

個人の活用可能な資源に着目した公共交通サービスの評価手法

公共システム研究室 梅本貴弘

1. はじめに

自治体が公共交通を計画するに当たっては、公共交通サービスを供給する必要性や現行のサービスを改善する必要性を客観的に評価し、どのような地域にどれだけのサービスを供給すべきかを明らかにすることが求められる。

公共交通サービスは人々の外出を支援する一つの手段であり、公的に供給する資源（以後、「外的資源」と呼ぶ）である公共交通サービスの必要性は、個人の身体能力や周囲の助力といった個人やその世帯内で活用できる資源（同様に、「内的資源」と呼ぶ）の限界やその活用可能性によって大きく異なる。このため、内的／外的資源の活用可能性をそれぞれ明確にした上で、これら双方の観点からサービスを評価することが有用となる。

そこで本研究では、人々の内的資源と外的資源の活用可能性に着目した公共交通サービスの評価手法を開発するとともに、その手法の有効性を実際の地域に適用して有効性を確認する。

2. 資源の活用可能性の計測アプローチ

一般に個人は、通院などの任意の活動について、選好する活動時間帯を有する。仮に、9時台に活動を開始し同時間に終了する選択肢（表1のX）を選好する個人がいるとする。一方、提供されるサービスの制約により、実行可能な活動時間帯が「開始が9時台で終了が11時台（表1のY₁）」と「開始と終了が11時台（Y₂）」であるとする。この場合、形式的にはY₁とY₂の機会がある。

個人が選好する時間帯と実行可能なそれが一致していないものの、多少の妥協により活動は実行可能であろう。換言すると、妥協の程度に相応の機会はあると考えられる。このように、個人の選好が与えられたもとで、活動の機会が実質的にどれほど保障されているのかを計測する手法が過去に開発されており、本研究では、この手法を用いて外的資源の活用可能性を評価する。

また、サービスの評価は外的資源の活用可能性のみで決まるのではなく、内的資源の活用可能性との関係の双方で決まるという視点に立つ。そこで、外的資源とは独立した指標として内的資源の活用性をモデル化する。その際に、その説明変数として身体能力などの要素を含める。

3. 評価手法

3.1 外的資源の活用可能性の計測

活動の開始時刻と終了時刻をそれぞれ x_1, x_2 とすると、個人が選好する活動時間帯が (x_1, x_2) であ

表1 選好する活動時間帯と実行可能な活動時間帯

活動の開始時刻	活動の終了時刻		
	時	9	10
9	X		Y ₁
10			
11			Y ₂

り、実行可能な活動時間帯の集合がYであるとき、これらの選択肢に妥協をする程度を「非類似度」と定義し、それを次式のように表す。

$$D((x_1, x_2), Y) = \min_{(y_1, y_2) \in Y} \left\{ d((x_1, x_2), (y_1, y_2)) \right\} \quad (1)$$

ここに、 $d((x_1, x_2), (y_1, y_2))$ は選好する活動時間帯 (x_1, x_2) と実行可能な選択肢 (y_1, y_2) の非類似性である。上式は、選択肢集合Yのうち (x_1, x_2) に最も類似した実行可能な選択肢との非類似性をもって、 (x_1, x_2) とYの非類似性を定義することを意味している。選択肢の非類似度を、活動したい時間帯と実行可能な時間帯の乖離による抵抗、運行形態による抵抗、自宅から鉄道駅やバス停までの距離による抵抗で定式化すると、次式で表される。

$$d(x, y) = \gamma_1^+ [x_1 - y_1]^+ + \gamma_2^+ [y_2 - x_2]^+ + \gamma_1^- [y_1 - x_1]^+ + \gamma_2^- [x_2 - y_2]^+ + \gamma^+ [(y_2 - y_1) - (x_2 - x_1)]^+ + \gamma^- [(x_2 - x_1) - (y_2 - y_1)]^+ + \theta_1 (k_1 + k_2) + \theta_2 (l_1 + l_2) \quad (2)$$

ここに、 $[z]^+ = \max[z, 0]$ である。また、 γ_1^+, γ_2^+ は待ち時間、 γ_1^-, γ_2^- は活動の開始を遅らせる、もしくは終了を早めることに関するパラメータである。また、 γ^+, γ^- は、活動したい時間帯と実行可能な時間帯の乖離に関するパラメータである。また、 $\theta_1, \theta_2 (\geq 0)$ はそれぞれ、デマンド型交通、自宅から鉄道駅やバス停までの距離に関するパラメータ、 k_1, k_2 はデマンド型交通を表す変数であり、該当すれば1、該当しなければ0の値をとるダミー変数である。 l_1, l_2 は自宅から鉄道駅やバス停までの距離を表す変数である。

すると、選好する活動時間帯 (x_1, x_2) に関する重み関数をwとすると、外的資源の活用可能性は次式で計測できる。

$$\sum_{x_1} \sum_{x_2} \exp[-D((x_1, x_2), Y)] \frac{w(x_1, x_2)}{\sum_{x_1} \sum_{x_2} w(x_1, x_2)} \quad (3)$$

3.2 内的資源の活用可能性の計測

内的資源は個人の身体能力および家族構成などの環境からなると定義する。個人iの内的資源の活用可能性 f_i を次式で表す。

$$f_i = \frac{1}{1 + e^{\beta_0 + \beta_1 t_{1i} + \beta_2 t_{2i} + \beta_3 t_{3i}}} \times \{r_i + (1 - r_i)(\alpha_1 s_{1i} + \alpha_2 s_{2i} + \alpha_3 s_{3i} + \alpha_4 s_{4i})\} \quad (4)$$

ここに、 t_{1i} , t_{2i} , t_{3i} はそれぞれ年齢、性別、身体能力、 r_i は自家用車の運転ができれば1、できなければ0を表すダミー変数である。家族構成に関する変数 s_{1i} , s_{2i} , s_{3i} , s_{4i} はそれぞれ、家族と同居しており日中一人にならない、家族と同居しており日中一人になることがある、別居家族の有無、一人暮らしであることを表すダミー変数である。それ以外の記号はパラメータである。

3.3 パラメータの推計

外的資源の活用可能性が高いほど、また、内的資源の活用可能性が低いほど公共交通の利用可能性が高くなると考えられる。そこで、(5)式で示す値を「公共交通の利用ポテンシャル」として便宜的に定義し、その値を用いてパラメータを推計する。外的資源の活用可能性を S_i とすると、個人 i の公共交通の利用ポテンシャルの尤度は次式で表される。

$$P_i = \begin{cases} S_i^\alpha \bar{f}_i^{1-\alpha} & (\text{個人 } i \text{ が公共交通を利用している場合}) \\ 1 - (S_i^\alpha \bar{f}_i^{1-\alpha}) & (\text{それ以外}) \end{cases} \quad (5)$$

ここに、 $\bar{f}_i = 1 - f_i$ であり、 $\alpha (0 \leq \alpha \leq 1)$ は外的・内的資源の相対的な重みに関するパラメータである。その上で、尤度関数を定式化し、パラメータを推計する。

4. 事例分析

鳥取県日南町における路線バスを対象に事例分析を行う。なお、本研究では、65歳以上の高齢者を対象とする。外的資源に関しては、買い物および通院の二つの活動に対しての活用可能性に着目して分析を行う。

内的資源の活用可能性は、属性別の内的資源の値を導出し、それらを表2のように順序尺度に変換して図示する。外的資源の活用可能性と内的資源の活用可能性(順序尺度)の関係を図1に示す。図1の円の大きさはサンプル数を表している。

先述のように、外的資源の活用可能性が高いほど、また、内的資源の活用可能性が低いほど公共交通の利用可能性が高いと考えられるため、外的／内的資源の活用可能性が図1に示す分布に近いほどサービス供給は適切と評価できる。

大宮線と石見線についての分布を図2に示す。仮に大宮線と石見線のサービスの割り当てを逆にした場合、最もサンプル数の多い右上のプロットが右下に移動することになり、図1に示す分布からは遠くなるのが視覚的にわかる。このことから、これらの路線へのサービスの割り当ては適

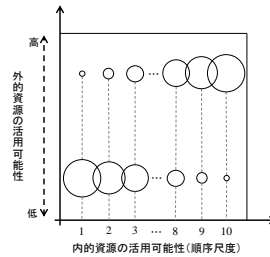


図1 外的資源の活用可能性と内的資源の活用可能性(順序尺度)の関係のイメージ

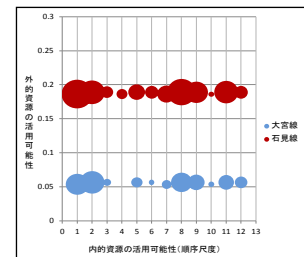


図2 外的資源の活用可能性と内的資源の活用可能性(順序尺度)の関係

表2 属性別の内的資源の順序尺度

順序尺度	内的資源の組み合わせ	内的資源	
		能力	環境
1	65歳・自家用車運転可	0.995	1
2	75歳・自家用車運転可	0.984	1
3	85歳・自家用車運転可	0.950	1
4	65歳・運転不可・同居①	0.995	0.710
5	75歳・運転不可・同居①	0.984	0.710
6	85歳・運転不可・同居①	0.950	0.710
7	65歳・運転不可・同居②	0.995	0.450
8	75歳・運転不可・同居②	0.984	0.450
9	85歳・運転不可・同居②	0.950	0.450
10	65歳・運転不可・独居/別居	0.995	0
11	75歳・運転不可・独居/別居	0.984	0
12	85歳・運転不可・独居/別居	0.950	0

※「家族と同居しており日中一人にならない」を同居①、また、「家族と同居しており日中一人になることがある」を同居②としている。

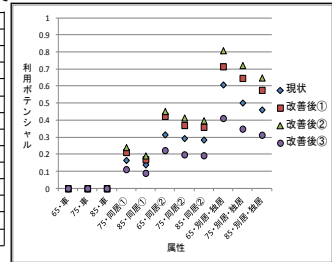


図3 各サービス改善策を講じた際の公共交通の利用ポテンシャルの推移

切であると評価できる。

しかしながら、大宮線に関しては外的資源の活用可能性が低い水準となっており、ニーズに応じた改善が求められる可能性がある。そこで、サービス改善策を講じた場合の効果を導出し、適切なサービス改善策を評価する。具体的には、以下の3つのサービス改善策を取り上げる。

- ① 11:30に目的地に到着する便を増便する
- ② 運行されている便を全てドアツードア型に変更する(予約は不要)
- ③ 運行されている便を全てデマンド型にする(予約が必要、ドアツードア型ではない)

各サービス改善策による、公共交通の利用ポテンシャルの変化を図3に示す。大宮線に各サービス改善策をそれぞれ講じた結果、改善策①および②では利用ポテンシャルの上昇が見られ、改善策③では利用ポテンシャルの減少が見られた。運行形態をドアツードア型に変更することによる効果は増便によるものよりも大きく、利用者にとってより大きな活用可能性の向上が期待できることがわかった。しかしながら、それらを予約制にすることで効果は相殺されてしまう可能性があることがわかった。

そこで、これまでよりも密にバス停を設置するなど、自宅からバス停までのアクセスを容易にする改善策を講じ、予約を必要とせずドアツードア型に近いような形態をとることで、効果的な活用可能性の改善が可能と考えられる。