

平成 26 年 4 月 21 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300337

研究課題名(和文)人々のモビリティに着目した都市・地域の時空間分析基盤の構築

研究課題名(英文)Development of Spatio-Temporal Mobility Data Analytics and Data Platform for Urban and Regional Studies

研究代表者

柴崎 亮介 (Ryosuke, Shibasaki)

東京大学・空間情報科学研究センター・教授

研究者番号：70206126

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,300,000円、(間接経費) 4,290,000円

研究成果の概要(和文)：都市・地域で、人々がどう移動し何をしているかを表す時空間データ(モビリティデータ)を体系的に分析できれば、災害対応や弱者見守りから交通問題まで幅広い都市・地域課題解決に貢献できる。特に、近年人々の移動に関わる実データを大規模に取得することが技術的に可能になりつつあるので、プライバシー等に配慮し安全に社会の課題解決に役立てるため時空間データの処理基盤、分析手法を開発し、いくつかの事例研究を行った。

研究成果の概要(英文)：Systematic analytics for spatio-temporal mobility data representing people movements and activities can contribute to solve a wide range of urban and regional issues such as disaster response, transportation issues, and regional protection. Especially, in recent years, it has become possible to acquire large amount of practical data related to people mobility. Therefore, in this research, in order to utilize spatio-temporal data to some social issues with taking careful of personal privacy, we developed a mobility data handling platform and some analyzing methodologies, and conducted some case studies.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学・地理学

キーワード：地理情報システム 時空間分析 モビリティ 都市・地域分析

1. 研究開始当初の背景

都市・地域においてどのような属性の人がどう移動しどこで何をしているかを表す時空間データ(モビリティデータ)を、多数の人々を対象に網羅的・体系的に分析できれば、都市・地域の時空間分析に新しい展開をもたらすことができる。特に、近年人々の移動に関わる実データを大規模・網羅的に取得することが技術的に容易になりつつある。たとえば、GPS 携帯電話等による位置データなどであり、移動状況に加え、性別・年齢など移動者に関する詳細な属性情報が得られるケースも多い。また、パーソントリップ調査等のアンケート形式の調査データ、旅行記などの不定型なテキストデータもある。

しかしこうした膨大なデータは多くの場合、座標点列のみからなりそこから都市・地域分析等に必要な情報を抽出・推定するためには、様々な処理・分析が必要である。またデータ量はテラバイトオーダーになることが普通であり、一般の都市・地域研究者・分析者にとっては膨大であるが、その膨大な時空間データを分析するための処理・分析システムもきわめて不十分である。時空間分析にたえる「位置座標+時刻」データにまで加工し、さらに大規模な分析を行うためには、数多くの自動処理技術や分析手法、データ管理・処理ツールなどを体系的開発が不可欠である。

2. 研究の目的

本研究の目的は以下の3点である。

- 1) これらの技術・手法の体系的開発と処理サービスの公開を行い、
- 2) 200 万以上の人の移動データを研究支援用の時空間データとして整備・加工・公開し、
- 3) 移動の時空間データに関する分析研究のケーススタディをショーケースとして提示すること。

以上の目的と達成するために下記の体制で研究を進めた。

- 1) 移動の時空間データの処理・管理手法を開発・整備するグループ(柴崎・大沢・関本)
- 2) 分析手法や分析ツールの開発を行うグループ(村山、矢野、今井、奥貴)

3. 研究の方法

人や車の移動に関する時空間データに必要な処理・管理技術は大きく、地名・駅名・路線名などのジオコーディング(緯度経度座標へのマッピング)技術、軌跡の位置座標の誤差除去・マップマッチングと経路内挿技術、大量の時空間データの高速検索技術、の3つの要素からなる。平成23年度に分析手法グループからの要求条件の下にこれらを開発し、平成24年度にはこれらを適用し国内都市圏や海外都市圏のパーソントリップデータなど多様な移動データの処理を進め、公開用のデータアーカイブを構築する。同時に上記技術の改良を進める。また既存の

アーカイブデータだけでなく、GPS やアンケート調査などによって研究者が得た生データ等を処理できる環境を提供する。さらに分析手法グループはそうして作成された実データを処理・分析し、分析事例を開発・蓄積する(平成25年度)。最終的にデータの処理・管理基盤および公開可能なパーソントリップなどのデータコンテンツは、空間情報科学研究センターを經由して全国の研究者向けに公開する。

4. 研究成果

1) 人の移動データに関する研究基盤が世界で初めて構築・公開された。

人の移動データに関する処理サービスや検索・分析ツールと併せて、実際のデータが大量に公開されることで、人々の移動に着目した都市・地域研究の学術基盤が世界ではじめて構築された。

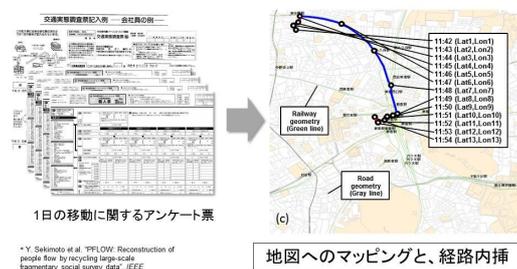


図1 アンケート調査票データから時空間データへの自動変換

研究者に公開されているアーカイブデータは、23 都市圏、延べ 390 万人分におよび筆者らの知る限り世界最大である。このデータはもともと非常に処理しにくいアンケート調査票データであり、これまで移動の時空間座標データに変換されたことはなく学術的な価値は大きい。



図2 時空間データ化された人々の流動データ(現在23都市圏、延べ390万人分提供中)

また携帯電話等のGPSを利用した人の移動情報の収集・処理機能等も基盤上に開発し、大量のGPSデータ等を処理・検索することができる。こうした大量のデータを処理する基盤として、オープンソースソフトウェアであるHadoop(ハドゥープ)を改良し、安価

なPCサーバやAMAZONなどのクラウドを利用することで処理、管理を行えるシステムを構築した。また外部の利用者は必要なデータを切り出して利用できるなど、利用を容易にする機能も実現している。なお、こうしたデータは空間情報科学研究センターを經由して研究者に公開され、既に数十件の利用事例がある。さらにこうした移動情報はオープンデータを利用した地域の課題解決イベント(アーバンデータチャレンジ 2013)等でも利用された。

今後、世界的には、携帯電話の通話ログなどがさらに多数研究用に提供されるようになると期待されるが、この研究基盤を研究者コミュニティ全体で共有することで、今後、膨大に発生する人の移動データを利用した学術研究で、世界をリードできると期待できる。

2) 移動データの分析手法が大きく進展し、分析成果そのものも研究者が利用できるようになった。

移動データの分析は、これまでKwan(2003)の研究のように比較的少数の移動データを視覚化し、パターンを発見し、あるいはOD(出発地・目的地)を集計して移動データを行列形式で分析する方法が主流であった。しかしこれらの方法では、人々の詳細かつ膨大なデータから、効率的に多様な移動パターンを抽出することなどは困難である。

本研究では、移動軌跡データから人の行動を読み解き、移動軌跡や滞留点に居住地域や移動交通手段と言った推定ラベルを貼る手法等を体系的に開発した。これにより移動データを行政単位毎に集計して既存の社会経済統計等と突き合わせ、あるいは既存の行動研究成果と突き合わせることが容易に行えるようになった。また任意の地点間の時間距離算定や経路探索も基本的な処理サービスとして全国を対象に提供され、地域の相互関連分析などが飛躍的に容易になっている。

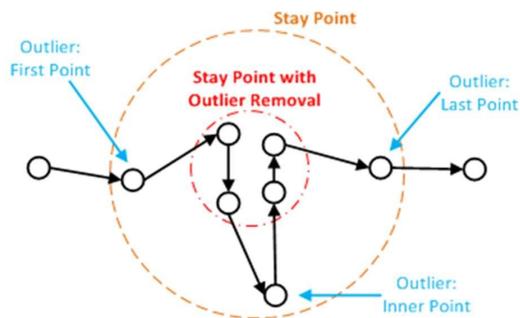


図3 分析手法の一例: 移動座標データからの滞留点の抽出

また移動体情報と周辺の様々な地物(店舗、住宅、施設等)データと関連づけて解析する際に必要な検索アルゴリズムも開発され大幅な効率化が確認された。また、大量の移動

体情報をウェブを經由して視覚化し、検索・分析を行えるソフトウェアも開発され、分析・解析を効果的に支援できることがわかった。

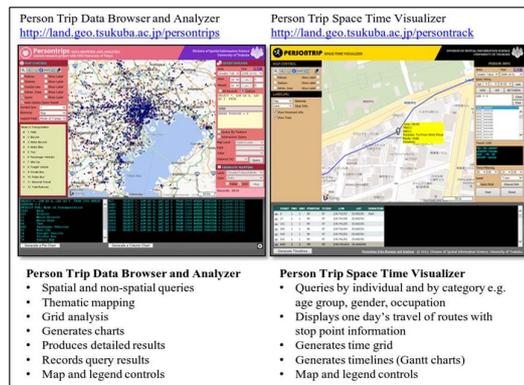


図4 ウェブブラウザから利用できる移動体情報の視覚化・分析支援システム

3) 都市・地域の時空間分析に、移動者・移動体に着目した定量分析という新たな切り口を提供した。

都市・地域の時空間分析では、時間距離を用いて地域の相互関連・相互作用などが記述されてきたが、そこにさまざまな個人属性データのついた人の実際の流動・交流情報が加わることで、一層実態に即した多面的な分析が実現した。本研究では小学生の行動解析、パーソントリップデータを利用した都市解析(京阪神大都市圏、東京大都市圏)、人の流動データと詳細な店舗分布マップを重ね合わせた商業集積訪問者解析などがある。これらはいずれも本研究による基盤なしには実現しなかった研究であり、都市・地域分析にユニークで定量的な視点を提供している。

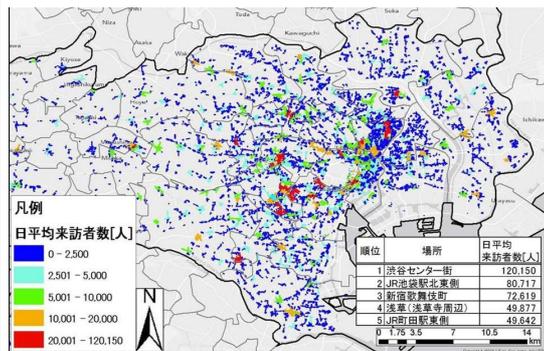


図5 人の移動データから推定された商業地域毎の日平均来訪者数(2010~2011年)

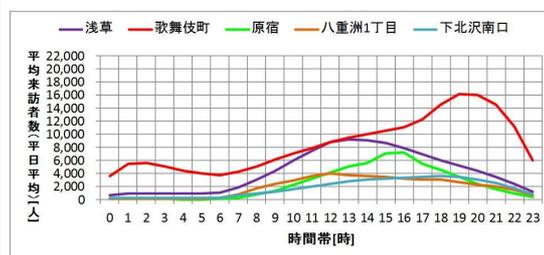
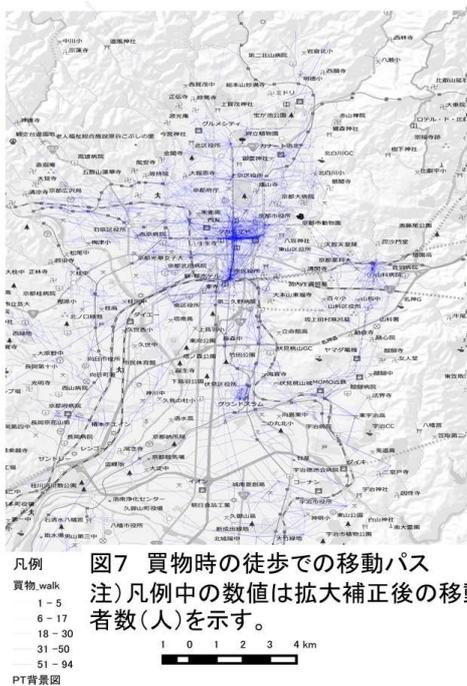


図6 東京23区の5箇所の商業地域における時間帯別年平均来訪者数の変化(2010~2011年 平日平均)



4) 今後の展望：海外への展開と分析・解析手法の一層の深化

今後、海外においても携帯データ等からの位置情報を社会公益的な分野に活用しようという動きがますます加速すると考えられる。一層大量で多様なデータをプライバシー等の保護にも十分配慮しながら処理・管理できる基盤の拡充・改良と、多様な環境での人々の移動行動等を分析解析するための手法の深化が今後必要である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 20 件)

- Greger, K. and Murayama, Y., Collection method for spatio-temporal micro-scale personal movement data, Annual Report on the Multi Use Social and Economic Data Bank, Vol.91, pp.63-83, 2014
- Estoque, R.C. and Murayama, Y., City profile: Baguio, Cities, Vol.30, pp.240-251, 2013
- Horanont, T., Witayangkurn, A., Sekimoto, Y. and Shibasaki, R., Large-Scale Auto-GPS Analysis for Discerning Behavior Change during Crisis. IEEE Intelligent Systems, Vol.28, No.4, pp.26-34, 2013
- Witayangkurn, A., Horanont, T. and Shibasaki, R., The Design of Large Scale Data Management for Spatial Analysis on Mobile Dataset. Asian Journal of Geoinformatics, Vol.13, No.3, pp.17-24, 2013
- Song, X., Zhang, Q., Sekimoto, Y., Horanont, T., Ueyama, S. and Shibasaki,

R., Intelligent System for Human Behavior Analysis and Reasoning Following Large-scale Disasters. IEEE Intelligent Systems, Vol.28, No.4, pp.35-42, 2013

Htoo, H., Ohsawa, Y., Sonehara, N., and Sakauchi, M., Incremental Single-source Multi-target A* Algorithm for LBS Based on Road Network Distance, IEICE Trans. Inf. & Cyst., Vol.E96-D, No.5, pp.1043-1052, 2013

Sekimoto, Y., Watanabe, A., Nakamura, T., Kanasugi, H., and Usui, T., Combination of spatio-temporal correction methods using traffic survey data for reconstruction of people flow. Pervasive and Mobile Computing, Vol.9, No.5, 629-642, 2012

大沢裕, トウトウ, 曾根原登, 坂内正夫, 道路網上での旅行計画のためのインクリメンタル検索方式, 日本データベース学会論文誌, Vol.11, No.2, pp.1-6, 2012

Sekimoto, Y., Shibasaki, R., Kanasugi, H., Usui, T., and Shimazaki, Y., Pflow: Reconstructing people flow recycling large-scale social survey data. IEEE Pervasive Computing, Vol.10, No.4, pp.27-35, 2011

関本義秀, Horanont, T., 柴崎亮介, 携帯電話を活用した人々の流動解析技術の潮流, 情報処理, Vol.52, No.12, pp.1522-1530, 2011

関本義秀, 薄井智貴, 金杉洋, 増田祐介, 都市空間における効率的な動線解析の共通基盤のあり方について, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.67, No.2, pp.170-180, 2011

[学会発表](計 87 件)

- 山口 崇, 大沢裕, 道路網距離に基づく移動体の連続検索, 2014 年電子情報通信学会総合大会, D-4-9, 2014
- 王尾和寿, 村山祐司, 温井達也, 相澤道代, 通学路の不安箇所へのマッピングとその空間的特徴 - つくば市 N 小学校の事例 -, 日本地理学会春季学術大会, 2014
- Song, X., Zhang, Q., Sekimoto, Y., Horanont, T., Ueyama, S., and Shibasaki, R., Modeling and probabilistic reasoning of population evacuation during large-scale disaster. Proceedings of the 19th ACM SIGKDD, 2013
- Witayangkurn, A., Horanont, T., Sekimoto, Y., and Shibasaki, R., Anomalous Event Detection on Large-scale GPS Data from Mobile Phones using Hidden Markov Model and

Cloud Platform. 3rd PURBA Workshop, ACM ubicomp Sensing Congress (PURBA2013), 2013

今井修, 参加型 GIS における GIS の活用と心理的側面に関する考察、地理情報システム学会講演論文集, 2013

Horanont, T., Witayangkurn, A. and Shibasaki, R., Demonstration of Mobile Auto-GPS for Large Scale Human Mobility Analysis. European Geosciences Union General Assembly 2013, 2013

Aye Su Yee Win, 大沢裕, 道路網距離に基づく連続旅行計画, FIT2013, D-020, 2013

Ono, N., Sekimoto, Y., Nakamura, T., Horanont, T., and Shibasaki, R., Trip Pattern Analysis Using Long-Term GPS Data. Workshop for Progress in Movement Analysis - Experiences with Real Data, 2012

秋山祐樹, 金杉洋, 関本義秀, 柴崎亮介, 住宅地図データを用いた人々の時刻別空間位置の精細化, 第 32 回交通工学研究発表会, pp.317-323, 2012

Htoo, H. and Ohsawa, Y., Fast Algorithm for Simple Trip Planning Query, 2012 電子情報通信学会総合大会, D-4-4, 2012
Aung Si Thu, Htoo Htoo, Yutaka Ohsawa, ANN Query Method Based on Road Network Distance, 2012 年電子情報通信学会総合大会, D-4-5, 2012

今井修, 気づきマップによる持続的参加型 GIS 活動、地理情報システム学会講演論文集 vol21, 2012

日色史晃, Htoo Htoo, 大沢裕, 旅行計画における IER の利用とその検証の高速化, 第 11 回情報科学技術フォーラム (FIT2012), D-027, 2012

Horanont, T. and Shibasaki, R., Estimating Dynamic Urban Population Through Assimilated Mobile Phone Data. Second conference on the Analysis of Mobile Phone Datasets and Networks (NetMob2011), 2011

Horanont, T. and Shibasaki, R., Nowcast of Urban Population Distribution using Mobile Phone Call Detail Records and Person Trip Data. Computers in Urban Planning and Urban Management 2011

中村敏和, 関本義秀, 薄井智貴, 柴崎亮介, パーティクルフィルタを用いた都市圏レベルの人の流れの推定手法の構築, 第 43 回土木計画学研究発表会 2011
西潟耕治, Htoo Htoo, 大沢裕, 曾根原登, 道路網上における C-OSR 探索法, 第 20 回地理情報システム学会学術研究発表大会, D-5-2, 2011

茂木恭兵, Aye Thida Hlaing, 大沢裕,

曾根原登, 経路履歴を用いた車両実時間モニタリング, 第 20 回地理情報システム学会学術研究発表大会, F-5-1, 2011

〔図書〕(計 1 件)

村山祐司, 駒木伸比古, 地域分析 - データ入手・解析・評価 -, 古今書院, 2013

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

人の流動データの公開サイト:
<http://pflow.csis.u-tokyo.ac.jp/index-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柴崎 亮介 (SHIBASAKI Ryosuke)

東京大学・空間情報科学研究センター・教授

研究者番号: 70206126

(2) 研究分担者

村山 祐司 (MURAYAMA Yuji)

筑波大学・生命環境研究系・教授

研究者番号: 30182140

矢野 桂司 (YANO Keiji)

立命館大学・文学部・教授

研究者番号: 30210305

大沢 裕 (OSAWA Yutaka)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号: 50152111

関本 義秀 (SEKIMOTO Yoshihide)

東京大学・生産技術研究所・准教授

研究者番号: 60356087

今井 修 (IMAI Osamu)

東京大学・空間情報科学研究センター・客員研究員

研究者番号: 80401305