

神戸大学大学院 学生会員 菅 洋子  
 神戸大学大学院 正会員 四辻 裕文

神戸大学大学院 学生会員 ○辻 皓平  
 神戸大学大学院 正会員 喜多 秀行

1. はじめに

公共交通サービスは地域や路線ごとに集合的に供給されるサービスであり、サービス水準は地域全体で決めなければならない。また、住民は受益者であり、かつ負担者である。地域公共交通計画の策定にあたっては「活動の機会の保障とそのための費用との組合せ」を「住民が選択する」という考え方を基本とする<sup>1)</sup>。

喜多ら<sup>2)</sup>は、活動機会に着目するため潜在能力アプローチに基づき、費用負担を考慮した公共交通サービス選択モデルを構築しているが、活動機会の達成度の構成要素に課題があった。本研究ではこの点を考慮してモデルを拡張する。また、代替案を個別に評価していた潜在能力の評価法<sup>3)</sup>を、代替案の集合の評価法に拡張し、これを組み込んだ方法論を提案する。

2. 本研究の枠組み

2.1 潜在能力アプローチ

潜在能力アプローチ<sup>4)</sup>とは、機能という客観的な指標に着目し、機能集合を潜在能力としてこれを評価するアプローチである。本研究における活動機会は機能に対応し、福祉を表す人の様々な状態（～であること）や行動（～できること）を指す。その達成水準は個人が利用可能な資源と資源利用能力により規定される。

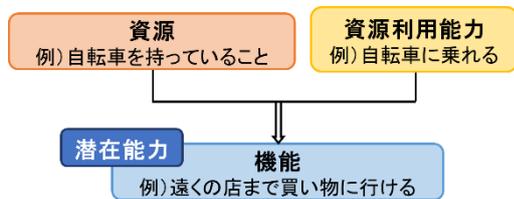


図1 資源および資源利用能力と機能

2.2 研究の対象

公共交通サービス水準が低い過疎地域の住民を対象とする。買い物と医療の2つを活動機会（機能）とし、居住地からバスを利用して中心地へ出向いて行うとする。住民は公共交通サービスを選択する際、公共交通サービスとそれ以外の費用を勘案して予算配分を決定すると仮定する。ここで、公共交通サービスは住民が集合的に利用し、かつ供給のための費用を共同負担する

ため公共財とし、それ以外の私的財やサービスを合成財とする。この2財を資源とする。

2.3 モデルの枠組み

公共交通サービスの量を住民が選択するモデルを、住民1人の例で説明する(複数住民の例は文献<sup>2)</sup>を参照)。

個人は予算を公共財と合成財の生産費用に振り分け、生産された2財をそれぞれの資源利用能力を介し、2つの機能に変換する。ここで、合成財は2つの機能の達成のために分配されるが、公共財は分配されない。2つの機能の組合せの集合である潜在能力を、個人評価関数を介して評価し、最適な公共交通サービスを求める。

3. 潜在能力の定式化

予算 $I$ を公共財費用 $c_g$ と合成財費用 $c_c$ に割り振る。

$$c_g + c_c = I \tag{1}$$

公共財と合成財の費用は、公共財の生産量 $x_g$ と合成財の生産量 $x_c$ 、および費用関数 $C_g(\cdot), C_c(\cdot)$ によって決まる。

$$c_g = C_g(x_g) \tag{2}$$

$$c_c = C_c(x_c) \tag{3}$$

式(1)の予算制約の下、各生産量の生産可能な組み合わせを生産可能性フロンティア $F_p$ として描く。

$$F_p = F_p(x_c, x_g) = 0 \tag{4}$$

$$\text{s.t. } c_g + c_c = I$$

次に、各財の生産量を機能の達成度に変換する。公共財の生産量 $x_g$ に応じて合成財の生産量 $x_c$ が決まり、それが機能1と機能2の達成のために分配される。

$$x_c = x_c^1 + x_c^2 \tag{5}$$

$x_c^i$  : 機能 $i$ の達成のための合成財生産量( $i = 1, 2$ )  
 機能 $i$ の達成度 $f^i$ は、合成財による達成度 $f_c^i$ と公共財による達成度 $f_g^i$ から定まると考える。また、 $f_g^i$ は公共財の生産量 $x_g$ とその資源利用能力 $a_g$ から、 $f_c^i$ は合成財の生産量 $x_c^i$ とその資源利用能力 $a_c$ から決まる。

$$f^i = f^i(f_g^i, f_c^i) \\ = f^i(f_g^i(x_g, a_g), f_c^i(x_c^i, a_c)) \tag{6}$$

機能1の達成度水準をある $f^{1*}$ とする。式(6)より、公共財生産量 $x_g$ の値を変化させ、それに対応する機能1の

合成財生産量 $x_c^1$ の集合 $X_c^1$ を求められる。

$$X_c^1 = \{x_c^1 | x_c^1 = f^{1-1}(f^{1*}, a_g, a_c, x_g), 0 \leq x_g \leq C_g^{-1}(I)\} \quad (7)$$

これにより機能2の合成財生産量 $x_c^2$ の集合 $X_c^2$ が求められ、機能2の達成度の集合 $F^2$ も求められる。

$$X_c^2 = \{x_c^2 | x_c^2 = x_c - x_c^1, x_c^1 \in X_c^1, x_c = C_c^{-1}(I - C_g(x_g))\} \quad (8)$$

$$F^2 = \{f^2 | f^2 = f^2(a_g, a_c, x_g, x_c^2), x_c^2 \in X_c^2\} \quad (9)$$

求められた機能2の達成度の集合 $F^2$ の中で最大値 $f^{2*}$ をとる財の量 $(x_g^*, x_c^{2*})$ が決まり、それに対応して機能1に関する財の量の組合せ $(x_g^*, x_c^{1*})$ も決まる。

$$f^{2*} = \arg \max_{x_g^2, x_c^2} f^2(a_g, a_c, x_g, x_c^2) \quad (10)$$

$$(x_g^*, x_c^{2*}) = \arg \max_{x_g, x_c^2} f^2(a_g, a_c, x_g, x_c^2) \quad (11)$$

$$(x_g^*, x_c^{1*}) = (x_g^*, x_c - x_c^{2*}) \quad (12)$$

機能1の達成度水準を他の値にすれば、それに対応して機能2の最大の達成度水準を同様の手続きによって求めることができる。2つの機能の達成度の組合せの軌跡を、本研究では潜在能力フロンティア $F_c$ と呼ぶ。

$$F_c = F_c(f^1, f^2) = 0 \quad (13)$$

次に、潜在能力フロンティア上の機能の達成度の組み合わせが最大となる点を選ぶために、機能の構成比の望ましさで機能の達成度の組合せを評価する個人評価関数<sup>3)</sup>を用いる。機能1と機能2の構成比を $(\pi^1: \pi^2)$ とすると、個人評価関数 $V(f^1, f^2)$ は式(14)となる。

$$V(f^1, f^2) = \pi^1 f^1 + \pi^2 f^2 \quad (14)$$

個人は個人評価値が最大となる機能1の達成度 $f^{1**}$ と機能2の達成度 $f^{2**}$ の組み合わせを選択する。

$$(f^{1**}, f^{2**}) = \arg \max V(f^1, f^2) \quad (15)$$

このときの財の生産量が最適生産量 $(x_g^{**}, x_c^{**})$ となる。

$$x_g^{**} = f^{2-1}(f^{2**}, a_g, a_c, x_c^2) \quad (16)$$

$$x_c^{**} = C_c^{-1}(I - C_g(x_g^{**})) \quad (17)$$

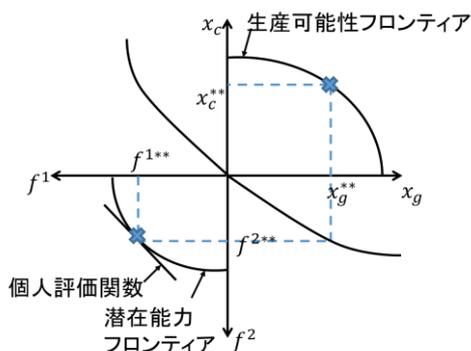


図2 モデルの概略図

#### 4. 潜在能力の評価法

本研究では実際の公共交通計画を想定し、数個の代替案を要素とする機能集合を評価する。代替案

$\delta$  ( $\delta = 1, 2$ )に対する機能 $i$ の達成度を $f^{i,\delta}$ としたとき、これらの機能の達成度の組み合わせ $(f^{1,\delta}, f^{2,\delta})$ を記した機能平面上の点を達成点 $\delta$ と呼ぶ。

本研究では、個人評価関数や潜在能力フロンティアは変化すると考える。これらが変化しても達成点の評価や個数が変化しないことをロバストであるとし、よりロバストな2つの達成点の組合せの条件を考える。

現在の個人評価関数の傾きを $\alpha (= -\pi^1/\pi^2)$ とし、 $j$ 変化した傾きを $\alpha'$ とする。それぞれの達成点 $\delta$ の評価値を $v^{\delta,\alpha}$ ,  $v^{\delta,\alpha'}$ とする。潜在能力フロンティアの変化は、機能平面の原点からフロンティアと空間対角線の交点までの距離で捉え、現在の距離を $v_F$ とし、 $s$ 変化すると考える。 $s, j$ は確率的に変化することとし、潜在能力の大きさを評価する多様性指標 $V(s, j)$ を定義する。

$$v^\alpha = \arg \max(v^{1,\alpha}, v^{2,\alpha}) \quad (18)$$

$$v^{\alpha'} = \arg \max(v^{1,\alpha'}, v^{2,\alpha'}) \quad (19)$$

$$v(s, j) = |\min(v^\alpha, v^{\alpha'}) - \min(v^{1,\alpha}, v^{1,\alpha'})| \quad (20)$$

$$V(s, j) = \int_{-\alpha}^{\infty - \alpha} \int_{-v_F}^{v_F \max - v_F} v(s, j) f(s) f(j) ds dj \quad (21)$$

#### 5. 数値分析

潜在能力フロンティアが求められ、資源や資源利用能力の変化に伴い変動することが確認できた。また、多様性指標値を導出することも確認できた（紙幅の都合上、詳細は発表にて説明する）。本研究における多様性指標により、今は選ばれない代替案も含めた代替案の集合を評価できたとと言える。

#### 6. おわりに

本研究では潜在能力アプローチに基づき、先行研究において課題であった活動機会の達成度の定義を拡張し、費用負担を考慮した公共交通サービス選択モデルを提案した。また、これまでは代替案を個別に評価していた潜在能力の評価法、代替案の集合の評価法に拡張し、これを組み込んだ方法論を提案した。

#### 参考文献

- 1) (財) 国際交通安全学会：地域でつくる公共交通計画—日本版 LTP のてびき，2010.3.
- 2) 喜多秀行・池宮六季・四辻裕文・菅洋子：公共交通のサービス水準と費用負担の選択に関するモデル分析，土木計画学研究・講演集 Vol.49，2014.
- 3) 喜多秀行・四辻裕文・小野裕資・菅洋子・岸野啓一・池宮六季：公共交通サービスを地域社会で選択するための支援手法，土木計画学研究・講演集 Vol.47，2013.
- 4) Sen, A. K.: Commodities and Capabilities, Amsterdam: North-Holland, 1985. (鈴木興太郎訳：福祉の経済学—財と潜在能力，岩波書店，1988)