

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 8 月 10 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25249069

研究課題名(和文) ネットワーク上の交通行動を記述するためのデータ統融合理論とその応用

研究課題名(英文) Data fusion theory for describing travel behavior in networks and its applications

研究代表者

羽藤 英二 (Hato, Eiji)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授

研究者番号：60304648

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,100,000円

研究成果の概要(和文)：膨大かつ詳細な移動軌跡データベースを元にしたデータ統融合型の行動解析手法を構築し、詳細レベルから広域までの人の移動が再現可能なマルチスケールシミュレーションによる都市マネジメント技術の実装を行った。再帰的表現によるRLモデルの時間割引項を一般化した上でその理論的性質を明らかにすると共に、Wi-Fiなどを用いた3次元行動解析手法、異なる精度を持つ行動データの融合推定法、機械学習による行動判別手法などを開発した。従前の要素技術を大きく拡張することで、複数都市での施策評価と連動した研究を展開し、現実的課題への適用性をもつ手法を構築することができた。

研究成果の概要(英文)：We developed new methods for travel behavior analysis based on the fusion of huge and precise human trajectory data and implemented an urban management technique with multi-scale simulation that was able to describe human movements from the within-zone level to the between-zone level across the metropolitan area. We generalized the time discount term as GRL model by recursive expression and then clarified its theoretical properties. Moreover techniques of such as three-dimensional behavior analysis with Wi-Fi data, combined estimation with two kinds of behavioral data of different resolutions and automatic identification of behavioral contexts were proposed, which expanded the range of elemental analytical techniques for behavior in networks. By conducting these researches in conjunction with the evaluation of measures and plans on transportation in multiple cities, we confirmed the methods that had applicability to the real issues.

研究分野：土木計画学・交通工学

キーワード：プローブパーソン調査  
移動軌跡データ 行動判別技術 データ統融合 マルチスケールシミュレーション  
交通施策評価

## 1. 研究開始当初の背景

移動体通信システムを用いた観測技術研究として、GPS やウェブを用いたプローブパーソン技術の開発が進められてきたが、被験者の長期的入力が難しいなどの理由から、長期の行動パターンの統計的特性について一貫性のあるデータ取得・解析手法の確立には至っていない。これに対して研究代表者らは、従来観測困難であった人や車の詳細な移動活動パターンの自動計測を、低電力消費型の加速度や気圧、GPS などのセンサーを用いて、携帯電話にデータを転送し、行動データの完全自動長期観測技術を実装し実現するとともに、数 10TB の行動軌跡データを蓄積し、時系列データをもとにした行動モデル研究を行ってきた。こうした研究をさらに発展させて、膨大な位置記録データの統計的特性を踏まえた確率的行動解析技術を開発することを着想した。

一方、大規模な商用サービスでは、東日本大震災に伴う Twitter 社や ZENRIN 社による部分的データ公開など、ビッグデータの取得・蓄積技術の進展が著しい。ただしデータの多くは全体的な行動傾向を理解するのに長けているものの、プライバシーの問題もあって個人情報を隠蔽した部分的な提供に留まるといった課題を有している。一方でデータ融合による母集団推計技術が数理統計分野で先行研究されてきた。本研究ではこうした従前の研究に対して、交通分野に特有の集計スケールの違いに着目して、当該分野に蓄積されたネットワーク上の行動を記述するモデルをマルチスケールに集計することでデータ統融合を行うという着想を得た。

提案したデータ統融合手法を、具体的な都市空間を対象とした交通政策評価手法として展開することを考える。PT や道路交通センサスを用いた従前の評価手法は、政策のスケールが 1km x 1km 程度のゾーン間交通の評価を得意としているが、高齢者社会での中心市街地活性化や TOD といった政策では、微視的なゾーン内の具体的な空間変化による回遊行動の活性化やリアルタイム型施策のニーズが高いといえる。そこで本研究では、ゾーン内の位置精度の高い PP 調査データとゾーン間の分析に適した PT 調査/道路交通センサスなどのアンケートデータを組み合わせて、マネジメントすべき空間スケールに対応した施策評価への応用を着想した。

## 2. 研究の目的

プローブパーソン技術を援用したデータ統融合型の行動解析手法を構築し、都市モニタリング技術を内包したリアルタイムシミュレーションによる都市マネジメント技術の実装を研究目的とする。具体的には、以下の 3 つのサブテーマに着目して研究を行う。

- (1) 膨大かつ詳細な移動軌跡データベースを元にした新たな行動解析手法の開発
- (2) マルチスケールシミュレーションの構築

- (3) 現実の都市を対象とした政策立案に向けた適用可能性評価

## 3. 研究の方法

研究目的に掲げた 3 つのサブテーマについて、以下の方法で研究を行った。

- (1) 膨大かつ詳細な移動軌跡データベースを元にした新たな行動解析手法の開発

GPS と Web ダイアリーを中心とするプローブパーソン(PP)調査技術を発展させ、加速度、気圧、Wi-Fi、パーソントリップ(PT)調査データ、画像、サービスログといった多様な移動軌跡の観測データを、特性を踏まえて統合的に用いることで、調査における被験者負担を軽減しつつ長期間の高精度な行動推定を行う手法を開発する。このために、まず GPS での観測が困難な行動文脈を他のデータを援用して自動推計する手法を構築し、次に空間スケールごとの行動記述に必要な分解能をもつ複数のデータを統合的に用いることで、微視的な挙動から広域の移動までに対応したモデルの体系的開発と融合技術の提案を行う。具体的には以下を実施する。

### 行動文脈の自動推計技術の開発

自動計測データから行動文脈を自動推計する技術を開発する。具体的には、従前の PP 調査では被験者入力により収集していた利用交通機関について、スマートフォンなどの移動体通信機器で収集した加速度等のデータを用いて、別途収集・蓄積した教師データに基づく機械学習により高精度に推計する手法を構築し、実データにより手法の妥当性の検証を行う。また、屋内や 3 次元の行動状態が観測可能で GPS を補完する役割が期待される Wi-Fi データについて、機械学習により端末側で得られる情報のみを用いて利用経路を推計する新たな手法を検討する。

### データフュージョン技術の開発

微視的レベルからゾーン間の広域的移動までに対応する観測データとして、画像、Wi-Fi、GPS、サービスログ、PT データを取り上げ、データの特徴を考慮したモデリングの手法を体系的に開発するとともに、PP による GPS データと PT データといった観測特性の異なる複数データを補完的に用いて、行動の推計精度を高める手法を構築する。

- (2) マルチスケールシミュレーションの構築

(1) で整備した要素技術を用いて、ゾーン内とゾーン間の行動を統合的に再現するマルチスケール型のシミュレーション手法を開発する。まず複数データの特徴に基づくシミュレーションの枠組みを整理し、次に、特に技術的課題となる移動境界条件の設定に関して、ゾーン内とゾーン間の境界に着目して解決策の検討を行う。その上で、データベースと連携したマルチスケールシミュレーションを試行的に実装する。

- (3) 現実の都市を対象とする政策立案に向け

#### た適用可能性評価

現実の都市を対象に、提案手法を用いた交通施策の検討・評価を行い、手法の適用可能性を検証する。対象都市として、研究代表者が交通施策の検討に関わっている松山市、周南市、横浜市、陸前高田市等を取り上げ、各都市において調査や実証実験を通じて行動の観測データを収集し、本研究で構築した手法を用いた政策立案・評価を試行する。具体的な政策として、駅連立立体化や道路空間再配分など駅周辺地区等のゾーン内交通政策、都市部でのEVシェアリングや公共交通が不足する地域でのオンデマンドモビリティ実験を想定し、自治体と連携してデータベース整備と政策検討を実施する。

#### 4. 研究成果

##### (1) 膨大かつ詳細な移動軌跡データベースを元にした新たな行動解析手法の開発 行動文脈の自動推計技術の開発

交通機関の自動判別について、加速度等の複数センサーを用いた機械学習による判別手法の研究を進め、決定木を用いた Random Forest を採用することにより、従前の音センサーなどを用いた方法や、SVM(Support Vector Machine)、NN(Neural Network)といった他の機械学習アルゴリズムと比べて、主要交通機関の識別精度を大幅に向上させることに成功した。さらに、データ条件の違いによる推計精度への影響を検証し、モデルの有効性ととも、モデルを用いる上でのデータ取得頻度の重要性を確認した。以上により、被験者の記述・入力による調査からスマートフォンによる自動調査に置き換えるために十分な識別精度の確保と調査条件の確認が行えたと考える。

また、Wi-Fi データについて、各端末で収集可能な観測データのみを用いて、屋内を含む3次元の利用経路推計手法を構築した。端末では受信した複数基地局の識別IDと各基地局からの電波強度による時系列ログデータが得られるが、基地局位置が未知の場合は電波強度から基地局との相対距離を求める手法が適用できない。そこで、位置が既知のWi-Fi ログデータを教師データとした Random Forest による滞在リンク推計と最短経路探索を組み合わせた経路推計手法を開発し、実データを用いた検証を行った。機械学習の精度はまだ低いものの、精度向上に向けた課題を抽出することができた。本研究成果は従前困難であった駅まち空間の動線解析に必要不可欠な手法であり、大きな成果といえよう。

##### データフュージョン技術の開発

観測対象とする空間スケールの異なる多様なデータを用いて、(3)のマルチスケールシミュレーションのサブモデルとなり得るモデルを開発するとともに、複数のデータを組み合わせることで予測精度の向上を図るデータフュージョン手法の構築を行った。本研究の成果の概要をデータ種別ごとに以下に示す。表

表1 アルゴリズム別交通手段判別精度

Mode	Prediction Accuracy (%)					
	SVM	NN	DT	BDT	RF	NB
Walk	98.73	95.47	96.32	99.86	99.81	62.40
Bicycle	77.20	68.94	94.04	96.87	96.08	67.13
Motor Bike	89.27	77.72	93.26	98.00	97.64	57.30
Car	76.52	40.92	87.26	95.12	93.49	14.89
Bus	82.25	60.26	88.62	92.72	91.43	67.45
Train	61.66	33.59	85.57	90.74	88.54	3.34
Subway	60.04	43.18	84.15	87.71	84.94	4.02
Overall	90.82	81.45	93.84	97.84	97.31	52.64
計算時間(秒)	281.82	94.46	2.23	191.15	4.85	54.1

※SVM: Support Vector Machine, NN: Neural Network, DT: Decision Tree, BDT: Boosted Decision Tree, RF: Random Forest, NB: Naive Bayse

・画像データ：高速道路上のカメラ画像データから画像処理により抽出した個別車両の詳細な位置データを用いることで、合流部での車線変更における車線変更車両と進入車線後方車両との間の相互作用を考慮した微視的な行動記述を可能とするモデルが構築できた。また、この実測データとドライビングシミュレータによる実験データを組み合わせ、仮想環境での行動データに含まれるバイアスを低減する方法も提案した。

・Wi-Fi データ：(1)とは異なるアプローチとして、各基地局が受信する不特定多数の端末識別IDデータを用いた3次元経路選択モデルの提案を行った。この場合、同一の端末が同時に複数の基地局で観測されることが位置特定上の課題であるが、面の概念によりリンク選択枝の拘束条件を与えることでデータから判別される経路を一意に特定することなくモデルパラメータを推定することを可能にした。

・サービスログデータ：スマートフォンのアプリでシェアリングやデマンドサービスなどの予約を行うシステムを開発し、予約履歴の自動収集・蓄積を可能とした。サービスログデータからは利用需要や予約行動特性を把握することができ、これらの利用を念頭に、具体的な交通計画・施策評価に適用できる潜在需要評価手法の開発や需要を考慮した路線計画の最適化問題の定式化を行うとともに、予約時の動学的意思決定のモデル化および経路高速列挙手法により効率化した予約割当最適化の理論的整理を行った。

・PP データ：ゾーン内スケールの歩行者の回遊行動分析・シミュレーションに必要な移動・活動が連続的に生じる行動を記述するモデルを開発した。時間の記述方法の異なる2つのアプローチによるモデルとして、連続時間モデルを用いたマルコフ配分モデルと、時空間構造化ネットワークを用いた動的離散選択モデルを構築した。また、再帰的表現によるRL(Recursive Logit)モデルの時間割引項を一般化した上で、その理論的性質を明らかにした。

・PP と PT データの融合：ゾーン内外の詳細な移動軌跡を観測できる一方母集団代表性

の確保が難しい PP データと、母集団代表性をもつがゾーン間移動のみを調査し活動の抜け落ち等の可能性もある PT データという相互補完的特性をもつ2つのデータを用いて、活動パターン生成に関する融合推定手法を開発した。PP データによる GPS の誤差を考慮した活動パターン選択モデルと、PT データによる活動の観測抜け落ちの推定モデルを構築し、パラメータの融合推定を行う手法であり、特に足の短いトリップなどについて、従前の PT データを拡大する手法に対して大幅な精度向上を実現した。

・PP による PT データの補正：ゾーン内の短いトリップが抜け落ちる PT データに対して PP データに基づく補正を加えることで、ゾーン内外の分布が適正化された OD データを得る手法を開発した。PP データからトリップ長分布を特定し、これに基づき PT データを境界条件にトリップを発生させる手法であり、トリップ長分布に Levy 分布を仮定し Levy 過程を用いたサンプリングを行うことで、真の分布のもつ裾の長い特性が再現できた。

## (2) マルチスケールシミュレーションの構築

対象とする空間・行動記述のスケールが異なる複数のシミュレーションを移動境界条件で引き渡すマルチスケールシミュレーションについて、サブモデルを組み合わせた全体構成の整理を行った後、シミュレーションの実装を行った。全体構成は、広域での移動・活動の意思決定を記述するアクティビティモデル、着目したいゾーン内で移動・滞在する時空間選択を記述する行動モデル、細かな交通制御や状態予測が必要な箇所に適用する個人間/個車間の相互作用を考慮した微視的スケールの挙動モデルから成り、ゾーン内ではサービスの需要予測モデルとの連携も想定するものとした。また、首都圏等の広域ネットワークを対象にする場合、現実的な計算時間と得たい情報の取得を両立させるために、ネットワークの表現に工夫を施し、最も細かいスケールでは2次元空間、ゾーン内では実道路ネットワーク、都市圏では対象範囲をグリッド等の単位ゾーンで分割した個々のセルをノードとみなすヴァーチャルネットワーク(VN)で表現することとした。

その上で、実装に関しては、注目するゾーン内を記述するレベルと広域のゾーン間移動を記述するレベルの2つを取り上げて首都圏を対象に実施し、課題の抽出や妥当性の検証を行った。シミュレーションは、活動パターン・活動場所・経路選択を記述するアクティビティシミュレーションと、道路上の移動状況を記述する交通シミュレーションの2層で構成し、交通シミュレーションにおいては、ゾーン内の一般道路と全体範囲の高速道路では個別車両の動きを記述するマイクロモデル、全体範囲の一般道路では1km四方のセルによるVN上での移動を集計的なフローで記述するマクロモデルを採用した。

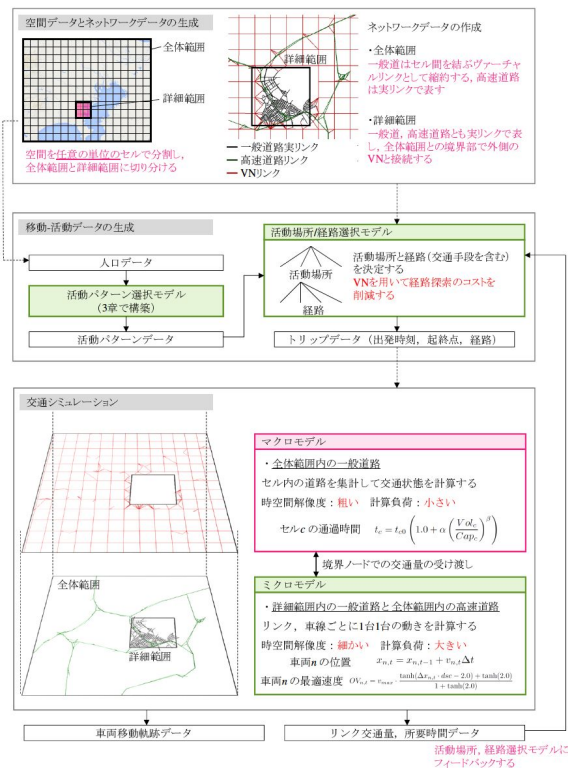


図1 マルチスケールシミュレーション

大規模ネットワークでの計算コストの低減と異なるスケール間の境界条件の引き渡しアルゴリズムが実装上の主な課題として挙げられ、このうち前者については、並列計算を導入し、さらに人口比例配分による並列計算アルゴリズムを構築することで、ゾーン均等 PC 割り当てに比べ計算資源の有効活用を可能にした。これにより、首都圏を対象にした再現計算を実現した。後者については、VN ノードと隣接するゾーン内ネットワークの端部をダミーリンクで接続して車両を引き渡し手法を採用した。ただし精度の向上が必要であり、ゾーン間の空間相関を誤差表現で評価した目的地選択モデルを構築し、複数のゾーンサイズでの精度を比較するなどの検討を通じて課題を整理した。

## (3) 現実の都市を対象とする政策立案に向けた適用可能性評価

(1)(2)の研究と連動して、現実の都市を対象にデータベース整備と提案手法の政策立案・評価手法への適用性確認を行った。

### 駅周辺地区等のゾーン内交通政策

周南市では、PP 調査結果を用いた連続時間マルコフ配分モデルによりトランジットモデルの計画内容の歩行者流動への影響を検証し、同モデルが歩行者中心の交通計画に有効であることを確認した。また、松山市では、集客施設のリデザイン事業における街路/プログラム配置設計とその効果検証を行った。

### シェアリング・オンデマンド交通実験

横浜市では、小型 EV を用いたシェアリング実験を対象に、PP データを用いたシェアリングサービスの効率的な運用手法の検討を

行った。カーシェアリングの最適課金施策について、確率的最適制御の枠組みによるモデル構築を行うとともに、実験で収集したデータを用い、利用特性評価と課金/ポート配置施策の収益評価を行った。

陸前高田市では、PP調査、アンケート調査、ヒアリング調査等により行動データを収集するとともに、需要連動型サービスのための路線計画手法、需要予測・評価手法の構築と施策評価の試行を行った。PP調査では、スマートフォン操作が難しい高齢者を被験者として自動計測手法を適用し、これを記述を簡素化したアンケート調査により補完する手法を採用した。また、施策評価においては、需要が疎な地域における計画手法として、提案手法が有効であることを確認した。

以上により、本研究では、移動軌跡データベースを元にした行動解析の要素技術について、従前の手法に対して利用するデータ種別、データ特性に応じた解析手法や統融合手法、精度の面で大きく拡張することができた。特にWi-Fiなどを用いた3次元行動解析手法と、異なる精度を持つ行動データの融合推定法、機械学習による行動判別技術は、マルチスケールな行動解析手法として、さまざまなデータを組み合わせるネットワーク上の行動モデリングを大きく発展させる可能性を有している。これらの要素技術を組み合わせ、詳細レベルから首都圏規模の広域に至る人の行動・流動を記述するマルチスケールシミュレーションを実装し、並列計算の導入により大規模な再現計算の実現も可能としたことで、さまざまな政策評価・交通制御における研究プラットフォームとしての利用が期待できよう。具体的には、モビリティシェアリングや公共交通計画策定といった現実の都市での施策評価と連動させることで、現実的課題への適用性をもつ手法を構築したことは大きな成果と考えている。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計62件)

Shafique, M.A. and Hato, E., Travel Mode Detection with Varying Smartphone Data Collection Frequencies, *Sensors*, 16(5), 716, 2016, 査読あり, DOI:10.3390/s16050716

大山雄己, 羽藤英二, 時空間制約と経路相関を考慮した歩行者の活動配分問題, *都市計画論文集*, 51-3, pp.680-687, 2016, 査読あり,

DOI:10.11361/journalcpj.51.680

Ge, Q. and Fukuda, D., Updating origin-destination matrices with aggregated data of GPS traces, *Transportation Research Part C*, 69, pp.291-312, 2016, 査読あり, DOI:10.3141/2668-07

吉野大介, 羽藤英二, DEAに基づく公共交通潜在需要評価モデルの提案と被災地でのケーススタディ, *土木学会論文集 D3*, 71(5), pp.961-975, 2015, 査読あり, DOI:10.2208/jscejipm.71.1\_961

Shafique, A. and Hato, E., Formation of Training and Testing Datasets, for Transportation Mode Identification, *Journal of Traffic and Logistics Engineering*, 3(1), pp.70-80, 2015, 査読あり, DOI:10.12720/jtle.3.1.77-80

Gong, L., Yamamoto, T. and Morikawa, T., Inferring trip purpose from mobile phone GPS data with support vector machines, *Journal of Highway and Transportation Research and Development*, 32(S1), pp.90-97, 2015, 査読あり

NGUYEN, T.N.A, ZHANG, J., FUJIWARA, A., CHIKARAI, M., Influence of parking deposit system on travel mode choice behavior in Hanoi: A latent class modeling approach, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 11, pp. 280-296, 2015, 査読あり

Shafique, M. A., Hato, E. and Yaginuma, H., Using Probe Person Data for Travel Mode Detection, *International Journal of Computer, Information, Systems and Control Engineering*, 8(10), pp.1482-1486, 2014, 査読あり

Shafique, A. and Hato, E., Use of acceleration data for transportation mode prediction, *Transportation*, 42, pp.163-188, 2014, 査読あり, DOI:10.1007/s11116-014-9541-6

Maruyama, T., Mizokami, S., and Hato, E., A smartphone-based travel survey trial conducted in Kumamoto, Japan: An examination of voluntary participants' attributes, *Proceedings of the Transportation Research Board 93rd Meeting*, 93, 査読あり

伊藤創太, 羽藤英二, 動的経路選択モデルを用いた吸収マルコフ連鎖交通量配分, *都市計画論文集*, 48-3, pp. 447-452, 2013, 査読あり

Itoh, S. and Hato, E., Combined estimation of activity generation models incorporating unobserved small trips using probe person data, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 10, pp.525-537, 2013, 査読あり, DOI:10.11175/easts.10.525

[学会発表](計103件)

Oyama, Y., Chikamatsu, K., Shoji, Y., Hato, E., Koga, M., Trajectory-oriented traffic management using sequential discount rate: a case study of the Great

East Japan Earthquake, New transport services from satellite technologies in ITS European Congress 2016, 2016.6.7, Glasgow, United Kingdom.

後藤祥孝, 羽藤英二, Wi-Fi 位置情報データを用いた3次元ネットワークにおける移動経路の推計, 第54回土木計画学研究発表会, 2016.11.5, 長崎大学, 長崎市.

近松京介, 羽藤英二, Levy 過程を用いたPT データの補正処理と歩行量推計, 第53回土木計画学研究発表会, 2016.5.28-29, 北海道大学, 札幌市.

塚原 元英, 井上 亮, 時空間的近接関係を考慮した滞在行動の符号化に基づく移動履歴分析手法の研究, 第53回土木計画学研究発表会, 2016.5.28-29, 北海道大学, 札幌市.

Kawano, H., Cloud Architecture of Traffic Mining Systems under Privacy Preservation, 27th European Conference on Operational Research (EURO2015), 2015.7.15, Glasgow, UK.

坂匠, 薄井智貴, 山本俊行, パーソントリップ調査データと流動人口データを用いた交通需要予測手法の検討, 第52回土木計画学研究発表会, 2015.11.21-23, 秋田大学, 秋田市.

羽藤英二, 交通システムの信頼回復のための動的ネットワーク運用に向けた基礎研究(1), 第51回土木計画学研究発表会, 2015.6.6-7, 九州大学, 福岡市.

柳森和真, 井料隆雅, Twitter データを用いた水害時の住民の反応と行動の時系列分析, 第51回土木計画学研究発表会, 2015.6.6-7, 九州大学, 福岡市.

佐々木邦明, 本山拓樹, 高速道路のミクロシミュレーションへの交通状態観測のフィードバック, 第51回土木計画学研究発表会, 6.6-7, 九州大学, 福岡市.

吉野大介, 羽藤英二, 二段階最適化を援用した公共交通の最適サービス決定問題~被災地域の公共交通計画を例に~, 第50回土木計画学研究発表会, 2014.11.1-3, 鳥取大学, 鳥取市.

若林由弥, 羽藤英二, 交通機関選択モデルを用いた乗り捨て型カーシェアリングの運用評価, 第50回土木計画学研究発表会, 2014.11.1-3, 鳥取大学, 鳥取市.

Kawano, H., Advanced traffic monitoring system by probe vehicles under privacy preservation, 20th Conference of the International Federation of Operational Research Societies, 2014.7.13-18, Barcelona, Spain.

石原雅晃, 井料隆雅, マルコフ連鎖による動的ネットワーク交通流配分, 第49回土木計画学研究発表会, 2014.6.7-8, 東北工業大学, 仙台市.

Ma, J. and Fukuda, D., Hyperpath or shortest path: An evaluation method and

a case study with GPS probe data, 2013.9.9-12, Taipei, Taiwan.

[図書](計4件)

Asakura, Y., Hato, E., and Maruyama, T., Behavioural Data Collection Using Mobile Phones, Mobile Technologies for Activity-Travel Data Collection and Analysis, Rasouli, S. & Timmermans, H., IGI Global, New York, pp.17-35, 2014.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

羽藤 英二 (HATO EIJI)  
東京大学・大学院工学系研究科・教授  
研究者番号: 60304648

### (2) 研究分担者

井料 隆雅 (IRYO TAKAMASA)  
神戸大学・工学系研究科・教授  
研究者番号: 10362758

張 峻屹 (ZHANG JUNYI)  
広島大学・国際協力研究科・教授  
研究者番号: 20284169

佐々木 邦明 (SASAKI KUNIAKI)  
山梨大学・総合研究部・教授  
研究者番号: 30242837

山本 俊行 (YAMAMOTO TOSHIYUKI)  
名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授  
研究者番号: 80273465

河野 浩之 (KAWANO HIROYUKI)  
南山大学・理工学部・教授  
研究者番号: 70224813

井上 亮 (INOUE RYO)  
東北大学・情報科学研究科・准教授  
研究者番号: 60401303

高見 淳史 (TAKAMI KIYOSHI)  
東京大学・大学院工学系研究科・准教授  
研究者番号: 40305420

福田 大輔 (FUKUDA DAISUKE)  
東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授  
研究者番号: 70334539

柳沼 秀樹 (YAGINUMA HIDEKI)  
東京理科大学・理工学部土木工学科・講師  
研究者番号: 70709485