

巨大災害研究の現状と展望 (6)

Present and Future Research in Disaster Reduction Systems (6)

畑山満則・矢守克也・Ana Maria CRUZ・横松宗太・大西正光・廣井慧・
中野元太⁽¹⁾・大門大朗⁽²⁾・杉山高志⁽³⁾・岡田夏美⁽¹⁾・Hamilton BEAN⁽⁴⁾

Michinori HATAYAMA, Katsuya YAMORI, Ana Maria CRUZ, Muneta YOKOMATSU,
Masamitsu ONISHI, Kei HIROI, Genta NAKANO, Hiroaki DAIMON,
Takashi SUGIYAMA, Natsumi OKADA⁽¹⁾ and Hamilton BEAN⁽²⁾

(1) 京都大学防災研究所巨大災害研究センター

(2) 日本学術振興会

(3) 東京大学生産技術研究所

(4) 米国コロラド大学コミュニケーション学部

(1) Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Japan

(2) Japan Society for the Promotion of Science, Japan

(3) Institute of Industrial Science, The University of Tokyo, Japan

(4) Department of Communication, University of Colorado, USA

Synopsis

The objective of this paper is to summarize the research activities of Research Center for Disaster Reduction Systems (the DRS), DPRI. The activities include research seminars inviting guest speakers from various fields such as disaster risk manager of the public sector, researchers, education sector and mass-media. Camping involving academic staffs as well as students is also a highlight of our activities. Research projects funded by the government as well as outside funding bodies are introduced.

キーワード: コロナ禍, 防災・減災研究, Natech

Keywords: COVID19, Disaster Prevention/Risk Reduction Research, Natech

1. はじめに

近年, 気候変動の影響から極端気象の増加が指摘されており, 2021年8月には, 大きな被害につながらなかったもの全国各地で集中豪雨が発生した. この災害トレンドは, 今後も継続することが予測されるため, 全国的に災害対応能力の向上が求められることとなる. 災害対応力の向上のために必要不可欠なRisk Governance, Risk Communication, Risk Informationを研究課題とする巨大災害研究センターの基幹領域の研究成果には大きな期待が寄せられて

いる. 防災研究所は, 「自然災害に関する総合防災学の共同利用・共同研究拠点」として, 共同利用・共同研究拠点に再認定され, 令和4年度より,

- 社会改革・パラダイムシフトを促す基礎研究 (自然、社会科学) の進化と実践科学の創成
- 防災に関わるが防災が主体にならない領域 (医療、保健、福祉など) をも巻き込んだ異分野融合、超学際融合型研究

を柱とする「防災3.0」の実現に取り組んでいくこととなった. 巨大災害研究センターでは, 前者に対しては, 社会実装のインタフェースに近い部分を多

くプロジェクトで担ってきた実績があり、後者については、外国人客員研究員を招聘する国際災害情報ネットワーク研究領域、日本人客員教授、准教授を招聘する歴史災害史料解析研究領域、地域災害研究領域において、新たな領域の研究員を積極的に招聘することで貢献してきた。さらに、以下の2点について社会からの新たな期待に対応していく必要がある。

新型コロナウイルス感染症対策と防災

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の世界的流行の開始から2年目を迎えた。パンデミックは、自然災害とともに「危機」の重要な要素であるため、防災研究の観点からも、このパンデミック対応から得られる知見は多くある。自然災害とパンデミックについては、下記の2つの視点から考える必要がある。

● 危機対応としての共通の側面（汎用性）

自然災害もパンデミックも「危機」である。このため、危機管理の考え方に共通性がある。これまでの自然災害における災害対応では、不確定な情報の下、不十分な人的、物的リソースを効率的に活用して、時宜に応じた対策を適切に講じることが求められてきた。平常時の大きく違うのは、状況の変化が激しく、対策を打つタイミングが、その価値に大きく影響することである。平常時であれば、意思決定するに値する情報が十分集まらないままに、政策を講じることが避けられるが、危機的な状況では、「何もしない」という選択肢を選択したことと同等となり、多くの場合、状況を悪化させることとなる。新型コロナウイルス感染症対策においては、「アベノマスク」と揶揄される政策が、時宜を逃した対策として象徴的である。

● パンデミック下での災害対応（複合危機）

新型コロナウイルス感染症対策において、人との接触率を減ずることが求められた。特に非感染者は感染者だけでなく、感染の可能性のある濃厚接触者との接触にも注意を払わなければならなくなった。この状況下で災害が起こった場合、どのように避難すべきか、避難所をどのように運営すればいいかななどの課題が表出化した。体育館などに被災者を詰め込む形での避難所運営は、「密」を生み出し、感染リスクを増大させるため、地域によっては避難所を数か所に分散させることまでが議論されることとなった。すなわち被災地周辺の地域も災害対応に加わる必要が生じることとなった。また、水害リスクが高まった際に垂直避難や屋内安全確保といった移動を伴わない避難を選択することの重要性も指摘されている。東日本大震災以降は複合災害の議論の重要性が指摘されてきたが、今後は複合危機への対応も議論を深めていく必要がある。

デジタルトランスフォーメーション（DX）と防災

2021年9月1日にデジタル庁が発足し、「防災」は準公共分野のデジタル化の対象に位置づけられた。巨大災害研究センターでは、阪神・淡路大震災以降「防災」の電算化に関する研究に取り組んでおり、これらの知見が求められることとなる。DXとは、経営にかかわる部分を包含する概念であり、単なる電算化とは似て非なるものである。情報を経営の中心に据え、経営そのものを見直すことが求められることになるが、「防災」を推進する機関は、「防災」を中心に据えた経営をしていることは少ない。また、頻発化の傾向にあるとはいえ巨大災害は発生頻度が低いことため経営の中心に据えることは難しい。これらのことを鑑みると防災のDXは、平常時の経営戦略に「防災」を明確に位置付けることが求められるが、防災

2. 総合防災セミナー

巨大災害研究センターでは、当センターの教員・研究員および客員教員や非常勤講師等によるオープンセミナー「DRSセミナー」を開催してきた。2010年度からは本セミナーを発展させ、防災研究所社会防災研究部門との共催で「総合防災セミナー」として開催している。2021年度は下記の通り10回のセミナーを開催した。新型コロナウイルス感染症の影響により一部ハイブリッド開催を含むオンライン開催が中心となったが、総合防災グループの教員や客員教員、企業人らが講演し、防災研究所教員・学生および学外の研究者らの参加によって活発な議論が行われた。各回30名前後が参加した。以下がセミナー一覧であるが、調整時期の都合により、開催回が一部前後している。

【第43回総合防災セミナー】

日時：2021年4月16日（金）15:00-16:30

場所：オンライン

言語：日本語

講演者：佐山敬洋氏（京都大学防災研究所社会防災研究部門准教授）

題目：洪水予測に関する最近の動向と日本全国の河川を対象にした研究

【第44回総合防災セミナー】

日時：2021年5月7日（金）15:00-17:00

場所：オンライン

言語：英語

講演者：Ilan Chabay氏（Institute for Advanced

Sustainability Studies, Potsdam, Germany, DRS客員教授)
題目：Narrative Signals of Systemic Risk in the Noise of Media

【第45回総合防災セミナー】

日時：2021年6月4日（金）15:00-16:30
場所：オンライン
言語：日本語

講演者：藤見俊夫氏（京都大学防災研究所社会防災研究部門准教授）

題目：不確実性下の意思決定モデルの発展と防災・減災への応用－合理主義から自然主義への潮流のなかで－

【第46回総合防災セミナー】

日時：2021年7月2日（金）15:00-16:30
場所：オンライン
言語：日本語

講演者：山泰幸氏（関西学院大学人間福祉学部教授，DRS客員教授）

題目：地域復興と協働のエスノグラフィー－長期密着型のフィールドワークから－

【第47回総合防災セミナー】

日時：2021年9月3日（金）
場所：オンライン
言語：英語／日本語

総合防災グループ合宿企画として，博士課程学生による発表を行った。

【第48回総合防災セミナー】

日時：2021年10月1日（金）15:00-16:30
場所：オンライン
言語：英語

講演者：北川香氏（Associate professor, Department of Education, Practice and Society, Institute of Education, University College London）

題目：A connector for ‘all of society engagement’: revisiting the case of Kuroshio Town

【第49回総合防災セミナー】

日時：2021年11月19日（金）9:30-11:00
場所：オンライン
言語：英語

講演者：中野元太氏（DRS助教）

題目：Multi-voiced and Multi-angle Reality of Disaster Risk Reduction Action Research—Perspective of Chained Visual Ethnography

【第50回記念 総合防災セミナー】

日時：2021年11月26日（金）14:00-16:00
場所：ハイブリッド（吉田キャンパス時計台）
言語：英語
防災研究所70周年記念事業の一部として実施

講演者：岡田憲夫氏（京都大学名誉教授）

題目："Another Challenge: Systemic Thinking and Design for Community-based Disaster Risk Governance"

【第51回総合防災セミナー】

日時：2022年1月7日（金）15:00-16:30
場所：オンライン
言語：日本語

講演者：大津暢人氏（総務省消防庁消防大学校消防研究センター地震等災害研究室・主任研究官，DRS非常勤講師）

題目：火災出動における消防隊員の殉職事故の発生傾向－AIを用いた消防指令システムによる注意喚起の試案基礎資料として－

【第52回総合防災セミナー】

日時：2022年3月4日（金）15:00-16:30
場所：ハイブリッド（京都大学宇治キャンパス）
言語：日本語

講演者：神田佑亮氏（呉工業高等専門学校環境都市工学分野教授）

題目：災害時の交通マネジメントの現場から～西日本豪雨の当時の対応とその後～

3. 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）

3.1 プロジェクト概要

第2期SIP「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」で提示された7つの研究開発項目のうち、研究課題Ⅲ「産官学協働による広域経済の減災・早期復旧戦略の立案手法開発」に巨大災害研究センターとして参画していた。しかし、研究課題Ⅲは2020年度で打ち切りとなり、2021年度より京都大学防災研究

所が担当していた並行時空管理基盤STePの開発は、研究課題Ⅰ「避難・緊急活動支援統合システムの研究開発」に再編されることとなった。本研究課題は、

- ① 自然災害を自然現象と社会動態の融合として捉え、災害状況とその予測を可視化する災害動態処理技術を開発すること、
- ② ①の成果を中核に、通信途絶領域解消、道路・海上交通解析、保健医療活動支援、物資供給支援の各技術を実装したシステムを開発すること、
- ③ ①②を含めた各組織の個別システムを疎結合で接続し、国民一人ひとりの避難と政府の緊急活動の双方を支援する統合システムを実現すること

を目的として、下記の5つのサブテーマから構成されている。

Sub1) 災害動態解析と統合化システム連動技術

Sub2) 対話型災害情報流通基盤

Sub3) 通信途絶時の情報収集技術

Sub4) 道路・海上交通解析技術と連携した物資供給支援技術

Sub5) 保健医療福祉活動支援の需要算出・最適供給技術

並行時空管理基盤STePの開発は、Sub1の1つの開発項目として位置づけられている。さらに、研究課題Ⅰが実施する追加課題である「先端シミュレーションシステムの開発」の1つの項目として「タイムラインと連動した多基準意思決定モデルによる道路復旧計画評価システムの開発」が採択された。以下に、これらの概要を示すものとする。

3.2 並行時空管理基盤STePの開発

STePは、市販のGISであり業界シェアの高いArcGISをベースとしたSTeP（以下、ArcGIS-STeP）、畑山グループがオリジナルで開発してきた位相構造非明示型の地理情報システム基盤DiMSISをベースとしたDiMSIS-STePの2系統の開発を行っている。前者は、完全な並行世界管理は難しいものの、基板上に

複数レイヤに渡るデータセットを対象に、自然時間軸上の同一時点からの複数分岐する並行世界時間軸（多重一階層分岐）、自然時間軸上から直接分岐した並行世界時間軸上の同一地点から複数分岐する多重仮想時間軸（多重二階層分岐）をデータベース上で管理する機能を実装している。

ArcGIS-STePでは、データサーバで管理される編集されない全体データに対して、変化のデータを別のレイヤで重ねるデータ管理手法で実現した。この

手法では、1段階上の世界で存在するデータが、分岐した並行世界で消滅する際に対応が難しい。

ArcGISでは要素を強調する表現があるため、一層（レイヤが一つ）であればこの強調表現を活用して並行世界を可視化することができた。しかし、この表現方法はシステム共通であるため、多層（レイヤが複数）になった場合には、レイヤの違いが分別できなくなる。このため、多層多重二段階分岐は、これまでの手法では実現できないことが確認された。手法を変更し、全体サーバのデータをオンサイトに送信し、そのデータに並行世界を構築する変化データを反映させる手法をとり、実現した。しかし、全体データの送信に時間がかかるため、実用には耐えられるパフォーマンスを出せないことが分かった。DiMSIS-STePでは、管理に時間レイヤの概念を実装し、追加データは全体データの一部として管理し、多層多重二段階分岐を実現している。1段階上の世界で存在するデータが、分岐した並行世界で消滅する際のデータは差分データとして、分岐時に重ね合わせを行うことで実装を可能としている。

3.3 先端的シミュレーションシステムの開発

「タイムラインと連動した多基準意思決定モデルによる道路復旧計画評価システムの開発」をテーマとして研究を進めた。2021年度では、都道府県道、主要市町村道の復旧優先順位シミュレーションシステム構築にむけた評価モデルの構築を行っている。タイムライン上では、災害直後の救急救命期の次に来る被災者の避難所生活を支える時期を対象とした優先順位付けについて考察した。被災者の仮生活基盤を優先するための重要施設として、避難所、病院、物資拠点、重要ノード（被災地外へのルートとなるノード）を選定し、ペアリングした施設間のアクセシビリティを評価するモデルを構築した。

4. メキシコでの地震・津波研究

4.1 SATREPS プロジェクトへの参画

巨大災害研究センターは、メキシコ合衆国ゲレロ州を対象として実施している、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）「メキシコ沿岸部の巨大地震・津波災害の軽減に向けた総合的研究」（代表：伊藤喜宏地震災害研究センター准教授）（以下、本プロジェクト）に参画している。防災研究所を日本側代表機関として、メキシコ国立自治大学（UNAM）およびメキシコ国立防災センター（CENAPRED）と共同研究を進めている。2016年度から5年間の計画でスタートし、2020年度が本プロジェクト最終年度であったが、新型コロナウイルス

感染症の影響により1年延長された。そのため、2021年度が最終年度となった。海底・陸上および測地観測、地震・津波シミュレーションと、それら成果を社会課題の解決に生かす学際的研究プロジェクトであり、巨大災害研究センターの畑山は津波避難シミュレーションを、矢守と中野は防災教育と社会実装のアクションリサーチを担当した。

本プロジェクトは、ゲレロ州シワタネホ市をパイロットサイトとして実施した。次節以降、シワタネホでの6年間の取り組みの成果を、「定着」、「学際連携」、「水平展開」の3つの視点で概観していく。

4.2 防災教育と地域防災活動の定着

シワタネホにおいてソフトな防災活動、すなわち防災教育や地域防災活動が定着している。本プロジェクト介入前は、同地において地震・津波に関する防災教育はほとんど行われておらず、地域に自主防災組織も設置されていなかった。2016年からコロナ禍までの2019年にかけて、矢守、中野らによるアクションリサーチを通して、シワタネホ防災局、学校教員とともに、防災教育教材の開発（カードゲームであるプロテクション・ジャガー）、学校での地震・津波避難戦略を検討するワークショップの実施、シワタネホ防災局職員を日本へ招へいしての高知県黒潮町と四万十町の防災教育事例の視察、高知県黒潮町で防災教育に取り組む学校教員のシワタネホへの招へい、シワタネホの中学校と黒潮町の中学校とのオンライン防災教育交流（遠地津波を想定した合同避難訓練等）、様々な活動を実施した。

また、2017年より地域の自主防災活動を推進するため、CERT (Community Emergency Response Team) と呼ばれる自主防災組織の設置を開始し、地域住民と防災について学ぶ複数のワークショップを実施した。2018年12月には、100棟以上を焼失する大規模火災が発生したが、CERTが駆け付け延焼防止活動、逃げ遅れた人々の避難誘導、住家を失った人々のための避難所の運営などに貢献した。これらの成果によってCERTはシワタネホ市の防災計画にも位置付けられ制度化されることとなった。

これらの取り組みが進んでいた矢先に、新型コロナウイルスが流行した。学校閉鎖や海外渡航制限によってこれら活動は停滞するかに思われた。しかし、シワタネホ防災局はこれまでの活動を引継ぎ、コロナ禍の影響を受けにくかった地方部の学校での学校防災委員会設置やマップ作成といった防災教育活動、数百人の生徒らが毎年参加する津波の絵コンクール開催など、バラエティーある取り組みを継続している。CERTについても、地域住民が定期的に集まる会合や勉強会はコロナ禍により見送られることが増え

たが、ハリケーンといった熱帯性低気圧への対応などで、地域での役割を果たし続けている。

4.3 学際連携による防災力向上

「学際連携」がシワタネホの防災力を着実に高めている例がある。これまで、シワタネホを対象にした詳細な津波浸水シミュレーションは行われたことがなく、最悪想定時の津波高、津波浸水パターン、避難猶予時間等は十分に検討されてこなかった。そこで、本プロジェクトの津波モデリングを専門とするチームによってシワタネホを対象とした浸水シミュレーションが行われた。これを受けて、畑山らの研究グループは避難シミュレーション研究を行った。シワタネホはビーチリゾートを有しており、避難対象者は国勢調査や観光客数の調査に基づいて、観光客2,000人を含む6,400人程度と設定した。地震発生から1.5分は地震動により行動不可能な時間帯とし、津波浸水シミュレーションに基づいて避難にできる時間を13.5分とした。これらの初期設定をもとに津波浸水シミュレーションと避難シミュレーションを重ねて分析した結果、多くの観光客が津波に追いつかれることが明らかとなった。そのため、人的被害を軽減するために市街地にあるホテルを避難タワーとして活用することが検討された。また、避難成功確率を高める避難ルートの分析も行われた。

これらの成果は、シワタネホ防災局とも複数回の対話を通して共有されており、研究成果に基づいて津波避難標識の設置場所が検討され、ゲレロ州で初めての津波避難標識がシワタネホに設置された。また設置予算は、地元行政の自助努力によるものである。さらに津波避難ビルの活用についても検討が進められ、2つのホテルが避難ビルとして指定された。さらに、前述の通り、多くの観光客が訪れる同地では、民間企業であるホテル事業者とも協働することが重要である。津波浸水シミュレーション等の結果は、ホテルのセキュリティ担当者やマネージャーに対しても複数回に渡って共有しており、一部のホテルでは、従来の災害時対応計画に津波対応が存在していなかったことから、津波時の避難計画などを加える検討が行われている。

4.4 シワタネホでの成果の水平展開

シワタネホでの学際的、持続的な種々の取り組みの成果を水平展開する試みも同時に行っている。メキシコ国立防災センターと共催する世界津波の日記念セミナーは、2021年度で6回目を迎えた。コロナ禍によりオンライン開催となったが、中野によるシワタネホでの防災教育と地域防災活動の報告、畑山

らの津波避難シミュレーション研究の紹介とシワタネホ防災局職員による研究成果活用の報告など、本プロジェクトの成果を共有した。同セミナーには、メキシコ津波警報センター、中米 5 か国の防災調整機関である CEPREDENAC、コスタリカ大学内に設置されている津波モニタリング機関 SINAMOT など登壇している。聴衆は主に、メキシコ国内および中南米の防災行政関係者であり、同動画は 2,300 回以上再生されている。

本プロジェクトとは別のイニシアチブではあるものの、L-INSIGHT（京都大学次世代研究創成ユニット）世界視力を備えた次世代トップ研究者育成プログラム）および京都大学 SPIRITS2020 の支援を中野が受けて、2021 年 12 月 7 日に国際オンラインシンポジウム「中米の経験に学ぶ地域防災」を開催した。メキシコ国立防災センター、シワタネホ防災局職員による発表が含まれている。同シンポジウムには、15 カ国から 376 名が参加しており、メキシコ、チリ、エクアドル、ペルー、パナマ、ホンジュラスなど中南米諸国から多数の出席があった。

2021 年度で本プロジェクトは終了を迎えたが、この 6 年間のプロジェクトへの参画によってメキシコおよび中南米の研究者や防災行政関係者らとの共同研究体制が構築されている。今後も、メキシコをはじめとした中南米地域との共同研究を継続する予定である。

5. 阿武山観測所プロジェクト

本節では、2011年度以来、10年以上にわたって継続している阿武山観測所を中心としたサイエンスミュージアムプロジェクトについて記す。

5.1 プロジェクトの概要

1930年に設立された京都大学防災研究所阿武山観測所は、日本の地震観測研究の最先端施設として、長年にわたり地震研究をリードしてきた。2011年以降は、地震観測・研究の黎明期からの進化過程における数々の貴重な地震計群を保有する利点を生かし、現役の観測施設であると同時に地震研究の今と昔について学べる地震サイエンスミュージアムとしての機能を付加し、さらなる発展を期してきた。

この間、この計画に関心を寄せてくれた市民のボランティア有志が「阿武山サポーター会（阿武山サイエンス・コミュニケーター）」、および、「阿武山グリーンクラブ」を組織化し、ミュージアムとして活用する施設のガイド役やイベントの運営や京大防災研究所が推進する実際の地震観測研究の支援、また施設を含む広域な敷地内の豊かな自然の管理保

全を含む環境整備を担う等、独自の活動を展開するに至った。この活動は、社会全体として科学を進めようとする活動（「オープンサイエンス」「シチズンサイエンス」）とも軌を一にするもので、防災研究所のアウトリーチ活動を支える役割も果たしている。

また、大阪府の「注目すべき近代化遺産」にも選定され建築物としても注目される本観測所の建物屋上からは、大阪平野を一望する眺望を楽しむことができるほか、藤原鎌足が埋葬されているとされる阿武山古墳とも敷地を接して観測所は立地している。そのため、本観測所は、地震研究の拠点、サイエンスミュージアムとしてのみならず、自然環境、建築物、歴史・考古学など多様な観点から注目されている。

2022年度（令和4年度）の最新の動きとして、本プロジェクトが母体となって発足したNPO「特定非営利活動法人阿武山地震・防災サイエンスミュージアム」が、本格的に活動を開始したことを明記しておかねばならない（同NPO法人について詳しくは、公式ホームページ<https://www.npo-abuyama.org/>を参照されたい）。これまで実施してきたサイエンスミュージアムの中核的活動である観測所施設を利用した地震学のアウトリーチ活動等が同NPO法人を中心とした活動に移管されたほか、NPO主催の講演会の実施、および、京都大学防災研究所桜島火山観測所のアウトリーチ活動にNPO法人に関与する新しいプロジェクトも開始され、地震・火山学のアウトリーチ活動、防災リテラシー向上のための新たな動きとして注目されている。

5.2 「オープンサイエンス」研究

先述の通り、阿武山観測所サイエンスミュージアムプロジェクトは、政府が「国際的動向を踏まえたオープンサイエンスの推進に関する検討会」を設置するなど、総合的な科学技術政策の柱の一つとして推進している「オープンサイエンス」の観点からも注目される。「オープンサイエンス」とは、一言で表現すれば、「科学的な研究を市民（非専門家）により開かれた活動へと変革する運動」である。狭義には、より多くの人々が科学研究の基礎となるデータや成果にアクセス可能とすること（オープンデータ）を指すことが多く、また広義には、従来の科学コミュニケーションを拡張して、市民を含め多くの人々が協力し、より多くの人々を巻き込み、人々から信頼される科学研究を実現するための科学論・教育論を構築すること、とされる。

こうしたことを背景に、同時に、これまでのサイエンスミュージアム活動の成果と課題を踏まえて、

「オープンサイエンス」に関する学際的な研究会(科学研究費「挑戦的開拓」による支援)を開催した。その成果の一部は、本稿の昨年度版ですでに報告した通り、査読付学术论文「矢守克也・飯尾能久・城下英行(2021)地震学のオープンサイエンス—地震観測所のサイエンスミュージアム・プロジェクトをめぐる—, 実験社会心理学研究, 69, 82-99」して刊行されている。これに加えて、本年度の新たな成果として、上記論文に新たな内容を加えて再整理した英文論文「Yamori, K., Iio, Y., and Shiroshita, H. (2022). Open science in seismology: The role of citizen science in the transition from seismic observatory to science museum. Journal of Integrated Disaster Risk Management, 12(1), 1-23. [https://doi.org/10.5595/001c.35742].」を刊行した。

6. 黒潮町での研究

6.1 新想定を発表から10年目

2012年に内閣府は、高知県黒潮町に約34メートルの日本一の高さの津波が襲来すると発表した。あまりにも巨大な想定が黒潮町に及ぼした影響は大きく、現地では「3.31 ショック」と呼ばれることもあった。その南海トラフ地震の新想定が発表されてから、2022年でちょうど10年目を迎えた。新想定が発表されてから、黒潮町でいかなる防災活動がハード・ソフトの両側面で進展し、課題として何が山積しているのかを検証する節目の年である。

黒潮町と京都大学防災研究所・矢守研究室は、平成27年度から令和3年度までの7年間にわたって「地区防災計画プロジェクト」に共同で取り組み、令和4年度も8年目のプロジェクトとして継続中であり、矢守研究室でも黒潮町における地域防災、特に地区防災計画の成果と課題の検証を重ねている。

地区防災計画とは、平成23年の東日本大震災を契機に、地域社会の「共助」による防災力を高めようと、平成26年4月施行の改正災害対策基本法によって創設された制度で、黒潮町では全町的に地区防災計画の作成に取り組んでいる。全国的にみても、黒潮町のように町をあげて地区防災計画に取り組んでいる市町村は稀少で、大半の自治体ではいくつかのモデル地区で先進的に地区防災計画の策定に取り組むものの、市町村内全域への地区防災計画の波及は限定的である。そのため、黒潮町での地区防災計画の取り組みは、先進的な取り組みであり、本研究では地区防災計画の普及・推進に資する知見を得ることを期待されている。

黒潮町ではコロナ禍においても地区防災計画の活動を進展させているものの、感染予防のために予定

通り活動を進めることができず、「地区防災計画の冬の時代」ともいえる状況だった。令和4年9月4日に開催が予定されていた町一斉の津波避難訓練も、感染症予防のために昨年に引き続き中止となり、その他多くの地区独自の防災活動も、三密を防止するために延期・縮小された。

そのような中で、コロナ禍の状況に適した新たな防災活動も生まれた。例えば、「おためし避難」という防災活動である。おためし避難とは、主として要配慮者を対象に、災害時の避難所まで“お試し”で避難してみる訓練のことである。この訓練は、要配慮者だけではなく、要配慮者の搬送支援を行う住民や行政職員や、要配慮者の受け入れを行う福祉施設の職員などと協働して実施し、要配慮者の支援体制を包括的に検証する試みである。また、おためし避難は、個別的に訓練を行うため少人数で実施し、感染症予防を施すことも容易であり、コロナ禍でも訓練を実施することができた。この訓練によって、要配慮者が災害時に避難するイメージを具体的に身につけることができただけでなく、支援者が要配慮者を搬送・受け入れする手順や注意点を確認でき、要配慮者対策を包括的に進展させることができた。その他にも黒潮町内では、感染予防の工夫を凝らした多様な防災活動を展開した。

さらに、矢守研究室では矢守教授と杉山研究員が監修して『どうする私！ビデオで学ぶ南海トラフ地震臨時情報』というビデオ教材を、黒潮町役場の職員や高校生などと連携して作成した。この教材は、南海トラフ地震臨時情報の発表時に生じうるシナリオを具体的に映像化したもので、全部で6本のビデオシリーズ(避難判断(巨大地震警戒)編, 避難判断(巨大地震注意)編, 避難準備編, 業務継続(商店)編, 業務継続(福祉施設)編, 避難解除編)で構成されている。このビデオ教材の特徴は、各ビデオの最後に4枚の選択肢のカードが提示され、視聴者自身の選択を問う形式になっている点であり、黒潮町各地の防災勉強会ですでに活用されている。

その他、本プロジェクトでは、避難カードを活用した避難所受け入れの試みや、福祉避難所運営訓練、メールを使った災害情報発信体制の確立、要配慮者の見守り活動、夜間避難訓練、「命札」を使った訓練、2022年1月22日に発生した日向灘地震の聞き取り調査、寸劇を使った臨時情報勉強会、小中学校と連携した防災活動、メキシコの中学校と連携した防災活動、タワー降下訓練、あったかふれあいセンターと連携した防災活動、スマホアプリを活用した防災活動、家具固定の呼びかけ、要配慮者の名簿整理、「個人ボックス」を活用した防災備蓄、トランシーバーを使った安否訓練、高校生と連携したタワーの

清掃，児童館と連携した防災活動，防災備蓄のアンケート調査，エクストレッチャーを使った搬送訓練，リヤカーを使った要配慮者の搬送訓練，避難所運営マニュアルの改定，女性グループと連携した防災活動，非常持出袋のワークショップ，消防団と連携した防災活動，「未来へのメモワール」を活用した勉強会，防災ツーリズムを通じた防災活動などを立案・支援し，黒潮町の地区防災計画の活動を推し進めた。

以上のように，コロナ禍における地区防災計画の活動は制限があるものの，創意工夫を凝らして新たな防災活動を編み出している。

6.2 土砂豪雨防災ワークショップ

黒潮町では，地震津波だけではなく，土砂豪雨に対応するためのワークショップや訓練も実施した。例えば，令和3年度には黒潮町の熊野浦地区と白浜地区で土砂豪雨防災に関する住民ワークショップを実施し，そのワークショップに基づく防災訓練を行った。熊野浦地区と白浜地区が属する佐賀分団では津波地震の対策は十分に検討されてきたものの，土砂豪雨対策が手薄であった。そこで，令和3度行ったワークショップを通じて，佐賀分団の土砂豪雨防災の促進を図った。熊野浦地区と白浜地区の土砂豪雨ワークショップでは，第一回目のワークショップの事前に住民対象のアンケート調査を行い，ワークショップの準備を進めた。その結果，熊野浦地区と白浜地区では，事前アンケート調査かワークショップ参加のいずれかに携わった世帯の割合が100%となった。つまり，土砂豪雨防災ワークショップに，両地区の全ての世帯が関与したということである。こうした工夫の背景には，地域担当職員の不断努力があり，その熱意に答える形で，両地区では熱心に土砂豪雨防災の対策を進めることができた。熊野浦地区と白浜地区の土砂豪雨ワークショップは，コロナ禍であっても工夫次第で，住民全員が参画した防災活動を実施できると証明した。

7. 四万十町

7.1 プロジェクトの背景

本プロジェクトは，これまで全国で推進されてきた学校-地域協働型の地域防災実践フレームワークを見直し，過疎化が進む地域において，学校統廃合後も持続発展する地域防災実践の方策を検討することを目的とする。

2012年から京都大学防災研究所矢守研究室が防災活動を通じて関与している高知県四万十町興津地区では，2020年度末に興津中学校が閉校し，2023年度

末には興津小学校が閉校することが予定されている。しかしながら，興津地区における防災活動は，これから学校の大きな関与によって後押しされてきた。そのため，学校の閉校にともなって地域防災活動が衰退・停滞してしまうのではないかと，という懸念と直面している。学校閉校後も，これまでと変わらず防災活動が地域で展開されるためにはどうすればよいか。そのために学校防災教育がこれまで積み重ねてきた防災活動をベースにして，学校閉校後も地域防災活動を推進するための新しいフレームワークを構築することが喫緊の課題として求められているのである。

そこで，2020年度から準備を進めていた，学校閉校後も，地域防災活動の持続を推進するための拠点として「興津ぼうさいミュージアム」が2021年3月28日に開館した（詳細は，畑山ほか，2020）。

7.2 閉校後も地域防災活動を持続させるために

[1] 興津ぼうさいミュージアムの概要

地域社会を支えてきた学校が閉校となった「後」，学校という施設・設備そのもの（校舎など）をどのように生かすかという視点の取り組みは全国各地で多くみられる。たとえば，高知県室戸市の「むろと廃校水族館」（観光施設として），京都府京丹波町の「質美笑楽講」（レストラン，図書室など娯楽・教養施設として），高知県黒潮町の「集落活動センターかきせ」（高齢者・児童福祉施設，宿泊施設として）といった試みである。

他方で，学校が中心となって進めてきた取り組みや活動（本プロジェクトの場合，地域防災活動）を残すという視点をもった取り組みは多くない。本プロジェクトで求められているのは，後者の方である。興津小・中学校がこれまで地域社会において果たしてきた機能，すなわち，地域防災活動を安定的に継続させるための仕組みを，どのように構築するか，という視点が，すなわち新しいフレームワークとして求められる。本プロジェクトでは，閉校後の中学校の教室の一室を「興津ぼうさいミュージアム」として整備することで，その機能を持たせることとした。

[2] 拠点化に向けた実践（2021年度）

2020年度に整備された興津ぼうさいミュージアムを，2021年度は①来館者を増やす，②地域に人に集まってもらう，ことを目指した。なぜなら，同ミュージアムは以下の二つの狙いを持っているからである。第一に，興津地区外の地域・学校が実践の先進事例を学習できる場とし，興津地区外に興津防災を

水平展開すること、第二に、ミュージアムを興津地区内の防災活動拠点とすることである。

そこで、興津地区の防災実践をまとめたミュージアム館内パンフレットを制作したり、四万十町の公式のホームページの中にミュージアムのページを作るなどして、地区内外の地域・学校が防災学習で訪問しやすい環境を整えた。結果として、地区外から中学校3校、小学校5校、地区内の小学校や保育所、ガールスカウトなど計約250名がミュージアムを訪問した（2021年度：2021年4月～2022年3月）。

加えて、同ミュージアムが興津地区内の拠点となるには、防災活動以外の目的でも地域の人々が集う場とすることが望ましい。そこで、興津地区の歴史写真展を興津小学校児童と保護者を対象に実施したところ、地域内でも話題となった。このことから、歴史写真展の実施を介したミュージアムの地域拠点化の可能性を確認した。

7.3 今後の展望

今後、主に2つの主軸を定め、興津防災ミュージアムを拠点とした、学校閉校後も地域防災活動を持続させる新しいフレームワークを推進していく。

一つ目は、興津ぼうさいミュージアムを興津地区内の地域防災拠点化する活動である。歴史写真展が地域住民らの関心を集めることがわかったことから、それをより拡大した歴史写真展を興津ぼうさいミュージアム館内にて実施する。写真展は自主防災組織や興津小学校に加えて京都大学や役場がメンバーとなっている「地域ぐるみの会」が企画・実施を担うことで、ミュージアムの活動拠点化を進めることができる。さらに、訪れる興津地区住民は、写真の観覧とともに興津地区での地域防災実践を知ることができる。こうした企画を進める中で、ミュージアム自体の将来的な運営方法についても地域住民と議論の場を持つ予定である。

もう一つの取り組みは「教育・防災間連携」から「福祉・防災間連携」への転換を目指すものである。これまで前提としてきた教育（学校）と地域防災の連携は、学校統廃合によって機能しなくなる。そこで、福祉・防災間の連携へと転換する方策を進める。興津地区では、すでに、高齢者の健康づくりに防災対策を組み込む試みを開始している。これをさらに進め、津波避難できる歩行能力の維持・促進を目的としたウォークラリープログラムの作成や、歩行能力に応じた津波避難可能距離を示すマップの作成を進める。これらの取り組みを通して、学校廃校後も持続発展する地域防災体制の構築を行う。すでに小学校での防災学習で取り組んでいる防災マップ作成活動において、「健康×防災」をテーマとして進めら

れている。完成後はミュージアムを拠点としたイベントでも活用することを念頭に、作成が試みられている。

8. 防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト

8.1 プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、南海トラフ地震臨時情報の効力を十分に引き出すために、どのような人々が事前避難すべきかを同定するための手法を開発している。本プロジェクトは、令和2～6年度文部科学省科学技術試験研究委託事業『防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト』の「サブ課題2：地震防災情報創成研究」のグループdの研究として位置づけられている。本プロジェクトを遂行する際には、他グループと連携した研究活動を行っており、例えば、サブ課題2のグループg（防災科学技術研究所など）で得られた地震工学の理学的な知見を活かしてシステムの開発を行っている。

8.2 プロジェクトの進捗

本プロジェクトでは、システム開発のベースとして、津波避難訓練支援ツール「逃げトレ」を採用する。「逃げトレ」は、個人向けスマホアプリであり、スマートフォンのGPS機能と津波浸水シミュレーションを利用し、スマホを携帯して実空間を避難する訓練参加者が、自らの空間移動の状況と、そのエリアで想定される津波浸水シミュレーションの時空間変化の状況を示した動画、この両方をスマホ画面で、同時に、しかも訓練中リアルタイムに見ることができるものである。そして、ユーザーは想定津波の振る舞いを理解しながら、避難を成功できるか否かの判定を自らの避難行動体験を通じて知ることができる。

以上から「逃げトレ」は、避難行動とその成否を、架空のデータを用いたシミュレーションでなく、現実の「一人一人の人間特性や属性による避難行動データによって、成否の判定を行うプログラム」を用いたものである。一方、本プロジェクトで開発している「逃げトレ View」は、「逃げトレ」で得られる一人一人の属性や避難行動のデータを集積し、それぞれの地域ごとへと拡大・発展させた津波避難戦略検討システムである。

津波避難戦略検討システム「逃げトレ View」は、「逃げトレ」から収集した一人一人の避難行動の集積データと最新の津波災害想定モデルを地図情報の上にマッシュアップして図示し、南海トラフ地震が発生する可能性が高まったことを知らせる災害情報

である南海トラフ地震「臨時情報」が発表された時に、事前に浸水域外に避難する「事前避難」の地域ごとの必要性を分析する機能を持つ。

現在多くの自治体では、南海トラフ地震の臨時情報発表時の警戒区域を想定・判断する場合において、浸水時間や浸水範囲によって機械的に定めており、浸水域に居住する住民属性や避難特性を考慮した上でなされていない。これに対して、「逃げトレ View」を用いると、実際の人間行動（だれが、どのようなタイミングで、だれと（介助・避難支援者等）、どのような速度で、どこを通過して、どこへ避難したか、その避難行動は成功したのか、失敗だったのか）の実状に基づいて、臨時情報発表時の避難戦略を立案することが可能となる。

本プロジェクトでは、上記の分析ツールに実装すべき機能について検討を続けている。例えば、津波避難戦略分析システム「逃げトレView」は、避難戦略を多角的に分析するために、訓練時の行動をそのまま可視化するだけでなく、元々のユーザー属性を加味した「独自の避難行動データセット」を用いて、地域（面）として捉えるプログラムを開発し、様々なシミュレーション機能を実装した。具体的には、実際の歩行速度や歩行開始時刻などのパラメータを変えて、避難行動をシミュレーションすることができるようにした。また、収集したユーザー属性（年齢、性別、介助の要不要、訓練実施の時間帯など）を分類して、避難行動を面的に分析することも可能である。今後、本プロジェクトでは「逃げトレView」のテストランを太平洋・瀬戸内海沿岸の地域で行い、システムの改善を進めていく。

9. Challenges for Natech Risk Management Implementation

9.1 Introduction

Natechs refer to natural hazard-triggered technological accidents involving the release of hazardous materials. These accidents can have detrimental effects on the environment, health, economy, and society. With increasing risk awareness and past experiences, more attention from scholars, industries, and governmental authorities has been drawn to Natech risk management. However, the appearance of new accidents every year, highlights the need for continued research and collaboration to improve Natech risk management and to prevent future Natech disasters. During the fiscal year 2021, Natech activities were aimed at better understanding the cascading process of landslide impacts on oil and gas pipelines, and improving risk communication

regarding Natech hazards and risk.

There is also urgent need for continued efforts to improve the understanding and management of Natech risks among diverse stakeholders including researchers, administrative bodies, industries, and communities from around the world. Thus, through several workshops and meetings, we exchanged global perspectives on Natech risk management, shared experiences from interdisciplinary fields on risk assessment and management practices, and on innovative risk reduction measures for Natech risk reduction.

A summary of the main activities is presented below.

9.2 The Development of a Novel Integrated Methodology to Simulate the Cascading Impacts of Debris Flows on Oil and Gas Pipelines

In the past fiscal year, Cruz lab proposed three methodologies to assess pipeline failure probabilities and hotspots at multiple spatial scales. The first methodology is to simulate the three phases of the debris flow that include the triggering of the debris flow, its propagation, and the impact of the debris flow on a pipeline at a regional scale. Through the methodology, for different routes of a pipeline, the at-risk pipeline length and location can be obtained and changed with the variation of pipeline segment length. Furthermore, at the regional scale, the pipeline hotspot length has the same trend as the previous study and the maximum allowable pipeline segment length can be determined. The second methodology assesses the pipeline Natech accident probability when a debris flow has multiple sources. This methodology involves the same three phases of the debris flow including the triggering of the debris flow, its propagation, and the impact of the debris flow on the pipeline. Through the integration of unstable slopes in ArcGIS, the different loads can be obtained with the combination of different probability intervals, which is used to calculate the pipeline Natech accident probability with the consideration of operation conditions. The results show the importance of probability interval classification and different probability interval classification approaches can lead to different probability results. A third methodology was proposed to calculate the process of debris flow and the impact on the pipeline through the integration of the 3D debris flow simulation (DebrisInterMixing) and modified pipeline failure mechanical models. Then, through the polar coordinates approach and random sampling, the pipeline failure probability can be obtained

under the different pipeline alignments, segment lengths, and operation condition scenarios. The results show that with the increase in pipeline segment length, the pipeline failure probability increases. The findings can be used to support the decisions of local authorities, stakeholders, and operators for risk assessment, prioritization of hazard mitigation measures and emergency planning, or decisions regarding pipeline siting during the pipeline life cycle.

9.3 Exploring Natech risk communication for participatory risk management

Natech risk information deficiency may result in individuals that are lacking the necessary information to conduct effective preparedness against and appropriate response during a potential Natech accident. However, it is not clear if there is demand (risk information appetite) for Natech risk information among citizens of areas subject to Natech hazards. To understand this issue, Cruz lab looked into the determinants and sociodemographic influences that shape individuals' situational perceptions and communicative behaviors toward chemical risk information disclosure, selecting Japan and Korea for a comparative study. The study results indicated that there is appetite for Natech risk information, but that there is limited information available. Trust in government and businesses, perceived decision power-sharing, gender, and age are found to positively influence citizens' situational motivation to communicate about Natech risk. The findings suggest that in both countries, individuals are concerned about Natech accident risk, indicating that individuals are motivated to be informed and communicate about Natech risk. The availability of Natech risk information can promote transparency and can be used to disseminate risk information to help all involved stakeholders to make risk-informed decisions. Based on the above study findings, Cruz lab developed a novel, educational, role-playing board game: EGNARIA. This serious gaming is designed to raise Natech risk awareness and generate discussions about risk management strategies, chemical information disclosure, and risk-informed decision-making concerning Natechs among stakeholders. The game was pilot tested with graduate students at Osaka University and Kyoto University, and the game impact was assessed via an evaluation survey applied to game participants before and after the game trials.

9.4 IDRIM2021 Conference

IDRIM2021 Conference is the 11th International Conference of the International Society for the INTEGRATED DISASTER RISK MANAGEMENT. The conference was hosted by DPRI, Kyoto University, and Cruz lab contributed to the planning and organizing of the event. Due to the coronavirus pandemic situation around the world, the event was held fully online on 22-24 September 2021. A special session on Participatory Approaches for Natech Risk Reduction was chaired by Prof. Cruz and Prof. Krausmann. In this session, Cruz lab presented the work "Evaluation of the probability of debris flow and pipeline failure due to debris flow through the application of a Monte Carlo method". Furthermore, Cruz lab students presented their work.

9.5 The 6th International Symposium on Natural Hazards Triggered-Technological Accidents: Global Perspectives for Natech Risk Management

Another important achievement in 2021, involved the co-organization of the 6th International Symposium on Natural Hazards Triggered-Technological Accidents: Global Perspectives for Natech Risk Management (Natech 2022) by DPRI and the Colombian 'National Unit for Disaster Risk Management (UNGRD)'. The symposium was held in a hybrid manner in Bogota, Colombia, on 10-11 March, 2022. Over 1000 people participated online and approx. 300 persons attended the event in person. This important event was inaugurated by the Director of UNGRD and the Ambassador of Japan to Colombia. Prof. Cruz attended the symposium in person and gave speeches for both the opening and closing ceremony of the event. Several members of Cruz lab presented their work "Identification and Analysis of Landslide Events in Hydrocarbon Transmission Pipelines", "A Serious Gaming Approach for Natech Risk Awareness and Chemical Information Disclosure", and "Developing A Simplified Model for Assessing the Pipeline Failure Probability Due to Multiple Independent Sources of Rainfall-Induced Debris Flow". With the opportunity, the lab members got a chance to exchange research knowledge and experiences in the field of Natech risk management. Furthermore, a volume in the Springer IDRIM Book Series is currently under preparation.

10. 国際共同研究

本節では横松による国際応用システム研究所 (IIASA- International Institute for Applied Systems

Analysis, Laxenburg, Austria) との共同研究について報告する。横松は平成 29 年度からの IASA での長期滞在をきっかけに、同研究所と継続的に共同研究を行っている。令和 3 年度は大きく二つのテーマに取り組んだ。ひとつは水(Water)グループの Taher Kahil 研究員や Junko Mochizuki 研究員, Julian Joseph 研究員等と、米州開発銀行(IDB)のプロジェクト「災害リスク管理に関する研究－脆弱性の低減のためのマクロ的視点による費用便益分析(Study on Disaster Risk Management – A Macro Perspective Cost-Benefit Analysis for Reducing Vulnerability)」(2019-2021)において、中米のバルバドスを対象としたケーススタディを取りまとめた。同グループと共同開発してきたモデルは DYNAMMICS (Dynamic Model of Multi-hazard Mitigation Co-benefits)と名付けられており、確率的・動学的な経済成長モデルのフレームの上で、複数の災害ハザードに直面した一国経済を対象に、複数の防災・復興対策の効果を分析する点に特徴をもっている。そして政策の計画期間の最後の期の GDP の増加分を、「対象政策ありのケース」と「対象政策なしのケース」の差として計測し、さらにはそれを「災害リスク軽減効果」(＝「事後的被害減少効果」＋「事前的リスク軽減効果」)と「共便益(Co-benefit)生産拡大効果」に分解する会計枠組みを備えている。上記のプロジェクトでは、中米のバルバドスにおけるハリケーンと海岸浸食を対象とした。ここでは海岸保全が防風等の防災の機能と同時に、観光資源としても経済成長に資する点を共便益(Co-benefit)と考えた。さらには、政府の防災財政において、リザーブ資金やクレジットライン契約、保険で構成される階層型のファイナンス戦略を考慮した。ケーススタディではある規模の財政資金を防災施設整備に充てるケースや、すべてをファイナンス契約に充てるケース、両者を混合するケースの比較を行った。対象とする資金規模や政策シナリオは、開発銀行や現地の実務者との打ち合わせを通じて設定し、防災施設整備政策とファイナンス政策の間の補完的な関係などを定量的に明らかにした。ただしデータの不足等によって仮定を多く含んだシナリオ分析となり、統計的な妥当性を高めることは今後の重要な課題である。一方、実務者とのコミュニケーションを通じて導かれた結果である点にはひとつの意義があると思われる。また同プロジェクトの結果が関心を惹いたという理由によって、同開発銀行よりバハマ国を対象とした分析を行う追加依頼を受け、ケーススタディを行った。またアフリカ 2 か国を対象に行った結果の一部が、国連防災オフィスが発行する Global Assessment Report 2022 の基礎論文として採択された。

二つ目は、公平と正義(Equity and justice)グループ

の Thomas Schinko 研究員等とオーストリア国立銀行出資のプロジェクト「気候関連災害の分配的含意－マクロ経済学的評価 (Distributional Implications of Climate-related Disasters - A macroeconomic assessment)」(2021-2023)において、災害と個人間の不平等と経済成長の関係を分析するモデルの開発に取り組んだ。そこでは最初に、開発途上国社会を念頭に、低所得家計が直面する借入制約に着目した。借入制約によって、低所得家計は被災後に家屋や家財を速やかに復旧させることができず、長期にわたり効用が低下する。そのことが概ね自明と考えられている一方で、一国経済全体の生産への影響については理論的・実証的な解明が進んでいなかった。令和3年度末の時点において、いまだ初歩的な構造のモデルと仮想的なパラメータ値による数値解析の結果に過ぎないが、借入制約が単独では災害後の所得格差拡大の理由にはならない可能性が示された。環境によっては、借入制約が結果的に低所得層の消費を抑制し、貯蓄を増やすことで、将来の所得を増加させ、マクロ経済の生産を増加させる可能性さえある。しかしながら、災害と格差の関係は多くの要因が複雑に関連し重なりあった結果として導かれる。例えば、マクロ経済がインフレーションをトレンドとしているか、デフレーション下にあるかによって、失業率や賃金への影響が異なってくる。また途上国では教育の機会が災害から直接的な影響を受けることも多い。今後ひとつひとつを丁寧に定性的・定量的に計測していく必要がある。

11. 桜島防災に関する地域との協働研究

本節では拠点間連携共同研究において大西が取り組んでいる「桜島大規模噴火による大量軽石火山灰降下に対する事前広域避難に向けた実践的研究(課題番号2022-K-02)」について報告する。

桜島ではこれまでに周期的に大規模噴火が生じている。最近の大規模噴火は1914年の大正噴火であり、その前が1779年の安永噴火である。安永噴火と大正噴火の間隔が135年である。大正噴火から100年以上が経過し、また始良カルデラのマグマ蓄積も進行していることが確認されていることから、向こう数十年以内には大規模噴火が発生することが予期されている。火山災害、特に大規模噴火に関しては、必ず火山性地震の頻発、山体膨張等の予兆現象が噴火前に観測される。したがって、大規模噴火が発生する前の段階で、避難等の生命を守るための対応行動を講じることができれば被災を大幅に軽減できる。

桜島の大規模噴火が生じた場合、風向きによっては、鹿児島市街地側に最大で1mにも及ぶ大量の軽石

火山灰が降り積もる可能性がある。特に、7月から8月にかけて夏の時期に大規模噴火が生じた場合、大量軽石火山灰降下が生じる蓋然性が高い。大量軽石火山灰降下が生じれば、鹿児島市街地のあらゆる交通は途絶し、救援物資の輸送も困難な状況になることが予想される。また電力等のライフラインにも大きな影響が発生し、場合によっては生命の危険さえ生じる可能性がある。鹿児島市は大規模噴火が起こりうる火山に人口が集積している。火山災害の大規模な広域避難オペレーションのガバナンスの「型」はまだ存在しておらず、避難研究としてもユニークであり新たなチャレンジである。

鹿児島市の地域防災計画では、こうした被災シナリオを想定し、鹿児島市外への広域避難計画を策定している。しかし、計画を策定しただけで、オペレーションが適切に機能するわけではない。計画の実行可能性や適切に実行するための能力を確保しておく必要がある。また、実際に大規模噴火が迫った段階で対応行動に関する意思決定を迫られるのは住民たちであり、事前の備えも含めて、住民自身がいざという時に行動できる状態にあることが重要である。したがって、本プロジェクトでは、鹿児島市八幡校区を対象に、研究者は住民に対して「どう行動すべきか」を教えるのではなく、住民自身に問題を投げかけて悩んで考えてもらうための機会や場を設け、そして考えるための情報やアイデアを提供する、いわばメンターとして振る舞い、地域と協働して桜島大規模噴火に対する対応能力を確保する試みを行っている。したがって、本プロジェクトでは、大規模噴火の広域避難に関するガバナンスの型を作るという目的とともに、そうした型をどう作っていくのか、というプロセスに関する学問的知識を蓄積していくことにも主眼がある。したがって、火山学、土木工学、防災工学、社会心理学、文化人類学等、さまざまな専門分野の研究者が学際的なチームを組成し取り組んでいる。また、こうした型づくりは一朝一夕に創り上げることができないために、開始当初から長期的な関係を前提として活動している。

対象地域である八幡校区は、世帯数が約9,500世帯、人口が約16,500人、31の町内会があり、集合住宅が多数存在する鹿児島市でも中心に近い住宅エリアである。八幡校区のコミュニティ協議会の有志の皆様とともに、これまでに4回のワークショップをコア活動した協働実践を行っている（[Figure 1]）。



Fig. 1 Photo of Workshop

第1回（2021年11月22日）では、自身の職場や家を含む八幡校区全域に大量に軽石火山灰が降り積もった状況をイメージし懸念事項を自由に語っていただいた。第1回の後、住民たちだけで集まり自主勉強会を開催し、浮かび上がってきた懸念や不安、より深く知りたいことを話し合った。第1回のワークショップを通じて住民たちの話し合いの中で出てきた最も中心的なテーマが避難の問題であった。第2回（2022年3月8日）では、自主勉強会で出てきたさまざまな疑問や考えに対して、専門家がコメントしながら対話する機会を設けた。この際、研究者側も事前避難の有効性を主張したため、ワークショップ終了前に、事前避難を行うか、自宅にとどまるか（研究者チームでは「籠城」と呼んでいる）という質問を投げかけたところ、事前避難を行うと答えた住民が多数派となった。第3回（2022年6月11日）では、同校区の広域避難先に指定されている南さつま市の現地視察を行った。実際に現地を訪れた参加者は、南さつま市において都市部の万単位の住民を受け入れるだけの収容能力が不足していることを明確に認識するに至った。第4回（2022年10月24日）では、一時的な判断として、参加者に事前に避難するか、自宅にとどまるかの意思決定をしてもらい、その判断のもとで懸念される事項について考える機会とした。興味深いことに、第2回終了時点では、事前避難」の選択が多数派だったが、現地視察後は、「自宅にとどまる」との選択が多数派となった。つまり、住民の考えは揺れている。そして、言うまでもなく、これは研究者を含めた第三者が正解を教えるような類いの問題ではない。

我々は住民の考えの揺れを敢えて生み出すことを意図してワークショップの内容も企画している。つまり、住民にとっては難儀な問題ではあるが、敢えて悩む機会を設けている。こうした手法は「クロスロード」という形で実践でも活用されている。ただ

し、本研究は、長期的な協働実践を前提とする中で、研究者と住民の対話の場であるワークショップの内容の意義づけながら大規模噴火の危機対応の型を創り上げていくのかという新たな学術的問いに向かい合いながら、そうしたプロセスに関する知見を蓄積しようとするところに新たな挑戦があると考えている。

12. 先端防災 IT 研究

本節ではJSTさがけ「IoTが拓く未来」領域にて廣井が2020年11月から実施している、「IoT連携基盤による先端防災ITの実現」研究について報告する。本研究は、既存の優れた防災技術をフルに活用した、漸進的かつ柔軟に連携させる基盤技術の研究開発を目的としている。さがけでの先端防災IT研究の最終目標は、研究者、開発者のための、防災に関わる解析技術、アプリケーション、システムのテストベッドの開発である。ひとつのシステムを研究開発し実用するためには少なく見積もっても1～数年規模での開発期間が必要となる。この開発スピードを向上させるため、システム内のコンポーネントを共有、相互交換する基盤を作り研究開発環境とする。また、連携基盤に過去の災害のデータや関連システムなど必要システムをつなぐことで、コストの大きい解析技術やシミュレータの性能評価が可能なテストベッドの提供を目的としている。テストベッドとして動作させることによって、評価環境を提供し、防災に関わるシステムやアプリケーションの開発の促進を目指す。

研究開発の2年目となる2021年度は、前年度までに開発した様々な防災要素技術をつなげる技術連携を果たす、多種多様な防災要素技術の漸進的な連携技術を応用してセンサシステムのCyReal化に着手した。CyRealとは、デジタルツインの概念における中間の役割を果たす存在を意味する。CyRealでは、連携基盤に接続されたすべてのサブシステムの中で実システムとシミュレータを混在可能としており、混在の割合によって、様々な目的にシステムが使えるようになることを見込んでいる。

CyRealの構想に基づき、我々は、仮想デバイスだけでなく実物のデバイスとの接続、検証ができるセンサシステムを開発した。これまでの既存技術、先行研究のセンサシステムは分散配置を想定した機能設計、必要数の実機を用意した事前の機能検証は難しく、機能検証を担うセンサエミュレータはバーチャルなセンサデバイスのみに対応しているため、実際の運用環境を前提とした検証が行いにくいという問題があった。センサシステムのCyReal化において

は、実機のみ、もしくはバーチャルセンサのみでは難しい、広範囲へのセンサ分散配置や、事前の機能検証を容易にする。実機、仮想機との入れ替えが可能なCyRealセンサシステムを開発し、10¹²台の仮想センサが実時間で動作することを確認した。これは、目指すテストベッドの基幹機能の研究開発にあたる。

2022年度からはアプリケーション、システムの連携や実システムの接続に向けた仮想時刻の開発など、テストベッドの実現に向け、研究を進めていく。

13. 在外研究

巨大災害研究センターでは、日本学術振興会国際競争力強化研究員（CPD）の大門が、2021年1月より米国デラウェア大学災害研究センターにおいて、在外研究を行っている。災害研究センターは、世界で最も古い社会科学の立場からの災害研究を行う機関であり、社会学のみならず政策科学や心理学などの分野の研究者が在籍しており、米国の災害研究を牽引している。研究員の大門は、客員研究員として本機関で研究活動を行っており、主に3つの研究プロジェクトを行っている。第一に、新型コロナウイルスによるパンデミック中の小規模事業者の事業継続の日米比較についてである。第二に、防災行動に関する米国を含む国際的な論文の文献研究である。第三に、集合的トラウマや米国の研究動向など、米国の知見を踏まえ、日本の災害研究を捉えようとする研究である。

第一の新型コロナウイルス下での小規模事業者の事業継続については、2021年に実施した日米でのインタビュー調査をもとに研究成果をまとめた。具体的には、米国の38事業者、日本の28事業者へのインタビューデータを元に、日米の小規模事業者の事業継続の戦略の違いは「信頼」が大きく影響していることがわかった。日本の小規模事業者は、信頼の高さが功を奏して小規模事業者の事業破綻を避けることができた。その一方で、米国のように新たな人材の採用や新たな取引先の確保、補助や助成を用いた事業内容の投資というのは充分なされなかった。このことは、米国における小規模事業者への影響が極めて短期間にかつ大きいものであった一方で2021年から22年にかけて大きく米国経済が回復したこととも重なっている。日本の場合、こうした投資がなされなかった事もあり、初期の影響は極めて低く抑えられたものの長期的な視点から見ると充分なイノベーションに繋がらなかった可能性がある。以上の研究成果をもとに、本年度の4月には防災研究所の総合防災セミナーにおいて研究成果を共同研究者とともに発表、またインタビューを実施した日本の小規模事業者とともにパネルディスカッション行

い研究成果を発信した（大門他，2022）。

第二の防災行動と防災意識に関する国際比較研究においては、日本の国内誌1296論文、国際誌302論文対象にし、防災行動の要因に関するレビュー研究を行っている。現段階で日本の国内誌に関する文献レビューは終了し（Daimon et al., in press）、現在、日本と世界の防災行動に関する要因の違いについて検討を行っている。災害研究センターが持つ災害専門の図書館を用いて要因の違いについて検討を行ったところ、日本と海外における違いが徐々に明らかになってきた（[Table 1]）。日本においては、認知要因として防災意識や意図が強調される一方で、国際的な文脈では、責任や地域への愛着が議論されていること、また日本においては防災行動を取り巻く環境として、防災教育や災害の風化・想起といったことが問題になるのに対し、海外においては、エスニシティや言語的なマイノリティ、宗教、ジェンダーといった社会的な不平等が問題になっていることが明らかになってきた。現在こうした違いについて研究成果として取りまとめつつある。

Table 1. Characteristics of Factors Associated with Disaster Preparedness Behavior in Japan and Abroad

	認知要因	環境要因
日本にのみ	防災意識、意図	防災教育、経過時間・集合的想起（風化）
海外にのみ	責任、愛着	エスニシティ、言語的マイノリティ、宗教、（ジェンダー）

第三に、昨年から引き続いて、米国で議論されている集合的トラウマに関する研究、ソーシャルキャピタルや文化的トラウマの議論の整理、さらに米国での災害社会学の研究の動向について研究を取りまとめている。本年度新たに取り組んだこととしては、ハリケーン・カトリーナの影響とその後の米国への防災に関する影響について考察し、さらに、日本におけるコミュニティの喪失や災害による世代間の断絶について国際比較を行っている。また、米国の災害社会学の研究が日本に十分に紹介されていないことを踏まえ、本年度よりキャサリン・ティアニーの『Disasters: A sociological approach』の翻訳を開始し、2024年度中の刊行を目指し、翻訳を進めている。

大門研究員は、以上のようなプロジェクトをはじめ、日米での研究成果をオンラインのセミナーとして発信を行ったり、翻訳を通して研究動向の日本への紹介を行ったり、日本人研究者の災害研究センター訪問の窓口となるなどして、国際的な共同研究が

進むように努めている。

14. Summary of activities of Dr. Hamilton Bean as visiting professor at DPRI, Kyoto University from June 1 to October 1, 2021.

I was delighted to return to DPRI at the invitation of Dr. Ana Maria Cruz and the DPRI faculty after having briefly served as a guest researcher in the fall of 2019. The timing of my visit coincided with a major lockdown across Japan in response to a rising wave of COVID-19 infections. Despite the challenges, the visit was productive. It culminated in the first U.S.-Japan expert workshop on mobile alert and warning (online) September 8–10, 2021. I would like to thank the DPRI students, faculty, and staff for their kindness and support.

My research focuses on understanding the institutional, communicative, and behavioral dynamics of mobile public alert and warning. I returned to DPRI to continue my cross-national comparison of public responses to mobile public alert and warning messages, critical message characteristics, geotargeting and multimedia capabilities, and how differences among communities (in terms of accessibility, education, trust, security, and privacy) impact the efficacy of mobile public alert and warning. These challenges intersect Natech accidents in Japan, where citizens and visitors face increasing technological dependency for risk communication, tensions between self-judgment and reliance upon authorities for protective-action initiation, increasing frequency of mobile public alert and warning issuance, and intensified disasters due to climate change. The comparative research I undertook at DPRI has helped researchers pinpoint critical technological and social-scientific uncertainties and opportunities. Through my experiences at DPRI, I am better able to assist stakeholders in developing interventions in community preparedness, public education, policy, planning, and training.



Fig. 2 Inaugural Okusu Seminar in Higashimiyoshi, Tokushima Prefecture



Fig. 3 Hiking the Kyoto Trail in Arashiyama with Dr. Ana Maria Cruz and Ph.D. Students

14.1 Fieldtrip to Higashimiyoshi and discussions with community leaders and members

On June 19, 2021, I joined DPRI faculty, affiliated faculty, and local community members for the inaugural Okusu Seminar in Higashimiyoshi, Tokushima Prefecture. There, I had the opportunity to speak with the community leader responsible for the issuance of community-based alert and warning messages. He shared his view that in a life-threatening emergency, community members will take their own protective actions and do not expect to rely on government-issued mobile alert and warning messages.

Following the issuance of landslide alert and warning messages in Kyoto on July 3, 2021, I met with a group of foreign residents to discuss their reactions. The messages were rendered in Japanese, but English speakers with technical know-how were able to translate the messages using their mobile device. The foreign residents expressed dismay for the multiple messages and lack of geo-

targeting precision. “Message fatigue” and “cry wolf syndrome” were constructs that surfaced in discussion. In speaking with DPRI students about this case, one said, “I was scared at first because of the very noisy alarm I got, and then the recorded message I was not able to record and translate. Due to the fact that these messages are to be received any time, I could only take screenshots, but I was not able to record the voice message. I could translate this was not in my area, but I was still a bit confused.” I also spoke (via Zoom) with a community leader in Soja City. He believed that mobile public alert and warning messages needed to be sent earlier to reduce delay and promote self-evacuation, especially for older people.

The July 3, 2021, landslide messages in Kyoto were the same day as the landslide disaster in Atami, Shizuoka Prefecture, that killed 19 people. The Atami case illustrated the challenges of mobile alert and warning policy ambiguity. Specifically, Japan uses a five-level evacuation advisory system developed by the Japan Meteorological Agency (JMA). The JMA recently revised its advisory system based on public feedback that the meanings of certain advisory levels were not well understood. While the JMA provides advisories, mobile public alert and warning messages (including those for evacuation) are issued at the discretion of each municipality and/or prefectural government. In the Atami case, the JMA successfully prompted the Shizuoka prefectural government to issue a Level-4 evacuation warning, but despite multiple contacts between JMA and Atami officials, the municipality only issued a Level-3 warning that instructed people to prepare elderly and vulnerable populations for possible evacuation. Atami officials eventually issued a Level-5 advisory, but only when the landslide was already well underway. Moreover, 85% of surveyed Atami residents reported receiving no mobile alert and warning message at all. The Atami case illustrated policy gaps among JMA, prefectural governments, and local governments in consistently defining thresholds or triggers for the issuance of mobile alert and warning messages and evacuation instructions. The case underscored the hesitancy of government officials (both U.S. and Japanese) to issue mobile alert and warning messages under conditions of uncertainty.

To discuss these issues, on July 14, 2021, Dr. Mika Shimizu and I met with an official in charge of the disaster prevention section of the Kyoto Prefectural International Center. Likewise, on September 26, 2021, Dr. Shimizu, Dr. Norio Okada, and I met with members of the Shuhachi community disaster risk reduction group in Kyoto to learn

more about local mobile alert and warning processes and share perspectives.

14.2 U.S.-Japan expert workshop on mobile alert and warning

Along with Dr. Ana Maria Cruz, Dr. Mika Shimizu, Dr. Keri K. Stephens, Dr. Matthew McGlone, and Dr. Sharon Strover, I organized and conducted the first U.S.-Japan expert workshop on mobile alert and warning (online) September 8–10, 2021. Funded by the Japan Foundation’s Center for Global Partnership (CGP) and responding to the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030, the workshop compared U.S. and Japanese mobile alert and warning contexts, systems, policies, and messages to investigate possibilities for international harmonization of mobile device-based early warning. The workshop involved 25 participants, 8 from the United States and 17 from Japan. The participants included a mix of members of Japanese national and local government organizations, Japanese private sector organizations, and U.S. and Japanese academic institutions, all of whom have a stake in disaster risk reduction. The small number of participants allowed for wide-ranging discussion across the three days of the workshop. The workshop’s sessions revealed two interrelated issues that repeatedly surfaced among workshop participants: culture and policy. The workshop illuminated several possibilities and problems confronting U.S., Japanese, and global stakeholders as they develop, deploy, and seek to improve the effectiveness of mobile alert and warning systems and messages. A summary of the workshop appears in the article, “Mobile Alert and Warning in the United States and Japan: Confronting the Challenges of International Harmonization,” published in the *International Journal of Disaster Risk Science*.

14.3 Selected presentations, participation, and additional publication

July 27, 2021, Presenter, “Mobile Technology for Public Alert and Warning: Increasing Resilience or Vulnerability?” Kyoto University Resilience Society Roundtable @GSAIS

September 3-5, 2021, Participant, Sogo Bosai Camp (online)

September 23, 2021, Chair, YSS, IDRiM Conference

September 24, 2021, Panelist, Discussion #3, “Challenges

of Integrated Disaster Science for the Upcoming Decade,” IDRiM Conference

September 24, 2021, Chair, Special Session 9, “Mobile Public Alert and Warning in the United States and Japan: Exploring Shared Challenges and Key Differences,” IDRiM Conference

September 25, 2021, Session 2: “Emerging Risks and Governance in a Complex World,” International Symposium on Disaster Management in a Complex World: New Focus and Approach. Kanreki Celebration for Professor Ana Maria Cruz and Professor Hirokazu Tatano

During my two-week quarantine upon arrival in Japan, I was able to produce an essay that was later published in the *IDRiM Journal*, “Researching Integrated Disaster Risk Management from an Interpretive/Critical Perspective.” Originally created as a presentation for students participating in the Sogo Bosai Camp, the essay describes what an interpretive/critical perspective on integrated disaster risk management entails and highlights related research contributions in the field. These contributions offer researchers examples of interdisciplinary, international, multi-methodological, and cross-cultural research in an array of disaster contexts that reflect the philosophical and normative commitments of interpretive/critical scholarship. The essay describes my experiences in applying an interpretive/critical perspective in researching the U.S. Wireless Emergency Alerts (WEA) system, and it explores the value (and risks) that such a perspective holds for policy intervention, institutional practice, and one’s own professional development.

Finally, many helpful conversations were had with DPRI students, faculty, and staff, especially the Ph.D. students in “Cruz Lab”: Namulun Borjigin, Lina María Parra Orduz, Song Su, and Dimitrios Tzioutzios.

15. データベース関連

15.1 データベースSAIGAI

巨大災害研究センターでは、その前身である旧防災科学資料センターの設立当初より、国内における災害関連資料の収集・解析を行い、これらの資料をもとに比較災害研究、防災・減災などに関する研究を実施してきている。これに基づき、昭和57年度よりデータベース“SAIGAIS”が構築され、旧防災科学資料センター所蔵の論文ならびに災害関連出版物

の書誌情報が登録されてきた。この“SAIGAIS”は、平成元年度に科学研究費（研究成果公開促進費）の補助を受けて全国的な文献資料情報データベース“SAIGAI”として拡充された。現在、本センターを中核として、全国各地資料センター（北海道大学・東北大学・埼玉大学・名古屋大学・九州大学）の協力のもとでデータの追加作業が継続されている。また、地区災害史料センター毎の蔵書を検索できるようになっている。

しかし、データベース及び検索技術の発展が著しい中で、本データベースが状況に即したニーズを得られなくなってきたとの指摘を受けて、防災研究所全体で巨大災害研究センターが事務局となり「データベースSAIGAI検討所内ワーキンググループ会議」が設置された。これを受けて、自然災害研究協議会において、データベースSAIGAIで所蔵する全国の大学図書館に所属される資料が検索可能なOPACシステムからも検索できるように、防災科学研究所ライブラリー及び京都大学図書館への寄贈する方針が承認され、「防災研究所資料室 資料整理ポリシー」が定められた。令和1年度より、同ポリシーに従って、資料の京都大学図書館や防災科研への移管や、不要な資料の廃棄が進められている。令和2年度以降の新型コロナウイルスの感染拡大によって作業は長期、短期の中断を繰り返すことになった。また、令和2年度、3年度にそれぞれ約2,000冊ずつの資料にカビが発生していることがわかり燻蒸作業を業者に依頼した。そのような問題に対応しながら、令和3年度末時点で約22,000冊の資料の保管／廃棄判定作業を完了している。

15.2 災害史料データベース

巨大災害研究センターでは、昭和59年度より歴史資料に現れる災害及びその対応等の関連記事をデータベース化するプロジェクトを実施している。その成果として蓄積されてきた史料とその現代語訳データは「災害史料データベース」として公開している。平成16年に、データベースをウェブ上で検索可能にし、表示できるようにする公開用プラットフォームが科学研究費補助金の交付を受けて作成され、データベースにアクセス可能となった。

令和3年度にはこれまで両SAIGAI・災害史料データベースを運用していた京都大学のウェブホスティングサービスが廃止された。そのため、技術室の協力を得て、「さくらサーバ」への移転を行った。災害史料データベースはSAIGAIとは構造が異なっており、またサイトの表示に既に運用が終了したAdobe Flashの技術が使われていたため、デザインを含めプ

ログラムを完全に作り直した。それにより作業に当初の予定よりも時間がかかったが、令和3年度末には両データベースを同時に公開することができた。

16. 総合防災合宿

2021年9月3日(金)～5日(日)にグループ恒例の総合防災グループ合宿を実施した。前年度に引き続き新型コロナウイルスの感染拡大状況を考慮して、オンラインツール Zoom を利用したバーチャル合宿とし、すべての学生参加者によって合計52件の口頭での研究発表が行われた。発表言語は英語とし、D2, D1, M1, B4 の口頭発表セッション後には Deep Discussion time と称してブレイクアウトルームに分かれ、より深い質疑応答や議論ができるよう配慮した。また、グループ内のコミュニケーションを活性化するため、オンラインツール Remo を使用した Communication time が4回設けられた。

総合防災グループ合宿のリモート開催は2度目であり、前年度に築いた運営方法を踏襲できたほか、前年度に課題となっていた、教員-学生間、学生間の議論やコミュニケーションをより活発にするための工夫が各所に取り入れた合宿となった。通信の大きなトラブルはなく、全員が円滑に発表を行い、3日間の総合防災グループ合宿は無事に完了した。

参考文献

- 畑山満則・矢守克也・Ana Maria CRUZ・横松宗太・大西正光・廣井慧・中野元太・大門大朗・杉山高志・岡田夏美・Ilan CHABAY・Chiung-wen HSU (2020) 巨大災害研究の課題と展望—巨大災害研究の現状と展望(5)— 7 高知県四万十町興津地区での新しい「学校—地域協働型防災活動フレームワーク」の構築, 木造家屋の地震被害の総合的評価法, 京都大学防災研究所年報, No. 64, Vol. A, pp. 218-221.
- 大門 大朗・松原 悠・Cox Zachary・鈴木 駿介 (2022). 日米の小規模事業者はCOVID-19パンデミックをどのように乗り越えたのか? : 第53回総合防災セミナーを振り返る 災害と共生, 6(1), 55-58.
- Daimon, H., Miyamae, R., & Wang, W. (in press). Navigating Theories of Actions on Disaster Prevention: A Systematic Review on Disaster Research in Japan, Natural Hazards Review.

(論文受理日: 2022年8月31日)