

重力型アクセシビリティ指標を用いた交通発生強度の推計と

地域公共交通計画への適用可能性*

Estimate of Transport Demand based pm Gravity-Type Accessibility Index And Applicability for Local Public Transportation Planning*

今井 司**・吉田 樹***

By Tsukasa IMAI**・Itsuki YOSHIDA***

1. はじめに

人工減少下の我が国において、公共交通事業単体で採算性をとることは、ほぼ不可能であると考えてよい。特に地方都市においては採算性がとれない路線の撤退が相次いでいる。しかし公共交通の必要性が無くなったわけではなく「自家用車での移動が難しいいわゆる交通弱者の増加」や「低炭素化社会の構築」などの状況を鑑みれば、公共交通の役割は高まったと考えてもよい。

しかし限られた財源のなかで公共交通を維持発展させるためには、経営資源の「選択と集中」が必要となる。これを公共交通事業で言い換えれば「政策目標達成のために公共投資してでも新設・維持を図るべき路線をどのように決定するか」という点である。

これまで路線の選択と集中を判別するための指針としては「輸送実績」「採算性」を扱ってきた。これらの指標を用いて路線の必要性を判別することは、先に述べたような現在の社会状況から、適当でない。また研究においては沿線の人口や土地利用などの指標から利用可能性を推計する「ポテンシャル」¹⁾という概念によって路線を評価している。この手法は既存の路線を評価する手法としては優れているものの、新設されたバス停や土地利用を考慮することが出来ないという課題点がある。これは停留所勢力圏という考えを用いているためである。

新しい公共交通サービスをどこに設定するか、どのようなサービスレベルで提供するかを判断する指標としては「需要予測値」が用いられることが多い。しかしバス交通における需要予測手法は確立された方法があるわけ

ではなく、いくつかの課題点がある。それについては次節で述べる。

(1) 公共交通計画における需要予測手法の整理

先に述べたように、地域公共交通計画の中で特に重要となってくるものは適正な供給レベルを設定するためのa)需要予測手法とb)予測に用いるためのデータの種類である。しかし地域公共交通の需要予測(需要把握手法)については、明確なモデル式や計画手法が確立されていないのが現状である。これまでのバス需要予測は、交通計画における一般的な需要予測手法である四段階推計法やロジットモデルなどを用いてきた。バス需要予測において、これらの手法やデータを用いるのに留意しなければならない点には、以下のようなものが考えられる。

a) 需要推計手法に関する留意点

四段階推計法

四段階推計法を代表とする「集計モデル」は、ゾーンを対象とした推計を行うため、ゾーンの大きさの取り方に留意しなければ、バス需要予測に用いることが難しい。

また機関分担率を求めるために各交通機関の時間比と交通手段選択を説明する特性値によって描かれる分担率曲線を用いるが、理論が明確でない。最大の課題はゾーン間のOD表が必要となるため、サンプル数が大量に必要となる点である。

ロジットモデル

ロジットモデルは四段階推定法とは違い、個人の回答データを基にその個人そのものをモデリングする。その際の問題として例えば、アンケート調査でバスに「乗る」と答えた人は「実際に乗った人」と「実際に乗らなかった人」に分類しなければならない。この両者の間にはどのような特性(個人の変数(免許、家族構成、職業)、バスLOS、エリア特性(空間的なアクセシビリティ))があるのかを明らかにしなければ、正確な推計が行えない。またバス需要推計のためにゾーンを細分化すると、必然的にサンプル数を増やさなければならない。

*キーワード：地域公共交通計画、アクセシビリティ

**正会員、修士(観光科学)、(財)計量計画研究所
都市・地域計画研究室(東京都新宿区本村町2-9、
TEL:03-3268-9731, E-mail:timai@ibs.or.jp)

***正会員、博士(都市科学)、首都大学東京大学院都市環境科学研究科観光科学域助教(東京都八王子市南大沢2-2パオレビル10階, E-mail:itsuki-y@mue.biglobe.ne.jp)

b) データに関する留意点

需要推計の際にパーソントリップ調査のデータを用いることがある。しかしPT調査のゾーン設定は都市圏全体の交通流動を把握するものであって、都市内交通の流動を把握するのに、かならずしも適切なゾーニングでない。つまりバス交通などの比較的「足の短い」交通は内々トリップに含まれてしまう可能性がある。

個人の交通行動を把握する際にはアンケート調査が用いられることが多いが、その回答は「その時点」での回答であって、この先同じ交通手段を選択するとは限らない。また回答内容が真実である保証もない。

こういった交通行動調査を行う際には多大な費用と時間がかかるため、調査を実施できる都市に限られている。また調査を頻度高く行えないため、必然的にデータが古くなってしまう。

以上のような課題点から、バス交通需要推計にそれらを用いる場合は、ある程度のサンプル数を確保することと、データの更新頻度に留意しなければならない。つまりバス交通の需要推計をする際に四段階推計法やロジットモデルを用いても、十分な精度が担保できない可能性がある。

(2) 本研究の着眼点と目的

以上のような課題を解決しながらバス交通の需要を把握するには「比較的細かなゾーニングを行い」「どのようなデータを用いてバス需要を説明するか」「更新頻度が高い、かつ入手が容易なデータ」という三点について留意しなければならない。このときの問題の打開策として、2つの方法が考えられる。

先に挙げたような課題をクリアして、需要推計の精度を上げる。

需要推計の精度については念頭に置いた上で、入手が容易でかつ更新頻度が高いデータを用い、ある程度の精度で予測を行う。

そこで本研究では後者の考え方に則った。比較的小さな地区の需要を把握する 定量的で比較的入手が容易、かつ更新頻度が高いデータから 簡便な手法を用いて、という三点に留意しながら500mメッシュ毎の交通需要の強度を把握するために、重力モデルによって算出されるアクセシビリティ水準の差と居住人口の積で示される「交通発生強度」という指標を定義した。その交通発生強度という指標の妥当性を検証するため、実際のバス輸送人員と交通発生強度の比較を試みた。研究対象地域には、地域としての独立性が高く、かつバス交通が地域の基幹的な交通として機能している地方都市を対象として、青森県八戸市を研究対象地域とした。

2. 研究対象地域

(1) 対象地域の概要

八戸市は、太平洋沿岸の青森県の南東部に位置する、人口約 24.4 万人の青森県の中核的な都市である。地形は、比較的なだらかな台地に囲まれた平野が太平洋に向かって広がり、その平野を三分する形で馬淵川、新井田川の2本の川が流れている。

一方で、臨海部には大規模な港が整備されており、背後に工業地帯が形成され、三菱製紙などを代表とする大規模な工場が立地している。このことから第二次産業従業員数は青森県内一位となっている（平成17年度国勢調査ベース）。

(2) 交通の概要

市内の公共交通網について、鉄道は東北新幹線の終着駅である八戸市を中心にJR東北本線・JR八戸線・青い森鉄道)の路線がある。今回研究対象となる路線バスは3事業者が運行しており、八戸市交通部・南部バス・十和田観光電鉄の3社である。

八戸市を研究対象地域として取り上げた理由として、地域としての独立性の高さが挙げられる。平成 17 年度国勢調査より、八戸市内に常住する者の通勤・通学先を見ると、どちらにおいても 9 割強の住民が、八戸市内に通勤・通学していることがわかる。

そのような背景から本研究の対象地域として挙げる八戸市は先に述べたように地域としての独立性が高い上に、バス交通の役割が駅と居住地を結ぶ末端交通ではなく、代表交通手段としての役割が高いことがわかる。

需要が発生する点(地域)を的確に把握し、それをどのようにネットワークとして結ぶかが重要となる。

3. 交通発生強度の定義

(1) 交通発生強度の定義

公共交通のターゲットとなるユーザーは、第一義には生活を行う上で必須の活動を達成するために、徒歩では満たすことのできない地域の住民である。つまりは買い物や通院目的を達成するために、バイク・自家用車ならびにバスなどの公共交通を利用している住民ということになる。こういった住民が、どの地域にどの程度居住しているのか、これを計量するためにこれまではアンケート調査を行うことが一般的であった。しかしどのような地域条件の際に、徒歩では活動を達成できないかを示すためには、主観的なデータに加えて客観的なデータに基づく分析が必要であると考えられる。

そこで本研究では、比較的入手が容易な定量的データ(人口統計や土地利用に関するデータ)から重力モデルにより算出されるアクセシビリティ(近接性)指標を用

いた「交通発生強度」という指標を定義し、地域住民が目的を達成するために自家用車やバスなどによって「移動」する必要性が高いと考えられる地域を推定する。この指標はアンケート調査や需要推計のように「地区の住民で公共交通を使う人は %」「地区では年間 トリップが発生する」といった類のものではなく、地域交通計画を策定する際に「バスを含めた自動車による交通需要が発生しうる点はどこか」を地図上に可視化することが目的である。

「交通発生強度」の指標とは「目的を達成するために、交通機関（自家用車を含む）による移動が必要な地域を、アクセシビリティ水準の差と評価対象地区の居住人口の積で表すもの」とし、式(1)に示した。

$$GI = P_i(AC_{max} - AC_i) \quad (1)$$

GI:交通発生強度, P_i :評価対象地区*i*の居住人口, AC_{max} :評価対象地域のアクセシビリティ最大値, AC_i :評価対象地区の総合アクセシビリティ

(2) 交通発生強度の算出手順

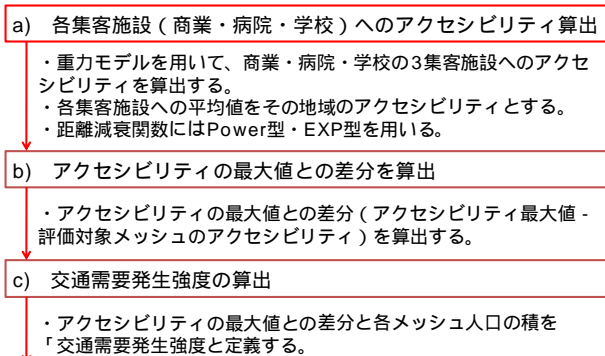


図1 交通発生強度の算出手順

a) アクセシビリティの算出

本研究では加知ら²⁾の研究を参考に、魅力度を基準化することで、アクセシビリティを0から1で示すことができる基準化アクセシビリティ指標を定式化する。評価対象地区*i*における*k*集客施設へのアクセシビリティは、式(2)または式(3)のように表すことができる。

$$AC_{ik} = \sum_j \left\{ \sum_k \frac{M_{jk}}{\sum_j M_{jk}} \exp(-D_{ij}) \right\} \quad (2)$$

$$AC_{ik} = \sum_j \left\{ \sum_k \frac{M_{jk}}{\sum_j M_{jk}} D_{ij}^{-\beta} \right\} \quad (3)$$

$$AC_i = \frac{\sum_k AC_{ik}}{k} \quad (4)$$

i :評価対象地区（評価対象メッシュ）、 j :評価対象地区の近隣地区（ $j=1 \sim J$ ）、 k :評価対象集客施設（ $k=1 \sim K$ ）、 M :集客施設の魅力度、 J :地区数、 K :評価対象集客施設、 D_{ij} : i から*j*の距離、 β :距離抵抗パラメータ

式(2)と式(3)の違いについては、距離減衰関数の違いである。式(2)ではEXP型関数（指数関数）によって魅力度の減衰を表現し、式(3)ではPower型関数によって減衰を表現している。EXP型関数は距離に従って魅力度が比較的緩やかに減衰し、Power型関数は急激に魅力度が低下することが特徴的である。

一般的にアクセシビリティを算出する際には「一般化費用」が用いられることが多い。しかし本研究においては、道路距離のみを抵抗値として用いることとする。

このように集客施設ごとにアクセシビリティを算出し、商業・病院・学校の3施設へのアクセシビリティの平均値を評価対象地区*i*の総合アクセシビリティ AC_i とする。式(4)

具体的なアクセシビリティの算出は以下の からの作業を経て行われる。

評価対象施設の指標値データセットの用意

アクセシビリティ評価対象の施設（表1）ならびに居住地区等をGIS上に整備し、各間の距離をArcGISのNetwork Analystにより算出する。

表1 アクセシビリティ評価対象施設

移動目的	使用データ・(単位)	データの出典	データ整備年
居住(帰宅)	総人口(人)	国勢調査基本単位数別集計	2005年
通学	高校・高専・専門・短大・大学の学生数(人)	青森県教育委員会ホームページ	2008年
通院	病床数(床)	八戸市医師会ホームページ	2009年
買い物	1000㎡以上の小売店床面積(㎡)	東洋経済全国大型小売店総覧	2009年

距離抵抗パラメータ の推計

距離減衰パラメータ推計は「平成8年度八戸都市圏総合都市交通体系調査報告書」の「八戸市内Bゾーン間交通流動」から重回帰分析を用いて行った。なお具体的な算出手順は参考文献³⁾に従った。パラメータの推計結果を表2に示す。

表2 距離減衰パラメータ推計結果

	パワー関数	指数関数
距離減衰パラメータ	0.64	1.22×10^{-4}
相関係数R	0.82	0.82
t値	6.53	6.68

アクセシビリティの算出

式(2)から式(4)で定義した式を用いて、アクセシビリティを算出した。なお距離減衰関数はPower型とEXP型の両方を並列で算出し、あてはまりの良い方を採用する。

b) アクセシビリティ水準の差 算出

アクセシビリティ最大値(EXP型=0.72, Power型=0.67)とその他の評価対象500mメッシュ（652メッシュ）におけるアクセシビリティ値の差を算出する。この差が大きいほどその地域は施設への近接性が低い、つまり不便であることから自家用車を含めた交通機関を利用すると仮定している。

c) 交通需要発生強度の算出

b)で算出したアクセシビリティ水準の差とメッシュ人口について式(1)を用いて、交通需要発生強度を算出した。その結果を図2に示す。

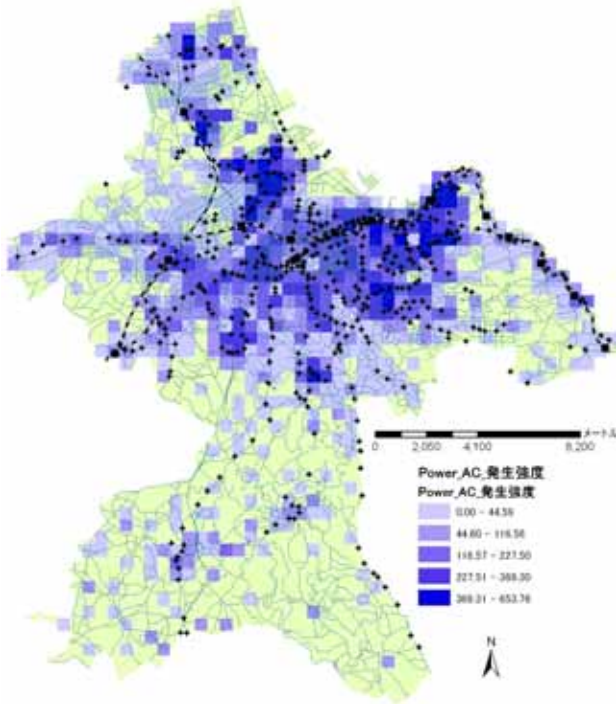


図 2 交通発生強度推計結果 (Power 型距離減衰関数)

4 . 交通発生強度の妥当性検討

以上の過程で推定した交通発生強度という指標の妥当性を検証するために、八戸市内を運行するバス150系統の「系統別年間乗降客数」と「系統別の交通発生強度」の相関関係を見た。なお系統別の交通発生強度については、系統が停車する停留所における交通発生強度をすべて足しあげ、それぞれの停留所における系統の運行頻度で交通発生強度を按分している。

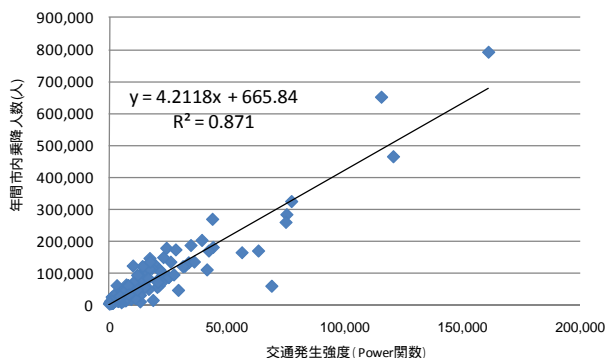


図 3 系統別の発生強度と輸送人員の散布図

EXP型関数に基づいて推定した系統別交通発生強度と系統別年間乗降客数の相関係数は ($r^2=0.70$, $r=0.84$) のようになり、Power型関数に基づいて推定した系統別交

通発生強度との相関係数は ($r^2=0.87$, $r=0.93$) のようになった。参考として系統別年間乗降客数と系統別沿線人口 (停留所半径300mの居住人口を足しあげ、運行頻度により按分を行った) の相関関係を見た結果 ($r^2=0.50$, $r=0.71$) となり、交通発生強度という指標が、バスの乗降客数の説明能力を一定程度向上させていることが確認できた。

5 . さいごに

本研究では今までの地域公共交通計画に用いられてきたPT調査や各種アンケート調査などの「行動に基づくデータ」ではなく、「人口統計や土地利用などの定量的なデータ」を用いて地域公共交通の需要を把握することを試みた。

そのためにアクセシビリティ水準の差と人口の積によって算出される「交通発生強度」という指標を定義し、その指標とバスの乗降客数との比較を行った結果、一定程度の相関関係が認められた。このことから、交通発生強度という指標は需要の強さを示す指標としての妥当性が確認できた。

しかしながら以下のような課題を残した。

パラメータ β の推計方法

アクセシビリティの算出過程において、距離抵抗を示すパラメータ β を推計する際に八戸都市圏の総合都市交通体系調査データを用いた。目的であった定量的なデータのみで推計を行うことはできなかった。また調査データの年次が古く、現在の交通状況を反映しているとは考えにくい。

距離抵抗は交通機関によって異なると考えられるので、公共交通と自家用車を一つの距離抵抗パラメータでアクセシビリティを計測することに課題が残る。

アクセシビリティ指標と交通行動の関係性

「アクセシビリティ指標が実際の交通行動と関係がある」という仮説に基づいて、交通発生強度を推計しているが、理論的背景に乏しい。今後はアクセシビリティと実際の交通行動の差異について、実証的な研究が求められる。

参考文献

- 1) 竹内伝史, 山田寿史: 都市バスにおける公共補助の論理とその判定. 指標としてのポテンシャル, 土木学会論文集第425号/-14, pp. 183-192, 1991. 2
- 2) 加知範康, 岑貴志, 加藤博和, 大島茂, 林良嗣: ポテンシャル型アクセシビリティに基づく交通利便性評価指標群とその地方都市への適用, 土木計画学研究・論文集, Vol.23 No.3, pp.675-686, 2006.9.
- 3) 石川義孝: 空間的相互作用モデル, 地人書房, 1988