

令和 5 年度 (2023) 共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名	和文：神岡坑内における精密地球物理観測と地殻活動のモデリング 英文：Precise geophysical observation at the Kamioka underground site and modeling of crustal activities
研究代表者	新谷 昌人 (東京大学地震研究所・教授)
参加研究者	今西 祐一 (東京大学地震研究所・准教授) 加納 靖之 (東京大学地震研究所・准教授) 高森 昭光 (東京大学地震研究所・助教) 西山 竜一 (東京大学地震研究所・助教) 大橋 正健 (東京大学宇宙線研究所・教授) 三代木 伸二 (東京大学宇宙線研究所・教授) 内山 隆 (東京大学宇宙線研究所・准教授) 風間 卓仁 (京都大学大学院理学系研究科・助教) 大久保 慎人 (高知大学理工学部門・准教授) 寺家 孝明 (国立天文台水沢 VLBI 観測所・助教) 名和 一成 (産業技術総合研究所地質情報研究部門・研究グループ長) 本多 亮 (山梨県富士山科学研究所研究部・研究員) 勝間田 明男 (富山大学・都市デザイン学部・教授)
研究成果概要	<p>本研究はこれまで共同利用研究で実施してきた神岡地下施設におけるひずみ・地震・重力・間隙水圧などの精密地球物理観測を継続し、それらのデータと地上観測のデータを活用し地殻活動のモデリングを進め、地球内部の現象を理解することを目的としている。2023 年度は CLIO サイトの 100m レーザー伸縮計と KAGRA サイトの 1500m レーザー伸縮計の同時観測を継続した。他サイトのレーザー伸縮計のデータを含め、検出されたひずみの評価および様々な時間スケールにおける地球物理信号の解析を行った。長期的な課題としては、1500m レーザー伸縮計で観測される数百～数千秒の周期帯のひずみ変動と坑内気圧との相関、レーザー伸縮計が設置されている KAGRA 坑道内の地面振動の空間的な相関についての解析を継続している。</p> <p>レーザー伸縮計の分解能は、原理的には光源のレーザーの周波数安定度によって制限される。2021 年度に制御系を改良して改善した分解能を維持し、安定的な観測を行っている。1500m レーザー伸縮計で計測されたひずみ信号を KAGRA 基線の制御に用いる方式については、継続して検討を進めている。</p> <p>2022 年 1 月 15 日のフンガ・トンガ・フンガ・ハアパイ海底火山の噴火に伴い発生した大気 Lamb 波が全地球を周回し、1500m レーザー伸縮計では大気 Lamb 波によって生</p>

じた気圧変動に伴う微小なひずみを精度良く観測することができた。その観測記録から気圧変化の伝搬方向と地形効果や地球内部の構造などを取り込んだ地殻変形のモデル化を行ない、ひずみの気圧応答に関する解析を行なった[1]。

2020年頃から能登半島での地震活動が活発化しており、1500mレーザー伸縮計でも群発地震が捉えられていた。神岡でも有感地震となった2023年5月5日のM6.5の地震については、1500mレーザー伸縮計で光軸がずれることなく連続的な干渉信号が取得された。2024年1月1日に発生した能登半島地震(M7.6)では神岡で震度4を記録し、KAGRAも被害を受けた。1500mレーザー伸縮計では装置のダメージはなかったものの、大きな震動により干渉計の光軸がずれ、干渉信号喪失により観測が中断した。大きな余震が収まった直後に坑外からリモートで光軸を調整し観測を再開できた。国土地理院GEONETのGPSデータを解析しKAGRAサイトのひずみ(トンネルの変形量)を見積もったところ、Xアーム、Yアームでそれぞれ約0.3mmの縮み、約1.6mmの伸びという大きな変形が生じたと推定された。

100mレーザー伸縮計には外部からの光軸の調整機能がなかったため、1500mレーザー伸縮計同様のリモート調整機能を追加し、連続観測体制を強化した。神岡とともに運用している名大犬山観測所および気象研天竜船明観測点(2023年11月閉鎖)のレーザー伸縮計の収録システムの整備を進め、ひずみ観測網として統合運用する体制が整えられている。犬山と天竜船明のレーザー伸縮計および他機関の複数の孔井式ひずみ計のデータを統合して解析した結果、東海地方で起こったスロースリップの際に1時間オーダーの時間スケールのスリップ加速現象が初めて確認された[2]。

神岡地下サイトの長期的な重力変動の観測については、2023年6月に絶対重力観測を実施し、前回(2019年)と比較して約 $4\mu\text{Gal}$ の重力増加が観測された。2011年東北地震後の粘弾性緩和による長期的な重力変動を追跡するため、今後も観測を継続する計画である。

参考文献

[1] Takamori, A., A. Araya, K. Miyo, T. Washimi, T. Yokozawa, H. Hayakawa, and M. Ohashi, Ground strains induced by the 2022 Hunga-Tonga volcanic eruption, observed by a 1500-m laser strainmeter at Kamioka, Japan, *Earth Planets Space* 75:98, 2023. <https://doi.org/10.1186/s40623-023-01857-w>

[2] Katsumata, A., K. Miyaoka, T. Tsuyuki, S. Itaba, M. Tanaka, T. Ito, A. Takamori, and A. Araya, Temporary slip speed increases during short-term slow slip events with durations of one to three hours, *Earth, Planets and Space*, 76:45, 2024. <https://doi.org/10.1186/s40623-024-01983-z>