

# 世界各国の出生率の社会経済要因の分析

鈴木 孝弘

田辺 和俊

現在、我が国の最重要課題の一つとなっている少子化の原因に関する参考情報を得るため、世界各国の出生率と社会経済要因との定量的な関係を統計解析する実証研究を試みた。世界195カ国の合計特殊出生率を目的変数、女性の初婚年齢や学歴、貧困率等の46種の社会経済指標を説明変数とし、非線形回帰分析手法であるサポートベクターマシン (SVM) を用いて解析し、出生率の決定要因を探索した。その結果、世界195カ国の出生率を平均二乗誤差 (RMSE) 0.505、自由度調整済み回帰決定係数 (AR2) 0.861という高い精度で再現できる8種の決定要因を見出した。その決定要因8種の内では、乳児死亡率、女性の初婚年齢等が出生率に最も大きな影響を与えることが明らかとなった。

keywords : 少子化 合計特殊出生率 社会経済要因分析 非線形回帰分析 サポートベクターマシン

## 目 次

1. はじめに
2. 用いたデータと解析方法
3. 結果と考察
4. 結論

## 1. はじめに

少子化問題は高齢化や人口減少などに関連し、昨今の我が国の最重要課題の一つとなっている。日本の合計特殊出生率（以下、出生率と略記）は第1次ベビーブーム期の1947年の4.54から減少し続け、2005年には1.26と過去最低を記録し、その後、総人口の減少が始まった。2014年5月、日本創成会議が公表した「2040年には全国の50%に当たる896市町村が消滅する」という試算結果は国内に大きな衝撃を与えた。

少子化は先進国だけでなく世界各国に共通の問題であるが、出生率に影響を与える多くの要因が挙げられている (Schultz 1974, Casterline 2010, Balbo et al. 2013)。直接的要因には非婚率、晩婚率、晩産率等があるが、背景的要因として、女性の学歴や就業率、家計収入や貧困率、養育費や保育施設等、多数の経済社会的要因が関与しているとされる。

出生率の低下を抑えるためには、その原因を明

らかにし、有効な対策を講ずることが重要である。しかし、出生率に多数の要因が関与するため、原因の解明は容易でない。そこで、出生率に重要な影響を与える要因、すなわち決定要因を解明するために、出生率データを目的変数、幾つかの指標を説明変数とし、重回帰分析を用いて解析する実証的研究が行われている。筆者らは前報 (田辺・鈴木2016) において、都道府県別の出生率のデータを目的変数、様々な指標を説明変数として重回帰分析を行い、婚姻率、女性喫煙率、デキ婚率等、13種の決定要因が日本の出生率に大きな影響を与えることを見出した。

一方、世界各国の出生率の決定要因を解析することも日本の少子化対策に有用な情報を提供する可能性がある。そこで、世界各国の出生率の解析を行った先行研究をレビューすると、いくつかの問題点が見出された。第一は、解析対象の国の少なさである。先行研究は対象を1国のみ、あるいは先進国または途上国、あるいはアジアまたはアフリカのように地域を限定して解析した論文がほとんどであり、先進国と途上国をふくむ世界各地の多数国の出生率を一括して解析した論文は見当たらない。先行研究の中で最多の国を解析したのはMcClamroch (1996)の71カ国である。

第二に、先行研究では解析に用いた説明変数が

少ない点も問題である。上記のように、出生率には多数の直接的、間接的要因が関与するとされているが、先行研究で用いられた説明変数の最多は Pathak and Murty (1982)の11種であり、その他の論文はいずれも7種以下である。このように少数の説明変数が用いられた解析の回帰決定係数はいずれもきわめて低く、統計的に有意な結果ではないため、得られた決定要因の信頼性に疑問がある。

先行研究の回帰決定係数の低い原因には、線形回帰分析 (OLS) の適用もあると考えられる。なぜなら、各種の指標と出生率との関係は一般に線形ではなく、複雑な相関関係を示す指標が多いからである。このような複雑な事象に対する一つの対処策に非線形回帰分析手法がある。しかし、出生率の決定要因解析に非線形回帰分析を適用した研究は見当たらない。

そこで、本稿では日本の少子化の原因に関する参考情報を得るため、世界各国の出生率と社会経済要因との関係を非線形回帰分析により解析する実証研究を試みた。本論文の構成は以下の通りである。まず、2では、解析対象の国、目的変数の出生率、説明変数の社会経済要因、および解析に用いた非線形回帰分析手法と決定要因探索について説明する。3では得られた決定要因の出生率に対する相対的影響度について考察する。4では本研究の結果を総括し、今後の研究課題を展望する。

## 2 用いたデータと解析方法

### 2.1 出生率および各種指標のデータ

本稿では世界各国の出生率について共通の決定要因を探るために、出生率および各種指標のデータが入手可能な195カ国を解析対象とした。この195カ国には先進国43、途上国152カ国が含まれ、また地域別の内訳はアジア50、ヨーロッパ39、アフリカ54、アメリカ37、オセアニア15カ国であり、世界の全地域の国々が網羅されている。これらの国々の出生率を解析する場合、先進国と途上国、あるいは地域別に分割して解析する方法も考えられる。しかし、本研究では出生率の決定要因についてできるだけ一般的な結果を得るために、195カ国を一括して解析した。

これら195カ国について国連 (UN)、世界銀行 (WB) 等のデータベースから入手した合計出生率を目的変数に用いた。195カ国中の出生率上位・下位5カ国および主要10カ国の出生率を表1に示す。出生率最高のニジェールと最低のシンガポールとは7倍以上の違いがあり、出生率の低い国は先進国が多く、出生率の高い国には途上国が多い傾向が認められる。

先進国の中で、少子化が問題になっている日本の出生率は11位であり、シンガポール、香港、台湾の出生率は日本よりかなり低い。また、フランスやスウェーデンは少子化対策に成功したといわれている (小島2003, 藤田2007) が、英国や米国と同程度の出生率にすぎない。一方、イスラエルは先進国の中で出生率が飛びぬけて高く、日本の2倍以上である。先進国の中でイスラエルに次い

表1 上位・下位5カ国および主要10カ国の出生率 (TFR) (斜字: 途上国)

No	上位・下位5カ国	TFR	No	主要国	TFR
1	Singapore	1.02	11	Japan	1.39
2	Hong Kong	1.13	13	Germany	1.41
3	Taiwan	1.14	33	<i>Russia</i>	1.55
4	South Korea	1.24	36	<i>China</i>	1.59
5	<i>Bosnia and Herzegovina</i>	1.27	53	Sweden	1.82
191	<i>Burundi</i>	6.03	63	United Kingdom	1.90
192	<i>Uganda</i>	6.17	72	United States	2.00
193	<i>Mali</i>	6.42	74	France	2.01
194	<i>Somalia</i>	6.43	117	<i>India</i>	2.54
195	<i>Niger</i>	7.37	122	Israel	2.81

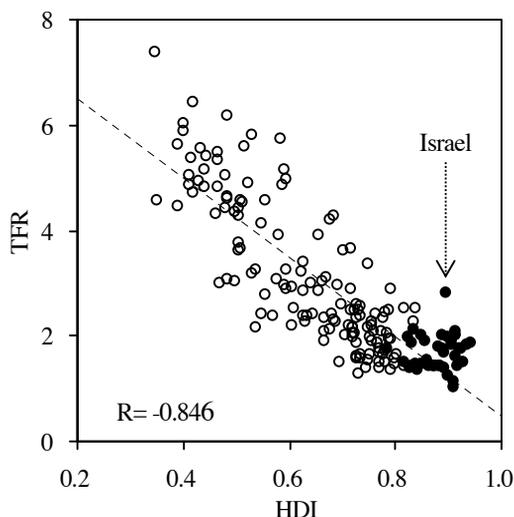


図1 出生率（TFR）と人間開発指数（HDI）の散布図（●：先進国，○：途上国）

で出生率の高いのはアラブ首長国連邦（UAE）の2.11であるから、イスラエルの突出ぶりは際立っている。これに対し、途上国の中でも、ルーマニア、ウクライナ、セルビア、ラトビア等の東側諸国や旧ソ連圏の国々の出生率は低く、日本と同程度である。

先進国と途上国を区別する経済発展度を定量的に示す指標として国連の人間開発指数（HDI）を取り上げ、出生率（TFR）とHDIの相関を図示すると図1になる。相関係数は-0.846と高く、統計的に有意の相関ありと判定される。しかし、HDIは所得（国民1人あたりの国内総生産）、健康（平均寿命）、教育（識字率・就学率）の3指標から計算される複合指標であるため、HDIを説明変数に採用することは適切でない。

そこで説明変数については、先行研究で用いられたものできるだけ採用し、さらに新規決定要因を見出すために、人口、経済、労働、医療、福祉、教育、生活等の分野の多数の指標の中から、経済発展度との関連が高いと考えられる社会経済指標を選定し、表2に示す総計46種の指標を採用した。これらの46指標の記述統計量、および相互相関係数は紙面の関係から割愛した。全指標は最小値と最大値が0と1になるよう正規化して解析に

用いた。

## 2.2 決定要因の解析方法

幾つかの非線形解析手法の中で、サポートベクターマシン（SVM）（大北2005、小野田2007、阿部2011）は近年、注目されている手法であり、説明変数の数値に対してカーネルと呼ぶ非線形関数（本稿ではガウス関数）を用いて学習パターンを別の空間（超平面）に写像し、その空間で線形回帰を行う。それにより、説明変数の元の数値での非線形回帰が可能になり、目的変数と説明変数の間の任意の関係に対して高精度の回帰結果が得られる。また、飛躍的な高速処理が可能なことや、最適解が一義的に求まり、局所解の問題がないといった利点がある。そのため、データ解析手法として現時点では最も有効な方法とされている。

そこで、本稿ではSVM（ソフトウェアはLIBSVM ver.2.89（Chang & Lin））の回帰機能を用いて決定要因を探索した。そのためにはSVMのモデルパラメータおよび説明変数の最適化が必要である。モデルパラメータ3種（ $g$ （RBFカーネルの $\gamma$ ）、 $c$ （cost）、 $p$ （loss functionの $\varepsilon$ ））の最適化には交差検証法（CVT）を採用し、説明変数の最適化には感度分析法を採用した。

感度分析法は、各指標の感度を計算し、その感度の低い指標を順次削除しながらSVM解析を行って予測値と実測値の平均二乗誤差（RMSE）が最小となる点を探索する方法であり、筆者らは様々な問題に適用し、その有効性を検証している（Tanabe et al. 2013、田辺・鈴木2013、2014、2015、2016）。そこでこれら2種の最適化を組み合わせた以下の手順を用いて決定要因の探索を行った。

- ①全データを10群に分割し、第1群を予測セット、その他の群をまとめて学習セットとする。
- ②学習セットについて3つのパラメータ $g$ 、 $c$ 、 $p$ をグリッドサーチしてRMSEの最小点を探し、このモデルに予測セットの指標値を入力して出生率の予測値を求める。
- ③第2群以下の各群を予測セットとして以上の操作を繰り返し、全データのRMSEを求める。
- ④当該指標は実際の数値に設定し、その他の指標は平均値に設定したデータを予測セットとしてモ

表2 解析に用いた説明変数 (\* : 男女別のデータを使用)

分野	説明変数	定義	データ源
人口	結婚率	1000人当たりの結婚件数	UN
	離婚率	1000人当たりの離婚件数	UN
	初婚年齢*	初めて結婚して同居を始めた年齢	UN
	初産年齢	初めて出産する女性の平均年齢	UN
	避妊普及率	15-49歳の既婚女性の内、何らかの避妊法を実施している人の比率	UN
	乳児死亡率	1000出産当たりの生後1年未満の年間死亡数	UN
	平均寿命*	0歳児の平均余命	UN
健康	医療費	1人当たりの医療費	WHO
	医師数	1人当たりの医師数	WHO
	病床数	1人当たりの病床数	WHO
	喫煙率*	日常喫煙者の全人口に占める比率	WHO
	飲酒量	1人当たりのアルコールの年間消費量	WHO
教育	教育費	1人当たりの教育費	WB
	就学年数*	初等教育から高等教育迄の平均就学年数	WB
	大学進学率*	大学入学者数の対入学相当年齢人口比率	WB
	識字率*	15歳以上人口における識字率	WB
経済	GpC	1人当たりのGDP	WB
	賃金	最低賃金	WB
	所得格差	所得格差のジニ係数	WB
	貧困率	貧困線以下の人口率	WB
	税負担	GDPに対する税収の比率	WB
	農業従事者	労働人口における農業従事者の比率	WB
	高齢者労働率	65歳以上の労働人口の比率	WB
	女性労働率	女性雇用の対人口比率	WB
	労働力率*	15歳以上人口に対する労働人口比率	WB
	失業率*	失業者数の対労働力人口比率	WB
環境	緯度	国全体の平均緯度(絶対値)	WB
	気温	国全体の年平均気温(摂氏度)	WB
	自然保護	国土面積当たりの自然保護面積比率	WB
	水道普及率	上水道にアクセス可能な人口の比率	WB
	下水普及率	下水道にアクセス可能な人口の比率	WB
	道路舗装率	全道路中の舗装化の比率	WB
	都市化率	都市在住人口率	WB
	電化率	電気にアクセス可能な人口の比率	WB
	インターネット	1人当たりのインターネット利用率	WB
	その他	信仰	宗教を重要と考える人の比率
キリスト教		キリスト教信者の比率	CIA
イスラム教		イスラム教信者の比率	CIA

データ源：URLは引用文献を参照。

デルに入力し、出力値を求める。

⑤当該指標の設定値を説明変数、出力値を目的変数とする単回帰分析を行い、回帰直線の傾きをその指標の感度とする。

⑥全指標の中で感度の絶対値の最も小さい指標を取り除き、以上の操作を繰り返す。

⑦指標数とパラメータ  $g, c, p$  の組み合わせの中で、全データのRMSEが最小になる指標の組み合わせを決定要因とする。

### 3 結果と考察

以上の方法で決定要因を探索した結果、説明変数8種においてRMSEが最小となった。その8種の決定要因の内訳と感度を表3に示す。さらに、各決定要因の出生率に対する相対影響度を見るために、次式

$$C_i(\%) = \frac{S_i^2}{\sum_{i=1}^8 S_i^2} \times 100 \quad (1)$$

( $S_i$ は決定要因*i*の感度)により算出した出生率への寄与率 $C_i$ もあわせて示す。また、8種の決定要因による出生率の予測値と実測値との散布図を図2に示す。

表3 決定要因8種の感度と寄与率

決定要因	感度	寄与率(%)
乳児死亡率	0.258	37.7
初婚年齢(女)	-0.226	28.9
避妊普及率	-0.146	12.1
緯度	-0.143	11.5
貧困率	0.095	5.1
識字率(女)	-0.076	3.2
GpC	-0.049	1.4
キリスト教	0.016	0.1

195カ国の出生率の実測値がわずか8種の決定要因により、RMSE 0.505、自由度調整済み回帰決定係数 (AR2) 0.861という高い精度で予測されている。先行研究でこのような多数の国の出生率の決定要因を探索したものは見当たらないため、本稿で得られた8種の決定要因は一般性が高いといえる。

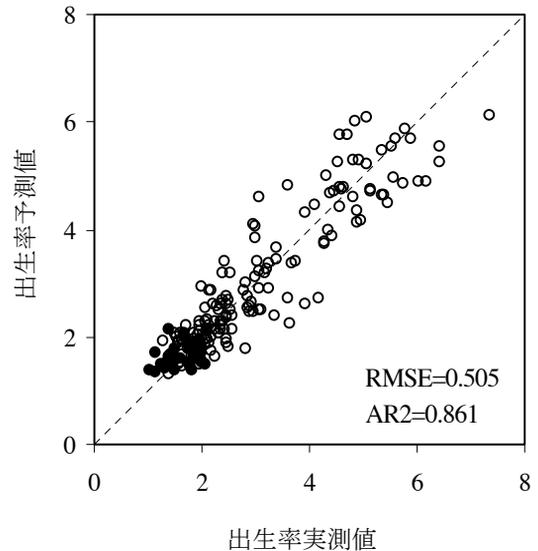


図2 195カ国の出生率の予測値と実測値の散布図 (●: 先進国, ○: 途上国)

決定要因8種のうち、乳児死亡率、初婚年齢(女)、避妊普及率、緯度、貧困率の5種が寄与率上位になったことは、アフリカ諸国の出生率の高さで説明できる。解析した195カ国の中で、アフリカ圏の54カ国の出生率の平均は4.41と高い。これらアフリカ諸国は低緯度地域にあり、貧困や衛生・栄養状態や避妊普及率の低さのため、乳児の死亡率が高く、労働力確保のために、女性が低年齢で結婚し、出生率が高くなっていると解釈できる。また、アフリカ以外の低緯度にある中南米諸国についても同じ解釈が成立する。

また、前記のように、世界各国の出生率と国連の人間開発指数 (HDI) とは統計的に有意の負相関がある。HDIは所得 (GpC)、健康 (平均寿命)、教育 (識字率・就学率) の3指標から計算される複合指標であるが、本稿の結果では、女性の識字率が6位、GpCが7位で決定要因に入った。

さらに、本稿の結果では、キリスト教信者率が寄与率は低い決定要因の8位に入った。宗教と出生率の関係については多くの議論があり、たとえばカトリックは避妊や人工中絶には反対の立場から、出生率が上がるとする説がある。宗教が出生率に及ぼす影響を検証した先行研究はあるが (McQuillan 2004, Sax 2011, Hook and Altman

2013, Wilcox 2014), 本稿のように多数の国の出生率について統計分析を行い, 宗教要因の相対的重要性を示した研究は見当たらない。

以上の考察から, 表3の8種の決定要因が世界195カ国の出生率を高い精度で再現することに対して妥当な解釈が可能であり, したがって, これら8種の決定要因は世界中の国々の出生率を説明できる点で信頼性が高い要因であると言える。

#### 4 結 論

本稿では, 我が国の少子化の原因に関する参考情報を得るため, 世界195カ国の合計特殊出生率を目的変数, 46種の社会経済指標を説明変数とし, 非線形回帰分析手法であるサポートベクターマシン (SVM) を用いて解析した結果, 8種の決定要因を見つけ, その内では, 乳児死亡率, 女性の初婚年齢等の要因が出生率に大きな影響を与えることを見出した。

しかし, 本稿で求めた決定要因は, 各国間の出生率の差を説明するものであって, すべてが日本人個人の多産化に有用な知見ばかりではない。日本の少子化政策により直接的に反映できる結果を得るためには, 時系列データや個人単位のミクロな各種データを利用した総合的な解析が不可欠であろう。著者らは出生率の決定要因解明に関して, 今後, 精密かつ多様な各種データを用いたより規模の大きい解析を計画している。

#### 引用文献

- T. Paul Schultz (1974) "Fertility Determinants: A Theory, Evidence, and an Application to Policy Evaluation" Rockefeller Foundation and the Agency for International Development, <http://www.rand.org/pubs/reports/R1016.html>.
- John B. Casterline (2010) "Determinants and Consequences of High Fertility: A Synopsis of the Evidence" World Bank, <http://siteresources.worldbank.org/INTPRH/>.
- Nicoletta Balbo, Francesco C. Billari, Melinda Mills (2013) "Fertility in Advanced Societies: A Review of Research" *European Journal of Population*, Vol. 29, Issue 1, pp 1-38.
- 田辺和俊, 鈴木孝弘 (2016) 「出生率の都道府県格差の分析」『厚生指標』63巻5号13-21頁。
- Kristi McClamroch (1996) "Total Fertility Rate, Women's Education, and Women's Work: What Are the Relationships?" *Population and Environment*, Vol. 18, No. 2, pp. 175-186.
- K. B. Pathak, P. K. Murty (1982) "Socio-economic Determinants of Fertility in Some Countries of Asia" *Artha Vijnana*, Vol. 24, No. 2, pp. 163-78.
- 藤田雅子 (2007) 「スウェーデンにおける出生率上昇に関する社会的構造と要因」『人間科学論究』15号33-49頁。
- 小島宏 (2003) 「フランス語圏における出生動向と家族政策」『人口問題研究』59巻2号1-19頁。
- UN, "United Nations Development Program Human Development Report" <http://hdr.undp.org/en/>.
- WHO "World Health Organization World Health Statistics" [http://www.who.int/gho/publications/world\\_health\\_statistics/en/index.html](http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/en/index.html).
- WB, "World Bank World Development Indicators" <http://data.worldbank.org/indicator>.
- CIA, "United States Central Intelligence Agency Factbook" <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/rankorderguide.html>.
- 大北剛 (訳) (2005) 『サポートベクターマシン入門』共立出版。
- 小野田崇 (2007) 『サポートベクターマシン』オーム社。
- 阿部重夫 (2011) 『パターン認識のためのサポートベクトルマシン入門』森北出版。
- Chih-Chung. Chang, Chih-Jen Lin "LIBSVM-A Library for Support Vector Machines" <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>.
- Kazutoshi Tanabe, Takio Kurita, Kenji Nishida, Bono Lucic,

- Dragan Amic, Takahiro Suzuki (2013) "Improvement of Carcinogenicity Prediction Performances Based on Sensitivity Analysis in Variable Selection of SVM Models" *SAR and QSAR in Environmental Research*, Vol. 24, No. 7-9, pp. 565-580.
- 田辺和俊, 栗田多喜夫, 西田健次, 鈴木孝弘 (2013) 「サポートベクター回帰を用いた158カ国の国債格付けの再現」『情報知識学会誌』23巻1号70-91頁.
- 田辺和俊, 鈴木孝弘 (2014) 「サポートベクターマシンを用いたエコロジカル・フットプリント値の決定要因の分析」『日本エネルギー学会誌』93巻12号1205-1211頁.
- 田辺和俊, 鈴木孝弘 (2014) 「サポートベクターマシンを用いた世界各国の幸福度の決定要因の実証分析」『経済分析』188号44-67頁.
- 田辺和俊, 鈴木孝弘 (2014) 「サポートベクターマシンを用いた世界各国の平均寿命の決定要因の実証分析」『厚生指標』61巻13号23-30頁.
- 田辺和俊, 鈴木孝弘 (2014) 「非線形回帰分析による世界各国の貧困の決定要因の解析」『海外社会保障研究』189号57-66頁.
- 田辺和俊, 鈴木孝弘 (2015) 「サポートベクターマシンを用いた所得格差の決定要因の実証分析」『情報知識学会誌』25巻3号223-242頁.
- 田辺和俊, 鈴木孝弘 (2015) 「平均寿命および健康寿命の都道府県格差の解析 - 非線形回帰分析による決定要因の探索 - 」『季刊社会保障研究』51巻2号198-210頁.
- Kevin McQuillan (2004) "When Does Religion Influence Fertility?" *Population and Development Review*, Vol. 30, Issue 1, pp. 25-56.
- Christoph Sax (2011) "Constraint or Choice? Disentangling Fertility Determinants by Switching Regressions" *Demographic Research*, Vol. 25, Article 23, pp. 723-754.
- Jennifer Van Hook, Claire E. Altman (2013) "Using Discrete-Time Event History Fertility Models to Simulate Total Fertility Rates and Other Fertility Measures" *Population Research and Policy Review*, Vol. 32, No. 4, pp. 585-610.
- W. Bradford Wilcox (2014) "Religion and Family around the Globe" <http://www.firstthings.com/web-exclusives/2014/10/religion-and-family-around-the-globe>.