

リスク・レジリエンス工学
グループ PBL 演習
研究成果報告書

Vol. 16

令和 3 年 3 月

筑波大学大学院システム情報工学研究群
リスク・レジリエンス学位プログラム



巻頭言

令和2年(2020年)4月から本学の大学院で学位プログラム制による新たな教育体制が本格始動し、今年度はリスク・レジリエンス工学学位プログラムとしての船出の年度となりました。折しもコロナ禍の嵐が吹き荒れ始めた中でのスタートとなりましたが、今日、私たちの生活は、このような感染症のみならず、航空機・自動車などの移動体事故、都市・地域災害の発生、エネルギー供給の途絶、気候変動、情報システムにおける個人情報の盗用や電子的詐欺など、さまざまなリスクに囲まれています。リスク・レジリエンス工学学位プログラムは、前身のリスク工学専攻が目的としてきた、これら多様なリスクを科学的かつ工学的な方法により解明しようとする観点に、回復力やしなやかな強さを意味する"レジリエンス"の観点を加え発展継承的に発足されました。

リスク評価によるシステム設計は、損害の規模と発生確率からリスク評価を行いそれが予め決めた閾値を越えないようにいわば「想定内」でシステムを設計することを目標としてきていましたが、新たにレジリエンス評価によるシステム設計の観点を加え、閾値を超える「想定外」に対応できるようにシステムを設計することを目的とするよう発展させています。このためには、リスク解析やレジリエンス評価のための基礎理論や関連情報処理技術の習得のみならず、現実のリスクに関連する問題について豊富な知識と関心を持ち、これらの問題に対して広い視野と強いリーダーシップをもって、問題設定から工学的手段による解決までの一連のプロセスを理解し、プロジェクト運営能力を発揮して具体的な解決手段を考案・開発できる能力を身につけることが何よりも重要です。

当学位プログラムでは、こうした能力を養成するために「リスク・レジリエンス工学グループPBL演習」という科目を必修科目として開設しています。PBLとはProject-based learning(プロジェクト型学習)もしくはProblem-based learning(課題解決型学習)であり、この演習において、博士課程前期の1年次生は3名から4名のグループを組んでPBL型研究を行います。4月から11月までの約半年間をかけ学生が主体的にテーマおよび目標を設定し、週1回程度のミーティングなどを行いながら研究を進めます。そして、当学位プログラムに所属する学生が学年横断的に参加する演習で口頭やポスターによる発表会を行い、報告書にまとめます。

参加する学生の視野を広げるために、研究テーマは原則としてグループ員学生の専門分野以外から選ぶようにしています。そのため、最初は分野の違いに戸惑う学生も少なくありません。しかし、学生の熱意とアドバイザー教員の指導によって得られる成果は通常の授業のレポートの域をはるかに超え、関連学会で発表するに至るものもあります。

グループPBL演習発表会は公開講演会として実施しています。また演習の最後となるポスター発表は当学位プログラムの博士前期課程学生全員と教員が参加する本格的な発表会とし、質疑が活発に行われ、研究発表における実践的な訓練の場となっています。発表会

用に作成された各グループのポスターは、その後、本学総合研究棟Bの7階ギャラリーにおいて常設展示されています。このように、グループ演習は当学位プログラムでの教育活動における重要な特色の一つとなっています。

本報告書は令和2年度に実施したグループPBL演習の成果をまとめたものです。学類(学部)学生のみなさんはもとより、他学位プログラム・他研究群の院生や教員の皆様にも当学位プログラムの教育活動の一端をご覧頂きたいと思います。当学位プログラムのホームページ (<https://www.risk.tsukuba.ac.jp/>) には、最終発表会における発表スライドも掲載しております。是非ご一読いただき、リスク・レジリエンス工学学位プログラムの研究・教育活動にご興味を持っていただければ幸いです。

令和3年3月

リスク・レジリエンス工学学位プログラム 学位プログラムリーダー 岡島敬一
リスク・レジリエンス工学グループPBL演習 世話人 高安亮紀、秋元祐太郎
リスク・レジリエンス工学学位プログラム 広報委員会 委員長 谷口綾子

目 次

グループ 1

「IoT 家電を用いた DV 被害に関する現状把握と海外事例を活用した解決策の検討」

グループ 2

「新型コロナウイルスのリスクイメージ -リスク認知と信頼に着目して-」

グループ 3

「形態素解析及びバスケット分析の視点からみたネット利用者の 自動運転への関心に対する考察」

グループ 4

「COVID-19 に対する各国対応策の分析評価 ~実効再生産数を用いた比較~」

グループ 5

「台風被害から見る災害対策効果の評価 -茨城県鹿行地区における 2019 年台風 15・19 号に着目して-」

グループ 6

「道路交通活動の変化が CO2 排出量と経済活動に 与える影響分析」

グループ 7

「筑波大学のオンライン授業化による大学施設と自宅の電気消費量変化に関する研究」

グループ 8

「家庭用太陽光発電システムの導入促進に向けた自治体目標と現状に関する分析」

グループ 9

「緊急地震速報 報知音とアナウンスの改善提案」

グループ 10

「COVID-19 感染者数推移と株価変動の関係」

IoT 家電を用いた DV 被害に関する現状把握と 海外事例を活用した解決策の検討

リスク・レジリエンス工学学位 P グループ演習 1 班

202020545 益居 秀, 202020522 石橋 拓海, 202020530 門倉 慧, 202020555 冷 浩然

指導教員：西出 隆志 准教授

1. はじめに

近年、インターネットなどの情報技術は著しい発展を遂げている。これによりコンピュータなどの従来の情報・通信機器だけでなく、自動車や家電などといった世の中に存在する様々なものが通信機能を持ちインターネットに接続することができるようになってきている。様々な分野で IoT デバイス市場は今後拡大すると考えられている。IDC Japan は、国内 IoT (Internet of Things) 市場におけるユースケース (用途) 別/産業分野別の予測[1]を発表した。これによると国内 IoT 市場におけるユーザー支出額は 2018 年で 6 兆 3,167 億円となり、2018 年から 2023 年まで年間平均成長率 13.3% で成長し、2023 年には 11 兆 7,915 億円に達するとされている。

その中でも IoT 家電が、昨今世界中で人気を呼んでいる。リモートコントロールで、簡単に自宅のセキュリティ面、省エネ面の効率化を図ることができ、さらにここ数年で価格も手ごろになったことが要因と考えられる。しかし残念ながら、日々の生活を便利にしてくれる IoT 家電が、人を傷つける道具になっていることが最近明るみになった。イギリスの UCL による報告書「Gender and IoT」[2]がそれを浮き彫りにした。「Gender and IoT」とは UCL におけるジェンダーに基づく家庭内暴力や虐待に対する IoT の影響を探る学際的なプロジェクトである。これによると『生活が便利になる反面、IoT 家電が人を傷つける道具となっている』とされている。

今後、海外同様日本においても IoT 家電の導入がさらに進むと考えられる。それに伴って、国内においても IoT 家電を悪用した DV の被害が生じる可能性があると考えられる。しかし、現行の法律では IoT 家電を用いた DV に対応できるかどうか不明である。

そこで海外で起きた IoT 家電を用いた DV の事例及び国内の現状から、日本で起きうる被害を把握・予測しどのような対策をすべきか検討する。

2. 既往研究レビュー

海外における DV 被害の事例に関する既往研究では、Freedら(2018)[3]は、DV 被害において IT 機器などのテクノロジーを利用した被害が増加していることを明らかにしている。Chatterjeeら(2018)[4]は、スマートフォンにおけるアプリケーションを利用した、DV 被害やストーカー被害が増加して

いるとし、Google ストアを含めたネット上の悪用の可能性 (デュアルユース) のあるアプリケーションを調査した。その結果、大量のデュアルユースアプリが発見され、これらテクノロジーを利用した被害に対する対策は迅速に実施すべきであるとされた。

ロンドン大学の「Gender and IoT」の研究メンバーである Tanczerら(2018)[5]は、前述のようなテクノロジーを利用した DV 被害について、昨今で急速な拡大傾向を示している IoT 家電が脅威となることを明らかにした。この調査では、IoT 家電は、使用者が簡易に遠隔操作が可能であることや、他の IT 機器と比べてセキュリティが脆弱であることなどが悪用につながると指摘している。

一方、IoT 製品などのセキュリティやプライバシー保護に対する認識とそれらの使用とに関する研究では次のような研究がみられる。Williamsら(2017)[6]は、IoT 機器と非 IoT 機器とのユーザーのプライバシーに対するリスク認識と IoT 機器の購入・使用の関係について調査を実施した。その結果、IoT 機器のユーザーの方が「プライバシー・パラドックス (プライバシーを重視すると主張しながらもプライバシーを保護する行動を取ろうとしない主張と行動の格差)」が有意に大きいことが確認された。また、金 秀那ら[7]は、日本においてもプライバシー・パラドックスの実態が存在することを示唆している。

3. 事例調査

事例に基づいた対策の検討を行うことを目的とし、海外のニュース記事より海外で起きた IoT 家電を用いた DV 被害の事例調査を行った。得られた事例は多くはなかったが、そのうち主要な事例を 4 つ紹介する。(表 1 参照)

事例①[8]は 2017 年にイギリスで起こった事例である。別居中の妻の家で、照明や冷暖房、テレビ、警報システムを制御できるようにネットワークで結んだ iPad を壁に据え付け、妻を監視していたという。

事例②[9]は 2018 年にアメリカで起こった事例である。エアコンを遠隔操作される。スマートロックのコード番号を毎日変更される。玄関の予備鈴を鳴らされつづけるといった嫌がらせがそこには誰もいなかったという事件が起こった。

事例③[10]は 2019 年にアメリカで起こった事例である。

表1 主要な海外で起きた IoT 家電を用いた DV 被害の事例

	事例①[8]	事例②[9]	事例③[10]	事例④[11]
年	2017	2018	2019	2019
国	イギリス	アメリカ	アメリカ	アメリカ
種類	監視、遠隔制御	遠隔操作	不正アクセス	セキュリティホール
使用機器	スマートホーム端末 (エアコン、照明、テレビ、警報システム)	スマートエアコン スマートロック	スマートホーム端末 (エアコン、カメラ、スピーカー)	スマートロック
攻撃者	夫 (別居中)	夫	ハッカー	—
被害者	妻 (別居中)	妻	カップル	—
内容	・家電を制御できるようにネットワークで結んだ iPad を壁に据え付け、妻を監視	・エアコンを遠隔操作 ・スマートロックのコード番号を毎日変更 ・玄関の予備鈴を鳴らされつづけたが、そこには誰もいなかった	・部屋の温度を上げる ・カメラを通じて話しかける ・下手な演奏を聞かせた ・カリフォルニアでも同様の例あり	・研究者は Smart Deadbolts の中で流行しているスマートロックの穴を発見 ・攻撃者はこの穴を利用して遠隔的にドアを開け、侵入可能

表2 プライバシー・パラドックスに関する質問事項

項目	質問	選択肢
	4.1. プライバシー意識に関してお答え下さい。	
プライバシー意識	自分の予定 性別 通学先・通勤先 人脈・交友関係 電話番号 自分の顔写真・動画 氏名 メールアドレス 位置情報・移動経路 生年月日	5件法 知られたくない～知られてもよい
	4.2. プライバシー保護を意図した以下の行動をしていますか。	
プライバシー保護行動	*友人に断りなく、一緒に写った写真を自分のSNSで公開する *自分の実名や顔写真などをSNSのプロフィールに公開する SNSに投稿するコンテンツの公開をカスタマイズしている セキュリティソフトを更新している スマートフォンや携帯電話にパスワードをかけている 利用しているサイトのパスワードを定期的に変更している	良くする、 ときどきする、 あまりしていない、 したことがない、 わからない

※は逆転項目

この事例は第三者による悪戯の事例であるが、DV被害に発展するおそれの事例である。アメリカのウィスコンシン州に住むあるカップルは、自宅のスマートホーム端末がハッキングされたと話している。ハッカーは部屋の設定温度を上げ、カメラを通じて話しかけ、下手な演奏を聞かせてきたという。スマートホーム端末がハッカーの標的になったのは、これが初めてではない。カリフォルニア州北部に住むある一家は1月、自宅のNestカメラがハッキングされ、北朝鮮によるミサイル攻撃の警告を受けて、「恐怖の5分間」を味わったと話している。

事例④[11]はDV被害に直接関係した事例ではないが2019年にアメリカで起こった事例で、研究者はスマートロックのSmart Deadboltsの中で流行しているスマートロックの穴を発見し、攻撃者はこれらの穴を利用して遠隔的にドアを開け、侵

入することができる。スマートロックのメーカーであるHickory Hardwareは、Google PlayストアやApple App Storeで影響を受けているアプリケーションにパッチを適用している。これは、2019年に数多くのスマートロック・セキュリティ・ホールが設置される氷山の一角にすぎないと言われている。

4. アンケート調査

4.1 概要

本アンケートは「IoT家電を悪用したDVのリスク認知」を中心として調査するアンケートである。このアンケートは主に「基本属性」、「現状把握」、「IoT家電に対するイメージ」、「プライバシー・パラドックス」の大項目が四つある。「基本属性」は調査対象の基本情報を集積する部分であり、「現状把握」

は現時点での調査対象者スマート家電に対する認識、使用歴などの内容を調べる部分である。「IoT 家電に対するイメージ」は主に調査対象のスマート家電に対するリスクと個人情報に関する許容の調査である。そして最後に、「プライバシー・パラドックス」は調査対象のプライバシー保護行動についての調査である。アンケートの対象者は筑波大学のリスク・レジリエンス工学学位プログラムやリスク工学専攻などの学生である。

4.2 変数の説明

本研究で用いる主な変数は以下の通りである。性別、年齢、世帯構成などの基本属性に加え、以下の変数を分析に用いる。IoT 家電に対する認知については、スマートスピーカー、スマートリモコン、スマートロック、スマート電球、スマートカーテン、見守りカメラ、スマホ連携エアコン、スマホ連携ロボット掃除機、スマホ連携冷蔵庫、スマホ連携洗濯機、スマホ連携デジカメ、スマホ連携オープンレンジ（以下、IoT 家電 12 種）について「知っている」「知らない」で調査した。また、これら IoT 家電 12 種に対する購入意識として、「購入する機会があった場合に次の製品を購入してみたいか」という質問文で「購入してみたい」「いや」「わからない」で調査した。さらに、IoT 家電 12 種のそれぞれに対するプライバシー保護度合いの認知と便利さを把握するために、「次のようなスマート家電はプライバシー（個人情報の管理、セキュリティ管理など）が確保されていると思いますか。」「次のような家電を使いやすい（便利）と思いますか？」という質問項目で「全くそう思わない」から「とてもそう思う」の 5 件法で調査をした。

アンケート調査では、IoT 家電に対する意識調査のほかに Williams ら(2017)[8] のプライバシー・パラドックスに関する調査を実施した。プライバシー・パラドックスは、プライバシーを重視すると主張とその保護行動の間に生じる矛盾のことである。これを調査するために、金 秀那ら[7]の研究よりそれぞれ引用した（表 2 参照）。

5. アンケート結果の分析と考察

本アンケートの有効回答数は 32 件であった。当初予定していた回答数には及ばず、分析に堪えうる値ではないと判断したが、参考情報として調査結果を以下に述べる。

また、プライバシー・パラドックスに関する分析は、「4.1 プライバシー意識」と「4.2 プライバシー保護行動」において相関分析を実施した。「4.2 プライバシー保護行動」の尺度は「わからない」を除いて使用した。

5.1 基本属性

以下に回答者の属性を示す。

まず、性別に関しては図 1 より、女性が 21.9%と割合が小さい。そのため、既往研究で行われた性別ごとの比較は不可能であると判断した。世帯構成に関しては、主に大学院生に回答をお願いしたため、図 2 より、ひとり暮らしが約 7 割を占めている。DV が起こりやすいと考えられる「恋人と同棲」、

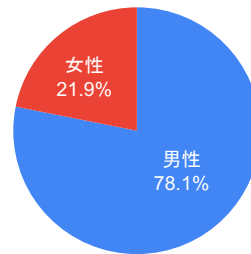


図 1 性別 (N=32)

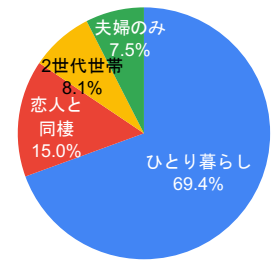


図 2 世帯構成 (N=32)

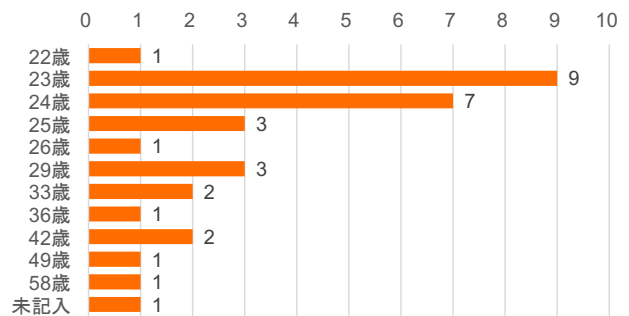


図 3 年齢 (N=32)

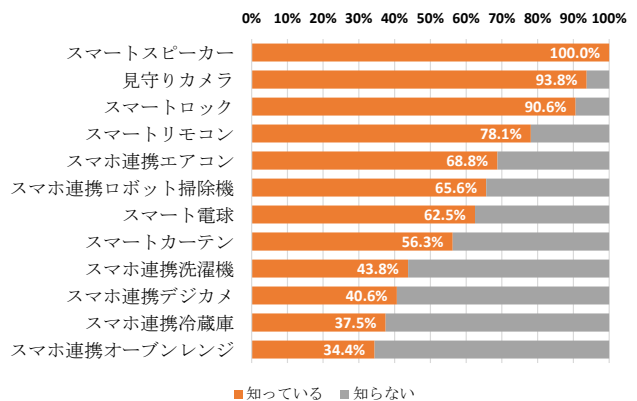


図 4 IoT 家電の認知度 (N=32)

「夫婦のみ」は合わせて 22.5%であった。年齢に関しては、20 代前半が多くを占めている。

また、図 3 より、IoT 家電の認知度は 34.4%から 100%と幅広く異なっていることがわかる。

5.2 プライバシーパラドックス

プライバシー意識欠如の項目(全 6 項目)とプライバシー保護行動の項目(全 10 項目)について相関分析を行ったところ、表 3 の灰色の部分で有意差が見られた。

赤枠の部分においてプライバシーパラドックスの傾向が見られた一方、青枠の部分においてはプライバシー意識に対する保護行動が矛盾無く行われている傾向が見られた。

標本数が不足しているため断言はできないが、プライバシーパラドックスの傾向は全体的に存在しないと考えられる。

5.3 IoT 家電へのイメージ

認知度が高く、主要な IoT 家電の中から、スマートスピー

表3 プライバシーパラドックスに関して

		プライバシー意識欠如					
		自分の予	氏名	通学先・通	交友関係・人脈	顔写真・動画	生年月日
プライバシー保護行動	1.自分の実名や顔写真などをSNSのプロフィールに公開しない	-0.059	0.289	-0.012	0.134	-0.362*	-0.385*
	2.SNSに投稿するコンテンツの公開をカスタマイズしている	0.290	0.477**	0.437*	0.457*	0.234	0.343
	3.利用しているサイトのパスワードを定期的に変更している	-0.554**	0.055	0.078	-0.277	-0.079	0.168

** 有意水準 1% * 有意水準 5%

カー、スマートロック、スマート電球、スマホ連携エアコン、見守りカメラの5つのIoT家電に関して、3つの視点から使用者側の意識及び認識を調査した。

まず、図5はIoT家電を購入していない人に対して、それぞれの家電の購入意識を聞いた結果を示している。スマートロックやスマホ連携のエアコンの購入意識は他よりも高く、娯楽用途のスマートスピーカーに対する購入意識は低い。

次に、図6は各IoT家電に対してプライバシーが確保されているかどうかを聞いた結果を示している。スマートロックや再生機能を搭載した家電においてプライバシーの確保が低く評価されている。これらの家電は他の家電と比べて、悪用された場合にプライバシーの侵害の度合いが大きいものであると言える。よって、プライバシー侵害の認識が適切になされていると考えられる。

また、図7はIoT家電に対する便利さを感じるかについて聞いた結果を示している。スマートロックや見守りカメラ、スマートスピーカーの機能に便利さを感じているが、これらは先に述べたプライバシー確保が低く評価されている家電であるとも言える。よって、便利さを感じさせる家電には、プライバシー確保が低く感じられる家電が含まれる可能性もあると考えられる。

6. 調査のまとめ

ここでは事例調査とアンケート調査から明らかになったことをまとめる。

事例調査によると現在被害が報告されている機器はスマートロックやスマホ連携のエアコンによるものが多く、被害事例が報告されるようになってきているのはここ数年である。また、今回調査した範囲では直接の暴力といった身体的な被害の事例はなかったが、精神的苦痛を与える被害が大半であった。アンケート調査によるとスマートロックやスマホ連携のエアコンなどといった日々の生活を便利にするIoT家電の購入意識が高く、ロックまたは音声・映像再生機能搭載のIoT家電に対してプライバシー侵害を心配する人が多くみられた。つまりプライバシー侵害に対する認識は適切に認識されていることが分かった。またIoT家電による利便性に関してはスマートロックなどといった悪用される可能性が高いIoT家電が普及する可能性がある。

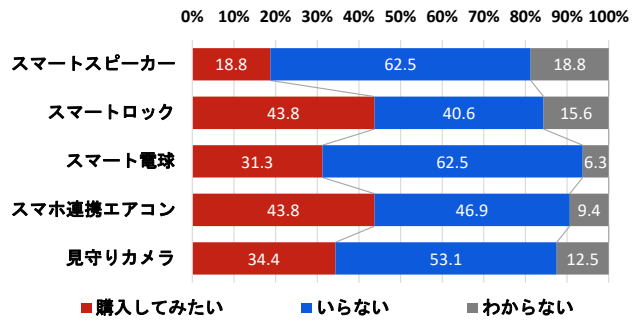


図5 IoT家電購入への意識 (N=32)

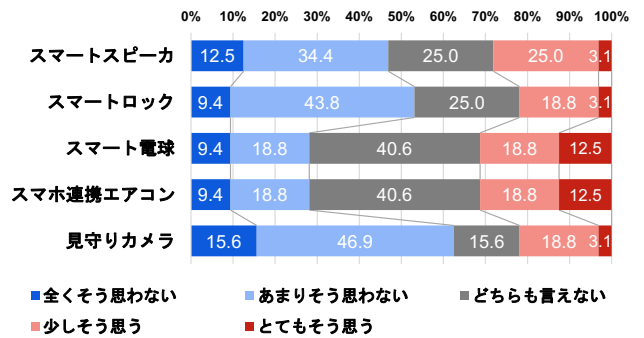


図6 IoT家電のプライバシー確保の認識 (N=32)

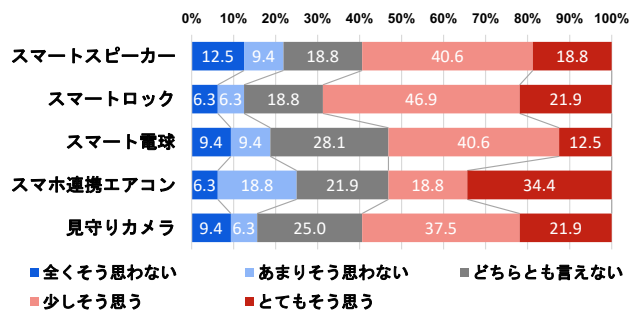


図7 IoT家電の便利さの認識 (N=32)

以上の2つの調査から、以下のことが分かった。

- ✓ 近年になって、IoT家電の認識やそのDV被害が散見されるようになったこと
- ✓ プライバシーの侵害の度合いが大きい家電が普及する可能性が有ること
- ✓ プライバシー侵害の危険性は認識できていること

7. 提言

IoT家電は近年に普及してきた新型の家電である。従来の家電に比べて非常に便利なため、多くの人がこのような家電を使うようになった。しかし、このような家電は「遠隔操作ができる」という特徴を持っているため、これらが悪用される危険性がある。このようなIoT家電は人々の生活で利用されて間もないため、多くの利用者はIoT家電がもたらしうるリスクを知らない。したがって、これらのIoT家電を通じて、精神的なDV被害が増加する可能性がある。

そこで私たちは事例調査とアンケート調査を通じて、IoT 家電の普及に伴い留意すべき点を考察した。

「Gender and IoT」[12][13]では以下のことを対策すべきであると述べている。

- ✓ DV 被害者に対するサポートを DV とセキュリティの専門家で対策し、積極的に防止していく
- ✓ IoT 家電を使用に関する、トレーニング、ガイダンスなどのためのリソース開発を行う
- ✓ 「インターネット安全戦略」や「家庭内虐待法案」などの法律に、IoT 技術に関連したリスクに対処する内容を踏まえる
- ✓ IoT 関連の虐待被害の対応のために、被害者が安全に虐待から離れられるようガイドラインを作成する(対策をしていることが加害者にばれると更なる被害が及ぶため)
- ✓ 現状での IoT 家電 DV の被害事例や IoT が不正利用(悪用)されたケースを収集・整理して IoT 機器や関連技術の情報を整理して体系的に管理するこれにより、IoT 家電やプラットフォームの欠点を把握することができる

日本における「配偶者からの暴力の防止及び被害者の保護等に関する法律」には、IoT 家電による被害に対応した項目は設けられていない。したがって、法律の面では、IoT 家電に関する項目を設けて、利用者の権益を守るべきである。

また、IoT 家電は、通常の家電と比べてより複雑な情報技術を用いた製品であるため、利用者自身に対して、使用上の注意点や実際の被害、どのようなリスクが存在するかの知識を与える必要がある。そして、IoT 関連の虐待被害の場合には、通常 of 虐待被害に比べて加害者が被害者より専門的な知識やスキルを保持している可能性がある事に加えて、被害者が対策(Wi-Fi の接続やパスワードを変えるなど)をしたことが発覚しやすい。そのため、被害者が安全に被害から保護されるよう専門的なガイドラインが必要である。

8. 今後の展望

本研究は IoT 家電を用いた DV 被害に関する現状把握と海外事例を用いた解決策の検討を行ったものである。今回「IoT 家電を悪用した DV のリスク認知」を調査するためのアンケート調査を実施したが有効回答件数が少なく、回答者も筑波大学の学生となっているため広い属性の回答者からより多くの回答を集める必要があるだろう。

また、今回は IoT 家電全般に対する対策の提言を行ったが、個々の IoT 家電に対して起こりうる悪用を考慮し、それに対する対策の検討を行うべきである。加えて IoT 家電開発者らへの悪用事例を周知することと、悪用を難しくするような IoT 家電設計方法のガイドラインの作成も検討すべきである。

参考文献

- [1]国内 IoT 市場、2023 年まで年間平均成長率 13.3%で成長し市場規模は 11.8 兆円に—IDC が予測を発表, <https://enterprisezine.jp/news/detail/11804>, 最終閲覧日 2020/06/29.
- [2]Gender and IoT, UCL DEPARTMENT OF SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING AND PUBLIC POLICY <https://www.ucl.ac.uk/steapp/research/digital-technologies-policy-laboratory/gender-and-iot>.
- [3]Diana Freed, Jackeline Palmer, Diana Minchala, Karen Levy, Thomas Ristenpart, Nicola Dell: “A Stalker’s Paradise”:How Intimate Partner Abusers Exploit Technology, CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, No. 667, p.1-13, 2018.
- [4]Rahul Chatterjee, Periwinkle Doerfler, Hadas Orgad, Sam Havron, Jackeline Palmer, Diana Freed, Karen Levy, Nicola Dell, Damon McCoy, Thomas Ristenpart: The Spyware Used in Intimate Partner Violence, IEEE Symposium on Security and Privacy, p.441-458, 2018.
- [5]Simon Parkin, Trupti Patel, Isabel Lopez-Neira, Leonie Tanczer, :Usability Analysis of Shared Device Ecosystem Security:Informing Support for Survivors of IoT-Facilitated Tech-Abuse, Proceedings of the New Security Paradigms Workshop, p.1-15, 2019.
- [6]Williams, Meredydd and Nurse, Jason R. C. and Creese, Sadie (2017) Privacy is the boring bit: User perceptions and behaviour in the Internet-of-Things. In: 15th International Conference on Privacy, Security and Trust (PST), August 28-30, 2017, Calgary, Canada.
- [7]金秀那:日本における「プライバシー・パラドックス」の実態とその要因—オンラインアンケート調査結果を中心に—, <https://www.sgu.ac.jp/soc/ssi/papers/34.pdf>
- [8]Husband used smart-home device to spy on wife, thetimes, <https://www.thetimes.co.uk/article/husband-used-smart-home-device-to-spy-on-wife-3xzcfqp3m>
- [9]Thermostats, Locks and Lights: Digital Tools of Domestic Abuse, The NewYork Times, https://www.nytimes.com/2018/06/23/technology/smart-home-devices-domestic-abuse.html?rref=collection%2Fbyline%2Fnellie-bowles&action=click&contentCollection=undefined®ion=stream&module=stream_unit&version=latest&contentPlacement=2&pgtype=collection
- [10]突然、誰かが話しかけてくる！アメリカで相次ぐ、スマートホーム端末のハッキング被害, BUSINESS INSIDE, https://www.businessinsider.jp/post-199476?itm_source=article_link&itm_campaign=post-202076&itm_content=https://www.businessinsider.jp/post-199476
- [11]2019 年の IoT セキュリティイベントトップ 10, aqniu, <https://www.aqniu.com/news-views/60595.html>
- [12]Leonie Tanczer, Isabel Lopez-Neira, Trupti Patel, Simon Parkin, George Danezis: Gender and IoT (G-IoT) Resource List, <https://www.ucl.ac.uk/steapp/sites/steapp/files/g-iot-resource-list.pdf>, 2019.
- [13]Leonie Tanczer, Isabel Lopez-Neira, Simon Parkin, Trupti Patel, George Danezis: Gender and IoT Research Report, https://www.ucl.ac.uk/research/domains/sites/research_domains/files/giot-report.pdf, 2018.

付録（アンケート質問項目表）

大項目	質問番号	項目	回答形式
基本属性	1.1	性別	男性、女性、どちらでもない、教えたくない
	1.2	年齢	FA
	1.3	世帯構成	一人暮らし、恋人と同棲、夫婦のみ、2世代世帯、3世代世帯
	1.4	学年	B1~D3
	1.5	所属	文系、理系
現状の把握	2.1	DV経験	何度もあった、数回あった、全くない
	2.2	スマート家電認知	知っている、知らない
	2.3	スマート家電使用歴	使ったことがある（自宅にある）、使ったことがある（自宅以外）、使ったことはない（自宅にある）、使ったことはない
	2.4	スマート家電嗜好	購入してみたい、いらぬ、わからない
	2.5	スマート家電非購入理由	セキュリティが不安、値段が高い、みんなが使っていない、今のもので満足、存在を知らなかったから、設定が難しそう、その他
IoT家電に対するイメージ	3.1	IoT家電のプライバシー保護の認知	5件法（全くそう思わない～とてもそう思う）
	3.2	IoT家電の利便性の認知	
プライバシー・パラドックス	4.1	個人情報に対する許容	5件法（知られたくない～知られてもよい）
	4.2	個人情報保護行動	良くする、ときどきする、あまりしていない、したことがない、わからない

新型コロナウイルスのリスクイメージ ーリスク認知と信頼に着目してー

グループ PBL 演習 2 班

市川葵 小林正英 中本健太 LUBINGYING

アドバイザー教員 谷口綾子

1. はじめに

1.1. 研究背景

2019 年 12 月に中国で確認された新型コロナウイルス (COVID-19) は、全世界で猛威を振るっている。現在、日本国内における COVID-19 の累計検査陽性者数は 8 万人を超え、累計死者数は 1500 人を超えている[1]。国内での感染者数は、4 月下旬をピークに 5 月から 6 月にかけて減少し一度は収束したかに思われた。しかし、7 月頃から再び感染者数が増加し、8 月上旬をピークに 9 月現在は減少傾向にある。

2020 年 2 月以降、国内ではトイレットペーパーなど紙製品の買い占めが社会問題となった。買い占めが生じた要因として、「COVID-19 によって品薄になる」といったデマの拡散やマスコミが品薄状態を過剰に報道したことが指摘されている[2][3]。このように、リスクに直面した際、人間は不合理な判断を下すことがある。

また、2020 年 4 月 16 日には感染拡大防止策として、47 都道府県に緊急事態宣言が発令された。これに伴い、全国で外出自粛が呼びかけられたが、COVID-19 の影響を大きく受けた都市部と地方では自粛率に大きな差が生じた[4]。また、流行当初に若者が外出を自粛しなかったため、メディアは若者を批判する論調をとった[5]。このように、COVID-19 の感染防止に向けた行動には、地域や年齢で違いがみられた。この要因として、COVID-19 が内包するリスクに対する認知 (リスク認知) の違いが考えられる。例えば、感染者が急増した都市部では COVID-19 のリスクを大きく評価し、若者は感染しても重症になりにくいことから、他世代に比べリスクを過小評価した可能性がある。

今後、COVID-19 の感染が再拡大することや、別の新興感染症の流行が発生することは容易に推測できる。感染防止行動の促進や社会的混乱の防止には、COVID-19 に対する人々のリスク認知を把握する必要がある。

1.2. 既往研究

人々がハザードに対して抱いているリスク認知を定量的に評価するために、Slovic ら[6][7]は代表

的なハザードについて 9 つの指標で 7 件法のアンケートを行った。9 つの指標とは、自発性・即効性・暴露者に対する未知性・科学的な未知性・制御可能性・新規性・規模・恐怖・致命的である。そして、回答結果を主成分分析で分析し、抽出された 2 つの因子を「Unknown Risk」、「Dread Risk」と命名した。その後、「Unknown Risk」を縦軸、「Dread Risk」を横軸にとり、各ハザードを座標平面上にプロットした。これをリスク認知マップと呼ぶ。

1.3. 研究目的

本研究では、COVID-19 を含めた代表的なハザードのリスク認知マップを作成することで、COVID-19 のリスク認知の特徴を明らかにする。また、COVID-19 のリスク認知と個人の属性 (居住地・性別・学歴)、情報収集手段、感染防止行動 (手洗い・うがいなど)、COVID-19 対応機関への信頼の関係について評価する。これらにより、COVID-19 のリスク認知を定量的に評価し、リスク認知の影響を検討することを目的とする。

2. 調査方法

2.1. 調査方法及び調査対象者

本研究の目的を達成するため Microsoft Forms にてアンケートを作成し、WEB 形式のアンケートを実施した。なお、調査対象者は日本に居住している 18 歳以上とし、班員の知己にアンケートの URL を配布することで任意の回答を得た。アンケート実施期間は 2020 年 7 月 2 日から 9 月 8 日である。

2.2. アンケートの構成

本研究では COVID-19 と他ハザードに対するリスク認知の差異をリスク認知マップで明らかにすることを目的としている。また、COVID-19 のリスク認知は、個人の属性や対応機関への信頼などの影響を受け、リスク認知自体は感染防止に向けた行動に影響すると仮説を立てた。そこで、本研究で利用したアンケートは回答者の属性 4 項目 (年齢、居住地、性別、学歴)、COVID-19 の情報収集手段 1 項目、対応機関 (政府、WHO、都道府県庁) への信頼 6 項目、感染防止行動の自己評価 9 項目、

代表的な 10 ハザードに対するリスクイメージ尺度 8 項目計 80 項目で構成した。信頼に関する質問は、信頼の代表的な要素である「能力への期待」、「意図への期待」で構成し、ハザード及びリスクイメージ尺度は既往研究[6][7]を基に決定した。アンケートの概要を表 1 に示す。

表 1 本研究で実施したアンケートの概要

質問内容	選択肢
4 項目 属性	47 都道府県
あなたの性別を教えてください	男、女、その他
あなたの年齢を教えてください	数値入力
最終学歴（在学中の教育機関）を教えてください	中学・高校・短大・高専・大学・大学院・高専専攻科、その他
1 項目 情報収集	新型コロナウイルスに関する情報をどこから入手しましたか？ 一番情報を得た情報源を選択してください。
計 6 項目 対応機関への信頼	5 件法（能力はないー能力はある） 5 件法（誠実ではないー誠実である）
自己評価 9 項目 感染防止行動	5 件法（自発的でなく接するリスクー自発的に接するリスク） 5 件法（時間が経って生じるー即時に生じる） 5 件法（科学的に知られているか？【未知性】） 5 件法（避けられないー避けられる） 5 件法（古いリスク（馴染みのあるリスク）ー新しいリスク（珍しいリスク）） 5 件法（小さいー大きい） 5 件法（普通に感じる（共存できる）ー恐怖を感じる） 5 件法（致命的でないー致命的である）
計 80 項目 ※○は各ハザード 8 項目×10 ハザード	5 件法（自発的でなく接するリスクー自発的に接するリスク） 5 件法（時間が経って生じるー即時に生じる） 5 件法（科学的に知られているか？【未知性】） 5 件法（避けられないー避けられる） 5 件法（古いリスク（馴染みのあるリスク）ー新しいリスク（珍しいリスク）） 5 件法（小さいー大きい） 5 件法（普通に感じる（共存できる）ー恐怖を感じる） 5 件法（致命的でないー致命的である）
1 ハザード	・自動車 ・電動運搬システム ・インフルエンザ ・新型コロナウイルス ・コンピュータウイルス ・原子力発電所 ・地震 ・たばこ ・お酒 ・大麻

5 件法は 1 点から 5 点で評価

2.3. 分析方法

リスク認知を明らかにするため、因子構造を確認した。10 ハザードにおける 8 項目のリスクイメージ尺度で因子分析（主因子法、バリマックス回転）を行い、解釈可能な 3 因子を得た。既往研究[6][7]を参考に、リスクイメージ尺度の抽出基準を因子負荷量 0.6 以上とし、抽出した尺度の平均点を因子得点とした。また、10 ハザードについて、各因子得点を軸に座標平面上にプロットした。その後、COVID-19 の因子得点と個人の属性、情報収集手段、対応機関への信頼度、感染防止行動に対する自己評価について相関分析を行った。なお、信頼度とは信頼に関する質問 2 項目の得点の平均点である。最後に、因子得点と相関が見られた感染防止行動に対する自己評価を被説明変数として重回帰分析を行った。分析には統計パッケージ SPSS Statistics 26 を用いた。

3. 結果及び考察

3.1. 回答者数および回答者の内訳

アンケートの回答者数は 87 名であり、これらのデータを分析対象とした。回答者の内訳を表 2 に示す。なお、居住地は 2020 年 4 月に指定された特定警戒都道府県と非特定警戒県に分け、COVID-19 の影響を受けた地域を分類した。

表 2 回答者の内訳

	n	
年齢・性別	男性 30 歳未満	32
	男性 30 歳以上	7
	女性 30 歳未満	35
	女性 30 歳以上	13
居住地	特定警戒都道府県	61
	非特定警戒県	26
学歴	中学・高校	11
	短大・高専	6
	大学・大学院・高専専攻科	70
情報収集手段	新聞	12
	テレビ	24
	ネットニュース	31
	SNS	17
	政府 HP	2
	世界保健機関 HP	0
	その他	1

3.2. リスクイメージの因子分析

リスクイメージ尺度の因子構造明らかにするために因子分析を行ったところ、3 つの因子を得られた。因子行列を表 3 に示す。因子 1（恐怖・致命的・規模）は「リスクに抱く恐ろしさ」を示し、因子 2（自発性・制御可能性）は「リスク管理の困難さ」、因子 3 は「リスクの科学的な未知性」を示している。これらを踏まえ、各因子を恐ろしさ因子、制御不可能性因子、未知性因子と命名した。なお、各因子（リスク認知）の得点はリスクイメージ尺度（因子負荷量 0.6 以上）の平均点とした。

表 3 バリマックス回転後の因子行列

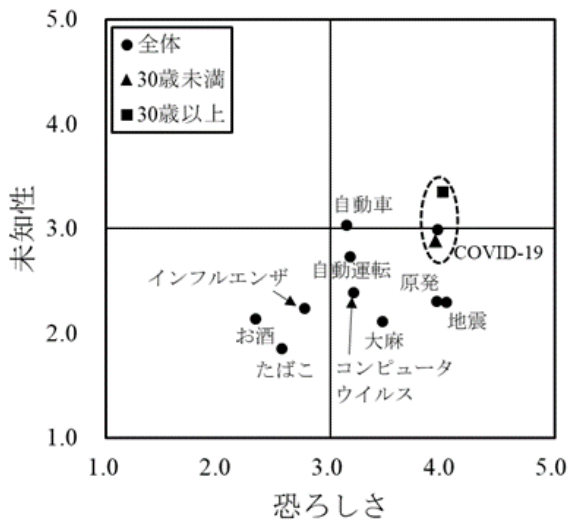
	因子 1 恐ろしさ	因子 2 制御 不可能性	因子 3 未知性
恐怖	0.813	0.050	0.053
致命的	0.785	-0.009	0.030
規模	0.748	0.152	-0.077
即効性	0.453	-0.003	-0.107
新規性	0.436	-0.109	0.311
自発性※	-0.020	0.687	0.011
制御可能性※	0.086	0.605	0.177
未知性※	-0.110	0.248	0.783

※分析時に尺度の得点を反転させている

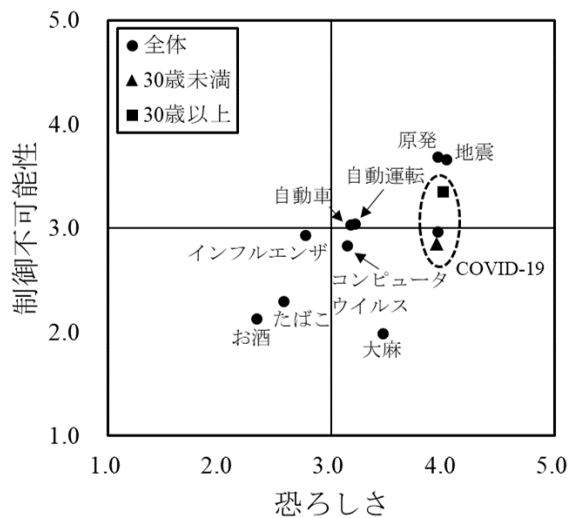
（例：反転前 5 点→反転後 1 点）

3.3. リスク認知マップ

横軸を恐ろしさ因子、縦軸を未知性因子・制御不可能性因子としたリスク認知マップを図1に示す。COVID-19のプロットは分析対象者全体群に30歳未満群、30歳以上群を加えプロットしている。なお、各リスク認知（恐ろしさ、未知性、制御不可能性）の得点が大きくなるほど「リスクが怖い」、「リスクは科学的に解明されていない」、「リスク管理は困難」と認知されていることを示している。図1(a)より、COVID-19の恐ろしさ因子得点は、地震・原発と同程度であり、同じ感染症であるインフルエンザよりも高いことがわかった。また、他ハザードに比べ相対的に未知性因子得点が高いことがわかった。さらに、30歳未満群に比べ30歳以上群の未知性因子得点は高かった。図1(b)より、COVID-19の制御不可能性因子得点は30歳未満群に比べ30歳以上群が高かった。



(a) 未知性－恐ろしさ



(b) 制御不可能性－恐ろしさ

図1 リスク認知マップ

3.4. リスク認知の相関関係

COVID-19の因子得点と属性・情報収集手段・対応機関への信頼度・感染防止行動の自己評価で相関分析を行った。相関係数及び有意確率を表4に示す。有意水準は5%（両側）以下とした。

(1) 属性別

恐ろしさ因子は男性と大学・大学院の学歴で弱い負の相関を示し、女性で弱い正の相関を示した。つまり、男性に比べ女性はCOVID-19を恐れる一方、大学・大学院の学歴を持つ回答者は、COVID-19を恐れない傾向がある。一般的に女性などの社会的弱者はリスク認知が高いといわれているため、恐ろしさ因子で性差が現れたと考えられる。

制御不可能性因子は年齢と中学・高校の学歴で弱い正の相関を示し、大学・大学院の学歴で弱い負の相関を示した。つまり、回答者の年齢が高いまたは、最終学歴が中学・高校である回答者はCOVID-19のリスク管理が難しいと認知している一方、最終学歴が大学・大学院である回答者はリスク管理が容易と認知している傾向がある。

未知性因子は年齢と中学・高校の学歴で弱い正の相関を示し、大学・大学院の学歴で弱い負の相関を示した。つまり、年齢が高いまたは、最終学歴が中学・高校である回答者はCOVID-19の科学的未知性は高いと認知している一方、最終学歴が大学・大学院である回答者はCOVID-19の科学的未知性は低いと認知している傾向がある。

また、居住地の違いにより、COVID-19の未知性に対する回答者の認知も異なっていた。非特定警戒県に住む回答者はCOVID-19の科学的な未知性が高いと認知する一方、特定警戒都道府県に住む回答者はCOVID-19の未知性が低いと認知する傾向が確認された。このような結果の違いは居住地における自治体やメディアによるCOVID-19の注意喚起の宣伝活動が関係している可能性がある。

(2) 情報収集手段別

恐ろしさ因子は新聞とテレビで有意な相関が認められた。それぞれ、弱い負の相関、弱い正の相関であった。つまり、新聞を通じてCOVID-19関連の情報を得ている人はCOVID-19を恐れない一方、テレビで情報を得る人は恐れる傾向がある。この結果から、テレビは新聞と比較してCOVID-19への恐怖心を煽っており、感情的な報道姿勢になっているといえる。COVID-19に過度な恐ろしさを感じる場合、リスク回避行動から他人に感染防止策を過度に要求する恐れがある。このような不合理な行動は社会的な閉塞感を生む要因となるため、COVID-19に対する報道姿勢は理性的である必要がある。

表 4 各因子の相関関係

		恐ろしさ因子		制御不可能性因子		未知性因子	
		相関係数	有意確率	相関係数	有意確率	相関係数	有意確率
属性	年齢	0.063	0.561	0.237*	0.027	0.243*	0.023
	特定警戒都道府県	-0.092	0.395	-0.138	0.202	-0.274*	0.010
	非特定警戒県	0.092	0.395	0.138	0.202	0.274*	0.010
	男性	-0.236*	0.028	-0.098	0.368	-0.009	0.933
	女性	0.236*	0.028	0.098	0.368	0.009	0.933
	中学・高校	0.193	0.074	0.278**	0.009	0.250*	0.020
	短大・高専	0.084	0.439	0.056	0.608	0.067	0.538
	大学・大学院	-0.215*	0.045	-0.268*	0.012	-0.252*	0.018
情報収集手段	新聞	-0.222*	0.039	-0.105	0.334	-0.211	0.050
	テレビ	0.240*	0.025	0.087	0.422	0.133	0.218
	ネットニュース	-0.099	0.363	-0.035	0.748	0.006	0.955
	SNS	0.071	0.516	0.032	0.768	0.045	0.676
	政府 HP	-0.051	0.641	0.005	0.961	-0.163	0.132
	その他	-0.036	0.743	0.004	0.972	0.155	0.152
信頼得点	政府	-0.104	0.336	-0.276**	0.010	-0.075	0.488
	WHO	-0.012	0.909	-0.325**	0.002	-0.414**	0.00
	都道府県庁	-0.260*	0.015	-0.161	0.137	-0.033	0.759
感染防止行動	手洗い	0.242*	0.024	-0.175	0.105	-0.134	0.217
	うがい	-0.054	0.616	-0.140	0.195	-0.121	0.264
	検温	0.054	0.618	-0.158	0.143	-0.195	0.070
	マスク	0.283**	0.008	-0.170	0.115	-0.182	0.092
	ソーシャル ディスタンス	0.232*	0.031	-0.070	0.517	-0.065	0.548
	換気	-0.005	0.966	-0.306**	0.004	-0.267*	0.013
	手指消毒	0.247*	0.021	-0.048	0.661	-0.084	0.439
	手すりなど消毒	-0.125	0.250	-0.229*	0.033	-0.290**	0.006
	外出自粛	0.298**	0.005	0.0350	0.751	-0.154	0.153

**5%有意水準 *1%有意水準

(3) 対応機関への信頼度別

恐ろしさ因子は都道府県庁と弱い負の相関を示した。つまり、都道府県庁への信頼度が高い人ほど、COVID-19 を恐れない傾向がある。制御不可能性因子は日本政府と WHO に弱い負の相関があった。つまり、政府や WHO への信頼度が高い人ほど、COVID-19 のリスク管理は容易と認知する傾向がある。未知性因子は WHO に負の相関があった。つまり、WHO への信頼度が高い人ほど、COVID-19 の科学的未知性は低いと認知する傾向がある。

各因子と正の相関が見られた対応機関はなかった。したがって、政府・WHO・都道府県庁を信頼している人々は、COVID-19 に対して比較的楽観的な認識を持っていると考えられる。

(4) 感染防止行動別

本研究における感染防止行動は手洗い、うがい、検温、マスク、ソーシャルディスタンス、換気、手指消毒、手すりなどの消毒、(緊急事態宣言時の不要不急の) 外出自粛とした。恐ろしさ因子は手洗い、マスク、ソーシャルディスタンス、手指消毒、外出自粛で弱い正の相関が見られた。つまり、COVID-19 に対して恐ろしいと認知している人はこれらの行動をとっている傾向がある。

制御可能性因子と未知性因子では、換気と手すりなどの消毒の 2 つの行動に弱い負の相関が見られた。つまり、これらの行動を取る人々は、COVID-19 のリスク管理が容易であり、科学的な未知性は高くないと認知している傾向がある。

3.5. 重回帰分析

感染防止行動の取り組みの程度には、リスク認知は当然のこと、属性・情報収集手段・対応機関の信頼度によって差異が生じると仮説を立てた。そこで、属性や因子得点と相関が認められた感染防止行動の自己評価を被説明変数、各因子得点・属性・情報収集手段・対応機関への信頼度を説明変数とし、重回帰分析を行った。変数の投入方法はステップワイズ法である。重回帰分析において採用された説明変数及びその標準化係数を図3に示す。なお、説明変数の共線性を示す VIF(Variance Inflation Factor)は総じて3以下であったため、多重共線性は認められなかった。図3より、各感染防止行動には以下の傾向があるとわかった。

(1) 外出自粛

政府への信頼度が高い人、恐ろしさ因子が高い人は外出自粛を行っている。

(2) 手洗い・手指消毒

恐ろしさ因子が高い人は手洗い・手指消毒を行っている。

(3) ソーシャルディスタンス

政府への信頼度が高い人、恐ろしさ因子が高い人はソーシャルディスタンスを確保している。しかし、男性はソーシャルディスタンスを確保していない傾向がある。

(4) マスク

非特定警戒県に在住の人や大学・大学院の学歴を持つ人、また、恐ろしさ因子が高い人はマスクをしている。しかし、男性はマスクをしていない傾向がある。

(5) 換気

制御不可能性因子が高い人は換気をしていない傾向がある。

(6) 手すりなどの消毒

情報収集手段が新聞や政府 HP の人は手すりなどの消毒を行っている。しかし、制御不可能性因子が高い人は、手すりなどの消毒を行っていない傾向がある。

(1)~(6)より、恐ろしさ因子は複数の感染防止行動を促していることがわかった。また、属性・対応機関への信頼度・情報収集手段はそれぞれ、1つ程度の感染防止行動を促しており、その標準化係数はリスク認知に比べ大きいことから、促進への影響も比較的大きいことがわかった。しかし、属性や情報収集手段を外部要因で変化させることは現実的でないことから、感染防止行動を促進するためには、リスク認知や政府への信頼度に影響を与える施策が重要であるといえる。しかし、恐ろしさ因子を高める施策を取れば、前述の社会的な閉塞感を誘起する恐れがある。したがって、リスク

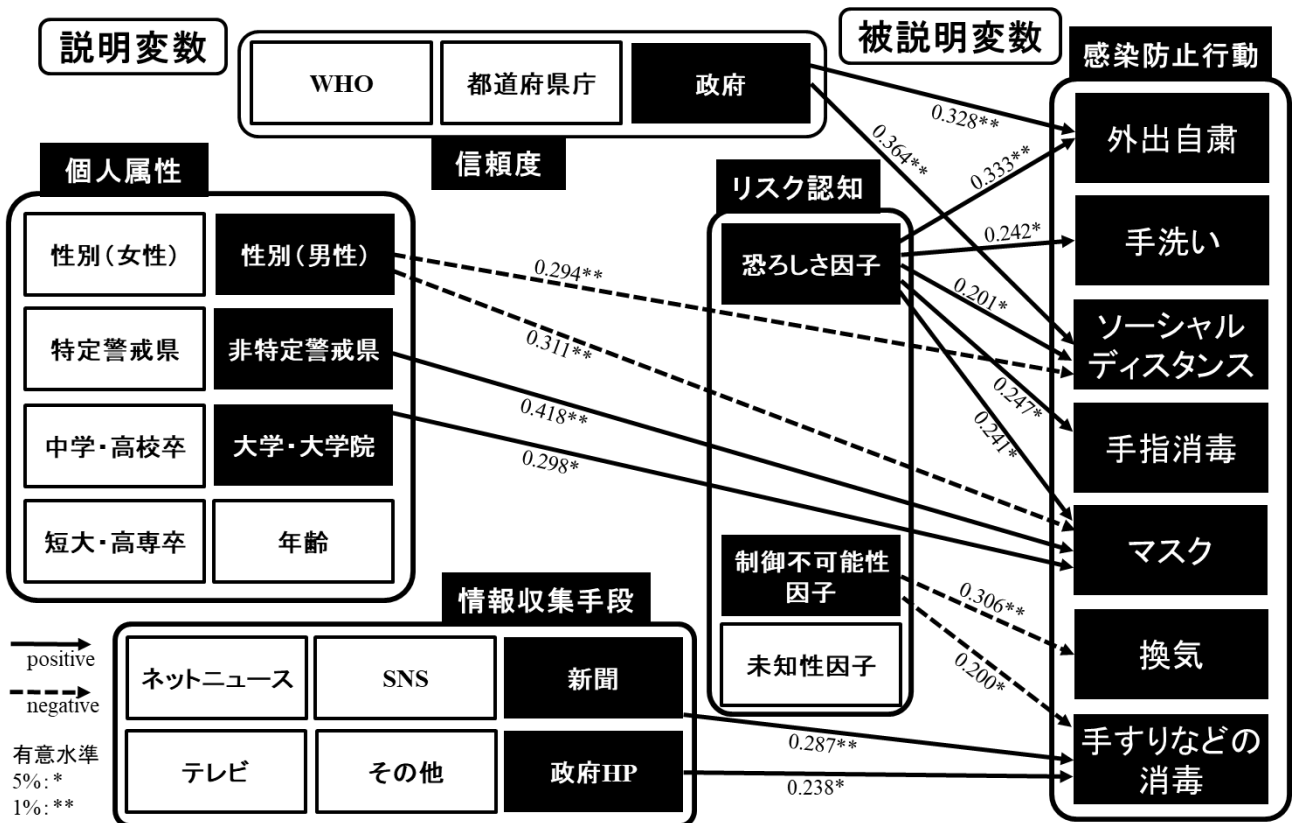


図3 重回帰分析結果 (数値：標準化係数)

認知に関する施策では恐ろしさ因子を適度に維持しつつ、制御不可能性因子を下げるのが重要であるといえる。なお、「適度な恐ろしさ」については本研究で議論できなかったため、継続して検討する必要がある。また、感染防止行動の促進には、政府への信頼度を高める施策も有効である。例えば、政府が持つ COVID-19 対策のリソースを国民へ正確に伝えれば、「能力への期待」を高められるため、信頼度の向上につながる。さらに、比較的理性的な報道姿勢であった新聞は、感染防止行動の促進に有効なメディアであった。これは、新聞と同程度の信頼度を持つメディアであるテレビ[8]がより理性的な報道姿勢に変化すれば、国内の感染防止行動の促進に寄与できることを示唆している。

4. まとめ

本研究ではアンケート調査を実施することで COVID-19 に対するリスク認知の因子構造を確認し、リスク認知マップを作成した。また、リスク認知と属性・情報収集手段・対応機関への信頼度・感染防止行動の自己評価について相関分析を行った。さらに、相関がみられた感染防止行動の自己評価を被説明変数、その他を説明変数として重回帰分析を行った。

因子構造の確認では恐ろしさ因子、制御不可能性因子、未知性因子を抽出できた。また、作成したリスク認知マップから、COVID-19 は地震や原発と同程度で恐ろしく、科学的な未知性が高いリスクと認知されていることがわかった。

相関分析では、各因子得点と属性・情報収集手段・対応機関への信頼度・感染防止行動の自己評価に相関があることがわかった。情報収集手段別の結果では、COVID-19 の情報を新聞で得ている人の恐ろしさ因子得点は低い一方、テレビで得ている人の因子得点は高い傾向が見られた。したがって、テレビは COVID-19 への恐怖心を煽る感情的な報道姿勢であり、新聞は比較的理性的な報道姿勢であることがわかった。

重回帰分析では感染防止行動を促進する要因を明らかにできた。標準化係数から、促進の要因はリスク認知に比べ属性・情報収集手段・対応機関への信頼度による影響が大きいとわかった。しかし、属性や情報収集手段を外部要因で変化させることは現実的ではないことから、感染防止行動の

促進には、リスク認知と政府への信頼度に関わる施策やテレビの報道姿勢の変化が重要であることがわかった。感染防止活動の促進には、(i)COVID-19 の恐ろしさ因子を適度に維持しつつ、制御不可能性因子を下げ、(ii)COVID-19 に対する政府のリソースを正確に国民へ伝え、(iii)テレビが理性的な報道姿勢に変化することが有効であると明らかになった。

参考文献

- [1] 東洋経済 ONLINE, “新型コロナウイルス国内感染の状況”, <https://toyokeizai.net/sp/visual/tko/covid19/>, (最終アクセス: 2020年9月28日) .
- [2] 日経ビジネス, “買い占めに走る消費者は「間抜け」なのか?”, <https://business.nikkei.com/atcl/seminar/19/00030/030900081/>, (最終アクセス: 2020年9月28日) .
- [3] ITmedia ビジネス, “トイレットペーパー買い占め元凶はデマだけかメディア報道に潜む「大罪」”, <https://www.itmedia.co.jp/business/articles/2003/12/news047.html>, (最終アクセス: 2020年9月28日) .
- [4] NHK, “全国の“自粛率”自治体ごとの変化は?”, <https://www3.nhk.or.jp/news/special/coronavirus/selfrestraint/>, (最終アクセス: 2020年9月28日) .
- [5] FNN プライムオンライン, “原因は感染の自覚ない若者!? 首都に迫る感染爆発の危機... 「外出自粛」で1都4県が協力確認へ”, <https://www.fnn.jp/articles/-/24935>, (最終アクセス: 2020年9月28日) .
- [6] Slovic, Paul, Baruch Fischhoff, and Sarah Lichtenstein. "Characterizing perceived risk." *Perilous progress: Managing the hazards of technology* (1985): 91-125.
- [7] Slovic, Paul, "Perception of risk.", *Science*, vol. 1236. 4799 (1987): 280-285.
- [8] 総務省, “デジタル経済の中でのコミュニケーションとメディア”, 令和元年度情報通信白書, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/html/nd114120.html>, (最終アクセス: 2020年10月5日)

形態素解析及びバスケット分析の視点からみたネット利用者の
自動運転への関心に対する考察

グループ演習3班

川田 健太郎： 堀内 碧： 池田 侑輝

アドバイザー教員： 齊藤 裕一

1. はじめに

近年、高齢者ドライバーのブレーキやアクセルペダルの踏み間違いによる交通事故が、マスメディアに多く取り上げられ、そのたびに、高齢者の免許返納問題が浮上する。しかしながら、高齢者による運転免許の返納は、交通事故に対する問題を解決する一つの手段になりうるが、過疎地域では車なしでの生活が難しく、返納した方への移動手段の確保という別の問題が発生する。その代替案として、度々、自動運転技術を搭載した車がマスメディアで紹介されることがある。

現在、日本の法律の下において、レベル3（特定の場所でシステムが全てを操作、緊急時はドライバーが操作）までの自動運転技術の利用が認められている。しかしながら、高速道路の同一車線上において時速60km以下で、レベル3自動運転が可能な走行条件を逸脱した場合、「ドライバーがいつでも運転を代われる状態にあること」、の条件が付いており、運転免許返納者の移動手段として利用するには程遠い状況である。

もし、過疎地域における運転免許返納者の移動手段の要求に対して、すべて満たそうとした場合、レベル5（場所の限定なくシステムが全てを操作）が理想である。これは、運転におけるすべてのタスク（役割）を機械に任せることになる。そこには

機械が運転することに対する世間の需要・許容が必要である。そこで、旅行事業などを展開する「エアトリ」が20代以上の男女を対象に、2019年12月22日から25日までの4日間、インターネットアンケート（有効回答数1086）を実施した¹⁾。その結果、6割以上の回答者は、「自動運転に乗ってみたい」と回答した。しかし、自動運転に期待することに関わる質問においては、「交通事故の減少に期待する」という意見が一番多いという結果が可視化された。また、機械が運転することに対する誤作動についても不安に感じていると回答した。

2. 関連研究

自動運転に対して、「世間」にアンケート調査を行い分析した研究が進められつつある。研究解説として坂井ら（2019）²⁾は、社会的ニーズを明確化し、技術開発進展シナリオを設定したうえで、自動走行システムの普及展開に伴う社会的インパクトを明示し、それに伴うネガティブインパクト、課題、および課題解決シナリオについて、大学の有識者によって検討した。課題としては、ヒューマンファクター、社会との連携として、インフラ・まちづくり・移動支援との連携、モノの移動の無人化技術、また法制度・保険制度を挙げている。また、内閣府が公表している官民ITS構

想・ロードマップ2020（案）³⁾でも、新たな技術である自動運転技術の社会への導入にあたっては、制度面での整備のみならず、その社会的受容性の確保が前提となるとしている。既に市場化されている運転支援システムに相当する技術が実社会で利用される場合においても、システムに対する過信や責任の所在などの課題が指摘されている。

上記の内容から、システムに対する安全性・信頼性、法制度、社会的受容が課題と指摘しているが、詳細な世間の意見の収集ならびに分析は、現在も継続的になされている段階にある。

3. 目的

本研究の目的は、自動運転に対して世間がどのような反応を示しているか、ネット利用者のコメントを調べて、自動運転に対して世間はどのように感じているのか定量的に議論することである。

4. 方法

オンライン上の大量のデータを評価する

にあたって人力では限界があるため機械的な処理を加えることを考え、形態素解析を導入することとした。

また、形態素解析の結果から得られた頻出単語同士の結びつきの強さを評価するためにバスケット分析を使用した。

4.1 形態素解析

文章から頻出単語を取り出すにあたって、形態素解析を行う。形態素とは言葉が意味を持つまとまりの最小単位のことである⁴⁾。図1の場合、「渋谷でランチ」という文章を形態素で区切ると「渋谷/で/ランチ」となる。本研究ではコメントを形態素単位に分解したのち、意味をとれる名詞のみを抽出して(図1)、その出現回数を調べることでどのようなキーワードが多くみられるのか判断する手掛かりとした。

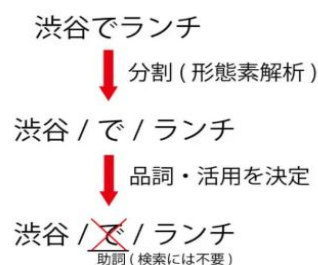


図1 形態素の解析例

支持度 (support) = 形態素 A と形態素 B の同時使用数 / 全形態素数

全形態素数のうち、形態素 A と形態素 B を同時使用する割合

信頼度 (expected confidence) = 形態素 A と形態素 B の同時使用数 / 形態素 A の総数

形態素 A のうち、形態素 B を同時に使用するコメントの割合

期待信頼度(confidence) = 形態素 B の総数 / 全形態素数

全形態素のうち、形態素 B を単独で使用する割合

リフト値(lift) = 信頼度 / 期待信頼度

期待信頼度 (形態素 B を単独使用する割合) に対する、信頼度 (形態素 A のうち形態素 B をする割合) の割合。つまり、この値が高いほど「形態素 B は単独ではなく、形態素 A と一緒に使われやすい」と言える

4.2 バスケット分析

バスケット分析（表1）⁵⁾はマーケティングの分野で用いられている手法であり、POSデータ（売上データ）を分析するのに用いられる。例えば、おにぎりとお茶の組み合わせはよく買われているが、おにぎりと炭酸飲料の組み合わせは少ないなどを、明らかにすることである。ともに出現する頻度である支持度が高い組み合わせの中で、リフト値が1を超えていれば関連性が高いと判断する。

5. 結果

オンライン上のコメントを収集するにあたって、ヤフーニュースのコメント欄と、Twitter のツイートを対象として解析を行った。その結果を次に示す。

5.1 ヤフーニュースコメントの解析結果

5.1.1 ヤフーニュースコメントの形態素解析

ヤフーニュースのコメントに対して形態素解析を行うにあたり、ヤフーニュース検索欄に「自動運転」と入力し検索した。結果は1,837件ヒットしたが大多数はメーカーが絡む記事であったため、

表2 選定したニュース記事

- 自動運転「レベル3」の量販車投入へ、でもドイツに比べ倫理規定は遅れているぞ!⁶⁾
- 大型車メーカー4社、トラック隊列走行の商業化に向けACC+LKA搭載車を商品化へ⁷⁾
- 自動運転による被害低減効果を予測—国交省が研究を採択、推進へ⁸⁾

表3 ヤフーニュースコメントにおける形態素解析の結果

名詞	出現回数
運転	69
自動	54
の	39
事故	32
車	31
ん	24
責任	21
メーカー	21
者	19
問題	16
よう	13

- ① 自動運転に関する記事であること
- ② 特定のメーカーの記事ではないこと
- ③ できるだけ、新しい記事であることを条件に検索した。その結果、表2の3つの記事が条件に該当した。

なお、「大型車メーカー4社、トラック隊列走行の商業化に向けACC+LKA搭載車を商品化へ」の記事であるが、特定のメーカーの記事ではなく、コメント内容がほぼ無人トラック運転に関するものが大多数であったため採用した。

前述の3本のニュース記事についてのコメントを取得したところ、合わせて66件のコメントが得られ、これを形態素に分解した。表3は出現回数が上位だった形態素である。

5.1.2 ヤフーニュースコメントのバスケット分析

続いて、どの名詞の組み合わせが同一のコメント内にも含まれやすいかを判断するために、バスケット分析を行った。単語として意味をとれるものをキーワードにするために形態素の一覧から名詞のみを抜き出したところ623個の名詞が抽出され、出

現回数が4回以上でかつ数字など意味が取れない語句を除いた77単語をキーワードとして解析した。同時出現回数にして7回以上、Support値が0.1以上のもののみを抽出してlift値順に並べ直した結果を表4に示す。

5.2 Twitter分析

5.2.1 Twitterスクレイピング

表3で得られた結果をもとに、「自動運転+事故」、「自動運転+責任」、「自動運転+問題」でTwitterにて検索を行った。検索に当たって、スクレイピングソフトである「Octoparse」を使用した。検索の対象期間は年ごとの移り変わりを見るため、2012年1月1日～2019年12月31日と設定した。また、ツイートの信頼性を高めるために「いいね」の数が10個以上のツイートに絞り込んだ。また、Twitter社の都合により、過去のツイートが削除されている場合があるが、今回はそれらのツイートについて考慮しないことにした。

検索した結果、「自動運転+事故」が441件、「自動運転+責任」が103件、「自動運転+問題」が179件のツイートをそれぞれ出力した。

5.2.2 Twitter形態素解析

ツイート本文をもとにタイムスタンプを参照しながら年代別に分類し、それぞれ形態素解析を行った。結果、2015年が491個、2016年が981個、2017年が628個、

2018年が1593個、2019年が2434個の名詞を出力した。ここでは、データの母数に差があるため絶対評価が可能な頻出順位に着目する。頻出順位10位までが表5である。なお、検索ワードの「自動」「運転」「事故」「問題」「責任」、対象の「車」「自動車」その他名詞として検出された助詞、接続詞は除いた。

結果、例えば「テスラ」という単語に着目した場合、2015年では頻出順位84位であったが、2016年では12位、2017年では10位、2018年では23位となり、2019年では153位となっており、「Uber」という単語は2018年から20位に出現し、2019年には205位になっていることが分かった。

5.2.3 Twitterバスケット分析

年別のツイートを用いてバスケット分析を行った。

3.2節で出力したツイートをもとに、再び形態素解析を実施した。形態素への分解と名詞か否かの判別を行うにあたって、pythonのJanomeライブラリを使用した。この結果、「自動運転+事故」関連ツイートでは2658種類、「自動運転+責任」関連ツイートでは930種類、「自動運転+問題」関連ツイートでは1917種類の単語を出力した。

つぎに、これらの単語を5回以上頻出するものに絞り、エクセルのCOUNTIF関数を用いて年代別にした。そしてそれを

表4 ヤフーニュースコメントのバスケット分析結果

	メーカー+事故	責任+事故	自動車+車	問題+事故	道路+車	自動車+自動	自動+運転
support	0.138	0.123	0.138	0.123	0.123	0.138	0.477
expected confidence	0.354	0.354	0.477	0.354	0.477	0.569	0.508
confidence	0.818	0.800	1.000	0.667	0.889	1.000	0.838
lift	2.312	2.261	2.097	1.884	1.864	1.757	1.650

表 5 twitter に対する年代別形態素解析の結果

2015(n=491)		2016(n=981)		2017(n=628)		2018(n=1593)		2019(n=2434)	
名詞	出現回数	名詞	出現回数	名詞	出現回数	名詞	出現回数	名詞	出現回数
人	11	tesla	44	tesla	10	死亡	68	人	70
人間	10	死亡	35	死亡	10	人	39	高齢	52
公道	9	人	27	開発	9	人間	28	技術	49
解決	7	高齢	25	AI	9	Uber	28	交通	44
実用	5	技術	22	交通	8	歩行	23	システム	37
交通	5	初	17	年	8	tesla	23	時代	35
Google	5	ドライバー	16	初	7	AI	21	人間	35
人工	5	完全	16	実験	7	手	20	ライン	35
知能	5	ブレーキ	15	衝突	7	映像	18	免許	35
実験	5	米	15	社会	7	誰	17	AI	33
		バス	14	安全	7	交通	17	年	33

とにバスケット分析を行った。同時出現回数にして7回以上、Support 値が0.1以上のもののみを抽出して lift 値順に並べ直した2018年の結果を表6に示す。

6. 考察

6.1 ヤフーニュースの考察

ヤフーニュースのコメントを形態素解析した結果、当然ではあるが「運転」と「自動」が上位に来た。これらを除くと、「事故」、「責任」、「問題」といった自動運転の課題について示唆していることがうかがえる単語が上位に来ていることが分かる。

また、バスケット分析の結果からは、「メーカー」と「事故」、「責任」と「事故」など単純な出現回数では上位であった「運転」と「自動」の組み合わせと比較して関連性が

高いと判断される組み合わせが存在した。これは自動運転に関わる責任の所在を問うコメントが多いからではないかと考える。

6.2 Twitter の考察

年別の形態素解析の結果(表5)を見るとある年に出現回数が急上昇する単語がいくつか存在することが分かる。結果で述べた「tesla」や「Uber」の出現回数が上昇した年は、2016年、2017年、2018年のtesla車が死亡事故、また2018年のUber車による死亡事故のあった年である。これは、死亡事故が発生すると世間の興味関心が少なからず自動運転に向けられることを示していると考えられる。

また、技術や実験に関するキーワードは出現率があまり高くないが、レベル2の自動運転の実用化ならびに高度運転支援

表 6 twitter のバスケット分析結果例

	歩行+者	人間+人	人間+車	死亡+事故	Uber+事故	米+事故	歩行+事故
support	0.1027	0.1351	0.1027	0.3189	0.1351	0.1081	0.1027
expected_confidence	0.2919	0.3351	0.5838	0.7946	0.7946	0.7946	0.7946
confidence	1	1	0.76	1	1	1	1
lift	3.4259	2.9839	1.3019	1.2585	1.2585	1.2585	1.2585

(ADAS) が各メーカーから出された 2017 年には、開発、実験、安全といった単語の出現率は比較的多く頻出していることから事故には及ばないながらも技術開発に興味を持たれていることが察せられる。

政策・行政・法律なども出現はしているが、頻出ワードではなく総じて順位が低いため、自動運転にかかわる法整備については関心が低い可能性がある。

7. おわりに

本研究では内閣府と一般利用者の間で自動運転に対する関心に温度差があるのではないかという点に着目し、形態素解析及びバスケット分析の視点から自動運転への関心について調査を行った。コロナ禍を鑑み、過去のものも含めより広い意見を収集するためにネット上の声に対象を絞り、ヤフーニュースのコメントと Twitter の検索にヒットしたツイートを分析した。

その結果、一般的にアクシデント発生時の責任の所在に関する関心が高く、大きな死亡事故が発生すると関連したツイートが注目されているのではないかという結論に至った。これらを定量的に評価できたことに意義があると考えている。

今後の課題としては、検索ワードを広げてより広範囲に解析を行うこと、また今回は単語のみに着目したが、その単語が登場する文脈も評価の対象とするためにディープラーニング等を活用することが挙げられる。

参考文献

1) エアトリ：ニュース、

<https://www.airtrip-intl.com/news/2020/3715/> (参照 2021-6-24)

- 2) 坂井康一，大口敬，須田義大：日本における自動走行システムの社会的ニーズおよびその普及展開に伴う社会的影響等にかかる検討，生産研究，Vol71，No 2，pp.97-104(2019)
- 3) 内閣府：官民 ITS 構想・ロードマップ 2020 (案)，
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/dai78/siryou2-2.pdf>
- 4) Umedy メディア：形態素解析とは？おすすめの 5 大解析ツールや実際の応用例を紹介，
<https://udemy.benesse.co.jp/data-science/ai/morphological-analysis.html>(参照 2021-6-24)
- 5) IT トレンド：マーケットバスケット分析とは？その方法や効率化するツールを紹介！，
https://it-trend.jp/data_mining/article/153-122(参照 2021-6-24)
- 6) newswitch：自動運転「レベル 3」の量販車投入へ、でもドイツに比べ倫理規定は遅れているぞ！，
<https://newswitch.jp/p/23444>(参照 2021-6-24)
- 7) Response：大型車メーカー4社、トラック隊列走行の商業化に向け ACC+LKA 搭載車を商品化へ，
<https://response.jp/article/2020/07/20/336753.html>(参照 2021-6-24)
- 8) Response：自動運転による被害低減効果を予測---国交省が研究を採択、推進へ，
<https://response.jp/article/2020/08/09/337363.html>(参照 2021-6-24)

COVID-19 に対する各国対応策の分析評価 ～実効再生産数を用いた比較～

PBL 演習 4 班

井口優 伊関裕生 藤野光希 WANG HANFEI

アドバイザー教員 糸井川栄一

1. 研究背景

1.1 世界の動向

現在新型コロナウイルス(COVID-19)は多くの感染者・死者を出しており大きな問題となっている。COVID-19 は 2019 年 12 月に中国の武漢市で感染者が報告されて以来、高い感染力により感染を拡大している。2020 年に入って感染は更に拡大し、3 月 11 日には WHO によりパンデミックが宣言された。現在でも感染は収束しておらず、9 月 18 日には全世界の累計感染者数が 3000 万人を超えた。

COVID-19 の感染拡大を抑えるために、各国では様々な対応策がとられている。例として、武漢やニューヨークでは都市ロックダウンや病院の建設、医療従事者の派遣が行われ、その他多くの国でも、入国規制や外出規制が行われている。日本においても緊急事態宣言により外出自粛や学校の閉鎖などの対応策がとられ、現在でも飲食店の時短営業や「三密」を防ぐような対応策がとられている。

また、感染症の拡大に対して行われた研究はこれまでに数多くあり、様々な数理モデルが存在している。例えば、統計数理研究所の斎藤は、日本におけるインフルエンザ感染ネットワークモデルを構築してインフルエンザの感染ピークを予測した[1]。また、京都大学の白川らはインフルエンザの伝播特性に着目し、ネットワークで感染症拡散モデルを開発した[2]。

その中から、国々の動向・政策を比較し、定量的分析や評価を行うには、実効再生産数を算出することが有益であると考えた。

1.2. 実効再生産数

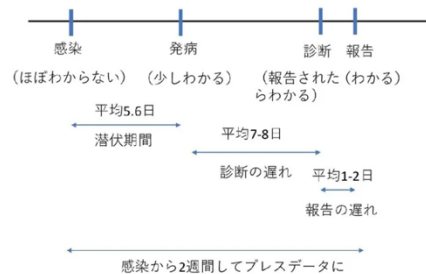
私たちが報道などで目にする「新規感染者数」は、その日に感染が判明した人数を示すものであり、決して、その日に新たに感染した人の数を示す指標ではない。したがって、下の図より、報道される感染者数はおおよそ 2 週間前の出来事を反映していることが考えられる。

この 2 週間というタイムラグは感染拡大につながる大きなリスク要因だと考えられる。一旦収まっていた新規感染者数が上昇し始めるのが確認されたというこ

とは、すでに 2 週間前から感染拡大が再燃していた可能性があり、この 2 週間のあいだ何の対策も取れずにいたことを意味するからである。

早期発見を目指すためには、潜伏期間を短縮することはできないので、発病から報告までの時間を大幅に短縮する必要がある。

「患者」の観察データについて



Linton et al. J Clin Med 2020;9(2). pii: E538.

図 1. 感染してから報告されるまでの期間[3]

そこで有効なのが「実効再生産数」という考え方である。

再生産数とは、「一人の感染者が平均で何人を直接感染させるか」を示すものである。

また、実効再生産数は $R(t)$ と表記され、「時刻 t における、感染者が新たに生み出す新規感染者数の平均」を示すものになっている。

実効再生産数を求める基本式は以下のようにになっている。

$$R(t) = i(t) \int i(t - \tau) g(\tau) d\tau$$

ここで、 $i(t)$ は時刻 t における新規感染者数を表し、その感染をもたらした、感染源となった人々は、時刻 t よりも少し前(時刻 $t - \tau$)に感染した人々で、 $i(t - \tau)$ で示される。

ある人が感染してから、別のの人に感染させるまでの時間は、個々の場合で異なるが、全体としてはある確率分布関数 $g(\tau)$ で表されると仮定する。すると分母は、時刻 t に生じた新規感染に寄与した感染者数の合計を表していることが分かる。つまり、

$$R(t) = \frac{\text{時刻}t\text{での新規感染者数}}{\text{時刻}t\text{に生じた新規感染に寄与した感染者数の合計}}$$

と定義されることが分かる。

2. 研究目的

前述のように、感染拡大を抑えるために各国で様々な対応策がとられているが、国によって人口や風土、経済状況など多くの環境が異なるため、同じ対応策がとられていても同じ効果が得られるとは限らないと考えられる。そこで本研究では、各国のコロナウイルスに関する対応策を収集し、実効再生産数を用いて各国のコロナウイルスへの対応策の効果を定量的に分析・比較することを目的とする。

また、この結果をもとに、それぞれの国の人口や経済状況等と照らし合わせて、感染拡大に有効な対応策の抽出や傾向の把握を行う。

3. 研究方法

3.1 研究対象

今回は表1の34の国と地域を研究対象とし、WHOのホームページ[4]より2020年1月~8月の期間の日々の新規感染者数のデータを取得した。

表1. 研究対象とした国や地域

ニューヨーク州(アメリカ)	
ロンバルディア州(イタリア)	
武漢(中国)	東京(日本)
シンガポール	ベトナム
スウェーデン	台湾地区
韓国	フィリピン
ベルギー	ウズベキスタン
インド	マレーシア
スイス	ロシア
ルーマニア	クロアチア
タイ	オランダ
ネパール	スペイン
ドイツ	バングラデシュ
フランス	イギリス
ニュージーランド	パキスタン
ギリシャ	インドネシア
ノルウェー	エジプト
チリ	オーストリア

本研究では、それぞれの国が発表した対応策のうち、主として各国の保健機関等のHPや新聞・ニュース等の報道などにより入手できた以下のものと、感染拡大・縮小の関係について検討する。

- ・入国規制
- ・ロックダウン
- ・外出規制
- ・学校の閉鎖
- ・在宅勤務の奨励
- ・飲食店の営業停止
- ・医療従事者の派遣
- ・病院の建設
- ・マスクの実名購入制度(台湾地区のみ)
- ・スマホアプリの導入(韓国のみ)

3.2 実効再生産数の導出

実効再生産数を算出するにはいくつかのデータを入力する必要があるのだが、その中でも発症間隔 $g(\tau)$ を入力するのはとりわけ困難である。なぜなら、今回の新型コロナウイルスには、欧州型やアジア型などがあり、それぞれが現在も変異を繰り返しているとされているため[5]である。

しっかりしたデータと分析に基づく数値は正確だが、データを取り揃えるまでに時間がかかるという欠点がある。

そこで、より迅速に現状把握するために、「より平易な計算で簡易的に評価」するのが良いのではないかと、以下の計算式が提案されている[3]。

$$R(t) = \left(\frac{\text{直近7日間の新規陽性者数}}{\text{その前の7日間の新規陽性者数}} \right)^{\left(\frac{\text{平均世代時間}}{\text{報告間隔}} \right)}$$

今回我々はこの計算式を用いた実効再生産数により各国・地域の現状を把握することとした。また、平均世代時間を5(日)[6]とし、報告間隔は7(日)[7]とした。

3.3 分析手順

- ① それぞれの対応策実施後の各国の当日、1週間後、2週間後の実効再生産数を列挙し、3項間でそれぞれ対応のあるt検定を行う。
この結果を用いて、対応策ごとに効果の有無や実施から実際にその効果が現れるまでの期間を調査する。
- ② 同じ対応策でも国ごとに及ぼす影響の程度が異なると考え、1週間後、2週間後、3週間後の実効再生産数を目的変数とし、対応策の実施の有無を1と0のダミー変数を用いた説明変数とした重回帰分析を行う。これによって、国・地域ごとの効

果の違いや特色を考察する。

[重回帰分析]

本研究では、国・地域ごとの対応策の効果の違いを考察するため、それぞれの国・地域における対応策実施1週間後、2週間後、3週間後の実効再生産数を目的変数とし、対応策の実施の有無を1と0のダミー変数を用いた説明変数とした重回帰分析を行った。計算式は以下の通りである。

$$y_{it} = a_0 + \sum_j a_j \delta_{i,j,t-n}$$

- a_0 : 定数
- a_j : 対応策 j の係数
- i: 国
- j: 対応策
- t: 時間(日)
- δ : ダミー変数
- n: n 週間

国・地域によっては新規感染者数の報告が必ずしも毎日されていないことがあり、日々の実効再生産数に誤差が生じてしまうことが懸念された。したがって今回は実効再生産数を算出する際に前後2日の値を含めた5日間での単純移動平均をとった。

また、本研究では、収集したデータを IBM 社の SPSS Statistics version26 を使用して分析を行い、統計分析の際には、有意水準を5%とした。

4. 結果と考察

4.1. t 検定

はじめに、対象国が行った対応策によって、感染者の実効再生産数に変動したかをみるために、対応策を実施した日から1週間、2週間後の実効再生産数を比較した(図2)。

医療従事者の派遣、病院の建設、在宅勤務の奨励に関しては、サンプル数が少ないため、t検定は行うことができなかったが、上図からわかるように、t検定を行なったものについては、ロックダウン解除を除いてどれも減少傾向にある。

入国規制は当日~1週間後の間で大きく差が見られ [$t(20) = 2.89, p = .009, M = 3.94$ vs. 2.49]、学校の閉鎖や飲食店の営業停止では、1週間後~2週間後の間で大きく差が見られた(学校の閉鎖: [$t(15) = 2.99, p = .009, M = 3.40$ vs. 1.72]、飲食店の営業停止: [$t(17) = 2.81, p = .012, M = 2.97$ vs. 1.94])。入国規制は、すでに感染している人を入国させないようにする対応策であり、学校の閉鎖や飲食店の営業停止は、新たに感染する人を減らすための対応策である。このこととウイルスの潜伏期間を考慮すると、対応策の目的によって、効果を発揮する期間が異なることがわかる。

ロックダウン解除に関しては、当日、1週間後、2週間後の間で有意差が見られなかったことより、ロックダウンを解除してもその後1~2週間程度では、感染者が大幅に増えるわけではないという可能性が考慮される。

しかしながら、これらの実施時期には重複しているものもあり、実際には同時期に他の対応策が影響を及ぼしているという可能性が考慮された。

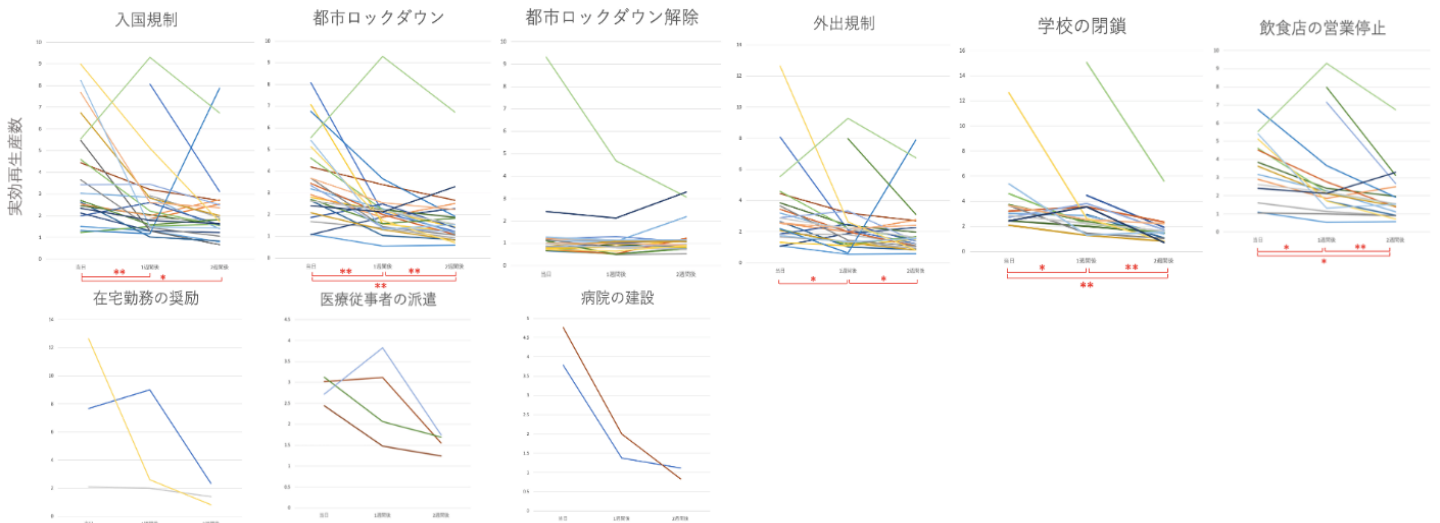


図2. 各対応策実施後の実効再生産数の推移

(上段はt検定を実施したもの、下段はt検定が実施できなかったもの)

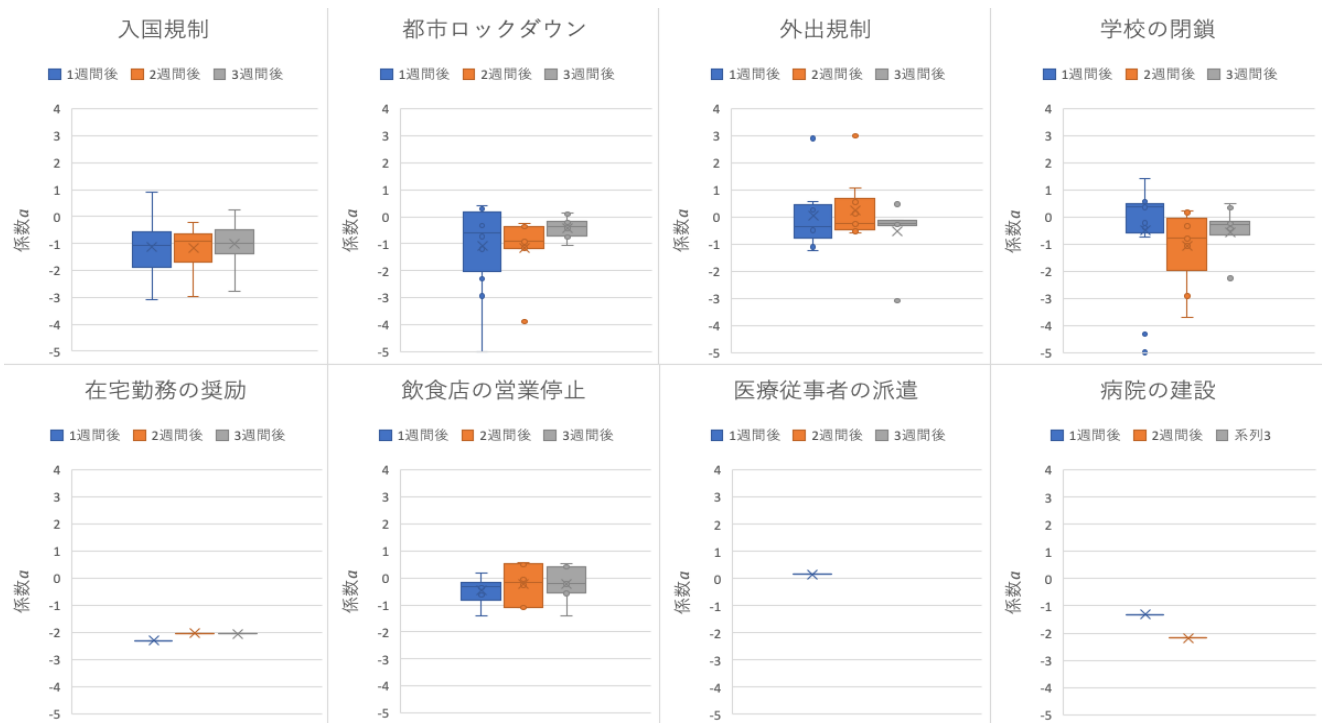


図 3. 対応策ごとの、重回帰分析による係数の分布

4.2. 重回帰分析

そこで、1週間後、2週間後、3週間後の実効再生産数を目的変数とし、日ごとの対応策の実施の有無を1と0のダミー変数を用いた説明変数とした重回帰分析を行い、それぞれの対応策が実効再生産数の増減に及ぼす影響を国ごとに調査し、時間経過による動向を観察した(図3)。

これより、他の対応策に比べて、入国規制とロックダウンの係数が負の方向に大きい、という傾向がみられる。これは、これらの対応策が実効再生産数を減少させるのに大きく影響している、ということである。

また、入国規制やロックダウンは、対応策実施1週間後の係数が負の方向に大きい国が多く見られ、飲食店の営業停止や学校の閉鎖は、2週間後の係数が低い

国が多い。これは t 検定と同様に、対応策ごとに効果が現れる時間が異なっていることを示唆している。

次に、各国の対応策の傾向を把握するために、経済状況を考慮したグループ分けを行った。その結果、各国の経済状況によって最も大きく影響した対策が異なることが分かった。グループ分けを行う指標として一人当たりの GDP を用いた場合の、対象国を降順で表示した結果を表 2 に示す。

この表によれば、一人当たりの GDP が高い国々において最も感染縮小に影響した対応策は、外側から入国した人々との接触を防ぐ入国規制が大きく占めている。その一方、一人当たりの GDP が低い国々は、ロックダウンや外出規制、学校の閉鎖といった国内の人々の接触を抑える対応策が感染縮小に影響していることがわかる。

表 2. 各国の一人当たりの GDP と最も影響した対応策(1 週間、2 週間、3 週間)

国名	一人当たりの GDP (USドル)	最も大きく実効再生産数を下げた対応策	国名	一人当たりの GDP (USドル)	最も大きく実効再生産数を下げた対応策
スイス	82,796.55	ロックダウン	スイス	82,796.55	入国規制
ノルウェー	81,697.25	入国規制	ノルウェー	81,697.25	入国規制
シンガポール	64,581.94	外出規制	シンガポール	64,581.94	外出規制
NY	62,794.59	入国規制	NY	62,794.59	入国規制
スウェーデン	54,608.36	ロックダウン	スウェーデン	54,608.36	入国規制
オランダ	53,024.06	入国規制	オランダ	53,024.06	ロックダウン
オーストリア	51,461.95	入国規制	オーストリア	51,461.95	入国規制
ドイツ	47,603.03	入国規制	ドイツ	47,603.03	入国規制
ベルギー	47,518.64	入国規制	ベルギー	47,518.64	入国規制
イギリス	42,943.90	在宅勤務	イギリス	42,943.90	在宅勤務の奨励
ニュージーランド	41,945.33	入国規制	ニュージーランド	41,945.33	入国規制
フランス	41,463.64	入国規制	フランス	41,463.64	入国規制
東京	39,289.96	外出規制	東京	39,289.96	入国規制
ロンバルディア	34,483.20	飲食店営業停止	ロンバルディア	34,483.20	飲食店営業停止
スペイン	30,370.89	ロックダウン	スペイン	30,370.89	入国規制
ギリシャ	20,324.25	入国規制	ギリシャ	20,324.25	入国規制
チリ	15,923.36	ロックダウン	チリ	15,923.36	ロックダウン
クロアチア	14,909.69	飲食店営業停止	クロアチア	14,909.69	飲食店営業停止
ルーマニア	12,301.19	ロックダウン	ルーマニア	12,301.19	学校の閉鎖
ロシア	11,288.87	入国規制	ロシア	11,288.87	入国規制
タイ	7,273.56	ロックダウン	タイ	7,273.56	ロックダウン
インドネシア	3,893.60	外出規制	インドネシア	3,893.60	学校の閉鎖
フィリピン	3,102.71	学校の閉鎖	フィリピン	3,102.71	入国規制
エジプト	2,549.13	ロックダウン	エジプト	2,549.13	学校の閉鎖
インド	2,009.98	ロックダウン	インド	2,009.98	ロックダウン
バングラデシュ	1,698.26	ロックダウン	バングラデシュ	1,698.26	ロックダウン
ウズベキスタン	1,532.37	外出規制	ウズベキスタン	1,532.37	外出規制
パキスタン	1,482.40	学校の閉鎖	パキスタン	1,482.40	学校の閉鎖

その理由として、グローバル化による先進国、発展途上国の経済力の差が考えられる。一人当たりの GDP が高い国々では人々の国境を越えた往来が盛んになり、感染症の拡大リスクが上昇する。

ここで、年間3万人以上が訪れた9つの国々をピックアップした。表2で黄色にハイライトされている国々がそれにあたる。これを見ると、特に二週間・三週間後の表では、それぞれ9つの国々の内、7カ国・6カ国が最も有効であった対応策が入国規制となっている。そのため、前述した考察が妥当である可能性を示唆している。

次に、表2を見ると、対応策の一つである「学校の閉鎖」は、一人当たりの GDP が低い国々のグループのみ、最も実効再生産数を下げた対応策に含まれている。その一方、一人当たりの GDP が高い国々には、一カ国もないことがわかる。そこで、各国が行った対応策である「学校の閉鎖」を行う前の実効再生産数と、1週間後、2週間後、3週間後の実効再生産数の値の計2点で繋がれる一次曲線の傾き(係数)を求めた。そして、その傾きをy軸、各国それぞれの10代の人口の割合をx軸としてグラフを作成したものを図4に示す。これらの図から、10代の人口が約25%以上の国々は、「学校の閉鎖」による対応策によって大きく実効再生産数が下がる傾向を示した。一方、10代の人口が約25%を切る国々は、「学校の閉鎖」では、比較的大きな実効再生産数の減少は見られないことがわかる。また、データ数が少ないため確実にはいえないが、このような結果から、10代の人口割合が一次関数的に増加すると実効再生産数は二次関数的に減少する傾向がみられる。そのため、10代の人口割合が25%以上の国々では、このような感染症対策として「学校の閉鎖」が非常に有用であることが示唆される。

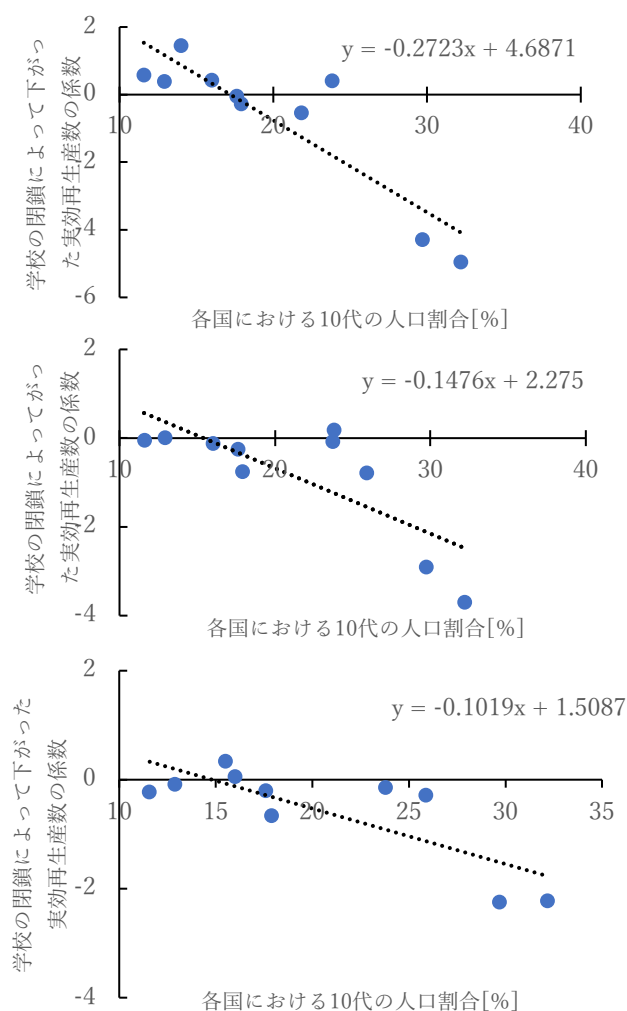


図 4. 各国の 10 代人口割合と学校の閉鎖によって下がる実効再生産数係数 (1 週間、2 週間、3 週間)

5. 結論と今後の課題

5.1. 結論

本研究では、コロナウイルスに関しての各国・地域の対応策と、実効再生産数の変化に関しての調査を行った。

分析結果より、どの対応策も効果はあり、中でも、入国規制は施策後1週間程度で、学校の閉鎖や飲食店の営業停止は施策後2週間程度で効果が現れ、対応策の内容によってその効果が現れるまでの時間が異なることがわかった。また、国ごとの経済状況の違いによって、対応策の効果の現れ方が異なることもわかった。

ここで、本研究結果から示唆することが出来た結果の概要を改めて以下に示す。

GDPが高い国々が優先的に行うべき対応策

- 入国規制

GDPが低い国々が優先的に行うべき対応策

- 学校の閉鎖
- その他の国内の人的接触を抑える対策(ロックダウン、飲食店閉鎖等)

このような対応策が、各国の経済状況に注目すると有効であると考えられた。

5.2. 今後の課題

本研究では、対応策ごとにその効果を比較したため、それぞれの国に関して、個別に考察は行わなかった。実際には、同じような対応策でも国ごとに罰則の有無や、規制の厳しさなどが異なっている。また、各国のPCR検査数によって、正確な感染者数が把握できていない可能性が十分にある。そのため、より正確な分析を行うために、正確なデータの入手、より細かい分析手法の検討が重要と考えられる。

参考文献

- [1] 斎藤 正也: 日本におけるインフルエンザ感染ネットワークモデル, 理論応用力学講演会講演論文集, 第62回理論応用力学講演会, 2013
- [2] 白川 康一: ネットワーク構造を考慮した感染症拡散モデルの構築と効果的なワクチン接種の検討, 数理解析研究所講究録, 1653, p18-p31, 2009
- [3] 西浦 博: 実効再生産数とその周辺, 北海道大学医学統計学教室, 2020
- [4] 世界保健機関(WHO): ホームページ
<https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>
(最終アクセス: 2020.10.01)
- [5] Dorp et al.: Emergence of genomic diversity and

recurrent mutations in SARS-CoV-2, Infection, Genetics and Evolution, 83, 2020

[6] Xi et al.: Temporal dynamics in viral shedding and transmissibility of COVID-19, nature medicine, 26, p672-p675, 2020

[7] 厚生労働省: 新型コロナウイルス感染症について
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000164708_00001.html (最終アクセス: 2020.10.01)

[8] JNTO: 世界各国・地域への外国人訪問者数ランキング,
https://www.jnto.go.jp/jpn/statistics/visitor_statistics.html

(最終アクセス: 2020.10.01)

台風被害から見る災害対策効果の評価

—茨城県鹿行地区における 2019 年台風 15・19 号に着目して—

大亀 陽 宮谷 香純 上野 隆治

指導教員:庄司 学

1. 本研究の背景と目的

近年日本では、2011 年の東日本大震災や 2019 年の台風 15・19 号災害をはじめとした、大規模な自然災害が増え、甚大な被害をもたらしている。そのため、自然災害による被害を抑えるために様々な対策を講じる必要がある。

自然災害によって甚大な被害が起きた要因の一つとして、十分なハード対策が行われてこなかったことが考えられる。河田恵昭による「平成-巨大自然災害の多発によって明らかになった防災体制の不備」^[1]では、1945 年から 1989 年の災害特性を概観すると、1959 年の伊勢湾台風をきっかけとして 1961 年に災害対策基本法が施行されたが、法律は実際に起きた災害に対して対策を講じるのみであり、今後起きる可能性のある災害に対する策は考慮されず、1945 年以降の 50 年で大きな災害が起こらなかったために防災対策が講じられなかったことを指摘している。さらには、高橋洋一による「公共事業費 10 兆円を確保せよ!政府の破綻より心配な大災害...過去最高レベルの予算措置を」^[2]では、民主党政権時代に「コンクリートから人へ」というキャッチフレーズで、公共事業費を削減し、実際に事業仕分けの対象となり自然災害による被害を増やした事例が散見されると指摘している。このようにハード対策に対して遅れをとることで被害を抑えることができなくなってしまう。

2011 年以降災害が多発したことから、2014 年から国土強靱化計画が推進されており、強くしなやかな国民生活の実現を目指し、防災・

減災等に積極的に予算を確保するようになった。しかし、これによって行われたハード対策が効果を発揮すると、被害が少なくなるために災害対策効果の実感が難しくなる。そのため、逆に災害への危機意識が薄まり、災害対策離れが生じる恐れがある。そこで、防災の重要性を実経験のデータから示すことにより、災害対策離れを防ぐことができると考えた。

災害対策の効果検証に関わる既往研究として、木村らの研究^[3]や中島らの研究^[4]がある。木村らの研究では、道路防災対策の効果を評価する手法の検討を目的としており、道路災害を対象として被災事例を収集・分析をしている。中島らの研究では、細分化した地域単位での災害リスクの開示と、災害リスクが発生する降雨量・河川水位の情報整理と開示を目的とし、洪水氾濫と土石流氾濫を対象として「気象情報や防災情報」と「地域ごとの災害リスク」を組み合わせた評価をしている。しかし、これらの研究では、実際の被害データを使用した災害対策の評価を行っていない。

よって本研究では、台風によるインフラ被害の大きさが、土地の特性や災害規模ではなく、事前の災害対策で決定づけられるという仮説のもと、実際の台風によってインフラが受けた被害から、市町村の災害対策の効果を検証することを目的とする。調査対象とする災害は、2019 年に起きた台風 15 ならびに 19 号災害とし、対象地域は被害が比較的大きかった茨城県鹿行地区とする。

調査対象である鹿行地区は、潮来市、鹿嶋市、

神栖市，行方市，銚田市からなる。図1からわかるように茨城県の南東に位置しており，東は太平洋，西には霞ヶ浦(西浦)，南は利根川，北は涸沼，そして中央に北浦と水に囲まれた地域である。各市の総面積，人口，世帯数を表1に示しており，表2に2010年と2019年の土木費の金額と構成比(全当初予算に対する土木費の割合)を示す。

2. 分析

2.1. 対象とする自然災害

本研究で対象とする自然災害は，2019年9月9日に関東に上陸し，各所で最大瞬間風速を更新した台風15号と，2019年10月12日に関東に上陸し，各所で最大日降水量を更新



図1. 茨城県鹿行地区の場所を示す地図^[5]
(青:つくば市，オレンジ:鹿行地区)

表1. 鹿行地区各市における総面積，人口，世帯数

	神栖	鹿嶋	銚田	行方	潮来
総面積 (km ²)	146.97	106.02	207.6	222.48	71.4
人口 (人)	95,321	67,080	46,210	32,305	27,624
世帯数	40,494	28,694	18,515	11,413	10,803

表2. 鹿行地区各市における2010年，2019年の土木費(単位:千円)と構成比

	茨城県	神栖市	鹿嶋市	銚田市	行方市	潮来市
2010年度土木費	131,946,000	3,730,375	1,855,715	1,498,114	1,297,710	1,128,278
構成比	12%	10.5%	8.5%	8.6%	8.8%	11.8%
2019年度土木費	113,206,308	4,649,809	1,864,023	1,994,973	1,932,341	1,626,536
構成比	10%	10.5%	7.9%	9.6%	11.7%	12.8%

し，河川氾濫や市街冠水をもたらした台風19号を調査対象とする。図2に台風15号の経路と各地点での風速情報，図3に台風19号の経路と各地点での風速情報を示す^{[6][7]}。

台風15号は，図2よりわかる通り，千葉県を中心に記録的な暴風をもたらした台風であり，東京都神津島では最大瞬間風速58.1m/s，千葉県千葉市中央区では最大瞬間風速57.5m/sを記録した。これにより，倒木や建物破損，大規模停電が発生した^[6]。

また，台風19号は，全国各地の広い範囲で総降水量300mm以上を観測し，神奈川，静岡，埼玉，東京などでは600mmを超える降水量が観測されるほどの豪雨をもたらした。これにより，大規模な土砂災害や流域面積の広い河川の氾濫による浸水・冠水被害が発生した^[7]。

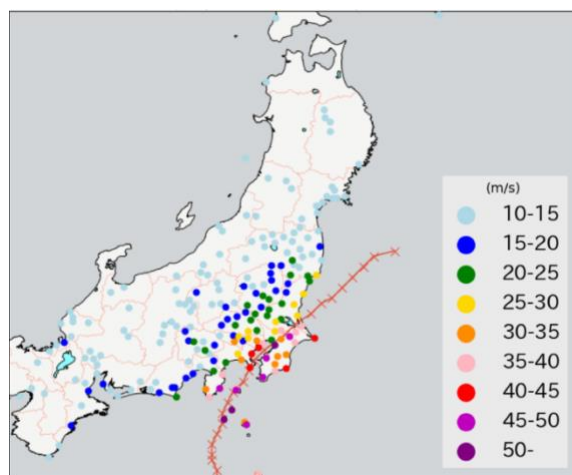


図2. 台風15号の経路と各地点での風速

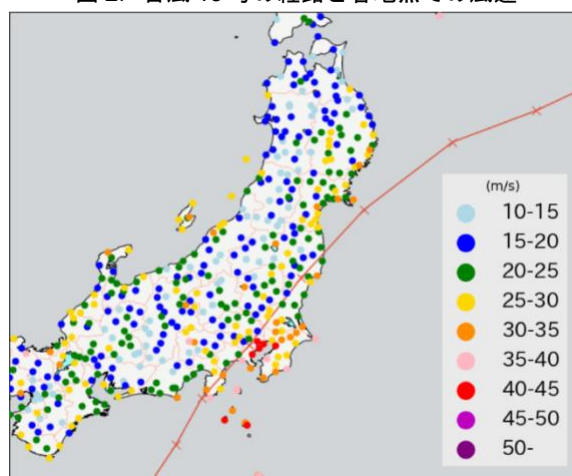


図3. 台風19号の経路と各地点での風速

2.2. 被害指標とデータの回収方法

本研究では、停電・断水などのインフラ被害の大きさと事前対策の関係を調査するため、台風15号・19号のそれぞれに対して、表3の被害指標を対象とする。なお、調査対象とする期間については、台風の鹿行地区への上陸期間を考慮して表の通りとした。

これらのデータについては、鹿行地区の各市役所に問い合わせ、収集した。また、停電件数については、必要に応じて鹿行地区を担当する東京電力の事業所に問い合わせを行った。以上の方法で得たデータを分析し、インフラ被害と災害対策の関係について考察する。

3. 結果・考察

台風被害データの結果と分析した考察について述べる。被害状況は、表4の通りである。

表3. 調査概要

被害指標	停電戸数/断水戸数/道路遮断距離/浸水・冠水面積	
対象地区	鹿嶋市, 神栖市, 銚田市, 潮来市, 行方市	
期間	台風15号	台風19号
	2019年9月09日5時～	2019年10月12日22時～
	2019年9月10日5時	2019年10月13日22時

表4. 風15号, 19号被害状況

	地区	停電世帯		断水世帯		道路遮断	浸水/冠水
		件数	割合*	件数	割合*		
台風15号	潮来	6,600	61%	なし		倒木:かんぼ付近200m, 宮前20m, 福楽園付近30m, 古宿20m, 牛堀1区40m/冠水:洲崎交差点70m, 永山隧道200m, 道の駅下隧道80m/屋根崩落:横須賀20m	洲崎交差点70m, 永山隧道200m, 道の駅下隧道80m
	行方	7,300	64%	なし		4箇所(市道3路線, 県道1路線) 両宿・内宿・芹沢・藤井地内	なし
	神栖	12,000	30%	なし		なし	なし
	鹿嶋	14,000	48%	14,000	48%	8件	6件
	銚田	14,200	77%	なし		なし	なし
台風19号	潮来	1,700	16%	なし		屋根崩落:清水屋20m/冠水:洲崎交差点70m, 永山隧道200m, 道の駅下隧道80m	洲崎交差点70m, 永山隧道200m, 道の駅下隧道80m
	行方	4,900	43%	なし		3箇所(市道3路線) 芹沢・藤井・島並地内	なし
	神栖	2,560	6%	なし		西前宮区民会館前440m, 利根公園-旧波崎町宮渡船城跡前2520m, 神栖市波崎総合支所・防災センター前-宝蔵院周辺2476m, 波崎町水道事業所-別所区民館-大塚米穀店1037m	11件
	鹿嶋	9,900	35%	9,900	35%	2件	2件
	銚田	2,000	11%	なし		大竹地内	箕輪・下太田地内

※割合=各市町村の発生件数/各市町村の世帯数

3.1. 停電について

まず、台風により停電が起きる原因としては、以下の3つが考えられる^[8]。(1)強風により飛ばされた物で電線が損傷される。(2)大雨により発生する土砂崩れで電線が倒れる。(3)強風/大雨による倒木で電線/電柱が損傷される。

停電の原因は大きく分けて、強風と大雨が考えられる。2.1で述べた通り、台風15号では強風による被害が目立ち、台風19号では大雨による被害が目立っている。また、鹿行地区の各市町村の防災計画によると、電柱が倒れるのを防ぐ対策として耐震性に着目した対策を行っているが、強風による対策を講じている市町村はなかった^{[9][10][11][12][13]}。以上のことから、今後強風により電柱が損傷しないような対策が必要であると考えられる。また、表4より鹿行地区の停電状況が、強風に対しては多発しているが、大雨に対しては発生数が減っているため、鹿行地区の電力系インフラは大雨よりも強風に弱いということが考えられる。

3.2. 断水について

自然災害により断水が起きる原因として、次の4つがある^[14]。(1)水源から水を調達するのに欠かせない取水施設が損害する。(2)水源から調達した水をきれいにする浄水処理場が停電により停止する。(3)老朽化した水道管が破裂・破損する。(4)マンションなどの集合住宅にある送水ポンプが停電により停止する。

表4より断水は鹿嶋市のみで発生していることがわかる。さらに、断水の起こった世帯数が停電の起こった世帯数と同じであることを考慮すると、送水ポンプの停電による停止が原因と考えられる。そのために鹿嶋市は、非常用発電設備が足りなかった、もしくは十分に働いていなかったと推察される。さらに、応急的ポンプ施設の設置または改修が不十分であったと考えられる。加えて、戸建て住宅が多いことから、これらの対策が個人に依存している可能性も考える。個人のハード対策の難しさが浮き彫りになった可能性がある。

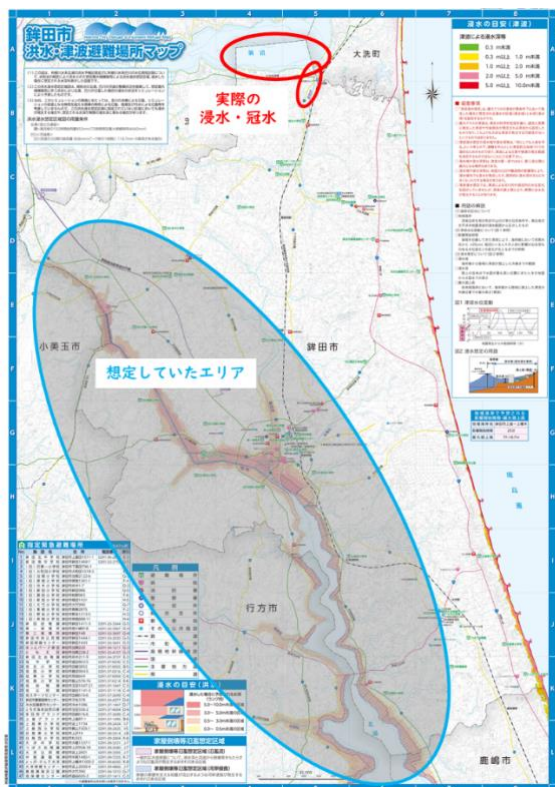


図4. 銚田市ハザードマップ

3.3. 浸水/冠水・道路遮断について

a) 銚田市について

台風19号の際、銚田市では、浸水・冠水が発生している。銚田市内の浸水箇所は、涸沼湖畔及びその近くにある大谷川流域である。しかし、図4の洪水に関するハザードマップ^[15]を見てみると、当該地区においては、危険エリアに指定されていない。銚田市のハザードマップ^[15]は津波、北浦(霞ヶ浦流域)および巴川流域での増水しか想定しておらず、涸沼湖畔およびその周辺の河川に関する想定は一切されていなかった。那珂川水系河川整備計画^[16]の対象からも外れている。その背景として、涸沼がラムサール条約の登録湿地^[17]になっていることが考えられる。自然保護の観点から、湖畔に堤防等を建設することは難しく、今後とも水害と向き合い続けられないといけない地区であり、ハザードマップ等のソフト対策を充実させる必要があると考えられる。

b) 潮来市について

潮来市の道路遮断は、倒木と冠水の2要因によるものであった。倒木による道路遮断の原因として、幅員の狭い道路や歩道のない道路が多く、周辺の民家や林の樹木と道路自体の距離が短いことが考えられる。しかし、倒れる恐れのある樹木の想定は難しく、二次災害を防ぐため被害が発生後の対応が求められる。今回の台風による倒木、道路遮断に関する二次災害はみられなかった。

冠水による道路遮断については、ハザードマップ^[18]でも浸水可能性が示されていた北浦湖畔で発生しており、ハード対策が間に合っていないことがわかる。さらに、冠水道路が、台風15号・19号で同じ場所であったにもかかわらず、ハザードマップでは、周囲の土地全体に危険を示す色で塗られているだけであった。同じ場所で冠水リスクがあるのであれば、事前に提示するべきであると考えられる。

c)神栖市について

台風19号の際、神栖市利根川沿岸において、冠水・浸水被害が発生した。潮来市同様にハザードマップ^[19]においても危険個所に指定されていた。特に、利根川の河口付近での浸水・冠水被害が大きかった。利根川水系利根川・江戸川整備計画^[20]によると、利根川河口域は3つの課題を抱えている。(1)川幅が海に向かって細くなっており、十分な河道断面を確保できていない。(2)堤防断面が不足している。(3)波崎漁港を整備したことで不要になった導流堤が残存している。加えて、雨水の排水^[21]も市の課題となっており、公共下水道事業計画^[21]が策定されている。これに関しては、2019年9月時点の詳細な整備状況は分かっていない。しかし、いずれの原因だった場合でも、構造上の危険があり、防災するすべもわかっていたにもかかわらず、事業が行われていなかったために、発生した被害といえる。

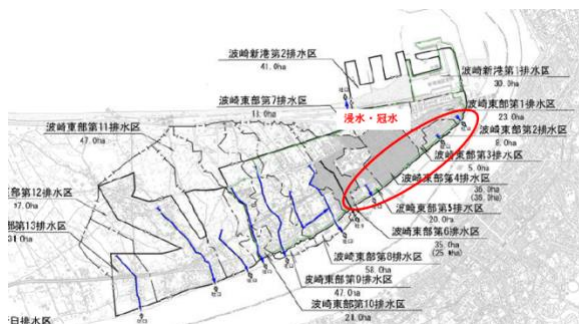


図5. 雨水の排水計画と浸水寒水^[21]



図6. 利根川河口^[20]

3.5. 総合評価

被害指標を総合的に見てみるとまず、台風15号の時、潮来市と鹿嶋市では多くの道路遮断と浸水・冠水が起きており、台風19号の時には潮来市と神栖市で多くの道路遮断と浸水・冠水が起きていることから、浸水・冠水が広い範囲で起こると、道路遮断も同じ地域で起こりやすいことがわかる。

今回取得できたデータでは、被害が実際に起きた細かい地域までは分からなかったために、上記のこと以上のことは読み取ることができなかった。

4. 結論と今後の課題

本研究では、台風15号・19号災害を対象として、茨城県鹿行地区の5市に焦点をあてて、各被害の発生原因とその関係性、および事前の対策との関係性を定性的に分析した。その結果、停電によるポンプの停止が断水に影響している可能性および治水におけるハード対策の遅れが示唆された。また、水害が少ない地域での防災意識が低い可能性も推察された。

本研究では、防災意識を調査することはできなかったため、防災意識と被害経験の関係性を明らかにすることは今後の課題といえる。また、ハード対策の効果を定量的に分析するためには、町丁目単位のインフラ被害(上下水道、停電、道路遮断)状況とその原因、担当者の所感、および対策事業の計画と実施状況に関する情報が必要となる。モデル策定にはきめ細やかな情報収集が不可欠である。

謝辞：本研究では、潮来市総務課，行方市総務課防災交通グループ，鹿嶋市交通防災課，神栖市防災安全課，銚田市総務課危機管理室の方々にはデータを提供して頂いた。さらに東京電力パワーグリッド土浦支点の方々にはデータ提供の検討をして頂いた。ここに深謝の意を表する。

参考文献：

- [1] 河田恵昭，”平成-巨大自然災害の多発によって明らかになった防災体制の不備”，2019年4月2日，<https://www.nippon.com/ja/in-depth/d00477/>，(参照2020年9月30日)
- [2] 高橋洋一，“公共事業費 10 兆円を確保せよ!政府の破綻より心配な大災害...過去最高レベルの予算措置を”，2018年7月13日，<https://www.zakzak.co.jp/soc/news/180713/soc1807130002-n1.html>，(参照2020年9月30日)
- [3] 木村祐二，金子正洋，宮武裕昭，間瀬利明，“道路災害の交通影響と対策効果に関する調査”，土木技術資料 56-1，2014
- [4] 中島秀明，田中耕司，金淵中，中北英一，養老伸介，“豪雨による洪水と土石流の発生リスクを踏まえた防災計画”，歴史都市防災論文集 Vol. 11，2017
- [5] 白地図ぬりぬり，<https://n.freemap.jp/>，(参照2020年9月30日)
- [6] weathernews，“10月12～13日，大規模な河川氾濫をもたらした台風19号について”，<https://jp.weathernews.com/news/29409/>，2019年10月19日，(参照2020年9月29日)
- [7] weathernews，“9月8～9日，首都圏で記録的暴風となった台風15号について”，<https://jp.weathernews.com/news/28944/>，2019年9月12日，(参照2020年9月29日)
- [8] 東京電力ホールディングス，“停電復旧のしくみと停電理由”，<https://www.tepco.co.jp/disaster/restore.html>，(参照2020年10月4日)
- [9] 鹿嶋市公式ホームページ，“鹿嶋市地域防災計画風水害等計画編”，<https://city.kashima.ibaraki.jp/uploaded/attachment/4232.pdf>，2019年3月，(参照2020年9月29日)
- [10] 行方市公式ホームページ，“行方市地域防災計画”，https://www.city.namegata.ibaraki.jp/data/doc/1557750989_doc_284_0.pdf，2019年3月，(参照2020年9月29日)
- [11] 神栖市公式ホームページ，“神栖市地域防災計画”，

- https://www.city.kamisui.ibaraki.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/003/637/h30bousai_honpen.pdf，2018年，(参照2020年9月29日)
- [12] 潮来市公式ホームページ，“潮来市国土強靱化地域計画”，https://www.city.itako.lg.jp/data/doc/1586909069_doc_188_0.pdf，2020年3月，(参照2020年9月29日)
- [13] 銚田市公式ホームページ，“銚田市地域防災計画”，http://www.city.hokota.lg.jp/data/doc/1586136359_doc_111_0.pdf，2020年3月，(参照2020年9月29日)
- [14] EPARK 暮らしのレスキュー，“台風で水道が止まってしまった！断水する原因と対策”，2019年10月18日，https://rescue.epark.jp/G2_16/C3-56，(参照2020年10月2日)
- [15] 銚田市ホームページ，“洪水津波ハザードマップ”，2019年4月，<http://www.city.hokota.lg.jp/page/page000597.html>，(参照2020年10月6日)
- [16] 国土交通省関東地方整備局，“那珂川水系河川整備計画【大臣管理区間】”，2016年1月，https://www.ktr.mlit.go.jp/river/shihon/river_shihon0000293.html，(参照2020年10月6日)
- [17] ラムサール条約登録湿地ひぬまの会，“ラムサール条約の登録湿地潤沼”，<https://www.hinuma.ibaraki.jp/about/>，(参照2020年10月6日)
- [18] 潮来市ホームページ，“潮来市ハザードマップ(洪水・震災等避難地図)”，<https://www.city.itako.lg.jp/page/page000827.html>，(参照2020年10月6日)
- [19] 神栖市ホームページ，“ハザードマップ洪水・土砂災害”，2018年3月，<https://www.city.kamisui.ibaraki.jp/living/safety/1000876/1000879.html>，(参照2020年10月6日)
- [20] 国土交通省関東地方整備局，“利根川水系利根川・江戸川河川整備計画の概要”，2013年5月(2020年3月更新)
https://www.ktr.mlit.go.jp/river/shihon/river_shihon00000412.html，(参照2020年10月6日)
- [21] 神栖市ホームページ，“神栖市下水道事業計画”，2018年3月22日，https://www.city.kamisui.ibaraki.jp/shisei/plan_policy/1003582/1003588.html，(参照2020年10月6日)

道路交通活動の変化が CO2 排出量と経済活動に 与える影響分析

グループ PBL 演習 6 班
孟 成柱 佐野 雅人 岡南 直哉
アドバイザー教員 鈴木研悟

1 背景

21 世紀後半までに温室効果ガス排出量と吸収量のバランスを取るために、2016 年にパリ協定が発効され、各国が排出量削減の数値目標を宣言した。

日本政府は 2030 年の排出量を 2013 年比で 26% 削減し、2050 年には 80% 削減することを掲げている [6]。JCCCA*1 の 2017 年の通計では、日本が世界の排出量割合で 5 位に当たる 3.4% を占めている。また、日本の 2018 年の部門別二酸化炭素排出量はエネルギー転換部門が 40.1%、産業部門が 25.0%、運輸部門が 17.8% である [3]。日本の CO2 排出量は、2018 年は 2013 年比で 12.0% 減少しているが、2030 年の目標値達成には更なる削減努力が必要である [2]。

一方で、2020 年に入り新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の感染が拡大している。WHO*2 は 2020 年 3 月 11 日、COVID-19 を「パンデミック」と宣言した。また、各国が外出禁止などの政策を打ち出したことで、世界規模で経済活動が縮小している。4 月時点での World Bank による評価では、COVID-19 のパンデミックが拡大した場合、世界全体の GDP は 3.56% 減少し、中でも旅客・貿易分野は分野別で最大の 9.26% の減少が見込まれている [5]。日本では、4 月 7 日に 7 都府県を対象に緊急事態宣言が行われ、4 月 17 日には対象地域が全国に拡大された。5 月中旬以降に宣言が解除されるまでの間、商業施設の休業や不要不急の外出自粛が要請され、各地の外出者数は大幅に減少した。

この COVID-19 による経済活動の自粛が、CO2 排出量の減少を引き起こしていることが実際に研究されている [1]。Quéré らは、2020 年 4 月末までの世界各国の経済活動や政策に関するデータを用いて、COVID-19 のパンデミックによる CO2 排出量の変化の推計・分析を行った [4]。彼らの研究によれば、ピーク時には陸上輸送部門の CO2 排出量が 36% 減少していると推計されており、全体の CO2 排出量の減少に 43% 貢献している。この貢献率は全部門中最大である (表 1)。

COVID-19 パンデミックにより、一時的に経済活動が縮小され、CO2 排出量が減少した。これに関するデータ群を収集及び処理、分析することで、「経済産業活動をどれだけ抑制した場合、どの程度 CO2 排出量を削減できるか」を推計できると考えた。

2 目的

本研究の目的は、日本国内の道路交通部門における経済的な便益を可能な限り減らさずに、CO2 排出量を削減できる妥協点を探ることである。

COVID-19 パンデミックにより世界的に CO2 排出量の減少が最も大きいと推計された部門は輸送部門である (図 1)。本研究では輸送部門に着目し、COVID-19 パンデミックにより減少した国内の道路交通量が、CO2 排出量と国内生産額に及ぼす影響を分析する。そして、CO2 排出量と国内生産額の相関関係を把握することで、望ましい道路交通活動の需要を推計することを目指した。

3 推計の流れ

本研究では、大きく次の 2 つの推計を行う。

*1 全国地球温暖化防止活動推進センター

*2 World Health Organization (世界保健機関)

	Absolute change	Change relative to mean	Contribution to global
	MtCO2 per day	2019 sector level	CO2 decrease
		percent	percent
Power	-3.3 (-1.0 to -6.0)	-7.4% (-2.2% to -14%)	19%
Industry	-4.3 (-2.3 to -6.5)	-19% (-10.1% to -29%)	25%
Surface Transport	-7.5 (-5.9 to -9.6)	-36% (-28% to -46%)	43%
Public	-0.9 (-0.3 to -1.4)	-21% (-8.1% to -33%)	5.1%
Residential	0.2 (-0.1 to 0.4)	2.8% (-1.0% to 6.7%)	-0.9%
Aviation	-1.7 (-1.3 to -2.2)	-60% (-44% to -76%)	9.7%
Total	-17 (-11 to -25)	-17% (-11% to -25%)	

表1 [4]より引用。全世界のCO2排出量の2019年平均と2020年4月7日を比較したときの変化。4月7日は、2020年1月1日から4月30日までの間に推計された中で減少量が最も大きかった。

1. 産業連関表を用いた各産業の国内生産額の変動
2. 生産額と部門別排出量を用いたCO2排出量の変動

そして、生産額とCO2排出量の関係性を可視化および分析する。

産業連関分析では図1の流れに従って加工したデータを用いて分析する。COVID-19の感染拡大期間を含め、最新のデータは不足しているため、取得できる複数のデータを加工して、分析に必要なデータの推計値を算出する。

また、CO2排出量の算出には、産業連関分析による生産額の変動と部門別排出量データを用いて、交通量の変動から生じた各産業のCO2排出量の変化を調べる。

4 データ

本研究の分析で用いるデータの概要を説明する。交通系産業の生産額と交通量の変動を推計するために用いる。

4.1 総務省『産業連関表』

産業連関表とは、「国内経済において一定期間（通常1年間）に行われた財・サービスの産業間取引を一つの行列（マトリックス）に示した統計表」[8]である。本研究では、『平成27年（2015年）産業連関表』と『平成23年（2011年）産業連関表』の2種類の産業連関表を用いる。それぞれ、別々の役割がある（セクション5.1にて説明）。

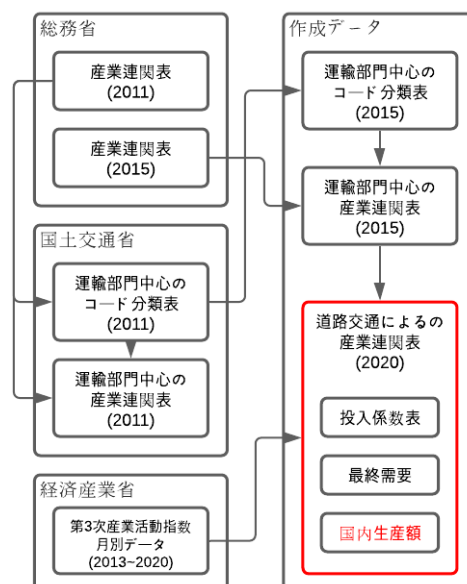


図1 産業連関分析のためのデータ加工フロー。最終的に赤で示す道路交通による産業連関表での国内生産額を算出する。

4.2 経済産業省『第3次産業活動指数【年・年度・四半期】業種別原指数』

第3次産業活動指数の目的は、「第3次産業（非製造業、広義のサービス業）に属する業種の生産活動を総合的に捉えること」[7]である。

5 産業連関表による国内生産額の抽出

5.1 国内生産額の推計手法

前のセクションにある図1のデータ処理の流れを具体的に示す。最終的には、2020年の道路交通

活動による運輸部門中心の産業連関表での国内生産額を算出する。

総務省では全国を対象とし、約5年ごとに産業連関表を作成している。一方、国土交通省は総務省の産業連関表を元に2011年の運輸部門を中心とした産業連関表を発表したが、2015年の産業連関表は発表していない。

そこで、2020年度の運輸部門を中心とした産業連関表を作成するため、先に総務省の2015年度の産業連関表と国土交通省の2011年度のコード分類表を用いて、2015年度のコード分類表を作成し、2015年度の運輸部門中心の産業連関表を作成する。大分類として18部門、中分類として55部門、小分類として138部門に設定し、それぞれの産業連関表を得た。産業連関表での主な統計表の一例である投入係数表からは、各産業から他の産業に投入される取引関係の比率を把握できる。投入係数表の場合、産業活動において激変がない限り大きな変動はないものであるため、2015年基準で得られたものをそのまま適用する。次の方程式は国内生産額の演算式である。

$$X = (I - A)^{-1} \times (F - M)$$

ここで、

- X : 国内生産額
- A : 投入係数行列
- F : 最終需要ベクトル
- M : 輸入ベクトル

としている。

経済産業省では産業連関表の粗付加価値額^{*3}をウェイトとして第3次産業活動指数を算出し、2013年から2020年までの時系列データを提供している。このデータは2015年度の年平均値を基準値となる100として扱っているため、作成された2015年度産業連関表の最終需要ベクトルに、2020年7月まで月ごとに出されている第3次産業活動指数の値を掛け算することで、2020年の国内生産額を推定できる。

本研究では変数を道路交通部門に設定しているため、第3次産業活動指数の品目リストから道路交通に関するものを選定し、選定された項目の2020

^{*3} 各産業の活動により新しく付加された価値額

年1月から7月までの活動指数を最終需要の該当部門に掛け算した上、逆行列係数と行列積をする。

そのため作成された表5.1は、道路交通関連の産業連関表の部門名と第3次産業活動指数の品目名称をマッチングしたものになる。得られた2020年の国内生産額の変動を各産業部門ごとに分析することで、道路交通部門の変化が全体と各産業の国内生産額にどれだけ影響及ぼすかを確認できる。

運輸関連産業連関表 部門名	第3次産業活動指数 品目名称
バス	道路旅客運送業
ハイヤー・タクシー	道路旅客運送業
道路貨物輸送 (自家輸送を除く)	道路貨物運送業
自家輸送 (旅客自動車)	道路旅客運送業
自家輸送 (貨物自動車)	道路貨物運送業
倉庫	倉庫業
道路輸送施設提供	運輸に附帯する サービス業
旅行・その他の 運輸附帯サービス	運輸に附帯する サービス業
郵便・信書便	郵便業 (信書便事業を含む)

表2 運輸関連産業連関表部門名と第3次産業活動指数の品目名称マッチング表。

5.2 国内生産額の推計結果

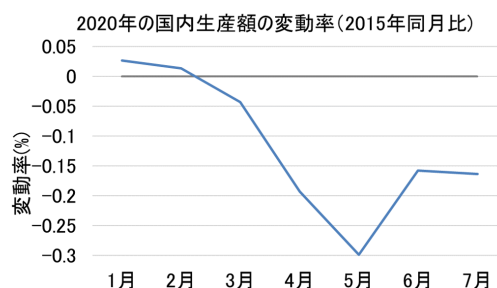


図2 2015年を基準とした2020年の国内生産額の変動率グラフ。緊急事態宣言が実施された4月から顕著に減少している。

図2は国内生産額推定変動グラフである。このグラフから、緊急事態宣言が行われた4月から急

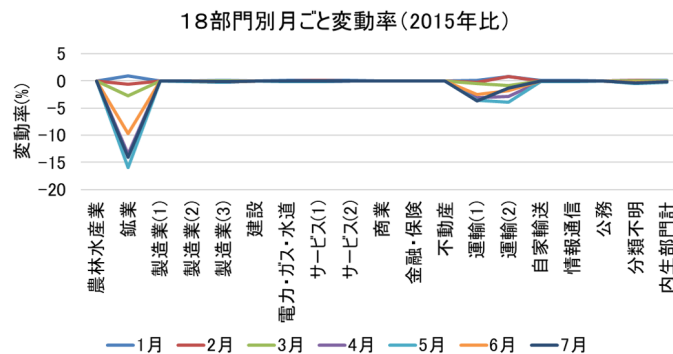


図3 18分類の産業部門を横軸にした2020年の月ごとの国内生産額変動率線グラフ(2015年の同月と比較した変動率)

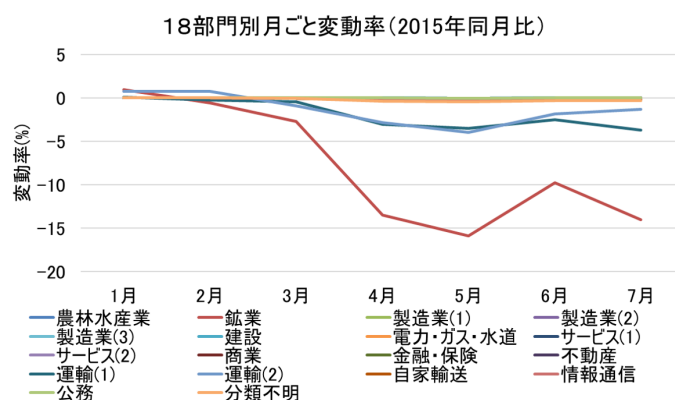


図4 2020年1月から7月までの18分類の産業部門ごと国内生産額変動率の線グラフ(1月の変動率が0で、基準となる。)

激に減少し、5月までは減少される傾向が見えるが、6月から回復していることが確認される。これは、実際1月から7月までの道路交通変動量と相関している。すなわち、強制的に移動が制限されたことで道路交通量だけではなく経済活動にも影響があったことを確認できる。

図3と図4は産業部門と月別時系列を縦軸と横軸に交互に設定し、18分類の産業部門による国内生産額の変動率を示している。最も減少が大きい部門は鉱業部門で、次に減少が大きいのは運輸部門である。鉱業部門には石油などのエネルギー関連分野が含まれており、道路運送の減少によりこれらの需要が影響を受けているためであると推計される。また、各部門とも2月までは基準年(2015年)とほぼ同水準だが、3月以降の減少が大きいことが分かる。

6 CO2 排出量変化の推計

日本国内のCO2排出量の変化を推計する手法と結果について説明する。

6.1 CO2 排出量変化の推計手法

セクション5.1で算出した生産額の変化から経済活動変化率(セクション6.1.1で定義)を算出し、経済活動変化率を使用したCO2排出量推計式(セクション6.1.2で定義)に基づきCO2排出量の変化を推計する。

6.1.1 経済活動変化率

経済活動変化率とは、ある月のある部門の生産額が、2015年時からどれだけ変化したかを表す値である。

形式的には、経済活動変化率 $\Delta A^{s,m}$ を次の式で定める。

$$\Delta A^{s,m} = \frac{\Delta X'^{s,m}}{X^{s,m}}$$

ここで、ある部門 s の 2015 年 m 月の生産額を $X^{s,m}$ とし、部門 s のある月 m の生産額を $X'^{s,m}$ とする。 m は例えば 2020 年 1 月を指す。また、 $\Delta X'^{s,m} = X'^{s,m} - X^{s,m}$ とする。

6.1.2 CO2 排出量推計式

CO2 排出量推計式は、セクション 6.1.1 にて定義した経済活動変化率と、2015 年の各部門の CO2 排出量を用いて、2015 年と比べてどれだけ CO2 排出量が増減したかを算出する式である。

形式的には、CO2 排出量推計式は次の式である。

$$\Delta \text{CO}_2'^{s,m} = \text{CO}_2^{s,m} \times \Delta A^{s,m}$$

ここで、各記号は以下に定める。

- $\Delta \text{CO}_2'^{s,m}$: 日本のある産業部門 s の 2020 年 m 月における CO2 排出量を、2015 年 m 月と比較したときの増減量。
- $\text{CO}_2^{s,m}$: 日本のある産業部門 s の 2015 年 m 月における CO2 排出量の推計値。
- $\Delta A^{s,m}$: 経済活動変化率。セクション 6.1.1 にて定義。

この CO2 排出量推計式を用いて、 $\Delta \text{CO}_2'^{s,m}$ を算出できる。

6.1.3 138 部門の国内生産額の変化を 7 部門へ集約

セクション 6.1.2 で用いる「2015 年の CO2 排出量のデータにおける産業部門の種類」と「産業連関表の部門の種類」は一致していないため、産業連関表の 138 部門を CO2 排出量のデータの産業部門に合わせて 7 部門に分類する。

6.2 CO2 排出量変化の推計結果

前項で説明したように、CO2 排出量変化を推計した結果を、図 5 に示す。

7 国内生産額と CO2 排出量の関係

2020 年の 1 月から 7 月までの日本の国内生産額と CO2 排出量をプロットした結果、図 6 の結果が得られた。

時系列的にみると、3 月は自動車利用が増加し、前月より CO2 排出量が増加しているが、4 月と 5 月は緊急事態宣言により各種交通量が大幅に減少し、CO2 が減る一方で経済活動にも大きなダメージがあったものといえる。5 月までは「運輸その

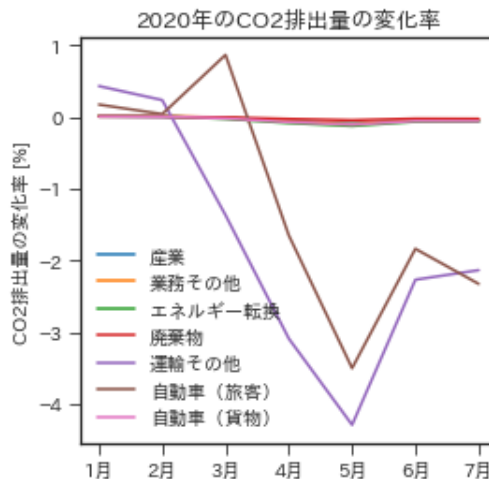


図 5 2020 年の CO2 排出量変化の推計結果。縦軸は、CO2 排出量の変化であり、横軸は月を表す。7 部門に対してプロットしている。「自動車(旅客)」と「運輸その他」の 2 部門のみ大きく変化している。

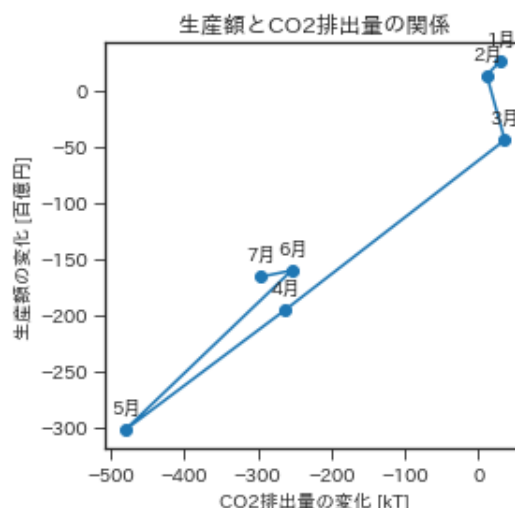


図 6 2020 年 1 月から 7 月までの生産額と CO2 排出量の関係 (2015 年同月との比較)。各点が月を表す。

他」の落ち込みが激しく、公共交通機関が忌避され、一部が自動車利用に流れたため、CO2 減少よりも経済活動へのダメージがより大きくなっていると考えられる。緊急事態宣言が解除された 6 月以降は両指標とも回復傾向にあるが、これは勤務先の休業が解除され、通勤需要などが一定程度戻ってきているためと考えられる。4 月と 6 月では 6 月のほうが国内生産額の減少幅が小さいが、CO2 排出量の減少幅では同水準である。これは、図 5 に

見られるように「運輸その他」が回復傾向にあることから、CO₂ 排出の少ない公共交通機関への忌避感が減少し、需要が回復したためといえる。

8 結論

本演習では、日本国内の道路交通部門において経済的な便益を可能な限り減らさずに CO₂ 排出量を削減するための妥協点を探ることを目的とし、COVID-19 が広まった 2020 年 1 月以降に、交通量の変化がもたらした国内生産額と CO₂ 排出量の変化を分析した。CO₂ 排出量の推計時に部門を集約したため、部門別の細かな変化が平準化されてしまったことなどから、明確な妥協点は見えなかったものの、これらについて、以下の 2 つの知見を得た。

1. 産業連関分析を用いて、運輸部門の需要変化が国内の各産業に与える影響を示した。この結果、2020 年 4 月、5 月の交通活動の減少と 6 月以降の回復が明らかになった。また、交通活動の減少により鉱業など他の産業にも影響が出ていることが分かった。
2. 部門別 CO₂ 排出量データを用いて、各産業における生産額の変化が我が国の CO₂ 排出量に与えた影響を明らかにした。緊急事態宣言下の 2020 年 5 月には交通活動の変化に起因する全産業での CO₂ 排出量が 2015 年比で 500 キロトン近く減少したものと推定される。これは、全産業の CO₂ 排出量の約 0.5% に相当する。また、3 月以降公共交通機関が忌避され、国内生産額に対する CO₂ 排出量は増加していたが、6 月以降は元に戻りつつあることが分かった。

以上のように、感染症流行時には公共交通の需要が先行して減り、次いで感染拡大により人出が抑制されることで自動車の利用も減少したことが分かった。一方で、緊急事態宣言解除後は需要が回復しており、交通手段の比率には COVID-19 の感染拡大以前と大きな変化は見られなかった。今回の分析に加えて、データをより細かい単位で分析することや他の指標で交通の変化について分析することで他の産業（建設や製造業など）との関連を踏まえて分析できると考えられる。

参考文献

- [1] European Space Agency. Coronavirus: nitrogen dioxide emissions drop over italy, Mar. 2020.
- [2] JCCCA. 日本における温室効果ガス排出量の推移 (1990-2018 年度). https://www.jccca.org/chart/chart04_01.html. Accessed: 2020-6-21.
- [3] JCCCA. 日本の現状. https://www.jccca.org/trend_japan/state/. Accessed: 2020-6-21.
- [4] C. Le Quéré, R. B. Jackson, M. W. Jones, A. J. P. Smith, S. Abernethy, R. M. Andrew, A. J. De-Gol, D. R. Willis, Y. Shan, J. G. Canadell, P. Friedlingstein, F. Creutzig, and G. P. Peters. Temporary reduction in daily global CO₂ emissions during the COVID-19 forced confinement. *Nat. Clim. Chang.*, pages 1–7, May 2020.
- [5] M. Maliszewska, A. Mattoo, and D. van der Mensbrugge. The potential impact of COVID-19 on GDP and trade. Apr. 2020.
- [6] 環境省. 「地球温暖化対策計画」の閣議決定について. <https://www.env.go.jp/press/102512.html>, June 2016. Accessed: 2020-6-21.
- [7] 経済産業省. 第 3 次産業 (サービス産業) 活動指数. <https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/sanzi/>. Accessed: 2020-10-3.
- [8] 総務省. 産業連関表. https://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/data/io/index.htm. Accessed: 2020-10-3.

筑波大学のオンライン授業化による大学施設と自宅の電気

消費量変化に関する研究

PBL 演習 7 班

筑波大学大学院 理工情報生命学術院システム情報工学研究群

リスク・レジリエンス工学学位プログラム

岩田 琴乃・榎本 俊祐・村松 宏併・毛 夕牧

アドバイザー教員 秋元 祐太郎

1. 研究背景・目的

1.1 研究背景

新型コロナウイルスの流行に伴い、世界的な傾向としてエネルギー需要は減少することが予測されている。^[1]日本においても経済後退の影響を受けエネルギー需要の減少が予測されている一方で家庭においては在宅時間の増加により電力需要の増加が予測されている。^[2]

筑波大学においても感染拡大防止策として大学構内での授業の停止と、インターネット上での授業を行うことが決定された。これにより学生は基本的に通学せず自宅で授業を受けることとなった。このことをエネルギー消費の観点から評価したとき通学によるエネルギー消費がなくなったことから一見してエネルギー消費が減少したように思われる。しかし、学生の通学距離は短く、交通手段も徒歩や自転車が多い^[3]ことから実際には通学がなくなったことによるエネルギー消費減少量は非常に少ないことが予想される。一方で中西(2011)^[4]は、テレワーク化によって自宅とオフィスの総エネルギー消費が増大する可能性を示唆している。同様に授業のオンライン化による電子機器を用いた授業参加や、通学時間の他の活動への転用はエネルギー消費を増加させる可能性がある。以上より授業のオンライン化によるエネルギー消費への影響については大学施設での電力消費の減少、通

学によるエネルギー消費の減少という正の影響と、自宅での電子機器を用いた授業参加や在宅時間の増加による負の影響の二つが考えられる。

1.2 研究目的

本研究ではオンライン授業化によるエネルギー消費の影響評価の一端としてオンライン授業化が電力消費量に与えた影響について明らかにする。学生の生活・学習上のエネルギー消費の変化量と、授業を停止した大学施設での電力消費減少量を定量的に試算し授業のオンライン化による電力消費量への影響を明らかにすることにより、授業オンライン化による総電力消費量の影響について議論の一助となることを目指す。

2. 調査手法

2.1 電力消費量の変化の調査について

授業のオンライン化による筑波大学の施設の電力消費量の変化の調査を行った。大学側が公開している「各建物毎のエネルギー使用量」^[5]を用いて、オンライン化以前と以後の電力消費量の変化、その変化と気温を考慮したオンライン授業化による影響の分析を行った。調査対象期間は、平成 29 年 4 月から令和 2 年 8 月までの 41 ヶ月間とした。気温を考慮した分析に関しては、調査対象期間のうち年の中で最も電力消費量の少なかった月（冷房

および暖房の使用が少ない時期)の気温の平均を基準温度とし、基準温度との差の絶対値を相対温度差とした。大学施設の電力消費量変化を評価するにあたって、相対温度差を用いることによって気温と電力消費量との相関を捉えた。

2.2 アンケート

授業のオンライン化による学生側の電力消費に対する影響を調べるため主にリスク・レジリエンス工学学位プログラムの学生に対してアンケート調査を行った。このアンケート調査により電力消費量や電気代の増減を調査した。また、在宅時間の変化や電気機器の使用時間の増減と市販パソコンの消費電力より電力消費量の増減を推定した。また、研究室の利用状況を調査することにより大学施設側の部屋ごとの電力消費量との関係を調査した。

大学施設の電力消費量の変化とアンケート結果を組み合わせて分析を行う。

2.3 パソコンの消費電力について

1コマ分(75分)の講義を視聴した際の実際の電力消費量を、ワットチェッカーを用いて計測を行った。計測には、表1のノートパソコン3台デスクトップパソコン4台を用いた。

表1 パソコンのスペック

	機種	CPU
ノート PC 1	MacBookPro	第10世代 Intel® core™ i5
ノート PC 2	Lenovo Y40-80	Intel® core™ i5-5200U
ノート PC 3	LIFEBOOK WA-X/D3	Intel® Core™ i7-8565U
デスクトップ PC 1	hp Pavilion	Intel® core™ i5-4460
デスクトップ PC 2	Dell Precision T1700	Intel® core™ i5-4670
デスクトップ PC 3	BTO	Intel® core™ i5-750
デスクトップ PC 4	BTO	Intel® core™ i5-9400F

3. 結果

3.1 大学施設の電気消費量の変化について

3.1.1 月別消費電力の年次比較

リスク・レジリエンスの学生に焦点を当て、授業で使用する3A~3D棟と研究室が多く存在する総合研究棟Bの電力消費量の変化を調査した。筑波大学の「各建物毎のエネルギー使用量」^[5]を用いて、3A~3D棟と総合研究棟BのH29年4月~R2年8月までの電力消費量を分析した。

R2年の3A~3D棟と総合研究棟Bの電力消費量は、いずれも減少している。オンライン授業化に加え、「学内の勤務体制を2~3割規模に縮小」^[7]されていることが要因であると考えられる。

3A~3D棟では、電力消費量が減少しており、オンライン授業前と比較すると減少率は44.87%となり、オンライン授業後では月平均で51117kWh程の電力消費量が減少した。また、総合研究棟Bにおいても電力消費量は減少している。しかし、3A~3D棟よりも比較的に減少率は低く、19.11%となっている。月平均では51675kWhほど電力消費量が減少した。

以上のことから、主に講義が行われる3A~3D棟での減少率が大きく、電力消費量は4割強ほど減少し、主に研究活動の行われている総合研究棟Bでは、オンライン授業化に伴った電力消費量は2割弱ほどに留まったという結果が得られた。また、それぞれの棟においておよそ51000kWhの電力消費量減少が生じた。(表2)

表2.各棟における平均電力消費量減少率と減少量

	3A~3D棟	総合研究棟B
電力消費量 減少率	44.87%	19.11%
減少量	51117kWh	51675kWh

R1年とR2年の各1月~8月までの総電力消費量を比較すると、3A~3D棟は約27.4%、総合研究棟Bは約12.7%減少していた。また、R1年とR2年の各4月~8月(オンライン授業化以降)の電

力消費量を比較すると、3A~3D 棟は約 41.0%、総合研究棟 B は約 12.8%減少していた。

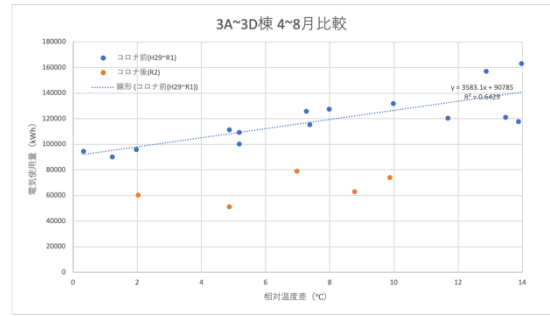
3.1.2 気温を考慮したオンライン授業化による電力消費量への影響の分析

電力消費量は気温の影響を受けやすいことから、気象庁より公開されている気象データを用いて気温による電力消費量の変化を考慮し、オンライン授業化の前後で比較を行った。

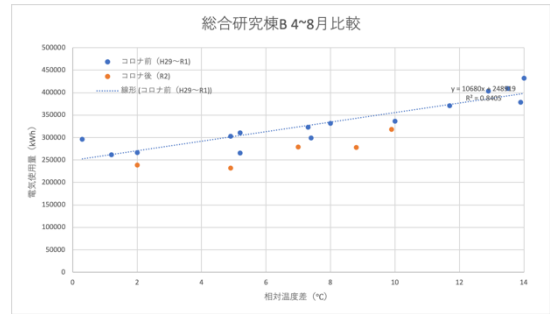
比較を行う際の留意点として、気温が高い日には冷房・低い日には暖房が使用されるため、気温の値と電力消費量の間には単純な相関関係が低い（相関係数：0.210）ことが挙げられる。図 1 は、H29 年から R2 年の 4 月度から 8 月度までの、3A~3D 棟および総合研究棟 B についての調査結果であり、青い点はオンライン授業化前、オレンジの点はオンライン授業化後を示す。また、青い線は、H29 年から R1 年の相対温度差と電力消費量の相関を表す線形近似である。相関係数は 3A~3D 棟では 0.801、総合研究棟 B では 0.916 となり、通常時（新型コロナウイルス感染拡大防止対策実施前）の電力消費量と気温の関係を捉えたものである。

以上の調査から、オンライン授業化後では気温と電力消費量の間に関年通りの関係が成り立っていないことが示唆されており、R2 年 4 月以降の電力消費量の減少は気候変動によるものではないことがわかった。

以上のことから、3A~3D 棟の教室は授業で使用されることが多いため、オンライン授業化の影響を大きく受け、4 月以降は電力消費量が大幅に減少していると考えられる。総合研究棟 B の 4 月以降の電力消費量は例年に比べると少ないが、3A~3D 棟ほどの減少率ではない。この原因として、総合研究棟 B には多くの教官室があり教官室の電力消費量はあまり減っていないこと、学生のリモートデスクトップの使用や研究室への通勤（一人でも通うと研究室の空調・電気を使用するため）などが挙げられる。



a)3A~3D 棟



b)総合研究棟 B

図 1.大学施設の電力消費量変化

このような背景には、筑波大学の新型コロナウイルス感染拡大防止対策の実施が挙げられる。4月17日付けで示された「緊急事態宣言対象地域の全国拡大に伴う本学の対応について（要請）」により、学群生・院生・非正規学生の大学入校が禁止され、2020 年度春学期の授業はオンラインでの実施が決定された一方、研究・研究関係者のみ研究室への立ち入りを許可する措置が取られている。

3.2 部屋別電力消費量とアンケート結果の分析

3.2.1 総合研究棟 B の電力消費量

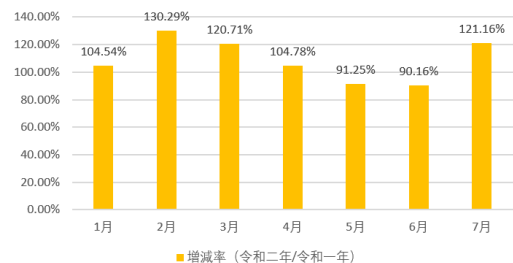


図 2.総合研究棟 B 教官研究室の電力消費量

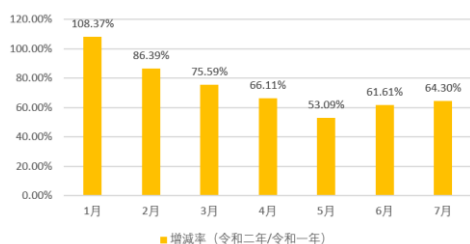


図3.総合研究棟 B8 標準実験室の電力消費量

筑波大学総合研究棟 B7 階～10 階の部屋ごとの電力消費量を調査し、今年と前年度の月ごとのデータを収集した(図 2・3)。今回調査した部屋ごとの電力消費量の計量種類は主に単相電源、つまり照明、コンセントからの電力消費量である。

表3.オンライン授業期間中における総合研究棟 B7 階・8 階実験室の電気使用総減少量

	4月	5月	6月
電力消費量減少量	1829kWh	2700kWh	2533kWh

調査した結果より、教官研究室の部屋の電力消費量は前年度に比べると(月ごとに)、オンライン授業にもかかわらず、自粛の前後に大きな違い、そして特定な変化法則は見つからなかった。対照的に、ゼミ室と標準実験室、特に標準実験室のような常に多くの人を集める部屋の電力消費量はオンライン授業を実施した後、前年度に比べて明らかな減少傾向が示唆されている。オンライン授業を実施する前、前年度に比べて電力消費量が減少する部屋(階層)もあるが、実施する前の月別電力消費量の前年度比の平均 90.3%に対して実施後は 60.1%であり、オンラインを実施した後の減少量は比較的顕著である。

3.3.2 自宅電気機器から計算した個人の電気使用増加量

アンケートの基本情報は以下の表の通りである。(表 4・5)

表 4.アンケート基本情報

アンケート調査期間	2020/8/4~2020/9/2
調査対象	リスク・レジリエンス工学学位 P の学生
配布方法	メール・LINE 上での告知 Google フォームでの回答
回答件数	19 件

表 5.アンケート調査項目

調査事項	
個人属性	学年・居住地・居住実態
授業状況	春 A 学期の 1 週間の授業時間数・オンライン授業化による余暇の時間の増加・その余暇の時間の使い方・オンライン授業のメリットとデメリット
電気使用量関連調査	4~6 月の電気使用量とその増減・電気料金とその増減
在宅時間と電気機器の使用時間	オンライン授業化による在宅時間の変化・平日 1 日当たり在宅時間の増加量・室内照明と空調とパソコンとノートパソコンの月の使用日数・それらの 1 日当たり使用時間の増加量・その他使用時間が増加した機器・
研究室利用状況	所属している研究室・研究室に通う頻度・リモートデスクトップの使用有無
その他	大学からの給付金の使途・ノートパソコンとデスクトップのどちらを使っているか

4~6 月中は空調の使用時間が少なく、影響が十分に反映されていないと考えるため、空調のデータは電気機器の電気使用増加量の計算に使われていない。

参考文献^[6]によると、デスクトップパソコンの消費電力は 50~150W、ノートパソコンの消費電力は 20~30W である。アンケートの調査結果より、オンライン授業を実施した後、答えてくれた学生たちが一か月で増加した室内照明時間の平均値は 161.7 時間であった。デスクトップパソコンを使う人の増加した使用時間は平均 95.5 時間、ノートパソコンを使う人は平均 115.7 時間であった(表 6)。今回アンケートで収集した人達が使っているパソコンの種類構成比、すなわちデスクトップとノートパソコンの比率は 1:5 となっている。

表 7 ではこの構成比に基づき個人の電力消費量を推定している。

表 6.オンライン授業期間中における自宅電気機器の月別使用増加時間と消費電力

	月増加時間 (h)	電力 (最小)	電力 (平均)	電力 (最大)
照明	161.7	0.045kW	0.045kW	0.045kW
デスク	95.5	0.05kW	0.1kW	0.15kW
ノート	115.7	0.02kW	0.025kW	0.03kW

計算中に使われている照明電器の電力は、学生宿舎に使われている蛍光灯器具 (TOSHIBA FHT-41307N-PA9) を参考した。

表 7.自宅電気機器に基づく個人の月別電力消費増加量

増加電力消費量 (最小)	増加電力消費量 (平均)	増加電力消費量 (最大)
10kWh	11.3kWh	12.6kWh

総合研究棟 B7 階と 8 階の総減少量を個人の電気使用増加量で割ることで、オンライン授業の実施による減少量をオフセットするために研究室を利用している学生人数はどれくらい必要なのかが明白になる。そして、リスクレジリエンス工学学位プログラム (R2 年度) の実際人数は 130 人程であり減少量を補える人数を下回るため実験室の利用による電気消費の変化は減少傾向であると推測できる。

表 8.電気使用の総減少量をオフセットするための必要人数 (デスク：ノート=1:5)

	4 月	5 月	6 月
最小電力	183 人	270 人	253 人
平均電力	167 人	239 人	224 人
最大電力	145 人	214 人	201 人

3.3.3 電力消費量の増減とオンライン授業化による生活状況の変化

実際の自宅での電力消費量の増減については解答件数が非常に少ない一方で電力消費量の増加という傾向はみられ、4~6 月の平均は 35.8 kWh の増加となり、電気代に直すと 759.3 円の増加とな

った。この原因としては在宅時間の増加が考えられ、アンケートでは全ての回答者がオンライン授業化により在宅時間の増加があったと回答している。在宅時間の増加の 1 日当たり平均値は 7.1 時間であり、春 A 学期の授業時間の平均値 1.4 時間と比較すると大きく超過しているといえる。学年ごとに比較すると授業時間数は学年ごとの差がみられるが在宅時間の増加に関しては大きな差がみられない。また、在宅時間の増加と授業時間数の相関係数も 0.263 ($p=0.291$) と有意でなく弱い相関である。このことから、授業時間に比例して在宅時間が増加していないということがいえる。

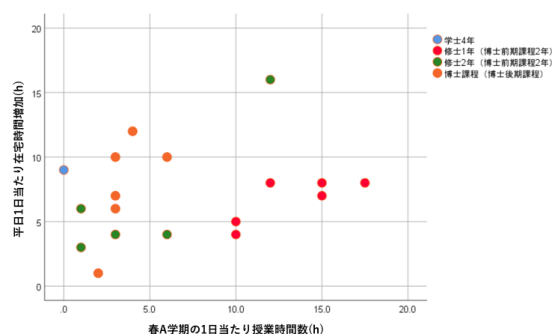


図 4.1 日当たり在宅時間の増加と授業時間数の散布図

学生の生活実態に関する結果ではオンライン授業化により、余暇の時間の増加があったとの回答が 56.2%を占め、オンライン授業化による生活実態の変化が見られた。また、余暇の時間の過ごし方としてゲームや動画視聴といった電気消費を伴う時間の使い方が 44%を占め、これらよりオンライン授業化による授業時間分だけの影響以上に自宅での電気消費量増加が発生している可能性が示された。

また、オンライン授業化によるメリットとしては通学時間の削減や、動画配信の形式であることにより内容を反復することにより理解を深めることができるという意見が多くみられた。一方で、デメリットとしては先生・他学生とのコミュニケーションの不足が多く回答された。

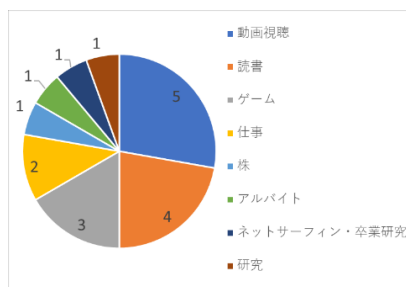


図5.オンライン授業化により増えた余暇の利用実態

3.4 パソコンの消費電力について

ノートパソコン・デスクトップパソコンを用いて講義を視聴した際の電気消費量を実際に計測した。TEPCOの電気料金設定である1Wh当たり0.01988円^[8]を用いて、筑波大学の1コマ分の講義(75分)の電気料金の計算を行った。ノートパソコンで講義を視聴した際の金額は約0.23円、デスクトップパソコンでは約2.94円であり、12.8倍の差があった。

表9.講義で使用するパソコンの電力消費量

	ノートPC	デスクトップPC
講義視聴時 (wh)	9.3	78.8
講義1コマ分の電気料金(円)	0.23	2.94

4. 結論

本研究での各建物毎エネルギー使用量を用いた分析では以下のことが示唆された。

- ・3A~3D棟はオンライン授業化の影響を大きく受け、4月以降は電力消費量が大幅に減少している。
- ・総合研究棟Bの4月以降の電力消費量は例年に比べると少ないが、3A~3D棟ほどの減少率ではない。
- ・総合研究棟Bにおいては、教官研究室での電力消費量の低下が少ない一方、ゼミ室や標準実験室での電力消費量減少が顕著であった。
- ・アンケートの集計データを基に推測した自宅の電力消費増加量は総合研究棟Bの減少量よりも小さかった。

アンケートに基づいた分析では以下のことが示

唆された。

- ・在宅時間の増加が確認され、学生の自宅での電力消費量増加が推測される。
- ・授業時間数と在宅時間の増加の相関関係は非常に弱く学生の授業時間数と在宅時間増加には関係がないといえる。
- ・オンライン授業化により余暇の時間は概ね増加傾向にあり、余暇時間の過ごし方として電気使用を伴うものが多く授業時間以上の影響が生じている可能性がある。

以上より、電力消費量の観点からは総合研究棟B及び3A~3D棟の大学施設における減少が大きく筑波大学におけるオンライン授業化は総電力消費量を減少させる可能性が高いことが分かった。

4. 参考文献

- [1] IEA (2020) 『Global energy demand to plunge this year as a result of the biggest shock since the Second World War』
<https://www.iea.org/news/global-energy-demand-to-plunge-this-year-as-a-result-of-the-biggest-shock-since-the-second-world-war>
- [2] IEEJ (2020) 『新型コロナウイルスによる日本のエネルギー需要への影響』
<https://eneken.ieej.or.jp/data/8859.pdf>
- [3] 筑波大学(2018) 『平成29年度学生生活実態調査』
- [4] 中西穂高(2011) 『テレワークのエネルギー消費に与える影響-テレワークのエネルギー消費モデル-』,日本テレワーク学会研究発表大会予稿集13巻,pp.76-81
- [5] 筑波大学施設部 『各建物毎のエネルギー使用量』
<http://shisetsu.sec.tsukuba.ac.jp:8080/energy.html> (最終閲覧日2020年9月10日)
- [6] ドスパラ 『デスクトップパソコンの消費電力、ノートパソコンの消費電力』
https://www.dospara.co.jp/5info/cts_str_desk_pwrcons (最終閲覧日2020年9月21日)
- [7] 筑波大学 『緊急事態宣言対象地域の全国拡大を受けての本学の業務体制について』
<http://www.tsukuba.ac.jp/about/antidisaster/covid-19-20200417-2.html> (最終閲覧日2020年9月16日)
- [8] TEPCO 『料金単価表 - 電灯(従来からの料金プラン)』
<https://www.tepco.co.jp/ep/private/plan/chargelist01.html> (最終閲覧日2020年10月19日)

家庭用太陽光発電システムの導入促進に向けた 自治体目標と現状に関する分析

リスク・レジリエンス工学グループPBL演習8班
宮内 洋明, 河北 拓人, 蒲倉 光, 陳 啓晟

アドバイザー教員 岡島 敬一

1. 研究背景と目的

(1) 地球温暖化における再生可能エネルギーの役割

日本を始め世界中で頻発している異常気象。例えば、2015年9月に記録的な豪雨が東日本を襲った。インドでは熱波が襲い、インド南部では6日間連続45℃を超え、2300人以上が犠牲となった。このように、異常気象をもたらした自然災害は、地球温暖化が原因の一つと言われている。そこで、2015年11月30日から12月12日まで、フランス・パリでCOP21が開かれた。テレビや様々なニュースなどで「地球温暖化」という言葉をよく耳にする。地球の気温は、“自然現象”によっても温暖化したり寒冷化したり変動する。ここで、取り上げる地球温暖化(気候変動)とは、人間の活動によって出る温室効果ガスによって温度が上がる温暖化のことを指す。

2015年に開かれたCOP21では、この地球温暖化を何とかしようという取り組みである。それが「気候変動枠組条約」である。地球温暖化の原因は温室効果ガスによるものである。温室効果ガスとは、主に二酸化炭素(CO₂)のことを指すが、他にも一酸化二窒素、メタン、フロンなどがある。これらの気体が放出されると、地球はまるでビニールハウスの中のようにガスが地球の全体を覆い、太陽で暖められた地球の熱が外に逃げなくなってしまふ。したがって、人為的に出る温室効果ガスを包括的に減らしていく取り組みがパリ協定である。

しかし、ここで課題なのが、温室効果ガスを減らそうとすると、経済成長に悪影響が出ることである。地球環境をよくしようとするのと経済の成長が対立構造になってはならない。地球環境をよくすることがそのまま成長にもつながるような産業構造が理想的である。実際に、2014年、2015年は、世界全体でみて経済成長しているのにもかかわらず、世界合計の温室効果ガスの排出が横ばいになっていた。この背景には、近年再生可能エネルギーの急激な普及があると考えられる。

ここで、再生可能エネルギー(Renewable Energy)とは、石油、石炭、天然ガスなどの化石エネルギーとは違い、太陽光や風力、地熱といった地球資源の一部など自然界に常に存在するエネルギーのことである。そのメリットとして、エネルギーが枯渇する心配がないこととCO₂を排出しないことが挙げられる。その反面、エネルギー密度が低く、大きな施設を必要とすることや天候など自然状況に左右され不安定であり、需要に合わせて発電できないなどの課題がある。

(2) 研究目的

本研究では家庭部門に焦点を絞り、家庭用の太陽光発電設備の設置に着目した。国や自治体の取り組みに地域住民も一丸になって取り組むことによって、地球環境が

よりよいものになると考えた。したがって、自治体がいかに掲げている目標と住民の取り組み実績について分析し、住民の取り組みが効率的に目標値に達成できる有効な方法を提案する。

2. 調査手法

(1) 文献調査

a) 概要

自治体の家庭用太陽光発電システム導入の施策に影響を与え得る社会的な外部要因を把握するために、文献調査を行う。

表 1 文献調査の概要

	毎日新聞	読売新聞
キーワード	太陽光発電	太陽光発電
詳細検索方法	期間：1872年3月29日～2020年9月12日 見出しと本文に含まれる文字列を検索 面種：本社、地域面、別刷、号外 面名：全て	期間：平成、令和 全文検索 全国版・地域版
検索結果	3861件	5795件

筑波大学附属図書館のWEBサイト「Tulips」のデータベースより、新聞記事を収集する。そこから、住民の意識や自治体の取り組みに影響を与える出来事を把握し、考察につなげる。

(2) 定量的調査

a) 概要

住宅用太陽光発電システムの普及に影響する自治体の地域環境を明らかにするために、住宅用太陽光発電システムの普及に関する市町村別の指標と、その指標に影響すると考えられる指標を収集し、重回帰分析を行う。

b) 分析データ

分析データは、「社会・人口体系(市町村データ)」を用いる。太陽光普及の指標として、「太陽光を利用した発電機器のある住宅数」を用いる。対象のデータは、全国のうち、上記のデータがある1068市町村である

(3) 自治体へのヒアリング調査

a) 概要

本研究ではまず、家庭用太陽光発電システム導入に関する自治体施策の取り組み状況を把握するために、メールで自治体へのヒアリング調査を行う。大問は4つあり、それぞれについて以下に示す。

①太陽光発電設備の目標値と現状値について

大問1では、まず自治体が行った補助件数の推移を参考資料として提示する(図1)。

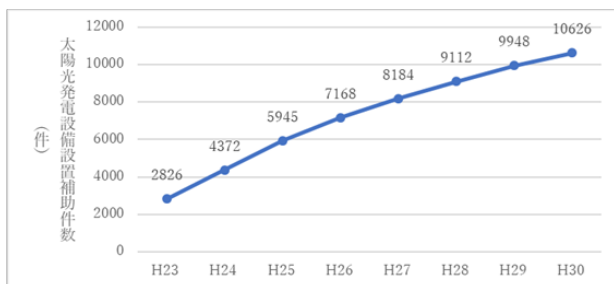


図1 太陽光発電システム設置補助件数の推移 (例：C市)

その上で、自治体が発定している「〇〇年までに△△件」というような家庭用太陽光発電システムの補助件数の目標値を踏まえて、補助件数の実績値の推移の要因について自治体の見解を尋ねる。

②自治体の新エネルギー事業への取り組みについて

大問2では、自治体が入力している新エネルギー事業について尋ねる。それによって、各自治体における太陽光発電事業の位置づけを把握する。

③太陽光発電について

大問3では、9つの設問(表2)によって、各自治体における太陽光発電に関する取り組みの背景・方法・現状・影響などについて把握する。なお、今回は自治体へのヒアリング調査のため、自治体で把握しきれていない部分がある可能性にも留意されたい。

表2 大問3の設問

1	太陽光発電設備の補助事業以前からの取り組み
2	メガソーラー建設による住民意識への影響 (※市内にメガソーラーが建設されている場合のみ)
3	国からの太陽光発電設備補助終了(平成26年)の自治体への影響
4	国からの太陽光発電設備補助終了(平成26年)の住民への影響
5	太陽光発電設備を設置する住民の特徴
6	太陽光発電設備の目標の設定方法
7	新たな太陽光発電設備の目標値の設定
8	太陽光発電の住民の協力意識
9	太陽光発電設備の補助金額の住民への影響

④広報について

最後に、大問4にて、太陽光発電システムの補助事業等に関する住民への広報の仕方について尋ねる。

(4) 対象地

今回のヒアリング調査の対象自治体は、東日本を中心とした5市区である。

対象地の選定においては、本研究を通して最終的に、今後の自治体における家庭用太陽光発電システム導入に関する取り組みを促進することに寄与するために、エネルギー施策を含む環境に関わる取り組みに積極的な自治体を対象とした。これらの自治体の取り組みは、他の自治体の施策を検討する上で有用な例となり得る。今回対象とした各自治体は、自治体の公式WEBサイト等を通してエネルギー施策を含む環境に関わる取り組み状況を数値など定量的な情報も含めて、外部に対して公開するなど、積極的な取り組みを行っている。加えて、対象地の選定においては、なるべく地域の偏りを減らすために、各地方の自治体を対象とした。

3. 調査結果・考察

本章では、ヒアリング調査の対象自治体の住民用太陽光発電システム補助事業の申請件数推移の分析結果と、ヒアリング調査結果について述べる。

(1) 文献調査

家庭用太陽光発電システムの導入に影響を与えうる出来事のうち、主な出来事を表3に示す。ここから、国の補助制度の開始や災害時の有効性により導入が進むことが考えられる。一方、家庭用太陽光発電システムに関する事故や国の補助制度の終了の影響により、導入しようという意志に対して抑止力が働くことが考えられる。

以上のことから、太陽光発電の普及の要因を明らかにするために、ヒアリング調査の対象自治体で行われている住宅用太陽光発電システムの補助事業の申請件数の推移を指標として、太陽光発電の推移の分析を行った。申請件数を各市の世帯数で割ったものを図2に示し、各都市の概要を表4に示す。

最初に、全体の傾向について述べる。図2より、2012年及び、2013年に住宅用太陽光発電システム補助事業の申請件数のピークを迎えている。これは、2012年に固定買取制度(以下FIT)が始まったことが後押ししていると考えられる。その後、FITの買取金額の低下や、国による住宅用太陽光発電システムの設置補助事業(住宅用太陽光発電導入支援対策費補助金制度)の終了(2014年)により、申請件数が低下している。しかし、その申請件数の減少の仕方が自治体によって大きく異なることが読み取れる。

以上のことから、次に各市ごとに推移の特徴を述べる。D区に関しては、申請件数の年次変化があまり大きくないが、これは表4より戸建の割合が低く、住宅数が少ないため申請数が少なくなってしまうからであると考えられる。A市とE市に関しては、表4より、太陽光発電システムを設置している住宅が5%を切っているが、この2市は冬は雪が降り発電しづらく、住民が太陽光発電のメリットを感じにくいことが要因として考えられる。

また、平均所得と太陽光発電システムの間には関係は見られなかったが、平均所得が高いところは、戸建の割合が低いいため、間接的に太陽光発電システム設置への影響があると考えられる。

表 3 家庭用太陽光発電システムに関する主な出来事

時期	概要	分類
2019.12.03	台風などで太陽光パネルが飛ばされる事故への懸念が高まっているため、経済産業省は住宅用太陽光発電設備の安全規制を強化する方針を固めた (毎日新聞)	事故
2019.11.21	家庭の太陽光発電で余った電力を大手電力が高値で買い取る固定価格買い取り制度 (FIT) が、10年の期限を迎えるため順次終了する (毎日新聞)	補助制度
2019.01.29	住宅用の太陽光発電システムの火災が多発し、原因を調査していた消費者庁が、調査報告書を公表した (毎日新聞, 読売新聞)	事故
2018.09.08	北海道で起きた地震の影響により、住宅用太陽光パネルが非常用の電源として注目されている。経済産業省資源エネルギー庁が活用を呼びかけている (毎日新聞)	災害対策
2016.11.01	住宅用太陽光発電システムから発火・発煙する事故が増加しているため、消費者庁は住宅用太陽光発電システムの火災事故を新たな調査対象に選定することを決めた (毎日新聞, 読売新聞)	事故
2014.3月末	国による補助制度「住宅用太陽光発電導入支援対策費補助金制度」の終了	補助制度
2012.07.01	再生可能エネルギーの固定価格買い取り制度開始	補助制度
2009.11.01	余剰電力買い取り制度スタート (旧制度)	補助制度
2009.01	国による補助制度「住宅用太陽光発電導入支援対策費補助金制度」の開始	補助制度

表 4 ヒアリング対象地の概要

自治体名	人口 (2015年度)	平均所得 (千円) (2018年度)	戸建割合 (%) (2018年度)	太陽光発電 設置住宅 割合(%) (2018年度)	住宅用太陽光発電システム 補助事業		自治体が設定した太陽光 発電システムの目標
					補助金額	開始年	
A市 (環境モデル都市)	169327	2998.6	57.3	4.3	対象経費の1/10 (蓄電池とセット: 上限15万円, 蓄電池 無: 上限5万円)	2000年	2019年度に補助件数累計 4500件を達成する
B市	185054	3241.8	68.8	8.5	1万円/1kw (上限3万円)	2009年	2016年度に補助件数累計 1366件を達成する
C市	1263979	3919.1	44.8	7.0	4kw未満: 3万円, 4kw以上: 5万円	2009年	2020年度に補助件数累計 16000件を達成する
D区	498109	4349.0	11.6	8.3	5万円/1kw (上限20万円)	2009年	2019年度に補助件数累計 841件を達成する
E市 (環境モデル都市)	418686	3141.2	69.4	4.2	5万円	2000年	2023年度に補助件数400件/ 年を達成する

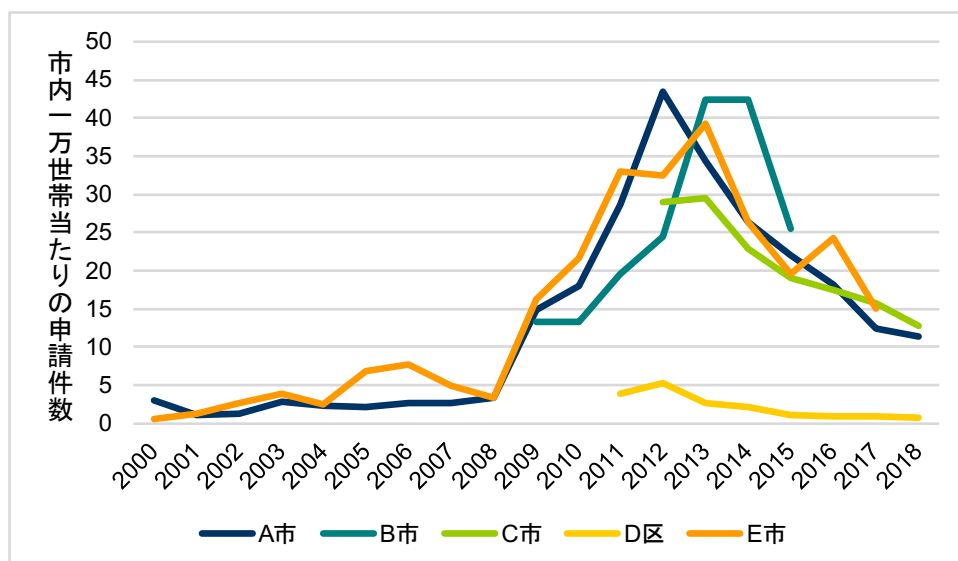


図2 一万世帯当たりの太陽光発電補助申請件数

(2) 定量的調査結果

太陽光発電システムの普及の指標を、太陽光を利用した発電機器のある住宅の割合として、これを従属変数に重回帰分析を行う。重回帰分析に用いた変数は、表 5 に示す。

表 5 重回帰分析に用いた変数

従属変数		太陽光を利用した発電機器のある住宅割合【%】(2018)
独立変数	人口	可住地面積1km2当たり人口密度【人】(2015)
		昼夜間人口比率【%】(2015)
	経済	平均所得【千円】(2015)
		財政力指数(2015)
	住宅	持ち家比率【%】(2018)
		2010~2018年建築住宅割合【%】(2018)
		一戸建住宅割合【%】(2018)
	気候	市町村が属する都道府県の年間快晴日数【日】(2018)
		市町村が属する都道府県の年間降水日数【日】(2018)
		市町村が属する都道府県の年間雪日数【日】(2018)

重回帰分析をステップワイズ法にて行った結果は図 4 に示す。その結果、「新しい住宅が多く、一戸建ての住宅が多い地域ほど、太陽光発電システムを設置していること」、「人口密度が低い地域ほど、太陽光発電システムを設置していること」、「平均所得が高い地域ほど、太陽光発電システムを設置していること」、「快晴の日が多く、雨や雪の日が少ない地域ほど、太陽光発電システムを設置していること」が示された。一方で、「昼夜間人口比率」、自治体の財政状況を表す「財政力指数」、「持ち家比率」は太陽光発電システムの普及に影響しているとはいえないことも判明した。

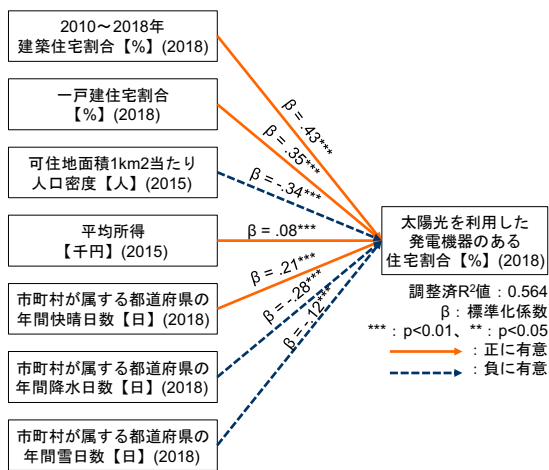


図 4 重回帰分析結果

(3) ヒアリング調査結果

ヒアリングを行った対象自治体のうち、回答をいただいた内容をまとめたものを、表 6 に示す。各設問のうち、自治体で回答内容に差があったものを取り上げる。

太陽光の導入が進んでいる要因 (Q1_1) に関しては、B市における国の事業として、FITの施行がある。また、A市の地理的特徴として日照時間が長いことを活かし、

太陽光発電の政策を押ししている。自治体はそれに対し太陽光発電を含む補助事業の施行をしている。これに対し、D区もC市も同様な政策を施行していることがわかる。特に、C市とE市では、太陽光の導入を促進させるために、太陽光パネルの価格の低下、発電の高効率化や住民意識の向上に関して、再生可能エネルギーへの意識の向上も図っている。

自治体が特に力を入れている新エネルギー事業 (Q2_1) については、設置補助事業に関して各市では新エネルギーを普及させるための補助事業に注力している。また、各自治体施設では木質バイオマスや水素エネルギーなどの利活用、清掃工場が発電した電力を区立小中学校に供給するや災害時のエネルギー確保のための太陽光発電の蓄電池の設置などの対策をしている。

メガソーラー建設等による住民意識への影響 (Q3_2) に関しては、各市としてガイドラインを作成し、住民への説明会や見学教室を開催するなどの対策をしていることがわかる。このようにして、住民の理解を深めていることがわかる。また、D区に関して、太陽光発電設備を生徒の環境学習に活用もしている。

国からの太陽光発電設備補助終了 (2014年) の住民への影響 (Q3_4) については、B市では助成件数の推移から特に影響はないと考えられる。他の都市は、多少の影響を受けている。特にE市では、国の事業の終了後の申請数が減少傾向にある。これに対し、A市について注目すると、太陽光発電システム設置の増加数は減少しているのは国の事業が終了したことによる影響も考えられるが、すでに市内での太陽光の発電システムが一定数普及していると考えられる。

太陽光発電設備を設置する住宅の特徴 (Q3_5) に関しては、B市やC市では新築に設置していることが多いということがわかる。さらにその内訳について見ると、日立では市外から移り住む新規の住民に対する新築に太陽光発電システムが設置されることが多いが、これに対し、C市は、既存市民の引越しや建て替えによる新築に設置されることが多いことがわかる。また、A市では既存の住宅への設置が多いことが今回の比較でわかる。また、E市では、令和元年度について新築と既築はほぼ同じ設置数である。このことから、住む環境や状況に合わせて住民の太陽光発電システムに対する関心が異なることがわかる。

太陽光発電補助事業の申請件数の目標値の設定方法 (Q3_6) については、B市やC市に関しては過去のデータより推定値を設定していることがわかるが、これに対し、A市に関しては問題意識から想定より高い目標値を設定していることがわかる。

太陽光発電の住民の協力意識と障壁要因 (Q3_8) について、B市では市から市民に対して積極的に推進している。また、A市では電話や窓口で太陽光発電のメリットの問い合わせが多いが現在も太陽光発電システムの設置費用が高額であることが障壁になっている一方で、住民の環境への意識は高いと思われ、導入につながっているものと示唆される。D区は8割以上が集合住宅であるため集合住宅への太陽光発電システムの設置には住民の同意が必要であることが分かる。C市もA市と同様、発電システムの価格の低下は見られるが、それでも平均は100万円以上と高額である。さらに、E市では、土地が日本海側に面して、曇りや雪の多い冬期に発電量が低下していることから住民の太陽光発電システムの設置の障壁となっている。以上のことから、設置・導入の障壁

となっているのはやはり設置費用が高額であることや地理的な特徴などの要因があると考えられる。

太陽光発電設備の補助金額の変化と住民への影響(Q3_9)について、A市に関して定置型蓄電池とセット

の補助金を追加した年から、補助件数が増加傾向に転じたことが分かる。それに対し、C市は販売価格の低下で補助金額は減少しているが、普及が進んだことも申請数の減少の要因と考えられる。

表 6 ヒアリング回答内容

質問内容	市町村名	国の事業	地理的特徴	自治体の事業	設置コストの低下	住民の環境意識向上	技術の向上
01.1 太陽光の導入が進んでいる要因	A市	-	日照時間が長い	太陽光発電を含む補助事業の施行	-	-	-
	B市	FITの施行	-	-	-	-	-
	C市	-	-	太陽光発電を含む補助事業の施行	太陽光パネルの価格低下	再生可能エネルギーへの意識向上	-
	D区	-	-	太陽光発電の補助事業の施行	-	-	-
	E市	-	-	-	太陽光発電システムの価格の低下	-	発電の高効率化
02.1 その自治体が特に力を入れている新エネルギー事業	A市	設置補助事業	自治体施設への導入	新エネルギー推進	-	-	-
	B市	太陽光発電の補助事業	-	木質バイオマスの利活用	-	-	-
	C市	新エネルギー普及させるための補助事業	-	-	-	-	-
	D区	再生可能エネルギーの普及事業	災害時のエネルギー確保のための小学校への太陽光発電と蓄電池の設置	-	-	-	-
	E市	-	清掃工場が発電した電力を区立小中学校に供給	-	-	-	-
03.1 太陽光発電設備の補助事業以前からの取り組み	A市	現在の事業が最初	事業が合併	-	-	-	-
	B市	○	-	-	-	-	-
	C市	-	太陽光発電普及事業とエネファーム等の普及事業が合併して、現在の事業が施行	-	-	-	-
	D区	○	-	-	-	-	-
	E市	-	合併前は独自の事業、合併後は、市単独で事業を継続	-	-	-	-
03.2 メガソーラー建設等による住民意識への影響	A市	市による対策実施	把握なし	環境意識の向上	-	-	-
	B市	○	-	-	-	-	-
	C市	ガイドラインの策定、住民説明会実施等の住民意見の把握	-	-	-	-	-
	D区	協定書の締結、見学できる施設の設置、環境教室の開催	-	-	-	-	-
	E市	-	-	太陽光発電設備を生徒の環境学習に活用 メガソーラー事業開始時に住民説明会を実施 住民の太陽光発電の必要性の認識が高まる	-	-	-
03.3 国からの太陽光発電設備補助終了(平成26年)の自治体への影響	A市	影響なし	影響あり	把握していない	-	-	-
	B市	○	-	-	-	-	-
	C市	-	補助金の申請数減少から、国と県の事業の終了の影響の可能性あり	-	-	-	-
	D区	○	-	-	-	-	-
	E市	影響なし、補助金額の変更もなし	-	-	-	-	-
03.4 国からの太陽光発電設備補助終了(平成26年)の住民への影響	A市	-	国の事業の終了のほか、太陽光発電の普及率上昇の可能性も高い	-	-	-	-
	B市	○	-	-	-	-	-
	C市	-	補助金の申請数減少から、影響の可能性あり	-	-	-	-
	D区	-	-	○	-	-	-
	E市	-	国の事業の終了後申請数は減少傾向	-	-	-	-
03.5 太陽光発電設備を設置する住宅の特徴	A市	新築住宅が多い	既存住宅が多い	把握していない	同程度	-	-
	B市	新規に住む住民の新築への設置が多い	-	-	-	-	-
	C市	新築が多いが、既存住民の市内の引っ越しも多い	-	-	-	-	-
	D区	-	-	○	-	-	-
	E市	-	-	-	-	令和元年度では新築と既築はほぼ同じ	-
03.6 太陽光発電補助事業の申請件数の目標値の設定方法	A市	過去のデータより推定値を設定	問題意識から想定より高い目標値を設定	-	-	-	-
	B市	-	当市の二酸化炭素の排出量が多いことを問題視し、推定値より高い目標を設定	-	-	-	-
	C市	H21~26の累計からH27、H28を200件と推定	-	-	-	-	-
	D区	各年度の傾向から推定値を設定	-	-	-	-	-
	E市	過去の補助事業実績から推定 目標値指標の変更	-	-	-	-	-
03.7 新たな太陽光発電設備の目標値の設定	A市	-	-	-	-	-	-
	B市	エネファームを中心とした目標を設定	-	-	-	-	-
	C市	-	-	-	-	-	-
	D区	-	-	-	-	-	-
	E市	-	-	-	-	-	-
03.8 太陽光発電の住民の協力意識と障壁要因	A市	市からの積極的なアプローチ	住民の関心が高い	設置費用が高額	居住者への同意が必要	気候の影響	-
	B市	-	電話や窓口で太陽光発電のメリットの問い合わせが多い	現在も設置費用が高額	-	-	-
	C市	新エネルギー普及事業で、住民に積極的に推進している	-	-	-	-	-
	D区	-	-	価格の低下は見られるが、平均100万円以上は高額	-	-	-
	E市	-	-	-	集合住宅への設置は居住者の同意が必要	-	曇りや雪の多い冬期に発電量が低下
03.9 太陽光発電設備の補助金額の変化と住民への影響	A市	影響は認識していない	事業内容の変化で増加	その他の要因で減少	-	-	-
	B市	-	定置型蓄電池とセットの補助金を追加した年から、補助件数が増加傾向に転じた	-	-	-	-
	C市	補助金額の減少による住民の不満は把握していない	-	-	-	-	-
	D区	-	-	販売価格の低下で補助金額は減少している。普及が進んだことも申請数の減少の要因と考える。	-	-	-
	E市	-	-	近年の事業の変更はなし	-	-	-
04.1 太陽光発電設備の補助事業等の住民への広報の仕方	A市	HP	広報誌	ラジオ	イベント	パンフレット	タウン誌
	B市	○	○	○	○	○	○
	C市	○	○	-	-	○	-
	D区	○	○	-	-	○	-
	E市	○	○	-	○	-	-
04.2 環境モデル都市の認定を受けた前後の変化	A市	補助件数の増加	プロジェクトメンバーの追加	-	-	-	-
	B市	環境モデル都市行動計画の策定及び、普及活動で、補助件数が大幅に増加	-	-	-	-	-
	C市	-	-	-	-	-	-
	D区	-	-	-	-	-	-
	E市	-	市民総参加のプロジェクトの参加人数が2008年度比で1.5倍になっている	-	-	-	-

4. まとめ

(1) 本研究の成果

文献調査より、FITの開始により住宅用太陽光発電システムは急速に普及し、買取価格の低下によって普及は落ち着いたこと、自治体独自の補助事業により、導入の水準を高く維持できる可能性が示された。

定量的調査より、築浅かつ一戸建ての多い地域ほど太陽光発電システムを設置していること、気候条件の良い地域は、太陽光発電システムの普及が進んでいること、自治体の財政状況は、必ずしも普及に影響しているとはいえないことが示唆された。

ヒアリング調査より、住民にとって設置コストが太陽光発電システム導入の障壁となりうること、メガソーラーの導入や小学校における環境学習への活用など、太陽光発電システムを利用した環境意識向上施策によって、住民の太陽光発電システムへの関心向上が見込めることが示された。住民の環境への意識は高いと思われ、その関心の高さが普及の促進に繋がっているといえる。

以上のことから、住宅用の太陽光発電システムの導入促進のためには、地域に合わせた環境意識向上に関する施策と、設置に関わる費用面での負担を軽減するための施策が重要であると考えられる。

(2) 今後の課題

補助件数による推移は今回の調査では明らかにされたが、太陽光のシステムの設置の件数が今後の調査で明らかにできると望ましい。また、今回の調査では各市や区の住民の意識がヒアリング調査では反映されていない。このことから、今後は住民も対象にしたアンケート調査の実施ができれば良いと考えている。

謝辞

ヒアリング調査にご協力いただきました、各自治体の皆様に深く感謝いたします。ありがとうございました。

参考文献

- 気象庁, 気象庁 | 報道発表資料, <http://27.121.95.132/jma/press/1506/02a/world20150602.html>
- GIZMOOD, 死者 2 千人突破。インド、熱波で道路が溶ける | ギズモード・ジャパン, https://www.gizmodo.jp/2015/05/post_17239.html
- HUFFPOST, 鬼怒川水害から 1 年 常総市が直面する「忘れられた、これからの復興」 | ハフポスト, https://www.huffingtonpost.jp/2016/09/08/josokinugawa-flood_n_11914442.html
- 国際環境経済研究所, “温暖化で豪雨は増えたのか?” <http://ieei.or.jp/2020/06/sugiyama200616/>
- 気象庁, “2015 年 5 月下旬のインドの熱波について” <http://27.121.95.132/jma/press/1506/02a/world20150602.html>
- 池上彰, 2009, “知らない恥をかく世界の大問題”, 角川新書
- 気象庁, “気象庁 | 世界の年平均気温”, http://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_wld.html
- WG3, “気候変動に関する政府間パネル 第 5 次評価報告書 第 3 作業部会報告書”,

http://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th_pdf/ipcc_5th_report_wg3.pdf

- CCCA, “3-6 各国の温室効果ガス削減目標 - JCCCA 全国地球温暖化防止活動推進センター”, https://www.jccca.org/chart/chart03_06.html
- CEADS, “Emission Inventories by Sectoral Approach”, <http://www.ceads.net/data/inventory-by-sectoral-approach/>
- JCCCA, “4-4 日本の部門別二酸化炭素排出量(2018 年度) - JCCCA 全国地球温暖化防止活動推進センター”, https://www.jccca.org/chart/chart04_04.html
- RIEF, “全国の市町村別、太陽光発電導入量は浜松市が第 1 位、認定量は仙台市がトップ。スマートジャパン調査(各紙)”, <http://rief-jp.org/ct4/66758>
- 資源エネルギー庁, “次世代エネルギーパーク | なつとく! 再生可能エネルギー”, https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/park/index.html
- 内閣府地方創生推進事務局, “環境モデル都市の概要”, http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kankyo/pdf/model_gaiyo.pdf
- つくば市, “第 3 次つくば市環境基本計画”, https://www.city.tsukuba.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/001/920/3honpen.pdf
- 白井信雄・樋口一清・東海明宏: 飯田市民の観光配慮意識・行動形成要因〜環境施策等と社会関係資本に注目して〜, 土木学会論文集 G (環境), Vol. 67, No. 6, II_19-II_28, 2011
- 江東区, “江東区の環境白書〜江東区環境基本計画平成 30 年度実績報告書〜”, <https://www.city.koto.lg.jp/380201/machizukuri/kankyo/hakusho/documents/kankyouhakusho30.pdf>
- 江東区, “江東区環境基本計画(後期) | 江東区”, <https://www.city.koto.lg.jp/380201/machizukuri/kankyo/kekaku/7270.html>
- 日本ガス協会, エコジョーズ(省エネ高効率給湯器) | 日本ガス協会, <https://www.gas.or.jp/gas-life/ecojozu/>
- 荒川区, “荒川区低炭素地域づくり計画 荒川区公式ホームページ”, <https://www.city.arakawa.tokyo.jp/kusei/kousou/keikaku/teitansokeikaku.html>
- 帯広市, “帯広市環境白書 | 帯広市ホームページ十勝”, <https://www.city.obihiro.hokkaido.jp/shiminkanyoubu/kankyouka/d070256kankyouhakusyo.html>
- 関西電力, “再生可能エネルギーの概要 | 再生可能エネルギーとは | 再生可能エネルギーへの取組み | エネルギー | 事業概要 | 関西電力”, https://www.kepco.co.jp/energy_supply/energy/new_energy/about/index.html
- 東京都環境局, “太陽光発電設備の導入, 廃棄等の現状”, https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/resource/re-cycle/solarpower.files/no.1_genjo.pdf

緊急地震速報 報知音とアナウンスの改善提案

筑波大学大学院 リスク・レジリエンス工学学位プログラム

グループ PBL 演習 9 班

神田直輝, 喜納大貴, 末松菜々子, 福田竜央

アドバイザー: 劉俐伶, 梅本通孝

1 はじめに

1-1 研究背景

緊急地震速報とは地震の揺れが来る数秒~1分程度前にその旨を知らせるシステムのことである。これは2007年10月1日から気象庁により一般運用が開始された。

緊急地震速報はその性質上、実際の揺れが来る回数以上に発令をされている(図1) [1]。



図1 緊急地震速報の発令回数と的中回数

緊急地震速報は本来、大きな揺れが来る前にその旨を知らせることによって安全な場所への退避を促す目的で作成されたものである。しかし、緊急地震速報が発令された後にはSNS等で「怖くて動けない」や「地震よりも速報の方が怖い」「緊急地震速報はTwitter 集合の合図」などのつぶやきが散見される。ここから、緊急地震速報に対する音の恐怖感の妥当性に対する疑問や地震対応の指示が不十分なのではないかという課題が浮上した。

1-2 緊急地震速報の仕組み

緊急地震速報には高度利用者向けの「予報」と一般利用者向けの「警報」がある。予報の発令条件は“2地点以上の地震観測点において、P波またはS波の振幅が100ガル以上となった場合。地震計で観測された地震波を解析した結果、震源・マグニチュード・各地の予測震度が求まり、そのマグニチュードが3.5以上、または最大予測震度が3以上である場合。”とされている[2]。一方で警報は“地震波が2点以上の地震観測点で観測され、最大震度が5弱以上と予想された場合”に震度4以上が予測される地域で発令される[3]。尚、本研究では警報を対象とする。

1-3 緊急地震速報の報知音の種類

警報が発令された際はテレビや携帯電話、防災行政無線等で報知音が鳴る仕組みとなっている。なお、報知音の放送媒体によって鳴る音の種類が変化する(表1)。なお、本研究ではブザー音に着目をする。

表1 放送媒体別緊急地震速報の種類

放送媒体	テレビ・ラジオ・ 防災行政無線	携帯電話
音の種類	チャイム音	ブザー音
アナウンス 内容	緊急地震速報です。 強い揺れに警戒して ください。	地震です。

1-3-1 チャイム音

表1の通り、チャイム音はテレビやラジオ・防災行政無線で流されるものである。これは

- (1) 注意を喚起させる音であること
- (2) 極度に不快でもなく、あまり明るくも暗くもないこと
- (3) すぐに行動したくなるような音であること
- (4) 既存のいかなる警報音やチャイム音とも異なること
- (5) できるだけ多くの聴覚障害者に聴こえることの5つの条件を満たすように作成がされた。

一方で作成期間が半年という短期間であることや作成をするにあたって行った聴取実験の被験者数が19人と少人数であること、音の最終的な判断はNHKの会長が行ったことなどから、チャイム音が緊急地震速報の音としてふさわしいか否かについての疑問が浮上した[4]。

1-3-2 ブザー音

ブザー音は携帯電話から流される音である。これは

- (1) シンプルである
- (2) 伝わりやすい音の周波数をつかう
- (3) 3回繰り返す

の3つのコンセプトを基に作成された。

しかし、これは高頻度で鳴ることは想定外であったことや制作に際して聴取実験を行っておらず、製作者とNTTdocomoの役員の話し合いの中で決定したという経緯がある為に音の妥当性に疑問が生じる[5]。

1-4 既存研究

緊急地震速報が鳴った後の行動を調査した研究として大原ら[6]がある。これは緊急地震速報が防災行政無線を用いて発令された際の効果検証のアンケート調査を用いて行ったものである。この結果、緊急地震速報が発令された際に「すぐ

にテレビやラジオで地震情報を知ろうとする人」が51.5%いたことが判明した。

ここから、緊急地震速報には予測震度や震源情報などの具体情報が必要であるという結論に至った。

避難呼びかけ音声に関する研究には小林ら[7]がある。これは話し方が避難行動に及ぼす影響について調査したものである。この結果、話し方によって避難誘導の効果が変化することや明瞭性が高く緊迫感のある音声の方が呼びかけ音声として認知されやすく、避難行動を促しやすいことが判明した。

以上の研究から緊急地震速報の報知音やアナウンスの問題点の方向性は定まった。しかし、緊急地震速報の報知音やアナウンスの妥当性や有用性を評価した研究は存在せず、研究の必要があるといえる。

2 目的

本研究では大きく2つの目的を定める。1つ目は緊急地震速報音やアナウンスに対する恐怖感や感想を定量評価することである。

1.1節で述べた通り、緊急地震速報の報知音には音の恐怖感の妥当性や地震対応の指示が不十分であるという課題や意見がある。しかし、これらはあくまでも“SNS上で見られる“、”感覚論“である。その為、アンケート調査等を通じてこれらの感想や感覚を定量的に示し、評価を行う。ここから現在の緊急地震速報の音やアナウンスに対する問題点の洗い出しを行う。

2つ目は緊急地震速報の改良案を提示することである。

緊急地震速報の問題点が解消できるような緊急地震速報の改良案が作成できれば、住民が緊急地震速報に対して抱える過度なストレスを低減することができる。これは住民の地震に対する適切な回避行動の促進につながるといえる。

3 分析手法

2章で述べた目的を達成するため、計2回のアンケート調査を行う。以下で詳細を説明する。

3-1 第1回アンケート

リスク・レジリエンス学位プログラムの学生、その他筑波大生や他大学の学生、社会人等を対象として、Google formを用いたオンライン上でのアンケートを実施し、116件の回答を得た。

この1回目のアンケートでは、現行警報の報知音およびアナウンスに対しての問題点の洗い出し、警報発令後に行う回避行動の状況などを調査した。また、我々が提案する新規警報作成のため、アナウンスで用いる音声の種類や声色、話し方についてもアンケート中に音声ファイルを埋め込むことで同様に調査した。また報知音およびアナウンスに対してどのようなことを望んでいるか、改善提案などについての自由記述欄も用意した。

調査結果をもとに、新規警報を、より多くの人々と適合性の高いものになるよう改良を施した。

3-2 第2回アンケート

実際に我々が作成した新規警報が実装された場合の、現行警報と比較した定量的な改善効果を評価するため、1回目と同様に筑波大生を主な対象としてアンケート調査をオンライン上で行い、41件の回答を得た。

2回目のアンケートでは、新規に作成した計4種類の報知音を聞いてもらい、現行警報と比較しての改善効果を調査した。

4 アンケート結果

4-1 第1回アンケート

まず、緊急地震速報を聞いた際、最初にとる行動について調査した。図2より、緊急地震速報を聞いた際に、全体の約半数(48.2%)の人が回避行動を取ってなく、回避行動を取らない人の多くは情報収集を行っていることが分かる。

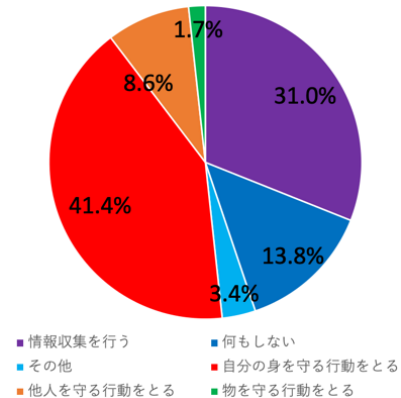


図2. 緊急地震速報を聞いた際、最初にする行動(116件/人)

次に「情報収集を行う」と回答した人を対象に何の媒体で情報収集を行うのか、どのような情報を確認しているかを調査した。図3の結果から、情報収集を行う媒体は「SNS」が一番多く、図4の結果から確認する情報は「地震に関する詳細な情報」が一番多い事が分かる。従って、今回の研究では携帯電話の緊急地震速報を対象とし、アナウンスで「地震に関する詳細な情報」を伝える事で情報収集を行う人を減らし、回避行動を促せると考えられる。

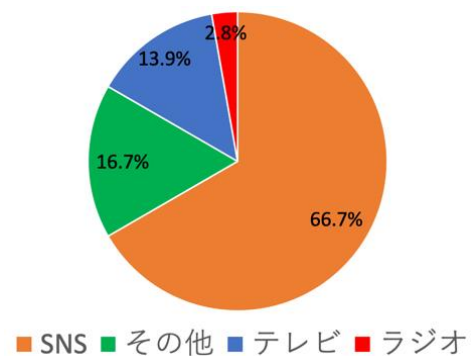


図3. 情報収集を行う媒体(36件)

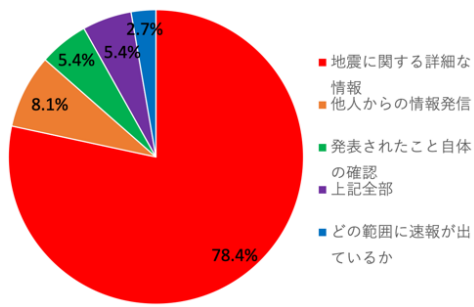


図 4. 確認する情報(36 件)

続いて、現在の緊急地震速報の改善の必要性を調査し、改善が必要と回答した人を対象にどこを改善して欲しいか調査した。図 5 より、半数以上の人が「改善の必要性がある」と回答しており、緊急地震速報に改善の必要性を感じている人が一定数いる事が明らかになった。一方で、残りの半数は現行の緊急地震速報に満足しており、緊急地震速報を変更する事によって、これらの人々に適さなくなる恐れがある。また、図 6 より改善点は音の種類から音の鳴る基準、音量など多岐に渡り、個人によって改善点が異なる事が分かる。以上の結果から、現行の緊急地震速報で満足している人と緊急地震速報を改善して欲しい人が同程度おり、更に改善が必要な人の中でも、人によって改善点が異なるので、1つの最適な報知音を作成することは困難であると考えられる。従って、複数の報知音を提案し、現行の報知音を含む複数の報知音から選べる様にする事で、自身に報知音を選択してもらい、警報に対する過度なストレスの低減が実現できると考えられる。

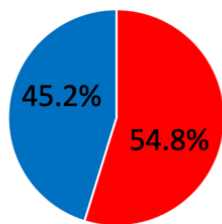


図 5. 改善が必要かどうか(116 件)

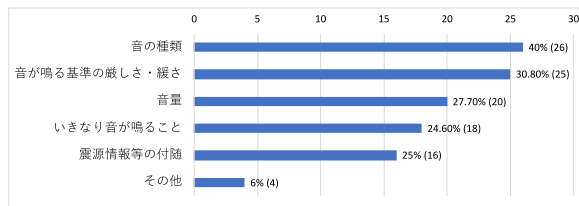


図 6. 緊急地震速報の改善点(65 件)
(複数選択可能)

続いて緊急地震速報で知りたい情報について調査を行った。図 7 を見ると、「地震が来る事」を早く知りたい人が一番多く、続いて「地震の大きさ」や「震源」などの地震の情報、最後に「すべき行動」となった。従って、作成する緊急地震速報では「地震が来る事」、「震度」、「震源」、「回避行動」の順で知らせる様にする。なお、「地震が来る事」は報知音で知らせ、「震度」・「震源」・「回避行動」はアナウンスで知らせる。

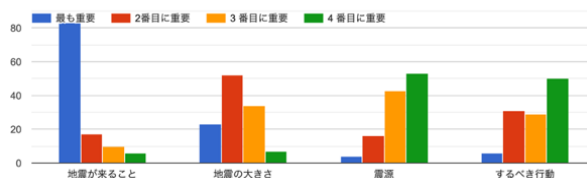


図 7. 緊急地震速報で知らせる情報の順番について(116 件)

最後にアナウンスの声・話し方に関する調査を行った。図 8,9 はその調査結果を示す。調査の結果から、男女ともに「聞き取りやすい音声」が適切であり、「男性の声」が最適である事が分かった。以上の結果から、私達の提案する緊急地震速報の改善案では、アナウンスを「男性」の「聞き取りやすい音声」で作成する。

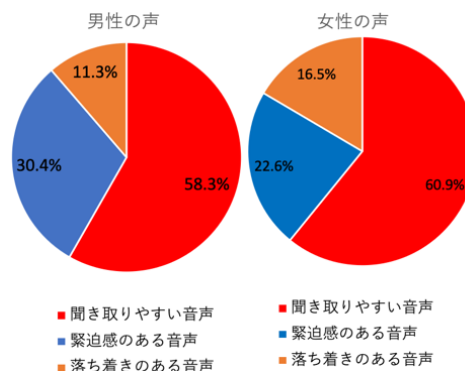


図 8. 男性と女性の声に関して(116 件)

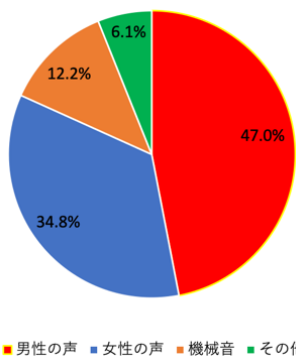


図 9. どの声が最適か(116 件)

4-2 第 2 回アンケート

図 11 より「現在の緊急地震速報に対して改善する必要があるかどうか」という質問に対して半数以上の 22 人は必要があると回答しており、現在の緊急地震速報に対して問題点があることがわかった。

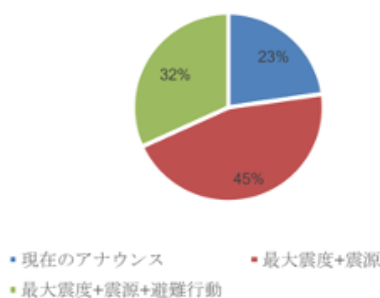


図 10. 現在の緊急地震速報に対して改善する必要があるかどうか(41 件)

次に図 10 で改善する必要があると答えた人に対して「アナウンス内容について適切だと思うものはどれですか」という質問をした。図 11 の結果から「最大震度+震源」を緊急地震速報のアナウンスに新たに付け加えた方が良いことがわかった。

図 11. アナウンス内容について(改善する必要があると回答した 22 人)

次に図 10 の質問で改善する必要がある、改善する必要があると回答した人それぞれに新しく提案した 4 種類の報知音に対して「報知音として適切だと思

うものはどれですか」という質問と「適切だと思った音と現行の報知音を比べてどちらの方が適切だと思いますか」という質問をした。その結果を図 12、図 13 に示す。

作成した新規報知音は

- (1)新しく用意した音域の高いアラーム音を用いたもの(新規高い音)
 - (2)新しく用意した音域の低いアラーム音を用いたもの(新規低い音)
 - (3)現在のアラームの鳴り方を徐々に大きく鳴るようしたもの(フェードイン)
 - (4)現在のアラームの鳴り方を徐々に小さく鳴るようしたもの(フェードアウト)
- の以上 4 種類を用意した。

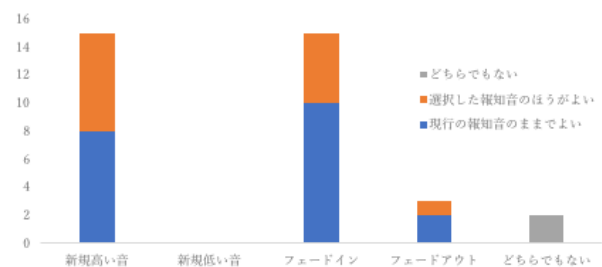


図 12. 適切に行動をとれるのはどれですか、また選択した音は現行の報知音と比べて適切な行動をとれますか(改善する必要があると回答した 22 人)

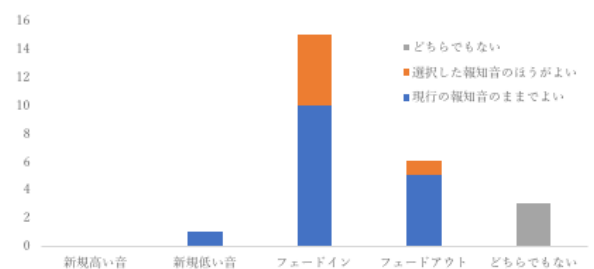


図 13. 適切に行動をとれるのはどれですか、また選択した音は現行の報知音と比べて適切な行動をとれますか(改善する必要がないと回答した 19 人)

報知音に満足している人の割合を適合度とし、式

(1) のように定義する。

$$\text{適合度} = \frac{\text{報知音に満足している人数}}{\text{全体の人数}}$$

式(1)

現在の報知音に対して図 10 から現在の報知音に対して改善する必要がないと回答している 19 人を満足している人とし、その適合度は式(1)41 人中 19 人で 46.3%になる。そして新しく提案した報知音を加えた場合、図 12, 図 13 から音の種類の変更で改善効果があると答えた人のうち新規高い音と回答した 7 人、音の鳴り方の変更で改善効果があると答えた人のうちフェードインと回答した 10 人、いずれも不適切であると回答した 5 人と最初の質問で改善が必要でないと回答した人のうち新しく提案した音に対して改善効果がないと答えた 8 人の合計 30 人を現在の報知音、新しく提案した報知音にそれぞれ満足している人とし、その適合度は式(1)より 41 人中 30 人で 73.2%となった。このことから新しく提案した報知音を加えたことで現在の報知音の問題点を解消することにつながったといえる。

5 調査結果まとめ

緊急地震速報は、地震の発生を早期に知らせることで住民の回避行動を促し、死傷者を減少させることを目的として作られたが、報知音に対する恐怖感やストレス、アナウンスの情報量の不足によって適切な回避行動を取れていない人が一定数存在する。本研究では、アンケート調査によって地震が発生した際の回避行動の状況や、現行警報が抱えている問題および改善点を明らかにした。その上で人々のニーズ・性格に合わせた複数の警報を作成し、それらが実装された場合の改善効果を定量的に評価した。これにより、今回作成した複数の警報が同時に実装され、利用者が自由に選択できる環境になることで、より多くの人々が過度なストレスなく迅速に回避行動を取れる可能性が示された。

今後は、警報の睡眠時における有効性および対策や、複数種の警報が同時に鳴ることでの影響評価といった研究上の課題と、技術開発や通信速度、解析能力の向上によっては震度情報を最大震度から各利用者地点の予測震度に変更する、また警報の発令基準を現段階の震度 4 以上の地点から、耐震性や利用者の声を参考に震度 5 弱あるいは 5

強に変更することで誤報および鳴りすぎを防止するといった、社会的な規模の課題に対しても検討および実験を行うことが期待される。

6 参考文献

- [1] 緊急地震速報の発表状況,
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/nc/rireki/rireki.html>, 気象庁
- [2] 緊急地震速報（予報）の発令条件, 気象庁,
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/nc/shikumi/shousai.html#23>
- [3] 緊急地震速報（警報）の発令条件, 気象庁,
<https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/nc/shikumi/shousai.html>
- [4] なぜ緊急地震速報チャイムは”怖い”のか -作曲者が明かす「アイヌ文化」との意外な関係, デイリー新潮,
<https://www.dailyshincho.jp/article/2019/03110700/?all=1&page=2>
- [5] 緊急地震速報ってどうして怖いのか?作った人に聞いてきた!, マイネ王,
<https://king.mineo.jp/magazines/special/1027>
- [6] 大原 美保, 地引 泰人, 関谷 直也, 須見 徹太郎, 目黒 公郎, 田中 淳(生産研究)(2009), J-ALERT による緊急地震速報の防災行政無線放送の 効果に関する調査報告
https://www.jstage.jst.go.jp/article/seisan/kenkyu/61/6/61_6_1055/_pdf/-char/ja
- [7] 小林 まおり, 赤木 正人(日本音響学会誌)(2018), 避難呼びかけ音声の心理的評価
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jasj/74/12/74_633/_pdf/-char/ja

COVID-19 感染者数推移と株価変動の関係

グループ演習 10 班

高地鳳真 藤田真聖 南手健太郎 ZHAO XUQING

アドバイザー教員 三崎広海

1. 背景

1.1 新型コロナウイルス感染症

2019 年 12 月に中国武漢で発生して以来、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19,以下コロナ) は急速に世界へ広がり、日本では 2020 年 1 月 16 日に初めてコロナ感染者が報告された。以降、国内でも感染者数は増加した。4 月の中旬以降、感染者数が減少したものの、再び感染者数は増加し、予断を許さない状況である^[1] (図 1)。

なお、本研究においてはコロナの感染者が国内で観測され始めた 1 月 16 日～3 月 15 日を感染拡大前、3 月 16 日～5 月 16 日を第一波、5 月 17 日～6 月 18 日を小康期、6 月 19 日～9 月 30 日を第二波とした。

コロナが急速に世界にまん延したことで、工場の生産停止や外出自粛によるサービス業の収益悪化など、経済活動に影響を与えている。信用調査会社、帝国データバンク^[2]によると、2020 年 9 月 25 日までに、コロナの影響を受けた倒産 (法的整理または事業停止、負債 1000 万円未満・個人

事業者含む) は、全国に 547 件確認されており、総務省が発表した 7 月の完全失業率は 2.9%になり、就業者数も前年同月比べ 76 万人減っていて、4 か月連続の減少である。

このような状況に伴い、株価は大きく変動している。図 1 に見るように、2 月半ばから日経平均株価は大きく下落した。

1.2 ニュースと株価

株式市場において、投資家は新聞の経済的なニュースなどの文字データ、株価変動の数値データなどのあらゆる情報を考慮した上で投資の判断をしている。そこで近年、ニュースと株価の関係について多くの研究がなされている^{[3][4][5]}。

投資家はいつ株を売買するかを考えると、投資家にとって新しい情報を得た時が挙げられる。投資家がサプライズを受けた時に、良い情報であれば株を購入するだろうし、悪い情報であれば株を手放すだろう。これをコロナ禍でのニュースに置き換えた場合、単純な感染者数ではなく前日に比べてどの程度増加・減少の仕方が急であるかがサプライズとなると考えられる。つまり、前日の感染者数からの増減率の増減率が投資家にとってのニュースになりうると考えられる。

ここで株価の変動を表す量として、2 つの指標を説明する。

A) リターン

どの程度収益が上がったかを示す指標である。対数価格の差として計算できる。

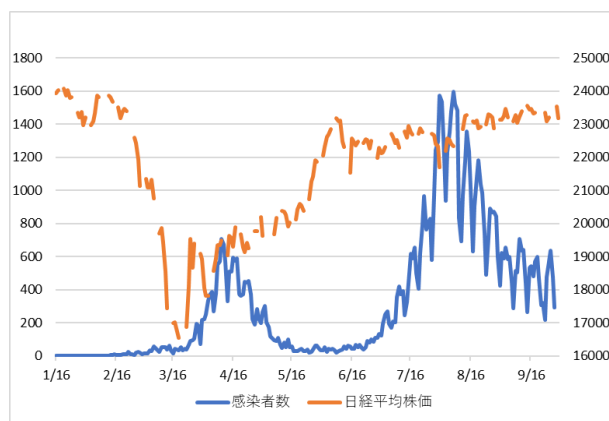


図 1. 日経平均株価と国内感染者数の時系列

B) ボラティリティ

一般的に価格変動の度合いを示す言葉であり、その金融商品のリスクの程度として捉えられる。つまり、ボラティリティが大きい商品はリスクが高く、小さい商品はリスクが低いと判断される。今回は、ボラティリティに実現ボラティリティ(Realized Volatility : RV)^[7]を用いた(以下単にボラティリティ)。

経済学では過去の情報に基づいて株価の上下を予測することは困難とされているが、ボラティリティの予測は予測可能性があり、頻繁に研究が行われている。

2 既往研究

2.1 ニュースと株価に関する研究

ニュースと株価に関する研究として、五島ら^[3]の研究がある。五島らは日本証券市場を対象にロイターニュースのポジティブ・ネガティブ度合いをポジティブ・ニュートラル・ネガティブに分類し、ニュース配信前後 60 分間の株式市場との関係の分析を行った。その結果、ニュース前後で大きく株価が変動していること、ニュース配信時刻に近いほどボラティリティが高いことが示された。

また、辰巳ら^[4]は日本銀行の金融政策決定会合決定事項が公表された時刻の直前直後の株式リターンについて実証分析を行った。なお、金融政策決定会合は日本銀行の最高意思決定機関である政策委員会の会合のうち、金融政策の運営に関する事項を審議・決定する会合のことある。辰巳らによれば、株価は平均的に金融政策公表に反応していた。幾つかの例外を除いて、10 分株式リターンの上昇、それゆえ株価の上昇がみられた。金融政策は株式市場のボラティリティを鎮静化させていたことが明らかとなった。

2.2 感染症の経済影響に関する研究

Barro et al. ^[5] はコロナのように大流行した感染症である、スペイン風邪を対象とした研究を行っ

ており、第一次世界大戦に起因する被害を除去しつつ 1901 年から 1929 年までの最大 43 か国の統計を用いて、スペイン風邪による死亡率の上昇が経済に与えた影響を考察している。推計の結果、スペイン風邪はその流行期間中に平均して全世界の一人当たり GDP を 6%、個人消費量を 8% 押し下げたことが示された。こうした各経済指標の下落は 1929 年の世界恐慌の直前まで観測されており、実体経済への影響は長期間に及んでいる。また、株価の収益率とスペイン風邪による死亡率の分析結果により、インフルエンザの死亡率が高く、株価の実際収益が減少したことを示した。

2.3 コロナと株価に関する調査

マネックス証券の吉田恒^[7]は、3 月以降の株価が何に反応しているかについて言及している。3 月中の感染者数の増加と株価の推移を見ると、逆相関であるように見え、株価の動きを比較的うまく説明できそうな指標はコロナの感染者数であると述べている。また、感染者数が増加すると、経済的にマイナスとなる感染症対策強化を織り込む形で株価は下がり、逆に感染者数が減少すると、感染症対策は緩和され、経済的にプラスの影響となるため、株価が上がったと考えれば都合が良いと考えられる。コロナに対する政策の重要な目安が感染者数であるため、経済政策への影響を通じて一定の相関関係がある可能性があると言及した。

3 研究目的

コロナ禍においては、「日経平均反落 都の感染者数報道で売り優勢」(日テレ NEWS24, 2020/07/16)^[8]、「日経平均は 5 日続落,国内での感染者数増加を嫌気」(ロイター, 2020/07/30)^[9]といったニュースが多く見られる。また、「コロナ感染者数が株式市場の変動に大きな影響を与えたのではないかと推察される。(中略)日米英仏などの 16~23 日の株価指数と平均新規感染者数の推移をみると、新

規感染者数の増加が大きいほど株価は下落する逆相関にある。」(日本経済新聞,2020/09/26)^[10] といったように、投資家は感染者数に関する報道を見た上で投資の判断をしているものと考えられている。感染者数に関する情報は、「新型コロナの感染者数,前日の 1.5 倍に 全国 195 人」(朝日新聞デジタル,2020/7/2)^[11] のように、一般的に感染者数の増加率や人数で報道され、重要な情報とされるが、投資家がどのような指標に基づいて判断しているか定量的に分析されていない。

そこで、本研究では、株式市場とコロナ感染者数の関係性を明らかにすることを目的とする。また、仮説として、感染者数の増減率の増減率が株価に影響を与えていると設定した。なお、本研究では感染者数の周期的な特徴を考慮して季節調整を行なった。

4 研究手法

4.1 使用データ

A) 感染者数データ

厚生労働省オープンデータ^[1] より、PCR 陽性者数、PCR テスト件数、累積死亡者数、重症者数、入院者数を入手した。なお、日本国内のみのデータであり、国内検疫やクルーズ船での陽性判明者は含まれていない。

B) Nikkei 225

イギリスのオックスフォード大学の研究機関である Oxford-man Institute^[9] の提供している世界各国の市場のデータから、日経平均株価のリターンおよび RV 手法により算出されたボラティリティのデータを使用した。本研究では、株式市場とコロナ感染者数の関係性を明らかにすることが目的であるため、コロナ感染者数が発表される市場が閉まった後の影響を考慮したい。そのため、市場が閉じてから開くまでの Close to Open Return を計算し、使用した。

4.2 感染者数の季節調整

週末は医療機関の検査数が少なく、その結果が報告される週明け(月曜日)に感染確認者数が少なくなるといった傾向があるように、確認された PCR 陽性者数には感染の傾向以外の影響も存在する。このような影響を除外するために感染者数の季節調整を行った。

4.3 分析手法

季節調整を行ったコロナ感染者数と株式市場の各指標について相関係数を計算し、両者の関係性の分析を行う。コロナの感染には第一波第二波のように期間ごとに感染者数や重症者数に傾向が見受けられる。これらはそれぞれの期間で異なる特徴があると考えられるため、感染状況を大まかに 4 つに分類した。1 月 16 日~3 月 15 日を感染拡大前、3 月 16 日~5 月 16 日を第一波、5 月 17 日~6 月 18 日を小康期、6 月 19 日以降を第二波とした。

5 結果と考察

5.1 季節調整結果

感染者数の時系列(observed)に対して乗法型モデルを仮定し、1 週間より長い変動であるトレンド(図の trend)、短い季節変動(seasonal)、トレンドと季節変動で説明できないランダム変動(random)に分解し、季節変動を除いた季節調整済系列を得る

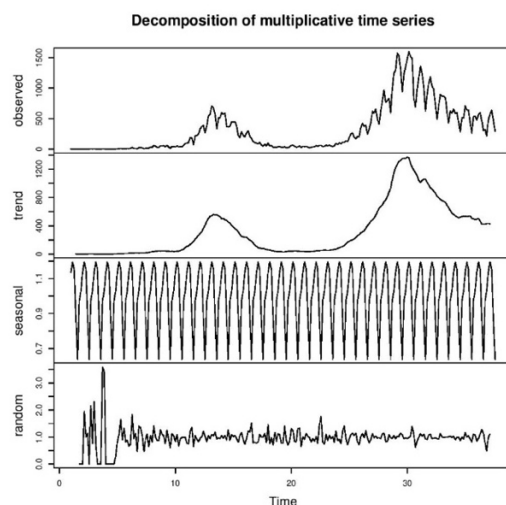


図 2. 感染者推移の季節調整結果

ことを考える移動平均法^[8]により、分解することができる。図 2 のように、規則的な季節変動が見て取れる。

5.2 分析結果

各指標同士の相関係数を表 1 に示す。以下、期間ごとに分け、結果と考察を示す。

A) 感染拡大前 (1月16日～3月15日)

リターンが感染者数やトレンド、季節調整済みの感染者数、日ごとの死者数、重症者数、入院者数と負の相関関係を示した。一方で、ボラティリティは、感染者数、トレンド、調整済みの感染者数、日ごとの死者数、重症者数、入院者数と正の相関関係を示した。

これらのことから、感染増、重症者増により、今後の株式市場の動向に不安を感じたことで、所有株を手放し、価格が下がり(リターンが減少)、売り買いが激しくなったことでボラティリティが増えたというシナリオを考えることができる。

B) 第一波 (3月16日～5月16日)

リターンについては有意な相関関係がある指標はなかった。ボラティリティは感染者数、感染者の増減の2乗、トレンド、トレンドの増減率、調整済みの感染者数、調整済みの感染者数の増減率の2乗、死者数、重症者数、入院者数と負の相関関係があることが示された。

これは、ボラティリティが第一波直前に上がり切っていたため、下がり、ちょうどそのときに感染拡大が起きた(図3)ことで、ボラティリティと感染者数には、負の相関が見られることになったと考えられる。なお、ボラティリティが下がった原因は国外の影響が考えられる。今後の課題としてあげる。

C) 小康期 (5月17日～6月18日)

ボラティリティは感染者数とトレンドと正の相関関係、重症者数と入院者数と負の相関関係があ



図3. 感染者推移とボラティリティの時系列

ることが示された。

第二波が懸念されるなか、投資家の不安が高まり、感染者増がボラティリティの増につながったということを考えることができる。

重症者数とボラティリティの間の負の相関は次のように考えることができる。重症者数の推移は、感染者推移の推移に遅れる。小康期において、感染者数が再び増加してきたときには、重症者数は一時的に減り、感染者数増と正の相関があるボラティリティは、重症者数と負の相関をもつことになる。

D) 第二波 (6月19日～9月30日)

第二波の時期には、感染者数が急増しているが、リターン、ボラティリティともに感染者数との関係性がみられなかった。その理由として、日銀がコロナによる経済の影響を最小限に抑えるため、大規模な金融緩和策を実施したことが考えられる。日銀は6月16日まで開いた金融政策を決める会合で、景気を支えるため国債を上限なく買い入れて潤沢な資金を供給する当時の大規模な金融緩和策を維持することを決めた^[10]。これらの政策等に市場が反応し、感染者数との相関関係が示されなかったと推察される。

表 1. 各指標同士の相関係数

	感染拡大前		第一波		小康期		第二波	
	1/16-3/15		3/16-5/16		5/17-6/18		6/19-9/30	
	リターン	ボラティリティ	リターン	ボラティリティ	リターン	ボラティリティ	リターン	ボラティリティ
感染者数/日	-.479*	.442**	-.088	-.434**	.081	.385	-.052	-.022
感染者数_増減率	.166	-.089	-.026	.311	-.208	.067	-.176	-.051
感染者数_増減率の増減率	.311	-.250	-.068	-.161	.096	.256	.123	.009
感染者数_増減率の2乗	.082	-.127	-.088	.439**	-.013	.174	-.130	-.098
感染者数_増減率の増減率の2乗	.179	.081	.302	.071	.116	.079	-.089	-.004
トレンド/日	-.469*	.528**	-.100	-.436**	.107	.602**	-.012	-.061
トレンド_増減率	.153	-.016	.082	.040	.389	.142	.002	.028
トレンド_増減率の増減率	-.059	-.084	.061	.414**	-.360	.300	.035	.075
トレンド_増減率の2乗	-.003	-.067	-.065	.262	.230	.021	.158	.069
トレンド_増減率の増減率の2乗	-.158	-.096	-.224	-.106	-.177	-.161	-.132	-.046
調整済み感染者数/日	-.426*	.408*	-.099	-.441**	.430	.249	-.005	-.062
調整済み感染者数_増減率	.200	-.131	.033	.249	.072	.008	.058	-.035
調整済み感染者数_増減率の増減率	.018	.274	-.054	.016	-.072	.627**	.039	.029
調整済み感染者数_増減率の2乗	.082	-.150	-.125	.376*	.181	.445*	.055	-.023
調整済み感染者数_増減率の増減率の2乗	.118	.040	-.352	-.169	.191	.656**	.202	-.050
死者数/日	-.564*	.386*	-.219	-.416**	.274	-.301	-.103	-.054
重症者/日	-.452	.482*	-.233	-.700**	.298	-.449*	-.026	.012
入院者数	-.543*	.609**	-.202	-.677**	.342	-.419*	.015	-.032
PCR 陽性率	.299	-.152	-.269	.041	-.086	.200	-.101	.042

※** : p<0.01, * : p<0.05

6 おわりに

6.1 まとめ

感染拡大前および小康期は、感染者数の増加と株価のリターンは正の相関関係、ボラティリティは負の相関関係があることが示された。感染者数の増加により、今後の株式市場の動向に不安を感じたことで、所有株を手放し、価格（リターン）が下がり、売り買いが激しくなったことでボラティリティが増えたというシナリオを考えることができる。一方、感染者数が急増した第一波・第二波においては同様の関係性を見ることが出来なかった。この理由として、感染拡大前の、今後コロナの感染が拡大するかどうか分からない、先の見えない時期にボラティリティが増加し（図3）、感染拡大が始まると、その後の状況の予測がある程度でき

るようになったため、市場が落ち着いたことが考えられる。

6.2 今後の課題

今回の結果から、コロナ禍における日本の株価の動向は、日本国内における感染者数の増減だけが要因になるとは考えにくい。つまり、国外の感染者数の増減や、国内外の経済政策の発表によって株価が大きく反応することも多いと考えられる。実際に日本の感染拡大前の時期に大幅に日本の株価が下がったことから、日本の投資家は、世界に大きな影響を与えている国の動向を参考にして投資判断を下していたことが考えられる。そのため、海外における感染者数の増減や経済動向を含めた分析をする必要がある。また、株価は政府や中央銀

行の政策アナウンスに影響される。このような経済政策を要因として組み込み、分析を行うことで、さらに詳しく株価に影響を与える要因との関係性を明らかにできると考える。また、影響分析の方向性として、リターンやボラティリティに感染者数の推移や関連する指標が与える影響の程度の定量的な評価が重要であると考えられる。要素ごとの影響に分解できれば、どの指標がどの程度影響があるといったことを推定することができる。

日本の株価は、コロナ禍でない時期も、アメリカなどの主要国の株価変動の影響を強く受けていることが知られている。そのため、コロナ禍においてもこの影響を考慮する必要がある。

7 参考文献

- [1] 厚生労働省「オープンデータ」, <https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/open-data.html>, 2020/9/30.
- [2] 帝国データバンク「倒産集計一覧 2020 年集計」, <https://www.tdb.co.jp/tosan/index.html>, 2020/9/30.
- [3] 五島圭一, 高橋大志, 寺野隆雄, ティックデータを用いたニュースと株価との関連性分析, 人工知能学会, 第 30 回, 2016.
- [4] 辰巳憲一, 張征宇, 日銀政策決定会合決定事項公表と株式市場の反応~JNX の 10 分データ等の分析, 学習院大学経済論集, 第 53 巻, 第 4 号, 2017.
- [5] Robert J. Barro, José F. Ursúa, Joanna Weng, “The Coronavirus and the Great Influenza Pandemic: Lessons from the "Spanish Flu" for the Coronavirus's Potential Effects on Mortality and Economic Activity”, NBER Working Paper, No. 26866, pp. 1-26, 2020.
- [6] 国友直人, 山本拓, 社会・経済の統計科学(人口・政府統計・金融と保険), 21 世紀の統計科学, Vol. 1, No. 1, pp. 1-31, 2012.
- [7] 吉田恒「コロナ相場の「陰のインディケーター」」, <https://media.monex.co.jp/articles/-/14151>, 2020/5/26.
- [8] 日テレ NEWS24, 「日経平均反落 都の感染者数報道で売り優勢」, <https://www.news24.jp/articles/2020/07/16/06682040.html>, 2020/7/16.
- [9] ロイター「日経平均は 5 日続落,国内での感染者数増加を嫌気」, <https://jp.reuters.com/article/tokyo-stx-close-idJPKCN24V0V3>, 2020/07/30.
- [10] 日本経済新聞「感染者数で株価明暗 再拡大の仏、5%超下落」, <https://www.nikkei.com/article/DGKKZO64261730V20C20A9EA1000>, 2020/09/26.
- [11] 朝日新聞デジタル「新型コロナの感染者数, 前日の 1.5 倍に全国 195 人」, <https://www.asahi.com/articles/photo/AS20200702005415.html>, 2020/7/2.
- [12] 高岡慎, 経済時系列と季節調整法, 朝倉書店, 2015/12/15.
- [13] Oxford - ManInstitute of Quantitative Finance, 「Realized Library Data Visualization Nikkei225」, <https://realized.oxford-man.ox.ac.uk/data/visualization>, 2020/9/30.
- [14] NHK 「日銀大規模な金融緩和策を維持資金繰り支援 110 兆円規模に」, <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20200616/k10012472011000.html>, 2020/6/16.