

# 建築物更新を考慮した 将来空間分布シナリオ構築手法の開発

五味馨<sup>1</sup>・岡島優人<sup>2</sup>・藤田壮<sup>3</sup>・井上剛<sup>2</sup>・牧誠也<sup>3</sup>  
奥岡桂次郎<sup>4</sup>・谷川寛樹<sup>4</sup>・Dou Yi<sup>5</sup>・越智雄輝<sup>6</sup>

<sup>1</sup>正会員 国立研究開発法人国立環境研究所 福島支部 (〒963-7707 福島県田村郡三春町深作10-2)

E-mail: gomi. kei@nies. go. jp

<sup>2</sup>非会員 株式会社三菱総合研究所 〒100-8141 東京都千代田区永田町二丁目10-3

<sup>3</sup>正会員 国立研究開発法人国立環境研究所 社会環境システム研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

<sup>4</sup>正会員 国立大学法人名古屋大学環境学研究所 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町)

<sup>5</sup>学生会員 国立研究開発法人国立環境研究所 社会環境システム研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2)

<sup>6</sup>非会員 株式会社E-konzal 〒532-0011 大阪市淀川区西中島3-8-15 (EPO新大阪ビル1207号)

建築物や土地利用の空間分布の集約化によるコンパクトシティの形成によって、社会基盤整備の効率的運用と更新や高齢化社会への対応、省エネルギー・低炭素化など社会・環境上の効果があることを、計画段階においてその効果を定量的に推計する手法の開発が課題となる。定量的な効果分析の前提として、操作的に様々な建築物等の集約パターンを設定し、異なる集約水準のもとでの人口・従業者数・建物床面積等の空間分布を定量的に推計するモデルの開発が必要とある。本研究では先行研究で開発された手法に対して、建築年代別の建物の廃棄と更新を明示的に考慮した空間分布推計モデルを開発した。これにより建築ストック更新と人口分布移動の関連を表現し、建物更新によるエネルギー効率の改善等の分析にも利用可能なものとした。そして、開発した手法を北九州市及び福島県相馬地域に対して、建物早期更新を考慮した3つのシナリオに適用した。その結果、建物廃棄・更新速度を高め、かつ誘導範囲を限定した集約化を行う場合、誘導区域内の高断熱建物の床面積が成り行き将来よりも約70%増加し、高集約都市が形成されることを定量的に示し、計画的な空間分布の集約化がもたらす低炭素効果等を評価する基盤を整備した。

**Key Words:** Land-use modeling, spatial analysis, urban planning, low-carbon society

## 1. はじめに

### (1) 背景

国土計画が「コンパクト&ネットワーク」型の土地利用を目指し、国土交通省の主導により都市機能や居住地域を特定の区域に誘導・集約することを目指す立地適正化計画が多くの都市で策定され、コンパクトシティ構築に向けた取り組みがなされている<sup>1)</sup>。コンパクトシティには社会基盤整備等の行政サービスの効率化や、高齢化に対応した徒歩圏内で買い物・病院・行政機関等への日常的な需要が満たされることが挙げられ、環境面においても自動車交通の抑制や、エネルギー供給の効率化による低炭素化、建築年代が古く省エネルギー性能の低い建物の更新が進むことによる需要側の省エネルギー化等のメリットが期待される。一方で住宅や商業施設・公共施設等の再配置には建築・廃棄が必要となり、これに伴

う環境負荷の増大が懸念される他、建築物の更新には時間を要することから、これが集約化への制約条件となることも考えられる。さらに、一般的により人口密度の高い地域では戸建住宅に対して集合住宅の割合が高くなり、戸建住宅と集合住宅とではエネルギー需要特性や構造の違いにより建築・廃棄に伴う物質フローが異なる。また省エネルギー・低炭素に優れた効果があるとされるZEH(ゼロ・エネルギー・ハウス)においては屋上で太陽光発電を行うために戸建住宅と集合住宅とではその性能が異なってくる。

そこで、将来にわたりコンパクトシティに期待される効果を、様々な誘導シナリオのもとで定量的に評価するためには、用途・種類を考慮した建物ストックの更新を明示的に考慮しつつ、集約化、すなわち人口や従業者数の空間分布の変化を操作的に推計する手法が必要である。

これまでに開発された土地利用モデルあるいは土地利用

計画モデルによって集約化を分析する研究としては、堤ら<sup>2)</sup>のように応用都市経済モデルにより便益評価を行ったもの、森本ら<sup>3)</sup>のように都市空間構造モデルにより環境負荷削減や財政効果を分析したもの、松橋ら<sup>4)</sup>のように転居パターンに着目して集約化を検討したもの、谷口ら<sup>5)</sup>のように都市サービスの徹底によるリスクに着目したもの、長尾ら<sup>6)</sup>のように都市計画上の目標にもとづきQOLへの影響評価を行ったものがある。また筆者らの先行研究<sup>7)</sup>においては、より操作的な柔軟性を持たせ、様々なシナリオのもとで集約化による空間分布の変化と、空間分布の影響を受ける低炭素対策の導入可能性を分析する手法を開発した。この手法においては、建物更新率を一定と仮定して、建物の更新に伴い一定割合で人口の移動が起きるものとし、外生的に設定した集約拠点にその人口を移動させる。低炭素対策としては地域エネルギー事業と、地域交通事業としてカーシェアリングを対象とし、これらの事業の成立には人口・従業者数密度が一定以上であることが必要として、異なる集約化のパターンのもとでこれらの事業の対象者数を推計した。しかし建築年代や集合・戸建の別を考慮しておらず、建築年代を考慮した更新率の推計や、建物更新による省エネルギー性能向上は表現されていない。

## (2) 本研究の目的

以上の背景を受け、本研究では先行研究の手法を高度化し、建築年代や戸建・集合の別による差異を考慮して、様々な集約シナリオのもとで将来の空間分布及び建物ストックの変化を推計する手法を開発する。開発した手法を福岡県北九州市及び福岡県相馬地域(相馬郡新地町、相馬市、南相馬市)に適用しその得られた成果の検討を行った。

## 2. 開発した手法

### (1) 手法の全体像

図に開発した手法の全体像を示す。社会経済マクロモデルと空間分布推計モデルを組み合わせることで長期的な社会経済変化のもとでの詳細な空間構造の分析を行う。社会経済マクロモデルには先行研究同様には五味ら<sup>7)</sup>の開発した地域スナップショットツールを利用し、長期的な人口構造と産業別の就業者数を整合的に推計することが出来る。空間分布推計モデルにおいては、先行研究のモデルに対して建築ストック更新サブモデルを追加し、廃棄率曲線を与えることで、将来における建築年代別の建物廃棄率を推計することが出来るようにした。さらにこれにより、将来の推計時点における建物床面積がその建築年代別に得られるため、建築年代別の断熱水準等の情報を与えることで民生部門のエネルギー需要に関する詳細な分析も可能となる。

### (2) 空間分布推計モデルの開発

本研究で開発した空間分布推計モデルは、将来の居住

地および従業地の誘導による都市構造の変化および低炭素効果を操作的に評価することが目的である。本研究では建築年別の建物廃棄率を考慮して建物床面積を推計可能な手法を開発した。以降に、建築ストック、人口・従業者数分布の推計方法を示す。

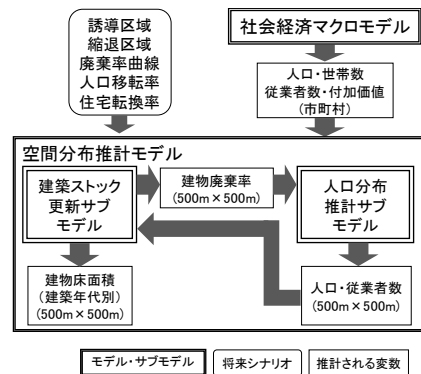


図-1 開発した手法の全体像

### a) 建築ストック更新サブモデル

先行研究では建物の滅失を契機にそのうち一定割合が誘導区域に誘導され、建物が更新されるモデルを開発した。しかし建物更新に伴う低炭素効果を評価するためには建築年代別の断熱性を考慮する必要がある。住宅に関して、わが国ではこれまでに「エネルギーの使用の合理化に関する法律(以下、省エネ法)」の中で住宅の省エネルギー基準が1980年(昭和55年)に制定されたのち、1992年(平成4年)、1999年(平成11年)にそれぞれ改正され、住宅のエネルギー消費量、断熱性が順次強化されてきた<sup>2)</sup>。本サブモデルでは建物床面積に建築年情報を与え、築年別に建物更新率を設定することで先行研究のモデルを高度化し、将来の断熱性能の向上を定量的に評価し、現状との比較も可能なものとした。

以下に本サブモデルを定式化する。まず、メッシュ  $i$  は誘導区域  $g$ (立地適正化計画であれば居住誘導区域、都市機能誘導区域)、縮退区域  $s$ 、その他の区域  $n$  に分けられる。コンパクト化にあたっては  $s$  から  $g$  への転移が目指されることとなる。次に、建物には用途  $j$  が与えられる。3. に示す適用例では  $j$  の要素を住宅として戸建住宅、集合住宅(低層)、集合住宅(高層)、非住宅として事務所(低層)、事務所(高層)、店舗・飲食、病院、学校とした。集合住宅及び事務所については2階建てまでを低層とし、3階建て以上を高層とした。戸建住宅から集合住宅への転換や建物の高層化はこの  $j$  の要素間での転換として表される。そこで式の記述の便利のため転換前の要素を  $j'$  と表記する。人口・従業者数はそれぞれ居住人口・従業人口として、以後ともに「人口」と称し、 $P_i$  と表記する。 $g$  が住宅であれば居住人口、非住宅であれば従業人口である。このようにすることで住宅・非住宅ともに同じモデルで取り扱う。本モデルでは計算期間の1期を5年と想定する。また建物の

建築年代を  $k$  であらわす。このとき  $k$  は建築されてからの時間ではなく、建築された暦年代とする(例えば 1990 年～1994 年)。こうすることで後の廃棄率の設定の際に建築年代による建築寿命の変化を記述し、建物の長寿命化といった変化を表現することが出来る。

以上の記号等の定義のもとで以下にモデルの定式を示す。メッシュ  $i$  における  $t$  年の用途別建物床面積(以下、単に「床面積」と称する)の  $t-5$  年からの変化は同期間の人口変化に比例する。

$$\sum_k F_{i,j,k}^t = \sum_k F_{i,j,k}^{t-5} \times \left( P_{i,j}^t / P_{i,j}^{t-5} \right) \quad (1)$$

ここで、

$F_{i,j,k}^t$ : メッシュ  $i$  の  $t$  年における用途  $j$ 、建築年代  $k$  の床面積

$P_{i,j}^t$ : メッシュ  $i$  の  $t$  年における用途  $j$  の人口

次に、メッシュ  $i$  における  $t$  年の床面積は  $t-5$  年の床面積に 5 年間に新築された床面積を足し、廃棄された床面積を減じたものである。

$$F_{i,j,k}^t = F_{i,j,k}^{t-5} + C_{i,j,k}^t - D_{i,j,k}^t \quad (2)$$

ここで、

$C_{i,j,k}^t$ : メッシュ  $i$  において  $t-5$  年の翌年から  $t$  年の間に新築された用途  $j$  の床面積(したがって  $k$  は  $t-5$  年 ~  $t-1$  年)

$D_{i,j,k}^t$ : メッシュ  $i$  において  $t-5$  年の翌年から  $t$  年の間に廃棄された建築年代  $k$ 、用途  $j$  の床面積

式1と式2より、各メッシュの人口と廃棄率が与えられれば新築される床面積が自動的に決まる。またここでは人口あたりの床面積は変わらないものと仮定している。本モデルでは建物床面積のメッシュ間の移転による集約化、及び要素間の転換による集合化は、人口分布の変化により駆動されると考えている。

廃棄される床面積は築年代別の廃棄率を与えることで計算される。ここで推計される年の廃棄率を設定するにあたり、用途ごとに建築年代別に建築後の経過年数に伴う廃棄率を与えることで、用途別に建築物の長寿命化などの将来の想定を反映することが出来る。

$$D_{i,j,k}^t = F_{i,j,k}^{t-5} \times DR_{i,j,k}^t \quad (3)$$

ここで、

$DR_{i,j,k}^t$ : メッシュ  $i$  において建築年代  $k$ 、用途  $j$  の建物の  $t-5$  年の翌年から  $t$  年の間の廃棄率

また、ここで廃棄される床面積の割合を建築年代によらず集計しておく。これを再配置可能な人口割合と解釈し、人口分布推計サブモデルに渡す。

$$RAR_{i,j}^t = D_{i,j,k}^t / F_{i,j,k}^{t-5} \quad (4)$$

ここで、

$RAR_{i,j}^t$ : メッシュ  $i$  において  $t-5$  年の翌年から  $t$  年の間に廃棄される床面積の割合

## b) 人口分布推計サブモデル

ここでは社会経済マクロモデルから 5 年毎の居住人口・従業員人口が与えられたものとして人口分布推計サブモデルを記述する。ここでは人口は建物の廃棄に合わせて移転可能となり、そのうち一定の割合が縮退区域  $s$  から誘導区域  $g$  に移転するものとする。まず用途の転換前の人口を考える。縮退区域の人口は建物ストック更新サブモデルから与えられた廃棄床面積の割合と、シナリオとして与えられる集約化率により移転させられ、さらに社会経済マクロモデルから与えられる対象地域全体の人口変化率でスケールアップされる。

$$P_{s,j'}^t = P_{s,j'}^{t-5} \times \left( 1 - RAR_{s,j'}^t \times IR_{s,j'}^t \right) \times PGR^t \quad (5)$$

ここで、

$P_{s,j'}^t$ :  $t$  年におけるメッシュ  $s$  の用途  $j'$  の人口

$IR_{s,j'}^t$ :  $t$  年におけるメッシュ  $s$  の用途  $j'$  の集約化率

$PGR^t$ :  $t-5$  年の翌年から  $t$  年の対象地域全体の人口変化率( $t$  年の人口  $t-5$  年の人口)

誘導区域の人口には縮退区域から移転する人口が追加される。このとき  $t-5$  年の人口分布に比例して移転人口が配分される。

$$P_{g,j'}^t = P_{g,j'}^{t-5} \times PGR^t + RP_{j'}^t \times \left( P_{g,j'}^{t-5} / \sum_{j'} P_{g,j'}^{t-5} \right) \quad (6)$$

$$RP_{j'}^t = \sum_s \left( P_{s,j'}^{t-5} \times RAR_{s,j'}^t \times IR_{s,j'}^t \right) \times PGR^t \quad (7)$$

ここで、

$P_{g,j'}^t$ :  $t$  年におけるメッシュ  $g$  の用途  $j'$  の人口

$RP_{j'}^t$ :  $t-5$  年から  $t$  年の間に縮退区域から誘導区域に移転する対象地域全体の用途  $j'$  の人口

縮退も誘導もされない区域においては地域全体の人口変化率で変化する。

$$P_{n,j'}^t = P_{n,j'}^{t-5} \times PGR^t \quad (8)$$

ここで、

$P_{n,j'}^t$ :  $t$  年におけるメッシュ  $n$  の用途  $j'$  の人口

最後に用途間の転換を与えられた転換率で計算する。

$$P_{i,j}^t = \sum_{j'} \left( P_{i,j'}^t \times TR_{i,j,j'}^t \right) \quad (9)$$

ここで、

$TR_{i,j,j'}^t$ :  $t-5$  年から  $t$  年の間のメッシュ  $n$  における人口の用途  $j$  から用途  $j'$  への転換率

### 3. 対象地域への適用の設定

空間分布モデルによる将来空間シナリオの構築例を示すため、北九州市及び福島県相馬地域に対して本モデルを適用した。

#### (1) 利用したデータ

##### a) 北九州市

基準年は人口・従業者等の詳細なデータが得られることから2015年とした。地域スナップショットモデルのデータは2015年国勢調査及び経済センサスを利用した。空間分布モデルでは現状の人口の分布として平成27年国勢調査地域メッシュ統計、従業者数の分布として平成24年経済センサス-活動調査-に関する地域メッシュ統計を利用した。建物床面積は、(株)ゼンリンが提供する2012年時点における建物床面積データを使用した。青柳ら<sup>10)</sup>と同様の手法によって拡充を行った建物詳細データを用いて作成した北九州市の築年別床面積比率を床面積に乗じて按分することで築年別床面積を作成した。また、この際、北九州市立地適正化計画に示された地図を参考に、同市から詳細データの提供を受け、全てのメッシュを都市機能誘導区域、居住誘導区域、縮退計画区域に分類した。複数の区域にまたがるメッシュについては最も面積構成比の高い区域に分類した。築年別5年間建物廃棄率については4d-GISによる建物詳細データを用いて、Tanikawaら<sup>11)</sup>の手法に基づき作成した。

##### b) 相馬地域(相馬市、南相馬市、新地町)

基準年は北九州市同様とした。地域スナップショットモデルのデータは2015年国勢調査及び福島県市町村民経済計算を利用した。空間分布モデルでは、東日本大震災の発生により南相馬市南部の住民が一時避難していることを考慮し、将来の人口分布推計の基準として東日本大震災以前の平成22年国勢調査地域メッシュ統計、従業者数の分布として平成21年経済センサス-基礎調査-に関する地域メッシュ統計

を利用した。建物床面積は(株)ゼンリンの提供する2012年時点における建物床面積データを使用した。また、平成25年住宅・土地統計調査および平成25年法人建物調査に基づき作成した築年別床面積比率を床面積に乗じることで築年別床面積を作成した。相馬地域については本推計を行った時点では立地適正化計画が策定されていないため鉄道駅周辺を誘導区域として設定した。建物廃棄率については全国の建物平均寿命を推計した小見ら<sup>12)</sup>の手法を参考に作成した。

#### (2) 将来シナリオの設定

社会経済モデルおよび空間分布モデルにおける将来シナリオについて以下に示す。なお、建物および人口・従業者の誘導には、数十年の長い年月が必要と考えられるため、計算完了年は2050年とした。

##### a) 社会経済マクロモデル

社会経済マクロモデルでは、2015年から2050年まで5年毎の人口、経済活動を推計した。人口および経済に関するシナリオは、「シナリオ①」としてなりゆきの人口減少と一人あたりGDP成長率1%程度の経済状況、および「シナリオ②」として人口減少が対象地域の人口ビジョンで目標とされている程度に緩和し、かつ一人当たりGDP成長率2%/年程度の2シナリオとした。

##### b) 空間分布モデル

2015年から2050年まで5年毎の建物床面積、人口・従業者数を推計する。空間分布モデルのシナリオは、特定の区域への誘導を行わず現状成り行きの土地利用を表すBAUシナリオ、立地適正化計画相当の誘導による集約型の都市構造が実現した $\alpha$ シナリオ、 $\alpha$ シナリオよりも居住地と従業地が近接し併せて低断熱建物の早期更新・高断熱建物の集約が実現した $\beta$ シナリオの3シナリオとした。表-1に3シナリオの計算条件概要を示す。

表-1 3シナリオの計算条件概要

	BAUシナリオ	$\alpha$ シナリオ	$\beta$ -1シナリオ
築年別建物廃棄率	過去から現在までの実績に基づき設定		H11以前の建物が2050年までに100%更新されるよう廃棄率を設定
誘導区域への移転率	0%	40%	90%
集合住宅への転換率	—	戸建住宅は100%集合住宅として更新	同左
誘導区域	—	居住人口：居住誘導区域 従業者数：都市機能誘導区域	居住人口：コンパクト集約区域（居住誘導区域の一部） 従業人口：都市機能誘導区域
縮退計画区域	—	従業人口：居住誘導区域以外の区域 従業者数：都市機能誘導区域以外の区域	同左

#### ・BAUシナリオ

BAUシナリオは、現状からなりゆきのまま将来まで推移するシナリオである。そのため集約化を考慮せず、全てのメッシュをその他区域 $n$ として、メッシュ別人口・従業者数は社会経済モデルから推計された市町村単位の総量の増減率に応じて増減するよう推計した。また、建物床面積についても用途の転換が起きないと仮定した。

#### ・ $\alpha$ シナリオ

$\alpha$ シナリオは立地適正化計画が実現する将来を想定したシナリオである。北九州市については立地適正化計画を踏まえ、居住誘導区域は人口及び住宅の誘導区域、都市機能誘導区域は従業者及び医療・商業施設（病院・店舗・飲食店）の誘導区域と指定した。また居住誘導区域の外側を居住人口及び住宅の縮退計画区域、都市機能誘導区域の外側を従業人口及び病院・店舗・飲食店の縮退計画区域と指定した。相馬地域については、鉄道駅周辺を誘導区域に、それ以外を縮退計画区域とした。

築年別建物廃棄率については、立地適正化計画の中で特段触れられていないことからBAUと同様の条件とした。集約率については先行研究<sup>8</sup>と同様に40%とした。集合住宅への転換率については、戸建住宅は100%集合住宅として更新すると仮定した。

#### ・ $\beta$ シナリオ

$\beta$ シナリオは立地適正化計画よりもさらに強度が高い集約が実現する将来を想定したシナリオである。北九州市については居住誘導区域を都市機能誘導区域周辺のみ範囲を限定した。相馬地域については誘導区域と縮退計画区域を $\alpha$ と同様の条件で設定した。さらに、断熱性が低い

旧省エネ基準の建物が早期に更新されると想定してH11の省エネ法改正以前の建物が2050年までに100%更新され、90%が誘導区域へ集約されると仮定した。集合住宅への転換率については $\alpha$ シナリオと同様に設定した。

### 4. 対象地域における推計結果

表-2に北九州市における計算結果の要約を示す。2050年時点の結果をシナリオ毎に比較すると、BAUから $\alpha$ 、 $\beta$ と集約強度を高めるにつれて縮退区域から誘導区域へ、また、戸建住宅から集合住宅へと床面積が移転していることが分かる。図-2に高層・低層別の構成比の例を、図-3に建築年代の構成比の推移の例を示す。BAU、 $\alpha$ から $\beta$ と建物更新速度を高めるにつれて、集合住宅（高層）の割合が高くなり、かつH11年以前に建築された戸建住宅の割合が高くなっていることが分かる。図-3の $\beta$ 2030年のみ、2015年から2019年間に更新された建物割合が大きい。これは $\beta$ シナリオにおける築年別建物廃棄率の設定条件と北九州市内に古い建物が多く残存していることが理由として挙げられる。図-4図-9に居住人口、集合住宅床面積、非住宅床面積の推計結果を対象地域の地図に示す。いずれの地域においても、BAUから $\alpha$ 、 $\beta$ と集約強度を高めるにつれて都心部にこれらの分布が集まる様子が確認できる。また特に北九州市の $\beta$ シナリオでは、 $\alpha$ では線状に広がっていた密度の高い地域のうち都市機能誘導区域から遠い部分がなくなり、よりまとまった様子に形が変わっていることが把握できる。このような都市の形態の違いにより、交通量などに大きな差が出ることが予想される。

表-2 北九州市におけるシナリオ別の建物床面積の推計結果  
(単位:100万 $\text{m}^2$ )

		2015年	2050年		
			BAU	$\alpha$	$\beta$
誘導区域	戸建住宅	28.4	23.0	23.0	14.4
	集合住宅	27.9	17.3	19.4	29.8
	住宅計	56.3	40.3	42.4	44.2
	非住宅	23.9	18.8	19.4	21.1
	区域計	80.2	59.2	61.7	65.4
縮退区域	戸建住宅	6.1	5.0	3.2	0.9
	集合住宅	1.5	0.8	0.5	0.9
	住宅計	7.7	5.8	3.7	1.9
	非住宅	4.8	3.8	3.3	1.5
	区域計	12.5	9.6	7.0	3.4

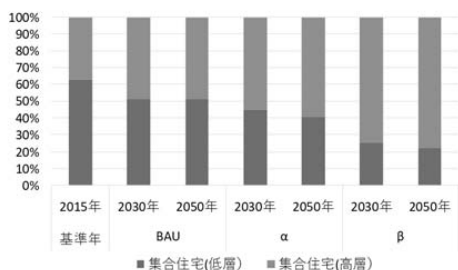


図-2 北九州市における適用例の低層・高層の構成比

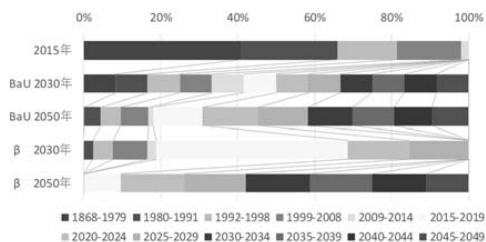


図-3 北九州市における適用例の戸建住宅建築年代の構成比

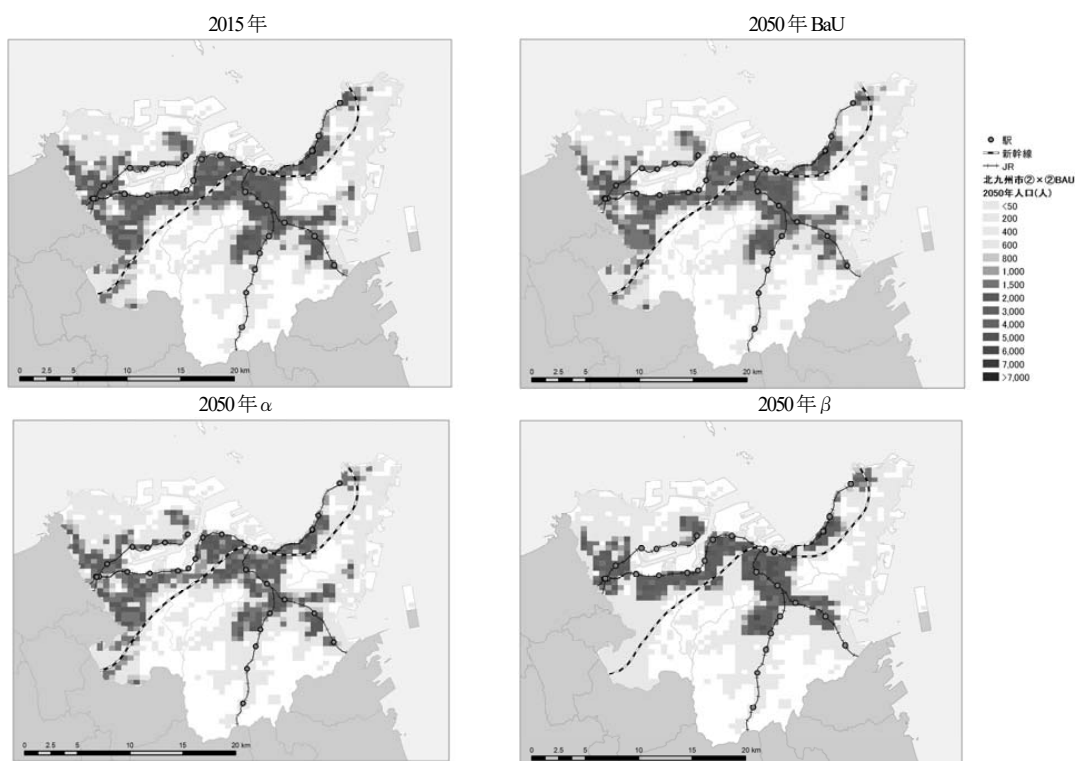


図4 北九州市における居住人口分布の計算結果

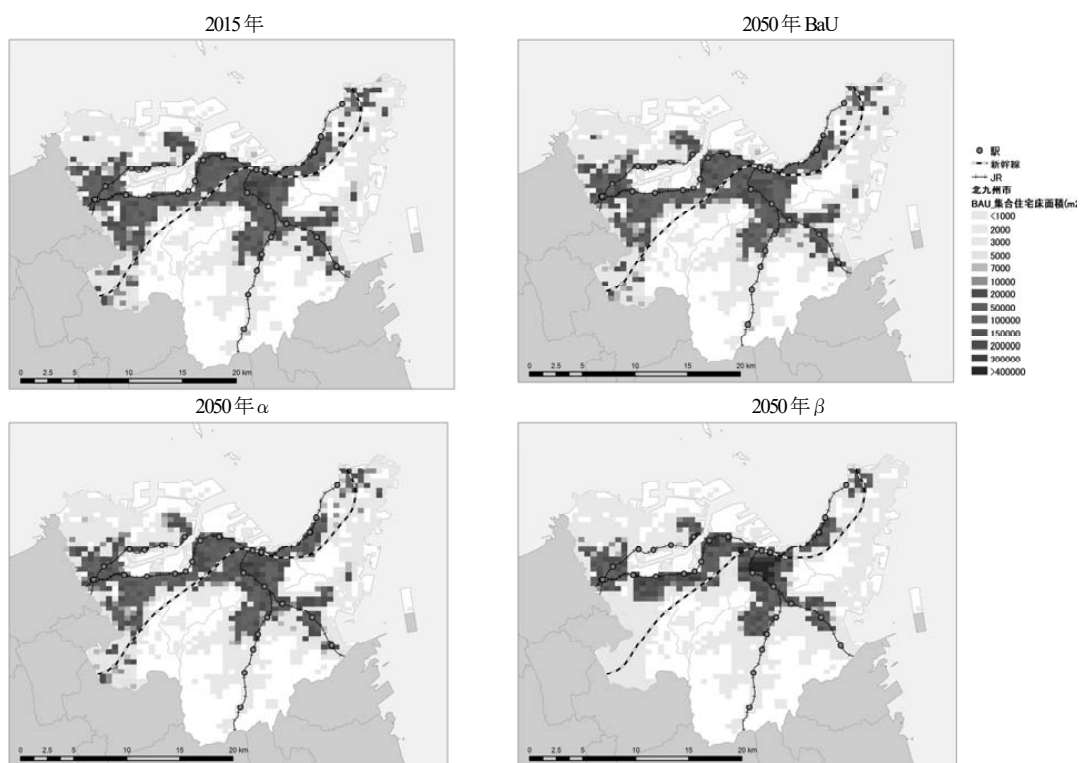


図5 北九州市における集合住宅床面積の計算結果

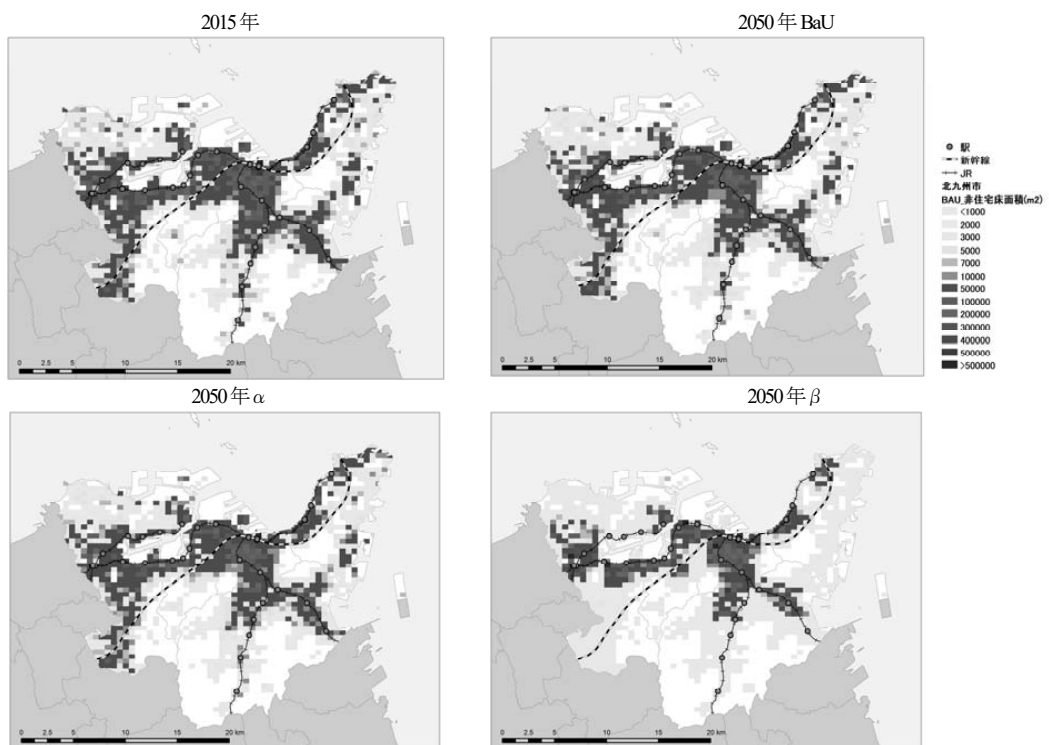


図-6 北九州市における非住宅床面積の計算結果

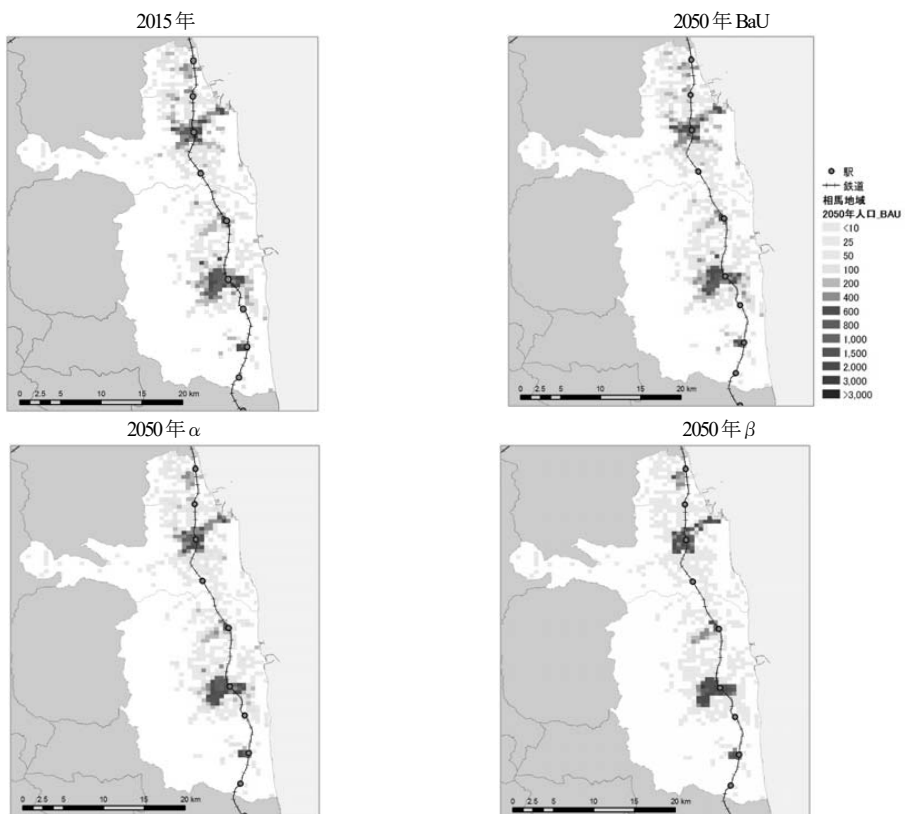


図-7 相馬地域における人口分布の計算結果

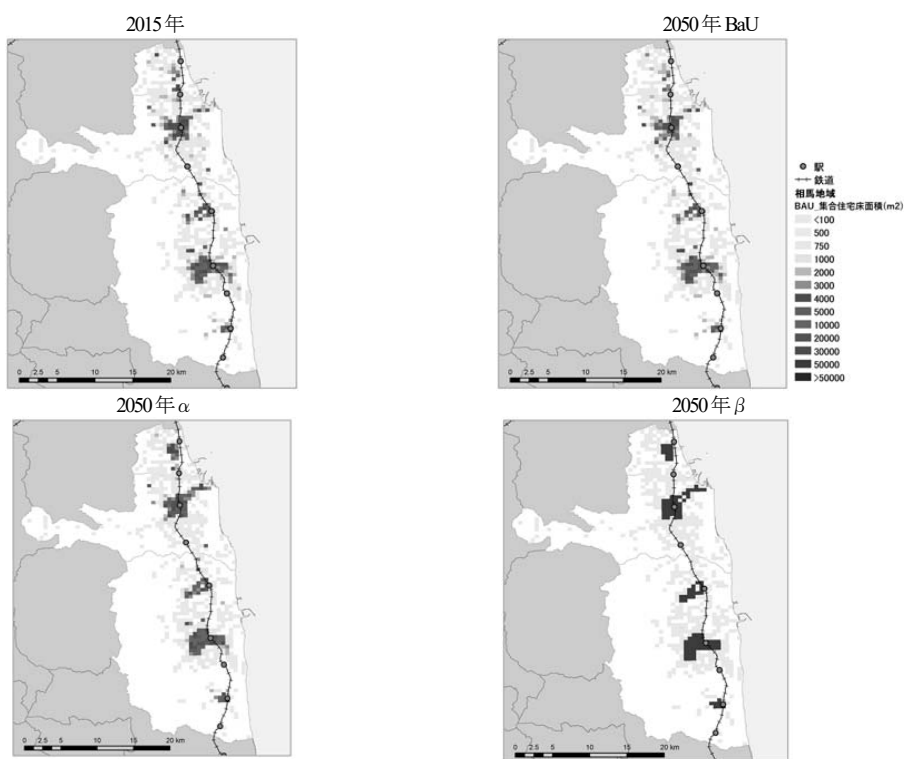


図8 相馬地域における集合住宅床面積の計算結果

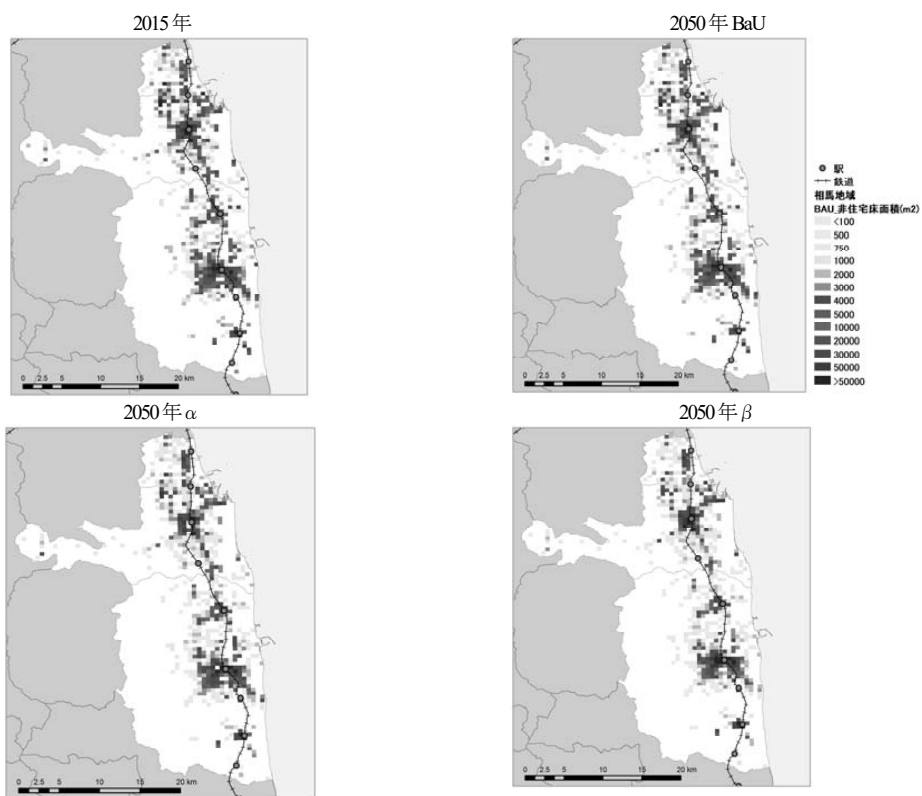


図9 相馬地域における非住宅床面積の計算結果



## 5. まとめ

本研究では建物建築年代や用途による廃棄と新築のプロセスを明示的に考慮しながら、これと人口の移転による空間分布の変化を、異なる集約強度や集合化・高層化等の設定のもとで操作的に推計する手法を開発した。これを利用することで、コンパクトシティの構築に伴う住宅エネルギー需要や、交通需要の変化を定量的・具体的に評価するにあたり、その基本となる人口分布・建物床面積等を得ることが出来る。残された課題として空き家の考慮、年代や性別といった人口属性の考慮が挙げられ、これらの点を取り込んでより詳細化・高度化することで、立地適正化計画をはじめとする空間分布の変化に関するより詳細な分析が可能となることが期待される。また、暑熱・洪水・土砂災害リスクといった気候変動影響への適応に関する研究にも応用できるものと考ええる。

**謝辞:**本研究は環境省「平成29年度CO2テクノロジーアセスメント推進事業委託業務」の成果の一部である。また本研究の一部は地球環境研究総合推進費(2-1404), 同(2-1708), 同(2-1711)の支援により実施された。加えて、本研究の実施にあたり芝浦工業大学教授秋元孝之氏より有益な助言を受けた。北九州市、新地町から統計データ等の提供を受けた。ここに記して感謝の意を表する。

## 参考文献

- 1) 国土交通省:都市再生特別措置法に基づく立地適正化計画 ([http://www.mlit.go.jp/toshi/city\\_plan/index.html](http://www.mlit.go.jp/toshi/city_plan/index.html) , 最終閲覧 2018 年 3 月 23 日)
- 2) 堤盛人, 山崎清, 小池淳司, 瀬谷創:応用都市経済モデルの課題と展望, 土木学会論文集 D3(土木計画学) Vol. 68, No. 4, pp. 344-357, 2012.
- 3) 森本 章倫:都市のコンパクト化が財政及び環境に与える影響に

- 関する研究, 都市計画論文集 Vol. 46, No. 3, pp. 739-744, 2011.
- 4) 松橋 啓介, 村山 麻衣, 増井 利彦, 原澤 英夫:持続可能社会への転換に向けた叙述シナリオの構築に関する試み—生産活動の観点から—, 環境科学会誌 Vol. 26, No. 3, pp. 226-235, 2013.
  - 5) 谷口 守, 橋本 成仁, 藤井 啓介, 金井 太志, 落合 淳太:都市サービス撤退に伴う都市構造リスクの発生パターンに関する一考察, 土木学会論文集 D3(土木計画学) Vol. 67, No. 5, pp. 67 I\_263-67 I\_269, 2011.
  - 6) 長尾征洋, 青野隆仁, 戸川卓哉, 加藤博和, 佐野充:QOL 指標と維持費用に基づく撤退・集結市街地の遺伝的アルゴリズムを用いた選定方法, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol. 68, No. 5, pp. I\_339-I\_348, 2012.
  - 7) 五味馨, 芦名秀一, 藤田壮, 増井利彦: 人口・産業の相互関係を考慮した地域将来シナリオ策定手法の開発と福島県相馬地域における適用. 土木学会論文集 G(環境), Vol. 71, No. 6, pp. II\_151-II\_162, 2015.
  - 8) 五味馨, 藤田壮, 岡島優人, 越智雄輝, 文屋信太郎, 牧誠也, Dou Yi, 井上剛, 古明地哲夫, 大島英幹: 将来空間分布を考慮した低炭素対策の導入可能性評価手法の開発, 土木学会論文集 G(環境), Vol. 73, No. 6, II\_343-II\_352, 2017
  - 9) 国土交通省:省エネルギー基準改正の概要(<http://www.mlit.go.jp/common/001012880.pdf>, 最終閲覧 2018 年 3 月 20 日)
  - 10) 青柳淳之介, 杉本 賢二, 奥岡桂次郎, 谷川 寛樹:名古屋市中心部における4d-GISを用いた都市の経年変化によるMSFAに関する研究, 土木学会論文集 G(環境), Vol. 71, No. 6, pp. II\_467-II\_474, 2015.
  - 11) Hiroki Tanikawa, Seiji hashimoto: Urban stock over time: spatial material stock analysis using 4d-GIS, BUILDING RESERCH & INFORMATION, 37(5-6), 483-502, 2009
  - 12) 小見康夫, 栗田紀之:長寿命化トレンドを考慮した建物残存率のシミュレーション, 日本建築学会計画系論文集, 第75巻, 第656号, 2459-2465, 2010年10月

(2018. 8. 24 受付)

## DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR CREATING FUTURE SPATIAL DISTRIBUTION SCENARIOS CONSIDERING RENEWAL OF BUILDINGS

Kei GOMI, Yuto OKAJIMA, Tsuyoshi FUJITA, Tsuyoshi INOUE,  
Seiya MAKI, Hiroki TANIKAWA, Keijiro OKUOKA, Yi DOU, Yuki OCHI,

National and local governments are developing “compact city” plans and targeting more efficient infrastructure management, solution of problems in aged society, and environmental benefit such as energy efficiency improvement. It is important to quantify those effect at the stage of planning. For that purpose, operational methodology to estimate spatial distribution with different strength of aggregation to the city core centers is needed. In this study, we improved the method developed in proceeding study so that one can explicitly consider demolition and construction of building stocks and population dynamics. Using the model, it is also possible to analyze energy efficiency improvement by building stock renewal. We applied the model to Kitakyushu City and Soma-region in Fukushima prefecture as application examples.