

OD 表分解による都市間旅行コストと旅行先価値の推計

山口 裕通¹・柴田 真嵩²・中山 晶一郎³

¹正会員 金沢大学 助教 理工研究域 地球社会基盤学系 (〒 920-1192 金沢市 角間町)

E-mail: hyamaguchi@se.kanazawa-u.ac.jp

²非会員 金沢大学 理工学域 環境デザイン学類

³正会員 金沢大学 教授 理工研究域 地球社会基盤学系 (〒 920-1192 金沢市 角間町)

E-mail: nakayama@staff.kanazawa-u.ac.jp

近年、携帯電話位置情報データによって、精度が高くかつ時間的に詳細に分解可能な都道府県間 OD 表を入手することが可能となった。このデータは、時々刻々の都道府県間をまたぐ滞在行動をした人数の情報であり、適切に分解することで「都道府県間の移動コスト」と「各都道府県の旅行先としての魅力度」を算出することができる。本研究では、ロジットモデル型の旅行先選択モデルをベースとして、都道府県単位でこれら 2 種類の情報を推計したうえで、その基本的な空間差・時間変動情報を整理する。これらの指標には、新幹線整備や災害の影響・連休効果などによる影響が空間パターン別に分解されて組み込まれたものであり、この指標の時空間差を分析することを通じて近年の都市間旅客交通の空間差・時間変化の特徴の把握を目指す。

Key Words: mobile phone location data, space-pattern decomposition, long distance travel

1. はじめに

都道府県をまたぐような長距離旅行行動の調査については、行動が各個人にとって低頻度かつ、その旅行頻度の個人差が大きいといった特徴から、全容の把握が困難であることが指摘されてきた¹⁾。そのため、我が国全体の都道府県間流動を把握するために実施されてきた全国幹線旅客純流動調査は、旅行者を対象とした非常に大規模な調査となり、5年おきの秋期の平休日1日ずつの情報しか得ることができない。さらに、拡大面における課題から、バイアスが存在するという課題も報告されている²⁾。一方で、携帯電話位置情報をはじめとするパッシブ型の位置情報ビッグデータは、大量のサンプル(携帯電話ユーザ)の位置情報を、広範囲かつ高頻度で取得した信頼性の高いデータであり、国レベルでの長距離旅行の実態を俯瞰的かつ高頻度に把握することが可能である。すでに、Ahas et al. (2007, 2008)^{3) 4)} や室井ら (2015)⁵⁾, Janzen et al. (2016)⁶⁾ をはじめとして、観光旅行・長距離旅行の行動分析に活用され始めている。

これまでの研究では、従来調査を代替に向けた方法論が主に検討されてきた。これらは、携帯電話位置情報の「空間範囲の広さと空間解像度の高さ」に着目して、旅行目的などの情報を付与しながら^{6) 7)}、従来型の長距離旅行分析・需要予測に必要なデータを取得しようとするものである。我が国においても、パーソン

トリップ調査と対応するデータを抽出する方法⁸⁾などの検討が進められている。一方で、携帯電話位置情報の特徴として、広範囲の面的な移動情報を同じレベルで扱えるという、「空間的に広い範囲の移動情報を比較的容易かつ十分なサンプル数を収集できる」という特徴がある。そのため、全国幹線旅客純流動調査などの従来調査では、コスト面から全都道府県間の年間の移動量を精度よく調査することはコスト的に困難であったが、携帯電話位置情報データを用いることで複数時点の制度いい情報を容易に入手できるようになった。

この特徴を踏まえて、山口ら⁹⁾は、携帯電話位置情報データのみの時間変動データを用いて、OD表の時間変化を分析する枠組みを提案している。具体的には、都市間旅行 OD 表情報を旅行先価値と一般化交通費用という 2 種類のパターンの効果に分解したうえで、その時系列変化を状態空間モデルを用いて周期的な変動と、カレンダーによる連休効果、レベル効果などの複数の時系列推移に分解する方法を提案した。このような 2 段階の分解を実施することによって、様々な変動情報を含む都市間旅行 OD 表の時系列推移を、空間的・時間的な変動のパターンに応じて理解することができる。その上で、提案した方法を 2014 年 3 月から 2017 年 8 月までのモバイル空間統計の居住地・滞在分布表の日変動分析に適用し、本研究で提案する方法の妥当性と本方法から得られる我が国の主要な変動を確認し

ている。

一方で、この方法論で分解された「旅行先価値」と「一般化交通費用」については、概念上様々な適用が考えうるものの、その意味や含まれる情報は十分に整理されていない状態である。そこで、本研究では、山口ら⁹⁾が提案した OD 表分解手法を対象に、導出される「旅行先価値」と「一般化交通費用」の特徴を整理することを目的とする。とくに、我が国における都道府県単位の「旅行先価値」の分布と他の調査で導出された「魅力度」の関係や、「一般化交通費用」の空間分布（位置関係）を考察することを通じて、本分解方法によって得られる情報の特徴を明らかにする。

本稿の構成は、以下のとおりである。まず 2. では、本論文で用いるモバイル空間統計による多時点の居住地-滞在地表データについて説明する。3. では、ある一時点の OD 表の情報を「旅行先価値」と「一般化交通費用」という 2 種類の指標に分解する方法を述べたうえで、その妥当性と静的な特徴を整理していく。そのうえで、北陸新幹線開業を対象として、「旅行先価値」と「一般化交通費用」の変化を確認していく。4. は本論文の結論である。

2. モバイル空間統計による多時点の居住地-滞在地表データ

本稿では、携帯電話運用情報を用いた人口分布の統計である、モバイル空間統計¹⁰⁾による居住地-滞在地表データを用いる。このデータは、NTT ドコモが提供している 7 千万台もの携帯電話の運用データから作成されたものであり、おおよそ 1 時間ごとの頻度で日本全体の人口分布を把握することが可能な集計データである。

その運用データに含まれる滞在地情報と居住地情報を用いて作成される、以下のような 915 日分の都道府県間居住地-滞在地表を対象に分析を行う：

$$Q_{d,t} = \begin{pmatrix} q_{1,1,d,t} & \cdots & q_{1,j,d,t} & \cdots \\ \vdots & \ddots & & \\ q_{i,1,d,t} & & q_{i,j,d,t} & \\ \vdots & & & \ddots \end{pmatrix}, \quad (1)$$

$$\forall (d \in D, t \in T)$$

ここで、 d は日付、 t は時間を示しており、 $D = [2014.3.1, \dots, 2016.8.31]$ 、 $T = [0, 1, \dots, 23]$ である。また、 i, j はそれぞれ居住地、滞在地を示しており、これらはゾーンには全国幹線旅客純流動調査と同じ（都道府県単位としつつ、北海道のみ 4 ゾーンに分割した）50 ゾーンで集計している。そして、 $q_{i,j,d,t}$ が、 d 日の t 時間に、居住地が i の人の中でゾーン j に滞在している

人数を、携帯電話運用データから推計したものである。このデータを用いて我が国の都道府県間 OD 表（居住地-滞在地分布表）の時間変動パターンを分析してゆく。

3. 都道府県間 OD 表の情報分解

(1) OD 表情報の旅行先価値と一般化移動費用への分解方法

ここでは、OD 表情報の分解手法を述べる。なお、この方法は山口ら⁹⁾で既発表のものと同じものである。

各時点間の OD 表の差異を理解しやすくするために、OD 表を以下のように二種類の行列に分解する。

$$B_{d,t} = V_{d,t} - C_{d,t} + E_{d,t}, \quad \forall (d \in D, t \in T) \quad (2)$$

まず、 $B_{d,t}$ は居住地別の都道府県 j での滞在人数 $q_{i,j,d,t}$ と非外出人数との比の対数値行列である。

$$b_{i,j,d,t} = \ln(q_{i,j,d,t}/q_{i,i,d,t}) \quad (3)$$

$$\forall (d \in D, t \in T)$$

このうち、 $C_{d,t}$ 行列の各成分 $c_{i,j,d,t}$ は、以下式を満たすとする：

$$c_{i,j,d,t} = c_{j,i,d,t} \quad \forall (i \in Z, j \in Z) \quad (4)$$

$$c_{i,i,d,t} = 0 \quad \forall i \in Z \quad (5)$$

つまり、 $C_{d,t}$ は対角成分がすべてゼロの対称行列である。これは、距離行列と同様の性質であり、各旅行者が認識するすべての距離抵抗を含むものであることから、以降では $C_{d,t}$ を「一般化交通費用」とよぶ。

つぎに、 $V_{d,t}$ 行列の各成分 $v_{i,j,d,t}$ は、以下式を満たすとする

$$v_{i,j,d,t} = v_{i,k,d,t} \quad \forall (i \in Z, j \in Z, k \in Z) \quad (6)$$

$$v_{i,\text{Tokyo},d,t} = 0 \quad \forall i \in Z \quad (7)$$

式 (6) から、 $V_{d,t}$ は旅行先ごとの共通項であることがわかる。本稿では、この成分を「旅行先価値」とよぶ。

これらの一般化交通費用と旅行先価値の和は、旅行先選択多項ロジットモデルの確定効用と解釈することができる。居住地 i の人の旅行先選択確率 $p_i(j)$ が、式 (8) のような多項ロジットモデルで書けるとする：

$$p_i(j) = \frac{\exp(V_{i,j})}{\sum_{j \in Z} \exp(V_{i,j})}. \quad (8)$$

すると、式 (2), (3), (8) から以下式が成り立つ：

$$v_{i,j,d,t} - c_{i,j,d,t} + \epsilon_{i,j,d,t} = \ln \left(\frac{q_{i,j,d,t}}{q_{i,i,d,t}} \right) \quad (9)$$

$$= V_{i,j} - V_{i,i}.$$

つまり、旅行先価値 $v_{i,j,d,t}$ と一般化費用 $c_{i,j,d,t}$ の差が、 j に旅行する効用と i にそのままどまった場合に得られる効用の差に一致するという性質を持つ。

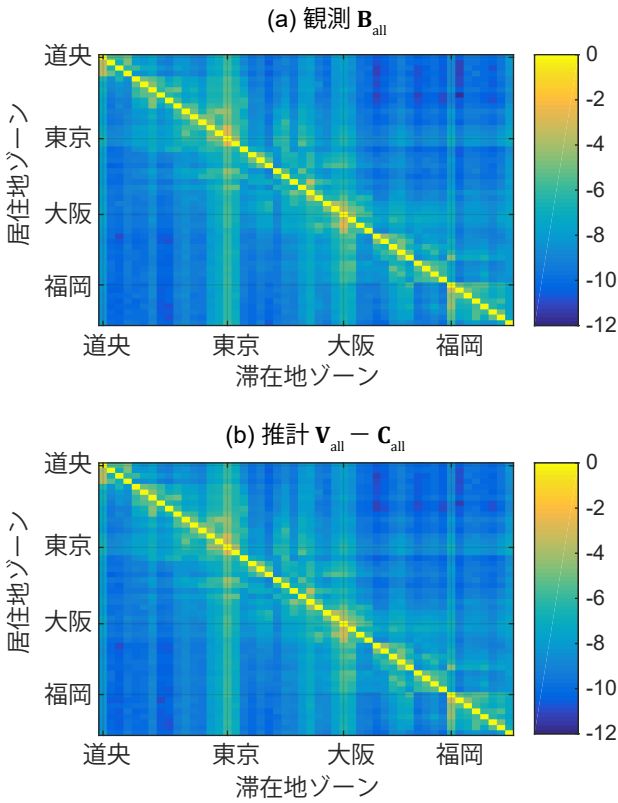


図-1 OD 表の再現性確認

一般化交通費用 $C_{d,t}$ と旅行先価値 $V_{d,t}$ は、式 (4)-(7) を制約条件とする以下の最小二乗法によって算出する：

$$\{C_{d,t}, V_{d,t}\} = \operatorname{argmin} \left(\sum_i \sum_j \epsilon_{i,j,d,t}^2 \right) \quad (10)$$

$$\forall (d \in D, t \in T)$$

なお、この問題においては、式 (7) のように $V_{d,t}$ と $C_{d,t}$ に含まれる変数のうち一つ以上の値を固定すると、それぞれの行列は一意に定まる。

(2) 全時点合算 OD 表の分解結果

a) 全時点合算 OD 表

本節では、式 (11) の全合算したデータを用いて、式 (2) の OD 表分解の妥当性を確認しつつ、都道府県間 OD 表の静的な特徴を確認する。

$$Q_{\text{all}} = \sum_{d \in D} \sum_{t \in T} Q_{d,t} \quad (11)$$

b) 観測結果と推定結果の差異

まず、式 (2) の妥当性を確認するために、観測の B_{all} と、 $V_{\text{all}} - C_{\text{all}}$ とを比較する。

図-1 (a) を見ると、観測 OD 表の以下の 3 つの特徴が確認できる：1) 式 (3) の定義通り、対角成分はすべてゼロである、2) 対角成分に近い成分ほど値が大きく（旅行先として選択されやすく）、対角成分から遠い成分ほど値が小さい（旅行先として選択されにくい）、3)

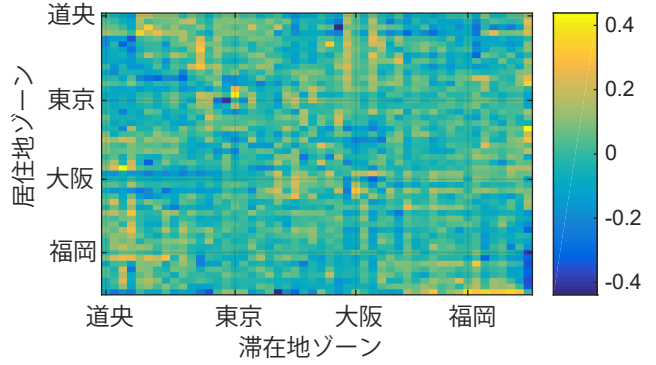


図-2 全時点合算 OD 表の残差行列 E_{all}

東京と大阪を旅行先とする成分に限っては、立地にかかわらず、ほぼすべての居住地において大きい値をとる（旅行先として選択されやすい）。この図では、都道府県コードの順にゾーンを並べており、おおむね隣接するゾーンは空間的にも近接している関係にある。そのため、この図から読み取れる特徴は、多くの旅行者が近隣のゾーンを旅行先として選択すること、我が国の主要な機能が集中する東京・大阪については、空間的な距離に関係なく多くの旅行者の旅行先となっていることを示している。

そして、図-1 の (a) と (b) を比較すると、ほとんど一致していることが確認できる。さらに、決定係数は $R^2 = 0.995$ であることから、同様のことがいえる。これらから、推定した一般化交通費用 C_{all} と旅行先価値 V_{all} の 2 成分で、都道府県間 OD 表 B_{all} の特徴をほとんど説明できていることがわかる。

つぎに、残差行列 E_{all} を見ていこう。全時点合算 OD 表の分解から得られた残差行列を確認すると、以下の性質を満たすことが確認される：

$$E_{\text{all}} + E_{\text{all}}^T \approx \mathbf{0}, \quad (12)$$

$$\sum_i \epsilon_{i,j,\text{all}} \approx \mathbf{0}, \quad (13)$$

$$\sum_j \epsilon_{i,j,\text{all}} \approx \mathbf{0}. \quad (14)$$

これらは、OD 表の対称成分の情報（一般化交通費用）と、行-列間での誘引力の差異（旅行先価値）がそれぞれ適切に各成分に推計されていることを示している。そして、図-2 に示される残りの残差は、「空間的に不均一な、非対称成分」に相当する。これらの差異は、時間価値などの感度や旅行先価値が居住地ゾーンごとに異なることを示唆しているが、その影響は OD 表全体の中では十分に小さく、本稿では無視して考える。

c) 旅行先価値の推定結果

旅行先価値 V_{all} の推定結果を、図-3 から見ていこう。まず、東京都ゾーンの旅行先価値は、式 (7) の条件によりゼロである、そして、各ゾーンの旅行先価値は人口の対数値に強く相関していることが確認でき、おおむね

表-1 旅行先価値とブランド総研魅力度調査による都道府県順位

順位	旅行先価値	log(population) による回帰の残差	ブランド総研魅力度 (2019)
1	東京都	沖縄県	北海道
2	大阪府	東京都	京都府
3	道央	道央	東京都
4	神奈川県	道南	沖縄県
5	千葉県	長野県	神奈川県
46 (43)	奈良県	高知県	埼玉県
47 (44)	高知県	鳥取県	栃木県
48 (45)	徳島県	徳島県	佐賀県
49 (46)	佐賀県	佐賀県	徳島県
50 (47)	鳥取県	奈良県	茨城県

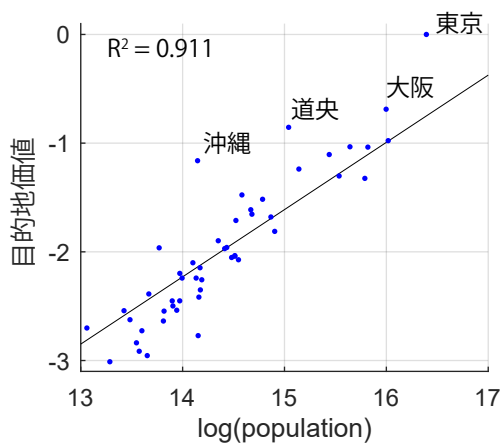


図-3 全時点合算 OD 表による推定旅行先価値と人口規模の関係

旅行先価値は都市規模に応じて決定していることがわかる。このうち、東京・大阪・道央・沖縄などは、回帰直線よりも上に位置している（旅行先価値が高い）。このような都市では、式(9)の定義から、都市機能や観光の魅力度の面で高い価値があり、人口規模以上に旅行者を誘引する力が強いことを示している。

つぎに、都道府県ごとの旅行先価値の順位を、表-1 から確認していこう。この表では、3種類情報によるランキングの上位5位と下位5位の都道府県を掲載している。1つ目は、推計した旅行先価値そのものであり、図-3で確認したように、おおむね人口規模と高い相関関係にある。

2つ目の情報は、図-3で示した、人口による単回帰直線の残差である。つまり、人口規模あたりの推計旅行先価値が高い都道府県と低い都道府県が掲載されている。その結果、ここでは沖縄・北海道・長野といった行楽先と思われるゾーンと東京において人口規模に対

する旅行先価値が高いことが分かった。とくに、東京については、人口規模を勘案した上でも旅行先価値が高いことがわかった。一方で、人口規模たりの旅行先価値が小さい都道府県は、旅行先価値の絶対値が小さい都道府県とほぼ一致している。しかし、順番はことなり、とくに奈良県は人口規模あたりの旅行先価値が小さい特徴がある。

3つめの情報は、ブランド総合研究所による2018年の魅力度都道府県ランキング¹¹⁾である。この調査は、インターネット調査によるアンケート調査であり、複数のポイントに対する認知・行動意欲に対する回答結果を用いて作成されたものである。なお、このデータは、本研究で利用した居住地一帯在地分布表と異なり、北海道ゾーンは分割されていない。そのため、ゾーンの総数は47であり、下位5つの順位はかっこ内に記載されている通り、43位から47位である。

本研究で扱う「旅行先価値」は、居住地一帯在地分布表から移動コストに相当する成分を除去して算出されたものであり、定義が異なるものである。これらを比較することで、「各都道府県のイメージ的な魅力度」と「実際に行動に移す（認識された）旅行先価値」の差異を把握できる。表-1のブランド総研による魅力度ランキングと、本研究で推計した旅行先価値の大きい都道府県を比較すると、おおむね一致点が多いことが分かる。例えば、上位5つのゾーンに含まれる都道府県のうち、東京都・北海道・神奈川県は旅行先価値でも上位5位の中であり、沖縄県は人口規模あたりの旅行先価値がもっとも大きい都道府県である。さらに、佐賀県と徳島県が小さいことも共通している。一方で、何点か大きな乖離がある都道府県もある。例えば、奈良県は旅行先価値・人口規模あたりの旅行先価値は小さいが、地域ブランド総研による魅力度ランキングでは6位とかなり上位に位置している。また、地域ブランド

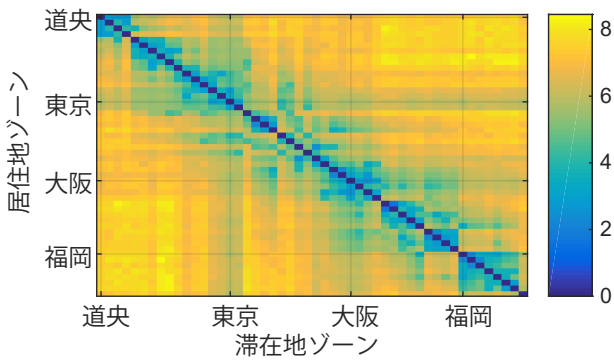


図-4 全時点合算 OD 表による推定一般化交通費用

総研による魅力度ランキングで下位に位置している埼玉県・栃木県・茨城県といった関東地方の都道府県は、本研究の推計結果である旅行先価値ではそれぞれは 11 位，24 位，18 位と比較的上位に位置している．なお，人口規模あたりの旅行先価値とした場合は，埼玉県：37 位，栃木県：32 位，茨城県 31 位であり，地域ブランド総研による魅力度ランキングと比較すると順位が高い結果である．

このような、「魅力度ランキング」と「旅行先価値ランキング」の差は，意識・イメージの面での魅力度と実際の旅行行動との間の乖離を反映したものであると推測される．この差異を生む構造を解明することは，人々の旅行先の選択行動における「イメージ」から「実行動」への乖離内容を特定することを意味しており，都道府県間交流や観光行動の促進に寄与する知見を得られる可能性がある．一方で，乖離の大きい都道府県は大都市近郊で，通勤行動が無視できないと予想されるゾーンであり，解析時点を絞り込むなどよりターゲットを絞った「旅行先価値」の推定が望ましい可能性がある．

d) 一般化交通費用の推定結果

つぎに，一般化交通費用の推定結果を，図-4 から見ていこう．まず，対角成分は式 (5) の条件によりすべてゼロである．そして，その対角成分から遠ざかるほど，一般化交通費用が大きくなる傾向にある．図-4 では，各ゾーンは図-1 と同様に都道府県コードの順番（おおむね，北東から南西の順）に並べられており，実際の直線距離に近い関係にあるといえる．

一方で，東京発（着）のゾーンペアを見ると，遠方にあるようなゾーンであっても，比較的小さな値をとることがわかる．これは，東京からほぼすべての地域に対して利便性の高い交通機関が整備されていることを示しており，とくに羽田空港のネットワークが強く影響しているものと推察できる．

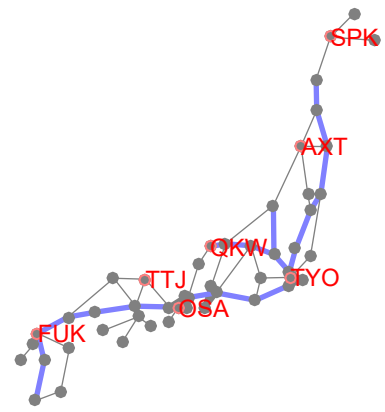


図-5 ゾーンの空間的な位置関係（緯度経度利用）

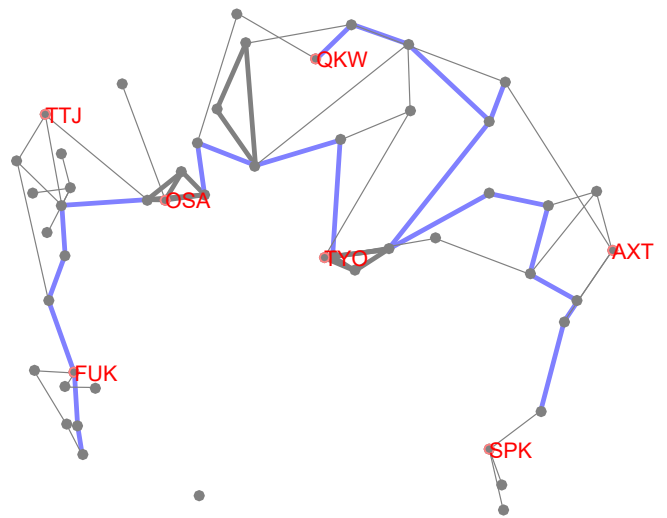


図-6 推計一般化交通費用によるゾーンの空間的な位置関係

この推定された一般化交通費用による距離関係から，各ゾーンの空間分布を書いたものが図-6 である．ここでは，東京都の位置を固定したうえで，2次元平面状での距離の比が推計した一般化交通費用の比にできるだけ一致するように，最小二乗法で座標を算出したものである．都道府県庁の座標をプロットしたものが，図-5 であり，主要な鉄道リンク（新幹線は紫色）のみノード間のリンクとして図示している．

図-6 をみると，推計一般化交通費用の特徴として以下の 3 点が読み取れる．(1) 我が国の交通ネットワークは東京を中心に形成されており，一般化費用から導出した国土の形状は東京を中心とした円形になる．これは，ある一定以上の距離になると一般化交通費用は航空路線によって規定されており，羽田空港からはほとんどの都道府県に対して直行便が運航されていることから，

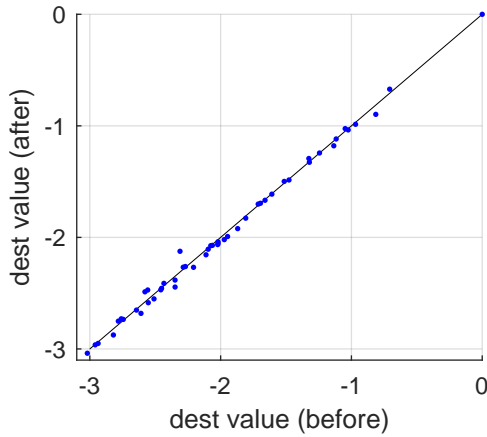


図-7 北陸新幹線開業前後の旅行先価値の変化

このような構造になるものと思われる。(2) 円形の構造のうち、内側に太平洋側の都市軸が配置され、日本海側が外側に配置される形となる。鳥取・秋田・福井・石川・富山などの日本海側の都市は、円周の外側に位置しており、相互の距離が太平洋側と比較して遠いことを示している。これは、現状の新幹線ネットワークの形状をほぼそのまま反映した形といえる。(3) 東海道新幹線・東北新幹線の沿線都市は、東京からみると線形に遠ざかる形ではなく、歪んだ形となっている。例えば、東海道新幹線（東京-大阪）では、愛知県・京都府・大阪府が静岡県・滋賀県より東京に近い配置であり、東北新幹線（東京-青森）では宮城県が福島県より近い関係にある。これらは共通して、速達タイプ（のぞみ、はやぶさ）の停車パターンと一致しており、本研究で導出される一般化交通費用にはこのような要因も含んだ指標であることが分かる。

(3) 北陸新幹線開業による分解結果の変化

a) 旅行先価値の変化

つぎに、分析する時点を以下の2時点に分けて、北陸新幹線開業による「旅行先価値」と「一般化交通費用」の変化を確認していこう。ここでは、季節変動を除去するために、開業前の1年間と開業後の1年間の集計値を下記のように算出し、それぞれで分解を行った結果を示す。

$$Q_{HSRbef} = \sum_{d \in [2014.3.1 \sim 2015.2.28]} \sum_{t \in T} Q_{d,t} \quad (15)$$

$$Q_{HSRaft} = \sum_{d \in [2015.4.1 \sim 2016.3.30]} \sum_{t \in T} Q_{d,t} \quad (16)$$

開業前と開業後の旅行先価値の変化を示したものが、図-7である。この図から、新幹線開業の前と後で、各都道府県の旅行先価値は大きく変わらないことが分かる。そして、順位が変わった都道府県を表-2に示す。こ

表-2 北陸新幹線開業前後の旅行先価値順位の変化

順位変化	ゾーン名	before	after
-4	石川県	32	28
-2	富山県	40	38
-2	和歌山県	41	39

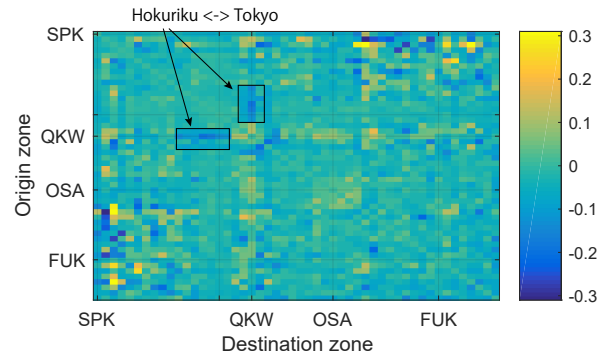


図-8 北陸新幹線開業前後の推定一般化交通費用の変化

の表では、順位が2つ以上上がった都道府県のみ示しており、その総数は3都道府県だけである。このうち、和歌山県は北陸新幹線による影響とは考え難いが、残りの二つは石川県と富山県で2015年3月の北陸新幹線金沢延伸開業時に新しく新幹線ネットワークで接続された都道府県である。このとき、最大の石川県では32位から28位に順位をあげている。一方で、新幹線開業による変化は、短期の範囲内では図-7からもわかるように、都道府県間の到着先価値ランキングを大きく変えるほどの変化はないことが分かる。

b) 一般化交通費用の変化

図-8に、一般化交通費用の変化を示す。この図から、想定されたように、北陸新幹線の開業があった石川県・富山県と関東地方を結ぶゾーン間ペアで一般化交通費用が小さくなったことが確認できる。これは、本研究で扱っている一般化交通費用に、新幹線による交通抵抗の低下のレベルが定量的に把握できることを意味している。なお、図-4のスケールと比較すると、新幹線開業前後の一般化交通費用の変化は、もとのコスト分布を大きく変えるレベルではないこともわかる。

そのほかに、図の右上と右下で大きな変化があることが読み取れる。これは、北海道・東北と中国・四国・九州の間の移動であり、これらのゾーンペアではもともとの流動量が小さいために変化が大きく出てしまう影響によると思われる。

4. おわりに

本研究では、携帯電話位置情報データを用いることで得ることができる、時間解像度の高い多時点の都道府県間 OD (居住地-滞在地) 表を 2 種類の空間パターンに分解し、その特徴を整理した。具体的には、都市間旅行 OD 表情報を旅行先価値と一般化交通費用という 2 種類のパターンの効果に分解したうえで、そこから得られる情報の特徴を考察した。まず、旅行先価値は、そのゾーンの旅行者の吸引力を示すものであり、基本的には人口規模と強い相関関係にある。そのうえで、北海道・沖縄・東京などは人口規模と比較してもより多くの旅行者を集めており、これらの結果はブランド総合研究所による地域ブランド調査による結果とも整合するものである。一方で、地域ブランド調査の結果と乖離する結果も多く確認され、これらは「イメージ」と「実行動」が乖離するポイントであるとも考えられる。この点については、今後より深く分析を進める予定である。

また、一般化交通費用の算出結果から、我が国の複数の交通サービスレベルを勘案したネットワーク・都市配置を作成した。その結果、我が国の都市配置は東京を中心とする円状の都市配置になることと、その中でも太平洋側ネットワークが内側・日本海側ネットワークが外側になるような配置であることが分かった。

以上の結果から、都道府県間 OD (居住地-滞在地) 表を分解することで、(特に問題のない) 都市の吸引力 (旅行先価値) と都市間の複合的な移動コスト (一般化交通費用) を定量的に把握できることが確認できた。これらの変化と空間分布の内訳をより精緻に分析を行うことで、我が国の都市間移動パターンの解明と交流活動促進に望ましいネットワーク構造などの議論への適用を検討していく必要がある。

謝辞： 本研究は、科学研究費補助金・若手研究 (B)17K14736、文部科学省卓越研究員事業として支援を受けた研究による成果の一部です。この場を借り、皆様に感謝いたします。

参考文献

- 1) Axhausen, K. W.: *Capturing long-distance travel*, Research Studies Press, pp. 342, 2003.
- 2) 奥村誠, 山口裕通, 大窪和明: 全国幹線旅客純流動調査の鉄道サンプル拡大方法に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.67, No.5, pp.911-918, 2011.
- 3) Ahas, R., Aasa, A., Mark, Ü., Pae, T. and Kull, A.: Seasonal tourism spaces in Estonia: Case study with mobile positioning data, *Tourism Management*, Vol. 28, No. 3, pp.898910, 2007.
- 4) Ahas, R., Aasa, A., Roose, A., Mark, Ü. and Silm, S.: Evaluating passive mobile positioning data for tourism surveys: An Estonian case study, *Tourism Management*, Vol. 29, No.3, pp. 469486, 2008.
- 5) 室井寿明, 磯野文暁, 鈴木俊博: モバイル・ビッグデータを用いた都市間旅客交通への活用に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol. 51, 2015.
- 6) Janzen, M., Vanhoof, M., Axhausen, K. and Smoreda, Z.: Estimating Long-Distance Travel Demand with Mobile Phone Billing Data, *In 16th Swiss Transport Research Conference*, 2016.
- 7) Alexander, L., Jiang, S., Murga, M. and González, M. C.: Origindestination trips by purpose and time of day inferred from mobile phone data, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, Vol. 58, pp. 240250, 2015.
- 8) 森尾淳, 牧村和彦, 山口高康, 池田大造, 西野仁, 藤岡啓太郎, 今井龍一: 東京都市圏におけるモバイル空間統計とパーソントリップ調査の比較調査-都市交通分野への適用に向けて-, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.52, pp.882-889, 2013.
- 9) 山口裕通, 中西航, 福田大輔: 都市間旅行 OD 表の時間変動パターンの分析, 土木計画学・研究講演集 Vol.55(CD-ROM), 2017.
- 10) NTT ドコモ: モバイル空間統計に関する情報, (https://www.nttdocomo.co.jp/corporate/disclosure/mobile_spatial_statistics/, last access: 2019/10/04).
- 11) ブランド総合研究所: 地域ブランド調査 2018 都道府県ランキング, (https://news.tiiki.jp/05_research/survey2018/4127.html, last access: 2019/10/04).

(Oct. 4, 2019 受付)

OD matrix decomposition for estimating inter-prefecture travel costs and value as travel destination

Hiromichi YAMAGUCHI, Mashu SHIBATA and Shoichiro NAKAYAMA