

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 22 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26730058

研究課題名(和文)多様な情報の空間的側面に注目した情報ブラウザの開発

研究課題名(英文)An information browser considering geospatial aspect of various information

研究代表者

伊藤 昌毅 (Ito, Masaki)

東京大学・生産技術研究所・助教

研究者番号：50530086

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、空間属性を備えた情報の爆発を背景に、それを誰もが容易に閲覧出来る新しい情報ブラウジング手法を開発する。中でも、特に公共交通による移動状態の把握や支援に焦点を絞って研究を進めた。本研究では、「スマートフォンの気圧計のみを用いた地下鉄車内での位置情報の実現」、「全天球カメラを用いて疑似動画を生成する駅構内での案内システムの開発」、「公共交通のオープンデータ配信システムの開発と運用を通じたオープンデータの普及」を実現した。

研究成果の概要(英文)：In this research, we developed a new information browser with whom anyone can easily understand geospatial aspect of information. we focused on the situation where a user is on a public transportation in order to carry out the research more effectively. In this research, we accomplished following topics: "localization in a subway car using only a barometer of a smartphone", "A guidance system at a station that generates a movie for navigation from images of an omnidirectional camera", "Dissemination of open data through development and operation of public transportation data management system".

研究分野：ユビキタスコンピューティング

キーワード：空間情報 公共交通情報 屋内位置情報 公共交通利用促進

### 1. 研究開始当初の背景

インターネットやセンサ、スマートデバイスが普及し、それに伴い多くの人や組織に情報発信の機会が広がることで、現在、何らかの位置や場所に関連する情報がかつてないほど大量に流通するようになった。一説には「あらゆる情報の8割は位置や場所に関する」とも言われるとおり、文書、写真、音声や映像など多くの情報にはそれに関連する空間座標(緯度・経度)がある。従来、空間情報はその整備や流通の促進が重要な課題となっていたが、今は、大量に発信される空間的な情報を如何に取り扱うかに焦点が移っている。今後、ソーシャルメディアの普及、政府や自治体によるオープンデータの促進、スマートフォンのセンサを利用した情報発信技術の進歩などにより、ますます多くの空間に関わる情報の流通が見込まれる。

本研究では、空間属性を備えた情報の爆発を背景に、それを誰もが容易に閲覧出来る新しい情報ブラウジング手法を開発する。代表者は、これまで空間情報の処理を誰にも可能にするビジュアルプログラミング mPATH や、容易なセンサ設置で環境情報を発信できる環境モニタリングシステム AiryNotes の研究を通して、誰もが空間属性を備えた情報を発信し、収集、編集できる環境の構築を目指してきた。本研究は、更に大量のデータが溢れる状況において、誰もが空間情報を容易に取り扱える環境の構築を目指す研究である。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、情報の空間的側面を中心に捉えた時の、情報の収集、閲覧、共有手法の新しい手法を開発することである。多くの情報が空間的側面を持つにもかかわらず、現在主流の情報プラットフォームである Web は文書が基本であり、ハイパーリンクで結ばれ、キーワードによって検索するという文字や文書を前提とした手法でブラウズされている。一方で、空間情報にはそれだけでない情報の「繋がり」の可能性がある。共通の空間座標に紐付いているため、交差、隣接、包含といった位置関係による繋がりや、現実世界と情報との対応といった、情報そのものだけでは捉えられない繋がりがあり得る。

こうした情報同士の繋がりや、地図にすることで一目瞭然であり、情報の視覚化や検索においてもこうした性質はしばしば利用される。最も近い店を探す時や、最も短いルートを探す時など、地図上に示されることでその選択は容易になる。また地図に地価や犯罪率、主要駅への時間といった統計情報を示すことで、居住地の選択などを支援する強力な道具となる。

### 3. 研究の方法

本研究では、空間情報ブラウジングの中でも公共交通による移動状態の把握や支援に焦点を絞って研究を進めた。これは、移動中

こそが空間的な情報による支援を必要としている状況であり、また公共交通の情報化が十分に進んでいない現状では、この分野の技術開発が強く必要とされているからである。本研究では、以下の3つの課題を設定した。

#### (1) 地下鉄車内での位置情報

地下鉄車内は、GPS 信号が届かずスマートフォンアプリケーションなどにおいて位置情報の利用が出来ない。これは、移動中の情報の収集、活用において大きな問題となる。本研究では、スマートフォンのセンサ単独で位置情報を得る手法を開発した。具体的には、気圧計により得た気圧変化のみから、地下鉄電車の走行状態(走行中か停車中か)の判断、走行している場所の判断を可能にした。

#### (2) 駅構内での案内システム

都市の移動において案内に不満を感じるのは、複雑な構造を持つ空間であり、駅構内が代表的である。このような構造では、空間を2次元で表現した地図は必ずしも便利とは言えない。ここでは、利用者目線の動画によって案内を実現することを目指す。但し、任意の地点間を移動する人向けに動画を用意するのはコストが掛かる。そのため、全天球カメラを用いて疑似動画を生成する技術を開発した。

#### (3) 公共交通のオープンデータ支援システム

公共交通に関わるシステムやアプリケーションを開発する際に、その基礎情報となる時刻表や路線図などのデータは、入手が難しかったり、有償で流通していたりして、それを活用した開発は容易ではない。ここでは、公共交通オープンデータの推進を支援するシステムの開発と、その運営や情報発信によるオープンデータの促進を行った。誰でも時刻表や路線図、リアルタイムデータにアクセス出来るようになり、それを活用したアプリケーション開発が容易になった。

### 4. 研究成果

各項目ごとに研究成果をまとめる。

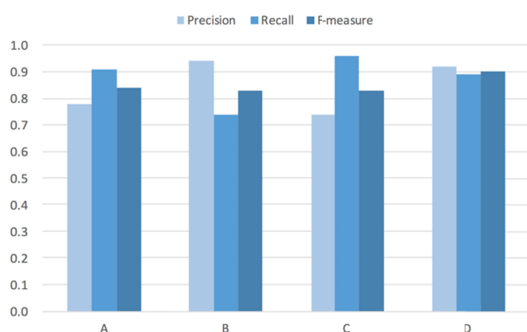
#### (1) 地下鉄車内での位置情報

本研究では、スマートフォンの気圧センサを利用した地下鉄の走行位置推定手法を提案した。提案手法は、移動状態の判定として、走行中か停車中かを判断する第1段階と、停車駅の判定として、停車を判定したときにその駅を推定する第2段階からなる。

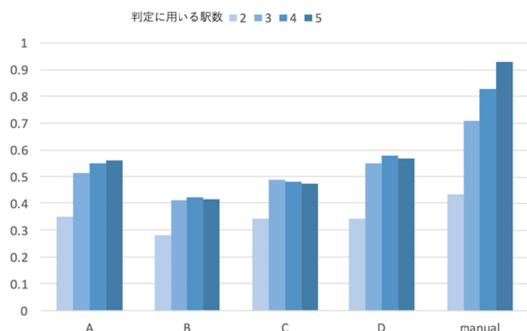
第1段階には気圧の変化を用いる。停車中は駅の標高による気圧で比較的安定しているが、走行中は実際の駅間の標高の変化に加え、狭いトンネルを電車が走行する影響で空気の流れが発生して気圧が大きく変動する。この安定性を、測定された標高データ10回毎(約13秒)の分散によって求める。分散が小さいときは

標高の変化が小さいため停車中であると考えられ、分散が大きいときは標高の変動が大きいと走行中であると考えられる。

第2段階には、停車と判定された時点の気圧から計算した標高と、あらかじめ調べてある実際の駅の標高を用いる。まず、電車の移動状態が走行中から停車中に変化した時点での標高を記録し、これを駅の標高とみなす。気圧センサの値はデバイスによる個体差があり標高の絶対値から駅を推定することは困難であるため、2駅以上の標高の変化の類似度から駅を推定する。



提案手法を評価した。第1段階において、判定する際のパラメータである気圧の分散の閾値と状態遷移までに必要な判定数の組み合わせをパターンA~Dの4種類設定し、それぞれパターンによる推定結果を図に示す。停車判定の条件を最も緩くしたパターンCが最も再現率が高いかわりに適合率が低く、条件を最も厳しくしたパターンBが最も適合率が高いかわりに再現率が低くなっている。閾値を大きく、判定までの回数を多くしたパターンDでは適合率再現率がともに90%程度でF値が最も高くなっている。



第2段階の評価として、同じく4種類の閾値のパターンによる移動状態推定結果から停車駅を推定した結果と、移動状態の正解データを用いて停車駅を推定した結果を図に示す。移動判定の正解データを用いた際は、2駅では43%、3駅では71%、4駅では84%、5駅では92%と駅数が増えるほど精度が良くなるが、

推定された移動状態による判定では、3駅以降ではパターンAでは51%~56%、パターンBでは41%~42%、パターンCでは47%~48%、パターンDでは55%~58%とほとんど精度が変わらない。

## (2) 駅構内での案内システム

全天球カメラの画像を用いて歩いている感覚で任意の目的地へのルートを案内するアプリを開発した。全天球カメラを用いて地上からの景色を撮影した画像を用いて、実際に進む際と同じ目線で案内することで、道を間違えることが減ることを目指している。実際に歩いている感覚で目的地までのルートを把握するために、まず場所を少しずつずらして全天球カメラで撮影し、現在地から目的地までのルート上の画像を連続して見せ、方向転換の箇所では画像の向きも変える。本研究では東京都足立区の北千住駅を対象にAndroidアプリとして実装した。

現在地から目的地までのルートはダイクストラ法によって求めている。駅構内の多数の地点で全天球カメラの画像を撮影し、その地点をノードと見なす。隣接しているノード間で移動可能なノード同士をエッジで結ぶ。このネットワークに対して、ダイクストラ法により最短ルートを検索する。



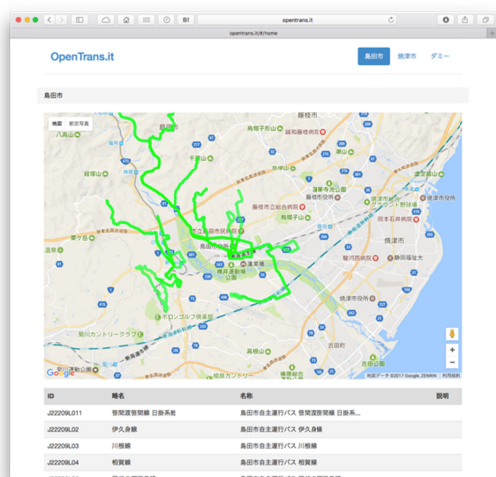
ルート上の画像を順番に並べ、拡大縮小と方向転換のアニメーションによって目的地までの歩行者視点の動画像を生成する。図にアニメーションの例を示す。これを実現するために、隣接ノードの方向と全周画像の角度との対応をデータベースに保存しておき、に進むノードの方向まで画像を回転した後に画像を拡大する。その後、次のノードの画像に滑らかに切り替える。これを繰り返すことによって、自分が歩いているように見せることができる。

## (3) 公共交通のオープンデータ支援システム

OpenTrans.it という Web システムを開発し、静岡県 の 3 自治体の自主運行バ

スのバス停や路線，時刻表データを配信した．また，乗降センサーを接続したスマートフォンを用いたバス車載機器を開発し，バスの位置情報とバス停ごとの乗降客数もリアルタイムに配信した．これらの情報は，GTFS という世界的な標準形式で提供しており，Google Maps など乗換案内サービスへの取り込みが可能のほか，それを活用したアプリケーション

惹きつけ，乗換案内サービスへも取り込みが可能な情報発信が可能であることが示された．また，乗降データが蓄積されており，この分析によるコミュニティバスサービスの評価も期待できる．一方で，システムの運用を継続する仕組みは未だ模索している段階であり，誰が，どういう形態でこのようなサービスの運用を担うべきなのか，議論を続けている．



開発が容易に行える．図に開発したシステムのスクリーンショットを示す．

2015年1月よりシステムを稼働させ，データ配信を始めた．この活用を進めるために，地域の課題解決に関心を持つ開発者などを集めたハッカソンというイベントを開催し，市民だけでなく全国からの参加者がコミュニティバスデータを活用したアイデアやアプリなどを話し合い，試作を行った．こうした取り組みは，新聞やTVニュースなどメディアでも紹介されたほか，オープンデータ推進に関わる関係者からも先進事例として紹介された．

この取り組みや公共交通オープンデータについての取り組みを更に広げるために，2016年2月に「交通ジオメディアサミット」と題したシンポジウムを東京大学で開催し，200人近くの参加者を集めた．ここでは，路線バスのデータの収集についてが大きなテーマとなった．特に地方に行くとデータ整備が進んでおらず，検索が出来ない現状，路線バス運行に関わるデータが事業者の中でも分散し統一的に管理されておらず，データ整備が困難である状況，公共交通の詳細な利用状況を捉えた交通ビッグデータ分析が交通サービス改善につながる可能性などが示され，交通事業者と利用者との相互に情報を流通させることで，公共交通を進化させてゆく未来像が提示された．

この取り組みによって，比較的lowコストで行える情報発信で，多くの開発者を

## 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0件)

(学会発表)(計13件)

- Satoshi Hyuga, Masaki Ito, Masayuki Iwai and Kaoru Sezaki, "An Online Localization Method for a Subway Train Utilizing the Barometer on a Smartphone," 24th International Conference on Advances in Geographic Information Systems (ACM SIGSPATIAL 2016), Nov. 2016.
- Dunstan Matekenya, Masaki Ito, Yoshito Tobe, Ryosuke Shibasaki, Kaoru Sezaki, "Enhancing Location Prediction with Big Data: Evidence from Dhaka," 4th International Workshop on Human Activity Sensing Corpus and Application co-located with ACM UbiComp 2016, Sept. 2016.
- 工藤尊, 伊藤昌毅, 柴原直也, 岩井将行, "地図と全天球カメラの画像を利用した駅構内の案内アプリの提案", 情報処理学会第79回全国大会, 2017年3月.
- 司隆, 佐藤雅明, 伊藤昌毅, 村井純, "郊外型キャンパスにおける路線バスの利用の需要と輸送キャパシティの解明", CSIS DAYS 2016, 2016年11月.
- 近藤亮磨, 伊藤昌毅, 小林亘, 岩井将行, "広域高密度リアルタイム気象レーダデータへの高速アクセスを実現するWebAPIシステム", 第9回Webとデータベースに関するフォーラム WebDB Forum 2016, 2016年9月.
- 伊藤昌毅, 見生元気, 瀬崎薫, "オープンデータとスマートフォン内蔵センサーを利用した地下鉄位置情報の推定", CSIS DAYS 2015, セッション B: IT・応用, 2015年11月.
- Satoshi Hyuga, Masaki Ito, Masayuki Iwai and Kaoru Sezaki, "Estimate a User's Location Using Smartphone's Barometer on a Subway," 5th International Workshop on Mobile Entity Localization and Tracking in GPS-less Environments (MELT 2015) co-located with ACM SIGSPATIAL 2015, Nov., 2015.

- 伊藤昌毅, 瀬崎薫, 杉本直也, 大石康晴, "公共交通情報のオープンデータ配信によるコミュニティバス利用促進", 第 10 回日本モビリティ・マネジメント会議, 一般社団法人日本モビリティ・マネジメント会議, 2015 年 7 月.
- 伊藤昌毅, 大石康晴, 杉本直也, 瀬崎薫, "OpenTrans.it: オープンデータによるコミュニティバス基盤データの整備", 第 51 回土木計画学研究発表会・講演集, 九州大学, 2015 年 6 月.
- Masaki Ito, Genki Kenjo, and Kaoru Sezaki. "A Localization Method for a Smartphone Application in the Underground Trains." The 16th International Workshop on Mobile Computing Systems and Applications (ACM HotMobile' 15), Santa Fe, USA, 2015.
- Guangwen Liu, Masayuki Iwai, Yoshito Tobe, Dunstan Matekenya, Khan Muhammad Asif Hossain, Masaki Ito, Kaoru Sezaki: "Beyond Horizontal Location Context: Measuring Elevation Using Smartphone's Barometer", 3rd Workshop on Recent Advances in Behavior Prediction and Pro-active Pervasive Computing (AwareCast), Ubicomp 2014 Adjunct Proceedings, pp.459-468, Seattle, USA, 2014.
- 伊藤昌毅, 見生元気, 瀬崎薫, "地下鉄乗客のためのスマートフォン内蔵センサを用いた位置特定手法," 電子情報通信学会, ヒューマンプロブ研究会 (HPB), 2015 年 2 月.
- 伊藤昌毅, 瀬崎薫, 杉本直也, 大石康晴, "公共交通情報のオープンデータ化を促すコミュニティバス向けリアルタイムバス情報システムの開発", 第 9 回日本モビリティ・マネジメント会議, p.--, 一般社団法人日本モビリティ・マネジメント会議, 2014 年 7 月.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

- 公共交通オープンデータ 能美市の取り組みとその未来
  - <http://niyalist.hatenablog.com/entry/2017/01/29/015500>
- オープンデータ標準を作る: GTFS 物語
  - <http://qiita.com/niyalist/items/5eef5f9fef7fa1dc6644>
- 全国のバス情報、どうやって IT 化を?

「交通ジオメディアサミット」初開催

- <http://internet.watch.impress.co.jp/docs/column/chizu/744076.html>
- OpenTrans.it
  - <http://opentrans.it/#/home>
- SmartKompano
  - <https://itunes.apple.com/JP/app/id936240792>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

伊藤昌毅 (ITO, Masaki)  
 東京大学 生産技術研究所 助教  
 研究者番号: 50530086

(2) 研究協力者

日向慧 (HYUGA, Satoshi)  
 工藤尊 (KUDO, Takeru)  
 大石康晴 (OISHI, Yasuharu)