

鉄道サービス水準の評価のためのアクセシビリティ指標に関する研究*

A Study on the Accessibility Index for Evaluating the Railway Service Level

張 澤永**、青山 吉隆***、松中 亮治****、栗林 大輔****

by Taekyoung JANG, Yoshitaka AOYAMA, Ryoji MATSUNAKA and Daisuke KURIBAYASHI

1. はじめに

近年、都市交通における問題点として、道路混雑や自動車排ガスによる大気汚染などが挙げられており、地下鉄を含む都市鉄道整備の必要性が再認識されている。都市鉄道の整備は、利用者の目的地までの所要時間短縮だけでなく、輸送力増加による混雑緩和などの所要時間短縮以外の鉄道サービス水準を向上するといった目的もあると考えられる。また、都市成長の安定期に入り、大きな需要の増加が見込めない状況下では、既存の都市鉄道を有効に活用するための効果を如何に計測するかが重要になっている。

従来の都市鉄道のサービス水準を評価するための広域アクセシビリティ指標としては、利用者の目的地までの所要時間を用いて算出した指標が多く用いられてきた。しかし、この指標は移動による所要時間の短縮効果を表しているものの、上に述べたような所要時間短縮以外の鉄道サービス水準向上による効果を計測することはできないという問題がある。

そこで本研究では、鉄道利用者の移動による所要時間のみならず、混雑緩和や疲労の減少などの鉄道サービス水準を表すことが可能な2つの広域アクセシビリティ指標を作成・提案する。そして、韓国のソウル市と日本の大阪市を対象として、従来の指標では考慮できなかった所要時間以外の鉄道サービス水準向上による効果を新たな2つのアクセシビリティ指標を用いて計測する。以下、2. では既存研究を整理するとともに本研究の基本的な考え方について述べ、3. で、ネットワーク理論に基づくアクセシビリティ指標及び効用理論に基づくアクセシビリティ指標をそれぞれ理論的に導出する。4. では、ソウル市と大阪市の都市鉄道において、本研究で提案したアクセシビリティ指標値を実際に算出し、これらのアクセシビリティ指標値を用いて両都市における地価関数を推定する。5. で、ケーススタディとしてソウル市の地下鉄5号線と大阪市 JR 東西線の開業に伴う対象地域の鉄道サービス水準向上による便益を、ヘドニックアプロ

ーチに基づいて用途別に計測し、従来の指標では計測できなかった都市鉄道整備による便益を計測する。

2. 既存研究と本研究の考え方

(1) 既存の研究

鉄道新線の整備は、社会全般に及ぼす波及効果が大きく、また自治体の大きな財政負担となるため、その整備効果に関する研究は従来から数多く行われてきた。

例えば、清水・加藤ら¹⁾による研究では都市内鉄道を対象として、時間価値や混雑評価関数を用いて時間短縮効果や混雑緩和効果を評価し、利用者便益を算出している。また、鹿島・澤崎ら²⁾は郊外から都心への新線を対象に、その沿線の人口・世帯数の伸びや土地利用の変化、税収、地価の変動などを用いて新線の整備効果を定量的に検討している。竹内・武林ら³⁾は都市間鉄道を対象に、時間短縮効果を交流可能人口比率、人口ポテンシャルなどの指標で表現し国土構造評価指標の変化を予測するモデルを構築して、鉄道輸送力整備施策の評価を行っている。平石・蓼沼⁴⁾は地方中枢都市圏の鉄道を対象に、各都市の CBD までの鉄軌道による一般化費用を都市鉄道整備水準指標として用い、鉄道サービス水準を評価している。林・土井ら⁵⁾は、都市交通改善がもたらす開発利益に対して帰着分析モデルを構築し鉄道の便益を計測している。

また、近年ヘドニックアプローチを用いて鉄道新線整備による便益を計測する試みも行われてきている。まず、肥田野・中村⁶⁾の研究は、その先駆けをなすものであり、近郊鉄道新線の便益を事後的に計測するために、地域比較による方法や地価関数による方法、不動産鑑定による方法を用いて通勤時間短縮効果の評価を行っている。また、柿本・安藤⁸⁾は地下鉄開業による時間短縮効果がどの程度地価に帰属しているかを分析することを通して、ヘドニックアプローチ適用の前提となる都市のオープン性を検証している。辻・田村ら⁹⁾は札幌市の鉄道整備を対象に地価関数を推定し、ヘドニックアプローチを用いて鉄道の運行頻度や新駅設置による便益を計測している。宮本・北詰ら¹⁰⁾は、都市内交通整備による便益の受益地及び主体や額を特定して計測することを目的とし、仙台市営地下鉄を対象にして地価関数を推定しているものの、鉄道整備水準として用いられている説明変数は都心の駅までの所要時間にとどまっており、また実際に便益額を

*キーワード：鉄道計画、整備効果計測法、アクセシビリティ指標

** 学生員，京都大学大学院工学研究科

*** フェロー，工博，京都大学大学院工学研究科

****正会員，工修，京都大学大学院工学研究科

(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL075-753-5139)

*****正会員，工修，京都府港湾事務所

算出していない。

ヘドニックアプローチにおいては、鉄道などの社会資本の整備水準を説明する変数としてどのような指標を用いるかが特に重要であるが、これらの研究で用いられている指標は、いずれも都心までの距離や時間、あるいは一般化費用等が用いられている場合がほとんどであり、所要時間短縮以外の鉄道サービス水準向上による効果を考慮することができない。

(2) 本研究の考え方

本研究では、以上の点を踏まえ、汎用的な広域アクセシビリティ指標を導出した上で、これらの指標を用いて時間短縮効果のみならず鉄道サービス水準向上による効果をヘドニックアプローチにより計測する。

まず、一つ目のアクセシビリティ指標として、宮城・鈴木ら¹⁰⁾がネットワーク理論及び「中心度関数」の考え方から提案したネットワークアクセシビリティ指標

(N.A.指標)を鉄道ネットワークに適用する。道路と同様、都市鉄道においても、リンクの容量は所要時間と並ぶ重要なリンク属性であるにも関わらず、これまでの指標ではほとんど考慮されてこなかった。そこで、この指標では鉄道のリンク属性にリンク容量を取り込むこととする。このことより、輸送力増強による鉄道サービス水準向上の効果も考慮することができる。

次に、二つ目のアクセシビリティ指標として、鉄道利用者の効用を最大化する過程で導き出されるユーティリティアクセシビリティ指標(U.A.指標)を提案する。この指標では、鉄道利用者の効用に着目することにより、移動による所要時間のみならず利用者の身体的疲労や心理的負担を表すことが可能である。

最後に、新しく提案した指標を用いて地価関数を推定した上で、ケーススタディとしてソウル市の地下鉄5号線と大阪市 JR 東西線の開業に伴う対象地域の鉄道サービス水準向上による便益を計測する。

3. 改良広域アクセシビリティ指標

(1) ネットワークアクセシビリティ(N.A.)指標

鉄道整備により既存ネットワークが拡充されることによって、鉄道利用者のアクセシビリティが高くなる。このようなアクセシビリティの変化は、各リンク容量や各ノード間の所要時間や輸送力の変化を考慮することによって定量的に表すことができる。

そこで、本研究では、都市鉄道の整備が既存鉄道ネットワークに及ぼす効果を考慮するため、式(1)のようにアクセシビリティ指標(N.A.指標)を提案する。この指標は、鉄道ネットワークにおけるリンクの長さ・リンクの容量・ノードの重みを用いてノードの中心らしさを表現できる「中心度関数」¹¹⁾の考え方を援用した指標である。

$$N.A._i = \sum_j \exp(-\alpha t_{ij}) \{1 - \exp(-\beta X_{ij})\} N_j \quad (1)$$

ただし

$N.A._i$: 駅*i*のN.A.指標値

t_{ij} : 駅*ij*間の最短所要時間(分)

X_{ij} : 駅*ij*間の最大輸送力(万人)

N_j : 駅*j*の乗降客数(人)

α, β : パラメータ($\alpha, \beta > 0$)

式(1)は所要時間に対して非増加の凸関数となっており、所要時間が大きくなるほどアクセシビリティ指標値は小さくなるが、その変化量は逓減する。また、容量に対しては非減少の凸関数となっており、容量が大きくなるほどアクセシビリティ指標値が大きくなるが、その変化量は逓減することを示している。これをグラフで表すと図1のようになる。

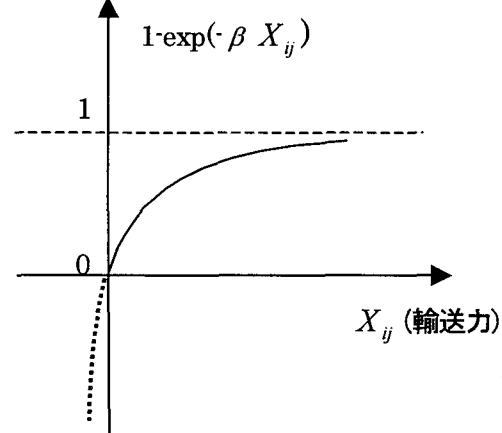


図1 容量変化量の逓減

また、駅の乗降客数については、増加関数で逓減効果がないものとして定式化している。

(2) ユーティリティアクセシビリティ(U.A.)指標

鉄道利用者の行動を効用最大化行動と捉え、効用最大化の過程から得られる指標をアクセシビリティ指標として以下のように定義する。

まず、出発地の駅*i*から目的地の駅*j*までの鉄道利用者の行動を考える。ある単位期間(例えば1週間、1ヶ月)内に n_{ij} 回鉄道を利用して目的地駅*j*を訪問するときに得る効用を U_j とすると、それは駅*j*の魅力の関数であると考えられる。そこで、このような鉄道利用者の効用を式(2)のように仮定することができる¹²⁾。

$$U_i = \sum_j N_j n_{ij}^\gamma \quad (2)$$

ただし

U_i : 駅*i*における鉄道利用者の効用

N_j : 駅*j*の魅力(駅乗降客数)

n_{ij} : 駅*i*から駅*j*への訪問回数

γ : パラメータ

ここで、駅利用者の限界効用が逓減することを考えると、 $\partial^2 U_{ij} / \partial n_{ij}^2 < 0$ より、 $0 < \gamma < 1$ でなければならない。ここで、駅 ij 間の利用者が持つ自由時間を T とすると、移動に消費できる総時間は T 以下でなければならない。よって、式(3)が成立する。

$$\sum_j t_{ij} n_{ij} \leq T \quad (3)$$

ただし

t_{ij} : 駅 ij 間の最短所要時間(分)
 n_{ij} : 駅 i から駅 j への訪問回数
 T : 移動に消費できる自由時間

鉄道利用者は効用を最大化するように利用回数を決めると仮定して、式(2)、式(3)より、次の最大化問題を定式化できる。

$$U_i = \sum_j N_j n_{ij}' \rightarrow \max$$

$$\text{s.t.} : \sum_j t_{ij} n_{ij} \leq T$$

そして、この最大化問題をラグランジュの未定乗数法にキューン・タッカーの定理を用いて解くと次のような解を得ることができる。

$$n_{ij} = T \cdot W_j / K_i \cdot t_{ij}^\phi$$

ただし

$$K_i = \sum_k N_k^\phi / t_{ik}^{\phi-1} \quad (4)$$

$$W_j = N_j^\phi$$

$$\phi = 1/(1-\gamma) \quad (0 < \gamma < 1 \text{ より } 1 < \phi)$$

ϕ : パラメータ

すなわち、駅 i の鉄道利用者が駅 j を利用する回数は目的駅 j の魅力 W_j に比例し、所要時間の ϕ 乗に反比例することとなる。

また、式(4)の K_i を考えると、これは従来からアクセシビリティ指標として経験的に用いられてきたグラビティ型の指標と同様な式型であり、本研究においては、この K_i を広域アクセシビリティとする。

さらに、鉄道利用者の制約条件に身体的疲労や心理的負担の概念を式のように加味することにより、鉄道の輸送力や混雑度を考慮できる広域アクセシビリティ指標として「U.A.指標 A」「U.A.指標 B」を提案する。

ここで制約条件を式(5)、(6)のように仮定する。

・ U.A.指標 A の制約条件 :

$$\sum_j (t_{ij} \times X_{ij}^{-\delta_A}) n_{ij} \leq L \quad (5)$$

・ U.A.指標 B の制約条件

$$\sum_j (\exp(t_{ij} + \delta_B C_{ij})) n_{ij} < L \quad (6)$$

ただし

t_{ij} : 駅 ij 間の最短所要時間(分)
 n_{ij} : 駅 i から駅 j への訪問回数
 X_{ij} : 駅 ij 間の最大輸送力(万人)
 C_{ij} : 駅 ij 間の最混雑 1 時間混雑率(%)
 L : 移動負担への(心理的、身体的)許容範囲
 δ_A, δ_B : パラメータ ($\delta_A, \delta_B > 0$)

式(5)は同じ所要時間でも輸送力が大きいほど鉄道利用者の抵抗感が小さくなることを意味し、式(6)は混雑率が高くなるほど心理的な負担が大きくなることを表している。

これらを制約条件とし、式(2)を効用最大化問題として解くと式(7)、(8)のような「U.A.指標 A」と「U.A.指標 B」を得ることができる。

$$U.A.(A)_i = \sum_k \{N_k^{\phi_A} / (t_{ij} \times X_{ik}^{-\delta_A})^{\phi_A-1}\} \quad (7)$$

$$U.A.(B)_i = \sum_k \{N_k^{\phi_B} / ((\exp(t_{ik} + \delta_B C_{ik}))^{\phi_B-1})\} \quad (8)$$

(3) 効用関数からの N.A.指標の導出

本研究で提案・作成した「N.A.指標」が、ある特定の制約条件式を仮定することにより、「U.A.指標」と同様に、鉄道利用者の行動の効用最大化の過程から導出されることを示し、これらの指標が一貫性を持つことを確認する。このため、まず、鉄道利用者の効用関数は式(2)と同じく式(9)のように仮定する。

$$U_i = \sum_j N_j n_{ij}' \quad (9)$$

ここで、制約条件式は以下のように仮定する。すなわち、駅 i を利用する人が n_{ij} 回の利用行動を行えば、駅 i と駅 j 間の移動に何らかの負担を要するはずである。この利用者の全ての移動負担への許容範囲を T' とすると制約条件式として、式(10)を仮定する。

$$\sum_j \left\{ \frac{\exp(\delta_N t_{ij})}{1 - \exp(-\phi_N X_{ij})} \right\} n_{ij} \leq T' \quad (10)$$

式(10)において、 $\exp(\delta_N t_{ij})$ は t_{ij} が増すほど大きくなり、 $1 / \{1 - \exp(-\phi_N X_{ij})\}$ は X_{ij} が増すほど 1 に漸近するように減少する。従って、この指標は所要時間と輸送力を同時に考慮した利用者の負担と考えられる。

このように、制約条件式を仮定することで、 K_i は次のように導出される。

$$K_i = \sum_k \{ \exp(-\delta_N t_{ik}) \}^{\phi_N-1} \{ 1 - \exp(-\phi_N X_{ik}) \}^{\phi_N-1} N_k^{\phi_N} \quad (11)$$

以上より、1 節で定義した「N.A.指標」の式(1)と式(11)

の式形は同型であり、ネットワーク理論から導出された式形が、効用関数から理論的に導出できることを示している。

4. 地価関数の推定

(1) 対象地域と使用データ

本研究では、韓国のソウル市における地下鉄5号線と日本の大阪市における JR 東西線の開業による影響をそれぞれ評価するため、図2に示すソウル市と図3に示す大阪市の周辺を対象地域として地価関数を推定した。

ソウル市における広域アクセシビリティ指標値を算出するための鉄道関連路線は、地下鉄5号線の開業による影響をうける図2のような既存の地下鉄線や国鉄線を対象としている。また、JR 東西線開業の場合は、図3に示すように JR 関連路線、大阪市営地下鉄関連路線、そして京阪関連路線の3つに大別される。それらの対象路線における端末駅の選定は、対象となる鉄道ネットワークが両都市における通勤圏と見なせる範囲で限定されている。

地価関数の推定には、被説明変数となる各地点の地価と、説明変数としての地点属性が必要である。既存のヘドニックアプローチによる研究では、被説明変数の地価データとして公示地価が多く用いられているため、本研究でも、1996 年度の公示地価を分析データとして扱う。また、その時期は両地域とも鉄道整備の直前であり、バブルによる地価高騰以降であることより比較的地価は安定していると考えられる。

次に、地価関数推定に用いられる説明変数としては、表1に示すように、広域アクセシビリティ指標以外は地価データと同様に 1996 年公示地価データから得られる地点属性データである。

しかし、ソウル市の最寄り駅までの距離データは公示

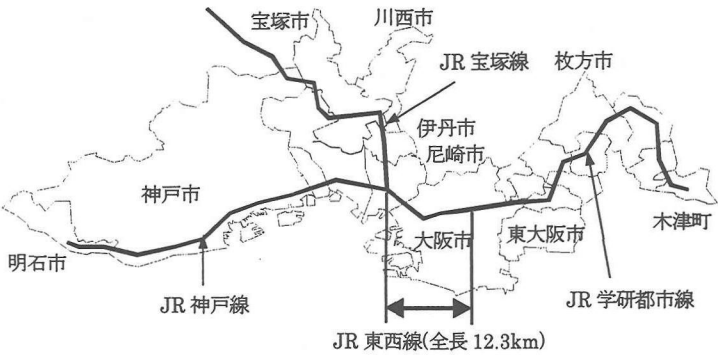


図3 JR 東西線の影響を受ける市町村

地価データに含まれていないが、地価を説明する重要な変数であると考え、独自に計測した。また、入手できるデータに制約があるため各都市における地価関数の説明変数が異なっている。

表1 地価関数の説明変数

	ソウル市 (韓国)	大阪市 (日本)
地点属性データ	・最寄り駅までの距離 (m) ・接面道路幅員 (m) ・容積率 (%)	・水道の有無 ・都市ガス ・下水道の有無 ・最寄り駅までの距離(m) ・用途地域 (1 住専ダミー・準工ダミー)
広域アクセシビリティ	・市庁駅までの所要時間 (分) ・N. A. 指標 ・U. A. 指標 A ・U. A. 指標 B	・大阪駅までの所要時間(分) ・N. A. 指標 ・U. A. 指標 A ・U. A. 指標 B

(2) 地価関数の式型

地価関数の式形については、1980 年代以降の研究では、Box-Cox 変換が頻繁に用いられている¹³⁾。しかし、Box-Cox 変換は推定に用いたデータにフィットするような関数形を推定するため、内挿にフィットしすぎるという特徴を有する。そのため、内挿した評価を行う際にはその評価値が安定的でなくなる可能性が高い¹⁴⁾。

そこで、本研究では以下のように片対数型の線形関数を仮定し、重回帰分析を用いてパラメータ推定を行うこととする。

$$\ln(P_l) = a_0 + \sum_m a_m X_{lm} + a_a X_{la} \tag{12}$$

ただし

- P_l : 地点 l の地価
- a_0 : 定数項
- a_m : 広域アクセシビリティ指標の係数
- X_{la} : 広域アクセシビリティ指標値

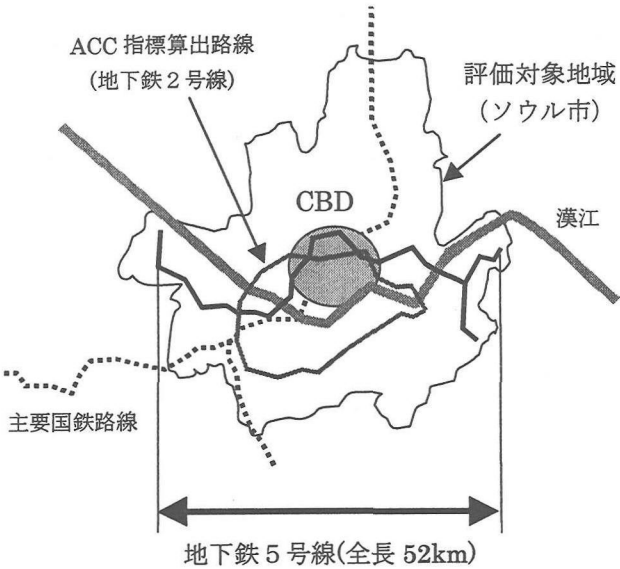


図2 地下鉄5号線の影響を受ける地域

$\sum_m a_m X_{lm}$: 広域アクセシビリティ指標以外の説明変数で説明される部分

すなわち、被説明変数となる地価に対しては対数をと
り、説明変数については一部の説明変数に対して対数をと
ることとする。

(3) 地価関数の推定とアクセシビリティ指標値の算出

3章で述べたアクセシビリティ指標にはパラメータが
含まれているため、それらの値を推定する必要がある。
パラメータの推定方法としては旅客流動量など既存の統
計データを用いて推定することも考えられるが、本研究
においては地価関数の推定結果が最も良くなるように、
パラメータの値と地価関数を同時に推定した。すなわち、
パラメータ値の組み合わせを様々変化させて求めた指標
値を、地価関数の説明変数として用い、最も当てはまり
の良い組み合わせを選択することとする。

ソウル市と大阪市の各駅におけるアクセシビリティ
指標について推定したパラメータと地価関数の推定結果
を表2、3に示す。ここで、従来指標とは、式4に示し
た、利用者の目的地までの所要時間を用いた重力モデル
式型の指標である。

表2に示すように、ソウル市においては、中心地まで
の「所要時間」や「従来指標」に比べて、「N.A.指標」
および「U.A.指標」を用いた場合の方が地価関数の補正
決定係数が高くなっている。一方、表3に示すように、
大阪市においては、「従来指標」に比べて、「N.A.指標」
については決定係数が低くなっているものの、「U.A.指
標」については決定係数が高くなっている。以上の点か
ら作成・提案した「N.A.指標」および「U.A.指標」は、
地価を説明する指標として、「従来指標」に劣らない、な
いしはそれ以上の説明力を有する指標であるといえる。
なお、ソウル市における「U.A.指標B」の算出は必要と
なる混雑データ入手が困難であるため行っていない。

表2 ソウル市における地価関数結果

※被説明変数は全てln(地価)

	所要時間		従来指標		N.A.指標		U.A.指標A	
パラメータ	-		$\phi=1.71$		$\alpha=0.11$	$\beta=0.01$	$\delta_A=0.01$	$\phi_A=1.71$
補正決定係数	0.644		0.654		0.665		0.659	
説明変数	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値
接面道路幅員(m)	5.04E-02	23.54	5.07E-02	24.05	5.14E-02	24.71	5.07E-02	24.04
容積率(%)	1.20E-03	22.62	1.10E-03	21.91	1.10E-03	20.69	1.16E-03	21.92
最寄り駅までの距離(m)	-1.16E-04	-6.30	-1.00E-04	-6.75	-1.10E-04	-6.19	-1.21E-04	-6.75
アクセシビリティ指標	-2.69E-03	-3.48	1.00E-06	6.31	4.10E-07	8.62	1.70E-06	6.31
定数項	13.4	344.0	12.9	172.4	13.1	320.0	12.9	175.8
住宅地(795地点) 商業地(116地点) 工業地(93地点)								

表3 大阪市における地価関数結果

※被説明変数は全てln(地価)

	所要時間		従来指標		N.A.指標		U.A.指標A		U.A.指標B	
パラメータ	-		$\phi=0.9$		$\alpha=0.04$	$\beta=0.20$	$\delta_A=0.20$	$\phi_A=1.22$	$\delta_B=0.015$	$\phi_B=1.03$
補正決定係数	0.614		0.645		0.639		0.652		0.644	
説明変数	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値
水道の有無	2.51E-01	6.12	2.34E-01	5.84	2.31E-01	5.70	2.22E-01	5.58	2.37E-01	5.93
都市ガスの有無	3.48E-02	1.17	3.23E-02	1.15	7.16E-02	2.64	4.77E-02	1.75	2.91E-02	1.03
下水道の有無	2.90E-03	7.63	2.85E-03	7.64	1.90E-03	4.76	1.86E-03	4.66	2.37E-03	6.13
最寄り駅までの距離(m)	-1.10E-04	-5.68	-1.07E-04	-5.76	-9.65E-04	-5.14	1.00E-04	-5.43	-9.83E-05	-5.27
所要時間	-1.33E-02	-9.62	-	-	-	-	-	-	-	-
アクセシビリティ指標	-	-	3.63E-03	-11.30	1.30E-03	10.98	2.40E-03	11.67	1.24E-03	11.21
用途地域ダミー	0.16	5.21	2.80E-01	5.76	1.77E-01	3.58	1.78E-01	3.67	2.26E-01	4.64
定数項	12.0	107.3	17.6	31.4	11.5	132.8	9.59	55.4	11.2	131.0
パラメータ	-		$\phi=1.9$		$\alpha=0.06$	$\beta=0.05$	$\delta_A=1.30$	$\phi_A=1.30$	$\delta_B=0.015$	$\phi_B=1.27$
補正決定係数	0.724		0.763		0.748		0.773		0.770	
説明変数	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値
水道の有無	1.47E-01	5.36	2.78E-01	1.33	3.30E-01	1.53	4.10E-01	2.07	4.23E-01	2.13
都市ガスの有無	3.81E-01	1.22	3.40E-01	1.20	3.56E-01	1.22	4.26E-01	1.56	4.24E-01	1.54
下水道の有無	3.00E-03	13.91	2.45E-03	10.36	2.50E-03	10.77	2.50E-03	11.28	2.91E-03	10.17
最寄り駅までの距離(m)	-2.00E-04	-1.23	-2.31E-04	-1.31	-2.00E-04	-1.21	-2.39E-04	-1.38	-2.19E-04	-1.26
所要時間	-2.09E-02	-2.82	-	-	-	-	-	-	-	-
アクセシビリティ指標	-	-	1.20E-03	5.26	2.60E-03	4.42	2.68E-04	5.79	6.25E-03	5.65
用途地域ダミー	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
定数項	12.2	22.2	11.4	32.7	11.6	31.3	11.2	33.3	11.6	33.1
パラメータ	-		$\phi=1.4$		$\alpha=0.05$	$\beta=0.20$	$\delta_A=0.20$	$\phi_A=1.20$	$\delta_B=0.015$	$\phi_B=1.03$
補正決定係数	0.650		0.680		0.659		0.682		0.673	
説明変数	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値	偏回帰係数	t値
水道の有無	7.46E-02	1.14	6.41E-02	1.03	3.92E-02	6.10	5.42E-02	0.87	7.63E-02	1.21
都市ガスの有無	3.80E-03	5.88	3.84E-03	6.24	1.06E-02	6.50	2.37E-02	0.39	-4.06E-03	-6.50
下水道の有無	2.81E-02	3.60	1.68E-03	2.09	1.70E-03	2.13	1.75E-03	2.20	2.11E-03	2.69
最寄り駅までの距離(m)	-1.00E-04	-1.45	-5.45E-05	-1.42	-7.00E-04	-1.76	-5.98E-05	-1.58	-5.11E-05	-1.32
所要時間	-2.27E-02	-6.33	-	-	-	-	-	-	-	-
アクセシビリティ指標	-	-	2.70E-03	7.08	1.90E-03	6.56	3.24E-03	7.13	1.80E-03	6.91
用途地域ダミー	1.85E-01	3.19	1.76E-01	3.20	1.42E-01	2.54	1.61E-01	2.95	1.91E-01	3.39
定数項	12.2	61.8	10.1	37.1	11.6	66.6	8.75	20.1	10.9	54.5

次に、表 2、3 で示されているパラメータを用いて、地下鉄 5 号線の整備による影響を受ける環状線である地下鉄 2 号線の各駅毎に広域アクセシビリティ指標を算出し、都心地駅である Ulchiro Il-ga 駅を 1 として基準化したものを図 4 に示す。同様に、JR 東西線の場合も、宝塚線から学研都市線の各駅に対して算出し、大阪駅を 1 として基準化したものを図 5 に示す。両地域において、都心地駅に近い駅ほど指標値が大きくなる傾向があるものの、都心地駅からの所要時間の割に指標値が大きい駅もある。このような駅は快速停車駅や他線との接続駅であり、鉄道のサービス水準がよりの確に表現されているといえる。また、ソウル市の「U.A.指標 A」では、駅毎の指標値の差があまり現れていないが、これは、ソウル市の地下鉄 2 号線には快速列車が運行されておらず、また、環状線であるため各駅毎の最大輸送力に差がないためである。

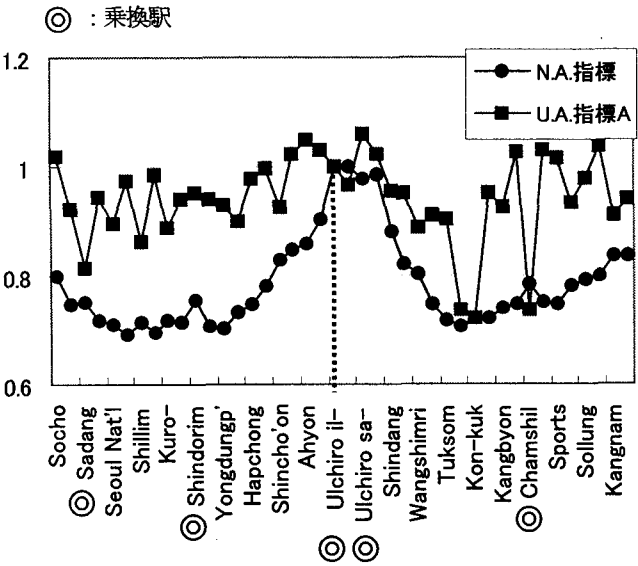


図 4 ソウル市のアクセシビリティ指標結果

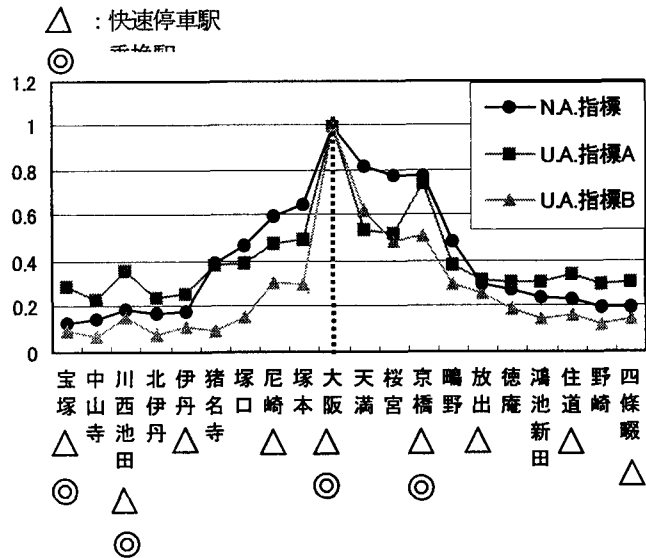


図 5 大阪市のアクセシビリティ指標結果

5. 鉄道サービス水準向上に伴う便益計測

本節では、ソウル市の地下鉄 5 号線や大阪市の JR 東西線の整備がもたらした便益をヘドニックアプローチを用いて計測する。このため、推定した地価関数に、対象路線が整備された場合(with ケース)と整備されなかった場合(without ケース)のアクセシビリティ指標をそれぞれ代入し、式(15)に示すように各地点の地価を求める。

・with ケースにおける推定地価 $\overline{P}_l^A$

$$\ln(\overline{P}_l^A) = a_0 + \sum_m a_m X_{lm} + a_a X_{la}^A \tag{13}$$

・without ケースにおける推定地価 $\overline{P}_l^B$

$$\ln(\overline{P}_l^B) = a_0 + \sum_m a_m X_{lm} + a_a X_{la}^B \tag{14}$$

式 (10)、式 (11) から、with ケースと without ケースにおける推定地価とアクセシビリティ指標の関係は式 (15)のように表される。

$$\overline{P}_l^A = \overline{P}_l^B \exp(a_a (X_{la}^A - X_{la}^B)) \tag{15}$$

式(15)により、地点ごとに地価上昇額を出したうえで、市区町村の用途地域ごとの平均地価上昇額を算出し、用途別面積の集計値をかけることで対象地域に帰着する便益額を計測する。これらの過程は図 6 に示すようになる。なお、本研究で計測する便益は、供給者便益を考慮していないため、利用者便益のみであることを注意を要する。

並走する既存路線がすでに存在し、所要時間短縮による効果があり期待できない都市鉄道プロジェクトでは、従来の指標では便益を算出することは困難である。しかし、鉄道サービス水準向上による効果を考慮することができる「N.A.指標」や「U.A.指標 A」を用いることにより、このようなプロジェクトの便益計測が可能となる。ソウル市と大阪市近郊の地域における都市鉄道整備便益の計測結果を表 4 に示す。なお、「U.A.指標 B」を用いた便益計測は、両地域における開通による混雑率の変化を推定する必要があるため、今回は便益計測を行っていない。

表 4 に示すように、ソウル市において、「従来指標」を用いて地下鉄 5 号線整備の効果を計測した便益額と、新たな指標を用いて計測した便益額との間に大きな差はみ

表 4 地下鉄 5 号線と JR 東西線による便益計測結果 (単位: 億円)

対象地域	用途地域	従来指標	N.A.指標	U.A.指標A
ソウル市	住宅地	2,982	2,869	2,953
	商業地	588	1,035	562
	工業地	22	434	51
	合計	3,592	4,338	3,566
大阪市	住宅地	577	2,391	1,435
	商業地	104	1,463	1,407
	工業地	111	1,337	847
	合計	795	5,191	3,691

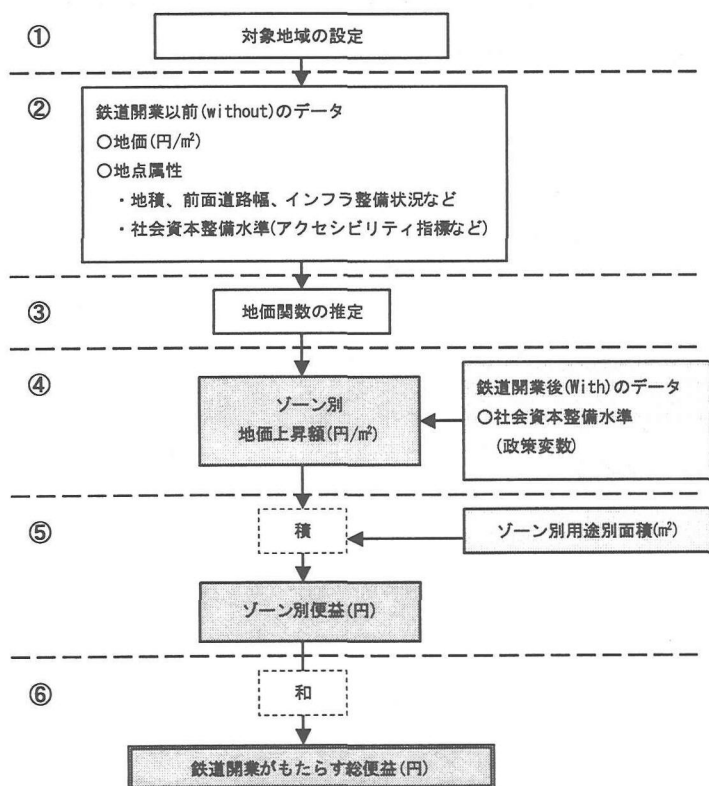


図6 便益計測のフロー

られない。しかし、大阪市においては、従来指標を用いて計測した便益額が「N.A.指標」を用いて計測した便益額と比べて約1/6、「U.A.指標A」を用いて計測した便益額と比べて約1/4と非常に小さな額となっている。これは、ソウル市の地下鉄5号線は、都市鉄道が整備されていない地域を通る路線であり、大きな所要時間短縮効果が発生しているのに対して、大阪市のJR東西線は、並走する既存路線があり、所要時間短縮効果はあまり発生しないためであると考えられる。

また、地下鉄5号線とJR東西線の建設費は、それぞれ約3兆 Won(為替1,033 Won/100 円)、3,300 億円とされている。従って、両プロジェクトによる利用者便益は、ソウル市では建設費の1.18~1.44倍であり、大阪市では従来指標で計測できなかった鉄道サービス水準向上による便益が新たな指標で建設費の1.12~1.40倍と計測された。なお、ソウル市内の住宅地面積が多いため算出した便益額も最も高くなっている。

6. おわりに

本研究では、多様な鉄道サービス水準の向上を評価できる二つの広域アクセシビリティ指標を作成・提案した。最初に、ノードの中心らしさを表す中心度関数やネットワーク理論に基づいてネットワークアクセシビリティ指標を作成した。この指標を用いることにより、所要時間短縮のみならず鉄道サービス水準向上による効果を考慮することが可能となった。次に、鉄道利用者行動の効用

最大化過程から得られるユーティリティアクセシビリティ指標を提案した。この指標では、鉄道整備による目的地までの所要時間短縮のみならず最大輸送力変化による鉄道利用者の身体的疲労や心理的負担を表すことが可能になった。

そして、これらの指標を用いて地価関数を推定した上で、ヘドニックアプローチに基づいて、従来の指標では計測が困難であると考えられる、大阪市のJR東西線の整備によりもたらされた鉄道サービス水準向上による便益を計測した。

今後の課題としては、鉄道サービス水準を表す指標の重要な要因である運賃・料金を考慮した上で、鉄道サービス水準をよりの確に表すアクセシビリティ指標を構築することが挙げられる。

〈参考文献〉

- 清水健志,加藤新一郎: 鉄道新線開業による利用者便益の研究, 土木計画学研究・講演集 No17, pp1027-1030, 1995
- 鹿島隆, 澤崎重夫: 鉄道新線と開業効果, 土木計画学研究・講演集 No16, pp691-696, 1994
- 竹内研一, 武林雅衛, 塩本知久: 鉄道輸送力整備施策が国土構造に及ぼす影響の評価に関する研究, 土木計画学研究・論文集 No10, pp263-270, 1992
- 平石和昭, 蓼沼慶正: 都市鉄道整備水準評価指標に関する基礎的考察, 土木計画学研究・講演集 No20(2), pp239-242, 1997
- 林良嗣, 土井健司, 奥田隆明: 外部経済効果を考慮した都市交通改善がもたらす開発利益の帰着分析モデル, 土木学会論文集第407号/IV-11, pp.67-76, 1989
- 林良嗣, 土井健司: 交通改善に伴う通勤者の便益の土地への帰着モデル, 土木計画学会研究・論文集 No.6, pp45-52, 1988
- 肥田野登, 中村英夫, 荒津有紀: 資産価値に基づいた都市近郊鉄道の整備効果の計測, 土木学会論文集第365号/IV-4, pp.135-144, 1986
- 柿本竜治, 安藤朝夫: 地下鉄開業に伴う通勤者便益の地価帰属による都市のOpen性の評価, 土木学会論文集 No.488/IV-23, pp.57-66, 1994
- 辻亘, 田村亨, 梶谷有三: 地方部の都市鉄道整備が地価に与える影響の分析, 土木学会第48回年次学術講演会, pp.430-431, 1993
- 宮本和明, 北詰恵一, 磯野文晴: 関連開発を含めた都市内交通プロジェクトの効果計測とその起源分離の試み, 土木計画学研究・講演集 No20(2), pp231-234, 1997
- 宮城俊彦, 鈴木崇児: 交通ネットワークにおけるアクセシビリティの定義, 土木計画学研究・講演集 No18(1), pp373-376, 1995
- 青山吉隆, 近藤光男: 買物行動モデルと商圏の理論的研究, 地域学研究 17 卷, 1987
- 中村良平: ヘドニックアプローチにおける実証分析の諸問題, 土木学会論文集 No.449/IV-17, pp57-66, 1992
- 土木学会土木計画学研究委員会: ヘドニックアプローチによる便益計測手法, 土木計画学ワンデイセミナー, pp52-58, 1994

鉄道サービス水準の評価のためのアクセシビリティ指標に関する研究

張 澤永、青山 吉隆、松中 亮治、栗林 大輔

本研究では、所要時間短縮のみならず鉄道サービス水準向上による効果を表すことが可能な2つの広域アクセシビリティ指標を提案する。具体的には、鉄道リンクの属性を取り込むことによって、既存の都市鉄道ネットワークの結びつき強化などの効果も考慮することが可能なネットワークアクセシビリティ指標と、鉄道利用者の効用に着目することにより、利用者の身体的疲労や心理的負担を表すことが可能であるユーティリティアクセシビリティ指標である。さらに、韓国・日本における鉄道整備をケーススタディとして取り上げ、新しい広域アクセシビリティ指標を用いて地価関数の推定を行なったうえで、ヘドニックアプローチの考え方から便益を計測する。

A Study on the Accessibility Index for Evaluating the Railway Service Level

by Taekyoung JANG, Yoshitaka AOYAMA, Ryoji MATSUNAKA and Daisuke KURIBAYASHI

This paper aims to propose two accessibility indices that can evaluate the effects of railway service improvement. First, the "Network Accessibility Index" considers the effect of improvements on a railway network by incorporating link attributes. Second, the "Utility Accessibility Index" focuses on maximizing the utility of railway passengers, considering their physical strains and psychological load. Finally, we construct the land price model by using the N.A. Index and U.A. Index in Seoul and Osaka. Also, we evaluate the benefits of the railway improvements by using the Hedonic price function on the two cases.
