

【原著論文】

## 東京区部における都市施設分布と年齢別人口構成の推移の関連性分析

鈴木 勉\*・大城将範\*\*

### Analyzing transition of urban facilities distribution and age structure of population in Central Tokyo

Tsutomu SUZUKI\*, Masanori OSHIRO\*\*

**Abstract:** This paper aims to clarify the change of density of urban facilities in central Tokyo (ward area), and to analyze the change of density of urban facilities and its dependence on age structure of small district. We focus on age structure that have an influence on change of density of urban facility, and clarified its relationship. Day nursery, kindergarten, elementary school, junior high school, and hospital are taken up as urban facilities in this paper. We find out that the change in the density of each urban facility is partially explained by that in population density by using kernel density functions with appropriate radius.

**Keywords:** 都市施設 (urban facility), 年齢構成 (age structure), 人口 (population), カーネル密度推定 (kernel density estimation), 東京区部 (Tokyo ward area)

#### 1. はじめに

自治体の財政悪化などを背景に、都市施設はその効率的な管理運営が求められるようになってきている。人口の急増・急減は都市施設の不足や過剰を生むため、効率的な管理運営のためには、都市の成長管理を行って、こうした急激な変化を避ける方が望ましい。

ところが、都市施設の中には、特定の年齢層を対象としていて、人口の急変がなくても地域の年齢構成の大幅な変化によって施設需要が大きく変化する場合がある。例えば、少子化により幼稚園や小中学校の需要が廃校となるケースや、高齢化の進行により地域医療ニーズが増加し、より多くの病院が必要となるケースがこれに当たる。

浅見 (2006) は、「多様なタイプの住宅が供給されることにより、多様な世帯構成や年齢層、社会階層の人々が集まり、時間の推移とともに世帯構成や人口構成が大きく変化しない地域が実現できる。これによって特定年齢層に必要な施設の一時的な混在や供給過剰現象を回避し、公共施設の安定的・効率

的な利用を図ることができる」と述べている。上述のような施設については、年々変化する状況の下、長期的な需要の増減を踏まえながら限られた財政資金、施設ストックの中で最適な施設計画を行うことが求められる。長期的な視点で見た場合、福祉施設や教育施設は年齢層に敏感であり、多様なタイプの住宅が供給されることで安定的な施設運用が可能と考えられる。しかし、現実には、都心のマンション立地で急に小学校の需要が高まるなど、年齢構成がアンバランスに変化することは珍しくない。

都市施設の立地には、地価や新規用地の確保可能性などの他の要因にも影響を受けると考えられる。したがって、人口の変化だけで都市施設の有無を記述することはできないであろう。しかし、人口分布に対応することが必要な施設分布を適切にコントロールすべきであると考えられる。このためには、人口密度で施設分布を部分的にでも説明可能なことをまず確かめることが必要であり、さらに過去にどのような年齢別人口構成の変化が施設の新設・廃止につながったかがわかれば、望ましい施設計画を考

---

\* 正会員 筑波大学システム情報系 (University of Tsukuba)  
〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1 E-mail : tsutomu@risk.tsukuba.ac.jp

\*\* 学生会員 元筑波大学大学院システム情報工学研究科 (University of Tsukuba)

える上で有用である。

そこで、本研究では、東京区部を対象として、都市施設分布の変化の状況を明らかにするとともに、都市施設分布と年齢別人口構成の推移を小地域ベースで把握し、両者の関連性を分析することを目的とする。さらに、施設密度の時系列的な変化を対象年齢の人口密度と対応させて、空間的な対応関係を調べることとする。

都市施設分布の変化を扱った既存研究としては、貞広（1998）が駅周辺の商業施設についてカーネル密度推定を用いて施設密度を計算し、立地傾向の分析を行っている。また、同様に歳森ら（2002）は、カーネル密度推定を適用して駅周辺の施設密度の異時点間・施設種別間の分布の類似性を分析している。本研究では、これらの既存研究で行われてきた手法を踏襲し、施設密度の変化の傾向を把握する手法としてカーネル密度推定を用いることとする。

## 2. 東京区部における年齢別人口密度の変化

今回対象とする東京区部（面積約62,100ha）などの大都市中心部では、高齢化が進む一方で、バブル崩壊後の都心回帰によって、一部の地域では人口の急増が見られるところもある（大城・鈴木，2009a, 2009b）。本研究では、国勢調査小地域集計（2000年，2005年については総務省国勢調査ホームページ，それ以前については東京都総務局統計部人口統計課）の東京区部町丁目別年齢階級（5歳）別人口データ（1980年・1985年・1990年・1995年・2000年・2005年の6時点）を用いた。ここでは、年齢別人口構成との関連性が深い都市施設として、保育所・幼稚園・小学校・中学校・病院を対象とする。各施設に対応する年齢階級は、それぞれ保育所・幼稚園0～4歳，小学校5～9歳，中学校10～14歳，病院60歳以上とした。これらの都市施設の分布（出典は後述）と、対象としている年齢層の5年間の人口密度変化を表したのが、図1および図2である。0～4歳の人口密度変化を見ると、1990～95年の期間に若干増加の傾向を見せ、その後1995年から区部全体で増加に転じている。一方、5～9歳は1995～2000年に部分的に増加し、2000～05年にかけて区

部全体で増加している。10～14歳は2000～05年に部分的に増加の傾向が見られる。このように、各年代層の人口変化の傾向には時間的ラグがあることがわかる。60歳以上については、中心部で減少がみられることがあるものの、ほぼ区部全域で全期間を通じて増加している。

## 3. 東京区部における都市施設分布の変化

一方で、主要な都市施設分布はどのように変化してきているであろうか。保育所については「福祉施設等一覧」（東京都福祉保健局，1980-2005），幼稚園，小学校，中学校については「東京都公立学校一覧」（東京都教育庁総務部，1980-2005），病院については「東京都医療機関名簿」（東京都福祉保健局医療政策部医療人材課，1980-2005）の紙媒体データに依り，対象年は1980年・1985年・1990年・1995年・2000年・2005年の5年毎6時点を対象とした。幼稚園・小学校・中学校の対象は公立学校のみであり，国立・私立は対象外とした。保育所については，児童福祉法に基づいて設置されている認可保育所のみを対象とし，2001年から東京都独自の制度である「認証保育所制度」に基づいて設置された認証保育所は対象としない。病院については，計画的に配置されている大規模病院や数の多い小規模の診療所を除くため，「東京都医療機関名簿」に記載されている病院のうち，病床数10床以上20床未満のものを対象とした。地理的分布は図1および図2に示した通りである。表1は各施設の施設数の年度毎の推移を示したものであるが，区部全体としては，小学校・中学校・幼稚園・病院は減少傾向，保育所はほぼ横ばいであることがわかる。

表1 対象施設の施設数の推移

	1980年	1985年	1990年	1995年	2000年	2005年
保育所	1014	1066	1070	1054	1054	1063
幼稚園	279	285	275	250	250	210
小学校	925	949	952	931	912	861
中学校	407	427	433	432	424	406
病院	314	276	240	218	179	163

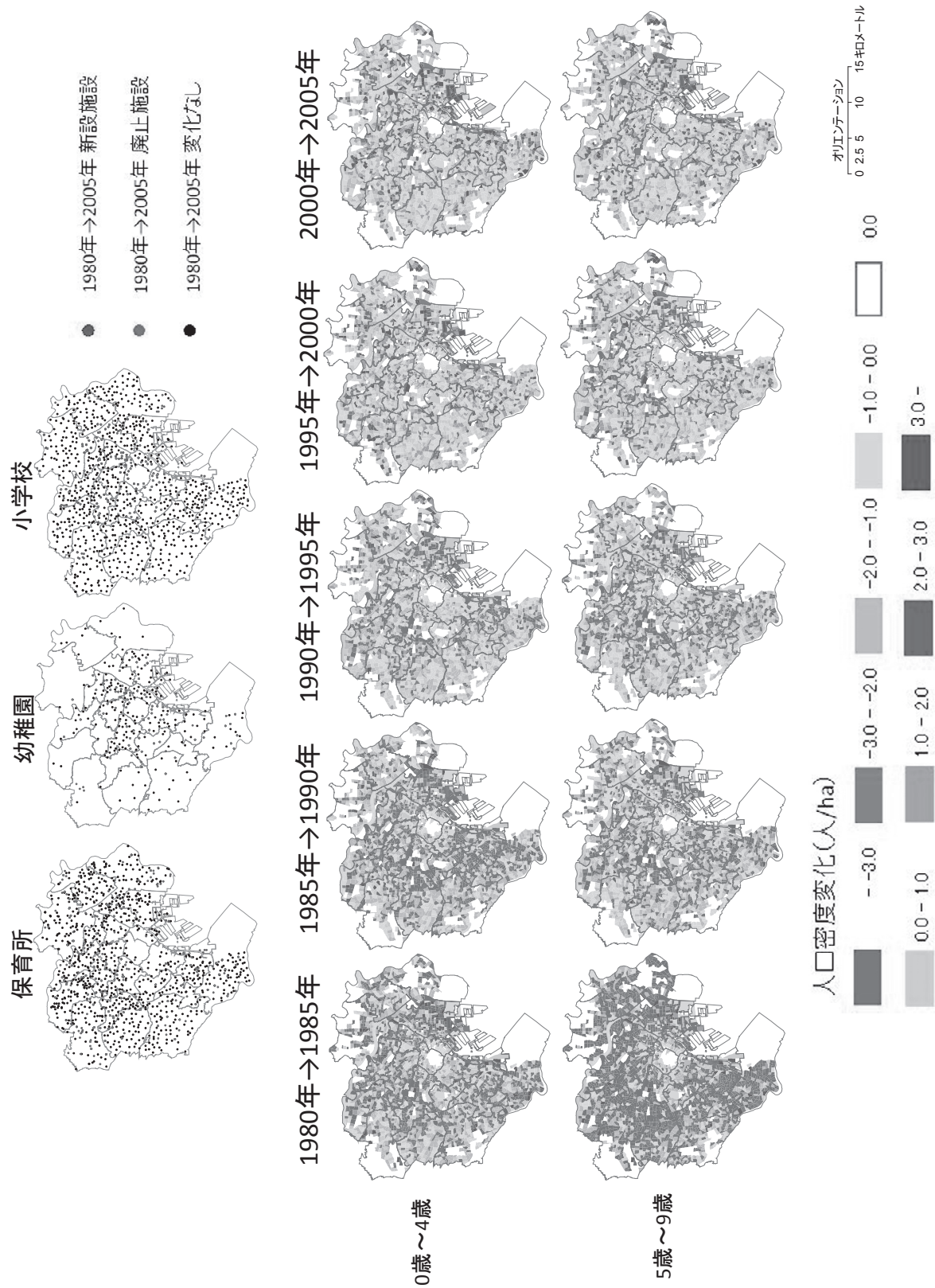


図1 保育所・中学校の施設分布（上）と期間別の0歳～4歳・5歳～9歳の人口密度変化（町丁目別）



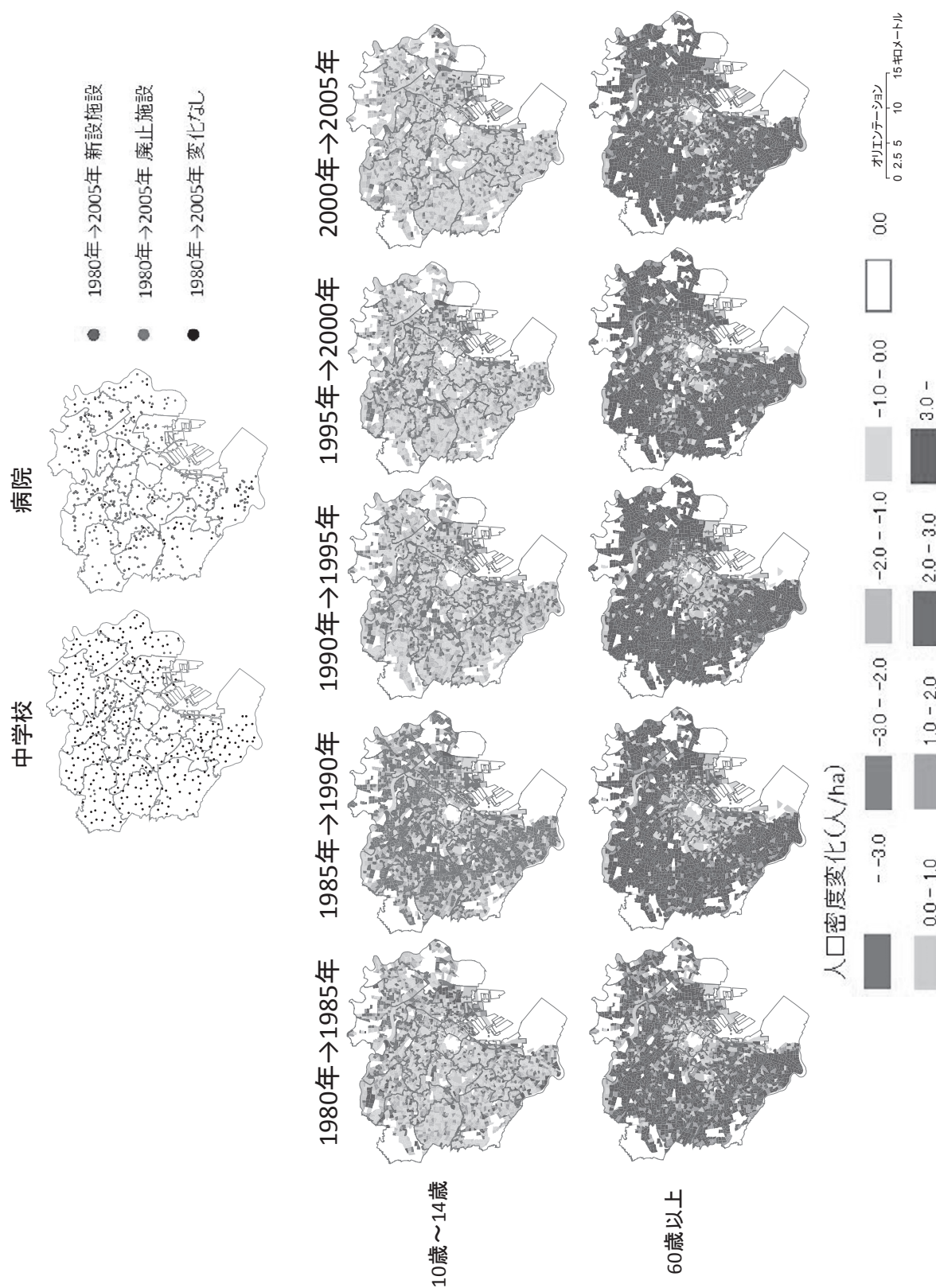


図2 中学校・病院の施設分布（上）と期間別の10歳～14歳・60歳以上の人口密度変化（町丁目別）



表2 各集計単位の単位数・面積・人口

単位	集計単位数	平均面積(km <sup>2</sup> )	2005年平均人口(人)
町丁目	2,571	0.182	2,794
町	779	0.602	9,223
小ゾーン	249	1.884	28,853
計画基本ゾーン	113	4.151	63,579

#### 4. 人口分布と都市施設分布の変化の関連性

##### 4. 1. カーネル密度推定法

人口分布の変化は町丁目単位のゾーン集計データであるが、施設分布の変化はポイントデータであり、関連性を直接計測することは難しい。そこで、施設密度の変化の傾向を把握する手法としてカーネル密度推定法を用いる。カーネル密度推定法は、ある事象の生起点の分布から事象の確率密度を推定する方法であり、生起点毎にカーネル関数と呼ばれる関数を置き、全てのカーネル関数の和で確率密度を定義する。カーネル関数によって生起点の近傍には高い確率密度が与えられる。どの範囲までを「近傍」とするかによって結果は異なる。カーネル関数としては様々な関数形が用いられるが、貞広（1998）は平面上の座標として得られた施設の位置を中心とした2次元ガウス型カーネル関数を用いて、施設の確率密度を推定している。種類*i*の施設の施設数を*n<sub>i</sub>*、その*j*番目の施設の位置を*x<sub>ij</sub>*として、近傍の大きさのパラメータを*h<sub>i</sub>*とすると、ガウス型確率密度は以下のように表すことができる。

$$f(x) = \frac{1}{2\pi h_i^2 n_i} \sum_j e^{-\frac{1}{2h_i^2} |x - x_{ij}|^2}$$

今回対象としている施設は、本来、対象年齢の全ての住民に公平にサービスを提供できるように立地されるものであるが、現実には必ずしも理想的な場所に立地している訳ではない。また、施設は基本的にその場所まで赴いてサービスが提供されるものであるため、施設が提供するサービスは施設の立地場所にのみあると考えるよりも、立地場所を中心にその周囲に連続的に存在すると考えることができる。このため、施設の立地をサービスを受けることのできる場所の分布と捉えて、これをカーネル関数を用いて推計した。

##### 4. 2. バンド幅と集計単位を考慮した施設密度と人口密度の関係

施設は、その種類毎にその規模やサービス範囲が異なっている。例えば、表1に見るように、保育所の数は幼稚園の数の4～5倍の数存在するが、これはサービスを受ける人口がそれだけの開きがあるということではなく、保育所の施設規模が幼稚園のそれよりも小さいことによる。これに応じて、保育所のサービス範囲は幼稚園のそれよりも小さく狭いものとなっていると考えられる。すなわち、前節で施設の周りにサービスが連続的に分布していると考える際に、その分布の広がり施設毎に異なるということである。

このことは、施設の種類によって、どの程度のバンド幅を考慮すればよいかが異なることを意味している。また、施設密度と人口密度を地域別に集計する際にどの程度の広がり単位で集計するかが問題となることを意味している。集計する単位が小さすぎると人口密度のばらつきが大きすぎるため当てはまりが悪くなり、逆に集計する単位が大きすぎると人口密度が均されてしまい、地区の特徴が表現できずに当てはまりが悪くなることが考えられる。したがって、適切な集計単位が存在すると考えられる。

そのため、本研究では人口密度と施設密度の集計範囲を町丁目単位、町単位（〇〇丁目を一つに集計）、パーソントリップ調査の小ゾーン、計画基本ゾーンの4パターンを採用した。集計単位は自治体では大きすぎるため、これより細かい単位として最も細かい単位である町丁目から、自治体を数個に分ける程度の単位としての計画基本ゾーンまでを対象とした。各集計単位の特徴を表2に示す。

全ての年度のデータを分析対象とし、それぞれの集計単位の区域毎の各施設の需要に対応する年齢層の人口密度を算出し、後述の方法で計算した施設密度[個/km<sup>2</sup>]を被説明変数、人口密度[人/ha]および年次のダミー変数（2005年を基本とし、それ以外の年次のデータについては各年次に該当する場合1とするバイナリ変数を用意）を説明変数として重回帰分析を行った。重回帰分析の変数選択にはステップワイズ法を用いた。結果として推定された推定式

の調整済決定係数が高いほど当てはまりがよいと考えたこととした。

ここで、施設密度の計算は、施設から密度サーフェスを発生させ、その合計値を集計ゾーンの面積重心で計測するという方法を採用した。カーネル密度推定のパンド幅は100～6,000mの間で100m刻みで変化させることとした。人口密度の計算も、人口の集計ゾーンを単位として行い、ゾーンの面積重心を代表点としてその地点の計測値とした。つまり、施設密度および人口密度の計測場所はどちらもゾーンの代表点である面積重心であり、計測地点数はゾーン数と同じである。

表3は、このような方法により、それぞれ各施設の集計単位毎の最も調整済決定係数が高かったケースのパンド幅と、ステップワイズ法によって有意水準5%で採択された変数の非標準偏回帰係数を表している。保育所・小学校・中学校に関しては、年次ダミーの偏回帰係数が年を経るに従い減少傾向にあるのは、施設密度が減少していることに対応すると見られるが、後述のように適合するパンド幅の大きい幼稚園と病院についてはこうした傾向は見られなかった。

#### 4. 3. 東京区部における各都市施設の特徴

本節では、上述の分析方法を東京区部の対象施設に適用し、施設毎の対象年齢総人口との対応関係と影響範囲の違いを明らかにする。

保育所の決定係数は、計画基本ゾーンで最も高く、そのときのパンド幅は1,900mとなった。後述の小学校に比べるとパンド幅が長い結果となり、保育所はより広域的な対象年齢層の人口分布と対応しているといえることがわかる。小ゾーンの場合の決定係数も大差なく、やや狭域の人口分布との対応関係もよいことが窺える。

幼稚園については、決定係数は小ゾーン集計の場合に比較的高いが、全体的に低く、適切なパンド幅は見つからないという結果になっている。良いモデルは構築できていないが、これは公立の幼稚園のみを扱っており、施設数が少なく分布が偏っているためであると思われる。東京区部は特に私立学校の果

たす役割は大きく、私立を考慮すればより良い結果となることが期待される。

小学校についても、決定係数は0.2未満であり、幼稚園の場合よりは高いものの、説明力の高いモデルは構築できていない。全体の施設数が同程度の値である保育所と比べても決定係数が低くなっていることから、小学校についてはエリアをカバーするように均等に配置するように計画されていることによって、人口分布にそれほど影響されない傾向になっていると考えられる。

中学校は計画基本ゾーンで最も決定係数が高くなっており、パンド幅は1,500mとなっている。計画基本ゾーンでの決定係数やパンド幅は保育所と似ているが、中学校の場合は小ゾーンでの決定係数が計画基本ゾーンに比べて低くなっている。

病院は、計画基本ゾーンで最も決定係数が高くなり、最もよく適合するパンド幅は4,100mとなった。病院の場合は、通院圏域が広く、他の公共施設よりもより広範囲の需要と対応していることがわかる。

比較的説明力の高かった施設の適合の良いパンド幅は、中学校1,500m、保育所1,900m、病院4,100mとなった。これが施設毎に異なることは、施設の種類によって、その圏域の広がり異なることを意味している。また、集計単位については、計画基本ゾーンや小ゾーンなどの比較的大きな集計単位の方が適合する結果となっているが、これは町丁目や町ほどの小さい集計単位では、同一施設圏域の内部に複数の集計単位が入ってしまい、圏域内でのばらつきを説明できないためであると考えられる。

#### 4. 4. 東京区部における各施設密度の変化

以上では、経年データをプールして年次ダミーを説明変数に加えることによって一括して分析したが、時系列データが存在するので、前節で比較的良好な結果が得られた保育所、中学校、病院を対象に、各施設に適合するパンド幅を用いて、施設密度の時系列変化を地図で表現する。そして、図1・図2の対象年齢の人口密度の変化と対比してみることにする。

図3は各期間についての施設密度変化を表したも

表3 各集計地区単位における決定係数が最も高かった重回帰分析結果

保育所	町丁目	町	小ゾーン	計画基本
バンド幅	1500m	1600m	1000m	1900m
調整済決定係数	0.1359	0.1665	0.4690	0.4863
各変数の偏回帰係数				
(定数項)	1.3491	1.2000	0.0379	0.0734
人口密度	0.0784	0.0932	0.2290	0.2226
1980年ダミー	0.2420	0.2980	0.7071	0.7088
1985年ダミー	0.2483	0.3031	0.7373	0.7541
1990年ダミー	0.2538	0.3130	0.7587	0.7752
1995年ダミー	0.1958	0.2406	0.5576	0.5739
2000年ダミー	0.0843	0.1111	0.2246	0.2307

幼稚園	町丁目	町	小ゾーン	計画基本
バンド幅	6000m	6000m	6000m	6000m
調整済決定係数	0.0108	0.0381	0.0550	0.0207
各変数の偏回帰係数				
(定数項)	0.6569	0.8582	0.8805	0.7934
人口密度	-0.0111	-0.0239	-0.0357	-0.0231
1980年ダミー	-0.0272	-0.0644	-0.0927	-
1985年ダミー	-0.0285	-0.0657	-0.0974	-
1990年ダミー	-0.0289	-0.0682	-0.1008	-
1995年ダミー	-0.0213	-0.0497	-0.0694	-
2000年ダミー	-	-	-	-

小学校	町丁目	町	小ゾーン	計画基本
バンド幅	900m	600m	700m	500m
調整済決定係数	0.0400	0.0381	0.1509	0.1853
各変数の偏回帰係数				
(定数項)	1.4828	1.4476	0.7259	0.5176
人口密度	0.0431	0.0564	0.1126	0.1352
1980年ダミー	0.2066	0.2754	0.5372	0.6650
1985年ダミー	0.2131	0.2855	0.5587	0.6957
1990年ダミー	0.2021	0.2689	0.5139	0.6383
1995年ダミー	0.1552	0.2097	0.3881	0.4828
2000年ダミー	0.1013	0.1369	0.2446	0.3004

中学校	町丁目	町	小ゾーン	計画基本
バンド幅	1900m	1500m	900m	1500m
調整済決定係数	0.0765	0.1049	0.3164	0.4321
各変数の偏回帰係数				
(定数項)	0.6219	0.5690	0.1207	0.0526
人口密度	0.0196	0.0262	0.0711	0.0784
1980年ダミー	0.0899	0.1236	0.3285	0.3723
1985年ダミー	0.0870	0.1184	0.3094	0.3500
1990年ダミー	0.0713	0.0991	0.2508	0.2830
1995年ダミー	0.0483	0.0663	0.1653	0.1869
2000年ダミー	-	-	-	-

病院	町丁目	町	小ゾーン	計画基本
バンド幅	4700m	4600m	4500m	4100m
調整済決定係数	0.2240	0.2365	0.4308	0.5081
各変数の偏回帰係数				
(定数項)	0.5798	0.5812	0.4522	0.4023
人口密度	0.0084	0.0081	0.0141	0.0168
1980年ダミー	-0.1610	-0.1501	-0.2709	-0.3236
1985年ダミー	-0.1220	-0.1139	-0.2037	-0.2422
1990年ダミー	-0.0856	-0.0790	-0.1428	-0.1695
1995年ダミー	-0.0511	-0.0488	-0.0846	-0.1008
2000年ダミー	-0.0248	-0.0229	-0.0417	-0.0497

のである。施設密度を計算する際のバンド幅としては、施設から密度サーフェスを発生させ、その中でも当てはまりの良い場合のバンド幅を採用することとした。ただし、幼稚園および小学校についてはバンド幅を決定する際の決定係数が低かったため、分析対象から除外した。

施設密度は、対象年齢の低い順に保育所から中学校へと増加から減少に転じてきていることがわかる。保育所に関しては、1980～85年にかけて全体で増加したが、その後1985～2000年にかけては減少した。2000～05年にかけて再び周辺区で増加している。

中学校については、1980～85年にかけては小学校と同様に周辺区で増加傾向にある。その後あまり変化がない期間が続いた後、1995～2005年にかけて台東区・新宿区付近で大きく減少を見せている。

病院については周辺部の一部を除いて区部全体で減少傾向にあることがわかる。

図1・図2の人口密度の変化との対応を見てみよう。

まず、保育所と対応する0～4歳人口分布の変化を見ると、1980年からは既に減少していたが、1995年頃を境に人口密度の増加している町丁目が目立ってくる。これに対し、保育所の密度は1980～85年は全体的に増加傾向にあり、85年以降に減少傾向に入ったものの、逆に1995年以降もその減少傾向が続いていることが読み取れる。このように、人口分布の変化との対応が必ずしも同期できていないことがわかる。このことは、前節での適合があまり

り良くないことの一つの理由になっている可能性がある。

中学校と対応する10～14歳人口については、1985～90年に急減しているが、中学校の密度の方はかなり遅れて2000～05年にかけて施設密度が大きく減少していることがわかる。

病院については、バンド幅が4kmを超えるという結果となったため、施設密度の変化が区部内で明確な分布を持っておらず、こちらも明確な分布が見られず全体的に増加している60歳以上の人口密度と対応するという結果になっていると考えられる。

以上のように、前節で算出されたバンド幅を用いて、施設密度の変化と人口密度の変化を対応させると、変化の関係が時間的に必ずしも同期していないことがわかる。都市計画の観点からは、こうした時間的なずれをなくすための方策や、変化の幅が一定の範囲に収まるような年齢構成の実現といった方策が求められると言える。

## 5. まとめと今後の課題

本研究では、都市施設として保育所・幼稚園・小学校・中学校・病院に着目して、時系列データを分析し、施設密度分布と対象年齢の人口密度の変化の関連性を分析した。東京区部について分析した主な結果は以下の通りである。

- ①計画基本ゾーン単位・小ゾーン単位・町単位・町丁目単位についてバンド幅毎に重回帰分析を行い、施設密度と、その施設の対象年齢の人口密度の関係性を分析した。その結果、保育所、



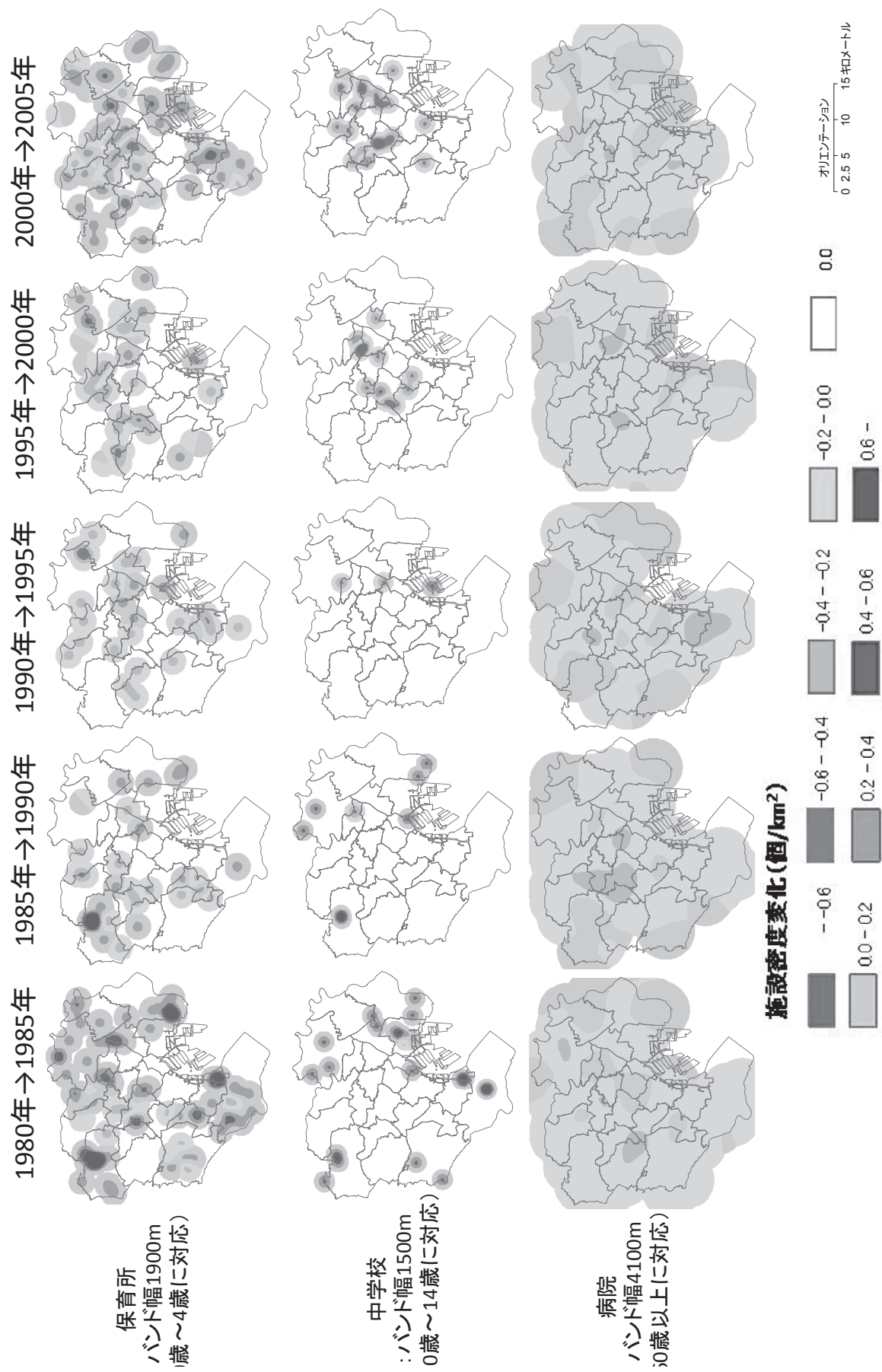


図3 保育所・中学校・病院の施設密度変化（決定係数が最も高くなるバンド幅を使用）

中学校、病院については、説明力は高くないものの、集計単位とバンド幅を適切にとることによって、ある程度の相関を記述できることが明らかとなった。

- ②上のバンド幅を用いて、施設密度の時系列的な変化傾向を人口密度変化と対照させることにより、両者の変化の関係性を分析した。その結果、必ずしも両者の変化が同期していないことが確認された。このことは、人口密度の変化に合った施設計画や、人口密度変化の幅を小さくする施策の必要性を示唆する。

具体的な施策としては、多様な階層の人口が定着するように多様なタイプの住宅供給を行ったり、時代のニーズに応じて転用可能な建築物としたりすることが挙げられる。

本研究では、施設の規模を全て同一と考え、同一のカーネル密度関数で分析を行ったが、現実には規模はまちまちであり、それによって施設の圏域や影響範囲の大きさも多様であると考えられる。また、本研究の分析結果は、町丁目やゾーンといった集計単位の大きさと形状に依存しており、異なる集計方法を用いると結果も異なったものとなるという欠点を持っている。したがって、今後の課題としては、都市施設の規模（収容人数など）を考慮したカーネル密度推定を行うことや、集計する単位を連続的に変更した分析、時間的なラグの定量的な分析を行う等が挙げられる。また、上述の具体的な施策がもたらす効果の計測への応用も挙げられよう。

## 謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金およびシンフォニカ統計GIS研究助成による研究成果の一部である。また匿名の査読者には多くの貴重な助言を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

## 参考文献

- 東明佐久良・佐藤裕人・小坪宏則（1994）携帯型地理情報システムの開発。「GIS－理論と応用」, 3(1), 1-8.
- 福井弘道(1996)GISを用いた都市・地域の解析。『GISソースブック』（高阪宏行・岡部篤行編），古今書院, 336-345.
- 浅見泰司（2006）『住環境－評価方法と理論－』，東京大学出版会。
- 貞広幸雄（1998）大都市における商業空間構造の分析手法，「都市計画」, Vol.47, No.5, pp.74-79.
- 歳森 敦・五弓裕文・勅使川原将吾・谷村秀彦（2002）カーネル法で推定した密度曲線の類似性に基づく市街地の地域施設分布の変化，「日本建築学会計画系論文集」, No.552, pp.133-139.
- 総務省国勢調査ホームページ。 <[http:// www.stat.go.jp/data/kokusei/2005/index.htm](http://www.stat.go.jp/data/kokusei/2005/index.htm)>
- 東京都教育庁総務部（1980-2005）『東京都公立学校一覧』。
- 東京都福祉保健局（1980-2005）『福祉施設等一覧』。
- 東京都福祉保健局医療政策部医療人材課（1980-2005）『東京都医療機関名簿』。
- 東京都総務局統計部人口統計課『東京都区市町村町別報告』，国勢調査各年版。
- 大城将範・鈴木 勉（2009a）年齢別人口構成比率の変化を用いた地区分類，「2009年オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集」, pp.10-11.
- 大城将範・鈴木 勉（2009b）年齢構成の変化からみた地区分類と住宅開発との関連性－1970年～2005年の東京都区部を対象として－，「都市計画論文集」, Vol.44, No.3, pp.727-732.
- （2010年5月27日原稿受理, 2012年3月12日採用決定, 2012年5月24日デジタルライブラリ掲載）

