

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月31日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究（A）

研究期間：2009～2011

課題番号：21686047

研究課題名（和文） 社会インフラとしての「人の流れ」データの効率的な再現技術の構築

研究課題名（英文） Development of efficient reconstruction technology about “people flow” data set as social infrastructure.

研究代表者

関本 義秀（SEKIMOTO YOSHIHIDE）

東京大学・空間情報科学研究センター・特任准教授

研究者番号：60356087

研究成果の概要（和文）：近年，都市空間において，交通や各種イベントによる混雑・密集解消のため，ダイナミックに時々刻々と変動する人々の流動を日常的に把握する必要が出てきている．本研究では，「人の流れ」に関するデータが，真の社会インフラとして根付くためには，部分的なエリアだけでなく全国さらには国際的なベースでの取得・利活用ができるようなスケラビリティに関わる量的な検討と，各種人の流れに関する多様かつ断片的なデータを組み合わせ，さらに時空間的な再現精度を上げていく質的な向上に関する検討を行った．

研究成果の概要（英文）：Recently, monitoring dynamic changes in people flow has become necessary, in order to mitigate secondary disasters following earthquakes, fires or other major events, as well as to mitigate congestion at nodes in terminal stations.

In this study, through our “People Flow Project (PFLOW)”, we investigate data process technology, data quality, data scalability and its common infrastructure for people flow reconstruction on a large scale.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	9,300,000	2,790,000	12,090,000
2010年度	8,000,000	2,400,000	10,400,000
2011年度	3,300,000	990,000	4,290,000
総計	20,600,000	6,180,000	26,780,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、土木計画学・交通工学

キーワード：人の流れ、社会基盤、共同利用、大規模データ処理、時空間分析、パーソントリップ調査、測位

1. 研究開始当初の背景

近年，都市内において，地震や火災発生あるいは大規模イベント開催における混乱に伴う二次的災害や，ターミナル駅等の交通結節点における混雑などを解消する必要性から，ダイナミックに時々刻々と変動する多くの人々の流動を日常的に把握する必要が出てきている．例えば，2001年に明石の花火大会で歩道橋に人が殺到し247人の負傷者が出た事件では15万人が現場付近に集中してい

た．また，新宿高島屋タイムズスクエアは休日には15万人程度が来場し，同程度の集中が日常的に起きている．さらに新宿駅の1日の乗降客数は約400万人にのぼり，災害時の人の流れの把握は緊急課題である．また，民間分野においても，主にマーケティング，広告の観点から人の移動に関するデータの利用は増えている．とくに，屋外広告（OOH：Out Of Home media）や交通広告は，注目を集めることに主眼があるため，人の移動と密接な

関係があり、適切な出稿や事後評価のために民間企業による移動に関する調査統計データの販売なども始まりつつある（例えばJR東日本一万人調査（2000）やビデオリサーチ社によるSOTO（2006）など）。

一方で技術的には、従来のパーソントリップ調査のような統計調査による静的データに加え、各種計測技術の発展により、GPS等を用いた個人の移動経路（例えば羽藤（2000）など）、CCTVカメラを用いた面的な人数、ICタグを用いた自動改札による駅の乗降客数、あるいはデパートの時間帯別来場者数など、様々な切り口で人の流れを計測できるようになってきている。最新技術としては、携帯電話基地局等への端末登録数の集計による周辺滞在人数の把握を行う技術（Ratti, C., et al（2006））などもある。また表示手法についてもCG、GIS、CAD技術の進展により、都市圏全体のような広域で多数の人の集中状況を二次元的、あるいは三次元的に俯瞰したり、ターミナル駅内部のような狭域の三次元空間での人の動きを分析するといった、よりリアリティを持たせつつ全体を視覚化することも可能になっている（山本（2006）、関本（2008））。

しかし、上記のような人々の動きに関する調査・計測の実データをビジネスレベルで流通可能にするには、大量のデータの品質をある程度そろえることが必要であり、人々の調査・計測から緯度・経度・時間の時空間データ列に関わる加工・蓄積、表示・提供に至るまで一連の流れをバランスよく効率的に処理することが重要である。しかし、そのような処理プロセスは非常に重要でありかつ労力を要する部分であるにもかかわらず、個々のノウハウに依存してその場しのぎ的かつブラックボックス的に行われていることが多く、その結果として、時間的にも費用的にも長期、高コストとなり、最終的なビジネスレベルの利活用までに行き着くことはなくあまり議論されていないのが現状である。実際、今までにプローブカーやプローブパーソンに係る調査は多数行われているにも関わらず、どれもアドホック的な処理を前提としており、大量データの自動処理という意味で共通基盤的な設計になっていないため流通性に欠け、例えばデータ取得関係者以外がデータを利用しているというケースはまれである。

2. 研究の目的

申請者はそのような問題意識に基づき、ビジネスレベルでの利活用を念頭に置いた大量の人々の位置データの品質の確保とその処理のための共通基盤のあり方について、ニ

ーズ、シーズ、社会的な役割分担、費用などいくつかの主要因からプロトタイプもまじえて研究を進めるとともに、申請者の所属する東京大学空間情報科学研究センターの公式な研究サービスとして「動線解析プラットフォーム」を2008年7月より公開し、WebAPI上で利用者の保有する断片的な時空間位置のデータを道路や鉄道のネットワークや時刻表等にマッチングし稠密な時空間位置を再現する「時空間データクリーニングサービス」（現在は関東地方限定）と、東京都市圏のパーソントリップ調査を事例に調査主体の承認を得た上で任意の時空間範囲でデータを提供する「時空間データ提供サービス」のサービスを行い、登録利用者数が増え始めている（<http://pflow.csis.u-tokyo.ac.jp>）。

その一方で、真の社会インフラとして根付くためには関東地方だけでなく全国ベースでの検証やデータの登録が必要であるのと、国内だけでガラパゴス的にならないためにも国際的なサービス等も視野に入れたスケラビリティに関わるような量的な検討の必要性がある。また、現在は全体的な人の流れを抑えるものとしてはパーソントリップ調査が主体であるものの、例えば鉄道事業者で出している各駅の乗降客数や大型ビルの滞在者数など、民間事業者関係の集計値なども有効に組み合わせるさらには時空間的な再現精度を上げていく質的な向上が必要である。

3. 研究の方法

従って本研究期間中においては、(1)スケラビリティ向上に関わる検討として、(a)国内全般や海外データの登録による多様なデータへの対応、(b)全国ベースのクリーニングサービス実施のための経路検索やマップマッチング等の処理アルゴリズムの性能向上、(c)分散処理、並列化によるハードウェアとしての性能向上の検討と、(2)時空間的な再現精度向上に関わる検討として、(a)様々な集計データの利用による再現精度の向上、(b)時空間メッシュ表現（100m、15分解像度等）の検討、などを行う予定である。

東京大学空間情報科学研究センターは他でもCSVアドレスマッチング（住所を緯度経度にする点レベルの変換サービス）等、空間情報に関する研究サービスを行っている唯一の全国共同利用施設であり、こうしたサービスを行う実績は十分にあるとともに、本プラットフォームによるサービスは時間+二次元空間の三次元レベルの変換サービスであり、従来のCSVアドレスマッチングが一次元レベルだったことに比べると飛躍的な向上であり、世界でも例がなく唯一である。

4. 研究成果

本研究では、最終年度として様々な成果がでてきた。まず、コアである「人の流れデータセット」の再現方法等を記した研究が世界的にも広く読まれている IEEE Pervasive Computing に掲載されて大きな成果となった(図1)。これは Impact factor も 3.08(2009)と大変高い。また、このパーソントリップデータをベースとする国内の人の流れデータセット(図2)のアーカイブが15都市(1都市あたり数G~数十Gのデータ量)、延べ350万人にのぼり、申請者の所属する空間情報科学研究センターの共同研究の仕組みを通じて、交通、まちづくり、医療、防災、セキュリティ等、公益に資する分野で多くの研究者に利用された(共同研究数としても約40件程度にのぼる)。さらに、海外でも途上国を中心とした JICA のパーソントリップデータを用いて海外データのアーカイブも行った。

さらに、これらのデータ処理を行う動線解析プラットフォームについても、それらが提供する WebAPI やその標準的な応答速度、データベースの仕組み等が、土木学会論文誌 F3 (土木情報) に掲載され、大規模時空間データ処理の成果を公表できた。また、プラットフォーム(無償)のユーザー数も約200名にのぼっている。加えて Amazon Web Service (AWS) のクラウド環境も駆使し、データセット作成の高速化などのノウハウも得ることができた。

こうした活動をもとに、我々は次のステージとして、よりリアルタイム・大規模・長期のデータとして、携帯電話の GPS や CDR (Call Detail Record) への期待に関する解説記事「携帯電話を活用した人々の流動解析技術の潮流」が、国内誌では会員数が大変多い「情報処理」に掲載された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計5件)

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, 土木学会論文誌 F3 (土木情報), Vol.67, No.2 (特集号), pp.170-180, 2011.

Yoshihide Sekimoto, Ryosuke Shibasaki, Hiroshi Kanasugi and Tomotaka Usui, Yasunobu Shimazaki, PFLOW: Reconstruction of people flow recycling large-scale social survey data, IEEE Pervasive Computing, Vol.10, No.4, pp.27-35, Oct.-Dec. 2011.

島崎康信, 関本義秀, 柴崎亮介, 個人属性

の情報量に応じたトリップ目的の判別精度に関する研究-パーソントリップ調査の時空間内挿データと決定木分析を用いて-, 都市計画学会都市計画論文集, Vol.45, No.3, pp.163-168, 2010.

薄井智貴, 関本義秀, 金杉洋, 南佳孝, 柴崎亮介, 5 都市圏パーソントリップデータの比較と時空間内挿処理の実現, 土木学会土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.3, pp.569-577, 2010.

島崎康信, 関本義秀, 柴崎亮介, 秋山祐樹, 人の流れによる時間帯別人口と店舗数との相関関係についての研究, 都市計画学会都市計画論文集, Vol.44, No.3, pp.781-786, 2009.

[学会発表] (計8件)

Yoshihide Sekimoto, Atsuto Watanabe, Toshikazu Nakamura, Tomotaka Usui and Hiroshi Kanasugi, Digital archiving of people flow using person trip data of developing cities, The First Workshop on Pervasive Urban Applications (PURBA) in conjunction with the Ninth International Conference on Pervasive Computing, San Francisco, CD-ROM (8 ページ), 2011 (Acceptance rate: 25%).

関本義秀, 中村敏和, 薄井智貴, 金杉洋, 海外における人々の時空間位置の詳細化-ハノイの PT 調査を事例に-, 第30回交通工学研究発表会論文集, pp.241-244, 2010.

Watanabe, A., Nakamura, T., Sekimoto, Y., Usui, T., Shibasaki, R.: A Study on Automatic Kernel Bandwidth Selector for Questionnaire-Based Statistics--Using JICA Person Trip Data in Various Developing Cities-, Proceedings of The 32nd Asaian Conference on Remote Sensing, Taipei, CD-ROM, 2011.

Ono, N., Sekimoto, Y., Watanabe, A., Horanont, T., Shibasaki, R.: Analysis of Temporal Changes in Population Distribution for Developing Cities Using Social Survey Data, Proceedings of The 32nd Asaian Conference on Remote Sensing, Taipei, CD-ROM, 2011.

Sekimoto, Y., Watanabe, A. and Nakamura, T.: Reconstruction of people flow in Hanoi and HCMC using JICA Person Trip data, International Conference on GeoInformatics for

spatial-Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences (GIS-IDEAS2010), Hanoi, CD-ROM, 2010.

Watanabe, A., Nakamura, T., Usui, T., Sekimoto, Y. and Sibasaki, R. : A Study for Reconstruction of People Flow in Asian Cities Using JICA Person Trip Data, Papers and Proceedings of Asia GIS, Kaohsiung, CD-ROM, 2010.

Sekimoto, Y., Kanasugi, T., Nakamura, T. and Usui, T. : Spatio-temporal route cashing from OD points in reconstruction of people flow, Papers and Proceedings of Asia GIS, Kaohsiung, CD-ROM, 2010.

Nakamura, T., Sekimoto, Y., Usui, T. and Shibasaki, R. : A Study on Data Assimilation of People Flow in Kanto Urban Area, Papers and Proceedings of Asia GIS, Kaohsiung, CD-ROM, 2010.

[図書] (計 1 件)

関本義秀監修, 東京大学空間情報科学研究センター寄附研究部門「空間情報社会研究イニシアティブ」編著, 地域を支える空間情報基盤〜クラウド時代に向けて, 日本加除出版, ISBN978-4-8178-3924-4, 2011.6.

[その他]
 ホームページ等
 「人の流れプロジェクト」
<http://pflow.csis.u-tokyo.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

関本 義秀 (SEKIMOTO YOSHIHIDE)
 東京大学・空間情報科学研究センター・特任准教授
 研究者番号 : 60356087

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし

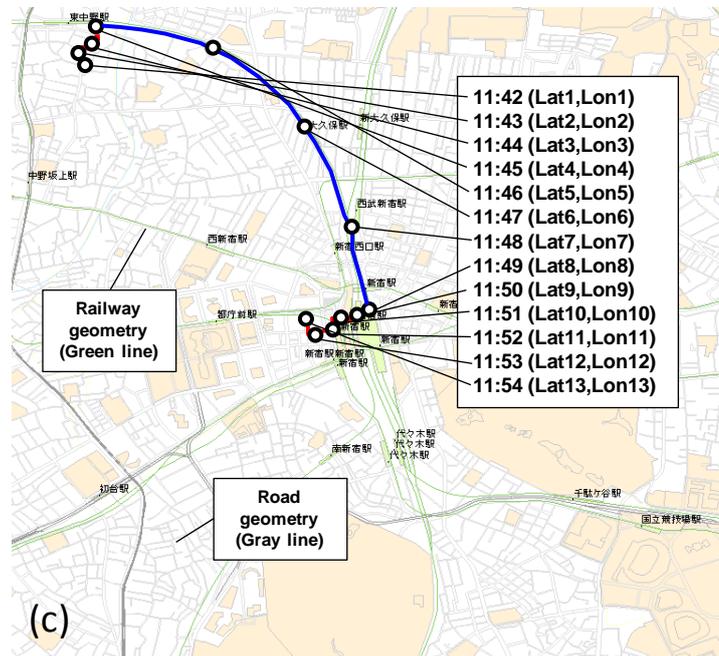
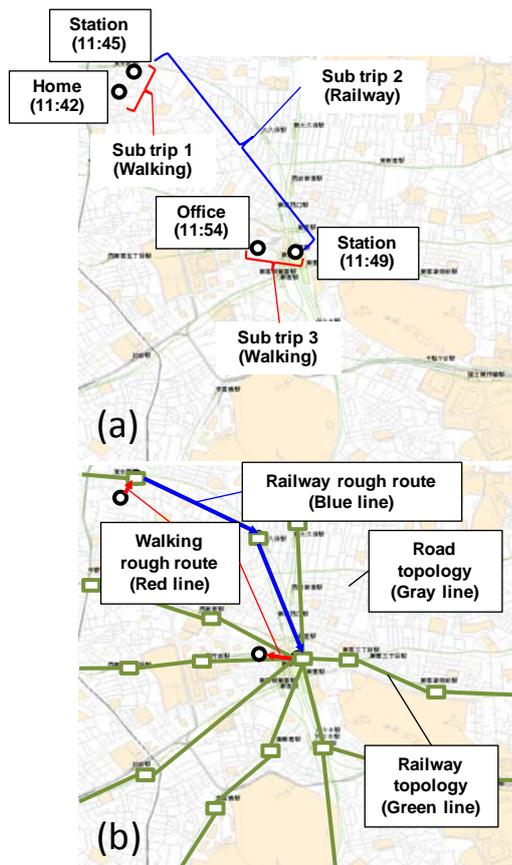


図 1. ある人のトリップにおける起終点情報からの時空間内挿 : (a) トリップを構成する 3 つのサブトリップ, (b) 道路や鉄道のネットワークデータを用いた最短経路選択 (鉄道は時刻表の駅間所要時間をもとにしている) (c) ネットワークの詳細な幾何形状をもとに 1 分ごとの時空間位置を推定したもの

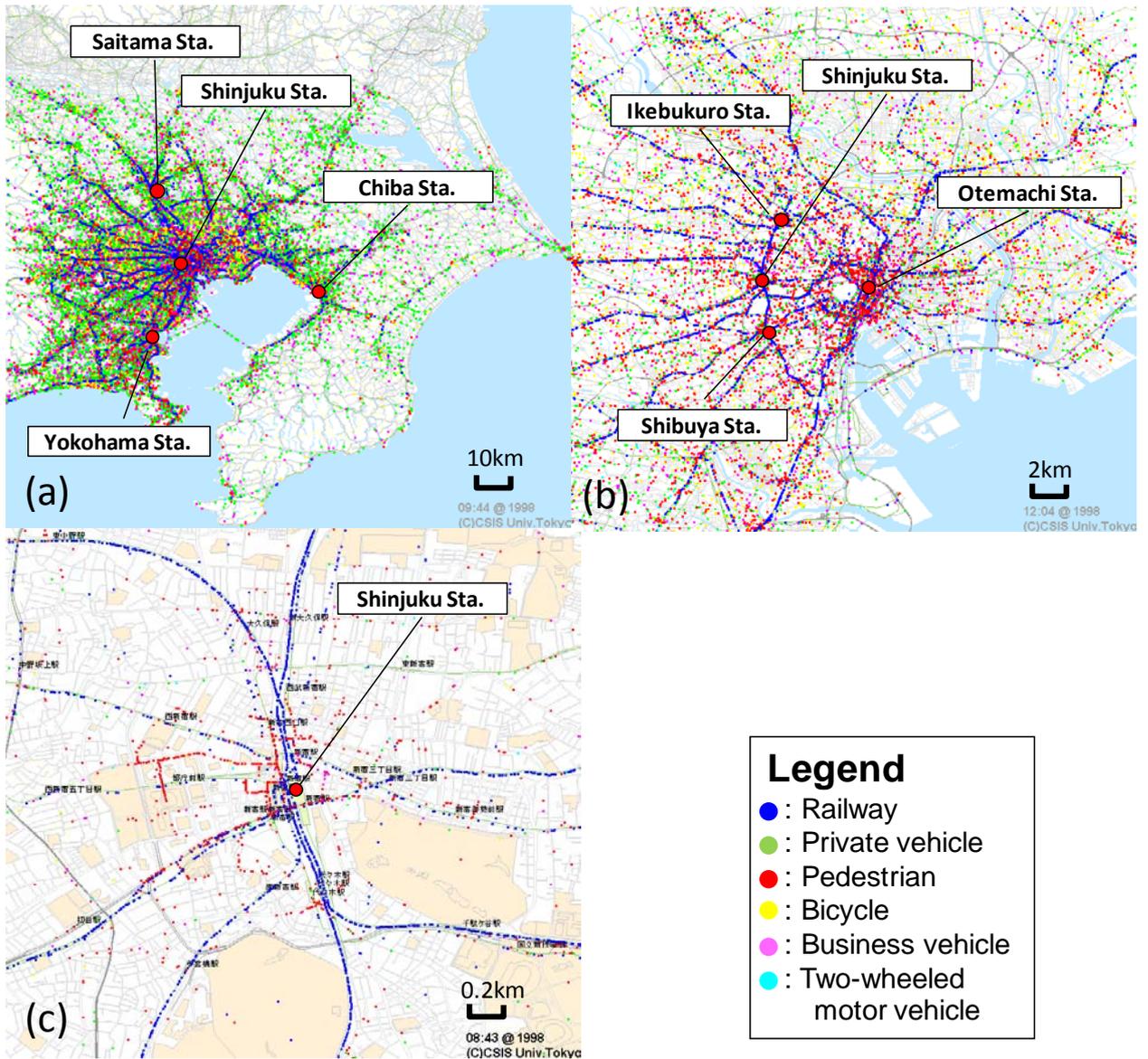


図 2. 東京都市圏におけるパーソントリップ調査から再現した人の流れ：(a) 都市圏全体の規模 (b) 都心部を対象にした中規模スケール (c) 新宿周辺の小規模スケール