

都市の成長と人口密度変動 についての分析

Analysis on the Growth of City and the Change of Population

加藤 裕之 *

by Hiroyuki Kato

大塚 全一 **

by Zen-ichi Ohtsuka

中川 義英 ***

by Yoshihide Nakagawa

磯松 教彦 ****

by Norihiko Isomatsu

To presume urban population in future is valuable for CITY PLANING. So we have extracted the Population Change Pattern and established the method of presumption. But the relation between the character of city and the change of population density has not been clarified.

This paper clarifies the relation at every step of growth of City. Then the liner urban Model for presumption of population is constructed.

1. はじめに

都市の将来人口を推定することは、将来の都市像を描くために非常に重要な意味をもつ。そこで、これまでに将来人口の推定手法を確立するため、首都圏内で昭和45年時のD I D人口が5万人以上の全82都市を対象として、各都市ごとに人口変化パターン型（ t 年時にある人口密度であった500mメッシュが、 $t+5$ 年時迄に変化する常住人口密度の量を示す図）をつくり、

人口変化パターン類型を抽出した。そして、それを用いて、首都圏、近畿圏、中部圏の都市の人口推定を行ない、良好な結果を得た。しかし、都市の特性と人口変化量との関係は、わかっていない。そこで、本研究は、その関係を都市の成長段階ごとにとらえ、地価、昼夜間人口比などで表わされる都市特性を用いて人口密度の変化量を決定するため、両者が線型関係にあるものと仮定してモデルを作成する。そして、そのモデルを用いてメッシュごと、都市ごとの人口変動をとらえることを目的とする。そして、本論文においては、そのモデルの作成までの検討をおこなう。分析は図1のフローにしたがって行なった。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D I D人口5万人以上の全都市であり、用いるデータは、昭和45年、50年、55年の国勢調査のメッシュ（1辺が約500mの長方形のメッシュ）別の集計データである。

キーワード：人口密度変動

- * 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 教授
- *** 正会員 工博 早稲田大学
理工学部 土木工学科 助手
- **** 学生会員 早稲田大学
理工学部 土木工学科

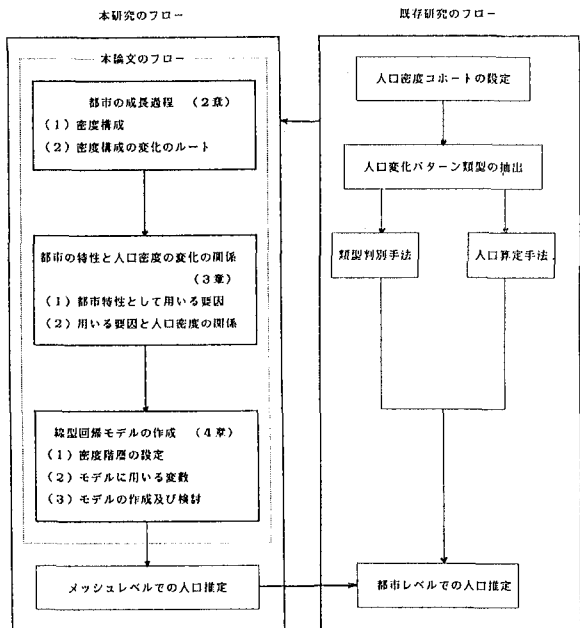


図1 分析フロー

2. 都市の成長過程

2・1 密度構成

本論文では、都市の成長過程を、都市の密度構成の変化としてとらえることにする。密度構成は、低密度構成比、中密度構成比、高密度構成比からなり、次式により求められる。

低密度構成比(%) = (0～40人/haの人口密度をもったメッシュ数) / (ある都市で対象とした全メッシュ数)

中密度構成比(%) = (40人/ha～120人/haの人口密度をもったメッシュ数) / (ある都市で対象とした全メッシュ数)

高密度構成比(%) = (120人/ha以上の人口密度をもったメッシュ数) / (ある都市で対象とした全メッシュ数)

ここで、40(人/ha)以下の人口密度のメッシュは、主に農地および農地と住宅地の混在している所であり、40(人/ha)～120(人/ha)のメッシュは、

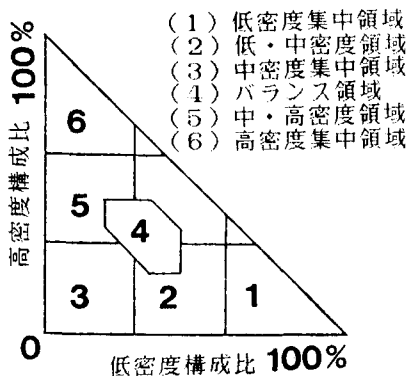


図2 各領域が座標平面に占める位置

主に住宅地および住宅地と商業地の混在、また、120(人/ha)以上のメッシュは、密集住宅地、商業地が混在した土地利用状況になっている。

さて、低密度構成比を横軸、高密度度構成比を縦軸にとった座標平面を考える。そ

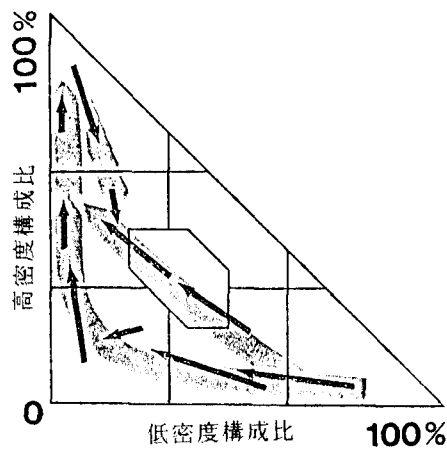


図3 密度構成の変化のルート

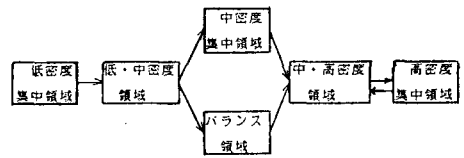


図4 都市の成長段階

して、成長段階を捉えるため、便宜上、座標平面を7つの領域にわけ、各領域を図2のように名付ける。ここで、バランス領域とは、低密度構成比、中密度構成比、高密度構成比が同程度になる領域で、次の不等式をみたす領域とした。

- 20% < 低密度構成比 < 45%
- 20% < 中密度構成比 < 45%
- 20% < 高密度構成比 < 45%

2・2 密度構成の変化のルート
首都圏内の各対象都市の昭和45年、50年、55年の低密度構成比、高密度構成比をもとめ、先に設定した座標平面上にプロットする。そして、都市ごとにプロットをつなぎ、昭和45年～50年、及び、昭和50年～55年の変化を示すベクトルとする。ここで、座標平面上の各領域に存在した代表的なベクトルを図3に書いてみた。

表1 各領域の所属都市（昭和45年）

低密度 集中領域	低・中 密度領域	中密度 集中領域	バランス 領域	中・高 密度領域	高密度 集中領域
横須賀 緑 相模原 柏 小田原 八王子 町田 熊谷 上尾 新座 川越 市原 戸塚 大宮 所沢	鎌倉 立川 藤沢 浦和 金沢 戸田 港南 朝霞 港北 草加 大和 松戸 東久留米 府中 市川 多摩 瀬谷 日野 船橋 高津 昭島 東村山 旭	狛江 調布 国立 三鷹 国分寺 小金井 小平 与野 鳩ヶ谷 田無	磯子 保土ヶ谷 中 神奈川 千代田 足立 江戸川 川口	鶴見 武蔵野 世田谷 練馬 保谷 港 中央 江東	西 太田 幸 板橋 南 荒川 川崎 墨田 目黒 台東 杉並 葛飾 渋谷 中原 新宿 文京 品川 北

そして、これらのベクトルをつないでわかる、都市の密度構成の変化のルートは、低密度集中領域から、低・中密度領域に進み、ここから、中密度集中領域へ進む都市とバランス領域へ進む都市に分かれるが、ともに、中・高密度領域へ進み、さらに高密度集中領域へと進むルートである。又、中・高密度領域と高密度集中においては、特に昭和50年～55年において、今述べたルートとは逆方向にもどり始めたベクトルが、かなり存在していることもわかった。以上のことより、大都市圏内の都市は、時間の経過とともに図4のように成長すると考えられ、各領域をおのおの、その成長段階と考える。又、昭和45年時に各領域に属する都市は表1に示す通りである。

3. 都市の特性と人口密度の変化の関係

3・1 都市特性として用いる要因

本論文は、人口密度の変化を被説明変数とし、都市の特性を示す指標を説明変数とする線型モデルを作成することを目的としているが、その準備として、本章では都市特性を示す要因と人口密度の変化の関係をさぐり、また、それが2章で示した都市の成長段階により変化するか否かを見ることにする。なお、用いる要因としては、人口分布変動と関係があると思われる表2のようなものを用いた。

3・2 用いた要因と人口密度の関係

要因と人口密度との関係を探るため、横軸に昭和45年時の各都市の要因の値、縦軸に各都市の昭和45年から昭和50年までの5年間の人口密度の変化量をとったグラフを書いてみた。そして、その中で相関が見えるものを図5～図7に示した。

(1) 商業性

都市の成長の初期の段階にある都市（低密度集中、低・中密度、中密度集中、バランス領域）は、商業により人口増加が生ずるのではなく、人口急増により商業が誘導され、商業集積が増加するにつれ、人口増加がおさまってくる状況を示している

表2 都市特性を示す要因

1	商業性指数（従業地）（％）
2	2次産業従業者率（従業地）（％）
3	基準地価
4	時間距離（東京駅から）（分）
5	昼・夜人口比
6	人口増加率（％） （基準以前5年間）

1) 商業性指数＝卸売・小売指数＋サービス業指数
＋金融・不動産指数（％）

2) 基準地価＝地価／全国の平均収入

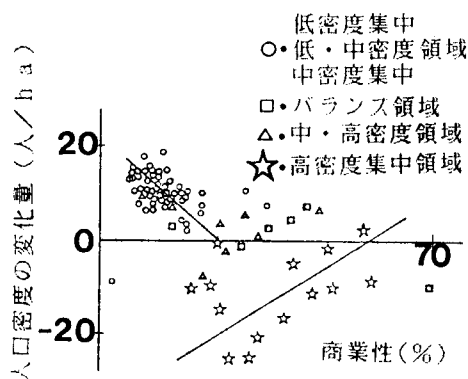


図5 商業性と人口密度変化量

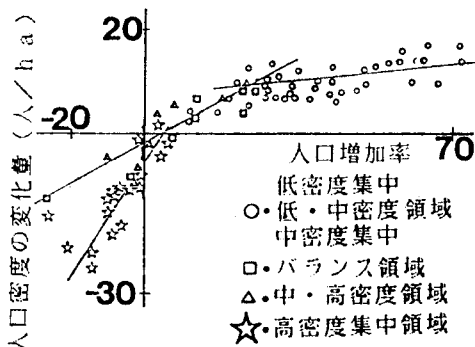


図6 人口増加率（％）（基準以前5年間）と人口密度変化量

と考えられる。また、都市成長の終期段階（中・高密度、高密度集中領域）にある都市では、商業、業務地区の拡大により常住人口が減少し始めるが、それにも限界があり、しだいに人口減少もおさまり、人口変動のなくなった商業、業務中心の都市が形成される状況を示しているのではないかと判断した。

（２）昭和４０年～４５年の人口増加率
全体として回帰線の傾きは正であるが、低密度集中、低・中密度、中密度集中領域で一つのグループ、中・高密度領域で一つのグループ、そして、成長段階では両者の間にあるバランス領域で一つとした。

（３）時間距離（東京駅から）

中・高密度領域と高密度集中領域の回帰線の傾きは正である。また、バランス領域の傾きも正であるが、回帰線の傾きは小さい。その他の領域は負の相関が見られる。これは、都市の成長の初期段階にある都市は、都心に近い都市ほど人口増加が激しいが、中・高密度領域、高密度集中領域にある都市では、都心に近い程人口減少が激しい状況を示している。

以上より、人口密度の変化と都市の特性の関係は、都市の成長段階により変化すると考えられ、線型回帰モデルを作成するに際し、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、Ａグループで一つの線型モデルを作成する。そして、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、中密度集中領域に属する都市をＣグループとしておのこの一つの線型都市モデルを作成することにする。（図８参照）

４．線型回帰モデルの作成

４・１ 密度階層の設定

本論文では、常住人口密度を、２０（人／ｈａ）きざみで区分したものを密度階層とよび、低密度のほうの区分から順次番号をつけ、この番号を階層番号と呼ぶことにする。（表３参照）

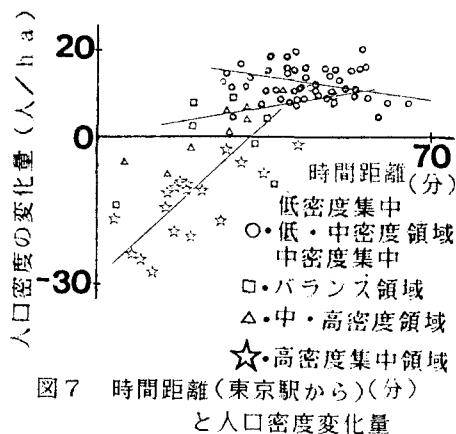


図７ 時間距離（東京駅から）（分）と人口密度変化量

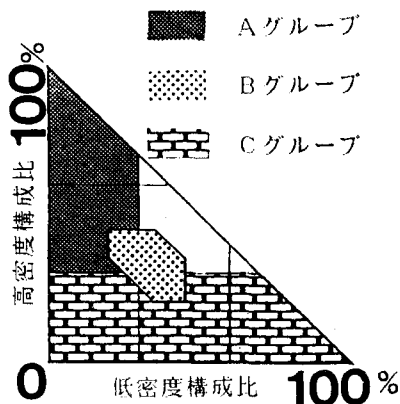


図８ モデル作成する際のグループ分け

4・2 モデルに用いる変数

(1) 被説明変数

各都市の各密度階層ごとに、属する全メッシュの人口密度の変化量（人／ha）の平均を算出し、これを被説明変数とする。すなわち、各都市の各密度階層を一つのケースとしてモデルを作成することにする。

(2) 説明変数

各ケースで用いる説明変数は、各ケースで対象としている密度階層の階層番号と、都市の特性を示す要因として用いた指標の値である。（表4参照）

4・3 モデルの作成及び検討

3章で述べたように、本論文においては、全都市をその成長過程により、3つのグループ（A，B，C）に分けて、そのおのこのグループについて線型回帰モデルを作成する。

(1) Aグループ（中・高密度，高密度集中領域）

$$Y = -2.2X_1 - 0.2X_2 + 0.1X_4 + 0.4X_7 + 4.0$$

$$T \text{ 値} : X_1 = 13.1 \quad X_2 = 2.1 \\ X_4 = 2.2 \quad X_7 = 4.8$$

重相関係数は0.82と良好であり、各変数のT値はどれも有意水準5%の値（=1.96）をクリアしている。また、 X_4 （商業性）、 X_7 （時間距離）の各変数の符号の正負も、3章で示した図5，図7を見ると妥当である。よって、上に示したモデルは有用であると判断した。

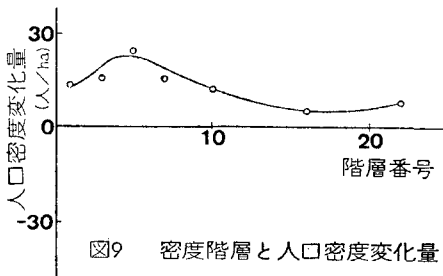


図9 密度階層と人口密度変化量

表3 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

表4 説明変数

変数	変数名
X 1	階層番号
X 2	低密度構成比 (%)
X 3	高密度構成比 (%)
X 4	商業性指数
X 5	2次産業就業者率 (%)
X 6	基準地価
X 7	時間距離 (分)
X 8	昼・夜間人口比
X 9	人口増加率 (%)

(2) Bグループ(バランス領域)

$$Y = -3.0X_1 + 0.4X_3 + 0.5X_9 + (\Delta)$$

$$T \text{ 値: } X_1 = 8.4 \quad X_3 = 2.8 \\ X_9 = 4.3$$

重相関係数は、0.81と良好であり、各変数のT値はどれも有意水準5%の値(=1.96)をクリアしている。よって、このモデルは有用であると判断した。

(3) Cグループ(低密度集中, 低・中, 中密度集中領域)

Cグループにおいては、被説明変数と説明変数 X_1 (階層番号)の関係を求めると、おおむね図9のような関係になる。よって、この関係を直線で近似するのは困難であると判断した。そこで、人口密度40(人/ha)以上は直線的であるとして、階層番号3以上で1つのモデルを作成してみた。すると、

$$Y = -4.3X_1 + 0.1X_2 + 0.4X_3 - 0.3X_4 - 0.1X_7 + 27.7$$

$$T \text{ 値: } X_1 = 10.4 \quad X_2 = 1.8 \\ X_3 = 2.6 \quad X_4 = 2.0 \\ X_7 = 1.4$$

となり、重相関係数は、0.65とまずまずの結果が出たが、予測式として用いるのは難しいと判断した。そこで、Cグループについては、今後、各都市ごとに図9のような関係を高次回帰して、その係数を都市特性によって決定するようなモデルを作成する等の検討をしてみたい。

5. 結論と今後の課題

5.1 結論

(1) 都市の成長段階を規定したところ、その成長段階により人口密度の変化と都市の特性との関係が変化している様子を観察できた。そして、その関係により全都市を3つのグループに分けた。(Aグループ, Bグループ, Cグループ)

(2) Aグループ、Bグループに属する都市については、その都市に含まれる500mメッシュの5年間の人口密度変化量の期待値を、都市の特性により算出するモデル

が得られた。

$$A \text{ グループ: } Y = -2.2X_1 - 0.2X_2 + 0.1X_4 + 0.4X_7 + 4.0$$

$$B \text{ グループ: } Y = -3.0X_1 + 0.4X_3 + 0.5X_9$$

$$X_1 = \text{階層番号} \quad X_2 = \text{低密度構成比} \\ X_3 = \text{高密度構成比} \quad X_4 = \text{商業性指数} \\ X_7 = \text{時間距離} \quad X_9 = \text{人口増加率}$$

(3) Cグループについては、階層番号と人口密度変化量の関係が曲線的であることがわかった。

5.2 今後の課題

(1) Aグループ、Bグループ、Cグループのグループ分けの、より明確な根拠を探究する必要がある。

(2) Cグループについては、階層番号と人口密度変化量の関係を高次回帰モデルを作成してみたいと思う。

(3) 今後は、作成したモデルを用いて人口変動量を算出し、メッシュレベル、都市レベルでの適用性を検討していきたい。

(参考文献)

(1) 大塚、外尾、渡辺、加藤：大都市圏内の都市の人口推定手法に関する研究(土木計画学研究発表会 1984年1月)

(2) 大塚、加藤、渡辺：人口分布変動から見た都市(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)

(3) David Foot: Operational Urban Model

(4) 奥野他：統多変量解析法(日科技連)