

2. 5 発災時の企業の事業活動停止を防ぐ

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 「発災時の企業の事業活動停止を防ぐ」

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人東海国立大学機構 名古屋大学減災連携研究センター	准教授	平山修久
	寄附研究部門特任准教授	都築充雄
	寄附研究部門特任助教	蛭川理紗
	産学協同研究部門特任准教授	菅沼淳
	産学協同研究部門特任助教	北川夏樹
	寄附研究部門特任教授	利藤房男
	寄附研究部門特任准教授	山崎雅人
	特任教授	新井伸夫
	特任准教授	倉田和巳
	センター長・教授	飛田潤
	助教	平井敬
	特任准教授	荒木裕子
	教授	福和伸夫
	教授	西川智
	研究員	千葉啓広
	研究員	石原宏
名古屋大学災害対策室	教授	護雅史
名古屋大学大学院工学研究科	教授	野田利弘
名古屋大学大学院環境学研究科	教授	富田孝史

(c) 業務の目的

既往の調査研究プロジェクト成果を考慮した南海トラフ地震臨時情報（以下「臨時情報」とする）発表時に製造業を中心とする地域産業活動が継続するために必要となる要素を構造化し、事前防災対策と事後対応を構成要素とした産業タイムラインモデルを構築し、都市インフラとサプライチェーンの回復力のリスク評価を行う。地域の人流、物流に対しては、地震センサー、停電情報や都市インフラのスマートデータ、自動車センサーによるプローブデータに対する減災情報利活用の高度化等を行い、臨時情報発表時の俯瞰的かつ総合的なリアルタイムでの社会様相モニタリング手法を開発する。サブ課題2 (g) で開発する地震防災基盤シミュレータと連携し、様々な階層における社会様相モニタリングデータを用いたリスク評価手法によるマルチエージェントの時間断面での行動と資源を取り入れた事態想定シミュレーション技法を開発し、社会萎縮回避や事前防災投資のための地域産業回復シナリオを作成し、サブ課題3「創成情報発信研究」と連携し、情報提供できるようにする。

(d) 5 か年の年次実施計画

1) 令和 2 年度：

産業タイムライン構築のため、必要な構成要素データを整備した。そのため、産業復旧タイムラインの都市インフラデータ（GIS）構築支援業務として、産業連関構造のモデル構築に関する調査・分析を行いつつ、災害時の社会状況モニタリングのための多様な情報共有システムの開発に取り組み、産業連関構造のモデル構築のためのデータを整備した。新型コロナウイルス感染症（以下、COVID-19）による社会の活動委縮等と南海トラフ地震臨時情報発表時の社会の活動萎縮との相違を踏まえ、人流、物流のリアルタイムでの把握システムを網羅的に整理した。リアルタイム振動モニタリングに関する基盤技術開発として、リアルタイム震動モニタリング基盤システムを開発するとともに、リアルタイムでの社会様相把握のための加速度センサー計測ソフトウェアの開発に従事した。リアルタイム社会様相把握のためのデータの収集調査、分析を行った。愛知県西三河地域を対象として、西三河防災減災連携研究会、あいち・なごや強靱化共創センター、国土交通省中部地方整備局と連携し、南海トラフ地震での臨時情報発表時の特徴的な時間断面での災害対応の図上演習シナリオを検討するための場づくりとして、ワークショップを実施し、地域におけるモニタリング情報共有の協働参画手法を探索した。

2) 令和 3 年度：

産業復旧タイムライン構築に向けて、令和 2 年度に収集した構成要素データの拡張整備を行った。気象条件等の内生的な要因のほかに、社会情勢に起因したさまざまな外力の影響が電力需要量を左右していることを示した。そのうえで、地域産業の相互依存関係を抽出した。また、産業活動データを用いて産業への影響分析モデルを構築し、業種別の COVID-19 の影響を評価した。リアルタイムでの社会様相把握手法の開発のため、令和 2 年度に整備したリアルタイム振動モニタリングによりモニタリングデータの収集と社会様相との関連について検討した。産業活動に係る人流、物流のリアルタイム把握システムの構成を検討し、リアルタイムモニタリングの要素モデルを作成した。高密度・階層的な地震動モニタリングシステムを構築し、地盤条件の異なる近接 2 地点間の観測記録の差異を明らかにした。組織間を横断した災害情報共有の試行実験により、人的リソースと対応状況の効率的把握のための必要要素を示した。事態想定シナリオ構築に向けて、臨時情報発表時の社会萎縮に伴う事態想定シナリオのため、COVID-19 の都市インフラリアルタイムデータからみた事態想定を検討を行った。名古屋大学減災連携研究センター、自治体研究会、あいち・なごや強靱化共創センターと連携し、ワークショップを地域研究会活動として実施した。地域におけるモニタリング情報共有の協働参画手法の検討として、巨大地図へのプロジェクションマッピングを用いて、南海トラフ地震発生時のさまざまなリスク等を共有するとともに、南海トラフ地震臨時情報発表時の事態想定を学び、その際の実るべき行動や事前準備について考え、関係機関の現状や課題を共有することで、関係機関の連携強化を図った。

3) 令和4年度：

産業タイムライン構築を目指して暫定的なサプライチェーンと都市インフラの回復力による地域リスク評価手法を開発する。社会様相把握手法の開発のため地域のモニタリングデータの高度化とその共有手法の開発を実施する。事態想定シミュレーション手法の構築のため事態想定シナリオ作成手法の高度化を行う。地域産業活動が継続するために必要となる要素を構造化し、暫定的なサプライチェーンと都市インフラの回復力による地域リスク評価を実施する。地域の種々のセンサーを活用したモニタリングデータの高度化と地域研究と協働し、共有促進のための環境整備を行う。臨時情報発表時のエージェントの事後対応を考慮した事態想定シミュレーションを実施する。

4) 令和5年度：

事態想定シミュレーションの開発を目指し、産業タイムラインモデルとリアルタイム社会様相把握のためのビッグデータ活用による事前防災対策と事後対応の地域リスク低減効果を定量的に評価する。そのため情報発信研究でのフィードバックに基づき、リアルタイムでのモニタリングデータの社会への情報提供手法を検討し、事態想定シミュレーションによる地域の回復力評価を実施し、臨時情報発表時の産業活動の萎縮回避のための具体的な事前防災投資による対策技術を検討する。

5) 令和6年度：

産業タイムライン作成手法の高度化を目指し、産業タイムラインの妥当性を検証する。リアルタイム社会様相把握手法の実践を目指して社会様相モニタリングデータの共有手法を標準化する。事態想定シミュレーション手法の社会実装を目指し、事態想定シミュレーションを実施する。社会萎縮回避や事前防災投資における産業タイムラインモデルの妥当性をシミュレーションにより検証する。具体的な地域やステークホルダーを想定し、産業活動回復力向上のためのリアルタイムでの社会様相モニタリングデータの共有手法を導出する。産業タイムラインと社会様相モニタリングによる事態想定シミュレーション手法の妥当性を検証、さまざまな階層での社会萎縮回避、事前防災投資方針を数値解析により検討する。

(e) 令和3年度業務目的

産業復興タイムライン構築に向けて、令和2年度に収集した構成要素データの拡張整備を行うとともに、地域産業の相互依存関係を抽出する。リアルタイムでの社会様相把握手法の開発を目指す。そのため、令和2年度に整備したリアルタイム振動モニタリングによりモニタリングデータの収集と社会様相との関連について検討する。産業活動に係る人流、物流のリアルタイム把握システムの構成を検討し、リアルタイムモニタリングの要素モデルを作成する。

事態想定シナリオ構築に向けて、臨時情報発表時の社会萎縮に伴う事態想定シナリオのため、COVID-19の都市インフラリアルタイムデータからみた事態想定を検討とともに、官民における時間的・空間的な階層での臨時情報発表時の対応に関するデータ収集を行う。地域におけるモニタリング情報共有の協働参画手法を探究する。

(2) 令和3年度の成果

①産業復旧タイムライン構築に向けた都市インフラデータ整備

(a) 業務の要約

産業復旧タイムライン構築に向けて、令和2年度に収集した構成要素データの拡張整備を実施する。気象条件等の内生的な要因のほかに、社会情勢に起因したさまざまな外力の影響が電力需要量を左右していることを、統計学的手法を用いて明らかにする。そのうえで、地域産業の相互依存関係を抽出する。また、産業活動データを用いて産業への影響分析モデルを構築し、業種別の COVID-19 の影響を評価した。

大規模災害時の国難や臨時情報発表時の社会活動の停滞を克服するためには、市民生活や社会経済活動の迅速な回復という観点からの水道システムの応急復旧戦略の検討が必要不可欠である。そこで本研究では、日々の応急復旧過程において断水人口や消火機能だけでなく、復旧過程における地域の経済機会損失も評価することのできる応急復旧戦略の評価手法を構築する。

COVID-19 以前の産業の生産水準に関する時系列データを利用し、COVID-19 が無かった場合の各産業の生産水準を予測するモデルを開発する。モデルの予測値、すなわち COVID-19 が無かった場合の生産水準と COVID-19 における実際の各産業の生産水準を比較する事により、COVID-19 が生産に与えた影響を定量的に明らかにする。分析により COVID-19 が生産に与えた影響は産業によって大きく異なることが定量的解析を行う。

(b) 業務の実施方法

実際に時系列データ分析を行って電力需要量の変動をモデル化し、産業の萎縮を含む各種の影響要因の存在について検証を試みた。なお、今年度業務では産業萎縮を引き起こす可能性のある変動要因（図2-5-①-1の④）として、2020年4月から5月にかけて発出された COVID-19 感染症の蔓延に伴い発令された「緊急事態宣言」を取り扱う。

離散的被害推定手法を用いた地震発生時における水道管網上の被害発生箇所の推定、被害推定水道管が地震発生後何日後に復旧するかを算出する応急復旧モデル、被害状態を反映させた管網解析を行い、水圧分布に基づきメッシュ単位での日々の断水率を求めたうえで、断水率から断水人口や消火機能とともに、電力や企業の建築物の被害も考慮した経経済機会損失を算出する機会損失評価モデルを構築する。

本研究では状態空間モデルと時系列データを用いて、いくつかの産業における COVID-19 の影響を定量的に把握する。本研究の特徴は自然災害（今回は COVID-19）の影響が無い場合の仮想の生産水準をシミュレートし、実際の生産水準と比較する事で自然災害の影響の定量的把握を試みる時系列データを解析する場合、データ間の自己相関を考慮した統計的手法が必要となる。こうした手法の1つに自己回帰モデル（Auto regressive モデル）とその拡張版の ARIMA モデル等のモデルが存在するが、近年ではよりモデルの解釈に重きを置いた状態空間モデルが利用されている。また状態空間モデルの状態変数を推定する手法としてカルマンフィルターが存在する。カルマンフィルターは状態変数に関して線形であり、その状態変数が従う確率分布が正規分布である状態空間モデルにおいて、その状態変数を推定することのできるアルゴリズムである。まず状態空間モデルについてその概要を説明する。状態空間モデルにおいて「状態」とは、ある変数について将来

の値を予測する上で必要な、過去の情報を集約した現在の情報である。

(c) 業務の成果

1) リアルタイム観測データを用いた産業活動の「萎縮」状態の想定

a) はじめに

南海トラフ地震臨時情報（以下、臨時情報）の対象地域における企業の対応については、現在もなお議論・検討が続けられているが、工場の操業停止や交通機関の運休等の措置が講じられることも考えられる。こうした産業活動の「萎縮」による影響が、サプライチェーンや人流の停滞を通じて、社会全体の萎縮に繋がることも容易に想像できる。こうした萎縮を予防、あるいは早期の解消を図るためには、産業の活性度についてリアルタイムでの把握を行い、速やかに打ち手を講じることが求められる。本テーマでは産業や市民生活に関わりが深く、リアルタイムに観測されるデータに焦点を当て、産業活動の状態をモニタリングすることを検討する。

令和2年度の業務ではまず、リアルタイムに観測が可能で、かつ産業活動への関わりが深いデータについて探索した。その結果、中でも電力需要量（電力事業者管内での、電力消費量）について、観測の即時性やデータの粒度（時間帯単位、1日単位での把握が可能）、産業への影響度等を勘案してモニタリングに有効である可能性を提示した。

令和2年度業務では観測したデータの活用可能性についても論じた。電力需要データは周期的な変動成分を持つ「時系列データ」であることが知られている。こうしたデータを取り扱う「時系列データ分析」の分野では、周期性を加味したモデリングや将来値の予測についても知見が蓄積されつつある。そこで本テーマでは電力需要データを用いた時系列データ分析を行い、同分析で提案されるデータの予測値と実測値を比較することで、両者の乖離を示す「異常値」を感知することを提案した（図2-5-①-2のイメージ）。

加えて、リアルタイム観測データ（今回の場合は電力需要データ）への影響要因について探索し、異常値を引き起こす要因を探索することを提案した（図2-5-①-2のイメージ）。

今年度の業務では実際に時系列データ分析を行って電力需要量の変動をモデル化し、産業の萎縮を含む各種の影響要因の存在について検証を試みた。なお、今年度業務では産業萎縮を引き起こす可能性のある変動要因（図2-5-①-2の④）として、2020年4月から5月にかけて発出されたCOVID-19感染症の蔓延に伴い発令された「緊急事態宣言」を取り扱う。

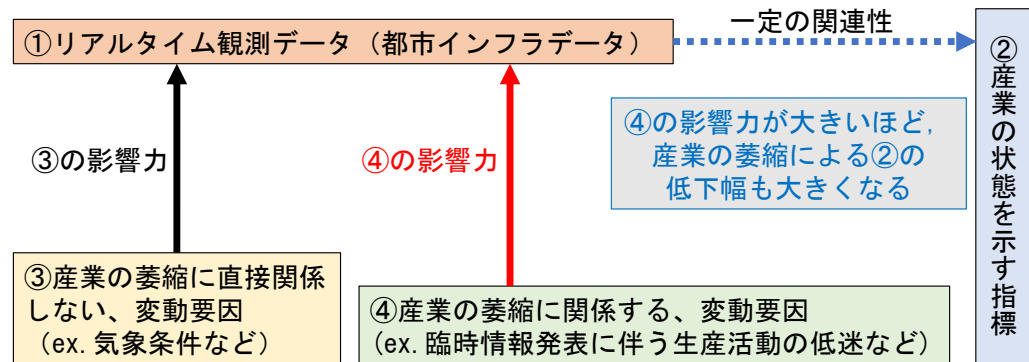


図 2 - 5 - ① - 1 産業萎縮の要因把握イメージ

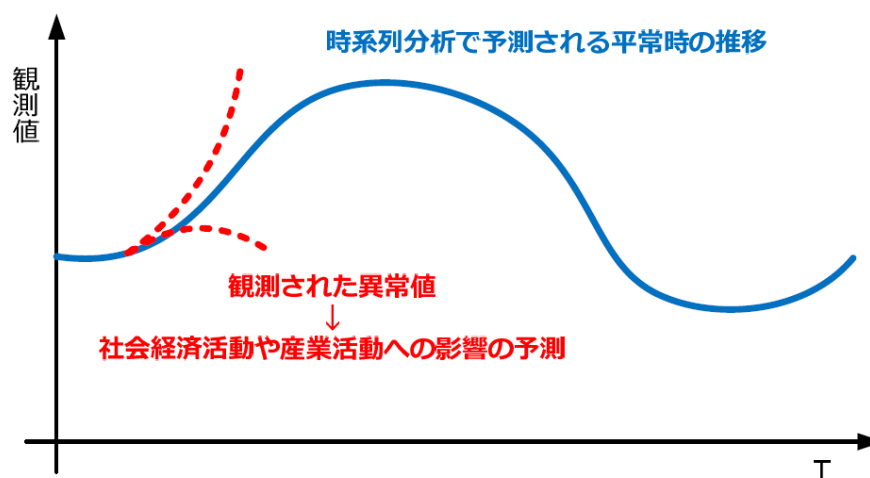


図 2 - 5 - ① - 2 時系列データ分析による異常値感知のイメージ

緊急事態宣言の発出下では、事業者（特定の業種を除く）への「出勤者の 4 割減少」が政府から要請され¹⁾、外出の自粛やテレワークをはじめとする勤務形態の変化が推奨された。当該の状況変化に伴い、事業を一時的に中止・縮小した事業者も少なくはない。当該事例は本テーマの対象とする、臨時情報をもたらす社会的な影響とは本質的に異なるものの、「産業に物理的な被害が生じていない状況で、産業の不活性化をもたらす」可能性がある点では類似していると考えられる。については今回の分析が、臨時情報発表時の社会や産業の様相を想像する上で参考となる知見を提供しうると考えた次第である。

b) 分析用データの整理

時系列データ分析で用いる、各種データについて説明する。

i) 電力需要量

電力需要量については、中部電力（株）管内の需要量を参照した。中部電力パワーグリッド（株）のホームページ²⁾から、5つの県（愛知・岐阜・三重・静岡・長野）へ電力を供給する中部電力（株）を含むすべての電力事業者の過去の電力需要量入手して分析対象とした。

図 2-5-①-3 に 2018 年～2020 年の 3 月～6 月における同社の電力需要量の推移を図示する（1 日単位、単位は万 kWh）。年毎に違いはあるものの周期的な変動を繰り返しており、時系列データとしての分析の余地があることが確認できる。

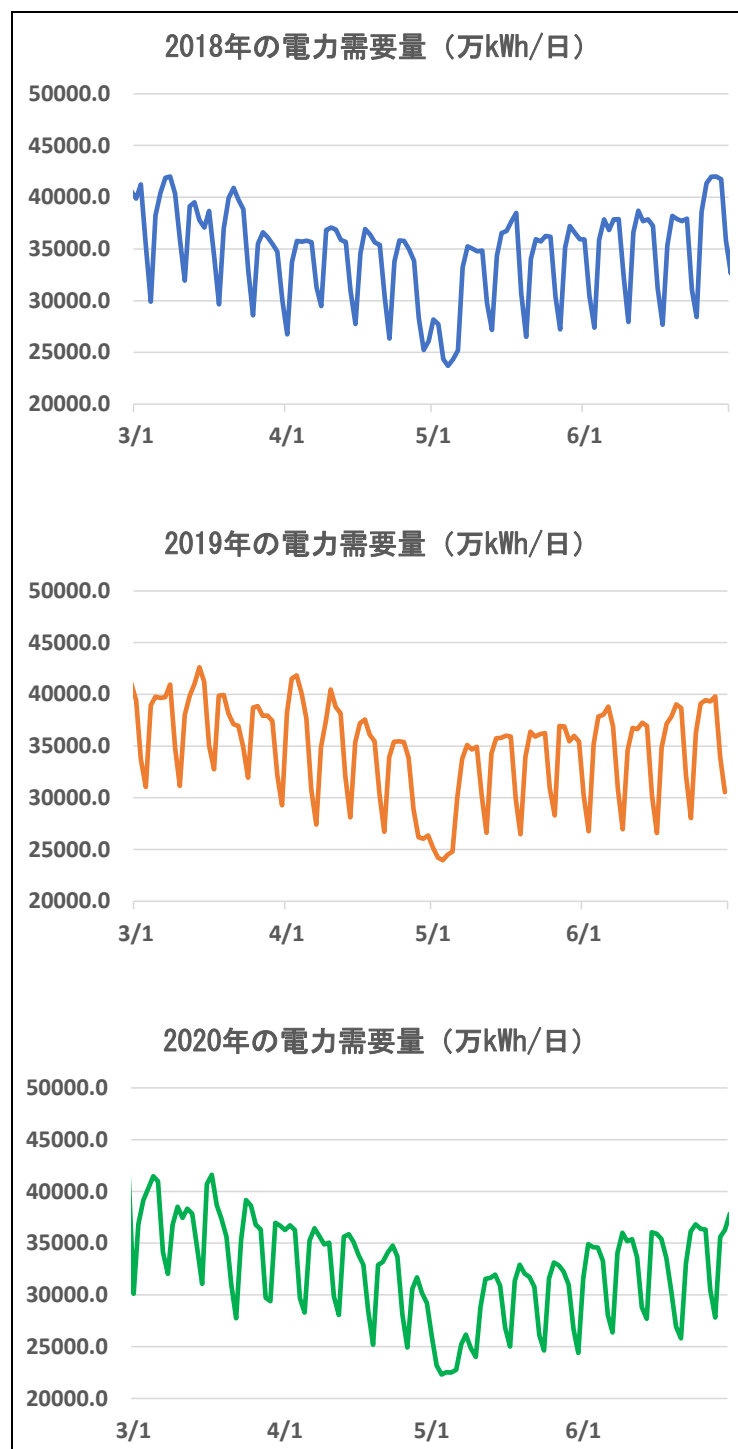


図 2-5-①-3 電力需要量の推移（2018 年 1 月 1 日～2020 年 6 月 30 日）

今回の業務で電力消費量の低減要因として考慮する緊急事態宣言が発出された 2020 年と、他の年とで電力需要量の比較を行う（緊急事態宣言は複数回発出されて

いるが、今回の分析対象は2020年4月～5月にかけての「第一次緊急事態宣言」とする）。3か年の「4月10日～5月31日（愛知県における緊急事態宣言の発出期間。ただし、同県による“独自宣言”の期間も含む）」における電力需要量の1日あたり平均値（表2-5-①-1に、各年の値を示す）に対してMann-WhitneyのU検定を実施した結果、2020年の値と2018年・2019年の値の間には統計的有意差が確認された。一方で2018年と2019年の値には有意差が確認されず、3か年の中では2020年のみが低い値であることが明らかとなった。

表2-5-①-1 各期間における電力需要量の平均値

年	期間	電力需要量（万kWh）
2018	2018年4月10日～5月31日	32673.5
2019	2019年4月10日～5月31日	32663.5
2020	2020年4月10日～5月31日	29443.4

今回の時系列分析では電力需要量を従属変数として取扱い、以降で示す独立変数による影響の有無について検証する。電力需要量を従属変数とするに際し、本業務では「①2018年3月1日（木）～6月30日（土）」、「②2019年3月1日（金）～6月30日（日）」、「③2020年3月1日（日）～6月30日（火）」を繋げて1つの時系列として扱うが、このままでは曜日が不連続となってしまう、電力需要量の持つ周期性が崩れかねない。

そこで、①と②の間に「2018年7月1日（日）～2018年7月5日（木）」、②と③の間に「2019年7月1日（月）～2019年7月6日（土）」を追加し、計377日間の電力需要量を従属変数として取り扱うこととした。

ii) 平均気温

気象条件の中でも、気温は電力需要量に影響を及ぼす要因として知られる。本研究の令和2年度業務でも、各電力会社の電力需要量の変動と気温の変動を見比べ、冬季は気温が低いほど、夏季は気温が高いほど電力需要が増加する傾向を確認している。

そこで今回の時系列データ分析では、名古屋地方気象台の平均気温³⁾を独立変数の一つとして位置づけることとした。

iii) 平日/休日

平日か、あるいは休日（土・日曜日及び祝日）であるかの違いにより電力の使用状況に大きな違いが生じるため、同じく独立変数の構成要素として取り扱う。

iv) 緊急事態宣言の有無

今回の分析の主目的である、緊急事態宣言の有無についても独立変数として考慮する。

なお、緊急事態宣言の有無を先述の「平日/休日」と合わせて考えると、図2-5-①-4のような場合分けを示すダミー変数が設定できる。

「休日・宣言無し」ダミー：休日（土日祝）かつ、緊急事態宣言発出の無い場合に 1、それ以外の場合 0 を示す。

「平日・宣言有り」ダミー：平日かつ、緊急事態宣言発出の有る場合に 1、それ以外の場合 0 を示す。

「休日：宣言有り」ダミー：休日（土日祝）かつ、緊急事態宣言発出の有る場合に 1、それ以外の場合 0 を示す。

※上記のダミー変数がいずれも 0 の場合、「平日かつ、緊急事態宣言発出の無い場合」を示す。

図 2-5-①-4 場合分けに関するダミー変数

以上を踏まえ、今回の分析で想定する因果構造を図 2-5-①-5 に示す。

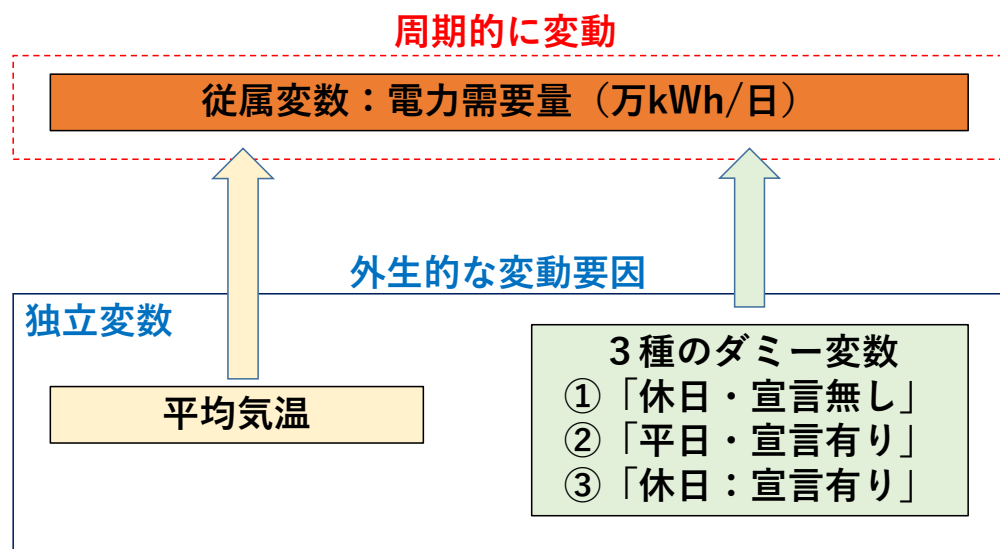


図 2-5-①-5 時系列分析で想定する因果構造

c) 分析の実施及び結果の考察

i) 周期的な変動部分について

ARIMA (Auto-Regressive integrated moving-average) モデルは、時系列データを自己回帰 (p, P)、差分 (d, D)、移動平均 (q, Q) の 3 モデルを用いて複合的に表現したものである。ARIMA モデルの一般形である、 $ARIMA(p, d, q)(P, D, Q)[s]$ のうち、 (p, d, q) は季節に無関係な要素、 (P, D, Q) は季節性を持つ要素である。 s は周期を表すが、本研究では電力需要量が曜日とともに変動していることを踏まえ、 $s=7$ (7 日間) としている。季節性を考慮した ARIMA モデルは SARIMA モデルと呼ばれる。本研究では時系列分析にあたり、統計分析ソフト IBM SPSS Forecasting を使用した。時系列分析では時系列データの周期性をモデル化する際、自己相関や偏自己相関を考慮したモデル次数の同定を行う必要があるが、同ソフトウェアのエキスパートモデラーを用いるとこれらの検討を機械的に実施することができる。エキスパートモデラーによるモデル次数の同定の結果、 $ARIMA(2,0,1)(0,1,1)$ モデルが提案された。

自己回帰の次数 (p, P) は、過去の観測値が及ぼす影響を表す。今回の ARIMA モデルでは $p=2$ 、 $P=0$ であるため、電力需要量は 1 日前と 2 日前の値に影響を受けていることを示すモデルとなっていることがわかる。差分の次数 (d, D) は、 t 時点での電力需要量と、 q 期前の電力需要量の差 $y_t - y_{t-q}$ がモデルの説明項となっていることを示す。今回提案された ARIMA モデルでは $d=0$ 、 $D=1$ である。 D は周期単位であるため、ある時点 t における電力需要量は、当該の値と 1 周期前 (7 日前) との値の差分によって説明される。移動平均の次数 (Q, q) は、 t 時点での電力需要量が当該時点及び過去のホワイトノイズに影響を受ける状態を表現したものである。今回の ARIMA モデルでは $q=1$ 、 $Q=1$ であり、1 日前及び 1 周期前までのホワイトノイズが t 時点の電力需要量に影響していることが示唆されている。

ii) 外生的な要因について

電力需要量は先述の ARIMA モデルに、独立変数を用いた回帰式を足すことで説明される。

エキスパートモデラーで提案されたモデル ARIMA(2,0,1)(0,1,1)を採用しつつ、すべての独立変数を強制投入する形で時系列分析を行い、各変数の影響力を確認することとした。表 2-5-①-2 に、本研究における時系列分析の結果を示す。

表 2-5-①-2 の通り、4 つの独立変数のうち「平日宣言有り」のダミー変数が統計的有意 ($p<0.05$) となった。また、「休日宣言有り」のダミー変数は有意水準を満たさなかったが、統計的有意傾向 ($p<0.1$) を示した。これらの結果から、緊急事態宣言が発令されていた期間は平常時と比較して電力需要量が低減しており、特に平日では 660 万 kWh 前後の低下があったことが示唆された。

表 2-5-①-1 の通り、2020 年の 4 月 10 日～5 月 31 日の電力需要量は過去の同一期間と比較して、1 日平均で 3,200 万 kWh 程度低下していた。ダミー変数のパラメータ推定値からは、今回の分析結果はこの低下幅のうちおよそ 2 割が、緊急事態宣言の発出という外生的な要因によるものであると判断することができる。ただし、これは独立変数による説明項のみによる影響である。先述の通り、ARIMA モデルによる説明項では過去の電力需要量が現在の電力需要量に影響を及ぼすことが表現されている。過去の電力需要量が緊急事態宣言により低い値であった場合、その影響で現在の電力需要量がさらに低下していた可能性があることを補足する。

表 2－5－①－2 時系列分析の結果

時系列分析結果 ($R^2=0.825$)		パラメータ 推定値	有意確率
定数		-10.868	0.958
AR	ラグ1	0.564	0.002 ***
	ラグ2	0.300	0.079 *
MA	ラグ1	-0.563	0.000 ***
季節差分		1	
MA, 季節性	ラグ 1	0.948	0.000 ***
平均気温	ラグ 0	0.487	0.964
休日宣言無し	ラグ 0	-0.686	0.965
平日宣言有り	ラグ 0	-666.344	0.025 **
休日宣言有り	ラグ 0	-549.705	0.060 *

*** $p<0.01$, ** $p<0.05$, * $p<0.1$

d) 他電力事業者の管轄エリアでの追加検証

前節では、中部電力管内における電力需要量の時系列分析を行ったが、本節では、その他 9 電力（北海道電力⁴⁾、東北電力⁵⁾、東京電力⁶⁾、北陸電力⁷⁾、関西電力⁸⁾、中国電力⁹⁾、四国電力¹⁰⁾、九州電力¹¹⁾、沖縄電力¹²⁾）においても同様に時系列分析を行った。

時系列分析の結果について、結果一覧を表 2－5－①－3 に示す。分析結果として、東京電力、中部電力（愛知県独自緊急事態宣言間）、関西電力エリアにおいて、独立変数のうち「平日宣言有り」、「休日宣言有り」のパラメータ推定値が負、かつ、統計的有意傾向($p<0.1$)もしくは統計的有意($p<0.05$)を示した。これより、緊急事態宣言が発令されていた期間は、平常時と比較して電力需要量が小さくなったことが示唆された。

東京電力エリアに着目すると、緊急事態宣言が発令されていた期間は、平常時と比較して、平日では 1,282 万 kWh、休日では 1,413 万 kWh 電力需要量が小さくなったことが示唆された。東京電力エリアの 2020 年と 2019 年の緊急事態宣言発令間における電力需要量の差は 3,785 万 kWh であるため、この差の約 71%が、第一次緊急事態宣言の発令というイベントを用いて説明できたことを表している。なお、同割合は、中部電力（愛知県独自緊急事態宣言間）で 38%、関西電力エリアで 40%であった。

中部電力エリア（愛知県独自緊急事態宣言間）に着目すると、ARIMA モデルを含んだモデル全体の決定係数は $R^2=0.825$ と、他のエリアに比べて比較的大きい。これは、電力需要量の変動の 8 割強を、時系列データの周期性、気温、緊急事態宣言、土休日、及び、緊急事態宣言の有無によって説明可能であることを表している。

表 2-5-①-3 時系列分析の結果一覧

電力会社	主要都市	第一次緊急事態 宣言期間	ARIMA分析					
			休日宣言無し		平日宣言有り		休日宣言有り	
			推定値	有意確率	推定値	有意確率	推定値	有意確率
北海道	(札幌)	4/16-5/25	6.193	0.117	1.978	0.883	-5.300	0.751
東北	(仙台)	4/16-5/14	-7.247	0.352	222.952	0.234	242.689	0.257
東京	(東京)	4/7-5/25	-25.652	0.422	-1282.886	0.065	-1413.162	0.045
北陸	(金沢)	4/16-5/14	-0.572	0.893	106.369	0.183	122.620	0.168
中部	(名古屋)	4/16-5/14	-5.808	0.720	274.705	0.453	534.778	0.195
中部	(名古屋)	4/10-5/31(県独自含む)	-0.686	0.965	-666.344	0.025	-549.705	0.060
関西	(大阪)	4/7-5/21	-23.263	0.651	-438.104	0.024	-442.932	0.037
中国	(広島)	4/16-5/14	-10.365	0.200	-4.810	0.978	85.079	0.653
四国	(松山)	4/16-5/14	0.406	0.864	-15.801	0.791	-36.349	0.590
九州	(福岡)	4/7-5/14	-6.811	0.499	-188.765	0.253	-172.478	0.312
沖縄	(那覇)	4/16-5/14	-77.054	0.000	-8.124	0.742	-13.211	0.678

電力会社	主要都市	第一次緊急事態 宣言期間	ARIMA分析			
			ARIMAモデル	定常R2乗	平均気温	
					推定値	有意確率
北海道	(札幌)	4/16-5/25	ARIMA(2,1,1)(0,1,1)	0.449	1.293	0.032
東北	(仙台)	4/16-5/14	ARIMA(1,0,2)(0,1,1)	0.782	-6.576	0.288
東京	(東京)	4/7-5/25	ARIMA(1,0,0)(0,1,1)	0.720	-20.835	0.350
北陸	(金沢)	4/16-5/14	ARIMA(1,0,1)(0,1,1)	0.824	0.826	0.794
中部	(名古屋)	4/16-5/14	ARIMA(2,0,1)(0,1,1)	0.824	2.510	0.825
中部	(名古屋)	4/10-5/31(県独自含む)	ARIMA(2,0,1)(0,1,1)	0.825	0.487	0.964
関西	(大阪)	4/7-5/21	ARIMA(0,0,2)(0,1,1)	0.739	124.670	0.000
中国	(広島)	4/16-5/14	ARIMA(1,0,0)(0,1,1)	0.785	-0.296	0.961
四国	(松山)	4/16-5/14	ARIMA(1,0,0)(0,1,1)	0.751	5.052	0.013
九州	(福岡)	4/7-5/14	ARIMA(1,0,0)(0,1,1)	0.739	21.598	0.011
沖縄	(那覇)	4/16-5/14	ARIMA(0,1,4)(1,0,1)	0.284	5.695	0.000

e) 産業用、民生用の電力需要量に関する分析

本節では、電力需要を産業用と民生用の電力需要量に区分し、その割合について分析を行った結果について述べる。分析対象とする電力エリアは、時系列分析の結果、ARIMA モデルの説明力が高いと思われる中部電力、北陸電力、沖縄電力エリアに比較参考として九州電力エリアを加えた 4 エリアとする。

電力需要量の区分は、経済産業省資源エネルギー庁の公表する高圧、低圧等の電気契約の種別ごとの電力需要実績¹³⁾より、以下のように仮定する。電力需要実績は月毎にとりまとめられているため、月毎に割合を比較する。

産業用：その他需要(自由料金)の特別高圧、高圧、低圧のうち「電力」

特定需要(経過措置料金)のうち「電力」

民生用：その他需要(自由料金)の低圧のうち「電灯」

特定需要(経過措置料金)のうち「電灯」

産業/民生別の電力需要量及びその割合について、表 2-5-①-4～2-5-①-7 に示す。

表 2-5-①-4 中部電力エリアの産業/民生別の電力需要量と割合

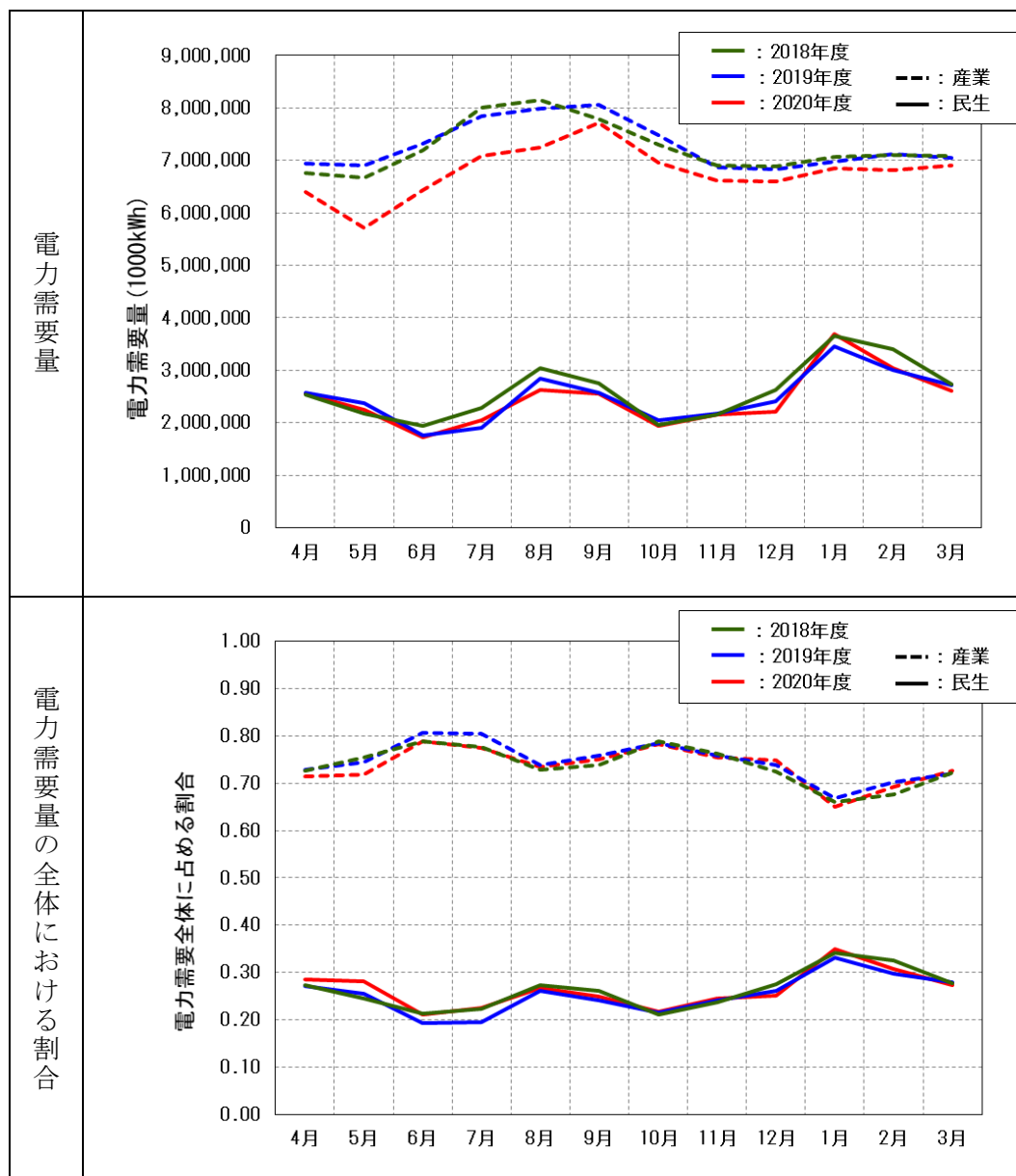


表 2-5-①-5 北陸電力エリアの産業/民生別の電力需要量と割合

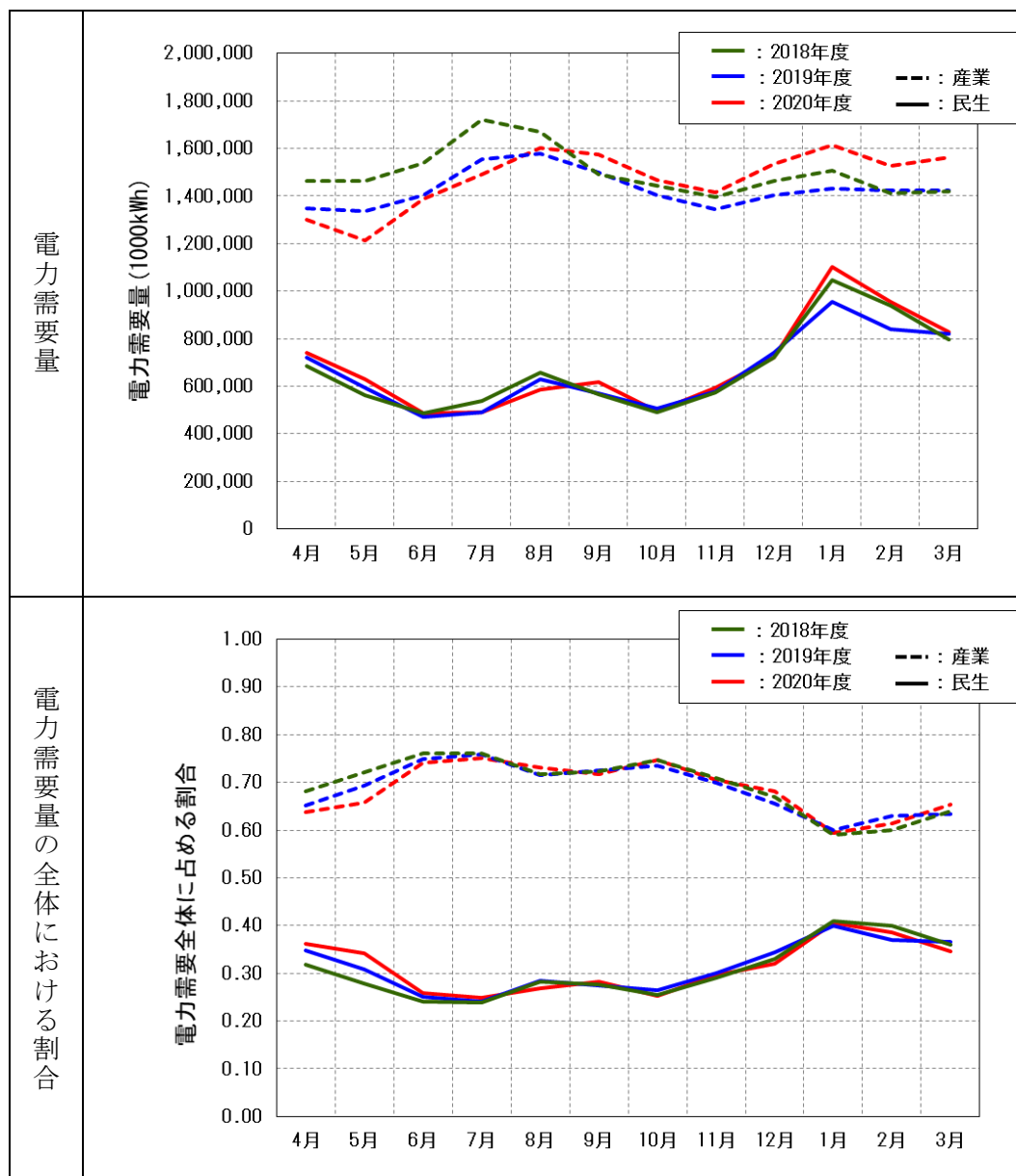


表 2－5－①－6 沖縄電力エリアの産業/民生別の電力需要量と割合

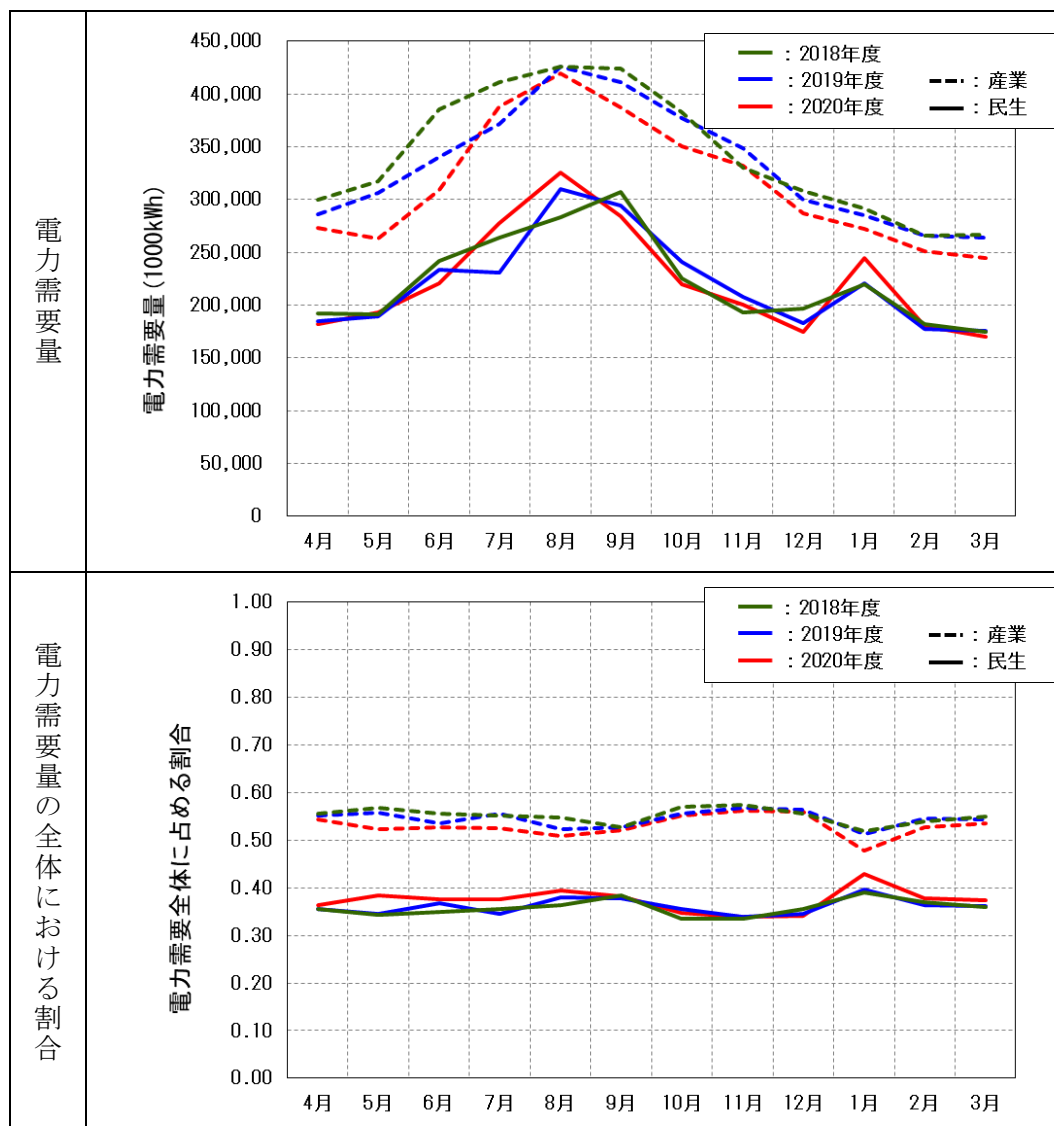
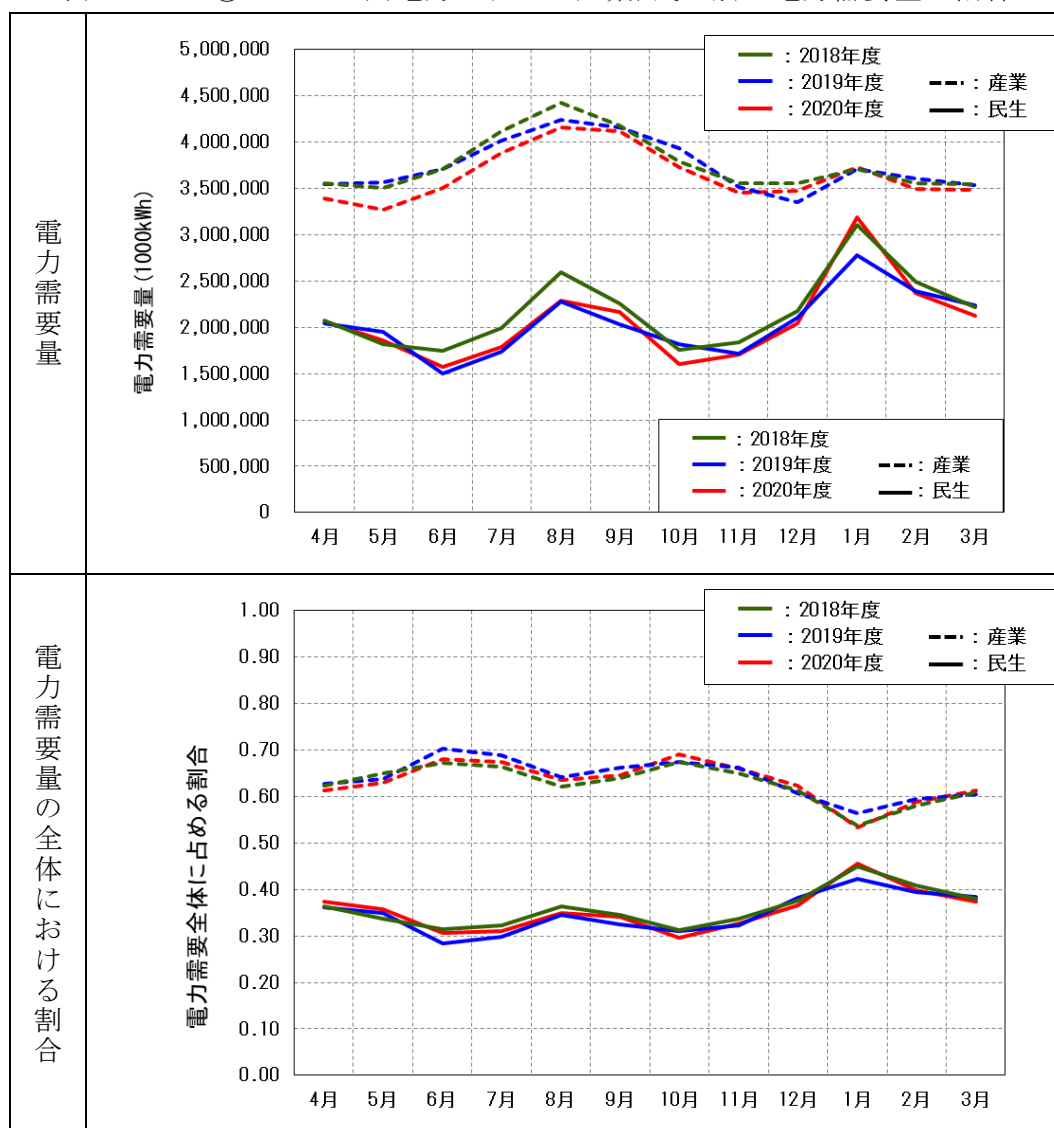


表 2-5-①-7 九州電力エリアの産業/民生別の電力需要量と割合



産業用の電力需要量に着目すると、何れのエリアにおいても 2020 年 5 月の電力需要量は 2018 年、2019 年の 5 月に比べて小さくなっており、2020 年 4 月に比べても小さくなっている。加えて 6 月には再び大きくなっていることから、2020 年 5 月の電力需要量の低下には緊急事態宣言発令の影響が考えられる。なお、この傾向は民生用の電力需要量には確認できない。

中部電力エリアに着目すると、上記の傾向に加えて、2020 年 5 月～8 月の電力需要量は 2018 年度、2019 年度の同期間に対して 1 割以上小さい。中部電力エリアでは自動車産業をはじめとした産業活動が盛んな地域であるが、緊急事態宣言発令、及びそれ以降の社会情勢の変化により、産業活動が抑制された可能性が考えられる。

これらの結果から、今後、新たな説明変数を用いた分析、地域をさらに絞った局所的な分析、特定の産業に着目した分析を行うことも、より精度の高い結果を得るために有効であると思われる。

f) 産業への影響の概観

図2-5-①-2で示した通り、本テーマではリアルタイム観測データと産業活動の活性度に影響を及ぼしていることを仮定した上で、前者を観測する中で産業活動の萎縮を認知することを狙いとしている。

ここではまず、c)でモデル化した中部電力（株）管内の電力需要データと、中部地方の主要産業である自動車産業の活性度を示す指標との間の関連性について検証する。

令和2年度の業務では、電力をはじめとしたインフラデータと産業との繋がりを概観する資料として「産業連関表」に言及した。愛知県の公表する同資料¹⁴⁾を参照すると、県内で多くの電力が自動車産業で消費されていることが伺える。図2-5-①-6は、産業連関表における「電力産業（4611※同表における通し番号、以下も同様。）」から「自動車部品・同付属品（3531）」への主な資源投入の経路を示したものである。電力産業からの直接的な投入額は112,551百万円であり、これは電力産業が内生部門に投入している総額の9.8%に相当する。また、「卸売（5111）」、「産業用電子機器（3311）」、「プラスチック製品（2211）」、「鑄鍛造品（鉄）（2631）」、「その他の非鉄金属製品（2729）」は「自動車部品・同付属品（3531）」への投入量が多い上位5産業であるが、これらを経由した間接的な投入量も考慮すべきである。例えば卸売（5111）の場合、同産業への投入割合である1.7%と、同産業からの投入割合22.6%を乗じた0.3%が、間接的な投入量と推計できる。5つの産業を経由した間接投入の割合は4.4%であり、直接・間接合わせた約14.2%が電力産業から自動車産業へ投じられている状況が確認できる。

赤字の数値は、電力産業からの投入量を示す。
 緑字の数値は、中間産業（卸売～その他非鉄金属製品）からの投入量を示す。
 数値の単位は百万円、カッコ内数値は当該産業の内生部門への投入に占める割合を示す。

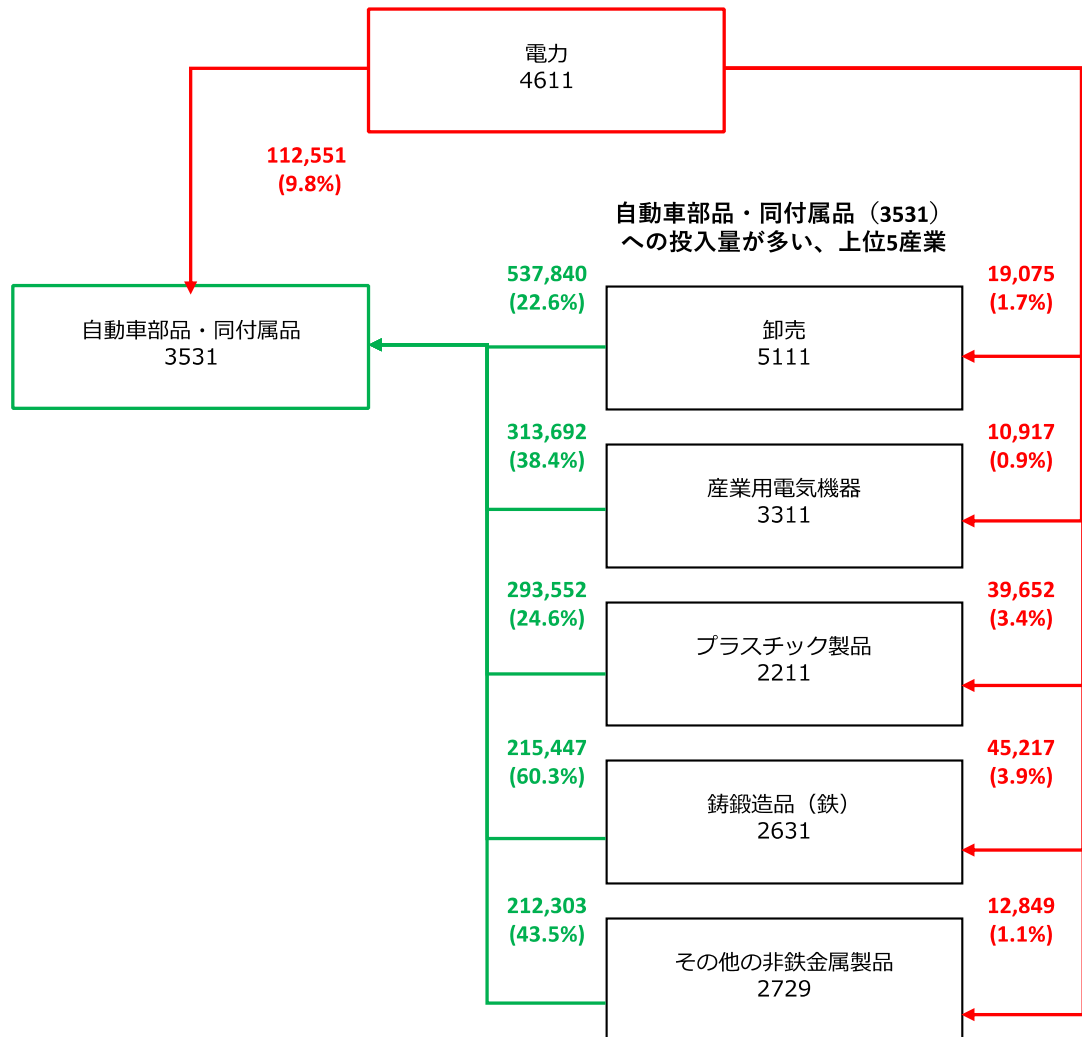


図 2 - 5 - ① - 6 電力部門を起点とした、自動車産業への投入マップ

続いて、電力需要量と産業活性度の関係性についても考察を行う。令和 2 年度業務では、産業の活性度を示す指標の一つとして、生産量について言及した。参考文献¹⁵⁾では愛知県内における各産業の生産指数（2015 年を 100 とした場合の、生産量の増減）について月毎に公表されている。自動車を含む「輸送機械工業」の指数と中部電力（株）管内の電力需要量（月平均、期間は 2018 年 1 月～2020 年 12 月）との間で相関分析を行ったところ、正に有意な相関関係（Pearson の相関係数：0.368、有意確率 $p=0.027$ ）にあることが示唆された。この結果は、表 2 - 5 - ① - 1 のように電力需要量が前月比で 1 割減少している状況が見られた場合、輸送機械の生産額がおよそ 3.7%低下することを意味する。

無論、電力需要の減少が各産業の活性度に一様に影響するわけではない。実際に緊急事態宣言下の業況感¹⁶⁾を見ると、業種別に大きくばらつきが出ていることには注意する必要がある。このような注意点はあるものの、今回の検証結果は、電力需要量

をモニタリングすることで産業への影響を推定できる一定の可能性を示すものといえる。

2) 産業タイムライン構築のための都市インフラ被害と機会損失評価

a) はじめに

大規模災害が発生した際、被災地域において直接的な被害による資産（ストック）の損失だけではなく、その後の経済活動の機会損失に伴う間接的（フロー）損失も非常に大きい。1995年の阪神・淡路大震災と2011年の東日本大震災発災後の鉱工業生産の減少を比較すると、東日本大震災では減少幅が増加し、もとの水準近くまで回復するのに要した期間が長期化していることがわかる。その主な理由はサプライチェーンの寸断にあり、被災した東北地域での生産停止により、被災地域以外の生産活動も停止してしまったためである¹⁷⁾。水道は市民生活のみでなく経済活動にも不可欠であり、断水からの復旧の遅れで生産活動を停止させ、サプライチェーンの寸断が長期化した場合の経済への影響は非常に大きい。したがって、経済的な観点からも、適切な水道の復旧について検討する必要があると考えられる。

以上のことから、大規模災害時の国難や臨時情報発表時の社会活動の停滞を克服するためには、市民生活や社会経済活動の迅速な回復という観点からの水道システムの応急復旧戦略の検討が必要不可欠である。そこで本研究では、日々の応急復旧過程において断水人口や消火機能だけでなく、復旧過程における地域の経済機会損失も評価することのできる応急復旧戦略の評価手法を構築することを目的とする。

b) 災害発生時の地域経済活動における損失評価手法について

大規模災害が発生した際の経済損失は、直接的な被害による資産（ストック）の損失とその後の経済活動の機会損失に伴う間接的な（フロー）損失に分けられる。大規模災害後のフロー損失に関して、その算出方法や軽減対策に関して調査研究がなされている。豊田¹⁸⁾は、地震工学と経済学の接点を求め、学術的研究の新領域を開くことを目的にその関係をまとめる中で、地震後のフロー損失の算出方法を3つ挙げている。そのうちの1つとして震災以前のデータを用いて、産業ごとの生産関数を想定し、各部門の資本ストックの毀損による産出高減少分を算出する方法を挙げている。この方法は、震災以前の情報から行う手法であるため、被災前の被害額のシミュレーションとして用いることができる。この手法を応用して、生産関数は企業の人材や原材料等の生産要素から生産量を求めるものであるが、その代わりに、水道や電力といった資源やエネルギーの投入量から生産量を算出する関数を作成することで、フロー被害を求めることが可能であると考えられる。土屋ら¹⁹⁾は、災害時におけるライフライン機能損傷が地域経済に及ぼす影響を軽量化するために、応用一般均衡モデルを用いて経済被害の評価を行っている。新潟県中越地震を対象に分析を行った結果、損失の大部分は、電力途絶を伴う水道・ガスの全ライフラインが途絶している地震発生直後の3日間に集中しており、電力が回復してからの1日あたりの被害額と比べても、電力の途絶が地域経済に大きく影響していると明らかにしている。

c) 経済機会損失評価モデルについて

大規模災害発生時の水道被害による経済機会損失を評価する経済機会損失評価モデルを構築する。まず、平常時における 500m メッシュ当たりの製造業、非製造業の経済活動量の算出方法について述べる。つぎに、災害時の経済活動を求めるために重要な、企業の資本ストックと電力の地震災害発生時の被害と復旧過程の算出方法について述べる。なお、本研究では、企業の資本ストックとして建築物のみを扱う。さらに、水道、建物、電力の回復過程から経済機会損失を算出する手法を製造業と非製造業で構築する。

i) 平常時の経済活動量について

一般に公開されている経済活動量のデータにおいては、市区町村あたりの産業大分類別の年間売上高²⁰⁾が地域としては最も細かい範囲でのデータである。そのため本研究では、それと 500m メッシュ当たりの産業大分類別の従業者数を用いて、500m メッシュ当たりの製造業、非製造業の平常時 1 日の売上高を算出した。まず、研究対象地域を含む愛知県の全市区町村において、対象とした製造業と非製造業において従業員数と年間売上高の関係の決定係数を算出した。その結果、データが公表されている 2012 年と 2016 年の両方で、製造業、非製造業ともに決定係数が 0.7 以上であったため、市区町村における従業員数と年間売上高には強い相関があると判断した。そこで、本研究では 500m メッシュ単位での製造業、非製造業の平常時一日の売上高を、各市区町の従業員一人当たり売上高に 500m メッシュ内の従業員数を乗じることで算出した。本研究では公表されているデータのみを用いて経済活動の算出を行ったが、年間の売上高が公表されている業種は対象地域の市区町によって異なっていたため、すべての市区町共通で公表されていた業種のみについて研究対象業種とした。対象とした業種の製造業と非製造業の分類を表 2-5-①-8 に示す。

表 2-5-①-8 業種の製造業と非製造業の分類

製造業	非製造業
食料品製造業，飲料・たばこ・飼料製造業，繊維工業，木材・木製品製造業，家具・装備品製造業，パルプ・紙・紙加工品製造業，印刷・同関連業，化学工業，石油製品・石炭製品製造業，プラスチック製品製造業，ゴム製品製造業，なめし革・同製品・毛皮製造業，窯業・土石製品製造業，鉄鋼業，非鉄金属製造業，金属製品製造業，汎用機械器具製造業，生産用機械器具製造業，業務用機械器具製造業，電子部品・デバイス・電子回路製造業，電気機械器具	情報通信業（情報サービス業，インターネット附随サービス業），卸売業，小売業，不動産業，物品賃貸業，学術研究，専門・技術サービス業，宿泊業，飲食サービス業，生活関連サービス業，娯楽業，教育・学習支援業（その他の教育，学習支援業），医療，福祉，サービス業（政治・経済・文化団体，宗教を除く）

製造業，情報通信機械器具製造業， 輸送用機械器具製造業	
--------------------------------	--

ii) 平常時の経済活動量について

災害時の経済活動を算出する上で重要な企業の資本ストックの毀損として、本研究では企業建築物の被害を扱う。企業建築物の被害とその復旧過程の算出方法としては、本研究で対象とした南海トラフ地震発生時に、研究対象地域は地震と津波の2種類の被害を受けると予測されている。そのため、まず 500m メッシュで地震と津波それぞれの被害率を算出する。地震による建築物被害率の算出方法について述べる。まず、国土交通省²¹⁾の愛知県の法人等非住宅建築物の延べ床面積データを用いて、内閣府²²⁾の震度に対する建築物の全半壊率曲線における、木造・非木造の築年別の9区分に対して、延べ床面積割合を算出した。さらに、内閣府²³⁾による南海トラフ地震の予測震度 I を用いて、500m メッシュごとに震度と全半壊率曲線から求められる9区分の被害率を延べ床面積割合で按分し、地震による建築物被害率を算出した。

津波による建築物被害率の算出方法について述べる。まず、対象地域全体の木造・非木造建築物の割合を国土交通省²¹⁾から算出し、各 500m メッシュを人口集中地区かそれ以外の2つに区分する。さらに、浸水深分布と内閣府²³⁾の人口集中地区かそれ以外かでの津波浸水深に対する全半壊率曲線から、木造・非木造それぞれの10m メッシュ当たりの被害率を算出し、各 500m メッシュ内の全 10m メッシュの被害率の平均を、500m メッシュの津波による建物被害率とした。

地震による建物被害の復旧過程については、阪神・淡路大震災での事例²⁴⁾を参考に、1年後の社屋の立て直し率を製造業、非製造業それぞれ 58.8%、53.6%として線形での復旧プロセスとした。

津波による建物被害の復旧過程については、内閣府²³⁾の手法における仮定と同様に製造業、非製造業ともに、1年後の復旧率を 10%として線形での復旧プロセスとした。

iii) 電力の被害と復旧過程について

企業の資本ストックと同様に経済活動を評価する上で重要な、電力の災害発生後の被害とその復旧過程については、東日本大震災発生時の東北電力管内における事例の復旧曲線を用いた²⁵⁾。図-2-5-①-7に電力の復旧曲線を示す。東日本大震災では本震の約1ヶ月後に大規模な余震が発生したため、その際に電力復旧率が低下しているが、本研究では当該日の値をその前後2日間の平均値とした。

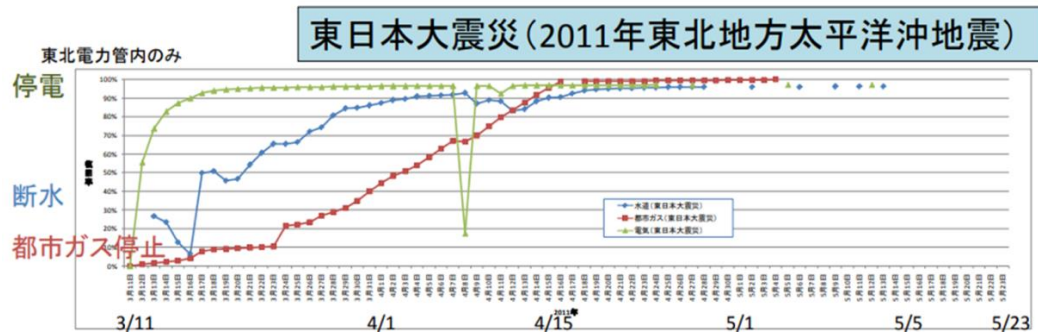


図 2-5-①-7 電力復旧曲線²⁵⁾

iv) 水道の復旧期間における製造業の経済機会損失評価手法について

本研究で構築した、災害発生後の経済活動について平常時の経済活動と水道、電力及び企業の建物の復旧過程から、製造業の水道復旧期間における経済機会損失を算出する手法について述べる。まず、生産活動と水道、電力の関係を分析するために、2019 年と 2020 年の 24 か月間の愛知県の鉱工業生産原指数と愛知県内の 4 つの工業用水の使用量を鉱工業生産指数のウェイトを用いて指数化したもの及び愛知県内の電力使用量²⁶⁾を指数化したものから、製造業の生産活動量と水道、電力の使用量の相関係数を算出した。その結果、水道との相関係数約 0.6、電力との相関係数約 0.5 となり、ある程度の正の相関がみられた。そこで、水道、電力の 2 種類のリソースと生産活動の量を線形関係で表すことができると考え、24 か月間の鉱工業生産原指数を目的変数、工業用水道使用量と電力使用量を説明変数として重回帰分析を行い、2 種類のリソースの使用量から製造業の生産活動量を算出する式を導出した。なお、切片は 0.0 とした。その結果、自由度調整済み決定係数 0.985、1 つ目の説明変数（水道使用量）の係数 0.722、 p 値 0.048、 t 値 2.1、2 つ目の説明変数（電力使用量）の係数 0.279、 p 値 0.43、 t 値 0.81 となった。電力使用量の p 値、 t 値は有意ではなかったが、水道使用量の p 値、 t 値は有意であったため、本研究における目的である水道の被害から災害後の経済活動を評価するという点については、ある程度達成できていると考えられる。さらに災害発生後、企業の建築物が全半壊した場合、その企業の生産活動は行えないものとし、上記の重回帰分析から導出した生産活動量に、建物使用可能率（ $=1.0 - \text{建物被害率}$ ）を乗じた式により、製造業の経済活動可能率を算出することとした。さらに、復旧期間全体で積分した経済機会損失を、経済活動可能率と製造業の平常時一日あたりの売上高により算出した。なお、水道使用可能率 $=1.0 - \text{断水率}$ 、電力使用可能率 $=1.0 - \text{停電率}$ である。

v) 水道の復旧期間における非製造業の経済機会損失評価手法について

平常時の経済活動と水道、電力及び企業の建物の復旧過程から、非製造業の水道復旧期間における経済機会損失を算出する手法について述べる。製造業と異なり、水道、電力の使用量と非製造業の活動量を表す第三次産業活動指数の相関関係からは有意な相関は見られなかった。このことは、非製造業は製造業と異なり、水道や電力を用いて何かを生産するわけではなく、生産活動の効率化等に利用する業種が多いため、リソースの使用量と生産活動量の多寡が関係しないからであると考えら

れる。そこで非製造業においては、リソースの使用量から生産活動の量を算出するのではなく、リソースが使用可能かどうかで、企業活動が可能かどうかを判断することで経済活動可能率を算出した。まず、非製造業全体の生産活動における、水道、電力、建物の3種類のリソースそれぞれの影響の大きさを評価した。具体的には、対象とした非製造業の産業小分類140項目の生産活動において、3種類のリソースが必要かどうかを判断した。そして必要と判断された業種の第三次産業活動指数に用いられる、各業種の付加価値額の大きさから決定したウエイトを合計し、3種類のリソースそれぞれの影響評価点数を算出した。その結果、水道3,104.6、電力7,774.4、建物7,774.4となった。この影響評価点数を用いて、災害時において3種類のリソースがそれぞれ使用可能かどうかによる8つの異なる状況の活動量を算出した。8つの状況の割合を、水道の断水率、使用可能率、電力の停電率、使用可能率、建物の被害率、使用可能率の掛け算によって求めた。さらに、状況別活動量と状況別割合を乗じたものから非製造業の経済活動可能率を算出した。これにより、非製造業の一日当りの売上高を用いて、経済機会損失を算出するものとした。

d) 数値解析結果と考察

本研究における研究対象地域は愛知県N市上下水道局の給水エリアとし、図2-5-①-8に示す被害シナリオのひとつである610件の水道被害に対して復旧優先順位を設定し、その復旧過程における断水人口、消火機能、経済機会損失を評価した。

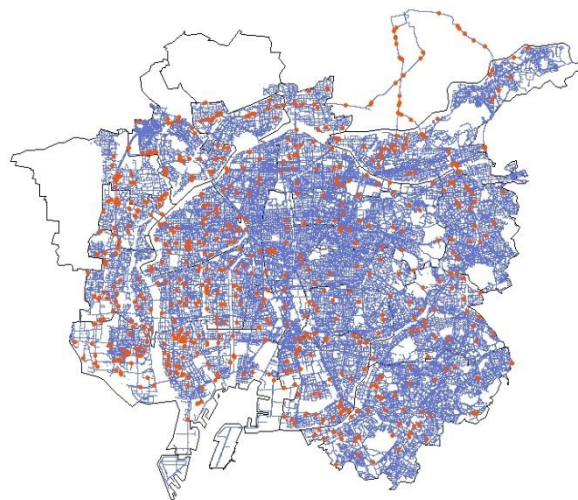


図2-5-①-8 水道管路の離散的被害推定結果

i) 断水人口の算出結果と考察

図2-5-①-9に発災直後の断水率分布、図2-5-①-10に復旧過程における断水人口変化を示す。この期間における総断水人口は約2,744万(人×日)であった。発災直後は人口分布の多いメッシュのほとんどで断水率が高くなっており、給水人口の約6割にあたる約140万人が断水している。発災後15日程度で断水人口は発災初期の約140万人から、半数の70万人程度まで減少している。復旧作業の開始は発災後3日目からとしており、復旧が完了したのは38日目であるため、実際の復旧作業期間のうち約3分の1の時間で、断水人口を半数まで減少させられて

いることから管路復旧の基本方針が有効に機能しているといえる。

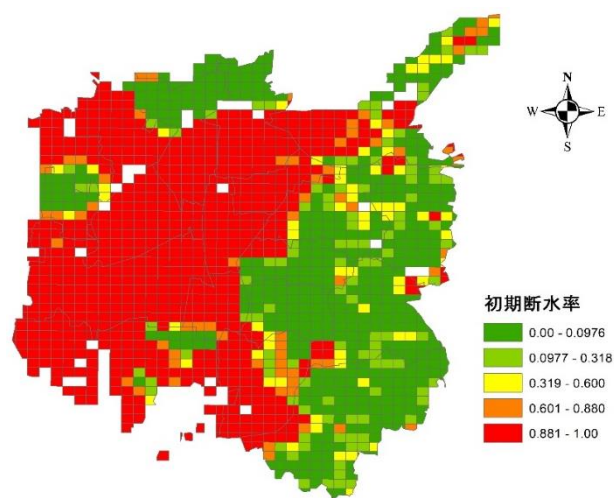


図 2 - 5 - ① - 9 発災直後の断水率分布

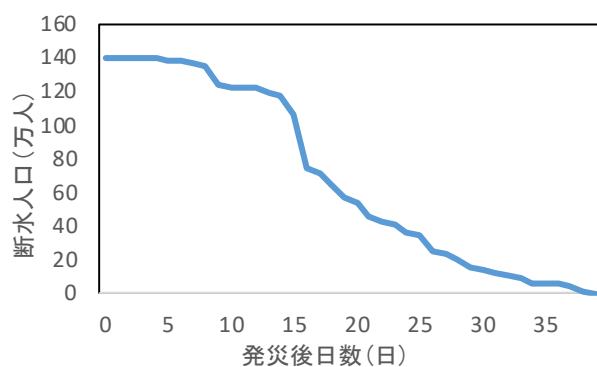


図 2 - 5 - ① - 10 復旧過程における断水人口推移

ii) 消火機能回復過程の算出結果と考察

図 2 - 5 - ① - 11 に消火機能を有する取水点の割合の回復過程を示す。回復の傾向は断水人口と似ており、15 日目あたりで一度急激に回復したのちに、緩やかに復旧完了まで上昇している。

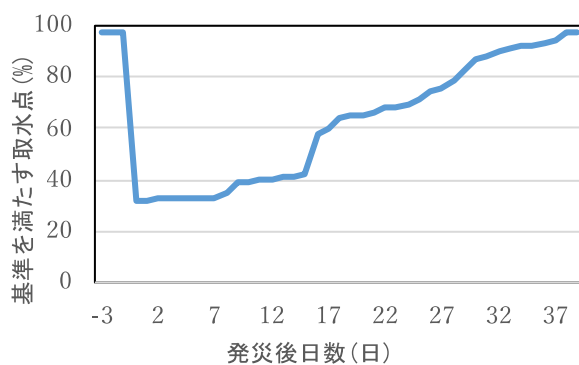


図 2 - 5 - ① - 11 消火機能回復過程の数値解析結果

iii) 経済機会損失の算出結果と考察

図-2-5-①-12 に製造業、非製造業、全業種合計の経済活動可能率の回復過程、表 2-5-①-9 に経済機会損失を示す。回復過程と経済機会損失ともに、全業種合計と非製造業が似た値となっている。これは、この地域の売上高の比率が製造業:非製造業=1:9 程度と非製造業の影響が非常に強いためであると考えられる。製造業よりも非製造業の回復が早く、電力の復旧過程と形が非常に似ている。これは、本研究の手法で非製造業において水道よりも電力の影響を大きく評価したことによると考えられる。本研究の対象地域においては、全体の経済活動を考える場合、非製造業の回復が特に重要であるといえた。

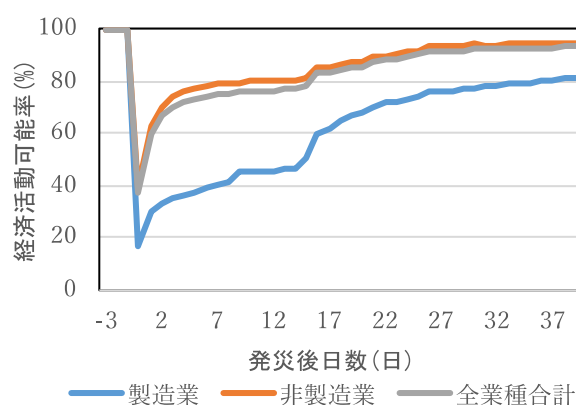


図 2-5-①-12 経済活動可能率の災害レジリエンス曲線

表 2-5-①-9 業種別経済機会損失の数値解析結果

業種	経済機会損失 (%×日)
製造業	1,569.5
非製造業	602.8
全業種合計	681.2

3) COVID-19 による産業への影響調査

a) はじめに

本研究では COVID-19 以前の産業の生産水準に関する時系列データを利用し、COVID-19 が無かった場合の各産業の生産水準を予測するモデルを開発する。モデルの予測値、すなわち COVID-19 が無かった場合の生産水準と COVID-19 における実際の各産業の生産水準を比較する事により、COVID-19 が生産に与えた影響を定量的に明らかにする。分析により COVID-19 が生産に与えた影響は産業によって大きく異なることが定量的解析を行う。ここでは、「宿泊業」、「国内旅行業」、「新車販売台数」の COVID-19 による活動水準について取り扱う。産業間での違いは政府による事実上の規制の有無や感染対策のし易さ及び消費者の考え方などに起因する。本研究では産業間の違いが何に起因するのかまでは定量的に分析しておらず今後の課題とし

ている。

b) 本研究の分析手法

時系列データを解析する場合、データ間の自己相関を考慮した統計的手法が必要となる。こうした手法の1つに自己回帰モデル (Auto regressive モデル) とその拡張版の ARIMA モデル等のモデルが存在するが、近年ではよりモデルの解釈に重きを置いた状態空間モデルが利用されている。また状態空間モデルの状態変数を推定する手法としてカルマンフィルタが存在する。カルマンフィルタは状態変数に関して線形であり、その状態変数が従う確率分布が正規分布である状態空間モデルにおいて、その状態変数を推定することのできるアルゴリズムである。まず状態空間モデルについてその概要を説明する。状態空間モデルにおいて「状態」とは、ある変数について将来の値を予測する上で必要な、過去の情報を集約した現在の情報である。将来予測において「状態」を利用することにより過去の全ての情報を利用する必要はなくなる。過去の情報は現在の状態に反映されているからである²⁷⁾。

状態は時系列変数である。 t を時間を表す添え字とし、 t 期の状態を x_t と表せば、関数 F を用いて $x_t = F(x_{t-1})$ と表現できる。ただしこれは x_{t-1} に対して x_t が確定的に決まる場合を表現している。将来の不確定性を考慮する場合には、システムノイズ $G_t(v_t)$ を考え、状態 x_t は $x_t = F_t(x_{t-1}) + G_t(v_t)$ と表現することができる。これはシステムモデルと呼ばれるが、関数自体も時間によって変化するとした一般的な表現である。他方で状態 x_t が与えられ時の観測値 y_t は、状態に観測誤差 w_t を考慮したものとして、 $y_t = H_t(x_t) + w_t$ と表すことができる。これは観測モデルと呼ばれる。

再掲するとシステムモデルは一般に式 2-5-①-1 の様に示すことができる。

$$x_t = F_t(x_{t-1}) + G_t(v_t) \quad \text{式 2-5-①-1}$$

観測モデルは一般に式 2-5-①-2 の様に示すことができる。

$$y_t = H_t(x_t) + w_t \quad \text{式 2-5-①-2}$$

本研究では式 2-5-①-1 及び式 2-5-①-2 から成る状態空間モデルを線形・ガウス型状態空間モデルに特定し分析に用いる。線形・ガウス型状態空間モデルでは $F_t(x_{t-1}) = F_t x_{t-1}$ 、 $G_t(v_t) = G_t v_t$ 、 $H_t(x_t) = H_t x_t$ とし、また $v_t \sim N(0, Q_t)$ 、 $w_t \sim N(0, R_t)$ と仮定する。すなわちシステムモデルと観測モデルの誤差項は平均が0で分散がそれぞれ Q_t と R_t の正規分布に従う。

線形・ガウス型状態空間モデルを再掲する。

システムモデルは以下の式 2-5-①-3 の通りとなる。

$$x_t = F_t x_{t-1} + G_t v_t \quad \text{式 2-5-①-3}$$

観測モデルは式 2-5-①-4 の通りとなる。

$$y_t = H_t x_t + w_t \quad \text{式 2-5-①-4}$$

まず観測モデルについて説明する。観測モデルは式 2-5-①-5 から式 2-5-①-9 で構成される。 y_t は観測値であり、本研究では産業の活動指数などが相当する。 x_t は状態を表す状態変数である。 $\gamma_{1,t}$ は周期（12 カ月）ダミーであり、産業活動の季節性を捉えるために利用する。 ε_t は観測誤差を示している。

$$y_t = x_t + \gamma_{1,t} + w_t \quad \text{式 2-5-①-5}$$

$$\gamma_{1,t+1} = -(\gamma_{1,t} + \gamma_{2,t} + \cdots + \gamma_{11,t}) \quad \text{式 2-5-①-6}$$

$$\gamma_{2,t+1} = \gamma_{1,t} \quad \text{式 2-5-①-7}$$

$\vdots$

$$\gamma_{11,t+1} = \gamma_{10,t} \quad \text{式 2-5-①-8}$$

$$w_t \sim N(0, Q_t) \quad \text{式 2-5-①-9}$$

続いてシステムモデルは式 2-5-①-10 及び式 2-5-①-11 の通りとなる。ここで状態変数 x_t は周期的変動が毎年同じように生じると仮定した上で、周期的変動の影響を取り除いた生産水準のトレンドを示す。

$$x_{t+1} = x_t + w_t \quad \text{式 2-5-①-10}$$

$$w_t \sim N(0, R_t) \quad \text{式 2-5-①-11}$$

以上の状態空間モデルを用いて、COVID-19 が産業活動に与えた影響を分析する。分析内容は以下の通りである。まず日本における COVID-19 感染症の始まりを 2020 年 2 月とする。それまでに国内感染者は確認されているが、経済活動に大きな影響をもたらしてはいないと仮定する。データが利用可能な月から 2020 年 1 月までのデータを用いて、特定の産業の活動水準の月単位の変動を上記の状態空間モデルで再現する。この状態空間モデルを利用し 2020 年 2 月以降の経済活動を予測するが、この予測は COVID-19 の存在しない場合の生産活動水準をシミュレーションしていることになる。仮想の世界をシミュレーションしているが、このシミュレーション結果と実際の COVID-19 下における生産活動水準を比較する事により COVID-19 の影響を定量的に明らかにできる。

c) 分析の結果

経済産業省が公表している「第 3 次産業（サービス産業）活動指数」を用いて COVID-19 の「宿泊業」への影響をまず分析した。図 2-5-①-13 は分析結果を示している。図中の赤色の点線より右側が COVID-19 以降であり、この領域の青い実線は COVID-19 が無かった場合の活動指数の予測値を示す。一方、赤い実線は活動指数の実績値である。COVID-19 以前は固有の周期性を示しながら比較的安定した活動水

準を保っていたが、COVID-19 以後は大きくその活動水準を低下させている。特に COVID-19 の初期において大幅に低下させている。その背景には1回目の緊急事態宣言の発令があると考えられる。その後は政府の旅行費用に対する補助政策もあり、活動水準は一時的に回復するものの、感染状況の悪化とそれに伴う政府の補助政策の停止により、2021 年9月に至るまで活動水準は落ち込んでいる。図2-5-①-14は「国内旅行業」に関する分析結果であるが、COVID-19 については、宿泊業と同様の影響を受けている。

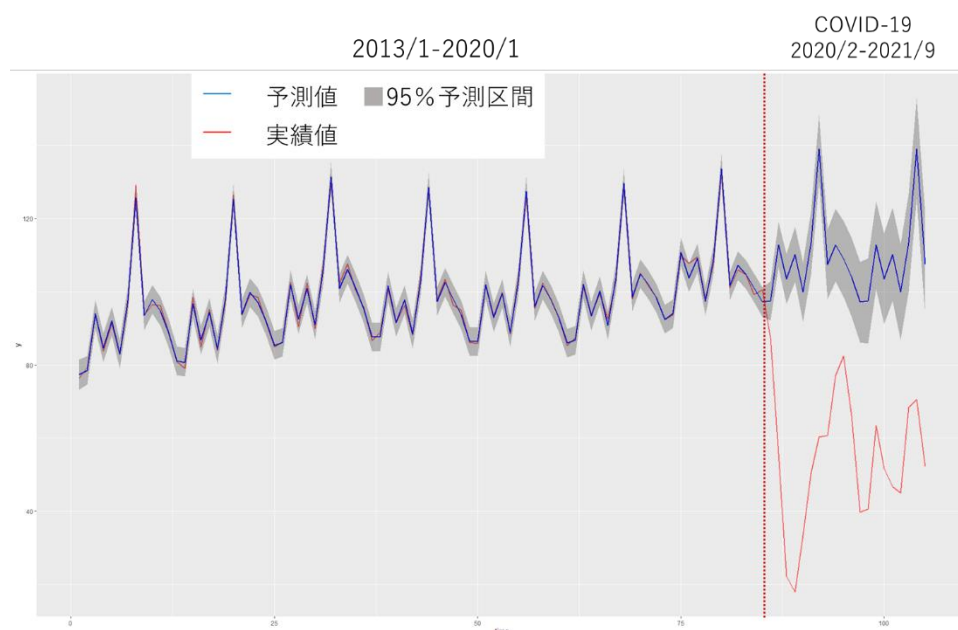


図2-5-①-13 「宿泊業」の活動指数の予測値と実績値

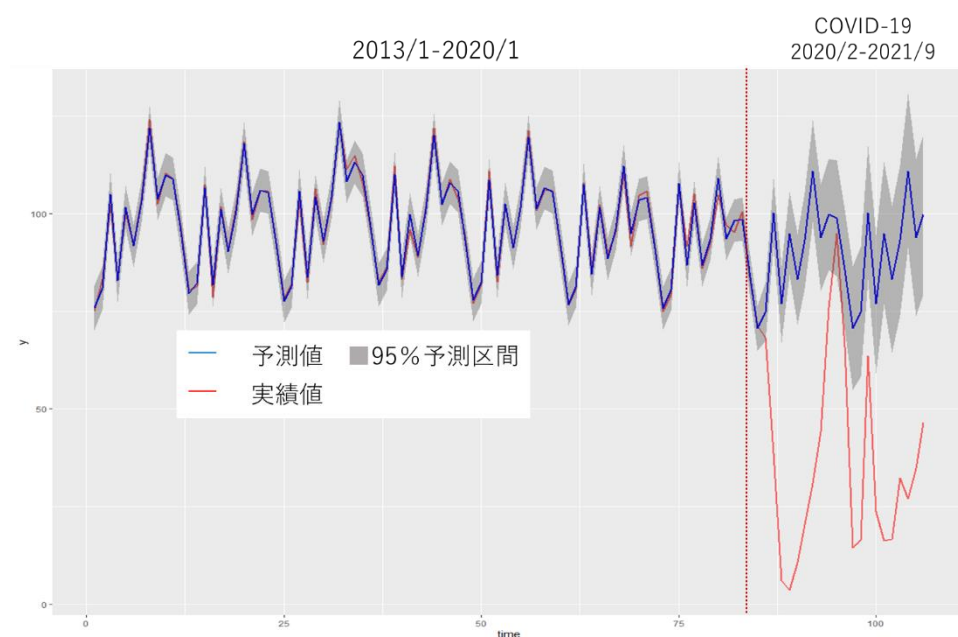


図2-5-①-14 「国内旅行業」の活動指数の予測値と実績値

図 2-5-①-15 は新車販売台数について分析したものである。COVID-19 の初期に大幅に販売台数が落ち込んでいる。外出自粛要請等により購入希望者が販売店に行かなくなったことが要因と考えられる。その後は概ね COVID-19 以前と同程度まで回復している。感染症に対する理解が進み、2021 年の 5 月前後から再び落ち込みが見られる。これは半導体不足で自動車生産が制限されたことが原因であり、COVID-19 の影響は大きくないと考えられる。図 2-5-①-16 は「半導体・フラットディスプレイ産業」について分析した結果である。他産業と比べて COVID-19 の影響はほとんど確認できず、特に初期においても影響は見られない。落ち込みが見られる期間があるが、これは国内大手メーカーの工場火災の影響である可能性がある。その後は需要の急増によって COVID-19 が無かった場合の予測値を上回る生産の増加が見られる。

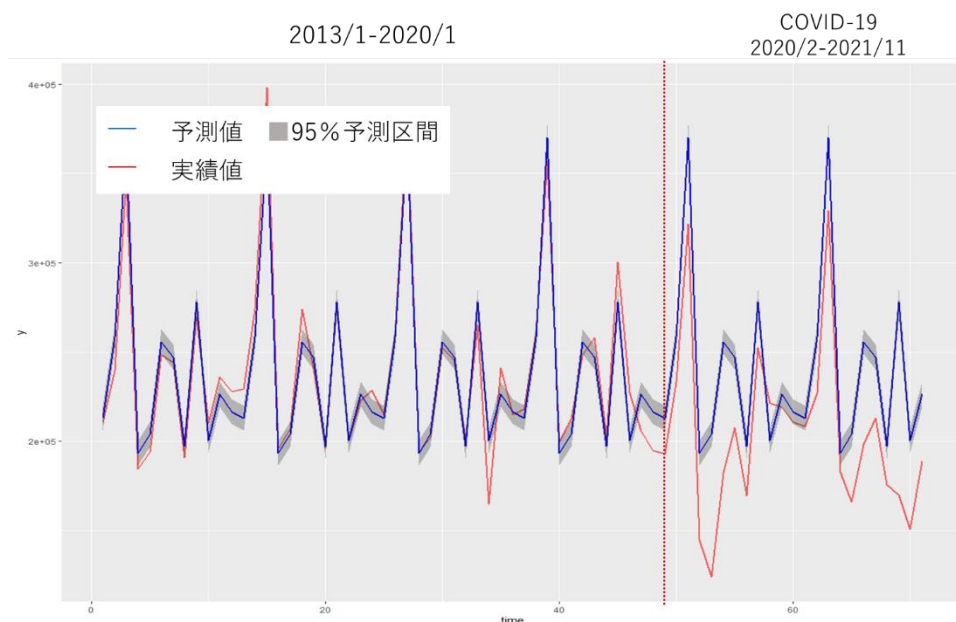


図 2-5-①-15 「新車販売台数」の予測値と実績値

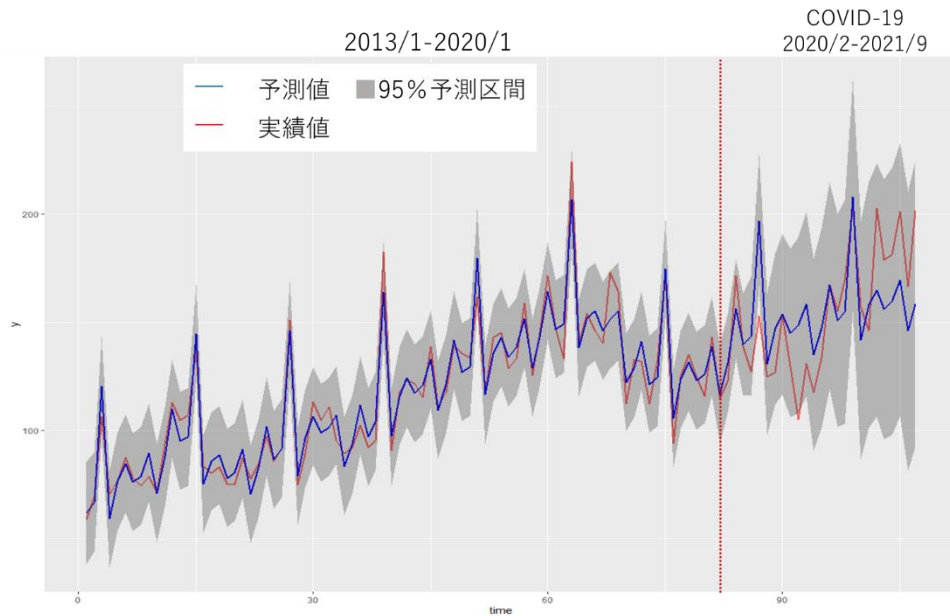


図 2-5-①-16 「半導体・フラットディスプレイ産業」の予測値と実績値

最後に「ゲームソフトウェア」の生産の活動水準について分析する（図 2-5-①-17 参照）。COVID-19 の影響は初期に大きく生産が増える形で表れており、外出自粛の影響で需要が高まった結果であると考えられる。その後も実績値は予測値よりも高く推移している様に見えるが、95%予測区間の範囲内であることから COVID-19 の影響は初期において短期間で大きく表れたものの、その後に需要は落ち着きを見せ、産業の活動水準も COVID-19 以前のトレンドに回帰していると考えられる。

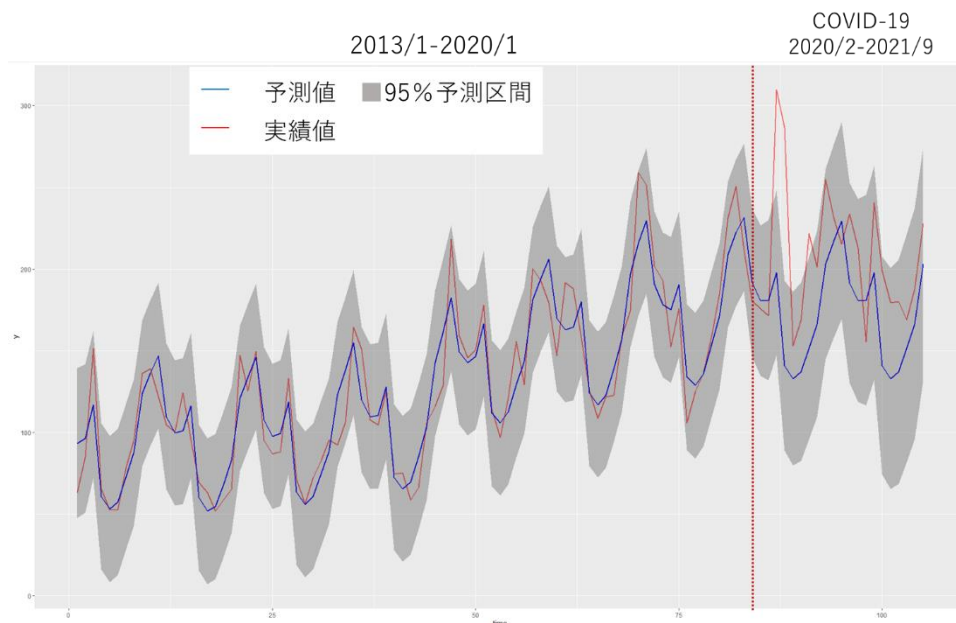


図 2-5-①-17 「ゲームソフトウェア」の予測値と実績値

(d) 結論ならびに今後の課題

1) リアルタイム観測データを用いた産業活動の「萎縮」状態の想定

今年度の業務では産業の活性度を映し出す鏡として、産業に欠かせない電力の需要量（消費量）をモニタリングすることを考案し、その妥当性について時系列データ分析等の統計学的手法を用いて検証した。結果、電力需要量の増大・低下をリアルタイムに観測することで、産業の活性度に変調があるかどうかを判断できる可能性があることが示唆された。今後、その他の説明変数の検討や、他の社会的イベントを対象とした分析を追加することで、より精度の高いモニタリングに関する知見が得られるものとする。

なお、電力需要の減少が各産業の活性度に一様に影響するわけではないため、今後は、各電力会社管内における民間企業資本ストックの産業別賦存量ポートフォリオなどを考慮した地域特性との相関について分析を進める。

2) 産業タイムライン構築のための都市インフラ被害と機会損失評価

離散的被害推定手法を用いた地震発生時における水道管網上の被害発生箇所の推定、被害推定水道管が地震発生後何日後に復旧するかを算出する応急復旧モデル、被害状態を反映させた管網解析を行い、水圧分布に基づきメッシュ単位での日々の断水率を求めたうえで、断水率から断水人口や消火機能とともに、電力や企業の建築物の被害も考慮した経経済機会損失を算出する機会損失評価モデルを構築した。

構築した手法を用いて、断水人口、消火機能及び経済機会損失の3つから、市民生活と社会経済活動を合わせた総合的な観点から応急復旧戦略としての被害水道管の復旧優先順位を検討できるといった。

解析対象地域においては、南海トラフ地震が発生した際、発災直後給水人口の約6割の断水や、最長1ヶ月以上の断水が予測される地域があり、今後も水道管路・施設の耐震化と応急復旧の迅速化の両方を推進していくことが重要である。そのうえで、電力、水道、経済活動との産業構造を明らかにすることが、産業構造を明らかにし、臨時情報発表時の産業活動の極度の停滞を回避するためには必要である。

3) COVID-19 による産業への影響調査

本研究では状態空間モデルと時系列データを用いて、いくつかの産業におけるCOVID-19の影響を定量的に把握した。本研究の特徴は自然災害（今回はCOVID-19）の影響が無い場合の仮想の生産水準をシミュレートし、実際の生産水準と比較する事で自然災害の影響の定量的把握を試みることである。結果は概ね解釈可能なものであったが、新車販売台数への影響を分析した際に半導体不足の影響とCOVID-19の影響を分けるまでに至らなかった。地域や業種を特定すれば報道等を参考に説明変数を加え、適切な定量化が可能となる。しかしながら、その様な情報がない場合や要因が多い場合には、主要な経済変数を多く説明変数として考慮する必要がある。今後は、この点について効率的な手法についてについて調査を行い、災害の経済被害を定量化する1手法として技術的に確立することが産業構造を明らかにし、タイムラインを検討するためには必要である。

(e) 引用文献

- 1) 首相官邸ホームページ：新型コロナウイルス感染症対策本部 第 27 回(令和 2 年 4 月 7 日開催)資料,
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/novel_coronavirus/taisaku_honbu.html (令和 3 年 12 月 6 日閲覧)
- 2) 中部電力パワーグリッド株式会社：中部エリアの電力需給（送電端）のお知らせ,
<https://powergrid.chuden.co.jp/denkiyoho/> (令和 3 年 1 月 7 日閲覧)
- 3) 気象庁ホームページ：過去の気象データ検索,
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>(令和 3 年 1 月 7 日閲覧)
- 4) 北海道電力ネットワーク株式会社：北海道エリアのでんき予報,
http://denkiyoho.hepco.co.jp/area_forecast.html (令和 4 年 1 月 11 日閲覧)
- 5) 東北電力ネットワーク株式会社：東北 6 県・新潟エリアでんき予報,
<https://setsuden.nw.tohoku-epco.co.jp/graph.html> (令和 4 年 1 月 11 日閲覧)
- 6) 東京電力パワーグリッド株式会社：でんき予報,
<https://www.tepco.co.jp/forecast/> (令和 4 年 1 月 11 日閲覧),
- 7) 北陸電力送配電株式会社：エリア需給実績について,
http://www.rikuden.co.jp/nw_jyukyudata/area_jisseki.html (令和 4 年 1 月 11 日閲覧)
- 8) 関西電力送配電株式会社：関西エリアの需給実績の公表,
<https://www.kansai-td.co.jp/denkiyoho/area-performance.html> (令和 4 年 1 月 11 日閲覧)
- 9) 中国電力ネットワーク株式会社：でんき予報,
<https://www.energia.co.jp/nw/jukyuu/> (令和 4 年 1 月 11 日閲覧)
- 10) 四国電力送配電株式会社：でんき予報（四国エリアの電力使用状況）,
<https://www.yonden.co.jp/nw/denkiyoho/index.html> (令和 4 年 1 月 11 日閲覧)
- 11) 九州電力送配電株式会社：でんき予報,
https://www.kyuden.co.jp/td_power_usages/pc.html (令和 4 年 1 月 11 日閲覧)
- 12) 沖縄電力株式会社：需給関連情報（需給実績）の公表,
<http://www.okiden.co.jp/business-support/service/supply-and-demand/index.html> (令和 4 年 1 月 11 日閲覧)
- 13) 経済産業省資源エネルギー庁：電力調査統計表過去のデータ,
https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/electric_power/ep002/results_archive.html/ (令和 4 年 2 月 9 日閲覧)
- 14) 愛知県ホームページ：2015（平成 27）年愛知県産業連関表,
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/toukei/io2015.html> (令和 3 年 4 月 12 日閲覧)
- 15) 愛知県ホームページ：愛知県鉱工業指数,
<https://www.pref.aichi.jp/soshiki/toukei/iip.html> (令和 3 年 4 月 12 日閲覧)
- 16) 総務省：情報通信白書，令和 3 年版，2021

- 17) 内閣府：地域の経済 2011－震災からの復興，地域の再生－，2011
- 18) 豊田利久：地震と経済学：地震工学との接点を求めて，国民経済雑誌，第 183 巻，pp. 1-12，2001
- 19) 土屋哲，多々納裕一，岡田憲夫：地震災害時のライフライン途絶が及ぼす経済被害の計量化に関する研究，地域安全学会論文集，No. 10，pp. 355-364，2008
- 20) 総務省統計局：平成 28 年経済センサス - 活動調査 売上（収入）金額等 2-1，2016
- 21) 国土交通省：建築物ストック統計 法人等の非住宅建築物，2018
- 22) 内閣府：南海トラフの巨大地震 建物被害・人的被害の被害想定項目及び手法の概要，2012
- 23) 内閣府：南海トラフの巨大地震モデル検討会において検討された震度分布・浸水域等に係るデータ提供について，2012
- 24) 神戸市商工会議所：阪神大震災に関する被害及び今後の神戸経済に関する調査結果，1995
- 25) 能島暢呂，佐土原聡，稲垣景子：東日本大震災におけるライフライン被害と今後の課題，首都直下地震 防災・減災特別プロジェクト，2012
- 26) 経済産業省資源エネルギー庁：電力調査統計表，2019，2020，2021
- 27) 北川源四郎：状態空間モデル，岩波データサイエンス，Vol. 6，5-31，2017.

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
Emergency Restoration Strategy for Water Distribution System from the Viewpoint of Disaster Resilience Curves（口頭）	N. Hirayama, T. Okano, and J. Tamai	ASCE Lifeline2021-2022, Online	2022. 2. 11	国外
COVID-19 感染症蔓延に伴う「緊急事態宣言」発出による電力需要への影響分析（口頭）	北川夏樹，蛭川理紗，菅沼淳，都築充雄	第12回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム講演集	2022. 1. 6	国内

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
Emergency Restoration Strategy for Water	N. Hirayama, T. Okano,	J. of American Society of Civil	2022. 1. 31	国外

Distribution System from the Viewpoint of Disaster Resilience Curves（査読あり）	and J. Tamai	Engineering		
--	--------------	-------------	--	--

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

②リアルタイム社会様相把握システム構築に関する検討

(a) 業務の要約

災害後の応急復旧から地域経済の再立ち上げにいたるまで、さまざまな局面で必要となる種々の対応を的確に実施するためには、発災から復旧・復興に至るまでの時系列の中でその時々々の社会状況を適切に把握し、その状況に応じた対応行動を選択することが重要となる。特に、南海トラフ地震のように被害が広域かつ甚大な場合の対応行動の選択においては、被害状況を含む地域社会の様態の事前想定には限度があることから、被害の全体像の早期把握はもちろんのこと、その後の時間経過に応じた状況把握が重要と考える。また、臨時情報発表時のような、直接の被害は生じていないものの社会活動の状態が変化する事態の出現が想定されるとき、その状況（変化の有無、その程度）を把握することも重要と考えている。

地震に見舞われたこと（あるいは臨時情報が発表されたこと）による状態変化を、物的なもの／社会活動に係るもの、長期的なもの／短期的なものに区分すると、物的なものとは、強い揺れが作用することなどによる1次被害と定義される。その様態の詳細、及び全貌は最終的には災害の調査により把握されるものである。しかし、広域大規模災害においては、深刻なダメージを受けている地域ほど状況把握に手間取ることが指摘されており、最も対応が必要な地域の確認が遅れ、その結果、対応が後手に回ることがしばしばあると言われている。そのような事態を回避するために、被害の有無やその程度を概括する手段が必要と考え、本研究においてもその仕組みの検討を行っている。加えて、社会活動を長期的、及び短期的な観点で、平常時から臨時情報発表時、発災時を通してシームレスに把握する手段にはどのようなものがあるかを検討している。

具体的には、「1）リアルタイム社会様相把握システム構築を支えるデータ基盤」の検討において、令和2年度に引き続き社会をモニタリングする手法・手段の調査と整理を行うとともに、「2）リアルタイム振動モニタリングに関する基盤技術開発」において、令和2年度に検討したMEMSセンサーによる振動モニタリングを地域に展開して連続観測を試行した。加えて、「3）リアルタイムでの社会様相（対応リソース、状況、人）把握システム構築」において、ICTを用いたさまざまな情報集約手段を試行しながら

らシステムの高度化をおこなっている。

(b) 業務の実施方法

「リアルタイム社会様相把握システム構築を支えるデータ基盤」研究においては、社会状況の観測可能性、及びその目的に照らして、現行で活用できると思われる手段やその将来像について、令和2年度に引き続き文献調査を実施し整理を行った。

「リアルタイム振動モニタリングに関する基盤技術開発」については、令和2年度に構築・性能検討を行った MEMS センサーと 4G ネットワークによる振動モニタリングを、愛知県内の産業集中地域に展開して観測を試行するとともに、観測記録の検討を行う。

「リアルタイムでの社会様相（対応リソース、状況、人）把握システム構築」においては、従来から改良してきた情報収集システムを災害対応訓練に適用し、組織内・組織間の両面で対応状況把握への活用が可能かを試行した。

(c) 業務の成果

1) リアルタイム社会様相把握システム構築を支えるデータ基盤

令和2年度の検討では、社会状況把握を行い得る手段として電力需要のモニタリングに基づく事例を紹介するとともに、他のモニタリングの方法についても広く文献調査を行い、国や企業の取り組み状況を取りまとめた。調査の結果として、電力需要量に係る情報が社会状況（地域社会の活性度）を把握するには有効なこと、その情報は災害前から発災後にかけてほぼシームレスに利用できる可能性があること、また車両によるセンシングの状況や将来の展望を勘案すると、車両交通に係る情報が社会状況の把握に利用できる可能性が高いことなどを結論として得た。今年度は、令和2年度に引き続き、社会活動のモニタリング手段や分析方法についての調査・整理を行った。

電力需要量による社会の活性度の評価については、前章に詳しく述べた通り、本研究の中でも需要量の変化により COVID-19 にかかる緊急事態宣言がもたらした社会活動の活性度合の低下を把握し得るかという点について検討を行っている。分析は「自己回帰和分移動平均モデル（ARIMA モデル）」により行われ、結果として、電力需要の変動の8割強を時系列データの周期性、気温、平日か土休日かの別、緊急事態宣言の有無によって説明可能であることが示された。ARIMA モデルは従属変数の説明性を示すもので必ずしも因果性が明らかになるわけではないが、電力需要量の分析は、地域社会の状態把握を目的とする場合には十分活用可能と考えられる。

また、国立環境研究所ではエネルギーモニタリング事業¹⁾を推進しており、図2-5-②-1に示すようなエネルギーモニタリングシステムを開発し社会活動のモニタリングを試行している。システムは、所与の時間間隔毎に電力消費計測装置でデータを集計し、インターネットを経由してデータ集約パートにデータを転送するという仕組みである。この事業は、低酸素社会への移行を加速させることを目的に、エネルギー需要を減少させるために「エネルギーをどこでどれだけ使っているか」を把握するものとしているが、生活に係るエネルギー消費を把握することで社会活動の把握にも適用可能と考える。

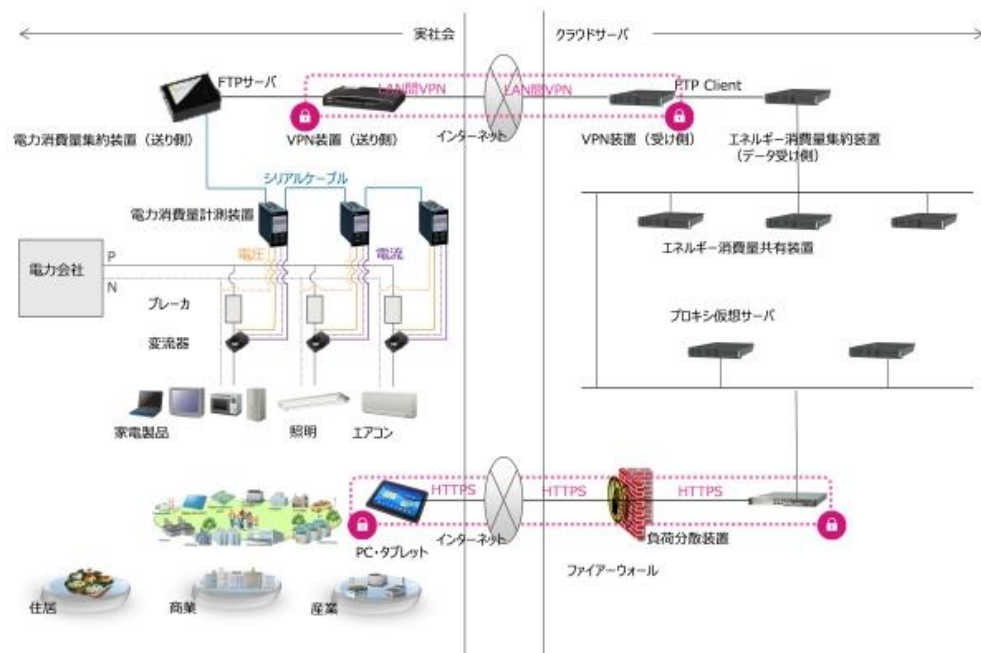


図 2-5-②-1 エネルギーモニタリングシステム 1)

これらの結果からは、電力需要量データをモニタリングすることで社会の状況、特に地域の活性度合を把握し得る可能性が示された。この手法は、ガスや水道といったライフラインの需要量データにも展開可能と考えられ、災害による地域社会の動態把握において活用し得るデータ基盤と言えるであろう。

他方、交通状況により社会の動態を把握しようとする試みも実装のレベルに近づいている。例えば、つくば市では都市活動のモニタリングとして交通情報の活用を検討している²⁾。表 2-5-②-1、図 2-5-②-2 に交通状況に係るデータをどのように評価し活用するのかについて分析された結果を示す。データとしては、プローブカー情報の活用などが検討されている。ここで指向しているモニタリングは、公共交通のマネジメントを目的としたもので、快適な移動空間の構築、低炭素な移動手段への転換や低炭素交通シェアリングといったテーマに沿って実施されているが、多様なデータを集約することで高齢者の人口分布の可視化等、都市活動のモニタリングへも適用可能であることも示されている。災害発生前後の社会動態の把握においても、ここで示された情報や分析手段は、活用可能と推察される。

表 2-5-②-1 データの活用シーンと分析に必要なデータとの関係²⁾

No.	動線データの活用シーン	既存統計データ			活用が想定される動線データ（一例）					基盤データ	
		PT調査	道路交通センサス	国調メッシュ	携帯電話（基地局・GPS）	交通系ICカード	無線LAN	車両プローブ	バスロケ	電子地図	各種NW
1	特定地域（都心部）の都市活動の見える化	◆	◆	◆	◆	◆	◇	◆	◆	◆	◆
2	防災計画・避難誘導方策の検討	◆	—	◆	◆	◆	◇	—	—	◆	◆
3	高齢者等の移動支援に資する公共交通サービス	◆	—	◆	◆	◆	—	—	—	◆	◆
4	公共交通の潜在需要の発掘	◆	◆	◆	◆	◆	—	◆	◆	◆	◆
5	パーソントリップ調査の補完・効率化・高度化	◆	—	◆	◆	◆	◇	◇	—	◆	◆
6	道路交通センサスの補完・効率化・高度化	—	◆	—	◆	—	—	◆	◆	◆	◆
7	道路整備効果計測の多様化・高度化	◆	◆	◆	◆	◆	◇	◆	◆	◆	◆
8	外国人旅行者の移動支援、移動障害の抽出	—	—	—	◆	◇	◇	—	—	◆	—

（◆◇：評価に必要となるデータ等（◆：必須、◇：理想），—：対象外）

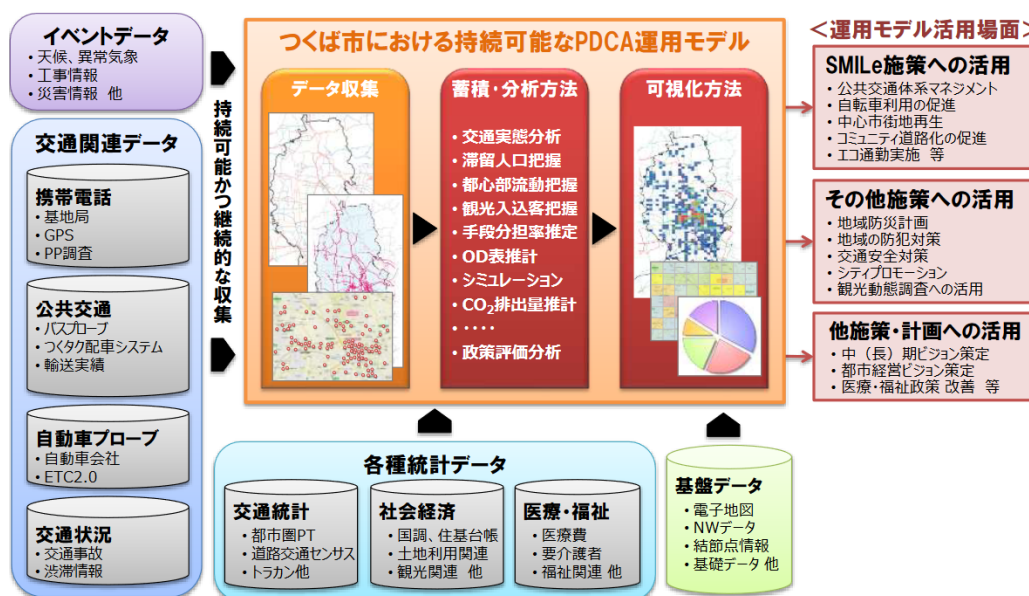


図 2-5-②-2 動線データのユースケース分析結果³⁾

また、産業技術総合研究所は、雑微動（交通振動や工場などが発生する振動）の変化により社会活動の変化が捉えられると報告している⁴⁾。図 2-5-②-3 の上段は東京都の新規感染者数の変化を、下段は 20~45Hz の微動のパワースペクトル密度（PSD）の中央値の変化を示しているが、この両者の比較から以下がわかる。

- ・第 1 回緊急事態宣言の際には、平日・日曜ともに日中の振動レベルが下がっている。
- ・Go To トラベルキャンペーンのころには振動レベルは例年程度に回復している。
- ・第 2 回緊急事態宣言の際には、自粛を求められていない平日の日中は振動レベルが下らない。

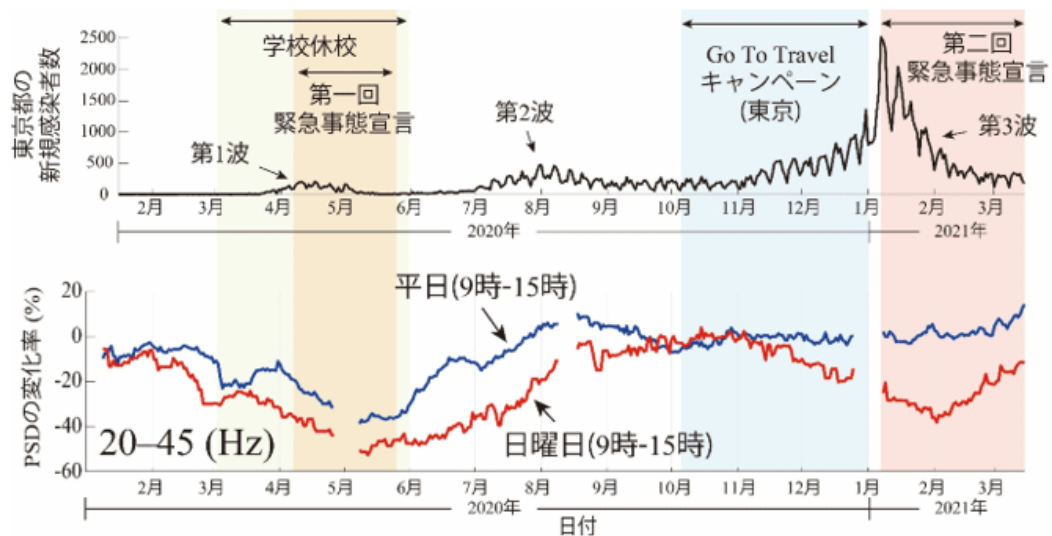


図 2-5-②-3 東京都の新型コロナウイルス新規感染者数(上図)と季節変動を除去した人間活動に伴う振動の強さの変化(下図)^{4), 5)}

PSD は振動の強さを表すパワースペクトル密度 (Power Spectral Density)

図 2-5-②-4 に、東京・池袋にて観測された雑微動のパワースペクトル密度を示す。2020 年以降はそれ以前に比べて青色が顕著であるように見て取れるが、これは、COVID-19 の発生に伴う雑微動のパワーの減少を示していると考えられる。曜日による強弱や毎年 1 月頃にパワーが大きくなっていることも見て取れ、コロナ禍による社会の変化を詳細に調べるには曜日や季節変動による影響を除去する必要があることが分かるとともに、社会全体の活性度合を時間経過とともに可視化し得る可能性を示していると言えるであろう。

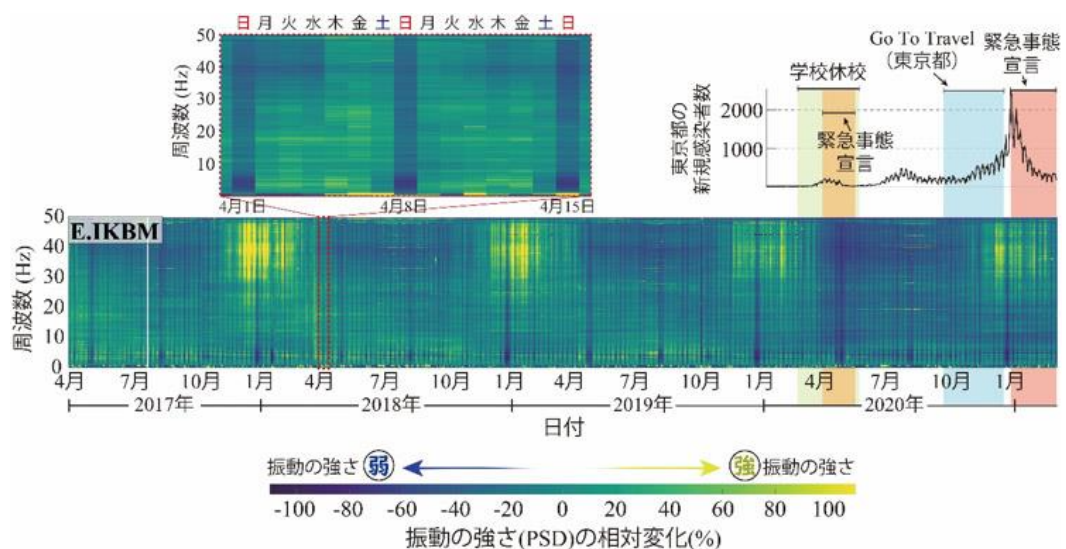


図 2-5-②-4 東京・池袋で観測された雑微動の強さの時間変化^{4), 5)}

以上のことから、振動レベルの変化と社会状況には何らかの関連があること、言い換えれば、振動レベルをモニタリングすることで社会の活性状況を概括しうる可能性のあることがわかる。

以上、ここまで行ってきたレビューに基づけば、社会に展開されている様々なモニタリングデータを用いれば、社会の活動状況の評価や変化の把握を行いうることが明らかとなったと考える。

ただし、経済活動の状態は物的被害によるものの他、産業構造の変化（生産拠点の移動等）や風評等の心理的なものにも影響を受けることから、長期的な状態については GDP（ローカルには GRP）算出により把握できるものの、短期的な状態変化についての把握は、現状では難しいと考えている。

社会活動の状況を把握できそうとは言え、上述したようなデータをやみくもに可視化し、あるいは共有すればよいかということのようなことではないであろう。災害対応の視点から考えてどのような側面から社会をモニタリングすべきか、何のどのような状態変化をとらえることが適切な対応行動選択において求められているのかを整理したうえでモニタリングに用いるデータを選定し、分析手法を検討する必要がある。その意味では、事前に事態を想定しておくこと（事態予測）が重要であり、本研究の中でも行っている、臨時情報発表時や災害発生時に出現する可能性のある事態を整理する取り組みと連携した検討の深化が、今後行うべきことと考えている。

2) リアルタイム振動モニタリングに関する基盤技術開発

大規模地震災害の発生を想定して、都市や構造物、特に重要施設やライフライン等の被災状況を早期に把握し、効果的な初動対応や二次災害抑止につなげるためには、面的な地震動分布の把握が重要となる。令和 2 年度は、災害を想定した社会様相把握にむけて、地域における地震動特性の面的な把握と、そのための階層的なモニタリングについて考察するとともに、基礎技術の検討を行った。今年度はその成果に基づき、振動モニタリングや地震観測の高密度化が有効な地域を選定し、試験的に展開した成果をまとめる。

地震発生時に震度が報告される地点は気象庁、自治体（消防庁）、防災科学技術研究所を合わせて全国で 4,300 地点余であり、国土面積との比で 100km² 弱に 1 地点、すなわち平均で 10km 程度の間隔となる。このほかに自治体が独自に観測を展開するケースもあり、大都市圏など人口密度が高い地域は観測密度も高い傾向がある。一方で地方では自治体合併などにより観測点が減ることや、配置が偏る場合も見られる。

このような観点で愛知県の震度観測点分布をみると、名古屋市周辺や濃尾平野は観測点密度が高いが、産業や基幹交通が集中する西三河地域では相対的に密度が低い傾向がある（ただし上記の全国平均に対しては少なくない）。図 2-5-②-5 に今回対象とする地域の表層地盤増幅率⁶⁾の分布と震度計配置を重ねて示す。この図から、既存の震度計の配置が相対的に疎な地域が読み取れ、地盤条件の相違の影響を観測できていない可能性がある。今回はこの範囲におおむね 2～5 km 間隔で東西・南北測線に沿って 19 地点の設置を試みた（令和 3 年度末で 4 地点は未設置）。この地域は製造業が集積しており、特に東西の測線は物流で重要な国道 1 号線に沿っている。この地域は北から南に流れる河川があるため、東西測線上の地盤の変化が大きい傾向がある。また、岡崎平野の地下構造調査結果⁷⁾によれば、この範囲で東は基盤岩がごく浅く、西に行くほど深部地盤が深くなっている傾向がある。

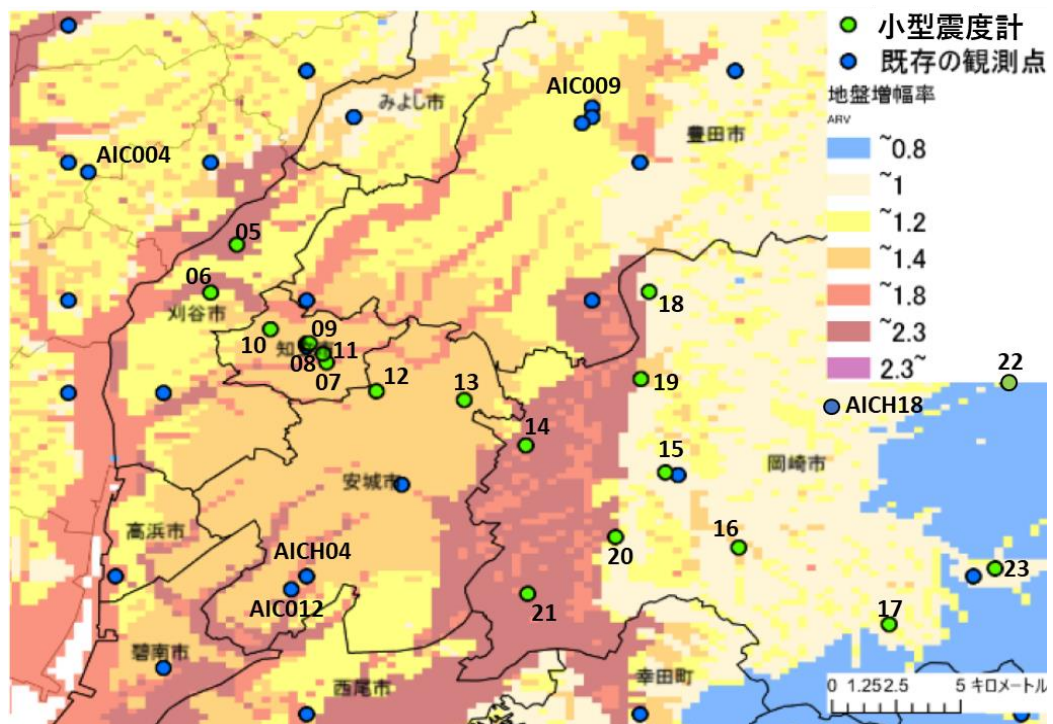


図 2-5-②-5 対象地域の震度計配置と表層地盤増幅特性⁶⁾

設置した施設は自治体関係施設、及び電力施設等であり、将来的には当該施設の被災モニタリングへの活用も想定している。設置条件は電源や管理の都合から建物の1階床を基本としている。このため、建物と地盤の動的相互作用により、地盤の地震記録に対して建物内では建物固有周期の影響と短周期成分の低減の可能性がある。これらの影響を減じるため、可能な限り小規模の建物を選定している。後述する小地震の観測結果では、比較的規模の大きい庁舎建物で1階の記録に対する上部建物の影響は必ずしも明確ではないものの、今後は周辺地盤と建物内の微動計測などによる検証が必要と考えられる。

機器の設置状況を図 2-5-②-6 に示す。MEMS 地震計、LTE ルーター及び電源が設置され、4G ネットワークで震度情報及び加速度記録がモニタリングサーバーに転送される。



図 2 - 5 - ② - 6 観測装置一式設置状況 (RC 造 1 階床)

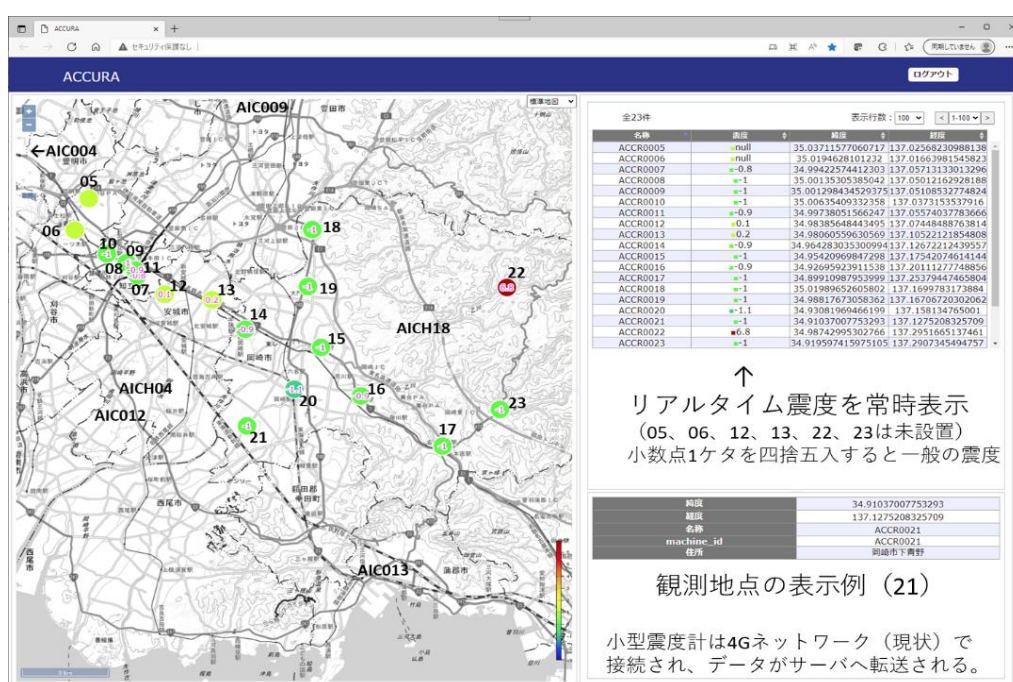


図 2 - 5 - ② - 7 モニタリングサーバー画面例 (地点 22 はテスト信号)

表 2 - 5 - ② - 2 今回配置したモニタリング地点と周辺の地震観測点

地点番号・記号	設置対象 (特記以外は 1 階)	3/16 震度	12/3 震度
05	電力施設 1	未設置	未設置
06	電力施設 2	未設置	未設置
07	自治体施設 1	1.9	0.6
08	自治体施設 2 (地階)	2.0	0.4
09	自治体施設 2 (屋上)	2.1	1.1
10	電力施設 3	1.9	0.7
11	電力施設 4	2.0	0.6
12	電力施設 5	未設置	未設置
13	電力施設 6	未設置	未設置
14	自治体施設 3	1.9	0.9
15	自治体施設 4	0.8	0.4
16	自治体施設 5	0.7	未設置

17	自治体施設 6	0.5	未設置
18	自治体施設 7	0.7	未設置
19	自治体施設 8	1.2	未設置
20	自治体施設 9	1.0	未設置
21	自治体施設 10	1.9	未設置
22	自治体施設 11	未設置	未設置
23	自治体施設 12	未設置	未設置
AIC004	K-NET 名古屋	1.8	記録無
AIC009	K-NET 豊田	1.8	0.7
AIC012	K-NET 安城	1.7	0.9
AIC014	K-NET 蒲郡	0.9	0.9
AICH04	KiK-net 安城	2.0	1.0
AICH18	KiK-net 岡崎	0.8	0.9

機材一式は幅 26×奥行 33×高さ 23cm のプラスチックカバーに収まり、AC100V 電源のみを供給している。各地点から転送された記録はデータサーバに蓄積され、図 2-5-②-7 に画面例を示すように、平常時は各地点のリアルタイム震度が表示されている。

なお、使用する地震計は、メーカー公表資料や前年度に実施した性能試験から、MEMS であっても震度 0～1 程度の精度が確保できることを確認している。地震計は 2021 年 8 月から設置を開始して順次増設しており、小地震の観測記録がいくつか収録されている。ここでは例として、13 地点で観測された 2022 年 3 月 16 日の福島県沖の地震、7 地点の 2021 年 12 月 3 日紀伊水道の地震などを分析する。表 2-5-②-2 に 2 地震の各観測地点での計測震度を示す。また周辺の既存観測点をあわせて示している。この結果から、20km 以内の範囲で震度 0.5～2.0 となっており、震度 1 以上の差がある。後述するように地点 07～11（知立市域）と地点 14～21（岡崎市域）では地震動の周期特性が大きく異なっているが、このうち岡崎市域では地盤増幅率の大きい地点 14 や 21 で他の地点より震度 1 程度大きくなる傾向がみられる。また近傍の K-NET 等でも、ほぼ対応する震度となっている。

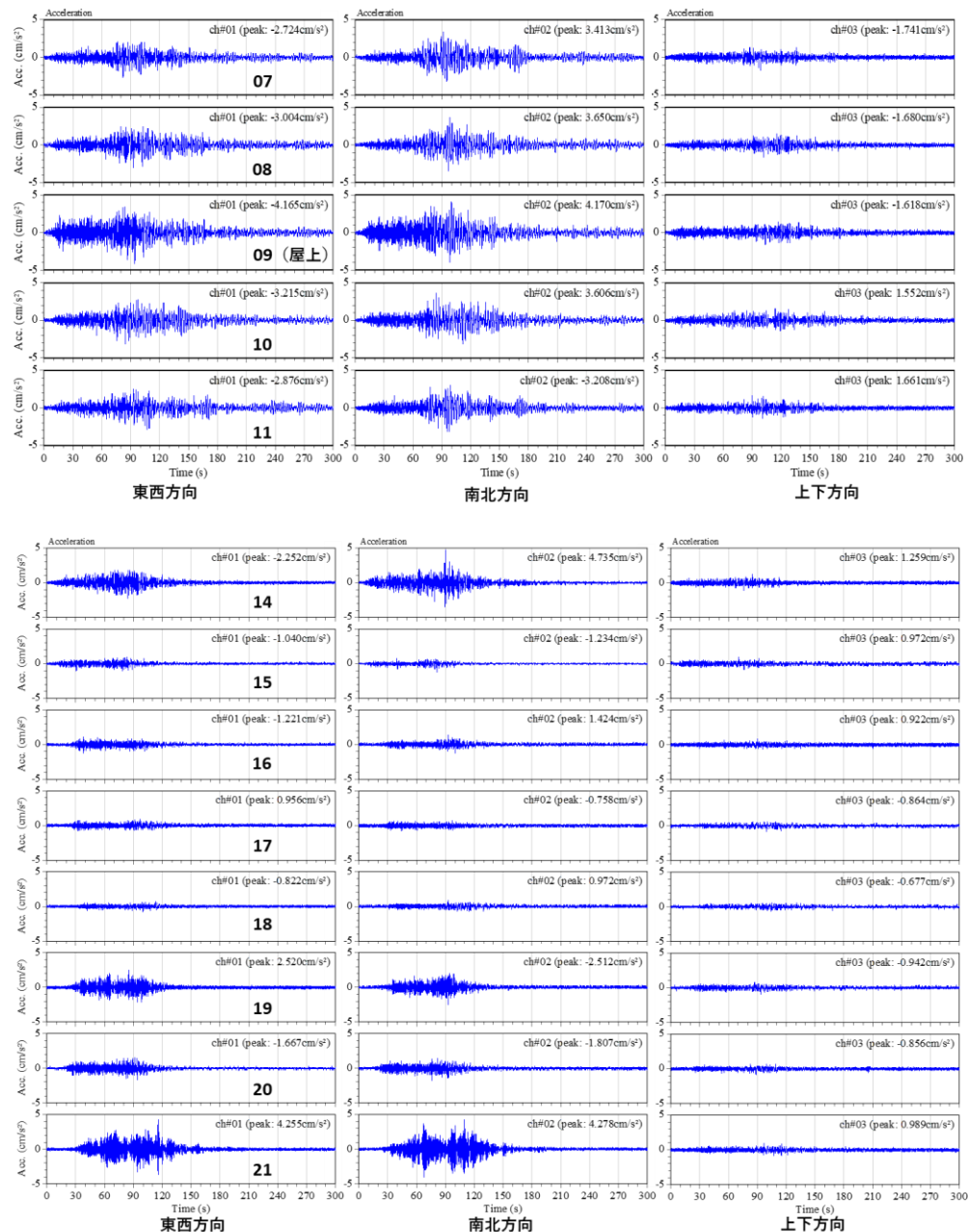


図 2-5-②-8 加速度観測記録 2022 年 3 月 16 日福島県沖の地震

図 2-5-②-8 に 3 月 16 日の地震の 07~11 の 5 地点と 14~21 の 8 地点の波形を、また図 2-5-②-9 にそれぞれの擬似速度応答スペクトル ($h=0.05$) を示す。この地震で 07~11 の各地点は周期 2 秒程度の成分が共通して卓越しており、短周期成分の差はあまり大きくない。地点 09 は RC 造 5 階建の屋上に設置されており、建物の影響と考えられる周期 0.3~0.4 秒の成分の卓越がみられる。一方、14~21 の 8 地点は、周期 2 秒以上の長周期成分は類似の特性であるが、07~11 より大幅にレベルが低い。この差は深部地盤構造の相違に由来すると考えられる。一方、1 秒前後より短周期は地点の差が大きく、表層地盤の影響が考えられる。

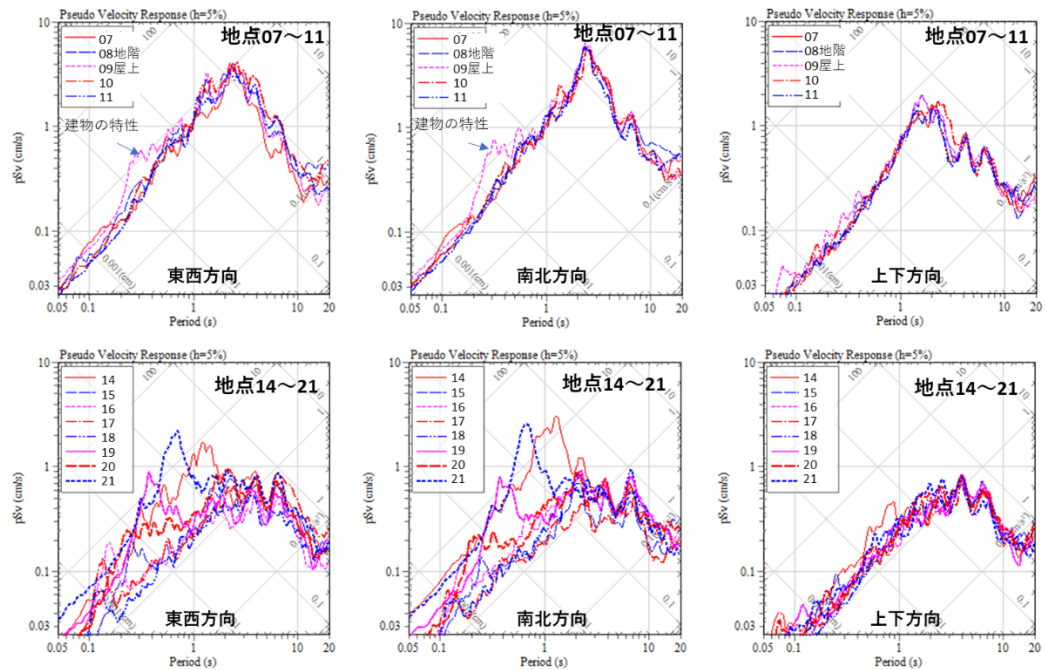


図 2-5-②-9 擬似速度応答スペクトル
2022 年 3 月 16 日福島県沖の地震

以上の地点間の相違の傾向は 2021 年 12 月 3 日紀伊水道の地震でも、ほぼ同様に見られる（図 2-5-②-10、図 2-5-②-11）。地点 07~11 では周期 2 秒程度の成分が見られ、地点 14、15 では長周期が小さくなっている。短周期成分では地点の差が大きい。

地点 07~11 は約 3km、一方、地点 14~23 は 15km 程度の範囲であり、近傍地点間は 2~5km 以内である。この地域でも上述の深部地盤構造の影響がみられ、一方で、比較的狭い範囲でも表層地盤の影響と思われる震度の差がみられる。それらの傾向は地震によっても異なり、既存の震度計配置では十分な震度分布情報が得られない場合があることが分かる。

ここで検討したような小地震記録の蓄積が将来の対応に有用であると同時に、臨時情報が発表される状況の中で、当該地域が大地震となる場合、あるいはいわゆる「西半割れ」の際にも活用しうる情報であると考えられる。また、加速度連続記録の分析から、かなり低レベルの振動も観測されており、ノイズの影響で震度の精度が十分でなくても、連続モニタリングとして活用の可能性もあると考えられる。

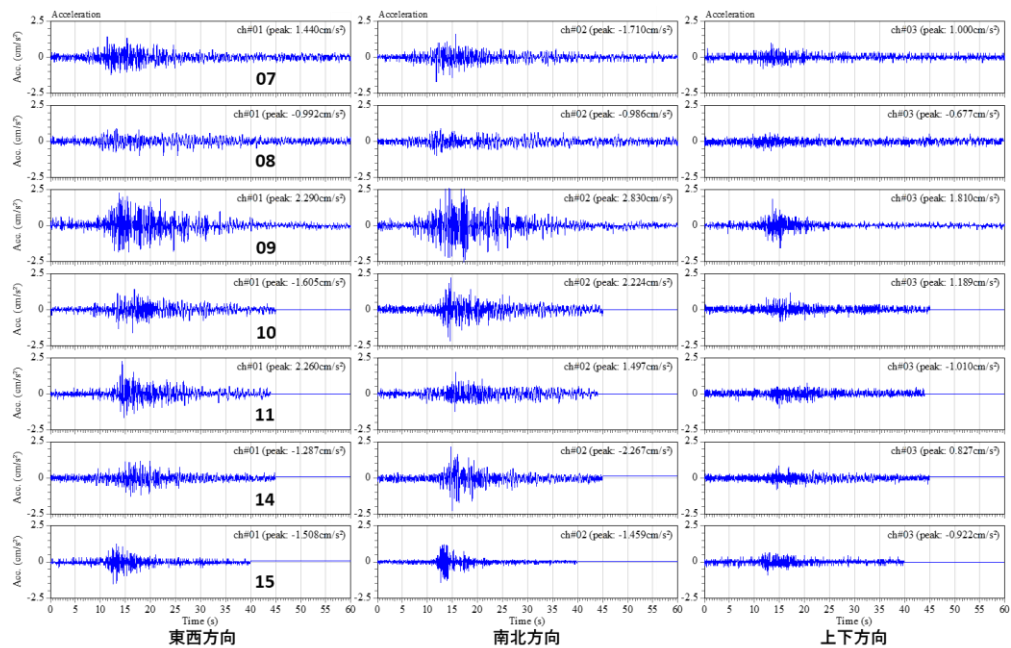


図 2-5-②-10 加速度観測記録 2021 年 12 月 3 日紀伊水道の地震
(各記録の時刻ずれは未補正)

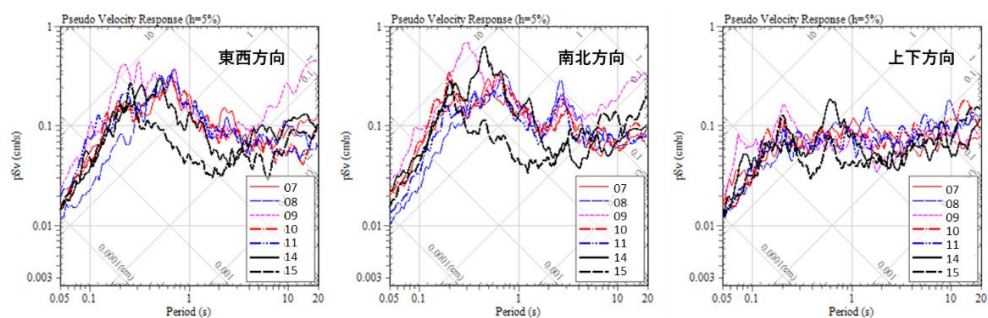


図 2-5-②-11 擬似速度応答スペクトル 2021 年 12 月 3 日紀伊水道の地震
(地点 14, 15 を黒色で表示)

今後の検討内容として、大きく以下の 3 点があげられる。

- ・設置点拡充・記録蓄積と地盤・建物特性との関係の検討。現状の測線に加えて新たな観測計画を検討する。また観測記録の特性と、地盤や建物の資料との整合を確認するとともに、常時微動観測により検証を行う。これにより観測精度の向上が期待できる。
- ・他のモニタリング情報との統合利用環境の構築。ウェブ GIS を用い、一般的な地理・都市情報のほか、本研究課題で検討されている他の情報との統合利用を検討する。
- ・重要建物のモニタリングの検討。現状の試験的配置において、建物の 1 階と最上階に地震計を設置し、建物特性の評価を行っている。この成果に加えて、他の建物でも同様の観測を実施することにより、建物特性の検出及び被災等による変化の有無などを迅速に判断する機能を実装する。災害時に重要な役割を果たす建物のモニタリングは、地盤震度分布と合わせて初期対応等に重要な情報となりうる。

3) リアルタイムでの社会様相（対応リソース、状況、人）把握システム構築

令和2年度の検討では、A県下において水道事業を担当するA県企業庁を対象に、これまで名古屋大学が開発してきた情報共有システムCASI-KAを用いた災害情報リアルタイム共有を導入するための調整、並びに用件定義をおこなった。また、実証実験を行うための各種データ整備を行なった。

これを踏まえ、今年度はA県企業庁と名古屋大学減災連携研究センターの合同で災害対応訓練を実施し、この中でCASI-KAを試行することで、システム上の課題に加え、運用体制に関わる課題を洗い出すこととした。訓練の概要は、2021年10月29日、南海トラフ地震の発生を想定して、企業庁、減災連携研究センターの双方で発災対応をシミュレーションする。その中で、CASI-KAを用いたリアルタイムの情報収集を行い、組織間でも情報共有を行うものである。企業庁の災害対応は策定済みのBCPに沿って行われるが、今回はBCPに定められる「非常時の（管路網等に係る）情報収集」並びに「応急対応の報告」において、CASI-KAを用いることとした。一方、減災連携研究センターは明確なBCPが定められていないため、災害対策本部が設置された後、個別指示によってCASI-KAを用いた情報収集を行なうこととした。さらに、一般市民役からのCASI-KA投稿も同日併せて実施した。この意図は、システム上にノイズとなる情報を混入することで、情報量の増大並びに仕分けの困難さを際立たせることで、現実の災害状況を多少シミュレートするものである。また、ノイズの中から社会動態を捉え対応に活かすことが可能かどうかを検証する目的もある。システム上での訓練の参加者は、企業庁4名、減災連携研究センター10名、一般市民役（実際は消防団や減災連携研究センターOB）が14名である。当日のタイムテーブルを表2-5-②-3に示す。

表2-5-②-3 CASI-KAを用いた訓練タイムテーブル

時刻	状況付与・対応
11:00	災害発生（南海トラフ地震 全割れM9.0）
	<u>一般市民</u> による自主的な地域の被害情報収集開始
	<u>A県企業庁職員</u> による管路網の被害状況収集開始（BCPに基づく自動対応）
	愛知県企業庁に災害対策本部設置
13:00	<u>企業庁職員</u> による管路網の復旧状況報告開始（BCPに基づく自動対応）
13:30	名古屋大学減災Cに災害対策本部設置
14:30	<u>名古屋大学減災C職員</u> による大学周辺の被害状況収集開始
15:30	名古屋大学減災Cで災害対策本部会議における状況報告を実施
	A県企業庁で災害対策本部会議における状況報告を実施
	実験終了、振り返り

実験の結果、終了時まで企業庁16件、減災連携研究センター14件、一般市民役104件の情報が登録された。企業庁、減災連携研究センターとも情報集約を行う本部は1台

の PC でこれら全ての情報を閲覧することになり、情報量としてはかなりのものとなった。図 2-5-②-12 に、PC で災害対策本部が閲覧していた画面の例を示す。地図上には、訓練参加者がスマートフォンで撮影した情報の位置がアイコンで表示されており、地図上部には写真がリストになっている。写真をクリックすれば、対応する地図上のアイコンがフォーカスされる仕組みとなっている。また、画面左には登録された情報の詳細がタイムライン（時系列で上から下）に並んでおり、時間の流れに沿って状況を確認することもできる。

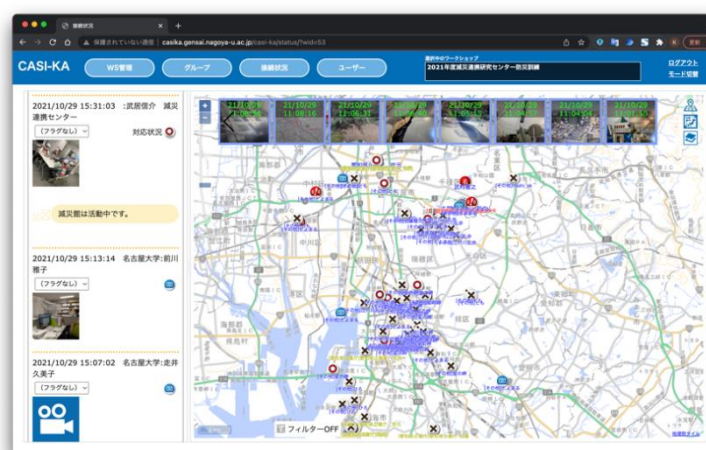


図 2-5-②-12 CASI-KA 本部画面（実験結果）

実験終了後、企業庁の参加者及び災害対策本部係を担当した職員への聞き取り調査を行った。そこで得られた反応や課題を以下に取りまとめる。まず、BCP に決められている、非常参集時の状況共有のための報告や、応急処置実施時の報告において、CASI-KA のようなリアルタイム・位置情報付きの仕組みは有益であるとの意見だった。通常、リアルタイム性を求める場合は無線などの手段を用いるが、この場合は正確な位置や状況などのディテールが伝わらない。他方、正確性を期す場合は書面にて FAX 等での伝達を行うが、この場合は即時性が失われる。このように、既存の情報集約では両立し難いメリットをシステム上で実現できることが、現場で実感されたことは成果の一つである。また、システム化することで、後から情報を任意で取り出し、振り返ることも有益であるとされた。訓練・実際の災害対応のいずれにおいても、後から検証することは極めて重要である。そのため、こうしたシステムを平時から訓練に運用していくことには意義がある。

他方、システムを用いることの課題も浮かび上がってきた。最たるものは、今回のように（そして本番の災害で予見されるように）大量の情報が一度に押し寄せた場合、対応の要否によって優先順位をつけなければならない。現状、こうした点を AI 等で自動化するには至らないため、効率的に人が処理できるような仕組みが必要である。そこで、図 2-5-②-13 に示すようなフラグ機能を実装した。従前より、情報種別や情報登録者によって地図・タイムラインを表示制御するフィルタリング機能は有していたが、これは情報登録時に決められた属性を用いていた。新たに追加したフラグ機能では、災

害対策本部側で情報に対して「要対応」「対応済み」など任意の属性を追加し、フラグを用いて表示がコントロールできるようになる。これにより、情報の整理役（フラグ付与係）が本部に一人いれば、情報が多すぎて把握ができないという事態を避けられるものとする。

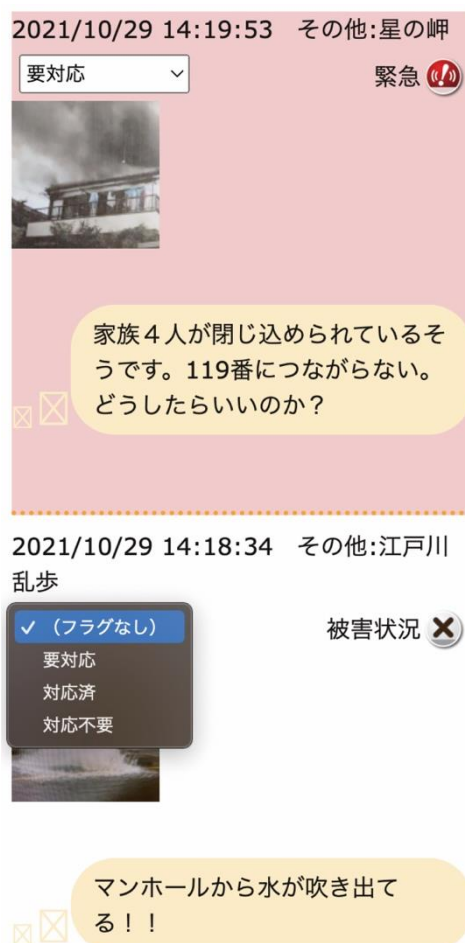


図 2 - 5 - ② - 13 CASI-KA 機能追加（フラグ機能）

(d) 結論ならびに今後の課題

- 1) ライフラインの稼働状況や需要量の推移、交通状況やさらには地震計によってとらえられた雑微動のデータなどにより社会の活性度合やその変化（災害時には被災状況）を推定しうる可能性のあることを明らかにした。社会のモニタリング手法には様々な可能性があるとは言えるものの、社会活動そのものは多様であり、かつ幅広いものであることから、災害対応という視点からは何のどのような状態変化を把握すべきなのか（把握したいのか）を整理し、対象を絞ったうえで検討を深めていく必要があると考えている。その意味では事前の予測も重要であり、例えば臨時情報に対する社会活動の変化について、予めどのような事態の出現が想定されるのかを検討し、その結果をもとにモニタリングに用いるデータやその分析手法を具体的に検討していく必要があると考える。臨時情報発表時の事態想定については、別途ワークショップなどにより把握・整理を行っていることから、既往災害において

出現した状況の分析とともに、その取り組みとも連携して検討を進めていくことが次年度に向けての課題と考えている。

- 2) 地盤条件や社会状況から見て既存の震度観測の密度が相対的に低い地域があること、このような地域に、無線ネットワーク接続された小型地震計を階層的かつ戦略的に配置する振動モニタリングで、多大なコストを要せずに、事前の対策や発災後の対応に有用な情報が得られる可能性があることを示した。今年度の小地震の観測例は限定的であるが、ここ数年の地震発生状況から見れば、検討に必要な多様な観測記録が比較的短期間で得られることが期待できる。今後の課題は、モニタリングが有効な地域の選定と設置拡充、建物や地盤情報との整合の検討、他の各種の地域情報との統合利用、そして建物被災状況モニタリングへの展開、などである。
- 3) 実験を通じ、CASI-KA システムを用いた災害情報の収集・共有について、明確なメリットがある事が確認できた。また、ノイズを含む情報によってシステムで共有される情報量を増加させたところ、システム利用上の課題が見つかり、それに対する改修を行った。今後の課題として、別組織からの情報や、市民役からの情報をもとに社会動態を踏まえた対応を行うには至っていないことも確認された。情報システムを使う最大のメリットは、物理的な距離を超えて情報を共有できることにある。全く異なる組織間での情報共有には政治的なハードルがあるが、まずは組織内の部署間など比較的近いところから情報共有を試み、そのためのシステム最適化を図っていく。

(e) 引用文献

- 1) 国立環境研究所： 社会の活動を“見える化”する～エネルギーモニタリング事業と社会実装研究，
<https://www.nies.go.jp/kanko/news/36/36-1/36-1-05.html>
- 2) 今井龍一・他： 多様な動線データ動線データの組み合わせ分析による都市交通計画への適用可能性に関する考察，第 48 回土木計画学研究発表・講演集，2013
- 3) つくばモビリティ・交通研究会資料：
https://www.city.tsukuba.lg.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/001/925/koutuukenkyuukai2015.pdf
- 4) 産業技術総合研究所： 地震計データから読み解くコロナ禍による経済・余暇活動の縮小，
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2021/pr20211105/pr20211105.html
- 5) Nimiya et al. : Temporal changes in anthropogenic seismic noise levels associated with economic and leisure activities during the COVID-19 pandemic, 11:20439, Scientific Reports, 2021
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-00063-6>
- 6) 防災科学技術研究所： 地震ハザードステーション J-SHIS, <https://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 7) 愛知県：三河地域堆積平野地下構造調査，2003

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
A Study on Application of Seismic Interferometry to Traffic Induced Vibration（ポスター）	T. Hirai, H. Takahashi, and M. Mori	17th World Conference on Earthquake Engineering	2021. 9. 27	国外
中核市自治体における住民の避難意向に関する調査 その1 河川氾濫における避難について（口頭）	穴井英之, 倉田和己, 新井伸夫, 荒木裕子, 平山修久	第48回地域安全学会研究発表会（春季）梗概集	2021. 5. 21	国内
中核市自治体における住民の避難意向に関する調査 その2～南海トラフ臨時情報について（口頭）	倉田和己, 穴井英之, 荒木裕子, 新井伸夫, 平山修久	第48回地域安全学会研究発表会（春季）梗概集	2021. 5. 21	国内
災害時における社会活動のモニタリング（口頭）	新井伸夫, 都築充雄, 福島誠一郎	日本建築学会大会学術講演会	2021. 9. 10	国内
組織間を横断した災害情報共有の試行実験と考察～人的リソースと対応状況の効率的把握を目指して～（口頭）	倉田和己, 田代喬	第24回日本災害情報学会・学会大会	2022. 3. 19～20	国内
大沢家本願寺関係文書に記された安政東海・南海地震（ポスター）	平井敬	第38回歴史地震研究会（苫小牧大会）	2021. 9. 2	国内
多様なセンサーに対応した総合的波形分析・可視化システムの開発 その2 センサーの性能評価とリアルタイム波形処理（口頭）	平井敬, 福和伸夫	日本建築学会2021年度大会	2021. 9. 10	国内
低周波数サンプリングの加速度記録に適用可能なリアルタイム震度演算法（ポスター）	平井敬, 吉岡優樹	日本地震学会2021年度秋季大会	2021. 10. 15	国内

- 2) 学会誌・雑誌等における論文掲載
なし

(g) 特許出願，ソフトウェア開発，仕様・標準等の策定

- 1) 特許出願
なし
- 2) ソフトウェア開発
なし
- 3) 仕様・標準等の策定
なし

③事態想定シミュレーション手法の構築に関する検討

(a) 業務の要約

南海トラフ地震臨時情報発表時の社会様相シナリオ構築するためには、官民における時間的・空間的な階層での南海トラフ地震臨時情報発表時の社会様相や各主体における対応に関するデータ収集を行うことが必要である。本研究では、名古屋大学減災連携研究センター自治体研究会、あいち・なごや強靱化共創センターと連携し、ワークショップを地域研究会活動として実施し、南海トラフ地震臨時情報に対する被災シナリオについて検討する。

(b) 業務の実施方法

名古屋大学減災連携研究センター自治体研究会、あいち・なごや強靱化共創センターと連携し、南海トラフ地震臨時情報発表時の社会様相を考えるワークショップを設計し、名古屋大学減災館で実施する。ワークショップで得られた結果を構造化する。また、南海トラフ地震臨時情報に関する思考実験を行い、テキストマイニングにより、社会様相を構成する要素について検討する。

(c) 業務の成果

1) 南海トラフ地震臨時情報発表時の社会様相シナリオ構築

a) はじめに

南海トラフ地震臨時情報発表時の社会様相シナリオ構築するためには、官民における時間的・空間的な階層での南海トラフ地震臨時情報発表時の社会様相や各主体における対応に関するデータ収集を行うことが必要である。本稿では、名古屋大学減災連携研究センター自治体研究会、あいち・なごや強靱化共創センターと連携し、ワークショップを地域研究会活動として実施し、南海トラフ地震臨時情報に対する被災シナリオについて検討する。

b) 南海トラフ地震臨時情報ワークショップ

2021年9月28日、名古屋大学減災連携研究センター自治体研究会、あいち・なごや強靱化共創センターと連携し、南海トラフ地震臨時情報発表時の社会様相を考えるワークショップを、名古屋大学減災館で実施した。

本ワークショップには自治体職員等約30名が参加した。

i) ワークショップ手法

まず、南海トラフ地震臨時情報について確認し、西側の半割れケースについて、東側に位置する中部地域の社会様相について考えるワークショップを行う。南海トラフ地震臨時情報に関する話題提供の後、3グループに分かれ、半割れケース（西側）が発生したケースでの中部地域で生じるイベントやそれぞれの主体の対応について「イベントカード」としてアイデアを抽出し、模造紙とポストイットを用いて時系列で構造化した。

その後、各グループ別に模造紙を用いて発表を行い、質疑応答を行いながら、共有した。

写真2-5-③-1にワークショップの様子を示す。



写真2-5-③-1 南海トラフ地震臨時情報ワークショップの様子

ii) ワークショップ結果

図2-5-③-1にワークショップで得られた結果を示す。

ここでは、

- ・最寄りの役所への問い合わせが殺到する
- ・行政への過度な要求（避難所や食事提供など）が寄せられる
- ・食料品の購入のため住民が殺到する

- ・大型商業施設が臨時休業する
- ・通販に頼る人が急増し、物流が滞る
- ・事前避難しない人があるが、その状況がわからない
- ・介護が必要な人の受け入れができない
- ・避難行動に支援が必要な人ほど事前避難準備地域に取り残される
- ・企業の事業活動に支障が出て、休業や操業停止する

などの社会様相が示された。

今後、これらのイベントカードについて、因果関係や連関を踏まえて構造化することが必要である。



図 2-5-③-1 南海トラフ地震臨時情報ワークショップでの結果
(臨時情報発表時の社会様相アイデアカード)

c) 令和 4 年 1 月 22 日日向灘の地震を題材とした臨時情報（巨大地震注意）想定

令和 4 年 1 月 22 日 01 時 08 分頃、日向灘において、深さ 45km、M6.6、最大震度 5 強（大分県大分市等）の地震が発生した。この地震は、図 2-5-③-2 に示すように、南海トラフ地震想定域内で発生した地震であり、緊急地震速報の第 1 報（地震発生後 4.0 秒）は M7.2 であった。速報値は M6.4 であり、暫定値は M6.6 であった。南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）の条件は、監視領域内において、モーメントマグニチュード 7.0 以上の地震が発生したと評価した場合、もしくは、想定震源域内のプレート境界面において、通常と異なるゆっくりすべりが発生したと評価した場合、である。したがって、この地震の規模がもう少し大きい場合には、南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）が発表されたと想像される。

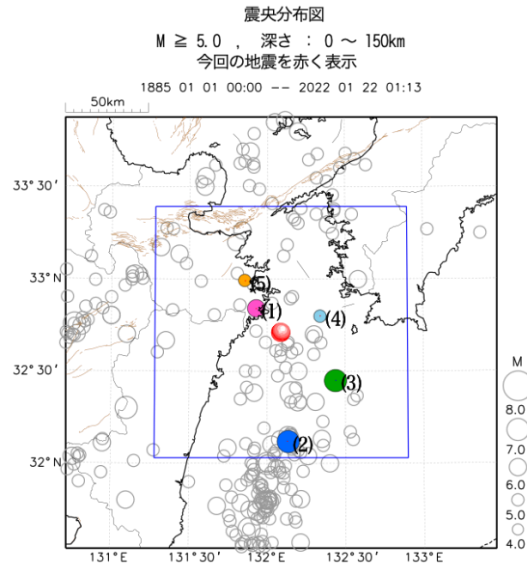


図 2-5-③-2 令和 4 年 1 月 22 日日向灘の地震に係る過去の地震¹⁾

そこで、名古屋大学減災連携研究センター自治体研究会において、令和 4 年 1 月 22 日の日向灘の地震で、もし臨時情報（巨大地震注意）が発表されていたとしたら、社会はどうなっているのか、それぞれの主体はどう対応しているのか、社会様相に関するアイデアを箇条書きで抽出した。その結果、20 名から 79 件の社会様相に関するアイデアが収集された。

この収集された社会様相に関するアイデアについて、テキストマイニングにより、出現頻度を可視化した。図 2-5-③-3 にワードクラウドを示す。これより、南海トラフ地震臨時情報発表時には、社会、心理、サプライチェーン、対象地域に関する事象が多く、これらに関連する産業、避難、インフラ、経済活動など、特徴的な時間断面での社会様相が想定される。今後は、さまざまな特徴的時間軸における社会様相解明のため、臨時情報発表時の企業の対応に関して、BCP や人・施設の確保の観点からの対応を明らかにすることが必要であるといえよう。

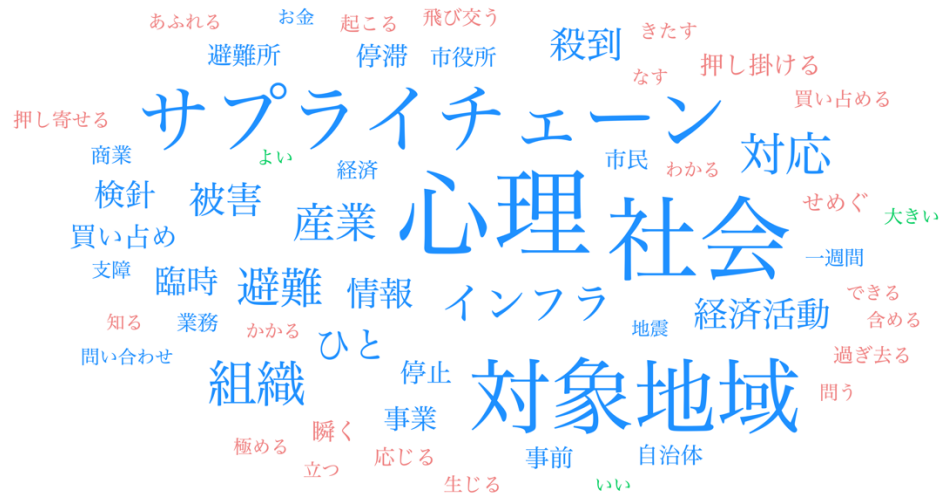


図 2-5-③-3 南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）を想定した社会様相に関するワードクラウド

2) 南海トラフ地震臨時情報発表時における事態想定検討

a) はじめに

南海トラフ地震臨時情報発表時での事態想定を検討するためには、南海トラフ地震での事態想定について、ワークショップ手法のみならず、さまざまな数値解析モデル、シミュレーション手法により検討することが求められる。本稿では、災害拠点病院への応急給水に着目し、南海トラフ地震での災害拠点病院に関する事態想定について検討する。すなわち、災害拠点病院への応急給水に着目し、セルオートマトン法による災害拠点病院への応急給水数値解析モデルを構築することを目的とする。

b) 南海トラフ地震と災害拠点病院

新水道ビジョンで示された「強靱」「安全」「持続」のもと、水道の強靱化に向けて水道施設の耐震化が進められてきている。水道施設の耐震化においては、災害時において重要となる拠点となる指定避難所、公立小中学校、災害拠点病院は、人命の安全確保を図るために給水優先度が特に高いものとして位置付け、最重要施設へ供給する管路の優先的な耐震化の重要性が指摘されている²⁾。しかしながら、基幹管路の耐震化率は平成 30 年度において 25.9%にとどまっている³⁾。

近い将来の発生が危惧されている南海トラフ地震では、直後で最大約 3,440 万人の断水が想定されている⁴⁾。被災水道事業体での震災時の初動体制や応急体制の確立、応急給水、応急復旧活動や広域災害時の水道事業体の災害対応体制強化の取り組みがなされてきている^{5) 6)}。しかしながら、初動体制、受援体制、広域災害時の資源確保についてはさまざまな課題が指摘されている⁷⁾。

i) 解析対象地域

南海トラフ地震防災対策推進地域は、(1)震度 6 弱以上の地域、(2)津波高 3 m 以上で海岸堤防が低い地域、(3)防災体制の確保、過去の被災履歴への配慮、に基づき、1 都 2 府 26 県 707 市町村が指定されている⁸⁾。日本水道協会では、応急給水の相互支援については、地方支部単位、都道府県単位で検討がなされてきている。災害

拠点病院については、基幹災害医療センターは都道府県に原則 1 箇所以上、地域災害医療センターは二次医療圏ごとに原則 1 箇所以上整備されている。二次医療圏は、地理的条件等の自然的条件及び日常生活の需要の充足状況、交通事情等の社会的条件を考慮して、一体の区域として病院における入院に係る医療（前条に規定する特殊な医療並びに療養病床及び一般病床以外の病床に係る医療を除く。）を提供する体制の確保を図ることが相当であると認められるものを単位として設定すること、と規定されている⁹⁾。したがって、本研究では、解析対象の単位を都道府県ではなく、都道府県内の地域を解析単位とする。すなわち、一例として愛知県では、名古屋市、尾張地域、海部地域、知多地域、西三河地域、東三河地域とした。

南海トラフ地震防災対策推進地域のうち、都府県内の震度 6 弱以上の区域が面積の 10% 以上である都府県であり、津波浸水想定区域内に災害拠点病院もしくは浄水場が存在する 1 府 13 県 43 地域を解析対象地域とした。

ii) 災害拠点病院

災害拠点病院一覧¹⁰⁾より、解析対象地域内の災害拠点病院を抽出し、ジオコーディングにより災害拠点病院の住所から緯度経度に変換した。解析対象の災害拠点病院は 186 箇所であり、病床数は 87,886 床である。図 2-5-③-4 に災害拠点病院と病床数の分布を示す。

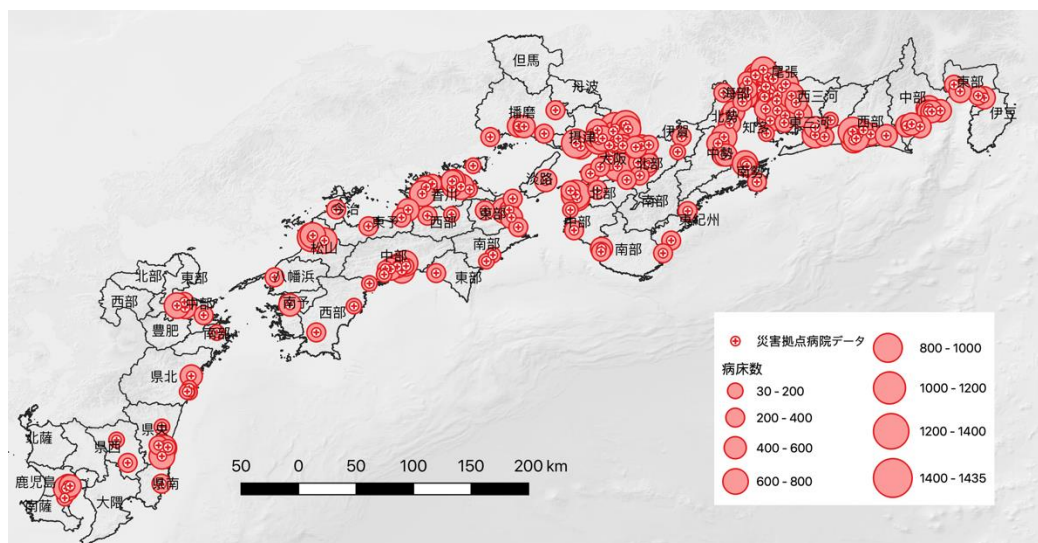


図 2-5-③-4 南海トラフ地震防災対策地域における
災害拠点病院と病床数分布

災害拠点病院の震度暴露は、中央防災会議による強震断層モデル⁴⁾のうち被害量が大きくなる陸側ケースの場合、震度 7 に 34 箇所、14,364 床、震度 6 強に 65 箇所、30,255 床、震度 6 弱に 70 箇所、36,130 床となる。解析対象地域では、震度 6 強以上に 53.2% の災害拠点病院が存在し、病床は 50.8% であった。図 2-5-③-5 に震度別災害拠点病院数と病床数を示す。

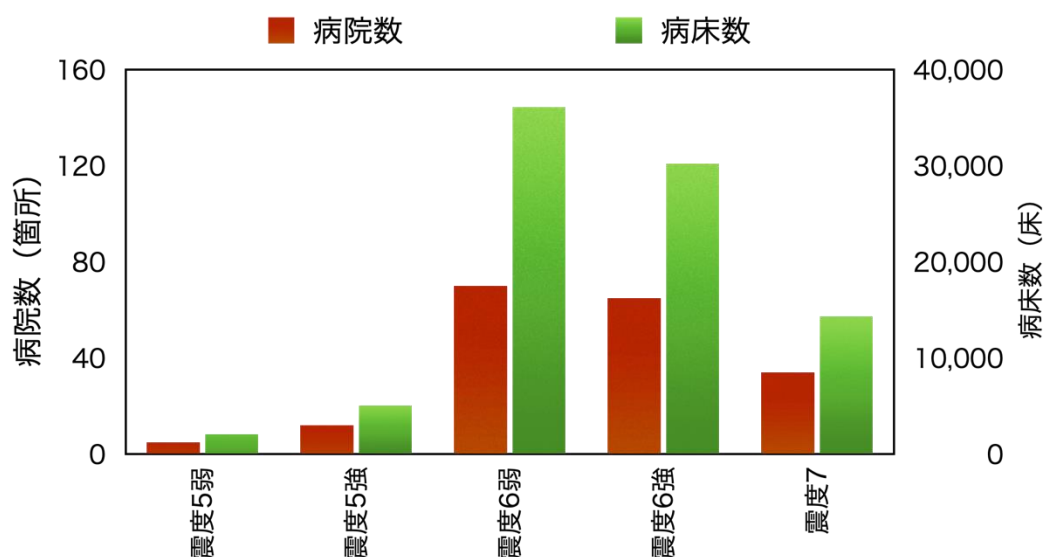


図 2 - 5 - ③ - 5 震度別災害拠点病院数と病床数

津波浸水深別の災害拠点病院数と病床数を図 2 - 5 - ③ - 6 に示す。津波浸水深が 0.0m、すなわち津波による浸水被害を受けない災害拠点病院は、駿河湾～紀伊半島沖に大すべり域＋超大すべり域を設定した場合（ケース 1）で 162 箇所、78,469 床、紀伊半島沖に大すべり域＋超大すべり域を設定した場合（ケース 2）で 161 箇所、78,846 床、紀伊半島沖から四国沖に大すべり域＋超大すべり域を設定した場合（ケース 3）で 160 箇所、78,903 床であった。

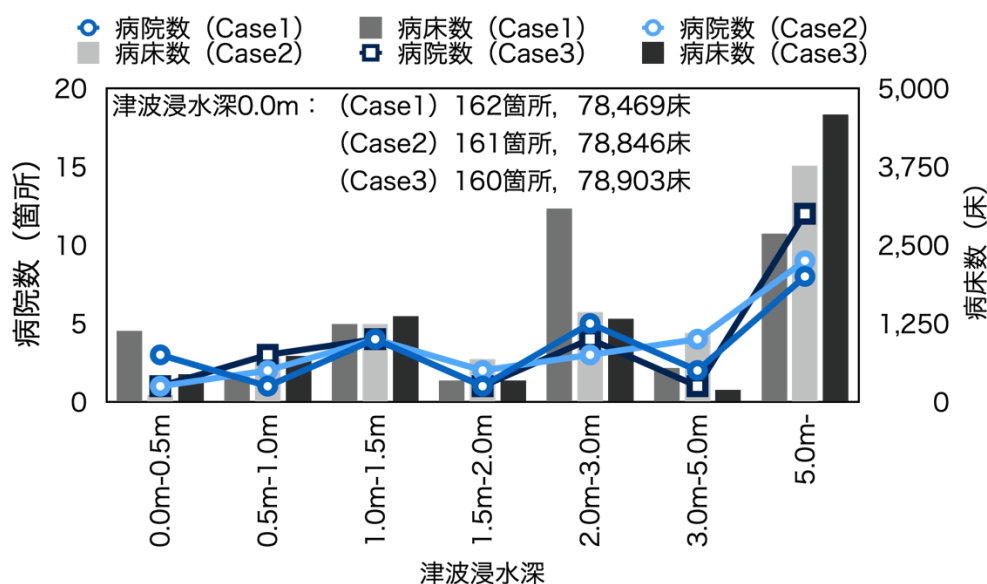


図 2 - 5 - ③ - 6 災害拠点病院の津波浸水暴露量

災害拠点病院が同定される地域メッシュの周辺地域メッシュの津波浸水深について検討した。その結果、周辺 8 地域メッシュすべてが 1.5m 以上の津波浸水深となる、すなわち、津波浸水で孤立する災害拠点病院は、ケース 1、ケース 2 でそれぞれ 11 箇所、ケース 3 で 13 箇所となることがわかった。

c) セルオートマトン法による災害拠点病院への応急給水

i) セルオートマトン法

セルオートマトンは、Neumann¹¹⁾により生物の自己再生の数値モデルとして導入され、現在では社会、物理、化学等の広範囲における複雑現象解明のための有力な手法となっている。セルオートマトン法とは、同じ大きさのセルで区切られた基盤を考え、そこに単純な規則を当てはめることで様々な現象をシミュレーションすることのできる離散的計算モデルである。

ii) セルオートマトン法による災害拠点病院への応急給水数値解析モデル

標準地域メッシュをセルとみなし、時刻 t における給水車の状態に対して、浄水場、災害拠点病院、道路情報などのセルに格納されたラスタデータに基づき時刻 $t + dt$ における給水車の状態遷移を計算する。給水車の状態として、1) 浄水場で給水車に注水、2) 目的地の災害拠点病院を設定、3) 災害拠点病院へ移動(往路)、4) 災害拠点病院で待機、5) 災害拠点病院で応急給水活動、6) 注水する浄水場を決定、7) 浄水場へ移動(復路)、8) 浄水場で待機、の8つのステップを設定する。また、給水車の状態に関する情報として、給水車 ID、現在座標、状態、状態継続時間、目標地点 ID、目標地点地域メッシュコード、給水タンク容量、応急給水積載量、移動経路などを保持するものとした。解析時間単位 dt 毎に、すべての給水車に対して状態を算出することで、災害時の災害拠点病院への応急給水活動をシミュレーションする。

災害時の道路については、被災箇所とともに災害時の通行可能な道路や交通規制による緊急交通路の確保状況は災害対応において重要なインフラ情報となる。本研究では、セルオートマトン法による給水車の数値解析モデルを構築することから、道路情報として地域メッシュ別の道路密度を用いるものとした。

d) 南海トラフ地震での災害拠点病院への応急給水結果

本稿では、セルオートマトン法による応急給水数値モデルを適用し、南海トラフ地震での災害拠点病院への応急給水活動シミュレーションを実施した。数値解析については、1日の応急給水活動を8時から20時の12時間で、解析時間単位を10分とした。給水車のタンク容量はすべて2t車とし、給水タンク容量は1.7m³とした。

浄水場における給水車への注水作業時間は20分とし、同時に注水可能な給水車数を2台とした。災害拠点病院における応急給水活動時間は20分/回とし、同時に給水可能な給水車台数は1台とした。本稿では、道路密度はあくまでも給水車の移動経路の選択に用いるものとし、交通量、交通密度、速度への影響については取り扱わないものとした。移動経路については、道路密度の大きな地域メッシュを移動するものとした。移動速度は、平成27年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査集計結果整理表¹²⁾の表5旅行速度整理表における都道府県別の昼間非混雑時旅行速度より、東日本大震災における災害時の速度割合実績値0.54を用いることとした。

応急給水活動を行う災害拠点病院、注水する浄水場は、一様乱数により地域内で選択するものとし、モンテカルロ法 $N=100$ での数値解析を行った。

災害拠点病院別応急給水量ならびに病床当り給水量の $N=100$ での平均値を図 2-5-③-7 に示す。災害拠点病院への平均応急給水量は $26.3\text{m}^3/\text{日}$ 、最大 $93.5\text{m}^3/\text{日}$ であった。災害拠点病院への平均応急給水回数は $15.6\text{回}/\text{日}$ となり、病床当り給水量平均値は $56.0\text{L}/\text{床}$ であった。水道施設設計指針では業態別原単位において病院一床当り水使用量は $1,290\text{L}/\text{床}\cdot\text{日}$ と示されている¹³⁾。松原ら¹⁴⁾は愛知県内の災害拠点病院の 1 日水使用量を $100\sim 700\text{m}^3$ と報告している。小坂¹⁵⁾は病院の単位給水量分析を行い、床当り給水量を $542\text{L}/\text{床}\cdot\text{日}$ としている。これより、災害拠点病院が断水した場合、被災地域の水道事業体での給水車による応急給水では大きく不足する。

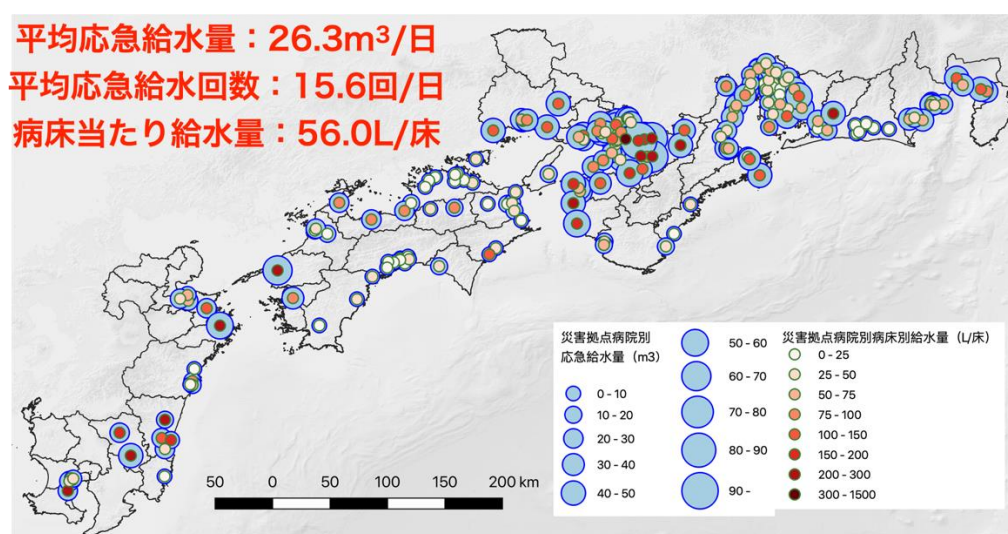


図 2-5-③-7 災害拠点病院別の応急給水量数値解析結果

図 2-5-③-8 に地域別応急給水量と病床当り給水量を示す。これより、応急給水量が多い地域が必ずしも病床当りの給水量が多くなるとはかぎらないといえる。したがって、今後、外部支援戦略、災害拠点病院への管路耐震化、災害拠点病院の事業継続について、応急給水量や病床当りの給水量確保など定量的な検討が重要である。以上のことから、南海トラフ地震臨時情報が発表された場合、多くの災害拠点病院において、応急給水のみならず、人やもの、情報の途絶が想定され、籠城するなどの手段を選択した場合においても、いかに病院機能維持を維持するのが重要となる。

- 4) 内閣府中央防災会議（2013）：南海トラフ巨大地震の被害想定（第二次報告）
- 5) 厚生労働省（2020）：地震対策マニュアル策定指針【事前対策・事後対策編】，pp. II-84.
- 6) 日本水道協会（2020）：地震等緊急時対応の手引き
- 7) 熊本市上下水道事業（2018）：熊本地震からの復興記録誌～地下水都市・熊本を守る～，pp. 85.
- 8) 内閣府（2014）：南海トラフ地震防災対策推進地域
- 9) 厚生労働省（2012）：災害時における医療体制の充実強化について，医政発 0321 第 2 号.
- 10) 厚生労働省（2018）：災害拠点病院一覧
- 11) J. V. Neumann (1966): Theory of Self-reproducing Automata, University of Illinois Press.
- 12) 国土交通省（2017）：平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査一般交通量調査集計表
- 13) 日本水道協会（2012）：水道施設設計指針 2012
- 14) 松原悠，伊藤秀行，秋月伸哉，畑山満則，吉澤源太郎，高岡誠子（2020）：断水時における災害拠点病院の事業継続に関する調査報告，京都大学防災研究所年報，63B，pp. 17-24.
- 15) 小坂信二（2018）：病院の水使用量分析と水負荷計算法による給水量計算，空気調和・衛生工学会論文集，253，pp. 79-861

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
「住まい」をテーマとした構成要素の構造化と災害による変化を表現する試み（口頭）	荒木裕子，鳥居朱里，福和伸夫	第48回地域安全学会研究発表会（春季）梗概集	2021. 5. 21	国内
南海トラフ地震時の災害拠点病院への応急給水数値解析モデル構築（口頭）	平山修久，市岡宗詢	環境衛生工学研究，第 35 巻 第 3 号，pp. 112-114	2021. 7. 31	国内
応急給水活動からみた災害拠点病院の災害時の水対策（口頭）	平山修久	第27回日本災害医学会総会・学術集会	2022. 3. 3	国内
災害拠点病院への応急給水からみた災害対策	平山修久，市岡宗詢	令和3年度全国会議（水道研究発表会）	2021. 12. 1	国内

(口頭)		講演集, p. 704-705		
------	--	-----------------	--	--

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

なし

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

④臨時情報発表時における地域情報共有連携手法の構築

(a) 業務の要約

臨時情報発表時における地域情報共有連携手法を検討するにあたり、令和2年度に実施・検討を進めた遠隔型のワークショップについて、実践時の課題を踏まえて、中部圏の産官学民が参加する場及び、愛知県西三河地域の基礎自治体に参加する場に、遠隔型のワークショップを再度試験的に開催し、中部圏の関係機関においては、臨時情報発表時における現状の体制及び課題について共有、意見交換を実施した。また、西三河研究会の基礎自治体のワークショップにおいては、テーマは風水害ではあるもの、新たに東三河地域との関係を構築する上での遠隔型のワークショップを通じた連携の可能性について意見交換を行った。

中部圏でのワークショップ概要を表2-5-④-1、写真2-5-④-1、図2-5-④-1に示す。西三河地域でのワークショップ概要を表2-5-④-2、写真2-5-④-2、図2-5-④-2に各ワークショップ開催概要を示す。

表2-5-④-1 中部圏の関係機関を対象とした
遠隔型ワークショップの開催概要

実施日	令和3年2月25日
会場	愛知県体育館ドルフィンズアリーナ（メイン会場） 愛知県内に拠点を有する16機関は現地参集、1機関はオンライン参加 県外の4機関はZoom ミーティングで参加 ※一般市民向けにYouTubeにてライブ配信
参加機関	21機関が参加 名古屋都市センター、名古屋大学、中部地方整備局、内閣府、気象庁、名古屋地方気象台、中部運輸局、中部地方環境事務所、愛知県、三重県、静岡県、名古屋市、豊橋市、田原市、中日本高速道路(株)名古屋支社、(一社)中部経済連合会、中部ブロックDMAT連絡協議会、(一社)愛知県建設業協会、名古屋テレビ放送(株)、(株)CBCテレビ、

	中部経済産業局
実施目的	巨大地図へのプロジェクションマッピングを用いて南海トラフ地震発生時の様々な「リスク」等を共有すると共に、南海トラフ地震臨時情報発表時の事態想定を学び、その際の取るべき行動や事前準備について考え、関係機関の現状や課題を共有することで、視聴者の南海トラフ地震臨時情報に対する理解を高めると共に関係機関の連携強化を図る。
当日の流れ	○ 主催者挨拶《堀田 中部地方整備局長》 ○ 『南海トラフ地震対策中部圏戦略会議』の紹介 ○ ワークショップ《進行：名古屋大学 福和教授》 ①学習パート ・ 福和教授による南海トラフ地震の講話 ・ プロジェクションマッピングで見る南海トラフ地震 ・ 内閣府、気象庁による「臨時情報」の説明 ②演習パート ・ 臨時情報発表の実演 【西側半割れ地震の発生から臨時情報（巨大地震警戒）発表まで】 ③討論パート ・ 福和教授と参加機関によるディスカッション ○ 総括コメント《名古屋都市センター 奥野センター長》
特徴と工夫	・ 「南海トラフ地震臨時情報」に着目・特化して、プロジェクションマッピングを使用した体感型のイベントは全国初の開催 ・ 巨大地図を用いたプロジェクションマッピングの活用、実際のアナウンサーによる速報ニュースや気象庁職員による本番を模した会見などにより、参加者が実際に体験しているような臨場感あふれる情報を発信 ・ COVID-19 感染防止対策のため、無観客開催として YouTube によるライブ配信を実施 ・ 会場参加者は必要最小限に限定（ワークショップ参加機関・報道機関・スタッフ）し、マスク着用、消毒、検温等を徹底



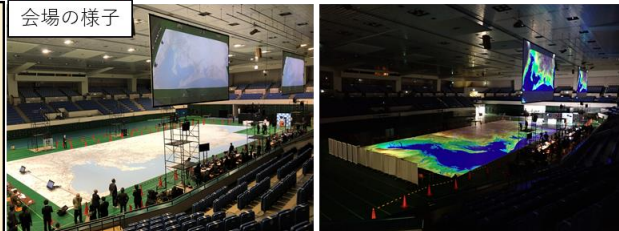
写真 2－5－④－1 中部圏の関係機関を対象としたワークショップの様子

防災ワークショップ2022中部 南海トラフ地震臨時情報、その時あなたは・・・

- 日 時：令和4年2月25日（金）午前10時～午後13時頃
 ※【ワークショップ】学習パート（60分）実演パート（30分）討論パート（80分）
- 場 所：愛知県体育館ドルフィンズアリーナ ※YouTubeにてライブ配信 一部関係機関はWEB（Zoom）で参加
- 主 催：南海トラフ地震対策中部圏戦略会議 あいち・なごや強靱化共創センター
- 参加者：参加機関21機関（一部WEB参加）当日のYouTube再生回数1,000以上（3/8現在、再生回数2,500回以上）
 ※名古屋都市センター、名古屋大学、中部地方整備局、内閣府、気象庁、名古屋地方気象台、中部運輸局、中部地方環境事務所、愛知県、三重県、静岡県、名古屋市、豊橋市、田原市、中日本高速道路（株）名古屋支社、（一社）中部経済連合会、中部ブロックDMAT連絡協議会、（一社）愛知県建設業協会、名古屋テレビ放送（株）、（株）CBCテレビ、中部経済産業局、外
- 目 的：**巨大地震へのプロジェクションマッピングを用いて南海トラフ地震発生時の様々な「リスク」等を共有すると共に、南海トラフ地震臨時情報発表時の事態想定を学び、その際の取るべき行動や事前準備について考え、関係機関の現状や課題を共有することで、視聴者の南海トラフ地震臨時情報に対する理解を高めると共に関係機関の連携強化を図る**

- 内容：○主催者挨拶《堀田 中部地方整備局長》
 ○『南海トラフ地震対策中部圏戦略会議』の紹介
 ○ワークショップ《進行：名古屋大学 福和教授》
- ①学習パート
 ・福和教授による南海トラフ地震の講話
 ・プロジェクションマッピングで見る南海トラフ地震
 ・内閣府、気象庁による「臨時情報」の説明
- ②演習パート
 ・臨時情報発表の実演【西側半割れ地震の発生から臨時情報（巨大地震警戒）発表まで】
- ③討論パート
 ・福和教授と参加機関によるディスカッション
- 総括コメント《名古屋都市センター 奥野センター長》

会場の様子



学習パートの様子



実演パートの様子



討論パートの様子



中部地方整備局
堀田局長



中部圏戦略会議
奥野座長



名古屋大学
福和教授

図 2-5-④-1 中部圏を対象とした遠隔型ワークショップの実施概要

表 2-5-④-2 西三河地域を対象とした遠隔型ワークショップの開催概要

実施日	令和3年1月26日
会場	名古屋大学減災館減災ホール 参加者はZoom ミーティングで参加
参加機関	西三河9市1町、名古屋大学減災連携研究センター、中部電力㈱、中部電力パワーグリッド㈱、中部地方整備局豊橋河川事務所、名古屋地方気象台、愛知県、東三河5市2町1村など（約30機関、約100名）
実施目的	顕著な大雨による被害の事例、認識を共有するとともに、流域を超えた広域連携に向けた見交換を行うことにより、関係機関・自治体等における連携の強化を図る。流域を超えた広域連携を検討するにあたって、これまで連携を育んできた西三河地域に加えて、東三河地域の基礎自治体関係者との新たな関係づくりの構築も目指して遠隔型のワークショップを実施した。
当日の流れ	1. ご挨拶（知立市長、福和センター長） 2. 学習パート「顕著な大雨がもたらす被害について（過去の事例・教訓の共有）」 3. ブレイクアウトルームに分かれてグループディスカッション 4. 流域を超えた広域連携に向けた課題や関係づくりに関する意見交換
特徴と工夫	・流域を超えて相互に応援、受援が行えることを念頭に、これまで連携強化に取り組ん

	できた西三河地域に加えて、東三河地域の基礎自治体も参加して、新たな関係づくりの機会として、ワークショップが企画された。(流域治水のその先を目指した視点) ・各基礎自治体の地域連携に向けた自主性や意向を重んじつつ、相対的によりリソースを持つ、中核市3市(岡崎市、豊田市、豊橋市)が議論のリーダーシップをとる形で、議論を展開。 ・ COVID-19 感染防止対策のため、令和2年度の実践を踏まえた Zoom を招待とした遠隔型のワークショップの実施。 ・ 会場参加者は、幹事市、次年度幹事市、中核3市、事務局(大学)の必要最小限に限定し、マスク着用、消毒、検温等を徹底。
--	--



写真 2 - 5 - ④ - 2 西三河地域を対象としたワークショップの様子

令和3年度 西三河防災減災連携研究会ワークショップを実施しました

【概要】

- 日時：令和4年1月26日(水) 14:00～17:30
- 場所等：名古屋大学減災館及びWEB会議システム
- 主催：西三河防災減災連携研究会
- 参加者：西三河9市1町、名古屋大学減災連携研究センター、中部電力㈱、中部電力パワーグリッド㈱、中部地方整備局豊橋河川事務所、名古屋地方気象台、愛知県、東三河5市2町1村など（約30機関、約100名）
- 目的：顕著な大雨による被害の事例、認識を共有するとともに、流域を超えた広域連携に向けた意見交換を行うことにより、関係機関・自治体等における連携の強化を図る。
- 内容：①顕著な大雨がもたらす被害について(過去の事例・教訓の共有)
②グループワーク・意見交換



図2-5-④-2 西三河地域を対象とした遠隔型ワークショップの実施概要

(b) 業務の実施方法

1) 中部圏を対象としたワークショップの実施方法

a) 当日の会場設営などの事前準備

ワークショップ当日は、メイン会場である愛知県体育館ドルフィンズアリーナに三重県北東部（伊勢湾）から静岡県南部（伊豆半島西部）を網羅する住宅地図をベースとした巨大地図（縦17m、横40m）を敷設した。また、地図上に被害想定等の共有情報を投影する目的で、仮設檯を設営し、その上部に大型プロジェクターを設置。巨大地図全体をプロジェクションマッピングで網羅できるように合計6台を整備した。

また、当初は対面主体の開催を検討していたものの、COVID-19感染防止対策のため、主要な登壇者と事務局を除き、オンライン開催を主とした為、配信及び一部の会場参加者向けに、会場にカメラを合計6台準備した。うち1台は天井付近に会場を一望できる形で設置し、Web (Zoom・YouTube) にてメイン会場の様子を参加者に配信、1台はファシリテーターを迫りかけるため、移動性の高いカメラを整備した。残りの4台の配置は実演パートでの会見などの撮影用1台、討論パートでの討論参加者撮影用3台とした。プロジェクションマッピングの映像制御、YouTube配信のためのスイッチャー、Zoom接続ホストなど各種機材を配置し、当日の運営ベース拠点とした。会場には巨大地図の東側に名古屋地方気象台及び中部地方整備局の講演ブースを設置した。このブースは演習パートにおいて会見会場として機能させた。また当日の演

習パートにおいて臨場感を演出することを目的とし、中部日本放送アナウンサーによる臨時ニュース放送ブースを設営した。後述の討論パートにおいて、会場からの参加機関の着席ブースを巨大地図西側に整備した。討論パート実施時には着席ブース全体を巨大地図上に設置し、ファシリテーターとの討論の場とした。

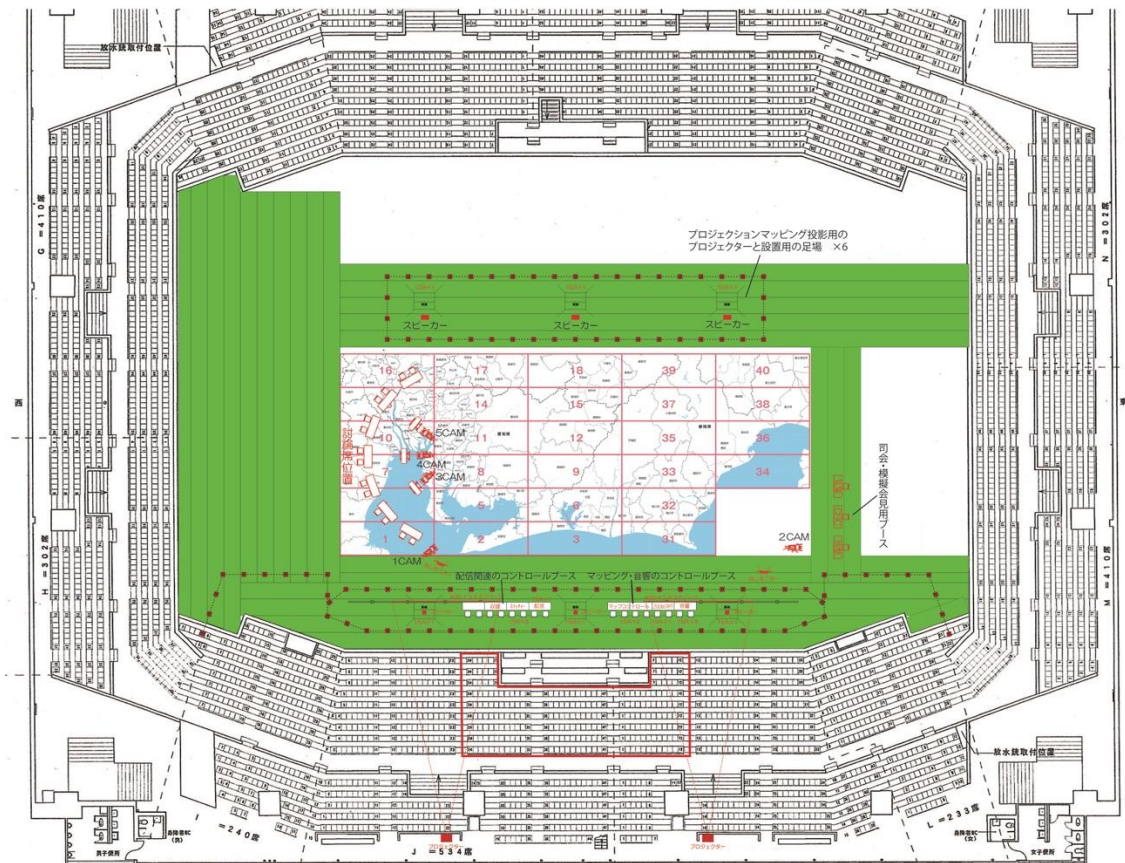


図 2-5-④-3 当日の資機材のレイアウト図

b) ワークショップの全体進行シナリオ

中部圏を対象としたワークショップの進行シナリオを表 2-5-④-3 に示す。ワークショップは 3 部構成とした。第 1 部は学習パートとして、福和教授がプロジェクションマッピングを用いて南海トラフ地震の被害想定等を解説し、名古屋地方気象台及び内閣府が南海トラフ地震臨時情報について、その概要及び対応について講話を行った。

第 2 部は実演パートとして、四国沖で地震が発生した想定で、発災直後から気象庁による臨時情報（調査中⇒巨大地震警戒）が発表されるまでの状況を実演した。

第 3 部は討論パートとして、南海トラフ地震対策中部圏戦略会議の構成員である 18 機関と共に臨時情報発表時の対応や課題について、ファシリテーターによる解説を交えて確認、意見交換を行った。

表 2-5-④-3 中部圏を対象としたワークショップの進行シナリオ

時間	区分	項目	内容	対応機関	モニター	巨大地図
	注意事項周知	注意事項周知	報道機関へのお願い	事務局	説明パワポ	
1. 主催者挨拶						
10:00 (5)	主催者挨拶	主催者から開会挨拶	戦略会議事務局から開会挨拶	堀田局長	発言者	
2. ワークショップ						
10:05 (5)						
10:10 (30)	(1) 導入	① 南海トラフ地震対策中部戦略会議の紹介	南海トラフ地震対策中部戦略会議について紹介 ・「戦略会議」、「11の連絡課題」などについて ・設立から10年、各地域の取り組みは非常に進捗 ・臨時情報発表時の対応についての検討は不十分 ・そこで臨時情報について学び、今後の検討へ繋げる	(戦略会議事務局) 中部地方整備局	発言者 説明資料	
10:40 (10)	(2) 学習パート	② 南海トラフ地震臨時情報に関する講義	【南海トラフ地震で最悪される最悪のシナリオ】 【臨時情報発表時の社会の事象想定について】 【南海トラフ地震の収束見通し】 【巨大地震に各種ハザードを被る施設(地震動、震度分布、津波、津波浸水区域、標高等)など	福和教授	発言者 説明資料 巨大地図	各種ハザード防止画 (震度分布等)
10:50 (10)		③ 臨時情報についての説明	【臨時情報の説明】 (種類、発表の流れ、発表文など) 【防災対応の概要の説明】	名古屋地方気象台 内閣府	発言者 説明資料	
11:00 (20)		④ 地震発生	西宮沖で地震発生(西日本各々で震度7を観測) ※愛知県では震度4を観測	事務局	発言者 説明パワポ	
		⑤ 連絡ニュース	緊急地震速報 地震映像(西側)地震の揺れ(東側)	アナウンサー 事務局	連絡ニュース 内閣府動画 (ヒルメーション等)	地震動伝播の様子
	実演パート 《前提条件》 ・地震発生時間は平日の昼間 ※各機関が一斉動ける状態 発表の流れを確保していただくために シンプルな流れとする	⑥ 避難指示	沿岸地域の避難/緊急避難場所への避難 (名古屋モデル)の説明	事務局 名古屋テレビ放送	H30訓練映像 発言者	
		⑦ 連絡ニュース	津波の到来(西側) 臨時情報(調査中)の発表	アナウンサー	連絡ニュース 津波の動き 説明パワポ	津波伝播の様子
		⑧ 気象庁会見	地震・津波について 臨時情報の発表について	名古屋地方気象台	発言者	
		⑨ 連絡ニュース	臨時情報(巨大地震警戒)の発表	アナウンサー	連絡ニュース 説明パワポ	
		⑩ 政府会見	総理大臣会見 国民への呼びかけ、国民に求める行動など	新井特任教授 内閣府	発言者	
11:20 (75)	(4) 討論パート ※実演パートを踏まえて、対応の確認や課題 の抽出などについて討論	⑪ 臨時情報発表時の対応確認や課題の抽出	【臨時情報発表における課題】 ・地震発生へのオペレーションは？ ・地震発生から警戒発表までは約2時間後、それまでの間の 対応は？ ・地震発生後の見込みは？ ・臨時情報について報道はどのようにするか？ など 【住民避難における課題】 ・事前避難対象地域の現状状況は？ ・避難場所とは？ ・住民の避難手段は？ ・車での避難は？ ・避難中に必要な食料や日用品の確保手段は？ ・避難者の避難方法は？ (事前避難情報の把握方法は？) ・事前避難している住民の災害避難手段は？ ・学校は？ ・施設・福祉施設は？ ・避難は？ ・避難は？ ・被災は？ ・被災(被災・被災供給・災害避難施設)は？ ・企業は？ など	福和教授 内閣府、気象庁、名古屋地方気象台、 中部地方整備局、中部経済産業局、 中部運輸局、中部地方環境事務所、 愛知県、三重県、静岡県、 名古屋市、豊橋市、岡崎市、 NEXCO日本、中部経済連合会、 中部ブロックDMAT連絡協議会、 愛知県建設業協会、名古屋テレビ放送	発言者 事前避難対象地域 (名古屋市・豊橋市)	
12:35 (5)		まとめ		福和教授	発言者	
3. 総括						
12:40 (5)	総括	戦略会議議長から総括	戦略会議議長から振り返りと総括についてコメント	奥野センター長	発言者	

2) 西三河地域を対象としたワークショップの実施方法

a) 当日の会場設営などの事前準備

ワークショップ当日は、名古屋大学減災館1F減災ホールをメイン会場とし、西三河の中核市である岡崎市、豊田市、東三河の中核市である豊橋市、今年度西三河防災減災連携研究会の幹事市である高浜市及び西三河防災減災連携研究会座長の福和教授がメイン会場に一堂に会した。メイン会場には、開場参加者を一望できる形でカメラを設置し、Web (Zoom)にてメイン会場の様子を参加者に配信、メイン会場の正面スクリーンには配信映像を投影し、メイン会場のファシリテーターとWeb (Zoom)参加者がリアルタイムでコミュニケーションをとれるように設定した。



写真 2－5－④－3 西三河地域を対象としたワークショップ会場の配置（左）と
福和教授の進行の様子（右）

b) ワークショップの全体進行シナリオ

ワークショップの進行シナリオを表 2－5－④－4 に示す。

ワークショップは 2 部構成とし、前半は過去の事例として岡崎豪雨、東海豪雨を取り上げ、名古屋地方気象台及び豊橋河川事務所から災害の発生状況、メカニズムなどを講義した後、メイン会場に集まった中核 3 市、福和教授をはじめとする名古屋大学減災連携研究センターの各研究員から当時どのようなことがあったのか、自身と所属組織での状況について、フリーディスカッションを行った。

後半は、西三河 9 市 1 町と東三河 5 市 2 町 1 村がブレイクアウトルーム機能を用いて、グループディスカッションを行い、流域内外の連携について議論を行った。

表 2-5-④-4 西三河地域を対象としたワークショップの進行シナリオ

時間	項目	事象	内容	対応機関	モニター	スマホ
1. 参加市町村の施設等の位置情報について【10分】 参加市町村から集めたデータ等を地図で見る						
14:10	説明	—	・各市町村の避難所、避難場所、福祉施設、医療施設、救護所、備蓄保管場所等の場所を地図で見る（西三河と東三河） ・災害時に不足することが予想される資源を表で見る ・Zoomの画面共有と同じ地図をスマホでも見ることができたら、参加者が自分の市町や気になる市町を各自ズームなどして知ることができる	高浜市	パワポ ・西三河と東三河が見える地図 ・eコミマップのスクショをスライドにして画面共有	eコミマップ 主要施設を順番に表示していく ・避難所 ・避難場所 ・救護所 ・備蓄保管場所 ・主要道路 ・緊急輸送路etc
2. 顕著な大雨がもたらす被害について【40分】 過去に水害をもたらした気象をスライド式に画面上で見せる						
14:20	説明	岡崎豪雨 総降雨量 岡崎市：447mm 蒲郡市：365mm 豊橋市：351mm	平成20年8月に発生した岡崎豪雨の気象資料をスライド式に画面共有 ↓ 名古屋地方気象台さんに資料（気象図等）の見方について説明を求める	高浜市 福和教授 ※名古屋地方気象台 ※豊橋河川事務所 ※途中で質問を投げさせてもらい、説明や回答を求める	パワポ ・気象台提供資料	
	東海豪雨 累計雨量 名古屋：567mm 阿久比：622mm	平成12年9月に発生した東海豪雨の気象資料をスライド式に画面共有 ↓ 東海豪雨のような前線の位置や雲の発生は、中部地方のどこでも起こり得ることを確認（気象台さんへ質問を投げる） ↓ 矢作川の上流部でも想定最大雨量の降雨が発生する可能性があることを確認	パワポ ・気象台提供資料			
	矢作川洪水 想定最大雨量 24時間683mm	矢作川L2洪水ハザードを表示する ↓ 矢作川のどこが破壊しても、結果的には洪水ハザードのような浸水被害が起こることを説明（豊橋河川事務所さんへ質問を投げる） ↓ 洪水発生後は流域内で助け合うことが困難であるため、流域外からの支援が必要になる	パワポ ・各自治体の施設等が地図に落とし込んだ上から矢作川L2洪水ハザードを被せたもの		eコミマップ ・矢作川洪水ハザード（想定最大規模）を被せる	
	土砂災害発生の危険	大雨がもたらす災害として土砂災害警戒区域を見せる ↓ 主要道路がふさがれる可能性もあることを見せる	パワポ ・西三河と東三河の主要道路等の上に土砂災害警戒区域を被せたもの		eコミマップ ・土砂災害警戒区域を被せる	
	豊川洪水	豊川L2洪水ハザードを参考程度に表示する	パワポ ・各自治体の施設等の上に豊川L2洪水ハザードを被せたもの		eコミマップ ・豊川洪水ハザード（想定最大規模）を被せる	
	着地（案）	同一級河川の洪水ハザードを全体で見て、他市の避難所や備蓄倉庫など主要な施設がどれだけ被害を受けるか確認した後、グループワークへ				
3. グループワーク・意見交換【60分】 グループワークの想定災害は、矢作川洪水の計画規模を表示する。最大規模では影響を受けない市町が少なすぎて議論しにくい。						
15:00	GW	グループワーク	・防災部局、河川部局含めて矢作川の上、中、下流の3グループに分ける ・テーマについて話し合うのは基本的に西三河 ・東三河は研究会を参考にするために参加する ・東三河は極力隣接しているかどうかでグループ分け ・3グループの中にそれぞれ中核市を配置 A「上流グループ」：豊田市、刈谷市、みよし市 設楽町、東栄町、豊根村 B「中流グループ」：岡崎市、安城市、知立市、幸田町 豊川市、新城市 C「下流グループ」：碧南市、西尾市、高浜市 豊橋市、蒲郡市、田原町 テーマ：①部局間の連携について【30分】意見交換20分＋まとめ10分 ②矢作川流域内外の連携について【30分】意見交換20分＋まとめ10分 ※賛助会員や他の機関についてはメインルームで待機or各グループへ振り分け	参加市町村		eコミマップ ・矢作川洪水ハザード（計画規模）を被せる
4. グループ発表【20分】						
16:00	発表	グループ発表	各グループごとにテーマについて発表	グループ発表者 高浜市 福和教授	発表グループの書記が画面共有	
		落としどころ	広域連携・広域避難の必要性や課題の認識を共有し、連携することを検討していく。 →平時から顔の見える関係性作りが必要 →次年度の幹事市（みよし市）にバトンタッチ			

(c) 業務の成果

1) 中部圏を対象としたワークショップの成果

a) ワークショップ第1部（学習パート）

第1部は学習パートとして、福和教授がプロジェクションマッピングを用いた南海トラフ地震の被害想定を示し、名古屋地方気象台及び内閣府が南海トラフ地震臨時情報について、その概要及び対応について講話を行った。



左：福和 名古屋大学減災連携研究センター教授

右：上田 名古屋地方気象台地震津波火山防災情報調査官



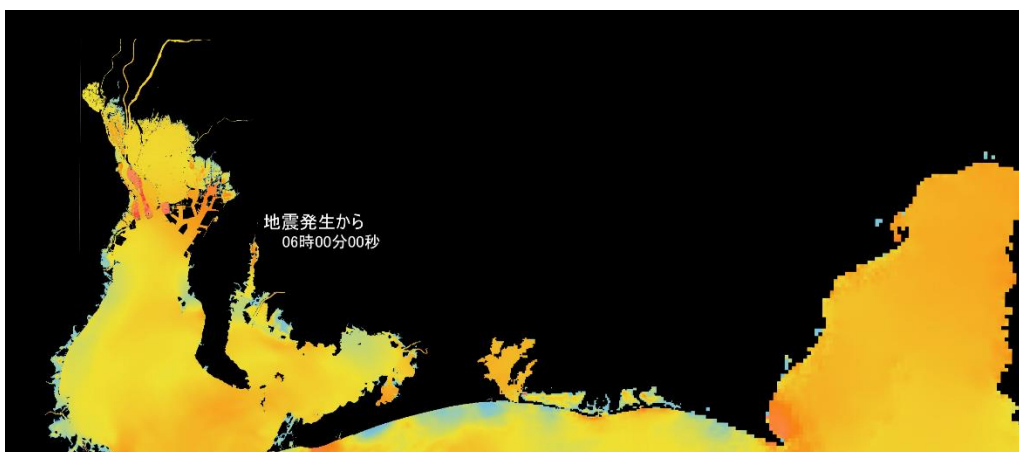
高畑 政策統括官(防災担当)付企画官（調査・企画担当）

写真 2－5－④－4 学習パートの登壇者

i) 学習パート前半

「学習パート」前半では、プロジェクションマッピングを用いて、被害想定結果の地図への投影なども交え、南海トラフ地震に関する基本的な情報や被災範囲やその影響などについて解説を行った。大きな地図へのハザードの投影により、大規模地震災害時の課題に気づき、各機関として、事前の備えや地震発生時の対応を検討

する際の参考になることを考慮した。



上：中部圏の陰影図（標高）

下：中部圏の津波浸水の想定（動画）

写真 2－5－④－5 地図に投影した情報の例

ii) 学習パート後半（名古屋地方気象台の講話）

「学習パート」後半では、名古屋地方気象台から、臨時情報の発表手順や基準について解説が行われ、各機関が、発表の手順や基準を理解し、発表内容に応じた適切な対応について検討する際の参考となるよう情報を提示した。

評価の対象となる異常な現象	
● モーメントマグニチュード 8.0 以上の地震 7日以内に発生する確度は 10数回に1回程度 → 隣接する領域でも大規模地震発生？ ※モーメントマグニチュードとは 断層のずれの規模（ずれ動いた部分の面積×ずれた量×岩石の硬さ）をもとにして計算したマグニチュードです。従来の地震波の最大振幅から求めるマグニチュードに比べて、巨大地震に対してはその規模を正しく表せる特徴を持っています。ただし、このマグニチュードを求めるには若干時間を要するため、気象庁が地震発生直後に発表する津波警報等や地震速報には、地震波の最大振幅から求められる気象庁マグニチュードを用いています。	● モーメントマグニチュード 7.0 以上の地震 7日以内に発生する確度は 数回に1回程度 → さらなる大規模地震につながる？ ● 通常とは異なるゆっくりすべり ゆっくりすべり → すべりが急速に進行し大規模地震発生？
南海トラフ地震臨時情報のキーワード	
キーワード	内 容
調査中	・観測された異常な現象が大規模な地震と関連するかどうか調査を開始した場合 ・調査を継続している場合
巨大地震警戒	・巨大地震の発生に警戒が必要な場合 ※南海トラフ沿いの想定震源域内のプレート境界においてモーメントマグニチュード8.0以上の地震が発生した場合
巨大地震注意	・巨大地震の発生に注意が必要な場合 ※南海トラフ沿いの想定震源域及びその周辺においてモーメントマグニチュード7.0以上8.0未満の地震が発生した場合 ※想定震源域のプレート境界で通常と異なるゆっくりすべりが発生したと評価した場合
調査終了	・（巨大地震警戒）、（巨大地震注意）のいずれにも当てはまらない現象と評価した場合

図 2－5－④－4 名古屋地方気象台の講話資料（一部抜粋）

iii) 学習パート後半（内閣府の講話）

同様に、「学習パート」後半で、内閣府から臨時情報の「調査中」「巨大地震注意」「巨大地震警戒」のそれぞれの発表後の防災対応や、発表後に想定される社会への影響について解説が行われ、各機関が、臨時情報発表後に想定される社会状況に応じた適切な対応について検討する際の参考となるよう情報を提示した。

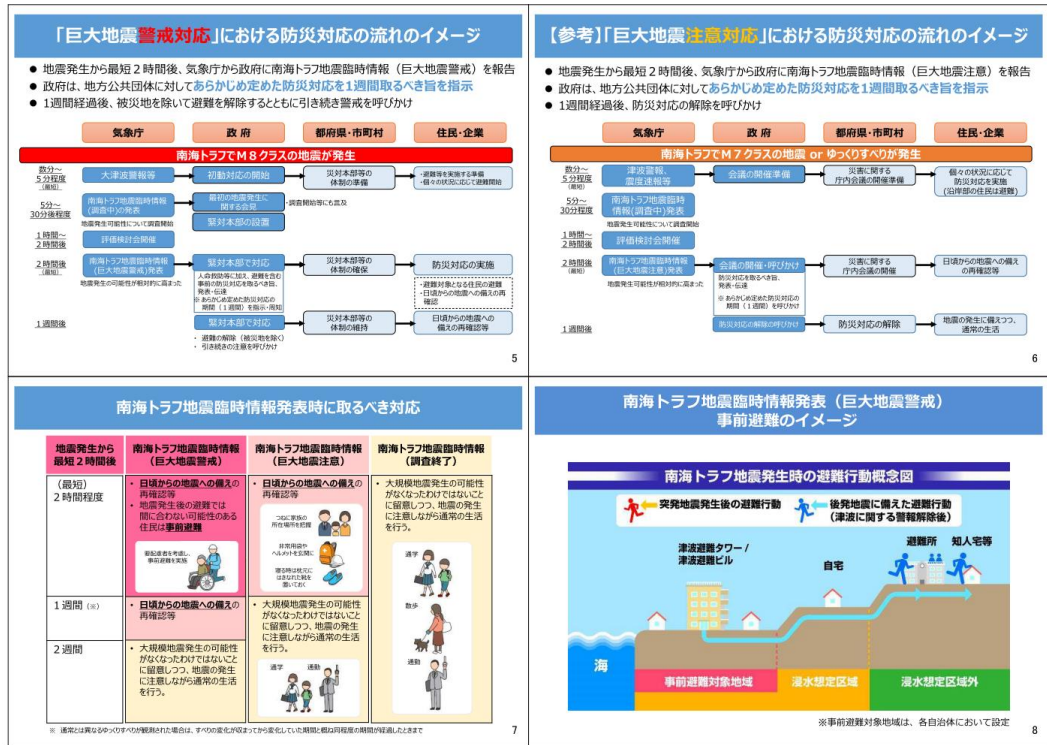


図 2－5－④－5 内閣府の講話資料（一部抜粋）

b) ワークショップ第2部（実演パート）

第2部は四国沖で地震が発生した想定（西側半割れ発生時）に基づき、地震発生直後から約2時間まで想定されるタイムラインに従って発表される各種情報及び想定される状況を実演することで、参加者及び視聴者と臨時情報発表までの流れを確認した。

i) 発災から南海トラフ地震臨時情報発表までの想定

以下に、発災後に想定される状況と、ワークショップで示した各資料を順に述べる。

●地震発生

【ワークショップ1の地震発生時の前提条件】

- 時刻：令和3年2月25日の11時
- 天候：晴れ
- 気温：6度
- 風力：1m/s 北西の風
- 状況：各自の職場で勤務中

●緊急地震速報の発表

(四国沖で地震 強い揺れに警戒⇒九州全域、四国全域、中国全域、近畿一部の地域)

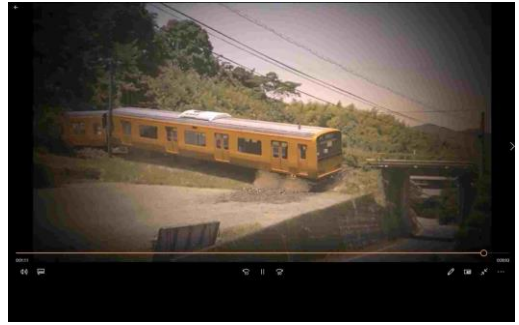
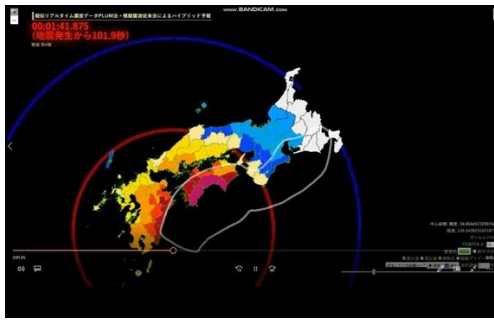


写真 2 - 5 - ④ - 6 四国沖震源による地震の想定動画
(左：揺れの伝播想定動画 右：内閣府作成による想定動画¹⁾)

●アナウンサー（CBC斎藤アナウンサー）による速報ニュース実況 その 1

『アナウンス 原稿』

《緊急地震速報》

- ・ 四国沖で地震が発生しました。強い揺れに警戒し、速やかに身の安全を確保してください。

《震度速報》

- ・ 速報です。先ほど、四国沖で地震が発生しました。念のため津波に注意してください。
- ・ 各地の震度は次の通りです。震度7が高知県、震度6強が香川県、震度6弱が徳島県、愛媛県、大分県、広島県、岡山県、震度4が愛知県です。

《大津波警報発表》

- ・ 大津波警報が発表されました。
- ・ 愛知県沿岸、三重県沿岸で大津波警報が発表されました。大津波警報が発表された沿岸では津波で被害が発生する恐れがあります。
- ・ 沿岸部や川沿いにいる人はただちに高台や「津波避難ビル」に指定された建物など、安全な場所に避難してください。
- ・ 海から「より遠い場所」よりも、「より高い場所」を目指して逃げてください。東日本大震災を思い出してください。
- ・ 近くに高台や「津波避難ビル」がない場合は、鉄筋コンクリートでできた、背が高く、大きくて頑丈そうな建物のできるだけ上の方の階に避難してください。



写真 2 - 5 - ④ - 7 CBC斎藤アナウンサーによる速報ニュース

● 四国沖に津波の襲来



写真 2 - 5 - ④ - 8 四国沖震源による津波の想定動画
(左：津波の伝播想定動画 右：東日本大震災時における名取市沖の動画)

● アナウンサー（CBC齋藤アナウンサー）による速報ニュース実況 その 2

『アナウンス原稿（上記映像を見ながら実況）』

《津波襲来》

四国沿岸部に津波が襲来したとの情報が入りました。現在の高知県沿岸部、上空からの映像です。白波が立っています。この後、津波は沿岸部に襲来すると思われます。今すぐ高台や津波避難ビルに指定された建物、背の高い頑丈そうな建物へ逃げてください。津波は今後、陸地に近づくにつれて高くなります。また予想されている時間よりも早く到達することがあります。今すぐ高いところに避難してください。

ii) 気象庁による南海トラフ地震臨時情報（調査中）の発表

スライドにより、臨時情報（調査中）の発表されたことを参加者に提示。

● アナウンサー（CBC齋藤アナウンサー）による速報ニュース実況 その 3

『アナウンス原稿』

ここで気象庁より、南海トラフ地震臨時情報（調査中）が発表されました。先ほど午前11時ごろに発生した地震と、南海トラフ地震との関連性について気象庁が調査を開始しました。このあと12時から南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会を開催します。

南海トラフ地震で被害が想定される地域の方は個々の状況に応じて、身の安全を守る行動をとってください。

● 気象庁による記者会見

『気象庁記者会見 原稿』

令和4年2月25日11時00分頃の四国沖の地震についてご説明いたします。

はじめに防災上の留意事項から申し上げます。

現在、関東から九州・沖縄の太平洋沿岸に、大津波警報を発表しているほか、北海道から沖縄までの沿岸に、津波警報・注意報のいずれかを発表中です。大きな津

波が襲い甚大な被害が発生する恐れがあります。沿岸部や川沿いにいる人はただちに高台や避難ビルなど安全な場所へ避難してください。津波は繰り返し襲ってきます。警報が解除されるまで安全な場所から離れないでください。

揺れの強かった地域では、家屋の倒壊や土砂災害などの危険性が高まっているおそれがありますので、今後の地震活動や降雨の状況に十分注意し、やむを得ない事情が無い限り危険な場所に立ち入らないなど身の安全を図るよう心がけてください。

また、気象庁では2月25日11時30分に南海トラフ地震臨時情報（調査中）を発表し、2月25日11時00分頃に発生した四国沖の地震と南海トラフ地震との関連性についての調査を開始しました。南海トラフ地震で被害が想定される地域の方は、個々の状況に応じて、身の安全を守る行動を取ってください。

次回の発表は、調査結果がまとまり次第、「南海トラフ地震臨時情報」でお知らせします。



写真 2－5－④－9 気象庁による記者会見

左：気象庁による記者会見

（取材記者役（メーテレ柴田）・気象庁役（上田調整官））

右：解説する重野室長

（気象庁地震火山部地震火山技術・調査課大規模地震調査室）

iii) 臨時情報（巨大地震警戒）の発表

スライドにより、臨時情報（巨大地震警戒）の発表されたことを参加者に提示。

●アナウンサー（CBC斎藤アナウンサー）による速報ニュース実況

『アナウンス原稿』

ここで気象庁より、南海トラフ地震臨時情報（巨大地震警戒）が発表されました。まもなく総理大臣による会見が開かれる模様です。

●内閣総理大臣（新井名古屋大学減災連携研究センター特任教授）による会見。



写真 2－5－④－10 総理大臣による会見

左：総理大臣による会見（新井名古屋大学減災連携研究センター特任教授）

右：解説する高畑企画官（内閣府政策統括官(防災担当)付企画官（調査・企画担当））

『会見要旨』

- ・先ほど四国高知沖を震源とするM8.3の巨大地震が発生した。まずこの地震の被害に遭われた方に対して、心よりお見舞い申し上げる。
- ・大きな被害が各地で発生しているとの報告を受けているが、被害の全貌は不明である。各機関、連携を密にし、速やかに被害の全体像を把握するよう指示したところである。政府としては人命を第一に、一丸となって対応にあたるものである。
- ・先ほど、気象庁より南海トラフ地震臨時情報（巨大地震警戒）が発表された。今回の地震は四国沖で発生したものだが、過去には東と西で連動して立て続けに地震が発生した事例があると聞いており、さらに続いて駿河湾から紀伊半島にかけての海域でも大きな地震が発生する恐れがある。
- ・東海地方及びその周辺にお住まいの方々には、日頃の備えを再確認いただくと共に発生した時の行動を確認し、津波の襲来に時間的猶予がない地域の方々には事前避難などの対応を検討して頂きたい。

c) ワークショップ第3部（討論パート）

討論パートでは、福和教授をファシリテーターとして、表 2－5－④－5 に示す18機関をパネリストとして、臨時情報発表時における各機関の対応の想定、現状の課題について、討論を行った。討論に先立ち福和教授から、視聴者及び参加者向けに図 2－5－④－6 に示す臨時情報（巨大地震警戒）発表時に想定される社会の状況について解説を行った。討論の様子を写真 2－5－④－10 に示す。

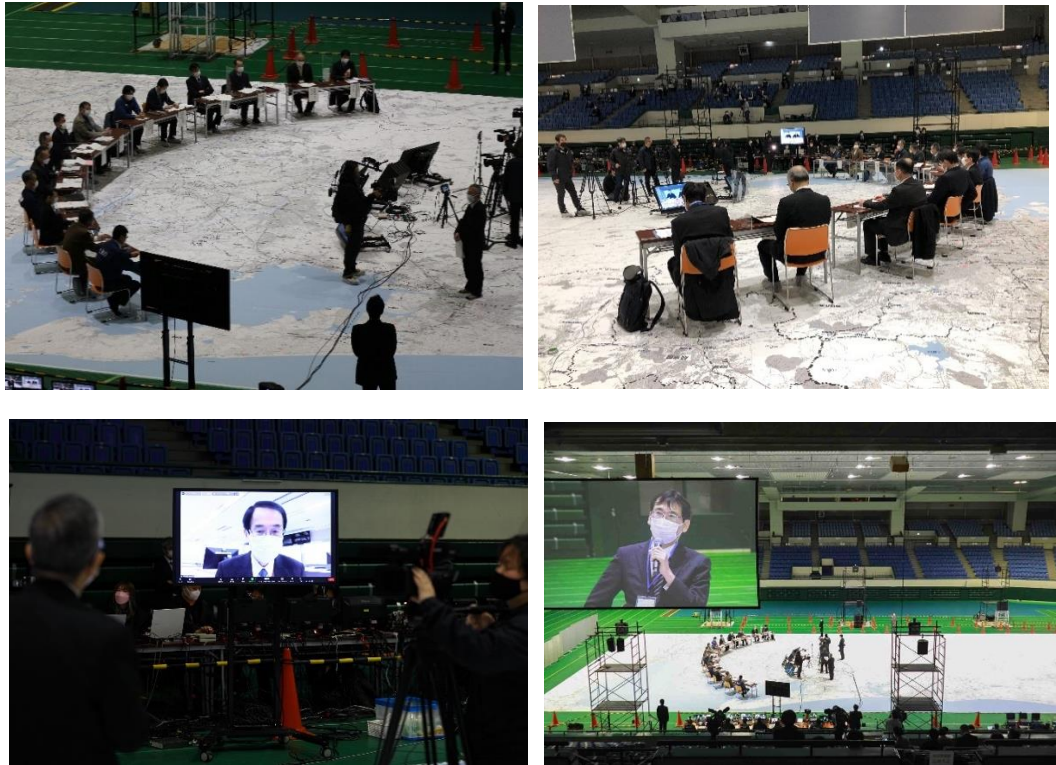


写真 2 - 5 - ④ - 11 討論パートの様子



図 2 - 5 - ④ - 6 臨時情報 (巨大地震警戒) 発表時に想定される事態²⁾

表 2 - 5 - ④ - 5 討論パート参加機関及び参加者

会 場 参 加 者			
機 関 名	所 属	役 職 名	出 席 者 氏 名
名古屋大学		教授	福和 伸夫
名古屋地方気象台		地震津波火山防災情報調整官	上田 義浩
中部地方整備局		総括防災調整官	竹内 宏
中部運輸局	総務部 安全防災・危機管理課	課長	小中 太
中部地方環境事務所	資源循環課	災害廃棄物対策専門官	山際 勝治
愛知県	防災部 防災危機管理課	課長補佐	石川 盛久
名古屋市	防災危機管理局 危機管理企画室	主幹	三品 優子
	防災危機管理局 危機対策室	室長	水野 角栄
豊橋市	防災危機管理課	課長	佐藤 実
田原市	防災局 防災対策課	局長兼課長	石原 恭次
中日本高速道路株式会社名古屋支社	保全・サービス事業部 企画統括課	担当課長	原 和正
一般社団法人中部経済連合会	社会基盤部	部部长	古橋 千里
中部ブロックDMAT連絡協議会	名古屋掖済会病院	副院長	北川 喜巳
一般社団法人愛知県建設業協会		上席	小島 敏夫
名古屋テレビ放送株式会社		災害担当プロデューサー	柴田 正登志

W E B 参 加 者			
内閣府		政策統括官(防災担当)付企画官 (調査・企画担当)	高畑 栄治
		政策統括官(防災担当)付参事官 (緊急事態対処担当)	島田 勝則
気象庁	地震火山部地震火山技術・ 調査課大規模地震調査室	室長	重野 伸昭
中部経済産業局	総務企画部 総務課	災害対策専門官	安藤 憲一
三重県	防災対策部 災害対策課	課長	西岡 欣也
静岡県		危機管理監代理兼危機報道官	杉山 隆通

まず、事前避難対象地域の設定状況について、参加基礎自治体から共有された。その結果、国の手引き、ガイドラインなどが示されて統一感のある対応が市民の目線から期待されているが、各市その考え方は足並みがそろっていない現状が確認された。こうした現状の改善に向けた、例えば、まずは先進的に取り組んでいる地域での課題を整理しながら、住民など訴えられているニーズへの対応のあり方を検討していく必要のあることが共有された。これを受けて、内閣府から、事前避難対象地域の設定方法に関して、長期の湛水も含めて課題である指摘された。一方、先駆的に事前避難対象地域を定めた地域からは事前避難対象地域の設定に係る具体的な課題も示されているが、地域特性もあり一概に明確な回答を提示することは困難であるが、今後、国においても検討を進める意向が示された。以上のことから、本ワークショップが、基礎自治体と施策を検討する国（内閣府）が直接対話する有意義な場であることが示唆された。

また、西側半割れ地震が発生した場合の中央政府からの発信情報については、被災地を対象とした発信とならざるを得ず、それ以外の地域が求めている情報は、各地域

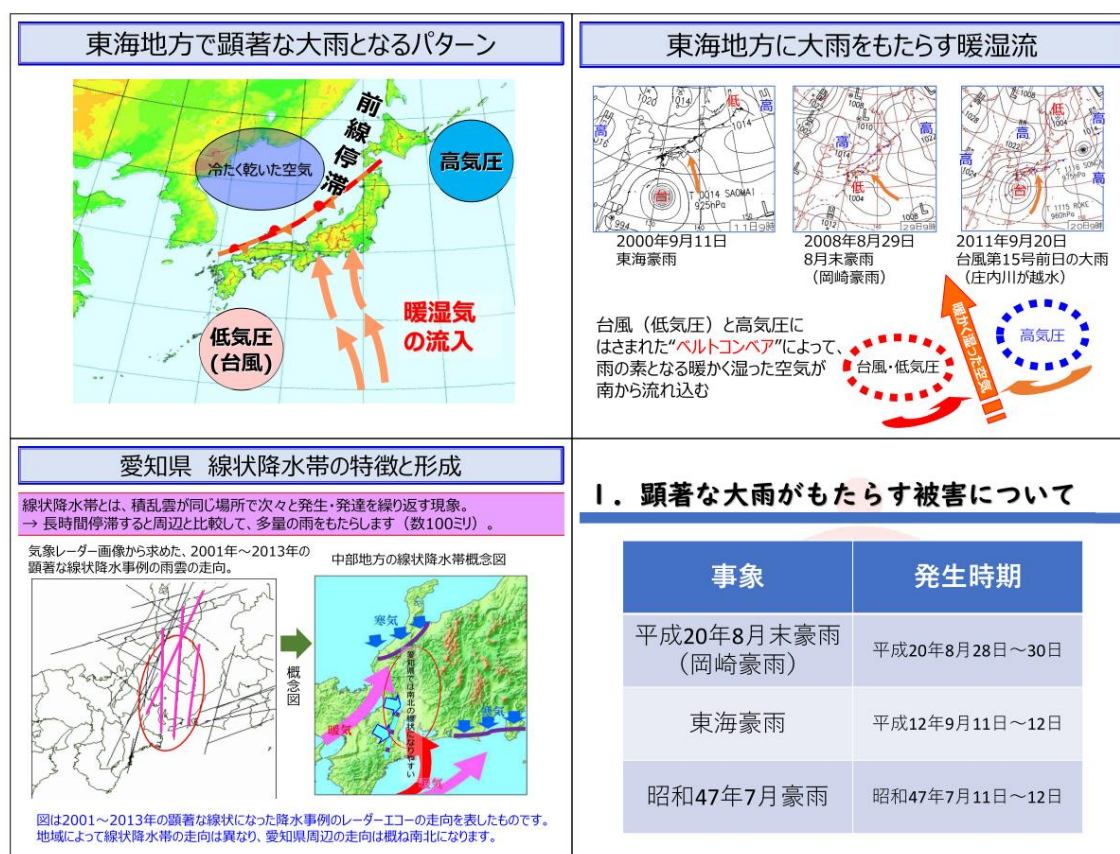
の報道機関からの発信が重要であることが確認された。また、対応についても、先行して発災した被災地の支援が必要となるが、被災地支援を行わず、戦力を温存し後発地震に備える地域、機関を定めている一方で、実際にこの計画通りに進めることが出来るか、関係機関と訓練等を通じた密な連携を継続することの重要性について確認された。また、臨時情報発表時の各機関の対応や連携のあり方について、起こり得る社会を明確にしながら、検討が必要であるとの今後の課題が示された。

企業側の意見から、企業は安全を確保しつつ可能な限り事業継続が望まれているが、事業継続に関わる、難しい問題が山積している現状があることが示された。関連して、一般企業に対して臨時情報の周知がまだ進んでいない現状がある可能性も確認され、関係機関が協力して、周知に関しても取り組みが必要であることも確認された。

2) 西三河地域を対象としたワークショップの成果

a) 名古屋地方気象台による講話「顕著な大雨がもたらす被害について」

名古屋地方気象台からの図2-5-④-7、図2-5-④-8に示す資料に基づいて、とくに東海地方で地域連携により相互応援が必要となるような、顕著な大雨となる可能性のある気象条件について、説明がなされた。



1. 顕著な大雨がもたらす被害について

事象	発生時期
平成20年8月末豪雨 (岡崎豪雨)	平成20年8月28日～30日
東海豪雨	平成12年9月11日～12日
昭和47年7月豪雨	昭和47年7月11日～12日

図2-5-④-7 名古屋地方気象台の情報共有資料（一部抜粋）³⁾



図2-5-④-8 名古屋地方気象台による情報共有資料³⁾

b) グループワーク・意見交換

i) グループワーク

名古屋地方気象台からの参加者自治体に関わる風水害に関する情報共有の結果も踏まえて、流域を超えた広域連携の実現に向けて、防災部局と河川部局の各自治体の部局間連携の課題や、流域内外の災害時の連携の可能性について、流域内または、流域外も含めて、出来ることとできないことについて、3グループに分かれて議論を行った。図2-5-④-9に参画者に提示したグループワークのテーマを示す。

グループワーク・意見交換	グループワーク・意見交換
本日、参加している市町村はブレイクアウトルームに分かれて議論していただきます。 【話し合っていたきたい内容】 広域連携に向けて	「広域連携に向けて」 ①部局間の連携について ・防災部局と河川部局の間ですべてに連携していること ②流域内外の連携について ・流域内で連携できること、できないこと ・流域外で連携できること、できないこと

図2-5-④-9 グループワークのテーマ

●グループワークの結果

防災と河川の部局間の連携については、自信をもって「できている」とした自治

体も含めて、概ね「できている」とした自治体が多くを占めた。一方で、防災と河川以外の防災・減災に関わる連携については、十分確認されておらず、点検が必要なことが確認された。

流域外の連携については、「それぞれのおかれた立場で連携を考えることはできそう」と意見や、「情報交換においては連携が行うことができる」といった意見が示された。また、流域内の連携については、「避難指示については、河川の両岸でそろえるなどはできそう」であることなど、具体的な連携に向けた意見も示された。

その他、流域内外問わず、「相互応援、人的、物資、避難施設の提供など具体的に連携をしていく可能性はあり」という意見や、実際に協定を結んでいる自治体もあることも示された。また、具体的な議論はこれからであるが、豊川・矢作川流域の2つの流域間の自治体の連携は必要であり、「その為にも、まずは今日のような顔の見える関係づくりが、連携を図るうえで大事」との意見も示され、連携の具体化や流域を超えた連携づくりに向けた継続的な議論の可能性も示された。

ii) 意見交換

グループワークの結果を参加者全員で共有した後、会場で参加した中核3市がグループワークで示されたトピックを踏まえて、議論をリードしながら、流域をを超えた広域連携の可能性について、遠隔で参加した各市町村も含めた総合的な意見交換を行った。写真2-5-④-11にグループワーク及び意見交換の様子を示す。

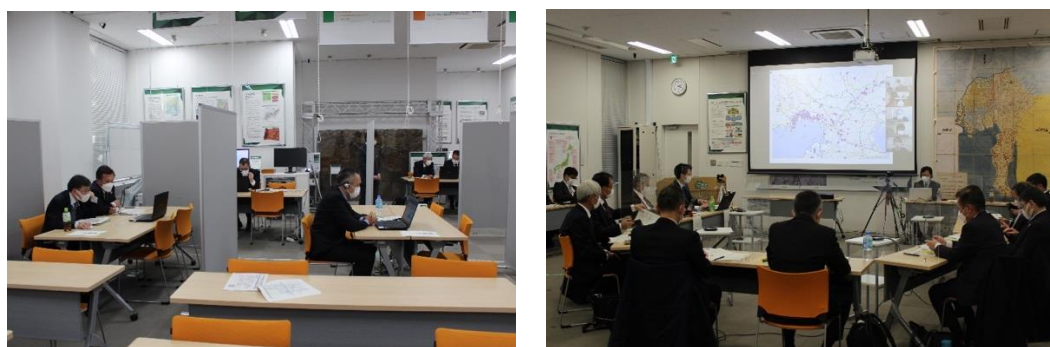


写真2-5-④-12 グループワーク及び意見交換の様子

●意見交換の結果

グループワークでの議論で、流域を超えた連携については確認された一方で、「東西の三河全体の連携を考えたときにイメージが十分にできていないように感じる」と意見が示された。また、今後の進め方として、「連携を深める上では、きっかけが必要であり、まずは中核3市で議論のポイントを整理することで地域として取り組みが進めやすくなるのではないか」という、意見が示された。防災部局以外での経験を踏まえて、他部局の視点で連携を考えると、連携を考えて行動し、対応力が増すことにつながる。こうしたことから、連携をする上では、人材育成の視点も必要であることも示され、ワークショップ全体を通じて、広域連携の重要性が確認されるとともに、具体的な連携につなげる為の、課題やそれを踏まえて、連携を具体化する考え方や方策についても意見がなされた。

(d) 結論ならびに今後の課題

1) 中部圏を対象としたワークショップの結論と今後の課題

本ワークショップは、南海トラフ地震臨時情報の認知度及び理解度の向上を目的の一つとして開催した。当日、会場である愛知県体育館には100名以上の参加者、YouTube視聴者数はライブ視聴者が1,000名を超えた。また、YouTube上の動画再生数は2,800回を超えている（3月20日現在、あいち・なごや強靱化共創センター公式チャンネルでの再生数）。参加人数に加え、YouTube上でのアンケート及び当日参加者からは、本ワークショップに対する好意的な意見が多く、臨時情報の認知度及び理解度の向上について成果があったものとする。

しかし、YouTube上でのアンケート結果及び当日参加者のコメントの中には、本イベントの対象者が不明確であったとの指摘があった。

学習パートから実演パートに関しては、一般市民からの視点を意識し、可能な限り判り易く、必要な説明を行うよう努めた。しかし討論パートでは、参加機関数と比較して討論の時間が限られていたため、自機関の取組を説明するにとどまった。ファシリテーターの技量を持って、可能な限り市民に向けた情報発信となるよう努めたが、視聴者側に何を示したかったのか、不明瞭となった点は否定できない。今後、臨時情報の周知及び認知度向上のためには、対象層を明確にし、各機関が伝えるべき情報を整理することが重要であるとする。

臨時情報の仕組みそのものが複雑であり、その情報の活用に関しても、構築側で十分に議論が至っていない面がある。このため一般市民への理解度をより高めるためには、これまで以上に噛み砕いた説明が不可欠であり、そのためには多くの関係者と継続的な議論が必要であるとする。

これまで、あいち・なごや強靱化共創センターは名古屋大学減災連携研究センターと連携し、巨大地図を用いたプロジェクトマップによる防災ワークショップを数多く実施してきたが、今回のワークショップはこれまでの実施規模を遥かに超えるワークショップとなった。プロジェクター6台、巨大地図設置枚数33枚、設営及び当日運営に従事した人数は延べ120人以上、いずれも最多規模である。

このような大規模な取組を大きなトラブルもなく実現できたことは、協力機関、業者の尽力によるところである。これまであいち・なごや強靱化共創センターで積み上げてきた技術、実績、関係機関との信頼関係にも寄るところが大きいとする。

2) 西三河地域を対象としたワークショップの結論と今後の課題

矢作川流域における大規模な風水害の想定を事例に、流域を超えた広域連携の考え方を整理するとともに、これまで取り組まれてきた西三河地域を中心とした連携から、東三河を加えた、三河地域全体における相互応援体制の関係づくりの場となることも踏まえて、地域の様々な主体が議論を行うワークショップを実施した。

COVID-19感染拡大防止の観点と、西三河地域全体の基礎自治体の参加を考慮し、遠隔型ワークショップを基本として行った。

グループで示された通り、「豊川・矢作川流域の2つの流域間の自治体の連携は必

要」との認識は、概ね三河地域全体の基礎自治体間で概ね共有された。一方で、具体的な連携に向けたイメージや取り組むべき方向性については、議論が不十分であり、顔の見える関係づくりを進めながら、連携の具体化や流域を超えた連携づくりに向けた検討・協議を今後も継続的に行う必要があると言える。

(e) 引用文献

- 1) 内閣府（2017）：南海トラフ地震どうなる？どうする？時間差で起こりうる次の地震への備え，南海トラフ巨大地震、首都直下地震の被害と対策に係る映像資料について，http://www.cao.go.jp/lib_012/Drama_J_T_HD.html
- 2) 内閣府（2022）：マンガで解説！南海トラフ地震 その日が来たら・・・，南海トラフ地震対策：防災情報のページ－，
<https://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/pdf/comic.pdf>
- 3) 気象庁：災害をもたらした気象事例，
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/index_1989.html
(Accessed on 2022.03.30)

(f) 成果の論文発表・口頭発表等

1) 学会等における口頭・ポスター発表

発表した成果（発表題目、口頭・ポスター発表の別）	発表者氏名	発表した場所（学会等名）	発表した時期	国内・外の別
市町村境界を越えた3次緊急輸送道路の接続に向けた取組み(口頭)	千葉啓広， 幸節静奈， 倉田和己， 新井伸夫， 野村一保， 福和伸夫	第48回地域安全学会研究発表会（春季）梗概集， pp.151-154	2021.5.21	国内

2) 学会誌・雑誌等における論文掲載

掲載した論文（発表題目）	発表者氏名	発表した場所（学会誌・雑誌等名）	発表した時期	国内・外の別
広域大規模災害時の物資輸送の連携対応の確立に向けた検討過程の整理－市町村境界を越えた第3次緊急輸送道路の接続に向けた試み－	千葉啓広・ 新井伸夫・ 倉田和己・ 荒木裕子・ 幸節静奈・ 福和伸夫	地域安全学会論文 文集No.40（電子 ジャーナル論文）	2022.3.25	国内

(g) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし