

空間人口分布を考慮した私事目的バス停単位 需要推計手法の精度検証

鷲津 宏明¹・遠藤 玲²・秋山 祐樹³

¹学生会員 芝浦工業大学大学院 理工学研究科 建設工学専攻 (〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5)

E-mail: me16116@shibaura-it.ac.jp

²フェロー会員 芝浦工業大学教授 工学部土木工学科 (〒135-8548 東京都江東区豊洲3-7-5)

E-mail: a-endo@shibaura-it.ac.jp

³正会員, 東京大学空間情報科学研究センター助教 (〒277-8568 千葉県柏市柏の葉5-1-5)

E-mail: aki@csis.u-tokyo.ac.jp

従来から用いられる交通需要予測は空間的解像度が低く、代替交通手段のLOSを調査できないなどの問題もあり、バス需要予測のような細かな需要予測を行うには、予測精度が低く有効に活用されていない。先行研究ではバス停アクセス時間を変数に組み込んだ交通手段選択モデルを推定し、バス停からの距離別に設定した圏域を集計単位とした需要予測手法の提案を行った。本研究では、バス路線終点駅からの所要時間を考慮したバス停利用圏域の設定と、交通手段選択モデルの精緻化により予測精度の向上を図った。また、交通計画にて一般的に用いられる四段階推計法との比較を行った。その結果、四段階推計法ではバス停毎、バス路線全体の推計値の誤差がいずれも大きくなったのに対し、本手法ではいずれにおいても高い精度の推計結果が得られた。

Key Words : *Bus demand estimation, Distance to bus stop, Micropopulation census, Modal choice model, Personal purpose*

1. はじめに

近年、地球温暖化や中心市街地の空洞化、市街地の郊外化などの社会情勢の変化に対応すべく、集約型都市構造の実現が求められている。これは、公共交通機関沿線に都市をコンパクトに集約することで、過度に自家用車に依存することなく生活が可能な都市構造のことである。こうした都市構造を実現するに当たって、公共交通サービスの充実・改善が求められる。

しかし、地方都市では自家用車の利用率の高さや、鉄道網の行き届いていない地域などもあり、公共交通利用者は減少し、公共交通サービスの切り下げ・撤退を行う事業者も少なくない。路線バス事業においても、国や都道府県からの補助金が削減されたことで、採算性の低いバス路線では減便や路線の一部廃止がなされるなど、最低限のサービス水準を維持することすらままならない状況である。だが、路線バスは高齢化が進む地方都市において特に重要な公共輸送サービスとしての役割を担っているため、経営の良し悪しだけでなく、都市交通政策における市民への影響を勘案した上で、バス路線網や運行

形態の再編などによる交通サービスの改善を行っていくことは必要不可欠である。

我が国では、持続可能な地域公共交通網の再構築を図るべく、平成26年に「地域公共交通の活性化及び再生に関する法律」の一部が改正された。これにより、行政による地域公共交通計画への積極的な関与がなされるようになった。だが、交通計画のベースとなるバス需要は、未だ正確に予想がなされていない。これにより、経営リスクを心配するバス事業者とバスサービスの改善を求める市民・行政側との間での合意形成が進まず、バスサービスの改善が進展しないことが危惧される。従って、バス需要の正確な予測手法の実現が必要とされている。

現在の路線バス需要予測手法では、パーソントリップ調査（以下、PT調査）などの交通実態調査データに基づいてモデルを推定し、他の交通手段と一体的に予測する手法や、バス停圏域人口から予測する手法がとられている。前者ではPT調査がゾーン単位で実施されるため、バス非利用者の利用するバス停や、そこまでのアクセス距離がわからないため精度の高いLOSを推計することが困難であると言った問題や、PT調査がゾーン単位で実

施されるためゾーン中心とバス停の位置関係によって誤差が生じる。後者では交通手段選択などの複雑な事象に対応できないという問題や、各バス停の地域特性、人口分布などが反映されない。このように、どちらも予測値の精度が低く有効に活用がなされていない。

本研究はこうした問題を解決し、バスサービスの新設・再編などの交通施策を行うにあたって明確な根拠となる高精度なバス需要予測手法の提案を目的とする。

2. 本研究の位置付け

(1) 既往研究について

a) バス需要予測手法について

バス需要予測手法には多くの課題があり、これまで代表的なバスの需要予測手法として、バス停圏域人口から予測する手法、交通実態調査結果やSP調査結果からモデルを推定し他の交通手段と一体的に予測する手法、利用意向調査を実施し需要を予測する手法、などによる予測が行われてきた。

バス停圏域人口から需要を予測する手法として、谷本ら¹⁾は原単位法を用いて路線の潜在需要の推計を行った。これは、バス停圏域人口に年齢区分別原単位を掛け、補正項として地域特性を考慮することで簡易な計算による需要予測を行っている。具体的には、国勢調査から得られるデータから男女比、日中は高齢者のみの世帯割合、降雪日数を算出し、補正項としている。簡易手法ながら一部の地域にて再現率の高さが確認されたが、予測精度に課題があり、バス停ごとの運賃差が考慮されていないこと、複数のバス路線があるときは競合関係にあるか判定不可能なためこうした地域では実施できないなどの問題が指摘されている。

また、竹内・山田ら^{2,3)}はバス停勢力圏内人口に交通発生力としてバス分担率を乗じ、それを系統・路線別にまとめ、系統別の運行頻度で重みづけをすることで路線単位距離当たりの、潜在集客能力を表す「路線ポテンシャル」という概念を提唱している。課題として、潜在需要をPT調査から得られたOD表をもとに与えることで個々の路線の素質状態がプリミティブに把握できず、具体的な路線計画としては行いにくいとされている。また、岐阜市のような比較的狭い都心への一点集中型の都市構造の中規模都市では概ね妥当であるが、名古屋市のような大都市においては、業務交通に見合った別のポテンシャルの計測が必要であるなどいくつかの改良を施さねばならないことが課題として挙げられている。

次にモデルを用いて他の交通手段と一体的に予測する手法については、従来の交通実態調査からモデルを推定し、需要を予測する四段階推定法の問題点として行動

論的基盤の欠落や、構造的な問題点としてトリップを解析の単位として集計される点を北村⁴⁾は指摘している。一方、交通需要予測がゾーン・システムに基づいていることへの批判については、当時の技術的条件では土地利用や、ネットワークの情報をゾーン単位で扱うことが避けられないとされ、地理情報システムの発展への期待と、次世代の予測システムの開発への期待が述べられている。これまで、こうした地理情報システムを用いた需要予測手法として内山ら⁵⁾は、鉄道利用者の行動をモデルで再現し、GISをベースに構築した首都圏鉄道計画支援システムを適用することで需要分析を行っている。具体的には100mメッシュの通勤・通学ODを作成し、これを発生量として代表交通手段選択モデル・鉄道駅選択モデル・端末交通手段選択モデルを用いることで、アクセス交通を考慮した従来よりもマイクロな分析を行っている。予測の結果、分析対象エリアの中心近くに位置する駅では概ね大都市交通センサスの値と一致し、再現性の高いモデルが構築できたと述べている。

しかし、本手法をバス需要予測に用いるには、たとえ100mメッシュ単位での分析であったとしてもメッシュの中心からバス停まで一定と扱うため、アクセス時間に関する変数はメッシュ内で集計的な扱いをせざるを得ず、バス停とメッシュ中心の位置関係によって実際のアクセス距離との誤差が生じることが考えられる。

また、こうしたマイクロな分析をバスに適用した例として船戸ら⁶⁾は高齢化する集合住宅地域にてイーグルバスの需要をマイクロな需要予測手法を用いて予測を行った。この研究では100m四方の改良型マイクロメッシュデータを用いることで、バス路線単位ではなく個々のバス停単位での乗車人数を算出可能とし、バス停圏域内人口と回帰分析から得られた回帰モデルからバス停乗車人数を算出している。しかし、そのバス停勢力圏は単純な円領域を基本として定められており、道路に沿った道のりが考慮されていない点及び、その分析の必要性が課題として述べられている。

個別の利用意向調査を集計し、需要予測を行った例として松阪市の例⁷⁾がある。松阪市では「バス路線の新設やサービス向上がなされた場合に利用するか?」といった設問の意向調査を行い、その結果から市民一人当たりの年間利用回数を求め、需要を予測している。特に、昼間の15歳以上の通勤・通学以外での移動を対象とし予測を行っている。このような手法は非常にシンプルで便利だが、他の交通手段等の機関分担率が推計できないため、サービス水準の変化に対応できないといった問題や、回答者の回答と実際の行動が異なるケースの存在が指摘されている。

一方、こうした回答者行動による問題を擁護し、これに代わる新たな需要予測手法として藤井⁸⁾により行動意

図法が提唱されている。これは交通施策を行った場合に、どのような行動をとるつもりであるかという行動意図を測定し、拡大することで需要を予測する手法である。この論文では、アンケートを実施することで住民に対し、「最高に便利なバスサービスができたとき」を前提で行われた行動意図を尋ねており、潜在的なバス需要の最大値を推計した。その結果、最も重要となる行動-意図-一致性については、概ね妥当な値となることが確認され、回答者の報告値を修正することで、概ね現実的な予測値を導くことができた。しかし、予測精度は未だ正確とは言えない水準であり、今後さらなる精緻化が求められる。

b) PT調査について

昭和42年に広島都市圏で大規模に実施されて以来、延べ90回以上実施されてきたPT調査はこれまで、都市交通計画を行う上で重要な役割を果たしてきた。

調査手法はほぼ確立されたものとなっているが、未だ、多くの問題が指摘されている。

バス事業者へヒアリングを行い、現状の分析手法などについてまとめた国土交通省都市・地域整備局の報告書⁹⁾によると、交通政策において行政ではPT調査等が用いられているのに対し、バス事業者は、PT調査結果を用いた需要予測はゾーンの粗さなどの問題により、路線計画においてはほとんど行われておらず、事業者が自社の経営資料を基に検討がなされているとまとめられている。

PT調査実施都市圏の行政担当者に対してアンケートを実施し、PT調査の問題点や改善策、それらへの認識を調査した市井・遠藤¹⁰⁾、遠藤・座間¹¹⁾の研究においても、PT調査がゾーン・システムで実施されることによる空間的解像度の低さが指摘されている。これにより、精度の高いLOSの作成ができないことや、交通量予測の精度が低いといった問題が確認されている。特にこのような問題を解決できたならば、予測精度が大きく向上するとこへの期待が述べられている。一方で、こうした問題を解決する取り組みとして既に独自で回答欄の追加や、バス停の利用者数を算出するためゾーンサイズを小さくし、推定精度向上に努める自治体も確認されている。

仙台都市圏PT調査¹²⁾ではバス交通の需要予測に対応するべくゾーンサイズ及びネットワーク体系の見直しが行われた。具体的には交通サービス水準の測定誤差の減少やバス停間利用者数を算出するべく、第3回PT調査では236ゾーンであったゾーン数を第4回PT調査では1825ゾーンに細分化が行われた。これにより再現性の高いモデルの推定と良好な現況再現が確認された。

(2) まとめ

既往研究・報告書のレビューよりバス需要予測精度が低い問題として従来のPT調査の空間的解像度が低く、

ミクロな需要予測が困難であることが挙げられる。

それ故に、バス停圏域人口や利用意向調査などから需要を予測する手法などの研究が行われてきたが、これらの多くは他の交通手段と一体的に予測が行えないといった問題を持つ。一方で、これまで行われてきた地理情報システムを用いたミクロな需要予測に関する研究では、ゾーンの細分化や100mメッシュ等を用いることでミクロな分析がなされてはいるが、ゾーンやメッシュの中心とバス停の位置関係、利用バス停までのアクセス距離や、利用バス停などの違いによって精度に限界がある。

このような現状は問題であり、既存のPT調査の問題を解決することで新たな推計単位での、よりミクロな需要予測を行う必要があると言える。

(3) 先行研究について

本研究は鷺津・田中ら¹³⁾の継続研究にあたる。先行研究では新たなバス需要推計手法として、客観的なバス停アクセス時間を変数に組み込んだモデル推定及び、バス停単位でのミクロな予測手法の提案を行った。その結果、バス停アクセス時間を変数として組み込むことの効果は確認されたものの、需要予測においては運行頻度や所要時間などの影響によるバス停選択行動が考慮されていないため、本線・支線ともに精度が低く、また従来手法との比較が不十分であり本手法の有用性を示すには至らなかった。

(4) 研究の特徴

本研究は交通調査の空間的解像度を高くすることで、高精度なLOSの推計、バス停アクセス時間を変数に組み込んだモデル推定を行い、その後これを用いることで高精度な需要予測手法の提案を目指すものである。先行研究である鷺津らの研究と比較し、本研究では特に以下の3点が改良されている。

①バス停圏域に「時間境界」の概念を組み込むことでより現実に即した圏域の作成、②交通手段選択モデルの精緻化、③交通計画にて用いられる手法との比較

従来の研究と比較し、本研究が持つ有用性は、事前にGISを用いてバス停アクセス距離の実距離を測定することで、バス非利用者であっても最寄りバス停とそこまでの距離が把握可能であり、バス停アクセス時間を変数に組み込んだモデル推定が可能である点、対象地域に各バス停からの距離（バス停までの距離80m刻み）に応じた圏域を設定し、マイクロ人口統計データ¹⁴⁾を用いてそのゾーン内人口を集計することで、人口分布を考慮したバス停単位での需要予測が可能となる点の2点である。

GISを用いることで、100mメッシュ等の単位で分析を行った、ミクロ需要予測を行った研究はこれまでいくつか見受けられ、しかし、モデル推定において独自の交通

実態調査を実施することでバス停までの実距離を把握し、それを変数として組み込むことで、バス停までの距離圏に応じて需要予測を行う手法は他に例がない。

3. 研究概要

(1) 研究の流れ

本研究は大きく分けて「交通実態調査に基づいたモデル推定」「GISベースの需要推計と精度比較」の2つから構成される。

「交通実態調査に基づいたモデル推定」ではGISを用いて対象地域にてバス停・バス停距離別に圏域を設定する。その後、圏域毎に交通実態調査を実施することでバス停までの実距離を把握可能にすることで、バス停アクセス距離を変数に組み込んだ交通手段選択モデルの推定を可能とする。

「GISベースの需要推計と精度比較」では交通実態調査にて設定した圏域毎の人口を算出し、これに交通手段選択モデルから推計したバス選択確率を掛け合わせることでバス需要予測値を算出する。この予測値とバスICカードの実測値、交通計画で一般的に用いられる四段階推計法を町丁目単位にて適用した結果の3つをそれぞれ比較することで、本手法の有用性の検証を行う。

(2) 研究対象

本研究の対象地域は、埼玉県さいたま市大宮区と見沼区の一部にあたる、大宮駅東口を発着するバス路線の沿線地域とした。当該地域は、付近に並行する鉄道が存在せず、大宮駅までのアクセス交通手段として路線バスや自転車が多く利用されており、本研究に適した地域だと考えられる。

また、本研究では私事目的の移動を対象とし分析を行った。平日に私事目的で移動するトリップの多くは交通弱者でありこれらの多くは推計が困難であるにも関わらず、交通施策を行う際にあまり考慮がなされていない。バスはこうした交通弱者にとって最も重要な生活な足であることから、私事目的でのバス需要を予測する。

なお、自宅を発地とする移動について着目を行うのは、過去に行った同対象地域における名久井・鷺津¹⁵⁾の分析によると、バスを用いた移動に関して言えばバス利用者の約9割が自宅からの移動にて利用していることが確認されている。それ故に自宅発の移動に着目することで、私事目的バス需要の大半は推計可能であると考え、平日の自宅を出発地とする移動について分析を行う。

表-1 圏域別配布枚数

80m	160m	240m	320m	400m	480m	560m	640m	
	525	892	977	665	289	250	90	16
720m	800m	880m	960m	1040m	1120m	1200m	合計	
	6	2	6	7	5	4	3	3737

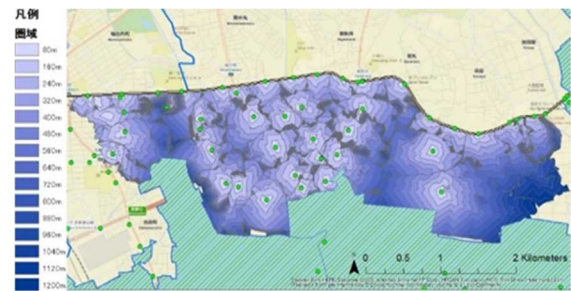


図-1 配布対象地域と距離圏別配布地域

4. 交通実態調査概要

調査票は、世帯票と通勤通学目的・私事目的の個人票をそれぞれ用意する（通勤通学目的個人票は関連研究¹⁶⁾で使用）。世帯票には各世帯人数・年齢・職業・普段利用可能な交通手段などの個人属性の他に、最寄りのバス停、よく利用するバス停、バス停までの所要時間の間を設けている。私事目的について調査する個人票は両面一枚であり、表面では平日の平均的な一日に行った全ての移動について、裏面ではバスが利用可能な目的地までの平日の日常的な移動についてそれぞれ、移動目的地・利用交通手段・経路・移動頻度・当日利用可能な交通手段について調査する。

配布時には事前にGISを用いて、図-1のように対象地域における最寄りのバス停及び、そこまでのアクセス距離を測定し、80m圏域毎に圏域を設定する。解析にはArc GIS ArcMap10を用い、最大1200mまで設定する。その後、その圏域を単位として交通実態調査をポスティングにて配布を行う。

回収は概ね2週間程度の期限を設け、配布時に同封した返信用封筒を用いて郵送にて行う。また、このとき返信用封筒に最寄りのバス停と距離圏が判別可能な記号をつけておくことで、回収した際に最寄りバス停とバス停からの実距離を正確に把握可能とする。

5. バス停アクセス距離を組み込んだモデル推定

(1) モデルの仮定

交通実態調査から得られた回答の集計、分析を行う。パラメータの推定には最尤法を用い、解析には統計解析ソフトR（アール）を使用して交通手段選択MNLモデルを推定する。

従来のPT調査では、調査票の回答からバス利用者のアクセス時間を算出していたが、これでは、バス非利用者のアクセス時間のLOSが構築できない。そこで、本研究では、作成した世帯票に最寄りバス停と利用するバス停までの所要時間それぞれを問う設問を追加することで、バス非利用者においてもバス停アクセス時間をモデルに組み込めるように工夫している。モデル推定に用いた式及び、効用関数を式(1)(2)に示す。十分な回答サンプルが集まらなかった自動二輪・タクシーを除いた自家用車・バス・自転車・徒歩の4種類を対象とし、バスにのみバス停アクセス時間を変数として追加している。なお、バスの所要時間は全体の所要時間からアクセス時間を除いた乗車時間とイグレス時間の合計で計算している。

$$P_n(i) = \frac{\delta_{ni} \exp(\mu V_{ni})}{\sum_{j=1}^4 \delta_{nj} (\mu V_{nj})} \quad (1)$$

$i \in j = \{1, 2, 3, 4\}$ δ_j : 利用可能性(1,0)

$$\begin{aligned} V_{bus} &= d(\text{所要時間}_{bus}) + f(\text{費用}_{bus}) + g(\text{バス停アクセス時間}_{bus})^3 \\ V_{car} &= d(\text{所要時間}_{car}) + f(\text{費用}_{car}) + b_1 \\ V_{bike} &= d(\text{所要時間}_{bike}) + f(\text{費用}_{bike}) + b_2 \\ V_{walk} &= d(\text{所要時間}_{walk}) \end{aligned} \quad (2)$$

(2) パラメータ推定結果

表-2は本手法にて独自で調査した、事前にGISを用いて測定した実距離を時間に換算したアクセス時間を変数に組み込んだ結果である。全ての変数は有意となり、またパラメータの符号条件も妥当な値を得ることが出来た。なお、定数項を自家用車・自転車にのみ加えているのは徒歩を除いた3種類の交通手段に定数項を加えた時、自家用車とバスの定数項間で強い相関が確認されることで、モデルの説明力が減少するためである。また、バス停アクセス時間の三乗をモデルに用いた理由は、一乗ではバス停アクセス時間の影響が線形であり、実態とは乖離すると判断した点と、全てのパターンを試した際に決定係数・t値などから総合的に最もモデルの精度が高いと判断したためである。(バス停アクセス時間乗数とt値・決定係数の変化：表-3参考)

また、表-2の結果を用いてバス停アクセス時間の三乗による影響の分析を行った。図-2は、対象地域のおよそ中間地点であり、特に回答割合の多い地域である東新井団地バス停でのバス選択確率とバス停アクセス時間の感度分析結果を示した結果である。この結果からバス停ア

クセス時間がバス選択確率に影響を及ぼしており、特に4分から8分にかけて最も大きくバス選択確率が減少することが確認された。

表-2 モデル推定結果

	パラメータ	t値	判定
定数項 (自家用車)	-0.8482	-3.2379	***
定数項 (自転車)	-1.5419	-6.1919	***
バス停アクセス時間 ³	-0.0011	-4.0632	***
所要時間	-0.1587	-8.0780	***
費用/100	-0.3663	-4.5667	***
サンプル数			194
初期尤度			-234.691
最終尤度			-156.674
決定係数			0.3324
修正済決定係数			0.3111

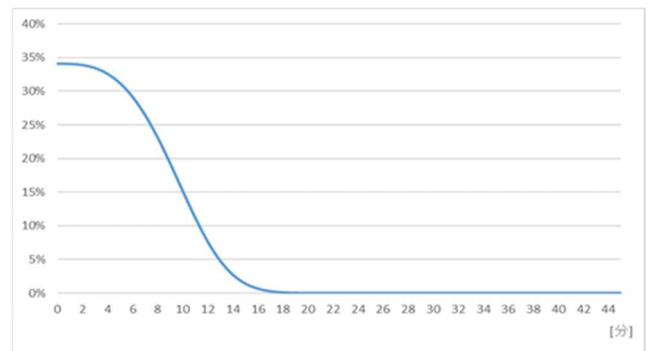


図-2 バス停アクセス時間³感度分析

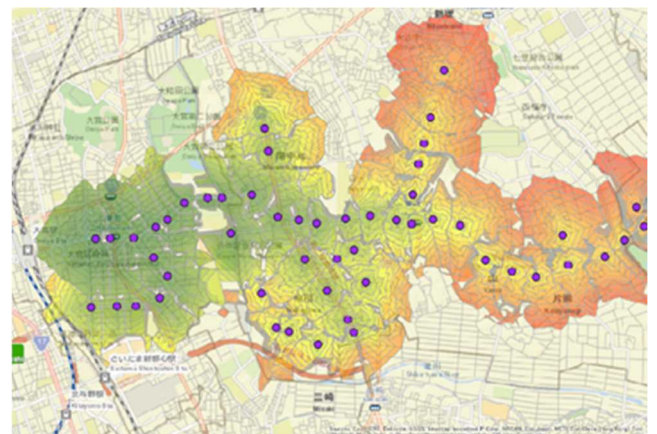


図-3 駅までの所要時間を考慮したバス停圏域

表-3 バス停アクセス時間乗数と t 値・決定係数の変化

バス停アクセス時間	1乗	-	1.9乗	2乗	2.1乗	-	2.4乗	2.5乗	2.6乗	-	2.9乗	3乗	3.1乗
t値	-2.02000	-	-1.58500	-1.51445	-1.46441	-	-1.63053	-2.11120	-2.52237	-	-2.85667	-4.06320	-4.66844
修正済決定係数	0.30599	-	0.31139	0.31158	0.31173	-	0.31174	0.31209	0.31213	-	0.31218	0.31112	0.30996

6. バス停単位需要予測

(1) 需要予測概要

交通実態調査から推定したモデルを用いて、目的地を大宮駅および大宮駅周辺、またはこれらを經由する移動について需要推計を行う。なお、運行系統が特殊な大 15 系統については対象外とした。

(2) バス停圏域の設定と発生量の算出

バス停単位の需要予測を行うべく、バス停からの距離圏に応じた圏域を作成する。

バス停圏域の作成には「時間境界」の概念を組み込んでおり、各バス停から駅までの所要時間を算出し、この値が等しくなる地点にバス停圏域の境界を作成することで、バス停圏域の改善を図った。

具体的には、国際興業株式会社から提供されたバス IC 実績データを用いることで、大宮駅東口を着地とする乗車データを抽出し乗車時間の平均値を算出した。その後、この値に時刻表からピーク時の運行本数を算出し、下式を用いることで各バス停の待ち時間の算出を行った。

但し、バス停にて長時間待つといったケースはまれであることから、本研究では最大値を 3 分と仮定している。

(3) 発生量の算出と需要予測

次に、私事目的での発生トリップ数を算出するため、交通実態調査表面にて調査した平日 5 日間当たりの自宅-私事目的の移動頻度とその発生確率を掛け合わせ、合計することで平日 5 日間あたり私事目的発生原単位 (1.05) を求めた。但し、ここで作成した原単位はあくまで、アンケート回答者のネット原単位であるため、PT 調査のネット原単位とグロス原単位の比 (0.863) をとり掛け合わせることで平日 5 日間自宅-私事目的グロス原単位を算出し、マイクロ人口統計データから算出したバス停・圏域別人口へ乗じることで発生量の算出を行った。

その後、モデル作成時に対象としたバスが利用可能な目的施設までのトリップ概念と、算出した発生量の概念を合わせるため、交通実態調査表面から得たバスが利用可能な目的地まで行く割合 (上り方面 : 0.862) を掛けることで本研究の対象となる自宅-私事目的での一週間あたりの発生トリップ数を算出した。

最後に、この発生トリップ数を自家用車が利用可能なセグメントと利用不可能なセグメントに分割するべく、交通実態調査から自家用車が利用可能なトリップ割合を算出し掛けることでセグメント分類を行った上で需要推計を行った。ただし、20 歳未満の人口については全て自家用車の利用ができないと仮定している。下図 4 に需要推計の手順を示す。

7. 精度検証

(1) 概要

精度検証には、バス IC カードから算出した乗車客数を用いる。この値を実績値とし、本手法及び交通計画にて一般的に用いられる四段階推計法を町丁目単位で適用した結果をそれぞれ比較し、検証を行う。

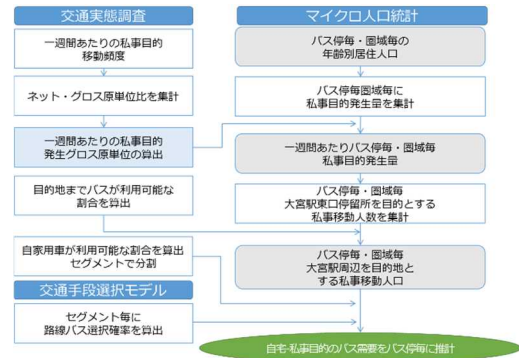


図 4 バス別バス需要推計フローチャート



図 5 精度検証イメージ図

(2) バス IC カードに基づく実績値の算出

国際興業株式会社より提供された、バス IC カードデータを集計・加工することで平日 10 日間での上り線時間帯別 OD 表を作成する。これは全目的での OD 表であるため、PT 調査から求めた大ゾーン別発時間帯別自宅-私事目的発生割合を掛け合わせることで自宅-私事目的での OD 表を推計した。これを IC カードの利用率を割ることで自宅-私事目的での乗車客数の算出を行う。その後、降車バス停が大宮駅東口周辺の停留所であるトリップを抽出し、先の需要予測結果と比較することで本手法の精度検証を行う。但し、大宮駅東口周辺の停留所とは大宮駅周辺施設利用者が利用した大宮駅東口・大宮区役所・氷川参道の 3 つの停留所が対象とする。

なお、提供された情報は、利用者毎の乗車系統名・番号・利用年月日・乗降バス停名・乗降時分・利用人数・バス IC 利用率であり、データの収集期間は平成 26 年 6 月 14 日～6 月 27 日である。また、当該機関において雨天日が存在したが、日別乗降客数と降水量や日照時間、気温などの気象データの相関を確認したところいずれも約 0.3 未満であるため気象と乗降客数との相関はないものとして分析をしている。

(3) 四段階推計法の適用手法について

a) ゾーニングについて

四段階推計法を適用する上で、一定の精度を確保するためにはなるべく小さなゾーンでの予測が望ましい。そこで、本稿では研究対象地域を町丁目に細分化している。また、着ゾーンは大ゾーンを集計単位とした。これは、本研究ではバスの需要予測を目的としているため、鉄道を利用する遠方へのトリップにおいてはゾーンの大きさによる LOS の推定精度等の影響がバス需要予測へは極めて小さいと判断したためである。

b) 発生量とOD交通量予測

対象地域内の町丁目別昼間人口に PT 調査自宅-私事目的のグロス原単位を掛け合わせることで算出を行う。その後、PT 調査計画基本ゾーン別 OD を用いて簡便法にて先の発生量をもとに町丁目単位 OD を推計した。

c) 分担交通量と配分交通量予測

分担交通量の予測には本手法と同様に実施したアンケート調査結果を用いる。また、配分交通量には JICA STRADA3.5 を用いて配分を行うことで、各バス停毎の乗降客数を推計する。表-4 に用いた分担交通量予測モデルを、図-6 に用いた公共交通ネットワークを示す。

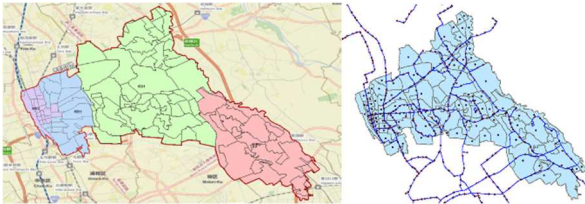


図-6 需要予測ゾーン分割と配分ネットワーク

表-4 モデル推定結果 (町丁目単位)

	パラメータ	t値	判定
定数項 (バス)	0.6504	3.2011 ***	
定数項 (自転車)	-1.0212	-3.6761 ***	
バス停アクセス時間	-0.0010	-4.0034 ***	
所要時間	-0.1288	-7.3682 ***	
費用/100	-0.3902	-4.8762 ***	
サンプル数			194
初期尤度			-234.691
最終尤度			-156.789
決定係数			0.3319
修正済決定係数			0.3106



図-7 対象バス路線図

8. 結果

図-7 は対象路線を示した図であり、路線：1 が本線、路線：2 が支線の区間である。また、図-8 は本手法とバス IC データから算出した実績値を地図上に示したもの、図-9 は本線区間における本手法と四段階推計法の需要推計値、バス IC から算出した実績値の比較結果である。



図-8 需要推計値と実績値及びそのバス停の位置関係図

なお、図-9 におけるグラフの縦軸はバス IC カードデータから求めた実績値の合計を 1 とした指数で表している。

精度検証の結果、本線区間においては概ねグラフの形状の一致が確認された。本線区間全体での誤差は僅か 0.01% であり、バス停毎の乗車人数の平均二乗誤差 (RMSE) を算出したところ約 15.56 (人) とほぼ正確な予測が実現できたと言える。

一方で、支線区間においてはいくつか大きく予測値と異なる地点がみられる。こうした要因として図-8 中の地点 I はバス路線の折り返し地点であるため路線においては圏域が広がりすぎるといった問題が確認された。地点 II では自治医大前のバス停であり、病院利用者が帰宅者にて利用していると予想される。帰宅目的は本手法にて対象としていないため本研究では問題としない。

また、四段階推計法での需要予測結果と実績値を比較すると、区間全体で約 1.8 倍過大推計でありバス停毎では RMSE が約 52.24 (人) であり、誤差が非常に大きいことが確認できた。

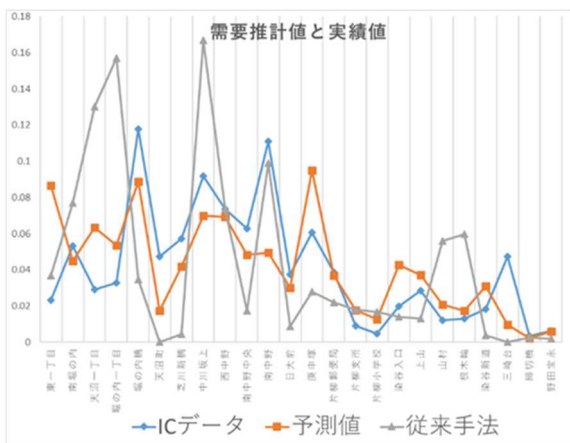


図-9 需要推計値と実績値 (本線区間)

9. おわりに

本稿では先行研究に加え新たに「時間境界」の概念の導入、モデルの精緻化、四段階推計法との比較を行った。その結果、モデル推定ではバス停アクセス時間は線形な影響ではなく、より高次に働くなど現実的なモデル推定結果を得ることができた。また、需要推計結果においては本線区間では概ね真値を得ることが、交通計画にて一般的に用いられる手法と比較した結果からは、本手法の方がより精度が優れているなど、本手法の有用性の検証を行うことができた。

今後は、本手法では予測できない施設から発生する帰宅トリップの予測手法の検討や、分析対象を通勤・通学やその他の移動にまで拡大した上で予測精度の確保を目指していく。また、同時に他地域にて本手法を適応することで本手法の有用性の検証を行っていきたい。

謝辞: 本研究は芝浦工業大学と国際興業株式会社との産学連携研究及び、著者らと東京大学 CSIS との共同研究 (No. 661) として実施した成果です。国際興業株式会社様にはバス IC データを提供していただき深く感謝いたします。

また、本研究は、芝浦工業大学とさいたま市との連携事業の一環として実施したものです。さいたま市、及び大宮区・見沼区自治会連合会の皆さまには交通実態調査の配布にご協力を頂き、ありがとうございました。

参考文献

- 1) 谷本圭志, 梅本貴弘, 谷雅幸: 地方における公共交通の潜在利用者数の推計-原単位法に基づいて-, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, I_961-I_971, 2012.
- 2) 竹内伝史, 山田寿史: 都市バスにおける故郷補助の論理とその判定指標としての路線ポテンシャル, 土木学会論文集 No.425, IV-14, 1994.
- 3) 山田寿史, 竹内伝史, 鈴木武: バス路線の経営分析と潜在集客能力, 土木計画学研究・講演集, No.8, 1986.
- 4) 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, IV-30, pp.17-30, 1996.
- 5) 内山久雄, 日比野直彦: アクセス交通を考慮した首都圏鉄道計画へのGISの適用, 運輸政策研究, vol.2, No.4, 2000.
- 6) 船戸諒子, 坂本邦宏, 谷島賢, 山岸純一, 久保田尚: GISを用いたバス停需要人員予測モデルに関する研究~高齢化する集合住宅地域の事例分析~, 土木計画学研究講演集, 巻 40, pp.150, 2009.
- 7) 松阪市: 松阪市のバス交通の需要予測, 松阪市バス等交通システム調査研究業務報告書, 2004.
- 8) 藤井聡: 行動意図法 (BI 法) による交通需要予測: 新規バス路線の“潜在需要”の予測事例, 土木計画学研究論文集 20 (3), pp.563-570, 2003.
- 9) 国土交通省 都市・地域整備局 都市計画課 都市交通調査室: バス事業者によるPTデータ活用事例 (事例4~7), 都市交通調査事例集, 2004.
- 10) 市井健吾, 遠藤玲: PT 調査における調査・分析上の工夫実態, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, vol.42, IV-67, 2014.
- 11) 遠藤玲, 座間貴之: PT 調査と需要予測手法の方向性に関する基礎的考察-行政実務者アンケートから見えるもの-, 土木計画学研究講演集, vol.49, 2014.
- 12) 小島浩, 吉田朗, 松井浩, 井上智章, 馬場剛: 第 4 回仙台都市圏パーソントリップ調査の交通需要予測システム, IBS Annual Report 研究活動報告 2005, pp.104-109, 2005.
- 13) 鷲津宏明, 田中寛朗, 遠藤玲, 秋山祐樹: 空間人口分布を考慮した私事目的バス停単位需要推計手法の提案, 交通工学研究発表会論文集, vol.36, pp.543-550, 2016.

- 14) Akiyama, Y., Takada, T. and Shibasaki, R., 2013, "Development of Micropopulation Census through Disaggregation of National Population Census", CUPUM2013 conference papers, 110.
- 15) 名久井惇一, 鷺津宏明, 遠藤玲: トリップチェーンに着目した私事目的交通実態の分析, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, vol.43, 2016.
- 16) 渡辺千賀恵: バス運行頻度の影響を考慮したバス停勢力圏の簡便区画法, 土木計画学研究・論文集, No.2, 1985.
- 17) 田中寛朗, 遠藤玲, 岡本和樹, 庄野隼: 正確なバス停アクセス距離データを用いたバス需要推定手法の提案, 土木学会年次学術講演会講演概要集, vol.70, IV-085, pp.169-170, 2015.
- 18) 田中寛朗, 遠藤玲, 秋山祐樹: バス停アクセス距離と人口分布を考慮したバス停単位需要推計手法の提案, 土木計画学研究講演集, vol.53, 2016.
- 19) 遠藤玲, 田中寛朗, 鷺津宏明, 秋山祐樹: PT 調査の空間的解像度向上による路面公共交通需要推計精度向上の提案, 土木計画学研究講演集, vol.53, 2016.
- 20) 鷺津宏明, 田中寛朗, 遠藤玲: 人口空間分布を考慮したバス停単位需要推計手法の提案, 土木学会年次学術講演会講演概要集, vol.71, IV-011, 2016.
- 21) 鷺津宏明, 田中寛朗, 遠藤玲, 秋山祐樹: バス需要予測精度向上のためのバス停単位推計手法の開発, 土木計画学研究講演集, vol.53, 2016.
- 22) 岡本和樹, 庄野隼, 田中寛朗, 遠藤玲: 精度の高いバス停アクセス距離データを用いた交通手段選択モデルの推定, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, vol.42, IV-68, 2015.
- 23) 庄野隼, 遠藤玲, 田中寛朗: バス IC カードデータに基づく通勤目的OD表の作成, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, vol.42, IV-68, 2015.
- 24) 一般社団法人交通工学研究会(編): やさしい非集計分析, 交通工学研究会, 1993.
- 25) 大手祐輝, 遠藤玲, 鷺津宏明: バス停距離帯毎に手段選択に考慮した需要推計と町長目ベース需要推計の精度比較, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, vol.44, IV-4, 2017.
- 26) 渡会雄也, 遠藤玲, 鷺津宏明, 田中寛朗, 秋山祐樹: 利用圏域の見直しによるバス停単位需要推計手法の精度向上, 土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, vol.44, IV-31, 2017.