

# 路線バスのサービス水準設定に関する一考察

公共システム研究室 藤田康宏

## 1. はじめに

過疎地域におけるバスサービスは、とりわけ自家用車を持たない住民の活動の機会を保証するための手段として今後も重要な役割を担うことが期待されている。しかし、サービスの計画に際しては、各地区に提供するサービス水準をどのように設定するかという困難な課題がある。

そのための基礎として、住民の活動ニーズを調査することが一般である。しかし、これまでに低い水準のサービス下におかれてきた住民は、困窮の苦しみを避けるために実行不可能なニーズを認識しないようにし、その水準に適応した生活を営んでいると考えられる。よって、当人の活動ニーズのみに基づくサービス水準の設定は道徳的な正当性をもつのかという問題を抱える。さらに、困窮の苦しみを緩和するために小さなサービスの向上でも大きな満足を得る性向を呈する可能性もあり、満足度を評価の基礎情報としたサービス水準の設定にも上述と同様の問題を抱える。

本研究では、バス利用者の潜在的な活動ニーズ（以下、「仮想的状況下でのニーズ」と呼ぶ）として移動の自由をもつ自家用車利用者の行動に着目し、満足度に代わって活動の機会を評価の基礎とするサービス水準の設定方法を検討する。

## 2. モデル

低いサービス水準の下で活動の十分な機会が保証されていない住民は、ニーズを認識していない可能性がある。また、バスサービスによって活動の機会が与えられても、待ち時間等（以下「調整時間」）に耐えられない可能性がある。このことは、サービスを形式的に保証しただけでは住民にとって機会が保証されたとみなされない可能性があることを示している。そこでニーズを認識していない可能性と調整時間を受忍できない可能性をモデルで表す。これにより、バスサービス水準を設定する際に、それらが住民の活動の機会に関する充実にどれだけ影響しうるかを把握す

ることが可能となる。なお、本研究ではサービス水準としてバスダイヤ（等間隔で運行するとすれば、運行間隔に対応）のみに着目する。

### 2.1 バス利用者の行動

目的地の到着時刻および目的地の出発時刻のダイヤがそれぞれ  $T_1, T_2$  であるバスのペアを「バスのペア( $T_1, T_2$ )」と呼ぶと、地区  $i$  から目的地  $j$  へバスのペア( $T_1, T_2$ )を利用して活動の機会を利用する人数  $g_{ij}(T_1, T_2)$  は次式で表される。ただし、同じ地区に居住する住民は皆同質であるとする。

$$g_{ij}(T_1, T_2) = \iint_{t_1, t_2} p_i n_{ij}(t_1, t_2) r(t_1, t_2 | T_1, T_2) \pi_{ij}(T_1, T_2 | t_1, t_2) dt_1 dt_2 \quad (1)$$

$p_i$  は地区  $i$  の潜在的なバス利用者数、 $n_{ij}(t_1, t_2)$  は仮想的状況下のニーズのうち、地区  $i$  の住民の、目的地  $j$  の到着時刻および出発時刻がそれぞれ  $t_1, t_2$  である確率（以後、 $(t_1, t_2)$  を「希望トリップ時刻」と呼ぶ）、 $r(t_1, t_2 | T_1, T_2)$  はバスのペア( $T_1, T_2$ )が与えられたもとで、希望トリップ時刻が  $(t_1, t_2)$  の住民のニーズの認識に関する残存確率、 $\pi_{ij}(T_1, T_2 | t_1, t_2)$  はニーズの認識が残存している下で地区  $i$  の住民の希望トリップ時刻が  $(t_1, t_2)$  であったとき目的地  $j$  に一日あたりにバスのペア( $T_1, T_2$ )で機会の利用確率である。 $n_{ij}(t_1, t_2)$  は自家用車利用者の行動をヒストグラムに整理して得られる。

### 2.2 ニーズの認識に関する残存確率

希望トリップ時刻と所与のバスダイヤのもとで実行可能なトリップ時刻との乖離が大きくなると、希望トリップ時刻を希望していることそのものの認識が失われる可能性がある。よって、乖離が大きくなるにつれて認識が残存する確率は減少する。本研究では、このような性質を満たす関数を次式で与える。ただし、 $w > 0$  である。

$$r(t_1, t_2 | T_1, T_2) = \exp[-w\{(t_1 - T_1)^2 + (t_2 - T_2)^2\}] \quad (2)$$

### 2.3 希望トリップ時刻のもとで外出する確率

希望トリップ時刻と所与のバスダイヤのもと

で実行可能なトリップ時刻との乖離が小さいほど機会の利用確率は高くなり、そうでなければ低くなる。認識が残存しているニーズに関して、住民の選択は、希望トリップ時刻と所与のバスダイヤのもとで実行可能なトリップ時刻との乖離を参照しつつ、機会を利用するか否か、するのであれば機会の利用に際してどのバスのペアを用いるのかである。機会を利用しなかった場合の住民のコストを  $d$ 、バスのペア  $(T_1, T_2)$  で外出する場合のそれを  $f_{ij}(T_1, T_2 | t_1, t_2)$  で表す。希望トリップ時刻が  $(t_1, t_2)$  の住民がバスのペア  $(T_1, T_2)$  での機会の利用確率  $\pi_{ij}(T_1, T_2 | t_1, t_2)$  は、以下のロジットモデルで表すことができる。

$$\pi_{ij}(T_1, T_2 | t_1, t_2) = \frac{e^{-f_{ij}(T_1, T_2 | t_1, t_2)}}{\sum_{(S_1, S_2) \in A_{ij}(t_1, t_2)} e^{-f_{ij}(S_1, S_2 | t_1, t_2)} + e^{-d_{ij}}} \quad (3)$$

本研究では  $f_{ij}$  を次式のように与える。

$$f_{ij} = b_{ij} ((T_1 - t_1)^2 + (T_2 - t_2)^2) + c_{ij} l_{ij} + \ln\{1/m_{ij}(t_1, t_2)\} \quad (4)$$

ただし、 $l_{ij}$  は地区  $i$  から目的地  $j$  までの距離、 $\ln\{1/m_{ij}(t_1, t_2)\}$  は、バスのペアを利用した場合のコストに関する相関を処理するための項である。

## 2.4 パラメーターの推計

実際に観測された目的地に時刻  $T_1$  に到着するバスの一日常たりの利用者数、目的地に時刻  $T_2$  に出発するバスのそれをそれぞれ  $u_1(T_1)$ ,  $u_2(T_2)$  で表すと、最尤推定法によってパラメーター  $b, c, d, w$  を次式で推定できる。ここに、 $\phi$  は平均 0、分散 1 の標準正規分布である。

$$\max_{i,j} \prod_{T_1=O_{ij}} \phi\left(\frac{\sum_{S_2 \in B_{ij}} g_{ij}(T_1, S_2) - u_1(T_1)}{\sigma}\right) \prod_{T_2=B_{ij}} \phi\left(\frac{\sum_{S_1 \in O_{ij}} g_{ij}(S_1, T_2) - u_2(T_2)}{\sigma}\right) \quad (5)$$

## 3. サービス水準の設定

図 1 はバスサービスによって保証される活動の機会の豊かさを例示している。具体的には、配色されている部分の面積が機会の豊かさである。ただし、住民の利用の可能性という意味での機会の実質性を考慮するため、ニーズの認識に関する残存確率、希望トリップ時刻のもとで外出する確率を面積に乗じることで豊かさを求める。また、バスサービスによって保証される機会は自家用車サービスによるそれを超えることは現実にはないことから、各地区の自家用車利用者が利用し

た機会が上限となるよう豊かさに修正を加える。その上で、この指標の上限からの乖離が各地区で均等となるバスの運行間隔を決定することで、各地区のサービス水準を設定する。

## 4. 事例分析

青森県平賀町の交通行動調査のデータを用いてサービス水準の設定を行った。その際、平賀町を 3 つの地区に分類した。パラメーターの推計結果を表 1、導出されたサービス水準を表 2 に示す。各地区の機会の豊かさは、地区に居住する人のニーズの多様性に関して増加し、さらに、その多様性は人口に概ね関連していること、および、目的地までの距離に関して減少することから、表 2 のように概ね地区の人口 / 距離に関連した運行間隔として水準を導出できることが分かった。

## 5. おわりに

過疎地域におけるバス利用者の潜在的なニーズに着目するとともに、評価の基礎を活動の機会としたバスサービスの水準設定の方法を示した。

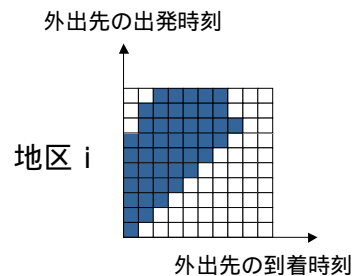


図 1 機会の豊かさ

表 1 パラメーターの推計結果

| パラメーター | 推計値   | t 値   |
|--------|-------|-------|
| $b$    | 0.13  | 1.19  |
| $c$    | -2.61 | -6.32 |
| $d$    | -6.48 | -6.40 |
| $w$    | 0.46  | 3.01  |
|        | 3.25  | 9.43  |

尤度比 : 0.50

表 2 バスの運行間隔(単位: 分)

| 基準   | 1  | 2   | 3   | 人口(人) | 距離(km) |
|------|----|-----|-----|-------|--------|
| 地区 1 | 27 | 35  | 51  | 1924  | 0.5    |
| 地区 2 | 37 | 48  | 71  | 1654  | 2.5    |
| 地区 3 | 74 | 103 | 773 | 1392  | 4.5    |

