

令和 3 年 6 月 13 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04386

研究課題名(和文) 性質の異なるビッグデータを結び付けた地方公共交通の利用実態の解明手法の開発

研究課題名(英文) A Method to Understand the Usage Regional Public Transportation by Linking Big Data from Different Sources

研究代表者

伊藤 昌毅 (Ito, Masaki)

東京大学・生産技術研究所・特任講師

研究者番号：50530086

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、地方の公共交通の基礎資料となる、交通需要の把握、現状の交通行動の調査を地域のビッグデータから明らかにする手法を開発することである。それぞれの地域で揃うビッグデータから交通の実態を解明する。研究成果として、(1) 交通系ICカードによって把握した精度の高い公共交通の利用実態データと、乗換検索サービスの利用ログから得られた公共交通の経路検索実施データとの比較を通して、それぞれのデータの特徴について明らかにした。また、(2) 応用として西日本豪雨の際に「災害時の公共交通情報提供プロジェクト」に取り組み、災害状況下で公共交通情報を集約し、地域住民や訪問者に届けるプロジェクトを実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、複数の種類が想定されるビッグデータ同士の関係を地域データにおいて取得し明らかにしたものであり、地方における公共交通ビッグデータ活用の先鞭を付けるものである。複数のビッグデータはそれぞれ性質が異なるため、その解釈には注意が要する。本研究では、具体的なデータを元にその特性を明らかにしている。また、公共交通オープンデータの整備や活用の応用として、ほぼ日本初の取り組みとして災害時の交通マネジメントへの応用を実践しており、今後の同分野での取り組みを進めるための第一歩として重要な取り組みである。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to develop a method to understand transportation demand and investigating current transportation behavior from regional big data, which will serve as basic data for public transportation in rural areas. We will reveal the actual situation of transportation from the big data available in each region. As the results of our research, (1) we clarified the characteristics of each type of data by comparing the highly accurate data on the actual use of public transportation obtained by using transportation IC cards and the data on the implementation of public transportation route searches obtained from the usage logs of transfer search services. (2) As an application, we worked on the "Public Transport Information Provision Project at the Time of Disaster" at the time of the torrential rains in western Japan, and implemented a project to collect public transport information under disaster conditions and deliver it to local residents and visitors.

研究分野：交通計画

キーワード：公共交通データ ビッグデータ分析 災害時の公共交通マネジメント 地域公共交通計画

1. 研究開始当初の背景

自家用車の普及や過疎化、近年では担い手不足によって、地方の公共交通がさらに衰退するなか、地域の公共交通サービスを自治体、住民や事業者など自らで考え実践するという考え方が定着し、各地で地域公共交通網形成計画の策定などが始まっている。しかし、ここで定まった大きな方向性を実践するためには、例えばバスにおいては、バス停の位置や路線網、料金や1便1便の時刻など具体的なサービスにまで落とし込む必要がある。この領域はこれまで、交通事業者独自で企画するものであり、学術レベルでは十分議論されてこなかった。既にある路線やダイヤなどの評価は行われているものの、「ではどうすればいいか?」という問いに大して十分答えられていたとは言えない。

本研究の核心をなす学術的問いとは、IT を駆使することによる精度の高い地方公共交通サービス開発の方法論の確立である。自動運転やライドシェアを待たなくても、デマンドバスや乗合タクシーなど、旧来のバスやタクシーに限定されない公共交通サービス開発の自由度が格段に高まっている。利用者側でも、常時最新情報にアクセス出来るスマートフォンの普及で経路検索などを駆使した高度な公共交通利用が一般的になりつつある。こうした新しい可能性を活かして大胆柔軟に交通サービスを構築することは、問題が山積する地方でこそ実践する意義があると考えられるが、公共交通に対する意欲も企画力も実践力も失われているのが多くの地域の現状である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、地方の公共交通を考える際の基礎資料となる、交通需要の把握、現状の交通行動の調査を地域のビッグデータから明らかにする手法を開発することである。公共交通の利用実態をリアルタイムに正確に把握出来る仕組みはほとんどの地域で存在せず、それを推定するのに活用出来るようなデータが、各地域の状況によって何種類か存在しているのが現状である。そのためいずれか1, 2種類のデータから全体の概要を推定する技術が必要とされている。本研究の取り組みによって、全国それぞれの地域で、その地域で揃うビッグデータから交通の実態を解明し、交通を改善する計画を立案することが可能になる。

3. 研究の方法

研究課題1: ビッグデータの直感的把握手法の開発

大量のビッグデータを取り扱うために、そこに示された交通行動の特徴を高速に見出す手法を開発する。具体的には、非負値テンソル(行列)分解(NTF, NMF)によるクラスタリングと地図による視覚化を検討している。この手法はデータ全体を高速な計算で行列の積で近似する手法であり、画像や音響信号だけでなく交通データへの応用も始まっている。本研究では、地理的な属性を含む交通行動を考慮した手法を開発することで、交通データならではの直感的把握を実現する。

研究課題2: 基盤データへの当てはめ手法の開発

公共交通の路線図や時刻表などの基盤データがGTFS形式などで用意されてることを想定し、ビッグデータをダイヤや路線という制約の中に当てはめる技術を開発する。本課題のポイントは、固定的な基盤データと日々の遅れや運休などを含んだ運行履歴データ、時空間的な曖昧さを含むビッグデータとの関連づけ表現する、データの欠損を許容するデータ構造の設計である。これをベースに様々な角度からデータを取得出来るようにし、データ分析の基盤構築を実現する。

研究課題3: ビッグデータ相互補完推定手法の開発

ビッグデータ間の相互の関係を明らかにし、相互の推定や真値の推定を可能にする。各データの取得状況や路線の地理的属性、ダイヤの特性などをパラメータ化し、ベイズ推定やDeep Learningなどの機械学習手法によってこの推定を実施する。これには何をパラメータに与えるかが鍵であり、他地域でも得やすい国勢調査や商業統計データなどを中心に、高松という比較的データが揃いやすいエリアで検証を繰り返しながら、相互補完推定手法を開発する。

研究課題 4: 仮説検証のサイクルを加速するビッグデータ解析システムの開発

本研究計画では、公共交通の利用に対して様々な仮説を立て、データ分析を通じて検証するプロセスを大量に繰り返す必要がある。このプロセスは Excel やビッグデータ解析エンジン、GISなどを複雑に組み合わせるものであり、様々なツールに習熟する必要があり時間も掛かった。この課題では、開発した手法をシステム化する。これによって、様々な仮説を思いつく度に誰にでも検証まで実施でき、交通分野の高度な知識を持つ研究協力者を交えた仮説検証が高速に実行出来る。

4. 研究成果

4-1: 交通 IC カードデータの分析

交通系 IC カードによって把握した精度の高い公共交通の利用実態データと、乗換検索サービスの利用ログから得られた公共交通の経路検索実施データとの比較を通して、それぞれのデータの特徴について明らかにした。香川県を走る高松琴平電気鉄道(ことでん)を対象に、交通系 IC カードとしては独自のカードである IruCa のデータを、乗換案内サービスとして Navitime のデータを利用した。ことでんは、香川県高松市を中心に「琴平線」「長尾線」「志度線」の3路線が伸び、総延長 60km、合計 52 駅を有する私鉄である。本研究にあたって、ことでんの利用実態を反映する以下のデータを入手した。

IruCa の乗降記録

IruCa は、ことでんの鉄道およびバス、また香川県内の大川バスや小豆島オーリーブスなどで利用出来る IC カードである。カードの規格としては FeliCa を採用しているが、10 カードと呼ばれる主要なカードには数えられない。2018 年 3 月より、10 カードをことでんでも利用出来るようになった。本研究にあたっては、2013 年 3 月より 2015 年 2 月の約 2 年間分のデータを利用している。

Navitime データ

株式会社ナビタイムジャパンが運営する様々な経路案内サービスの利用履歴を収集したものであり、トータルナビと呼ぶ任意の地点間の最適経路を複数の交通モードを組み合わせるサービス他、乗換 NAVITIME、バス NAVITIME という鉄道やバス専門のアプリなどを提供しており、これらを合わせた利用記録データを匿名化して提供しているものである。サービスの種類によって、駅名やバス停名、施設名や GPS などによる任意の地点などが検索条件に含まれる。

IC カードと Navitime データの比較

IC カードも Navitime データも、出発駅、目的駅、時刻などを含んでおり、その形式はほとんど変わらない。しかし IC カードは日常の通勤、通学などでの利用が多く記録され、Navitime においては非日常の利用が多く検索されることが予想されるため、その結果には違いがあることが予想出来る。以下では、データの比較を行いながらそれぞれの特性について検討した。

目的地の件数同士の比較

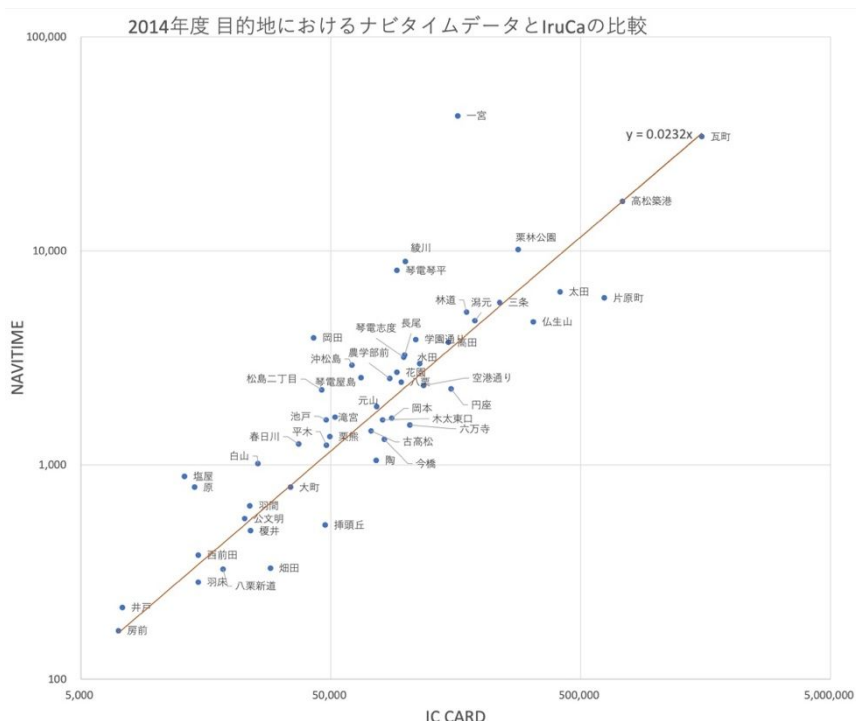
目的地の数において Navitime 経路検索の結果と IruCa 利用数を比較したものが図 1 である。2014 年度の 1 年間のデータの集計であり、乗降数の多い駅と少ない駅との差が大きいためグラフは対数軸としている。また、 $y = ax$ の形で近似した直線を引いている。Navitime に関しては、一人の利用者が何度も検索することがあるため、1 日ごと最後に検索した際の目的地のみを採用している。

経路検索と実際の利用とが相似であれば各点は近似直線上に乗ることになるが、実際には、比較的 IC カードが多い駅と比較的検索が多い駅とが存在する。前者は、余り検索はされないが実際には利用が多い駅と考えられ、地元客の通勤、通学など日常利用が多い駅が主だと考えられる。実際に「太田」「仏生山」「円座」といった駅は周辺が住宅地や地元住民のための商業施設などが多い駅である。「片原町」は商店街やオフィス街に近接しており、通勤の目的地となることが多い駅だと考えられる。後者の、比較的検索が多い駅は非日常的な利用や外来者の利用が多い駅と考えられる。実際に「栗林公園」「琴電琴平」は著名な観光地に隣接する駅であり、「綾川」は駅前にイオンモール綾川というシネマコンプレックスを備えた大規模ショッピングモールが存在しており、非日常的な利用が想像出来る。「岡田」に関しても、利用数はそれほど多くないもののテーマパーク「NEW レオマワールド」の最寄り駅であり、非日常利用が多いと想像出来る。極端に検索数が多い「一宮」駅に関しては、そのうち 70% の出発地が愛知県内の駅であり、多くが

尾張一宮駅を意図した検索であることが予想出来る．

曜日，時間帯ごとの件数の比較

IruCa，Navitime それぞれの2年分のデータを曜日と時間帯ごとに集計し，IruCaについては図 $\text{\ref{fig:iruca}}$ に，Navitimeについては図 $\text{\ref{fig:navitime}}$ に示した．IruCaは，ことでん



の利用実態にかなり近い数字が現れており，通勤や通学に使われる平日7時台が極端に多く，夕方からの帰宅時間にもピークがあるものの朝に比べれば分散しているという動きが捉えられた．Navitime に関しては，検索の際指定した時刻で集計しているが，各時間に満遍なくばらつく特徴が見られた．その中でも，金曜日の夕方や土曜日の朝に検索のピークが見られ，金曜夜や週末

図 1 Navitime 経路検索の結果と IruCa 利用数の比較

の予定を立てるために使われていることが推定される．極端なピーク時間帯を持つことでんの利用実態に対して Navitime の検索件数にはそのような特性が見られず，それぞれのデータの形式は似ていても，内実は大きく異なることが示唆された．

4-2: 広島における「災害時の公共交通情報提供プロジェクト」

公共交通データに関する取り組みの蓄積が予想しなかった形で成果につながったのが、2018年の西日本豪雨の後に取り組んだ「災害時の公共交通情報提供プロジェクト」である。西日本豪雨の被災地では多くの道路や鉄道網が寸断され、住民や訪問者の移動に困難が生じた。この状況において、バスや鉄道といった公共交通の正確なダイヤや運行情報の把握は困難であり、交通事業者の Web ページの情報提供は不十分であり、乗換案内アプリケーションでも正確な案内が出来ない状況であった。本稿では、こうした状況下で公共交通情報を集約し、地域住民や訪問者に届けるプロジェクトについて紹介する。情報を一箇所に集約して配信することは災害復旧状況下では現実的でなかったため、交通事業者がそれぞれ出来る範囲で情報発信を行い、それに対して乗換案内などからリンクを張るという自律分散的な手法で情報提供を実現した。バス運行実績情報、代行バスのための簡易バスロケといった時刻表通りの運行が困難な状況でリアルタイム性の高い情報発信を実現し、地域公共交通情報ポータルサイトからそれらへリンクし、エリアの総合的な交通情報の把握を可能にした。そして、このようにまとめた情報へ乗換案内の検索結果からのリンクを実現した。

筆者らは公共交通に関する情報を包括的に情報提供し、人々の移動をサポートする複合的な交通情報プロジェクト「d-TRIP: disaster-TRansit Information Project」を民間主導で展開した。このプロジェクトは、「災害で呉エリアへは行けない」というイメージを払拭し、「行ける、

行こう」という認知・意識づけを行い、実際に行く計画の立案や、行った際の情報取得を支援するコンセプトで、4つの個別プロジェクトを展開した。なお、いずれのサービスも2018年8月6日に企画・発案を行い、2週間後の8月20日にサービスを開始した。

自律分散型による公共交通情報提供の実現

通常時に行われている乗換案内サービスにおける一元的な公共交通データの発信、流通に変わって本プロジェクトで目指したのが、自律分散的な手法による最新の公共交通データの発信手法である。公共交通事業者や乗換案内サービス事業者など関係者は、それぞれが把握、制御出来る範囲内において情報発信を行う。一方で、発信した情報が孤立しないでリンクされる仕組みを作り、結果的に公共交通の利用者は、信頼出来る情報にリンクからたどり着けるという仕組みである。事業者ごとに、データのフォーマットや粒度、鮮度などは異なるが、最終的に公共交通利用者がそれらを見比べながら理解して、移動のために必要な情報を得られる、という考え方である。今回のプロジェクトは、このような考え方によって個別での情報発信とそれを繋げるリンクという情報閲覧の導線作りを行うこととなった。

乗換案内サービスからのリンクプロジェクト

不完全なまま提供されている乗換案内の情報を補足し、エリア内の正確な最新時刻表や運行情報へたどり着く導線を実現するため、乗換案内から今回構築した地域公共交通情報ポータルサイトへリンクを張るプロジェクトを実施した。図3に「駅すばあと」のスマートフォンアプリを例に、リンクの全体像を示す。



図2 乗換案内からのリンクの全体像

想定している利用は以下のようなものである。乗換案内の利用者は、通常の操作で被災地を含む検索を行い、不十分かもしれないが、何らかの検索結果を得る。その結果は最新の情報ではないかもしれないが、目立つ形で地域公共交通情報ポータルサイトにリンクが張られ、そこを閲覧することでこの地域を移動するために必要な最新の公共交通情報を得られる。

本プロジェクトでは、図に示した駅すばあとをはじめ、Yahoo!路線情報やナビタイムからも本ページへのリンクを張ることが出来た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 伊藤昌毅	4. 巻 72
2. 論文標題 公共交通オープンデータの最新状況: MaaSプラットフォームを見据えて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生産研究	6. 最初と最後の頁 179-183,
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11188/seisankenkyu.72.179	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 日向慧, 伊藤昌毅, 岩井将行, 瀬崎薫	4. 巻 Vol. J101-B, No. 5
2. 論文標題 スマートフォンの気圧センサを用いた地下鉄での位置推定手法	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電子情報通信学会和文論文誌B	6. 最初と最後の頁 1-10,
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transcomj.2017MOP0004	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 1件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 赤木大介, 神田佑亮, 諸星賢治, 伊藤昌毅, 森山昌幸, 太田恒平, 藤原章正
2. 発表標題 災害時の臨時輸送体系に適応したバスロケーションシステムの開発と運用
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 細江美欧, 桑野将司, 森山卓, 宮崎耕輔, 伊藤昌毅
2. 発表標題 交通系ICカードデータからの類似行動の抽出
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 伊藤昌毅, 諸星賢治, 太田恒平, 森山昌幸, 神田佑亮, 藤原章正
2. 発表標題 災害時の公共交通情報提供の実現 ~ 西日本豪雨の際の広島 ~ 呉間での実践を例に ~
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 柳原奨, 宮崎耕輔, 桑野将司, 伊藤昌毅, 谷本圭志
2. 発表標題 乗継ぎ割引の拡大が利用者にも与えた効果の定量的把握に関する一考察
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 太田恒平, 水野羊平, 三浦公貴, 伊藤昌毅
2. 発表標題 GTFS-JPデータを用いた乗合バス事業の電子申請に向けた基礎検討 ~ 帳票地獄からの脱却による働き方改革を目指して ~
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 伊藤昌毅
2. 発表標題 公共交通のデジタル情報基盤を考える : MaaSの実現から災害からの復旧支援まで
3. 学会等名 慶應SDM開設10年記念シンポジウム「未来のコミュニティとモビリティをつくる II」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kosuke Miyazaki, Masashi Kuwano, Taku Fujiyama, Masaki Ito, Keishi Tanimoto
2. 発表標題 Analysis of the effects of a fare discount scheme for multimodal public transport trips that involve transfers and multiple payments
3. 学会等名 European Transport Conference 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤昌毅
2. 発表標題 所属組織を越えたコミュニティによる「標準的なバス情報フォーマット」普及活動
3. 学会等名 第13回 日本モビリティ・マネジメント会議
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤昌毅, 瀬崎薫
2. 発表標題 公共交通オープンデータ：研究からムーブメントへ
3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2018)シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷本圭志, 廣畑健也, 伊藤昌毅, 宮崎耕輔
2. 発表標題 公共交通ビッグデータを用いた潜在的な優良顧客の発見手法
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 加藤弘則, 伊藤昌毅, 瀬崎薫
2. 発表標題 交通系ICカードログによる駅ごとの乗降者数格差の検証
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 伊藤昌毅, 伊藤匡一, 宮崎耕輔, 谷本圭志, 瀬崎薫
2. 発表標題 交通系ICカードと乗換検索サービスのビッグデータ比較による高精度な公共交通利用実態把握可能性の検討
3. 学会等名 第57回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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
研究分担者	谷本 圭志 (Keishi Tanimoto) (20304199)	鳥取大学・工学研究科・教授 (15101)	
研究分担者	宮崎 耕輔 (Kosuke Miyazaki) (60469591)	香川高等専門学校・建設環境工学科・教授 (56203)	
研究分担者	桑野 将司 (Masashi Kuwano) (70432680)	鳥取大学・工学研究科・教授 (15101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------