

# 地域公共交通の標準的な潜在的利用者数の導出に関する考察

## Estimating Potential Ridership Standard of Local Transport Service

谷本圭志\*\*・吉田絵梨子\*\*

By Keishi TANIMOTO\*\*, Eriko YOSHIDA\*\*

### 1. はじめに

地方や過疎地域における地域公共交通サービスは、人々の生活を保障することを目的として供給されること場面が一般となっている。この目的に基づいて公共交通計画を策定する場合においては、サービスの持続可能性を確認するために利用者数がどれだけ期待できるかに加え、どのようなサービス水準をそれぞれの地区に供給するか、どのような交通手段（DRT や個別輸送など）での供給が適切かの検討のために、潜在的な利用者数を把握することが必要となる。

昨今においては多くの場合、計画の策定主体は市町村などの地方自治体の担当者であることから、利用者数を把握するための手法は彼らにとって十分に実用的である必要がある。このため、供給対象地域の人口データや誰もが入手可能な既存の統計調査に基づき、簡易な四則演算で導出できることが望ましい。

そこで、本研究では、定時定路線型の地域公共交通サービスを対象とし、路線のサービス圏内人口に原単位を乗じることで潜在的な利用者数を算出する手法を検討する。また、いくつかの自治体を対象にその手法を適用し、それぞれの自治体で個別に原単位を導出するのではなく、標準的な原単位が導出しうるかについて検討する。

### 2. 本研究の基本的な考え方

#### 2.1 既往の研究

簡易に潜在的な利用者数を算定するための手法を求めた研究としては、杉尾ら<sup>1),2)</sup>がある。この研究で

は、利用者数を求めるための式を回帰式で示しており、利用者数を簡易に求めることができる。しかし、この式がどの地域にも該当するかは不明であり、一般性、汎用性の観点では問題がある。藤井<sup>3)</sup>は、住民へのアンケート調査によってサービスの利用意向を尋ね、その意向の強さおよび普段の交通行動の習慣別の原単位を導出し、これをそれぞれの該当者数に乗じることで潜在的な利用者数を求めるアプローチを提案している。しかしこれによると、潜在的な利用者数の導出には計画を策定する場合に利用意向を尋ねるアンケート調査を必ず行わなければならない、計画主体の労力的および金銭的負担を伴いうる。

#### 2.2 本研究のアプローチ

本研究では、路線のサービス圏内人口に原単位を乗じることで潜在的な利用者数を算出する手法を検討する。この手法では、当該路線のサービス圏内の人口を求めることができれば、そこに原単位を乗じるだけで潜在的な利用者数を求めることができる。サービス圏内の人口は国勢調査の人口データにより把握することができるため、実用性は高い。以下に、原単位を求める上での基本的な考え方を示す。

- ・活動別に原単位を求める。
- ・活動としては、通勤、通学（高校生以上）、通院、買い物を対象とする。
- ・乗降実態調査によって明らかにされた顕在的な利用者数から、潜在的な利用者数の原単位を求める。その際、顕在的な利用者数は、潜在的な利用者数から便数による減衰が生じる、すなわち、便数が少ないと顕在化しないというモデルを構築して算出する。
- ・当該路線のバス停ごとの顕在的な利用者数およびそのバス停の便数をデータとして用いる。
- ・複数の行き先や経由地があるバス路線が停車するバス停は検討の対象から除外する。
- ・いくつかの自治体別に原単位を算出し、それらの値を比較することにより一般のおよび標準的な値を求める。

\*キーワード：公共交通計画，計画手法論

\*\*正員，博（工），鳥取大学院工学研究科社会基盤専攻

（鳥取市湖山町南4丁目101番地，TEL0857-31-5310，FAX 0857-31-0882）

\*\*\*学生員，鳥取大学院工学研究科社会基盤専攻

（鳥取市湖山町南4丁目101番地，TEL0857-31-5333，FAX0857-31-0882）

### 3. 推計モデル

#### 3.1 バス停の乗降客数

検討の対象とするバス停としては、バス停圏内の人々のみが利用するバス停を対象とする。すなわち、活動の目的地（学校や商店、病院、駅など）といった不特定の人々が利用するバス停は検討の対象外である。また、当該のバス停を運行する路線が複数あるバス停のうち、そのバス停の活動の目的地と想定されるバス停方向に関してどの路線も同一の経路にて運行している場合は検討の対象外であるが、活動の目的地と想定されるバス停がそもそも一つの活動について複数であったり、複数想定できなくても目的地まで複数の経路が利用可能である場合については検討の対象外とする。

任意の活動  $k$  のバス停  $i$  の圏内での年齢階級  $z$ （15～19歳、20代、…、60代、70代以上の7階級）の1日当たりの実施者数  $x_{ki}(z)$  は次式で表される。

$$x_{ki}(z) = a_k(z) p_i(z) \quad (1)$$

ここに、 $p_i(z)$  はバス停  $i$  の圏内人口のうち年齢階級  $z$  に属する人口、 $a_k(z)$  は年齢階級  $z$  において1日当たり活動  $k$  を実施する人々の割合である。活動  $k$ 、年齢階級  $z$  に関してバスを乗降する人の割合を  $\lambda_k(z)$  で表すと、バス停  $i$  における1日当たりのバス乗降客数  $y_i$  は次式で表される。

$$y_i = \sum_k \sum_z \lambda_k(z) x_{ki}(z) \quad (2)$$

#### 3.2 当該路線に関するバス停の乗降客数

バス停を利用する人々にとってすべての活動の目的地と想定される方面に向かう路線が複数あり、それらのうち目的地方面へ同一の経路にて運行している路線については競合関係にあると言える。競合関係にある路線がバス停にいくつかある場合、そこでの乗降客数はそれらの路線に分散していると考えられる。そこで、それらの路線の便数の比で乗降客数が分散しているとす。すなわち、任意の路線  $m$  に関する1日当たりの乗降客数は次式で表される。

$$y_i^m = \frac{\pi(m) \delta_i(m)}{\sum_{m'} \pi(m') \delta_i(m')} y_i \quad (3)$$

ここに、 $\pi(m)$  は路線  $m$  の便数、 $\delta_i(m)$  は路線  $m$  がバ

ス停  $i$  の乗降客にとってすべての活動に関する目的地方面へ向かう路線であるときに1、そうでなければ0をとる変数である。

#### 3.3 ポアソンモデルによるバス停の乗降客数の推計

上に導出した1日当たりの乗降客数  $y_i^m$  は平均的な乗降客数である。また、活動の実施者数に占めるバスの乗降客数は少ないと考えられるため、路線  $m$  のバス停  $i$  において、1日当たりの乗降客数が  $b_i^m$  と観測された場合の生起確率は、乗降客数の期待値が  $y_i^m$  であるポアソンモデルとして表すことができる。すなわち、その生起確率は次式で表される。

$$g_i^m = \frac{(y_i^m)^{b_i^m} e^{-y_i^m}}{b_i^m!} (1 - e^{-\alpha \pi(m_i)^2}) \quad (4)$$

ここに、 $m_i = \sum_m m \delta_i(m)$  である。上式に  $1 - \exp[-\alpha \pi(m_i)^2]$  が乗じられているのは、潜在的な利用者数から便数による減衰を通じて利用者数が顕在化することを表現している。なお、 $\alpha (>0)$  はパラメータである。したがって、路線  $m$  の各バス停で、 $b_1^m, b_2^m, \dots$  の乗降客数を観測した場合の尤度関数は次式で表される。

$$\prod_i g_i^m \quad (5)$$

また、すべての路線に関する尤度関数は次式で表される。

$$\prod_i \prod_m g_i^m \quad (6)$$

すると、次式を満たす  $\lambda = (\lambda_1(1), \lambda_2(2), \dots, \lambda_k(z), \dots)$  が活動別、年齢階級別の原単位の最尤推定量として導出される。

$$\prod_i \prod_m g_i^m \rightarrow \max \quad (7)$$

### 4. 実証分析

兵庫県新温泉町の路線バスを対象に実証分析を行った。対象とした路線は9、バス停は112である。人口は平成17年の国勢調査、バス停の乗降客数は平成20、21年度の乗降実態調査の平均値を用いた。任意のバス停の圏内人口は、そのバス停から半径500m以内の距離に含まれる人口とした。

表1 各活動の実施率

| 年齢階級    | 買い物    | 通院     | 通勤     | 通学     |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 15-19 歳 | 0.0099 | 0.0012 | 0.0858 | 0.8554 |
| 20-24 歳 | 0.0312 | 0.0017 | 0.7509 | 0.0636 |
| 25-29 歳 | 0.0747 | 0.0024 | 0.7560 | 0.0038 |
| 30-34 歳 | 0.0867 | 0.0028 | 0.7199 | 0.0012 |
| 35-39 歳 | 0.1091 | 0.0030 | 0.7239 | 0.0000 |
| 40-44 歳 | 0.0779 | 0.0034 | 0.8018 | 0.0011 |
| 45-49 歳 | 0.0995 | 0.0046 | 0.7681 | 0.0000 |
| 50-54 歳 | 0.1141 | 0.0062 | 0.7334 | 0.0008 |
| 55-59 歳 | 0.1597 | 0.0086 | 0.6328 | 0.0000 |
| 60-64 歳 | 0.2542 | 0.0110 | 0.4156 | 0.0000 |
| 65-69 歳 | 0.3730 | 0.0142 | 0.2388 | 0.0000 |
| 70-74 歳 | 0.4288 | 0.0200 | 0.1234 | 0.0016 |
| 75 歳-   | 0.3164 | 0.0294 | 0.0324 | 0.0000 |

※買い物の実施率は、修正済の実施率

表2 推計結果

| 年齢階級     | 買い物, 通院 | 通勤, 通学 |
|----------|---------|--------|
| 15-19 歳  | 0.000   | 0.000  |
| 20-59 歳  | 0.000   | 0.000  |
| 60-69 歳  | 0.053   | 0.000  |
| 70 歳以上   | 0.362   | 1.000  |
| $\alpha$ | 0.054   |        |

表3 再現結果 (単位: 人/日)

| 路線   | 実際の乗降者数 | 推計値  |
|------|---------|------|
| A    | 8       | 14.2 |
| B    | 30      | 16.9 |
| C    | 23      | 17.3 |
| D    | 22      | 13.8 |
| E    | 16      | 29.0 |
| F    | 55      | 84.8 |
| G    | 21      | 53.2 |
| H    | 36      | 24.5 |
| I    | 100     | 55.7 |
| 相関係数 | 0.601   |      |

※「実際の乗降者数」とは、推計の対象としたバス停の乗降者数の合計値のことを表している。

活動については買い物、通院、通学、通勤の4つの活動とした。ただし、通学は高校生以上の通学を対象とした。人口に直接原単位を乗じることを想定するのではなく、まずは人口に各活動の1日当たりの実施率

を乗じ、活動実施人数を導出した上で、その人数に原単位を乗じることで公共交通の潜在的な利用者数を求めというアプローチをとった。これにより、精度の向上が期待できる。通勤、通学の1日当たりの実施率は国勢調査、買い物のそれは社会生活基本調査、通院は患者調査の結果を用いた。

ただし、通勤もしくは通学している人々は自宅にもどる帰路に買い物に寄る可能性が高いため、「買い物の実施率」は通勤や通学のついでに買い物を実施している人々を除いた人々に関する実施率と再定義した。すなわち、修正された買い物の実施率 = 通勤もしくは通学の非実施率×買い物の実施率とし、修正された買い物の実施率を用いることとした。この修正を施さないと、公共交通を利用して通勤、通学している人が、それらの往復とは別に買い物でももう1往復していることになり、正確な原単位が導出できない。各活動の実施率を表1に示す。

原単位の推計結果を表2に表す。70歳以上の通勤、通学が1.000となっているが、この数値には疑問があるものの、そもそも70歳以上で通勤、通学している人数はわずかである。

## 5. おわりに

本稿では、一つの自治体の推計結果のみを示したが、他の自治体の推計結果は講演時に譲る。また、各活動の実施時間帯は必ずしも時間軸上に均質に分布しているわけではないため、その情報を加味して推計するアプローチの開発もあわせて進めていきたい。

## 謝辞

本研究は、鳥取大学持続的過疎社会形成研究プロジェクトの助成を受けた研究成果の一部である。

## 【参考文献】

- 1) 杉尾恵太, 磯部友彦, 竹内伝史: 企業性と公共性を考慮したバス路線別経営改善方針の提案, 土木計画学研究・論文集, Vol.16, pp.785-792, 1999.
- 2) 杉尾恵太, 磯部友彦, 竹内伝史: GISを用いたバス路線網計画支援システムの構築—潜在需要の把握による路線評価について—, 土木計画学研究・論文集, Vol.18, pp.617-626, 2001.
- 3) 藤井聡: 行動意図法 (BI法) による交通需要予測: 新規バス路線の“潜在需要”の予測事例, 土木計画学研究・論文集, Vol.20, pp.571-579, 2003.