

発生・集中量推定モデルの都市圏間比較と簡略的推定法

COMPARISON AND SIMPLIFICATION OF TRIP GENERATION AND ATTRACTION MODELS IN VARIOUS URBAN AREAS

石田 東生*

By Haruo ISHIDA

Prediction of trip generation and attraction in urban area is the first step in the Four Step Method of travel demand forecasting. The purpose of this study is to develop simplified trip generation and attraction models which require small sample size for model building. Multiple regression was applied to person trip surveys of ten metropolitan areas of differing sizes and characteristics. The following conclusions were drawn: 1) trip generation and attraction models are highly transferable among different cities 2) simplified trip generation and attraction models are adaptable to different cities.

Keywords: trip generation and attraction, spatial transferability, quick response models

1. はじめに

パーソントリップ調査 (PT 調査) は、都市交通計画策定のための最重要な資料の1つを提供するが、実査、集計、解析に多大の時間と費用、労力を要するため、交通状況の変化に必ずしも即応できない。また、都市規模によってはPT調査の実施が困難な地域も存在する等の問題も有する。このようなPT調査の問題を補完するために、PT調査の簡略化のための研究がなされている^{1),2)}。

著者らは、交通需要予測方法、交通調査方法の簡略化を目指して研究を進めている³⁾。研究の最終目的は、従来、費用制約やその他の制約でPT調査が困難であった小都市を対象として、ミニPT調査等の簡略化された資料収集方法や、国勢調査などの既存統計資料を用いる簡略化された交通需要予測方法を開発することである。

昭和42年の広島都市圏におけるPT調査以来、現在までに人口30万人以上の都市のほとんどすべてにおいてPT調査が実施され、また13の都市圏においては2回目のPT調査がすでに実施されている。このような

PT調査の蓄積は、種々の原単位や交通需要予測モデルの2つの視点からの比較、①都市圏間という空間に着目した比較、②同一都市圏における2回の調査間という時間に着目した比較を可能としている。時間に着目した比較は、交通需要予測モデルの時間的安定性という形で行われており⁴⁾⁻⁷⁾、研究例も多い。一方、空間に着目した比較は⁸⁾、数も少なく、それぞれの都市圏で使用された交通需要予測モデルの相互比較はほとんどなされていない。集計モデルのパラメーターはゾーニングに依存しているため、厳密な意味では空間的移転可能性はないと判断されているためと思われる。

本研究は、交通需要予測の簡略化の第一段階として、交通発生・集中量推定モデルを対象として、①その都市圏間比較を行い、従来、集計モデルであるが故にないとされていたモデルの都市圏間の移転可能性についての検討を行い、②次に、この検討結果を活用し、全国に共通して適用できる発生・集中量推定モデルの構築を目的としている。

2. 対象都市圏の概要

PT調査が実施されている35都市圏すべてを分析対象とすべきであるが、必要データ、特にゾーン別人口関連データの入手が困難であったため、表—1に示す10

* 正会員 工博 筑波大学講師 社会工学系
(〒305 茨城県つくば市天王台)

都市圏に分析対象を限定せざるを得なかった。仙台、金沢、浜松、富山・高岡の4都市圏については、第1回と第2回のPT調査結果を用いた。調査年は、昭和47年から昭和59年の13年間にわたっている。本研究で扱う各都市圏のゾーン数は17から229であり、総面積も333 km²から2546 km²と変化に富んでいる。その結果、ゾーン別常住人口居住人口の平均も約7000(人/ゾーン)から約29000(人/ゾーン)と大きく変動している。

このように、調査年度やゾーンの大きさ等に多様性を残し、比較を簡単にするために何らかの形の基準化(ゾーンの組かえ等)を行わなかったのは、本研究の最終目的が、対象とした全都市圏において適用可能な発生・集中量モデルを構築することにあり、また、これを用いて簡略的に各ゾーンの目的別発生・集中量を推定しようとするにあるためである。推定されたモデルを推定に用いたデータの範囲外で使用する外挿の適用は、信頼性からみて好ましくないことは、統計学の教えるところである。適用範囲を広げるためには、推定に用いるデータの範囲、多様性が大きいほうが望ましいと考えた。

3. 各都市圏の発生・集中量推定モデルの比較

(1) 都市圏別発生・集中量モデルの比較1(報告書ベースでの比較)

各都市圏において推定採用された発生・集中量予測モ

デルが、どのような説明変数を用いているかを示したものが表一2である。表は、各目的ごとに最も多く使用されている説明変数組をまず掲げ、それを用いている都市圏、その説明変数組とは異なるものを採用している都市圏、さらには、異なる目的分類を用いている都市圏に各都市圏を分類している。たとえば、通勤発生、通学発生では夜間人口を説明変数としている都市圏が大部分であること、通学集中ではすべての都市圏で通学地学生数を説明変数としていることがわかる。表には記さなかったがこれらの目的では推定結果の重相関係数もおおむね0.95以上となっている。通勤集中量推定モデルでは、説明変数組に多様性がみられる。帰宅発生・集中、私用発生・集中、業務発生・集中では、目的分類が異なっている都市圏が多く、したがって同一の説明変数組を使用している都市圏は少ない。重相関係数も、前述の4モデルに比較して若干小さくなっている。

このように、帰宅、私用、業務の各目的では都市圏で目的分類が異なっており、直接的な比較は不可能であるため、以下では、表一3に示す通勤、通学、帰宅、私用、業務の5目的に各都市圏のデータを整理統合し、5目的分類によりすべての分析を行うことにする。

また、各都市圏で使われている説明変数を参考に、説明変数となる指標の信頼度、入手容易性を考慮して、本研究で使用する人口関連の説明変数を表一3に示すとおり選定した。

(2) 都市圏別発生・集中量モデルの比較2

各都市圏で実際に採用された発生・集中量予測モデルに使用されている説明変数組、および表一3に示した諸変数間の相関分析結果を参考にして、候補となる発生・集中量モデルを設定した(表一4)。表は、たとえば、通勤発生モデルの候補は2つあり、1つは夜間人口を説明変数とするもの、他は就業人口が説明変数であることを示している。このように計28の候補モデル(うち6個

表一 対象都市圏の概要

	PT調査年	ゾーン数	総面積(km ²)	常住人口居住人口(人)		
				平均	最大	最小
仙台第1回	S47	126	1641	7,442	27,996	706
仙台第2回	S57	229	2291	7,535	22,584	0
鹿兒島	S49	46	741	11,648	28,083	0
熊本第2回	S59	32	426	25,469	88,188	7,567
札幌第1回	S47	82	2000	16,332	53,855	1,102
新潟	S53	30	887	26,894	64,259	4,009
金沢第1回	S49	17	687	28,927	62,435	8,947
長崎	S49	64	652	28,702	71,488	4,785
宮崎	S57	55	1412	7,268	21,215	1,013
浜松第1回	S50	83	333	6,833	17,388	958
富山第1回	S49	40	2546	20,139	79,985	3,004
富山第2回	S58	40	2546	20,804	71,486	3,396

表一2 対象都市圏の目的別発生・集中モデルの説明変数

都市圏	通勤発生		通勤集中		通学発生		通学集中		帰宅発生		私用発生		業務発生	
	夜間人口	(2+3)次従業員人口	夜間人口	(2+3)次従業員人口	夜間人口	通学地学生数	昼間人口	夜間人口	昼間人口	昼間人口	従業員人口	従業員人口	従業員人口	従業員人口
仙台1		*		*		*	○		○		○			○
仙台2		*		*		*	○		○		○			○
鹿兒島	○			*	○		○	**	**	**	**	**	**	**
熊本2	○			*	○		○	**	**	**	**	**	**	**
札幌1	○			*	○		○	**	**	**	**	**	**	**
新潟	○			*	○		○	**	**	**	**	**	**	**
金沢1	○			*	○		○	**	**	**	**	**	**	**
長崎	○			*	○		○	**	**	**	**	**	**	**
宮崎		*	○		○		○	**	**	**	**	**	**	**
浜松1	○		○		○		○	**	**	**	**	**	**	**
富山1	○		○		○		○	**	**	**	**	**	**	**
富山2	○		○		○		○	**	**	**	**	**	**	**

注) 表中○は第1位の説明変数組を用いていること。*は第1位の説明変数と異なる説明変数組を用いていること。

**は目的分類が異なることを示す。

は重回帰モデル)を設定し、14の都市圏別のデータを用いて都市圏別のパラメーターを推定し、その適合度を検討した。各都市圏への適合度が最も高いと判断された発生・集中量モデルを表一5に示す(このモデルを以下では人口関連モデルとよぶ)。ここでの判断基準は、符号条件が満たされていること、パラメーターが統計的に有意であること、最も適合度の低い都市圏における重相関係数や% RMSが他のケースに比してよいという一種のMax-Min基準である。なお表一5における平均とは、パラメーター推定値、重相関係数、% RMSの14の都市圏における単純平均である。最悪とは、最も適合度の低い都市圏における重相関係数、% RMSの値であり、最悪の場合の適合度を示している。さらに共通とは、す

べての都市圏のゾーンデータをプールし、それをを用いてモデルを推定した場合の結果である。

表一5から以下のようなことが読み取れる。

① 説明変数の係数推定値の変動係数は比較的小さい。なかでも、通勤発生・集中、通学発生・集中、帰宅発生・集中では特に小さくなっており、各都市圏でパラメーターはほぼ一定に保たれていると考えられる(図一1上段参照)。このことは、発生・集中量推定モデルの都市圏での転移可能性が、ゾーンの大小の差、都市圏の特性などによらず高く、したがって、共通モデル構築の可能性を示唆していると思われる。パラメーター推定値の変動係数が最大である業務発生モデルの各都市圏でのパラメーター推定値を図一1下段に示す。図からわかるようにパラメーター推定値の変動は決して小さいとはいえない。しかし、まったく同じ式形、変数組で表一5に示すように高い相関係数、小さい% RMSを達成していること、共通モデルの延べ14都市圏への適合度が高いことから判断して、安定性を現況説明力の各都市圏における安定した高さで条件付けるなら、このモデルの都市圏間での安定性は高いと考えられる。

② しかし、ここでの比較は、10の異なる都市圏という空間比較と昭和47年から昭和59年にわたる調査年の差という時間比較が混在したものとなっていることに留意すべきである。このような時間・空間の同時比較はある意味では乱暴なものであるが、精

表一3 使用変数一覧

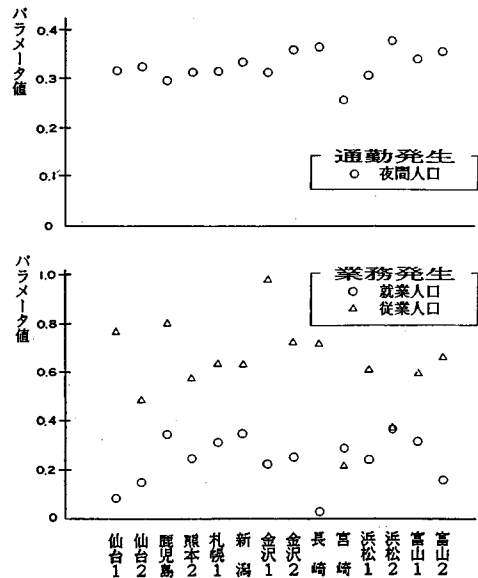
発生・集中量	通勤、通学、帰宅、私用、業務の5目的別発生集中量
人口関連変数	常住地居住人口(夜間人口)、常住地就業人口(就業人口)、従業地就業人口(従業人口)、通学地学生数、第1次従業人口、第2次従業人口、第3次従業人口、昼間人口(=夜間人口+就業人口+従業人口)

表一4 人口関連モデルの代替案

被説明変数	候補モデルとその説明変数
通勤発生	1. 夜間人口 2. 就業人口
通勤集中	1. 従業人口 2. 3次従業人口 3. (2+3)次従業人口
通学発生	1. 夜間人口
通学集中	1. 通学地学生数
帰宅発生	1. 従業人口 2. 昼間人口 3. (2+3)次従業人口
帰宅集中	1. 夜間人口
私用発生	1. 従業人口 2. 3次従業人口 3. 昼間人口 4. 夜間人口、従業人口
私用集中	1. 従業人口 2. 3次従業人口 3. (2+3)次従業人口 4. 夜間人口、3次従業人口
業務発生	1. 従業人口 2. 昼間人口 3. (2+3)次従業人口
業務集中	1. 従業人口 2. 3次従業人口 3. 昼間人口 4. (2+3)次従業人口 5. 夜間人口、従業人口 6. 就業人口、従業人口

表一5 人口関連モデル

被説明変数	説明変数	推定パラメータ			相関係数(上段)・%RMS(下段)			
		平均	変動係数	共通	平均	最良	最悪	共通
通勤発生	夜間人口	0.327	0.0973	0.337	0.983	0.997	0.941	0.989
	定数	20.6	18.0	-124	11.0	15.2	19.5	17.0
通勤集中	(2+3)次従業人口	0.741	0.134	0.755	0.980	0.998	0.851	0.976
	定数	-92.6	5.68	-140	17.3	6.63	42.5	28.6
通学発生	夜間人口	0.227	0.0750	0.222	0.980	0.997	0.959	0.985
	定数	-61.2	3.59	39.6	12.6	6.47	21.4	19.0
通学集中	通学地学生数	0.962	0.105	0.922	0.979	0.998	0.941	0.979
	定数	125	2.81	194	16.5	5.17	30.0	26.1
帰宅発生	昼間人口	1.08	0.0980	1.08	0.944	0.995	0.840	0.973
	定数	-2160	0.986	-1270	23.5	11.1	43.5	32.4
帰宅集中	夜間人口	0.988	0.0720	1.00	0.990	0.999	0.974	0.991
	定数	-307	2.33	-331	8.67	3.22	16.1	14.9
私用発生	夜間人口	0.334	0.229	0.317	0.944	0.997	0.828	0.905
	従業人口	0.549	0.373	0.546	0.944	0.997	0.828	0.905
私用集中	夜間人口	0.255	0.339	0.211	0.931	0.996	0.758	0.953
	3次従業人口	1.14	0.260	1.12	0.931	0.996	0.758	0.953
業務発生	就業人口	0.243	0.408	0.285	0.962	0.997	0.877	0.972
	定数	0.627	0.289	0.663	19.9	7.35	32.8	36.0
業務集中	従業人口	0.732	0.234	0.814	0.940	0.996	0.770	0.963
	定数	1390	0.582	442	25.1	8.69	44.3	42.4



図一1 パラメーター推定値の都市圏間変動 (通勤発生、業務発生)

度はある程度は犠牲にしても共通的に使用できる簡略的交通需要推定モデルの開発という本研究の最終目的からみると、推定された発生集中量推定モデルの適用性を広げるうえで、時間空間の同時比較の方が有意義だと考え、このような比較を行ったわけである。

- ③ 定数項の推定値の変動係数は、説明変数の係数推定値のそれに比して非常に大きく、定数項の推定値が都市圏間で一定であるとはいえない。都市圏によるゾーンの大小の差が定数項の大小に影響を与えていると考えられる。しかし、ゾーンの大きさを総合的に表現すると考えられる、ゾーン別面積、夜間人口、昼夜人口および発生・集中量などの平均値と定数項の推定値を各都市圏ごとに比較したが、明確な関係（たとえば、夜間人口の平均値と通勤発生量推定モデルの定数項推定値に高い正の相関がある等）は認められなかった。

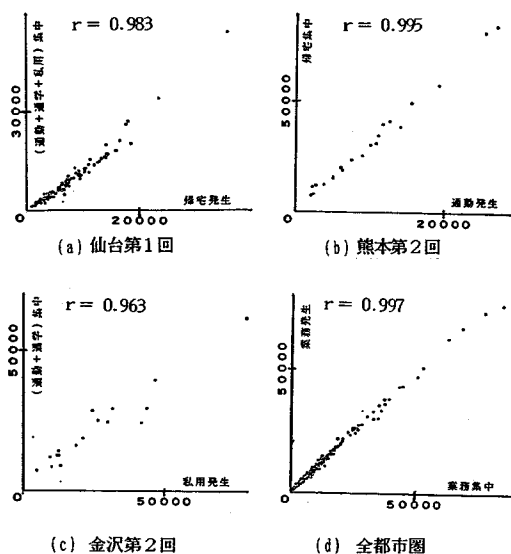
- ④ 重相関係数、% RMS からモデルの精度をみると、最良のものはどの目的でも非常に高精度で推定されており目的間には差がない。しかし、平均値でみると帰宅発生、私用発生・集中、業務発生・集中では、通勤発生・集中、通学発生・集中、帰宅集中に比して、精度が低下している。このように推定精度からみると、10本の発生・集中量モデルは2つのグループに分けられるが、このグループ分けは、パラメータ推定値の変動係数の大小によるグルーピングと、さらには各都市圏で採用されたモデルの共通性によるグルーピング（表—2参照）とおおむね一致する。

このように、人口関連指標を説明変数とした回帰モデルでは、帰宅、私用、業務の3目的への共通モデルの適用性は、他の2目的へのそれよりも劣ると思われる。次章では、これを改善する試みについて述べる。

4. 行動パターンを考慮した発生・集中量推定モデルの構築

図—2は、ゾーン別目的別発生・集中量間に高い相関の存在する組合せがあることを示している。本章では、この理由を探るとともに、この相関関係を利用した目的別発生・集中量推定モデルの構築を試みる。図—2に示すような相関関係は、個人単位の行動パターンのマクロな類似性や、世帯単位、事業所単位の行動パターンのマクロな類似性によって説明できる。

まず、個人単位の行動パターンの類似性に着目する。自宅を出た人は、交通目的を変えながらトリップを繰り返す、最終的には帰宅目的で自宅に戻ってくる。このような、あるトリップとそれに後続するトリップの目的間



図—2 目的別発生・集中量間の相関
(各軸の単位はトリップ)

の関係は、目的関連表によって記述される。都市圏内での目的関連表の安定性を仮定して発生・集中量を推定した例として、帰宅を通勤からの帰宅Ⅰ、通学からの帰宅Ⅱ等に分割し、通勤、通学の集中量にそれぞれの帰宅率を乗じて帰宅Ⅰ、帰宅Ⅱの発生量を求めようとする長崎都市圏の試みや、中部都市圏で目的関連表と人口指標を組み合わせて目的別の発生・集中量モデルを開発した試みがある⁹⁾。図—2 (a), (c) に示した通勤、通学、私用の集中の合計量と帰宅発生量間（仙台第1回）、および通勤、通学の集中合計量と私用発生量間（金沢第2回）の高い相関は、目的間の遷移率が都市圏内で比較的安定しているため、通勤、通学集中量の多いゾーンでは、それに比例して帰宅発生、私用発生が多いことによると考えられる。目的関連表が都市圏間で安定していれば、目的別発生・集中量間の高い相関関係の安定性を利用した各都市圏に共通なモデルの開発が可能である。表—6に目的関連表の安定性の程度を例示する。この表は、通勤、通学、帰宅、業務、私用の5目的に目的分類を統合し、

表—6 目的関連モデル

	通勤	通学	帰宅	私用	業務
通勤	0.1 0~0.4	0.4 0~1.1	65.9 59.4~72.2	15.0 9.4~19.4	18.6 14.0~24.0
通学	0.2 0~0.8	0.1 0~0.6	92.6 89.0~94.5	6.9 3.7~11.0	0.2 0~1.4
帰宅	30.5 17.1~35.4	20.7 13.8~24.5	0.2 0~0.6	36.3 25.7~52.2	12.2 8.0~20.7
私用	3.9 0~10.0	0.7 0.1~1.4	73.0 68.9~82.4	16.9 9.1~24.5	5.6 1.0~11.2
業務	11.1 0~32.5	0.1 0~0.6	38.2 25.7~50.6	8.2 4.7~12.0	42.3 21.4~62.2

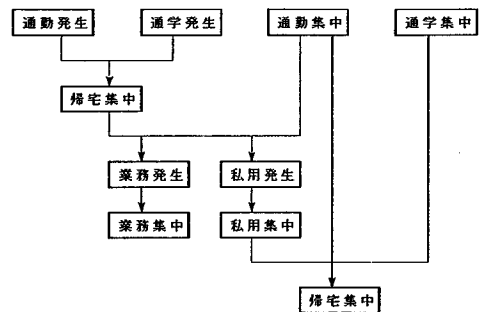
(上段: 平均値 下段: 最小値~最大値 単位は%)

東京、京阪神、中京、札幌、仙台、北九州、高松、坂出、長崎、金沢、富山・高岡、鹿児島、浜松、福井の13都市圏の目的間の遷移率の平均を上段に、遷移率の範囲を下段に示したものである。たとえば、これらの都市圏に住む人で通勤トリップをした人のうち、60~70%は次に帰宅し、10~20%は私用トリップを行い、残りの14~24%の人々は業務トリップを行っていることが表から読み取れる。この表から直接的に目的間の遷移率が都市圏間で安定しているとはいえないが、その安定性の程度は判断できる。本研究では、遷移率が安定しているとみなし、各都市圏に共通して適用できるモデルの開発を行う。

表一 相互相関モデル

被説明変数	説明変数	推定パラメータ			相関係数(上段), %RMS(下段)			
		平均	変動係数	共通	平均	最良	最悪	共通
帰宅発生	(通勤+通学+私用)集中 定数	0.785	0.0770	0.805	0.990 10.8	0.998 7.27	0.981 17.8	0.991 19.3
		2410	0.722	1290				
帰宅集中	(通勤+通学)発生 定数	1.77	0.0700	1.78	0.992 8.24	0.998 4.96	0.986 10.5	0.992 14.1
		-119	7.56	-101				
私用発生	通勤発生 帰宅発生 定数	0.703	0.359	0.696	0.953 20.7	0.995 10.6	0.872 35.5	0.961 40.6
		0.361	0.184	0.360				
私用集中	私用発生 定数	1.23	0.0890	1.15	0.924 37.0	0.995 10.6	0.846 63.6	0.960 40.6
		-1990	0.588	-933				
業務発生	通勤集中 帰宅集中 定数	0.805	0.292	0.833	0.955 21.0	0.997 7.46	0.852 33.7	0.965 40.1
		0.140	0.334	0.172				
業務集中	業務発生 定数	1.03	0.0280	1.02	0.994 8.13	1.00 2.90	0.985 17.7	0.997 11.3
		-298	0.957	-174				

次に、世帯単位や事業所単位の行動パターンに着目した解釈を示す。平均的な核家族を想定しよう。世帯主が通勤し、主婦が買物に行き、子供が通学し、それぞれが再び自宅へ戻ってくると考える。このようなごく平均的な世帯単位の行動パターンをゾーン単位にマクロに集計すれば、ゾーンの通勤発生量、通学発生量、私用発生量、帰宅発生量間に高い相関関係が存在することになる。図一2 (b)はこの例である。図一2 (d)は業務集中と発生に非常に高い相関があり、これが各都市圏に共通していることを示している。業務トリップ数は業務活動の水準を示すと考えられ、社会経済活動の水準が高いゾーンでは、業務発生量・集中量がともに大きいことの現われでもある。



図一 相互相関モデルの適用方法

以上のように、個人の行動パターン、世帯単位の行動パターンの各都市圏における類似性を仮定したうえで、目的別発生・集中量間の相関関係、および各都市圏への適合度など3.における分析と同じ手順で選定した発生・集中量間の相互相関関係に着目したモデル(以下では、相互相関モデルとよぶ)を表一7に示す。

表一7をみると、人口関連指標を説明変数としたモデル群(表一5)に比して、重相関係数と、%RMSはともに改善されていること、ならびにパラメーター推定値の変動係数が小さくなっていることがわかり、この方法の妥当性が伺える。しかし、この方法では、まず通勤発生量、通学発生量から帰宅集中量を推定し、次に私用発生量、業務発生量を、さらに私用集中量、業務集中量をそれぞれの発生量から推定する。最後に、帰宅発生量を推定するという段階的構造になっており(図一3)、これは予測を行うための必須条件であって、共通モデルの選定の際にも、この条件は考慮されていた。したがって、誤差が累積されていく可能性もあり、また、モデルの簡明さから考えても必ずしも望ましい性質ではない^{10),11)}。この問題については5.(2)で後述する。

最後に、本章で提案した相互相関モデルは、既存統計資料の活用という特長もあわせもつことにもふれてお

く。図一3に示しているように、相互相関モデルは通勤・通学の発生・集中量の推定から出発している。通勤・通学の発生量については国勢調査より1kmメッシュ単位での全数調査結果が利用可能である。通勤・通学の集中に関しては、現在のところ、国勢調査ベースでは自治体単位での実測値が、事業所統計では1kmメッシュ単位での従業員数の実測値が利用可能である。このように、調査年度の相違の問題、データ測定単位の問題などを有するものの、通勤・通学の発生・集中量の推定には、国勢調査、事業所統計など最も精度のよい既存統計の利用が可能である。

5. 簡略的発生・集中量推定モデルの適用性の検討

前章までの分析で、人口関連指標を説明変数とする人口関連モデル、目的別発生・集中量の相関関係を活用した相互相関モデルの各都市圏における推定結果に共通性がみられることを明らかにした。ここでは、これらのモデルを各都市圏に適用した場合の精度について述べる。

(1) 人口関連モデルの適用結果

図一4は人口関連モデルの適合度を%RMSの最小値(すなわち最も適合度がよかった都市圏での%RMS)、単純平均値、最大値を用いて示したものである。上段の

ケース（Ⅰ）は、各都市圏ごとにパラメーターを推定した場合、中段のケース（Ⅱ）は、表—5に示した共通モデルのパラメーター推定値を用いたときのものである。下段のケース（Ⅲ）は、共通のパラメーターを用いてゾーンごとの目的別の発生・集中量を推定した後、これらの推定量の総和が都市圏の総発生量あるいは総集中量の観測値に等しくなるように修正した場合（以下、これを総発生量、総集中量によるコントロールとよぶ）のものである。すなわち、ケース（Ⅱ）、ケース（Ⅲ）が本研究でいう簡略モデルの適用結果にあたる。

通勤、通学、帰宅の3目的ではいずれのケースの% RMSも小さく、ケース間に差はほとんど存在しない。これに比して、私用、業務目的では、全般的に適合度が低い。特にケース（Ⅱ）において悪くなっている。総発生量や総集中量でコントロールしているケース（Ⅲ）はケース（Ⅰ）に比較的近い結果となっている。各都市圏のゾーンの大小に差異が存在するため、定数項も共通の推定値を用いるケース（Ⅱ）の精度が低くなっており、一方、総量でコントロールしているケース（Ⅲ）ではこの影響が除去されたため高精度が得られたと考えられる。

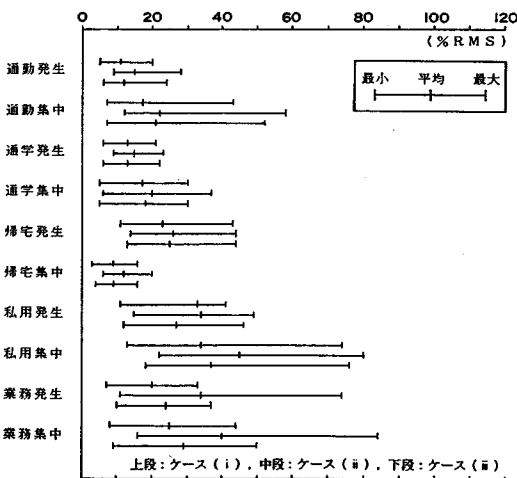
(2) 相互相関モデルの適用結果

図—5に相互相関モデルの適用結果を示す。図—4と同様上段には各都市圏ごとにパラメーターを推定した場合、中段には全都市圏のデータをプールして推定した共通のパラメーター（表—7）を適用した場合、下段には共通のパラメーターを用いて推定した結果を総発生量、総集中量でコントロールした場合を示してある。% RMSはコントロールした方が、しない場合に比して小さくなっており、総発生・集中量でコントロールすることが有効であることがわかる。図—4と比較すると、3

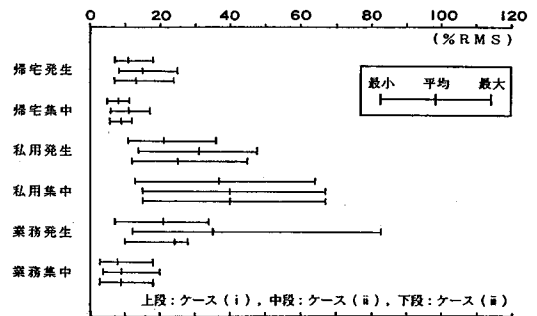
つの目的すべてにおいて、適合度が増加している（% RMSの値は小さくなっている）が、これだけで単純に相互相関モデルが人口関連モデルより優れていると即断することは危険である。というのは、ここでの適用は計量経済学でいうところのパーシャルテストであり、表—7に示した共通モデルの適用結果は、たとえば、帰宅発生を推定する場合には各ゾーンごとの（通勤+通学+私用）の観測値を説明変数として用いたものであるからである。予測にあたっては、各ゾーンごとの目的別発生・集中量の観測値を使用できないことはいうまでもない。

厳密な比較を行うためには、いわゆるファイナルテストを行う必要がある。そこで、図—3に示した手順に従って、まず、通勤、通学の発生・集中量を人口関連モデルによって推定し、それを用いておのおのの発生・集中量を順次推定した。その結果を図—6の下段に示す。上段には、比較のために人口関連モデルを用いた結果を示してある。両方とも、総発生量・総集中量の観測値でコントロールしたものである。人口関連モデルと相互相関モデルとの間でほとんど差がないことがわかる。相互相関モデルでは、段階的に帰宅集中、私用・業務の発生、私用・業務の集中、帰宅発生と推定していくため誤差が累積する。このため、人口関連モデルに対するパーシャルテスト段階での比較優位性は、ファイナルテスト段階では失われてしまったものと考えられる。

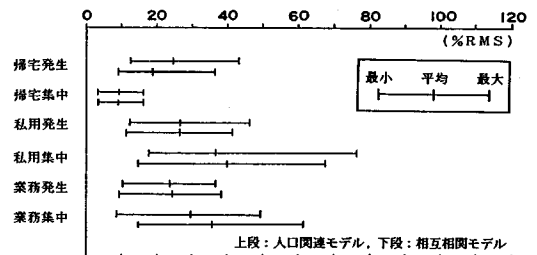
目的分類が各都市圏で異なるため、各都市圏で採用された発生・集中量推定モデルと本研究で採用した2つの



図—4 人口関連モデルの適用性



図—5 相互相関モデルの適用性（パーシャルテスト）



図—6 相互相関モデルの適用性（ファイナルテスト）

表—8 簡略化モデルの仙台都市圏・金沢都市圏への適用性 (重相関係数)

	仙台 1 回目			仙台 2 回目			金沢 1 回目		
	報告書	人口 r %	相関 r %	報告書	人口 r %	相関 r %	報告書	人口 r %	相関 r %
通勤 発生 集中	0.988 0.990	0.981 0.990	----- -----	0.991 0.993	0.982 0.993	----- -----	0.990 0.999	0.990 0.998	----- -----
通学 発生 集中	0.955 0.995	0.981 0.990	----- -----	0.991 0.969	0.959 0.969	----- -----	0.992 0.998	0.992 0.998	----- -----
帰宅 発生 集中	0.924 0.994	0.840 0.994	0.927 0.994	0.926 0.989	0.859 0.989	0.937 0.989	0.994 0.996	0.990 0.998	0.989 0.998
私用 発生 集中	0.897 0.910	0.871 0.813	0.892 0.675	0.911 0.786	0.805 0.744	0.839 0.685	0.991 0.964	0.984 0.991	0.982 0.929
業務 発生 集中	0.946 0.952	0.925 0.951	0.905 0.890	0.945 0.955	0.928 0.928	0.932 0.907	0.997 0.998	0.994 0.996	0.987 0.975

表—9 人口規模別必要抽出率 (信頼度 95%)

人口規模	必要抽出率 (%)		PT 調査における抽出率 (%) (F=0.20程度するとき)
	F=0.20	F=0.10	
1 0 0 万人	0.032	0.128	6~8
5 0 万人	0.064	0.255	8~1 0
2 0 万人	0.160	0.636	1 0~1 2
1 0 万人	0.319	1.264	-----
5 万人	0.636	2.497	-----
2 万人	1.575	3.201	-----

簡略的推定モデルの推定精度の直接的比較は困難であるが、仙台都市圏 (1 回目, 2 回目) と金沢都市圏 (1 回目) においては比較が可能である。表—8 は、表—5, 表—7 に示した人口関連モデル, 相互相関モデルそれぞれの共通パラメーターを用いた各目的ごとの発生・集中量の推定結果 (総量でコントロールしたもの) と, PT 調査の報告書に記載されている推定結果を, 重相関係数を比較指標として示したものである。2 つの簡略化モデルは, 仙台の私用目的の発生・集中量推定モデルにおいてのみ, 多少精度が低下しているだけであり, 非常によい精度を有していることがわかる。

(3) 総発生・集中量推定のための必要サンプル数の検討

目的別の総発生・集中量をコントロール・トータルとしてゾーンごとの推定値を修正することが, 推定精度の向上に効果的であることがわかった。本節では, 総発生・総集中量の推定に必要なサンプルの抽出率を算出し, これが過去の PT 調査における実際の抽出率と比較して, どの程度小さいものかを明らかにする。もちろん, PT 調査では目的別手段別の現況分布交通量の推定に必要な抽出率が設定されているため, 両者の直接の比較は意味がない。しかし, ここでの必要抽出率についての検討は, 本研究に後続する分布・分担交通量を推定する簡略化モデルを構築する際に必要なサンプル数の設定に対してある種の目安を与える。次式はある特性の母集団比率 p (総カテゴリー数の逆数) を大きさ N の有限母集団から抽出率 r で抽出した標本を用いて推定したときの相対誤差率 F を信頼係数 95% で与える¹²⁾。

$$F = 1.96 \sqrt{\frac{1}{N-1} \frac{1-r}{r} \frac{1-p}{p}}$$

トリップ発生原単位 2.70 トリップ/人, カテゴリー数 10 を想定して, 相対誤差率 20% を達成するための人口規模別の抽出率を上式を用いて計算すると, 表—9 のようになる。なお, 表—9 中の PT 調査における抽出率とは, 過去の PT 調査における実際の抽出率を人口規模

別に整理したものである。必要抽出率が低く, 資料収集の簡略化が達成されていることがわかる。

6. 結論と今後の課題

目的別発生・集中量モデルの都市圏比較と発生・集中量推定モデルの簡略化について分析してきたが, これらの結果をまとめると以下のとおりである。

(1) 人口関連指標を説明変数とした推定モデル (人口関連モデル) のパラメーターの都市間比較の結果, ゾーンの大小, 各都市の特性によらずモデルの現状説明力は高いこと, 説明変数の係数推定値は, 一部の目的に若干のばらつきはあるものの, ほぼ一定であることが確認された。これは共通のパラメーターを有する簡略化モデルの可能性を示すものである。また, 定数項の推定値は都市圏間での変動が大きくなることがわかった。しかし, 定数項推定値の大小とゾーンの大小の間には直接的な関係は見えなかった。

(2) 目的別発生・集中量相互の相関関係に着目したモデルを提案し, このモデルのパラメーターの都市圏間比較を行ったところ, ①での結果と同様, 現状説明力の高さ, 説明変数の係数推定値の都市圏間での安定性が確認された。

(3) 以上のように都市圏間の目的別発生・集中量モデルの移転可能性の高さを確認した後, すべての都市圏のデータをプールして共通モデルを推定し, それを簡略化モデルとして各都市圏へ適用した。その結果, 適用性は人口関連モデル, 相互相関モデルとも十分高く, 十分実用に耐え得る簡略化モデルが開発されたと考えている。このとき, 別途推定された総発生・集中量でゾーン別推定値をコントロールすることが精度向上のためには重要であることを明らかにした。

本研究は簡略的な目的別発生・集中量推定モデルが, PT 調査の実施された 10 都市圏に共通して適用できることを示したが, これはモデルがそのまま PT 調査の実施が困難な小都市で使用できることを保証するもので

はない。実際の小都市への適用可能性の検証は、利用可能なデータの有無等の問題があり容易なことではないが、道路情勢調査（自動車 OD）、断面交通量（道路、公共交通機関等）など多種多様な観測値を利用した検証の手法を開発すべきである。簡略的モデルの有用性の検証のためにも、目的別発生・集中量推定に続く分布・分担・配分の各モデルの簡略化が不可欠である。これらの簡略化モデルの開発と、簡略化モデルによる交通需要推定プロセスの有用性の検証のための方法論の開発については今後とも研究を進めていく所存であり、今後の課題としたい。

さらに、簡略化された交通需要推定方法は、短時間かつ低費用での推計作業が可能になる反面、非常に高い精度は望めないし、全国に共通なモデルの適用を前提としているため対象都市圏の交通の特殊性・地域性の抽出は難しくなる可能性を有するという短所がある。簡略化モデルの適用範囲と限界を明らかにすることも重要な課題である。

最後に、各都市圏の調査データを提供して頂いた関係各位に深く感謝します。本研究の成果は、筑波大学 黒川 洸教授の助言と議論、および筑波大学都市交通計画研究室の諸君の協力に負うところが大きく、ここに記して感謝の意を表します。また、計算にあたっては、筑波大学学術情報処理センターの FACOM M 382 を使用し、研究経費の一部には、62 年度科学研究補助金（課題番号 62602016）を使用した。

参 考 文 献

- 1) 黒川・浅野：都市交通調査（パーソントリップ調査）の簡略化に関する調査・研究，建築研究資料，No.27，建設省建築研究所，1981.

- 2) 杉恵頼寧：パーソントリップを基本とした交通調査研究の簡略化，日本都市計画学会学術研究論文集，No.14，1982.
- 3) 黒川・石田・藤田：エントロピーモデルのパラメーターと都市の特性，土木計画学研究・論文集，No.4，pp.213～220，1986.
- 4) 杉恵頼寧：都市交通需要モデルの将来予測への移転可能性，高速道路と自動車，Vol.24，No.6，pp.25～33，1981.
- 5) 鈴木・星野：パーソントリップ発生量モデルとその時間的安定性，第 37 回土木学会年次学術講演会講演概要集第 4 部，pp.333～334，1982.
- 6) 菊地・浅野：外性的条件が交通量推計の制度に与えるインパクト，土木計画学研究・論文集，No.2，pp.69～76，1985.
- 7) 神崎・木下・浦野・山川：将来交通量の推計手法に関する調査報告（その 1，その 2，その 3），交通工学，Vol.19，No.4（pp.13～22），No.5（pp.29～39），No.6（pp.17～25），1984.
- 8) 小沢一郎：パーソントリップ調査による都市交通の分析，都市計画，No.78，pp.49～55，1974.
- 9) 松井 寛：交通目的連関行列を用いた発生・集中交通量の一推定法，交通工学，Vol.11，No.1，pp.19～26，1976.
- 10) 前掲 6).
- 11) 桐越・五十嵐・山形：発生重回帰モデルの評価方法に関する研究，交通工学，Vol.16，No.6，pp.13～25，1981.
- 12) 石川 馨：サンプリング法入門，日科技連，1957.
- 13) 以下の各都市圏のパーソントリップ調査報告書を参考としている。仙台都市圏（第 1 回，第 2 回），鹿児島都市圏，熊本都市圏（第 2 回），道央（札幌）都市圏（第 1 回），新潟都市圏，金沢都市圏（第 1 回，第 2 回），長崎都市圏，宮崎都市圏，浜松都市圏（第 1 回，第 2 回），富山・高岡都市圏（第 1 回，第 2 回）。

(1987.7.16・受付)