

プリファレンス曲線による通勤トリップ長の算定について*

Forecasting of Journey-to-Work Trip Lengths based on Preference Function

下村 光弘**・榎谷 有三***・田村 亨****・斉藤 和夫*****

By Mitsuhiro SHITAMURA・Yuzo MASUYA・Tohru TAMURA・Kazuo SAITO

1 はじめに

都市への人口集中，都市規模の拡大あるいは高速交通機関整備等のインフラ整備は，業務機能・住宅の立地，分布等の地域構造に影響を与えると共に，都市活動としての交通行動に大きな影響を及ぼす．このような都市構造の変化に伴う通勤交通の変化を視覚的，計量的に分析する手法としてプリファレンス曲線が提案されている¹⁾．

プリファレンス曲線がストウファアの介在機会モデルを基礎としていることから，これまでのケーススタディでは対数曲線を基礎とした曲線回帰分析を行っている．しかしながら，対数曲線による曲線回帰の場合には，短距離トリップにおける過少推計という問題がある．Black 等によるシドニー等のケーススタディ²⁾においても，曲線回帰としての相関係数の値は高いが，内々トリップ比率及び近距離ゾーンにおけるトリップ比率の観測値と推定値の大きな誤差が指摘されてきた．

そこで，榎谷等³⁾は観測値と推定値の乖離を改善するためのプリファレンス曲線の曲線回帰分析について，札幌市の通勤交通の場合には，対数曲線より2次曲線による曲線回帰が相関係数及び適合度に関する指標の面においても改善を図ることができることを考察している．

本研究では，このプリファレンス曲線の2次曲線による回帰分析を行うと共に，1972年及び1994年の推定された回帰係数及び定数を基礎として，各年次の土地利用パターン及び交通行動パターンから推定される平均トリップ長について考察を行った．

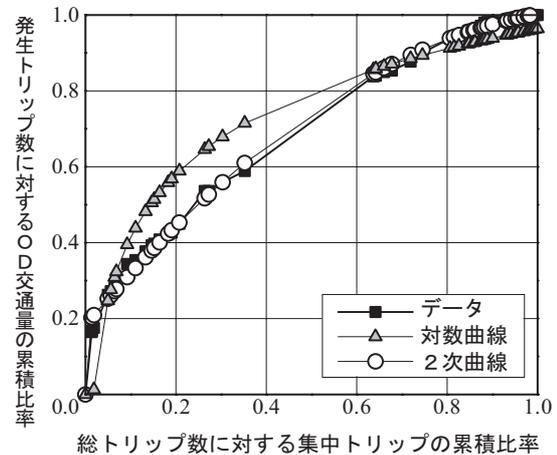


図 - 1 プリファレンス曲線の例

2 プリファレンス曲線の回帰分析について³⁾

プリファレンス曲線は，図 - 1 に示されているように従業地分布状況を表わす集中トリップの累積比率と，居住地における就業者の発生状況を表わす発生トリップの累積比率の関係を示したものである．この曲線は，「ある出発地からある到着地までのトリップ数（比率）は，到着地点の機会数に比例し，その途中に介在する機会数に反比例する」というストウファアの介在機会モデルの概念を基礎としている．そして，この曲線を通して就業者が居住地からある確率に従って従業地を選好して通勤するという行動を把握することが可能となる．

図における横軸（X 軸）は，対象とするゾーン i と他のゾーン j 間の交通抵抗（空間距離，時間距離あるいは一般化費用等）によってゾーン j を小大順に並びかえるとともに，並びかえられたゾーン j までの総トリップ数に対する集中トリップ数の累積比率を表す．一方，縦軸（Y 軸）は当該ゾーンを発生する総トリップ数に対するゾーン j までの累積比率を表す．曲線の特性としては，内々トリップ比率も含め近距離ゾーンへのトリップ比率が多いとき，曲線は Y 軸に近づき（左ヘシフト），遠距離ゾーンへのトリップ

*キーワード：通勤交通，プリファレンス曲線，札幌市
**正員，工修，苫小牧工業高等専門学校環境都市工学科
(〒059-1273 苫小牧市錦岡 443 番地，TEL 0144-67-8055，
E-mail:shita@civil.tomakomai-ct.ac.jp)
***正員，工博，専修大学北海道短期大学土木科
****正員，工博，室蘭工業大学建設システム工学科
*****フェロー，工博，室蘭工業大学建設システム工学科

比率が多くなると右にシフトする特徴を持っている。

また、この曲線は同じグラフ上に異なるゾーンを描くことができることから、各ゾーンの通勤交通流動の違いを視覚的に把握することもできる。また、同一ゾーンの異なる年次に対する曲線をも同じグラフ上に描くことができることから、交通流動の時系列的な変化も視覚的に容易に理解できる。しかしながら、各ゾーンの交通流動の相違及び時系列的な変化等に関する種々の分析を行うためには、計量的に算定できる指標あるいは曲線回帰によるパラメータの推定が必要である。

計量的に算定することができる指標としては、プリファレンス曲線、X 軸及び $X = 1.0$ で囲まれた面積値、曲線回帰としては対数曲線による回帰係数の推定等が行われてきた。対数曲線による曲線回帰は、式(1)に示す回帰式における回帰係数を通して種々分析することができる。この曲線回帰の場合は、遠距離ゾーンにおいては観測値としての累積比率と推定値の乖離が小さいことから相関係数は高い。しかしながら、発ゾーンに近いゾーンにおいては、観測値と推定値の乖離は大きい。内々トリップ比率も含め発ゾーンに近いゾーンにおけるトリップ比率は、各ゾーンの通勤交通流動を考えるうえでも重要であることから、近距離トリップにおいても観測値と推定値が適合した曲線回帰が望まれる。なお、図-1の対数曲線に対する回帰係数は $\alpha = 0.2388$ 、回帰定数は $\beta = 0.9642$ 、相関係数 0.9629 である。

$$Y = \alpha[-\ln(X)] + \beta \quad (1)$$

ここで、

Y : 発生トリップの累積比率

X : 総トリップ数に対する集中トリップ数の累積比率

α : 回帰係数、 β : 回帰定数

\ln : 自然対数

そこで、プリファレンス曲線の特性を踏まえて、相関係数はもとより観測値と推定値の乖離を考慮した曲線回帰について、本研究で分析対象とする札幌市の通勤交通の場合は、図-1の例に見られるように式(2)に示した2次曲線による曲線回帰が、相関係数はもとより残差等の適合度においても対数曲線より優れていることがこれまでの分析で実証的に示されている。なお、図-1の2次曲線に対する回帰係数

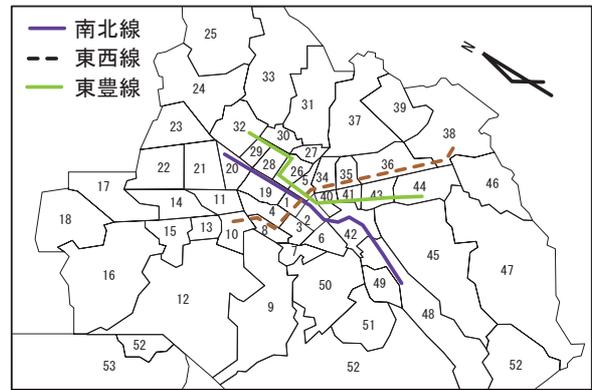


図 - 2 ゾーン及び地下鉄路線図

及び定数は $a = -0.6068$, $b = 1.4264$, $c = 0.1831$, 相関係数は 0.9981 である。

$$Y = aX^2 + bX^2 + c \quad (2)$$

ここで、

a, b : 回帰係数

c : 回帰定数

3 札幌市の通勤交通を対象としたプリファレンス曲線

本研究では、1972年、1983年及び1994年に実施された道央圏パーソントリップ調査のうち、札幌市の通勤交通の発生・集中交通量を対象にゾーンごとのプリファレンス曲線を作成するとともに曲線回帰について分析した。対象地域の札幌市を図-2に示す1972年のOD調査区分の53ゾーンに区分して分析を行った。行政区分の変更(分区)や人口分布の変化によりゾーン数は変化しているが、時系列的分析を行うため1983年及び1994年いずれも1972年の53ゾーンレベルにデータを取りまとめる。また、図中の地下鉄路線の整備状況は、それぞれ南北線(北24条~真駒内(1971)、北24条~麻生(1978))、東西線(琴似~白石(1976)、白石~新札幌(1982))、東豊線(栄町~豊水すすきの(1988)、豊水すすきの~福住(1994))である。

各年次の分析対象通勤トリップ数は、それぞれ1972年335,218トリップ、1983年498,434トリップ、1994年606,116トリップである。1972年を基準としたとき、1983年は148.7%、1994年は180.8%、また1983年を基準としたとき1994年は121.6%それぞれの増加である。各年次の通勤トリップは、従来のゾーン1(CBD)を中心とした一極集中から

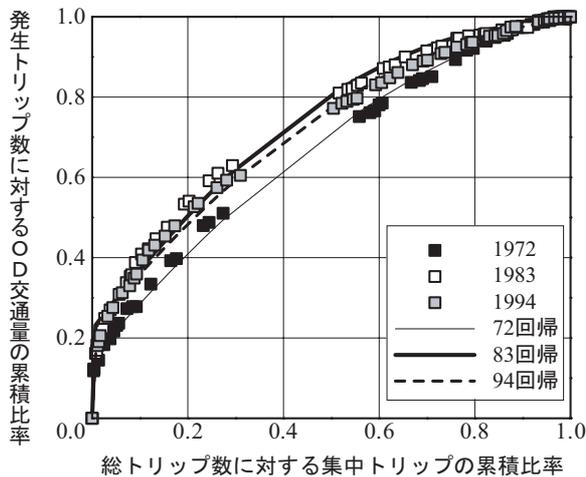


図 - 3 プリファレンス曲線 (ゾーン 24)

表 - 1 ゾーン 24 の回帰係数

回帰係数	1972	1983	1994
a	-0.5900	-0.8876	-0.7437
b	1.4548	1.6661	1.5310
c	0.1382	0.1994	0.1990
相関係数	0.9948	0.9850	0.9860

周辺ゾーンへの分散傾向が窺える。ゾーン 1 の場合、トリップ数では 95,432(72 年) から 111,103(83 年), 117,979(94 年) と増加しているが、トリップ比率は 28.5 % (72 年), 22.3 % (83 年), 19.5 % (94 年) と減少している。一方、周辺部から外縁部における各ゾーンにおいては集中トリップ数とともにトリップ比率も増加している。特に、ゾーン 38 (新札幌周辺) は 4,956 トリップ (1.4 %, 72 年) から 16,680(3.4 %, 83 年), 28,913 (4.8 %, 94 年) と大きな伸びを見せており、従業地の分布が都心部から周辺部、外縁部へ分散している状況である。

対象とする 53 ゾーンの 3 年次に対してそれぞれプリファレンス曲線の作成を試みた。図 - 3 は、ひとつのゾーン (ゾーン 24) に対して 3 つの年次の曲線を同じグラフ上に図示したものである。また、表 - 1 にはゾーン 24 の各年次のプリファレンス曲線を対象に 2 次曲線で曲線回帰した結果を示している。

表 - 2 は 2 次曲線による曲線回帰を行った結果から相関係数及び RMS 誤差を取りまとめたものである。このように、札幌市の通勤交通を対象としたプリファレンス曲線の場合は、図 - 1 に示した曲線形状や相関係数の値からも 2 次曲線による曲線回帰の適合度の高さが窺える。また、表 - 3 は年次ごとの

表 - 2 2 次曲線に対する各年次の相関係数及び RMS 誤差

適合度指標		1972	1983	1994
相関係数	最大値	0.9992	0.9993	0.9987
	最小値	0.9422	0.9545	0.9672
	平均値	0.9909	0.9929	0.9913
RMS 誤差		0.0268	0.0195	0.0211

表 - 3 各年次に対する回帰係数の結果

年次	項目	a	b	c
1972	最大値	-1.0054	0.1964	0.0028
	最小値	-0.0775	1.9935	0.7332
	平均値	-0.6330	1.4072	0.2172
1983	最大値	-1.0334	0.8090	0.0459
	最小値	-0.2913	1.9420	0.6645
	平均値	-0.6823	1.4747	0.1982
1994	最大値	-1.1139	0.7430	-0.0641
	最小値	-0.3566	2.1080	0.6587
	平均値	-0.6989	1.4799	0.2080

回帰係数 a, b 及び定数 c の結果を取りまとめたものである。交通行動の変化をこれら回帰係数及び定数からも窺うことができる。

4 平均トリップ長の算定について

プリファレンス曲線の 2 次曲線による回帰分析は、観測値との適合度が高いことから、回帰分析によって得られた回帰係数及び回帰定数を基礎として、交通行動の変化について考察を試みる。本研究で対象としているデータのうち、1972 年及び 1994 年の 2 つの年次を対象に、22 年間の変化を対象に分析を行った。

1972 年のプリファレンス曲線の回帰係数及び回帰定数 (交通行動パターン) に 1994 年の土地利用パターンを適用して算定された平均トリップ長及び 1994 年のプリファレンス曲線の回帰係数及び回帰定数に 1972 年の土地利用パターンを適用して算定される平均トリップ長を算定し、実際の 1994 年の平均トリップ長と比較し考察を行った。算定された平均トリップ長は表 - 4 に取りまとめたように、実際の平均トリップ長と推定された平均トリップ長には相違が見られた。

1972 年と 1994 年の実際の平均トリップ長は 4.85km と 5.97km である。1994 年には 1972 年に

表 - 4 平均トリップ長

		交通行動パターン	
		1972 年	1994 年
土地利用 パターン	1972 年	4.85	5.54
	1994 年	5.84	5.97

表 - 5 各ゾーンの平均トリップ長算定結果

	94 年実際	72 土地利用	94 土地利用
		94 交通行動	72 交通行動
最小値	1.959	1.497	2.083
最大値	11.783	10.793	11.403
平均値	5.830	5.309	5.684
標準偏差	2.129	2.262	2.177

比べ距離で 1.12km 増加し, 1972 年の 1.23 倍と大きく増加している。都市の拡大に伴い住宅地の郊外化, 従業地の分散化に伴い, 通勤距離が増加したものである。

推定された平均トリップ長は表 - 4 に示したように, 1972 年の交通行動パターンに 1994 年の土地利用パターンを適用して算定した平均トリップ長は 5.84km で, 1994 年の実際の平均トリップ長より 0.13km 小さい値が算定された。また, 1994 年の交通行動パターンに 1972 年の土地利用パターンを適用して算定された平均トリップ長は 5.54km で 1972 年の平均トリップ長より 0.69km 大きく, 1994 年の平均トリップ長より 0.43km 小さく算定された。

各ゾーン毎の算定結果は表 - 5 に取りまとめたように, 1994 年の交通行動パターンに 1972 年の土地利用パターンを適用して算定された平均トリップ長のうち, 1994 年の平均トリップ長を上回ったのはゾーン 38 のみであった。このように, 土地利用パターンとして, 1972 年の都心一極集中から 1994 年における郊外への分散により, 平均トリップ長が増加することが分かる。

さらに, 1972 年の交通行動パターンに 1994 年の土地利用パターンを適用して算定した平均トリップ長は, 1994 年の実際の平均トリップ長より大きく算定されたゾーン(図 - 4 の 94L - 72P : +, 72P - 94L : -)と小さく算定されたゾーン(図 - 4 の 94L - 72P : -, 72P - 94L : +)が見られた。これら実際の平均トリップ長との違いは交通行動の変化の違いを表しており, ゾーンにより交通行動の変化にも違いがあることが窺える。

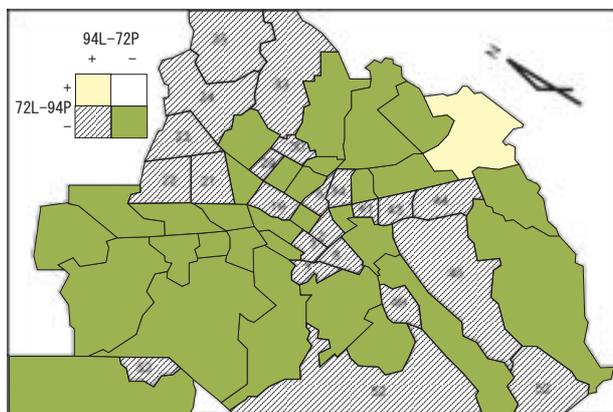


図 - 4 実際の平均トリップ長と予測値との差の分布

5 あとがき

以上, 本研究においては通勤交通におけるプリファレンス曲線の曲線回帰分析について種々考察を試みてきた。本研究では, プリファレンス曲線の特性を踏まえて相関係数はもとより観測値と推定値の乖離を考慮した曲線回帰について考察した。その結果, 分析対象とした札幌市の通勤交通の場合は, 曲線の特性及び形状等から従来の対数曲線より 2 次曲線による回帰曲線が相関係数及び適合度指標等においても改善できることを実証的に把握することができた。また, 本研究においては推定された 2 次曲線における回帰係数及び定数を基に, 平均トリップ長の推定を行い, 実際の平均トリップ長と推定された平均トリップ長から, 各ゾーンの交通行動の相違等について考察を行った。

これら交通行動の変化は, 通勤交通流動に関するエネルギー消費あるいは持続可能な都市を考える上でも重要であることから, さらに詳細な分析を行っていく。

参考文献

- 1) J A Black : "Dynamics of Accessibility to Employment and Travel Behaviour : a Case Study of the Journey-to-Work in Sydney ,1961 to 2011". In W.Young(ed.) ,Proceedings of International Symposium on Transport, Communications and Urban Form Vol.2 Analytical Techniques and Case Studies.
- 2) John BLACK, Youzhen CHENG, Tu TON and Yuzo MASUYA: JOURNEY-TO-WORK PREFERENCE FUNCTIONS: TEMPORAL AND SPATIAL STABILITY IN WESTERN PACIFIC RIM CITIES, Selected Proceeding of the Sixth World Conference on Transport Research, Volume , pp130-114, 1992
- 3) 榎谷・下夕村・田村・斎藤: 通勤交通におけるプリファレンス曲線の曲線回帰分析について - 札幌市の通勤交通を例として (1972-1983-1995) -, 土木計画学研究・論文集 Vol.18, no3, pp445-453, 2001