

新幹線および幹線鉄道の旅行時間信頼性価値の推計

【2025年度 KR-118】

芝浦工業大学 工学部 土木工学課程 教授

岩倉 成志

芝浦工業大学大学院

竹村 九二寿

1. 調査研究の背景

新幹線の大雪や豪雨などへの耐候性は他交通機関に比べて極めて優れ、定時性が極めて高い。一方、幹線鉄道（在来特急等）の耐候性は十分とは言えず、気象状況や野生動物との接触によって定時性が損なわれている。現行の事業評価マニュアルでは、便益項目に追加できる幹線旅行時間信頼性の経済的価値を理論的に推計する方法が示されていない。

鉄道、航空、高速道路の年間の旅行時間変動データと、携帯 GPS データに基づく秋冬期の幹線交通機関選択データを昨年度収集した。これらのデータで時間信頼性経済価値を算出する平均分散モデルを構築したが、サンプル数不足やデータクレンジング（特に貨物車 GPS データの排除）が不十分なため、統計的に頑健なパラメータ推定に至っておらず、幹線旅行時間信頼性価値の推計は、現時点では成果を得るに至っていない。本研究では、サンプル数の増加と LOS データの精度向上を行い、新幹線を含む幹線鉄道の旅行時間信頼性価値の推計を目的とする。

昨年度までに東北地方と北陸地方の高速道路、新幹線、航空を対象に年間を通じた day-to-day の旅行時間変動の分析をおこない、旅行時間信頼性の経済価値を推計してきた。データはコロナ禍前の 2018 年前後 2 か年の日々の幹線交通機関別の時間帯別・運行別旅行時間データと、携帯位置情報データによる 2018 年の秋と冬季の 2 週間の日別の幹線交通需要データ 8000 サンプル程度のうちデータクレンジングを施した 500 サンプルで、非集計ロジットモデルに基づく平均分散アプローチで幹線交通の旅行時間信頼性評価値を算出した。異なる幹線交通の年間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世界的にみても従来に無い試みである。

しかし、現時点では、携帯位置情報データによる交通機関特定（特に貨物車の排除）の特定に時間をとられ、サンプルサイズが 500 程度で推定しており、頑健なパラメータ推定を行うためには十分ではない状況である。本申請では、サンプル数を倍程度に増加して統計分析に十分なデータを整備した上で、世界的に例をみない幹線交通（新幹線を含む幹線鉄道）の旅行時間信頼性価値を算出する。

2. 調査研究の概要

(1) 収集データ

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)プ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。

(2) 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。

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が確認でき、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

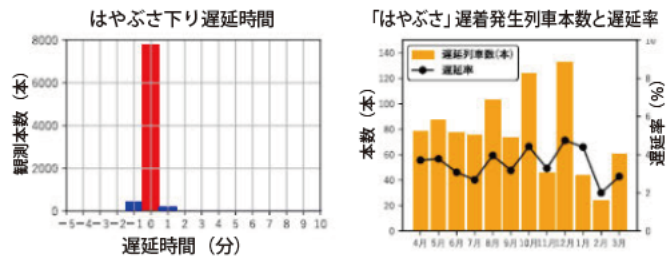


図1 はやぶさの遅延時間分布と遅延列車の月別分布

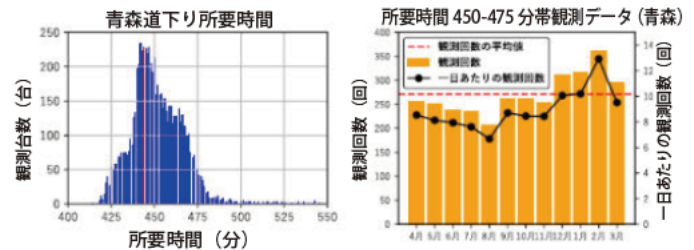


図2 青森道の所要時間分布と450-475分帯月別分布

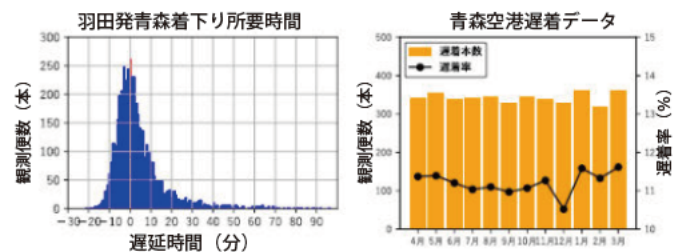


図3 青森空港遅着月別分布

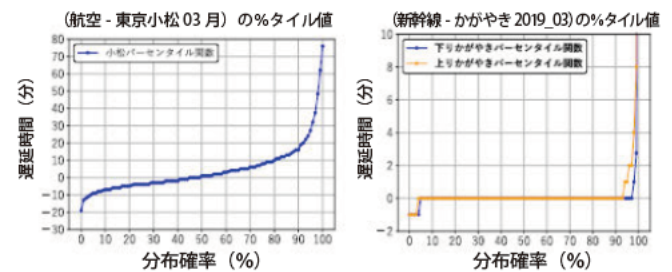


図4 新幹線と航空のパーセンタイル指標

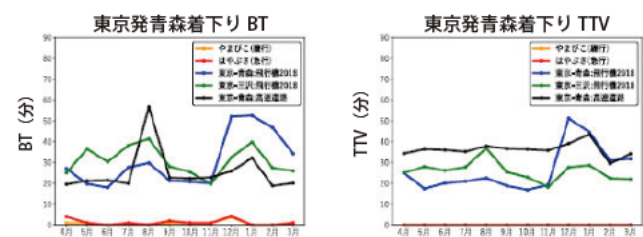


図5 東京発青森着の月別時間信頼性交通機関比較

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

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。パーセンタイル値の指標の幅がBTに比べ2倍になっているため、高速道路では指標値も2倍になったと考えられる。それに対して航空は、指標の幅を2倍にしても、指標値はBTと同じような値を示している。ダイヤにより運行計画が組まれているため道路ほど悪化しないと考えられる。また冬季にTTVが悪化しているこれは降雪の影響であるといえる。なお、参考に図1～図3で示した青森県内の各月降雪量と積雪量の程度を表1(気象庁報告)に示す。

(3) 旅行時間信頼性価値の推計

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。上記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。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23)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 σ は、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。

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

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

V:効用関数、C:費用(円)、T:所要時間(分)、 σ :旅行時間信頼性指標、NT:乗換回数(回)、 δ 、 ζ 、 ρ 、 κ :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。

$$RR = \frac{VTTV}{VT} = \frac{\text{時間信頼性指標値のパラメータ } \rho}{\text{幹線所要時間のパラメータ } \zeta} = \frac{\rho}{\zeta} \quad (3)$$

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300km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、955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、400km以下、400km～600km、600km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。

3. 考察

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

表2 幹線交通機関選択モデルの推定結果

説明変数	パラメータ	標準誤差	t値
アクセス時間(分)	-0.0102	0.18	-3.32
イグレス時間(分)	-0.0122	0.12	-6.24
幹線時間(分)	-0.00828	0.08	-6.56
端末(アクセス)乗換時間(分)	-0.0271	0.39	-4.21
端末(イグレス)乗換時間(分)	-0.00546	0.22	-1.49
移動費用(円)	-0.0000819	0.04	-2.17
時間信頼性:公共交通(95%)	-0.024	0.01	-1.67
時間信頼性高速道路(95%)	-0.017	0.09	-0.19
時間信頼性下位5%の中央値	0.122	0.16	0.75
定数項_400km未満_鉄道	1.09	1.07	1.02
定数項_400km以上600km未満_鉄道	-1.10	0.36	-3.03
定数項_400km未満_道路	1.07	1.09	0.98
定数項_400km以上600km未満_道路	-1.59	0.45	-3.53
定数項_600km以上_航空	1.36	0.40	3.37
Sample size	955		
初期尤度	-856.579		
最終尤度	-718.999		
自由度調整済み尤度比	0.144		
時間価値(円/分)	101.0989011		
RR_公共交通	2.90		
RR_道路	2.05		

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、どちらとも直感に即した推定結果になっている。時間信頼性パラメータ ρ は公共交通(航空、鉄道)が有意なパラメータが得られた。幹線交通の時間価値は、101.1(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2.9、高速道路の信頼性比は2.05と算出された。これまでの既存研究の都市交通の信頼性比は、0.7-3.3であることを考えると既存研究成果と整合的な結果となっている。

4. まとめ

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、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、高速道路は有意水準を満たしていない問題があるが、信頼性比RRがこれまでの都市交通を対象とした既往研究と整合的な結果を得られた。

プローブデータは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。また航空遅延に関しては平田ら(2018)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、每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。□

謝辞

本研究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。