

COVID-19 感染拡大の季節性と外出自粛の効果に関する研究

上田 大貴 (一般社団法人システム科学研究所, h-ueda@issr-kyoto.or.jp)

川端 祐一郎 (京都大学 大学院工学研究科, kawabata.yuichiro.8x@kyoto-u.ac.jp)

藤井 聡 (京都大学 大学院工学研究科, fujii@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

A study on the seasonality of the spread of COVID-19 and the effect of stay-home strategy

Hiroataka Ueda (Institute of Systems Science Research)

Yuichiro Kawabata (Graduate School of Engineering, Kyoto University)

Satoshi Fujii (Graduate School of Engineering, Kyoto University)

要約

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) への対策においては外出削減をはじめとする強力な非医療的介入が用いられたが、今後のパンデミック対策を適切なものとするためにも、それらがどの程度の感染抑制効果を持ったかについての検証は不可欠である。本研究では、日本における新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) の流行状況と、その要因として考えられる外出削減率及び季節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 (新規感染者数) は、従来から存在するコロナウイルスの流行の季節変動パターンと強い正の相関を、気温と強い負の相関を示す一方で、外出削減率との間では有意な相関が観察されなかった。また、SARS-CoV-2 の流行に及ぼす影響を重回帰分析により検討したところ、気温が支配的な影響を持っていることが示唆された。

キーワード

新型コロナウイルス感染症, COVID-19, 季節性, 気温, 自粛

1. 背景と研究目的

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た社会活動の制限が行われ、このことが社会経済に対し間接的な被害を生じさせる。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 (藤井他, 2020)。

COVID-19 もそうであったように、感染が拡大しはじめた状況下では、社会活動の制限、マスク着用や手洗いの奨励など行動変容の促進、空港検疫を始めとするいわゆる水際対策など、感染拡大を抑制するための短期的な政策が組み合わせて実施される。当面の救命措置や、将来的なワクチン開発といった医療的介入が重要であることは言うまでもないが、感染が急拡大する状況では医療供給体制が追いつかない「医療崩壊」の状況になる恐れがあり、またワクチン開発には相当の期間を要するため、非医療的介入は不可欠であると言える。日本においても 2020 年 4 月には、医療崩壊を避けるべく、外出量を 8 割削減するという目標が政府より示された (日本経済新聞, 2020)。

ただし外出の削減は社会経済活動に対する直接的な制限を意味し、こうした政策の推進にあたっては、そのコストに見合った対策効果が存在するか否かは常に問題となる。感染初期においてはその効果を実証的に確認することはできないが、パンデミックの長期化や将来のパンデミックに備えるために、そうした介入の効果を検証し

ておくことは、合理的な政策を策定するとともに、社会的な合意を形成する上で、不可欠であると言える。

今般の COVID-19 パンデミックでは、我が国では先に述べたように外出の 8 割削減の必要が唱えられ、それとあわせて「緊急事態宣言」等が発出され、飲食店の営業制限や外出、移動の自粛が求められた。しかしその過程では、必ずしも実証的根拠を伴って定量的効果が示されていたわけではなく、場合によっては対策が過剰であったり過小であったりした可能性もある。

感染症は、仮に COVID-19 が終息したとしても様々なものが流行すると考えられ、今後の政策策定を支援する上でも、各種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、新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) の新規感染者数の推移に、接触の削減を念頭に置いた外出削減が及ぼした影響を、自然環境やウイルスの流行の季節性など対策以外の要因が与えた影響と合わせて分析、評価する。

2. 既往研究と本研究の位置づけ

2.1 行動制限の効果に関する研究

COVID-19 の拡大期以降における、人々の社会的な接触の制限など各種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。

実際の人々の行動量の変化が与えた影響を検証する研究として、Nouvellet et al. (2021) は、Google および Apple が収集しているモビリティデータと COVID-19 の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、再生産数の動向の 85 % 以上をモビリティが説明していると述べている。

Ferguson et al. (2020) も、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）の役割を評価している。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。

Loewenthal et al. (2020) は、封鎖政策が COVID-19 による死亡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。

これら接触機会の削減という対策の効果の分析の他に、ロックダウンのような政策プログラムの効果についての研究も行われている。

Flaxman et al. (2020) 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 ヶ国での分析を通じ、ロックダウンには識別可能な効果があったと主張している。また Hyafil and Morriña (2020) 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分析し、増加していた感染者数はロックダウン後減速しており、再生産数も低下したと述べている。

日本では永田ら (2020) が、2020 年 3 月から 4 月にかけての日別の陽性者数から全国及び地域別の実行再生算数を算出し、Google 社が提供するモビリティデータと比較している。我が国においては欧米諸国に比べてモビリティの減少幅は小さかったものの、モビリティの減少と実行再生算数の減少の間には相関がみられ、特に小売・娯楽施設および駅でのモビリティ変化が 9 日～17 日後の実効再生産数と強く相関していることが確認された。ただし永田らの分析は 2020 年 4 月までのデータを用いた限定的な範囲に留まっている。

2.2 自然環境要因が感染拡大・収束に与える影響

Ujjić et al. (2020) は、他のコロナウイルスと同様に

新型コロナウイルスが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. (2020) は、感染者数や死亡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. (2021) 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。

Wilson (2020) 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亡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 週間後の死亡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、死亡者数に 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。

2.3 ウィルス流行の季節性

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、学校への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 (Grassly and Fraser, 2006)。

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 (国立感染症研究所, 2020a)。

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 (国立感染症研究所, 2020b)。

2.4 本研究の位置づけ

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

国内における SARS-CoV-2 の流行パターン (新規感染者数の推移) 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率の 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 の新規感染者数の推移と正の相関を持つ (従来の HCoV 報告数が多い月は、SARS-CoV-2 の新規感染者数も多い)。
- ② 気温は、SARS-CoV-2 の新規感染者数に負の影響を与えている (気温が高い時期ほど、SARS-CoV-2 の新規感染者数は少ない)。
- ③ 外出の削減率は、SARS-CoV-2 の新規感染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)。

以上の関係につき相関分析を行った上で、さらに SARS-CoV-2 の新規感染者数を目的変数とする重回帰分析を行い、従来の HCoV の報告数、気温、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 の新規感染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として気温が考えられるため、次の仮説④を検証する。

- ④ 気温は、従来の HCoV 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 週間を単位とし、2020 年 3 月 4 日～2021 年 3 月 2 日までの 52 週間を対象とする。日単位の分析では、感染から新規陽性者数として公表される報告まで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こ

とと、曜日間の差を統制する上で好都合であることから、本研究では週単位の分析を採用する。データを 2021 年 2 月までに限るのは、3 月以降に英国由来の変異株の流行が始まったと言われるが、現時点では影響に未知の部分が多いためである。また本研究では、全国データでの分析とあわせて、とりわけ感染者数の多い東京・大阪について個別的分析結果を報告する。

従来の HCoV の報告数は、国立感染症研究所病原微生物検出情報に掲載されている 2015～2019 年度の値の平均値を用いる。なおこの報告は月単位のデータであるため、同一月に属する週には同じ値を割当て、週が 2 つの月に重なる際は、日数を重みとする加重平均をその週の値とする。HCoV を原因とする風邪様症例は感染症発生动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ものと考えられる。

気温については、気象庁 (2021) のデータに基づく全国及び東京・大阪における日平均気温の週平均用いる。ただし仮説 4) の検証で用いる気温については、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 (2020) が提供する Community Mobility Reports 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) と比べて何 % 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考えられる小売店・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 の新規感染者数は、Our World in Data (2020) のデータを用いる。感染から発症までの潜伏期間が 5～6 日、診断に要する時間が 7～8 日、報告に要する時間が 1～2 日とされていることから (Linton et al., 2020; 西浦, 2020)、感染日と報告日との間には 14 日のタイムラグ (時間差) があると仮定し、この仮定に基づいて本研究では「ある日の陽性者数」は、その日の 14 日前の「感染者数」と見なされるものとした。

これらデータの概要を把握するため、月単位の基本統計として集計したのが表 1 である。

4. 分析結果と考察

4.1 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 2 に示した通りである。SARS-CoV-2 の新規感染者数と従来の HCoV 報告数との相関係数は正に有意であること

表 1：月別基本統計

	SARS-CoV-2 新規陽性者数 2020年～21年 件(合計)			気温 2020年～21年 ℃(平均)			平均外出削減率 2020年～21年 %(平均)			従来の HCoV 2015～19年 件(平均)	過去の気温 2015～19年 ℃(平均)
	全国	東京	大阪	全国	東京	大阪	全国	東京	大阪	全国	全国
3月	14,569	2,281	782	10.1	10.8	11.4	-8.8	-17.4	-13.1	19.6	9.2
4月	16,343	2,729	880	13.4	13.9	14.8	-28.8	-49.9	-38.2	11.2	14.5
5月	2,226	502	16	19.4	19.4	20.9	-25.7	-46.7	-33.6	3.4	19.5
6月	9,562	2,574	275	23.5	23.4	24.9	-13.9	-29.2	-18.9	8.2	22.0
7月	69,302	9,891	5,036	24.9	24.6	26.3	-13.2	-27.8	-18.9	2.0	26.5
8月	37,869	5,191	2,624	29.0	29.2	30.8	-14.1	-30.5	-23.3	1.2	27.5
9月	34,494	5,902	1,895	23.6	23.7	25.1	-10.6	-24.3	-17.6	1.8	23.4
10月	53,965	6,054	4,143	16.5	16.4	17.6	-6.7	-21.6	-15.0	1.4	18.2
11月	125,692	12,781	9,657	12.8	13.7	14.4	-7.2	-20.8	-15.2	6.8	12.4
12月	310,230	40,691	13,631	6.1	7.2	8.2	-14.8	-27.5	-22.6	23.0	7.5
1月	155,363	19,261	7,063	4.7	5.7	6.4	-21.6	-35.0	-26.2	30.8	4.7
2月	61,214	7,925	2,345	7.3	8.8	9.0	-18.1	-31.6	-24.2	31.0	5.4

表 2：SARS-CoV-2 新規感染者数と流行要因との相関係数

		外出度 (週平均)	気温 (週平均)	従来の HCoV 報告数
SARS-CoV-2 新規陽性者数 (週合計)	全国	0.06	-0.57 **	0.51 **
	東京	0.10	-0.52 **	0.51 **
	大阪	0.14	-0.45 **	0.34 *

注：N=52。** $p < .01$; * $p < .05$; . $p < .10$ 。第1週：2020年3月4日～10日、第52週：2021年2月24日～3月2日。

から、仮説①は支持された。また SARS-CoV-2 新規感染者数と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 の新規感染者数と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。これらの傾向は、全国、東京、大阪の全てに関し同様であった。

次に SARS-CoV-2 の新規感染者数を目的変数とする重回帰分析を行い、本研究で取り扱う各要因が COVID-19 の流行に与える影響の強さの比較を試みた。従来の HCoV 報告数、気温、外出削減率を独立変数の候補とし、ステップワイズ法を用いた変数選択を行ったところ、全国・東京・大阪のいずれにおいても気温のみが選択され、従来

表 3：全国の新規感染者数増加要因

目的変数：新規感染者数(2週間スライド)					
地域	説明変数	標準化係数	標準誤差	t	p
全国	(Intercept)	0.00	0.12	0.00	1.00
	気温	-0.57	0.12	-4.89	0.00 **
	外出削減率				変数選択されず
	従来 HCoV				変数選択されず
				R^2	0.32
				調整済み R^2	0.31

注：N=52。** $p < .01$; * $p < .05$; . $p < .10$ 。

表 4：東京の新規感染者数増加要因

目的変数：新規感染者数(2週間スライド)					
地域	説明変数	標準化係数	標準誤差	t	p
全国	(Intercept)	0.00	0.12	0.00	1.00
	気温	-0.52	0.12	-4.31	0.00 **
	外出削減率				変数選択されず
	従来 HCoV				変数選択されず
				R^2	0.27
				調整済み R^2	0.26

注：N=52。** $p < .01$; * $p < .05$; . $p < .10$ 。

表 5：大阪の新規感染者数増加要因

目的変数：新規感染者数(2週間スライド)					
地域	説明変数	標準化係数	標準誤差	t	p
全国	(Intercept)	0.00	0.12	0.00	1.00
	気温	-0.45	0.13	-3.61	0.00 **
	外出削減率				変数選択されず
	従来 HCoV				変数選択されず
				R^2	0.21
				調整済み R^2	0.19

注：N=52。** $p < .01$; * $p < .05$; . $p < .10$ 。

の HCoV 報告数と外出削減率は除去された。重回帰分析の結果は、表 3 から表 5 に示すとおりである。

さらに、従来の HCoV 報告数と気温の関係を確認するため、従来の HCoV 報告数を目的変数とし、同時期に対応する 2015 年から 2019 年までの月平均気温の 5 年間平均値を説明変数とする単回帰分析を行ったところ、強い負の影響が確認され、仮説④が支持された。単回帰分析の結果は表 6 に示す通りである。なお両変数の相関係数は、

表 6：従来 HCoV の月報告数への月平均気温の影響（2015 年～2019 年）

目的変数：従来 HCoV					
地域	説明変数	標準化係数	標準誤差	t	p
全国	(Intercept)	31.88	3.42	9.32	0.00 **
	気温	-1.27	0.19	-6.57	0.00 **
				R ²	0.81
				調整済み R ²	0.79

注：N = 52。** p < .01; * p < .05; . p < .10。

-0.9 (p < .01) である。

4.2 分析結果に関する考察

仮説①～③の検証結果から、SARS-CoV-2 の新規感染者数について、その推移は従来の HCoV の流行パターンと相似しており、また気温が低い時期ほど増加する可能性が示された。ステップワイズ法による変数選択結果から、本研究で流行要因の候補とした変数の間では、気温が SARS-CoV-2 の新規感染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、さらには 2020 年からの SARS-CoV-2 の流行パターンにも影響を及ぼしているため、従来の HCoV と SARS-CoV-2 の流行に相似した関係が観察されたものとみられる。また、SARS-CoV-2 の流行パターンが従来の HCoV の流行パターンと類似しているという結果は、2019 年以前には大規模な外出制限などは行っていなかったことを考え合わせると、外出削減率の効果が有意でないこととも整合的であると言える。

5. 結論と今後の課題

5.1 結論

本研究では、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（新規感染者数の推移）には、気温が支配的な影響を持っており、気温の低下とともに流行が拡大する傾向が示唆された。

本研究の分析結果においては、外出削減率として表れる人々の自粛ないし活動性の変化が SARS-CoV-2 の新規感染者数に与える影響は、有意なものとしては観察されなかった。もちろん、これをもって外出削減に流行抑止効果がないと結論づけられるわけではないが、少なくとも効果がなかった可能性を示唆する結果である、あるいは、効果がなかったという仮説の蓋然性が本実証分析の

実施前に比して多少なりとも高まったと解釈することは可能であろう。また仮に効果があるのだとしても、本分析により得られた、外出削減に比べて気温の影響が相当程度大きかったという知見は、今後の感染対策において十分留意される必要があると言えるであろう。

5.2 今後の課題

今回行った SARS-CoV-2 流行パターンの要因に関する分析では、正確な報告遅延日数が分からないといった問題から週毎のデータを用いており、一定程度のサンプルサイズは確保できているものの、効果の検出力に限界がある可能性はある。気温の変動に関しても、たとえば数日単位でも急激な冷え込みの効果を検討するなど、今後より詳細な分析を行うことが望まれる。

従来の HCoV の報告数と SARS-CoV-2 の新規感染者数の間には正の相関が見られたが、従来の HCoV の報告数は限られた範囲の調査に基づくものであり、かつ月単位のデータしか存在しない。この点についても改善方法を模索するとともに、インフルエンザ等との関連についても今後分析を深めることが求められよう。

また、社会的な感染対策を代表する指標として、本研究ではモビリティデータを用いた。本データは人々の移動実態を時系列的に定量把握できる極めて有用な情報であるが、感染対策には手洗い、うがいの励行やソーシャルディスタンスの確保など様々なものが存在するため、これらの変数についても何らかの形で分析に加える方法を模索すべきである。

なお、本研究が対象とした期間以後に、英国由来の変異株の拡大など、COVID-19 の流行はさらなる展開を迎えており、本稿執筆以後に新たなデータを用いて分析した場合、異なった示唆が得られる可能性も考えられる。今後、この変異株の感染推移パターンの全容等も明らかになったときに、改めて本研究と同様の分析を行うことで、コロナウイルスの流行パターンについてさらに正確かつ有用な知見が得られるものと期待される。

謝辞

本研究は JSPS 科研費（21H01453）の助成を受けたものです。

引用文献

- Diao, Y., Kodera, S., Anzai, D., Gomez-Tame, J., Rashed, E. A., and Hirata, A. (2021). 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*, Vol. 12, 100203.
- Ferguson, N. M., Laydon, D., Nedjati-Gilani, G., Imai, N., Ainslie, K., Baguelin, M., Bhatia, S., Boonyasiri, A., Cucunubá, Z., Cuomo-Dannenburg, G., Dighe, A., Dorigatti, I., Fu, H., Gaythorpe, K., Green, W., Hamlet, A., Hinsley, W., Okell, L. C., van Elsland, S., Thompson, H., Verity, R., Volz, E., Wang,

- H., Wang, Y., Walker, P. G. T., Walters, C., Winskill, P., Whittaker, C., Donnelly, C. A., Riley, S., and Ghan, A. C. (2020). Impact of non-pharmaceutical interventions (NPIs) to reduce COVID-19 mortality and healthcare demand. Imperial College London (16-03-2020).
- Flaxman, S., Mishra, S., Gandy, A., Unwin, H. J. T., Mellan, T. A., Coupland, H., Whittaker, C., Zhu, H., Berah, T., Eaton, J. W., Monod, M., Imperial College COVID-19 Response Team, Ghani, A. C., Donnelly, C. A., Riley, S., Vollmer, M. A. C., Ferguson, N. M., Okell, L. C., and Bhatt, S. (2020). Estimating the effects of non-pharmaceutical interventions on COVID-19 in Europe. *Nature*, Vol. 584, 257-261.
- 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 (2020). 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, 103-108.
- Google (2020). Community Mobility Reports. <https://www.google.com/covid19/mobility/>.
- Grassly, N. C. & Fraser, C. (2006). Seasonal infectious disease epidemiology. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1600), pp.2541-2550.
- Hyafil, A. and Morriña, D. (2020). *Analysis of the impact of lockdown on the reproduction number of the SARS-Cov-2 in Spain*. *Gaceta sanitaria*.
- 気象庁 (2021). 過去の気象データ検索. <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>.
- 国立感染症研究所 (2020a). 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>.
- 国立感染症研究所 (2020b). 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, 124-125.
- Linton, N. M., Kobayashi, T., Yang, Y., Hayashi, K., Akhmetzhanov, A. R., Jung, S. M., Yuan, B., Kinoshita, R., and Nishiura, H. (2020). Incubation period and other epidemiological characteristics of 2019 novel coronavirus infections with right truncation: A statistical analysis of publicly available case data. *Journal of Clinical Medicine*, Vol. 9, No. 2, 538.
- Loewenthal, G., Abadi, S., Avram, O., Halabi, K., Ecker, N., Nagar, N., Mayrose, I., and Pupko, T. (2020). COVID-19 pandemic-related lockdown: Response time is more important than its strictness. *EMBO Molecular Medicine*, Vol. 12, No. 11, e13171.
- 永田彰平・中谷友樹・菅蒲川由郷 (2020). モバイルデバイスデータを用いた COVID-19 流行とモビリティ変化の関連の分析. *日本地理学会発表要旨集 2020 年度日本地理学会秋季学術大会*, 82.
- 西浦博 (2020). 実効再生産数とその周辺. *日本科学技術ジャーナリスト会議資料*.
- 日本経済新聞 (2020). 接触 8 割削減、底流に英論文、「放置なら英で 51 万人死亡」予測. *日本経済新聞* 2020 年 4 月 9 日付.
- Nouvellet, P., Bhatia, S., Cori, A., Ainslie, K. E. C., Baguelin, M., Bhatt, S., Boonyasiri, A., Brazeau, N. F., Cattarino, L., Cooper, L. V., Coupland, H., Cucunuba, Z. M., Cuomo-Dannenburg, G., Dighe, A., Djaafara, B. A., Dorigatti, I., Eales, O. D., van Elsland, S. L., Nascimento, F. F., FitzJohn, R. G., Gaythorpe, K. A. M., Geidelberg, L., Green, W. D., Hamlet, A., Hauck, K., Hinsley, W., Imai, N., Jeffrey, B., Knock, E., Laydon, D. J., Lees, J. A., Mangal, T., Mellan, T. A., Nedjati-Gilani, G., Parag, K. V., Pons-Salort, M., Ragonnet-Cronin, M., Riley, S., Unwin, H. J. T., Verity, R., Vollmer, M. A. C., Volz, E., Walker, P. G. T., Walters, C. E., Wang, H., Watson, O. J., Whittaker, C., Whittles, L. K., Xi, X., Ferguson, N. M., and Donnelly, C. A., (2021). Reduction in mobility and COVID-19 transmission. *Nature Communications*, Vol. 12, No. 1, 1-9.
- Our World in Data (2020). Coronavirus pandemic (COVID-19). <https://ourworldindata.org/coronavirus>.
- Rashed, E. A., Kodera, S., Gomez-Tames, J., and Hirata, A. (2020). Influence of absolute humidity, temperature and population density on COVID-19 spread and decay durations: Multi-prefecture study in Japan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 17, No. 15, 5354.
- Ujiiie, M., Tsuzuki, S., and Ohmagari, N. (2020). Effect of temperature on the infectivity of COVID-19. *International Journal of Infectious Diseases*, Vol. 95, 301-303.
- Wilson, D. J. (2020). Weather, social distancing, and the spread of COVID-19. medRxiv 2020.07.23.20160911.

Abstract

While strong non-medical interventions such as stay-at-home strategy were implemented in the reaction to the novel coronavirus pandemic (COVID-19), it is essential to examine the extent to which these interventions were effective enough in controlling the infections in order to ensure that the future countermeasures against pandemic will be appropriate. In this study, we analyzed the statistical relationship between the spread of the novel coronavirus (SARS-CoV-2) in Japan and the reduction rate of going-out and seasonal factors that may have contributed to the outbreak. The results showed that the spread of SARS-CoV-2 (weekly number of positive cases) has a strong positive correlation with the seasonal epidemic pattern of conventional coronaviruses and a strong negative correlation with the weekly average temperature. However, on the other hand, it was not significantly correlated with the weekly average reduction rate of going-out. Furthermore, a multiple regression analysis suggested that average temperature has the dominant effect on the spread of SARS-CoV-2.

(受稿 : 2021 年 4 月 15 日 受理 : 2021 年 6 月 22 日)