

防災リテラシー

「防災リテラシー」計画推進部会長 高橋 誠

(名古屋大学大学院環境学研究科)

副部会長 井ノ口 宗成

(富山大学都市デザイン学部)

地震・火山噴火現象の理解・予測を災害の軽減につなげるためには、地震・火山噴火といった自然現象に起因する災害誘因（外力）だけでなく、地形・地盤などの自然環境や、人間の持つ特性や社会の仕組みといった災害素因（自然素因と社会素因）を理解し、地震・火山噴火による災害の発生機構を総合的に解明することが必要であり、また、それらの研究成果を社会に対して適切に還元することが求められる。そのためには、社会が地震・火山噴火災害による被害の発生を抑止したり軽減したりするために必要とされる知識体系を明らかにすることが必要である。

現時点における研究成果に鑑みると、災害誘因としての自然事象に関する理解や予知・予測、災害誘因と災害素因との結び付きによって災害が発生する要因や機構に関する理解から、被害が発生した場合の対応にかかわる方策を得ることによって、災害の軽減を図ることが目指されている。とりわけ災害素因については、構造物や土地利用にとどまらず、人間の認知や行動、社会体制などにおける脆弱性の理解、災害シナリオの作成や災害情報の発信といった災害予防の側面に重点が置かれる。また、過去の地震・津波・火山災害事例を対象に、被害・応急・復旧・復興といった災害過程に沿った社会の回復力に焦点を当てた研究が行われている。一方、社会における防災リテラシーの実態やニーズに関する調査に基づいてその向上のために必要とされる知識要素を探り、研修プログラムや教材の開発につなげるような実践的な試みも行われている。

防災リテラシー部会は、基本部分を前計画における地震・火山災害部会から引き継ぎながら新たに設置された。防災・減災に対する社会の要請を意識し、理学・工学・人文社会科学の研究者が連携することによって、災害事例に基づき、災害の発生要因を災害誘因と災害素因とに関連づけて解明する研究を従前どおり推進する。また、マイクロジオデータやオープンサイエンスの手法なども活用し、産業界や行政機関、一般市民などのステークホルダーとの連携を深めつつ、社会における防災リテラシーの実態調査や災害軽減に効果的な知識体系要素の探求などを通して、地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究を行うものである。

4. 地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究

(1) 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明

地震・火山噴火災害の発生機構を理解するためには、災害事象を、それが生じる場所や地域の歴史的・地理的特性と関連づけて分析することが重要である。近代以前の歴史災害の場合、現存する記録の信頼性についての史料批判が不可欠である。とりわけ近世初期の蝦夷地（北海道）に関係する史料は限られているが、本年度は、1640年北海道駒ヶ岳噴火を取り上げ、同時代に作成され伝来の経緯が確かないいくつかの史料群を精査し（図1）、火山学で従来参照されてこなかった記述内容を検討した。その結果、内浦湾の対岸

への津波の到達、出来潤崎の形成を示唆する記述など、それらに、火山活動に伴って生じた諸現象と整合的な内容が含まれることを明らかにした（東京大学史料編纂所〔課題番号：UTH_02〕）。

津波災害はとりわけ地形環境に大きく影響を受ける。日本の多くの沿岸地域では、近代以降の大規模開発によって地形が大きく改変されており、歴史津波災害の詳細を検討するためには、近代以前の地形を測量地図上に復元する必要がある。本年度は、岩手県野田村から福島県相馬市に至る東北地方太平洋沿岸の明治期の歴史地形を詳細に復元した。特に宮城県多賀城市に焦点を置き、仙台藩の地誌『安永風土記』に記された津波到達伝承や、考古学調査によって発見されたイベント堆積層などの情報と復元された歴史地形とを重ね合わせ（図2）、1611年慶長奥州地震津波の具体像（浸水範囲や流速）を明らかにした（東北大学災害科学国際研究所〔課題番号：IRID05〕）。

2011年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）のような巨大災害の場合、地震・津波に関する自然科学的解明とともに、社会科学的観点から長期にわたる災害過程を丹念に分析することが重要である。本年度は、東日本大震災の復興過程における集落・人口構造の変化という観点から、巨大災害後のコミュニティの脆弱性に関する示唆を得た。宮城県南三陸町・女川町・山元町における質問紙調査の結果、東北地方の被災地では元々世帯規模の大きさと社会的紐帯の強さによって地域の防災力が支えられてきたが、特に高台移転という住宅復興政策をとった自治体において世帯の分解と縮小が顕著に進み（図3）、災害の記憶の世代間継承の基盤となる家族的条件が脆弱化する傾向を明らかにした（名古屋大学〔課題番号：NGY_06〕）。

津波災害と同じく、場所限定性が強く低頻度大災害という特徴を持つ大規模火山噴火災害の場合も、住宅復興政策と地域の社会構造とに強い関連性が指摘されている。本年度は、火山噴火後の警戒区域の設定という土地利用規制に着目し、警戒区域の解除に関わる政策決定プロセスについて、桜島（大正噴火）、雲仙普賢岳、口永良部島という過去の噴火災害を事例に検討した。その結果、それらの市町村では、噴火活動が終息し、復旧・復興が着手されるまでに多くの時間を要する一方で（図4）、市町村当局が往々にして低頻度の噴火災害に対して直接経験を持たないため、過去の火山噴火災害事例に関する科学的知見を蓄積し、火山活動の状況判断や警戒区域設定に対する政策判断に活かすような仕組みが必要であると指摘した（兵庫県立大学〔課題番号：HYG_01〕）。

自治体による土地利用規制が私権の制約につながることもあり、災害誘因予測が精緻化・高度化され、それに基づいて土地利用規制や建築制限が施されても、実態として建物移転が進まない状況にある。この点に関して、本年度は、1995年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）の被災地である兵庫県神戸市・尼崎市・西宮市・明石市在住者を対象に質問紙調査を実施し、居住地選択における自然災害リスクの認知と移転意向についての状況把握を行った。その結果、地震リスクが居住地選択に及ぼす影響は他の種類のハザードに比較して大きいこと、災害リスクが利便性に比して明らかな場合に住宅・土地購入を見合わせる傾向があること、現住地からの移転は補償がないと進まない可能性が大きいことなどを明らかにした（図5、兵庫県立大学〔課題番号：HGY_02〕）。

（2）地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

社会における防災リテラシーの実態の把握については、本年度も、応急期を想定した

シナリオに基づいて、個人レベルにおけるリスク認知や避難行動の量的分析を行う研究が蓄積された。

まず、北海道釧路市中心市街地を事例に、津波浸水想定 of 更新後における津波避難場所の分布と避難圏の変化を分析し、街区の道路ネットワークと津波避難ビル内の階段とを GIS 上で結合した上で、避難ビルを避難場所とする場合の有効性と課題を検討した。住民一人を 1 エージェントとしてマルチ・エージェント・シミュレーションを行い、避難開始から避難ビルに到着した割合、ビル内階段の上昇を開始した割合、(浸水予測から安全とされる) 5 階を通過した割合、最上階に到着した割合を時系列的に分析した結果、平地の歩行速度と避難ビル内の階段上昇速度に差異があるために避難ビル入口で滞留が生じるといった (図 6)、津波避難ビルによる垂直避難を防災計画に取り入れる際の基礎的な課題が明らかになった (北海道大学 [課題番号: HKD_07])。

地震・火山噴火等の自然現象や社会の仕組みに関する知識、また災害予測情報等を災害対応に活用できるか否かは個人差が大きく、この個人差をよく理解して活用することで、より効果的な防災対策が可能になると期待される。こうした観点で、認知・脳科仮説に立って、災害情報が緊急時避難意思決定に結びつく心理過程について体系的な研究を行っている。本年度は、防災教育が避難行動に結びつく脳プロセスについて、主観的な津波発生リスクの程度が異なる架空の地震遭遇シナリオを数多く用意し、実験的に避難意思決定課題 (避難する/しない) を行わせた結果、定量シナリオと定性シナリオとの間に避難率分布に多少の違いがあるものの、解釈安定性に大きな差は見られないことがわかった (図 7) (東北大学災害科学国際研究所 [課題番号: IRID06])。

現実の問題として、これまで大規模災害による被害を経験していない富山県においては、住民の災害への危機意識はあるものの経験値が十分ではなく、どのような情報を頼りに避難行動を意識しているか、避難時にどれほど迅速な行動を想定しているかを調査した。富山県氷見市の一地区において全戸配布の質問紙調査を実施した結果、避難のきっかけとして「揺れを体感すること」が最も多く、外部からの情報では、緊急地震速報よりも行政からの公的な情報発信 (呼びかけ) が多く、「近所の人からの声かけ」は想像よりも少なかった (図 8)。また、避難開始時間については、5 分~10 分で開始できると考える住民がほぼ半数であり、信頼できる公的機関からの適切な情報発信が災害被害の軽減につながることを示唆された (富山大学 [課題番号: TYM_03])。

一方、日本の多くの火山地域では、観光客を対象とした防災・減災策が図られる必要があり、そのために一般の人々の地震や火山活動などに関する科学的な知識レベルの向上が重要な課題である。本年度は、総合研究グループ「小規模・高リスク噴火」とも連携して、阿蘇を訪れた観光客に対して火山防災に関する質問紙調査を実施した (図 9)。その結果、阿蘇山が活火山であることをはっきりと知っていた人は 70%、2014 年御嶽山噴火災害のことをはっきりと記憶している人は約 40% にそれぞれとどまり、また、阿蘇火山火口規制情報、入山ゲートで配布されるパンフレット、火口周辺の注意喚起の看板や放送に対する認知率も低いなど、阿蘇火山博物館や国立公園ビジターセンター、地域の防災を担う阿蘇火山防災会議協議会の活動にとっての基礎的な課題が明らかになった (京都大学理学研究科 [課題番号: KUS_03])。

2014 年に深刻な御岳山噴火被害を経験した長野県木曾地域でも事情は同じであり、大学と自治体とが共同して、地元地域の火山防災力の向上を図る担い手として火山マイス

ターの制度に対する期待は高い。ただ、昨年度までの分析の結果、この制度の課題としては、具体的な制度設計や運営、活動を取り巻く外的環境にかかわることが明らかになっており、本年度は、全国の類似制度や活動の拠点施設の実態を調査し、比較表を作成した（図 10）。どの地域においても、施設運営側の低頻度大災害への防災意識は高いが、観光収入の大きさゆえに火山噴火の負の側面を強調しておらず、知識普及活動の具体的方法や運営資金などに問題を抱えていることがわかり、これらの全国的なネットワーク形成による課題の共有が必要であると指摘した（名古屋大学〔課題番号：NGY_06〕）。

これらのうち、桜島では、すでに本部会の研究グループが主導して桜島火山観測所ミュージアム構想の立案に着手している。この活動は、長年にわたる火山学者と地元ステークホルダーとの連携の成果であり、本年度は、桜島大規模噴火を想定した広域避難を対象に、地元自治体に対するリアルタイム意思決定支援システムの検討を行った。火山灰の移流拡散の数値計算コードを用いて、2008年から2020年までの気象場にて計算し、季節毎に想定される火山灰堆積量を見積り、建物にダメージが及ぶ閾値や、安全域および避難域の設定の基準を検討した。その結果、台風や前線停滞、冬季の高気圧停滞など特徴的な気象条件では、安全域が設定されてもゼロミスにならないことがわかった（図 11）（京都大学防災研究所〔課題番号：DPRI13〕）。

科学者と一般市民との連携手法としてオープンサイエンス手法（市民参画型科学、市民参画型データ収集・管理）が期待されており、その階梯論（図 12：矢守ほか、2021）に沿って、具体的に、サイエンスミュージアム「阿武山地震観測所」の運営による地震リテラシー向上、地震・津波避難訓練支援ツール「逃げトレ」の導入による市民参画型地震・津波訓練、自然災害に関する歴史資料の「みんなで翻刻」プロジェクト、内陸地震観測「満点計画・0.1満点計画」によるオープンサイエンス型地震学試行といった4つの取り組みを行っている。本年度は、とりわけ地震・津波避難訓練「逃げトレ」の導入・運用について、南海トラフ地震の臨時情報発表時の事前避難を念頭に、津波避難訓練支援ソフト「逃げトレ」を改変し、避難訓練に参加した一般市民の行動データを事前避難の要不要の診断に活用するためのシステムのパイロット版を完成させた（京都大学防災研究所〔課題番号：DPRI14〕）。

最後に、社会の防災リテラシー向上のためには、科学的研究成果の広報にとどまらず、対象・目標を明確化した上で内容を精選し、方法の吟味、評価・検証とフィードバックからなる一連の研修プログラムの完成が急がれる。本年度は、コロナ禍の影響を受け、行政職員対象の非対面型研修を見据えた映像コンテンツづくりに着手した。本地震火山観測研究計画の枠組みと計画推進部会体制に基づいて研究成果を利活用し、行政職員が減災のために学ぶべき知識体系を整理した上で、地震火山観測研究セミナー（仮称）として再構成した（図 13）。昨年度までに完成していた10シナリオのうち3本を映像コンテンツ化、新たに2本のシナリオ化を実施するとともに、行政職員を目指す学生が多い兵庫県立大学の防災関連授業において評価検証を試行的に実施した。その結果、研修の前後で統計的に有意な差が見られ、この研修によって参加者の理解が促されたことがわかった（新潟大学〔課題番号：NGT_02〕）。

これまでの課題と今後の展望

第2次の観測研究計画では、地震・火山噴火現象の理解・予測を災害の軽減につなげる

ための災害科学の確立を目標として、防災・減災に対する社会の要請を意識しながら、全国の大学における理学・工学・人文社会科学の研究者が連携することによって、地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の研究と、地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究を実施してきた。

具体的に、地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の研究においては、近世・近代の史料を批判的に検討し、災害の具体像を復元するとともに社会の対応を分析した。また東日本大震災などの近年の災害を事例にしながら、災害復興や防災対策、防災教育などの社会対応の課題に関する検討を蓄積し、南海トラフ地震など、将来の災害に備えるための防災計画や土地利用計画の課題に関する示唆を得た。地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究に関しては、GISなども利用しながら、災害の社会素因である脆弱性を個人レベルで評価・可視化する手法を開発するとともに、様々な地域や集団を対象に社会の防災リテラシーの実態把握を蓄積した。また、オープンサイエンスやリスクコミュニケーションなど新しい手法を取り入れ、行政機関や一般市民などと連携しながらリスク認知能力を涵養したり知識レベルを向上させたりする取り組みを展開し、具体的に研修プログラムの体系化と教材コンテンツの作成を行った。

今後は、過去3年間における検討をさらに深化させながら理論構築を進めていくことが重要である。地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の研究においては、歴史資料などに基づき過去の地震・津波・火山災害などの自然災害事例を蓄積し、当時の人々の対応や教訓、復興過程などについて総合的に検討する。また、災害誘因の事前評価と災害素因、とりわけ脆弱性概念とを結び付けて災害発生機構の理論を洗練させ、とりわけ災害の予測や予防、災害対応にかかわる知識要素を検討することによって防災リテラシーの体系化を図る。地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究においては、社会における防災リテラシーの実態やニーズの把握にさらに努めるとともに、他の計画推進部会や総合研究グループとの連携によって最新研究成果を取り入れながら、行政職員やボランティアなど、対象を絞った講習・研修プログラムの試行とフィードバックを重ね、完成を目指す。その際、ジオマイクロデータやGISを利用した空間分析法の構築、地震・火山情報の配信システムの整備、オープンサイエンスやワークショップといった市民参加型リスクコミュニケーションなど、新しい手法の開発を継続させることが重要である。

成果リスト

深田秀実・橋本雄一，2021，エージェントモデルを用いた津波避難シミュレーション手法の開発—釧路市における津波避難ビルの垂直避難を対象として，地理情報システム学会講演論文集，30，B30-3-1.

深田秀実・橋本雄一，2021，マルチ・エージェント・シミュレーションによる津波避難ビルへの避難行動分析—北海道釧路市中心市街地を事例として，地理学論集，96(2)，7-187-18.

橋本雄一，2021，北海道太平洋沿岸における津波浸水想定域の空間分析，北海道大学文学研究院紀要，165，129-166.

橋本雄一，2021，国土数値情報を利用したハザードマップ作成，地理情報システム学会教育委員会(編)「地理空間情報を活かす授業のためのGIS教材 改訂版」，古今書院，89-94.

井口正人，2022，自然災害の科学：火山噴火の科学，日本自然災害学会(編)「自然災害科学・防

- 災の百科事典」, 丸善出版, 84-85.
- 川村壮・橋本雄一, 2021, 港湾都市の土地利用の空間パターンの変化と津波災害リスク, 地理情報システム学会講演論文集, 30, B30-3-6.
- 工藤由佳・橋本雄一, 2021, 北海道日本海沿岸における津波避難の空間分析, 地理情報システム学会講演論文集, 30, B30-3-4.
- 京都文化博物館(編), 2021, 「伝える—災害の記憶あいおいニッセイ同和損保所蔵災害資料」, NHKサービスセンター, 183pp.
- 三井和・橋本雄一, 2021, 苫小牧市における保育施設の災害時避難の課題, 地理情報システム学会講演論文集, 30, B31-2-5.
- 三好達也・橋本雄一, 2021, BIM/CIM・GIS連携と北海道におけるGISコミュニティの活動, 地理情報システム学会講演論文集, 30, C31-3-5.
- 室井研二, 2022, 地域と事業所の防災協力はいかに可能か, NETT・ほくとう総研, 115, 22-25.
- Muroi, K., 2022, Post-disaster reconstruction in the rural-urban fringe following the Great East Japan Earthquake, E3S Web of Conferences 340, Open access, 1-9.
- 中道治久, 2021, 災害と住まい 火山, 日本家政学会(編)「住まいの百科事典」, 丸善出版, 482-483.
- 中道治久, 2022, 火山災害: 噴火のメカニズム, 日本自然災害学会(編)「自然災害科学・防災の百科事典」, 丸善出版, 154-155.
- 中道治久, 2022, 火山災害: 地殻変動, 日本自然災害学会(編)「自然災害科学・防災の百科事典」, 丸善出版, 166-167.
- 岡田夏美・中野元太・原夕紀子・舟橋宗毅・矢守克也, 2021, 学校閉校後も持続する学校—地域協働型防災活動フレームワーク: 防災ミュージアムの設立と期待される効果, 地区防災計画学会誌, 21, 75-87.
- 奥野祐介・橋本雄一, 2021, 歩行速度に着目した疑似的津波集団避難行動分析, 地理情報システム学会講演論文集, 30, B30-3-3.
- 小野塚仁海・橋本雄一, 2021, 携帯電話人口統計を用いた災害時における都市内の分布変化に関する研究—平成30年北海道胆振東部地震の事例, 地理情報システム学会講演論文集, 30, B31-2-2.
- 阪本真由美・中道治久・高橋若菜・荒島千鶴・荒木田勝, 2021, 欧州の越境火山災害をめぐるガバナンスの萌芽—2010年アイスランド火山噴火を契機として, 自然災害科学, 40(1), 51-66.
- Sato, S., R. Ishibashi, and M. Sugiura, 2021, Two major elements of life recovery after a disaster: Their impacts dependent on housing damage and the contributions of psycho-behavioral factors, Journal of Disaster Research, 16(7), 1107-1120, doi:10.20965/jdr.2021.p1107.
- 塩崎大輔・橋本雄一, 2021, ニセコひらふ地区におけるリゾート開発と土砂災害リスク, 地理学論集, 96(1), 1-6.
- 塩崎大輔・橋本雄一, 2021, 観光地におけるVR疑似避難訓練システムを用いた避難行動分析, 地理情報システム学会講演論文集, 30, B31-2-3.
- 菅原大助, 2021, 仙台湾および三陸海岸における慶長奥州地震の津波堆積物の数値シミュレーションによる検討, 「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」, 東北大学災害科学国際研究所, 60-65.

Sugiura, M., R. Ishibashi, T. Abe, R. Nouchi, A. Honda, S. Sato, T. Muramoto, and F. Imamura, 2021, Self-help and mutual assistance in the aftermath of a tsunami: How individual factors contribute to resolving difficulties, PLoS ONE, 16(10), e0258325, doi:10.1371/journal.pone.0258325.

高橋誠, 2021, 東海地方の都市と農村をめぐる地域的人口分布とその変動(試論), 砺波散村地域研究所研究紀要, 37, 1-10.

高橋誠, 2021, 災害の地理学に求められること, 地理, 66(9), 54-60.

田中重好, 2021, コロナ禍への社会学からの問い, 社会学研究, 106, 57-80.

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って, 実験社会心理学研究, 69, 82-89.



図1. 寛永17年10月11日沢庵書状（部分写、国立公文書館所蔵）（東京大学史料編纂所 [課題番号：UTH_02]）

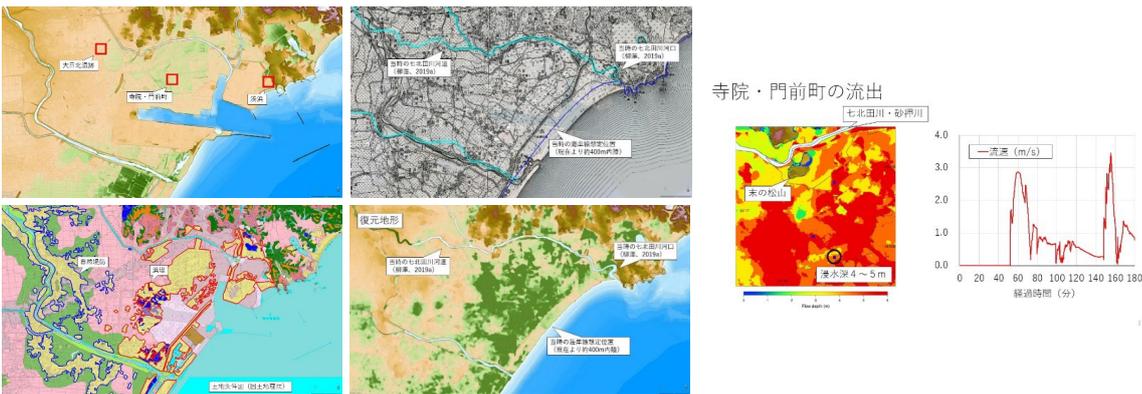


図2. 宮城県多賀城市付近の歴史地形復元と1611年慶長奥州地震津波の具体像の解明（東北大学災害科学国際研究所 [課題番号：IRID05]）

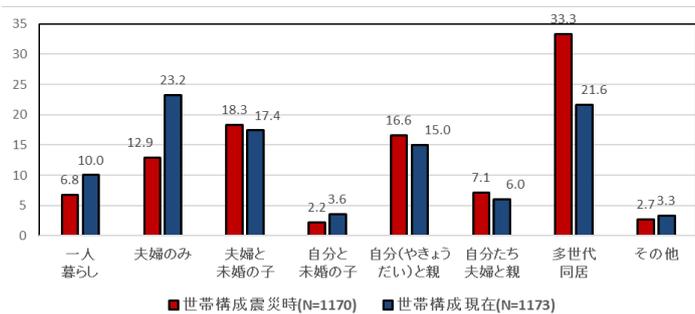


図3. 宮城県南三陸町・女川町・山元町の東日本大震災被災地における世帯構成の変化（名古屋大学 [課題番号：NGY_06]）



図4. 2015年沖永良部島噴火における全島避難から帰還に至るプロセス（兵庫県立大学 [課題番号：HYG_01]）

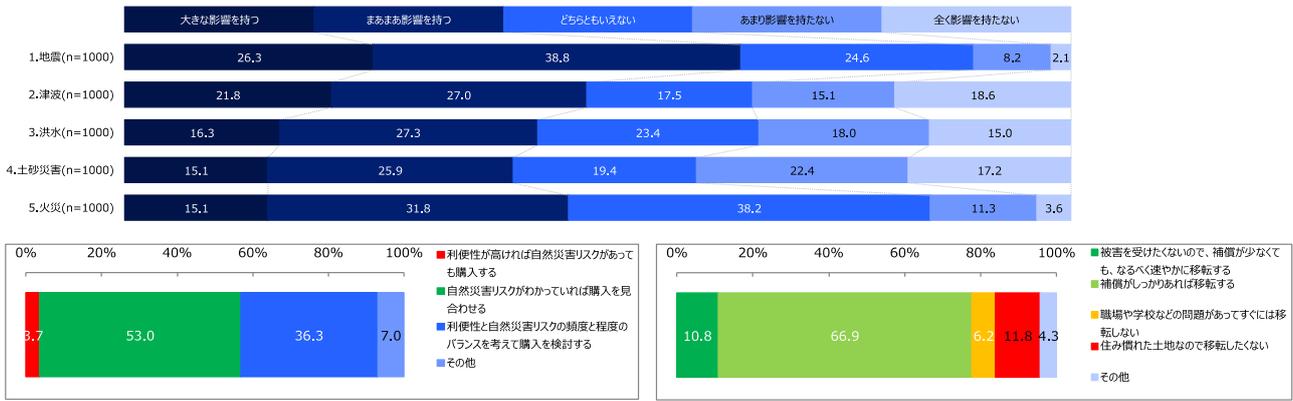


図5. 災害リスク認知の居住地への影響度（上）および住宅・土地購入や居住地移転との関係（下）に関する質問紙調査結果（兵庫県立大学 [課題番号：HGY_02]）

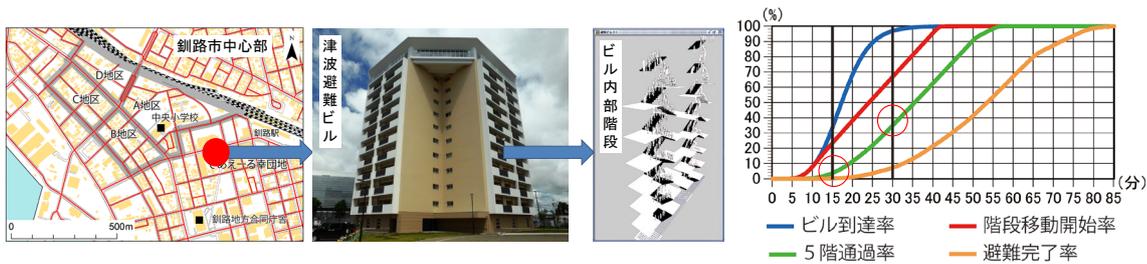


図6. 道路ネットワークとモデル化した階段を連結した津波避難ビルへの避難行動シミュレーション（事例では1,000人収容の避難ビルに、津波到達までの30分間で30%程度しか避難できなかった）（北海道大学 [課題番号：HKD_07]）



図7. 脳計測実験デザインと津波避難意思決定課題および津波避難シナリオの検証・選定（東北大学災害科学国際研究所 [課題番号：IRID06]）

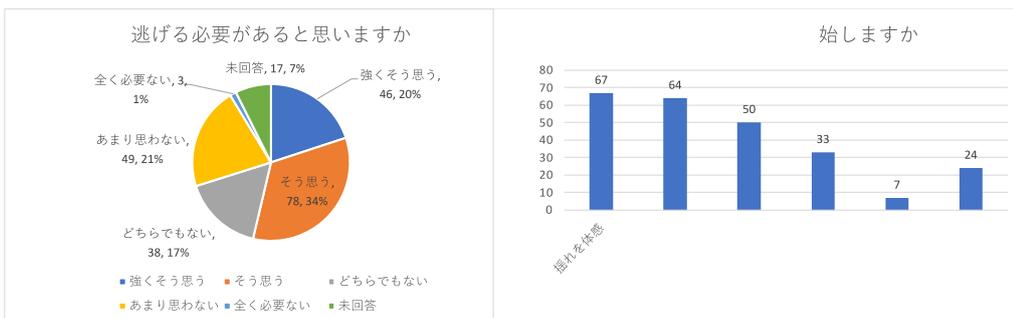


図8. 氷見市宇波地区における地震災害への避難意識：避難の必要性（左）と避難行動のきっかけ（右）（富山大学 [課題番号：TYM_03]）

| |
|------------------------------------|
| ○阿蘇山が活火山であることをはっきりと知っていた： 70% |
| ☞さらなる情報発信、啓発活動の必要性 |
| ○2014年御嶽山の噴火災害をはっきりと記憶： 40% |
| ☞記憶の風化、啓発活動の必要性 |
| ○火口周辺の注意喚起の看板や放送の内容を記憶： 44% |
| 阿蘇火山火口規制情報HPを確認： 28% |
| 入山ゲートで配布されるパンフレットを記憶： 25% |
| ☞情報伝達手段としては、現地での注意喚起の看板や放送が最も効果的 |
| ○阿蘇中岳火口周辺の噴石跡に気付いた： 36% |
| うち半数近くが緊急時の避難先（待避壕）を確認 |
| ☞噴火の影響の直感的な判りやすさが防災行動につながっていることを示唆 |
| ○観光や登山の前に噴火警戒レベルを確認： 36% |
| ☞対象者の属性を理解し入山規制の方法を検討する必要性 |
| ○スマホの防災アプリを活用： 27% |
| ☞噴火速報など緊急時の情報伝達には緊急時一斉配信が必要 |

図 9. 阿蘇を訪れた観光客の火山防災に関するアンケート調査結果（概略）（京都大学理学研究科 [課題番号：KUS_03]）

| 設立目的・役割 | 御嶽山 | 有珠山 | 磐梯山 | 雲仙 | 桜島 |
|---------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------------|-------------------------|----|
| 御嶽山火山マイスター 御嶽山ビジターセンター | 洞爺湖・有珠火山マイスター/火山科学館 | 磐梯山噴火記念館 | 雲仙岳災害記念館 | 桜島ミュージアム | |
| 災害経験の継承 | 噴火災害を風化させない | 噴火の記憶・経験を自らの言葉で語り継ぐ | 噴火災害を後世に伝える | 小学校での火山の授業で防災意識を高める | |
| 火山防災 | 火山の防災が最も進んでいる地域を目指す | 災害を軽減する知恵を語り継ぐ | 地震・火山の啓蒙、自然災害から人命の保護 | 住民の防災意識を高める | |
| 観光・地域振興 | 本宮地域特有の魅力や観光資源として発信していく地域活性化に貢献 | 洞爺湖や有珠火山地域の魅力発信 | 美しい景観が形成された火山活動について学ぶ場 雨天時の観光場所 | 島原半島の地域振興・観光振興の推進 | |
| 普及・啓発・教育 | 知識の普及啓発活動 | 洞爺湖・有珠火山地域の自然や特性について学び伝える | 磐梯山周辺の自然を多くの人に知らせる 自然環境の保護 | 火山学習の中核施設として総合的な学習機能を担う | |
| 施設の比較（抜粋） | | | | | |
| 噴火映像 | 2022.07 オープン予定 | 噴火活動の映像 | 映像（セントヘレンス） | 平成大噴火シアター | |
| 実物 | | 実物モデル | 1888年噴火の模型 | 災害までの経緯 | |
| モデル | | | 噴火についての資料 | 島原大変劇場 | |
| 歴史 | | 噴火の歴史 | 磐梯山の動植物 | 雲仙岳スカイウォーク | |
| 自然 | | | 世界初の地震計等 | 溶岩の庭 | |
| その他 | 観測データリアルタイム表示 | | | 溶岩の上の植生遷移 | |
| | | | | 観測データリアルタイム表示 | |

図 10. 有珠山・磐梯山・雲仙・桜島の各地域における火山リテラシー向上に関わる取り組みの特色および御嶽山地域との比較（名古屋大学 [課題番号：NGY_06]）

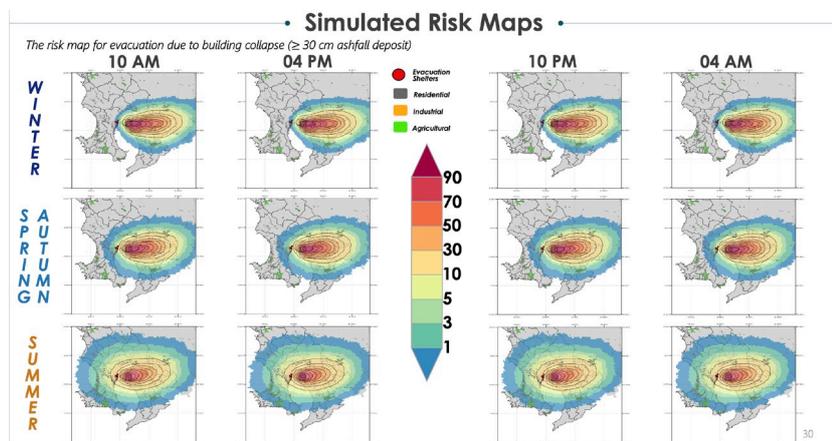


図 11. 建物被害をもたらす桜島火山の火山灰堆積量を季節ごとの予測したリスクマップ（京都大学防災研究所 [課題番号：DPRI13]）

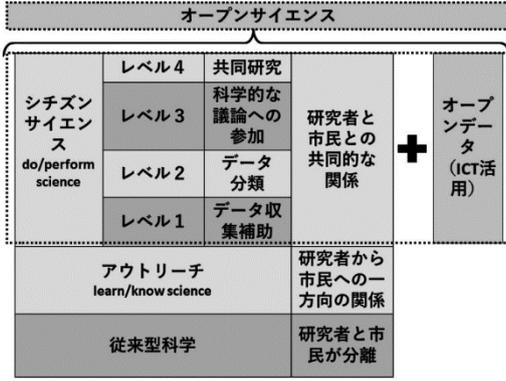


図 12. オープンサイエンスとシチズンサイエンスの階梯論（矢守ほか、2021：京都大学防災研究所 [課題番号：DPRI14]）

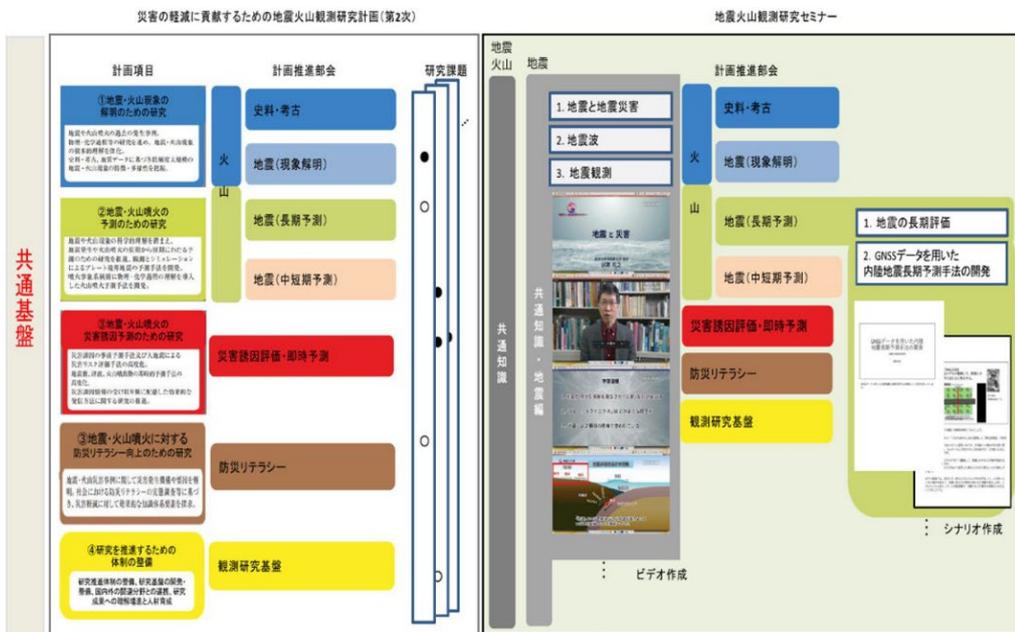


図 13. 非対面型研修を見据えた映像コンテンツづくりのフレーム（新潟大学 [課題番号：NGT_02]）

史料・考古

「史料・考古」計画推進部会長 榎原雅治

(東京大学史料編纂所)

副部会長 山中佳子

(名古屋大学大学院環境学研究科)

日本列島において近代的な観測機器による地震観測が開始されたのは明治時代前期以降であり、それ以前に発生した地震・火山噴火現象、またはそれらによる災害に関する知見を得るためには、史料や考古資料に基づく地震や火山噴火のデータが必要不可欠である。そのため、日本における地震火山関連史料の収集・編纂とそれらを用いた地震や火山噴火の研究は、明治時代後期より実施されており、各種の地震史料集や火山噴火史料集が刊行されている。

史料や考古資料に基づく地震火山関連のデータは、人間の感覚による記録や地中に残された痕跡に基づくデータであるために、近代的な観測機器を用いた地震・火山の観測データと比較して、その精度が格段に劣るのは当然である。そこで重要になってくるのが、歴史学の手法を用いた史料とその記述の正確な分析・解説や、地質学的な手法を活用した考古遺跡における災害痕跡の分析といった、これまでの地震・火山噴火の研究において積極的に用いられてこなかった手法の導入である。地震・火山噴火関連の史料データ・考古データのデータベースの構築や統合と共に、これらのデータを活用した新たな研究手法の検討や利用も重要な研究課題である。このような新たな研究への取り組みは、史料や考古資料に関する読解や分析が十分とは言えなかった従来の研究手法を改善し、それぞれの分野の学術研究に裏打ちされた精度と確度の高い研究を目指すものである。この取り組みによって、地震学や火山学の分野から信頼性が問題視されてきた史料・考古データや、それらに基づく研究成果について、これまで以上の信頼性を確保できると考える。

1. 地震・火山現象の解明のための研究

(1) 地震・火山現象に関する史料・考古データ、地質データ等の収集と解析

史料や考古資料の分析に基づいて、近代的な機器観測が開始される前に発生した低頻度で大規模な地震・火山噴火やそれらによる災害を調査・研究することは、今後発生するそれらの現象や災害の様相を予測し、その被害の軽減に貢献できると考えられる。百数十年から数百年の期間において同一地域で発生する低頻度大規模地震や火山噴火は、明治時代に開始された近代的な機器観測を用いて、それぞれ数回の事象に関して観測データが取得されているのみである。しかし、低頻度の現象や災害は機器観測の開始以前にも発生しており、機器観測によるデータは皆無であるが、歴史学や考古学で用いられる史料や考古資料には、地震や火山噴火に関連した記述や災害痕跡が含まれている。このような史料や考古資料について地震学や火山学の研究に役立てるためには、従来のような史料の収集・編纂のみに止まらず、観測データとの比較・検討を目的としたデジタルデータ化とデータベースの構築が必要になってくる。これによって、地震学や火山学の研究に史料や考古資料を活用する際の利便性が向上するだけでなく、信頼性の高い史料・

考古データをデータベース化することで、歴史地震や火山噴火の研究における信頼性を高めていくことができると考える。

ア. 史料の収集とデータベース化

・地震火山関連史料の収集・分析とデータベースの構築・公開

既刊地震史料集全33冊の全文デジタル化計画のうち、前年度までに未了となっていた3冊分についてのデジタル化を実施した。これによって予定していた全冊のデジタル化を完了させることができた。デジタル化した地震史料データベースを活用しやすいものにするために、用語・年月日による基本検索のほかに、①年月ごとの地震史料数の一覧表から検索方法、②史料の所在地名から検索する方法、③理科年表掲載の歴史地震名から検索する方法を整備し、Webによる公開を開始した（東京大学史料編纂所〔課題番号：UTH_01〕）。史料データや考古データなどを統合的に分析可能なデータベースの構築に向けて、既刊地震史料集のテキストデータベースのAPIを改良した（東京大学地震火山史料連携研究機構〔課題番号：HMEV01〕）

デジタル化した史料中に記された地名を地図上に表示させるシステムを構築するために、情報学の研究者と連携して、史料中の地名を自動的に読み取る技術の開発に着手した。（東京大学史料編纂所〔課題番号：UTH_01〕）。1596年に畿内で発生した地震に関して、地震史料のGISデータ化を試みた。89件の史料群のうち登場する地名や場所について現代の位置を特定し、397件について緯度経度情報および震度判定結果を付して公開した。このデータを用い、1596年に畿内で発生した地震について、先行研究の震度判定結果の再検討および余震活動の推移の分析を行った。震度判定の再検討については、史料の多い京都一奈良地域が震源であるとの強い先入観に基づき、大阪や兵庫方面の被害については、地盤やがけ崩れを理由に震度を低く判定している事、史料の文言解釈に問題がある可能性を指摘した。1707年富士山宝永噴火に関して、復興途上の様子を描いた村絵図の分析を行った（東京大学地震火山史料連携研究機構〔課題番号：HMEV01〕）。

安政東海・南海地震、安政江戸地震について書かれている大沢家文書の翻刻を行った。また防災専門図書館所蔵のかわら版の翻刻を行い、これらの翻刻集を冊子にまとめた。かわら版すごろく解説書も作成した（名古屋大学〔課題番号：NGY01〕）。既刊の地震史料集に収録されていない地震・火山関連史料の収集として、1847年善光寺地震の被害を記した地方文書、1854年安政東海地震における甲府の被害家屋数を記した史料、1854年安政南海地震における高知の被害や余震数を記した史料などを入手した（東京大学地震火山史料連携研究機構〔課題番号：HMEV01〕）。

・日本海沿岸地域を中心とした地震・火山現象の解明のための史料収集と解析

日本海沿岸地域を中心とした地震・火山現象を解明するために、各地の史料保存機関に所蔵される史資料の調査や、既刊の地震・火山噴火史料集に所収される史料の原本調査に基づく校訂作業を実施した。（1）近世後期に成立した陸奥（宮城県石巻市）の『加納家年代記』、上野（群馬県前橋市）の『赤城神社年代記』を用いて、享徳3年（1454）11月23日陸奥の津波、上野の地震について検討した。（2）明応2年（1493）6月の越後・会津の地震史料を検討した。（3）1611年会津地震により形成された山崎新湖の規模について、1645年の山崎新湖消滅以前に作成された国絵図系統の絵図の描かれ方を網羅的に

検討した。その結果、最も詳細かつ地震に近い1618～1619年の作製と推定できる東京大学総合図書館南葵文庫所蔵「奥州図」に描かれた山崎新湖の形状、湖周辺の村の位置から山崎新湖の広がりをも復原したところ、寒川（1987）の復原図よりも小さく、『新編会津風土記』『家世実紀』の記載にある東西35町余・南北20町余に近いことが明らかになった。これは地震発生直後に蒲生氏が排水工事を完了した後の状態を示すものであり、寒川の復原図は地震直後の山崎新湖の最大範囲を示すと考えるのが妥当であるとした。（4）1847年善光寺地震の救済関連史料の検討から、地震とその後の洪水それぞれの被害状況の違いを区別して把握できることを確認した。（5）1891年濃尾地震における一軒当たり死亡者数を検討した。（6）20世紀前期の新潟地方測候所の地震観測に関して検討した。（新潟大学〔課題番号：NGT_01〕）

・東北地方における地震・津波・火山情報に関する歴史資料の所在調査とデータ収集

文化元年(1804)象潟地震について、由利郡関村（現在のかほ市象潟町関地区）に伝来する古文書・古地図を解説し、詳細な被害状況について調査した。象潟地震における関村の家屋被害について記した『当六月四日之夜大地震ニ付潰家死人馬書上帳控』では、当初は「潰家」「大痛」と判定されていたものが、後に「潰家」「大痛」「中痛」と評価が細分化されて判定されており、これらを含めて計算すると関村の家屋被害率は80%を超えることが確認された。また、関地区では地震動による家屋倒壊や耕作地の被害が大きいことが確認された。また、1611年に発生した慶長奥州地震津波について、歴史資料の再検討から、現在の東北地方から東京（江戸）に及ぶ地震と、北海道から東北地方沿岸部に人的被害をもたらした津波について明らかにするとともに、1454年の享徳津波よりも規模が大きかった可能性を指摘した。令和3年12月4日にはシンポジウム「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—」を開催し、歴史学・考古学・地質学・津波工学の研究者らとともに慶長奥州地震津波についての研究報告をおこない、判別の難しかった14～17世紀の津波堆積物が慶長奥州地震津波の可能性が高いことや、その地震規模について $Mw8.8 \pm 0.1$ となる可能性を指摘した（東北大学災害科学国際研究所〔課題番号：IRID01〕）。

・史料を地震研究に活用する方法についての検討

三河地震(1945)における三河地方の寺院被害状況を整理した。寺院被害と集落別住宅被害率との関係を見ると、全半壊率で見た揺れの強さと寺院被害状況がより整合しており、この研究で設定した寺院被害程度の評価方法が地域の揺れの強さを示す指標として有効であることを示している。また、地盤増幅率と住家全壊率および寺院被害との関係を調べてみると、概ね地盤増幅率と住家全壊率・寺院被害程度の大きさの傾向は一致していた（名古屋大学〔課題番号：NGY_01〕）。

e-コミマップを用いて南海トラフ巨大地震史料の見える化を試みた。これまでさまざまな歴史地震史料検索システムを構築してきたが、例えば安政東海・南海地震であれば日本全国の2700件もの史料があり、ある特定の地域について詳細に検討しようとしても史料がどこの情報を含んでいるかは読まないといけないため、史料を理学的解釈に活用することは至難の業である。そこで、既刊の史料をフリーのGISソフトであるe-コミマップを使って面的に整理することを考えた。今回三重県を例にe-コミマップでの整理を開

始した。併せて、紙媒体の明治期旧版地形図のデジタル化、カラーによる地形陰影図、南海トラフアスペリティ分布のデジタル化を行い、e-コミマップで見られるようにした(図1)。(名古屋大学[課題番号:NGY_01])。

Matsu'ura et al. (2020, BSSA) によって構築された震度の距離減衰式の更新されたパラメータを用いて、震度ならびに有感地震回数の再現性の再検証を実施し、震度ならびに有感地震回数が精度良く再現できることを確認した。太平洋プレート、フィリピン海プレート上面の地震、スラブ内地震ならびに地殻内地震に対して上記の計測震度の多次元距離減衰式は構築されている。そこで、近年に発生した中規模以上の地震(且つ距離減衰式の構築には用いられていない地震)を対象に、それぞれの地震タイプに対して構築された距離減衰式と観測された震度分布の残差分布について統計的解析を実施しその特徴を整理した(石辺・他, 2021)。令和2年度に『津軽藩御日記』、『榊原藩日記』ならびに気象庁震度データベースを用いて纏められた江戸・東京の有感地震回数と、江戸時代の限られた期間に記された日記史料中に記述された有感記録との比較に着手した。近年の震度データを用いた地震活動変化の分析・調査を継続し、史料中の有感記録への適用可能性を引き続き検討するとともに、有感地震記録を用いた歴史時代の地震活動解析に向けた今後の課題等について整理した(石辺・佐竹, 2021)。(公募研究[課題番号:KOB002])。

・研究コミュニティの構築・教育・市民への普及

2021年11月14日に第9回歴史地震史料研究会をオンラインにて開催し、本課題研究者メンバーを中心とした歴史学者10人・考古学者1人・地理学者2人による研究発表・討議を行った(参加者41人)(新潟大学[課題番号:NGT_01])。

古文書解読のための定期的な勉強会(週1回、京都とつくばの2か所、オンラインまたはハイブリッド)を継続的に開催している。また、合宿形式の勉強会(2021年8月26日~28日、2022年3月17日~19日、いずれもオンライン)を開催した。参加者の解読技術の向上をはかるとともに、これまで歴史地震研究に関わっていなかった研究者や学生、あるいは市民の方々に研究を普及する機会となった。歴史地震のカタログや震度分布を活用したツールの開発とデジタルアーカイブを活用するためのWebアプリの改良を行い、関係者でテストした。気象庁の地震月報(カタログ編)の震度データを検索できるようなWebアプリを公開した(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_01])。

イ. 考古データの収集・集成と分析

・考古・文献資料からみた歴史災害情報の収集とデータベース構築・公開ならびにその地質考古学的解析

令和2年度から、近畿エリア、九州エリア、中国エリア、関東エリアの発掘調査成果資料(発掘調査報告書、概要報告書、年次報告書、学術論文など)を中心に、発掘調査にともなって明らかとなる表層地質情報と、そこに含まれる地震、火山噴火、水害、副次的災害(火災や建造物の倒壊など自然災害にともなって人の活動や活動域が被災するもの)の痕跡データの整理を継続し、過去の低頻度巨大地震の発生時期の検証と被災分布や具体的な被災像を追跡している。

地震痕跡については、(1) 複数の断層帯付近において、断層をトレースするように地震痕跡が集中して検出され、断層帯から遠ざかると痕跡が検出されなくなる傾向がみられた。(2) 断層帯付近の山地・丘陵部、台地、さらに段丘上には地すべりや墳墓等の倒壊・崩落痕跡が、山地・丘陵や台地の裾部、段丘下部や沖積平野には液状化の痕跡が集中して分布している。(3) これらの地震痕跡の大半は、形成時期から断層の活動によるものではないが、いずれも震度5弱以上で発生するものとして認識されており、断層の活動とは関わらない地震動も、断層帯付近においては振動が大きくなり、表層地質に構造変形を付加することを示唆した。(4) 断層帯から離れた地域では、地形要素の境界にあたる遷急点や遷急線付近に集中して液状化痕跡が検出された。これは堆積層の変わり目や地下水面―地表間距離が短いなど、地質構造的なギャップが存在し、液状化の誘因となっていることが推定された。(5) 軟弱地盤によって構成される沖積平野において、現況では地形の変化がみられない地域でも液状化が集中して分布する地域が確認された。これは偶発的な分布ではなく、(4)で推定された地質構造的なギャップが埋没している可能性が考えられる。(6) 地震痕跡の形成時期について検討すると、広域かつ同時期に被災したものと断層帯周辺に被災地が集中している2つのパターンがみられ、震源が海溝型地震と内陸型地震に依拠している可能性がある。(7) 上記の成果において、近世以降の史料に残らない規模の大きな地震の存在が示唆されてきており、引き続き地震発生時期の検証と、史料との突合検証を進めていく。(8) 上記の成果は、南海トラフ起源の地震とされる災害痕跡と、それ以外の地震痕跡を識別する必要性を強く示すものであり、調査研究の深化が必要である。(9) 以上の成果は、本災害痕跡データベースが地震災害における被災想定域、想定被災レベルを検討する上で重要な基盤情報を提供可能であることを示している(奈良文化財研究所[課題番号:NAB_01])。

火山噴火痕跡については、(10) 鹿児島湾を中心に遺跡の分布とそれぞれの成立時期について情報をまとめ、さらに史料に残る近世以降の桜島噴火情報と、発掘調査で検出される降下火山灰、火山弾等の火山噴火に伴う被災痕跡を集成して過去の火山噴火災害についてデータベース化を進めている。(11) 近世以降の桜島噴火のなかで、これまで被災がなかったと考えられてきた鹿児島湾西側(現・鹿児島市)沿岸域に降下火山灰がみられることがわかってきた。(12) 上記の成果は、火山噴火シナリオの更新や噴火シミュレーションの想定範囲の更新を促すものと考えられる(奈良文化財研究所[課題番号:NAB_01])。

・縄文三陸地震津波の解明のための考古学的調査

縄文時代中期(4490-3220 calBP)に発生した三陸地震津波の発生後に焦点をあて、縄文集落の分析から津波冠水範囲の特定と復興経過の復原を行った。①すでに岩手県の宮古湾岸・山田湾岸・大槌湾岸などで確認していた大木8-9式期の異変は、仙台湾岸の仙台市上野遺跡でも確認でき、縄文時代中期の津波が東日本太平洋岸を広く襲った大規模な地震津波であることが明らかになった。②この津波により、標高10m未満の海岸部低平地では集落が断絶し高台への移転し、一方、海岸からやや離れた低位段丘面では断絶なくそのまま集落が継続したことを明瞭に確認できた。③仙台市上野遺跡で地震津波発生直後の大木9式期から、集落域の大規模な整地や、大きな溝への過去の家屋の遺品などの投棄が観察され、大規模な復興に着手している様子が確認できた。④宮古市上村貝塚

では、この時期他に例のない特異な人骨集積埋葬がみられ、何らかの原因による複数の被災者とみられ注目される（新潟大学〔課題番号：NGT_01〕）。

（２）低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明

近代的な機器観測による観測データ取得開始以前に発生した地震・火山噴火について知るためには、歴史学や考古学で用いる史料や考古資料に基づいて、調査・研究を実施していく必要がある。これらの史料や考古資料をデータベース化し、位置情報や時間情報を付与して被害分布図等を作成することによって、近代的な機器観測に基づく観測データとの比較・検討が可能になる。このような被害分布図等を活用して、前近代に発生した低頻度大規模地震や火山噴火現象とそれらによる災害の実態を解明することは、長期的な災害対策の策定に寄与できると考える。

・史料を用いた地震現象の分析

茨城県内に残る幕末の日記史料に見える地震表現の出現頻度と気象庁の震度データベースを比較し、「大地震」が震度3、「地震」が震度2程度に相当すると考えられることを確認した。1800年から安政東海・南海地震に至るまでの期間の西日本において最も広い範囲で震動が記録されている1835年5月18日（天保6年4月21日）の地震について検討した。この地震では目立った被害記事がなく、『被害地震総覧』にも掲載されていないが、既刊史料集掲載史料のほかに今回の調査で新たに発見した史料によって、鹿児島と高知で「大地震」と記録されているほか、佐賀、山陰、近江、岐阜でも揺れが感知されていたことが分かった。1968年4月1日の日向灘を震源とする地震（深さ22km、M7.5）に類似していると考えられる。16世紀以前の地震記録を調査する手がかりとなるのは「年代記」と呼ばれる一群の史料である。その史料の信頼性を検証するために、南九州に残る各種の年代記の比較検討を行った（東京大学史料編纂所〔課題番号：UTH_01〕）。

成果リスト

・論文・報告書等

- 蝦名裕一・今井健太郎, 2021, 由利郡関村の歴史資料にみる文化元年（1804）象潟地震の被害状況, 『歴史地震』, 36, 191-203.
- 原直史, 2021, 文政十一年災害史料の流布をめぐって—シーボルト台風と三条地震を中心に—, 災害・復興と資料, 13, 8-13.
- 原直史, 2021, 文政十一年大地震にて破損村々取調帳控, 佐渡・越後文化交流史研究, 21, 25-29.
- 原田和彦, 2021, 『大地震一件』からみた一八四七年善光寺地震の被害分布, 災害・復興と資料, 13, 14-26.
- 堀健彦, 2021, 「津波之由来」所載絵図にみる1854年南海地震津波被害の空間的表現, 災害・復興と資料, 13, 30-40.
- 石川寛・平井敬, 2021, すごろくで学ぶ安政の大地震, 風媒社, 131.
- 加納靖之・橋本雄太, 2021, 古文書解読の現在地：最新技術と共同作業が拓く未来, 茶道雑誌, 85, 78-87.

- 片桐昭彦, 2021, 史料にみる中世の鎌倉の津波被害, 季刊考古学, 154, 43-46.
- 片桐昭彦, 2021, 中世の災害記録としての『三国一覽合運図』写本一東山文庫本・龍谷大学本, および『大唐日本王代年代記』の史料学的検討一, 災害・復興と資料, 13, 1-7.
- 水野嶺, 年代記にみる中世南九州の災害ー災害研究における年代記試論ー, 國學院雑誌, 122.
- 村田泰輔, 2021, 災害痕跡データベースの構築・公開に向けてー考古学の新たな挑戦, 地域防災, 36, 4-9.
- 村田泰輔, 2021, 藤原宮下層運河SD1901Aの層序, 奈文研論叢, 2, 151-159.
- 村田泰輔, 2021, 歴史災害痕跡データベースの構築とその有効性, 考古学研究, 68-3, 16-19.
- 大邑潤三, 2021, GISのジオリファレンス機能を用いた近世村絵図の分析ー富士山宝永噴火からの復興を事例としてー, 西洋史学, 271, 73-76.

・学会・シンポジウム等での発表

- 榎原雅治, 2021, 日本の地震災害と地震史料研究の現在, 2021日本史学会夏期ワークショップ「日本史を通じて見る災害と国家」.
- 蝦名裕一, 2021, 454年享徳地震津波と1611年慶長奥州地震津波の比較分析, 第38回歴史地震研究会若小牧大会.
- 蝦名裕一, 2021, 象潟地震における家屋倒壊率についてー由利郡関村を事例にー, 第9回歴史地震史料研究会.
- 蝦名裕一, 2021, 歴史資料にみる慶長奥州地震津波, 歴史が導く災害科学の新展開Vー文理融合による1611年慶長奥州地震津波の研究ー.
- 原田和彦, 2021, 松代藩における善光寺地震後の復興策ー勘定所元々『変災日記』の分析ー, 第9回歴史地震史料研究会, 10.
- 堀 健彦, 2021, 1611年会津地震による山崎新湖の形成とその消滅ー絵図に注目してー, 第9回歴史地震史料研究会, 7.
- 平井敬, 2021, 大沢家本願寺関係文書に記された安政東海・南海地震, 歴史地震研究会, P-04
- 加納靖之・大邑潤三, 2021, 歴史地震と気象庁カタログの連続性を考慮した震度データ点カタログ, 日本地球惑星科学連合2021年大会, MIS27-08.
- 加納靖之, 2021, クラウドソーシングによるデータ構築から古地震研究へ, 日本学術会議公開シンポジウム「総合知創出に向けた人文・社会科学のデジタル研究基盤構築の現在」
- 加納靖之, 2022, 前近代と近代以降の地震カタログの統合検索ツールの開発, 第128回人文科学とコンピュータ研究会発表会, 10.
- Yasuyuki Kano・Junzo Ohmura・Kiyomi Iwahashi, 2021, Evaluation of Damage Descriptions Around Mt. Hiei During the 1830 Kyoto Earthquake, Joint Scientific Assembly IAGA-IASPEI 2021.
- 片桐昭彦, 2021, 近世成立の年代記に記される古代・中世の地震記事の出典, 第9回歴史地震史料研究会, 5.
- 水野嶺, 2021, 薩摩藩記録にみる文明桜島噴火, 2021年歴史地震史料研究会.
- 村田泰輔, 2021, 発掘調査でわかる平城宮周辺の地質と過去の災害痕跡データベースの構築と災害の軽減に向けた考古学の新たな挑戦, 佐保川歴史教室第8幕第5回講義.
- 中村 元, 2021, 20世紀前期新潟測候所の地震観測について, 第9回歴史地震史料研究会, 13.

- Junzo Ohmura・Miki Hamano, 2021, Aftershock Activity of the 1596 Earthquake in Kinki Region of Japan Revealed by Diaries, Joint Scientific Assembly IAGA-IASPEI 2021.
- 大邑潤三・濱野未来・橋本雄太・加納靖之, 2021, 歴史地震史料のGISデータ化の試みと課題, 日本地球惑星科学連合2021年大会, MIS27-P01.
- 大邑潤三・盆野行輝・加納靖之, 2021, 新たな史料で判明した1854年安政東海地震における甲府盆地の被害と震度, 第38回歴史地震研究会, 0-27.
- 齋藤瑞穂・鈴木正博, 2021, 縄文三陸地震津波研究(4)―被災した縄文集落のその後―, 2021年歴史地震史料研究会講演要旨集, 1-5.
- 齋藤瑞穂・鈴木正博, 2021, 縄文三陸地震津波研究(4)―被災した縄文集落のその後―, 第9回歴史地震史料研究会, 1.
- 齋藤瑞穂, 2021, A fine-tuned pottery typochronology for detailing prehistoric tsunamis: From Sanriku Coast of NE Japan as an example., The 30th International Tsunami symposium, e90034.
- Reiko Sugimori・Kazuko Ariizumi・Kenji Satake, 2021, Origin Time of the 1854 Tokai Earthquake Recorded on Logbook of Russian Frigate Diana, Joint Scientific Assembly IAGA-IASPEI 2021.
- 都築充雄, 2021, 三河地震(1945)における三河地方の寺院被害状況の整理, 歴史地震研究会, 0-33.
- 漆原惇・加納靖之・大邑潤三, 2021, 「高野家記録」を用いた18世紀の宮城県南部の地震活動の分析, 日本地震学会2021年度秋季大会, S10-06.
- 山中佳子・宇佐美龍夫, 2021, 歴史地震総表のWEB検索システムの構築, 歴史地震研究会, 0-10.
- 片桐昭彦, 2021, 近世成立の年代記に記される古代・中世の地震記事の出典, 2021年歴史地震史料研究会講演要旨集, 14-18.
- 矢田俊文, 2021, 一軒当りの死亡者数と災害―1742年寛保台風と1891年濃尾地震―, 第9回歴史地震史料研究会, 12.
- 吉岡誠也, 2021, 安政東海地震における佐賀藩江戸上屋敷の被害と修復, 2021年歴史地震史料研究会.

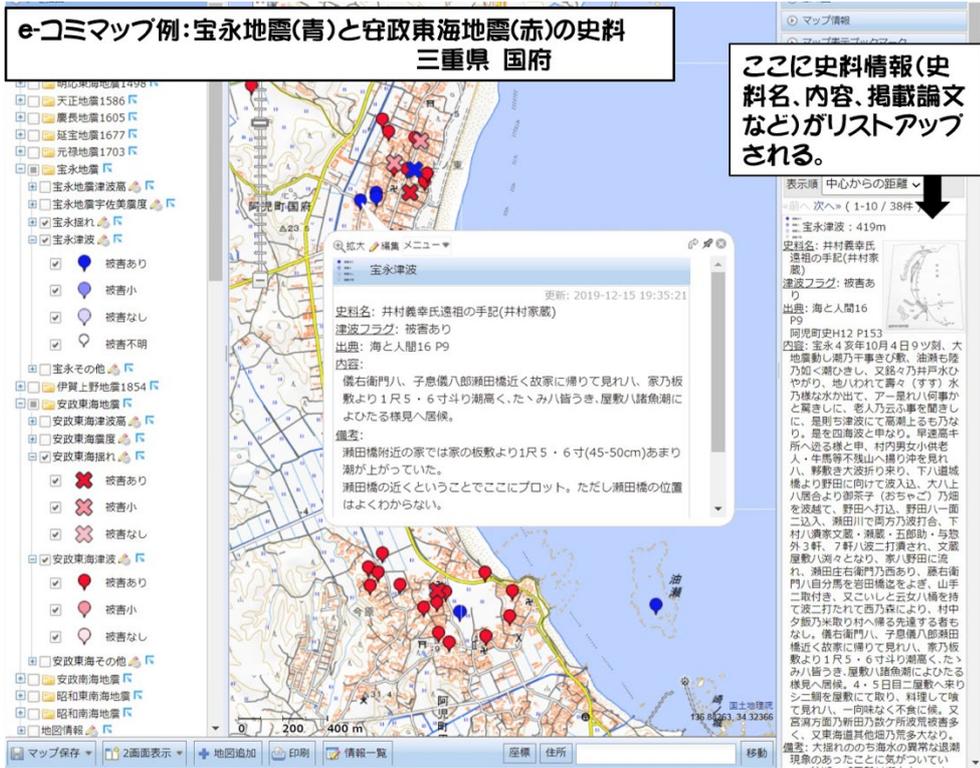


図1. e-Comiマップを使った歴史史料の整理例

観測研究基盤

「観測研究基盤」計画推進部会長 鶴岡 弘

(東京大学地震研究所)

副部会長 青山 裕

(北海道大学)

地震火山研究にとって不可欠である観測データを安定的かつ継続的に取得するために、日本全国に展開されている陸域および海域の地震、地殻変動、津波、潮位、電磁気、重力等の観測基盤を維持すること（観測基盤の整備）、さらにこれらの観測データの解析技術等の開発・高度化（観測・解析技術の開発）を進展させること、観測データをリアルタイムに効率的に流通する基盤（地震・火山現象のデータ流通）を維持することとともに、観測データの公開や研究成果を共有するシステムの開発（地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開）を観測研究部会において引き続き粛々と進めている。以下に令和3年度の成果の概要をまとめた。

5. 研究を推進するための体制の整備

(3) 研究基盤の開発・整備

ア. 観測基盤の整備

防災科学研究所は、陸海統合地震津波火山観測網(MOWLAS)及び首都圏地震観測網(MeS0-net)を安定して運用し、地震、低周波地震、超低周波地震、スロースリップイベントについてイベント検出および震源位置、震源メカニズム解、断層モデルの推定、余震活動の予測等を行った。さらにその活動状況のモニタリング結果をわかりやすく情報発信を行うとともに、地震調査委員会、地震予知連絡会等に随時提供を行った。また、令和3年6月には、2017年3月以前のMeS0-net波形データの公開も開始した。2021年2月13日23時7分頃、福島県沖の深さ55 km付近を震源とするMJ7.3 (Hi-net震源の深さ57 km、Hi-netマグニチュードMHi7.6)の地震に関して、観測点補正值を用いた震源再決定を行なった結果、MJ7.3の地震とその余震は、北東-南西方向に約30 km、北西-南東方向に約20 kmの拡がりを持ち、深さ方向には約40-60 kmに分布することがわかった。また、Hi-netとS-netの手動検出震源を初期震源とし三次元地震波速度構造を用いた震源再決定の結果は、この地震活動が沈み込む太平洋プレート内の低速度域で発生したことを示した。さらに、同地震発生後の地震活動について連続地震波形エンベロープ解析から得られた4-20 Hz帯域のエネルギー輻射量推定結果により、本震発生から10日後までの余震による積算エネルギー輻射量は本震の高周波エネルギー輻射量の0.57%であり、この割合は同じく太平洋プレート内の地震である2003年宮城県沖の地震(MHi7.5、0.85%)や、2011年宮城県沖の地震(MHi7.6、0.87%)と同程度であることがわかった。2021年3月20日18時9分頃、宮城県沖の深さ60 km付近を震源とするMJ6.9 (Hi-net震源の深さ65 km、MHi7.0)の地震について、観測点補正值を用いた震源再決定を行い、MJ6.9の地震以降に発生した地震の多くは西北西傾斜の面に沿って分布し、主に海陸プレート境界に沿って発生したプレート間地震であることがわかった。また、海域観測網を含めた三次元地震波速度構造を用いて再決定した2021年3月20日および5月1日の宮城県沖の地震MJ6.8の震源分布から、

3月20日の地震は1978年宮城県沖地震の地震時すべり域の西端に、5月1日の地震は1978年宮城県沖地震の地震時すべり域の南半分かつ2005年の宮城県沖の地震の地震時すべり域の西端に位置することがわかった（防災科学技術研究所〔課題番号：NIED05〕）。気象庁は地震観測網や地殻変動観測網などの観測基盤の維持を継続し、関係機関の地震観測データの一元的処理結果の関係機関への提供を実施し、南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会や地震調査委員会において報告を行った。震源データを日々、更新するとともに、2020年3月までの精査後の震源データ（確定値）を公開した（気象庁〔課題番号：JMA_09〕）。国土地理院は、全国において、GNSS連続観測点を維持し、観測を継続した。また、国際GNSS事業（IGS）へ参画し、観測データの提供を行った。加えて、最新のGPS衛星およびITRFに対応したGNSS連続観測（GEONET）の新しい解析ストラテジの運用を開始するとともに精度評価を実施した。地殻変動の監視においても、新しい解析ストラテジによる座標値に基づき行われ、従来手法に比べ、僅かながら季節変動を抑えられるようになった（国土地理院〔課題番号：GSI04〕）。全国の電子基準点を対象とした電子基準点リアルタイム解析システム（REGARD）を引き続き運用した。令和3年5月1日に発生した宮城県沖を震源とする地震において、地殻変動をリアルタイムに検知した。また、矩形断層モデルの推定に際し、MCMC法（マルコフ連鎖モンテカルロ法）を使用するアルゴリズムを試験的に導入し、システムの高度化を進めた。さらに、断層モデル推定の入力値となるリアルタイム地殻変動情報の品質（妥当性）を点検し、REGARDの推定結果に付与するアルゴリズムを開発した（国土地理院〔課題番号：GSI_08〕）。さらに、緊急解析により、国内外で発生した地震や火山活動に伴う地殻変動を検出した。国内では、2021年8月の福岡ノ場の火山活動により生じた新島について、島の形成から縮小の様子を捉えた（図1）（国土地理院〔課題番号：GSI_07〕）。

大学は、観測データ流通網JDXnetの安定的な運用を継続し、TDXの移転対応を実施した（令和3年12月）。また、SINET5からSINET6への移行を実施予定である（令和4年3月）。柏にて接続された東京大学情報基盤センターの大規模並列計算機を利用したリアルタイム地震データ解析の開発を継続した（東京大学地震研究所〔課題番号：ERI_19〕）。高知大学においては、地震動観測点における、観測点ごく近傍の地盤構造を把握することが可能となった。また機器故障についても得られた地盤構造指標の時間変化をモニタリングすることによって、観測状況の把握が可能である。今後は時間変化の指標（定常的にありうる速度、層境界位置の変化幅の把握）をめざす予定である（高知大学〔課題番号：KOC_01〕）。

気象庁、国土地理院及び海上保安庁は、潮位連続観測を継続した（気象庁〔課題番号：JMA_10〕、国土地理院〔GSI_05〕、海上保安庁〔JCG_02〕）。気象庁は、柿岡、女満別、鹿屋及び父島での地磁気4成分観測を実施し、陸域、海域での磁気測量をはじめ、大学等による電磁氣的観測研究あるいは幾つか提案されている日本域における標準的な全磁力磁場モデルの算出方法の検証・改良を進めるために、高精度の地磁気基準値を提供した。データの引用・追跡を容易にするため、令和3年度から地磁気観測所のデータに、DOI（Digital Object Identifier）が付与された（気象庁〔課題番号：JMA_11〕）。国土地理院は、重力測量について航空重力測量に必要な飛行場重力点の設置を、女満別、丘珠、鹿児島各飛行場にて実施した。また、主に北海道、東北、近畿、九州地方において、航空重力測量を実施し、上空の重力データを取得した（国土地理院〔課題番号：GSI_06〕）。

山梨県富士山科学研究所は、富士山科学研究所基準点でのgPhone重力計による連続観測を継続するとともに、比較的通年でアクセス可能なスバルライン4合目重力点を設置した（山梨県富士山科学研究所〔課題番号：MFRI02〕）。北海道立総合研究機構地質研究所は、雌阿寒岳、十勝岳、樽前山、倶多楽、有珠山及び北海道駒ヶ岳において、地球物理学的・地球化学的モニタリングを継続して行い、火山活動の変化を捉えるためのデータの蓄積を行った。また、倶多楽（登別地域）と北海道駒ヶ岳については、熱水系について検討した（北海道立総合研究機構〔課題番号：HRO_01〕）。

気象庁は、全国の50活火山について、全国4カ所の火山監視・警報センターにおいて、地震計、空振計、GNSS、監視カメラ等による連続的な監視観測を継続した。全国の活火山について、GNSS繰り返し観測、熱観測等の調査的な機動観測を計画的に実施した（気象庁〔課題番号：JMA_12〕）。

イ. 観測・解析技術の開発

東京大学地震研究所は、定常的な海域観測網の高度化に関して、2014年に復旧した既設の三陸沖海底光ケーブル式地震津波観測システムおよび2015年に設置した海底光ケーブル式地震津波観測システム（新規開発のOBCSTシステム）の両方を用いた併行観測を継続している（図2）。また、光ファイバセンシング技術の一つであり、振動計測が可能な分散型音響センシング(DAS)を利用した地震観測を実施している。2021年3月には新しく開発された計測装置の試験観測を約3日間行った。新型DAS計測器では、自己ノイズが軽減され、距離100kmまで地震波形を観測できることを確認した。DAS計測は単位時間に大量のデータを生成するために、長期にわたって定常観測を行うためには改良が必要であり、DAS計測の常時観測可能なシステムを開発している。DAS計測技術を用いた常時地震観測システムの構築にあたってのハードウェア、ソフトウェアを検討し、ハードウェアについては、DAS計測器の内蔵ディスクでは容量が足りないために、大容量の外部ディスク装置を増設し、各種処理を行うための観測サーバを追加する。ソフトウェアについては、1. DAS測定器から生成される計測データを取得する機能、2. 大量の計測データの中から重要と思われる情報だけを抽出し保管する機能、3. 計測データを表示（可視化）する機能の3機能を実装することとした（東京大学地震研究所〔課題番号：ERI_22〕）。

大学は、新たな無線通信帯域・技術を活用した地震火山データ伝送システムの開発及びこれを利用した地震・火山活動状況を高精度かつ迅速に把握可能なシステムの開発を進めている。東北大学においては、無線システムと接続を行う携帯系の通信の検討のため、情報通信研究機構のIoTゲートウェイと学術情報ネットワーク（Sinet）の広域データ収集基盤のプロジェクトに引き続き参加し、データ流通網への接続等の動作確認を行った（東北大学理学研究科〔課題番号：THK_13〕）。名古屋大学においては、小電力、小型・携帯テレメータ地震観測装置の改良開発を実施している。昨年度改良（ファームウェア：記録優先モード、ハードウェア：コンパクト化、非接触スイッチなど）を加えたロガー5機を山頂試験観測点に設置（置き換え）した。年末を挟んだ積雪により発電条件が悪くなった地点に対して、追加機能である記録優先モードに切り替え、機能の有効性を確認することができた（名古屋大学〔課題番号：NGY_08〕）。

情報通信研究機構においては、Pi-SAR X3の初期機能・性能確認試験を実施して、空間分解能15cmで地表面の画像取得に成功した。初観測が成功したことで、新しい観測基盤の構築へ繋がることが期待される（図3）（情報通信研究機構〔課題番号：NICT01〕）。

ウ. 地震・火山現象のデータ流通

北海道大学は、地殻変動連続観測データ、および、GNSSデータサーバを運用し、地殻変動等多項目データの一元的な流通とデータ蓄積などを継続した。地殻変動データサーバのセキュリティ機能を維持するために必要なシステムのアップデートについて情報収集と手法の検討を行った。GNSSデータサーバに格納した1995年兵庫県南部地震の臨時観測データについて、利用しやすいようにパッケージ化し、企画部戦略室が運用する研究成果共有データベースからの公開を行った（北海道大学〔課題番号：HKD_08〕）。

東京大学地震研究所は、前年度に引き続き、次世代の対話検測処理系システムについて試作を進めた。前年度は、複数のプラットフォーム上で動作し波形表示と手動検測の最小限の機能を備えた対話検測ソフトウェアのベース部分を作成した。今年度は、昨年度試作したソフトウェアを本課題の担当者及び関係者で試用するとともに、震源決定プログラムや地図表示機能（図4）を実装した（東京大学地震研究所〔課題番号：ERI_24〕）。高知大学においては、次世代WINプロトコル策定のため、現状のWINシステムで行われている常時データ伝送（方式、プログラム）について精査を行った（高知大学〔課題番号：KOC_02〕）。

エ. 地震・火山現象のデータベースの構築と利活用・公開

東京大学地震研究所は、DOI等の永続的識別子付与と公開について、昨年度末に本計画に関連するデータ公開の状況や今後の予定について尋ねるアンケートを実施した。回答内容の詳細について回答者に確認しつつ、アンケートの分析を進めた。回答者に事例を紹介してもらうセミナーを企画し情報交換を進める予定である。また、機関リポジトリでデータを公開する際の課題について、学内の担当者と情報交換を行なった。東京大学では機関リポジトリ（UTokyo Repository）に外部で公開しているデータベース等のメタデータを登録できることがわかり、いくつかのデータを登録し、DOI付与も実現した（東京大学地震研究所〔課題番号：ERI_18〕）。

気象庁は、地震カタログ（震源、発震機構）を2020年8月分まで作成し、地震月報（カタログ編）として公開した。海域観測網の観測データを用いて自動震源を決定する際に、ノイズとなるエアガン起源のシグナルの除去ロジックを2021年7月に一元化処理システムに適用した。以降、海域観測網の設置海域における自動震源決定の際にエアガン起源のシグナルの除去に成功している。（気象庁〔課題番号：JMA_14〕）。定常観測点の4地点（柿岡、女満別、鹿屋、父島）に、祓川を加えた5観測点における地磁気4成分連続観測データを月毎に地磁気観測所データベースに登録、公開するとともに、定常観測点のデータを国際的なデータセンターに提供した。データの引用・追跡を容易にするため、令和3年度から地磁気観測所のデータに、DOI（Digital Object Identifier）が付与された（気象庁〔課題番号：JMA_13〕）。常時観測火山に選定された全国の50活火山について、東京の火山監視・警報センター、札幌、仙台、福岡の地域火山監視・警報センター、及び

鹿児島地方気象台において、地震計、空振計、GNSS等の観測データを常時収集するとともにデータの解析を行い、それらの成果の蓄積を進めた（気象庁〔課題番号：JMA_15〕）。

産業技術総合研究所は、アジア太平洋地域の地震火山ハザード情報整備、国際標準化、データ共有・相互利用、国際的な連携の推進を目的として、アジア太平洋地域の研究機関と連携し、地震火山活動に関連する地質ハザード情報の取りまとめを進めている。大規模噴火の前駆活動と噴火推移について、これまでに、新たに白頭山10世紀噴火、三瓶-木次、ウルルン-隠岐、箱根-東京、御嶽第1、阿蘇3の火山噴火を取りまとめた。また、屈斜路、三瓶、鬼界、十和田、鬱陵島、白頭山の大規模噴火の前駆活動と噴火推移の研究成果を地質調査総合センター研究資料集no.728として取りまとめた。また、大規模噴火データベースの閲覧検索システムの構築を進めた（図5）（産業技術総合研究所〔課題番号：AIST11〕）。

国土地理院は、令和2年度に調査を行った「浅間山」の火山土地条件図及び数値データ並びに令和2年度に作成した「十勝岳」「雌阿寒岳」「浅間山」「伊豆大島」の火山基本図及び数値データを公開した。令和3年度においては、「諏訪之瀬島」の火山土地条件調査及び「御嶽山」「神津島」「有珠山」「倶多楽」の火山基本図整備を実施した。（国土地理院〔課題番号：GSI_10、GSI_09〕）。

研究成果共有システムの運用方法と目標について検討を実施し、以下のポリシーで運用を行うこととした。運用責任は戦略室とし、戦略室が中心となってポリシーの検討、コンテンツの調整、課題や部会への関係情報収集や依頼、周知広報を実施する。システム運用は企画部の学術支援職員と戦略室教員及び課題担当者で実施する。収集する情報は、課題間連携及び部会間・総合研究グループ間連携で必要となるメタ情報を中心とし、課題間連携や部会間・総合研究グループ間連携で活用可能な関係情報の所在を示すハブ的な役割を目指す。本システム独自のデジタル識別子情報（doi）は付与しないが、既存のデータリポジトリやデータベース、データジャーナルのdoi情報を提供する。収集する具体的な情報として、建議で整備されたデータベースへのリンクやdoi情報、建議で開発されたソフトウェアやdoi、建議で実施された臨時観測や構造探査探査のオリジナルデータ、成果管理システムにある論文情報等である。また、部会内や部会間・総合研究グループ間連携を促進するため、共有オンラインストレージ（Nextcloud）を新たに整備した。成果共有システムには新たに「地震史料集テキストデータベース」がリンクされたほか、オリジナルデータとして伊豆大島及び周辺部の地震波速度構造（2009年構造探査実験）、1995年兵庫県南部地震（M7.3）臨時GPS観測データが公開された。（東京大学地震研究所〔課題番号：ERI_25〕）。

これまでの課題と今後の展望

地震・火山・防災研究にとって必要不可欠である観測データを安定的かつ継続的に取得することの技術的な課題等は明らかとなっており、観測データおよび解析結果等を有効に活用して研究の進捗ペースを加速するための、データ流通・データベース化・データ公開は時間とコストを考慮してゆっくり進められている。データ公開については、昨今のセキュリティ事情もあり、個々で進められる段階から集約化がさらに進められた。DXを含むクラウドも急速に普及しつつあるが、大規模データベースを長期にわたり維持するという

観点からはまだまだ評価・検証が必要と考えられる。来年度にむけては、これらの課題を解決し、データベースの統合化や研究成果共有システムをのさらなる構築が求められる。

成果リスト

村松弘規・高松直史・阿部聡・古屋智秋・加藤知瑛・大野圭太郎・畑中雄樹・攪上泰亮・大橋和幸, 2021, 新しいGEONET解析ストラテジによる電子基準点日々の座標値 (F5解・R5解) の公開, 国土地理院時報, 134

Ichimura, M., K. Mikiyama, N. Ishikura, K. Shimazaki, M. Ishimoto, Y. Sato, T. Kobayashi and H. Munekane, 2021, Monitoring Active Volcanoes in Japan Using InSAR Time Series Analysis System with ALOS-2 Data, AGU Fall Meeting 2021, G25A-0344

Takagi, Y., H. Ueshiba, T. Nakakuki, S. Matsumoto, K. Hayashi, T. Yutsudo, K. Mori, T. Kobayashi, 2021, VLBI-GNSS co-location survey at the Ishioka Geodetic Observing Station in 2018 and 2020, EGU General Assembly 2021, EGU21-810

Matsumoto, S., H. Ueshiba, T. Nakakuki, Y. Takagi, K. Hayashi, K. Mori, T. Yutsudo, T. Kobayashi, Y. Sato, 2021, VLBI-GNSS co-location at the Ishioka Geodetic Observing Station, IAG Scientific Assembly 2021

Masahiro Nakashima, Kento Iio, Yasuhiro Iitsuka, Shinobu Kurihara, Kumikazu Ochi, Shuichi Omori, Tokuro Kodama, Masato Kuroyanagi, Masami Handa, Hiroaki Yamamoto, Takashi Toyofuku, Chiaki Kato, Koji Matsuo, 2021, The Airborne Gravity Measurement for Development of a New Precise Gravimetric Geoid Model in Japan, IAG 2021

Masahiro Nakashima, Shuntaro Fukaya, Yasuhiro Iitsuka, Takashi Toyofuku, Kumikazu Ochi, Hiroaki Yamamoto, Shuichi Omori, Chiaki Kato, Masato Kuroyanagi, Masami Handa, Koji Matsuo, 2021, Quality control of airborne gravity survey in Japan, AGU Fall Meeting 2021

Tanaka, R., Y. Yamaya, M. Tamura, T. Hashimoto, N. Okazaki, R. Takahashi, and T. Mogi, 2021, Three-dimensional inversion of audio-magnetotelluric data acquired from the crater area of Mt. Tokachidake, Japan., *Earth, Planets and Space*, 73, doi.org/10.1186/s40623-021-01502-4

Takahashi, R., 2022, Mineralogical and geochemical investigations for subvolcanic hydrothermal alteration environments at an active volcano: An example of Hokkaido-Komagatake volcano, Japan, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 423, doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2022.107497

Shinohara, M., T. Yamada, K. Uehira, S. Sakai, H. Shiobara, and T. Kanazawa, 2021, Development and operation of an Ocean Bottom Cable Seismic and Tsunami observation system (OBCST) in the source region of the Tohoku-oki earthquake, *Earth Space Sci.*, doi:10.1029/2020EA001359

Spica, Z. J., J. C. Castellanos, L. Viens, K. Nishida, T. Akuhara, M. Shinohara and T. Yamada, 2022, Subsurface Imaging With Ocean-Bottom Distributed Acoustic Sensing and Water Phases Reverberations, *Geophys. Res. Lett.*, <https://doi.org/10.1029/2021GL09528>

- 篠原雅尚・山田知朗・悪原岳・望月公廣・酒井慎一， 2022， 分散型音響センシング計測と三陸沖海底光ケーブル観測システムによる地震観測， 月刊地球， 44， 37-43
- 牛腸 正則， 2021， アンテナパターンと距離減衰を考慮した合成開口レーダの波数領域， 電子情報通信学会技術研究報告， Vol.121， No.127， p.1-6.
- 牛腸 正則， 2021， Deconvolution ISTAを用いたSARのスパース再構成と高分解能化， 電子情報通信学会技術研究報告， Vol.121， No.191， p.116-121
- 宝田晋治・西原 歩・星住英夫・山崎 雅・金田泰明・下司信夫， 2022， 始良カルデラ入戸火砕流堆積物分布図， 大規模火砕流分布図， 産総研地質調査総合センター， 1， 1-32
- 宝田晋治・金田泰明・池上郁彦・松本恵子・西野佑紀・下司信夫， 2021， 大規模噴火・火山灰データベースの構築， Proceedings of the International Meeting on Eruption History and Informatics， 2020-2， 66-70

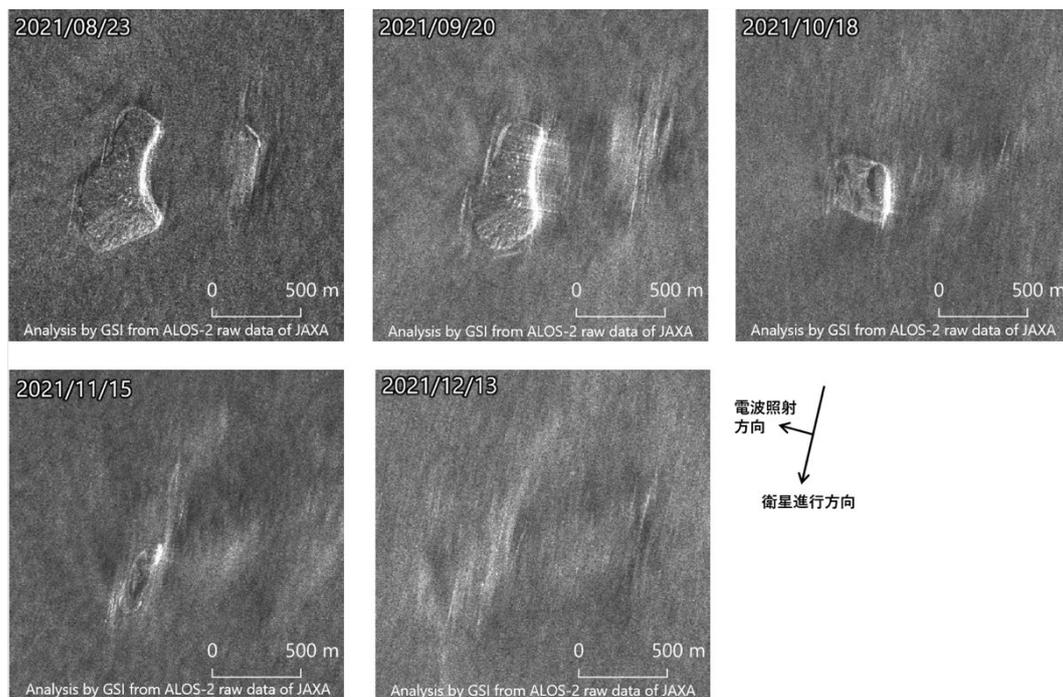


図 1. 「だいち 2 号」 SAR強度画像による福徳岡ノ場の新島の形状の時間推移

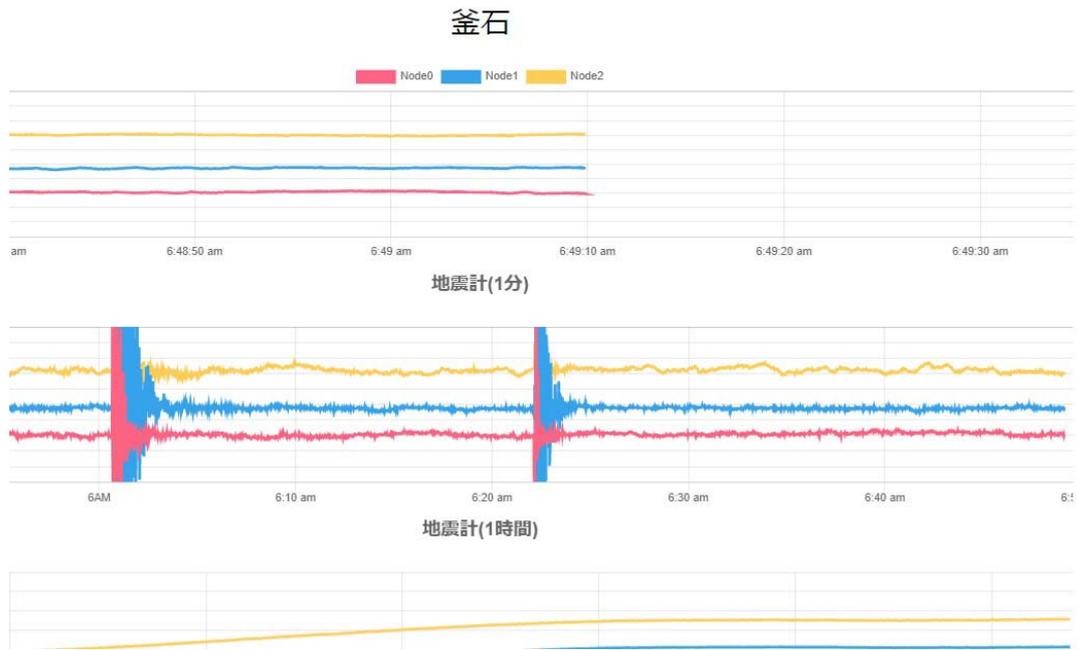


図 2 . 2015年に設置したシステムのデータ表示用のwebシステム（試作品）による観測波形の例。

リアルタイムで、3台の地震計と水圧計のデータを即時表示する。

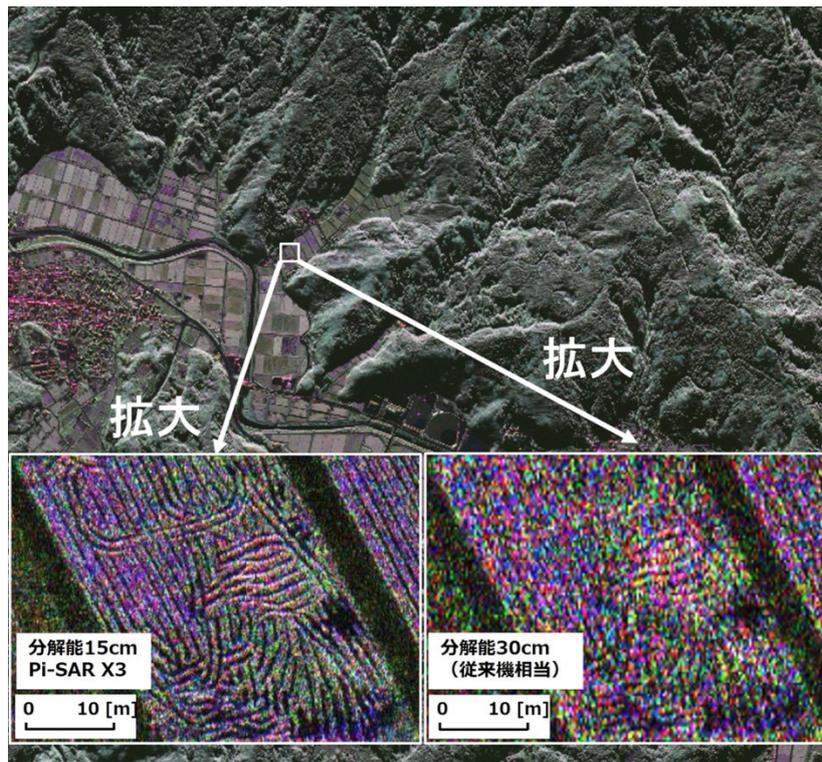


図 3 . Pi-SAR X3による観測結果例

拡大右図は従来機相当の空間分解能30cm、拡大左図はPi-SAR X3の空間分解能15cmによる観測結果。空間分解能15cmの図では、田んぼのわだちがきれいに観測されている。

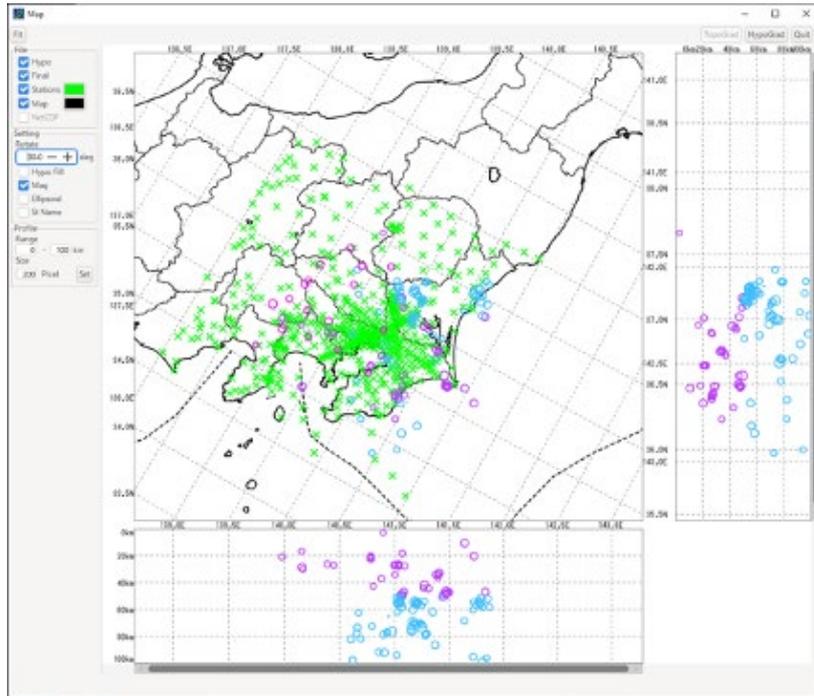


図4. 対話検測ソフトウェアの地図表示画面

作成した対話検測ソフトウェアの地図表示画面。震源と観測点が地図上に表示されている。地図は回転することが可能である。

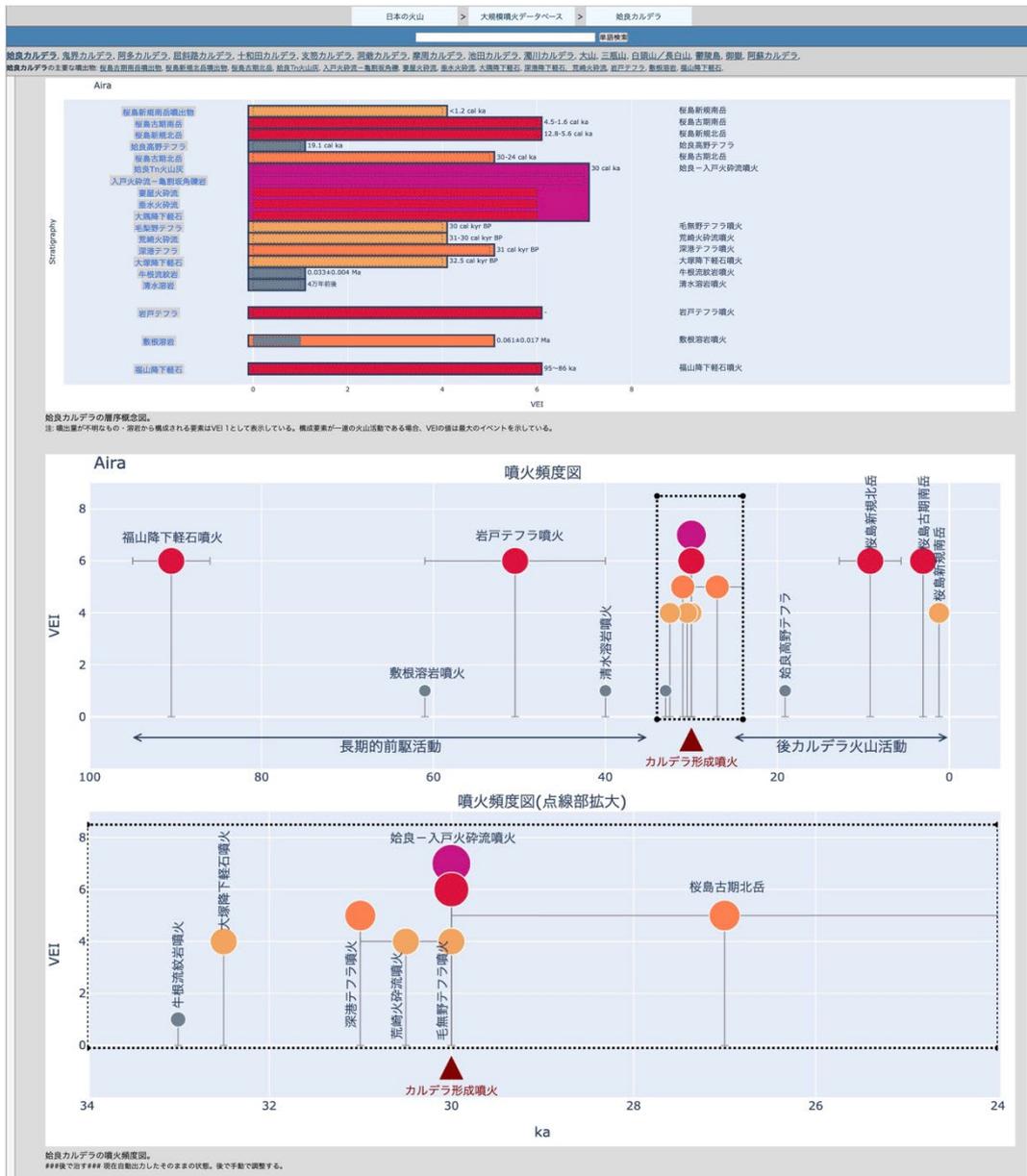


図5. 開発中の大規模噴火データベース

始良カルデラの例。層序概念図と噴火頻度図を示す。データベースでは、各噴火の大規模噴火の前駆活動や噴火推移の閲覧検索が可能。