

交通ビッグデータを活用した 鉄道交通障害情報の配信エリア選定手法の考案

荒木 祐哉¹・今井 龍一²・松島 敏和³・和田 翔⁴・木戸 崇之⁵

¹学生会員 法政大学大学院 デザイン工学研究科 都市環境デザイン工学専攻
(〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)

E-mail: yuya.araki.3q@stu.hosei.ac.jp

²正会員 法政大学教授 デザイン工学部 都市環境デザイン工学科
(〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33)

E-mail: ryuichi.imai.73@hosei.ac.jp

³正会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 計画系部門
(〒102-0083 東京都千代田区麴町 2-10-13)

E-mail: matsushima_t@cfk.co.jp

⁴非会員 中央復建コンサルタンツ株式会社 計画系部門
(〒102-0083 東京都千代田区麴町 2-10-13)

E-mail: wada_sh@cfk.co.jp

⁵非会員 朝日放送テレビ株式会社 (株式会社エー・ピー・シー リブラ)
(〒553-8503 大阪府大阪市福島区福島 1-1-30)

E-mail: takayuki_kido@asahi.co.jp

テレビで配信される鉄道の交通障害情報は、視聴者の要不要に関わらず、放送エリア全体に配信される。そのため、利用者の多い路線の交通障害情報は優先的に配信されるものの、利用者の少ない路線の交通障害情報は放送エリア全体への影響が小さいことから配信されない場合が多い。この課題に対して、既存の地上デジタル放送のエリア限定強制表示技術を活用すると、交通障害が発生した路線の影響範囲に絞って情報を配信できる。本研究は、交通ビッグデータを活用して鉄道路線の影響範囲を推定し、適切な情報提供エリアを選定する手法を考案した。その結果、出勤・登校時の鉄道利用の流動を把握し、流動の起終点と鉄道路線との関係から流動に対応する路線を推定することで、路線ごとの交通障害の情報提供エリアを時間帯ごとに選定できた。

Key Words: *Digital Terrestrial Distribution, Traffic Big Data, Person Trip Survey, Traffic Disturbance Information, Railway Use*

1. はじめに

テレビから配信される防災情報や鉄道路線の運転見合わせ等の交通障害情報は、視聴者の要不要に関わらず、放送を受信可能な全てのエリアで配信されている。そのため、利用者の多い路線の交通障害情報は放送エリア全体へ配信されるものの、利用者の少ない路線の交通障害情報は放送エリア全体への影響が小さいことから配信されない場合が多い。鉄道の輸送障害(列車の運休、旅客列車の30分以上の遅延等)の件数は、過去30年における上位3カ年のうち、2カ年が平成29年および30年となっており、長期的に増加傾向にあるといえる。したがって、交通障害が同時多発的に発生した場合、利用者が大量の交通障害情報から必要な情報を探さなければなら

ない状況、あるいは情報発信者側の判断で交通障害情報が発信されずに利用者が情報を受け取れない状況の発生が懸念される。これらの課題に対して、災害情報の配信ではすでに実用化されている地デジ放送のエリア限定強制表示技術²⁾を用いると、市区町村ごとに必要に応じて情報を配信可能であると考えられる。一方、この配信手法を実現するには、各路線の交通障害情報を必要とする視聴者の滞在地を把握する必要がある。現在、そのような分析手法は確立されていないものの、時間的・空間的網羅性を有する交通ビッグデータを用いることで、交通障害の発生箇所および発生時刻に応じた影響範囲を把握できると考えられる。

以上より、本研究の目的は、交通ビッグデータと既存の統計調査とを組み合わせ、鉄道交通障害の路線およ

び発生時刻に応じた情報提供エリアを選定する手法の開発とした。具体的には、近畿圏を対象とし、パーソントリップ調査（以下、「PT 調査」とする。）と携帯電話網の運用データを基にしたモバイル空間統計[®]とを組み合わせ、出勤・登校時の鉄道利用の流動を把握する。さらに、流動の起終点と鉄道路線の関係から流動に対応する路線を推定し、路線と市区町村とを紐づけることで交通障害の情報提供エリアを路線・時間帯ごとに選定する。

2. 研究方法

本稿では、交通障害の発生箇所および発生時刻に応じた情報提供エリアを選定することを目的とし、鉄道を利用する流動を分析する。まず、本章にて研究の対象エリア、使用する交通ビッグデータの諸元および使用する統計資料を示す。次に、3 章にて情報提供エリアの選定手法を考案する。そして、4 章にて国勢調査を用いた簡易的な選定結果との比較を実施する。最後に、5 章にて本研究の結論と今後の課題を示す。

(1) 研究対象

研究対象エリアは、朝日放送テレビ株式会社の主要放送エリアであり、都市圏 PT 調査が利用可能な近畿圏（2 府 4 県）とした。また、研究対象とする鉄道路線は、鋼索鉄道等を除外した鉄軌道路線のうち、近畿圏を通過する路線（111 路線）とした。

(2) 使用するデータの仕様

交通ビッグデータとして、携帯電話網の運用データを基にしたモバイル空間統計[®]の一種である人口流動統計を使用した。人口流動統計は人々の移動に関する統計データで、市区町村間やメッシュ間の流動人口（トリップの OD 量）を把握できるデータである³⁾。人口流動統計の諸元を表-1 に示す。人口流動統計のデータは、2019

年 10 月 23 日（水）6 時台、7 時台および 8 時台の発着時刻別 OD 量である。路線別の情報提供エリアを市区町村単位で選定することを目指し、空間解像度を市区町村に設定した。また、鉄道を利用する流動を分析するための統計資料として、PT 調査を使用した。PT 調査データは、2010 年の第 5 回近畿圏 PT 調査の拡大係数を 2015 年の住民基本台帳データに時点更新したものである。

3. 情報提供エリアの選定手法の考案

続いて、前章で示した人口流動統計および PT 調査を使用して、流動の起終点と鉄道路線の関係から流動に対応する路線を推定し、近畿圏における鉄道交通障害の情報提供エリアを選定する手法を考案した。本章では、一連の分析手順を説明する。

(1) PT 調査を用いた交通実態分析

ここでは、PT 調査を用いて、出勤および登校目的のトリップを分析した。まず、本研究の目的である交通障害の情報提供は出勤および登校前のタイミングを想定するため、6 時台、7 時台および 8 時台を朝時間帯とし、トリップ目的別に集計した。近畿圏内の地域間流動を対象とした全時間帯および朝時間帯に出発するトリップの目的比率を図-1 に示す。また、朝時間帯における出発時刻別の目的比率を図-2 に示す。図-1 より、朝時間帯の地域

表-1 人口流動統計の諸元

項目	諸元
統計種別	発着時刻別 OD 量（トリップ数）
対象日	2019 年 10 月 23 日（水）
発着時間帯	6, 7, 8 時台
発着時刻	発時間のみ
対象エリア	滋賀県, 京都府, 大阪府, 兵庫県, 奈良県, 和歌山県
空間解像度	市区町村

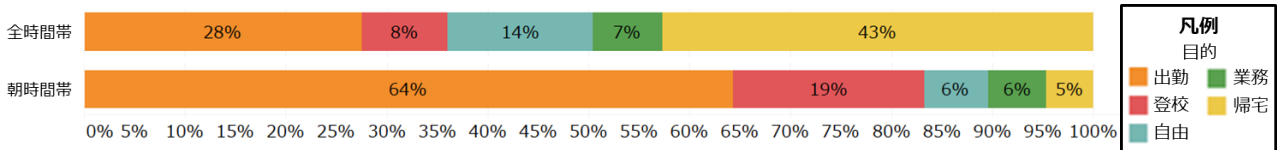


図-1 地域間流動の目的比率

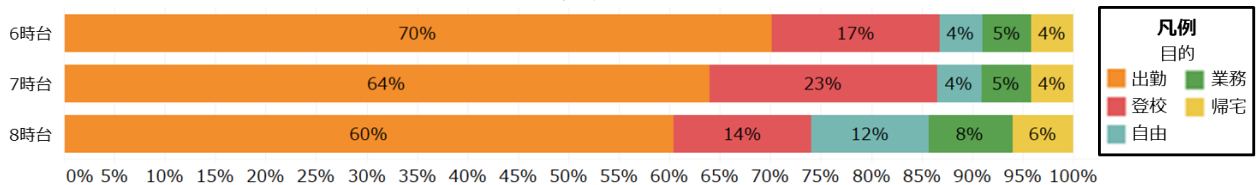


図-2 朝時間帯における出発時刻別の地域間流動の目的比率

間流動は概ね出勤および登校目的のトリップであり、出勤または登校する人へ情報を提供するために朝時間帯の流動に着目すべきことが確認できた。さらに、図-2より、朝時間帯では出発時刻が早いほど出勤および登校目的のトリップの割合が大きいことを確認した。

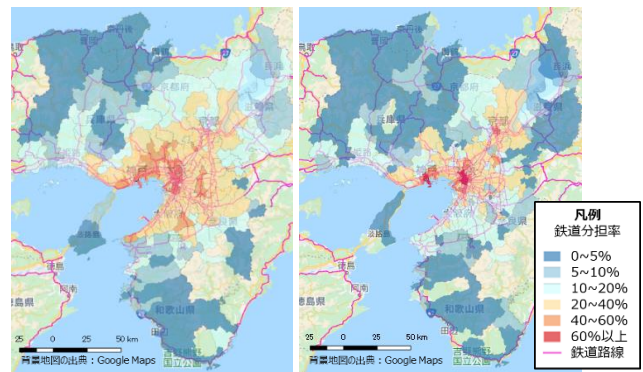
次に、交通手段として主に鉄道を利用するトリップの割合である鉄道分担率の傾向を分析した。出勤および登校目的のトリップにおける、出発・到着市区町村別の鉄道分担率を可視化したものを図-3に示す。鉄道分担率は都心周辺で大きく、地方部で小さいことが確認できた。

さらに、出発地と到着地の組み合わせである OD ペアに関して、流動中の「外れ値」となるものを除いて一般性の高い流動に着目するため、優着トリップの観点から鉄道利用トリップを抽出した。優着トリップとは、ある地域を出発する地域間流動の中で最も OD 量が多い流動である。近畿圏内の地域間流動のうち、鉄道利用トリップが 500 トリップ以上の流動を可視化したものを図-4(a)に示す。さらに、各市区町村の第1優着から第10優着までの OD ペアを可視化したものを図-4(b)に示す。図-4(a)より、OD ペアごとに OD 量の閾値を設定して流動を絞ると、都心周辺の流動に集中し、着目できない地域が発生することが確認できた。また、図-4(b)より、優着トリップの観点に基づく分析によって、都心周辺だけでなく地方部を含む各市区町村を出発する主要な流動に着目可能であることを確認した。このことから、利用者の少ない地方部の路線を使用する流動も評価できる（地方部も含めたエリア限定配信が検討できる）と考える。

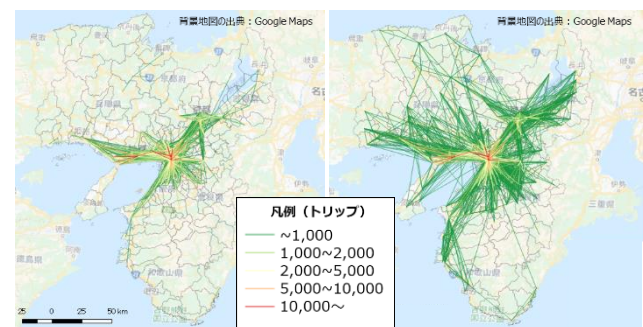
以上より、PT 調査を用いて近畿圏の交通実態を分析し、朝時間帯の地域間流動は出勤および登校目的が主であること、鉄道分担率は都心周辺で大きく、地方部で小さいことが確認できた。また、優着トリップの観点から鉄道利用トリップを分析すると、地方部を含む各市区町村を出発する主要な流動に着目できることを把握した。

(2) 鉄道利用 OD 量の推計

本稿では、野崎ら⁴⁾による手段別 OD 量推計手法を用いて、鉄道利用 OD 量を推計した。本手法は、国勢調査による地域分類に応じて鉄道分担率を補正し、PT 調査より算出した鉄道分担率と人口流動統計の OD 量とを組み合わせ、6時台、7時台および8時台の時間単位で鉄道利用 OD 量を推計するものである。6時台における推計手順を図-5に示す。詳細は参考文献⁴⁾を参照されたい。上記手順に基づき、各時間帯における推計した鉄道利用 OD 量の内外率と国勢調査の内外率との相関係数を表-2に示す。各時間帯において一定程度の正の相関が示されたことから、推計手法が適当であることを確認できた。そして、算出した鉄道利用 OD 量を用いて、前節で示した優着トリップの観点から、各市区町村を出発する主要



(a) 発生側 (b) 集中側
図-3 出勤・登校目的トリップの鉄道分担率



(a) 500トリップ以上を抽出 (b) 第10優着以上を抽出
図-4 近畿圏内における鉄道利用の地域間流動

な流動を抽出した。具体的には、各市区町村を出発する流動の中で上位10位以内の OD 量が多い流動を抽出し、時間帯ごとに優着表を作成した。作成した優着表の一部を表-3に示す。以上より、交通ビッグデータを活用して、各市区町村を出発する主要な流動を抽出できた。

(3) 路線検索サービスを用いた利用される路線の調査

各鉄道路線の利用者の出発地を把握するため、路線検索サービスを用いて OD ペアごとに利用経路となる路線を調査した。本調査の目的は、鉄道路線に応じて交通障害の影響範囲を把握するために、OD ペアごとに利用される鉄道路線の傾向を把握することである。調査対象として、前節で作成した6時台の優着表に含まれる OD ペアのうち、滋賀県および大阪府を出発地とする OD ペアを選定した。調査した OD ペアは合計512ペアである。

調査手順は、まず、JTB時刻表および乗降者数の情報を用いて、市区町村ごとに代表駅を選定する。次に、路線検索サービスの「Yahoo!路線情報」⁵⁾を使用し、OD ペアの出発地から到着地までの経路を検索する。検索時は出発市区町村および到着市区町村の代表駅間の経路を検索する。そして、検索結果に表示される経路および路線を記録する。以上の手順を OD ペアごとに繰り返す。

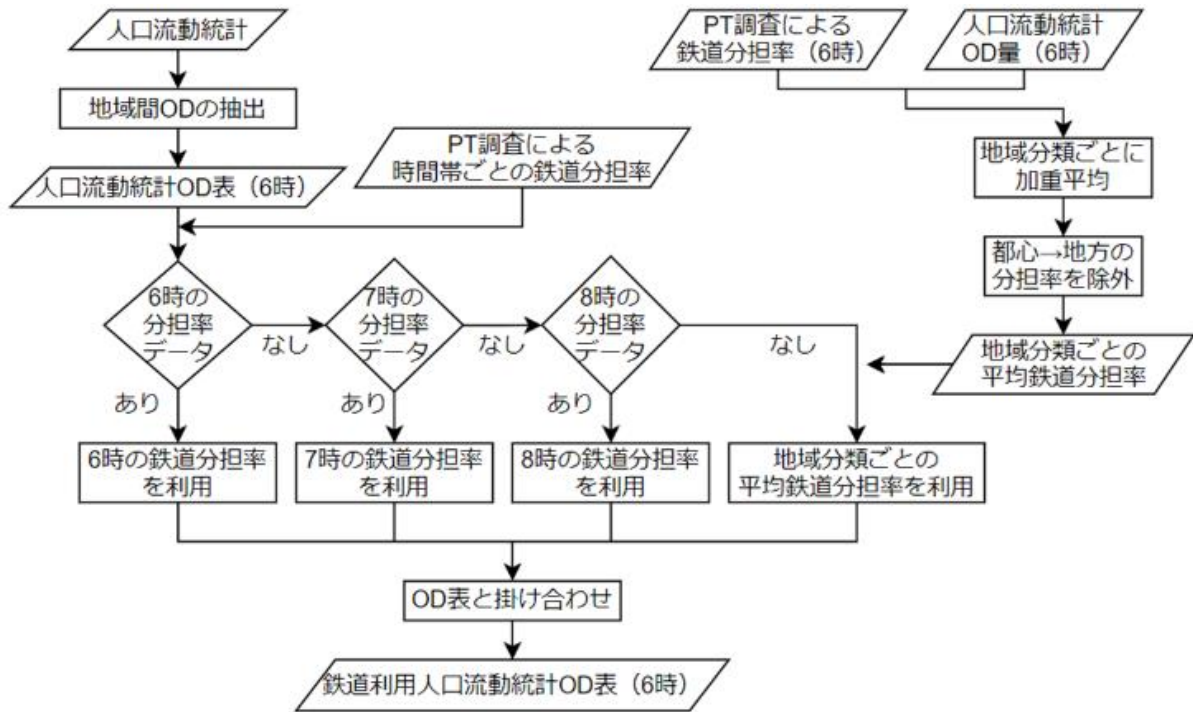


図-5 6時台における鉄道利用 OD 量の推計手順

表-2 国勢調査の内外率との比較における相関係数

条件		相関係数
各時間帯 (補正有)	6時	0.629
	7時	0.670
	8時	0.372
6時7時8時合計 (補正無)		0.735
6時7時8時合計 (補正有)		0.749

表-3 鉄道利用トリップの優着表 (6時台) の一部

出発地	滋賀県大津市	
優着順	到着地	OD量 (トリップ)
1位	滋賀県草津市	850
2位	京都府京都市下京区	706
3位	滋賀県守山市	546
4位	滋賀県栗東市	486
5位	京都府京都市山科区	478
6位	京都府京都市南区	463
7位	大阪府大阪市北区	460
8位	京都府京都市東山区	412
9位	京都府京都市伏見区	405
10位	京都府京都市中京区	371

表-4 調査時の検索条件

検索条件		調査時の設定
日時		平日の6:00出発
運賃	種別	ICカード優先
	座席	自由席優先
条件	歩く速度	少しゆっくり
	表示順序	到着が早い順
手段		新幹線・有料特急の使用可

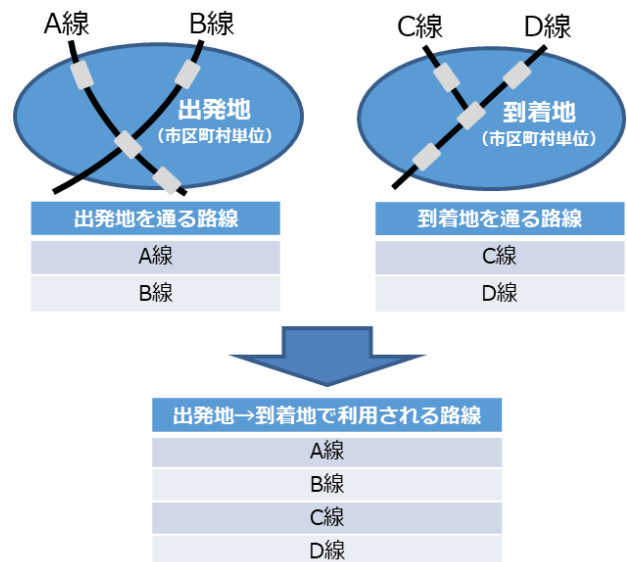


図-6 経路に利用されるとみなす路線の判定イメージ

調査時に設定した他の検索条件を表-4に示す。調査結果の分析にあたり、任意の市区町村を発着するトリップは、その市区町村を通過する路線を実際の経路として利用する可能性が高いと考える。そのため、図-6に示すように、ODペアごとに出発市区町村または到着市区町村を通過する路線は予め経路として利用されるとみなすこととする。その結果、出発市区町村または到着市区町村を通過する路線のみでは、調査対象のODペアにおける経路となる路線を網羅するのが困難であることが確認できた。そこで、路線を網羅することができない要因と考えられる事項を以下に考察する。

a) 鉄道路線が通過していない市区町村

鉄道路線が通過していない市区町村を発着する OD ペアの路線の推定を要する経路が確認できた。路線を通過しない市区町村を発着する OD ペアは、隣接する市区町村を通過する路線を利用していると考えられる。

b) 盲腸線が通過する市区町村

盲腸線とは、路線長が短く、かつ起点もしくは終点のどちらかが他の路線に接続していない行き止まりの路線である。対象圏域における盲腸線の例として、阪急伊丹線が挙げられる。阪急伊丹線は南側の終着駅（塚口駅）のみで他路線に接続しており、本調査の結果、塚口駅から他路線が経路として使用されることが確認できた。上記のように、出発市区町村と到着市区町村のみでは盲腸線と接続する路線を推定できないといえる。

c) 相互直通運転の考慮

相互直通運転とは、都心や副都心への旅客輸送需要に応えるため、複数の鉄道会社間で相互に相手の路線に電車を直通運転することである⁹⁾。これにより、都心や副都心への足の確保、乗り換えの不便解消、ターミナル駅の混雑緩和が図られる⁹⁾。本調査より、出発市区町村または到着市区町村を通過している路線の直通運転先路線が経路として使用されることが確認できたことから、出発市区町村と到着市区町村のみでは直通運転先路線を推定できないといえる。

d) 路線が集中している都心周辺へ向かう経路

路線が集中している政令指定都市のような都心周辺へ向かう経路の場合、路線の選択肢が多く到着までの経路を追いきれないケースが発生する。そのため、出発市区町村と到着市区町村のみでは経路となる路線を推定できないといえる。

e) 路線が集中している都心周辺を通過する経路

政令指定都市のような都心周辺での通過移動を伴う経路では、前項と同様に路線の選択肢が多く、経路把握が困難になるケースが発生する。特に大阪市などの政令指定都市では駅数が多く、出発市区町村と到着市区町村のみでは経路となる路線を推定できないといえる。

(4) 情報提供エリアの選定手法の考案

前節で確認した利用経路となる路線の傾向をもとに、鉄道利用 OD 量、路線・市区町村の位置および相互直通運転の情報から、各路線における交通障害の情報提供エリアの選定手法を考案した。考案手法の選定手順を図-7 に示す。前節で示した、路線を網羅することができない場合の対応策を手法に反映するためには、各市区町村を通過する路線を判別する必要があることから、該当路線を判別したうえで、政令指定都市および路線の特性から OD ペアと路線とを紐づける手順とした。

まず、路線・市区町村の位置情報を用いて、各市区町

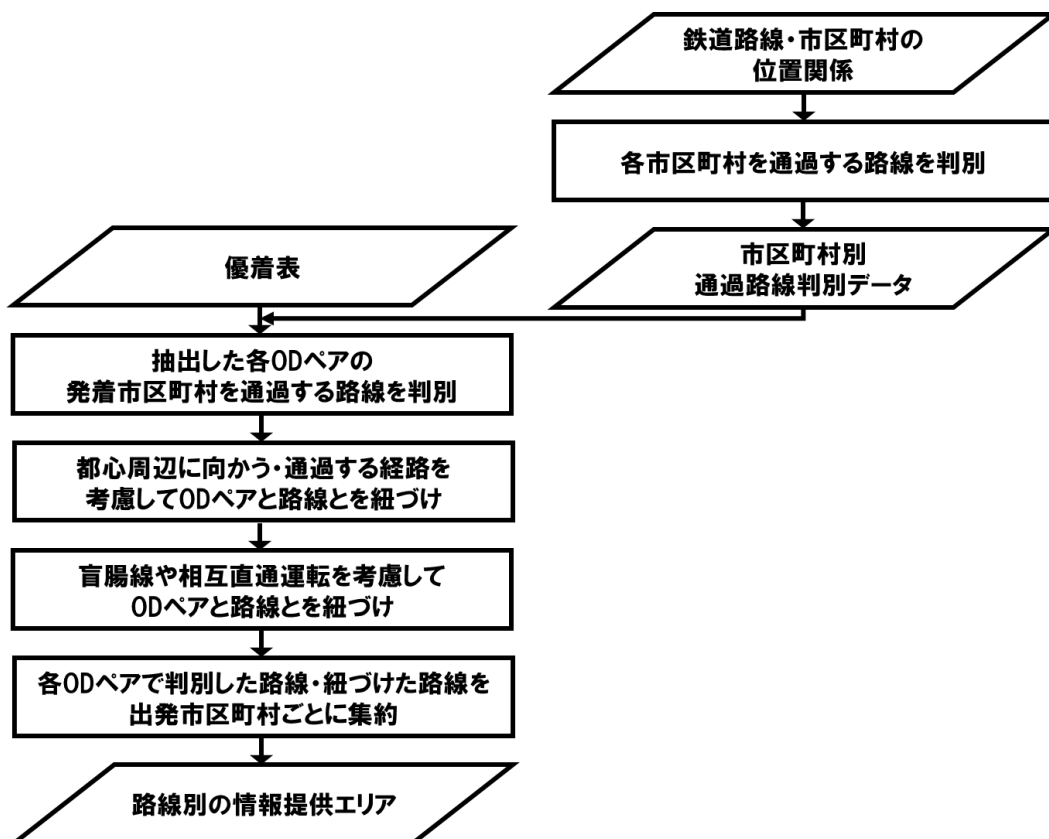


図-7 考案した情報提供エリアの選定手順

村を通過する路線を判別できるデータを作成する。次に、作成したデータを用いて、(2)で作成した優着表における各 OD ペアの発着市区町村を通過する路線を判別する。路線が通過しない市区町村は、隣接する市区町村を通過する路線をその市区町村を通過する路線とみなして判別する。さらに、前節で述べた都心周辺へ向かう経路を考慮し、政令指定都市に到着する OD ペアと、その政令指定都市を通過する路線とを紐づける。また、大阪府を出発する OD ペアは、大阪市内を通過すると仮定し、大阪市内を主に通過する路線と紐づける。そして、盲腸線および相互直通運転の実施路線の情報を整理し、各 OD ペアと鉄道路線とを紐づける。具体的な手順を下記に示す。

- ・ 近畿圏内を通過する盲腸線および相互直通運転の実施路線を整理
 - ・ 各 OD ペアに関して、出発市区町村または到着市区町村を通過する路線に盲腸線が含まれる場合は、OD ペアと、盲腸線が通過する他の市区町村を通過する路線とを紐づけ
 - ・ 各 OD ペアに関して、出発市区町村または到着市区町村を通過する路線が相互直通運転を実施している場合は、OD ペアと直通先路線とを紐づけ
- 最後に、出発市区町村ごとに各 OD ペアにおける路線の判別結果および紐づけた結果を集約することで、路線ごとに影響する市区町村を選定する。

考案した手法を適用して情報提供エリアを選定し、一部路線を対象としてケーススタディを実施した。対象路線として、通常は交通障害情報が配信されない路線の情報を提供することを考慮して JR 草津線を選定し、時間帯ごとに可視化した (図-8)。その結果、主に地方部を通過する路線では、面的な広がりがある地域を選定することができた。以上より、考案手法を適用することで、

路線・時間帯ごとに近畿圏における鉄道交通障害の情報提供エリアを選定できた。

4. 国勢調査を用いた簡易的な選定結果との比較

前章の考案手法による情報提供エリアの選定結果の傾向や異なるデータを用いても結果の傾向が合致するかを確認するため、国勢調査の従業・通学地で集計された OD データを用いて情報提供エリアを選定した。具体的には、交通ビッグデータである人口流動統計、PT 調査および路線検索サービスから取得された情報を使用せず、OD 量および路線・市区町村の位置情報から簡易的に情報提供エリアを選定した。

次に、本章の簡易的な手法による選定結果を参考情報として、前章の考案手法による選定結果と比較した。前章と同様に、通常は交通障害情報が配信されない路線の情報を提供することを考慮し、JR 桜井線をケーススタディの対象路線として選定した。比較結果を図-9 に示す。いずれも、JR 桜井線が通過する奈良県および奈良県付近の市区町村を情報提供エリアとする傾向が確認できることから、国勢調査を用いて簡易的に情報提供エリアを選定できるといえる。一方で、図-9 より、前章の考案手法による結果では、簡易的な手法による結果と比較して、鉄道路線が通過していない市区町村よりも鉄道路線が通過している市区町村が情報提供エリアとして選定される傾向があることを確認できた。したがって、交通ビッグデータを用いて、各市区町村の鉄道の利用傾向を考慮した情報提供エリアを選定可能であり、交通ビッグデータの時間的・空間的網羅性により、鉄道路線の需要の変化等の社会・経済状況に応じて柔軟に情報提供エリアの更新が可能であることを確認した。

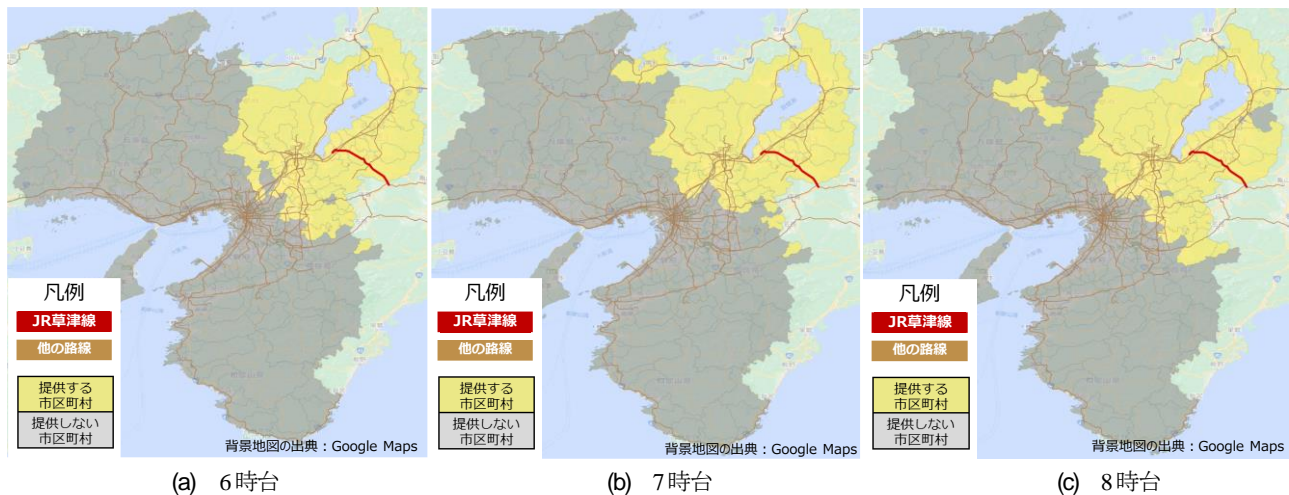


図-8 JR 草津線の情報提供エリアの選定結果

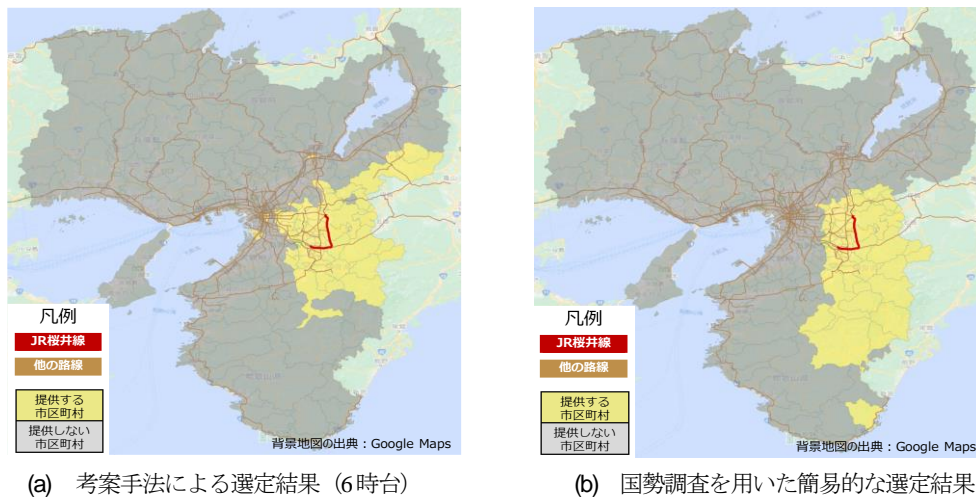


図-9 JR 桜井線の情報提供エリアの選定結果

5. おわりに

本研究では、近畿圏を対象として、既存統計調査と交通ビッグデータとを組み合わせることによって鉄道交通障害の情報提供エリアの選定手法を考案した。考案手法により、交通障害が発生した路線および時間に応じた情報提供エリアを選定できた。これにより、交通障害情報を真に必要な利用者にと効果的に提供可能となり、公共サービスの質向上に大きく寄与すると考えられる。

今後は、考案手法により選定した情報提供エリアの有効性を検証する。具体的には、過去に発生した鉄道交通障害の事例により、情報提供エリアを照合・評価することで、情報提供エリアの選定手法の有用性を検証する。

謝辞：本論文は、朝日放送テレビ株式会社、法政大学および中央復建コンサルタンツ株式会社の交通障害情報のテレビ強制表示に向けた情報基盤開発の共同研究⁷⁾の成果の一環である。本研究を遂行するにあたり、株式会社NTTドコモより人口流動統計データを提供いただいた。心より厚く御礼申し上げる。また、琉球大学 神谷 大介 准教授、中央復建コンサルタンツ株式会社 中矢 昌希氏、株式会社NTTドコモ 永田 智大氏、関西大学 山本 雄平 助教、大阪経済大学 井上 晴可 講師には多大なるご協力を賜り、貴重なご助言、ご指導をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省：鉄道輸送の安全にかかわる情報、<https://www.mlit.go.jp/tetudo/content/001379452.pdf>、(2021.9.29 閲覧)。
- 2) 朝日放送テレビ株式会社：災害情報エリア限定データ放送強制表示についてのご案内、<https://www.asahi.co.jp/kyoseihyoji/>、(2021.9.29 閲覧)。
- 3) 株式会社NTTドコモ：人口流動統計、https://mobaku.jp/service/jpn_flow/od/、(2021.9.29 閲覧)。
- 4) 野崎 琉加, 今井 龍一, 松島 敏和, 和田 翔：交通ビッグデータによる地域特性別の市区町村分類手法及び手段別 OD 量推計手法の考案, 土木計画学研究発表会・講演集, 土木学会, Vol.61, 2021.
- 5) ヤフー株式会社：乗換案内, 時刻表, 運行情報 - Yahoo!路線情報, <https://transit.yahoo.co.jp/>、(2021.9.29 閲覧)。
- 6) 日本民営鉄道協会：相互直通運転 | 鉄道用語辞典, <https://www.mintetsu.or.jp/knowledge/term/204.html>、(2021.9.29 閲覧)。
- 7) 朝日放送テレビ株式会社, 法政大学, 中央復建コンサルタンツ株式会社：業界初！提供エリアを絞って「交通障害情報」をテレビに自動表示するための共同研究について (2019年12月17日プレスリリース), <https://www.hosei.ac.jp/NEWS/newsrelease/191217/?auth=9abbb458a78210eb174f4bdd385bcf54>、(2021.9.29 閲覧)

(2021.?? 受付)

DEVISING A METHOD FOR SELECTING DISTRIBUTION AREA OF RAILWAY TRAFFIC DISTURBANCE INFORMATION UTILIZING TRAFFIC BIG DATA

Yuya ARAKI, Ryuichi IMAI, Toshikazu MATSUSHIMA,
Sho WADA and Takayuki KIDO