

# 確率的手法を適用した小地域の将来人口分布予測の試行

○高森秀司 杉本達哉 神永希 天方匡純（八千代エンジニアリング株式会社）

**概要** 人口は社会サービス検討時の基本的な情報であり、都市施策の適用等を念頭に置くと、小地域単位の将来予測には重要な意義がある。他方、小地域での人口将来予測において、移動率の設定は不確定性を含みやすく、予測結果に大きく影響する可能性がある。本研究では、人口分布の将来予測結果の精度向上を図ることを目的として、移動率の設定に確率分布の手法を適用した将来人口予測を試行した。確率分布の適用により、町丁目単位での人口予測において一定の精度向上を確認した。

**キーワード:** 人口将来予測, 純移動率, 確率分布

## 1 はじめに

我が国の人口は、2008年をピークに減少に転じ、人口減少・少子高齢社会の進展を前提として、まちづくりの方向性の転換・見直しが喫緊の課題となっている。

地域における人口の【量：減少】と【質：高齢化】の変化は、地域生活の基盤である社会資本の利用者の変化に他ならず、社会資本の整備等も人口の量・質の変化を捉えた対応が求められる。一般に社会資本は、供用期間が長期間にわたる特徴を有するが、利用者とともに施設管理者の投資余力も減退する状況下では、整備・維持管理の戦略を長期的な観点から検討することの重要性が一層高まる。社会資本は、地域生活のサービス水準に直結することから、整備等の検討には生活単位としてなるべく小地域で精度の高い将来人口予測が有効である。将来人口予測として、国全体の推計<sup>1)</sup>を基本に、小地域での推計結果も公表されている<sup>2)</sup>が、小地域での将来人口予測の精度には一定の課題があることが確認されている<sup>3)</sup>。

本稿は、小地域単位の将来人口分布予測の精度向上を目的に、既往の一般的な将来予測手法を基に、社会増減の設定に確率分布を導入したモデルを構築する。

## 2 小地域の人口予測に関する既往調査

### 2.1 公表資料の小地域推計値と実績値の整合性

国土交通省の「メッシュ別将来人口(H28年度推計)」

Table 1: Actual value/Estimated value [1km mesh] (Nationwide)

Rank of Change Rate	Actual value/Estimated value [1km mesh]					Total
	-50%	50-75%	75-100%	100-125%	125%-	
# of Mesh	12,661	13,867	75,205	55,071	27,227	184,031
Percentage	6.9%	7.5%	40.9%	29.9%	14.8%	100.0%
	↓	↓	±25% 【70.8%】		↓	
	Over ±25% 【29.2%】					

Table 2. 1: Example of a previous study verifying prediction accuracy

		I	II	III
Author (issue year)		Okumura (2005) <sup>4)</sup>	Kanamori・Morikawa (2011) <sup>5)</sup>	Kotoh (2008) <sup>6)</sup>
Prediction accuracy		Correlation coefficient: [Age Group] 0.710~0.984	Correlation coefficient: [Age Group] 0.810~0.985	Correlation coefficient [-] 0.819
Demographic data for parameter estimation		1980,1985,1990,1995,2000	1980,1985,1990,1995,2000,2005	1995,2000
Prediction condition	Forecast period for validation	5years (From 1995 to 2000)	10years (From 1995 to 2000 & 2005)	5years (From 2000 to 2005)
	Target area	Aichi Prefecture (19 municipalities)	Hiroshima metropolitan area	Yamagata City Central to East Suburbs
	Division Size	1km Mesh	500m Mesh	District

\*本稿は土木学会第74回年次学術講演会で発表した論文<sup>7)</sup>を発展させたものである。

による2015年時点の推計人口と、実績値(国勢調査2015)の比較<sup>3)</sup>における全国の1kmメッシュの増減率ランク(25%レンジ)の状況はTable 1のとおりである。推計値と実績値の比が「25%以内(75%~125%)」のメッシュが全体の7割、「25%以上」のメッシュが約3割の構成となる。特に「-50%以上」のメッシュ(予測よりも強く人口が減少)が約7%となっている。

### 2.2 小地域の人口予測精度に関する既往論文

先行研究の内、小地域での将来人口予測を行い、予測精度に言及した既往論文の例をTable 2に示す。

奥村<sup>4)</sup>及び金森ら<sup>5)</sup>の研究では、人口予測をメッシュ単位で実施しており、予測精度(実値と推計値の相関)は、年齢階層により差はあるが最大で0.98以上と十分高い結果が示されている。ただし、精度が比較的低い年齢構成(0.710, 0.810)も存在するとともに、両研究ともパラメータ推定に用いたデータ期間と予測期間を重複させており、将来予測の条件設定として課題があると言える。古藤<sup>6)</sup>の研究では、予測の基礎単位は町丁目単位としており、人口予測のためのパラメータ推定のデータ期間(1995, 2000)と予測期間(2000~2005)は重複させていない。推計値と実績値の相関係数は0.819と一定の値ではあるが、改善の余地が残されていると言える。

小地域の人口予測結果の精度確保に課題があることから、精度向上に資するモデルの構築を行う。

### 3 人口予測モデルの構築

#### 3.1 基本とする人口予測手法

本論では、人口予測の一般的な手法であり、既往調査でも用いられる「コーホート要因法」を基本として、将来人口予測の精度向上に向けた検討を行う。

コーホート要因法は、年齢別人口の加齢に伴って生ずる年々の変化の要因を【①自然増減：出生及び死亡】と【②社会増減：転入及び転出】の2区分（4要素）とし、要因毎の人口を加算して将来人口を求める方法である。（Fig. 1 参照）なお、地域別人口予測では、転出入による移動率を考慮する必要があり、地域間の移動率が地域別の将来予測人口に大きく影響することが指摘<sup>3)</sup>されており、移動率への留意が必要となる。

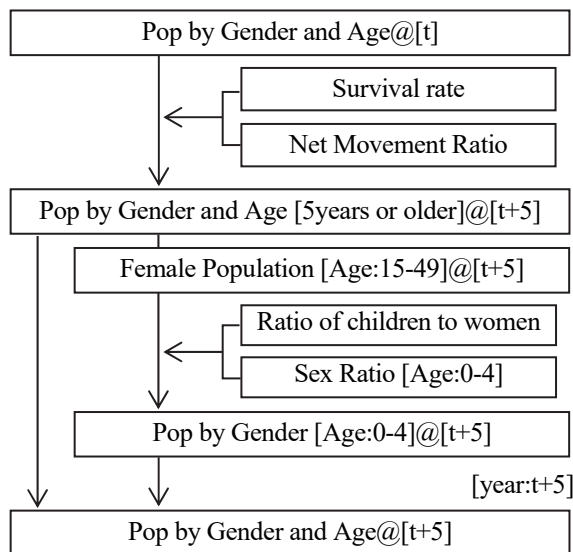


Fig. 1: Population estimation Flow

一般的なコーホート要因法における移動率は、過去の一定期間の社会増減を基に設定され、予測の時間軸において固定的に扱われる。予測の単位地域が小規模である場合、一時的な社会増減が地域全体に与える影響も大きく、その傾向が予測期間全体に影響する可能性が課題となる。

#### 3.2 純移動率の設定

本論では、社会増減のパラメータである純移動率について、Fig. 2 に示す手順で設定する。

- 1<sup>st</sup>: 従来手法を踏まえ、1 期間（本稿では 2000 年～2005 年）の町丁目別純移動率を設定したデータセットを作成する。
- 2<sup>nd</sup>: データセットからランダムサンプリングで抽出した純移動率について代表値（分散・平均）を算定し確率分布を設定する。確率分布の形状は、抽出値のヒストグラムとの当てはまりを踏まえラプラス分布を採用<sup>7)</sup>する。
- 3<sup>rd</sup>: 確率分布の作成にあたり、試行回数が少ない場合に設定値が偏在する可能性があることから、機械学習のアンサンブル手法の一つであるバギング法を適用する。具体的にはランダム抽出を 1000 回実施し、各抽出結果について確率分布の設定と純移動率の再配分を行い、その平均値を町丁目の最終的な純移動率として設定する。

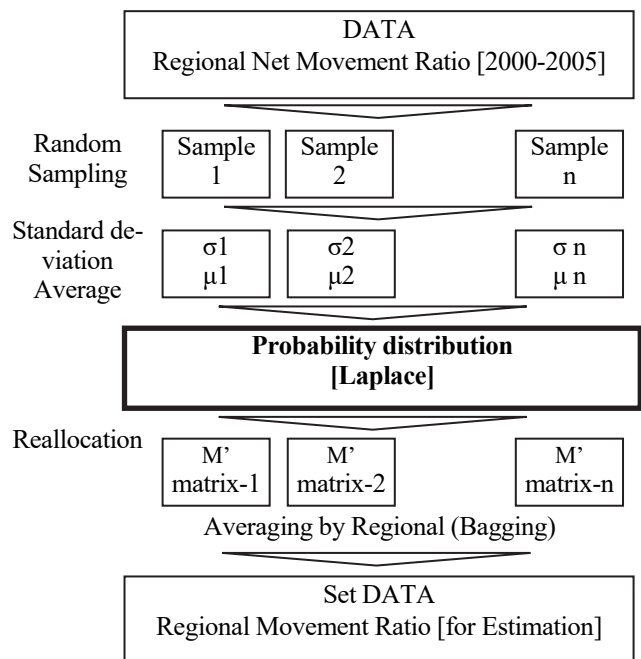


Fig. 2: Regional Movement Ratio Setting Flow  
純移動率 M' の設定式を以下に示す。

$$M'_{i,w} = \frac{1}{n} \cdot \sum_n F_{w,n}^{-1} [\sigma_{w,n}, \mu_{w,n}, u_{i,w,n}]$$

ここで、w: 年齢階層、i: 小地域、n: 抽出回数、σ<sub>n</sub>, μ<sub>n</sub>: サンプル群 n の標準偏差と平均、F<sup>-1</sup>: 純移動率の確率分布の累積関数の逆関数、u: 一様乱数

### 4 構築したモデルの予測結果と精度の検証

#### 4.1 人口予測の対象地域・期間

本稿の予測対象地域は、九州 7 県（福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、宮崎県、鹿児島県）とする。各県の総人口の推移は Table 3 に示すとおりであり、福岡県が微増傾向、他 6 県は減少傾向を示している。将来予測の地域単位は「町丁目」、パラメータ推定の対象期間は「2000 年～2005 年」、基準年を「2005 年」とし 2015 年までの将来予測を行うものとする。

Table 3: Prefecture Population

Total Population [National Census]	2005	2010	2015	Ratio 2010/2005	Ratio 2015/2010
40 Fukuoka Pref.	5,049,908	5,071,968	5,101,556	100.44%	100.58%
41 Saga Pref.	866,369	849,788	832,832	96.99%	98.00%
42 Nagasaki Pref.	1,478,632	1,426,779	1,377,187	96.49%	96.52%
43 Kumamoto Pref.	1,842,233	1,817,426	1,786,170	98.65%	98.28%
44 Ooita Pref.	1,209,571	1,196,529	1,166,338	98.92%	97.48%
45 Miyazaki Pref.	1,153,042	1,135,233	1,104,069	98.46%	97.25%
46 Kagoshima Pref.	1,753,179	1,706,242	1,648,177	97.32%	96.60%

#### 4.2 将来人口推計値と実値の比較（都道府県単位）

将来予測に用いる指標のうち、社会増減に関する指標（純移動率）は 3.2 で設定した設定方法に従い、自然増減に関する指標（出生・死亡）は、国立社会保障人口問題研究所（IPSS）の設定方法に準じて設定した。具体的には、生残率や死亡率について町丁目単位のデータは存在しないことから、公表されている数値のうち、最も小地域（市町村）のものを町丁目の数値として適用することを基本とした。

IPSSによる「都道府県単位の推計(2013年公表)による2015年時点の推計人口<sup>8)</sup>」と、本稿で設定した人口予測モデル(町丁目単位で予測、純移動率設定に確率分布を適用)による予測結果を「都道府県単位で合算した人口」、2015年の実値(国勢調査)<sup>9)</sup>との比較をTable 4に示す。

なお、本稿モデルでは、予測の途中段階において「広範囲(国・県等)で別途行った推計結果」に整合させる等の処置は行っておらず、町丁目単位での予測結果を県単位で加算した結果である。

Table 4: Comparison of Estimation Results

	2015 Total Population	[1]National Census	IPSS		Reserch	
			[2]Estimated Population	[2]/[1] (%)	[3]Estimated Population	[3]/[1] (%)
40	Fukuoka Pref.	5,101,556	5,045,624	98.90%	5,222,676	102.4%
41	Saga Pref.	832,832	827,826	99.40%	863,867	103.7%
42	Nagasaki Pref.	1,377,187	1,370,896	99.54%	1,443,710	104.8%
43	Kumamoto Pref.	1,786,170	1,775,543	99.41%	1,854,225	103.8%
44	Ooita Pref.	1,166,338	1,169,457	100.27%	1,227,608	105.3%
45	Miyazaki Pref.	1,104,069	1,107,322	100.29%	1,143,059	103.5%
46	Kagoshima Pref.	1,648,177	1,649,674	100.09%	1,732,977	105.1%

実値(2015年国勢調査)と推計値の精度比較において、都道府県単位で県の総人口を予測しているIPSSの推計結果(98.90%~100.29%)には及ばないが、本稿で構築したモデルでの誤差も【102.4%~105.3%】に留まっており、本稿のモデルも一定の精度を有していることを確認した。

#### 4.3 小地域単位での予測精度の比較

国土交通省による「メッシュ別将来人口(H28年度推計)<sup>3)</sup>」では、実値と推計値の誤差が±25%に収まる1kmメッシュの割合は70.8%である。(Table 1参照)

本稿において構築したモデルで九州7県の全町丁目の推計人口と実値(それぞれ2015年時点)の誤差を25%レンジとして町丁目数を整理した結果をTable 5に示す。

各県において、実値と推計値の誤差が±25%以内となる町丁目数の構成割合は【75.8%~83.4%】、九州全体(7県の合計)でも78.2%となり、予測精度の向上を確認した。なお、将来人口予測を行う単位地域が町丁目とメッシュで異なる点について留意が必要である。

### 5 おわりに

本稿では、小地域での将来人口予測にあたり、特に課題となる社会増減において、その指標である純移動率の設定時に確率分布の手法及びバギング法を適用することで、予測精度が向上する可能性を指摘した。

小地域での将来予測は「結果の確からしさ」の確保に困難が伴うが、今後の人口減少社会において、社会資本の整備等の都市施策を講じるにあたっては、市町村単位ではなく、より詳細な地域単位での人口予測が有効であり、本稿はその一助となるものと考ええる。

なお、本稿で試行した予測結果においても、推計値と実値に大きな乖離が示された町丁目は少なくなく、例えば当該地域の人口数の絶対値や世代構成の特性など、誤差が拡大した要因の把握・確認とさらなる精度向上に向けた検討が必要となる。本稿では小地域の予測結果を別枠の予測結果に整合させる処理は行っていないが、小地域単位での予測精度の限界も念頭に、改善が必要と考える。

また、予測精度の評価方法も、実値との比率ではなく、例えば人数差を評価するなど、予測結果の活用の仕方等も念頭に、整理することが重要と考える。

更に、本稿は2005年を基準に2015年を目標年次として予測することで、実値との比較から精度検証を行ったものであるが、都市施策等が必要とする情報は、より長期間での予測である。都市施策側が必要とする予測精度の整理も並行的に行いつつ、将来予測の対象期間の長期化を図ることが今後の課題となる。

### 参考文献

- 1) 国立社会保障人口問題研究所 将来推計人口・世帯数 <http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Mainmenu.asp>
- 2) 国土交通省：メッシュ別将来人口推計 <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-mesh500h30.html>
- 3) 国土交通省：メッシュ別将来人口分布と施設立地等を踏まえた地域分析に関する調査 PP.37-38 [https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku\\_tk3\\_000086.html#3](https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk3_000086.html#3)
- 4) 奥村誠：国勢調査メッシュデータに基づく地区の将来人口構成予測手法，都市計画論文集，2005。
- 5) 金森亮・森川高行：地域メッシュデータに基づく住宅地の遷移過程を考慮した将来人口予測手法の提案，都市計画論文集，2011。
- 6) 古藤浩：小地区短期間他地域データからの地区成分解析-山形市町丁目人口データを対象とした分析と人口予測-，都市計画論文集，2008。
- 7) 杉本，神永，天方：将来人口分布の予測精度向上のための手法開発，土木学会第74回年次学術講演会(2019)
- 8) 国立社会保障人口問題研究所アーカイブ <http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/Mainmenu.html>
- 9) 国勢調査 <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00200521>

Table 5 : Actual value/Estimated value [Regional]

Rank of Change Rate	Fukuoka Pref.		Saga Pref.		Nagasaki Pref.		Kumamoto Pref.		Ooita Pref.		Miyazaki Pref.		Kagoshima Pref.		Kyushu	
	# of Regional	Ratio	# of Regional	Ratio	# of Regional	Ratio	# of Regional	Ratio	# of Regional	Ratio	# of Regional	Ratio	# of Regional	Ratio	# of Regional	Ratio
~50%	346	4.6%	44	2.0%	130	3.7%	72	2.5%	60	2.7%	130	5.3%	72	4.2%	854	3.8%
50%~75%	589	7.8%	182	8.2%	315	8.9%	191	6.6%	227	10.3%	196	8.0%	98	5.7%	1,798	8.0%
75%~100%	4,267	56.3%	1,459	65.5%	2,138	60.5%	1,777	61.6%	1,358	61.4%	1,373	56.2%	1,131	65.3%	13,503	59.7%
100%~125%	1,473	19.5%	398	17.9%	612	17.3%	524	18.2%	360	16.3%	529	21.7%	283	16.3%	4,179	18.5%
125%~	767	10.1%	138	6.2%	211	6.0%	233	8.1%	147	6.6%	190	7.8%	135	7.8%	1,821	8.1%
Estimated Pop.:0	131	1.7%	6	0.3%	129	3.6%	86	3.0%	59	2.7%	23	0.9%	14	0.8%	448	2.0%
Total	7,573	100.0%	2,227	100.0%	3,535	100.0%	2,883	100.0%	2,211	100.0%	2,441	100.0%	1,733	100.0%	22,603	100.0%
±25%	75.8%		83.4%		77.8%		79.8%		77.7%		77.9%		81.6%		78.2%	
Over±25%	24.2%		16.6%		22.2%		20.2%		22.3%		22.1%		18.4%		21.8%	