

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

田中 寛朗¹・遠藤 玲²

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:me14046@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

現在、路線バスの需要推定手法には、PT調査のデータを用いて他の交通手段と一体的に予測する手法があるが、ゾーンの粗さの問題から正確な需要予測は困難である。そこで本研究では、アンケートを配布する住宅とバス停との距離を、GISを用いて正確に把握した上で住民に対して交通実態調査を行い、その結果を基に交通手段選択モデルを構築することを目的とした。

これによりモデルの推定精度向上が見込まれるならば、PT調査にこの手法を組み込むことで、正確なバス需要予測に基づく都市交通計画の策定が可能となる。

今年度はモデル構築には至らなかったが、実際のバス停までの距離と住民の認識に乖離があるという事実が得られた。今後は有意なモデル構築を行い、バス停周辺の人口分布を考慮することで、バス停単位の精度の高い需要予測手法の実現を目指す。

Key Words : Bus demand estimation, Mode choice model, Multinomial logit model, Distance to bus stop

1. 背景・目的

現在、路線バスの需要予測手法としては、パーソントリップ調査（以下 PT 調査）のデータを用いて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あるが、空間的スケールが大き過ぎる問題や複雑な現象に対応出来ないことから予測精度が低く、バス路線の新設や再編を行う上で有効に活用出来ないという課題がある。このため、バスサービスの改善を求める行政や住民側と、経営リスクを心配するバス事業者との間で合意形成が進まず、一向にバスサービスの改善が進まないという状況の発生が考えられる。このような状況を回避するには、バス路線の新設・再編にあたって明確な根拠となるような、精度の高い需要予測の実現が求められる。

一方、PT 調査を実施した自治体に対してアンケートを行い、PT 調査の問題点や改善策を調査した遠藤らの研究⁶⁾によると、バス需要予測を PT 調査のデータを用いて行う場合、その空間的スケールの大きさを問題視している自治体や、通常の PT 調査に加えて独自に付帯調査を実施し、不十分な部分を補っている自治体が存在することが確認されている。

そこで本研究では、従来の PT 調査で使用される調査票を元に独自の調査票を作成し、配布対象の住宅からバス停までの距離が正確にわかるよう工夫した上で交通実態調査を実施することで、バス停アクセス距離を変数に組み入れた交通手段選択モデルの精度向上を目的とした。モデルの推定精度向上が実現するならば、PT 調査にもこの手法を取り入れることで、正確なバス需要予測に基づく都市交通計画の策定が可能となることが期待される。

2. 研究概要

(1) 研究対象について

本研究の対象地域は、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。選定理由としては、東西方向の鉄道網が未発達なさいたま市では、鉄道駅までのアクセス交通手段としてバスや自転車が多く利用されており、当該地域は路線バスを含む交通手段選択モデルの作成に適していると考えられたためである。

(2) 研究方法

調査票配布対象の住宅からバス停までの距離を、事前に GIS を用いて正確に把握した上で住民に対して交通実態調査を実施し、日常生活における交通手段の選択と様々な要因の関係性を探ることで、交通手段選択モデルを構築する。その後、構築したモデルを用いてバス停周辺の人口分布を考慮することでバス需要の推定を行う。推定結果の精度の評価は、バス IC カードデータを集計加工して作成したバス停間 OD データを真値として、推定結果と比較することで行う。

3. 研究手順

(1) 交通実態調査の実施

調査票は、PT 調査を参考に簡略化したものをオリジナルで作成し、世帯票と個人票を用意した。世帯票には、各世帯人員の性別、年齢、職業、普段利用可能な交通手段などの個人の属性と、世帯構成や自動車保有台数などの世帯の属性を聞く設問を用意した。個人票には、世帯内の回答者のある 1 日の移動について、移動目的地、経路、利用交通手段、時間、費用などを聞く設問を用意した。回答は、通勤・通学移動と私事移動について 2 種類

記入して頂いた。また、個人票において、回答者が移動当日に実際に利用することが出来た交通手段を聞くことで、より正確な代替交通手段の検討が行えるようにした。

配布時には、図-1 のようにあらかじめ GIS 上にて各バス停からの距離 100m ごとに道路線を色分けした地図を用意し、バス停から 100m 圏内～500m 圏内の住宅と、バス停から 500m 以上の離れた住宅に対してポスティング形式で配布を実施した。この 500m 以上離れた住宅は、バス停到達圏外として扱った。配布部数は各距離圏ごとに 500 部で、全て合わせて 3000 部を配布した。配布は 2014 年 10 月 28 日、11 月 2 日、11 月 3 日の 3 回に分けて実施した。回収は概ね 3 週間程度の期限を設けて、配布時に同封した封筒を用いて郵送にて行った。また、この返信用封筒には、どの距離圏で配布したものが明確にわかるようあらかじめ工夫を施し、回答者の正確なバス停アクセス距離がわかるようにした。

回収の結果は表-1 に示す。総配布部数 3000 部に対して 130 部を回収出来、そのうち 110 部の有効回答を得ることが出来た。有効回答回収率は 3.67% となった。その後、モデル推定にあたって、サンプルに偏りが無いかチェックを行い、過度な偏りが無いことを確認した。集計結果の例を図-2 から図-4 に示す。



図-1 距離圏毎に色分けした地図

表-1 配布部数と回収部数

配布距離	配布数(部)	回収数(部)	回収率(%)
100m圏	500	27	5.40
200m圏	500	18	3.60
300m圏	500	13	2.60
400m圏	500	20	4.00
500m圏	500	11	2.20
圏外	500	21	4.20
総計	3000	110	3.67

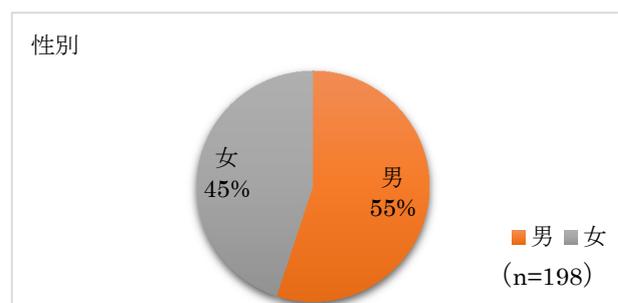


図-2 性別の割合

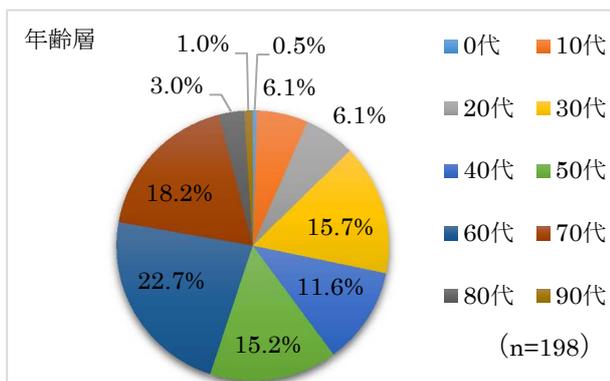


図-3 年齢層の割合

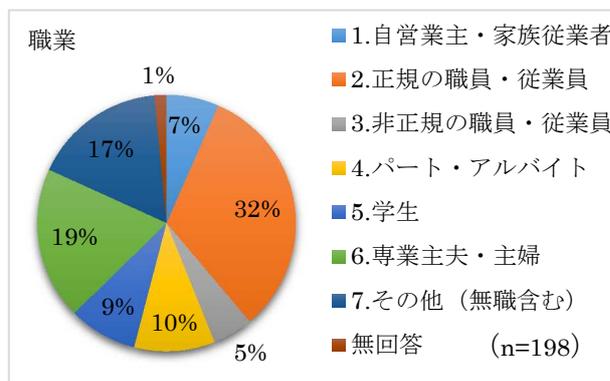


図-4 職業の割合

(2) モデル推定

通勤目的の移動者の鉄道駅までのアクセス交通手段の選択についてモデル推定を行った。まず、大宮駅を経由する通勤者のうち、自動車の利用が不可能だと考えられる42人のトリップを抽出した。次に、変数として鉄道駅までの所要時間、費用の他に、バスの効用関数にはバス停アクセス距離を加えた多項ロジットモデルの推定を行った。パラメータの推定には最尤法を用いて、解析には統計解析ソフトR（アール）を使用した。

【使用した式】

$$P_i = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j=1}^5 \delta_j \exp(V_j)}$$

$$i \in j = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$\delta_j : \text{利用可能性} \quad (1, 0)$$

【効用関数】

$$V_1 = d(\text{所要時間}) + f(\text{費用}) + g(\text{アクセス距離}) + b_1$$

$$V_2 = d(\text{所要時間}) + f(\text{費用}) + b_2$$

$$V_3 = d(\text{所要時間}) + f(\text{費用}) + b_3$$

$$V_4 = d(\text{所要時間}) + f(\text{費用}) + b_4$$

$$V_5 = d(\text{所要時間})$$

$$V_1: \text{バス}, V_2: \text{自転車}, V_3: \text{原付・二輪車},$$

$$V_4: \text{タクシー}, V_5: \text{徒歩}$$

(3) バス IC カードデータの集計と加工

本研究では、国際興業株式会社よりバス IC カードデータを提供頂いた。提供された情報は、各利用者毎の乗車した系統名、系統番号、利用年月日、乗降バス停名、乗降時分（秒単位）、利用人数、そしてバスの運行全体に関して一般利用における IC カード利用率、バス運行情報である。データが収集された期間は、平成26年6月14日（土）～6月27日（金）である。なお、当該期間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、相関係数はいずれも0.3未満であり、気象と乗降客数との関係性はないものとして分析した。

バス IC カードデータからバス停間 OD データを作成するにあたって、まずデータを上下別、平日土曜休日別の6パターンに分類した。その後、6パターンそれぞれについて時間帯毎の OD 表を作成した。そして、平日10分、土曜2日分、休日2日分からそれぞれ平均値と標準偏差の算出を行い、6パターンの OD 表を作成した。

この OD 表は全目的の OD 表であることから、通勤目的の交通手段選択モデル推計値と照らし合わせるため、通勤目的の OD 表を作成した。ゾーン毎に時間帯別の通勤目的の割合は、交通手段やバス停によらず一定であるという仮定の下、作成した OD 表から、時間帯毎の通勤割合より通勤移動の OD 表を作成した。通勤割合は、平成20年度 PT 調査の計画基本ゾーンの値を用いた。

上り線は、乗車バス停毎の時間帯別平均乗車人数に時間帯別自宅発通勤割合 (①) を乗算し、時間帯別の自宅発通勤乗車人数をバス停毎に算出した。

【上り線通勤乗車人数の求め方】

(時間帯別自宅発通勤割合)

$$= \frac{(\text{時間帯別自宅発通勤発生量})}{(\text{時間帯別総発生量})} \quad \dots \text{①}$$

$$= (\text{①}) \times (\text{バス停毎時間帯別乗車人数})$$

下り線は、PT 調査において帰宅トリップは発着地に関わらず全て帰宅とまとめられているため、勤務地発帰宅集中量は、上り線の自宅発の全時間帯総トリップ量における通勤業務トリップの割合を算出し、それを下り線に乗算して求めた。そのため、下り線に乗算した上り線通勤トリップの割合は、下り線の全時間帯において、計画基本ゾーン毎に同じ値を使っている。

【下り線勤務業務地発帰宅降車人数の求め方】

$$\begin{aligned} & \text{(時間帯別勤務地発帰宅集中量)} \\ & = \text{(全時間帯自宅発通勤割合)} \\ & \quad \times \text{(時間帯別全帰宅集中量)} \quad \dots \text{②} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{(時間帯別勤務地発帰宅割合)} \\ & = \frac{\text{(②)}}{\text{(時間帯別総集中量)}} \quad \dots \text{③} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{(バス停毎時間帯別勤務地発帰宅降車人数)} \\ & = \text{(③)} \times \text{(バス停毎時間帯別降車人数)} \end{aligned}$$

最後に、この通勤人数は IC カード利用者のみ的人数のため、IC カード利用率で通勤業務トリップ人数を割り、現金払いを含む通勤目的の乗車客数の総数を算出した。

4. 分析結果

(1) バス停アクセス距離の認識について

交通実態調査の結果から、実際のバス停アクセス距離と住民の認識の差について検証した。調査票では、最寄りバス停と普段実際に利用しているバス停をそれぞれ質問した。調査票に記入して頂いた回答者の意識に基づく最寄りバス停までの所要時間と、GIS の解析により求めた正確なアクセス時間を比較したところ、正しく把握している住人も多い一方で、大きく外れた時間を記入した

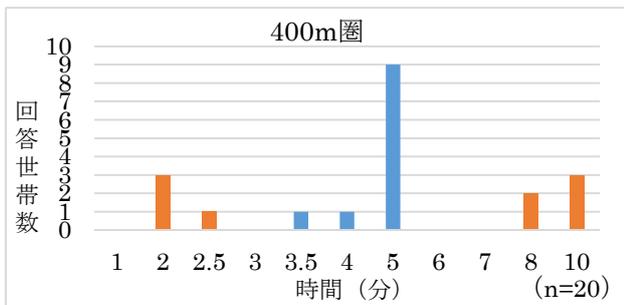


図-5 バス停までの距離の回答分布

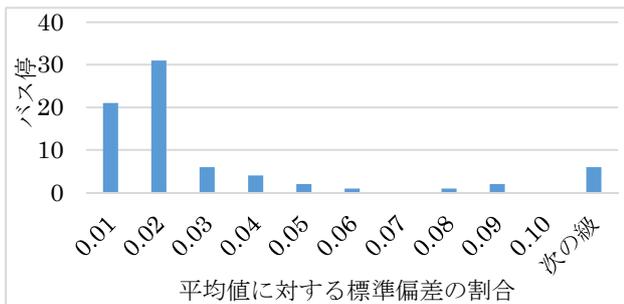


図-6 通勤目的の上り線変動係数

回答者もいた。

一例として、400m 圏の回答の分布を図-5 に示す。バス停から 400m 圏では、徒歩移動速度を 80m/分と仮定した場合で所要時間は 4~5 分程度だと考えられるが、回答結果は 2~10 分まで散らばりが見られた。歩行速度に個人差はあるが、正確に最寄り停留所の位置を把握していない場合や運行本数の多い他の停留所を最寄り停留所と認識している可能性があると考えられる。

(2) モデル推定について

モデル推定の結果を表-2 に示す。所要時間、費用ともに t 値が有意水準 5% に届かなかった。また、バス停アクセス距離と交通手段の選択に関係性は見られなかった。

(3) バス IC カードから作成した OD について

バス IC カードデータに基づき各バス停の時間帯別乗降客数の把握と OD 表の作成を行う事が出来た。また、通勤目的の OD 表を作成した。通勤目的乗車人数の変動係数は、乗車 3 人未満のバス停を除き、最大で上り 23.17%、下り 33.0%、平均 3.55% 程度という値になり、日変動はそれほど大きくなく、平均値の信頼性が高いことがわかった。上下線別の変動係数の分布図を図-6 と図-7 に、通勤目的の上下線別乗降客数を研究対象地域の地図上に表示したものをそれぞれ図-8 と図-9 に示す。また、OD ペア毎の変動係数の分布図を図-10 に示す。

表-2 モデル推定結果

	パラメータ	t 値
定数項(バス)	0.89	0.96
定数項(自転車)	-0.67	-0.72
定数項(二輪車)	-3.79	-1.41
所要時間	-0.13	-1.50
費用	-7.6E-04	-0.42
バス停-自宅の距離(アクセス距離)	-4.6E-03	-1.55
サンプル数		28
尤度比		0.17
決定係数		0.17
自由度修正済み決定係数		-0.05
初期尤度		-27.33
最終尤度		-22.67

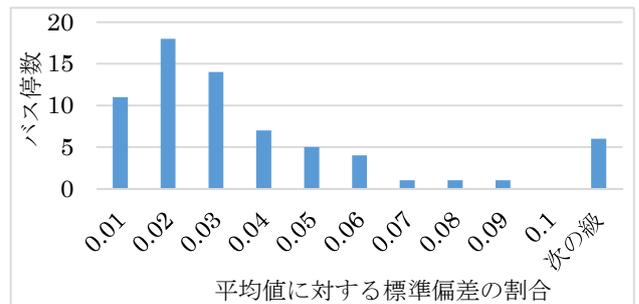


図-7 通勤帰宅目的の下り線変動係数



図-8 上り線通勤目的乗車客数分布図



図-9 下り線通勤帰宅目的降車客数分布図

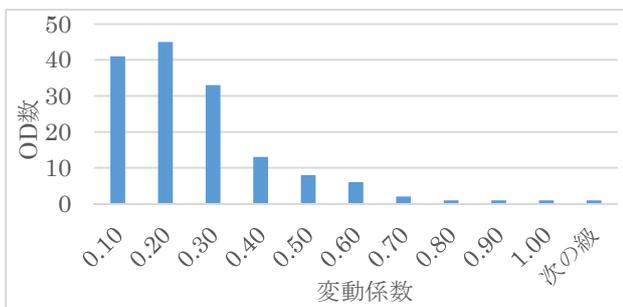


図-10 ODペアごとの変動係数の分布図

5. 総括と今後の課題

本研究では、交通実態調査においてバス停アクセス距離を事前に正確に把握することで、回答者の意識としてのアクセス距離と実距離に乖離が生じていることがわかった。そして、モデル推定に関しては、主に有効回答数の少なさから有意なモデル推定には至らず、バス停アクセス距離が交通手段選択に及ぼす影響の検討は出来な

った。また、バス IC カードデータについては、集計することで OD 表を作成し、さらに計画基本ゾーン内の通勤割合などと組み合わせることで、通勤目的の乗降客数も求める事が出来た。

今後の課題として、まず交通実態調査の改良が挙げられる。質問数が多かったこと、質問内容にわかりにくい部分があったこと、またバス利用に関する調査であることを強調し過ぎてしまったことが、調査票回収率の低下や、調査票に正確に回答されないケースに繋がったと考えられる。この調査の意義とデータ活用の仕方を十分に説明し、調査票の簡略化と質問内容の精査をすることで、回収率の向上を目指す。十分な有効回答数を得ることで、有意なモデル推定と、バス停アクセス距離が交通手段選択に及ぼす影響の分析が可能となる。

また、バス停アクセス距離について、実距離と住民の認識距離に差が生じているという事実が判明したため、今後は認識距離と個人属性などがどのように関連しているか検討する必要がある。交通手段選択に影響を及ぼすのは認識距離であり、個人属性などからこの認識距離の

傾向を把握することが可能になれば、需要予測の精度向上に寄与すると考えられる。

バス IC カードについては、本研究では計画基本ゾーン毎の通勤割合より通勤目的の乗降客数を求めたが、小ゾーン毎、利用交通手段毎の詳細な情報を含めたデータにより通勤割合を算出した際と比較をすることで、抽出精度の検討を行う必要がある。

最後に、有意なモデルが推定出来た際には、バス停周辺の人口分布データと組み合わせてバス停単位の需要予測を行うことが課題である。

謝辞：本研究を進めるにあたり、国際興業株式会社様には、バス IC カードデータを提供して頂き、深く感謝申し上げます。また、岡本和樹様、庄野隼様には、本研究にご協力頂き、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 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年
- 2) 土木学会土木計画学研究委員会（編）：“非集計行動モデルの理論と実際”，土木学会，1995年
- 3) 土木学会土木計画学研究委員会（編）：“バスサービスハンドブック”，土木学会，2006年
- 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, pp17-30, 1996.1
- 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，Vol2 No.4, 2000年
- 6) 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—”，土木計画学研究発表会講演集Vol.49, No.12, 2014年
- 7) 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”，土木学会関東支部第42回技術研究発表会講演概要集，IV-32, 2015年
- 8) 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”，土木学会関東支部第42回技術研究発表会講演概要集，IV-68, 2015年

Proposal of Bus Demand Estimation Method Using Accurate Data
for the Distance between Home and Bus Stops
Hiroaki TANAKA, Akira ENDO