

# 非線形回帰分析による世界各国の 平均寿命・健康寿命の要因分析

鈴木孝弘<sup>a</sup>・田辺和俊<sup>b</sup>

## Analysis of Determinants of Life Expectancy and Healthy Life Expectancy of Many Countries Using Nonlinear Regression

Takahiro SUZUKI<sup>a</sup>, Kazutoshi TANABE<sup>b</sup>

### Abstract

Social determinants of life expectancy attract much attention worldwide, and several papers were presented on statistical analysis of determinants using linear regression method (OLS). In this study, a large-scale experiment has been done to analyze determinants of life expectancy and healthy life expectancy of 156 countries using 44 explanatory variables of 5 fields and a non-linear regression support vector machine (SVM) technique. The SVM model shows that only 12 factors represent life expectancy of 156 countries with a higher accuracy of determination coefficient of 0.928, and only 9 factors represent healthy life expectancy of 156 countries with a higher accuracy of determination coefficient of 0.956 than previous works. It also shows that the health factors such as AIDS prevalence rate and health expenditures most significantly contribute to life expectancy and healthy life expectancy of 156 countries.

**Keywords** : Life expectancy; Healthy life expectancy; Determinant analysis; Nonlinear regression

## 1. はじめに

近年、健康の社会的決定要因が世界的に注目されている。その背景には、経済のグロー

---

<sup>a</sup> 東洋大学自然科学研究室 112-8606 東京都文京区白山 5-28-20

Natural Science Lab., Toyo University, 5-28-20 Hakusan, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8606, JAPAN

<sup>b</sup> 東洋大学現代社会総合研究所 112-8606 東京都文京区白山 5-28-20

Institute of Social Sciences, Toyo University, 5-28-20 Hakusan, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8606, JAPAN

バル化が進展し、絶対的な貧困層が減少しつつあり、次の課題は健康問題と考えられているからである。社会的な最下層に近い国ほど、平均寿命は短く、多くの疾病が見受けられ、世界の最長寿国と最短寿国とでは40歳以上の健康格差が存在する。また、近年では、単なる生存年齢である平均寿命でなく、個人の生活の質を重視する健康寿命が注目されている(WHO)。健康寿命でも世界の最長寿国(日本)と最短寿国とでは40歳近い差がある。

しかし、人間の健康、病気については遺伝等の先天的要因だけでなく、経済、社会、文化、環境等の後天的要因も関係するという認識が定着しつつある。このように、多数の要因が関与するという問題の複雑さのために、経済格差に関する研究の進展に比べると、健康要因解明の研究は遅れている。WHOは2003年、健康の社会的決定要因に関する意識の向上を目的として、“Social Determinants of Health: The Solid Facts”の第2版を公表し、2008年には最終報告書“Closing the gap in a generation: Health equity through action on the social determinants of health”を公表した(WHO)。これらの報告書では、健康の社会的決定要因として、社会格差、ストレス、幼少期、社会的排除、労働、失業、社会的支援、薬物依存、食品、交通の10項目を挙げている。

これら多数の要因の中で、寿命に対して影響を及ぼす要因、すなわち決定要因を解明するため、寿命と各種要因との相関を統計解析する実証研究が行われている(Mehrra & Nasibparast 2012)。しかし、要因と寿命との関係は単純な構造ではなく、複雑な階層構造を形成している(近藤 2005, 2010, 杉澤 2012)ため、個別的な相関分析から寿命の決定要因を明らかにすることは難しい。そこで、世界各国の寿命を目的変数、幾つかの指標を説明変数とし、重回帰分析により決定要因を探索する研究が行われてきた(Grosse & Perry 1982, Anand & Ravallion 1993, 古川 1996, Shaw et al. 2005, 古川 2005, Jaggar et al. 2008, Kabir 2008, Desbordes & Azemar 2008, Bergh & Nilsson 2009, Castello-Clement 2011, Holstein 2011, Fujikawa et al. 2011, Doytch et al. 2012, Bayati et al. 2013, Jaba & Balan 2013, Lee 2013, Minagawa 2013, Kim & Kim 2014, 長谷川 2014a, 2014b, Tareque et al. 2015)。

しかし、論文によって解析対象の国と説明変数の範囲が異なるため、決定要因の種類やその影響度について全く異なる結果が報告されている。解析対象の国については、1カ国(例えば日本のみ)、OECD加盟国、被援助国、あるいは地域(例えばアフリカのみ)のように対象を限定した研究が多く、世界中の多様な国を一括解析し、一般性の高い決定要因を探索した研究は見当たらない。また、説明変数についても、経済指標(GDPや失業率)、健康指標(医療費や病床数)のように、限定的分野の少数の変数を用いて解析しているため、回帰決定係数が低く、統計的に有意な結果が得られていない。このように解析対象や説明変数を限定した先行研究から得られた決定要因は信頼性の点で疑問がある。

さらに、先行研究における問題点の一つに線形重回帰分析の適用がある。なぜなら、相対所得仮説(Wilkinson 1992)が示すように、各種の指標と寿命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有効な対処策として、非線形回帰分析手法の適用が考えられる。しかし、非線形回帰分析を用いて寿命の決定要因を探索した研究は見当たらない。

そこで本研究では、世界中の多数国の平均寿命・健康寿命のデータを目的変数とし、健

康・医療，経済・社会，教育・文化等の多分野の多数の説明変数を用いて非線形回帰分析により一括解析し，それらの中から決定要因を探索する実証分析を行った。筆者の知る限り，寿命の決定要因について本研究のような大規模データを用いて精密な解析を行った先行研究は見当たらない。

## 2. 方法

### 2.1 平均寿命，健康寿命および説明変数

平均寿命と健康寿命は世界156カ国のデータをWHO，国連（UN），世界銀行（WB）等のホームページから入手した。Fig. 1に示すように，平均寿命（LE）と健康寿命（HALE）は全体的に平行関係にあり，相関はかなり高く（相関係数0.952），156カ国全体では

$$\text{HALE} = 1.08 \cdot \text{LE} - 18.8 \quad (1)$$

という関係が認められる。しかし，寿命が短い途上国では両者のばらつきがやや大きいため，平均寿命と健康寿命の決定要因にどのような違いがあるのかは興味深い。

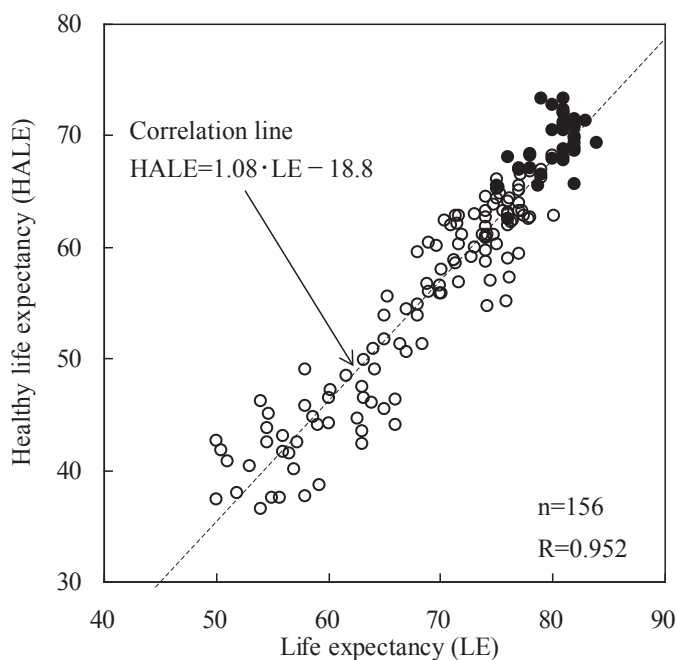


Fig. 1. Scatter plot of life expectancies vs healthy life expectancies of developed countries (filled circle) and developing countries (open circle) (dotted line: correlation line)

156カ国の内訳はTable 1に示すように、先進国38カ国、途上国118カ国（先進国・途上国の定義はWBによる）を含み、また、世界の全地域の国々が網羅されている。本研究ではこれら156カ国の平均寿命・健康寿命を一括して解析し、決定要因を探索したが、先進国と途上国、あるいは地域別のよう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、寿命の決定要因に関して一般性の高い結論を得るために、全156カ国を一括して解析した。

**Table 1.** Distribution of 156 countries

	Africa	America	Asia	Europe	Oceania	Total
Developed countries	0	4	6	26	2	38
Developing countries	48	25	32	10	3	118
Total	48	29	38	36	5	156

説明変数については、本研究では広範囲の説明変数の中から決定要因を探索するために、先行研究で用いられている指標をできるだけ採用することにし、WHO等の報告や多くの論文で検証されていること、世界中の多数の国についてデータが入手可能であること等の選択理由から、Table 2に示す44種の説明変数を採用した。

**Table 2.** Dependent and explanatory variables

Variable	Definition and unit	Field	Source
Life expectancy	Life expectancy at birth		WHO
Healthy life expectancy	Years that a person can expect to live in full health		WHO
Birth rate	Average annual number of births during a year per 1,000 persons	Health	WB
Suicide rate	Total rate deaths officially recorded as suicides per 100,000 population	Health	WHO
Health expenditure	Sum of public and private health expenditures per capita	Health	WHO
Hospital beds	Number of hospital beds per 1,000 population	Health	WHO
Physicians	Number of physicians per 1,000 population	Health	WHO
AIDS	Adult HIV/AIDS prevalence rate	Health	WHO
Malaria	Death rates associated with malaria	Health	WHO
Smoking prevalence	Percentage of men and women ages 15 and over who smoke daily	Health	WHO
Alcohol consumption	Alcohol consumption among adults (age 15+) in litres per capita per year	Health	WHO
Calorie intake	Daily calorie intake per capita in 10 <sup>3</sup> kcal	Health	FAO
Fat intake	Average daily fat intake per capita in gram	Health	FAO
Obesity	Rate of adults of body mass index over 30	Health	WHO
Marriage rate	Number of marriages per 1,000 population	Health	WHO
Divorce rate	Number of divorces per 1,000 population	Health	WHO
Happiness	Satisfaction with Life Index	Health	White
Gross domestic product	Per capita gross domestic product in 10 <sup>3</sup> \$	Economy	IMF
Inflation	Average annual rate of inflation	Economy	IMF

Tax rates	Total taxation as % of GDP	Economy	IMF
Gini coefficient	Measure of inequality of income	Economy	WB
Poverty rate	Poverty headcount ratio at national poverty line per population	Economy	WB
Unemployment rate	Rate of the number of unemployed individuals to all individuals currently in the labor force	Economy	IMF
Senior worker	Rate of economically active population ages 65 and over	Economy	ILO
Female worker	Labor participation rate, female (% of female population ages 15+)	Economy	ILO
Grain self-sufficiency rate	Proportion of domestic grains among those consumed in the country	Economy	FAO
Motor vehicle	Motor vehicles including cars, buses, and freight vehicles per 1,000 population	Economy	WB
Military expenditure	Military expenditure per capita in \$	Political	WB
Armed forces	Rate of armed forces personnel to total labor force	Political	WB
Murder Rate	Murder rate per 100,000 population	Social	WHO
Crime rate	Crime rate per 100,000 population	Social	ICPO
Education expenditure	Public expenditure on education per capita in \$	Education	WB
Literacy rate	Literacy rate of people ages 15 and above	Education	WB
Intelligence quotient	Ratio of tested mental age to chronological age	Education	Eutimes
School life expectancy	School life expectancy, primary to tertiary education	Education	UN
University	Percentage of high school graduates that successfully enroll into university	Education	WB
Internet	Internet users per 100 population	Culture	WB
Latitude	Average latitude of country	Geography	WB
Temperature	Average yearly temperature	Geography	WB
Urban population	Rate of people living in urban areas	Environment	WB
Terrestrial protected area	Rate of terrestrial protected areas to total land area	Environment	WB
Forest area	Forest areas per capita in m <sup>2</sup>	Environment	WB
Water access	Rate of population with access to improved water source	Environment	WHO
Electric power	Electric power consumption (kWh per capita)	Environment	WB
Air pollution	Country level of PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Environment	WHO
Climate	Climate Risk Index	Environment	GW

For more detailed definition of variables, see homepages of data sources.

以上の指標の内、人口当たりの数値が算出できるものはその数値を用いた。これらの指標の中には分布の偏りがかなり大きいものがあるので、各指標は対数を用いてできるだけ均一に分布するよう変換した後、0と1の間に正規化して解析に用いた。なお、説明変数が44種もあるため、変数間の相互相関係数は紙面の都合上、割愛せざるを得ない。ただし、本研究で用いた非線形回帰分析手法（下記のSVM）では、先行研究で用いられている線形重回帰分析と異なり、変数間に強い相関がある場合でも解析可能であり、多重共線性問題は発生しない。

## 2.2 解析手法

非線形解析手法の中で近年注目されているサポートベクターマシン (SVM) (大北 2005, 小野田 2007, 阿部 2011) は, 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, そこで線形回帰を行う。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, 高速処理が可能, 最適解が一義的に求まる等の利点があるため, 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。

そこで本研究ではSVMを用いて多数の説明変数の中から決定要因の探索を行った。SVMのソフトウェアはLIBSVM ver.2.89 (Chang & Lin) の回帰機能 ( $\epsilon$ SVR), カーネル関数はRBFを用いた。候補説明変数の中から決定要因を探索するためにはSVMの3種のモデルパラメータ,  $g$  (RBFカーネルの $\gamma$ ),  $c$  (cost),  $p$  (loss functionの $\epsilon$ ), および説明変数の最適化が必要である。そこで, 交差検証法と, 感度分析法 (Tanabe et al. 2013) (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) の2つを組み合わせた以下の手順を用いた。

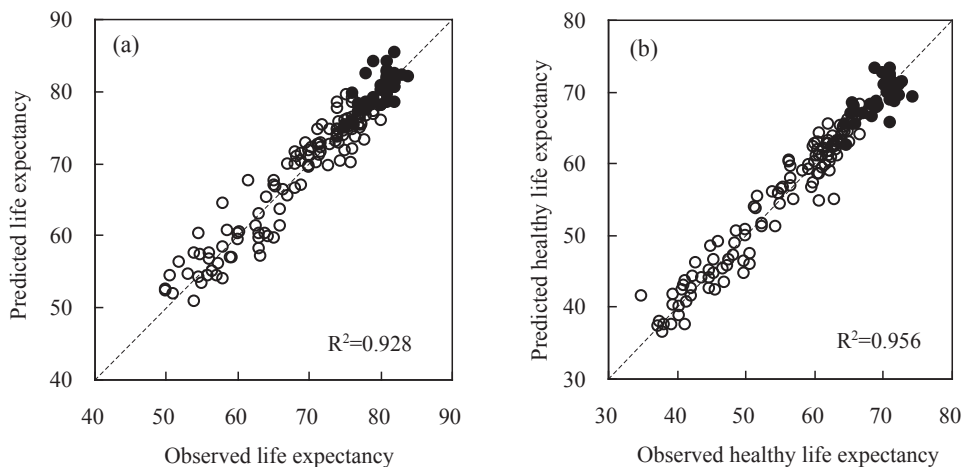
- ①156カ国を10群に分割し, 第1群を予測セット, その他の群をまとめて学習セットとする。
- ②学習セットについて3つのパラメータ $g$ ,  $c$ ,  $p$ をグリッドサーチしてRMSEの最小点を探し, このモデルに予測セットの指標値を入力して寿命の予測値を求める。
- ③第2群以下の各群を予測セットとして以上の操作を繰り返し, 全データのRMSEを求める。
- ④各指標の感度を求めるために, 当該指標は実際の数値に設定し, その他の指標は平均値に設定したデータを予測セットとしてモデルに入力し, 出力値を求める。
- ⑤当該指標の設定値を説明変数, 出力値を目的変数とする単回帰分析を行い, 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

以上の方法により, 156カ国の平均寿命と健康寿命について, 全44種の説明変数から出発してSVMモデルを最適化した結果, Table 3に示すような決定要因の数と, その時の回帰モデルの予測精度が得られた。決定要因は平均寿命12種, 健康寿命9種という少数であるにもかかわらず, Fig. 2に示すように, 156カ国もの多数国の平均寿命と健康寿命が高い精度で再現されている。

**Table 3.** Numbers of determinants, and SVM regression results

	Number of determinants	Root mean squared error (RMSE)	Coefficient of determination (R <sup>2</sup> )
Life expectancy	12	2.40	0.928
Healthy life expectancy	9	2.13	0.956



**Fig. 2.** Scatter plot of observed versus predicted (a) life expectancies and (b) healthy life expectancies of developed countries (filled circle) and developing countries (open circle)

以上の結果に対し、平均寿命・健康寿命の決定要因を探索した先行研究の中で最多の国を解析したのはBergh & Nilsson (2009)であるが、国数は92カ国にすぎず、また説明変数が国民1人当たりの国内総生産、人口比率、教育年数、医師数等で説明能力に欠けているため、平均寿命の予測値と実測値との回帰決定係数は0.529ときわめて低い。また、最多の説明変数を用いたのはDoytch et al. (2012)であるが、国数が29カ国に対し10種もの変数を用いたにもかかわらず、得られた回帰決定係数は0.712と低い。以上の結果は、各種指標と寿命との関係は非線形性が高いため、先行研究で用いられている線形重回帰分析では精度の良い結果を得ることが難しく、寿命の決定要因に関して信頼性の高い結果を得るためにはSVM等の非線形解析手法の適用の必要性を示している。

決定要因の内訳とそれらの感度、および式

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

(ここで、 $S_i$ は決定要因  $i$  の感度、 $n$ は決定要因の数) により算出した寿命への寄与率を Table 4に示す。

**Table 4.** Determinants, their sensitivities (S), and contribution rates (C) of life expectancy and healthy life expectancy of 156 countries

Life expectancy				Healthy life expectancy			
No	Determinant	S	C	No	Determinant	S	C
1	AIDS	-0.304	34.1	1	AIDS	-0.322	37.1
2	Health expenditure	0.247	22.6	2	Health expenditure	0.200	14.3
3	Marriage rate	-0.186	12.8	3	Birth rate	-0.193	13.3
4	Suicide rate	-0.144	7.7	4	Happiness	0.183	11.9
5	Electric power	0.120	5.3	5	Poverty rate	-0.166	9.9
6	Intelligence quotient	0.109	4.4	6	Malaria	-0.118	4.9
7	Water access	0.104	4.0	7	University	0.109	4.2
8	Birth rate	-0.091	3.1	8	Suicide rate	-0.082	2.4
9	Poverty rate	-0.079	2.3	9	Marriage rate	-0.074	1.9
10	Inflation	-0.072	1.9				
11	Armed forces	0.062	1.4				
12	Malaria	-0.034	0.4				

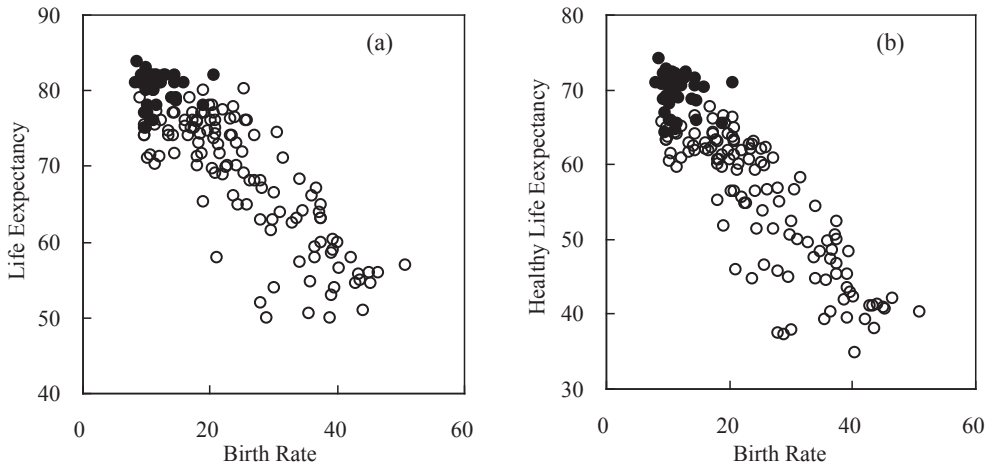
まず、平均寿命と健康寿命に対する決定要因の違いを考察すると、平均寿命12種、健康寿命9種の決定要因の中で共通するものは、エイズ感染率、医療費、結婚率、自殺率、出生率、貧困率、マラリア死亡率の7種であり、平均寿命にのみ影響する要因は、電力使用量、知能指数、上水道普及率、インフレ率、軍人比率の5種である。このことから、人間の生存年齢を示す平均寿命には、健康寿命に影響する要因以外に、これらの社会経済要因が関係していることがわかる。

共通要因7種の中で、エイズ感染率、医療費の2要因だけで平均寿命への寄与率57%、健康寿命51%を占め、これらの医療制度の充実が世界各国、特に途上国の延命にとって重要な要因であることがわかる。一方、自殺率と貧困率については、それらが高い国ほど寿命が短いという当然の結果である。しかし、結婚率と出生率については、それらの感度が負であるということから、結婚率や出生率の高い国は短寿という結果になるが、これはFig. 3のように、経済発展の低い途上国ほど結婚率や出生率が高く、寿命は短い、逆に先進国ほど結婚率や出生率が低く、寿命は長いという世界的な傾向を示していると解釈できる。

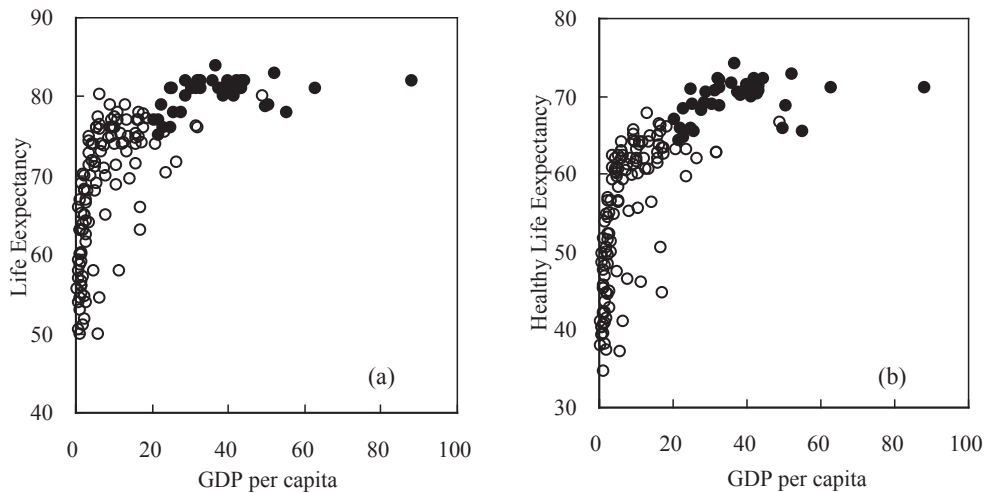
しかし、本研究ではこれらの指標以外に多数の医療・健康要因を説明変数に取り上げたが、どれも決定要因にはならなかった。一方、先行研究で導かれた決定要因は解析対象が先進国、途上国であるかにより異なっている。Shaw et al. (2005) はOECD19カ国の平均寿命の決定要因としてタバコ、アルコール、脂肪、野菜の摂取量を挙げた。一方、Kabir (2008) は途上国91カ国の平均寿命の解析から、栄養不足度、医師数、医療費、出生率等を決定要因としている。これらの結果は、先進国では喫煙、飲酒、肥満等の生活習慣因子の影響が大きいが、途上国では医療水準因子の影響が大きいかを示唆する。したがって、本研究において生活習慣因子が寿命の決定要因にならなかったのは、解析した156カ国の内で先進国の比率が低いためと考えられる。

最後に、経済指標の影響度として、所得格差と健康との関係に関する相対所得仮説



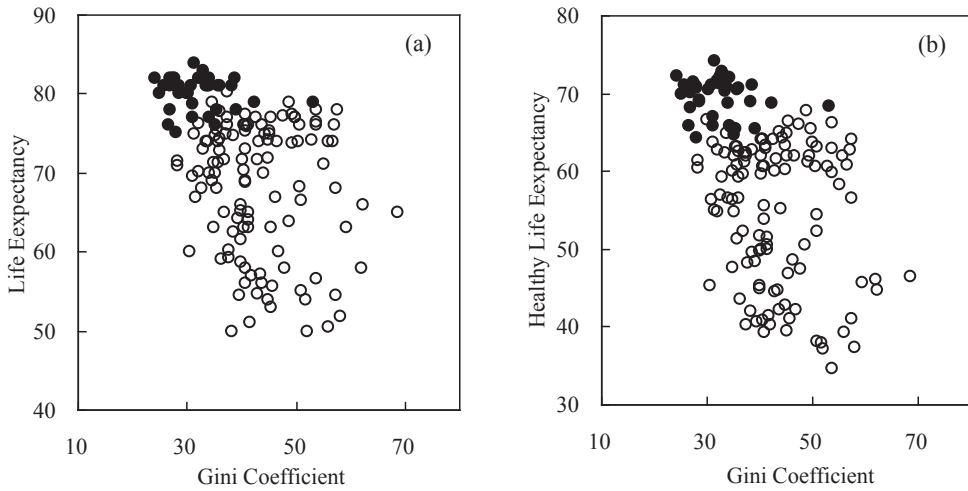


**Fig. 3.** Scatter plot of birth rates versus (a) life expectancies and (b) healthy life expectancies of developed countries (filled circle) and developing countries (open circle)

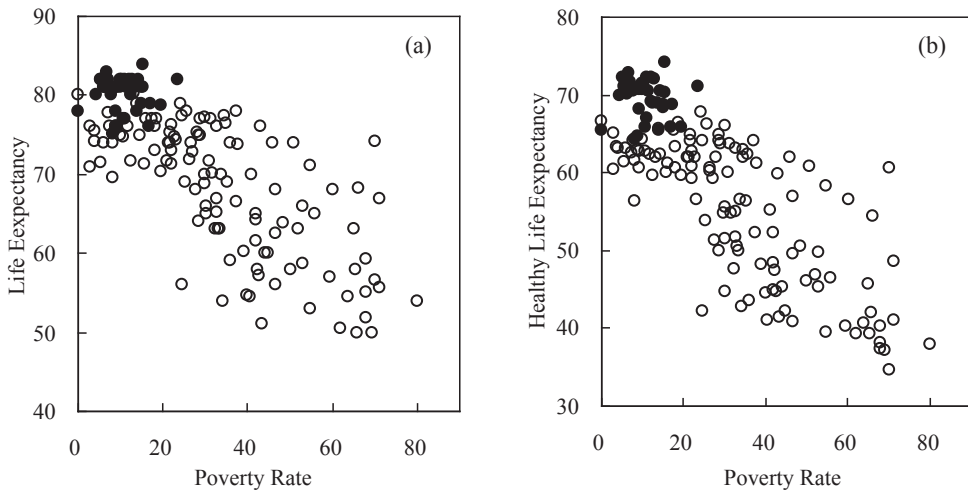


**Fig. 4.** Scatter plot of GDP per capita versus (a) life expectancies and (b) healthy life expectancies of developed countries (filled circle) and developing countries (open circle)

(Wilkinson 1992) を考察する。経済指標については最初、所得と平均寿命の関係が調べられ、貧困国ほど寿命が短いという関係があると報告された。しかし、この関係は貧困国のみに成立し、先進国では所得が向上しても寿命は伸びないことが判明した。そこで、次に見出されたのが、所得格差の大きい国ほど寿命が短いという相対所得仮説である。しかし、この仮説については多くの反証が出されており、結論が出ていない。本研究のデータでは、Fig. 4に示すように、世界156カ国のGpC (GDP per capita) に対して平均寿命の相関係数は0.681、健康寿命は0.717とかなり高いが、感度はきわめて低く、両寿命の決定要



**Fig. 5.** Scatter plot of Gini coefficients versus (a) life expectancies and (b) healthy life expectancies of developed countries (filled circle) and developing countries (open circle)



**Fig. 6.** Scatter plot of poverty rates versus (a) life expectancies and (b) healthy life expectancies of developed countries (filled circle) and developing countries (open circle)

因でない。一方、ジニ係数はFig. 5に示すように、相関係数は $-0.414$ 、 $-0.461$ と低く、相対所得仮説を支持しない。これに対して、本研究の結果では貧困率が両寿命の決定要因になり、寄与率は低いが、寿命に寄与している。

この相対所得仮説の成否については、さらに多くのデータを用いた検証が必要である。ただし、国民所得は健康寿命に対する直接的影響は低いが、他の健康、政治、環境、生活・文化等の分野の水準の向上に大きな影響を与えることは明らかである。すなわち、GpCに

対して医療費（相関係数0.964）、教育費（0.960）、軍事費（0.830）等、相関の高い指標が多数存在する。したがって、経済的要因は平均寿命や健康寿命に対して直接的影響は低いですが、間接効果は大きいといえる。

#### 4. 結論

世界156カ国の健康寿命を目的変数、健康、経済、政治・社会、教育・文化、地理・環境の5分野の44種の指標を説明変数として用い、SVMモデルを学習し、感度分析法により指標を最適化した。その結果、9種の指標で世界156カ国の健康寿命が回帰決定係数( $R^2$ ) 0.926という先行研究よりはるかに高い精度で再現できること、および、9種の指標の中では乳児死亡率や医療費等の健康要因の影響度が全体の過半を占めることが明らかになった。

しかし、本研究の結果にも幾つかの課題がある。第1は本研究の結論の一般性の検証である。すなわち、WHOの報告書や先行研究によれば、平均寿命・健康寿命を決定している要因には本研究で取り上げた指標以外に、住居、家族・友人、余暇・趣味・ボランティア活動等、様々な要因が挙げられている。しかし、これらの要因は少数の国しか指標の数値がないため、多数の国を統一的に扱う本研究では採用できなかった。したがって、これらの指標のデータを何らかの方法で入手して解析を行い、その結果を検証することは今後の課題である。

本研究の結果では、健康寿命に対する経済的指標の直接的効果は低いですが、間接効果は大きいことが明らかになった。健康の社会的決定要因については階層構造を形成すると考えられており（近藤 2005, 2010, 杉澤 2012）、このような階層構造を考慮した健康寿命の決定要因の分析は本研究の結果の展開として重要なテーマであるので、今後の課題として検討していきたいと考えている。

#### 参考文献

- Anand, S. and Ravallion, M. (1993) "Human Development in Poor Countries: On the Role of Private Incomes and Public Services," *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 7, No. 1, pp. 133-150.
- Bayati, M., Akbarian, R., and Kavosi, Z. (2013) "Determinants of Life Expectancy in Eastern Mediterranean Region: A Health Production Function," *International Journal of Health Policy and Management*, Vol. 1, Issue 1, pp. 65-71.
- Bergh, A. and Nilsson, T. (2009) "Good for Living? On the Relation between Globalization and Life Expectancy," *World Development*, Vol. 38, No. 9, pp. 1191-1203.
- Castello-Climent, A. (2011) "Channels through Which Human Capital Inequality Influences Economic Growth," *Journal of Human Capital*, Vol. 4, No. 4, pp. 394-450.

- Chang, C. C. and Lin, C. J. "LIBSVM: A Library for Support Vector Machines,"  
<http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>.
- CIA, "United States Central Intelligence Agency Factbook,"  
<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/rankorderguide.html>.
- Credit Suisse, "Global Wealth Databook,"  
[http://www.cfainstitute.org/learning/products/publications/contributed/pages/global\\_wealth\\_databook\\_2012\\_-\\_credit\\_suisse.aspx](http://www.cfainstitute.org/learning/products/publications/contributed/pages/global_wealth_databook_2012_-_credit_suisse.aspx).
- Desbordes, R. and Azemar, C. (2008) "Public Governance, Health and Foreign Direct Investment in Sub-Saharan Africa," *Journal of African Economies*, Vol. 18, No. 4, pp. 667-709.
- Doytch, N., Kelly, I. R., and Dave, D. M. (2012) "Global Health and the Economy," *Human Biology Review*, Vol. 1, No. 1, pp. 100-122.
- Eutimes, "The European Union Times," <http://www.eutimes.net/2009/11/iq-by-country/>.
- FAO, "United Nations Food and Agriculture Organization Statistics Division,"  
<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>.
- Fujikawa, A., Suzue, T., Jitsunari, F., and Hirao, T. (2011) "Evaluation of Health-related Quality of Life Using EQ-5D in Takamatsu, Japan," *Environmental Health and Preventive Medicine*, Vol. 16, No. 1, pp. 25-35.
- Gallup, "Gallup Global Reports,"  
<http://www.gallup.com/poll/142727/religiosity-highest-world-poorest-nations.aspx#2>.
- Grosse, R. N. and Perry, B. H. (1982) "Correlates of Life Expectancy in Less Developed Countries," *Health Policy and Education*, Vol. 2, No. 3 / 4, pp. 275-304.
- Holstein, A. (2011) "Public Subsidy of Health Care and Health Outcomes in OECD Countries," *International Business & Economics Research Journal*, Vol. 6, No. 12, DOI: 10.19030/iber.v6i12.3438.
- ICPO, "International Criminal Police Organization Online Databases,"  
<http://www.uia.be/s/or/en/1100039431>.
- ILO, "International Labour Union LABORSTA," <http://laborsta.ilo.org/>.
- IMF, "International Monetary Fund World Economic Outlook Database,"  
<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2013/01/weodata/index.aspx>.
- Jaba, E. and Balan, C. B. (2013) "The Variation of Healthy Life Expectancy and Health Expenses in Europe," *Annals of the Alexandru Ioan Cuza University Economics*, Vol. 59, Issue 2, pp. 83-91.
- Jagger, C., Gillies, C., Moscone, F., Cambois, E., Van Oyen, H., Nusselder, W., Robine, J-M., and the EHLEIS team (2008) "Inequalities in Healthy Life Years in the 25 Countries of the European Union in 2005: A Cross-national Meta-regression Analysis," *Lancet*, Vol. 372, No. 9656, pp. 2124-2131.
- Kabir, M. (2008) "Determinants of Life Expectancy in Developing Countries," *The Jour-*

- nal of Developing Areas*, Vol. 41, No. 2, pp. 185-204.
- Kim, J. I. and Kim, G. (2014) "Labor Force Participation and Secondary Education of Gender Inequality Index (GII) Associated with Healthy Life Expectancy (HLE) at Birth," *International Journal for Equity in Health*, Vol. 106, <http://www.equityhealthj.com/content/13/1/106>.
- Lee, J-H. (2013) "The Influence of Alcohol Consumption on Income and Health: Empirical Evidence from a Panel of OECD Countries," *Seoul Journal of Economics*, Vol. 26, No. 2, pp. 255-282.
- Mehrra, M. and Nasibparast, S. (2012) "Determinants of Health Status in Developing Countries: A Bayesian Econometric Approach," *International Journal of Social Science Tomorrow*, Vol. 1, No. 6, pp. 1-7.
- Minagawa, Y. (2013) "Inequalities in Healthy Life Expectancy in Eastern Europe," *Population and Development Review*, Vol. 39, Issue 4, pp. 649-671.
- OECD, "Organisation for Economic Co-operation and Development Statistics," <http://www.oecd.org/statistics/>.
- Shaw, J. W., Horrace, W. C., and Vogel, R. J. (2005) "The Determinants of Life Expectancy: An Analysis of the OECD Health Data," *Southern Economic Journal*, Vol. 71, No. 4, pp. 768-783.
- Tanabe, K., Kurita, T., Nishida, K., Lučić, B., Amić, D., and Suzuki, T. (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, pp. 565-80.
- Tareque, M. I., Saito, Y., and Kawahara, K. (2015) "Healthy Life Expectancy and the Correlates of Self-rated Health in an Ageing Population in Rajshahi District of Bangladesh," *Ageing & Society*, Vol. 35, No. 5, DOI 10.1186/s12889-015-1640-6.
- UN, "United Nations Development Program Human Development Report," <http://hdr.undp.org/en/>.
- WB, "World Bank World Development Indicators," <http://data.worldbank.org/indicator>; "World Bank Global Development Network Growth Database," <http://econ.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/EXTDEC/EXTRESEARCH/0,,contentMDK:20701055~pagePK:64214825~piPK:64214943~theSitePK:469382,00.html>.
- White, A. (2007) "A Global Projection of Subjective Well-being: A Challenge to Positive Psychology," *Psychtalk*, Vol. 56, pp. 17-20.
- WHO "The World Health Report 2003: Shaping the future" World Health Organization, 2003.
- WHO "Closing the Gap in a Generation: Health Equity through Action on the Social Determinants of Health," [http://whqlibdoc.who.int/hq/2008/WHO\\_IER\\_CSDH\\_08.1\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2008/WHO_IER_CSDH_08.1_eng.pdf) : 一世代のうちに格差をなくそう : 健康の社会的決定要因に対する取り組みを通じた健康の公平性, [http://sdh.umin.jp/translated/2008\\_csdh.pdf](http://sdh.umin.jp/translated/2008_csdh.pdf).

WHO “Social Determinants of Health: The Solid Facts,”

[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/98438/e81384.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/98438/e81384.pdf): 健康の社会的決定要因：確かな事実の探究第2版,

<http://www.tmd.ac.jp/med/hlth/whocc/pdf/solidfacts2nd.pdf>.

WHO “Healthy Life Expectancy (HALE) at Birth,”

[http://www.who.int/gho/mortality\\_burden\\_disease/life\\_tables/hale\\_text/en/](http://www.who.int/gho/mortality_burden_disease/life_tables/hale_text/en/).

WHO “World Health Organization World Health Statistics,”

[http://www.who.int/publications/world\\_health\\_statistics/en/index.html](http://www.who.int/publications/world_health_statistics/en/index.html).

Wilkinson, R. G. (1992) “Income Distribution and Life Expectancy,” *British Medical Journal*, Vol. 304, No. 6829, pp. 165-168.

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.

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.

近藤克則 (2005) 『健康格差社会－何が心と健康を蝕むのか』 医学書院.

近藤克則 (2010) 「幸福・健康の社会的決定要因－社会疫学の視点から」『科学』第80巻, pp. 290-294.

杉澤秀博 (2012) 「健康の社会的決定要因としての社会関係：概念と研究の到達点の整理」『季刊・社会保障研究』第48巻, pp. 252-265.

長谷川卓志 (2014a) 「平均寿命, 健康寿命を規定する要因について－EU27カ国に関する研究」『社会医学研究』第31巻1号, pp. 53-58.

長谷川卓志 (2014b) 「欧州連合における平均寿命, 健康寿命と主観的健康感について」『日本老年医学会雑誌』第51巻2号, pp. 44-150.

古川俊之 (1996) 『寿命の数理』 朝倉書店.

古川雅一 (2005) 「社会経済的環境を考慮した被援助国データによる出生時平均余命及び乳児死亡率の決定要因分析」『日本衛生学雑誌』第60巻3号, pp. 335-344.