

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. 17

令和 4 年 1 月

筑波大学大学院システム情報工学研究群  
リスク・レジリエンス工学学位プログラム



# 巻頭言

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2年目を迎えました。ちょうど学位プログラム移行の直前から猛威を振るい始めた新型コロナウイルス感染症との闘いからも二年が経ちましたが、いまだ終息が見えていない状況です。今日、私たちの生活は、このような感染症のみならず、多発する自然災害や深刻化する気候変動、航空機・自動車など移動体事故、情報システムにおける個人情報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す。リスク・レジリエンス工学学位プログラムは、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、前身のリスク工学専攻より発展継承的に移行されました。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教育研究活動を発展・展開させています。

このためには、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」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(修士課程)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自分たちが主体的に研究を進めます。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。

広い視野の醸成のため、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。戸惑う学生も少なくありませんが、分野横断的PBL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。また、中間発表会、最終発表会ならびにポスター発表会は、研究発表の実践的な訓練の場となっています。今年度は新型コロナウイルス感染拡大防止の観点から昨年度に続き主にオンラインを活用しての実施となりましたが、オンライン形式では得てして学生間でのディスカッションが低調になりがちなところ、世話人教員らが学生同士の質疑応答をしやすくするなど工夫し、各発表会においては非常に活発な質疑が行われました。この

ように、グループ PBL 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 3 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 4 年 1 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 三崎広海、鈴木研悟

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 古川宏

# 目次

## グループ 1

「COVID-19 感染状況と人々の感染症に対する意識の関係の時系列分析」

## グループ 2

「COVID-19 の死亡者数を最小化するワクチン接種方法の検討」

## グループ 3

「災害時のトイレ不足問題の解決のための自助意識の啓発に関する考察」

## グループ 4

「暗号資産に関する全世界におけるサイバーインシデントの調査とリスクの考察」

## グループ 5

「平成 30 年 7 月豪雨（前線及び台風 7 号）後の道路寸断による影響分析  
～広島・岡山県内の道路を対象として～」

## グループ 6

「運転支援技術による事故事例と防止策の検討 -誰に説明を受けたかに着目して-」

## グループ 7

「日本における QR コード決済に関するリスク認知の調査」

## グループ 8

「企業の環境活動の定量的評価 ～CSR から見る評価方法の検討～」

## グループ 9

「もう一度見直そう、あなたの備蓄品 -筑波大生に備蓄をしてもらえる方法を探る-」

# COVID-19 感染状況と 人々の感染症に対する意識の関係の時系列分析

グループ PBL 演習 1 班

赤星桜良 石川亮我 石巻東哉 朱黙儒

アドバイザー教員 三崎広海

## 1. 研究背景

COVID-19 感染者が報告された。以降、国内の感染者数は増減を繰り返し、第 5 波のピーク時（2021 年 8 月 20 日）には新規陽性者数が全国で 25,000 人を超えた[1]。これは第 1 波のピーク時（2020 年 4 月 11 日）の約 40 倍の規模である。今後も感染が再拡大する恐れがあることから、予断を許さない状況である。

COVID-19 が拡大し、人々の生活様式は大きく変わった。外出時のマスクの着用が習慣化し、企業のテレワーク率も増加した。それに伴い、人々の感染への不安の度合いも変化している。COVID-19 による生活不安に関するアンケート調査[2]によると、人々の感染に関する不安は 2020 年 12 月頃をピークにやや弱まっている。各施設での感染対策の徹底やワクチン接種の浸透などによる感染拡大を防ぐ取り組みによって人々の不安は緩和されていると考えられる。一方で、感染症に対する人々の慣れが不安度の低下に影響している可能性もあり、今後の感染拡大を防ぐためにもう一度人々の意識を見直す必要がある。

これまで、複数回の緊急事態宣言によって人々の外出が制限され、街の滞留人口も変化した。NHK[3]によると、第 1 回の緊急事態宣言後の東京駅付近の人出は感染拡大前と比べて 4 分の 1 ほどに減少し、宣言解除後には 2 分の 1 まで増加した。その後は緩やかに増減を繰り返しており、2021 年 10 月現在は感染拡大前の 2 分の 1 程度にとどまっている。国内のほかの地域でも同様に、感染拡大前と比べると街の人出は減少している。しかし、第 2 波から第 5 波にかけて感染者数は増加しているのに対して、街の人出は大きく変化していない。

このように、人々の COVID-19 感染に対する意識（不安度、関心度）や行動は感染状況によって変化している。逆に、感染状況は人々の COVID-19 感染に対する意識によって左右されると言える。今後、

2019 年 12 月に中国武漢で発生した新型コロナウイルス感染症（以下、COVID-19）は、急速に世界各国に広がり、日本では 2020 年 1 月 16 日に初めて 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可能性は否定できない。そのため、人々の COVID-19 感染に対する意識と感染状況の関係性を定量的に明らかにするべきである。

## 2. 既往研究

### 2.1 COVID-19 に対する世界の注目度調査

Alshaabi ら[4]の COVID-19 に関する世界の注目度調査に関する研究では、Twitter 上の 24 の言語の「ウイルス」という単語を含むツイートに対して、自然言語処理の手法を用いて抽出・時系列順にプロットした。これは、パンデミックの際に役立つ要素(コロナの流行具合や注目度)や遡及調査を強化することを目的としている。しかし、本研究は滞留人口や地域、消費行動などといったものに結び付けられていないため、人々の行動と結び付けられていない。

### 2.2 COVID-19 に対する人々のリスク認知

小林ら[5]の研究では、COVID-19 の再拡大や同様の新興感染症流行の発生に注目し、COVID-19 に対する人々のリスク認知を定量的に評価・リスク認知の影響を考察した。小林らはアンケート調査により、COVID-19 に関する感染防止行動などを調査、リスク認知マップの作成、相関分析や重回帰分析を実施した。最終的には、各種解析手法により人々の感染防止行動を促進する要因を明らかにし、人々に感染防止行動を促進するための必要な施策について検討した。

### 2.3 SNS の投稿を用いた人々の感情分析

三浦ら[6]は、東日本大震災の危機的出来事、原子力災害リスクに関する日本居住者の情動状態を長期的にかつ探索的に検討を行った。三浦らは、「不快な」

「怖い」のような情動語に着目し、震災後1年以上にわたる長期間のソーシャルメディアへの分析を対象とした。さらに、情動語に含まれる怒り情動語と不安情動語の出現比率を分析し、投稿者と原発事故の近接性をツイートデータから求め、投稿者と原発事故の間に関連が見られるかどうかの検討を行った。

### 3. 研究目的

本研究では、COVID-19 感染状況と人々の感染症に対する意識や行動の関係について、相関関係の有無を明らかにする。その際、地域による相関関係の違いについても明らかにする。感染状況を表す指標として実効再生産数を用い、人々のリスク意識や行動を表す指標として Twitter の COVID-19 に対する投稿と都市の滞留人口を用いることとする。具体的な評価指標や分析手法については以下4章で詳しく記述する。

## 4. 分析手法

### 4.1 2 変量の相関分析

本稿では、次に示す3つの指標について、それぞれの間での相関分析を行った。

- ・実効再生産数
- ・Twitter における COVID-19 に関するツイート数
- ・滞留人口

まず、感染状況を表す指標としては実効再生産数を用いた。実効再生産数は、ウイルスの拡大/収束を計る重要な疫学指標の一つである。

Twitter におけるツイート数は Twitter が開発者・研究者向けに提供している Twitter API に含まれるツイート検索機能を用いて取得した。さらに、取得したツイートについて、その投稿ユーザーのアカウントプロフィールに設定されている「場所」を取得し、ジオコーディングにより位置情報を得た。滞留人口(*de facto population*)とは、特定の時間帯における特定範囲内の人口分布を指す。これらの詳細については以下

4.2~4.4 節で述べる。

相関分析には IBM の統計解析ソフトウェアである SPSS を用いた。SPSS は統計分析に広く使用されるプログラムで、本稿では2変量の相関分析を行った。分析期間は2020年5月から2021年1月までであり、日次の分析に加えて1週間分の季節性をなくすために週次の分析を行った。日次は毎日の実効再生産数、ツイ

ート数、滞留人口を日にちごとに用いた。週次は日次の各データの7日分を平均したものをを用いた。

対象地域は東京都、愛知県、大阪府の3都府県であり、これらの選定理由は、

- ・居住人口が多く、ツイート数も多いため
- ・日本国内で特に、感染状況が悪化しているためである。

### 4.2 感染状況を表す指標

感染状況を表す指標として、実効再生産数(*effective reproduction number,  $R_t$* )を用いる。実効再生産数は、「ある時刻  $t$  における、一定の対策下での1人の感染者による二次感染数」と定義され[7]、ウイルスの拡大/収束を計る疫学指標の一つとして重要である。「ある時刻  $t$  における、一定の対策下での1人の感染者による二次感染数」とはすなわち、「ある時点において1人の感染者が全感染期間に感染させる人数の平均」のことである。実効再生産数は、1.0 以上で増加傾向を、1.0 未満で減少傾向を表す。

2019 年末からの COVID-19 の流行に関して、各国や各媒体が実効再生産数を用いた今後の COVID-19 拡大予測を行っている。厳密な実効再生産数算出には高度な専門知識を必要とすることから、本稿では『東洋経済オンライン「新型コロナウイルス国内感染の状況」』[1]で公開されているリアルタイム型の簡易的なものを用いる。実効再生産数の算出式は次の通りである。

実効再生産数  $R_t$

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

ただし、平均世代時間は5日、報告間隔は7日と仮定している。また、潜伏期間(感染から発症までの期間)は Lauer ら[8]を参考に5日とした。そして、発症から陽性者としてカウントされるまでの期間について、本稿では5日と仮定した。つまり、感染から陽性者としてカウントされるまでの期間は10日として分析を行った。

### 4.3 人々の意識を表す指標

本研究では、SNS 上における COVID-19 関連の言及の量は、人々の関心の強さを表すものとする。そこで、Twitter に投稿された「コロナ」という単語を含むツイートの数を調査した。各日のツイート取得上限数を24,000件とし、2019/12/31~2021/1/7の間で取得

されたツイート数は 8,300,955 件であった。(取得日 2021/5/31)

取得されたツイートデータ 1 件のイメージは図 1 の様であり、主に、本文、投稿日時、投稿者を一意に示す id(これは後に投稿者のユーザーデータを取得する際に使われる)、ジオタグによる投稿時の端末位置情報(ある場合)、リツイート・いいね数(=シェア数、影響力)、添付画像・動画へのリンクやハッシュタグ(ある場合)等のものがある。

ツイートから投稿者の所在地に関する情報を得る方法は 2 つある。ツイートそのものに付与されたジオタグを見る方法と、ユーザーがプロフィールの「場所」欄に自由に記述可能なメッセージの内容を見る方法である。前者は、実際の端末位置情報に基づく正確な緯度経度のデータが得られる。但し、そのツイートをした時点での位置情報が送信されるため、ツイートに付けられた位置情報が所在地であるとは限らない。更に、この種類の位置情報付き設定で投稿されるツイートは非常に少ない。これに対して、プロフィールに「場所」記述欄では、詳細な住所では無いにしても都市名や付近の駅や著名なランドマークの名前等、大体の地域を特定出来るような内容を記載しているユーザーはそれに比べると多い。但し、この欄はユーザーが自由に好きな文言を設定可能なため、実際には地名とは全く無関係の内容が記述されている事も少なくなく、虚偽の地名が記載されている場合も考えられる。

東日本大震災における原子力発電所事故に関するネガティブ情動の SNS での社会的共有について同様に Twitter データを使用した分析を行った先行研究(三浦ら 2019)[6]では、得られた位置情報付きツイート数が非常に少なく、代わりにプロフィールの「場所」の記述を使用して地域を特定している。本研究でも、プロ

フィールの「場所」欄記述を使用して「ツイートの投稿者の所在地」と見なす事にした。

取得したツイートには同じユーザーによる複数の投稿も含まれる。ユーザーの重複を省いて得られたツイート数は 2,226,711 件であり、その内ユーザーのプロフィール情報を取得出来た数は 2,195,817 件であった。(取得日 2021/9/16)

これらの取得したユーザーデータの「場所」欄を座標値による位置情報に変換するために東京大学空間情報科学研究センターによる CSV アドレスマッチングサービス[9]を利用する。このサービスはジオコーディングサービスの一種であり、文字列として与えられた住所・地名を地図上の住所・地名と照合するもので、本サービスでは座標値を結果として得る。また、結果には変換の信頼度の指標(iConf)が 0~5 の 6 段階で得られ、曖昧な地名表記により複数の住所がマッチングされた場合にこの信頼度は低下する。元の「場所」欄記載内容とジオコーディング後の結果を見比べ、 $iConf \geq 4$  として返ってきたものは概ね適切な住所と対応付けられていたため、これに相当する 2,195,817 件中 95,722 件のユーザーについてはジオコーディング結果の座標をその所在地と見なし、所在地特定可能ユーザーとする。

取得された全ツイートの内、所在地特定可能ユーザーによるものについて、その地図上の分布を図 2 に示す。見ると、東京・名古屋・大阪といった全体人口の大きい地域ではツイート数が多くなっている。以降の分析では、所在地特定可能ユーザーによるツイートについて、ユーザーの所在都道府県別に感染者数や実効再生産数等の他指標との関係を分析する。

```
{ "id" : 13009XXXXXXXX0697217[ツイートに一意の id],
  "conversation_id" : "13009XXXXXXXX7217",
  "created_at" : "2020-09-02 08:34:29[投稿日時]",
  "timezone" : "+0900", "user_id" : 123372824477541633[ユーザーに一意な id],
  "username" : "tsukubataro[ユーザーに一意な自由に変更可能な id]", "name" : "筑波太郎 "[ユーザーの表示名]",
  "tweet" : "これ以上コロナウイルスの影響 が長くなると人間の生活形態が大きく変化してしまう。[ツイート本文]",
  "language" : "ja",
  "urls" : [ツイートに含まれる外部サイトへのリンク],
  "photos" : [ツイートに添付された画像],
  "replies_count" : 0[リプライ数],
  "retweets_count" : 0[リツイート数],
  "likes_count" : 5[いいね数],
  "hashtags" : [ "コロナ", "新しい生活様式" ][ツイートに付けられたハッシュタグ],
  "link" : https://twitter.com/XXXXXXXXXX[ツイート自身の URL]
  "geo" : "36.XXXXXX,140.XXXXXXXX "[ジオタグによる座標]
```

図 1 取得したツイートデータ 1 件のイメージ

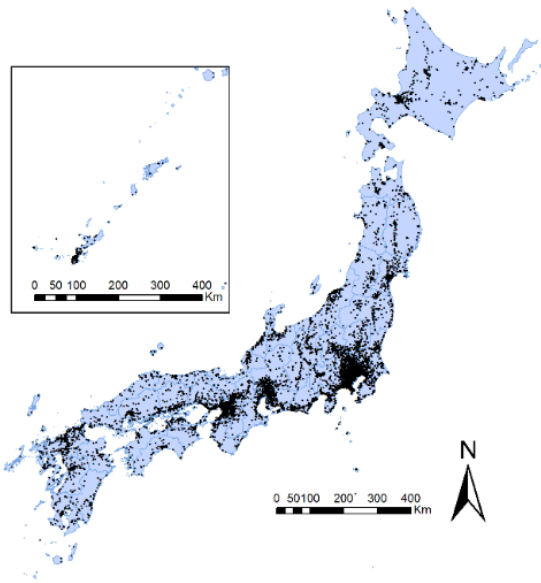


図2 2020年の「コロナ」を含むツイートの分布

#### 4.4 人々の行動を表す指標

人々の行動を表す指標として、滞留人口データを用いた。滞留人口データは内閣官房が公開しているオープンデータ[10]を用いている。このデータは、毎日

15時台の各都道府県主要駅周辺の滞留人口の増減率が記載されている。また、これらは感染拡大後の平日/休日の滞留人口をそれぞれ感染拡大前(2020年1月18日～2月14日)の平日平均/休日平均の滞留人口と比較した変動割合データである。本研究では、新宿駅、名古屋駅、梅田駅周辺のデータをそれぞれ東京都、愛知県、大阪府の代表の滞留人口データとして用いている。また、オープンデータは日次であるが、2020年8月を含む39日分のデータがないため、その期間分は省いて分析に用いた。

## 5. 分析結果と考察

東京、愛知、大阪の3地域における各指標同士の相関係数を表1に示す。

地域ごとに結果を見ると、東京では、各指標同士の相関が見られなかった。愛知では、日次の分析においては実効再生産数と滞留人口の間に弱い正の相関、ツイート数と滞留人口の間に弱い負の相関が見られた。週次の分析においてはツイート数と滞留人口の間に比較的強い負の相関が見られた。大阪では、日次の分析においては実効再生産数と滞留人口の間に弱い正の相

表1 各指標同士の相関係数

		東京都		愛知県		大阪府	
		ツイート数	滞留人口	ツイート数	滞留人口	ツイート数	滞留人口
日次	実効再生産数	-0.042	-0.036	-0.110	0.174*	-0.072	0.202**
	ツイート数	-	-0.091	-	-0.160*	-	-0.418**
週次	実効再生産数	0.161	0.074	-0.253	0.221	-0.054	0.239
	ツイート数	-	-0.099	-	-0.539**	-	-0.667**

\*\* :  $p < 0.01$ , \* :  $p < 0.05$

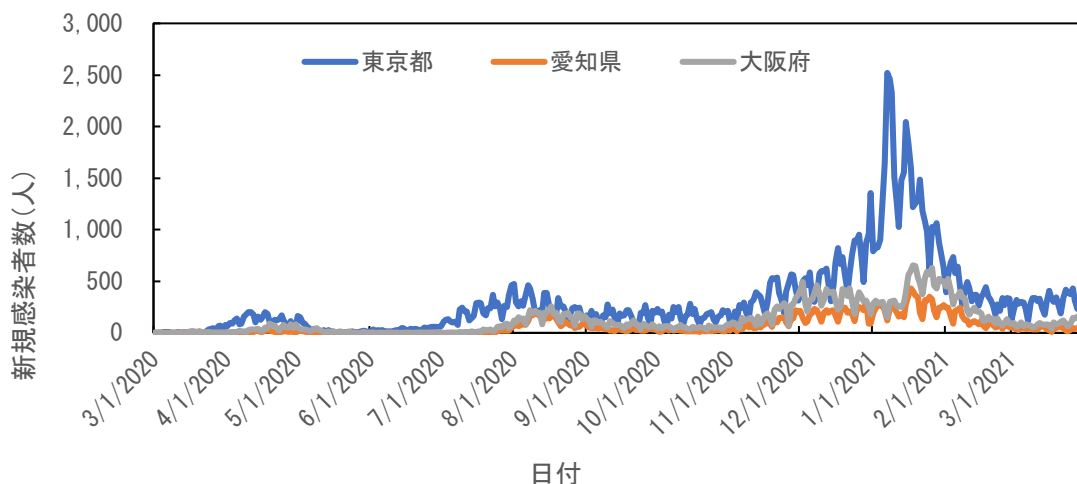


図3 国内の各都府県における新規感染者数の推移



間、ツイート数と滞留人口の間に負の相関が見られた。週次の分析においてはツイート数と滞留人口の間に比較的強い負の相関が見られた。愛知と大阪は相関係数の強弱の違いはあるものの類似した結果を示した。

図3のように、東京ではほかの都市に比べて感染拡大のタイミングが早い。このことから、他の都市に比べて東京の結果が異なる理由としては、今回の分析では、3都市とも実際の感染から報告までの期間を同じ設定で行ったため、こうした東京の特異性を加味出来ていない可能性がある。

続いて、指標ごとに詳細に結果を見ると、ツイート数と滞留人口については、愛知と大阪では負の相関が見られた。これは、人々の感染症に対する意識が向上すると外出が自粛されることを表していると考えられる。よって、ツイート数から人々のCOVID-19に対する意識を評価する事が出来ていると考えられる。東京でこの関係が見られなかったのは、感染症に対する意識に関係なく出勤や通学などで外出する人が他の地域に比べて多いためである可能性が考えられ、検討が必要である。

実効再生産数と滞留人口については、愛知と大阪で弱い正の相関が見られた。これは、人々が外出を自粛すると感染の拡大が緩和されることを表していると考えられる。しかし、東京ではこの関係が見られなかった。これに関しては、今後調査をさらに進めていく必要がある。

実効再生産数とツイート数については、統計的に有意とはならなかったものの、どの都市においても負の相関を示唆する様な傾向が伺えた。今後、サンプルを増やすなどより深く検討するべきだ。

## 6. まとめ

本研究では、COVID-19の感染状況と人々の感染症に対する人々の意識や行動の間の相関関係の有無を明らかにした。感染状況を表す指標として実効再生産数を用い、人々のリスク意識や行動を表す指標としてTwitterのCOVID-19に対する投稿と都市の滞留人口を用いた。「コロナ」というワードを含むツイート数を地域別に抽出し、ツイート数が多かった東京都、愛知県、大阪府の3都府県について分析を行った。その結果、3指標間の相関係数は地域ごとに異なることが分かった。東京都では、他地域と比べて感染拡大のタイミングが早いこと、感染症に対する意識に関係なく外出する人が他地域より多いことなどが原因で、3指

標間の相関は見られなかった可能性がある。愛知県と大阪府は類似した結果を示し、感染状況と人々の行動の間に弱い相関、感染症に対する人々の意識と行動の間に比較的強めの相関が見られた。

今回の分析では、取得されたツイート数に限りがあったため、今後より多くのツイートデータを取得して分析の精度を高めていく必要がある。また、今回は「コロナ」というツイート数そのものを見る事により人々のCOVID-19に対する単純な関心度合いを見たが、取得したツイートに含まれる恐怖・不安感情を表す語彙に着目して、人々の警戒度・楽観度としてより詳細に見て実際の行動との関連を見ることも検討する必要がある。

## 参考文献

- [1] 東洋経済オンライン編集部, “新型コロナウイルス 国内感染の状況”, <https://toyokeizai.net/sp/visual/tko/covid19/> (閲覧日: 2021年12月9日) .
- [2] 株式会社ニッセイ基礎研究所, “第4回新型コロナウイルスによる暮らしの変化に関する調査”, [https://www.nli-research.co.jp/files/topics/67457\\_ext\\_18\\_0.pdf?site=nli](https://www.nli-research.co.jp/files/topics/67457_ext_18_0.pdf?site=nli) (閲覧日: 2021年12月9日) .
- [3] NHK, “特設サイト新型コロナウイルス”, <https://www3.nhk.or.jp/news/special/coronavirus/outflow-data/> (閲覧日: 2021年12月9日) .
- [4] T. Alshaabi et al., “How the world’s collective attention is being paid to a pandemic: COVID-19 related n-gram time series for 24 languages on Twitter,” *PLOS ONE*, 2021.
- [5] 2020年度グループPBL演習2班, “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”, [https://www.risk.tsukuba.ac.jp/pdf/group-work2020/slide/2020\\_group\\_02\\_slides.pdf](https://www.risk.tsukuba.ac.jp/pdf/group-work2020/slide/2020_group_02_slides.pdf) (閲覧日: 2021年12月9日) .
- [6] 三浦麻子, 小森政嗣, 松村真宏, 平石界, “ソーシャルメディアにおけるネガティブ情動の社会的共有 —東日本大震災関連ツイートの長期的変化—”, *エモーション・スタディーズ*, 第4巻 Special Issue, pp.26-32, 2019.
- [7] 西浦博, “感染症の予測”, *統計数理*, 第54巻, 第2号, pp.461-480, 2006

- [8] S. A. Lauer et al., “The Incubation Period of Coronavirus Disease 2019(COVID-19) From Publicly Reported Confirmed Cases: Estimation and Application,” *Free PMC article*, 2020.
- [9] 東京大学空間情報科学研究センター, 「CSVアドレスマッチングサービス」,  
<https://geocode.csis.u-tokyo.ac.jp/home/csv-admatch/>  
(閲覧日 : 2021 年 12 月 9 日) .
- [10] 内閣官房, 新型コロナウイルス感染症対策,  
<https://corona.go.jp/dashboard/> (閲覧日 : 2021 年 12 月 9 日) .

## COVID-19の死亡者数を最小化するワクチン接種方法の検討

2班

一ノ瀬祐作 伊藤悠椰 松沢啓太 胡天嵩  
アドバイザー教員 高安亮紀 遠藤靖典

## 1. 背景

2019年末に中国で初めて感染者が発見されて以来、COVID-19は2021年10月現在においても世界中で感染者・死者が増加しており終息には至っていない。日本では外出自粛要請・病床の確保・水際対策の強化などといった対策を実施している。2021年6月から日本政府は国民に対するCOVID-19のワクチン配給を開始した。ワクチンの効果として発症予防と重症化予防を期待した取り組みであるが、ワクチン接種を効果的にするために以下の属性の人たちを優先してワクチン接種が行われた。第1に優先されるのは医療従事者とし、次は65歳以上となる高齢者、第3に基礎疾患を有するもの・高齢者施設等の従事者の順に優先した。ワクチン量には限りがあること、医療体制の確保が必要であること・死亡者や重傷者を減らすためという観点から優先順位が決定された[1]。2021年6月当時は、COVID-19による死亡者の大部分は高齢者であったため[2]、死亡者を減らすためには高齢者の接種を優先することは直感的にも正しいだろう。そのためか、ワクチン接種順位について定めた感染分科会の資料[3]には緊急死体宣言やワクチン接種の経済効果に関するシミュレーション結果を掲載している。一方で、ワクチン接種を高齢者以外としたシミュレーション結果については全く述べられていない。高齢者を優先した場合と高齢者以外の年代を優先した場合、それぞれの感染シミュレーション結果を比較し、高齢者を優先したワクチン接種が有効であることの科学的根拠を補強すべきである。

## 2. 研究目的

日本政府による高齢者を優先するワクチン接種が本当に最大限死亡者や重傷者を減らすのかについてシミュレーションを用いて検証・考察を行う。

## 2.1 シミュレーションの方法

シミュレーション上で定義した高齢者と若者それぞれに対して一定人数のワクチン接種を計10回実施

する感染シミュレーションを作成した。シミュレーション上ではワクチン接種は死亡率のみに影響している。感染モデルはSIRモデルの考え方に基づいたモデル[4]である。このシミュレーションは二次元平面上を移動する主体群を考え、主体同士で影響しあいながら感染状況が時間発展していくマルチエージェントシミュレーション(Multi Agent Simulation、以降MAS)となっている。SIRモデルは、Julia[5]上でAgent.jl[6]を用いて構築した。MASでは、エージェントと呼ばれる主体、エージェントが存在する環境、エージェントの挙動、エージェント同士の相互作用、時間ステップごとで行う処理を設定することでシミュレーションを行う。以下、今回のシミュレーションについて各設定をまとめる。

## 2.2 エージェントの設定

- ・「エージェント別番号」
- ・「年代」

「0歳以上15歳未満」、「15歳以上65歳未満」、「65歳以上」の3つのグループがあり、それぞれ上記の「移動速度」・「重さ」が異なる。設定上は「エージェント別番号」でグループ分けしている。

- ・「位置座標」

シミュレーション開始時はランダムで配置。

- ・「移動速度」

「65歳以上」は0、「15歳以上65歳未満」は「0歳以上15歳未満」の2倍に設定。

- ・「移動方向」

エージェントごとにランダムで1つの固定した方向を与える。

- ・「重さ」

- ・「感染経過日数」

- ・「エージェントの状態」

S (Susceptible 未感染者)、I (Infected 感染者)、R (Recovered 回復者) の3種類。後述の「回復・死亡判定」で死亡したエージェントはシミュレーションから除去される。

- ・「ワクチン接種時期」

計 10 回のワクチン接種のうち何回目となる時間ステップでワクチン接種を完了するかのグループ。このシミュレーションではワクチン接種の完了とは後述の「死亡率」が「死亡率」と「ワクチン効果」を掛け合わせた値に変化することである。「0 歳以上 15 歳未満」の年代は全員ワクチン接種を行わない設定である。設定上は「エージェント別番号」でグループ分けしている。

## 2.3 環境設定

- ・「領域」 エージェントは  $[0,1] \times [0,1]$  を範囲とする

2 次元平面上を移動

- ・「エージェント総数」 1000 と設定。

- ・「感染率」 0.8 と設定。

- ・「感染期間」

感染してから回復・死亡するまでの期間。30 日間。

- ・「死亡率」

各年代が感染した場合死亡する確率。「0 歳以上 15 歳未満」と「15 歳以上 65 歳未満」は 0.5%。「65 歳以上」は 20%。シミュレーション上でワクチン接種順変動の効果を見るため、2.7 調査概要に示す値の約 5 倍の値を採用。

- ・「初期感染人数」 5 人と設定。

- ・「年代別割合」

各「年代」の総数に占める割合。「0 歳以上 15 歳未満」は 10%。「15 歳以上 65 歳未満」は 60%。「65 歳以上」は 30%。総務省公表の人口推計[7]を参考。

- ・「ワクチン接種人数」

計 10 回のタイミングでワクチン接種者が増えるが、1 回ごとの接種人数。

- ・「65 歳以上接種率」

1 回ごとのワクチン接種人数のうち、何%を 65 歳以上のエージェントに割り振るか。

- ・「15 歳以上 65 歳未満接種率」

1 回ごとのワクチン接種人数のうち、何%を 15 歳以上 65 歳未満のエージェントに割り振るか。65 歳以上接種率との和は 100%。

- ・「ワクチン効果」

ワクチンによる死亡率の減少割合。2.7 調査概要で示す調査結果より 0.2 と設定。

- ・「再感染率」

感染・回復後に再び感染する確率。0.005 と設定。

## 2.4 エージェントの挙動

- ・等速直線運動

設定した「移動方向」に設定した「移動速度」で等速直線運動を行う。後述するエージェント同士の相互作用が発生しない限り、そのエージェントは同じ方向に移動し続ける。

- ・境界間の移動

エージェントが  $[0,1] \times [0,1]$  の境界を超えた場合、反対側の境界から領域に侵入する動きとなる。

## 2.5 エージェント同士の相互作用

- ・エージェント同士で「位置座標」が重なったら弾性衝突し、各「重さ」と「移動速度」に応じて「移動方向」が変化する

- ・エージェント同士で「位置座標」が重なった場合、片方の「状態」が S かつもう片方の「状態」が I であれば設定した「感染率」の確率で「状態」が S から I に状態が変化する。片方の「状態」が R かつもう片方の「状態」が I であれば設定した「再感染率」の確率で R から I に「状態」が変化する。

## 2.6 時間ステップごとで行う処理

- ・「移動速度」と「移動方向」に応じた「位置座標」にエージェントが移動

- ・エージェント同士の相互作用の処理実行

- ・時間ステップ数が 1 日分経過したら「状態」が I のエージェントの「感染経過日数」を 1 増価させる。

- ・「感染経過日数」が「感染期間」に達した場合、「回復・死亡判定」を行う

- ・回復・死亡判定：0~1 でランダムな値を作成し、その値が「死亡率」以上となるとそのエージェントは死亡判定となり領域から除去される。ランダムな値が死亡率未満であれば、「状態」が I から R に変化する。ワクチン接種時期を超えた時間ステップの場合には、「死亡率」×「ワクチン効果」を「死亡率」の代わりに用いる。環境設定によって変化しないエージェントの設定、エージェントの挙動、エージェント同士の相互作用、時間ステップごとで行う処理は全シミュレーションで統一である。

シミュレーションを実行する際は実行する総時間

ステップ数と1日経過となる時間ステップ数を定める必要がある。例えば、24ステップを1日とした場合、720ステップ数のシミュレーションは30日間のシミュレーションとなる。また、シミュレーション実行の際には環境設定の各値も改めて入力することができる。このシミュレーションでは「65歳以上」のエージェントを高齢者とみなし、まったく移動せず死亡率が高い主体として表現している。

## 2.7. 調査概要

シミュレーションの変数であり死亡者数に大きく関係するCOVID-19感染による年代別死亡率とワクチンによる死亡率減少効果についての調査結果をまとめる。ワクチン接種の効果は、死亡率の高い高齢者の死亡率を低下させる効果が期待されるが現在公開されているワクチン有効性に関する統計と研究が不足しているため、本研究は今年7月の厚生労働省の公開された「年齢別の新型コロナウイルス感染陽性者数と死亡数-年齢別のワクチン接種についても検証」[8]報告書を引用し、関わる初期数値設定を参考される。調査報告書の具体的な統計結果は次のとおりである。

調査概要として、新型コロナウイルスに対するワクチン接種が高齢者を中心に行っており、高齢者の感染率を下げているが、40歳代、50歳代を中心とした感染、死亡のリスクが増加されている。報告書はHERSYSデータを用いて、各年齢群における新型コロナウイルス感染陽性者数、死亡者数、致死率を調査し、また各年齢群でワクチン接種の有無で比較した。報告書から、高齢者（65歳以上）では陽性者6,931人中死亡者282人である。4%の死亡率だと分かった。高齢者以外（65歳未満）で45812人中35人である。0.076%ほどの致死率で、高齢者よりもはるかに低いである。（図2.7.1）年齢が上がるほど致死率は上昇していたおり、シミュレーションでは0.1%と設定した。

ワクチン接種による高齢感染陽性者の致死率は以下の通りである。未接種者は陽性者5,387人中死亡者232人（4.31%）、1回接種済みの人で陽性者857人中死亡者26人（3.03%）、2回接種済みの人で陽性者112人中1人（0.89%）となった。高齢者場合、2回目ワクチン接種によって、感染陽性者の死亡率を4.31%から0.89%と約0.2倍に低下させていた。65歳未満の人々

にとって、ワクチン接種済みの死亡者数は0であったため具体的にどれだけ死亡率が低下するかは不明である。（図2.7.2）以上より、高齢者の場合の数値を採用し「ワクチン効果」は0.2と設定した。

年齢別 コロナ感染陽性者数、死亡者数、致死率						
年齢別	陽性者数	(構成割合)	死亡者数	(構成割合)	致死率	40代前半との比較
100歳以上	24	0.05%	2	0.63%	8.333%	166
90-99歳	642	1.22%	64	20.2%	9.969%	199
85-89歳	779	1.48%	58	18.3%	7.445%	148
80-84歳	994	1.89%	58	18.3%	4.835%	116
75-79歳	1,095	2.08%	52	16.4%	4.749%	95
70-74歳	1,713	3.25%	30	9.46%	1.751%	35
65-69歳	1,684	3.20%	18	5.68%	1.069%	21
60-64歳	2,237	4.24%	10	3.15%	0.457%	8.9
55-59歳	2,966	5.62%	7	2.21%	0.236%	4.7
50-54歳	3,799	7.20%	8	2.52%	0.211%	4.2
45-49歳	4,227	8.01%	4	1.26%	0.095%	1.9
40-44歳	3,984	7.55%	2	0.63%	0.050%	1
18-39歳	23,120	43.8%	4	1.26%	0.017%	0.3
18歳未満	5,479	10.4%	0	0%	0%	0
全年齢	52,743		317		0.601%	
65歳以上	6,931	13.1%	282	89.0%	4.069%	
65歳未満	45,812	86.9%	35	11.0%	0.076%	4

図 2.7.1 年齢別、コロナ感染陽性者数、死亡者数、致死率[8]

年齢別 コロナ感染陽性者のワクチン接種回数と致死率						
コロナ陽性患者	未接種者 致死率	1回接種者 致死率	2回接種者 致死率			
100歳以上	5%	1/20	33.3%	1/3	0/0	
90-99歳	10.90%	51/468	6.19%	6/97	0%	0/16
85-89歳	8.29%	48/579	3.64%	4/110	0%	0/26
80-84歳	6.70%	51/761	2.92%	4/137	0%	0/16
75-79歳	5.11%	41/802	3.98%	7/176	4%	1/25
70-74歳	1.68%	23/1,371	2.26%	4/177	0%	0/15
65-69歳	1.23%	17/1,386	0%	0/157	0%	0/14
60-64歳	0.45%	9/2,002	0%	0/61	0%	0/9
55-59歳	0.18%	5/2,742	0%	0/31	0%	0/8
50-54歳	0.20%	7/3,495	0%	0/47	0%	0/9
45-49歳	0.10%	4/3,931	0%	0/36	0%	0/19
40-44歳	0.05%	2/3,714	0%	0/26	0%	0/14
18-39歳	0.02%	4/21,615	0%	0/149	0%	0/61
18歳未満	0%	0/5,245	0%	0/0	0%	0/1
全年齢	0.55%	263/48,131	2.15%	26/1,207	0.43%	1/233
65歳以上	4.31%	232/5,387	3.03%	26/857	0.89%	1/112
65歳未満	0.07%	31/42,744	0%	0/350	0%	0/121

図 2.7.2 年齢別、コロナ感染陽性者のワクチン接種回数と致死率[8]

## 3. シミュレーション結果

本研究では、「優先してワクチン接種する年代」と「ワクチン接種割合」、「ワクチン接種時期」がCOVID-19の死亡者数にどのように影響を与えるかを調査した。そこで、優先してワクチン接種する年代を変える実験（実験1）、ワクチン接種割合を変える実験（実験2）、優先してワクチン接種する年代とワクチン接種時期を変える実験（実験3）の、3つ実験を行った。以下の表1、2、3に、実験1、2、3の各実験条件で設定したシミュレーションの変数を示す。

表 1. 実験 1 で設定したシミュレーションの変数

実験条件	ワクチン接種人数 (人)	65 歳～接種率 (%)	15～64 歳接種率 (%)	ワクチン接種時期 (時間)
ワクチン接種なし	0	-	-	-
お年寄り優先	300	100	0	24
若者優先	300	0	100	24
お年寄り・若者半々	300	50	50	24

果から今回の実験では、ワクチン接種なし条件と若者優先のワクチン接種条件の死亡者数に大きな差がないという結果になった。また、半々条件とお年寄り優先条件はともに、ワクチン接種なしよりも死亡者数が減少した。しかしながら、お年寄り優先のワクチン接種は他 3 つの条件と比較して、大幅に死者数が減少していることがわかる。

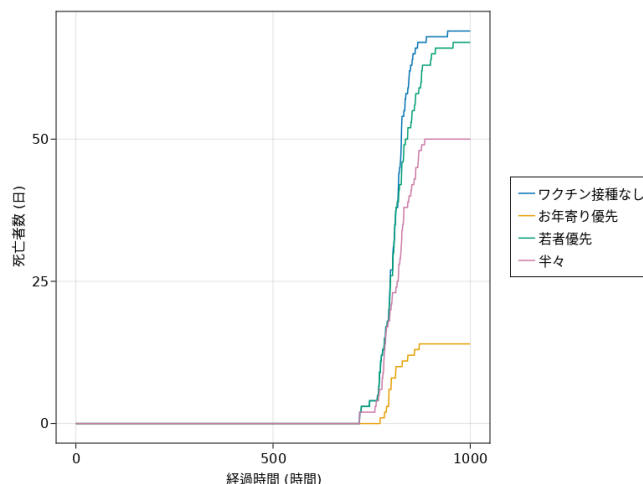


図 3.1 ワクチン接種優先順による死亡者数

表 2. 実験 2 で設定したシミュレーションの変数

実験条件	ワクチン接種人数 (人)	65 歳～接種率 (%)	15～64 歳接種率 (%)	ワクチン接種時期 (時間)
接種割合 0%	0	-	-	-
接種割合 30%	270	33	66	24
接種割合 50%	450	33	66	24
接種割合 100%	900	33	66	24

### 3.2 ワクチン接種割合 (実験 2)

ワクチン接種割合による COVID-19 の死亡者数の違いを図 3.2 に示す。図 3.2 から、ワクチン接種割合が増えるほど、死亡者数が減少している。

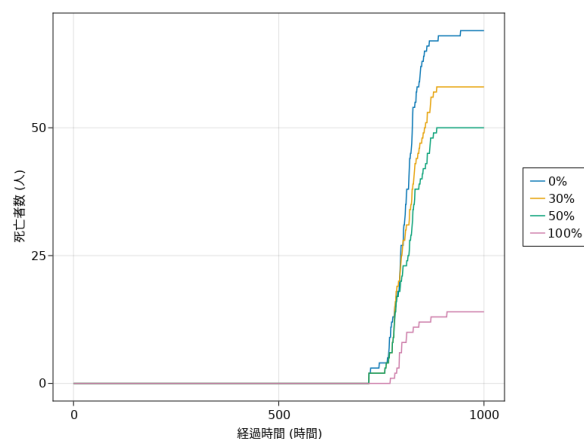


図 3.2 ワクチン接種割合による死亡者数

表 3. 実験 3 で設定したシミュレーションの変数

実験条件	ワクチン接種人数 (人)	65 歳～接種率 (%)	15～64 歳接種率 (%)	ワクチン接種時期 (時間)
短い接種間隔	300	33	66	24
長い接種間隔	300	33	66	240

### 3.1 優先してワクチン接種する年代 (実験 1)

優先してワクチン接種する年代による COVID-19 の死者数の違いグラフを図 3.1 に示す。図 3.1 から、ワクチン接種なし条件 > 若者優先条件 > 半々条件 > お年寄り優先条件の順に死亡者数が減少した。結

### 3.3 ワクチン接種時期 (実験 2)

ワクチン接種時期による COVID-19 の死亡者数の違いを図 3.3 に示す。図 3.3 から、優先してワクチン接種する年代に関わらず、ワクチン接種時期が長くなる

と死亡者数が増加した。お年寄り優先条件は特に、死亡者数が増加した。

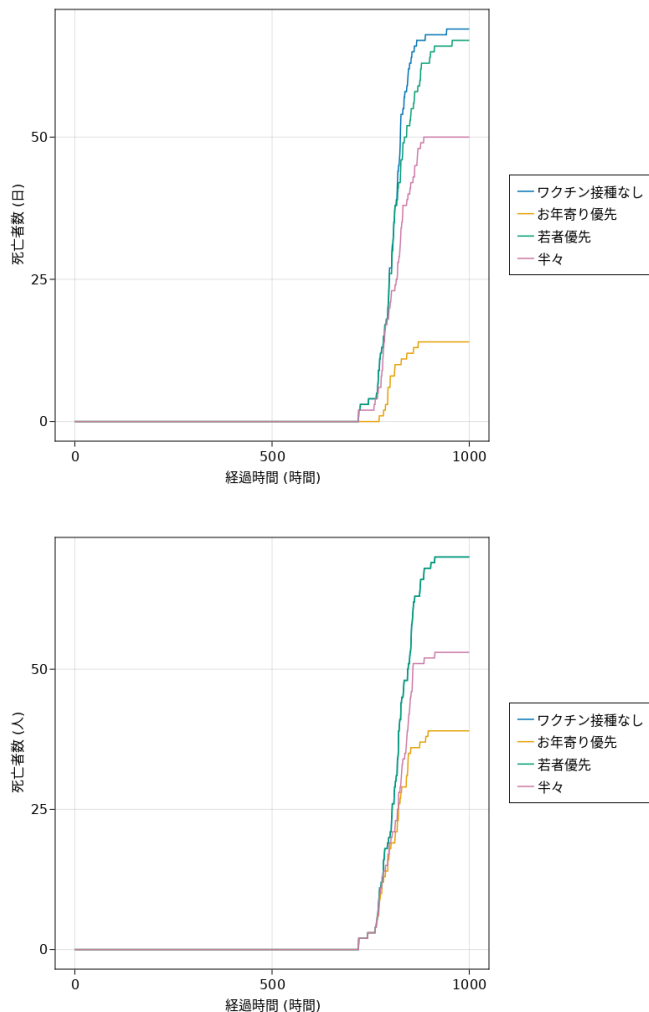


図 3.3 ワクチン接種期間による死亡者数の違い  
(上図：短い接種間隔条件，下図：長い接種間隔条件)

### 3.4 シミュレーション結果の最適化

遺伝的アルゴリズムを用いて、本実験の実行結果の最適化を図った。遺伝的アルゴリズムとは、主流な最適化手法の一つであり、モデルのデータを遺伝子で表した個体を複数用意し、ポイントの高い個体を優先して交叉・突然変異させる等の操作を繰り返すことにより、最適な値に近づけていくという手法のことである。

実行結果を以下に示す。ここで、 $r$ は「65歳以上接種率」、結果は死亡者数である。結果から見て取れる通り、死亡者数を減らすことには成功している。一方で3.1節とは異なる結果が出力されているのは、最適化を実行する際の遺伝子数や世代数が少ないことが原

因であると考えられる。

1	Log:	$r=0.8246443201786091 \Rightarrow 41$
2	Log:	$r=0.6509684038545303 \Rightarrow 54$
3	...	
4	Log:	$r=0.7762070301506304 \Rightarrow 53$
5	Log:	$r=0.7564229023063938 \Rightarrow 53$
6	Log:	$r=0.9475534201163373 \Rightarrow 39$
7	【第1世代】	$0.9475534201163373 \Rightarrow -39$
8	【第2世代】	$0.9469649991710445 \Rightarrow -39$
9	【第3世代】	$0.9466707886983982 \Rightarrow -39$
10	【第4世代】	$0.9466707886983982 \Rightarrow -39$
11	...	
12	【第10世代】	$0.9466707886983982 \Rightarrow -39$

図 3.4 遺伝子アルゴリズムによる死亡者数を最小化する「65歳以上接種率 ( $r$ )」

## 4. 考察

### 4.1 優先してワクチン接種する年代

実験結果から、ワクチン接種なし条件 > 若者優先条件 > 半々条件 > お年寄り優先条件の順に死亡者が減少した。ワクチン接種なし条件と若者優先条件の死亡者数に大きな差がなかったのは、ワクチン接種前でも若者の死亡率が極めて低いため、ワクチンを接種後も死亡率に大きな差が見られなかったためと考えられる。また、半々条件とお年寄り優先条件はともに、ワクチン接種なし条件よりも死亡者数が減少した。その中でも、特にお年寄り優先条件の死亡者数が大幅に減っており、お年寄りのワクチン接種の割合が高いほど死者数が減少するということがわかる。そのため、ワクチン接種を優先する年齢層に関して、もっともCOVID-19の死亡者数を減少させるためには、65歳以上となる高齢者を優先にしてワクチンを接種するのが効果的であると考えられる。そして、この結果は日本の65歳以上となる高齢者を優先して、ワクチンを接種する政策の有効性を裏付けるものとなった。

### 4.2 ワクチン接種割合

実験結果から、ワクチン接種割合を増やすと、死亡

者数が減少した。これはワクチンが死亡率を2割に減少させる効果があり、死亡者数に影響をあたえたものと考えられる。また、ワクチン接種割合50%から100%の死亡者数の減少幅が、他の条件と比較して、大きくなっていた。そのため、ワクチンを接種する人の割合が増えるほど、COVID-19の死亡者数を減少させると考えられ、特に人口の半分以上がワクチン接種するとより大きな効果が得られると考えられる。

### 4.3 ワクチン接種時期

実験結果から、ワクチン接種時期を長くすると、死亡者数が増加した。そのため、ワクチンを接種時期は短いほど死亡者数を減少すると考えられる。また、お年寄り優先条件で特に死亡者数が増加した。そのため、ワクチン接種時期を短くすることが、COVID-19の死亡者数を減少させるのに効果的と考えられ、65歳以上となる高齢者には特に効果的と考えられる。

## 5. 結論

年代ごとにワクチン接種の優先順位を変更させたシミュレーション結果からCOVID-19感染による死亡者数を最小化させるのは、ワクチンを全て高齢者接種させた場合であった。このことから日本政府の高齢者を優先させたワクチン接種は、ワクチン接種の目的である死亡者を減らすのに最も有効であることが分かった。

## 6. 今後の課題

遺伝子数や世代数を増やした最適化アルゴリズムを行い、死亡者数を最小化するワクチン接種の年代別割合を求めることで、日本政府が定めたワクチン接種順を数理的に評価したい。また、シミュレーションの「領域」や「感染率」及び計算時間 Step 数、エージェントの「移動速度」、エージェントの相互佐藤等を調整し、シミュレーションをより現実の状態を反映させてより厳密な評価も行う必要がある。

## 7. まとめ

COVID-19 感染による死亡者を減少させる目的で設

定した高齢者を優先するワクチン接種が本当に死亡者数の最小化を達成するかを SIR モデル及び MAS に基づいたシミュレーションを用いて検証した。その結果、高齢者を優先したワクチン接種が最も COVID-19 感染による死亡者数を最小化するという結果となり、日本政府の方針は適切であったことが分かった。

## 番外編 (シミュレータの共通変数) まとめ

エージェント総数	1000 人
エージェント数 (0~14 歳)	100 人
エージェント数 (15~64 歳)	600 人
エージェント数 (65 歳~)	300 人
感染率	0.8%
感染期間	30 日
死亡率 (65 歳未満)	$0.04 \times 5$ (%)
死亡率 (65 歳以上)	$1e-3 \times 5$ (%)

## 参考文献

- [1]厚生労働省：新型コロナワクチン Q&A  
<https://www.cov19-vaccine.mhlw.go.jp/qa/all/>
- [2]厚生労働省：データからわかるー新型コロナウイルス感染症情報ー (更新日 2021 年 6 月 22 日のデータ)  
<https://covid19.mhlw.go.jp/>
- [3]内閣官房：新型コロナウイルス感染症対策分科会 (第 24 回)  
<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/ful/bunkakai/corona24.pdf>
- [4][Package] Agents.jl を利用したマルチエージェントシミュレーション | 平面と感染症を題材として  
<https://zenn.dev/takilog/articles/4730c2f49e23b24f0e4d>
- [5]Julia <https://julia-lang.org/>
- [6]Agent.jl  
<https://juliadynamics.github.io/Agents.jl/stable/>
- [7]総務省：人口推計令和 3 年 6 月報  
<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/pdf/202106.pdf>
- [8]資料 2ー5 HER-SYS データに基づく報告「年齢別の新型コロナウイルス感染陽性者数と死亡数-年齢別のワクチン接種についても検証」  
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000818356.pdf>



# 災害時のトイレ不足問題の解決のための 自助意識の啓発に関する考察

木村 圭吾    太田 哲平    岸 将史    XI CHENRUI    アドバイザー教員：鈴木勉

2021年11月29日

## 1 研究背景・目的

近年我が国において、地震などに加えて台風などの自然災害が増加している。図1に日本の自然災害発生件数の推移を示す[1]。図1より、災害の発生件数の平均値は増加しており、今後も地球温暖化問題の進行に伴いさらに増加していくことが予想される。

また、大型災害の発生時には、避難所における生活の長期化が考えられる。令和元年房総半島台風では2週間以上の避難所生活を強いられた住民もおり[2]、避難所における生活インフラの整備が重要である。避難所生活に関する研究は多くされており、電力インフラや食糧問題、避難スペース等の問題など、避難所運営には多くの課題が挙げられている。その中で、本研究では避難所におけるトイレ不足問題に着目した。トイレは食料や他の生活インフラ問題に比べて重要視されていないことが多い。しかし、大規模な災害発生時には必ず「災害関連死」が発生しており、トイレの供給不足からくるトイレの我慢は災害関連死につながる要因の一つとして認識されている。つまり、トイレ不足問題は直接人命にかかわっているといえる[3]。

災害発生時のトイレ不足問題について説明する。大規模災害が発生すると停電や断水などが発生し、水洗トイレが使用出来なくなることがある。実際に2015年に常総市で発生した台風による大規模水害では、1万件以上の断水が発生している[4]。このように、災害時には断水や建物崩壊などで、普段使用する水洗トイレを使用できない可能性があり、そこで使用されるのは仮設トイレなどの災害用トイレである。図2には過去の災害発生時に避難所に配備されたトイレの数と状況を示している。このように、各避難所は避難者の数に応じて必要なトイレの数を検討し、もし避難所にあらかじめ存在するトイレだけでは足りない場合には、

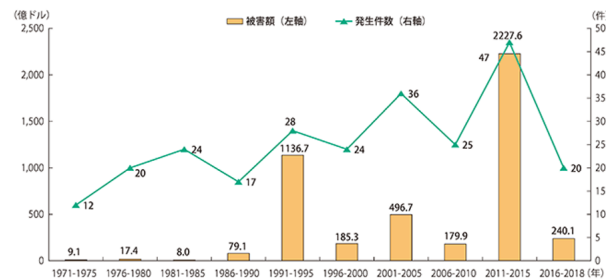


図1: 日本の災害の発生件数

仮設トイレなどを手配することになる。

仮設トイレは、各自治体に存在するリース業者などからレンタルする場合が多い。しかし、これらの仮設トイレの調達には避難所に届くまでに時間を有すること[5]や、仮設トイレの排泄物を汲み取るための労働力が必要であることなど、多くの課題が存在する。[7]では東日本大震災発生時において、各避難所に仮設トイレが行き渡るのに有した時間を調査している。調査の結果、発生から3日以内に届いたと回答している自治体は全体の3分の1程度であり、中には仮設トイレが届くまでに1ヶ月以上有したという自治体も存在することが明らかにされている。このように、大規模災害発生時には道路閉塞や浸水などの影響で、仮設トイレを迅速に配備できない状況にあることがわかる。

そこで仮設トイレの不足を補うために重要となるものが、携帯トイレである。断水して使用できなくなった水洗トイレの個室などにおいて、携帯トイレを用いて一時的なトイレとすることが可能である。しかし、1日の平均的な排泄の回数は5回[6]とされており、携帯トイレは1回のトイレで1セット使用するため、かなりの数の備蓄が必要である。

このような課題を解決するには、避難所を開設する

発生日時	災害名	仮設トイレの数	状況等
平成2年11月17日	雲仙普賢岳噴火災害	約120人～140人に1基	不足気味
平成5年7月12日	北海道南西沖地震	約20人に1基	混乱なし
平成7年1月17日	阪神・淡路大震災	約75人に1基	左記の数量が配備された段階で情報が殆どなくなる。

図 2: 災害時のトイレの必要数

各自治体において、トイレの適切な運用管理に関する仕組み化が必要である。そこで我々は、現状の自治体の避難所運営マニュアルのトイレの運営に関する部分について調査を行うことで、マニュアルに潜む課題を洗い出し、その課題を解決するマニュアルの作成及び仕組み化を考案することを研究目標とする。適切な運営が行われない原因としてマニュアルの内容と実際の対応の間にギャップが存在すると考えられるので、その部分を埋められる仕組み化を提案する。

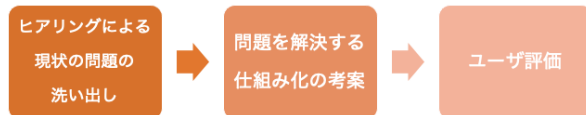


図 3: 研究手法

## 2 調査手法

### 2.1 文献調査

#### 2.1.1 各市町村の避難所運営マニュアル調査

まずは各自治体レベルで発行している避難所運営マニュアルを調査し、課題の洗い出しを行った。多くの自治体では独自に避難所運営マニュアルや防災マニュアルを用意しており、その内容については自治体ごとに異なるが、災害時に必要な情報を含んだものとなっている。しかしその内容や詳細度には地域格差があり、トイレの運用管理についての情報が不足している。また、共通した課題として以下のものが挙げられ、避難者が普段から読んでおくようなものにするにはこの部分を改善する必要があると考えられる。

- 分量が多く読む気にならない
- 避難者向けの情報、運営者向けの情報の混在

各自治体区分ごとのマニュアル	特徴
茨城県 「避難所運営マニュアル基本モデル」	各自治体が避難所運営マニュアルを作成するためのテンプレートという位置づけ トイレ区分ごとの特徴や注意事項、設置レイアウトなど
つくば市 「防災マニュアル」	災害の予防や事前対策、災害発生時の初動について記載 避難所運営職員むけの行動マニュアルは非公開
筑波大学 「地震対応マニュアル」	地震発生時の行動フローや避難場所の地図など 筑波大学は指定避難所ではないので運営マニュアルは存在しない

図 4: 自治体区分ごとのマニュアルの内容

#### 2.1.2 自治体区分ごとの避難所運営マニュアル調査

次に各自治体区分ごとに避難所運営マニュアルを調査し、自治体区分ごとにマニュアルの関連付けが存在するかを調査した。今回は茨城県、つくば市、筑波大学について調査した。それぞれのマニュアルの内容を図4に示す。これらより、各自治体区分によってマニュアルに求められる役割が異なるが、直接的な関連付けはないように見える。

### 2.2 インタビュー調査

次に、本研究の目的を達成するために、我々は4つの組織または自治体の防災担当の職員を対象にインタビュー調査を行った。インタビュー調査の目的としては、各対象におけるトイレの配備計画や避難所開設マニュアルの現状と、実際の運営とのギャップを明らかにすることである。

## 3 調査結果

本章では、本研究にて行ったインタビュー調査の結果得られた情報や今後の課題となる部分について示す。

### 3.1 筑波大学へのインタビュー調査

まず最初に、筑波大学総務部リスク・安全管理課の担当者に対しインタビューを実施した。目的としては、筑波大学は災害発生時にどのような役割を担うのか、また実際に避難所を開設し運営する立場の方々に、避難所運営マニュアルはどの程度周知されているかを確認することである。上記の目的を踏まえ、図5の項目に関してインタビューを実施した。

項目1	防災マニュアルの周知度について ([5][8][9][10]について) ・ご存知のもの ・読んだことがあるもの ・不足に感じた点
項目2	筑波大学が避難所となった場合の役割分担 担当者にわかりやすく業務内容が記載されたマニュアルの有無 筑波大学が避難所となった際には構内はどのように使われるか
項目3	筑波大学の避難所開設におけるトイレの運用マニュアルの有無 避難所開設時にトイレをどこから何基手配するか 災害時に準備するトイレの種別について
項目4	防災マニュアルと実際の運営とのギャップについて

図 5: 筑波大学へのインタビュー項目

まず防災マニュアルの周知度に関しては、本学が所属するつくば市のもの [10] と、内閣府が出しているガイドライン [5] については見たことがあるという回答をいただいた。内閣府の「避難所におけるトイレの確保・管理ガイドライン」に関しては、災害時に生じるトイレに関する問題や災害用トイレの種別や使い方などが詳しく記載されており、災害時のトイレ対策としてまず参考にする文書として挙げられるものである。

項目 2 の災害発生時の対応については、筑波大学は指定避難所ではないため、つくば市からの依頼があった場合にのみ避難所を開設するとのことだが、担当者向けのマニュアルはまだ整備されておらず、具体的な対応については災害発生時に市からの要請に従うことになるようである。

また項目 3 の災害発生時のトイレ配備についても、指定避難所ではないため帰宅困難者の受け入れを主に想定している程度であり、トイレの運用マニュアルなどは整備されていない。備蓄に関しても、1700 回分の簡易トイレの備蓄があるとのことだが、こちらも帰宅困難者の短期間の避難を想定した数であることが見受けられる。インタビュー結果全体を通して、筑波大学は指定避難所ではないことから、大人数の避難者を受け入れることを想定していないことがわかった。災害時の対応については市からの要請があればそれに従って対応するが、そのための対応マニュアルはまだ整備されておらず、災害発生時の状況次第の対応になることがわかる。したがって対応内容が明確に決まっていないためマニュアルの整備も難しい。また、インタビュー調査の際の担当者の話からも、食料などに対しトイレは、備蓄の見直しや災害対策においてはどうしても後回しになってしまう現状があることがわかった。

項目1	災害時に配備するトイレの種別と備蓄状況
項目2	各避難所へのトイレの配備計画(調達先や配分、業者との協定の有無)
項目3	2015年豪雨時のトイレ配備の運用体制について
項目4	2015年豪雨時においてトイレ配備で生じた問題
項目5	2015年豪雨時においてトイレの衛生面で生じた問題
項目6	避難所運営マニュアルの概要と目的について
項目7	マニュアル作成時に参考になっている外部の資料など
項目8	災害発生時の外部の自治体との連携など
項目9	2015年豪雨を経て、マニュアルと実際の運用とのギャップについて

図 6: 常総市へのインタビュー項目

### 3.2 常総市へのインタビュー調査

次に我々は、常総市の防災危機管理課防災危機管理係の担当者に対してインタビューを実施した。常総市は 2015 年に豪雨による大規模な水害を経験しており、その際に一部の地域で断水が発生し、トイレが使用できない状況が発生している。そのような経験を踏まえ、災害発生時に避難所を運営する際にトイレの配備・運用を行う際にはどのような課題が存在するのか、当時の災害対応の中でマニュアルの内容だけでは対応できなかったものにはどのようなものがあるのかといった部分を、図 6 の質問項目に沿ってインタビューを実施した。

まず、常総市での災害用トイレの備蓄状況についてだが、備蓄品を置いておけるスペースがある場所にまとめて備蓄している状況であり、計画的に備蓄が行われているわけではないことがわかった。また、仮設トイレに関してはイベントなどの際に仮設トイレを貸与するリース業者との間で災害協定を結んでおり、災害発生時にはそのような業者から支援を受ける計画となっている。具体的な配備先や、割り振りといった計画は今後詳細に検討されることとなる。

次に 2015 年豪雨時に発生した避難所でのトイレの運用に関する問題について、いくつか具体的なものを知ることができた。まず、仮設トイレについては設置するだけでは解決せず、使用後の汲み取りが問題となる。仮設トイレのタンクが一杯になると使用できなくなるので、こまめな汲み取りが必要となるが、バキュームカーの数は限られており、結果的に配備できたが使用できなくなる場面もあったという。これについては市外からも支援を増やすことが望ましいとされている。また、トイレを衛生的に保つことも重要であり、トイレを流すための水の補給も大きな課題となっているとのことだった。また当時の対応から、現状のマニュアルにはトイレの備蓄状況の整理、避難所単位のトイレ

項目1	災害時に配備するトイレの種別と備蓄状況
項目2	各避難所へのトイレの配備計画(調達先や配分、業者との協定の有無)
項目3	防災計画におけるトイレ問題の重視度
項目4	避難所運営マニュアルの概要と目的について
項目5	マニュアル作成時に参考にしている外部の資料など
項目6	災害発生時の外部の自治体や市内研究機関との連携など
項目7	2015年の常総市の豪雨時につくば市として対応されたこと
項目8	2015年の常総市の豪雨を経て、防災計画において変化した点

図 7: つくば市へのインタビュー項目

備蓄などの計画が不足している点が今後の課題であるとのことだった。

これまでのヒアリングの内容から、災害発生時のトイレの課題としては、配備の部分というより、配備後の運用・管理の部分が大きいと考えられる。仮設トイレは設置すれば完了というわけではなく、その後の細かな管理と保守が必要となり、怠れば使用できなくなることがわかった。今後常総市は、避難所ごとのトイレに関するマニュアルの整備を行っていく予定である。

### 3.3 つくば市へのインタビュー調査

次に我々は、つくば市役所市長公室危機管理課の担当者に対してインタビューを行った。目的としては常総市と同様に、災害発生時のトイレの配備・運用に関する課題及び避難所運営マニュアルに存在する課題についてお伺いすること、それに加えて常総市と比較してつくば市ではどのような対策を行なっているのか、災害発生時の協力体制は存在するのかといった部分を調査することである。上記のような目的のもと、図7の質問項目に沿ってインタビューを行った。

まず災害用トイレの備蓄状況に関しては、各避難所ごとに10年間保存可能な携帯トイレを数百回分備蓄しており、それに加えて市の本部倉庫にも多数備蓄されている。また、仮設トイレに関しては常総市と同様にリース業者との間で協定を結んでおり、災害発生時に依頼をする形となっている。備蓄品に関しては東日本大震災後に様々な防災グッズが登場しているため、今ではかなり充実していると話されていた。仮設トイレに関しても協定が結ばれているが、こちらは協定を結んでいる企業のリース品のトイレがイベントなどで出払っている場合もあり、確実に必要数を用意できる保証はないという点が課題である。また、仮設トイレのバリアフリー化がまだ進んでいない点についても課題が残る。東日本大震災の時にも、避難所に仮設トイ

項目1	災害時の避難所開設における、市区町村と比較した県の役割
項目2	災害時のトイレ不足問題に対して県として対応されていること
項目3	災害用トイレの備蓄の有無
項目4	防災計画におけるトイレ問題の重視度
項目5	避難所運営マニュアルの概要と目的について
項目6	広域避難に関して県として取り組まれていること
項目7	各自治体の防災計画に対する県としての支援はあるのか
項目8	防災マニュアルと実際の運営とのギャップについて

図 8: 茨城県へのインタビュー項目

レが設置されたが、足が悪くトイレに行くのが大変でトイレを我慢してしまう人が見られたと話されており、仮設トイレのバリアフリー化は重要度の高い問題であると言える。

また、災害発生時の避難所運営マニュアルについては、つくば市は2015年の常総市の水害発生時に最長で1ヶ月ほど避難所を開設しており、その経験がマニュアルに生きている。これに加え、昨年からの新型コロナウイルス蔓延の状況を踏まえたマニュアルの改善も行っている[11]。しかし、災害発生時にはマニュアルに記載のないイレギュラーが必ず生じるため、マニュアルの詳細化も重要だが、イレギュラーに臨機応変に対応できる力や知識、リテラシーを身につけることが重要だと話されていた。2015年の水害を始め、昨今は大規模な災害が増加しており、防災対策は広域化している。つくば市も近隣の常総市やつくばみらい市と協定を結び、広域避難に向けた対策を行なっている。

### 3.4 茨城県へのインタビュー調査

最後に我々は、茨城県防災・危機管理課の担当者に対してインタビューを実施した。これまでは自治体や避難所単位でのお話をお伺いしたが、今回は県としての役割や対応、避難所のトイレ問題に対する対策といった部分についてお伺いすることを目的とする。

まずは、災害発生時の避難所開設における県の役割についてお伺いした。避難所の開設及び運営については各自治体が行うため、県は各自治体の間で連携を取ったり支援を行うことを役割としている。茨城県においても携帯トイレを21万回分備蓄しており、こちらについても各自治体で不足が生じた場合に支援することが主な目的である。

次に避難所運営マニュアルについてだが、茨城県も避難所運営に関するマニュアルを作成しており、各自治体がマニュアルを作成する際のテンプレートとなる

ようなものという位置づけになっている。ここには避難所を運営する際の流れや、災害用トイレの種別に関する記載も存在する。このように、避難所開設・運営における県の役割としては、各自治体の架け橋となり情報共有を行い、必要があれば支援を行うことであることがわかった。また、各自治体に災害対策の方針を示すために、避難所運営マニュアルのテンプレートを作成したり、自治体の職員や市民に向けた講習会やワークショップを行なっている。インタビューを行う中で、災害時の避難所運営マニュアルの課題点についてお伺いしたところ、一般市民による避難所の運営に向けた対策が十分でない点があるとのことだった。避難所の運営が長期間に渡った場合、市民が自ら運営を行なっていくフェーズが訪れる。そうなった場合、マニュアルの内容が市民にも実践できる内容である必要があり、それを自主的に実践してもらう必要がある。そこで茨城県は市民に向けた災害対策ワークショップを開催し、市民の中で避難所運営に対してリーダーシップを発揮できる人材を増やすことを実践している。災害時の避難所運営には、職員向けのマニュアルの充実化だけでなく、我々避難者の意識とリテラシーが重要になってくることがわかる。

#### 4 自助意識の啓発

これまでの調査から、災害時のトイレ不足問題を解決するためには、各避難所の運営マニュアルの改善では限界があり、各避難者の自助の姿勢を啓発することが必要であるとわかった。しかし、多くの避難者は災害時のトイレ問題については意識しておらず、家庭内に携帯トイレを備蓄している人は多くない。トイレ問題に対する自助の姿勢を育むためには、まずは災害時のトイレの現状と備蓄の必要性について広く周知する必要があると考えられる。そこで我々はインタビュー調査で知り得た知識や現状を踏まえ、特に避難者に知っておいてもらうべきであると考えたものをピックアップし、リーフレットとしてまとめた(図9)。各自治体や内閣府などの専門機関が出しているガイドラインは詳細かつ正確であるが、情報量が多いため日頃から避難者に目を通してもらうことが難しい。そこで我々は、避難者が簡単に読める情報量で、災害時のトイレ不足問題について、エッセンスだけを知ってもらい、意識を啓発できるものを目指した。上記の目的のもとリー

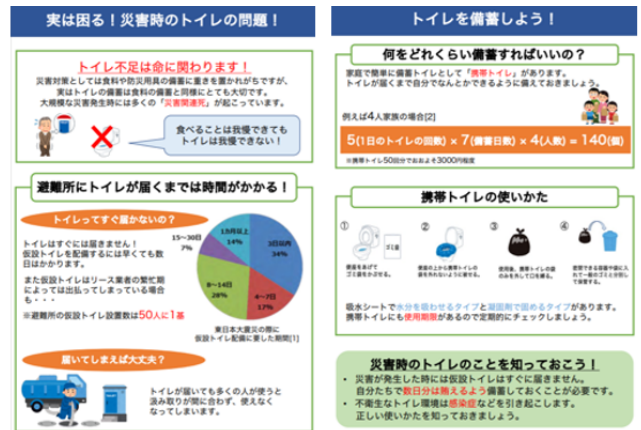


図 9: 作成したリーフレット

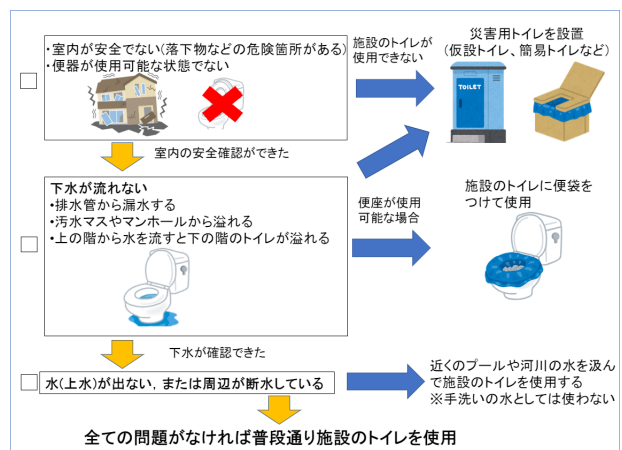


図 10: 災害時のトイレの使い方

フレットを作成し、今回インタビュー調査にご協力いただいた4つの自治体及び組織の職員様に評価していただいた。今回リーフレットの中にエッセンスとして記載した内容は以下である。

- トイレを我慢することは健康被害につながる
- 避難所の仮設トイレ配備には時間を要すること
- 災害用トイレの備蓄数の目安、使い方

これらの情報は基本的なことであるが、災害時にトイレの不足が問題になるという意識のない避難者に対して知ってもらうことで、問題意識を持ってもらえる情報であると考え選定した。また、今回作成したリーフレットに関しては、インタビューにご対応いただいた職員の方々に共有し、評価をいただいた。

## 5 考察

今回の調査では、様々な立場で避難所運営に関わる方々からお話をお伺いすることができた。どのインタビューでも共通していたこととして、災害時にはイレギュラーが生じるため、マニュアルの充実化よりも各避難者のリテラシーの向上がより重要になるということがある。避難所の運営の指揮を取るのは自治体の職員だが、実際に生活するのは避難する市民であるので、市民一人一人が臨機応変に行動し、イレギュラーに対応することが安全な避難所生活につながる。また、避難所に行かずに自宅やホテルで避難するような新しい避難の形が普及しつつある。これから生じる大規模災害に向けて、市民一人一人が自分の身を守る備えを行い、自宅避難に移行することが求められる。

## 6 結論

今回我々は、災害発生時のトイレ不足問題を解決するため、現状の避難所運営マニュアルに潜む課題やギャップについて調査を行った。しかしインタビュー調査の結果、災害発生時にはイレギュラーが生じ、マニュアル通りの配備を行うのが難しい点、避難者数や避難期間の予想が困難である以上マニュアルに頼った対応では不足である点などが明らかになった。そこで我々はトイレ不足問題の解決にはマニュアルの整備ではなく、避難者側のトイレに関する自助の姿勢が必要であると考える、その意識を啓発できるリーフレットを作成した。

今後も大規模災害は引き続き発生していくと考えられ、避難者一人一人がどれだけ防災に対して自助の精神のもと対応できるかが防災の鍵となる。

## 7 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

## 参考文献

[1] 中小企業省，中小企業白書，  
[https://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/2019/PDF/chusho/05Hakusyo\\_part3\\_chap2\\_web.pdf](https://www.chusho.meti.go.jp/pamflet/hakusyo/2019/PDF/chusho/05Hakusyo_part3_chap2_web.pdf).

- [2] 千葉市総務局危機管理部危機管理課，令和元年災害記録誌，  
[https://www.city.chiba.jp/somu/kikikanri/kikikanri/documents/saigaikirokushi\\_all.pdf](https://www.city.chiba.jp/somu/kikikanri/kikikanri/documents/saigaikirokushi_all.pdf).
- [3] 経済調査会「災害関連疾患を軽減するためのトイレ対策」，  
<https://www.kensetsu-plaza.com/kiji/post/29931>.
- [4] 東日本豪雨 停電・断水は1万件超，ライフライン復旧難航 茨城 - 産経ニュース，  
<https://www.sankei.com/article/20150912-2OFG6EPAXROSZJ7VEMKHQTAANY/>.
- [5] 平成 28 年 4 月内閣府【防災担当】避難所におけるトイレの確保・管理ガイドライン，  
[http://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/pdf/1604hinanjo\\_toilet\\_guideline.pdf](http://www.bousai.go.jp/taisaku/hinanjo/pdf/1604hinanjo_toilet_guideline.pdf).
- [6] 災害時における自治体の仮設トイレの調達等に関する調査研究，  
[https://doi.org/10.14912/jsmcwm.26.0\\_143](https://doi.org/10.14912/jsmcwm.26.0_143)(2015年).
- [7] 岡山朋子，加藤篤，災害時における自治体の仮設トイレの調達等に関する調査研究，  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmcwm/26/0/26.143/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmcwm/26/0/26.143/_article/-char/ja/).
- [8] 日本トイレ研究所「災害用トイレガイド」，  
<https://www.toilet.or.jp/toilet-guide/index.html>.
- [9] 茨城県市町村避難所運営マニュアル基本モデル，  
<https://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/bousaikiki/bousai/documents/honbunkihonnmoderu.pdf>.
- [10] つくば市地域防災計画，  
<https://www.city.tsukuba.lg.jp/kurashi/anshin/bousai/1000596.html>.
- [11] 茨城県，新型コロナウイルス感染症対策を踏まえた避難所運営マニュアル作成指針について，  
[https://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/bousaikiki/bousai/korona\\_taiou/hinanjounei.html](https://www.pref.ibaraki.jp/seikatsukankyo/bousaikiki/bousai/korona_taiou/hinanjounei.html).

# 暗号資産に関する全世界における サイバーインシデントの調査とリスクの考察

PBL 演習 4 班

伊藤 奎政 岸淵 涼平 曹 彦 都築 祐人

アドバイザー教員：矢田 昇平 面 和成

## 1. はじめに

暗号技術などをベースとするブロックチェーンを用いた電子的資産の一つである暗号資産は、2017年のビットコイン価格暴騰をきっかけに注目されるようになった。Coinmarketcap<sup>[1]</sup>によると、2021年5月31日現在、5023の暗号資産銘柄が存在しており、図1に示す通り、その規模は年々大きくなっている。近年では、新型コロナウイルス蔓延による外出機会の減少、オンライン化に伴い、決算手段などの利用も進む暗号資産への期待が益々高まっている。

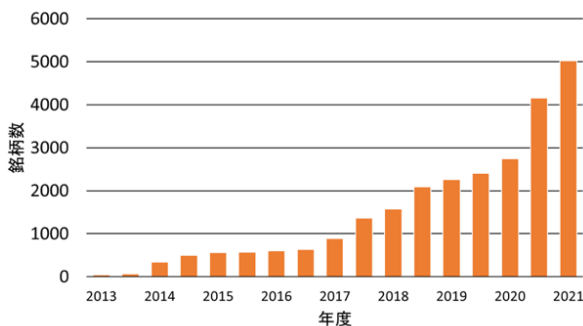


図1 2013年～2021年の銘柄数の推移

暗号資産は、ブロックチェーン技術を用いるため、管理が非中央集権的であり、記録の改竄が困難といった独自のメリットがある。一方で、従来のサイバー攻撃に加え、ブロックチェーン技術や取引システムの脆弱性をついた攻撃など、多様なサイバー攻撃にさらされるリスクが存在している。実際、これまで多くの暗号資産インシデントが発生しており、2016年の暗号資産取引所「Bitfinex」<sup>[2]</sup>では、約7000万ドルのビットコインがハッキング被害に遭い、このインシデントをきっかけにビットコインの価格は一時的に下落した。インシデント発生に伴う価格変動は、暗号資産の安定的な運用において

弊害であり、インシデントの対策が必要である。

Liら<sup>[3]</sup>、Wangら<sup>[4]</sup>はブロックチェーン技術の主要なリスクや攻撃手法をまとめた研究を行っているが、実際のインシデント事例に関しては、ほとんど整理されていない。また、Grobyら<sup>[5]</sup>、Biaisら<sup>[6]</sup>は暗号資産の価格変動に対する主要なインシデントの影響の調査を行っているが、個々のインシデントの分析や対策には言及しておらず、取り上げられているインシデントも価格変動に関係した一部のインシデントのみとなっている。

そこで、本研究では、過去に発生したインシデント事例を一つ一つ調査・整理し、インシデントの攻撃手法や原因から傾向を分析する。そして、変化するインシデントリスクを明らかにし、暗号資産を扱う上での提言を行う。

## 2. 研究手法

### 2.1. 研究の流れ

本研究はインシデントの全体的な特徴や時系列的な傾向を把握するため、ビットコイン（暗号資産）の始まりとした2009年から2020年までに実際に発生したインシデントを調査した。インシデント事例は実際に金銭被害が報告されているものを対象として、暗号資産取引所の公式サイトや海外のニュース記事を参照した。さらに、インシデントリスクを詳細に明らかにするため、各インシデントを「被害対象」と「被害原因」の二種類によりそれぞれ分類し、インシデントの全体的な特徴や時系列的な傾向を把握した。その後、インシデントリスクの変化や原因の考察を行った。

### 2.2. インシデントの分類

#### 2.2.1. 被害対象による分類

インシデント被害を受けた対象によって分類

を行い、「暗号資産取引所」と「暗号資産関連サービス」、「銘柄」の三種類に分類した。「暗号資産取引所」は一般的に利用者による暗号資産の取引を代行することがある。この際、暗号資産取引所には多数の資産および署名鍵が保管されることとなり、攻撃の対象になる可能性が高い。また、攻撃されると多くの被害が出るため、最も一般として知られる攻撃対象である。「暗号資産関連サービス」は、ウォレットサービス、DeFi、ICO (Initial Coin Offering) など取引所を除く暗号資産に関連するサービスである。一般ユーザーが暗号資産を扱いたいとき、最低でも「暗号資産取引所」か「仮想通貨関連サービス」の一つを利用する場合がほとんどである。また、「銘柄」に分類されるBTC、ETHをはじめとした暗号資産自体もソフトウェアやハードウェアに脆弱性<sup>[7]</sup>があるため、攻撃の対象になる可能性がある。

## 2.2.2. 被害原因による分類

図2はインシデント被害の発生した原因による分類を示した図である。原因として「人による脆弱性」「取引所サーバの脆弱性」「暗号資産関連サービスの脆弱性」「ブロックチェーン・スマコン脆弱性」の四種類がある。「人による脆弱性」は、フィッシングと内部犯行など、セキュリティ情報の外部への流出や、内部不正アクセスなどによる被害を指す。暗号資産が生まれた前にすでに存在する課題で、ユーザーの安全意識を高めない限り改善は困難である。「取引所サーバの脆弱性」は暗号資産の取引を代行する取引所のサービスシステムに対する攻撃、不正アクセスや営業妨害による被害である。「仮想通貨関連サービスの脆弱性」はウォレットシステムなど他社が開発するシステムに対する攻撃による被害である。取引所サーバとともにマルウェア、DDoS、不正アクセスなどの攻撃を受ける可能性がある。「ブロックチェーン・スマコン脆弱性」はブロックチェーンやスマートコントラクトの脆弱性をついた攻撃などによる被害であり、具体的な攻撃手法には、51% attack、eclipse attack、selfish mining、vulnerability in contract source code などがある。

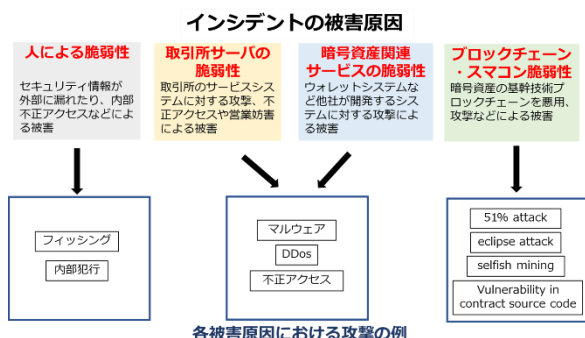


図2 被害原因によるインシデントの分類

具体的な分類方法について分散型取引所の例を上げながら説明する。分散型取引所とは、非中央集権型取引所とも呼ばれ、ウォレットや鍵を取引所が管理するのではなく利用者自身で管理し、直接利用者同士が取引を行うことのできる取引所のことである。従来の「中央集権型取引所」のように資産が一箇所に集中するリスクを避けることが可能だが、取引を行うスマートコントラクトの脆弱性などの影響を受ける。インシデントが発生した際、本研究では被害対象として「暗号資産取引所」に分類するが、被害原因は「ブロックチェーン・スマートコントラクト脆弱性」となる。

## 3. 結果

### 3.1. インシデントの総件数と総被害額

調査した2009年から2020年までに実際に発生したインシデントを調査した結果を図3に示す。総件数は102件、総被害額は\$26.9億となった。2014年、2018年は大きなインシデントが発生したことにより被害総額が突出している。また、2014のMt.Gox<sup>[8]</sup>と2018のCoincheck<sup>[9]</sup>事件を除く場合、被害額と件数は年々増加傾向である。原因として、暗号資産の価値や注目度の増加が影



響を受けたと考えられる。

図3 年度別インシデントの被害額と件数

### 3.2. 被害対象による分類

被害対象によりインシデントを件数で分類した結果を図4、被害額で分類した結果を図5に示す。図4より被害件数は取引所が最も多く、暗号資産関連サービスと銘柄がほぼ同等の件数である。図5より被害額は取引所に対するインシデントが圧倒的に多いことが見られる。取引所は多くのユーザーのウォレットを管理しているため、被害が大きくなりやすいが要因であると考えられる。また、2017年頃から暗号資産関連サービス、2018年頃から銘柄の件数が増加傾向にある。DeFiやICOなどのスマートコントラクト関連の暗号資産サービスの増加、アルトコインの増加が要因であると考えられる。



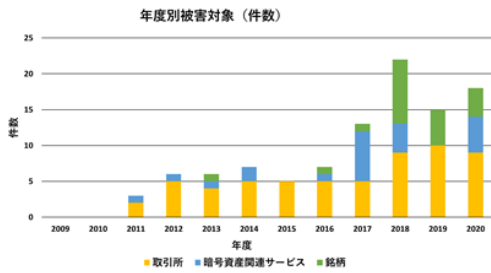


図4 被害対象による分類 (件数)

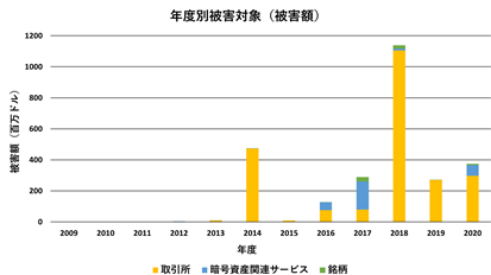


図5 被害対象による分類 (被害額)

### 3.3. 被害原因による分類

被害原因によりインシデントを件数で分類した結果を図6、被害額で分類した結果を図7に示す。図6よりブロックチェーン・スマコン脆弱性によるインシデント件数が増えていることが見られる。アルトコインの増加、スマートコントラクトを用いたサービスや取引所の増加していることが要因であると考えられる。取引所サーバの脆弱性は依然として発生しており、増加傾向である。近年、被害額は取引所サーバの脆弱性によるものが比較的多いくなっている。また、人による脆弱性のインシデントは、ほぼ毎年発生しており、近年では、暗号資産関連サービスを利用した詐欺も発生している。

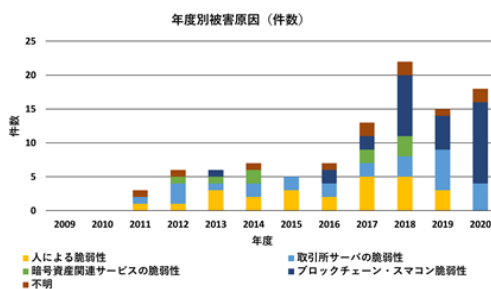


図6 被害原因による分類 (件数)

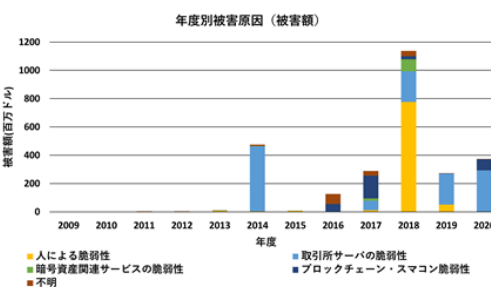


図7 被害原因による分類 (被害額)

また、インシデントの時系列的な傾向を把握するため、実際にあった2011年から2020年のインシデントを5年毎に分割し、件数と被害額の推移を表した(図8)。人による脆弱性のインシデントは常に件数が多く、被害額が大きく増加しており、場合によっては一つのインシデントで巨額の被害額となるときがある。このことから暗号資産を扱う上では、ユーザーも含め情報リテラシーを高く持つ必要がある。ブロックチェーン・スマコン脆弱性の件数は増えているが被害額はさほど増えていないことが見られる。取引所サーバの脆弱性は件数も被害額も増加しており、比較的、件数と被害額が他の被害原因より大きくなっている。

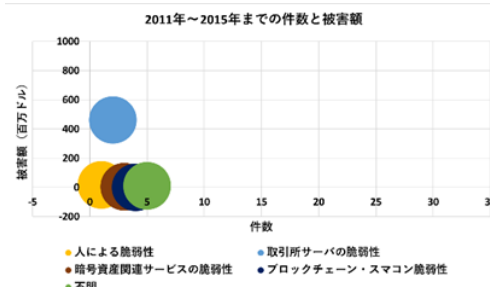
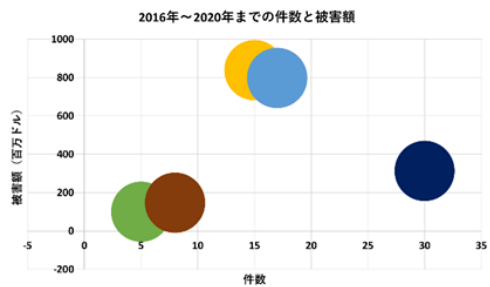


図8 5年毎の被害原因の傾向

## 4. 考察

本研究の調査の結果、暗号資産に関するインシデントは件数と被害額とも年々増加傾向にあることが確認された。これは暗号資産自体の価値の高まりによって同程度の資産量でも被害額が大幅に増加したことに加え、暗号資産の注目度の高まりに応じて攻撃の対象となる確率や攻撃手法の種類が増加し、インシデントリスクが大きくなったことが影響していると考えられる。

インシデントを被害対象と被害原因に分類することで判明したこともいくつかある。一つは、暗号資産取引所が被害対象およびその原因となっているインシデントが多数存在することである。取引所は多額の暗号資産を管理しており、攻撃に成功すれば多額の利益につながるため被害対象にもなりやすく、被害原因も孕んでいることから、取引所のリスク対策は非常に重要であると考えられる。また、ブロックチェーンやスマート

コントラクトに関するインシデントも近年増加しており、これは新規のアルトコインやスマートコントラクト技術を用いた暗号資産関連のサービスが増加したためであると考えられる。これらのアルトコインは比較的 51% attack の被害を受けやすく、サービスに関してもセキュリティが未整備など、セキュリティリスクが高い場合も多い。実際に、2020 年には画期的かつ安全性も高いと考えられていた分散型取引所が多くインシデントの被害にあっており、今後の運営に対策が求められる。さらに、「人による脆弱性」を原因としたインシデントは例年発生していることから、人が持つ情報に対する知識や理解の不足が常に課題であることが分かり、暗号資産を扱う上では、ユーザーも含め情報リテラシーを高く持つ必要があることが示唆された。

## 5. まとめと提言

本研究は、暗号資産を取り巻くインシデントリスクを明らかにすることを目的とし、過去に世界中で発生したインシデントの調査を行った。調査の結果、インシデントの被害自体は世界中で増えており、インシデントリスクに関しても初期から主要な課題として残り続けた取引所関連のリスクや、暗号資産の発展に伴い近年新たに現れたブロックチェーン関連のリスクなど、多様なリスクが混在していることが判明した。

分析の結果、本研究では今後の暗号資産の安定的な運用に向け、暗号資産ユーザーおよび暗号資産提供者のそれぞれの立場から対策が必要であると考えた。まず、ユーザー側の対応としては、取引所や仮想通貨関連サービスなどを利用するうえでのリスクをよく理解することが最も重要であり、その上で投資先を分散させる、新規のサービスにむやみに手を出さないなど、暗号資産と慎重に付き合っていくことが、インシデント被害を減らすためにも重要であると考えられる。一方でサービス提供側においては、意識的な改善だけでなく、サービスを提供する上での統一的なセキュリティ基準などを定めるなど、安全なサービスを提供できる枠組みを作るべきである。また、これまでは暗号資産の根幹技術であるブロックチェーンばかりが暗号資産のリスクとして研究されてきたが、今後は取引所をはじめとした暗号資産を扱うサービスのリスクに着目した研究が実際のインシデントを減らすうえでは重要になると考える。

## 参考文献

- [1] CoinMarketCap : Cryptocurrency Historical Data Snapshot , 2021.  
<https://coinmarketcap.com/historical>  
(最終閲覧日 : 2021/10/11)
- [2] Coindesk : The Bitfinex Bitcoin Hack: What We Know (And Don't Know), 2016.  
<https://www.coindesk.com/bitfinex-bitcoin-hack-know-dont-know>  
(最終閲覧日 : 2021/10/11)
- [3] Xiaoqi Li, Peng Jiang, Ting Chen, Xiapu Luo, Qiaoyan Wen : A survey on the security of blockchain systems, Future Generation Computer Systems, Vol. 107, pp. 841-853, 2020.
- [4] Wang Zeli, Jin Hai, Dai Weiqi, Choo Kim-Kwang Raymond, Zou Deqing : Ethereum smart contract security research: survey and future research opportunities, Frontiers of Computer Science, Vol. 15, 152802, 2020.
- [5] Grobys Klaus, Sapkota Niranjan : Contagion of Uncertainty: Transmission of Risk from the Cryptocurrency Market to the Foreign Exchange Market, SSRN Electronic Journal, 2019.
- [6] Biais Bruno, Bisiere Christophe, Bouvard Matthieu, Casamatta Catherine, Menkveld Albert J : Equilibrium Bitcoin Pricing, SSRN Electronic Journal, 2018.
- [7] 松尾真一郎 : 暗号資産とブロックチェーンの安全性の現状と課題, 日本銀行研究所, Discussion Paper No. 2020-J-8, 2020.
- [8] WIRED : The Inside Story of Mt. Gox, Bitcoin's \$460 Million Disaster, 2014.  
<https://www.wired.com/2014/03/bitcoin-exchange/> (最終閲覧日 : 2021/10/11)
- [9] Coindesk JAPAN : コインチェック事件とは? 北朝鮮によるハッキング犯行説とその後の展開, 2021.  
<https://www.coindeskjapan.com/coincheck-incident/> (最終閲覧日 : 2021/10/11)

## Appendix. 調査に使用した記事の URL リスト

	ソース記事 URL
NO.1	<a href="https://www.coindesk.com/hacker-exploits-flaw-in-decentralized-exchange-bisq-to-steal-250k">https://www.coindesk.com/hacker-exploits-flaw-in-decentralized-exchange-bisq-to-steal-250k</a>
NO.2	<a href="https://securityboulevard.com/2020/04/a-hackers-dream-payday-ledf-me-and-uniswap-lose-25-million-worth-of-cryptocurrency/">https://securityboulevard.com/2020/04/a-hackers-dream-payday-ledf-me-and-uniswap-lose-25-million-worth-of-cryptocurrency/</a>
NO.3	<a href="https://siliconangle.com/2020/04/19/25m-cryptocurrency-stolen-hack-lendf-uniswap/">https://siliconangle.com/2020/04/19/25m-cryptocurrency-stolen-hack-lendf-uniswap/</a>
NO.4	<a href="https://cointelegraph.com/news/defi-protocol-balancer-hacked-through-exploit-it-seemingly-knew-about">https://cointelegraph.com/news/defi-protocol-balancer-hacked-through-exploit-it-seemingly-knew-about</a>
NO.5	<a href="https://twitter.com/yourCashaa/status/1281995351864430593">https://twitter.com/yourCashaa/status/1281995351864430593</a>
NO.6	<a href="https://www.zdnet.com/article/2gether-crypto-market-platform-hacked-eur1-3m-in-cryptocurrency-stolen/">https://www.zdnet.com/article/2gether-crypto-market-platform-hacked-eur1-3m-in-cryptocurrency-stolen/</a>
NO.7	<a href="https://www.zdnet.com/article/slovak-cryptocurrency-exchange-eterbase-discloses-5-4-million-hack/">https://www.zdnet.com/article/slovak-cryptocurrency-exchange-eterbase-discloses-5-4-million-hack/</a>
NO.8	<a href="https://www.zdnet.com/article/kucoin-cryptocurrency-exchange-hacked-for-150-million/">https://www.zdnet.com/article/kucoin-cryptocurrency-exchange-hacked-for-150-million/</a>
NO.9	<a href="https://www.zdnet.com/article/hacker-steals-24-million-from-cryptocurrency-service-harvest-finance/">https://www.zdnet.com/article/hacker-steals-24-million-from-cryptocurrency-service-harvest-finance/</a>
NO.10	<a href="https://www.zdnet.com/article/hacker-steals-2-million-from-cryptocurrency-service-akropolis/">https://www.zdnet.com/article/hacker-steals-2-million-from-cryptocurrency-service-akropolis/</a>
NO.11	<a href="https://www.coindesk.com/exmo-exchange-now-says-it-lost-6-of-total-crypto-assets-in-mondays-hack">https://www.coindesk.com/exmo-exchange-now-says-it-lost-6-of-total-crypto-assets-in-mondays-hack</a>
NO.12	<a href="https://www.coindesk.com/eminence-exploit-defi-compensated">https://www.coindesk.com/eminence-exploit-defi-compensated</a>
NO.13	<a href="https://www.coindesk.com/cover-protocol-attack-perpetrated-by-white-hat-all-funds-returned-hacker-claims">https://www.coindesk.com/cover-protocol-attack-perpetrated-by-white-hat-all-funds-returned-hacker-claims</a>
NO.14	<a href="https://www.coindesk.com/why-exchanges-list-small-cap-coins-despite-51-attacks">https://www.coindesk.com/why-exchanges-list-small-cap-coins-despite-51-attacks</a>
NO.15	<a href="https://www.coindeskjapan.com/74578/">https://www.coindeskjapan.com/74578/</a>
NO.16	<a href="https://www.coindeskjapan.com/74578/">https://www.coindeskjapan.com/74578/</a>
NO.17	<a href="https://elementus.io/blog/cryptopia-hack-transparency/">https://elementus.io/blog/cryptopia-hack-transparency/</a>
NO.18	<a href="https://coinpost.jp/?p=77111">https://coinpost.jp/?p=77111</a>
NO.19	<a href="https://coinpost.jp/?p=76473">https://coinpost.jp/?p=76473</a>
NO.20	<a href="https://japan.cnet.com/article/35135035/">https://japan.cnet.com/article/35135035/</a>
NO.21	<a href="https://www.nbc.com/2019/05/08/binance-bitcoin-hack-over-40-million-of-cryptocurrency-stolen.html">https://www.nbc.com/2019/05/08/binance-bitcoin-hack-over-40-million-of-cryptocurrency-stolen.html</a>
NO.22	<a href="https://medium.com/xrp-forensics/overview-of-the-gatehub-hack-f88a441c9203">https://medium.com/xrp-forensics/overview-of-the-gatehub-hack-f88a441c9203</a>
NO.23	<a href="https://www.coindesk.com/singapore-exchange-bitrue-hacked-for-over-4-million-in-crypto">https://www.coindesk.com/singapore-exchange-bitrue-hacked-for-over-4-million-in-crypto</a>
NO.24	<a href="https://contents.xj-storage.jp/xcontents/AS08938/ff1684b4/ed36/426c/83c3/d15006c1f8a0/140120190712471249.pdf">https://contents.xj-storage.jp/xcontents/AS08938/ff1684b4/ed36/426c/83c3/d15006c1f8a0/140120190712471249.pdf</a>
NO.25	<a href="https://www.theblockcrypto.com/post/46408/little-known-asian-crypto-exchange-vindax-got-hacked-lost-half-a-million-usd-worth-of-tokens">https://www.theblockcrypto.com/post/46408/little-known-asian-crypto-exchange-vindax-got-hacked-lost-half-a-million-usd-worth-of-tokens</a>
NO.26	<a href="https://www.zdnet.com/article/upbit-cryptocurrency-exchange-loses-48-5-million-to-hackers/">https://www.zdnet.com/article/upbit-cryptocurrency-exchange-loses-48-5-million-to-hackers/</a>
NO.27	<a href="https://elementus.io/blog/cryptopia-hack-transparency/">https://elementus.io/blog/cryptopia-hack-transparency/</a>
NO.28	<a href="https://coinpost.jp/?p=77111">https://coinpost.jp/?p=77111</a>
NO.29	<a href="https://jp.cointelegraph.com/news/dragonex-crypto-exchange-considering-shutdown-amid-okex-crisis-of-trust">https://jp.cointelegraph.com/news/dragonex-crypto-exchange-considering-shutdown-amid-okex-crisis-of-trust</a>
NO.30	<a href="https://japan.cnet.com/article/35135035/">https://japan.cnet.com/article/35135035/</a>
NO.31	<a href="https://www.nbc.com/2019/05/08/binance-bitcoin-hack-over-40-million-of-cryptocurrency-stolen.html">https://www.nbc.com/2019/05/08/binance-bitcoin-hack-over-40-million-of-cryptocurrency-stolen.html</a>
NO.32	<a href="https://medium.com/xrp-forensics/overview-of-the-gatehub-hack-f88a441c9203">https://medium.com/xrp-forensics/overview-of-the-gatehub-hack-f88a441c9203</a>
NO.33	<a href="https://www.coindesk.com/singapore-exchange-bitrue-hacked-for-over-4-million-in-crypto">https://www.coindesk.com/singapore-exchange-bitrue-hacked-for-over-4-million-in-crypto</a>
NO.34	<a href="https://contents.xj-storage.jp/xcontents/AS08938/ff1684b4/ed36/426c/83c3/d15006c1f8a0/140120190712471249.pdf">https://contents.xj-storage.jp/xcontents/AS08938/ff1684b4/ed36/426c/83c3/d15006c1f8a0/140120190712471249.pdf</a>
NO.35	<a href="https://www.theblockcrypto.com/post/46408/little-known-asian-crypto-exchange-vindax-got-hacked-lost-half-a-million-usd-worth-of-tokens">https://www.theblockcrypto.com/post/46408/little-known-asian-crypto-exchange-vindax-got-hacked-lost-half-a-million-usd-worth-of-tokens</a>
NO.36	<a href="https://www.zdnet.com/article/upbit-cryptocurrency-exchange-loses-48-5-million-to-hackers/">https://www.zdnet.com/article/upbit-cryptocurrency-exchange-loses-48-5-million-to-hackers/</a>
NO.37	<a href="https://www.fireeye.com/blog/jp-threat-research/2019/01/cryptocurrency-blockchain-networks-facing-new-security-paradigms.html">https://www.fireeye.com/blog/jp-threat-research/2019/01/cryptocurrency-blockchain-networks-facing-new-security-paradigms.html</a>
NO.38	<a href="https://www.coindeskjapan.com/29661/">https://www.coindeskjapan.com/29661/</a>
NO.39	<a href="https://jp.cointelegraph.com/news/bch-may-have-sustained-13-million-double-spend-bitmex-research">https://jp.cointelegraph.com/news/bch-may-have-sustained-13-million-double-spend-bitmex-research</a>
NO.40	<a href="https://gist.github.com/metalicjames/01222049f95f85df8c0eb253de54848b">https://gist.github.com/metalicjames/01222049f95f85df8c0eb253de54848b</a>
NO.41	<a href="https://gist.github.com/metalicjames/82a49f8afa87334f929881e55ad4ffd7">https://gist.github.com/metalicjames/82a49f8afa87334f929881e55ad4ffd7</a>
NO.42	<a href="https://www.coindeskjapan.com/coincheck-incident/">https://www.coindeskjapan.com/coincheck-incident/</a>
NO.43	<a href="https://japanese.engadget.com/jp-2018-02-11-211-nano-ceo.html">https://japanese.engadget.com/jp-2018-02-11-211-nano-ceo.html</a>
NO.44	<a href="https://www.coindesk.com/coinrail-exchange-hacked-loses-possibly-40-million-in-cryptos">https://www.coindesk.com/coinrail-exchange-hacked-loses-possibly-40-million-in-cryptos</a>
NO.45	<a href="https://coinpost.jp/?p=39998">https://coinpost.jp/?p=39998</a>
NO.46	<a href="https://jp.reuters.com/article/zaif-hacking-idJPKCN1LZ2VA">https://jp.reuters.com/article/zaif-hacking-idJPKCN1LZ2VA</a>
NO.47	<a href="https://decrypt.co/5853/complete-story-quadrigacx-190-million">https://decrypt.co/5853/complete-story-quadrigacx-190-million</a>
NO.48	<a href="https://blockonomi.com/maplechange-hacked-scam/">https://blockonomi.com/maplechange-hacked-scam/</a>
NO.49	<a href="https://techcrunch.com/2018/07/10/bancor-loses-23-5m/">https://techcrunch.com/2018/07/10/bancor-loses-23-5m/</a>
NO.50	<a href="https://www.coindesk.com/bitcoin-exchange-names-security-officer-suspect-3-3-million-theft">https://www.coindesk.com/bitcoin-exchange-names-security-officer-suspect-3-3-million-theft</a>
NO.51	<a href="https://www.coindesk.com/400k-hacker-makes-off-with-stellar-lumens-in-blackwallet-theft">https://www.coindesk.com/400k-hacker-makes-off-with-stellar-lumens-in-blackwallet-theft</a>
NO.52	<a href="https://www.coindesk.com/bee-token-phishing-scam">https://www.coindesk.com/bee-token-phishing-scam</a>
NO.53	<a href="https://cointelegraph.com/news/scammers-steal-over-18-mln-by-posing-as-admins-of-steele-ico">https://cointelegraph.com/news/scammers-steal-over-18-mln-by-posing-as-admins-of-steele-ico</a>
NO.54	<a href="https://thehackernews.com/2018/07/kickico-cryptocurrency.html">https://thehackernews.com/2018/07/kickico-cryptocurrency.html</a>
NO.55	<a href="https://www.ccn.com/1-1-million-malicious-miner-exploits-verge-network-for-seven-figure-payday/">https://www.ccn.com/1-1-million-malicious-miner-exploits-verge-network-for-seven-figure-payday/</a>
NO.56	<a href="https://www.ccn.com/japanese-cryptocurrency-monaco-hit-by-selfish-mining-attack/">https://www.ccn.com/japanese-cryptocurrency-monaco-hit-by-selfish-mining-attack/</a>
NO.57	<a href="https://bitcoinst.com/zencash-target-51-attack-loses-500k-double-spend-transactions/">https://bitcoinst.com/zencash-target-51-attack-loses-500k-double-spend-transactions/</a>
NO.58	<a href="https://medium.com/floblockchain/flo-team-response-to-51-attack-8c9ef683d7ba">https://medium.com/floblockchain/flo-team-response-to-51-attack-8c9ef683d7ba</a>
NO.59	<a href="https://www.newsbtc.com/news/bitcoin/pigeoncoin-pgn-hacked-due-to-bitcoin-protocol-bug-copycat-coins-in-danger/">https://www.newsbtc.com/news/bitcoin/pigeoncoin-pgn-hacked-due-to-bitcoin-protocol-bug-copycat-coins-in-danger/</a>
NO.60	<a href="https://blog.honeyminer.com/timeline-of-51-attacks/">https://blog.honeyminer.com/timeline-of-51-attacks/</a>
NO.61	<a href="https://finance.yahoo.com/news/claim-crypto-exchange-lost-500-214043904.html">https://finance.yahoo.com/news/claim-crypto-exchange-lost-500-214043904.html</a>
NO.62	<a href="https://medium.com/coinmonks/vertcoin-vtc-is-currently-being-51-attacked-53ab633c08a4">https://medium.com/coinmonks/vertcoin-vtc-is-currently-being-51-attacked-53ab633c08a4</a>
NO.63	<a href="https://news.bitcoin.com/nicehash-returns-60-of-coins-stolen-in-the-hack/">https://news.bitcoin.com/nicehash-returns-60-of-coins-stolen-in-the-hack/</a>
NO.64	<a href="https://cointelegraph.com/news/korean-bitcoin-exchange-yapizon-confirms-5-mln-hack-all-customers-to-pay-with-balances">https://cointelegraph.com/news/korean-bitcoin-exchange-yapizon-confirms-5-mln-hack-all-customers-to-pay-with-balances</a>
NO.65	<a href="https://bitcoinformagazine.com/culture/after-second-hack-year-south-korean-exchange-youbit-closes-down">https://bitcoinformagazine.com/culture/after-second-hack-year-south-korean-exchange-youbit-closes-down</a>
NO.66	<a href="https://www.coindesk.com/4th-largest-bitcoin-exchange-Bithumb-hacked-for-billions-of-Won-Brave-New-Coin">Fourth largest Bitcoin exchange, Bithumb, hacked for billions of Won &gt; Brave New Coin</a>
NO.67	<a href="https://www.ccn.com/cryptocurrency-exchange-etherdelta-hacked-in-dns-hijacking-scheme/">https://www.ccn.com/cryptocurrency-exchange-etherdelta-hacked-in-dns-hijacking-scheme/</a>
NO.68	<a href="https://www.zdnet.com/article/hacker-steals-7-4m-in-ethereum-during-coindash-ico-launch/">https://www.zdnet.com/article/hacker-steals-7-4m-in-ethereum-during-coindash-ico-launch/</a>
NO.69	<a href="https://www.bleepingcomputer.com/news/security/classic-ether-wallet-hacked-users-report-massive-losses/">https://www.bleepingcomputer.com/news/security/classic-ether-wallet-hacked-users-report-massive-losses/</a>
NO.70	<a href="https://www.coindesk.com/30-million-ether-reported-stolen-parity-wallet-breach">https://www.coindesk.com/30-million-ether-reported-stolen-parity-wallet-breach</a>
NO.71	<a href="https://www.bleepingcomputer.com/news/security/hacker-steals-8-4-million-worth-of-ethereum-from-veritaseum-platform/">https://www.bleepingcomputer.com/news/security/hacker-steals-8-4-million-worth-of-ethereum-from-veritaseum-platform/</a>
NO.72	<a href="https://www.coindesk.com/ico-scammers-steal-500k-phony-enigma-project-pre-sale-launch">https://www.coindesk.com/ico-scammers-steal-500k-phony-enigma-project-pre-sale-launch</a>
NO.73	<a href="https://www.coindesk.com/ethereum-client-bug-freezes-user-funds-fallout-remains-uncertain">https://www.coindesk.com/ethereum-client-bug-freezes-user-funds-fallout-remains-uncertain</a>
NO.74	<a href="https://archive.is/ZFDB#selection=953.0-977.216">https://archive.is/ZFDB#selection=953.0-977.216</a>
NO.75	<a href="https://www.ccn.com/bitcoin-gold-wallet-scam-nets-fraudsters-3-2-million-after-stealing-users-private-keys/">https://www.ccn.com/bitcoin-gold-wallet-scam-nets-fraudsters-3-2-million-after-stealing-users-private-keys/</a>
NO.76	<a href="https://www.coindesk.com/shapeshift">https://www.coindesk.com/shapeshift</a>
NO.77	<a href="https://www.coindesk.com/digital-currency-exchange-shapeshift-says-lost-230k-3-separate-hacks">https://www.coindesk.com/digital-currency-exchange-shapeshift-says-lost-230k-3-separate-hacks</a>
NO.78	<a href="https://www.ccn.com/bitcoin-exchange-gatecoin-hacked-250-btc-185000-eth-lost/">https://www.ccn.com/bitcoin-exchange-gatecoin-hacked-250-btc-185000-eth-lost/</a>
NO.79	<a href="https://www.coindesk.com/bitfinex-bitcoin-hack-know-dont-know">https://www.coindesk.com/bitfinex-bitcoin-hack-know-dont-know</a>
NO.80	<a href="https://news.bitcoin.com/bitcurex-forced-million-theft/">https://news.bitcoin.com/bitcurex-forced-million-theft/</a>

NO.81	<a href="https://gentosha-go.com/articles/-/17332">https://gentosha-go.com/articles/-/17332</a>
NO.82	<a href="https://cryptohustle.com/krypton-recovers-from-a-new-type-of-51-network-attack/">https://cryptohustle.com/krypton-recovers-from-a-new-type-of-51-network-attack/</a>
NO.83	<a href="https://siliconangle.com/2015/02/15/another-one-chinese-bitcoin-exchange-bter-com-claims-to-have-lost-7170-btc-in-major-hack/">https://siliconangle.com/2015/02/15/another-one-chinese-bitcoin-exchange-bter-com-claims-to-have-lost-7170-btc-in-major-hack/</a>
NO.84	<a href="https://coinjournal.net/news/chinese-exchange-kipcoin-hacked/">https://coinjournal.net/news/chinese-exchange-kipcoin-hacked/</a>
NO.85	<a href="https://www.coindesk.com/unconfirmed-report-5-million-bitstamp-bitcoin-exchange#targetText=According%20to%20the%20report%2C%20the,someone%20posi">https://www.coindesk.com/unconfirmed-report-5-million-bitstamp-bitcoin-exchange#targetText=According%20to%20the%20report%2C%20the,someone%20posi</a>
NO.86	<a href="https://www.coindesk.com/markets/2015/01/29/localbitcoins-user-funds-stolen-after-chat-client-hack/">https://www.coindesk.com/markets/2015/01/29/localbitcoins-user-funds-stolen-after-chat-client-hack/</a>
NO.87	<a href="https://cointelegraph.com/news/chinese-exchange-suffers-1000-btc-loss-in-uncertain-service-compromise">https://cointelegraph.com/news/chinese-exchange-suffers-1000-btc-loss-in-uncertain-service-compromise</a>
NO.88	<a href="https://www.ledger.com/remembers-the-mintpal-hack">https://www.ledger.com/remembers-the-mintpal-hack</a>
NO.89	<a href="https://www.ledger.com/remembers-the-mintpal-hack">https://www.ledger.com/remembers-the-mintpal-hack</a>
NO.90	<a href="https://www.coindesk.com/cryptsy-bankruptcy-millions-bitcoin-stolen">https://www.coindesk.com/cryptsy-bankruptcy-millions-bitcoin-stolen</a>
NO.91	<a href="https://arstechnica.com/information-technology/2014/03/yes-another-exchange-hacked-poloniex-loses-around-50000-in-bitcoin/">https://arstechnica.com/information-technology/2014/03/yes-another-exchange-hacked-poloniex-loses-around-50000-in-bitcoin/</a>
NO.92	<a href="https://www.wired.com/2014/03/bitcoin-exchange/">https://www.wired.com/2014/03/bitcoin-exchange/</a>
NO.93	<a href="https://www.cnet.com/tech/services-and-software/bitcoin-bank-flexcoin-shuts-down-after-hack/">https://www.cnet.com/tech/services-and-software/bitcoin-bank-flexcoin-shuts-down-after-hack/</a>
NO.94	<a href="https://cointelegraph.com/news/bitpay-hacked-for-over-18-million-in-bitcoins">https://cointelegraph.com/news/bitpay-hacked-for-over-18-million-in-bitcoins</a>
NO.95	<a href="http://docplayer.net/18341697-May-2013-report-ircurex.html">http://docplayer.net/18341697-May-2013-report-ircurex.html</a>
NO.96	<a href="https://www.wired.com/2013/11/inputs/">https://www.wired.com/2013/11/inputs/</a>
NO.97	<a href="https://www.coindesk.com/czech-bitcoin-exchange-bitcash-cz-hacked-4000-user-wallets-emptied">https://www.coindesk.com/czech-bitcoin-exchange-bitcash-cz-hacked-4000-user-wallets-emptied</a>
NO.98	<a href="https://mashable.com/2013/11/25/cyberattack-leads-to-heist-of-1-million-in-bitcoin/">https://mashable.com/2013/11/25/cyberattack-leads-to-heist-of-1-million-in-bitcoin/</a>
NO.99	<a href="https://www.theguardian.com/technology/2014/mar/18/history-of-bitcoin-hacks-alternative-currency">https://www.theguardian.com/technology/2014/mar/18/history-of-bitcoin-hacks-alternative-currency</a>
NO.100	<a href="https://www.coindesk.com/feathercoin-hit-by-massive-attack">https://www.coindesk.com/feathercoin-hit-by-massive-attack</a>
NO.101	<a href="https://bitcoinmagazine.com/business/bitcoinica-stolen-from-again">https://bitcoinmagazine.com/business/bitcoinica-stolen-from-again</a>
NO.102	<a href="https://bitcoinmagazine.com/business/bitcoinica-stolen-from-again">https://bitcoinmagazine.com/business/bitcoinica-stolen-from-again</a>
NO.103	<a href="https://bitcoinmagazine.com/business/bitcoinica-stolen-from-again">https://bitcoinmagazine.com/business/bitcoinica-stolen-from-again</a>
NO.104	<a href="https://www.zdnet.com/article/bitfloor-exchange-robbed-of-us250000-all-trading-halted/">https://www.zdnet.com/article/bitfloor-exchange-robbed-of-us250000-all-trading-halted/</a>
NO.105	<a href="https://news.softpedia.com/news/dropbox-and-linkedin-hacker-most-likely-behind-bitmarket-eu-bitcoin-heist-509599.shtml">https://news.softpedia.com/news/dropbox-and-linkedin-hacker-most-likely-behind-bitmarket-eu-bitcoin-heist-509599.shtml</a>
NO.106	<a href="https://news.softpedia.com/news/dropbox-and-linkedin-hacker-most-likely-behind-bitmarket-eu-bitcoin-heist-509599.shtml">https://news.softpedia.com/news/dropbox-and-linkedin-hacker-most-likely-behind-bitmarket-eu-bitcoin-heist-509599.shtml</a>
NO.107	<a href="https://news.bitcoin.com/bitcoin-exchange-thefts-forgotten/">https://news.bitcoin.com/bitcoin-exchange-thefts-forgotten/</a>
NO.108	<a href="https://www.ledger.com/hack-flasback-the-mt-gox-hack-the-most-iconic-exchange-hack">https://www.ledger.com/hack-flasback-the-mt-gox-hack-the-most-iconic-exchange-hack</a>
NO.109	<a href="https://observer.com/2011/08/mybitcoin-spokesman-finally-comes-forward-what-did-you-think-we-did-after-the-hack-we-got-shitfaced/">https://observer.com/2011/08/mybitcoin-spokesman-finally-comes-forward-what-did-you-think-we-did-after-the-hack-we-got-shitfaced/</a>

# 平成30年7月豪雨（前線及び台風7号）後の 道路寸断による影響分析 ～広島・岡山県内の道路を対象として～

芳賀 慎也<sup>1</sup>・谷野 今飛<sup>2</sup>・渡邊 芳樹<sup>3</sup>・張 暁倩<sup>4</sup>  
(アドバイザー教員：庄司学先生)

## 1. はじめに

道路交通インフラは交通・物流にとって欠かせない存在となっている。交通や物流の機能を確保させるためには、常時より高速道路や直轄国道、補助国道等の道路インフラに関してソフト・ハードの面から対策を講じていくことは勿論のこと、災害時においても通常時と同等のサービスを提供し続けることが望ましい。しかしながら、近年の激甚化した災害により予期せぬタイミングや想定以上の規模によって、道路交通インフラは寸断を余儀なくされることがしばしば発生している。こうした場合には、人々の移動は勿論のこと、それを經由する物流に大きな支障が生じてしまう。

実際に、筆者らの中には広島県呉市において、平成30年7月豪雨を経験した者も居る。当時は呉市周辺の道路はそのほとんどが寸断し、移動が出来ない状況が長期間続いたという。また、道路寸断に伴い物流が長時間途絶え、スーパーやコンビニエンスストアの小売業からは食料品や日用品が姿を消したという。

このような非常事態において考慮すべき課題としては、被害状況を的確に把握し整理することである。被害状況を的確に把握することで道路の復旧優先順位付け等の意思決定を効率的に実施することが出来ると考えられる。また、被害状況を把握するには、構造的要因と周囲の環境的要因等から把握することが不可欠である。

そこで本研究では、風水害の中でも平成30年7月（西日本）豪雨災害を対象に、その被害状況を整理すると共に、それらを GIS（地理情報システム：Geographic Information System）<sup>1)</sup>を用いて空間情報として可視化を行う。その上で、豪雨時の道路寸断の環境要因（法面の有無等）との関係を把握する。併せて、今後の風水害発生時の道路復旧に際する活用方法に関して考察する。

## 2. 既往研究・事例のレビュー

自然災害の多い我が国では道路交通インフラが寸断されるという事態が度々発生してきた。本章では、風水害に関する既往の研究を取り纏めると共に、それらを踏まえた本研究の意義並びに位置付けに関して詳述する。

### (1) 風水害による道路支障評価に関する研究

津波時災害時の避難の面から道路支障の影響を分析した研究として、例えば金ら(2013)<sup>2)</sup>は、自然情報、災害情報、モビリティ情報を有機的に結合したデータベースを作成した上で、災害時の避難行動支援や平常時の交通渋滞解消のための交通マネジメントに資するデータ融合解析システムを提案している。それを用いて東日本大震災のシミュレーションを行ない、津波によって閉鎖された道路やその道路上の被災車両の再現は可能になったが、より現実的なものとするために避難所選択行動等の改良が必要であるとしている。

また、例えば早川・塩見(2016)<sup>3)</sup>は、台風18号時と平常時のプローブデータから交通量として利用される経路等を比較することで道路支障の影響を分析している。結果として、通行止めを知った運転者は移動を行わない者よりも回路を利用する者が多く、利用される迂回路は通行止めになった道路に設定速度、経路の面で近い道路であることを明らかにしている。

さらに、伊藤・庄司(2018)<sup>4)</sup>は、東北地方太平洋沖地震の際の被害データから導出された平面道路と橋梁の物理的な津波被害関数をもとに、津波災害時における道路ネットワークの機能支障の評価方法を提案している。具体的には、津波災害時の公共施設間の最短ルートをダイクストラ法を用いて選出し、優先的に復旧すべき脆弱な平面道路と橋梁を特定するモデルを提案している。

## (2) 道路寸断による影響の分析・評価手法に関するレビュー

火山災害を対象とし道路寸断の影響を調査・分析した研究として、例えば高橋ら(2004)<sup>9)</sup>は、有珠山噴火による交通行動の変化による影響を分析している。具体的には、道路区間の途絶による旅行時間費用の増大による損失と、交通行動の中止による機会損失を同時に推計可能な災害時の交通行動モデルを構築している。

地震災害を対象として交通の面から影響を分析した研究として、近藤ら(2010)<sup>10)</sup>は、2004年新潟県中越地震での孤立集落の住民の集団避難等を受け、同様の事態が予想される東南海・南海地震を対象とし、応急・緊急対策費と代替交通による交通費を試算している。

経済の面から道路支障の影響を分析した研究として、例えば太田・佐藤(2019)<sup>11)</sup>は、南海トラフ地震を想定し、都市間道路の震災・豪雨等による途絶・復旧が地域経済に及ぼす時系列の影響を評価可能なマクロ計量経済モデルを示している。和歌山県を対象に実証モデルを構築し、シミュレーションを行ない、道路途絶の早期復旧は長期に亘って地域内総生産の減少を緩和させることを示している。

豊田・庄司(2011)<sup>12)</sup>は、供給系ライフラインである電力システムに着目し、その中の配電設備である電柱の応急復旧活動を対象として、地震後の道路交通渋滞が復旧に与える影響を分析している。結果として、道路ネットワークの地震災害時の機能低下が広域応援を活用した電柱の応急復旧活動の効率性に与える影響は大きいこと等を明らかにしている。

## (3) 本研究の意義

以上、道路交通インフラは自然災害により寸断するということがしばしば発生してきておりその度に、それらの物理的被害、及び、経済の各々の観点からの影響を把握することが行われてきた。しかしながら、上記で挙げた研究は、都市内の比較的限定された地域レベルでの分析・評価を試みているものが多い。

また、近年においてその必要性が指摘されつつある広域避難の観点からも本研究の有用性が見受けられる。広域避難とは、一市町村の中で住民の避難を完結することが困難となるような広域的な災害が発生した場合に、他の市町村等へ行政界を越えた避難を実施することである<sup>9)</sup>。こうした広域避難時の移動を支える意味での道路交通インフラは非常に重要な役割を担うものである。

このような背景から、本研究では、平成30年7月(西日本)豪雨災害で大規模な寸断が生じた広島県内、岡山県内の高速道路、一般国道(直轄国道、補助国道)につ

る。また本研究は、県を跨ぐ比較的広域の道路区間に着目し、状況を整理している点で意義があると言える。

## 3. 分析対象

### (1) 対象とする災害

本研究の対象とする平成30年7月豪雨災害は、6月28日から7月8日に発生し、全国的に広範囲で記録的な大雨をもたらした。とりわけ、7月5日には前線が西日本まで南下し、記録的な大雨をもたらした。

72時間降水量をみると、広島県内では広島市が44mm、呉市が465mm、岡山県内では岡山市が372.0mm、倉敷市が323.5mmを記録した<sup>10,11)</sup>。1府10県に特別警報が発表されると共に、各地で河川の氾濫や土砂災害が相次ぎ、1府13県で200名を超える死者・行方不明者が発生した<sup>12)</sup>。本災害は、土石流や洪水氾濫等が複合的に発生し、広域的且つ深刻な被害をもたらす「相乗型豪雨災害」であることが最大の特徴である。とりわけ広島県、岡山県内では、道路・鉄道が寸断等の被害を被ったことにより、大規模な交通障害を生じさせた<sup>13,14)</sup>。

### (2) 分析に用いるデータ

本研究で用いるデータは、道路寸断情報並びにGISデータである。以下にそれらの詳細を記述する。

#### a) 道路寸断情報

道路寸断情報を取得するには以下の2つの資料を参照した。

- ・ 「平成30年7月豪雨による被害状況等について(第1報から第52報)」(データ作成者:国土交通省)<sup>15,16)</sup>
- ・ 「平成30年7月豪雨による被害状況等について」(データ作成者:内閣府防災)<sup>17)</sup>

これらの資料より、通行止め区間(道路名、区間名)、通行止め期間(通行止め開始日時、終了日時)、通行止め要因の3つの事項を抽出した。

#### b) GISデータ各種

道路寸断情報を空間情報化するにあたり、基盤地図情報<sup>18)</sup>、国土数値情報<sup>19)</sup>、及び、道路中心線2020<sup>20)</sup>の3つのGISデータを用いた。基盤地図情報とは、電子地図において地理空間情報を整備する際に必要となる共通の位置の基準である。国土数値情報とは、国土に関する電子地図用のデータである。具体的には、「位置情報」、「空間情報」、「ジオタグ付きリスト」と呼称する場合もあり、国土(海岸線、川、土地利用、森林等)・政策区域(市町村の境界線、浸水想定区域等の法律や一定の目的で区分けしているエリアのデータ)・地域(役場、

公共施設、世界遺産の場所等)・交通(道路、鉄道、空港、港湾等の交通に関するデータ)の4つのデータをカバーしている。道路中心線とは、「地理院地図 Vector(仮称)提供実験」として2020年3月19日より提供が開始された数値地図(国土基本情報)の地図情報等のデータのうち、道路中心線データを都道府県もしくは総合振興局、振興局別に抜き出したものである。

## 4. 分析方法

### (1) 分析の視座

道路は緊急時には、物流のみならず、人命救助の場面においても重要な役割を担っている。しかしながら、こうした災害時には、寸断を余儀なくされてしまう可能性がある。一度寸断してしまうと救助活動に影響を及ぼす可能性もある。一般的に「72時間の壁」と言われるように、災害時の人命救助は発災後から72時間が勝負とされている<sup>2)</sup>。このことから、被災地の周囲の道路が寸断されてしまうと、一刻を争う救助活動の場面において大きな影響を与えることは容易に想像出来る。こうした考えのもと、本研究では、道路寸断後の豪雨災害による影響を多角的に分析することで、災害による被害状況を俯瞰することとする。さらに今後同様の風水害発生時における道路の復旧に際する知見として、示唆を与えるものとする。

### (2) 分析の具体的手順

#### a) 道路寸断情報の抽出

前述の文献15、16並びに17を用いて、広島県、岡山県における道路寸断状況を質的に抽出する。

#### b) データの空間情報化

上記の道路寸断状況データを用いて、GISにより空間情報化を行う。

#### c) 地形データとの重ね合わせと分析

地理データと道路寸断データを重ね合わせることで、道路寸断箇所を空間的に把握し、地理環境との関係を明らかにする。

## 5. 分析結果

### (1) 要因との関係分析

#### a) 要因毎の道路寸断距離

道路寸断の要因と道路復旧に要した時間の関係を示す。図-1(a)が詳細なデータを示しており、図-1(b)に、要因として同様の性質を持つもの(例えば、図-1(a)における土砂崩れと土石流は、図-1(b)における土砂崩れ)を

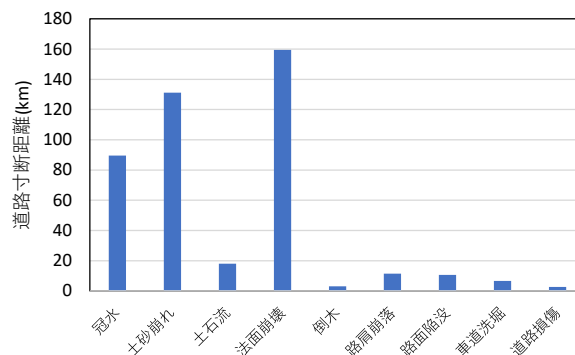


図-1(a) 要因毎の道路寸断距離(詳細)

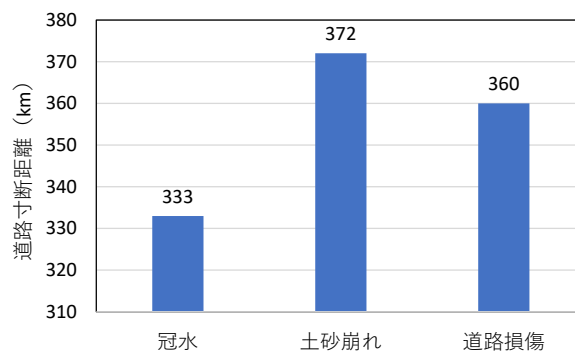


図-1(b) 要因毎の道路寸断距離

まとめて表現したものを示す。ここでの道路寸断距離とは、各々の要因によって寸断された道路の総延長である。

図-1(a)及び、図-1(b)より、結果として、道路寸断距離については、冠水が333km、土砂崩れが372km、道路損傷が360kmとなっていたことが明らかとなった。土砂崩れと道路損傷による道路寸断距離は10kmほどでほとんど同様の傾向を示していた。これは、道路損傷が土砂崩れに付帯して発生する現象であるためと推察される。

また、冠水による道路寸断距離は土砂崩れ並びに道路損傷と比較して小さいものの30~40kmほどの差しかないことが明らかとなった。これは、冠水を要因として、寸断された道路が直轄国道では少ないものの、その影響範囲は比較的広く、結果的に寸断距離が長くなったためであると考えられる。

#### b) 要因毎の道路復旧時間 (km 当たり)

道路寸断の要因とそれ毎の道路復旧時間 (km 当たり) の関係を示す。図-2(a)に詳細なものを示し、図-2(b)に同様の性質を持つ要因をまとめて集計したものを示す。ここで、道路復旧時間 (km 当たり) とは、該当する要因毎の、寸断を余儀なくされた道路について、通行止め開始から開通までに掛かった時間を算出し、それを道路被災距離で除したものである。併せて、このグラフは、高速道路以外の直轄国道と補助国道を対象として、集計

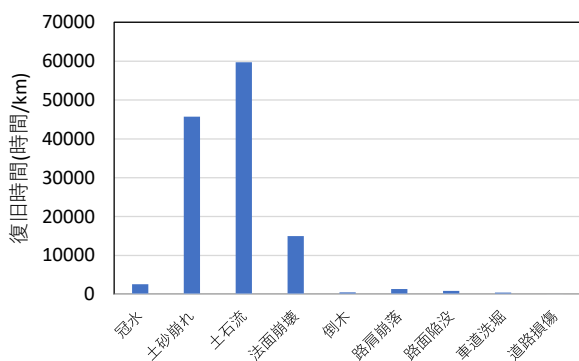


図-2(a) 要因毎の1km当たり道路復旧時間（詳細）

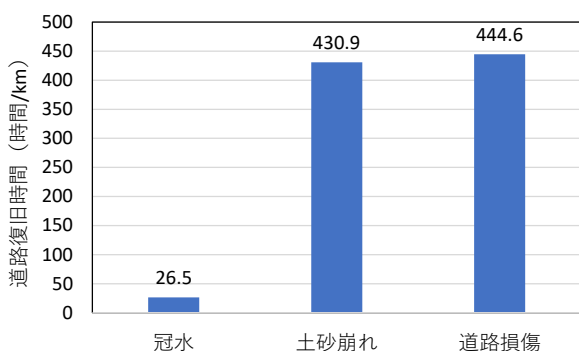


図-2(b) 要因毎の1km当たり道路復旧時間

していることに留意する。

図-2(a)及び、図-2(b)より結果として、土砂崩れと道路損傷の復旧時間は冠水の復旧時間のおよそ16倍となっており、復旧が比較的長期化していることが明らかとなった。

これに関する考察としては、一般道の冠水対策は出来ていたことや、冠水の影響が大きくなると考えられるアンダーパスといったような道路箇所が少なかったことが可能性として考えられた。

また、前にも触れたが、土砂崩れの復旧時間430.9時間と道路損傷の復旧時間444.6時間は、ほとんど同様のものとなったことが明らかとなった。

これに関する考察としては、道路損傷が土砂崩れに付帯して発生する現象である為と推察される。

## (2) 道路復旧の時間的・空間的推移

図-3(a)に道路寸断後の復旧の時間的推移を示す。このグラフは、縦軸に復旧道路距離を示し、横軸に時間推移(12時間ごと)を取っている。したがって、道路復旧の様子を12時間ごとに表現したものであると言える。復旧道路距離とは、災害により道路寸断後、復旧した道路の距離のことである。

図-3(b)には、寸断道路復旧の空間的推移を示す。これは、図-3(a)のレジリエンスカーブにおいて、勾配が変化した点は応急復旧活動において変化が生じたことを表している。ここでは、寸断道路距離が最大となった時点、道路復旧の第1段階並びに第2段階、寸断復旧の計4時点における道路被災状況を空間的に示している。

前提として、高速道路は総距離が長く補助国道は比較的短いことに留意する必要がある。

図-3(a)並びに図-3(b)より、結果として、広島県内の高速道路が復旧が早かったことが明らかとなった。広島県は最大で387km寸断していたが、7月8日の午後には、62.2kmを残し、ほぼ道路復旧が完了していることが分かる。さらに、山陽自動車道や尾道自動車道等の道路が、データ詳細を見ると、含まれていることが分かった。

これに関する考察としては、緊急車両の通行可能な通路の確保が必要であり、早く開通させる必要があった為と考えられる。

次に、岡山県内の高速道路については、とりわけ、図-3(a)より、復旧が段階的であったことが分かった。7月7日PMから8日AMにかけて、114kmの道路が復旧し、9日AMから10日PMにかけて、61kmの道路が復旧された。さらには、17日AMからPMにかけては、54km復旧された。

これに関しては、データの詳細を見ると、山陽自動車道、中国自動車道、尾道自動車道を含んでいることが分かった。これら3つの高速道路は、広島県内でも横断しており、その復旧の様子が広島県内の高速道路の挙動として表れていると考えられる。

他方、広島県内の補助国道については、道路寸断のタイミングは他道路と比較して同様であるものの、ピークが10日となっている。これに関しては、変化は検出されたものの、データとして吟味しきれなかった。その為、より詳細な検討として、降雨量データとの相互参照等により原因究明が必要であると推察される。

さらには、広島及び岡山県内の直轄国道と広島県内の補助国道については、ほぼ同様の復旧傾向を示していることが明らかとなった。具体的には、広島県内の直轄国道は18日AMに、岡山県内の直轄国道は19日に、広島県内の補助国道は16日に、大半の区間が復旧していた。

岡山県内の補助国道については、7月10日PMから11日AMにかけて、55kmの復旧が為されており、これを以て、ほとんどの復旧が完了している。

これに関しては、この2つの道路が「一般国道」として同様の管轄が為されており、同様の傾向を示したためであると考えられた。



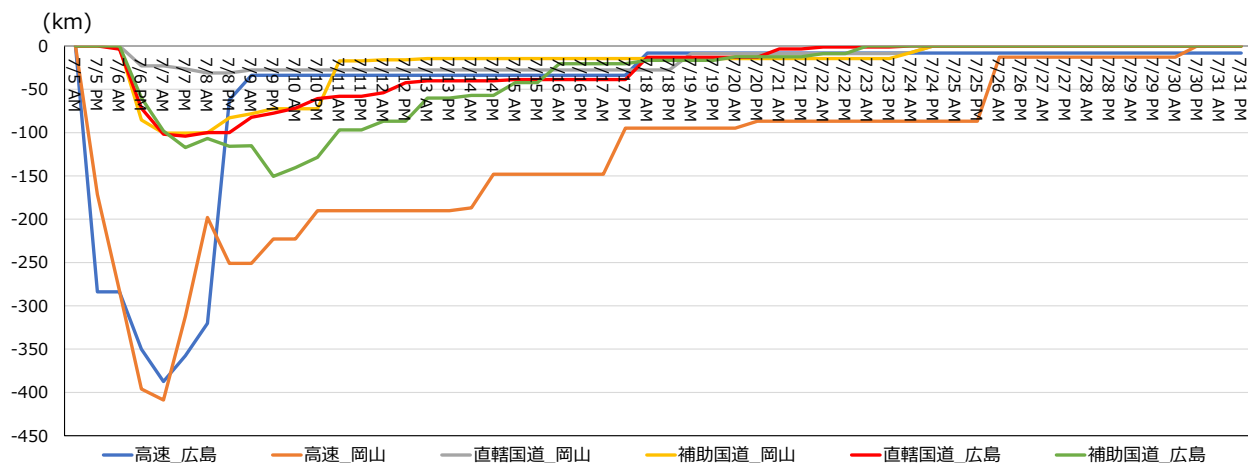
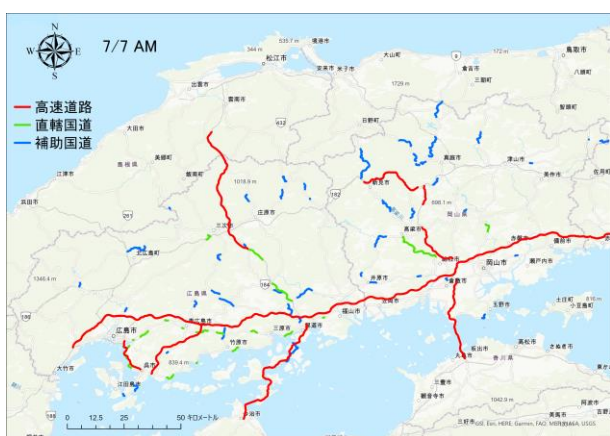
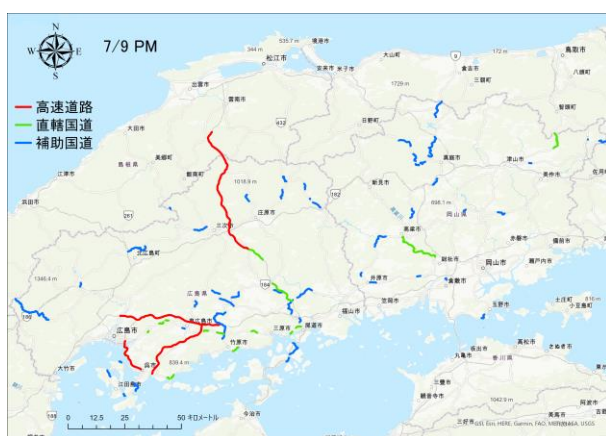


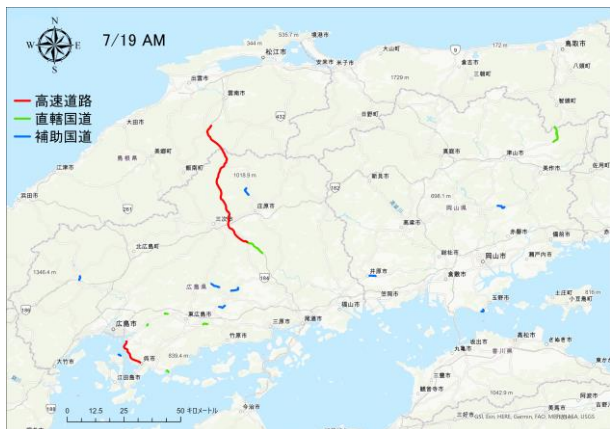
図-3(a) 道路復旧の時間的推移



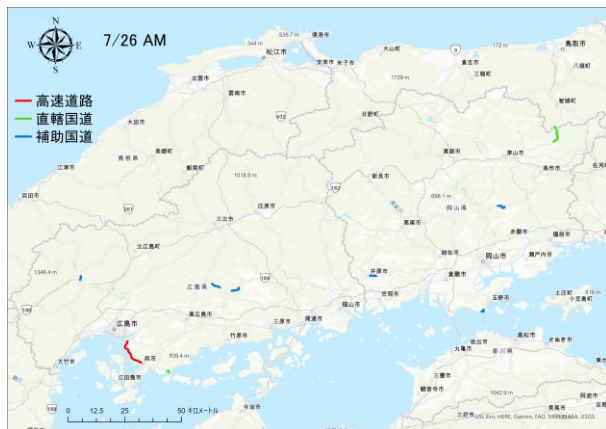
7月7日午前（発災直後）



7月9日午後（復旧第1段階）



7月19日午前（復旧第2段階）



7月26日午前（復旧後）

図-3(b) 道路復旧の空間的推移

## 6. おわりに

本稿では、平成 30 年 7 月豪雨災害を対象として、発災後の道路寸断の影響を多角的に分析した。

そして、道路寸断後の復旧活動に関して抽出された課題について記す。

本研究の分析結果から、今回対象とした広島・岡山県内の道路について、広域的に甚大な被害を受けていることが分かった。寸断最大距離としては、広島県内では、高速道路が 387.4km、直轄国道が 104.2km、補助国道が 150.5km となっていた。

また、岡山県内では、高速道路が 408.9km、直轄国道

が31km, 補助国道が100.5kmとなっていた。

こうしたことより, 道路の脆弱性の問題が浮き彫りとなり, 道路交通インフラの災害に対する耐力向上が喫緊の課題として挙げられると考えられた。

実際, 我が国で発生する災害は激甚化の一途を辿っていることは周知の事実であろう。こうした中, 本稿を執筆している際(2021年10月現在)にも, 8月に静岡県熱海市伊豆山地区において記録的な大雨が観測され, 道路の冠水被害等が発生し, 鉄道や道路網が大きく乱れたという<sup>22)</sup>。こうした状況下, 本研究のように, 道路寸断の影響を多角的に分析し, データとして確実に考察することは非常に有用であると考えられる。こうした研究を蓄積し, 発信していくことが必要となるであろう。

## 参考文献

- 1) 国土交通省国土地理院: 「GISとは…」, <https://www.gsi.go.jp/GIS/whatisgis.html>, 2021年7月17日最終閲覧。
- 2) 金進英, 花房比佐友, 桑原雅夫, 大畑長, 堀口良太, 浦山利博, 佐口治, 江藤和昭, 家森崇文, 櫻井康博, 彦坂健太, 益田卓朗: 災害時と平常時の交通マネジメントのためのデータ融合と解析, 生産研究, 65巻, 2号, pp.195-200, 2013。
- 3) 早川総一郎, 塩見康博: プローブデータを用いた豪雨災害時の道路交通状況の分析, 歴史都市防災論文集, Vol.10, pp.145-152, 2016。
- 4) 伊藤詩織, 庄司学: 道路ネットワークの津波災害時における機能支障の定量的評価, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.74, No.4 (地震工学論文集第37巻), I\_120-I\_130, 2018。
- 5) 高橋尚人, 内田賢悦, 加賀屋誠一, 浅野基樹: 交通行動の中止を考慮した災害時における交通ネットワークモデルを用いた有珠山噴火による道路途絶に伴う影響算定, 北海道開発土木研究所月報, No.612, 2004。
- 6) 近藤伸也, 照本清峰, 太田和良, 片家康裕, 高尾秀樹, 河田恵昭: 道路閉塞に着目した広域災害における集落の孤立危険度マップの検討, 生産研究, 62巻, 4号, pp.417-419, 2010。
- 7) 太田秀平, 佐藤徹治: 自然災害による都市間道路の途絶・復旧時期が地域経済に及ぼす影響分析, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol.75, No.2, I\_247-I\_255, 2019。
- 8) 豊田安由美, 庄司学: 地震災害時における道路ネットワークの機能が配電設備の応急復旧活動に及ぼす影響, 地域安全学会論文集, No.15, pp.169-178, 2011。
- 9) 内閣府防災: 水害からの広域避難に関する基本的な考え方, [http://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai\\_kouikihi-nan/pdf/kangaekata.pdf](http://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai_kouikihi-nan/pdf/kangaekata.pdf), 2021 (2021年7月15日最終閲覧)。
- 10) 国土交通省気象庁: 平成30年7月豪雨(前線及び台風7号による大雨等), <https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20180713/20180713.html>, 2021年10月4日最終閲覧。
- 11) 山陽新聞デジタル: 西日本豪雨特集-データで見る被害状況, [https://c.sanyonews.jp/gou\\_graph/#:~:text=%E5%B2%A1%E5%B1%B1%E5%B8%82%E3%81%AF%EF%BC%93%EF%BC%97%EF%BC%92%E3%83%BB%EF%BC%90,%EF%BC%92%E5%80%8D%E4%BD%99%E3%82%8A%E3%81%A0%E3%81%A3%E3%81%9F%E3%80%82,2018](https://c.sanyonews.jp/gou_graph/#:~:text=%E5%B2%A1%E5%B1%B1%E5%B8%82%E3%81%AF%EF%BC%93%EF%BC%97%EF%BC%92%E3%83%BB%EF%BC%90,%EF%BC%92%E5%80%8D%E4%BD%99%E3%82%8A%E3%81%A0%E3%81%A3%E3%81%9F%E3%80%82,2018) (2021年7月17日最終閲覧)。
- 12) 内閣府防災: 平成30年7月豪雨を踏まえた水害・土砂災害からの避難の在り方について-平成30年7月豪雨災害の概要-(参考資料1), [http://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai\\_dosyaworking/pdf/sankosiryo1.pdf](http://www.bousai.go.jp/fusuigai/suigai_dosyaworking/pdf/sankosiryo1.pdf), 2018 (2020年8月5日最終閲覧)。
- 13) 広島大学: 平成30年7月豪雨災害調査団: 平成30年7月豪雨災害報告書, 2019。
- 14) 国土交通省中国地方整備局平成30年7月豪雨災害対応記録誌編集委員会: 平成30年7月豪雨災害—中国地方整備局災害対応の記録—, 2019。
- 15) 国土交通省: 平成30年7月豪雨による被害状況等について, [https://www.mlit.go.jp/saigai/saigai\\_180703.html](https://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_180703.html), 2021年10月7日最終閲覧。
- 16) 国土交通省: 平成30年7月豪雨による被害状況等について(第51報以降), [https://www.mlit.go.jp/saigai/saigai\\_180703.html](https://www.mlit.go.jp/saigai/saigai_180703.html), 2021年10月7日最終閲覧。
- 17) 内閣府防災: 平成30年7月豪雨による被害状況について, <http://www.bousai.go.jp/updates/h30typhoon7/index.html>, 2021年10月7日最終閲覧。
- 18) 国土交通省国土地理院: 「基盤地図情報とは」, <https://www.gsi.go.jp/kiban/towa.html>, 2021年7月17日最終閲覧。
- 19) 国土交通省国土地理院: 「国土数値情報ダウンロード」, <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>, 2021年7月17日最終閲覧。
- 20) CGISJapan: 「道路中心線2020」, [http://cgisj.jp/data\\_type\\_description.php?data\\_type=RoadCenter2020](http://cgisj.jp/data_type_description.php?data_type=RoadCenter2020), 2021年7月17日最終閲覧。
- 21) 内閣府防災: みんなでつくる地区防災計画「災害が起きたら, あなたはどうしますか? ~みんなで地区防災」, <http://www.bousai.go.jp/kyoiku/chiku-bousai/pdf/160818.pdf>, 2021年9月26日最終閲覧。
- 22) あなたの静岡新聞: 土砂崩壊「音もなく泥が」静岡県内大雨, 道路冠水や寸断続発, <https://www.at-s.com/news/article/shizuoka/923876.html>, 2021 (2021年9月26日最終閲覧)。

(Received October 11, 2021)

# 運転支援技術による事故事例と防止策の検討

-誰に説明を受けたかに着目して-

グループ PBL 演習 6 班

小津翔陽 高村昇二郎 前田大輔 劉一萱

アドバイザー教員 谷口綾子

## 1. 本研究の背景

近年、運転支援技術は急速に開発競争が進んでおり、完全自動運転に向けた実用化が近づいてきている。特に追突や衝突の可能性が高いとシステムが判断した場合、自動的にブレーキが作動し、衝突被害の軽減を図る機能である「衝突被害軽減ブレーキ」については、2021年11月以降新型国産車への搭載が義務付けられるようになるなど、ますます身近なものとなりつつある [1]。

しかし、運転支援技術は運転中の不注意による事故リスクの軽減に一役買っている一方で、運転支援技術に依存しすぎたことによる事故が起きている。2018年には、前車との距離を一定に保つように自動的にアクセルやブレーキ操作、追従操作が行われる機能である「アダプティブ・クルーズ・コントロール(以降ACC)」を利用中に運転手が強い眠気に襲われて、停止していたバイクに衝突する死亡事故[2]が起きており、技術の過信や技術への誤解が事故につながる可能性が報告されている。[3]によると、運転支援技術の一つである衝突被害軽減ブレーキが作動すると過信して事故に至ったと疑われる事故事例が増加している。自動化における信頼度について研究したLeeら[4]は、横軸にシステム能力、縦軸にシステムへの信頼度をとった際に、信頼レベルとシステム能力が一致する対角線が適切な信頼であると言及しており、信頼レベルがシステム能力を上回ると過信状態になり技術の誤用・誤認の可能性が増すと指摘している。また、平岡ら[5]は「ACC使用時にACCへの信頼が高まると、運転手は足をペダルから離す」という仮説を検証し、信頼が高い場合はACCでは対応できない危険な状況において操作介入が遅くなることが示された。さらに、自動運転レベル3における行動を制限しない状況での運転手の行動を観測した貴答ら[6]は、運転支援技術を利用すると覚醒度が低下し、システムによる運転

手への権限移譲に対する反応に遅れが生じることを明らかにした。

今後、運転支援技術はより高度化し、搭載率は増加する見込みであるので、交通事故を減らすためには今まで以上に運転支援技術に対する誤解・過信を減らしていく必要がある。そのためには搭載されている運転支援技術の機能限界や事故リスクの正しい説明を適切に受け、信頼する必要があるが、情報収集元によって技術への理解度・信頼度に違いがあるのではないかと考えた。

## 2. 研究目的

本研究では運転支援技術に関する説明の有無、説明者(誰から説明を受けたか)の違いによって運転支援技術への理解度・信頼度に違いがみられるかを調査し、特に理解度が低いもしくは過信している人が多い説明者に対して、適切に技術を理解させる提案をすることを目的とする。

## 3. 調査方法

### 3.1. 調査方法及び調査対象

本研究の目的を達成するために Google Form 及び Surveroid という Web アンケート作成ツールを利用してアンケート調査を実施した。Google Form では班員の知己と親戚等にできるだけ年代が偏らないように、Surveroid では性別・年代(10-70代以上を10歳刻み)で均等に割り付けて実施した。アンケートの実施期間は2021年8月2日から9月1日であり、計181名からの回答を得た。

### 3.2. アンケート概要

本研究は説明者(誰から説明を受けたか)の違いによって運転支援技術への理解度・信頼度に違いがみられるかを調査することを目的としている。今回実施したアンケートは回答者の属性(年代、性別、職業)、衝突被害軽減ブレーキ及びACCの利用経験、機能の説明者、信頼度、理解度について

計 26 項目から構成されている。なお、本稿では衝突被害軽減ブレーキと ACC の両技術を合わせて DAT と表記することとする。信頼度に関する質問は先行研究[7]、理解度に関する質問は運転支援機能や自動運転機能に関する消費者の理解度を調査した[8]及び日本自動車連盟の公式サイト[9]を参考に作成した。アンケートの質問番号、質問内容、選択等は表 5 を参照されたい。

## 4. 調査結果

### 4.1. 対象

Google Form31 件、Surveroid150 件、合計 181 件の回答に対し、質問 1-1「あなたは日本にて普通自動車を運転できますか(国際免許保持者を含む)」にて「はい」と回答した 146 件を分析対象とした。回答者の内訳は表 1 の通りである。

表 1 回答者の内訳

		N
性別	男性	86
	女性	60
年代	10代	9
	20代	43
	30代	23
	40代	22
	50代	26
	60代	14
	70代	8
	答えたくない	1
職業	学生	36
	社会人	92
	その他	18

表 2. 因子分析結果 回転後の因子行列

	因子 1 DAT 未知・不信	因子 2 ACC 信頼	因子 3 DAT 理解	因子 4 ブレーキ信頼
Q7-4: ACC に精通している	<b>-0.763</b>	0.340	0.071	0.086
Q3-1: ブレーキはあてにならない	<b>0.731</b>	0.231	0.088	0.214
Q3-4: ブレーキに精通している	<b>-0.716</b>	0.354	0.031	-0.015
Q7-1: ACC はあてにならない	<b>0.667</b>	0.511	-0.04	-0.031
Q7-2: ACC は信頼できる	-0.009	<b>0.807</b>	0.057	0.168
Q7-3: ACC の安全性	-0.132	<b>0.707</b>	0.100	0.260
Q8-2: ACC 説明の記憶	-0.131	0.170	<b>0.848</b>	-0.046
Q4-2: ブレーキ説明の記憶	-0.079	0.200	<b>0.754</b>	-0.017
ACC の理解度	0.204	-0.311	<b>0.658</b>	0.317
ブレーキの理解度	0.266	-0.282	<b>0.536</b>	0.498
Q3-2: ブレーキは信頼できる	0.069	0.154	0.035	<b>0.794</b>
Q3-3: ブレーキの安全性	-0.054	0.311	0.037	<b>0.781</b>

因子抽出方法: 主成分分析,

回転法: Kaiser の正規化を伴うバリマックス法, 7 回の反復で回転が収束

### 4.2. 因子分析

12 項目の信頼、理解、技術説明の記憶に関する尺度について因子分析を行った。その結果、4 因子構造が妥当であると考えられた。因子行列を表 2 に示す。

信頼尺度は、両技術は”あてにならない”、”精通している”などの信頼に関する質問項目で構成された、5 段階の量表である。”機能限界や事故リスクについての説明を覚えているか”という質問項目では、5 段階の量表を使用した。ACC、衝突被害軽減ブレーキの理解度については、理解に関する質問 6 問 (Q4-3~Q5-4, Q8-3~Q9-4) について、正答を 1 点として計算した 5 段階の量表を使用した。

計算方法: (正答数/質問総数) \* 5

また、質問項目によって、一部尺度の得点を反転させた。なお、尺度項目の信頼性の検討のため、相関関係を確認したところ、因子負荷量が 0.53 に超える観測変数を、同じ共通因子の下に置く。

第 1 因子は 4 項目で構成されており、ACC、衝突被害軽減ブレーキに精通していないや、あてにならないという質問項目が高い負荷量を示していたため、「DAT 未知・不信」と命名した。

第 2 因子は 2 項目で構成されており、“ACC は信頼できる”や、“ACC は安全を提供してくれる”が高い負荷量を示していたため、「ACC 信頼」と命名した。同様に第 4 因子は「ブレーキ信頼」と命名した。

そして、第3因子は4項目で構成されており、機能限界や事故リスクについての説明を覚えていると、理解度が高い負荷量を示していたため、「DAT 理解」と命名した。

### 4.3. 相関分析

4.2 で得た因子得点と属性・使用経験・技術説明を誰に受けたかの質問項目で相関分析を行った。相関係数を表3に示す。有意水準は5%（両側）以下とした。

#### (1) 属性別

DAT 未知・不信因子は学生と弱い負の相関を示した。つまり、学生の方が DAT を未知・不信だと思わない傾向にある。

ACC 信頼因子は年代と弱い正の相関を示した。つまり、年齢が高いほど ACC に対する信頼度が高い傾向がある。

DAT 理解因子は男性と弱い正の相関を示した。つまり、男性の方が DAT の理解度が高い傾向がある。

#### (2) 使用経験別

DAT 未知・不信因子と ACC 信頼因子は ACC 使用経験と弱い正の相関があった。つまり、ACC を使用したことがある人は、DAT を未知・不信だと思っていて、また、ACC に対して信頼できると思っている傾向がある。

DAT 理解因子はブレーキ使用経験、ACC 使用経験と比較的強い正の相関が見られた。つまり、衝突被害軽減ブレーキと ACC のいずれかを使用したことがある人は運転支援技術に対する理解度が高い傾向がある。

ブレーキ信頼因子はブレーキ使用経験と ACC 使用経験と弱い正の相関があった。つまり、衝突被害軽減ブレーキと ACC のいずれかを使用したことがある人は衝突被害軽減ブレーキを信頼している傾向にある。

ブレーキ信頼因子は、ブレーキと ACC 使用経験の両方と正の相関があった一方で ACC 信頼因子は ACC 使用経験と正の相関はあったがブレーキ使用経験との相関は見られなかった。加えて、DAT 理解因子との相関係数の値も若干ながら ACC 使用経験の方が高い値であった。したがって、衝突被害軽減ブレーキと比べて ACC の使用

経験がある人の方が DAT に対する信頼度、理解度ともに高い傾向があるといえる。

(3) 誰から衝突被害軽減ブレーキの説明を受けたか

ACC 信頼因子は、どの質問項目とも相関が見られなかった。つまり、衝突被害軽減ブレーキの説明を受けたかどうか、誰に受けたかは ACC の信頼度と関係がない傾向にある。

DAT 理解因子は説明書と説明を受けたことがないを除く全ての項目と正の相関が見られた。また、説明を受けたことがないという項目とは負の相関が見られた。つまり、衝突被害軽減ブレーキの説明を受けたことがない人は運転支援技術の理解度が低く、説明を受けたことがある人は、説明書から情報を得た人を除いて、理解度が高い傾向にある。

ブレーキ信頼因子はニュース・記事と弱い正の相関、説明を受けたことがないと弱い負の相関が見られた。つまり衝突被害軽減ブレーキの説明を受けたことがない人の衝突被害軽減ブレーキの信頼度は低く、説明を受けたことがある場合は、ニュース・記事から情報を得た人のみ信頼度は高い傾向にある。

#### (4) 誰から ACC の説明を受けたか

ACC 信頼、ブレーキ信頼因子はニュース・記事のみ弱い正の相関があった。つまり、ACC の情報をニュース・記事から得た人は、ACC も衝突被害軽減ブレーキも信頼している傾向にある。

DAT 理解因子は説明を受けたことがないと負の相関、それ以外の項目と正の相関が見られた。つまり ACC の説明を受けたことがある人は、運転支援技術の理解度が高く、説明を受けたことがない人は理解度が低い傾向がある。

## 5. 考察

誰から ACC と衝突被害軽減ブレーキの説明を受けたかという質問と因子の相関係数を表4に示した。表4からわかるように DAT 理解度の相関係数において“説明書からブレーキの説明を受けた”を除いたすべての変数において、相関がみられた。マクロな視点からみると、そもそも説明を受けたか受けていないかによって、DAT 理解度の相関係数に大きな差が得られた。

表 3 各因子の相関関係

		DAT 未知・不信	ACC 信頼	DAT 理解	ブレーキ 信頼
属性	年代	0.123	<b>0.174*</b>	-0.002	0.080
	男性	-0.009	0.028	<b>0.192*</b>	0.133
	学生	<b>-0.179*</b>	-0.120	0.048	-0.059
使用経験	衝突被害軽減ブレーキ	0.011	-0.022	<b>0.373**</b>	<b>0.192*</b>
	ACC	<b>0.164*</b>	<b>0.174*</b>	<b>0.425**</b>	<b>0.199*</b>
誰から 衝突被害軽減 ブレーキ の説明を 受けたか	ディーラー	0.075	0.045	<b>0.361**</b>	0.124
	レンタカー	-0.009	0.119	<b>0.205*</b>	0.058
	家族・友人	0.005	-0.029	<b>0.253**</b>	0.018
	説明書	-0.053	0.031	0.062	0.040
	テレビCM	-0.104	-0.074	<b>0.198*</b>	0.157
	ニュース・記事	0.003	0.014	<b>0.197*</b>	<b>0.256**</b>
説明を受けたことがない	-0.036	-0.086	<b>-0.494**</b>	<b>-0.283**</b>	
誰から ACC の説明を 受けたか	ディーラー	0.081	0.116	<b>0.306**</b>	0.065
	レンタカー	0.022	0.081	<b>0.226**</b>	0.026
	家族・友人	-0.103	-0.039	<b>0.261**</b>	0.008
	説明書	0.066	0.018	<b>0.207*</b>	-0.086
	テレビCM	-0.074	0.041	<b>0.195*</b>	0.088
	ニュース・記事	0.092	<b>0.168*</b>	<b>0.328**</b>	<b>0.215**</b>
説明を受けたことがない	0.029	-0.064	<b>-0.599**</b>	-0.118	

\*\*：1%有意水準(両側), \*：5%有意水準(両側)

これは変数“誰からも ACC/ブレーキの説明を受けていない”は負の相関があることから説明がつく。DAT 理解度の相関係数は“説明書からブレーキの説明を受けた”を除いたすべての変数では非常に弱い正の相関が見られた。また、“ディーラーからブレーキの説明を受けた”と“ディーラーから ACC の説明を受けた”と“ニュース・記事から ACC の説明を受けた”の 3 つの変数は DAT の理解度に大きく影響を及ぼしていることがわかる。

専門的な知識を有さない変数に当たる“家族・友人からブレーキ/ACC の説明を受けた”でも弱い正の相関がみられた。このことから、この 2 つの変数は説明者が一般人であるものの、一度、DAT の説明を、専門的な知識を有するものから受けたことがあるために、他者に説明しても DAT 理解度の相関係数が高い

値が見られた。

また、変数“ニュース・記事から ACC の説明を受けた”における DAT 理解度の相関係数が高いことと、変数“説明書から ACC の説明を受けた”の DAT 理解度の相関が低いことから説明書による DAT の説明に問題があることがわかった。実際に、ニュース・記事と説明書の DAT についての説明を確認したところ、ニュース・記事には DAT を使ってはいけない状況と理由を詳細に説明しつつ、図も添付されているのに対して、説明書には使ってはいけない状況のみの列挙になっており、全体として説得力に欠けるものとなっていた。

より多くの免許保持者に、運転支援技術の正しい知識を身につけてもらうために、免許更新時に運転支援技術についての安全講習の受講を義務付

表 4 誰から ACC と衝突被害軽減ブレーキの説明を受けたかという質問と因子の相関

		因子							
		DAT未知・不信		ACC信頼		DAT理解		ブレーキ信頼	
x		ブレーキ	ACC	ブレーキ	ACC	ブレーキ	ACC	ブレーキ	ACC
誰からxの説明を受けましたか？	ディーラー	0.075	0.081	0.045	0.116	<b>.361**</b>	<b>.306**</b>	0.124	0.065
	レンタカー	-0.009	0.022	0.119	0.081	<b>.205*</b>	<b>.226**</b>	0.058	0.026
	家族・友人	0.005	-0.103	-0.029	-0.039	<b>.253**</b>	<b>.261**</b>	0.018	0.008
	説明書	-0.053	0.066	0.031	0.018	0.062	<b>.207*</b>	0.040	-0.086
	テレビCM	-0.104	-0.074	-0.074	0.041	<b>.198*</b>	<b>.195*</b>	0.157	0.088
	ニュース・記事	0.003	0.092	0.014	<b>.168*</b>	<b>.197*</b>	<b>.328**</b>	<b>-.256**</b>	<b>.215**</b>
説明を受けたことがない	-0.036	0.029	-0.086	-0.064	<b>-0.494**</b>	<b>-.599</b>	<b>-.283**</b>	-0.118	

けることにより、運転支援技術をまだ使ったことがない人、説明を受けたことがない人に知ってもらうことが必要と考える。また、説明書から得られる運転支援技術の説明では十分な理解には至らないことから、説明書に、ニュース・記事で記載されている説明や図を参考に加えることにより、より分かりやすいものに改善していく必要性が指摘される。

## 6. まとめ

本研究では、説明者の違いによって ACC と衝突被害軽減ブレーキの 2 つの運転支援技術の理解度と信頼度に違いが生じるかを検証した。検証を行うにあたり、アンケートでサンプルを収集し、因子分析、相関分析を行った。因子分析では、DAT 未知・不信、ACC 信頼、DAT 理解、ブレーキ理解の 4 つの因子が得られた。相関分析では、属性別、使用経験別、誰から衝突被害軽減ブレーキの説明を受けたか、誰から ACC の説明を受けたかについて分析し、それぞれにおいて傾向が見られるかを検証した。検証を受けて、より多くの人に運転支援技術を理解してもらうための具体的な提案を行った。



今後、よりよいデータを得るためには、今回アンケートを行った人数より多くの被験者が必要である。また、今回のアンケートでは衝突被害軽減ブレーキと ACC の 2 つのみに行ったが、他の技術についても因子分析及び相関分析を行えばより良い研究につながると考えられる。

## 7. 参考文献

- [1] 国土交通省: 乗用車等の衝突被害軽減ブレーキに関する保安基準 (概要), 2020.
- [2] 朝日新聞デジタル: 「運転支援システム故障」主張した被告に有罪 3 人死傷,  
<https://www.asahi.com/articles/ASN30739LN30ULOB012.html>, 最終閲覧日 2021/10/10.
- [3] 国土交通省: 「衝突被害軽減ブレーキがあれば、安心」ではありません。－衝突被害軽減ブレーキには機能の限界があり、状況によっては作動しません－,  
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001320507.pdf>, 2019.

- [4] Lee J D, See K A: Trust in automation: Designing for appropriate reliance[J]. Human factors, 2004.
- [5] 平岡 敏洋, 劉 海龍, 田中 誠也: 運転支援システム利用時におけるドライバの信頼状態と運転行動. 自動車技術会論文集, 51(2):360-366, 2020
- [6] 貴答 竣亮 荒川 俊也: 自動運転使用時におけるドライバ行動の観察と考察, 産業応用工学会論文誌, 8(2):222-228, 2020.
- [7] Gold C, Körber M, Hohenberger C, et al: Trust in automation—before and after the experience of take-over scenarios in a highly automated vehicle[J]. Procedia Manufacturing, 2015.
- [8] 自動車公正取引協議会: 運転支援・自動運転機能の表示等に関する調査結果報告書, 2019
- [9] JAF: ACC (車間距離制御装置) のこんな使い方は危ないよ, <https://jaf.or.jp/common/safety-drive/new-technology/acc/using-method/do-not-use>, 最終閲覧日 2021/10/11.
- [10] Google Map,  
[https://www.google.com/maps/@35.1597747,136.8181583,3a,75y,180.22h,98.19t/data=!3m4!1e1!3m4!1srO\\_zA-iB8VF9iLa24VzvwQ!2e0!7i13312!8i6656](https://www.google.com/maps/@35.1597747,136.8181583,3a,75y,180.22h,98.19t/data=!3m4!1e1!3m4!1srO_zA-iB8VF9iLa24VzvwQ!2e0!7i13312!8i6656), 最終閲覧日 2021/10/11

表5 アンケート概要

質問番号	項目	質問内容	選択肢 (画像は Q5-4, 8-4 のもの)
1-1	基本属性	あなたは日本に普通自動車を運転できますか(国際免許保持者含む)(免許返納者は「いいえ」を選択してください)	1.はい 2.いいえ
1-2		当てはまる年代を選択してください。	1.10代 2.20代 3.30代 4.40代 5.50代 6.60代 7.70代以上 8.答えたくない
1-3		ご自身の性別を選択してください	1.男性 2.女性 3.どちらでもない 4.答えたくない
1-4		ご職業について当てはまるものを選択してください	1.学生(日本国籍) 2.学生(その他) 3.社会人 4.その他(自由記述)
2-1	衝突被害軽減ブレーキ	衝突被害軽減ブレーキの付いた自動車を利用したことはありますか。	1.機能を利用したことがある 2.機能の付いた自動車を利用したことがあるが、機能を利用したことはない 3.機能の付いた自動車を利用したことがない 4.機能がついているか不明
2-2		衝突被害軽減ブレーキを利用した理由をお答えください。 ※	1.万が一のときに安全だと思うから 2.運転の負担を軽減できるから 3.自分の運転技術を信頼できないから 4.新しい技術に興味があるから 5.使う車にその機能が付いていたから 6.その他(自由記述)
2-3		衝突被害軽減ブレーキを利用しているときにヒヤリとした経験がある場合は、その内容と発生した要因をお答えください。(例:衝突被害軽減ブレーキが発動すると思ったが、反応しなかったので急いでブレーキを踏んだ。) ※	自由記述
2-4		衝突被害軽減ブレーキを利用しなかった理由をお答えください。 ※	1.システムが信頼できないから 2.一度利用してよくないと思ったから 3.その機能を付けるのにお金がかかるから 4.使う車にその機能が付いていなかったから 5.その機能に興味がないから 6.自分の運転に自信があるから 7.その他(自由記述)
3-1		衝突被害軽減ブレーキはあてにならない。	1.そう思う～5.そう思わない
3-2		衝突被害軽減ブレーキは信頼できる。	
3-3		衝突被害軽減ブレーキは安全を提供してくれる。	
3-4		衝突被害軽減ブレーキに精通している。	
4-1		衝突被害軽減ブレーキの説明を誰に受けましたか。	1.ディーラー 2.レンタカー屋 3.家族、友人 4.説明書 5.テレビCM 6.ニュースや記事 7.その他(自由記述) 8.説明を受けたことがない
4-2		衝突被害軽減ブレーキについて、機能限界や事故リスクの説明を覚えていますか	1.説明を受け、内容を覚えている 2.説明を受け、だいたい内容を覚えている 3.説明を受けたが、内容をあまり覚えていない 4.説明を受けたが、内容を覚えていない 5.説明を受けていない
4-3		衝突被害軽減ブレーキとは、どのような機能だと思いますか？	1.自動でブレーキが作動し、自動で停止するもの 2.自動でブレーキが作動し、自動で減速するか、必ず停止するものではない 3.わからない 4.その他(自由記述)
4-4		衝突被害軽減ブレーキとは、どのような状況で作動する機能だと思いますか？	1.あらゆる状況において作動するので、運転者は操作する必要がないもの 2.あらゆる状況において作動するが、必要に応じて運転者が操作する必要があるもの 3.状況に応じて作動するが、基本的には運転者が操作する必要があるもの 4.わからない 5.その他(自由記述)
5-1		衝突被害軽減ブレーキは、赤信号で止まることができる	1.○ 2.× 3.わからない
5-2		衝突被害軽減ブレーキは、高速道路などでの割り込みにも対応できる。	
5-3		「衝突被害軽減ブレーキ(被害軽減ブレーキ)」は、雨や雪の日は機能しないこともある。	
5-4		あなたは下の図のように高速道路の追い越し車線を走行しています。前方で右車線が工事で閉塞していることに気づき、左車線に戻ろうとしています。衝突被害軽減ブレーキ機能利用中、図のような状況で追い越し車線から元の車線に戻った際に考えうる事故リスクを記述してください。【わからない場合は「わからない」と記述してください】。	自由記述 
6-1	ACC	ACCの付いた自動車を利用したことはありますか。	1.機能を利用したことがある 2.機能の付いた自動車を利用したことがあるが、機能を利用したことはない 3.機能の付いた自動車を利用したことがない 4.機能がついているか不明
6-2		ACCを利用した理由をお答えください。	1.万が一のときに安全だと思うから 2.運転の負担を軽減できるから 3.自分の運転技術を信頼できないから 4.新しい技術に興味があるから 5.使う車にその機能が付いていたから 6.その他(自由記述)
6-3		ACCを利用しているときにヒヤリとした経験がある場合は、その内容と発生した要因をお答えください。(例:ACC利用中、前方に急に割り込み車両が侵入してきてシステムが必要以上に急減速を行った。)	自由記述
6-4		ACCを利用しなかった理由をお答えください。	1.システムが信頼できないから 2.一度利用してよくないと思ったから 3.その機能を付けるのにお金がかかるから 4.使う車にその機能が付いていなかったから 5.その機能に興味がないから 6.自分の運転に自信があるから 7.その他(自由記述)
7-1		ACCはあてにならない。	1.そう思う～5.そう思わない
7-2		ACCは信頼できる。	
7-3		ACCは安全を提供してくれる。	
7-4		ACCに精通している。	
8-1		ACCの説明を誰に受けましたか。	1.ディーラー 2.レンタカー屋 3.家族、友人 4.説明書 5.テレビCM 6.ニュースや記事 7.その他(自由記述) 8.説明を受けたことがない
8-2		ACCについて、機能限界や事故リスクの説明を覚えていますか	1.説明を受け、内容を覚えている 2.説明を受け、だいたい内容を覚えている 3.説明を受けたが、内容をあまり覚えていない 4.説明を受けたが、内容を覚えていない 5.説明を受けていない
8-3		ACCとは、どのような機能だと思いますか？	1.自動で加減速、ステアリングが行われるので、利用中はスマートフォン等を利用できる 2.自動で加減速、ステアリングが行われるが、非利用時と同じように常に運転に意識を向ける必要がある 3.わからない 4.その他(自由記述)
8-4		ACCとは、どのような状況で作動する機能だと思いますか？	1.あらゆる状況において作動するので、運転者は操作する必要がないもの 2.あらゆる状況において作動するが、必要に応じて運転者が操作する必要があるもの 3.状況に応じて作動するが、基本的には運転者が操作する必要があるもの 4.わからない 5.その他(自由記述)
9-1		ACCは、料金所や出口で停止する。	1.○ 2.× 3.わからない
9-2		ACCは、高速道路の合流、流出時に利用できる。	
9-3		ACCは、雨や雪の日は機能しないこともある。	
9-4		図のような急カーブで追従機能付きクルーズコントロールを利用する際に、事故リスクを減らすために注意すべき点を記述してください。【わからない場合は「わからない」と記述してください】	自由記述  [10]



## PBL 演習

# 日本における QR コード決済に関するリスク認知の調査

PBL 演習 7 班

小口公 森村洸生 LIU ZHIHANG

アドバイザー教員 古川宏

## 1. 背景

近年、コロナウイルスによる影響などによりキャッシュレス決済の需要が高まっている。QR コード決済はキャッシュレス決済の 1 つであり、2020 年の決済動向の調査[1]では過去 1 年間での利用率の上昇率がキャッシュレス決済の中で 1 位であった。現在日本で主要とされる QR コード決済サービスは、PayPay、楽天 Pay、LINE Pay、au Pay、メルペイなどが挙げられる。その中でも「PayPay」は 2019 年 3 月から 2020 年 12 月までに利用率が約 5.7 倍になっている。

また、総務省が行なっている QR コード決済の普及事業として、統一 QR「JPQR」がある[2]。

「JPQR」を利用することで、PayPay、au Pay などを一括利用できるようになり、店舗での導入・従業員への教育などを簡単にできる。

近年、QR コード決済が普及し始めた日本では、7pay 事件[3]など QR コード決済のシステムの不備による事件が発生している。しかし、QR コード決済が普及している中国では、2017 年ごろにユーザ側で生じる QR コード決済の事件が多く発生した[4]。そのため、今後日本で QR コード決済が普及に伴い、ユーザ側に深く関わるリスクが生じる恐れがある。

## 2. 目的

日本での QR コード決済の普及は比較的最近であり、現在はシステム上の問題が多くみられる[3]。一方で、利用実態の研究はされている[5]が、ユーザ側のリスクに関する研究はほとんどされていない。しかし、今後の QR コード決済の普及に伴い、QR コード決済主要国の中国と同様に、システム上の問題だけでなく、ユーザ側に深く関わる事件などが起きる可能性がある。そのため、ユーザ側のリスク認知・対策について明らかにすることは必要である。

そこで、本研究では、QR コード決済に対する

リスク認知の調査を行う。調査に伴うアンケートの対象は、分析のために 30 件以上の回答を収集できる所属を考慮した上で、QR コード決済に関するリスクを自身で管理している学生・社会人を対象とする。アンケート結果を分析することで、日本における QR コード決済のリスク認知の現状を明らかにする。また、QR コード決済主要国との比較を行うことで、現状の日本のリスク認知度の程度や今後の対応・対策について考察を行い、今後の QR コード決済の普及に伴うリスクを最小限に抑えられることを期待する。

## 3. QR コード決済の種類とリスク

### 3.1. QR コード決済の種類と仕組み

QR コード決済は大きく 2 つの方式に分類される。1 つ目は、店舗が QR コードを掲示するユーザスキャン方式、2 つ目は、ユーザが QR コードを提示するストアスキャン方式である。

ユーザスキャン方式での QR コード決済では、店舗側で支払い情報が書かれた QR コードを用意する。その QR コードをユーザが読み込み、支払い金額を入力することで、支払いを実行する。ストアスキャン方式での QR コード決済では、QR コードを読み込む決済専用のスキャン端末を店舗側で用意することで実行できる。この端末で、ユーザが表示する QR コードを読み込むことで、決済が行われる。

### 3.2. QR コード決済のリスク

QR コード決済に関するリスクについて、「肩越しスキャン[6]」「ステッカー詐欺[7]」「アカウント関係のリスク」などがある。

「肩越しスキャン」はユーザスキャン方式の QR コード決済に存在するリスクである。このリスクは、スマホなどの画面に表示している決済用の QR コードを背後から決済専用のスキャン端末で不正に読み込むことで、架空の支払いを行わせ

る行為である。

「ステッカー詐欺」はストアスキャン方式のQRコード決済に存在するリスクである。このリスクは、店舗に設置されたQRコードの上に偽造したQRコードを重ねることで、ユーザが支払い時に誤って偽QRコードをスキャンすることを誘導し、売り上げを盗むなどを行う行為である。

「アカウント関係のリスク」は、アカウントを利用する際に生じるリスクをまとめた総称である。このリスクの中には、送信元を偽造したメッセージにより、偽のWebページなどにアクセスさせることで攻撃を行う「フィッシング詐欺[8]」や、パスワードの設定不備が原因による「アカウントの乗っ取り」が含まれる。

## 4. 調査手法

調査はアンケートを用いて行い、得られた結果から分析を行う。

### 4.1. アンケート概要

アンケート調査は日本と中国で実施した。日本とのリスク認知の比較を行うため、QRコード決済が普及している中国を選定した。アンケートの調査方法、期間、回答数を表1に示す。

表1 アンケート概要

	日本	中国
アンケート手法	Google フォーム	問巻星
アンケート期間	2021/8/4 ~9/19	2021/9/18 ~9/25
回答数	111件	194件

アンケートの質問は、QRコード決済の利用調査、「肩越しスキャン」「ステッカー詐欺」のリスク認知に関する調査、「アカウント関係のリスク」のリスク認知に関する調査の3パートに大きく分かれている。

それぞれのパートでの主な質問内容を表2に示す。アンケートでリスク認知について質問する際、リスク名を認知しているかの質問では、「リス

ク名は聞いたことがあるため、リスク認知している」、「リスク認知はしているが、リスク名を聞いたことがなかったため、リスク認知をしていない」と回答する可能性があり、本質的なリスク認知度は測ることができないと考えた。そのため実際には、リスクを認知していれば危険と感じることを危険だと考えているか、の質問を実施した。(例. 肩越しスキャン:QRコード決済を他人に読み取られることで、支払いを不正に行われる可能性があることを知っていますか?)

表2 アンケート内容

主な項目	質問内容
QRコード決済の利用調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現在QRコード決済を利用しているか</li> <li>・具体的に利用している決済サービスは何か</li> </ul>
「肩越しスキャン」「ステッカー詐欺」のリスク認知に関する調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「肩越しスキャン」のリスク認知・対策方法</li> <li>・「ステッカー詐欺」のリスク認知・対策方法</li> <li>・決済金額の確認の頻度</li> </ul>
「アカウント関係のリスク」のリスク認知に関する調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パスワード設定での注意点</li> <li>・SMS、メールなどで送られるURLを開く際の注意点</li> </ul>

## 5. 結果

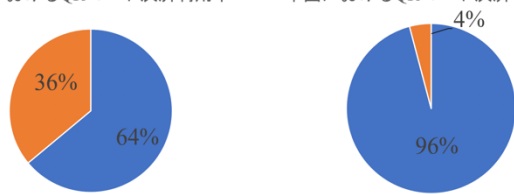
十分な分析を行うために「日本の学生」「日本の社会人」「中国の学生」「中国の社会人」において、各30名以上のアンケートを実施した。

### 5.1. QRコード決済の利用調査の結果

図1にQRコード決済の利用調査に関するアンケート結果を示す。日本では約64%(71名)、中国では約96%(186名)がQRコード決済を利用していると回答した。

この結果は、2021年2月に18～60歳の男女に対して行われたQRコード決済の実態調査[9]の日本の利用率61.61%、中国の利用率88.18%の値とほとんど差がなく、今回のアンケート回答者に明らかな偏りがないとみなせる。

日本におけるQRコード決済利用率 中国におけるQRコード決済利用率

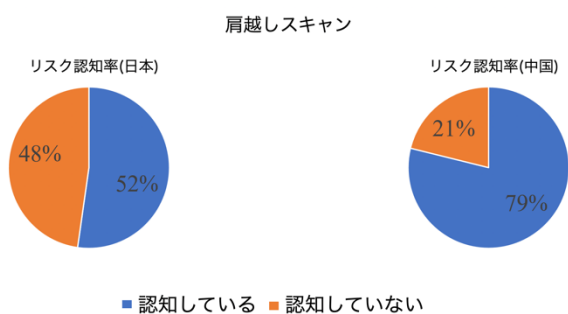


■利用している ■利用していない  
図1 QRコード決済の利用調査

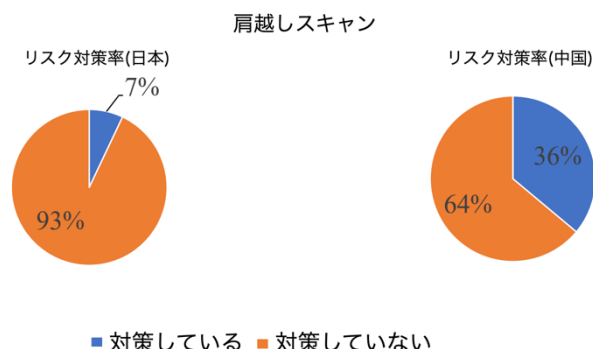
## 5.2. 「肩越しスキャン」のリスク認知に関する調査の結果

図2に「肩越しスキャン」のリスク認知に関する調査の結果、図3に「肩越しスキャン」のリスク対策に関する調査の結果を示す。グラフ中の数字は、総回答者数に対する割合を表す。日本では約52%(53名)がリスク認知しており、約7%(5名)がリスク対策を行っていると回答した。一方、中国では、約79%(153名)がリスク認知しており、約36%(69名)がリスク対策を行っていると回答した。

この結果から、中国の回答者は日本の回答者と比べて、リスク認知・リスク対策を「している」と回答する割合が大きいことがわかる。また、日本と中国において共通している点として、リスク認知の割合に対するリスク対策の割合が小さいことが挙げられる。特に、日本ではリスク認知を「している」方の約9%がリスク対策を「している」とわかる。



■認知している ■認知していない  
図2 「肩越しスキャン」のリスク認知に関する調査



■対策している ■対策していない  
図3 「肩越しスキャン」のリスク対策に関する調査

## 5.3. 「ステッカー詐欺」のリスク認知に関する調査の結果

図4に「ステッカー詐欺」のリスク認知に関する調査の結果、図5に「ステッカー詐欺」のリスク対策に関する調査の結果を示す。グラフ中の数字は、総回答者数に対する割合を表す。日本では約19%(21名)がリスク認知しており、約1%(1名)がリスク対策を行っていると回答した。一方、中国では、約65%(126名)がリスク認知しており、約24%(47名)がリスク対策を行っていると回答した。

この結果から、中国の回答者は日本の回答者と比べて、リスク認知・リスク対策を「している」と回答する割合が非常に大きいことがわかる。また、日本と中国において共通している点として、リスク認知の割合に対するリスク対策の割合が小さいことが挙げられる。特に、日本ではリスク認知を「している」方の約5%がリスク対策を「している」とわかる。

## 5.4. 「アカウント関係のリスク」のリスク認知に関する調査の結果

図6にパスワード設定に関する注意点の調査の結果、図7にSMS・メールなどで送られるURLを開く際の注意点の調査の結果を示す。

この結果から、パスワード設定・フィッシング詐欺に関するリスクにおいて、過半数が対策している項目が多いことがわかる。一方で、「パスワードの使い回しを避ける」と答えた回答者は約32%(37名)と比較的少数である。

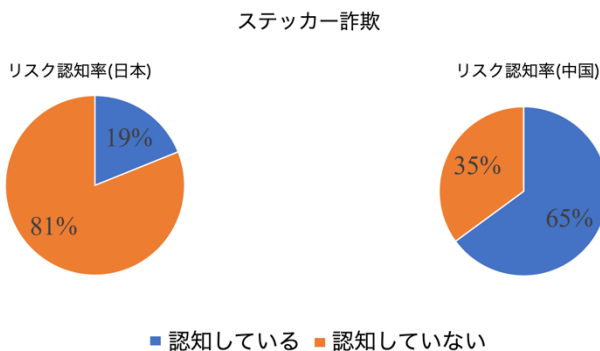


図 4 「ステッカー詐欺」のリスク認知に関する調査

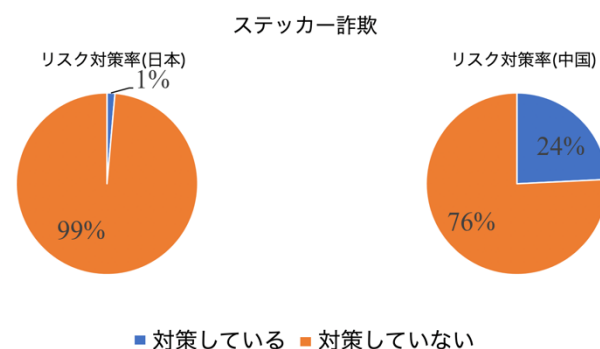


図 5 「ステッカー詐欺」のリスク対策に関する調査

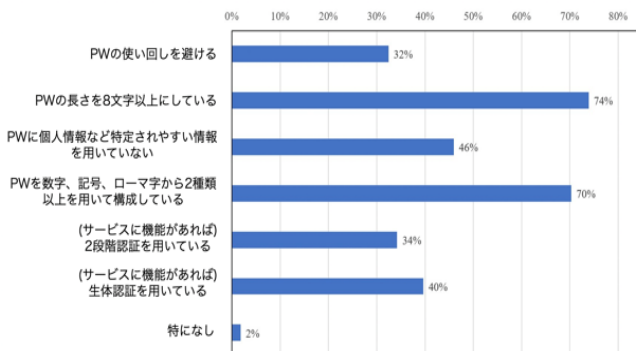


図 6 パスワード設定に関する注意点の調査

## 6. 考察

### 6.1. 日本での QR コード決済に関するリスク調査の考察

図 2 より、「肩越しスキャン」のリスク認知は約半数ができていていることがわかる。一方で、図 4 から「ステッカー詐欺」のリスク認知はほとんど

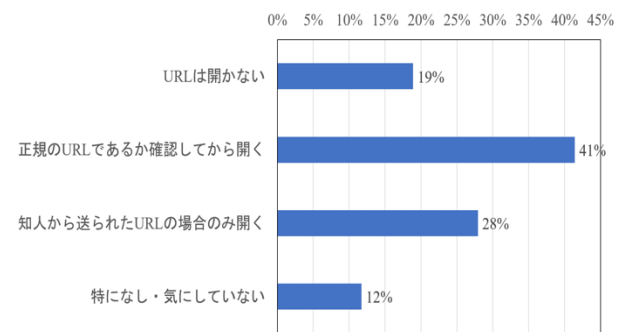


図 7 SMS・メールなどで送られる URL を開く際の注意点の調査

できていないことがわかる。これは、日本で普及しているコンビニや飲食店などで行われる QR コード決済は、ほとんどがストアスキャン方式であることが原因であると考えられる。ストアスキャン方式では、ユーザが QR コードを読み取ることで生じるリスクである「ステッカー詐欺」は発生しないため、このような結論に至った。これらの結果から、日本で普及しているストアスキャン方式で生じるリスクについては、約半数がリスク認知できているが、あまり普及していないユーザスキャン方式で生じるリスクについては、リスク認知できていないことが明らかである。

図 3,5 から、「肩越しスキャン」「ステッカー詐欺」に共通して、リスク認知の割合に対するリスク対策の割合が「肩越しスキャン」では約 9%、「ステッカー詐欺」では約 5%と低いことがわかる。これは、日本で QR コード決済が普及している途中であるため、事件数が少ないことが原因であると考えられる。しかし、日本の QR コード決済に関する事件数について、具体的な件数は政府・警察が公表していなかったため、ニュース記事などを参考にして、事件数は少ないと予測をした。

図 6,7 から、「アカウント関係のリスク」の対策は十分にできていることがわかる。しかし、「パスワードの使い回しを避ける」という回答のみ 32%と少なく、リスク対策として万全ではない。また、トレンドマイクロが行ったパスワードの利用実態調査 2020[10]では、「パスワードの使い回しをしている」Web サービス利用者は 85.7%となっており、その理由のアンケートでは、「異なるパスワードを設定すると忘れる」が 71.4%、「異なる

パスワードを考えるのが面倒」という回答が49.4%となっている。そのため、「パスワードの使い回しを避ける」という回答が32%と少なかった理由も、同様に「忘れる・面倒」が原因であると考えた。

## 6.2. 日本と中国のリスク認知の比較

図2,3,4,5から、大きく分けて(i)中国は、日本と比べてQRコード決済のリスク認知・対策の割合が大きい。(ii)中国は、日本と比べてリスク認知の割合に対するリスク対策の割合が大きい。(iii)中国と日本で、共通してリスク認知の割合に対するリスク対策の割合が50%以下である。という3つのことがわかる。

(i)は、中国では2017年頃に「肩越しスキャン」「ステッカー詐欺」に関する事件が多く発生[4]したり、最近では中国銀行が統一QRを始め、ユーザーの注意を提示[11]、新聞で「ガソリンスタンドでのQRの危険性[12]」、「3m以上離れたQRスキャンの実験[13]」について書くなど、国民への注意を促しているため、リスク認知が十分にできていたと考えられる。

(ii)は、(i)同様に中国では2017年頃に「肩越しスキャン」「ステッカー詐欺」に関する事件が多く発生したり、QR決済のリスクについて、メディアが報道したりしたため、リスク認知をした上で、対策が十分に必要であると認識できていたと考えられる。

(iii)の原因は、日本と中国で異なると考えた。日本の原因として、QRコード決済に関する事件が少ないため、リスク認知はしているが、リスク対策をするほど重要ではないと考える人が多いこと、が考えられた。一方、中国のアンケート回答者に個別的に、なぜリスク対策を実施しないかを質問したところ、QRコード決済に関するセキュリティが強固になっている、リスクを踏まえた上で対策するほどではないと、という意見が得られた。そのため、中国のリスク認知の割合に比べてリスク対策の割合が小さいことから、中国の多くの人々は、リスクを認知・経験している上で、リスク保有をしていると考えた。これらの考察から、日本が中国同様にリスク保有を取ることが適当だとは限らない。これは、日本ではリスク認知・

経験が十分できておらず、リスクの規模や対策方法、対策が必要かを理解していないことため、中国と状況が異なることが理由である。日本では、リスク認知度が小さいため、まずリスク認知度を大きくして、その後の対応を検討するべきだと考えられる。

## 7. まとめと今後の課題

本研究から、日本のQRコード決済に関するリスク認知・対策は十分にはできていないとわかった。一方で、「アカウント関係のリスク」について、十分にリスク認知・対策ができていたことがわかった。今後、日本でQRコード決済がますます普及していくと考えられるため、早急にリスク認知・対策を促しておくことで、事件・被害を抑えることができると考えられる。

今後の課題として、アンケート調査対象・調査項目などを増設することで、考察の検証などをしていく必要がある。

## 参考文献

- [1] 株式会社インフキュリオン・グループ. 決済動向 2020年12月調査  
<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000024.000031359.html>
- [2] 総務省. 統一QR「JPQR」普及事業  
<https://jpqr-start.jp/>
- [3] 株式会社セブン&アイ HLDGS. 「7pay(セブンペイ)」サービス廃止のお知らせとこれまでの経緯、今後の対応に関する説明について  
<https://www.7andi.com/company/news/release/201908011500.html>
- [4] キャッシュレス大国・中国の「知られざる闇」  
<https://gendai.ismedia.jp/articles/-/58098>
- [5] 西村奨之・遠藤正之. 大学生のQRコード決済利用状況の実態調査による分析. 経営情報学会 2020年全国研究発表大会 11/7~8
- [6] 新手的QRコード決済ハッキング。肩越しにスキャン  
<https://tamakino.hatenablog.com/entry/2018/09/21/080000>

- [7]毎日新聞.QR 決済でカネを騙しとる「ステッカー型」詐欺とは  
<https://mainichi.jp/premier/business/articles/20190924/biz/00m/020/018000c>
- [8]IPA.フィッシング対策  
<https://www.ipa.go.jp/security/personal/protect/phishing.html>
- [9]Ivanti Software 株式会社. 世界の QR コード実態調査  
<https://prtmes.jp/main/html/rd/p/000000004.00065506.html>
- [10]トレンドマイクロ株式会社. パスワードの利用実態調査 2020  
[https://www.trendmicro.com/ja\\_jp/about/press-release/2020/pr-20200929-01.html](https://www.trendmicro.com/ja_jp/about/press-release/2020/pr-20200929-01.html)
- [11]中国銀行 2020  
[http://www.creditjj.gov.cn/zxz1\\_301/fxts/202004/t20200423\\_3309506.html](http://www.creditjj.gov.cn/zxz1_301/fxts/202004/t20200423_3309506.html)
- [12] 工人日報 2021  
<https://china.huanqiu.com/article/42QKKcqmDY1>
- [13]新聞網 2021  
<https://vct.news/news/6bd49f8c-51dc-4cc4-a401-896092c2c829>
- [14]著者:宮居雅宣. 決済サービスとキャッシュレス社会の本質

# 企業の環境活動の定量的評価

## ～CSR から見る評価方法の検討～

リスク・レジリエンス工学学位 P グループ演習 8 班

202120540 陳 浩太 202120543 遠山 涼太郎 202120541 土橋 弘武

指導教員：秋元 祐太郎 助教

### 1. 背景

2021 年 5 月 26 日、改正地球温暖化対策推進法<sup>1)</sup>が成立した。その内容として 2050 年までの脱炭素社会実現を法律に明記する事や、脱炭素に向けた取組・投資やイノベーションの加速が含まれており、これらは社会全体で取り組むべき課題であるとされている。一方、日本の CO<sub>2</sub> の排出量は、環境省のデータ<sup>2)</sup>によれば企業・公共部門が 78% を占めており、脱炭素社会実現に向け、企業が重要な部分を担っていると言える。

では、各企業がどの程度環境問題に取り組んでいるのか、どのような取り組みを行っているのか、その活動を知る術として、CSR レポートやサステナビリティレポート、統合報告書が挙げられる。CSR は Corporate social responsibility、つまり企業の社会的責任のことであり、一般には環境活動等を通じて社会に貢献する活動のことを指す。しかしこれが広報を目的とした活動となってしまう可能性も存在し、各企業がどこまで真剣に脱炭素社会実現に向けた取り組みを実施し、またその成果を上げているのかは我々が慎重に見極める必要がある。

また、近年の世界的な動向に視点を置くと、企業の CSR については、環境 (Environment, 以下「E」) という側面に加え、社会 (Social, 以下「S」) とガバナンス

(Governance, 以下「G」) の非財務情報に重点を置いた ESG 投資を行う投資家にも重視されており、経済産業省が 2017 年に公表した伊藤レポート 2.0 (持続的成長に向けた長期投資 (ESG・無形資産投資) 研究会報告書)<sup>3)</sup> でも、これらの側面と持続可能性及び企業価値の向上については重要とされている。つまり、企業の CSR を考える上では、ESG の要素が相互に関連しており、環境について評価するうえでは社会やガバナンスとの繋がりやバランスも考慮すべきであることが考えられる。以上の点から、企業の環境問題への取り組みには第三者の評価が必要と言え、その評価は単純ではないことが窺える。既存の CSR 評価指標として、CSR 企業総覧と<sup>4)</sup>CDP Japan<sup>5)</sup>というものがある。CSR 企業総覧は東洋経済新報社が毎年 1 回発行する刊行物であり、企業の CSR について、企業データに加え企業の環境に対する意識や対応についてアンケートにより評価したものである。そしてこれらアンケートからの評価と企業ごとの基礎データに加え、行なっている環境活動について記載されている。そしてそれらは CSR 評価として人材活用、環境、企業統治、社会性のように項目ごとに点数化及びランクづけされている。もう一方の CDP Japan (カーボン・ディスクロージャー・プロジェクト・ジャパン) は、環境に関

する情報開示を目的とした NGO である CDP Japan が、企業への CDP 質問書への回答を通じて情報を収集・開示しており、気候変動や森林など環境に関する質問を通じランクづけを行っている。既存のこれらの評価指標はいずれも各企業自らがアンケートに回答する形式であり、客観的な指標といえるかについては疑問が残る。

## 2. 既往研究

企業の CSR 活動の定量的な評価や影響という点に着目した既往研究として、以下のものが挙げられる。

梁本ら<sup>6)</sup>は、ステークホルダーの視点から、CSR 活動と財務パフォーマンスの関係性について、テキストマイニングにより定量分析を試みた。分析方法としては、CSR レポートをテキストマイニングすることにより、CSR 活動の特徴から、どのステークホルダーを重視しているか頻出度で企業をクラスターに分類し、クラスター間で財務パフォーマンスとの関係を比較した。これにより、CSR 活動が財務パフォーマンスと正の相関がある可能性、そして取引先を重視する企業ではその影響が小さい可能性を示唆した。

また、深沢ら<sup>7)</sup>は日本の製造業及び非製造業を対象に、CSR 企業総覧のデータを用い、どのような環境への取り組みが経営業績に影響を与えているかを分析した。その結果、環境に関する CSR 活動に積極的に取り組んだ企業経営は経営業績に正の影響があること明らかとなった。この研究から、環境に関する CSR 活動は各企業の置かれた環境や事業内容をもとに、経営戦略の一貫として実施すべきとの示唆が得られた。また、この研究の限界として、業種というマクロな視点

で分析していることから、個別企業のミクロな視点では分析できていないという課題が挙げられていた。

これらの既往研究では、企業の CSR 活動や環境関連の活動について定量的な分析を試みていたが、環境活動への取り組み内容について企業ごとに評価するのに十分と言えるものではないことと、既往研究は CSR 活動を切り口にした財務面の研究であり、環境への取り組みのパフォーマンスを十分に分析している研究ではないということが言える。

## 3. 目的

前述の研究背景及び先行研究から言えることとして、企業が取り組む CSR 活動は、長所として、自由度が高く、各企業で柔軟に取り組むことが出来るという一方で、自由度が高いが故に、取り組みが企業によってバラバラであり、企業ごとや活動ごとの比較や評価が困難であるという短所があると考えられる。そしてそれが現状の課題であり、既往研究等でも十分に手を付けられていない分野だと言えるだろう。そこで我々は、既存のアンケートによらない方法による評価を行うことにより、企業の環境への取り組みを定量的に評価することが必要であると考え、研究目的とした。この研究により、どの企業がどの程度、環境問題に取り組んでいるかを明らかにし、低炭素社会実現に寄与したいと考える。

## 4. 研究手法

本研究で用いる研究手法の1つ目は、CSR 企業総覧から得られる実績数値の定量的解析である。研究背景でも述べたように、CSR



企業総覧はアンケート調査を軸にした刊行物ではあるが、環境負荷量など数値データも掲載されており、これらのデータを活用し、実績数値間の比較や、相関関係の有無について定量的評価を行った。

研究手法の2つ目は、企業のCSRレポート及びサステナビリティレポートを対象としたテキストマイニングである。テキストマイニングとは、文章を読者の主観ではなく統計的に分析する手法のことであり、文章に頻出する単語を抽出することや、単語と単語の結びつきや関係を把握することなどができる。今回の分析では、KH Corder<sup>8)</sup>というソフトを用いて、語句の頻出度や関係性から、共起ネットワークを作成し、抽出語句間のネットワークの関係性やネットワーク全体に占める語句の割合などを分析した。

## 5. 研究結果・考察

### 5.1 CSR 企業総覧の実績数値

電力業界の2019年度のCO<sub>2</sub>排出量が図1のとおりであるが、これらの排出内訳(各スコープでの排出)に着目すると、電力会社によって、その排出量にかなり違いがあることが分かる。これらは各電量会社の電源構成によって大きく依存することが考えられ、各社の電源構成を調べた結果、図2のようになった。これらを見ると、

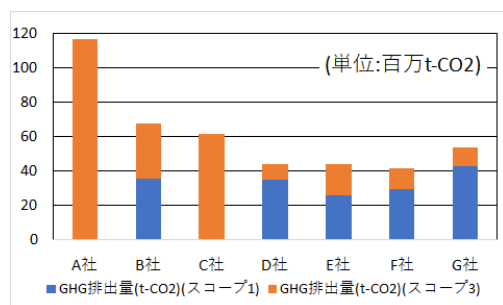


図1 各電力会社におけるCO<sub>2</sub>排出量

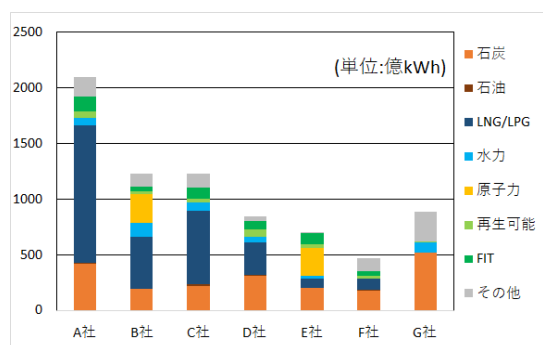


図2 各社の電源構成

各社の発電方法がCO<sub>2</sub>排出量に大きく影響していることが分かる。また、各社の電源構成から読み取れることとして、各社の電源構成は原子力による発電の有無により大きく異なること、そして原子力発電所の運休などによってその構成比及びCO<sub>2</sub>排出量に大きく影響を与えることである。また、固定価格買取制度(FIT)を活用した太陽光発電などについて、電力会社の規模が小さくなるにつれて割合が大きくなる傾向があり、この要因として、住民はそれぞれ最寄りの電力会社へ売電することが多く、供給量は大きく差がないのに対し、総発電量は企業規模に応じて大きくなることが考えられる。

次にCSR企業総覧2021のデータを基にした電力業界における環境関連のデータの相関関係について調査を行ったところ、エネルギー投入量とGHG排出量等の変数間に相関がみられた。しかし環境保全コストや環境保全対策に伴う経済効果等の企業の環境活動に関するデータの相関を調べることができなかった。原因として、データの揃っていない企業が少ない点が挙げられる。前述のように、CSR企業総覧ではアンケート調査を利用してデータを取得していた。しかし企業によっては開示していない情報が存在している。ある企業では開示されている情報

でも、別の企業では開示されていない場合、これらの変数の相関を把握することができない。そのため電力業界間での分析が非常に難しいことが判明した。そこで電力業界の各企業の関係だけではなく、ESG 活動の評価が高い企業群に対し同様の分析を行うことで、電力業界の活動傾向の把握を試みた。

以下の表は電力業界と、CSR 企業総覧における ESG 活動の評価が高い企業群それぞれの環境活動に関するデータを示したものである。表 1 では抜けのあるデータが、表 2 では全て開示しており、これらの企業では環境活動の実施だけではなく活動の開示やアピールを行っていることが分かる。

表 1 電力業界データ

データ	A社	B社	C社	D社	E社	F社	G社
CSR企業総覧による評価	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA	AA
CSR企業総覧による点数	88.5	93.8	93.8	87.2	88.5	84.9	87.9
環境保全コスト(体質費)(100万円)		4,057	23,650			9,248	
環境保全コスト(費用)(100万円)		18,873	17,853			21,845	
総エネルギー投入量(t)	5,820,000	480,958,385	4,219,106	447,894,032	240,000,000	282,207,000	488,804,411
特定管理対象物投入量(t)		8,000		380	552	7,000	
投資投入量(万円)	46,015,196,000	6,890,000	52,365,425,000	10,730,000	6,397,000	5,028,000	9,719,221
GHG排出量(t-CO <sub>2</sub> )(スコープ1)	683,000	35,840,000	239,282	34,890,000	25,700,000	29,297,000	42,728,588
GHG排出量(t-CO <sub>2</sub> )(スコープ3)	118,460,000	31,747,000	61,330,000	9,163,059	18,390,000	12,160,000	11,613,825
廃棄物等総排出量(t)	148,000	621,000	98,000	1,125,723	921,000	829,000	1,924,675
特定化学物質排出量・移動量(t)		36		117	25	20	27
総排水量(㎥)	46,015,196,000	4,200,000	52,365,291,000	3,181,700	117	2,423,000	4,186,159
NOx(t)	2,000	4,414		11,169	21,000	7,900	27,250
SOx(t)	100	2,128		7,094	10,000	4,400	11,890
グリーン購入	99.90%	92.00%	99.40%	99.40%	99.20%	99.10%	99.00%
環境保全策に伴う経済効果		3,553	2,732			21,554	
「内訳」費用削減額(100万円)		11	0			21,174	
「内訳」収益額(リサイクル等)		3,542	2,732			380	

表 2 ESG 活動が評価されている企業データ

データ	X社	Y社	Z社	Q社
CSR企業総覧による評価	AAA	AAA	AAA	AAA
CSR企業総覧による点数	98.7	94.9	99.7	99.7
環境保全コスト(体質費)(100万円)	683	98	2,922	6,022
環境保全コスト(費用)(100万円)	3,030	11,585	17,380	33,929
総エネルギー投入量(t)	950,583	8,556,415	24,000,000	178,797,045
特定管理対象物投入量(t)	35	1,928	181,000	728,700
投資投入量(万円)	710,074	395,133	15,298,000	203,796,502
GHG排出量(t-CO <sub>2</sub> )(スコープ1)	54,806	1,046,820	1,376,000	16,828,956
GHG排出量(t-CO <sub>2</sub> )(スコープ3)	10,756,793	5,410,384	16,240,000	51,819,859
廃棄物等総排出量(t)	4,541	2,899	48,000	489,626
特定化学物質排出量・移動量(t)	5	8	583	1,228
総排水量(㎥)	623,684	395,133	15,164,000	148,651,968
NOx(t)	7	26	92	9,283
SOx(t)	1	19	2	21,446
グリーン購入	100.00%	100.00%	66.00%	90.00%
環境保全策に伴う経済効果	190	5,028	427	3,789
「内訳」費用削減額(100万円)	127	4,888	328	2,586
「内訳」収益額(リサイクル等)	63	140	99	1,183

次に ESG 活動の評価が高い企業群について、それぞれの企業間での相関関係を出力した。その結果、GHG 排出量(t-CO<sub>2</sub>)(スコープ 3)、特定化学物質排出量・移動量について、環境保全コストとの相関が確認された。このことから、環境に悪影響を及ぼす排出が多い企業ほど環境保全に力を入れていることが確認された。

## 5.2 テキストマイニングを用いた解析

次に、テキストマイニングを用いて電力会社群の統合報告書の分析を行った。統合報告書は、投資家だけでなく地域住民や顧客など様々なステークホルダーが読むことが意識されており、企業の取り組みが網羅的に記載されている。そこで、これらの文書のテキストマイニングを行うことで、企業の取り組みについて評価できるのではないかと考えた。また、統合報告書や CSR レポート、サステナビリティレポートは多くの企業が公開しており、環境負荷量のデータの数値などと比べて入手が容易である。

本研究では、テキストマイニングの結果として得られる共起関係と呼ばれる語が複数の文章において同様に出現する事が多いほど「強い」とされ A 関係に着目した。また、共起関係を図示したものが共起ネットワークである。

共起関係に着目した理由として、強い共起関係は、統合報告書内で繰り返し強調されている部分であると考えられるためである。また、共起ネットワークのサブグラフを統合報告書におけるまとまりと考えると、共起ネットワークをみることによって統合報告書におけるトピックを把握できる。そこで、本研究では、各企業の統合報告書の分析を行い、合計で約 100 単語が出力されるように上位の共起関係を出力した。図 3 に電力会社 A の共起ネットワークを示す。

次に、出力された共起ネットワークのうち、サブグラフごとに ESG 及び「事業内容に関連するその他」のどの項目に属するかの分類を行った。例えば、図 3 右上の「CO<sub>2</sub>」や「排出」を含むサブグラフは E に分類し、

右下の「経営」や「グループ」を含むサブグラフはGかつその他に分類を行った。

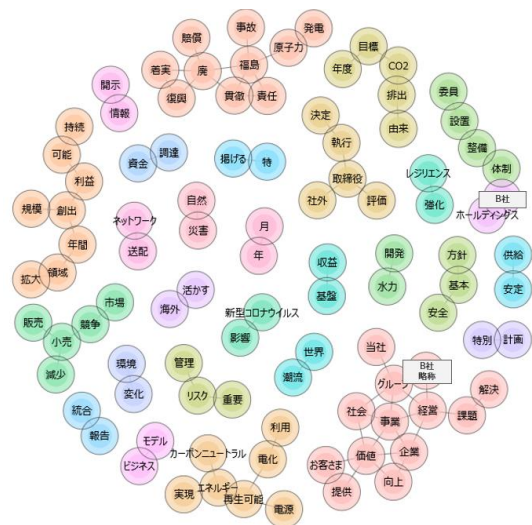


図3 A社の共起ネットワーク

ここで、それぞれのサブグラフにおける単語の数（複数の項目に属する場合は属数の数で割った数）を数えると、Eが12単語、Gが17.5単語であった。つまり、A社の統合報告書においてEに関するトピックが約12%、Gに関するトピックが約17.5%占めていると考えられる。同様に他の電力会社についても分析を行い、結果をまとめたのが図4であり、ガバナンスに関連するトピックが多いことが分かる。また、電力会社という性質上、Eの割合も多い。

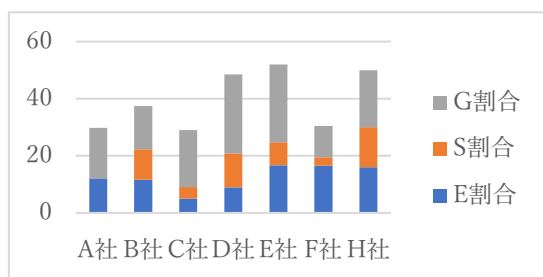


図4 共起ネットワークにおけるESGに関連するサブグラフの割合

続いて、比較対象として一般にESG活動の評価が高い業群(X, Y, Z, S社)でも分析を行った。結果を図5に示す。

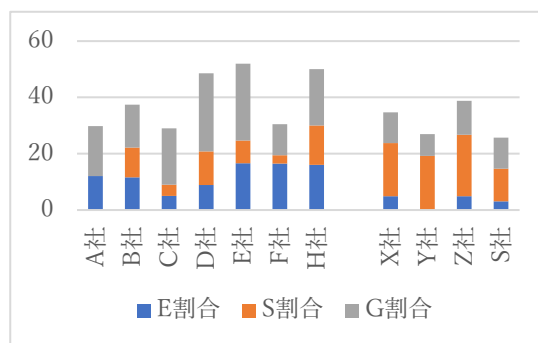


図5 共起ネットワークにおけるESGに関連するサブグラフの割合

ESG活動が評価されている企業群では、Gが少なくE・S（特にS）が多いことが見て取れる。分析を行った企業が4社と多くないため偏りが発生している可能性はあるものの、国際統合報告フレームワークなどの統合報告書における指導原則や内容要素を示したフレームワークがあることから、割合が似通る可能性は十分に考えられる。

また、電力会社群のうち、ESG活動が評価されている企業群の割合に近い、つまりGが少なくE・Sが多い企業としてB社とF社の2つが挙げられる。この2つの企業は、企業総覧においても、ほぼ全てのデータの開示を行っており、環境活動への取り組み・アピールに積極的である。このことから、ESG活動が評価される企業の統合報告書には一定の傾向があり、統合報告書におけるトピックの割合からESG活動を定量的に評価できる可能性が考えられる。

## 6. まとめ

本研究では、企業の環境への取り組みを定量的に評価する方法を考えることを目的に、様々な観点から分析を行った。まず、環境負荷量などのデータの数値からの評価として、実績数値間の比較や、相関関係の有無

について定量的評価を試みた。しかしながら、企業によって開示しているデータにばらつきがあり、開示しているデータが少ない企業においては、分析が困難であることが判明した。一方、ESG 活動が評価されている企業群は様々な情報を開示しており、それらの企業群においては環境保全コストと GHG 排出量(t-CO2) (スコープ 3)の間などで一定の相関関係を見ることができた。そのため、今後多くの企業がデータ開示を行った場合には、定量的な評価を実施できる可能性が考えられる。

次に、各企業が公開している統合報告書を対象にテキストマイニングを行い、企業の取り組み内容について評価を試みた。結果、ESG 活動が評価されている企業群では明確にガバナンスに関するトピックに比べて、環境・社会に関するトピックの方が多くことが分かった。一方、電力会社群は基本的にガバナンスに関連するトピックに比重があり、会社の体制の説明に統合報告書の大部分を使っていることがわかる。しかしながら、電力会社群のうち、B社及びF社は比較的 ESG 活動が評価されている企業群に ESG に関するトピックの割合に近いことに加えて、企業総覧においてほぼ全てのデータを開示しており環境活動のアピールに関して積極的である。また、統合報告書にはフレームワークがあることから一般に ESG 活動の評価が高い業群の統合報告書には一定の傾向があり、統合報告書から ESG 活動への取り組み・アピールを定量的に評価できる可能性があると考えられる。

以上のように、企業が開示する環境関連のデータや統合報告書から、その企業が環境問題を含む ESG 活動にどの程度取り組ん

でいるかを定量的に評価することができたと考えられる。そして、これを広く実現させるためには企業の情報開示が必要であることから、冒頭で述べた改正地球温暖化対策推進法の重点でもある企業の環境情報のオープンデータ化の推進により、今後あらゆる企業で環境関連の更なる情報開示が促進されることに期待したい。

## 7. 参考文献

1) 環境省, 地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案の閣議決定について,

<http://www.env.go.jp/press/109218.html>, 2021/10/08

2) 環境省, カーボンプライシングのあり方に関する検討会 第7回 参考資料

<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/cp/arikata/conf07.html>, 2021/10/08

3) 経済産業省, 伊藤レポート 2.0, 経済産業省, 2017/10/26

4) 東洋経済新報社, CSR 企業総覧 2021, 東洋経済新報社, 2021 年

5) CDP Japan, <https://japan.cdp.net/>, CDP, 2021/10/08

6) 梁本 昇吾, 上野 修平, 大内 紀知, テキストマイニングによる CSR 活動の定量分析に基づく CSR 活動と財務パフォーマンスの関係分析, 経営情報学会 全国研究発表大会要旨集, 2017, セッション ID P1-21, 131-134

7) 深沢 由斗, 後藤 美香, 日本企業における環境 CSR と経營業績の関係分析, 2017 年秋季全国研究発表大会, 2017, P127-130

8) 樋口 耕一, KH Coder, <https://kncoder.net/>, 2021/10/08

# もう一度見直そう、あなたの備蓄品 —筑波大生に備蓄をしてもらえる方法を探る—

グループ PBL 演習 9 班  
中川権人 菅原陸斗 矢嶋雄太  
アドバイザー：吉森和城 指導教員：梅本通孝

## 1. 背景・目的

### 1.1. 研究背景

日本は世界有数の自然災害大国である。

2011 年の東日本大震災や 2019 年の台風 19 号をはじめとして、毎年のように大きな自然災害が発生し、甚大な被害をもたらしている。

災害発生時の被害の 1 つとして、ライフラインの途絶が挙げられる。電気や水道、ガスなどのライフラインが途絶えると、日常生活を送ることが難しくなるが、一度ライフラインが途絶えると、復旧に時間を要する。図 1 のように災害発生時、インフラの復旧には時間を要する。[1]

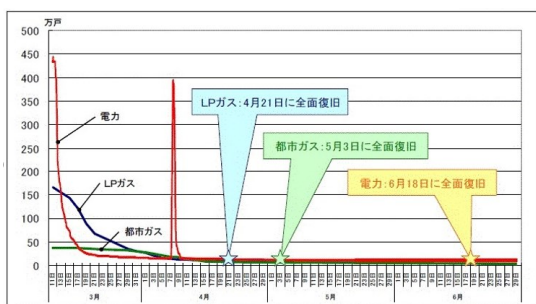


図 1 被災三県における各インフラの供給不能戸数の推移（推計含む）

ライフラインの途絶に加えて、災害発生時には、公的な支援物資がすぐには届かない可能性や、コンビニやスーパーが閉店、あるいは商品在庫がない可能性がある。このような状況のときの備えとして、内閣府や首相官邸は、普段から飲料水や保存のきく食料などを備蓄する必要性を指摘している。

### 1.2. 問題意識

防災科学研究所の確率的地震動予測地図より、つくば市を含めて、日本全国で災害リスクがあることがわかる。[2]

1.1. で述べたように、災害発生時にインフラの復旧には時間がかかることから、災害に備えてつくば市は最低 3 日分の備蓄をするように、市民に自助を要請している。[3]

また、筑波大学に備蓄状況を問い合わせたところ、食料などの備蓄は帰宅困難者が 2 日生活できる量を想定していることが分かった。帰宅困難者とは、公共交通機関を利用する学生・教職員のことを指し、このことから、筑波大学は、筑波大周辺に居住する学生に対する物資供給は行わなければならないことが分かる。

以上より、筑波大生は災害を想定して、自力である程度備えなければならないことが分かる。

### 1.3. 目的

前節より、筑波大生は自力である程度備蓄をしなければならないと言える。しかし、一人暮らしの大学生は備蓄をしていないのではないか、災害リスク認知が低いのではないかなどの疑問が生じる。

そこで本演習では、筑波大生に必要な備蓄を行ってもらえる方法とは何かを明らかにすることを目的とする。

## 2. 方法

### 2.1. アンケート手法

表1 実験前アンケート

大項目	項目	回答形式
基本属性	性別	単一選択回答
防災意識	避難場所	単一選択回答
	避難所認知	単一選択回答
	ハザードマップ認知	単一選択回答
備蓄状況	東京都が示す52品目の備蓄量	単一選択回答
備蓄意識	一般的な備蓄意識	五件法
	個人的な備蓄意識	五件法
	52品目備蓄意識	五件法

表2 実験後アンケート

大項目	項目	回答形式
備蓄意識	一般的な備蓄意識	五件法
	個人的な備蓄意識	五件法
	52品目備蓄意識	五件法

表3 1週間後アンケート

大項目	項目	回答形式
防災意識	避難所認知	単一選択回答
	ハザードマップ認知	単一選択回答
備蓄意識	備蓄量の変化	単一選択回答
	(増やした人) 変化した備蓄品とその量	自由回答
	(それ以外) 増やさなかった理由	複数選択回答
備蓄状況	今後買う予定の備蓄品	自由回答

筑波大学の大学生・大学院生を対象に Google フォームを用いてアンケート調査を行う。

アンケート調査は実験前アンケート、実験後アンケート、1週間後アンケートの3種類を実施する。被験者を3つのグループに分け、初めに実験前アンケートを行い、その後グループごとにそれぞれ2.2節～2.3節で示す3種類の実験のうちいずれか1つを行う。実験終了後直ちに実験後アンケートを実施し、その1週間後に1週間後アンケートを実施する。

3種類のアンケートでの回答項目および回答形式は表1～表3の通りである。

### 2.2. 被災生活体験

被災生活体験の概要について記す。本実験の狙いは仮定の災害体験を実施し、実際にどのような場面で困窮が生じるかを理解することを通じて、備蓄の必要性を理解してもら

うことである。実験を行う日時は8月中の16:00～20:00(計4時間)とし、被験者は以下の条件に則り生活する。

- ・実験前に被災生活体験に備えての買い出しは行わない。

- ・インフラ(電気・ガス・水道・電波・WiFi)が使えないことを想定する。

- ・コンビニやスーパーの利用はできない。

- ・自動販売機は災害対応のもののみ利用可能である。

- ・実験時間内に夕ご飯を食べる機会を設ける。

また、やむを得ずインフラが必要な際は「救済カード」を使用することにより、インフラの使用を認める。「救済カード」には特定の困窮事案について実際の災害時における対処法が記されており、それを読むことでインフラの使用を認める。

被災生活中の行動は記録表に記入を行う。記録表には時間ごとの行動およびその行動の際に困ったこと、その対策として使用した備蓄品とその量を記入する。また、救済カードの使用の有無も記録表に記載する。

### 2.3. 備蓄リスト

本実験の狙いは国や市が発表している必要な備蓄品のリストを見ることで、自身の備蓄状況と比較し、足りない備蓄品を意識してもらうことである。実験に使用する備蓄リストは東京都が公表している東京備蓄ナビ[4]であり、本リストには1週間の自宅避難生活において必要とされる52品目の備蓄品とその量、必要な理由が記載されている。

被験者は実験前アンケート回答後、直ちに備蓄リストを閲覧し、その後実験後アンケートに回答する。

## 2.4. 体験談

本実験の狙いは体験談を読むことで、リアリティをもって脳内でシミュレーションを行い、必要な備蓄品を意識させることである[5]。本実験で用いる体験談は、参考文献[6][7]より引用した。これらの体験談には台風および地震による停電・断水の状況下での自宅での避難生活の様子が記されている。

被験者は実験前アンケート回答後、直ちに体験談を閲覧し、その後実験後アンケートに回答する。

## 3. 結果・考察

### 3.1. 基礎集計

回答数は図2の通りである。

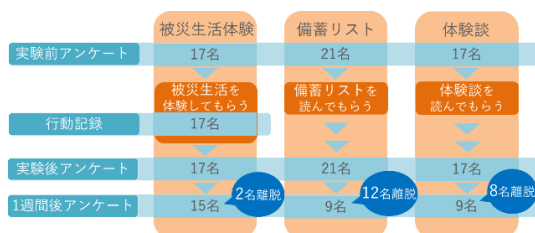


図2 回答数

被験者の実験前の備蓄状況を図3に示す。

必要量備蓄している割合が高い順に備蓄品を並べると、50%を超えている備蓄品は、52品目中5品目であった。最も割合が高かったリュックサックは、多くの人が1人1つ以上持っているものである。リュックサックを除くと、いずれも日常生活で必要不可欠な消耗品であり、多くの人が無意識にローリングストック法を行い、備蓄していたと考えられる。一方で、点火棒・ラジオ・簡易トイレ・給水袋など、一人暮らしの筑波大生にとって災害時以外に使用しない物の備蓄率が低いことが分かる。

各実験の被験者の性別を図4に示す。

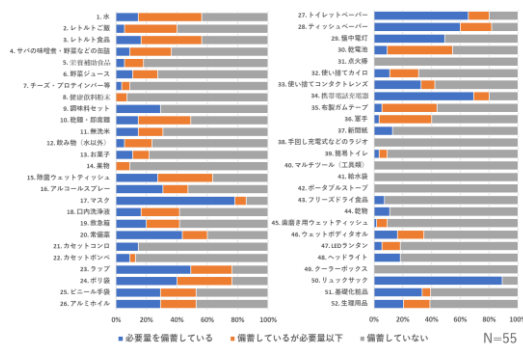


図3 実験前の備蓄状況

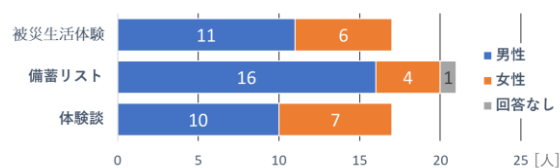


図4 性別

### 3.2. 備蓄意識の変化

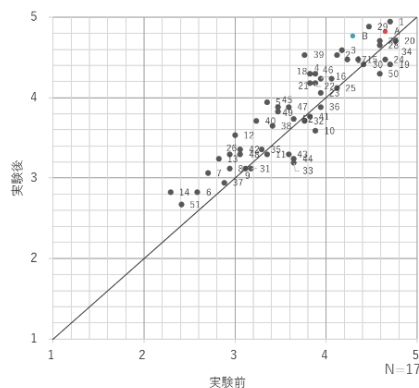


図5 被災生活体験 備蓄意識の変化

図5は備蓄意識の変化であり、凡例を表4で示す。これより被災生活体験では、他の実験と比べて備蓄意識が下がるものも多いことが分かる。詳細は3.4節で考察する。

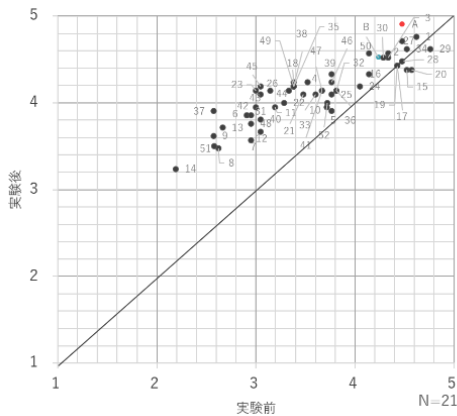


図6 備蓄リスト 備蓄意識の変化

図6より備蓄リストは、全体的に値が上がっていることが分かる。事後アンケートで機械的に全て5と回答した人がいるが、これは「行政が提示する備蓄リストは重要だ」と提示された情報を鵜呑みにしたのではないかと考えられる。また、図6右上に多くのプロットがあることから、天井効果が発生している可能性がある。

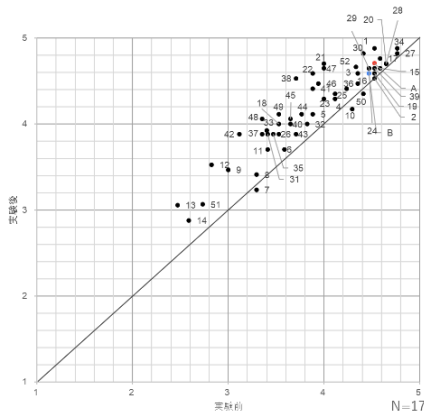


図7 体験談 備蓄意識の変化

図7より備蓄リストに比べて向上はしているが伸び率が低いことが分かる。

表4 備蓄意識の変化 凡例

A	一般的に備蓄は必要	26	アルミホイル
B	あなたに備蓄は必要	27	トイレトイレットペーパー
1	水	28	ティッシュペーパー
2	レトルトご飯	29	懐中電灯
3	レトルト食品	30	乾電池
4	サバの味噌煮・野菜などの缶詰	31	点火棒
5	栄養補助食品	32	使い捨てカイロ
6	野菜ジュース	33	使い捨てコンタクトレンズ
7	チーズ・プロテインパウダー	34	携帯電話充電器
8	健康飲料粉末	35	布製ガムテープ
9	調味料セット	36	軍手
10	乾麺・即席麺	37	新聞紙
11	無洗米	38	手回し充電式などのラジオ
12	飲み物(水以外)	39	簡易トイレ
13	お菓子	40	マルチツール(工具類)
14	果物	41	給水袋
15	除菌ウェットティッシュ	42	ポータブルストーブ
16	アルコールスプレー	43	フリーズドライ食品
17	マスク	44	乾物
18	口内洗浄液	45	歯磨き用ウェットティッシュ
19	救急箱	46	ウェットボディタオル
20	常備薬	47	LEDランタン
21	カセットコンロ	48	ヘッドライト
22	カセットポンプ	49	クーラーボックス
23	ラップ	50	リュックサック
24	ポリ袋	51	基礎化粧品
25	ビニール手袋	52	生理用品

実験の種類によって、各種備蓄品の備蓄必要性の変化に差があったのか、一元配置分散分析を行った。結果を図8に示す。

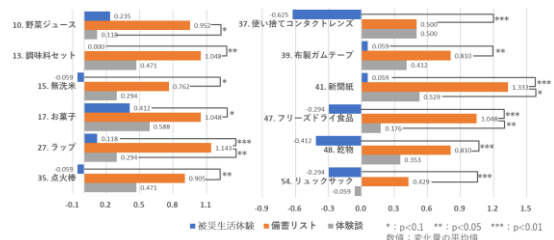


図8 一元配置分散分析

・一元配置分散分析より、実験の種類によって、野菜ジュースの備蓄意識に有意な差があることが分かる。備蓄リストよりも体験談の方が、備蓄意識が有意に高まっていることが分かった。

・一元配置分散分析より、実験の種類によって、調味料セット・無洗米・お菓子・点火棒・布製ガムテープ・乾物・リュックサックの備蓄意識に有意な差があることが分かる。備蓄リストよりも被災生活体験の方が、備蓄意識が有意に高まっていることが分かった。

・一元配置分散分析より、実験の種類によっ



て、ラップ・使い捨てコンタクトレンズ・新聞紙・フリーズドライ食品の備蓄意識に有意な差があることが分かる。備蓄リストよりも被災生活体験の方が、備蓄リストよりも体験談の方が、備蓄意識が有意に高まっていることが分かった。

### 3.3. 1 週間後アンケート

図9より、実験から1週間後に備蓄を購入予定の被験者の割合は、すべて70~80%で高く、各実験でほとんど違いがなかった。

一方で図10より、備蓄を実際に増やした被験者少なく、備蓄リスト、体験談、被災生活体験の順に多かった。

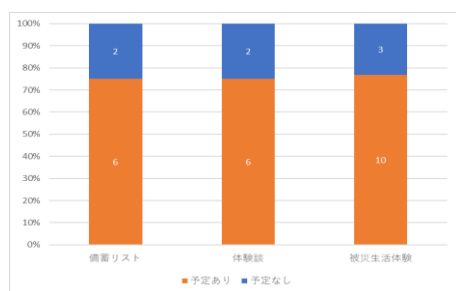


図9 備蓄を買う予定はあるか

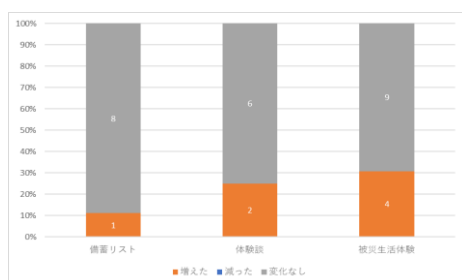


図10 実験後の備蓄の増減

### 3.4. 被災生活体験 質的分析

被災生活体験では、他の実験と比較し実験の前後で備蓄意識が低下する品目が多く見られた。52品目のうち、備蓄意識が向上した項目は簡易トイレ、レトルト食品、果物、水、カセットコンロなどであり、低下した項目は乾物、無洗米、救急箱、リュックサックなどであ

った。例として、簡易トイレの備蓄意識に関して被験者ごとの備蓄意識の変化は以下の図Xようになった。図Xより簡易トイレに関しては多くの被験者の備蓄意識が向上しているが、被験者3、被験者9のみ備蓄意識が低下していることがわかる。ここで、被験者3、被験者9の記録表を分析すると、両者ともに4時間の被災生活体験中にトイレに行っていない、つまりトイレに関して困窮していないことがわかった。同様に備蓄意識が低下した救急箱、リュックサック等についても、被験者の記録表にはこれらの備蓄品が必要となる行動は記載されていなかった。これらの結果から、被災生活体験では実際の行動に基づいて、実験中に使う場面があった備蓄品の備蓄意識は向上し、逆に使う場面がなかった備蓄品の備蓄意識は低下する傾向が認められた。これは筑波大学の学生にとって本当に必要な備蓄品を明らかにするための一助となると考えられる。

以上の結果より、被災生活体験は東京備蓄リストに記載されている52品目すべての備蓄品の備蓄意識・備蓄量を向上させるには不十分だといえる。しかし、筑波大学の学生にとって本当に必要な備蓄品を明らかにし、それらの備蓄量を向上させるには有効である可能性がある。

## 4. おわりに

### 4.1. 提言

本研究により、被災生活体験、備蓄リスト、体験談の3種類の実験それぞれの特徴を明らかにすることができた。まず、被災生活体験では、実際に備蓄行動に移す人が多い可能性が示唆された。また、実験中に使用した備蓄品に関しては備蓄意識が向上し、使用しな

った備蓄品に関しては備蓄意識が低下することがわかった。このことから、被災生活体験は筑波大生にとって本当に必要な備蓄品を特定するのに役立つと考えられる。

続いて備蓄リストは全体的に備蓄意識が向上することがわかった。しかし、実験後アンケートで機械的にすべての項目を5と回答した人が一定数存在した。これは行政が提示する備蓄リストを鵜呑みにしてしまったことが原因と考えられる。また、備蓄リストで得られる効果は短期的な備蓄意識の向上のみであり、実際に備蓄行動に移す人は少ない可能性がある。

最後に体験談では備蓄意識の向上は見られるが、備蓄リストに比べると伸び率が低いことがわかった。さらに体験談に載っていない項目は意識が向上しない可能性も示唆された。

本研究により、実験中に必要な場面があった備蓄品は備蓄意識が向上することが示された。また、統計的に有意ではなかったが、備蓄意識が向上した品目については、実際に備蓄行動に移す可能性が示唆された。実際に備蓄行動に移した人数は被災生活体験の被験者が最も多かった。以上のことから実体験をもって備蓄品の必要性を認識することのできる被災生活体験は備蓄意識・備蓄量向上に有効であると考えられる。

#### 4.2. 今後の課題

被災生活体験の課題として、4時間という限られた時間では、必要となる備蓄品の種類に限りがあることが挙げられる。また、時期によって不要な備蓄品があることも問題である。しかし、被災生活体験には、筑波大生にとって本当に必要な物が明らかになるというメリットもあることがわかった。今後は、筑波

大生に備蓄してほしいものを意図的に被災生活体験の実験デザインに組み込むことにより、備蓄意識の向上を図りたい。

#### 参考文献

- [1] 一般財団法人富山エルピーガス法人：災害に強いLPガス,  
<http://www.toyamalp.jp/user/saigai.html> (最終閲覧日：2021/10/11)
- [2] 防災科研：地震ハザードステーション  
<https://www.j-shis.bosai.go.jp/map/>  
(最終閲覧日：2021/10/11)
- [3] つくば市：避難場所、避難所  
<https://www.city.tsukuba.lg.jp/kurashi/anshin/1003889/1003890.html> (最終閲覧日：2021/10/11)
- [4] 東京備蓄ナビ,  
<https://www.bichiku.metro.tokyo.lg.jp/>  
(最終閲覧日：2021/10/11)
- [5] 川端祐一郎・藤井聡：コミュニケーション形式としての物語に関する研究の系譜と公共政策におけるその活用可能性, 土木学会論文集 D3, Vol.70, No.5, I\_123-I\_142, 2014.
- [6] Aさん夢のマイホーム記録と、その後【富士住建17'仕様】：台風15号で経験した停電生活,  
<https://ameblo.jp/arasans/entry-12525071462.html> (最終閲覧日：2021/10/11)
- [7] ねとらぼ：かつてない揺れと40時間を超える停電「平成30年北海道胆振東部地震」を体験して感じたこと,  
<https://nlab.itmedia.co.jp/nl/articles/1809/21/news029.html> (最終閲覧日：2021/10/11)