

地方都市におけるバス需要予測の枠組み

北 詰 恵 一

1. はじめに

近年、我が国の地方部では、高齢化と人口減少が急激に進んでおり、交通需要全体量の低下が見られる。さらに、そのうちのほとんどは、自家用車による交通であり、公共交通を用いたものはわずかしかない。その結果、バス路線事業を中心とした公共交通事業者は、その規模を縮小せざるを得なくなっており、事業自体の衰退が進んでいる。しかし、そのわずかな公共交通の実態は、過疎化の進む地方都市における高齢者やその他の交通弱者による交通で占められており、それを頼りに生活している人のかげがえのない「生活の足」である。これを守るため、地方自治体は、多額の補助金を公共交通事業に投じ、それによってその運営をкаろうじて成り立たせている。

バス路線事業に限ってみても、国、都道府県、市町村によって補助される枠組みで支えられてきたが、国や都道府県の補助のあり方が変化しており、端的に言えば補助額は削減されてきている。しかしながら、補助必要額が減少したわけではないので、そのしわ寄せは、最も市民に近い市町村にきているといえよう。さらに、これまで民間バス事業者が運営していた路線でさえ、運営をあきらめるものが出てきており、その路線を支えるためには、さらなる補助金が求められる可能性も高くなってきた。ただでさえ財政状態の悪化している市町村にとって、この多額の補助金を出し続けることは容易ではない。このことは、従来の枠組みや方法では、「市民の足」としての最低限の行政サービスさえ維持出来ない状態になってきていることを示している。新しい公共交通サービスの提供方法を、緊急に導入する必要がある。

全国的には、路線再編や運行形態の改善といった多様な公共交通サービス提

供方法の実施例が数多く見られるようになった。ただし、それらの方法の効果は地域事情によって大きく異なるにもかかわらず、それが未知数のまま導入の可否を判断しなければならず、さらに、必ずしもバス事業に詳しくない住民を巻き込んで行政と共に判断する必要があることから、その「判断材料」の一つとして、各地域における実施効果の事前予測法が必要とされてきている。

従来からよく用いられる交通需要予測方法は、四段階推計法と呼ばれるもので、発生・集中、分布、機関分担、配分という4つの段階を順に経ながら予測していくものである。例えば、その中で機関分担等に主に用いられるのは、非集計型の交通機関選択モデルであり、離散選択の考え方をういたロジットモデル等がよく見られる。このようなモデルは、選択確率が極端に低い推計値に重点を置いて考える場合の需要予測に使用するには限界があり、地方都市における公共交通需要予測のような細かな需要には対応できていないという現状がある。このような細かな需要に対応するには、選択している対象（区分）を明確にし、かつ、画一的なモデル構造である必要は無いことを念頭においてモデルを構築する必要があると考えられる。今後は、公共交通が最終交通手段であることを考慮し、交通生成および公共交通利用可能性に重点をおき、かつ、細かな地方都市における公共交通需要の特徴をも考慮した需要予測法の開発が必要となっている。

以上のような背景を受け、地方部における路線バス事業問題をターゲットとし、その地域特性や需要特性を踏まえ、また、現在、実例が積みあがりつつあるコミュニティバスやデマンドバスなどのさまざまな運行形態のあり方なども考慮しながら、どのような考え方で需要予測を進めるべきかについて、検討を加えることを本稿の目的とする。

2. 既存需要予測モデルの問題点

先述のように、一般に用いられる需要予測モデルは、地方部のバス路線の需要予測を行う上では、問題を有している。これらの問題を、従来よく用いられ、

現在でもその枠組みについてはよく踏襲される四段階推計法の手順に従って、考えていきたい。

発生・集中とは、どれくらいの量の交通が各ゾーンから出発するか、あるいは各ゾーンに到着するかを予測する段階である。利用目的別や属性別に行われることもあるが、四段階推計法を前提とするのであれば、その交通がどこへ行くか（どこから来るのか）、どの交通機関を用いるのか、どの経路を通るのかは問わず、一括して発生・集中量を求めることとなる。そのようにしないと、行き先の選択行動、交通機関間の競合状況や経路の選択行動を表現できないからである。地方バス路線の需要の特徴として、行きの交通の発需要は、それぞれの居住ベースの人口規模（特に、高齢者や中高生の人口数）に応じて発生するであろうが、着需要は、鉄道駅、病院、各学校、スーパーマーケットなどの非常に限定された目的地に向けて行われることが多い。鉄道駅の場合は、その先の本来の目的地と他の目的地の選択になるが、目的地そのものは、同様に病院や学校やスーパーマーケットである。例えば、病院は、地方において選択の余地があることが少ない。また、病院間の選択をしているというよりも、医療機関の事情やそこからの指定である場合も多くあろう。数学モデルで表現することに馴染むような病院間選択行動はむしろ少ない。そうであれば、他の交通機関や経路を含めて一括して予測することで、かえって精度を落とす危険性が高く、行き先の病院を限定し、バス需要者に限定して、個別に詳細予測した方が実態に即したものであるであろう。通学は、公立学校であれば、学区制等の制度によって異なるものの、ほとんどの需要は行き先が決定づけられている。行き先選択の余地が極端に少なく、むしろ、学校側を拠点としてどの圏域内のどのゾーンから生徒・学生が来るかを予測することになる。スーパーマーケットが、唯一、行き先選択らしきものをするようになるが、その実態は、実質的な選択肢がひとつだったり、通院の行き帰りに立ち寄ったりするもので、旧来の方法での行き先選択モデルでは馴染まないものが多い。別途検討されているような、商業戦略からのマーケティングによる商圈分析やチェーントリップに着目した手法が求められる。また、「バス路線があるからそこに買い物に行く」

という場合も多く見られる。四段階推定法の大きな欠点のひとつであるが、発生・集中、分布、分担、配分の順とは異なる選択要因の順番が顕著に起こりうるケースである。

分布交通の予測は、発生した交通がどのゾーンに行くか、集中する交通がどのゾーンから来るかを予測する段階である。発生・集中段階での指摘と共通する部分が多いが、分布交通として示されるトリップのゾーンペアは、後にバス需要として予測されるものに限定すると、きわめて限られたペア数しかない。他の交通機関や経路の需要と一括して分布交通量を求めると、大きな誤差をもつことになる。また、地方のバス需要は、移動抵抗に対して弾性率が低い。すなわち、どうしてもそこに行かなければならないような需要なのであって、遠いとか、運賃がかかるなどの移動抵抗が高くなっても、分布に大きな影響を与えない。一般に、分布交通はゾーン間の魅力度と経路の抵抗値を用いて配分されるが、地方バス需要予測には馴染まないであろう。ところで、一方で、バス需要者だけに限って（すなわち交通機関選択を表現することをあきらめて）分布交通需要を予測しようとする、多くのゾーン間ペアで需要ゼロのケースが発生し、これも精度を悪くする要因となることも、併せて指摘しておきたい。

交通機関選択は、ゾーン間をどの交通機関で移動するかを予測する段階である。実は、発生・集中や分布段階の上記のような問題は、非集計型の需要予測手法やマイクロな予測方法を用いることによって、ある程度回避できる。しかしながら、この交通機関選択部分は、これらの手法を用いても課題を有するといえる。すなわち、全体の交通に対してバス需要が極端に少ないケースが多いことである。全体の需要の例えば5%以下であることも多く、特に、自動車の需要と極端な差がある。仮に、バスの経営状況を改善するための需要増加策として、環境問題ともからめながら、自動車交通と競合関係を分析し、自動車からバスへの転換を考えようとしたら、これらの交通機関選択モデルを構築しなければならない。しかし、モデル推計には誤差がある。例えば、90%のシェアに対して1%ずれても微小な誤差であるが、2%のシェアに対して1%ずれると、単純計算で誤差50%である。実際には、この程度の誤差ではすまない。ひ

どいケースでは、実態としてのバス需要は観察されるのに、予測では誤差が積み上がってバスの機関選択率 0 % と推計されることも十分にある。また、実態として機関選択していない場合が多いことが指摘される。地方路線バスを利用している人の多くは、自分で運転するか家族・親族・知人に運転してもらうかにかかわらず、自動車を利用できない人が多く、その結果、最後に残されたタクシー以外の選択肢としてバスを使っている。このため、機関選択モデルを構築しても意味がない場合が多い。もしどうしても行うのであれば、本当に自動車とバスの双方の選択肢があって選択行動をしている属性の主体だけに限定してモデルを当てはめることが望ましいが、そのような属性だけをとりだすことが難しいことと、仮にできたとしても、全体の需要に集計するステップで母集団を見積もることに苦勞するであろう。また、選択行動が見られるケースでも、非常に特殊な選択である。例えば、「普段は家族に運転してもらう自動車に乗っているが今日は都合がつかなかったから」、「たまたまお酒を飲む予定、あるいは飲んだから」、「日ごろは自転車で通学しているが、今日は雨が降っているから」などである。ランダム効用理論を用いた非集計選択モデルであるロジットモデルを想定すると、そのような部分は確率項で処理される。確率項の解釈によるが、おおむねサンプル数が増えてくことで確率分布として処理する考え方になる。ところが、実態としての地方路線バスは、このような需要要因こそ丁寧に拾っていくべき需要であり、分析の主たる対象としたいものである。これを、確率的にのみ扱ったのでは、需要推計にならない。

なお、バス需要が少ないことから、この段階になると、個人が特定できるほどになる場合がある。このときは、数学モデルを構築するより、該当する人にヒアリングしたほうがよいであろう。

配分と呼ばれる段階は、バス路線の場合、路線選択とわずかなバス停選択になる。路線選択は、居住地の周辺を複数のバス路線が走っている場合の選択や直行路線と乗り換え路線の選択などが想起される。しかし、この選択行動は、ある意味では明確であろう。行き先に近いバス路線を選べるときは選び、1 時間に 1 本あるかないかという頻度では自分の行きたい時間に近い便がある方の

路線を選び、乗り換えが少ない方の路線を選ぶ、ということになる。特殊な例では、通院利用者が多いバス路線があり、バス路線改変によって病院のすぐ前のバス停を通らなくなったために需要が減少し、逆に、さらに改変して病院の玄関口までバスを誘導することで需要が回復したこともある。道筋を1本ずらすだけで、個々のバス路線の需要変化が顕著であるケースはよく見られる。実は、求められているのは、細かい街区・区画ベースでの需要分布と路線との空間関係を表現したモデルであるかもしれない。

さらに、特徴的なケースとして、バスを使わない人の中でいずれ利用する可能性のある潜在的な需要である人にとって、そもそもそこにバス路線があることを知らない場合がある。バス停があっても興味がなければ目にとまらないし、低頻度運行であればバスを見かけることもない。このような人が、住民参加の取り組みなどを通じてバス運行を知り、利用を始めることもある。

3. 地方バス路線の需要予測モデルの一提案

ここでは、前章に整理した問題点、課題をふまえて、地方バス路線の需要予測モデルの一提案を行う¹⁾。需要量の多寡や地域の特性に応じてオーダーメイドで作成されるべきで、一般的な枠組みとして提案すべきものではないと考えるが、ここでは、例えば、滋賀大学が調査、検討に協力した長浜市におけるコミュニティバスと路線バス²⁾を想定して、考えてみたい。

(1) 需要予測モデルのシナリオ

需要予測モデルを作成するにあたってのシナリオについて述べる。需要予測モデルは、平成18年度、平成20年度に長浜市において実施された公共交通利用者アンケートの結果等よりバス利用者の利用目的別需要の特徴等を整理し、それらをもとに利用目的別に作成することとする。

なお、需要予測モデル(シナリオ)は、「通勤モデル」「通学(中学校)モデル」「通学(高校)モデル」「買物モデル」「通院モデル」の5パターンについて作成する。これは、公共交通利用者アンケートの際に回答が多かった利用目

的である。

まず、バス利用者の利用目的別需要の特徴を整理する。

- ①通勤目的
- ②通学（中学校・高校）目的
- ③買物目的
- ④通院目的

①通勤目的

通勤目的の需要については、「自宅から中心駅に向かい、そこで鉄道に乗り換えて通勤する」タイプと「自宅から鉄道駅を経ず直接通勤する」タイプの両方がある。

この場合、通勤目的需要の特徴は、

- ・目的地（中心駅）は限定されている。
- ・「キス・アンド・ライド」とバス利用の併用者が多い。
- ・雨が降ると需要が増える。
- ・朝は通学目的の需要ほどではないが、定刻の需要がある。
- ・夕方も時刻にバラつきはあるものの比較的定刻の需要がある。
- ・夜遅い時間帯の便への需要が高い。

といったものがある。

これらのことより、提供する便の時間帯によっては、バス利用者増と固定的な利用が見込めると考える。

②通学（中学校・高校）目的

通学目的の需要予測モデル（シナリオ）は、中学校と高校を分けて作成するが、需要の特徴は基本的に同一であるため、一度に整理する。

通学目的需要の特徴としては、

- ・目的地が限定されている。

- ・朝の開始時刻が厳密に決まっている。

(開始時刻直前と、可能であるならばその少し前に最寄りバス停に到着する便が必要)

- ・夕方の終了時刻がいくつかに分かれるものの、ある程度決まっている。

(授業終了時とクラブ活動終了時等)

- ・雨が降ると需要が増える。

(雨天時の需要に対応するためには大型バス、もしくは臨時バスを用意しておくことが望まれる)

- ・バス会社・学校側と提携しなければいけないが、スクールバスの可能性がある。

- ・学校が駅の近くにある場合、「駅⇄学校」間のバスは想定しないで良い。

といったものがある。

これらのことより、需要に合う通学手段を提供できれば、固定的な利用が望めると考える。

③買物目的

買物目的需要の特徴としては、

- ・バス利用者の場合、路線の存在が目的地選択に影響する。

(他の店への潜在需要は存在する)

- ・需要発生時間は分散する。
- ・バス(公共交通機関)しか手段が無い人の割合が高い。
- ・通院とのチェーントリップの可能性が高い。

といったものがある。

これらのことより、通勤・通学目的に比べて需要への対応が難しいことが予想される。

④通院目的

通院目的需要の特徴としては、

- ・目的地が限定されている。
- ・利用する曜日・時刻に限定性がある。
- ・朝の定刻の需要が高い。
- ・帰りの需要は時刻が分散する。
- ・バス（公共交通機関）しか手段が無い人の割合が高い。
- ・高齢者利用の割合が高い。
- ・買物とのチェーントリップの可能性が高い。
- ・アクセス・イグレスに対する抵抗が大きい。

といったものがある。

これらのことより、病院へ行く需要の方が、病院から帰る需要に比べて対応しやすいことが予想され、また、多少不便があったとしてもバスを利用せざるを得ない人が多いことが分かる。

（２）利用目的別需要予測（シナリオ）

バス利用者の利用目的別需要の特徴等を受けて需要予測モデルを作成するにあたってのシナリオを利用目的別に作成する。シナリオを簡単に図化したものが、第1図である。

- ①通勤モデル
- ②通学（中学校）モデル
- ③通学（高校）モデル
- ④買物モデル
- ⑤通院モデル

① 通勤モデル

通勤モデルのシナリオとしては、まず実際の町丁目別（年齢別）人口より「町丁目別通勤人口」の推計を行う。そして、それを受けて「徒歩」、「自転車」、「自動車」、「公共交通機関」の機関選択を行い、「公共交通機関」利用者について時間帯別の需要を予測し、最後に「アクセス・イグレス抵抗」、「乗り換え便利

性」等を考慮した路線選択を行うことで、対象路線についての需要を予測することとする。

② 通学（中学校）モデル

通学（中学校）モデルのシナリオとしては、まず実際の町丁目別（年齢別）人口より「バス通学対象地域における通学人口」の推計を行う。そして、それを受けて時間帯別の需要を予測し、最後に「アクセス・イグレス抵抗」、「乗り換え利便性」等を考慮した路線選択を行うことで、対象路線についての需要を予測することとする。

③ 通学（高校）モデル

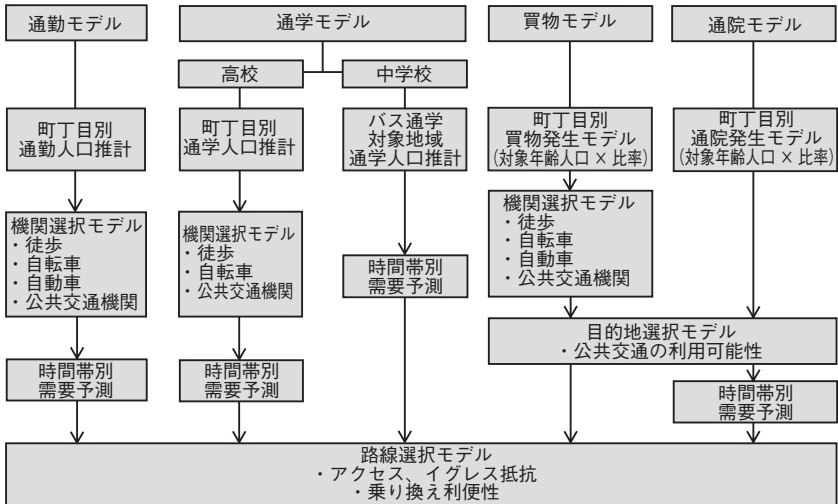
通学（高校）モデルのシナリオとしては、まず実際の町丁目別（年齢別）人口より「町丁目別通学人口」の推計を行う。そして、それを受けて「徒歩」「自転車」「公共交通機関」の機関選択を行い、「公共交通機関」利用者について時間帯別の需要を予測し、最後に「アクセス・イグレス抵抗」「乗り換え利便性」等を考慮した路線選択を行うことで、対象路線についての需要を予測することとする。

④ 買物モデル

買物モデルのシナリオとしては、まず実際の町丁目別（年齢別）人口より、発生する買物目的の需要を予測する。そして、それを受けて「徒歩」、「自転車」、「自動車」、「公共交通機関」の機関選択を行い、「公共交通機関」利用者について目的地選択を行い、最後に「アクセス・イグレス抵抗」、「乗り換え利便性」等を考慮した路線選択を行うことで、対象路線についての需要を予測することとする。

⑤ 通院モデル

通院モデルのシナリオとしては、まず実際の町丁目別（年齢別）人口より、



第1図 利用目的別需要予測モデルの構造

発生する通院目的の需要を予測する。そして、それを受けて目的地選択を行い、時間帯別の需要を予測し、最後に「アクセス・イグレス抵抗」、「乗り換え利便性」等を考慮した路線選択を行うことで、対象路線についての需要を予測することとする。

このほかにも、アンケートを通じた実態調査やその際のヒアリング等で、個別の詳細な対応を必要とするケースが見受けられる。しかし、そのすべてに対応することは、まさに、個人の需要予測をやっているほどの詳細度になる。1日の需要が限られる路線の場合は、まず、そもそも路線バスではないであろうが、コミュニティタクシーのような形態に対する需要予測であれば、個別ヒアリングによる予測が最適であるケースもある。

4. 結論

本稿では、地方部におけるバス事業の困窮状況を踏まえ、それに対するコミュニティバスやデマンドバス・タクシーなどの多様な方式³⁾による公共交通の確

保を目的とした政策に対し、その導入効果を議論する前提となる需要予測の方法を検討した。その方法は、旧来の方法の枠組みにこだわらず、現手法では馴染まない点を考慮し、地方バス路線の需要特性に応じた方法となっている。具体的には、最も特徴を分かつのに効果的な利用目的別に需要モデルを構成し、個々の目的利用の特徴に応じて、最も重要な選択構造を中心にすえたかたちでのモデル体系となっている。

なお、対象となる地方バス路線は、利用者が少ないことが問題となっているが、逆にいえば、ほぼすべての状況を把握しやすいという長所を持っているともいえる。今後、同様の研究を行う際には、対象地域における利用実態をより正確に把握するための詳細な全数のデータが有効となろう。また、より正確な需要を予測する事に主眼を置いたモデル作成をおこなう際には、「サービス水準の変化が与える影響」などにも着目したモデルを作成する必要があると考える。

参考文献

- 1) 永田知佳子：「滋賀県長浜市における路線バスの利用目的別需要予測法の検討」, 関西大学工学研究科修士論文, 2008.
- 2) 長浜市 HP:<http://www.city.nagahama.shiga.jp/>
- 3) 土木学会：バスサービスハンドブック, 2006.

A Framework of Estimating the Demand of Bus Network Systems in Local Areas

Keiichi KITAZUME

Abstracts

Almost of all local bus network systems are now facing with very severe financial situations. Municipalities subsidize companies which manage these bus services because they provide the only method of mobility to some inhabitants in the local areas. However, the structure of demand has so many varieties that the 4-step forecasting method, nor the Logit model, one of disaggregate behavioral choice models, can not give good solutions. Furthermore, some new systems of providing public transportation service, for example community bus, demand bus, and so on, are widely observed. The current paper investigates the features of demand in local areas and proposes a direction of demand forecasting. Demands in local areas are categorized 4 groups by trip purpose which are work, school, shopping and hospital. For example, in the case of forecasting demand of going hospital, the model skips the mode choice step, since almost of them are elderly people who have no method of driving or getting on a private car. In the case of going school, demand forecasting step along time pass are attached at last, since students should come to school at the fixed time and go home just after ending their classes. This careful developing demand model makes it possible that structures of demand in detail are represented.