

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、都市交通における鉄道の役割が再認識されるとともにその整備が推進されてきており、今後も都市内鉄道の充実に図られていくものと思われる。このような都市内鉄道整備は、目的地までの所要時間短縮だけでなく、既存の都市内鉄道ネットワーク相互の結びつきを強化し、鉄道利用の可能性を広げるといった目的の方が大きいと考えられる。また、経済成長の安定期に入り、今後、大きな需要の増加が見込めない状況下では、大規模な新線建設は難しく、既存鉄道を有効に活用するための輸送力の増強や駅ビルの開業など鉄道サービス水準向上のための整備の重要性がより高まっている。

従来、鉄道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、最も多く用いられたのは、「都心の駅までの所要時間」であるが、この指標はわかりやすい反面、上に述べたような多様な鉄道サービス水準を評価することは出来ないという問題がある。

そこで、本研究ではより汎用的な広域アクセシビリティ指標を作成・提案する。本稿では、はじめに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それぞれを理論的に導出する。次に、これらの指標を用いて、JR 東西線の開業に伴う阪神地域の鉄道サービス水準向上による便益を、ヘッドニックアプローチを用いて計測する。

*Key words : 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

2. 既存研究と本研究の考え方

肥田野・林山ら¹⁾は、交通機関の一般化費用を用いたアクセシビリティ指標をヘッドニックアプローチに導入することにより、都市間交通施設整備の効果を計測した。また、宮本・北詰ら²⁾は、都市内交通整備による便益を受益する地域、主体、及びその額を特定し計測することを目的とし、仙台市営地下鉄を対象に地価関数を推定した。これらの研究では、鉄道整備水準を表す指標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(一般化費用)」にとどまっており、所要時間短縮以下の多様なサービス水準向上による効果を十分に考慮しているとはいえない。

本研究では、こうした問題を踏まえ、より汎用的な広域アクセシビリティ指標を作成・提案することを目的とする。まず、一つ目のアクセシビリティ指標として、宮城・鈴木³⁾ら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アクセシビリティ指標(ネットワークアクセシビリティ指標)を鉄道ネットワークに適用する。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指標(ユーティリティアクセシビリティ指標)を提案する。この指標では、鉄道利用者の効用に着眼しており、移動による所要時間のみならず身体的疲労や心理的負担を指標に導入することが可能である。

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

道路と同様、鉄道においても、容量は所要時間

と並ぶ重要なリンク属性であるが、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、本研究では容量を考慮したアクセシビリティ指標を作成するため、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」の考え方を援用し、式(1)のように N.A. 指標を定義する³⁾。

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

$N.A._i$: 駅 i の N.A. 指標値

t_{ij} : 駅 ij 間の最短所要時間(分)

u_{ij} : 駅 ij 間の最大輸送力(万人)

w_j : 駅 j の乗降客数(人)

α, β : パラメータ ($\alpha, \beta > 0$)

この指標は、所要時間に対しては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は減少する。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が大きくなることを示している。

(2) ユーティリティアクセシビリティ (U.A.) 指標

鉄道利用者の効用最大化行動の過程から、アクセシビリティ指標を導出する。まず、鉄道利用者の効用を式(2)、制約条件を式(3)のように仮定する。

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

$$\text{s. t.} : \sum_j t_{ij} n_{ij} \leq T \quad (3)$$

U_i : 鉄道利用者 i の効用

N_j : 駅 j の魅力(駅乗降客数)

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

γ : パラメータ

この U_i の最大化問題を解くと次のようになる。

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

$$\text{ただし、} K_i = \sum_k N_k^\beta / t_{ik}^{\beta-1}, \quad W_j = N_j^\beta$$

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

本研究ではこの K_i を広域アクセシビリティとみなし、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(4)、(5)のように仮定する。

・ U.A. 指標 A の制約条件 :

$$\sum_j \left(\frac{t_{ij}}{X_{ij}^\alpha} \right) n_{ij} \leq T \quad (4)$$

・ U.A. 指標 B の制約条件 :

$$\sum_j (\exp(t_{ij} + \alpha C_{ij})) n_{ij} \leq T \quad (5)$$

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(%)

T : 移動負担への(心理的、身体的)許容範囲

α : パラメータ ($\alpha > 0$)

式(4)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(5)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意味している。これらを制約条件として、式(2)を効用最大化問題として解くと式(6)、(7)のような U.A. 指標を得ることができる。

$$U.A.(A)_i = \sum_k \{ N_k^\beta / \left(\frac{t_{ik}}{X_{ik}^\alpha} \right)^{\beta-1} \} \quad (6)$$

$$U.A.(B)_i = \sum_k \{ N_k^\beta / ((\exp(t_{ik} + \alpha C_{ik}))^{\beta-1}) \} \quad (7)$$

4. 地価関数の推定

(1) 地価関数の推定方法

地価関数推定に用いる説明変数として、表 1 に示すように広域アクセシビリティ指標以外は基本的に 1996 年公示地価データから得られる地点属性を利用する。

地価関数の式形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。

$$\ln(P_i) = a_0 + \sum_n a_n X_{in} + a_a X_{ia} \tag{8}$$

- i : 地点
- P_i : 地価
- a_0 : 定数項
- $\sum_n a_n X_{in}$: 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
- a_a : 広域アクセシビリティ指標の係数
- X_{ia} : 広域アクセシビリティ指標値

表1 地価関数の説明変数

公示地価データから得られる地点属性	水道の有無(1:あり、0:なし)
	都市ガスの有無(1:あり、0:なし)
	下水道の有無(1:あり、0:なし)
	最寄り駅までの距離(m)
作成する地点属性	用途地域 1 住専ダミー(1:1 住専、0:その他) 準工ダミー(1:準工業、0:その他)
	広域アクセシビリティ指標 ・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)地価関数の推定とアクセシビリティ算出

3 章で述べた広域アクセシビリティ指標のパラメータ α 、 β に関しては、地価関数の推定結果が最も良くなるように、パラメータと地価関数を同時に推定した。各広域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に示している。

表2から、従来の指標である「大阪駅への所要時間」より「N.A. 指標」「U.A. 指標 A」「U.A. 指標 B」の方が、地価関数の補正決定係数の値が大きくなっており、本研究で作成・提案した指標の有効性が確認された。

また、表2で示されているパラメータを用いて、各広域アクセシビリティ指標を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1に示す。全体として、大阪駅に近い駅ほど指標値が大きくなる傾向があるものの、大阪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。

表2 地価関数推定結果

※被説明変数は全てln(地価)

	パラメータ	所要時間		N.A.指標		U.A.指標A		U.A.指標B	
		$\alpha=0.04$	$\beta=0.2$	$\alpha=0.04$	$\beta=0.2$	$\alpha=0.2$	$\beta=1.2$	$\alpha=0.015$	$\beta=1.03$
住宅地(304地点)	補正決定係数	0.614		0.639		0.652		0.643	
	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
	水道の有無	0.2506	6.1166	0.2306	5.7029	0.2221	5.5796	0.2371	5.9273
	都市ガスの有無	0.0348	1.1682	0.0716	2.6405	0.0477	1.7521	0.0290	1.0275
	下水道の有無	0.0029	7.6319	0.0019	4.7590	0.0018	4.6622	0.0023	6.1287
	最寄り駅までの距離(m)	-0.0001	-5.6808	-0.0009	-5.1405	-0.0001	-5.4314	-0.0001	-5.2652
	アクセシビリティ指標	-0.0133	-9.6218	0.0013	10.9846	0.0024	11.6654	0.0012	11.2112
	用途地域ダミー	0.1638	5.2112	0.1770	3.5776	0.1783	3.6734	0.2260	4.6401
	定数項	12.0000	107.2656	11.5481	132.8190	9.5887	55.4350	11.2130	131.0158
商業地(114地点)	パラメータ	$\alpha=0.06$	$\beta=0.05$	$\alpha=1.3$	$\beta=1.3$	$\alpha=0.015$	$\beta=1.27$		
	補正決定係数	0.724		0.748		0.772		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
	水道の有無	0.1466	5.3571	0.3298	1.5327	0.4097	2.0716	0.4227	2.1280
	都市ガスの有無	0.3814	1.2175	0.3558	1.2157	0.4263	1.5595	0.4237	1.5400
	下水道の有無	0.0030	13.9112	0.0025	10.7692	0.0023	11.2759	0.0024	10.1682
	最寄り駅までの距離(m)	-0.0002	-1.2342	-0.0002	-1.2070	-0.0002	-1.3846	-0.0002	-1.2640
	アクセシビリティ指標	-0.0209	-2.8246	0.0026	4.4233	0.0002	5.7766	0.0062	5.6474
	用途地域ダミー	-	-	-	-	-	-	-	-
	定数項	12.2252	22.2033	11.5515	31.2579	11.1845	33.2214	11.5725	33.1408
工業地(74地点)	パラメータ	$\alpha=0.05$	$\beta=0.2$	$\alpha=2.0$	$\beta=1.22$	$\alpha=0.015$	$\beta=1.03$		
	補正決定係数	0.650		0.659		0.592		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
	水道の有無	0.0746	1.1417	0.0392	6.1001	0.0177	2.5100	0.0763	1.2071
	都市ガスの有無	0.0038	5.8783	0.0106	6.4958	0.0968	1.4266	-0.0040	-6.5007
	下水道の有無	0.0281	3.5961	0.0017	2.1270	0.0027	3.0898	0.0021	2.6851
	最寄り駅までの距離(m)	-0.0001	-1.4535	-0.0007	-1.7645	-0.0001	-2.4485	-0.0001	-1.3155
	アクセシビリティ指標	-0.0227	-6.3318	0.0019	6.5599	0.0002	4.9782	0.0018	6.9081
	用途地域ダミー	0.1853	3.1850	0.1420	2.5374	0.0820	1.3519	0.1905	3.3904
	定数項	12.1777	61.8030	11.5709	66.6112	11.3943	58.4126	10.8906	54.5449

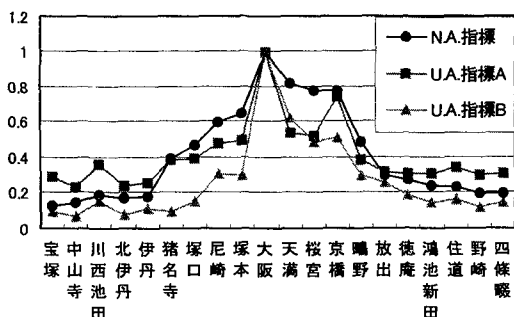


図1 アクセシビリティ指標算出結果

5. 鉄道サービス水準向上に伴う便益計測

本章では、ヘドニック・アプローチを用いて JR 東西線整備がもたらした便益を計測する。推定した地価関数に JR 東西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することにより次のような式が得られる。

・ with ケースにおける推定地価 $\bar{P}_i^A$

$$\ln(\bar{P}_i^A) = a_0 + \sum_n a_n X_{in} + a_a X_{ia}^A \quad (9)$$

・ without ケースにおける推定地価 $\bar{P}_i^B$

$$\ln(\bar{P}_i^B) = a_0 + \sum_n a_n X_{in} + a_a X_{ia}^B \quad (10)$$

式 (9)、式 (10) から

$$\bar{P}_i^A = \bar{P}_i^B \exp(a_a (X_{ia}^A - X_{ia}^B)) \quad (11)$$

式(11)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。

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このようなプロジェクトでは、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、多様な鉄道サービス水準を評価することができる N.A. 指標と U.A. 指標 A を用いることで、表 3 に示すように住宅地では約 2,391 億～2,844 億円、商業地では約 1,391 億～1,463 億円、工業地では約 1,086 億～1,337

億円となり、合計で 5,191 億～5,321 億円という便益を計測することができた。また、U.A. 指標 B を用いた便益計測は、JR 東西線の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。

JR 東西線の建設費は約 3,300 億円とされているため、その便益は建設費の 1.57～1.61 倍である。ヘドニックアプローチによる便益計測は便益の上限値を示しているため、この数値は整備による便益の最高額を表していると言える。

表 3 JR 東西線による便益計測結果 (単位: 億円)

	N.A. 指標	U.A. 指標 A
住宅地	2,391	2,844
商業地	1,463	1,391
工業地	1,337	1,086
合計	5,191	5,321

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広域アクセシビリティ指標を作成・提案し、地価関数を用いてその有効性を検討した。そして、これらの指標を地価関数の説明変数とし、ヘドニックアプローチを用いて、JR 東西線による鉄道サービス水準向上に伴う効果を評価した。

今後、各広域アクセシビリティ指標に含まれるパラメータの推定方法について検討する必要がある。また、対象とする鉄道ネットワーク範囲の設定も課題として残されている。

参考文献

- 1) 肥田野登, 林山泰久, 山村能郎: 都市間交通施設整備がもたらす便益と地価変動, 土木学会論文集 No.449/IV-17, pp67-76, 1992.
- 2) 宮本和明, 北詰恵一, 磯野文暁: 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.
- 3) 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