

都市及びメッシュレベルにおける
人口推定モデルの研究
Study on the Models for Presumption of Population in Urban District

鳥越重己*
by Shigeki Torigoe
加藤裕之**
by Hiroyuki Kato
中川義英***
by Yoshihide Nakagawa

To presume population in city and urban district is valuable for CITY PLANNING. So we have clarified the relation between the character of city and change of population density. And the multiple regression models to presume population is constructed.

This paper examines the applicability of these models on presumption of population in city and urban district. And further more attempt to improve these models is conducted.

1. はじめに

都市や都市内の小区域における将来人口を推定することは、将来の施設整備や都市活動の変化を考える上で非常に重要な要因と言える。本論文は、500m メッシュを単位とした人口推定手法について検討する。従来のモデルでは、都市人口を外生変数とし、このコントロール・トータルを各地区に配分する方法が一般的である⁽²⁾。これに対し、本手法は都市人口の推定と同時に500m メッシュを組み合わせ、任意の小区域の将来人口をも推定することを目標とする。既存の研究では、都市の人口の成長段階を設定し、その成長段階に応じて都市特性を表わす指標を選定し、人口密度の変化量を

推定する重回帰モデルの提示を行なった。⁽¹⁾ 本論文では、この重回帰モデルの誤差に焦点をあてて検討し、モデルの改良を行なっている。

分析対象都市は、首都圏（東京駅を中心とした半径70km圏）内で昭和45年時のD10人口5万人以上の82市区とした。資料は、昭和45年、50年、55年、の国勢調査地域メッシュ統計の500m メッシュ（1/2 分割メッシュ）データを用いる。

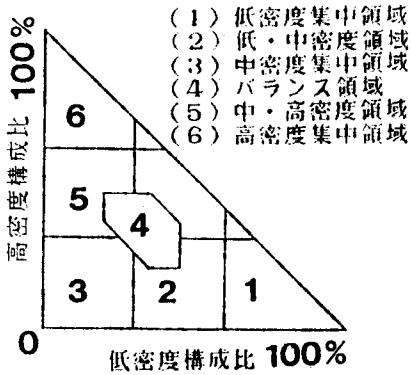
2. 人口密度変化量を推定する重回帰モデル

2. 1 都市の成長過程

図1に示す座標平面に昭和45年、50年、55年の各都市における低密度構成比、高密度構成比をプロットし、都市ごとの変化を分析した。その結果、図2のような密度構成の変化の過程が観察された。そこで、都市の人口の成長過程をこのような密度構成の変化として捉え、図3に示す都市の成長段階を設定した。

キーワード：人口推定

- * 学生会員 早稲田大学大学院
理工学研究科 博士前期課程
** 学生会員 早稲田大学大学院
理工学研究科 博士前期課程
*** 正会員 工博 早稲田大学
理工学部土木工学科 助教授



$$\begin{aligned}\text{低密度構成比 (\%)} &= \left(\frac{40 \text{ 人/ha未満のメッシュ数}}{\text{全メッシュ数}} \right) \times 100 \\ \text{高密度構成比 (\%)} &= \left(\frac{120 \text{ 人/ha以上のメッシュ数}}{\text{全メッシュ数}} \right) \times 100\end{aligned}$$

図1 各領域が座標平面に占める位置

2.2 重回帰モデルの作成

次に都市特性を示す指標を主な説明変数として、各密度区分（密度階層）の人口密度変化量の平均値を被説明変数とする重回帰モデルを昭和45～50年の対象都市について作成した。都市特性と人口密度との変化の関係について、その関係が2.1項で示した都市の成長段階により変化するかどうか分析した結果、都市の成長段階に応じて両者の関係が変化することがわかった。そこで、成長段階について中高密度領域と高密度集中領域に属する都市をAグループとし、以下同様にバランス領域をBグループ、低密度集中領域、低中密度領域、中密度集中領域をCグループと分類して、各グループごとに次に示す重回帰モデルを作成した。尚、Cグループの〔2.3〕式では被説明変数の低密度における非線形部分にうまく適合しないため、本論文では〔2.4〕式の高次回帰モデルに改めて検討を行なった。

(1) Aグループ（26都市区）

$$\begin{aligned}Y &= -2.2 X_1 - 0.2 X_2 + 0.1 X_4 \\ &\quad + 0.4 X_5 + 4.0\end{aligned}\quad [2.1]$$

$$R = 0.82$$

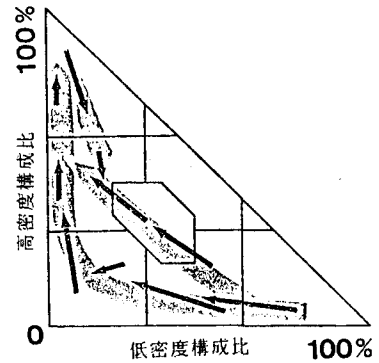


図2 密度構成の変化のルート

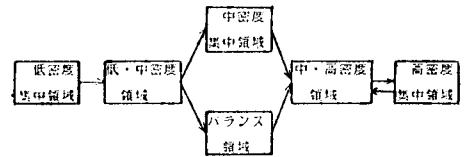


図3 都市の成長段階

表1 密度階層

人口密度 (人/ha)	階層番号
0～20	1
20～40	2
40～60	3
60～80	4
80～100	5
100～120	6
120～140	7
140～160	8
160～180	9
180～200	10
200～220	11
220～240	12
240～260	13
260～280	14
280～300	15
300～320	16
320～340	17
340～360	18
360～380	19
380～400	20

(2) Bグループ（8都市区）

$$Y = -3.0 X_1 + 0.4 X_3 + 0.5 X_6 \quad [2.2]$$

$$R = 0.81$$

(3) Cグループ（48都市区）

$$Y = -4.3 X_1 + 0.1 X_2 + 0.4 X_3$$

$$- 0.3 X_4 - 0.1 X_6 + 27.7 \quad [2.3]$$

$$R = 0.65$$

Y：密度階層別の密度変化量の平均値（人／ha）
X1：階層番号
X2：低密度構成比（％）
X3：高密度構成比（％）
X4：商業性指数（％）
X5：時間距離（分）
X6：人口増減率（％）

(3') Cグループ（高次回帰モデル）

$$Y = -1.4 (X_1)^2 + 7.6 X_1 + 4.7 \quad [2.4]$$

$$R = 0.63$$

3. 重回帰モデルの適用性と誤差の検討

2節で提示した重回帰モデルの検討を行うこととする。

3.1 都市レベル、メッシュレベルでの人口算定結果

モデルの説明変数に昭和45年時点のデータを用いて、昭和50年における都市レベル、及びメッシュレベルの人口算定を行なった。その結果は表2、表3に示す通りである。都市人口における誤差は、Aグループの都市で平均 3.5％、Bグループで 3.2％、Cグループで 5.1％となった。A、Bグループは算定結果が良好であるがCグループはやや誤差が大きくなっている。しかし、全体の平均誤差は 4.2％となり、良好な結果が得られたと判断した。次に、メッシュごとの誤差をみると、Aグループで 15％、Bグループで 21％、Cグループで 27％となり、Aグループを除いては余り良い結果を得られなかった。

表2. 都市別の人口推定の誤差

グループ名	誤差の平均（％）
Aグループ	3.3
Bグループ	3.4
Cグループ	5.1
全都市	4.2

表3. メッシュ別の人口推定の誤差

グループ名	誤差の平均（％）
Aグループ	15.0
Bグループ	21.0
Cグループ	27.0
全メッシュ	23.0

3.2 誤差の検討

都市レベルでの人口算定では、CグループがAグループ及びBグループより誤差が大きい結果となった。この原因として、説明変数の問題が考えられる。Aグループ、Bグループにおける重回帰モデルでは説明変数として商業性指数等の都市特性を示す指標が用いられ、被説明変数である密度変化量の平均値との間にそれぞれ相関関係がみられる。これに対し、Cグループでは階層番号しか被説明変数と相関をもつ変数がみつからなかった。これは本論文で取り上げた都市レベルの説明変数では、Cグループの都市の人口密度変化を十分説明できないということである。また、このCグループに属する都市は都市の成長段階としては初期段階であり、郊外に位置し、計画的に団地建設等が進められ積極的に人口誘導が計られている都市とそうでない都市がある。しかし、このような計画的要素を区別する指標を用いていないことも、Cグループでの誤差が大きいことの一因と考えられる。

メッシュレベルの人口算定では 10％程度の誤差を目標にしていたが、全メッシュ平均で 23％と悪く、Cグループでは平均 27％と特に悪かった。しかしメッシュ個々の誤差の分布を調べてみたところ、23％を中心に分布しているわけではなく、0

ー15%のメッシュが殆どであり、誤差が100 %近くあるメッシュが存在していることがわかった。したがって、このようなメッシュによって誤差が大幅に引き上げられていると言える。そこで、川口、渋谷、世田谷、八王子の各都市区を対象に、誤差が極端に大きいメッシュを抽出してそのメッシュの土地利用状況を観察した。その結果、誤差の極端に大きいメッシュは、都市公園、運動施設、工業地区、文教地区、運輸流通施設、中高層団地が大部分を占めるメッシュであることがわかった。公園、運動場、工場、学校、鉄道駅での人口推定は実質上意味がないと考えられ、また、中高層団地での人口推定は、計画人口等により推定する必要がある。そこで本重回帰モデルの適用性の検討として、これらの施設がほぼ100 %を占めるメッシュを人口算定する上での特別メッシュとし、これらの特別メッシュを除いてメッシュごとの人口算定の誤差を再検討することにした。対象都市としては、Aグループから渋谷・鶴見・港・江東・川崎、Bグループから神奈川・保土ヶ谷・市川・中・磯子、Cグループから立川・東村山・三鷹・調布・昭島を選んだ。その結果表4に示すように、Aグループで12%、Bグループで13 %、Cグループで18 %となり、人口算定誤差の平均値がかなり下がった。したがって、2節で作成した人口推定の重回帰モデルは、メッシュごとの算定にもかなりの適用性があると判断した。しかし、モデル自体の被説明変数は密度変化量の平均値であるため、メッシュの密度変化量を直接推定するモデルについて次節で検討する。

4. メッシュレベルでの人口推定の重回帰モデル

4. 1 メッシュレベルの人口密度変化量の推定

3節までに説明した重回帰モデルでは、都市レベルの人口推定は良好な精度が得られた。しかし、メッシュレベルの人口算定では被説明変数が密度階層ごとの密度変化

表4. 特別メッシュ除去前・後の推定結果

グループ	都市名	誤 差 (%)	
		除去前	除去後
A	渋谷	13.0	11.0
	鶴見	20.0	12.5
	港	20.0	14.0
	江東	21.5	10.8
	川崎	24.0	10.3
B	神奈川	28.0	14.0
	保土ヶ谷	17.0	12.4
	市川	24.0	13.9
	中	21.0	14.2
	磯子	24.0	11.4
C	立川	34.0	18.0
	東村山	29.7	17.6
	三鷹	40.9	19.2
	調布	34.0	16.8
	昭島	22.0	17.5

量の平均値であり、説明変数は都市レベルの指標が主でメッシュの情報は階層番号しか取り入れていない。したがって、都市内の同じ階層番号に属するメッシュは総て同じ密度変化量が算定されることになる。そこで、密度階層ごとの密度変化量の平均値ではなくメッシュの密度変化量を直接推定することをねらいとし、都市レベルの指標の他にメッシュ別の指標も取り入れた重回帰モデルの作成を試みる。さらに分析対象都市は、3節までの重回帰モデルでメッシュレベルの誤差が最も大きくてたCグループに属する都市の中から、川越・松戸・国分寺・港南の4市区を取り上げた。

4. 2 重回帰モデルの作成

メッシュ別の指標を含む重回帰モデルでは、被説明変数を各メッシュの人口密度変化量とし、また説明変数は表5に示すようにメッシュ別の指標と都市単位の指標の両方を用いるものとした。対象とする4市区のメッシュから、3節で抽出した特別メッシュを除外して重回帰式をあてはめた。得られた重回帰モデルは、[4. 1]式である。

表 5. 説明変数

メッシュ別の指標	都市別の指標
階層番号	人口増減率(%)
65歳以上年齢構成比(%)	時間距離(分)
20-64歳年齢構成比(%)	工業従業者比率(%)
2次産業就業率(%)	商業・業務従業者比率(%)
3次産業就業率(%)	昼夜間人口比(%)
借家世帯率(%)	住宅着工延床面積比(%)

(4) メッシュ別推定モデル

$$Y = -5.8 X_1 - 1.4 X_2 + 0.4 X_3 + 0.5 X_4 + 0.4 X_5 - 15.3 \quad [4.1]$$

$$R = 0.57$$

Y: メッシュ別の密度変化量 (人/ha)

X 1: 階層番号

X 2: 65歳以上年齢構成比(%)

X 3: 2次産業就業率(%)

X 4: 3次産業就業率(%)

X 5: 人口増減率(%)

2節で提示したCグループの重回帰モデルでは高次回帰式であったが、被説明変数が密度変化量の平均値ではなく密度変化量そのものであること、メッシュ別の指標を取り入れていること、特別メッシュを除外していること等によって[4.1]式は高次回帰にはなっていない。この[4.1]式は、重相関係数 0.57、決定係数 0.32であり、あまり精度は良くない。しかし、都市全体の人口推定にとどまらず、500mメッシュやこれを数個組み合わせた、小区域の人口推定は非常に有用と言え、今後メッシュの位置条件や土地利用条件等も説明変数として取り入れて推定の精度を高めたと考えている。

5. 結論と今後の課題

5. 1 結論

2節で提示した重回帰モデルについて実際に都市の人口推定を行なったところ、平均誤差 4.2%と良好な結果が得られた。また、メッシュごとの人口推定では平均誤差 23 %となり、誤差の分布を調べたところ、

極端に誤差の大きいメッシュは土地利用上特別なメッシュであることがわかった。このようなメッシュを除外すれば平均誤差は 14 %に低減される。さらに密度変化量の平均値を推定することを改めメッシュの密度変動量を直接推定するため、メッシュ単位の指標も取り入れて重回帰モデルを作成したが、必ずしも十分な精度は得られなかった。

5. 2 今後の課題

都市人口の推定は良好な成果が得られたので、分析対象都市以外の都市や他の時点についても適用し、より一般的な手法として確立したい。また、メッシュレベルの人口推定については、説明変数等に検討を加えさらに高い精度を得られるようにしたい。メッシュレベルの推定精度が上げれば、メッシュを組み合わせた小区域や都市全体の人口推定の精度もさらに上がるものと期待できる。

(参考文献)

(1) 大塚、中川、加藤、磯松：都市の成長と人口密度変動についての分析

(土木計画学研究発表会 1985年 1月)

(2) 大塚、加藤、渡辺：人口分布変動からみた都市(大都市圏域内)の成長過程に関する研究

(第39回年次学術講演会 1984年10月)

(3) 加藤他：土木計画学のためのデータ解析法 (共立出版)

(4) 奥野他：統多変量解析法 (日科技連)

(5) 竹林、石坂：情報及び作業上の制約条件下における人口分布予測に関する考察—三多摩43モデルの検証—

(第19回日本都市計画学会学術研究論文発表会 1984年11月)