

将来交通需要予測のための世帯属性生成システムの構築*

A Household's-Attributes-Generating System for Future Travel Demand Analyses*

西田悟史**, 山本俊行***, 藤井聡****, 北村隆一*****

By Satoshi Nishida**, Toshiyuki Yamamoto***, Satoshi Fujii****, and Ryuichi Kitamura*****

1. はじめに

近年、交通需要予測をより精緻なものにするために、従来の四段階推定法等に代表される集計的な予測モデルに代わって、個人の行動に着目した、いわゆる非集計アプローチ（本稿では、アクティビティアプローチも含む広義のものとして非集計アプローチという述語を用いる）の予測モデルが適用されるようになってきた¹⁾。非集計アプローチに基づいて、交通需要予測、および、交通政策評価手法を行うためには、モデルの説明変数として用いられる個人あるいは世帯の情報を用意しなければならない²⁾。現況での短期予測を行う場合には、パーソントリップデータ（以下、PT データ）から現況の非集計データを抽出するという方法が可能であるが、長期予測の場合には、将来時点での非集計データを生成する方法論が不可欠である。非集計モデルの有効性は繰り返し主張されているが、この方法論が提案されない限り、交通計画上極めて重要な長期需要予測に、非集計タイプのモデルを適用することができないのである。

本研究では、以上の認識のもと、長期的交通需要予測手法のための世帯属性生成システムを構築する。本システムでは個々の基本的な方法論自体は旧来から提案されているものが採用されているが、我が国における PT データを含む種々のデータベースの利用を前提としたものであり、かつ、そのために必要とされるいくつかの方法論的拡張を行っている点、その特徴である。

2. 世帯属性生成システムの構成

(1) 世帯属性の生成の考え方

我が国では国勢調査を含む多様な調査が実施されているが、非集計モデルが必要とする個人あるいは世帯レベルでの非集計情報は開示されていない。したがって、需要予測には PT 調査で得られる非集計データに、国勢調査等から得られる集計の情報から求められる拡大係数を付与するというアプローチが頻繁にとられる。拡大係数を付与する際、複数の集計情報が得られている場合、それらの情報を全て有効に利用することが望ましい。そのためには、IPF 法³⁾等の統計的手法を用いることが望ましい。本システムでもこのアプローチを用いるが、拡大係数を付与する単位は個人ではなく、世帯である。これは、世帯の属性が交通行動に影響を及ぼす⁴⁾から、というだけではなく、個人属性の変化が世帯属性の変化とは不可分だからである。

個人や世帯の属性の将来値を推計するには、現状からの変化をシミュレートする方法が有効である。実際、集計的な方法論として頻繁に用いられるコーホート法⁵⁾も集計指標の変化に着目するものである。したがって、個々の世帯の将来状況を予測するにも、その変化を動的にシミュレートする方法が望ましい。この方法論は、マイクロシミュレーション法と呼ばれ、人口予測にも適用されている⁶⁾。

本研究では、以上の考え方に基づいて、PT データの拡大係数を豊富な情報から算定する世帯構成分布算出システム、および、個々の世帯の動的な構成変化を再現する世帯変遷シミュレータから構成されるシステムを構築する。以下にそれぞれのサブシステムについて述べる。

(2) 世帯構成分布算出システム

当システムは、拡大係数算定にあたって IPF 法を

*キーワード：総合交通計画、人口分布

**学生員 京都大学工学研究科土木システム工学専攻

***正員 工修 京都大学工学研究科土木システム工学専攻

****正員 工博 京都大学工学研究科土木システム工学専攻

*****正員 Ph.D 京都大学工学研究科土木システム工学専攻

(〒606-8501 京都市左京区吉田本町

TEL 075-753-5136 FAX 075-753-5916)

用いる。IPF 法とは、標本抽出データから得られる非集計データの複数の属性間のオッズ比を保持したまま、全数調査から得られる各属性の周辺分布に一致するように、各セグメントの拡大係数を算出する手法である。ここで、複数の属性間のオッズ比とは、属性間の相関関係を表わすものであり、考慮する周辺分布（属性）が 2 次でそれぞれの属性の分類が 2 つずつである場合、以下の式で表わされる。

$$\phi = \frac{P_{1,1}P_{2,2}}{P_{1,2}P_{2,1}} \quad (1)$$

ただし、 p_{ij} は属性 1 のカテゴリーが i 、属性 2 のカテゴリーが j の分類に属するセグメントのサンプルの割合を表す。また、カテゴリー数が 3 以上の場合や、周辺分布が 3 次以上の場合にも同様であり、周辺分布が m 次で i 次元のカテゴリー数が n_i の場合、オッズ比は以下の式で表わされる。

$$\phi = \frac{(p_{i_1 \dots i_j \dots i_k \dots i_m})(p_{i_1 \dots i_j + c_1 \dots i_k + c_2 \dots i_m})}{(p_{i_1 \dots i_j + c_1 \dots i_k \dots i_m})(p_{i_1 \dots i_j \dots i_k + c_2 \dots i_m})} \quad (2)$$

ただし、 c_1 は $i_j + c_1 \leq n_j$ を満たす正の整数を表し、 c_2 は $i_k + c_2 \leq n_k$ を満たす正の整数を表す。

IPF 法による拡大係数の算出手順は、以下の通りである。まず、標本抽出データにおける m 次の同時分布の表において、属性 j ($j=1,2,\dots,m$) のカテゴリーが i_j ($i_j=1,2,\dots,n_j$) に属するサンプルの割合を次のように定義する。

$$P_{i_1, i_2, \dots, i_m} = \frac{n_{i_1, i_2, \dots, i_m}}{n} \quad (3)$$

ただし、 n は全オブザベーション数、 $n_{i_1, i_2, \dots, i_m}$ はセル $(i_1, i_2, \dots, i_m)$ におけるオブザベーション数を表す。また、属性 j における k 番目のカテゴリーの周辺分布の合計を $T_k^{(j)}$ としたときに、総数 n は次式となる。

$$n = \sum_{k=1}^n T_k^{(j)} \quad (4)$$

ここで、反復回数 t でのセル $(i_1, i_2, \dots, i_m)$ における割合の推定値を $p_{i_1, i_2, \dots, i_m}^{(t)}$ とすると、属性 j の k 番目のカテゴリーに関する割合の推定値の合計は次式となる。

$$p_{\dots, i_j = k, \dots}^{(t)} = \sum_{i_1=1}^{n_1} \dots \sum_{i_m=1}^{n_m} p_{i_1, i_2, \dots, i_m}^{(t)} \quad (5)$$

さらに、初期値を式(6)のように仮定すると、反復

回数 t での各セルの確率の推定値は、式(7)で与えられる。

$$p_{i_1, i_2, \dots, i_m}^{(0)} = p_{i_1, i_2, \dots, i_m} \quad (6)$$

$$p_{i_1, i_2, \dots, i_j = k, \dots, i_m}^{(t)} = \frac{p_{i_1, i_2, \dots, i_j = k, \dots, i_m}^{(t-1)}}{p_{\dots, i_j = k, \dots}^{(t-1)}} \left(\frac{T_k^{(j)}}{n} \right) \quad (7)$$

IPF 法では、式(7)を用いて各周辺分布の各セルの確率を順番に修正する。つまり、はじめに 1 番目の属性の 1 番目のカテゴリーに関してそのカテゴリーに属する各セルの確率を修正し、次に同一属性の 2 番目、3 番目のカテゴリーに属する... というように全てのカテゴリーに属するセルの確率を修正した後、2 番目、3 番目の属性についても 1 番目の属性について行ったのと同様の手順を繰り返し、最後の属性まで修正を行う。以上を 1 回の修正とし、各セルの確率の推定値が収束するまで繰り返す事によって最終的な推定値を得る。このような繰り返し計算は通常 10~20 回で収束する事が確認されている。

以上で示した IPF 法を用いて標本抽出データの個人毎の拡大係数を算出することによって、よりサンプルの母集団代表性を向上させることが可能となるものと考えられる。さらに、拡大係数に応じて標本抽出データによるサンプルを複製し対象地域の全サンプルを作成する事が可能である。

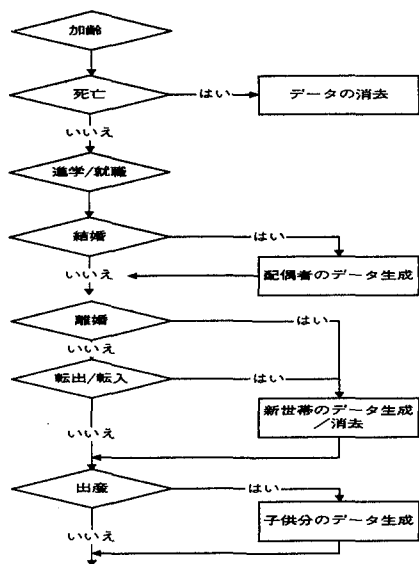
(3) 世帯変遷シミュレータ

世帯変遷シミュレータでは、個々の世帯の属性変化を一年ごとに逐次的にシミュレートしていき、将来時点における非集計データを生成する。

a) 世帯属性の変遷のシミュレーション方法

本シミュレータでは、個々の世帯の状態を世帯人数と各世帯構成員の個人属性（個人 ID、性別、年齢、就業状態[0. 就職するまで、1. 有職、2. 無職]、婚姻状態[0. 未婚、1. 既婚、2. 離婚]、配偶者 ID、子供数、母親の ID、最小子供年齢[その個人の子供のうち、最も若い子供の年齢]）によって表現する。そして、各年次の世帯属性の変化を、図 1 に示したフローで算定される個々の世帯構成員の個人属性の変化の集合という形で表現する。図 1 に示したそれぞれの事象の生起確率は下記の変数の条件付き確率として定式化した。

①死亡確率：(性別、年齢)



図一 世帯変遷シミュレータのフロー

- ②進学／新規就職確率：（性別，年齢）
- ③就業状態の変化：（性別，年齢，就業状態）
- ④婚姻：初婚の場合（性別，年齢，就業状態），
離婚の場合（婚姻期間），再婚の場合（性別，年齢）
- ⑤転居：（進学／新規就職の有無，婚姻状態変化の有無）
- ⑥出産：（性別，年齢，子供数，最小子供年齢）

b) 世帯の分離と誕生

従来のマイクロシミュレーションアプローチにおいても，上述の個々の一世帯内の変動は考慮されていたが，長期的な世帯構成の変動を考える場合には，新規就職や結婚，離婚に伴う世帯そのものの誕生や消滅や，転入による世帯の誕生を考慮することも必要である。本システムでは，世帯の誕生については，既存の世帯からの世帯構成員の分離によるものと，対象地域外からの転入によるものを考慮した。

世帯誕生時の世帯属性の設定については，既存世帯からの分離の場合にはモデル中で内生的に決定される一方，転入世帯の場合には，転出世帯の世帯属性，および PT データからのランダム抽出による世帯属性を用いた。なお，誕生世帯については，世帯が誕生した時点から将来予測時点までの世帯変遷をシミュレートする。

4. シミュレーション結果の考察

前章に述べたシステムを用いて，大阪市の将来世帯データの生成を行った。

(1) 計算の前提

まず，標本抽出データとしては，1990年度京阪神 PT 調査によって得られた大阪市居住者のデータを用いる。しかしながら PT データには，6 歳未満の個人データが存在しないため，1993年～1996年に実施された，阪神高速湾岸線開通に伴うパネル調査の第 2 回調査⁷⁾，および，1997 年，1998 年に実施された京都市地下鉄東西線開通に伴うパネル調査の事前調査⁸⁾，同じく 1997 年，1998 年に実施された阪神高速北神戸線整備に伴うパネル調査の事前調査⁹⁾の 3 つのアンケート調査から算出した，既婚率，夫婦間年齢差分布，子供数分布，子供の年齢分布を使って，乱数を用いて 6 歳未満の世帯構成員に関するデータを生成し，これに付随した世帯属性データを変更するものとする。

また，IPF 法を用いて拡大係数を決定する際の周辺分布については，平成 2 年度国勢調査から得られる世帯構成に関する情報のうち，大阪市内各区（24 区）別に得られる以下のデータを用い，各属性による 36 セグメント毎に拡大係数を算出する。

- ・世帯人数別世帯数（6 区分）：世帯人数が 1 人～6 人以上
- ・65 歳以上の世帯構成員の有無別世帯数（2 区分）
- ・6 歳未満，18 歳未満の子供の有無別世帯数（3 区分）

また，世帯変遷シミュレータにおいて，世帯構成変化の再現を時間軸上で行う各事象の生起する確率は，国勢調査，大阪市統計書，出生動向基本調査等，各種の統計資料より算出する。

(2) 計算結果

以上の前提のもと，世帯属性シミュレーションを実行した。世帯構成分布算出システムによって算出された拡大係数の有効性を確認するために，PT データの拡大係数を全て 1 としてデータをそのまま用いた場合，従来用いられている市区町村，性別，年齢層別に算出した拡大係数を個人毎に適用した場合，世帯構成分布算出システムで算出した拡大係数を世

表-1 世帯トリップ数分布(%)

	トリップ数					
	0	1	2	3	4	5+
生データ	11.4	0.7	23.5	3.6	17.1	43.6
従来法	11.2	0.8	23.8	3.6	17.2	43.6
IPF 法	10.7	0.8	23.0	3.6	16.5	45.2

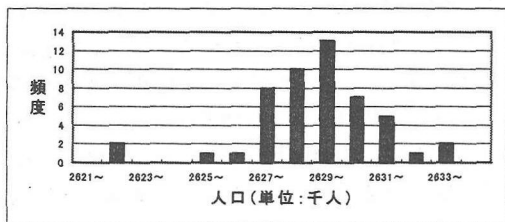


図-2(1) 人口予測値分布(1995 年度)

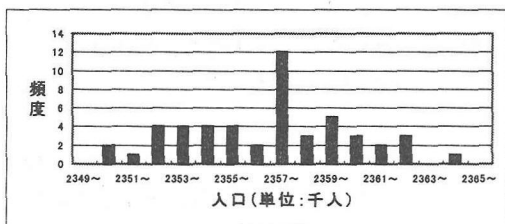


図-2(2) 人口予測値分布(2020 年度)

帯毎に適用した場合のそれぞれについて、世帯全体でのトリップ数分布を表-1 に示す。表-1 から、世帯全体でのトリップ数は、拡大係数を 1 とした場合、従来の拡大係数を用いた場合、IPF 法を用いた場合の順で増加することが見て取れる。また、世帯における自動車保有台数の分布についても同様の傾向が見られた。IPF 法を用いた場合と従来法の場合とで結果が異なることから、対象地域の人々の交通行動について、世帯を単位として解析する場合には、従来の拡大係数の設定方法では母集団の分布が十分再現されていない可能性のある事が示されたものと考えられる。

また、本シミュレータを 50 回実行する事により、平成 2 (1990)年度の PT データを用いて、大阪市を対象とし、平成 7 (1995)年度の総人口、総世帯数を予測し、実測値¹⁴⁾と比較した結果、実測値との平均誤差は、それぞれ 1.03%、-0.98%にとどまり、シミュレーションの信頼性を裏付ける結果となった。

さらに、1995 年度の予測と同様に、50 回のシミュレーションの実行によって、2020 年度の属性別の人口、世帯数を予測した。1995 年度と 2020 年度の予測結果の分布を図-2 に示す。

図-2 より、予測年次を長期化して得られた結果は、総人口分布においては最頻値付近での安定性が確認された。

5. 結論

本研究では、非集計モデルを用いた将来交通需要予測をより精緻なものにするために、将来時点での世帯属性データを得るためのシミュレータを構築した。本システムは多くのサブシステムから構成され、また、多くの誤差項を含むものであるが、大阪市を対象とした適用事例から、おおむね予測値と実測値が一致しており、本シミュレーションにおける再現性が確認された。さらに、本シミュレーションを複数回行うことによって得られた総人口分布、総世帯数分布は、予測年次を長期化した際に最頻値付近での安定性が確認されたが、将来時点を予測する上でこのような分布が得られることは、シミュレータを用いる利点であると考えられる。適切なパラメータの設定がなされれば、信頼性の高い将来予測が可能であるものと期待される。

参考文献

- 1) 藤井聡, 菊地輝, 北村隆一, 山本俊行, 藤井宏明, 阿部昌幸: マイクロシミュレーションアプローチによる TDM・TCM 政策の効果分析: 京都市における交通政策による地球環境問題への対策の検討, 土木計画学研究・講演集, No. 21(2), pp. 301-304, 1998.
- 2) 北村隆一: 交通需要予測の課題: 次世代手法の構築にむけて, 土木学会論文集, No. 530/IV-30, pp. 17-30, 1996.
- 3) Beckman, R. J., K. A. Baggerly, and M. D. McKay: Creating Synthetic Baseline Populations, *Transportation Research A*, 30A, pp. 415-429, 1996.
- 4) Kostyniuk, L. P., and R. Kitamura: Life Cycle and Household Time-Space Path: Empirical Investigation, *Transportation Research Record* 879, pp. 28-37, 1982.
- 5) 青木俊明, 稲村豪, 増田聡: 小地区単位における都市の居住特性の将来予測, 土木計画学研究・講演集, No. 21(2), pp. 523-526, 1998.
- 6) 林良嗣, 富田安夫: マイクロシミュレーションとランダム効用モデルを応用した世帯のライフサイクル-住宅立地-人口属性構成予測モデル, 土木学会論文集, No. 395/IV-9, pp. 85-94, 1988.
- 7) 藤井 聡, 木村誠司, 北村隆一: 選択構造の異質性を考慮した生活圏推定モデルの構築, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp.613-622, 1996.
- 8) 阿部昌幸, 山本俊行, 藤井聡, 北村隆一: 個人の自由目的来訪活動における滞在時間・消費・来訪頻度同時選択モデルの構築, 土木計画学研究・講演集 No. 21(1), pp. 371-374, 1998.
- 9) 梅木亮, 山本俊行, 北村隆一: 世帯における自動車利用の競合を考慮した交通機関選択行動の分析, 土木計画学研究・講演集, No. 22, 1999 (発表予定).