

## 1 (8) 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重要・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2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(MeSO-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。2020年3月13日02時18分に石川県能登地方で発生した地震(Mj5.5)に関して、MOWLASの観測記録を用いた解析を行い、Hi-netデータの3成分合成地震波形エンベロープから、この地震後10日間のエネルギー輻射量(4-20 Hz)を推定した。地震発生から10日後の時点で、本震のエネルギー輻射量に対する余震からの積算エネルギー輻射量の割合は0.18%であり、2007年能登半島地震(Mj6.9、2.3%)や2016年熊本地震(Mj7.3、12.7%)よりも小さいことが明らかとなった(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(気象庁[課題番号:JMA\_09])。国土地理院は、全国においてGNSS連続観測点を維持するとともに観測を継続し、さらに国際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を開発した(国土地理院[課題番号:GSI\_04])。様々な汎用的な機器を用いた地殻変動観測システムの開発に関しては、近年普及し始めている廉価版のGNSS機器を用いたGNSS連続観測装置を開発し、令和3年2月に千葉県長生郡市の10箇所に装置を設置しGNSS連続観測を開始した(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。西之島では、火山活動が活発した2019年12月以降、溶岩等によるとみられる地形や海岸線の変化の様子を検出した(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、スイッチの老朽化に対応するため、JDX-東大地震研間のスイッチの交換を実施した。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開始した(東京大学地震研究所[課題番号:ERI\_19])。高知大学においては、地震動観測記録のモニタリングを準リアルタイムで行うシステムを構築し、運用を行なった。あわせて、ごく浅層の地盤構造を常時モニタリングするため、サンプリング周波数500 Hzでの観測を実施するとともに、地震計設置位置下の地盤の固有周波数解析を常時行なった(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、父島での地磁気4成分観測、及びいわき北浦での全磁力精密連続観測を実施し、高精度の地磁気基準値を引き続き提供した(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(国土地理院[課題番号:GSI\_06])。山梨県富士山科学研究所は、河口湖周辺の水位観測を継続するとともに、富士北麓地域の水理地質構造についてはその概要を取りまとめる作業を行った(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は、雄阿寒岳、十勝岳、樽前山、倶多楽、有珠山およ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、火山活動の変化を捉えるためのデータの蓄積を行った(北海道立総合研究機構[課題番号:HR0\_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。令和2年度は、草津白根山に埋設型の地震計・傾斜計及び空振計を整備した。また、全国3箇所に監視カメラを増設した(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、光ファイバセンシング技術の一つであり、振動を計測する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。1996年に設置した三陸沖光ケーブル式海底地震・津波観測システムの予備の光ファイバーケーブルを活用して、2020年11月にはエアガンとDAS計測による構造調査を実施した。エアガンの発震は、海洋研究開発機構学術調査船白鳳丸KH20-11研究航海にて実施した。白鳳丸はエアガンを曳航しながら、海底ケーブル敷設ルート上を航行し、この間陸上局においてDAS計測を行った。DAS計測は、測定全長100 kmまたは80 km、チャンネル間隔5 mとして、エアガン発震時間帯を含む5日間の連続観測を行った(図2)(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申請を行い、動作確認を行った(東北大学大学院理学研究科[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。現ファームウェアは、未送信データを古い順で送るために通信状態が悪い場所でリアルタイム性が失われるという問題があり、指定期間のデータを優先して送信するコマンドを改良し、通信が切断した場合にも再接続を行うなどのエラー処理が適切に行われるようにした（名古屋大学 [課題番号：NGY\_08] )。

情報通信研究機構においては、地震や火山等の自然災害発生時における被災地の状況把握を詳細かつ迅速に行うための次世代航空機東西SARの開発を実施している。令和2年度においては、①機械学習をベースにした土地被覆分類に関する研究、②地表三次元イメージングによる地表構造物の分離抽出技術に関する研究、③次世代航空機搭載合成開口レーダーの研究開発を実施した（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、およびGNSSデータサーバの運用を継続し、地殻変動等多項目データの一元的な流通とデータの蓄積などを行った。地殻変動連続観測では、新たに気象庁のひずみ計観測網の25観測点141チャンネルの流通収集が開始された。また、産業技術総合研究所の超伝導重力計データのオフライン収録も開始した。データ提供機関の新規加入があったため協定書の改定を実施した。GNSSデータでは、1995年兵庫県南部地震時に実施された臨時観測データのアーカイブ作業を実施した（北海道大学 [課題番号：HKD\_08] )。

東京大学地震研究所は、現WINシステムにおける課題と次世代システムへの要望の集約を行っている。令和2年度においては、次世代の対話検出処理系システムについて試作を開始した。昨年度に行った検討をもとに、対話検出ソフトウェアのベース部分を作成した。これは複数のプラットフォーム上で動作し、波形表示と手動検出の最小限の機能を備えており、今後の機能拡張を可能とした（東京大学地震研究所 [課題番号：ERI\_24]）。高知大学においては、課題番号：ERI\_24と連携し、新たな伝送プロトコルに関しては、前年度検討を行った現状システムの問題点の洗い出しをもとに、最低限必要な要件の洗い出しと拡張仕様として準備すべき項目について検討した（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、現状と克服すべき課題を整理するため、地球惑星科学連合大会や地球電磁気学会において、地震学分野でのデータ公開に関する取り組みについて報告した。関連分野での取り組みや今後の協力関係など、本研究課題を進めるために重要な情報が得られた。また、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アンケートを実施した（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2019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一元化処理業務へ取り込むためのシステム等の準備を進め、震源決定のルーチン業務を2020年9月から開始した。震源過程解析については、海外で発生したイベントについて、遠地実体波を用いて断層すべり分布を推定した結果を公開した（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。地磁気アナログ記録のデジタルデータ化は、女満別(1966~1967年)、鹿屋(1967年)の地磁気アナログ記録をデジタル画像化したほか、女満別・鹿屋(1971~1972年)のデジタル画像を高時間分解能のデジタルデータへ変換した(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。令和2年度においては支笏、洞爺、濁川、大山、十和田、阿蘇、鬼界、屈斜路火山における大規模噴火の前駆活動と噴火推移をとりまとめた。その成果の一部をGSJ研究資料集として公開した。また、大規模噴火の前駆活動と噴火推移をとりまとめた大規模噴火データベースの構築を進めた。さらに、第四紀の火山噴出物の詳細情報をWebGISで閲覧できるようにした20万分の1日本火山図を作成し、一般公開を始めた(図3)。火砕流堆積物や岩屑なだれ堆積物などの第四紀火山噴出物の情報が詳細にわかるシステムとなり、多くのユーザーに利用された(産業技術総合研究所[課題番号:AIST11])。

国土地理院は、令和2年度においては、「浅間山」の火山土地条件調査を実施し、「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整備した。令和元年度に調査を実施した、石狩低地東縁断層帯とその周辺「鶴川」、長岡平野西縁断層帯とその周辺「弥彦」、「三条」等の1:25,000活断層図を整備・公開した(国土地理院[課題番号:GSI\_10, GSI\_09])。

データベースの方向性について検討をさらに実施し、現有の研究成果共有システムのさらなる活用で調整をおこなった。サーバーの運用体制やポリシーについて安定的な運用を実現する仕組みの検討を行った。

戦略室を主導として、研究成果共有システムの具体的な構築に向けた検討を進めた。具体的には格納を行う情報・データの検討を実施するとともに、コンテンツの整理を先行的に進めた。令和2年度においては、研究成果共有サーバ(evrss)へのデータ登録作業を開始した。地殻構造データベースとして前計画で整備された「日本列島周辺域のプレート境界面分布」、歴史史料データベースとして「日記史料有感データベース」へのリンク、地殻変動データベースとして「2003年十勝沖地震臨時GPS観測データ」と「地殻変動プロマイド記録」へのリンク、成果論文データベースとして本計画に関連する成果論文一覧が格納された。地震活動解析ソフトウェアとして「XETAS」が登録された(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クリアできているが、観測データおよび解析結果等を有効に

活用し研究を加速するための流通、データベース化、公開は時間とコストの問題もあり進捗についてはゆっくり進められているのが現状である。特にデータ公開については、昨今のセキュリティ事情も影響し、個々で進められる段階から集約化が求められている。一方クラウドも普及しつつあるが、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、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

- Aoi, S., Y. Asano, T. Kunugi, T. Kimura, K. Uehira, N. Takahashi, H. Ueda, K. Shiomi, T. Matsumoto, and H. Fujiwara, 2020, MOWLAS: NIED observation network for earthquake, tsunami and volcano, *Earth Planet. Space*, 72, 126, doi:10.1186/s40623-020-01250-x.
- Kurihara, S., M. Nakashima, T. Kodama, K. Iio, S. Ohmori, M. Handa, E. Kichiraku, K. Matsuo, H. Kawawa, and K. Ochi, 2020, The airborne gravity survey for development of a new precise gravimetric geoid model in Japan, *AGU Fall Meeting 2020*, 670012.
- 中川弘之・宮原伐折羅・宗包浩志, 2020, 精密単独測位 (PPP-AR) を用いたGNSS定常解析システムの開発, *国土地理院時報*, 133, 77-86.
- Bernard, B., Takarada, S., Andrade, S.D. and Dufresne, A., 2020, Terminology and strategy to describe large volcanic landslides and debris avalanches, in *Volcanic debris avalanches -from collapse to hazards-*, eds. Matteo, R., Dufresne, A. and Procter, J., (Springer), 51-73.
- 宝田晋治・Bandibas, J., 2020, 東・東南アジア地域の大規模火砕流, 降下テフラ及びカルデラ, *Proceedings of the International Meeting on Eruption History and Informatics*, 2019-2, 115-118.
- Takarada, S. and J. Bandibas, 2020, Volcanic hazards information and assessment systems, in *Forecasting and Planning for Volcanic Hazards, Risks, and Disasters*, ed. P. Papale, (Elsevier), 565-584.
- Takarada, S. and H. Hoshizumi, 2020, Distribution and eruptive volume of Aso-4 pyroclastic density current and tephra fall deposits, Japan: a M8 super-eruption, *Front. Earth Sci.*, 8:170, doi:10.3389/feart.2020.00170.
- Arima, Y., S. Kojima, J. Uemoto, and T. Konno, 2020, Semi-supervised land cover classification using Pi-SAR2 observation data, *Geoscience and Remote Sensing Symposium 2020*, 2755-2758.
- 牛腸正則, 児島正一郎, 山田寛喜, ESPRIT-TomoSARを用いたマルチベースライン航空機SARデータの三次元イメージング, *電子情報通信学会和文論文誌*, J103-B, 8, 321-331.
- Gocho, M., S. Kojima, and H. Yamada, 2020, Limitation of parallel assumption in repeat-pass InSAR using nonparallel orbits, *IEICE Communications Express (ComEX)*, X9-B, 12, 586-592, doi:10.1587/comex.2020C0L0013.
- Gocho, M., and H. Yamada, 2020, A proposal for sparse deconvolution using ISTA with low computational complexity, *2020 International Conference on Emerging Technologies*

for Communications (ICETC2020), G1-3, CD-ROM.

内山 高, 2020, 富士火山北麓および富士五湖の水文地質構造と水文学的特徴, 地学雑誌, 129, 697-724, doi:10.5026/jgeography.129.697.

高橋 良・伊藤久敏, 2020, 岩石学的特徴とU-Pb年代に基づく函館市街地下の軽石堆積物の給源の検討, 火山, 65, 69-82, doi:10.18940/kazan.65.3\_69.

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., 8(3), e2020EA001359, doi:10.1029/2020EA001359.

中川茂樹・加藤愛太郎, 2020, WINフォーマットデータをObsPyで読み込む新しいモジュール, 東京大学地震研究所技術研究報告, 印刷中.

Maeda, Y., Y. Yamanaka, T. Ito, and S. Horikawa, 2021, Machine learning based detection of volcano seismicity using the spatial pattern of amplitudes, Geophys. J. Int., 225(1), 416-444, doi:10.1093/gji/ggaa593.

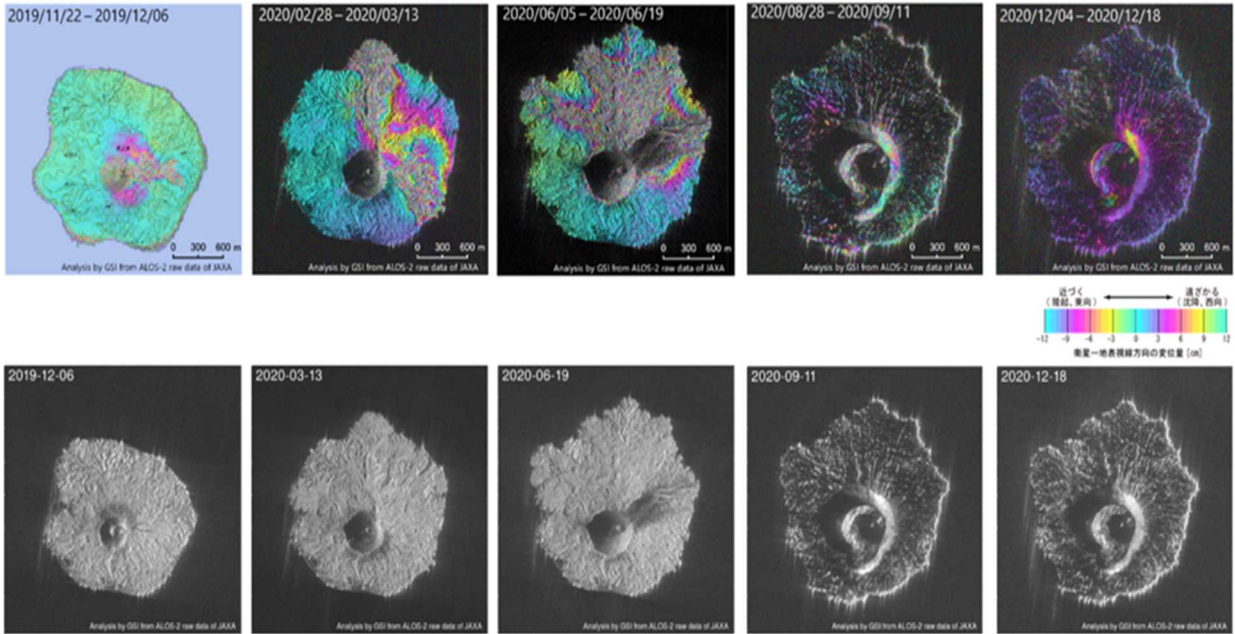


図 1. 西之島のSAR干渉解析結果（2019年11月22日～2020年12月18日）（国土地理院 [課題番号：GSI\_07]）

上段：干渉画像

下段：強度画像

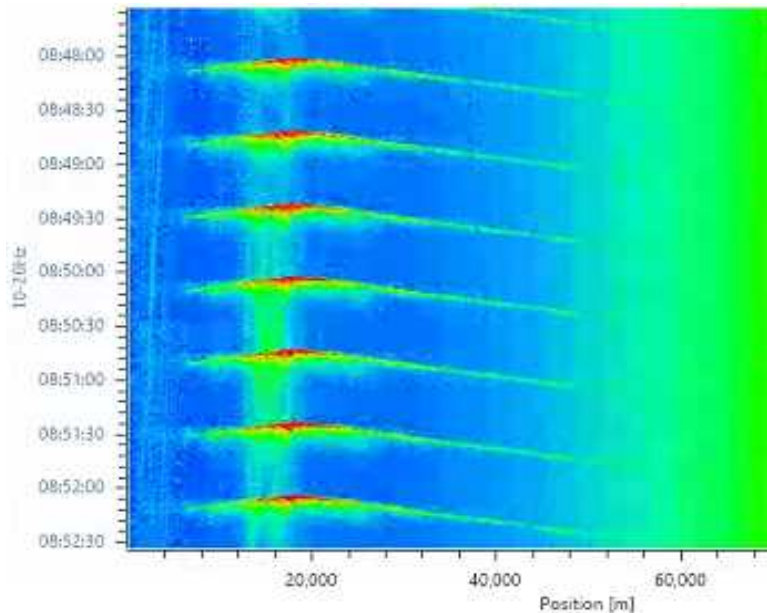


図 2. DAS計測により記録されたエアガンの例（東京大学地震研究所[課題番号:ERI\_22]）  
1996年に設置した三陸沖海底光ケーブル式地震津波観測システムの空き光ファイバーを用いて、敷設ルート上で発震されたエアガン観測を行った。横軸は陸上局からの距離、縦軸は時間である。一定時間間隔で発震されるエアガンからの信号が明瞭に記録されている。

