

## 巨大災害研究の現状と展望 (2)

### Present and Future Research in Disaster Reduction Systems (2)

畑山満則・矢守克也・James GOLTZ・大西正光・李フシン  
岩堀卓弥・宮本匠・荒木裕子

Michinori HATAYAMA, Katsuya YAMORI, James GOLTZ, Masamitsu ONISHI, Fuhsing LEE,  
Takuya IWAHORI, Takumi MIYAMOTO, and Yuko ARAKI

#### 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:** Society 5.0, データベース, 災害対応, 減災社会, 合宿

**Keywords:** Society 5.0, database, disaster response, disaster risk reduction society, camping

#### 1. 研究展望

2011年に発生した東日本大震災では、先端的な情報技術 (ICT) が様々な局面で利用された。これは、スマートフォンの普及により、「いつでも、どこでも、何でも、誰でも」がインターネットを初めとしたネットワークにつながることで、様々なサービスが提供され人々の生活をより豊かにするユビキタスネットワーク社会が現実化されてきたことが大きな要因である。ユビキタスネットワーク社会の実現に伴い、IoT (Internet of Things) で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出すことで、これらの課題や困難を克服したり、人工知能 (AI) により、必要な情報が必要な時に提供されたりするようになることで、ロボットや自動走行車などの技術を通じて、少子高齢化、地方の過疎化、貧富の格差などの課題が克服されることを目指した「Society 5.0」が科学技術イノベーション総合戦略2017において提唱された。防災・減災システムは、Society 5.0のプラットフォームの応用として、位置づけられており2), 災害対応

における先端技術利用への期待は高まりを示すものとなっている。

「Society 5.0」とは、①サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより、②地域、年齢、性別、言語等による格差なく、多様なニーズ、潜在的なニーズにきめ細かくに対応したモノやサービスを提供することで経済的発展と社会的課題の解決を両立し、③人々が快適で活力に満ちた質の高い生活を送ることのできる、人間中心の社会をされており、狩猟社会 (Society 1.0)、農耕社会 (Society 2.0)、工業社会 (Society 3.0)、情報社会 (Society 4.0) といった人類がこれまで歩んできた社会に次ぐ第5の新たな社会をイノベーションによって生み出すという意味で名付けられた。

Society 5.0を実現する先端技術としてIoT、ビッグデータ、人工知能、ロボットが挙げられており、Fig.1に示されるように構築が期待されるプラットフォームの基盤技術と位置づけられている。防災・減災システムは、これらの基盤技術の応用先として位置づけられており、Fig.2に示すような事例が期待されている。

災害発生の際に、新たな技術が試行され、その有用性と課題を示すことで、利活用が広がってきている。巨大災害研究センターは、このような新たな技術動向を視野に入れつつ、実装先の候補となる行政や地域で実践を繰り返すことで、新しい形の防災の在り方について、模索していくことを目指している。

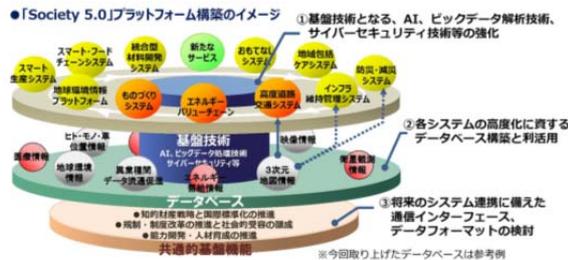


Fig.1 Platform Image of Society 5.0

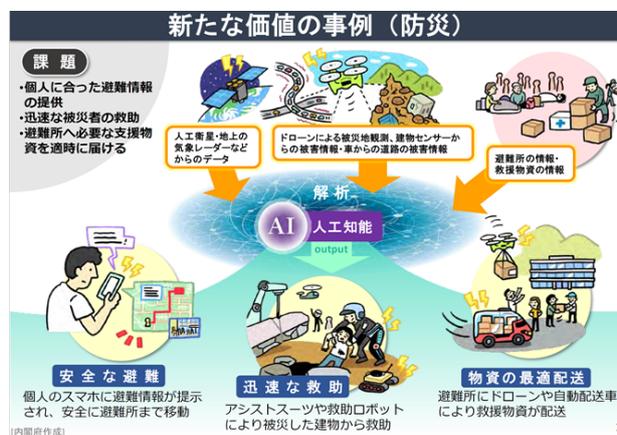


Fig.2 Expected Examples of New Technologies of Society 5.0 in Disaster Area

## 2. 総合防災セミナー

巨大災害研究センターでは過去10年以上にわたって、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。

2017年度は、下記の通り、9回のセミナーを開催し、総合防災グループをはじめとした防災研究所の関係教員や学生、外国人の客員研究員や短期滞在研究者が参加し、活発な議論が交わされた。

### 【第8回総合防災セミナー】

日時：2017年5月26日(金) 13:00-18:00

場所：宇治キャンパス・木質ホール3階セミナー室

言語：英語

講演者：Jeffrey J. McDonnell 教授(カナダ・サスカチュワン大学)

題目：Compartmentalization of the Terrestrial Water Cycle

講演者：Murugesu Sivapalan 教授(米国・イリノイ大学)

題目：From Engineering Hydrology to Earth System Science: Milestones in the Transformation of Hydrologic Science

### 【第9回総合防災セミナー】

日時：2017年9月1日(金) 16:00-18:00

場所：宇治キャンパス・防災研究所 大会議室 S-519D

言語：英語

講演者：Irasema Alcantara Ayala先生 (巨大災害研究センター客員教授/メキシコ自治大学教授)

題目：Civil Protection in Mexico: a brief history and challenges ahead

講演者：Liping Fang先生 (社会防災研究部門客員教授/Ryerson大学教授)

題目：Risk Management of Extreme Events: A System of Systems

### 【第10回総合防災セミナー】

日時：2017年11月13日(月) 15:00-16:15

場所：宇治キャンパス・防災研究所・巨大災害研究センター 中会議室 (N-441D)

言語：英語

講演者：Douglas S. Lownsbury氏 (National Science Foundation Graduate Research Fellow Science Education, College of Education, Oregon State University)

題目：Earthquake and Tsunami Education for Conceptual and Behavioral

### 【第11回総合防災セミナー】

日時：2017年11月13日(月) 16:00-17:30

場所：宇治キャンパス・防災研究所 大会議室 S-519D

言語：英語

講演者：Michèle Companion教授 (Professor of Sociology, University of Colorado-Colorado Springs)

題目：Understanding Food Security in Urban Environments: implications for urban planning, disaster risk reduction and emergency response, and national security

【第12回総合防災セミナー】

日時：2018年2月2日（金） 15:30～17:00

場所：宇治キャンパス・防災研究所 大会議室 S-519D

言語：英語

講演者：Dr Maria-Helena Ramos (Research scientist in hydrology and hydrometeorology at IRSTEA)

題目：Hydrological modelling and forecasting at the Catchment Hydrology Group in Irstea, Antony (France)

講演者：Dr Guillaume Thirel (Research scientist in hydrology and climate change impacts at IRSTEA)

題目：Hydrology under change: an evaluation protocol to investigate how hydrological models deal with changing catchments

【第13回総合防災セミナー】

日時：2018年2月2日（金） 15:00～17:30

場所：宇治キャンパス・防災研究所 大会議室 S-519D

言語：英語

講演者：Ásthildur Elva Bernharðsdóttir先生 (アイスランド大学)

題目：Cultural theory to risk- and disaster management

講演者：城下秀行先生 (関西大学)

題目：How can we recognize a black swan as a special bird?

【第14回総合防災セミナー】

日時：2018年3月7日（水） 9:00～13:00

場所：防災研究所・連携研究棟・大セミナー室

言語：英語

講演者：川瀬博先生 (京都大学・防災研究所)

題目：Volcano predictions and evacuation from two case studies

講演者：川瀬博先生 (京都大学・防災研究所)

題目：Volcano predictions and evacuation from two case studies

講演者：川瀬博先生 (京都大学・防災研究所)

題目：Volcano predictions and evacuation from two case studies

講演者：川瀬博先生 (京都大学・防災研究所)

題目：Volcano predictions and evacuation from two case studies

【第15回総合防災セミナー】

日時：2018年3月26日（月） 10:00～12:00

場所：宇治キャンパス・きはだホール

言語：日本語

講演者：川瀬博先生 (京都大学・防災研究所)

題目：ここまでの研究者人生を振り返って：15年間の準備，3年間の栄光，20年間の挫折—同じ轍を踏まないために

【第16回総合防災セミナー】

日時：2018年3月30日（金） 16:00～17:30

場所：宇治キャンパス・きはだホール

言語：日本語

講演者：寶馨先生 (京都大学・防災研究所)

題目：防災研究所における24年を振り返って

### 3. SATREPS

#### 3.1 SATREPS プロジェクトとは

SATREPS プロジェクトは、国立研究開発法人科学技術振興機構（JST）と独立行政法人国際協力機構（JICA）が共同で実施する、地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム（SATREPS）の枠組みで行われている研究プロジェクトである。防災研究所では、その枠組みにおいて日本側の代表研究機関として、メキシコ合衆国太平洋岸での地震・津波災害軽減に向けた国際共同研究プロジェクトを行っている。（以下、SATREPS プロジェクトと略称する。）



Fig.3 Fieldwork for risk evaluation



Fig.5 The event of setting time capsule



Fig.4 Tsunami evacuation drill



Fig.6 The event of world tsunami awareness day

SATREPS プロジェクトでは、陸上と海底での地震観測 (A グループ)、地震モデリングと津波モデリング (B グループ)、脆弱性とリスク評価ならびに教育プログラムの作成と普及 (C グループ) の活動が連携して行われている。この連携を言い換えれば、A グループの観測結果を基に B グループが地震津波シミュレーションを行い、B グループの出した知見を踏まえたリスク評価や防災教育を C グループが行う、という関係性である。SATREPS プロジェクトは主に平成 28 年度から 5 年間の計画であり、平成 29 年度は本プロジェクトが本格的に始動してから 2 年目にあたる。それぞれのグループにとって 2 年目は基礎データの収集とともに、各グループ間の連携を進めている。

巨大災害研究センターは、SATREPS プロジェクトにおいて主に C グループの活動を担う。以下でその概要を、「脆弱性とリスク評価」、「防災教育と避難訓練」、「津波体験のアーカイブ化」、「国連世界津波の日イベント」、の項目に分けて紹介する。

### 3.2 脆弱性とリスク評価

C グループの活動の 1 つの柱として、沿岸部の都市部について、地震・津波による構造物および地域

経済の脆弱性評価を行う。調査対象は主としてゲレロ州沿岸部の都市とする。

平成 29 年度は、土地台帳に基づく構造物の脆弱性の調査および国勢調査結果に基づく地域の脆弱性評価を行った。特にゲレロ州沿岸部の都市「Acapulco」および「Nuevo Amanecer」での本格実施に向け、本プロジェクトの C グループの活動拠点となる「Zihuatanejo」で準備を進めた。

さらに、道路や橋などの避難ルートや、同市を訪れる観光客の動向など災害に対する脆弱性の基礎データを収集した後に、シワタネホ市における津波避難シミュレーションの作成を行った。これに加えて、シミュレーション結果を適用するための避難誘導標識の開発と運用について、効果的な設置場所の検討を行っている。

### 3.3 防災教育と避難訓練

C グループの活動のもう 1 つの柱として、地震・津波についての防災教育と、それへの具体的な対応策となる避難訓練を行う。平成 29 年度は、ゲレロ州シワタネホ市内の小学校 1 校、中学校 3 校を中心にした幼小中高大の園児・児童・生徒と教職員を対

象とした防災教育の実践研究、及び、市民とホテルスタッフへの津波意識啓発を実施、約 3,000 名が対象となった。小学校で行われた津波避難訓練では、教職員が計画から実施までを担うなど、従来の防災機関が指導して行うスタイルからの進展が見られた (Fig.4)。

この他にも特筆すべき防災教育活動として、2017 年 7 月に、シワタネホ市のエヴァ・サマノ中学校と黒潮町佐賀中学校との合同津波避難訓練を実施した。遠地津波を想定した世界初のリアルタイム合同津波避難訓練である。同 11 月には、両国で遠くない将来に想定される津波災害についての記憶を継承することを念頭に置き、シワタネホ市と黒潮町でそれぞれにおいて、50 年後に開封予定のタイムカプセルの設置を行った。

今後現地で行う防災教育の展望について、現在日本で開発が進められている防災教育プログラムや津波避難誘導標識を現地向けに改良し、メキシコ沿岸部の都市に導入し、発災時の安全安心な避難行動の定着を目指す。地震・津波ハザードマップを基に、津波避難マップの作成や減災意識向上のための教育プログラムを現地向けに開発する。プログラムの開発にあたっては、既存のプログラムやツールを無反省に現地に適用するのではなく、現時点における減災意識の現状を把握し、現地の社会・文化的特性を十分に把握し、それらを踏まえた「カルチュラル・チューニング」を施してから、現地に適用する。次節では、そのための基礎データ作業である、津波体験のアーカイブについて述べる。

### 3.4 津波体験のアーカイブ化

平成 29 年度においては、まず、現地の地震・津波災害に対する意識調査を沿岸部やメキシコシティ等で実施した。特に、本プロジェクトのモデル地区として選定したシワタネホ市における過去の地震・津波履歴について、文書からの収集に加え、地域住民や地元自治体職員の知識やリスク認知についてもインタビュー調査、及び、アンケート調査により実態調査を行った (Fig.5)。文書の調査は、過去の津波に関する新聞記事の収集・分析を行った。インタビュー調査は大きく 2 つに分かれる。第 1 は、主に、現地における防災教育の推進に直接関わる情報を収集するためのインタビュー調査であり、第 2 は、主に、現地の地震・津波リスク認知一般により関わる調査である。アンケート調査は主に後者を目的に行った。

### 3.5 国連世界津波の日のイベント

平成 29 年 11 月 5 日-6 日、プロジェクトのカウ

ンターパート機関であるメキシコ国立防災センター (CENAPRED) との共催で、「国連世界津波の日」関連セミナーをシワタネホ市イスタパにて開催した (Fig.6)。国連世界津波の日とは、平成 27 年 12 月に行われた第 70 回国連総会本会議において、津波への備えを推進する日として採択されたものである。ゲレロ州沿岸の津波リスクの高い 13 市の防災担当者及びメキシコ政府防災関係者ら 193 名が出席した。シンポジウムでは、SATREPS 研究者 5 名 (日本人 3 名、メキシコ人 2 名) が、プロジェクトを通して得られた津波シミュレーション結果や防災教育手法を共有したほか、チリ人津波専門家やゲレロ州防災行政担当者による報告が行われた。防災研究所からは、日本側リーダーによる SATREPS プロジェクトに関する講演が、巨大災害研究センターからは C-2 グループ研究担当者による日本とメキシコ両国における津波防災教育実践の報告などが行われた。

## 4. 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) の成果

### 4.1 「逃げトレ」とは

本研究は、南海トラフの巨大地震・津波を前提に、国 (内閣府) による被害想定においても最も効果的に人的被害を軽減するための方策とされた住民の避難対策という点に焦点を絞り込み、津波避難に関する国民のリテラシーと対応能力を向上させるための切札的な支援パッケージ (津波避難訓練支援ツール「逃げトレ」) を開発しようとするものである。

「逃げトレ」は、避難訓練参加者の個別の行動と津波浸水の状況 (各種想定に基づく浸水シミュレーションに基づくもの) を同じスマホ画面で同時に確認可能な可視化ツールである。「逃げトレ」は、避難開始と同時に、あらかじめ計算された津波シミュレーション結果が刻々の津波来襲状況を表示し、訓練者は避難が成功したのかどうか一目でわかる仕組みを備えている。また、本アプリは「見ながらモード」と「見ないでモード」2 つのモードを搭載している (Fig.7)。「見ながらモード」は、避難中に津波の到達状況、画面の基本カラーの変化や音声によって、津波の切迫度を訓練者に伝えることができる (Fig.8-left)。「見ないでモード」は、訓練者が実際の災害時を意識して、避難が終わるまでは画面を見ないで逃げるものである。「見ながらモード」とは対照的に、訓練中に画面から津波の到達状況等の情報は得られない (Fig.8-right)。

いずれのモードでも、訓練終了の際に、避難行動の成否を判定する画面が出て、成功「○」、危機一髪

「△」、失敗「×」のいずれかの結果が表示される (Fig.9).

また、訓練後は、どの程度時間的余裕があったのか、どの時点（場所）でもっとも切迫した状況になっていたかなど、避難状況についてフィードバック情報を得ることができる (Fig.10).

「逃げトレ」の特徴の一つは、リスクを可視化していることである。たとえば、普段津波に対して漠然としたイメージしか持っていないユーザーにとって、津波来襲状況を確認できることで、津波の切迫性を実感できるようになる。

また、避難準備にかかる時間、そして避難した時間、津波に追いつかれる最短の時間などの情報が記録され、ユーザーが意識的に避難行動を変更することができる。それを踏まえて、本番時の津波避難行動の改善につながることを期待できる。



Fig.9 Result of evacuation



Fig.7 Interface of Nigetore app



Fig.10 Result of evacuation behavior



Fig.8 Interface of two modes  
(Left : Learning mode; Right : Drill mode)

## 4.2 社会実装の成果

「逃げトレ」は、社会実験を何度も繰り返しながら開発されているアプリである。すでに、大阪府堺市浜寺地区、高知県四万十町および黒潮町、千葉県いすみ市、鴨川市など、多種多様な地域で社会実験を行ってきた (Table 1)。

アプリを利用する地勢的条件（たとえば、海からの距離）、社会的条件（たとえば、高齢化率）が異なれば、アプリに対する評価も異なると予想されるかである。テストランでは、原則として、訓練中に参加者の行動観察（ビデオ撮影など）を行うほか、訓練後にアンケート調査を実施し、アプリに対する意見・要望などをモニタリングしている。

Table1 Activities for social implementation in FY2017

- H29.4.1 高知県黒潮町明神地区（約 20 名）、「逃げトレ」を使った津波避難訓練
- H29.4.2 高知県黒潮町佐賀漁協女性部（約 30 名）、「逃げトレ」を使った夜間津波避難訓練
- H29.4.12 高知県黒潮町明神地区自主防災会（約 5

名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の検証結果の簡易報告

- ・H29.4.12 高知県黒潮町鈴地区防災役員会(約10名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の紹介
- ・H29.4.27 高知県黒潮町浜町地区自主防災会(約6名)「逃げトレ」を使った小規模避難訓練
- ・H29.4.28 高知県黒潮町浜町地区自主防災会(約6名)「逃げトレ」を使った小規模避難訓練の検証結果の簡易報告
- ・H29.4.28 高知県黒潮町大和田地区・下分地区の地域担当職員(約5名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の紹介
- ・H29.5.8 高知県黒潮町浜町地区・防災役員会の幹部(約10名)「逃げトレ」による避難訓練の動画を使った防災勉強会
- ・H29.5.15 高知県黒潮町鈴地区住民(約20名)「逃げトレ」による津波避難訓練
- ・H29.5.15 高知県黒潮町立佐賀小学校・校長と教頭と防災主任・黒潮町役場地域担当職員(約5名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の紹介
- ・H29.5.22 高知県黒潮町立佐賀小学校の防災主任・黒潮町役場地域担当職員(約3名)「逃げトレ」を使った防災授業の打ち合わせ
- ・H29.5.23 高知県黒潮町立佐賀小学校の小学五年生(約13名)「逃げトレ」を使った第一回目の津波避難訓練
- ・H29.5.23 高知県黒潮町大和田地区・自主防災会(約20名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の反省会と今後の新しい訓練計画の立案
- ・H29.5.23 大阪府堺市浜寺校区 地元自治体&住民組織関係者(約30名), H28年度の「逃げトレ」避難成果の報告会
- ・H29.5.24 高知県立須崎高校の保健環境部教員(約5名)「逃げトレ」を用いた防災プロジェクトの活動の打ち合わせ
- ・H29.5.25 高知県黒潮町下分地区・自主防災会(約7名)「逃げトレ」を用いた津波避難訓練の打ち合わせ
- ・H29.6.1 高知県黒潮町立佐賀中学校(約13名)「逃げトレ」を使った第一回目の避難訓練の反省授業
- ・H29.6.4 高知県黒潮町下分地区住民(約10名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練
- ・H29.6.8 千葉県いすみ市太東小学校 PTA(約7名)「逃げトレ」登下校経路津波ハザード確認ワークショップの事前打ち合わせ
- ・H29.6.8 千葉県鴨川市小湊小学校 教員(約30名)「逃げトレ」の実装と説明会を実施
- ・H29.6.13 高知県黒潮町浜町地区・防災役員会(約30名)「逃げトレ」による避難訓練の動画を使った

防災勉強会

- ・H29.6.15 高知県黒潮町立佐賀中学校・小学五年生(約13名)「逃げトレ」訓練を用いた第二回目の津波避難訓練
- ・H29.6.15 高知県黒潮町佐賀分団・地域担当職員(約30名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の活動報告
- ・H29.6.19 高知県立須崎高校・防災プロジェクト(約30名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の紹介
- ・H29.6.20 高知県黒潮町白浜地区・地域担当職員(約4名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の検討会
- ・H29.6.22 高知県黒潮町立佐賀中学校・防災委員会(約7名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の紹介
- ・H29.6.26 高知県黒潮町坂折地区・三役会合(約4名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の検討会
- ・H29.6.28 千葉県鴨川市小湊小学校 教員(約30名)「逃げトレ」避難訓練
- ・H29.6.29 高知県黒潮町立佐賀小学校・小学五年生(約13名)「逃げトレ」訓練をふまえた非常持ち出し袋の点検授業
- ・H29.6.29 高知県黒潮町立佐賀中学校・防災委員会と生徒会執行部(約10名)白浜地区における「逃げトレ」を使った屋内避難訓練の実施
- ・H29.6.30 高知県黒潮町立佐賀中学校・防災委員会と生徒会執行部(約10名)浜町地区における「逃げトレ」を使った屋内避難訓練の実施
- ・H29.7.4 高知県黒潮町白浜地区(約5名)白浜地区における「逃げトレ」を使った屋内避難訓練の追加実施
- ・H29.7.4 高知県黒潮町立佐賀中学校・防災委員会と生徒会執行部(約8名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練(メキシコ合同津波避難訓練の予行練習)
- ・H29.7.4 高知県黒潮町大和田地区・区長ら(約3名)「逃げトレ」を使った避難訓練の検討会
- ・H29.7.4 千葉県いすみ市太東小学校 PTA(約7名),「逃げトレ」登下校経路津波ハザード確認ワークショップの実施
- ・H29.7.5 高知県黒潮町鈴地区(約30名)「逃げトレ」による避難訓練の動画を使った防災勉強会
- ・H29.7.6 高知県黒潮町立佐賀小学校・五年生, 会所地区・明神地区の区長と地域担当職員(約18名)「逃げトレ」を用いた第三回目の津波避難訓練と土佐神社避難広場の防災備蓄倉庫の点検
- ・H29.7.10 高知県黒潮町立佐賀中学校・防災主任の教諭ら(約3名)「逃げトレ」を用いた津波避難訓練の授業反省会
- ・H29.7.11 高知県黒潮町佐賀中学校(約60名)「逃げトレ」を使った津波避難訓練の実施(メキシコとの合同津波避難訓練)

- ・H29.7.12 高知県黒潮町佐賀中学校（約 60 名）「逃げトレ」を使った津波避難訓練の動画視聴（メキシコとの合同津波避難訓練）
- ・H29.7.13 高知県黒潮町立佐賀小学校・五年生（約 13 名）「逃げトレ」を使った津波避難訓練の反省授業
- ・H29.7.13 高知県黒潮町立佐賀中学校・防災委員会（約 7 名）「逃げトレ」を使った津波避難訓練の反省会
- ・H29.7.19 高知県黒潮町白浜地区（約 4 名）「逃げトレ」を使った屋内避難訓練の追加実施
- ・H29.7.19 高知県黒潮町立佐賀小学校・防災主任の教諭ら（約 3 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練の授業反省会
- ・H29.7.20 高知県立須崎高校・保健環境部教員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた防災プロジェクトの活動の打ち合わせ
- ・H29.7.21 高知県立須崎高校・防災プロジェクト（約 10 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練（岡本地区周辺）
- ・H29.7.22 高知県黒潮町明神地区（約 40 名）「逃げトレ」による避難訓練の動画を使った防災勉強会
- ・H29.7.27 高知県立須崎高校・防災プロジェクト（約 10 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練（大間地区周辺）
- ・H29.7.31 高知県黒潮町馬地地区（約 20 名）「逃げトレ」による避難訓練の動画を使った防災勉強会
- ・H29.8.1 高知県黒潮町鈴地区・役員会（約 8 名）「逃げトレ」による避難動画をを使った防災勉強会の反省会
- ・H29.8.3 高知県立須崎高校・防災プロジェクト（約 10 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練（多ノ郷地区周辺）
- ・H29.8.7 高知県立須崎高校・保健環境部教員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた防災プロジェクトの活動の進捗状況の確認
- ・H29.8.9 高知県立須崎高校・防災プロジェクト（約 10 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練（須崎駅周辺）
- ・H29.8.25 高知県立須崎高校・防災プロジェクト（約 20 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練の反省会
- ・H29.8.30 高知県黒潮町会所地区・区長らと地域担当職員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた地区防災計画活動発表会の打ち合わせ
- ・H29.9.1 高知県黒潮町立佐賀小学校・全校生徒（約 100 名）「逃げトレ」を用いた津波避難の紹介と下校時避難訓練
- ・H29.9.2 高知県立須崎高校・防災プロジェクト（約 10 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練（安和地区周辺）
- ・H29.9.3 高知県四万十町興津地区 地域住民（2 名）、地区の一斉避難訓練で「逃げトレ」を使用した個別的な避難訓練
- ・H29.9.3 高知県黒潮町浜町地区・明神地区（約 100 名）一斉津波避難訓練後、「逃げトレ」による避難訓練の動画を使った防災勉強会
- ・H29.9.8 高知県立須崎高校・保健環境部教員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた防災プロジェクトの活動の進捗状況の確認
- ・H29.9.8 高知県黒潮町立佐賀小学校・小学五年生（約 13 名）一学期に行った「逃げトレ」津波避難訓練の振り返りと、会所地区・明神地区の両区長から児童に向けたビデオメッセージの放映
- ・H29.9.8 高知県黒潮町万行地区 万行児童館 児童館職員、低学年児童、学校教員（約 20 名）、「逃げトレ」避難訓練
- ・H29.9.12 高知県黒潮町万行地区 万行児童館 児童館職員、高学年児童、学校教員（約 20 名）、「逃げトレ」避難訓練
- ・H29.9.13 高知県黒潮町立佐賀中学校・全校生徒（約 60 名）「逃げトレ」を用いた下校時避難訓練
- ・H29.9.13 愛知県名古屋大学 名古屋大学（約 5 名）、愛知県西尾市「逃げトレ」訓練を実施する打ち合わせ
- ・H29.9.14 高知県黒潮町会所地区・区長らと地域担当職員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた地区防災計画活動発表会の打ち合わせ
- ・H29.9.15 高知県立須崎高校・保健環境部教員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた防災プロジェクトの活動の進捗状況の確認、南海地震フォーラムに向けた発表準備の打ち合わせ
- ・H29.9.21 高知県黒潮町会所地区・区長らと地域担当職員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた地区防災計画活動発表会の打ち合わせ
- ・H29.9.22 高知県黒潮町立佐賀小学校・小学五年生（約 13 名）第三回黒潮町地区防災計画シンポジウムでの「逃げトレ」を用いた防災授業の成果発表会の練習
- ・H29.9.30 高知県立須崎高校・防災プロジェクト（約 10 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練（須崎駅周辺）
- ・H29.10.10 高知県立大方高校・全校生徒（約 120 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練の紹介（ソピア塾の講演会）
- ・H29.10.11 高知県黒潮町立佐賀小学校・小学五年生（約 13 名）第三回黒潮町地区防災計画シンポジウムでの「逃げトレ」を用いた防災授業の成果発表会の練習

- ・H29.10.11 高知県黒潮町会所地区・区長らと地域担当職員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた地区防災計画活動発表会の打ち合わせ
- ・H29.10.12 高知県立大方高校・防災委員会（約 10 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練の検討会
- ・H29.10.13 高知県坂折地区・防災役員会（約 10 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練の検討会
- ・H29.10.13 愛知県西尾市市役所 西尾市市役所職員、大塚自主防災組織、名古屋大学（約 20 名）、「逃げトレ」の実装と説明会、現地確認
- ・H29.10.25 高知県黒潮町会所地区・区長らと地域担当職員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた地区防災計画活動発表会の打ち合わせ
- ・H29.10.26 高知県立大方高校・防災役員会（約 20 名）「逃げトレ」を用いた避難訓練の検討会
- ・H29.10.27 高知県立須崎高校・全校と須崎住民（約 300 名）『南海地震フォーラム』にて「逃げトレ」を用いた津波避難訓練の成果発表会
- ・H29.10.28 高知県黒潮町住民（約 300 名）『第三回黒潮町地区防災計画シンポジウム』にて、黒潮町立佐賀小学校五年生と会所地区による「逃げトレ」を用いた地区防災計画活動の発表会
- ・H29.11.4 千葉県いすみ市市内一斉訓練 太東小学校 避難訓練参加者（約 30 名）、「逃げトレ」避難訓練を実施
- ・H29.11.5 メキシコ合衆国ゲレロ州シワタネホ市イスタパ（約 200 人）『世界津波の日シンポジウム』にて、「逃げトレ」による津波避難訓練について紹介
- ・H29.11.5 愛知県西尾市一斉避難訓練 大塚自主防災組織、名古屋大学（約 30 名）、「逃げトレ」避難訓練を実施
- ・H29.11.8 高知県立須崎高校・防災プロジェクト（約 300 名）『「世界津波の日」2017・高校生島サミット in 沖縄』にて「逃げトレ」を用いた津波防災学習の成果発表（沖縄県宜野湾市にて）
- ・H29.11.14 愛知県西尾市市役所 市役所職員、大塚自主防災組織、名古屋大学（約 30 名）、11 月 5 日の「逃げトレ」避難訓練の実施成果を報告する
- ・H29.11.16 大阪府堺市浜寺校区 地元自治体&住民組織関係者（約 30 名）、「逃げトレ」アプリの進捗状況説明、今年度の津波避難計画に関する打ち合わせ
- ・H29.11.22 高知県黒潮町立佐賀中学校・防災委員会（約 7 名）新しい防災委員会のメンバーに対して、「逃げトレ」を用いた津波避難訓練の紹介
- ・H29.11.22 高知県立須崎高校・保健環境部教員（約 5 名）『南海地震フォーラム』で発表した「逃げトレ」を用いた防災プロジェクトの発表に対する反省会
- ・H29.11.24 高知県立大方高校・防災役員会（約 20 名）「逃げトレ」を用いた避難訓練の検討会
- ・H29.11.25 高知県四万十町興津地区 地域住民（4 名）、地区の夜間一斉避難訓練で「逃げトレ」を用いた避難訓練
- ・H29.12.7 高知県立須崎高校・保健環境部教員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた活動による生徒の意識変化についての聞き取り調査
- ・H29.12.8 大阪府堺市浜寺校区 地元自治体&住民組織関係者（約 30 名）、「逃げトレ」アプリの進捗状況説明、今年度の津波避難計画に関する打ち合わせ
- ・H29.12.8 高知県黒潮町・町分地区防災役員会（約 20 名）「逃げトレ」を用いた地区独自の夜間避難訓練の検討会
- ・H29.12.16 高知県立須崎高校・防災プロジェクト（約 200 名）『平成 29 年度「高知県高校生津波サミット」』にて「逃げトレ」を用いた津波防災学習の成果発表（高知県高知市にて）
- ・H29.12.18 高知県立大方高校・総務課教員（約 4 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練の最終確認
- ・H29.12.19 高知県立大方高校・防災委員会とバトミントン部の有志（約 20 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練
- ・H29.12.22 高知県立須崎高校・保健環境部教員（約 5 名）「逃げトレ」を用いた活動による生徒の意識変化についてのアンケート票の回収と聞き取り調査
- ・H29.12.23 高知県黒潮町・会所地区、地域担当職員、大西町長（約 10 名）『第三回黒潮町地区防災計画シンポジウム』での「逃げトレ」についての発表の反省会
- ・H29.1.7 高知県黒潮町立佐賀中学校の生徒会長と防災委員の代表（約 3 名）『1. 17 防災甲子園表彰式』にて、「逃げトレ」を用いた避難訓練の成果発表（兵庫県神戸市にて）
- ・H29.1.8 NPO 法人・都市災害に備える技術者の会（約 10 名）「逃げトレ」を用いた津波避難訓練についての紹介（大阪府大阪市にて）
- ・H30.1.15 高知県立大方高校・防災委員会（約 20 名）「逃げトレ」訓練の動画を用いた防災勉強会
- ・H30.1.17 大阪府堺市浜寺校区 地元自治体&住民組織関係者（約 30 名）、「逃げトレ」アプリの進捗状況説明、今年度の津波避難計画に関する打ち合わせ
- ・H30.1.20 大阪府堺市浜寺校区 自主防災組織関係者（約 20 名） 「逃げトレ」避難訓練実施
- ・H30.2.7 羽衣国際大学 教員、大学生、市役所職員（約 15 名）、「逃げトレ」の説明会
- ・H30.2.16 大阪府堺市浜寺校区 地元自治体&住民組織関係者（約 30 名）、「逃げトレ」アプリの進捗状況説明、今年度の津波避難計画に関する打ち合わせ

- ・H30.2.16 高知県黒潮町佐賀分団・地域担当職員（約 20 名）、「逃げトレ」を用いた活動の活動報告会
- ・H30.2.17 羽衣国際大学 大学生（約 5 名）、「逃げトレ」アプリの実施し、自転車と徒歩の使用時間を比較した。
- ・H30.2.25 大阪府堺市浜寺校区 避難訓練参加者（約 50 名）、3000 名規模の地区避難訓練において、アプリテストランを実施
- ・H29.3.1 高知県黒潮町立佐賀中学校・防災委員長と教頭（約 50 名）『第 22 回防災まちづくり大賞表彰式』にて「逃げトレ」を用いた津波防災学習の成果発表（東京都千代田区にて）
- ・H30.3.12 高知県黒潮町・町分地区（約 10 名）、「逃げトレ」のインストール方法についての説明
- ・H30.3.22 高知県黒潮町・町分地区（約 80 名）、「逃げトレ」を使った夜間津波避難訓練

避難訓練はもっとも基本的で定番の災害対策であり、もちろん、これまでも多数実施されてきた。しかし、(1) 訓練活動のマンネリ化、(2) 地域の条件を無視した画一性、(3) 訓練結果のフィードバックの十分でない、(4) 行政主導で住民の態度が受動的、こういった課題が以前残っており、避難訓練の実効性に問題が残っているケースも多い。

それに対して、「今の避難パフォーマンスで逃げ切れるのか」に関する検証という避難訓練の基本要件に関して有益な情報を提供しうる点で、「逃げトレ」は、有益な基本性能を有するものと考えている。それに加えて、「逃げトレ」は、多種多様な活用方法を通じて、住民の避難訓練に対する主体的参加、訓練の自律的な立案・実施・検証を促す効果ももっていると思われる。

#### 4.3 今後の課題と展望

現 SIP の次のステージでは、地方自治体への実装（地方自治体における防災対応に役立つプロダクト）が求められている。この点、「逃げトレ」は、たとえば、名古屋大学と連携中の西尾市における取り組みで、西尾市が依拠する愛知県の独自想定による津波浸水と「逃げトレ」が依拠する内閣府 L2 想定による津波浸水とのギャップに対して「戸惑う」とのフィードバックを得ている。同種のことは千葉県、大阪市でも生じている。

この問題に対応するためには、また、ポスト SIP で重視される自治体実装に対応するためには、複数想定対応版の開発が不可欠である。これを 5 年次ですべて実現することは困難であるため、まず、複数想定対応版のプロトタイプを作成することにした。

具体的には、複数の想定データを「逃げトレ」の

フォーマットで準備できる千葉県をテストフィールドとして、現行のアプリのユーザーインターフェースを改修し、2つの想定がから一つをユーザーが選べるようにするほか、将来的により多くの地域で複数想定対応版が活用できるようプログラムを拡張しておく。

現 SIP では、「逃げトレ」は、「一人でも気軽に有効な避難訓練ができる」として、主に個人利用を掲げている。しかし、ポスト SIP へ向けては、自治体利用に重点を置きたい。つまり、自治体や（自治体が呼びかけて実施する）地域コミュニティでの集団避難訓練で有効活用できるツールとしてセールスを図る。

たとえば、大川小の裁判事例、あるいは、大阪北部地震におけるブロック塀事例などからもわかる通り、今後、地方自治体や学校、企業等に対して、住民、児童・生徒、従業員等の災害時の安全確保（命を守るための適切な避難計画）に関する大きな責任が課せられると予想される。

この社会的要請に対して、「逃げトレ」は大きな力を発揮しうる。なぜなら、「逃げトレ」を活用した避難訓練が全国で実施されるたびに、訓練参加者の行動データが標準化された形式でデータベースに蓄積されるからである。これは、これまででない、現実の訓練に基づいた避難（訓練）行動のビッグデータでもある。

要するに、現在では、「逃げトレ」を津波避難訓練のスタンダードツールとして開発してきたが、ポストSIPでは、避難計画、避難施設策定のスタンダードツールとして実用化することを目指したい。実際、自治体への事前ヒアリングでは、「どこに逃げる住民が多いのか、どの道がよく利用されるのか、（個人情報が入れば）高齢者はどのくらいの速さで移動するのかなど、逃げトレを通して得られそうな有用な情報はたくさんある」という声が寄せられている。こうした自治体のニーズをとらえつつ、ポストSIPでは、避難行動解析が可能なシステムへと拡張・発展させたい。

最後に、本研究は、総合科学技術・イノベーション会議のSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）によって実施されたことを明記し、ご支援に感謝申し上げたい。

## 5. 客員講座の研究

### 5.1 国際災害情報ネットワーク研究領域

国際災害情報ネットワーク研究領域（外国人客員講座）には、James Goltz客員教授が平成29年10月よ

り1年の任期で滞在している。滞在中の研究成果は以下の通りである。

#### 【Publication】

Goltz, James D. 2018. “Earthquake Advisories Can Save Lives,” Opinion Essay published in the Japan Times, 4/18/18.

<https://www.japantimes.co.jp/opinion/2018/04/17/commentary/japan-commentary/earthquake-advisories-can-save-lives/>

Goltz, James D. and Evelyn Roeloffs 2018. “Imminent Warning Communication: Earthquake Early Warning and Short-Term Forecasting in Japan and the US,” submitted for publication in Disaster Risk Communication - A Challenge from a Social Psychological Perspective, Katsuya Yamori (Ed.), Springer, forthcoming.

Goltz, James D. and Linda B. Bourque 2017. “Earthquakes and Human Behavior: A Sociological Perspective,” International Journal of Disaster Risk Reduction, 21:251-265.

Goltz, James D. 2017. “Tsunami Tendenko: A Sociological Critique,” Natural Hazards Review, Vol.18 (4) November 2017.

Roeloffs, Evelyn and James D. Goltz 2017: The California Earthquake Advisory Plan: A History,” Seismological Research Letters, Vol. 88(3) October 2017.

#### 【Conference Presentations and Participation】

May 25, 2018: Colloquium Presentation. “Earthquake Risk Communication Challenges for Japan: Earthquake Advisories for the Nankai-Tonankai-Tokai Region.” Disaster Reduction Systems, Kyoto University, Japan.  
May 15, 2018: International Conference for the Decade Memory of the Wenchuan Earthquake, Chengdu, China, Co-Convener and Moderator for the session entitled “Integrated disaster risk studies and innovative technology.”

February 21, 2018: Disaster Prevention Research Institute, Annual Meeting, “Rethinking Earthquake Prediction in Japan: A Risk Communication Perspective.” Kyoto University.

January 25, 2018: Colloquium Presentation. “Rethinking Earthquake Prediction in Japan: A Risk

Communication Perspective.” Disaster Reduction Systems, Kyoto University, Japan.

November 24, 2017: Colloquium Presentation. “Evolving Conceptions of Community Engagement in Disaster Response in the United States: Post World War II to the Present.” Disaster Reduction Systems, Kyoto University, Japan.

#### 【Professional Activities and Memberships】

Member, Advisory Committee, National Earthquake Hazards Reduction Program (2013 to present).

Member, Advisory Board, Dr. Lucy Jones Center for Science and Society (2017 to present)

Program Review Committee, National Tsunami Hazard Mitigation Program (2016-2017)

## 5.2 歴史災害資料解析研究領域

歴史災害資料解析研究領域の宮本客員准教授は、熊本地震で被災した熊本県西原村において、中長期的な復興を見すえた住民主体の中間支援組織「西原村 reborn ネットワーク」を設立し、運営委員として支援を継続している。「西原村 reborn ネットワーク」の主な活動は、①「集落支援」（集落再生の会議を西原村役場と共同で設け、先進地視察や復興事業の勉強、住民一人一人の意向調査およびその共有等を行う）、②「情報発信」（週間フリーペーパー「DOGYAN」を作成し情報共有を行うと共に、個別訪問によって配付を行うことで被災者の声を聴く）、③「イベント支援」（被災者自身によって発案されたイベント、活動の実現を支援し、被災者のエンパワメントをめざす）の3事業である。

特に、2017年度は、西原村の中でも被害の激しかった6つの地区において、地区内での移転も含めた集落の復興計画が議論された1年であったが、このうち reborn ネットワークでは、大切畑集落と古閑集落の復興計画の支援に主に関わった。また、広域的な活動として、震災から1年を迎えた2017年5月20日には、西村村民が一堂に会し、それぞれの1年間を語り合う第1回西原村復興大座談会を開催し、「みなし仮設」で孤立する被災者の問題等を共有し、問題解決に向けて支援者の連携の強化を図った。

2017年度末は、それぞれの集落の復興計画が完成し、次はそれらの計画が実行されるための予算の確定と実際の工事が始まるのを待つ段階となった。そのような状況の中で、住民から、本当に大切なのは地域に戻ってから、どのよう

な生活を送るのかではないかという声が上が  
り始めた。そこで、集落での生活再建後に、あ  
らためてどのような新しい暮らしを送って  
いくのか、そこでどのような視点が重要になる  
のかを学ぶために、2017年度の後半は、新潟県中  
越地震や東日本大震災の被災地への視察交流  
が行われた。また、rebornネットワークの中心  
メンバーで、災害復興に際し地域資源の徹底的  
な活用によって見事な復興を遂げた1999年の  
台湾集集地震の被災地の視察も行った。また、  
これらの活動と並行して、地域資源を掘り起  
すために、熊本県水俣市から、地元学の提唱者  
である吉本哲郎氏を招き、まちあるきをおこな  
ったり、地域資源を地図にまとめる活動も行っ  
ている。

### 5.3 地域災害研究領域

地域災害研究領域の荒木裕子准教授は、複合災害  
リスクに関する危険区域の分析と避難計画に関する  
研究を行っている。これまで大規模な災害では自治  
体が指定していた避難所以外にも避難行動と、その  
後の避難生活が行われている。災害対策基本法では、  
これら施設を避難所として使用することや、災害救  
助法の対象であることも通知が出ている。しかし各  
自治体の地域防災計画や避難所運営マニュアル等で、  
指定避難所以外の避難者の状況把握や支援方法の検  
討は見過ごされており、発災後の対応の検討と実行  
に時間を要している。

これまでの研究では、津波被災地における指定避  
難所以外の避難者の発生傾向と、避難が行われた要  
因を示し、1次避難後の移動困難や指定避難所の収容  
過多などから、既存の指定避難所の周知、誘導だけ  
では不十分であり、避難行動に対応した避難所を用  
意する必要性を示している。避難者の発生傾向と対  
応策は、被災の状況により異なる傾向があると考え  
られ、今後は異なる地形や浸水の様相、火災や水害  
など複合被害の発生、人口の分布等での分析を進め  
る予定である。また事前に計画されていた避難所以  
外に避難者が発生した場合を含め、避難者の状況把  
握、支援方法の検討、支援の実行について、避難者  
支援のマネジメントの研究も進めている。

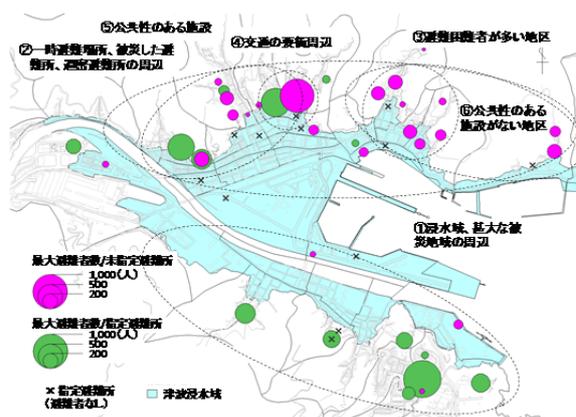


Fig.11 Shelter location in around the Tsunami flooded area of Kamaishi city

## 6. 自然災害データベース

### 6.1 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“SAIGAIX”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“SAIGAIX”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。

昭和58年に文献検索に資するため、科学研究費・  
特別研究「自然災害」の補助を受けて「自然災害科  
学キーワード用語集」が刊行された。平成2年に検索  
サービスは、京都大学大型計算機センターのデー  
タベースへ移行し、大学間ネットワーク（N1システム）  
に加入している大学であれば、日本語端末を用いて  
資料の検索が可能になった。平成6年には、キーワ  
ードの追加・体系化を行った改訂版が「自然災害科  
学キーワード用語・体系集」が刊行された。平成10年、  
平成20年、平成24年に、データベースの処理能力増  
強を目的とした計算機システムの更新を行った。検  
索システムは<http://maple.dpri.kyoto-u.ac.jp/saigai/> に  
てアクセスできる。平成28年度には引き続き各地区  
の災害科学資料センターに所在する資料の登録を進  
めた。その結果、現時点で登録されている資料は  
126,781件となり、平成29年度のアクセス数は1,971  
件を数えた。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、本データベースは、プリミティブな検索技術／データベースシステム、不十分な管理体制、電子化された資料も扱う等の冗長性、少ないエクスポージャーといった課題が、自然災害協議会において指摘されるようになった。それを受けて、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」を立ち上げ、平成30年度内に今後のデータベースSAIGAIの運営改革のための行動計画について取りまとめることとなっている。

## 6.2 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、データベースにはURL、<http://maple.dpri.kyoto-u.ac.jp/saigaishiryo/>でアクセス可能となっている。災害史料データベースに登録されている史料データは、平成29年3月現在で、西暦599年～1615年までの1万3031件に達し、1259年までの現代語訳が完了した。平成29年度のアクセス数は3,547件を数えた。

## 7. 総合防災グループ合宿

総合防災研究グループ（社会防災研究部門及び巨大災害研究センター）の合同ゼミ合宿を平成29年9月24日（日）、25日（月）の1泊2日でアクティブラザ琵琶において実施し、教員・研究員22名、学生・研究生63名の計85名が参加した。学生参加者は取り組んでいる研究の内容について発表を行った（ただし、D1とM1はポスター発表）。1日目の夕食時には、針江生水の郷委員会様より、特別講演会「生水の郷のまちづくり」というテーマでご講演いただいた。また、2日目には研究発表会の終了後、針江集落において残る水文化と文化保存のための活動について学び、意見交換を行った。

### 参考文献

- 内閣府：科学技術イノベーション総合戦略2017（本文）（概要），2017年6月2日，  
<http://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2017.html>.  
内閣府：Society 5.0「科学技術イノベーションが拓く新たな社会」印刷版，  
[http://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/society5\\_0.pdf](http://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/society5_0.pdf)

（論文受理日：2018年6月27日）