

公共交通ダイヤが待ち時間と活動選択に与える影響に関する一考察

(株) 西友商事 正会員 ○真田健太

鳥取大学工学部 正会員 横松宗太

鳥取大学工学部 正会員 喜多秀行

1. はじめに

地方では都市と較べて公共交通の便数が少ないため、移動の際に待ち時間が発生する。本研究では個人の生活の充実感が様々な場所における活動の積み重ねによりもたらされる点に着目し、1日の活動から得られる総効用を用いて地方における公共交通のダイヤを評価する枠組みを定式化する。そして、地方の公共交通の便数と待ち時間、活動の機会費用の関係をj用いて地方における公共交通の需要構造について検討する。

2. 生活交通におけるバス利用モデル

本研究では個人の代表的休日1日の生活活動を対象とする。公共交通機関を利用して外出を行う活動を「活動」、自宅で行う活動を「在宅活動」として図1に示す循環バスモデルを考える。移動に要する時間はゼロとし、バスは瞬時に任意の目的地に到着できるとする。個人は発着点より

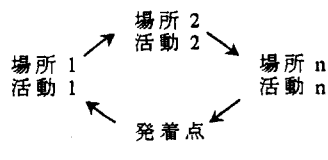


図1 循環バスモデル

1つの活動ごとに次の活動

場所へ移動し最後に発着点へ戻る。個人は1日に(活動数+1)本の便数のバスを利用する。また、バスの運賃は移動区間に関わらず一律料金とする。また、都市では毎時刻バスが周回していると仮定する。よって都市では個人は自分に適したタイミングで活動を切り替えることができる。一方、地方では便数($m+1$)本のバスが等しい時間間隔(T/m)で循環すると仮定する。個人の1日の活動から得られる総効用は、財の消費から得る効用・各活動から得る効用(活動+在宅活動)・待ち時間から得る効用により構成される。個人の効用最大化問題を以下で定式化する。

$$\text{Max}_{x, \tau_i, \ell, \ell_0} U = x + \sum_{i=1}^n u_i(\tau_i) + h\ell + h_0\ell_0 \quad (1)$$

$$\text{s.t. } x + p(n+1) = Y \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \tau_i + \ell + \ell_0 = T \quad (3)$$

U : 個人の1日の総効用, x : 財の消費

n : 活動数, τ_i : 活動 i の活動時間

h : 待ち時間の限界効用, ℓ : 待ち時間

h_0 : 在宅活動の限界効用($h_0 > h$)

ℓ_0 : 在宅活動時間, p : 移動料金

Y : 利用可能所得, T : 利用可能時間

(2),(3)式はそれぞれ所得及び時間制約を表す。各活動 i から得る効用 $u_i(\tau_i)$ を次式で表す。

$$u_i(\tau_i) = (a - i\varepsilon)\tau_i - b\tau_i^2/2 \quad (i=1 \sim n) \quad (4)$$

活動の効用関数は活動時間に関して単調増加、かつ限界効用逓減を仮定する。活動番号 i が小さいほど効用が大きい。(1)式の問題を都市と地方それぞれについて解いたものを図2に示す。都市では毎時刻バスが出発しているため待ち時間が生じない。このとき都市では全ての活動に関して活動の限界効用がある一定のポイント μ_0^* に達すると瞬時に次の活動への切り替えることが可能となる。すなわち待ち時間が生じることなく効率的な活動の切り替えができる。一方、地方では個人はバス到着時刻に合わせて活動を切り替える。このとき、各活動において切り替えポイントとなる活動の限界効用はそれぞれ異なる。活動と待ち時間から得られる効用はそれぞれ下図の面積の総和で与えられる。

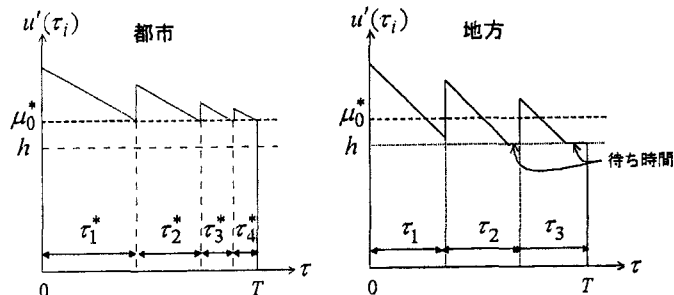


図2 活動の切り替えと効用

地方において活動 j に待ち時間が生じる条件は次式のように与えられる。

$$u_j'(\tilde{\tau}_j) = a - j\varepsilon - b\tilde{\tau}_j = h \text{ かつ } \tilde{\tau}_j < T/m \quad (5)$$

すなわち T/m 間隔でバスが循環してくるまでに活動 j の限界効用が待ち時間の限界効用 h に一致する場合である。また、(5) 式より $j > (a - h - bT/m)/\varepsilon \equiv \bar{j}$ のとき、すなわち活動番号 j が $j > \bar{j}$ となる活動で待ち時間が生じる。活動番号 j について、 $j \leq \bar{j}$ (待ち時間ゼロ) の活動から得る効用は $u_j^A(T/m)$ となる。一方、 $\bar{j} < j$ (待ち時間が生じる) の活動から得る効用は $u_j^B(\tilde{\tau}_j)$ となる。活動から得る効用を以下 u_j で表す。

次に、活動 j を行うか否かの決定について考える。在宅活動で得られる効用は活動の機会費用の一部となる。活動番号 j について、 $1 < j \leq \bar{j}$ (待ち時間ゼロ) の機会費用は $\varphi_j^A = p + h_0 T/m$ となる。一方、 $\bar{j} < j$ (待ち時間が生じる) の機会費用は $\varphi_j^B = p + h_0 T/m - h(T/m - \tilde{\tau}_j)$ となる。活動の機会費用を以下 φ_j で表す。活動から得る効用が活動の機会費用と一致するときの活動を $\bar{j}$ とする。 $j > \bar{j}$ となる活動では機会費用 φ_j が活動から得る効用 u_j を上回るので活動自体が行われなくなる。地方における $\bar{j}, j, m$ の大小関係と待ち時間、活動数、バス需要について以下の表 1 にまとめる。

表1 待ち時間と活動数、バス需要のパターン

ケース	$\bar{j}, j, m$ の大小関係	待ち時間	活動数	バス需要
①	$\bar{j} < \bar{j} < m$ のとき	活動 $j(\bar{j} < j \leq \bar{j})$ で生じる	$\bar{j}$	$(\bar{j}+1)$ 本
②	$\bar{j} < m < \bar{j}$ のとき	活動 $j(\bar{j} < j \leq m)$ で生じる	m	$(m+1)$ 本
③	$m < \bar{j} < \bar{j}$ のとき	なし	m	$(m+1)$ 本
④	$\bar{j} < \bar{j} < m$ のとき	なし	$\bar{j}$	$(\bar{j}+1)$ 本
⑤	$\bar{j} < m < \bar{j}$ のとき	なし	$\bar{j}$	$(\bar{j}+1)$ 本
⑥	$m < \bar{j} < \bar{j}$ のとき	なし	m	$(m+1)$ 本

3. 数値計算事例

パラメータの値をそれぞれ $a=20, b=1, h=0.1, h_0=0.5, p=2, T=20, Y=20, \varepsilon=1$ と与え、地方での m (便数-1) の変化に対する活動数とバス需要、社会厚生をそれぞれ図 3, 図 4 に示す。本パラメータ設定の下では、 m が小さい領域で表 1 のケース③が成立し、 m が個人の 1 日の活動数となる。このときバス需要は $(m+1)$ 本となる。また、地方における m の増加に伴う 1 日の総効用の変化を図 4 に示す。便数が増加するに従って待ち時間が減少するので、効率的な活動が可能となり都市の交通形態に近づく。このとき地方の個人の効用は大きくなる。

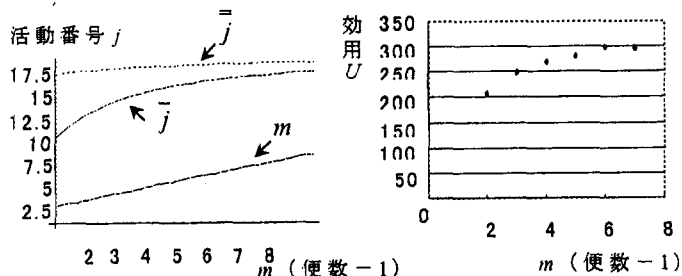


図3 便数と活動数の関係

図4 1日の総効用

本設定では、地方の公共交通の便数の増加に伴い活動数も増加する。便数の増加が待ち時間を減少させ、これが活動の機会費用の減少をもたらすことにより、活動数とバス需要の増加につながる。逆に便数の少なさが公共交通需要の減少をもたらす。すなわち地方における公共交通に対する需要は、価格のみならず便数にも依存していることがわかった。一方、計算の結果、地方に無数にバスがなくとも、都市での効用に近い効用を達成できることがわかった。

4. おわりに

本研究では地方における個人の公共交通需要が、価格のみならず便数にも依存していることが示された。一方、地方に無数にバスがなくとも都市での効用に近い効用を達成できることが判明した。今後は、バス企業の行動も考慮して市場均衡を導出し、社会的余剰によって公共交通の利便性・経済価値を検討することが課題である。