

Map Overlay Data Derived from a Long-Term Simulation for Household Estimation

**Makoto Yamaguchi, Hiroyuki Shibusawa,
and
Ryushi Kimura (Sendai National College)**

Abstract

For estimating the number of households in a given city that consists of numerous different sizes and compositions, it is necessary to estimate the distribution of these households if plans for a “Compact City” are to be realized. The objective of this study is to estimate the distribution of households in a city using the cohort component method using population data, an econometric model and a map model. The household estimation was derived from a 15-year simulation for the city of Toyohashi, Japan under the following two cases: 1) The firstborn son gets married and moves out of his parents home; the distribution of new houses isn’t restricted by zoning. 2) Investment in the manufacturing industry increases by 5% per year; the firstborn son gets married and inherits house from parents; the distribution of new houses is restricted by zoning. The results of the simulation ending in 2018 indicated that, in both cases, the city will realize a decline in the number of children and a rapidly aging population. In the second case, the inheritance of the house by the firstborn son and a restriction on the construction of new houses, results indicated a shift toward the realization of a “Compact City.”

地図データ上における世帯の長期予測シミュレーション

山口 誠
渋谷 博幸

木村 竜士（仙台高等専門学校）

1. はじめに

本研究は、地方中核都市の社会経済システムを構築し、それを用いた予測結果をもとに世帯構成をマップモデルに反映させて、将来の住宅需要状況やエネルギー需要を把握することを目的に行ったものである。具体的には、1) 対象地域を人口・地価動向別に5地域に分割した地域計量経済モデルの構築を行い（[7]）、2) コーホート要因法を用いて対象地域の人口構成の詳細や世帯構成を推計し、3) その結果を地図データ上にプロットする（マップモデル）ことで長期の面的な世帯動向を推計した。本稿は2)、3)に関するものである。

研究対象地域である豊橋市（358,121人、124,052世帯、2003年）は、工業地域、農業地域、商業地域、住宅地域などの地域の特色が明確であり大きく5地域に分割することができる。そこで、「7」では、5地域の特色が反映された地域計量経済モデルを作成し、2018年までの条件付長期予測を行った。豊橋市内における工業化の進展、日本全体の地価水準の変化、他地域への人口移動に関するパラメータを変化させ、経済に対するインパクトを予測した。その後、2)では結婚継続期間を考慮しコーホート法を応用した人口推計モデルで世帯の変化を推計し、3)では世帯分布を面的に把握するために10m角グリッドの詳細なマップデータを用い、人口変動、地価変動および都市計画による世帯移動を考慮したマップモデルで世帯分布の変動の把握を試みた。環境問題が先鋭化する現代では、居住状況を空間的に把握することが重要であり、マップモデルの有用性を実証できたと考えている。

2. システムの概要

面的世帯予測モデルのシステム概要を図1に示す。地域計量経済モデルと人口推計モデルを組

み合わせて世帯数の増減を計算し、対象地域内の世帯総数を得る。計量経済モデルと人口推計モデル間は連動するようになっており、地域計量経済モデルで推計された死亡率や合計特殊出生率（注1）、転入・転出人口が人口推計モデルへフィードバックされ、人口推計モデルで推計された人口や世帯数が計量経済モデルの変数としてフィードバックされる構造を採用した。その計算結果を、Excel2007（Microsoft）で作成した10m角メッシュの詳細なマップデータに世帯構成別消費エネルギー量としてプロットすることで、推計年度毎の消費エネルギー分布の動向を平面的に把握できるようになっている。

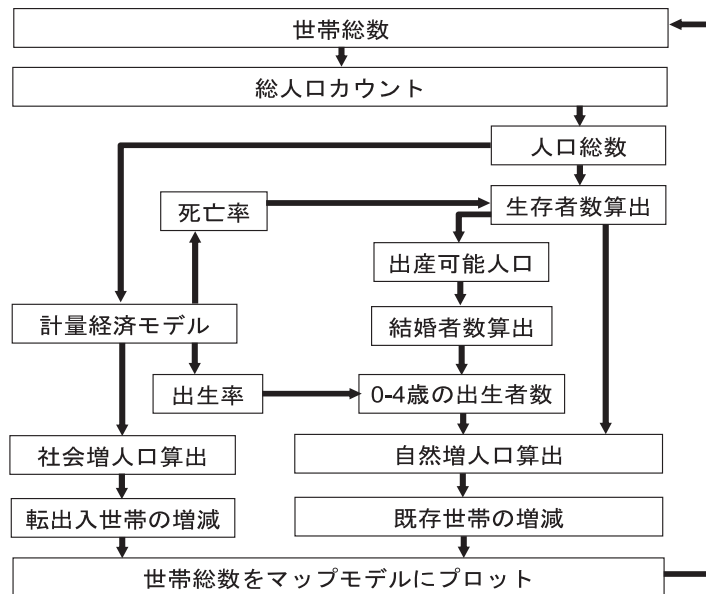


図1 システムの概要

3. コーホート要因法を用いた世帯推計

コーホート要因法は、人口増減を決定する要因である出生、死亡、社会移動をそれぞれ個別に推計し、その結果を合成して将来における人口を推計する方法である。しかし、一般に5年齢階級毎の人口をひとまとまりとして扱うため、世帯個々のライフサイクルを考慮した世帯構成人員の推計を行うことが難しい。そこで本研究では、コーホート要因法の手法を若干修正し応用することにした。社会増減計は計量経済モデルで推計し、自然増減人口をCoale and Trussellモデル[9]の基本的な考えを基に年齢階級別・性別にそれぞれ生存率、死亡率、結婚率、離婚率および出生率を掛け、次期の既存住宅における世帯人員構成を推計することにした。また、出生数の精度を向上させるため、結婚継続期間による出生率の補正を行った。

今回用いたコーホート要因法による人口推計式は、以下のように表すことが出来る。式（1）～（5）が基本である。

$$NR_{total,t} = NR_{exist,t} + NR_{social,t} \quad \dots (1)$$

$$NR_{exist,t} = NR_{survival,t} + NR_{birth,t} \quad \dots (2)$$

ここで、

NR_{total} : 総人口数

NR_{exist} : 自然増減人口数

NR_{social} : 社会増減人口数 (計量 経済モデルより算出)

$NR_{survival}$: 生存人口数

NR_{birth} : 出生人口数

t : 推計期間

$$NR_{survival,t} = NR_{survival,t-5} \times RS_{k,l} \times RM_{k,l} \times RD_{k,l} \quad \dots (3)$$

$$NR_{birth,t} = NR_{survival,k=2,l=15to49,t} \times RB_{k=2,l=15to49,t} \times E_{k=2,l=15to49,m,s} \quad \dots (4)$$

$$RB_{k=2,l=15to49,t} = \frac{NBr_{t+5}}{NBr_t} \times RB_{k=2,l=5to49,t} \quad \dots (5)$$

ここで、

RS : 生存率

RM : 有配偶率

RD : 離婚率

RB : 年齢別出生率

NBr : 合計特殊出生率 (計 量経済モデルより算出)

E : 結婚持続期間による 出生率補正

k : 性別 $k = 1 \quad or \quad 2$ [1: 男性、 2: 女性]

l : 年齢 $l = 0 \quad to \quad 85$

m : 結婚 $m = 0 \quad or \quad 1$ [0: 未婚、 1: 既婚]

s : 結婚持続期間

自然増減人口数における生存人口数を算出するために必要な年齢階級別生存率、有配偶率、離婚率及び年齢別出生率を図2に示す。

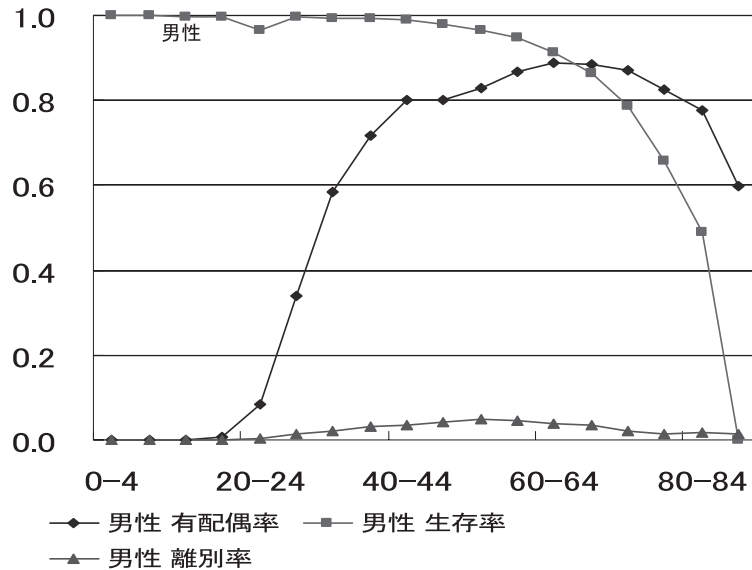
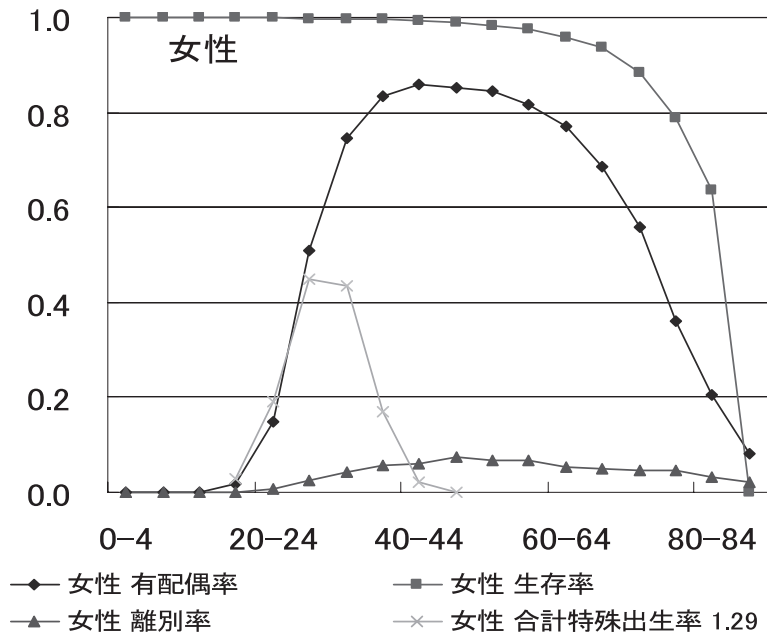


図2 性別年齢層別生存率、有配偶率、離婚率および出生率

結婚と出産に関する全国調査の結婚継続期間別、出生子供別夫婦割合を考慮した出生率補正 E (表 1) を用いて、出生可能者を含む世帯の極端な子供出生数を制限した。(t+5) 期での出生数は、合計特殊出生率に 15-49 歳までの出産可能女性人口を掛けて算出する。なお、合計特殊出生率は、計量経済モデルで推計される変数である。また、結婚による転出・転入数は、世帯内で兄弟が結婚した場合、他の未婚の兄弟は市外へ転出すると仮定した。

表 1 出生率補正 E

結婚継続期間 \ 出生子供数	0人	1人	2人	3人	4人以上
0～4年 出生子供数割合	0.4	0.465	0.124	0.01	0.001
0～4年→5～9年による 出生率補正E	0.2625	0.1475 0.59	0.98 0.02	0.07 0.92	1.00 1.00
5～9年 出生子供数割合	0.105	0.236	0.515	0.134	0.01
5～9年→10～14年による 出生率補正E	0.476	0.458 0.524	0.767 0.542	0.835 0.233	1.00 0.165
10～14年 出生子供数割合	0.05	0.163	0.523	0.232	0.032

4. エネルギーマップの概要

エネルギーマップ作成のフローチャートを図 3 に示す。マップデータを Microsoft Excel 上で 10 m メッシュとして Visual Basic を使って作成し、地域計量経済モデル及びコーホート要因法を用いた人口推計モデルから得られた世帯推計及び 5 地域別世帯比率が、マップモデルに反映されるように組み込むことで、住宅のエネルギー消費量の面的な動向の推計を試みた。転入や新築で増加した世帯は、マップモデル上に配置される際に、5 地域別世帯比率結果が反映されるマップモデルと用途地域が反映されたマップモデルにより、住宅建設の可能な立地が選択されるようになっている。なお、より汎用性のあるソフトの開発を目的の一つとしているため、エネルギーマップモデルは、Excel2007 で作成した。

4.1 対象地域

対象地域は、豊橋市全域（北緯 34° 39′ - 34° 51′、東経 137° 19′ - 137° 30′）の 27.0km × 21.96km の範囲である。マップデータにおける 1 セルは、10 m 角の 100m² とし、豊橋市の 1 世帯当り延べ面積 98.0m²(参照:平成 12 年度豊橋統計書)と対応させた。総計算セル数は、5,940,000 セルである。

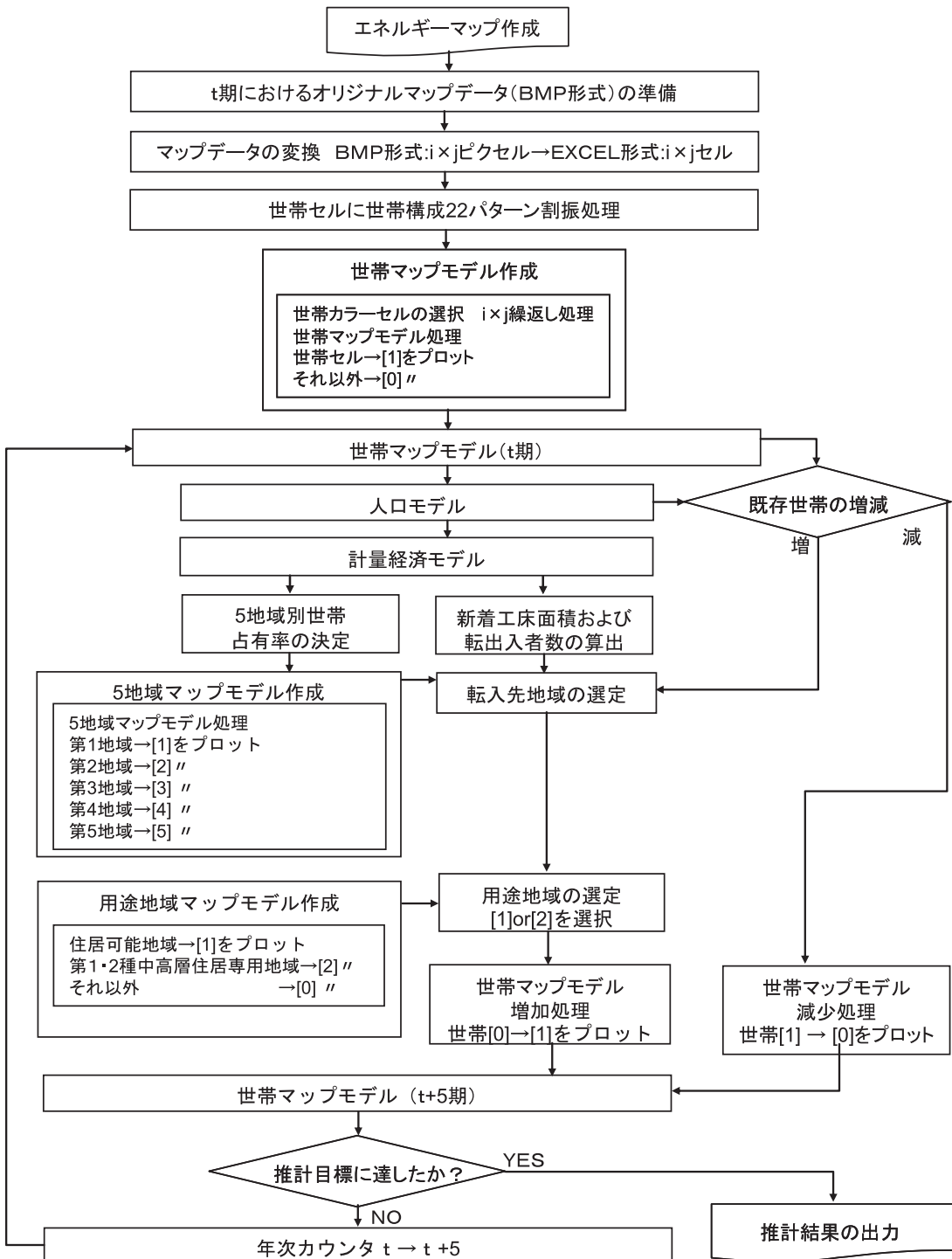


図3 エネルギーマップモデルのフローチャート

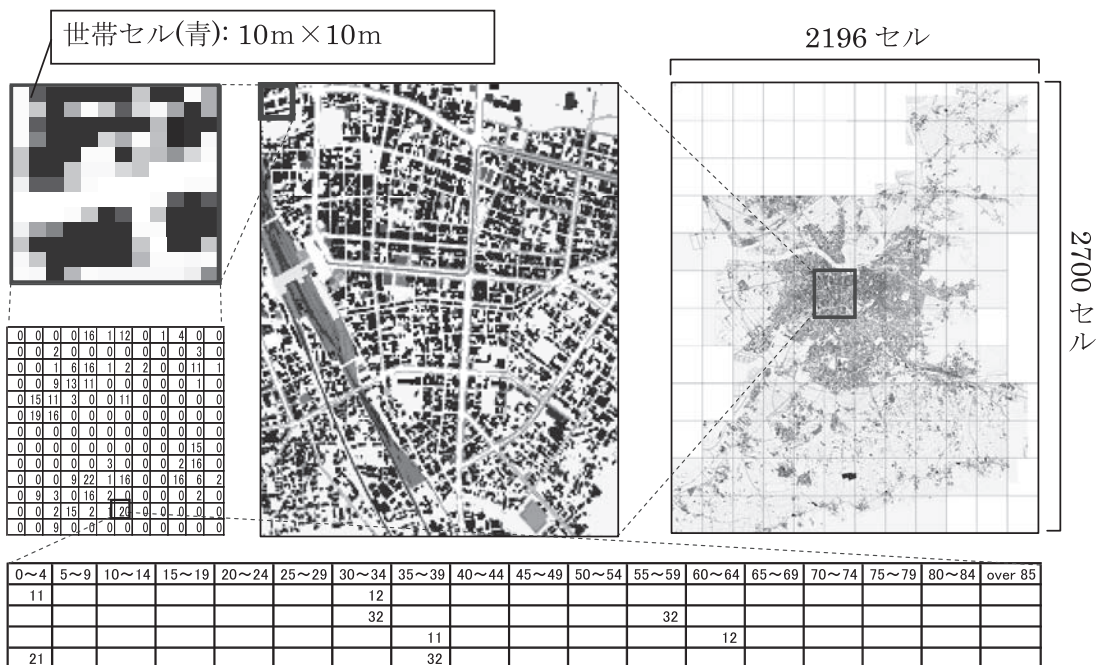


図4 マップモデルの構造

4.2 初期値マップの設定

マップモデルの構造は図4に示したとおりである。全体の流れは以下のようである。1) 初期設定として、Excelで計算マップを作るために対象地域の画像データをビットマップ形式（2700×2196ピクセル）に変換し、各ピクセルからRGBのビット数を読み取り、Excelのセルに与えることでカラーリング処理を行う。2) 次に、世帯カラーセル（青）のみを抽出し、豊橋市統計書を基に作成した世帯データベースを乱数で割り振ることで豊橋市－仮想都市を構築する。3) 世帯データベースは、世帯構成人員（小学生、中学生、勤め人、主婦、高齢者）を組み合わせた世帯構成22パターンで、豊橋市の総世帯数である124052世帯を割り振る。

次の5期目（t+5）における世帯セル毎の世帯構成は、コーホート要因法および計量経済モデルによって計算されるライフサイクルの概念を基に成長し決定される。今回の研究では、豊橋市におけるケーススタディーの前提条件として、全てを戸建住宅として想定し、高層アパートは考慮していない。豊橋市の住宅選好傾向に大幅な変化はないと想定し、現状では約12万世帯中9万7千世帯（全体の約80%）が2階以下の低層住居であるため、全体として戸建て住宅を仮定しても方向性としては問題ないと判断したからである。

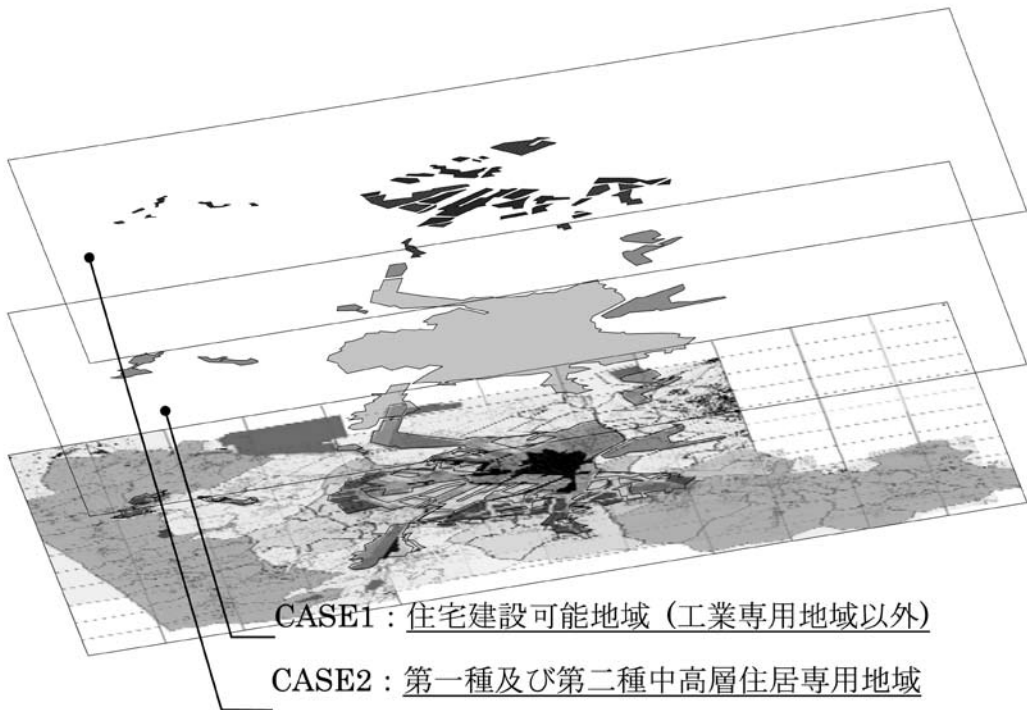


図5 用途地域マップモデル

表2 マップモデルの計算条件

CASE1: 現状推移型
経済動向は、豊橋市計量経済モデルCASE1(基本ケース)を想定している。
世帯内で新規結婚者が出た場合、世帯主である両親から独立し、豊橋市内に新たに核家族を構成する。
市内において、新たに世帯が出現する際に用途地域による広範囲の制限を受ける。豊橋市都市計画図による工業専用地域以外は基本的に住宅が建築可能であるため、工業専用地域以外に出現可能とする。
CASE2: 世帯持続型
経済動向は、豊橋市計量経済モデルCASE2(製造業投資額を2003年以降、前年度水準より5%増資する条件)を想定している。
世帯内で新規結婚者が出た場合長男は、独立せずに両親と共に暮らすことで世帯は引き継がれ持続する。
市内において、新たに世帯が出現する際に用途地域による狭範囲の制限を受ける。コンパクトシティに誘導するための政策が施行されたと仮定し、住宅の集約型立地を目指し、豊橋市都市計画図による第一種中高層住居専用地域、第二種中高層住居専用地域にのみ出現可能とする制限を課す。
共通の条件
新たに配置される住宅は、省エネルギーを配慮した住宅とする。
計量経済モデルで推計された5地域別世帯比率により、世帯が分配される。

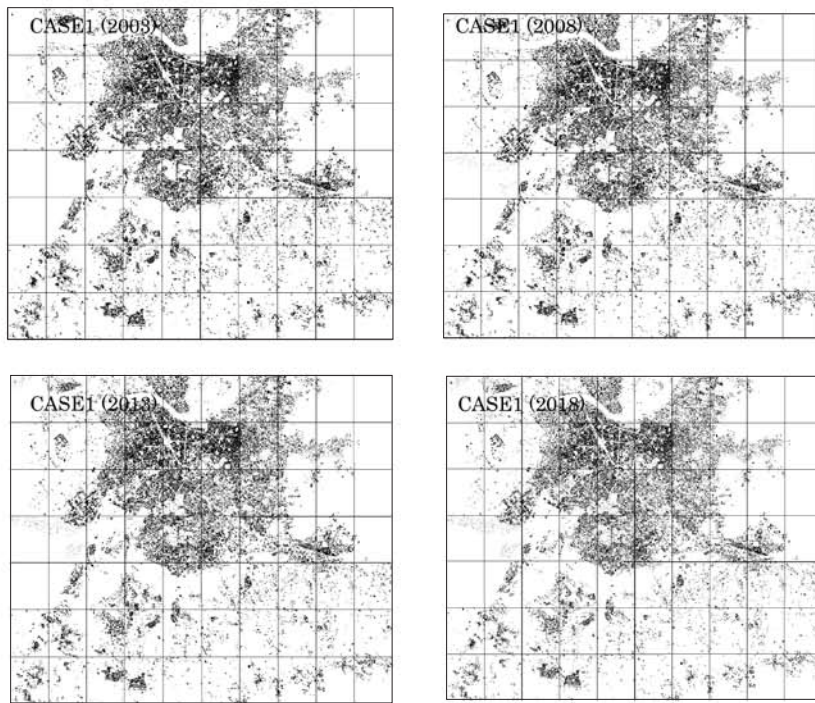


図6 エネルギー分布動向（CASE1）

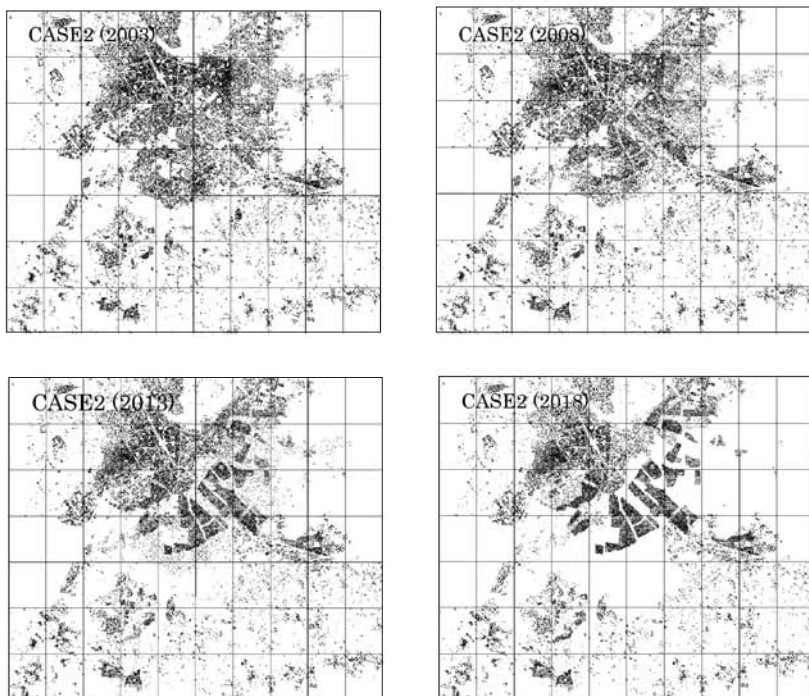


図7 エネルギー分布動向（CASE2）

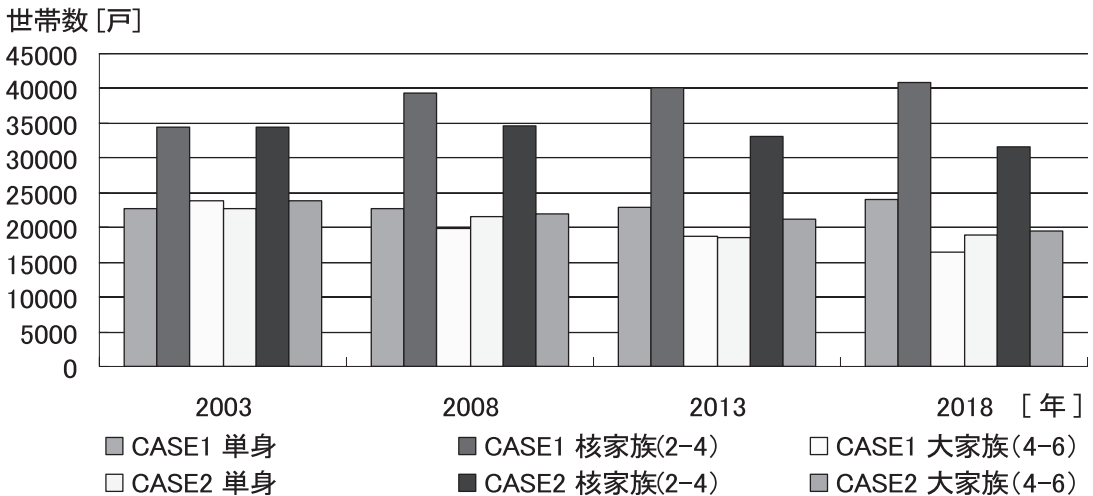


図8 世帯構成別世帯数の推移

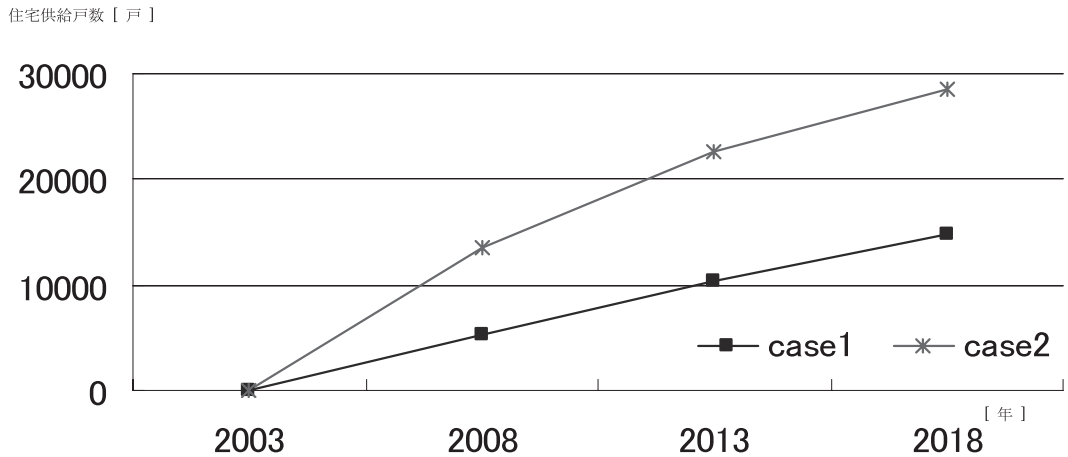


図9 新着工住宅の供給戸数

4.3 エネルギーマップによる面的シミュレーション

2003年から5年毎に2018年までの面的シミュレーションを行い世帯分布を把握することを目的とし、図5に示した5地域の世帯構成比率が設定されたマップモデルと豊橋市都市計画図による用途地域別マップモデルの世帯出現数の制限、および世帯構成による条件を変えた2ケースでシミュレーションを行った。推計に当たっての条件は表2にまとめた。

Case1は計量経済モデルの基本ケース（現状維持型）で、世帯で結婚したものがあつた場合独立して住むことを仮定した。

Case2は計量経済モデルの製造業回復増加のケースで、長男が結婚した場合独立しないで世帯構成を維持することを仮定した。こちらでは高層化も視野に入れたコンパクトシティの将来像を想定している。

4.4 シミュレーション結果

2018年までの世帯分布を図6、図7に示す。CASE1での世帯分布の動向は2003年から変化が少なく、世帯分散型都市の構造は変化しない。それに対し、CASE2での世帯分布は、住宅誘致地（第一種中高層集合住宅及び第二種中高層集合住宅）に住宅が集中立地しており、世帯集約地域を把握することができた。豊橋市域においてエネルギーや資源を集約するコンパクトシティのポテンシャルを持つ地域が明確になった。

世帯構成別世帯数の推移を図8に示す。2018年の結果を見ると、世帯数は、初期値124,052世帯に対し、CASE1では、125,292世帯と約1%増加、CASE2では、105,444世帯と約15%減少した。世帯構成比率は、初期値で単身世帯28.1%、核家族42.5%、大家族29.4%に対し、CASE1では、単身世帯29.6%（+1.5%）、核家族50.2%（+8%）、大家族20.3%（-9.1%）、CASE2では、単身世帯27.1%（-1.0%）、核家族45.0%（+2.5%）、大家族27.9%（-1.5%）となった。CASE1とCASE2を比較した場合、CASE1では、核家族の占める割合が多く、CASE2では、大家族が占める割合が多くなった。

新着工住宅の供給戸数の推移を図9に示す。新築世帯として供給される住宅は、CASE1で約1,000世帯/年、経済成長の高いCASE2で1,800世帯/年であった。今後の新築住宅は省エネルギー化が進むと思われる。都市の省エネルギー化という意味からも、供給戸数が多い方が望ましいので、CASE2の条件下での将来像が望ましいと思われる。

5. まとめ

豊橋市全域における世帯推移を面的に把握するために、出生率補正を考慮したコーホート要因法、豊橋市計量経済モデル及び世帯移動を制限するための世帯比率・用途地域別マップモデルを用いて世帯分布を推計した結果、以下の知見を得た。

1) 計量経済モデルで製造業投資額を5%増資した条件による計算結果は、人口・世帯・市内総生産の増加傾向を示したため、経済水準を上昇させる条件であることが分かった。

2) 世帯継続型による大家族の形成は、世帯増加を抑制し、マップモデルより世帯出現や移動を制限することで世帯集中型立地の形成箇所を把握することが可能になり、コンパクトシティへと導くポテンシャルの高い地域を把握することができた。

3) 豊橋市のような古くからの地方中核都市で農業や中小企業が多く混在する地域においても、住宅の分化や高層化が進行し、全体としてみると資源集約や省エネルギーの方向へ動くことが明らかになった。

今後の方向としては、少子・高齢化傾向を表せるよう世帯モデルの詳細設定を行い、より現実を反映するシステムの構築を目指したい。

注

注 1) 女性が出産可能な年齢を 15 歳から 49 歳までと規定し、それぞれの出生率を出し、足し合わせることで、人口構成の偏りを排除し、一人の女性が一生に産む子供の数の平均のことである。

【主要参考文献】

- [1] 洪澤博幸、山口誠、『環境を考慮した豊橋市計量経済モデル』、『雲雀野』第 22 号、pp.93-104、2000 年
- [2] 洪澤博幸、山口誠、『豊川市の計量経済学的分析』、『雲雀野』第 23 号、pp.61-71、2001 年
- [3] 山口誠、『大都市周辺地域開発の計量経済学的分析—山梨県上野原町モデルの開発—』、『情報と社会』第 4 号、pp.105-113、1994 年
- [4] 山口誠、『愛知県地域計量モデル—情報を考慮した地域計量分析の試み—』、『雲雀野』第 21 号、pp.41-52、1999 年
- [5] 山口誠、洪澤博幸、『東三河地域の計量経済学的分析—豊川流域の水需給構造に注目して—』、『地域学研究』第 31 巻第 1 号、pp.159-176、2000 年
- [6] 山口誠、鯉江康正、『情報の有効利用による地域形座への影響分析—愛知県を事例として—』、『計画行政』第 23 巻第 1 号、pp. 76-83、2000 年
- [7] 山口誠、洪澤博幸、木村竜士、『多地域分割計量モデルによる豊橋市の社会経済分析』、『雲雀野』第 31 号、pp.59-74、2009 年
- [8] 福井浩喜、三宅醇、谷武：世帯主年齢、世帯収入、住宅所有関係別からみた最低居住水準の分析愛知県におけるケーススタディー、日本建築学会大会学術講演梗概集 F-1、pp.1213-1214、2003 年
- [9] Coale,A.J. and Trussell,T.J., Model fertility schedules: variations in the age structure of childbearing in human population, Population Index 40, pp.185-258, 1974 年
- [10] 結婚と出産に関する全国調査結果概要—夫婦調査ついて、第 13 回出生動向基本調査、国立社会保障人口問題研究所、19p、2006 年

[主なデータ出典]

- 1) 愛知統計年鑑、愛知県企画振興部統計課、平成元年版（1990）～平成 14 年版（2003）
- 2) 豊橋市統計書、豊橋市総務部行政課統計調査グループ、平成元年版（1990）～平成 14 年版（2003）
- 3) あいちの工業、愛知県企画振興部統計課、平成元年版（1990）～平成 14 年版（2003）
- 4) あいちの商業、愛知県企画振興部統計課、平成元年版（1990）～平成 14 年版（2003）
- 5) 国土交通省、都道府県地価調査、<http://www.land.mlit.go.jp/landPrice/AriaServlet?MOD=0&TYP=2>
- 6) 総務省統計局、<http://www.stat.go.jp/data/nihon/g4117.htm>

A Multi-Regional Socio-Economic Structure with Water Supply/Demand — A Multi-Regional Econometric Model of the East Mikawa Area —

**Hiroyuki Shibusawa, Makoto Yamaguchi,
and Kosuke Nakazawa***

Abstract

The East Mikawa area is located in the southeastern part of Aichi Prefecture, which spreads from the urban, bay area in the south to the rural, mountainous area of the north. This area, particularly the southern area, has seen development ever since water has been supplied from the Toyo River. Today, this development includes the high value-added agricultural systems in the cities of Toyohashi and Tahara, and the manufacturing base, which includes the automobile industry, around and beyond Mikawa Port. Since the water supply for the area depends on the Toyo River, changes in the industrial structure and the lifestyles of residents have resulted in the serious problem of water shortages. This area also faces several policy issues including environmental preservation in Mikawa Bay, highway construction, consolidation of municipality, and the aging and depopulation of the communities in the northern mountain area. However, the problem of water supply and demand is of increasing importance as water resources continue to dry up around the world. In this study, our purpose is to construct a multi-regional econometric model by dividing the East Mikawa area into 4 regions in order to analyze the impacts of water supply and demand on the social and economic structures.

* LITEC.Ltd.