

【所員論考】

福岡県における市町村人口の変遷と確率動向

アジア成長研究所准教授 坂本 博

要旨

本研究は、福岡県における市町村人口の変遷を分析し、将来の動向をマルコフ連鎖による確率モデルで説明する。福岡県には 60 の市町村が存在し、15 の地域ブロック（圏域）ならびに 4 つの地域にわけることができる。これら個別の人口を県人口からの比率に変換し、人口比率の変遷と時間との相関関係で調べた結果、福岡市およびその周辺市町村の多くで人口比率が増加しているのに対し、他の市町村はおおむね人口比率が減少していることが分かった。この結果に基づき、4 地域ならびに県外や海外を含めた多地域の確率モデルを推計し、人口比率の収束分布を求めることで、将来動向を分析した。結果、福岡市を中心とした地域に人口がより集中することが分かった。さらに、確率モデルに変化を与え、収束分布の変化を求め、人口減少を食い止める方法を考察した。結果として、他地域への流出口を抑制するよりは、他地域からの流入人口を増やす方法が効果的であることが判明した。

1. はじめに

日本の人口問題において、日本創成会議・人口減少問題検討分科会（2014）は、将来消滅する地方自治体が出る可能性があるといったセンセーショナルな報告を公表した^{注1）}。目下、低成長が続く日本において、少子高齢化に伴う人口減少は懸念すべき材料である。いうまでもなく、少子化は単純に人口の自然減を意味し、将来の経済活動人口の減少を示唆する。一方、高齢化は、生存人口の寿命が延びるため、直接的な人口減少とはならないものの、高齢者が必ずしも経済活動に貢献するわけではなく、こういった高齢者を社会的に保護していく過程で、若年者に経済的負担がかかり、結果少子化に繋がるといった悪循環に陥っている。

そして、少子高齢化による人口減少は都市よりも地方の方が顕著だとされている。ゆえに消滅する地方自治体が出てくる可能性があるという報告がなされているのだろうが、これは経済活動の可能性と一致していると考えられる。田村、坂本（2016）は、日本の都道府県間の人口移動を若年

注1） この報告においては、国立社会保障・人口問題研究所（2013）の人口推計値を基に、人口移動が収束しない（移動率が減少しない）場合の市区町村人口を別途推計している。特に問題としているのは、人口の「再生産（子供を産み、育てる活動）」を中心的に担う 20～39 歳の女性人口の動向で、2010～40 年までの 30 年間に 20～39 歳の女性人口が 5 割以下となる 896 自治体に対し、「消滅可能性都市」と名付けている。

者と高齢者にわけて分析をした。そして、若年者は都市圏の都道府県に移動する傾向があるのに対し、高齢者は地方に移動する傾向があると指摘した。ただし、これは田舎暮らしを志向しているわけではなく、生まれ故郷であったり、住みやすさを求めているといった理由である。田村、坂本、戴（2018）は同様の分析を性別、特に女性を中心に分析しているが、20代の若い女性ほど都会志向が強いことが判明した。しかし、30代以降から人口移動の様子が変化していることも指摘している。これらの分析結果は、消滅する地方自治体のストーリーとおおむね一致していると考えられるが、都会に移動した人口が都会で人生を終わらせるわけではない。即ち、地方に移住する人口の存在により、意外と生き延びる地方自治体もあるかもしれないといった逆のストーリーも描くことができる。

いずれにせよ、上記の研究は都道府県を対象としたものである。本研究は、対象を福岡県に絞り、福岡県内の人口動向について分析する。福岡県には60の市町村および北九州市内と福岡市内にそれぞれ7区ずつ存在し、15の地域ブロック（圏域）^{注2)}、ならびに4つの地域にわけることができる。これらの階層的な地域区分の下で、人口がどのように変化したのかを分析するのが初期の目的である。

次に、この結果をもとに、将来動向を分析するわけであるが、本研究では、マルコフ連鎖による確率モデルを推計する。これは、地域間の人口変動が確率的に行われていると仮定し、人口移動確率を推計することによってマルコフ連鎖を形成する。都道府県間の人口移動はOD（Origin-Destination）表の形で公表されており、先の田村、坂本（2016）、田村、坂本、戴（2018）の分析に使用されているが、より小さな地域単位でOD表を構成することは非常に難しい。即ち、地域間の人口移動をこの確率モデルを用いて推計しようとする試みが、本研究では暗に行われている。そして、マルコフ連鎖の特徴でもあるエルゴード性に注目し、確率モデルからえられた収束分布（ergodic distribution）を分析する。さらに、政策的なシミュレーションとして、人口移動確率に変化を入れて、収束分布の変化を調べる。これは、人口減少地域に対して、人口減少を食い止めるための数値的目標の基礎情報を提供するものである^{注3)}。

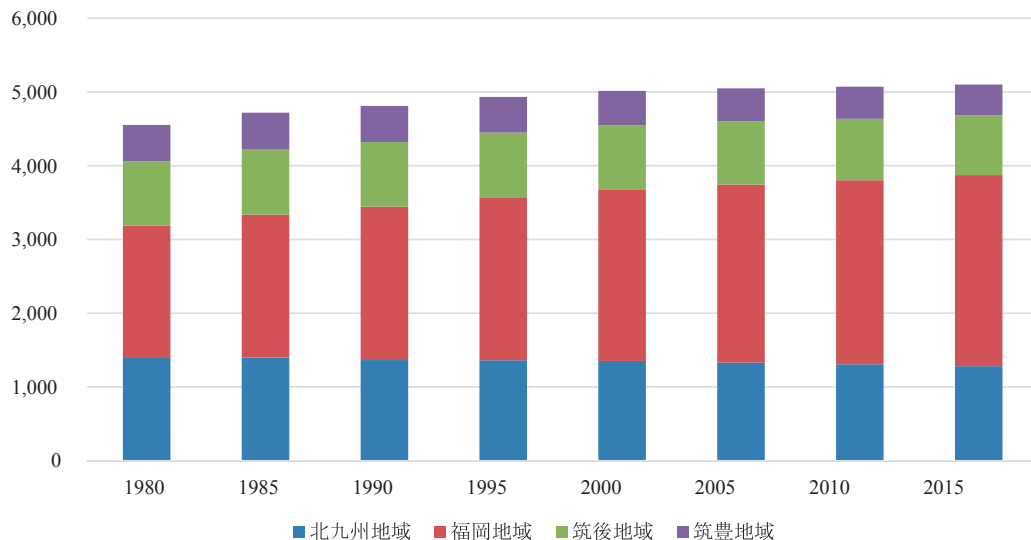
2. 使用データについて

本研究では、国勢調査のデータを使用した（<https://www.e-stat.go.jp/>）。データのタイトルは『第6表 年齢（3区分）、男女別人口および年齢別割合 — 都道府県、市区町村（昭和55年～平成27年）、その40 福岡県』である。表は、昭和55（1980）年～平成27（2015）年における福岡県の市町村（北九州市と福岡市の区も含まれる）の5年ごと（計8時点）の人口数の記録が掲載されている。また、年齢別（15歳未満、15～64歳、65歳以上）と男女別にも区分がなされており、比較的豊富な情報量を擁している。少子高齢化社会において、人口数の変動をこのような区分に

注2) これは、福岡県が地域振興のために設定している『福岡県広域地域振興圏域（15地域）』に準じたものである。

注3) マルコフ連鎖を用いた分析は古くからあり、最近ではベイズ統計の分野で相当数の応用が試みられている。その中で、筆者はマルコフ連鎖の推移確率行列の推計方法の確立に力を入れてきた（後述）。その成果の一部として、坂本（2012, 2016）の産業構造分析、Sakamoto（2013）の地域経済分析などがあげられる。また、マルコフ連鎖のエルゴード性に着目した分析としては、中国を対象とした、Sakamoto and Islam（2008）、坂本（2010）、Sakamoto and Fan（2010, 2013）などがあげられるが、こちらは、最尤法といったオーソドックスな推計方法を使用している。

図 1 福岡県の人口数の変遷（単位：千人）



（出所）国勢調査のデータより筆者整理

わけて分析するのも意義があると思われるが、本研究では、各市町村の人口総数の変化のみを分析対象とする。

3. 市町村人口の変遷

3.1 福岡県の人口数の変遷

図 1 は、福岡県の人口数の変遷をグラフで示したものである。途中年の人口変動が把握できていないが、図をみる限り福岡県は人口が増加している県だといえる。ちなみに、具体的な数値を示すと、1980 年の 4,553,461 人から 2015 年には 5,101,556 人に増加したことになる。これは少子高齢化問題を考えるうえで、1 つの示唆を提供する。というのも、その間の日本の人口は、117,060,396 人（1980 年）から 127,094,745 人（2015 年）と長期的には増えているようにみえるものの、2010 年が 128,057,352 人なので、2010 年あたりから人口が減少に転じていると考えられるからである。即ち、日本全体では、人口減少社会に突入しているものの、福岡県は依然として人口が増加しているといった状況の違いがみられることである。福岡県（および他の人口増加都道府県）の人口の自然増加率が特段高いということは考えられないため、人口増加の要因は、他の都道府県からの流入が多いからだと考えられる。

次に、この図では、福岡県を 4 つの地域にわけて積み上げ式にグラフを描いている。福岡県の 4 地域は、具体的には北九州地域、福岡地域、筑後地域および筑豊地域である。そして人口増加の様子をみてみると、福岡地域の人口が増加していることが明らかである。一方、他の地域の人口増加の様子はみられず、むしろ人口が減少しているといえる。つまり、人口増加県の福岡県であっても、人口増加地域と人口減少地域に分かれるということである。

表 1 福岡県内市町村の人口変動傾向テスト（その 1）

相関係数		相関係数		相関係数	
北九州地域	-0.9898	北九州市 遠賀・中間	-0.9809	北九州市	-0.9809
			-0.9000	中間市	-0.9862
				芦屋町	-0.9747
				水巻町	-0.5641
		京築		岡垣町	0.9084
				遠賀町	0.7538
			-0.9973	行橋市	0.6297
				豊前市	-0.9955
				荏田町	0.1525
				みやこ町	-0.9991
				吉富町	-0.9848
				上毛町	-0.9971
				築上町	-0.9956
福岡地域	0.9980	福岡市 筑紫	0.9904	福岡市	0.9904
			0.9689	筑紫野市	0.9690
		糟屋中南部		春日市	0.9189
				大野城市	0.9907
				太宰府市	0.9257
				那珂川町	0.9551
			0.9981	宇美町	0.8151
				篠栗町	0.9605
				志免町	0.9433
				須恵町	0.9669
		宗像・糟屋北部		久山町	-0.1388
			0.9709	粕屋町	0.9580
				宗像市	0.9520
				古賀市	0.9449
				福津市	0.9005
		糸島 朝倉		新宮町	0.9673
			0.9192	糸島市	0.9192
			-0.9716	朝倉市	-0.9950
				筑前町	0.9153
				東峰村	-0.9983

（注）筑紫ブロックの筑紫郡那珂川町は 2018 年 10 月 1 日より那珂川市に昇格した。

（出所）筆者計算

3.2 福岡県の各市町村の人口比率の変遷

そこで、今度は具体的に各市町村の人口の変化を分析する。先述の 4 地域、15 地域ブロック、60 市町村および区それぞれの人口データを並べて比較しても非効率なため、時系列傾向を調べることにする。具体的には、それぞれの人口データを福岡県の人口数に対する比率の形で変換し、これが時間に対してどれだけ相関するのかを調べ、その符号により、人口比率が増加傾向にあるのか、減少傾向にあるのかを分析する。これは、福岡県の人口数は計測期間を通じて増加傾向にあるため、比率が減少していても、人口数が増加している可能性があるためである。逆にいえば、比率が増加している市町村は、人口数が必ず増加していることを意味する。

表2 福岡県内市町村の人口変動傾向テスト（その2）

	相関係数		相関係数		相関係数
筑後地域	-0.9994	八女・筑後	-0.9973	八女市	-0.9997
				筑後市	0.8799
				広川町	0.8778
		久留米	-0.9750	久留米市	-0.9047
				大川市	-0.9949
				小郡市	0.9681
				うきは市	-0.9987
				大刀洗町	0.7166
				大木町	0.2992
		有明	-0.9991	大牟田市	-0.9963
				柳川市	-0.9991
				みやま市	-0.9986
筑豊地域	-0.9972	直方・鞍手	-0.9935	直方市	-0.9726
				宮若市	-0.9937
				小竹町	-0.9950
				鞍手町	-0.9488
		嘉飯	-0.9945	飯塚市	-0.9896
				嘉麻市	-0.9984
				桂川町	-0.5654
		田川	-0.9981	田川市	-0.9948
				香春町	-0.9933
				添田町	-0.9979
				糸田町	-0.9759
				川崎町	-0.9941
				大任町	-0.9861
				赤村	-0.9856
				福智町	-0.9698
		北九州市	-0.9809	門司区	-0.9859
				若松区	-0.9733
				戸畑区	-0.9571
				小倉北区	-0.9541
				小倉南区	0.8243
				八幡東区	-0.9746
				八幡西区	-0.9782
		福岡市	0.9904	東区	0.9702
				博多区	0.8579
				中央区	0.9128
				南区	0.8958
				西区	0.9966
				城南区	0.3308
				早良区	0.9837

(出所) 筆者計算

表 1 と表 2 は、各地域階層の人口比率と時間との相関係数を示したものである。色分けは、有意な相関係数に対して行われ、濃い緑色は人口比率が増加傾向、薄い緑色は人口比率が減少傾向であることを示す。なお、時系列データといえ、8 時点しかないため、相関係数の有意性検定も厳しくする必要がある。そこで色分けの基準となる有意水準を 1% に設定する。この時の相関係数（自由度は 6）は ± 0.8346 である。

表 1 は、北九州地域と福岡地域の時系列傾向を示した。北九州地域の減少傾向と福岡地域の増加傾向が非常に明確な形で示されている。北九州地域で唯一人口比率が上昇したのは岡垣町である。北九州市には近いが、福岡地域の宗像市に隣接しており、北九州市と福岡市の両市のベッドタウンとして発展してきている。また、福岡地域で人口比率が減少したのは朝倉地域であるが、朝倉市と東峰村が減少傾向で、筑前町は増加傾向である。これも、福岡市からの距離を考えると、筑前町、朝倉市、東峰村の順に遠くなっていることが分かる。

表 2 は、筑後地域と筑豊地域、北九州市の 7 区と福岡市の 7 区の時系列傾向を示した。筑豊地域の人口比率減少傾向が顕著で、唯一色がついていない桂川町でも符号自体はマイナスである。一方で、筑後地域は筑後市、広川町、小郡市で比率が上昇傾向にある。いずれも久留米市に隣接しているが、久留米市自体は減少傾向である。ただし、この関係は長期的なもので、直近の 2010～15 年の変化でみると、筑後市、広川町、小郡市の比率は減少し、逆に久留米市の比率が上昇している。最後に、北九州市は、市内におけるベッドタウンとして発展してきた小倉南区以外全て減少傾向である。福岡市は、城南区の人口数は増加傾向であるものの、人口比率の伸びが他の区と比べて低い。若干の例外があるものの、この 2 表により、図 1 の傾向を具体的に示すことができた。

4. 確率モデルによる分析

4.1 モデルの説明

続いて、この人口比率の変遷をマルコフ連鎖を用いた「確率モデル」により説明する。

マルコフ推移確率行列を用いた「確率モデル」は以下の考えに基づく。 F_t は t 期における各地域の人口比率を $1 \times N$ （地域数）のベクトルで表記したものである。マルコフ過程とは、次期の人口比率の分布 F_{t+1} が今期の人口比率の分布 F_t に左右される状況を数学的に表現したものである。つまり、各地域の 2 時点間における人口比率の変動を以下のように定義する。

$$F_{t+1} = F_t \cdot M_t \quad (1)$$

なお、 M_t は推移確率行列（transition matrix）である。さて、この推移確率行列について、もし与えられたデータを忠実に再現することを前提とするならば、 M_t が時間によって変化することが予想される。よって、長期的には以下の形となり、各地域の長期的な人口比率の変動がマルコフ連鎖を用いて定式化可能となる。

$$F_{t+s} = F_t \cdot M_t \cdot M_{t+1} \cdots M_{t+s-1} = F_t \cdot \prod_{i=0}^{s-1} M_{t+i} \quad (2)$$

次に、推移確率行列の推計方法について説明したい。推移確率行列の要素 $a_{t,jk}$ は $N \times N$ 個である。これをユニークに解くためには、同数の方程式が必要であるが、通常考えられる個数は、マルコフ連鎖の運動法則を示した式 N 個と確率の合計が 1 となる式 N 個の計 $N + N$ 個だけである。よって、 $a_{t,jk}$ を推計するための方程式が不足し、様々な要素の組み合わせが推計される。そこで、これを回避するために、最小二乗法の考え方をを用いることにする。ここでは、推計したい推移確率行列の要素と単位行列の要素との乖離の 2 乗和の最小化を図ることとする。これは、人口比率が 2 時点間で変化しなければ、推移確率行列が単位行列に等しくなるからである。よって、推計したい行列の要素をできるだけ単位行列に近い形で求めようとする。そして、この最小化問題の制約条件として、先の $N + N$ 個の方程式を加える。さらに、 $a_{t,jk}$ は確率であるため、0 を含めた正の数字である必要がある。結果、以下の最小化問題となる。

$$\begin{aligned} & \text{Minimize} && \sum_{j=1}^N \sum_{k=1}^N (a_{t,jk} - i_{jk})^2 \\ & \text{Subject to} && b_{t+1,k} = \sum_{j=1}^N (a_{t,jk} \cdot b_{t,j}), \quad \forall k \\ & && \sum_{k=1}^N a_{t,jk} = 1, \quad \forall j \\ & && a_{t,jk} \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

ここで i_{jk} は単位行列 I の要素である。非線形計画法による、この最小化問題を通じて、最適な $a_{t,jk}$ が推計される。

さらに、マルコフ連鎖の特徴として、連鎖を繰り返すことで、ある一定の分布に収束することが知られている（エルゴード性）^{注4)}。これを定式化すると以下になる。

$$F = F \cdot M \quad (4)$$

よって、推移確率行列が推計されたあとは、この収束分布を計算することで、人口分布が将来的にどのような分布に落ち着くのかを検証することができる。

さて、本研究では、このモデルを解くための専門的なソフト（ソルバー）は用いず、Excel のソルバー機能を使用する。これにより、この手法の汎用性が広がるからである。ただし、Excel のソルバー機能がそれほど強力でもないと考えられるため、本研究では地域数を限定した。本研究で紹介するモデルは、福岡県の 4 地域によるモデルと（16 個の要素を推計）、福岡県の 4 地域に県外を加えた 5 地域モデル（25 個の要素を推計）である。また、推計の際に地域間の移動確率が存

注4) 推移確率行列が必ずしも定常状態を引き起こすとは限らない。定常状態が存在する推移確率行列の条件は、絶対値が 1 である固有値を 1 つもち、それ以外の固有値は 1 未満となる場合である。この場合の推移確率行列は既約で非周期的である。なお、式 (4) に照らし合わせれば、固有値を求める問題 $F \cdot \lambda = F \cdot M$ において、固有値 λ が 1 の場合に相当する。

表 3 福岡県内地域の人口比率

	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015
北九州地域	0.3058	0.2961	0.2835	0.2758	0.2696	0.2632	0.2577	0.2511
福岡地域	0.3944	0.4110	0.4324	0.4483	0.4641	0.4781	0.4921	0.5080
筑後地域	0.1920	0.1870	0.1821	0.1778	0.1734	0.1695	0.1643	0.1592
筑豊地域	0.1079	0.1059	0.1020	0.0981	0.0929	0.0891	0.0860	0.0817
北九州地域	0.0119	0.0115	0.0110	0.0108	0.0107	0.0104	0.0102	0.0101
福岡地域	0.0153	0.0160	0.0168	0.0176	0.0183	0.0189	0.0195	0.0204
筑後地域	0.0075	0.0073	0.0071	0.0070	0.0069	0.0067	0.0065	0.0064
筑豊地域	0.0042	0.0041	0.0040	0.0039	0.0037	0.0035	0.0034	0.0033
県外	0.9611	0.9610	0.9611	0.9607	0.9605	0.9605	0.9604	0.9599

(出所) 筆者計算

在するように、推計される要素の最小値を設定した。具体的には、式 (3) で $a_{t,jk}$ を 0 以上としていたところを、4 地域間の移動の最小確率を 0.01 (1%) とし、福岡県から県外への移動については最小確率を 0.001 (0.1%) とした。これは非常に恣意的な部分が含まれており、今後の課題となるだろう。

なお、収束分布の推計にも Excel のソルバー機能を利用した。こちらの場合は、 M を与えた時に式 (4) が成立し、なおかつ F の合計が 1 に等しくなるように制約したモデルを解くことになる。

4.2 収束分布

表 3 は、推移確率行列を計算させるためのデータ、即ち、各時点における地域人口比率である。データは 1980～2015 年までの 8 時点のため、 M_t は 7 個推計されることになる。そしてこれらを単独もしくは連続した数時点で、式 (2) のように掛け合わせた行列を考える。表 4 は、考えられる全ての時点のケース (28 ケース) における収束分布を示したものである。

いうまでもなく、表 3 と図 1 は関連しているが、2015 年の福岡地域の人口比率が 0.5080 と 5 割を超えている点が注目である。そして、他の地域の人口比率がいずれも時系列で減少しており、福岡地域に人口が集中している様子がうかがえる。また、県外を含めた 5 地域モデルにおいても福岡地域以外は県外も含めて人口比率が時系列で減少していることが分かる。

このような状況で収束分布を計測すれば、福岡地域に人口がより集中する可能性が高いことが予想される。実際に表 4 の結果はその実情を顕著に示している。福岡地域について、2015 年の 0.5080 から収束分布においては、全ケースの単純平均で 0.6439 まで上昇している。一方で、他の地域は軒並み減少している。北九州地域は 0.2511 から 0.1645 に、筑後地域は 0.1592 から 0.1217 に、筑豊地域は 0.0817 から 0.0699 にそれぞれ減少している。一方、県外を入れた 5 地域モデルにおいては、若干様子が異なる。というのも、収束分布の単純平均において、筑後地域と筑豊地域は 2015 年の人口比率をわずかに上回っているからである。ただし、北九州地域と県外の人口比率減少と福岡地域の人口比率上昇の傾向はこのモデルでも明らかである。

4.3 シミュレーション

このような形で、福岡県の地域人口の将来分布を把握することができた。人口減少社会で、地域の人口比率が減少することは、地域の人口がより減少することを意味する。このように人口比率および人口が減少する過程で、極端に人口が減少する自治体が出てくるかもしれない。本研究では、自治体レベルでの分析は行っていないが、消滅する自治体のストーリーはこの確率モデルでも実証されたといえるだろう。しかしながら、こうした確率モデルは、ある仮定を入れることで別の結果を生み出すことができる。そこで、確率モデルに変化を加え、シミュレーションを行う。

シミュレーションに入る前に、表4の結果を生み出したもとなる推移確率行列の結果を紹介する。表5と表6は、1980～2015年のデータによる推移確率行列の推計結果を示したもので、表5は4地域モデル、表6は5地域モデルの結果である。これは、7時点間の M_t を掛け合わせたものである。表5より、表4で福岡地域に人口比率が集中したのは、福岡地域から福岡地域への移動確率が0.839245と1に近いうえに、他地域から福岡地域への移動確率も0.25以上とかなり高いものとなっているからだということが分かる。一方で、福岡地域から他地域への移動確率は、例えば、福岡地域から北九州地域への移動確率と、筑後地域から北九州地域への移動確率が同じであることから(0.061433)、設定された最小確率(0.01)が全ての時点で続いていたことを示している。つまり、福岡地域から他地域への移動は最低限であるといえる。

一方で、県外人口比率をモデルに入れた表6において、北九州地域から北九州地域への移動確率が0.308689と単位行列から大きく離れた確率となっている。また、各地域から県外への移動確率が非常に大きくなっているが、もともと県外の人口比率が非常に高いため、表4の収束分布は妥当な比率となっている。

ここでは、表6の5地域モデルの推移確率行列を若干変化させて、そこから再計算された収束分布を分析する。変化の方向は3つで、対象地域は福岡県の4地域をそれぞれ単独に変化させている。方向の1つ目は、流入確率の拡大である。ここでは、県外から県外への移動確率を0.001000(0.1%)減少させ、県外から当該地域への移動確率を0.001000増加させる。例えば、北九州地域の流入確率を拡大させる場合、表6より、県外から北九州地域への移動確率は0.005341から0.006341となり、県外から県外への移動確率は0.979568から0.978568となる(s1k)。これを他の地域にも適用させる。方向のもう1つ目は、流出確率の縮小である。ここでは、当該地域内の移動確率を0.001000増加させ、当該地域から県外への移動確率を0.001000減少させる。例えば、北九州地域の流出確率を縮小させる場合、表6より、北九州地域から北九州地域への移動確率は0.308689から0.309689となり、北九州地域から県外への移動確率は0.552291から0.551291となる(s2k)。そして、方向の3つ目は、流入確率の拡大と流出確率の縮小の両方が行われた場合である(s3k)。

表7は、3種類の人口移動確率の変化を福岡県の4つの地域に適用させ、変化させた推移確率行列のもとで収束分布を計算したものである。なお、s1kのkは北九州地域の確率を変化させた場合、fは福岡地域、gは筑後地域、hは筑豊地域の確率をそれぞれ変化させた場合を示しており、

表 4 各推移確率行列から求めた収束分布

	4 地域モデル				5 地域モデル				
	北九州	福岡	筑後	筑豊	北九州	福岡	筑後	筑豊	県外
80-85	0.1640	0.6178	0.1281	0.0901	0.0099	0.0227	0.0068	0.0041	0.9565
85-90	0.1392	0.6590	0.1257	0.0761	0.0088	0.0235	0.0065	0.0038	0.9574
90-95	0.1663	0.6330	0.1275	0.0733	0.0102	0.0260	0.0069	0.0039	0.9530
95-00	0.1720	0.6403	0.1232	0.0644	0.0099	0.0251	0.0066	0.0035	0.9548
00-05	0.1696	0.6378	0.1250	0.0677	0.0092	0.0231	0.0063	0.0034	0.9581
05-10	0.1749	0.6464	0.1112	0.0676	0.0094	0.0242	0.0060	0.0033	0.9572
10-15	0.1600	0.6705	0.1094	0.0601	0.0100	0.0309	0.0064	0.0033	0.9493
80-90	0.1501	0.6410	0.1268	0.0820	0.0093	0.0232	0.0066	0.0039	0.9570
85-95	0.1523	0.6465	0.1266	0.0746	0.0095	0.0247	0.0067	0.0038	0.9552
90-00	0.1695	0.6371	0.1253	0.0682	0.0101	0.0255	0.0068	0.0036	0.9540
95-05	0.1707	0.6390	0.1241	0.0661	0.0095	0.0240	0.0064	0.0034	0.9566
00-10	0.1723	0.6426	0.1174	0.0676	0.0093	0.0237	0.0061	0.0033	0.9576
05-15	0.1669	0.6595	0.1103	0.0633	0.0097	0.0273	0.0062	0.0033	0.9535
80-95	0.1560	0.6385	0.1271	0.0785	0.0096	0.0241	0.0067	0.0039	0.9557
85-00	0.1594	0.6449	0.1255	0.0703	0.0097	0.0249	0.0067	0.0037	0.9551
90-05	0.1695	0.6373	0.1252	0.0680	0.0097	0.0246	0.0066	0.0035	0.9556
95-10	0.1722	0.6420	0.1192	0.0667	0.0095	0.0241	0.0062	0.0034	0.9568
00-15	0.1678	0.6533	0.1144	0.0645	0.0095	0.0259	0.0062	0.0033	0.9551
80-00	0.1608	0.6397	0.1261	0.0735	0.0097	0.0244	0.0067	0.0037	0.9554
85-05	0.1622	0.6430	0.1253	0.0694	0.0095	0.0244	0.0065	0.0035	0.9560
90-10	0.1710	0.6402	0.1209	0.0679	0.0096	0.0245	0.0064	0.0034	0.9561
95-15	0.1687	0.6506	0.1162	0.0645	0.0096	0.0258	0.0063	0.0033	0.9550
80-05	0.1629	0.6394	0.1259	0.0718	0.0096	0.0242	0.0066	0.0036	0.9561
85-10	0.1650	0.6443	0.1217	0.0689	0.0095	0.0244	0.0064	0.0034	0.9563
90-15	0.1685	0.6480	0.1180	0.0656	0.0097	0.0259	0.0063	0.0033	0.9547
80-10	0.1654	0.6413	0.1226	0.0708	0.0096	0.0242	0.0064	0.0035	0.9564
85-15	0.1643	0.6502	0.1190	0.0666	0.0096	0.0256	0.0063	0.0033	0.9551
80-15	0.1647	0.6473	0.1199	0.0681	0.0096	0.0253	0.0064	0.0034	0.9553
2015 年	0.2511	0.5080	0.1592	0.0817	0.0101	0.0204	0.0064	0.0033	0.9599
平均	0.1645	0.6439	0.1217	0.0699	0.0096	0.0249	0.0065	0.0035	0.9555

(出所) 筆者計算

表 5 1980～2015 年のデータによる推移確率行列 (4 地域モデル)

	北九州地域	福岡地域	筑後地域	筑豊地域
北九州地域	0.642867	0.257810	0.054462	0.044861
福岡地域	0.061433	0.839245	0.054462	0.044861
筑後地域	0.061433	0.296832	0.596874	0.044861
筑豊地域	0.171781	0.381736	0.060583	0.385901

(出所) 筆者計算

表 6 1980～2015 年のデータによる推移確率行列（5 地域モデル）

	北九州地域	福岡地域	筑後地域	筑豊地域	県外
北九州地域	0.308689	0.099537	0.025086	0.014397	0.552291
福岡地域	0.040173	0.564802	0.030316	0.018089	0.346621
筑後地域	0.033851	0.197284	0.206939	0.014444	0.547483
筑豊地域	0.096852	0.257979	0.023746	0.044403	0.577020
県外	0.005341	0.008309	0.004145	0.002637	0.979568

(出所) 筆者計算

表 7 移動確率変化後の収束分布

	北九州地域	福岡地域	筑後地域	筑豊地域	県外
80-15	0.009634	0.025319	0.006366	0.003357	0.955324
s1k	0.011024	0.025638	0.006414	0.003380	0.953545
s1f	0.009753	0.027547	0.006443	0.003395	0.952861
s1g	0.009714	0.025868	0.007583	0.003382	0.953453
s1h	0.009799	0.025942	0.006416	0.004365	0.953478
s2k	0.009648	0.025322	0.006367	0.003357	0.955306
s2f	0.009637	0.025378	0.006368	0.003358	0.955258
s2g	0.009634	0.025323	0.006374	0.003357	0.955311
s2h	0.009634	0.025321	0.006366	0.003361	0.955317
s3k	0.011040	0.025642	0.006414	0.003380	0.953524
s3f	0.009757	0.027611	0.006446	0.003397	0.952790
s3g	0.009715	0.025872	0.007593	0.003382	0.953438
s3h	0.009800	0.025944	0.006416	0.004369	0.953470

(出所) 筆者計算

変化させた地域の収束分布の結果が特に注目されるため、対象地域に緑色のマーカーをつけている。変化させる前の収束分布（80-15）と比較して、流入確率を拡大させた場合は、対象地域の収束分布時の人口比率が大きく増加していることが分かる。例えば、北九州地域の流入確率を拡大させた場合、収束分布は 0.009634 から 0.011024 に増加していることが分かる。これは、数字の上ではわずかな変化にみえるが、単純に人口が約 14% 増加することを意味する。この見方だと、筑豊地域にいたっては、0.003357 から 0.004365 となり、約 30% の人口増加となる。また、この場合、対象地域以外の福岡県の地域も人口が増加していることが分かる。県外からの人口流入確率を高めることが、人口減少を食い止める 1 つの方法となるだろう。

一方で、人口流出を抑制した場合はどうか。表 7 によると、収束分布の変化はわずかなものとなっている。例えば、北九州地域の場合は、0.009634 から 0.009648 と 1% にも満たない。これに伴う他の地域への波及も非常に小さなものとなっている。これは、変化させる 0.001000 が流入時と流出時で増加率的に非常に異なっているからかもしれない。しかしながら、この問題点を加味しても、人口流出抑制の効果は小さいと思われる。結果、人口流入拡大と人口流出抑制を同時に行った場合は、人口流入拡大時の結果と非常に近いものになることが分かった。

4.4 移民の効果

少子高齢化対策の非常に経済学的な方法として、海外からの人口を「輸入する」といった方法が考えられる。もちろん、人はモノではないので、海外からの移民ということになる。しかしながら、移民政策は容易でなく、どちらかといえば失敗例が多い。単純に、文化、慣習などの違いによる摩擦が要因である。そこで、外国人を一時的に居住させる形の海外観光客の誘致（インバウンド）が考えられる。これは、インバウンド客の1回の滞在期間は短いものの、通年では、インバウンド客全員の滞在日数の合計を365日で割ることにより、統計上に残らない形で人口が増加したことになる。LCC（Low-Cost Carrier）の台頭により、海外旅行が世界的なブームとなっている。日本もその恩恵にあずかり、インバウンド客が急激に増加しているが、移民同様に、たとえ滞在期間が短くとも、文化、慣習などの違いによる摩擦があるため、同じような問題が生じている。

本研究の最後として、上記の背景、問題点があるために、政策として実行することは容易でないものの、少子高齢化対策を移民政策で解決を図ろうとした場合、収束分布がどのように変化するのかを分析する。

本研究では、国勢調査の人口データに基づき、マルコフ連鎖の4地域モデルと5地域モデルを提案した。ここで、海外からの移民を取り上げるということは、地域数が1つ増え、6地域モデルとなる。しかしながら、このモデルを推計するために、世界の人口といったデータを使用することはせず、恣意的で仮想的なモデルを採用する。そのモデルとは、当該地域から海外への移動確率および海外から当該地域への移動確率をそれぞれ0.001000とし、確率の合計が1となるように当該地域内および海外から海外への移動確率を調整したモデルである。

表8は、表6のモデルから、上記の仮定を加えて6地域モデルにした場合の推移確率行列である。ここでは、この推移確率行列を用いて同様の变化を入れて収束分布を再計算する。前節の变化の方向を3種類提示したが、再計算の結果、県外からの流入確率の増加に伴う人口増加現象が顕著にみられたことから、ここでも、海外からの流入確率を増加させるシミュレーションを試みる。もちろん、移民が増加するという意味である。変化させる確率も同様に0.001000（0.1%）とする（s4kなど）。表8で海外からの移民確率を0.001000と仮定しているため、シミュレーションにおいては、移民確率が倍増することになる。

表9は、6地域モデルによる収束分布とシミュレーション後の収束分布を示したものである。表8のモデルの収束分布（80-15 foreign）に対し、いずれのシミュレーションも海外の人口比率が減少し、国内の人口比率が増加している。一見県内の4地域よりも県外の人口比率増加が大きいにみえるが、増加率は約2.85%で、結局シミュレーションの該当地域の増加率が高いことが分かる。ちなみに、それぞれのシミュレーション該当地域の人口比率の増加率は、北九州地域で4.72%、福岡地域で3.88%、筑後地域で5.39%、筑豊地域で6.81%となっている。海外の比率が急激に減少しており、現実離れしていると思われる。そこで、収束分布の結果から海外の比率を外して、5地域の状態比率を換算してみたのが表9の下5行である。この場合の該当地域の人口比率の増加率は、北九州地域で1.82%、福岡地域で1.00%、筑後地域で2.47%、筑豊地域

表 8 海外地域を含めた場合の推移確率行列

	北九州地域	福岡地域	筑後地域	筑豊地域	県外	海外
北九州地域	0.307689	0.099537	0.025086	0.014397	0.552291	0.001000
福岡地域	0.040173	0.563802	0.030316	0.018089	0.346621	0.001000
筑後地域	0.033851	0.197284	0.205939	0.014444	0.547483	0.001000
筑豊地域	0.096852	0.257979	0.023746	0.043403	0.577020	0.001000
県外	0.005341	0.008309	0.004145	0.002637	0.978568	0.001000
海外	0.001000	0.001000	0.001000	0.001000	0.001000	0.995000

(出所) 筆者計算

表 9 移動確率変化後の収束分布

	北九州地域	福岡地域	筑後地域	筑豊地域	県外	海外
80-15 foreign	0.008319	0.021691	0.005539	0.002984	0.794800	0.166667
s4k	0.008712	0.022247	0.005663	0.003040	0.817481	0.142857
s4f	0.008522	0.022533	0.005667	0.003043	0.817378	0.142857
s4g	0.008516	0.022281	0.005838	0.003041	0.817467	0.142857
s4h	0.008529	0.022292	0.005663	0.003188	0.817471	0.142857
80-15 foreign	0.009983	0.026029	0.006647	0.003581	0.953760	
s4k	0.010164	0.025955	0.006606	0.003547	0.953727	
s4f	0.009943	0.026288	0.006612	0.003550	0.953608	
s4g	0.009936	0.025995	0.006811	0.003547	0.953711	
s4h	0.009951	0.026008	0.006607	0.003719	0.953716	

(出所) 筆者計算

で 3.85% であった。海外の人口比率の非現実的な減少が明示的でなくなった結果、移民による人口比率の増加効果はそれほど大きなものではないことが分かった。よって、これらのモデルに基づけば、海外からの移民政策よりも、国内の他地域からの人口流入政策を考えるべきであるといえる。もっとも、日本全体で人口が減少すると予測されているため、こういった政策は地方間での人口獲得競争になりかねない^{注 5)}。

5. まとめ

本研究は、福岡県の市町村の人口データを用いて、動向を分析するとともに、マルコフ連鎖を用いて将来の収束分布を計測した。

人口比率の変遷において、福岡市およびその周辺市町村の多くで人口比率が増加しているのに対し、他の市町村はおおむね人口比率が減少していることが分かった。この結果に基づき、マルコフ連鎖を用いて将来の収束分布を計測した結果、福岡市を中心とした地域に人口がより集中す

注 5) これ以上の議論は本研究の目的から大きく外れるので、大きく触れないが、人口減少が前提の社会においては、先述のインバウンドを含めた「交流人口」の増加や、地域への参加、参与、関係性の構築といった「関係人口」の増加が求められる（五十嵐，2018）。

ることが分かった。つまり、福岡地域以外の地域の消滅可能性が考えられる。そこで、確率モデルに変化を与え、収束分布の変化を求め、人口減少を食い止める方法を考察した。結果として、他地域（県外）への流出人口を抑制するよりは、他地域（県外）からの流入人口を増やす方法が効果的であることが判明した。これについては、県内の4地域の全てにあてはまる。さらに、モデルを海外を含めた6地域に拡大し、移民の効果を検討したが、いずれの地域も人口比率の増加率は期待ほど大きいものではなかった。したがって、本研究からいえる政策的示唆は、繰り返すが、海外からの移民政策よりも、国内の他地域からの人口流入政策を考えるべきであるといえる。

最後に、マルコフ連鎖の技術的な面について言及すると、本研究では、広範囲に使用されている Excel のソルバー機能を用いて推計作業を行っているが、推計する行列数に限りがあると思われる。ただし、このモデルは確率で表現できる現象であれば、様々な場面で応用可能であり、今後の研究の発展が見込まれる。次に、確率（人口比率）と実数（人口数）の間に齟齬があると考えられる。例えば、同じ0.1%の確率変化でも人口流入と人口流出で大きく異なり、結果の判断を誤らせる可能性がある。なお、推計の初期の段階で、地域間移動の最小確率を恣意的に与えているが、これはもっともらしい収束分布をえるためである。推移確率行列が単位行列に近いものであるためには、地域間移動の確率もゼロに近いほうが望ましい。しかしながら、このような推移確率行列で収束分布を計算すると、福岡地域の人口比率が1に近くなり、他の地域が本当に「消滅」してしまうと予測されるからである。海外を含めたモデルも、恣意性が高い点に課題を残す。したがって、マルコフ連鎖による研究も改良の余地があると思われる。

参考文献

<日本語>

- 五十嵐勉 (2018) 「人口減少社会における地域コミュニティ組織の再編－佐賀市を事例に－」『海峡圏研究』, 第 18 号, pp. 181～195
- 国立社会保障・人口問題研究所 (2013) 『日本の地域別将来推計人口－平成 22 (2010) ～52 (2040) 年－ (平成 25 年 3 月推計)』 (人口問題研究資料第 330 号, ISSN1347-5428)
- 坂本博 (2010) 「中国の省間人口移動と所得格差：マルコフ連鎖による分析」『応用経済学研究』, 第 4 巻, pp. 128～147
- 坂本博 (2012) 「北部九州地域における産業構造の変遷と将来予測」『東アジアへの視点』, 2012 年 6 月号 (第 23 巻 2 号), pp. 35～44
- 坂本博 (2016) 「九州 8 県における産業構造変化と将来予測」『東アジアへの視点』, 2016 年 12 月号 (第 27 巻 2 号), pp. 34～51
- 田村一軌, 坂本博 (2016) 「日本の都道府県間人口移動の世代間比較」『海峡圏研究』, 第 16 号, pp. 169～181
- 田村一軌, 坂本博, 戴二彪 (2018) 「日本における女性の地域間移動パターンと影響要因」『海峡圏研究』, 第 18 号, pp. 141～158
- 日本創成会議・人口減少問題検討分科会 (2014) 『成長を続ける 21 世紀のために「ストップ少子化・地方元氣戦略」』

<英語>

- Sakamoto H. (2013), "Prediction of the Prefectural Economy in Japan Using a Stochastic Model," *Regional*

Science Inquiry, 5(1), pp. 13-24.

Sakamoto H., Islam N. (2008), "Convergence across Chinese provinces: An analysis using Markov transition matrix," *China Economic Review*, 19(1), pp. 66-79.

Sakamoto H., Fan J. (2010), "Distribution Dynamics and Convergence among 75 Cities and Counties in Yangtze River Delta in China: 1990-2005," *Review of Urban & Regional Development Studies*, 22(1), pp. 39-54.

Sakamoto H., Fan J. (2013), "Regional Income Disparity in China Using Value-Added Data: Decomposition and Distribution Dynamics," *Review of Urban & Regional Development Studies*, 25(1), pp. 16-33.