

1 (8) 観測研究基盤

「観測研究基盤部会」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進めている。以下に令和元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(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、関係機関の地震観測データの一元的処理結果を関係機関へ提供し、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、全国におけるGNSS連続観測点を平均20キロメートル間隔の配置として維持するとともに観測を継続した(国土地理院[課題番号:GSI_04])。電子基準点リアルタイム解析システムを運用するとともに変動点検知機能を強化し、令和元年6月18日に発生した山形県沖を震源とする地震において、震源近傍の観測点で約5cmの地殻変動をリアルタイムに検知し、後処理解析と整合する結果が得られた(国土地理院[課題番号:GSI_08])。さらに、AOLS-2のSARデータを使用して国土全域を対象に定常的にSAR干渉解析を行い、西之島では、2019年12月からの火山活動に伴う地殻変動及び溶岩等によるものと見られる地形変化を検出した(図1)(国土地理院[課題番号:GSI_07])。国際VLBI事業の観測計画にも基づき、石岡VLBI観測施設においてVLBI国際共同観測を86回実施した。

大学は、観測データ流通網JDXnetの安定的な運用を継続し、東京大学地震研究所の接続ポイントにおいてはSINET経由によりJGN接続を実現し、ネットワークの冗長化を復旧させた。また、柏キャンパスでの接続も開設し東京大学情報基盤センターの大規模並列計算機を活用できる基盤を構築した(東京大学地震研究所[課題番号:ERI_19])。高知

大学においては、地震観測点における観測状況の健全性の時間変化を把握する手法の開発を進めるため土居観測点にやや広帯域の速度計地震計の設置を行った（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、地殻変動にともなう地盤の上下動を連続的に検知した（気象庁〔課題番号：JMA_10〕、国土地理院〔課題番号：GSI_05〕、海上保安庁〔課題番号：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提供した（気象庁〔課題番号：JMA_11〕）。国土地理院は、航空重力測量に必要な飛行場重力点として調布、名古屋、八尾、仙台、青森、北九州において観測点を設置した（国土地理院〔課題番号：GSI_06〕）。山梨県富士山科学研究所は、gPhone重力計の導入を行い、連続観測を開始した。また、気象観測装置の併設も行った（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地質研究所は、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た（北海道立総合研究機構地質研究所〔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。令和元年度においては、草津白根山に広帯域地震計を整備し、また全国7カ所に監視カメラの増設を実施した（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、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た。具体的には、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2019年2月、6月、11月の計三回の空間的に高密度な海底地震観測を実施した。2月の計測では、測定全長100km、チャンネル間隔5mとして、合計2日間実施し、計測装置を設置した陸上局から70km程度まで連続して地震波が記録されることを確認した（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、920MHz帯の省電力無線通信試験を行った。この試験では、情報通信研究機構が中心となって開発したLoRa試験機およびLoRaを用いたWIN波形伝送用無線機の二つを用いた電波の伝搬試験を行った（図3）（東北大学〔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が、令和元年度においては現用機に対して小規模な改良を実施し、部品の選定、改良テスト機への実装を行った（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搭載SARの開発を実施し、令和元年度においては、①機械学習をベースにした土地被覆分類に関する研究、②GISデータとSARデータを用いた情報抽出技術に関する研究、③クロストラック干渉SARとレーダグラメトリを用いた地形変化抽出に関する研究を実施した（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。地殻変動連続観測サーバーでは、419チャンネルのデータの収集を行い、GNSSデータサーバに格納する過去の機動観測データの発掘・整理を行った。さらに、気象庁の地殻ひずみ計データの流通に向けて関係機関との調整を開始した。また、地殻変動観測技術の伝承を目的としたひずみ計測の研修会を実施し、全国の大学院生や技術職員20名程度が参加した（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た。WINシステムに関連の深い研究者や技術者にメール等によりアンケートを実施し、18機関（北海道大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、琉球大学、防災科学技術研究所、神奈川県温泉地学研究所、気象庁、気象大学校、地震予知総合研究振興会、企業4社）から回答が得られた。データ量（チャンネル数）の増大、通信の高速化、再送機能の充実、高精細かつ多色表示可能な操作環境の普及などへの対応が検討事項として挙げられ、hypomh以外の震源計算プログラムや他の解析プログラムへの対応、WINシステムのチュートリアルの実装などの課題も明らかとなった（東京大学地震研究所〔課題番号：ERI_24〕）。加えて、高知大学においては、この課題と連携し、国内研究者が望む伝送プロトコルについて調査を行った（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、現状と克服すべき課題を整理するため、さらに広く地震学とオープンデータについて議論することを目的として、地震学会秋季大会において特別セッション「オープンデータと地震学」を企画した。識別子付与だけでなく、データジャーナルやデータリポジトリの活用の事例や可能性が提示され、また大学・研究機関や様々なプロジェクトにおけるデータの蓄積あるいは公開のためのデータベースの構築・運用の実際や課題など、本研究課題を進めるために重要な情報が得られた（東京大学地震研究所〔課題番号：ERI_18〕）。

気象庁は、総合的な地震カタログの作成と発震機構解析及び大地震時の震源過程解析を実施し、それらを公開した。1919年～1921年の過去震源について、各地の地震観測原簿等を用いて震源計算を行い、2020年1月に公開した。これにより日本周辺の地震活動について一定品質の地震のデータが100年以上の期間で利用可能となった（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。また、女満別および鹿屋を対象として地磁気アナログ記録のデジタルデータ化を進めた。1968～1969年の地磁気アナログ記録をデジタル画像化したほか、1973～1974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〕）。令和元年度（平成31年度）に噴火が発生した浅間山、阿蘇山、桜島、薩摩硫黄島及び口永良部島のほか、火山活動の高まりがみられた吾妻山、草津白根山（白根山（湯釜付近））、箱根山等において、緊急観測により収集した火山活動の詳細なデータを解析し、蓄積し

た。これらのデータの蓄積にあたって、今後の活火山総覧の改訂に活用できるようにデータベース化した（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た。今年度においては、トバ（VEI = 8）、白頭山、タンボラ、リンジャニ・サマラス、タール、阿蘇、始良、鬼界、阿多、洞爺、支笏、阿寒、屈斜路（VEI = 7）、クラカタウ、バツール、ピナツボ、ラバウル、ロングアイランド、ダカタウア、ウィトリ、ビリーミッチェル、ウルルン、十和田、濁川、摩周、萌消（VEI = 6）のカルデラを対象に、地形的なカルデラ縁の形状をトレースし、GISデータとして公開した（図4）（産業技術総合研究所 [課題番号：AIST11]）。

国土地理院は、監視・観測体制の充実などが必要とされた火山を優先して、火山防災に資する基礎的な地理空間情報の整備を進めるとともに、地震災害の軽減に資するため、地形分類情報の整備を進めるほか、全国活断層帯情報（活断層図）を整備した（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実施し、現有の研究成果共有システムを活用する方向で調整を行うこととした。サーバーの運用体制やポリシーについても検討を行った。データの格納を行うにあたり、著作権等の検討から、関係者の承諾が取れているものから実装を展開する方針とした。

また、戦略室を主導として、研究成果共有システムの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。成果報告時に登録される成果物のリスト、火山構造探査データ、機動GNSSデータのほか、これまでの建議研究で作成されているデータベースやソフトウェアへのリンク、建議研究で実施されている観測や調査に関するメタ情報について、本システムで一元的に収集することとした（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。来年度にむけては、これらの課題を解決する研究成果共有システムのさらなる進展が求められる。

成果リスト

有馬悠馬（2019）、Pi-SAR X2（航空機SAR）×深層学習による土地被覆分類、情報通信研究機構研究報告、Vol.65, No.1, 63-66

有馬悠馬（2019）、深層学習によるPi-SAR X2偏波観測データの土地被覆分類、日本リモートセンシング学会第67回学術講演会論文集、233-236.

Bandibas, J.C., S. Takarada (2019a), Mobile Application and a Web-Based Geographic Information System for Sharing Geological Hazards Information in East and Southeast Asia, Journal of Geographic Information System, 11, 309-320,

doi:10.4236/jgis.2019.113018

Bandibas, J. C., S. Takarada (2019b), Geoinformation Sharing System for East and Southeast Asia using SDI, OGC Web Services and FOSS, *International Journal of Geosciences*, 10, 209-224, doi:10.4236/ijg.2019.102013

本田昌樹・岩田昭雄・山下達也・林京之介・桑原將旗・酒井和紀・宗包浩志・住谷勝樹・堤隆司・加古孝範・齋田宏明・矢来博司・小林知勝・森下遊 (2019), 平成30年北海道胆振東部地震におけるSAR干渉解析及び基準点復旧測量, *国土地理院時報*, 132

本多亮, 柳澤孝一, 田中俊行, 浅井康弘 (2019), 重力変化で捉える既知の水理地質構造中の地下水流動 - 岐阜県東濃地域における長期水圧低下を例として -, *物理探査*, 72, 34-48, doi:10.3124/segj.72.34

堀川信一郎 (2020), 御嶽山火口域における通年地震テレメータ観測の試み, *名古屋大学理学部技術報告*, VOL.24

Imai, H., K. Ito, T. Aoki, J. Uemoto, S. Uratsuka (2019), A Method for Observing Seismic Ground Deformation from Airborne SAR Images, in "Proceedings of International Symposium on Remote Sensing 2019", 1506-1509 July 2019, Yokohama, Japan, 5816-5819. doi:10.1109/IGARSS.2019.8900352

石川有三 (2019), 世界の震源域の分布 -G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 1/7 -, 産総研地質調査総合センター研究資料集, no. 667, 産総研地質調査総合センター, 1-10

加納靖之 (2019a), オープンデータと地震学, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/ykano/od4s/>

加納靖之 (2019b), 「みんなで翻刻」にみる歴史地震研究への非専門家の参加, 第1回 SPARC Japan セミナー2019, 「人文社会系分野におけるオープンサイエンス ～実践に向けて～」, https://www.nii.ac.jp/sparc/event/2019/pdf/20191024_3.pdf

加納靖之, 汐見勝彦, 内田直希 (2019), 秋季大会特別セッション「オープンデータと地震学」開催報告, *地震学会ニュースレター*, 72, NL4, NL-4-40, <https://www.zisin.jp/publications/news72.html>

Kobayashi, T. (2019), InSAR-detected local ground deformation in potential areas of phreatic eruption: Way forward to proactive monitoring for disaster risk mitigation, *proceeding of 13th SEGJ Information Symposium*, 186-169, doi:10.1190/SEGJ2018-050.1

Kobayashi, T., K. Hayashi, H. Yarai (2019), Geodetically estimated location and geometry of the fault plane involved in the 2018 Hokkaido Eastern Iburu earthquake, *Earth Planets Space*, 71:62, doi:10.1186/s40623-019-1042-6

児島正一郎, 有馬悠馬 (2019), 航空機搭載合成開口レーダー Pi-SAR X2とGISデータを用いた浸水領域の抽出法に関する研究, *情報通信研究機構研究報告*, Vol.65, No.1, 49-55.

松本 弾 (2019), 津波分布域 -G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 2/7 -, 産総研地質調査総合センター研究資料集, no. 679, 産総研地質調査総合センター, 1-9

長町信吾, 仰木淳平, 島村哲也, 藤井郁子 (2020), 2013年の女満別観測施設の庁舎一部解体撤去工事に伴う恒久的影響量の評価, *地磁気観測所テクニカルレポート*, 気象庁地磁気観測

所, Vol.16, No.01, 9-29.

- 篠原雅尚 (2019), 海底における地震・津波・地殻変動のモニタリング -海底ケーブルネットワーク- , 海洋調査技術, 31(1), 11-16
- Shinohara, M., T. Yamada, T. Akuhara, K. Mochizuki, S. Sakai (2019), Precise Distributed Acoustic Sensing measurements by using the seafloor optical fiber cable system offshore Sanriku for earthquake monitoring, AGU 2019 Fall meeting, OS13B-1524
- Shinohara, M., T. Yamada, T. Akuhara, K. Mochizuki, S. Sakai, M. Hamakawa, T. Kasajima, T. Arioka, S. Kubota (2019), Distributed Acoustic Sensing measurement by using seafloor optical fiber cable system off Sanriku for seismic observation, OCEANS 2019 Seattle, doi:10.23919/OCEANS40490.2019.8962757
- Takahashi, R., Okazaki, N., Tamura, M., Ogino, T., Murayama, Y. (2019), The interaction of volcanic gas and deep magmatic fluid with shallow aquifers at Tokachidake volcano, Japan, J. Volc. Geotherm. Res., 388, 106678, doi:10.1016/j.jvolgeores.2019.106678
- 高橋伸也, 吉藤浩之, 山口智也, 越智久巳一 (2020), 予測値計算手法の構築と精度評価, 2019年度CA研究会論文集, (発表番号: CA2019-P11)
- 宝田晋治 (2019a), 東・東南アジア地域の大規模火砕流堆積物の分布 -G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 3/7 -, 産総研地質調査総合センター研究資料集, no. 683, 産総研地質調査総合センター, 1-30
- 宝田晋治 (2019b), 東・東南アジア地域の大規模降下テフラの分布 -G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 4/7 -, 産総研地質調査総合センター研究資料集, no. 684, 産総研地質調査総合センター, 1-15
- 宝田晋治 (2019c), 東・東南アジア地域の大規模カルデラの形状 -G-EVER アジア太平洋地域地震火山ハザード情報システムデータ 5/7 -, 産総研地質調査総合センター研究資料集, no. 685, 産総研地質調査総合センター, 1-33
- 上本純平, 児島正一郎, 灘井章嗣, 中川勝広 (2019), クロストラック干渉SARデータセットの土砂崩れに関する解析, 情報通信研究機構研究報告, Vol.65, No.1, 57-62
- 上本純平, 森山敏文, 航空機搭載SARにより取得されたシングルパス干渉データの処理ツールの作成, 日本リモートセンシング学会第67回学術講演会論文集, 293-294.
- Yamashina, T, M. Okubo, T. Tabei, U. Muksin, N. Ismail (2019), Exploration of the fault extension using SITES method; Aceh and Seulimeum segments of the Sumatran fault, Indonesia, AGU Fall meeting 2019, S11D-0373

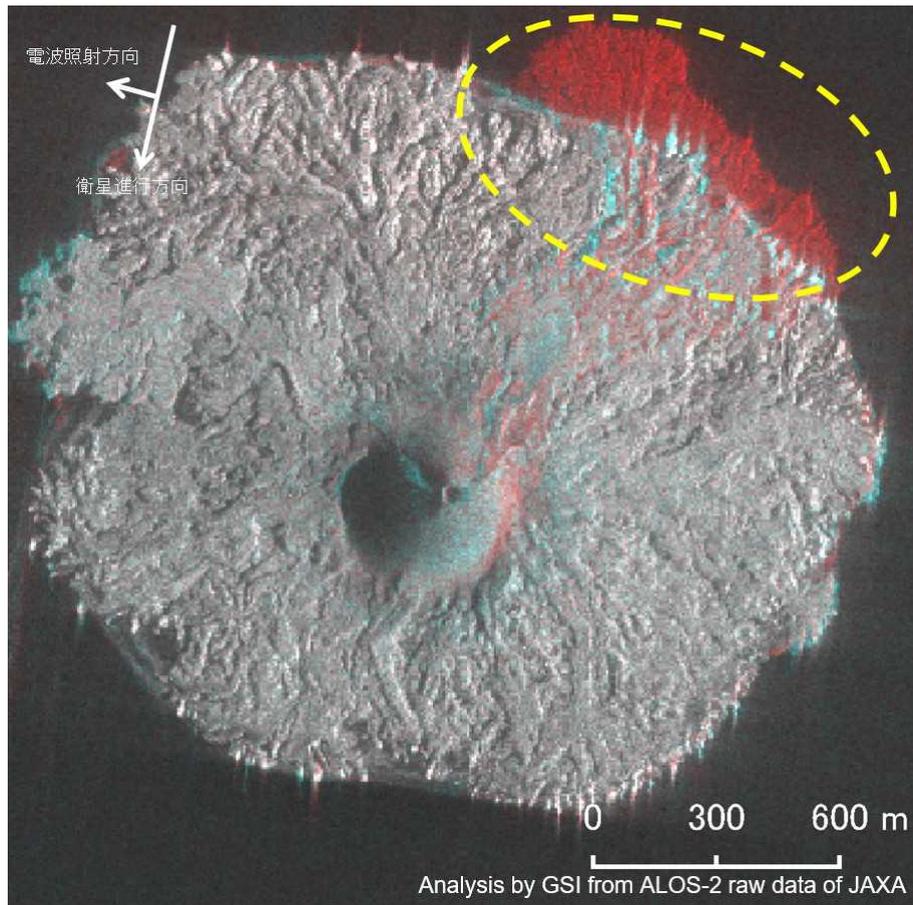


図 1 . SAR強度画像の加色混合法による西之島の解析結果。黄点線中の赤色部分で陸地が拡大したことを示す。青は2019年12月20日に、赤は2020年1月3日にそれぞれ観測したものである（国土地理院 [課題番号：GSI_07]）。

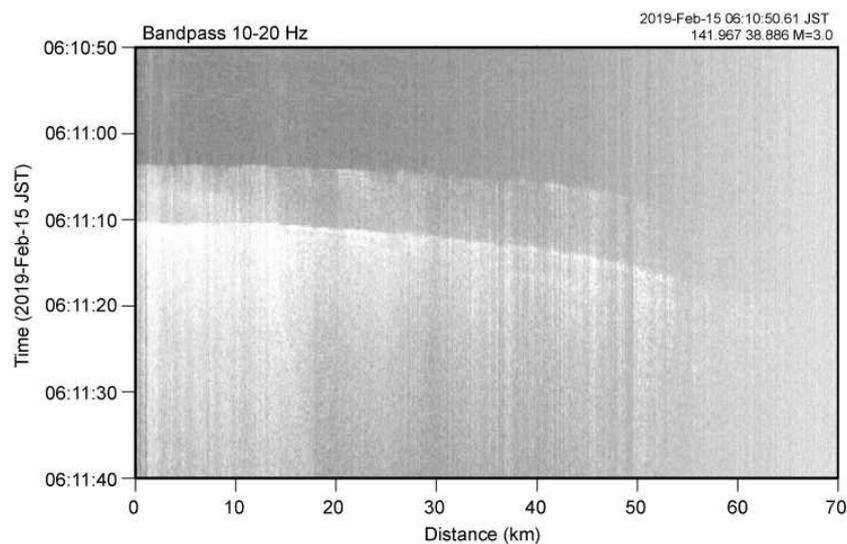


図 2 . DAS計測により記録された地震の例。1996年に設置した三陸沖海底光ケーブル式地震津波観測システムの空き光ファイバーを用いて、DAS計測の試験観測を行った。横軸は陸上局からの距離、縦軸は時間である。P波とS波が明瞭に記録されている（東京大学地震研究所 [課題番号：ERI_22]）。

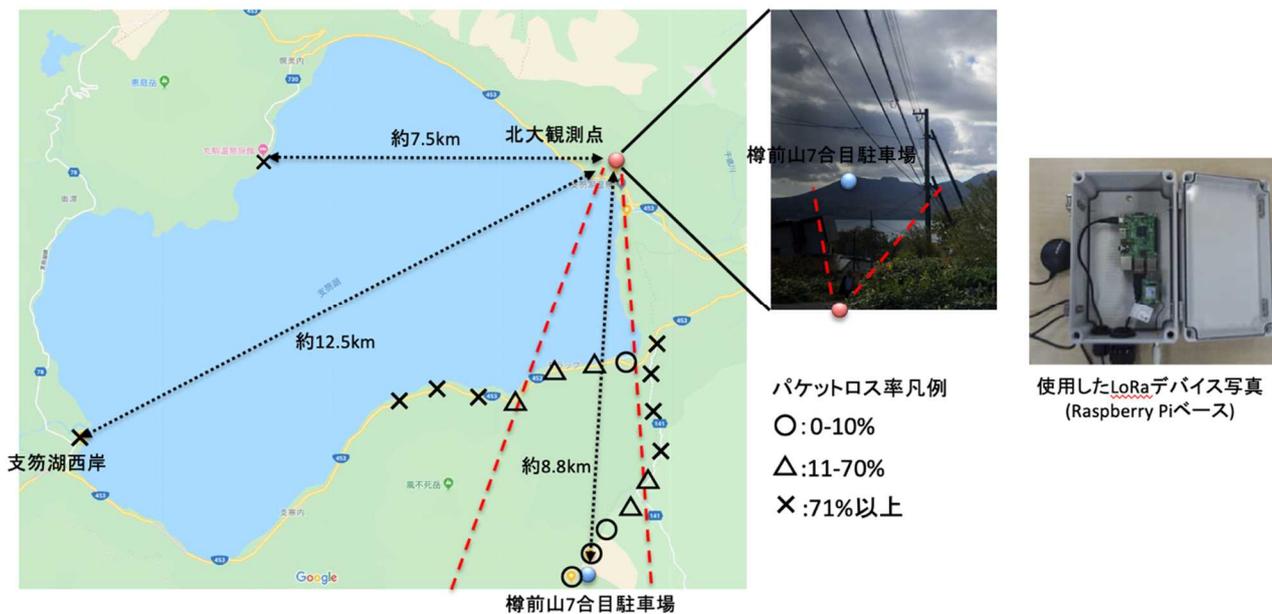


図3. WIN波形伝送装置での試験の様子とその結果（東北大学 [課題番号：THK_13]）。

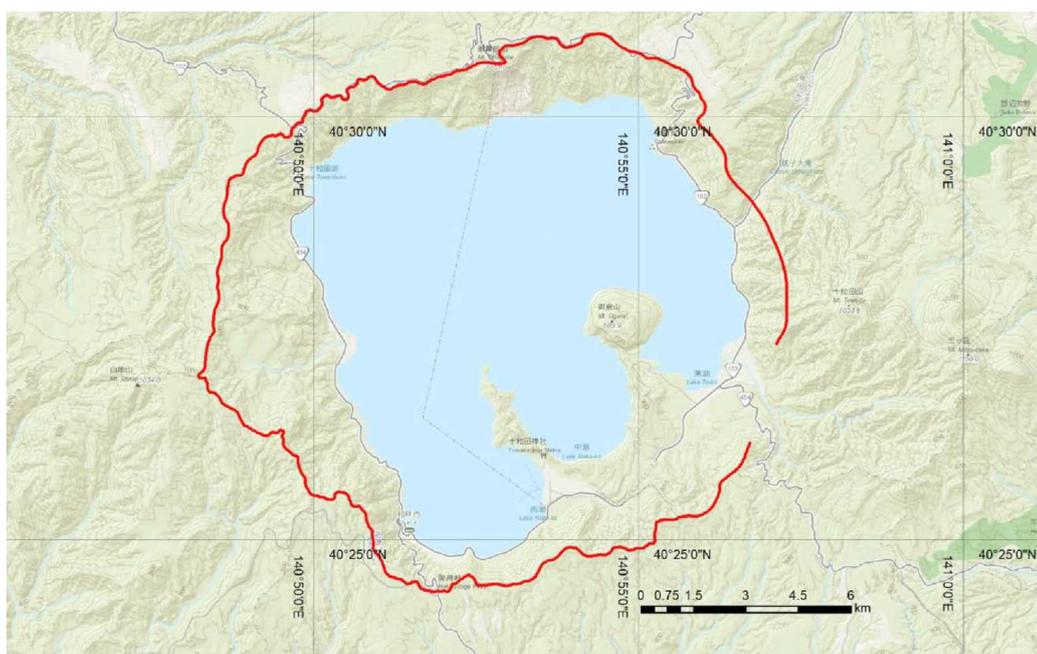


図4. 十和田カルデラ縁の形状トレース（赤線）（産業技術総合研究所 [課題番号：AIST11]）。