

国内の新型コロナウイルスCOVID-19感染率の要因分析

鈴木孝弘

田辺和俊¹⁾

目次

- 1 はじめに
 - 2 データと方法
 - 3 結果と考察
 - 4 おわりに
- 参考文献

1 はじめに

中国湖北省武漢市で新型コロナウイルス感染者の存在が2019年12月31日に公式に確認されて以来、2021年2月1日時点での世界の累計感染者は約1億297万人、死亡者数は約223万人に達し、依然として拡大傾向にある。日本の場合、2021年2月1日時点での累計感染者は約39万2千人、死亡者数は約5,832人である。この感染症の初期症状は風邪やインフルエンザに似ているが、重症化すると肺炎等を発症して落命することもある。早期流行の中国の4万人のデータに基づく分析によると、感染患者の81%は発症から1週間程度は風邪のような軽微な症状が続きそのまま治癒するが、重症は14%、重篤は5%、死亡は2.3%となっている。また、総人口に対する死亡率は地域によって差があり、インドやブラジルのほか米国や英国など欧米先進国が高く、中国や東南アジア、アフリカの途上国が低いという他の感染症と異なる傾向がある。

21世紀に入ってからパンデミックでは、2002年に中国広東省で発生したSARS（重症急性呼吸器症候群）と、2012年に中東で発生したMERS（中東呼吸器症候群）がある。これらと比較すると、今回の新型コロナウイルス感染被害の死亡者数は圧倒的に多く、どこまで拡大するか予断できない状況にある。したがって、今後の感染者数を最小限にするためには、新型コロナウイルスの感染や死

1) 現代社会総合研究所

亡に影響する社会経済的要因を解明する必要がある。

ところで、個人や集団の健康や病気が遺伝等の先天的要因だけでなく、経済、社会、文化、環境等の外部環境によっても影響されることが最近では広く認められるようになった。WHOの報告書“Social Determinants of Health: The Solid Facts”は健康格差の社会的要因として、社会格差、ストレス、社会的排除、労働、失業等の10項目を挙げている。新型コロナウイルス感染についても、医療体制、過密、高齢、貧困、生活習慣等、多くの社会的要因が影響するとされている。

新型コロナ感染のような問題に対して、国や地域等の異なる集団間の罹患率や死亡率と個々の要因との相関を分析する地域相関法がある。この手法を用いて様々な疾患について発症率や死亡率に対する要因の解明研究が行われてきた。しかし、個々の要因と死亡率等との相関係数には他の要因の影響が含まれるため、この手法で重要な要因を推定することは難しい。

一方、多数の要因の中から重大な影響を与える要因を解明する方法として、複数地域の罹患率や死亡率を目的変数、複数の要因を説明変数として重回帰分析を行う方法があり、この方法で新型コロナウイルスの罹患率や死亡率について要因解明を行った論文がある。しかし、既往の研究では少数の説明変数を用いて線形重回帰分析（OLS）で解析しているため、非線形的な要素が十分考慮されていない。

本研究では、都道府県別の新型コロナウイルスの感染率を目的変数とし、多数の社会経済的指標を説明変数として非線形重回帰分析を行い、地域における感染率の差異と生活スタイルや社会経済的要因などの違いから新型コロナウイルスの感染要因を探索する実証研究を試みた。

2 データと方法

2-1 目的変数

目的変数には、2020年10月3日時点で厚生労働省が公表した各都道府県の累計感染者数を人口で割った「感染率」を用いた。図1に示すように、感染率は都道府県間で差が大きく、最高の東京（感染率1,921.9）と最下位の岩手（感染率19.1）とは約100倍の違いがある。また、上位には東京、大阪、神奈川、愛知、福岡等の大都市を含む人口の多い都府県が多く、下位には山形、鳥取、秋田、青森、岩手と過疎県が並ぶことから、感染率にはいわゆる「三密」が関係していることが予想できる。しかし、人口がそれほど多くない沖縄が感染率全国2位であり、石川も多いことから、人口密度関連以外の観光などの要因の関与が示唆される。

2-2 説明変数

説明変数には、新型コロナウイルスの感染率に関する先行研究がきわめて少ないため、関連の肺炎についてこれまで検証された指標を参考に、総計37種の説明変数（表1）を採用した。これらの

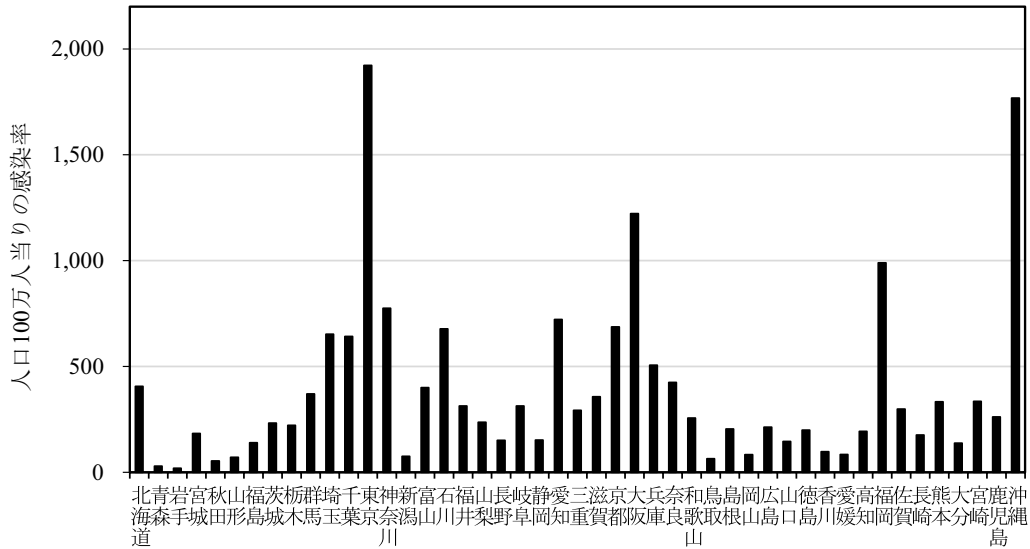


図1 都道府県別の新型コロナウイルス（COVID-19）感染率
(2020年10月3日時点、厚生労働省発表)

説明変数は分野別に分けると、生活習慣分野が5種、医療・福祉分野が6種、経済分野が4種、労働分野が8種、人口・世帯分野が6種、教育分野が3種、地理・環境分野が5種である。これらの説明変数の各都道府県のデータは各種の政府統計調査から入手し、単位や数値の大きさが異なるため、最小0と最大1となるよう規格化して解析に用いた。

2-3 分析方法

肺炎等の各種疾患の要因分析を行った先行研究では、一般的な線形重回帰分析（OLS）が多用されてきた。しかし、本研究の説明変数の中には感染率に対して非線形関係を示すものが多いため、OLSでは統計的に有意な結果を得ることは難しいと考えられる。そこで、これまではこのような非線形関係に対処するために、一部の説明変数の2乗の項の追加や、対数変換を行った研究や、説明変数間の交絡効果に対処するために、2変数の積の項を追加して解析した研究がある。さらに、説明変数間に相関の高い組がある場合、OLSでは多重共線性効果により回帰分析が不安定になるため、高相関の変数の組の一方を削除して解析した論文がある。しかし、これらの対処はad hoc的なものであり、完全な解決策とはいえない。

本研究では、これらの諸問題を解決するために非線形重回帰分析の手法としてSupport Vector Machine（SVM）を適用し、ソフトウェアはLIBSVM（Chang and Lin [2016]）の回帰機能を用いた。SVMは、説明変数の数値に対してカーネルと呼ぶ非線形関数を用いて学習パターンを別の空間（超

表1 解析に用いた説明変数の定義とデータ出典

分野	説明変数	定義	出典*
生活習慣	喫煙	毎日喫煙している人の割合	国生
	飲酒	毎日飲酒している人の割合	国生
	食事	規則正しく食事している人の割合	国生
	運動	毎日運動している人の割合	国生
	睡眠	睡眠を十分にとっている人の割合	国生
医療・福祉	病院	人口当たりの一般病院数	医施
	病床	人口当たりの一般病院病床数	医施
	医師	人口当たりの医療施設に従事する医師数	医歯薬
	看護師	人口当たりの医療施設に従事する看護師数	衛行
	保健師	人口当たりの保健師数	衛行
老人ホーム	65歳以上人口当たりの老人ホーム数	社統	
経済	世帯所得	普通世帯の年間所得	社統
	ジニ係数	所得格差を表す指数	全消
	貧困率	貧困層の比率を示す指数	全消
	生活保護	生活保護受給人口当たりの生活保護費	社統
労働	労働力	労働力人口比率	国勢
	共働き	共働き世帯の割合	国勢
	失業率	完全失業率	国勢
	農林漁業	農林漁業従事者の割合	国勢
	製造業	製造業従事者の割合	国勢
	販売業	販売業従事者の割合	国勢
	医療福祉業	医療福祉業従事者の割合	国勢
	サービス業	サービス業従事者の割合	国勢
人口・世帯	人口密度	可住地面積当たりの人口密度	国勢
	都市化	人口集中地区人口の割合	国勢
	性比	人口の男女比	国勢
	高齢化	65歳以上の人口の割合	国勢
	世帯人数	一般世帯の平均人員	国勢
	単独世帯	単独世帯の割合	国勢
教育	中卒	最終学歴が中学校卒業者の割合	国勢
	高卒	最終学歴が高校卒業者の割合	国勢
	短大・大学卒	最終学歴が短大・高専・大学・大学院卒業者の割合	国勢
地理・環境	標高	都道府県庁所在地の標高	気象庁
	気温	都道府県庁所在地の年平均気温	気象庁
	湿度	都道府県庁所在地の年平均相対湿度	気象庁
	降水量	都道府県庁所在地の年間降水量	気象庁
	大気汚染	都道府県庁所在地の年平均大気汚染物質濃度	気象庁

*国生：国民生活基礎調査、医施：医療施設調査、医歯薬：医師・歯科医師・薬剤師調査、衛行：衛生行政報告、社統：社会生活統計指標、全消：全国消費実態調査、国勢：国勢調査

平面) に写像し、その空間で線形回帰を行う。この操作により、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。さらに、SVMでは、説明変数間の交絡効果が予想される場合でもこの効果が自動的に考慮されるため、変数の積の項の追加が不要なことや、変数間に強い相関がある場合でも解析可能であり、多重

共線性問題が生じないことなど、幾つかの利点がある。以上のSVMの利点はカーネル回帰という手法の採用によるものであり、SVMの原理や特徴、用語については、Cristianini and Shaw-Taylor Jr. [2000]、小野田 [2007]、阿部 [2011]、竹内・鳥山 [2015] を参照されたい。

多数の説明変数の中から目的変数に有意な影響を与える要因を探索するためには、有効な変数を選択・抽出する変数選択が必要である。一般に重回帰分析では、説明変数の中に有効でないものがあると過学習状態に陥り、既存データに対する学習誤差は減少するが、未知データに対する予測誤差は増大する。そのため、必要最小限の説明変数を抽出する操作が必要であり、本研究ではSVMにおける迅速な変数選択法として「感度分析法」を採用した。これは、目的変数に対する各説明変数の感度を計算し、感度の低い変数を順次削除しながらSVMモデルを学習最適化し、目的変数の予測誤差が最小となる説明変数の組み合わせを探索する方法である。筆者らはこの感度分析法による変数選択の有効性を様々な問題で実証している (Tanabe, Kurita, Suzuki, et al. [2013]、田辺・鈴木他 [2014, 2015, 2016, 2018, 2020])。

また、先行研究では、全データでOLSモデルを学習した際の結果に対して、平均二乗誤差 (RMSE) や回帰決定係数 (R^2) 等の指標を計算して要因を探索していることが多いが、この方法では回帰モデルの性能を厳密に評価していない。本研究では、回帰性能をより厳密に評価する方法として、1個抜き交差検証法 (LOOCVT) を採用した。そこで、感度分析法と交差検証法を組み合わせた以下の手順により要因の探索を行った。

- ① 1つの都道府県を予測セット、他の46都道府県を学習セットとし、学習セットのデータを用いてSVMのモデルパラメータをグリッドサーチして最適条件を探し、この最適モデルに予測セットのデータを入力して感染率の予測値を求める。
- ② 次の都道府県以下を予測セットとして以上の操作を繰り返し、全都道府県について感染率の予測誤差 (RMSE) を求める。
- ③ 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、その他の変数は全都道府県の平均値に設定したデータセットを最適モデルに入力し、出力値を求める。
- ④ 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。
- ⑤ 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、①～④の操作を繰り返し、RMSEが最小になる説明変数の組み合わせを感染率の決定要因とする。

3 結果と考察

以上の方法により37種の説明変数の中から有意な要因を探索した結果、9種の変数を用いたときに感染率の予測誤差が最小となった。また、SVMの有効性を検証するために、同じ9種の説明変

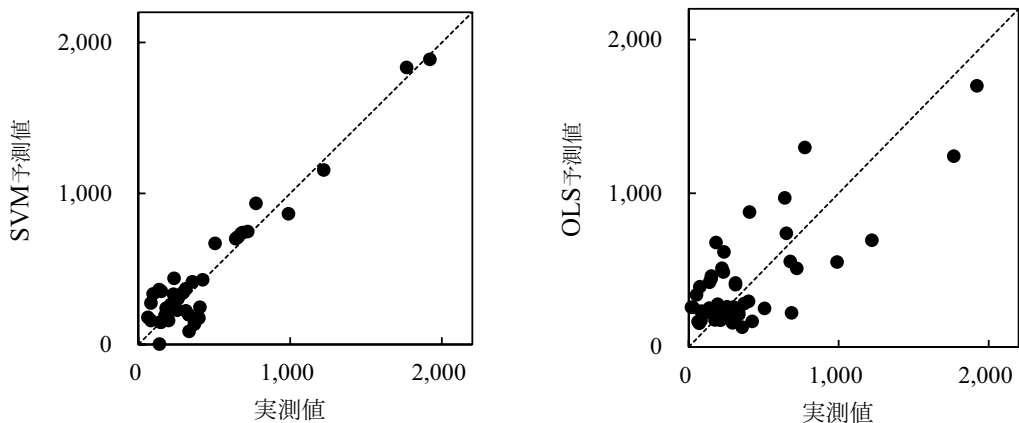


図2 感染率の実測値vs予測値（左：SVM、右：OLS）の散布図

表2 SVMとOLSによる予測結果

手法	平均誤差 (RMSE)	重相関係数 (R)	回帰決定係数 (R2)	自由度調整回帰決定係数 (AR2)
SVM	125.4	0.954	0.910	0.885
OLS	258.1	0.772	0.596	0.497

数を用いてOLSを実行した。図2に示すように、SVMではOLSと比較して予測値と実測値の一致がよく、表2の自由度調整回帰決定係数（AR2）から、この9種の説明変数が47都道府県の新型コロナウイルスの感染率を危険率1%で有意に説明する決定要因であると判定される。

得られた決定要因9種の感染率への相対的影響度について考察するために、要因*i*の感度 S_i から式

$$C_i(\%) = \frac{S_i^2}{\sum_{i=1}^9 S_i^2} \times 100 \quad (1)$$

により感染率に対する寄与率 C_i を推定した。決定要因9種の内訳と分野、感染率に対する感度、寄与率、および単相関係数を表3に示す。

表3に示した要因の感度は、感度分析において他の説明変数は固定し、当該変数のみ変化させた場合の感染率の変化から求めたことから、感染率に対する当該要因の正味の影響度を表わしている。したがって、感度が正の要因は感染率の上昇要因（すなわち、危険要因）であり、負の要因は下降要因（すなわち、防御要因）であると解釈できる。また、サービス業（%）と老人ホーム（所）と生活保護（円）のように単位の異なる要因についても、それらの感度の大きさにより、感染率への影響度についての比較考察が可能である。さらに、上式で求めた寄与率により、各要因の感染率

表3 決定要因9種の内訳、感染率に対する感度、寄与率、および単相関係数

順位	要因	分野	感度		感染率への寄与率(%)	感染率との単相関係数
			危険要因	防御要因		
1	サービス業	労働	0.180		14.4	0.787
2	人口密度	人口・世帯	0.176		13.8	0.752
3	販売業	労働	0.173		13.3	0.523
4	老人ホーム	医療・福祉	0.161		11.6	-0.083
5	湿度	地理・環境		-0.158	11.2	-0.227
6	生活保護	経済	0.155		10.7	0.498
7	貧困率	経済	0.142		8.9	0.197
8	睡眠	生活習慣		-0.136	8.3	-0.288
9	食事	生活習慣		-0.133	7.8	-0.724

への相対的影響度についての議論が可能になる。

先行研究の中には、感染率と説明変数との相関係数を用いた解析を行うことで、感染率に有意な影響を与える要因を探索する手法が採用されているが、この手法にも問題があると考えられる。本研究で用いた37種の全説明変数について、感度分析で得られた感度と、感染率に対する単相関係数との散布図を図3に示す。要因の中には相関係数の絶対値が低いものがあること、また、要因にならなかった変数の中には相関係数の絶対値が高いものがあること、さらに、感度と相関係数が異符

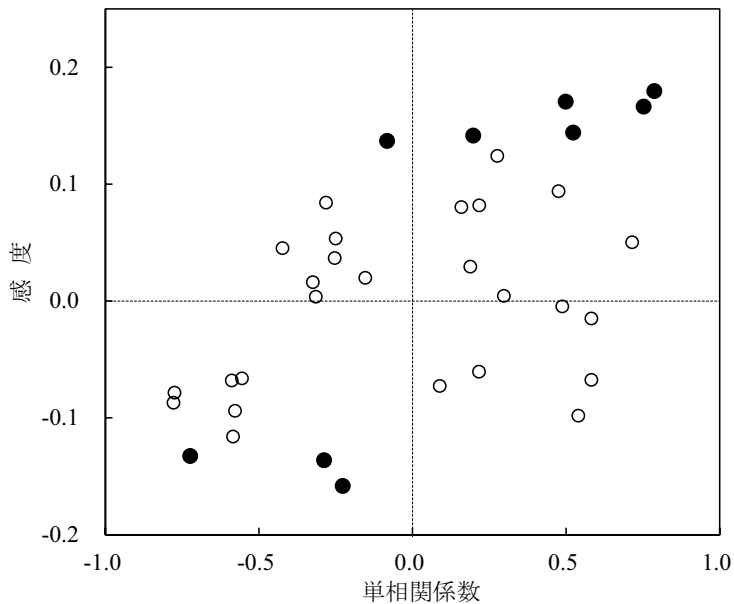


図3 全説明変数(●:要因、○:非要因)についての感染率との単相関係数vs感度の散布図

号のものがあることが分かる。この原因は、表3に示した要因の感度が上記のように感染率に対する当該要因の正味の影響度を表わしているのに対し、相関係数には他の変数の影響が含まれているためであり、これらの結果は、相関分析の結果には疑問があることを示唆する。

本研究で解析に用いた説明変数37種は表2のように7分野から採択したが、表3に示した決定要因9種は、その内の労働、経済、生活習慣、人口・世帯、医療・福祉、地理・環境の6分野である。また、それら要因の感染率への寄与率を分野別に集計すると表4のようになり、新型コロナの決定要因が広い分野にまたがっていることを示している。

これに対し、重回帰分析を用いて感染要因を探索した先行研究は2報のみである。調ら [2020] は都道府県別の感染率についてOLSを行ったが、説明変数は人口密度、都市化等の4種のみである。榊原・大藪 [2020] は感染の予防行動について分析したが、説明変数は年齢、性別、性格、疾患、収入、家族等の数種にすぎない。したがって、狭い分野の少数の説明変数を用いたこれらの研究の結果には疑問があり、本研究のように多分野の多種多様な説明変数の中から決定要因を探索する解析手法が必要不可欠であると結論される。

表3に示す結果の内でもっとも注目すべき点は、新型コロナの感染・死亡における密閉、密集、密接のいわゆる「三密」に関連すると考えられるサービス業、人口密度、販売業、老人ホームの4要因が上位を占め、しかもこれら4要因の寄与率の合計が53.1%に達し、「三密」の重大性を実証していることである。

これら4要因の内、1位のサービス業（サービス業従事者の割合）については、感度が正で危険要因となった結果は、飲食業や宿泊業等の観光関連産業が活発な地域は経済活動が活発で、それだけに人的接触の機会が多く、「三密」との関連が高いことを示している。特に国内でサービス業従事者の割合が突出している沖縄県は、図1のように新型コロナの感染率が東京都に次ぐ国内2位であり、危険要因としてのサービス業の重大性を反映している。

要因2位の人口密度については、図1のように感染率国内1位が東京都、3位が大阪府、4位が福岡県と大都市圏が並んでいることから、サービス業に次いで重大な危険要因であることが明らか

表4 決定要因の分野別の感染率におよぼす寄与率のランキング

順位	分野	決定要因	要因数	寄与率計(%)
1	労働	サービス業、販売業	2	27.7
2	経済	生活保護、貧困率	2	19.6
3	生活習慣	睡眠、食事	2	16.1
4	人口・世帯	人口密度	1	13.8
5	医療・福祉	老人ホーム	1	11.6
6	地理・環境	湿度	1	11.2

になった。

3位の販売業（販売業従事者の割合）については、1位のサービス業と同様に、感度が正で危険要因となったが、関西等の小売業者が多い地区では経済活動が活発で、人的接触の機会が多く、「三密」との関連が高いことを示している。

4位の老人ホーム（65歳以上人口当たりの老人ホーム数）については、1位は宮崎県が151カ所、2位が青森県（127カ所）、3位が沖縄県（121カ所）である一方、最下位は滋賀県（38カ所、感染率は25位）、感染率1位の東京都は42カ所で44位である。そのため、表3に示したように、老人ホームと感染率との単相関係数は -0.083 となり、感染率に対する老人ホーム数の影響を単相関係数にもとづいて分析すると誤った結論を導く可能性がある。これに対し、感度分析から求めた感度は 0.161 であり、単相関係数とは異符号になるが、これは上記のように、要因の感度は感染率に対する当該要因の正味の影響度を表わしているのに対し、単相関係数には他の変数の影響が含まれているためである。したがって、老人ホーム数は危険要因であり、老人ホーム内における感染クラスターの存在を示唆していると考えられる。

以上の本研究の結果に対し、これまで「三密」の観点から関連の指標を説明変数に採用して解析した先行研究としては、調ら[2020]の論文が唯一である。しかし、彼らは人口集中度、人口密度、公共交通機関による通勤・通学率、乗用車の保有台数のわずか4種類の説明変数を用いてOLSを行ったため、その結果には疑問がある。

次に、注目すべき結果は要因5位の湿度であり、その感度の符号が負であることから、防御要因であるとされる。すなわち、国内で年平均湿度が高い東北地方や中四国地方では概ね新型コロナの感染率が低いこととよく対応している。この本研究の結果に対し、湿度を説明変数に組み入れて重回帰分析を行い、湿度の影響を調べた先行研究はない。本研究の結果は、湿度が低い冬季においてはインフルエンザだけでなく、新型コロナの感染拡大にも注意する必要があることを警告している。

なお、湿度と関連する気温については、2020年10月以降、北海道で新型コロナの感染者が増大している原因として低温の影響が議論されている。しかし、本研究でSVM解析の目的変数に採用した各都道府県の感染率データは10月初めのものであり、その時点での感染率は図1のように北海道より沖縄県の方がはるかに高く、この時点では低温の影響はきわめて小さいと考えられる。したがって、冬季の感染率のデータを目的変数に採用して解析すれば気温が要因になる可能性が高いと考えられる。

経済的な面では、要因6位の生活保護と7位の貧困率の2要因は国内における貧困層の実態を示す指標であり、それらの寄与率の合計が 19.6% になることから、新型コロナの感染にはこれらの経

済的要因の寄与が無視できないことが分かる。この本研究の結果に対し、生活保護や貧困率等を説明変数に用いてOLSを行い、これらが新型コロナの感染・死亡要因であることを実証した先行研究はない。貧困層の実態を示す生活保護と貧困率の2要因の寄与が高いという本研究の結果は、新型コロナの死亡・感染対策に有用な情報を与えると期待される。

生活習慣面では、要因8位の睡眠（睡眠を十分にとっている人の割合）と9位の食事（規則正しく食事している人の割合）がある。それら2要因の寄与率の合計は16.1%と高くないが、このような個人の生活習慣に関する指標が新型コロナの感染要因になるという結果は意外である。これまで新型コロナ感染に対する食事等の個人的生活習慣の影響を概説した論文（蒲原 [2020]、風見 [2020]）はあるが、重回帰分析により生活習慣関連の指標の影響を分析した先行論文はない。個人の生活習慣に関する指標が要因になるという本研究の結果は新型コロナウイルスの予防には社会インフラの整備だけでなく、個人の健康意識の向上も有効であることを実証している。

4 おわりに

本研究では、新型コロナウイルス（COVID-19）の未解明の感染要因を明らかにするために、都道府県別の感染率を目的変数とし、37種の社会経済的指標を説明変数とし、Support Vector Machineによる非線形重回帰分析を行った。その結果、47都道府県の感染率を有意に再現する9種の決定要因が得られ、いわゆる「三密」に関連するサービス業、人口密度、販売業、老人ホームの4要因の寄与がもっとも大きいことや、貧困層の実態を反映する生活保護と貧困率の寄与が大きいことなど、新型コロナウイルスの予防対策に関して新規かつ有用な知見が得られた。さらに、9種の決定要因が6分野にまたがっていることから、多分野の多数多様な説明変数の中から非線形重回帰分析により要因を探索する本研究の解析手法の有効性を実証した。

現在、世界中の人間は新型コロナウイルスとの悪戦苦闘を余儀なくさせられている。しかし、ウイルスだけでなく、細菌や微生物などによる感染症は広く生物界に存在しており、100年前のスペイン風邪等、人類は感染症と闘いながら歴史を刻んできた。また、感染症は致死率の高いものから低いものまで常に人間とともにあり、そこから逃れることはできないといわれている。したがって、人間は感染症に対する対策をいつまでも続ける努力が要求される。

我々はこれらの問題に対処すべく、今後、国内・国外の多種多様なデータを用いた解析を行い、要因を検証する研究を行うことを計画している。

(参考文献)

- Chang, C-C., and Lin, C-J. [2016], "LIBSVM – A Library for Support Vector Machines," <http://www.csie.ntu.edu.tw/~cjlin/libsvm/>.
- Cristianini, N., and Shaw-Taylor, J. [2000], "An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods," Cambridge: Cambridge University Press : 大北剛 訳 [2005], 『サポートベクターマシン入門』, 共立出版.
- Tanabe, K., Kurita, T., Nishida, K., Lucic, B., Amic, 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. 7-9, pp. 565-580.
- 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.
- 小野田崇 [2007], 『サポートベクターマシン』, オーム社.
- 風見公子 [2020], 「新型コロナウイルス感染症対策に食事から出来ること」, 『日本健康学会誌』, Vol. 86, No. 3, pp. 97-98.
- 蒲原聖可 [2020], 「新型コロナウイルス感染症(COVID-19)対策における機能性食品成分の臨床的意義: ナラティブ・レビュー」, *Functional Food Research*, Vol. 16, pp. 40-50.
- 榊原良太, 大蘭博記 [2020], 「日本における新型コロナウイルス感染症をめぐる心理・行動に関する調査—予防行動・将来の見通し・情報拡散に焦点を当てた検討—」, <https://doi.org/10.31234/osf.io/635zk>.
- 竹内一郎, 鳥山昌幸 [2015], 『サポートベクトルマシン』, 講談社.
- 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」, 『厚生学の指標』, Vol. 61, No. 13, pp. 23-30.
- 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』, Vol. 51, No. 2, pp. 198-210.
- 田辺和俊, 鈴木孝弘, 中川晋一 [2016], 「サポートベクター回帰による都道府県別肺がん感染率の関連要因に関する検討」, 『保健医療科学』, Vol. 65, No. 6, pp. 598-610.
- 田辺和俊, 鈴木孝弘 [2018], 「都道府県別全がん感染率に及ぼす生活習慣要因の影響度分析—自治体のがん対策の視点から—」, 『厚生学の指標』, Vol. 65, No. 11, pp. 15-21.
- 田辺和俊, 鈴木孝弘 [2020], 「サポートベクター回帰における感度分析による変数選択の有効性の検証—都道府県別全死因感染率の影響要因の分析—」, 『統計数理』, Vol. 68, No. 1, pp. 175-192.
- 調憲, 播本憲史, 小山洋 [2020], 「都道府県ごとの新型コロナウイルス (COVID-19) 累積感染割合と人口密集度の指標との関連に関する研究」, 『北関東医学』, Vol. 70, No. 3, pp. 235-242.