

IV-245

個人の交通行動を考慮したアクセシビリティ指標に基づいた都市モデルの構築

大 和 銀 行 正 員 〇石上 肇
京都大学工学部 正 員 藤井 聡
京都大学工学部 正 員 北村隆一

1.はじめに

地域システムを総合的に把握するためには交通システムの考慮が不可欠である。従来の研究において交通システムを明示的に考慮した地域システム評価指標としてアクセシビリティ指標が挙げられる。アクセシビリティ指標とは特定の2地点間との結び付き、あるいは各々の地区と地域システム全体との結び付きを表す指標であり、土地利用施設の空間的な配置とその結合を支える交通システムを考慮した総合的指標である。従来のアクセシビリティ指標は1つの目的地とベースのみで構成されるピストン型のトリップパターンを前提として求められていた。しかし現実の交通行動を考えると、複数地点を経由し目的地に到着するトリップは無視できない頻度で存在している¹⁾。特に目的施設が集中する都市部においては、非ピストン型のトリップの効果のために従来のアクセシビリティが過小な値を取っているものと考えられる²⁾。

そこで本研究では交通システムを十分に考慮した地域システムの評価を行なうために、交通行動分析のアプローチを用いて、複数目的地をもつトリップを考慮したアクセシビリティ指標を導出する。そしてそれに基づいて都市モデルを構築し地域システムの分析を図る。

2.交通行動に基づくアクセシビリティ指標の導出

本研究では特定のOD間のアクセシビリティ（以下相対アクセシビリティ）を求めるにあたり、当該ODのトリップとして出発地から複数回のトリップで目的地に到達するパターンでのトリップを考慮して相対アクセシビリティを以下の式で定義する。

$$A_{l,ij} = \sum_{m=1}^{\infty} A_{ml,ij} \quad (1)$$

ここに、 $A_{l,ij}$ 地区*i*における活動*l*に関するトリップチェーンを考慮した相対アクセシビリティ
 $A_{ml,ij}$ 地区*i*を出発して*m*回のトリップを行なった後に地区*j*に到達し活動*l*を行なうトリップに関するアクセシビリティ指標（以下第*m*アクセシビリティ）

一方、第*m*アクセシビリティを当該ODのトリップを実行する個人の交通行動に着目し、1)第*m*+1トリップは第*m*トリップと独立である、2)個人は出発地から目的地を選択する場合にロジットモデルに基づく目的地選択行動を行なう、3)地区間トリップ数はアクセシビリティと人口との積で示されるという仮定に基づき第*m*アクセシビリティを定式化する。

$$A_{ml,ij} = \theta_{ml} \sum_{s=1}^L \cdots \sum_{m=1}^L \sum_{t=1}^L \cdots \sum_{t_m=1}^L \left(\frac{M_{l_1, t_1}^{a_{11}} M_{l_2, t_2}^{a_{22}} \cdots M_{l_m, t_m}^{a_{mm-1}} M_{l, j}^{a_{ml}}}{C_{i, t_1}^{b_{11}} C_{t_1, t_2}^{b_{22}} \cdots C_{t_{m-1}, t_m}^{b_{m-1, m}} C_{t_m, j}^{b_{ml}}} \right) \quad (2)$$

ここに、 $M_{l, t}$: 地区*i*における活動*l*に関する魅力度
 C_{ij} : 出発地区*i*, 到着地区*j*間の移動抵抗
 $\theta_{ml}, a_{ml}, b_{ml}$: 未知パラメータ

式(2)において*m*=1を代入するとピストン型トリップパターンのみを考慮した従来のアクセシビリティが求められる。

3.大阪市のデータを用いたパラメータ推定

前項で定式化したアクセシビリティに含まれる未知パラメータを段階的に推定した。すなわち、第1段階でロジットモデルで a_{ms} と β_{ms} を求め、第2段階で打ち切り回帰モデルで θ_{ms} を推定した。なお本研究で用いたトリップデータでは、第3トリップ以降のトリップが微小であったため、第3アクセシビリティ以降を近似的に0と仮定した。

第1段階では以下に示す効用関数に基づいて個人の目的地選択行動をロジットモデルを用いてモデル化した。また第2トリップについては居住地から目的地間での所要時間も目的地選択要因となると仮定した。

$$U^1_{l,ij} = \alpha_{1l} \ln M_{l, j} - \beta_{1l} \ln C_{ij} + \varepsilon_1 \quad (3)$$

$$U^2_{l,ij} = \alpha_{2l} \ln M_{l, j} - \beta_{2l} \ln C_{ij} - \beta_{22l} \ln C_{ij} + \varepsilon_2 \quad (4)$$

ここに $U^1_{l,ij}$ 起点地区*i*の目的第1トリップで、地区*j*を選択する際の目的地選択効用
 $U^2_{l,ij}$ 起点地区*i*・終点地区*r*の第1トリップをした後に起点地区*i*、目的第2トリップで地区*j*を選択する際の目的地選択効用

この効用関数に基づくと、第3アクセシビリティ以降を0とする仮定から、 $A_{l,ij}$ は式(2)より以下の様に定式化される。

$$A_{l,ij} = A1_{l,ij} + A2_{l,ij} \\ = \theta1_{l,ij} \frac{M_{l, j}^{a_{11}}}{C_{ij}^{b_{11}}} + \theta2_{l,ij} \sum_{s=1}^L \sum_{t=1}^L \frac{M_{s, t}^{a_{11}} M_{l, j}^{a_{22}}}{C_{ij}^{b_{11}} C_{ij}^{b_{22}} C_{ij}^{b_{22}}} \quad (5)$$

パラメータ推定には大阪市のパーソントリップデータ¹⁾を用いた。目的地選択における単位は大阪市の行政区とした。またトリップ目的を出勤、登校、買物、社交・娯楽、私用、業務とし、目的毎にパラメータを推定した。結果を表1に示す。

表1 魅力度、移動抵抗に関するパラメータ（括弧内は値）

		第1トリップ	第2トリップ
出勤	α	0.86(91.27)	-(-)
	β	2.07(56.19)	-(-)
登校	α	0.87(15.57)	-(-)
	β	2.27(31.36)	-(-)
買物	α	0.80(27.19)	0.86(7.36)
	β_1	4.03(36.17)	3.07(23.65)
	β_2	-(-)	1.64(5.63)
社交、娯楽	α	1.30(22.41)	1.47(17.18)
	β_1	2.88(21.31)	1.84(14.53)
	β_2	-(-)	2.08(10.05)
私用	α	1.25(17.77)	1.52(9.03)
	β_1	3.16(36.80)	1.86(14.70)
	β_2	-(-)	1.42(6.51)
業務	α	0.85(20.10)	0.96(20.56)
	β_1	2.13(18.64)	0.95(9.49)
	β_2	-(-)	1.58(11.45)

α : 魅力度のパラメータ

β_1 : 居住地から目的地間での所要時間のパラメータ

β_2 : 出発地から目的地間での所要時間のパラメータ

魅力度においては第1トリップ、第2トリップの双方とも社交、私用に対するパラメータが他の目的におけるパラメータよりも大きく、目的施設の魅力度におけるトリップ行動が影響される。また、第1トリップにおける所要時間のパラメータが大きい買物、私用目的では、第2トリップにおける居住地からの所要時間に対するパラメータの方が大きい。ところが第1トリップにおけるパラメータが小さい社交、業務目的では、第2トリップにおける出発地からの所要時間に対するパラメータの方が大きい。このことから買物、私用に関しては自宅からの所要時間の少ない目的地を選択する傾向があるのに対して、業務、社交に関しては出発地からの所要時間を考慮に入れる傾向が強いことがわかる。

第2段階ではアクセシビリティ以外の要因のトリップ数への影響を仮定し、トリップ数に対する効果を表現するために誤差項 λ_1, λ_2 を導入し定式化する。

$$T_{i,j}^1 = \theta_{1i} D_i \frac{M_{i,j}^{a11}}{C_{ij}^{\beta 11}} + \lambda_1 \quad (6)$$

$$T_{i,j}^2 = \theta_{2i} D_i \sum_{s=1}^L \sum_{m=1}^I \frac{M_{s,i}^{a1s} M_{i,j}^{a21}}{C_{ij}^{\beta 11} C_{ij}^{\beta 21} C_{ij}^{\beta 22}} + \lambda_2 \quad (7)$$

ここに、 $T_{i,j}^m$: 地区*i*を出発してトリップパターン*m*で地区*j*に到達し活動*j*を行なうトリップ数
 D_i : 地区*i*におけるトリップを行なう可能性をもつ固体総数(人口)
 λ_1, λ_2 : 正規分布に従う誤差項

ここで、 $D_i \frac{M_{i,j}^{a11}}{C_{ij}^{\beta 11}}$ および $D_i \sum_{s=1}^L \sum_{m=1}^I \frac{M_{s,i}^{a1s} M_{i,j}^{a21}}{C_{ij}^{\beta 11} C_{ij}^{\beta 21} C_{ij}^{\beta 22}}$ は第1段階の推定により既知である。また $T_{i,j}^1, T_{i,j}^2$ には0が多く含まれるため、0での左側打ち切りデータと仮定し、打ち切り回帰モデルを用いて θ_{1i}, θ_{2i} を推定した。

表2 打ち切り回帰モデルの推定結果

	第1トリップ	第2トリップ
出勤	8.70E-03(48.80)	-(-)
登校	3.60E-03(19.12)	-(-)
買物	1.40E+00(12.79)	1.00E-03(16.08)
社交、娯楽	1.66E-04(15.16)	1.90E-08(9.81)
私用	1.50E-03(21.62)	6.39E-09(4.80)
業務	5.60E-04(17.62)	2.35E-07(14.28)

4.人口推定モデルに対する適用

ここでアクセシビリティ指標を考慮しない人口推定モデル、従来のアクセシビリティ指標を説明変数に加えたモデル³⁾、本研究で提案したアクセシビリティ

表3 昭和60年における人口総数説明モデル

モデル1: アクセシビリティ指標を含まないモデル
 モデル2: 従来のアクセシビリティ指標を含むモデル
 モデル3: 本研究で提案したアクセシビリティ指標を含むモデル

	モデル1	モデル2	モデル3
定数項	5385.38(28.71)	5047.41(25.25)	4904.69(24.09)
従業者総数	-0.22(-12.35)	-0.25(-13.20)	-0.24(-13.23)
商業(遊興)総数	-1.22(-2.02)	-1.04(-1.67)	-0.75(-1.24)
商業(販売)総数	2.29(6.17)	2.32(6.31)	2.91(7.06)
文教厚生床面積	-0.0075(-0.015)	-1.21(-2.05)	-1.21(-2.25)
軌道土地利用面積	-1.15(-1.05)	-1.22(-1.13)	-1.36(-1.27)
工場床面積	-4.22(-9.62)	-3.89(-8.87)	-3.75(-8.58)
容地面積	-2.94(-6.73)	-2.58(-5.90)	-2.45(-5.62)
買物アクセシビリティ		-0.085(-0.65)	-0.15(-3.83)
社交アクセシビリティ		0.062(3.63)	0.10(4.66)
決定係数	0.365	0.386	0.398
自由度調整済み決定係数	0.3567	0.377	0.388
サンプル数	539	539	539

指標を導入した人口推定モデルの3つを重回帰モデルを適用して構築した。推定結果を表3に示す。

モデルの適合度は、モデル3、モデル2、モデル1の順番で高い。また、モデル2とモデル3の適合度の相違はそれほど大きくないものの、アクセシビリティのパラメータはより有意なものとなっている。これより、本研究で提案したアクセシビリティ指標は従来のアクセシビリティ指標より人口分布を説明する能力が高いものと判断できる。なお、いずれのモデルも適合度は低いものとなっている。これはこの分析が本研究で提案するアクセシビリティの検証を目的としているためである。より適合度の高いモデルを目指す場合、パネル分析、他の都市指標との連関を考慮した同時推定、およびその際に時系列的、空間的誤差相関を明示的に考慮することなどが必要であると思われる。

個々のアクセシビリティに関する変数に着目すると、社交、娯楽に関するアクセシビリティ指標のパラメータはそれぞれのモデルにおいて正、また買物に関するアクセシビリティは負となっている。そして、先にも述べたようにモデル3の方がより有意である。これより、個人は社交、娯楽に対して複数目的地を経由するアクセスを含めて、よりアクセスのしやすい場所に住む傾向がみられ、買物に関してはそれとは全く相反する傾向が存在することがわかる。これは、本研究の対象としている大阪市では都心部において商業施設が集中しており、かつ一般に知られるドーナツ化現象によって商業施設へのアクセスの容易な地域ほど人口が少ないという結果がパラメータに反映されたものと考えられる。そして複数目的地を経由するトリップを考慮した場合の方がその効果がより顕著に現われたと推測される。

5.おわりに

本研究では、個人の交通行動を考慮したアクセシビリティ指標を定式化し、それを用いて大阪市の都市構造の分析およびモデル構築を行なった。その結果人口推定モデルの適合度が向上し、本研究で求められたアクセシビリティ指標の人口規定要因としての説明力の高さが確認された。より精緻なアクセシビリティ指標を求める方法として、1)トリップチェイン分析アプローチの適用、2)対象地域の拡大、3)集計単位の適性化、4)目的の遷移確率の導入、5)魅力度、移動抵抗指標の精緻化、等が挙げられる。

最後に、本研究の遂行に関して、広島大学工学部奥村誠先生との議論が有益なものとなった。ここに記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 京阪神都市圏交通計画協議会：第3回京阪神パーソントリップ調査報告書、1992。
- 2) A.J. Richardson, W.Young: A measure of linked-trip accessibility, *Transportation Planning and Technology*, vol. 7, 1982, pp73-82.
- 3) 長沢圭介、藤井聡、北村隆一：パネル分析手法を用いた都市の動的変動に関する分析、京都大学工学部卒業論文、1994。