

平成 22 年度国土政策関係研究支援事業 研究成果報告書

地理空間情報を活用した都市密度指標の確立

—東京大都市圏を事例として—

徳島大学 大学院ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部 准教授

田中耕市

目 次

I. 研究目的・意義	1
II. 研究手法	2
III. 成果内容	3
○ 要旨	3
○ キーワード	4
○ 本編	5
1. はじめに	5
2. 建築物データと都市密度指標の測定法	7
2-1. 建築物データ	7
2-2. 都市密度指標の定量的測定法	8
(1) メッシュ単位の処理	8
(2) カーネル密度推定に際する処理	9
3. 都市密度の測定	12
3-1. 東京大都市圏	12
3-2. 主要都市間比較	15
(1) 全建築物	18
(2) 事業所建築物	19
(3) 独立住宅	20
(4) その他のビル・集合住宅	21
3-3. 主要都市内部	22
(1) 東京 23 区	22
(2) 横浜市・川崎市	25
(3) さいたま市	27
(4) 千葉市	29
4. 都市密度の変化と都市問題との関連性	31
4-1. 時系列的変化	31
4-2. 都市密度と都市問題との関連性	34
(1) 生活インフラ問題	34
(2) ヒートアイランド現象	36
5. おわりに	40
注釈	42
参考文献	44
○ 資料編	46

I. 研究目的・意義

近年、日本の大都市中心部では都市再生政策に基づく建築物規制緩和に伴って高層建築物の建設が相次ぎ、都市空間の高密度化が急速に進んでいる。それによって様々な都市問題(急激な人口増加による生活インフラ不足問題、ヒートアイランド現象、コミュニティ問題等)が引き起こされているものの、説明要因としての都市密度を定量的に評価する汎用的指標は確立されていない。これまでも「都市密度」という用語を用いた研究はいくつかみられるが、その定義は未だに統一されていない。

そこで、本研究の目的は、都市の高密度化に起因する都市問題を抑制する政策構築に貢献すべく、建築物空間データ等の地理空間情報を活用した土地の高度利用化を定量的に評価する都市密度指標を確立する。東京大都市圏を対象として各指標を測定し、なかでも特に都市密度が高い東京 23 区および主要 4 都市(横浜市, 川崎市, 千葉市, さいたま市)について考察を加えた。

本研究は、以下の 3 点の意義を有しており、都市問題を抑制して環境負荷軽減と住民生活(Quality of Life)の向上のための国土政策・計画の構築に資する。

- ①定量的指標の確立による都市密度測度の汎用性の向上。
- ②都市の高密度化に起因する都市問題に関する事例研究の位置づけの明確化。
- ③都市密度データの公表による他研究者・機関・自治体の将来的研究・計画への貢献。

II. 研究手法

本研究は、大きく分けて以下の3つ(I~III)の段階から構成される。

I. 都市密度の定量的指標の構築と検証

建築物データ等の地理空間情報を活用して、都市空間の高度利用化を定量的に評価する都市密度指標の測定法を構築する。

II. 東京大都市圏における都市密度の測定

Iで構築した都市密度指標を用いて、東京大都市圏における都市密度を測定する。指標の測定には、GIS(地理情報システム)を援用する。指標は、①全建築物、②事業所建築物、③独立住宅、④その他のビル・集合住宅の i) 面積, ii) 延床面積について、a)2分の1地域メッシュ(世界測地系)と、b)2分の1地域メッシュ(日本測地系)、c)カーネル密度推計の3種、計24パターンを作成した。

III. 都市密度と都市問題との相関の検証

都市の過密状態に要因が言及されている都市問題(特に、生活インフラ不足問題やヒートアイランド現象を取り上げる)の地域的パターンと、IIで測定した都市密度パターンとの関連性を検証する。

都市密度指標の理論的枠組みと、測定手法(カーネル密度推定法の各変数の設定など)および作成するデータタイプについては、①2分の1地域メッシュ(約500m四方)のベクタ形式と、②10mセルのラスタ形式で作成した。前者は、他の地域統計(国勢調査や商業統計調査等)においても2分の1地域メッシュ単位のデータが公表されているため、同一単位地域による分析が可能となる利点がある。また、特に過去に遡って分析する際に、日本測地系に基づくメッシュ集計データが必要とされるため、世界測地系と日本測地系による2種のデータを作成した。後者のラスタ形式のデータについては、そのデータ形状の特性から、適宜、各種ラスタデータとのオーバーレイ分析が可能である。

Ⅲ. 成果内容

○ 要旨

本研究では、都市の高密度化に起因する都市問題を抑制する政策構築に貢献すべく、建築物空間データ等の地理空間情報を活用した土地の高度利用化を定量的に評価する都市密度指標を確立した。そして、2009年の東京大都市圏における都市密度を測定して、各種都市密度の空間的差異から地域の特徴を考察した。さらに、2003年から2009年にかけての都市密度の変化から、都市構造の変容に関する考察を行った。最後に、都市密度と都市問題の関連性を、東京都における都市生活インフラ不足の問題の事例から明らかにした。

都市密度の測定手法を検討した結果、データタイプについては汎用性を考慮して①2分の1地域メッシュ(約500m四方)のベクタ形式と、②10mセルのラスタ形式で作成することにした。前者は、他の地域統計(国勢調査や商業統計調査等)においても2分の1地域メッシュ単位のデータが公表されているため、同一単位地域による分析が可能となる利点がある。後者のラスタ形式のデータについては、そのデータ形状の特性から、適宜、各種ラスタデータとのオーバーレイ分析が可能である。

ラスタ形式の都市密度サーフェスの作成法については、特定の確率分布を想定しないノンパラメトリックな手法であるカーネル密度推定法を用いた。さらに、カーネル密度推定法もいくつかに分けられるが、本研究では推定密度関数の微分可能性がイパネクニコフよりも高い点で優れている2乗重みカーネル(quadratic kernel)を用いた。

指標の測定に必要となる建築物の空間データや資料は、GIS(地理情報システム)にて空間データ等を読み込み、都市密度指標の測定データを作成した。指標は、①全建築物、②事業所建築物、③独立住宅、④その他のビル・集合住宅の i) 面積、ii) 延床面積について、a)2分の1地域メッシュ(世界測地系)と、b)2分の1地域メッシュ(日本測地系)、c)カーネル密度の3種、計24パターンを作成した。

その結果、大凡の傾向として、全建築物、事業所建築物、集合住宅の面積の密度については東京都心が高い一方で、郊外は押し並べて低かった。延床面積の密度については、圧倒的な高層建築物数によって、東京都心における密度の高さが増して、郊外との差異がより明瞭になった。一方で、郊外においても、高層建築物が並ぶ主要都市業務地区では他地域に比較して密度が相対的に上昇した。

さらに、2003年と2009年のデータを用いて、各指標の時系列的变化を定量的に測定することにより、急激な密度の変化がみられた地域を明らかにした。建築物面積の密度からは、東京都心では軒並み低い一方で、郊外の住宅地においては急激に上昇していた。それに対して、延床面積の密度は、東京都心に於いて相対的に高く、郊外地域は一部の主要都市を除いて密度が低い結果となった。これは、東京都心には高層建築物が多く、建築物面積自体は減少をしていますが、延床面積で見れば大幅に増加して

いると考えられる。

最終的に、都市密度が関連する都市問題として、生活インフラ問題とヒートアイランド現象を取り上げて、その関連性について検討を加えた。高層集合住宅等の建設によって都市密度が急上昇した地域では、特定の世代の需要に特化したインフラが新規に建設されており、長期的視点に立った生活インフラの管理が求められる。また、ヒートアイランド現象については、東京都における熱帯夜日数と事業所建築物の延床面積による都市密度と熱帯夜日数の空間的分布に強い相関がみられた。そのため、経済効果をもたらす事業所建築物等の都心集積を進めるには、ヒートアイランド抑制策を講じる必要がある。

本稿では、二つの都市問題についての事例を紹介したが、今後は他の問題についても都市密度との関連性を明らかにしていく必要がある。ただし、当然ながら、都市問題の発生メカニズムは複雑であるため、一変数で現象の全てを説明することは困難である。そのため、都市密度指標は、それらの都市問題を説明するうえでの一変数として扱うべきであろう。しかしながら、これまで定性的に都市の密度と都市問題の関連性が語られることが多かったなかで、建築物のストックを測定した本研究の指標は、種々の都市問題に関する定量的な要因分析モデルの説明力向上に貢献することができる。

○ キーワード

都市密度、都市問題、カーネル密度推定法、地理情報システム、地域メッシュ

○本編

1. はじめに

近年、日本の大都市中心部では高層建築物の建設が相次ぎ、都市空間の高密度化が進んでいる。しかし、日本における高層建築物の歴史は比較的浅く、他の先進諸国と比較すると短期間で高層建築物が増加していった。日本において高層建築物の建設が可能となった契機は、1960年代の建築基準法の改正¹⁾で、霞ヶ関ビルがその恩恵を受けた最初の高層建築物となった。その後、高層建築物が相次いで建設されて、1980年代には容積率規制の漸次緩和とバブル経済によってさらなる高層建築物の建設が進んだ(東京都都市計画局, 1993)。バブル経済は崩壊するものの、1990年代からは都市再生政策に基づく建築物規制緩和が、都心における高層建築物の建設を後押しした。折しも、産業構造の転換とバブル経済崩壊に伴って、都心近くの工業用地からの土地利用転換が加速したため(松原, 1988; 森ほか, 1993; 遠藤, 2006)、事業所建築物や集合住宅の立地が相次いだ。そして、1990年代後半には、それまではみられなかった人口の都心回帰(矢部, 2003; 富田, 2004; 香川, 2004; 江崎, 2006)、再都市化というトレンドの転換点を迎えている(松本, 2004)。2000年代に入ると、都心再生特別地区に代表されるような局所的な容積率の劇的緩和によって、従前にも勝る高密度な都市空間が出現している。このように、東京に代表される日本の大都市は、世界有数の都市のなかでも希にみる急激な都市空間の高密度化を経験してきた。

高層建築物の建設に伴う都市空間の高密度化は、周辺地域に急激な変化をもたらし、様々な問題(ヒートアイランド現象、生活環境、防災、コミュニティ問題)が指摘されている(佐藤, 2005; 加世田ほか, 2004; 奥田, 2000, 2002; 三上, 2006)。そのような問題を扱う際に、都市の「密度」や「過密」といった類の語が用いられることがあるが(山本, 1996; 原科, 2004; 高塚, 2006)、その定義は一様ではなく、各種都市問題の説明要因としての都市密度を定量的に評価する汎用的指標は確立されていない。

そこで、本研究の目的は、建築物データ等の地理空間情報を活用して、土地の高度利用化を定量的に評価する都市密度指標を確立することである。すなわち、都市の空間は限られた価値ある資源であり、その資源がどの程度活用されているかを定量的に測定する。その指標を活用して都市の高密度化に起因する都市問題を抑制させて、適正な集積へと導く政策構築に貢献することを目指す。

都心の空間利用については、現状よりも事業所を集中させて集積の利益による経済効果を増大させるために、さらなる容積率の緩和がしばしば推奨されている(八田, 2001, 2002, 2006)。その一方で、過密から引き起こされる社会問題や環境問題は、必ずしも経済効果によって補填できるものばかりではない。したがって、経済効果による利益と、都市問題による損失とのトレードオフ関係を把握したうえで、どこまでの集積が適正であるかという客観的基準を考える必要がある。その基準として、都市密度指標を適用することが可能である。本研究は、東京大都市圏の1都3県(東京都、

埼玉県，千葉県，神奈川県）を対象として，各指標を測定した（図 1-1）.

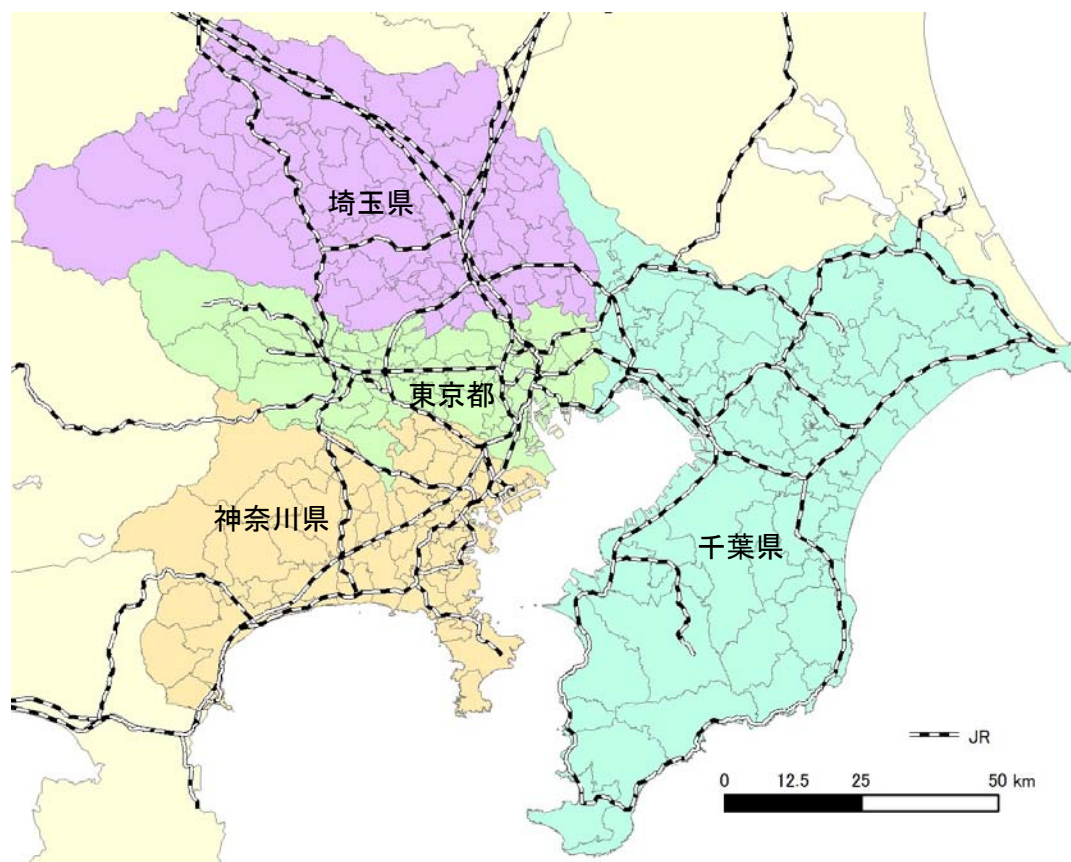


図 1-1 東京大都市圏

2. 建築物データと都市密度指標の測定法

2-1. 建築物データ

本研究では、建築物データとしてデジタル住宅地図データの Zmap-TOWNII を使用する。Zmap-TOWNII には、各建築物の形状が空間データとして保存されており、階数、用途区分、建築物名や表札名といった情報が属性データとして付されている²⁾。本研究では、建物形状から各建築物の面積を測定して、それに階数を乗じて得られた値を延床面積とする³⁾。また、用途によって、事業所建築物、独立住宅、その他のビル・集合住宅に区分する⁴⁾。それらのデータを GIS（地理情報システム）に読み込み、2分の1地域メッシュデータや市区町村界ポリゴンと重ね合わせつつ、空間分析を施した。本稿では、2009年版の Zmap-TOWNII を利用する。対象地域の建築物数や建築物面積等は表 2-1 の通りである。第 4 章第 1 節では、2003 年版のデータも用いて、2003 年から 2009 年までの二時点間の時系列的变化を分析する⁵⁾。

表 2-1 対象地域の建築物数と面積（2009 年）

都道府県	建築物数 (千件)	建築物面積 (km^2)	延床面積 (km^2)	都市	建築物数 (千件)	建築物面積 (km^2)	延床面積 (km^2)
東京都	2,974	290,950	884,291	東京23区	1,860	182,882	637,171
神奈川県	2,408	259,128	506,368	横浜市	819	87,737	184,633
				川崎市	269	32,355	74,149
埼玉県	2,744	278,595	524,110	さいたま市	364	35,482	78,396
千葉県	2,566	281,887	527,756	千葉市	278	31,205	61,459

2-2. 都市密度指標の定量的測定法

本稿における都市密度指標は、ある一定の都市空間に対して人工的建築物が占める空間の割合と定義する。ここでいう「空間」には、平面的な広がり、それに高さを加えた3次元的な空間と、二つの意味が含まれている。すなわち、①ある一定の地表面に占める建築物の割合、そして②地表面に対する建築物の延床面積の比率によって、都市密度を表現することができる。前者は、所与の空間のうちどれだけを活用しているのか、後者は所与の空間をいかに増幅して活用しているか、と言い換えることができる。

本研究では、大きく分けて①2分の1地域メッシュごとの積算、②カーネル密度推定法の2つの方法論に基づいて、都市密度指標を測定する。地域メッシュとは、総務省が統計データを集計するために一定の経緯度によって区切った地域単位である。2分の1地域メッシュは、一辺が約500mの大きさとなる⁶⁾。地域メッシュごとの集計法は、メッシュごとの建築物面積と延床面積を積算する。国勢調査や商業統計調査、事業所・企業統計調査等の他の地域統計においても2分の1地域メッシュ単位のデータが公表されているため、同一単位地域による重ね合わせの分析が可能となる利点がある。また、特に過去に遡って分析する際に、日本測地系に基づくメッシュ集計データが必要とされるため、世界測地系と日本測地系による2種のデータを作成する⁷⁾。

(1) メッシュ単位の処理

2分の1メッシュ単位で都市密度を測定するためには、各メッシュに含まれる建築物部分の面積を算出する必要がある。当然ながら、メッシュを跨る建築物は無数に存在するため、そのような建築物ポリゴンは、メッシュごとに分割したうえで、面積を測定しなければならない。そのため、地理情報システムによって、2分の1地域メッシュ区画ポリゴンデータと建築物ポリゴンをインターセクトする(図2-1)。そして、全ての建築物ポリゴンの面積を測定して、それをメッシュごとに含まれる建築物ポリゴンの面積を積算する。たとえば、図2-1の建築物 α はメッシュAとメッシュBに跨っている。このような場合、メッシュの区画で建築物 α を分割して、メッシュAに含まれる区画の面積 α_1 と、メッシュBに含まれる面積 α_2 を測定する必要がある。そして、建築物 β と α_1 の面積を積算することによって、メッシュAの建築物面積を算出する。さらに、延床面積を測定する場合は、各建築物ポリゴンにおいて面積に階数を乗じて、それらをメッシュ単位で集計する。

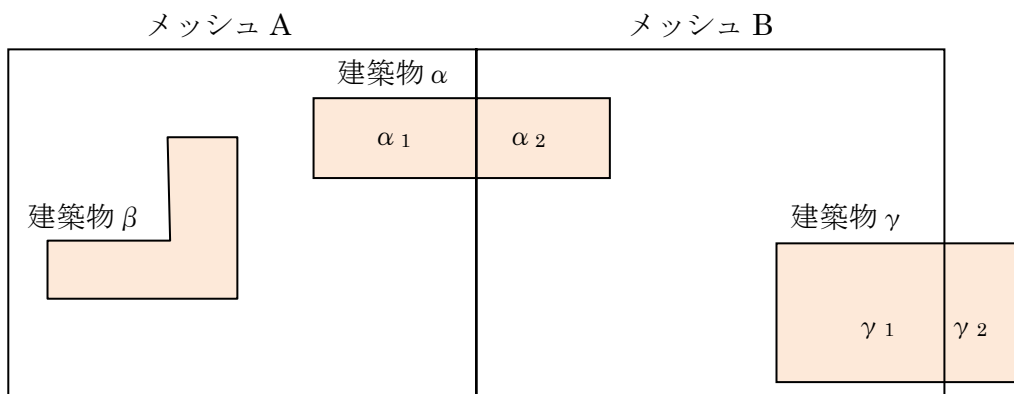


図 2-1 インターセクト処理とメッシュ単位の建築物面積の積算

(2) カーネル密度推定に際する処理

カーネル密度推定法による都市密度は、ポイントデータの分布から測定する必要がある。そのため、ポリゴン形式である建築物のデータに、そのままカーネル密度推定法を適用することはできない。したがって、事前にポリゴンデータをポイントデータへと変換する必要がある。そのために、ポリゴンごとに代表点を抽出しなくてはならない。本研究では、ポリゴンデータの重心のポイントを代表点として抽出する。

カーネル密度推定法は、特定の確率分布を想定しないノンパラメトリックな手法である（田中，2008）。事象の分布を平滑化させることによって、離散的な標本から確率密度関数を推定するものである。以下では多変量密度推定に関して、いくつか代表的な関数を概観する。

d 次元の多変量標本 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ が与えられた場合、カーネル K による多変量密度推定量は、 h を変数として以下の式で与えられる(Silverman 1986; シモノフ 1999)。

$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n K\left\{\frac{1}{h}(x - X_i)\right\} \quad (1)$$

d 次元の x に定義されるカーネル関数 $K(x)$ は以下の式を満たす。

$$\int_{R_d} K(x)dx = 1 \quad (2)$$

h は平滑化パラメータであり、バンド幅とも呼ばれる。(1)式にあるように、確率密度関数の形状は h によって決定する。 h が大きいほど、推定確率密度は平滑化されることになる。

カーネル K は、事象がどのように分布して発生するのを示すものであり、一般的

にはガウス型カーネルやイパネクニコフカーネルが用いられる。ガウス型のカーネル関数は以下の通りである。

$$K(x) = (2\pi)^{-d/2} \exp\left(-\frac{x^T x}{2}\right) \quad (3)$$

ガウス型は解析的な取扱いが容易である一方(植木・笛田 2003), イパネクニコフは理論的に最適である(Wand and Jones 1995). MISE(平均 2 乗積分誤差)基準や計算コストの面からも, イパネクニコフはガウス型を上回って優れている(植木・笛田 2003). イパネクニコフカーネルは以下のように表わされる。

$$K(x) = \begin{cases} \frac{1}{2} c_d^{-1} (d+2) (1-x^T x) & x^T x < 1 \\ 0 & x^T x \geq 1 \end{cases} \quad (4)$$

ここで c_d は d 次元球体の体積であり, $c_1 = 2$, $c_2 = \pi$, $c_3 = 4\pi/3$ となる。

2 次元データの場合, 以下の 2 乗重みカーネル(quadratic kernel)が有用である(Silverman 1986).

$$K_2(x) = \begin{cases} 3\pi^{-1} (1-x^T x)^2 & x^T x < 1 \\ 0 & x^T x \geq 1 \end{cases} \quad (5)$$

このカーネルは, 推定密度関数の微分可能性がイパネクニコフよりも高い点で優れている。計算コストが低い面で優れている(Silverman, 1986)。

したがって, 本研究では上記の 2 乗重みカーネル(quadratic kernel)を用いて, カーネル密度を測定する。

地点 i の密度推定量 $V(i)$ は以下の通りである。

$$V(i) = \sum_{j=1}^n K_{ij} \quad (6)$$

$$K_{ij} = \begin{cases} 3\pi^{-1} (1-d_{ij}/h)^2 \cdot g_j & d_{ij}/h < 1 \\ 0 & d_{ij}/h \geq 1 \end{cases} \quad (7)$$

すなわち、 d_{ij} は地点*i*から地点*j*までの距離、 g_j は地点*j*のウェイトである。 h は平滑化パラメータであり、バンド幅とも呼ばれる。(7)式にあるように、確率密度関数の形状は h によって決定する。 h が大きいほど、推定確率密度は平滑化されることになる。地点*i*の密度は、地点*i*から距離 h 以内に含まれる全ての建築物のウェイトが積算された値となる。ただし、地点*i*からの距離が遠いほど、建築物のウェイトはより低く評価されて積算される。

密度を測定する際のウェイトとしては建築物面積と延床面積をそれぞれ適用して、1)平面面積に占める建築物と、2)立体的な空間に占める建築物、の二種の密度を測定する。データの建物形状はポリゴンであるが、建物ポリゴンの中心にあたるポイントを代表点として採用して、ポイントデータへと変換した。そして、各ポイントの属性データとして建築物面積と延床面積を追加した。測定地点は10mごととして、10mセルのデータを作成する。

3. 都市密度の測定

本章では、前述した手法に基づいて測定した都市密度指標のうち、主要なものをいくつか例示する。そして、その地図に描き出された各指標の地域的差異と傾向について考察する。第1節にて、東京大都市圏全体における傾向を概観した後に、より範囲を狭めて都心の主要都市部を比較して（第2節）、各都市内部の地域的差異について考察を加える（第3節）。

なお、特に言及のない限り、以降の地図では測定値を10パーセントイルごとに分類して描画する⁸⁾。

3-1. 東京大都市圏

図3-1には、2009年における東京大都市圏における全建築物延床面積の密度（2分の1地域メッシュ）を示した⁹⁾。東京23区から川崎市や横浜市にかけて著しく高密度地域が広がっており、そこから周辺都市に向けて鉄道及び主要幹線道路沿いに高密度地域が筋状に延びている。1都3県という広い地域を対象としているため、上記のような都市化が進展している地域と、農村景観が残る郊外から縁辺にかけての地域とのコントラストが強調されている。用途別にみても、都心地域と郊外・縁辺地域のコントラストは変わらないものの、幾分の地域的差異がみられる。事業所建築物では、東京23区の東部から川崎市や横浜市にかけての東京湾岸地域に偏りがある（図3-2）。それらの高密度地域から、20kmほど西に離れた地域（東京都立川市、同日野市、神奈川県相模原市、大和市）にも事業所建築物の集積がみられる。それらに挟まれた東京23区西部や川崎市西部、横浜市には住宅地が広がっており、独立住宅の密度に色濃く反映されている（図3-3）。他にも、千葉県東部の柏市や市原市、埼玉県のJR高崎線沿線に高密度地域がみられる。その他のビル・集合住宅は、分布が都心周辺に集中しており、縁辺部では全く立地していない空白地域が広がっている（図3-4）。

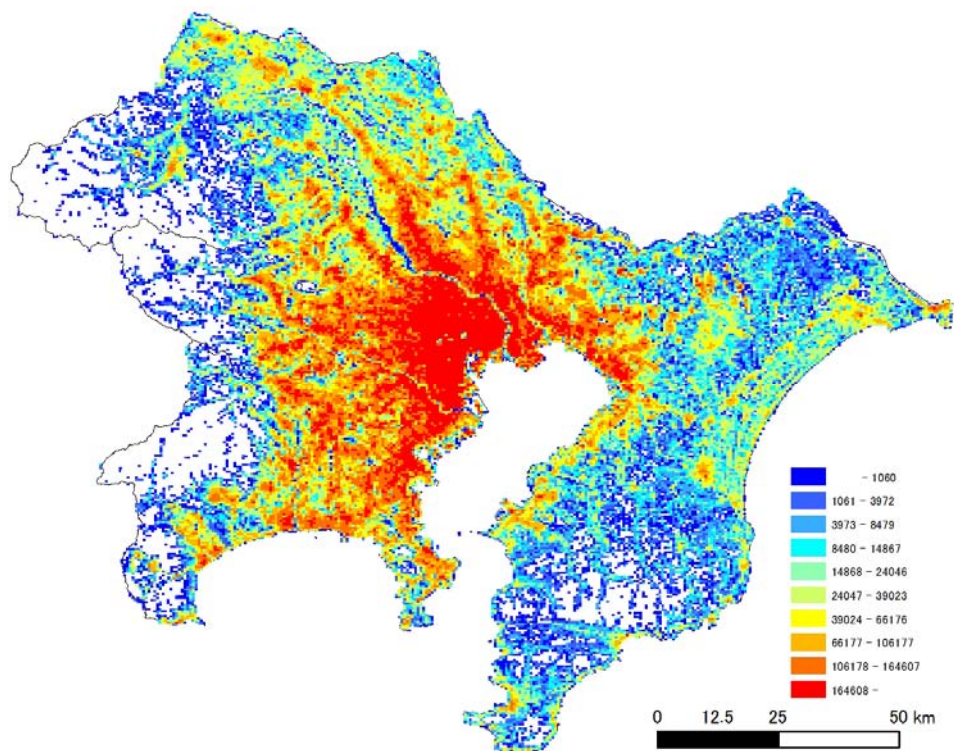


図 3-1 東京大都市圏における全建築物の延床面積による密度 (2009 年)

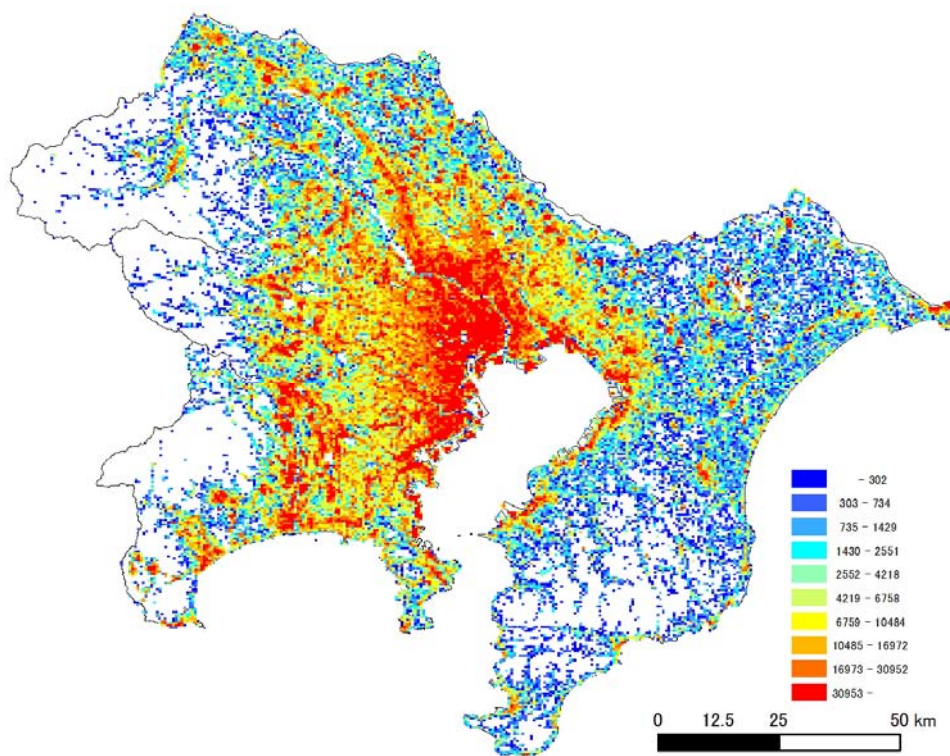


図 3-2 東京大都市圏における事業所建築物の延床面積による密度 (2009 年)

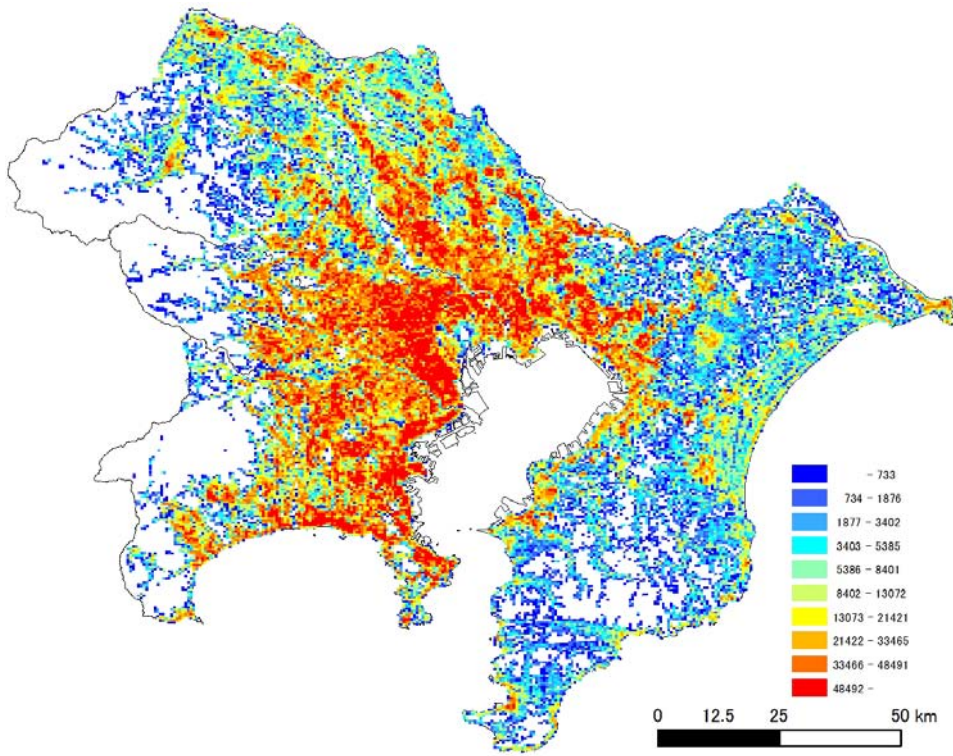


図 3-3 東京大都市圏における独立住宅の延床面積による密度 (2009 年)

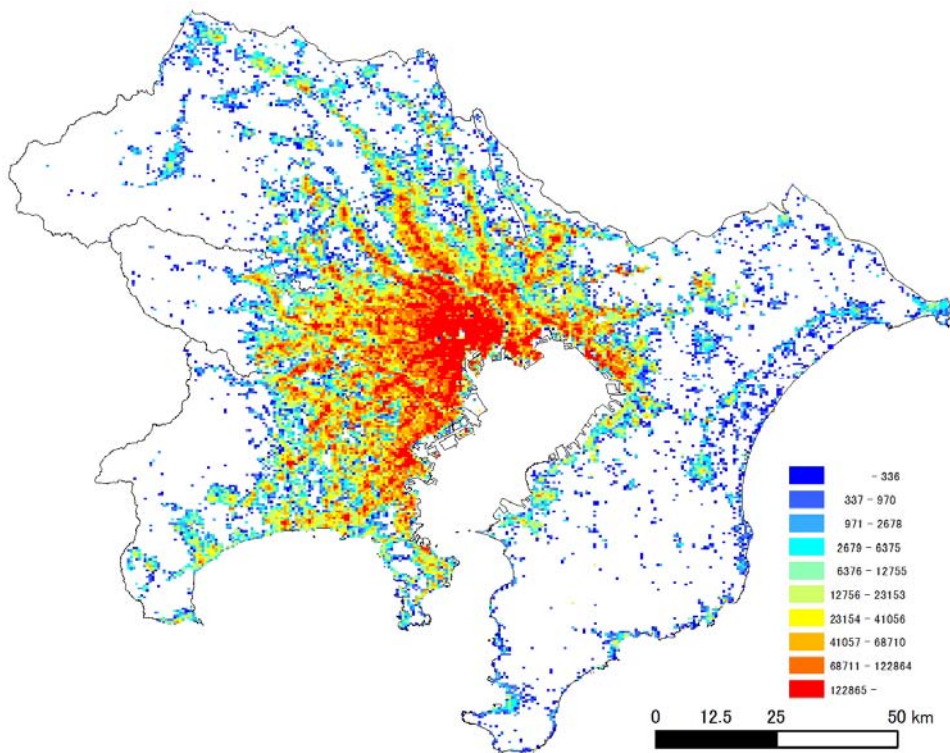


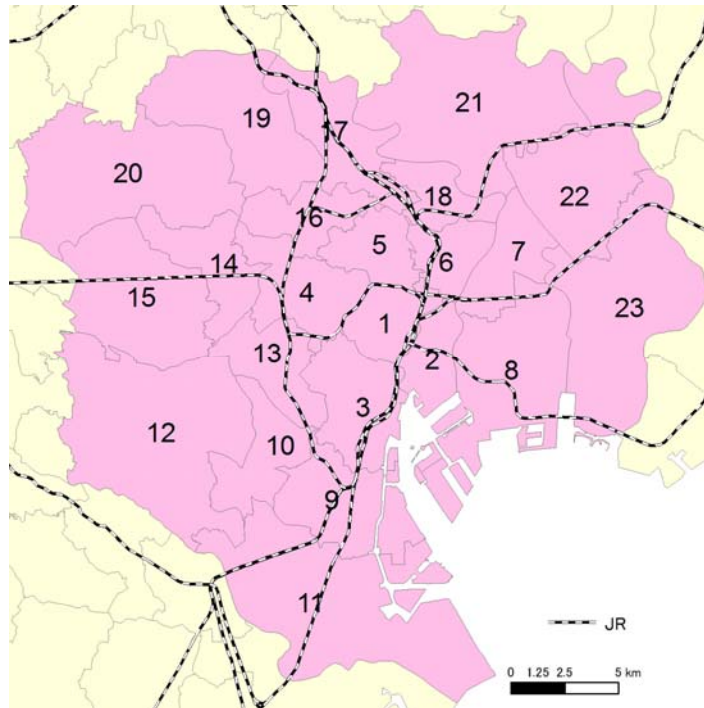
図 3-4 東京大都市圏におけるその他のビル・集合住宅の延床面積による密度 (2009 年)

3-2. 主要都市間比較

前項では東京大都市圏全域を対象としたが、都心周辺と郊外とのコントラストが強調されたため、密度の高い都心周辺における差異を把握することは難しい。そのため、本項では都市密度が高い東京 23 区および主要 4 都市（横浜市、川崎市、千葉市、さいたま市）を取り上げた（図 3-5～図 3-9）。

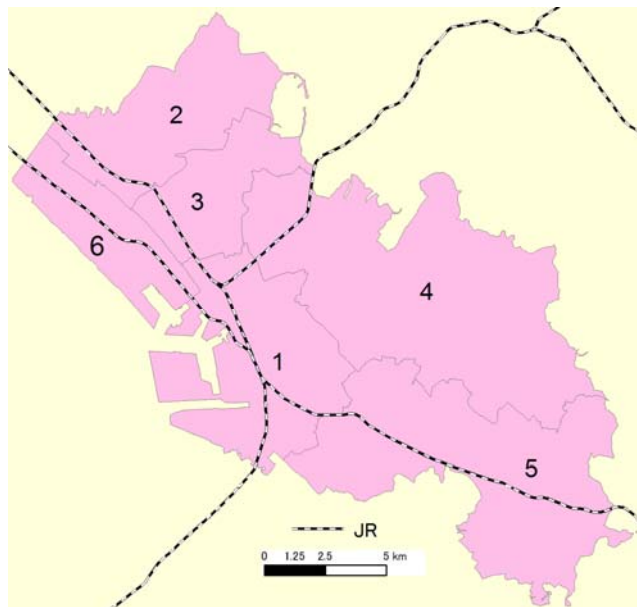


図 3-5 東京大都市圏と主要都市



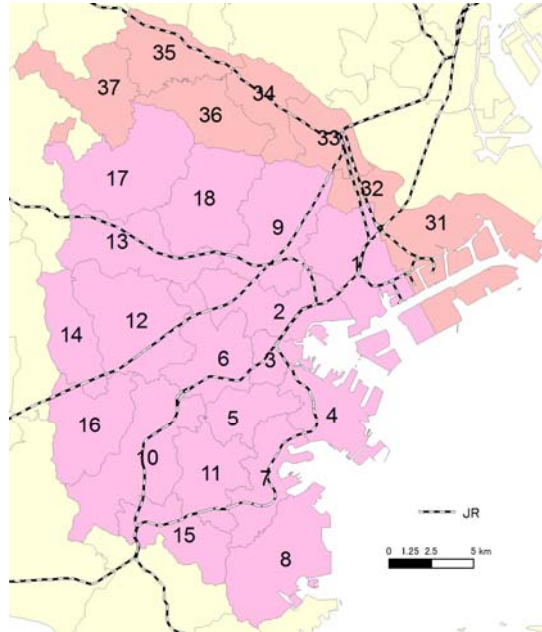
1. 千代田区 2. 中央区 3. 港区 4. 新宿区 5. 文京区 6. 台東区 7. 墨田区
 8. 江東区 9. 品川区 10. 目黒区 11. 大田区 12. 世田谷区 13. 渋谷区 14. 中野区
 15. 杉並区 16. 豊島区 17. 北区 18. 荒川区 19. 板橋区 20. 練馬区 21. 足立区
 22. 葛飾区 23. 江戸川区

図 3-6 東京 23 区の区名



1. 中央区
 2. 花見川区
 3. 稲毛区
 4. 若葉区
 5. 緑区
 6. 美浜区

図 3-7 千葉市の区名



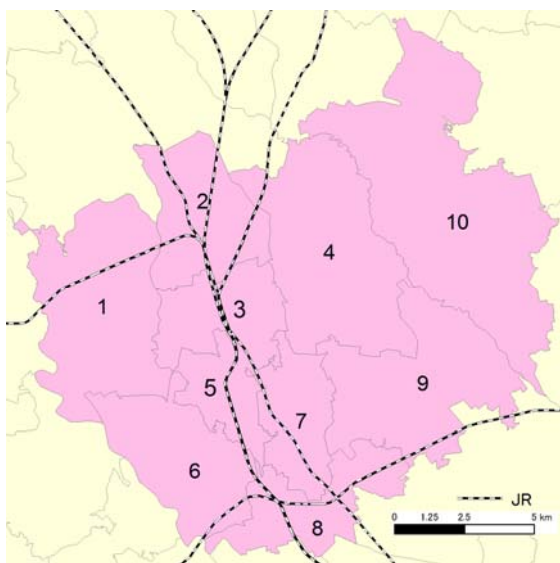
○横浜市

1. 鶴見区 2. 神奈川区 3. 西区 4. 中区 5. 南区 6. 保土ヶ谷区 7. 磯子区
 8. 金沢区 9. 港北区 10. 戸塚区 11. 港南区 12. 旭区 13. 緑区 14. 瀬谷区
 15. 栄区 16. 泉区 17. 青葉区 18. 都筑区

○川崎市

31. 川崎区 32. 幸区 33. 中原区 34. 高津区 35. 多摩区 36. 宮前区 37. 麻生区

図 3-8 横浜市および川崎市の区名



1. 西区
 2. 北区
 3. 大宮区
 4. 見沼区
 5. 中央区
 6. 桜区
 7. 浦和区
 8. 南区
 9. 緑区
 10. 岩槻区

図 3-9 さいたま市の区名

(1) 全建築物

図 3-10 には、全建築物の延床面積による密度を示した。密度が高い東京都心と低い郊外都市とのコントラストが明瞭である。東京都心 3 区¹⁰⁾から西部や南部に向けて、鉄道路線あるいは主要幹線道路沿いに密度の高い地域が筋状に延びている。都心から多摩川を渡った川崎市の内陸部や、横浜市中心部においても、密度が高い地域が散見される。さいたま市や千葉市では、局所的に密度が高い地域が散見されるものの、東京 23 区に比較すると全体的に密度が低くとどまっている。

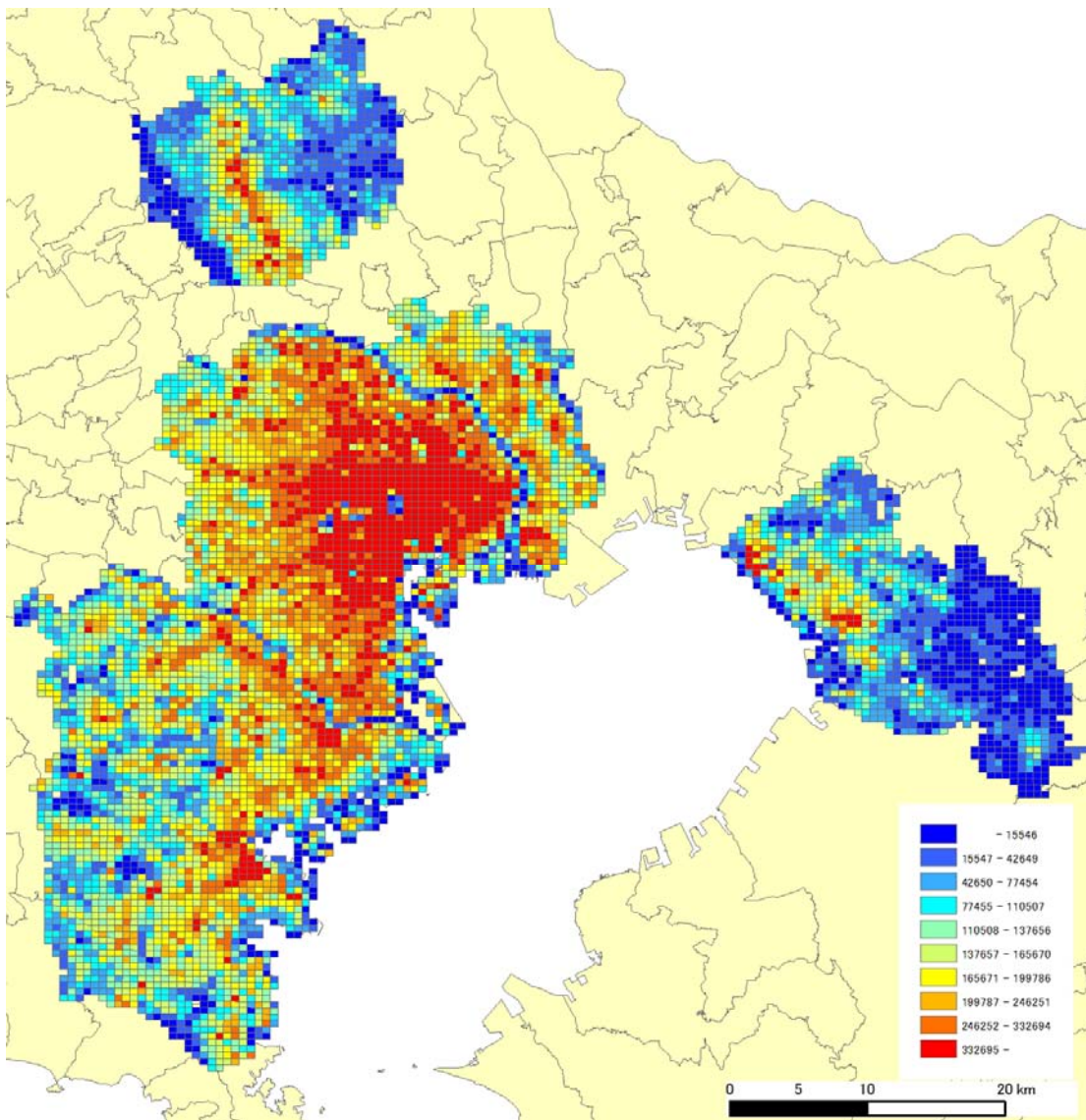


図 3-10 東京大都市圏主要部における全建築物の延床面積による密度（2009 年）

(2) 事業所建築物

事業所建築物の密度は、東京 23 区東部の千代田区から中央区の中心業務地区を中心として、そこから東京湾岸沿いに川崎市から横浜市にかけて、高い地域が延びている（図 3-11）。郊外都市では全体的には密度が低いものの、ところどころに密度が高い地域が散見される。横浜市では、鶴見区や金沢区の沿岸や内陸の緑区において、局所的に密度が高い箇所が目立っている。

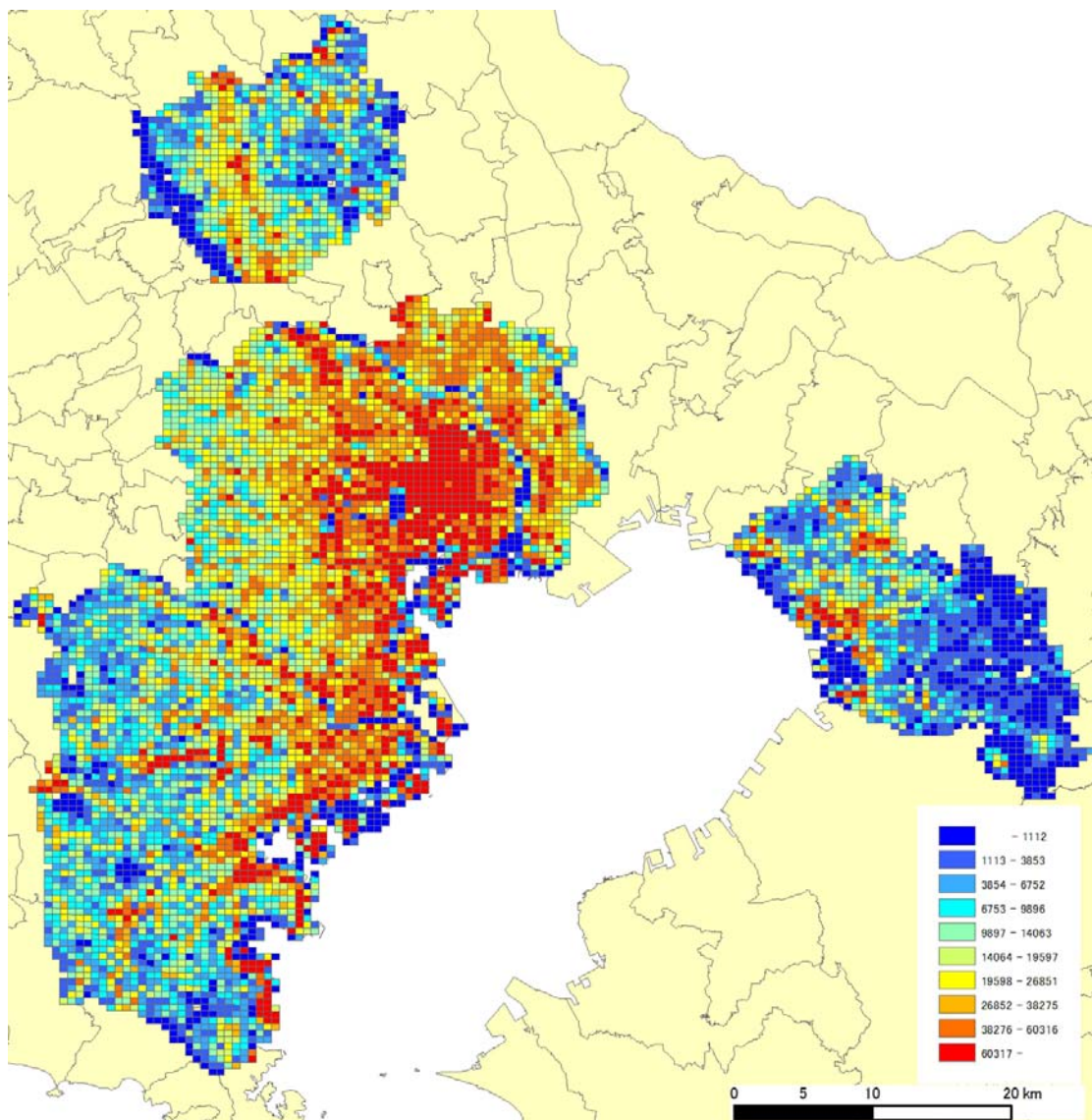


図 3-11 東京大都市圏主要部における事業所建築物の延床面積による密度（2009 年）

(3)独立住宅

独立住宅は都心における密度が低く、その外側に位置する目黒区、中野区、杉並区等の住宅地が広がる地域において密度が高くなっている（図 3-12）。横浜市やさいたま市などの郊外都市における密度の高さも目立っている。特に、横浜市東部では鶴見区と南区において大きな高密度地域が広がっている。同市西部でも旭区と戸塚区において、密度が高い地域が散見される。さいたま市では、西部の旧浦和市、旧大宮市の住宅地域において高密度地域がみられる。

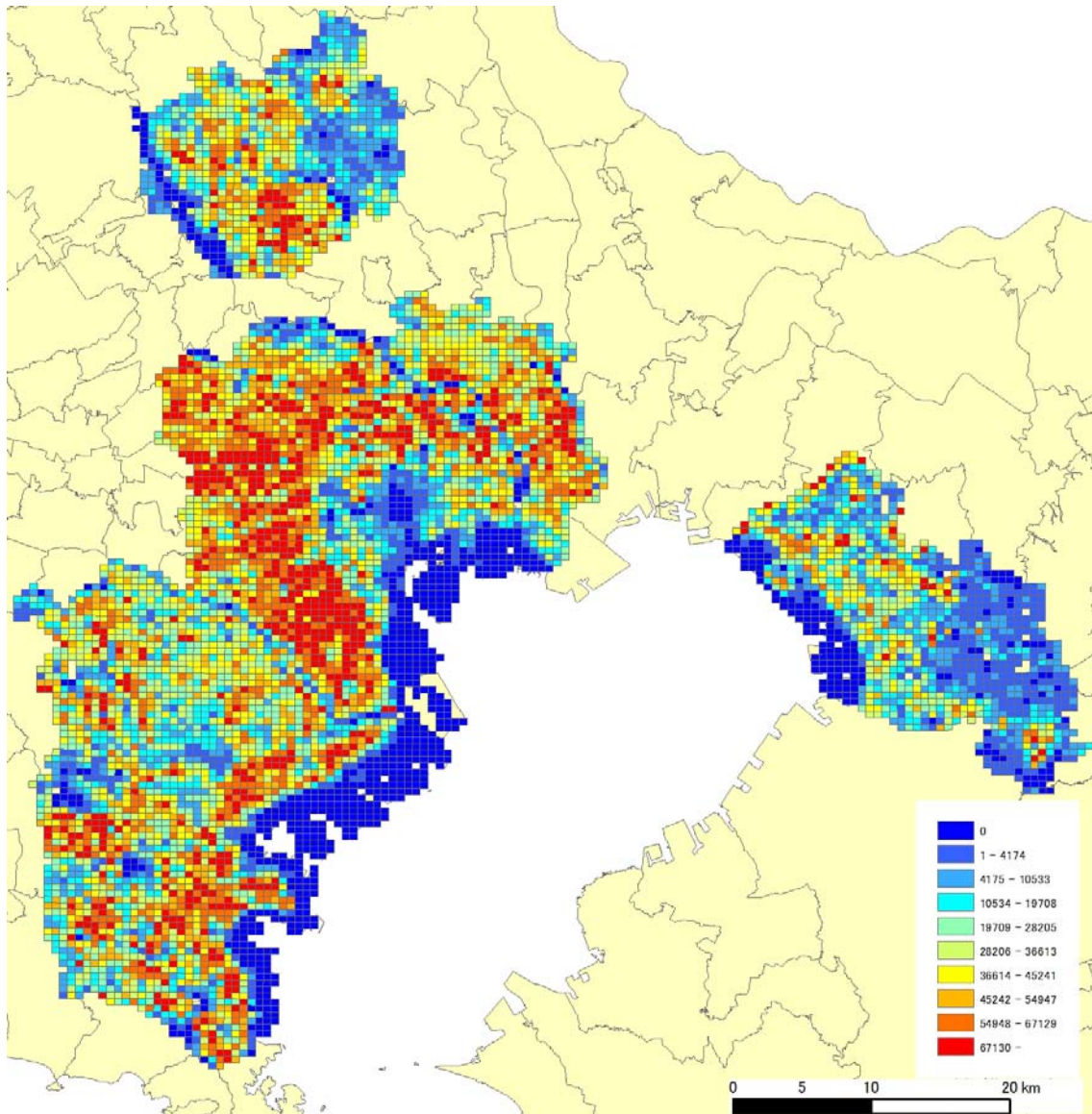


図 3-12 東京大都市圏主要部における独立住宅の延床面積による密度（2009年）

(4) その他のビル・集合住宅

その他のビル・集合住宅の密度は、東京都心において密度が最も高く、そこから郊外に向かって筋状に密度の高い地域が延びている(図 3-13)。郊外の各市中心部にも、小さいながらも局所的な高まりが散見される。横浜市の中心部(中央区)や、さいたま新都心、幕張地区では密度が高く、周囲と比較して高層建築物が集中していることを意味している。23区内では、23区の西部では自由が丘、荻窪、練馬、東部では葛西、小岩、綾瀬などで、密度の高い地域がみられる。23区外では、各市の中心部に加えて川崎市の溝の口から武蔵小杉にかけて高密度地域がみられる。

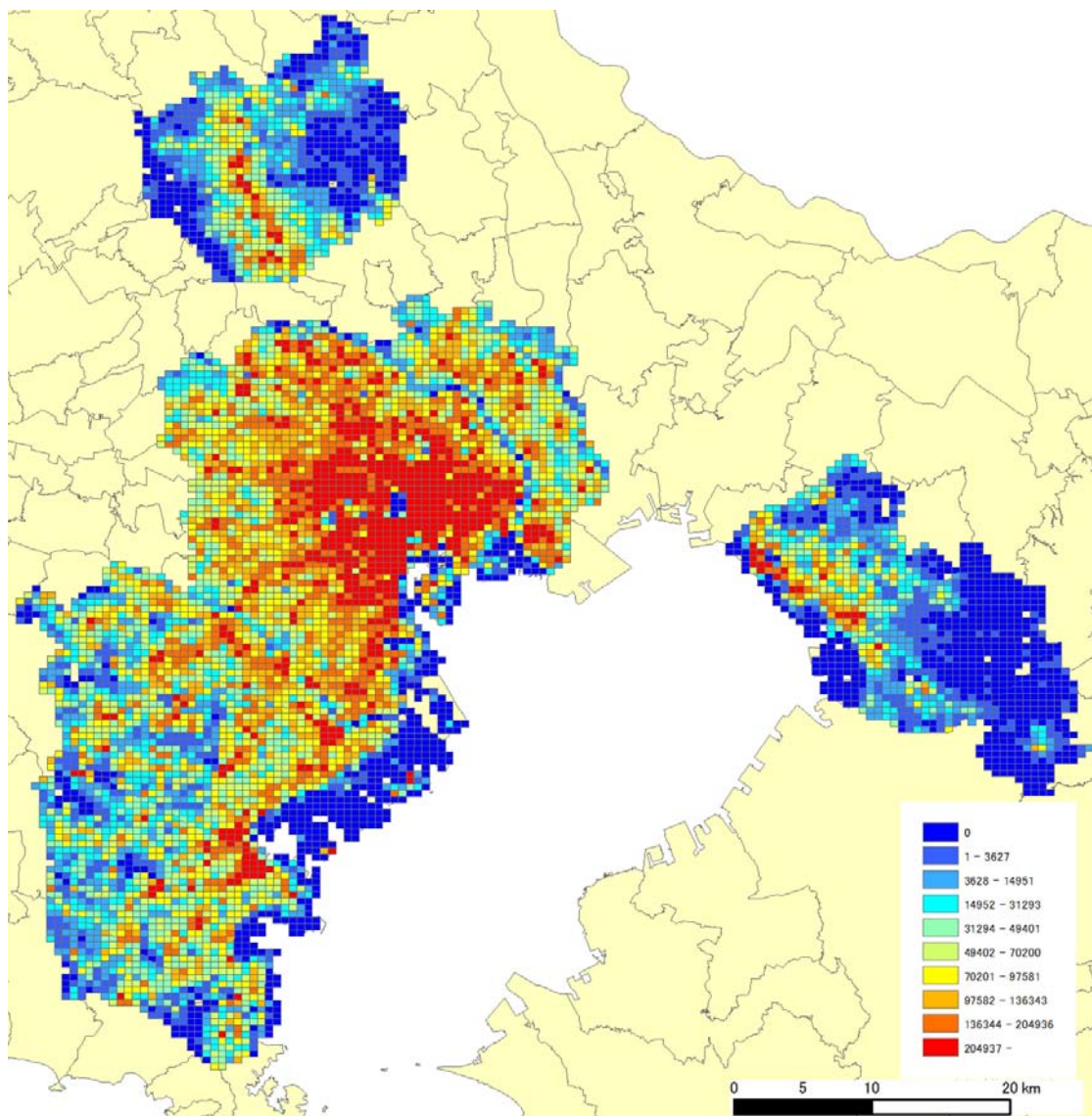


図 3-13 東京大都市圏主要部におけるその他のビル・集合住宅の面積による密度 (2009年)

3-3. 主要都市内部

(1) 東京 23 区

図 3-14 には 2009 年における東京 23 区的全建築物面積の密度サーフェスを示した。JR 山手線の範囲に高密度域が集中しており、同線や主要幹線道路に沿うように、帯状の高密度域が展開していることがわかる。また、JR 山手線から郊外に向けても、主要幹線道路沿いに密度が高い地域が伸びていることがわかる。一方、図 3-15 の延床面積の密度サーフェスをみると、都心 3 区（千代田区、中央区、港区）において高密度地域がより集中している傾向が明瞭である。密度が最も高い地点は中央区日本橋であり、そこから皇居を囲むように千代田区の広い範囲や港区の東部地域の密度が高い。オフィスビル街が建ち並ぶ中心業務地区が色濃く反映された結果といえる。密度の極大は他にも新宿、渋谷、品川、池袋等の JR 山手線沿線の中心業務地区にみられ、これらの地域と JR 山手線の東半分に囲まれた地域で密度が高くなっている。面積とは異なり、郊外に高密度域がほとんど伸びていないことも特徴である。すなわち、これらの都心 3 区においては、空間の高度利用が他地域に比較して進んでいることを意味している。一方で、建築物面積の密度が高いにもかかわらず、延床面積の密度が低い上述の地域では、比較的低層階の建築物が多く、高度利用が進んでいないことを意味する。

以上のように、東京 23 区における延床面積密度は都心 3 区において特に高く、都市空間の高密度利用が進んでいる。しかし、用途別に建築部をみると、その種類によって密度の空間的分布には異なる様相が見られる(図 3-16)。事業所建築物は、皇居東部の千代田区および中央区のいわゆる中心業務地区において密度が高い。その他のビル・集合住宅は 23 区中西部において南北に密度の高い地域が広がっており、豊島区・新宿区・中野区において特に密度が高い。千代田区北東部から台東区にも密度が高い地域がみられるが、近年に建築された高層マンションが集中して立地しているため、密度が高く反映されている。23 区西部の板橋区、練馬区、杉並区では鉄道沿線に筋状に密度の高い地域が繋がっている一方で、東部の江東区、江戸川区、葛飾区では密度の高い地区が島のように独立して分布している。西部では集合住宅等が早くから林立していった一方で、東部では 1990 年代以降に工業用地等から住宅地へと土地利用転換が進み、局所的に高層マンションが集中して建築されていったためである。独立住宅は、その他のビル・集合住宅とは対照的にやや郊外において密度が高い。

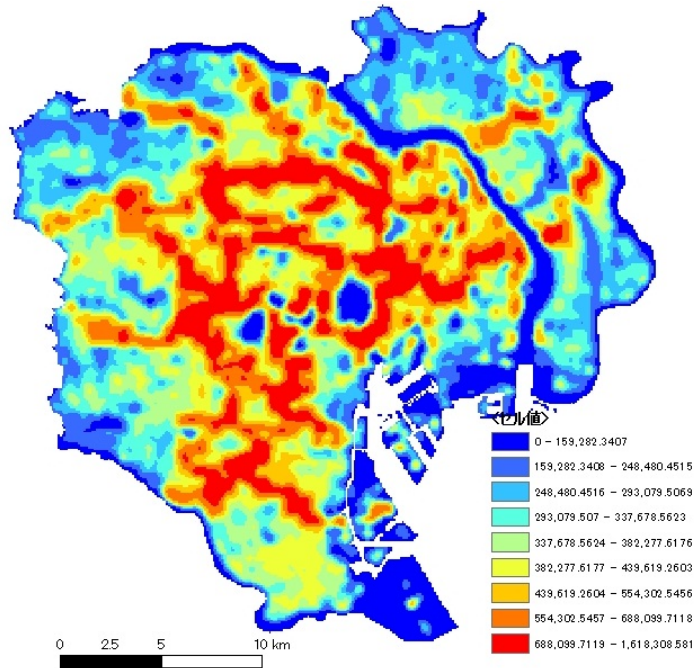


図 3-14 東京 23 区における全建築物の面積によるカーネル密度 (2009 年)

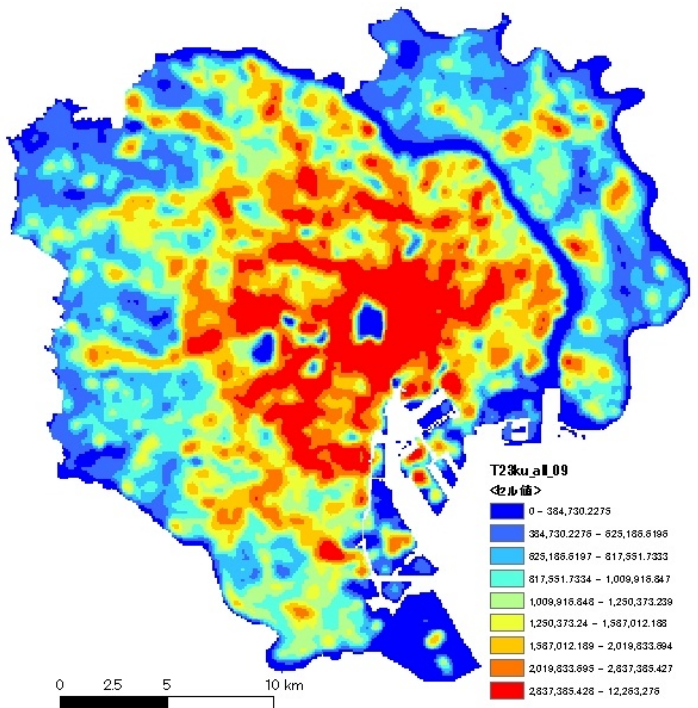
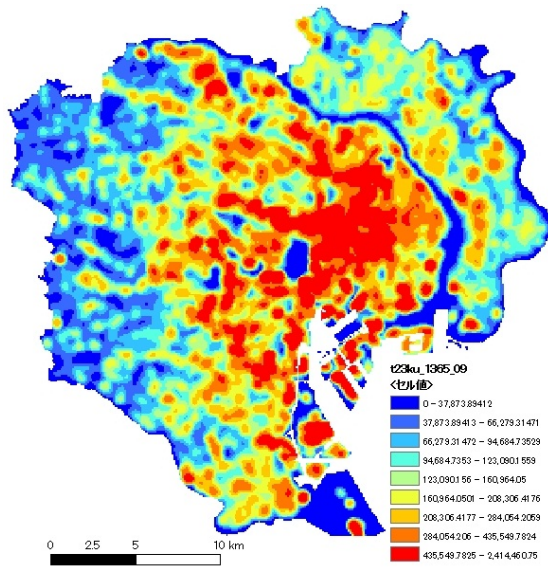
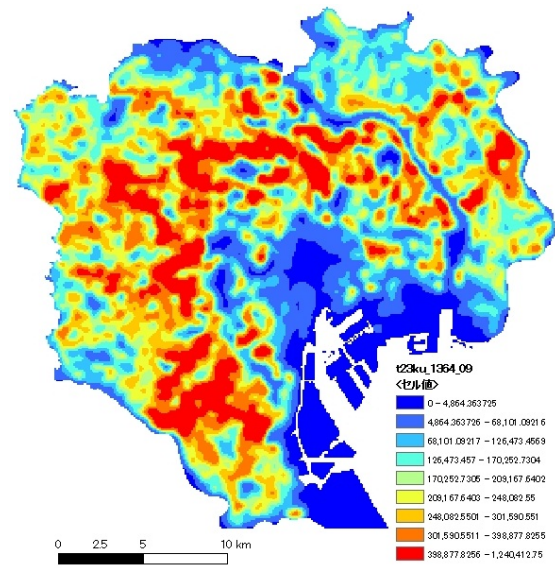


図 3-15 東京 23 区における全建築物の延床面積によるカーネル密度 (2009 年)

a) 事業所建築物



b) 独立住宅



c) その他のビル・集合住宅

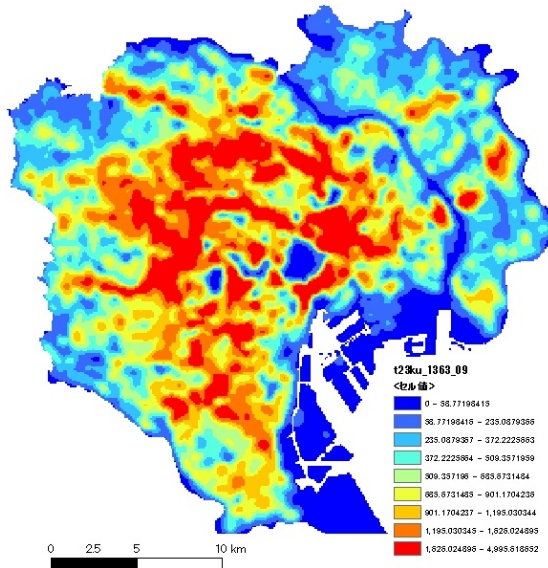


図 3-16 東京 23 区における延床面積によるカーネル密度 (2009 年)

(2)横浜市・川崎市

図 3-17 には、横浜市および川崎市における全建築物延床面積のカーネル密度を示した。両市ともに、沿岸部の JR 東海道本線沿線において密度が高い地域が多く見られる。JR 横浜駅から桜木町駅、およびそれらからやや内陸部にかけて、最も密度の高い地域となっている。横浜市では、北部の神奈川区、西部の泉区や瀬谷区において、局所的に密度の高い地域が散見される。川崎市では、川崎市中心部から南武線沿いに、市域を南東から北西に貫くように高密度域が帯状に続いている。これらの地域は、多摩川を挟んで東京都区部と接している、東急東横線、東急田園都市線、小田急小田原線などの都心から延びる鉄道路線によって結ばれている。それらと JR 南武線との結節点（武蔵小杉駅、溝ノ口駅、登戸駅等）が連なるため、建築物密度が高い地域が結果的に繋がったと考えられる。

独立住宅の延床面積密度は、横浜市全域で高い傾向にあり、川崎市の密度よりも高い傾向にある（図 3-18）。特に、横浜市西部ではいくつものニュータウン等の住宅地が広がっており、独立住宅の密度の高さに反映されている。事業所建築物は、川崎市や横浜市の中心部において高いほかに、大型商業施設や大型事業所が並んでいる緑区の緑産業道路沿線や、金沢区の東京湾沿岸の事業所集積地域で特に高くなっている。その他のビルの延床面積による密度は、横浜市においては JR 横浜駅を中心とする市街地中心部において高密度地域が広がっているが、西部では全体的に密度が低い傾向にある。それに対して、川崎市においては、JR 川崎駅周辺に密度が高く、JR 南武線に沿って川崎市を縦貫するように広い範囲に高密度地域が広がっている。

a)面積

b)延床面積

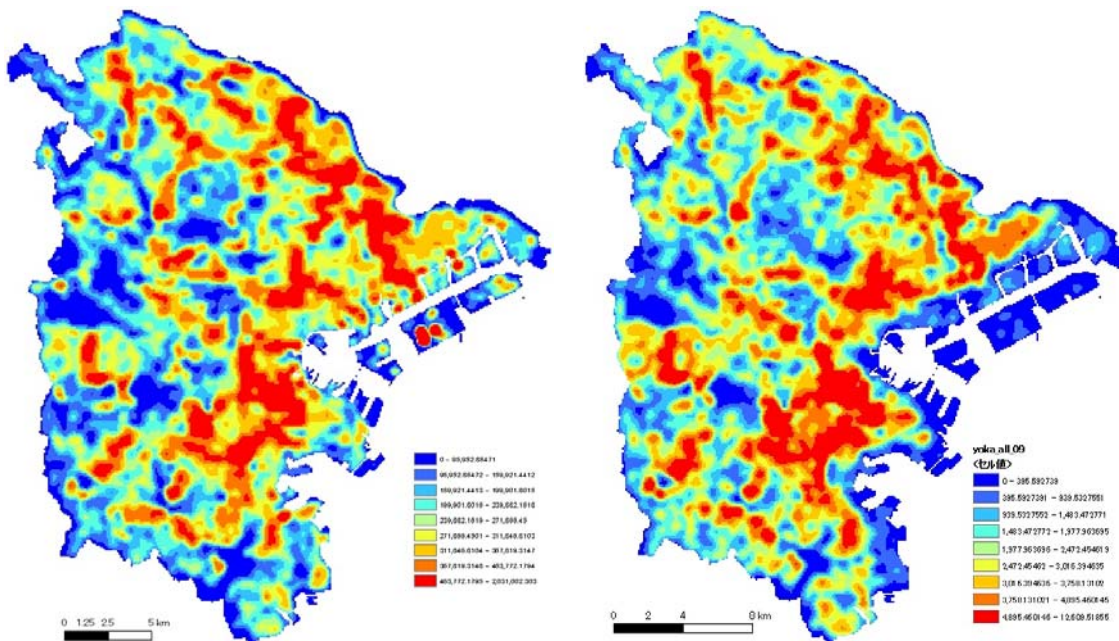
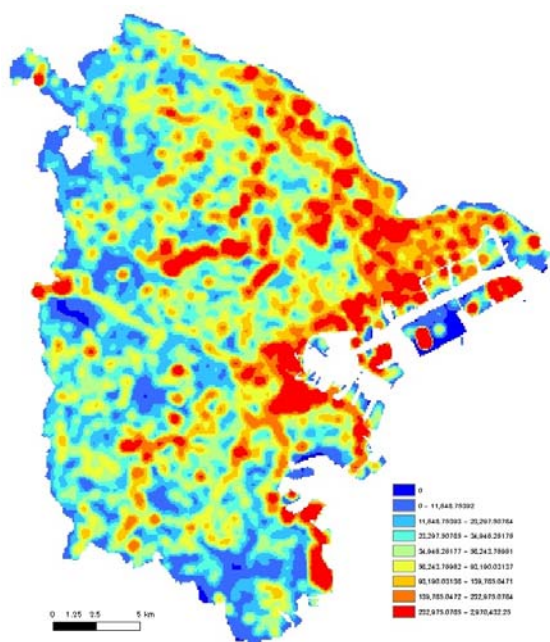
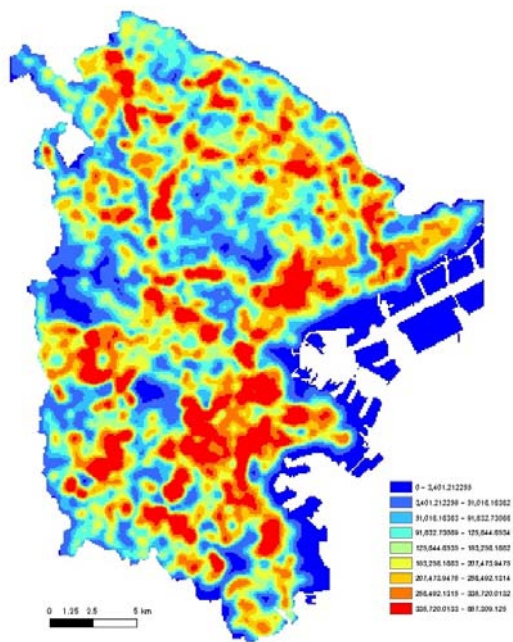


図 3-17 横浜市・川崎市における全建築物のカーネル密度（2009 年）

a) 事業所建築物



b) 独立住宅



c) その他のビル・集合住宅

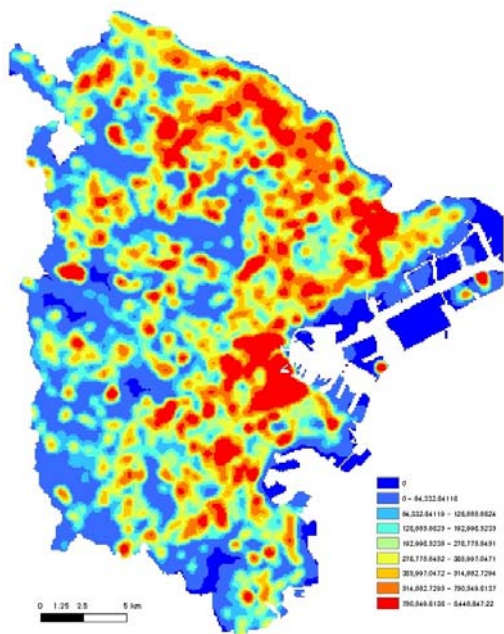


図 3-18 横浜市・川崎市における延床面積によるカーネル密度 (2009 年)

(3)さいたま市

さいたま市の全建築物の面積密度と延床面積密度は西高東低の傾向が明瞭に現れている（図 3-19. 西部には、東京都心に直結する JR 埼京線や東北本線が市域を南北に貫いており、旧大宮市や旧浦和市の中心部が古くから形成されている。さいたま新都心地区を含む、JR 南浦和駅から大宮駅までの JR 東北本線沿線が最も密度が高くなっている。その西側にも、JR 埼京線沿線に密度の高い地域が南北に帯状に延びている。それに対して、市域東部では農地も多く残存しており、大部分の地域で密度が低い。各種用途別にみても、西高東低の傾向は共通している（図 3-20）。独立住宅は、各旧市の中心業務地区を囲むように高い密度が広がっているが、東京 23 区や横浜市・川崎市ほど、事業所建築物やその他のビル・集合住宅との明瞭な差異はみられない。

a) 面積

b) 延床面積

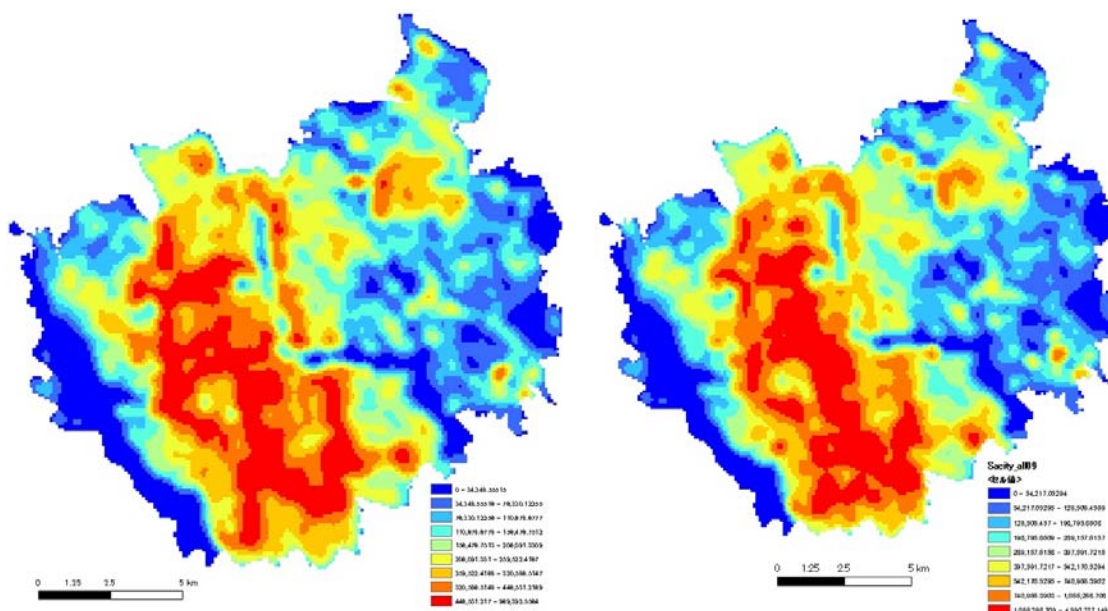
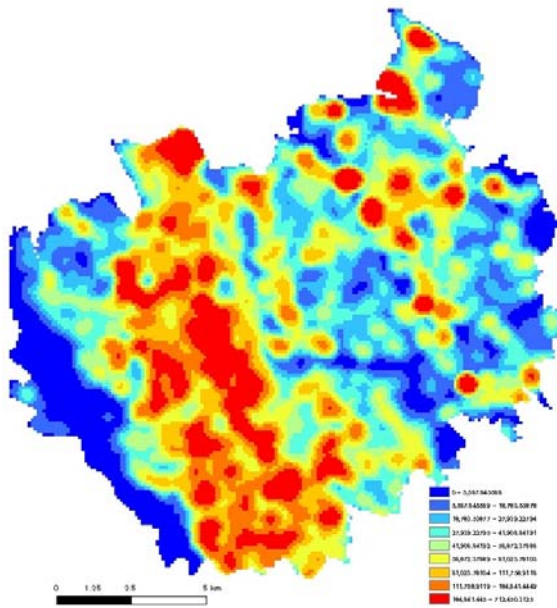
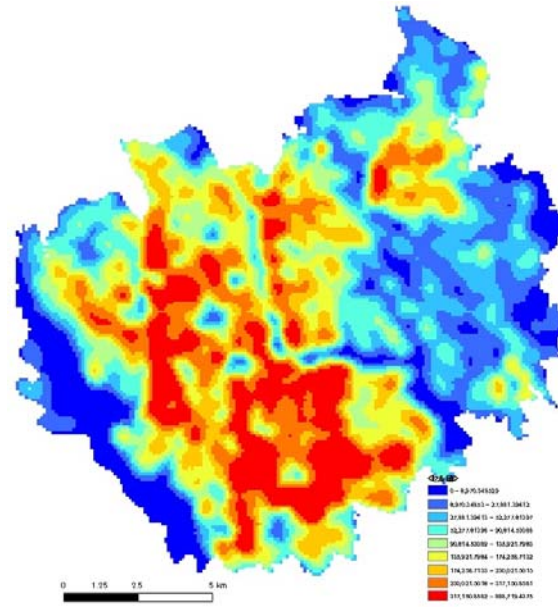


図 3-19 さいたま市における全建築物のカーネル密度（2009年）

a) 事業所建築物



b) 独立住宅



c) その他のビル・集合住宅

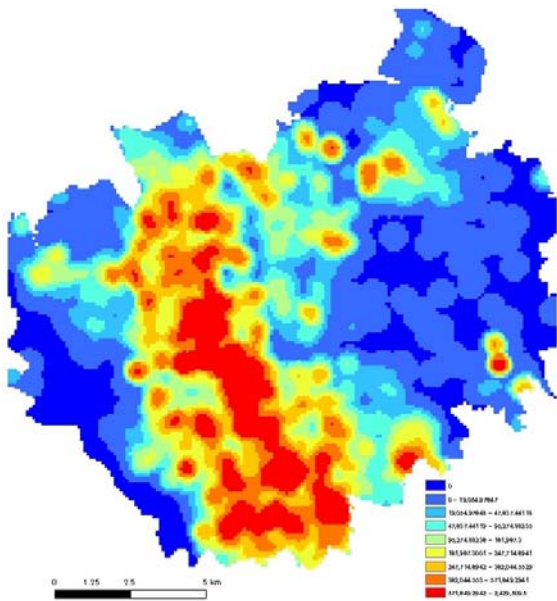


図 3-20 さいたま市における延床面積によるカーネル密度 (2009年)

(4) 千葉市

千葉市の建築物面積の密度と延床面積の密度はほぼ同様のパターンをみせており、主に市域西部において高く、東部の大部分では低い（図 3-21）。市域西端の幕張から千葉市中央区にかけて、JR 総武本線と JR 京葉線の間、海岸線とほぼ並行に走る国道 14 号沿線に高密度の地域が広がっている。そこから、やや内陸の花見川区や稲毛区に高密度域が延びている。対照的に、市域東部には農村的景観が残っている地域も多く、全体的に密度が低い。用途別にみると、それぞれ市内で異なる傾向を示している（図 3-22）。事業所建築物は、千葉駅周辺の中心業務地区から港にかけてが最も高く、幕張地区や千葉北インターチェンジ周辺もそれに続いている。独立住宅は、幕張から JR 千葉駅の北部にかけての国道 14 号沿線や、内陸の住宅団地周辺において密度が高い。その他のビル・集合住宅については、他の用途に比較しても東西のコントラストが明瞭であり、幕張から千葉市中心部にかけての湾岸地域において高密度地域が広がっている一方、東部ではきわめて低い。

a) 面積

b) 延床面積

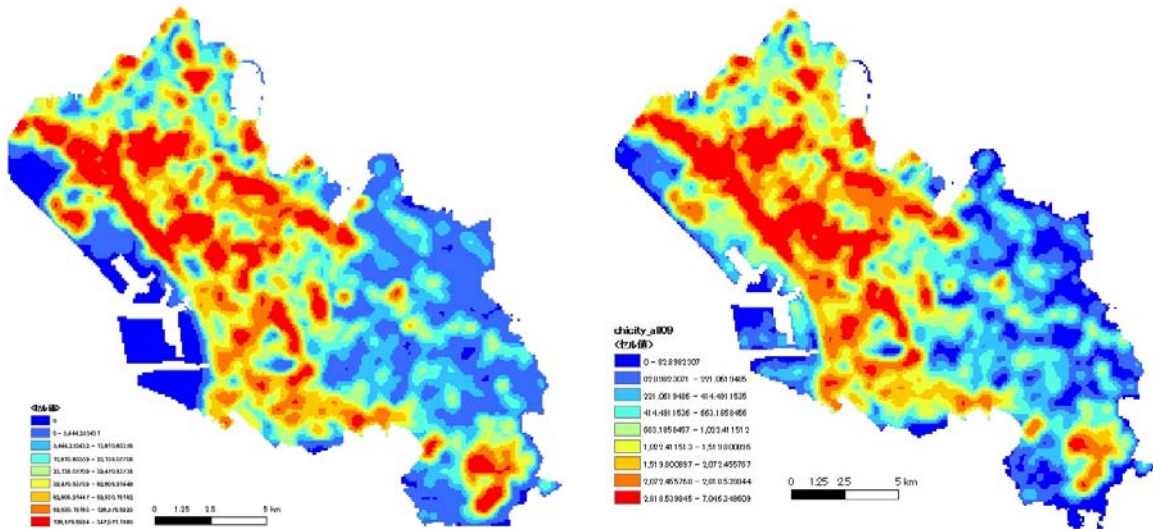
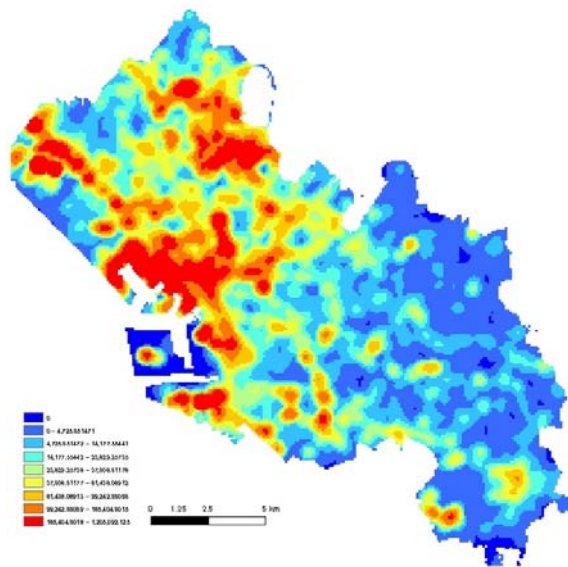
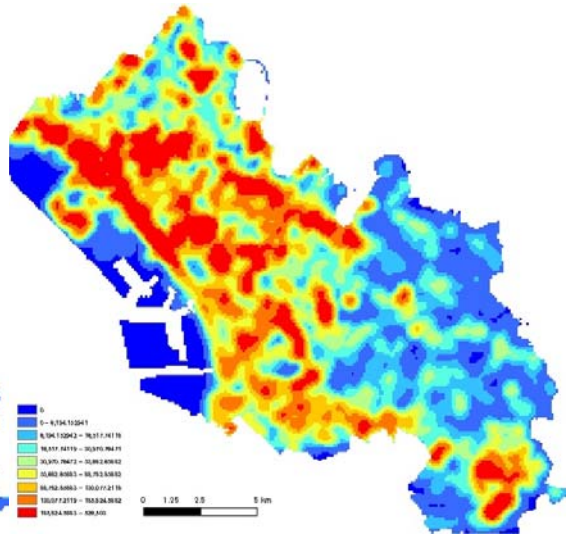


図 3-21 千葉市における全建築物のカーネル密度（2009 年）

a) 事業所建築物



b) 独立住宅



c) その他のビル・集合住宅

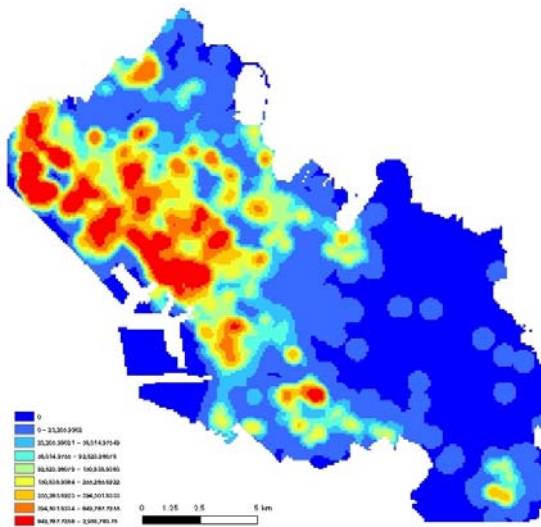


図 3-22 千葉市における延床面積によるカーネル密度 (2009年)

4. 都市密度の変化と都市問題との関連性

4-1. 時系列的变化

本章では、2分の1地域メッシュ単位のデータをもとに、2003年から2009年にかけての全建築物の都市密度の変化を考察する。図4-1には、東京大都市圏の主要都市部における建築物面積の密度の変化を示した。全体的な傾向として、東京都心において建築物面積が減少しているメッシュが散見されるのに対して、郊外の川崎市やさいたま市において大幅に増加している地域が目立つ。特に、川崎市西部（宮前区、麻生区）から横浜市北西部（青葉区、都筑区）にかけてでは、5,000平米以上の建築物面積が拡大しているメッシュが集中している。これらの地域は、港北ニュータウンからあざみ野、美しが丘といったニュータウンが並んでおり、建築物の新規建設が続いているために、建築物面積が増加していった。さいたま市においては、JR東北本線の西を走るJR埼京線沿線において面積が大きく増加している箇所がみられる。古くから市街地が形成されたJR東北本線から、後発のJR埼京線沿線において住宅地や大型商業施設が新規に建設されたことが反映されている。同市西部に比較して東部では建築物の減少が目立っているものの、埼玉高速鉄道浦和美園駅の周辺では、建築物面積が大きく増加している。これは、東京メトロ南北線に乗り入れ運行を実施している埼玉高速鉄道が2001年に開通した効果であり、都心への通勤者ら向けの住宅や大型商業施設が建設されたためである。同様に、千葉市においても、北部の宮野木の住宅地や南部のおゆみ野において、住宅の増加によって建築物面積の増大している。東京23区においては、外部では建築物の増加傾向が卓越しているものの、都心8区においては建築物面積が減少している地域が多い。しかしながら、そのようななかで建築物面積が大幅に増加しているメッシュも散見されており、大局的には減少傾向ながらも建築物の建設が局所的に集中しているといえよう。都心において、建築物面積が減少している要因には、延床面積の変化と併せて後述する。

以上のように、建築物面積が大きく増加しているメッシュが集中している地域は住宅地が卓越している。その一方で、中心業務機能による建築物面積が増大している箇所は、JR横浜駅東側のみなとみらい地区と千葉市北西部の幕張地区にほぼ限られている。東京都心をはじめとして、中心業務地区の多くではすでに建築物が建ち並んでおり、新たに建築される平面スペースはほとんどないためといえる。

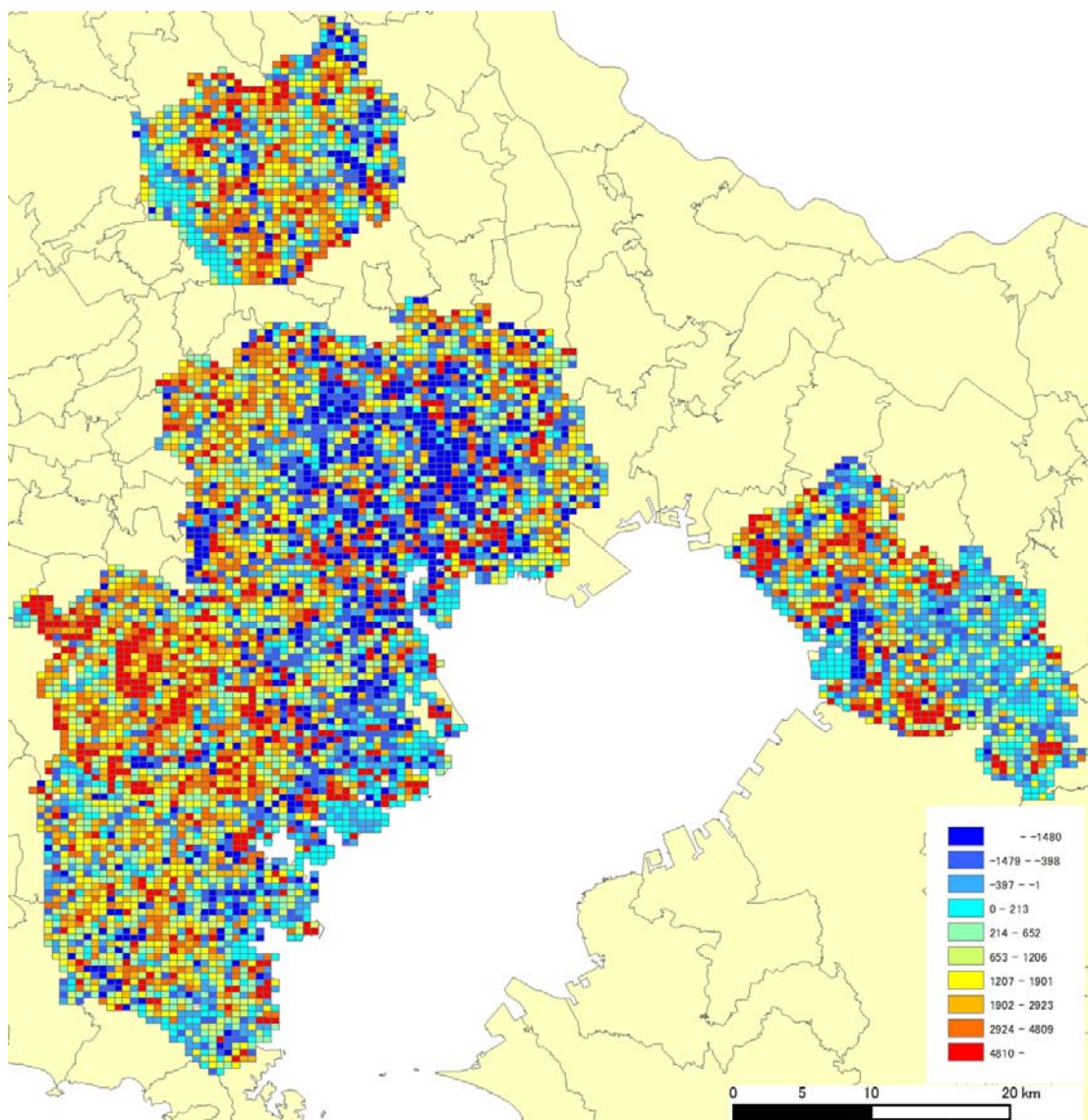


図 4-1 主要都市部における全建築物の面積による密度の変化（2003 年～2009 年）

延床面積の変化をみると、面積の変化と様相が全く異なっており、郊外よりも東京都心において密度が高く上昇した地域が広がっている（図 4-2）。すなわち、建築物が占める平面上の面積は減少しているにも関わらず、延床面積の増加は大きいという結果が得られた。このような現象は、東京都心において加速的に促進されている建築物のスクラップ・アンド・ビルドによって説明できる。すなわち、既存の中低層建築物群が解体された跡地に、高層建築物が建設されていることを意味している。つまり、新規高層建築物が建設される際には、従前よりも低い建蔽率が適用されるため、平面上に占める建築物の面積自体は減少する。しかし、新規に建設された高層建築物による

延床面積は、従前の建築物群の総延床面積を上回るため、都心における延床面積が増大している。

面積による密度では大きく目立っていた横浜市や川崎市等の郊外都市の住宅地では、東京都心に比較すると緩やかな増加にとどまっている。これは、一般住宅は低層であるため、都心で建設される高層建築物に比較すると、単位面積当たりの延床面積の増加量は小さくなるためである。しかし、郊外においても、横浜市みなとみらい地区、千葉市幕張地区、さいたま新都心地区に代表されるような高層建築物の建設が続いた地域では、延床面積による密度の高い上昇が明瞭に反映されている。

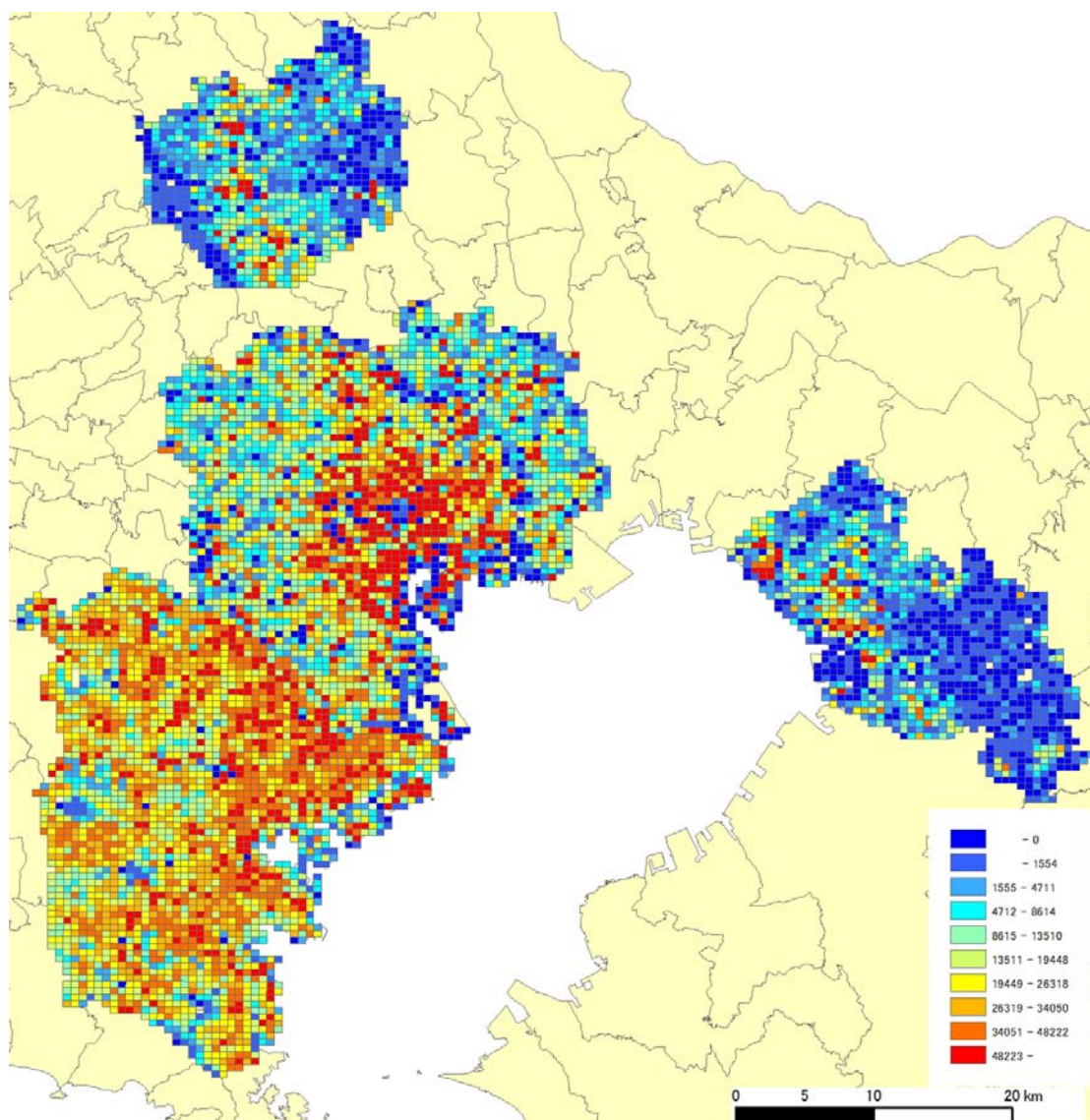


図 4-2 主要都市部における全建築物の延床面積による密度の変化(2003年～2009年)

4-2. 都市密度と都市問題との関連性

本節では、本研究で測定した都市密度は、種々の都市問題における一つの説明要因として適用することが可能であろう。本節では、実際にどのような都市問題の一要因として適用可能であるかについて、具体的な事例を取り上げて考察したい。以下では、都市社会問題として人口急増による都市生活インフラ不足の問題と、都市環境問題としてヒートアイランド現象を事例として紹介する。

(1) 生活インフラ問題

東京 23 区では、産業構造転換とバブル経済の崩壊に加えて、建築物と土地利用に関する規制緩和が追い風となり、1990 年代から 2000 年代にかけて土地利用転換が進展して、高層建築物が急増していった。このような人口の大きな受け皿の出現は、人口の都心回帰現象に追い風を吹かせた。

なかでも、23 区東部の江東区においては、かつての第二次産業を支えてきた工場や倉庫等の工業用地が分布していたため、比較的まとまった区画における土地利用転換が進んだ（田中，2008）。都心へのアクセシビリティが比較的良い有利な条件も相まって、高層の集合住宅が相次いで建設された。しかし、そのような局所的な人口急増は、生活関連施設や都市インフラの不足を生じさせる問題を生じさせていることが報告されている（加世田ほか，2004）。

図 4-3 には、2003 年から 2009 年にかけての東京都における建築物の延床面積密度の変化を示した。都心 8 区において密度が増加している地域が多くみられ、その外側の区では密度の増加量は小さい傾向にある。しかし、局所的に建築物密度が高まっている個所が 23 区東部および北部において散見される。23 区内で建築物密度の増加量が最高水準のメッシュが最も多く（4 メッシュ）連なっているのは、江東区の豊洲地区であった。同地区では、埋立地の旧工業用地に集合住宅や商業施設が林立したため、建築物密度が短期間で急上昇した（図 4-4）。公共施設等の各種生活関連施設も建設されたが、特に高層集合住宅にファミリー層の世代が急増したことから、小学校や保育施設が新設されている。

しかし、このような人口急増地域においては、特定の年齢層に使用される小学校のような施設は、近い将来に需要が著しく低下することが予測される。すなわち、集合住宅にはその価格や部屋の間取りから、比較的類似したライフステージの住民が入居することになる。したがって、特定の年齢層に偏る住民構成となり、一定の住民の入れ替えが続かない限り、その集合住宅の住民が同じように年齢を重ねていくことになる。小学校や中学校といった特定の年齢層を対象とする施設の需要は、やがて縮小されることとなる。この問題は、かつて 1970 年代から 1980 年代に建設された初期ニュータウンにおいて小中学校の廃校が相次ぎ、居住者がみな高齢者ばかりになってしまい、コミュニティ機能の弱体化がもたらされた現象と同種である。つまり、急激な都市密度の増大は、長期的視点に立てばある種の生活インフラの無駄を生じさせて、ゆ

くゆくは地域コミュニティの弱体化をもたらす大きな要因となる。そのため、将来的な都市問題発生の予備管理の意味も含めて、都市密度の急激な変化を経験した地域には、そのような将来的に深刻化する危険性のある問題が潜在的に隠されているかについて確認していく必要がある。

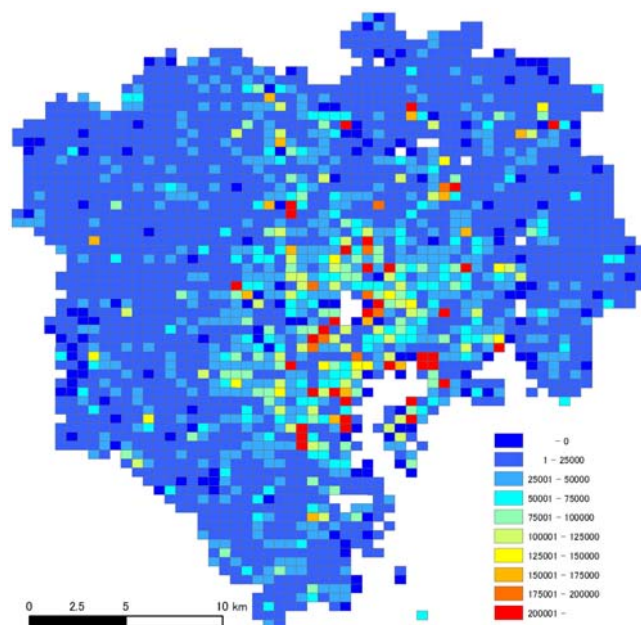
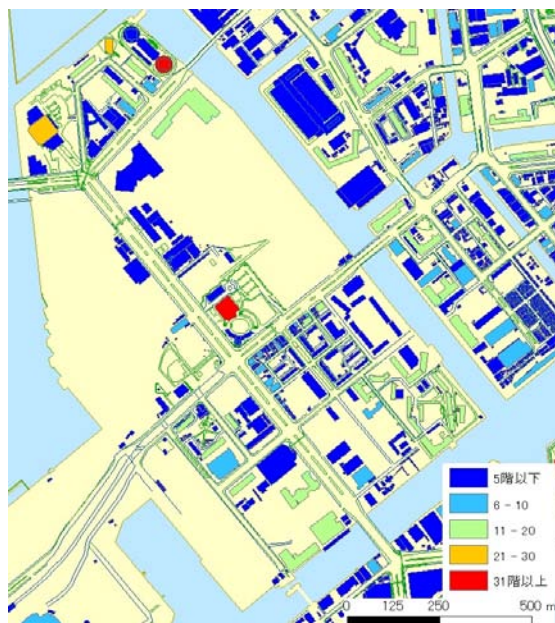


図 4-3 東京 23 区における全建築物等の延床面積による密度の変化 (2003 年～2009 年)
注) 変化量の大きい地区を明確に示すために、密度を等間隔に分類して描画した。

a) 2003 年



b) 2009 年

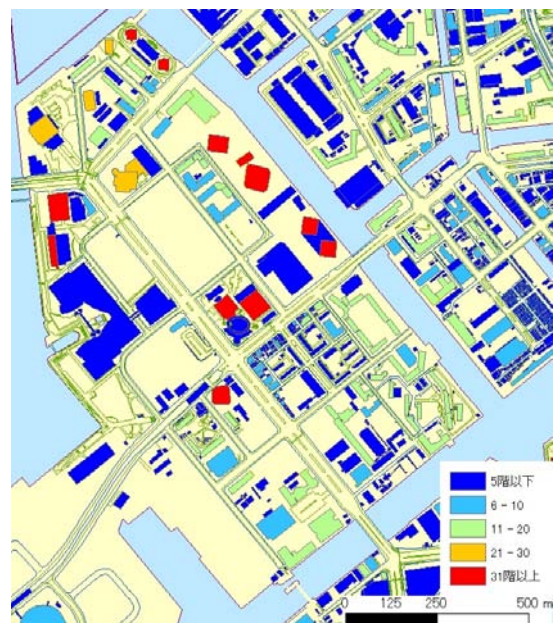


図 4-4 江東区豊洲地区の建築物と階数の変化

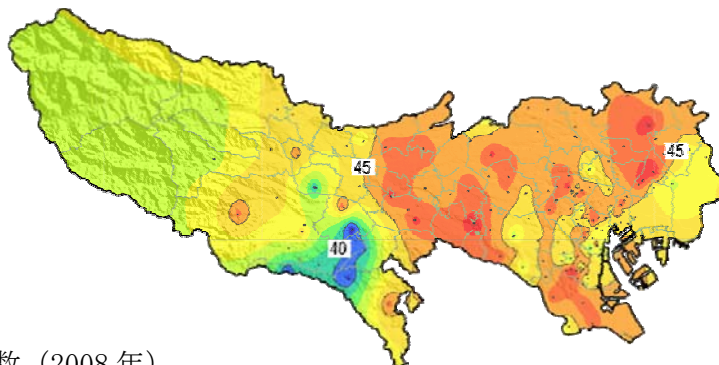
(2) ヒートアイランド現象

本項では、都市密度とヒートアイランド現象との関連性を事例に示したい。ヒートアイランド現象とは、人工建築物が密集する都市中心部において、周囲の近郊地域よりも相対的に気温が高くなる都市環境問題である。相対的に高い温度の空気が滞留することによって、夏には熱帯夜が増加する以外にも、局地的な豪雨をもたらす要因になるといわれている。ヒートアイランド現象の要因には、土に比べて熱を蓄積しやすいアスファルト化された地表面や人工建築物の壁面や、建築物の空調や電熱施設からの排熱、自動車からの排熱、気温上昇を和らげる緑地の減少などがあげられる。したがって、単位面積あたりの建築物ストックが多い、すなわち都市密度が高いほど、ヒートアイランドを生じさせる要因が増加すると考えられる。また、海岸部の巨大建築物は、陸地の気温低下を促進する海風の働きを妨げることも指摘されている。

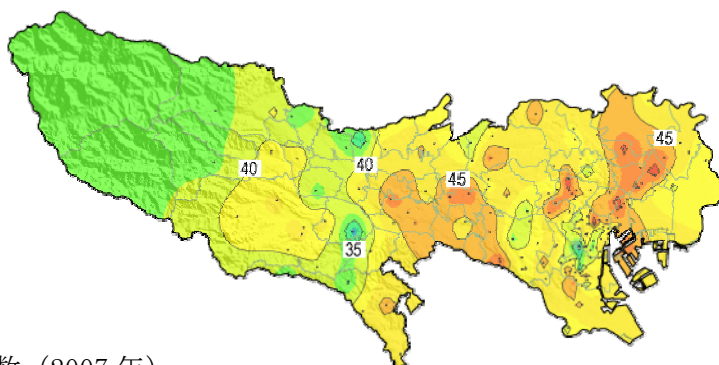
かねてから東京においても、都心における気温は周囲の近郊地域よりも相対的に高く、ヒートアイランド現象は明瞭に現れている（三上，2003，2006）。図 4-5 には、2007 年および 2008 年における東京都における真夏日日数¹¹⁾と熱帯夜日数¹²⁾の等値線図を示した。年によって日数の差異はみられるものの、地域的差異の傾向については、それぞれ類似している。真夏日日数および熱帯夜日数ともに、東京都東部の都市部で多くみられるが、その詳細の様相は異なる。真夏日日数の多い地域は、東京 23 区の北東に位置する荒川区や足立区、23 区の西に接する狛江市や三鷹市から調布市、府中市にかけての、比較的内陸地域にみられる。東京湾岸の中央区や港区、江東区、江戸川区にかけては、内陸に比較して真夏日は相対的に少ない。

ヒートアイランド現象が明確に反映される熱帯夜の日数は、真夏日日数の傾向とは異なり、都心において最も多い。そして、そこから遠ざかるにつれて日数が減少していく明瞭なパターンが読み取れるが、これらの傾向は事業所建築物の密度のパターンと相関が高い（図 4-6）。熱帯夜日数の分布について、さらに 23 区域を拡大した地図を図 4-7 に示す。日本橋から銀座、丸の内にかけての中心業務地区において熱帯夜日数が最も多く、そこから湾岸沿いに港区、品川区、大田区にかけて、多い地域が延びていることが明確に読み取れる。そして、このような傾向は特に事業所建築物の都市密度のパターンに酷似していることが分かる（図 4-8）。すなわち、都市密度が高い地域には建築物ストックが多く、それに比例して空調等からの人工排熱量や、昼間に蓄積された熱量が多い。そして、それらが夜間に放射されているため、近郊地域よりも気温が低下せず、熱帯夜を多くもたらす結果となっている。

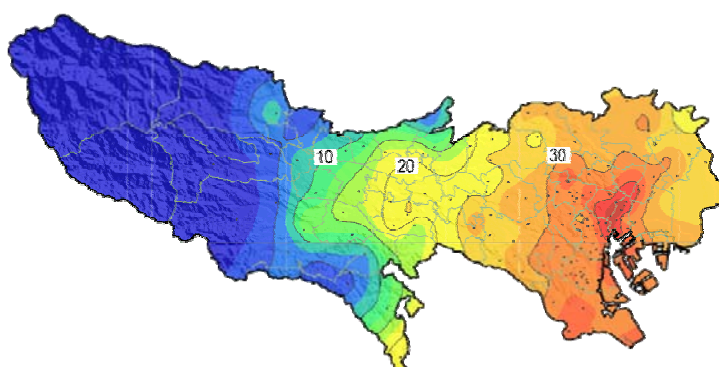
a) 真夏日日数 (2007年)



b) 真夏日日数 (2008年)



c) 熱帯夜日数 (2007年)



d) 熱帯夜日数 (2008年)

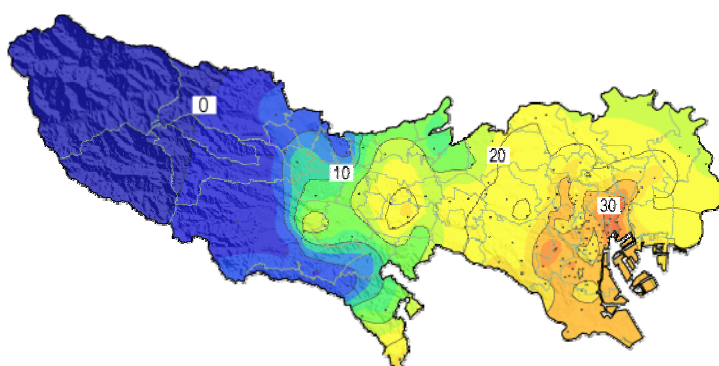
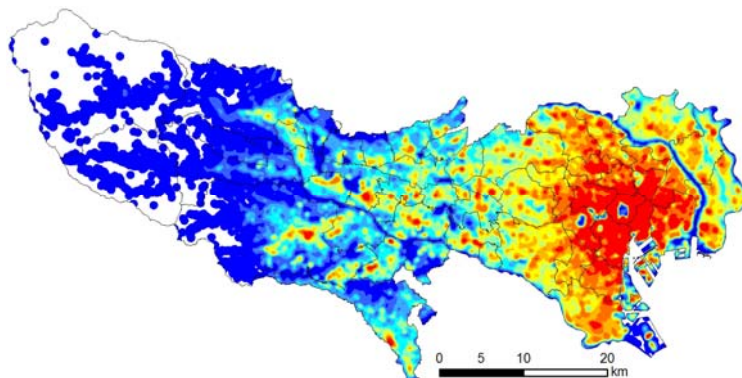
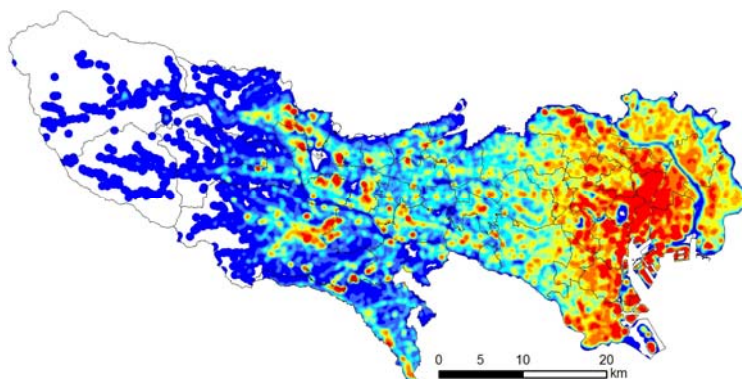


図 4-5 東京都における真夏日日数と熱帯夜日数 (2007年・2008年)
(東京都環境科学研究所ホームページ「ヒートアイランド現象を探る」より引用)

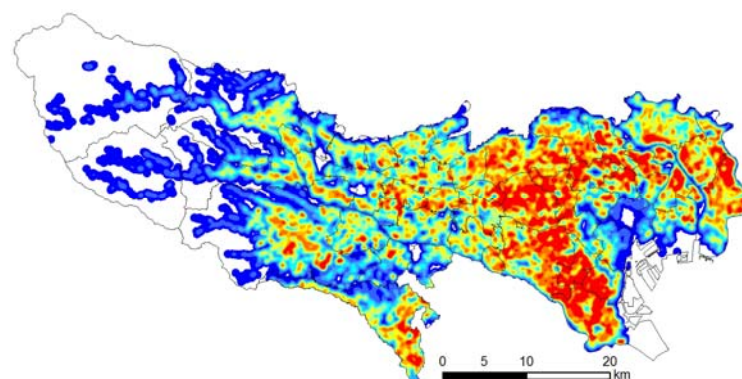
a) 全建築物



b) 事業所建築物



a) 独立住宅



b) その他のビル・集合住宅

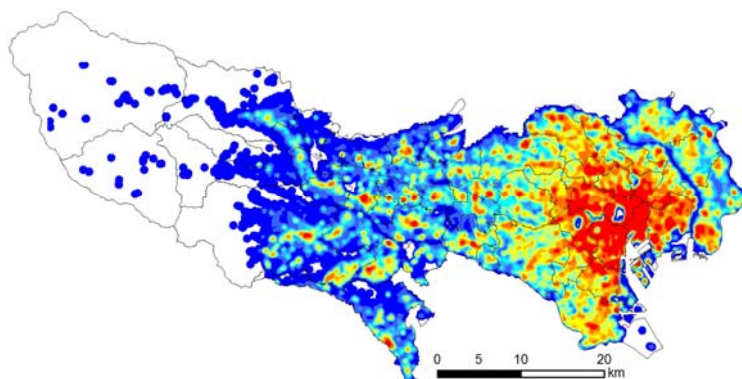


図 4-6 東京都における延床面積によるカーネル密度 (2009 年)

a) 2007 年

b) 2008 年

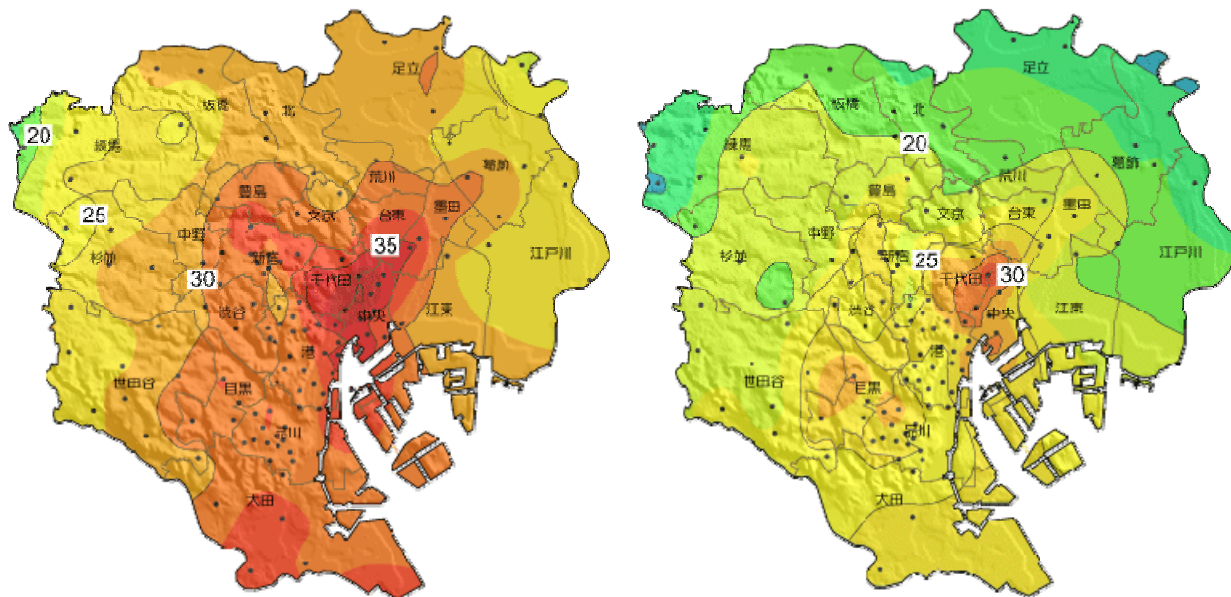


図 4-7 東京 23 区における熱帯夜日数 (2007 年・2008 年)

(東京都環境科学研究所ホームページ「ヒートアイランド現象を探る」より引用)

a) 全建築物

b) 事業所建築物

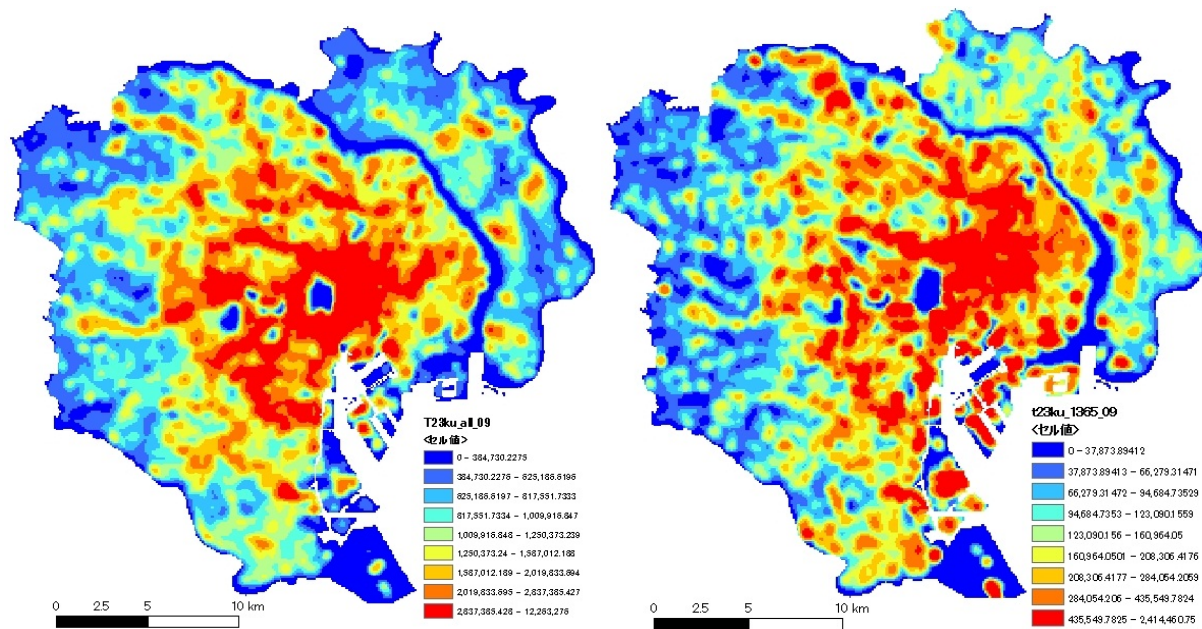


図 4-8 東京 23 区における延床面積による都市密度 (2009 年)

注) 図 3-15, 図 3-16a) の再掲

5. おわりに

本研究では、都市の高密度化に起因する都市問題を抑制する政策構築に貢献すべく、建築物空間データ等の地理空間情報を活用した土地の高度利用化を定量的に評価する都市密度指標を確立した。そして、2009年の東京大都市圏における都市密度を測定して、各種都市密度の空間的差異から地域の特徴を考察した。さらに、2003年から2009年にかけての都市密度の変化から、都市構造の変容に関する考察を行った。最後に、都市密度と都市問題の関連性を、東京都における都市生活インフラ不足やヒートアイランド現象の事例から明らかにした。

都市密度の測定手法を検討した結果、データタイプについては汎用性を考慮して①2分の1地域メッシュ(約500m四方)のベクタ形式と、②10mセルのラスタ形式で作成した。前者は、他の地域統計(国勢調査や商業統計等)においても2分の1地域メッシュ単位のデータが公表されているため、同一単位地域による分析が可能となる利点がある。後者のラスタ形式のデータについては、そのデータ形状の特性から、適宜、各種ラスタデータとのオーバーレイ分析が可能である。

ラスタ形式の都市密度サーフェスの作成法については、特定の確率分布を想定しないノンパラメトリックな手法であるカーネル密度推定法を用いた。さらに、カーネル密度推定法もいくつかに分けられるが、本研究では推定密度関数の微分可能性がイパネクニコフよりも高い点で優れている2乗重みカーネル(quadratic kernel)を用いた。

指標の測定に必要となる建築物の空間データや資料は、GIS(地理情報システム)にて空間データ等を読み込み、都市密度指標の測定データを作成した。指標は、①全建築物、②事業所建築物、③独立住宅、④その他のビル・集合住宅の i) 面積、ii) 延床面積について、a)2分の1地域メッシュ(世界測地系)と、b)2分の1地域メッシュ(日本測地系)、c)カーネル密度の3種、計24パターンを作成した。

その結果、大凡の傾向として、全建築物、事業所建築物、集合住宅の面積の密度については東京都心が高い一方で、郊外は押し並べて低かった。延床面積の密度については、圧倒的な高層建築物数によって、東京都心における密度の高さが増して、郊外との差異がより明瞭になった。一方で、郊外においても、高層建築物が並ぶ主要都市業務地区では、他地域に比較して延床面積による密度が相対的に高かった。

さらに、2003年と2009年のデータを用いて、各指標の時系列的变化を定量的に測定することにより、急激な密度の変化がみられた地域を明らかにした。建築物面積の密度からは、東京都心では軒並み低い一方で、郊外の住宅地においては急激に上昇していた。それに対して、延床面積の密度は、東京都心に於いて相対的に高く、郊外地域は一部の主要都市を除いて密度が低い結果となった。すなわち、東京都心では低中層建築物の跡地に高層建築物の建設が進み、建築物が占める面積は減少しつつも、延床面積は大幅に拡大していた。これは、東京都心における都市空間の高度利用化が著しく進展していることを示唆している。

最終的に、都市密度が関連する都市問題として、生活インフラ問題とヒートアイランド現象を取り上げて、その関連性について検討を加えた。高層集合住宅等の建設によって都市密度が急上昇した地域では、特定の世代の需要に特化したインフラが新規に建設されており、長期的視点に立った生活インフラの管理が求められる。また、ヒートアイランド現象については、東京都における熱帯夜日数と事業所建築物の延床面積による都市密度と熱帯夜日数の空間的分布に強い相関がみられた。そのため、経済効果をもたらす事業所建築物等の都心集積を進めるには、ヒートアイランド抑制策を講じる必要がある。

本稿では、二つの都市問題についての事例を紹介したが、今後は他の問題についても都市密度との関連性を明らかにしていく必要がある。ただし、当然ながら、都市問題の発生メカニズムは複雑であるため、一変数で現象の全てを説明することは困難である。そのため、都市密度指標は、それらの都市問題を説明するうえでの一変数として扱うべきであろう。しかしながら、これまで定性的に都市の密度と都市問題の関連性が語られることが多かったなかで、建築物のストックを測定した本研究の指標は、種々の都市問題に関する定量的な要因分析モデルの説明力向上に貢献することができる。

注釈

- 1) 1919年に制定された市街地建築物法によって建築物の絶対高が31mに制限され、その後もその規制が長年運用されてきた。1963年に容積率規制を採用する容積地区制度が設けられると、高層建築物の建設が可能になった。最終的には、1969年には絶対高規制が全般的に廃止されて容積率規制へと移行した(諸星・加藤, 2005)。
- 2) Zmap-TOWNIIは株式会社ゼンリンが作成している住宅地図データである。本稿では、Zmap-TOWNIIのシェープファイル版を利用した。シェープファイルとは、図形情報とその属性情報を組み合わせた空間データファイルである。
- 3) Zmap-TOWNIIには、2階建て以下の独立住宅には、階数データが記入されていない。そのため、本研究ではそのような建築物の階数には一律して1.5を適用した。
- 4) Zmap-TOWNIIでは、建築物をいくつかの属性(ATRCODE)に分類している。そのうち、一般建築物は、ATRCODEが1363(ビル・アパート名)、1364(一般家屋名称)、1365(事業所名)の3種に分類されている。本研究では、1363(ビル・アパート名)をその他のビル・集合住宅、1364(一般家屋名称)を独立住宅、1365(事業所名)を事業所建築物として扱っている。
- 5) 市区町村によって、データ内容が2003年と2004年のものが混在しているが、本稿では便宜上、2003年で統一する。
- 6) 1973年7月12日行政管理庁告示第143号に基づく「標準地域メッシュ」に従って作成されている。2分の1地域メッシュは、基準地域メッシュを経度および緯度方向でそれぞれ2分の1に切り、4つの区画に分割したものである。緯度間隔は15秒、経度間隔は22.5秒である。メートル法に基づくメッシュの大きさは、特に緯度によって大幅に変わるため、注意されたい。
- 7) 測地系とは、地球上の位置を座標で表すための基準であり、日本では2002年4月に変更された。それ以前に使用されていた旧測地系は日本測地系、新測地系は世界測地系と呼ばれる。地域メッシュは経緯度を基準に設定されているため、新旧測地系によって各メッシュの領域が変化する。東京都では、新旧測地系で450mほどの違いが生じる。古い統計データは旧測地系に基づく地域メッシュ区分でのみ公表されている一方で、新しい統計データは新測地系に基づく地域メッシュ区分で公表されていく。そのため、本研究では両測地系のデータを作成した。
- 8) パーセンタイルとは、データの総数を100に相対化して、最小値から数えて、何番目の順位のデータであるのかを意味している。すなわち、データ総数が1,000の場合、10パーセンタイルは最小値から100番目のデータを指す。したがって、本稿の地図では、データの総数から十等分して、分類をしている。ただし、値が0のメッシュやセルは、データの総数から除外している。
- 9) 本稿で示す地域メッシュの地図は、日本測地系に基づくものとする。新旧測地系で

は、メッシュの位置が約 450m ずれるため、個々のメッシュを扱う場合には測地系による違いは深刻である。しかし、ある程度広い範囲において地域的傾向を把握するためであれば、新旧測地系の差異はほとんどないためである。

- 10) 都心 3 区とは、千代田区、中央区、港区を指す。
- 11) 真夏日とは、日中の最高気温が 30℃以上の日を指す。
- 12) 熱帯夜とは、夜間の最低気温が 25℃以上の夜を指す。

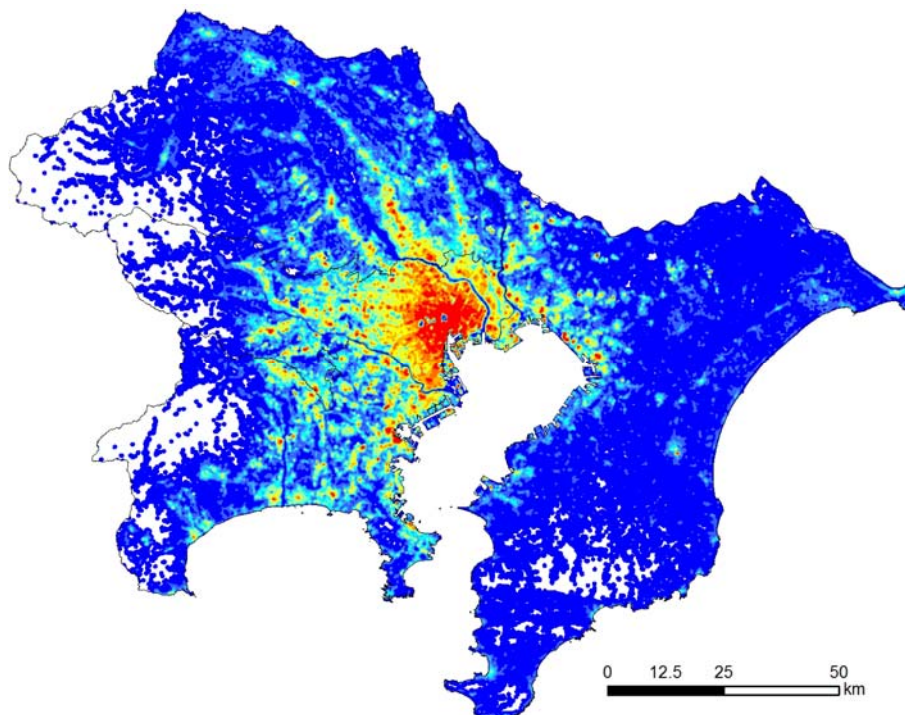
本研究は、東京大学空間情報科学研究センターとの共同研究「小地域統計を利用した都市空間構造の比較分析（共同研究番号 59）」の成果の一部である。

参考文献

- 植木優夫・笛田 薫(2003)：カーネル密度推定におけるカーネル関数の比較．日本計算機統計学会大会論文集，17，147-150.
- 遠藤 毅(2006)：東京低地における工場等の分布を主体とした土地利用状況の変遷—明治初期から平成17年まで—．地学雑誌，115，500—507.
- 江崎雄治(2006)：首都圏における人口変動—郊外化の終焉と都心回帰—．統計，57-4，11—16.
- 奥田道大(2000)：都市社会学の眼．ハーベスト社.
- 奥田道大(2002)：「大都市の再生」の社会的条件．都市問題，93，51—62.
- 香川貴志(2004)：バブル期前後の東京大都市圏における分譲マンションの供給動向と価格推移．京都教育大学紀要，105，1—20.
- 加世田尚子・坪本裕之・若林芳樹(2004)：東京都江東区におけるバブル期以降のマンション急増の背景とその影響．総合都市研究，84，25—43.
- 佐藤英人(2005)：東京大都市圏におけるオフィス立地．統計，56-2，21—26.
- シモノフ，J. S. 著，竹澤邦夫・大森 宏訳 (1999)：平滑化とノンパラメトリック回帰への招待．農林統計協会．Simonoff, J. S. 1996. Smoothing methods in statistics. New York : Springer.
- 高塚 創(2006)：都市密度とサービス業の活性度．日本都市計画学会学術研究論文集，41，277—282.
- 田中耕市(2008)：1990年代の東京23区における都市密度変化と土地利用転換—事務所建築物と集合住宅を対象として—．地学雑誌，117，479-490.
- 八田達夫(2001)：理想の都心集中をどう実現するか．エコノミクス，7，134—142.
- 八田達夫(2002)：都心集中の便益と費用．都市問題，93-3，37—49.
- 八田達夫編(2006)：都心回帰の経済学—集積の利益の実証分析．日本経済新聞社.
- 原科幸彦(2004)：成長管理の土地利用計画で都市再生．都市問題，95，91—110.
- 松本康(2004)：東京で暮らす—都市社会構造と社会意識．東京都立大学出版会.
- 松原隆一郎(2004)：「都市再生」で都市はどう変わるか．学術の動向，104，28—32.
- 三上岳彦(2003)：都市ヒートアイランドの実態—東京の事例を中心に—．環境情報科学，32-3，32-36.
- 三上岳彦(2006)：都市のヒートアイランド現象とその形成要因—東京首都圏の事例研究—．496—506.
- 森 博勤・村尾富浩・石川 允(1993)：東京における土地利用からみた高層業務ビルの立地に関する研究．日本建築学会大会学術講演梗概集，68，471—472.
- 諸星智章・加藤仁美(2005)：建築基準法・都市計画法における絶対高さ規制の変遷に関する研究．都市計画論文集，40，265—270.

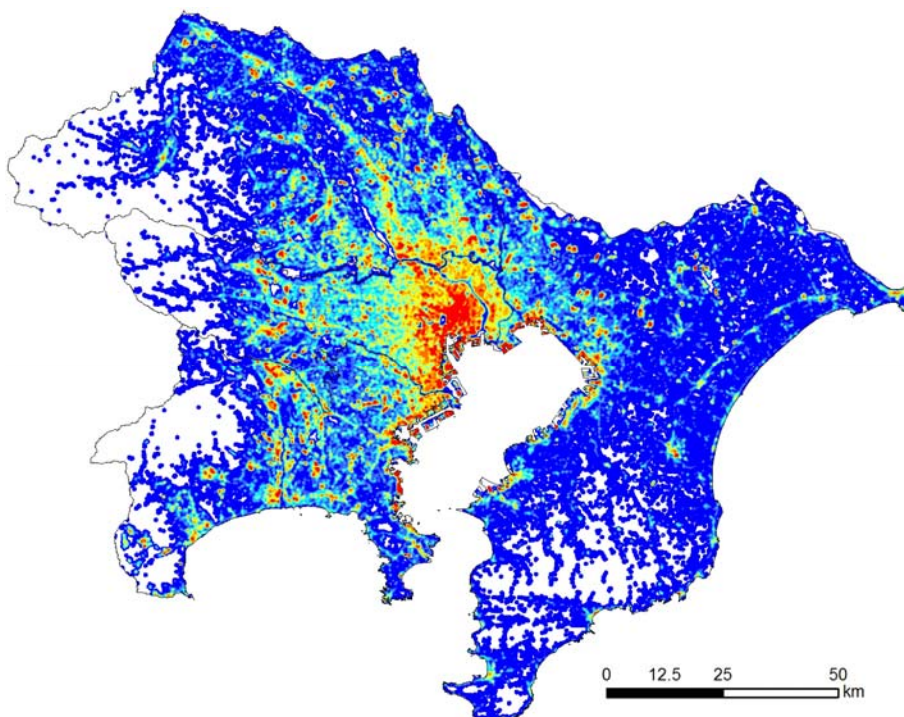
- 矢部直人(2003) : 1990年代後半の東京都心における人口回帰現象—港区における住民アンケート調査の分析を中心として—. 人文地理, 55, 277-292.
- 山本佳世子(1996) : 東京大都市圏における都市密度評価—公共的緑地へのアクセシビリティからみた都市密度評価—. 環境情報科学論文集, 10, 25-30.
- Silverman, B.W. (1986): Density estimation for statistics and data analysis. London: Chapman & hall.
- Wand, M. P. and Jones, M. C. (1995): Kernel Smoothing. London: Chapman and Hall.

○資料編



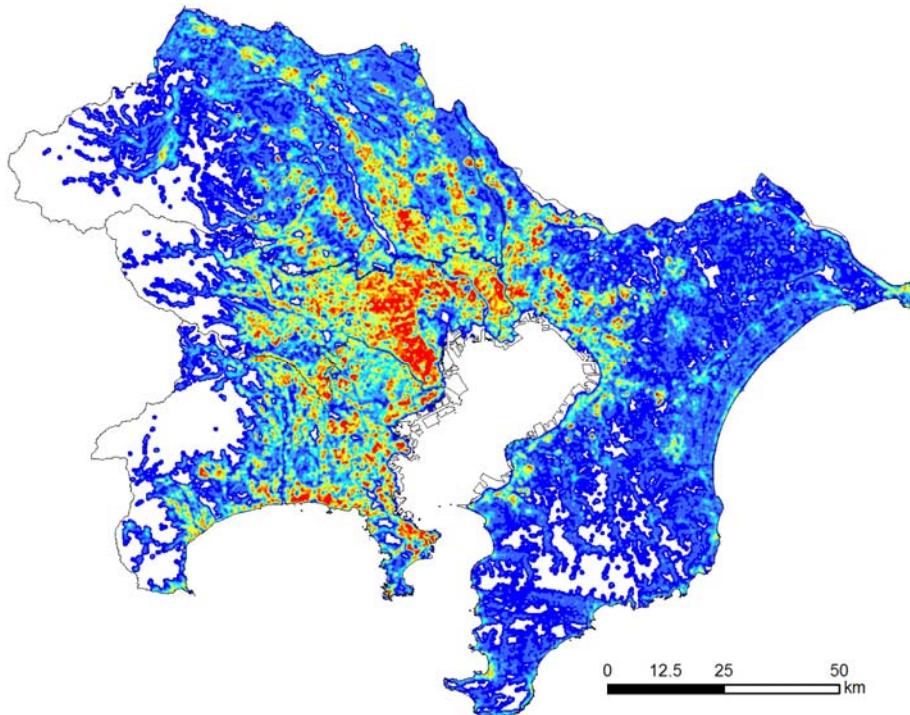
資料1 全建築物の延床面積によるカーネル密度 (2009年)

注) 東京都の10パーセンタイル基準で分類

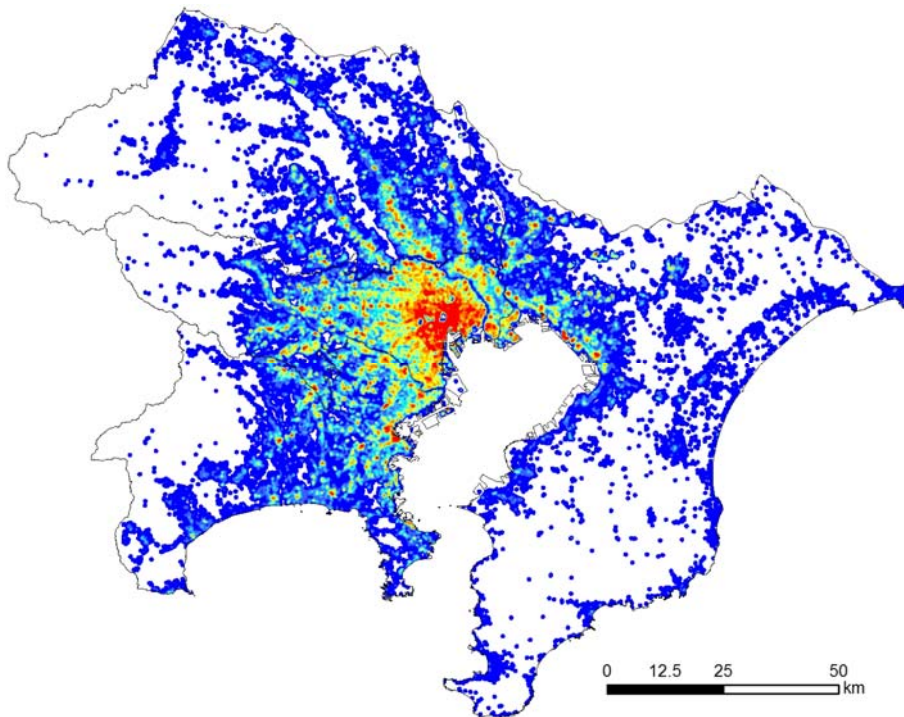


資料2 事業所建築物の延床面積によるカーネル密度 (2009年)

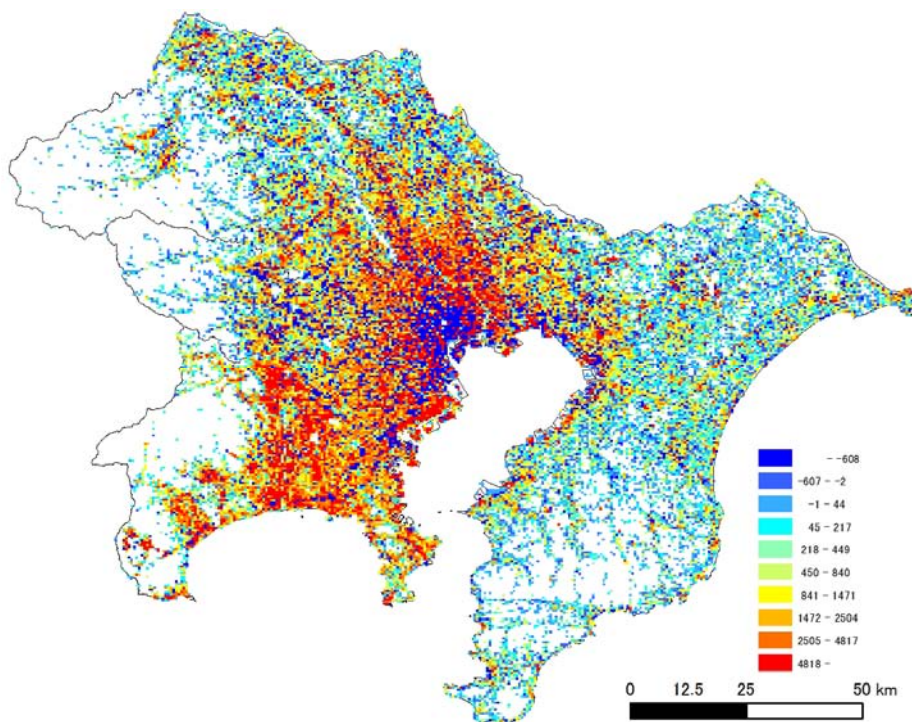
注) 東京都の10パーセンタイル基準で分類



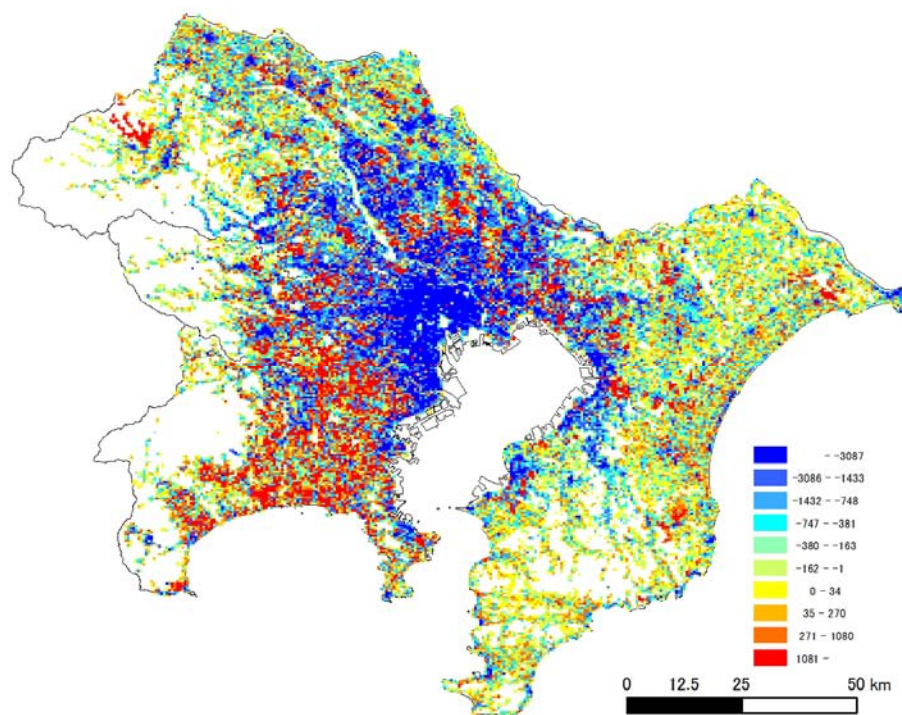
資料3 独立住宅の延床面積によるカーネル密度（2009年）
 注）東京都の10パーセンタイル基準で分類



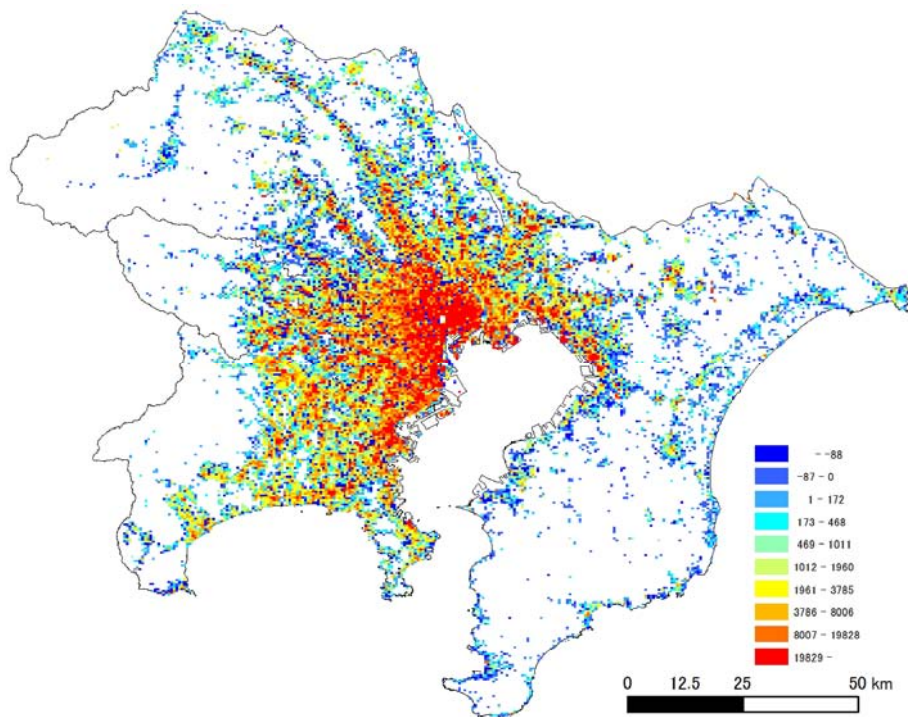
資料4 その他のビル・集合住宅の延床面積によるカーネル密度（2009年）
 注）東京都の10パーセンタイル基準で分類



資料 5 事業所建築物の延床面積による地域メッシュ密度の変化 (2003 年～2009 年)



資料 6 独立住宅の延床面積による地域メッシュ密度の変化 (2003 年～2009 年)



資料7 その他のビル・集合住宅の延床面積による地域メッシュ密度の変化(2003年～2009年)