

# 小地域の将来人口分布の推計精度向上に向けた 確率的手法の適用と改善

高森 秀司<sup>1</sup>・杉本 達哉<sup>2</sup>・天方 匡純<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 八千代エンジニアリング(株) 技術創発研究所 (〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8)  
E-mail:takamori@yachiyo-eng.co.jp

<sup>2</sup>正会員 八千代エンジニアリング(株) 技術創発研究所 (〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8)  
E-mail: tt-sugimoto@yachiyo-eng.co.jp

<sup>3</sup>正会員 八千代エンジニアリング(株) 技術創発研究所 (〒111-8648 東京都台東区浅草橋5-20-8)  
E-mail:amakata@yachiyo-eng.co.jp

人口分布は社会資本整備や生活サービス等検討の基礎的な情報であり、小地域での将来推計が有用であるが、特に社会増減の精度向上が課題となる。本論は、小地域の人口推計の精度向上を図ることを目的とし、先行研究を踏まえて推計手法の改善提案を行う。具体的には、純移動率の設定にあたり人口密度を踏まえた地域区分を行ったうえで確率分布の手法とバギング法を適用する。また、確率分布形の推定において最尤法を適用する。全国を対象に小地域(町丁目)の人口推計を行い、2015年の実測値と推計値の誤差が改善されたことを確認した。

**Key Words :** Population prediction accuracy, Small area, Net transfer rate, Probability distribution

## 1. はじめに

### (1) 人口減少下のまちづくり

我が国の人口は2008年をピークに減少に転じ、10年以上が経過した。人口減少は地方部でより早く顕在化しており、平成17年(2005年)国勢調査の時点で、平成12年国勢調査の比較で人口が減少した道県は32、市町村は1,603(2,217市町村の72.3%)<sup>1)</sup>であった。2014年5月の日本創生会議による「消滅可能性都市」に関する提言等を契機として地方創生の動きが活発化し、2014年11月には「まち・ひと・しごと創生法案」及び「地方再生法の一部を改正する法律案」の地方創生関連2法案が成立した。

「将来人口フレーム」は、計画検討の前提条件として検討プロセスの早い段階で設定<sup>2)</sup>され、市町村の都市計画マスタープラン等の前提条件として用いられる。前提条件の変化を受け、まちづくりの方向性も転換が必要となっており、「コンパクト+ネットワーク」<sup>3)</sup>等を基軸とする方向性が示されている。

### (2) 年齢構成の変化

総人口の減少と同時に少子高齢化が進展している。65歳以上人口の割合は、2017年10月1日現在で27.7%であり、2065年には38.4%に達すると推計されている<sup>4)</sup>。

一方、出生数はゆるやかに減少しており、2016年の出生数は97万6,978人と統計開始(1899)以来、初めて100万人を割っている<sup>5)</sup>。

年齢構成の変化は、社会資本や生活サービス施設等の利用者像の変化であり、これまでストックされてきた社会資本等のあり方も見直し対応が必要となる。

### (3) 小地域の人口推計の重要性

一般に社会資本は、供用期間が長期間にわたる特徴を有しており、整備・検討にあたっては、将来にわたる利用者ニーズを踏まえることが有効である。社会資本等の投資余力が減退する過程においては、利用者数やニーズの変化を念頭に、戦略的な整備・維持管理を進めることの重要性が高まる。

社会資本等の影響範囲は様々であるが、利用者との位置関係という観点からは、小地域での人口分布の把握がきめ細かい戦略検討に重要な意味を持つと考えられる。

国土交通省は、全国を対象に500mメッシュ単位で将来人口の推計を行い、公表している<sup>6)</sup>。最新の推計は2015年国勢調査を元に2050年までの推計を行ったものであるが、実値と推計値の比較という観点から、2010年を基準に推計を行った結果<sup>7)</sup>を用いて、2015年時点の推計値と実績値を比較すると表-1のとおりである。

表-1 実績値/推計値の増減率ランク (1kmメッシュ)

実績値/推計値の【増減率ランク】別メッシュ (1kmメッシュ)						
増減率ランク	～50%	50～75%	75～100%	100～125%	125%～	合計
メッシュ数	12,661	13,867	75,205	55,071	27,227	184,031
割合	6.9%	7.5%	40.9%	29.9%	14.8%	100.0%

増減率は25%レンジとして公表されており、実績値と推計値の比率が【100%±25%：概ね整合と判断できるメッシュの割合】の割合は、全体の70.8%を占める。

上振れ及び下振れ【±25%以上】はどちら側も概ね15%程度の割合を占めるが、【～50%：実績値が推計値の半分以下】となるメッシュの存在 (6.9%) は、小地域での将来人口推計の難しさを表している。

将来人口推計手法として「コーホート要因法」が一般的であるが、小地域での推計では、特に社会増減の精度が課題となりやすい。一般に将来予測は、過去から現在までの傾向の延長線上が基本となるが、社会増減については、例えば開発に伴う一時的な転入増など、ある一期間の転出入の傾向が将来にわたって適用されることとなり、その影響は、小地域であるほど大きくなりやすい。

先行研究<sup>9)</sup>では、「コーホート要因法」のパラメータの純移動率に着目し、確率分布手法を適用することで、移動率の平準化を図る手法を提案し、町丁目単位の将来人口の推計精度の向上を報告している。ただし、試行対象が沖縄県に限定されていることや、初期値としての地区特性の差 (人口密度等の差) を考慮せずに確率分布手法を適用している点など、さらなる改善の余地がある。

#### (4) 本研究の目的

小地域での将来人口推計は、それ自体に困難さがあるが、人口減少局面における社会資本の整備・維持管理等に有用かつ基礎的な情報と考えられるため、本論は、推計精度の向上に資する手法を提案することを目的とする。

先行研究<sup>9)</sup>を元に、町丁目単位の将来人口推計を行うものとし、パラメータ作成時点での地区特性として人口密度を踏まえた確率分布手法の適用を行う。また、対象範囲を全国として推計を行う。

## 2. 推計手法の改善

### (1) 初期値としての人口密度の考慮

既往研究の課題を踏まえ、確率分布の設定について、町丁目目をDID地区と非DID地区 (2005年時点) に区分し、それぞれの集団として移動率の確率分布を設定した。DID地区の判断に当たっては、国土数値情報の情報を元に、DID地区に一部でも重なる町丁目目はDIDに該当する町丁目として処理した。

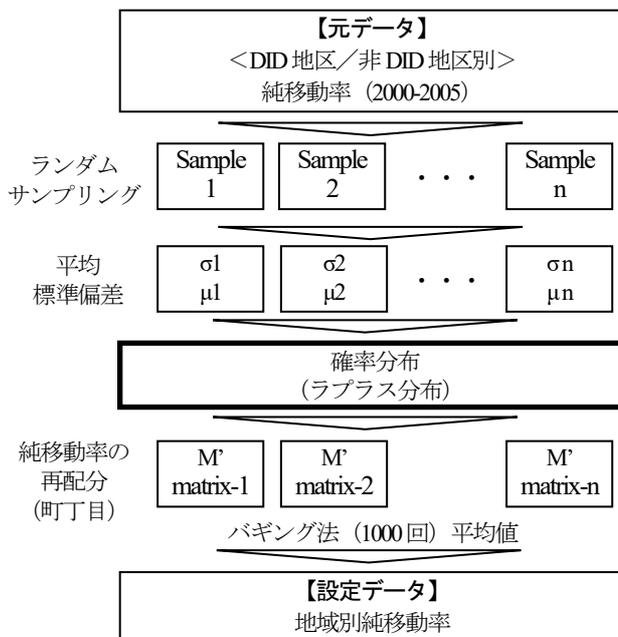


図-1 純移動率の設定の流れ

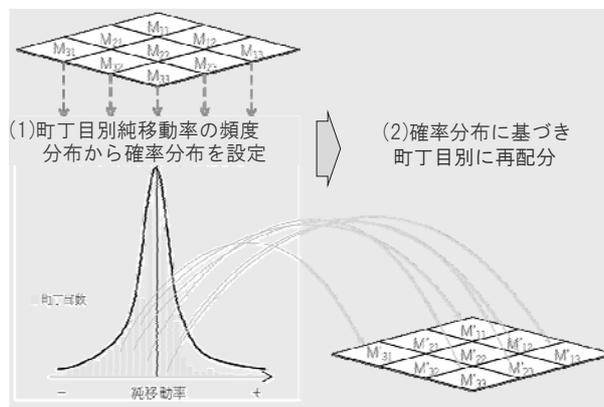


図-2 確率分布手法による再配分の流れ

### (2) 確率分布のフィッティングの試行

先行研究<sup>9)</sup>では、確率分布の設定に当たり、移動率のヒストグラムが尖度の高い分布形であったことから、当てはまりのよい「ラプラス分布」を仮定している。

先行研究<sup>9)</sup>では、母集団の平均値と分散から分布形を設定しているが、若年層を中心に確立分布形と実データの分布形に若干のズレの存在を確認しており、それが将来推計にも影響する可能性が懸念される。

本論では、最尤推定により確率分布のフィッティングを試行することで、各年代について、実データと確率分布形との整合性の向上を図った。フィッティングには、PythonのSciPyライブラリ<sup>10)</sup>を用いた。

フィッティングの実装に先行して、九州地方の7県を対象として人口推計を行い、既往の設定による推定結果との比較を行った。結果は表-2のとおりである。

既往手法との比較から、全体的には乖離率の絶対値は縮小傾向にあり、フィッティングによる推計精度の向上効果を確認したため、適用することとした。

表-2 フィッティング適用の比較

【今回手法】Scipyによる最尤推定

都道府県	2015年時点			
	予測値	国勢調査 (実測値)	乖離率	乖離率の 絶対値
	①	②	③=②/①-1	abs(③)
40 福岡県	4,891,633	5,096,949	-4.0%	4.0%
41 佐賀県	820,822	832,832	-1.4%	1.4%
42 長崎県	1,362,690	1,376,216	-1.0%	1.0%
43 熊本県	1,740,102	1,785,517	-2.5%	2.5%
44 大分県	1,129,406	1,165,810	-3.1%	3.1%
45 宮崎県	1,089,789	1,103,750	-1.3%	1.3%
46 鹿児島県	1,615,627	1,647,275	-1.9%	1.9%

【既往手法】mean\_std

都道府県	2015年時点			
	予測値	国勢調査 (実測値)	乖離率	乖離率の 絶対値
	①	②	③=②/①-1	abs(③)
40 福岡県	5,277,897	5,096,949	3.6%	3.6%
41 佐賀県	870,198	832,832	4.5%	4.5%
42 長崎県	1,463,998	1,376,216	6.4%	6.4%
43 熊本県	1,876,544	1,785,517	5.1%	5.1%
44 大分県	1,237,405	1,165,810	6.1%	6.1%
45 宮崎県	1,149,057	1,103,750	4.1%	4.1%
46 鹿児島県	1,739,348	1,647,275	5.6%	5.6%

表-3 実績値/推計値の増減率ランク別町丁目数

都道府県	~50%	50~ 75%	75~ 100%	100~ 125%	125%~	小計
1 北海道	2,187	1,578	9,111	6,892	2,800	22,568
2 青森県	452	191	1,846	1,442	459	4,390
3 岩手県	232	181	1,641	1,375	374	3,803
4 宮城県	636	225	2,241	1,408	580	5,090
5 秋田県	301	197	2,112	1,417	292	4,319
6 山形県	429	176	2,281	1,061	345	4,292
7 福島県	1,049	385	3,001	1,588	631	6,654
8 茨城県	95	100	2,457	1,303	414	4,369
9 栃木県	53	93	1,477	771	207	2,601
10 群馬県	24	66	1,296	889	140	2,415
11 埼玉県	100	129	2,850	2,209	657	5,945
12 千葉県	157	116	2,997	2,004	640	5,914
13 東京都	123	77	2,046	2,648	684	5,578
14 神奈川県	154	91	2,141	2,145	523	5,054
15 新潟県	566	320	3,908	2,122	760	7,676
16 富山県	176	189	1,772	1,055	432	3,624
17 石川県	165	135	1,690	1,056	333	3,379
18 福井県	62	137	1,527	971	205	2,902
19 山梨県	24	56	763	372	63	1,278
20 長野県	112	145	1,673	1,276	296	3,502
21 岐阜県	321	409	3,629	2,465	795	7,619
22 静岡県	245	179	2,397	1,549	408	4,778
23 愛知県	771	487	5,251	5,143	2,032	13,684
24 三重県	94	97	1,863	961	328	3,343
25 滋賀県	158	99	1,539	643	335	2,774
26 京都府	901	426	3,581	3,061	1,238	9,207
27 大阪府	426	206	3,807	3,039	1,215	8,693
28 兵庫県	554	360	4,749	2,864	1,185	9,712
29 奈良県	139	179	1,710	791	260	3,079
30 和歌山県	115	144	1,212	676	232	2,379
31 鳥取県	120	159	1,227	712	269	2,487
32 島根県	48	43	648	520	96	1,355
33 岡山県	321	304	2,492	1,645	502	5,264
34 広島県	327	123	1,991	1,306	520	4,267
35 山口県	343	173	1,682	1,062	590	3,850
36 徳島県	108	107	693	395	244	1,547
37 香川県	37	30	448	306	83	904
38 愛媛県	134	109	1,466	946	257	2,912
39 高知県	129	136	1,130	652	171	2,218
40 福岡県	337	271	3,477	2,488	999	7,572
41 佐賀県	43	106	1,283	613	182	2,227
42 長崎県	125	185	1,860	1,070	295	3,535
43 熊本県	70	88	1,408	1,017	300	2,883
44 大分県	55	95	1,056	770	235	2,211
45 宮崎県	125	125	1,147	784	242	2,423
46 鹿児島県	69	54	869	565	177	1,734
47 沖縄県	44	50	549	463	156	1,262
町丁目数	13,256	9,331	101,994	70,510	24,181	219,272
割合	6.0%	4.3%	46.5%	32.2%	11.0%	100.0%

100±25%	78.7%
25%以上の誤差	21.3%

### 3. 将来推計の試行

#### (1) 推計対象地域・期間

上述した手法に基づいて、町丁目別に将来人口推計を行った。対象地域は、全国・全町丁目とし、2005年を基準年とし、2015年までの10年間で5年間隔で行った。

#### (2) 推計結果（町丁目別、2015年）

本論で設定した人口推計手法の改善手法による結果を都道府県別に整理すると表-3のとおりである。

全体として、【100±25%：概ね整合と判断】のランクに入る町丁目の割合は78.7%となり、先行調査の結果（70.8%）との比較から、改善が確認された。

なお、都道府県別には、群馬県が最も高く（90.5%）、次いで山梨県（88.8%）となった。一方、最も低いのは福島県（69.0%）、次いで徳島県（70.3%）となり、70.8%を下回った県はこの2県のみであった。

なお、表-1に整理した先行調査の成果は、2010年を基準年とした2015年までの1段階の推計である点、また1kmメッシュ単位の推計である点に留意が必要である。

また、他の統計資料等との比較が簡易となる観点から町丁目を単位地区としたものである。

群馬県と福島県の推計値と実績値の相関図は下図のとおりである。共に決定係数は十分高いが、福島県では、小規模な町丁目、推計値が跳ねた箇所が存在していることが確認できる。

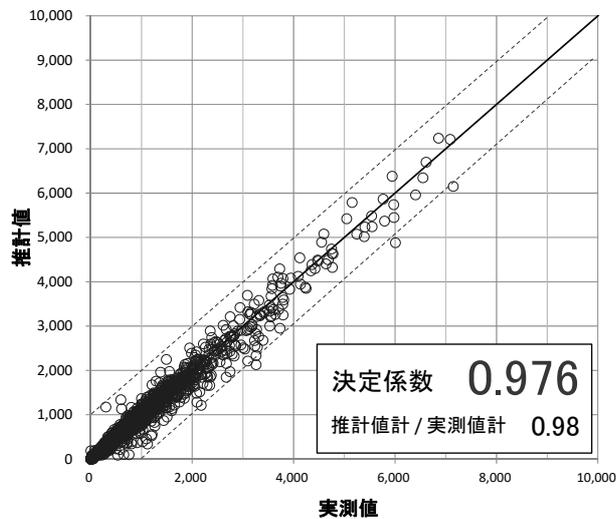


図-3 群馬県の推計値と実績値の相関図

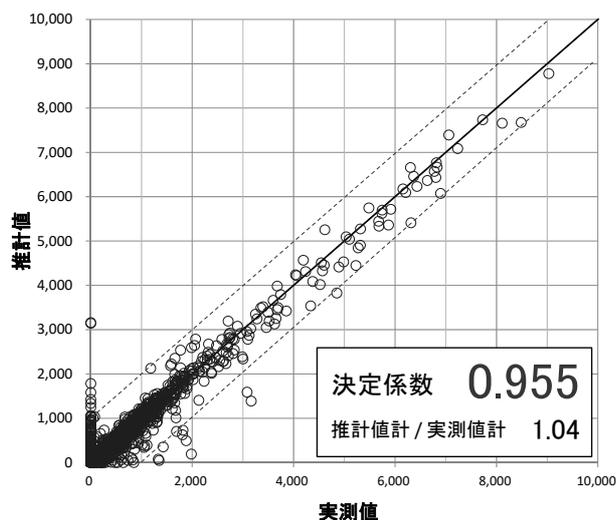


図-4 福島県の推計値と実績値の相関図

#### 4. 終わりに

本論で検討・提案した将来人口推計の手法の特徴は以下のとおりであり、小地域の人口推計の精度向上に寄与することを確認した。

- ・純移動率の確率分布化に先だって、DID地区と非DID地区に区分した上でコーホート別に整理する
- ・バギング法（1000回）により純移動率を設定する
- ・確率分布はラプラスと仮定するが、最尤推定を行う

10年後の将来人口推計について、本論の手法適用により一定の精度向上を確認したが、大きな誤差となる町丁目も存在している。また、社会資本整備に求められる時間軸は、より長期間である可能性がある。今後、小地域の将来人口推計に適した期間の確認・検討と並行して、一層の精度向上の改善を図る必要がある。

さらには、将来推計のパラメータ設定が、ある一期間に依存していること自体も課題と考えられ、動的な要素の導入可能性について検討することが有用と考える。

#### 参考文献

- 1) 平成 18 年国土交通白書：  
<http://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/h18/hakusho/h19/index.html>
- 2) 都市計画教育研究会編：「都市計画教科書(第 3 版)」，彰国社，2001
- 3) 国土のグランドデザイン 2050：  
[http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku\\_tk3\\_000043.html](http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk3_000043.html)
- 4) 平成 30 年版高齢社会白書：  
<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/html/zenbun/index.html>
- 5) 国土交通省メッシュ別人口推計：  
[https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku\\_tk3\\_000086.html](https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk3_000086.html)
- 6) 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
- 7) 例えば国立社会保障人口問題研究所 等
- 8) 杉本達哉・天方匡純・神永希：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
- 9) 国土数値情報：<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>
- 10) SciPy：<https://www.scipy.org/>

### Application and improvement of probabilistic methods to improve prediction accuracy of future population distribution in small areas

Shuji TAKAMORI, Tatsuya SUGIMOTO and Masazumi AMAKATA

This paper aims at improving the accuracy of population prediction results in small areas, and proposes improvement methods of prediction methods based on previous research. Specifically, in setting the net migration rate, we apply the probability distribution method and the bagging method after performing area division based on population density. In addition, the maximum likelihood method is applied in estimating the probability distribution form. Prediction was conducted for the whole country, and it was confirmed that the error between the measured value and the estimated value in 2015 was improved.