

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

タナベ カズシ スズキ タカヒロ
田辺 和俊*¹ 鈴木 孝弘*²

目的 平均寿命の決定要因を解明するために、世界各国の平均寿命のデータを目的変数、多種多様な指標を説明変数として用い、非線形回帰分析手法であるサポートベクターマシン (SVM) により解析する大規模実証分析を試みる。

方法 世界161カ国の平均寿命について健康、経済、政治・社会、教育・文化、地理・環境の5分野の42種の指標を用いてSVMモデルを学習し、感度分析法により指標を最適化した。

結果 13種の指標で世界161カ国の平均寿命を平均二乗誤差 (RMSE) 2.39, 決定係数 (R^2) 0.926 という高い精度で再現するモデルを作成できた。

結論 13種の要因の中では乳児死亡率や医療費等の影響度が全体の過半を占め、長寿には健康要因が最も重要であることが明らかになった。

キーワード 平均寿命, 決定要因分析, 非線形重回帰分析, サポートベクターマシン

I 緒 言

近年、健康の社会的決定要因の解明が世界的に注目されている。その背景には、経済のグローバル化が進展し、世界の多くの国で絶対的な貧困層が減少する¹⁾一方、人口の高齢化が進行し²⁾、次の課題は健康問題と考えられているからである。社会的な最貧層に近いほど多くの疾病が見受けられ、平均寿命は短く、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している³⁾。20世紀後半以降、人類の健康や病気が遺伝的特質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によっても影響されることが広く認められるようになった。WHOは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、2003年にSocial Determinants of Health: The Solid Factsの第2版⁴⁾を、2008年には最終報告書Closing the gap in a generation: Health equity through action

on the social determinants of health⁵⁾を公表した。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、幼少期の教育、社会的排除、労働条件、失業、社会的支援、薬物依存、食品、交通の10項目をあげている。

健康の社会的決定要因についてはいくつかのレビューがある⁶⁾⁻¹²⁾。また、統計学的手法を用いて決定要因を解析した先行研究では、平均寿命を目的変数、いくつかの指標を説明変数とし、線形重回帰 (Ordinary Least Squares, 以下、OLS) により決定要因を探索している¹³⁾⁻²⁴⁾。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)¹⁷⁾、OECD加盟国¹⁶⁾、被援助国¹³⁾¹⁴⁾、あるいは地域 (例えばアフリカのみ)²⁰⁾²⁴⁾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解析した研究は少ない。最多の国を解析してい

* 1 東洋大学現代社会総合研究所客員研究員 * 2 同経済学部経済学科教授

るのはBerghら²¹⁾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 (GpC)、教育年数、医師数等で説明能力に欠けているためか、平均寿命の予測値と実測値との回帰決定係数 (以下、 R^2) が低い。また、説明変数についても経済指標 (GDPやGpC) のみ⁷⁾⁸⁾¹⁰⁾、あるいは経済指標と健康指標 (医療費や乳児死亡率) のみ¹⁶⁾¹⁸⁾²⁰⁾のように、少数の説明変数に限定した研究が多く、多数の候補指標の中から決定要因を探索した論文は見当たらない。このように解析対象や説明変数を限定した研究から得られている決定要因は一般性の点で疑問がある。

さらに、先行研究では解析手法としてOLS等の線形回帰分析が用いられているが、多くの先行論文における R^2 の低い一因はOLSの適用にあると考えられる。なぜなら、各種の指標と平均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して1つの対処策と考えられるのが人工ニューラルネットワーク (Artificial Neural Network, 以下、ANN)²⁵⁾⁻²⁷⁾の適用である。ANNは人間の脳が学習する仕組みをコンピュータ上で実現するものであり、OLSと異なり、目的変数と説明変数の間の関係式をあらかじめ仮定する必要がなく、あらゆる相関関係の解析が可能である。しかし、ANNは解析能力が高い反面、過学習や局所解等、多くの問題があるため、最適なモデルの構築が難しいことが指摘されている²⁸⁾⁻³⁰⁾。一方、近年注目されているサポートベクターマシン (Support Vector Machine, 以下、SVM)³¹⁾⁻³³⁾はANNと同様の非線形解析手法であるが、カーネルと呼ぶ非線形関数を用いて写像した後、線形解析を行うことにより、ANNと比較して飛躍的な高速処理が可能になる。また、SVMでは最適解が一義的に求まるため、ANNで深刻な局所解の問題がない。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、ANNでは解析不可能な大規模問題にも適用されている。しかし、ANNやSVM等の非線形回帰手法を平均寿命の決定要因解析に適用した研究はない。

そこで本研究では、世界161カ国の平均寿命のデータを目的変数とし、健康、経済、政治・社会、教育・文化、地理・環境の5分野の42種の指標を説明変数として用いてSVMにより解析し、変数最適化により多数の指標の中から平均寿命の決定要因を探索する実証分析を行った。筆者の知る限り、平均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。

Ⅱ 方 法

(1) 平均寿命および各種指標のデータ

平均寿命および各種指標のデータは出典により様々な数値が存在するので、本研究では複数のデータ源から入手したデータをクロスチェックし、信頼性が高いと思われるデータを採用した。平均寿命 (男女の平均) は最新年の161カ国のデータをWHO³⁴⁾、国連 (UN)³⁵⁾、世界銀行 (WB)³⁶⁾等のホームページから入手した。161カ国の内訳は先進国40カ国、途上国121カ国であり (先進国・途上国の定義はWBによる)、また、最長寿国の日本 (平均寿命83.9歳) から最短寿国のスワジランドおよびギニアビサウ (平均寿命50歳) まで様々な平均寿命の、かつ世界の全地域の国々が網羅されている (平均寿命の最小値としてはスワジランドの31.9歳があるが、この数値は他のデータ源の数値より著しく低いため採用しなかった。また、世界最長寿国はモナコの89.7歳であるが、同国は以下の説明変数の一部が欠落しているため、解析対象にできなかった)。本研究では、平均寿命の決定要因としてできるだけ一般性の高い結果を得るために、これら161カ国を一括して解析したが、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、次に記すように、説明変数として42種もの指標を採用したので、モデルの頑健性 (一般に重回帰分析では説明変数の3倍程度以上のデータが必要であるとされる) の点から一括モデルを採用した。

説明変数については、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理由から、表1に示す42種の候補指標を採用した。ただし、WHOの報告書⁴⁶⁾等において平均寿命と乳児死亡率が健康水準を表す指標として用いられているため、乳児死亡率を説明変数に取り上げた点には異論があるかもしれない。しかし、平均寿命と乳児死亡率との相関を調べると、161カ国全体での相関係数は-0.932と高いが、平均寿命70歳以下の54カ国では相関係数は-0.740に低下し、平均寿命と乳児死亡率とは関連が低い。そこで、本研究では乳児死亡率を

説明変数に採用したが、先行研究においても乳児死亡率を説明変数に採用した論文はある¹²⁾²²⁾。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(表1)。表1に示す各指標の記述統計量からわかるように、指標の中には分布の偏りが大きいものがあるので、対数関数等を用いて最大値と最小値の間にできるだけ均一に分布するよう変換し、数値0と1の間に規格化して解析に用いた。なお、説明変数が42種もあるため、変数間の相互相関係数は紙面の都合上、掲載しない。ただし、SVMによる解析ではOLSと異なり、変数間に強い相関

表1 使用した目的変数(平均寿命)と説明変数42種の定義、単位および記述統計

分野	指標	定義 ²⁾ (単位)	平均	S.D.	最小	最大	歪度	文献番号
	平均寿命	0歳児の平均生存年数						34, 35, 36
健康	乳児死亡率 ³⁾	1,000出産当たりの生後1年未満の年間死亡率	32.1	29.3	2.4	117.4	1.01	35, 36
健康	出生率 ³⁾	1,000人当たりの年間出生数	21.8	10.6	8.2	50.9	0.71	36, 37
健康	自殺率 ³⁾	10万人当たりの自殺者数	9.69	7.13	0.10	35.10	1.06	34, 37
健康	医療費 ³⁾	1人当たりの医療費支出(10 ³ \$)	1.24	1.54	0.00	8.96	2.07	34, 36
健康	病床数 ³⁾	1,000人当たりの病院のベッド数	3.15	2.58	0.00	14.00	1.24	34, 36
健康	医師数 ³⁾	1,000人当たりの医師の数	1.60	1.38	0.01	5.44	0.59	34, 36
健康	喫煙率 ³⁾	日常喫煙者の全人口に占める比率	21.7	8.1	6.0	44.2	0.30	34, 36
健康	飲酒量 ³⁾	1人当たりのアルコールの年間消費量(litre)	5.89	4.71	0.01	21.13	0.60	34, 37
健康	摂取カロリー ³⁾	1人当たりの1日平均摂取カロリー(10 ³ kcal)	2.89	0.50	1.60	3.83	0.01	38
健康	脂肪摂取量 ³⁾	1人当たりの1日平均脂肪摂取量(g)	80.6	36.5	12.0	167.5	0.56	38
健康	肥満度 ³⁾	BMI30以上の国民の比率	16.2	9.8	1.0	57.9	0.52	34, 37
健康	婚姻率 ³⁾	1,000人当たりの年間婚姻届出件数	5.86	2.67	0.20	16.70	0.98	35, 37
健康	離婚率 ³⁾	1,000人当たりの年間離婚届出件数	1.53	1.15	0.01	6.88	1.45	35, 37
健康	信仰度 ³⁾	宗教を重要と考える国民の比率	75.9	22.2	21.6	99.5	-0.86	39
経済	国内総生産 ³⁾	1人当たりの国内総生産(10 ³ \$)	16.5	17.4	0.4	103.9	1.82	36, 40
経済	経済成長率	国内総生産の対前年増加率	3.69	2.91	-1.80	23.19	2.23	36, 40
経済	税収	税収の国内総生産に対する比率	29.7	11.9	6.6	70.3	0.83	36, 40
経済	家計資産 ³⁾	各世帯の家計が保有する資産(10 ³ \$)	39.3	71.7	0.1	426.8	2.51	41
経済	家計消費 ³⁾	各世帯の家計の1年間の消費金額(10 ³ \$)	4.08	5.51	0.00	26.80	1.86	36, 37
経済	ジニ係数 ³⁾	所得分配の不平等さを測る指標	40.3	9.2	24.2	68.6	0.69	35, 36
経済	貧困率 ³⁾	所得が低い貧困層の比率	28.2	19.4	2.8	80.0	0.82	35, 36
経済	失業率 ³⁾	労働力人口に対する失業者数の比率	12.5	11.0	0.6	68.6	2.22	35, 40
経済	高齢者労働率 ³⁾	65歳以上の経済活動人口の比率	36.4	24.1	0.9	83.5	0.35	42
経済	穀物自給率	穀物の全消費量に占める国内生産量の比率	73.4	56.3	0.0	264.0	0.90	38
経済	自動車保有台数 ³⁾	1,000人当たりの自動車保有台数	218.1	220.6	2.0	797.0	0.89	35, 36
政治	軍事費 ³⁾	1人当たりの軍事費支出(\$)	37.6	67.9	0.0	568.9	4.45	36, 43
政治	兵士数 ³⁾	労働力人口に占める兵士数の比率	1.33	1.49	0.00	8.97	2.40	36
社会	殺人件数 ³⁾	10万人当たりの殺人件数	10.1	10.8	0.7	65.2	2.00	34, 35
社会	犯罪率 ³⁾	10万人当たりの犯罪認知件数	2.68	3.22	0.01	13.55	1.63	35, 44
教育	教育費 ³⁾	1人当たりの教育費支出(\$)	87.1	94.2	1.1	459.5	1.53	35, 36
教育	識字率 ³⁾	15歳以上の人口における識字率	83.6	18.8	22.4	99.9	-1.31	35, 36
教育	知能指数 ³⁾	知能検査による精神年齢の暦年齢に対する比率	84.6	11.5	59.0	106.0	-0.23	45
教育	就学年数	初等教育から高等教育までの平均就学年数	11.5	2.7	3.9	17.9	-0.56	35
教育	大学進学率 ³⁾	大学入学者数の入学相当年齢人口に対する比率	32.6	26.3	0.8	102.4	0.56	35, 36
文化	インターネット普及度 ³⁾	100人当たりのインターネット利用者数	43.0	29.6	1.3	97.8	0.13	35, 36
地理	平均緯度	国の平均緯度	26.4	17.3	0.0	64.0	0.28	36
環境	都市人口率 ³⁾	都市域に居住する人口の比率	56.3	23.1	10.7	100.0	-0.12	35, 36
環境	自然保護率	自然保護地域の国土面積に対する比率	12.6	10.0	0.0	53.7	1.16	35, 36
環境	森林面積 ³⁾	1人当たりの森林面積(m ²)	12.8	31.8	0.0	282.9	5.75	36, 38
環境	水道普及率 ³⁾	水道等で水にアクセス可能な人口の比率	86.8	16.1	40.0	100.0	-1.29	34, 36
環境	電化率 ³⁾	電気にアクセス可能な人口の比率	74.1	33.7	3.0	100.0	-0.92	35, 36
環境	大気汚染度	大気中のPM10の濃度(μg/m ³)	47.4	31.9	6.0	166.0	1.52	34, 36

注) 1) S.D.: 標準偏差。
 2) 各指標のより詳細な定義については各データベースのホームページを参照されたい。
 3) 人口当たりの数値を使用。

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) サポートベクターマシンによる解析

本研究では非線形回帰分析手法であるSVMを用いて161カ国の平均寿命と42種の説明変数のデータを解析した。SVMのソフトウェアはLIBSVM ver. 3.11⁴⁷⁾の回帰機能(Support Vector Regression, SVR)を、カーネル関数はRBF(Radial Basis Function, 動径基底関数)を用いた。LIBSVMのSVRでは g (RBFカーネルの γ)、 c (cost)、 p (Loss Functionの ϵ)の3種のパラメータの最適化を行い、モデルを構築する必要がある(SVMの原理や用語の意味については成書³¹⁾⁻³³⁾を参照されたい)。また、一般に重回帰分析では、有効でない説明変数を追加すると過学習状態に陥り、学習セットに対する誤差は減少するが、予測セットについての誤差は増大する。したがって、必要最小限の説明変数を抽出する操作「変数選択」が不可欠である。本研究において平均寿命の決定要因を探索するためには、上記42種の説明変数の中から最適の組み合わせを探索する必要がある。しかし、変数の組み合わせを変える度に上記のパラメータも最適化しなければならないため、迅速な変数選択法が必要である。変数選択にはこれまでに種々の手法が提案されているが、既存の方法はいずれも迅速性の点で問題があり、本研究の変数選択法としては採用できなかった。

そこで本研究では、平均寿命の決定要因を探索する方法として感度分析法を採用した。この感度分析法とは、目的変数(平均寿命)に対する各説明変数の感度(各変数のみの変動が目的変数に与える変動の大きさ)を計算し、感度の低い変数を順次削除しながらSVMモデルを最適化し、平均寿命の予測値と実測値の平均二乗誤差(以下、RMSE)が最小となる点を探索するという方法である。この感度分析による変数選択は筆者らの開発した方法であり、様々な問題に適用され⁴⁸⁾⁻⁵⁰⁾、その有効性が確認されている。そこで、以下の手順によりモデルの最適化および決定要因の探索を行った。

- ①161カ国をランダムに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まず、すべての説明変数を用い、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、平均寿命の実測値と学習値とのRMSEの最小点を探索する。RMSEは次式で計算する。

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (Z_{obsd} - Z_{train})^2}{N}}$$
 ここで Z_{obsd} は平均寿命の実測値、 Z_{train} は学習値、 N は学習セットのデータ数である。
- ③このモデルに予測セットを入力して平均寿命の予測値を求める。
- ④第2群以下の各群を予測セットとして以上の操作を10回繰り返す。
- ⑤全データについて平均寿命の予測値と実測値とのRMSEを求める。
- ⑥各説明変数の感度を求めるために、当該変数は実際の数値に設定し、その他の変数は全データの平均値に設定したデータセットを作成する。
- ⑦そのデータをモデルに入力し、全データについて平均寿命の出力値を求める。
- ⑧当該変数の実測値を説明変数、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変数の感度とする。
- ⑨全説明変数の中で感度の絶対値の最も小さい変数を取り除き、以上の操作を繰り返す。
- ⑩説明変数とパラメータ g 、 c 、 p の組み合わせの中で、全データについてのRMSEが最小になる説明変数のセットを平均寿命の決定要因とする。

Ⅲ 結 果

Ⅱの方法により、全42種の候補指標を絞り込みつつSVMモデルを最適化した結果、13種の指標で予測値と実測値とのRMSEが最小となった。その際のRMSEは2.39、 R^2 は0.926であり、世界の多くの国の平均寿命が高い精度で再現されている。ただし、先進国では予測値と実測値

の一致がおおむね良いが、途上国では先進国より誤差が大きい。この原因はいくつかの途上国で誤差が大きいためであり、特にスワジランド、南アフリカ共和国、レソト、ジンバブエの4カ国はRMSEの3倍以上の誤差がある。これらの国については用いたデータ（平均寿命または各種指標）の信頼性に問題がある可能性が示唆される。非線形解析手法であるSVMにより得られた以上の結果に対し、同じデータを用いてOLSにより解析（変数選択は逐次減少法を採用）すると、RMSEは3.83、 R^2 は0.794となり、SVMの場合より予測精度が低下した。また、OLSを用いて多数国を解析している先行研究でも R^2 は0.7以下である¹⁴⁾¹⁵⁾²¹⁾²³⁾（先行研究ではデータ全体を用いてOLSモデルを学習した際の誤差から R^2 を求めている論文が多いが、本研究のように予測セットに対する予測誤差から R^2 を求めると、 R^2 はさらに低くなる。このように、解析に用いたデータの数、予測精度の評価法等が異なる場合のモデル性能の厳密な比較は困難である）。以上の結果から、各種指標と平均寿命との関係は非線形性が高いため、OLSでは予測精度のよいモデルを得ることが難しく、平均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を用いることが望ましいと結論できる。

Ⅳ 考 察

最小のRMSEを示した13種の指標が世界161カ国の平均寿命の決定要因であり、その内訳を

表2 決定要因13種の感度

	指標	分野	感度
1	乳児死亡率	健康	-0.636
2	経済成長率	経済	0.234
3	個人資産	経済	0.225
4	自殺率	健康	-0.190
5	病床数	健康	-0.110
6	都市人口率	環境	-0.090
7	出生率	健康	-0.078
8	医療費	健康	0.078
9	税金	経済	-0.077
10	医師数	健康	0.069
11	知能指数	教育	0.060
12	自然保護率	環境	-0.046
13	軍事費	政治	-0.046

表2に示す。これらの決定要因すべてについて考察することは紙面の関係から掲載しないので、ここでは以下の2点のみ考察する。第1は健康要因の重要性であるが、表2のように、乳児死亡率をはじめとする健康指標が6種も入り、それらの感度から推定される影響度の合計が過半であることから、長寿には健康要因が最も重要であるという当然の結果が導かれる。しかし、本研究ではこれら6種の指標以外に、喫煙率、飲酒量、摂取カロリー、脂肪摂取量、肥満度、婚姻率、離婚率、信仰度の8指標も候補説明変数に取り上げたが、これらの指標はどれも感度（相関係数と異なり、上記のように、感度は他の指標を固定し、当該指標のみ変動させたときの平均寿命の変動から算出されるため、当該指標の純粋な影響度である）が低く、決定要因にはならなかった。一方、先行研究では解析対象が先進国、途上国であるかにより決定要因が異なっている。わが国の平均寿命の決定要因については、各都道府県の平均寿命のデータを用いて解析した研究がいくつかあり、例えば鈴木¹⁷⁾は健康分野の説明変数として喫煙率、飲酒率、医師数、病院数等を用いて解析し、決定要因として男性では飲酒率と病院数、女性では老人ホーム定員数を示した。また、Shawら¹⁶⁾はOECD19カ国の平均寿命を解析し、タバコ、アルコール、脂肪、野菜の摂取量が決定要因であるとした。一方、Kabir¹⁹⁾は途上国91カ国の平均寿命の解析から、決定要因として栄養不足度、医師数、医療費、出生率等をあげている。これらの結果から、先進国では喫煙、飲酒、肥満等の生活習慣因子が、途上国では医療水準因子が主要な決定要因になることがわかる。したがって、本研究において生活習慣因子が世界の多くの国の平均寿命の決定要因にならなかったのは、解析対象に先進国と途上国の双方が含まれるが、途上国の比率が高いためと考えられる。このように、重回帰分析においては、解析に用いたデータの対象やその数（本研究の場合では国の内訳）によって結果が異なるため、その解析から導かれた決定要因の解釈の際には注意が必要である。

第2は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⁷⁾⁸⁾¹⁰⁾を検証する。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で成立し、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、次に見いだされたのが、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、世界161カ国の平均寿命に対して1人当たりの国内総生産(GpC)の相関係数は0.772と高いが、感度は0.026ときわめて低く、指標42種の内では上から28位である。一方、ジニ係数は平均寿命との相関係数(-0.416)も感度(-0.010で40位)もきわめて低く、相対所得仮説を支持する結果ではない。この仮説の成否については、さらに多くの国および説明変数のデータを用いた検証が必要である(平均寿命のデータは世界230以上の国・地域について存在するので、各種の指標がそろえられれば本研究よりさらに大規模な解析が可能である)。ただし、国民所得は平均寿命に対する直接的影響は低い、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に対して教育費(相関係数0.913)、医療費(0.833)、軍事費(0.717)等、相関の高い指標が多数存在する(ただし、GDPとの相関係数は教育費、医療費、軍事費のいずれもGpCより低い)。したがって、経済的要因は平均寿命に対して直接的な影響は小さいが、間接的な影響は大きいといえる。

しかし、本研究の結果にもいくつかの課題がある。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、様々な要因があげられている。しかし、これらの要因は多数の国のデータがないため、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が必要であろう。

V 結 論

世界161カ国の平均寿命を目的変数、健康、経済、政治・社会、教育・文化、地理・環境の5分野の42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、13種の決定要因で世界161カ国の平均寿命が回帰決定係数(R^2)0.926という高い精度で再現できること、13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、長寿には健康要因が最も重要であることが明らかになった。

また、平均寿命に対する経済要因の直接的影響は低いが、間接的影響は大きいことが明らかになった。このように、健康の社会的決定要因は相互に関連しあっており、ミクロ(生物個体)からメソ(個人・家族)、さらにマクロ(国家・世界)まで複雑な階層構造を形成すると考えられている⁷⁾⁸⁾¹⁰⁾。このような階層構造を考慮した平均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り、今後の課題として検討していきたいと考えている。

文 献

- 1) World Bank, The state of the poor : Where are the poor and where are they poorest? (http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/State_of_the_poor_paper_April17.pdf) 2013.8.1.
- 2) OECD環境アウトック2050 : 行動を起こさないことの代償 概要版 (<http://www.oecd.org/env/indicators-modelling-outlooks/49884270.pdf>) 2013.8.1.
- 3) Crow B, Lodha SK. The atlas of global inequalities. Berkeley CA, USA : University of California Press, 2011. 岸上伸啓(訳). 格差の世界地図. 東京 : 丸善出版, 2012.
- 4) World Health Organization, Social determinants of health : the solid facts (<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>) 2013.8.1.
- 5) World Health Organization, 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), 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) 2013.8.1.
 - 6) Christensen K, Vaupeld JW. Determinants of longevity : genetic, environmental and medical factors. *J Intern Med* 1996 ; 240 : 333-41.
 - 7) 近藤克則. 健康格差社会 - 何が心と健康を蝕むのか. 東京: 医学書院, 2005.
 - 8) 川上憲人, 小林廉毅, 橋本英樹(編). 社会格差と健康 - 社会疫学からのアプローチ. 東京: 東京大学出版会, 2006.
 - 9) Skolnik R. Essentials of global health. Chapter 2 : Health determinants, measurements, and trends. Sudbury MA, USA : Jones and Bartlett Publishers, 2008.
 - 10) 近藤克則. 幸福・健康の社会的決定要因 - 社会疫学の視点から. *科学* 2010 ; 80 : 290-4.
 - 11) 杉澤秀博. 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* 2012 ; 48 : 252-65.
 - 12) Mehrara M, Nasibparast S. Determinants of health status in developing countries : a Bayesian econometric approach. *Int J Soc Sci Tom* 2012 ; 1 : 1-7.
 - 13) Grosse RN, Perry BH. Correlates of life expectancy in less developed countries. *Health Policy Educ* 1982 ; 2 : 275-304.
 - 14) Anand S, Ravallion M. Human development in poor countries : on the role of private incomes and public services. *J Econ Perspect* 1993 ; 7 : 133-50.
 - 15) 古川俊之. 寿命の数理. 東京: 朝倉書店, 1996.
 - 16) Shaw JW, Horrace WC, Vogel RJ. The determinants of life expectancy : an analysis of the OECD health data. *South Econ J* 2005 ; 71 : 768-83.
 - 17) 鈴木健二. 各種社会指標と都道府県別生命表の関係. *厚生指標* 2003 ; 50(5) : 30-5.
 - 18) 古川雅一. 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. *日衛誌* 2005 ; 60 : 335-44.
 - 19) Kabir M. Determinants of life expectancy in developing countries. *J Dev Areas* 2008 ; 41 : 185-204.
 - 20) Desbordes R, Azemar C. Public governance, health and foreign direct investment in sub-Saharan Africa. *J Afr Econ* 2008 ; 18 : 667-709.
 - 21) Bergh A, Nilsson T. Good for living? On the relation between globalization and life expectancy. *World Dev* 2009 ; 38 : 1191-203.
 - 22) Castello-Climent A. Channels through which human capital inequality influences economic growth. *J Hum Cap* 2011 ; 4 : 394-450.
 - 23) Doytch N, Kelly IR, Dave DM. Global health and the economy. *Hum Biol Rev* 2012 ; 1 : 100-22.
 - 24) Bayati M, Akbarian R, Kavosi Z. Determinants of life expectancy in eastern Mediterranean region : a health production function. *Int J Health Policy Manage* 2013 ; 1 : 65-71.
 - 25) 時永祥三. 複雑系による経済モデル分析. 福岡: 九州大学出版会, 2000.
 - 26) 田辺和俊. *Neurosim/L*によるニューラルネットワーク入門. 東京: 日刊工業新聞社, 2003.
 - 27) 岡本大輔. AIによる企業評価. 東京: 中央経済社, 2006.
 - 28) 石井健一郎, 上田修功, 前田英作, 他. パターン認識. 東京: オーム社, 1998.
 - 29) 麻生英樹, 津田宏治, 村田昇. パターン認識と学習の統計学. 東京: 岩波書店, 2003.
 - 30) 渡辺澄夫, 萩原克幸, 赤穂昭太郎, 他. 学習システムの理論と実現. 東京: 森北出版, 2005.
 - 31) Cristianini N, Shaw-Taylor J. An introduction to support vector machines and other kernel-based learning methods. London : Cambridge University Press, 2000 : 大北剛(訳). サポートベクターマシン入門. 東京: 共立出版, 2005.

- 32) 小野田崇. サポートベクターマシン. 東京: オーム社, 2007.
- 33) 阿部重夫. パターン認識のためのサポートベクターマシン入門. 東京: 森北出版, 2011.
- 34) WHO, World Health Organization World Health Statistics (http://www.who.int/gho/publications/world_health_statistics/en/index.html) 2013.2.1.
- 35) UN, United Nations Development Program Human Development Report (<http://hdr.undp.org/en/>) 2013.2.1.
- 36) 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:46938200.html>) 2013.2.1.
- 37) OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development Statistics (<http://www.oecd.org/statistics/>) 2013.2.1.
- 38) FAO, United Nations Food and Agriculture Organization Statistics Division (<http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>) 2013.2.1.
- 39) Gallup, Gallup Global Reports (<http://www.gallup.com/poll/142727/religiosity-highest-world-poorest-nations.aspx#2>) 2013.2.1.
- 40) IMF, International Monetary Fund World Economic Outlook Database (<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2013/01/weodata/index.aspx>) 2013.2.1.
- 41) Credit Suisse, Global Wealth Databook (http://www.cfainstitute.org/learning/products/publications/contributed/pages/global_wealth_data_book_2012_-_credit_suisse.aspx) 2013.2.1.
- 42) ILO, International Labour Union LABORSTA (<http://laborstailo.org/>) 2013.2.1.
- 43) CIA, United States Central Intelligence Agency Factbook (<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/rankorderguide.html>) 2013.2.1.
- 44) ICPO, International Criminal Police Organization Online Databases (<http://www.uia.be/s/or/en/1100039431>) 2013.2.1.
- 45) Eutimes, The European Union Times (<http://www.eutimes.net/2009/11/iq-by-country/>) 2013.2.1.
- 46) World Health Organization. The World Health Report 2003 : Shaping the future. Geneva : World Health Organization, 2003.
- 47) Chang CC, Lin CJ. LIBSVM—a library for support vector machines (<http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>) 2013.2.1.
- 48) Tanabe K, Kurita T, Nishida K, et al. Improvement of carcinogenicity prediction performances based on sensitivity analysis in variable selection of SVM models. SAR QSAR Environ Res 2013 ; 24 : 565-80.
- 49) 田辺和俊, 栗田多喜夫, 西田健次, 他. 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 2013 ; 23 : 70-91.
- 50) 田辺和俊, 鈴木孝弘. 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 2013 ; 92 : 1207-13.