

# 大都市圏スケールにおけるニューリングモデルの適用

—東京と大阪を事例として—

山 神 達 也 \*

## I. はじめに

都市における人口密度関数のモデルは、都心からの距離を変数として、人口密度分布を説明しようとするものである。この人口密度関数についての研究は、(1)式で示されるクラークモデル<sup>1)</sup>が提示されたことを契機として、さまざまな展開を遂げてきた<sup>2)</sup>。

$$D_r = D_0 \exp(ar) \quad (1)$$

$D_r$  : 都心から距離  $r$  の地点の人口密度 ;

$D_0$  : 理論上の都心の人口密度 ;

$a$  : 人口密度の距離的变化率 (密度勾配)

このモデルでは、 $a < 0$  が仮定されており、都市における人口密度は、都心からの距離に応じて指数関数的に減少することが表現されている。また、人口密度の最高地点は都心となるが、その値 ( $D_0$ ) は、現実の都心の人口密度を示すのではなく、都心の人口の混雑具合を示す仮説的なものとされている。

このクラークモデルは、世界の多くの都市で検証され、時間の経過に伴い、都心の人口密度が低下するとともに、密度勾配が緩やかになることが明らかにされてきた。しかし、現実の都心部は、中心業務地区の存在により居住人口が少ないにもかかわらず、クラーク

モデルは、この点を表現しえない。この都心部における人口密度の落ち込みを表現すべく、(1)式の指数部分に負の2次項を追加したものがニューリングモデルである<sup>3)</sup>。

$$D_r = D_0 \exp(br + cr^2) \quad (2)$$

$b, c$  : パラメータ (ただし、 $c < 0$ )

このモデルでは、指数部分の2次項が負であることから、上に凸な人口密度曲線が描かれ、その形態により、都市の発展段階が区分されている (第II章参照)。

人口密度関数については、上述のもの以外にも、多くのモデルが提示されてきた。その中で、クラークモデルとニューリングモデルは、安定して適合度が高いことが知られており<sup>4)</sup>、基本モデルとしての重要性が大きい。

ただし、ニューリングモデルの適用結果については、検討すべき余地が残されている。具体的には、ニューリングモデルでは、都心部での人口密度の落ち込みを表現すべく、負の2次項が追加されているにもかかわらず、トロント<sup>5)</sup> やメルボルン<sup>6)</sup>、東京とニューヨークの両大都市圏<sup>7)</sup> を対象とした研究で、2次項の符号が正となる結果が得られているのである。しかし、既存の研究では、この点に関する考察が不十分である。したがって、2次項が正のときに描かれる人口密度曲線の特徴を検討することは、基本モデルである

\* 日本学術振興会特別研究員、立命館大学

ニューリングモデルの解釈の幅を広げる点で、さらにはそれに基づいた都市の発展パターンの検討が可能となる点で、意義あるものといえよう。

以上を踏まえ、本稿の目的は、1965年から2000年までの東京と大阪の两大都市圏を対象として、ニューリングモデルを適用し、2次項が正になる場合も含めて、どのような人口密度曲線が描かれるのかを検討することにある。その際、山神<sup>8)</sup>と同様、展開法<sup>9)</sup>を利用して、都心からの方向により異なる人口密度の分布状況<sup>10)</sup>とニューリングモデルのパラメータとの関係を詳細に検討する。

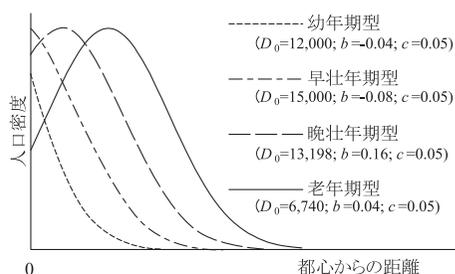
本稿では、以下のように議論を進める。まず、2次項が負の場合と正の場合のそれぞれについて、ニューリングモデルによる人口密度曲線を検討する。次いで、本稿での分析方法とデータを説明する。その後、従来のニューリングモデル、および、人口密度分布における都心からの方向上の違いを考慮した展開ニューリングモデルの適用結果を示す。最後に、本稿での知見を整理する。

## II. ニューリングモデルによる人口密度曲線

### 1. 2次項が負の場合

Newling<sup>11)</sup>は、(2)式の2次項の符号が負である( $c < 0$ )として、都心から離れた直後の密度勾配を示す $b$ の値や、人口密度曲線の変曲点の有無を示す $b/\sqrt{-2c}$ の値から、人口密度曲線の形態を区別した(第1図)。

まず、 $b < 0$ の場合、都心から離れた直後の密度勾配が負であり、都心から都市境界まで人口密度が減少し続けるため、人口密度曲



第1図 ニューリングモデルによる人口密度曲線各パラメータは、Newling(注3)に基づき、 $c$ の値を固定した上で、曲線の頂点での人口密度が同一になるようにして与えた。Newling(注3)を基に作成。

線に頂点は現れない。このとき、変曲点がないもの( $b/\sqrt{-2c} > -1$ )が幼年期型、変曲点があるもの( $b/\sqrt{-2c} < -1$ )が早壮年期型である。幼年期型では都心密度が低く、都市域は狭いが、早壮年期型では、都市全体で人口密度が高まり、都市域が拡大している。

次に、 $b > 0$ の場合、都心から離れた直後に人口密度が増加するので、人口密度曲線に頂点が現れる。このとき、都心側に変曲点がないもの( $b/\sqrt{-2c} < 1$ )が晩壮年期型、あるもの( $b/\sqrt{-2c} > 1$ )が老年期型である。晩壮年期型では、都市域が拡大し、都心部での人口密度の落ち込みが示されるが、人口密度の最高地点は都心に近い。一方、老年期型では、人口密度の最高地点が都心から離れ、都心側の人口密度の落ち込む範囲が拡大している。

このように、 $c < 0$ のニューリングモデルでは、人口の分散により、人口密度曲線が図の右側へ推移することが想定されている。実際、既存の研究の多くは、ニューリングの想定に適う結果を得ているが<sup>12)</sup>、前述のように、2次項が正( $c > 0$ )になることがある。次節では、 $c > 0$ のニューリングモデルで描かれる人口密度曲線を検討するとともに、2次項の符号に正負の差が生じる要因を考察する。

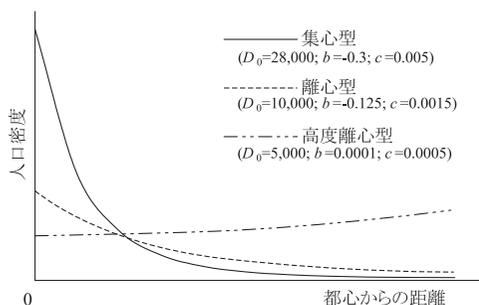
## 2. 2次項が正の場合

本節では、はじめに、 $c > 0$  という結果がどのように解釈されてきたのかを整理する。

まず、トロントを対象とした Latham and Yeates<sup>13)</sup> は、人口密度分布が強い集心性を示すと解釈した。また、メルボルンを対象とした Eldridg<sup>14)</sup> は、都心部での人口密度の落ち込みを表現しうるほど人口の分散が進展していないという結論を導いた。そして、ミルズ・太田<sup>15)</sup> は、 $c > 0$  のニューリングモデルによる密度勾配が、都心近くでは急であり、都心から離れると緩やかになることを指摘した。

しかし、これらの研究では、 $c > 0$  のニューリングモデルが描く人口密度曲線について、これ以上の整理や考察がなされていない。そこで、 $c > 0$  の場合に想定される人口密度曲線を検討する。その際、クラークモデルを用いた既存の研究で、時間の経過に伴い、都心の人口密度が低下するとともに密度勾配が緩やかになることが実証されてきたことを参考にして、(2) 式に適当なパラメータを与えた。こうして、モデルの上で想定される人口密度曲線を図化したものが第2図である。

図に表現されているように、 $c > 0$  のニューリングモデルの人口密度曲線は、集心性、離



第2図 2次項が正のときのニューリングモデルによる人口密度曲線

心性、高度離心性の三つに類型化できよう。以下、各類型の特徴を整理していく。

まず、集心性の特徴は、都心密度が高いこと、ならびに、密度勾配は都心近くでは急であり、郊外部分では緩やかな状態が持続することにある。つまり、 $D_0$  の値が大きく、かつ、 $b < 0$  でその絶対値が大きい。

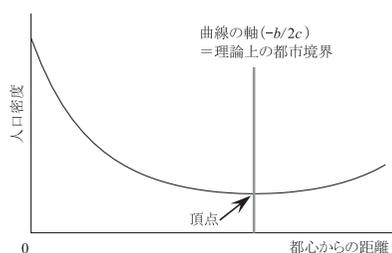
次に、離心性の特徴は、都市空間全体で密度勾配の緩やかな状態が持続する点にある。つまり、 $D_0$  の値が小さく、かつ、 $b < 0$  でその絶対値が小さい。

そして、高度離心性の特徴は、都心から都市空間の外縁部に向けて、人口密度が緩やかに上昇し続ける点にある。この高度離心性では、 $D_0$  が小さく、かつ、 $b > 0$  になる<sup>16)</sup>。

以上の三類型を区分するには、 $b$  に着目すればよい。まず、 $b > 0$  となれば高度離心性である。また、 $b < 0$  の場合、同一データによるクラークモデルの適用結果と比較することで、集心性と離心性を区別しうる。すなわち、クラークモデルで得られる密度勾配  $a$  は、都心から離れた直後の密度勾配をも示すので、 $a$  と  $b$  を比較すればよい。そして、 $a > b$  であれば、 $b$  のほうが都心から離れた直後の密度勾配が大きいことから集心性であり、逆に  $a < b$  であれば離心性であると解釈できる。

また、 $c > 0$  の場合、人口密度曲線は下に凸な曲線となり、その頂点で人口密度が最小になる。すなわち、都心から離れるに従って連続的に低下してきた人口密度は、この頂点以遠では上昇し続けることになる。このことから、人口密度曲線の軸の値  $-b/2c$  は、理論上の都市境界を示すと考えられる (第3図)。

以上の内容を踏まえると、Latham and Yeates<sup>17)</sup> は、対象年が下ると  $c < 0$  という結



第3図 人口密度曲線と理論上の都市境界の位置

果を得て、ニューリングモデルの晩壮年期型となったことから、人口の分散が進展した離心型であったといえる。また、ミルズ・太田の結果は、集心型の特徴を示している<sup>18)</sup>。

これらの研究に対し、既存の研究の多くは、 $c < 0$  という結果を得ている<sup>19)</sup>。このように $c$ の符号に差が生じる要因として、対象地域のスケールの差が考えられる。すなわち、分析対象が市街地の連続する範囲であるのか、都市とその周辺地域を含む大都市圏であるのか、の相違である。前者では、対象の空間的範囲が狭く、都市縁辺の低密な地区の数が少ないため、都心部での人口密度の落ち込みが分析結果に大きく影響するのに対し、後者ではその逆となる。したがって、大都市圏スケールで都心部の人口密度の落ち込みを表現できるのは、都心近辺での人口の空洞化が相当進展している場合に限定されるであろう<sup>20)</sup>。

加えて、都市ごとの事情の差も、分析結果に影響する可能性がある。例えば、主たる交通手段や都市を取り囲む自然障害に差があると、都市空間の広さに差が生じ、それが $c$ の符号に差異をもたらすと考えられる。

以上、既存の研究では考察が不十分であった2次項が正の場合のニューリングモデルを検討し、集心型、離心型、高度離心型という

三つの類型の人口密度曲線が想定されることを指摘した。このような本章での検討によって、ニューリングモデルの適用に際し、2次項が正の場合、負の場合それぞれの状況に対応した解釈が可能となったといえよう。

### III. 分析方法とデータ

#### 1. 分析方法

本稿では、東京と大阪の両大都市圏を対象として、ニューリングモデルでどのような人口密度曲線が描かれるのかを検討する。その際、展開法を利用して、都心からの方向により人口密度分布が異なる点に着目する。

展開法は、3段階の手続きを経る分析手法である。第1段階では、事象間の平均的な関係を示す初期モデルを選定する。本稿では、(2)式を対数変換した(3)式を初期モデルとし、都心からの距離と人口密度との平均的な関係を求める。

$$\ln Dr = \ln D_0 + br + cr^2 \quad (3)$$

第2段階では、初期モデルにおけるパラメータのコンテキストへの依存状態を、関数として定式(展開式)化する。本稿では、都心からの距離と人口密度の関係における都心からの方向上の差異を考慮し、(3)式の各パラメータを以下のように定式化する。

$$b = b_0 + b_1 \sin \theta + b_2 \cos \theta \quad (4)$$

$$c = c_0 + c_1 \sin \theta + c_2 \cos \theta \quad (5)$$

$\theta$ : 北を0度として時計回りに測定した方位角

第3段階では、展開式を初期モデルに代入して最終モデルを得る。最終モデルでは、展

開式で表現された空間上の相違が、複数事象間の関係に差異をもたらすものとして表現される。本稿では、(4) 式と (5) 式を (3) 式に代入して、以下の最終モデルを得る。

$$\ln Dr = \ln D_0 + b_0 r + b_1 r \sin \theta + b_2 r \cos \theta + c_0 r^2 + c_1 r^2 \sin \theta + c_2 r^2 \cos \theta \quad (6)$$

こうして得られた (6) 式を、展開ニューリングモデルと呼ぶ。この (6) 式では、ある地点の人口密度が、都心からの距離と方向との両者の関係で示されている。

本稿では、まず、(3) 式による通常のニューリングモデルを用いて、人口密度と都心からの距離との平均的な関係を求める。その後、(6) 式による展開ニューリングモデルを用いて、人口密度と都心からの距離との関係における都心からの方向上の差異を検討する。

パラメータの推定は通常、回帰分析を行い、10%水準で有意なものを取り上げる。そして、(6) 式で有意となったパラメータにつ

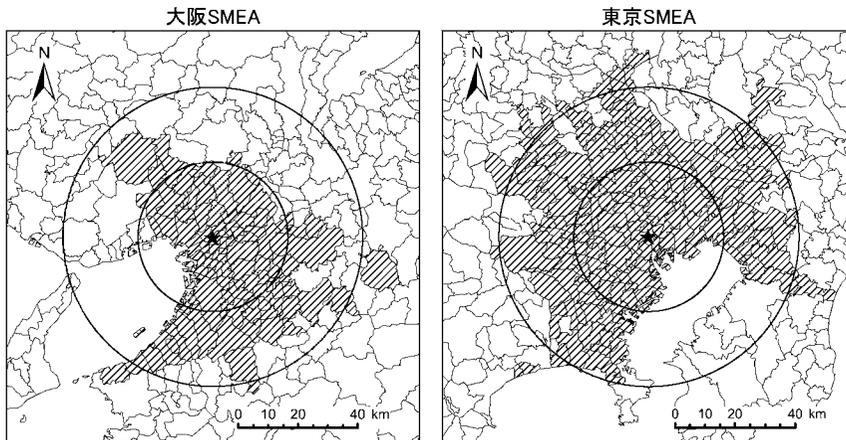
いて、(4) 式と (5) 式にフィードバックして図化し、都心からの方向による変動を考察する。

## 2. 使用するデータ

本稿では、1965 年から 2000 年までの東京と大阪の両大都市圏を対象とする。大都市圏の設定は、山田・徳岡による標準都市雇用圏 (SMEA)<sup>21)</sup> を採用する。この SMEA の設定では、対象年次ごとに都市圏域の設定を繰り返すが、圏域が変化すると人口密度関数の経年比較が困難になるため<sup>22)</sup>、1995 年の圏域を固定的に用いる<sup>23)</sup>。

また、市区町村を分析単位とする<sup>24)</sup>。ただし、千葉市と川崎市は、区レベルで過去のデータを入手できないため、市を分析単位とする。その結果、対象地区数は、東京が 152、大阪が 97 となる。こうして設定される対象地域を第 4 図に示した。

次に、人口密度のデータは、各対象年の国勢調査の結果を利用する。本稿では、可住地



第 4 図 対象地域

1995 年の SMEA 内市区町村を斜線部として示した。また、図中の円は、星印で示した都心からの距離が 25 km と 50 km であることを示す。この SMEA の設定作業は、主として中心都市への通勤率をもとに行うが、都市圏域の空間的連続性に関する基準は設定されていないため、飛び地的な都市圏域が発生することがある。SMEA の詳細な設定基準については注 21) を参照のこと。国勢調査結果と注 23) を基に作成。

面積を用いた純居住密度ではなく、市区町村面積を用いた総人口密度を分析することになる。これは、人口密度分布における自然障害の影響を考慮したいからである。

さらに、人口密度関数を求める際、東京は千代田区、大阪は北区の区役所の位置を都心とする。また、都心からの距離と方位角は、1999年における各市区町村の役所（役場）の緯度・経度データから求める<sup>25)</sup>。すなわち、各市区町村の総人口密度を、各役所（役場）の所在地の一地点で代表させて分析する。

ここで、東京と大阪の両 SMEA について、人口の推移を簡単に整理する（第 1 表）。まず、1965 年の人口は、東京が 1811 万人、大阪が 854 万人であった。その後、どちらの SMEA でも継続して人口増加を記録するが、その増加率は徐々に縮小してきた。また、両者の増加率を比較すると、常に東京の方が高い値を示す。そして、2000 年の人口は、東京が 2906 万人、大阪が 1192 万人となった。このように、1965 年から 2000 年までの期間における人口増加数は、東京 SMEA が約 1094 万人であったのに対し、大阪 SMEA は約 338 万人であり、両者の人口総数の差が拡大した。

第 1 表 東京 SMEA と大阪 SMEA の人口の推移

	東京		大阪	
	人口 (千人)	人口増加率 (%/年)	人口 (千人)	人口増加率 (%/年)
1965	18,116		8,542	
1975	23,552	3.00	10,739	2.57
1985	26,300	1.17	11,468	0.68
1995	28,226	0.73	11,803	0.29
2000	29,060	0.30	11,920	0.10

国勢調査結果とそれに基づく徳岡（注 23）により作成。

また、両 SMEA において、1995 年までは人口の離心化が進展してきたが、1995 年以降、人口が再集中化へと転換しつつあることが指摘されている<sup>26)</sup>。しかも、中心都市と郊外全体との関係だけではなく、郊外市町村間の関係においても、人口の集中傾向が見いだされている<sup>27)</sup>。これらの点について、都心からの距離と方角によってどのように把握されるのか、適宜検討を行なうこととする。

#### IV. ニューリングモデルの適用

この章では、通常の新ューリングモデルを適用して、都心からの距離と人口密度との平均的な関係を検討する。

第 2 表は、ニューリングモデルの適用結果を整理したものである。まず、 $R^2$  値を見ると、東京が 0.6 前後、大阪が 0.65 前後であり、比較的高い説明力を有する。また、2 次項のパラメータ  $c$  は、東京では 1975 年まで、大阪では全対象年で、有意であった。 $c$  が有意水準を満たさなかった 1985 年以降の東京では、クラークモデルと同様の結果が得られたことになる。このように、ニューリングモデルは、クラークモデルの指数部分に 2 次項を追加したものであるから、クラークモデルより一般性が高いといえよう。加えて、有意となった  $c$  は全て正の値であることから、第 II 章第 2 節の整理に基づいた解釈が必要となる。

各パラメータについて、東京から検討する。まず、 $c$  が有意となった 1965 年と 1975 年は  $b < a$  であり、集心型である。また、1985 年と 1995 年は、 $c$  が有意ではないことに加え、 $D_0$  と  $b$  の絶対値が低下し続けたことから、人口

第2表 ニューリングモデルの適用結果

		$D_0$	$b$	$c$	$R^2$	$-b/2c$	$a$
東京	1965	43,966	-0.15400	0.00141	0.624	54.4	-0.0690
	1975	30,243	-0.09612	0.00055*	0.596	87.0	-0.0629
	1985	19,592	-0.05501		0.606		-0.0550
	1995	18,430	-0.04934		0.603		-0.0493
	2000	19,096	-0.04966		0.609		-0.0497
大阪	1965	34,553	-0.20272	0.00236	0.634	42.9	-0.0873
	1975	29,499	-0.16093	0.00158	0.637	50.8	-0.0835
	1985	25,145	-0.13774	0.00126	0.652	54.9	-0.0764
	1995	22,089	-0.12160	0.00101	0.675	60.5	-0.0724
	2000	21,633	-0.11856	0.00096	0.671	61.9	-0.0717

$R^2$  値は調整済みの値である。また、無印は1%水準、\*は5%水準でそれぞれ有意であることを、空欄はその値が10%水準でも有意ではなかったことを示す。

の分散が進展してきたといえる。しかし、2000年になると、 $D_0$  と  $b$  の絶対値が上昇している。これは、近年注目されている人口の都心回帰現象も含めて、SMEA 全体として人口が再集中傾向にあることを示している。

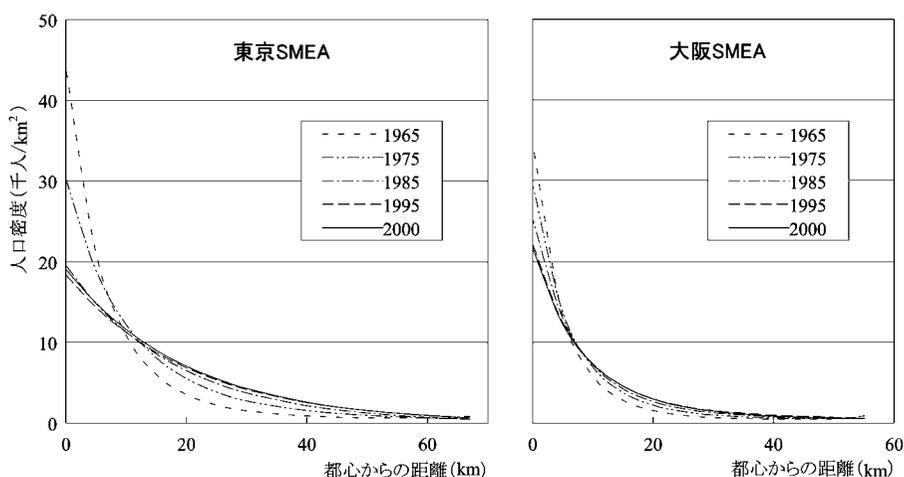
そして、理論上の都市境界を示す人口密度曲線の軸の位置  $-b/2c$  を見ると、1965年は54.4 km、1975年は87.0 km、の距離にある。実際の最遠市町村（神奈川県二宮町）までの距離62.8 kmと比較すると、1965年は妥当といえるが、1975年は過大評価している。また、 $c$  が有意ではない場合、軸は存在しない。

次に、大阪を検討する。パラメータは全て1%水準で有意であった。また、対象期間を通して  $b < a$  であり、集心型である。さらに、軸の位置は、1965年は42.9 km、2000年は61.9 kmと、徐々に遠方へ移動してきた。この軸の位置は、実際の最遠市町村（大阪府岬町）までの距離55.7 kmに近似している。

これらの結果から描かれる人口密度曲線を見ると（第5図）、両SMEAにおいて、1995年までは、都心の人口密度が低下するととも

に、密度勾配が緩やかになってきており、人口の分散傾向を読み取ることができる。しかし、1995年から2000年の東京SMEAでは、人口の再集中傾向が看取される。また、1995年と2000年の適合度に大きな変化はないことから、人口密度分布の距離的連続性が一定程度は保たれていると判断できる。したがって、山神の指摘する郊外市町村間における人口の集中化現象<sup>28)</sup>については、人口密度分布の距離的連続性を崩すほどの大きな変化は生じていないといえよう。

以上のように、大都市圏スケールでニューリングモデルを適用した結果、2次項のパラメータ  $c$  は、有意となれば常に正の値をとり、集心型となった。加えて、理論上の都市境界の位置を示す軸の位置を検討すると、 $c$  が大きい値であれば妥当な結果を得られたが、 $c$  の値が小さい場合、軸の位置は過大評価となり、 $c$  が有意水準を満たさない場合、軸は存在しなかった。ただし、軸の位置が過大評価される場合、密度勾配の緩やかな状態がより遠方まで継続する状態を示しており、人口の



第 5 図 東京 SMEA と大阪 SMEA における人口密度曲線

分散の程度を測る一つの指標となりえよう。

## V. 展開ニューリングモデルの適用

### 1. モデルの適用結果

この章では、展開ニューリングモデルを適用することにより、都心からの方向により異なる人口密度分布とニューリングモデルのパラメータとの関係を、詳細に検討する。

第3表は、展開ニューリングモデルの適用結果をまとめたものである。表を見ると、両SMEAの全対象年で、都心からの方向を含まないいずれかの独立変数が10%水準で有意となっており、都心からの方向により人口密度分布が異なることを確認できる。また、 $R^2$  値が0.7以上あり、ニューリングモデルの適用結果よりも高いことから、それだけ精確に人口密度分布を説明しているといえる。

次に、都心密度  $D_0$  の値を見ると、東京・大阪ともに、1995年までは次第に低下してきたが、2000年には上昇した。ここで注目されるのは、大阪でも2000年にその値が上昇した点

である。人口密度分布における都心からの方向上の差異を考慮すれば、大阪SMEAでも、人口の再集中傾向が看取されるのである。また、展開ニューリングモデルにおいても、1995年と2000年の適合度に大きな変化はない。したがって、都心からの距離と方向という点から見た人口密度分布の連続性が一定程度は保たれており、郊外市町村間における人口の集中化現象<sup>29)</sup>も、人口密度分布の空間的連続性を崩すほどのものではないといえよう。

### 2. パラメータの都心からの方向上の変動

第6図は、各パラメータ推定値を(4)式と(5)式に代入することで、それらの都心からの方向上の変動を図化したものである。

はじめに、1次項のパラメータ  $b$  を見ると、東京では、どの曲線も常に  $b < 0$  であり、次第に上方へ移動してきた。また、都心から南西の方向で絶対値が小さい曲線となる。

一方、大阪でも、常に  $b < 0$  となるが、 $b_1$  と  $b_2$  が有意水準を満たさない1985年と1995年は直線が描かれる。それらも含めて、1995年までは線が上方へ移動してきたが、2000

第3表 展開ニューリングモデルの適用結果

		$D_0$	$b_0$	$b_1$	$b_2$	$c_0$	$c_1$	$c_2$	$R^2$
東京	1965	43,756	-0.15110	-0.02726	-0.04467	0.00141	0.00037 <sup>+</sup>	0.00065	0.792
	1975	30,254	-0.09817	-0.02861	-0.02848	0.00064	0.00034 <sup>+</sup>	0.00031 <sup>+</sup>	0.791
	1985	19,687	-0.05351	-0.01239	-0.02736			0.00033 <sup>*</sup>	0.795
	1995	16,898	-0.04563	-0.02137	-0.01187		0.00027 <sup>+</sup>		0.783
	2000	17,435	-0.04577	-0.02234	-0.01202		0.00029 <sup>*</sup>		0.790
大阪	1965	39,544	-0.22933	-0.01457	-0.07886	0.00270		0.00145 <sup>*</sup>	0.775
	1975	33,750	-0.17771		-0.03665	0.00134			0.740
	1985	22,035	-0.11322					-0.00111	0.725
	1995	19,386	-0.09974					-0.00083	0.718
	2000	23,533	-0.12906		-0.02292	0.00081 <sup>*</sup>			0.729

$R^2$  値は調整済みの値である。また、無印は1%水準、\*は5%水準、+は10%水準でそれぞれ有意であることを、空欄はその値が10%でも有意水準を満たさなかったことを示す。

年には下方へ移動した。また、曲線で描かれるとき、都心から南の方向で絶対値が小さくなる。

次に、2次項のパラメータ  $c$  を見ると、東京では、1975年までは常に  $c > 0$  となるが、曲線が次第に下方へ移動する。そして、1985年以降では、 $c < 0$  になる方向が出現する。

一方、大阪を見ると、1965年は、都心から南の方向で値の小さい曲線となるが、1975年は  $c_1$  と  $c_2$  が有意水準を満たさなかったために直線となっている。また、1985年と1995年になると、曲線の向きが逆転し、都心から南の方向で値が大きく、都心から北の方向では  $c < 0$  になった。そして、2000年は、1975年同様、直線が描かれている。

最後に、人口密度曲線の軸の位置  $-b/2c$  を見ると、東京では、1965年は50-70 kmにあったが、1975年には70-170 kmへと遠方に移動しており、人口の分散が進展していた。また、1985年以降、 $c$  が正負両側にわたって変動するため、 $c=0$  になる方位がある。その方位は軸が存在しないことから、その近辺で、

軸が際限なく遠方になる。

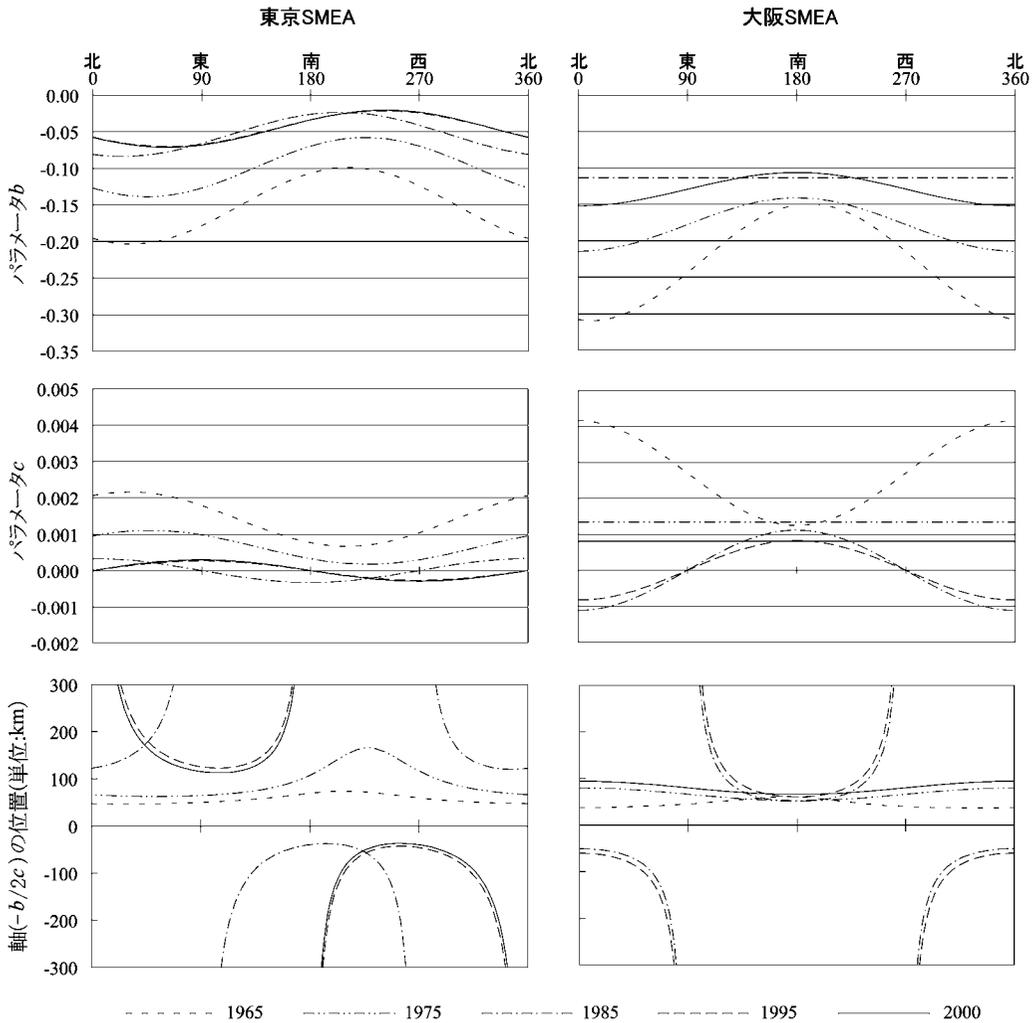
一方、大阪を見ると、1965年は40-70 kmにあったが、1975年には50-80 kmと遠方に移動しており、密度勾配の緩やかな状態が遠方にまで及んだ。また、1985年以降、 $c$  が正負両側にわたって変動するため、 $c=0$  となる方向の近辺では、軸が際限なく遠方になる。

### 3. パラメータ間の相互関係

この節では、前節で検討した各パラメータの相互関係を整理する。

まず、東京では、1975年までは、どの方向でも  $c > 0$  となる。また、同一のデータにより展開クラークモデルで得られる  $a$  と比較すると（紙幅の関係により図は省略）、どの方位でも、 $b < a$  の集心型となる。

一方、1985年以降、 $c < 0$  となる方向が出現するものの、常に  $b < 0$  であり、人口密度曲線に頂点は現れない。これは、 $c < 0$  の方向で軸の位置  $-b/2c$  が負の値をとる点にも示されている。また、 $c < 0$  の方向では  $b$  の絶対値が小さく、南南西から南西の方向では、 $b/\sqrt{-2c} < -1$  となる範囲が見られる。したがって



第 6 図 展開ニューリングモデルによる各パラメータの都心からの方向上の変動  
横軸は北を 0 度にして時計回りに測った方位角を示す。

て、都心から見て南南西から南西の一部は早壮年期型であり、それ以外の  $c < 0$  の範囲は、 $b/\sqrt{-2c} > -1$  の幼年期型である。一方、 $c > 0$  の方向では、常に  $b < a$  の集心型である。

次に、大阪を見ると、1975 年までは東京と同様の動向を示し、どの方向でも  $c > 0$  であるとともに  $b < a$  となり、集心型である。また、1985 年と 1995 年では、 $c < 0$  となる方向が出現するが、常に  $b < 0$  であり、人口密度

曲線に頂点が現れない点は東京と同じである。しかし、 $c < 0$  の方向で  $b$  の絶対値が大きい点で、東京と異なる。加えて、 $c < 0$  の方向では、常に  $b/\sqrt{-2c} > -1$  の幼年期型であり、一方、 $c > 0$  の方向の大部分は、 $b > a$  の離心型である。そして、2000 年には、どの方向でも  $c > 0$  であるとともに  $b < a$  となる集心型に戻った。

以上の各パラメータ間の関係について、密

第4表 都心からの方位別に見た展開ニューリングモデルによる人口密度曲線の類型の変化

	密度勾配	方位	$b$ の値	$c$ の値の変化	人口密度曲線の変化
東京	最大	北東	$b < 0$	$c > 0$	集心型
	中間	北西	$b < 0$	$c > 0 \rightarrow c = 0$	集心型→クラーク型
	最小	南西	$b < 0$	$c > 0 \rightarrow c < 0$	集心型→幼年期型 →早壮年期型
大阪	最大	北	$b < 0$	$c > 0 \rightarrow c < 0 \rightarrow c > 0$	集心型→幼年期型 →集心型
	中間	東/西	$b < 0$	$c > 0 \rightarrow c = 0 \rightarrow c > 0$	集心型→クラーク型→集心型
	最小	南	$b < 0$	$c > 0$	集心型→離心型 →集心型

クラーク型とは2次項が0になるために、クラークモデルによる人口密度曲線が描かれることを示す。

密度勾配が最大になる方向、最小になる方向、両者の中間の方向、という点から整理したものが第4表である。表を見ると、当初、どちらの SMEA でも、人口密度曲線は集心型であったが、その後の動向には差異が見られる。

まず、密度勾配が最大の方向では、東京は、一貫して  $c > 0$  の集心型を示したのに対し、大阪は、集心型から  $c < 0$  の幼年期、そして再び集心型へと変化した。一方、密度勾配が最小の方向では、東京は、集心型から  $c < 0$  の幼年期型、そして早壮年期型へと変化したのに対し、大阪は、集心型から離心型、そして再び集心型へと変化した。つまり、人口密度曲線の型が同じであっても、パラメータ間の関係が異なると、密度勾配も異なるのである。

#### 4. 都心からの方向別にみた人口密度曲線

前節まで検討してきた内容を基に、密度勾配が最大となる方向と最小となる方向で人口密度曲線を描いたものが第7図である。

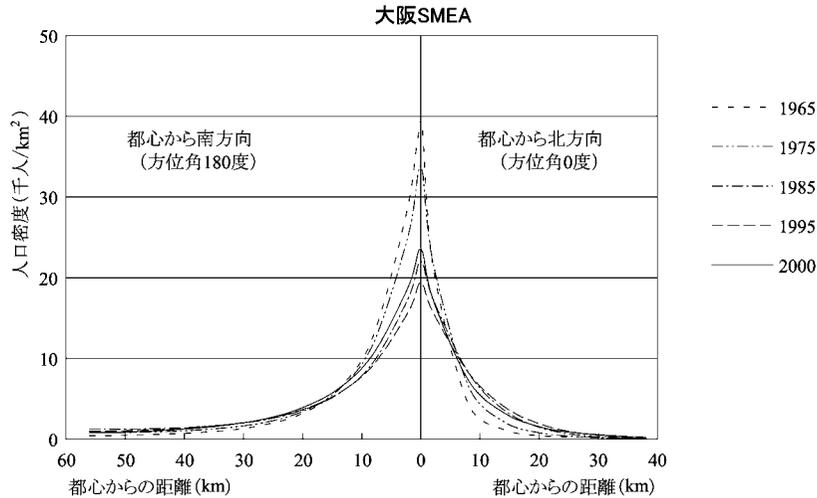
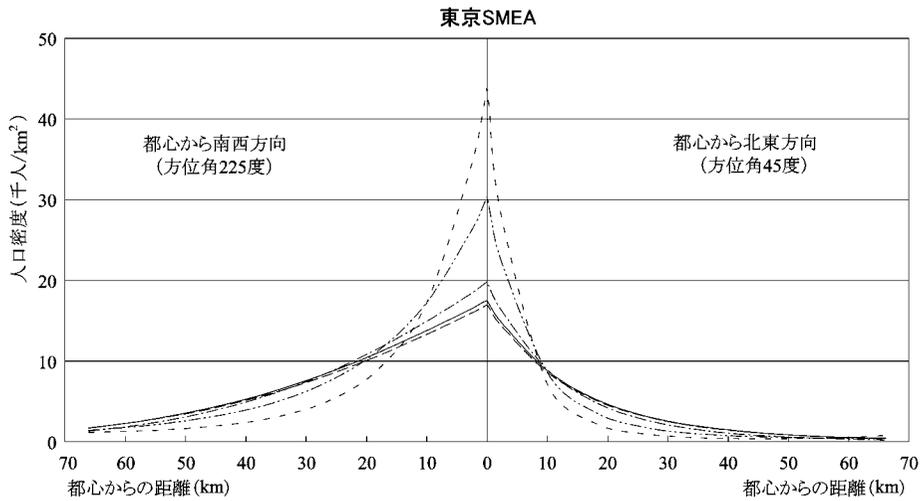
まず、東京を見ると、1965年は、どちらの方向でも集心型であり、都心密度が高く、密度勾配が急な曲線が描かれる。その後、人口の分散が進展して、徐々に都心密度が低下するとともに、密度勾配が緩やかになっている。1985年以降になると、密度勾配が最小の都心

から南西方向は幼年期型から早壮年期型になり、密度勾配が最大の北東方向は集心型になるが、それは、都心から南西方向での人口増加が激しかったことに由来するであろう。

一方、大阪を見ると、東京よりも密度勾配の急な人口密度曲線が描かれている。また、人口の分散が進展するものの、分散の程度は東京よりも弱い。また、1985年以降、密度勾配が最小の都心から南方向で離心型、密度勾配が最大の北方向で幼年期型となるが、人口密度が大きく増加したのが、密度勾配の最大の方向である点で、東京と異なる。ただし、相対的に人口の分散が進展した方向において幼年期型が見られた点は共通している。

また、どちらの SMEA でも、2000年には都心の人口密度が上昇して、人口の再集中傾向が見られるが、その様子にも都心からの方向上の差異を確認できる。それは、どちらの SMEA でも、密度勾配が最小の方向では全体として人口密度が上昇しているのに対し、密度勾配が最大の方向では、郊外での人口密度が停滞、ないしは低下しているのである。

以上のような人口密度曲線の変化において、東京と大阪との間に差異が生じた要因を考察する。まず、大阪 SMEA における人口の分散の程度が東京 SMEA よりも弱かったの



第7図 東京SMEAと大阪SMEAにおける都心からの方向別の人口密度曲線  
 都心(0 km)から見て、密度勾配が最小の方向を図の左側に、最大の方向を図の右側に、それぞれ描いた。

は、SMEA全体の人口成長が大阪SMEAのほうが小さかったからであろう(第1表)。

次に、密度勾配と人口増加との関係に差異が生じた要因として、大阪SMEA固有の条件が考えられる。まず、大阪SMEAの北部は、京都と神戸とを結ぶ地帯であり、加えて、北摂の山々により、SMEAの空間的拡大が阻まれている。さらに、大阪SMEA東部の生駒山地周辺には、人口密度の低い市町村が存在し

ていたが、その後、それらの市町村において人口が増加してきた。こうした要因により、大阪SMEAの人口密度曲線の変化において、南北の対照性が生じたのであろう。

## VI. おわりに

本稿では、1965年から2000年までの東京と大阪の両大都市圏を対象として、ニューリングモデルを適用した。その際、ニューリン

グモデルの2次項が正になるケースを想定したうえで、人口密度分布における都心からの方向上の差異をモデルに組み込んだ。こうした新しい視点の導入により、本稿では以下の知見を得ることができた。

まず、ニューリングモデルでは、都心部での人口密度の落ち込みを表現すべく、クラークモデルに負の2次項が追加されているにもかかわらず、2次項が正となる結果を得ることがあった。そこで、ニューリングモデルにおいて、2次項が正の場合に描かれる人口密度曲線を検討し、集心型、離心型、高度離心型の三類型を想定しうることを指摘した。

そして、東京と大阪を事例として、大都市圏スケールで通常のニューリングモデルを適用し、都心からの距離と人口密度との平均的な関係を検討した。その結果、2次項のパラメータ $c$ は、有意となれば常に正の値をとり、集心型の状況を示していた。

次に、人口密度分布における都心からの方向上の違いを考慮した展開ニューリングモデルを適用した。その結果、東京大都市圏では、密度勾配が緩やかな方向で2次項が負の早壮年期型の人口密度曲線が描かれたのに対し、密度勾配が急な方向で2次項が正の集心型になった。一方、大阪大都市圏では、密度勾配が急な方向で2次項が負の幼年期型の人口密度曲線が描かれたのに対し、密度勾配が緩やかな方向で2次項が正の離心型となった。

このように、展開ニューリングモデルを適用した結果、都心部での人口密度の落ち込みは表現されなかったが、クラークモデルでは把握しえない人口密度分布の様々な状況を描き出すことができた。その際、2次項の符号や曲線の型が同じ場合でも、パラメータ間の

関係により異なる人口密度曲線が描かれることが明らかになった。ニューリングモデルによる分析の際には、パラメータの相互関係を丁寧に検討しなければならないのである。

本稿では以上のような知見を得たが、その対象期間の大部分は、人口分散期にあった。しかし、日本が人口減少期に突入しつつある現在、大都市圏では、中心都市と郊外全体という関係、ならびに郊外市町村間の関係という両面において、人口の集中傾向が指摘されている<sup>30)</sup>。本稿の分析では、人口密度の空間的連続性が一定程度は保たれているという結果を得た。しかし、この人口の集中傾向の局面において、人口密度分布は、人口の分散期とは逆の過程をたどって変化するのか、それとも、人口動態の地域間格差が拡大して、人口密度分布の連続性が保障されなくなり、人口密度関数の説明力が低下するかたちで変化するのか、今後も注意深く検討する必要がある。また、本稿では、人口密度という人口の空間的現象における一側面を対象としたに過ぎない。今後は、年齢階級や職業・産業構成といった住民属性別の分析を行いながら、大都市圏の居住地域構造を詳細に検討する必要がある。以上を今後の課題としたい。

〔付記〕本稿は、2001年1月に京都大学大学院文学研究科に提出した修士論文の一部を再構成したものであり、石川義孝先生をはじめとする京都大学文学部地理学教室の方々から有益なご意見をいただきました。記して感謝いたします。また、本稿の骨子は、日本地理学会2006年春季学術大会（2006年3月、埼玉大学）にて発表した。なお、本稿の作成に際し、平成17年度科学研究費補助金特別研究員奨励費（課題番号5586）の一部を使用した。（日本学術振興会特別研究員、立命館大学）

## 注

- 1) Clark, C.: Urban population densities, *Journal of Royal Statistical Society A* 114, 1951, pp. 490～496.
- 2) 人口密度関数に関する研究動向については、以下の文献に詳しい。(1) McDonald, J. F.: Econometric studies of urban population density: a survey, *Journal of Urban Economics* 26, 1989, pp. 361～385. (2) 中村良平・李 健「都市空間における人口密度分布の実証研究：展望」岡山大学経済学会雑誌 33, 2001, 15～34頁。(3) 山神達也「わが国の3大都市圏における人口密度分布の変化—展開クランクモデルによる分析—」人文地理 53, 2001, 509～531頁。また、近年の研究として、(4) Bunting, T. E.: Decentralization or recentralization? A question of household versus population enumeration, Canadian metropolitan areas 1971-1996, *Environment and Planning A* 36, 2004, pp. 127～147や、(5) Fillion, P. et al.: Canada-U. S. metropolitan density patterns: zonal convergence and divergence, *Urban Geography* 25, 2004, pp. 42～65がある。
- 3) Newling, B. E.: The spatial variation of urban population densities, *Geographical Review* 59, 1969, pp. 242～252.
- 4) (1) McDonald, J. F. and Bowman, H. W.: Some tests of alternative urban population density functions, *Journal of Urban Economics* 3, 1976, pp. 242～252. (2) Eldridge, N.: Melbourne: population density; distance; the relationship, *Journal of Urban Economics* 15, 1984, pp. 310～316.
- 5) Latham, R. F. and Yeates, M. H.: Population density growth in metropolitan Toronto, *Geographical Analysis* 2, 1970, pp. 177～185.
- 6) 前掲4) (2)。
- 7) ミルズ, E. S.・太田勝敏「都市化と都市問題」(パトリック・ロゾフスキー(貝塚啓明監訳)『アジアの巨人・日本IV 労働・都市・社会問題』、日本経済新聞社、1978) 109～201頁。
- 8) 前掲2) (3)。
- 9) 近年の計量地理学では、空間プロセスにおける地域差に着目するローカルモデルに関する研究が盛んに行われており、展開法はその動向の一部をなす。ローカルモデルについては、(1) Fotheringham, A. S., Brunson, C. and Charlton, M.: *Quantitative geography: perspectives on spatial data analysis*, Sage publications, 2000や、(2) 奥野隆史「計量地理学の新しい潮流—主としてローカルモデルについて—」, *地理学評論* 74A, 2001, 431～451頁を、展開法については前掲2) (3)をそれぞれ参照されたい。
- 10) (1) 大友 篤『日本都市人口分布論』、大明堂、1979、163～170頁。(2) Zheng, Xiao-Ping.: Metropolitan spatial structure and its determinants: A case-study of Tokyo, *Urban Studies* 28, 1991, pp. 87～104. (3) Alperovich, G. and Deutsch, J.: An application of a switching regimes regression to the study of urban structure, *Papers in Regional Science* 81, 2002, pp. 83～98.
- 11) 前掲3)。
- 12) (1) Guest, A. M.: Population suburbanization in American metropolitan areas, 1940-1970, *Geographical Analysis* 7, 1975, pp. 267～283. (2) 井上 孝「山形市の距離帯別人口密度にみられる変化傾向」、地域調査報告 9, 1987, 101～110頁。(3) Mukhopadhyay, A. and Dutt, A. K.: Population density gradient changes of a postindustrial city-Cleveland, Ohio (1860-1990), *GeoJournal* 34, 1994, pp. 515～518.
- 13) 前掲5)。
- 14) 前掲4) (2)。
- 15) 前掲7)。
- 16) 高度離心型が示す人口密度の分布状況は、日本の大都市圏では想定しがたいものである。しかし、カナダの都市圏を対象に人口密度関数を適用した研究では、都心から離れるに従い人口密度が上昇する都市圏が存在している(前掲2) (4))。したがって、高度離心型は、現実の都市圏でも描かれうる人口密度曲線であるといえよう。
- 17) 前掲5)。
- 18) 前掲7)。また、ここでEldridgeの研究に言及しないのは、パラメータの提示が行われていないからである。前掲4) (2)。
- 19) 前掲12) (1)、(2)。
- 20) この点は前掲2) (2)も指摘している。
- 21) 山田浩之・徳岡一幸「わが国における標準大都市雇用圏：定義と適用—戦後の日本における大都市圏の分析(2)—」、*経済論叢*(京都大学) 132, 1983, 145～173頁。
- 22) まず、分析結果の解釈において、実際の人口密度分布の変動と都市圏域の変化の影響とを判別できないという問題がある。また、SMEAの新規誕生や従属する中心都市の変化により、ある市町村の含まれるSMEAが変化するという問題もある。
- 23) 1995年におけるSMEAの設定の詳細は、徳岡一幸「1995年国勢調査結果に基づく標準大都市雇用圏とその課題」、同志社大学経済学部ワーキングペーパーNo. 7, 1998,を参照されたい。
- 24) 近年、市区町村より下位レベルの統計データが利用しやすくなったが、小スケールでの人口密度を市区町村スケールで平均化することで大都市圏の全体的な傾向を把握しやすくなることから、本稿では、市区町村を分析単位とした。

- 25) 計算方法は以下の文献を参照した。野上道男・杉浦芳夫『パソコンによる数理地理学演習』、古今書院、1986、31～32頁、275頁。
- 26) (1) 山神達也「日本の大都市圏における人口増加の時空間構造」、地理学評論 76、2003、187～210頁。また、人口の再集中化現象と関連して、近年注目されている人口の都心回帰現象については、以下の文献に詳しい。(2) 榊原彰子・松岡恵悟・宮澤 仁「仙台都心部における分譲マンション居住者の特性と都心居住の志向性」、季刊地理学 55、2003、87～106頁。(3) 矢部直人「1990年代後半の東京都心における人口回帰現象—港区における住民アンケート調査の分析を中心にして—」、人文地理 55、2003、277～292頁。(4) 宮澤 仁・阿部 隆「1990年代後半の東京都心部における人口回復と住民構成の変化—国勢調査小地域集計結果の分析から—」、地理学評論 78、2005、893～912頁。
- 27) 山神達也「日本における都市圏の人口規模と都市圏内の人口分布の変動との関係—郊外の多様性に着目した分析—」、人文地理 58、2006、56～72頁。
- 28) 前掲 27)。
- 29) 前掲 27)。
- 30) 前掲 26) (1)、前掲 27)。