

スマートフォン位置情報データを活用した バス需要予測に関する研究

吉羽 崇¹・小林 亮博²・中管 章浩³・南川 敦宣⁴・森本 章倫⁵

¹学生会員 早稲田大学大学院 創造理工学研究科建設工学専攻 (〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1)
E-mail : sy-8118.calcioz@fuji.waseda.jp

²非会員 株式会社KDDI総合研究所 (〒356-8502 埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号)
E-mail : ak-kobayashi@kddi-research.jp

³非会員 株式会社KDDI総合研究所 (〒356-8502 埼玉県ふじみ野市大原二丁目1番15号)
E-mail : ak-nakasuga@kddi-research.jp

⁴非会員 KDDI 株式会社 (〒102-8460 東京都千代田区飯田橋三丁目 10 番 10 号)
E-mail : at-minamikawa@kddi.com

⁵正会員 早稲田大学教授 理工学術院 (〒169-8555 東京都新宿区大久保3-4-1)
E-mail : akinori@waseda.jp

人口減少社会の進行に伴い路線バス事業の維持が困難な状況にある。事業の安定性維持のためには需要を正確に捉えた最適な路線供給が不可欠である。一般的に交通需要推定の基礎情報にはPT調査が用いられるが、PT調査は調査頻度が低く、環境に応じて逐次変化する乗車需要の把握が困難である。そこで本研究では、逐次データが更新されるスマートフォン位置情報及びバス運行情報からバス需要を把握する手法を提案する。本稿では特に手法の有効性を検証するため、スマートフォン位置情報から推定したOD表及び移動手段の精度検証を行った。その結果、推定したOD表からPT調査と同等の精度でバスの乗車需要を把握することが可能であり、バスの位置情報データを併用することにより、一定の精度で現況バス利用者の乗車需要が把握可能であることを示した。

Key Words : smart-phone GPS data, GTFS-Realtime, passengers prediction, matching model

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

近年の人口減少社会の進行に伴い、公共交通機関の利用人数は減少し、主に地方都市では衰退が進んでいる。中でも路線バス事業の経営状況は厳しい。国土交通省によると、2017年度における全国の乗合バス利用者数はピーク時と比較すると約43%ほど減少している¹⁾。こうした状況から、運行が廃止されるバス路線も多く存在し、特に地方都市においてはバスの利便性の低下が自動車依存を促進し、さらに利用者数の減少を促進するといった悪循環に陥っている。一方で、高齢化の進行に伴い、高齢者による事故が相対的に増加する状況下において、自家用車に代替する移動手段として公共交通機関を安定的に運行させることは重要な意義を持つ。

路線バス事業の安定的な運行を維持するためには、事業者にとってのバス運行の効率性及び利用者にとっての利便性双方を向上させ、路線バスの価値をいかにして高められるかが課題となっている。そのために重要なことは、バス路線利用者の乗車需要を適切に把握し、事業

性・利便性の双方から運行方法を検討することであると考えられる。

一般に公共交通網再編の検討時には、交通実態調査に基づき目標時点の望ましい交通サービス状況を設定し、それを目指した交通政策を実施するという手順を踏む。しかし、PT調査等の交通実態調査の実施は概ね10年に一度と非常に調査頻度が低く、調査日がある代表的な平日に限定されることから、逐次変化する交通需要に対応することが困難である。

一方、近年の情報通信技術の発展により、交通関連ビッグデータと呼ばれる新たなデータが得られるようになった。中でも特にスマートフォンの位置情報ビッグデータは、スマートフォンの位置情報から同意を得たスマートフォン保有者の人の動きをリアルタイムに把握することが可能であり、都市交通分野への積極的な活用が期待されている。また、2017年には国土交通省が「標準的なバス情報フォーマット」(GTFS-JP)²⁾を公表し、各自治体や交通事業者はこれに基づきバス運行に関する各種ビッグデータの作成を進めている。

そこで本研究では、継続観測により取得される携帯電話のGPSデータ及びGTFISに基づくバスのリアルタイムデータをもとに交通需要予測手法を構築し、時間経過の観点から動的な需要の把握を行うことを目的とする。

本研究では、携帯電話のGPSデータのうち、KDDI株式会社がauスマートフォン利用者より同意を得て取得するGPSデータ（以下、「スマートフォン位置情報データ」という。）を使用する。

(2) 既存研究の整理と本研究の位置づけ

本研究に関する既存研究は、交通需要予測に関する研究、スマートフォン位置情報に関する研究の二つに分類できる。

交通需要予測に関しては、これまで手法の改善・提案及び課題の指摘が継続的に行われてきた。実務における交通需要予測には四段階推定法が広く適用されてきたが、北村⁹⁾は四段階推定法の課題点を指摘し、今後の予測手法が満たすべき要件として「単位時間内（例えば一日）に生じたトリップ間の連関性の把握」「時間軸の明示的な組み込み」「微視的な予測」等を示した。また、これまで需要予測の基礎情報として広く活用されてきたPT調査については、市民意識の多様化や回答の煩わしさ等に起因する有効回収率の減少に関する指摘⁹⁾や膨大な調査コストに対する調査目的の曖昧さや長期的な計画に対する意識の希薄さといった問題提起⁷⁾もなされている。このことから財政面で逼迫している地方自治体等では継続的にPT調査を実施できるかどうかは不透明だと考えられる。

一方、スマートフォン位置情報データについては、近年都市交通分野への適用に向けて研究が展開されている段階である。石井⁸⁾は、都市交通分野において活用可能な集計データの生成方法および信頼性の検討を行った。OD交通量と駅乗降客数に焦点をあてて比較検証を行った結果、ODパターンが概ねPT調査と相関を持っていること、スマートフォン位置情報データで取得した駅別乗降客数比率が交通センサ調査による乗降客数比率と高い相関関係にあることを示した。また、桑原⁹⁾は粒度の細かいスマートフォン位置情報を活用することにより、ワンウェイカーシェアリングの潜在需要推計を行い、需要推計結果と実績値とが時間帯別トリップ比率で見ると傾向レベルでは比較的一致していることを確認し、潜在需要推計の妥当性を検証した。これらの研究から、スマートフォン位置情報データはアンケート調査を行わずに人の移動情報が捕捉可能な点で画期的な情報であり、都市交通分野への適用方法に関して議論がなされている。しかし、いずれの文献についてもバスの需要予測はなされていない。バスの需要予測には移動手段の観測が不可欠だが、スマートフォン位置情報からは移

動手段を直接観測できない点が技術的な課題として挙げられている。

スマートフォンのビックデータから移動手段を推定した事例としては、LRT導入予定ルートと発着ゾーン的位置関係から算出したLRT分担率と人口流動統計データのトリップ数を用いてLRTの需要推計モデルを構築した十河らの研究¹⁰⁾、携帯電話の通信履歴情報により取得可能な特徴量から地下鉄乗車者の履歴のみを抽出した石塚らの研究¹¹⁾がある。しかし、前者は地理的指標のみから分担率算出を行い、個人の行動を十分に再現しきれない点や非集計モデル等への展開が困難な点が課題である。また、後者では独立したルートを通る鉄道の判別は可能であるものの、同じルートを通る自家用車とバスの判別は不可能である。

そこで、本研究ではバス運行情報をスマートフォン位置情報データと組み合わせることで、ユーザの移動手段を推定し、PT調査なしに需要推定を行う手法を提案する。継続観測により逐時最新のデータが更新されるデータからバスの乗車需要の把握を行う点に本研究の新規性がある。本稿では特に、提案手法の有効性を検証するため、スマートフォン位置情報から推定したOD表と、移動手段のそれぞれについて精度の検証を行った。

2. スマートフォン位置情報データについて

(1) スマートフォン位置情報データの概要

石井⁸⁾らは、「スマートフォン位置情報データは、あらかじめ同意を得たスマートフォン利用者より特定のアプリを通じて取得した端末現在地GPS情報」と定義しており⁷⁾、データ抽出に際しては、個人が特定されないよう少人数の秘匿処理、IDのハッシュ化、位置情報の時間的空間的メッシュ化、をはじめ複数のプライバシー保護のためのセキュリティ対策が施されている。測位の時間間隔は機種やユーザの使用状況、移動頻度等によって変動するが、概ね数分～数十分間隔である。

(2) PT調査とスマートフォン位置情報データの比較

既存統計であるPT調査との比較を通じて、スマートフォン位置情報データの特徴を整理する。

まず、スマートフォン位置情報データは、24時間365日データが取得可能であるため、都市・交通状況の継続的なモニタリングへの活用や、休日及び特定日の交通実態の把握等への活用が期待できる。また、性別、年齢、居住地といった属性情報をデータに紐付けて把握することが可能である。移動手段や移動目的は、直接把握することはできないものの、一定精度で推定することも可能である。また、数分間隔でデータが取得されるため、移動の経路も一定程度把握可能な点が特徴である。ただし

特定のアプリ利用者のデータであるため、活用にはサンプル数や偏りには注意が必要である。

都市圏PTによって得られるデータとスマートフォン位置情報データの比較を表-1示す⁹⁾。表-1より、調査対象・調査日が多くデータの取得頻度頻度が高い点がスマートフォン位置情報データの長所として挙げられる。一方、移動目的及び移動手段を直接的に把握できない点がスマートフォン位置情報データの短所であり、これを把握するには、別途推定作業が必要となる。

表-1 PT調査とスマートフォン位置情報データの比較⁹⁾

項目	PT調査	スマートフォン位置情報データ
調査対象	都市圏内居住者 (標本として数%抽出)	特定のスマートフォンアプリ利用者 (日本全国で数百万人)
調査頻度	概ね10年に1回	常時取得 (365日いつでも)
調査地域	都市圏毎	日本全国
属性	性別、年齢、居住地、勤務地、世帯構成	性別、年齢※1、居住地※2、勤務
時間解像度	分単位	分単位
空間解像度	ゾーン単位が多い	施設単位 (最小は10mメッシュ単位)
移動手段	交通手段別に把握可能 (調査目的に応じて設定可能)	鉄道、航空機、船舶、自動車、 徒歩・自転車別に把握可能 ※諸条件により
移動経路	乗降駅や乗降バス停は把握	数分間隔のデータで経路を把握可能

※1 スマートフォンの利用率が低い若年層や高齢者は把握困難
※2 移動履歴から推定した情報

3. スマートフォン位置情報を活用したバス需要推定

(1) 需要推定の概要

図-1に示すように、本研究では、①スマートフォン位置情報データを用いたOD表の推定②マッチング分析による現況バス分担率の推定③将来バス分担率の推定、の三ステップによるバスの需要推定を提案する。

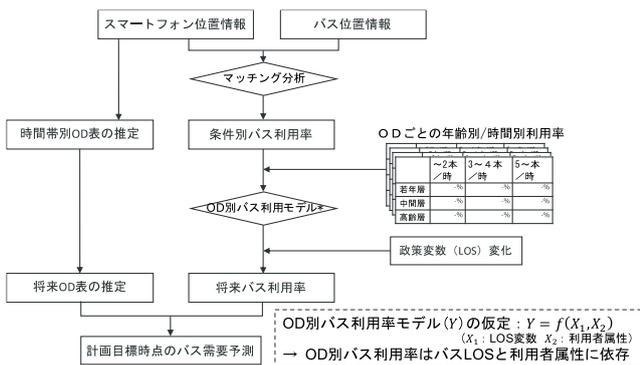


図-1 需要推定のフローチャート

まず、スマートフォン位置情報から全交通手段のOD表の推定を行う。次に、スマートフォン位置情報及びバス位置情報データから条件(時間帯利用者属性)別のバス分担率の推定を行う。ここで、OD間のバス分担率がLOSと利用者属性に依存すると仮定したモデル(図-1 OD別バス利用モデル)を構築する。その後、計画年次のLOS及び年齢別人口等の変数を上記モデルに入力する

ことにより、計画目標時点のバス利用者数を把握することが可能である。本稿では特に、①スマートフォン位置情報によるOD表の推定、②マッチング分析によるバス分担率算出に関する精度評価を実施した。

(2) スマートフォン位置情報を用いたOD表の推定

スマートフォン位置情報はGPS等を基にスマートフォンにて測位された位置情報である。この時空間的に疎密なデータには発地、着地、移動中等の識別はないため、以下の手順に従って移動量を推計する。

- ① 移動滞在判定
- ② トリップデータ抽出
- ③ 全トリップデータからの移動量推計
- ④ 拡大推計

①～③は参考文献⁹⁾に示す方式で導出する。具体的には、①参考文献⁹⁾の方式に基づき滞留を判定し、15分を超える滞留を滞在と定義する。②任意の滞在场所Xから次の別の滞在场所Yまでの区間のデータを、発地X、着地Yのトリップデータとして抽出する。③一定期間の全トリップデータから、250mメッシュ単位で移動量として集計する。集計された移動量の分布は、文献⁹⁾に示す通りPT調査と傾向が一致する。また、長期間観測の集計となるため、実際の発生確率に近く、タクシーなどの交通需要とも傾向が一致する⁹⁾。

スマートフォン位置情報のユーザ数と国勢調査人口は高い相関を示しており⁹⁾、その比から実際の移動量を拡大推計することが可能である。本研究では、国勢調査と、スマートフォン位置情報から求めた居住ユーザ数から④拡大係数を求めている。居住ユーザ数は、国勢調査での居住エリア区分における、1ヶ月の夜間データの分布から算出している。

(3) バス位置情報データを活用したバス分担率の推定

本研究では、バスの車両位置情報データとスマートフォン位置情報データを照合することによりバス分担率の推定を行う。

本研究では、「標準的なバス情報フォーマット」²⁾内で定義されるバスの動的情報フォーマット「GTFSリアルタイム」に基づきバス事業者が掲載するバスの車両位置情報データを活用する。「GTFSリアルタイム」では、バスの車両位置情報、停留所発着時刻などのルート最新情報、その他運行情報等の動的データが出力される。ここで定義されるバスの車両位置情報には各バス毎に固有のIDが割り振られ、測位間隔は日時によって多少変動が見られるが、概ね30秒～60秒間隔で位置情報が測位される。

本分析では、上記二種類の位置情報を照合することにより、スマートフォン保有者がある特定のトリップにバ

スを使用したか否かの推定を行う。図-2に照合方法の概念を示す。スマートフォン位置情報のトリップと、特定のバスIDのトリップとの間で一定閾値内の時間差・距離差の測位点が複数組検出された場合、該当トリップをバス乗車と判定する

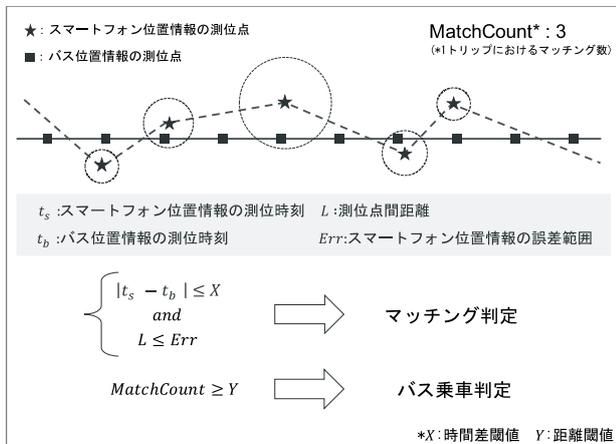


図-2 マッチング分析の概念図

4. 推定結果と考察

(1) OD表の推定結果

本研究では、スマートフォン位置情報から推定したOD表の有用性を検証するため、宇都宮市のバス需要を推定し、実際の乗降車数との相関を求めた。また比較用のベースラインとして、宇都宮市が実施したPT調査¹²⁾から求めたOD表からも同様にバス乗車数を求めた。

評価対象区間は、宇都宮市内のバス路線のうち「宇都宮駅」～「大谷橋」における25個のバス停間とした。関東自動車保有する全バス路線一日分(2016/6/8)の乗降データから評価対象区間の隣り合うバス停間の乗車人数を集計し正解値とした。上り方向と下り方向は別に集計しており、乗車人数の最大値は7,916人、最小値は80人、平均値は3,349人となっている。

ベースラインとなるOD表は、文献¹²⁾で求めた数値を用いた。文献¹²⁾では、住所によって分けられた計画基本ゾーン毎にOD表を集計している。さらにLRT開業目標年次(2019年)のOD表を人口フレームを用いて推計している。本研究ではこの2019年次のOD表を用いた。また、PT調査に記載されている移動手段を用い、OD間のバス分担率およびバストリップ数を算出した。

バス乗車数は、OD毎のバストリップ数にバス路線図を組み合わせて求めた。ユーザは出発地あるいは目的地から500m以内のバス停を利用すると仮定し、各ODが含むバス停を定義した。各ODが含むバス停のうち直通的バス路線が存在するバス停の組(パス)を図-3に示す通り抽出し、該当ODのトリップ数を等分した。パスが含

む評価対象区間に対しパスのトリップ数を加算してバス乗車数を求めた。

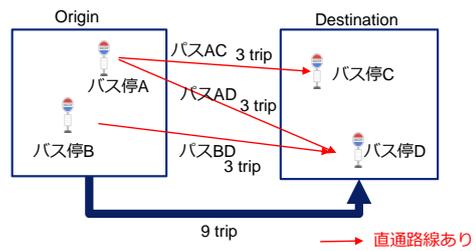


図-3 バス停間のバスに配分するトリップ数

以上のベースラインに対し、提案手法ではスマートフォン位置情報からOD表を集計した。2016年5月から7月のスマートフォン位置情報から平日のログを抽出し、3.2節①～④の手法で1日当りのトリップ数を集計した。④の拡大係数には、宇都宮市の国勢調査人口とスマートフォン位置情報から求めた、宇都宮市の居住ユーザー数の比を用いた。OD表の集計は、ベースラインと同様に文献⁴⁾に示す計画基本ゾーン単位で実施した。スマートフォン位置情報では移動手段を直接観測できないため、ベースラインと同様のバス分担率を用いてOD間のバストリップ数を求めた。

図4に推定したバス乗車数に対する真値の分布をプロットした。グラフの横軸がバス停間乗車数の推定値であり、縦軸が真値である。また、表-2に真値と比較した場合の相関係数と決定係数、推定結果の平均乗車数をまとめた。

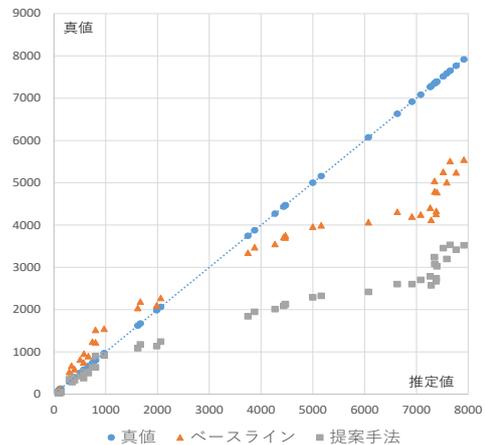


図-4 バス乗車数推定値と真値の分布

表-2 推定方法と精度評価結果

推定方法	OD表	バス分担率	拡大係数	相関	決定係数	平均乗車人数
ベースライン	PT調査	PT調査	文献 ¹²⁾	0.976	0.69	2299
提案手法	KDDI	PT調査	宇都宮市人口 / 自宅推定	<u>0.984</u>	0.26	1513

スマートフォン位置情報を用いた提案手法によるバス乗車推定値と、真値との相関は0.984であり、PT調査を

用いたベースラインの相関0.976と同等の性能が出ている。一方で、提案手法の平均乗車数は1,513人であり真値の平均3,349人から下振れており、振れ幅も提案手法と比べて大きい。結果、決定係数はベースラインの0.69と比較して、0.26と下回っている。

以上から、スマートフォン位置情報から推定したバス需要分布の傾向は十分信頼できるが、現状の集計方法のまま絶対量の把握に用いることは難しいと考えられる。後者の原因としては以下3点が考えられる。①計画基本ゾーンからの流出入の除外したこと（例えば自宅から宇都宮駅までバスで移動し電車で都内に出るようなトリップを取りこぼした）②バスの利用率は性年代毎に大きく異なるが、拡大推計に性年代が考慮されていないこと③実計測のODデータにPT調査分担率を適用したこと。

公共交通機関の需要推定においては絶対量の把握も重要な課題であるため、①②はスマートフォン位置情報の集計方法を改善することで今後改善していく。また、③に関しては3(2)節以降に述べるように、分担率もスマートフォン位置情報から計測することにより解決できると期待できる。

(2) マッチング分析の精度評価

本研究では、2019年8月21日～2019年10月20日実施の「宇都宮MaaS社会実験」で取得された位置情報データ及び交通手段の入力データを活用し、マッチング分析の精度評価を行った。

宇都宮MaaS社会実験は、公共交通サービスと情報技術を統合したスマートモビリティサービスの提供による利用者の交通行動の変化を検証する社会実験である。

具体的には社会実験のモニター216名に対して、期間限定のバス乗り放題バスが付帯したスマートフォンアプリケーションを配信し、交通行動に関するデータ(表-3)を取得する。

表3 宇都宮 MaaS 社会実験の概要

対象期間	2019年8月21日-2019年10月20日*
被験者数	216人
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・被験者のスマートフォン位置情報 ・交通手段（被験者入力） ・発着時刻（被験者入力） ・移動目的（被験者入力） ・その他利用意向等

*事前調査：8/21-9/5 バス配布期間：9/6-9/30 事後調査：10/1-10/20

本研究では、MaaS社会実験で取得されたスマートフォンの位置情報データとバスの位置情報データを照合することによりバス乗車判定を行い、被験者が入力した交通手段の入力データとの比較を行う(図-5)。なお、本実験で取得される被験者のスマートフォン位置情報の測位間隔は概ね1分に一度であり、2節で言及した「スマー

トフォン位置情報データ」よりも高頻度で位置情報が測位される。

対象データは、2019年8月25日から2019年9月8日の宇都宮MaaS実証実験データ及び同期間の「GTFSリアルタイム」から抽出した関東バスの全車両位置情報である。

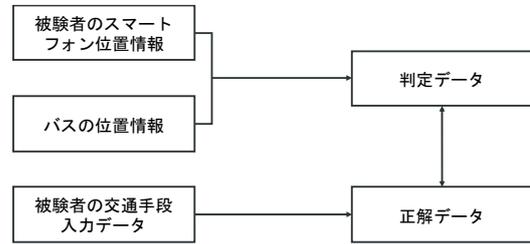


図5 マッチング分析のフローチャート

マッチング分析は、①移動ログの抽出②測位点のマッチング判定③バス乗車判定、の三段階で行った。

まず、実証実験の行動データから被験者が入力した発着時刻を参照し、その時刻間にあるスマートフォンのGPSログを移動ログとして抽出した。本分析では、1トリップに含まれるGPSログ数が5点以上のトリップかつ移動時間が10分以上のトリップを対象とし、発着時刻が同時刻のトリップ、及び到着時刻が発着時刻よりも早く入力されているトリップは評価対象外として削除した。

次に、抽出した移動ログの各測位点がバスの位置情報の測位点とマッチングするかどうかの判定を行う。マッチングの概念は図-2の通りであり、距離閾値にはスマートフォン位置情報に付帯する誤差範囲、時間閾値はマッチング分析の精度評価を行うため、①10(s)②15(s)③30(s)④60(s)の4パターンで設定した。

最後に、各トリップIDのマッチング数に応じバス乗車判定を行う。バス乗車判定に必要なマッチング数は、精度の比較評価を行うため、①10(s)②15(s)③30(s)④60(s)の4パターンで設定した。

判定結果と被験者の入力データの比較結果を表-4に示す。表-4に示すようにバスと判定されたトリップ数と被験者がバスに乗車したと回答したトリップ数を集計した。

本研究においては、全トリップ数に対する入力データと判定結果の出力が等しいトリップ (TP+TN) の割合 (Accuracy) が評価指標としてふさわしいと考えられる。最もAccuracyの値が高いのは、時間閾値が10秒、かつバス判定のマッチング数が4の場合、及び時間閾値が15秒、かつバス判定のマッチング数が5の場合で、値は0.874と概ね高い精度で被験者のバス乗車数を表現できたといえる。また、抽出したサンプルにおける真のバス分担率 (TP+FN/ALL) が0.396に対し、上記2パターンで推定した場合のバス分担率 (TP+FP/ALL) はそれぞれ0.356と0.370と分担率の観点からも概ね高い精度で現況

再現が可能だと考えられる。しかし、最もAccuracyの高い場合であっても、判定結果と入力データが異なるトリップ (FP+FN) が73件存在する。これらの要因としては、①被験者の入力した発着時刻が実際に移動した時刻と異なるため移動ログが正確に抽出できていないこと②被験者の端末環境 (位置情報のON/OFF等) により測位点数が不十分なトリップが存在すること③移動手段の入力データに誤りのある回答があること、などが考えられる。今後は、上記のようなトリップの扱いを踏まえた上でマッチング分析の手法を再考する必要がある。

表4 マッチング分析の集計結果

Time (s)	バス判定の Matchcount	TP	FP	FN	TN	Precision: TP/(TP+FP)	Recall: TP/(TP+FN)	Accuracy: (TP+TN)/ALL	真の分担率	推定した分担率	分担率の二乗誤差
10	2	204	66	25	284	0.756	0.891	0.843	0.396	0.466	5.01E-03
	3	195	45	34	305	0.813	0.852	0.864	0.396	0.415	3.61E-04
	4	181	25	48	325	0.879	0.790	0.874	0.396	0.356	1.58E-03
15	2	206	78	23	272	0.725	0.900	0.826	0.396	0.491	9.02E-03
	3	200	52	29	298	0.794	0.873	0.860	0.396	0.435	1.58E-03
	4	189	38	40	312	0.833	0.825	0.865	0.396	0.392	1.19E-05
30	2	212	118	17	232	0.642	0.926	0.767	0.396	0.570	3.04E-02
	3	208	83	21	267	0.715	0.908	0.820	0.396	0.503	1.15E-02
	4	205	68	24	282	0.751	0.895	0.841	0.396	0.472	5.77E-03
60	2	214	145	15	205	0.596	0.934	0.724	0.396	0.620	5.04E-02
	3	213	128	16	222	0.625	0.930	0.751	0.396	0.589	3.74E-02
	4	211	99	18	251	0.681	0.921	0.798	0.396	0.535	1.96E-02
	5	205	80	24	270	0.719	0.895	0.820	0.396	0.492	9.35E-03

バス「判定」	○	バス「入力」	
		○	×
○	○	TP	FP
	×	FN	TN

5. おわりに

本研究では、スマートフォン位置情報データから推定したOD表を活用することでPT調査と同等の精度でバスの乗車需要を把握できることを示した。また、スマートフォンの位置情報とバスの位置情報データを照合することにより、逐次更新される動的データから概ね高い精度でバス利用者の現況の乗車需要を把握できることを示した。以上から、継続観測で取得される実測データを活用することにより、一定の精度でバスの乗車需要の把握が可能であることを示すことが出来た。

今後は、4節の精度評価結果をもとに継続観測により取得されるスマートフォン位置情報データを活用したバスの需要推定を行う。スマートフォン位置情報データで取得される位置情報の測位間隔は、実証実験で取得される位置情報の測位間隔と異なるため、マッチング手法を再考した上で分析を行う必要があると考えられる。その後、位置情報に付帯する日時情報 (時間帯別/平日休日別) を追加したバス需要の把握を行い、動的なバス需要を把握する手法の構築を想定している。

謝辞

本研究は、JST、未来社会創造事業、JPMJMI17B5の支援を受けたものです。この場を借りて深謝申し上げます。

参考文献

- 国土交通省, バスの車両数, 輸送人員及び走行キロ, http://www.mlit.go.jp/statistics/details/jidosha_list.html, (2019.7.10 参照)
- 国土交通省, 「標準的なバス情報フォーマットを定めました」, https://www.mlit.go.jp/report/press/sogo12_hh_000109.html, (2019.8.10 参照)
- 北村隆一: 「交通需要予測の課題-次世代手法の構築に向けて」土木学会論文集 No.530, pp.17-30, 1996.
- 飯田祐三, 岩辺路由, 菊池輝, 北村隆一, 佐々木邦明, 白水靖郎, 中川大, 波床正敏, 藤井聡, 森川高行, 山本俊行: 「マイクロシミュレーションアプローチによる都市交通計画のための交通需要予測システムの提案」, 土木計画学研究, 論文集, Vol.17, pp.841-847, 2000.
- 高橋勝美, 平見憲司, 森尾淳, 西野仁: 「我が国のパーソントリップ調査の無回答状況とその要因に関する考察」, 土木計画学研究, 講演集, Vol.39, No.283, 2009.
- 石神孝裕: 「都市交通調査の実務〜東京都市圏を中心に〜」, 日本都市計画学会, 都市交通調査 50周年記念シンポジウム発表資料, 2017.
- 茂木渉, 加藤昌樹, 菊池雅彦, 井上直, 岩館慶多: 「都市圏 PT データの時点更新手法に関する検討」, 土木計画学研究, 講演集, Vol.55, pp.1-13, 2017.
- 石井・末成・越智・関・大塚・酒井・會田・南川: 携帯電話 GPS ビッグデータの都市交通分野における活用に向けた信頼性検証, 土木計画学研究・講演集 Vol.58, No.60, 2018
- 桑原・吉岡・南川・松本・早田: ワンウェイカーシェアリング需要推計手法検討とスマートフォン位置情報利用の妥当性検討, Vol.58, No.82, 2018
- 十河孝介, 渋川剛史, 大門 創, 森本章倫: 「人口流動統計活用した幾何学変数による LRT 需要推計に関する研究」, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.56, No.73, 2018.
- I Hiroki, K. Nao, M. Shigeki, O. Chihiro, 「Classifying the Mode of Transportation using Cell Tower Alignments」, 研究報告 モバイルコンピューティングとユビキタス通信 (MBL), vol.2015-MBL-7, no.57, pp.1-7, 2015.
- 第 10 回 芳賀・宇都宮基幹公共交通検討委員会. 資料 3 「特許申請の需要予測と整備効果について」. 2015.
- 小林直, 石塚宏紀, 南川敦宣, 村松茂樹, 小野智弘. 携帯電話通信履歴に適した移動滞在状態推定手法の提案. 情報処理学会論文誌データベース (TOD), 10(1), 13-23. (2017).
- 第 6 回 芳賀・宇都宮基幹公共交通検討委員会. 資料 2 「県央広域都市圏生活行動実態調査結果と需要予測結果について」. 2015.
- 藤井聡: 「行動意図法 BI 法による交通需要予測の検証と精緻化」, 土木学会論文集, No.765, pp.65-78, 2004.
- 藤井聡, 大塚祐一郎, 北村隆一, 門間俊幸: 時間的空間的制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築, 土木計画学研究・論文集, Vol.14, pp.643-652, 1997.

(2019.10.4 受付)

A STUDY ON BUS DEMAND FORECAST BASED ON SMART-PHONE LOCATION DATA

Shu YOSHIBA, Akihiro KOBAYASHI, Akihiro NAKASUGA
Atsunori MINAMIKAWA and Akinori MORIMOTO

It is difficult to maintain the bus business as the population declines. In order to maintain the stability of the business, it is indispensable to supply the optimal route that accurately captures demand. Generally, Person Trip surveys are used as basic information for traffic demand estimation. Since the survey dates are limited, it is difficult to grasp the demand for passengers that change gradually.

In this study, we propose a method for grasping bus demand from smart-phone location data and bus-operation data, which are updated sequentially. In this paper, in order to verify the effectiveness of the method in particular, we verified the accuracy of the OD table and used transportation estimated from the smart-phone location data. As a result, it is possible to grasp the bus demand with the same accuracy as the Person Trip survey from the estimated OD table. And, by using the bus position information data together, the current bus user's demand can be grasped with high accuracy.