

人口減少過程の数理モデル

Mathematical Model for Reading Population Declining Process

古藤 浩

KOTOH Hiroshi

Population increase tendencies have been analyzed by many studies. However, a few studies analyze population decrease tendencies. Research of population decreases is important, because many self-governing bodies in Japan are decreasing in population. In this study, I construct a mathematical model to explain a decrease tendency of population. By means of this research, we can measure a brake effect to a population decrease by policies.

A population decrease is as being strongly correlatively in relation to the population increase in a large city area. A depopulated regional population decrease is a result of a population outflow to a large city area. The population change model has a variable which meaning is influence of a large city area and that is common in every self-governing bodies.

As the result, the population changes in south part of northeastern district of Japan are well explained by this model.

1. はじめに

日本の人口は、1955年から1995までの40年間に約40%増加した。ところが南東北地方（山形県、宮城県、福島県）の人口変化を市町村単位に見ると、同期間に人口が増加したのは205市町村のうちわずか44市町村、更に40%以上増加したのは14市にすぎない。山形県に限ってみれば、増加したのは44市町村のうち7市、40%以上増加した市は存在しない。図1は南東北地方の40年間の人口の変化を市部と郡部（1995年の市町村で組み替え済み）に分けて表したものである。宮城県、福島県の市部は人口が増加しているが、それ以外では人口が減少傾向にあることがわかる。また郡部でも1975年以降の人口は横這い傾向ともいえそうだが、それ以前は激しい減少を示しているとわかる。図2は1955年の人口を1とおいて、市町村別に人口の変化を表したものである。市町村単位で見れば多くの市町村が減少傾向にあり、また1975年以降でも減少傾向にある自治体は多いことが見て取れる。この40年間で、最も人口が増加したのは宮城県富谷町で約5.9倍、そして仙台市など計4市町が倍以上の人口となった。一方、宮城県鶯沢村の4分の1を最小として、人口が半分以下になった町村は9つを数える。このように市町村単位で人口の変化を考えると、人口減少が主流といえる。つまり大都市圏以外で人口変化を考えると、人口の減少を重視して分析する必要があるが、そのような減少傾向に注目した研究はほとんど存在しない。

過疎地域の市町村の都市計画では、将来に人口がどのように、どこまで減少しそうなのか知る必要がある。また様々な施策の人口減少への歯止め効果を測るためにも人口減少傾向の分析は重要である。また、たとえ人口が減少傾向にあるとしても、地域全体の視点の中では減少を最小限に押さえている、つまりそれなりに施策が効果をあげている自治体もあると思われ、それを把握することは価値があろう。

以上を背景として、本研究では人口の減少傾向を説明する数理モデルの構築に主眼をおき、南東北地方の人口変化を分析する。将来人口の推計にはコーホート法を使うことが一般的であるが、コーホート法は人口の社会増減の比率が大きいきには推定が難しいという問題がある。また、本研究では将来人口の推定よりも、長期的、地域全体的な人口変化の構造を明らかにする視点を重視する。すなわち長期的な変化の趨勢の中で各市町村の変化がどのように位置づけられるかを吟味していく。

ところで、人口減少は大都市圏の人口増加と腹背の関係にあるといえる。すなわち過疎地域の人口減少は大都市圏への人口流出の結果と見ることができる。一方、大都市圏の人口増加の傾向は景気変動などの影響を受けや

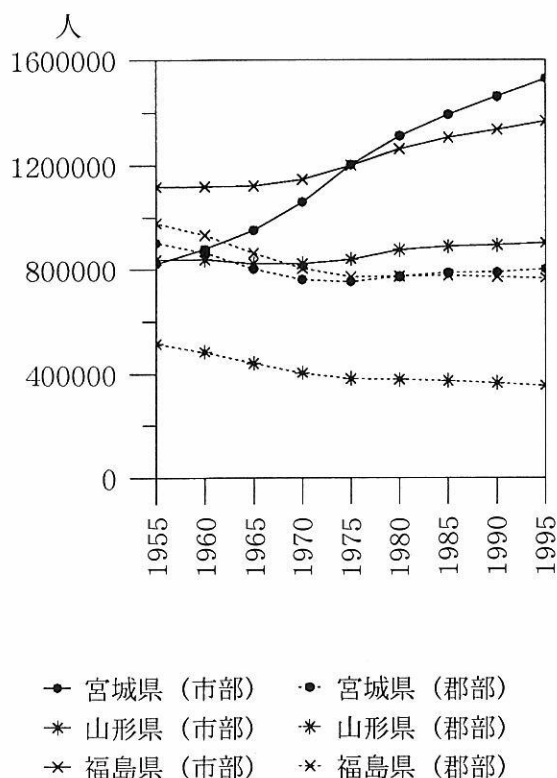


図1 南東北地方の人口変化（実数）

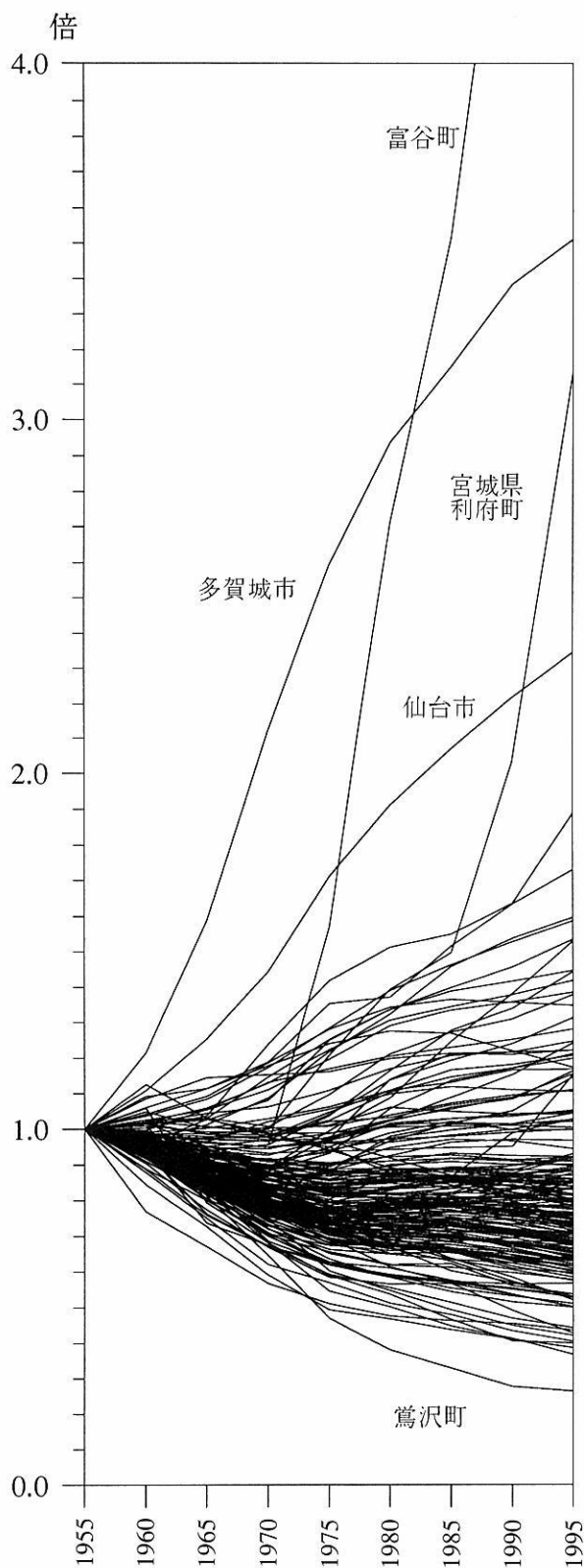


図2 南東北地方の人口変化（市町村別、1955年を1とおく）

すく、長期的な傾向としてとらえるのは困難である。そこで、本研究では大都市圏の影響の強さの変動を離散的な未知数（変数）として扱う。そして人口減少をあらわすモデルの考え方として、大都市圏の影響を意味する複数の自治体に共通な変数、各自治体に固有の変数を与えた人口変化モデルを構築し分析を進める。

2. 人口減少のモデル

人口移動の理由は個人的な選好、属する組織による半強制（転勤）など様々なことが挙げられる。巨視的には、個人的な選好による移動は、職・利便性・情報量などのアメニティが、地方よりも大都市圏で手に入ることによる大都市圏への移動と考えられる。またある地域の人口成長が需要を生み、そこの営業所等の拡充につながることを考えれば、属する組織による半強制移動も大局的には大都市圏方向と考えられる。大都市圏が時に関わらず安定して同じように好まれ、移住の困難度も変化しないならば、地方からの人口流出率は時に関わらず一定となるであろう。

そこで、このような状態を仮定し、また人口の自然増加率も時に関わらず一定と仮定するならば、ある1期間の（[自然増加率]－[人口流出率]）をA、人口を p_i とおいて、1期間の自治体の人口増加人数 Δp_i は

$$(1) \quad \Delta p_i = A \cdot p_i$$

と書くことができる。式（1）を連続型の微分方程式になおし解を求めれば、

$$(2) \quad p_i = P_0 \alpha^t \quad (\alpha \text{ は } A \text{ に対応する正の係数、} P_0 \text{ は任意定数})$$

となる。式（2）は係数 α が1より大きいならばマルサスの指数成長曲線、1未満ならば指数減少曲線となる。ここで P_0 は $t=0$ での人口を意味するので初期人口と呼ぶことにする。

しかし、実際には流出率、増加率は時に関わらず一定とは考えられない。そこで、時刻 t までの人口変化の進行度を表わす関数を $\beta(t)$ と書き、式（2）を

$$(3) \quad p_i = P_0 \cdot \alpha^{\beta(t)}$$

と書き換える。さらに、複数の自治体を想定して自治体を添字 i （ $i=1, 2, \dots$ ）で表し、各係数を α_i 、 $P_{i,0}$ と書く。時点 t での人口を $p_{i,t}$ 、関数 $\beta(t)$ は自治体に関わらず共通

とすると、式（3）は

$$(4) \quad p_{i,t} = P_{i,0} \cdot \alpha_i^{\beta(t)}$$

と書くことができる。つまり人口は、各自治体に独自の係数 α_i 及び $P_{i,0}$ と自治体間で共通な関数 $\beta(t)$ によって表現される。

南東北地方の市町村の多くでは、昭和30年代の人口急減期、昭和50年代の横ばい期という共通傾向がみられる。このような共通性を関数 $\beta(t)$ で表したのが式（4）の特徴といえる。次節では、式（4）を用いて南東北地方の市町村の人口変化を分析し、考察する。

3. 南東北地方の分析結果

ここでは式（4）によって南東北地方の人口変動傾向を説明する。対象期間は1955年（昭和30年）から1995年（平成7年）までの40年間とし、また国勢調査人口を使い平成7年の市町村境界で各年のデータを組み替えて利用した。

関数 $\beta(t)$ は様々な社会現象に強く関係していると思われるので、それを数式の形で与えるのは困難である。そこで、本研究では昭和30年を $t=0$ 、 $\beta(0)=0$ 、昭和35年を $t=1$ 、 $\beta(1)=1$ （関数 $\beta(t)$ は相対的に値が決まるので、昭和30年～35年の変化を1とおいて基準とする）とし、以後5年間で1期間とし、各年の $\beta(t)$ をデータから推定することにした。関数 $\beta(t)$ は離散的な扱いになるので、以下では β_t と書き、その値を進行係数と呼ぶことにする。

さて、計算では以下の形で非線形最小二乗法を行なって係数 α_i 、 $P_{i,0}$ （ $i=1, \dots, 205$ ）、 β_t （ $t=2, \dots, 8$ ）を求めることにした。

$$(5) \quad \min S = \sum_{i=1}^{205} \sum_{t=0}^8 (p_{i,t} - P_{i,0} \alpha_i^{\beta_t})^2$$

但し、 $\beta_0=0$ 、 $\beta_1=1$

さらに計算では各市町村を同じ重みでみるために、各市町村の1955年の人口を1とおき、茨木・福島によるFortran最適化計算パッケージ（文献2）によって計算した。なお、計算は非線形形式なので、大局的な最適解である保証はない。

まず、進行係数 β_t を表1に示すと、1975年までは人口変化が激しく進行し、それ以降は進行がゆっくりになったことがわかる。これは日本国の高度成長期には人口移

表1 進行係数 βt の推定結果

	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995
t	1	2	3	4	5	6	7	8
進行係数	1.00	2.32	3.63	4.87	5.58	6.25	6.90	7.24
南関東人口増加	1.00	2.29	3.56	4.76	5.44	6.08	6.71	7.03

(なお、南関東人口増とは東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県の人口増加について1955年～60年を1とおいたときの各期間での増加人数の比である)

動もはやく進み、それ以後の低成長時代は人口移動も低いレベルの変化になったことがわかる。なお表1にみるように進行係数と南関東の人口増加人数とは高い相関関係があるとわかった。

つぎに、求めた係数による計算結果例を図3に表わす。推定結果を線で、現実の値をマークでプロットした。本研究の結果は、横軸を年号(図3(a))または、進行係数值(図3(b))の2種類で表示できる。

図3は係数 α_i が0.9前後の町村を5つ選び表示した。まず、モデルの曲線はかなりよく当てはまっていることがわかる。自治体別では、例えば大蔵村は近年減少傾向にありながらもそれがおさまりつつあること、一方七ヶ宿町は近年になって減少が加速していることがわかる。また高郷村は全体的な趨勢通りに減少しつつあることもわかる。このような傾向は図3(a)よりも図3(b)の方が分かりやすい。なぜならば図3(b)ではなめらかな曲線の上で実際の変化が表されているので、変動の意味が明らかになるからである。そこで以後では図3(b)にならない横軸を進行係数值として、考察を進める。

図4は図3より α_i が大きく0.95前後の市町村の曲線である。図4では、図3よりゆっくりと人口が減少する傾向がわかる。同じグループの中でも、天栄村や埴町や桃生町のように上向き傾向の町村、逆に丸森町のように近年になって減少が加速している町村を判別できる。

図5は α_i が1.0～1.05のグループである。ここでは新庄市と白河市のように同じような人口規模でも白河市の方が人口増加する傾向にあることがわかる。

図6は α_i が1.05以上のグループである。人口が増加してきた自治体に関してもこのモデルでかなり説明できることがわかる。また郡山市のように人口増加が加速して

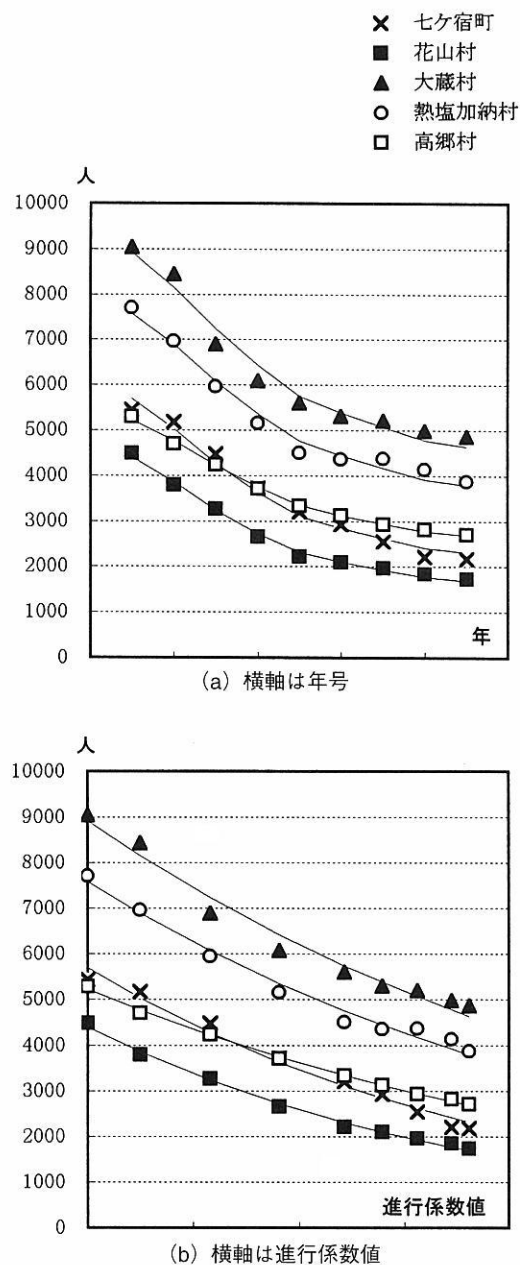


図3 推定結果 ($\alpha \approx 0.9$) ※凡例は右上

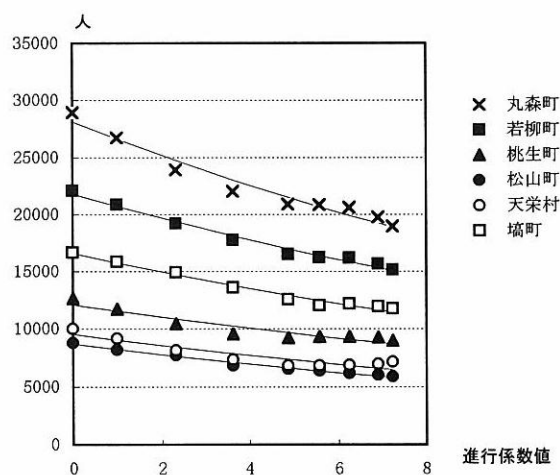


図4 推定結果 ($\alpha \approx 0.95$)

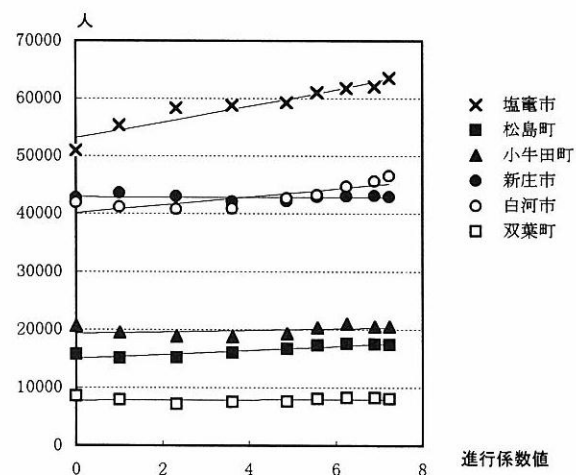


図5 推定結果 ($\alpha \approx 1.0 \sim 1.05$)

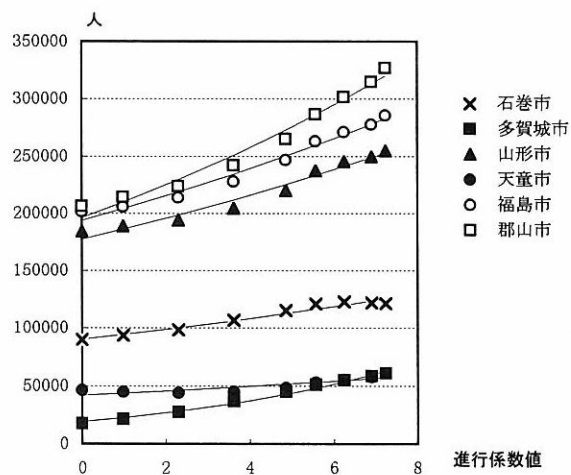


図6 推定結果 ($\alpha > 1.05$)

きている市や、山形市のように停滞してきている市、石巻市のように減少に向かいそうな市の区別も見て取ることができた。

計算に用いた全市町村を α_i によって地図上で表現すると図7になる。ここで記号●は α_i が1以上の市町村、記号△は α_i が0.95以上1未満の市町村、記号△は α_i が0.95未満の市町村である。一般的には山岳地帯で減少が激しく、盆地、平野部で漸減している傾向が読みとられた。また減少しているにしても東北本線沿いの市町村は減少はそれほどでもないこともわかった。なお図3～図6でみたような人口の増減、曲線からのずれ具合の理由は施策だけでなく、市町村の位置関係に強く関係しているであろうことが考えられる。例えば、仙台市等の地方中心都市の衛星都市化、新幹線等交通網の整備による人口減少の停止または加速といったことが考えられよう。

4. まとめ

本研究は人口減少傾向の説明を重視した人口変化のモデルを構築し、それによって南東北地方の205市町村の人口変化傾向の分析を行なった。そして人口変化を十分説明できる結果を得た。また、図2のような人口急減期から人口横ばい期に変化する傾向は、そのままでも指数減衰曲線が当てはまるように見えるが、指数減衰曲線に従いつつも、更にその進行が収まってきている傾向にあると考えた方がよりよく説明できることが示された。

本モデルで、人口の将来予測を行なうためには将来の進行係数を推定する必要がある。推定結果では南関東の人口増加人数との強い相関関係があるようなので、南関東地域の将来人口予測をふまえて進行係数を導出できると思われる。

なお、本研究でのモデルはすべての市町村に共通の係数をもつので、市町村個別に係数を求める場合に比べ、全体としての未知数の数が少ない。本研究で扱った日本国内の人口データは年齢別など様々なデータがそろっているのに、未知数の数が少ないことによる推定上のメリットがあるとはいえない。しかし、未知数の数が少ないことはデータ不足に対応できるという意味も持つので、発展途上国など調査が十分になされていない地域に対しては、この考え方が（本研究とは別な意味で）生かせる可能性があるだろう。

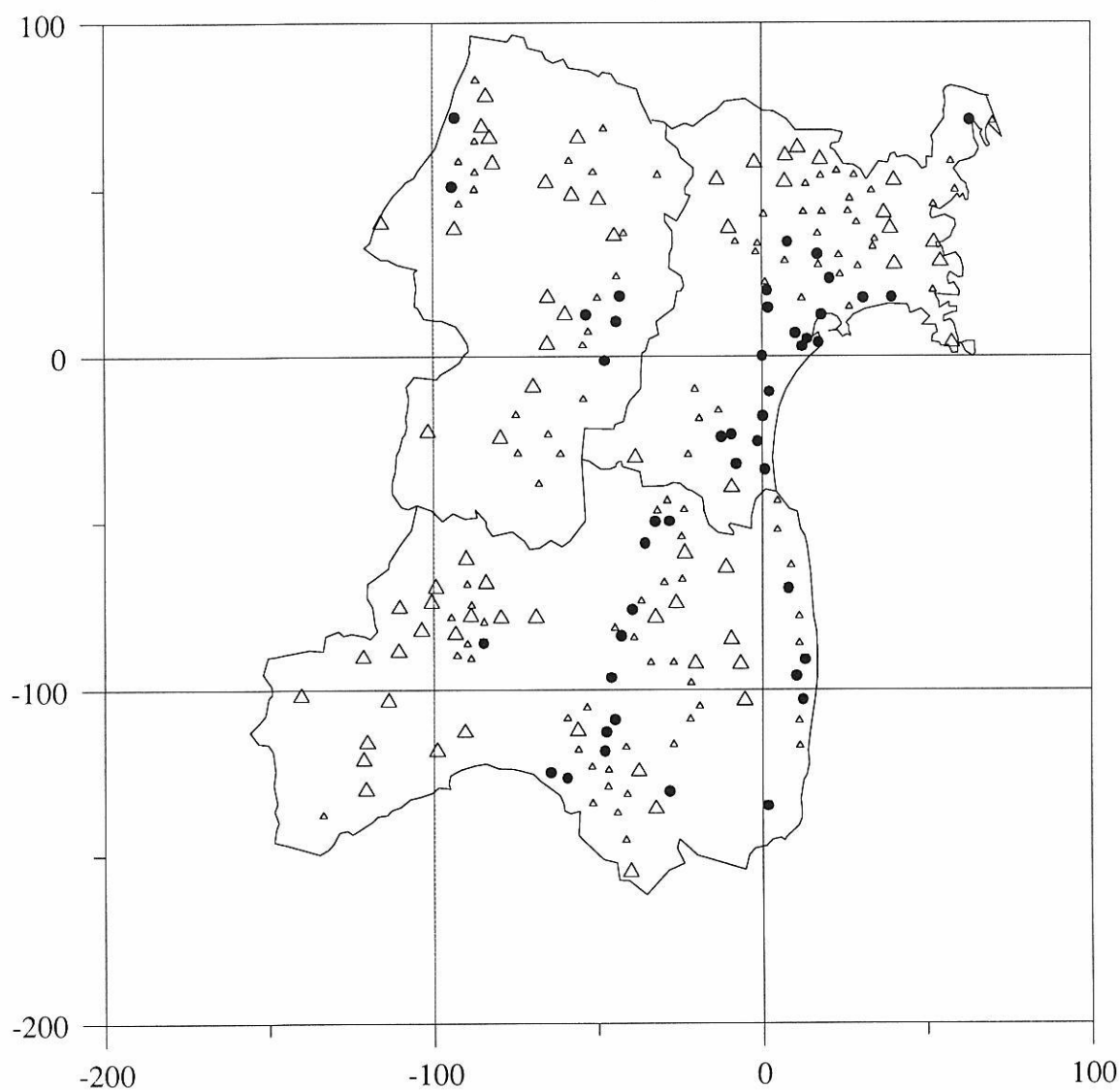


図7 係数 α_i による塗り分け—座標系は仙台市を原点とする

謝 辞

本研究は本学の平成9年度特別研究（課題名：データ不足に対応できる人口変化モデルの研究）による研究助成を受けた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 古藤 浩（1993）『多地域の時系列データの分析—市街地密度の変化曲線を中心として—』，筑波大学社会工学研究科博士論文。
- 2) 茨木俊秀，福島雅夫（1991）「Fortran77最適化プログラミング」，岩波書店。
- 3) 古藤 浩（1993）「人口減少過程のモデル—山形県を例にとって—」，日本OR学会秋季研究発表会アブストラクト集，pp. 148-149。
- 4) 古藤 浩（1994）「多地域データの時系列関数による分析方法」，日本OR学会春季研究発表会アブストラクト集，pp. 29-30。