

デマンド交通における利用者数の実測と予測の乖離に関する研究

高野 穂泉¹・森本 章倫²

¹学生会員 宇都宮大学大学院工学研究科 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東七丁目1-2)

E-mail:mt116428@cc.utsunomiya-u.ac.jp

²正会員 宇都宮大学大学院工学研究科准教授 (〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東七丁目1-2)

E-mail:morimoto@cc.utsunomiya-u.ac.jp

近年、公共交通の衰退により、効率的な生活交通の確保が求められている。そのような中、我が国ではデマンド交通が新たな生活交通として多くの地域で導入されている。本研究では、デマンド交通の利用者数の実測と予測を比較し、誤差を小さくするための具体的な知見を得ることを目的とする。需要予測の際に考慮すべき点について検討した結果、情報の周知によってデマンド交通の利用者数が増加することが確認された。また、デマンド交通の利用者の多数を占める70歳以上女性人口と利用者数との相関が高いことから、女性高齢者数のみを説明変数とする簡易的な需要予測式を提示した。

Key Words : Demand Responsive Transit, Areas with inadequate bus service, Demand Forecasting, Passenger consciousness, Elderly Person

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

近年多くの地方都市において、自動車利用が増大し、公共交通の衰退が問題となっている。特にバス事業に関しては、2002年2月に道路運送法の一部改正に伴い、それまでの需給調整規制が廃止された。それに伴い、地方都市や中山間地域などにおいては不採算バス路線の撤退が加速し、公共交通不便地域の拡大が目立つようになった。このことが高齢者等のいわゆる交通弱者の公共交通の確保が困難な状況を引き起こした。この状況を打破しようと、多くの自治体で代替バスの運行が行われている。しかし、特に過疎化や高齢化が進んでいる自治体などでは、非効率的な運行を強いられるバス路線が非常に多い状況にあり、財政難に苦しんでいる。そこで、より効率的な生活交通の確保が課題となっており、近年では利用者の需要に応じて運行形態を柔軟に設定することで、効率的な運行が可能な Demand Responsive Transit (DRT) と呼ばれるデマンド(型)交通が実施されている。

我が国では、平成14年1月に福島県小高町(現南相馬市)で初めてデマンド交通が導入されて以来、平成21年12月時点で158の自治体で導入されている。栃木県においても、宇都宮市板戸地区や芳賀町、高根沢町などの自

治体でデマンド交通が導入されており、また多くの自治体で導入へ向けた動きがある。栃木県においては、デマンド交通を導入する際に計画案に対して、採算性(需要予測や運行経費)などの指標に基づき評価を行っている。しかし、導入後については特に評価は行っておらず、需要予測における利用者数の予測値と実際の利用者数(実測値)には差異が見られる。

そこで本研究では、実際の利用者数と需要予測における利用者数を比較し、誤差を小さくするための具体的な知見を得ることを目的とする。また、デマンド交通導入時の需要予測の際に考慮すべき点について明らかにする。

(2) 既存研究の整理と位置づけ

デマンド交通や地域内交通に関する既存研究は数多く存在する。まず、公共交通不便地域における交通手段の研究として、塚田ら(2007)¹⁾はタクシーを簡単に呼び出せる「呼出端末装置」の導入社会実験を行った。その結果、呼出端末ネットワークシステムは、公共交通不便地域でのタクシー交通の活用に有効であり、軽負担の福祉交通サービスの保障もでき、地方自治体が抱える交通問題の解決に貢献できる方策になることを提示した。次に、デマンド交通導入に関する研究として、森山ら(2005)²⁾

は効率的な公共交通の運行計画に当たっては、サービスに対する需要を的確に予測することが重要であるとし、離散連続モデルに基づき公共交通サービスの需要予測モデルを提案した。林ら(2006)³⁾は運行形態を時刻固定・路線迂回型, 時刻固定・路線非固定型, 時刻非固定・路線非固定型の計3タイプを定義し, 作成したシミュレーションモデルを用い, 最適な運行形態を提案した。井上ら(2005)⁴⁾は愛媛県日進市「くるりんバス」を対象に調査を行い, 利用者属性別に利用実態と利用者意識を捉えた。その結果としてコミュニティバスは, 市内をくまなく巡回しながらも, 属性ごとの生活に欠かせない場を経由することにより, より多くの利用者にとって欠かせない交通手段として寄与できると述べている。山口ら(1999)⁵⁾は全国のコミュニティバスの事例調査を行い, 1日当たりの乗客数には地域特性やサービス特性などのうち, どのような要因が強く影響しているのかを明らかにしている。また, 乗客数推定モデルを構築し, 実際の乗客数の比較を行い, まとめとして今後のコミュニティバス導入促進への方策を提示している。

このようにコミュニティバスやデマンド交通導入における運行形態の評価や提案などを行っている研究は多いものの, デマンド交通導入後についての研究は数少ない。本研究では, デマンド導入前後に着目し, 実測値と予測値に差異が見られる要因について検討を行う点について特色がある。

2. 分析対象地域のデマンド交通の現状

(1) 分析対象地域の設定

栃木県では, 乗合バスの利用者は減少し続けており, バス事業者は採算性の悪い路線の撤退や運行本数の縮小を余儀なくされている⁶⁾。図-1に栃木県内の鉄道・バスの輸送人員の推移を示す。昭和44年には39.4万人/日あった輸送人員もこれをピークに減少し続け, 平成21年には5.2万人/日に落ち込んだ。ピーク時から40年間で7分の1以下に激減していることになる。また, この10年間でも約3割減少している。一方で, 宇都宮市板戸地区や芳賀町, 高根沢町などにおいて, デマンド交通が導入され, 今後多くの自治体で導入する予定である。

本研究では, その中でも高根沢町を対象として分析を行う。高根沢町は人口30,547人, 高齢化率は18.1%で宇都宮市の東に位置し, 面積70.90km²の町である⁷⁾。図-2に高根沢町の位置と6つの小学校区を示す。

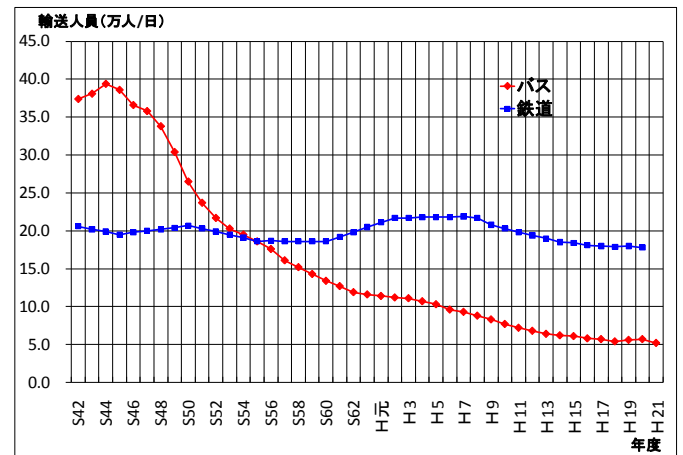


図-1 栃木県内鉄道・バスの輸送人員の推移⁷⁾

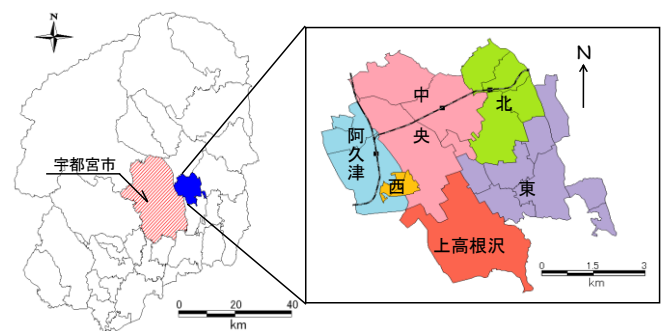


図-2 高根沢町の小学校区

(2) 高根沢町のデマンド交通

高根沢町では, 平成21年10月からデマンド交通「たんたん号」が導入され, セダン1台とワゴン3台の計4台で運行している。運行形態は利用者を出発地まで迎えに行き, 目的地まで送り届けるドア・トゥ・ドア型を採用している。午前7時から午後6時の運行時間で, 1時間に1本の間隔で毎日運行しており, 運賃は100円である。事前登録・事前予約制であり, 利用の前にあらかじめデマンド交通利用システムの登録が必要である。また希望の便の出発30分前までに予約が必要となる。

(3) たんたん号の利用状況

たんたん号の1ヶ月の延べ利用者数は現在(2010年11月時点)3,353人である。1日の延べ利用者数は約110人で人口の約0.4%に相当する。

性別・年齢別の利用者割合を図-3, 目的地別の利用者割合を図-4に示す。利用者の特徴を見てみると, 70歳以上女性の利用者数がとても多くなっている。また, 医療機関への交通手段として利用している人が5割以上で, 次いで温泉施設への利用者が多い。時間帯別に見ると, 図-5より午前中の利用が多いことが分かる。小学校区では, 中央と上高根沢の利用率が高くなっている。

たんたん号は, 遠距離児童を対象にスクールバスと

しての役割も担っている。あらゆる年代をターゲットにしてはいるが、他の導入地域と同様に、免許証を持っていない人や車を運転しなくなった高齢者が主として利用している状況にある。

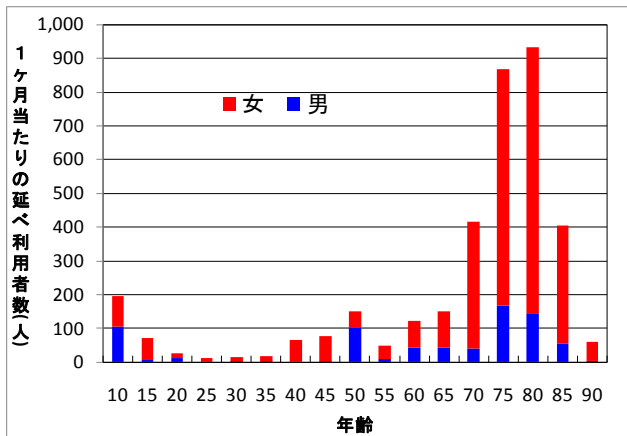


図-3 性別・年齢別の利用者割合

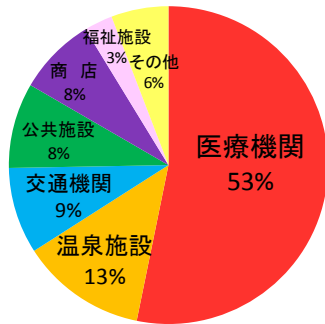


図-4 目的別利用者の割合

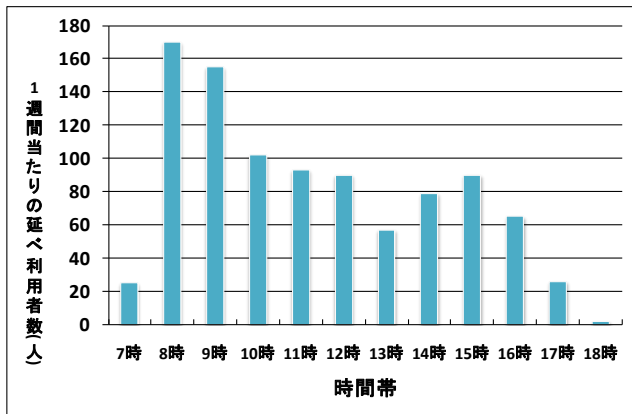


図-5 時間帯別の利用者数

3. 需要予測値の導出

(1) 使用アンケートデータ

本研究の分析対象地域である高根沢町で平成 20 年に実施したアンケートデータは、サンプル数が 258 ある。ただし、高齢者の回答割合が大きく、偏ったサンプルである。したがって、サンプルの偏りをなくすため、本研

究では栃木県内の他地域で同様に実施したデータも加えて使用することとする。追加する地域は、下野市と佐野市である。下野市は宇都宮市の南に位置し、現在デマンド交通導入を検討中である。アンケートは平成 21 年に実施されたもので、サンプル数は 466 である。佐野市は宇都宮市の南西に位置し、現在バスが地域によりデマンド型と定時定路線型の 2 つのタイプで運行されている。アンケートは平成 18 年に実施されたもので、サンプル数は 487 である。

需要予測値の導出に用いる WEB 版地域バス運行計画策定支援ソフト WEBComPASS[®]のマニュアルにおいても、複数の地域のデータを用いることで、サンプル数の確保やサンプルの偏りを防ぐことができ、住民の様々な特徴をパラメータに反映させることができるとされている。

(2) 需要予測パラメータの推定

需要予測パラメータの推定方法が様々ある中、本研究では、森山ら²⁾の論文から離散連続モデルを適用し、需要予測値の導出を行う。離散連続モデルの推定には、選択性修正法が用いられる。選択性修正法では、まず最尤推定法により離散選択モデルの効用関数を推定し、次に離散選択確率で定義された選択性修正項を需要関数に導入し、最小二乗法により必要なパラメータを推定する段階推定法を採用している。具体的には式(3a)において $\eta = 0$ として、最尤推定法によって 2 項プロビットモデルのパラメータを推定する。その後、これらの値を用いて式(3a)より選択確率を計算し、式(3c)の選択性修正項 C_i を求める。次に、利用頻度の需要関数式(3b)に選択性修正項を導入し、最小二乗法を適用してパラメータを改めて推定する。統計処理パッケージソフト TSP[®]を用いた推定結果を表-1 に示す。なお本研究では、利用者数の実測値と需要予測値の誤差がどのような原因で発生しているかを検討するため、ある程度 P 値の高い変数も含まれていることに留意が必要である。

$$P_i = \Phi(V_i) = \Phi((\alpha_i + \beta_i p_i + \theta y + \psi w_i + \eta) \cdot \exp(-\theta p_i)) \quad (3a)$$

$$x_i = (\alpha - \frac{\beta_i}{\theta}) + \beta_i p_i + \theta y + \psi w_i + \tau_i C_i + \eta \quad (3b)$$

$$\tau_i = -\frac{\sqrt{6\sigma^2}}{\pi} \rho_i, C_i = \left[\frac{P_j \ln P_j}{1 - P_j} + \ln P_j \right] \quad (3c)$$

p_i :公共交通サービスの運行間隔 y :可処分時間
 η :意思決定者の観測されない特性を表わすもの
 w_i :観測されない特性の関数
 $\alpha_i, \beta_i, \theta$:スカラーパラメータ
 ψ はパラメータのベクトル

表-1 需要予測パラメータの推定結果

説明変数	パラメータ	t値	P値	
世帯自動車保有ダミー	-0.738	-1.079	0.281	*
年齢	0.00594	1.703	0.089	*
免許証保有ダミー	0.132	0.957	0.339	
可処分時間	0.0163	0.565	0.572	
目的地までの距離	-0.0402	-1.075	0.283	*
女性ダミー	0.205	1.589	0.112	*
バス停までの距離	-0.0612	-0.536	0.592	
バス料金	-0.272	-3.757	0.000	*
バス停運行間隔	0.235	0.762	0.446	
デマンドダミー	1.148	0.981	0.327	
定数項	-1.951	-0.643	0.520	*

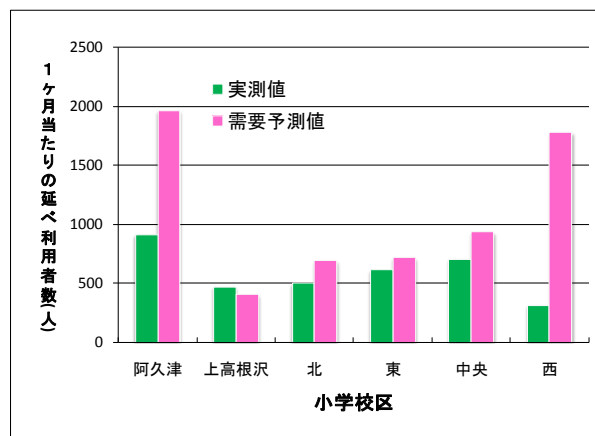


図-6 小学校区ごとの実測値と需要予測値

(3) 需要予測値の導出結果

表-1 の P 値が 0.3 以下の説明変数を用いて、WEB-ComPASS で需要予測値を導出する。その結果 1ヶ月当たりの延べ利用者数が 6,503 人となった。需要予測の結果と実測値を比較すると、需要予測値の方が約 3,000 人上回っている。これより、需要予測値が実測値の約 2 倍となっており、過大推計していることがわかった。

4. 実測値と需要予測値の乖離の検討

(1) 乖離の要因について

図-6 に小学校区別の実測値と需要予測値を示す。これを見ると、阿久津地区と西地区での誤差が他の小学校区に比べて大きい。西地区は高齢化率が低く、50 代までの居住人口が全体の 9 割を超えている。需要予測では、年齢が増加すると一定の割合で利用者数が増加するように推計されている。しかし、図-3 に示した性別・年齢別の利用者割合を見ると、デマンド交通の利用者は 70 歳から急激に増えている。このことから、西地区では 40 代や 50 代の利用者が過大推計されたと考えられる。その結果、実測値と予測値の誤差が大きくなってしまった。

また、他の地区での平均移動距離は約 4.5km であるのに対し、阿久津地区は中心市街地で平均移動距離は約 2km となっている。需要予測では、目的地までの距離が近いほど利用者数が増加するように推計されている。しかし、目的地まで近すぎるとデマンド交通を利用しないと考えられる。このことから、平均移動距離が短い阿久津地区で過大推計され、実測値と予測値の誤差が大きくなってしまったと考えられる。

次に、図-7に「たんたん号」の利用者数の推移を示す。これを見ると、平成21年10月の運行開始以来「たんたん号」の利用者が徐々に増えていることが分かる。しかし、導入直後と導入から時間が経過した後では、運行条件は変わっていない。したがって、情報が広まったことで利用者が増えたと考えられる。導入前に十分な情報の周知ができておらず、モデルが前提とする「サービス圏域の住民がデマンド交通導入、利用方法などについて周知している」という完全情報が成立していなかったと考えられる。説明会の開催や広報誌での連載などにおいて、高根沢町でも一定の情報提供を行った。しかし、それでも初めての交通機関でもあり、利用方法も含めて十分に理解できていなかったと考えられる。

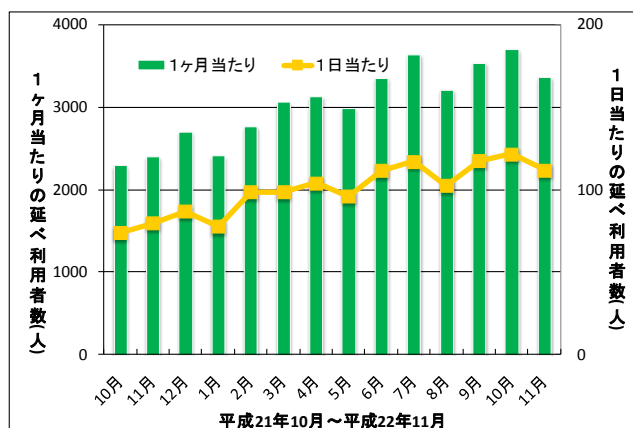


図-7 たんたん号の利用者数の推移

(2) 得られた知見

乖離の検討より、需要予測時に考慮すべき点についてまとめる。デマンド交通導入から1年後には、利用者数は約60%増加している。したがって、需要予測時には、利用者の情報が周知することによる増加を考慮し、導入

直後の利用者数は需要予測より少ないと考える必要がある。

表-2に各項目の実際の利用者数との相関係数を示す。これより、70歳以上女性人口との間に極めて高い相関があることが分かる。一方で、免許保有や自動車保有、女性人口は、需要予測の説明変数に用いられているが、相関は弱い。利用者数と70歳以上女性人口との相関が高いことから、さらに詳しく町別に見た70歳以上女性人口と利用者数の関係を図-8に示す。本研究の分析対象地域のように公共交通の選択肢が限られている地域などにおいては、利用者数の大半を占める女性高齢者数のみを説明変数とする図-8中に提示した簡易的な需要予測式を用いることも可能であると考えられる。

表-2 利用者数との相関係数

	相関係数
居住人口	0.234
免許保有者数	0.202
自動車保有者数	0.201
女性人口	0.210
70歳以上女性人口	0.993

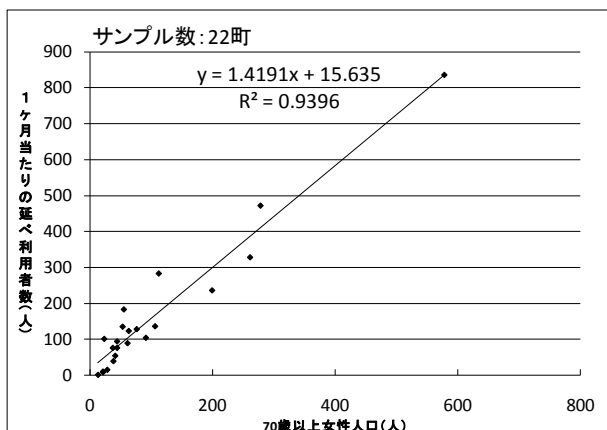


図-8 町別の70歳以上女性人口と利用者数の関係

5. おわりに

デマンド交通の利用者は、情報が周知することで増加することがわかった。したがって、導入時の利用者数は需要予測時より少ないと考え、計画を立てる必要がある。また公共交通の便が悪く、自家用車の利用に依存しているような地域では、デマンド交通の需要予測値には女性高齢者数が大きく影響することがわかった。したがって、パラメータを用いての詳細分析の前段階において、

女性高齢者数のみを説明変数とする簡易式で需要予測を行うことも可能であると考えられる。

今後の課題として、本研究で分析対象としたのは高根沢町の1自治体のみであるため、分析対象を全国の自治体にしてさらに分析を行う必要がある。また、今回は高根沢町を6つの地区に分けて分析を行ったが、地区よりさらに小さな視点で捉えることで商業施設や医療施設の立地の影響をさらに考慮できると考えられる。パラメータ推定においては、既存のアンケートを用いて推定を行ったためサンプル数が少なく、t値が高い有意である説明変数をあまり確保できなかった。今後はパラメータの推定に適したアンケートを作成し、データとして用いる必要がある。

謝辞：本研究に関するデータの収集を行うにあたり、高根沢町地域安全課の方々にご多大なるご協力をして頂きました。心より感謝致します。

参考文献

- 1) 塚田悟之, 高田邦道, 小早川悟: 「公共交通不便地域におけるタクシー交通の活用方策」, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.43-3, 2008
- 2) 森山昌幸, 藤原章正, 張峻屹, 杉恵頼寧: 「中山間地域における高齢者対応型公共交通サービスの需要予測モデルの提案」, 土木学会論文集, 786巻 4-67号, 2005
- 3) 林光伸, 湯沢昭: 「デマンドバス導入のための需要予測と運行形態の評価に関する一考察」, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.41-3, 2006
- 4) 井上佳和, 松本幸正, 松井寛: 「コミュニティバスの利用者属性に基づく利用実態と利用者意識の分析—愛知県日進市「くるりんばす」をケーススタディとして—」, 日本都市計画学会都市計画論文集, No.40-3, pp.319-324, 2005
- 5) 山口隆之, 浅野光行: 「地域特性を考慮したコミュニティバスの導入促進に関する研究」, 第34回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.985-990, 1999
- 6) とちぎ生活交通ネットワークガイドライン: 栃木県生活交通対策協議会, 2009
- 7) とちぎの公共交通: 栃木県生活交通対策協議会, 2011.3
- 8) 高根沢町公式 HP: <http://www.town.takanezawa.tochigi.jp>
- 9) WEBComPASS: <http://web-compass.jp/>
- 10) TSP: <http://www.tspintl.com/>

(?受付)

THE DIFFERENCE BETWEEN ACTUAL USER AND PREDICTED USER OF DEMAND RESPONSIVE TRANSIT

Honami TAKANO and Akinori MORIMOTO

With the continual decrease in the bus users due to the rapid motorization, a large number of bus routes have been disused in many local regions, and it reduce the mobility especially for the elderly persons. Therefore, many local government have considered the introduction of the Demand Responsive Transport (DRT). The purpose of this study is to examine the predictive method of DRT user in order to reduce the error between actual and predicted value. As the result of research, it is obvious that the DRT user would be increased by infiltration of operating information. And convenient forecasting model was proposed in case of high correlation between the population of women over age 70 and the DRT user.