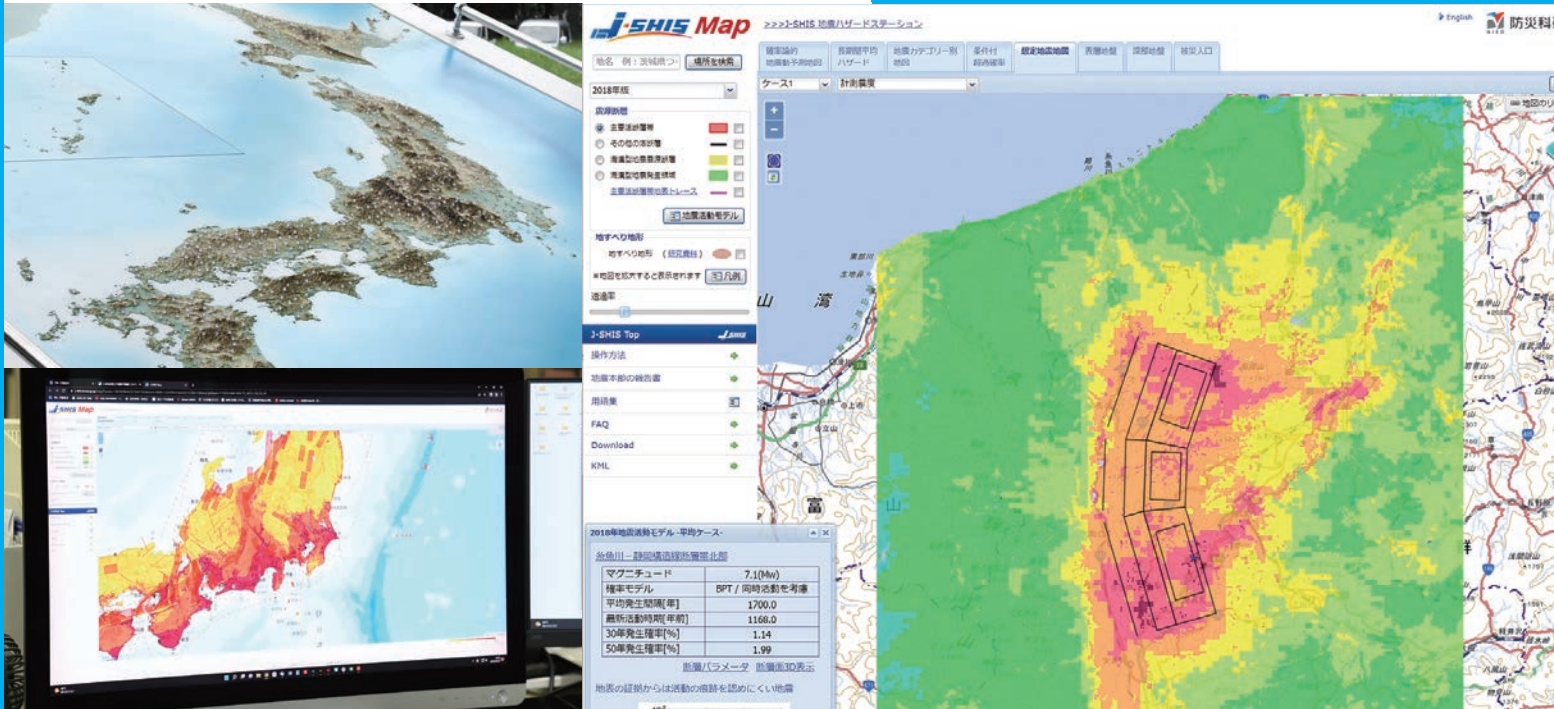


防災科研 ニュース

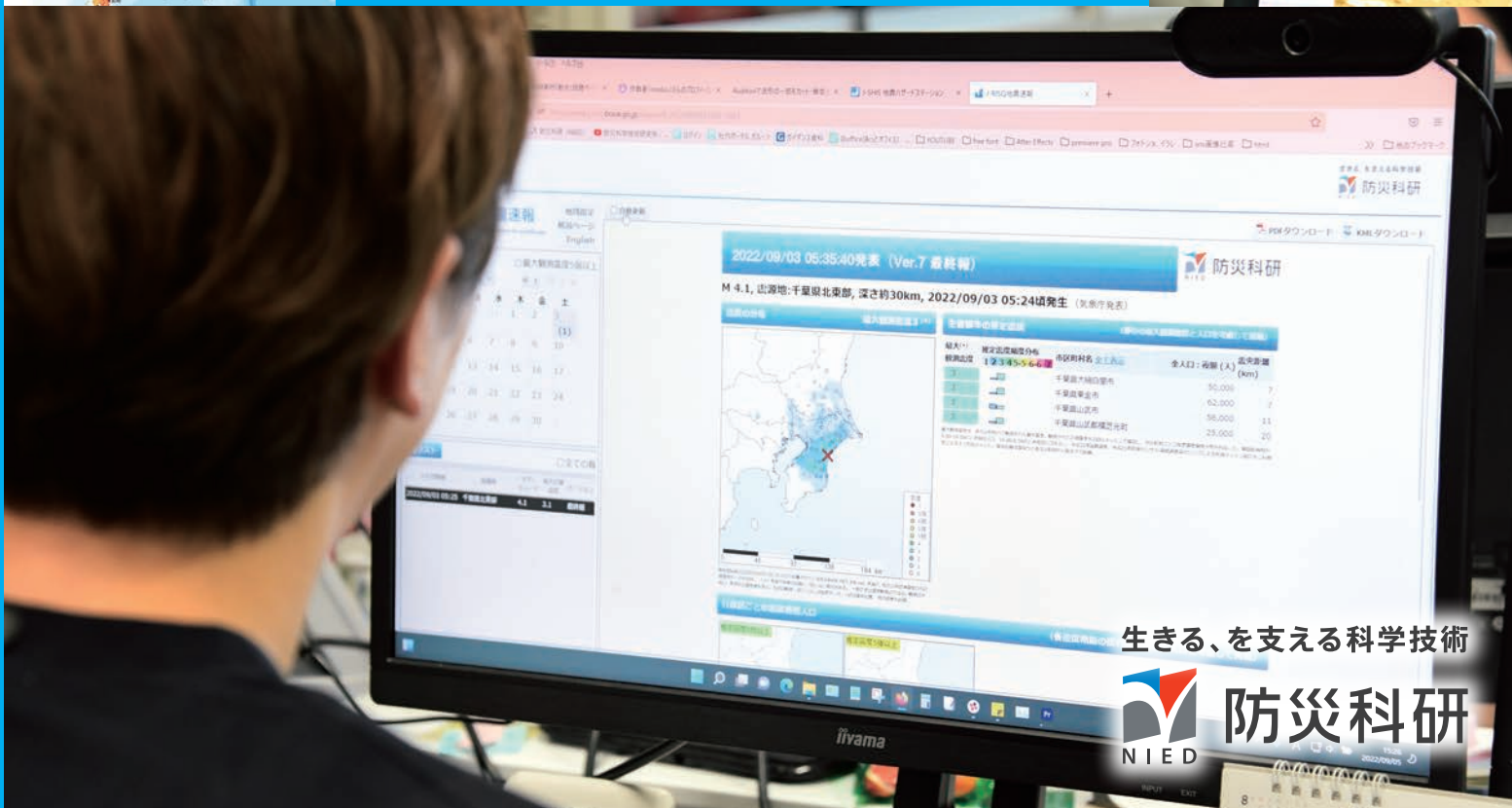
No.218

特集：「ハザード・リスク」情報を支える科学技術

©国立研究開発法人 防災科学技術研究所



「ハザード・リスク」情報 を支える科学技術



生きる、を支える科学技術

ハザードとリスク

マルチハザードリスク評価研究部門 部門長 藤原 広行

将来起こることの予測には不確実性が伴います。災害を引き起こす原因となる自然現象についても、その予測には多くの不確実性が存在し、また、被害を受ける人間社会の側にも不確定な要素が多数存在しています。自然災害を軽減するためには、事前の備えを適切に実施することが必要となるわけですが、何をどこまで実施しておくべきか、多くの不確実さが存在する中で判断しなければなりません。

こうした不確実性の下での意思決定を支える技術として、自然災害に対するハザード評価、リスク評価の研究が行われています。

自然災害に対するハザード評価とは、災害の原因となる自然現象の強さとその発生確率を組み合わせたものを評価することです。例えば、地震であれば、どのくらいの規模や揺れの地震が、どのくらいの確率で発生し得るか提示したものが、ハザード情報です。

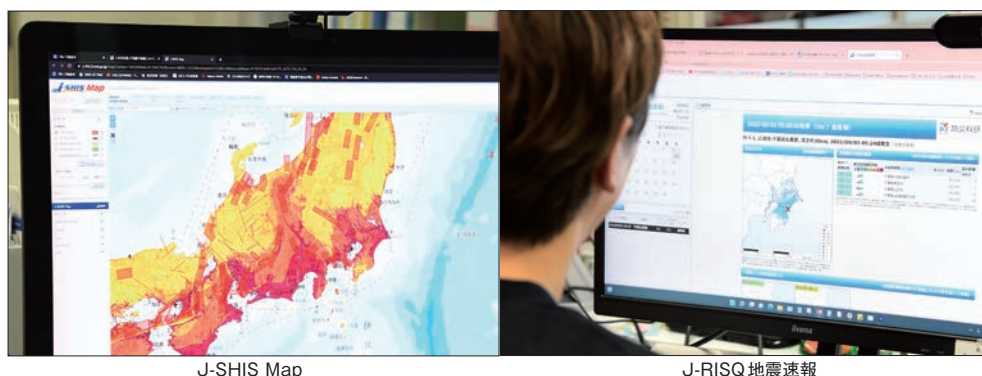


リスク評価とは、ハザードにより生じ得る人間社会での被害量とその発生確率を組み合わせたものの評価として定義されます。地震を例にとれば、地震の揺れによって引き起こされる建物の被害や人的被害、経済的な損失などを、それらの発生確率とともに評価することです。

ハザードやリスクを定量的に評価することにより、不確実性を伴う災害に備える上での判断材料を得ることができます。

こうしたハザード・リスク情報は、評価結果と、それら評価の過程で用いたデータなどを合わせると、膨大なデータや情報を含んだものとなります。そして、不確実さを含んだハザード・リスク情報を使用目的に応じて適切に活用するためには、評価結果のみならず、評価の過程で用いられた各種データを検証する必要がある場合があります。そのため、ハザード・リスク評価の研究開発においては、評価手法の研究開発のほか、評価に必要なデータの収集やデータベースの構築、評価結果として生成される各種ハザード・リスク情報をわかりやすく可視化することや、体系的に提供する方法などの研究開発も行われています。その一環として、Webなどを用いた情報提供のためのシステム開発などが実施されています。

今回の特集では、主として地震や津波を対象としたハザード・リスク評価に関する研究開発、それら研究成果の活用のために開発されてきたWebでの情報提供システムの現状を紹介するとともに、リアルタイムでの被害推定・把握手法の研究開発について紹介します。



J-SHIS Map

J-RISQ 地震速報

CONTENTS

特集 「ハザード・リスク」 情報を支える科学技術

- 2 巻頭言 ハザードとリスク
- 4 地震動予測地図はどう作られるか
- 6 地震ハザードステーション J-SHIS の開発
地震ハザードの共通情報基盤を目指して
- 8 津波ハザードステーション J-THIS とは
日本初の確率論的津波ハザード情報を提供するシステム
- 10 大地震発生直後に被害を推定する
全国を対象としたリアルタイム地震被害推定システム J-RISQ の開発
- 12 航空写真と AI を用いた建物被害の自動抽出
災害の早期復旧を目指して

研究最前線

- 14 線状降水帯の雨量予測精度向上にむけた水蒸気観測

NIED Interview

- 16 研究を知る × 人を知る NIED Interview

自然災害情報室コラム vol.3

- 17 自然災害情報室のお仕事

防災科研 topics

- 18 防災科研 topics

防災科研は2023年4月1日に創立60周年を迎えます。

マルチハザードリスク評価研究部門 部門長

藤原 広行

ふじわら・ひろゆき

博士（理学）

専門分野：応用地震学

1989年京都大学大学院理学研究科中退

1989年4月に科学技術庁国立防災科学技術センター（現：防災科学技術研究所）入所。強震観測網の構築、地震動予測地図の作成、統合化地下構造データベースの開発、リアルタイム地震被害推定システムの開発などに従事。イノベーション共創本部副本部長を兼務。

地震動予測地図はどう作られるか

地震動予測地図は、将来発生する恐れのある地震による強い揺れ（地震動）を予測し、その結果を地図上に表したものである。地震発生の長期的な確率評価と強震動の評価を組み合わせた「確率論的地震動予測地図」と、特定の地震に対して、ある想定されたシナリオに対する強震動評価に基づく「震源断層を特定した地震動予測地図」という、2種類の性質の異なる地図から構成されている。

全国地震動予測地図

地震災害への備えのためには、地震による揺れを予め評価しておくことが重要です。「全国地震動予測地図」は、地震災害の軽減に役立てるため、将来日本で発生する恐れのある地震による強い揺れを予測し、その結果を地図として表したもので、国の地震調査研究推進本部により作成されています。

予測地図の作成手法

地震の発生と、それに伴う地震動の予測は、現状では数多くの不確定要素を含んでいます。現状の地震学・地震工学のレベルでは、将来発生する可能性のある地震について、地震

発生の日時、場所、規模、発生する地震動等について、決定論的に1つの答えを準備することは困難です。

こうした不確定性を定量的に評価するための技術的枠組みとして有力と考えられているのが、確率論的地震ハザード解析と呼ばれる手法です。確率論的地震ハザード解析では、ある地点において将来発生する「地震動の強さ」「対象とする期間」「対象とする確率」の3つの関係性を評価します。その大まかな手順は以下に示す通りです。

(1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会による地震の分類に従い、対象地点周辺の地震活動をモデル化します。モデル化とは、震源断層が特定できる地震はその断層の位置や

長さ・幅などの情報を用いて、断層が動いた場合にどのような地震になるか検討することです。震源断層が特定しにくい地震についても統計的に考えてモデル化します。

(2) モデル化したそれぞれの地震について、地震調査委員会による長期評価結果に基づき、地震の発生確率を評価します。

(3) 地震の規模と位置が与えられた場合の地震動評価のために、確率モデルを設定します。具体的には、地震動予測のばらつきを考慮し、過去に発生した地震の情報に基づく経験的地震動予測式を用います。地震動の評価は、工学的基盤（構造物を設計する際に使う地盤）で行い、次に、各地点での増幅特性を考慮して地表

の地震動を評価します。

(4) モデル化された各地震について、対象期間内にその地震により生じる地震動の強さが、ある値を超える確率を評価します。

(5) モデル化した地震の数だけ(4)の操作を繰り返し、それらの結果を確率的に足し合わせます。それにより、全ての地震を考慮した場合に、対象期間内に生じる地震動の強さが、ある値を少なくとも1度を超える確率(超過確率)を計算します。

この手法に基づいて「確率的地震動予測地図」が作成されています。今後30年以内にある一定の震度以上の揺れに見舞われる確率や、今後30年間のある一定の超過確率に対する地震動の大きさが地図で示されています(図1)。

さらに、主要断層帯で発生する地震など、震源断層があらかじめ特定できる地震については、ある地震シ

ナリオを想定し、物理モデルに基づき断層面上での破壊過程をモデル化し、不均質な地殻・地盤中での地震波伝播の数値シミュレーションを用いて、詳細な地震動評価を行い、「震源断層を特定した地震動予測地図」が作成されています(図2)。また、それら評価の手順をまとめた「震源断層を特定した地震の強震動予測手法(レシピ)」が、地震調査委員会により作成されています。

地震ハザードステーション

「全国地震動予測地図」の作成の過程では、長期評価および強震動評価のために、震源断層と地下構造のモデル化に関する膨大な量の情報が処理されています。これら情報は地震ハザード評価の背景を理解し、利活用するために貴重なものです。「全国地震動予測地図」を、最終成果物としての地図そのものだけでなく、そ

の作成の前提条件となった地震活動・震源モデルおよび地下構造モデル等のハザード評価に関わるデータも併せた情報群としてとらえ、「地震ハザードの共通情報基盤」として位置づけたものが「地震ハザードステーション(J-SHIS)」です。インターネットを利用してそれら情報を利活用するためのシステムとして開発されています(6-7ページの特集を参照)。

また、これら地震ハザード情報に基づいた地震リスクの評価を実施し、揺れによる建物被害や人的被害に関するリスクを評価した結果などは、地震ハザードステーションのJ-SHIS LabsのページからJ-SHIS Map Rとして公開されています。

こうしたハザード・リスク情報が少しでも災害軽減に活用されることを期待しています。

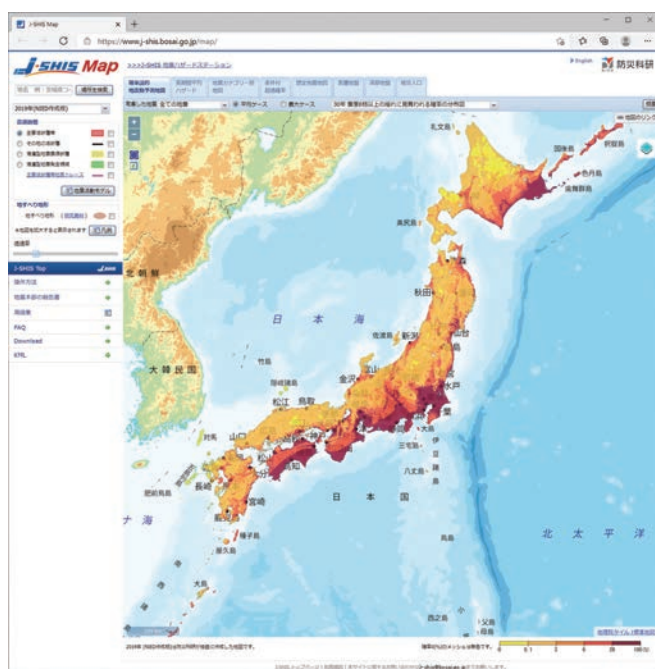


図1 確率的地震動予測地図の例

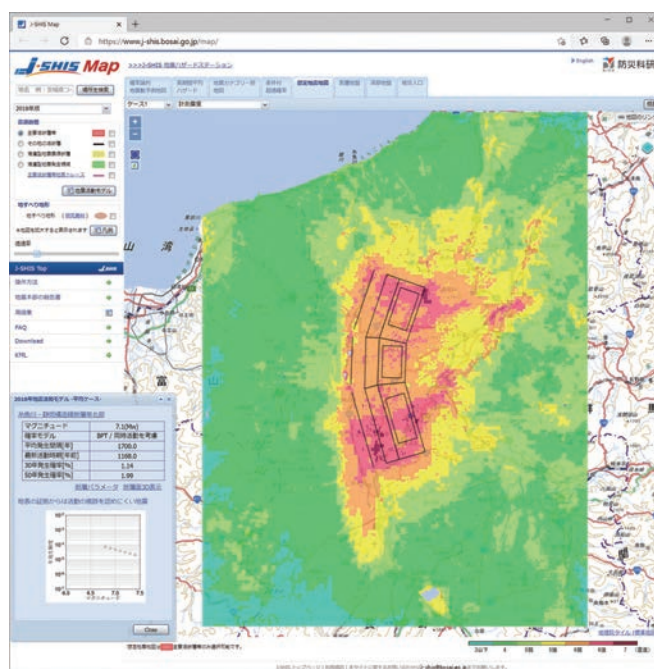


図2 震源断層を特定した地震動予測地図の例

地震ハザードステーション J-SHIS の開発

地震ハザードの共通情報基盤を目指して

J-SHIS（ジェイシス、Japan Seismic Hazard Information Station）は、地震防災に役立てることを目的に、日本全国の「地震ハザードの共通情報基盤」として活用されることを目指して作られたサービスである（<https://www.j-shis.bosai.go.jp>）。現在のシステムは、地震動予測地図の閲覧および地図作成に用いられたデータの公開システムである J-SHIS Map の他に、J-SHIS Portal（ポータルサイト）、アプリケーション開発者向けのサービスである J-SHIS API、防災科研で試験的に作成したコンテンツを紹介する J-SHIS Labs など構成されている（図1）。

J-SHIS Map の地図表示機能

J-SHIS Map の情報は、9つのタブにまとめられており、タブを切り替えることでそれぞれの地図を表示します（図1右上）。以下、各タブの概要を示します。

①確率論的地震動予測地図

今後30年以内に震度5弱以上、5強以上、6弱以上、6強以上の揺れに見舞われる確率（超過確率）の分布図や、今後50年以内に超過確率2%、5%、10%、39%に相当する震度の分布図などを表示します。地図を拡大

し、メッシュを1つ特定すると、そのメッシュでの揺れの大きさと超過確率の関係を曲線で表したハザードカーブが表示できます。

②長期間平均ハザード

再現期間（どのくらいの期間に一度起こるか）が500年から10万年に相当する計測震度を地図上に表示します。

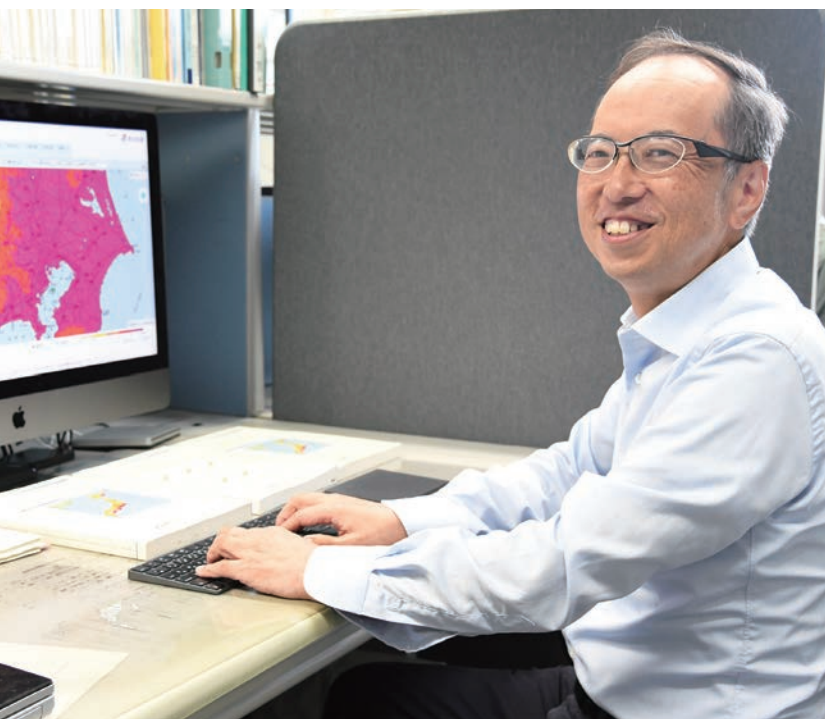
③地震分類別地図

確率論的地震動予測地図では、考慮している全ての地震を「海溝型地震」と「活断層などの浅い地震」の2種類に分類しています。地震分類

別地図では、各分類ごとに震度5弱以上、5強以上、6弱以上、6強以上の揺れに見舞われる確率を四分位で表示します。また、各メッシュでどちらのタイプの地震の影響が大きいかを示す「影響度地図」を表示させることもできます。

④条件付超過確率地図

断層を1つ指定し、その断層で想定した地震が発生した場合に、震度5弱以上、5強以上、6弱以上、6強以上の揺れに見舞われる確率や予測される計測震度の期待値の分布を表示します。



マルチハザードリスク評価研究部門 主任研究員

河合 伸一

かわい・しんいち

博士（理学）

専門分野：統計学

1990年筑波大学大学院理工学研究科修了

1990年4月に防災科学技術研究所入所。現在は、地震動予測地図作成手法の検討や地震ハザードステーションの開発等に従事。

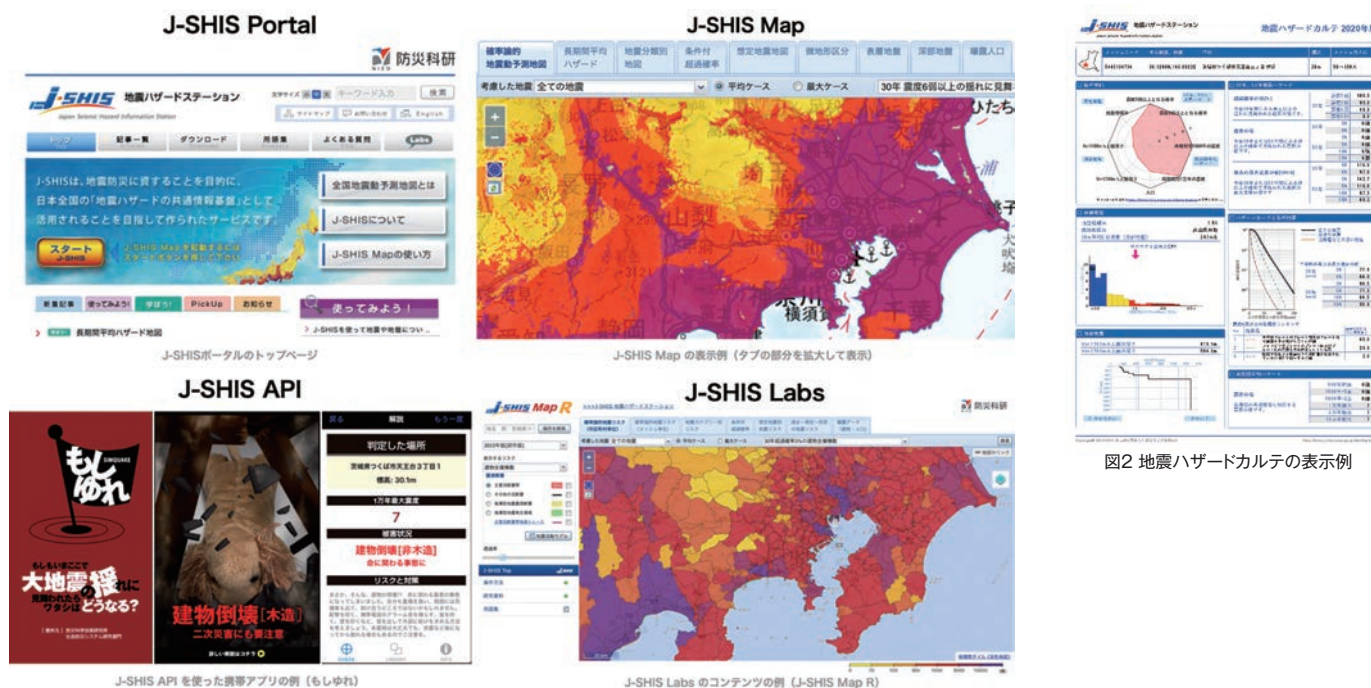


図1 J-SHISの構成

⑤想定地震地図

断層を1つ指定し、その断層で想定した地震が発生した場合の揺れの大きさを地図上に表示します。地図を拡大し、メッシュを1つ特定すると、そのメッシュでの地震波形の表示ができます。

⑥微地形区分

日本全国の地形・地盤について、統一的手法により約250mメッシュ区画で分類したものを表示します。

⑦表層地盤

地盤の揺れやすさの指標である「表層地盤増幅率」の地図と、表層地盤増幅率の算出に使用している、「地表から深さ30mまでの平均S波速度」の地図の2種類の地図を表示させることができます。

⑧深部地盤

強震動予測のために作成した地震基盤から工学的基盤に至るまでの全

国の三次元深部地盤モデルについて、層ごとに地図上に表示します。また、地図を拡大してメッシュを1つ特定した場合は、そのメッシュに関する深部地盤構造を表示できます。

⑨曝露人口

条件付超過確率地図や想定地震地図のデータと人口データを組み合わせ、断層を1つ指定し、その断層で想定した地震が発生した場合に、ある強さ以上の揺れに曝される人口(震度曝露人口)の分布を表示します。また、関連する統計情報を表示できます。

地震ハザードカルテ

J-SHIS Mapで表示されるさまざまな情報について、メッシュを1つ特定すると「地震ハザードカルテ」という形でまとめて表示させることができます(図2)。

ハザードからリスクへ

J-SHIS LabsのコンテンツにJ-SHIS Map Rがあります(図1右下)。これは、地震動予測地図にあるハザード情報に、建物や人口の情報を加えて、強い揺れに見舞われた時の建物被害や人的被害といったリスク情報の作成を試みているものです。

おわりに

J-SHISの情報量は膨大で、専門家向けの機能も多いため、地震や地震ハザードに関する基礎知識やJ-SHISの使い方、専門的な用語を解説した用語集などをJ-SHIS Portalで提供しています(図1左上)。

今後も地図の更新を定期的に行い、安定的な運用を行うとともに、コンテンツの充実を図っていきます。

マルチハザードリスク評価研究部門 特別研究員

土肥 裕史

どひ・ゆうじ

博士（工学）

専門分野：津波ハザード・リスク評価、津波避難

2017年京都大学大学院工学研究科博士後期課程修了

2017年4月に防災科学技術研究所入所。南海トラフ沿いの地震に対する確率論的津波ハザード評価研究などを行う。現在は、文部科学省研究開発局地震・防災研究課へ出向し、地震調査研究に関わる業務に従事。

津波ハザードステーション J-THIS とは

日本初の確率論的津波ハザード情報を提供するシステム

地震津波に対する事前の備え・対策に役立てることを目的として、防災科研は全国を対象とした確率論的津波ハザード評価研究を実施している。その一環として、創出する津波ハザード情報が効果的に利活用されることを目指して開発された、日本初の確率論的津波ハザード情報を提供するシステム「津波ハザードステーションJ-THIS（呼称：ジェイディス、Japan Tsunami Hazard Information Station）」について紹介する。

はじめに

津波ハザードステーションJ-THIS (<https://www.j-this.bosai.go.jp/>) は、津波防災に役立てることを目的として、多様な津波ハザード情報が効果的に利活用されることを目指して開発されたWebサービスです。

防災科研は2020年2月にJ-THISの運用を開始しました。2022年8月現在で提供しているのは、国の地震調査研究推進本部が公表した「南海トラフ沿いで発生する大地震の確率論的津波評価」及び関連する津波ハザード情報です。

確率論的津波ハザード情報

J-THISは、南海トラフ沿いで発生する大地震を対象とした、確率論的津波ハザード情報を提供しています。具体的には、南海トラフ沿いで発生する、津波の原因となる様々な地震について、長期的な地震発生の確率とその地震によって発生する津波の高さを推定することで、今後30年以内に一定の高さ以上の津波に見舞われる可能性（30年超過確率）を海岸沿いの地点ごとに評価しています。

J-THIS の概要

J-THISは、確率論的津波ハザード情報として、今後30年以内に3m以

上、5m以上、10m以上の津波が海岸に襲来する確率（30年超過確率）（図(a),(b)）や、海岸沿いの地点ごとに、津波の高さと30年超過確率の関係（ハザードカーブ）（図(c)）を提供しています。

また、関連する津波ハザード情報として、津波評価に用いた2,720種類の、津波を発生させる断層モデル（波源断層モデル）の情報や、モデルごとに計算された津波の高さを提供しています。

30年超過確率や波源断層モデルごとに計算された津波の高さは、背景地図や海底地形図に重ねて表示することができます（図(a),(b)）。

J-THISでは、これらの情報を数

値データとして直接ダウンロードする機能や、利用者が独自に構築したシステムに直接取り込む機能（Web API機能）を搭載しています。

J-THIS を使ってみよう

下図を例に、J-THISが提供する確率論的津波ハザード情報を紹介します。

(a)津波の高さをプルダウンメニューから選択すると、30年超過確率の分布が色分けして表示されます。数値データを直接ダウンロードすることもできます。(b)地図を拡大して、海岸沿いの地点ごとに表示できます。

(c)地点を選択すると、その地点におけるハザードカーブを表示できます。ハザードカーブにマウスカーソルを合わせると、津波の高さに対応した30年超過確率の値を表示することができます。また、ハザードカーブの画像や、数値データを直接ダウンロードすることもできます。(d)津波評価に用いた2,720種類の波源断層モデルごとに計算された津波の高さのうち、選択した地点に来襲する津波の高さ上位5つと、該当するモデル名を表示できます。モデル名をクリックすると、該当する波源断層モデルの情報や、津波の高さ

の分布を表示できます。

おわりに

利用者それぞれの目的ごとに、必要とされる津波ハザード情報は多岐にわたります。提供する津波ハザード情報が、より広く効果的に、津波防災対策に活用されるためには、その意義・有効性をわかりやすく示すとともに、利用者のニーズに応じた改良が必要となります。津波防災に役立つシステムとなることを目指して、利用者のニーズを参考に、今後もJ-THISの改良を進めてまいります。

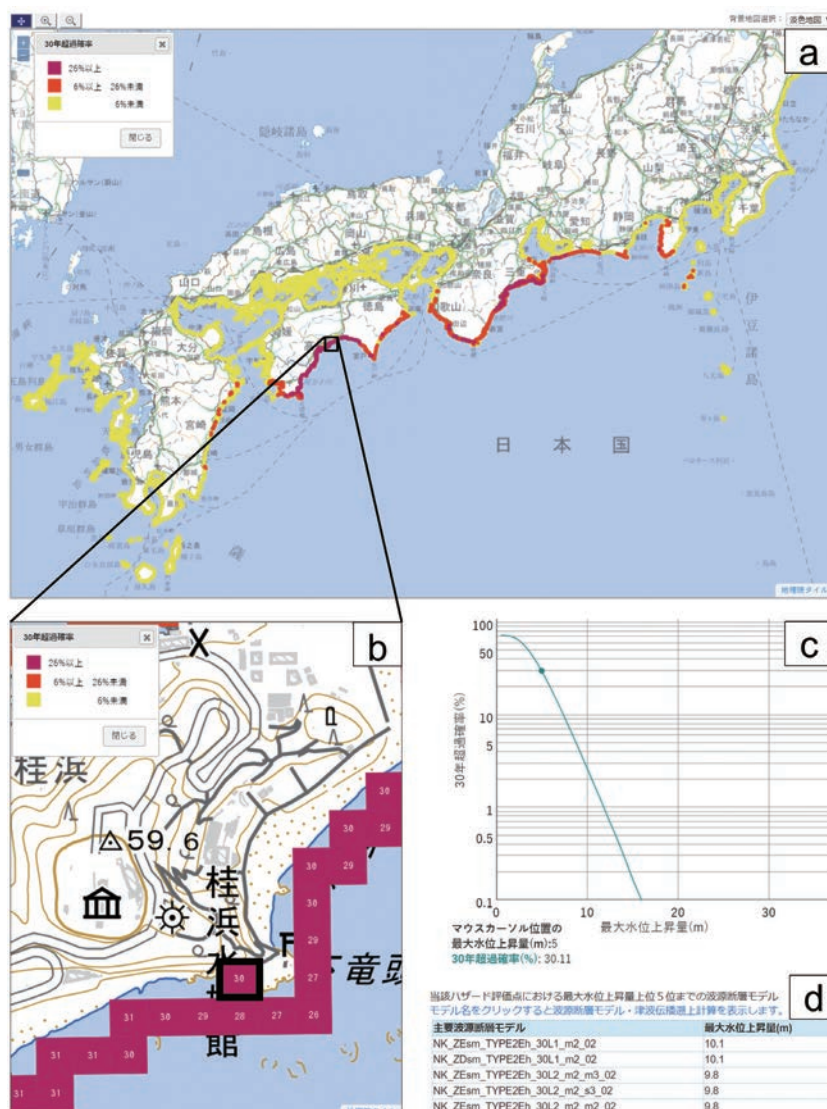


図 J-THISが提供する確率論的津波ハザード情報の例。
 (a)(b) 南海トラフ沿いで発生する大地震によって、今後30年以内に5m以上の津波が海岸に来襲する確率（30年超過確率）の分布。(c) 選択した地点（bの黒枠の場所）における津波の高さと30年超過確率の関係（ハザードカーブ）。(d) 津波評価に用いた2,720種類の波源断層モデルごとに計算された津波の高さのうち、選択した地点に来襲する津波の高さ上位5つと該当するモデル名。

大地震発生直後に被害を推定する

全国を対象としたリアルタイム地震被害推定システム J-RISQ の開発

災害対策の基本は、事前に起こりうる被害を想定し対策を講ずることである。一方、災害が発生した場合に、迅速に被害状況を把握し適切な対応に繋げていくことも重要であることから、災害発生直後の初動対応の意思決定支援等に役立てることを目的として開発を進めているのがリアルタイム地震被害推定システム（J-RISQ: Japan Real-time System for earthquake damage information）である。

J-RISQ の概要

突然やってくる大地震によって災害が発生した場合に、迅速に被害状況を把握し、速やかに災害対応につなげていくことはとても大切です。防災科研では、そのような対応に役立てることを目的に、大地震が発生した場合でも被害全体をリアルタイムに推定するリアルタイム地震被害推定システム（J-RISQ）の開発を進めてきました。ここでは開発中の J-RISQ の概要や発信している情報等

について紹介します。

J-RISQ の概要を図に示します。被害推定に必要な入力地震動は、防災科研の全国を網羅する強震観測網（K-NET、KiK-net）に加えて、地方公共団体や気象庁の計測震度データ、合わせて5,000ヶ所以上の観測点から震度情報等の地震動データを受信し、各地点の揺れやすさを考慮することで、250mメッシュ（日本全国で約600万メッシュ）での震度等の揺れの分布を推定します。

こうして得た震度分布をもとに、そ

の震度にさらされた可能性のある人口（震度曝露人口）や、構造・築年数・階数を考慮した全国建物モデル（全国約5,600万棟の建物をモデル化）やその建物内にいる人口モデルを構築し、揺れの程度と建物の壊れ易さの関係をを用いて、250mメッシュごと、および市区町村ごとに集計した建物被害棟数や人的被害を地震発生から概ね10分程度で推定します。

その結果は「J-RISQ地震速報」として公開しています。

(URL: <https://www.j-risq.bosai.go.jp/>)

マルチハザードリスク評価研究部門 副部門長

中村 洋光

なかむら・ひろみつ

博士（理学）

専門分野：リアルタイム地震防災研究

2001年東京大学大学院理学系研究科博士課程単位取得退学（財）鉄道総合技術研究所を経て、2006年に防災科学技術研究所入所。現在は、自然災害に関するハザードやリスク評価に関わる研究開発に従事。



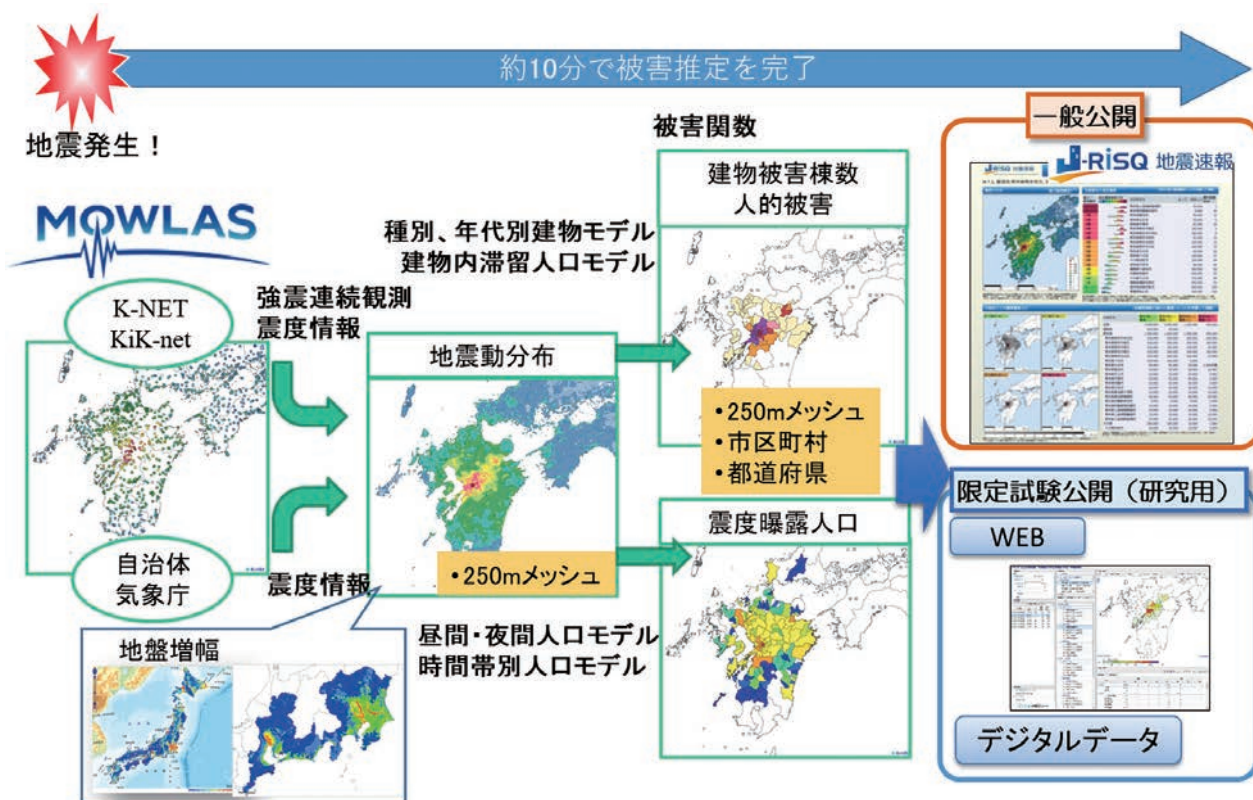


図 リアルタイム地震被害推定システム (J-RISQ) の概要

2016年熊本地震で初公開

震度7が2回観測された2016年熊本地震では、両地震ともに発生後10分程度で建物被害の推定を行いました。この地震の発生当時、まだJ-RISQには一部の被害推定機能しか搭載されておらず、試験的に稼働させていた状況ではありましたが、被害の甚大さに鑑み、初めて一般向けに被害推定結果を公開しました。

一方で、課題も明らかになり、地震後に分かった実被害と推定結果を比較すると、熊本県益城町における被害集中地域等の定性的な空間分布は概ね整合していましたが、被害の

量は実被害を過大に評価している傾向がありました。これらの熊本地震による実被害データを踏まえ、被害推定手法の改良を行いました。

真に役立つシステムに

J-RISQから提供される被害推定情報は、府省庁、警察、消防、地方公共団体等の災害対応機関に提供され、災害対応に活用されてこそ意味があります。また、民間企業等において、BCP (事業継続計画) やDCP (地域活動継続計画) で活用されることで、社会の防災力強化が期待できます。そのため、システム開発だけでなく、研究開発成果の社会実装に

向けた取り組みも進めています。具体的には、防災科研で開発・運用を行っている基盤的防災情報流通ネットワーク (SIP4D) やSIP4D利活用システムを介した被害推定情報の利活用、もう一方は主に民間企業に対して、BCP等への利活用を促進する「ハザード・リスク実験コンソーシアム」と連携した実際のシステム間連携を含めた実証実験を継続的に行っています。

今後もこのような情報利活用の実証実験とシステムの開発・改良を両輪として、J-RISQを地震時の災害対応に真に役立つシステムに育てていきたいと思ひます。

マルチハザードリスク評価研究部門 特別研究員

内藤 昌平

ないとう・しょうへい

博士（工学）

専門分野：防災工学、地震工学、リモートセンシング、GIS

2019年筑波大学大学院システム情報工学研究科構造エネルギー工学専攻博士後期課程修了

民間企業を経て2009年に防災科学技術研究所入所。現在はリアルタイム被害推定システムや被害状況早期把握手法の研究開発に従事。

航空写真とAIを用いた
建物被害の自動抽出

災害の早期復旧を目指して

大規模な災害が発生すると、被害の全体像把握に長い時間を要する。早期に被害を検知し、自治体などの災害対応を支援することを目的とした、航空写真とAI（人工知能）を利用した深層学習によって建物被害を自動抽出する手法について説明する。

はじめに

自然災害による被害の拡大を防止し、復旧にむけた対応を行うためには、被害状況をできるだけ迅速かつ正確に把握することが重要です。

特に大規模な災害においては広範囲に被害が生じるため、全容把握のためには上空から撮影した画像の活用が有効です。

上空からの撮影手段としては、衛星、航空機、ドローンなど、さまざまな機体が利用可能です。一般的に、撮影高度が高いほど広域の情報が得られますが、画像の解像度が低下します。また、画像の解像度によって目視で抽出可能な被害程度が変わり

ます。

例えば、一般向けに公開されている衛星画像は建物1棟ごとの被害を抽出するには適していませんが、商用の光学衛星画像には倒壊建物やブルーシートなど、1棟ごとの状況が抽出可能なものもあります。航空写真の解像度はさらに高く、屋根瓦の破損等の観察が可能です。近年はドローンを活用することにより、外観については現地調査に近い詳細な被害把握が可能になりつつあります（図1）。

本研究では、ドローンやヘリコプターにより撮影された航空写真を対象とし、AI（人工知能）を活用して建物1棟ごとの被害を自動抽出するモデルを開発しました。

教師データ作成

AIの分野で近年、主流になっているのは、深層学習という手法です。これは、大量の教師データ（データに正解値をひもづけた組み合わせ）を用いた学習を繰り返し行い、分類の根拠になった特徴をコンピューターに覚え込ませる手法です。学習可能なデータは画像、音声、文字等、さまざまです。

本研究で教師データ作成のために使用したのは、平成19年（2007年）新潟県中越沖地震、2013年に埼玉県で発生した突風、平成28年（2016年）熊本地震、平成30年（2018年）北海道胆振東部地震、2019年の山形県

沖地震の各直後にヘリコプターまたはドローンにより斜め方向から撮影された航空写真371枚です。

まず、画像内の全ての建物と斜面崩壊箇所を四角形で囲み、建物については目視により被害を3段階に区分した教師データを合計約25万個作成しました。

建物被害の区分は「倒壊」「損傷」「無被害」の3段階にしました。「倒壊」とは建物の構造が破壊し、崩れている、あるいは建物内にいると危険な状態を指します。「損傷」とは屋根・壁の破損やブルーシート等の応急的な補修が確認されることを表します。「無被害」とは航空写真では損傷を確認できないことを指します。

災害復旧への活用という観点では、「倒壊」は人の安全を確保する観点から、「損傷」は生活を再建する観点から、それぞれ把握することが重要です。また、二次災害発生等の危険性

があるため、斜面崩壊箇所についても自動検出するように工夫しました。

深層学習による判別

深層学習には、物体検出分野で、検出の速さや分類精度の観点から高い性能を持つことが確認されているYOLOv3というモデルを使用しました。

まず、教師データを撮影地域ごとに、学習用（覚え込ませるデータ）、テスト用（正しく判別できるか検証するためのデータ）に約2:1の割合で分割しました。次に、学習用データを用いた学習によりモデルを構築後、テスト用データを用いた判別を行いました。

結果、建物や斜面崩壊の箇所については目視による判読と同程度に抽出できていることを確認しました（図2）。また、建物被害の正答率については約7割で、被害早期把握に活用可能な分類性能を確認できました。

今後の課題

建物被害抽出については建物の高さ等、追加の情報を組み合わせて使用することによって、高精度に分類可能になると考えています。また、斜面崩壊については四角形よりも崩壊領域のみ抽出するようなモデルが災害対応現場では有効だと考えています。

今後は教師データの追加やモデルの改良を試行し、より高精度に被害を抽出するための性能向上に努めたいと思います。

本研究の成果は、自治体の住家被害認定調査や保険会社の地震保険査定を支援する情報として利活用されることを目的としています。具体的な利活用手順について、各機関と連携してシステム化を目指していきたいと思います。

	高解像度光学衛星	固定翼航空機	ヘリコプター	ドローン
迅速性	○(数時間～)	○(数時間～)	◎(30分後～)	△(数日後～)
軌道の融通性	×(固定)	○(あり)	○(あり)	○(あり)
周期性	○(定期観測)	×(なし)	×(なし)	×(なし)
撮影範囲	◎(広域)	○(やや広域)	○(中程度)	△(狭域)
撮影高度	500～1000km	1～5km	0.3～1km	～150m
解像度	○(～30cm)	○(～20cm)	○(～5cm)	◎(5cm以下)
天候	△(雲の影響)	△(荒天不可)	△(荒天不可)	△(荒天不可)
夜間観測	×(不可)	×(不可)	×(不可)	×(不可)

図1 上空からの撮影における特徴と撮影画像の例

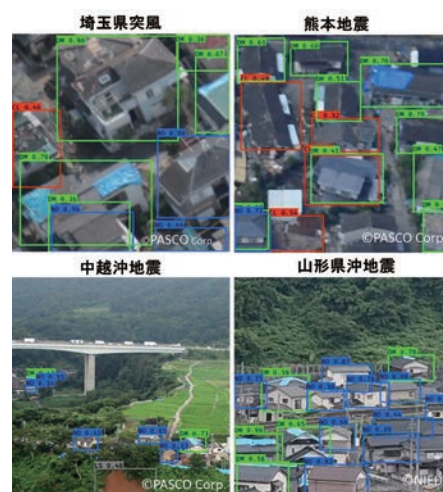


図2 深層学習による被害判別結果の例
(赤枠は倒壊、緑枠は損傷、青枠は無被害、灰色枠は斜面崩壊と判別したことを示している。)

線状降水帯の雨量予測精度 向上にむけた水蒸気観測

水蒸気観測網の社会実装にむけて

はじめに

河川氾濫や土砂災害等の深刻な被害を引き起こす線状降水帯の発生が近年、多発しています。最新の水蒸気観測と高度数値予測法を用いて、発生2時間前までに、線状降水帯による大雨からの避難が必要な地域を特定する技術を開発しています。予測精度向上のカギとなる水蒸気観測網が九州に完成しました。観測網とその社会実装にむけた取り組みを紹介します。

線状降水帯の観測の現状

内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の課題である「国家レジリエンス(防災・減災)の強化」において、防災科研が開発した最新予測技術により、2時間先までの3時間積算雨量を正確に予測することが可能となりました。半日先と2時間先の予測情報を活用することで、線状降水帯からの計画的避難・直前避難の実現をめざすプロジェクトを2018年から実施しています。

線状降水帯の予測精度向上には、線状降水帯を構成する一つ一つの積乱雲を高精度に予測する必要があります。積乱雲の予測には、雨の元となる、高度約1km以下の低高度に存在する水蒸気量の把握が重要であることが知られています。積乱雲が動き始める前の水蒸気量を観測することで、積乱雲の発生予測を可能とし、線状降水帯の予測精度が飛躍的に向上すると期待されています。

低高度の水蒸気量の把握にむけて、防災科研はさまざまな研究機関と協力し、線状降水帯が多発する九州地方に世界に類を見ない稠密(ちゅうみつ)な水蒸気観測網を整備してきました。国立研究開発法人情報通信研究機構と日本アンテナ株式会社による地上デジタル放送波を用いた水蒸



国家レジリエンス研究推進センター 研究統括

清水 慎吾

しみず・しんご

2007年 名古屋大学 博士(理学)

2006年 防災科学技術研究所入所。SIP第1期豪雨竜巻対策における短時間降雨予測システムとリアルタイム客観解析システムの開発、SIP第2期では研究責任者として線状降水帯の観測・予測システムの開発に従事。2018年より現職。

気量観測(以下、「地デジ水蒸気観測」という)、福岡大学と気象庁気象研究所による水蒸気ライダー観測、防災科研によるマイクロ波放射計観測、名古屋大学による航空機観測など、さまざまな観測機器を展開し、それらの技術開発を進めてきました(図)。同時に、こうした最新の水蒸気観測データを予測に活用することで、2時間先までのリアルタイムでの線状降水帯の高精度雨量予測を実現しました。予測情報は九州の11の自治体の実証実験を通して配信され、予測精度の検証と予測情報の利活用の検討を進めています。また、私たちの水蒸気観測データの一部はリアルタイムで気象庁に配信され、予報作成時の参考にもなっています。

さらなる線状降水帯の予測精度の向上を目指して

2022年7月5日には東シナ海と太平洋の上空で航空機観測を実施しました。海洋上の水蒸気観測は、今後、半日先の線状降水帯の予測精度向上のカギとなります。観測データは全国の大学・研究機関に提供され、線状降水帯の発生メカニズムの解明にも大いに役立つこと

が期待されています。

また、これまで開発してきた技術を社会に実装するために、地デジ水蒸気観測の実用化と全国展開を目指しています。実用化に向けた第一歩として、地デジ水蒸気観測の精度検証を行っています。2022年8月15日から1か月間にわたり、熊本県阿蘇市で、気象測器を搭載したドローン観測を実施しました。空気中の水蒸気量が増えることにより、非常に小さな変化ですが、電波の伝搬速度が遅くなります。地デジ水蒸気観測で

は、この変化を捉えることにより、伝搬経路上の水蒸気量を観測します。伝搬経路上において、ドローンで水蒸気量を直接測定することで、地デジ水蒸気観測の精度を確認しています。

日本のどこでも利用可能な地デジ放送波を使うことで、低コストで、かつ、正確に水蒸気量を測定し、豪雨予測のみならず平時には蒸し暑さを表す不快指数の算出など、この水蒸気データの利活用の幅を広げたいと考えています。

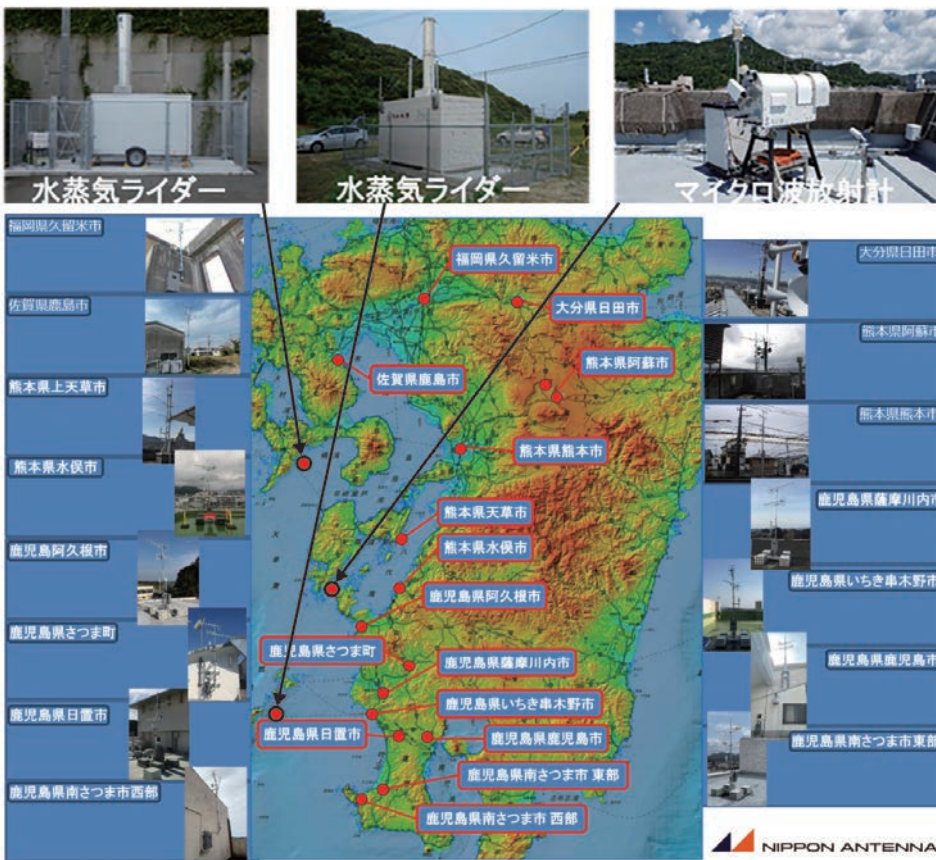


図:SIPプロジェクトで整備した九州地方での水蒸気観測網。水蒸気ライダーは水蒸気量の高度分布を測定し、マイクロ波放射計は鉛直積分した水蒸気総量を測定する。地デジ水蒸気観測は地表付近の平均的な水蒸気量を推定することが可能。

水蒸気ライダーの写真は、気象研究所と福岡大学にご提供頂きました。また、地デジ水蒸気観測サイトは、日本アンテナ株式会社にご提供頂きました。なお、作図には国土地理院地図を利用しました。



写真:地デジ水蒸気観測の検証に用いたドローン

研究を知る × 人を知る

NIED Interview

防災科研で働く研究者をご紹介します。
研究のことから趣味にいたるまでお聞きしました。



— 研究について教えてください。

私の専門は耐震工学です。防災科研では建物の骨格部分にあたる躯体だけでなく、設備機器や家具、天井材や外壁などといった非構造部材も含めた建物全体の耐震性能評価法を研究しています。私は、2022年度に行われる10層鉄骨オフィス実験の担当をしていて、実際の建物に設備機器や非構造部材を敷設し、地震後も継続的に使用できるかを評価していきたいと思っています。

— なんだか難しそうですね。

なぜそのような評価方法が必要かというと、実際に地震が起こった後、いったんは屋外や避難所に逃げたとしても、家やオフィスが使える状態なのか分からないと、もとの場所には戻れませんよね。だから、地震の後も、引き続きその建物が使えるのかを判断するための方法が必要なんです。

— 防災科研に来たきっかけは？

名古屋大学4年生のとき、建物が

地震によってどのような影響を受けるのかに興味があり長江拓也先生の研究室に入りました。そこで、実大三次元震動破壊実験施設（Eーディフェンス）を使った実験に参加したのが、防災科研との出会いです。実は、長江先生はもともと防災科研の研究者で、首都圏レジリエンス研究プロジェクトに参加していました。そのご縁で私も、3階建ての木造住宅を使った実験のデータ分析を担当しました。学生でありながら、国家プロジェクトに参加できたのはとても貴重な経験でした。

大学院を卒業後、大手建設会社で施工管理の仕事をしていました。施工管理の仕事は、品質・コスト・工程・安全・環境面に力を入れて建設工事を管理する仕事です。多くの現場を経験して、建物だけでなく、基礎から仕上げまでのすべての建設過程を学ぶことができました。

私が防災科研に入所したのは、学生時代の首都圏レジリエンス研究プロ

ジェクトを通してできたつながりのおかげです。プロジェクトが縁をつないだものなのだと実感しています。やはり何事も人のつながりが大切だと思っています。

— 今後やりたいことはなんですか？

海外で主流な建物の構造であるコアウォールや、比較的安価で免震効果が得られる新しい基礎滑り構法の開発です。基礎滑り構法とは、建物とその基礎を分離し、地震の際に建物全体を滑らせるようにして免震効果が得られるものです。まだ、分かっていないことも多く、電子顕微鏡で基礎滑りの土台の鋳鉄の形状変化を見たりしてみたいですね。

また、Eーディフェンスはその名の通り、実物大の建物を試験体として振動台に載せて実験するわけですから、実験棟の中で建設作業を行うこともあります。試験体の現場監理担当として、建設での現場経験を実験に活かしていきたいと考えています。



休日のひと時。先輩方と。

西さんって
こんな人

地震減災実験研究部門 特別技術員

西 峻汰 にしりょうた

名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻修士課程修了。清水建設株式会社を経て、2022年4月より現職。専門は耐震工学。趣味はゴルフ・バレーボール・柔道。防災科研に入所して、先輩方よりゴルフのご指導もいただきつつ、ゴルフに没頭中。

自然災害情報室コラム

みなさんこんにちは。自然災害情報室の内山庄一郎です。自然災害情報室は、防災科研のつくば本所、研究交流棟の2階にあり、所外の方もご利用いただけます。自然災害情報室といえば、フロアの半分を占める閉架書庫と、そこに収まる10万冊の文献資料をイメージされるかもしれませんが、こうした図書資料に関する業務のウェイトは、実は業務全体の2割ほどしかありません。今日は、残りの8割を紹介し、自然災害情報室の全貌を紹介します！

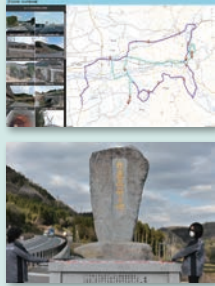


今回のテーマ

「自然災害情報室のお仕事」

🔍 災害経年調査

自然災害が発生すると専門部署の研究員が現地調査を行います。自然災害情報室ではさらに、地域の土地・自然の性質に応じた被害の実態、その後の復旧復興の状況やそれらの地域差を、時間と位置情報を持つ写真として時系列で記録するために、数年おきに現地調査を実施しています。復旧・復興による街並みには人々の意志が反映され、地域によって異なる景観が形作られてゆく。このため、長期的な被災地の景観とその変化を記録しています。



📖 公的災害対応資料のアーカイブ

自然災害の発生直後から、多数の公共機関が被害や避難所開設などの災害対応情報を発信します。こうした膨大で短時間で急激に発せられる情報のアーカイブに取り組んでいます。これらを時系列で丹念に調べることができれば、災害対応の変化について研究の進展が期待できます。災害直後の情報や資料は、短時間で更新、消去される場合も多いため、こうした泡沫的に生じる情報や資料を体系的に収集・整理する取り組みを行なっています。



📄 機関リポジトリ「NIED-IR」

防災科研の刊行物やデータなど、研究成果に関するデジタル情報発信の要となる仕組みが「防災科研機関リポジトリ (NIED-IR)」です。自然災害情報室ではこの運用を担当しており、将来的には防災科研の設立後に刊行された全ての刊行物をデジタル化し、メタデータ (書誌情報) を作成してNIED-IRに格納・提供することを目指して取り組んでいます。機関リポジトリはWebサイトから誰でも閲覧できます。

<https://nied-ir.bosai.go.jp/>

🔗 災害アーカイブ機関連携

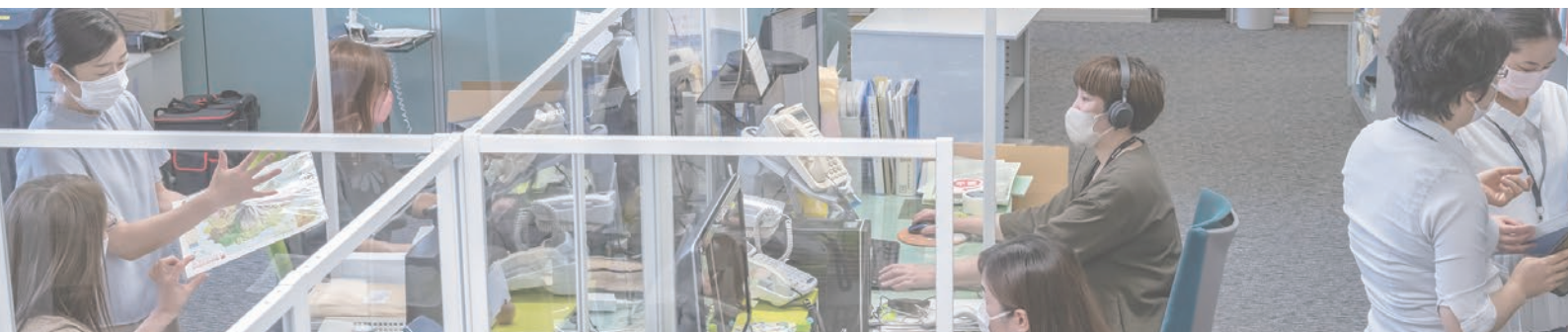
自然災害情報室に限らず、アーカイブ機関でコレクションできる資料の種類と物量には限界があります。そこで、災害・防災に関する資料をアーカイブしている全国の図書館等の機関同士で、お互いの保有する資料を貸借できることが理想です。また、そうした資料を活用した住民向けの防災基礎力向上のイベントを共同で開催するなど、日常的な情報交換を通じて顔の見える連携体制を構築する取り組みを行なっています。

📑 編集委員会事務局

防災科学技術研究所編集委員会の事務局と、研究者から投稿された防災科研の主要3誌 (研究報告、主要災害調査、研究資料) の印刷用版下原稿の編集業務およびオンライン公開業務を行なっています。主要3誌については、直近の6年間だけでも167編、総計8,491ページに及ぶ出版物を編集・作成してきました。

📖 図書資料委員会事務局

上記に加えて、防災科学技術研究所図書資料委員会の事務局も担当しています。所外の方には目に触れる機会は少ない活動ですが、所内の研究者に対して、研究所内で閲覧できる論文 (洋雑誌・和雑誌) の閲覧環境の構築・運用を通して、研究を支援しています。



自然災害情報室では、これまで自然災害・防災に関する専門図書館を目指してきましたが、ここまで紹介してきたように、今後は扱う対象をアナログの図書からデジタルの現地写真や災害対応資料へと拡張し、これらを積極的・能動的に収集する体制の実現に向けて機能を強化していきます。みなさまのご利用、ご支援をよろしくお願いいたします！

<https://dil.bosai.go.jp/>

2022年度日本雪氷学会北信越支部大沼賞 受賞

雪氷防災研究部門 伊藤 陽一

受賞題目：雪崩の内部構造とダイナミクス解明に関する研究への貢献



雪氷防災研究部門の伊藤陽一主幹研究員が、2022年度日本雪氷学会北信越支部大沼賞を受賞しました。大沼賞は、長年にわたる観測データの集録など、雪氷に関する地道な貢献を行ったもの、もしくは雪氷研究に関して斬新なアイデアを生み出したものに贈られる賞です。

受賞コメント

このたび日本雪氷学会北信越支部から大沼賞をいただきました。学生時代から観測・実験技術だけでなく、雪山での生活やスキースキーの滑り方まで教えていただいた関係者の皆様のおかげと感謝しております。賞をいただいても現実にはよくわからないことがたくさん残されています。

最近では北海道ニセコ町近傍で風や雪の吹きだまりの観測をすることが多いですが、予測と観測結果が合わないことも多々あります。これからも、引き続きいろいろな方のご協力を得ながら研究を続けていきたいと思っております。

2021年度日本地震学会若手学術奨励賞 受賞

地震津波火山ネットワークセンター 久保 久彦

受賞対象研究：地震破壊過程の解明とデータ駆動型研究による地震動モデルの高度化



地震津波火山ネットワークセンターの久保久彦主任研究員が、2021年度日本地震学会若手学術奨励賞を受賞しました。この賞は、すぐれた研究により地震学の分野で特に顕著な業績をあげた若手研究者に贈られます。久保久彦主任研究員の業績が優れていると認められ、その将来性が期待されるとして、今回の受賞に至りました。

受賞コメント

この度は栄誉ある賞をいただき大変光栄に思います。これまでご指導、ご支援いただいた学生時代からの先生方、防災科研の皆様、共同研究者の皆様、関係の皆様にご心から御礼申し上げます。

これまでの研究生生活を振り返ると、強震動（地震による地面の強い揺れ）をはじめとする観測データへの強い好奇心が根幹にありました。これからもデータへの好奇心を忘れずに、地震学の発展および地震をはじめとする自然災害の軽減に貢献できるような研究を進めていく所存ですので、皆様の変わりぬご指導ご鞭撻のほどよろしくお願い申し上げます。

令和3年度土木学会技術開発賞 共同研究者とともに受賞

地震津波火山ネットワークセンター 青井 真

技術開発件名：新幹線における海底地震計を用いた早期地震検知の開発・実装



地震津波火山ネットワークセンターの青井真センター長が、共同研究者とともに令和3年度土木学会技術開発賞を受賞しました。本事業では、東北地方太平洋沖地震のように海域で発生する地震をより早く検知して、新幹線をより早く減速・停止させるために、早期検知システムに近年太平洋沖に整備された海底地震計（S-net）を利用する方法などを開発しました。本技術はJR東日本の東北・上越新幹線の早期地震検知システムに実装され、この方法による新幹線の緊急停止が実施されております。本技術は、

地震時の新幹線の地震安全を向上しただけでなく、在来線や他の交通機関などでの活用が期待され、受賞に至りました。

防災科研と山梨県が協定を締結

防災科研と山梨県は「富士山火山防災対策等の推進に向けた火山研究職員等の協力に関する協定」を8月29日に締結しました。緊急時に火山観測網データなどから火山活動を正しく分析し、適切な避難対策に反映するよう、体制を構築します。平時には、緊急時の応援態勢の確認や効果的な火山防災対策を議論する連絡会を開催し、火山研究職員の交流を行います。また、大規模火山災害の軽減に向け、地方自治体・研究機関・研究者からなる連携体制の構築も進めます。火山噴火の防災対策に関して防災科研が地方自治体と連携・協力協定を結ぶのは、今回が初めてです。山梨県は産業技術総合研究所と同様の連携・協力協定を同日付で締結しました。



協定締結の様子。防災科研の林春男理事長(右)と山梨県の長崎幸太郎知事(左)

京都府立盲学校で「防災科学教室」を開催

防災科研とベルマーク教育助成財団が共催する「防災科学教室」を7月12日に京都府立盲学校の小学部と中学部で実施しました。9人の児童生徒が参加、小中学生合同でDr.ナダレンジャーの科学実験を楽しく学んだあと、中学生には災害過程研究部門の松川杏寧特別研究員が「災害を知って、災害にそなえよう! -安心防災帳を使ったそなえの自覚-」と題して講義をしました。Dr.ナダレンジャーの科学実験は、定番メニューを盲学校向けにアレンジ。「突風マシン(空気砲)」の実験では、一人ひとりに風を当て、風の威力を感じてもらいました。さらに子どもたちが触って確認できるように、ペットボトルと風船で作ったミニ突風マシンを全員にプレゼント。「小さい風を起すだけなら楽しいおもちゃだけれど、大きい風になったら怖い災害になる」というナダレンジャーの説明に深く納得したようでした。



4時間目の松川特別研究員の講義



松川特別研究員の講義では、巻き尺を脚にあてて浸水深と行動の関係を実感してもらいました。

東京理科大学のデータサイエンスセミナーで講演

総合防災情報センターの臼田裕一郎センター長が7月13日に東京理科大学主催のデータサイエンスセミナーで学生に講演しました。防災において今や不可欠となっているデータサイエンス。防災情報を個人・組織間で共有し、状況認識を統一することの重要性を説明するとともに、国や自治体の災害対応において情報のパイプラインとして使われている「SIP4D(基盤的防災情報流通ネットワーク)」や、「CPS4D(防災版サイバーフィジカルシステム)」の開発コンセプトや仕組みを解説しました。

職員向けドローン研修会を開催

防災科研の職員向けドローン研修会が開催され、30人以上が参加しました。講師は、マルチハザードリスク評価研究部門の内山庄一郎特別研究員と新里遼平特別技術員です。航空法などの関連法規や機体の構造などを学ぶ座学と、実際に飛行させる実技の計10回のコースで、防災科研の災害対応ドローンソリューション「GEORIS」の教育プログラムに基づいています。ドローンはさまざまな分野で活用が期待されており、研修会には地震、火山、水・土砂、雪氷など各部門の研究系職員のほか、研究を支える事務系職員も多く参加しました。



親子で気象レポート! 夏休み「ふるリポ!親子サポーター企画」開催報告

夏休み「ふるリポ!親子サポーター企画」(ふるリポ!:防災科研が運用する気象レポートシステム)を実施しました。7月30日に任命式、8月27日に終了式を開催。約100名の小学生サポーターからのレポートは期間中合計6,666回におよび、様々な気象のレポートや気温観測に精力的に取り組んでくれました。参加者からは「日々の天気の変化を親子で楽しく観察することができた」「これからは空の観察を続けたい」などの声が聞かれました。「ふるリポ!」に届いた気象レポートは防災研究に活用されます。皆さんもぜひお住まいの地域の空の様子や天気をレポートしてください。 <https://fururipo.bosai.go.jp/fururipo/>



任命式に参加した小学生サポーター



つくばちびっ子博士2022開催報告

防災科研では、茨城県つくば市・つくば市教育委員会が主催する「つくばちびっ子博士2022」に参画し、計4日間で約560人の方にご参加いただきました。

■Dr.ナダレンジャーの自然災害科学実験教室

Dr.ナダレンジャーがペットボトルなどの身近なものを使って自然災害をミニチュアで再現する実験教室を実施しました。

■身近な飲み物で噴火実験!

火山防災研究部門・火山研究推進センターの研究者による、炭酸飲料とお菓子をういた火山噴火実験を実施しました。身近なもので出来る火山噴火に子どもたちも興味津々でした。

■豪雨体験

1時間あたり300mmの雨を降らせる豪雨体験を大型降雨実験施設で開催しました。子どもたちは、大雨によって視界が悪くなると近くのものでも見えにくくなることなどに驚いた様子でした。

■耐震王に俺はなる!! ストローで地震に強いお家模型を作り、揺れから守れ!

地震減災実験研究部門の研究者と一緒に、何本ものストローを組み合わせてオリジナルの家の模型をつくる工作を実施しました。子どもたちは自分たちがつくった模型の家を人工的に揺らす機械にのせて、どの程度の揺れに耐えられるかを確認しました。また、VRを使い、実際に家の中で地震が発生したときの揺れを体験する企画も同時開催しました。



防災科研ニュース

2022 No.218

2022年9月30日発行

●ご意見・ご感想をお寄せください e-mail: k-news@bosai.go.jp

■発行



国立研究開発法人 防災科学技術研究所

〒305-0006 茨城県つくば市天王台 3-1 企画部 広報・ブランディング推進課
防災科研ニュース係 TEL.029-863-7788 FAX.029-863-7699

●防災科研ニュースはウェブサイトでもご覧いただけます (<https://www.bosai.go.jp/>)

ISSN 2758-1195



植物油インキを使用しています