

東北から、実践的防災学を世界へ

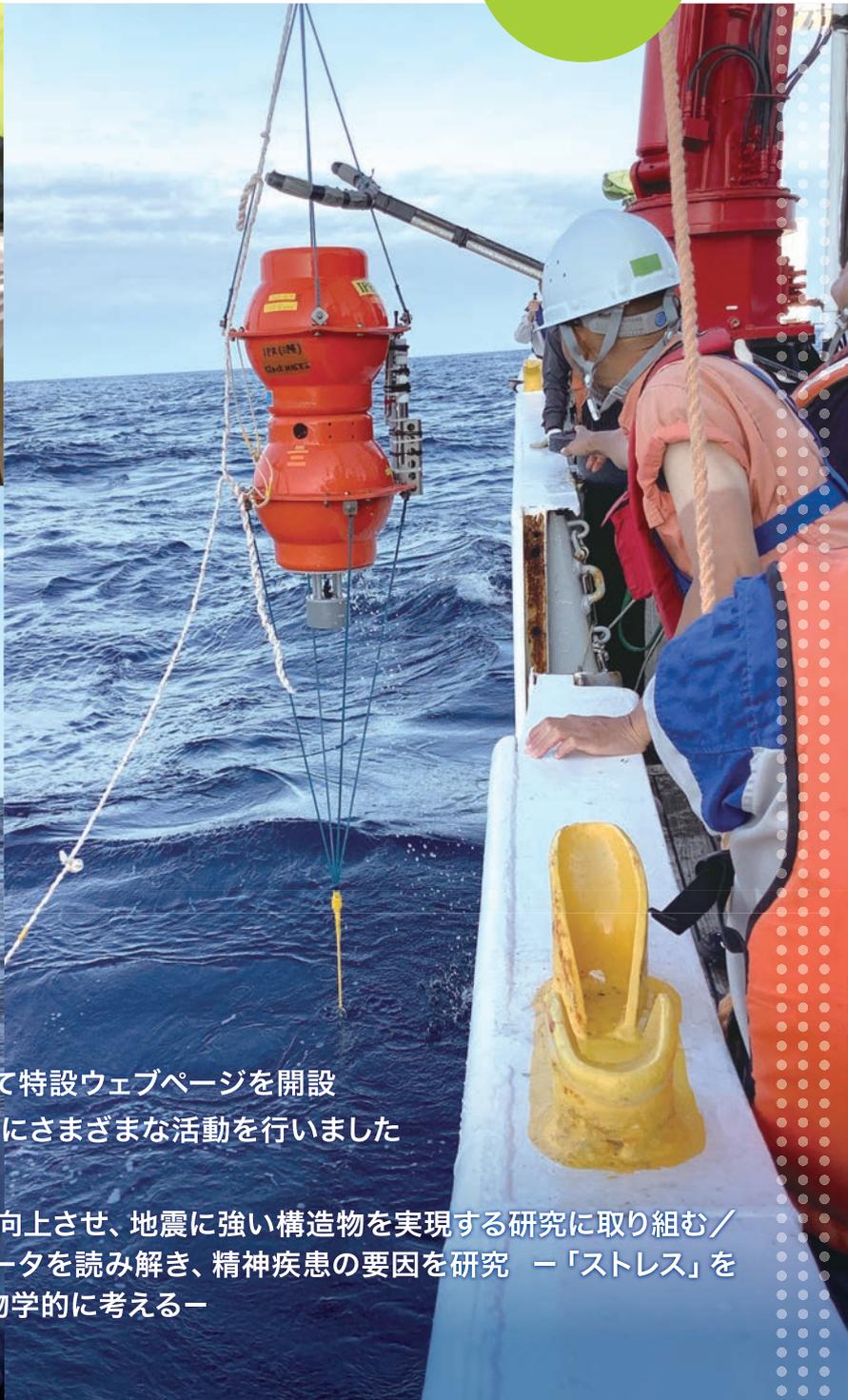
IRIDeS

International
Research
Institute of
Disaster
Science,
Tohoku
University

NEWS

東北大学災害科学国際研究所
NEWSLETTER [イリディス・ニュース]

2022



Topics

〈報告〉トンガの火山噴火・津波を受けて特設ウェブページを開設

〈特集〉東日本大震災から11年目の節目にさまざまな活動を行いました
IRIDeSの産学連携

〈研究紹介〉「振動台」の性能を大幅に向上させ、地震に強い構造物を実現する研究に取り組む／
脳から得られた膨大なデータを読み解き、精神疾患の要因を研究 - 「ストレス」を
鍵に、災害精神医学を生物学的に考える -

ご挨拶



東北大学災害科学国際研究所 (IRIDeS) 所長 今村 文彦

昨年の2021年3月11日は、東日本大震災から10年の節目でした。IRIDeSは編著『東日本大震災からのスタート 災害を考える51のアプローチ』を出版し、シンポジウム「東日本大震災から10年とこれから」を開催するなどして、これまでの歩みを総括し、今後に向けた決意を表明しました。

震災の約1年後、2012年4月に7部門で発足したIRIDeSは、東日本大震災の被害把握、巨大地震・津波メカニズムの解明、震災アーカイブの整備、伝承活動の支援など、着実な成果を挙げてまいりました。また、被災地の復興とビルド・バック・ベターを支援し、産・官・学・民の連携をはかりながら世界の防災指針「仙台防災枠組2015-2030」の実施を推進し、国内外の災害対応、防災活動の推進に邁進してきました。2021年4月より、IRIDeSは4部門体制へと再編され、引き続き災害科学の深化と、実践的防災学の展開を進めています。そして、今年2022年4月に、IRIDeSはいよいよ設立10周年を迎えます。

コロナ禍に入り2年以上が経過しましたが、状況は国内外で未だ深刻です。仙台防災枠組には感染症というハザードも組み入れられていますが、IRIDeSも災害としての感染症の研究に取り組んできました。昨年末には、千島海溝・日本海溝における地震・津波により、最悪で約19万人の人的被害が予測されるという想定も出されました。首都直下地震、南海トラフ地震の発生リスクは上がり続けており、国難級の災害に対する対策が益々重要となっています。気候変動による災害激甚化への対応も待たなしです。これからもIRIDeSは、これら重要な社会課題を見据え、学際研究から得られる総合知を結集し、東北の復興と国内外の災害リスクの軽減へ取り組んでまいります。



IRIDeSの組織体制

災害評価・低減研究部門

理学と工学の統合により、国内外の災害評価及び対応に関する先端研究を推進

災害人文社会研究部門

人の心と行動・建物・社会基盤など国内外の地域社会を研究し、災害教訓を未来に伝え、各地の防災・復興に貢献

災害医学研究部門

発災前～復興期までを研究し、広域・複合災害対応型災害医学の確立と最新科学技術の現場導入に取り組む

防災実践推進部門

実践的研究と、研究成果の社会実装や地域・国際連携による防災・減災に取り組む

寄附研究部門

地震津波リスク評価(東京海上日動) 寄附研究部門
都市直下地震災害(応用地質) 寄附研究部門

共同研究部門

イオン防災環境都市創生共同研究部門
日本工営レジリエントシティ技術実装共同研究部門 (2022年4月発足予定)

災害統計グローバルセンター

災害被害統計の収集・分析により世界の防災政策に貢献

気仙沼サテライト

研究成果の発信、実務者・市民との交流を推進

広報室

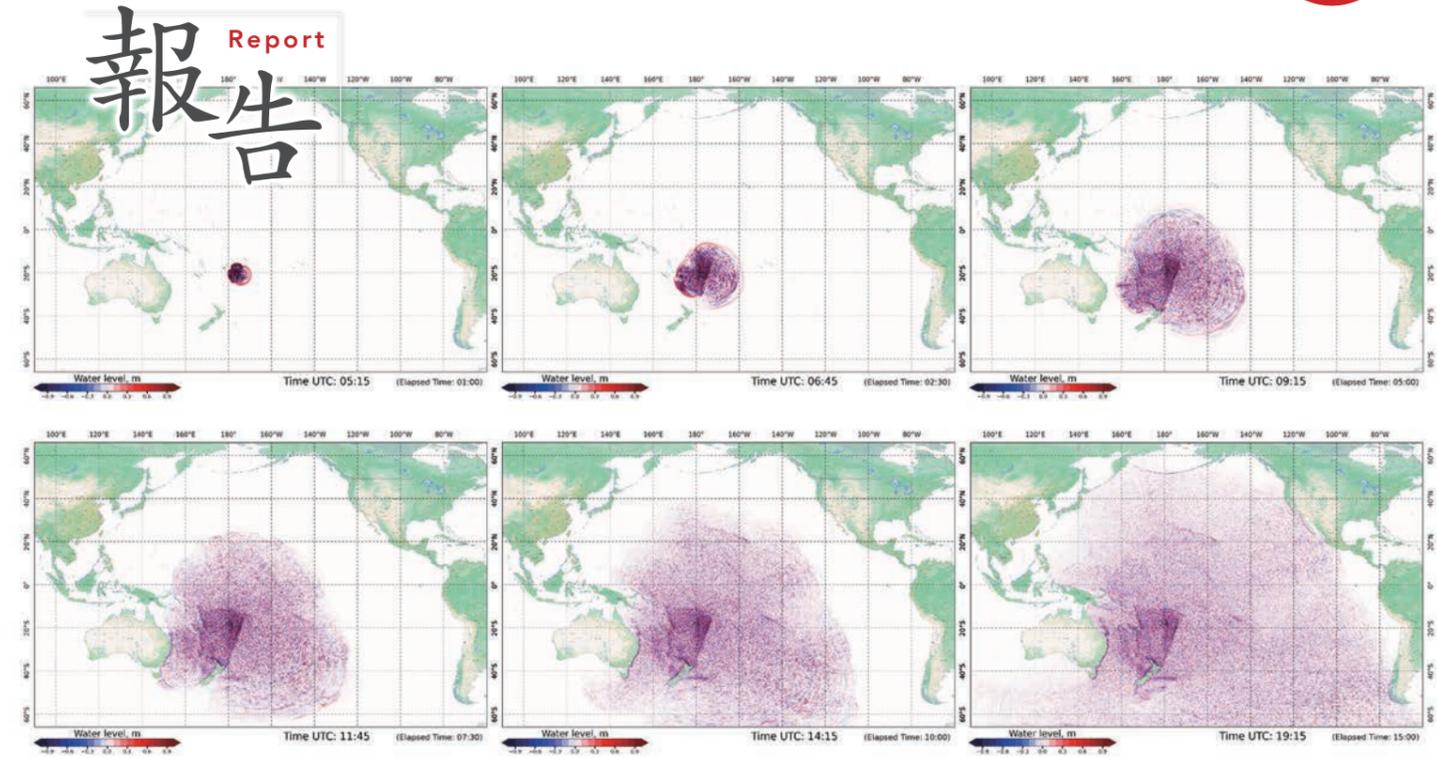
事務局

CONTENTS

- 1 IRIDeSの組織体制
- 2 報告
トンガの火山噴火・津波を受けて特設ウェブページを開設
- 3-8 特集
東日本大震災から11年目の節目にさまざまな活動を行いました
IRIDeSの産学連携
- 7 広報室コラム

- 9-12 研究紹介
「振動台」の性能を大幅に向上させ、地震に強い構造物を実現する研究に取り組む
脳から得られた膨大なデータを読み解き、精神疾患の要因を研究 - 「ストレス」を鍵に、災害精神医学を生物学的に考える -

- 13-14 活動紹介
災害伝承と多様性をテーマに金曜フォーラム開催
慶長奥州地震津波を数値シミュレーションで再現
第5回石巻市復興・防災マップコンクール表彰式に参加



日本沿岸への噴火性津波伝播(解析結果より)

トンガの火山噴火・津波を受けて特設ウェブページを開設

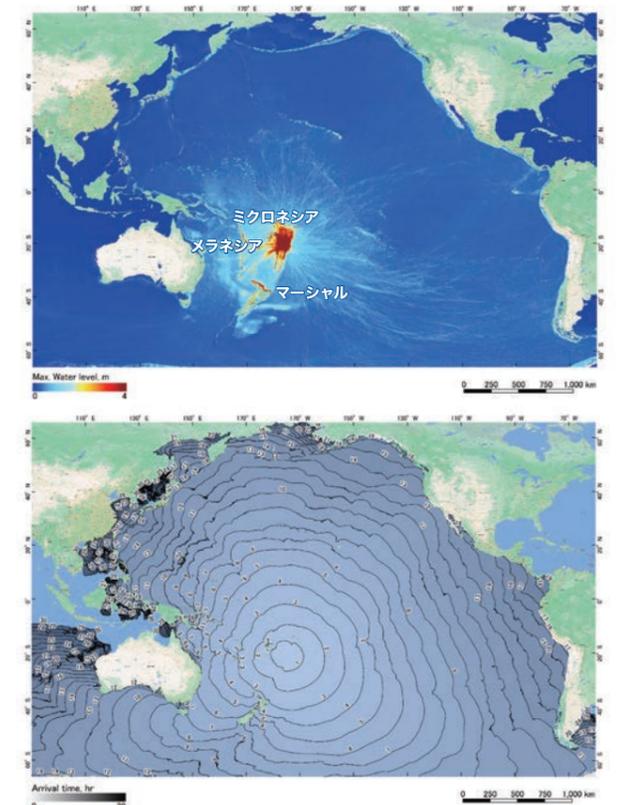
2022年1月15日、南太平洋のトンガ沖で海底火山「フンガ・トンガ・フンガ・ハアパイ」が大噴火して津波が発生し、日本を含む太平洋沿岸各国に津波が到達しました。IRIDeSの研究者は発生直後より情報収集・解析を続け、同年1月31日、その結果を掲載する特設ウェブページを開設しました (https://irides.tohoku.ac.jp/research/prompt_investigation/2022_tonga-vol-tsunami.html)。

ペコクスン クワンチャイ学術研究員・サツパシー アナワット准教授・今村文彦教授は、トンガ海底火山噴火(空振を除く)による津波の解析結果をトンガ周辺・オセアニア地域・太平洋全体で整理し、この津波が伝播する様子をコンピュータ・グラフィックスで可視化しました。上記ウェブページには、この動画も掲載されています。

また、今回の津波は通常の発生メカニズムでは説明しきれないものでしたが、今村文彦教授は災害発生直後から複数のメディア取材に対応し、津波工学の見地から仮説を立てて解説を行いました。

今後、IRIDeSの研究者は、トンガ政府や他大学の研究者とも連携して、今回の災害に関する学際的な調査・研究を進めていく予定です。

ミクロネシア、メラネシア、マーシャル周辺の津波の最大水位と到達時間



東日本大震災から11年目の節目に さまざまな活動を行いました

Activity 1

「東日本大震災メモリアルシンポジウム2022」を開催



シンポジウムの様子

2022年3月5日、IRIDeSは「東日本大震災メモリアルシンポジウム2022ー海溝型地震研究の発展と将来への備えー」を、仙台国際センターにて、対面参加・オンライン参加を併用したハイブリッド形式で開催しました。このシンポジウムは、海溝型地震研究の現状および将来の大地震・大津波のリスクについて理解を深めた上で、東日本大震災の教訓を踏まえた各地の取り組みを確認し、地域防災力を高める方法を探ることを目的としています。

シンポジウム前半では、海溝型地震研究の第一人者である高橋浩晃教授（北海道大学）と松澤暢教授（東北大学）を迎え、千島海溝における超巨大地震のリスクおよび2011年東北地方太平洋沖地震の発生要因や周辺域の地震への影響等に関する基調講演が行われ、現時点で、東北部や北海道地域における臨時情報の有効活用には課題が多いことなども指摘されました。後半では、IRIDeSの研究者らが、災害の予防・応急対応・復旧復興等の視点から地域防災について論じ、総合的な対応やコーディネーションの重要性が話し合われました。当日は対面・オンライン形式を合わせて120名以上の参加がありました。

IRIDeSは、2012年以降、毎年3月に、東日本大震災をテーマとしたシンポジウムを開催してきました。本シンポジウムの元になっているのは、震災直後から一般公開で実施してきた「東北大学による東日本大震災報告会」¹⁾です。

今回のシンポジウムは、昨年に続き、仙台国際センターにて仙台市が主催する「仙台防災未来フォーラム」に参加する形で実施されました。新型コロナウイルス感染拡大防止に十分留意した上での開催となりましたが、会場には、防災・減災に関心のある多様な市民が訪れました。

仙台防災未来フォーラムに関し、IRIDeSは今回、上記シンポジウムのほかに「レジリエント・コミュニティの創生に向けてーイオン防災環境都市創生共同研究部門の取り組みー」も開催し、また、展示ブースにも出展しました。会場では、IRIDeSが支援する「第3回世界防災フォーラム」が、2023年3月に開催される予定であることも発表されました。

仙台防災未来フォーラムに関し、IRIDeSは今回、上記シンポジウムのほかに「レジリエント・コミュニティの創生に向けてーイオン防災環境都市創生共同研究部門の取り組みー」も開催し、また、展示ブースにも出展しました。会場では、IRIDeSが支援する「第3回世界防災フォーラム」が、2023年3月に開催される予定であることも発表されました。

1) 2012年3月までは、IRIDeSの前身である防災科学研究拠点として開催。

Activity 3

World BOSAI Walk Tohoku +10

「一般財団法人 世界防災フォーラム」は、防災の理念を世界に広め、災害で苦しむ人々をなくしていくことを目指して活動する、IRIDeSと密に連携する団体です。通常は、スイスの防災ダボス会議と連携した市民参加型国際会議「世界防災フォーラム」の事務局をつとめていますが、2022年春、会議とは異なるイベント「World BOSAI Walk Tohoku +10 ビルドバックベターを探る東北沿岸縦断の旅」を企画・実施することになりました（IRIDeS後援）。

この旅は、フォーラム関係者らが、東日本大震災で甚大な被害を受けた福島県から青森県にわたる東北沿岸部を主に徒歩で移動しながら、地域で復興や災害経験の継承に取り組む方々と連携し、その活動を世界中に発信するもので、随所でIRIDeSの関係者も参加します。コロナ禍を受け、参加人数を絞って実施する一方で、毎日の旅の様子をYouTubeやSNSで発信していくことになりました。

2月23日、福島県いわき市塩屋崎灯台にてWorld BOSAI Walkキックオフが行われた後、一行は最初の目的地・いわき災害伝承みらい館に向けて出発しました。この後、一行は徐々に北上し、宮城県・岩手県の各地も訪問した後、4月23日、最終目的地である青森県八戸市に到達する予定です。IRIDeSの教員で、一般財団法人世界防災フォーラム代表理事をつとめる小野裕一教授は、「特



World Bosai Walkで立ち寄る主な場所

Activity 2

記者懇談会において、東日本大震災で 亡くなられた方々に関する研究の進捗を報告

IRIDeSの門廻充侍助教・今村文彦教授らは、宮城県警察本部から提供された東日本大震災犠牲者に関する情報の分析を、2018年度に開始しました。研究グループは、震災における人的被害の解明と、今後の人的被害軽減に関する提言を目指して分析を続け、毎年2月に、1年間の研究の進捗をメディア関係者に説明する記者懇談会を開催しています。

2022年2月18日、門廻助教らは第4回となる記者懇談会をオンライン開催し、2021年度に得られた本研究に関する知見をまとめ、報告を行いました。前年度までは陸上での被害実態の報告が中心でしたが、今回の記者懇談会では、海上で見つかった方々568名に関する詳細な分析と、今後、低体温症リスクによりよく対応するための提案等を行いました。

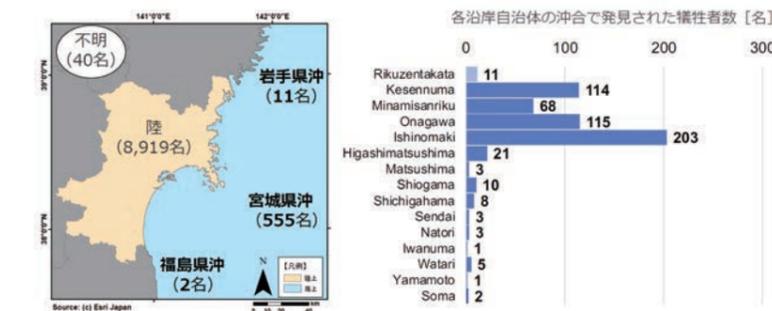
今回の懇談会において、門廻助教は、海上で見つかった犠牲者の数は、沿岸自治体の海域別で見ると石巻市、女川町、気仙沼市の順に多くなっていたことや、平野部よりリアス式沿岸部のほうが、海上流出のリスクが高いこと等を述べました。また、これまでの研究知見に基づき、今後の低体温症リスクへの対応策として、低体温症リスク・チェックシートを考案し、提示しました。さらに、今村教授は、津波メカニズムの説明などを補足しました。



今村 文彦 教授



門廻 充侍 助教



※上図における「陸」は宮城県および山形県の一部

発表資料より

当日は、主に仙台と東京から、新聞・テレビの報道部・科学部の記者など報道関係者約15名が出席し、多くの質問が寄せられました。門廻助教は、「海上流出した場合、どのように命を守り、そして迅速な発見および救助に繋げるか。今回示された新たな課題と向き合い、今後起こり得る津波災害において、海上での犠牲者に加え、行方不明者や身元不明者を減らす事にも繋げていきたい」とコメントしました。

に、地元の方々がこれまでどういう思いで頑張ってきたかについても、国内外に発信していきたい」と述べました。

詳細：<https://worldbosaiforum.com/bosaiwalk/>

<2月26～27日、福島県でのWorld BOSAI Walkの様子>



左：歩いている様子（楡葉町）

中央上：復興のために作られたぶどう畑とワイン醸造施設を訪問（川内村）

中央下：「特定廃棄物埋立情報館リプルンふくしま」から発信（富岡町）

上：原発事故の対応拠点となっていた「Jヴィレッジ」にて（広野町）

IRIDeSの産学連携

近年の東北大学の重要キーワードである「産学連携」。産学連携は、東北大学の「教育」、「研究」に次ぐ第3の使命である「社会貢献」の中核に位置づけられ、各部局でも取り組みが進んでいます。

では、IRIDeSにおいて、どのような産学連携活動が実施されてきたのでしょうか。このたび、所内の産学連携窓口教員であり、自身でも複数の企業と連携プロジェクトを実施してきた、丸谷浩明教授・IRIDeS副所長に聞きました。



丸谷 浩明 教授・副所長
防災社会推進分野

▶ 産学連携の形はさまざま

皆さんが、産学連携と聞いてよく思い浮かべるイメージは、大学の研究者が企業からの資金提供を受けて何かの技術や機器を共同で開発したり、特許を取ったりするようなものかもしれませんが、しかし、企業との協働の形はそれだけでなく、とても多様です。

IRIDeSには産学連携の部門として、「地震津波リスク評価（東京海上日動）寄附研究部門」、「都市直下地震災害（応用地質）寄附研究部門」、「イオン防災環境都市創生共同研究部門」が設置

されており、2022年4月からもう一つ「日本工営レジリエントシティ技術実装共同研究部門」も発足します（p6参照）。部門設置には至らずとも、共同研究契約を交わして一緒に研究を進めるタイプもあり、IRIDeSの多くの教員が、日常的に企業と一緒に研究を進めています。

私は防災実践推進部門に所属し、災害時の事業継続計画（BCP）や企業・組織の防災を専門としています。そのため企業との協働は、本来の専門に最初から組み込まれているともいえます。また、所内のイオン防災環境都市創生共同研究部門にも兼務で所属し、東北大学雨宮キャンパス跡地に建設が計画され

ているイオンモールにおける防災・減災対応の検討を支援しています。

そのほかにも、学術指導契約を結んだうえで企業の委員会等へ出席し、助言を提供していますが、これも産学連携活動の一つです。また、企業や行政関係者と意見交換を行う産学官勉強会を2014年から継続して毎月開催しており、今までIRIDeSの複数の研究者が発表・参加してきました。このような、異なる立場の関係者が防災に関する共通土台を持つための場を作ることも、私の考える産学連携活動に含まれます。さらには、企業との学術指導契約に基づき、企業の防災研修のテキスト作りや、企業のBCP構築を支援した経験もあります。

▶ 企業の人材育成に協力し、防災戦略をともに考える

防災や事業継続に関する共同研究の一環として、企業の若手社員を民間企業等共同研究員としてIRIDeSに受け入れ、その方々の防災人材としての育成をお手伝いし、当該企業の防災戦略構築にもつなげる活動も行ってきました。その共同研究員の方々は、IRIDeSに常駐または毎週通う形です。私が教えている東北大学公共政策大学院で防災関連の授業にも同席してもらい、防災の取り組みの経験を学生に話していただく一方、幅広い知見を身につける機会にいただいています。

特集2

また、企業のリアルな防災の問題について私や学生と一緒に議論し、協働で解決策を模索し、気づきを会社に持ち帰っていただいています。

共同研究員の方々は、社会にまだ出ていない学生と違い、会社という組織をすでに知っています。この方々が直面している課題はまさに企業現場の生の防災の課題であり、それを学術的視点と過去の対応事例などの知見を踏まえて一緒に検討しますので、導き出された対応方法は、おそらく、現実的でクリエイティブなものになっていくと思います。

▶ 災害時の物流に関する新たな仕組みの検討

共同研究の具体例として、株式会社丸和運輸機関と災害時の物資運送・仕分けのシステムと一緒に考えています。災害発生後、全国的な運輸会社や地域の代表的な運輸会社の大型トラックは、都道府県のトラック協会などのアレンジで、国のプッシュ型被災地支援などの広域的な支援物資物流のために稼働することが多いのですが、中堅・中小企業のトラックには実際に

IRIDeSに設置されている産学連携の部門

地震津波リスク評価(東京海上日動)寄附研究部門

2012年に設置。IRIDeSの津波リスク評価等の災害科学の知見と、東京海上日動が保険ビジネスで培った地震・津波リスクに対する知見を元に、両者が連携して研究開発や人材育成を進め、成果を広く社会に提供する。これまで、津波ハザード評価・津波フラジリティに関する研究、津波避難訓練支援、防災教育の普及に持続的に取り組んでいる。



The water overflowed the low levees in front of the river.

都市直下地震災害(応用地質)寄附研究部門

2019年設置。IRIDeSと応用地質株式会社の連携により、近い将来の発生が懸念される都市部直下型の内陸活断層大地震について、地形学および地質学、地震学、地震工学の知見から、具体的かつ実践的な防災・減災案を提示することを目指し、研究を進める。



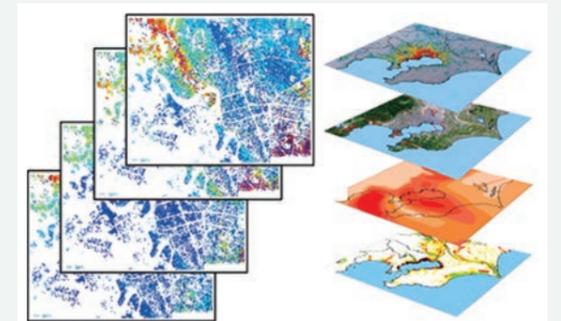
イオン防災環境都市創生共同研究部門

2021年10月設置。地域の防災拠点でも緑豊かな環境を整備することにより、安全・安心なレジリエント・コミュニティの創生を目指す。「防災・減災」「杜のデザイン」「感染症対策」の3つの研究分科会が設定されている。



日本工営レジリエントシティ技術実装共同研究部門

2022年4月設置予定。データサイエンス分野における種々の技術を用い、データ駆動型かつ高密度・高精度・高速な防災情報をサイバー空間と実際の空間で融合し、相互利用可能なデジタルツインモデルを開発し、レジリエントシティのモデルを構築する。



声がかからないのが実態のようなので、その状況を改善できないかと検討を始めています。また、私の研究室では、物流企業と地方公共団体の協力のあり方に関しても、東日本大震災の際の関連企業の経験調査などを通じて研究しています。このように、共同研究では産学双方の立場で協力し、災害発生時に具体的に起こりうるシチュエーションを一つ一つ吟味し、何がネックか、どんな資源が利用できるかなどを議論しながら、解決策を探しています。

また、共同研究先が地方自治体に支援物資の物流拠点を提案するご支援もしています。市の物流拠点が実際に物資の搬入・搬出をしやすい場所となるよう、道路アクセス、フォークリフトやパレットを使った機動力のある物資保管・仕分けなどを検討する重要性を指摘している状況です。一般に、行政の担当者は人事異動もあり、過去に支援物資の受け入れを経験した自治体でさえ、担当者が詳しい知識を持っているとは限りません。大災害は頻繁には起きませんので、産官学の関係者で、災害発生時の対応を検討して意見交換を続けていくことは、過去の経験を継承し、災害にリアルに備えることにもつながっていきます。

このような産学連携活動においては、企業側の課題に対し、研究者として、過去の防災の課題・解決事例や政府・自治体の最新の対応方法・計画に基づいて、アイデアを出します。企業はそのアイデアが実現可能かを具体的に調べ、有効だとわかればすぐに実装していきます。さらに、それが有効であり、実装できれば、政府や地方自治体に評価される可能性もあります。強調したいのは、このような過程で研究者の側も企業から

学ぶことがとても多いことです。実践的な防災においては、現場の情報から解決策が得られることも多いと考えています。したがって、これらの共同研究の作業は産学でお互いの知見をトレードしているというだけでなく、研究室に集まり、スピード感を持って一緒に新しいアイデアを練り上げていく作業であるという方が、実態に即していると思います。

産官学連携の防災拠点の構築に協力

さらに別の例として、企業が、仙台市に「災害発生時の対応拠点」兼「平時の防災拠点」となる建物を構築するプロジェクトにも協力しています。物流施設の設計やコンサルティングを手掛ける東京に本社をもつ株式会社 フクダ・アンド・パートナーズが、「首都直下地震等で被災した場合に備え、仙台でバックアップ拠点になる防災力の高いビルを開発したい」と相談に来られたことがきっかけでした。このプロジェクトに、私が協働していたほかの企業も深く関与していただけるようになり、仙台市のご担当者にも関心を持っていただくことができました。

この拠点ビルは耐震構造で、災害発生時に必要になる非常用電源設備・備蓄・マンホールトイレ等を揃えています。災害時の一時滞在施設にもなります。また、普段は企業の防災発信拠点として、防災グッズの展示や防災学習等に利用されます。この拠点は、2022年3月、「仙台長町未来共創センター」として竣工予定で、IRIDeS としても同センターの活動に参画していきたいと考えています。これまで仙台市に企業防災の情報発信拠点はありませんでした。それを初めて構築したことになります。



仙台長町未来共創センター（イメージ）

これからの産学連携

以上、私が携わってきた産学連携の実例を紹介しました。企業は社会の主体の重要な一部です。私のように、社会を対象とした専門分野の場合は、おのずと活動の主体として企業が関係してきますので、産学連携は必然的に発生することになります。

私が連携している企業は、防災に取り組むにあたり自社のメリットはもちろん考えますが、それだけでなく、CSR（企業の社会的責任）と社会における信頼構築を重視しているといえます。そのため、その活動の受益者は、行政や地域住民が含まれることになります。

私の企業・組織の防災分野における産学連携の成果には、何かの設備や機器を開発したり、特許を取ったりは含まれません。このような産学連携活動に関しても、一般化して公開

できるものに関しては論文としても発表していきたいと思いますが、個々の企業の戦略に関わる部分は論文にして発表することが難しいので、その代わりに、社会への発信や企業と社会の仕組みづくり、行政と企業の連携した防災対応の向上などの事実を成果として認めてもらえるように努めています。

研究が多様であるように、産学連携も、どの企業と何に取り組むかで全く内容が異なってきます。しかしどの分野でも、今後、産学連携はますます重要になっていくでしょう。企業には企業の考え方があり、大学とは異なるところも多くあります。次世代の研究者も、産学の互いの違いを理解し、連携に必要なノウハウを身につけて、ぜひ新たな協働の地平を開拓してほしいと思います。



産学間ディスカッションの様子

広報室コラム



広報室長 江川新一 教授
災害医療国際協力学分野

私にとっての東日本大震災

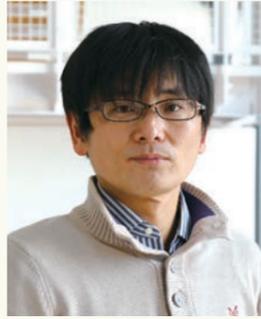
東日本大震災から11年が過ぎようとしています。忘れもしない2011年3月11日午後2時46分、金曜日午前中の外来診療を終え、東北大学医学部2号館8階の自室にいた私は、突然の激しい揺れに身動きできず、ぼんやりと「ああ、宮城県沖地震だ。これは相当に強い地震だな」と感じました。第1波の揺れが収まってほっとしたのもつかの間、第2波のさらに強い揺れが来て、本棚から落ちてくる本を横目に見ながら、「自分の部屋は割と狭く四方に柱があるので、それほど弱くもなさそうだが、倒れて下敷きになるような重量物もないな」と判断し、「ああ、これで天井か床が抜けたら死ぬのだな」と思いながらも、「もし助かったときにこのコンピュータがなかったら困る」と考え、自分のノートパソコンを抱えながら揺れに耐えました。揺れが収まってすぐに、医局と遠隔の実験室にいた全員の安全を確認し屋外に避難しましたが、東北大学病院災害対策本部がすぐに立ち上がったという全館放送に迎え、災害対策本部に参加し、院内と関連病院の被害把握に努めました。東北大学病院内には

長陵協議会という関連病院が連携するNPO法人があり、私は2008年から事務局長として運営に携わってきました。その経験と、持ち出したノートパソコンが、状況把握に大いに役立ちました。

震災の翌年、当時病院長であった里見進先生が東北大学総長に就任され、私はIRIDeSの災害医学研究部門災害医療国際協力学分野の教授を拝命しました。膵臓癌という難治がんを抱えた患者さんたちと多く接してきて、「人は誰しもいつか必ず死ぬ。また、この宇宙にも地球にも始まりと終わりがある」ということだけが、私にとって間違いのないと思えることです。なぜ我が国が世界一の長寿と災害に強い社会を達成してきたのかが、当然とも不思議とも思え、また、通常医療と災害医療の相違点・共通点を解き明かしたいと思いました。その後、震災時はよく知らなかったDMATや災害拠点病院、災害医療コーディネータ、広域災害医療情報システム、広域搬送などの災害医療体制と東日本大震災後の深化などを勉強しながら論文にしてみました。

2015年第3回国連防災世界会議で策定された世界の防災指針「仙台防災枠組」には、healthという単語が34箇所にも使われ、SDGsや気候変動適応枠組とも調和しながら、人々のからだところの健康を守ろうとしています。災いは必ず起きますが、災いは転じて福となり、福となすのは人間です。一人一人、短い命、されどなくてはならない命を大切にしていきたいと思っています。

「振動台」の性能を大幅に向上させ、地震に強い構造物を実現する研究に取り組む



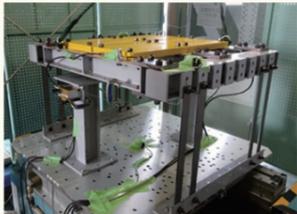
地震工学研究分野 榎田 竜太 准教授

はじめに

IRIDeSの榎田竜太准教授は、学生時代に建築学を専攻し、現在は自動制御技術を応用した、地震に強い構造物を実現するための研究に取り組んでいます。

「制御」とは、人間の思うように何かを動かすことです」と榎田准教授は説明します。「日常生活でも普通にすることです。例えば、パスタを茹でる時、吹きこぼれそうになったら水を入れますね。これも制御です。しかし、学問の世界では、制御の手法はもっと複雑かつ精緻になります。これまで制御は、機械、航空宇宙、金融や工業化学の分野など多岐にわたる分野に取り入れられてきました。耐震工学の分野には、地震で建物が揺れ過ぎないように装置を入れて抑えたり、逆に、過去に実際にあった地震と同じ揺れで建物を揺らしたりといった、制御に関する研究があります。

榎田准教授の研究は、この「過去に実際にあった地震と同じ揺れで建物を揺らす」ことに深く関係しています。榎田准教授は、近年、地震を再現する重要な実験装置である「振動台」に関する一つの課題を解決し、その性能を大幅に向上させる手法を開発しました。



振動台実験 (防災科学研究所)

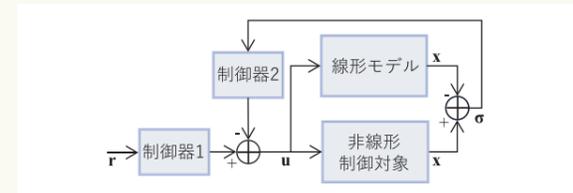
従来と異なる発想を取り入れ、振動台の性能を向上

振動台の実験では、建物などの構造物をその台上に載せ、地震波を人工的に発生させます。そして、台上の構造物の実際の壊れ方を詳細に検証しながら、どうやったら地震に強い建物ができるかを追求していきます。

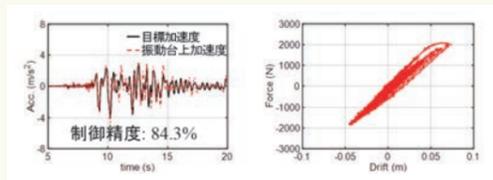
しかし従来、この実験には大きな課題がありました。振動台は、構造物が振動で破壊されるまでは問題なく動くのですが、ひとたび構造物が損傷を受けると、その損傷を受けた構造物の特性が影響し、その後は振動台が発する地震波が不正確になってしまうことがあるのです。「本来、台上で何が起ころうと、

振動台が意図した地震波を安定して出し続けてくれないと困るのですが、従来は技術的な限界のため、それができませんでした。構造物損傷後の不正確な地震波による実験結果は、純粋な条件下で導き出されたものではありませんが、揺らした波の記録自体は残るので、そのデータで良しとしていました」と榎田准教授。そんな中で、振動台をもっと正確に動かす研究に取り組掛りました。「以前にも、『構造物の壊れ方が事前に分かれれば、振動台の動きをうまく制御できるのではないか』といった考えに基づき、この問題に挑戦した研究者はいました。しかし、構造物の壊れ方が分からないから実験するわけで、最初から壊れ方が分かっているとするのは非現実的な前提条件です。結局、最終的な解決には至りませんでした」。

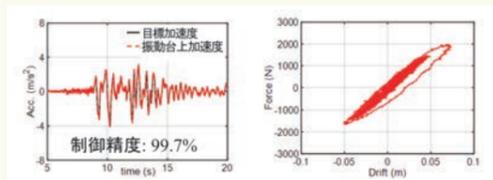
そこで榎田准教授は、全く別のアプローチを取ってみることにしました。「結論から言うと、振動台の動きを制御するにあたり、構造物の壊れ方を事前に想定しなくてよい「ノンリニア・シグナルベースド・コントロール (NSBC)」という手法を考えつきました」。損傷が発生すると、力と変形に比例関係のない「非線形性」が生じます。従来、非線形性を持つ対象物をコントロールするためには、制御する側にも非線形性を持たせ、対象物と制御側で打ち消し合うことで、力と変形が比例関係にある線形にする必要がある、と考えられてきました。しかし、榎田准教授が新たに開発した手法は、線形の制御で非線形の対象物をコントロールする、従来と全く異なる考え方によるものです。NSBCを自ら考案し、実際にこの手法を組み込んで振動台の実験を行ったところ、構造物に損傷が起きた後も、振動台を極めて正確に動かし続けられることが確認できました。阪神・淡路大震災の地震波を再現する場合、従来手法での精度は84.3%程度であったのに対し、新手法ではほぼ100%に向上しました。



NSBCの概念図



従来手法の実験結果



NSBCの実験結果

榎田准教授は、この結果を論文として発表し¹⁾、特許も申請中です。制御に関する研究は、制御工学・機械工学の分野を中心に行われてきましたが、今回、建築を勉強する上で学んだ知見が、新しい開発にもつながりました。

論文の反響

このNSBCにより、従来の技術的な大きな壁を越えることができ、学会発表で紹介した際などは、大きな反響がありました。しかし、実世界で従来の手法からすぐに切り替わるかというと、そうでもない、榎田准教授は言います。「新しいものを取り入れるには、コストもかかります。従来の方法でやってきていたのだから変えたくない、という人もいます。また、新手法では理論上、極めてまれに振動台が暴走するリスクがあるので、それを懸念する人もいるかもしれません」。

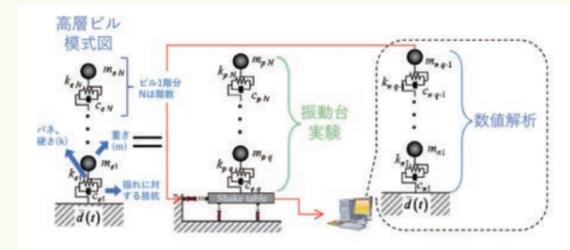
しかし少なくとも、新手法の開発は、従来手法の限界を再度、浮き彫りにしました。「従来、入力(揺らしている地震波)が必ずしも正確ではないと知りつつも、出力(構造物の揺れ)を論じていたのですが、NSBCを使うことで、純粋に地震の影響に対する建物の特性を明らかにできるようになります」。

巨大構造物が地震を受けたときはどうなるか

さらに榎田准教授は、NSBCを応用した発展的研究にも取り組んでいます。その一つが、巨大構造物が地震を受けたときの特性を明らかにする手法の開発です。

振動台に載せて実験できる構造物の大きさには物理的に限りがあり、例えば東京スカイツリーのような超高層建造物は、振動台には載りません。海外では、巨大構造物の耐震性を縮小モデルの実験で確認することもあります。基本的には日本では、高層ビルに対して振動実験はせず、数値解析的な検討で評価されます。しかし、巨大構造物が地震を受けたときにどうなるかを、実験を通じて具体的に明らかにできれば、実際の複雑さを反映した、より現実に即した分析ができ、構造物の耐震をさらに追求していくことが可能になります。

そこで榎田准教授は、建物の一部のみを実験に実験し、残りは数値解析で補う手法を、巨大構造物を対象とした振動台実験の研究に取り入れることにしました。このリアルと計算を組み合わせる手法は、もともと1960年代の日本の建築・土木分野で初めて実施された日本発のもので、榎田准教授は、巨大構造物のある階以上については、NSBCを応用した振動台で実験し、残りは数値で解析して、両者をリアルタイム



実験と数値解析を組み合わせた高層ビル実験の概念図

ムで組み合わせるという手法を開発し、論文で発表しました²⁾。この手法を更に発展させることで、超高層ビルの実験が、低層建物(例えば、2~3階建て)を振動台に載せて実験するのと同様の費用でできるようになります。「この論文は数式が多く、すぐに多くの方が反応するような内容ではないかもしれませんが、しかし、研究者として、高層ビル実験の技術的な準備は整い始めていることを提示できました」。

災害の被害を防ぐ“ゴールキーパー”として、地震に強い社会を作っていきたい

榎田准教授は静岡県出身です。東海地震に備える環境で育ち、小学校高学年のときに発生した阪神・淡路大震災にも影響を受け、防災に役立つ研究を志しました。しかし、大学院博士課程の時に東日本大震災が発生し、衝撃を受けました。当時は無力感と、研究が自然災害に対してできることの限界も感じた、榎田准教授は振り返ります。しかし、何が役に立つかは、結局、後世になるまでわかりません。今は、自ら必要だと思える研究を進めていきたいと思っています。「防災研究全般にも言えますが、地震や耐震に関する工学の研究は、得点を稼いでプラスにするというより、災害による失点をどれだけ少なくするかという分野です。ゴールキーパーの仕事に似ており、華々しさはないですが、誰かがやらねばならないことだと思います」と榎田准教授は述べます。

今回のNSBC手法の開発は、建築で学んだことが一つの力となり、制御工学がもっと連続的につながり、制御技術の応用が当たり前になれば、より多くの発見につながっていくことが期待されます。いずれは、そのような応用を前提とした教科書的な書籍も書いてみたいと思っています。」

また、研究者によっては、理論あるいは実践のどちらかに重点を置くスタンスをとる場合もありますが、榎田准教授は、双方にかかわり、両者のバランスを取って研究を進めていきたいと考えています。「理論・数値解析と実験技術は、エンジンと車輪のように、両者が調和して初めてうまく動きます。理論を組み立て、実験して理論通りになった時は、とても報われた気持ちになります」。榎田准教授は、今後、NSBCを普及させ、高層ビルなどのさまざまな構造物の特徴を実験で明らかにしたり、電力施設の耐震性を向上する研究開発に取り組むなど、地震発生時にも停電が防げるような社会にも貢献できれば、と話しています。

1) R. Enokida, K. Kajiwara, Nonlinear signal-based control for single-axis shake tables supporting nonlinear structural systems, Structural Control and Health Monitoring, 26(9), e2376 2019. <https://doi.org/10.1002/stc.2376> (本論文は、榎田准教授がIRIDeS着任前に、防災科学技術研究所所属として発表したもの)

2) R. Enokida, Nonlinear substructuring control for simultaneous control of acceleration and displacement in shake table substructuring experiments, Structural Control and Health Monitoring, 29(2), e2882 2021. <https://doi.org/10.1002/stc.2882>.

脳から得られた膨大なデータを読み解き、精神疾患の要因を研究 —「ストレス」を鍵に、災害精神医学を生物学的に考える—



災害精神医学分野 日野 瑞城 特任助教

▶ はじめに

統合失調症は人生に大きく影響を与える精神疾患で、約100人に1人が発症します。統合失調症は精神医学が取り組んできた重要課題ですが、その要因としては、先天的な遺伝的要因と、後天的な環境要因があります。そして災害も、統合失調症の環境要因となる可能性があります。

IRIDeSの日野瑞城特任助教は、統合失調症の主に生物学的要因に着目し、人間の脳を詳細に調べながら、何がこの精神疾患と関係しているのかを追求しています。

▶ 「細胞にストレスを与えるとどうなるか」を研究

もともと日野助教は、大学時代から博士号取得後まで、細胞にストレスを与えた際の変化を研究していました。

“ストレス”とは、元々物理学・工学の専門用語でした。物体に外から力をかけると形がひずみ、その中に力がたまり、はね返そうとします。この元の状態に戻ろうとしている状況が、“ストレス状態”です。その後、“人間や動物に外から力がかけると、神経や身体の不調や病気としてひずみが現れる”という捉え方に基づき、“ストレス”は医学用語としても使われるようになりました。さらに、“ストレス”は学術界を超え、今日では日常用語としても定着しています。

力の強さがある程度までなら、力を抜けば心身は元に戻ります。しかし、力を加え過ぎると、戻らずに壊れてしまいます。この押さえている力(ストレスを生じさせる要因)は、本来は“ストレスラー”という名称になりますが、日常生活ではこれについても“ストレス”と呼ばれています(例:「誰々の言葉がストレスだ」など)。

このように広く使われるようになった“ストレス”という言葉ですが、医学分野においても、生きている個体としての動物・人のストレスだけでなく、細胞レベル、さらには細胞

内の構成要素に関するストレス(例えば「小胞体ストレス」)へと、ストレスの概念と研究範囲が拡大してきました。この“細胞レベルにおけるストレス”が、日野助教の最初の研究テーマでした。

日野助教は大学院で細胞生物学を専攻し、細胞にストレスである熱を与えたときの変化を研究しました。「細胞に熱を与えると、細胞を保護するタンパク質が合成されます。また、最初に細胞が耐えられる範囲の力を加えてストレス状態に置くと、次に同じくらいの刺激が加わったときに、細胞の抵抗力が上がることもわかっています」と日野助教。博士号取得後は、細胞に放射線を照射した際の変化を観察しました。「放射線を骨格筋細胞に照射すると、“オートファジー”¹⁾が増えることがわかりました。細胞が、劣化した部分を積極的に排除している可能性も考えられます」。これらの研究結果はあくまで細胞レベルの知見であり、個体としての人間にすぐには適用できません。しかし、ストレス状態におかれた細胞が、生きのびるために何らかの動きをすることは、参考になります。

▶ 精神医学の分野で脳の研究に参加

その後日野助教は、生物学で培った手法を活かし、精神医学研究にも携わるようになりました。精神医学分野は伝統的に、精神分析家との対話を通じて患者を分析・治療する手法が盛んに行われていました。それは、精神活動がとても複雑で、また、生きている人間の脳を直接分析することが難しかったためです。しかし近年、献体された脳を調べる、物証に基づく精神医学研究も進むようになりました。

日野助教は、前任地の福島県立医科大学で統合失調症に関する脳の研究に初めて参加しました。2021年4月にIRIDeSに着任してからも、脳の研究を続けています。「統合失調症を患っていた方の脳が、細胞や遺伝子レベルでどのような特徴を持つかについて、地道に調べてきました。その結果、特定のタンパク質とそのRNA、低分子量の代謝産物などの量が異なることを見出しました。その一方で、統合失調症が、従来の手法で簡単に分かるほど甘い病気ではないということも実感しました。この疾患は、遺伝的要因と環境要因とが複雑に組み合わさって生じるのだらうと考えています」。

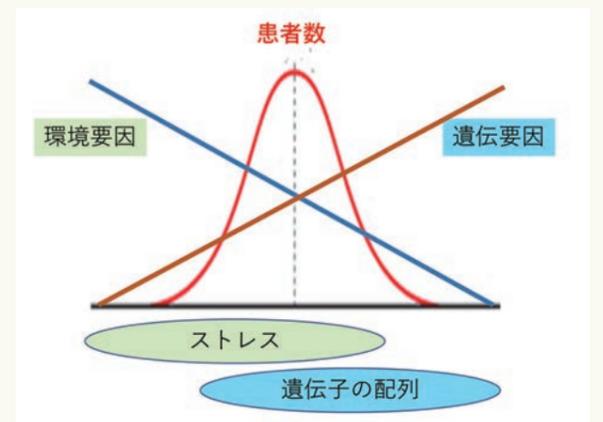
また、脳をはじめとする生体情報に関して集まった膨大なデータを、今後どう読み解いていくかも、大きな課題です。2003年ヒト遺伝子の全塩基配列の解読は、アメリカを中心に6カ国が参加した、13年にわたる超巨大プロジェクトにより実現しました。今では、1台の機械を使って、一日で、より安価(10万円)に、同じ解析ができます。全塩基配列の

データ内容のほとんどは全人類共通なので、実際にはそのうち個人を特徴づける遺伝子配列のみを抽出して研究することが多いのですが、それでもまだデータ量は膨大です。「例えば、個人を特徴づける遺伝子配列に関しても、たった1人から何十万項目にもおよぶデータが容易に得られる時代になりました。それを例えば20人分組み合わせると、さらに膨大な数になります」。この結果から、何らかのパターンや特徴を探していくことになります。「統合失調症の脳で、あるタンパク質の量が特に大きいなどの特徴は見つかります。しかし、このタンパク質をなくせば単純に統合失調症が治るわけではありません。よって、この結果と、さらに他に見つかった特徴との関連を探っていくことになります」。膨大なデータを扱うにあたっては、情報科学の研究者と協働し、大人数で研究を進めていくことになります。謎やヒントが巨大なデータに埋もれていて、何かを掘り当てると、また次の謎が出てくるような状況です。「生体情報を定量的に扱う機械の進歩に伴い、網羅的に調べたデータをどうやって生かしていくかは、近年の医学全般の重要トピックになっています」と、日野助教は話します。

▶ 精神疾患は生物学的要因・環境的要因の双方を考える必要がある

日野助教は、主に生物学的な面から統合失調症の研究を進めていますが、遺伝学的要因とともに環境要因も重要であると指摘します。「遺伝という生得的な要因と、環境要因がそれぞれどれくらい疾患の発症に影響するかは、人により異なると思われます。環境要因はストレスと置き換えられるかもしれませんが、オランダなど、飢餓があった場所でその後統合失調症が増えた事例があります。胎児期幼少期に大きなストレスにさらされた人たちは、少なくとも統合失調症発症ピークである20歳くらいまでは、注意深く見守る必要があるといえます。東日本大震災を含む災害も大きなストレスにつながるため、被災した人たちも、長期にわたってフォローする必要があると考えられます。統合失調症に限らず、精神疾患全般についてその必要があると思います」。

日野助教が所属する災害精神医学分野では、富田博秋教授(IRIDeS兼任)のもと、精神疾患の社会的な側面に関しても、さまざまなアプローチから研究を行っています。また2020年に同分野に着任した國井泰人准教授は、前任地の福島県立医科大学において日野助教と脳の研究を行うとともに、福島県で精神科に長期入院していた人たちが、東



統合失調症発症要因(模式図)
環境要因(ストレス)のみ/遺伝的要因のみによる発症はいずれも少なく、
双方の要因がかかわって発症することを示す。

日本大震災における福島第一原子力発電所の事故を受け、転院となったことに着目しました。入院患者の行き先を調査した結果、意思表示が難しい症状が重い人ほど、遠くの病院に転院し、戻ってこれない傾向がありました。「災害時、精神疾患のある人たちは災害弱者になりやすく、また、その人たちは、元々ストレスへの脆弱性を持っている可能性があります。精神疾患は、生物学的、社会的の両次元において、複数の側面から考える必要があります」と日野助教は述べます。

▶ 今後について

これまで、ストレスを鍵に、災害精神医学を生物学的に捉える研究を行ってきた日野助教ですが、今後、因子の解明を進めることで、研究を統合失調症の薬につながるものを目指したいと考えています。「統合失調症の治療薬はすでにあり、多くの人の役に立っていますが、薬が合わない人もいます。統合失調症の遺伝子情報の解明が進めば、個人に合うオーダーメイドの、副作用が少なく失われた機能が取り戻せるような薬が可能になるかもしれません」。医学としての目標は、何よりも、統合失調症の人が発症前のような日常生活をまた送っていけるような、治療につながる研究です。脳の遺伝子レベルでの統合失調症研究は、新たにもたらされた膨大なデータを扱わなければならない一方で、大きな可能性もひらいています。

1) 自食作用: 細胞が自分の中の成分を自分で食べてしまう現象。大隅良典博士がこの研究により2016年のノーベル生理学・医学賞を受賞した。

Activity 01

災害伝承と多様性をテーマに IRIDeS金曜フォーラム開催



災害文化アーカイブ研究分野
ゲルスタ・ユリア 助教

IRIDeSは、研究所発足直後より、所内外の情報共有や学際研究の促進の場として「金曜フォーラム」を実施しています。フォーラムは通常、年5回程度、金曜日の夕方に開催され、テーマに沿って3～4名が発表します。コロナ禍を受けて、2020年5月からは、オンライン開催となっています。

2021年11月26日、「災害伝承の可能性を探る—ジェンダー・多様性の視点から見た災害伝承—」と題し通算75回目の金曜フォーラムが開催され、李善姫助教（東北大学東北アジア研究センター）、山内宏泰氏（リアスアーク美術館館長／学芸員）、鈴木ひかる氏（元福島県立相馬高校放送局）の3名が招かれて発表しました。各発表では、多様性の観点からみた各地の震災伝承館の展示傾向、災害伝承を地域文化から始める重要性、災害ドラマやドキュメンタリーにおけるジェンダーと多様性など、さまざまな「多様性」が論じられ、発表後はパネル討論も行われました。

本フォーラムの企画および司会・モデレータは、IRIDeSのゲルスタ・ユリア助教が他の教員と協力しながら担当しました。「私の専門分野の一つは文化人類学で、総合的記憶を重要な研究テーマとしています。災害伝承について重要なのは、誰が・何を・誰のために教訓として伝承するのかということです。その観点から今回の内容を考案し、各発表者への依頼も行いました」とゲルスタ助教。今回のフォーラムでは、年齢・ジェンダー・国籍・仕事異なる発表者が、災害伝承における多様な経験・多様な伝承活動の可能性を話し合い、災害伝承現場の課題も共有されました。フォーラムには約50名が参加し、発表者・参加者間の活発な質疑応答や意見交換も行われました。

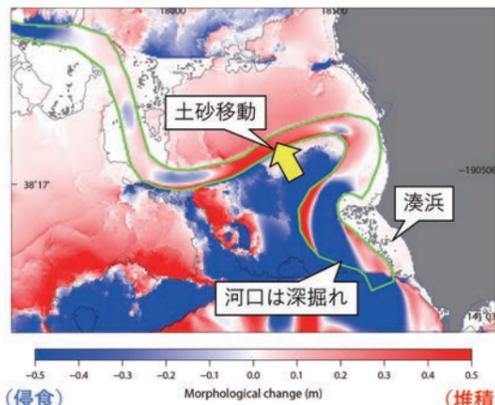
Activity 02

慶長奥州地震津波を 数値シミュレーションで再現



津波工学研究分野
菅原 大助 准教授

1611年、東北地方太平洋沿岸で地震・津波が発生しました。同地震・津波は近年まで、岩手・宮城の三陸沿岸を中心に大きな被害をもたらした1933年昭和三陸地震津波と同規模であったとみなされ、「慶長三陸地震津波」と呼ばれてきました。しかし、特に東日本大震災後の研究の進展により、1611年の地震・津波はそれまでの推定よりも規模の大きい巨大地震であり、その被害は東北地方太平洋沿岸、すなわち「奥州」全域に及んでいたことが明らかになってきたことから、その名称を「慶長奥州地震津波」と改める動きが進んでいます。



解析結果の一つ（菅原准教授発表資料より）

2021年12月4日、IRIDeS棟で「歴史が導く災害科学の新展開 V—文理融合による1611年慶長奥州地震津波の研究—」と題したシンポジウムがハイブリッド開催され、200名以上が参加しました。このシンポジウムでは、文系・理系のさまざまな分野の研究者10名が、それぞれの視点から慶長奥州地震津波に関する最新の知見を紹介しました。発表者の一人であるIRIDeSの菅原大助准教授（津波工学研究分野）は、文化財の専門家や工学・理学の研究者の協力を得て、多賀城址¹⁾周辺エリアでの慶長奥州地震津波による浸水や地形変化を数値シミュレーションで再現した研究について発表しました。

菅原准教授の発表概要は以下のとおりです。まず、現在のように大規模な地形改変が行われる前の1961年に撮影された空中写真から地形モデルを作成し、地形の成り立ちを示す土地条件や遺跡の標高、文献の知見等を考慮して補正を加え、慶長当時の地形をできる限り詳細に復元しました。さらに、津波土砂移動数値シミュレーシ

ンで津波が当時の地形をどのように変えたかを解析しました。その結果、シミュレーションで得られた地形変化や砂の堆積の様子は、古文書等の記述や遺跡調査の結果を良く説明できることが明らかになりました。

菅原准教授は「今回、歴史学の知見を工学の手法で物理的に裏付けることができました。しかし、地形復元の不確実性など様々な課題があり、さらなる研究が必要です。今後、現地調査も行うなどして、1611年の巨大津波の実相にさらに迫っていきたいと思います」と話しています。

1) 古代遺跡で、現在の宮城県多賀城市に位置する。

Activity 03

第5回石巻市復興・防災マップコンクール表彰式に参加

2022年1月12日午後、宮城県石巻市防災センターにて「第5回石巻市復興・防災マップコンクール表彰式」が開催され、石巻市学校防災推進会議の委員長をつとめるIRIDeSの佐藤健教授も参加しました。今回のコンクールには、石巻市内の小・中学校の児童・生徒が作成した復興・防災マップ計97作品の応募がありました。表彰式では、審査で優れていると認められた作品に対し、石巻市長賞をはじめとする各賞が授与されました。佐藤教授は、賞の一つである「東北大学災害科学国際研究所特別賞」の賞状を、石巻市立大谷地小学校6年生および同飯野川中学校3年生に授与する役割を担い、また、今回受賞したマップ全般に関する講評も行いました。

東日本大震災発生後の1年後から、石巻市教育委員会の協力のもと、同市の小・中学校の児童・生徒たちは総合的な学習の時間などを用いて、地域の復興や防災に関する状況を自分たちで調べ、地図上で表現する活動に取り組んできました。この活動のベースとなっているのは、IRIDeS防災教育国際協働センターが作成した『復興・防災マップづくり』実践の手引き～郷土の自然と暮らしを知るために～²⁾です。「手引き」には、既存の地形図やハザードマップ等からの情報も活用し、またフィールドワークや家族・地域の人々へのインタビューを通じ、復興や災害リスクに関する状況とあわせて地域の歴史や魅力を調べ、手作りマップとして表現していく手法が示されています。各学校は「手引き」を参考にしながら、地域に根差したテーマのもとにマップ作りの学習活動に取り組んできました。今回、石巻市長賞として高く評価された石巻市立北上小学校の作品は、津波の歴史や避難場所等が地形図とともにわかりやすく表現された優れた内容でした。また、ほかの受賞作品も、津波・洪水・原子力災害・土砂災害等を取り上げて意欲的に取り組んだものでした。講評において、作成されるマップのレベルが年々上がっていることが指摘されました。

佐藤健教授は、「マップ作成は最終目的ではなく、あくまで、子どもたちと地域の方々をつなぎ、復興まちづくりや持続可能なまちづくりにつなげる手段です」と述べています。各校のマップづくりに対し、佐藤教授はじめ防災教育国際協働センターのメンバーが適宜、助言を行うこともありますが、専門家の役割はあくまで補助的であり、マップづくりの学習活動は各校の自律的な取り組みとして続いているということです。

2) 「復興・防災マップづくり」実践の手引き～郷土の自然と暮らしを知るために～
http://drredu-collabo.sakura.ne.jp/cms/wp-content/uploads/jissen_no_tebiki_hajimeni.pdf



原子力災害時の避難マップを作成し、東北大学災害科学国際研究所特別賞を受賞した飯野川中学校の皆さん（右端は佐藤健教授）

■ お知らせ ■

- IRIDeSの一般公開イベントは、感染症の状況に対応しながら、オンラインや対面で実施しています。
- 当研究所の最新活動状況は以下のウェブサイトをご覧ください。
HP <https://irides.tohoku.ac.jp>

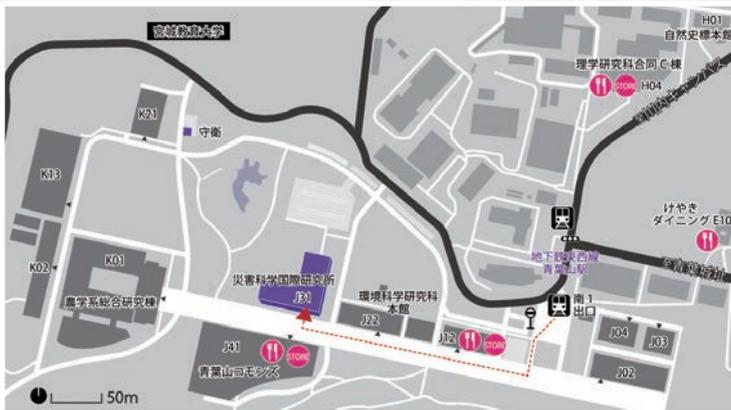
来年度より、ニュースレターIRIDeS NEWSは、形を変えてのお届けとなります。今後とも、当研究所のニュースレターをどうぞよろしくお願いいたします。



[アクセス] 東北大学 災害科学国際研究所
〒980-8572 仙台市青葉区荒巻字青葉468-1



仙台市地下鉄東西線「青葉山駅」から徒歩3分



お問い合わせ

IRIDeS広報室
電話：022-752-2049
メール：koho-office@irides.tohoku.ac.jp

編集後記

2017年から発行を続けたIRIDeS NEWSは、今後、別の形となりますが、これからも広報室は、IRIDeSのさまざまな研究活動を国内外に発信してまいります。どうぞよろしくお願いいたします。

(IRIDeS広報室 中鉢奈津子)

IRIDeS NEWS 2022 2022年3月発行

発行・編集 東北大学災害科学国際研究所(ニュースレターWG)
取材・文章 主担当 中鉢奈津子 /
写真撮影 主担当 鈴木通江 / 編集補助 小森光 福島愛子
デザイン・印刷 有限会社 明倫社

表紙・裏表紙写真

さまざまな手法による海底地殻変動観測の様子(木戸元之教授 撮影)

表紙左上：船上での海底圧力計の設置準備

表紙左下：衛星測位・音響測距併用観測にむけた自律観測艇の投入

表紙右：海底間音響測距装置の回収作業

裏表紙上：海中音響測距の船上での波形のモニタリング

