

# 身体的機能を考慮したアクセシビリティ指標の 公共交通計画への適用可能性

喜多 秀行<sup>1</sup>・岸野 啓一<sup>2</sup>・小野 祐資<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 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:kita@crystal.kobe-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 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丁目480)  
E-mail:kishino@mub.biglobe.ne.jp

<sup>3</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:l15t116t@stu.kobe-u.ac.jp

交通は何らかの活動を行うための派生需要であり、公共交通サービスを評価する際にはその利用によってどれだけ活動が行いやすいかを評価することが重要である。筆者らはこれまでに、活動機会の獲得水準を表すアクセシビリティ指標を開発してきた。

これまでに提案した指標は、誰もが公共交通を利用できることを前提としている。そのため、公共交通サービスが提供されていても、身体機能に制約のある人には利用が困難であるため、活動機会が十分に得られないという事象を説明できない。そこで、身体機能が坂道の歩行などに及ぼす影響を評価した既往研究を参考に、公共交通の利用しやすさを評価する指標に身体機能を加味して、活動機会の獲得のしやすさを評価する新たな指標を構築した。そして傾斜の急な地区を対象としたケーススタディを行い、構築した指標の有用性や公共交通計画の評価に対する適用可能性を検証した。

**Key Words : accessibility, public transport planning, rural areas, physical function**

## 1. はじめに

過疎地域では、バスが1日数往復しか運行されていないため、公共交通を利用して通院や買い物など日常生活に必要な活動ができないという問題が発生している。交通は何らかの活動を行うための派生需要であり、公共交通を評価する際には、必要な活動がどの程度行いやすいかという視点が重要である。

公共交通を利用して活動を行うときの移動しやすさを評価する指標として、谷本ら<sup>1)</sup>によるアクセシビリティ指標がある。この指標は、定時定路線型の公共交通を利用して行う活動を対象に、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、時間配分の多様性を表すものであり、時空間的側面から公共交通利用による活動機会の獲得のしやすさを評価するものである。

谷本らの指標では、誰もが公共交通を利用可能であることを前提としているが、実際には時間的に利用可能な公共交通が運行されていても、それを利用できない人が存在する。例えば、バスのステップの昇降能力がない人はそれだけでバスが利用できなくなるなど、公共交通の

サービス水準を評価するには、利用者の身体能力も考慮する必要があると考える。また、バスを利用する能力を有する場合でも、自宅からバス停までの徒歩などに起因する身体的な疲労が移動のしやすさに影響を及ぼすことも考えられる。

公共交通の利用しやすさを時間的側面と身体的側面から統一的に評価できれば、公共交通政策を講じる上で有用であるが、筆者らが知る限りそのような指標は見当たらない。そこで本研究では、両者を統一的に評価しうる指標を構築するとともに、その指標の公共交通計画への適用可能性について検討した。本稿では構築した指標について説明するとともに、ケーススタディを通じて指標の有用性や公共交通計画の評価に対する適用可能性について検証する。

## 2. 基本的な考え方

### (1) 既往研究

谷本ら<sup>2)</sup>は公共交通のサービス水準の低い地域では、

日常生活における活動機会が限定されるため、住民がその環境に応じた活動ニーズを形成している可能性を指摘し、活動機会に着目して公共交通計画を立案すべきと論じている。過疎地域の公共交通に関する研究は多数行われているが、活動機会に着目した研究事例はまだ少ない。

その中で、谷本ら<sup>1)</sup>は活動機会を評価するにはアクセシビリティ指標が適切であるが、既存のアクセシビリティ指標では限界があることを指摘し、所与の利用可能時間および公共交通の利用に伴う時空間的な制約のもとで、一日の活動に充てられる時間配分がどれだけ多様であるかを表す新たなアクセシビリティ指標を提案している。

岸野ら<sup>2)</sup>は、谷本らのアクセシビリティ指標を応用し、定時定路線型のバスダイヤが与えられたとき、住民の活動機会がそれによってどれだけ獲得できるかを表すアクセシビリティ指標を提案するとともに、アクセシビリティを最大化するバスダイヤの設定法を示している。しかし、その方法では、バス停までのアクセス距離や地形、年齢などの個人属性は考慮されておらず、本研究が意図する利用者の身体的能力を反映することはできない。

一方で、移動に対する個人属性や地形の影響の評価を試みた研究として、木澤ら<sup>3)</sup>によるものがある。木澤らは、目的地までの行きやすさとして年齢や起伏の程度、距離などの影響を加味した等価水平距離という概念を示している。このほかに、Iseki et al.<sup>4)</sup>は駅やバス停における待ち時間や徒歩時間がトリップの満足度に及ぼす影響を評価している。

これらのことから本研究では、谷本らのアクセシビリティ指標に基づき、バスダイヤとアクセシビリティに関する岸野らの考え方を取り入れるとともに、年齢や勾配等を一つの指標に換算して評価するという木澤らの考え方を参考にして、身体的な制約を考慮したアクセシビリティ指標を新たに構築する。

## (2) 活動機会の多様性を表すアクセシビリティ指標

谷本ら<sup>1)</sup>のアクセシビリティ指標は、公共交通利用に伴う時空間的な制約のもとで、一日にどれだけ多くの時間配分の組合せにより活動できるかという視点から公共交通を評価するための指標である。例えば、ある住民が外出に使うことの出来る時間にバスが2往復運行されている場合、活動機会を得るための外出時間の組合せが何通りあるかというような考え方である。

外出パターンを $a$ 、活動と移動に充てることのできる自由時間を $T$ 、活動のための往復の移動時間を $M$ 、外出回数を $n$ 、待ち時間を $w$ としたとき、アクセシビリティ指標 $A_n$ は式(1)のように表される。

$$A_n = \sum_a e^{-\beta T - \gamma w} \frac{(T - M - w)^{n-1}}{(n-1)!} \quad (1)$$

谷本らは、公共交通の待ち時間や外出時間が長くなればアクセシビリティは低下するとしており、式(1)の $e^{-\gamma w}$ と $e^{-\beta T}$ がそれらを表している。なお、 $\beta$ 、 $\gamma$ はパラメータである。

## (3) 身体的機能等を考慮した指標の改良

本研究では、谷本らによる式(1)のアクセシビリティ指標に次の2点の改良を加える。一つは、身体的な制約による公共交通の利用可能性、もう一つは、外出する際の疲労に個人属性や地形の影響を加味することである。

公共交通の利用可能性とは、例えば、長距離の歩行が困難で、自宅からバス停まで歩いていくことのできない人は、自分ひとりではバスが利用できない。このように公共交通が運行されていても、個人の意思に関わらず、公共交通を利用できない状況を、本研究では公共交通の利用可能性がないとする。

一方、疲労について、式(1)のアクセシビリティ指標では外出時間の長さやバスの待ち時間に関する疲労は考慮されているが、バス停までのアクセスによる疲労は指標に反映されていない。また、年齢の違いによる疲労の感じ方の違いも考慮されていない。高齢者の利用が多い地域で公共交通計画を評価する際、バス停へのアクセスや年齢の違いなどは重要な要因であると考えられる。そのため、これらの項目をアクセシビリティに反映させる。

以上に示した2つの要素の具体的なアクセシビリティ指標への反映の方法については、章を改めて述べる。

## 3. 提案するアクセシビリティ指標

### (1) 公共交通の利用可能性の反映

公共交通の利用可能性に影響を与える要因として、身体的要因、経済的要因、時間的要因などが存在する。このうち、時間的要因は式(1)のアクセシビリティ指標において考慮できること、実際の現場では高齢者などが身体的機能の制約が原因でバスに乗車できないことが散見されることなどから、本研究では身体的要因に着目する。

ここでは、身体的制約の影響をアクセシビリティ指標に反映するため、式(1)に公共交通の利用可能性を示す変数 $\varphi_k$  ( $k=1, 2, \dots, K$ )を導入し、式(2)のように拡張する。

$$A_{\varphi n} = \prod_{k=1}^K \varphi_k \cdot A_n \quad (2)$$

$$\varphi_k = \begin{cases} 0: & \text{個人}i\text{にとって移動途中に制約}k\text{が存在するため、} \\ & \text{公共交通の利用可能性がない場合} \\ 1: & \text{それ以外} \end{cases}$$

いくつか存在する制約のうち、1つでも越えられない

制約が存在した場合、利用可能性がゼロになり、アクセシビリティ値もゼロになる。

公共交通の利用可能性をゼロにする要因は、渋川ら<sup>7)</sup>が整理しているように多数考えられるが、本研究では高齢者にとって公共交通の利用可能性に大きく影響を与える要因として、次の4項目を取り上げた。

表-1 利用可能性に影響を及ぼす制約内容

k	制約内容
1	居住地～バス停の距離
2	居住地～バス停の階段
3	バス停での待ち
4	バスステップ

## (2) 疲労の反映

公共交通を利用して外出する際には、精神的な疲労と身体的な疲労を感じると考えられる。ここで、精神的な疲労とは、公共交通の待ち時間や乗車中は同じ場所に留まらなければならないことに対し、無駄な時間を過ごしていると感じることを表し、身体的な疲労はバス停や駅までの徒歩に対し、筋肉を使うことによって生じる疲労を表す。

このうち身体的疲労について、同じ時間歩いたとしても、平坦な道と坂道、階段ではそれぞれ疲労の感じ方が異なると考えられる。また、年齢によっても疲労の感じ方は異なると考えられる。そこで本研究では、これらの要因に基づく疲労の度合いについて、代謝的換算距離の概念を用いて表す。

勾配 $\theta$ の坂道を歩行するときのエネルギー代謝率の値を $r(\theta)$ 、年齢階層 $j$ の歩行速度を $v_j$ とすると、経路上の距離 $E$ に対する代謝的換算距離 $E^*$ は式(3)で表される<sup>8)</sup>。なお、 $v_3$ は基準となる歩行速度である。

$$E^* = E \cdot \frac{v_j}{v_3} \cdot \frac{r(\theta)}{r(0)} \quad (3)$$

ここで、 $v_j$ と $r(\theta)$ は、それぞれ表-2と式(4)のように設定する。 $\theta$ は坂道の勾配であり、 $\theta \geq 0$ は上り坂を意味する。

表-2 年齢別歩行速度 (佐藤ら<sup>9)</sup>より作成)

年齢階級 $j$	歩行速度 $v_j$ (km/h)
1 (5~10 歳)	2.17
2 (11~14 歳)	3.39
3 (15~49 歳)	4.00
4 (50~64 歳)	3.40
5 (65~74 歳)	2.82
6 (75 歳~)	2.51

$$r(\theta) = 1.2 + 3.113e^{0.4614\theta} \quad (\theta \geq -11(\%)) \quad (4)$$

$$r(\theta) = 1.2 + 3.113e^{-0.4614\theta} \quad (\theta \leq -11(\%))$$

代謝的換算距離では、平坦な道の歩行と坂道や階段の歩行による疲労の度合いの違いをエネルギー代謝率の比で表している。杉山ら<sup>9)</sup>によるとエネルギー代謝率は筋労作の大きさと関係しており、同じ活動であれば個人差は見られないものである。これは、式(3)の右辺第3項に表されている。

また、代謝的換算距離では、年齢による疲労の感じ方の違いは身体能力の低下に起因しており、身体能力の低下は歩行速度の低下に現れるとしている。高齢者と非高齢者が同じ距離を歩いた場合、高齢者の歩行速度のほうが遅く、歩行時間が長くなる分、疲労度が大きくなると判断される<sup>8)</sup>。これは、式(3)の右辺第2項に表されている。

## (3) 指標の定式化

以上の考えに基づき、式(1)で表される谷本ら<sup>1)</sup>による指標に次の修正を加え、新たな指標を定式化する。

- ①谷本らは外出時間に比例して疲労を感じるとしているが、公共交通の利用しやすさを評価するという観点から、活動の長さを含む外出時間ではなく、移動時間に対する疲労を考慮する。
- ②簡単のため1回の外出で1つの活動を行うとする。ただし、それ以上活動を行うと考えるときも、同様に定式化は可能である。
- ③谷本らは1つの活動に対し、その活動を実行可能なバスダイヤのすべての組み合わせを利用できるものとしていたが、岸野ら<sup>3)</sup>に示された考え方に順じ、活動開始時刻の直前に到着するバスと活動終了時刻の直後に出発するバスを利用するものとする。
- ④移動形態によって疲労の感じ方が異なることを表すために、移動時間を徒歩と乗車に分け、さらに歩行時間は勾配ごとに計測する。
- ⑤身体的制約に伴う公共交通の利用可能性を考慮するために、利用可能性を示す $\phi_{ik}$ を組み込む。これより年齢階級が $j$ の個人 $i$ のアクセシビリティ指標 $A_{ij}^b$ は式(5)のように導出される。

$$A_{ij}^b = \prod_{k=1}^4 \phi_{ik} \times \frac{e^{-\gamma\tau}}{\gamma^2} \left\{ -1 + e^{-\gamma(-t_a+t_d+M)} - \gamma(t_a - t_d - M) \right\} \quad (5)$$

ここで、

$$\tau = \delta t_B + \sum_l \varepsilon \frac{r(\theta_l)}{r(0)} t_{wjl} + (t_a - t_d - M) \quad (6)$$

$$t_{wjl} = E_l / v_j \quad (7)$$

$$M = t_B + \sum_l t_{wjl} \quad (8)$$

なお、 $t_d$ は居住地を出発する時刻、 $t_a$ は帰宅時刻、 $t_B$ はバス乗車時間、 $M$ は移動時間である。式(5)の $e^{-\tau}$ は疲労によるアクセシビリティの低下を表し、 $\tau$ は式(6)で与えられる。 $\theta_l$ は勾配の異なる区間 $l$ の勾配、 $t_{wjl}$ は区間 $l$ における年齢階級 $j$ の歩行時間であり、式(7)で与えられる。式(7)の $E_l$ は区間 $l$ の経路上の距離である。移動時間 $M$ はバス乗車時間と歩行時間の合計として、式(8)で与えられる。 $\gamma$ は疲労によるアクセシビリティの低下を表すパラメータ、 $\delta$ 、 $\varepsilon$ はバス乗車時間 $t_B$ と歩行時間 $t_{wjl}$ を待ち時間( $t_a - t_b - M$ )と合算するための等価時間係数<sup>10)</sup>であり、その値は表-3に示すとおりである。

以上に示した方法により、公共交通の利用可能性を考慮した個人のアクセシビリティ値 $A_{\phi ij}^b$ を算定できる。

表-3 パラメータ・等価時間係数の値

パラメータ	値
待ち時間( $\gamma$ ) <sup>1)</sup>	1.814
バス乗車時間の等価時間係数( $\delta$ ) <sup>10)</sup>	2.01
歩行時間の等価時間係数( $\varepsilon$ ) <sup>59)</sup>	2.30

## 4. ケーススタディ

### (1) 概要

ここでは、傾斜の急な地域で運行されているバス路線沿線のアクセシビリティを具体的に計測し、年齢別または地区別のアクセシビリティ値の比較、アクセシビリティ値とバス利用の関係などの分析を通じ、提案した指標の有用性について考察する。分析に必要なデータは、奈良県生駒市のコミュニティバス路線沿線住民にアンケート調査を実施することにより収集した。

以下、その検討内容について述べる。

### (2) 必要データの収集

分析に必要なデータを収集するため、生駒市コミュニティバス門前線沿線の住民にアンケート調査を実施した。

同線は、生駒駅南西に位置する住宅地と生駒駅南口を結ぶ延長約4.5kmのコミュニティバスである。途中11ヶ所にバス停が設置され、一方向巡回で8:30~17:40の間に14便運行されている。起終点となる生駒駅南口と最も標高の高いバス停との間は直線距離で約1.2km、標高差が200mある(図-1参照)。沿線地区全体が傾斜地にあるため、本研究に必要なデータを収集するのにふさわしい。沿線人口は約4,500人、24%が65歳以上である。

アクセシビリティを計算し、バス利用との関係を分析するためには、コミュニティバスを利用しない人のデータも必要であるため、同線沿線の600世帯にアンケート調査票を配布し、交通機関を用いた外出機会が多いと考

えられる高校生以上の世帯構成員全員の回答を求めた。

アンケート調査では、年齢、コミュニティバスの利用の有無、利用バス停(往路・復路別)、自宅住所(利用バス停までの距離や傾斜を特定するため番地までの記載を求めた)など、アクセシビリティ値を計算するために必要なデータを収集できるよう、調査項目を設定した。

なお、アンケート調査には、203世帯351人から回答があり、そのうち、分析に必要な情報を作成可能な221票を用いて分析を行った。



図-1 コミュニティバス門前線の路線図

### (3) アクセシビリティの計算

年齢や地形が活動機会に及ぼす影響が提案した指標によりどのように評価されるかを検証するため、次の考え方によりアクセシビリティを計算した。

- ・コミュニティバスを利用して生駒駅に行き、そこで活動を行った後、自宅に戻ることにに対するアクセシビリティを計算した。
- ・提案したアクセシビリティ指標は活動の時間配分の多様性を表すものであるが、ここでは年齢や傾斜の影響を評価するため、活動時間は一定(具体的には生駒駅到着の2時間後のバスで帰宅する)と仮定した。
- ・計算可能な全てのサンプルについてコミュニティバスを利用した場合のアクセシビリティを計算し、個人属性やコミュニティバスの利用率との関係を分析することにより、提案した指標の有用性を検証する。

#### a) 身体的機能の制約とアクセシビリティの関係

図-2は、自宅から出掛ける際に利用する(または利用が想定される)バス停まで、支障なく行けるかどうかという区分に対する個人レベルのアクセシビリティ値の分布を表したものである。「バス停まで無理なく行ける」という人のアクセシビリティは、「体はつらいが何とか行くことができる」という人より高い範囲に分布してい

ることが読み取れる。このように、提案した指標は身体的要因に伴う外出のしやすさを表すことができる指標となっている。

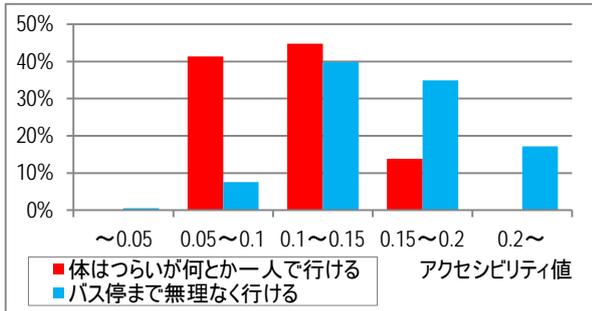


図-2 身体的要因とアクセシビリティ値の分布

b) 年齢とアクセシビリティの関係

図-3は、年齢階級ごとに個人レベルのアクセシビリティ値の分布と平均値を示したものである。アクセシビリティの平均値は、年齢が高まるほど小さくなる傾向にあるほか、年齢が高くなるにつれ、アクセシビリティの低い人の割合が増える傾向が読み取れる。

年齢や身体機能を考慮したアクセシビリティを定義づけることにより、このような形で年齢とアクセシビリティの関係を定量的に表現することができる。

また、図-4は年齢階級別にアクセシビリティ値とコミュニティバスの利用率の関係を示したものである。65~74歳や75歳以上では、アクセシビリティが高まるほどコミュニティバスの利用率が高くなることが読み取れる。一方で、15~49歳、50~64歳では、コミュニティバスの利用率が相対的に低く、アクセシビリティが高まることとコミュニティバスの利用率の間には相関関係は見られない。これは、高齢者はコミュニティバス以外の交通手段が利用しづらいため、アクセシビリティの大小がコミュニティバスの利用により強く影響していることを表している。

このように、提案した指標を用いることにより、アクセシビリティとコミュニティバスの利用率の関係を定量的に捉えることができる。

c) バス停別のアクセシビリティ値

表-4は、個人単位で計算したアクセシビリティ値を、自宅から出掛ける際に利用するバス停別に集計したものである。合わせて、路線の起終点となる生駒駅南口からバス停までの距離、バス停の標高、コミュニティバスの利用率（出掛ける際に当該バス停を利用すると回答した人のうち、実際にコミュニティバスの利用経験がある人の割合）を示している。

たとえば6番のバス停では、バス停利用者のアクセシビリティは相対的に低いにもかかわらず、コミュニティバスの利用率は相対的に高い。前項ではアクセシビリテ

ィが高まればバスの利用率が高まるとしたが、それとは逆の傾向である。このことは、このバス停の利用者はコミュニティバスを必要としているにもかかわらず、バス停までが遠い、勾配が急であるなどアクセシビリティの改善を必要としている状態を表しているとも解釈されるが、他の要因も考えられ、精査が必要である。

構築した指標はこのような形でバス停の配置に関する評価に用いることができるほか、当該バス停の利用者の年齢構成や居住地分布を分析すれば、アクセシビリティを低下させている原因を解明することも可能であり、運行計画の見直しにも応用することができる。

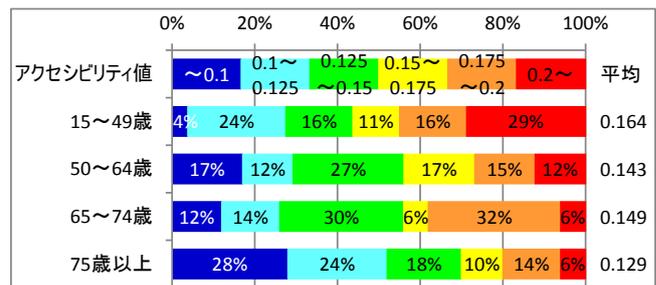


図-3 年齢階級別のアクセシビリティ値とその分布

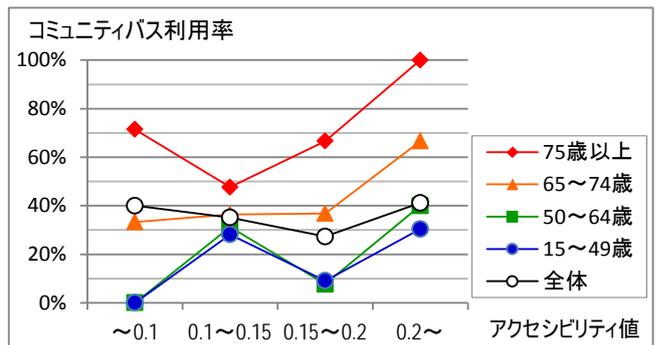


図-4 アクセシビリティ値とバス利用率の関係

表-4 バス停ごとのアクセシビリティ値

バス停	生駒駅からの距離 (km)	バス停の標高 (m)	アクセシビリティ値 (平均)	コミュニティバス利用率
①	0.7	205	0.160	38%
②	1.0	230	0.188	41%
③	1.2	240	0.189	8%
④	1.4	260	0.134	31%
⑤	2.0	315	0.127	45%
⑥	2.4	310	0.082	60%
⑦	1.4	270	0.126	30%
⑧	1.1	230	0.166	46%
⑨	0.8	195	0.161	37%
⑩	0.6	175	0.149	17%

d) コミュニティバス導入によるアクセシビリティの改善

図-5は、自宅から生駒駅まで出掛けて活動を行い、一定時間後に帰宅するという想定のもとで、コミュニティバスがある場合とない場合を比較したものである。すなわち、コミュニティバスがある場合のアクセシビリティ

ティを縦軸，コミュニティバスがなく徒歩で生駒駅まで行く場合のアクセシビリティを横軸に取り，図の凡例に示すように外出機会が増えた人と外出機会に変化がなかった人に区分してアクセシビリティをプロットしたものである。

図-5を見ると，コミュニティバス導入によるアクセシビリティの変化が少ないほど（ $y=x$ の線に近いほど）外出機会に変化がなく，アクセシビリティの変化が大きいほど（グラフの左上に近いほど）外出機会が増加するという傾向が読み取れる。

このことから，提案した指標は外出機会のし易さを反映しており，公共交通の有無によるアクセシビリティの改善状況を評価し得る指標となっている。

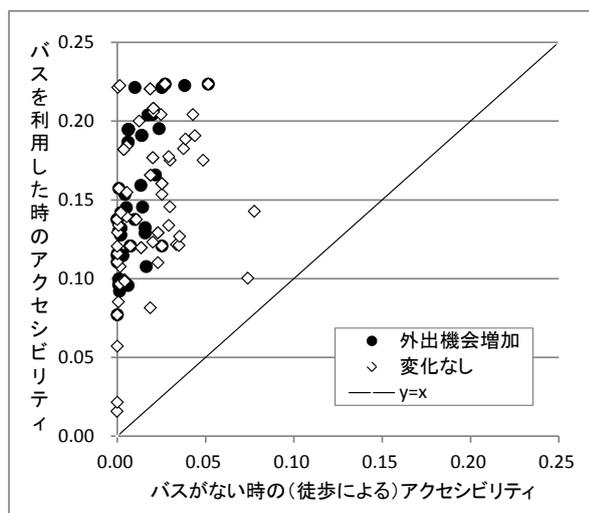


図-5 バスの有無によるアクセシビリティ値と外出機会の関係

以上に示したように，本研究に示したアクセシビリティ指標を用いることにより，年齢や地区特性によるアクセシビリティの違いを定量的に示すことができるほか，アクセシビリティとバスの利用率の関係を分析することによって，提供されている公共交通サービスの評価や問題点の把握，見直し計画の検討にも応用することができる。このようなことから，公共交通計画を評価することができ，社会的に有用な指標を構築することができたと考えられる。

## 6. おわりに

本研究では時間的な側面からバスの利用しやすさを評価するアクセシビリティ指標と，身体的な側面から移動のしやすさを評価するものを統合した新たなアクセシビリティ指標を開発した。傾斜が急な地区におけるコミュニティバス沿線地区を対象にケーススタディを行った結果，提案した指標の有用性を確認することができた。

その際，提案したアクセシビリティ指標は個人レベルの指標であるが，年齢階級や地区ごとに平均値を求めたり集計することにより，公共交通サービスを評価できることを示した。

この指標を用いて，バス停の配置やルートの違いによるアクセシビリティを評価すれば，アクセシビリティ値に対する時間的な要素の影響と身体的機能の影響を関連づけて捉えることができ，路線計画やダイヤ策定のみならず，高齢者に対する対策などを含めた交通政策の策定に必要な判断材料を提供できると考えられる。

一方で，提案したアクセシビリティ指標に用いているパラメータの推計や指標に取り込むべき要素について，改善余地がある。また，指標の活用方法や政策への反映についても，検討の余地がある。これらの点については今後の課題としたい。

## 参考文献

- 1) 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.
- 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，Vol.23 no.3, pp.599-607, 2006.
- 3) 岸野啓一・喜多秀行・寺住奈穂子：活動機会の獲得水準最大化を目指したバスダイヤの設定法，土木計画学研究・論文集，Vol.27 no.4, pp.633-642, 2010.
- 4) 岸野啓一・喜多秀行：活動機会の公平性を考慮したバスダイヤの評価指標，社会技術研究会論文集，Vol.7, pp.152-161, 2010.
- 5) 木澤友輔・高見淳史・大口敬：個人属性・地形要因を考慮した徒歩・自転車による「行きやすさ」の評価，交通工学研究発表会論文報告集，Vol.26, pp.205-208, 2006.
- 6) Iseki, H. and Taylor, B. D. : Style versus Service? An Analysis of User Perceptions of Transit Stops and Stations, *Journal of Public Transportation*, Vol. 13, No.3, 2010.
- 7) 渋川剛史・原野安弘・生田進・山本洋一：「バリア」の概念と交通体系整備の課題に関する一考察，土木計画学研究・講演集，Vol.24 no.1, pp.73-76, 2001.
- 8) 佐藤栄治・吉川徹・山田あすか：地形による負荷と年齢による身体能力の変化を勘案した歩行換算距離の検討，日本建築学会計画系論文集，No.610, pp.133-139, 2006.
- 9) 杉山允宏・桐島日出夫・平谷昭彦・大八木達也：歩行のエネルギー消費，人間工学，Vol.17, No.6, pp.259-265, 1981.
- 10) 新田保次・上田正・森康夫：高齢者の交通形態別等価時間係数と時間価値，土木計画学研究・講演集，Vol.16 no.2, pp.191-194, 1993.