

# サービスへのアクセシビリティに基づく 活動機会の大きさの評価モデル

荒賀 嗣人<sup>1</sup>・四辻 裕文<sup>2</sup>・喜多 秀行<sup>3</sup>

<sup>1</sup>学生会員 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)

E-mail:168t102t@stu.kobe-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 神戸大学特命助教 先端融合研究環境重点研究部 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail: yotsutsuji@people.kobe-u.ac.jp

<sup>3</sup>正会員 神戸大学教授 大学院工学研究科 (〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1)

E-mail:kita@crystal.kobe-u.ac.jp

過疎地域など公共交通サービス水準が低い地域においては、住民はその環境に適応してニーズを低く形成する場合がある。故に、公共交通計画を策定する際、住民の活動機会に着目すべきである。著者ら<sup>7)</sup>は、活動機会の大きさを測定する一連のアクセシビリティ指標を構築している。しかし、これは1拠点への移動のしやすさを表す指標でしかなく、複数の活動拠点が存在する場合や、行先の拠点でのサービスの多様性がある場合の活動機会を評価できない。本研究では、1拠点へのアクセシビリティ指標を拡張し、複数の活動拠点、複数のサービスを考慮したアクセシビリティ指標を構築した。

**Key Words :** *public transport capability approach accessibility multiple location service*

## 1. はじめに

過疎地域など公共交通サービス水準が低い地域においては、住民はその環境に適応してニーズを低く形成する場合がある<sup>1)</sup>。故に、公共交通計画を策定する際、いかにニーズを満たすかに着目するのではなく、住民の活動機会に着目すべきである<sup>2)</sup>。活動機会とは、例えば買いものができること、診療を受けられることなどといった個人が達成しうる行動や状態を指し、その大きさは個人間で比較可能であるとされる<sup>3)</sup>。

地域公共交通計画策定の際、サービス改善の必要がある地区が複数存在する場合、予算や時間などの制約から整備すべき地域に優先順位をつける必要がある。この場合ニーズに着目すると、公共交通サービス水準が低く、ニーズが低く形成されている地区の優先順位は低くなってしまいが、活動機会に着目する限りサービス改善の優先順位に歪みは生じることはないと考えられる。よって、地区ごとの活動機会の大きさを評価しうる指標を構築することは、有用であると考えられる。

活動機会の大きさ、すなわち生活における様々な活動の実施のしやすさを評価しうる指標として、アクセシビリティ指標があげられる。アクセシビリティ指標については、膨大な研究の蓄積がみられ、例えば、土屋らの累積機会に基づく指標<sup>4)</sup>、時空間

プリズムに基づく指標<sup>5)</sup>などがある。

しかし、これらの指標が公共交通の計画に有用とは限らない。公共交通は、路線及び運航の時間が固定的であることが一般的であり、それゆえ個人が活動を実施する場所や時刻を制約する<sup>6)</sup>。

谷本ら<sup>6)</sup>は、こういった公共交通に伴う時空間的制約を考慮し、公共交通を利用して活動を行う際の移動のしやすさ(アクセシビリティ)を評価する指標を新たに構築した。これは、活動時間、移動時間、公共交通の待ち時間などを変数として、時間配分の多様性に着目し、時空間的側面から公共交通の利用による活動機会の大きさを評価するものである。

喜多ら<sup>5)</sup>は、谷本らのアクセシビリティ指標を拡張し、バス停への歩行と乗車による身体的疲労、バスダイヤ、施設の営業時間、バスを利用する個人の外出可能時間帯などを総合的に考慮した指標を構築した。

しかしながら、この指標<sup>5)</sup>は1拠点への移動のしやすさを表す指標でしかなく、複数の活動拠点が存在する場合や、そこで提供される複数のサービスを考慮した指標ではなかった。

多くの住民は、活動を行う拠点として、複数の候補から一つを選択していると考えられる。よって、活動機会の大きさは、複数の活動拠点を考慮して計測される必要がある。

また、買い物という活動を考えたとき、利用する

拠点において食料品の買い物しか行えない場合と、衣服の買い物も同時に行える場合で買い物という活動機会の大きさは異なる。よって買い物という活動を行うのに必要ないくつかの具体的なサービス(商品)を洗い出し、その必要十分に細分化されたサービスがどれだけ享受可能か、ということを考える必要がある。

本研究では著者らの指標<sup>2)</sup>をサービスへのアクセシビリティ指標に拡張することで、複数拠点及び、そこで提供される複数のサービスの補完関係を考慮した指標を提案する。具体的には、まず喜多ら<sup>5)</sup>の1拠点へのアクセシビリティ指標を複数の拠点へのアクセシビリティ指標に拡張する。また、活動機会と活動を行うのに必要な個々のサービスとの関係を明らかにし、拡張した指標を用いた個々のサービスへのアクセシビリティ指標から活動機会の大きさが求められる指標を提案する。

さらに、数値分析によって、提案する指標が、活動拠点の増加や獲得できるサービスの増加が活動機会の大きさに与える影響を評価し得る指標であることを確認する。

## 2. 先行研究のアクセシビリティ指標

まず、これまでに著者らが開発した1拠点へのアクセシビリティ指標<sup>7)</sup>を説明する。拠点への到着便数 $K$ 、出発便数 $J$ のバスダイヤの場合のアクセシビリティ指標 $a$ は、以下の式で表される。

$$a = e^{\gamma * \delta * 2M} \cdot e^{-\gamma * \varepsilon * h_n} \sum_{j=1}^J \int_{\bar{t}_e}^{\bar{t}_s} \sum_{k=1}^K \int_{\underline{t}_s}^{\underline{t}_e} e^{-\gamma * \tau} p_{kj} dt_s dt_e \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \underline{t}_s &= \max(a_k + h_{n2}, \underline{T}^\lambda), \bar{t}_s = \min(t_e, a_{k+1} + h_{n2}, \bar{T}^\lambda), \\ \underline{t}_e &= \max(d_{j-1} - h_{n2}, \underline{T}^\lambda), \bar{t}_e = \min(d_j - h_{n2}, \bar{T}^\lambda), \tau \\ &= d_j - a_k - t_e + t_s - 2h_{n2}, h_n = 2(h_{n1} + h_{n2}) \end{aligned}$$

ここに、 $M$ はバスの片道の乗車時間、 $\gamma$ はパラメータ、 $h_{n1}$ は年齢階級 $n$ の住民による自宅-バス停間の歩行時間、 $h_{n2}$ は年齢階級 $n$ の住民による施設-バス停間の歩行時間、 $\delta$ は待ち時間に対する乗車時間の等価時間係数、 $\varepsilon$ は待ち時間に対する歩行時間の等価時間係数、 $p_{kj}$ は一週間に対する、往路 $k$ 便目、帰路 $j$ 便目のダイヤを利用できる日の割合である。

喜多ら<sup>7)</sup>の指標は図形的には、図-1の実線で示される立体の体積で表される(到着1便、出発2便の場合)。ここで、活動開始時刻 $t_s$ 、活動終了時刻 $t_e$ の組み合わせ $(t_s, t_e)$ におけるアクセシビリティを要素アクセシビリティと呼び、その値を、 $f(t_s, t_e)$ と表す。 $f(t_s, t_e)$ は、図-1において、ある点 $(t_s, t_e)$ における立体の高さを表している。このときアクセシビリティ指標は、要素アクセシビリティ $f(t_s, t_e)$ の値を、

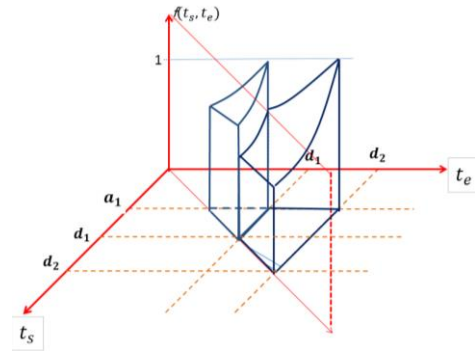


図-1 アクセシビリティ指標の概念図  
到着便1便、出発便2便の場合

$(t_s, t_e)$ が取りうる範囲で足し合わせてできる立体の体積となる。

ここで、活動開始時刻 $t_s$ 、活動終了時刻 $t_e$ の組み合わせ $(t_s, t_e)$ における要素アクセシビリティ $f(t_s, t_e)$ を、以下のように定義しておく。これは3章において、上記の1拠点へのアクセシビリティ指標<sup>7)</sup>を、複数拠点へのアクセシビリティ指標に拡張の際、議論を簡単にするためである。

$$f(t_s, t_e) = e^{-\gamma * \tau} \quad (2)$$

ここで、 $a_k \leq t_s < a_{k+1}$ かつ $d_{j-1} < t_e \leq d_j$ ( $k=1,2,\dots,K$ )  
( $j=1,2,\dots,J$ ) のとき

$$\tau = \delta * 2M + d_j - a_k - t_e + t_s \quad (3)$$

$t_s < a_k$ かつ $d_j < t_s$ かつ $t_e < a_k$ かつ $d_j < t_e$  のとき

$$\tau = \infty \quad (4)$$

とする。これは、活動開始時刻 $t_s$ 、活動終了時刻 $t_e$ の組み合わせ $(t_s, t_e)$ において背反な場合分けである。

この(2)~(4)式は、式(1)におけるバスの乗車時間の疲労を表す項 $e^{\gamma * \delta * 2M}$ と待ち時間による疲労を表す項 $e^{-\gamma * \tau}$ により、 $(t_s, t_e)$ における要素アクセシビリティ $f(t_s, t_e)$ を表したものである。なお、歩行時間による疲労を表す項 $e^{-\gamma * \varepsilon * h_n}$ と一週間に対するバスダイヤを使用可能な日の割合を表す項 $p_{kj}$ は省略している。

一週間に対するバスダイヤを使用可能な日の割合を表す項 $p_{kj}$ は3章のモデル式で改めて考慮するが、歩行時間による疲労を表す項 $e^{-\gamma * \varepsilon * h_n}$ は、これ以降の議論を簡単にするためである。なお省略しても本質を損なうことはない。

## 3. 提案する指標

### (1) 複数拠点へのアクセシビリティ指標

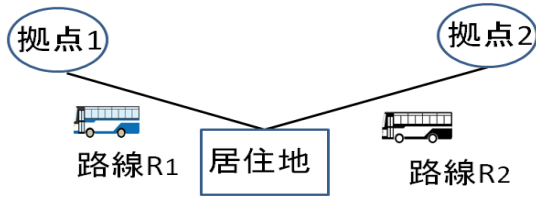


図-2 2拠点で買い物を行う社会

ここでは、同一種類のサービスが2拠点で提供される場合についてモデル化するが、3拠点以上の場合についても拡張可能である。

想定する状況は、住民は拠点1または拠点2で買い物をを行い、拠点1へはバス路線R<sub>1</sub>、拠点2へはバス路線R<sub>2</sub>を利用するという状況である(図-2)。

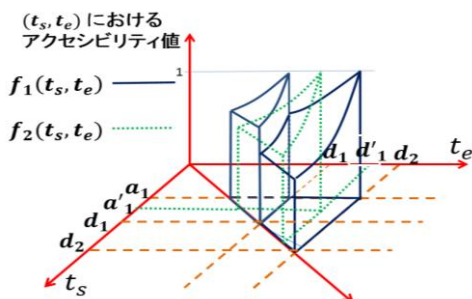
家とバス停は隣接しており、また、拠点内の全ての施設は互いに隣接していると仮定する。よって、家からバス停までの歩行や、拠点内での歩行は考慮しないものとする。

ある $(t_s, t_e)$ における拠点1、拠点2への要素アクセシビリティをそれぞれ  $f_1(t_s, t_e), f_2(t_s, t_e)$  とする(図-3(a))。

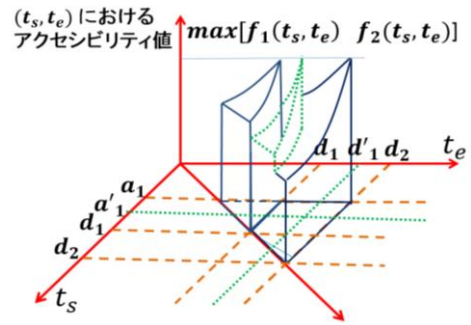
ここで、従来路線 R<sub>1</sub> しか利用できなかった住民が、新しく路線 R<sub>2</sub> を利用できるようになったという状況を考える。ある $(t_s, t_e)$ において、 $f_1(t_s, t_e) < f_2(t_s, t_e)$  の場合、当該活動への要素アクセシビリティは  $f_1(t_s, t_e) \rightarrow f_2(t_s, t_e)$  に高まる。逆に  $f_1(t_s, t_e) \geq f_2(t_s, t_e)$  の場合は、 $f_1(t_s, t_e)$  のままである。これより、任意の $(t_s, t_e)$ における要素アクセシビリティは、 $\max[f_1(t_s, t_e), f_2(t_s, t_e)]$  で表すことができることがわかる。よって、2拠点への指標は、ある $(t_s, t_e)$ における、 $\max[f_1(t_s, t_e), f_2(t_s, t_e)]$  の値を、 $(t_s, t_e)$  の取りうる範囲で足し合わせたものとして表現される。それは、図-3(b)に示すような立体の体積を求めることで得られる。

以上より2拠点へのアクセシビリティ指標  $a_{12}$  は以下のように表せる。

$$a_{12} = v \tag{5}$$



(a) 拠点1へのアクセシビリティ指標(実線)、拠点2へのアクセシビリティ指標(破線)

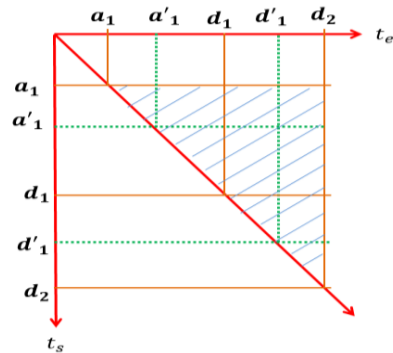


(b) 2拠点へのアクセシビリティ指標

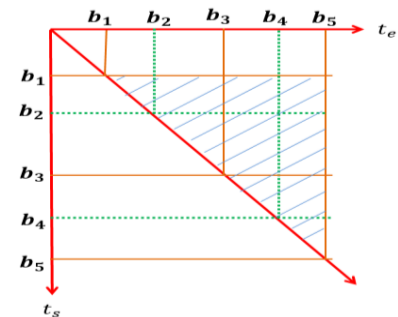
図-3 アクセシビリティ指標の概念図

ここに  $v$  は、 $\max[f_1(t_s, t_e), f_2(t_s, t_e)]$  の値を、 $(t_s, t_e)$  の取りうる範囲で足し合わせてできる立体の体積(図-3(b))である。

この立体の体積  $v$  の求め方を以下の例をもとに示す。拠点1へ向かうバス路線(以下、路線 R<sub>1</sub> とする)には、拠点1への到着時刻  $a_1$ 、拠点からの出発時刻  $d_1, d_2$  というダイヤが存在し、拠点2へと向かうバス路線(以下、路線 R<sub>2</sub>)には、拠点2への到着時刻  $a'_1$ 、拠点からの出発時刻  $d'_1$  というダイヤが存在するとする。このダイヤを早い時刻のものから順に並べると、 $a_1 \leq a'_1 \leq d_1 \leq d'_1 \leq d_2$  となるとする(図-4(a))。



(a) 路線 R<sub>1</sub> のダイヤ( $a_1, d_1, d_2$ )  
路線 R<sub>2</sub> のダイヤ( $a'_1, d'_1$ )



(b) 路線 R<sub>1</sub> のダイヤ、路線 R<sub>2</sub> のダイヤを  $b_1 \sim b_5$  におきかえたもの

図-4 2拠点へのアクセシビリティ指標を表す立体の平面図

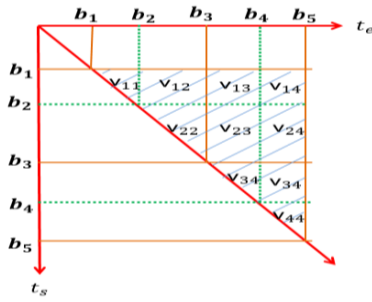


図-5 2 拠点へのアクセシビリティ指標を表す立体を分割してできる立体の平面図

ここで 2 路線のダイヤの前後関係を把握しやすくするため、 $b_1 = a_1, b_2 = a'_1, b_3 = d_1, b_4 = d'_1, b_5 = d_2$  と書き換えると、 $b_1 \leq b_2 \leq b_3 \leq b_4 \leq b_5$  が成り立つ。これを  $(t_s, t_e)$  平面上で表すと図-4(b)のようになる。

また、 $t_s$  軸における  $b_1, b_2 \dots, b_5$  を  $b_q (q=1.2 \dots .5)$ 、 $t_e$  軸における  $b_1, b_2 \dots, b_5$  を  $b_r (r=1.2 \dots .5)$  とする。さらに求める立体を図のように格子状に分割し、それぞれの立体を  $v_{qr}$  とする(図-5)。 $v_{qr}$  における  $(q, r)$  は、 $(t_s, t_e)$  平面上で区切られた面積の左上の点の座標  $(b_q, b_r)$  に対応する。

求める立体の体積  $v$  を  $v_{qr}$  を用いて表すと、

$$v = \sum_{r=1}^4 \sum_{q=1}^4 v_{qr} p_{qr} \quad (6)$$

ただし、

(i)  $q > r$  のとき

$$v_{qr} = \int_{b_r}^{b_{r+1}} \int_{b_q}^{b_{q+1}} \max[f_1, f_2] dt_s dt_e \quad (7)$$

(ii)  $q = r$  のとき

$$v_{qr} = \int_{b_n}^{b_{n+1}} \int_{b_m}^{t_e} \max[f_1, f_2] dt_s dt_e \quad (8)$$

(iii)  $r < q$  のとき

$$v_{qr} = 0 \quad (9)$$

$p_{qr}$  は、 $b_q \leq t_s \leq b_{q+1}, b_r \leq t_e \leq b_{r+1}$  において使用する路線  $R_1$  のバスダイヤの組み合わせ  $(a_i, d_j)$  または路線  $R_2$  のバスダイヤの組み合わせ  $(a'_i, d'_m)$  を利用できる日数の一週間に対する割合である。

以上より 2 拠点へのアクセシビリティ指標は、

$$a_{12} = \sum_{r=1}^4 \sum_{q=1}^4 v_{qr} p_{qr} \quad (10)$$

(i)  $q > r$  のとき

$$v_{qr} = \int_{b_r}^{b_{r+1}} \int_{b_q}^{b_{q+1}} \max[f_1, f_2] dt_s dt_e \quad (11)$$

(ii)  $q = r$  のとき

$$v_{qr} = \int_{b_r}^{b_{r+1}} \int_{b_q}^{t_e} \max[f_1, f_2] dt_s dt_e \quad (12)$$

(iii)  $r < q$  のとき

$$v_{qr} = 0 \quad (13)$$

と表せる。

## (2) 複数のサービスへのアクセシビリティ指標

3.1 では、各活動拠点ですべての(または、同一の)サービスが提供されると想定していた。しかし、医療サービスを例にとると、内科系診療所、外科系診療所、総合病院のように、現実には提供されるサービスの種類は同一ではない。買い物という機能を達成する場合、図-6 に示す複数のサービス(商品)を購入可能であることが必要である。以後この機能の達成に必要なサービスを最小単位のサービスと呼ぶ。最小単位のサービスは、観念的には生活に必要な独立したサービスにこれ以上分類できないサービスと考えられるものである。例えば、肉、野菜といった商品は、品質に差はあれどどの店舗においても、同じような商品を購入できるため、最小単位のサービス(商品)である。逆に、食料品は、肉、野菜、魚といった、より具体的かつそれぞれが最低限の生活に必要な独立した商品に分類可能であるため、最小単位の商品ではない。同様に、眼科医療といったサービスにおいても、どの病院にいても、眼科医療として最低限のサービスは享受可能であり、最小単位のサービスである。なお、この最小単位のサービスの具体的な分類を明らかにすることは、本研究では扱わない。

ここで、改めて本研究における、サービス(商品)、施設、活動拠点といった概念を整理しておく。活動拠点は、複数の施設の集合している地点(一店舗しかない場合も含む)である。また、施設では複数のサービス(一つの場合も含む)を享受可能であるとす

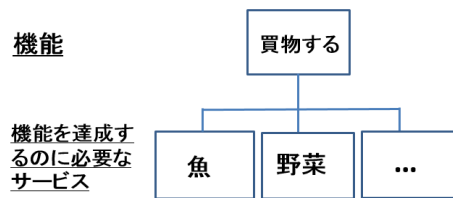


図-6 サービスの階層構造

る。

本研究では、すべての機能は、機能の達成に必要な複数の具体的なサービス(商品)の獲得可能性の関数からなると考える。さらにこのサービスの獲得可能性は、各サービスを獲得可能な施設の存在する活動拠点へのアクセシビリティ指標によって表す。

ある活動が図のようなサービス A, サービス B, サービス C, …を享受することから行われるとすると、活動機会の大きさは以下のように定式化できる。

$$C = f_c(a^A, a^B, a^C, \dots) \quad (14)$$

ここに、 $C$ は活動機会の大きさ、 $a^A, a^B, a^C, \dots$ はそれぞれサービス A, B, C, …が享受可能な拠点へのアクセシビリティである。

以下、簡単のため 2 種類のサービス (サービス A, サービス B)を考慮し、活動を行う候補地は 2 拠点 (拠点 1, 拠点 2)存在するとする。

ここで、サービス A が両方の拠点で獲得できる場合は

$$a^A = a_{12} \quad (15)$$

となり、3.1 で述べた 2 拠点へのアクセシビリティ指標  $a_{12}$  を用いて表す。片方の拠点でしか獲得できない場合(例えば拠点 1 でのみ獲得可能)は

$$a^A = a_1 \quad (16)$$

となる。サービス B に関するアクセシビリティ指標  $a^B$  についても同様である。

以上より、サービス A, B を利用して行われる活動の機会の大きさ  $C_{AB}$  を以下のように表す。

$$C_{AB} = f_c(a^A, a^B) \quad (17)$$

ただし、拠点 1, 拠点 2 の両方でサービス A が利用可能なとき

$$a^A = a_{12} \quad (18)$$

拠点 1 でしか利用できないとき

$$a^A = a_1 \quad (19)$$

拠点 2 でしか利用できないとき

$$a^A = a_2 \quad (20)$$

どちらの拠点でも利用できないとき

$$a^A = 0 \quad (21)$$

となる(サービス B の場合も同様)

$C_{AB}$ : サービス A, B を利用して行う活動の機会の大きさ

$a^A, a^B$ : サービス A, B が獲得できる拠点へのアクセシビリティ指標

$a_1, a_2$ : 順に拠点 1, 拠点 2 へのアクセシビリティ指標(1 拠点への指標: (1)式)

$a_{12}$ : 拠点 1, 拠点 2 両方へのアクセシビリティ指標(2 拠点への指標: (10)~(13)式)

## 4. 数値計算

### (1) 数値分析の目的

3 章で提案した指標に基づいて数値分析を行う。数値分析により、提案した指標が、先行研究のアクセシビリティ指標よりも、活動を行う拠点数、そこで獲得できるサービスの種類において、より多くの状況における活動機会の大きさを評価し得ることを示す。また様々な代替案における活動機会の大きさを求め、活動機会の大きさが最も高くなる代替案について考察する。

### (2) 数値分析の方法

#### a) 想定する社会

本章では交通サービス水準が低い過疎地域における活動機会、すなわちどれくらい買い物ができるか、どれくらい医療を受けられるか、という活動機会の大きさの計測について考える。

居住地の周辺には商店や病院が存在せず、生活に必要な活動は中心地へバスを利用して出向いて行わなければならないような地域を想定している。バス停は住居及び活動を行う施設に近接しており、住居及び施設からバス停までの歩行時間、歩行による疲労は考えない。中心地は二つ存在し、一つの中心地へのバス路線しか無い場合もあれば、両方の中心地それぞれへ向かう二つのバス路線が存在する場合もある。それぞれの中心地では、ある機能に対して一種類か二種類のサービスが受けられる。二種類のサービスはサービス A, サービス B とし、それぞれ性質の異なるサービスとする。

#### b) パラメータ及び代替案の設定

表-1 に示すケースを対象に、表-2 の代替案を想定した。

ここでは、(17)式で示した関数  $f_c(a^A, a^B)$  が(5)式のように各サービスへのアクセシビリティ指標の線形和で表せるとする。

$$f_c(a^A, a^B) = a^A + a^B \quad (22)$$

表-1 想定するケース

ケース	拠点1で獲得できるサービス	拠点2で獲得できるサービス
ケース1	サービスA	サービスA
ケース2	サービスA+サービスB	サービスA+サービスB
ケース3	サービスA	サービスB
ケース4	サービスA	サービスA+サービスB

表-2 想定する代替案

代替案	路線R1のダイヤ	路線R2のダイヤ
代替案1	行9:00 帰17:00	行9:00 帰17:00
代替案2	行9:00 帰17:00	行10:00 帰17:00
代替案3	行9:00 帰13:00 帰17:00	行10:00 帰16:00
代替案4	行9:00 帰17:00	

この時、ケース  $j$  ( $j=1,2,3,4$ )における活動機会の大きさ  $C_j$  は、以下ようになる。

$$C_1 = a_{12} \quad (23)$$

$$C_2 = a_{12} + a_{12} \quad (24)$$

$$C_3 = a_1 + a_2 \quad (25)$$

$$C_4 = a_{12} + a_2 \quad (26)$$

表-3 に示すようにパラメータの値を設定し、式を用いて、拠点へのアクセシビリティ指標  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_{12}$  及び活動機会の大きさ  $C_j$  を求めた。

なお、個人が各代替案のバスダイヤを週何回使えるかという割合  $p^i$  についてはすべて 1 として計算した。またすべての施設の営業時間は同じものとする。

表-3 想定するパラメータ

活動 $\lambda$ を行う施設の営業開始時刻 $T^\lambda$ 【時】	9
活動 $\lambda$ を行う施設の営業終了時刻 $\bar{T}^\lambda$ 【時】	22
パラメータ $\gamma$	1.814
バスの乗車時間の等価時間係数 $\delta$	3.646
路線①のバスの片道の乗車時刻 $Q_1$ 【時間】	0.5
路線②のバスの片道の乗車時刻 $Q_2$ 【時間】	0.75

表-4 結果(機能の達成度( $\times 10^{-4}$ ))

代替案 ケース	代替案1	代替案2	代替案3	代替案4
ケース1	4.118	4.202	8.169	4.077
ケース2	8.236	8.404	16.33	8.154
ケース3	4.227	4.227	8.277	4.077
ケース4	4.268	4.352	8.318	4.077

パラメータ  $\gamma$  および等価時間係数  $\delta$  は喜多ら<sup>5)</sup>の指標のものを用いる。

以上表-2の代替案、及び表-3のパラメータの値から、式(23)~(26)を用いて、活動機会の大きさを求めた。なお、拠点1、拠点2へのアクセシビリティ指標  $a_1$ ,  $a_2$ , 両方への拠点へのアクセシビリティ指標両方の拠点へのアクセシビリティ指標  $= a_{12}$  の値は、式(1)及び式(10)~(13)を用いて計算した。

### (3) 結果

数値計算の結果は表-4のようになった。

これより、アクセスできる拠点、獲得できるサービスが増えれば、アクセシビリティも増加するという意図した通りの指標となっていることを確認した。また、この指標においては、代替案3、すなわちバスダイヤを一便増やした場合に、ケースによらず活動機会の大きさが最も大きくなることが分かった。

## 5. おわりに

本研究では、買い物などの活動を行う複数の拠点の候補、及び活動を行うのに必要な複数のサービスを考慮した活動機会の大きさを表す指標を提案した。

また、提案した指標を用いて数値分析を行い、2拠点、2種類のサービスが存在する場合の活動機会の大きさを表し得る指標であることが確認できた。

この指標により、従来アクセスできなかった活動拠点に向かう公共交通バスの新規路線を開設した場合や、既存路線のダイヤを増やした場合の活動機会の大きさを評価することが可能である。さらには住民が活動する拠点において、利用できるサービスを充実させた場合の活動機会の大きさなども評価可能である。

しかしながら、活動機会の大きさが同じ値であっても、一方のサービスへのアクセシビリティともう一方のサービスへのアクセシビリティの差が大きい場合、差がほとんどない場合では、大きく状況が異なる。よって、この指標による値だけに着目して公共交通サービス水準を評価することはできないことに注意する必要がある。

今回は活動機会の大きさを表す関数の関数系を各拠点へのアクセシビリティ指標の線形和として表した。今後様々な関数形を用いて数値計算を行い、適

切な関数形を選択する必要がある。

また、喜多ら<sup>5)</sup>の指標において考慮されている自宅からバス停までの歩行による疲労、拠点内の移動など、本研究では省略して数値計算を行った。今後改めて、今回省略した要素を考慮した分析を行った結果を検討しなければならない。

本研究で提案した指標の現象説明力を検証するため、また上記にあげた課題に取り組む上でも、今後実際の地域における事例分析を行う必要がある。

**謝辞：**本研究は、科学研究費(課題番号：2524907)の一部として実施したものであり、謝意を表す次第である。

## 付録

以下では、拠点1への要素アクセシビリティ  $f_1(t_s, t_e)$ 、に拠点2への要素アクセシビリティ  $f_2(t_s, t_e)$ について詳述する。拠点1へ向かう路線  $R_1$  において、到着便数  $K$ 、出発便数  $J$  というバスダイヤが存在する場合の  $f_1(t_s, t_e)$  は以下のように定式化される。

$$f_1(t_s, t_e) = e^{-\gamma * \tau}$$

ここで、 $a_k \leq t_s < a_{k+1}$  かつ  $d_{j-1} < t_e \leq d_j$  ( $k=1.2 \dots K$ ,  $j=1.2 \dots J$ ) のとき

$$\tau = \delta * 2M + d_j - a_k - t_e + t_s$$

$t_s < a_k$  かつ  $d_j < t_s$  かつ  $t_e < a_k$  かつ  $d_j < t_e$  のとき

$$\tau = \infty$$

ここに、 $\gamma$  はパラメータ、 $\delta$  は待ち時間に対する乗車時間の等価時間係数、 $M$  は拠点1へ向かう場合のバスの片道の乗車時間である。

また拠点2へ向かう路線  $R_2$  において、到着便数  $L$ 、出発便数  $M$  というバスダイヤが存在する場合の  $f_2(t_s, t_e)$  は以下のように定式化される。

$$f_2(t_s, t_e) = e^{-\gamma * \tau'}$$

ここで、 $a_l \leq t_s < a_{l+1}$  かつ  $d_{m-1} < t_e \leq d_m$  ( $l=1.2 \dots L$ ,  $m=1.2 \dots M$ ) のとき

$$\tau' = \delta * 2M' + d_j - a_k - t_e + t_s$$

$t_s < a_l$  かつ  $d_m < t_s$  かつ  $t_e < a_l$  かつ  $d_m < t_e$  のとき

$$\tau' = \infty$$

ここに、 $M'$  は拠点1へ向かう場合のバスの片道の乗車時間である。

## 参考文献

- 1) 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.
- 2) 谷本圭志・喜多秀行：地方部における公共交通の計画情報に関する考察—活動の機会と活動ニーズの関係に着目して, 土木学会論文集 D, Vol.65, No.4, pp.534-543, 2009.
- 3) Amartya Sen (鈴木興太郎訳)：福祉の経済学—財と潜在能力, 岩波書店, 1988.
- 4) 土谷敏治：累積機会に基づく測度によるアクセシビリティの測定. 人文地理 38.3 :pp. 265-280, 1986.
- 5) Lenntorp, Bo. "Paths in space-time environments: A time-geographic study of movement possibilities of individuals." Environment and Planning A 9.8 : pp.961- 972. 1977.
- 6) 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, pp.544-553, 2009.
- 7) 喜多秀行, 辻皓平, 四辻裕文. "公共交通に支えられた活動機会の計測法と整備水準評価への利用." 交通工学論文集, 1.2: A\_116-A\_122.2015.