

COVID-19 の感染拡大・縮小要因 に関する実証的検討

上田 大貴¹・川端 祐一郎²・藤井 聡³

¹正会員 一般社団法人システム科学研究所（〒604-8223 京都市中京区新町通四条上ル小結棚町 428）
E-mail: h-ueda@issr-kyoto.or.jp

²正会員 京都大学大学院助教 工学研究科都市社会工学専攻（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂4）
E-mail: Kawabata.yuichiro@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 京都大学大学院教授 工学研究科都市社会工学専攻（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂4）
E-mail: fujii@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）等のパンデミックへの対策では、外出削減をはじめとする対策とその感染拡大抑制効果との関係を把握することが不可欠と考えられる。本研究では、新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の流行状況とその要因との統計的関係を分析した。その結果、SARS-CoV-2の流行状況（月別陽性者数）は、従来のコロナウイルスの変動パターンと強い正の相関を、月平均気温と強い負の相関を持つ一方、月平均外出削減率とは相関を持たないことが示唆された。また2021年1月に発出された緊急事態宣言に関して、感染者数の変化スピードは、宣言の前後及び対象地域の内外で差がなく、対象地域内外のスピードの差についても宣言減前後で差がないことが示唆され、緊急事態宣言の効果は確認されなかった。

Key Words: COVID-19, coronavirus, mobility, state of emergency

1. 背景

COVID-19をはじめとするパンデミック下では、感染症による健康被害とともに、感染拡大の防止を目的として、あるいは感染を恐れて一部の活動を停止あるいは制限することによる社会経済への間接的な被害が生じる。このためパンデミック対策においては、トレードオフの関係にあるこれら健康被害と社会経済被害の双方を勘案し、総合的な被害を可能な限り縮小させることを目指す必要がある¹⁾。

感染が拡大しはじめた状況下では、トレードオフを伴う両被害を比較衡量した上で、社会活動の制限や行動変容の促進、水際対策などの感染拡大を抑制する短期的な政策を効果的に実施することで、これらの被害を軽減していくことが求められる。こうした政策の推進においては、種々の対策による感染拡大抑制効果を様々な指標や手法を用いて評価した上で、どのような対策が妥当であるかについて社会的に合意形成を行うことが必要だと考えられる。

しかし今般の COVID-19 パンデミックでは、こうした議論が十分に行われていない可能性がある。対策による

効果について、ロックダウンや緊急事態宣言などの外出制限や休業要請といった様々な措置は、その感染拡大抑制効果が定量的に把握されてはいなかったため、地域や時期によっては対策が過剰であったり不足していたりした可能性がある。

COVID-19 パンデミックへの対策にとどまらず、今後感染症の流行が発生した場合における対策の決定に際しては、対策とその感染拡大抑制効果との統計的関係を把握することが必要だと考えられる。そこで本研究では、まず新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の新規陽性者数の推移に、接触の削減を念頭に置いた外出削減、および自然環境やウイルスの流行の季節性などの対策以外の要因が与えた影響について分析、評価する。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

(1) 対策（非医薬品介入）の感染拡大抑制効果

感染拡大期以降における対策の効果については、海外を中心に様々な検証が行われている。

Flaxman et al.²⁾は、COVID-19 流行下の2020年2月～5月

上旬におけるヨーロッパ 11 ヶ国でのソーシャルディスタンスや学校の閉鎖、国境の封鎖、隔離、ロックダウンといった非医薬品介入が実効再生産数に与えた影響について分析した。各介入が連続して実施されたため、それぞれの介入と効果の関係を明確に確認することは難しいものの、ロックダウンには識別可能な効果があったとし、実効再生産数を 3.8 から 0.66 に減らし、310 万人の死者を回避したと述べている。

また Hyafil & Morina³⁾は、スペインで実施された COVID-19 に対するロックダウン措置が感染者数および再生産数に与えた影響を、集団における感染症流行を記述する古典的なモデルである SIR モデルをベースに用いて、介入前、緊急事態宣言発令中、ロックダウン中の 3 期間の再生産数を推定することで評価した。その結果、増加していた感染者数は、ロックダウン後減速しており、再生産数も介入前の 5.89 から非常事態宣言後に 1.86、ロックダウン後に 0.48 へ減少したと述べている。

Nussbaumer-Streit et al.⁴⁾は、感染者との接触者や流行地域からの帰国者、流行地域の市民の隔離がもたらす効果に関するモデリング研究をレビューし、感染の 44~96%、死亡の 31~76%、再生産数の 37~88% の減少に寄与した可能性があるとまとめている。

実際の行動量の変化と再生産数との関係を検証する研究も行われている。Nouvellet et al.⁵⁾は、Google および Apple が収集しているモビリティデータと実効再生産数の関係について 53 か国を対象に分析した。その結果、モビリティと再生産数の関係は一貫しており、85% 以上説明していると述べている。

以上のようにロックダウンのような厳格な行動制限が感染拡大防止に貢献したと論ずる研究がある一方で、ロックダウン等の効果は相対的にみて小さかったのではないかと示唆する研究も存在する。

Ferguson et al.⁶⁾は、人々の接触機会を減らすことでウイルスの伝播を抑制する公衆衛生対策（非薬物的介入）の役割を評価した。対策には、感染拡大を遅らせピーク時の医療需要を低減すると同時に重症化リスクの高い人々を保護する緩和的対策と、感染拡大を縮小し感染者数を減少させてそれを維持する抑制的対策があると指摘した上で、どの程度接触を減らすかについて複数のシナリオの組み合わせを検討した。その結果、感染の疑いがある人の自宅への隔離や重症化リスクの高い高齢者との社会的距離の確保などを組み合わせた最適な緩和的対策によって、ピーク時の医療需要を 3 分の 2 に、死亡率を半分に減少させると考えられる一方、死亡者が数十万人に上り医療機関の負担が何倍にも増えるリスクがあり、こういった国では抑制的対策が優先されるべきだと述べている。抑制対策には、ワクチン等でこれと同等の効果がある措置が取れるようになるまで維持する必要があるとい

う課題があり、短期的な抑制は可能であるものの長期的に可能かは不明だと指摘している。

Grant⁷⁾は、イギリスにおけるロックダウンの実施に応じた再生産数の変化を検証し、社会経済活動への大規模かつ強制的な制限が課される 3 月 23 日以前に再生産数が減少していたこと、4 月中旬から 6 月中旬における国レベル・地域レベルの再生産数の減少はこうした制限を行っているにも関わらず比較的遅かったと述べた。3 月 16 日からソーシャルディスタンスや重症化リスクが高い人の自主隔離を、さらにそれ以前から衛生向上と警戒を呼び掛けていたこと、3 月 9 日から旅行者や公共交通利用者は減り始めていたこと、ロックダウン後もホームレスシェルターのような多くの人々が密集する狭い空間や、スーパープレッディングイベントでの感染が起きていることを、その要因として指摘している。また再生産数は密接な接触による感染者数と相関があるとも論じている。

Santamaria et al.⁸⁾は、スペインにおける実効再生産数の変化と封じ込め措置との関連を検証した。その結果 16 地域中 14 地域で実効再生産数の大幅減少は全国的な封鎖の開始に先行していた。また再生産数は封鎖の実施後、3 地域では同じペースで減少が継続、2 地域では増加、8 地域ではペースを落として減少しており、その後行われた封鎖の強化は再生産数に影響を与えていなかったと指摘している。

Loewenthal et al.⁹⁾は、封鎖政策が COVID-19 による死者数に与える影響について、既往の研究は介入の程度が仮定に基づいており実際の接触量の変化を反映していない、封鎖の期間、厳格さ、早さのいずれが大きな影響を与えるかは不明であるといった課題を指摘した上で、モビリティデータと死亡率の関係を分析した。その結果、日本を除く OECD 諸国において 10 人の死亡が確認された時点に対するソーシャルディスタンス政策の開始時期の早さと死亡率の低さとに相関があったと述べた。

廣井¹⁰⁾は、我が国における拘束力のない行動自粛要請の効果について検証した。その結果、緊急事態宣言は通勤目的の外出を減少させ、人と会った回数を減らす効果があったが、食事や観光目的の外出は緊急事態宣言発出前から既に多くの人が控えていたと指摘している。

(2) 自然環境要因が感染拡大・収束に与える影響

Ujje et al.¹¹⁾は、他のコロナウイルスと同様に冬に高い感染性を示す可能性を念頭に、日本の各都道府県における 3 月 16 日時点の COVID-19 累計感染者数と 2 月の気温、中国からの訪問者数、生産年齢人口に対する老年人口の比との関係を分析した。その結果、気温の低さと累計感染者数とに強い相関関係があったと述べた。

Rashed et al.¹²⁾は、感染者数や死者数が一定数以上の

日本の都道府県において、パンデミックの拡大、収束の期間について分析した。その結果、感染者数は釣鐘型か対数正規分布に従っていること、拡大収束パターンに影響を与える主要因は人口密度であり、湿度や温度が高いほどその期間が短くなる可能性を明らかにした。Diao et al.¹³⁾は、中国やイギリス、ドイツの都市に対して同様の推定を行い、同様の結果が得られたと述べている。

Wilson¹⁴⁾は、アメリカの州毎のパネルデータを用いて、モビリティや気温と COVID-19 による感染者数や死者数との関係を推定した。その結果、気温は 1~8 週間後の感染者数、2~8 週間後の死者数に負の影響があること、モビリティは感染者数に 3~4 週間後をピークに 8~10 週間後まで、死者数に 4 週間後をピークに 10 週間後まで正の影響を与えていることを指摘した。

(3) ウイルスの季節性

ウイルスによる感染症には、その流行に季節性を持つものがある。感染症が季節性を持つ理由には、気温や湿度、紫外線量といった自然的な要因や、入学による接触機会の増加などの人間の行動様式の変化による社会的要因、免疫機能の季節変動、媒介生物や宿主動物の季節性など様々な要因があると考えられている¹⁵⁾。ヒトに感染するコロナウイルスには、COVID-19 の原因となる SARS-CoV-2 以外に、ヒトに蔓延し日常的に感染する風邪のウイルス (Human coronavirus ; HCoV) である HCoV-NL63, HCoV-OC43, HCoV-HKU1, HCoV-229E の 4 種類、および 2002~2003 年に発生した重症急性呼吸器症候群コロナウイルス (SARS-CoV) , 2012 年以降アラビア半島周辺で発生している中東呼吸器症候群コロナウイルス (MERS-CoV) の 2 種類の重症肺炎ウイルスが知られている¹⁶⁾。4 種類の HCoV による風邪様症例は一般に冬に多く、日本および日本と同じ北半球の温帯に位置し年間を通じた気温の推移が比較的似ている米国における検出が冬季に多く夏季に少ないという特徴があることから、ウイルス学的に近縁である SARS-CoV-2 についても同様の季節性、すなわち冬季に多く夏季に少ないという流行パターンを示す可能性が指摘されている¹⁷⁾。

(4) 本研究

2.1 で示した既往研究の指摘を踏まえると、ロックダウンのような厳格な行動制限は、感染拡大を抑制する効果が全くなかったとは言えないものの、封鎖以前から衛生意識の向上やソーシャルディスタンスなどの対策によって既に感染の拡大は抑制されていた可能性が指摘されており (Grant, 2020)、一律の行動制限は感染速度を低下させた主要な原因ではなかったという可能性も十分に考えられる。また 2.2 や 2.3 で示した通り、自然環境やウイルスの持つ特性が感染の拡大や収束に影響を与えてい

る可能性がある。しかし我が国においてはそのような検討が現在までのところ学術的には十分に行われていない。そこで本研究では、我が国のデータを用いて、接触削減を念頭に緊急事態宣言やロックダウン等の政策を通じて行われた外出の削減ならびに自然環境やウイルスの流行の季節性などの対策以外の要因が、それぞれどの程度感染者数の推移に影響を与えているかについて分析を行う。

3. 分析手法

(1) 流行パターンの要因に関する分析

国内における SARS-CoV-2 の流行パターン (新規陽性者数の推移) に影響を与える因子として、季節性を持ち同様のパターンで流行する可能性が指摘されている従来の HCoV の我が国における報告数の推移、既往研究で関連性が指摘されている自然的要因の一つである気温、対策として接触機会の減少に関連する外出削減量の 3 要因を考え、下記に示す仮説 1)~3) を検証する。

- 1) 従来の HCoV の我が国における月報告数の推移は、SARS-CoV-2 の月新規陽性者数の推移と相似的である (従来の HCoV 報告数が多い月は、SARS-CoV-2 の月新規陽性者数も多い)。
- 2) 2020 年度の各月の気温は、2020 年度の同月の SARS-CoV-2 月新規陽性者数に負の影響を与えている (月平均気温が高い月ほど、SARS-CoV-2 の月新規陽性者数は少ない)。
- 3) 各月における外出の削減量は、同月の SARS-CoV-2 の新規陽性者数に正の影響を与えている (外出を控えるほど、感染者数は減少する)。

さらに SARS-CoV-2 の月新規陽性者数を従属変数とする重回帰分析を行い、上記の仮説 1)~3) で用いた従来の HCoV の平均月報告数、月平均気温、月平均外出削減率の 3 独立変数からステップワイズ法を用いて変数選択を行うことで、SARS-CoV-2 の月新規陽性者数に支配的な影響を与える変数の特定を試みる。

また従来の HCoV の報告数に影響を与える要因について気温を考え、次の仮説 4) を検証する。

- 4) 平均月平均気温は、同月の従来の平均 HCoV 月報告数に負の影響を与えている (気温が高い時期ほど、その時期の従来の HCoV の報告数は少ない)。

なお分析は 1 ヶ月を単位とし、2020 年 5 月~2021 年 1 月の 9 ヶ月間を対象とする。日単位の分析では、気温や外出削減率の変化の影響を受けると考えられる感染から

表-1 月別陽性者数・平均気温・外出削減率

	SARS-CoV-2	従来のHCoV	月平均気温	月平均	平均月平均気温
	月新規陽性者数	平均月報告数(件)	(東京・℃)	外出削減率(%)	(東京・℃)
	2020年度	2015～2019年度	2020年度	2020年度	2015～2019年度
5月	2,467	3.4	19.5	-34.1	20.2
6月	1,864	8.2	23.2	-17.3	22.1
7月	17,619	2.0	24.3	-16.6	26.3
8月	32,162	1.2	29.1	-18.6	27.3
9月	15,195	1.8	24.2	-14.8	23.6
10月	17,736	1.4	17.5	-11.2	18.5
11月	47,635	6.8	14.0	-12.0	12.9
12月	86,849	23.0	7.7	-14.7	8.3
1月	154,355	22.8	5.4	-26.2	5.6

表-2 緊急事態宣言前後のデータ概要

(a)1/8対象地域と非対象地域

地域	時期	N	速度平均値	速度標準偏差
非対象	宣言前	12	0.991	0.202
	宣言後	38	1.012	0.394
対象	宣言前	12	0.988	0.172
	宣言後	38	0.980	0.196

(b)1/14追加地域と非対象地域

地域	時期	N	速度平均値	速度標準偏差
非対象	宣言前	18	0.995	0.198
	宣言後	32	1.013	0.422
対象	宣言前	18	1.005	0.273
	宣言後	32	0.981	0.325

表-3 緊急事態宣言前後のデータ概要 (群毎)

(a)1/8対象地域と非対象地域

	N	速度平均値	速度標準偏差
非対象地域	50	1.007	0.355
対象地域	50	0.982	0.189
宣言前	24	0.990	0.184
宣言後	76	0.996	0.309

(b)1/14追加地域と非対象地域

	N	速度平均値	速度標準偏差
非対象地域	50	1.007	0.355
対象地域	50	0.990	0.305
宣言前	36	1.000	0.235
宣言後	64	0.997	0.374

新規陽性者数として公表される報告のラグ日数の仮定に分析が大きく左右される恐れがあるため、本研究では月単位で分析を行うこととした。我が国における従来のHCoVの月報告数には、国立感染症研究所病原微生物検出情報¹⁷⁾に掲載されている2015～2019年度の値の平均値を用いる。なおこの月報告数は、HCoVを原因とする風邪様症例は感染症発生動向調査の対象とはなっておらず、地方衛生研究所等から任意に行われている報告を集計したのものとなっているため、流行状況を体系的に表したものであるのではないという課題はあるものの、冬季の報告数は夏季と比較して10倍程度多く、従来のHCoVによる風邪様症例は冬に多いという特徴を反映している可能性がある。気温については、気象庁¹⁸⁾のデータに基づく東京における各月の平均気温を用いる。仮説4)の検証で用いる平均月平均気温については、従来のHCoV報告数データと同時期(2015～2019年)の月平均気温の5年間の平均値とした。外出削減率には、Googleが提供するCommunity Mobility Reports¹⁹⁾のデータを用いる。これはスマートフォン等のユーザーのロケーション履歴に基づき、6つのカテゴリー(小売・娯楽、食料品店・薬局、公園、乗換駅、職場、住宅)に分類された各場所の滞在者数が、各曜日別の基準値(2020年1月3日～2月6日の曜日別中央値)と比べてどう変化したかを表したものである。

本研究では、これら6カテゴリーのうち外出に相当すると思われる小売店・娯楽施設、公共交通機関、職場の3カテゴリーの値の平均値を用いる。なお基準値を0%とし滞在者数が減少すると負の値で表されるため、外出が削減されるほど、値は小さくなる。SARS-CoV-2の新規陽性者数は、Our World in Data²⁰⁾のデータを用いる(表-1参照)。

(2) 2度目の緊急事態宣言が感染拡大抑制に与えた効果に関する分析

接触削減を念頭に行われる外出削減による感染拡大抑制対策の効果に関して、日本で2021年1月に行われた2度目の緊急事態宣言の発出が、新規陽性者数の変化スピードに与えた効果について分析する。

2度目の緊急事態宣言(新型インフルエンザ等対策特別措置法第32条第1項の規定に基づく、新型コロナウイルス感染症に関する緊急事態が発生した旨の宣言)では、埼玉県、千葉県、東京都及び神奈川県(以下1都3県)は1月8日から、栃木県、岐阜県、愛知県、京都府、大阪府、兵庫県及び福岡県(以下7府県)は同月14日からを対象期間とされた^{21),22)}。そこで(a)1月8日の宣言対象地域1都3県と非対象地域(1月8日、14日のいずれにおいても宣言の発出対象となっていない 36

表-4 SARS-CoV-2 月陽性者数と流行要因との相関係数

		2015～2019年度 従来のHCoV 平均月報告数	2020年度 月平均気温 (東京)	2020年度 月平均 外出削減率
2020年度 SARS-CoV-2 月新規陽性者数	相関係数	0.859	-0.812	-0.141
	有意確率(両側)	0.003 **	0.008 **	0.718
期間:5月～翌年1月(9ヶ月)		**: p<.01; *: p<.05; .: p<.10		

道県を指す、以下同様)、(b)1月14日の宣言追加地域7府県と非対象地域に分け、(a)、(b)それぞれについて、宣言対象地域内/外の陽性者数合計の「速度」(前日比)を従属変数、要因を地域(宣言対象地域内/外)と時期(宣言発出前/後)とする分散分析を行う。日を反復測定に設定した。陽性者数は、感染日と報告日のラグを14日と仮定し、14日後の報告数をその日の陽性者数とする。また期間は、陽性者数が最大値をとった2020年12月27日から2021年2月14日とする。データの概要は表-2、表-3の通りである。なお陽性者数の増減(感染の拡大・収束)を表す指標としては、実効再生産数が一般的であるが、正確な値を直ちに算出することは困難である。簡易的な実効再生産数として、(直近7日間の陽性者数)/(その前の7日間の陽性者数)が用いられる場合もあるが、これは過去2週間まで遡った値を使って求めるもので、今回のように宣言タイミングを挟んで前後数週間程度の傾向を分析するには適さない可能性があるため、本研究では前日の通り陽性者数の前日比「速度」を用いることとした。また2020年4月に行われた1度目の緊急事態宣言の発出は、4月7日に7都府県に行われた後、4月16日に全国に拡大されており、宣言対象地域内外の比較に十分なサンプルを得ることが困難であるため、分析の対象外とした。対象地域内外の陽性者数の陽性者数は東洋経済オンライン²³⁾の都道府県別陽性者数に基づいた。

4. 分析結果と考察

(1) 流行パターン要因に関する分析結果

a) 仮説検証結果

仮説1)～3)を検証するために行った相関分析の結果は、表-4に示した通りである。SARS-CoV-2の月新規陽性者数と従来のHCoV平均月報告数との相関係数は正に有意であることから、仮説1)は支持された。またSARS-CoV-2月新規陽性者数と各月の月平均気温との相関係数は負に有意であることから、仮説2)も支持された。一方、SARS-CoV-2の月新規陽性者数と月平均外出削減率との相関係数は有意でなく、仮説3)は支持されなかった。

表-5 SARS-CoV-2陽性者数と従来のHCoV報告数

	推定値	t値	Pr(> t)
定数	3,938.6	0.317	0.761
従来のHCoV平均月報告数	4,825.4	4.446	0.003 **
	自由度調整済みR ² 値	0.739	
		**: p<.01; *: p<.05; .: p<.10	

表-6 SARS-CoV-2陽性者数と月平均気温

	推定値	t値	Pr(> t)
定数	134,465.0	4.935	0.002 **
月平均気温	-5,059.4	-3.679	0.008 **
	自由度調整済みR ² 値	0.610	
		**: p<.01; *: p<.05; .: p<.10	

表-7 従来のHCoV報告数と平均月平均気温

	推定値	t値	Pr(> t)
定数	26.1	6.334	0.000 **
平均月平均気温	-1.0	-4.776	0.002 **
	自由度調整済みR ² 値	0.732	
		**: p<.01; *: p<.05; .: p<.10	

次にSARS-CoV-2の月新規陽性者数を従属変数とする単回帰分析を行った。従来のHCoV平均月報告数を独立変数とした結果は表-5、月平均気温を独立変数とした回帰分析とした結果は表-6の通りであった。さらにSARS-CoV-2の月新規陽性者数を従属変数、従来のHCoV平均月報告数、月平均気温、月平均外出削減率を独立変数とする重回帰分析において、ステップワイズ法を用いた変数選択を行ったところ、従来のHCoV平均月報告数のみが選択され、月平均気温および月平均外出削減率は除去された。なお、誤差項についてダービンワトソン比を求めたところ、1.80であった。2に十分近いことから、誤差項に系列相関はないと考えられる。

従来のHCoV月報告数と平均月平均気温との相関係数は、-0.829(有意確率0.006)となり、負に有意であることから、仮説4)は支持された。回帰分析の結果は表-7の通りである。

b) 流行パターン要因分析結果に関する考察

仮説1)～3)の検証結果から、SARS-CoV-2の月新規陽性者数について、その推移は従来のHCoVの流行パターンと相似的であり、また気温が低い時期ほど増加する可能

表-8 緊急事態宣言前後・対象地域内外における分散分析結果

(a)1/8対象地域と非対象地域

日に関して反復測定

	自由度	平方和	平均平方和	F value	Pr(>F)
地域 (対象内/外)	1	0.002	0.002	0.019	0.892
日残差	48	4.582	0.095		
時期 (宣言前/後)	1	0.009	0.009	0.114	0.736
地域と時期の交互作用	1	0.000	0.000	0.000	0.996
日残差と地域の交互作用	98	7.902	0.081		

**: p<.01; *: p<.05; .: p<.10

(b)1/14追加地域と非対象地域

日に関して反復測定

	自由度	平方和	平均平方和	F value	Pr(>F)
地域 (対象内/外)	1	0.001	0.001	0.007	0.935
日残差	48	4.584	0.095		
時期 (宣言前/後)	1	0.001	0.001	0.008	0.927
地域と時期の交互作用	1	0.013	0.013	0.163	0.688
日残差と地域の交互作用	98	7.898	0.081		

**: p<.01; *: p<.05; .: p<.10

性が示された。ステップワイズ法による変数選択結果から、従来の HCoV の流行パターンが、今年度の SARS-CoV-2 の月新規陽性者数の推移に対して支配的な影響を持っていることが示唆された。また外出削減による SARS-CoV-2 の月新規陽性者数の減少への効果は確認できなかった。仮説 4)の検証結果からは、気温の季節的変動パターンが従来の HCoV の流行パターンに影響を与えている（気温が低い時期ほど従来の HCoV は流行している）可能性が示唆された。これらから、気温の季節的変動が従来の HCoV の流行パターンに影響を与えており、さらにこの従来の HCoV の流行パターンが SARS-CoV-2 の流行パターンに影響を及ぼしている、という因果関係が推論される。

(2) 2度目の緊急事態宣言に関する分析結果

(a)1月8日の宣言対象地域1都3県と非対象地域、(b)1月14日の宣言追加地域7府県と非対象地域について、宣言対象地域内/外の陽性者数合計の「速度」（前日比）を従属変数、要因を地域（宣言対象地域内/外）と時期（宣言発出前/後）として行った分散分析の結果は、表-8の通りである。(a)、(b)いずれにおいても、地域の主効果、時期の主効果、地域と時期の交互作用は、有意でなかった。

これらから感染者数の増減速度は、緊急事態宣言の対象地域内外で差がないこと、緊急事態宣言発出前後で差がないこと、そして対象地域内外の差が宣言発出の前後で異なる（もしくは宣言発出の前後の差が対象地域の内外で異なる）ことはないことが示唆された。

5. 結論と今後の課題

(1) 結論

本研究では対策の効果について、既往研究を整理しロックダウンのような厳格な行動制限が感染速度を低下させた主因ではなかった可能性を指摘した上で、COVID-19の流行と従来のヒトコロナウイルスの流行パターンとの類似性、気温との関係、外出削減が与える効果について分析を行った。その結果、COVID-19の原因ウイルス SARS-CoV-2の流行状況（月陽性者数の推移）には、気温の低い冬季に増加するという特徴を持つ従来のヒトコロナウイルス報告数の推移が支配的な影響を持っていることが示唆された。また緊急事態宣言の前後における感染者数の増減速度に関する分析では、宣言対象地域の内外においても宣言発出の前後においても、緊急事態宣言の影響は確認されなかった。

すなわち、緊急事態宣言やこれを通じた人々の自粛ないし活動性の変化の程度に SARS-CoV-2 の新規陽性者数が影響を受けているという傾向は統計学的に棄却される一方、「旧型コロナ」ウイルスと同様に季節の変わり目における気温の低下によってその拡大が導かれ、程なくして低減していくという傾向が統計学的に認められることが実証的に示された。

(2) 今後の課題

SARS-CoV-2 流行パターンの要因に関する分析では、データの制約から月毎のデータを用いているため、季節的な流行パターンのみが評価の対象となっている。急な冷え込みといった短期間での気温等の自然環境要因の変化が流行にもたらす影響について、さらに詳細な分析を

行うことが望まれる。また対策については、定量的な把握が可能な外出の削減のみを考慮している。手洗いやうがいの励行等の衛生意識の向上等の対策が、どの程度の効果を有するのかについても検証する必要がある。

参考文献

- 1) 藤井聡, 宮沢孝幸, 高野裕久, 桑原篤憲, 清野純史, 矢守克也, 柴山桂太, 大西正光, 山田忠史, 川端祐一郎, 中尾聡史: 国民被害の最小化を企図した新型コロナウイルス対策における基本方針の提案, 実践政策学, Vol.6, No.1, pp.103-108, 2020
- 2) Flaxman, S., Mishra, S., Gandy, A. et al.: Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe, *Nature*, 584, pp.257-261, 2020
- 3) Alexandre Hyafil, David Morin: Analysis of the impact of lockdown on the reproduction number of the SARS-Cov-2 in Spain, *medRxiv* 2020.04.18.20070862
- 4) Nussbaumer-Streit B, Mayr V, Dobrescu AI, Chapman A, Persad E, Klerings I, Wagner G, Siebert U, Ledinger D, Zachariah C, Gartlehner G.: Quarantine alone or in combination with other public health measures to control COVID - 19: a rapid review. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2020, Issue 9. Art. No.: CD013574.
- 5) Pierre Nouvellet et al.: Report 26 Reduction in mobility and COVID-19 transmission, <https://doi.org/10.25561/79643>
- 6) Neil M Ferguson, Daniel Laydon, Gemma Nedjati-Gilani, Natsuko Imai, Kylie Ainslie, Marc Baguelin, Sangeeta Bhatia et al.: Report 9 - Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand, Imperial College London (16-03-2020), 2020
- 7) Alastair Grant: The reproduction number R for COVID-19 in England: Why hasn't "lockdown" been more effective?, *medRxiv* 2020.07.02.20144840
- 8) Luis Santamaría, Joaquín Hortal: COVID-19 effective reproduction number dropped during Spain's nationwide dropdown, then spiked at lower-incidence regions, *Science of The Total Environment*, Volume 751, 10 January 2021, 142257
- 9) Gil Loewenthal, Shiran Abadi, Oren Avram, Keren Halabi, Noa Ecker, Natan Nagar, Itay Mayrose, Tal Pupko: COVID - 19 pandemic - related lockdown: response time is more important than its strictness, *EMBO Mol Med* (2020)12:e13171 <https://doi.org/10.15252/emmm.202013171>
- 10) 廣井悠: COVID-19 に対する日本型ロックダウンの外出抑制効果に関する研究, 都市計画論文集, Vol.55, No.3, pp.902-909, 2020
- 11) Mugen Ujiie, Shinya Tsuzuki, Norio Ohmagari: Effect of temperature on the infectivity of COVID-19, *International Journal of Infectious Diseases*, 95, 301-303, 2020
- 12) Essam A. Rashed, Sachiko Kodera, Jose Gomez-Tames, and Akimasa Hirata: Influence of Absolute Humidity, Temperature and Population Density on COVID-19 Spread and Decay Durations: Multi-Prefecture Study in Japan, *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17(15), 5354
- 13) Yinliang Diao, Sachiko Kodera, Daisuke Anzai, Jose Gomez-Tame, Essam A.Rashed, Akimasa Hirata: Influence of population density, temperature, and absolute humidity on spread and decay durations of COVID-19: A comparative study of scenarios in China, England, Germany, and Japan, *One Health*, Volume 12, June 2021, 100203
- 14) Daniel John Wilson: Weather, Social Distancing, and the Spread of COVID-19, *medRxiv* 2020.07.23.20160911
- 15) Grassly, Nicholas C, and Christophe Fraser: Seasonal infectious disease epidemiology, *Proceedings Biological sciences*, vol.273(1600), pp.2541-2550, 2006, doi:10.1098/rspb.2006.3604
- 16) 国立感染症研究所: コロナウイルスとは, 2020年1月10日 <https://www.niid.go.jp/niid/ja/kansennohanashi/9303-coronavirus.html>
- 17) 国立感染症研究所: ヒトコロナウイルス (HCoV) 感染症の季節性について—病原微生物検出情報 (2015~2019年) 報告例から—, 病原微生物検出情報, Vol.41, p.124-125, 2020
- 18) 気象庁: 過去の気象データ検索 <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etm/index.php>
- 19) Google: Community Mobility Reports <https://www.google.com/covid19/mobility/>
- 20) Our World in Data: Coronavirus Pandemic (COVID-19) <https://ourworldindata.org/coronavirus>
- 21) 新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言に関する公示の全部を変更する公示, 官報, 令和3年1月7日, 号外特第1号
- 22) 新型コロナウイルス感染症緊急事態宣言に関する公示の全部を変更する公示, 官報, 令和3年1月13日, 号外特第4号
- 23) 東洋経済オンライン. 新型コロナウイルス国内感染の状況 都道府県別の発生動向 <https://toyokeizai.net/sp/visual/tko/covid19/>

(Received ?? ??, ????)
(Accepted ?? ??, ????)

EMPIRICAL STUDY ON FACTORS THAT SPREAD OR REDUCE COVID-19 INFECTION

Hirotaka UEDA, Yuichiro KAWABATA, Satoshi FUJII

In measures against pandemics such as COVID-19, it is essential to understand the relationship between measures such as reduction of going out and its effect of suppressing the spread of infection. In this study, we analyzed the statistical relationship between the epidemic situation of the novel coronavirus (SARS-CoV-2) and its factors. As a result, the SARS-CoV-2 epidemic (number of positives per month) has a strong positive correlation with the conventional coronavirus fluctuation pattern and a strong negative correlation with the monthly average temperature, while it was suggested that there is no correlation with the monthly

average outing reduction rate. Regarding the state of emergency issued in January 2021, the speed of change in the number of infected persons did not differ before and after the declaration and inside and outside the target area, and the difference in speed inside and outside the target area also differed before and after the declaration decreased. It was suggested that there was no emergency declaration, and the effect of the emergency declaration was not confirmed.