

首都圏自治体の人工密度増加曲線

Population Density Curve of the Self-Governing Bodies in the Tokyo Metropolitan Area

古藤 浩

KOTOH Hiroshi

In this paper, a new population density curve and a new method for analyzing curves are shown. Usually, exponential curves and logistic curves are used for population density curves. But these curves cannot explain the tendency of population growth adequately. The new population density curve is arrived at by utilizing the concept of 2 stage population growth. This new method for analyzing curves has 2 advantages:

(1) We can analyze curves even if only 4 point time series data are available.

(2) New method enables us to regulate data by points of growing stage.

Using the data of the self governing bodies in the Tokyo Metropolitan area, the results obtained by using the new curve and new method are examined.

1. はじめに

都市計画の立案過程においては、しばしば将来人口密度の予測が必要となる。このとき人口密度の変化を表すモデルを構築し、モデルから人口密度の変化曲線を導いて将来の予測を行なう方法が考えられる。従来、この方法で分析を行なう場合には指数曲線やロジスティック曲線などがよく用いられてきたが、これらの曲線では人口密度の変化傾向を十分説明できなかった。そこで本研究では、2段階の人口増加の考えによって、従来よりも妥当性のある人口密度の変化曲線を示す。

ところで、人口密度の調査は一般に大きな手間がかかるので、将来予測のために十分な時系列データを揃えることは難しい。そのため、人口密度の変化の曲線をモデルから構築しても、データ不足のため、それを将来予測に使うことができない場合が多い。本研究は、人口密度のモデル解析を行うにあたって、上記のデータ不足を解決するために、複数の自治体の時系列データを補完的に利用する方法を提示する。

この方法では対象となる複数の自治体の中から、人口密度の変化傾向に共通性がある自治体のグループを抜き出す。そして人口密度の変化曲線の係数を2種類に分け、一方の係数は自治体のグループ内で共通の値をとるとし、もう一方はグループ内で相異なる値をとるとする。つまり、自治体のグループの変化傾向を、グループ内で共通な傾向とグループ内でも地域間で互いに異なる傾向に整理して分析する。すると、データ不

足に対応できるだけでなく、自治体の比較分析にも新しい視点を与える。

更に、実際に首都圏自治体の人口密度変化傾向の分析を行ない、本研究の曲線、分析方法の有効性を吟味する。

2. 従来の人口増加曲線

従来の人口密度増加傾向の数理的研究では、なんらかの単純なモデルによって人口密度増加曲線を導き、その係数の大小関係によって都市間の比較を行うものが中心であった[山口(1989)]。しかし、係数の意味について十分分析した研究はない。最も人口密度関数として代表的なのは定数項つき指数曲線やロジスティック曲線であろう。これら2つの曲線にふれよう。

まず、ある一定面積の土地に住むことができる人口には限界があることは自明である。この限界の人口を“最終人口”と呼ぶことにする。最終人口は開発が徹底的になされて最終的に達成される人口である。すると従来からの代表的な、曲線は最終人口と各時点での人口による簡単な微分方程式で表わされる。最終人口を P_e 、時点 t における人口を $P(t)$ とおけば2つの曲線は以下に定義できる。

[定数項つき指数曲線]

時点 t のときにまだ入りうる人口の余裕は $P_e - P(t)$ で書ける。そして時点 t での人口増加の速度はその定数倍と仮定する。すると、比例定数を β とおいて、次の微分方程式を導くことができる。

$$\frac{dP(t)}{dt} = \beta(P_e - P(t)) \quad (1)$$

この微分方程式の解は

$$P(t) = p_e - ce^{-\beta t} \quad (c \text{ は任意定数}) \quad (2)$$

となり、これを定数項つき指数曲線と呼ぶ。定数項つき指数曲線の例を図1に示す。

図1は $t=0$ で $P(t)=0$ となるようにした。図1からも明らかとなおり、定数項つき指数曲線は変曲点を持たず、人口増加速度が最も速いのは最初の時点となる。

そして単調に増加速度を逡減させていき、人口は P_e

に漸近していく。

[ロジスティックモデル]

こちらでもまだ入り得る人口の余裕 $P_e - P(t)$ に注目する。人口の自然増加に注目すれば、新生児数は人口 $P(t)$ にある程度比例することから、時点 t での人口増加速度は比例係数 β とそのときの人口 $P(t)$ と人口の余裕 $P_e - P(t)$ の積に比例すると仮定する。

すると、微分方程式

$$\frac{dP(t)}{dt} = \beta P(t)(P_e - P(t)) \quad (3)$$

を得る。この微分方程式の解は

$$P(t) = \frac{P_e}{1 + ce^{-\beta t}} \quad (c \text{ は任意定数}) \quad (4)$$

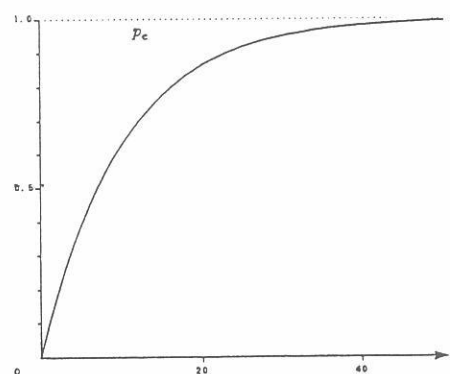


図1 定数項つき指数曲線

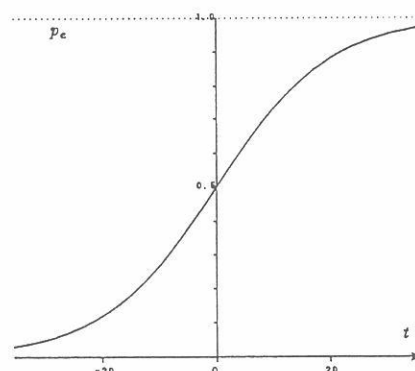


図2 ロジスティック曲線

となり、これをロジスティック曲線と呼ぶ。

図2に $P(0)=0.5$ となる場合のロジスティック曲線の例を示す。ロジスティック曲線では人口が0のとき増加速度は0である。そして、ビルトアップ率が高ければ高いほど増加速度は上がり、 $P(t)=P_e/2$ 、つまり丁度最終人口の半分の人口のときに人口増加速度は最高となる（つまり変曲点をとる）。そして、そこから後は、定数項つき指数曲線と同じように人口増加速度は逡減し、 $P(t)=P_e$ に漸近していく。

首都圏の場合、人口増加の最も重要な因子は新生児数ではないかもしれないが、すでに住んでいる人がある程度以上いると、自治体全体の生活基盤は整備され、住宅の数に従って商業施設なども蓄積すると考えられるので、居住環境が上がるのが予想される。つまり、住宅地区としての魅力があがるので人口増加速度が上がることは一局面の状態として理解できる。

この他の曲線を利用した論文もいくつかある。例えば[Chan and Guo(1990)], [PaPageorgiou(1980)]では複雑なモデルによる人口密度変化曲線を提示している。しかし係数が多いことによるデータ不足に直面したためか、これらの論文では現実の計算結果はない。

これは、都市をバラバラで扱っている限り、当分の間（データが十分たまるまで）解決しない問題である。

3. 人口増加のモデル

ここでは微分方程式を利用して新しい人口増加のモデルを提示する。対象は住宅地域（または住宅地域となりつつある）の自治体とする。

前節と同じ考えから自治体の“最終人口”を考える。この人口は社会の趨勢が現在の延長線上に進んでいったときの最終的な人口であり、自治体全域を開発したときに居住可能な全人口とは意味が違う。後者であるならば自治体の面積に比例した値になると考えられるが、最終人口は一概に面積に比例するとは限らない。例えば都心への通勤に3時間もかかる都心から遠い自治体は、都心に近い自治体に比べ面積あたりの最終人口は低い値をとる。つまり、最終人口は現在までの市街化傾向の延長として考えられる値である。なお、ここで述べるモデルでは最終人口を自治体固有の定数として扱う。

以下では人口密度で議論を進める。面積が相互に異なる自治体も密度で議論を進めれば、比較がたやすい。

ある自治体の最終人口密度を p_e 、時点 t における人口密度を $p_2(t)$ とおく。そして、最終人口密度 p_e と時点 t の人口密度 $p_2(t)$ の間にある仮想的な“見込人口密度 $p_1(t)$ ”という値を考える。

見込人口密度は流入する人口の受け皿はできており、近い将来増加すると見込まれる分の人口密度である。

さらに最終人口密度と[見込人口密度+人口密度]の

差を“潜在人口密度”と名づけ、 $p_1(t)$ と書く。

すると、以下の式が成立する。

$$\begin{cases} p_0(t) + p_1(t) + p_2(t) = p_e \\ 0 \leq p_0(t), 0 \leq p_1(t), 0 \leq p_2(t) \end{cases} \quad (5)$$

これら人口密度の関係は図3で表わされる。人口密度増加について次の原則から、モデルを構築する。

[1]潜在人口は単位時間内にある一定比率 B_1 が見込人口に変化する。

[2]見込人口は単位時間内にある一定比率 B_2 が人口増加分として加わる。

分かりやすくするため原則は密度でなく人口そのもので書いたが、これら原則を面積で割れば単位が密度に変わる。自治体が住宅開発に積極的であり、自治体内でのインフラ整備が速い速度で進む場合は、原則[1]の比率 B_1 が大きい場合に対応できるし、その地区の位置環境は良いが、ゾーニングなどの影響で住宅開発が進まない状況は原則[2]の比率 B_2 が大きく原則[1]の比率 B_1 は小さい場合に対応できる。また、自然公園や山地を自

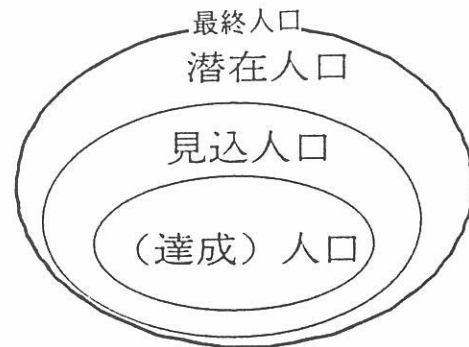


図3 モデルの概念

治体内に持ち、長い時間が建っても人口密度はあまり増えないと考えられる場合は最終人口が面積の割に小さい場合となる。この原則は比率だけが登場し、定数はないので、人口密度で記述できる。そして、この[1],[2]2つの考え方が時間に対してむらなく進み、連続な形式で記述できるとすれば、人口密度の変化に関して以下の連立微分方程式(6)が成立する。

$$\begin{cases} \frac{dp_1(t)}{dt} = \beta_1 p_0(t) - \beta_2 p_1(t) \\ \frac{dp_2(t)}{dt} = \beta_2 p_1(t) \end{cases} \quad \beta_1, \beta_2 > 0 \quad (6)$$

原則[1],[2]は“単位時間”を考えた離散的な概念の原

則であった。連続性を仮定した微分方程式では B_1, B_2 に対応して、 β_1, β_2 と係数を与えた。原則の意味から明らかに2つの係数は正の値をとるとする。将来計画を考えるためには最終人口の値が重要と考えられる。また、潜在人口より最終人口の方が意味として分かりやすい。そこで、式(6)を制約式(5)から最終人口密度を使って書き直せば、

$$\begin{cases} \frac{dp_1(t)}{dt} = \beta_1(p_e - p_1(t) - p_2(t)) - \beta_2 p_1(t) \\ \frac{dp_2(t)}{dt} = \beta_2 p_1(t) \end{cases} \quad \beta_1, \beta_2 > 0 \quad (7)$$

となる。具体的には述べないが、この連立微分方程式は定数項付き指数曲線の微分方程式を2段階にしたものと解釈可能である。さて、この微分方程式の解は、

$$p_1(t) = c_1 \frac{\beta_1}{\beta_2 - \beta_1} e^{-\beta_1 t} + c_2 e^{-\beta_2 t} \quad (8)$$

$$p_2(t) = p_e - c_1 \frac{\beta_2}{\beta_2 - \beta_1} e^{-\beta_1 t} - c_2 e^{-\beta_2 t} \quad (9)$$

(但し c_1, c_2 は任意定数)

となる。式(8)を見込人口密度曲線、式(9)を人口密度増加曲線と呼ぶことにする。なお $\beta_1 = \beta_2$ の場合は、人口増加の仮定を考える上で本質的ではないので割愛する。

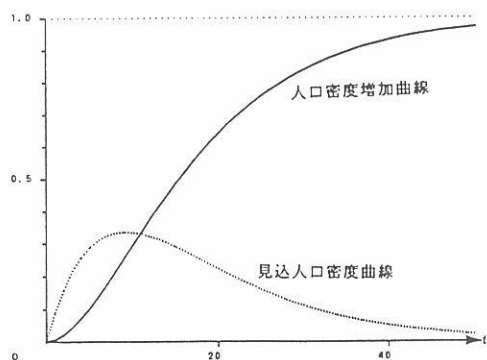


図4 人口密度増加曲線

図4に見込人口密度曲線、人口密度増加曲線の例を示す。図4は最初の時点($t=0$)で自治体全域が未開発な状態であった場合の例である。つまり、最初の時点では[潜在人口密度]=[最終人口密度]となっている。あらゆる土地は最初は全域が未開発であったと考えられるので、図4の人口密度曲線は最も基本的な曲線といえる。そこで図4の2つの曲線をそれぞれ見込人口密度の基本曲線、人口密度の基本曲線と呼ぶことにする。これらの曲線は式の形では

$$\bar{p}_1(t) = \frac{\beta_1 p_e}{\beta_2 - \beta_1} (e^{-\beta_1 t} - e^{-\beta_2 t}) \quad (10)$$

$$\bar{p}_2(t) = p_e \left(1 - \frac{\beta_2 e^{-\beta_1 t}}{\beta_2 - \beta_1} + \frac{\beta_1 e^{-\beta_2 t}}{\beta_2 - \beta_1} \right) \quad (11)$$

と表わされる。人口密度の基本曲線(11)は係数 β_1, β_2 に関して対称な式であり、係数を入れ換えても式の形は変わらない。また図4を見れば明らかとなおり、人口密度増加曲線は変曲点を持つ。ロジスティック曲線は最終人口密度の50%のときに変曲点を持つが、この曲線はどのような係数 β_1, β_2 に対しても人口密度が最終人口密度の0%~26%の範囲のあいだに変曲点を持つという特徴を持つとわかった。なお β_1 か β_2 のいずれかが正の無限大のときはこの曲線は定数項付き指数曲線となる。このことは、原則[1],[2]に戻って考えてもただちにわかる。

4. 人口密度増加曲線の比較分析方法

本節では最初に微分方程式上の係数 β_1, β_2 がどのような関係にあったら基本曲線が似たものとなるか分析する。次に係数 β_1, β_2 が共通な人口密度増加曲線で任意定数の意味を議論する。ここで人口密度増加曲線(9)で任意定数 c_1, c_2 を $c_1 = C_1 \cdot p_e$, $c_2 = C_2 \cdot p_e$ とおいて式全体を p_e でくくる。すると括弧内は最終人口密度への到達度を表わすので、最終人口密度が異なる自治体間も同じ基準の上で比較が可能となる。また最終人口密度の意味ははっきりしているので、以下では最終人口密度 p_e は共通の値をとるとして人口密度増加曲線間の比較を行なう。

まず $p_e[\text{最終人口}] - p_2(t)[\text{人口密度}]$ を考える。基本曲線では $t=0$ でこの値は p_e であり、時間が立てば単調に減少し0に収束する。そこで、これを時間 t で0から ∞ まで積分した値を考える。この積分値は収束し、

$$\begin{aligned} & \int_0^{\infty} p_e - p_2(t) dt \\ &= p_e \int_0^{\infty} C_1 \frac{\beta_2}{\beta_2 - \beta_1} e^{-\beta_1 t} + C_2 e^{-\beta_2 t} dt \\ &= \frac{p_e}{\beta_1} + \frac{p_e}{\beta_2} \end{aligned} \quad (12)$$

と単純になる。この値は長期的な視野でみた人口増加の総体的傾向といえよう。 $p_e/\beta_1 + p_e/\beta_2$ が等しいとして β_1 を0.1から1.0まで変化させた場合(p_e は共通なの

で β_2 だけが β_1 に応じて変化する)の人口密度増加曲線を図5に示す。図5を見ると、曲線の違いは最初の立ち上がりには違いがあるが、長期的には大きな相違はないとわかる。特に、 β_1 と β_2 の値が比較的近いときは立ち上がりの変化傾向も非常に似る。例えば β_1 を倍に変化させ、 $(\beta_1, \beta_2) = (0.1, 0.1), (0.2, 0.067)$ の場合の基本曲線を図6に示すが曲線の相違は殆どない。参考に、係数を比例的に比例方向に倍に変化させ、 $(\beta_1, \beta_2) = (0.2, 0.2)$ の場合の曲線も図6に併せて示すがこの場合は元と大きく異なる。また式(9)を p_e で割った値 $1/\beta_1 + 1/\beta_2$ は人口が最終人口のほぼ60%(61%±2%; β_1, β_2 によってわずかに変化する)に達するまでの所要時間を表すとわかった。以上によって値 $1/\beta_1 + 1/\beta_2$ は増加パターンの基本的傾向を表すと考え、これを“人口増加の勢い”と呼ぶことにした。

次にいくつかの地区の集合があり、微分方程式で定義した係数 β_1, β_2 は同じ集合に属する地区の中では共通であるとする。すると集合内の地区の違いは、微分方程式の任意定数として現われた係数 c_1, c_2 (最終人口密度 p_e)によって説明できる。この仮定のもとで、任意定数 c_1, c_2 の意味を考える。

まず、曲線間の時間のずれを考える。 $t=0$ のときの人口の状態が基本曲線上では $t=\tau$ の場合に対応するならば、その人口増加曲線は基本曲線(1)に係数 τ を加え、

$$p_2(t) = p_e \left(1 - \frac{\beta_2}{\beta_2 - \beta_1} e^{-\beta_1(t+\tau)} + \frac{\beta_1}{\beta_2 - \beta_1} e^{-\beta_2(t+\tau)} \right) \quad (13)$$

と書ける。もしも式(9)で $c_1 = \text{EXP}(-\beta_1 \tau)$, $c_2 = -\beta_1 \text{EXP}(-\beta_2 \tau) / (\beta_2 - \beta_1)$ となるなら、 c_1, c_2 の意味は基本曲線との時間のずれということになる。

もちろん任意定数は2つあるので、もう一つの意味を持つ。基本曲線では $\tilde{p}_1(0) = \tilde{p}_2(0) = 0$ であるが、 $\tilde{p}_1(0) = 0$ だが $\tilde{p}_2(t) \neq 0$ の場合も考えられる。人口増加曲線の時間のずれを極限まで考えていけば、必ず $\tilde{p}_1(t) = 0$ となる時点がある。この時点は自治体がすでに達成された人口と潜在人口だけで構成されている状態となる。つまりこの2段階の仮定によって人口増加が進みだす最初の時点といえる。

首都圏で例を考えるならば、郊外としての人口増加が開始する前の時点でも、もとの都市人口はあるが、

これから大規模な開発が始まる最初の時点といえよう。この最初からの人口の最終人口に対する比を x とおき、式(13)を変形すれば、

$$p_2(t) = p_e \left(1 - (1-x) \left(\frac{\beta_2}{\beta_2 - \beta_1} e^{-\beta_1(t+\tau)} - \frac{\beta_1}{\beta_2 - \beta_1} e^{-\beta_2(t+\tau)} \right) \right) \quad (14)$$

となる。結局式(9)の任意定数 c_1, c_2 は“時間的なずれ τ ”、“初期人口比率 x ”におきなおされて整理された。

人口密度増加曲線で時間的なずれ τ だけが異なる曲線群を図7に、初期人口比率 x だけが異なる曲線群を図8に示す。図8では曲線を縦軸方向に圧縮した形となる。なお、ここで示した係数の意味から $\tau \geq 0, x \geq 0$ と制約を与えると、元の係数の形では $c_1 \geq 0, c_2 \leq 0$ という制約式を得る。これらの制約は時間的なずれ、初期人口比率に応じて突然与えられたものではなく、制約を満たさない人口密度増加曲線は人口が減少する局面などモデルで想定していない変化をみせる。

次の節で分析しようとする自治体はメッシュデータと違い面積が不揃いである。しかし係数 β_1, β_2 が複数の曲線で共通と仮定できるならば、式の上で矛盾はおきない。なぜなら人口密度増加曲線(9)は任意定数が1次の係数なので、2つの関数を対象地域の面積を考慮して併せても任意定数が変化するだけで、共通な係数 β_1, β_2 によって、式(9)を満たす。この性質はここでは当り前であるが、例えばロジスティック曲線は持っていない、複数の自治体を比較分析する上で重要な性質である。

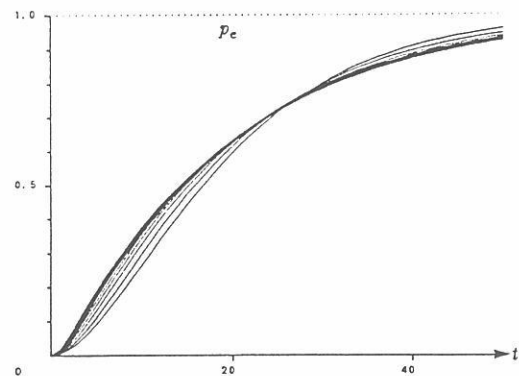


図5 総合的に似た人口密度増加曲線
 $\beta_1 = 0.1 \sim 1.0, \beta_2 = 0.1 \sim 0.053$

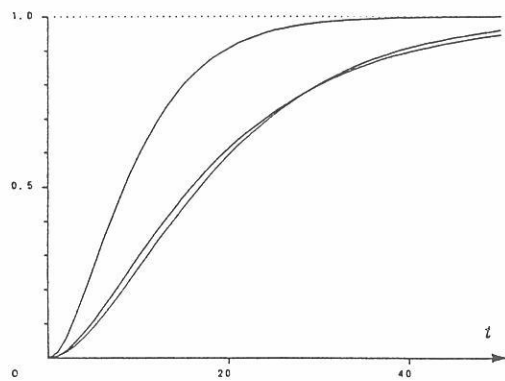


図6 人口密度増加曲線の係数変化
(β_1, β_2) = (0.1, 0.1), (0.2, 0.067), (0.2, 0.2)

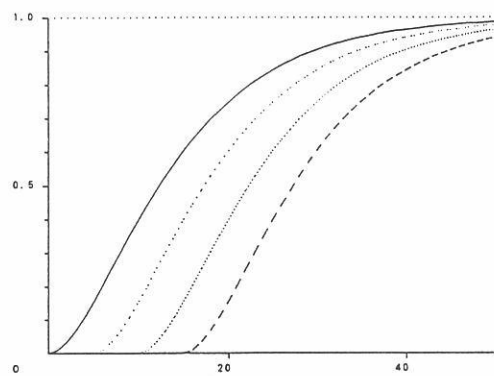


図7 曲線の時間的前後関係

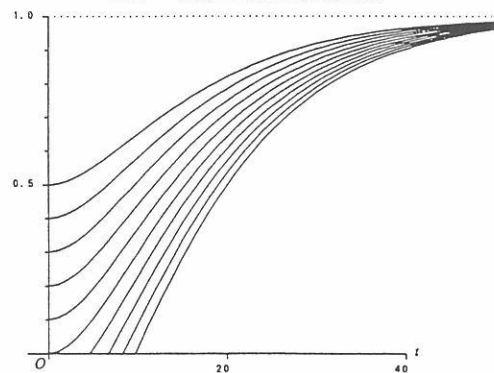


図8 初期人口のみ異なる曲線

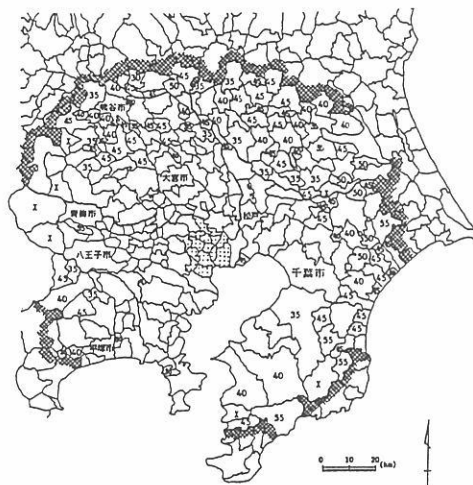


図9 対象範囲

5. 首都圏の人口密度増加曲線

(1) 対象範囲について

ここでは、関東の都道府県のうち、都心（千代田区）から70km圏にある251市区町村について、昭和30年から60年までの国勢調査による7時点のデータを用いて分析を行う。

本研究では自治体が郊外住宅地として開発され（衛星都市化され）人口が増加していく傾向に焦点を当てる。都心10km圏に位置する自治体は都心であり、郊外とはいえないので10kmから70km圏の自治体を分析対象とする。また、都心から50～70km圏の範囲では、戦後しばらくの間人口が減少していた自治体が多い。この時期のデータも一括して首都圏の市街地モデルに適用することは不適切であると考えられるので人口が増加に転じた年以降のデータを本研究の分析の対象とした。図9に、首都70km圏の自治体の範囲を示す。図9で網線のハッチングの内側が70kmである。図中に記された数値（35～50）は、その年次（元号は昭和）になるまで当該自治体において人口が減少し続けたことを示す。数値が記されていない自治体は、一貫して人口が増加傾向にあったことを示す。

昭和55年まで人口減少中だった自治体は自治体個別の係数を求めるのにもデータが足りないので計算から除外した。それらは図9で“x”で示される。

(2) 小グループによる予備分析

係数を求めるにあたっては隣接する3または4つの自治体をまとめて自治体のグループを作り、係数 β_1, β_2 はグループ内で共通とし、係数 p_0, c_1, c_2 はグループ内でも自治体によって異なるとして分析を行う。するとグループとしてのデータの自由度が大きくなるだけでなく、データの時点数は最低4時点でも係数を決めることができる。

データを利用する自治体のグループ分けの作業は、以下の2点を基準とし、あまりいびつな形にならないように配慮しながら手作業にて行った。

1) 県をまたいで同じグループは原則として作らない。但し、群馬県と栃木県の自治体が混在するグループなど2つの例外を設けた。

2) データの時点数が他に比して少ない自治体を含む4

自治体を一つのグループとし、その他は、3 または 4 自治体で一つのグループとなるようにまとめた。グループ分けの結果、小グループは図11になった。

さて、データに対しては、準ニュートン法による非線形最小 2 乗法を用いて係数推定を行なった。それは時点 t における自治体 i の人口密度を p_t^i とおき、以下の形で残差 2 乗和 S を最小にする $p_0^i, c_1^i, c_2^i, \beta_1, \beta_2; i = (1, 2, \dots, n_k)$ を各グループについて求めた。

$$\begin{aligned} \min S &= \sum_{i,t} (\varepsilon_t^i)^2 \\ &= \sum_{i,t} \left(p_t^i - p_0^i + c_1^i \frac{\beta_2}{\beta_2 - \beta_1} e^{-\beta_1 t} + c_2^i e^{-\beta_2 t} \right)^2 \end{aligned}$$

なお係数 β_1, β_2 を入れ変えても式は本質的に同じなので、 $\beta_1 < \beta_2$ を仮定した。

まず自治体別の最終人口密度 p_e を図12に示す。最終人口密度は都心部に近接した付近で最も高く東京都下、神奈川県東部、埼玉県南部がそれに準じて高いという傾向を得た。

首都圏の西側は交通施設が整備されている上に、大河川など交通を阻害する要因がないため東側に比べ自治体全体の開発がなされ易く最終人口密度が高いと考えられる。都心に隣接した自治体の最終人口密度が高いのは当然とも思われるが、郊外でも坂戸市、牛久市など一部の自治体で最終人口密度が高い値となった。これらの自治体は周りの自治体より人口増加の伸びが激しいようである。

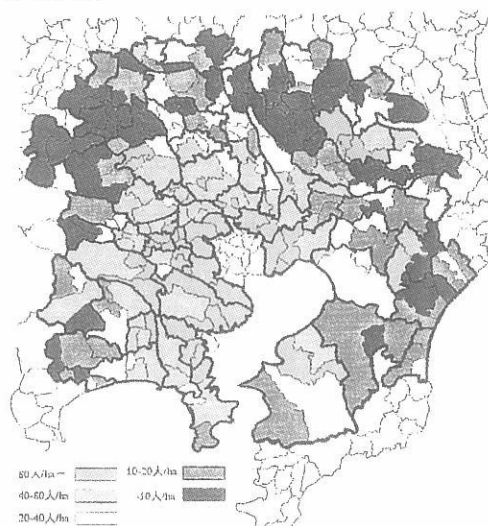


図10 最終人口密度

次にグループごとに求めた人口増加の勢い $1/\beta_1 + 1/\beta_2$ を図11に示す。この値が小さければ小さいほど人口増加の勢いは激しい。図11より人口増加の勢いは都心部に近接した付近で激しく、首都圏の西側が中間的であり、東側が進みが遅いという傾向がわかった。

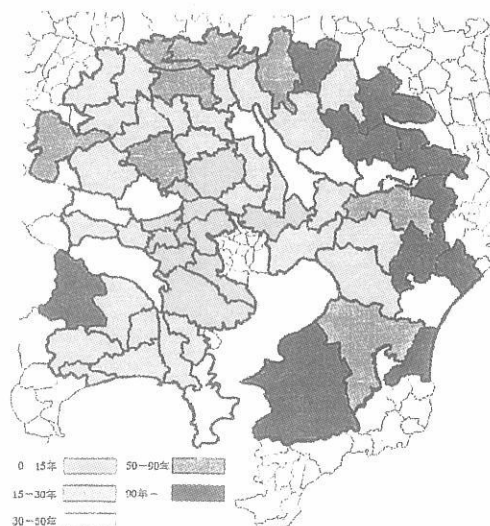


図11 人口増加の勢い

(3) 大グループによる人口増加分析

本節では小グループごとに求めた人口増加の勢いの値を利用して、11~28自治体による自治体の大グループを作る。そして大グループ内では β_1, β_2 と共通として係数を再計算し、首都圏の人口密度変化の大域的な傾向を分析する。

各大グループ内では係数 β_1, β_2 を共通としたことによって自治体を係数 τ, μ, p_e の3指標で明解に比較できる。更に4章で行なったような時間のずれ τ 、初期人口比率 μ による比較分析も可能となる。

まず図11より人口増加の勢いが似ているグループを統合し、首都圏をいくつかの大グループに分けた。統合は地域性を重視し、地理的につながっているようにして構成した。また、鉄道路線による地域的なつながりの比較分析を行なうために、6本のJR路線（東海道本線、中央本線、東北本線、高崎線、常磐線、総武線）に注目し、これら6路線を軸としてセクターを構成してグループを作った。その結果、首都圏は図12のような10の大ブロックに分けられた。なお、人口増加の勢いが周辺に比べ非常に弱い秩父市付近と、神奈川県津久井町付近の小グループはここでの分析から除いた。

大グループの人口増加の勢いを図12に示す。人口増

加の勢いが最も激しいのは東海道本線、中央線沿線の都心隣接地域を主とするグループIの11.8(年)で、逆に最も遅いのは都心から離れた常磐線沿線地域を主とするグループVIIIの45.5(年)となった。これはグループVI IIの人口収束が平均的にはグループIの4倍程度の時間がかかることを意味する。人口増加の勢いの地域差は小グループ分析の場合、最大90倍だったのに比べると差はかなり小さくなった。

次に自治体別の最終人口密度を図13に示す。小グループでの推定の図10と同じような傾向となったが、小グループの場合に存在した郊外での最終人口密度が高い自治体がなくなった。最終人口密度が最も高いのは杉並区で165人/ha、最も低いのは千葉県印旛村の1.7人/haとなった。

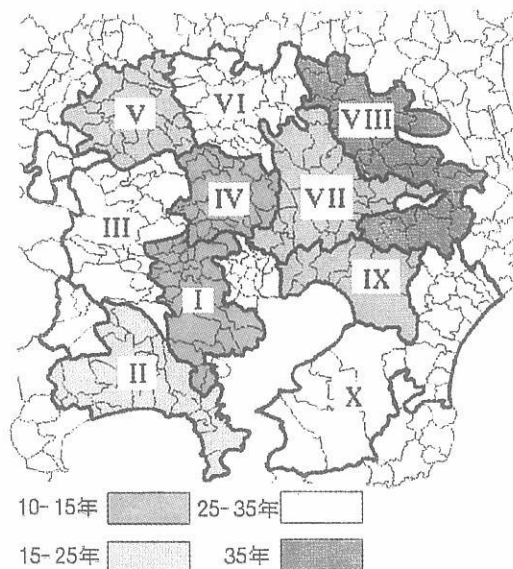


図12 首都圏の自治体大グループ

首都圏全体の趨勢を見ると¹⁾、昭和60年の総人口が2636万人(10901km²)に対し、人口密度増加曲線による最終的な人口は3160万人となった(図13の状態)。また、各曲線の初期人口比率に最終人口を掛ければ、現在までの人口増加傾向の効果を除いた最初の段階の人口を得、それは701万人となる。

つまり、現在の首都70km圏の人口は、最終的な値のほぼ6分の5であるとわかった。

昭和30年(西暦1955年)から平成27年(西暦2010年)までの人口変化(1990年~2010年の値は推計値)を図14に示す。図14をみると、まず、人口の蓄積は中央線、東海道線の都心隣接地域(グループI)が圧倒的に多い

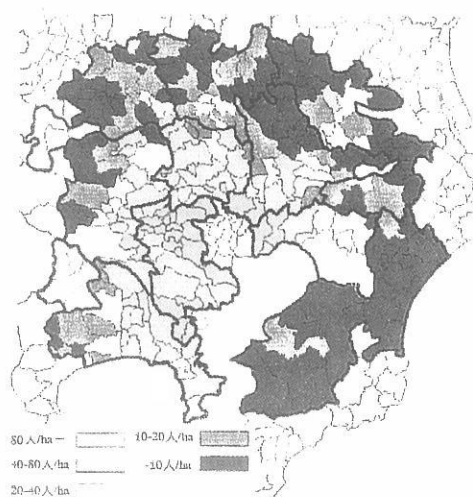


図13 大グループによる最終人口密度

こと、他のグループとの差はこれからあまり縮まらない傾向がわかる。また今後の人口増加は郊外の中央線沿線地域(グループIII)が活発でありそうなこと、都心の東側では郊外の常磐線沿線地域(グループVIII)、総武線沿線地域(グループIX)の人口増加が今後大きそうなことがわかった。

1985年と、2010年の人口と増加人数を表1に示すと、グループIIIの25年間の推計増加人数は100万人を越え、首都圏全体の予想増加人数の25%を占める。

また、常磐線沿線の都心隣接(グループVIII)、総武線方面(グループIX)の人口増加人数は併せて100万人程度の予想となった。

各グループの変化傾向を個々に吟味していこう。図15は東海道本線、中央本線の都心隣接地域を主としたグループIの変化傾向である。変化の図は縦軸を人口密度にする方法と、人口比率(最終人口密度に対する比率)にする方法の2つで表示できるので、図15(a)は縦軸を人口密度で、(b)は縦軸を人口比率で表示した。横軸は昭和の年号ではなく基本曲線上の時間とし、自治体を時間のずれで整理比較できるようにした。つまり各自治体の曲線上のデータで一番右にプロットした点が昭和60年の人口密度となっている。図15(a)では各々の曲線が自治体に固有の最終人口密度に収束していく傾向が見える。このグループは10の自治体グループの中で最も人口増加の勢いが激しく、昭和50年頃(左から5番目にプロットした点)には、ほぼ最終人口密度に到達しているとわかる。縦軸を人口比率にした場合、同じグループ内の自治体は人口比率と時間のずれの2つ

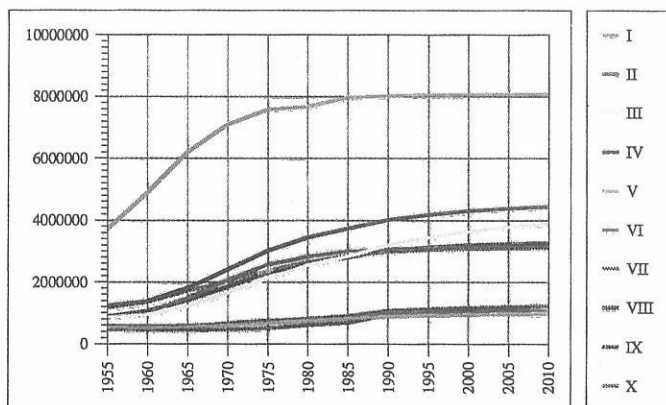


図14 首都圏の人口変化

表1 首都圏の2010年(25年後)までの人口増加

| グループ 番号 | 昭和 60 年人口 | 2010 年推計人口 (増加人数) |
|------------|--------------|----------------------|
| I | 7973320 | 8081366(108046) |
| II | 3737106 | 4439668(702562) |
| III | 2822701 | 3877285(1054584) |
| IV | 3004657 | 3160648(155991) |
| V | 801336 | 958427 (157091) |
| VI | 855844 | 1062150(206306) |
| VII | 2836673 | 3092269(255596) |
| VIII | 678501 | 1105209(426708) |
| IX | 2794226 | 3258390(464164) |
| X | 909534 | 1193902 (284368) |
| 全体 | 26413897 | 30229316(3815419) |

だけで整理できるので、自治体間の時間的前後関係の分析が可能となる。ここでは保谷市と世田谷区の変化傾向が一つの曲線上に、練馬区、小金井市、田無市、府中市の変化傾向が一つの曲線上に載った。

縦軸が人口密度の場合の図15(a)からでも、世田谷区、保谷市の人口増加の勢いが激しいので6つの自治体が2つのまとまりに分かれそうなことは読み取れるが、図15(b)のように縦軸を人口比率にしたことで、この差の意味は初めから存在した人口の最終人口に対する比率が15%違うのであると具体的に説明できる。そして、初期人口比率が同じ自治体群の相違も保谷市の変化傾向の8年先を世田谷区の変化傾向が先取りしていると整理できるようになった。

なお、このグループは人口増加の勢いが激しいので人口増加が速やかに収束する傾向にあり、定数項付き指数曲線と似た変化傾向の曲線が多いようである。

なお図15に限らずデータの最初の時点である昭和30年頃が基本曲線の最初の時点とほぼ一致した自治体が多かった。これは現代の人口増加傾向が戦後の混乱期が過ぎたころを始まりとするためではないかと考えられる。

次に図16は東海道本線沿線で都心から距離がある地域を主とするグループIIの変化傾向である。人口増加の勢いは20.3年で都心から距離があるグループの中では最も人口増加が激しい。縦軸を人口密度とした図16(a)では茅ヶ崎市と鎌倉市の人口増加がめだつ。このデータを縦軸を人口比率とした図16(b)でみると、これら8自治体のデータが3本の曲線に整理された。図16(b)で初期人口比率が高いことは旧来からの人口蓄積があるか、

首都圏として人口比率が高いことは旧来からの人口蓄積があるか、首都圏としての人口増加が総人口に比べて少ないことを示す。図16(b)では都心から離れた位置にある大磯町、三浦市が最も初期人口比率が大きい曲線に載った。三浦市は大磯町の変化傾向の8年先を進む傾向にある。また初期人口比率が最も小さな曲線には茅ヶ崎市、秦野市、伊勢原市が載った。図16(b)は先の図15に比べれば、それほど人口増加の勢いが激しくないなので、変化傾向の相違がより明快に分類された。

図17は中央本線沿線で都心から距離がある地域を主とするグループIIIの変化傾向である。図17(a)では8自治体の人口が緩やかに増加しつつあることがわかる。ここで取り上げた8自治体も図17(b)では3本の曲線に載る。図17(b)では中央本線、青梅線沿線の自治体が初期人口比率が高い曲線に載り、中央本線から離れた狭山市、町田市が初期人口比率が低い曲線に載った。このグループの他の自治体も分析すると、中央本線から離れた位置の自治体は初期人口比率が低い曲線に載る傾向がある。中央本線、青梅線沿線は戦前から開発が進んでいたので、初期人口比率が高い曲線として現われたのだろう。

図18は高崎線沿線を主とするグループVの変化傾向である。図18(a)では深谷市、行田市が初期人口比率、最終人口密度ともにほぼ同じであり、一本の曲線の上に載った。更に縦軸を人口比率にした図18(b)では一本の曲線に深谷市、行田市の他に熊谷市も載り、これら3市が熊谷市を先頭として、その変化を行田市が5年遅れて、更に2年遅れて深谷市が追っていく傾向が現われた。また北本市や鳩山町は初期人口比率が低く、昭和

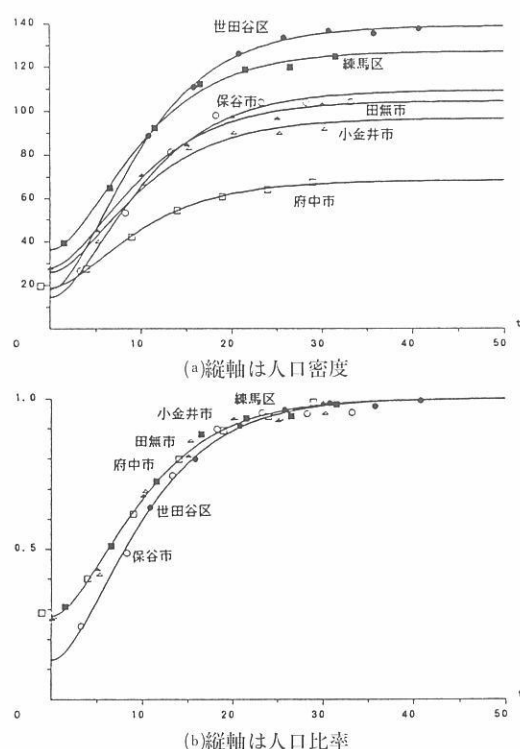


図15 グループI
(東海道本線、中央線沿線の都心隣接地域)

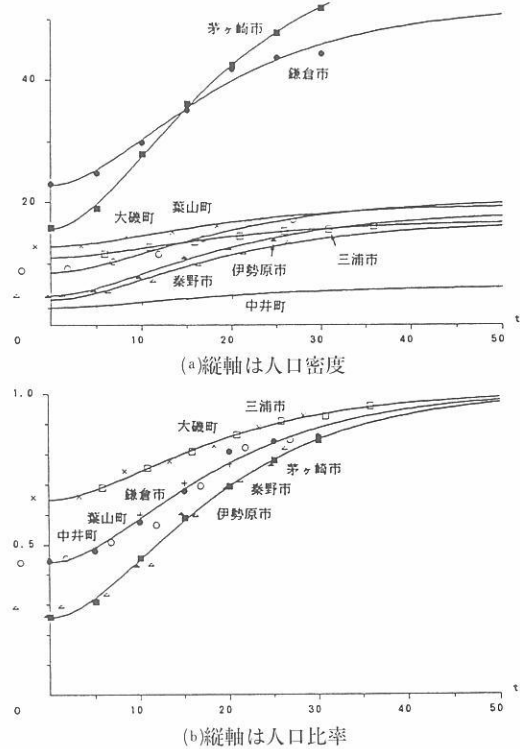


図16 グループII
(郊外の東海道本線沿線を主とする)

30年以降、大幅に人口が増加する傾向にあるとわかる。一般的には都心から離れるほど初期人口比率が高い傾向にある。初期人口比率が高いということは、昭和30年以降の人口増加が元からの人口に比して小さいことを示す。都心から距離があれば都心のベットタウンとしての人口増加は少ないと考えられるので、それは当然と思われる。

6. まとめ

以上で、首都圏の自治体の人口密度変化を把握する方法の一つとして、データ不足にも対応できる上に自治体の比較にも有効な人口密度増加曲線とその分析手法を提示した。

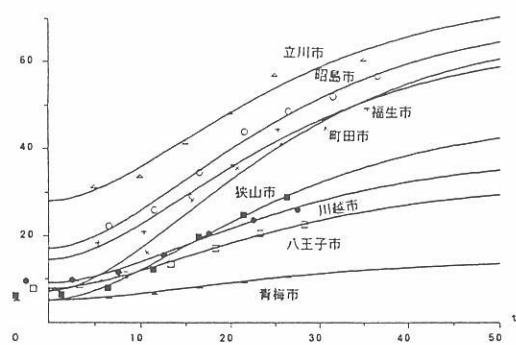
ここでは5つの係数をもつ人口密度増加のモデルを構築し、人口増加の傾向から自治体を整理分類した。多少複雑なモデルを扱うため、自治体単位で係数を求めているのではあてはめの段階でデータの不足がおきる。しかし複数の地域をグループ化し、一部の係数をグループ内で共通と仮定することによってこの問題はある程度

解決された。

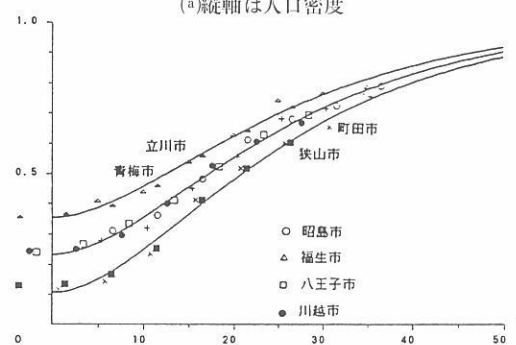
具体的には、首都圏の自治体を空間的な隣接関係に注目し、自治体を66の小グループに分けた。そして小グループでの分析を元に、“人口増加の勢い”がほぼ等しい自治体のグループを合併し、10の大グループに分けた。すると大グループ間の相違は“人口増加の勢い”の違いで把握され、グループ内は“最終的に到達するであろう人口密度”、“首都圏としての開発に供する地区の比率”、“人口増加傾向の時間的前後関係”の3つの指標に分解して考察できた。

謝辞

ご指導を下さいました筑波大学社会工学系 腰塚武志先生、有益なご助言を下さいました筑波大学社会工学系 大澤義明氏、同系岸本一男先生、慶應義塾大学管理工学科 栗田治氏に深く感謝致します。

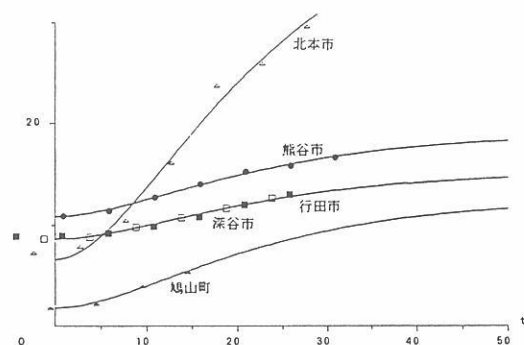


(a)縦軸は人口密度

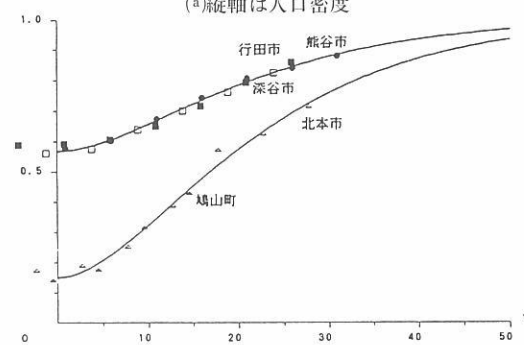


(b)縦軸は人口比率

図17 グループIII
(郊外の中央本線沿線を主とする)



(a)縦軸は人口密度



(b)縦軸は人口比率

図18 グループV
(高崎線沿線を主とする)

参考文献

- 1) 山口喜一他(1989)『人口分析入門』古今書院。
- 2) Chan, W.-L. and Guo, B.-Z. (1990), Global Behavior of Age-Dependent Logistic Population Models, *Journal of Mathematical Biology*, Vol.28, pp.225—235.
- 3) Papageorgiou, G. J. (1980), On Sudden Urban Growth, *Environment and Planning A*, Vol.12, pp.1035—1050.
- 4) Kunisawa, K. and Horibe, Y. (1986), Forecasting International Telecommunications Traffic by the Data Translation Method, *International Journal of Forecasting*, Vol.2, pp.427—434.
- 5) 古藤浩(1990)『首都圏の人口密度増加傾向と都心からの距離』、日本OR学会秋季研究発表会アブストラクト集, pp.88—89.
- 6) 古藤浩(1991)『区画整理地区の市街化曲線の研究』、第26回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.541—546.