室蘭工業大学
学術資源アーカイブ
Muroran Institute of Technology Academic Resources Archive

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)―

メタデータ	言語: jpn 出版者: 土木学会 公開日: 2012-03-26 キーワード (Ja): 通勤交通, プリファレンス曲線, 札幌市 キーワード (En): 作成者: 桝谷, 有三, 下タ村, 光弘, 田村, 亨, 斎藤, 和夫 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/984

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）－

Curve Fitting of Journey-to-work Preference Functions

-A Case Study of Sapporo City　(1972-1983-1995)-

桝谷有三*・下夕村光弘**・田村　亨***・斉藤和夫****
by Yuzo MASUYA, Mitsuhiro SHITAMURA, Tohru TAMURA and Kazuo SAITO

1. まえがき

人口増加に伴う都市規模の拡大あるいは高速交通機関等の交通基盤整備は、産業立地・住民の居住地分布等の地域構造に影響を与えるとともに、都市活動としての各種の交通行動にも大きな影響を及ぼす。特に、従業地・居住地の空間的分布としての土地利用パターンの変化、あるいは地下鉄・高速道路等の交通インフラ整備は通勤交通流動パターンを大きく変化させる。このような都市構造の変化に伴う通勤交通流動の変化を視覚的に、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)]。Black 等[2)] は、シドニー、上海及び札幌市を対象に都市構造及び通勤交通における利用交通手段の相違が通勤交通流動に及ぼす影響についてプリファレンス曲線を基礎に分析を行っている。また、Masuya 等[3)] も札幌都市圏の通勤交通を対象に、高速交通機関としての地下鉄開通に伴う地下鉄沿線ゾーンにおける通勤交通流動の変化等についてプリファレンス曲線を基に分析を試みている。

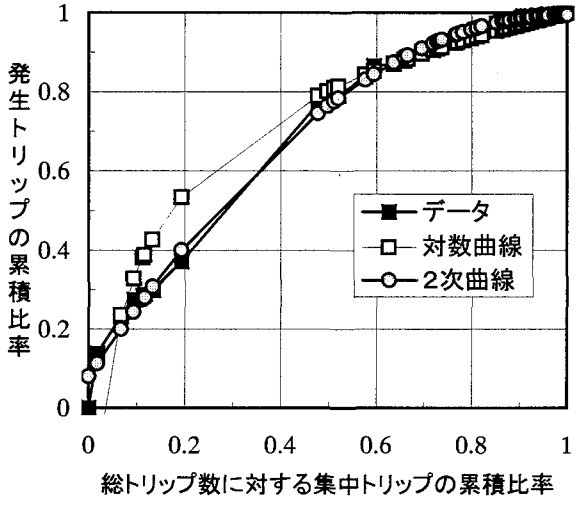
プリファレンス曲線がストウファーの介在機会モデルを基礎としていることから、これらのケーススタディにおいては対数曲線を基礎とした曲線回帰分析を行ってきた。しかしながら、対数曲線による曲線回帰の場合には、介在機会モデル等でも指摘されているように、短距離トリップにおける過少推計という問題がある。シドニー等のケーススタディにおいても、曲線回帰としての相関係数の値は高いが、内々トリップ比率及び近距離ゾーンにおけるトリップ比率の観測値と推定値の大きな誤差が指摘されてきた。

そこで、本研究ではこれら内々トリップ比率及び発ゾーンに近いゾーンにおけるトリップ比率の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考察を試みた。本研究においては、札幌市における 3 つの年次（1972 年、1983 年及び 1994 年）の通勤交通を対象にプリファレンス曲線を作成するとともに曲線回帰分析について考察を試みた。その結果、札幌市の通勤交通の場合は、曲線形状等から対数曲線より 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実証的に分析を行った。また、本研究においては 2 次曲線における回帰係数及び定数の関係について種々考察を試みるとともに、各ゾーンの通勤交通流動の相違等を把握するためにクラスター分析によるゾーン区分を試みた。さらに、曲線の変化と通勤トリップ長の変化について把握するため、推定された回帰係数及び定数の変化と通勤トリップ長の変化についても考察を行った。

2. 通勤交通におけるプリファレンス曲線について[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」というストウファー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



図－1　プリファレンス曲線の例

キーワード：通勤交通、プリファレンス曲線、札幌市
*正会員 工博 専修大学北海道短期大学教授 土木科
（〒079-0197　美唄市光珠内町）
（TEL 01266-3-0250, FAX 01266-3-4071）
**正会員 工修 苫小牧工業高等専門学校助教授 環境都市工学科
***正会員 工博 室蘭工業大学工学部助教授 建設システム工学科
****正会員 工博 室蘭工業大学工学部教授 建設システム工学科

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。その結果、実際のプリファレンス曲線は図中の黒印のデータに関するプロットのように容易に描くことができる。また、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（左へシフト）、遠距離ゾーンへのトリップ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α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、図－１に示す黒印データに対する回帰曲線に見られるように、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（0.9512）は高い。しかしながら、発ゾーンに近い（集中トリップの累積比率が0.4 以下）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α＝0.2834、回帰定数はβ＝0.9990 である。

$$Y = \alpha\lfloor -\ln(X)\rfloor + \beta \qquad (1)$$

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の累積比率

α：回帰係数

β：回帰定数

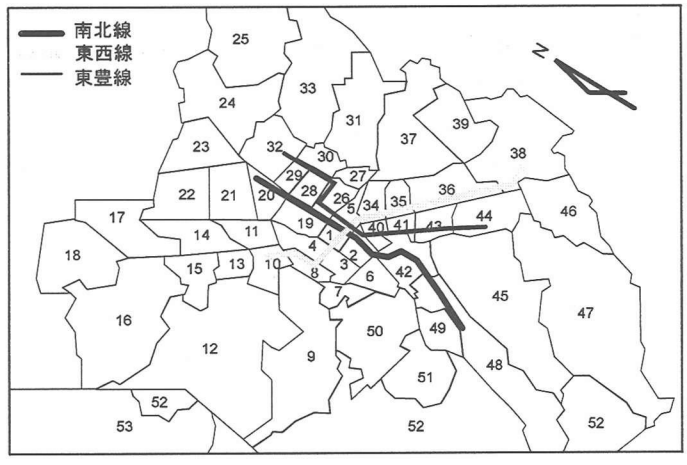
ln：自然対数

そこで、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。本研究で分析対象とする札幌市の通勤交通の場合は、次章の分析及び図－１の例に見られるように 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を実証的に分析した。なお、図－１の 2 次曲線に対する回帰係数及び定数は、a=-0.8154、b=1.9612、c=0.1004、相関係数は 0.9981 である。

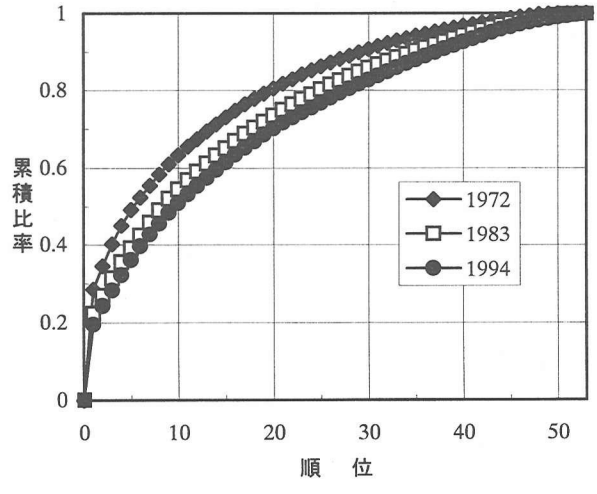
3. 札幌市の通勤交通を対象としたプリファレンス曲線

3.1 札幌市の通勤交通について

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、1983 年 70 ゾーン、1994 年 75 ゾーンそれぞれに区分されているが、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て行



図－２　札幌市のゾーン区分及び地下鉄路線図



図－３　集中トリップ数の累積順位曲線

う。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。図－3は、各年次の総通勤トリップ数に対する各ゾーンの集中トリップの比率を求め、各ゾーンを比率の大きい順位にならび変えて図示したものである。曲線は、1972年から83年、94年にかけて右方向にシフトしていることから、従来のゾーン1（CBD）を中心とした一極集中から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、東側に位置しているゾーン38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。

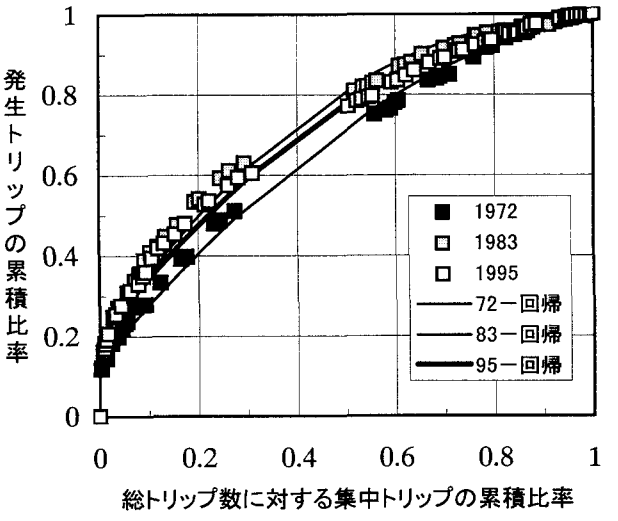
3.2 プリファレンス曲線の曲線回帰

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－4は、ひとつのゾーン（ゾーン24）に対して3年次の曲線を同じグラフ上に図示したものである。図－1及び図－4の例に見られるように、札幌市の通勤交通のプリファレンス曲線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、あるいは近距離ゾーンにおける活動機会（集中トリップ比率）の多少によって曲線形状も異なってことが窺える。また、曲線は全て下に凸で、基本的には座標値(1.0、1.0)を通過するとともに、曲線形状から座標値(1.0、1.0)を頂点にしていることが考えられる。これらの点から、本研究では式(2)に示す2次曲線による曲線回帰を試みた。

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

ここで、
a, b：回帰係数
c　：回帰定数

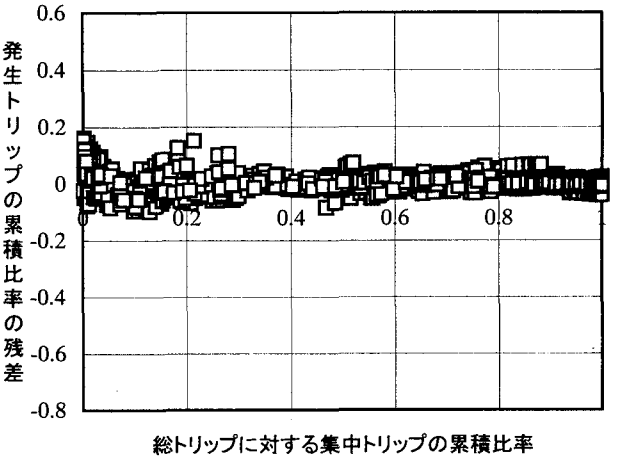
図－4及び表－1にはゾーン24の3年次のプリファレンス曲線を対象に2次曲線で曲線回帰した結果を示



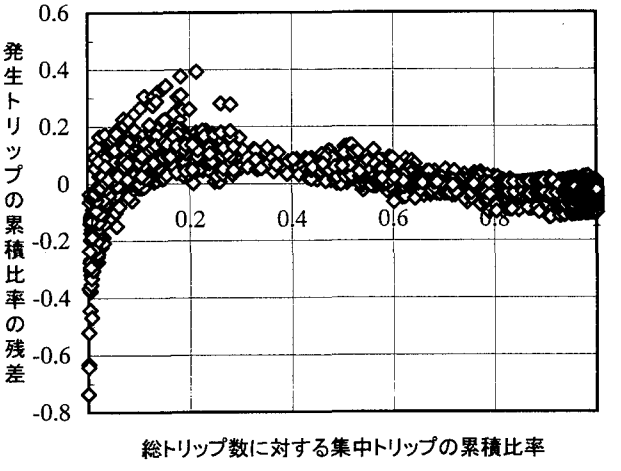
図－4　ゾーン24のプリファレンス曲線

表－1　ゾーン24の回帰係数

回帰係数	1972年	1983年	1994年
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



図－5　2次曲線に対する残差



図－6　対数曲線に対する残差

している。観測値と推定値の残差の状況及び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。図－5は、1972年の53ゾーン全てのデータ(2809個)を対象に観測値と推定値の残差をプロットしたものである。一方、図－6には1972年の53ゾーンを対象に対数曲線による曲線回帰を行ったときの残差の分布状況を示した。図－6に示されているように、対数曲線の場合は集中トリップ数の累積比率が0.2以下において特に残差は大きい。本研究においては、この累積比率が小さい領域における乖離を改善するためにも2次曲線による曲線回帰を行った。その結果、図－5に示されているように、集中トリップ比率の全域において残差が小さくなったことからも2次曲線による適合度の高さが理解できよう。2次曲線が対数曲線より適合度が高い理由としては、図―1及び図―4の例にみられるように札幌市の通勤交通の場合、ゾーン1の集中トリップ比率及び各ゾーンのゾーン1に対する発生トリップ比率の値が大きな影響を及ぼしていることが窺える。表－2には、1972年を対象に対数曲線及び2次曲線による曲線回帰の適合度に関する指標を取りまとめたものである。また、表－3は3年次に対して2次曲線による曲線回帰を行った結果である。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、適合度指標としての相関係数はもとより、RMS誤差の値等の結果からも対数曲線より2次曲線による曲線回帰が良いことが理解できる。

4. プリファレンス曲線の回帰係数及び定数について

4.1 回帰係数及び定数について

前章においては、通勤交通に対するプリファレンス曲線が2次曲線によって曲線回帰できることを把握してきたが、ここではこれら推定された2つの回帰係数と定数の関係及び定数と交通流動との関係について考察を試みる。前述のように、プリファレンス曲線に対する曲線回帰としての2次曲線は、基本的に座標値(1.0,1.0)を通過する。また、回帰曲線は曲線形状等から座標値(1.0,1.0)を頂点とする下に凸な曲線(係数a＜0)と考えることができる。そうすると、座標値(1.0,1.0)を通過することからX=1.0のときY=1.0より式(3)を、また座標値(1.0,1.0)を頂点とすることから$-(b/2a)=1.0$及び$-(b^2-4ac)/4a=1.0$より式(4)をそれぞれ導くことができる。

$$a+b+c=1 \qquad (3)$$

$$b=-2\times a \qquad c=1+a \qquad (4)$$

表－4は、年次ごとに回帰係数a、b及び定数cの結果を取りまとめたものであるが、これらの結果を基に式

表－2 各曲線(1972年)に対する相関係数及びRMS誤差

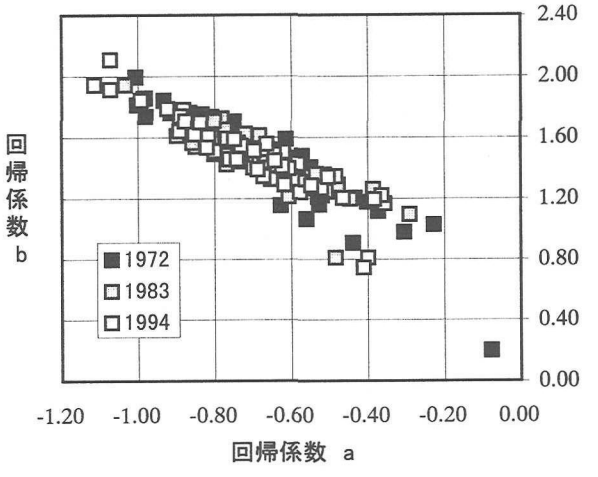
適合度指標		対数曲線	2次曲線
相関係数	最大値	0.9903	0.9992
	最小値	0.7606	0.9422
	平均値	0.9268	0.9909
RMS誤差		0.0749	0.0268

表－3 2次曲線に対する各年次の相関係数及びRMS誤差

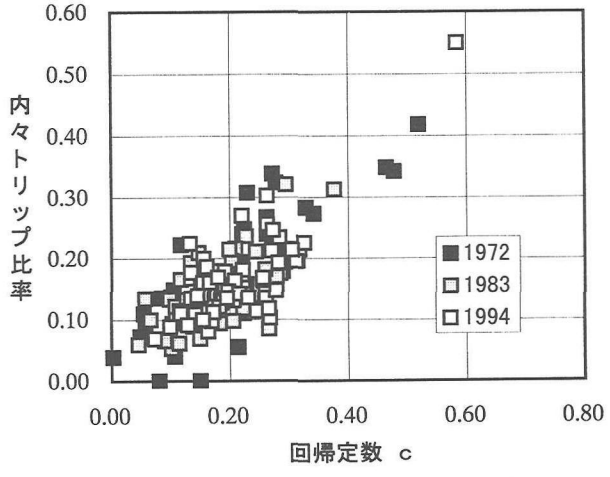
適合度指標		1972年	1983年	1994年
相関係数	最大値	0.9992	0.9993	0.9987
	最小値	0.9422	0.9545	0.9672
	平均値	0.9909	0.9929	0.9913
RMS誤差		0.0268	0.0195	0.0211

表－4 各年次に対する回帰係数の結果

年次	項目	a	b	c	a＋b＋c
1972	最小値	-1.0054	0.1964	0.0028	0.8521
	最大値	-0.0775	1.9935	0.7332	1.0215
	平均値	-0.6330	1.4072	0.2172	0.9913
1983	最小値	-1.0334	0.8090	0.0459	0.9693
	最大値	-0.2913	1.9420	0.6645	1.0150
	平均値	-0.6823	1.4747	0.1982	0.9906
1994	最小値	-1.1139	0.7430	-0.0641	0.9579
	最大値	-0.3566	2.1080	0.6587	1.0204
	平均値	-0.6989	1.4799	0.2080	0.9890



図－7 回帰係数aとbの関係



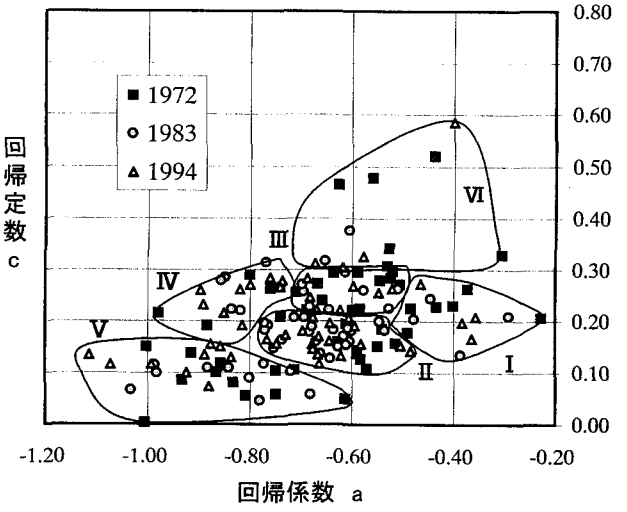
図－8 回帰係数cと内々トリップ比率の関係

（3）及び（4）の関係式について把握する。回帰係数a、b及び定数cの和は表－4に示されているように、最小値、最大値及び平均値等それぞれの値も1に近い値を取っていることから式（3）の関係式を把握することができる。次に、式（4）の関係式を把握するために回帰係数aとbの関係を図示したものが図－7である。回帰係数aが0.6以下において、bはaの（－2）倍を超える値を取っているが全体的には式（4）の関係を示している。また、回帰係数aとbの相関係数は0.9040（3年次全体）である。このような回帰係数aとb関係からも、2次曲線によって回帰できるプリファレンス曲線の形状及び特性を考えるときは3つのパラメータのうちaとcあるいはbとcの2つのパラメータを通して考えることができる。

次に、図－1及び図－4の例に見られるように、回帰曲線のy切片（X=0に対する値）は各ゾーンの最初のトリップ比率の値に近い値となっている。すなわち、y切片である定数cの値は、各ゾーンを発生している通勤交通量のうち当該ゾーンを集中交通量とする内々トリップ比率に近い値であることが窺えられる。そこで、定数cと各ゾーンの内々トリップ比率の関係を示したのが図－8である。年次ごとの相関係数は、それぞれ0.8130（1972年）、0.6653（83年）及び0.7491（94年）である。また、3年次全体の相関係数は0.7641であることからも、定数cと内々トリップ比率の相関が高いことが窺える。したがって、この結果からも各ゾーンの内々トリップ及び発ゾーンに近いゾーンにおけるトリップ比率によって定数cも異なっていること考えられる。逆に、定数cの値から内々トリップ及び発ゾーンに近いゾーンに対するトリップ比率の値を考えることもできる。

4.2 クラスター分析によるゾーン区分

各ゾーンの通勤交通流動の相違及び年次間の交通流動の変化等についてプリファレンス曲線のパラメータを通して考察を試みる。前述のように、プリファレンス曲線の特性及び形状等は3つのパラメータのうち2つのパラメータによって考えることができる。そこで、ここでは回帰係数aと定数cを通して各ゾーンの交通流動の相違等について考察する。図－9は、回帰係数aと定数cによって3年次の各ゾーンをプロットしたものである。この図から各ゾーンの交通流動の相違を区分する方法としては、回帰係数a及び定数cいずれの値も連続変数であることからクラスター分析あるいは平均値・標準偏差による方法がある。ここでは、固体（ゾーン）間のすべての組み合わせについて類似性距離を算定してゾーンの区分が可能なクラスター分析を用いる。クラスター分析を行うためには、距離の定義あるいはクラスター間の距離の決め方等を考えなければならないが、ここでは距離としては標準ユークリッド距離、非類似度を更新する方法としてはウォード法をそれぞれ用いて分析を行った。その結果、図－9に示すように回帰係数aと定数cによってゾーンを大きく6つに区分することができた。各区分において、回帰係数aと定数cの値がそれぞれ取る範囲は表－5に示されている。また、各年次ごとに各ゾーン区分に属するゾーンを表－6に示した。なお、表中のカッコ内の値は当該区分に属するゾーン数である。さらに、図－10及び図－11には各ゾーン区分に該当するゾーンのプリファレンス曲線を例として図示した。また、表－7には各ゾーンの回帰係数、定数及び相関係数等の値を示した。



図－9 クラスター分析によるゾーン区分

表－5 各ゾーン区分における回帰係数の範囲

区分	最小値		最大値		平均値	
	a	c	a	c	a	c
I	-0.4847	0.1341	-0.2280	0.2727	-0.3982	0.2091
II	-0.7712	0.1070	-0.4910	0.2245	-0.6337	0.1698
III	-0.7129	0.2059	-0.5067	0.2968	-0.6250	0.2559
IV	-0.9794	0.1907	-0.7359	0.3141	-0.8209	0.2528
V	-1.1139	-0.0641	-0.6132	0.1547	-0.8755	0.0942
VI	-0.6723	0.3047	-0.3051	0.5844	-0.5428	0.3884

表－6 クラスター分析によるゾーン区分

区分	1972	1983	1994
I	5,26,34,41,45 (5)	5,31,34,35 (4)	27,28,31,35,41(5)
II	11,21,22,24,28,29,30,32,33,36,38,42,43,50(14)	1,11,12,19,20,21,22,26,28,29,30,32,36,37,40,41,43,44,45,48,50(21)	5,20,21,23,25,26,29,30,32,34,36,38,40,42,43,45,48 (17)
III	2,4,13,31,37,44,47,48,51,52 (10)	2,10,15,16,17,27,33,38,51 (9)	12,13,19,22,24,37,52 (9)
IV	1,10,17,18 (4)	13,18,24,39,46,47 (6)	6,14,15,16,17,18,39,44,46 (6)
V	3,6,7,8,9,12,19,20,23,25,39,40,49 (13)	3,4,6,7,8,9,23,25,42,49 (10)	1,3,4,7,8,9,10,11,49,50 (10)
VI	14,15,16,27,35,46 (6)	14,52 (2)	2,33,47,51 (4)

各ゾーン区分ごとの特徴は、図－9及び図－10、図－11に示されている曲線等から以下のようである。

区分Ⅰ：定数ｃが平均的な値（全体の平均値0.2078）を取る一方で、回帰係数ａは6つの区分のなかで最も小さい値(絶対値)を取っている。このため、他の区分の曲線より直線的な形状を示している。

区分Ⅱ：回帰係数 a は平均的な値（全体の平均値0.6714）を取る一方で、定数ｃは平均値より多少小さい値を取っている。各年次とも多くのゾーン（72年：14、83年：21、94年17）が属している。

区分Ⅲ:区分Ⅱと同様に回帰係数ａは平均的な値を取っているが、定数ｃは平均値より多少大きい値を取っている。この区分にも多くのゾーン（72年：10、83年：9、94年9）が属している。

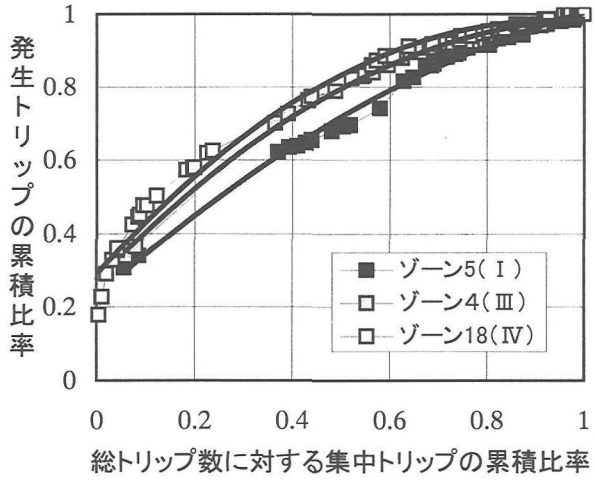
区分Ⅳ:区分Ⅲと同様に定数ｃは平均値より多少大きい値を取っているが、回帰係数ａは区分Ⅲに比べて大きい値を取っている。

区分Ⅴ:定数ｃが6つの区分のなかで最も小さい値を取っているとともに、回帰係数ａの値も大きい値(絶対値)を取っている。このため、他の区分の曲線に比べてより曲線化された形状を示している。

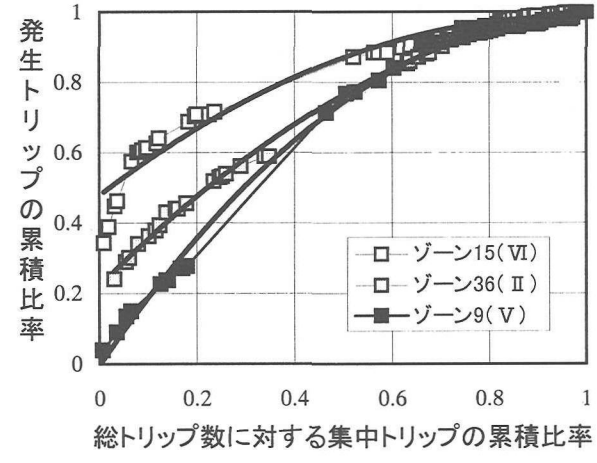
区分Ⅵ:回帰係数ａは平均値に近い値を取っているが、定数ｃが他の区分に比べて最も大きな値を取っている。この区分に属するゾーンは他の区分に比べて少ない。

各ゾーンの年次間におけるゾーン区分の変化をみると、3年次とも同じゾーン区分に属しているのはゾーン区分Ⅴのゾーン3、7，8など12ゾーンである。3年次のうち、2つの年次が同じ区分で他の1つの年次が異なる区分となるゾーンとしては、ゾーン5、11、14など29ゾーンである。一方、3つの年次ともゾーン区分が異なるゾーンは、ゾーン1、10、14など11ゾーンである。このように時系列的に各ゾーンが属する区分をみると、同じ区分に2年次以上属するゾーンが41ゾーン（=12+29）あることから、多くのゾーンにおいては当該ゾーン固有のひとつの交通流動特性を持っていることが考えられる。したがって、各ゾーンは固有の交通流動特性を持ちながら、土地利用パターンの変化あるいは交通インフラ整備等の影響によって交通流動も多少変化している状況が窺える。

ここではさらに、各ゾーン区分のプリファレンス曲線から、回帰係数及び定数と曲線の形状及び特性等との関係について考える。回帰係数 a の場合は、値(絶対値)が増加（減少）するにしたがって曲線は左上（右下）にシフトするとともに、曲線はより直線的な形状を示している。また、回帰係数ａの値は、式（3）の関係から定数ｃの値にもよるが、曲線としては集中トリップの累積比率が0.2から0.6前後に対する発生トリップの累積比率の値よって大きな影響を受けていることが窺える。一方、定数ｃの場合は前述のように内々トリップ比率も含



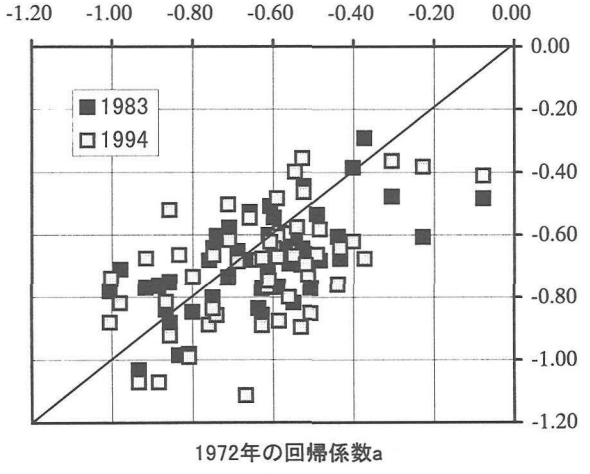
図－10 各ゾーン区分におけるプリファレンス曲線例(1)



図－11 各ゾーン区分におけるプリファレンス曲線例(2)

表－7 各ゾーンの回帰係数、定数及び相関係数

区分	ゾーン	a	b	c	相関係数
Ⅰ	5	-0.4016	1.1765	0.2297	0.9935
Ⅱ	36	-0.5987	1.3854	0.2212	0.9982
Ⅲ	4	-0.6676	1.3813	0.2723	0.9923
Ⅳ	18	-0.7996	1.4888	0.2892	0.9860
Ⅴ	9	-1.0054	1.9935	-0.0003	0.9972
Ⅵ	15	-0.5600	1.0648	0.4775	0.9651



図－12 回帰係数ａに関する1972年と83年、95年の関係

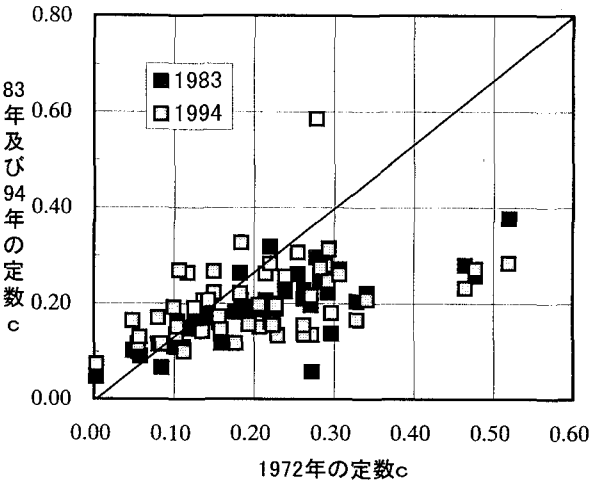
め近距離ゾーンへのトリップ比率の値によって大きな影響を受けているとともに、値が増加（減少）するにしたがって曲線も左上（右下）にシフトしている。このように、回帰係数 a 及び定数 c の値から当該ゾーンの通勤交通流動の状況を把握することができるとともに、回帰係数及び定数の変化から交通流動の変化の状況も把握することが可能となってくる。

5. 回帰係数及び定数と平均トリップ長の関係について

前章での回帰係数及び定数とプリファレンス曲線との関係でもみられるように、一般的に曲線は短トリップ長の比率が多くなると左側に、長トリップ長の比率が多くなると右側にそれぞれシフトする。そこで、ここでは曲線の変化とトリップ長の変化について把握するため、回帰係数 a 及び定数 c の変化と平均トリップ長の変化について考察を試みる。図－12 及び図－13 はそれぞれ 1972 年を基準に、他の年次の値をプロットしたものである。これらの分布図をみると、回帰係数 a 及び定数 c いずれも年次にしたがって多少変化している状況が分かる。また、表－8 及び図－14 は各ゾーンの平均トリップ長の変化の結果を取りまとめたものである。これらの結果から、1972 年から 83 年、そして 94 年と各ゾーンの平均トリップ長が増大していることが理解できよう。特に、72 年から 83 年の増大は 83 年から 94 年に比べて大きい。

これら回帰係数及び定数の変化が平均トリップ長の変化に及ぼす影響を把握するため重回帰分析を行った。目的関数としてのは各年次の平均トリップ長の変化を、説明変数としては回帰係数 a 及び定数 c の変化としての Δ a、Δ c を取り上げて分析を行った。その結果、各年次間において表－9 に示すような偏回帰係数、切片及び重相関係数の値を得た。また、2 つの年次間全体でも重相関係数 0.8333 を得た。これらの重相関係数の値からも、プリファレンス曲線の変化としての回帰係数 a 及び定数 c の変化から各ゾーンの平均トリップ長の変化を把握することは可能である。表－9 の結果をみると、回帰係数 a の変化に比べて定数 c の変化、すなわち内々トリップ比率も含め近距離ゾーンに対するトリップ比率の変化が平均トリップ長の変化に大きく影響を及ぼしていることが理解できる。

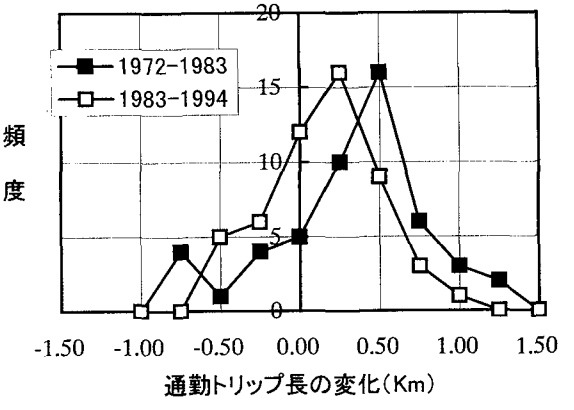
次に、ここでは交通インフラ整備としての地下鉄開通に伴う通勤トリップ長の変化について考察を行う。通勤者は、一般的に一定の交通時間予算（Travel time budget）[3),4)] を持っていることから、地下鉄開通等の高速交通機関の整備に伴って通勤時間が短くなると、同じ通勤時間のなかで通勤距離をより長くさせるような居住地あるいは勤務地の変更等があると言われている。著者らも、札幌市における地下鉄開通に伴う通勤トリップ長の変化について 2.で述べたプリファレンス曲線で囲ま



図－13 定数cに関する 1972 年と 83 年、95 年の関係

表－8 各年次間における平均トリップ長の変化の頻度

距離の変化	1972-1983	1983-194
-1.00～-0.75	0	0
-0.75～-0.50	4	0
-0.50～-0.25	1	5
-0.25～-0.00	4	6
0.00～0.25	5	12
0.25～0.50	10	16
0.50～0.75	16	9
0.75～1.00	6	3
1.00～1.25	3	1
1.25～1.50	2	0
1.50～1.75	0	0
最小値	-0.907	-0.727
最大値	1.580	0.766
平均値	0.214	0.026
標準偏差	0.532	0.361



図－14 通勤トリップ長の変化の頻度分布

表－9 重回帰分析の結果

項目		1972-1983	1983-1994
説明変数	Δa	1.1825	1.1524
	Δc	-6.6346	-4.3763
切片		0.1445	0.0911
重相関係数		0.8680	0.7990

れた面積値を基に分析を行ってきた[3)]。その結果、面積値の変化を通して地下鉄沿線ゾーンのうち、特に 1972 年から 1983 年の期間に開通した東西線沿線ゾーンにおいて通勤交通流動が変化していることを把握することができた。本研究においては、回帰係数 a 及び定数 c を通して地下鉄沿線ゾーンにおける平均トリップ長の変化について分析を試みる。

表－10 は東西線沿線ゾーンを対象に、2 つの年次間の Δa、Δc 及び平均トリップ長の変化を取りまとめたものである。2 つの年次間における Δa 及び Δc の平均値をみると、特にトリップ長の変化に大きな影響を及ぼす Δc の値は 83 年から 94 年の期間(平均値：－0.0167)に比べて、地下鉄が開通した期間である 72 年から 83 年(平均値：－0.0542)において大きく変化していることが分かる。このことは、平均トリップ長の変化からも、72 年から 83 年の期間における沿線ゾーンのトリップ長増大(0.5036Km)が 83 年から 94 年の期間(0.0369Km)に比べて大きいことからも理解できよう。表－11 は、他の路線の結果を取りまとめたものである。72 年から 83 年の期間に一部開通（北 24 条～麻生）した南北線においては、地下鉄開通に伴う沿線ゾーンのトリップ長増大がみられるが、83 年から 94 年においては逆に減少している。また、83 年から 94 年の期間に開通した東豊線においては、一部のゾーンに Δc の減少に伴う平均トリップ長の増大はみられたが、沿線ゾーン全体においては大きなトリップ長増大がみられないことから、地下鉄開通に伴う通勤交通に対する大きなインパクトがなかったことが窺える。このように、2 次曲線における回帰係数 a 及び定数 c の変化を通して交通インフラ整備に伴うトリップ長の変化を把握することも可能である。

表－10 東西線沿線ゾーンにおける回帰係数、定数及びトリップ長の変化

ゾーン	1972-1983			1983-1994		
	Δa	Δc	トリップ長変化	Δa	Δc	トリップ長変化
1	-0.1199	0.0015	0.6706	0.3079	-0.2563	0.7057
3	0.1006	-0.0186	0.4512	0.0387	0.0499	0.1369
4	0.0140	-0.2147	1.1955	0.4323	0.0769	-0.6366
5	-0.0154	-0.0956	0.9349	0.2348	-0.0016	-0.2773
8	0.0262	-0.0034	0.4500	0.0414	-0.0092	0.4168
10	-0.0764	-0.0353	0.4722	0.2057	-0.0928	0.4148
34	-0.0818	-0.0532	0.7010	0.3864	-0.0550	-0.0528
35	0.1729	-0.1254	0.5140	-0.1135	-0.0375	0.4760
36	-0.0525	-0.0216	0.4388	0.0978	-0.0386	0.0200
38	-0.0975	0.0798	-0.6250	0.1139	-0.0420	-0.1662
平均値	-0.0011	-0.0542	0.5036	0.1597	-0.0167	0.0369

表－11 南北線及び東豊線の結果

路線名	1972-1983			1983-1994		
	Δa	Δc	トリップ長変化	Δa	Δc	トリップ長変化
南北線	0.0102	-0.0115	0.3897	-0.0702	0.0990	-0.0401
東豊線	—	—	—	-0.0236	0.0211	0.0883

6. 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、係数間の関係、あるいは各ゾーンの交通流動の相違等について考察を行った。さらに、回帰係数及び定数の変化と通勤トリップ長の変化の関係に関する分析を通して、プリファレンス曲線のシフト（右側あるいは左側）はトリップ長の変化（増大あるいは減少）を表していることを把握することができた。

札幌市の通勤交通を対象に分析した結果を取りまとめる以下となる。①2 次曲線の回帰係数 b は係数 a の（－2）倍程度で相関係数が高いことから、プリファレンス曲線の特性は、a と c あるいは b と c の 2 つのパラメータを通して考えることができる。 ②定数 c と内々トリップ比率の相関が高いことから、各ゾーンの内々トリップ比率及び発ゾーンに近いゾーンにおけるトリップ比率によって定数 c の値も異なってくる。 ③回帰係数 a と定数 c の値によってクラスター分析を行ったところ、クラスター分析によるゾーン区分を通して通勤交通流動の相違を把握することができた。 ④また、各ゾーンの時系列的なゾーン区分の変化をみると、多くのゾーンは固有の交通流動特性を持ちながら、土地利用パターンの変化あるいは交通インフラの整備によって交通流動も多少変化している。 ⑤回帰係数及び定数プリリファレンス曲線の形状の関係をみると、回帰係数 a が減少（増加）あるいは定数 c が増加（減少）するにしたがって曲線は左上（右下）にそれぞれシフトする。 ⑥さらに、回帰係数及び定数と平均トリップ長の関係について重回帰分析を行ったところ、回帰係数 a 及び定数 c の変化から各ゾーンの平均トリップ長の変化を把握することができる。

各ゾーンの通勤交通流動特性を表す 2 次曲線に対する回帰係数及び定数のうち、定数 c については内々トリップ比率との関係を見出したが、今後は係数 a 及び b と関係する要因についても考察を進めていく。また、回帰係数及び定数は、当該ゾーンの土地利用パターン、地理的位置あるいはアクセシビリティなど各種の要因によって影響を受けることから、これらの要因と回帰係数等の関係についても分析を行っていく。

札幌市の場合は2次曲線による適合度が高かったが、今後は他の都市を対象に分析を進めていくなかで、対数曲線あるいは2次曲線など適合度の高いプリファレンス曲線の曲線回帰についても考察を試みて行く。また、通勤交通流動に関する分析は、都市活動のエネルギー消費あるいは持続可能な都市等を考えるうえでも重要であることから、土地利用パターンとしての職住割当の面からも分析を行って行く。

最後に、本研究を進めるにあたり New South Wales 大学の John BLACK 教授より貴重なアドバイスを戴いたことを付記し、感謝の意を表す。また、本研究を行うにあたりデータの提供等を戴いた札幌市企画調整局総合交通対策部の皆様にも感謝の意を表す。

参考文献

1) John BLACK: Dynamics of accessibility to employment and travel behavior: a case study of the journey to work in Sydney, 1961 to 2011, Proceedings of International Symposium on Transport, Communications and Urban Form Vol. 2, 1987
2) John BLACK, Youzhen CHENG, Tu TON and Yuzo MASUYA: JOURNEY-TO-WORK PREFERENCE FUNCTIONS: TEMPORAL AND SPATIAL STABILITY IN WESTERN PACIFIC RIM CITES, Selected Proceedings of the Sixth World Conference on Transport Research, Volume Ⅰ, pp103-114, 1992
3) Yuzo MASUYA and John BLACK: Transportation Infrastructure Development and Journey-to-Work Preference Functions in Sapporo、土木計画学研究・論文集、pp127-134、No.10、1992
4) 近藤勝直：交通行動分析、晃洋書房、1987

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）－

桝谷有三・下夕村光弘・田村　亨・斉藤和夫

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、係数間の関係、各ゾーンの交通流動の相違あるいは曲線の変化と通勤トリップ長の変化の関係等について考察を行った。

Curve Fitting of Journey-to-work Preference Functions

-A Case Study of Sapporo City　(1972-1983-1995)-

by Yuzo MASUYA, Mitsuhiro SHITAMURA, Tohru TAMURA and Kazuo SAITO

This paper analyzes the curve fitting of journey-to-work preference function in Sapporo using person trip data for 1972, 1983 and 1994. The curve fitting was examined in consideration of the correlation coefficient and the residual of the observation value and the estimated value based on the characteristics of journey-to-work preference function. The quadratic curve improves the curve fitting in contrast with the logarithm curve from the correlation coefficient and the goodness measure in the case of Sapporo. Relationship between the estimated coefficients, the classifications of zonal travel behavior and relationship between the changes in preference function and the changes of zonal mean trip length are also analyzed based on the estimated coefficient of quadratic curve.