

## セントログラフィによる東京大都市圏の 市区間人口移動パターンの分析

1. はじめに
2. 対象地域と資料
3. 市区間人口移動にみられるセクター的成分の分析
4. むすび

小森谷 祥 明\*  
杉 浦 芳 夫\*\*  
矢 野 桂 司\*\*\*

### 要 約

本稿ではセントログラフィの方法（標準偏差楕円）を用い、集計された東京大都市圏の人口移動流（昭和55年）の空間的パターンを分析した。その結果、東京23区からの人口流出パターンにはセクター状の偏りがみられることがわかった。

### 1. はじめに

1960年代の高度経済成長期における大都市域への過度の人口集中、1970年代以降の逆流的人口移動である、U・Jターン現象、そして近年のIターン現象による大都市域から地方都市あるいは郊外への人口の分散、さらに人口移動率の低下などにより、戦後のわが国の人口分布および人口移動は大きな変化を遂げてきた（石川，1994）。

そのような中で、東京大都市圏内部の人口移動も変化した<sup>1)</sup>。昭和55（1980）年国勢調査報告を用い、東京大都市圏内部の年齢階級別市区間人口移動の移動パターンを分析した矢野（1989）は、14歳以下の子供を伴う30歳以上の壮年層に代表される年齢層と、20歳代の若・青年層に代表される年齢層に、移動パターンが大別されることを明らか

にした。すなわち、前者が、区部縁辺地域から隣接する周辺郊外地域へ放射状に広がる鉄道路線網に規定された、セクター状の移動パターンを呈するのに対し、後者は、区部内部、とくに山の手地域で完結する相互移動パターンを呈するのである。

とりわけ前者のセクター状の移動パターンについては、諸外国で行なわれている大都市（圏）内の居住地移動の行動論的研究の成果（上田ほか，1996）と一致している。上田ほか（1996）は、こうしたセクター状の移動パターンが住宅情報の偏在によるものと考え、東京大都市圏における新聞折込広告の住宅情報の空間的分布を検討し、住宅情報にもセクター状の偏りがあることを明らかにした。

ところで、矢野（1989）の研究は、因子分析により顕著な人口移動パターンを抽出したものであり、厳密に人口移動にみられるセクター状の偏り

\* 社会調査研究所

\*\* 東京都立大学理学部・都市研究所兼任研究員

\*\*\* 立命館大学文学部

を検討したものではない。そこで、本稿では、東京大都市圏内部の人口移動を矢野（1989）の示した2つのタイプに分け、昭和55（1980）年における市区間総人口移動、同14歳以下の子供を伴う30歳以上の壮年層に代表される年齢層の市区間人口移動、同20歳代の若・青年層に代表される年齢層の市区間人口移動、それぞれのセクター状の偏りの有無をセントログラフィ（Ebdon, 1985）を援用して考察することにした。

なお、ここで使用する国勢調査から得られる年齢階級別市区間人口移動ODデータは、すべてが公表されているわけではない。それゆえ、本稿では公開資料の情報を最大限に利用する特徴をもつエントロピー最大化法（矢野, 1995）を用い、年齢階級別市区間人口移動ODデータを復元する。これにより、集計データに矛盾することなしに、確率的に最も実現しやすい年齢階級別市区間人口移動数が推定される。

## 2. 対象地域と資料

### 2. 1 対象地域

本稿において対象とするのは、東京大都市圏（東京都千代田区役所を中心とする東京50km圏の範囲）内部における昭和54年10月1日から翌昭和55年9月30日までの1年間の年齢階級別市区間人口移動である。対象とする前住地（発地区）は東京都23区、現住地（着地区）は東京50km圏に含まれる昭和55年当時の131市区（東京都23区26市、神奈川県19区13市、千葉県17市、埼玉県33市）とした（図1）。ただし、国勢調査報告から得られる年齢階級別市区間人口移動数は、自地区内、自県内および隣接県間の移動数のみである。また、茨城県のいくつかの市は東京50km圏に含まれるが、茨城県が東京都と直接隣接しないことにより、年齢階級別市区間人口移動ODデータの復元に用いるエントロピー最大化法では、発地区と同県のそれらの市との間の人口移動ODデータの復元が不可能であるため、除かざるをえなかった。

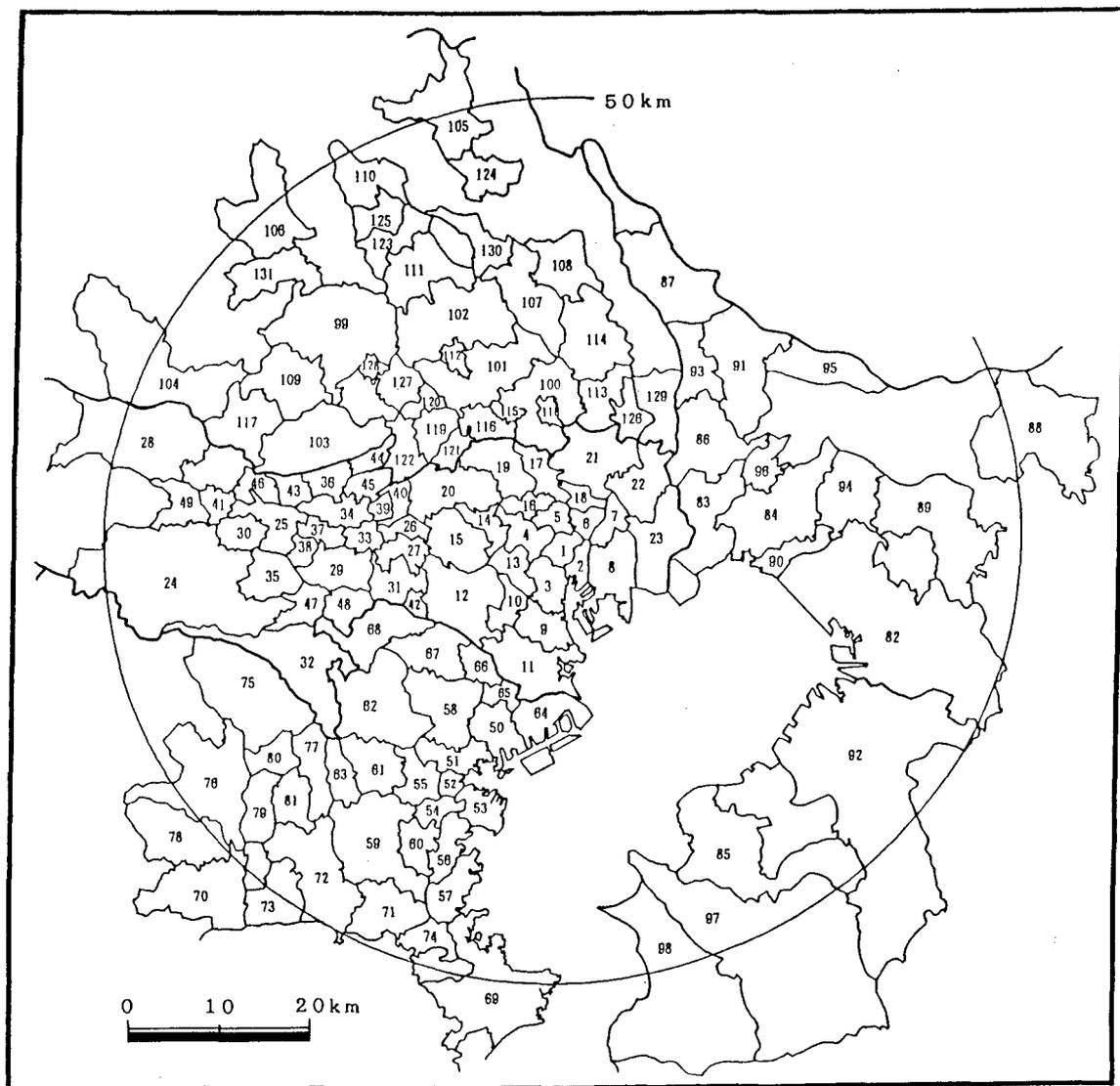
### 2. 2 資料

本稿で用いる資料は、昭和55年国勢調査報告（『第6巻人口移動集計結果その1』収録の第7・8表）に基づく、前住地（発地区）、現住地（着地区）、年齢階級からなる3次元の年齢階級別市区間人口移動ODデータである。しかし、国勢調査報告から得られる公開資料は、50人以上の市区間人口移動数と前述の年齢階級別市区間人口移動数である。そこで、次節ではエントロピー最大化法を用い、未公開資料の推定を行なうことにする。なお、本稿は市区間人口移動に焦点を当てているので、自地区内移動は除外することにした。

また、対象とする年齢階級は、前住地、現住地、年齢階級の3次元の年齢階級別人口移動数の推定においては、0～4歳、5～9歳、10～14歳、15～19歳、20～24歳、25～29歳、30～34歳、35～44歳、45～54歳、55～64歳、65歳以上、の11階級とした。そして、さらにこの11階級を、矢野（1989）に従って、次のようにまとめた。すなわち、1）都心部から放射状に広がる鉄道路線網に規定されたセクター状の移動パターンを呈する、0～4歳、5～9歳、10～14歳、30～34歳、35～44歳、45～54歳、55～64歳、65歳以上、の8階級の合計をAGE1、2）区部内部で完結する相互移動パターンを呈する、15～19歳、20～24歳、25～29歳の3階級の合計をAGE2、3）市区間人口移動総数をALL、とした。

### 2. 3 エントロピー最大化法による未公開資料の推定

エントロピー最大化法による未公開資料の推定方法について述べる前に、国勢調査報告から得られる公開資料について述べておくことにする。本稿で基本となる資料は、前住地（発地区） $i$  ( $i=1, 2, \dots, 23$ )、現住地（着地区） $j$  ( $j=1, 2, \dots, 131$ )、年齢階級 $k$  ( $k=1, 2, \dots, 11$ ) からなる年齢階級別市区間人口移動数  $T_{ijk}$ （年齢階級 $k$ の発地区 $i$ から着地区 $j$ への人口移動数）である。しかしながら、国勢調査報告から得られる公開資料は、 $\sum_i T_{ijk}$ （対象期



- [東京都] 1:千代田区, 2:中央区, 3:港区, 4:新宿区, 5:文京区, 6:台東区, 7:墨田区, 8:江東区, 9:品川区, 10:目黒区, 11:大田区, 12:世田谷区, 13:渋谷区, 14:中野区, 15:杉並区, 16:豊島区, 17:北区, 18:荒川区, 19:板橋区, 20:練馬区, 21:足立区, 22:葛飾区, 23:江戸川区, 24:八王子市, 25:立川市, 26:武蔵野市, 27:三鷹市, 28:青梅市, 29:府中市, 30:昭島市, 31:調布市, 32:町田市, 33:小金井市, 34:小平市, 35:日野市, 36:東村山市, 37:国分寺市, 38:国立市, 39:田無市, 40:保谷市, 41:福生市, 42:狛江市, 43:東大和市, 44:清瀬市, 45:東久留米市, 46:武蔵村山市, 47:多摩市, 48:稲城市, 49:秋川市
- [神奈川県] 横滨市(50:鶴見区, 51:神奈川区, 52:西区, 53:中区, 54:南区, 55:保土ヶ谷区, 56:磯子区, 57:金沢区, 58:港北区, 59:戸塚区, 60:港南区, 61:旭区, 62:緑区, 63:瀬谷区), 川崎市(64:川崎区, 65:幸区, 66:中原区, 67:高津区, 68:多摩区), 69:横須賀市, 70:平塚市, 71:鎌倉市, 72:藤沢市, 73:茅ヶ崎市, 74:逗子市, 75:相模原市, 76:厚木市, 77:大和市, 78:伊勢原市, 79:海老名市, 80:座間市, 81:綾瀬市
- [千葉県] 82:千葉市, 83:市川市, 84:船橋市, 85:木更津市, 86:松戸市, 87:野田市, 88:成田市, 89:佐倉市, 90:習志野市, 91:柏市, 92:市原市, 93:流山市, 94:八千代市, 95:我孫子市, 96:鎌ヶ谷市, 97:君津市, 98:富津市
- [埼玉県] 99:川越市, 100:川口市, 101:浦和市, 102:大宮市, 103:所沢市, 104:飯能市, 105:加須市, 106:東松山市, 107:岩槻市, 108:春日部市, 109:狭山市, 110:鴻巣市, 111:上尾市, 112:与野市, 113:草加市, 114:越谷市, 115:蕨市, 116:戸田市, 117:入間市, 118:鳩ヶ谷市, 119:朝霞市, 120:志木市, 121:和光市, 122:新座市, 123:桶川市, 124:久喜市, 125:北本市, 126:八潮市, 127:富士見市, 128:上福岡市, 129:三郷市, 130:蓮田市, 131:坂戸市

図1 対象地域(東京大都市圏)

間内に、現住地に転入した年齢階級別市区間人口移動数)、 $\sum_j T_{ijk}$  (対象期間内に、前住地から転出した年齢階級別市区間人口移動数)、 $\sum_k T_{ijk}$  (対象期間内の市区間人口移動数、ただし、公開されているのは総数50人以上の市区間人口移動数のみである)、そして、2次元の市区間人口移動OD行列の行和にあたる $\sum_j T_{ij}$  (対象期間内に前住地から転出した総転出人口、以下 $P_i$ とする)、列和にあたる $\sum_i T_{ij}$  (対象期間内に現住地に転入した総転入人口、以下 $Q_j$ とする)である。

市区間人口移動ODデータは、前述のように50人以上の人口移動流についてのみ公表されている。そこで、2次元の市区間人口移動ODデータ行列と3次元の年齢階級別市区間人口移動ODデータ行列それぞれに対しエントロピー最大化法を適用して、50人未満の市区間人口移動数および年齢階級別市区間人口移動数の推定を行なうことにする。このうち、前者は、発地区ごとの総転出人口数と着地区ごとの総転入人口数を制約条件とし、発着地区間の人口移動数 $T_{ij}$  ( $= \sum_k T_{ijk}$ ) を推定するものである。後者は、2次元の市区間人口移動ODデータ推定により得られた市区間人口移動数と、地区ごとの年齢階級別転出・転入人口数を制約条件として、年齢階級別市区間人口移動数 $T_{ijk}$ を推定するものである。

#### (1) 市区間人口移動ODデータ ( $T_{ij}$ ) の推定

国勢調査報告から得られる市区間人口移動ODデータは、50人未満の人口移動流については公表されていないものの、主要な人口移動流のほとんどが公表されている。したがって、ここではこれらの公開資料を制約条件として、エントロピー最大化法を用い、50人未満の未公開資料を推定することにする。市区間人口移動総数を $N$  ( $= \sum_i \sum_j T_{ij}$ ) とすると、ここでいうエントロピー最大化とは、 $N$

の中から $T_{ij}$ を選ぶ場合の組合せの数の最大値をみつけることにほかならない。すなわち、この場合の確率的エントロピー $S$ は、次式で表わされることになる。

$$S = N! / \prod_{ij} T_{ij}! \quad (1)$$

しかし、現実のデータに矛盾することなしに、最も実現しやすい市区間人口移動数を推定するということは、

$$\sum_j T_{ij} = P_i \quad (2)$$

$$\sum_i T_{ij} = Q_j \quad (3)$$

という2つの制約条件のもとで、このエントロピー $S$ の組合せの数の最大値をみつけることである。50人以上の市区間人口移動流は公開資料として得られるので、未公開の市区間人口移動ODデータの行和および列和に相当するものをそれぞれ $X_i$ 、 $Y_j$ とすると、それらは、総転出・転入人口から、既知の市区間人口移動ODデータの行和 $C_i$ および列和 $D_j$ を引くことにより算出される。

$$X_i = P_i - C_i \quad (4)$$

$$Y_j = Q_j - D_j \quad (5)$$

そして、エントロピー最大化の理論に従えば、未公開の市区間人口移動数 $T_{ij}$ は、2つの均衡因子を用いた、次式により推定することができる (Chilton and Poet, 1973, pp.135-139)。

$$T_{ij} = A_i \cdot B_j \quad (T_{ij} < 50) \quad (6)$$

ただし、

$$A_i \sum_j B_j = X_i \quad (7)$$

$$B_j \sum_i A_i = Y_j \quad (8)$$

であり、 $r$ を未公開データの集合であるとすると、 $(i, j) \in r$ である。なお、この2つの均衡因子は、反復計算を用いて推定され、最終的に、先の2つの制約条件式(2)・(3)を満たす、現実にも最も実現しやすい市区間人口移動数が推定されることになる。

以上の方法により、東京都23区を発地区、東京

大都市圏内の131市区を着地区とする市区間人口移動矩形ODデータが理論上完全に復元されることになる。

## (2) 年齢階級別市区間人口移動ODデータ ( $T_{ijk}$ ) の推定

ここでは、先の方法を拡張して、3次元の年齢階級別市区間人口移動ODデータを推定する。先に推定した50人未満の人口移動も含めた市区間人口移動数  $T_{ij}$  を3番目の制約条件として加え、式(1)で定義されたエントロピー  $S$  を最大化させると、年齢階級別市区間人口移動  $T_{ijk}$  は、3つの均衡因子を用い、次式で推定されることになる (Chilton and Poet, 1973, pp.139-141)。

$$T_{ijk} = A_{ij} \cdot B_{jk} \cdot C_{ik} \quad (9)$$

ただし、

$$C_{ik} \sum_j A_{ij} B_{jk} = X_{ik} \quad (10)$$

$$B_{jk} \sum_i C_{ik} A_{ij} = Y_{jk} \quad (11)$$

$$A_{ij} \sum_k B_{jk} C_{ik} = T_{ij} \quad (12)$$

であり、 $X_{ik}$ 、 $Y_{jk}$  は、未公開の  $k$  年齢階級における市区間人口移動ODデータの行和、列和であり、 $r$  を未公開データの集合であるとすると、 $(i, j, k) \in r$  である。これらの均衡因子は、2次元の市区間人口移動ODデータ推定の場合と同様な反復計算によって推定される。

これによって、東京都23区を発地区、東京都23区26市を着地区とする年齢階級別市区間人口移動ODデータは完全に復元される。しかし、東京都23区から東京都以外の、神奈川県・千葉県・埼玉県内の82市区への年齢階級別市区間人口移動は、各発地区からそれら82市区への年齢階級別人口移動数の情報が得られないため、先の手順を適用することができない。ところが、東京都23区から隣接する神奈川県・千葉県・埼玉県・山梨の4県（ただし、本稿において山梨県は対象地域に含まれない）への総転

出・転入人口が公開資料として得られるので、それを制約条件として加え、エントロピー最大化法を適用することにより、東京都23区を発地区、東京大都市圏内の131市区を着地区とした、年齢階級別市区間人口移動矩形ODデータが理論上完全に復元されることになる。

## 3. 市区間人口移動にみられるセクター的成分の分析

### 3.1 卓越流による分析

#### (1) 発地区ごとの卓越流の特性

市区間人口移動流にみられる特徴を明らかにするために、最初に卓越流を用いて分析を行なう。東京都23区を発地区とし、ALL、AGE1、AGE2それぞれについて、最大移動流と、最大移動流の1/2以上の移動流を矢印で示したものが、図2~24である。なお、基点は市区役所である。

全般的にいえる特徴としては、次のようなことを指摘しうる。すなわち、最大移動流は、東京都千代田区役所を中心として、より外側の、または隣接する市区へ向かう移動流であり、AGE2に比べAGE1の移動流の方が、距離的な制約をあまり受けず、より遠い市区への移動が卓越しているということである。

さらに詳しくみてみると、東京都区部縁辺部に位置する発地区ほどAGE1とAGE2の違いが明らかになることがわかる。例えば、世田谷区の最大移動流は、AGE1・AGE2ともに杉並区へ向かっているが、最大移動流の1/2以上の移動流は、AGE2が東京都区部の目黒・渋谷・大田区へ向かっているのに対し、AGE1は目黒区、川崎市高津区、町田市、横浜市緑区、川崎市多摩区、渋谷・大田区、調布市というように、東京都区部の他に、世田谷区を通り郊外へ延びる京王帝都京王線・小田急小

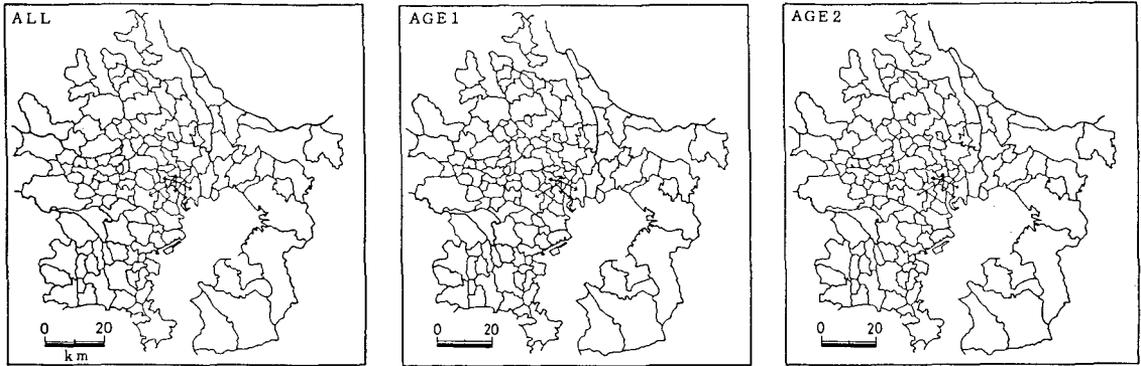


図2 千代田区を発地区とする人口移動卓越流 (←: 最大移動流, ←: 最大移動流の1/2以上の移動流)

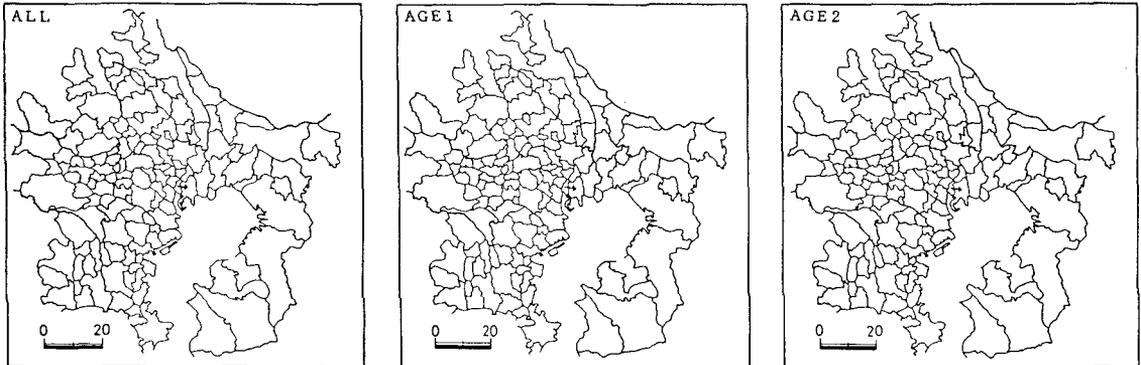


図3 中央区を発地区とする人口移動卓越流

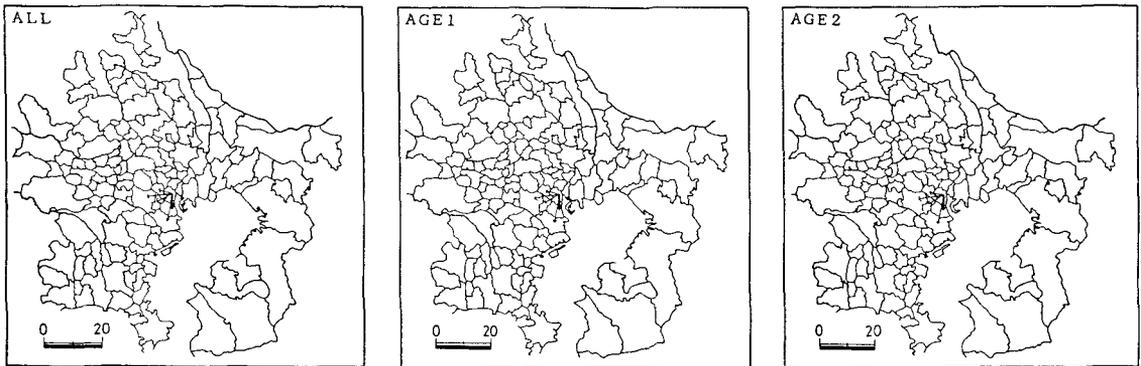


図4 港区を発地区とする人口移動卓越流

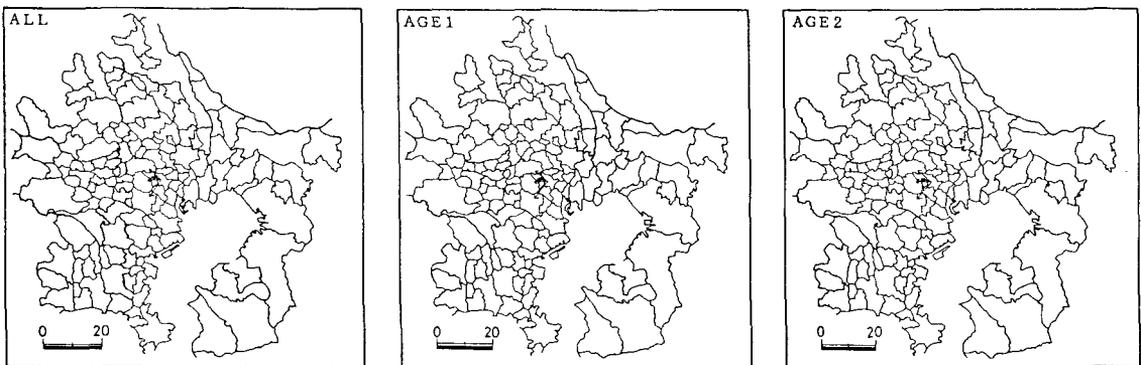


図5 新宿区を発地区とする人口移動卓越流

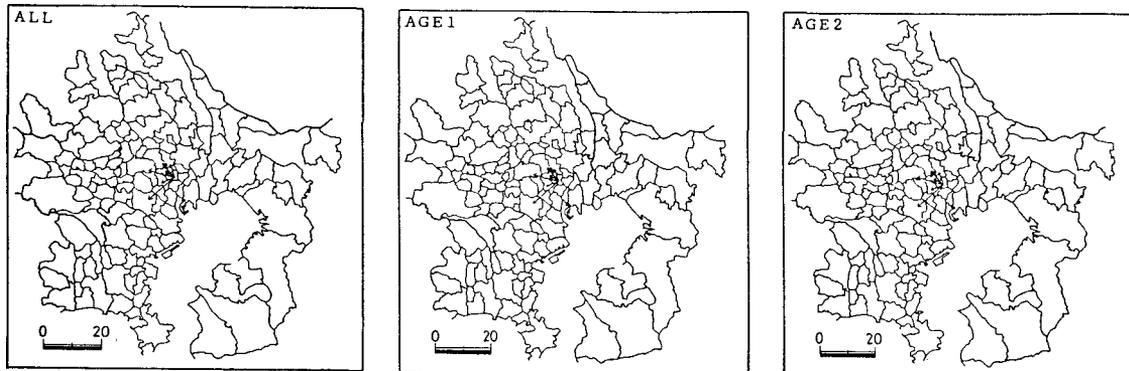


図6 文京区を発地区とする人口移動卓越流

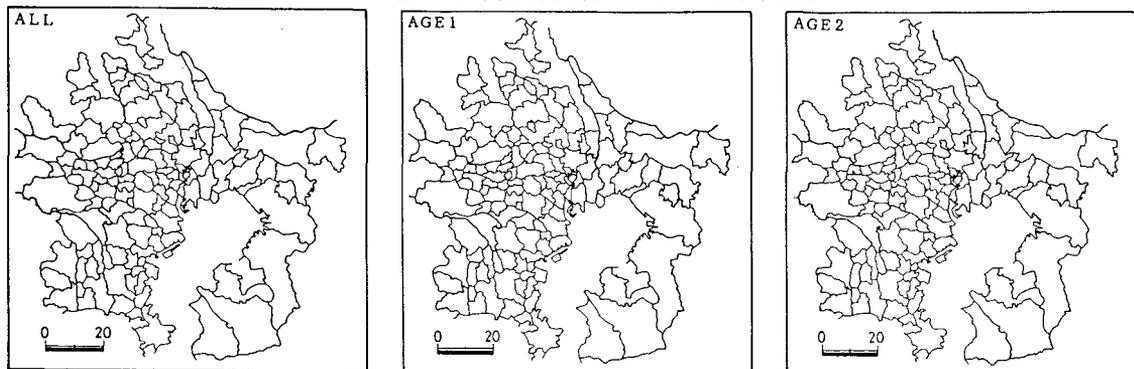


図7 台東区を発地区とする人口移動卓越流

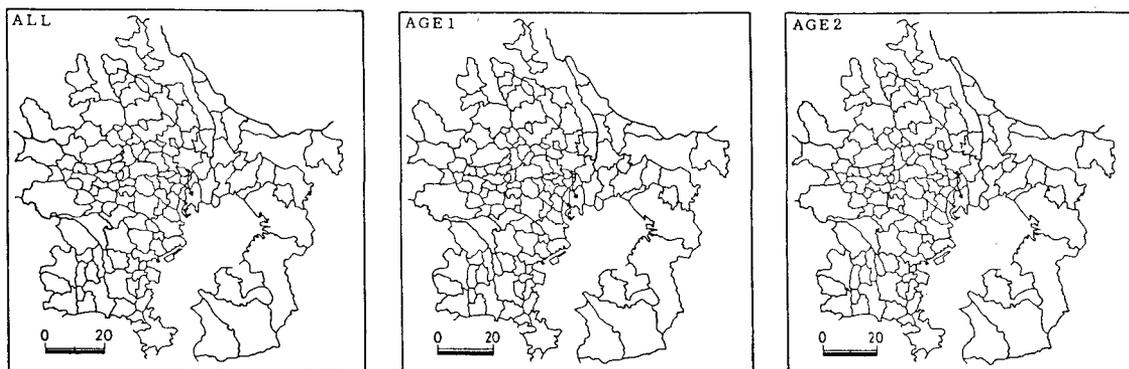


図8 墨田区を発地区とする人口移動卓越流

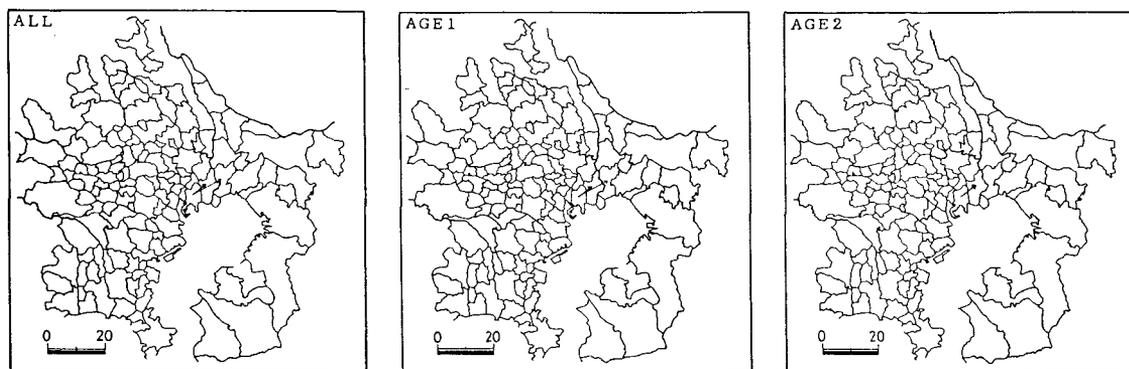


図9 江東区を発地区とする人口移動卓越流

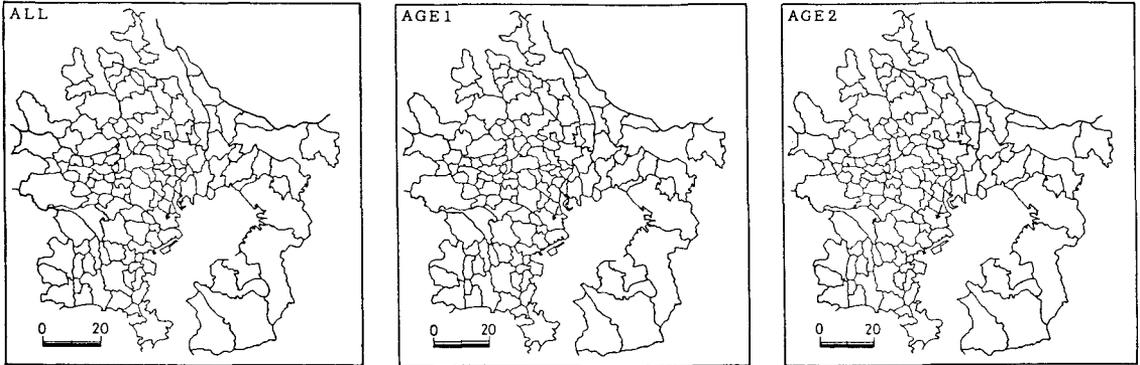


図10 品川区を発地区とする人口移動卓越流

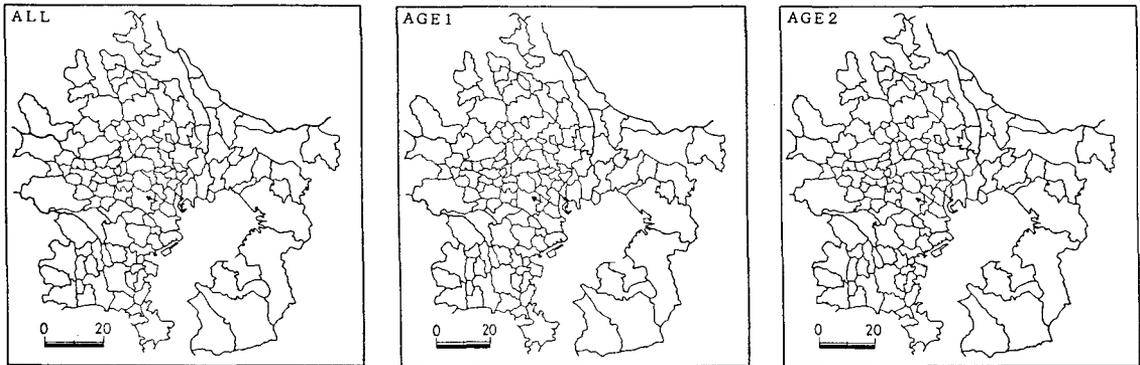


図11 目黒区を発地区とする人口移動卓越流

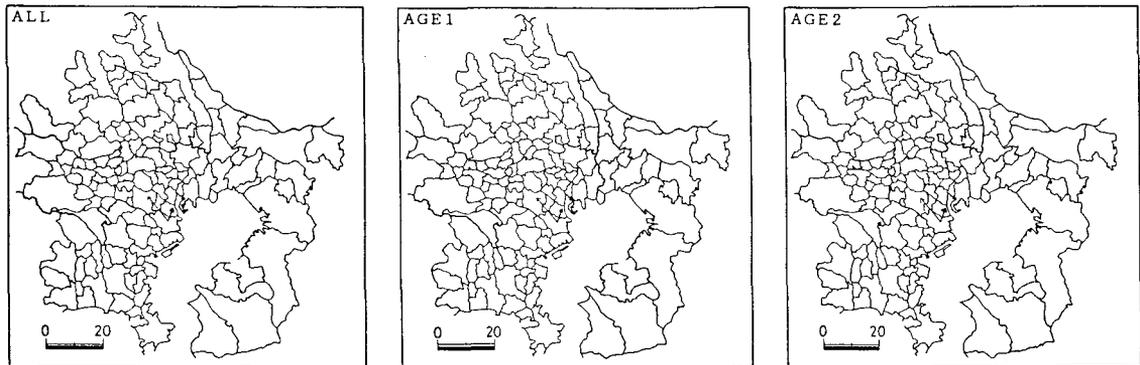


図12 大田区を発地区とする人口移動卓越流

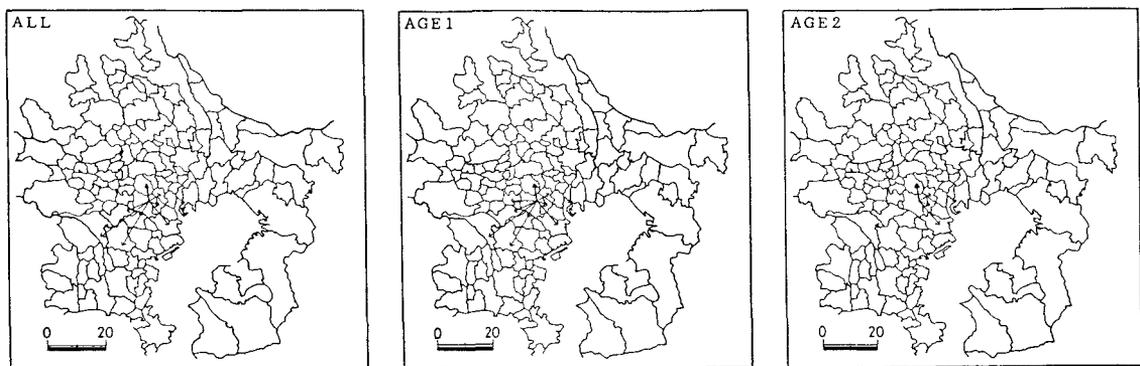


図13 世田谷区を発地区とする人口移動卓越流

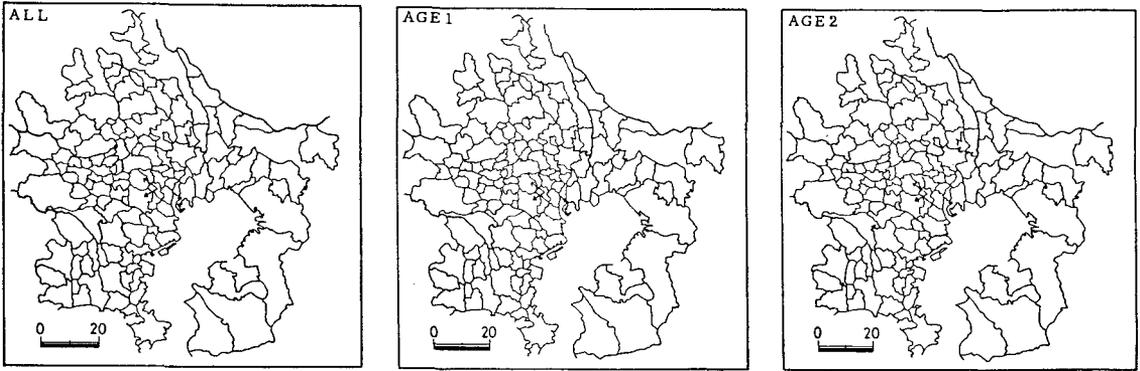


図14 渋谷区を発地区とする人口移動卓越流

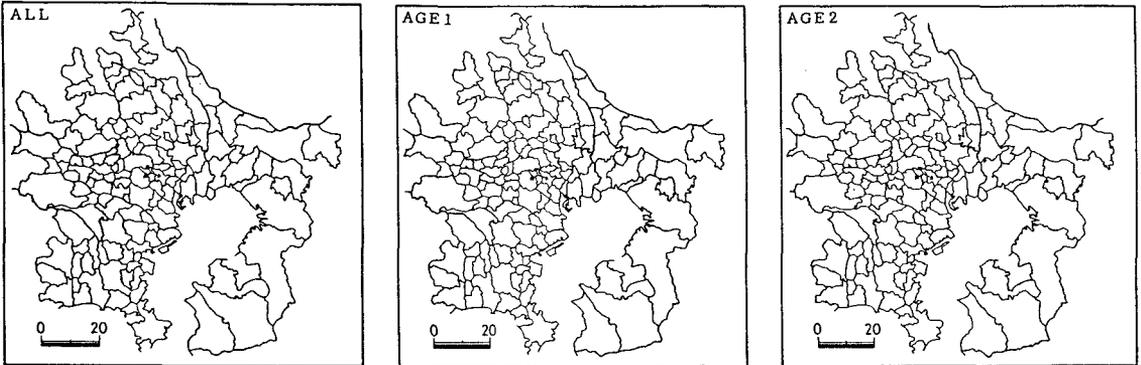


図15 中野区を発地区とする人口移動卓越流

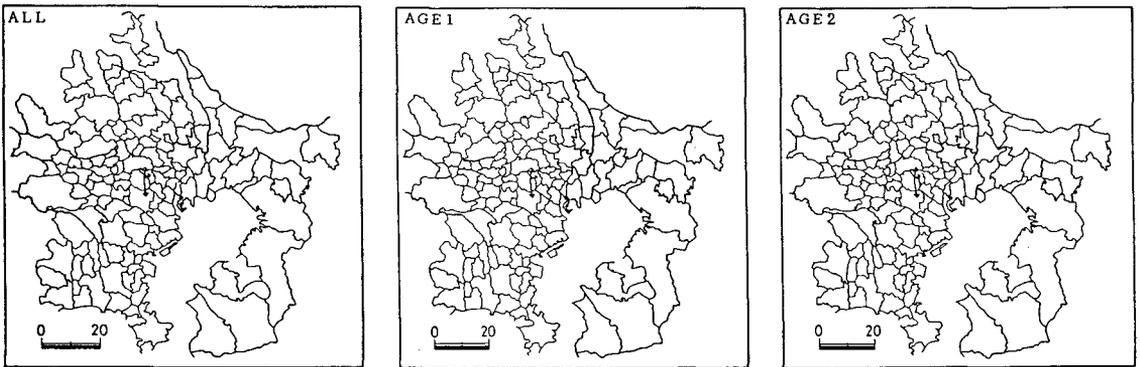


図16 杉並区を発地区とする人口移動卓越流

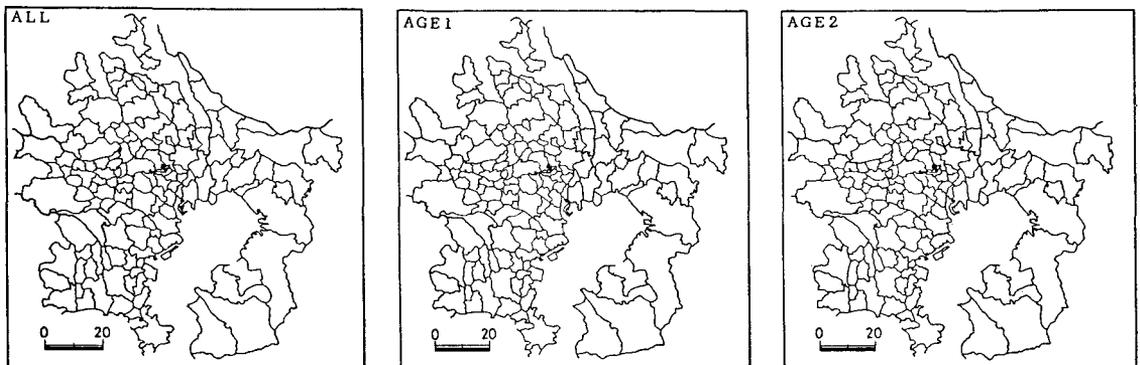


図17 豊島区を発地区とする人口移動卓越流

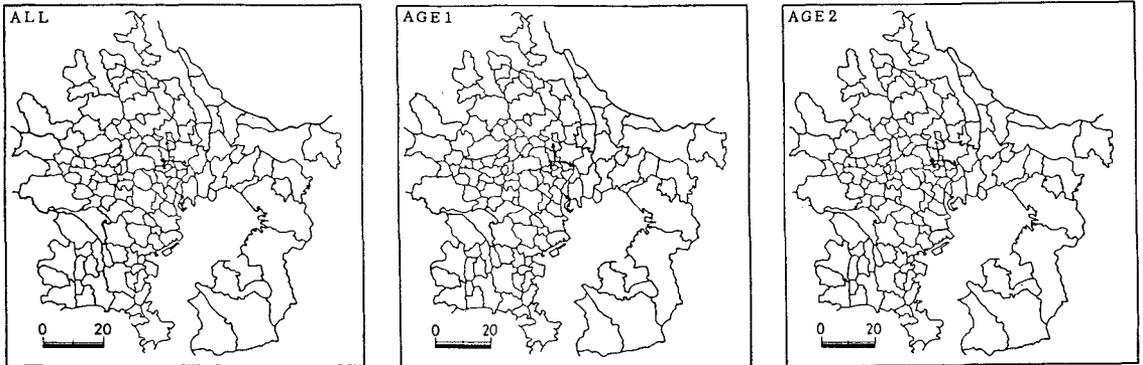


図18 北区を発地区とする人口移動卓越流

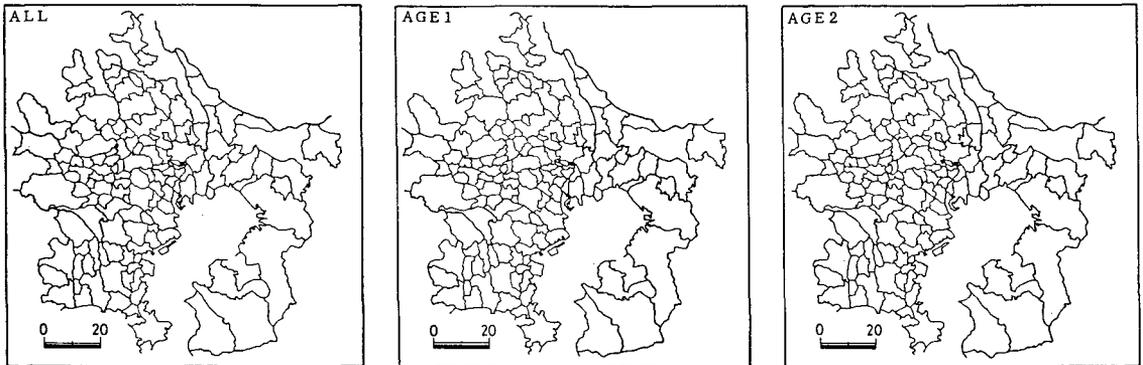


図19 荒川区を発地区とする人口移動卓越流

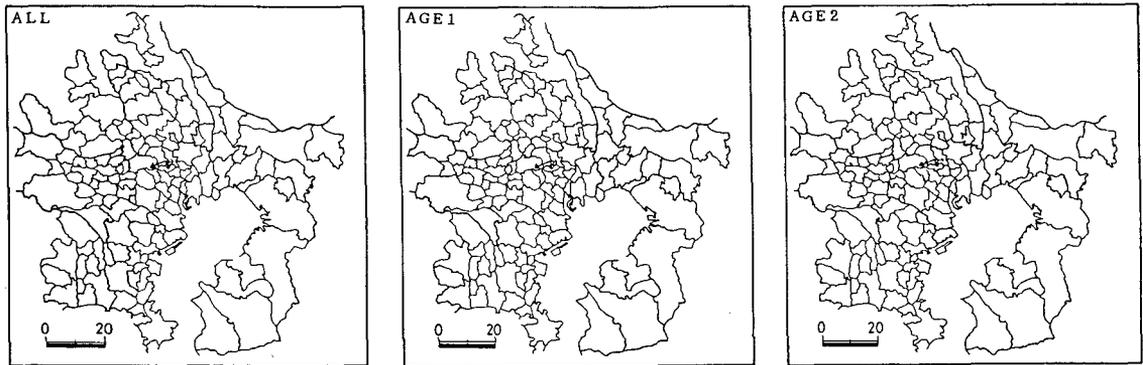


図20 板橋区を発地区とする人口移動卓越流

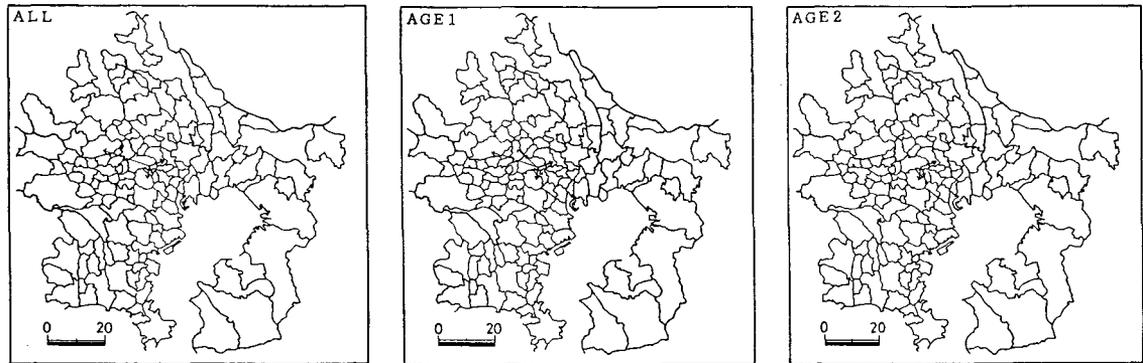


図21 練馬区を発地区とする人口移動卓越流

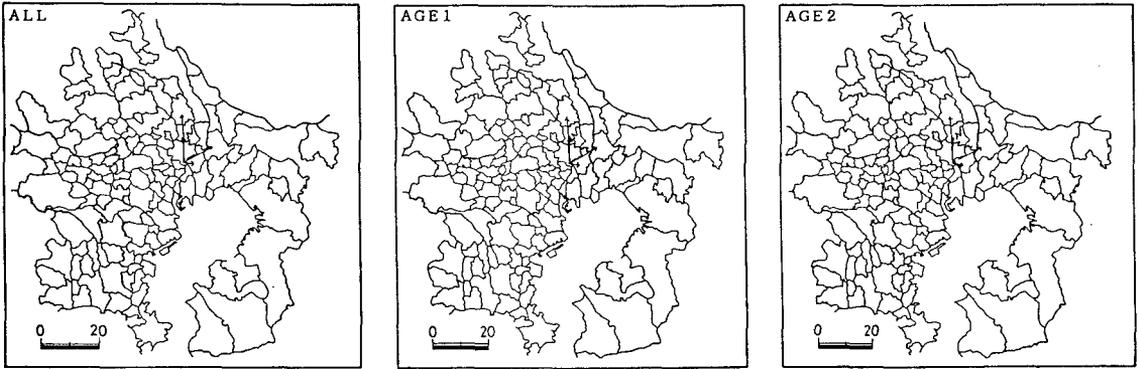


図22 足立区を発地区とする人口移動卓越流

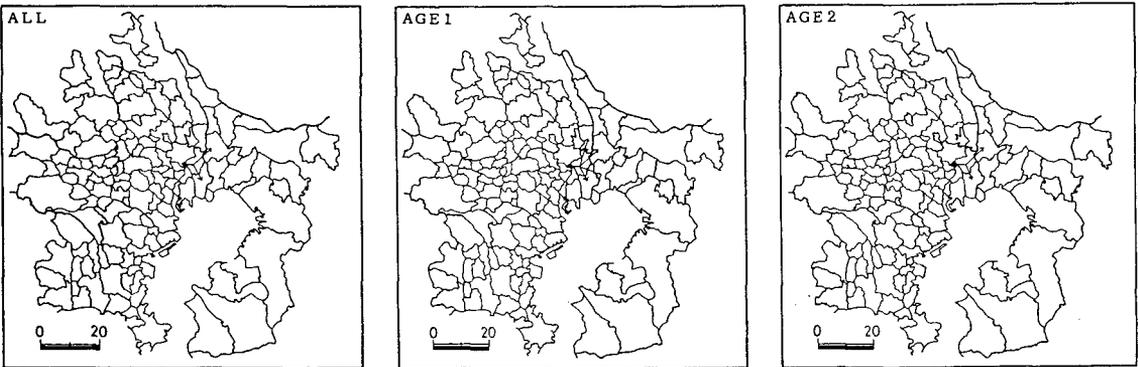


図23 葛飾区を発地区とする人口移動卓越流

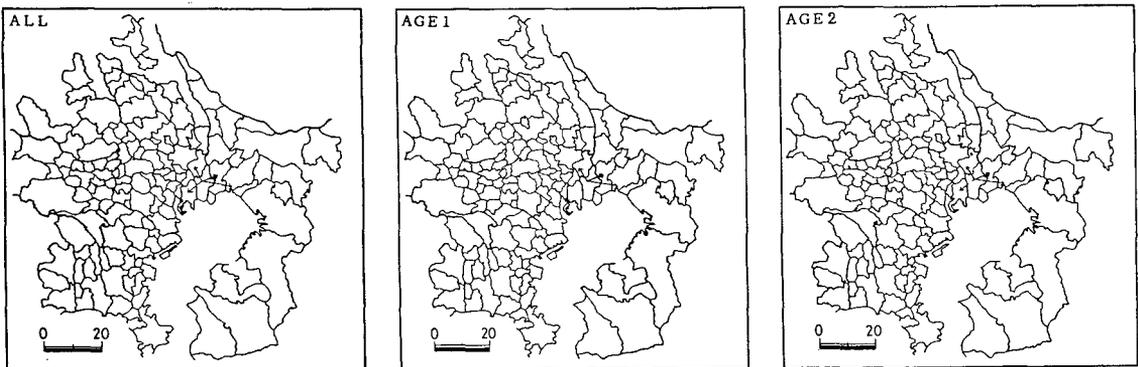


図24 江戸川区を発地区とする人口移動卓越流

田原線・東急田園都市線沿線の市区へ向かっている。これは、AGE1は鉄道路線網に規定されたセクター的移動パターンを呈し、AGE2は区部内部、とくに山の手地域で完結する相互移動パターンを呈するという、矢野（1989）の結果と一致するものである。また、足立区の最大移動流はAGE1が草加市、AGE2が葛飾区へ向かうものであり、最大移動流の1/2以上の移動流はAGE1が越谷市、葛飾区、松戸市、AGE2は草加市、越谷市、松戸

市へ向かっている。これも世田谷区の場合と同様、矢野（1989）の結果と合致する。このような傾向を示す発地区としては、他に北・練馬・葛飾・江戸川区がある。これらの発地区に対し、港・台東・品川・目黒・渋谷・中野・豊島区は、最大移動流の1/3以上の移動流までを対象としても、ALL・AGE1・AGE2ともに、移動流の行き先は同じである（図略）。

(2) 卓越流の型分類

図2~24を用い、卓越流をその移動傾向から4つの型に分類したものが表1である。このうち、分散1型は全方向に卓越流が向かうタイプ、分散2型は卓越流の方向が一定しないタイプ、一極集中型は卓越流が1つの地区に向かうタイプ、セクター型は卓越流がある一定の方向に向かうタイプである。また、分散2型・一極集中型・セクター型については、卓越流の向かう方向が東京都千代田区役所を中心として、発地区に対し外側か、内側かについても区別した。

分散1型は、千代田・中野・北・葛飾区のALL・AGE1・AGE2と世田谷・練馬区のALL・AGE1、江戸川区のALL・AGE2の18流動にみられる。その分類理由は、千代田区の3流動は、同区が東京大都市圏の中心部に位置するためである。その他の15流動は、魅力度の高い地区が隣接、または近隣に位置することと、中心からみて外側の特定方向へ向かうセクター的移動傾向が同時に生じたためである。なお、本稿では魅力度を総流入人口で代替し、その分布を表わしたものが図25である。

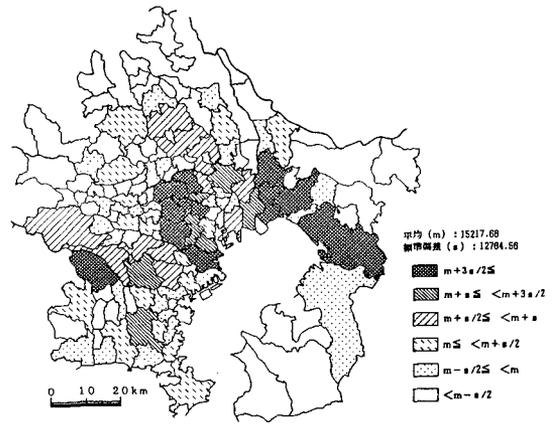


図25 総流入人口 (W1) の分布

分散2型は、墨田・杉並・豊島・荒川・板橋区のALL・AGE1・AGE2の15流動にみられる。このうち、杉並・板橋区の6流動は卓越流が内側に向かっている。これらは、隣接する魅力度の高い東京都区部への移動が卓越するためである。なお、これに関しては、墨田・豊島・荒川区は東京都区部の比較的中心部近くにあり、杉並・板橋区は東京都区部縁辺部にあるという位置関係のために、卓越流の向かう方向に外側、内側という差が生じたのである。

一極集中型は、中央・品川・目黒区のALL・AGE1・AGE2、江東区のAGE2の10流動にみられ、すべて卓越流が外側へ向かっている。これは、隣接する地区のうち、外側にある特定の地区の魅力度が高いためである。

セクター型は、港・新宿・文京・台東・大田・渋谷・足立区のALL・AGE1・AGE2、江東区のALL・AGE1、世田谷・練馬区のAGE2、江戸川区のAGE1の計26流動にみられる。このうち、大田区のALL・AGE1・AGE2、世田谷・練馬区のAGE2の5流動は、卓越流が内側へ向かっている。卓越流が外側へ向かうものは、都心部から放射状に延びる鉄道路線上、あるいは魅力度の高いより外側の地区への移動が卓越するために、セクター型に分類される。また、卓越流が内側へ向かうものは、東京都区部縁辺部に位置し、区部内部に魅力度の高い地区があるため、セクター型に分類されることにな

表1 卓越流の型分類

区	ALL	AGE1	AGE2
千代田	分散1	分散1	分散1
中央	一極集中	一極集中	一極集中
港	セクター	セクター	セクター
新宿	セクター	セクター	セクター
文京	セクター	セクター	セクター
台東	セクター	セクター	セクター
墨田	分散2	分散2	分散2
江東	セクター	セクター	一極集中
品川	一極集中	一極集中	一極集中
目黒	一極集中	一極集中	一極集中
大田	セクター	セクター	セクター
世田谷	分散1	分散1	セクター
渋谷	セクター	セクター	セクター
中野	分散1	分散1	分散1
杉並	分散2	分散2	分散2
豊島	分散2	分散2	分散2
北	分散1	分散1	分散1
荒川	分散2	分散2	分散2
板橋	分散2	分散2	分散2
練馬	分散1	分散1	セクター
足立	セクター	セクター	セクター
葛飾	分散1	分散1	分散1
江戸	分散1	セクター	分散1

内：卓越流の方向が都心方向。  
外：卓越流の方向が郊外方向。

る。

以上をまとめてみると、東京大都市圏内部の市区間人口移動には、次のような特徴がある。一極集中型の10流動およびセクター型中の21流動の計31流動は、卓越流の方向が外側に向かっている。したがって、本研究において対象とする市区間人口移動69流動（23発地区×3流動）のうち、約半数の流動において、外側へのセクター的移動が卓越するといえる。

### 3. 2 標準偏差楕円による分析

#### (1) 標準偏差楕円の定義

標準偏差楕円は、空間的分布の方向と形状を、楕円により図的に表現する測定手法である（Ebdon, 1985）。

いま、直交座標系上に地点  $i = 1, 2, \dots, n$  があり、それぞれ異なる加重値  $W_i$ （本稿の場合、ある1つの発地区から着地区  $i$  への流出入口）を有しているとす。加重平均中心（重心）の  $X \cdot Y$  座標はそれぞれ、次式で表わされる。

$$\bar{X}_w = \sum_i X_i W_i / \sum_i W_i \quad (13)$$

$$\bar{Y}_w = \sum_i Y_i W_i / \sum_i W_i \quad (14)$$

ただし、 $\bar{X}_w$  は加重平均中心の  $X$  座標、 $\bar{Y}_w$  は加重平均中心の  $Y$  座標、 $X_i$  は地点  $i$  の  $X$  座標、 $Y_i$  は地点  $i$  の  $Y$  座標、 $W_i$  は地点  $i$  の加重値である。

そして、地点  $i$  の位置は、加重平均中心 ( $\bar{X}_w, \bar{Y}_w$ ) を原点にもつ新しい  $X'Y'$  座標 ( $X_i', Y_i'$ )

$$X_i' = X_i - \bar{X}_w \quad (15)$$

$$Y_i' = Y_i - \bar{Y}_w \quad (16)$$

に変換される。

次に、重み付けられた分布の方向性を表わす回転角度  $\theta$  は、

$$\tan \theta = [A + \sqrt{A^2 + 4B^2}] / 2B \quad (17)$$

である。ただし、

$$A = \sum_i X_i'^2 W_i - \sum_i Y_i'^2 W_i \quad (18)$$

$$B = \sum_i X_i' Y_i' W_i \quad (19)$$

であり、 $\theta$  は  $Y'$  軸と  $Y$  軸のなす角度である。

回転した  $X' \cdot Y'$  軸方向に平行な標準偏差値を、そ

れぞれ  $\sigma_x, \sigma_y$  とすると、 $\sigma_x, \sigma_y$  は回転公式を用い、次のように表わすことができる。

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_i (X_i' \cos \theta + Y_i' \sin \theta)^2 W_i / \sum_i W_i} \quad (20)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_i (Y_i' \cos \theta - X_i' \sin \theta)^2 W_i / \sum_i W_i} \quad (21)$$

以上で求めた標準偏差楕円によれば、1) 分布の中心は加重平均中心で、2) 分布の散布度は  $\sigma_x, \sigma_y$  で、3) 分布の方向性は楕円の長軸 ( $\sigma_x, \sigma_y$  のうちで大きい値をもつもの) の方向で、4) 分布の形状 (円に近い楕円に近いかの判定) は楕円の短軸の長さを長軸の長さで除した偏平率 (この値が1の場合は円、0の場合は直線を示す) で、それぞれ示される。

#### (2) 標準偏差楕円による市区間人口移動の分布・方向・形状の分析

標準偏差楕円を用い、市区間人口移動の移動パターンの特徴を明らかにするため、ALL、AGE1、AGE2 それぞれについて、発地区（東京都23区）ごとに、加重平均中心の位置と標準偏差楕円を示したものが、図26～48である。なお、ここでも基点は市区役所とした。また、表2～4は求められた標準偏差楕円の特性を示す、加重平均中心座標、 $X' \cdot Y'$  軸方向に平行な標準偏差値、偏平率、回転角を、発地区ごと、ALL・AGE1・AGE2別に示したものである。

全般的な特徴としては、次のようなことを指摘できる。まず、 $X' \cdot Y'$  軸に平行な標準偏差値は、 $\sigma_x \cdot \sigma_y$  ともに、AGE1・ALL・AGE2の順に小さくなる。そして、東京都区部縁辺部における加重平均中心は、その基点である区役所より都心部の近くに位置することである。このうち前者の特徴は、AGE1の方がAGE2に比べ、市区間人口移動の地区間のバラツキが大きい、つまりAGE2の方が距離的な制約を強く受けることを示すものである。後者の特徴は、前節の卓越流による分析ではみられなかったもので、全体的に東京都区部への流入量が大きいために生じたものである。

加重平均中心は、発地区内か発地区に隣接する

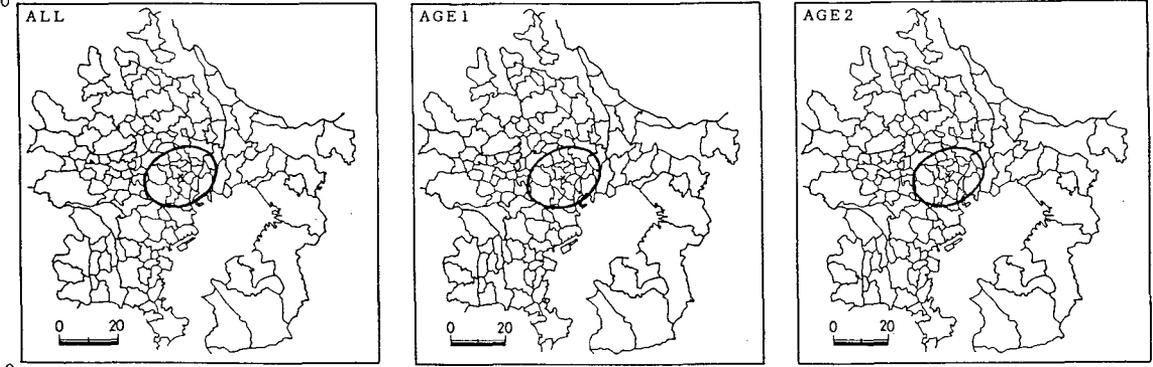


図26 千代田区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (× : 加重平均中心)

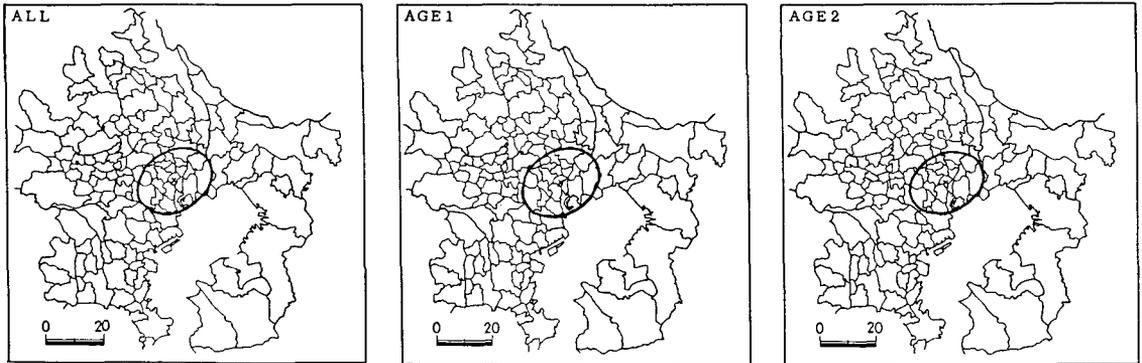


図27 中央区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (× : 加重平均中心)

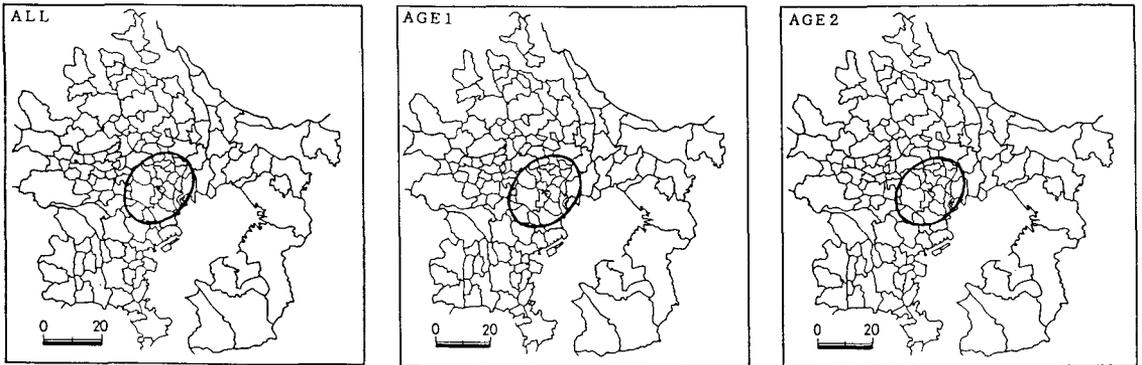


図28 港区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (× : 加重平均中心)

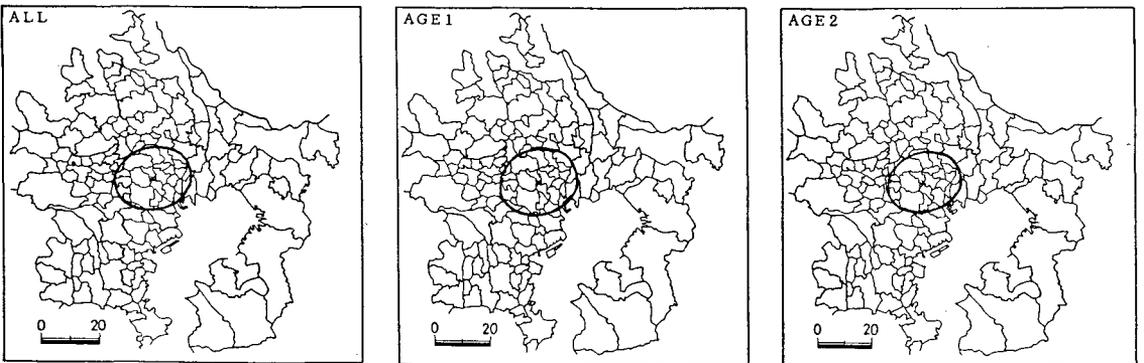


図29 新宿区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (× : 加重平均中心)

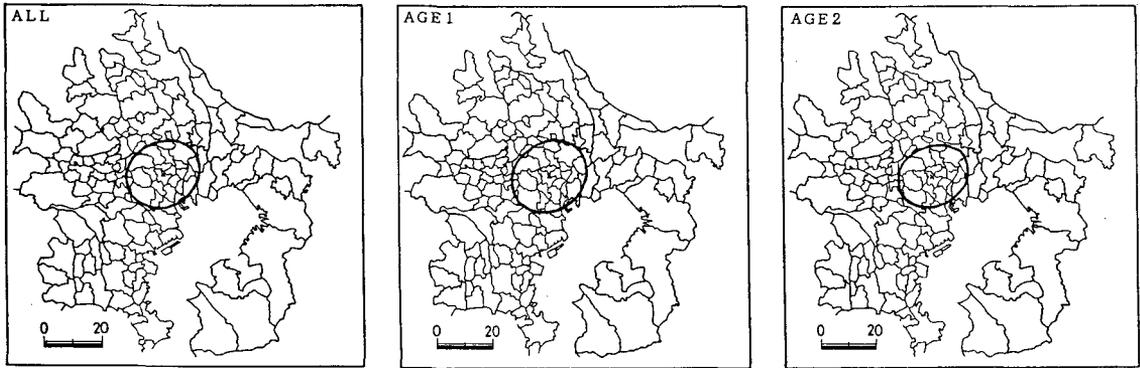


図30 文京区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

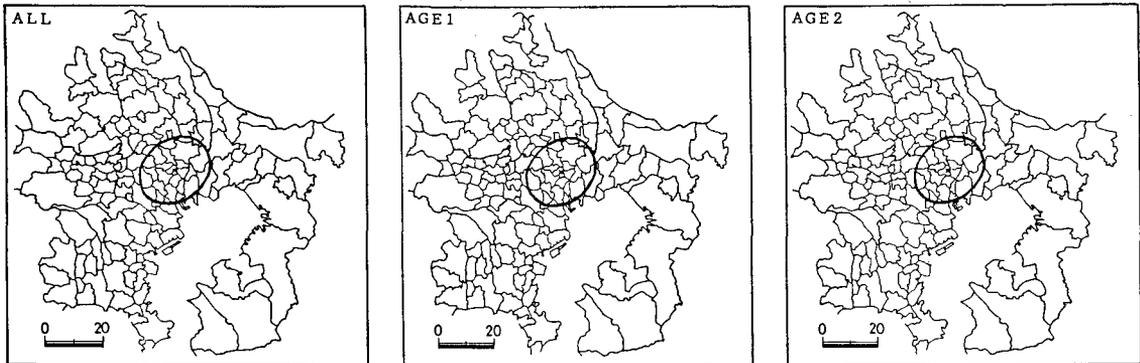


図31 台東区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

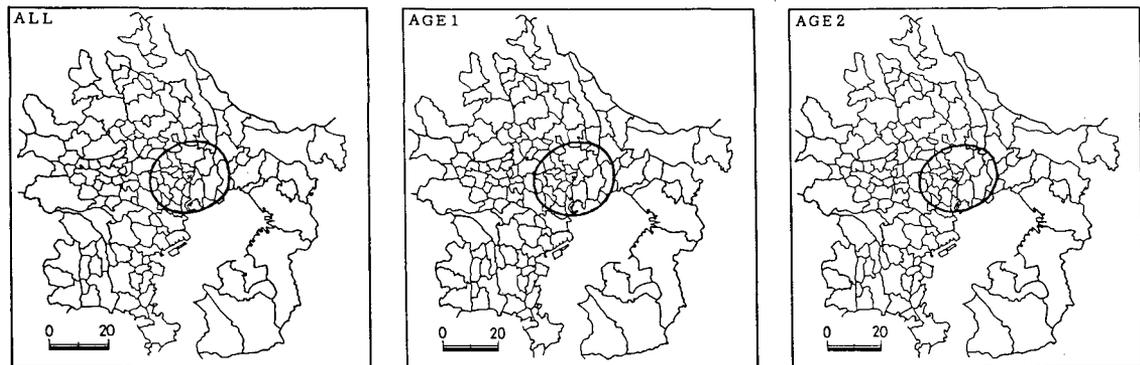


図32 墨田区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

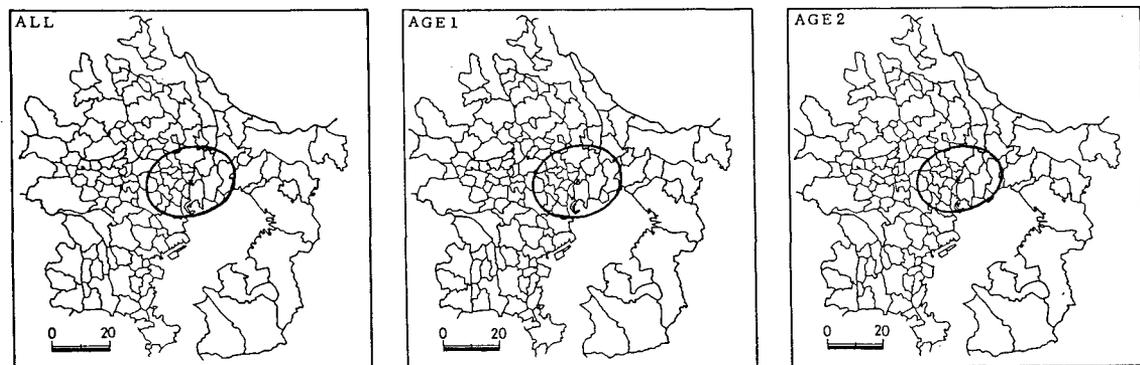


図33 江東区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

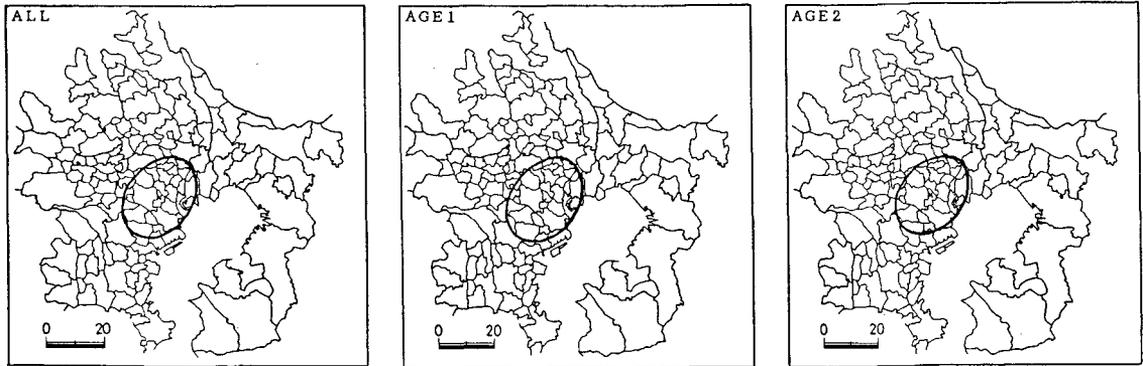


図34 品川区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×:加重平均中心)

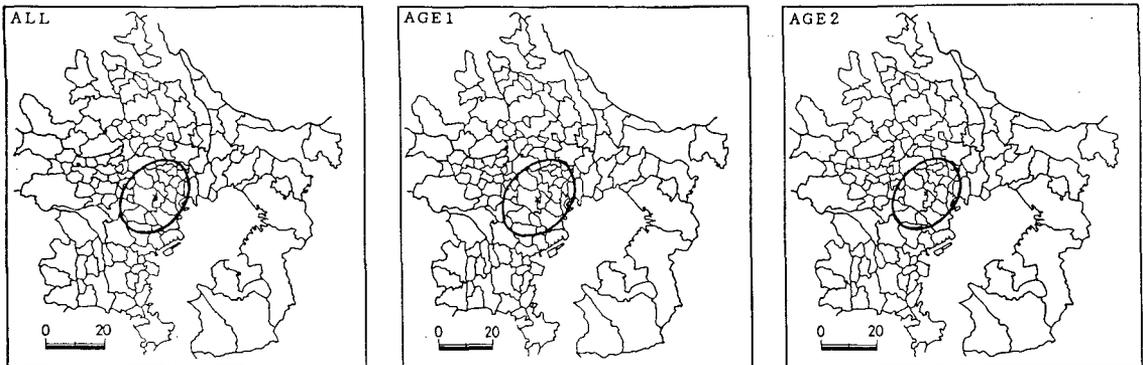


図35 目黒区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×:加重平均中心)

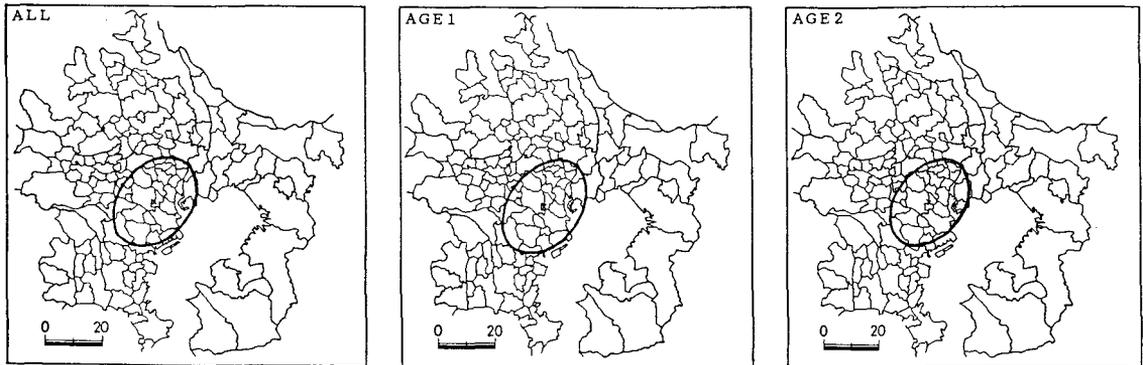


図36 大田区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×:加重平均中心)

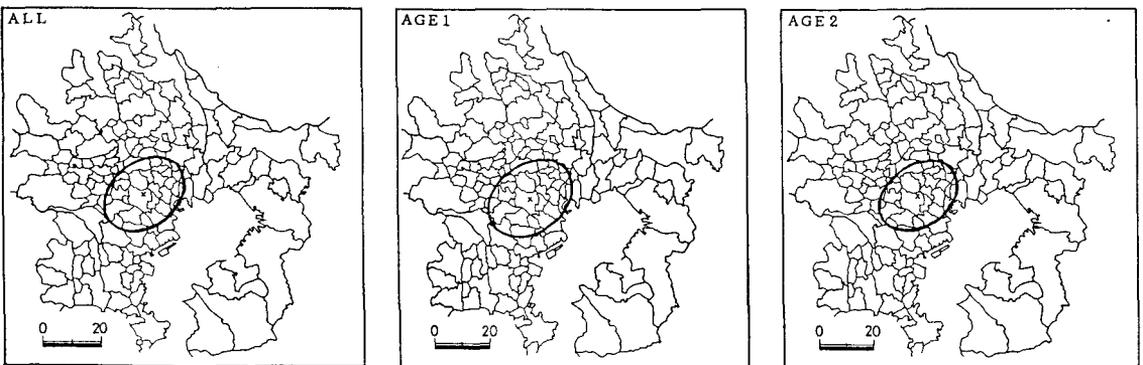


図37 世田谷区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×:加重平均中心)

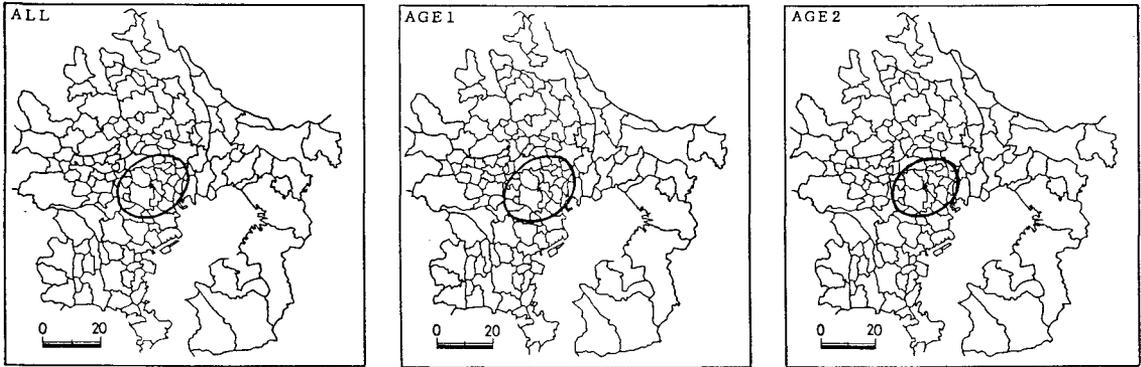


図38 渋谷区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

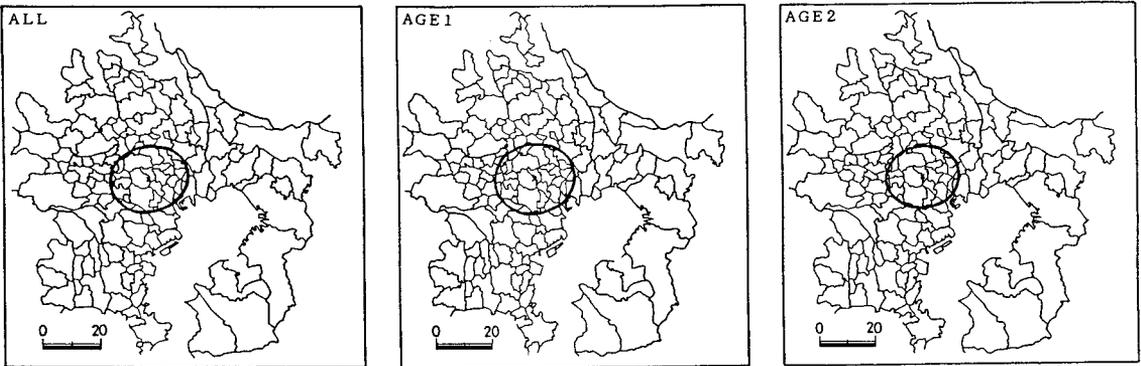


図39 中野区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

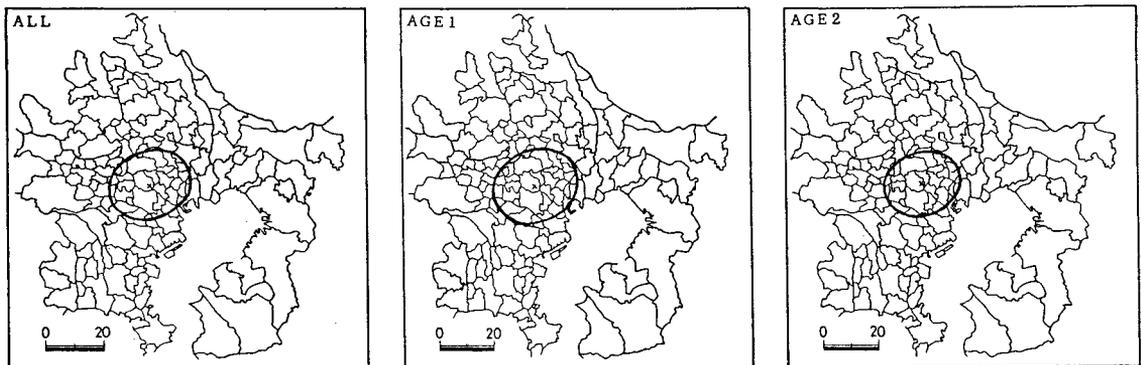


図40 杉並区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

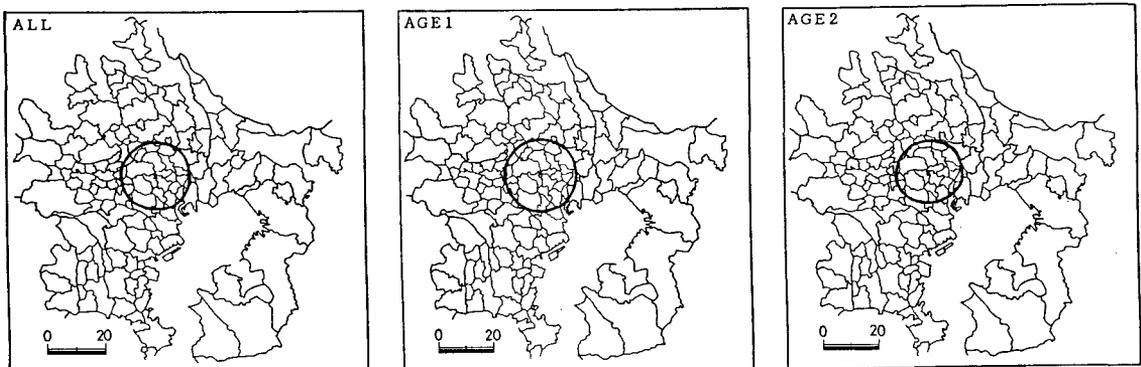


図41 豊島区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

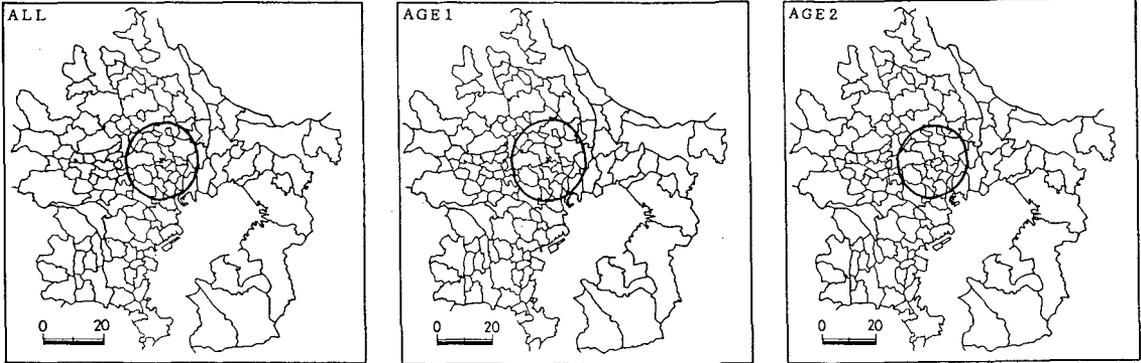


図42 北区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×:加重平均中心)

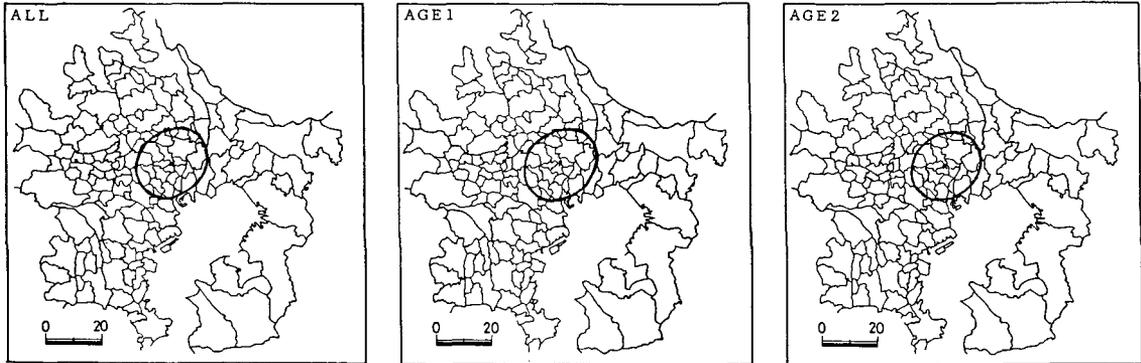


図43 荒川区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×:加重平均中心)

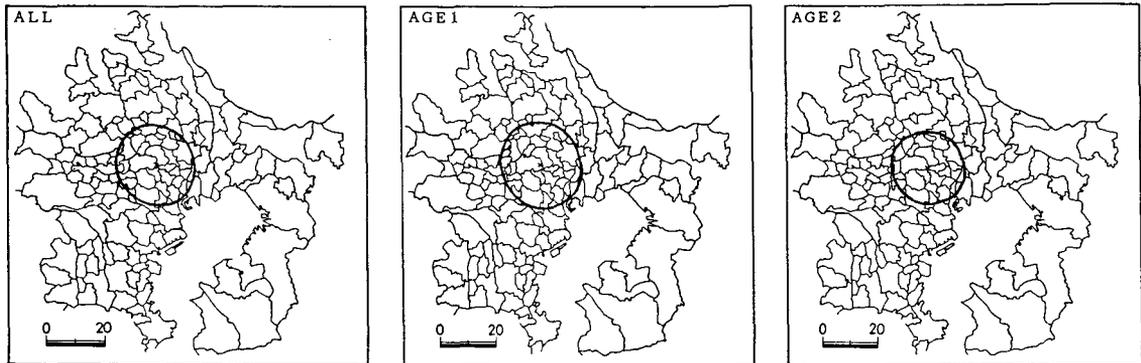


図44 板橋区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×:加重平均中心)

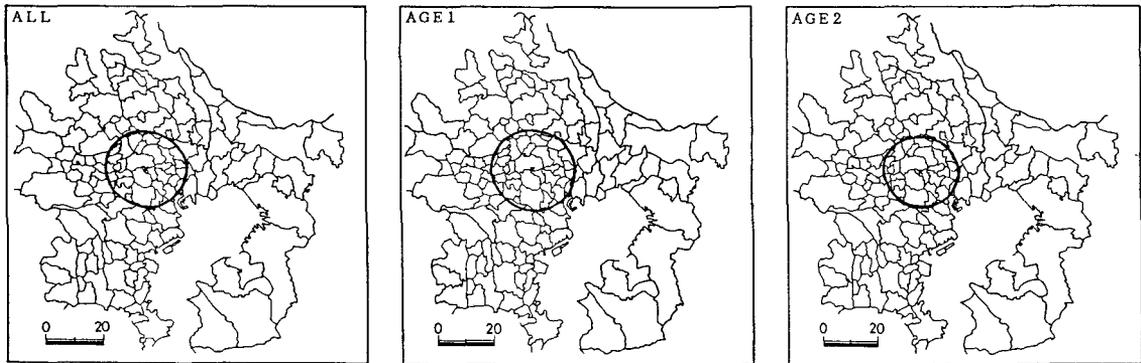


図45 練馬区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×:加重平均中心)

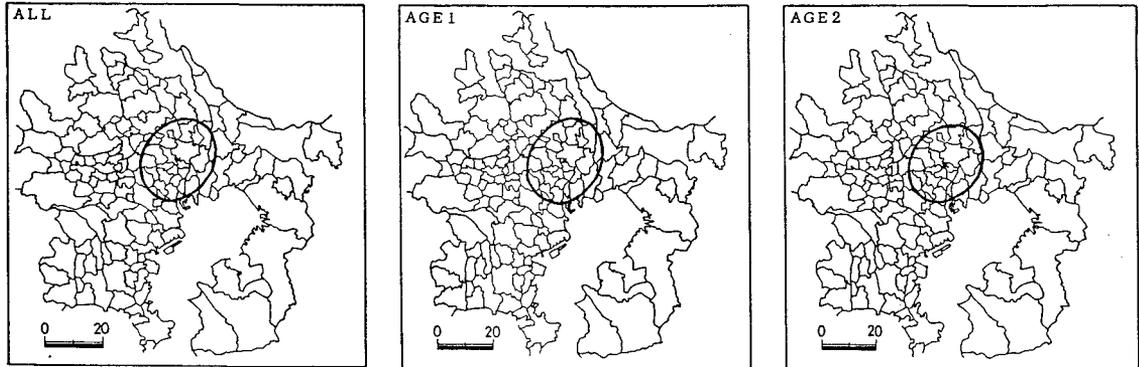


図46 足立区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

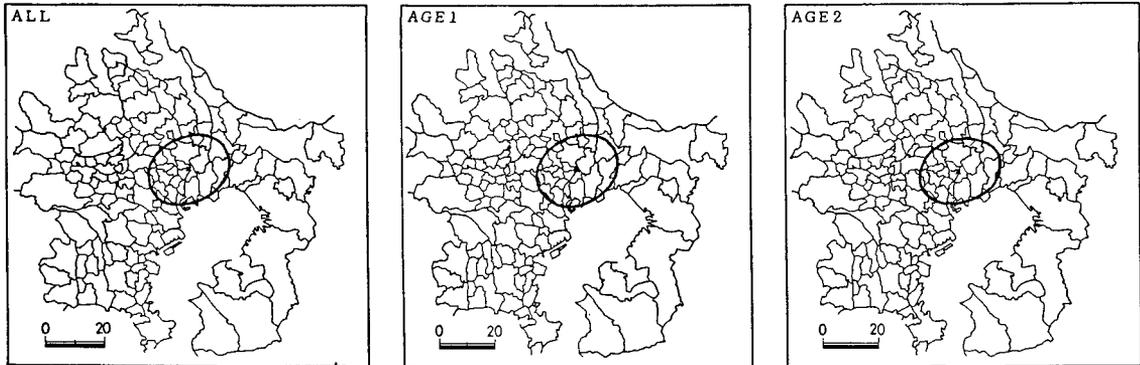


図47 葛飾区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

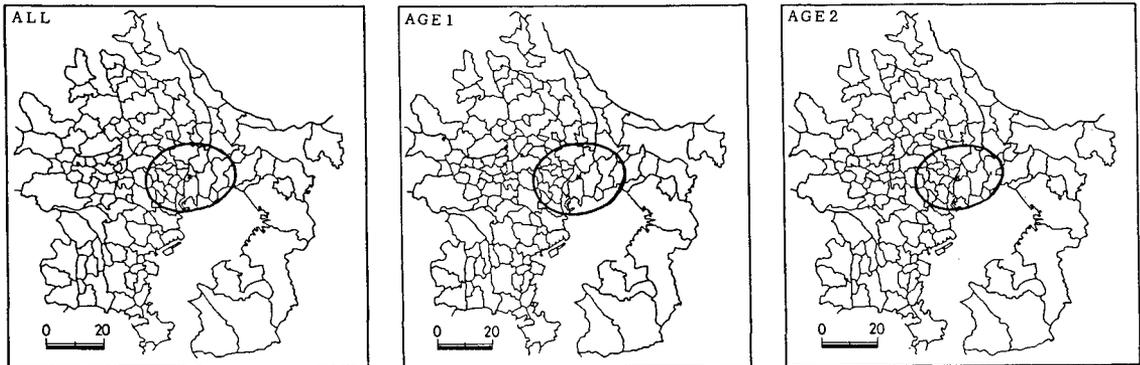


図48 江戸川区を発地区とする人口移動の標準偏差楕円 (×：加重平均中心)

地区内に位置し、ALLのものを真中にして、都心部に近い方にAGE2のものが、遠い方にAGE1のものが位置している。この傾向は、東京50km圏の中心に位置する千代田区以外のすべての発地区にあてはまる。

重み付けられたデータの散らばりを示す楕円の大きさは、東京都区部縁辺部に位置する発地区ほど大きくなる傾向にある。また、AGE1は市区間人口移動の地区間のバラツキが大きく、距離的制約をあまり受けないために、楕円が大きくなる傾

向にある。それに対し、AGE2は距離的制約を強く受け、隣接地区への人口移動が多いため、楕円が小さくなる。

求められた標準偏差楕円の長軸の回転方向は、北東-南西、北北東-南南西、東北東-西南西であるものが多い。しかし、板橋・練馬の2区は西北西-東南東である。そして、標準偏差楕円の形状は、豊島・北・板橋の3区でALL・AGE1・AGE2全ての偏平率が0.90以上で円に近い形状をとっているが、他の発地区はおおむね楕円である。これら

表2 標準偏差楕円の特性 (ALL)

区	基点座標		加重平均中心座標		X'・Y' 軸標準偏差値		偏平率	回転角 $\theta$
	X	Y	$\bar{X}_w$	$\bar{Y}_w$	$\sigma_x$	$\sigma_y$		
千代田	1154	1193	1092.41	1188.47	201.74	269.40	0.76	67.7
	1192	1143	1161.29	1169.15	214.38	282.70	0.76	62.1
	1155	1117	1055.90	1110.11	217.29	281.29	0.77	45.9
新文台	1064	1206	1018.28	1187.00	220.99	278.71	0.79	72.9
	1154	1236	1080.45	1224.27	227.17	271.89	0.84	56.6
	1198	1243	1154.13	1251.26	215.27	268.78	0.80	52.7
墨田	1237	1212	1223.66	1228.10	243.40	290.88	0.84	70.8
	1267	1137	1228.77	1205.74	239.70	317.98	0.75	76.5
	1142	1011	1036.86	1064.86	230.16	310.67	0.74	41.5
品川	1044	1054	1010.06	1078.52	217.03	288.76	0.75	43.4
	1116	922	1019.02	1031.79	250.05	351.36	0.71	39.9
	966	1089	965.24	1094.05	231.89	317.91	0.73	55.9
大田	1051	1136	1004.87	1132.79	201.69	267.09	0.76	58.0
	994	1230	987.84	1196.47	227.49	278.02	0.82	80.5
	956	1210	971.54	1170.51	234.61	299.90	0.78	71.5
杉並	1088	1281	1027.02	1255.74	236.67	251.89	0.94	83.6
	1122	1328	1067.53	1300.54	260.11	276.58	0.94	23.8
	1207	1290	1154.52	1282.98	223.43	269.64	0.83	54.3
荒板	1070	1328	1005.62	1292.73	291.59	267.37	0.92	42.9
	966	1288	952.11	1259.12	292.01	260.75	0.89	16.3
	1242	1312	1175.33	1332.10	249.64	303.80	0.82	39.8
足立	1316	1305	1256.39	1267.10	228.66	300.60	0.76	67.8
	1362	1213	1266.25	1209.68	235.56	323.05	0.73	80.1

注) 座標系は図26参照。

表3 標準偏差楕円の特性 (AGE1)

区	基点座標		加重平均中心座標		X'・Y' 軸標準偏差値		偏平率	回転角 $\theta$
	X	Y	$\bar{X}_w$	$\bar{Y}_w$	$\sigma_x$	$\sigma_y$		
千代田	1154	1193	1091.94	1188.37	204.14	269.50	0.76	67.7
	1192	1143	1162.65	1169.08	221.23	291.37	0.76	61.1
	1155	1117	1055.01	1108.68	222.01	288.41	0.77	45.5
新文台	1064	1206	1015.28	1185.56	232.74	292.08	0.80	72.2
	1154	1236	1083.28	1224.67	239.77	284.62	0.84	57.0
	1198	1243	1153.16	1251.71	217.62	271.85	0.80	52.9
墨田	1237	1212	1227.40	1229.47	250.42	296.05	0.85	69.7
	1267	1137	1236.40	1205.82	249.11	325.33	0.77	75.7
	1142	1011	1033.62	1061.64	237.07	321.79	0.74	41.4
品川	1044	1054	1004.55	1074.81	224.35	299.10	0.75	43.3
	1116	922	1014.36	1022.77	257.60	362.30	0.71	39.6
	966	1089	957.04	1087.48	240.76	329.53	0.73	55.4
大田	1051	1136	1000.88	1129.51	212.33	281.45	0.75	56.8
	994	1230	983.90	1197.01	244.03	293.75	0.83	79.6
	956	1210	968.73	1168.40	248.70	314.53	0.79	70.1
杉並	1088	1281	1026.55	1259.52	250.44	261.75	0.96	84.7
	1122	1328	1067.84	1309.67	269.76	289.05	0.93	18.2
	1207	1290	1154.58	1284.64	227.94	274.52	0.83	53.9
荒板	1070	1328	999.50	1304.29	308.71	282.36	0.91	47.3
	966	1288	943.69	1264.96	305.25	276.10	0.90	19.0
	1242	1312	1180.13	1342.43	256.85	311.36	0.82	38.1
足立	1316	1305	1266.26	1271.50	236.57	304.87	0.78	66.3
	1362	1213	1282.85	1210.29	245.51	327.92	0.75	79.5

注) 座標系は図26参照。

表4 標準偏差楕円の特性 (AGE2)

区	基点座標		加重平均中心座標		X'・Y' 軸標準偏差値		偏平率	回転角 $\theta$
	X	Y	$\bar{X}_w$	$\bar{Y}_w$	$\sigma_x$	$\sigma_y$		
千代田	1154	1193	1093.00	1188.60	198.71	262.47	0.76	67.8
中央区	1192	1143	1159.43	1169.25	204.57	270.47	0.76	63.5
港区	1155	1117	1057.21	1112.22	210.14	270.45	0.78	46.6
新宿区	1064	1206	1021.37	1188.49	208.09	264.12	0.79	73.8
文京区	1154	1236	1077.31	1223.83	212.10	257.30	0.82	62.8
台東区	1198	1243	1155.72	1250.52	211.34	263.62	0.80	52.4
墨田区	1237	1212	1218.36	1226.16	233.00	283.33	0.82	72.2
江東区	1267	1137	1216.61	1205.62	223.78	305.59	0.73	77.7
品川区	1142	1011	1040.88	1068.86	211.27	296.15	0.75	41.6
目黒区	1044	1054	1016.93	1083.14	207.55	275.13	0.75	43.4
大田区	1116	922	1025.42	1044.18	239.23	335.28	0.71	40.5
世田谷区	966	1089	975.58	1102.33	220.17	302.10	0.73	56.7
渋谷区	1051	1136	1009.23	1136.38	189.26	250.39	0.76	56.7
中野区	994	1230	991.60	1195.96	210.43	262.09	0.80	81.5
杉並区	956	1210	974.69	1172.88	217.56	282.65	0.77	73.4
豊島区	1088	1281	1027.51	1251.78	221.28	241.14	0.92	82.9
北区	1122	1328	1067.12	1288.03	245.21	259.03	0.95	36.7
荒川区	1207	1290	1154.43	1280.59	216.75	262.46	0.83	55.5
板橋区	1070	1328	1013.76	1277.34	266.96	245.10	0.92	34.0
練馬区	966	1288	963.70	1251.10	272.39	237.64	0.87	12.4
足立区	1242	1312	1167.51	1315.24	237.02	290.39	0.82	43.2
葛飾区	1316	1305	1241.60	1260.52	216.12	293.48	0.74	69.6
江戸川区	1362	1213	1241.56	1208.77	219.86	314.09	0.70	80.8

注) 座標系は図26参照。

の傾向は、対象地域である東京大都市圏のほぼ中心に東京湾が存在するために生じたものと思われる。このことは、標準偏差楕円はその性質上、研究対象地域の形状に左右されやすいという、Yuill (1971) の指摘と合致するものである。

#### 4. むすび

大都市圏内部および国内の人口移動研究にとって、理想的な資料とは、移動量、発・着地区双方の社会経済的条件、移動者の属性、移動理由などの情報が得られ、なおかつそれらが時系列的に利用可能なものである(石川,1979)。しかし、この種の資料を市区単位で入手することはむずかしいため、従来の研究は各市区の年齢階級別転出・転入人口の分析に留まざるをえなかった。そこで本研究では、公開資料の情報を最大限に利用する特徴をもつエントロピー最大化法を用い、未公開の年齢階級別市区間人口移動量を推定することにより、前述の資料の制約を克服した。

この推定された昭和55(1980)年の東京大都市圏内年齢階級別市区間人口移動ODデータを用い、総人口移動(ALL)、0~14歳・30歳以上の年齢階級の人口移動(AGE1)、15~29歳の年齢階級の人口移動(AGE2)、の3つのタイプの人口移動流にみられる方向的特徴を明らかにするために、卓越流と標準偏差楕円を用いて分析を行なった。その結果、分析対象の市区間人口移動(全69流動)のうち、約半数の31流動においてセクター的移動が卓越することが確認された。そして、AGE2に比べAGE1の人口移動は、距離的制約をあまり受けず、東京都区部中心から放射状に延びる鉄道網に沿った移動パターンを呈することが明らかになった。

今後の課題としては、最新の資料を用いて同様の分析を試みることに加え、本稿で明らかにされた人口移動流のセクター状成分を空間的相互作用モデルに取り込んだモデル分析が残されている。

本稿を作成するに当たっては、都市研究所の研

究費ならびに平成8年度文部省科学研究費の一部を使用した。

#### 注

- 1) 1980年代後半における東京大都市圏（都心から100km圏）の人口移動の特徴の概要については、矢野（1994, 1996）が報告している。

#### 参 考 文 献

- Chilton, R. and Poet, R. R. W., "An entropy maximising approach to the recovery of detailed migration patterns from aggregated census data", *Environ. Plann. A* 5, pp. 135-146, 1973.
- Ebdon, D., *Statistics in geography*, Second edition, Basil Blackwell, Oxford, 232pp., 1985.
- 石川義孝「都市間人口移動の研究動向」, 『人文地理』31, p. 34-52, 1979.
- 石川義孝『人口移動の計量地理学』古今書院, 301pp., 1994.
- 上田知子・杉浦芳夫・石崎研二「不動産情報とGIS－東京の新聞折込広告の分析－」, 玉川英則編『都市をとらえる－地理情報システム(GIS)の現在と未来－』東京都立大学都市研究所, p. 173-211, 1996.
- 矢野桂司「東京大都市圏内部の年齢階級別人口移動パターン」, 『地理学評論』62, p. 269-288, 1989.
- 矢野桂司「都市システムの視点からみた東京大都市圏の変容」, 高橋伸夫・谷内達編『日本の三大都市圏－その変容と将来像－』古今書院, p. 22-48, 1994.
- 矢野桂司「エントロピー最大化法による不完全地理行列のデータ推定法」, 『理論地理学ノート』9, p. 1-10, 1995.
- 矢野桂司「1980年代後半の東京大都市圏における都市内部人口移動」, 『総合都市研究』59, p. 35-47, 1996.
- Yuill, R. S., "The standard deviational ellipse : an updated tool for spatial description", *Geografiska Annaler* 53B, pp. 28-39, 1971.

#### Key Words (キー・ワード)

Standard Deviational Ellipse (標準偏差楕円), Tokyo Metropolitan Area (東京大都市圏), Interurban Migration (都市間人口移動), Entropy-maximizing Method (エントロピー最大化法), Sectoral Bias (セクター状の偏り)

## Centrography Approach to Interurban Migration in the Tokyo Metropolitan Area

Yoshiaki Komoriya\*, Yoshio Sugiura\*\* and Keiji Yano\*\*\*

\*Marketing Intelligence Corporation

\*\*Department of Geography, Tokyo Metropolitan University

\*\*\*Department of Geography, Ritsumeikan University

*Comprehensive Urban Studies*, No. 60, 1996, pp. 25-47

The purpose of this paper is to clarify spatial patterns of interurban migration in the Tokyo Metropolitan Area, applying the method of centrography to the 1980 population census data: distributions of out-migration flows from 23 Wards of Tokyo City to 131 wards and neighboring cities are analyzed by the weighted mean center and the standard deviational ellipse. The results reveal that most of the out-migration flows show sectoral biases. In terms of spatial interaction modeling, an addition of the sectoral bias effect to the gravity model will improve its goodness-of-fit.