

# 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

喜多 秀行<sup>1</sup>・四辻 裕文<sup>2</sup>・小野 祐資<sup>3</sup>・  
菅 洋子<sup>3</sup>・岸野 啓一<sup>4</sup>・池宮 六季<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 神戸大学大学院教授 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501神戸市灘区六甲台町1-1)  
E-mail:kita@crystal.kobe-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 博(工) 神戸大学特命助教 自然科学系先端融合研究環 (〒657-8501神戸市灘区六甲台町1-1)  
E-mail:yotsutsuji@people.kobe-u.ac.jp

<sup>3</sup>学生会員 学(工) 神戸大学大学院 工学研究科市民工学専攻 (〒657-8501神戸市灘区六甲台町1-1)

<sup>4</sup>正会員 博(工) 岸野都市交通計画コンサルタント株式会社 (〒612-8081京都市伏見区新町6-480)  
E-mail:kishino@mub.biglobe.ne.jp

お互いに相手の置かれている状況が分かり合えるような小さなコミュニティでは、コミュニティとしての合意がなされる場合があり、生活必需の活動にアクセスする機会が保障される程度のサービス水準を達成できる可能性がある。一方、コミュニティ内の全員の資源利用能力を知ることはできないような比較的大きなコミュニティでも、共通の活動機会保障水準が求められるためには、各人の資源利用能力に即した“活動機会へのアクセシビリティ”を計測し、それをもとに地域社会で公共交通サービス水準を選択するための仕組みや制度が必要になると考える。

本研究では、アクセシビリティで測った各人のサービス水準評価値を機能平面上で社会的に評価できるような合意形成支援手法を提案する。

**Key Words** : *Opportunity for activities, Accessibility, Resources, Availability, Consensus building*

## 1. はじめに

「お互いがお互いのことをわかっている」小さなコミュニティでは、隣人に配慮し、暮らしやすい環境を維持創出するための合意が形成される場合が少なくない<sup>1)</sup>。しかし、地域公共交通計画は、一般に、市町村単位で策定されるものであり、市町村等の大きなコミュニティでの計画策定は、意思決定主体たる住民相互の面識がほとんどない場合が多い。

本研究では、公共交通計画を策定する際に、住民相互の面識がない大きなコミュニティでも小さなコミュニティと同様に各自が置かれている状況が相互にわかる状態を作り出し、計画の策定と合意形成を円滑に行うための支援モデルを構築する。その際、ニーズの切り下げ<sup>2)</sup>が懸念されるため、医療や買い物といった活動機会そのものに着目し、潜在能力アプローチ<sup>3)</sup>を援用してモデル化を行う。また、実証分析を通して、モデルの有用性を確認する。

## 2. 本研究の枠組み

本研究では、活動の機会が乏しい過疎地域を対象とし、居住地と中心地および両者を結ぶバス路線のみを考える。基本的な活動機会として、医療と買物を考え、これらの活動はバスで中心地へ移動して行うとする。

「活動機会」とは、個人が利用可能な「資源」と「資源利用能力」のもとで実現しうる様々な状態や行動を指し、Sen<sup>3)</sup>のいう「機能」とほぼ同義である。人が実際に実行可能な機能の束を「潜在能力」と呼び、効用と異なり客観的な指標であるため、個人間比較が可能である<sup>3)</sup>。本研究では、資源としてバスダイヤと活動を行う施設の営業時間を、機能としてバスダイヤを利用してなすことができる医療と買物の活動機会を、資源を機能に変換する能力として個人の外出可能時間をそれぞれ取り上げ、機能の達成度をアクセシビリティ指標値で記述する。社会的選択の規範は、地域の行動原理に近いものを選ぶことが望ましい。本研究では、最も不遇な状況に置かれている住民の状態を改善するレキシミン原理を取り上げ、

モデル化を行う。

### 3. モデル

#### (1) ダイヤ毎の個人の機能の達成度の測定

機能の達成度を測定するために、谷本ら<sup>4)</sup>のアクセシビリティ指標を、ダイヤと施設の営業時間、個人の外出可能時間を考慮できるように再構築する。中心地到着後初めに行う機能の達成度は式(1)で、その後に行う機能の達成度は式(2)で表される。式中の積分及び総和で活動の多様性を、積分区間の最大値・最小値を取る部分で営業時間を、 $p_{kj}^p$ で個人の外出可能時間を、ガウス記号の部分で活動の開始時刻が終了時刻より前に来るようにそれぞれ考慮している。なお、詳しい定式化は小野<sup>5)</sup>を参照されたい。

$$A_{\psi_\delta}^{1,p} = \int_{\max(a_1, T^1)}^{\min(d_j, \overline{T^1})} \sum_{k=1}^{K-1} \int_{\max(a_k, T^1)}^{\min(a_{k+1}, \overline{T^1})} \xi_1 \times f(X) \quad (1)$$

$$A_{\psi_\delta}^{2,p} = \int_{\max(a_1, T^2)}^{\min(d_j, \overline{T^2})} \sum_{k=1}^{K-1} \int_{\max(a_k, T^1)}^{\min(a_{k+1}, \overline{T^1})} \int_{\max(a_k, T^2)}^{\min(a_{k+1}, \overline{T^2})} \xi_1 \xi_2 f(X) p_{kj}^p dt_{s_2} dt_{e_1} dt_{e_2} + \dots \quad (2)$$

$$f(X) = f(t_{s_1}, t_{e_1}; a_k, d_j) = e^{-\gamma(d_j - a_k - t_{e_1} + t_{s_1})}$$

$$\xi_1 = \left[ \frac{t_{e_1} - t_{s_1}}{d_j - a_1} \right], \quad \xi_2 = \left[ \frac{t_{e_2} - t_{s_2}}{d_j - a_1} \right], \quad [\bullet] : \text{ガウス記号}$$

$\psi_\delta$ :  $\delta$ 番目のダイヤ代替案,  $a_k$ :  $\psi_\delta$ の  $k$ 便目の中心地到着時刻,  $d_j$ :  $\psi_\delta$ の  $j$ 便目の中心地出発時刻,  $t_{s_1} \cdot t_{e_1}$ : 1つ目の活動の開始時刻と終了時刻,  $\overline{T^1} \cdot \underline{T^1}$ : 活動 $\lambda$ を行う施設の営業開始時刻と終了時刻,  $p_{kj}^p$ : 個人  $p$ が往路  $k$ 便目かつ帰路  $j$ 便目を週に何回使えるかという割合,  $\gamma$ : パラメータ, を表す。

各機能の達成度を軸とする機能平面上に、それぞれのダイヤに対する各機能のアクセシビリティ値の組を座標値とし、プロットする。

#### (2) ダイヤに対する個人評価と社会的評価

ダイヤに対する評価は個人の置かれている状況によって異なる。通院が必要な住民にとって、いくら買物に便利なダイヤを提供されても通院ができれば生活できない。このような状況を反映しうる個人評価関数を推計する。ダイヤ $\psi_\delta$ の下での医療と活動機会の達成度の組合せ $(A_{\psi_\delta}^{1,p}, A_{\psi_\delta}^{2,p})$ を座標とみなし、機能平面上にプロット

する。次に、ダイヤ $\psi_\delta$ に対する個人の評価値を考える。評価値は、式(3)のように、重み付けされた線形和の式で表され、これを個人評価関数と呼ぶ。

$$E_{\psi_\delta}^p = \pi_1 A_{\psi_\delta}^{1,p} + \pi_2 A_{\psi_\delta}^{2,p} \quad (3)$$

式(3)は式(4)に変形できることから、図-1に示すように、評価値はダイヤ $\psi_\delta$ の機能平面上の点から傾き $-\pi_1/\pi_2$ で描いた射線と空間対角線の交点と原点との距離に相当する。

$$-\pi_1/\pi_2 = E_{\psi_\delta}^p - A_{\psi_\delta}^{2,p}/E_{\psi_\delta}^p - A_{\psi_\delta}^{1,p} \quad (4)$$

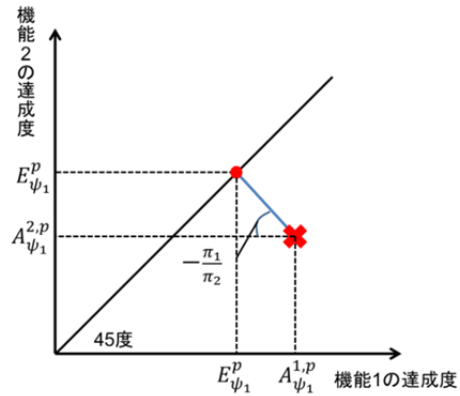


図-1 機能平面と個人評価

次に、ダイヤの選好順序から住民の希望する機能の構成比を導き出す。これは、ダイヤの選好順序とダイヤに対する個人評価値の順序が整合的になる個人評価関数の傾きを求めることに相当する。例えば、ダイヤ $\psi_2$ よりダイヤ $\psi_1$ が選好される時、 $E_{\psi_1}^p > E_{\psi_2}^p$ となる傾きである。この条件を満たす傾き $\alpha_p^{1-2}$ の集合を $A_p^{1-2}$ とする。

$$A_p^{1-2} = \left\{ \alpha_p^{1-2} \mid -\infty < \alpha_p^{1-2} < \frac{A_{\psi_2}^{2,p} - A_{\psi_1}^{2,p}}{A_{\psi_2}^{1,p} - A_{\psi_1}^{1,p}} \right\} \quad (5)$$

このようにダイヤ集合の要素(ダイヤ)を一対比較し、傾きの範囲 $A_p^{\delta-\delta'}$  ( $\delta = 1, 2, \dots, \delta, \dots, \Delta$ )の共通部分を個人評価関数の傾きの範囲の集合 $A_p$ とする。

$$A_p = \begin{cases} A_p^{\delta-\delta'} \cap A_p^{\delta'-\delta'+1} \cap \dots (\delta < \delta') \\ \phi \quad (\phi \text{は空集合を表す}) \end{cases} \quad (6)$$

次に、個人評価関数の傾き $\alpha_p$  ( $-\infty < \alpha_p < 0$ )の代表値を傾きの範囲の中央値とする。これは、傾きを0や $-\infty$ にしないための便宜的なものである。

$$E_{\psi_\delta}^p = \sqrt{2 * \frac{A_{\psi_\delta}^{2,p} - \alpha_p * A_{\psi_\delta}^{1,p}}{1 - \alpha_p}} \quad (7)$$

社会的評価はレキシミン原理を援用し、ダイヤ $\psi_p$ に対する最低の評価値 $E_{\psi_p}^*$ が最大となるダイヤ $\psi_p^*$ が最も望ましいと考える。

$$\psi_\delta^* = \arg \max_{\psi_\delta} (E_{\psi_1}^*, E_{\psi_2}^*, \dots, E_{\psi_\Delta}^*) \quad (8)$$

## 4. 実証分析

### (1) 調査の概要

提案したモデルの適用可能性を確認するため、実証分析を行った。本研究の対象は、過疎化・高齢化が進み、自治体の財政状況が厳しいため、公共交通サービスが制約されている地域である。このような要件を考慮し、調査対象地域を岡山県真庭市とし、アンケート調査、グループインタビュー及びヒアリング調査を行った。調査対象者は、65歳以上または主婦とした。

### (2) 調査票の設計

分析のために必要となるデータは、施設営業時間、個人の外出可能時間、複数ダイヤ間の選好順序である。実際に住民に調査し、これらのデータを取得するために調査票を設計した。特に複数ダイヤ間の選好順序を尋ねる設問に関しては注意すべき点があった。

まず、調査は高齢者を対象とするため、ダイヤ代替案の比較がしやすく、負担を少なくすることを心掛けた。そのために、比較するダイヤ代替案の便数はすべて1日往復1便とした。便数が多いと様々な活動ができるため、利用しやすいものを選択することが困難であると考えたためである。また、ダイヤの選好順序を尋ねる前に、ダイヤ代替案毎にどのような活動ができるか、できないかということ尋ねた。これは、直接ダイヤを比較することは困難であるため、それぞれのダイヤでできることを比較してもらうためである。さらに、使い物にならないダイヤは予め除外してもらった上で、望ましいダイヤ代替案に順序付けてもらうこととし、順位をつけるときは同順位の回答を許すこととした。

ダイヤ代替案の設定については、実際のバスの時刻表を参考にし、滞在時間の長さや、活動する時刻に関して対比できるように留意した(表-1参照)。

表-1 ダイヤ代替案

	〈行き〉 集落→中心地	〈帰り〉 中心地→集落
A	10:00	14:00
B	10:00	12:00
C	8:00	12:00
D	12:00	15:00
E	9:00	16:00

Aは、現在のダイヤであり、行きの時刻は午前、帰りの時刻は午後となっている。Bは、Aと行きの時刻は同じであるが、滞在時間が短い。Cは、Aと滞在時間は同じであるが、早い時刻である。8時ではまだ病院やスーパーは開いていない。Dは、行きの時刻も帰りの時刻も午後である。12時では午前の診察は終了している病院が

多い。Eは、行きの時刻は午前、帰りの時刻は午後であるが、滞在時間が長くなっている。

### (3) 分析結果

アンケート調査の回答数は50、ヒアリング調査の回答数は33（うち10人はグループインタビュー）であった。

分析は、ヒアリング調査の回答のうち有効回答 17 票について行った。なお、本モデルでは個人が医療と買い物どちらの活動を優先しているのかも知る必要があるが、今回の調査では尋ねなかったため、医療優先と買い物優先のそれぞれの場合を想定して別々に分析を行った。分析の結果、調査データに基づいて個人評価関数の傾きを求めることができた。しかし、ダイヤの選好順序が不整合であり、射線の傾きの範囲の共通部分が存在しないため、個人評価関数の傾きを求められない場合もあった。ダイヤの選好順序が不整合であるとは、機能平面上の任意の2つのダイヤを比較したとき、右上に位置するダイヤの方が左下に位置するダイヤよりも順位が低いことを意味する。

医療優先と買い物優先の両方の場合について傾きの範囲を求められたのは4票であった。医療優先の場合のみについて傾きの範囲を求められたのは4票であった。買い物優先場合のみについて傾きの範囲を求められたのは1票であった。

以下にサンプルを示す。まずは、個人評価関数の傾きの範囲が求められた例を示す。医療を優先すると仮定した場合、図-2及び表-2が得られた。なお、図中の表記について、例えば「A10-14時①」と表記されている場合、AはダイヤAであることを、10-14時はダイヤAの中心地到着時刻が10時、中心地出発時刻が14時であることを、①はダイヤAの選好順序が1位であることを示している。順位についていないものは、選択されなかったダイヤである。

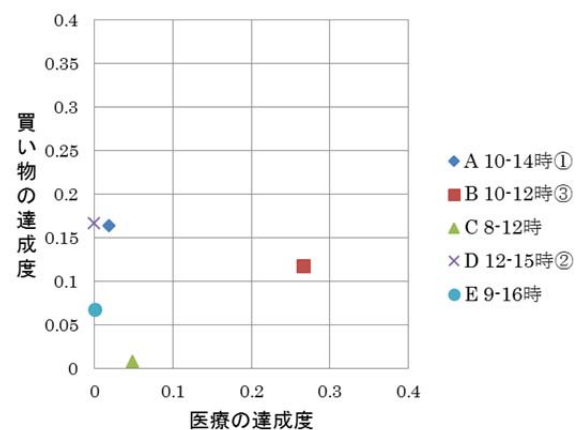


図-2 機能平面

表-2 射線の傾きの範囲

サンプル番号A26	射線の傾きの範囲		
A-B	-0.1880	~	0
A-C	-5.306		0
A-D	$-\infty$		-0.1385
A-E			
B-C			
B-D	-0.1845	~	0
B-E			
C-D	-3.287	~	0
C-E			
D-E	-189.1		0
射線の傾きの範囲の共通部分:	-0.1880	~	-0.1385

表-2において、左列は比較しているダイヤの組を表し、右列は比較の結果得られた射線の傾きの範囲である。右列における空欄は、順位が同じであるため比較できないものか、あるいは機能平面上において右上と左下の関係にある2点を比較し、右上のダイヤの方が上位であるため、比較するまでもないものである。最下段は、射線の傾きの共通範囲、すなわち個人評価関数の傾きの範囲である。

求められた射線の傾きの範囲は、医療のアクセシビリティ値と買い物のアクセシビリティ値の比率である。求められた射線の傾きの範囲を角度 (rad) にし、中央値を求め、再び比率に直す。これを射線の傾き、すなわち個人評価関数の傾きとする。

表-3 射線の傾き

射線の傾きの共通部分 (rad)	-0.1858	~	-0.1376
射線の傾きの中央値 (rad)	-0.1617		
射線の傾き (比率)	-0.1631		

得られた個人評価関数の傾きから、式(7)より各バスダイヤに対する個人評価値を求める。各バスダイヤに対する個人評価値は、表-4のように求められた。

表-4 個人評価値

選好順序	ダイヤ	個人評価値
1	A	0.203
3	B	0.196
	C	0.020
2	D	0.203
	E	0.082

次に、傾きの範囲を求められなかった例を示す。

この例では、ダイヤの選好順序が不整合であり、射線の傾きの範囲の共通部分がないため、個人評価関数は導出できなかった。また、外出可能時間外のダイヤに順位をつけている回答についても、個人評価関数を導出できない例があった。

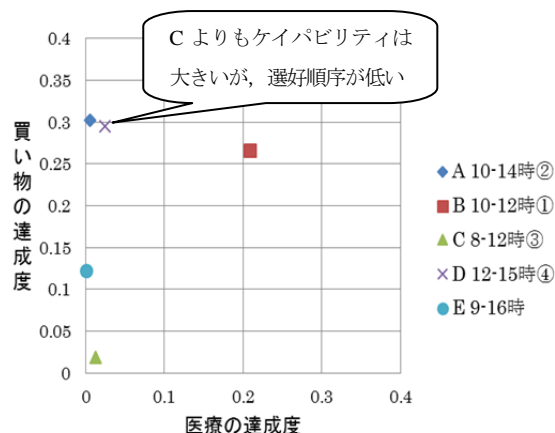


図-3 機能平面

表-5 射線の傾きの範囲

サンプル番号A31	射線の傾きの範囲		
A-B	$-\infty$	~	-0.1754
A-C	-39.80		0
A-D	-0.3533		0
A-E			
B-C			
B-D	$-\infty$	~	-0.1570
B-E			
C-D			
C-E	$-\infty$	~	-8.369
D-E			
射線の傾きの範囲の共通部分:			

#### (4) 考察

本モデルにより、調査データに基づき個人評価関数を導出できることが確認できた。しかし、設問の意図を十分理解していない回答や、選好順序の整合性を欠く回答についてはこの限りではない。

まず、医療優先と買い物優先両方の場合について個人評価関数を導出できるのは、ダイヤの選好順序が整合的であり、外出可能時間のバスダイヤにのみ順位をつけているものである。また、外出可能時間外のバスダイヤに順位をつけていても、バスダイヤの選好順序が整合的であれば、医療優先か買い物優先のどちらかの場合の個人評価関数を導出できる。一方、バスダイヤの選好順序が整合的でなければ、個人評価関数は導出できない。

また、ダイヤの選好順序は整合的であるが、個人評価関数を導出できなかった場合については、外出可能時間外のダイヤに順位をつけていることが原因であると考えられる。すなわち、外出可能時間は機能平面上的ダイヤのプロットの位置に関わるため、ダイヤの選好順序の整合性にも関わる。外出可能時間外のダイヤに順位をつけている回答者は、外出希望時間を回答している可能性があり、

よって正しく回答した外出可能時間で分析を行うと機能平面上のダイヤのプロットの位置が変わり、選好順序が不整合になることが考えられる。

以上をまとめると、複数ダイヤ間の選好順序が整合的であれば、本モデルにより、個人評価関数を導出できると言える。故に、複数ダイヤ間の選好順序が不整合であるために個人評価関数が導出できない場合があった原因は、不整合な選好を回答し得る調査法にあると考える。選好順序が整合的であるよう回答できるように調査法を改善する必要がある。

調査法の改善点としては、複数ダイヤ間の選好順序が整合的となるよう、ダイヤとその下で可能な活動との直感的な対応づけや、選好順序を尋ねる際に予め外出可能時間外のダイヤを除外してもらうことなどが考えられる。

また、ダイヤ案の数を増やし、プロットする点を多くすれば、機能平面上に潜在能力等高線を描ける。しかし、ダイヤ案数を多くすることは回答者にとって比較することが困難で負担となるという実務的な問題が考えられる。

## 5. 地域社会による計画代替案選択の支援手法

計画策定の際は、まず、計画の関連エリア、関係住民等を明らかにし、個人の外出可能時間・用意した複数のダイヤ代替案間に対する選好順序・活動を行う施設の営業時間を恵まれない状況にある住民を主眼にして調査する。(5)式~(7)式のモデルを用いて、得られた情報から各住民の各ダイヤに対する評価値と、社会的な望ましさで順序付けされたダイヤを求める。以上の情報を住民に提供することにより、各自が置かれている状況を相互に知悉している状態が創出され、その下で「たたき台」として提示されたダイヤが地域社会にとって最も望ましいものとなっているか否かを検討することが可能となる。

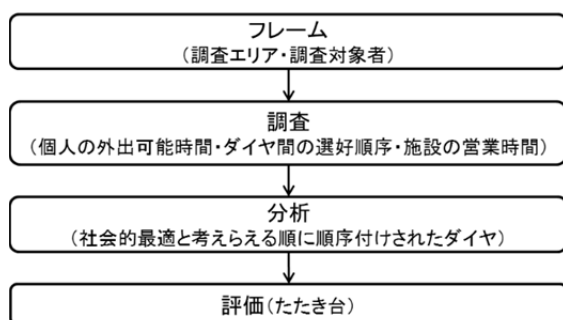


図4 計画代替案選択の支援手法の構成

## 6. おわりに

本研究では潜在能力アプローチを援用し、アクセシビリティ指標で計測した機能の達成度に基づき計画代替案に対する各個人の評価値を導出・提示することにより、「大きなコミュニティ」でも「小さなコミュニティ」と同様、比較的容易に計画策定を可能とする支援手法を構築した。そして、実証分析により、モデルを用いて公共交通サービスに対する個人評価関数を導出できることが確認できた。対象は限定的であるが、現在様々な分野で精力的に取り組まれている潜在能力の計測法に関する研究に対し、具体的な計測例を示すことができたため、この分野において少なからぬ寄与をしえたものと考えられる。

また、同じような方法を用いて移動販売や往診に着目し、活動機会の質、サービス水準に対しても個人評価関数を求められる可能性があり、調査法の改善と併せて今後の課題とする。

## 参考文献

- 1) (財)国際交通安全学会：地域社会が保障すべき生活交通のサービス水準に関する研究，pp.57-84，2008 他
- 2) 谷本圭志・喜多秀行：地方における公共交通計画に関する一考察－活動ニーズの充足のみに着目することへの批判的検討－，土木計画学研究・論文集 No.23 no.3，2006年9月
- 3) Sen . A . K.: Commodities and Capabilities , Amsterdam : North - Holland , 1985 . (鈴木興太郎宅：福祉の経済学一財と潜在能力，岩波書店，1988)
- 4) 谷本圭志・牧修平・喜多秀行：地方部における公共交通計画のためのアクセシビリティ指標の開発，土木学会論文集 D, Vol.65 No.4, 2009
- 5) 小野祐資：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,神戸大学修士論文,2013.3

(2013.5.6 受付)