滞による 8 月の値の平均値からの乖離が見て取れる。また、図右は TTV(TT90-TT10)指標である。高速道路は年間を通してほぼ一定の値を示すことに対して、航空は特に羽田青森便が冬季に TTV が悪化している。羽田三沢便も悪化しているが、これは空港の位置している箇所の降雪量に左右されていると考える。表-1 は、空港最寄りの気象観測所の気象データをまとめたものである。実際に、青森と八戸では当該時期の降雪量の差は、多い時期では 3 倍から 5 倍の量があり、このような点から差異が生まれたと考えられる。

## 5. 旅行時間価値の推計

平均-分散アプローチで幹線交通機関選択モデルの構築をおこなう。3. で述べた携帯位置情報による交通移動データを用いて非集計ロジットモデルを構築する。国土交通省の幹線旅客純流動調査データ<sup>24)</sup>は秋季のデータのみで、4. で分析したように旅行時間変動も比較的安定した時期のデータとなっている。本研究は day-to-day の交通移動が把握できる携帯位置情報データによって旅行時間変動の大きい冬季データと秋季データとをプールして交通機関選択結果を説明するモデリングをすることで旅行時間信頼性価値 VTTV の

推計を試みる。

モデル式は次式(1),(2)である。LOS データの作成には、個人 ID ごとに取得された携帯位置情報座標を時系列順に並べた。そのファイルをもとに OpenStreetMap に落とし込むことで可視化し、交通手段判定をもとに該当するルート(経由駅や幹線 IC)を NAVITIME 乗換案内に打ち込み、結果から、費用、所要時間、乗換回数(乗換時間)、距離、ガソリン使用量などを参考に LOS を作成した。そのほかの代替手段の場合は、同じく NAVITIME において、出発地と到着地を設定し、該当する手段の中で 1 番合理的に選択されるものを選定している。選定条件設定は以下のとおりである。

- ① LOS データにおいて他交通機関での利用実態がある場合その経路(経由地を付与し設定)
- ② NAVITIME の第一経路と乗換回数が一番少ない経路を比較し、現実的な経路

またこのとき移動費用は正規運賃のため、航空費用は、平成 29 年度航空旅客動態調査報告書<sup>23)</sup>の利用券種割合を元に正規運賃に 0.68 を乗じたものを航空費用として代入した。また、自動車の移動費用は乗車人数により除す必要があるが、2015 年幹線旅客純流動調査<sup>24)</sup>の個票データを元に分析した結果、方面別にいくらかの差異が認められたが平均乗車人数 2.1 人であった、そのため一人当たりの自動車での移動費用として 2.1 で除したものを換算した。なお、現状の携帯位置情報では券種や同行者数は不明であること、自動車に関しては自家用車、高速バス、貨物車の車種分離が行えない点に LOS 整備上の課題がある。旅行時間変動データ  $\sigma$  は、4. で示した day-to-day データを月別 OD ごとに当日、当日+前日、過去 1 週間、過去 1 か月のデータを集計し、該当する OD 間の標準偏差を算定し、その値を用いている。なお、ダイヤをもつ新幹線と航空は、定刻からの遅延時間の標準偏差とし、早着時間は定着と同じ扱いをしている。

さらに、OD 間の乗り換え回数 NT は幹線交通部分だけではなく、アクセスとイグレスなどの端末交通での乗り換え回数を含んでいる。本研究の推定においては、乗換時間を用い結果の算出を行っている。

$$P_{ijm} = \frac{\exp(V_{ijm})}{\sum_k \exp(V_{ijk})} \quad (1)$$

$$V_{ijk} = \delta C_{ijk} + \zeta T_{ijk} + \rho \sigma_{T_{ijk}} + \kappa NT_{ijk} + ASC_k \quad (2)$$

V : 効用関数, C : 費用 (円), T : 所要時間 (分)

$\sigma$  : 旅行時間信頼性指標, NT : 乗換回数 (回)

$\delta, \zeta, \rho, \kappa$  : パラメータ

このとき信頼性比 RR は以下のように計算される。

$$RR = \frac{VTTV}{VT} = \frac{\text{時間信頼性指標値のパラメータ}}{\text{幹線所要時間のパラメータ}} = \frac{\rho}{\zeta}$$

RR：信頼性比，VTTV：旅行時間変動価値

VTT：旅行時間価値

幹線交通機関の選択データは、関東・東北・北陸間の秋冬期の14日間の全データの15743サンプルのうち、移動距離が300 km以上で、同日内の同一OD間移動で同一代表交通機関の選択が複数ある場合は一つに代表させて行動データの多様性を確保するようにして2472サンプルを抽出し、その中からOpenStreetMapでLOSの区別可能であった、998（秋：594，冬：405）サンプルを用いて推定を行った。なお距離帯ごとの定数項を設定し、400 km以下，400 km～600 km，600 km以上の3種類とした。また代表交通機関の設定は、旅客純流動調査に準じて航空＞鉄道＞道路の優先順位で設定を行っている。

パラメータ推定結果を表-2に示す。尤度比は0.14程度であり、一般的な幹線交通機関選択モデルより低い値を示している。時間に関するパラメータは、1%有意、費用パラメータは、5%有意の値を示しており、どちらも直感に即した推定結果になっている。しかし時間信頼性パラメータ $\rho$ は有意なパラメータが得られておらず、標準偏差の幅が小さくなれば利用されるという結果にとどまる。また定数項においても、距離帯別に分けたものが航空では長距離において、鉄道と道路においては長距離になればなるほど利用されなくなり、正しい推定結果といえる。さらに幹線交通の時間価値は、82.9（円/分）と過去の論文と比較しても大きい差は見られない。

信頼性比は公共交通と道路においてどちらも正の指標となり、公共交通の信頼性比は0.78、高速道路の信頼性比は3.86と算出された。公共交通の結果は、これまでの既往研究の示してきた結果と整合しているのに対して、高速道路の結果は、既往研究よりも少し大きい値を示している。これは時間信頼性パラメータが有意ではないこと、既存研究の都市交通の信頼性比がせいぜい3.3程度であることを考えると少々過大に推計されている可能性が高い。

## 6. おわりに

大雪や豪雨、野生動物との接触、施設更新に伴う通行規制・運行規制の増加など、幹線交通機関の旅行時間信頼性が近年揺らいでおり、その幹線交通の旅行時間信頼性の経済的価値を評価するために年間を通じた旅行時間変動の分析と旅行時間信頼価値を推計するために秋冬期の幹線交通機関選択行動データ（RPデータ）を用いた平均分散モデルの構築を試みた。

年間を通じた旅行時間変動分析からは、新幹線の定時性が極めて高いことが明らかになった。高速道路はお盆の時期の変動が大きいことや、冬季に変動がやや大きくなること、航空は他の交通機関と比較すると、豪雪地帯を中心に冬季の定時性が悪化するが、基幹空港である空港の定時性は

表-2 パラメータの推定結果

説明変数	単位	パラメータ	t値
ASC_鉄道400km未満		1.27	1.21
ASC_鉄道400km以上600km未満		-0.911	-3.5
ASC_道路400km未満		1.47	1.39
ASC_道路400km以上600km未満		-1.09	-3.29
ASC_航空600km以上		1.04	3.49
端末時間	(分)	-0.0097	-6.09
幹線時間	(分)	-0.00636	-6.34
乗換時間	(分)	-0.012	-3.79
費用	(円)	-0.0000768	-2.42
時間信頼性_公共交通		-0.00496	-1.12
時間信頼性_道路		-0.0246	-0.617
サンプル数		998	
調整済み尤度比		0.129	
時間価値	(円/分)	82.9	
RR_公共交通		0.779	
RR_道路		3.86	

（今後も発表にむけてモデルの修正に取り組む）

悪化しにくいことを示した。

旅行時間信頼性の経済的価値の推計は、交通機関選択モデルを構築し、交通機関選択モデルとしては少ないサンプル数かつ低い尤度比であるが、費用や時間に関して有意なパラメータの推定を行うことができた。しかし時間信頼性指標値では、負のパラメータが算出できているが、有意水準を満たしていない点ことから、信頼性比RRがこれまでの既往研究よりも少し大きい値をとっている点など、今後も研究課題はさまざま残されている。

プローブ（携帯位置情報）データはday-to-to-dayかつtime of dayの実績の移動データを年間通して得られるという大きな利点がある一方、欠点として、道路交通の車種（自動車、高速バス、貨物車など）特定の技術が待たれること、同乗者数が不明なため移動費用の算出ができないこと、航空会社は様々な券種を提供しているが、これを特定できないこと、トリップ目的が特定できないことなどがあげられる。こうした課題は鈴木・福田ほか（2019）<sup>29)</sup>が提案するアンケート調査とプローブデータの融合とによって、いくつか改良できる可能性はあると考える。

また航空遅延に関しては平田ら（2018）<sup>9)</sup>が指摘するように機材繰りによって波及影響が異なるため、毎期定常的に遅延が発生するわけではい。本研究でも2年間での差異も確認しており、利用者の認知、そして実際の交通機関選択の判断といった点でも利用空港の定時性の記憶、経験といった複雑な意思決定の反映も課題点にあげられる。

本概要では幹線交通の旅行時間信頼性の推計を行った。しかし、時間信頼性指標が有意にならない点や尤度比が明

らかに低い点など問題を抱えている。引き続き、プローブデータの発着地座標に対応した詳細な LOS データ構築の検討も含めて、平均-分散モデルの精度向上を含めて進めていき、口頭発表の際に報告したい。

謝辞:

本研究では一般財団法人国土技術研究センターと一般財団法人研友社のご支援をいただき作成したものです。ここに感謝申し上げます。

また高速道路所要時間データを作成いただいた道路計画の野中康弘様、石田貴志様、田口愛実様、航空遅延データ提供にご尽力いただいた茨城大学の平田輝満教授および航空局、携帯位置情報データの取得・解析にご尽力いただいた日本能率協会総合研究所の西尾和也様に感謝申し上げます。

## 文 献

- (1) 福田大輔：「道路の旅行時間信頼性の経済評価：研究到達点と実務化に向けた課題の整理」 pp. 46  
<https://www.jjice.or.jp/cms/kokudo/pdf/reports/autonomy/roads/01/2024/siryo3.pdf>
- (2) JR 東海, 統合報告書 2023  
<https://company.jr-central.co.jp/ir/annualreport/pdf/annualreport2023.pdf>
- (3) 国土交通省【「使える」ハイウェイ推進会議】：「2. 高速道路の利用状況」
- (4) 若林拓史, 松本幸正, 鈴木温, 鈴木忠英：都市間高速道路の旅行時間の変動と管理者・利用者からみた旅行時間信頼性指標との関係, 土木計画学研究・講演集, Vol.39, No.310, 2009.
- (5) 若林拓史, 坂部正治, 吉崎理絵：降雪予報下における高規格道路網の所要時間信頼性解析, 土木計画学研究・講演集 No.24(2), pp.385-388, 2001.
- (6) 梅田 祥吾, 川崎 洋輔, 桑原 雅夫, 飯星 明：プローブ車両データを用いた冬季道路交通における異常事象の発生危険性評価, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 2021.
- (7) 福田大輔, 水口正教, 瀬尾亨, 日下部貴彦, 朝倉康夫：広域・長期観測プローブ情報を用いた エリアレベルでの旅行時間信頼性評価, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.73 No.5, I\_1105-I\_1118, 2017.
- (8) 坂下文規, 森地茂, 日比野直彦：羽田空港における航空遅延に関する研究, 土木計画学研究・講演集, 2009.
- (9) 平田輝満, 古田土渉, 又吉直樹：国内航空ネットワークにおける波及遅延の 解析モデルと費用対効果分析への活用手法, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), 2018.
- (10) Li X., Ma R., Guo Y., Wang W., Yan B., Chen J: Investigation of factors and their dynamic effects on intercity travel modes competition, Travel Behavior and Society 23, pp.166-176, 2021.
- (11) 柴田宗典, 内山久雄：幹線旅客の交通機関選択行動における意思決定プロセスのモデル化に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol. 26, No.3, pp.457-468, 2009.
- (12) Wardman M., Batley R.: Travel time reliability: a review of late time valuations, elasticities and demand impacts in the passenger rail market in Great Britain, Transportation 41:1041-1069, 2014.
- (13) 小林 渉, 福田 大輔, 岩倉 成志, スケジューリングアプローチによる都市鉄道の列車遅延及び定時性の経済評価, 土木学会論文集 D3 (土木計画学) 76 巻 3 号, pp. 236-250, 2020.
- (14) van Loon R., Rietveld P., Brons M.: Travel-time reliability impacts on railway passenger demand: a revealed preference analysis, Journal of

Transport Geography, Vol 19, Issue 4, pp.917-925, 2011.

- (15) Fosgerau, M. and Fukuda, D. et al.: Travel time variability Definition and valuation, DTU Transport, 2008.
- (16) Fosgerau, M. Karlström, A. : The value of reliability, Transportation Research Part B, Vol 44, Issue 1, pp.38-49, 2010.
- (17) Small K.: The scheduling of consumer activities: work trips, American Economic Review, 72 (3), pp. 467-479, 1982.
- (18) Carrion C., Levinson D.: Value of travel time reliability: A review of current evidence, Transportation Research Part A, Vol 44, Issue 4, pp.720-741, 2012.
- (19) 福田大輔：旅行時間変動の価値づけに関する研究展望とプロジェクト評価への適用に向けた課題の整理, 土木計画学研究・論文集, Vol. 27, No.3, pp.437-448, 2010.
- (20) 中山晶一郎：道路の時間信頼性に関する研究レビュー, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 67, No.1, pp.95-114, 2011.
- (21) 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における旅行時間信頼性分析, 土木学会論文集 D3(土木計画学), 2013.
- (22) Andersson A., Kristoffersson I., Daly A., Borjesson M. :Long-distance mode choice estimation on joint travel survey and mobile phone network data, Transportation Research Part A:Policy and Practice, Vol 190, 2024.
- (23) 国土交通省：平成 29 年度航空旅客動態調査報告書, <https://www.mlit.go.jp/common/001266967.pdf>
- (24) 国土交通省：全国幹線旅客純流動調査, 2015 年, [https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku\\_soukou\\_fr\\_000018.html](https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/soukou/sogoseisaku_soukou_fr_000018.html)
- (25) 鈴木新, 山口裕通, 福田大輔：データ融合による日別・旅行目的別都市間旅客流動量推計, 学術研究論文, 運輸政策研究, vol21, pp.48-59, 2019