

公共交通需要の発生強度の計測と需要の顕在化率に関する定量的評価*

Actual Travel Demand Forecasting for Local Transport Service*

吉田 樹**

By Itsuki YOSHIDA**

1. はじめに

地域公共交通活性化・再生法の施行に伴い、全国の市町村で総合連携計画の策定が進められ、乗合公共交通の再編に着手する事例も少なくない。しかし、再編作業を進めるうえで必要となる計画技術の開発は未だ十分であるとは言い難い。

公共交通需要の評価に関する既往研究は、①新規の交通サービスに関する評価と、②既存の交通サービスに関する評価とに分けられる。①に関する近年の研究は、新規に整備された交通サービスの導入前後における「変化」に着目した分析を行なっている。具体的には、利用者や沿線住民を主たる対象にしたアンケート調査を実施し、こうした「変化」がどの程度見られたかを事後評価したり、あるいは、これから導入可能性のある交通機関について、導入後の「変化」の大きさを事前評価したりする研究が多い^{1)~4)}。そのため、個人属性に着眼したアプローチを採ることが多く、公共交通需要の高まる地域条件（空間特性）を事前評価した事例はさほど多くはない。一方で、②に関する研究には、バス路線のネットワークに着目し、個々の路線（系統）の集客可能性を評価した事例がある。例えば、竹内ほか⁵⁾が提案したいわゆるポテンシャル理論は、市内の路線バスを路線（系統）ごとに集客性の観点から評価することで、採算性に乏しい路線（系統）であっても行政による欠損補助により維持すべき部分を抽出するものである。このアプローチを援用すれば、公共交通需要の高まる地域条件（空間特性）を示すことは可能になる。しかし、既存路線の集客成果に関するデータを用いて分析するため、新規の交通サービスに関する評価には適用しにくいという課題がある。

そこで、本研究は、以上の問題意識を踏まえ、新規に運行する地域公共交通のサービス水準を設定する指針が得られる評価手法について考察することを目的とする。

具体的には、乗合公共交通の中核的なモードである路線バスを対象に、以下の点を明らかにする。

第一に、市域における人口分布のほか、生活関連施設の立地を考慮した空間的なアクセシビリティを計測し、その水準が公共交通需要の発生強度に与える影響を定量的に示す。第二に、公共交通需要の発生強度に対する需要の顕在化率について、公共交通サービス水準の違いに着目して分析する。

2. 公共交通需要の発生強度とその規定要素

(1) 公共交通需要の発生強度に関する定式化

路線バスを中心とした地域公共交通の集客性や経営に関する評価について、竹内ほか⁵⁾は、路線の「素質」とも言うべき潜在集客能力（ポテンシャル）の概念を提案し、路線（系統）沿線に旅客となりうる交通需要またはそれを発生させる施設等の存在に着目した集客性評価を行なっている。また、筆者ほか⁶⁾は、任意の一路線（系統）に見込まれる集客について、停留所勢力圏内の人口にバスの利用発生強度（自宅を起点としたトリップ数とバスの交通手段分担率との積）を乗じたものに、勢力圏内の各種施設から発生するバス需要を加えることで推計可能であることを、東京都多摩市民を対象にした移動実態調査データをもとに示した（図1）。

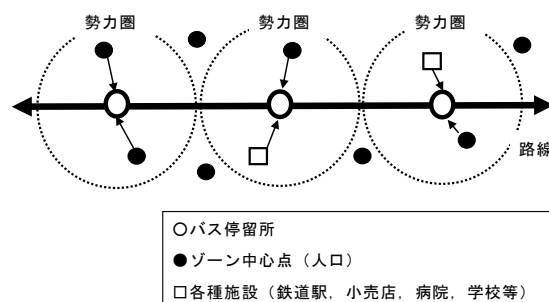


図1 路線に見込まれる集客数推計イメージ⁶⁾

本論文では、以上の既往研究を踏まえ、任意の一路線（系統）における公共交通需要の発生強度 U を(1)式に示した通り定義する。最初に停留所勢力圏を設定し、勢力圏内の人口 q に対し、移動量（トリップ数）を示す

* キーワーズ：公共交通計画

**正員，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，TEL：042-670-4319，E-mail:itsuki-y@mue.biglobe.ne.jp）

生成原単位 t 、公共交通分担率に相当する需要性向 a をそれぞれ乗ずる。次に、公共交通が提供するサービス水準の違いによる需要の顕在化を考慮するため、パラメータ γ を含む指数関数を引き続き乗ずることで、公共交通需要の発生強度 U を求めることができると考えた。

$$U \equiv \sum_i [a_i t_i q_i] \times e^{\gamma \cdot f_i} \quad \dots(1)$$

- i : 停留所
- a_i : 停留所 i 周辺 (勢力圏内) の公共交通需要性向
- t_i : 停留所 i 周辺 (勢力圏内) の生成原単位
- q_i : 停留所 i 周辺 (勢力圏内) の人口
- f_i : 停留所 i の運行頻度
- γ : パラメータ (顕在化率)

(2) ケーススタディの概要

先に定義した公共交通需要の発生強度 U を求めるには、公共交通が提供するサービス水準の違いによる公共需要の顕在化率を示すパラメータ γ を推定する必要がある。そのためには、公共交通の実際の集客成果や地域住民の移動実態調査に関するデータを準備する必要がある。そこで、本研究ではケーススタディの対象地域として長野県須坂市を選定した。

同市は、長野市に隣接する人口 53,668 人 (平成 19 年 8 月現在) の都市であり、面積は 149.84km² である。同市のバス路線は、平成 21 年 10 月に路線再編が実施されるまでの間は、長野電鉄須坂駅を起終点として放射状に 7 路線が運行 (そのうち、2 路線が隣接市村まで運行する国県補助路線、1 路線が市運営のコミュニティバス) されていた (図 2)。

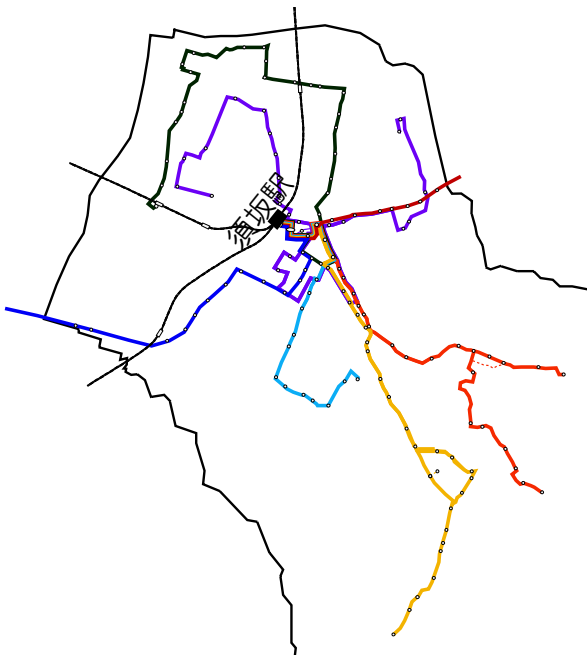


図 2 須坂市における公共交通網 (路線再編実施前)

同市における主要な生活関連施設 (病院、大規模小売店舗、高校) の多くは、須坂駅周辺に立地しており、須坂市内を運行する全ての路線バスでアクセスすることが可能である。そこで、本研究では、(1)式に示した公共交通分担率に相当する需要性向 a については、須坂駅を起点とした空間的アクセシビリティを代用することができると考えた。また、移動量 (トリップ数) を示す生成原単位 t については、停留所による差が小さく一定であると仮定すると、停留所 i における公共交通需要の発生強度 U_i は(2)式に示した通りになる。すなわち、停留所勢力圏を設定した後、勢力圏内に居住する人口 q_i を推計し、空間的アクセシビリティに係る距離減衰パラメータ β 、公共交通が提供するサービス水準の違いによる公共交通需要の顕在化率を示すパラメータ γ を推定すれば、停留所 i における公共交通需要の発生強度 U_i を求めることができる。

$$U_i \equiv t_i q_i (1 - e^{-\beta \cdot d_i}) \times e^{\gamma \cdot f_i} \quad \dots(2)$$

- i : 停留所
- t_i : 停留所 i 周辺 (勢力圏内) の生成原単位 (一定)
- q_i : 停留所 i 周辺 (勢力圏内) の人口
- f_i : 停留所 i の運行回数
- d_i : 停留所 i から須坂駅までの直線距離 (ArcGIS により計測)
- β, γ : パラメータ

一方で、須坂市では、同市の地域公共交通総合連携計画に基づき、路線の廃止や新設、運行回数の変更を含む路線バスの再編を平成 21 年 10 月に実施している。そこで、本研究では、路線再編以前の各停留所における集客成果を用いて、二種類のパラメータ (β , γ) を推定した後、同様の定数を用いて、再編後の停留所 i における公共交通需要の発生強度 U_i を求めることが可能であるかについても合わせて考察する。なお、国県補助路線とコミュニティバスを除いた各停留所の運行回数を再編前後で比較した結果、相関係数 $r=0.67$ となった (図 3)。

また、本研究における考察では、須坂市民を対象に実施した移動実態調査に関するデータを合わせて用いている。同調査の実施概要は、表 1 に示した通りである。

表 1 移動実態調査の実施概要

調査地域	須坂市全域 (住民基本台帳に基づく無作為抽出で配布・15 歳以上の市民が抽出対象。)
調査期間	2007 年 8 月 30 日~9 月 20 日
調査方法	郵送配布・郵送回収によるアンケート方式
調査内容	個人属性、目的別外出の状況、路線バスの利用頻度、須坂駅周辺までの利用交通手段など
配布回収状況	配布: 4,000 票 回収: 1,887 票 (回収率 47.2%)

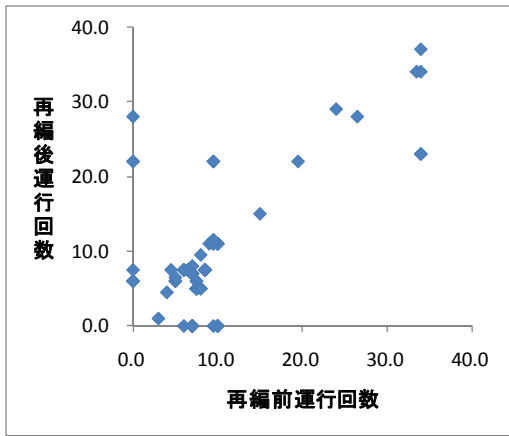


図3 再編前後の路線バス運行回数比較

3. パラメータの推定

(1) 停留所勢力圏の設定

最初に停留所勢力圏を設定する。表2は、須坂市民を対象に実施した移動実態調査結果から集計した須坂駅周辺までの交通手段分担率を示したものである。同調査のなかで記入された住所(町丁目・字名)をもとに、中心座標を設定して(yahoo 地図を使用)、ArcGISを介して回答者個々の居住地を推定した。そのうえで、路線再編前の路線バス停留所(国県補助路線、市運営のコミュニティバスを除く)から300m圏内の居住している回答者と、それ以外の回答者に分けて、須坂駅周辺まで最もよく利用する交通手段を整理した。

その結果、停留所から300m圏内に居住する回答者では、路線バスの分担率が5%弱を占めているものの、300m圏外に居住する回答者は路線バスの分担率が1%に満たないことが分かった。このことから、本研究における停留所勢力圏は300mに設定することとした。

表2 須坂駅周辺までの交通手段分担率

交通手段	300m圏内(n=1159)	300m圏外(n=497)
電車	0.0%	4.4%
路線バス	4.7%	0.6%
自家用車	62.4%	68.2%
送迎	10.5%	7.8%
自転車	6.6%	5.2%
徒歩	8.8%	10.1%
その他	4.8%	3.6%

(2) パラメータの推定

空間的アクセシビリティに係る距離減衰パラメータ β 、公共交通が提供するサービス水準の違いによる公共需要の顕在化率を示すパラメータ γ をそれぞれ推定する。

(a) 距離減衰パラメータ β の推定

空間的アクセシビリティに係る距離減衰パラメータ β については、停留所 i における日平均乗降客数 P_i に関するデータ(再編前の連続する平日の5日間)を用意し、(3)式で求められる A_i との相関係数が最も高くなる点を

β の推定値として採用する。なお、 $0 < \beta < 1$ の範囲で探索的に求めた(図4)。その結果、 $\beta = 1.0 \times 10^{-11}$ で相関係数が最大となった($r = 0.476$; 図5)。

$$A_i = q_i (1 - e^{-\beta \cdot d_i}) \quad \dots(3)$$

i : 停留所

q_i : 停留所 i 周辺(勢力圏内)の人口

d_i : 停留所 i から須坂駅までの直線距離

β : パラメータ

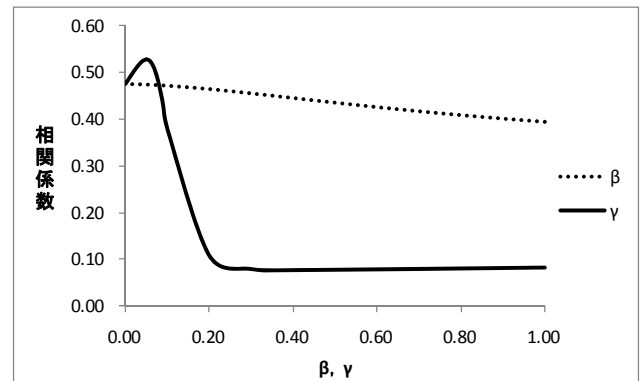


図4 パラメータの変化と相関係数

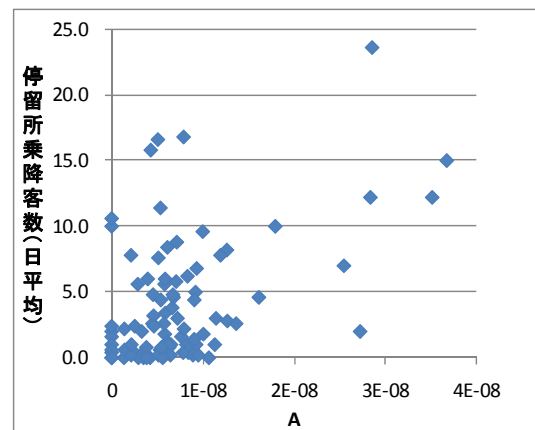


図5 A_i と停留所乗降客数の散布図(路線再編前)

(b) 顕在化率パラメータ γ の推定

公共交通が提供するサービス水準の違いによる需要の顕在化率を示すパラメータ γ については、引き続き停留所 i における日平均乗降客数 P_i に関するデータ(再編前の連続する平日の5日間)を用意したうえで、(4)式で求められる B_i との相関係数が最も高くなる点を γ の推定値として採用する。なお、 $0 < \gamma < 1$ の範囲で探索的に求めるものとする(図4)。その結果、 $\gamma = 0.05$ で相関係数が最大となった($r = 0.529$; 図6)。パラメータ β の推定時よりも相関係数が大きくなったことから、運行頻

$$B_i = A_i \times e^{\gamma \cdot f_i} \quad \dots(4)$$

i : 停留所

f_i : 停留所 i における運行回数

γ : パラメータ

度の拡大が公共交通需要の顕在化に寄与することが示された。

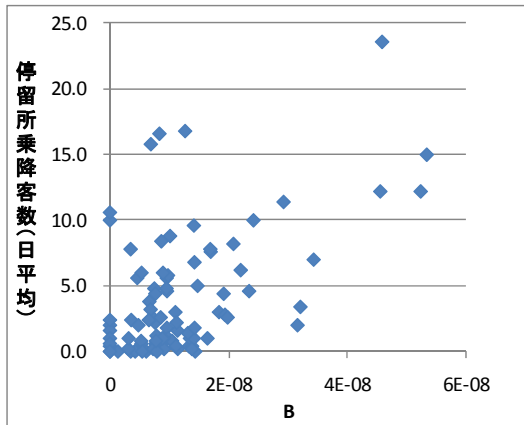


図6 B_i と停留所乗降客数の散布図

(3) 路線再編後におけるパラメータの適用性

前節で推定した距離減衰パラメータ β と顕在化率パラメータを用いて、路線再編後のケースにおける A_i 、 B_i の値を求め、同様に停留所 i における日平均乗降客数 P_i に関するデータ（再編後の連続する平日の5日間）との相関を求めた。その結果、 A_i のケースでは $r=0.497$ (図7)、 B_i のケースでは $r=0.534$ となり(図8)、いずれも同等の相関が得られた。したがって、限定された検証ではあるが、パラメータの設定や公共交通需要の発生強度 U_i について、一定の妥当性を確認できた。

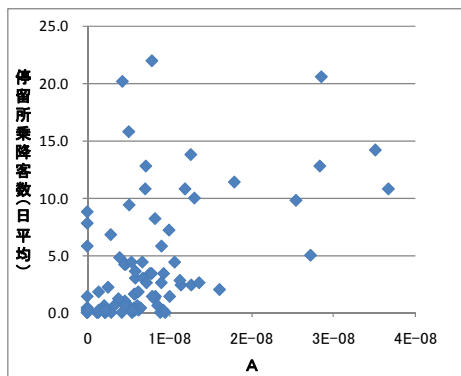


図7 A_i と停留所乗降客数の散布図(路線再編後)

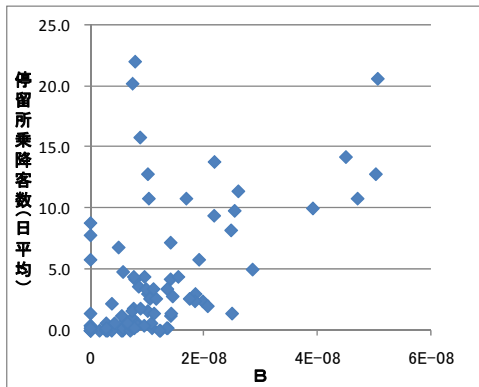


図8 B_i と停留所乗降客数の散布図(路線再編後)

4. さいごに

本研究では、乗合公共交通の中核的なモードである路線バスを対象に、人口分布や生活関連施設の立地を考慮した空間的なアクセシビリティを計測し、その水準が公共交通需要の発生強度に与える影響を定量的にした。また、空間的アクセシビリティに係る距離減衰パラメータ β 、公共交通が提供するサービス水準の違いによる公共交通需要の顕在化率を示すパラメータ γ をそれぞれ推定した。

その結果、地域公共交通における運行回数の拡大が公共交通需要の顕在化に寄与することが定量的に示されたほか、限定された検証ではあるが、パラメータの設定や公共交通需要の発生強度 U_i について、一定の妥当性が確認された。

一方で、課題も残された。例えば、図9は、先の移動実態調査における回答者の居住地と須坂駅からの直線距離を求めた上で、その階級ごとに「路線バスサービスで最も改善してほしい点」を集計したものである。その結果、生活関連施設の大半が集積している須坂駅周辺から離れた地域に居住している市民ほど、運行回数の増加のほか、運賃の低廉化を挙げた回答が多いことが分かった。運賃に関しても、運行回数と同様に公共交通需要を顕在化させる要因となり得るため、今後の検討課題としたい。

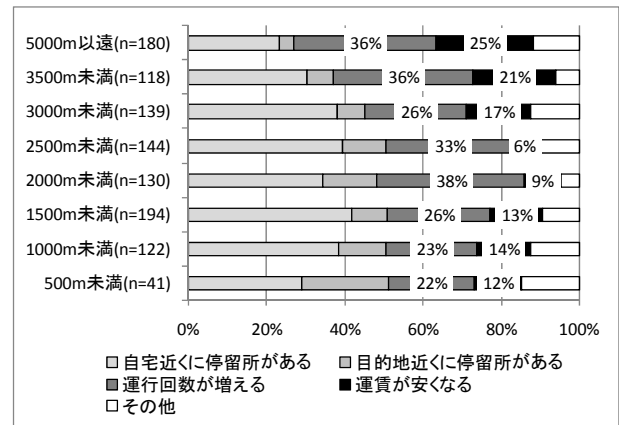


図9 路線バスサービスの改善要望

参考文献

- 1) 高山純一・塩土圭介：金沢市における通勤快速バスの事前・事後分析に関する研究，第31回日本都市計画学会学術研究論文集，pp. 439-444，1996。
- 2) 樋口民夫・秋山哲男：コミュニティバス計画のサービス水準の評価に関する研究，第35回日本都市計画学会学術研究論文集，pp. 517-522，2000。
- 3) 磯部友彦：コミュニティバス事業に対する利用者評価—日進市の公共施設巡回バスを事例に—，第35回日本都市計画学会学術研究論文集，pp. 523-528，2000。
- 4) 岸邦宏・高野神栄・佐藤馨一：地方都市における循環バスの利用特性と運賃評価に関する研究，第35回日本都市計画学会学術研究論文集，pp. 529-534，2000。
- 5) 竹内伝史，山田寿史：路線ポテンシャルを用いたバス路線の集客および経営状況の評価，土木計画学研究・講演集No. 9，pp. 273-280，1986。
- 6) 吉田 樹，秋山哲男：外出抑圧の都市部路線バスの計画標準と外出抑圧の緩和に関する研究，第39回日本都市計画学会学術研究論文発表会，CD-ROM，2004。