

マイクロシミュレーションモデルを用いた都市の人口分布・世帯構造変化予測

鈴木 温¹・宮之上達也²・杉田篤志³

¹正会員 名城大学准教授 理工学部社会基盤デザイン工学科 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)
E-mail: atsuzuki@meijo-u.ac.jp

²正会員 株式会社 長大 名古屋支社 (〒450-0003 名古屋市中村区名駅南1-18-24 マイビルディング4F)
E-mail: miyanoue-t@chodai.co.jp

³非会員 愛知県東三河建設事務所 (〒440-0801 豊橋市今橋町 6 番地)
E-mail: atsushi_sugita@pref.aichi.lg.jp

現在、我が国において進行している少子高齢化等が世帯構造や都市構造の変化へ与える影響を予測することは、都市計画、交通計画等の計画策定において極めて重要である。マイクロシミュレーションは、個人のライフイベントの発生や転居に伴う居住地変化を確率的に計算することによって、将来の世帯構造や人口分布を予測することができる。しかし、国内外でこれまでも開発されてきたが、データの制約や計算能力の制約から適用範囲が限られていた。そこで、本研究では、約40万人の富山市を対象に、全市民を対象としたマイクロデータを用い、ライフイベントの発生に伴う世帯構造変化や居住地の変化を確率的に計算できるマイクロシミュレーションモデルを構築し、将来の人口分布を予測するとともに精度の検証を行う。

Key Words : *micro-simulation, population estimation, life events*

1. はじめに

我が国の多くの都市では、既成市街地における空家の増加や商業の撤退等、都市機能低下、生活利便性の低下等が懸念されている。これらの問題に対し、立地適正化計画等の政策を通じて、居住地や都市施設の立地変化を促す政策が進められており、都市内の小地域における将来人口予測や政策オプションのインパクトを定量評価は、今後、益々重要性を増すと考えられる。人口予測の代表的な手法であるコーホート要因法は、小地域単位の社会増減の推計値が安定的でないことや過去の純移動率をもとに将来の純移動率を線形的に予測するため、非線形的な人口動態を予測しにくいという問題点がある。このような年齢構成や世帯構造の変化に伴う人口変化を分析・予測する手法としてマイクロシミュレーションが提案されている¹⁾。マイクロシミュレーションとは、経済の最小単位である個人や世帯、企業などを活動主体として、政策の効果を分析する手法である。近年ではコンピュータの計算能力の向上によって、大規模な計算が行えるようになってきており、実都市を対象とした多様な個人や世帯の属性変化や空間的なシミュレーションモデルも提

案されている^{2)~9)}。

筆者ら¹⁰⁾は、都市の小地域の将来人口推定を行うことを目的として、世帯マイクロシミュレーションの構築を行い、人口約8000人の富山市奥田北地域を対象として予測精度の検証を行ってきた。本研究では、人口40万人規模の富山市全域を対象としたマイクロシミュレーションモデルを構築し、結果の検証を行うことを目的としている。また、個人のライフイベントの発生アルゴリズムを改良するとともに、転居に伴う住宅タイプ選択、転居先ゾーン選択モデルを導入することにより、小地域の人口分布や世帯分布の中長期的な変化を予測可能な動的なマイクロシミュレーションモデルを構築する。

2. 本マイクロシミュレーションの基本構造

(1) モデルの全体構造

本研究で構築するマイクロシミュレーションの基本構造を図-1に示す。本モデルは、大きく分けて、マイクロデータに関する「データベース」、各個人のライフイベントを発生させる「ライフイベント発生モデル」、居住ゾーンや住宅タイプ選択を行う「立地選択モデル」に分

けられる。データベースは、個人や世帯に関する情報を保持する「個人データベース」とゾーンや土地に関する「ゾーンデータベース」に分けられる。個人データベースには、個人番号、世帯番号、年齢、性別、婚姻の有無、子供の人数、就業状況、住宅タイプ、世帯人数等の情報が含まれる。各個人の情報は毎期、加齢、死亡、進学・就職、結婚、出生の順にライフイベントが確率的に発生する。また、進学・就職、結婚に伴い転居イベントが発生する。対象地域外からの転入者は地域内の個人データベースとは別に生成し、転入後、個人データベースに追加される。このようなライフイベントを連続的に発生させることによって、個人と世帯属性の遷移を計算する。昨年度までのモデルでは、対象地域が人口約8000人の小地域であったため、当該ゾーンへの転入転出のみを考慮し、立地選択や住宅タイプ選択は考慮していなかったが、本研究では、富山市全域を対象として、82ゾーンの立地ゾーン選択や住宅タイプ選択のモデルを考慮している。



図-2 対象地域（富山市）のゾーン区分

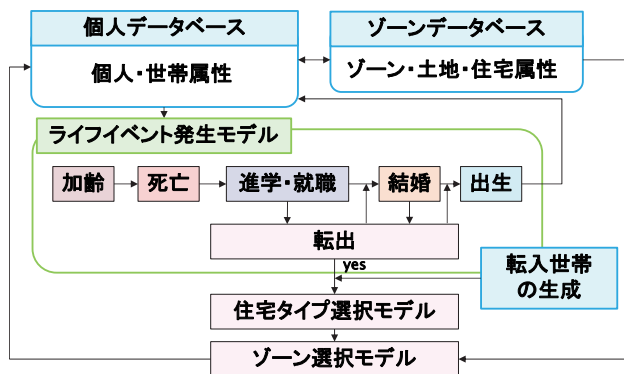


図-1 本マイクロシミュレーションの基本構造

(1) 対象地域と個人・世帯の一次データ

本研究では、コンパクトシティ政策に積極的に取り組んでいる富山市を対象とする。本研究では富山市を82の中ゾーンに分割している。図-2に対象地域のゾーン区分図を示す。筆者らは、平成23年12月に富山市全域を対象に、82ゾーンからそれぞれ全世帯の10%に世帯を無作為に14,073世帯を抽出し、郵送送付、郵送回収でアンケート調査を実施した。この調査で得られた約5000世帯のデータのうち、有効回答として3,864世帯、9,747人分のマイクロ世帯データサンプルが得られている。これらのサンプルデータを初期マイクロデータの推定に利用した。

シミュレーションのタイムステップは1年間とした。また、本研究の人口推定シミュレーションはJavaの総合開発環境であるEclipse 4.3 Keplerによって構築した。

(2) 初期マイクロデータの生成

本研究では、シミュレーションに用いる個人・世帯に関する初期マイクロデータとして、既存研究¹⁾で推計されたデータセットを用いた。推定手法の基本的な考え方は次のとおりである。

- ・世帯人数別の世帯数に対して、世帯サンプルより各世帯の構成員の質的属性である性別、続柄を決定する。
- ・十分なサンプルが得られる世帯タイプに対しては、属性（各世帯構成員の年齢）間の相関性を考慮して年齢を決定し、出現頻度の低い世帯タイプについては世帯サンプルと同様の年齢を与える。
- ・人口データ推計においては、周辺分布（性別5歳年齢階層別人口）に一致するように世帯構成および各世帯構成員の年齢に関して調整を行う。
- ・推定、データ生成、調整はすべてモンテカルロ法等を用いて確率的に行う。

年齢階層は、5歳階級計18カテゴリとしている。世帯主との続柄は、20カテゴリ、世帯主との続柄の組み合わせによって定義される世帯タイプは32通りを設定している。

周辺分布データは、平成22年国勢調査データより、各ゾーンの人員別世帯数および性別年齢階層別人口集計値を集計して作成した。総世帯数は158,833世帯、総人口は409,621人である。アンケートによるサンプル世帯データにおいて、自由度10以上のサンプル数が得られる世帯タイプについて、主成分分析によるパラメータ行列の逆行列よりパラメータを導出している。乱数によって与えられる非相関変数を、パラメータに作用することによって、世帯構成員の属性変数が生成される。

3. 個人のライフイベントの考え方と発生確率

各個人のライフイベントの計算方法を表-1にまとめる。また、詳細について、以下で説明する。

表-1 個人のライフイベントの計算方法

	対象者	発生確率	発生後の処理
加齢	全員	1年ごとに確率 100%で1歳加齢	1年ごとに+1歳
死亡	全員	ワイブル分布を仮定した生存時間解析 男女・年齢別死亡確率	加齢させず、世帯員から削除
進学・就職	18・22歳	実績値（H23 学校基本調査）より、進学確率・就職確率を与える	世帯属性（就業状態）を更新
結婚	未婚者(16歳～49歳)	男女別・年齢別（5歳階級）の結婚確率の実績値（人口動態調査）	判定者リストで市内・市外結婚判定 市外結婚の場合は配偶者を同一世帯に加える
出生	既婚の女性(16歳～44歳)	一般化対数ガンマ分布年齢別（5歳階級）・出生順位別の出生確率	各世帯に0歳の人を1人追加
転居	転出	18・22歳(進学・就職), 25歳～64歳の男女 実績値（人口移動調査, 富山県 U ターン就職率調査等）から各年齢の転出確率を設定	対象地域外へ移動 市内転出者は、住宅タイプ選択、ゾーン選択モデルへ
	転入	4タイプ(大学生・新社会人・転勤者・その他) 移動理由別, 男女別, 年齢別転入者数の実績値（人口移動調査, 国勢調査等）から各タイプの転入率を設定	転入者を世帯 DB に追加
	合流	転出者(22歳・その他) 実績値等から一律の合流率を設定	元の世帯に追加

(1) 加齢イベント

加齢イベントとは各シミュレーションタイムステップにおいて最初に行われる処理であり、生存している全個人データに対して年齢を1加える。加齢した年齢を基に、これ以降のイベントの発生確率を与える。

(2) 死亡イベント

生存している各個人全員のデータに対して男女別、年齢別の死亡確率を推定する。死亡確率は累積生存関数がワイブル分布を仮定した生存時間解析によって推定を行った。ワイブル分布の累積生存関数S(t)は式(1)のように表される。

$$S(t) = \exp\left[-\left(\frac{t}{\beta}\right)^\alpha\right] \quad (t \geq 0) \tag{1}$$

ここで、t: 生存時間(年齢)、α、βはそれぞれパラメータである。死亡イベントに関する式(1)の推定パラメータα、βおよび決定係数を示す。推定されたパラメータを用いて死亡イベントに関するハザード関数を推定した。この死亡確率は平成22年都道府県別生命表の富山県の統計データを基に算出した。死亡した個人データはこれ以降のイベントも発生しなくなる処理が施される。

表-2 パラメータの推定結果と決定係数

	男性	女性
α	8.104	10.222
β	85.854	92.399
決定係数 R ²	0.995	0.994

(3) 進学・就職イベント

18歳の者、22歳かつ学生の者に対してそれぞれ進学確率、就職確率を与える。進学確率については、大学および専修学校進学人数を高等学校卒業総人数で割ったものを、就職確率については、就職人数を大学卒業総人数で割ったものを用いる。就職人数には大学院進学人数も含めるものとする。進学確率は平成23年学校基本調査の富山県・高等学校の卒業後の状況を基に、就職確率は平成23年学校基本調査の都道府県別・状況別大学卒業後の状況調査の富山県の統計データを基に算出した。その結果、18歳の者、22歳かつ学生の者の進学確率、就職確率はそれぞれ、81.2%、88.6%とした。18歳の者が進学した場合、就業状態を学生に更新し、そうでない場合、就業状態をフルタイム職に更新する。22歳かつ学生の者が就職した場合、就業状態をフルタイム職に更新する。また、それぞれのイベントが発生した際に、後述する転出確率を与え、転出する場合にはその個人データを対象地域外へ移動させることとする。

(4) 結婚イベント

男性は18-49歳、女性は16-49歳の未婚者を対象者として男女別、年齢別の結婚確率を求める。結婚確率は平成24年人口動態調査の年齢別・夫、妻別・都道府県別初婚者数データ、平成22年国勢調査配偶関係別・年齢別・男女別人口データをもとに、各年齢の婚姻件数をその年齢の未婚者数で割ったものを男女別に求めた。本モデルでは、結婚イベントが発生すると判定された者は結婚候補者リストにリストアップされる。リスト上の各個人に対し、すでにリストアップされている配偶者候補との年齢差を算出する。夫婦の年齢差に応じた結婚確率は、平成24年人口動態調査の初婚夫妻の年齢差別婚姻件数算出した。表-3に初婚夫妻の年齢差とその割合を示す。得られた確率にしたがって、リストに登録された順に結婚相手をマッチングさせる。該当する結婚相手がリストにいない場合は富山市外の人と結婚とすることとした。結婚イベントが発生したカップルは新規世帯として、個人・世帯データベースに追加され、婚姻状態を既婚に更新する。

表-3 初婚夫婦の年齢差とその割合

同年齢	20.6%			
夫が年上	1歳	2歳	3歳	4歳
	13.7%	9.6%	7.4%	5.9%
	5歳	6歳	7歳～	
妻が年上	4.6%	3.5%	10.7%	
	1歳	2歳	3歳	4歳～
	9.7%	4.8%	3.1%	6.5%

(5) 出生イベント

既婚の女性(16-44歳)を対象者として母の年齢別、出

生順位別の出生確率を与える。本モデルでは出産回数の上限を3回とし、出生順位別に出生確率の推定式を求める。本モデルでは、式(2)に示すような一般化対数ガンマ分布¹⁰⁾を用いて確率を求める。パラメータの推定は平成24年人口動態調査の年齢別・都道府県別初婚者数の富山県のデータおよび母の年齢・出生順位・都道府県別出生数の統計データを用い、最小二乗法により行った。表-4にパラメータの推定結果を、図-2に出生順位別の出生確率を示す。出生イベントが発生した場合、母親が属する世帯に各性別0.5ずつの確率で0歳の個人を追加する。

$$g_n(x) = \frac{C_n \lambda_n}{b_n \Gamma(\lambda_n^2)} (\lambda_n^2)^{x-1} \exp\left[-\lambda_n^2 \left(\frac{x-u_n}{b_n}\right)\right] - \lambda_n^2 \exp\left[\lambda_n^2 \left(\frac{x-u_n}{b_n}\right)\right] \quad (2)$$

$g_n(x)$: x 歳の女性の第 n 子の出生確率
 $\Gamma()$: ガンマ分布
 C_n, u_n, b_n, λ_n : パラメータ

表-4 出生確率の推定パラメータ

	第1子モデル	第2子モデル	第3子モデル
C_n	0.628	0.543	0.167
u_n	28.082	30.576	32.900
b_n	4.876	4.542	4.053
λ_n	-0.273	-0.145	0.155

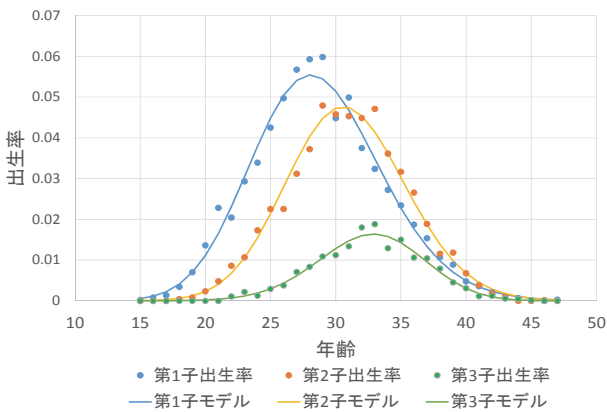


図-2 出生順位別の出生確率の推定結果

(6) 転居イベント

転居イベントは転出イベント、転入イベントおよび合流イベントの3種類に分けられる。進学・就職イベント発生時、および、25-64歳の各個人に対してそれ以外の転居が発生するとする。進学・就職イベントに伴う転出、合流確率は、実績値（「富山県Uターン就職率調査及び県内高校卒業者の大学等卒業時における県外流出状況の推計結果について」、平成20年）に従って、表-5に示す確率を与えた。25-64歳の転出確率は、5歳階級別転出人数を同階級の人口で割った値から進学・就職、結婚を理

由に転出した確率を除いて算出する。年齢別転出確率は平成23年人口移動調査の市町村別・年齢(5歳階級)別社会動態と、平成22年国勢調査人口等基本集計の年齢別人口、および第7回(平成23年)人口移動調査、移動理由(過去5年間の移動について、男女別、年齢別)をもとに算出した。対象地域から転出した個人データは消去するのではなく対象地域外へ移動し、そこで属性遷移が行われる。そして再び転入してくる可能性を残し、結婚や就職を理由とする世帯の合流を表現する。図-3に年齢(5歳階級)別の転出確率を示す。

表-5 進学・就職時転出確率および就職時合流確率

	転出確率
進学時転出確率	0.47661
就職時転出確率	0.09500
就職時合流確率	0.44986

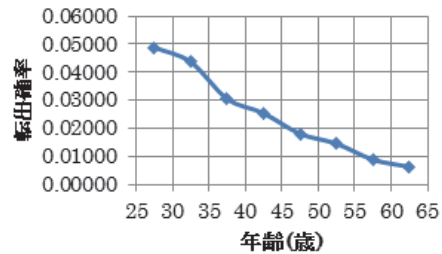


図-3 転出イベント発生確率

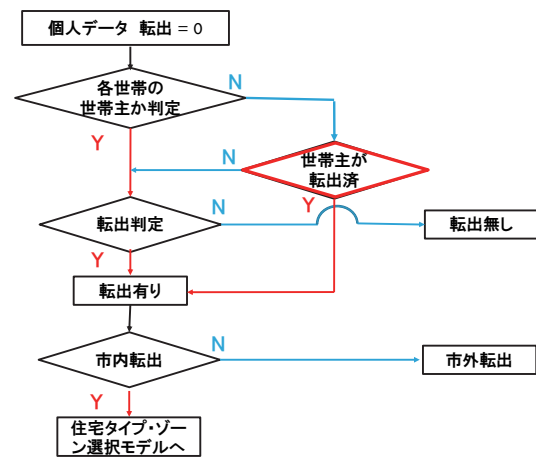


図-4 転出イベントの計算アルゴリズム

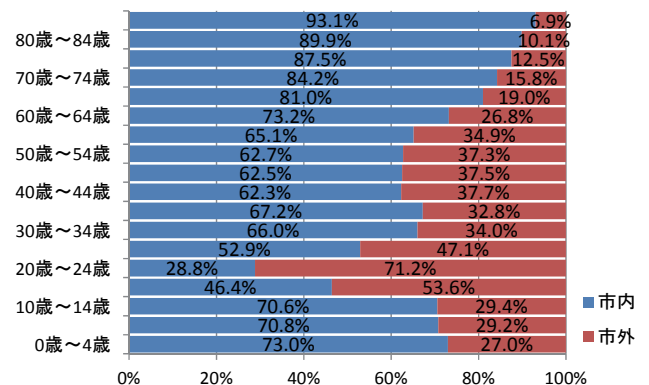


図-5 富山市の年齢別転居先確率 (市内, 市外)

転居する世帯を発生させた後、図4に示す手順で、転居先が市内なのか市外なのかを先に判定する。この判定には年齢階層別に富山市内から市内および市外への転出確率の実績値を用いている。年齢別転出先（市内、市外）確率を図5に示す。その後、市内に転居する世帯については、住居タイプ選択、転居先ゾーン選択を行う。

転居イベントのうち、転入イベントは、表6に示す4タイプの転入世帯毎に、過去の統計データ（平成23年人口移動調査の富山県、市町村別・年齢(5歳階級)別社会動態、平成22年国勢調査人口等基本集計の年齢別人口の富山県の統計データ、第7回(平成23年)人口移動調査男女別、年齢別移動理由)をもとに転入確率を与える。転入世帯の転入確率は、対象地域の総人口に対する割合として与えられている。転入が発生した世帯は個人・世帯データベースに新たに加えられるとともに、住宅タイプ選択、転居先ゾーン選択モデルに移行する。

表-6 転入者のタイプと転入発生確率

転入者のタイプ	転入確率	世帯員
大学生	0.4%	年齢が19歳の大学生1人世帯
新社会人	0.2%	年齢が23歳の新社会人1人世帯
転勤者	0.6%	年齢が25-64歳の男性1人世帯
その他の世帯	0.4%	年齢が30-69歳の夫婦と0-18歳の子供が1人いる3人世帯

4. 住宅タイプ・居住地ゾーン選択モデルの推定

(1) 住居タイプ選択モデル

市内への転居世帯は、住居タイプ選択モデルへ移行する。世帯の属性を変数とする多項ロジットモデルによって住居タイプ選択を行う。住居タイプは、持家戸建、持家集合、賃貸戸建、賃貸集合の4タイプとする。2章で述べたアンケート調査のデータを用いてパラメータ推定を行った。その結果を表7に示す。いずれの変数も有意な水準のパラメータが得られた。

表-7 住宅タイプ選択のパラメータ推定結果

変数	パラメータ	t値
以前の居住地	0.243	2.55**
世帯人数	0.353	13.15**
世帯主の年齢	-0.061	-3.47**
フルタイム職	0.502	4.97**
定数項	-0.469	-4.79**
尤度比	0.1679	
サンプル数	1705	

**:1%有意 * :5%有意

(2) 転居先ゾーン選択モデル

転居先ゾーン選択モデルは、4つの住居タイプごとにパラメータ推定を行った。パラメータ推定は住宅タイプ選択モデルと同様、前述のアンケート調査データのうち、過去10年以内（平成13年から平成23年）に転居した世帯のデータを用いパラメータ推定を行った。ゾーン選択モデルの効用関数の説明変数として、富山駅からの距離、事業所数、住居系用途の土地利用の割合、鉄道駅の有無、地価、世帯人数、世帯主の年齢の6つを選択した。82個のゾーンから1個のゾーンを選択する多項ロジットモデルとして推定を行った。表8にパラメータ推定結果を示す。賃貸集合住宅は良好な推定結果が得られたが、それ以外の住宅タイプはまだ改善が必要である。

表-8 転居先ゾーン選択のパラメータ推定結果

住宅タイプ	持家戸建		持家集合	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
富山駅からの距離	-0.0196	-3.984**	0.1758	1.610
事業所数	0.0002	0.133	0.0058	0.299
土地利用	-0.0072	-4.138**	-0.0963	-3.643**
鉄道の有無	-0.0020	-0.427	-0.1907	-1.461
地価	-0.0063	-0.796	-0.2678	-0.779
世帯人数	0.0054	0.815	0.1697	1.454
世帯主年齢	0.0026	0.513	0.1349	0.907
定数項	0.1078	2.482**	0.2213	0.228
尤度比	0.1030		0.2992	
サンプル数	820		83	
住宅タイプ	賃貸戸建		賃貸集合	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
富山駅からの距離	0.4780	0.913	-0.0119	-0.928
事業所数	-0.0705	-1.090	-0.0115	-5.367**
土地利用	0.0033	0.057	-0.0148	-4.373**
鉄道の有無	-0.4531	-2.107*	-0.0690	-6.937**
地価	0.4528	1.264	-0.0618	-2.998**
世帯人数	0.1957	1.873*	-0.0596	-5.286**
世帯主年齢	0.0643	0.560	0.0469	4.052**
定数項	0.0055	0.006	0.3788	4.615**
尤度比	0.2001		0.1691	
サンプル数	49		436	

5. 将来人口のシミュレーション結果

(1) 人口推定結果

構築したマイクロシミュレーションモデルを用いて、平成23年～平成28年の富山市の人口変化に関する推計を行った。実際の人口（住民基本台帳ベース）と推計人口との比較を図6に示す。本シミュレーションで1年のタイムステップを計算する所要時間は約10時間（OS：Windows7, CPU：Intel Xeon, メモリ：32GB, プログラム開発環境：Eclipse Ver4.3）となった。

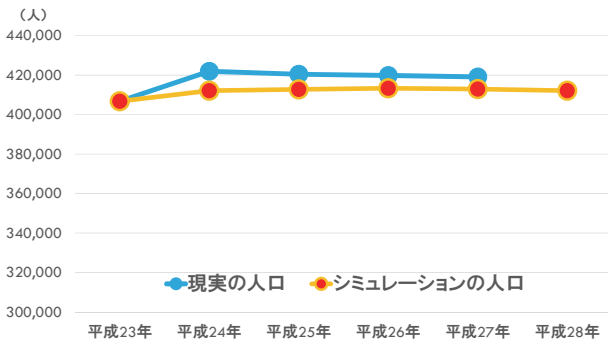


図-6 総人口の実績値と推計値の比較

計算時間は要するものの、富山市の人口約40万人規模を対象としても個人・世帯のライフイベントを考慮したマイクロシミュレーションを計算することが可能であることが示された。推定結果から、平成27年時点（4年後）のシミュレーションによる推定値と実績値との誤差が約1.8%の過小推計という結果となった。しかし、平成23年の東日本大震災の影響で平成24年の人口の実績値が非定常的な増え方を示していることを考慮すれば、それ以降の年度の誤差はさらに小さいものとなっている。

次にイベント発生に着目すると、結婚イベントに関して、平成25年における富山市の婚姻件数(組)が2,023件であったのに対し、本シミュレーションにおける平成25年の結婚イベント発生回数は2,212件であり、比較的良好な推計結果となった。他の年度の結婚発生回数もほぼ同様の発生回数となっている。

(2) 世帯タイプ別世帯数の比較

世帯属性に関する結果の一例として、表-8に世帯人数別世帯推計値の年度間比較結果を示す。表-8から、1人世帯と7人、8人世帯が大幅に増加していることがわかる。反対に4人から6人世帯では大きく減少している。原因としては転入世帯タイプの設定と、転入確率を一定に与えていることが考えられる。今後は転入世帯の設定を改良する必要がある。

表-8 世帯人数別世帯推計値の年度間比較

世帯人数	平成 23 年	平成 27 年	世帯数増加率
1	45994	62797	36.5%
2	41591	41688	0.2%
3	30050	33532	11.6%
4	23853	19001	-20.3%
5	9732	8416	-13.5%
6	4659	4181	-10.3%
7	2199	2551	16.0%
8		529	

(3) ゾーン人口の比較

ゾーン人口に関するシミュレーションの結果と実績値に関する比較を行う。図-7に平成27年における82ゾーンの人口の実績値を横軸にシミュレーションによる推計値を縦軸にプロットした。決定係数は0.897と良好な結果となった。しかし、一部の地区では傾き1の直線から大きく外れた位置にあることが確認できる。図-8に各ゾーンにおけるH27年度の推計値の相対誤差を示す。山間部の人口が少ない地区で誤差が大きいことがわかる。山間部でないゾーンにおいても増減数比が大きくなっている箇所がある。この原因としては転入イベントの過多であると考えられる。転入イベントは、本モデルでは、4種類の転入世帯タイプを考慮しているが、正確な転入確率の算出を行い、適正なシミュレーションを行う必要がある。さらに市内への転入人口を予測する新たなモデルを考慮することも必要であると考えられる。

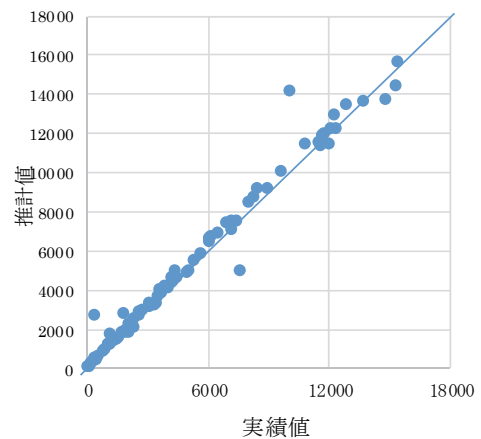


図-7 H27年の人口実績値（横軸）と推計値（縦軸）

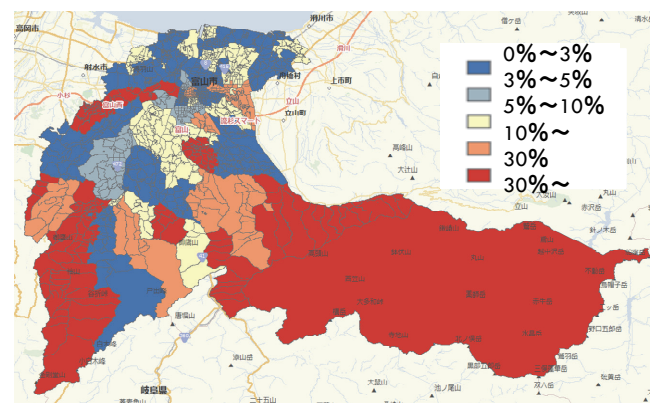


図-8 平成27年の実績値と推計値の相対誤差

6. おわりに

本研究では、40万人規模の富山市全域を対象として、将来人口分布を予測するマイクロシミュレーションモデ

ルを開発した。アンケートデータをもとに生成した個人・世帯マイクロデータをもとに、各個人のライフイベントの発生確率を考慮した人口遷移のモデル化を行った。ライフイベントとして加齢、死亡、出生、進学・就職、結婚、転居を考慮した。また、住宅タイプ選択、転居先ゾーン選択モデルを構築し、転居世帯の立地選択をモデル化した。本シミュレーションは、40万人規模の都市を対象としても計算可能であり、ある程度高い予測精度果が得られることが確認された。

今後の課題として、より正確な転入世帯タイプの生成を行う必要がある。

参考文献

- 1) Ballas, D., A spatial microsimulation approach to local labour market policy analysis, unpublished PhD thesis, School of Geography, University of Leeds, 2001
- 2) Ballas, D., Clarke, G., Dorling, D., Eyre, H., Thomas, B., and Rossiter, D., SimBritain: a spatial microsimulation approach to population dynamics. *Population, Space and Place* 11, 13–34, 2005
- 3) Tanton and Edwards (eds): *Spatial Microsimulation: A Reference Guide for Users*, Springer, Netherlands, 2013
- 4) 村中智哉・杉木直・大谷紀子・宮本和明：富山市を対象とした世帯マイクロデータの設定と検証，土木計画学研究・講演集, 49, 2014
- 5) Miller, E.J., Hunt, J.D., Abraham, J.E., and Salvini, P.A. :Microsimulating urban systems, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol.28, Issues 1-2, pp.9–44, 2004.
- 6) Waddell, P., Ulfarsson, G.F., Franklin, J., and Lobb, J. : Incorporating land use in metropolitan transportation planning, *Transportation Research Part A*, Vol.41, pp.382–410, 2007.
- 7) 鈴木温・市川航也・杉木直：世帯と住宅の統合マイクロシミュレーションを用いた住宅政策評価，土木計画学研究・講演集, 49, 2014
- 8) Atsushi SUZUKI, Koya ICHIKAWA: Micro-simulation of household location choice with matching based housing market model, *Selected Proceedings of the 12th WCTR*, No.1327, 2013.
- 9) 金崎智也・北詰恵一：マイクロシミュレーションによる都心居住誘導政策評価，土木計画学研究・講演集, 51, 2015
- 10) 鈴木温・鈴木健文：世帯マイクロシミュレーションを用いた将来人口分布予測，土木計画学研究・講演集, 51, 2015
- 11) 杉木直・村中智哉・宮本和明：実都市を対象とした初期マイクロデータの推定手法の適用と検証，土木計画学研究・講演集, 47, CD-Rom, 2013
- 12) 金子隆一，年齢別出生率の将来推計システム，人口問題研究(206), p17-38, 1993

(2016. 4. 22 受付)

FORECAST OF CHANGE IN POPULATION DISTRIBUTION AND FAMILY STRUCTURE USING MICRO-SIMULATION MODEL

Atsushi SUZUKI, Tatsuya MIYANOUE and Atsushi SUGITA