

主要都市における時系列を有する GIS 建物データベースの作成と
建築ストック総量の分析
Creation of the Time-series Building Database in GIS
and Analysis of Total Building Stock in Major Cities

2021 年 2 月

石原 健司
Kenji ISHIHARA

博士論文

主要都市における時系軸を有する GIS 建物データベースの作成と
建築ストック総量の分析
Creation of the Time-series Building Database in GIS
and Analysis of Total Building Stock in Major Cities

2021 年 2 月

早稲田大学大学院 創造理工学研究科
建築学専攻 建築生産マネジメント研究

石原 健司
Kenji ISHIHARA

<目次>

第1章	序論	1
1-1	背景	1
1-1-1	悉皆的で時間軸を有する建物データベースの必要性	1
1-1-2	建築ストック変遷に関連する既往の統計	2
1-1-3	既存のGISによる建物データベース	2
1-1-4	基盤としてのデータベースの検討	4
1-2	既往研究	6
1-2-1	既往研究の調査範囲	6
1-2-2	都市の土地・建物利用の時系列変化の研究事例	6
1-2-3	個別の建物の時系列変化の研究事例	7
1-3	研究の目的	9
1-4	研究の構成	10
1-5	研究における各種定義	12
1-5-1	空間参照系	12
1-5-2	使用するプログラミング言語とソフトウェア	13
1-5-3	本論文における箱ひげ図	14
1-5-4	本論文における用語集	15
	参考文献	16
第2章	時間軸を有するGIS建物データベースの作成手法	21
2-1	利用するデータの概要と属性データの前処理	21
2-2	時系列データの生成の対象期間	25
2-3	GISによる異時点間の建物データの同定	27
2-3-1	建物同定のフロー	27
2-3-2	同定の条件	28
2-3-3	グループ化による建物同定	33
2-3-4	建物IDの統一	34
2-3-5	建物同定の結果	36
2-4	小結	37
	参考文献	38
第3章	分析用データの構造化手法	39
3-1	本章の概要	39
3-2	ポリゴン面積からの面積属性の推計	40
3-2-1	推計に用いるデータの概要	40
3-2-2	建築面積の推計	41
3-2-3	延床面積の推計	42
3-3	街区単位の建蔽率および容積率の情報の付与	46
3-3-1	建蔽率および建蔽率および容積率の原単位	46
3-3-2	建蔽率および容積率の算出の手順と街区データの作成	49
3-3-3	街区単位の建蔽率および容積率の情報の付与	50

3-4	分析用データの抽出と検証	53
3-4-1	データのスクリーニング	53
3-4-2	データの検証	55
3-5	小結	57
	参考文献.....	58
第4章	建築ストックの変遷に関する基礎分析	59
4-1	本章の概要	59
4-2	都市別の建築ストック総量の基本統計	60
4-2-1	分析の手法	60
4-2-2	都市別の建築ストック総量の推移	60
4-2-3	各指標の変動率の都市間比較	67
4-3	建築ストック総量の地理的分布の推移	70
4-3-1	分析の手法	70
4-3-2	各都市の建築ストックの地理的分布	72
4-3-3	建蔽率・容積率の変化の地理的分布	102
4-4	建物規模の偏在性の変化	109
4-4-1	分析の手法	109
4-4-2	一戸当たり面積属性の変化	110
4-4-3	ローレンツ曲線とジニ係数の変化	119
4-5	小結	128
第5章	建物の新陳代謝に関する分析	129
5-1	本章の概要	129
5-2	分析の手法	130
5-3	建物の新陳代謝に関する分析	134
5-3-1	都市別の建物の新陳代謝の概要	134
5-3-2	新陳代謝パターンによる建物規模と棟数の変化	139
5-3-3	新陳代謝パターンと用途変化の関連	149
5-4	建物の新陳代謝の地理的分布	154
5-4-1	新陳代謝の地理的分布	154
5-4-2	新陳代謝パターン別の地理的分布	156
5-5	小結	163
第6章	結論	164
	謝辞	167
	本論文にかかる研究実績	168

第 1 章 序論

第1章 序論

1-1 背景

1-1-1 悉皆的で時間軸を有する建物データベースの必要性

我が国では第二次大戦以降、人口増加を背景に、これまで盛んな建設活動が行われてきた。特に都市部では土地利用の転換や高度化により、近代的な都市の形成が今日まで進んできた。近年、日本の総人口は2007年より自然減少に転じていることから、これまでのような人口増加を根拠とした建設活動は鈍化していくものと推測されるが、我が国の建築ストック総量は近年も単調増加し続けており、2018年1月1日時点の住宅および非住宅建築物の延床面積の総量は約77億3,535万㎡であり4年間で約1億㎡増加している¹⁾。

増加している建築ストック総量であるが、個別の状況をみると、過剰・不足あるいは疎・密といった、需給バランスや空間的な偏りが存在していることがわかる。例えば都心部では建替えや再開発による事務所やマンションの供給が続いている。2019年末時点での東京23区内の賃貸用事務所ビルのストックは、賃貸面積ベースで約4,235万㎡となっているが、近年の供給の中心的なボリュームは都心部の大型のオフィスビルとなっており、2019～2022年の供給量は年平均45.6万㎡となる見込みであるが、そのうち63%が都心部である千代田区・中央区・港区に集中している^{1-2) 1-3)}。

こういった都市部の開発においては、規制緩和を利用して大規模化・高層化されることが多い。そういった再開発においてマンションが建設された場合、そのエリアでは人口構成が突然に変わることで、局所的・瞬間的に教育施設や行政サービス施設が不足する事態が生じている。そのため、中心部での大規模マンションの建設の規制を図っている都市も実際に存在する。

ただし、公共施設の全体像としては、その稼働率の低さが指摘されている。南¹⁻⁴⁾によると公共施設の利用面積をベースに利用実態を時間単位、面積単位で分析すると、稼働率は2,3割程度であり決して高いとは言えない。そして、これらの施設の多くは1960～70年代に整備されて一斉に築30年を超過し、老朽化も迎えている。さらに、地方自治体の財政悪化により、老朽化を迎えた全ての公共施設を維持、更新することは困難な状態となっている。生産年齢人口は今後も減少傾向が継続すると予測されるなか¹⁻⁵⁾、地方財政の抜本的な回復を期待することは難しい。そんな中、施設総面積の縮減することを一つの目的としたものが、「公共施設総合管理計画」の策定であり、今後その成果としての総量適正化が進むことが期待されるが、社会構造は常に変化していくものであることから、これを継続的に行っていくことが必要である。

また、過剰の最たる例は空き家であろう。空き家は単なる建築物の利用率の低下という観点だけでなく、景観や衛生面、さらには治安悪化による地域への悪影響といった、外部不経済性の観点からも懸念されるものである。平成30年住宅・土地統計調査¹⁻⁶⁾によると、我が国の空き家の数は統計開始以降増加の一途であり、2018年10月1日時点においては846万戸となっている。空き家率が高い地域は地方が主立っており、人口減少と少子高齢化の進行が都市部と地方でばらついていることが原因にあると考えられる。

このような現状は、高度成長期における急激な都市の拡大に伴って供給された大量の建築の中には、その後に生じた急激な社会構造の変化に伴う要求の変化に対応できていない

ものが一定量含まれていることを示唆している。成熟型先進国となった我が国では、既存ストックの有効活用が重要であることは自明であるが、都心部では経済合理性を根拠に建物の新陳代謝が変わらず続いている。都心部で周囲の需要を取り込みながら建物が大規模化することは、特に周辺部に有効に活用できないストックを生じさせるリスクがあると考えられる。

これまで、ストックマネジメントは個々の建物のライフサイクルマネジメントを中心に研究がなされてきた。都市が成熟し、大量の建築ストックが存在している昨今においては、都市あるいは日本全体における、土地・建物を悉皆的、時系列的に把握することが必要である。

1-1-2 建築ストック変遷に関連する既往の統計

都市における土地・建物利用の変遷を知ろうとした場合、従来の公的統計・資料で関係のあるものは、国土交通省の「建築着工統計」¹⁻⁷⁾、「法人土地・建物基本調査」¹⁻⁸⁾、総務省「住宅・土地統計調査」、自治体で管理している「固定資産課税台帳」¹⁻⁹⁾などが挙げられる。まずは、これらの概要を整理する。

まず「建築着工統計」は、建築着工届のあった全ての建物を対象とすることから、悉皆的ではあるものの、フローに着目した統計であり、建物の滅失や建替えは捕捉していないため、ストックの把握はできない。

「法人土地・建物基本調査」と総務省「住宅・土地統計調査」は、企業や世帯を対象とした統計調査であることから、複数調査年次分の調査票情報を活用しても、同一企業・世帯の時系列データのみしか構築できないため、同一の住所・地番に着目して「土地あるいは建物」の利用状況の時系列変化を捕捉することは困難である。また、これらは標本調査であるため、特定地域に限定しても、土地・建物を悉皆的に取り込んだデータベースを構築することは不可能である。

「固定資産課税台帳」は、土地と家屋について記録されていることから、建物の築年数や除却の情報がわかる。また土地を紐づけることによって建替えについても判定することが可能だと考えられるが、公共施設や宗教施設など、固定資産税の課税対象外の家屋は記録されておらず、やはり悉皆的にはなりえない。

1-1-3 既存の GIS による建物データベース

ストックを悉皆的に把握するという観点においては、その作成方法として、航空写真によって都市の一時点を隈なく捉えている、地理情報システム（以降 GIS という）による建物データが優位である。既存の GIS による建物データベースには、公的データである「都市計画基礎調査情報」、民間企業が提供しているものとして、ゼンリン社による「建物ポイントデータ」¹⁻¹⁰⁾および「住宅地図データ」¹⁻¹¹⁾、NTT 空間情報社による「GEOSPACE 地番地図」¹⁻¹²⁾などが存在する。

「都市計画基礎調査情報」は、都市計画法により都道府県での実施が定められた都市計画基礎調査に付随して作成される都市の土地と建物の GIS データであり、概ね 5 年ごとに主に航空写真によりデータが作成されている。これは都市現況及び将来の見通しを定期的に把握するための調査であり、調査結果のデータやその変化の把握・蓄積にとどまら

ず、立地適正化計画の作成や事業実施等各種まちづくりの施策の各過程において、客観的・定量的な評価・分析などに活用されている。

調査をもとに調書、位置図、建物利用現況図が作成され、GIS も活用されている。その調査項目や内容の目安については、国土交通省による都市計画基礎調査実施要領¹⁻¹³⁾において定められており、各自治体は調査の実施にあたりこれを参考とすることとされている。ただし調査方法は、基本的にある時点（瞬間）における都市の状況を記録したものであり、個々の建物を特定する情報は一部の都市を除き基本的に付与されていない。

ゼンリン「建物ポイントデータ」は、株式会社ゼンリンが販売する「建物の用途」に着目したポイントデータであり、61 項目を収録（住居表示、緯度・経度を含む）している。具体的には、住居、事業所、商業施設の 3 つに用途を分類しており、住居であれば戸建て・マンション・アパートなど 7 項目、事業所であれば飲食店・学校・病院など 27 項目、商業施設であれば商業ビル・オフィスビルなど計 4 項目の合計 38 項目に細分化している。

ゼンリン「住宅地図」は、株式会社ゼンリンが販売する地図であり、建物ポイントデータ作成の基礎となるデータでもある。建物ポイントデータと同等の情報が格納されているが、住宅地図はポリゴンデータである。建物ポイントデータは毎年、住宅地図は概ね 1～3 年ごととなっている。

「GEOSPACE 地番地図」データは、NTT インフラネット株式会社が販売している、公図（法務局に備え付けられている土地の位置や形状を確定させるための地図）をデータ化し、筆界（土地の境界線）をベクトルデータとして整備した地図情報に地番情報を付与したものである。地番地図から、不動産（土地）の所有単位である「筆」別に土地の位置や形状を把握することが可能となる。更新頻度は、東京 23 区は年 1 回、その他地域は、NTT インフラネット社の更新計画によって異なっている。

建物に関する時系列分析において、建物の変化は、大きくソフト面の変化とハード面の変化に分けて考えることができる。ここで、ソフト面の変化とは、土地・建物の利用状況や用途等の変化や、土地・建物の所有者の変化を意味し、ハード面の変化とは、建替え、新築、取り壊しによる空き地化等、建物の新陳代謝を意味する。

個別のデータベースで見ると、都市計画基礎調査情報は、土地・建物両方に関して、ソフト面の変化（利用状況、用途等の変化）、ハード面の変化（建物の新陳代謝）のいずれについても一定程度把握可能があるが、調査方法が自治体あるいは年度によってゆらぎがあることから、横断的に使えるものではない。また、建物の用途に関しては建物単位での主な用途、土地に関しても代表的な土地利用に限られる。

ゼンリン建物ポイントデータは、名前の通り、土地に関する定義はない一方で、建物利用状況に関しては建物の中の事業所単位の詳細な利用状況を把握することができる。他方、建物の新陳代謝に関しての情報は含まれない。ゼンリン住宅地図は、基本的には建物の形状と建物名称や部屋単位の情報が得られる一方で、主に住宅を対象としているため、事業所等の用途区分は把握が困難である。また、二つのデータベースはマーケティングを目的として作成されていることから建物の利用状況が克明に記録している一方で、用途が一体的に利用されている場合において、別棟あるいは付帯的な建物についてはカウントされていない場合がある。建物の新陳代謝はいずれも含まれてない。

NTT 空間情報 GEOSPACE 地番地図は、土地に関するデータであり、土地の基本単位としては筆界が定義されている。また、建物に関しては、別の電子地図上で形状データを入手できる。土地や建物の用途や、新陳代謝の情報は付与されていない。

1-1-4 基盤としてのデータベースの検討

我が国における悉皆的で時系列的な建物データの構築を考えたとき、既存のデータベースはそれぞれの目的において作成されていることから、完全にその与件に合致するものはない。しかしながら、それぞれのデータベースはそれぞれに重要であることから、それらの情報が統合されたデータベースの存在が理想的である。

各種データベースの統合を見据えその実現可能性を検討する場合において、その基盤となるデータベースは、調査対象に対する悉皆性、調査項目に対する網羅性、調査自体の連続性、そしてデータ入手の容易性や将来のデータ活用の広がり可能性の観点から考えることが妥当であろう。また、いずれのデータベースも建物の新陳代謝の情報については欠損があるか有していない。すなわちどのデータベースを利用する場合においても、建物の新陳代謝については直接的な情報が存在していないことから、別の情報を用いて異なる時点・同一の地点に存在する建物同士が同一の建物なのか便宜的に判定する必要がある（この判定を「建物同定」という）。そのため、その際に建物同定の根拠とする情報が何となるかも重要な観点となる。

以上を踏まえると、航空写真を用いて都市全体の建物を遍く捉えられるという悉皆性と、建物同定においては住所情報に併せて建物の外形情報を利用することで、判定の精度向上が期待できるという観点から、建物 GIS データがその基盤にすることがふさわしい。これに該当するものは「都市計画基礎調査情報」、「住宅地図」、「GEOSPACE 地番地図」となる。

次に、前述の 3 つの建物 GIS データベースは調査項目に対する網羅性の観点から、「都市計画基礎調査情報」あるいは「住宅地図」に絞られる。「GEOSPACE 地番地図」は土地の筆の明確化に立脚したデータベースであり、建物については建物外形の情報はあるものの、建物用途や階数などの基本属性が付与されていないため、これ自体を基盤として考えることは困難である。

残る 2 つの建物 GIS データベースであるが、「都市計画基礎調査情報」は土地に関するデータも保有する一方で、「住宅地図」は建物のソフト面の利用について子細な情報を有しており、その点に優位性がある。調査対象に対する連続性については、長くても 3 年に一度は実施できている「住宅地図」の方が密ではあるが、いずれの調査も定期的に見直しがなされている。すなわち、2 つのデータベースについては、建物に関する情報としては、「住宅地図」にその優位性が認められる一方で、「都市計画基礎調査情報」についても基盤としての建物データベースの与件は備えており、どちらを基盤にした場合においても相互に補完も可能であると考えられる。

加えて、国土交通省では、現在、Project “PLATEAU” として、全国約 50 都市の 3D 都市モデルの整備を行う「まちづくりの DX」の取組を推進している¹⁻¹⁴⁾。この 3D 都市モデルとは、都市空間に存在する建物や街路といったオブジェクトに名称や用途、建設年といった都市活動情報を付与することで、都市空間そのものを再現するプラットフォ

ームであり、「まちづくりのDX」ではこれにより、都市計画立案の高度化や、都市活動のシミュレーション、分析等を行い都市計画・まちづくり、防災、都市サービス創出等の実現を目指している。このプラットフォームはオープンデータであり、その際の建物属性情報については都市計画基礎調査情報が利用される前提となっている。オープンデータ化に向けて、データの作成手順や利活用マニュアルが今後整備されていく予定である。

以上を踏まえると、建物のみならず土地に関する情報も有していること、そして入手の容易性や将来的な展開の可能性を鑑みて「都市計画基礎調査情報」を基盤として利用することが望ましい。

1-2 既往研究

1-2-1 既往研究の調査範囲

既往研究の調査範囲については、本研究に関連のある、都市の建物 GIS データを用いた研究のうち、都市の土地・建物に関する時系列分析の事例（1-2-2）、および都市における個別の建物の時系列変化に着目した研究事例（1-2-3）から本研究の意義を明確にする。なお、既往研究については、その研究の概要とともに、使用された GIS データについても併せて示す。

1-2-2 都市の土地・建物利用の時系列変化の研究事例

宗 健¹⁻¹⁵⁾ は自治体別および全国での世帯数の変化と住宅ストックの変化がどのような関係にあり、住宅ストックが増え続けているのか、減少に転じている地域があるのか、その状態遷移はどのようなものかを明らかにすることを目的に、世帯数と住宅ストック数の増減パターンを整理し、空き家増減メカニズムを分析・整理している。具体的には、住宅・土地統計調査ベースでの住宅数の変化と、ゼンリン建物ポイントデータでの住宅数の変化を把握し、住民基本台帳の世帯数に照らし合わせることで、時系列的、空間的に、自治体ごとの住宅数と世帯数の関係性を分析している。

阿部 正太郎ら¹⁻¹⁶⁾ は、地方都市における低未利用地及びその用途転換の実態把握を目的に、我が国における地方都市中心部を対象にして、都市中心部における低未利用地の空間的分布状況や、周辺の土地利用状況を踏まえ、統計学的な知見に基づき、低未利用地の土地利用転換の要因とその影響を分析している。各地方都市において、1985年、1995年、2005年の3時点について、区画単位の土地利用データベースを構築し、低未利用地の面積や土地利用の変遷を示している。また、低未利用地面積変化の要因に関して重回帰分析を行い、駐車場用地はその他の未利用地に比べ、面積変化の要因は、都市単位の社会状況等の変化により説明される割合が小さいことを明らかにしている。また、都市中心部における低未利用地間の近接性に関する指標が低未利用地面積の変化に最も大きな影響を与えていることを明らかにしている。公的統計では詳細な把握が難しい低未利用地のデータについて民間データであるゼンリン住宅地図データを用いて分析している。

清水 千弘ら¹⁻¹⁷⁾ は東京オリンピック後の東京圏の老朽マンションストックの増加がもたらす都市・地域への影響を明らかにすることを目的とし、人口動態の変化が住宅地価の変動に与える影響の把握を試みている。具体的にはゼンリン住宅地図データをベースに複数に渡る民間企業に蓄積されたマイクロデータを収集・整備し、マンションストックの老朽化実態の建築時期別・供給地域別の整理、老朽マンションの形成と地域の人口の相関関係の分析、老朽マンションの増加が住宅地価格にもたらす影響等に関する分析などを行っている。1980年以降の住宅地価の変化率について、その要因を分解し、近年の地価下落が人口要因による部分が大きくなっていること等を示している。

宇都 正哲ら¹⁻¹⁸⁾ は実際の土地利用遷移に影響を与える重要な要因である地代や周辺の土地利用が、一定の閾値を持って作用しているとの仮説の下、明示的に閾値を含んだ土地利用遷移モデルによって、土地利用遷移に影響を与える諸要因における閾値を分析することを目的として、東京 23 区において、1984 年～1989 年の地価動向、交通条件、法規制等がミクロレベルでの土地利用に与える影響についてロジスティック回帰モデルによる分

析を行い、その説明力を検証している。土地利用については、国土地理院が作成していた細密数値情報の10mメッシュデータを用いているが、その他土地利用特性、交通条件、法規制等のデータとのマッチングを行う際に、1kmメッシュで再集計している。

このように、都市の土地・建物利用の時系列変化の既往研究は、用途あるいは集計の単位が限られており、都市全域における個々の建物について扱っているものは見当たらない。

1-2-3 個別の建物の時系列変化の研究事例

関 勝炫ら¹⁻¹⁹⁾は、高密度市街地における街区変容の実態を明らかにすることを目的に、東京都区部の典型的な地区を対象に、ゼンリン住宅地図データ、航空写真、および現地調査により1985年から2005年の20年間における街区の変容を5年ごとに観察し、敷地利用更新の類型を抽出し、敷地内の個々の建物の利用変化の遷移を分析し、立地条件との関係を考察している。

下山 萌子ら¹⁻²⁰⁾は客室数の増加が顕著な東京都心部において、2000年以降に建てられたホテルの立地傾向を明らかにする事を目的として、新たに供給されたホテルについて、ゼンリン住宅地図を用いて従前用途を比較することにより、建物特性・地域特性含めて分類し考察している。また、別の研究¹⁻²¹⁾では、近年において減少傾向にあるバラック飲み屋街のなかで、観光地化や若い世代からの出店の増加など新旧の店舗が併存し地域全体が転換期にある新宿ゴールデン街に注目し、当該地域における店舗の更新実態を地域の共有財として継承することを目的に、新宿ゴールデン街の更新過程において新旧の店舗の混在という点に着目し、その更新の様相を捉えている。その手法として新宿ゴールデン街によって発行されている店舗マップを利用し時系列比較によって店舗更新を把握し、更新があった店舗に対してヒアリング調査を行い、更新過程において店主間で交わされたアドバイスの内容とその機会を明らかにしている。

浅田 拓海ら¹⁻²²⁾は住宅寿命に影響を及ぼす建物属性の解明を目的に、2005年から2013年までの間、隔年で実施されている札幌市の5回分の都市計画基礎調査データに生存時間分析を適用し、比例ハザードモデルによる住宅寿命の要因分析を行っている。なお、札幌市の都市計画基礎調査データについては個々の建物に対してIDおよび築年数の情報が付与されていることから本研究が可能となっているが、多くの都市にして同様の手法の展開は困難である。

長 聡子ら¹⁻²³⁾は2000年代以降の大都市圏における大規模な駅ビル建設による都市構造の変化に注目し、駅ビルの開業によって駅を含めた周辺地区の土地利用の変化を把握することを目的に、計画基礎調査データを用いて札幌市、名古屋市、福岡市を対象に1990年代から2000年代における建物用途ごとの延床面積の総量について街区単位で集計し経年と都市間での比較を行っている。

このように個々の建物利用の変遷や新陳代謝に着目した研究の多くは、一部の街区や用途を対象としており、またその方法も現地調査や住宅地図を併用することで行っている。そのような中で、都市全体の建物を対象に都市計画基礎調査データを利用した例として、宮崎・桜井¹⁻²⁴⁾の研究が挙げられる。これは、東京都（島嶼地域を除く）全域の1991～2002年における3時点のGISデータを重ね合わせ、建物同定を行うことによ

り、個々の建物について変化の有無を識別し、変化のあった建物に注目し、定量的・空間的な観点から建物の変容を可視化したものである。

宮崎・桜井の研究は本研究の先行事例といえるが、年度や地域が限定されていることから、近年の全国的な状況については改めて調査する必要がある。

1-3 研究の目的

我が国の土地や建物などの不動産の有効活用を図り、日本経済の生産性を向上させるためには、土地や建築ストックなどの活用状況を悉皆的に把握し、その利用状況の時系列変化を明らかにする統計を作成することは非常に重要なことである。しかし、これまで示した通り既存の統計資料は、「フローに対するもの」、「時系列情報が分かるが、調査対象が限定されているもの」、「ストック全体を対象としているが、時系列情報はわからないもの」のいずれかであるために、そのままでは我が国の土地と建物の時系列的変遷を悉皆的に記述することはできない。

既往研究から、これまでの都市の土地・建物の時系列分析の事例は、地域、建物用途、データの粒度のいずれかが制限されていることがわかる。本研究は、都市の悉皆的な建物の変遷を横断的に比較する事を目的としていることから、3つの制約のいずれも極小化したうえで扱う点で新規性があるといえる。また、建物同定に関する研究事例については、いずれかの都市に限定して検証していることから、対象の都市に対してのみ最適化なされている可能性があり、全都市に適用するための標準化された手法については別途検討する必要がある。

これまで「都市計画基礎調査情報」によって得られた結果は、行政界やメッシュ単位で集計・公表されているため、個別の建物の変化を把握することは不可能であった。しかしながら異時点間の調査結果の関連付けを行うことで、同一地点における建物の形状の変化の有無を知ることができ、建て替え状況等の把握が可能となる。これらを集積することで、限界はあるものの都市における建物の変遷状況を知ることができる。

「都市計画基礎調査情報」を利用する現状では、建物の変遷の実態すなわち新陳代謝のすべてを把握することはできないが、その大局的な傾向を把握することはできると考えられる。時系列的な建物の変遷を直接的に知ることのできる資料が存在しない現状では、本研究の方法は本格的な調査の有力な代替手段であると考ええる。また、目的のデータを用いることで、都市間のストックの変遷が可能になることは当然のこと、ストックの変遷の差分としての新陳代謝の実態も個々の建物レベルで明らかにすることができる。

ストック型社会に突入した一方で変わらずストックが増加し続けている都市においては、ストックそれ自体が新陳代謝によって大型化あるいは多棟化しているものと考えられる。また、大型化や多棟化の傾向は都市内の地理にも関連があるとも考えられる。そこで本研究では、我が国の主要都市において時点比較が可能な GIS 建物データベースを作成し、それを用いることにより各都市のストックの変遷やストックの変遷の差分である新陳代謝の実態について明らかにすることを目的とする。

1-4 研究の構成

本研究では、公的な GIS データである都市計画基礎調査情報に対して時系列変換を行うことで、時系列のある建物 GIS データベースの作成を行う。また、作成したデータベースをもとに都市におけるストックの変遷と、その内訳としての新陳代謝の実態について定量的に示す。

データベースの作成に当たっては、日本全国の時系列のある建物 GIS データの作成を見据え、域内人口を優先順位として上から順に、「東京都 23 区」「横浜市」「大阪市」「名古屋市」「札幌市」「福岡市」の 6 都市を対象としてその実現可能性の検証も行うものとする。以上を踏まえると、研究の項目は以下の通りとなる。

- 時系列のある建物 GIS データベースの作成の必要性を整理し土台となるデータベースの選定を行う（1章）
- 異年度間の GIS データを重ね合わせによる建物同定を行うことで、時間軸を有する建物 GIS データベースの作成を行う。また、それに際して、同定可とする条件についての検証のうえ確定する（2章）
- 各都市での調査方法やデータの差異について整理し、都市間で横断的に評価するための標準化の手法を決定し、データの構造化を行う（3章）
- 構造化された時系列のある建物 GIS データベースを用いて、各都市のストックの変遷や新陳代謝の実態を定量的に示す（4章および5章）
- 研究の総括を行う（6章）

続いて、以上の研究項目に対応する本論文を構成する各章の具体的な内容を記す。

第1章では関連する既往の統計について、調査対象に対する悉皆性、調査自体の連続性、調査項目の網羅性、時系列のあるデータへの変換の精度、という観点からそれぞれの特徴を整理して、目的のデータベースを作成するにあたり基盤とするデータベースを選定する。また関連する既往研究を記述して本研究の新規性と目的を明確にする。

第2章では既往の GIS データベースに時系列情報を付与するため、「都市計画基礎調査情報」が有する建物の外形情報を用いて、異年度間のデータ同士を重ね合わせることで建物同定を実施する。建物同定に際しては異時点の GIS データ間の系統誤差に留意する必要があるため、判定が実施可能な調査年度と同定可と判定する条件を探索的に決定していく。また都市間を横断的に評価できるデータベースとするために、属性データについて都市間での揺らぎを整理して前処理として用途や住所情報について標準化を実施する。

第3章では時系列情報が付与された建物 GIS データベースについて、分析用データとするための構造化を行う。具体的には建設看板の情報を用いることで外形面積と地上階数から建築面積と延床面積の推計をするモデルの構築し、そのモデルによりデータベース上の建物の面積属性の補正と算出方法の標準化を行う。補正及びスクリーニングを経て既往統計との比較を行い、最終的に得られたデータの妥当性についても検証する。

第4章では得られたデータをもとに、各都市の棟数、延床面積の経年の推移の比較を行う。また各都市ともに建物は増加し大型化していることから、その用途の内訳や地理的な分布の比較も併せて行うことで都市における建物変化の概略を示す。

第5章では第4章で確認した建築ストックの経年的変化について、その差分としての「新陳代謝」に着目し、変化の前後の建物の棟数により「新規型」「変化型」「統合型」「分割型」「複合型」「撤去型」に分類し、新陳代謝がどういった場所・用途で活発に生じているのか分類ごとに分析し、都市間で比較を行う。

第6章では研究の統括と、今後の展望として「我が国における統合された時系列のある建物基盤情報の必要性」について述べ、そして可能性としての本研究に手法について再度整理する。

研究のフローを Fig.1-4 に示す

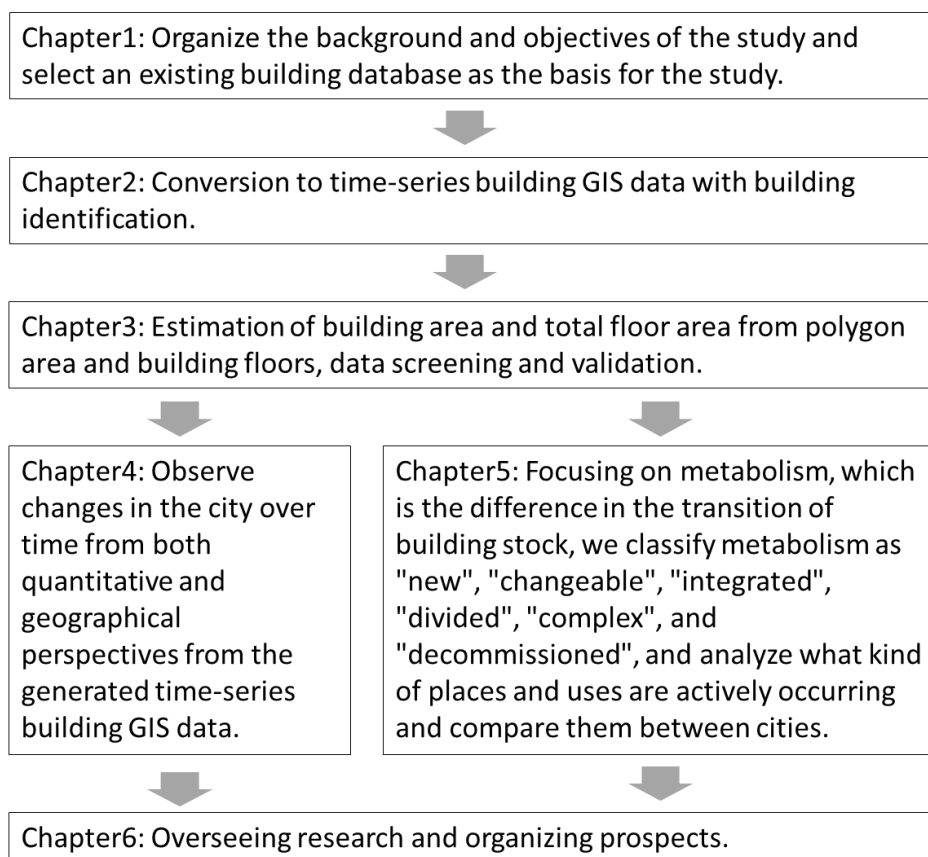


Fig.1-4 Flow of study

1-5 研究における各種定義

1-5-1 空間参照系

空間参照系 (Coordinate Reference System)とは、座標によって、GIS 中の投影された二次元が地球の実際の場所とどう関係づけられているかを決定づけるシステムである。本研究においては、図形 (ポリゴン) データからの面積算出や異なる年度間の GIS データの重ね合わせを行うことから、各都市における空間参照系はすべて統一しておく必要がある。空間参照系は地理座標系とそれを内包する投影座標系により決定される。

地理座標系とは、地球を回転楕円体 (地球楕円体) と見なし、その表面上における水平位置を表す経緯度と垂直位置を表す高度との組み合わせで表現されるものである。地理座標系は測地の原点 (測地座標系)、準拋楕円体、ジオイド面 (平均海面) の三要素で決まる。ここで特に重要なのが準拋楕円体という地球を楕円体に近似したモデルである。準拋楕円体は測地制度の向上により何度か見直しがなされており、現在では世界的に GRS80 という地球楕円体が用いられている。

我が国における測量の基準は測量法によって定められており、その地理座標系として、原点を日本水準原点、準拋楕円体を GRS80、ジオイド面を東京湾平均海面とした世界測地系(JGD2011)を採用している¹⁻²⁵⁾。

投影座標系とは、地理座標で定められた3次元上の位置を2次元平面上に定義するものであり、これにより距離、面積、方向を決めることが容易となる。また、測量範囲が狭い場合には十分正確に表すことができるため、我が国の公共測量において標準的に用いられている。その投影法は平面直角座標系といわれるガウス・クリューゲルの等角投影法によるものである。平面直角座標系は投影誤差を小さくするために、日本を19の座標系に区分している¹⁻²⁶⁾。

本研究における空間参照は、我が国において標準的に利用されている世界測地系の平面直角座標系を採用することとした。なお、最新の世界測地系は東日本大震災を契機に見直された JGD2011 であるが、本研究では見直し前の入手したデータの多くの基準となっていた JGD2000 を採用している。なお、JGD2011 と JGD2000 は互換可能である。

Table1-5-1 に各都市において利用した空間参照系と EPSG コード¹⁻²⁷⁾の一覧を示す。EPSG とは European Petroleum Survey Group という当初この仕組みを作成した団体の略称である。このコードは各空間参照について個別の ID を割り振り、管理をしているものであり、事実上の標準として多くの GIS にてこれが利用されている。

Table1-5-1 List of spatial reference systems used in this study

City	Coordinate Reference System	EPSG code
Sapporo	Japan Plane Rectangular CS XII	2454
Tokyo	Japan Plane Rectangular CS IX	2451
Yokohama	Japan Plane Rectangular CS IX	2451
Nagoya	Japan Plane Rectangular CS XII	2454
Osaka	Japan Plane Rectangular CS VI	2448
Fukuoka	Japan Plane Rectangular CS II	2444

1-5-2 使用するプログラミング言語とソフトウェア

大量の GIS データに対して面積などの各種属性の集計や、図形情報からの面積算出、位置情報をもとに異なる GIS データの結合（空間結合）など、高負荷の演算を研究では行うこととなる。またそれらの GIS データは年度や都市を跨いでおり、その演算は繰り返しの作業となる。このことから、一連の作業についてはプログラミングによる高速化を期待すると同時に、定型化によって一定の精度が得られるようにすることが望ましい。

そこで、データの加工、集計、分析ならびにその可視化という研究の多くのプロセスにおいてプログラミング言語を通じて作業を行う。利用するのは統計解析に特化した R(version 4.0.3)¹⁻²⁸⁾ である。R では、パッケージとよばれる関数やデータセット・リファレンスマニュアルなどがひとまとめにされたアプリケーション・関数ライブラリが存在しており、本研究においても多くのパッケージを通じて分析を行っている。特に重要であるパッケージについて Table1-5-2 に示す。

地図として結果を出力する場合においては、GIS ソフトの ArcGIS Pro¹⁻²⁹⁾ を利用することとしている

Table1-6-2 List of R's packages using in this study

Package	Description
ggtern ¹⁻³⁰⁾	Calculation of Weighted Kernel Density Distribution in 2D Space
gt ¹⁻³¹⁾	Build display tables from tabular data.
MASS ¹⁻³²⁾	Functions and datasets to support Venables and Ripley, ``Modern Applied Statistics with S" (4th edition, 2002).
raster ¹⁻³³⁾	Reading, writing, manipulating, analyzing and modeling of spatial data, as raster format.
sf ¹⁻³⁴⁾	GIS for "R", represents GIS's features as records in a "data.frame" or "tibble" with a geometry list-column.
tidyverse ¹⁻³⁵⁾	Processing, aggregating, analyzing and outputting graphs or tables of tabular data, called "data.frame" or "tibble".

1-5-3 本論文における箱ひげ図

都市内には大小様々な建物が混在しており、規模の偏りも非常に大きいことから、その分布を正確に理解するためには、単に平均値のみならず中央値などの四分位数や四分位範囲を含めて把握する必要がある。データの分布を視覚的に示す統計グラフには、ヒストグラムや密度分布が特に頻出しているが、本論文では五数要約（**Q0**：最小値、**Q1**：第1四分位、**Q2**：中央値、**Q3**：第3四分位、**Q4**：最大値）を直接的に視覚化した箱ひげ図を主に利用する。また、五数要約のほかに平均値も併せて記載するものとする。箱ひげ図の構成部位のイメージ図を Fig.1-5 に示す。

なお、最小値や最大値については特に分布が大きくなり視覚表現が困難になる場合があるため、以下の式で表される閉区間を採用するものとして、この区間を超えるデータは外れ値として視覚化の対象外とする。

$$[Q_1 - 1.5 * IQR, Q_3 - 1.5 * IQR] \quad (IQR = Q_3 - Q_1)$$

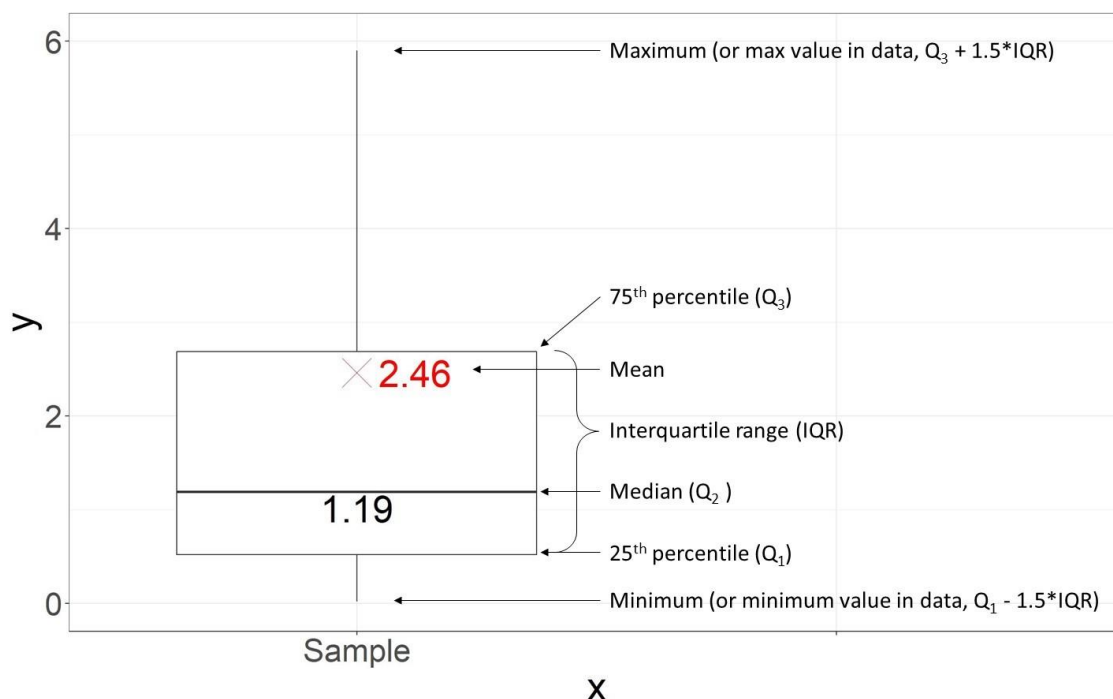


Fig.1-5 Structure of boxplot diagram

1-5-4 本論文における用語集

本論文において、図表はタイトル含めて原則として英語表記とする。ただし、子細な建物用途分類など、対応する英訳の選択が困難な言葉については、英訳とともに原語を併記する、あるいは原語のみとしている。本論文において頻出する英語の用語集を以下の枠内に記す。

Apartment house	:	集合住宅（分譲マンションや賃貸用のアパートなども含む）
Area (Building area)	:	建築面積
Basic urban planning survey	:	都市計画基礎調査
BCR (Building coverage ratio)	:	建蔽率
Detached house	:	戸建住宅（長屋や併用住宅は含まない）
FAR (Floor area ratio)	:	容積率
Fukuoka	:	福岡市
GFA (Gross floor area)	:	延床面積
GIS (Geographic information system)	:	地理情報システム
Nagoya	:	名古屋市
Office	:	事務所(官公庁庁舎を除く)
Osaka	:	大阪市
Polygon (In GIS)	:	ポリゴン（GISにおいて建物などの外形を示す多角形の図形情報のこと。境界線を表わす線の終点を始点に一致させ、閉領域を作った面）
Sapporo	:	札幌市
Story (Building story above ground)	:	建物地上階数
Story basement (Building story underground)	:	建物地下階数
Tokyo	:	東京 23 区
Yokohama	:	横浜市

参考文献

- 1-1) Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism; MLIT. *Publication of building stock statistics*. URL https://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000785.html (accessed 2020-10-01)
国土交通省. “建築ストック統計の公表について “. 入手先< https://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000785.html >, (参照 2020-10-01)
- 1-2) Xymax real estate institute corp. *Office pyramid 2020*. URL https://soken.xymax.co.jp/2020/01/10/2001-stock_pyramid_2020/ (accessed 2020-10-01)
ザイマックス不動産総合研究所. “オフィスピラミッド 2020 “. 入手先< https://soken.xymax.co.jp/2020/01/10/2001-stock_pyramid_2020/ >, (参照 2020-10-1)
- 1-3) Xymax real estate institute corp. *Office new supply 2020*. URL https://soken.xymax.co.jp/2020/01/08/2001-office_new_supply_2020/ (accessed 2020-10-01)
ザイマックス不動産総合研究所. “オフィス新規供給量 2020 “. 入手先< https://soken.xymax.co.jp/2020/01/08/2001-office_new_supply_2020/ >, (参照 2020-10-1)
- 1-4) Minami, T.: *Senshinjirei-kara-manabu seikou-suru-koukyoushisetsu-manejim ento (Successful Public Facilities Management from Leading Practices)*, Gakuyo-shobo, 2016
南学：先進事例から学ぶ 成功する公共施設マネジメント, 学陽書房, 2016
- 1-5) National Institute of Population and Social Security Research; IPSS. *Future population estimates for Japan (2017 estimates)*. URL http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp_zenkoku2017.asp (accessed 2020-10-01)
国立社会保障・人口問題研究所. “日本の将来推計人口 (平成 29 年推計) “. 入手先< http://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2017/pp_zenkoku2017.asp >, (参照 2020-10-1)
- 1-6) Statistics bureau of Japan. *Housing and land survey, 2018 results of the survey*. URL <https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2018/tyousake.html> (accessed 2020-10-01)
総務省統計局. “平成 30 年住宅・土地統計調査 調査の結果 “. 入手先< <https://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2018/tyousake.html> >, (参照 2020-10-1)
- 1-7) MLIT. *Building construction statistics survey ,2018 Results of the survey*. URL https://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000811.html (accessed 2020-10-01)
国土交通省. “建築着工統計調査 (平成 30 年計分) “. 入手先< https://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000811.html >, (参照 2020-10-1)
- 1-8) MLIT. *Building construction statistics survey ,2018 Results of the survey*. URL https://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000811.html (accessed 2020-10-01)
国土交通省. “平成 30 年法人土地・建物基本調査 (速報集計結果) の公表につい

- て “. 入手先< https://www.mlit.go.jp/report/press/totikensangyo03_hh_019092400.html >, (参照 2020-10-1)
- 1-9) MLIT. *Status of publication of fixed asset registers on the websites of local authorities*. URL <https://www.soumu.go.jp/iken/kokaikei/koteishisan01.html> (accessed 2020-10-01)
国土交通省. “固定資産台帳の各地方公共団体のホームページにおける公表状況 “. 入手先< <https://www.soumu.go.jp/iken/kokaikei/koteishisan01.html> >, (参照 2020-10-1)
- 1-10) Zenrin corp. *Zenrin residential map*. URL <https://www.zenrin.co.jp/product/category/residentialmap/index.html> (accessed 2020-10-01)
ゼンリン. “ゼンリン住宅地図 “. 入手先< <https://www.zenrin.co.jp/product/category/residentialmap/index.html> >, (参照 2020-10-1)
- 1-11) Zenrin corp. *Building point map*. URL <https://www.zenrin.co.jp/product/category/gis/contents/building-point/index.html> (accessed 2020-10-01)
ゼンリン. “建物ポイントデータ “. 入手先< <https://www.zenrin.co.jp/product/category/gis/contents/building-point/index.html> >, (参照 2020-10-1)
- 1-12) NTT InfraNet corp. *Geospace chiban-map*. URL <https://www.ntt-geospace.co.jp/geospace/chiban.html> (accessed 2020-10-01)
NTT インフラネット. “GEOSPACE 地番地図 “. 入手先< <https://www.ntt-geospace.co.jp/geospace/chiban.html> >, (参照 2020-10-1)
- 1-13) MLIT. *Basic urban planning survey*. URL <https://www.soumu.go.jp/iken/kokaikei/koteishisan01.html> (accessed 2020-10-01)
国土交通省. “都市計画基礎調査 “. 入手先< <https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/kisotyousa001.html> >, (参照 2020-10-1)
- 1-14) MLIT. *Map the New World. - The teaser site for Project "PLATEAU" is now open!* URL https://www.mlit.go.jp/report/press/toshi03_hh_000068.html (accessed 2020-12-22)
国土交通省. “Map the New World. ～Project “PLATEAU” のティザーサイトをオープンします～ “. 入手先< https://www.mlit.go.jp/report/press/toshi03_hh_000068.html >, (参照 2020-12-22)
- 1-15) So, T.: *Jinko, setai-to-jutakustock-no-kankei: akiyashometsu-no-mechanisms (The relationship between population, households and housing stock: mechanisms of loss of empty homes)*, Saito M.(ed.), *Toshi no oi (The ageing of the city)*, p. 168-184(Chapter5), Keiso-shobo, 2018
宗 健：人口・世帯と住宅ストックの関係：空き家減失のメカニズム，齊藤 誠(編) 都市の老い, p. 168-184 (第 5 章) , 頸草書房, 2018
- 1-16) Abe, S.: *Chihotoshichushinbu-okeru-teimiriyoichi-no-tochiriyotenkan-ni-kansuru-kenkyu (land use conversion of under- or underutilized land in rural urban centers)*, PhD thesis, Kyoto University, 2014

阿部正太郎：地方都市中心部における低未利用地の土地利用転換に関する研究，京都大学博士論文，2014

- 1-17) Shimizu, C. and Nakagawa, M.: *Manshon-no-roukyuka-to-jinko-no-koureika-ga-motarasu-shutoken-no-sugata (The ageing of condominiums and the ageing of the population in the metropolitan area)*, Saito M.(ed.), *Toshi no oi (The ageing of the city)*, p. 89-123(Chapter3), Keiso-shobo, 2018
清水千弘，中川雅之：マンションの老朽化と人口の高齢化がもたらす首都圏の姿，齊藤 誠(編) 都市の老い，p. 89-123 (第3章)，頸草書房，2018
- 1-18) A study on the impact of land-prices and neighborhood circumstances on the land-use transitions ~the case of Tokyo metropolitan area~, *Urban housing sciences*, Vol.2001(33), p.101-110, 2001-04
宇都正哲，浅見泰司：地価や周辺地域の状況が土地利用遷移に与える影響に関する研究，都市住宅学，2001 巻，33 号，p. 101-110, 2001-04
- 1-19) Min, S. and Sato, S.: A study on the analysis of block transfiguration with the change of site use: A study on the theory of urban architectural block design with methodology of urban morphology Part 2, *Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ)*, No. 632, p. 2131-2138, 2008-10
関 勝炫，佐藤 滋：敷地利用更新による街区変容の解析に関する研究-都市建築形態学の方法による街区計画論に関する研究 (2)-，日本建築学会計画系論文集，第632号，pp.2131-2138, 2008-10
- 1-20) Shimoyama, M., Goto, H. and Yamamura, S.: The location trend of hotel in central Tokyo during the inbound tourism boom period, *Journal of the city planning institute of Japan*, Vol.54(3), p. 405-412, 2019-10
下山 萌子，後藤 春彦，山村 崇，訪日観光客増加期（2003年以降）の東京都心部におけるホテルの立地傾向，都市計画論文集，54 巻，3 号，p. 405-412, 2019-10
- 1-21) Shimoyama, M., Goto, H. and Baba, K.: The regeneration process of the Shinjuku Golden Gai and the mixture of new and old bars -focusing on the advice from old bar owners during regeneration process-, *Journal of the city planning institute of Japan*, Vol.52(3), p. 1074-1080, 2017-10
下山 萌子，後藤 春彦，馬場 健誠，新宿ゴールデン街における新旧店舗の混在とその更新の実態に関する研究，都市計画論文集，52 巻，3 号，p. 1074-1080, 2017-10
- 1-22) Asada, T., Tanaka, Y., Chaowarat W. and Arimura M.: factor analysis of residential life using basic survey of city planning with building attribute information, *Journal of JSCE*, Ser.D3, Vol.72(5), I_269 -I_275, 2016
浅田 拓海，田中 優太，CHAOWARAT Woramol, 有村 幹治：都市計画基礎調査データの建物属性情報を用いた住宅寿命の要因分析，土木学会論文集 D3（土木計画学）72(5)巻，I_269 -I_275, 2016
- 1-23) Cho, S. and Haga, H.: Relation between redevelopment on JR central stations and change of land use -Case Studies of Sapporo, Nagoya and Fukuoka

- a-, *Journal of urban policy studies*, Vol.13, p. 11-20, 2012-03
 長 聡子, 芳賀 博文: 大規模駅ビル再開発と土地利用の変化-札幌、名古屋、福岡を事例に-, *都市政策研究*, 13 巻, p. 11-20, 2012-03
- 1-24) Miyazaki, S. and Sakurai, T.: Analysis of building change patterns by overlapping different chorological GIS data, *Journal of the city planning institute of Japan*, Vol.48(3), p. 939-944, 2013-10
 宮崎 慎也, 櫻井雄大: 時系列 GIS データの重ね合わせから見る都市内建物の変容パターンに関する研究, *都市計画論文集*, 48.3 巻, p. 939-944, 2013-10
- 1-25) Geospatial information authority of Japan; GSI. *Nihon-no-sokuchkei (Geodesic system of Japan)*. URL <https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/datum-main.html> (accessed 2020-10-01)
 国土交通省国土地理院. “日本の測地系 “. 入手先< <https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/datum-main.html> > , (参照 2020-10-01)
- 1-26) GIS. *Wakariyasui-heimenchokkakuzahyoukei (Easy-to-understand rectangular plane coordinate system)*. URL <https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/jpc.html> (accessed 2020-10-01)
 国土交通省国土地理院. “わかりやすい平面直角座標系 “. 入手先< <https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/jpc.html> > , (参照 2020-10-01)
- 1-27) The International Association of Oil & Gas Producers. *EPSG Geodetic Parameter Dataset*. URL <https://epsg.org/home.html> (accessed 2020-11-29)
- 1-28) R Core Team (2020). R. *A language and environment for statistical computing*. URL <https://www.r-project.org> (accessed 2020-11-29)
- 1-29) Esri japan corp. *ArcGIS Pro*. <https://www.esri.com/products/arcgis-desktop/> (accessed 2020-11-29)
 Esri ジャパン. “ArcGIS Pro” . 入手先< <https://www.esri.com/products/arcgis-desktop/> > , (参照 2020-11-29)
- 1-30) The comprehensive R archive network; CRAN. *ggtern: An Extension to 'ggplot2', for the Creation of Ternary Diagrams*. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/ggtern/index.html> (accessed 2020-11-29)
- 1-31) CRAN. *gt: Easily Create Presentation-Ready Display Tables*. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/gt/index.html> (accessed 2020-11-29)
- 1-32) CRAN. *MASS: Support Functions and Datasets for Venables and Ripley's MASS*. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/MASS/index.html> (accessed 2020-11-29)
- 1-33) CRAN. *raster: Geographic Data Analysis and Modeling*. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/raster/index.html> (accessed 2020-11-29)
- 1-34) CRAN. *sf: Simple Features for R*. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/sf/index.html> (accessed 2020-11-29)

- 1-35) The comprehensive R archive network; CRAN. *tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'*. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/tidyverse/index.html> (accessed 2020-11-29)

第2章 時系列のある GIS 建物データベースの作成手法

第2章 時間軸を有する GIS 建物データベースの作成手法

2-1 利用するデータの概要と属性データの前処理

本章では、時点間で独立している既存の GIS 建物データについて、空間的に重ね合わせたうえで建物同定を行い、異時点間の建物同士を関連づけることで、時間軸のある GIS 建物データベースとするための手法を確立する。最初に、本研究においては 6 都市から都市計画基礎調査に基づく GIS データ（都市計画調査情報）を利用する。研究用に拝借した各都市の調査年度を Table2-1-1 に示す。

都市計画調査情報は、緯度経度情報を有する建物外形を表す図形データを 1 レコードとして、それに対して用途・階数・構造・住所情報など、建物の属性データが紐づけられている。Fig2-1 は GIS ソフトウェア上で参照するデータの一部の様子である。

Table2-1-1 Years of basic urban planning survey for each city.

City	Years
Sapporo	2006, 2007, 2008, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015, 2016
Tokyo	1993, 1996, 2001, 2006, 2011, 2016
Yokohama	1993, 1998, 2003, 2008, 2013
Nagoya	1993, 1998, 2001, 2006, 2011, 2016
Osaka	2000, 2005, 2007, 2013
Fukuoka	1992, 1997, 2001, 2007, 2012, 2017

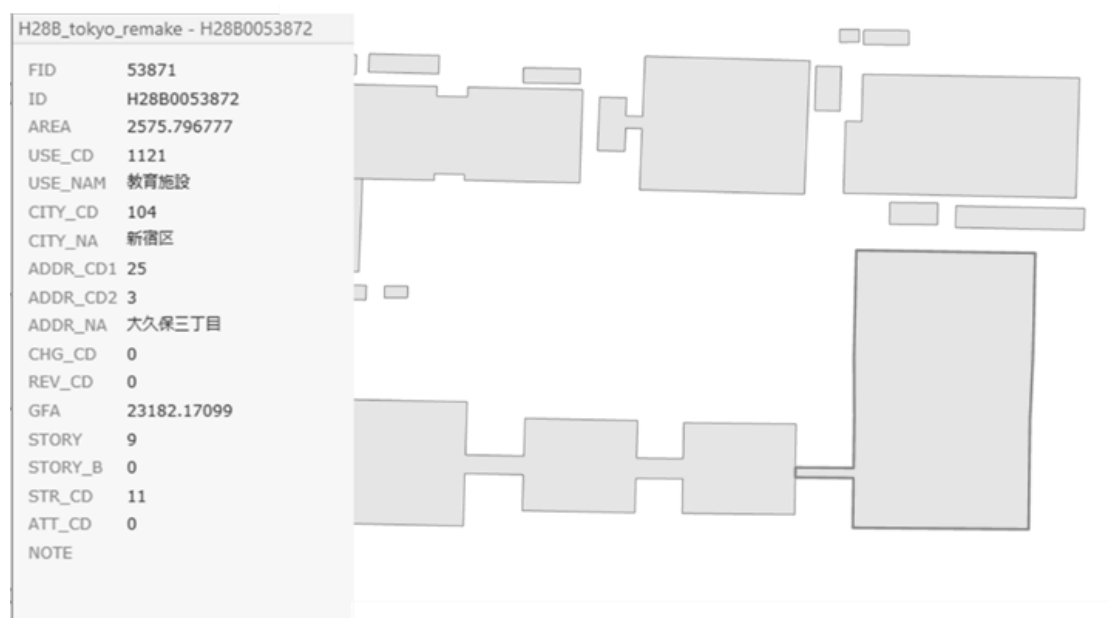


Fig.2-1 Image of data reference with GIS.

都市計画基礎調査は都市計画基礎調査実施要領²⁻¹⁾において調査方法の目安は定められてはいるものの、自治体間や調査年度により建物用途や延床面積などの属性データの定義

が異なっており完全には統一されていない。また時点調査であり、個別の建物の識別方法はその時限りで調査時点間での関連付けはない。そのため、本章では時系列のあるデータするための処理を行っていく。

まず、時系列データ生成の前処理として、建物用途区分および住所情報の整合化を行った。都市計画基礎調査の実施要領によると、建物用途区分については17種に区分することとされているが、各都市の建物用途分類には差が見られた。また同一都市においても年度間によって区分が異なる場合があることも確認された。用途区分を都市・年度にかかわらず統一的に扱うために、一番区分数が少なかった福岡市を基準として、新たに13区分に分類することとした。各都市の用途の再分類についてTable2-1-2に示す。なお、この表および分類は早稲田大学創造理工学部建築学科小松幸夫研究室および同石田航星研究室における当該データを扱う一連の研究においても利用しているものである。また、住所は2015年の国勢調査に基づく町丁目界²⁾に統一することとし、町丁目界のGISデータに対して各建物データの重心を空間的に重ね合わせて、両者を結合させている。

Table2-1-2 Reclassification of building uses.

Building use	Sapporo	Tokyo	Yokohama	Nagoya	Osaka	Fukuoka
官公庁施設 Government Facilities	地方国家施設 自治体施設	官公庁施設	業務施設 (行政) 防衛施設	官公庁施設	国家施設 郵便局 自治体施設 保安施設	官公庁施設
文教厚生施設 Educational, Welfare Facilities	教師施設 研究施設 文化施設 宗教施設 記念施設 医療施設 運動施設 社会福祉施設 厚生施設	教育施設 文化施設 宗教施設 医療施設 厚生施設	文教厚生施設 (民間) 文教厚生施設 (公共)	教育施設 その他の文化 施設 宗教施設 文化施設 医療養護施設	学校 大学・短大 その他の教育 施設 研究施設 文化施設 集会施設 神社 寺院 キリスト教 その他の宗教 施設 医療施設 保険施設 福祉施設	文教厚生施設 (1)~(12)

Table2-1-2 Reclassification of building uses. (continued)

Building use	Sapporo	Tokyo	Yokohama	Nagoya	Osaka	Fukuoka
事務所建築物 Office	業務施設 通信施設	事務所建築物	業務施設（民間）	商業施設 (51)~(53)	事務所 金融・保険 専用業務施設 団体 報道施設 工務店 通信施設	業務施設
工業施設 Industrial Facilities	重化学工業施設 軽工業施設 サービス工業施設 家内工業施設	専用工業	工業	工業施設 (100)~(104) 工業的サービス施設	都市型工業施設 その他の工業施設	工業施設
商業施設 Commercial Facilities	集合販売施設 専門販売施設	商業施設 公衆浴場等	商業施設 商業系複合施設	商業施設 (46),(49),(54) ~(59)	卸売販売施設 大型小売店舗 小売市場 小売販売店 ガソリンスタンド 一般飲食店 その他飲食店 一般サービス施設 サービス施設	商業施設 (3)~(4) 商業系複合施設
宿泊施設 Accommodations	宿泊施設	宿泊施設	宿泊施設（民間） 宿泊施設（公共）	商業施設(50)	ホテル その他宿泊施設	宿泊施設
遊興・興行施設 Entertainment, Show Facilities	工業施設 風俗営業施設 遊戯施設 スポーツ施設	遊興施設 スポーツ施設 興行施設	娯楽施設（民間） 娯楽施設（公共） 遊戯施設（民間） 遊戯施設（公共）	娯楽施設 (71)~(73),(81) ~(84)	遊興施設 運動施設 スポーツ娯楽施設 展示場 興行施設	商業施設 (5)~(8)

Table2-1-2 Reclassification of building uses. (continued)

Building use	Sapporo	Tokyo	Yokohama	Nagoya	Osaka	Fukuoka
戸建住宅 Detached House	専用住宅	独立住宅	住宅	住居施設 (121)	長屋建住宅 一戸建住宅	住宅
集合住宅 Apartment House	共同住宅	集合住宅	集合住宅 店舗併用集合住宅	集合住宅 (122)	共同住宅	共同住宅 店舗併用共同住宅
併用住宅 Combination Housing	一般店舗併用住宅 事務所併用住宅 飲食店併用住宅 作業所併用住宅	住宅併用工場 住商併用建物	店舗併用住宅 作業所併用住宅	住居施設 (123)~(125)	店舗併用共同住宅 店舗併用住宅 工業併用施設	店舗併用住宅 作業所併用住宅
運輸倉庫関連施設 Transportation, Warehouse facilities	運輸車庫施設	運輸施設等 倉庫施設等	運輸倉庫施設 (民間) 運輸倉庫施設 (公共)	運輸施設	交通施設 流通施設 保管施設	運輸倉庫施設
農林漁業施設 Agriculture, Forestry or Fisheries Facilities	農業施設 漁業施設	農林漁業施設	農業施設	農漁業施設	農林・漁業施設	農林漁業施設
その他 Other	供給処理施設	供給施設 処理施設 その他	処理施設 (民間) 処理施設 (公共)	供給処理施設 上記以外の建築物	供給施設 処理施設 車庫 建替中施設 その他の施設	商業施設(2) 供給処理施設 防衛施設 その他

2-2 時系列データの生成の対象期間

調査時点で独立している都市計画調査情報を、時間軸を有する GIS データとするために、異時点間の調査における各建物の関連付けする。そのために GIS データを重ね合わせて建物が同一か否かの判定を行う。これを建物同定という。

この建物同定を行うにあたっては、まずは調査年度間による建物図形情報の系統誤差に留意する必要がある。拝借したデータを参照すると、初期の調査結果については、Fig2-2-1 のように図郭で分断されている建物が存在している場合や、航空写真による建物形状のひずみ補正の誤差により、Fig2-2-2 のように建物形状や建物間の境界が年度間で大きく異なっている場合が各都市で確認された。



Fig.2-2-1 Polygons broken up by map boundaries (ex. Tokyo: 1996).



Fig.2-2-2 Discontinuity of data.

こういった状況については過去から指摘されていることであり、その対応として寺木²⁾³⁾は GIS における空間情報の重ね合わせによる建物の同定手法として、位置情報の誤差による影響を考慮した建物同定（代替円を用いた同定モデル）手法について提案している。また、宮崎ら²⁻⁴⁾は、GIS データ作成時の建物図形の形状や位置の系統誤差による影響を考慮し、局所探索法を用いて系統誤差を補正する下処理を行った後に建物同定を行っている。なお、提案する手法では建物同定を可とする閾値を建物図形の面積によって変化させることで、同定精度の向上に成功しているが、煩雑な計算過程が必要となる。しかしながら、おおむね 2000 年以降のデータについては系統誤差がかなり減少し、各都市とも 2 時点以上のデータが存在している。そこで煩雑さを避けるため、本研究では 2000 年以降で系統誤差が少ないと判断した年度を対象とすることとした。分析対象年と図形データの総量を Table2-2 に示す。

Table2-2 Years of basic urban planning survey for each city.

City	Years (The number of polygon data)
Sapporo	2006(379,400), 2011(388,750), 2016(400,837)
Tokyo	2006(1,765,211), 2011(1,722,340), 2016(1,804,086)
Yokohama	2003(822,980), 2008(855,467), 2013(900,908)
Nagoya	2006(584,084), 2011(611,841), 2016(641,481)
Osaka	2007(631,040), 2013(634,707)
Fukuoka	2007(336,765), 2017(355,622)

なお、系統間誤差が大きく減少した年度のみを対象とはしているものの、そもそも都市計画基礎調査の実施要領において建物の測量は 1/2,500 基図上に則して行うとされており、その場合の精度は測量法による公共測量作業既定の準則によると、水平位置の標準偏差で 1.75m 以内の測量誤差が許容されている。すなわち、分析対象とした年度間についても建物同定をするにあたっては測量誤差を吸収する手法の検討が必要となる。

2-3 GISによる異時点間の建物データの同定

2-3-1 建物同定のフロー

建物同定のフローを Fig.2-3-1 に示す。フローは大きく、「建物同定」と「同定可と判定された異年度間の建物 ID の統一」であり、「建物同定」については「そのままの建物形状で建物同定」と「隣接する建物ポリゴンを接合し、再度建物同定」という工程に分けることができる。

「そのままの建物形状で建物同定」と「隣接する建物ポリゴンを接合し、再度建物同定」、ならびに「同定可と判定された異年度間の建物 ID の統一」については、その手法や条件について、それぞれ 2-3-2、2-3-3、ならびに 2-3-4 にて詳述する。

建物同定の実施に際しては、異年度間の GIS データの重ね合わせを行うため、同一年度のデータの中で図形データが重複して存在している場合、正しく判定ができなくなることになるが、一部の調査結果データについては、そういった事例が確認された。そこで、まずは前処理として、同一年度内で図形データの重複がある場合は 1 つを残して他は削除したデータを用いる。

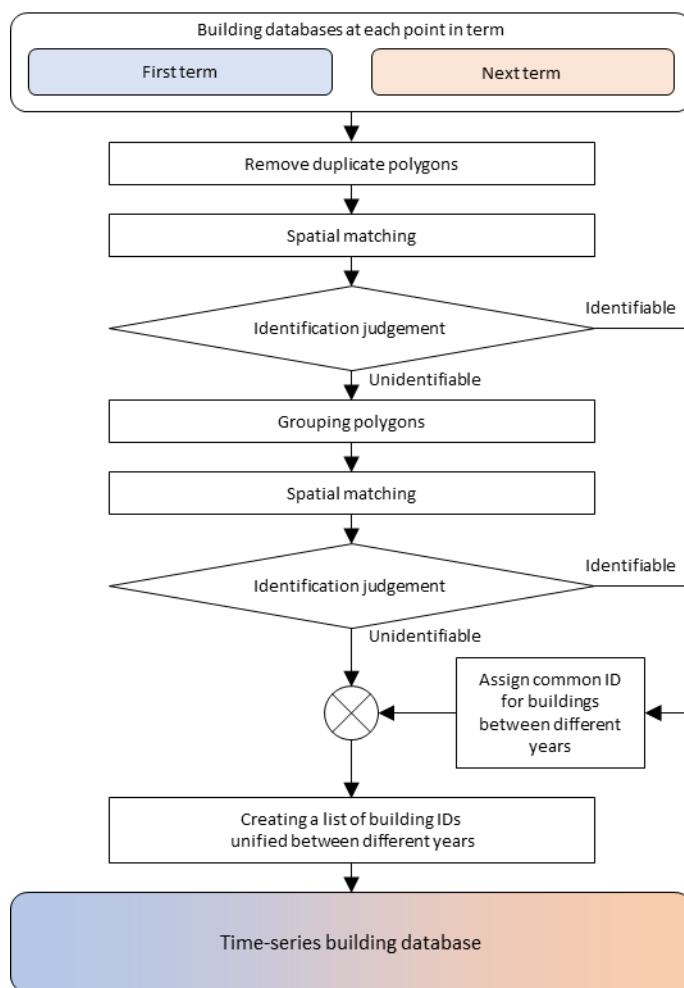


Fig.2-3-1 Flow of building identification judgement.

2-3-2 同定の条件

ここから実際に建物同定の処理を行う。まずは、隣り合う調査時点間で空間結合による図形データのマッチングを実施する。そして、マッチした組み合わせについて、ポリゴンの重なり部分の面積が元の面積に占める割合（一致率）をそれぞれ算出し、確認の結果、一致率が相互に 90%以上を同定の閾値とした。最初の重ね合わせから建物同定に至るまでの様子を Fig.2-3-2 に示す。

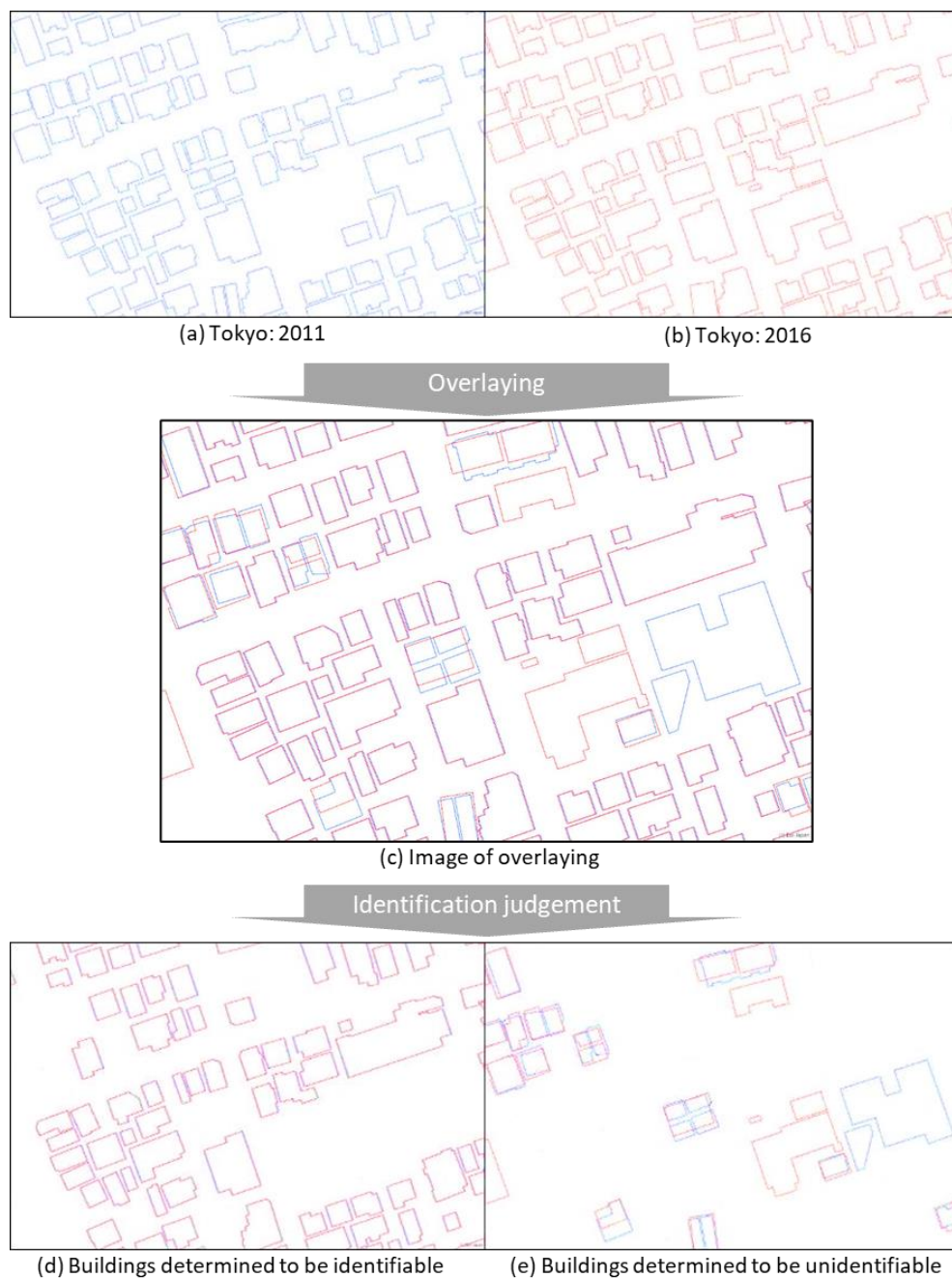


Fig.2-3-2 Image of building identification judgement (ex. Part of Suginami ward in Tokyo).

図を参照すると概ね、正しく建物同定ができている様子が分かる。しかしながら、一部の建物において、最初の建物同定では閾値に満たずに同定不可となったものでも、目視で同定可とみなせる建物の存在が確認された。これらは相対的に小さなポリゴンであり、少しの位置のずれにより重ね合わせ面積が90%未満となっているものであった。その例をFig.2-3-3に示す。



Fig.2-3-3 Example of identification but judged unidentifiable.

これらは、図形の形そのものはほとんど類似しているが、異年度間の調査の地点について僅かなずれがあることが原因と考えられる。そこで、この場合については周長の一致率から、形の類似度を加味することとした。

周長の一致率を建物同定の閾値として含めるにあたり、初回の判定によって同定不可となった建物同士について周長の一致率の分布から検討する。Fig.2-3-4は各都市の最終時点とその一時点前の調査結果の建物同定の結果、一対一で重なったにも関わらず、重なり部の面積が閾値を超えずに同定不可となった建物同士の周長の一致率の分布である。周長の一致率は短い方の周長を長い方のそれで除して算出している。

6都市ごとの周長一致率に注目すると、99%以上の分布だけが飛びぬけていることが分かる。特に東京都23区では、傾向は顕著である。つまり、図形は同じであるにも関わらず、異年度間の調査の地点のずれに起因して同定不可となっている建物が一定数存在していることが考えられる。以上から、周長が99%一致している建物同士は同定である可能性があるものとして追加の検証を行うこととした。

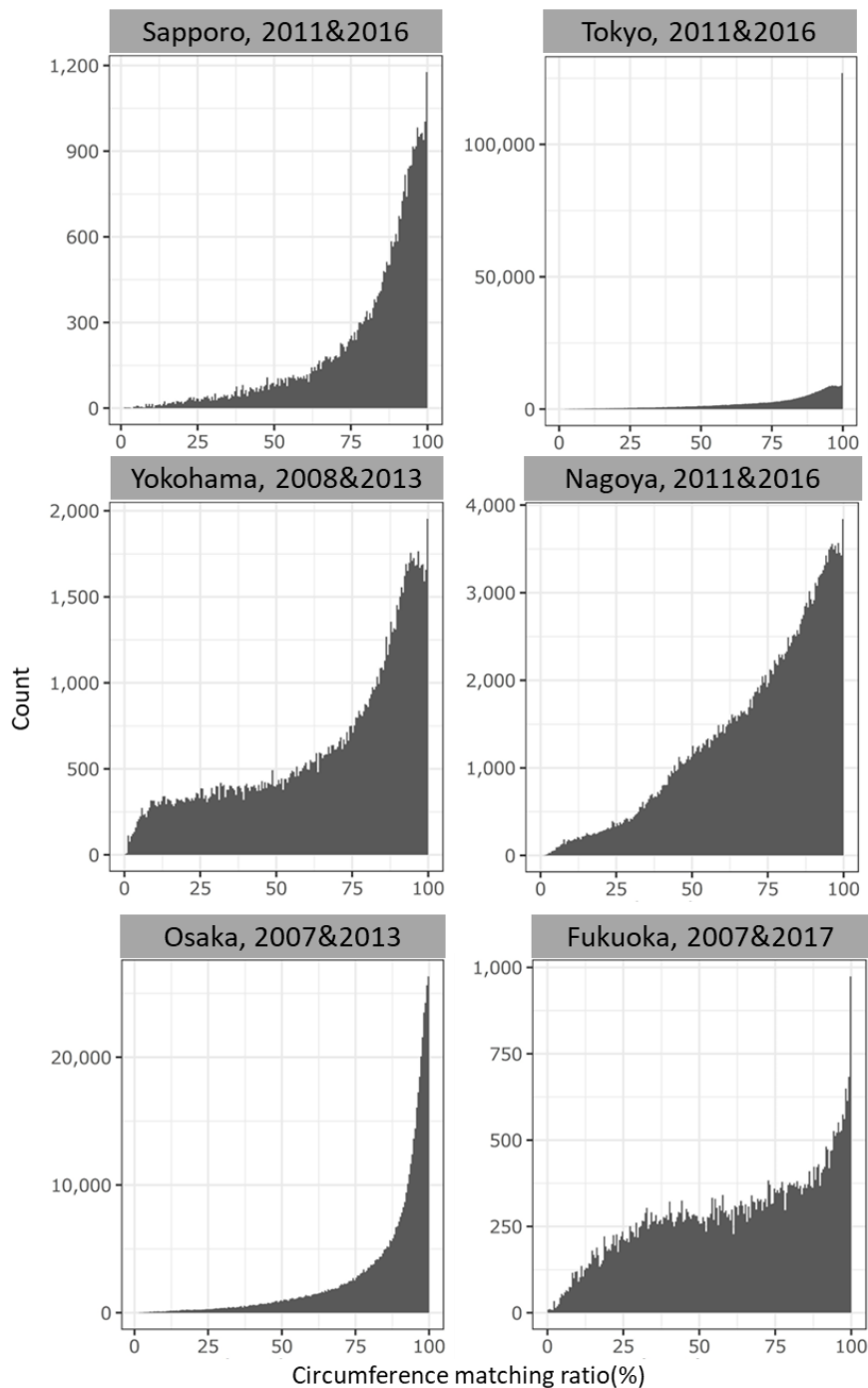


Fig.2-3-4 Distribution of circumference matching ratio between buildings that overlap one-to-one but judged unidentifiable.

面積の重なりが僅かであっても、周長がほぼ一致している場合、同定と判定できる場合があることは分かったが、その場合、わずかな重なりはあるものの図形自体は異なるものが同定と判定されるものも存在すると考えられる。すなわち、周長一致率 99%だけでは、同定判定の精度を担保できない。

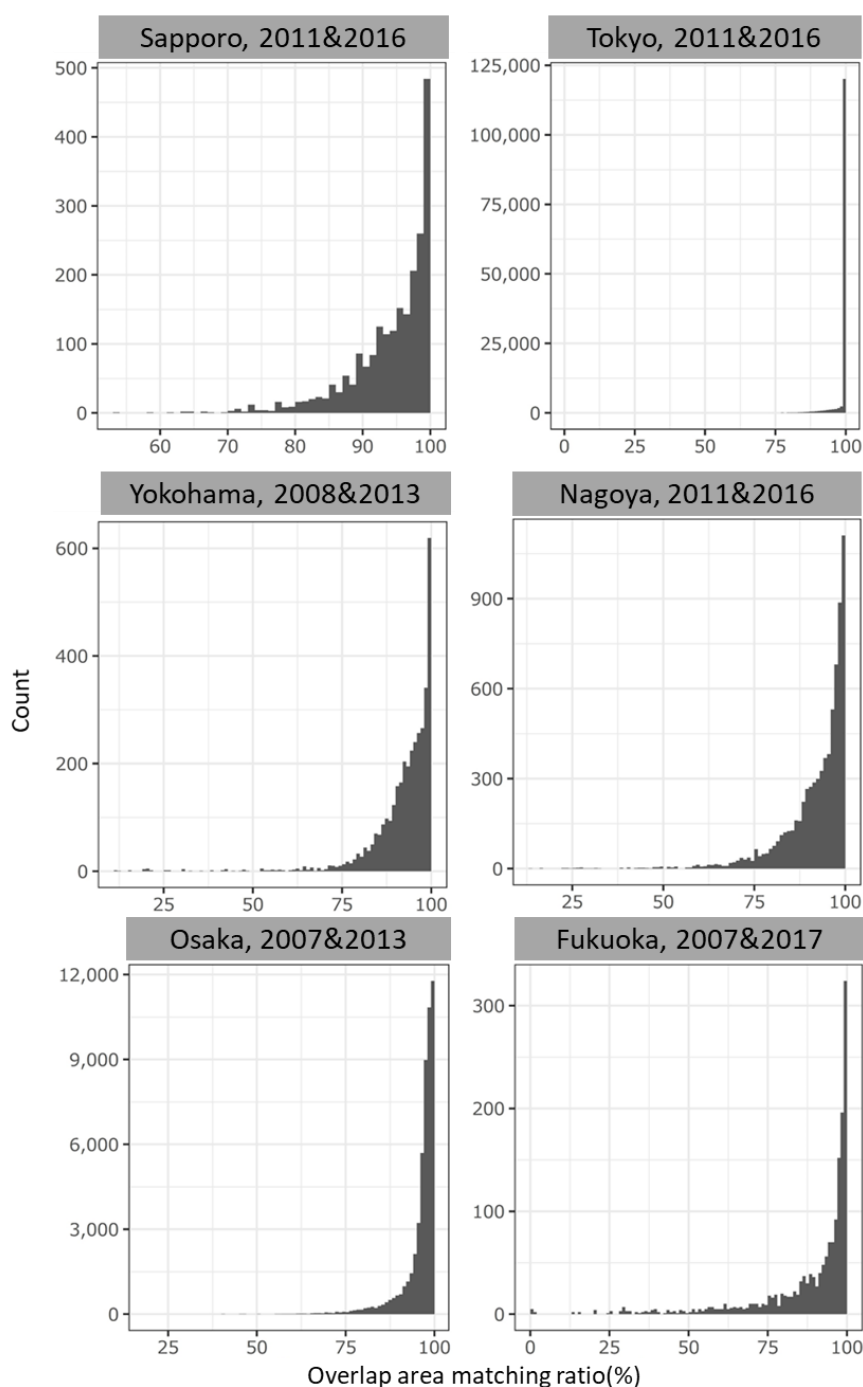


Fig.2-3-5 Distribution of overlap area matching ratio between buildings that overlap one-to-one and has a circumference matching ratio of 99% or more.

そこで、周長がほぼ一致している場合も、面積の重なり部の割合について一定の閾値を設けることとした。Fig.2-3-5 は1対1で重なり、かつ、周長の一致率が99%以上の建物同士の重なり部の面積の一致率の分布である。

これを見るに、周長が概ね一致している場合、面積も大きく一致している傾向があり、どの都市も分布は8割以上に集中している。重なり部面積の一致率が90%以上のものに

については、最初の同定条件で建物同定されることから、周長を加味する必要はないが、一致率が90%を下回るものも相当量存在していることが確認できる。しかしながら、周長が一致していながらも重なりが少ないものも一定数見受けられる。このことから、周長一致率が高い場合においても、重なり部面積の一致率も加味することが有効であることが分かる。このことから、分布を加味して周長一致率が99%一致しているものについては、重なり部の面積の一致率が80%以上あることを同定可の条件として追加する。

新たな同定の条件を加えることで、判定の精度の向上について確認を行った結果がFig.2-3-6である。左右2つの図はいずれも同定不可と判定された建物を表示しており、左図は重なり部分の一致率のみで建物同定を行った場合の結果で、右図はそれに加えて周長の一致率も同定条件とした場合の結果である。

これをみると、異年度間の微妙なずれによって当初同定不可となった、本来同じと考えられる建物について、建物同定条件を追加することで同定できていることから、判定制度が向上していることが分かる。

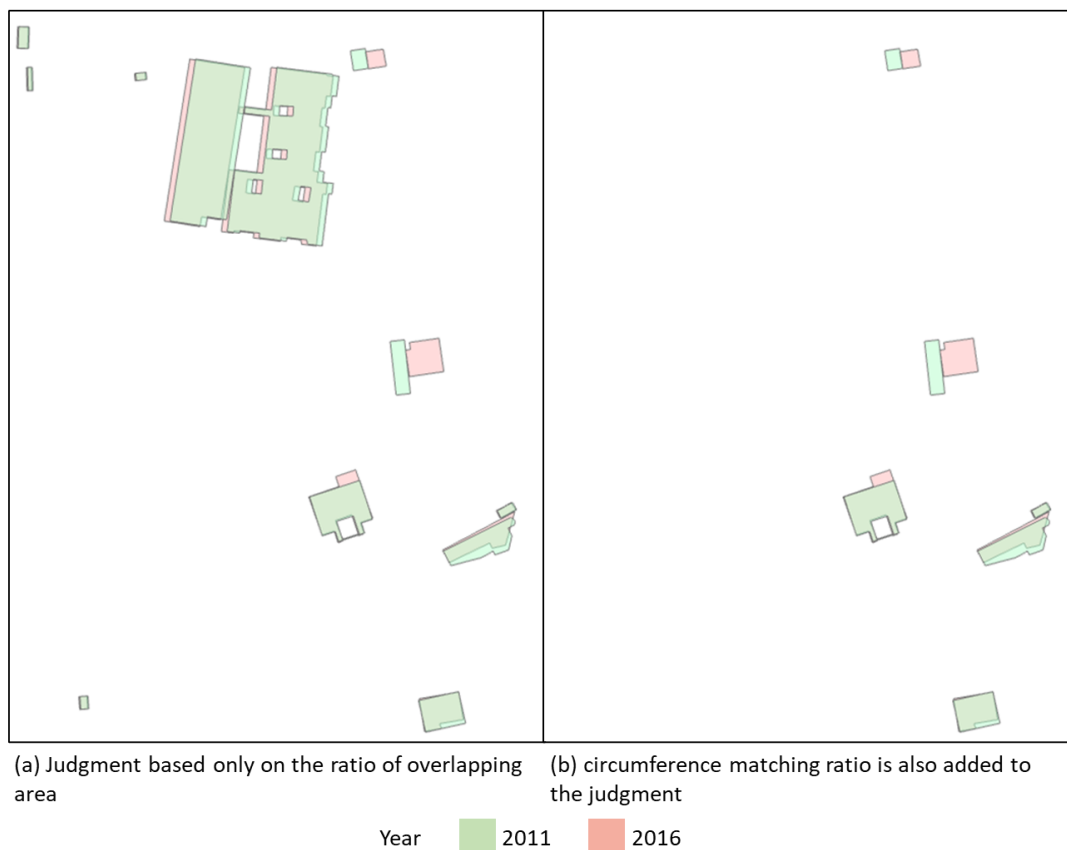


Fig.2-3-6 Differences in buildings judged to be unidentifiable by judgment conditions (ex. Tokyo2011&2016).

以上、これまでの検証の結果をふまえて同定可とする条件は以下の2つとした。

- ポリゴンの重なり部分の面積が元の面積に占める割合（重なり部面積の一致率）が相互に90%以上
- ポリゴン相互の周長の一致率（周長が短いものの値を長いもののそれで除した値の割合）が99%以上で、重なり部面積の一致率が80%以上

2-3-3 グループ化による建物同定

初回の建物同定は、そのままのポリゴン形状で重ね合わせを行い、重なり部の一致率およびポリゴン相互の周長の一致率にて判定を行った。しかしながら、複数棟からなる建物などについて、同定不可となるケースが散見された。これは、こういった建物群については図形データの位置や外郭線に大きな変化は見られないが、各時点で建物ポリゴンの分割方法が異なるために起こっているものであることがわかった。

例として Fig.2-3-7 を示す。これは福岡市の都市計画基礎調査情報の福岡ドームにおけるポリゴン形状の経年的変化を示したものである。図の通り、年度によってポリゴン形状が異なっていることが分かる。この場合、そのまま建物同定を行った場合、同定不可となり、2012 から 2017 年の間に新陳代謝が起こったものと判定されかねない。

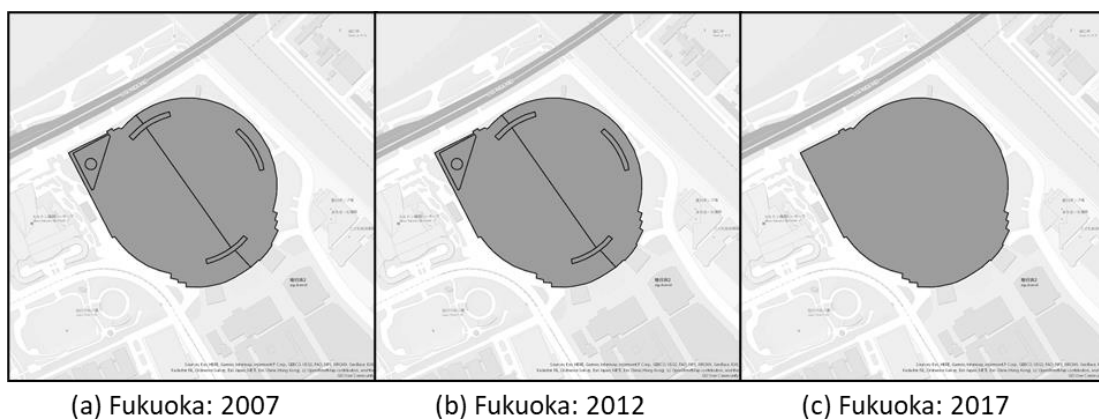


Fig.2-3-7 Building polygons differences between years.

そこで、最初の判定で同定不可と判定された建物群のうち、10cm 以内で近接している建物同士については、グループ化し一体的な図形としたうえで建物同定を行うこととした。グループ化以降の建物同定の基準は 2-3-2 に準じている。そして同定可となった場合には、最新のポリゴンの分割状況を反映することとした。グループ化による建物同定のイメージを Fig.2-3-8 に示す。

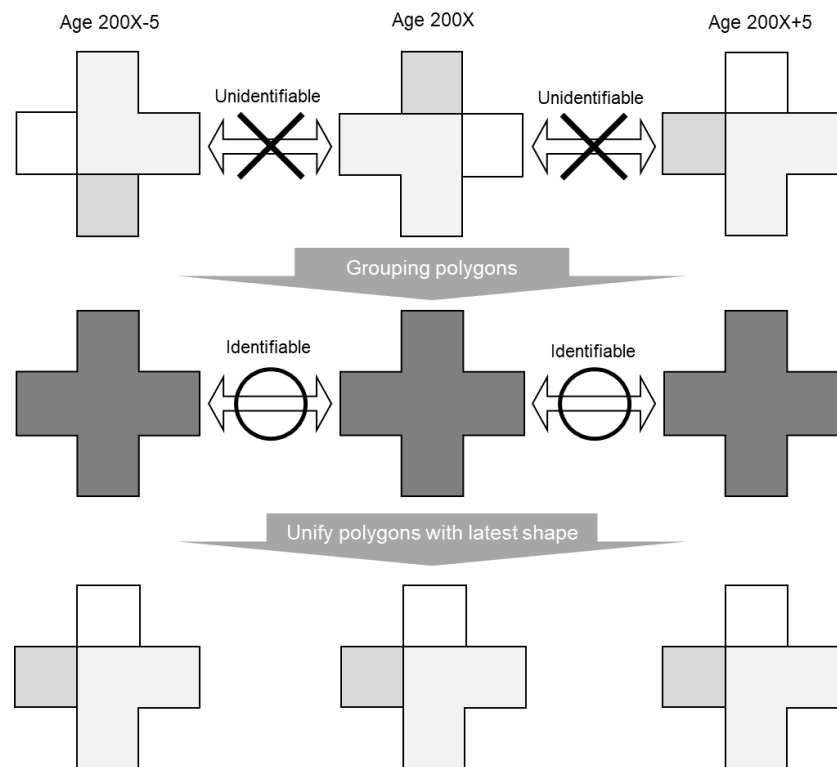


Fig.2-3-8 Building identification by grouping splinted polygons.

2-3-4 建物 ID の統一

前項までの同定判定を通じて、隣接する調査間におけるそれぞれの建物の固有番号 (ID) の対応表を全組み合わせにおいて作成する。次に、各組合せの ID 対応表を共通する年度の ID をキーとして全結合することで各対応表を統合する。最後に、各建物に対して調査時点間で共通した ID を付与する。この時の共通の ID は最後に存在が確認された時点での建物 ID とした。共通 ID 付与のフローをイメージとして Fig.2-3-9 に示す。

作成された建物 ID リストに対して属性データを元データから抽出して結合させる。継続的に存続している建物については最新年度の属性データを付与するが、これは建物形状や属性情報は調査年度が新しいものの方がより正確であると判断したためである。なお繰り返しとなるが、ポリゴンをグループ化して同定可と判定された建物群については、最新調査の分割状況を反映させている(2-3-3 参照)。

ID_Age200X-5	ID_Age200X
A_001	B_002
A_002	B_004
A_003	B_005
A_004	-
A_005	-
-	B_001
-	B_003

(a) ID correspondence table in age200X-5&200X

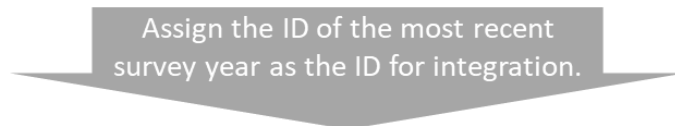
ID_Age200X	ID_Age200X+5
B_001	C_001
B_002	C_002
B_003	C_003
B_004	-
B_005	C_004
-	C_005

(b) ID correspondence table in age200X&200X+5



ID_Age200X-5	ID_Age200X	ID_Age200X+5
A_001	B_002	C_002
A_002	B_004	-
A_003	B_005	C_004
A_004	-	-
A_005	-	-
-	B_001	C_001
-	B_003	C_003
-	-	C_005

(c) ID correspondence table in all period



Integrated ID	ID_Age200X-5	ID_Age200X	ID_Age200X+5
C_002	A_001	B_002	C_002
B_004	A_002	B_004	-
C_004	A_003	B_005	C_004
A_004	A_004	-	-
A_005	A_005	-	-
C_001	-	B_001	C_001
C_003	-	B_003	C_003
C_005	-	-	C_005

(d) Integrated ID list in all period

"-" indicates does not exist.

Fig.2-3-9 Flow of integrating building IDs.

2-3-5 建物同定の結果

建物同定より複数の時点データを時系列のあるデータへと変換を行った。2-3-4で述べた通り、グループ化して同定可と判定された建物群については、最新調査の分割状況を反映させていることから、最新時点以外の調査において建物数の変動がある。時系列情報を付与する前後におけるデータ数を表に示す。以降、この本章によって得られたデータを「時間軸を有する建物 GIS データ（構造化前）」と呼ぶ。

Table2-3-1 Change in the number of buildings by building identification judgement.

City	Year	Before	After
Sapporo	2006	379,400	379,185
	2011	388,750	388,728
Tokyo	2011	1,722,340	1,792,289
	2006	1,782,186	1,782,186
Yokohama	2008	855,647	855,374
	2003	822,980	823,336
Nagoya	2011	611,841	611,857
	2006	584,084	584,100
Osaka	2007	631,040	631,039
Fukuoka	2007	336,765	336,931

2-4 小結

本章では、調査時点間で独立している既存の GIS 建物データを建物同定について、異年度間の GIS データの重ね合わせによる建物同定をその精度の検証をしつつ、時系列のある GIS 建物データベースの作成を以下の通り行った。

2-1 では作成にあたり、最初に都市計画基礎調査情報の概要とその特徴を示した。また調査内容は年度間・都市間で異なっていることから、まず建物用途や住所表記の定義について統一を行った。

2-2 では時系列データとする対象期間の選定を行った。建物同定を行うにあたっては、異年度の調査間による系統誤差に留意する必要があることから、どのような誤差がどの程度存在しているのか確認を行った。その結果として、建物同定を行う調査期間は各都市とも系統誤差が一定以内に収まっていると判断できた 2000 年以降を対象とすることとした。

2-3 では実際に、同定判定の一連の手法を示した。建物同定に際しては、異年度間の GIS 建物データを重ね合わせ、その際に重なった建物同士の重ね合わせ部の面積の一致度で判定することが前提となる。しかしその場合、小さなポリゴンを中心に微細なずれでも同定不可と判定される場合があることから、その場合の対応として同定可の状況として周長の一致度も併せて加味することとした。また、複数棟で成立している建物群については、異年度間でポリゴンの分割状況が異なっているために同定不可となる場合がある。その対応として、そのような建物群については群の外形を捉えて一体的な建物としたうえで再度建物同定を行うという追加の処置も加えた。これらの同定判定を通じて、年度間に共通した建物 ID を付与することで、対象期間中における建物の存続状況が判別できる状況とした。

以上、元来調査間で誤差のある GIS 建物データに対して、建物同定の精度を向上せつつ、時間軸を有する建物 GIS データベースの作成を行った。

参考文献

- 2-1) MLIT. *Basic urban planning survey*. URL <https://www.soumu.go.jp/iken/kokaikei/koteishisan01.html> (accessed 2020-10-01)
国土交通省. “都市計画基礎調査”. 入手先< <https://www.mlit.go.jp/toshi/tosiko/kisotyousa001.html> >, (参照 2020-10-1)
- 2-2) Portal site of official statistics of Japan; e-Stat. *Census 2015*. URL <https://www.e-stat.go.jp/toukei=00200521&tstat=000001080615> (accessed 2020-10-01)
政府統計の総合窓口(e-Stat). “平成 27 年国勢調査”. 入手先< <https://www.e-stat.go.jp/toukei=00200521&tstat=000001080615>>, (参照 2020-10-01)
- 2-3) Teraki, A.: Identification of buildings at overlay of spatial information, *Journal of the city planning institute of Japan*, Vol.33, p. 259-264, 1999-10
寺木 彰浩：空間情報を重ね合わせたときの建築物の同定について，都市計画論文集, 34 卷, p. 259-264, 1999-10
- 2-4) Miyazaki, S., Fujii, A.: Identification of buildings on different spatial information for overlapping polygons, *Journal of the city planning institute of Japan*, Vol.45(3), p. 607-612, 2010-10
宮崎 慎也, 藤井 明：多角形を重ね合わせて行う建物の同定方法について，都市計画論文集, 45 卷, 3 号, p. 607-612, 2010-10

第3章 分析用データの構造化手法

第3章 分析用データの構造化手法

3-1 本章の概要

前章までで、「時間軸を有する建物 GIS データ（構造化前）」の作成を行った。ただし、これを実際に現状や変遷について調査を行うためのデータとするにあたっては、その信頼性についてまだいくつか課題がある。具体的には、「ポリゴン面積から算出される建築面積や延床面積などの面積属性の過大評価」と「建蔽率や容積率情報の未定義」、そして「悉皆的であるがゆえに、地物など建物でないデータの存在」といった点が挙げられる。

列挙した課題はいずれも情報の欠損が原因である。これらについては、固定資産台帳や建築着工統計の個票など、既存する他のデータを用いることで正しい値を知ることが可能であり、また、本来であれば統合されるべきデータであるともいえる。しかしながら、現実としてこれらのデータとの統合は進んでおらず、当面状況が大きく変わる様子もない。

そこで、本章では「時間軸を有する建物 GIS データ（構造化前）」を異年度間・都市間で横断的に評価が行えるものとするために、属性データの標準化やデータのスクリーニングなどの構造化を行う。また最終的に得られた結果が最終的に分析対象となり得るかの検証を行うことで構造化の手法の評価を行う。

課題として挙げた前述の項目については、その具体的な問題や対応方法、構造化の手法と検証結果について、次節以降の各節においてそれぞれ順を追って詳述していく。これを通じて、前章にて作成した「時間軸を有する建物 GIS データ（構造化前）」もとに、最終的な分析用の GIS 建物データ「時間軸を有する建物 GIS データ」を得るものである。

以下に、本章における分析用データの構造化の概要とそれに対応する節を示す。

- ポリゴン面積から算出される面積属性の過大評価に対する補正（3-2）
- 未定義である建蔽率や容積率情報の補完（3-3）
- 分析対象となる建物データの抽出とその検証（3-4）

3-2 ポリゴン面積からの面積属性の推計

3-2-1 推計に用いるデータの概要

本節では、ポリゴン面積から算出される面積属性の過大評価への対応を行う。この問題は、具体的には航空写真等から作成される図形データについては、建物外形を捉えているために、底等が面積に算入されて建築面積が過大評価される場合や、斜線規制等の影響が反映できないことによって延床面積が過大評価されている可能性のことである。これは既往の研究でも指摘されているところであり、阪田・吉川³⁻¹⁾や大場³⁻²⁾により推計方法が検証されている。阪田・吉川は、東京都の事務所建築物について固定資産税課税台帳の延床面積を、大場は、市川市の住宅系建築物について建築計画概要書の延床面積を用いて、それぞれ推計モデルを作成している。しかしながら、いずれも用途が限定されているために他用途には適用できない。そこで本研究では、建築計画概要を記載した標識の情報を用いて全用途に適用しうる推計モデルの作成を行うこととする。

この情報については、(株)建設データバンク³⁻³⁾ 主要都市を含む12都道府県における標識情報を調査し2009年以降、WEBサイトを通じて公開しており、今回はこれを研究用に収集したものである。公開されている標識情報の一覧を次の枠内に示す。

Address of Architect	:	設計者住所
Address of Building owner	:	建築主住所
Address of Constructor	:	施工者
Architect	:	設計者
Building area	:	建築面積
Building foundation	:	基礎
Building main use	:	主要用途
Building owner	:	建築主
Building structure	:	構造
Completion date	:	完成日
Construction site address	:	建設地
Construction type	:	工事種別
Constructor	:	施工者
Date of application	:	届出日
Gross floor area	:	延床面積
Project name	:	件名
Site area	:	敷地面積
Start date of construction	:	着工日
Story	:	階数(地上)
Story basemen	:	階数(地下)

収集した建築計画概要の標識情報の中から推計モデルの作成に適したレコードを選定する必要がある。そのためのスクリーニングの4つ条件を次に示す。

- つぎの属性データに欠損があるレコードの除去
建物主用途、工事種別、構造種別、階数（地上）、建築面積、延床面積、完成日
- 工事種別が「新築」以外（増築、用途変更など）であるレコードの除去
- 用途や構造が特定できないレコードの除去
建築計画概要書記載の用途と本研究における用途分類を正確に関連付けるのは困難であるため、ここでは「戸建住宅」、「集合住宅」、「その他」の3つに分類した。明らかに建物でないと考えられる用途や戸建住宅か集合住宅なのか判別の見えないものは除いた。なお、「戸建住宅」のうち地上階数が4以上のものは「その他」に分類している。また、複数の構造種別が記載されているもののうち、複数棟の建物について記載している可能性があるものは除いている。
- 建築面積が著しく小さいレコード（20 m²未満）の除去

結果として71,920件のレコードから37,476件を選定した。以降、このデータを「建築計画データ」という。

3-2-2 建築面積の推計

続いて、建築計画データの住所（居住表示）と「時間軸を有するGISデータ（構造化前）」の位置情報から、以下の4つの条件で両者の建物同定を行った。

- 街区レベルで住所が一致
- 建築計画データの完成年以降に「間軸を有するGISデータ（構造化前）」が存在
- 用途一致（3分類）かつ地上階数が一定差以内
時系列情報付きGISデータにおける地上階数は塔屋などが含まれて過大評価されている場合がある。そこで、建築計画データにおける地上階数5階以下の建物については階数が完全一致、6階以上の建物については、「間軸を有するGISデータ（構造化前）」からの建築計画データとの差が2階以内であることを条件とした。
- 建築面積とポリゴン面積とが近いもの
同一街区には上記の条件を満たす複数の建物が存在する可能性があり、建築計画データとの同定対象をさらに絞り込む必要を生じることがある。建築面積 A_b がポリゴン面積 A_p よりも小さくなる傾向にあることを考慮し、式(3-1)を満足することを条件とした。なお、ポリゴン面積は建築面積よりも過大にはなっているものの、要素としては庇やベランダ程度と想定されることから、その差には限りがあると考えられる。そこで、差分については上限を設けることとして、その上限値は建築計画データの建築面積を正方形に置き換え、各辺の外側に1mずつ拡張した場合の面積とした。また複数のマッチング候補が存在した場合には、建築面積とポリゴン面積が一番近い組み合わせとしている

$$A_b \leq A_p \leq \{\sqrt{A_b} + 2\}^2 \quad (3-1)$$

ここで、 A_b : 建築面積(m²)
 A_p : ポリゴン面積(m²)

以上により、関連付けられたデータは、戸建住宅が 12,127 件、集合住宅が 2,894 件、その他が 290 件であった。これらを用いて、用途ごとに建築面積をポリゴン面積から推計するモデルを作成した。推計結果を Table3-2-1 に示す。

Table3-2-1 Summary of building area estimation by liner regression model.

	Detachd house	Apartment house	Other
(Intercept)	-0.230	-11.398***	-15.421***
	(0.171)	(0.431)	(1.786)
Polygon_area	0.794***	0.959***	0.974***
	(0.003)	(0.001)	(0.002)
Num.Obs.	12127	2894	290
R2	0.875	0.995	0.999
R2 Adj.	0.875	0.995	0.999

* p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01

いずれのモデルについても決定係数 R² および調整済み決定係数 R² ともに高い値を示しており、高い精度で推計できていると考えられることからこれを採用するものとする。そこで、ポリゴン面積 A_p から、戸建住宅の建築面積 A_d 、集合住宅の建築面積 A_a 、その他建物の建築面積 A_o を推計するモデルを数式で表したものがそれぞれ (3-2) から (3-4) となる。

$$A_d = 0.794A_p - 0.230 \quad (3-2)$$

$$A_a = 0.959A_p - 11.398 \quad (3-3)$$

$$A_o = 0.974A_p - 15.421 \quad (3-4)$$

ここで、 A_d : 戸建住宅の建築面積(m²)
 A_a : 集合住宅の建築面積(m²)
 A_o : その他建物の建築面積(m²)
 A_p : ポリゴン面積(m²)

3-2-3 延床面積の推計

続いて建築計画データを用いて建築面積と地上階数から延床面積の推計モデルの作成を行う。延床面積を建築面積と地上階数で説明する線形モデルを基本として、建築面積と地

上階数との関係性や各変数の分布を鑑みて、交互作用項を含むモデルや両対数としたモデルなど4パターンの試行をそれぞれの用途に対して行った。Table3-2-2は非対数による推計の結果であり、Table3-2-3が両対数による推計の結果を示したものである。

Table3-2-2 Summary of gross floor area estimation by liner regression model.

	Detached house		Apartment house		Other	
	no Interaction	with interaction	no Interaction	with interaction	no Interaction	with interaction
(Intercept)	-71.277***	9.747***	-1291.344***	-362.591***	-2949.433***	-969.527***
	(1.195)	(2.042)	(14.279)	(11.805)	(96.273)	(75.088)
Building_area	1.925***	0.582***	5.066***	1.682***	3.623***	1.575***
	(0.006)	(0.029)	(0.016)	(0.026)	(0.016)	(0.031)
Story	33.680***	4.018***	213.657***	95.434***	545.261***	194.125***
	(0.383)	(0.722)	(1.957)	(1.585)	(17.089)	(13.327)
Building_area × Story		0.506***		0.372***		0.404***
		(0.011)		(0.003)		(0.006)
Num.Obs.	12440	12440	19346	19346	5690	5690
R2	0.907	0.921	0.876	0.940	0.898	0.946
R2 Adj.	0.907	0.921	0.876	0.940	0.897	0.946

* p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01

Table3-2-3 Summary of gross floor area estimation by liner regression model (log-log model).

	Detached house		Apartment house		Other	
	no Interaction	with interaction	no Interaction	with interaction	no Interaction	with interaction
(Intercept)	0.670***	0.496***	0.438***	-0.090***	0.233***	0.020
	(0.011)	(0.054)	(0.006)	(0.020)	(0.012)	(0.033)
log(Building_area)	0.877***	0.920***	0.912***	1.013***	0.946***	0.980***
	(0.002)	(0.013)	(0.001)	(0.004)	(0.002)	(0.005)
log(Story)	0.683***	0.855***	0.897***	1.201***	0.929***	1.079***
	(0.005)	(0.052)	(0.002)	(0.011)	(0.004)	(0.022)
log(Building_area) × log(Story)		-0.043***		-0.057***		-0.024***
		(0.013)		(0.002)		(0.003)
Num.Obs.	12440	12440	19346	19346	5690	5690
R2	0.928	0.928	0.986	0.986	0.984	0.984
R2 Adj.	0.928	0.928	0.986	0.986	0.984	0.984

* p < 0.1, ** p < 0.05, *** p < 0.01

試行の結果から、建築面積と地上階数の交互作用項を含めた場合や、両対数とした方がモデルのあてはまりがよいことが分かった。そこで、推計モデルは建築面積と地上階数、およびそれらの交互作用項を説明変数とした両対数の線形モデルの候補とすることとした。

これについては、説明変数が複数存在していることから、モデルの決定係数 R^2 のみならず、選定したモデルによる推計値 (y 軸) と実際の延床面積 (x 軸) の相関についても確認を行うこととした。その結果が Fig.3-2-1 の散布図に示す。いずれも調整済み決定係数 R^2 は 0.9 を超えており、概ね推計できている様子がわかる。

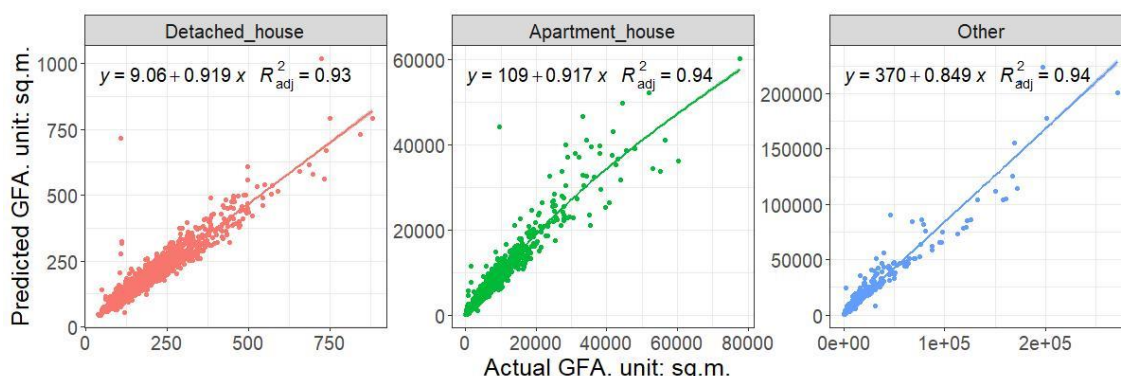


Fig.3-2-1 Scatterplot of estimates and actual values by building use

以上から、延床面積の推計モデルは建築面積と地上階数、およびそれらの交互作用項を説明変数とした両対数の線形モデルとすることとした。戸建住宅、集合住宅、その他建物のそれぞれ、延床面積を G_d, G_p, G_o 、建築面積を A_d, A_p, A_o 、地上階数を S_d, S_p, S_o としたときに、モデルを数式で表したものが (3-5)から(3-7)である。

$$\log(G_d) = 0.920\log(A_d) + 0.855\log(S_d) - 0.043\log(A_d \cdot S_d) + 0.496 \quad (3-5)$$

$$\log(G_p) = 1.013\log(A_p) + 1.201\log(S_p) - 0.057\log(A_p \cdot S_p) + 0.090 \quad (3-6)$$

$$\log(G_o) = 0.980\log(A_o) + 1.079\log(S_o) - 0.024\log(A_o \cdot S_o) + 0.020 \quad (3-7)$$

- ここで、
- G_d : 戸建住宅の延床面積(m^2)
 - A_d : 戸建住宅の建築面積(m^2)
 - S_d : 戸建住宅の地上階数
 - G_p : 集合住宅の延床面積(m^2)
 - A_p : 集合住宅の建築面積(m^2)
 - S_p : 集合住宅の地上階数
 - G_o : その他建物の延床面積(m^2)
 - A_o : その他建物の建築面積(m^2)
 - S_o : その他建物の地上階数

ポリゴン面積から建築面積を推計するモデルと、建築面積と地上階数から延床面積を推計するモデルをそれぞれ利用することによって、ポリゴン面積と地上階数から、建築面積

と延床面積の推計を行う。ポリゴン面積から建築面積を推計するモデルは式(2)から(4)であり、この推計した建築面積と地上階数を式(3-5)から(3-7)に投入することによって延床面積の推計値を得ることができる。

最後に、推計を行った結果について確認を行う。Fig.3-2-2は補正前の数値を補正後の数値で除した値、すなわち、補正の前後における補正率の分布を示した箱ひげ図である。建築面積は0.7~0.9程度の分布を中心とした補正率であり、延床面積はさらに補正がかかることから補正率の分布の中心は0.6~0.8程度となっていることがわかる。

そして、Fig.3-2-3は補正前後の延床面積の関係を表す散布図である。補正前の延床面積(x軸)が大きくなると傾きが緩やかになっており、大きな建物のほうがより強い面積補正がかかっていることがわかる。



Fig.3-2-2 Distribution of correction rates by building use.

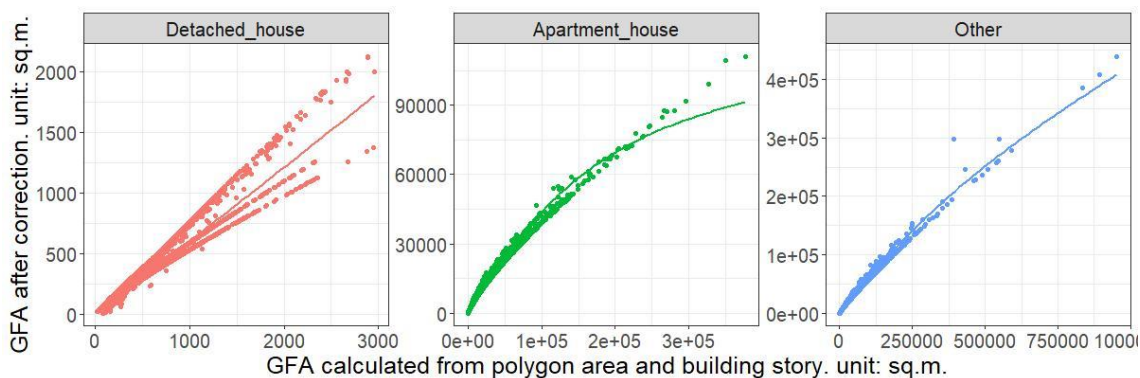


Fig.3-2-3 Scatterplot before and after correction of the total floor area.

3-3 街区単位の建蔽率および容積率の情報の付与

3-3-1 建蔽率および建蔽率および容積率の原単位

本節では、分析用データの構造化にかかかかる「未定義である建蔽率や容積率情報の補充」に対応する。都市計画基礎調査については、建物の調査のほか、土地の利用に関する調査も同時に実施されており、調査結果は GIS データとなっている。土地の GIS データは、土地の外形を表す図形情報に対して、土地の用途や住所情報が付与されたものである。すなわち、土地と建物、それぞれの GIS データを関連付けることができれば実態に近い建蔽率や容積率などの算出ができ、土地利用に関するより正確な状況把握が可能となる。

そこで本研究ではこれまでに作成した時系列情報付き建物 GIS データに対して土地の GIS データを紐づけることによって、実態的な建蔽率・容積率を求め、これも都市の状況を把握する一つの指標とする。

土地 GIS データと建物 GIS データという二つのデータを組み合わせるため、まずは土地データの概要と基本的な統計を示し、続いて土地データと時系列情報付き建物 GIS データとの間に齟齬がないかを確認する。なお、土地の外形については建物のそれよりも変化が少ないと考えられること、土地の変化そのものよりも建物の変化を重点的に捉える趣旨から、利用する土地のデータは最新年度の調査結果のみとする。

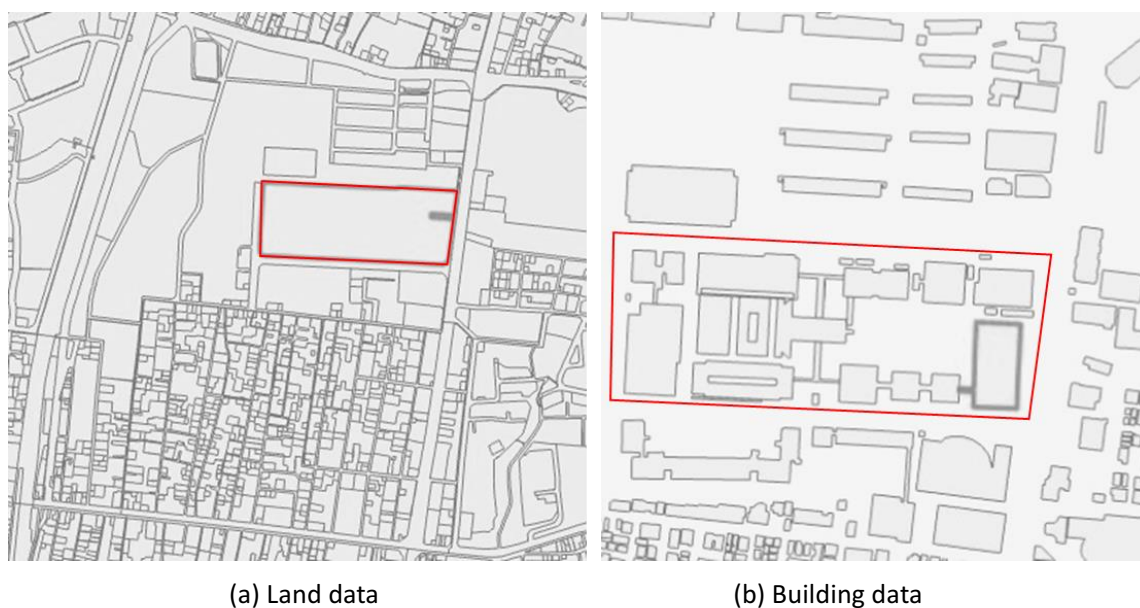


Fig.3-3-1 Land data and building data in GIS (near nishi-waseda campus, Waseda university, Tokyo:2016).

Fig.3-3-1 は土地 GIS データおよび建物 GIS データを GIS アプリケーション上で参照した例である。いずれも早稲田大学西早稲田キャンパス付近を捉えており、キャンパス自体は赤枠で囲っている。これを見ると土地データはキャンパス全体を一体的に捉えた一つのポリゴンとなっている一方で、建物データは建物個々に作成されていることがわかる。

各都市の土地ポリゴンのデータ総量、およびそのうち建物ポリゴンが存在しているポリゴン数を Table3-3-1 に示す。

Table3-3-1 The nr of land polygons.

	Sapporo	Tokyo	Yokohama	Nagoya	Osaka	Fukuoka
Year	2016	2013	2013	2017	2013	2017
The num. of land polygons	453,138	839,017	392,158	386,924	574,112	134,294
The num. of land polygons where the building polygon exists.	442,915	621,705	200,944	252,750	570,659	85,179

各都市ともに、建物 GIS データに対して土地 GIS データの数が少ないことから、Fig.3-3-1 の例示の様に、一つの土地に対して複数の建物が存在していることが考えられる。その場合、それぞれのデータにおいて定義されている用途の整合性の程度を確認しておく必要がある。そこで、一つの土地データに重心が内包される建物を用途ごとに集計し、その土地の用途と建物の用途が一致するものが全体にどの程度か調べ、一致率と定義する。なお、集計に際しては、土地の用途を建物用途に準じて再分類している。階級別の一致率の集計結果を Tabele3-2-2 に示す。

Table3-3-2 Consistency of land and building use.

Consistency rate	Sapporo	Tokyo	Yokohama	Nagoya	Osaka	Fukuoka
Over90%	381,519	621,543	195,464	220,985	490,773	69,634
10~90%	15	0	90	1,797	1,138	2,354
Under10%	586	1	5,370	29,595	77,141	13,191
None	60,795	161	20	373	1,607	0

どの都市も一致率が 90%より大きいものが最多となっているものの、一致率が低いものも一定数あり、都市によって多少のバラつきがあることも分かる。

また、土地の図形データは航空写真などから目視にて界壁などを境界とみなして作成されているため、本来の建物に対して対応する敷地や、所有権などの基づく区画とは必ずしも一致しない。そして、Fig.3-3-1 のように一つの土地データに対して建物データがはみ出しているデータも散見された。調査結果は土地と建物別々に集計されていることから、その特性上、土地と建物の整合性を重視していないことが考えられる。



Fig.3-3-2 Building polygons that extend beyond the boundaries of land polygons.

以上の状況から、個々の建物について、建蔽率や容積率を算出することは困難であると判断し、土地データから街区データをまとめた上で、建物データとの重ね合わせを行い、街区ごとの容積率、建蔽率を算出することとした。ここで街区とは、道路や公園、田畑などの建物が建たない土地を除いた、隣接する建築可能な土地の集まりとする。隣接している土地ポリゴン一体の集まりの様子を Fig.3-2-3 に示す。太い線で囲まれている土地ポリゴン同士が相互に隣接しているものである。



Fig.3-2-3 Image of adjacent land polygons (surrounded by bold lines are adjacent to each other).

3-3-2 建蔽率および容積率の算出の手順と街区データの作成

街区単位の建蔽率および容積率の算出の手順を Fig.3-3-4 に示す。具体的なプロセスについては本項と次項において詳述する。

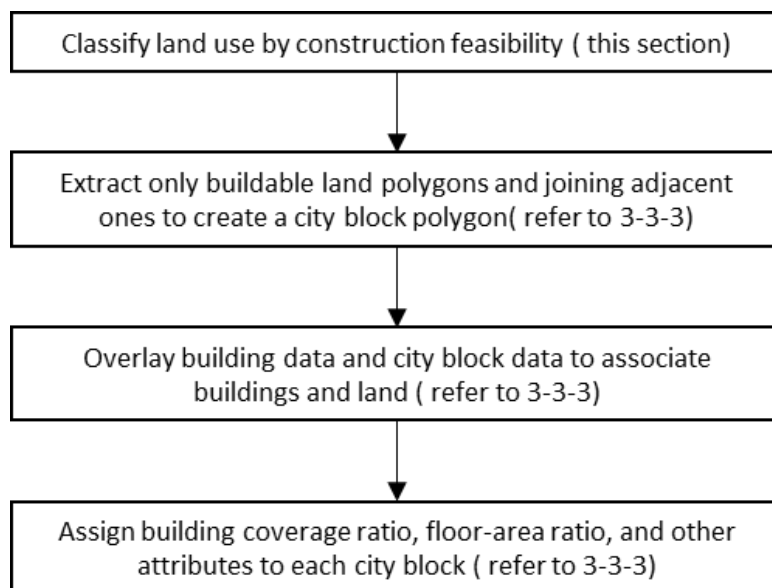


Fig.3-3-4 Flow of assign building coverage ratio, floor area ratio to each city block.

大きな流れとしては、街区の対象となる土地ポリゴンの選定・抽出し、隣接する土地ポリゴンを結合して街区ポリゴンとし、それと「時間軸を有する建物 GIS データ（構造化前）」を空間的に結合されることによって建物と街区の関連付けを行い、街区単位で建物の建築面積や延床面積を集計することにより建蔽率や容積率情報の付与を行う。

まず、各都市の土地用途分類について建物が建つ土地と、建たない土地で分類した。建物が建つ土地のポリゴン同士で、隣接しているものを同一街区とし、同じポリゴンにまとめた。ここで、建物が建つ土地とは建て替え中、および空き地や倉庫を含む各建築用途に分類されている土地用途であり、一方、道路、鉄道、田畑、公園、河川、湖沼、法面などについては建物が建たない土地用途として分類した。一概に判断できない土地は地図検索サービスの航空写真を参照し、最新の状況を目視によって判断した。各都市の街区に含めなかった土地用途の一覧を次の枠内に示す。

Sapporo	: 屋外運動場等、未整備農地、整備済農地、区画整備中農地、保安林、現況樹林、緑地保全地区、未利用原野、非可住地道路、整備済み、未整備、指定道路、認定道路、その他道路、河川・湖沼、都市計画決定公園、準都市計画決定公園、未計画決定公園
Tokyo	: 公園、運動場等、道路、鉄道・湾岸等、田、畑、樹園地、採草放牧地、水面・河川・水路、原野、森林、その他、不明、不整合
Yokohama	: 畑、山林、平坦地・山林、河川・水路、湖沼、荒地、海浜等、法面、耕作放棄地、都市公園、ゴルフ場、その他オープンスペース、自動車専用道路、道路、前広場、道路その他、鉄道用地
Nagoya	: 田、畑、樹林地、河川敷、太陽光発電設備、それ以外公園等、都市公園、道路、河川・水面、鉄道、海面、市域外
Osaka	: 道路、軌道敷、公園・緑地、農地、水面、高速道路、土堤、その他
Fukuoka	: 田、畑、山林、水面、その他自然地、道路用地、交通施設用地、公共空地、その他の空地

3-3-3 街区単位の建蔽率および容積率の情報の付与

土地用途について建設可否の観点から分類したことに続いて、街区に含めない土地データを削除し、街区に含める土地データのみとした。街区に含める土地データのうち、隣接する土地データ同士については同一の街区として、土地データを結合し街区データを得た。結合の前後の様子を Fig.3-2-4 に示す。道路や河川のポリゴンが取り除かれて、建設可能な土地データのみが残り、かつ隣接する土地同士が結合されることによって街区単位の土地データとなっている様子が見える。



(a) Before

(b) After

Fig.3-2-4 Image of joining adjacent land polygons to city block polygons while removing unbuildable land polygons.

また、土地データを街区単位にまとめたことによるデータ量の推移を Table3-3-3 に示す。

Table3-3-3 The number of district polygons.

	Sapporo	Tokyo	Yokohama	Nagoya	Osaka	Fukuoka
Year	2016	2013	2013	2017	2013	2017
The num. of land polygons	453,138	839,017	392,158	386,924	574,112	134,294
The num. of district polygons	38,129	110,704	65,614	44,807	34,326	65,614

続いて、作成した街区データに対して、「時間軸を有する建物 GIS データ（構造化前）」を空間的に重ね合わせすることで、個々の建物データに対して街区データの関連付けを実施した。街区データに対して建物データの重ね合わせを行っている様子を Fig.3-2-5 に示す。



Fig.3-2-5 Image of Building data overlaying city block data.

重ね合わせた「時間軸を有する建物 GIS データ（構造化前）」の建築面積、延床面積と街区データの面積から、街区単位の建蔽率と容積率を計算した。街区中に重なっている建物 GIS データの建築面積や延床面積を足し合わせて、街区の面積で除して算出している。ある街区の建蔽率 BCR および容積率 FAR を算出する式を、建築面積を Ba 、延床面積を Bb 、街区の面積を C として、それぞれ式(3-8)、(3-9)に示す。

$$BCR(\%) = \frac{\sum B_a}{C} \times 100 \quad (3-8)$$

$$FAR(\%) = \frac{\sum B_g}{C} \times 100 \quad (3-9)$$

ここで、
 Ba : 建築面積(m²)
 Bg : 延床面積(m²)
 C : 街区面積(m²)

なお、建築面積および延床面積については、それぞれ前節において建物ポリゴン面積と地上階数からそれぞれ補正を行った値を利用しているが、街区の面積については街区形状を表すポリゴン面積をそのまま使用している。それは、土地についてはポリゴン面積に対して実際の面積が、建物の面積属性と異なり過大評価される要素が見当たらないためである。また、街区データに重ならなかった一部の建物については建蔽率・容積率の算出の対象外としている。

以上により街区単位の建蔽率・容積率を得た。この街区データにはこれらのほかに、以下の属性も付与している。

- 街区の代表用途
街区データに建っている建物について用途ごとに延床面積を集計し、最大となる建物用途を街区の代表用途として付与した
- 指定建蔽率および指定容積率
都市計画における指定建蔽率および指定容積率を国土数値情報の都市計画データ³⁻⁴⁾と重ね合わせるによりそれぞれ付与した

3-4 分析用データの抽出と検証

3-4-1 データのスクリーニング

これまでの作業によって、属性データが標準化された時間軸を有する建物 GIS データを作成することができた。最後に、これを今後分析に活用していくにあたり、重要項目の欠損や、異常であり建物でないと考えられるデータについて、以下の条件でスクリーニングを行った。

- 重大な欠損があり分析が不可能なデータの除外
 - 階数が不明あるいは 0 のもの
 - 未定義の建物用途が付与されているもの
 - 住所が定義できないもの
- 値が異常または不要と考えられるデータの除外
 - 地上階数が都市内に現存する最高階数より大きいもの
 - 戸建住宅で延床面積が 3,000 m²以上のもの
 - 集合住宅で地上階数が 1 のもの
 - ポリゴン面積が 20 m²未満のもの

初期データ数、時系列情報付与後のデータ数およびスクリーニング過程での削減数と最終的な分析対象データ総数を Table3-4-1 から Table3-4-6 に示す。以上を持って得られたデータを「時間軸を有する建物 GIS データ（構造化済み）」という。

Table3-4-1 Sapporo: list of data screening result by year.

	2006	2011	2016
Raw data	379,400	388,750	400,837
Panel data conversion	379,185	388,728	400,837
First screening	-5,631	-6,140	-6,389
Second screening	-2,025	-1,431	-1,290
Data for analysis	371,529	381,157	393,158

Table3-4-2 Tokyo: list of data screening result by year.

	2006	2011	2016
Raw data	1,764,211	1,722,340	1,804,086
Panel data conversion	1,782,186	1,792,289	1,804,086
First screening	-52,658	-44,586	-57,388
Second screening	-112,980	-110,937	-81,285
Data for analysis	1,616,548	1,636,766	1,665,413

Table3-4-3 Yokohama: list of data screening result by year.

	2003	2008	2013
Raw data	822,980	855,467	900,909
Panel data conversion	823,336	855,374	900,909
First screening	-2,988	-2,563	-675
Second screening	-94,421	-82,390	-97,164
Data for analysis	725,927	770,421	803,070

Table3-4-4 Nagoya: list of data screening result by year.

	2006	2011	2016
Raw data	584,084	611,841	641,481
Panel data conversion	584,100	611,857	641,481
First screening	-19,885	-7,177	-7,236
Second screening	-16,578	-20,277	-22,198
Data for analysis	547,637	584,403	612,047

Table3-4-5 Osaka: list of data screening result by year.

	2007	2013
Raw data	631,040	634,643
Panel data conversion	631,039	634,643
First screening	-1,701	-1,548
Second screening	-30,625	-30,286
Data for analysis	598,713	602,809

Table3-4-6 Fukuoka: list of data screening result by year.

	2007	2017
Raw data	336,765	335,622
Panel data conversion	336,931	335,622
First screening	-389	-47
Second screening	-54,596	-51,787
Data for analysis	281,946	283,788

3-4-2 データの検証

一連の作業で得られた「時間軸を有する建物 GIS データ（構造化済み）」について、次章以降で分析を行うにあたり、実体を観測するものに相応しいデータとなっているのか妥当性を検証するために、総量および面積属性の推計の妥当性という 2 つの観点から既存の統計である「固定資産台帳」と「住宅・土地統計調査」との比較を行う。

まずは総量としての妥当性を検証するために固定資産台帳との総量の比較を行う。固定資産台帳との比較にあたっては、総務省で公開している「固定資産の価格等の概要調書³⁻⁵⁾（以降、固定資産価格概要調書という）」を利用する。これは、固定資産（土地・家屋・償却資産）の価格等に関する統計資料であり。地方税法に基づいて、全国統一様式により作成されており、土地の地目別地積や決定価格・課税標準額、家屋の木造・非木造別床面積や決定価格、償却資産の決定価格・課税標準額などの集計値が公表されている。

この中で、各都市について、今回作成した時系列情報付き建物 GIS データにおける最新年の延床面積合計と、同年の固定資産価格概要調書における家屋の延床面積合計とを比較する。なお、固定資産価格概要調書には課税家屋だけでなく非課税家屋についても集計値が記録されていることから、比較にあたってはそれらの合算値を利用する。

比較の結果を、Fig.3-4-1 に示す。横軸が「時間軸を有する建物 GIS データ（構造化済み）」における最新年の延床面積合計であり、縦軸が同年の固定資産価格概要調書における家屋の延床面積合計である。散布図中の直線は傾き 1 の補助線である。これをみると、全ての都市でほぼ補助線に近い値になっていることがわかる。

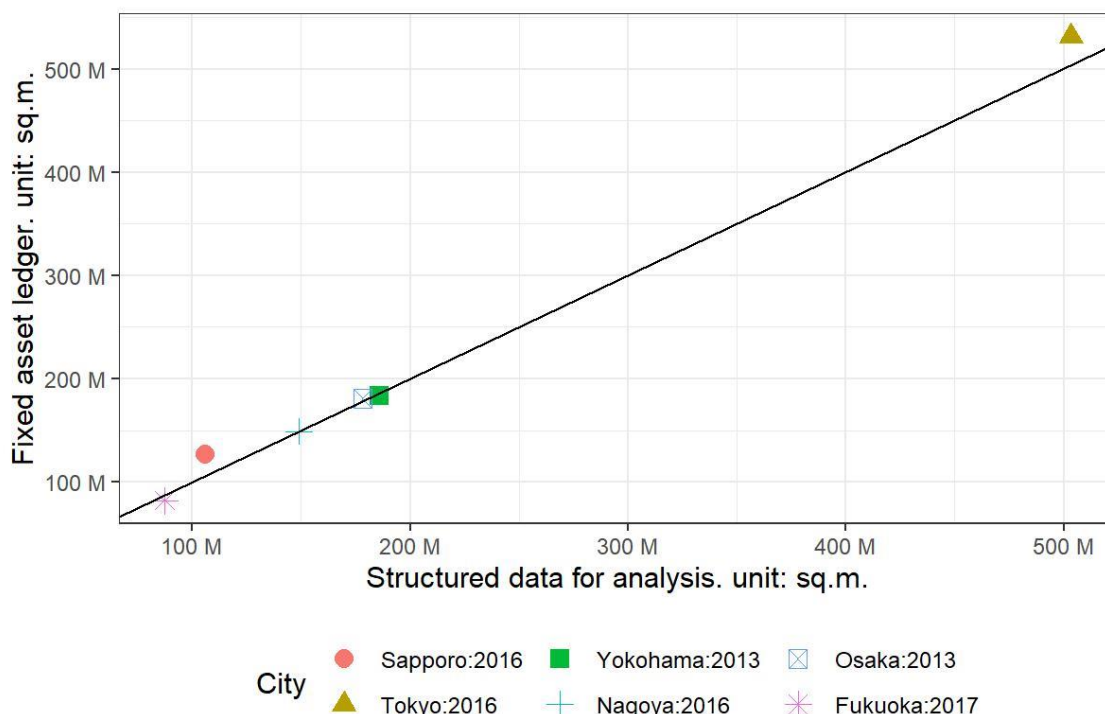


Fig.3-4-1 Comparison of the total gross floor area in the two data sets.

続いて、住宅・土地統計調査³⁶⁾による一住宅当たり延床面積と比較することで推計値の妥当性を検証する。

住宅・土地統計調査は居住している世帯に関する実態を明らかにすることを目的に5年に1度行われている調査である。全国の調査単位区内から抽出した住宅及び住宅以外で人が居住する建物並びにこれらに居住している世帯（約370万戸）を対象としたアンケート方式の調査となっている。全国の世帯数がおよそ5300万戸であるのに対し370万戸の調査であるため全体の約8%の抽出率となる。住宅面積の算出方法は壁芯を基準にしている。

「時間軸を有する建物GISデータ（構造化済み）」からの一住宅当たり延床面積は、最新の調査における住宅系の用途の延床面積の合計値を、平成30年の土地・統計調査における世帯数で除すことで算出している。対象の用途は戸建住宅、集合住宅、併用住宅とし、併用住宅については1階部分相当の面積を居住用以外とみなして差し引いている。

その結果をTable3-4-7に示す。右の3列が一住宅当たりの延床面積であり、左から順に、元データのポリゴン面積と階数による算出結果、推計後の算出結果、右端が住宅・土地統計調査の結果である。

住宅・土地統計調査の値に比べ、推計前の元データは各都市3割程度大きくなっているが、推計後の数値では多くの都市で1割程度の誤差となり大幅に改善されていることが分かる。なお世帯数と住宅数は必ずしも一致せず、また住宅・土地統計調査における床面積は専用部分のみの調査であることを考慮すると、既存統計資料から現存住宅の延床面積を正確に把握することは困難である。

Table3-4-7 List of Living area per household Calculated from panel data.

City	Year	The number of households	Living area per household(m ²)		
			Before structuring	After structuring	Housing and land survey
Sapporo	2016	927,700	115.72	83.38	80.30
Tokyo	2016	4,932,200	93.18	66.53	62.45
Yokohama	2013	1,660,600	110.06	79.24	75.83
Nagoya	2016	1,074,800	123.37	90.98	77.98
Osaka	2013	1,383,100	96.27	70.39	62.05
Fukuoka	2017	795,300	101.20	71.74	66.41

以上、2つの統計から、比較を行った結果、今回作成した「時間軸を有する建物GISデータ（構造化済み）」は既往統計と概ね同等の結果となっていることから、本データを用いることで都市における建物の大局的な変化の傾向について捕捉することは可能だと考えられる。妥当性が確認とれたことから、これ以降、本データを「分析用の建物GISデータ」という。

3-5 小結

本章では前章までで時系列データとした建物 GIS データベースについて、異年度間・都市間で比較が行える分析用データとするために、データの構造化について、ポリゴン面積と地上階数から算出されている建築面積と延床面積という面積属性について、実際の建物に近似するための補正、街区単位での実体的な建蔽率と容積率情報の付与、データスクリーニングと分析用データの最終検証という 3 段階で行った。

3-2 では、まず面積属性の補正を行った。これに当たっては、建設工事看板の一覧データを利用して建物用途別に補正用モデルを作成した。この中で、建築面積については現実の建設工事看板の住所情報から建物 GIS データベースに存在する建物を同定させることにより、ポリゴン面積から実際の建築面積を関連付けた。また、延床面積については建設工事看板に記載されている建築面積と地上階数、延床面積の情報を用いて建築面積と地上階数から延床面積を推計するモデルを作成した。

3-3 では、都市計画基礎調査情報の土地データと建物データを空間的に関連付けることによって街区単位での建蔽率や容積率の算出を行った。土地データと建物データについては、必ずしも 1 対 1 で整合性が取られていないことが確認されたことから、土地のデータを街区単位でまとめ、街区に存在する建物の面積属性を合算することによってそれぞれの値を算出した。

3-4 では、悉皆的である建物 GIS データベースについては、地物など明らかに建物でないと考えられるもの、重大な欠損が存在しているために分析ができないもの含まれることから、データのスクリーニングを行った。また、これらの一連の作業を通じて得られた分析用データについて、総量および面積属性の推計精度という 2 つの観点から既往の統計である固定資産台帳と土地・住宅統計調査との比較を行い、その妥当性の確認を行った。

以上、データの構造化によって、都市間・年度間においてバラつきのあった属性データについて標準化を完了させた。データのスクリーニングを経て既往の統計と照らし合わせても妥当性の確認とれた最終的な分析用の GIS 建物データが得られた。

参考文献

- 3-1) Sakata, T. and Yoshikawa, T.: A study on the revision of floorage of business use buildings estimated based on the Tokyo Metropolitan Government GIS building data, *Theory and applications of GIS Vol.10(1)*, pp.85-94, 2002-03
阪田 知彦, 吉川 徹: 東京都 GIS 建物ポリゴンから推定した事業所系延べ床面積の補正について, *GIS-理論と応用*, 10 巻 1 号, pp.85-94, 2002-03
- 3-2) Ohba, T.: Estimation of the gross floor area from the building area and the building height, *Journal of the city planning institute of Japan*, Vol.35, pp.1033-1038, 2000-10
大場 亨: 建築面積及び地上階数からの延べ面積の予測, *都市計画論文集*, 35 巻, pp.1033-1038, 2000-10
- 3-3) Kensetsu databank corp. *kensetsukeikaku-no-oshirase-kanbanjoho (Signage information for building plans)*. URL <https://www.kensetsu-databank.co.jp/> (accessed 2019.11.10)
株式会社建設データバンク. “建築計画のお知らせ看板情報”. 入手先< <https://www.kensetsu-databank.co.jp/>>, (参照 2019-02-10)
- 3-4) National Land Information Division, National Spatial Planning and Regional Policy Bureau, MLIT. *Yutochiiki Ver.2.1 (Land use zone Ver2.1)*. URL https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A29-v2_1.html (accessed 2019-02-10)
国土数値情報ダウンロードサービス. “用途地域 第 2.1 版” 入手先< https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A29-v2_1.html >, (参照 2019-02-10)
- 3-5) Ministry of internal affairs and communications; MIC. *Koteishisandaicho-no-kakuchihoukoukyoudantai-no-homepage-ni-okeru-kouhyoujoukyou (Status of publication of fixed asset registers on the websites of local authorities)*. URL <https://www.soumu.go.jp/iken/kokaikei/koteishisan01.html> (accessed 2019-02-10)
総務省. “固定資産台帳の各地方公共団体のホームページにおける公表状況”. 入手先< <https://www.soumu.go.jp/iken/kokaikei/koteishisan01.html/> >, (参照 2019-02-10)
- 3-6) e-Stat. *Housing and Land Survey, 2018*. URL <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00200522&tstat=000001127155> (accessed 2019-02-10)
政府統計の総合窓口(e-Stat). “平成 30 年住宅・土地統計調査”. 入手先< <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00200522&tstat=000001127155> >, (参照 2019-02-10)

第4章 建築ストックの変遷に関する基礎分析

第4章 建築ストックの変遷に関する基礎分析

4-1 本章の概要

本章では、前章までで作成した分析用の建物 GIS データを元に、各都市の建築ストック総量について変遷と現状を確認していく。具体的には、各都市における建築ストック総量の棟数、建築面積、延床面積、街区レベルでの建蔽率および容積率について、現在に至るまでの経年的変化を総量として観察したうえで、それらの都市空間における地理的な分布をも併せて確認する。

次に、個々の建物に着目し、建物規模の変遷と現状を確認する。各都市の都市計画基礎調査の公表結果によると、建物棟数や延床面積は増加傾向にあることは既往の統計からもわかっているが、建物規模の推移は明らかになっていない。また仮に大規模化している場合においても、平均的に大きくなっているのか、一部の建物はその平均値を押し上げているかによって状況は異なる。さらにそのことは用途や都市における立地条件によっても違いがあると考えられることから、本章では建物規模の偏在性の変遷という観点から、どのような建物がどのようなエリアにおいて大規模化しているのか明らかにする。

建物用途については、各都市共通してシェアが大きい戸建住宅と集合住宅、事務所をそれぞれ個別用途として扱い、それ以外の用途については「その他」としてまとめている。

以下に、基礎分析の項目とそれに対応する節を括弧内に記す。

- 各都市における建築ストック総量と各指標の推移（4-2）
- 各都市における建築ストック総量の地理的分布の経年的変化（4-3）
- 各都市における建物規模の経年的変化と建物規模の偏在性の推移（4-4）

4-2 都市別の建築ストック総量の基本統計

4-2-1 分析の手法

本節では都市別の建築ストック総量に関する基礎分析として、総量の推移の把握をする。建築ストック総量を評価するものとしては、それ自体を評価するものとして、棟数・建築面積・延床面積が、密集の度合いを評価するものとして街区単位の建蔽率・容積率がある。そこでまずは4-2-2において、それぞれの指標についてその推移をみていく。

また、建築ストック総量が増加していることは既知ではあるが、単に増加しているといっても、棟数が増大しているのか、延床面積が増大しているかなどにより、状況が異なると考えられる。そこで続いて4-2-3においては、各指標の観察期間中の変動率を比較することにより、建築ストック増加に対して棟数あるいは建物規模のいずれの増大の影響が強いのか基礎分析として明らかにしていく。

4-2-2 都市別の建築ストック総量の推移

Fig.4-2-1 は棟数ベースの経年変化を示している。これをみると、全都市のすべての期間で増加傾向にある。絶対量では東京都 23 区の棟数が顕著に多いことが確認できる。増加のペースは横浜市と名古屋市が大きい。またいずれの都市も戸建住宅の総量が過半を占めており、そして棟数の増加の一番の要因も戸建住宅の増加であることが分かる。

Fig.4-2-2 は建築面積ベースの経年変化の状況を示している。これを比較すると、全ての都市において、観察期初よりも期末において増加しており、札幌市の「2006 年から 2011 年」以外の全都市の期間で単調増加であった。棟数と同様に、絶対量は東京都 23 区が顕著に多い。増加率は東京都 23 区・横浜市・名古屋市が大きい。いずれの都市も戸建住宅の総量が一番多いが、棟数ベースに比べると割合が減少していることが分かる、また、戸建住宅は増加傾向にあるものの、棟数におけるそれに比べるとやや落ち着いている様子が伺える。

Fig.4-2-3 は建築面積ベースの経年変化の状況である。これを比較すると、札幌を除く全ての都市で期間中単調増加であった。絶対量は東京都 23 区が多く、増加率は東京都 23 区・横浜市・名古屋市が大きい。戸建住宅の総延床面積は各都市ともに伸びているものの、集合住宅、事務所などのそれ以外の用途も全体的に増加していることが分かる。また、Fig.4-2-1 および Fig.4-2-2 と比較すると、棟数および建築面積ベースではいずれも都市も戸建住宅の総量が最多であったが、延床面積ベースでみると、東京都 23 区・大阪市・福岡市においては集合住宅が用途内で最大となっている。

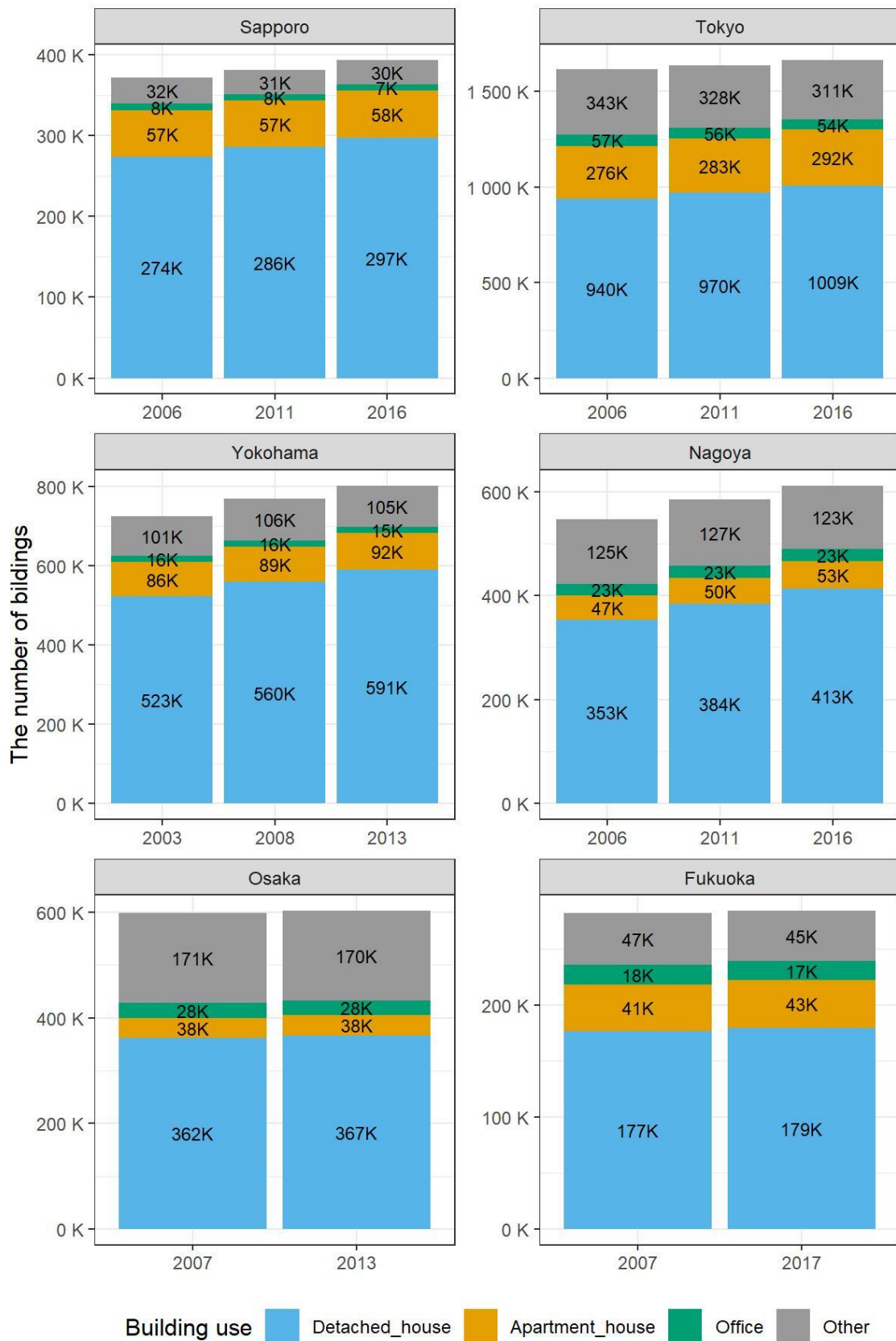


Fig.4-2-1 Transition of building stock based on number of buildings.

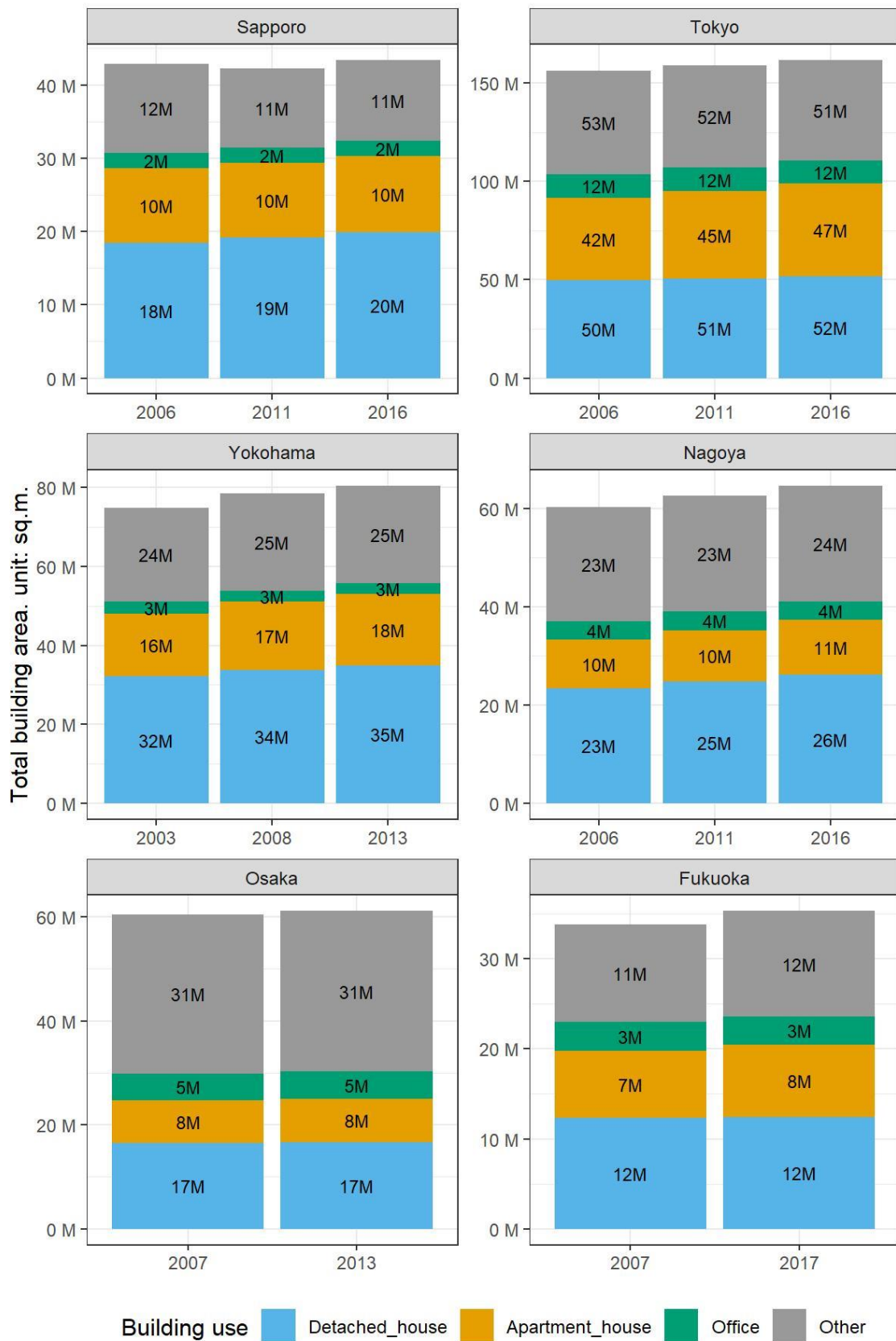


Fig.4-2-2 Transition of building stock based on building area.

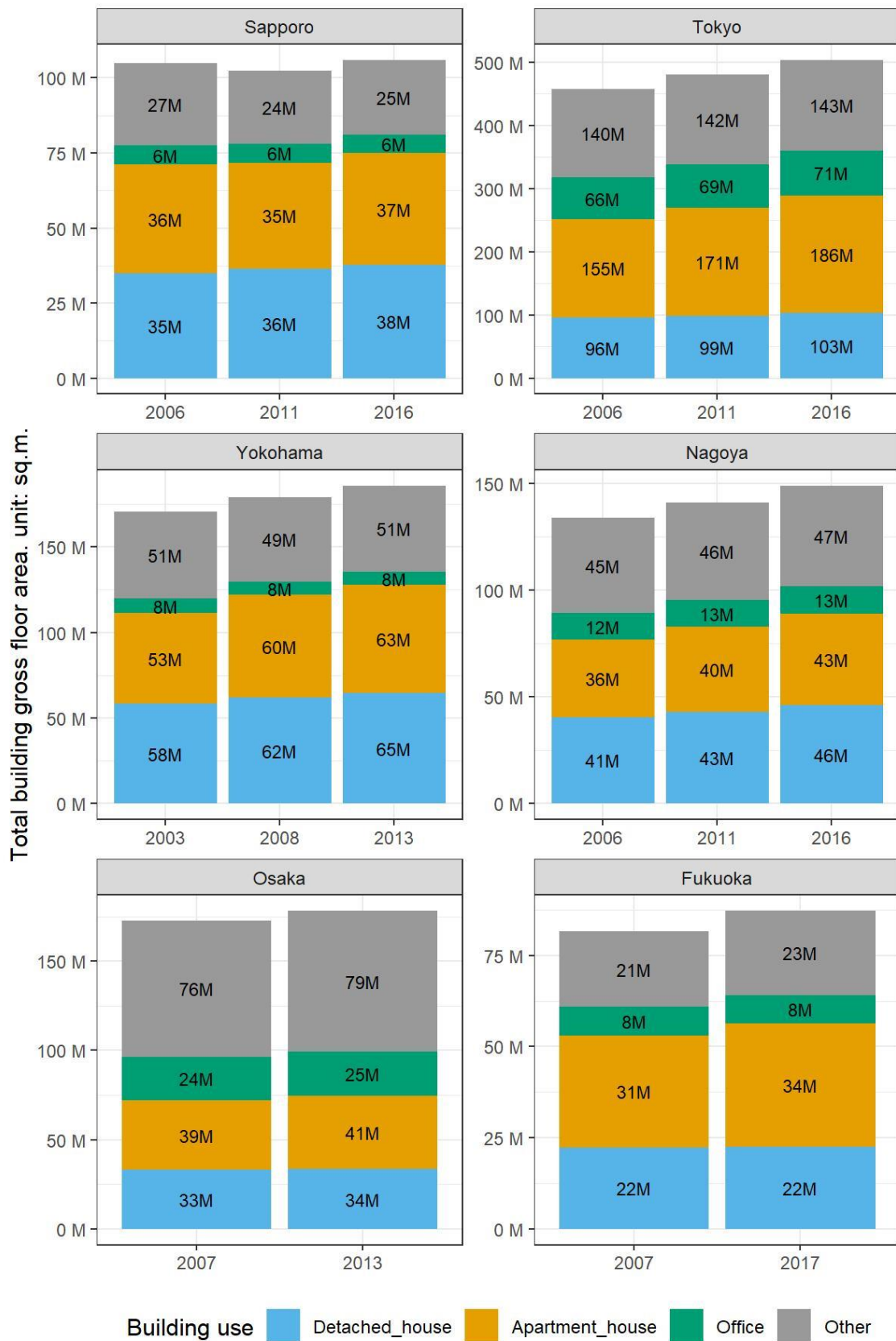


Fig.4-2-3 Transition of building stock based on building gross floor area.

Fig.4-2-4 およびは Fig.4-2-5 は街区単位の建蔽率と容積率の分布の経年的変化である。いずれの指標についても東京 23 区および大阪市は他の都市と比べて高い値で分布している。そして全ての都市において、中央値、平均値ともに上昇しており、街区の利用が進んでいる状況が分かる。特に容積率については、平均値が中央値を上回っており、その差は経年で大きくなっていることから、一部の街区において容積率の大きな上昇が生じている状況が考えられる。

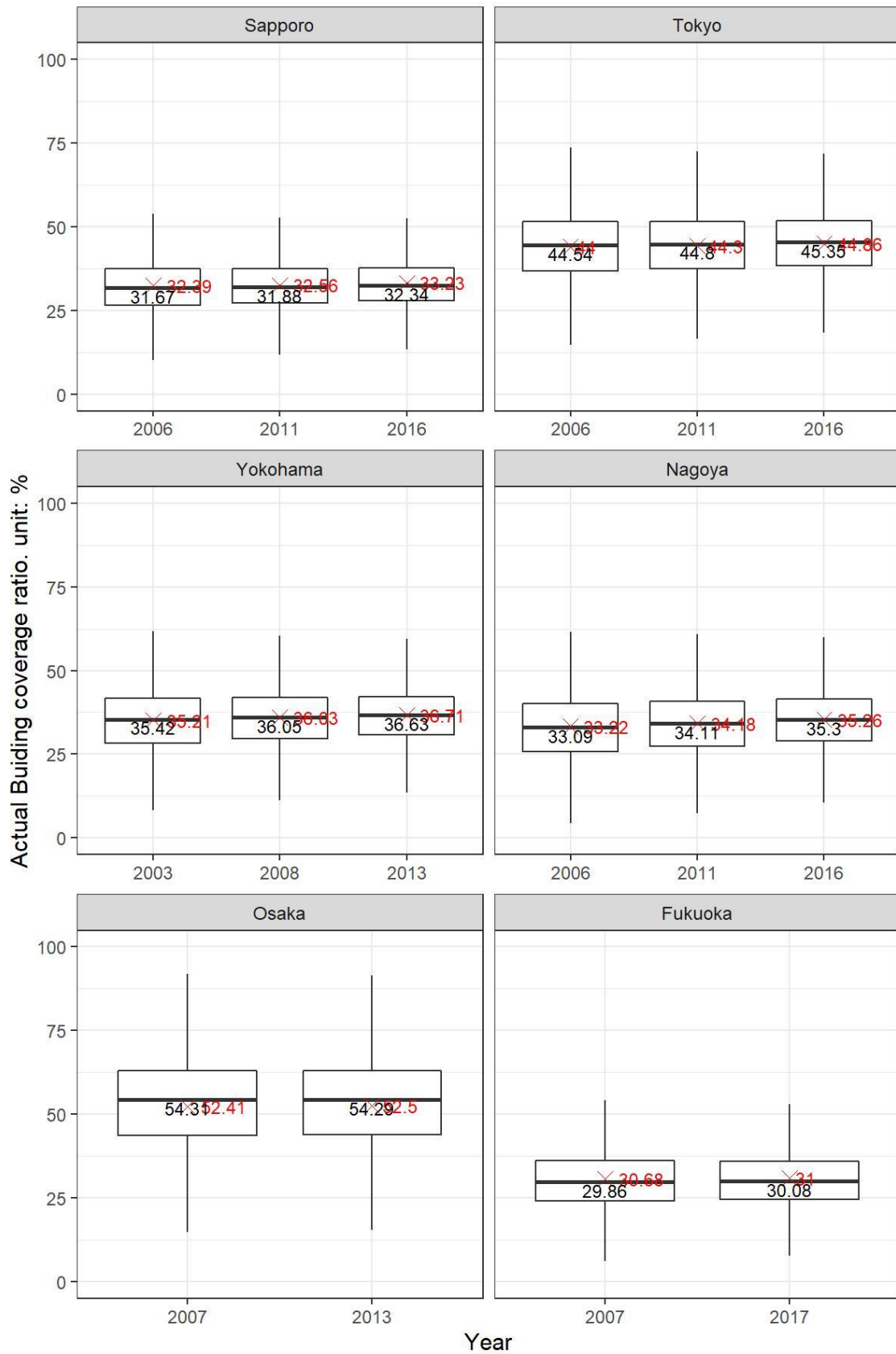


Fig.4-2-4 Changes in distribution of building coverage ratio.

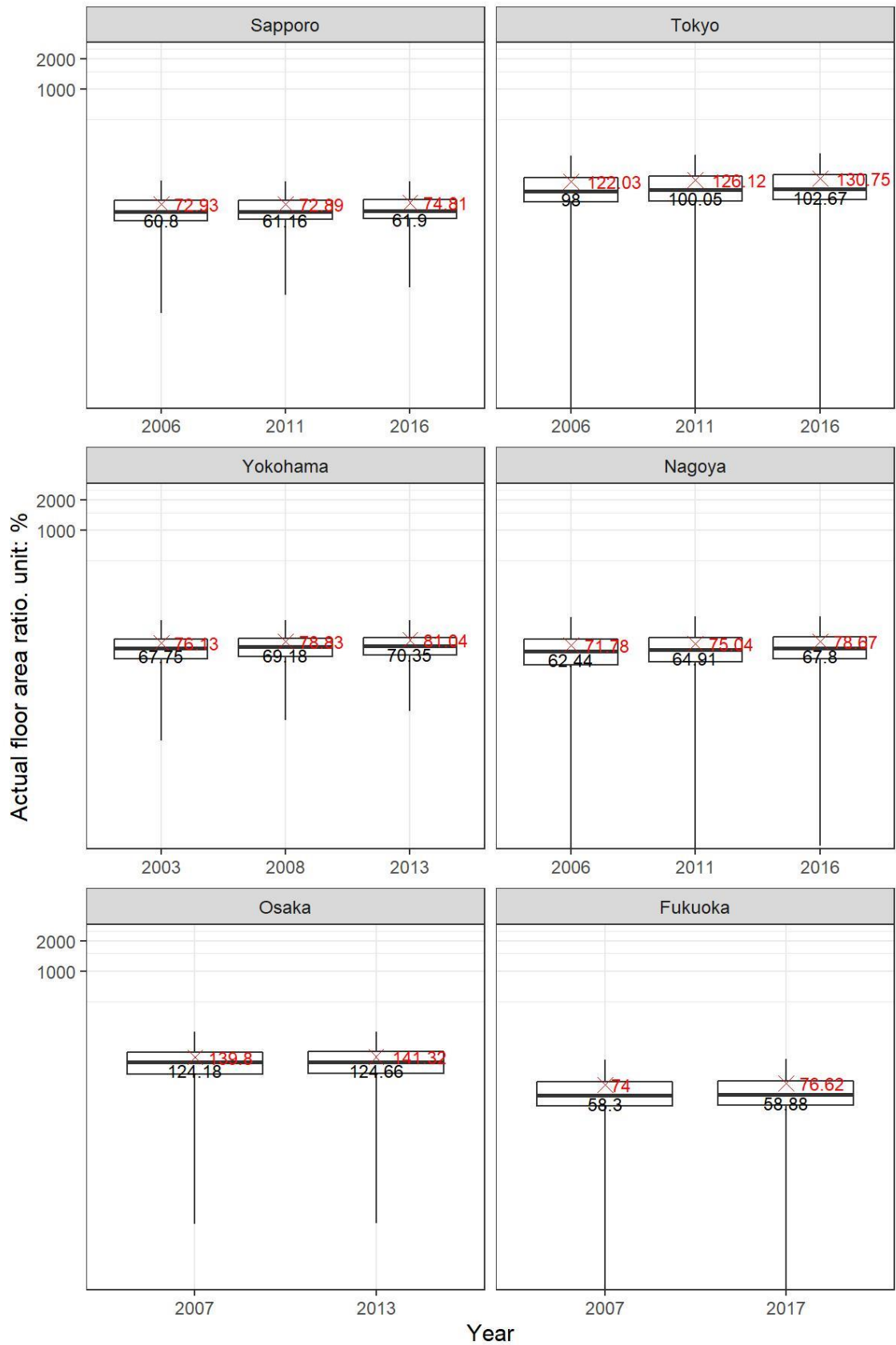


Fig.4-2-5 Changes in distribution of floor area ratio.

4-2-3 各指標の変動率の都市間比較

前項では各都市における建築ストック総量について、棟数、建築面積、延床面積、建蔽率、容積率という指標を用いて観察時点ごとにみた。これによると既知の通りどの都市も建築ストック総量は増加していることが分かった。続いて本項においては、では各指標の観察期間における変化率に注目し分析を行う。これにより建築ストック増加に対して棟数あるいは建物規模のいずれの増大の影響が強いのか明らかにしていく。

Fig.4-2-6 は分析対象年度の初年度を基準に各都市の棟数(n)、総建築面積(Area)、総延床面積(GFA)について各年度指数化した折れ線グラフである。また、Fig.4-2-7 は建蔽率の平均(BCR actual)、容積率の平均(FAR actual)について Fig.4-2-6 と同じ手法で指数化したものの拡大図である。

Fig.4-2-6 をみると、総延床面積の増加率が棟数の増加率を上回っている都市が東京都23区・大阪市・福岡市であり、これらでは一部の建物による顕著な大規模化、高層化が考えられる。横浜市と名古屋市は総延床面積と棟数の増加率がほぼ等しいか棟数の増加率の方がやや上回っており、Fig.4-2-7 をみると建蔽率も他の都市と比較して大きく上昇していることがわかる。これにより横浜市と名古屋市においては建物の大規模化と同時に多棟化も起きていることが分かる。一方、札幌市では棟数の増加率の方が大きく上回っており、比較的小規模な建物が多く供給されていると考えられる。

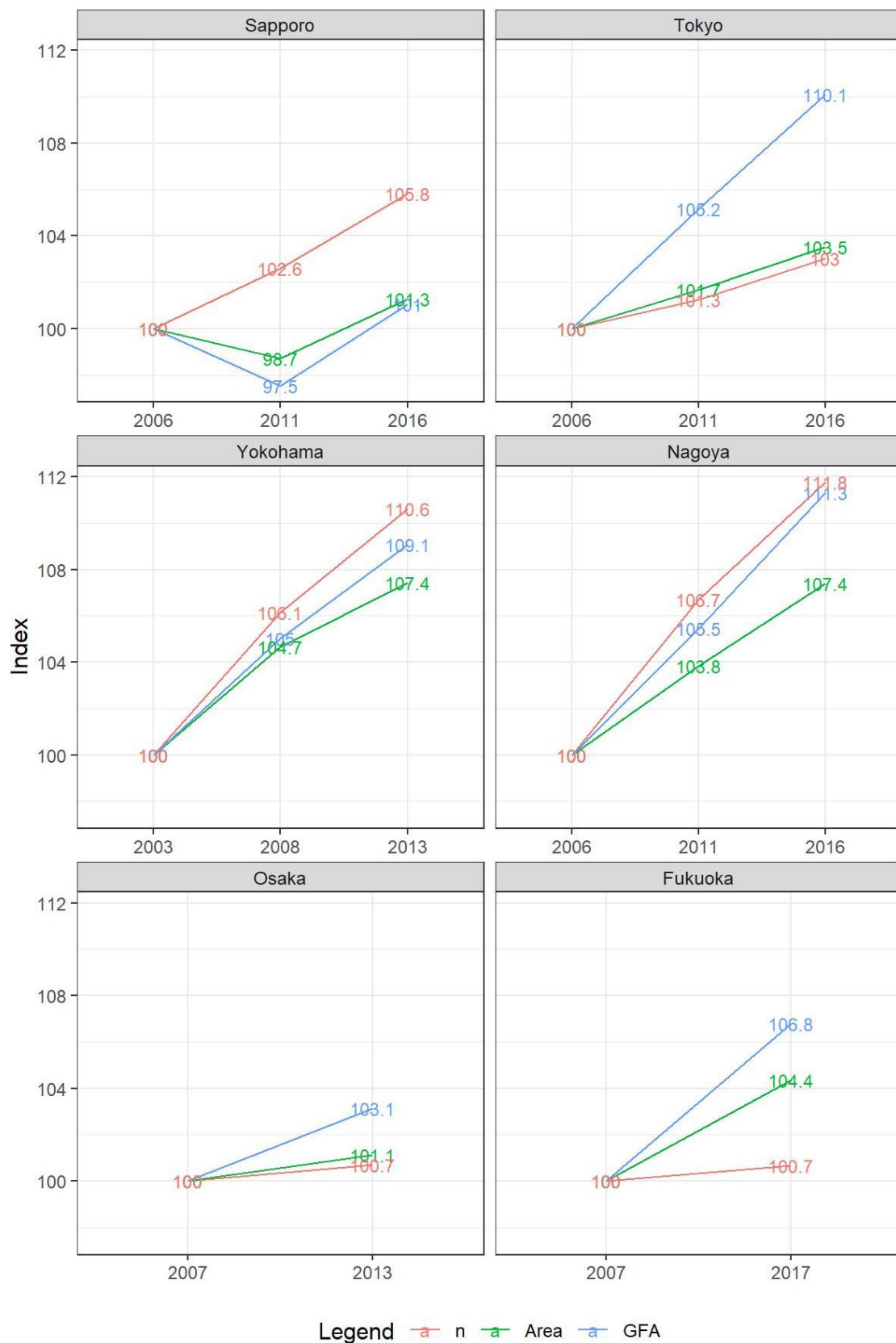


Fig.4-2-6 Changes in indices: number of buildings, building area, and building gross floor area.

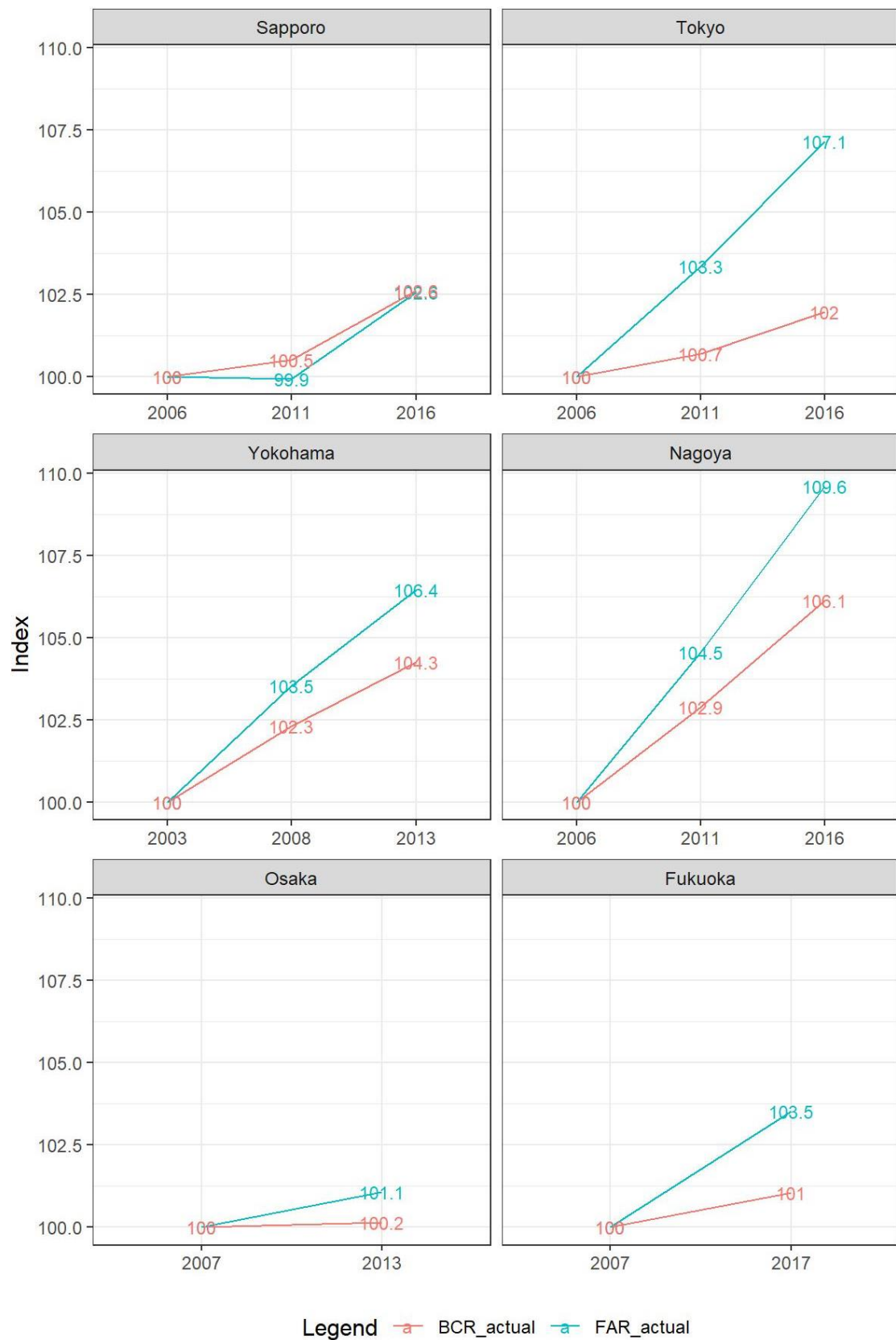


Fig.4-3-2 Changes in indices: actual building coverage area, and actual floor area ratio.

4-3 建築ストック総量の地理的分布の推移

4-3-1 分析の手法

次に、地理的な観点を踏まえて分析を行うことで、都市空間における建物の集積の分布の変遷と現状を把握する。すなわち、建築ストック総量の地理的な分布について、4-3-2では棟数、延床面積という観点から、4-3-3では建蔽率および容積率という観点からそれぞれ確認を行っていく。

前述の通り、4-3-2においては棟数・延床面積の粗密の地理的分布をみていくが、これらの指標は建物個々に由来するものであり、建物自体は相互に不連続となっているために、そのまま形式では空間的な粗密については把握しづらい。そこで、これを分かりやすくみるために、カーネル密度推定によって視覚化を行う。

カーネル密度推定法とは、ある事象における離散的な点データの分布から、その事象の確率密度を推定する代表的な手法であり、これをポイントマップに適用することで密度分布を得られることから、犯罪のホットスポット分析などで利用されている。事象があった地点ごとにカーネルと呼ばれる関数をおき、さらにカーネル関数の広がり幅を定義するバンド幅（平滑化パラメータ）を設定したうえで、その全てのカーネルの値を足し合わせることで確率密度分布を作成することができる。これにより事象についての空間的な集中傾向の把握が容易となる。

ここで、 $(x_1, y_1), (x_2, y_2) \dots, (x_n, y_n)$ を未知の確率密度関数 $f(x, y)$ を持つ独立同分布からの標本とする。カーネル密度推定量は次式(4-1)で定義される。

$$\hat{f}_h(x, y) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}, \frac{y-y_i}{h}\right) \quad (4-1)$$

ここで、 K : カーネル関数
 h : バンド幅

次に、カーネル関数 $K(u)$ は積分変換により各点の高次元化を行うものであり、次の2つの性質(4-2)と(4-3)を満たすものである。

$$\int_{-\infty}^{+\infty} K(u) du = 1 \quad (4-2)$$

$$K(-u) = K(u) \quad (4-3)$$

カーネル関数に適用される関数には、一様、三角、Epanechnikov, quartic (biweight), tricube, triweight, ガウシアン、quadratic、コサイン、四次関数（球状）など様々存在するが、本研究では正規分布の確率密度関数として直観的に理解しやすく、よく利用もされているガウシアンを利用することとする。今回平面空間 (x, y) に適用するため2次元のガウス関数となり、以下式(4-4)の通りに定義される。

$$K(x, y) = \frac{1}{2\pi} e^{\left(-\frac{x^2+y^2}{2}\right)} \quad (4-4)$$

バンド幅に関しては、自動計算を行う最小二乗クロスバリデーションやヒューリスティック（経験的・試行錯誤的）な手法である Silverman の Rule of thumb を中心にその派生形が複数存在しているが、いくつかの試行を経た結果、以下式(4-5)の通りに定義される Silverman の Rule of thumb を採用するものとする。

$$h = 0.9 \min(SD, IQR / (1.34)) n^{-0.2} \quad (4-5)$$

ここで、SD および IQR はそれぞれ、標本の平均中心に対する各標本の距離の標準偏差（標準距離）と四分位範囲である。すなわち、標準距離か距離の分布の四分位範囲を 1.34 で除したいずれか小さいほうの数値に対して、標本数のマイナス 5 乗根と 0.9 を乗じたものがバンド幅となる。

本研究におけるカーネル密度推定は統計解析用のプログラミング言語である R においてパッケージの”MASS”および”ggtern”を用いて算出した。また、その結果の表示には GIS ソフトウェアである、ArcGIS Pro を利用している（1-5-2 参照）。

なお、カーネル密度推定を行うにあたり、延床面積などで重み付けを行う場合には、カーネル関数に重み係数を与え、バンド幅の算出にあたっては重みを加味した標準距離や四分位範囲を利用している。また、推計結果の表示にあたっては 100m メッシュで集計したものを図表として出力している。

4-3-3 では、街区レベルでの建蔽率・容積率の推移をみる。街区レベルでデータを作成しているこれらについては、それ自体が面的な広がりをもっていることから、カーネル密度推定は適用せずに、そのままのデータを使用する。また、建蔽率と容積率については、その変化量にも着目して、建蔽率や容積率の増大や減少といった変化が都市のどこで起こっているのか、またその際の指定建蔽率や指定容積率との乖離が実際どの程度に変化しているのかみていく。

4-3-2 各都市の建築ストックの地理的分布

本項では、各都市における建築ストック集積の地理的分布の変遷を、全体あるいは用途別にみていく。前項で記した通り、視覚化にあたってはカーネル密度推定をおこなうものとし、建物棟数および延床面積それぞれの観点から評価を行う。なお、カーネル密度の推計値については、100m メッシュで集計して表示していることから、図表中の数値は、当該メッシュにおける棟数あるいは延床面積(m²)を示している。

Fig.4-3-1 から Fig.4-3-4 は札幌市における観察期間の期初と期末の建築ストックの地理的分布である。Fig.4-3-1 は棟数ベースの密度推定であり、Fig.4-3-2 はそれを用途別に示したものである。Fig.4-3-3 は延床面積ベースの密度推定であり、Fig.4-3-4 はそれを用途別に示したものである。

まず棟数ベースでみると、Fig.4-3-1 から、都市の周縁部に多くの建物が存在していることが分かる。また Fig.4-3-2 をから、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。

続いて延床面積ベースでみると、Fig.4-3-3 から、全建物の延床面積の分布の中心は都市の中心部に集中している様子が分かる。これは Fig.4-3-1 でみた棟数ベースの全建物の分布とは逆の状況となっている。また Fig.4-3-4 から、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。この点においては Fig.4-3-2 でみた棟数ベースの用途別の分布と同様である。しかしながら事務所と集合住宅については分布の比重が棟数ベースと延床面積ベースで異なっており、いずれも棟数ベースに比べて中心部に比重の偏りが大きくなっている。またその傾向は経年により、より強くなっている様子が分かる。その一方で戸建住宅の延床面積ベースの分布は棟数ベースの分布とほぼ同等である。

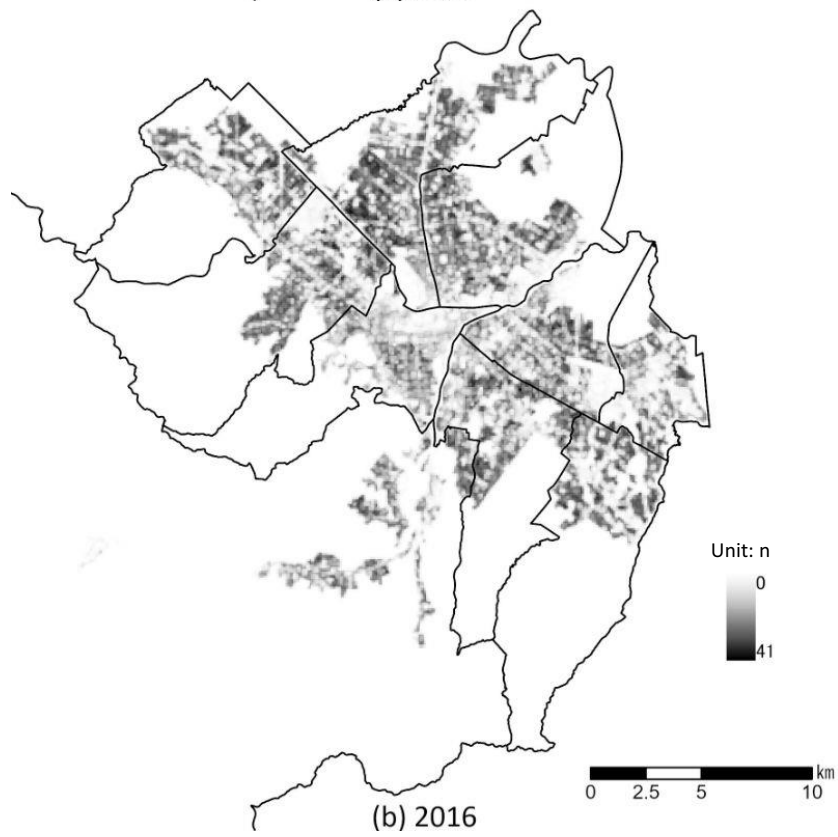
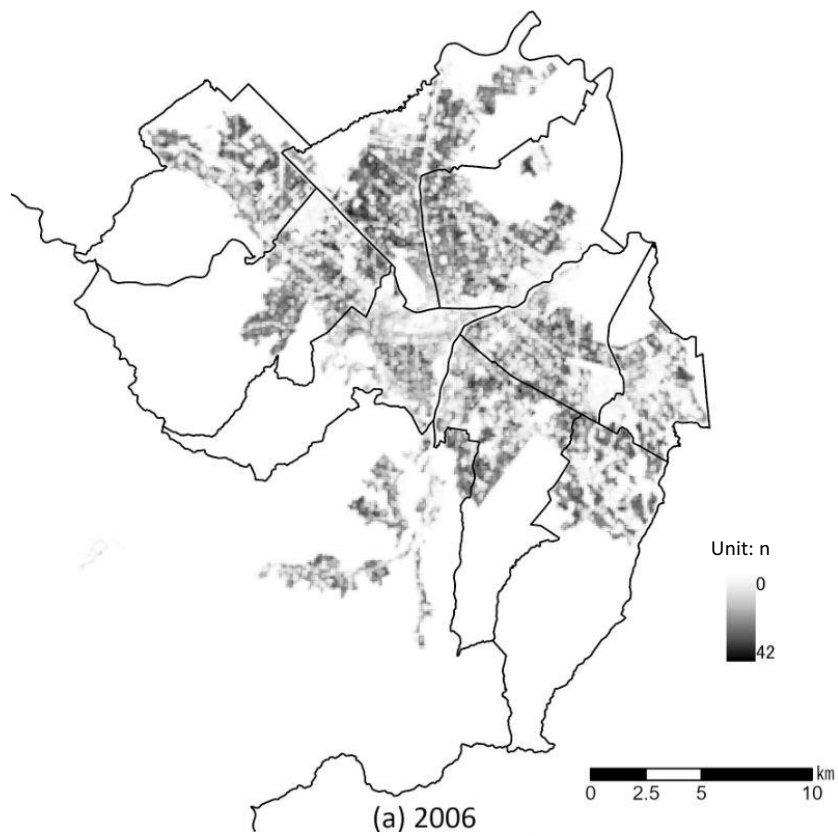


Fig.4-3-1 Sapporo: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year.

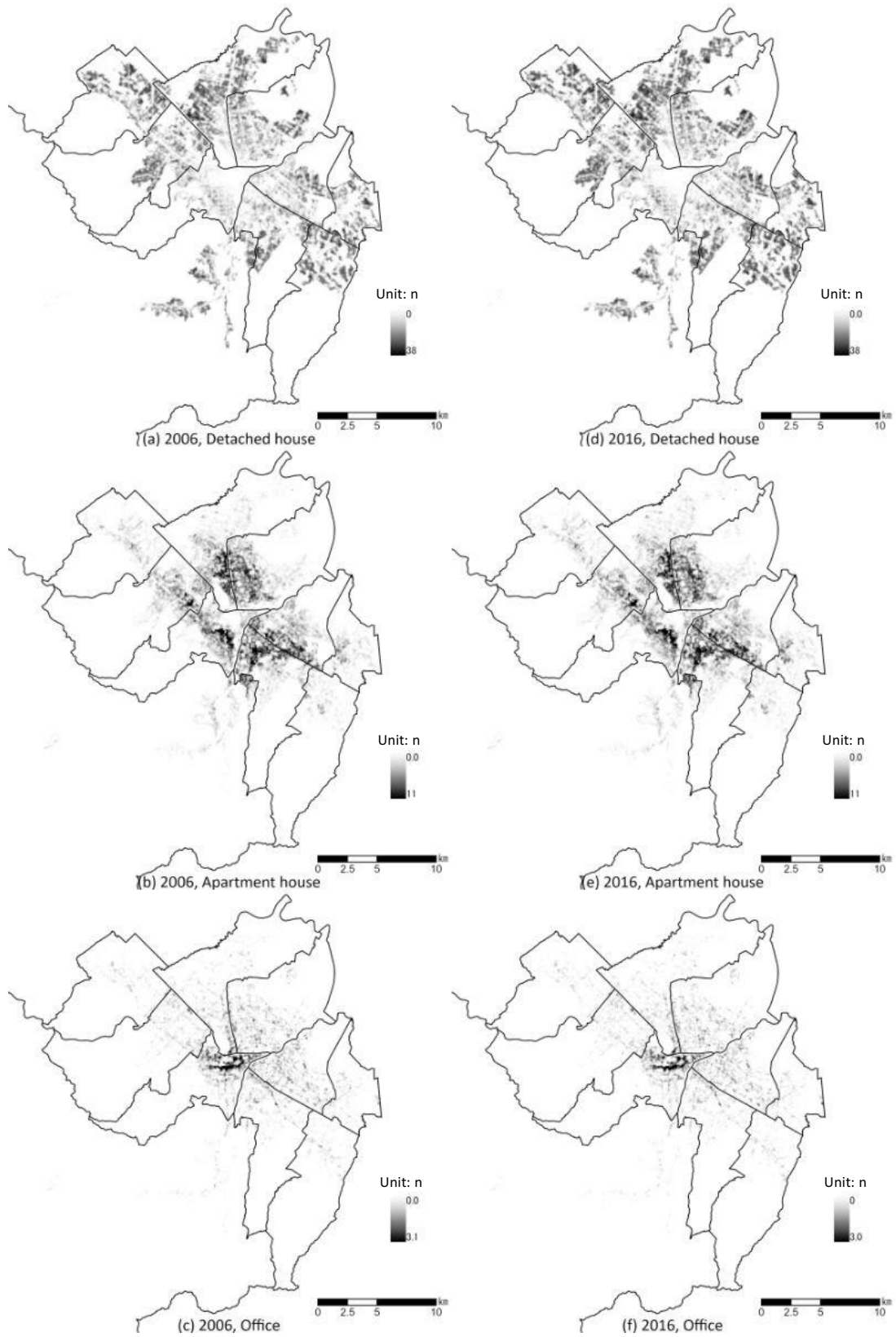


Fig.4-3-2 Sapporo: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year & use.

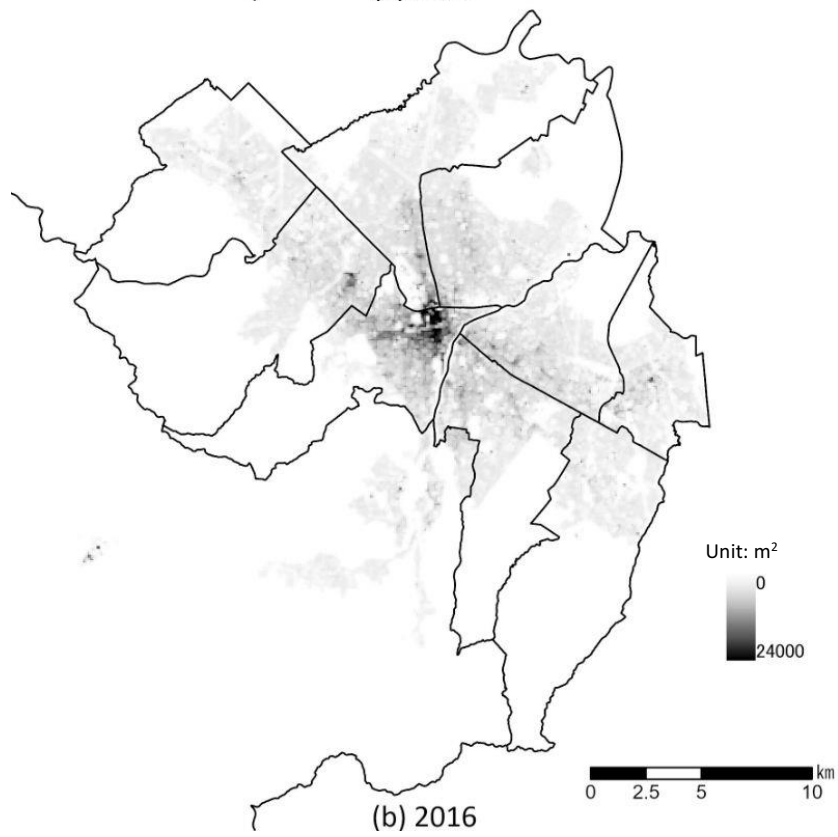
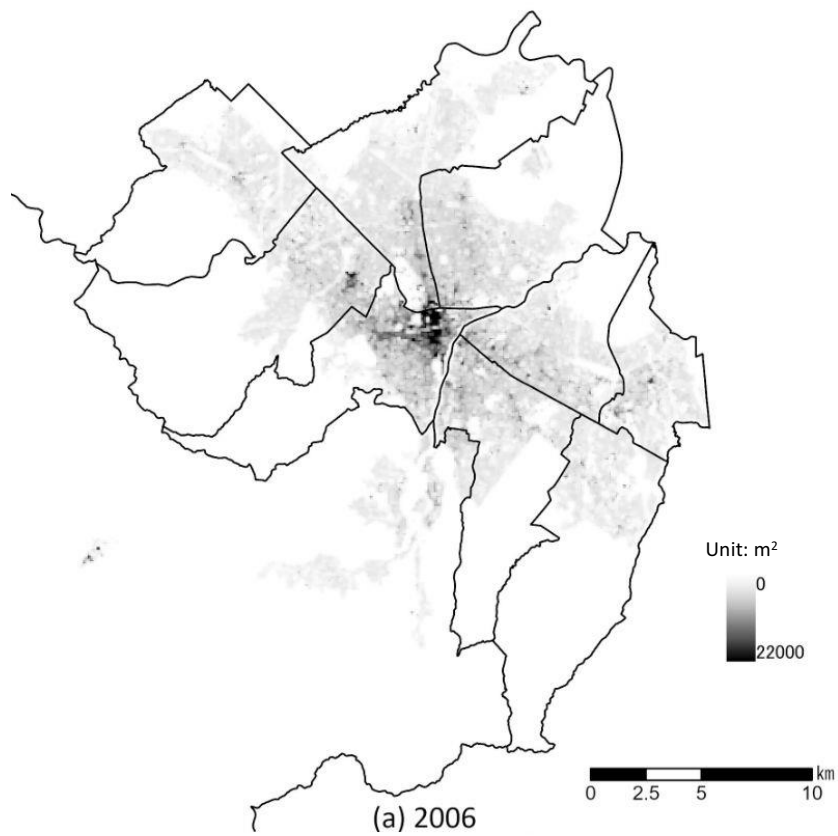


Fig.4-3-3 Sapporo: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year.

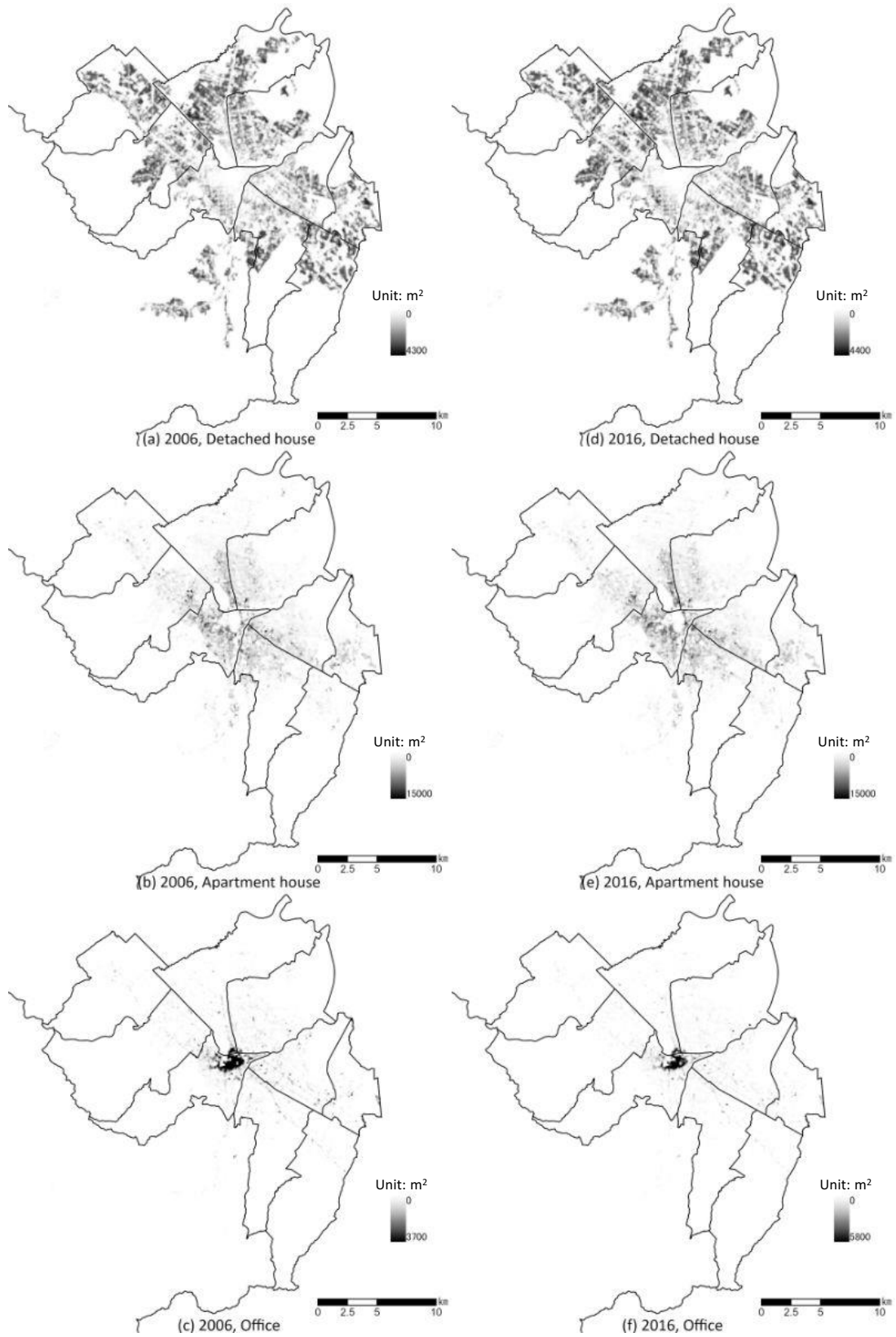
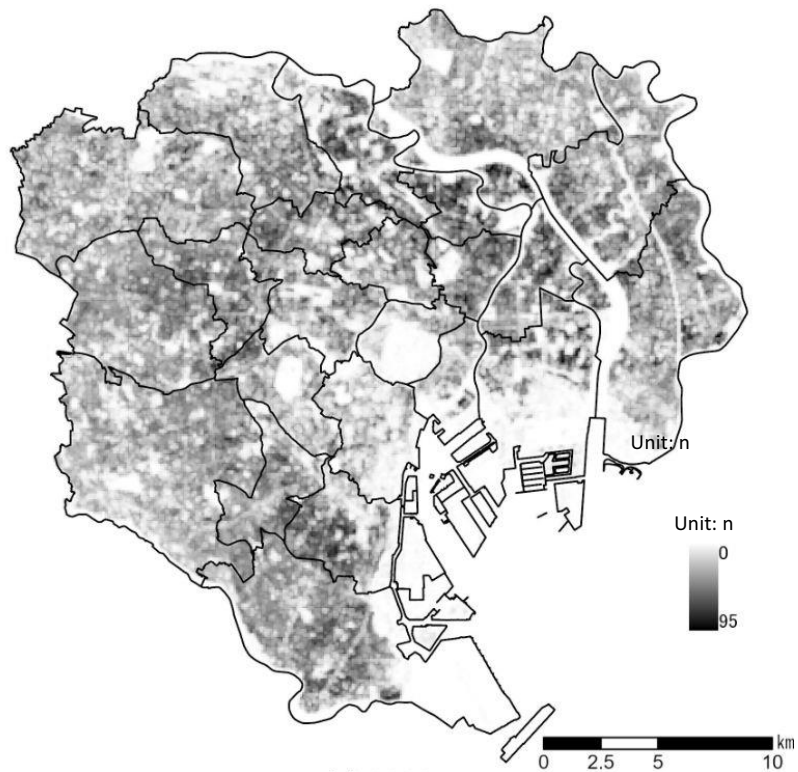


Fig.4-3-4 Sapporo: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year & use.

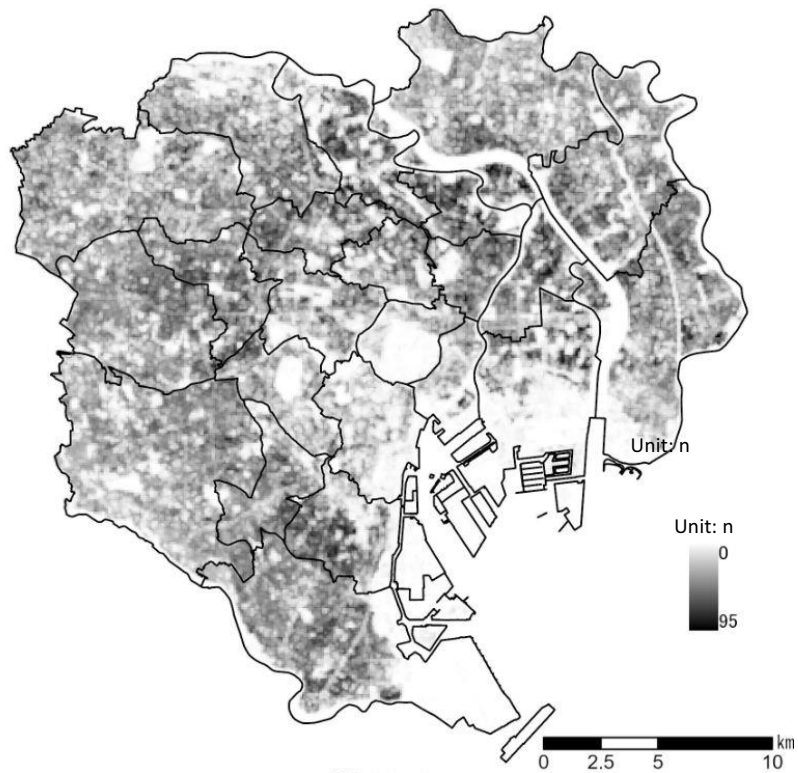
Fig.4-3-5 から Fig.4-3-8 は東京都 23 区における観察期間の期初と期末の建築ストックの地理的分布である。Fig.4-3-5 は棟数ベースの密度推定であり、Fig.4-3-6 はそれを用途別に示したものである。Fig.4-3-7 は延床面積ベースの密度推定であり、Fig.4-3-8 はそれを用途別に示したものである。

まず棟数ベースでみると、Fig.4-3-5 から、都市の周縁部に多くの建物が存在していることが分かる。また Fig.4-3-6 をから、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。

続いて延床面積ベースでみると、Fig.4-3-7 から、全建物の延床面積の分布の中心は都市の中心部に集中している様子が分かる。これは Fig.4-3-5 でみた棟数ベースの全建物の分布とは逆の状況となっている。また Fig.4-3-8 から、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。この点においては Fig.4-3-6 でみた棟数ベースの用途別の分布と同様である。しかしながら事務所と集合住宅については分布の比重が棟数ベースと延床面積ベースで異なっており、いずれも棟数ベースに比べて中心部に比重の偏りが大きくなっている。またその傾向は経年により、より強くなっている様子が分かる。その一方で戸建住宅の延床面積ベースの分布は棟数ベースの分布とほぼ同等である。



(a) 2006



(b) 2016

Fig.4-3-5 Tokyo: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year.

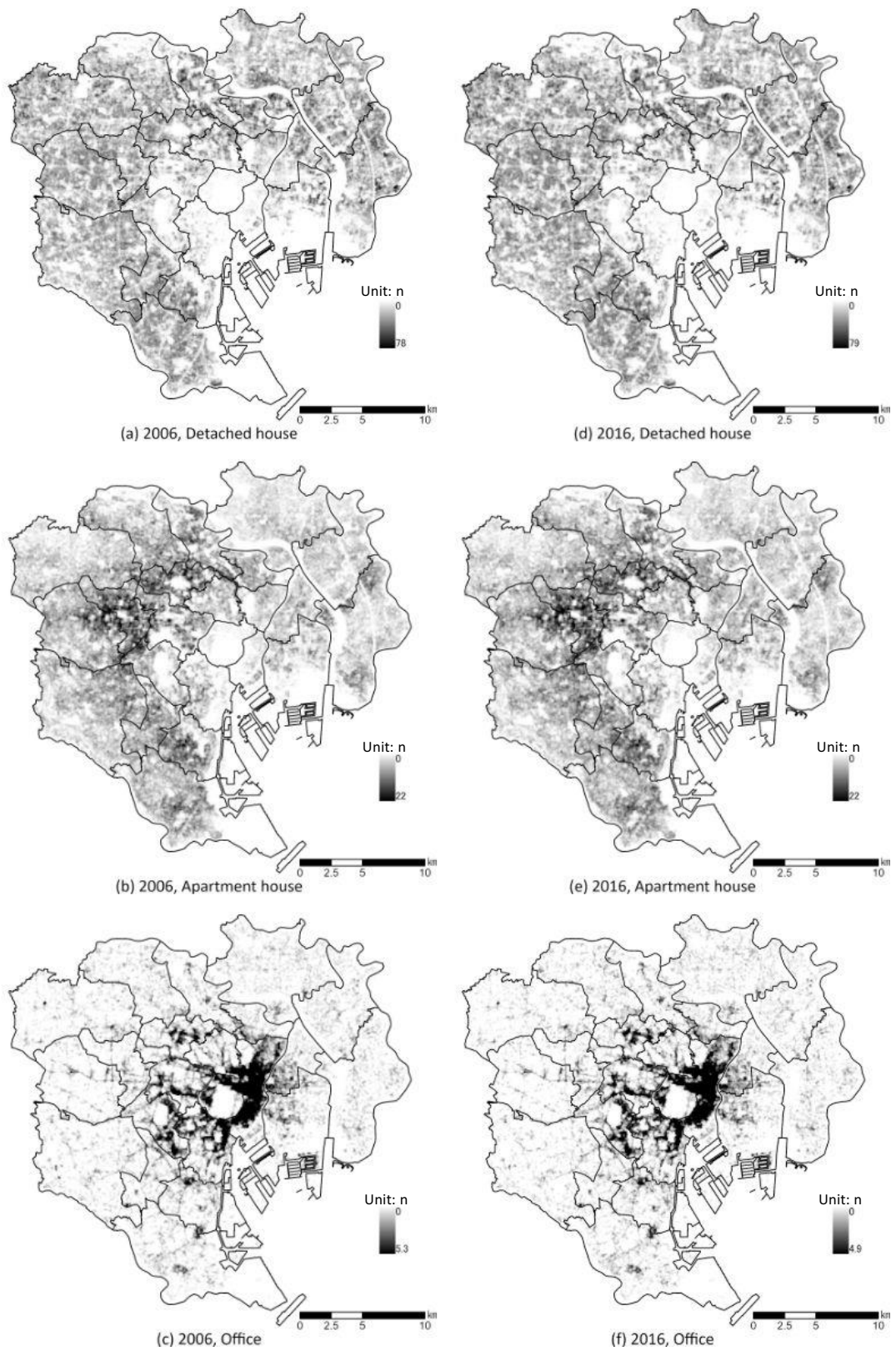
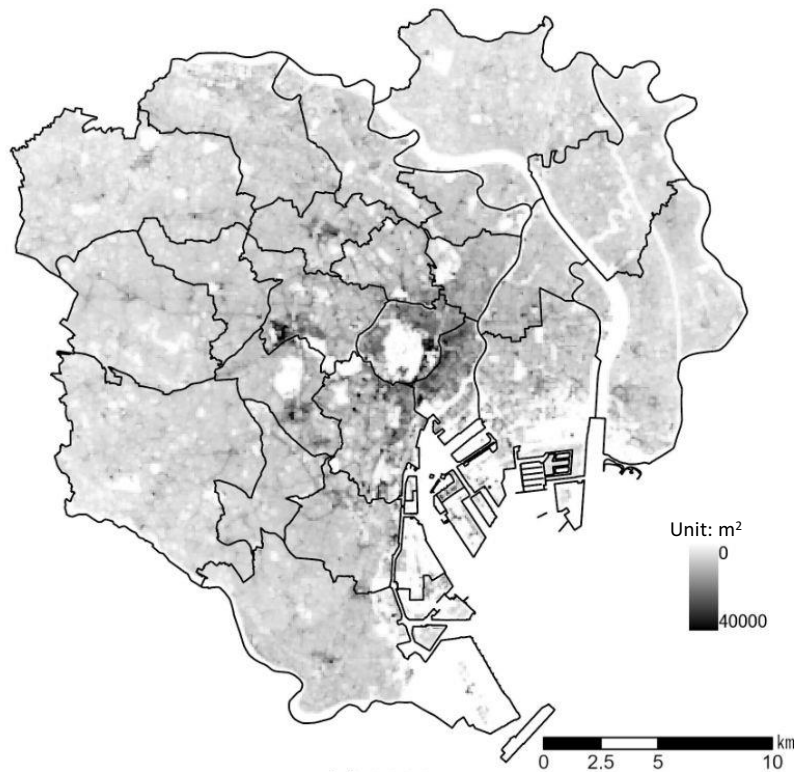
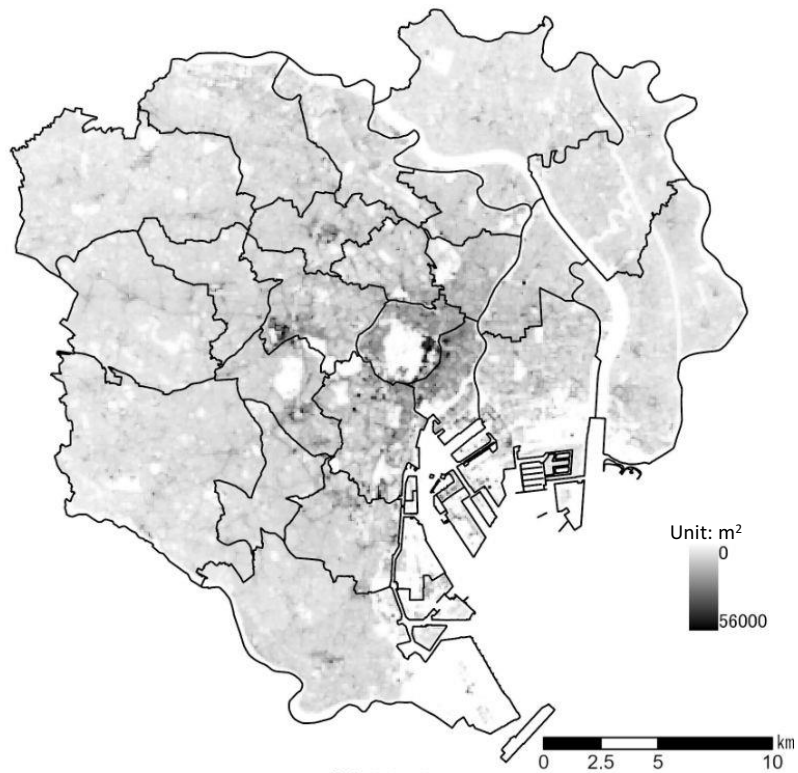


Fig.4-3-6 Tokyo: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year & use.



(a) 2006



(b) 2016

Fig.4-3-7 Tokyo: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year.

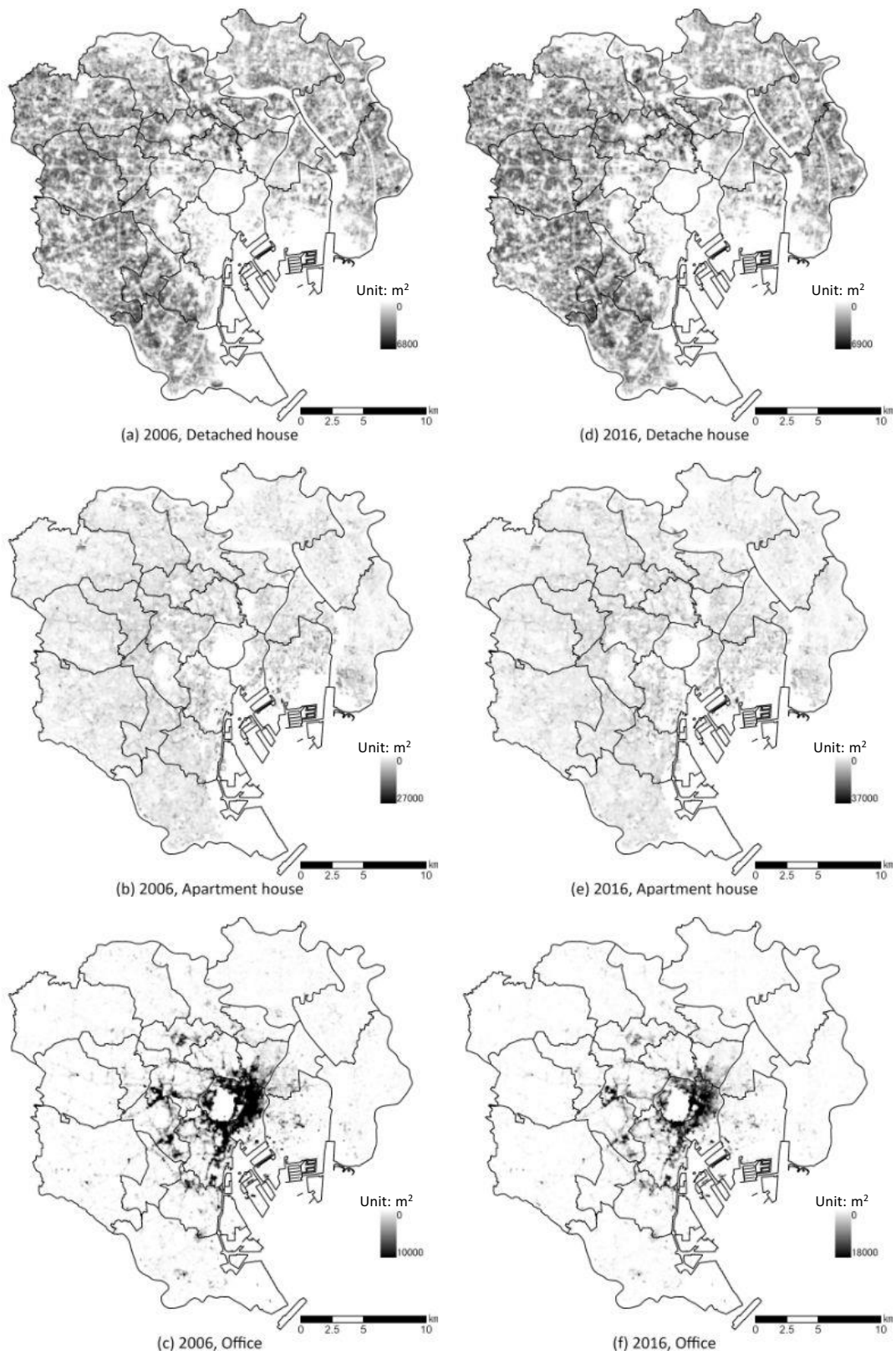


Fig.4-3-8 Tokyo: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year & use.

Fig.4-3-9 から Fig.4-3-12 は横浜市における観察期間の期初と期末の建築ストックの地理的分布である。Fig.4-3-9 は棟数ベースの密度推定であり、Fig.4-3-10 はそれを用途別に示したものである。Fig.4-3-11 は延床面積ベースの密度推定であり、Fig.4-3-12 はそれを用途別に示したものである。

まず棟数ベースでみると、Fig.4-3-9 から、都市の周縁部に多くの建物が存在していることが分かる。また Fig.4-3-10 をから、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。

続いて延床面積ベースでみると、Fig.4-3-11 から、全建物の延床面積の分布の中心は都市の中心部に集中している様子が分かる。これは Fig.4-3-9 でみた棟数ベースの全建物の分布とは逆の状況となっている。また Fig.4-3-12 から、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。この点においては Fig.4-3-10 でみた棟数ベースの用途別の分布と同様である。しかしながら事務所と集合住宅については分布の比重が棟数ベースと延床面積ベースで異なっており、いずれも棟数ベースに比べて中心部に比重の偏りが大きくなっている。またその傾向は経年により、より強くなっている様子が分かる。その一方で戸建住宅の延床面積ベースの分布は棟数ベースの分布とほぼ同等である。

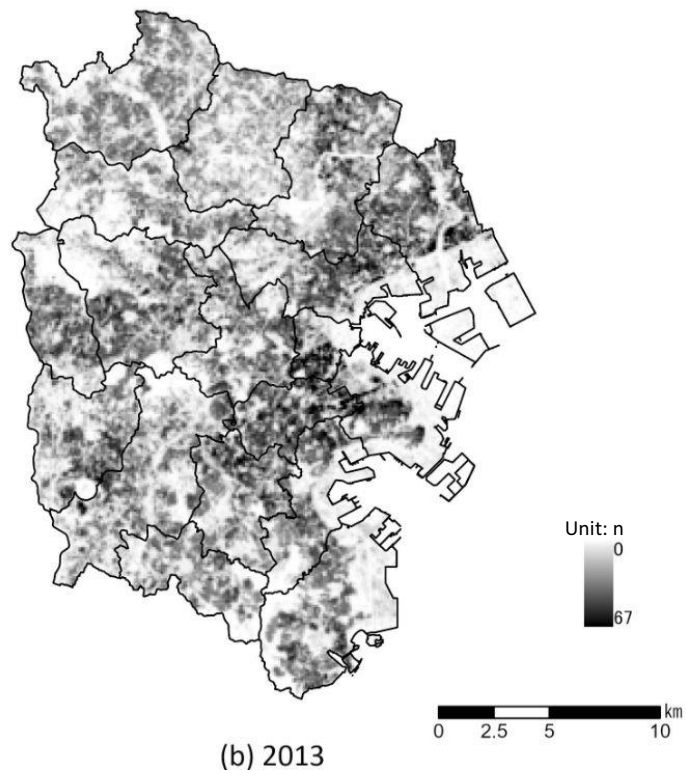
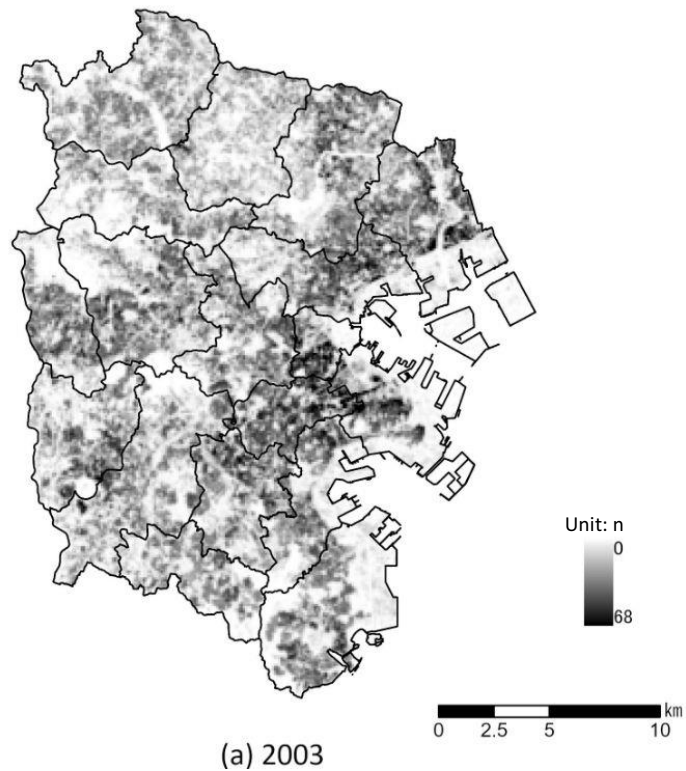


Fig.4-3-9 Yokohama: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year.

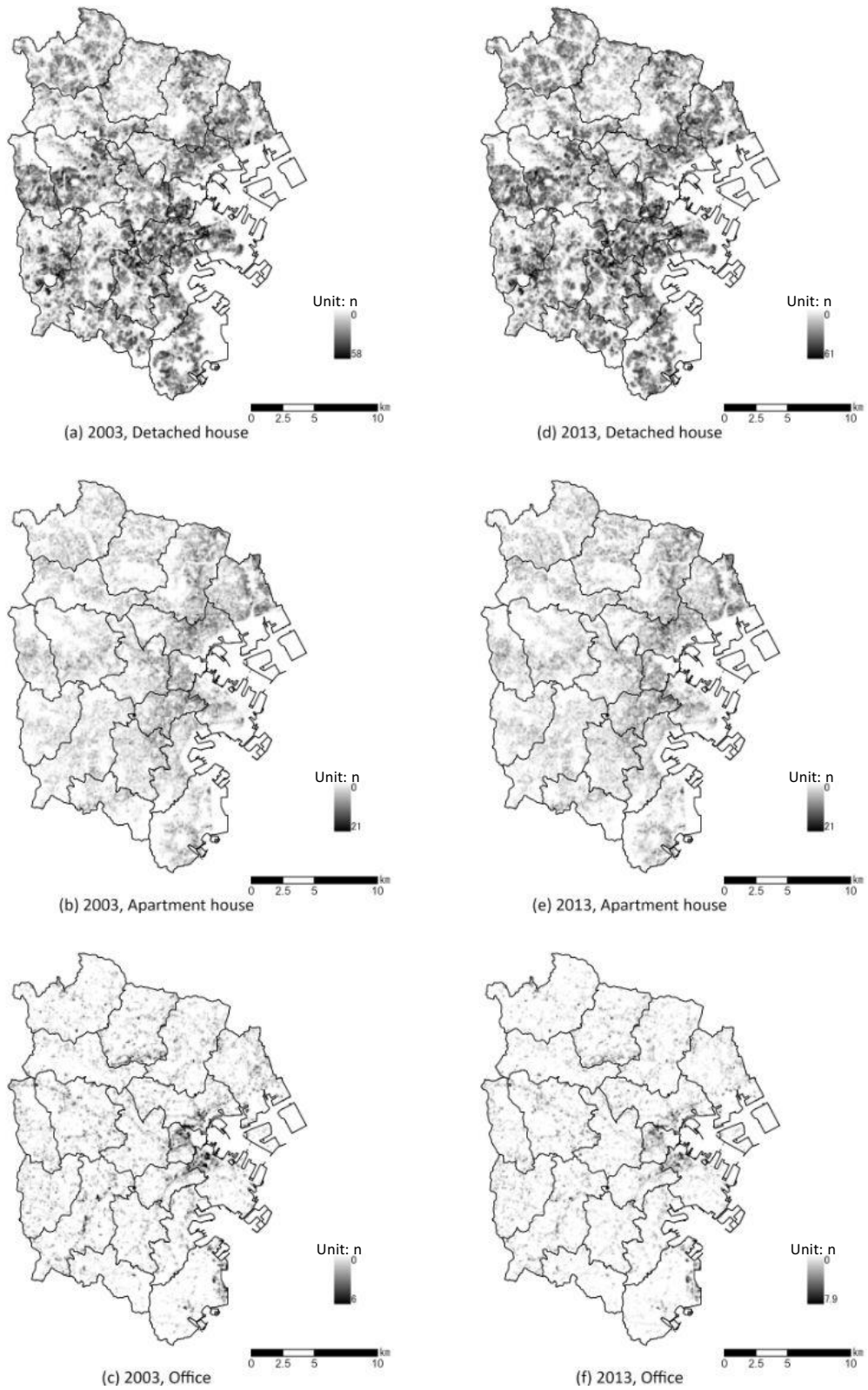


Fig.4-3-10 Yokohama: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year & use.

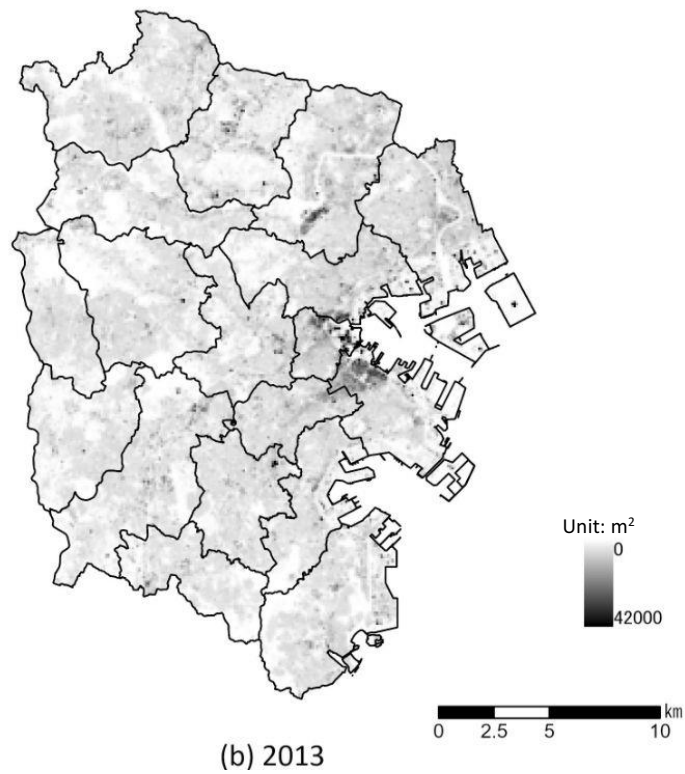
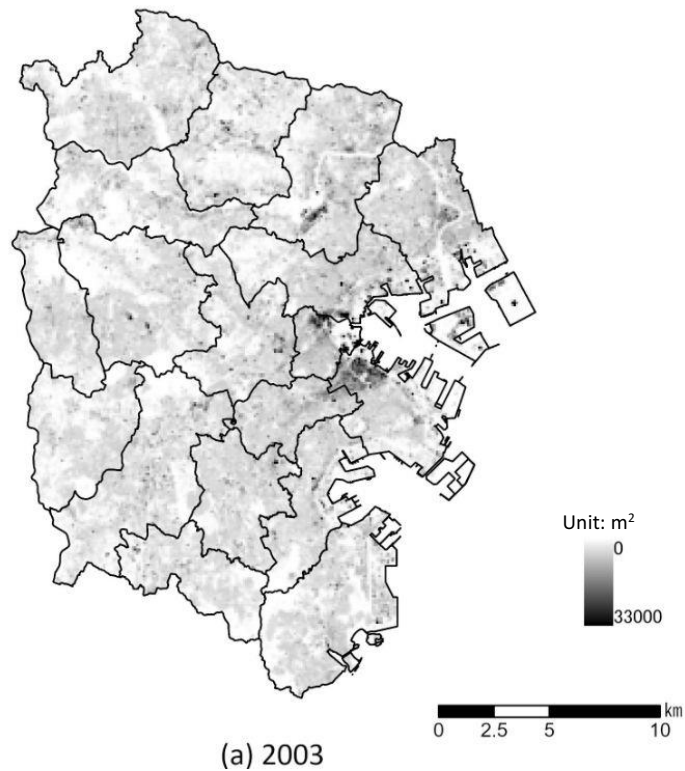


Fig.4-3-11 Yokohama: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year.

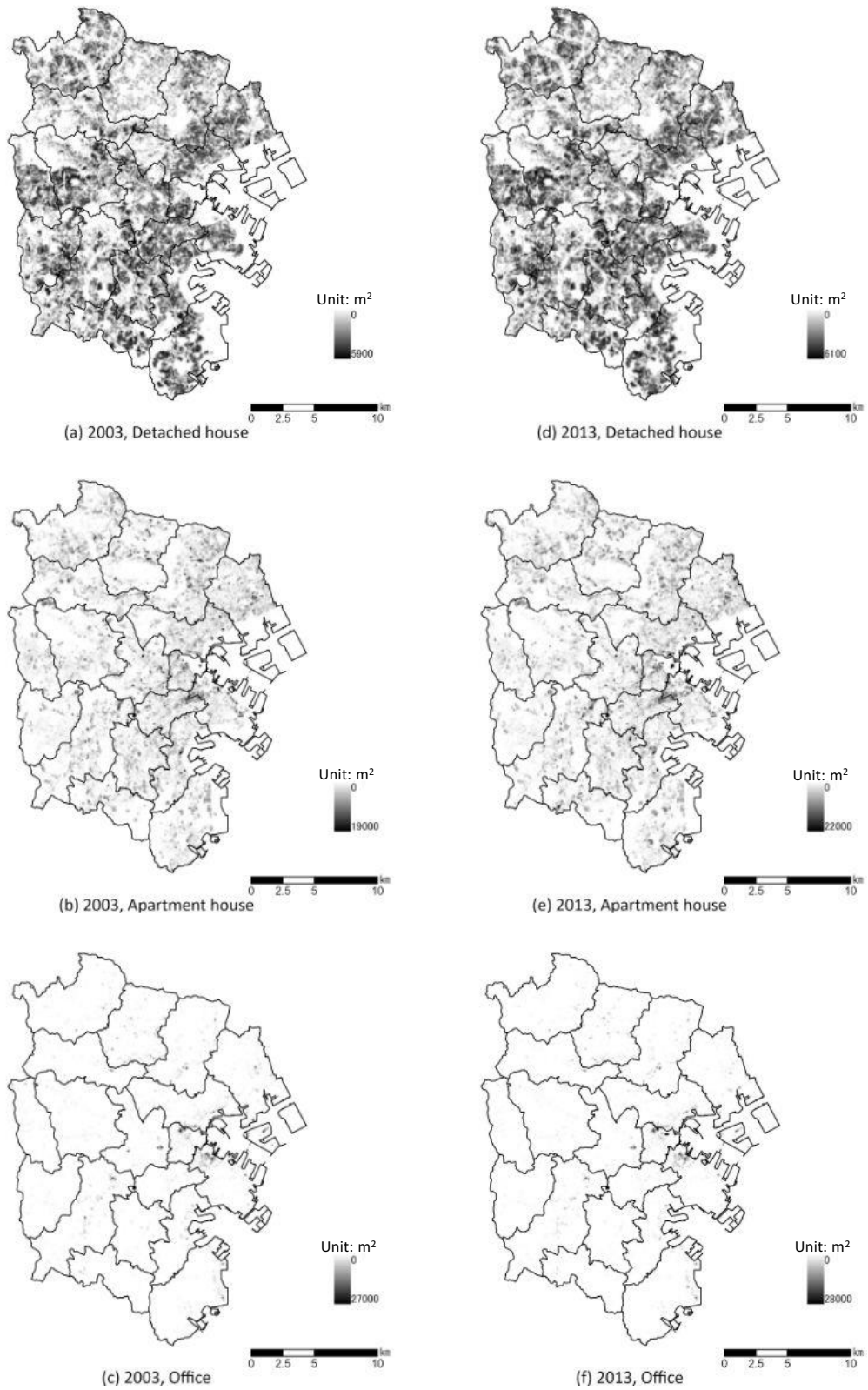


Fig.4-3-12 Yokohama: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year & use.

Fig.4-3-13 から Fig.4-3-16 は名古屋市における観察期間の期初と期末の建築ストックの地理的分布である。Fig.4-3-13 は棟数ベースの密度推定であり、Fig.4-3-14 はそれを用途別に示したものである。Fig.4-3-15 は延床面積ベースの密度推定であり、Fig.4-3-16 はそれを用途別に示したものである。

まず棟数ベースでみると、Fig.4-3-13 から、都市の周縁部に多くの建物が存在していること、そしてその比重が経年によって強くなっている状況が分かる。また Fig.4-3-14 をから、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められないが、名古屋市の場合、戸建住宅の周縁部への拡大が顕著である。

続いて延床面積ベースでみると、Fig.4-3-15 から、全建物の延床面積の分布の中心は都市の中心部に集中している様子が分かる。これは Fig.4-3-13 でみた棟数ベースの全建物の分布とは逆の状況となっている。また Fig.4-3-16 から、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。この点においては Fig.4-3-14 でみた棟数ベースの用途別の分布と同様である。しかしながら事務所と集合住宅については分布の比重が棟数ベースと延床面積ベースで異なっており、いずれも棟数ベースに比べて中心部に比重の偏りが大きくなっている。またその傾向は経年により、より強くなっている様子が分かる。その一方で戸建住宅の延床面積ベースの分布は棟数ベースの分布とほぼ同等である。

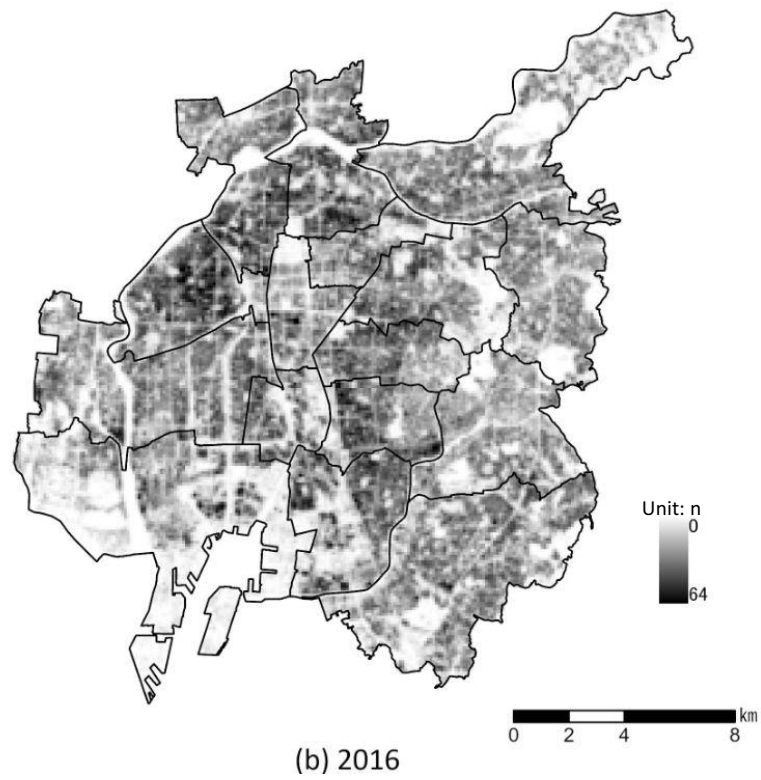
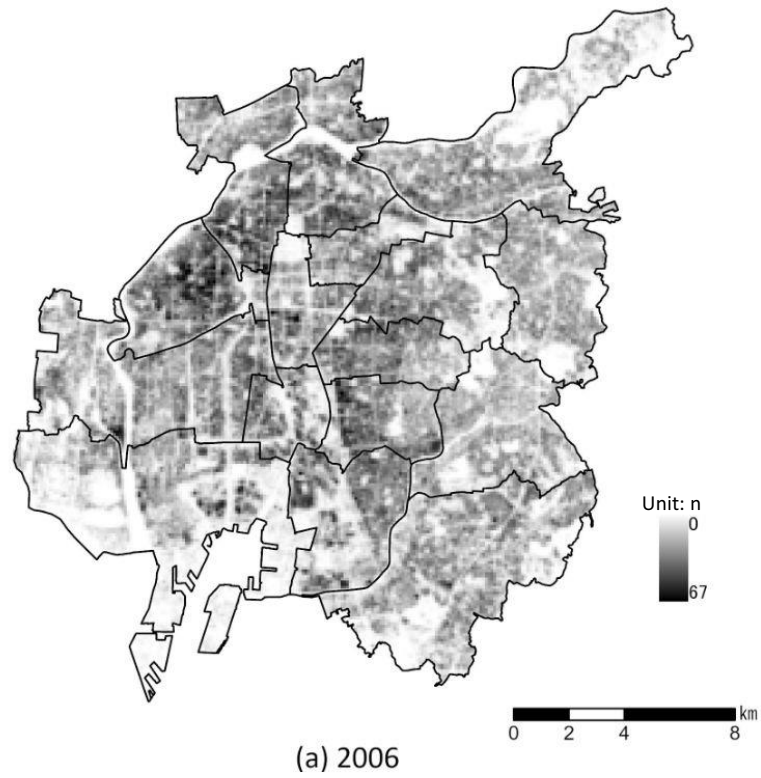


Fig.4-3-13 Nagoya: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year.

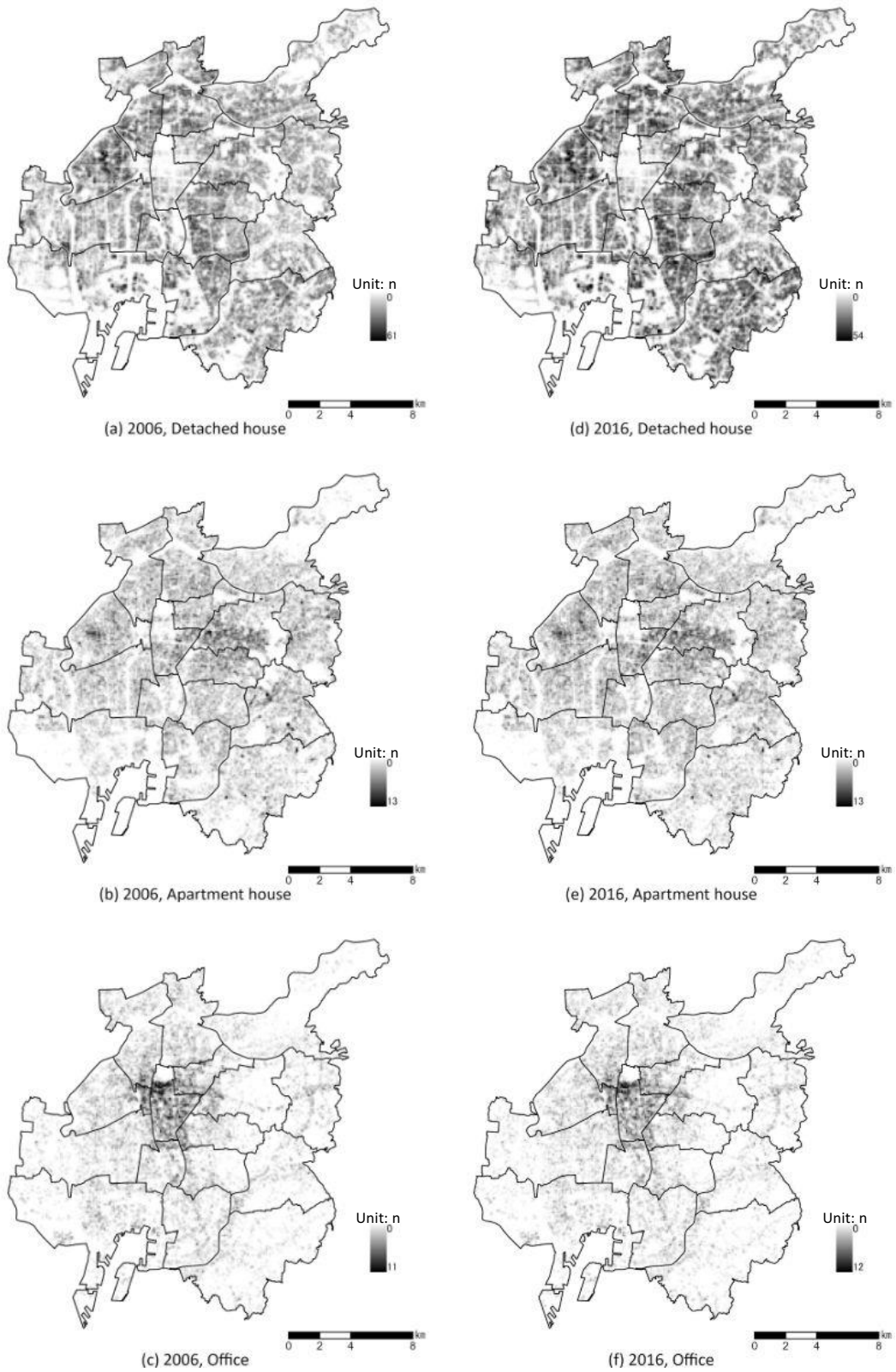
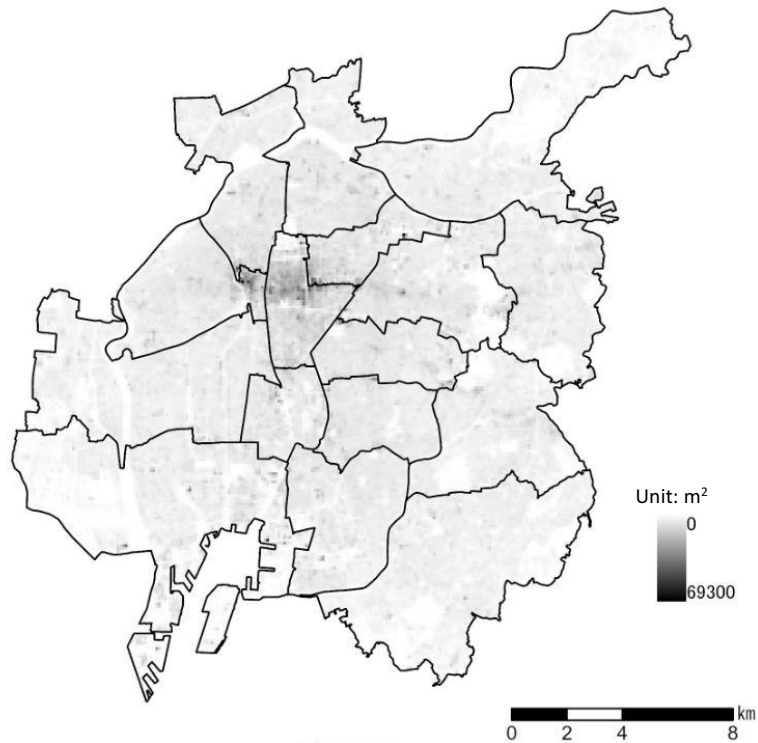
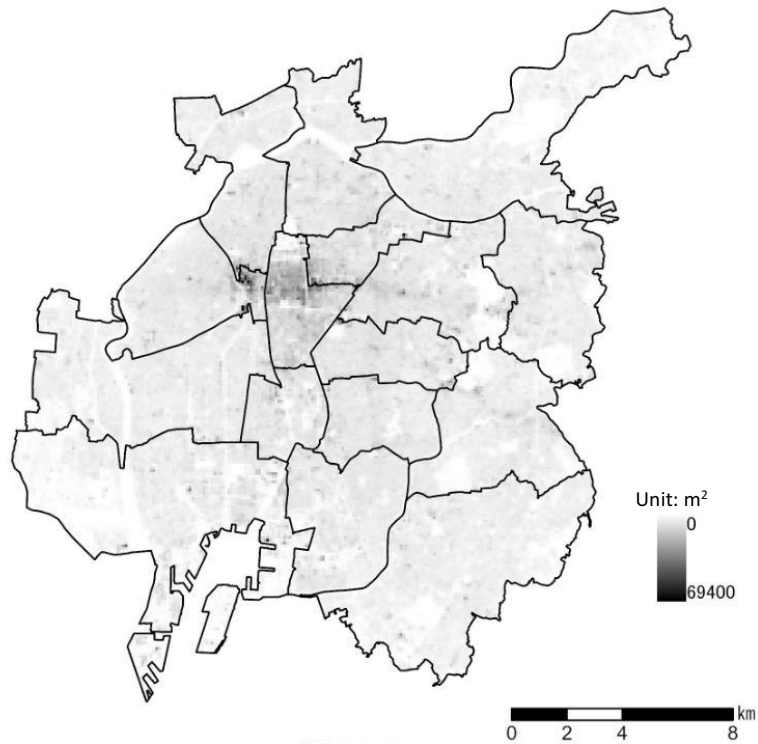


Fig.4-3-14 Nagoya: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year & use.



(a) 2006



(b) 2016

Fig.4-3-15 Nagoya: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year.

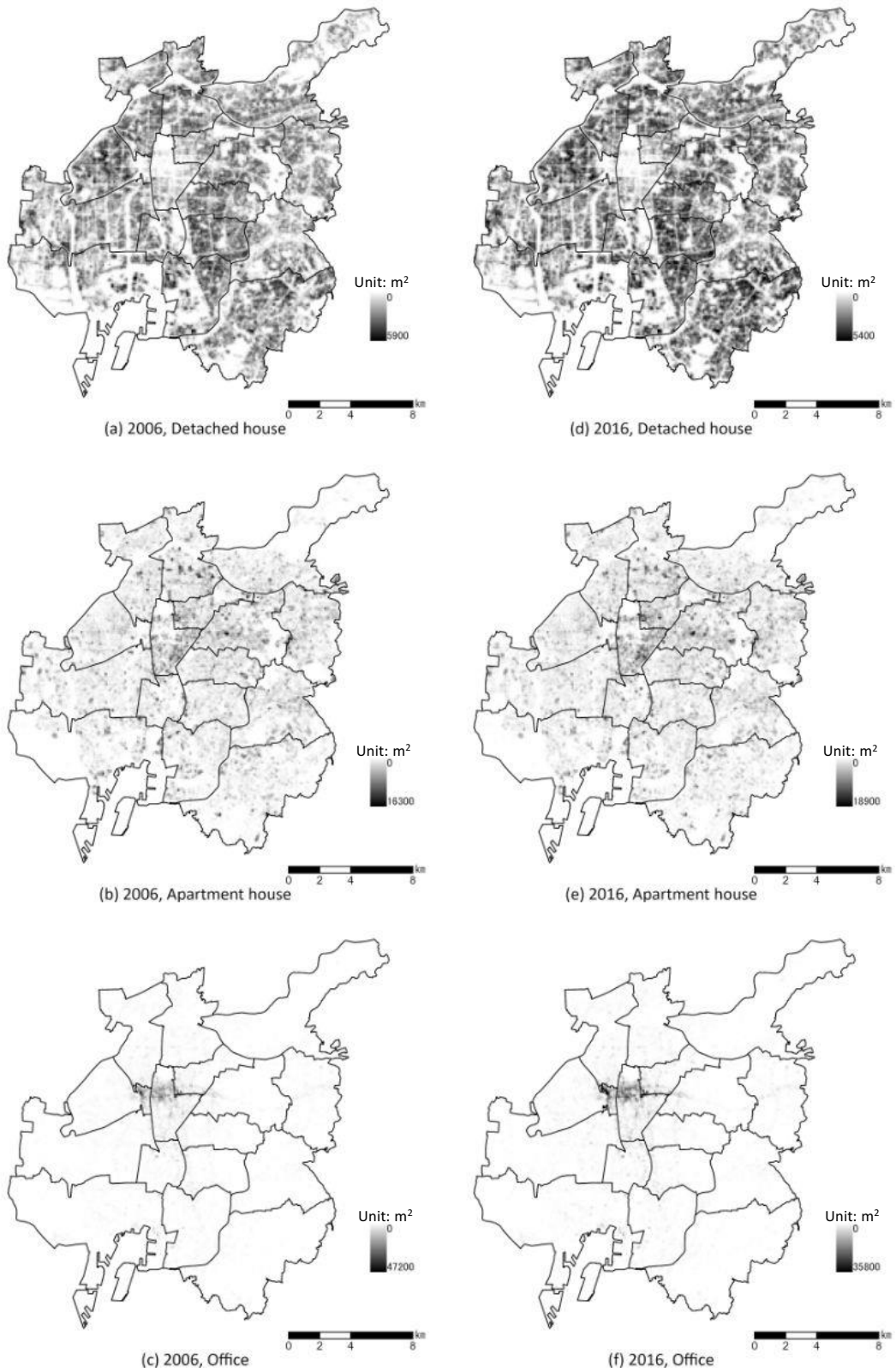


Fig.4-3-16 Nagoya: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year & use.

Fig.4-3-17 から Fig.4-3-20 は大阪市における観察期間の期初と期末の建築ストックの地理的分布である。Fig.4-3-17 は棟数ベースの密度推定であり、Fig.4-3-18 はそれを用途別に示したものである。Fig.4-3-19 は延床面積ベースの密度推定であり、Fig.4-3-20 はそれを用途別に示したものである。

まず棟数ベースでみると、Fig.4-3-17 から、都市の周縁部に多くの建物が存在していることが分かる。また Fig.4-3-18 をから、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。

続いて延床面積ベースでみると、Fig.4-3-19 から、全建物の延床面積の分布の中心は都市の中心部に集中している様子が分かる。これは Fig.4-3-17 でみた棟数ベースの全建物の分布とは逆の状況となっている。また Fig.4-3-20 から、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。しかしながら事務所と集合住宅については分布の比重が棟数ベースと延床面積ベースで異なっておりいずれも棟数ベースに比べて中心部に比重の偏りが大きくなっている。この点においては他都市と同傾向であるが、経年による比重の変化については大阪市の場合、他の都市と異なり少ない。

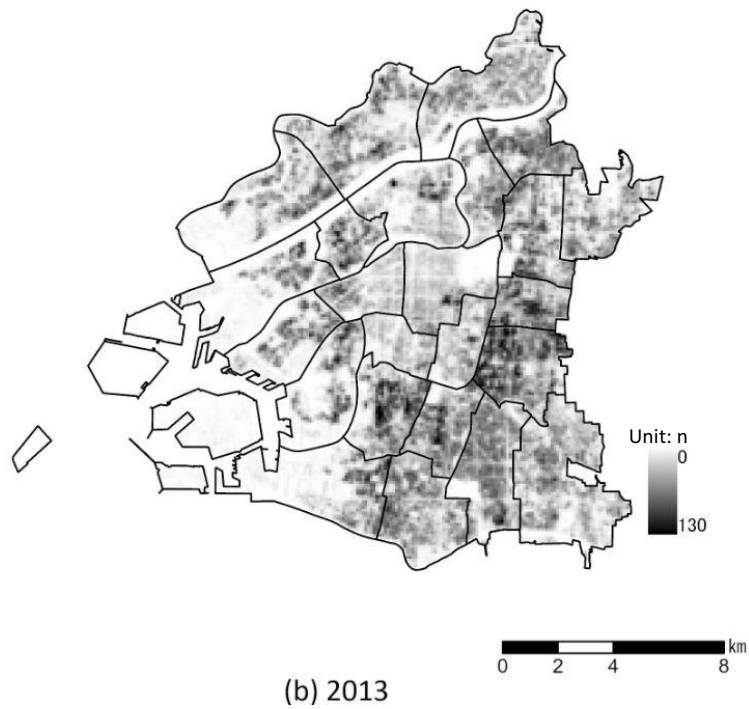
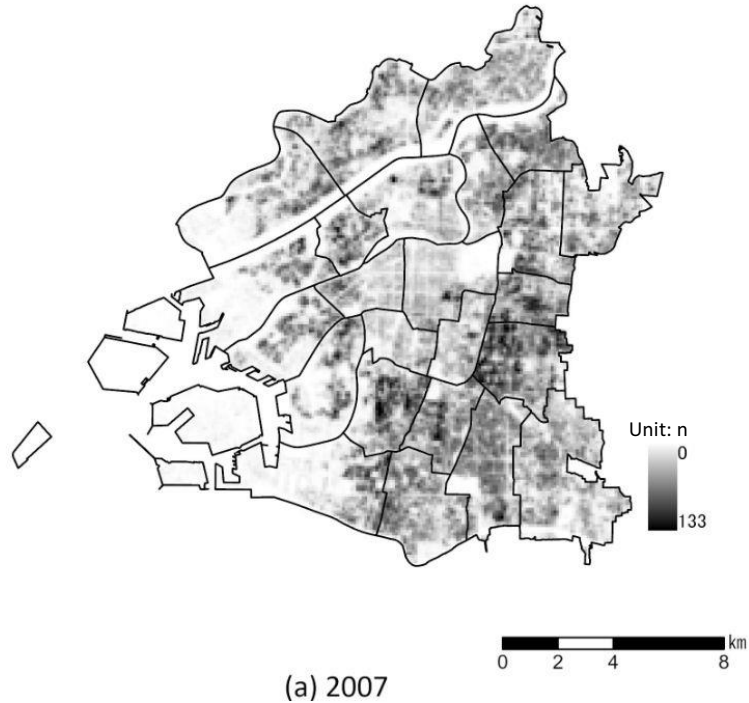


Fig.4-3-17 Osaka: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year.



Fig.4-3-18 Osaka: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year & use.

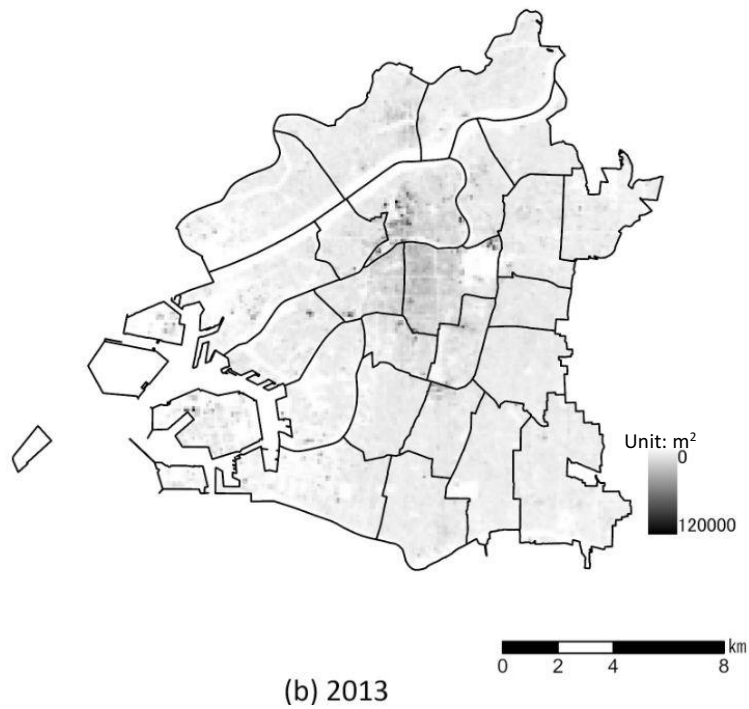
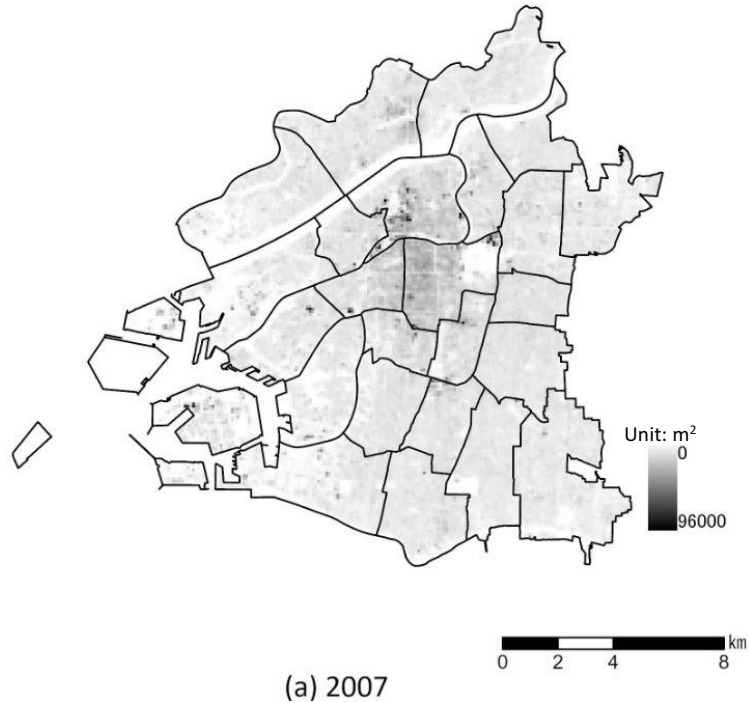


Fig.4-3-19 Osaka: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year.

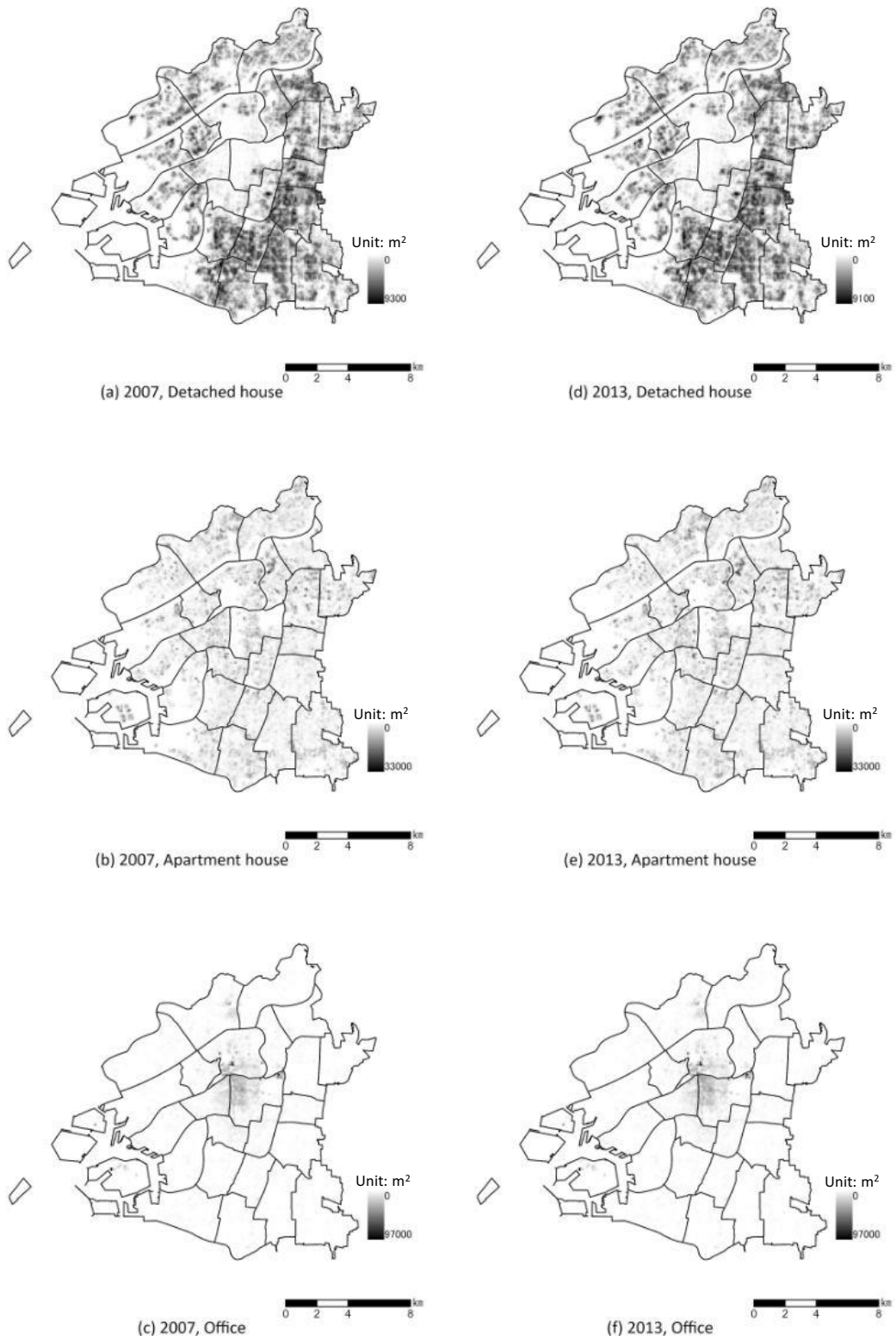


Fig.4-3-20 Osaka: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year & use.

Fig.4-3-21 から Fig.4-3-24 は福岡市における観察期間の期初と期末の建築ストックの地理的分布である。Fig.4-3-21 は棟数ベースの密度推定であり、Fig.4-3-22 はそれを用途別に示したものである。Fig.4-3-23 は延床面積ベースの密度推定であり、Fig.4-3-24 はそれを用途別に示したものである。

まず棟数ベースでみると、Fig.4-3-21 から、都市の周縁部に多くの建物が存在していることが分かる。また Fig.4-3-22 をから、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。

続いて延床面積ベースでみると、Fig.4-3-23 から、全建物の延床面積の分布の中心は都市の中心部に集中している様子が分かる。これは Fig.4-3-21 でみた棟数ベースの全建物の分布とは逆の状況となっている。また Fig.4-3-24 から、周縁部に存在する建物の多くは戸建住宅であり、中心部には事務所が主立って存在しており、その周辺には集合住宅が多く存在していることが分かる。これらの用途による分布の違いについて経年による変化は認められない。この点においては Fig.4-3-22 でみた棟数ベースの用途別の分布と同様である。しかしながら事務所と集合住宅については分布の比重が棟数ベースと延床面積ベースで異なっており、いずれも棟数ベースに比べて中心部に比重の偏りが大きくなっている。またその傾向は集合住宅については経年により、より強くなっている様子が分かる。その一方で戸建住宅の延床面積ベースの分布は棟数ベースの分布とほぼ同等である。

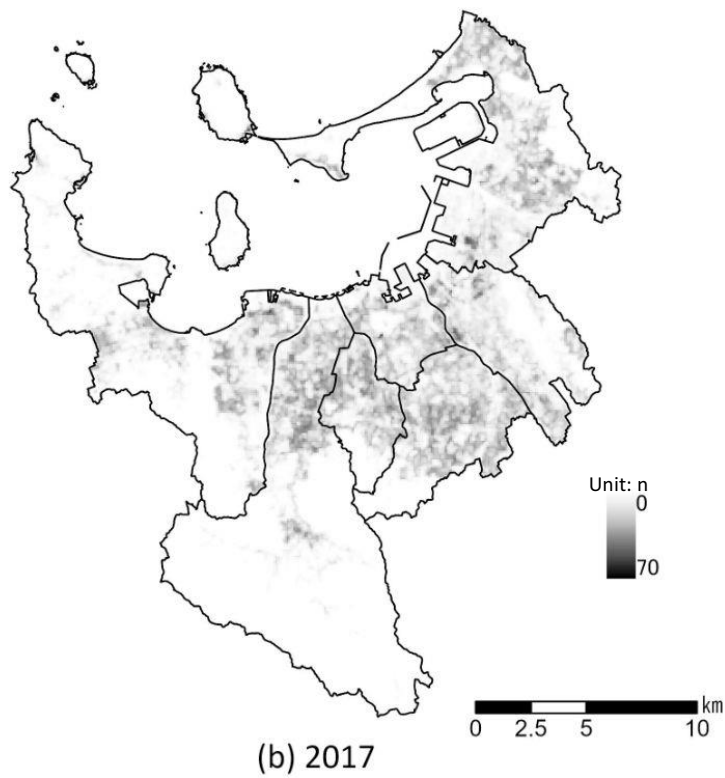
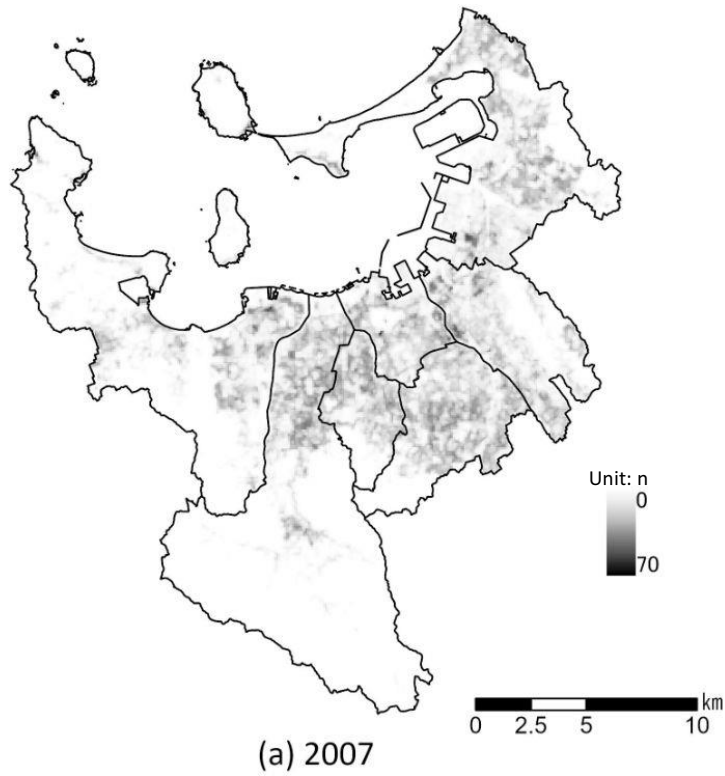


Fig.4-3-21 Fukuoka: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year.

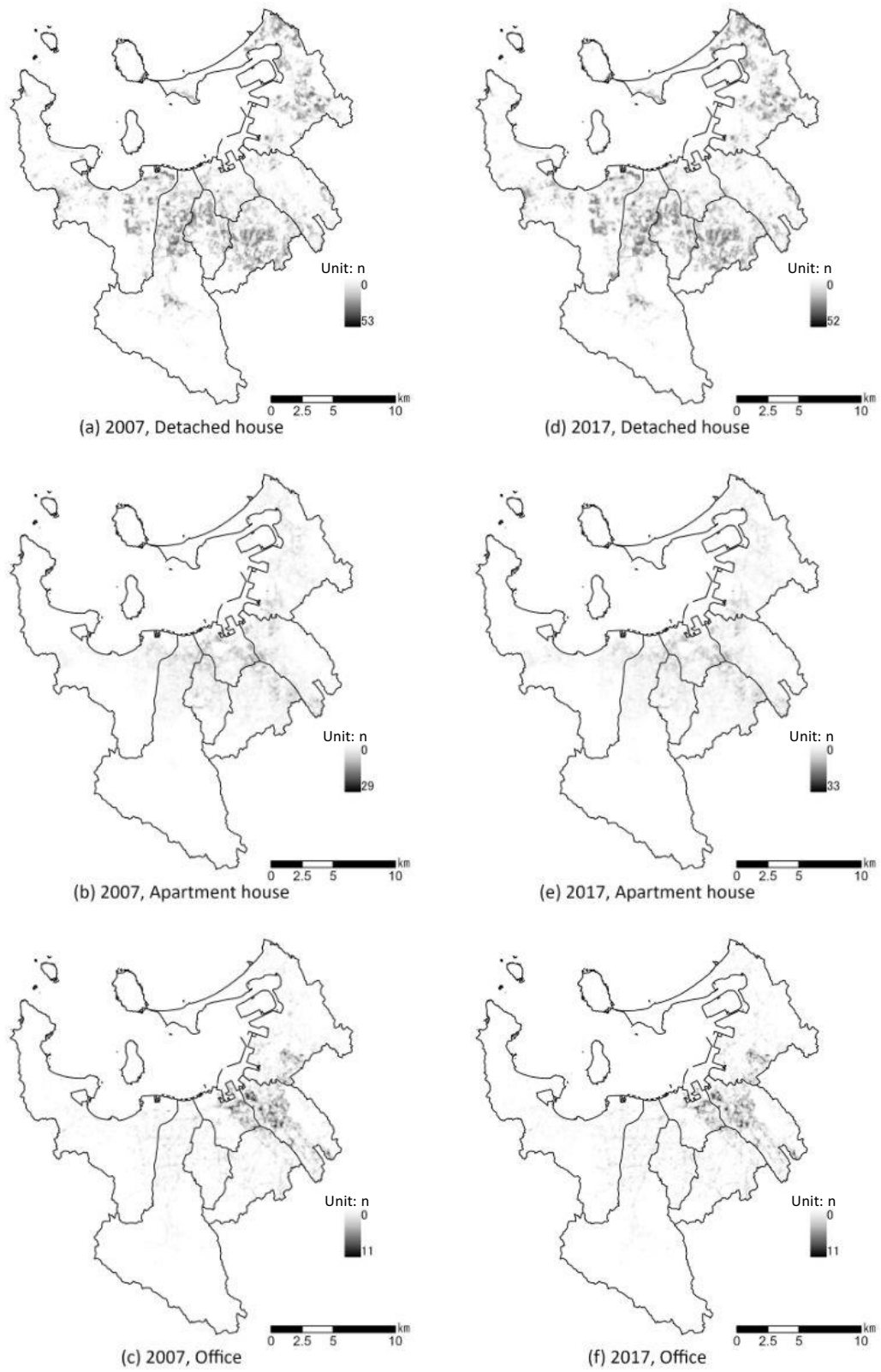


Fig.4-3-22 Fukuoka: Geographic distribution of building stock based on number of buildings by year & use.

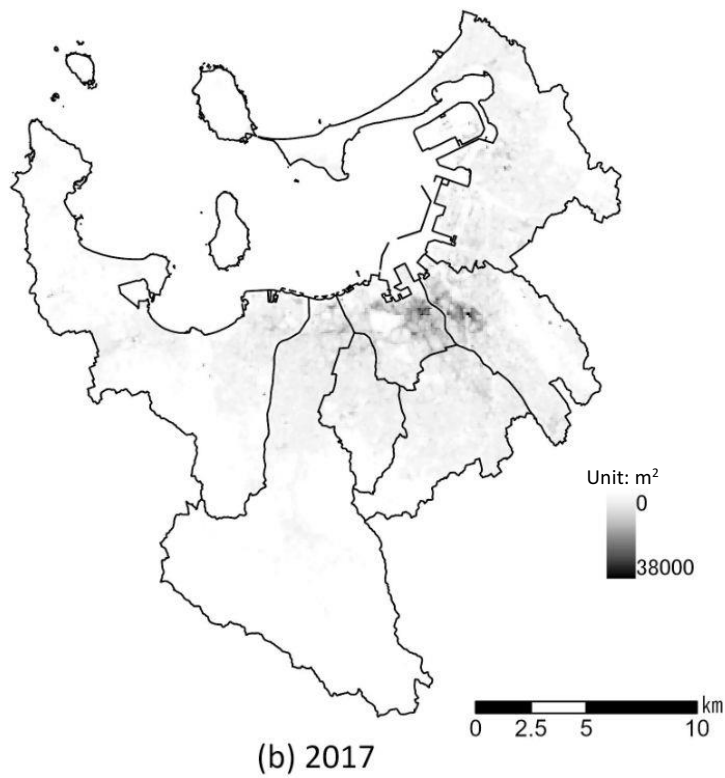
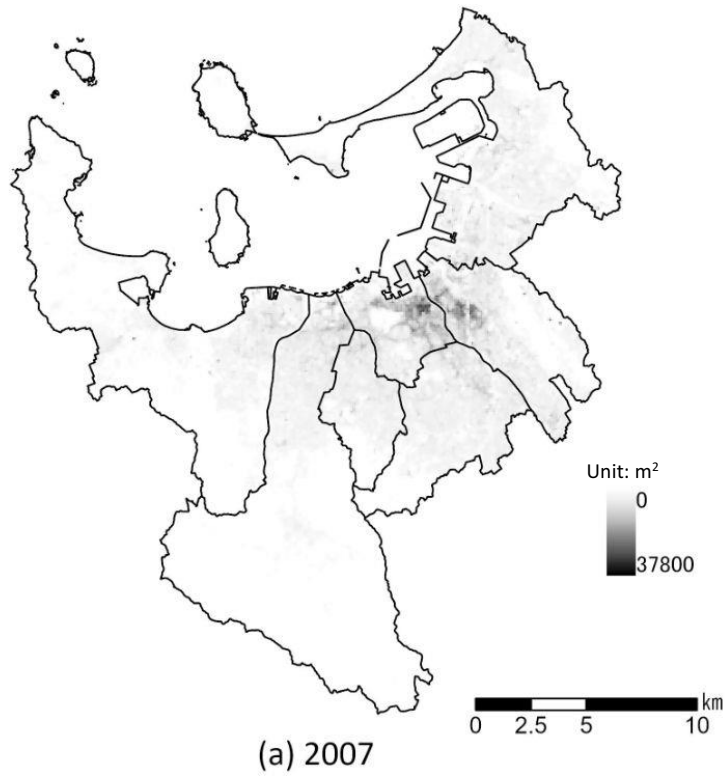


Fig.4-3-23 Fukuoka: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year.

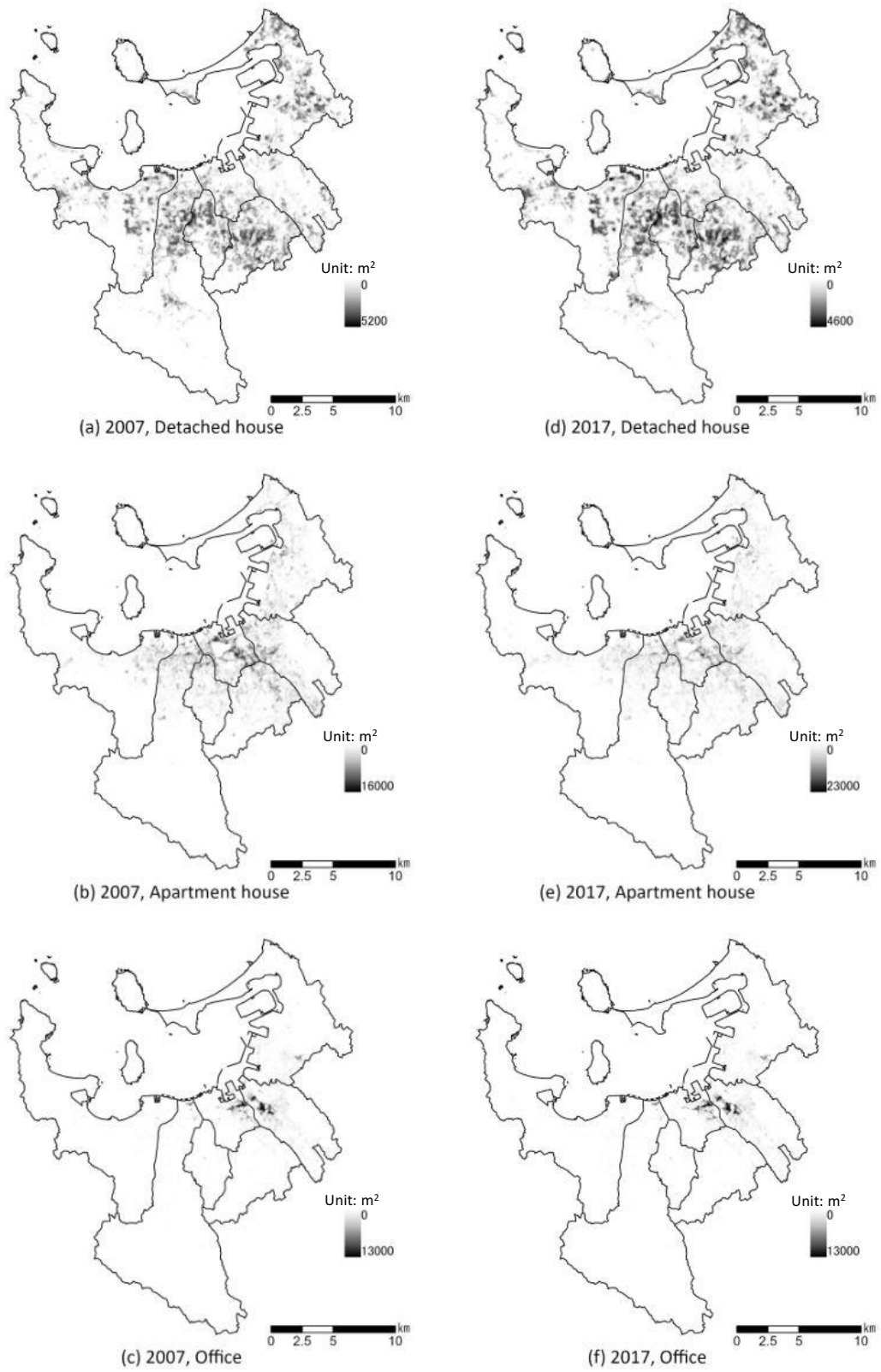


Fig.4-3-24 Fukuoka: Geographic distribution of building stock based on building gross floor area by year & use.

4-3-3 建蔽率・容積率の変化の地理的分布

前項では、建蔽率と容積率について、各時点における実体的な値を示した。ここでは、その変化量に着目して、建蔽率や容積率の増大や減少といった変化が都市のどこで起こっているのか観察する。また、Fig.4-3-7 から 4-4-18 は都市別の観察の期初から期末における建築率と容積率の変化状況を示したものである。

前項では、建築ストック集積の地理的分布を棟数及び延床面積という観点からみた。本項では、空間的な質を表す建蔽率および容積率についてその変化を見る。

Fig.4-3-25 から Fig.4-3-30 は都市別の街区単位の実態的な使用済み建蔽率および容積率の変化を示している。図の構成として、左側が建蔽率で右側が容積率であり、上段は、期初から期末にいたるそれぞれの増減、中段が期初時点における指定建蔽率・容積率との差、下段が期末時点における指定建蔽率・容積率との差を示している。数値の大小は色付けを行っている。

これをみると、各都市ともに周縁部では面的に建蔽率が上昇している一方で、容積率の上昇は都心に集中しており、一部地域では指定容積率を超えている様子がわかる。これは公開空地等の活用によって容積率ボーナスを獲得しているためと考えられる。

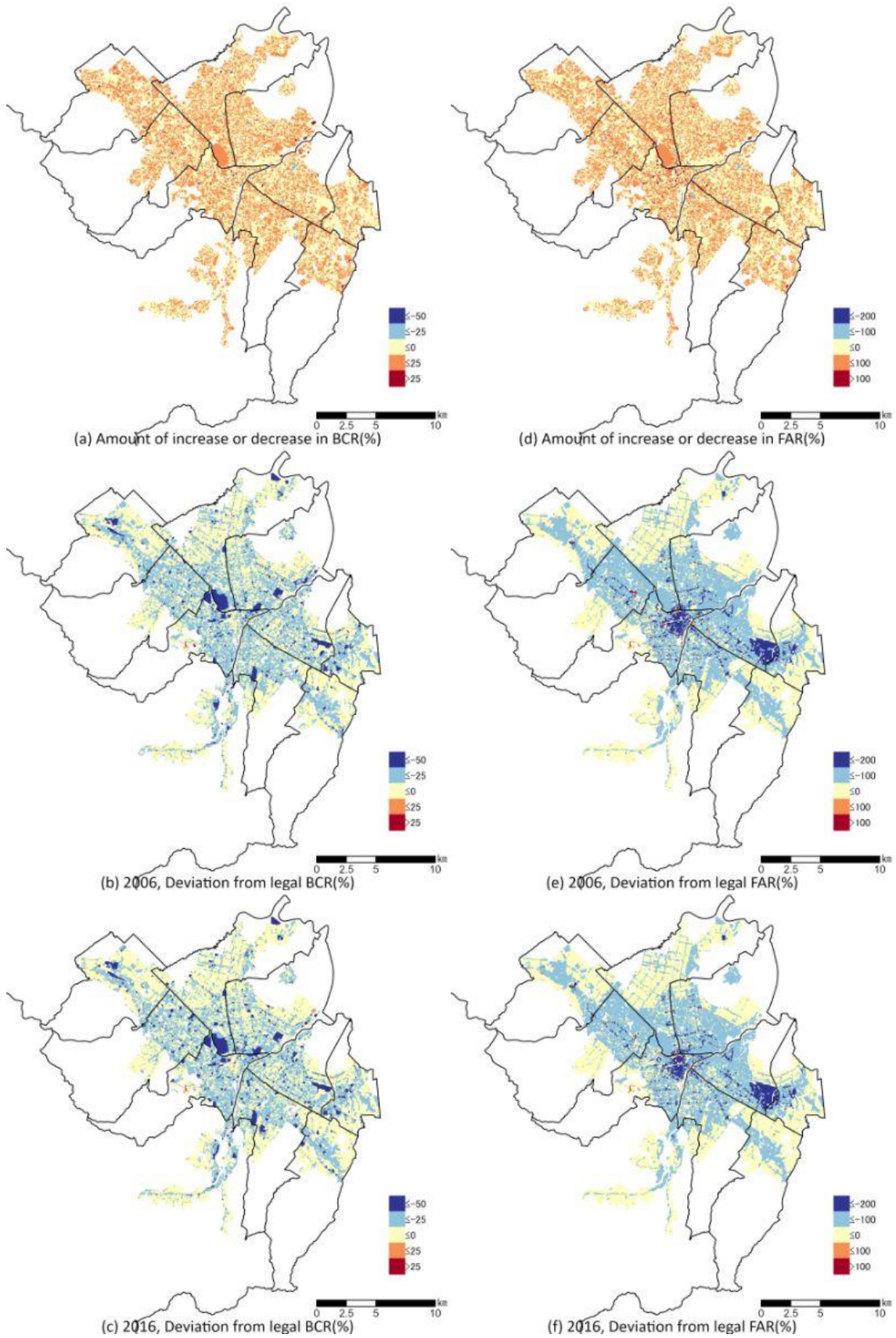


Fig.4-3-25 Sapporo: Changes in BCR and FAR, and deviation from legal limits.

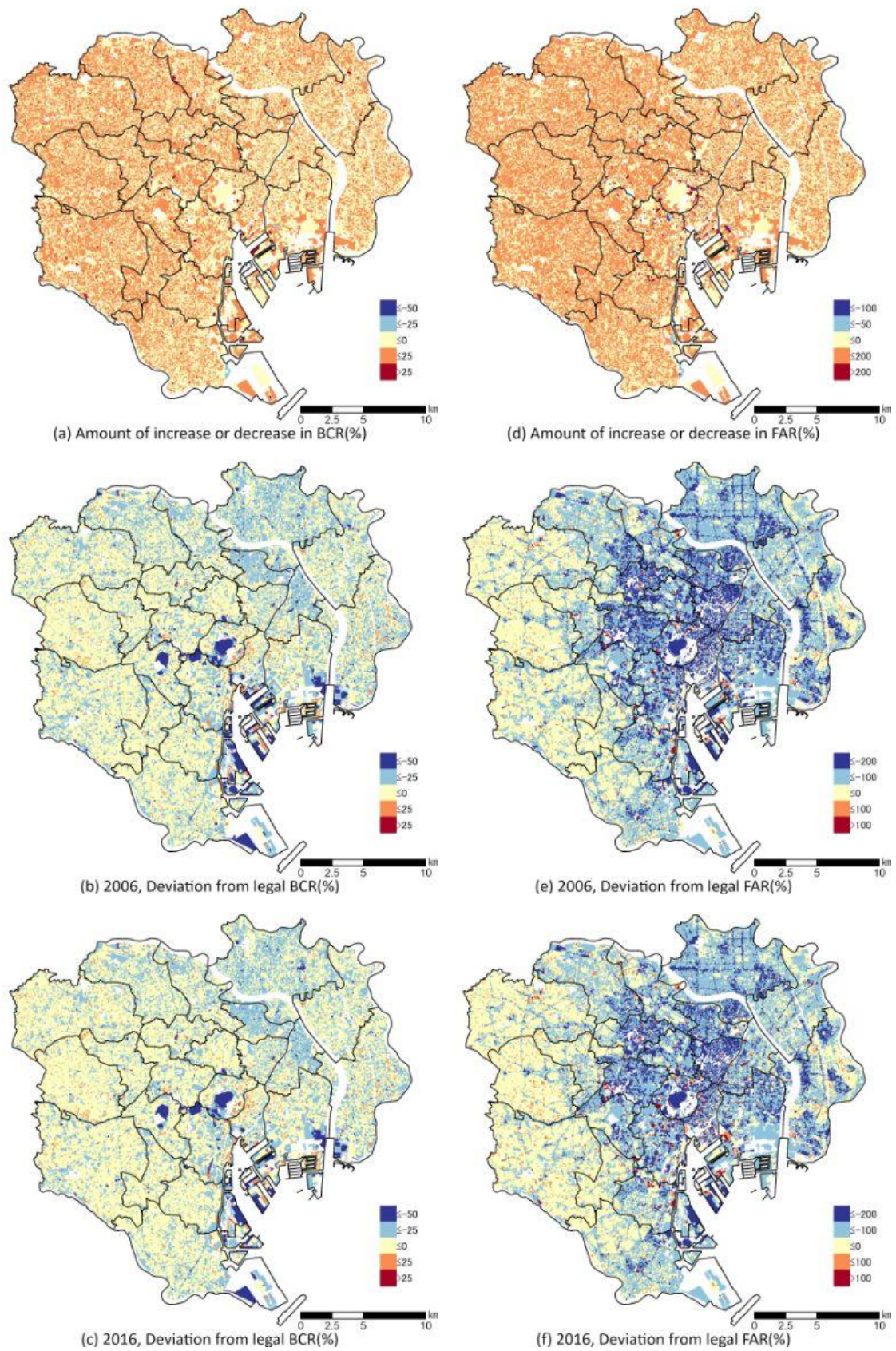


Fig.4-3-26 Tokyo: Changes in BCR and FAR, and deviation from legal limits.

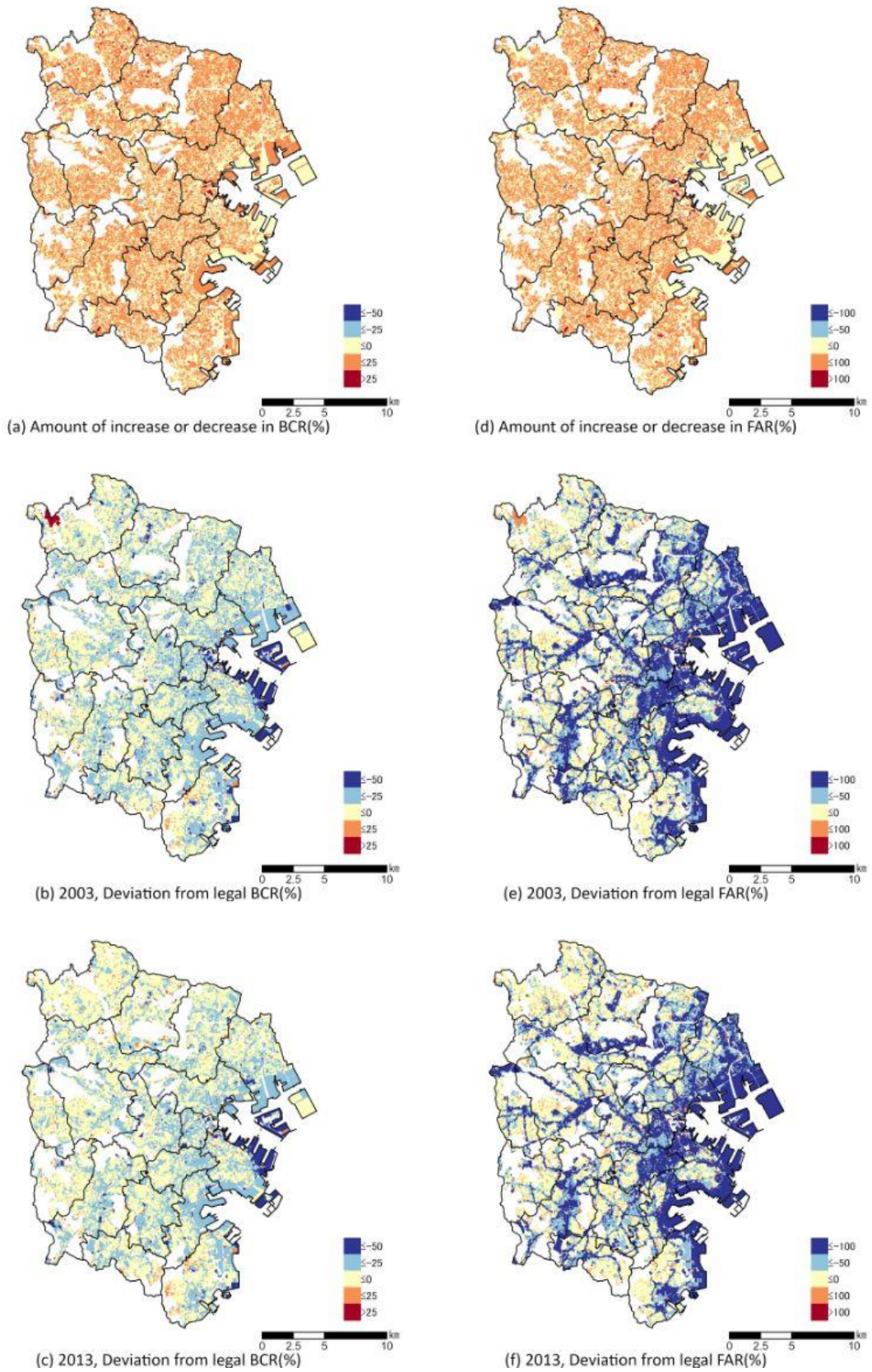


Fig.4-3-27 Yokohama: Changes in BCR and FAR, and deviation from legal limits.

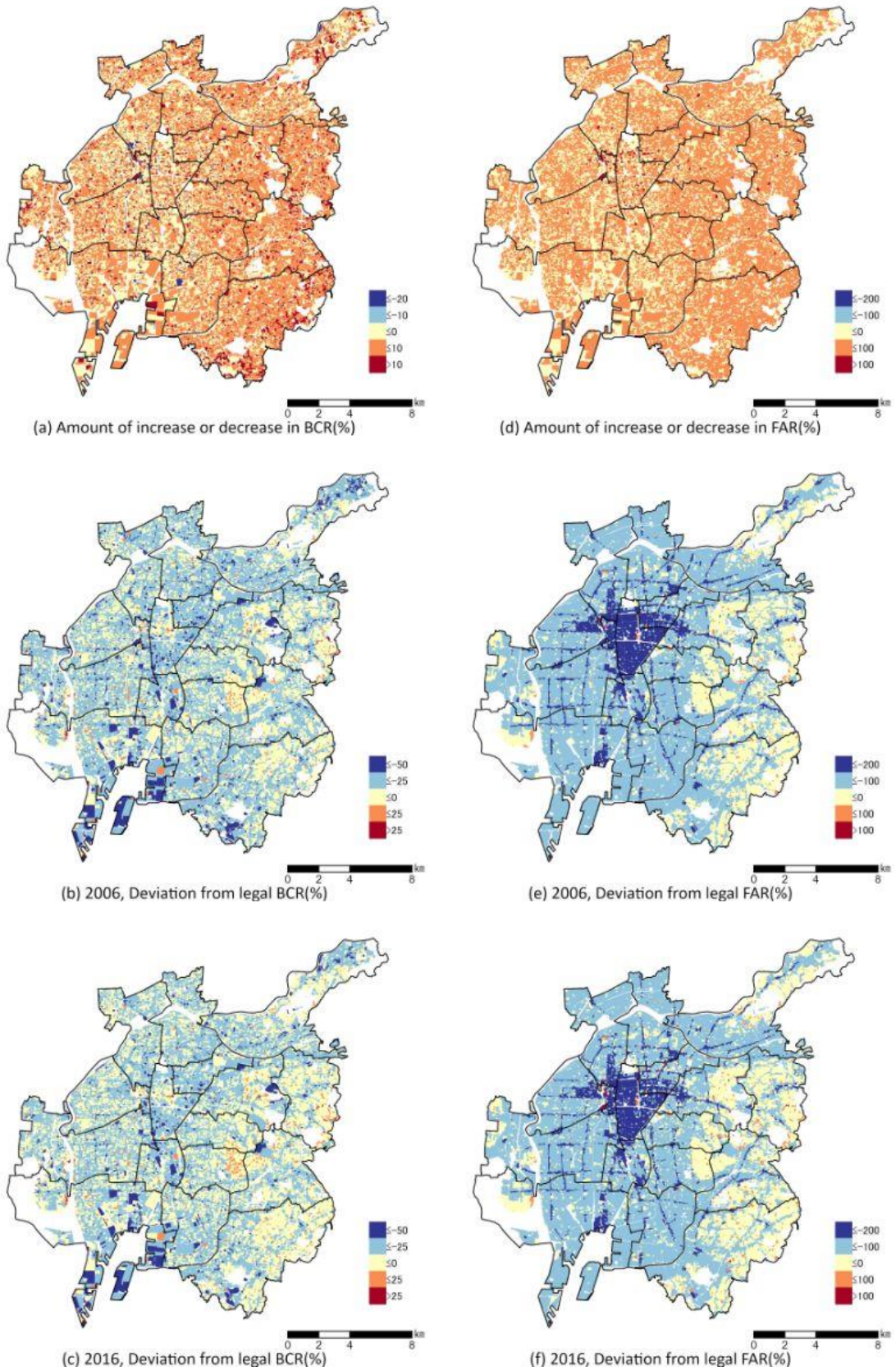


Fig.4-3-28 Nagoya: Changes in BCR and FAR, and deviation from legal limits.

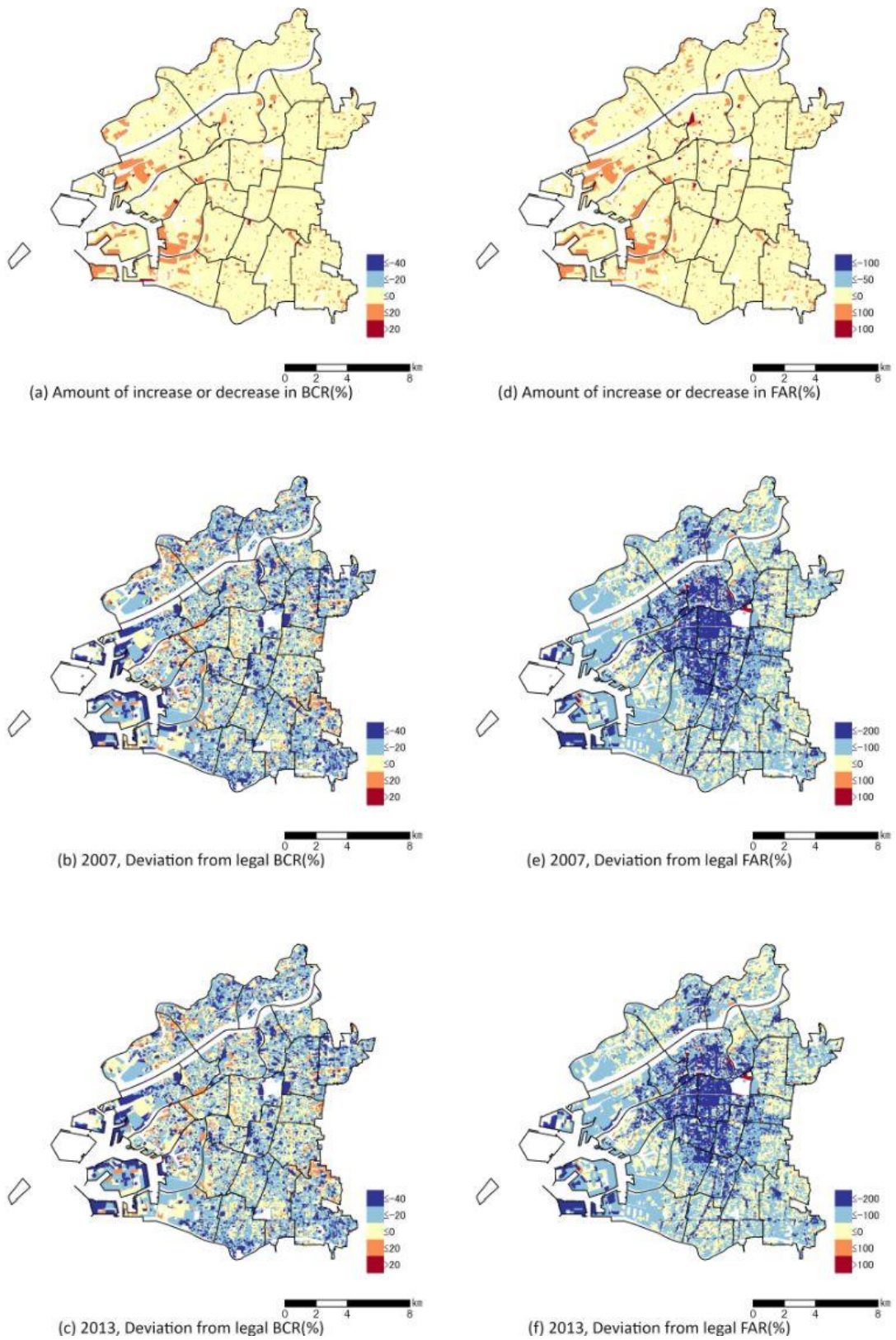


Fig.4-3-29 Osaka: Changes in BCR and FAR, and deviation from legal limits.

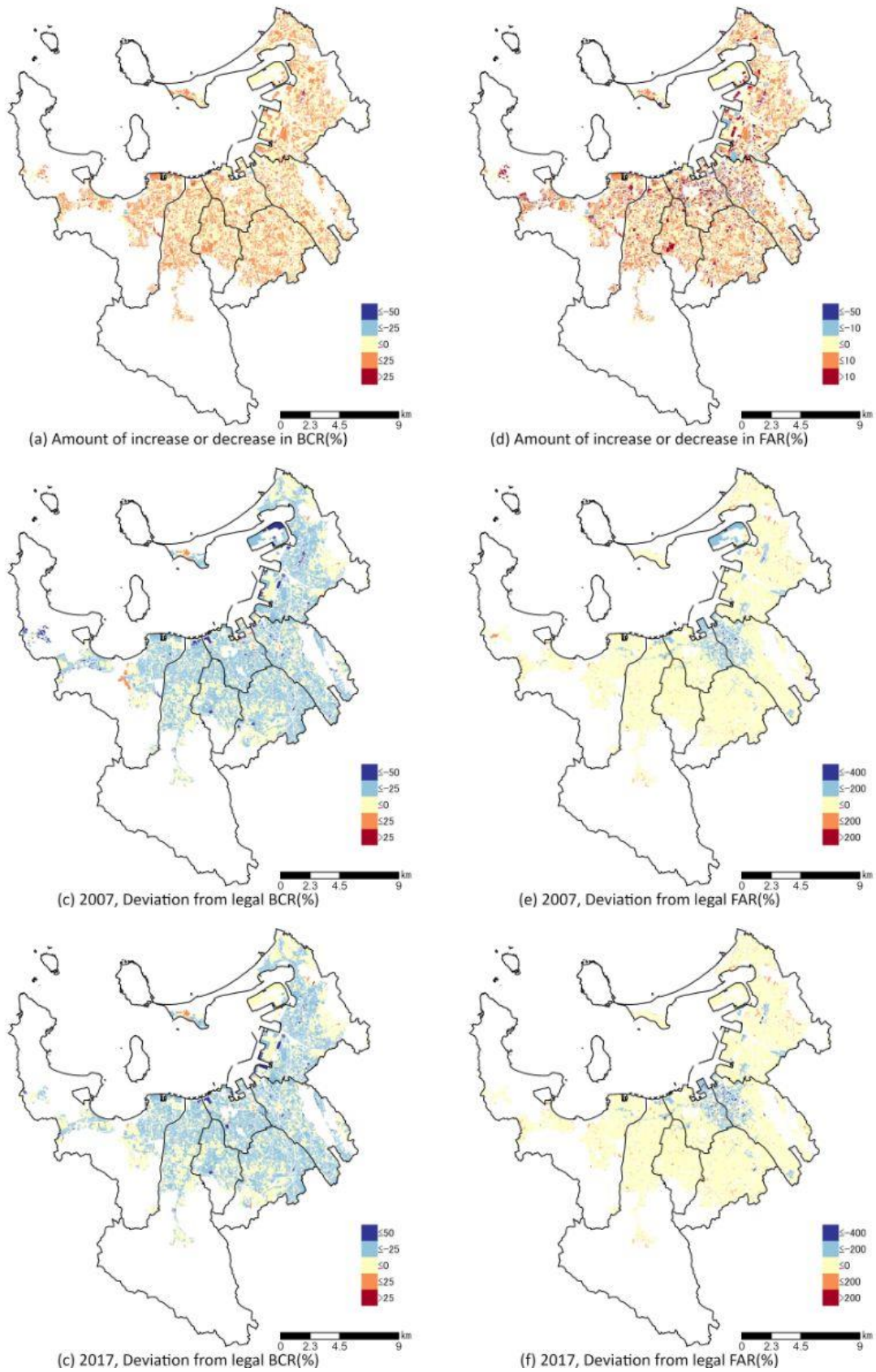


Fig.4-3-30 Fukuoka: Changes in BCR and FAR, and deviation from legal limits.

4-4 建物規模の偏在性の変化

4-4-1 分析の手法

前節までの建築ストックの総量の基礎分析を通じて、各都市の建築ストックが増加傾向にあることが分かった。また、多くの都市で棟数よりも総延床面積が増大していることが確認できた。このことから全体として建物が大規模化している傾向が考えられる。そして、地理的分布から大型化の傾向は中心部あるいはその周辺部に存在する事務所や集合住宅において顕著である様子が確認できた。

これを踏まえて本節では、個々の建物に着目し建物規模の変遷と現状を確認する。また、単に大規模化といっても、平均的に大きくなっているのか、一部の建物とその平均値を押し上げているかによって状況は異なる。そして、大型化の傾向が中心部で顕著であることを勘案すると、都市における建物規模の偏りも大きくなっていることが考えられる。

そこで、まず4-4-2において、建物規模の変化をみる。全体としての規模の推移をみるほかに、建物規模は用途によって違いが大きいと考えられることから、用途別にもこれを観察する。続いて、4-4-3においては、都市における建物規模の偏り、すなわち建物規模の偏在性に着目し、その変化について確認をする。偏在性を評価するに当たってはとして知られているローレンツ曲線とジニ係数を用いて行う。

ローレンツ曲線とは、ある分布を持つ事象について、確率変数を取り得る値を変数とし、確率変数の値が与えられた変数の値を超えない範囲における確率変数と対応する確率の積の和を、その分布に対する確率変数の期待値で割って規格化したものとして与えられる関数の幾何学的な表現のことである。具体的には、事象におけるある変数について値が低い方から順に並べ、事象の累積比率を横軸に、変数の累積比率を縦軸にとって描いた曲線である。変数が完全に均等分布の場合、ローレンツ曲線は、原点を通る傾斜45度の直線（均等分布線）に一致し、不均等であればあるほどその直線から遠ざかる。

ジニ係数は、ローレンツ曲線と均等分配線によって囲まれる領域の面積と均等分配線より下の領域の面積の比として定義される。均等分配線より下の面積は1/2になるので、ジニ係数は均等分配線とローレンツ曲線が囲む領域の面積の2倍に等しい。あるいは、均等分配線より下の領域からローレンツ曲線より下の領域を除いた分の面積を2倍したものと表現することもできる。ジニ係数 *Gini* はローレンツ曲線 $L(F)$ の積分を用いて次のように表現できる。

$$Gini = \frac{1/2 - \int_0^1 L(F)dF}{1/2} = 1 - 2 \int_0^1 l(F)dF. \quad (4-6)$$

これに併せてジニ係数算出イメージを示すと Fig.4-6-1 の通りとなる。

すなわち、ローレンツ曲線が均等分配線より乖離し、ジニ係数が上昇するほどに偏在性が高まっていると判断することができる。これを建物に当てはめることにより、各都市の建物規模の変遷をみることとする。

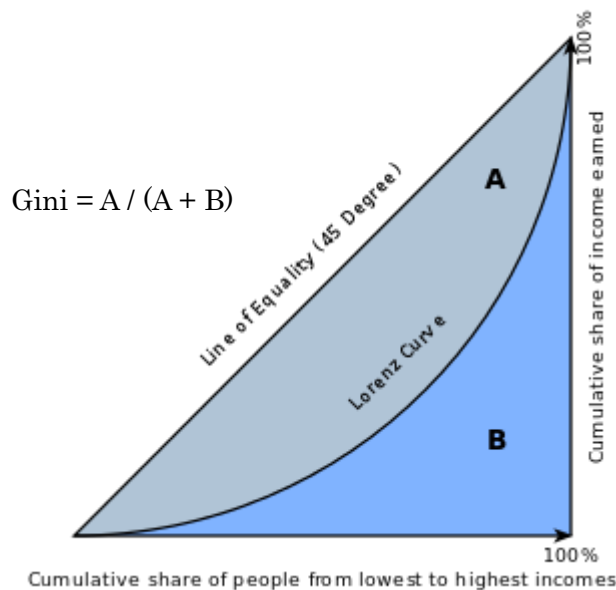


Fig.4-6-1 Image of calculating the Gini coefficient,
source: https://en.wikipedia.org/wiki/Gini_coefficient/(accessed 2020-11-29)

4-4-2 一戸当たり面積属性の変化

Fig.4-5-1 から Fig.4-5-4 はそれぞれ、全用途、戸建住宅、集合住宅、事務所における一棟あたり建築面積の分布の推移である。これをみると、全体として建築面積の分布がおおきく変化している様子は確認できないが、多くの都市で平均値は微増する一方で中央値は微減となっている。その傾向は戸建住宅で顕著であり、棟数比率の割合の高い戸建住宅において建築面積規模の収斂が起きており、全体としてもその状況が反映されたものと考えられる。戸建住宅の建築面積規模が収斂している一方で、集合住宅や事務所の建築面積規模は微増傾向であった。

続いて、Fig.4-5-5 から Fig.4-5-8 はそれぞれ、全用途、戸建住宅、集合住宅、事務所における一棟あたり延床面積の分布の推移である。全用途で見ると多くの都市で中央値は横ばいあるいは微減となっている一方で、その平均値は上昇傾向である。その傾向差は用途間で顕著になっており、戸建て住宅は各都市共通して、四分位範囲が小さくなり、中央値と平均値が近づいていることから、明確な収斂している傾向を示している。その一方で集合住宅と事務所は平均値が大きく上昇している一方で、中央値は変わっておらず偏在性が高まっていることが考えられる。

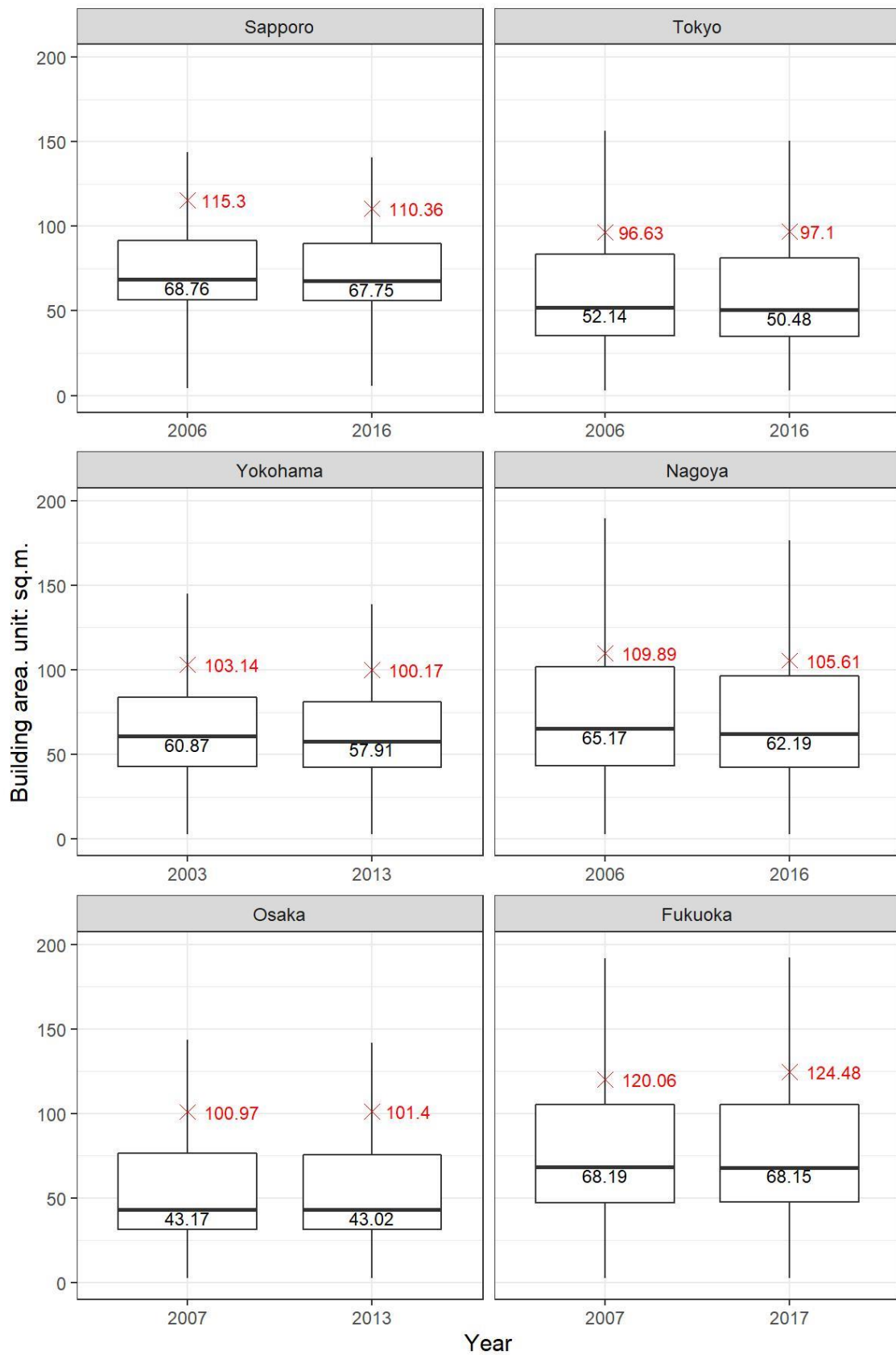


Fig.4-5-1 Distribution of building area

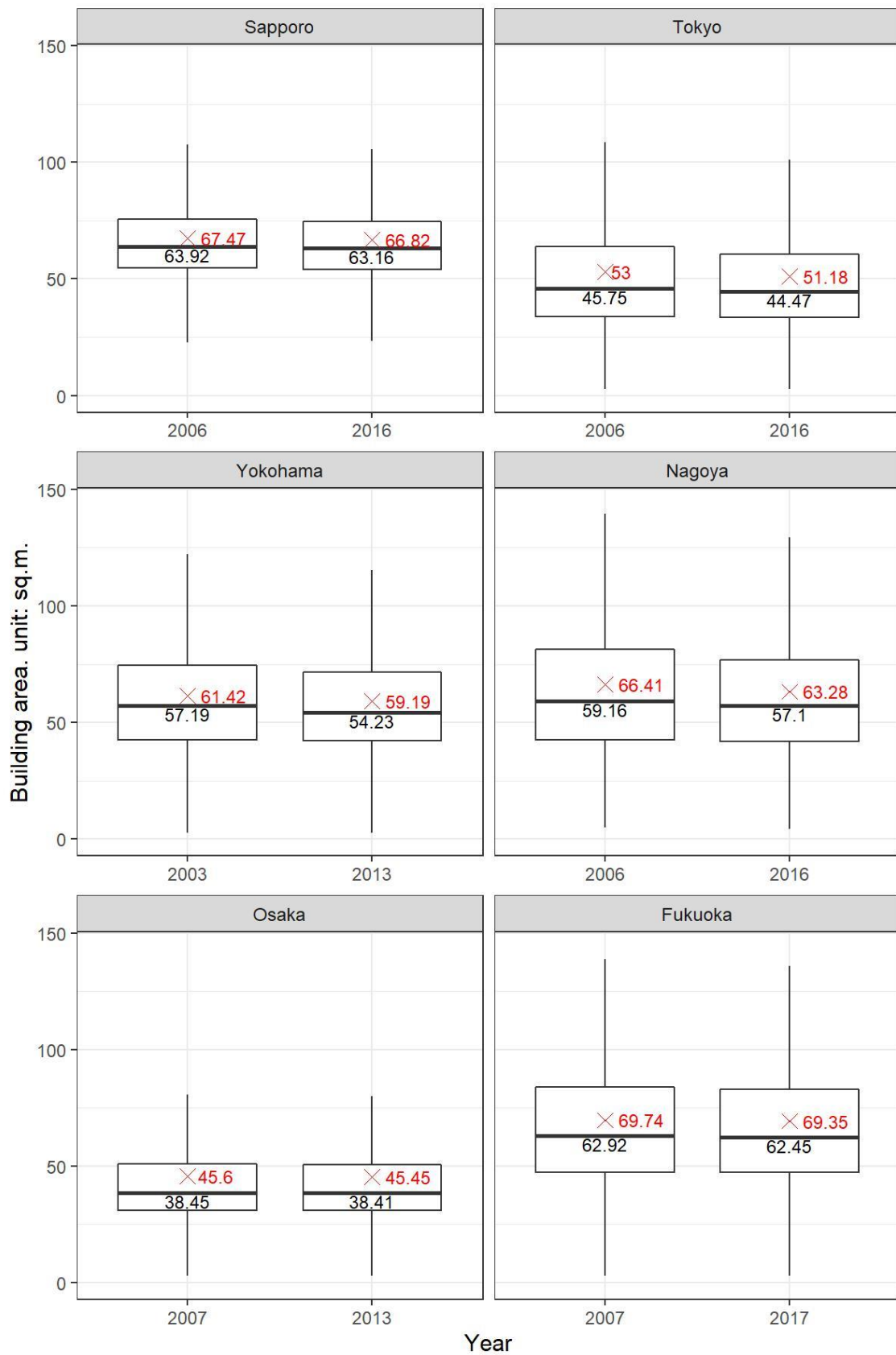


Fig.4-5-2 Distribution of building area of detached houses

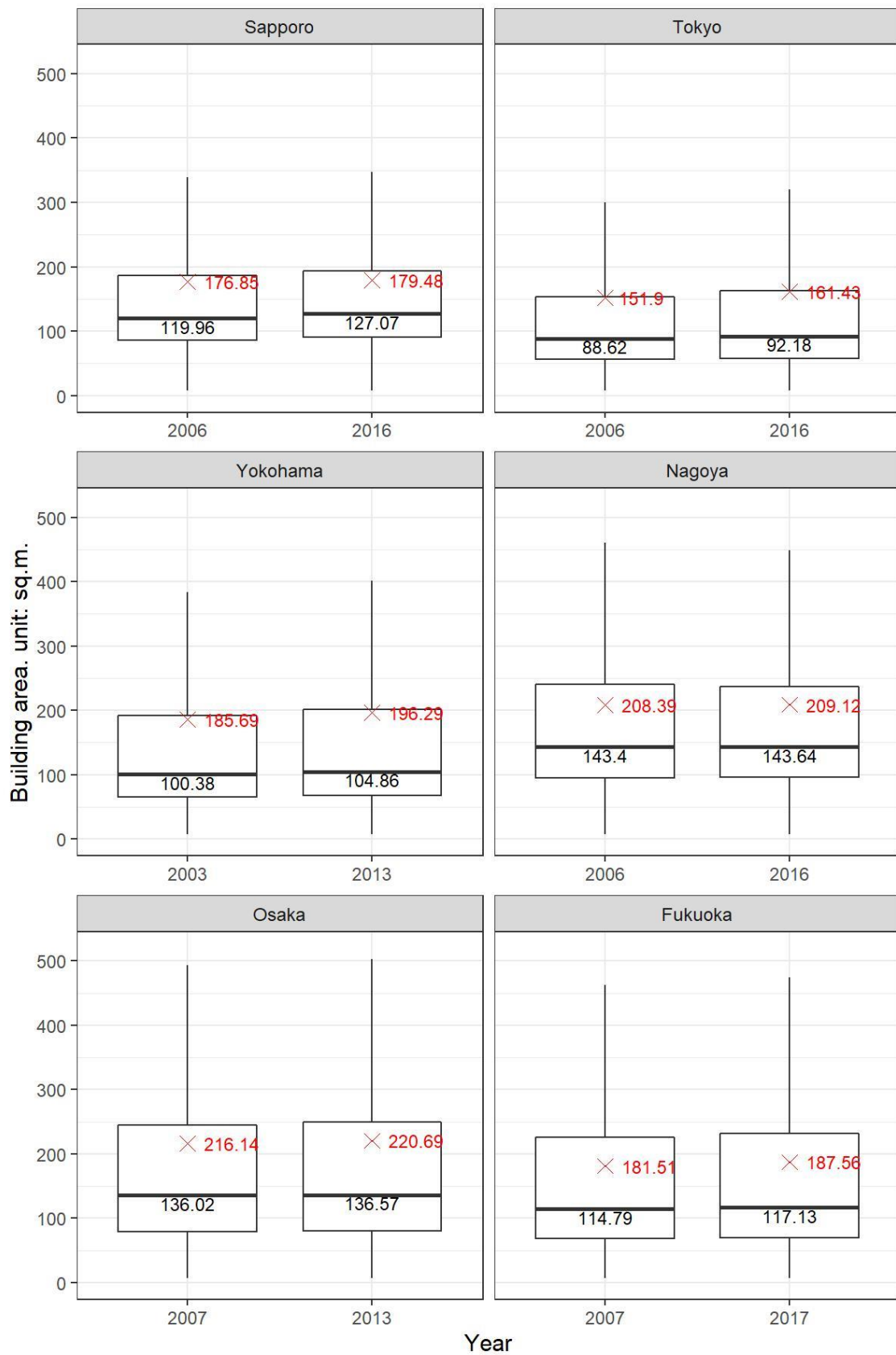


Fig.4-5-3 Distribution of building area of apartment houses

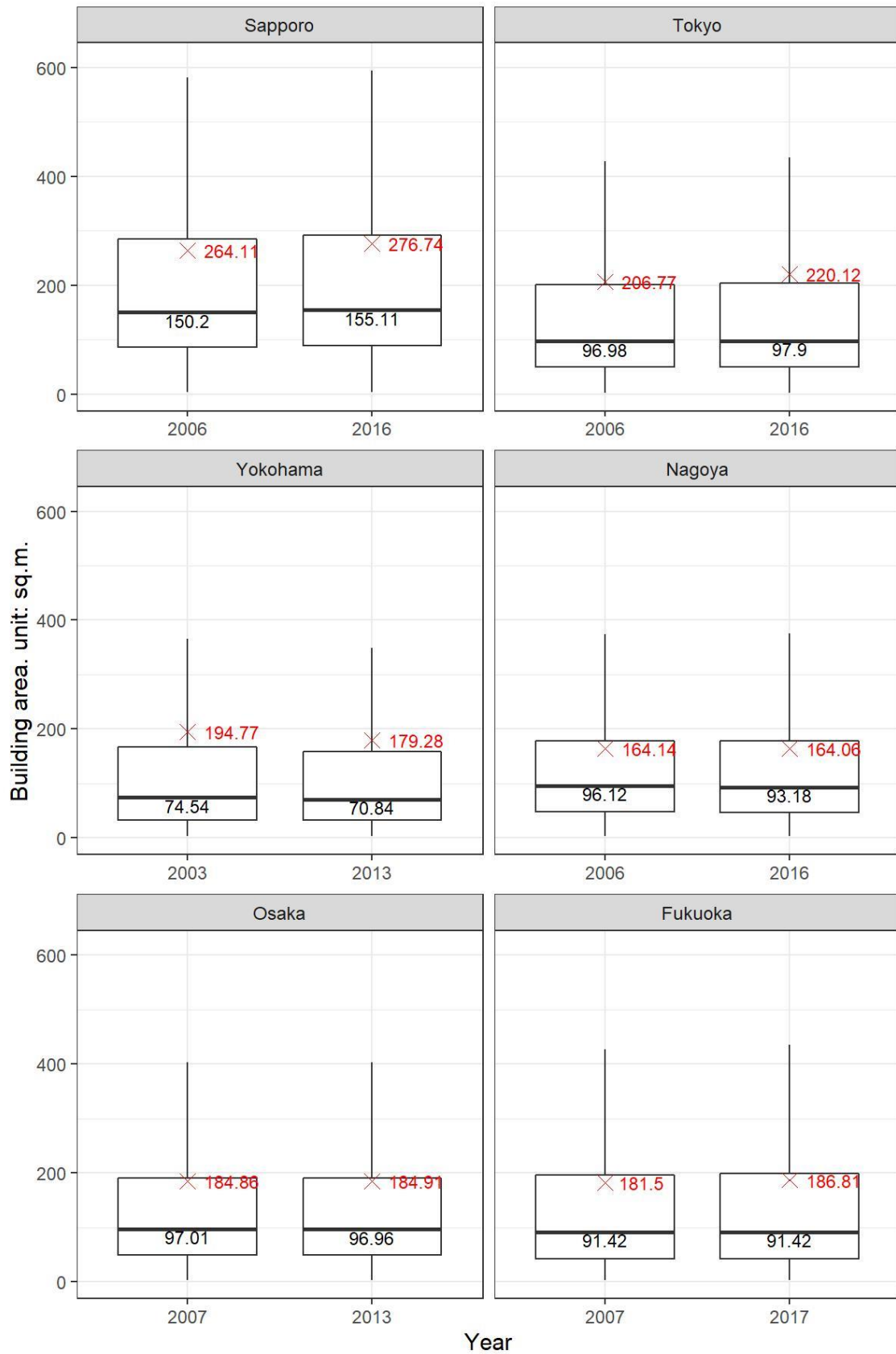


Fig.4-5-4 Distribution of building area of offices

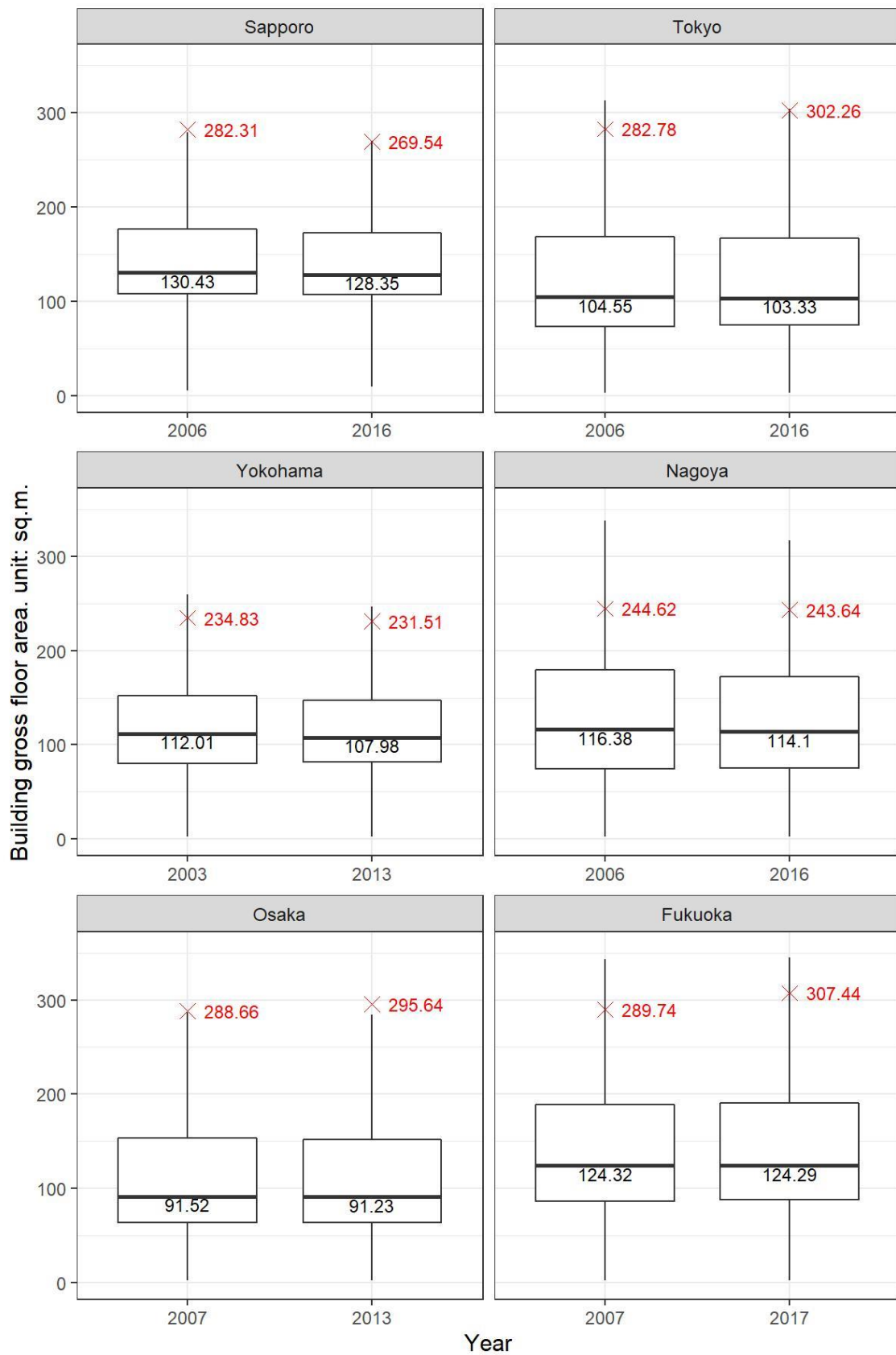


Fig.4-5-5 Distribution of building gross floor area

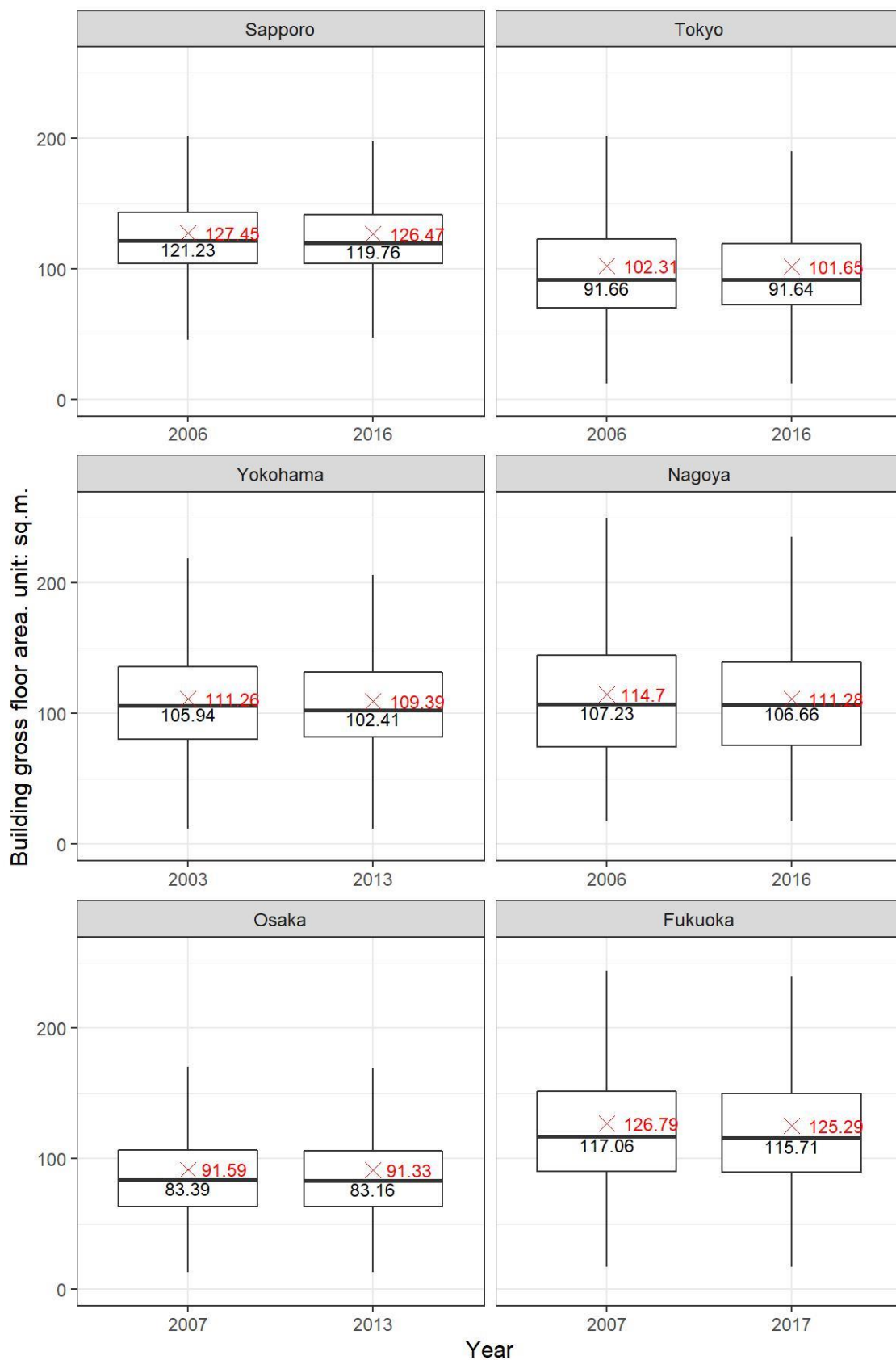


Fig.4-5-6 Distribution of building gross floor area of detached houses

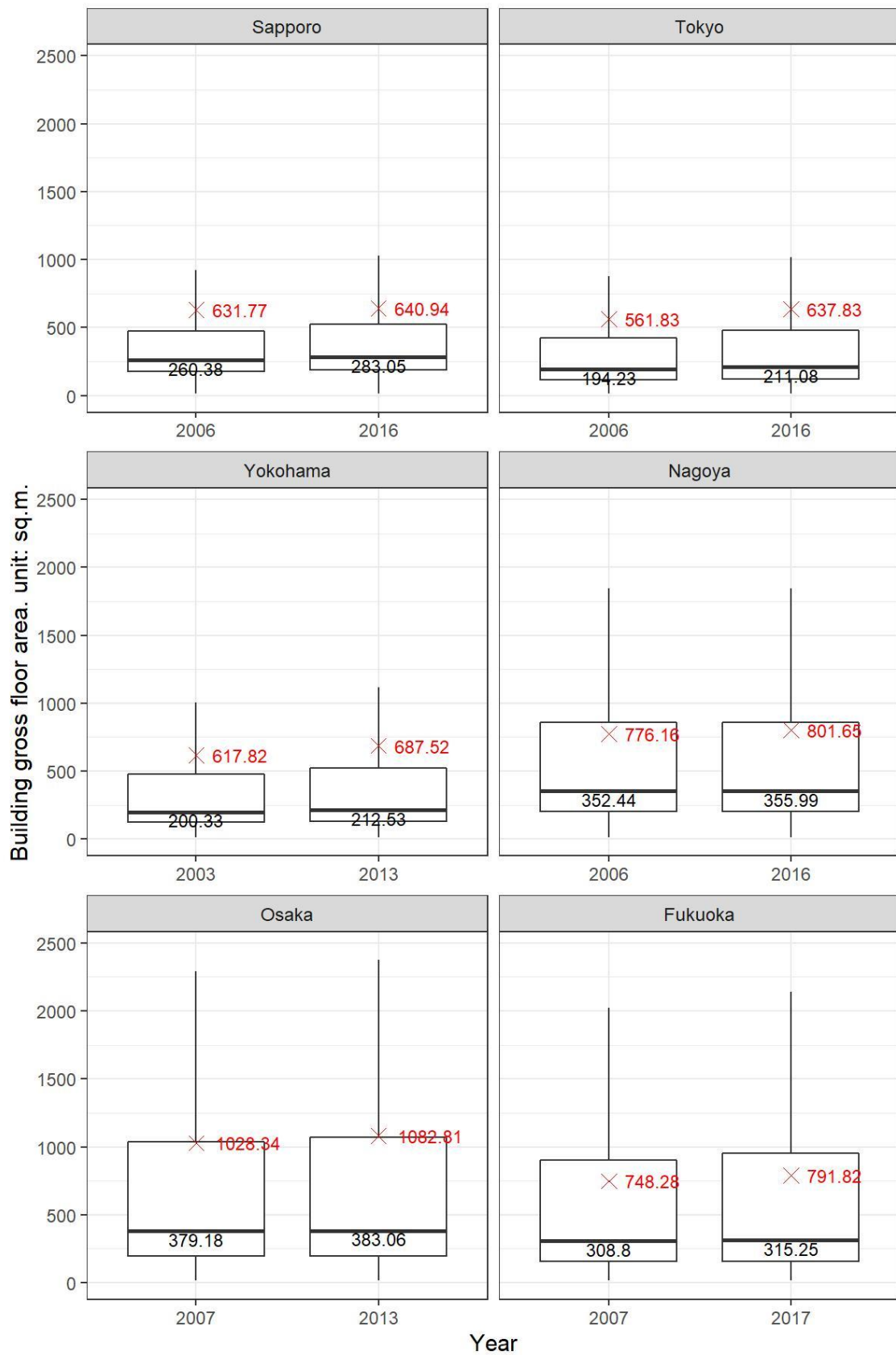


Fig.4-5-7 Distribution of building gross floor area of apartment houses

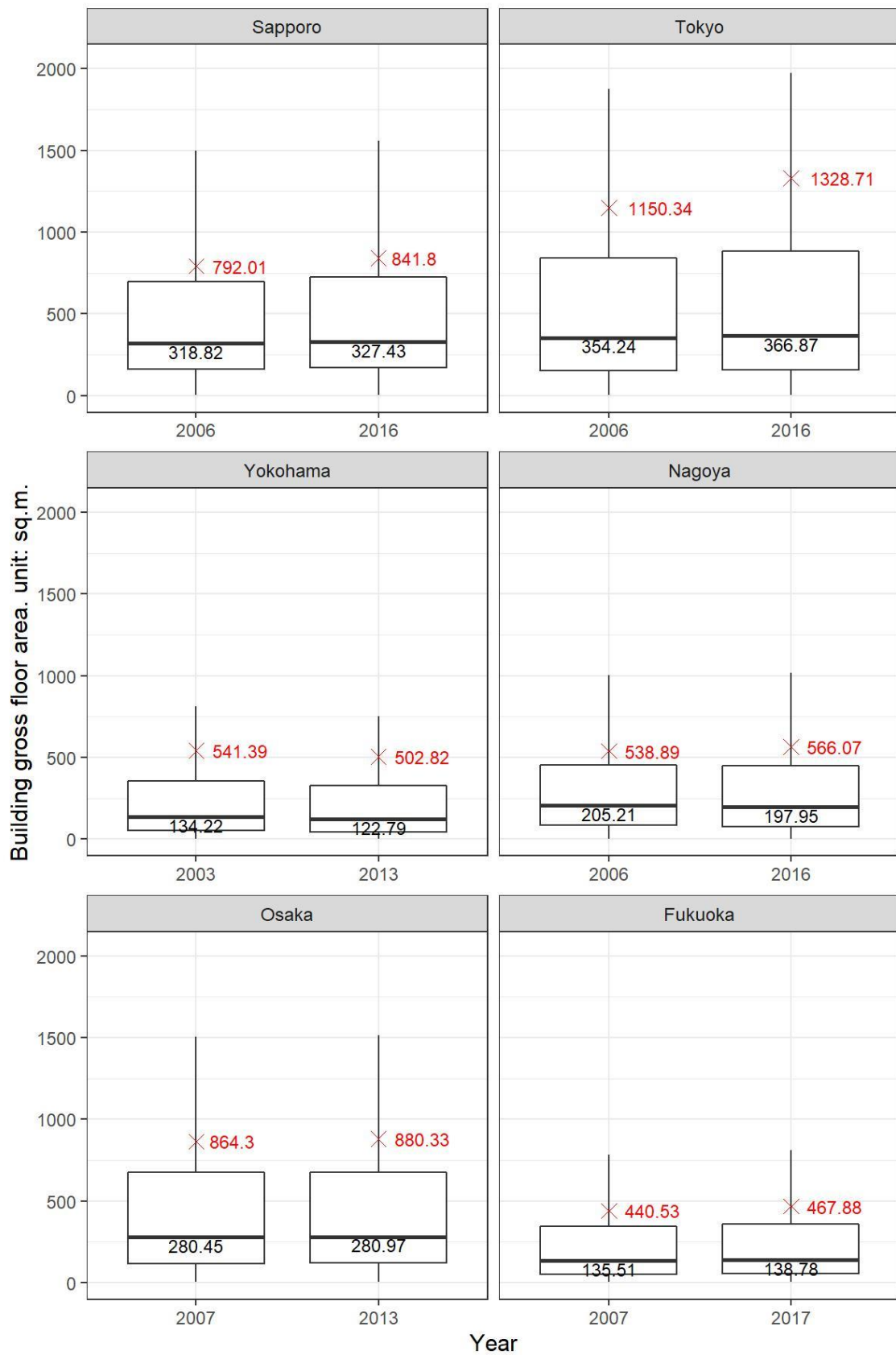


Fig.4-5-8 Distribution of building gross floor area of offices

4-4-3 ローレンツ曲線とジニ係数の変化

Fig.4-6-2 から Fig.4-6-5 は建築面積の分布の変遷をローレンツ曲線とジニ係数により、都市別・用途別に示したものである。

全用途ではジニ係数は 0.4~0.6 程度であることがわかる。また、その経年的な変化はごくわずかである。ローレンツ曲線の均等分布線に対する経年的な乖離の度合い強く識別できる状況ではない。戸建住宅のジニ係数は多くの都市で 0.2 台であり、全用途で一番小さく規模の偏りが少ない。また、経年によって微減していることからここからも建築面積規模が収斂している状況がわかる。集合住宅のジニ係数は 0.4~0.5 であり、都市によってバラつきはあるものの、全体としてその数値は上昇傾向であり、偏在性は多少なりとも高まっていることがわかる。事務所のジニ係数は全ての都市で 0.5 を超えており、比較する用途の中で一番高い。また、経年的な数値の変化は福岡の横ばいを除いてすべて上昇しており、潜在性が高まっている傾向が他の用途に比べると強い。

続いて、Fig.4-6-6 から Fig.4-6-9 は延床面積の分布の変遷をローレンツ曲線とジニ係数により、都市別・用途別に示したものである。

全用途ではジニ係数は 0.5~0.7 程度であり、建築面積のそれに比べて大きいことがまず分かる。また、札幌市を除いてすべての都市でジニ係数が上昇していることから全体として偏在性は高まっている傾向であるといえる。戸建住宅のジニ係数は多くの都市で 0.2 台であり、全用途で一番小さく規模の偏りが少ない。また、経年によって減少していることからここからも延床面積規模が収斂している状況がわかる。集合住宅のジニ係数は 0.5~0.6 であり、札幌市を除いてその数値は上昇傾向であり、偏在性は多少なりとも高まっていることがわかる。事務所のジニ係数は全ての都市で 0.6~0.7 を超えており、建築面積のそれと同様に比較する用途の中で一番高い。また、すべて上昇しており、潜在性が高まっている傾向が他の用途に比べると強い。

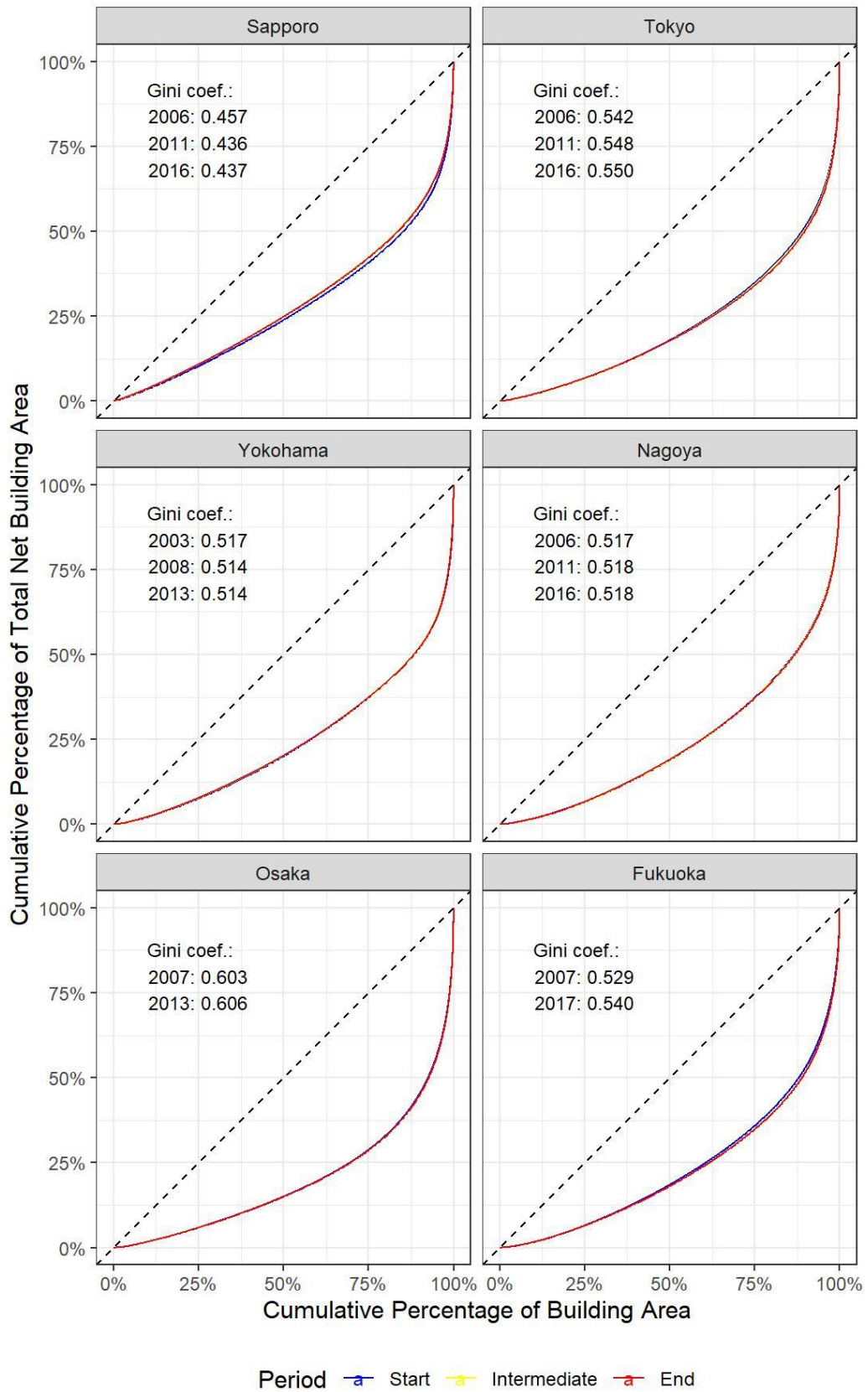


Fig.4-6-2 Uneven distribution of building area, Use: All

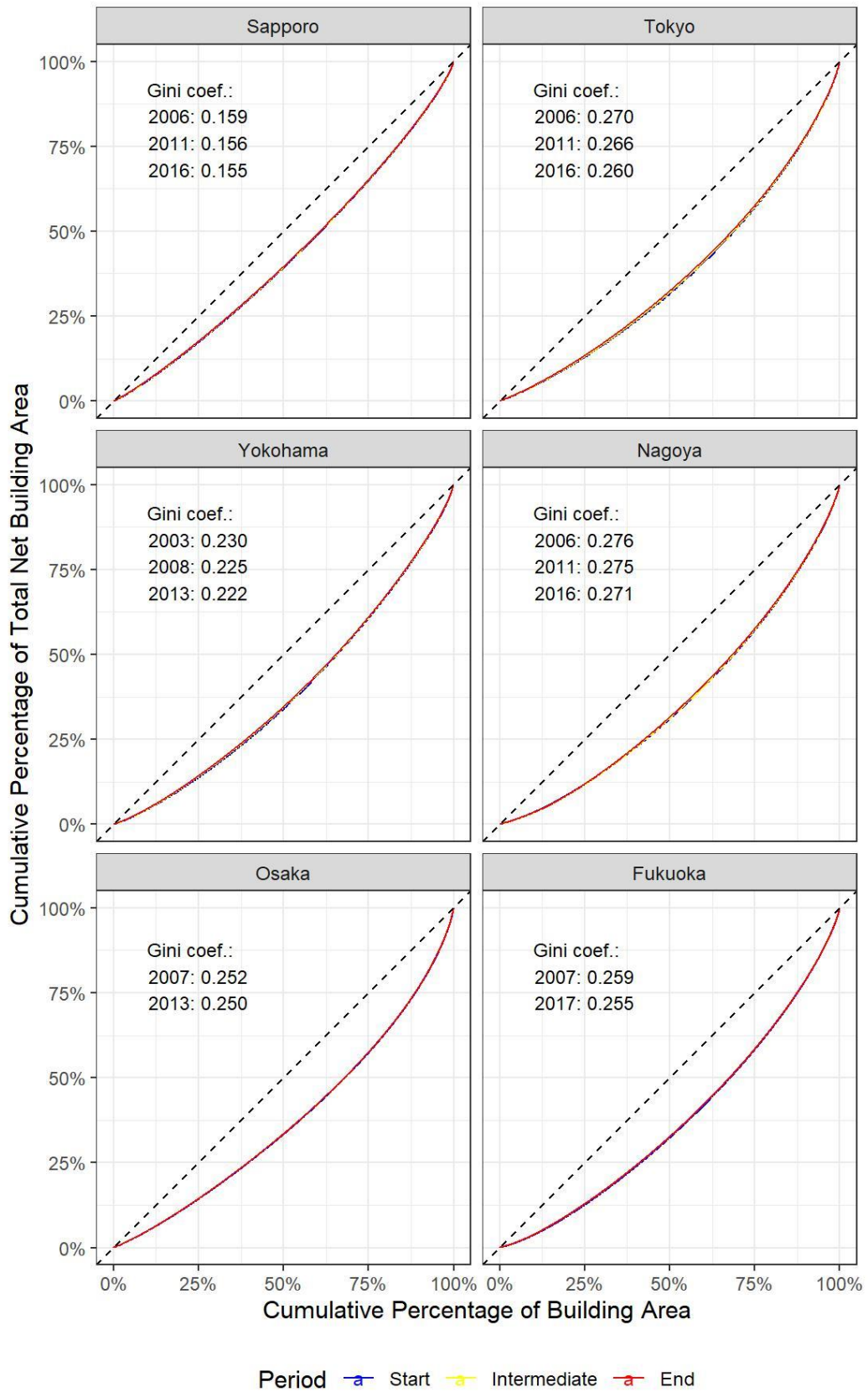


Fig.4-6-3 Uneven distribution of building area, Use: Detached house

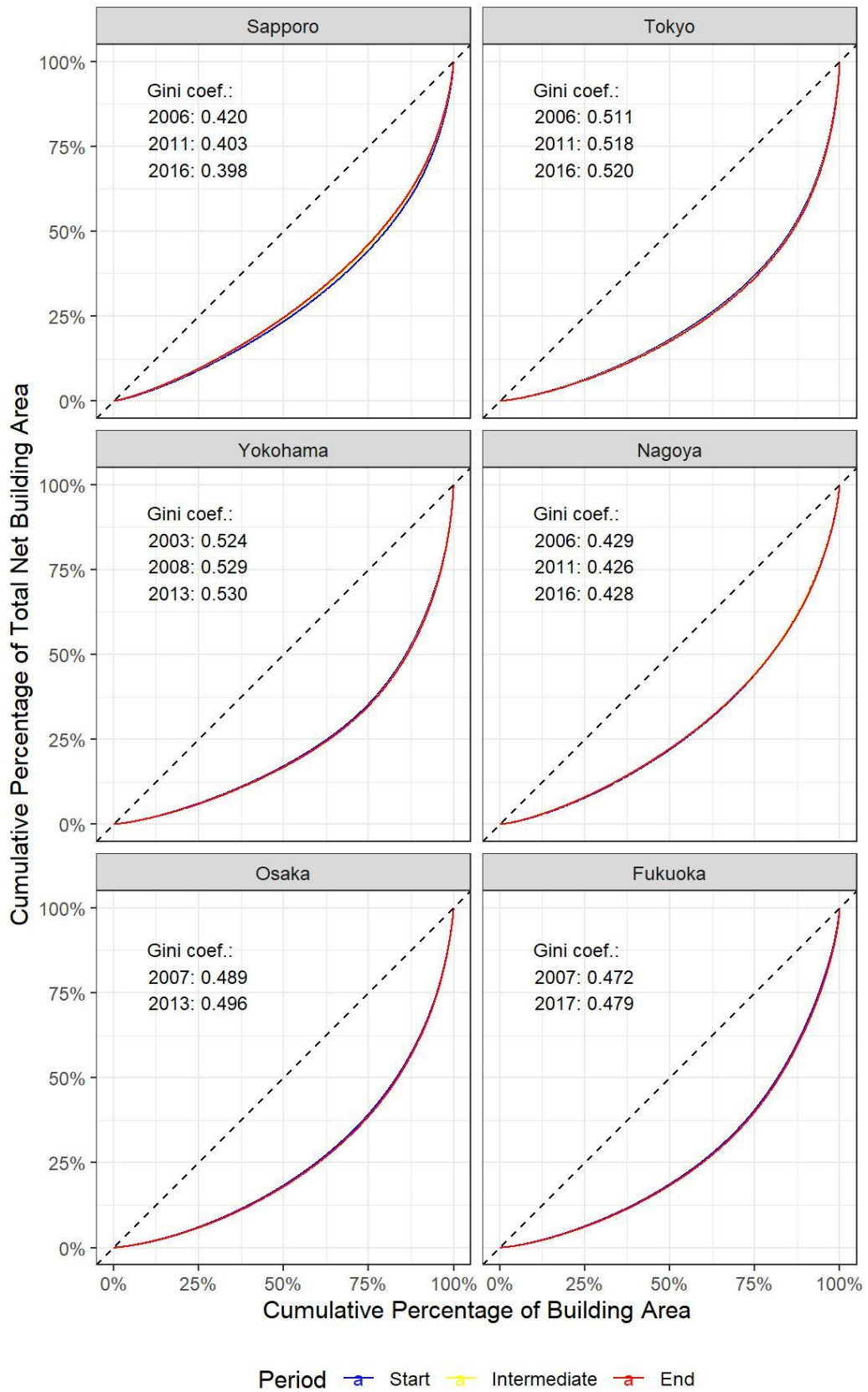


Fig.4-6-4 Uneven distribution of building area, Use: Apartment house

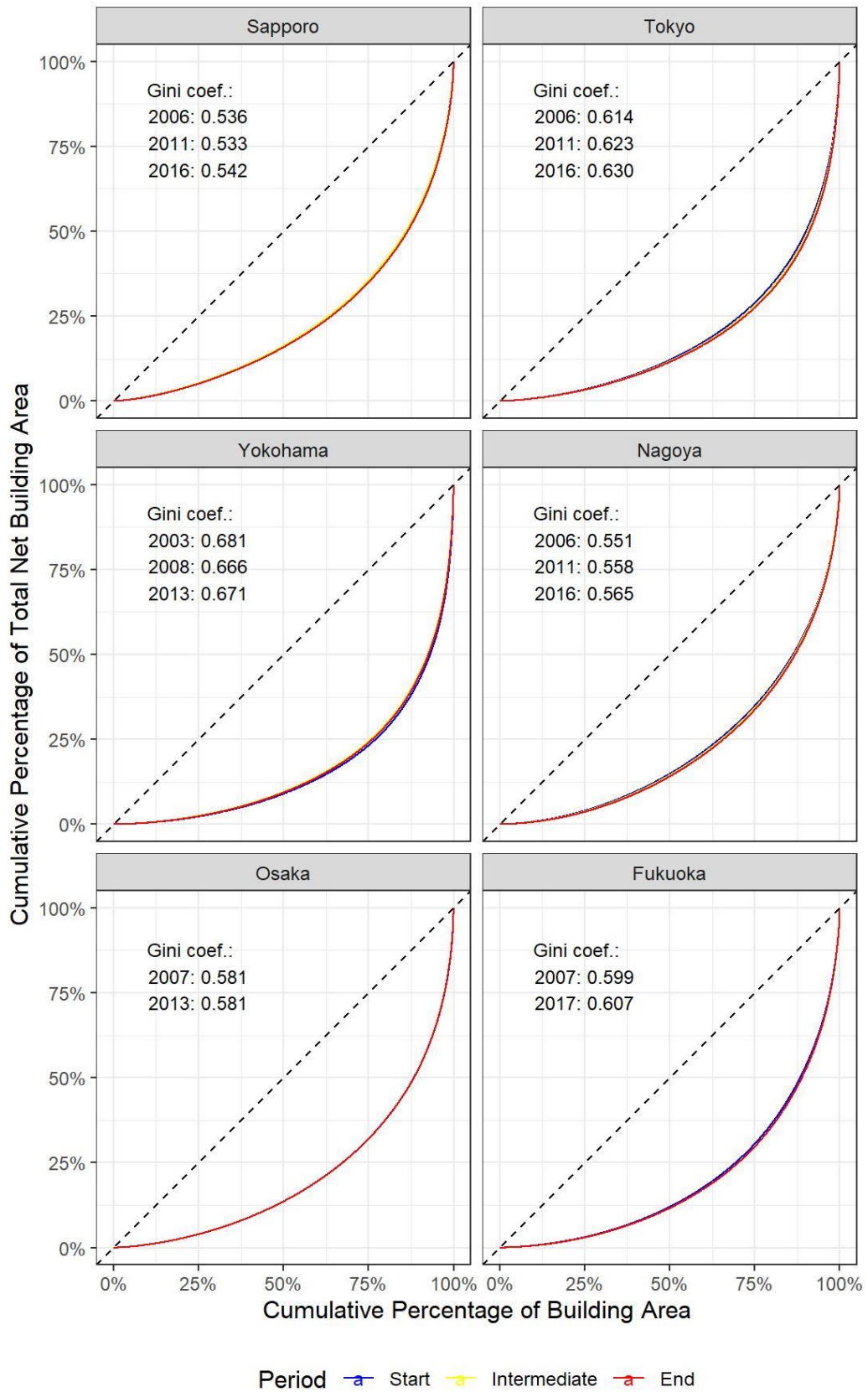


Fig.4-6-5 Uneven distribution of building area, Use: Office

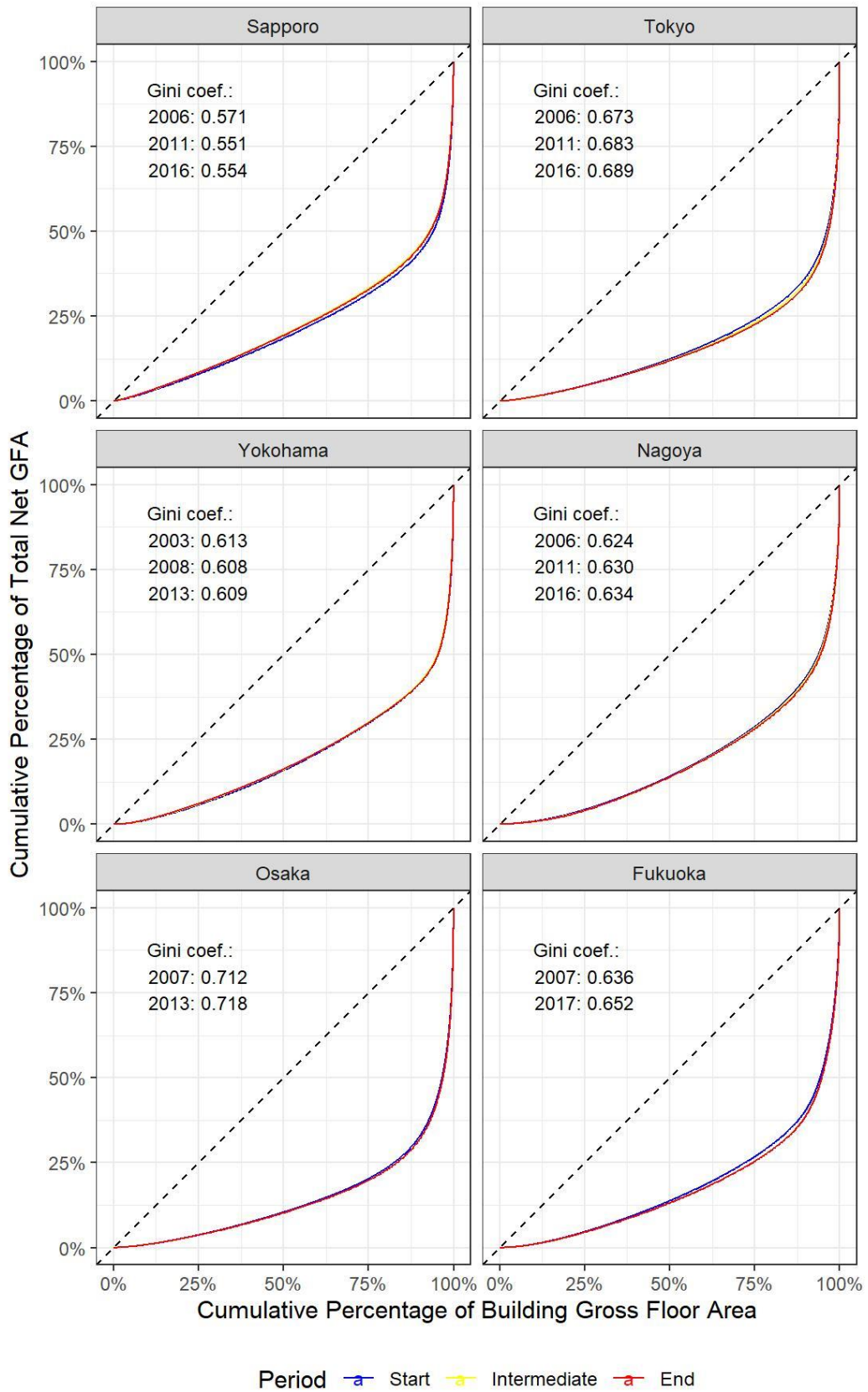


Fig.4-6-6 Uneven distribution of building Gross floor area, Use: All

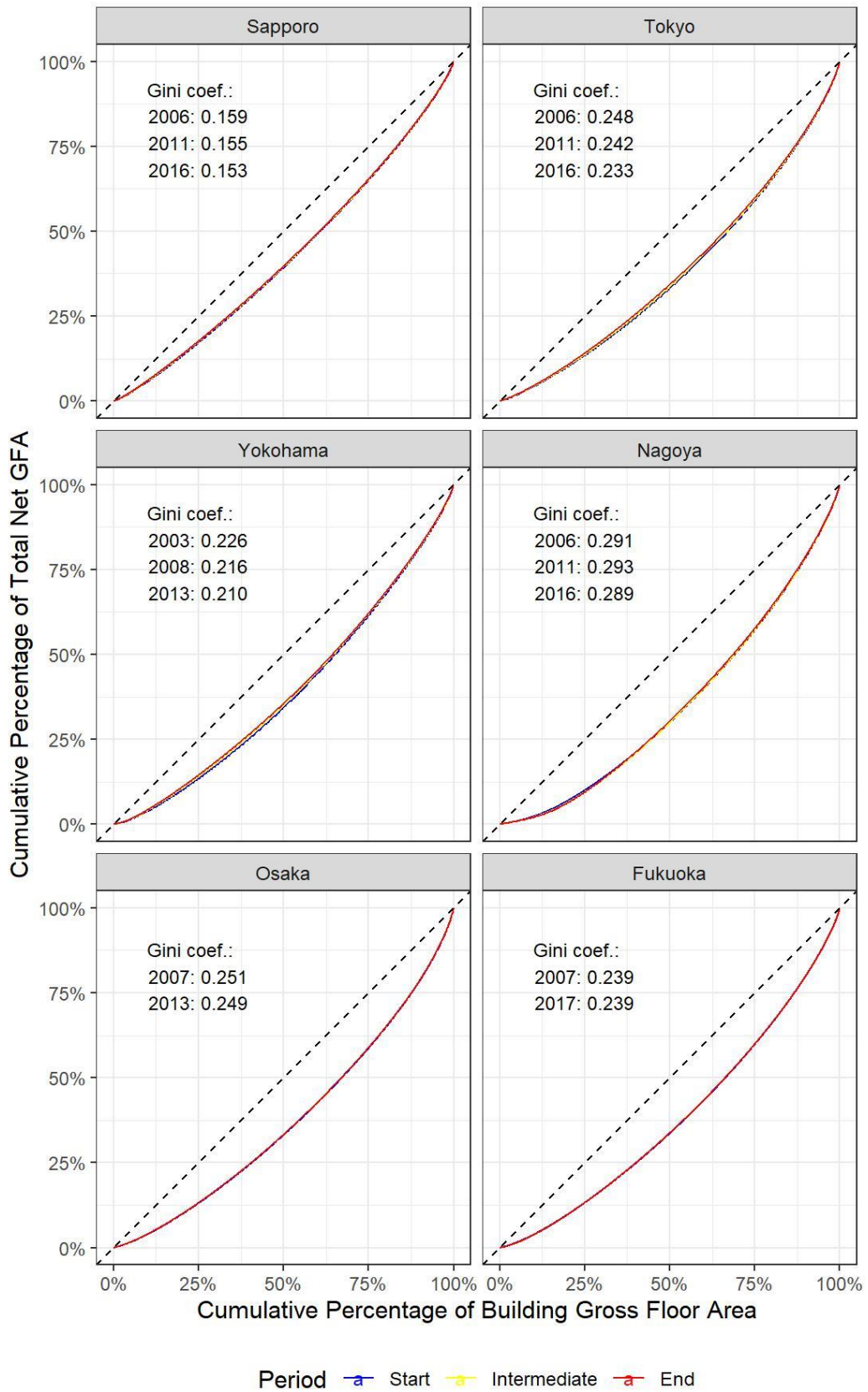


Fig.4-6-7 Uneven distribution of building Gross floor area, Use: Detached house

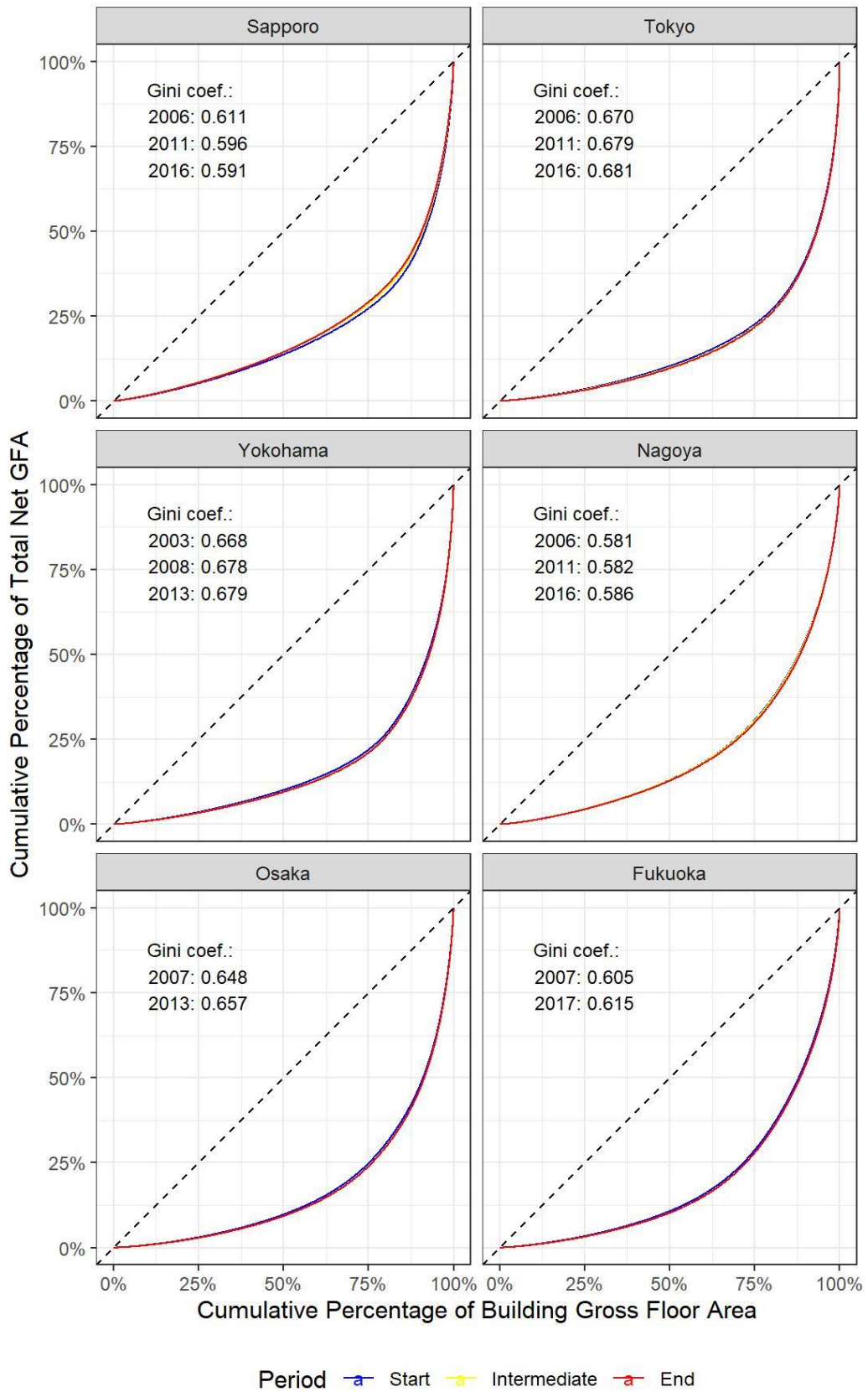


Fig.4-6-8 Uneven distribution of building Gross floor area, Use: Apartment house

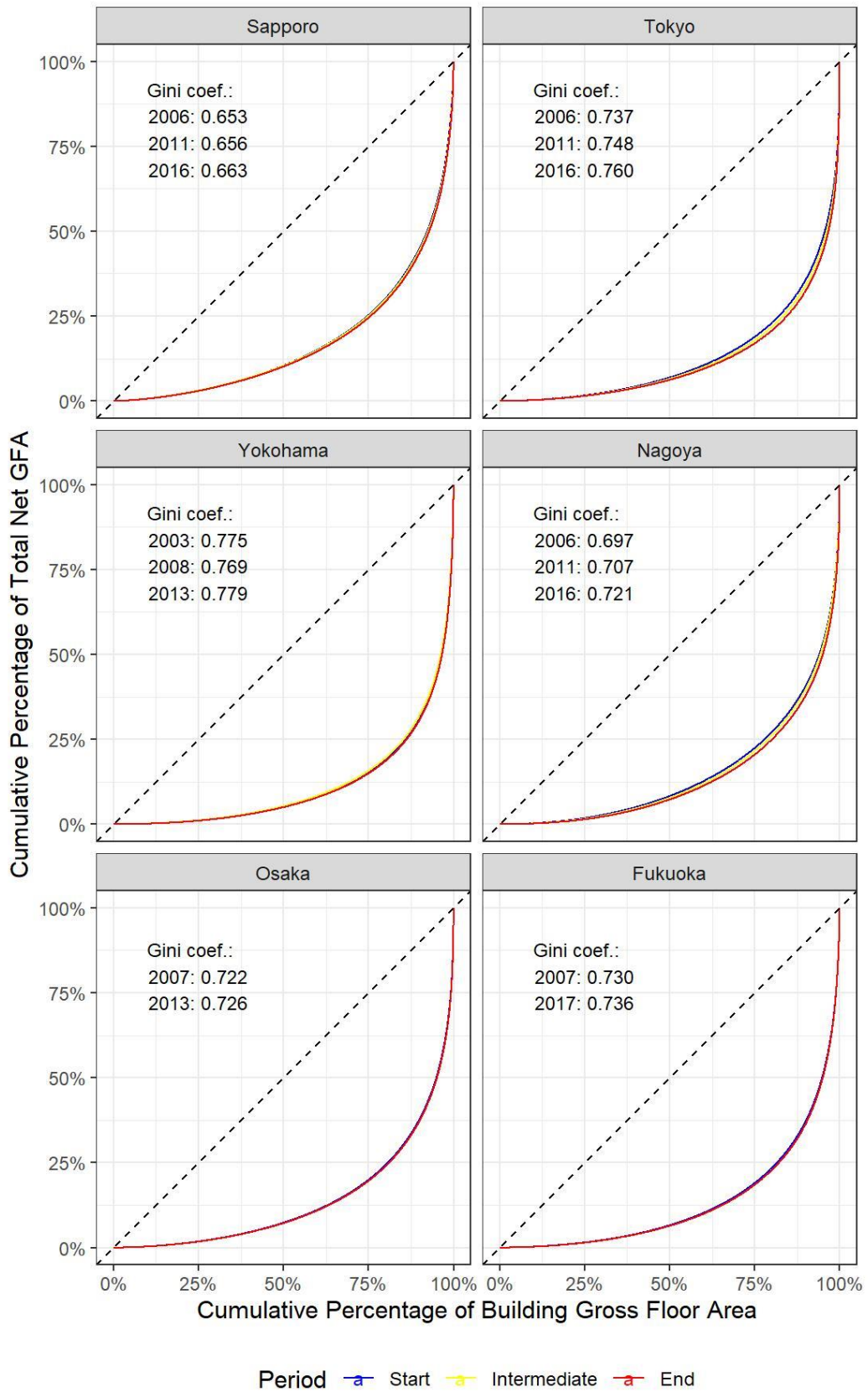


Fig.4-6-9 Uneven distribution of building Gross floor area, Use: Office

4-5 小結

時系列情報付き建物 GIS データを元に、各都市の建築ストック総量とそれを構成する個々の建物規模の分布について、変遷と現状の確認を行った。

4-5-2では、基礎分析として、棟数・建築面積・延床面積などで表される建築ストック総量の推移と各指標の変化率の把握を行った。その結果、全ての都市の全ての指標において、観察期間の期初と期末を比較して、ストック総量が増加していることが分かった。ただし、ストック総量の増加の原因は都市により異なっている状況であり、東京都区部、大阪市、福岡市では個々の建物の大型化の影響が強い一方で、札幌市、横浜市、名古屋市は建物棟数の増加の影響が多い様子が確認できた。

4-5-3では、前項で確認したストック総量の増大が、都市のどこにおいて発生しているのかという観点で、地理的分布の変遷について経年比較を行った。その結果、どの都市も都市の中心部においては延床面積が増大している一方で、都市の周縁部においては建物棟数が増大しており、ストック総量の増大の原因が、同一都市内においても複数要因があることが分かった。

4-5-4では、個々の建物に着目し、建物規模の変遷と現状の確認を行った。建物規模は用途による違いが大きいことから用途別にもこれを観察している。また、建物規模の変化の状況は都市内でも偏りがあることが考えられることから、これをみるためにローレンツ曲線とジニ係数を用いて建物規模の偏在性の評価を行った。その結果、戸建住宅では規模の収斂、集合住宅と事務所の一部において大規模化が進んでおり、規模の偏在性が高まっていることが分かった。

各都市ともに建築ストック総量は増大しているものの、その原因が多棟化・大型化のいずれの影響が大きいのかは都市より傾向が違ってくることが分かった。ただし、都市の中で多棟化あるいは大型化が起きている場所は共通しており、大型化の中心は都市の中心であり、中心部で局所的に高度利用が進んでいる状況であった。そして、多棟化は専ら周縁部であり、ここでは同程度のサイズ感の戸建住宅が増加することによって、その密度を増大させている状況が各都市共通している状況が明らかになった。

第5章 建物の新陳代謝に関する分析

第5章 建物の新陳代謝に関する分析

5-1 本章の概要

前章までにおいて、総量としてのストックの変遷や建物規模の分布の変遷をみたが、その変化の内訳は新たに供給された建物（新築あるいは建て替えなどによって変化した後の建物）と滅失した建物（撤去や建て替えによって変化する前の建物）の差し引きの合計であり、個々の建物の変化の有無を捉えることで都市全体の新陳代謝の状況が把握できる。

そこで本章では、建物同定によって、同定されなかった建物を新陳代謝のあった建物と見なして、どのような変化があったかを見ていく。具体的にはまずは新陳代謝があった建物を抽出し、その新陳代謝の内容について新築、滅失などいくつかのパターンに分類したうえで、ストック総量の変遷における各新陳代謝の内訳を把握する。

続いて、新陳代謝のパターンは、建物用途やその変化、建物規模やその変化に関係があるとも考えられることから、新陳代謝のパターン別に用途や面積属性の変化の実態を把握する。それらを踏まえて最後に、新陳代謝のパターン別の地理的分布を把握することによって、都市内における新陳代謝の実態を明らかにする。

本章における研究の項目とそれに対応する節は以下の通りとなる。

- ・ 分析の手法について。新陳代謝の定義と分類（5-2）
- ・ 各都市の建築ストック総量変化に占める新陳代謝の内訳に関する分析（5-3）
- ・ 各都市の新陳代謝のパターン別の地理的分布（5-4）

5-2 分析の手法

建物の新陳代謝の実態を把握するためには、まず新陳代謝があったかどうかを判定する必要がある。そこで、本節では作成した時系列情報付きの GIS 建物データにおける新陳代謝の定義やその分類を定めることとする。

それにあたり、作成したデータでは建物形状の変化に有無によって建物同定を行っていることから、同定不可となった建物が、なにかしらの新陳代謝があったものとして行うことができる。しかしながら、作成したデータにおいて観察できる新陳代謝と、現実の建築行為によって生じる本来の建物の新陳代謝は必ずしも一致しないと考えられる。そこで、それぞれの関連性や齟齬について整理を行う。

作成データは建物の形状変化から新陳代謝の有無を判定している。また、新陳代謝の前後の同地点における建物の有無や形状によって、新陳代謝についていくつか分類することができる。判断することが期待できる建物の新陳代謝の状況は以下の5種類が挙げられる。

新規	:	それまで建物が存在しなかった地点に建物が現れること
交換	:	同一地点において、古い建物が消失し新しい建物が現れること。建物規模・用途・敷地規模の変更については問わない
変容	:	同一地点において、建物の形状が変わること
撤去	:	いままで建物が存在していた地点において建物が消失すること
変化なし	:	同一地点において、建物が存続しており形状にも変化がないこと

そして、結果である新陳代謝に対しては、その原因となる変化を生じさせる建築行為（以下イベントという）があったと考えられる。そこで次に、新陳代謝を生じさせるイベントについて整理をする。イベントを表す言葉には、新築、改築、増築、建替えなどがあるが、これらの意味については必ずしも明確な共通理解があるわけではないため、次のように用語を定めて用いることとする。

新築	:	直前まで更地であった敷地に新たに建物を建てること
解体	:	既存の建物を完全に解体して撤去し敷地を更地にすること
増築	:	既存の建物に対して面積を増大するように手を加えることで、別棟の増設は含まない
減築	:	既存の建物に対して面積を減らすように手を加えることで、増築の逆のイベント。別棟の撤去は含まない
改築	:	建物の一部について規模、構造の著しく異なる程度において交換すること。使用材料の新旧は問わない
移転	:	曳家を行うこと

本研究では新陳代謝の有無は分かるものの、その原因となるイベントを正確に判別することは不可能であるが、新陳代謝の分類とイベント組合せとして考えられるものは次の通りとなる。

新規	: 新築あるいは移転における移転先の状態。
交換	: 既存の建物を解体しその地点に新築された状態
変容	: 増築・減築・改築など何かしらのイベントによって、建物の形状の一部に変化が生じた状態
撤去	: 解体あるいは移転における移転元の状態
変化なし	: イベントなし。あるいは完全同一形状でなにかしらのイベントが生じた状態

なお本研究では概ね5年程度の時間間隔があるデータを比較分析しており、時間的な隔たりが大きいためにイベントとしての交換と変容を明確に区別できない場合が含まれることになる。これを防ぐにはデータの採取間隔を短くすることが望まれるが、現状では困難である。以上をふまえ、本研究では個々の建物について観察期間内の最初の時点と最後の時点と比較し、新陳代謝の状況について、まず「新規」・「交換または変容」・「撤去」、「変化なし」と分類することとする。

まず「変化なし」と分類する建物については、は第2章での重ね合わせにより、期間初期と最終時点において同定可と判断した建物であり、時系列情報付き建物GISデータとして観測期間中存続している建物である。それ以外の建物が何かしら変化のあったものがあり、それらについてさらなる分類を行う。

その方法として、まず期間初期に存在せずに最終時点では存在している建物を「新築」があった建物とし、期間初期に存在していたもので最終時点には消えた建物を「解体」された建物とした。次に、この「新築」あるいは「解体」と判定した建物同士について空間的に重ね合わせを実施した。その際、重なり部分がある場合には、同一地点において「交換」か「変容」があったと判断し「交換または変容」(Change)と分類した。これに該当しない「新築」を「新規型」(New)と、「解体」を「撤去型」(Demolition)とした。

さらに「交換または変容」と分類した建物については、再度、異年度間で重ね合わせを実施し、重ね合わせの様子から、重なり合った建物同士でグルーピングを実施し、同一グループにおける期初と期末の建物棟数から、さらに4つに分類した。

具体的には、期初と期末が1棟対1棟で重なる場合は「単数型の交換または変容」(Single・以降「単数型」という)、期初が複数棟で期末が1棟で重なる場合は「統合型の交換または変容」(Integration・以降「統合型」という)、期初が1棟で期末が複数棟の場合は、「分割型の交換または変容」(Division・以降「分割型」という)、期初と期末ともに複数棟で重なる場合は「複合型の交換または変容」(Complex・以降「複合型」という)として、合計で6種類に分類した。分類のフローを Fig.5-2-1 に示す。

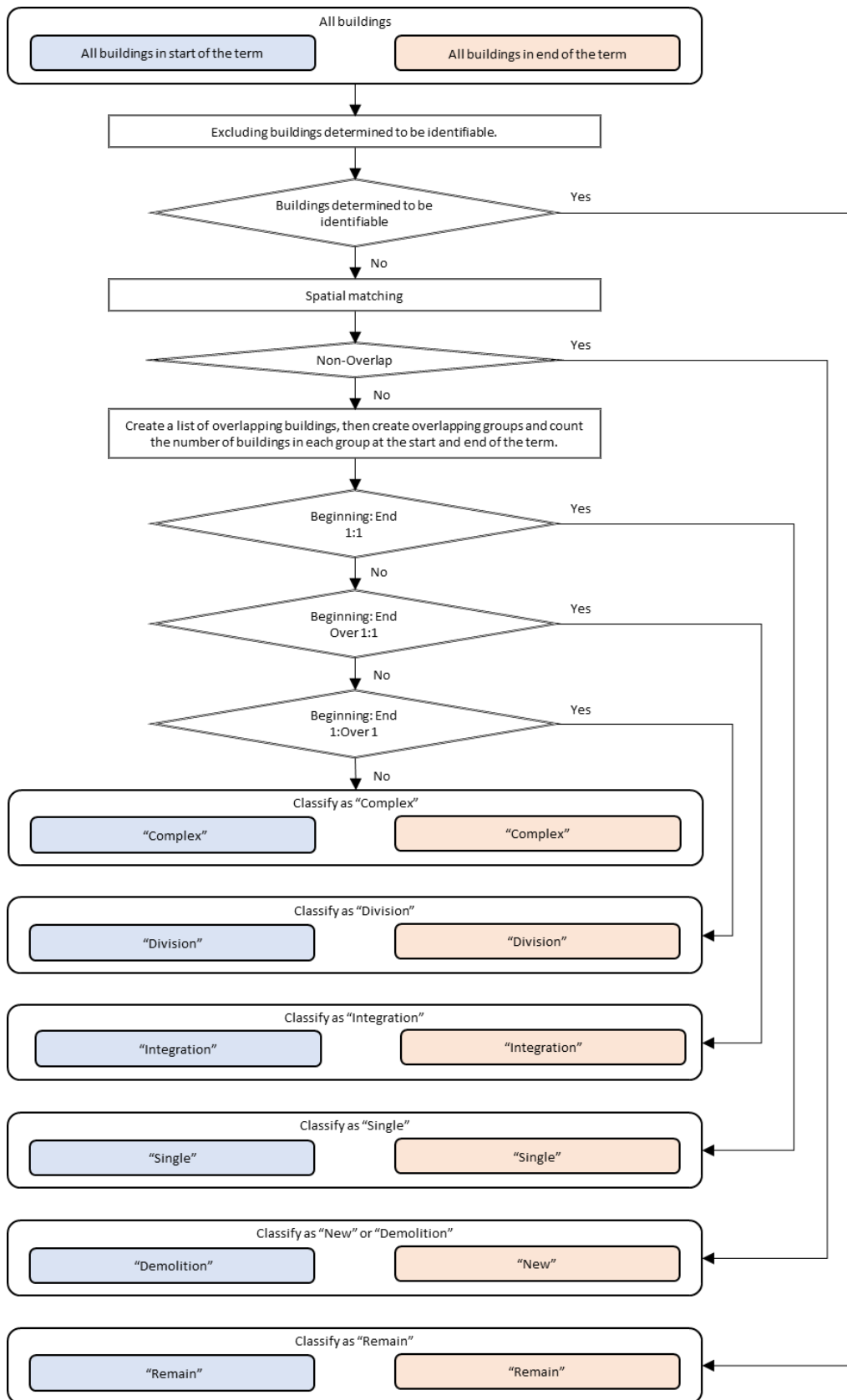


Fig.5-2-1 Flow of classify building metabolic pattern.

また、各新陳代謝パターンの変化前後のイメージを Fig.5-2-2 に示す。

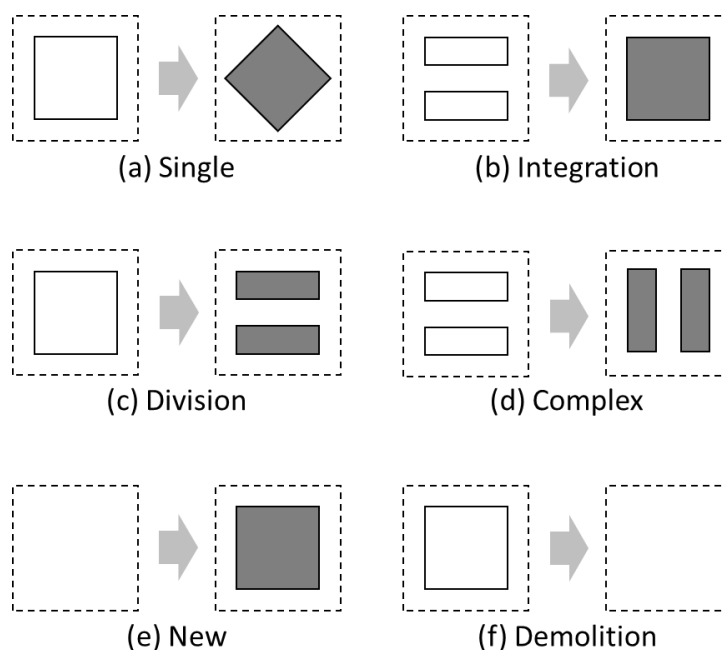


Fig.5-2-2 Image of building metabolism pattern.

以上により、本研究における新陳代謝は、「単数型」(Single)・「統合型」(Integration)・「分割型」(Division)・「複合型」(Complex)・「新規型」(New)・「撤去型」(Demolition)の6分類とする。なお新陳代謝の有無は、観測期間の初期と終了時点でのポリゴン形状の差異で識別しているため、完全に同一形状で建て替えられた建物については捕捉できない。また、新規型については、従前は建築行為が不可能であった地点に新築あるいは移転する場合と、更地であった期間が長く従前の建物が確認できない場合がある

次節より、本分類を用いて新陳代謝の発生の絶対量や新陳代謝による建物規模や棟数、用途の変化、また都市内における新陳代謝の地理的な分布について分析を行う。

5-3 建物の新陳代謝に関する分析

5-3-1 都市別の建物の新陳代謝の概要

Fig.5-3-1 から Fig.5-3-4 は各都市の期初と期末のストック総量における各新陳代謝分類の内訳を示したものである。

Fig.5-3-1 と Fig.5-3-2 は棟数ベースの積み上げ棒グラフであり、Fig.5-3-1 はストック全体の、Fig.5-3-2 は「変化なし(Remain)」を除き新陳代謝があったものだけにフォーカスしたものである。そして、Fig.5-3-3 と Fig.5-3-4 は延床面積ベースの積み上げ棒グラフであり、Fig.5-3-3 はストック全体の、Fig.5-3-4 は「変化なし(Remain)」を除き新陳代謝があったものだけにフォーカスしたものである。

棟数の増加に対しては「新規」および「分割」が、減少に対しては「滅失」および「統合」の影響が大きく、いずれの都市も「滅失」の件数より「新規」が多いことから全体としては棟数が増加していることが分かる。

延床面積の増加に対しては「新規」および「統合」が各都市共通して影響している一方で、減少に対しては「滅失」だけが共通して影響している。分割型においても変化の前後における総面積は大きく変わらない。このことから棟数の増加よりも延床面積の増加の傾向が強いことがわかる。

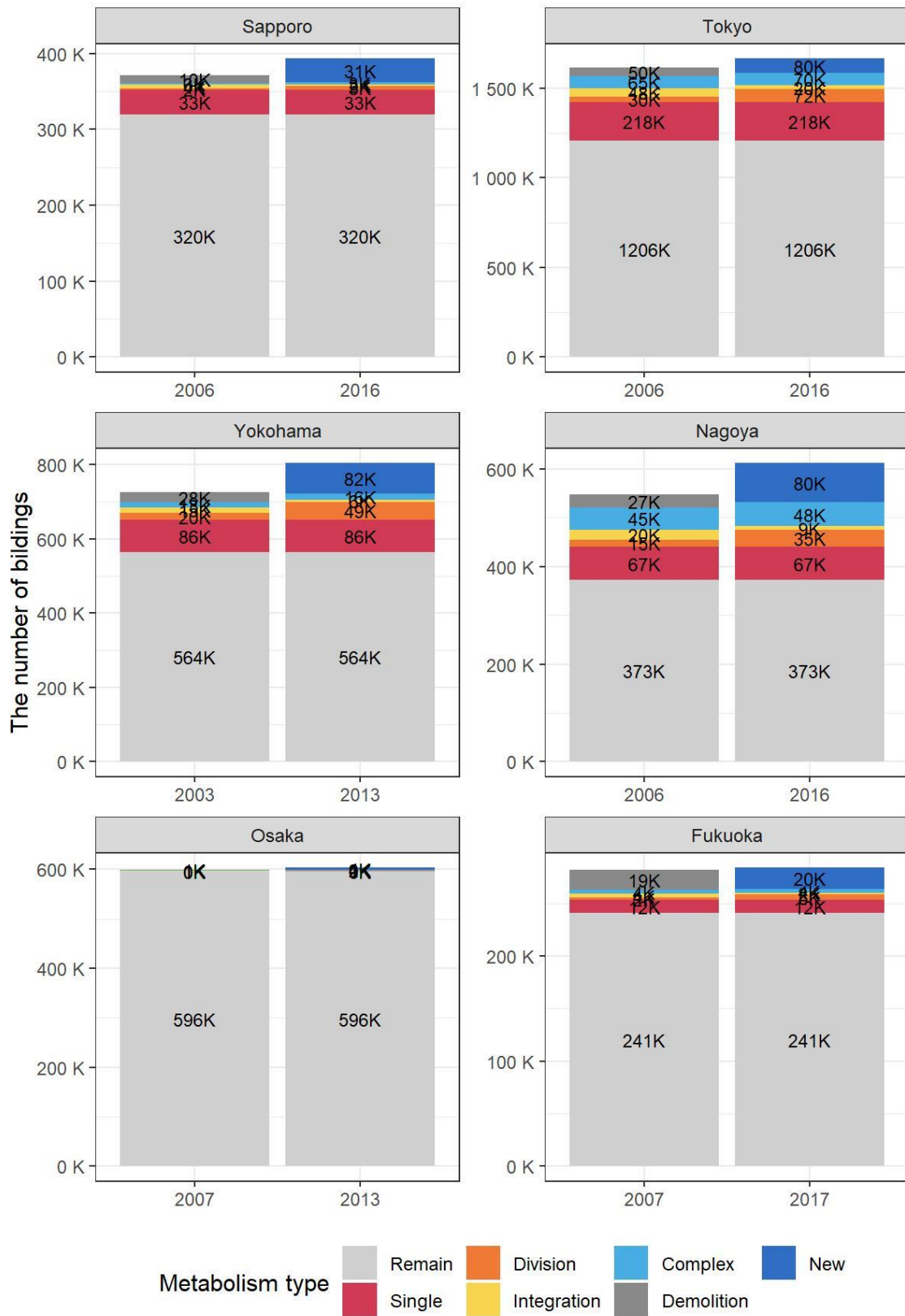


Fig.5-3-1 The amount of metabolism in building stock based on number of buildings.

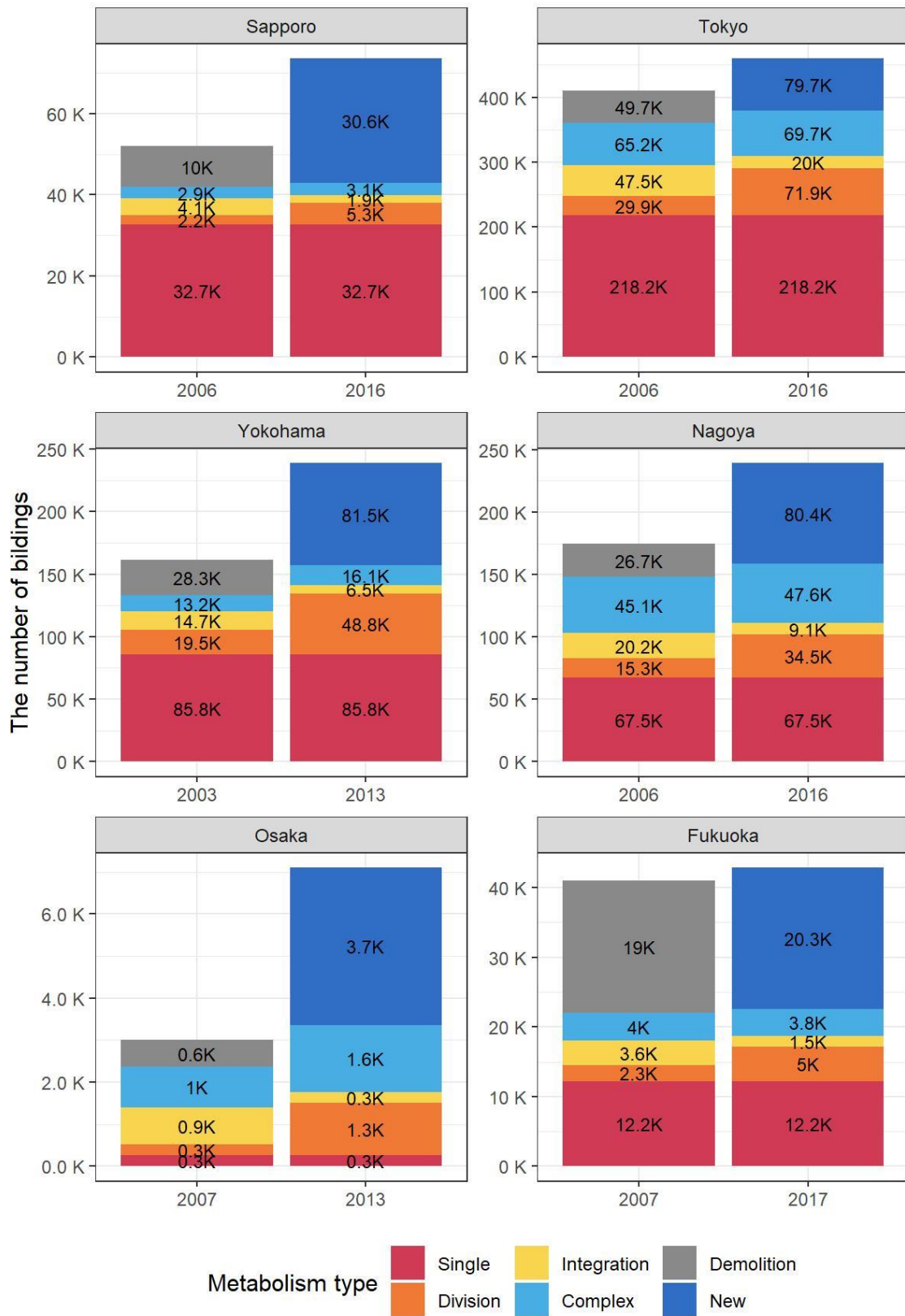


Fig.5-3-2 The amount of metabolism in building stock based on number of buildings, focus on what has changed.

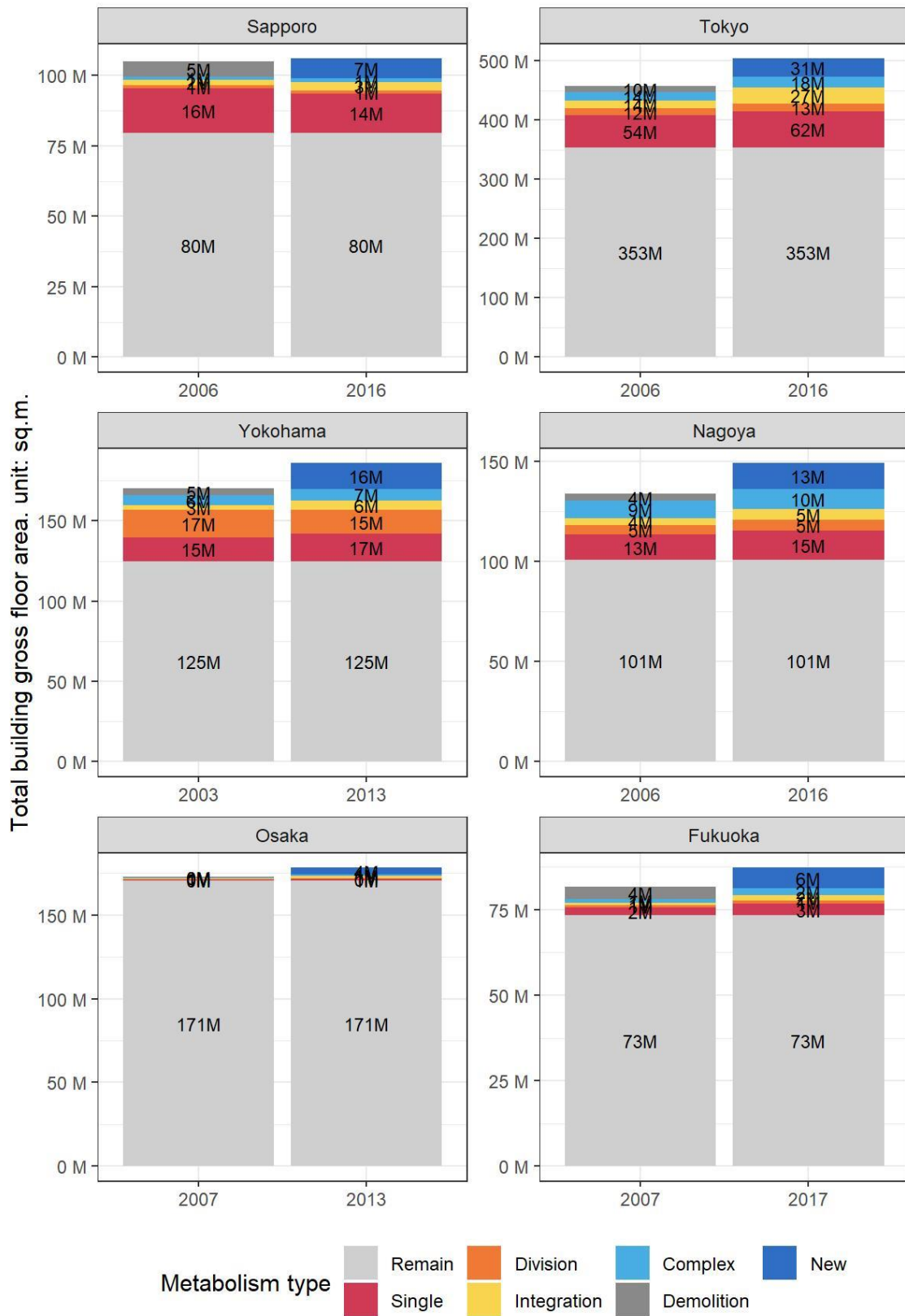


Fig.5-3-3 The amount of metabolism in building stock based on building gross floor area.

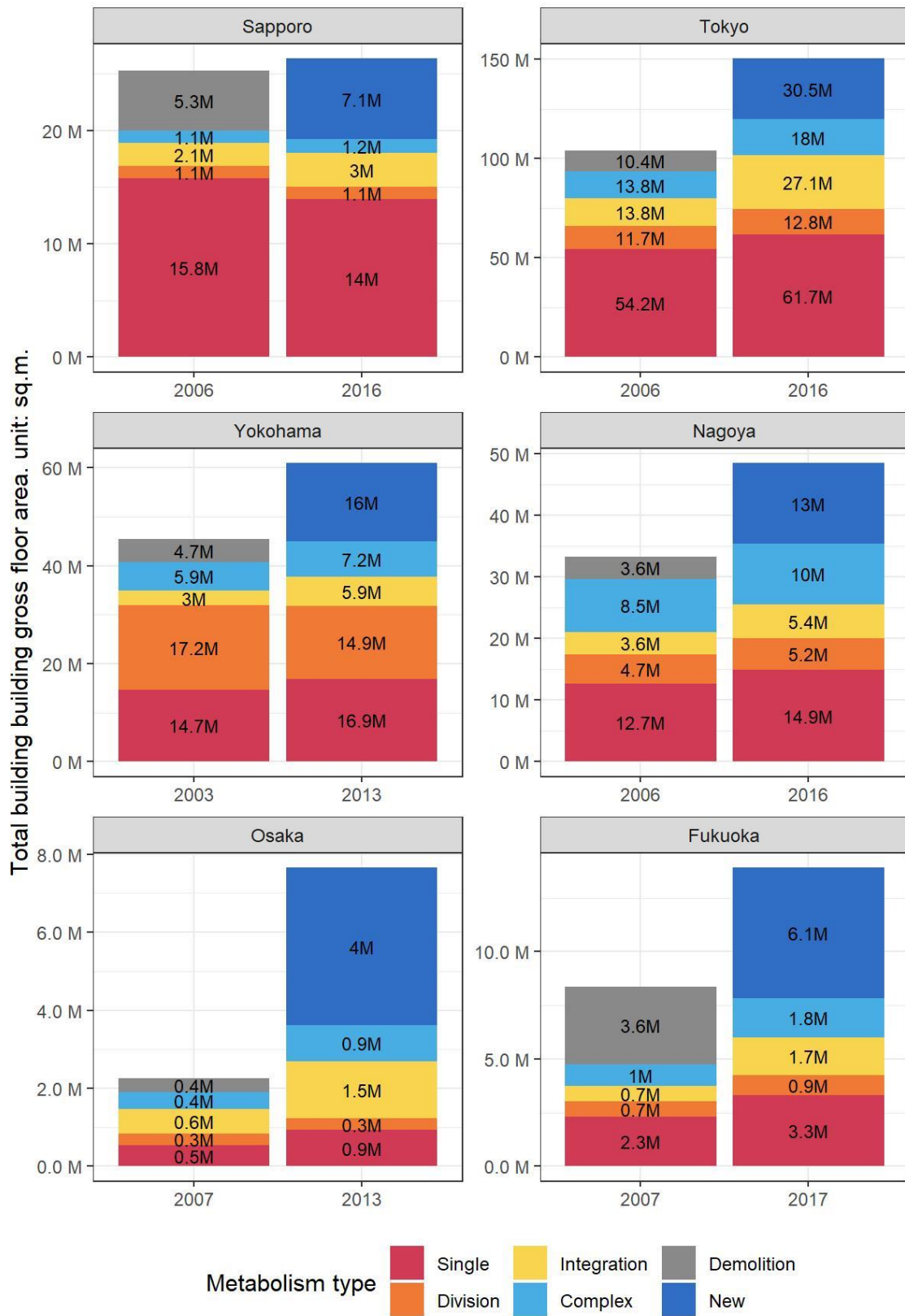


Fig.5-3-4 The amount of metabolism in building stock based on building gross floor area, focus on what has changed

5-3-2 新陳代謝パターンによる建物規模と棟数の変化

続いて、新陳代謝の前後における、建物規模や棟数の変化の状況を新陳代謝パターン別にみる。Fig.5-3-5 から Fig.5-3-10 は新陳代謝パターン別の変化前後における建物一棟あたりの延床面積の分布である。

これをみると、変化の前後で建物規模の変動が大きいものは「分割」あるいは「統合」であり、各都市共通して、「分割」は小型化傾向であり「統合」は大型化傾向であることが分かる。特に「統合」については、変化の前後で面積規模が平均で少なくとも3倍程度となっている。「単数型」や「複合型」においても平均値はいずれの都市でも大きくなっているものの、その傾向は「統合型」が一番明確であり、偏在性の高まりに関係のある新陳代謝パターンであると考えられる。

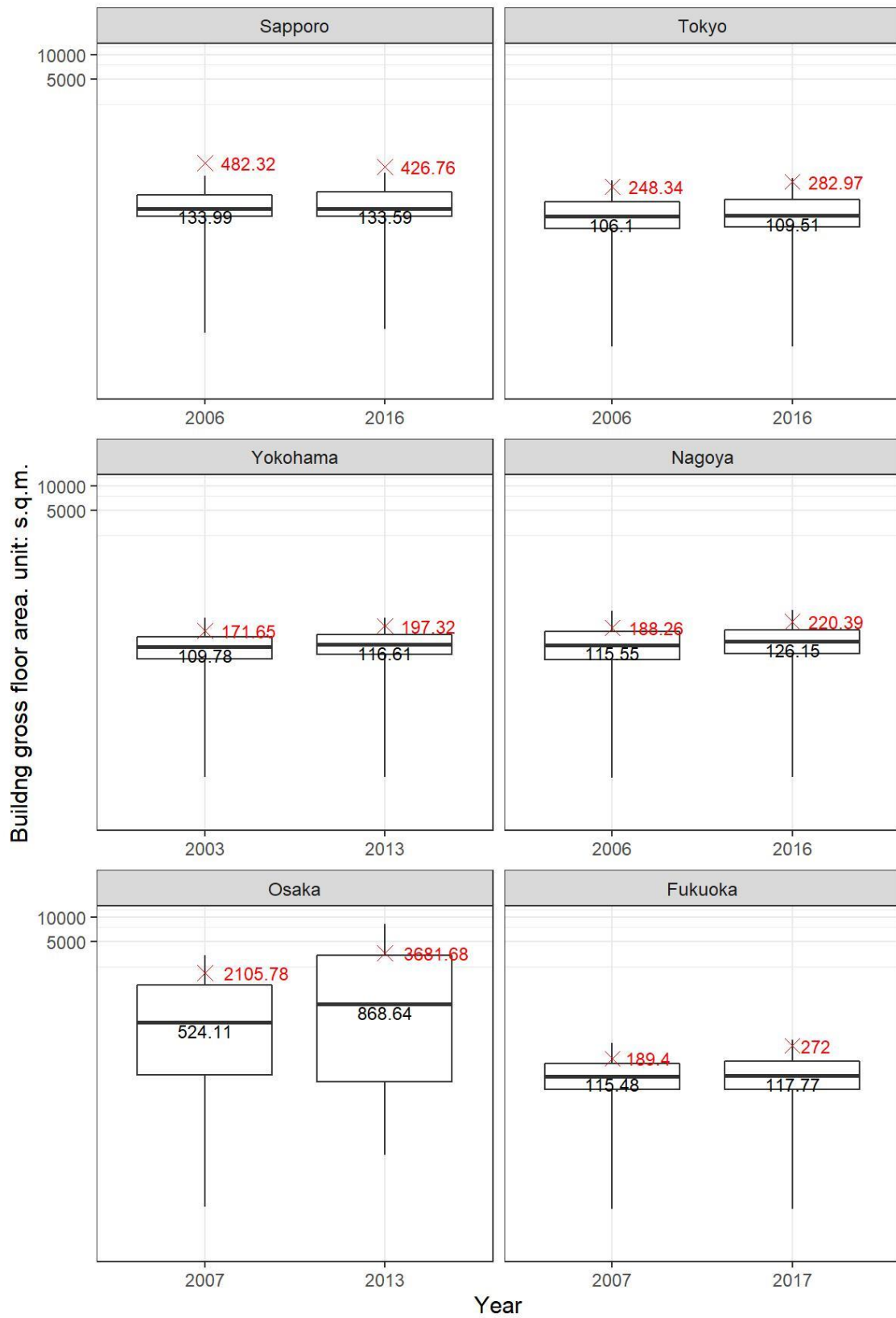


Fig.5-3-5 Distribution of building gross floor area before and after the change, metabolic pattern: "Single".

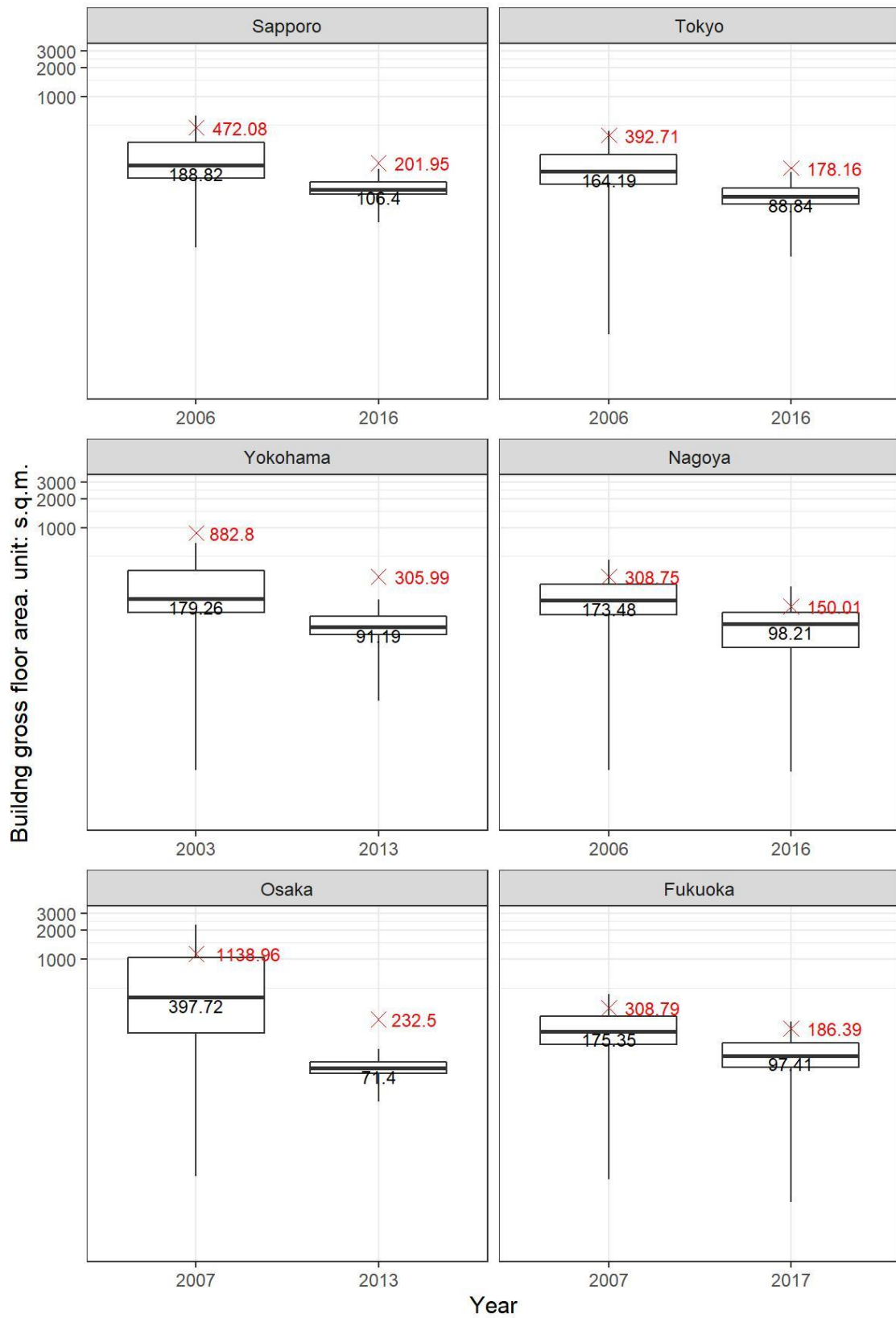


Fig.5-3-6 Distribution of building gross floor area before and after the change, metabolic pattern: "Division".

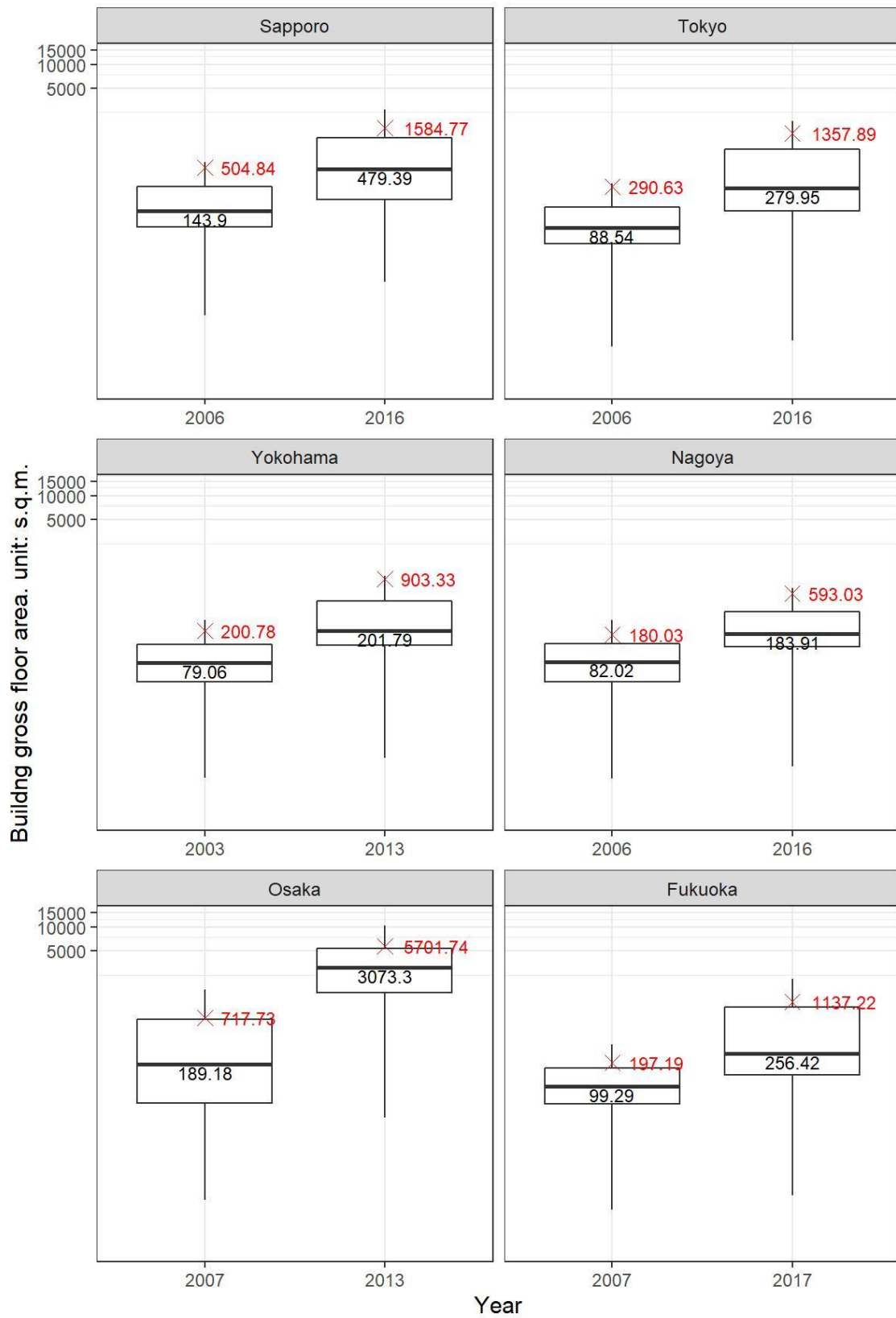


Fig.5-3-7 Distribution of building gross floor area before and after the change, metabolic pattern: "Integration".

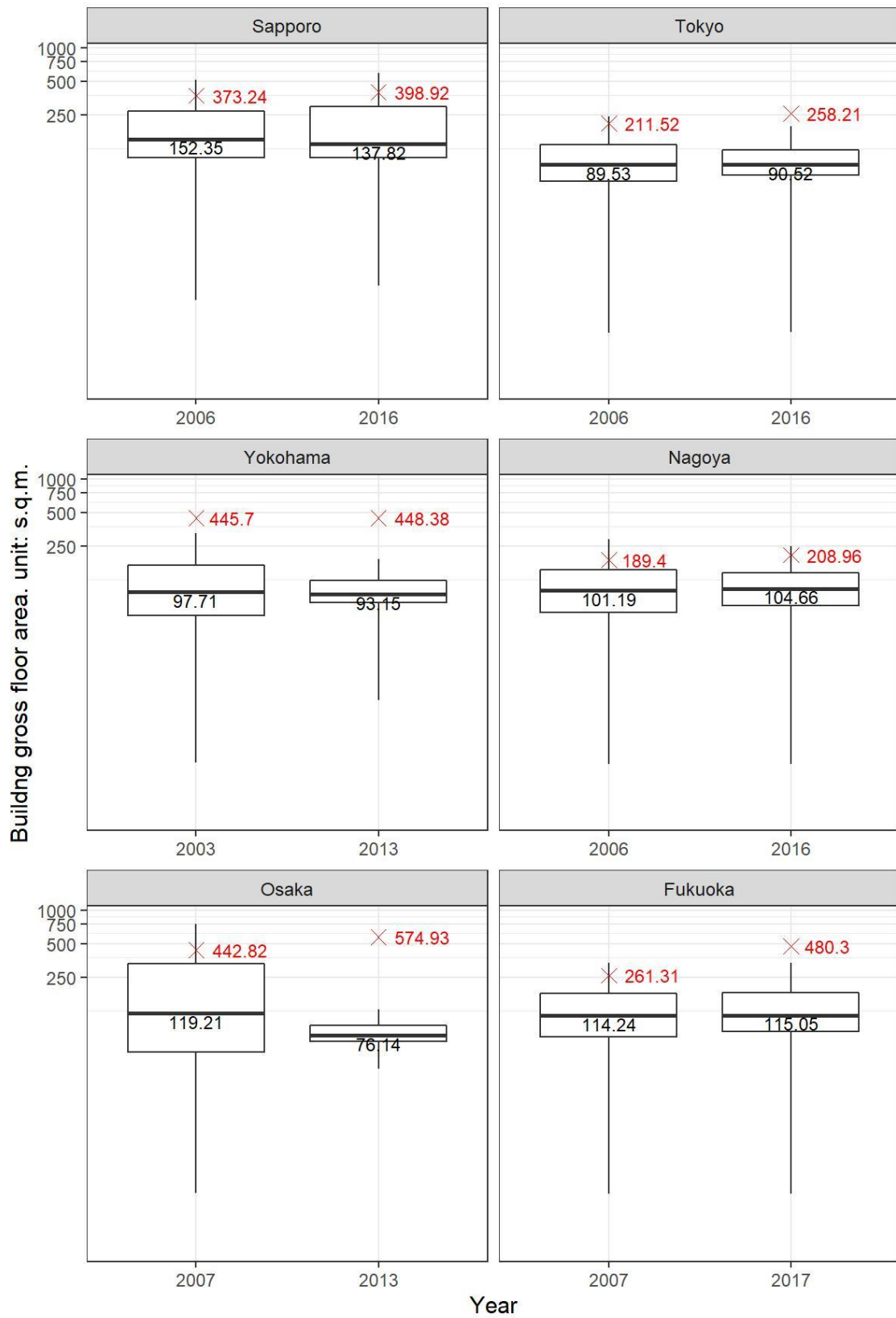


Fig.5-3-8 Distribution of building gross floor area before and after the change, metabolic pattern: “Complex”.

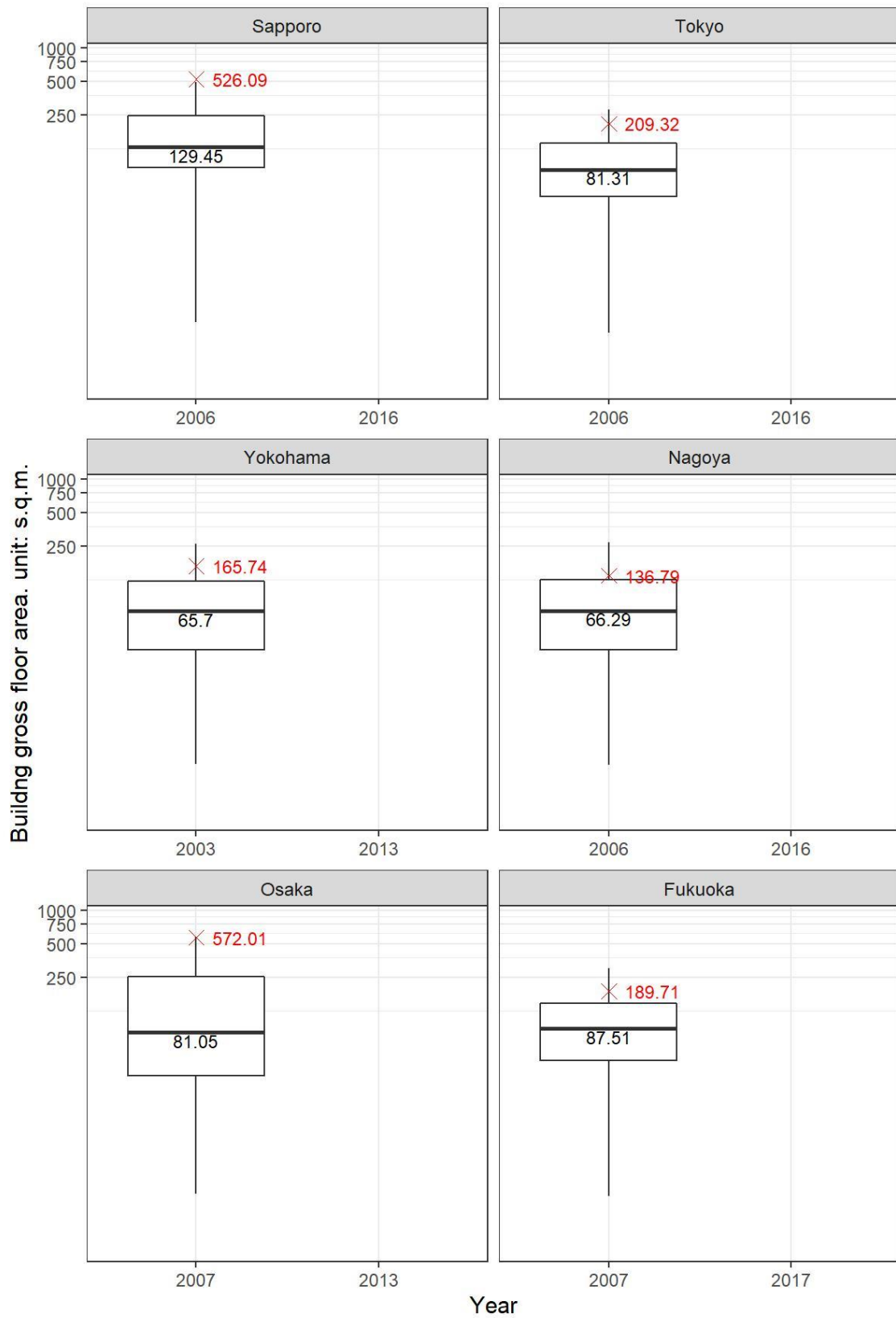


Fig.5-3-9 Distribution of building gross floor area before and after the change, metabolic pattern: "Demolition".

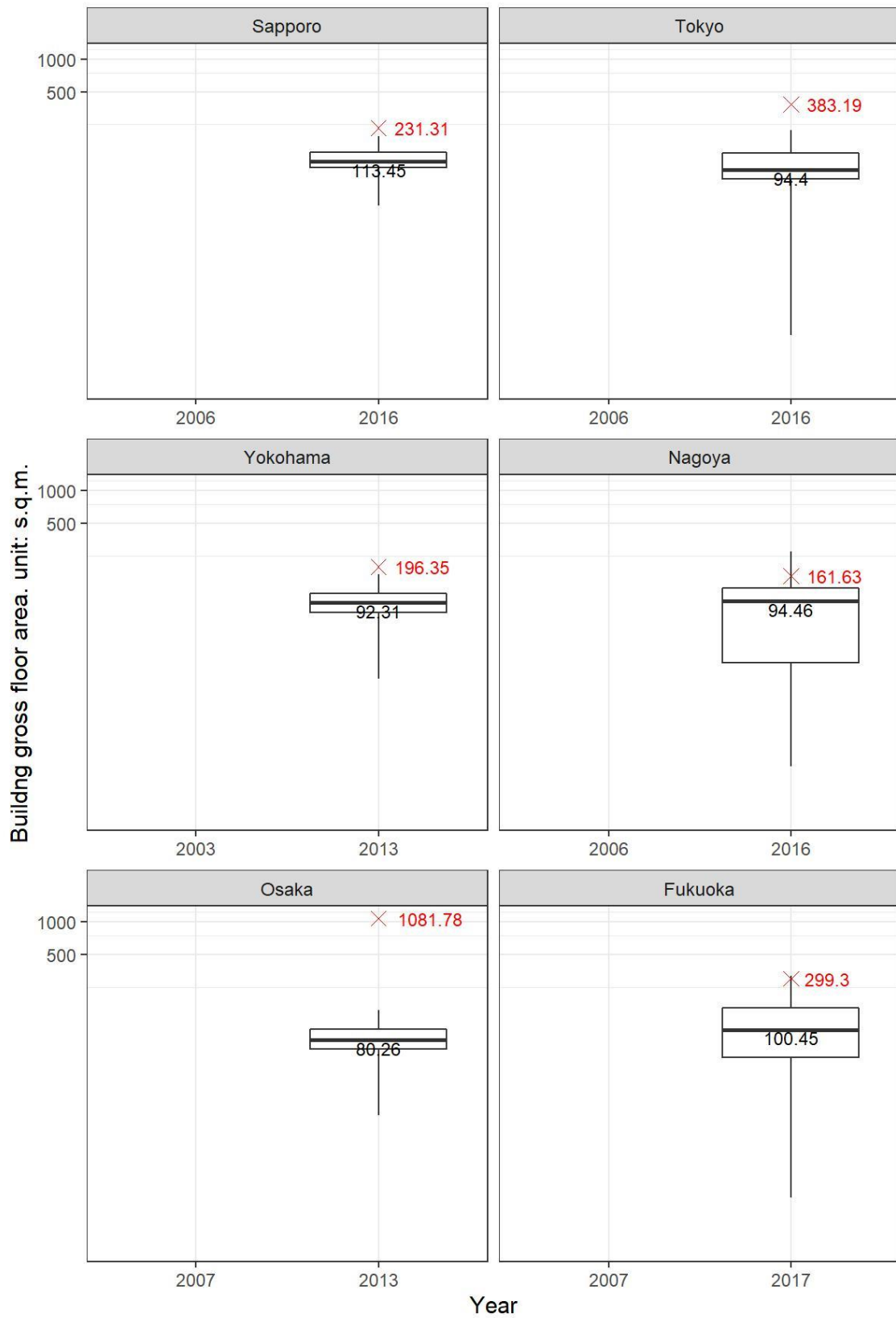


Fig.5-3-10 Distribution of building gross floor area before and after the change, metabolic pattern: "New".

また、変化の前後における建物棟数の変化を都市ごとにまとめたものが、Table5-3-1からTable5-3-6である。この表では、都市別・新陳代謝パターンごとに、1つの変化における建物棟数の分布（平均、標準偏差、四分位数、最大値、最小値）を変化の前後のそれぞれで示したものであり、括弧内の数字は1つの変化における建物の延床面積の合計値の分布を示している。

これを参照するに、どの都市・新陳代謝パターンにおいても概ね1,2棟での変化がその大勢を占めている一方で、一部の新陳代謝が多棟数で生じており、延床面積の変動も大きいことがわかる。

Table5-3-1 Sapporo: Summary of building gross floor area before and after the change by metabolic pattern.

	Period	n_all	mean ¹	min ¹	Q1 ¹	Q2 ¹	Q3 ¹	max ¹
Single	Before	32707	1.00 (482.32)	1 (4.06)	1 (106.62)	1 (133.99)	1 (196.76)	1 (109724.18)
	After	32707	1.00 (426.76)	1 (4.48)	1 (108.00)	1 (133.59)	1 (210.27)	1 (105380.51)
Division	Before	2241	1.00 (472.08)	1 (26.04)	1 (138.64)	1 (188.82)	1 (332.98)	1 (39471.43)
	After	5301	2.37 (477.71)	2 (27.20)	2 (197.76)	2 (231.74)	2 (343.58)	21 (45207.88)
Integration	Before	4141	2.18 (1101.45)	2 (23.69)	2 (202.72)	2 (315.32)	2 (711.09)	10 (36997.12)
	After	1898	1.00 (1584.77)	1 (18.69)	1 (200.11)	1 (479.39)	1 (1206.25)	1 (153206.37)
Complex	Before	2857	2.34 (871.92)	2 (32.53)	2 (250.96)	2 (367.31)	2 (681.89)	9 (48801.96)
	After	3075	2.51 (1003.00)	2 (71.28)	2 (253.71)	2 (398.85)	3 (834.02)	27 (67469.49)
Demolition	Before	10005	1.00 (526.09)	1 (3.51)	1 (84.45)	1 (129.45)	1 (247.93)	1 (83335.75)
New	After	30599	1.00 (231.31)	1 (2.84)	1 (100.37)	1 (113.45)	1 (137.95)	1 (68564.97)

¹ Statistics presented: n(GFA. unit: s.q.m)

Table 5-3-2 Tokyo: Summary of building gross floor area before and after the change by metabolic pattern.

	Period	n_all	mean ¹	min ¹	Q1 ¹	Q2 ¹	Q3 ¹	max ¹
Single	Before	218200	1.00 (248.34)	1 (2.80)	1 (76.00)	1 (106.10)	1 (161.86)	1 (140359.09)
	After	218200	1.00 (282.97)	1 (2.79)	1 (79.61)	1 (109.51)	1 (171.53)	1 (168742.84)
Division	Before	29865	1.00 (392.71)	1 (3.24)	1 (119.95)	1 (164.19)	1 (245.92)	1 (95240.45)
	After	71856	2.41 (428.66)	2 (8.47)	2 (160.86)	2 (205.62)	2 (295.33)	18 (77025.59)
Integration	Before	47511	2.38 (691.56)	2 (8.57)	2 (136.93)	2 (207.19)	2 (397.12)	66 (106062.34)
	After	19967	1.00 (1357.89)	1 (3.40)	1 (143.11)	1 (279.95)	1 (864.25)	1 (507787.83)
Complex	Before	65222	2.49 (526.59)	2 (7.44)	2 (163.78)	2 (227.01)	3 (347.69)	63 (134701.11)
	After	69664	2.66 (686.62)	2 (9.22)	2 (172.47)	2 (246.95)	3 (396.83)	34 (144858.86)
Demolition	Before	49720	1.00 (209.32)	1 (2.79)	1 (47.00)	1 (81.31)	1 (140.14)	1 (107535.40)
New	After	79696	1.00 (383.19)	1 (2.79)	1 (77.77)	1 (94.40)	1 (135.41)	1 (171142.72)

¹ Statistics presented: n(GFA. unit: s.q.m)

Table 5-3-3 Yokohama: Summary of building gross floor area before and after the change by metabolic pattern.

	City	Period	n_all	mean ¹	min ¹	Q1 ¹	Q2 ¹	Q3 ¹	max ¹
Single	Yokohama	Before	85799	1.00 (171.65)	1 (2.81)	1 (77.81)	1 (109.78)	1 (145.08)	1 (56222.05)
	Yokohama	After	85799	1.00 (197.32)	1 (2.81)	1 (88.59)	1 (116.61)	1 (152.79)	1 (71020.78)
Division	Yokohama	Before	19507	1.00 (882.80)	1 (2.87)	1 (128.94)	1 (179.26)	1 (354.92)	1 (107316.33)
	Yokohama	After	48798	2.50 (765.46)	2 (9.51)	2 (169.48)	2 (210.14)	3 (341.69)	38 (50808.79)
Integration	Yokohama	Before	14706	2.26 (454.74)	2 (8.18)	2 (126.48)	2 (179.25)	2 (302.89)	35 (53834.16)
	Yokohama	After	6493	1.00 (903.33)	1 (5.10)	1 (131.21)	1 (201.79)	1 (474.38)	1 (109348.09)
Complex	Yokohama	Before	13245	2.45 (1089.78)	2 (12.76)	2 (168.03)	2 (243.34)	2 (390.84)	51 (193610.16)
	Yokohama	After	16056	2.96 (1328.99)	2 (12.95)	2 (193.80)	2 (277.32)	3 (464.47)	38 (211878.42)
Demolition	Yokohama	Before	28287	1.00 (165.74)	1 (2.79)	1 (29.38)	1 (65.70)	1 (122.32)	1 (78942.18)
New	Yokohama	After	81541	1.00 (196.35)	1 (2.79)	1 (74.72)	1 (92.31)	1 (112.50)	1 (107643.72)

¹ Statistics presented: n(GFA. unit: s.q.m)

Table 5-3-4 Nagoya: Summary of building gross floor area before and after the change by metabolic pattern.

	Period	n_all	mean ¹	min ¹	Q1 ¹	Q2 ¹	Q3 ¹	max ¹
Single	Before	67488	1.00 (188.26)	1 (2.78)	1 (76.43)	1 (115.55)	1 (166.73)	1 (77682.41)
	After	67488	1.00 (220.39)	1 (2.81)	1 (90.03)	1 (126.15)	1 (176.82)	1 (94333.88)
Division	Before	15308	1.00 (308.75)	1 (2.86)	1 (122.03)	1 (173.48)	1 (255.86)	1 (35166.64)
	After	34502	2.25 (338.10)	2 (8.65)	2 (156.54)	2 (206.34)	2 (282.01)	20 (35517.51)
Integration	Before	20200	2.21 (398.36)	2 (8.59)	2 (129.27)	2 (187.95)	2 (291.19)	13 (52779.60)
	After	9129	1.00 (593.03)	1 (3.95)	1 (125.27)	1 (183.91)	1 (349.08)	1 (124843.51)
Complex	Before	45131	2.67 (505.58)	2 (10.95)	2 (193.45)	2 (272.89)	3 (407.64)	25 (139810.58)
	After	47633	2.82 (588.71)	2 (11.21)	2 (209.59)	2 (290.20)	3 (430.38)	28 (123586.12)
Demolition	Before	26661	1.00 (136.79)	1 (2.78)	1 (29.75)	1 (66.29)	1 (125.63)	1 (22825.33)
New	After	80446	1.00 (161.63)	1 (2.79)	1 (25.42)	1 (94.46)	1 (124.46)	1 (258027.73)

¹ Statistics presented: n(GFA. unit: s.q.m)

Table 5-3-5 Osaka: Summary of building gross floor area before and after the change by metabolic pattern.

	Period	n_all	mean ¹	min ¹	Q1 ¹	Q2 ¹	Q3 ¹	max ¹
Single	Before	253	1.00 (2105.78)	1 (2.97)	1 (119.77)	1 (524.11)	1 (1495.72)	1 (101696.14)
	After	253	1.00 (3681.68)	1 (12.59)	1 (99.53)	1 (868.64)	1 (3412.46)	1 (119478.67)
Division	Before	271	1.00 (1138.96)	1 (5.35)	1 (166.55)	1 (397.72)	1 (1038.22)	1 (43194.92)
	After	1258	4.64 (1079.28)	2 (81.28)	2 (191.47)	3 (302.08)	6 (605.54)	25 (31894.63)
Integration	Before	875	3.39 (2434.16)	2 (27.81)	2 (627.22)	3 (1363.05)	4 (2669.07)	25 (64770.33)
	After	258	1.00 (5701.74)	1 (40.45)	1 (1494.01)	1 (3073.30)	1 (5331.47)	1 (130359.55)
Complex	Before	965	3.73 (1649.88)	2 (9.64)	2 (367.85)	3 (776.82)	4 (1737.70)	68 (23241.66)
	After	1593	6.15 (3536.13)	2 (95.09)	2 (359.15)	4 (623.45)	8 (1752.74)	34 (143007.54)
Demolition	Before	637	1.00 (572.01)	1 (2.89)	1 (32.91)	1 (81.05)	1 (254.49)	1 (58166.82)
New	After	3735	1.00 (1081.78)	1 (10.07)	1 (66.27)	1 (80.26)	1 (101.35)	1 (261439.94)

¹Statistics presented: n(GFA. unit: s.q.m)

Table 5-3-6 Fukuoka: Summary of building gross floor area before and after the change by metabolic pattern.

	Period	n_all	mean ¹	min ¹	Q1 ¹	Q2 ¹	Q3 ¹	max ¹
Single	Before	12229	1.00 (189.40)	1 (2.80)	1 (79.03)	1 (115.48)	1 (164.47)	1 (83567.84)
	After	12229	1.00 (272.00)	1 (2.79)	1 (80.14)	1 (117.77)	1 (175.62)	1 (73538.84)
Division	Before	2252	1.00 (308.79)	1 (4.89)	1 (127.94)	1 (175.35)	1 (249.39)	1 (23323.03)
	After	4982	2.21 (412.34)	2 (13.76)	2 (164.72)	2 (211.70)	2 (300.43)	9 (22749.67)
Integration	Before	3614	2.35 (463.66)	2 (10.46)	2 (162.57)	2 (236.77)	2 (403.50)	14 (18076.90)
	After	1537	1.00 (1137.22)	1 (4.26)	1 (139.23)	1 (256.42)	1 (980.03)	1 (104755.37)
Complex	Before	3966	2.65 (693.68)	2 (17.88)	2 (211.53)	2 (290.12)	3 (452.67)	15 (45360.20)
	After	3831	2.56 (1231.60)	2 (42.07)	2 (217.95)	2 (310.62)	3 (562.37)	10 (214014.69)
Demolition	Before	18952	1.00 (189.71)	1 (2.79)	1 (45.53)	1 (87.51)	1 (147.71)	1 (27654.26)
New	After	20276	1.00 (299.30)	1 (2.80)	1 (55.17)	1 (100.45)	1 (159.22)	1 (70502.36)

¹Statistics presented: n(GFA. unit: s.q.m)

5-3-3 新陳代謝パターンと用途変化の関連

前項において新陳代謝パターンと建物規模との関係が分かった。これまでの分析で建物規模と建物用途には関係があるということはわかっていることから、新陳代謝による建物規模の変化によって用途も同時に変更される場合があり、それは新陳代謝のパターンにも関係があるものと考えられる。そこで本項では、新陳代謝の前後による用途の変更の有無や用途同士の関係について、遷移行列を用いて検証を行う。

対象の新陳代謝パターンは、変化の前後に建物が存在する「単数型」、「統合型」、「分割型」、「複合型」とする。「単数型」以外の新陳代謝パターンについては変化の前後での建物が1対1対応しないため、複数棟で変化があった場合にはその変化のイベントにおける用途の代表値を決める必要がある。そこで、その場合は各建物について用途を別に延床面積を集計し、その値が最大となった用途を代表値として採用することとした。

その結果得られた新陳代謝パターン別の用途変化の遷移行列を **Table5-3-7** から **Table5-3-10** に示す。行方向が変化前、列方向が変化後の用途であり、数値は変化のイベントの回数を示している。

これをみると、全体として変化の前後で用途の変化がないものが多数を占めていることがわかる。ただし「単数型」の場合は用途の変化は特に少ない一方で、「統合型」あるいは「分割型」は用途の変化が比較的増加していることが分かる。その内訳をみると、「統合型」は集合住宅や事務所に変わっているものが相対的に多く、「分割型」は戸建住宅に変わる比率が高くなっている。

Table5-3-7 Transition matrix of building uses. Metabolic pattern: “Single”

Rows: Before, columns: After	All ^{1,2}	Detached_house ^{1,2}	Apartment_house ^{1,2}	Office ^{1,2}	Other ^{1,2}
Sapporo					
Detached_house	22445(100%)	20851(92.90%)	1316(5.86%)	44(0.20%)	234(1.04%)
Apartment_house	5135(100%)	1133(22.06%)	3841(74.80%)	18(0.35%)	143(2.78%)
Office	968(100%)	91(9.40%)	148(15.29%)	622(64.26%)	107(11.05%)
Other	4159(100%)	607(14.59%)	461(11.08%)	81(1.95%)	3010(72.37%)
Tokyo					
Detached_house	137389(100%)	128619(93.62%)	7222(5.26%)	222(0.16%)	1326(0.97%)
Apartment_house	33083(100%)	3457(10.45%)	29005(87.67%)	95(0.29%)	526(1.59%)
Office	6229(100%)	255(4.09%)	734(11.78%)	4849(77.85%)	391(6.28%)
Other	41499(100%)	4835(11.65%)	3957(9.54%)	511(1.23%)	32196(77.58%)
Yokohama					
Detached_house	66273(100%)	62023(93.59%)	2312(3.49%)	180(0.27%)	1758(2.65%)
Apartment_house	7626(100%)	1419(18.61%)	5893(77.28%)	51(0.67%)	263(3.45%)
Office	1784(100%)	250(14.01%)	225(12.61%)	864(48.43%)	445(24.94%)
Other	10116(100%)	1704(16.84%)	1037(10.25%)	421(4.16%)	6954(68.74%)
Nagoya					
Detached_house	47823(100%)	46012(96.21%)	900(1.88%)	120(0.25%)	791(1.65%)
Apartment_house	4794(100%)	393(8.20%)	4190(87.40%)	32(0.67%)	179(3.73%)
Office	2177(100%)	173(7.95%)	153(7.03%)	1569(72.07%)	282(12.95%)
Other	12694(100%)	1834(14.45%)	697(5.49%)	291(2.29%)	9872(77.77%)
Osaka					
Detached_house	32(100%)	25(78.12%)	5(15.62%)	0(0.00%)	2(6.25%)
Apartment_house	28(100%)	5(17.86%)	18(64.29%)	1(3.57%)	4(14.29%)
Office	38(100%)	8(21.05%)	9(23.68%)	11(28.95%)	10(26.32%)
Other	155(100%)	24(15.48%)	29(18.71%)	6(3.87%)	96(61.94%)
Fukuoka					
Detached_house	8217(100%)	7212(87.77%)	539(6.56%)	143(1.74%)	323(3.93%)
Apartment_house	1255(100%)	286(22.79%)	867(69.08%)	34(2.71%)	68(5.42%)
Office	638(100%)	95(14.89%)	100(15.67%)	306(47.96%)	137(21.47%)
Other	2119(100%)	383(18.07%)	198(9.34%)	174(8.21%)	1364(64.37%)

¹ Color indicates height of percentage.  0% 100%

² Statistics presented: n(%)

Table5-3-8 Transition matrix of building uses. Metabolic pattern: “Division”.

Rows: Before, columns: After	All ^{1,2}	Detached_house ^{1,2}	Apartment_house ^{1,2}	Office ^{1,2}	Other ^{1,2}
Sapporo					
Detached_house	1192(100%)	1113(93.37%)	75(6.29%)	0(0.00%)	4(0.34%)
Apartment_house	563(100%)	461(81.88%)	91(16.16%)	1(0.18%)	10(1.78%)
Office	89(100%)	48(53.93%)	26(29.21%)	9(10.11%)	6(6.74%)
Other	397(100%)	240(60.45%)	88(22.17%)	3(0.76%)	66(16.62%)
Tokyo					
Detached_house	16137(100%)	15203(94.21%)	787(4.88%)	12(0.07%)	135(0.84%)
Apartment_house	5728(100%)	3935(68.70%)	1714(29.92%)	12(0.21%)	67(1.17%)
Office	809(100%)	350(43.26%)	46(5.69%)	359(44.38%)	54(6.67%)
Other	7191(100%)	3624(50.40%)	439(6.10%)	67(0.93%)	3061(42.57%)
Yokohama					
Detached_house	10703(100%)	10154(94.87%)	327(3.06%)	15(0.14%)	207(1.93%)
Apartment_house	3123(100%)	2054(65.77%)	960(30.74%)	19(0.61%)	90(2.88%)
Office	848(100%)	237(27.95%)	39(4.60%)	375(44.22%)	197(23.23%)
Other	4833(100%)	1174(24.29%)	208(4.30%)	182(3.77%)	3269(67.64%)
Nagoya					
Detached_house	10270(100%)	9898(96.38%)	177(1.72%)	20(0.19%)	175(1.70%)
Apartment_house	1145(100%)	639(55.81%)	435(37.99%)	9(0.79%)	62(5.41%)
Office	588(100%)	181(30.78%)	30(5.10%)	299(50.85%)	78(13.27%)
Other	3305(100%)	1115(33.74%)	110(3.33%)	72(2.18%)	2008(60.76%)
Osaka					
Detached_house	47(100%)	47(100.00%)	0(0.00%)	0(0.00%)	0(0.00%)
Apartment_house	42(100%)	37(88.10%)	5(11.90%)	0(0.00%)	0(0.00%)
Office	22(100%)	20(90.91%)	1(4.55%)	1(4.55%)	0(0.00%)
Other	160(100%)	128(80.00%)	6(3.75%)	2(1.25%)	24(15.00%)
Fukuoka					
Detached_house	1491(100%)	1274(85.45%)	162(10.87%)	23(1.54%)	32(2.15%)
Apartment_house	310(100%)	156(50.32%)	145(46.77%)	3(0.97%)	6(1.94%)
Office	105(100%)	41(39.05%)	18(17.14%)	26(24.76%)	20(19.05%)
Other	346(100%)	106(30.64%)	41(11.85%)	55(15.90%)	144(41.62%)

¹ Color indicates height of percentage.  0% 100%

² Statistics presented: n(%)

Table5-3-9 Transition matrix of building uses. Metabolic pattern: “Integration”.


Rows: Before, columns: After	All ^{1,2}	Detached_house ^{1,2}	Apartment_house ^{1,2}	Office ^{1,2}	Other ^{1,2}
Sapporo					
Detached_house	707(100%)	385(54.46%)	272(38.47%)	8(1.13%)	42(5.94%)
Apartment_house	614(100%)	48(7.82%)	512(83.39%)	3(0.49%)	51(8.31%)
Office	107(100%)	3(2.80%)	29(27.10%)	49(45.79%)	26(24.30%)
Other	470(100%)	23(4.89%)	101(21.49%)	26(5.53%)	320(68.09%)
Tokyo					
Detached_house	8985(100%)	5034(56.03%)	3201(35.63%)	102(1.14%)	648(7.21%)
Apartment_house	3533(100%)	399(11.29%)	2814(79.65%)	48(1.36%)	272(7.70%)
Office	1309(100%)	22(1.68%)	481(36.75%)	575(43.93%)	231(17.65%)
Other	6140(100%)	659(10.73%)	2312(37.65%)	320(5.21%)	2849(46.40%)
Yokohama					
Detached_house	3515(100%)	2255(64.15%)	982(27.94%)	36(1.02%)	242(6.88%)
Apartment_house	1011(100%)	109(10.78%)	830(82.10%)	10(0.99%)	62(6.13%)
Office	321(100%)	20(6.23%)	105(32.71%)	92(28.66%)	104(32.40%)
Other	1646(100%)	155(9.42%)	509(30.92%)	77(4.68%)	905(54.98%)
Nagoya					
Detached_house	5407(100%)	4296(79.45%)	700(12.95%)	56(1.04%)	355(6.57%)
Apartment_house	637(100%)	75(11.77%)	476(74.73%)	9(1.41%)	77(12.09%)
Office	500(100%)	44(8.80%)	105(21.00%)	235(47.00%)	116(23.20%)
Other	2585(100%)	435(16.83%)	382(14.78%)	96(3.71%)	1672(64.68%)
Osaka					
Detached_house	25(100%)	12(48.00%)	8(32.00%)	0(0.00%)	5(20.00%)
Apartment_house	31(100%)	0(0.00%)	27(87.10%)	0(0.00%)	4(12.90%)
Office	35(100%)	0(0.00%)	12(34.29%)	11(31.43%)	12(34.29%)
Other	167(100%)	1(0.60%)	45(26.95%)	10(5.99%)	111(66.47%)
Fukuoka					
Detached_house	777(100%)	459(59.07%)	221(28.44%)	23(2.96%)	74(9.52%)
Apartment_house	207(100%)	23(11.11%)	155(74.88%)	13(6.28%)	16(7.73%)
Office	178(100%)	9(5.06%)	58(32.58%)	55(30.90%)	56(31.46%)
Other	375(100%)	33(8.80%)	80(21.33%)	45(12.00%)	217(57.87%)

¹ Color indicates height of percentage. 0% 100%

² Statistics presented: n(%)

Table5-3-10 Transition matrix of building uses. Metabolic pattern: “Complex”.

Rows: Before, columns: After	All ^{1,2}	Detached_house ^{1,2}	Apartment_house ^{1,2}	Office ^{1,2}	Other ^{1,2}
Sapporo					
Detached_house	448(100%)	378(84.38%)	56(12.50%)	1(0.22%)	13(2.90%)
Apartment_house	423(100%)	100(23.64%)	309(73.05%)	4(0.95%)	10(2.36%)
Office	83(100%)	10(12.05%)	17(20.48%)	50(60.24%)	6(7.23%)
Other	269(100%)	40(14.87%)	61(22.68%)	6(2.23%)	162(60.22%)
Tokyo					
Detached_house	16334(100%)	15025(91.99%)	1014(6.21%)	26(0.16%)	269(1.65%)
Apartment_house	3346(100%)	1179(35.24%)	2033(60.76%)	20(0.60%)	114(3.41%)
Office	905(100%)	87(9.61%)	122(13.48%)	614(67.85%)	82(9.06%)
Other	5613(100%)	1496(26.65%)	769(13.70%)	100(1.78%)	3248(57.87%)
Yokohama					
Detached_house	3185(100%)	2799(87.88%)	260(8.16%)	15(0.47%)	111(3.49%)
Apartment_house	708(100%)	402(56.78%)	263(37.15%)	9(1.27%)	34(4.80%)
Office	238(100%)	93(39.08%)	34(14.29%)	54(22.69%)	57(23.95%)
Other	1286(100%)	378(29.39%)	178(13.84%)	37(2.88%)	693(53.89%)
Nagoya					
Detached_house	11558(100%)	10650(92.14%)	416(3.60%)	52(0.45%)	440(3.81%)
Apartment_house	968(100%)	303(31.30%)	587(60.64%)	12(1.24%)	66(6.82%)
Office	610(100%)	132(21.64%)	49(8.03%)	333(54.59%)	96(15.74%)
Other	3771(100%)	1112(29.49%)	230(6.10%)	96(2.55%)	2333(61.87%)
Osaka					
Detached_house	61(100%)	56(91.80%)	3(4.92%)	0(0.00%)	2(3.28%)
Apartment_house	26(100%)	21(80.77%)	2(7.69%)	0(0.00%)	3(11.54%)
Office	18(100%)	10(55.56%)	3(16.67%)	1(5.56%)	4(22.22%)
Other	154(100%)	99(64.29%)	12(7.79%)	1(0.65%)	42(27.27%)
Fukuoka					
Detached_house	889(100%)	701(78.85%)	118(13.27%)	25(2.81%)	45(5.06%)
Apartment_house	221(100%)	39(17.65%)	149(67.42%)	13(5.88%)	20(9.05%)
Office	97(100%)	13(13.40%)	32(32.99%)	26(26.80%)	26(26.80%)
Other	287(100%)	57(19.86%)	65(22.65%)	25(8.71%)	140(48.78%)

¹ Color indicates height of percentage.  0% 100%

² Statistics presented: n(%)

5-4 建物の新陳代謝の地理的分布

5-4-1 新陳代謝の地理的分布

新陳代謝による延床面積の増減の地理的分布を示したものが **Fig.5-4-1** である。これは、新陳代謝があった建物について、その前後で関係のあった建物群について重心を設定し、その点に対して新陳代謝の前後における延床面積の変化量で重み付けしたカーネル密度推定を行ったものである。推計の方法および結果の表示に際しては 100 m²メッシュで集計している点は4章と同様であるが、推定量の単位は土地 1 m²あたりの延床面積の増加量 (m²) となっている。

これをみると、全都市で全体的には微増傾向にあり、都市の中心部において局所的に大きな増加が確認される。また、中心部の周辺において面積が減少している場所も点在している。

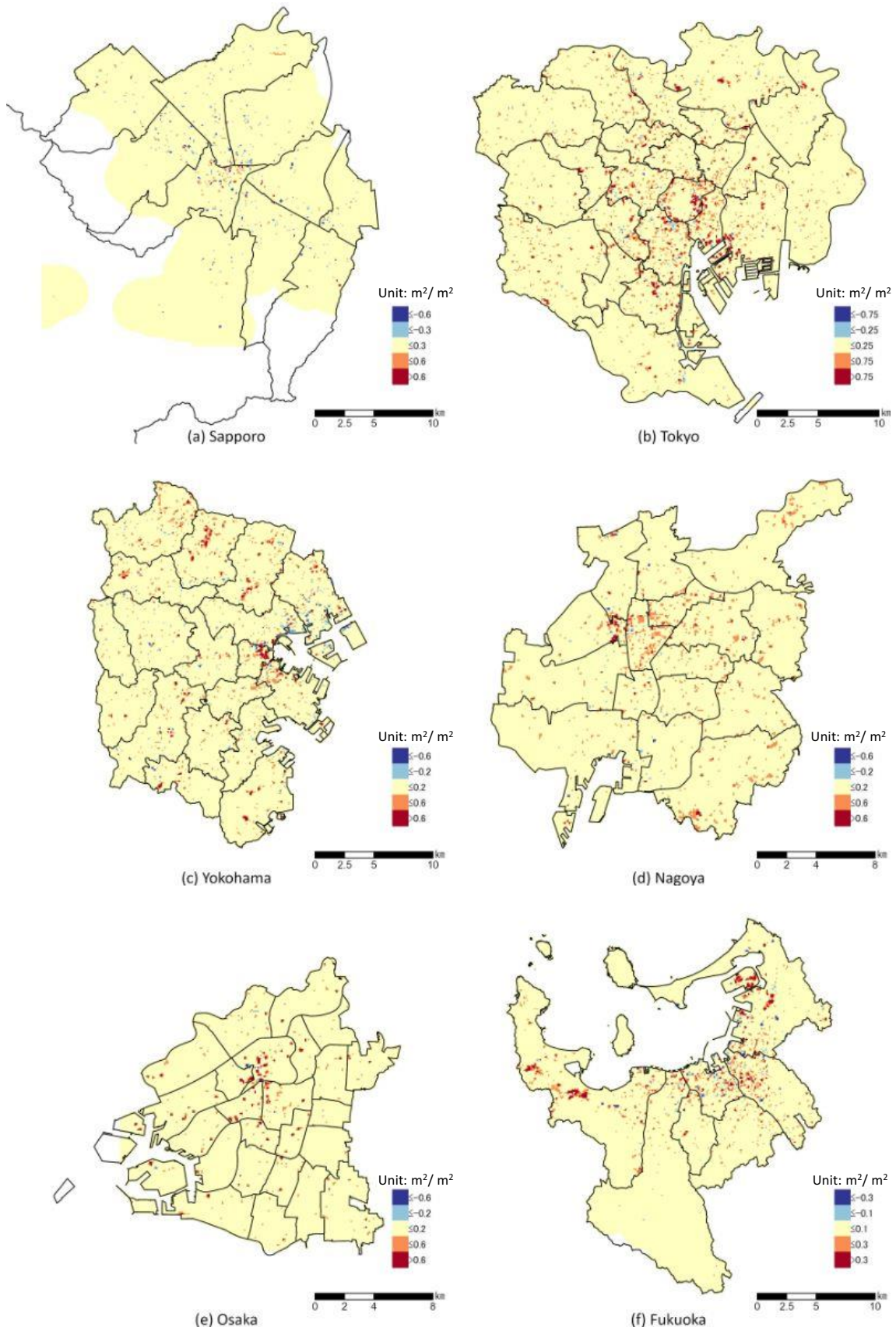


Fig.5-4-1 Geographic distribution of building metabolism based on building.

5-4-2 新陳代謝パターン別の地理的分布

続いて、前項と同じ手法を新陳代謝パターン別に適用し、延床面積の変化量で重み付けしたカーネル密度推定を行った結果を Fig.5-4-2 から Fig.5-4-7 に示す。これをみると、各都市に共通している点として、統合型による延床面積の増加はいずれの都市も都市の中心で起きていることがわかる。また滅失型も都市の中心に近いところでその比重が高いことがわかる。これは前節で面積の減少が中心部の周辺において確認されていることと関係していると考えられ、都市のストックが増加傾向にあるという前提において、将来的な再建築に向けた一時的な建物の消失の可能性があるといえる。また、「分割型」は旧来からの住宅街に多い。これは既存の邸宅の建て替わりに際してはいくつかの複数の建物として再度分譲されている事例と関係していると考えられる。

「新築型」は、都市により傾向が異なり、東京と大阪市においては都市部や再開発エリアに比重がある一方で、それ以外の四都市については周縁部で活発に新たな建物が登場していることがわかる。これらの土地はいずれも新たな住宅エリアであり、いずれの都市も新たな住宅エリアに多くの建物が供給されている状況が明らかになった。

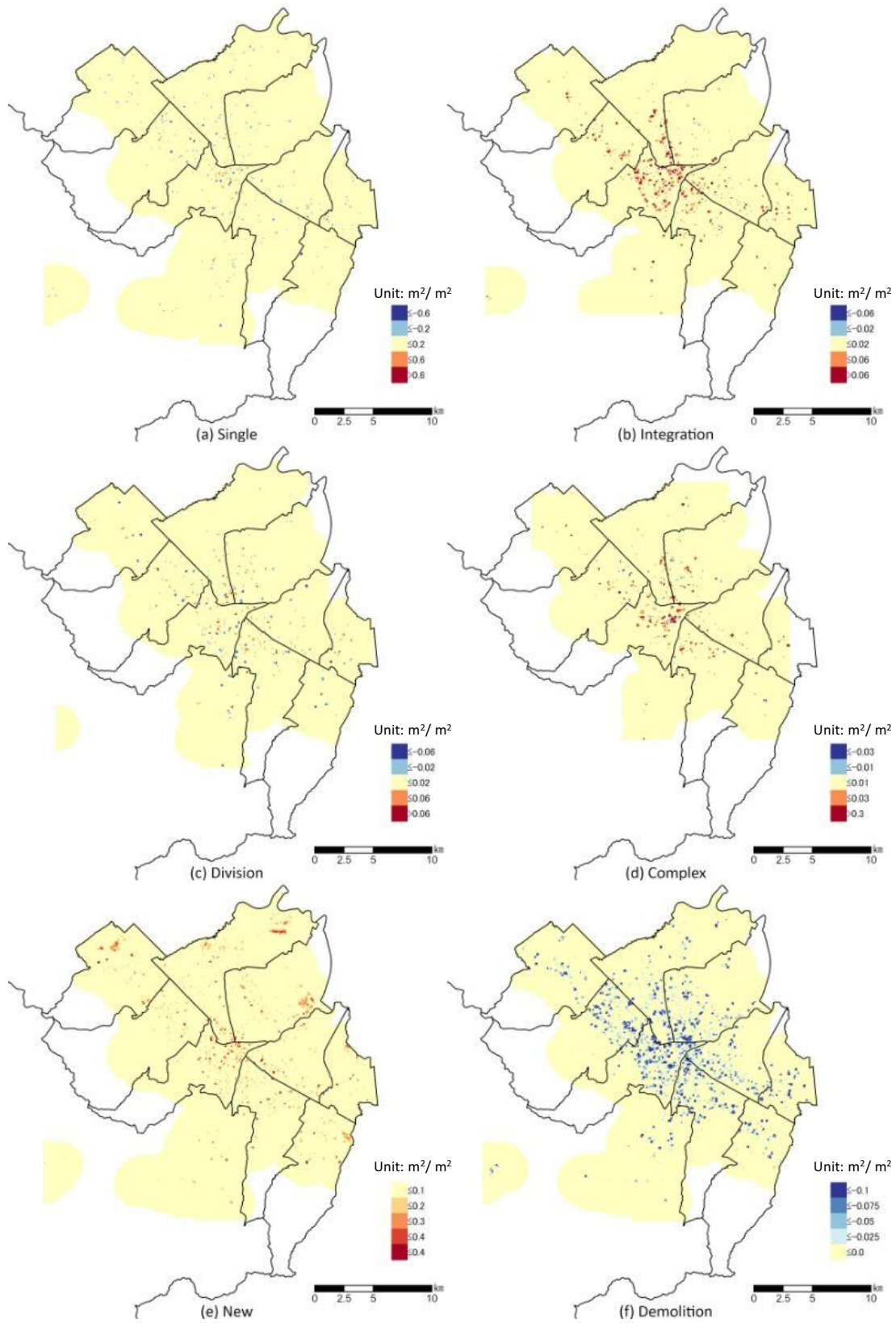


Fig.5-4-2 Sapporo: Geographic distribution of building metabolism based on building gross floor area by metabolic pattern.

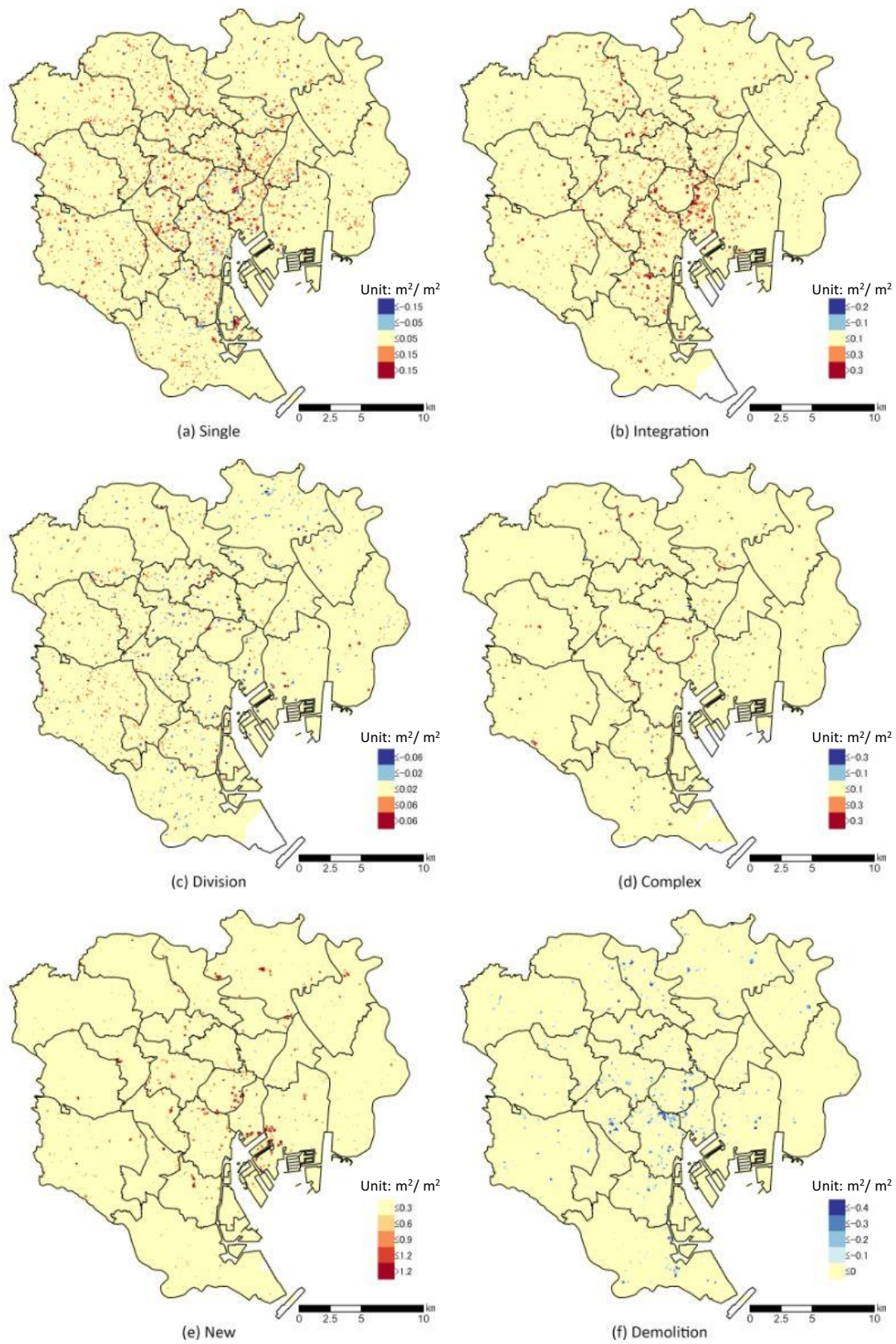


Fig.5-4-3 Tokyo: Kernel density estimation of metabolism weighted by building floor area, by metabolic pattern.

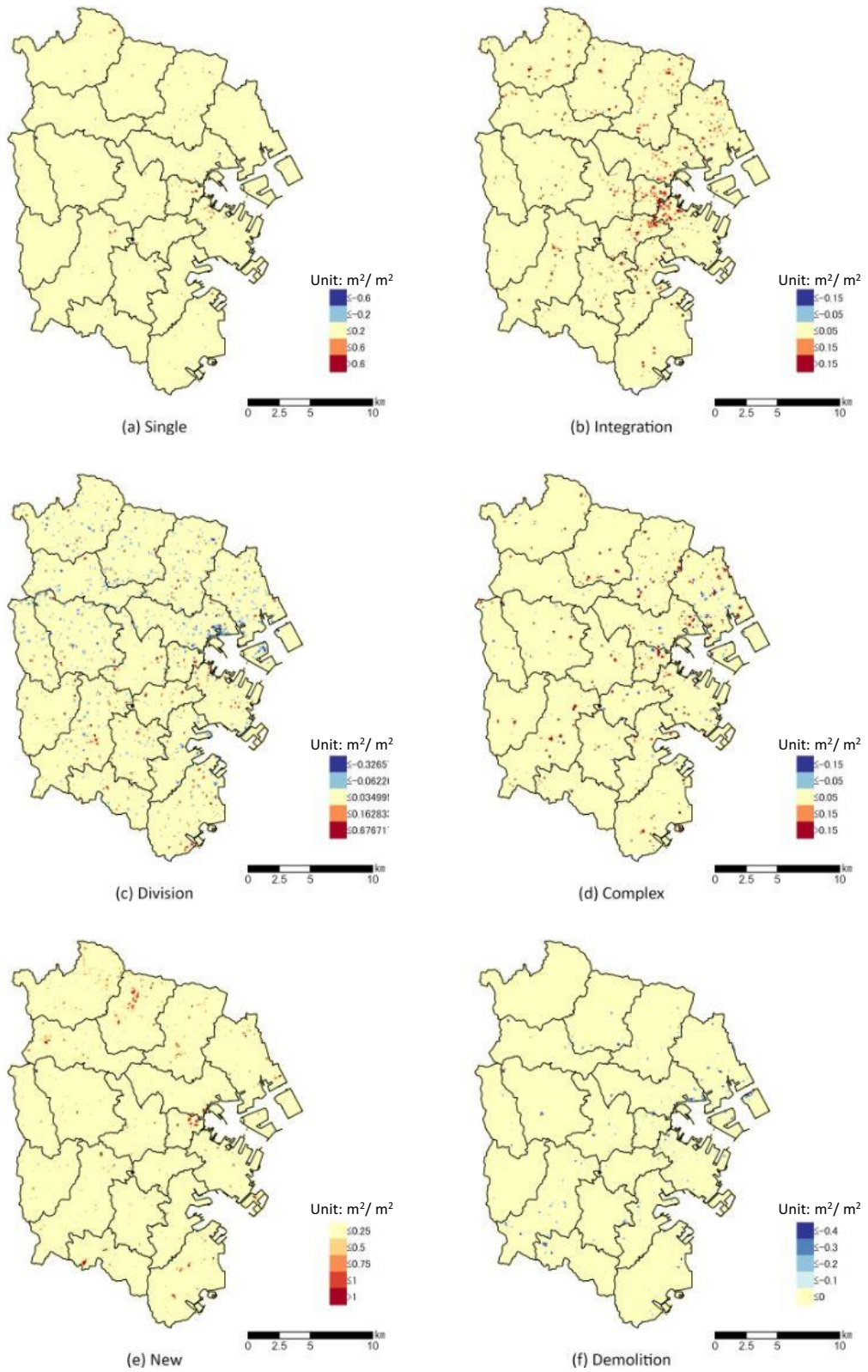


Fig.5-4-4 Yokohama: Kernel density estimation of metabolism weighted by building floor area, by metabolic pattern.

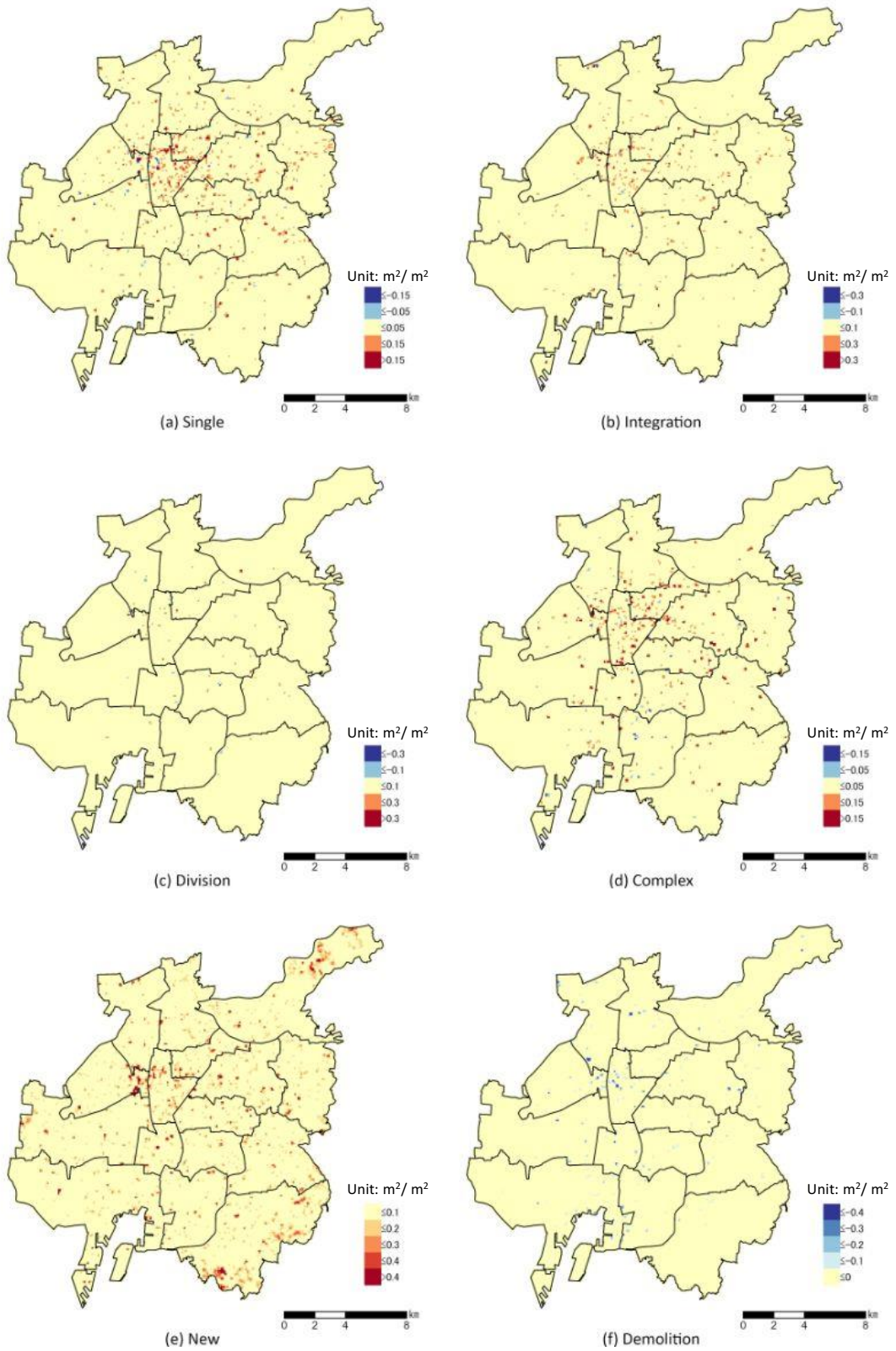


Fig.5-4-5 Nagoya: Kernel density estimation of metabolism weighted by building floor area, by metabolic pattern.

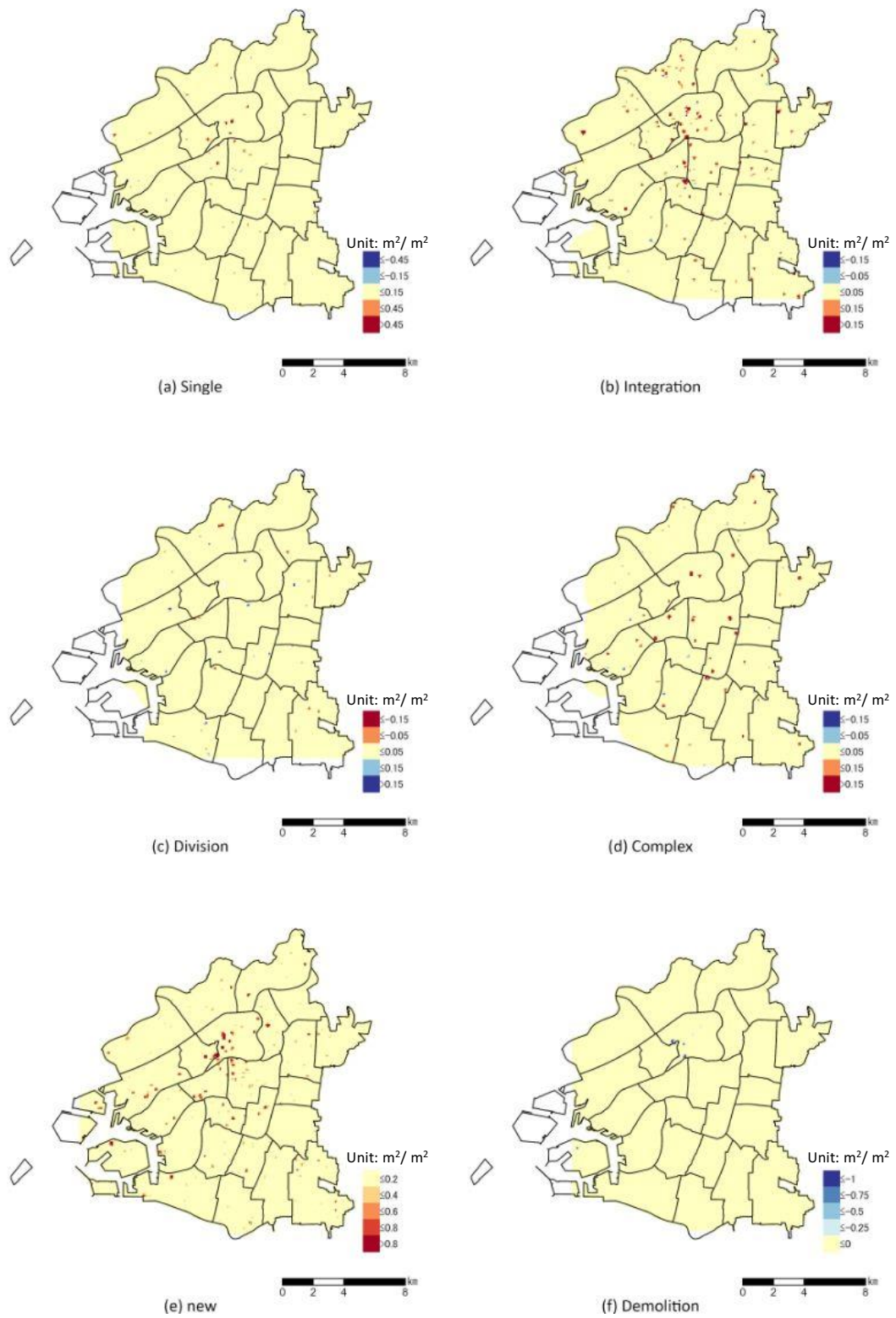


Fig.5-4-6 Osaka: Kernel density estimation of metabolism weighted by building floor area, by metabolic pattern.

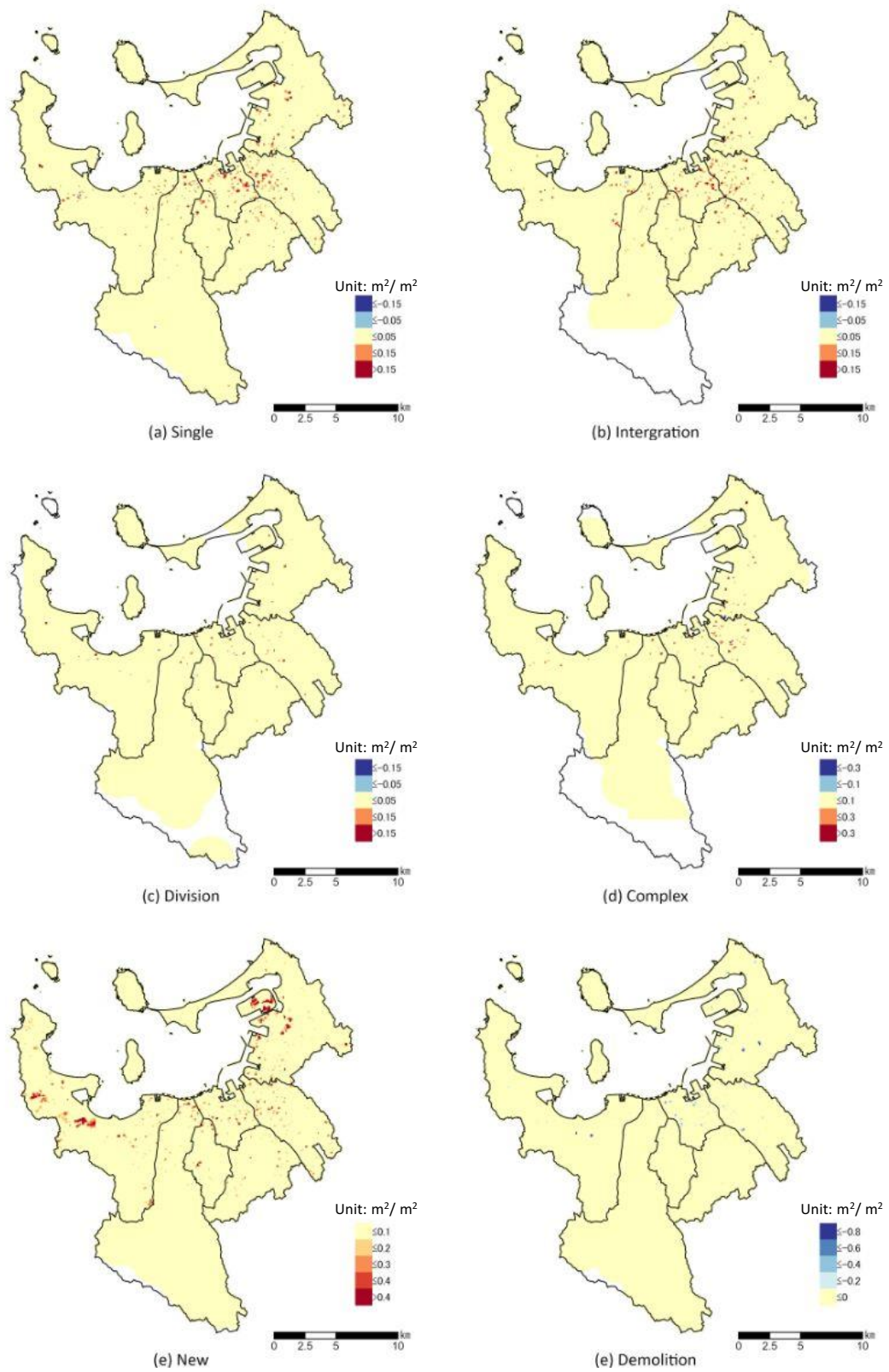


Fig.5-4-7 Fukuoka: Kernel density estimation of metabolism weighted by building floor area, by metabolic pattern in.

5-5 小結

本章では、建築ストック総量の変遷の差分である、建物の新陳代謝に着目し、滅失する建物あるいは新たに供給された建物の用途や規模の変化の関係をみた。

5-5-2では、作成した時系列情報付きのGIS建物データで観察できる新陳代謝と実際の建築行為によって生じる現実の建物新陳代謝の関連性や齟齬について整理して、分析の対象とする新陳代謝について整理を行った。また、観察できる新陳代謝について同一地点における建物同士の変化の状態から6種類に分類を行い、分析の方法を確定させた。

5-5-3では、各都市の観察期間におけるストックに占める新陳代謝の状況について明らかにした。また新陳代謝パターンによる建物棟数・建物規模・建物用途の変化について分析を行った。その結果、「単数型」は変化の前後で用途や規模の変化は相対的に少ない一方で、「統合型」は変化後に大型の集合住宅や事務所になる傾向、「分割型」は変化後、戸建住宅になる傾向が確認できた。

5-5-4では、新陳代謝の地理的分布を分類別にみた。その結果、「統合型」は都心の中心部に特にその比重が大きく、「分割型」は旧来の邸宅街において多く発生している状況であり、「新築型」については都市の周縁部における戸建住宅の供給に伴って生じている状況であることをそれぞれ確認することができた。「滅失型」が都市の中心部あるいはそこに近い部分で多くの比重で発生していることは、都市中心における建物の巨大化の傾向の一環としての動きであると考えられる。

以上により、都心部では、再開発によって複数の建物が取り壊されてより巨大な建物として新たに供給され、周縁部では同程度の戸建住宅が供給の中心であることが分かる。都市における建築ストック総量の増大の内訳を明らかにすることができた。

第 6 章 結論

第6章 結論

日本国内では年間90万戸程度の新築住宅が供給され続け、総人口が減少に転じたにもかかわらず、2020年時点においても建築ストックの総量は増加し続けている。それには、都心における再開発によるものもあれば、郊外において更地に新たに住宅が建設されることによって生じたものもあり、建築ストック増加の要因は画一的ではない。しかしながら、この要因を詳細に調査するためには、市区単位よりも詳細な街区単位による建築ストックの状況を時系列的に把握できる統計資料が欠かせないが、このような統計資料は2020年時点においては整備されていない。人口減少時代における都市政策や建設産業政策における重要な知見を発見するために必要な根拠資料となる地理的分布が把握でき、同時に時系列データとして整備された建築ストックのデータベースの整備が期待されている。

本研究は大都市部における建築ストックの変化を建物単位で分析するとともに、時間経過による変化を把握できるGIS建物データベースの作成手法の考案を行った。また、GIS建物データベースを用いて主要都市の建築ストックの総量や用途ごとの変化について分析を行った。更に建物の存続・新築・滅失・建替えといった変化を都市の新陳代謝と表現し、それぞれ量的な変化を示し、その地理的な分布を都市ごとに明示した。このように建物の悉皆的で時間軸を有するGIS建物データベースを作成する手法を体系化し、都市の新陳代謝の状況を分析することを目的とした論文である。

本論文は6章から構成されている。

第1章では、研究背景の整理と目的の明確化を行った。ストック型社会への転換を図ることの重要性は明らかであるが、建築ストックを有効に活用するためには現状の分析が重要であることを述べた上で、都市全体の建物について悉皆的・時系列的に把握することのできるデータベースが存在していないことを指摘した。その上で、地方公共団体が定期的実施する都市計画基礎調査において作成されるデータを用いて、悉皆的・時系列的に把握することのできる建物データベースの作成を提案した。すなわち既存の「都市計画基礎調査情報」に基づき、札幌市・東京都23区・横浜市・名古屋市・大阪市・福岡市について、GISデータを、時間軸を有するGIS建物データベースとして加工し、その精度を評価する手法の構築を目指した。この都市計画基礎調査情報から目的のGIS建物データベースを得る際の課題として、建物の建て替わりに関する情報については付与されていないこと、および自治体ごとに行われている調査について、その調査結果が標準化されていないことを指摘した。そしてその方策と研究フローを示し、本研究の位置づけを整理した。

第2章では、建物のGISデータを時系列データとするために、異なる時点の調査結果をGISデータ全体で重ね合わせ、ポリゴンとして表現された個々の建物の外形を比較することで建物同定を行った。建物同定にあたって、調査年度間の系統誤差が一定程度内と認められる年度を抽出し、隣り合う時点の調査に対して建物同定を全ての建物について実施した。同定の可否は異年度間の建物を示すポリゴンが重なる面積により判定した。加えて、異年度間で建物を示すポリゴンの位置座標やポリゴンの外形が微妙に異なる場合があ

ることを鑑みて、面積判定で同一ではないと判定された建物についても、更に正確な同定が可能な手法を示した。すなわち面積判定に加えて図形周長の一致度も評価する、あるいはポリゴンの分割方法を変更して再度、同定を行うなどである。一致と判定された建物については、最終的に異年度間で共通の ID を付与し、一元的な分析を可能とした。航空写真に基づいて GIS データを作成することは、確認申請の必要のない建物を含む都市の建物の実態が把握できる利点がある一方で、作成時点の異なる GIS データ間での微妙な差異が図形処理の過程で必然的に発生するため、同一の建物の同定を正確に行う手法が必要となる。本論文では、複数の判断軸を有する建物同定を段階的に行う手法により、これらの問題を回避できることを示し、個々の建物の変化が把握可能な、時間軸を有する GIS 建物データベースの構築を行った。

第3章では、異年度間・都市間での比較分析を可能とするために GIS 建物データベースの内容を検討した。建築ストックの分析においては建築面積、延床面積、建蔽率および容積率を用いることが一般的である。そのため本研究で作成した GIS 建物データベースにおいても、これら数量の抽出あるいは算定を可能とすることが求められる。従来は建物のポリゴンの面積をそのまま建築面積と見なす場合が多かったが、本研究においては GIS データにおける建物を表すポリゴンの面積と実際の建築面積の差異を考慮して、建物のポリゴンの面積から建築面積を、更に階数情報を加えて延床面積を推計する計算式を求めた。また街区を示すポリゴンの面積と、その街区内に含まれる建物の建築面積と延床面積から街区単位の建蔽率や容積率を推計した。最後に求めた各種の推計結果をいくつかの公的な統計情報と比較し、得られた建築面積、延床面積、建蔽率および容積率の妥当性が従来の算定方式より高くなっていることを確認した。以上により、異年度間・都市間で比較可能な GIS 建物データベースの作成と必要な数量情報を抽出する手法を確立した。

第4章では GIS 建物データベースを用いて、各都市の建築ストックの総量の変遷に関する基本統計と、都市ごとの建物規模の変遷について分析を行った。まず全体の傾向として、いずれの都市においても建築ストックの総量が増加していること、および多くの都市で棟数の増加率より延床面積の増加率が大きいことを確認した。更に、都市の中心部で建物が大型化する一方で、周縁部では棟数が増大しているなど、建築ストックの変化の内容が都市内の領域により異なることを確認している。また用途別にみると、戸建住宅では規模の収斂が進み、集合住宅と都心部の事務所の大規模化が進んでいることを指摘し、これにより都市全体で見た場合に建物の規模の偏在性が高くなっていることを明らかにした。最後に各都市に共通することとして、都市の中心部では高度利用や大規模化が進み、周縁部では同等規模の戸建住宅が増加し、その密度を増大させている状況があることを示した。

第5章では建物の新陳代謝に着目し、滅失した建物あるいは新たに供給された建物に着目した分析を行った。まず、東京都23区・横浜市・名古屋市で建物の新陳代謝が盛んであることを示した。また、新陳代謝の発生量の地理的分布は用途ごとに都市間で類似性があることを示した。すなわち、戸建住宅では周縁部、集合住宅ではターミナル駅に近接

する沿線部、事務所は既存のオフィスエリアで多いことを指摘した。更に、前後の建物棟数の変化により新陳代謝を「新規型」「単数型」「統合型」「分割型」「複合型」「撤去型」の6つに分類し、類型ごとの数量的な特徴と地理的分布の傾向を明らかにした。1棟の建物が1棟に建て替わる「単数型」は変化の前後で用途や規模の変化が相対的に少ない一方で、「統合型」は変化後に大型の集合住宅や事務所になる傾向があり、「分割型」は変化後に戸建住宅になる傾向があることを確認した。地理的な分布については「統合型」は都心においてその割合が高く、「分割型」は旧来の邸宅街において多く発生している状況を明らかにした。「新規型」は都市の周縁部における戸建住宅の供給に伴って生じており、これによる都市域の拡大を指摘した。「撤去型」は都心やその近傍で多く発生しているが、それは建物の大規模化の準備としての一時的な滅失と推察できる。以上のようにGIS建物データベースにより、個々の建物に着目した都市の新陳代謝が把握できることを示すとともに、調査対象都市におけるその実態を明らかにした。

以上により、時間軸を有するGIS建物データベースの作成手法を新たに体系化するとともに、作成したデータベースを用いて、主要都市における建築ストックの総量の変遷や建物の存続・新築・滅失・建替えの実態について、時間的あるいは地理的な差異を含めて定量的に明らかにした。本研究では手法の有効性と展開の可能性を鑑みて、影響度の高い人口カバー率の高い都市を対象として検証を行っている。その結果、一定の精度をもって、我が国の建築ストック総量の現状とこれまでの変遷、そして変化の中身を把握できることが分かった。元来都市の境界は有限でなく、隣接する都市相互に影響しあい都市圏を形成していることは自明であるので、同様の調査を域内人口が高い他の都市を中心に全国的に展開することが望ましい。

最後に、建物あるいは土地、すなわち、不動産に対して個人の所有物が認められていることは我が国の民法に基づく根本的な考え方である。それ自体は否定されるものではない。ただし、不動産がそれ以外の動産と異なる点として、個人の所有物でありながら異なる個人の所有物と隣接し、相互に影響を及ぼすという外部性を有していることを指摘することができる。個人の所有の連続が相互に影響しあいながら街区を形成し、ひいては都市を形成している。都市を構成する最小単位が個々の建物や土地であると考えたときに個々の建物や土地についても最低限の社会性を持たせることが必要である。また、建築ストックが大量に形成されている現代においては個々の建物や土地の相互影響は多く、複雑になっていることから一元的な管理の必要性は高まっているといえる。我が国全体の建築ストックについて検討できる資料の存在は極めて重要であり、理想としては個々の建物や土地に対して悉皆調査が定期的に行われ、継続性が担保された建物台帳が遍く整備されることが望まれる。本研究で示した手法が、それまでの繋ぎとして我が国のストックのあり方考える一助となれば幸いである。

謝辞

本論文は、私がザイマックス不動産総合研究所にて働きながら博士後期課程に2018年9月に入学して以来行ってきた、GIS建物データの活用を通じた建築ストックの実態研究をとりまとめたものであり、多くの皆様のご指導およびご支援のもと論文としてまとめることができたものです。

小松幸夫博士には、修士課程および博士後期課程の多くの期間の指導教員としてご指導を頂きました。元来劣等生である私に、建築の楽しさと社会的課題という気付きを与えて頂き、課題解決に向けて行う研究の醍醐味を教えて頂いたのは小松先生です。本論文においても研究テーマの選定にあたり、GISによる建築ストックマネジメントという分野に導いて頂くとともに、研究を行うにあたり潤沢な環境とご指導を頂きました。心から感謝申し上げます。

石田航星博士には、後任の指導教員および学位論文審査の主査としてご指導を頂きました。引継ぎとなった研究テーマであったにも関わらず快く受け入れて下さり、ご指摘やご指導を頂くとともに研究に新たな広がりを与えて頂きました。そして、様々な形で研究を支えて頂きましたことを心から感謝申し上げます。

興石直幸博士、山田宮土理博士には、学位論文審査の副査としてご指導を頂きました。貴重で的確なご指摘やご助言を多分に頂くことで、論文の完成度を高めて頂いたことを心から感謝申し上げます。

テーマ選定からご指導頂いた板谷敏正博士や、共に研究に尽力してくれた、黒澤綱亮君、梶谷亜子君、村松稜太君、前田侃亮君、田坂泰志君、比護葵君、山本怜君をはじめとする、小松研究室および石田研究室の皆様にはご助言やご助力を頂きました。また、楽しい研究室での時間を与えて頂きましたことを心から感謝申し上げます。

中山善夫代表取締役社長をはじめとするザイマックス不動産総合研究所の皆様には博士後期課程の進学をご理解頂き、後押しを頂きました。また、在学中も研究のご助言だけでなく業務面でのご支援も頂きました。そして、弊社アドバイザーの清水千弘博士にはテーマ選定や研究のご指導を頂きました。いずれの皆様にも心から感謝申し上げます。

最後に、私を信じ、激励し、全面的に支えてくれた妻の京美、そして子の采果と侃承の存在は論文の完成に向けての一番の動機付けでした。感謝と共に家族にこの論文を捧げます。

本研究は、多くの組織から都市計画基礎調査の資料の提供を受けて実施したものです。記して感謝申し上げます。

- 札幌市 まちづくり政策局 都市計画部 都市計画課
- 東京都 都市整備局 都市づくり政策部 土地利用計画課
- 横浜市 建築局 都市計画課
- 名古屋市 住宅都市局 都市計画課
- 大阪市 都市計画局 都市計画課
- 福岡市 住宅都市局 都市計画部 都市計画課

2021年2月

本論文にかかる研究実績

本論文にかかる研究実績

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者
論文○	主要都市における都市計画基礎調査をもとにした建物の時系列的パネルデータの作成とその分析、日本建築学会計画系論文集 第 85 巻 2407-2417 頁、2020 年 11 月、 <u>石原健司</u> 小松幸夫
論文○	東京都区部における建物属性の変化とその地理的分布-土地利用現況調査データによる建物の建て替わりに関する研究-、日本建築学会計画系論文集 第 85 巻 679-688、2020 年 3 月、 <u>石原健司</u> 小松幸夫
講演	東京都区部と大阪市における建築ストック利用の変遷と比較、日本建築学会関東支部研究報告集 第 89 巻 399-402 頁、2019 年 3 月、村松稜太 前田侃亮 小松幸夫 板谷敏正 <u>石原健司</u>
講演	東京都区部における建物利用の変化に関する研究-建物利用の変遷の定量的調査-、日本建築学会大会学術講演梗概集 建築社会システム、2018 年号 73-74 頁、2018 年 7 月、黒澤綱亮 <u>石原健司</u> 小松幸夫 板谷敏正
講演	東京都区部における建物の変容に関する研究-時系列 GIS データのオーバーレイによる評価-、日本建築学会大会学術講演梗概集 建築社会システム、2018 年号 75-76 頁、2018 年 7 月、 <u>石原健司</u> 小松幸夫 板谷敏正 黒澤綱亮
講演	東京都区部における建物利用の変化に関する研究-建物利用の変遷の定量的調査-、日本建築学会関東支部研究報告集 第 88 巻 399-402 頁、2018 年 3 月、黒澤綱亮 小松幸夫 板谷敏正 <u>石原健司</u>
講演	賃貸用オフィスビルにおける建物の寿命及び建替えに関する研究-その 5 東京 18 区における寿命及び建て替えに関する実態調査-、日本建築学会大会学術講演梗概集 建築社会システム、2018 年号 77-78 頁、2018 年 7 月、梁川遼宥 小松幸夫 板谷敏正 <u>石原健司</u>
講演	中小規模ビルオーナーに関する実態調査-その 1 アンケートを活用したビルオーナーの意識調査-、日本建築学会大会学術講演梗概集 建築社会システム、2018 年号 85-86 頁、2018 年 7 月、高砂渉 小松幸夫 板谷敏正 <u>石原健司</u>
講演	中小規模ビルオーナーに関する実態調査-その 2 クラスター分を活用したビルオーナーの意識調査-、日本建築学会大会学術講演梗概集 建築社会システム、2018 年号 87-88 頁、2018 年 7 月、平川正峻 小松幸夫 板谷敏正 <u>石原健司</u>

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者
講演	リテール産業における CRE 戦略に関する分析-その 1 CRE 戦略に関する財務的視点からの分析-、日本建築学会大会学術講演梗概集 建築社会システム、2018 年号 89-90 頁、2018 年 7 月、田邊隆太 小松幸夫 板谷敏正 <u>石原健司</u>
講演	リテール産業における CRE 戦略に関する分析-その 2 CRE 戦略に関する店舗戦略的視点からの分析-、日本建築学会大会学術講演梗概集 建築社会システム、2018 年号 90-91 頁、2018 年 7 月、板谷敏正 田邊隆太 小松幸夫 <u>石原健司</u>
講演	マンションにおける大規模修繕工事の価格傾向の分析：その 2-各工事費のモデル式作成と因子分析-、日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1 都市計画 建築経済・住宅問題、2009 年号 1275-1276 頁、2009 年 7 月、 <u>石原健司</u> 李祥準 小松幸夫 豊田嵩史
その他	大規模オフィスビルを考える～ 経済性に結び付くビル機能とは？ ～、不動産証券化協会・ARES 不動産証券化協会ジャーナル、vol. 41 52-58 頁、2018 年 2 月、株式会社ザイマックス不動産総合研究所 中山善夫 吉田淳 <u>石原健司</u> 任暄
その他	中長期投資の時代に求められる不動産投資スタイル～「修繕」の経済性を考える～、不動産証券化協会・ARES 不動産証券化協会ジャーナル、vol. 33 67-71 頁、2016 年 10 月、株式会社ザイマックス不動産総合研究所 中山善夫 大西順一郎 <u>石原健司</u>
その他	中長期投資の時代に求められる不動産投資スタイル ～リスクマネジメントから「修繕」を考える～、不動産証券化協会・ARES 不動産証券化協会ジャーナル、vol. 24 68-74 頁、2015 年 4 月、株式会社ザイマックス不動産総合研究所 中山善夫 鎌田佳子 <u>石原健司</u>