

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：13301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K14736

研究課題名（和文）ビックデータの時間情報が拓く、新たな都市間旅行需要予測手法の開発

研究課題名（英文）Development of new inter-city travel demand forecasting model focus on the rich time-series information of big data

研究代表者

山口 裕通 (YAMAGUCHI, Hiromichi)

金沢大学・地球社会基盤学系・助教

研究者番号：10786031

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、携帯電話位置情報データがもつ、高精度かつ膨大な時間情報に着目して、新しい需要予測手法の開発を実施した。3年間の研究成果として、おおきく以下の2点があげられる：1つ目は、膨大な時間情報があるが旅行目的などの人の意思の情報を持たない、携帯電話位置情報を解析するための方法を開発した。主には、時間変動パターンの分解手法と複数データの融合手法があげられる。2つ目は、新幹線開業効果に着目して、その影響を従来より詳細に明らかにしたことである。とくに、従来主に考えられてきた「時間短縮効果」とは大きく異なるパターンで旅行行動が変わることを発見した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で得られた学術的意義として、以下の2点があげられる。

1点目は、新たに活用可能になった携帯電話位置情報データを前提とした、新たな考え方の需要予測モデルを提案した点である。このモデルによって、従来より時間的にはるかに詳細かつ精度の高い需要予測が可能となった。

2点目は、新幹線開業効果として、本研究で新たに発見した「旅行先価値向上効果」である。これは、従来は扱われなかったが、新幹線開業効果の多くを占めることが明らかになった。そのため、今後の都市間旅客交通ネットワーク設計にかかわる、社会的に非常に重要な発見であるとともに、今後この効果を詳細に解明していくこと

研究成果の概要（英文）：In this research, we developed a new travel demand forecasting model, focusing on the mobile phone location data which have rich time-series information. The main achievements of this three-year research projects are following two points:

First, we have developed several methods for analyzing mobile phone location data, which has a huge amount of time information but does not have the thinking information such as the purpose of travel. They are mainly following two approaches: decomposition of time-series travel patterns and data-fusion approach for estimating the travel purpose information.

The second is the effect of new High-Speed Rail service on travel behavior has been analyzed in more detail. In particular, we found that travel behavior changes in a pattern that is significantly different from the time-saving effect that has been considered mainly in the past.

研究分野：土木計画学

キーワード：都市間交通 新幹線 携帯電話位置情報データ 需要予測モデル 非負値行列因子分解 ビックデータ

## 1. 研究開始当初の背景

我が国では戦略的に社会的に望ましい都市間旅客交通ネットワークを維持・構築するための“縮小計画”の策定が必要となる。そして、そのような計画を策定するためには、「これから長期的に都市間旅行需要が、どれくらい・どのように変化するか?」、そして「ある交通サービスを廃止(ネットワーク形状を変更)すると、都市間旅行需要はどのように変化するか?」といった問いに回答できる、精度の高い需要予測モデルの必要性はより一層高まっている。

日本全体の都市間旅行需要を予測するモデルは、Kato et al.(2011)<sup>1)</sup>をはじめとして多く提案されてきた。しかし、都市間旅客交通は、非日常的かつ季節変動が大きいという特徴から、全体像を把握できるデータは取得困難であり、モデルの作成に用いることができる情報は限定的であった。

近年活が進みつつある携帯電話位置情報は、詳細な経路情報や旅行目的情報を入手ことは困難であるものの、膨大なサンプル数の広域の移動データが常に蓄積されている。そのため、従来の調査を安価に代替でき、さらに任意の時点の情報を直後の時間から得られるものとして着目され、検討が進められている<sup>2)</sup>。このような検討における主な着眼点は、「どのようにすれば携帯電話位置情報から、従来のモデル作成に必要な都市間旅行情報を取得できるか?」であった。

一方で、携帯電話位置情報データは、時間情報が正確かつ長期間のデータが継続的にあるために、これまで断片的にしか把握できなかった、「旅行頻度」と「季節変動」といった新しい情報を得ることが可能である。しかし、これまでの研究では、旅行情報・滞在情報ほどには注目されてこなかった。

そこで、本研究ではこの時間情報に着目した携帯電話位置情報の活用を目指す。具体的には、携帯電話位置情報の「時間情報」を活用し、旅行回数分布モデルと代表的需要予測モデルを統合することで、時間軸に強い新たなモデルを作成・提案する。

## 2. 研究の目的

本研究は、携帯電話位置情報の「データ取得の時間的連続性」と「長期パネルデータ」といった特徴によって新たに利用可能となった情報に着目し、以下の3点を実施することを目的とする。

- 新たに利用可能となった情報の視点からわかる、都市間旅行需要の性質を明らかにする。
- 補完的關係にあるデータとの融合を実施しつつ、携帯電話位置情報特有の情報を最大限に活用した、新たな需要予測モデルを提案する。
- 提案したモデルを用いたシミュレーションを通じて、これから直面しうる課題を整理し、人口減少時代の都市間旅客交通ネットワーク計画・政策に関する提言を行う

## 3. 研究の方法

研究計画において主要なアイデアとしていた、「旅行回数分布情報との融合」だが、同情報を解析可能なゼンリンデータコム社の混雑統計情報を解析した結果、現時点での個人情報保護ルールとサンプル数の関係から、解析に十分な解像度のデータを抽出することが困難であり、本研究プロジェクトの範囲で入手できるデータでは解析が難しいことがわかった。そのため、代替のアプローチとして、本研究では、ドコモ・インサイトマーケティング社のモバイル空間統計データを入手して、「時間情報の活用」のほかの手段である季節変動などの点に注力し、以下の3つのアプローチを提案し、当初目的を十分に達成できるモデル開発と都市間旅行需要の性質把握を実施した。

### (1) OD表データの時空間分解による新幹線整備効果の解析

東京都・大阪府 石川県の旅行量の変化を居住地-旅行先ベースみると、1日平均の旅行数は、2014年度と2015年度の変化は図-1のとおりであり、東京都 石川県の間では非対称に旅行数が増加し、新幹線を利用しない大阪府 石川県も増加するという特徴がある。このような特徴を反映できるようなモデル・旅行データの解析手法を検討した。

このような新幹線整備効果は、図-2に示す2種類の空間パターン(新幹線利用区間への対称な直接効果(時間短縮効果)と、ある旅行先への旅行量がすべての居住地から均一の比で増加する旅行先価値向上効果)の合算として考えられる。

そこで、居住地滞在地ごとの旅行者数の比の対数値を、L1ノルム最小化法を併用して対称行列(図-2(a)の直接効果の空間パターン)と、列ごとに同じ値をとる行列(図-2(b)の旅行先価値向上効果の空間パターン)に分解するアプローチを提案して、北陸新幹線開業効果の特徴を携帯電話位置情報ならではの視点から解析した。

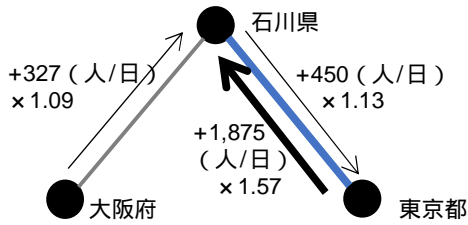


図-1 北陸新幹線開業前後の居住地-旅行先別旅行者数の変化（モバイル空間統計より，2014年度平均と2015年度平均の差）

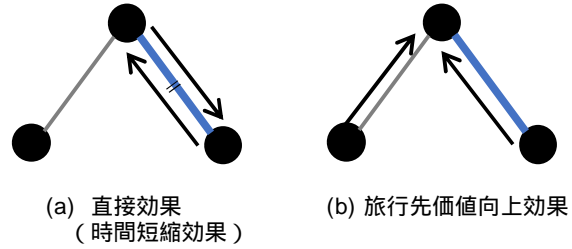


図-2 本研究で考える2種類の空間パターン変化

- (2) 多時点テンソルデータの非負値分解による新幹線整備効果の解析と開業効果モデルの作成  
 北陸新幹線開業による，旅行先価値向上効果をより時間的に細かく解析するために，モバイル空間統計データから入手できる1日ごとの時系列データを用いて，より細かく石川県への旅行量の増加の特徴を解析していく．とくに，時間的に細かい情報を活用しながら，需要予測に必須となる旅行時間変化に対する感度を従来利用されてきたものより詳細に推定した．具体的には，図-3に示すようなアプローチで，属性（性別・年齢）情報を含む石川県への旅行量データテンソルを， $\bar{k}$  個の新幹線整備に対する感度の異なるグループに分割しつつその感度を推定した．

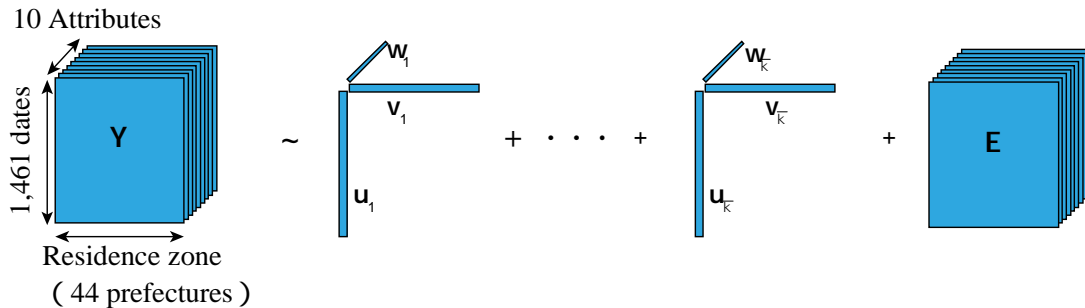


図-3 非負値テンソル因子分解による旅行量データの分解

- (3) 非負値分解アプローチを用いた旅行目的情報の推計  
 上述のアプローチでは，携帯電話位置情報データの特徴として入手できる，時間のみを用いて解析が実施されてきた．しかし，これらの解析によって得られる感度は，従来の旅行目的別の感度と対応をとることができず，従来モデルとの整合性の判断が困難であった．そこで，携帯電話位置情報データ（モバイル空間統計，MSS）の分解結果に対して，旅行目的情報も含むアンケート調査データ（全国幹線旅客純流動調査，NPTS）を融合させることで，旅行目的情報を追加する手法を開発する．ここでは，両方のデータを含む行列を，図-4のように非負値行列因子分解によって分解する．そして，その結果として得られる，行列  $W_{NPTS}$  を見ることによって分解された旅行グループと旅行目的との関係を把握することができる．

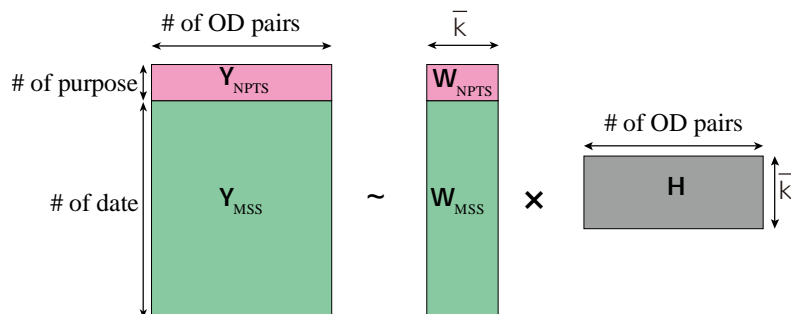


図-4 非負値行列因子分解によるデータ融合方法

#### 4. 研究成果

##### (1) OD表データの時空間分解による新幹線整備効果の解析

OD表データのパターン分解を実施すると、図-5のように分解された。この結果の内訳を解析すると、以下の3点が明らかになった：

- ・ 北陸新幹線の開業効果を算出すると、直接効果（時間短縮効果）より「旅行先価値向上効果」の方がはるかに大きい。つまり、新幹線開業効果は新しく接続された都市における「旅行先価値向上効果」であり、その効果の予測が重要であることがわかった。
- ・ 旅行先価値向上効果は、空間的にかなり偏在している。例えば、北陸新幹線のケースでは、富山県より石川県で大きく、かつ石川県の中でも金沢市周辺地域に限定して起こっている。
- ・ 旅行先価値向上効果は、一部分は短期的に消失したが、大半は3年以上継続しており、短期的な「広告効果」のみではなかった

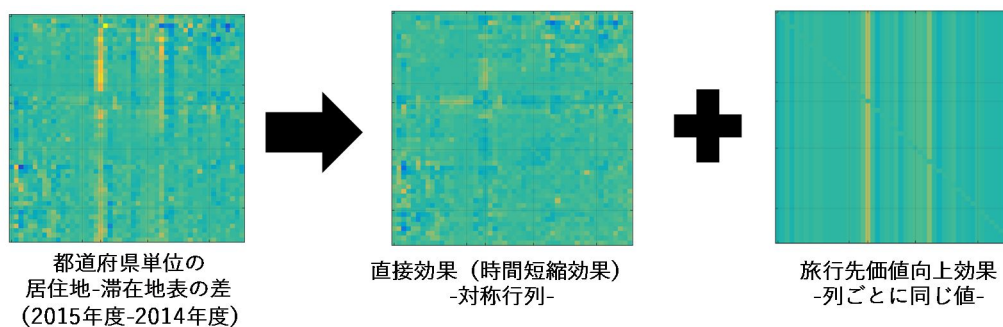


図-5 スパースモデリングによるOD表の空間パターン分解

##### (2) 多時点テンソルデータの非負値分解による新幹線整備効果の解析

北陸新幹線開業前後の旅行数の時間変化を、非負値行列因子分解で解析した結果、以下の3点を明らかにした：

- ・ BIC基準では、新幹線開業前後の旅行量変化を予測するためには、旅行グループを12個に分割する必要があることが分かった。これは、従来用いられてきた需要予測モデルの感度数（3個程度）よりもはるかに大きい量である。そして、12種類の感度を活用することで、新幹線開業効果の需要予測をより高精度に実施できる可能性が高い。
- ・ 季節ごとに大きく感度が異なり、その際も明らかにすることに成功した。例えば、旅行数が特に多い時期（ゴールデンウィーク、お盆、年末年始）の旅行数は、新幹線開業による感度は極端に低いことを定量的に明らかにした。
- ・ 一方で、図-6に示すような、高齢の人々による春・秋の旅行行動は、特に新幹線開業による旅行量の増加が大きいなど、感度の高いいくつかのグループも明らかにした。

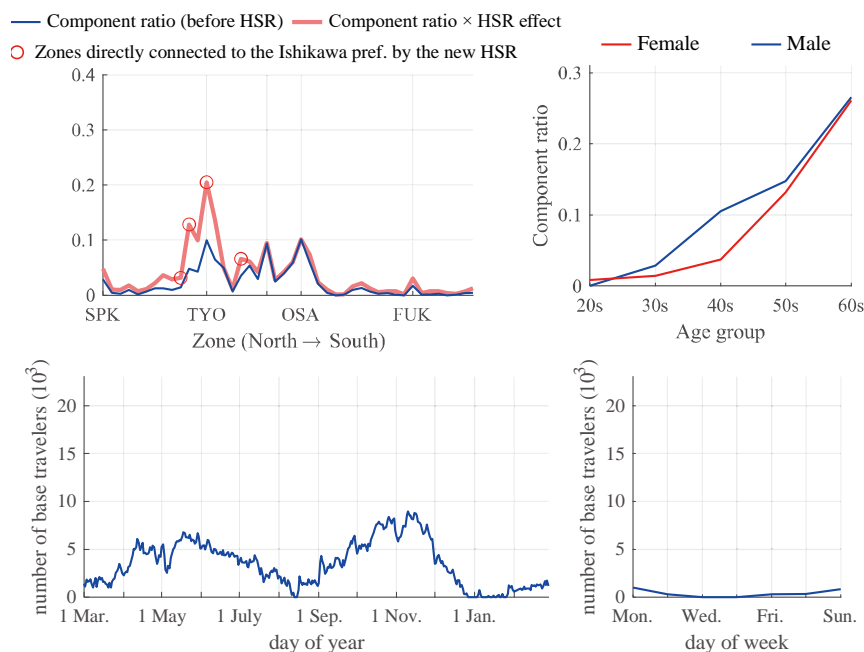


図-6 非負値テンソル因子分解によって分解された旅行パターンの例

(3) 非負値分解アプローチを用いた旅行目的情報の推計

日本全国の都道府県間ペアごとの2種類の旅行量データを本研究で提案したデータ融合アプローチに適用した結果、以下のような我が国の都市間旅行需要の性質が明らかになった:

- 日本全国の旅行パターンを4種類に分解した結果、図-7に示すような、
  - (A) 休日に東京発着が多くを占める旅行グループ
  - (B) 平日に実施される近距離旅行グループ
  - (C) 休日に実施される近距離旅行グループ
  - (D) ゴールデンウィーク・お盆・年末年始のみに発生する東京・大阪→地方の一方の旅行行動。
 に分解されることが分かった。
- さらに、融合されたアンケートデータ情報から、(A)と(B)が業務目的、(C)が観光目的、(D)はアンケートデータでは未観測(異なる時点のみに発生した、帰省行動とすいそくできる)であることが確認できた。
- これらの「旅行目的ごとの時間変動情報」は、それぞれのデータのみでは入手することができない情報であり、本研究で開発したモデルにより推計された新しい情報である。

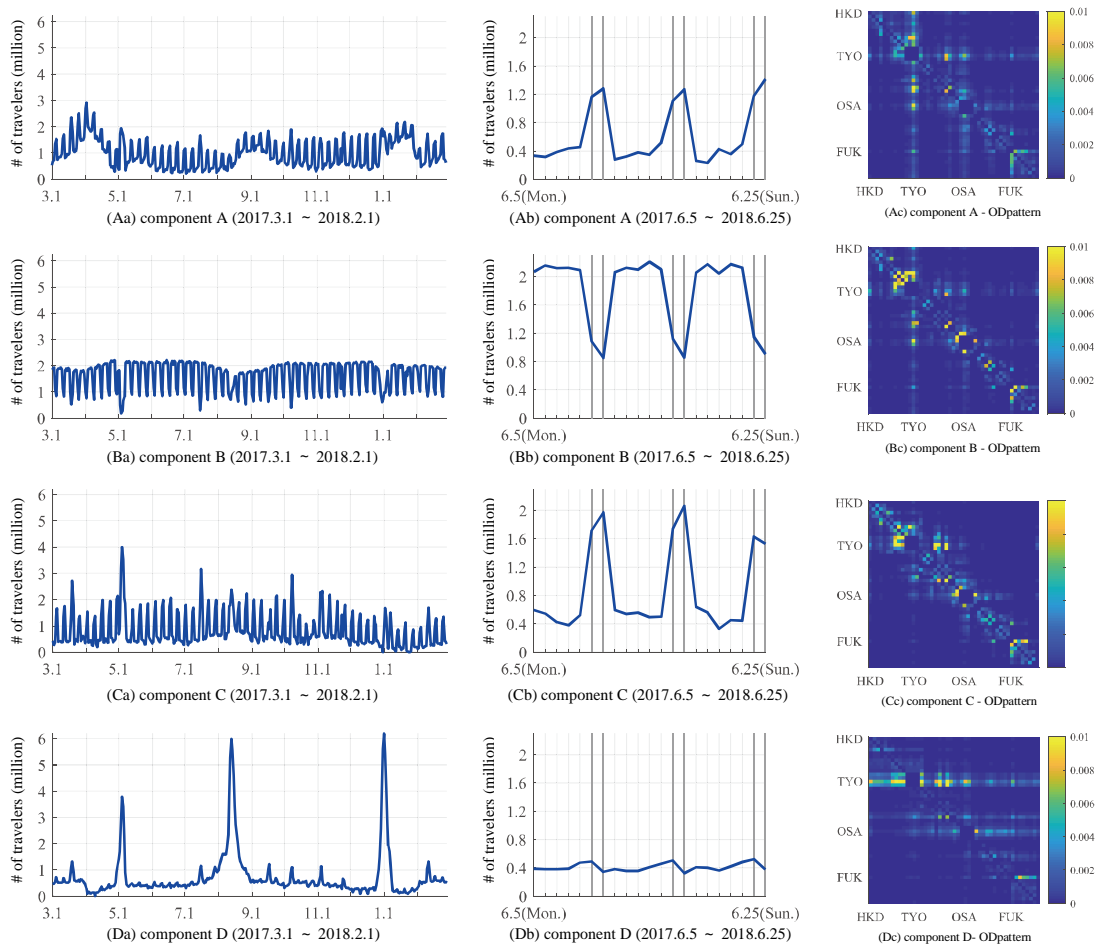


図-7 分解された日本全国の都道府県間旅行パターン

<参考文献>

- 1) Kato, H., Kato, K., Endo, K., Kaneko, Y. and Shimizu, T.: Inter-Regional travel demand analysis using integrated model for practical travel demand forecast, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.8, pp.69-84, 2011.
- 2) 運輸政策研究機構：モバイル・ビックデータによる交通情報革命に関する調査報告書，2016。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 鈴木 新、山口 裕通、福田 大輔	4. 巻 21
2. 論文標題 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	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 運輸政策研究	6. 最初と最後の頁 48-59
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.24639/tpsr.TPSR_21R_07	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Wataru Nakanishi, Hiromichi Yamaguchi, Daisuke Fukudaa	4. 巻 34
2. 論文標題 Feature Extraction of Inter-Region Travel Pattern Using Random Matrix Theory and Mobile Phone Location Data	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Transportation Research Procedia	6. 最初と最後の頁 115-122
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.trpro.2018.11.022	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 山口裕通, 大村暁子, 奥村誠, 中山晶一郎
2. 発表標題 連休効果を考慮した都市間旅行需要の時系列モデル
3. 学会等名 第57回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口裕通・三宅寛之・中山晶一郎
2. 発表標題 非負値テンソル因子分解を用いた 旅行需要の北陸新幹線開業に対する感度の計測
3. 学会等名 第59回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高本 優生・山口 裕通・中山 晶一朗
2. 発表標題 LCC参入による総旅行量への影響分析
3. 学会等名 第59回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuki Takamoto, Hiromichi Yamaguchi
2. 発表標題 Induced demand effect of LCC in Japan
3. 学会等名 Annual meeting of Air Transport Research Society (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiromichi Yamaguchi, Wataru Nakanishi, Daisuke Fukuda and Kay W. Axhausen
2. 発表標題 Direct and In-direct Effects of New High Speed Rail Service: an Empirical Analysis Using Japanese Mobile Phone Location Data
3. 学会等名 Transportation Research Board 97th Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Arata SUZUKI, Hiromichi YAMAGUCHI and Daisuke FUKUDA
2. 発表標題 Data-Fusion Approach for Trip-Purpose Estimation of Inter-Regional Passengers
3. 学会等名 the 22nd international conference of Hong Kong Society for Transportation Studies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 大村暁子, 山口裕通, 中山晶一郎
2. 発表標題 長距離旅行行動の時系列変動における, 異常変動の抽出方法の提案
3. 学会等名 平成29年度 土木学会中部支部 研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口裕通, 奥村 誠
2. 発表標題 負値行列因子分解による都道府県間滞在分布の年周期変動の分析
3. 学会等名 第56回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hiromichi Yamaguchi, Shoichiro Nakayama
2. 発表標題 Number of Base Travel Patterns for Understanding the Effect of New High-speed Rail Service
3. 学会等名 The 7th International Conference on Transportation and Space-time Economics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Qiao Fang, Hiromichi Yamaguchi, Shoichiro Nakayama
2. 発表標題 Non-negative Matrix Factorization Approach for estimating Travel Purposes of Mobile Phone Location Data
3. 学会等名 The 7th International Conference on Transportation and Space-time Economics (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 山口裕通, 柴田真嵩, 中山晶一郎
2. 発表標題 OD 表分解による都市間旅行コストと到着地価値の推計
3. 学会等名 第60回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山口裕通, 三宅寛之, 中山晶一郎
2. 発表標題 非負値テンソル因子分解を用いた旅行需要の北陸新幹線開業に対する感度の計測
3. 学会等名 第59回 土木計画学研究発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

Hiromichi Yamaguchi's Home page <a href="http://webserv.ce.t.kanazawa-u.ac.jp/yamaguchi/yama/index.html">http://webserv.ce.t.kanazawa-u.ac.jp/yamaguchi/yama/index.html</a>
--

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考