

IV-23

プリファレンス関数の特性把握手法について

室蘭工業大学	学生会員	内藤 利幸
J R 北海道	正会員	長屋 勝俊
苫小牧高専	正会員	梶谷 有三
室蘭工業大学	正会員	田村 亨
室蘭工業大学	正会員	斉藤 和夫

1. はじめに

急速な人口増加とそれに伴う就業数の拡大により居住地、従業地の分布（土地利用パターン）も変化する。交通需要予測に用いられる4段階推定法は土地利用パターンを前提条件として交通施設整備の指針を与えるものである。しかしながら逆に交通施設の整備が長期的に産業、住宅等の立地条件とOD交通パターンに与える影響、すなわち交通施設整備が土地利用活動に与える影響について研究した例は必ずしも十分行われていない。地下鉄などの高速、高容量の交通施設整備が人の交通行動にどのような影響を及ぼしているのかを分析する手法のひとつに、J. A. Black等が提案したプリファレンス関数がある。著者等もこの関数を用いて札幌市の通勤交通を対象に種々の分析を試みてきたが、本研究ではさらにプリファレンス関数の特性を把握するために、対数関数とロジスティック関数による曲線回帰およびそのパラメータの比較分析、さらにプリファレンス曲線によって囲まれる面積の値と、横軸、縦軸の累積比率の和との比較検討等を行った。

2. プリファレンス関数について

プリファレンス関数は「ある距離のところへ行く人の数はその到着地点での到着機会の数に比例する」というStouferの介入機会モデルが基礎となっており、概念図は図-1に示すような曲線である。通勤交通に対するプリファレンス関数とは、総通勤トリップ数に対する任意の比率に対して、ある居住地ゾーンから就業地ゾーンを選定している割合に関する曲線である。すなわち、横軸（ x 軸）には当該ゾーン

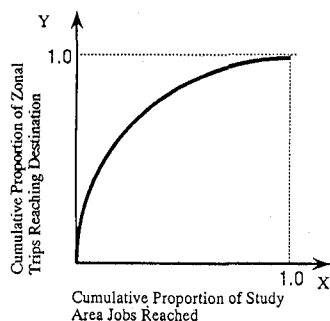


図-1 プリファレンス関数の概念図

i から他のゾーン j 間の距離を小大順に並び替え、総トリップ数に対する各ゾーンの集中トリップ数の累積比率をとる。そして縦軸（ y 軸）には当該ゾーン i の総発生トリップ数に対する各ゾーン j への分布量の比率の累積をとりプロットされる。それぞれの軸にトリップ数の絶対値ではなく累積比率を用いることにより、同じグラフ上で各ゾーンの相違、あるいは同一ゾーンに対する時間的変化を視覚的に把握することが可能となる。

プリファレンス関数は先に述べた介入機会モデルとの関係から式（1）に示すような対数関数として定義される。

$$y = \alpha [-\ln(x)] + \beta \quad (1)$$

x : 着ゾーンの集中トリップ数の累積比率

y : 当該ゾーンを発ゾーンとする到着済み
のトリップ数の累積比率

α, β : 回帰係数

ここで、上限値を表す β は1を取る。プリファレンス関数を式(1)のような対数関数に回帰した場合には、関数の勾配を表すパラメータ α を通して曲線の形状、他のゾーンとの交通行動の相違あるいは時系列的な変化等を把握することができる。また、 α 値の変化から曲線の移動、すなわち平均トリップ長の変化も把握できる。しかしながら、対数回帰の場合には、著者等の札幌市を対象とした研究^{1), 3)}でも指摘しているように推定値と実測値との乖離がある。すなわち、 x の小さい部分(0.0付近)では過小に、 x が0.1~0.6の範囲では過大に評価される。この乖離を少なくする方法として、曲線を部分的に分割して線形関数を用いることが考えられているが¹⁾、この回帰ではプリファレンス関数を通してゾーン間の交通行動の相違あるいは時系列的な変化を把握することが困難となる。そこで、ひとつの関数によってプリファレンス関数を表すために式(2)に示すようなロジスティック関数を用いて曲線の回帰³⁾を試みた。

$$y = \frac{1}{1 + e^{b+ax}} \quad (2)$$

a は曲線の勾配を表し、 b は曲線の立ち上がりの早さに関係する。たとえば b の数値が大きくなるほど、あるいは a の数値が小さくなるほど曲線は右側に移動することになる。すなわち、式(2)のロジスティック関数は2つのパラメータ a 、 b の組み合わせによって定まる。2つのパラメータの比 b/a はロジスティック関数の変曲点、すなわち $y=0.5$ であるときの x の値を表していることから、曲線の全体的な変化は b/a の正負によって判断することが可能である。また、ロジスティック関数の場合対数関数に比べパラメータが1つ多いため、式(4)に示されるような P 値を計算することによって、曲線が交差するようなシフトを持つゾーンをも把握することが可能である。

$$P = \frac{b_{i-1} - b_i}{a_{i-1} - a_i} \quad (3)$$

プリファレンス関数を把握する他の手法として、図-1に示されるような曲線によって囲まれる下側の面積の値 A を指標^{1), 2)}として用いることも考えられる。あるゾーン i の t 時間における面積の値 $A_{i,t}$ は式(4)により算出される。

$$A_{i,t} = \int_0^1 y_{i,t}(x) dx_{i,t} \quad (4)$$

$A_{i,t}$ は各ゾーンのプリファレンス関数の全体的な形状を表すが、時系列的な変化 ΔA を式(5)により算出することで曲線の全体的な移動の方向を知ることができる。

$$\Delta A = A_{i,t+1} - A_{i,t} \quad (5)$$

一般に ΔA が正の場合プリファレンス関数は全体的に左に移動したことを示し、平均トリップ長の減少を表す。逆に ΔA が負の場合は曲線の右への移動を示し、長距離トリップ数の増加を表すと考えられる。しかしながら、前述の通り、面積の値 $A_{i,t}$ はプリファレンス関数の全体的な特性を把握することができるが、曲線の時系列的変化が各ゾーンの集中トリップ数、あるいは発生トリップ数のどちらの要因によるものなのかについては知ることができない。そこで x 軸、 y 軸のそれぞれの累積比率の和を次式によって定義²⁾した。

$$SX_{i,t} = \sum_{j=1}^n X_{ij,t} \quad (6)$$

$$SY_{i,t} = \sum_{j=1}^n Y_{ij,t} \quad (7)$$

さらに $SX_{i,t}$ 、 $SY_{i,t}$ の時系列的変化 ΔSX 、 ΔSY を次式により算出するとともに、式(5)の面積の変化 ΔA との比較も行った。

$$\Delta SX_i = SX_{i,t+1} - SX_{i,t} \quad (8)$$

$$\Delta SY_i = SY_{i,t+1} - SY_{i,t} \quad (9)$$

ΔSX は累積機会に基づくアクセシビリティの変化に関係し、値が負であればゾーンのアクセシビリティの低下を示す。 ΔSY は平均トリップ長の変化に関係すると考えられ、 SY の減少はゾーンの平均トリップ長の増加を表す。

3. 札幌市への適用結果

本研究では道央圏において1972年と1983年に実施されたパーソントリップ調査の結果のうち、札幌市の通勤交通のOD交通量データを対象に分析を試みた。対象地域の札幌市内を1972年の調査区分に基づき図-2に示す53ゾーンに区分した。またゾーン間距離は1983年における道路網上の各ゾーン間の最短経路距離を用いる。

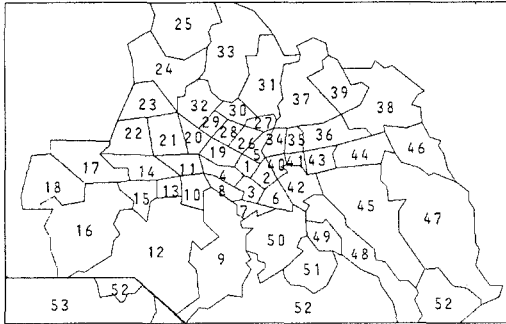


図-2 札幌市ゾーン区分

式(1)に示されるような対数関数へのプリファレンス関数の回帰結果を、対象とした53ゾーンの平均についてとりまとめたものが表-1である。パラメータ α は平均トリップ長の増加傾向を反映し、全体的に増加(曲線の右へのシフト)している。適合度 R^2 は各年次で0.927、0.940である。しかしながら、図-3のように横軸にプリファレンス関数の x を、縦軸に推定値と実測値の差をとった分布図では、 x の比率の0.6以下における推定値の過大、過小評価が見受けられる。

ロジスティック関数による回帰を試みた結果を取りまとめたものが表-2である。また、図-3と同様に x 軸の比率ごとの乖離の状況を図-4に示す。対数関数による回帰に比べて適合度は高く、 x の小さい部分における乖離が低減された。曲線の全体的な特性を表す b/a の平均値は増加しており、グラフの右への移動、すなわち全体的な平均トリップ長の増加を表している。対数関数による曲線回帰に比べロジスティック関数の場合では、パラメータが1つ増えることにより曲線の時系列的变化が交差するようなゾーンをも把握することが可能である。すなわち、式(3)で示される P 値が $0 \leq P \leq 1$ を満たす場合、2つのロジスティック曲線は交差すると考えられる。

対数関数パラメータ α 、ロジスティック関数パラメータ a 、 b の比 b/a は、ともにプリファレンス関数の全体的な変化を表す数値である。このことを考慮して、 α と b/a との関係を求めたものが図-5である。相関係数は1983年において0.775であり、ロジスティック関数の変曲点位置を表す

表-1 対数関数回帰の結果

		1972年	1983年
パラメータ α	平均値	0.224	0.239
	分散	0.00203	0.0016
統計量の平均	R^2	0.927	0.940
	残差平方和	15.63	11.10

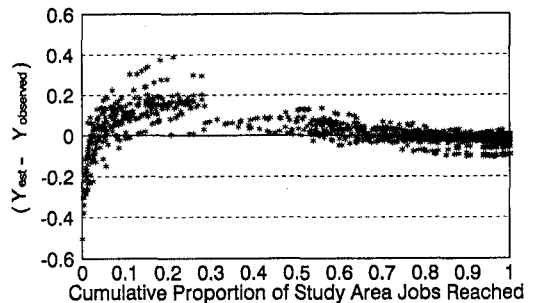


図-3 対数関数による

推定値と実測値の差の分布

表-2 ロジスティック関数回帰結果

		1972年	1983年
パラメータ a	平均値	5.771	5.766
	分散	0.854	0.209
パラメータ b	平均値	1.467	1.515
	分散	0.434	0.210
パラメータ b/a	平均値	0.244	0.260
	分散	0.012	0.005
統計量の平均	R^2	0.982	0.983
	残差平方和	4.36	4.23

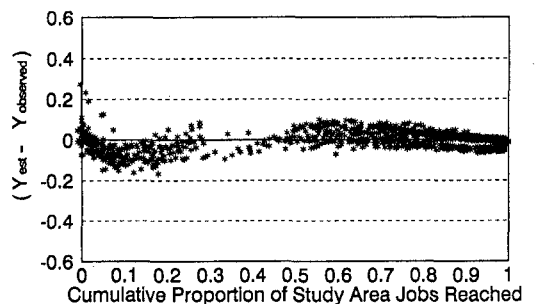


図-4 ロジスティック関数による

推定値と実測値の差の分布

b/a は対数関数の傾きを表す α に対応していると思われる。

次に式(4)～(9)により算出した各指標を、対象とした53ゾーンの平均としてまとめたものが表-4である。 ΔA の平均値は負であり、全体として曲線の右への移動を示している。 ΔSX は全てのゾーンで負の値をとるが、これは従業地の拡散に伴う全体的なアクセシビリティの減少によるものと考えられる。また、 ΔSY は全域に対する平均値が負であり、平均トリップ長の増加傾向を表している。

前述のように ΔA はプリファレンス関数の変化の全体的な特性を把握できるが、変化の要因が x 軸にあるのか、 y 軸にあるのかはわからない。そこで、 ΔA と ΔSX 、 ΔSY の関係を表したのが図-6である。 ΔA と ΔSY の相関係数は0.846であることから、対象とした札幌市の場合、プリファレンス関数の変化は平均トリップ長の増加に大きな影響を受けたと考えられる。

4. まとめ

プリファレンス関数は交通施設整備に伴う人の交通行動の変化を容易に把握できる。プリファレンス関数は介在機会モデルの理論から対数関数に置き換えることが可能であり、パラメータによる曲線の全体的な特性を判断することができる。しかしながら対数関数による回帰では、 x の低い部分における乖離が大きく、これを補正するためロジスティック関数による回帰を行った。その結果、乖離の低減がなされ、またパラメータによる曲線の特性を把握することができた。

曲線に囲まれる面積を指標とする分析ではプリファレンス関数がどの要因で変化するのかかわからないが、 x 軸、 y 軸それぞれの累積比率の和を算出することによって曲線の変化の特性を把握することができた。本研究の対象地域である札幌市の場合、平均トリップ長の増大に伴ってプリファレンス関数も大きく変化することがわかった。

今後の課題として、他の目的トリップおよび他都市へのプリファレンス関数の適用、あるいはプリファレンス関数の変化を考慮した交通量予測への利用の可能性が挙げられる。

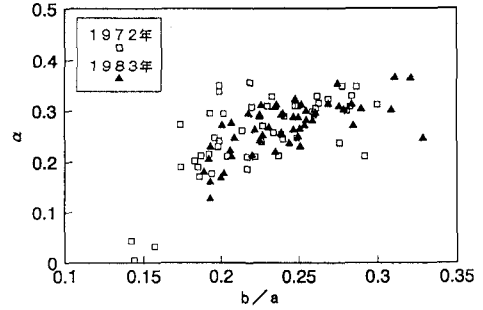


図-5 α と b/a の関係

表-4 指標算出結果

		1972	1983	変化
A	平均値	0.707	0.705	-0.002
	分散	0.003	0.002	0.001
SX	平均値	34.59	32.68	-1.910
	分散	12.08	6.48	0.948
SY	平均値	42.31	41.34	-0.977
	分散	10.61	5.34	2.524

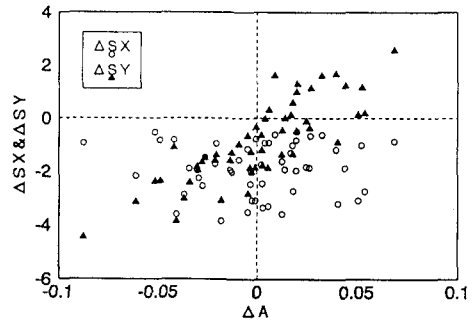


図-6 ΔA と ΔSX 、 ΔSY の関係

〈参考文献〉

- 1) Y. MASUYA, J. A. BLACK: TRANSPORTATION INFRA-STRUCTURE DEVELOPMENT AND JOURNEY-TO-WORK PREFERENCE FUNCTION IN SAPPORO, 土木計画学研究・論文集, No. 10, 1992
- 2) 長屋, 斉藤, 榎谷: 通勤交通における交通行動の変化について, 土木学会第47回年次学術講演会, 1992
- 3) 長屋, 榎谷, 田村, 斉藤: 通勤交通におけるプリファレンス関数について, 土木学会北海道支部論文報告集第47号, 1993