

# 運行頻度路線図でビジュアライズした 都市内のバスと鉄道の役割分担の実態

野津 直樹<sup>1</sup>・太田 恒平<sup>1</sup>・梶原 康至<sup>1</sup>

<sup>1</sup>会員 株式会社ナビタイムジャパン 交通コンサルティング事業  
(〒107-0062 東京都港区南青山3-8-38)

E-mail: naoki-nozu@navitime.co.jp, kohei-ota@navitime.co.jp, yasunori-kajiwara@navitime.co.jp

我が国の一部の大都市では、鉄道網以上に発達したバス網が、都市内交通において重要な役割を果たしている一方、バスへの依存が地下鉄の赤字や渋滞等の一因にもなっている。こうした状況の改善に向けた課題抽出や合意形成にあたっては、交通の需給をわかりやすく表現することが必要である。しかし複数の事業者により運営される公共交通の需給は、網羅的にデータ化・視覚化することが難しかった。

そこで本研究では、乗換検索サービスで用いられる時刻表データを援用し、運行頻度を地図上に表現した全国各都市の「運行頻度路線図」を作成することで、交通手段毎の役割分担の実態を視覚化した。そこで抽出された課題について、時刻表データを活用した鉄道とバスのアクセシビリティ分析や、プローブデータを用いた過密バス路線上の交差点の渋滞分析を行った。最後に、都市内交通分析における時刻表データと交通ビッグデータの有用性について議論した。

**Key Words** : frequency, timetable, visualize

## 1. はじめに

### (1) 背景

自治体が交通計画を策定するにあたり、合意形成に向けて初めに必要となるのは、現状の課題抽出と、ステークホルダ間での課題の共有である。しかし、大都市内の公共交通は、交通手段・エリア別に多くの事業者が分担して運営されることが多く、その全貌の把握は容易ではない。特に自治体にとっては、民間の事業者が運行するバス路線の現状について網羅的に課題を把握することは困難であった。

一方、近年は民間による乗換検索サービスが普及し、そのサービス運営の過程で、運行事業者を跨いだ多くのバス路線やバス停の位置、便毎の発車時刻といった時刻表データが統一的に蓄積されるようになった。そうした一連のデータを援用し、「運行頻度路線図」として経路毎の運行頻度を地図上にビジュアライズすることで、これまで難しかった自治体の交通課題の網羅的な可視化が可能と考えられる。

### (2) 本研究の目的・構成

以上の背景の下、本件研究の目的を、時刻表データを用いて運行頻度路線図を作成することで可視化できる都市内交通の課題を明らかにすることとした。具体的には、

2章にて、本研究で利用する時刻表データの基本的な特性を明らかにする。3章にて、運行頻度路線図の作成方法を示し、全国主要都市の運行頻度路線図を作成することで、都市毎の交通網の特徴が路線図に反映されることを確認する。4章にて福岡市を例にケーススタディを行い、5章にて時刻表データを活用したアクセシビリティ分析の可能性を示す。6章にて、4章で可視化した課題について、プローブデータを用いた分析の深度化を試みる。最後に7章にて今後の発展可能性について考察する。

## 2. 時刻表データの概要

### (1) データ概要

時刻表データとは、公共交通の運行ダイヤを反映した経路探索を実現するために必要な路線ネットワークデータと時刻表ネットワークデータの総称である。ネットワークデータとは、リンクとノードで接続関係を表現したデータ構造(図1)のことである。

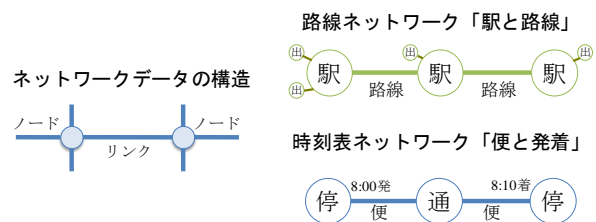


図1 ネットワークデータの構造

駅、路線、発着時刻のデータを別々に持っているだけでは、経路探索することはできない。駅をノード、路線をリンクに持つ路線ネットワークデータと、発着時刻をノード、運行便をリンクに持つ時刻表ネットワークを組み合わせることで、初めて経路探索が可能となる。

株式会社ナビタイムジャパンでは、複数の交通手段を組み合わせた経路検索サービスを提供し、日本全国にサービス展開するために、国内の多くのバス会社から様々なデータ・資料を受領し、自社での追加調査も踏まえて、時刻表データを統一的に作成している。これらの時刻表データは、データ作成済のバス事業者のダイヤ改正（2014年度は年間のべ1,712回）による更新と、新たなバス事業者のデータへの対応をリリースする更新とを合わせ、年間50回更新している（2014年度実績）。

## (2) データ量

本研究では、株式会社ナビタイムジャパンが2015年4月までに作成した時刻表データを対象とする。対象となる路線バスのデータ量は下表のとおりである。

表1 時刻表データ量（路線バス、2015年4月）

項目	データ量
バス事業者数	240
バス停留所数	93,242
バス運行便数（平日定期運行便）	380,069

## 3. 運行頻度路線図の概要

### (1) 作成方法

経路探索を実現するために整備された時刻表データは、隣接する鉄道駅間、バス停留所間といったリンク毎に、1日に当該リンクを走る運行便を格納している。運行頻度路線図は、それらを集計し、1日あたり運行頻度としてGIS上で可視化したものである。運行頻度路線図を作成するためのデータの流れは、図2のとおりである。

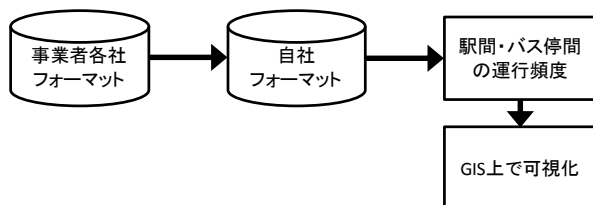


図2 運行頻度路線図作成までのデータの流れ

リンク間の運行頻度を可視化した地図は、従来でも一部で存在していたが、公共交通の運行事業者や経路検索サービスの提供者等の手作業による作成が一般的だったため、営業所や運行事業者を跨いだものが存在しない、作成に膨大な時間とコストが掛かるため広く流通しにく

いといった問題点があり、自治体が交通政策を議論するための資料としては十分に機能していなかった。

一方、時刻表データを可視化した運行頻度路線図は、時刻表データが整備されている路線であれば、エリア、運行事業者、交通手段を問わず、世界のどこでも同じフォーマットで低コストに可視化できるのが特長である。

以降の本研究では、時刻表データを元に、平日1日あたりの運行頻度を算出し、可視化したものを運行頻度路線図として扱うこととする。技術的には、休日ダイヤや、特別日ダイヤでも同様の路線図を作成可能である。

## (2) 全国の概況

図3は、株式会社ナビタイムジャパンが2015年4月時点で作成し、保有している全国144社・96市町村の事業者の時刻表データ（以下、ナビタイムの時刻表データ）を可視化したものである。

北海道から九州まで、幅広い公共交通ネットワークを網羅しており、交通手段や運行事業者を跨いだ分析に適していることが分かる。

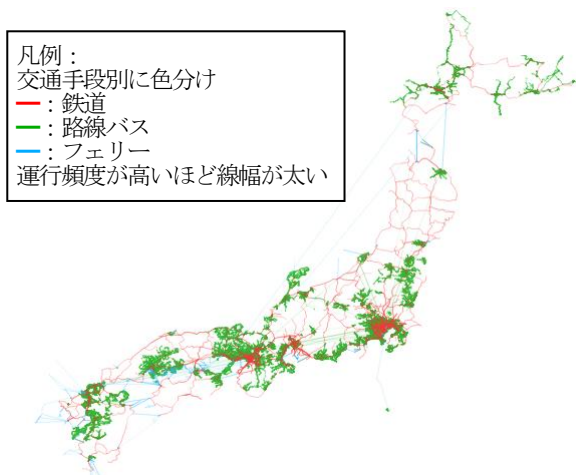


図3 全国運行頻度路線図（144社・96市町村）

## (3) 都市間比較

図4は、図3の運行頻度路線図を、主要都市について拡大表示したものである。赤色が鉄道路線、緑色がバス路線を表し、線の太さが区間別の平日1日あたり運行頻度を表している（色と線の太さは以下、全て同じ）。

このように運行頻度路線図を都市別に作成し、並べて比較すると、都市毎の域内交通の特性を視覚的に捉えることができる。例えば、東京と大阪では赤い線が大きく目立っており、路線網の広がり、運行頻度ともに鉄道が支配的であることが分かる。一方、京都ではバスの緑色が圧倒している。広島と富山のように、路面電車が中心部を走る都市では、鉄道の赤色に一定の存在感がある。他方、金沢や福岡のように、都市規模と比較して鉄道の運行頻度が高くない都市では、中心部にバス路線が過密する様子が緑色で太く可視化される。

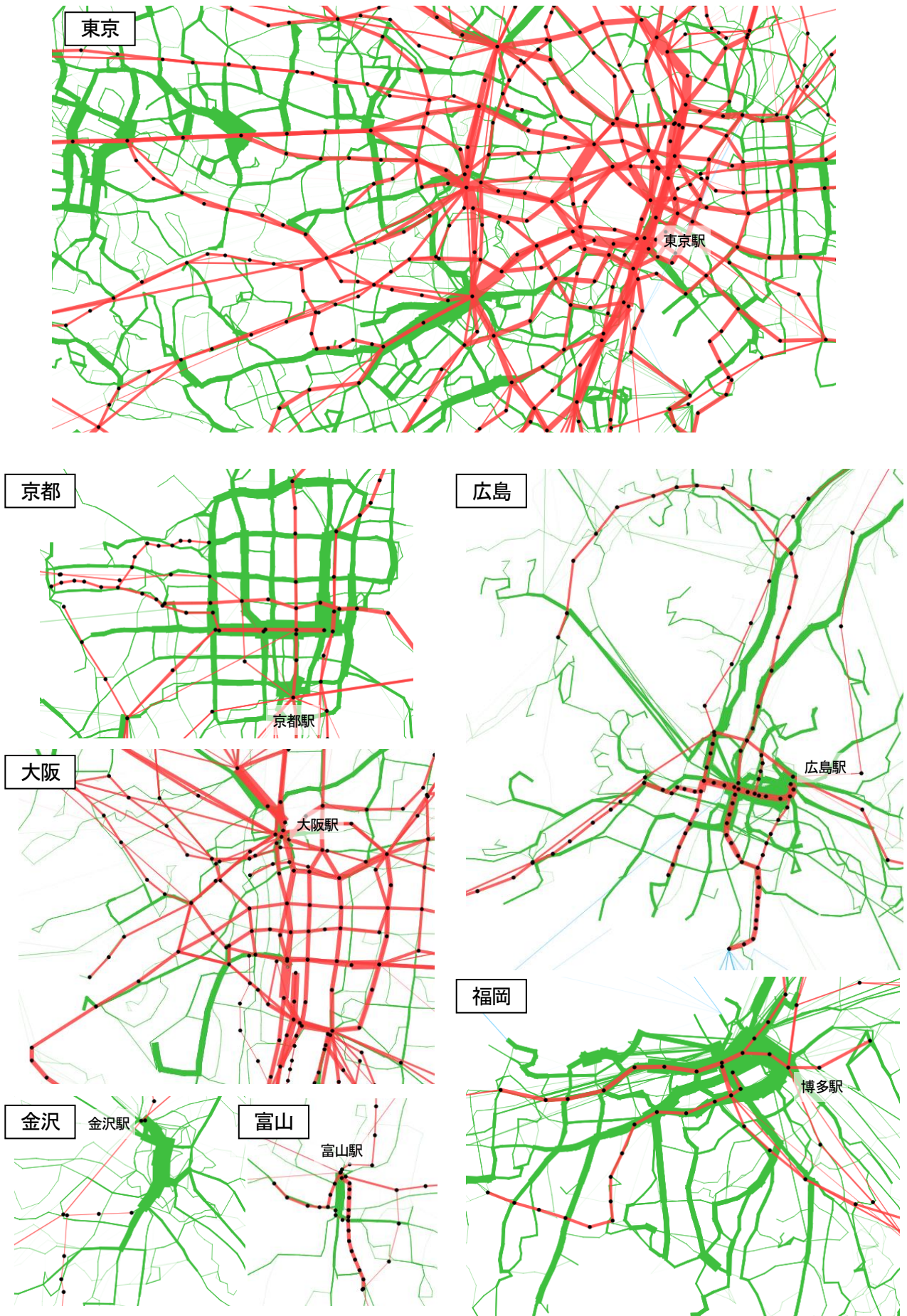


図4 運行頻度路線図の主要都市間比較

#### (4) 運行密度

表2は、ナビタイムの時刻表データを用いて、区間別の平日1日あたり運行回数を集計したものである。

表2 全国路線バス運行密度十傑（2015年4月）

区間	都道府県	運行回数
京王八王子駅⇔八王子駅北口	東京都	2,746
<b>祇園町⇔駅前一丁目</b>	<b>福岡県</b>	<b>2,567</b>
渋谷駅⇔道玄坂上	東京都	2,520
川崎駅前⇔さいか屋前	神奈川県	2,497
電力ビル前⇔商工会議所前	宮城県	2,116
電力ビル前⇔仙台駅前	宮城県	2,104
大橋⇔大坂上	東京都	2,070
広島駅⇔稲荷町	広島県	2,060
四条堀川⇔四条西洞院	京都府	1,981
さいか屋前⇔新川橋	神奈川県	1,968

図4の都市間比較でバス路線の過密が予想された福岡中心部では、バスが1日に2,567回運行されており、運行密度は東京都八王子市に次いで全国2位であることが分かった。仮に24時間運行を仮定しても、車線別に1.12分に1回はバスが通る計算であり、実際には日中の運行密度は平均1本/分以上となっていると考えられる。

#### 4. バス過密地域の課題抽出 ～福岡市の例～

##### (1) 鉄道とバスの運行密度

図5は、平日1日あたり2,567回のバスが走る祇園町・駅前一丁目間をはじめとした福岡市中心部について

拡大した運行頻度路線図である。当該区間のみならず、天神地区を中心に西鉄バスによる縦横無尽の高密度運行が目立つ一方で、並行する福岡市営地下鉄の運行密度は、区間にもよるが概ねバスの12～50%程度である。

福岡市の郊外に目を向けると、鉄道とバスの連携の難しさは更に浮き彫りになる。図6は2005年2月に地下鉄七隈線が開業した橋本駅周辺を拡大したものである。地下鉄が開業し10年が経過したが、今も周辺を走るバスは地下鉄よりも便数が多く、その殆どは橋本駅ではなく、1980年代からの交通結節点である姪浜駅や、都市高速経由で中心部の天神地区へ直接向かっている。

図7は福岡市東区周辺の運行頻度路線図である。東区から市内中心部へは、JR 鹿児島本線と西鉄貝塚線（貝塚で地下鉄に乗換）という2つの鉄道ルートがあるが、いずれも西鉄バスよりも運行頻度が低く、必ずしも利便性が高くないことが可視化された。

##### (2) 高密度区間の走行路線

このように、都市内の広域輸送を担うべく建設された地下鉄や、JRといった大量輸送機関が十分に活用されず、多くの人が運行密度の高いバスで直接中心部へ向かうことにより、各方面から乗り入れるバスが次第に過密し、中心部で渋滞を引き起こしている可能性がある。

図8は、図4の福岡版運行頻度路線図から路線バスのみを抽出し、さらに市内の最高運行密度区間である祇園町・駅前一丁目間を通るバス便を黒色で強調表示したものである。縦横無尽に広がる主要なバス路線の多くが、

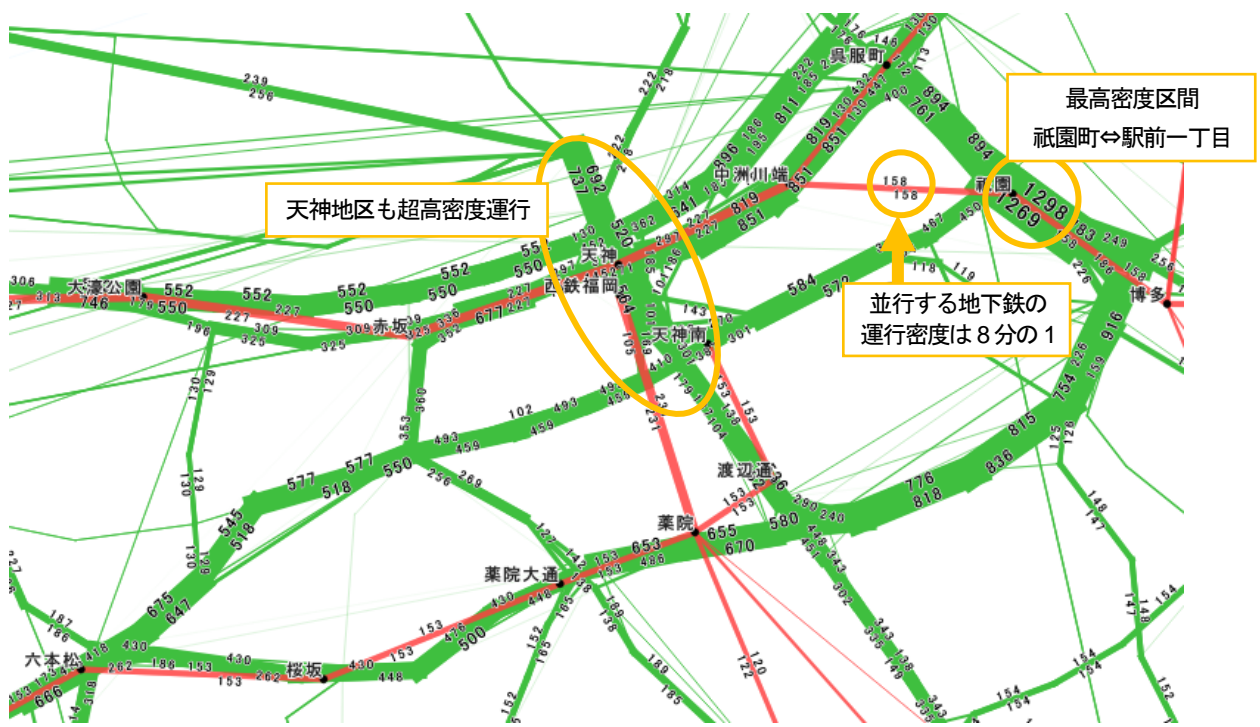


図5 福岡市中心部の運行頻度路線図 【凡例】 — : 鉄道 — : 路線バス ※線上の数字は平日1日あたり運行頻度



図6 福岡市郊外の運行頻度路線図 (西区)

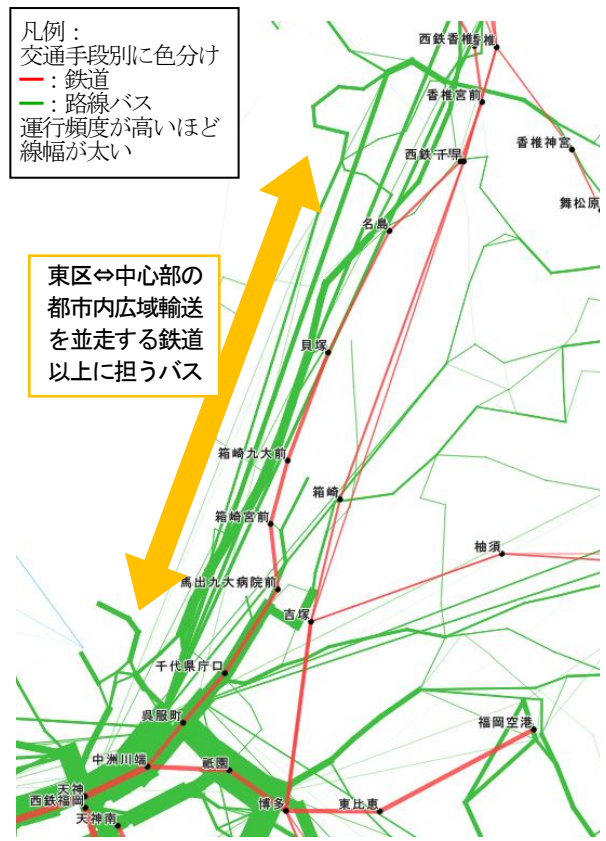


図7 福岡市郊外の運行頻度路線図 (東区)

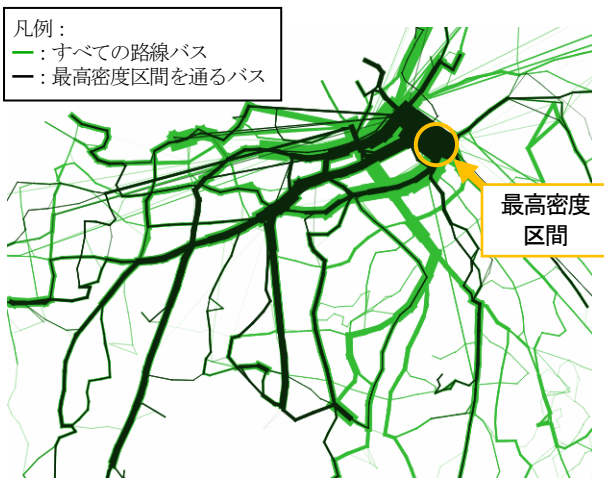


図8 最高密度区間を走るバス便の可視化 (福岡市)

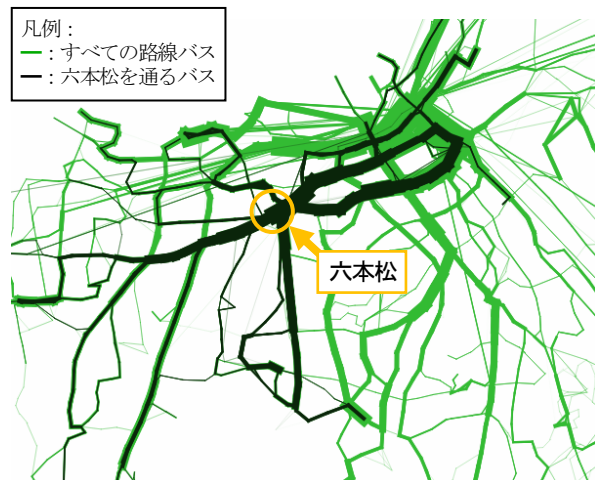


図9 六本松バス停 (中央区) を経由するバス便の可視化

市内中心部からの直通便だと直感的に確認できる。

図9では、同様に六本松バス停を経由するバス便を黒く塗っている。バスが多様な方向から一箇所の交差点へ高頻度に集まる様子が可視化されており、道路交通上のボトルネックとして周辺の交通へも影響を与えていることが予想できる。

## 5. 鉄道とバスのアクセシビリティ

時刻表データは、公共交通へのアクセシビリティの可視化にも有効である。図10は、時刻表データのある鉄

道駅の徒歩圏 (直線距離 1km 以内) を赤、バス停の徒歩圏 (直線距離 300m 以内) を緑で表現した、福岡市周辺の公共交通アクセシビリティマップである。

従来のアクセシビリティマップは、鉄道駅やバス停からの距離のみを可視化し、カバー率を算出したものが一般的だった。他方、時刻表データを用いて作成するアクセシビリティマップの利点は、鉄道駅・バス停毎の運行頻度を地図上に表示することで、利便性を反映したアクセシビリティを表現できることである。図10では、平日1日あたり運行頻度100回以下の鉄道駅・バス停の徒歩圏に薄い灰色を掛けている。

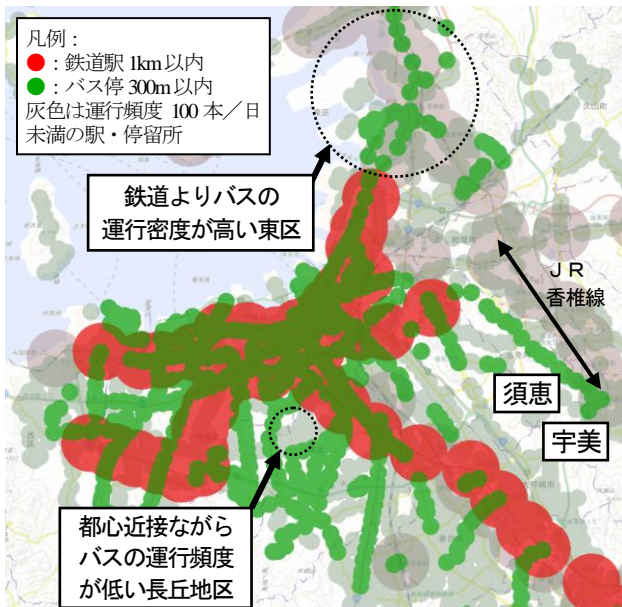


図 10 時刻表データを活用したアクセシビリティマップ

例えば南区の長丘地区は、天神へ向かうバス路線があるため、従来のアクセシビリティマップでは公共交通空白地帯としては扱われない。しかし、このように運行頻度を含めて可視化すると、都心近接にも関わらず、必ずしも公共交通が便利な地域とは言えないことが一目で分かる。

また、図 7 でも分析した東区のように、鉄道駅が付近にあってもバスに比べて運行頻度が低く、利便性が高い地域を網羅的に把握することができる。図 12 の中では、JR 香椎線沿線の糟屋郡須恵町・宇美町も同様に、鉄道に比べバスの利便性が高い地域と分かる。

## 6. 乗用車プローブによるバス渋滞分析

### (1) プローブデータを用いた渋滞分析について

運行頻度路線図によって直感的に可視化された都市交通の課題をより定量的に把握するために、特にバス網が発達した都市では、バス網上の道路交通についても評価が必要である。そこで、本章では、カーナビゲーションシステムから収集したプローブデータを用い、福岡市内の道路交通の課題について分析を行う。

プローブデータは現在様々な道路交通分析に利用されており、<sup>1)</sup> 近年は旅行速度だけでなくボトルネック交差点抽出への利用も進んでいる。<sup>2)</sup> さらに、経路情報を保持した状態でプローブデータを処理することで、全国の右左折方向別の交差点通過時間の推定が可能である。<sup>3)</sup>

本章では、携帯電話のカーナビゲーションシステムにおいて収集されるプローブデータ（以下、携帯カーナビプローブデータ）を用い、福岡市内におけるバスの運行密度が高い主要道路のリンク別旅行速度と、主要交差点

の右左折方向別通過時間を算出した。

### (2) 使用データの概要

本章で使用したデータは、株式会社ナビタイムジャパンが運営する携帯カーナビゲーションサービス、「ドライブサポーター」（図 11）及び「カーナビタイム for Smartphone」において、2014 年 4 月 1 日～2015 年 3 月 31 日の 1 年間に取得されたプローブデータである。本データは GPS により 1～6 秒間隔で測位された緯度経度情報であり、発着地付近のデータの除去、ユーザ ID を削除して経路単位で ID を振り直す等の処理により、個人を特定できない形式に加工した。また、右左折方向別の交差点通過時間の算出手法は太田（2014）によった。<sup>3)</sup>



図 11 携帯カーナビゲーションサービス「ドライブサポーター」

### (3) 中心部の渋滞状況（天神地区）

図 12 は、福岡市中心部にて期間内の日中 9 時～17 時に取得された携帯カーナビプローブデータから、道路リンク別の平均旅行速度を算出し、可視化した図である。図 5 で超高密度のバス運行が可視化された天神地区では、地区全体を通じて日中の平均旅行速度が 10km/h 以下と、激しい渋滞が慢性的に発生していることが分かる。

図 13 では天神中心部における右左折方向別の交差点通過時間を算出している。特定方向からの右折について恒常的に 2 分前後の待ち時間が発生している他、南北方向については直進の場合でも平均 70 秒以上の通過時間がかかるのが特徴的で、混雑状況としては全国でも有数である。1 日 1,000 台を越えるバスの通過台数が集約されることによって、渋滞が多少なりとも改善される可能性は十分にあるといえる。

### (4) 郊外路線上の渋滞状況（城南線）

図 12 内には、天神地区の他にも渋滞が目立つ箇所が点在しているが、中でも目立つのが、渡辺通り 1 丁目・薬院大通・六本松を東西に結ぶ通称「城南線」である。同区間はかつて、1975 年まで路面電車の西鉄福岡市内

線が走った区間であり、2005年以降は地下を福岡市営地下鉄七隈線が走っている。歴史的に見ても交通の要衝であり、バスもまた、平日の運行頻度が片方向430～670回/日と運行密度の高い区間である。

城南線の渋滞の天神地区との違いは、城南線自体のリンク別平均旅行速度は概ね低くないことである。一方、

問題は、従方向のリンク別平均旅行速度が、城南線との交差点に近づくにつれ極端に下がっていくことである。

図13で当該交差点の状況を確認すると、いずれもバス路線と並行する方向については比較的順調に車が流れるものの、城南線へ進入または横断する場合は恒常的に長い待ち時間が発生していることがわかる。高頻度に往

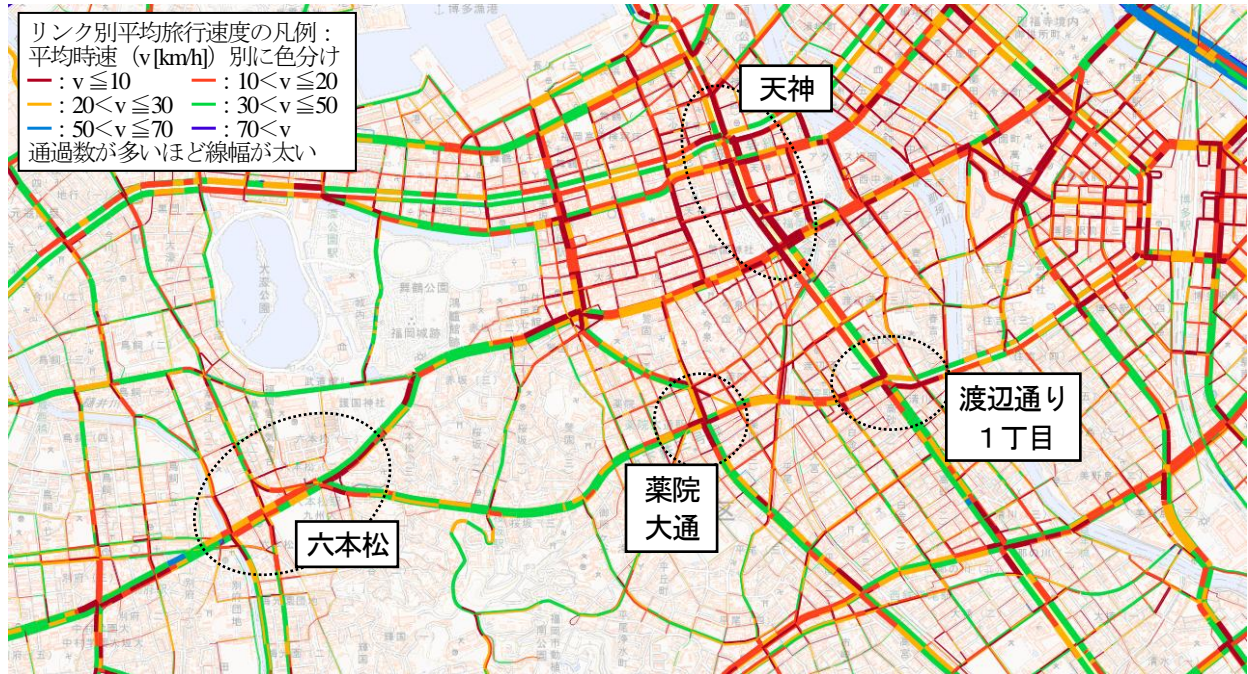


図12 福岡市中心部のリンク別平均旅行速度 (9時～17時平均)

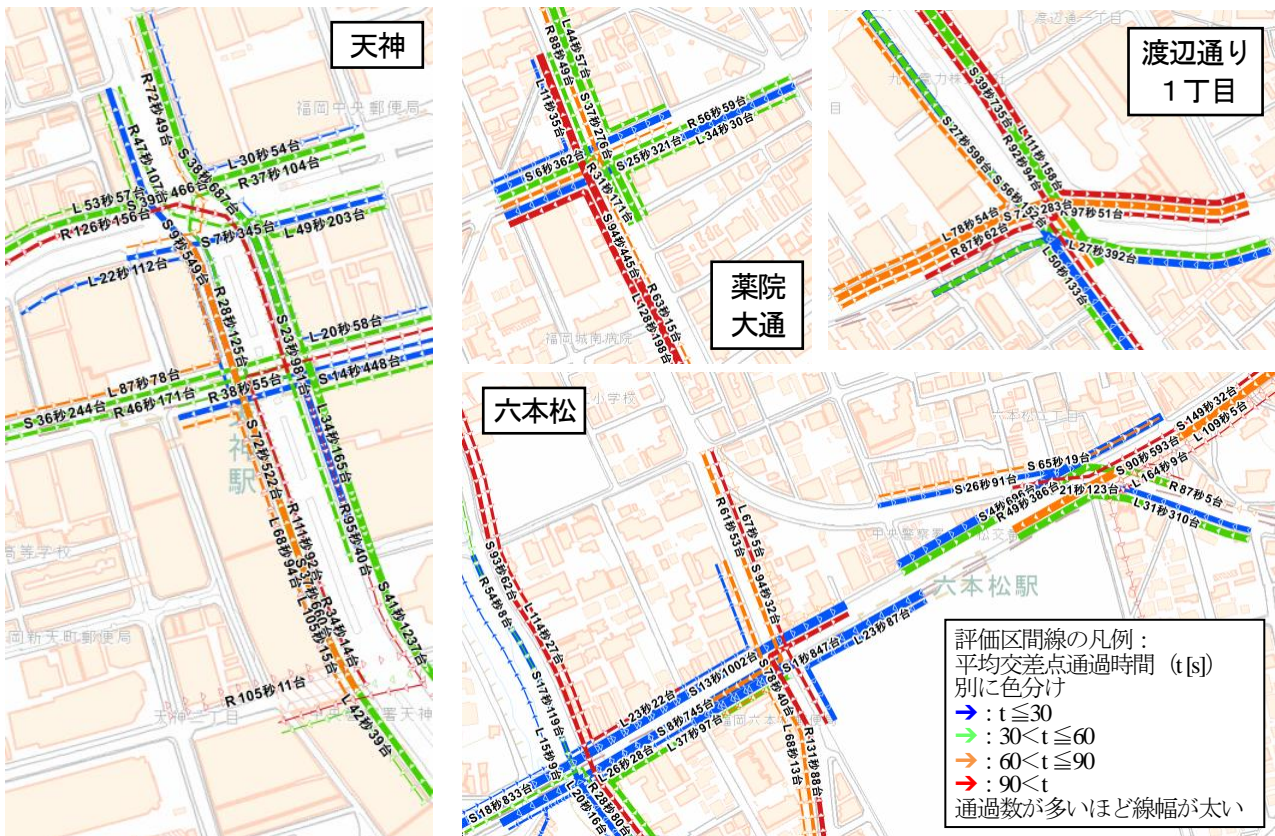


図13 主要交差点の右左折方向別通過時間 (9時～17時平均)

来するバスの定時運行を優先するあまり、城南線が「開かずの踏切」ならぬ「開かずのバス通り」と化しているのである。

このように、運行頻度路線図を俯瞰して設定した仮説をプローブデータを用いて検証することで、と市内交通の課題を網羅的かつ定量的に抽出することができる。

## 7. 今後の発展可能性の検討

本研究では時刻表データとプローブデータを組み合わせて活用することで、さまざまな都市内交通の課題を可視化し、ケーススタディにおいても低コストで一定の知見を得ることができた。このような俯瞰的かつ網羅的な交通分析が、多くの自治体にとって、今後の都市交通のあり方を議論するための入口になることが期待される。

一方、本研究の分析で全ての交通問題を可視化できたわけではない。今後、データオリエンテッドな交通政策議論がさらに普及するためには、より幅広いデータの組み合わせによる、分析の深度化が必要である。

具体的には、本研究の内容と、以下の3項目の分析を組み合わせることで、より総合的に都市交通の課題を捉えることができるようになると思われる。

### a) 経路検索エンジンを用いたサービス水準評価

5章にて、時刻表データによる、公共交通の利便性を反映したアクセシビリティを可視化したのが、経路検索エンジンを併用することにより、さらなる分析の深度化が可能である。

例えば、鉄道駅から直径1km以内、バス停から直径300m以内とした徒歩圏域は、経路検索エンジンを用いた到達圏算出との組合せにより、道路ネットワークデータと紐づけて精緻化できる。倉橋ら(2014)の手法によって、自動車と公共交通によるアクセシビリティの比較も可能である。<sup>4)</sup>

また、広島県は、2012年度に、鉄道・バス・フェリーの時刻表データを整備した上で、それらを経路検索エンジンに投入し、算出された経路を分析することで、乗換を伴う経路のサービス水準の評価、乗換課題の抽出を行った。<sup>5)</sup>このように、中心部への到達時間の改善活動を併せて実施することで、公共交通利便性の向上が可能である。

### b) 非日常の移動需要検出による輸送調整

本研究で扱ったのは、主に住民の日常生活水準を向上させるための交通需給バランスの把握だといえる。しかし、公共交通は必ずしも日常利用だけではなく、時にはそれを大きく上回る非日常の需要に対応する必要がある。

例えば、福岡ヤフオク!ドーム(以下、ヤフオクド

ム)は、福岡市内でも年間を通じて移動需要の変動が大きい目的地の一つである。移動需要の変動は、例えば、乗換検索サービスにおける最寄り駅の検索回数に現れる。

図14は、株式会社ナビタイムジャパンが運営する乗換検索サービスにおいて、2014年4月～2015年3月の1年間に、ヤフオクドームの最寄り駅(福岡市営地下鉄空港線「唐人町」駅)が到着駅として検索された回数を日別に示したものである。検索回数が突出した日におけるヤフオクドームの開催イベントを調査すると、人気アイドルグループのコンサート開催日に特に検索が急増することが分かった。

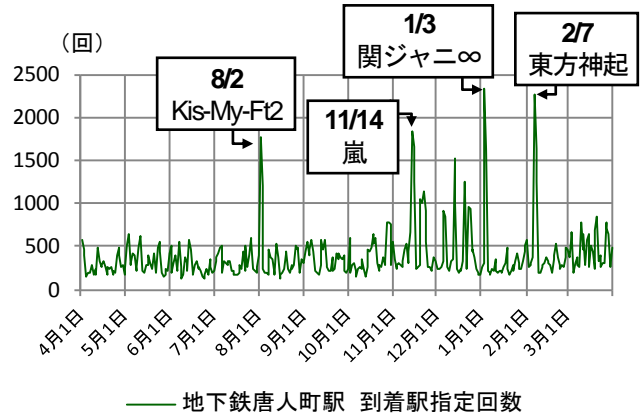


図14 ヤフオクドーム最寄り駅着日別目的地検索数

年間を通じて最も日別検索数が多かったのは2015年1月3日(土)、この日は17時から人気アイドルグループ「関ジャニ∞」のコンサートが開催されていた。図15は、同日19時以降に唐人町駅を出発駅とする検索の目的地分布図である。まだ最終の新幹線や飛行機に間に合う時間帯であることもあって、博多や福岡空港といった交通結節点への移動需要が大きかったことが分かる。



図15 ヤフオクドーム最寄り駅発 駅別目的地検索数 (2015年1月3日19時以降)

近年はこのような経路検索サービスに蓄積されたデータを活用し、非日常の移動需要を事前に検出する手法の研究が進んでいる。<sup>6)</sup>総合的な交通計画の策定局面においては、このように日々大きく変化する交通需要に対応し、柔軟に輸送調整ができるような管理手法も求められる。



### c) 訪日外国人旅行者の動向分析

都市内交通網の改善は、住民にとっては勿論のこと、観光客の増加を図る上でも重要である。特に、昨今は訪日外国人旅行者の誘致が多くの自治体にとっての課題となっている。訪日外国人旅行者にとってより魅力ある都市となるために、公共交通による回遊が便利でわかりやすいことが求められるが、従来そうした回遊のニーズは十分に分析されてこなかった。

しかし、近年、スマートフォン向け観光案内アプリケーションを活用した位置情報の解析による、訪日外国人旅行者の動向分析が始まっている。<sup>7)</sup>



図 16 エリア別訪日外国人月間滞在数 (2014年 12月)

図 16 は、株式会社ナビタイムジャパンが運営する訪日外国人旅行者向けサービス「NAVITIME for Japan Travel」において 2014 年 12 月 (1 ヶ月間) に取得された外国人旅行者の移動のデータである。例えば、福岡周辺部では、太宰府に次いで鳥栖プレミアム・アウトレット周辺に多くの外国人旅行者の移動が見られ、人気としてはヤフオクドームと同等である。今後、都市交通のあり方を多面的に捉えるためには、このような外国人旅行者特有の移動需要についても理解を深める必要がある。

### 8. おわりに

本研究において得られた知見は以下のとおりである。

1. 時刻表データを用いて隣接停留所間の運行回数を集計することで、今まで網羅的な把握が難しかった全国 240 事業者分のバスのサービスレベルを、運行頻度路線図として直感的に可視化できた。
2. 時刻表データを用いて運行頻度を可視化することで、アクセシビリティマップに利便性の指標を反映できるよう精緻化できた。
3. 時刻表データのようなマスタデータと、プローブデータのようなビッグデータを組合せることで、都市バスネットワークの課題を公共交通・道路交通の両面から分析できることが分かった。

今後は、以上の知見を元に実用化した運行頻度路線図を、バスネットワークの再編や、モーダルシフト策の提言、さらには地域観光振興策の立案等に、幅広く役立てていく予定である。

### 参考文献

- 1) 上坂克巳, 門間俊幸, 橋本浩良, 松本俊輔, 大脇鉄也: 道路交通調査の新たな展開, 土木計画学研究・講演集, Vol.43, 2011.
- 2) 橋本浩良, 水木智英, 門間俊幸, 上坂克巳, 田名部淳: プローブデータを用いた交差点における交通動向分析のケーススタディ, 土木計画学研究・講演集, Vol.45, 2012.
- 3) 太田恒平: 全国を対象とした携帯カーナビプローブデータを用いた右左折方向別の交差点分析, 第 34 回交通工学研究発表会, 2014.
- 4) 倉橋一将, 力石真, 藤原章正, 張峻屹, 太田恒平: 高解像度データを用いた地区間及び地区内アクセシビリティ解析, 土木計画学研究・講演集, Vol.49, 2014.
- 5) 高田加奈子・太田恒平・前田雅人・藤原章正: 経路検索エンジンを用いた公共交通のサービス水準評価～広島県公共交通ネットワーク情報提供・移動活発化推進事業における乗換課題抽出～土木計画学研究・講演集, Vol.47, 2013.
- 6) 石村伶美, 太田恒平, 富井規雄: 経路検索サービスの実績データに基づく近未来の突発的移動需要の検出, 土木計画学研究・講演集, Vol.47, 2013.
- 7) 観光庁: インバウンドの現況, <<http://www.mlit.go.jp/common/001080275.pdf>>, (入手 2015.4.24)

(2015. 4. 24 受付)

## THE REALITY OF ROLE SHARING BETWEEN URBAN BUS AND TRAIN SERVICES VISUALIZED BY ROUTE FREQUENCY MAPS

Naoki NOZU, Kohei OTA, Yasunori KAJIWARA