

(1) 実施機関名：

東北大学理学研究科

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）民間GNSS観測点及び臨時GNSS観測による超稠密地殻変動モニタリング技術の高度化
（英文）Advancement of dense crustal deformation monitoring using private sector GNSS network and campaign GNSS observations

(3) 関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

(4) その他関連する建議の項目：

5 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(4) 内陸で発生する被害地震

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

(5) 本課題の5か年の到達目標：

地殻変動場を高い時空間分解能で把握することは、地震時の断層モデルの高度化や、地震後の余効変動、地震間のひずみ蓄積過程、さらには火山におけるマグマ供給系や熱水系における物質移動を理解する上で重要である。日本においては、観測点間隔が20～25kmのGNSS連続観測網（GEONET）が国土地理院によって展開され、多くの地震、火山噴火現象の理解に貢献してきた。一方で、M7前後の内陸地震や火山活動にともなう地殻変動の把握の観点からは、この観測点間隔は十分ではない。そのため、GEONETではその空間解像度が十分ではない領域を対象として、大学等による独自のGNSS観測がこれまでも行われ、地震後の余効すべりの時間発展や、2011年東北地方太平洋沖地震後の大規模な余効変動による地殻応答の不均質性の検出など、多くの成果が得られてきた。

近年、自動運転やドローンなどの技術発展が著しい。これら技術の根幹となるナビゲーション技術はGNSSがその基盤であり、従来のメートル精度の測位に加え、搬送波位相を用いたセンチメートル精度のリアルタイムでの位置情報取得が普遍的に利用できる状況が整いつつある。この中でも、ソフトバンク株式会社（以下、ソフトバンク）では、3300点を超える独自基準点を2019年11月より稼働させている。Ohta and Ohzono (2022) は、それら稠密観測網が地殻変動観測用途に活用できるかについて、定量的な検証を初めて行い、GEONETと遜色ない精度で地震時地殻変動や地震間地殻変動を把握できることを示した。その後、東北大学が中心となって、地震や火山噴火だけでなく、より幅広い地球科学分野での同観測網の利活用を目指した「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」が設立され、データの利活用が本格的に可能になる準備が整いつつあり、例えばNishimura et al. (2023) は同コンソのデータを活用し、能登半島で発生している群発地震とそれにとともなう非定常地殻変動のモデル化を高い精度で実現している。一方で、3300点を超える観測点の網羅的な精度検証や、それらデータを活用した地殻変動モニタリング手法の確立は途上である。

また、これまで上で述べたように、これまでも全国の大学・研究機関が連携することによって、内陸地震の発生時等、GEONETを補完する稠密キャンペーンGNSS臨時観測網を展開することで、地殻変動監視能力を向上させてきた。一方で、こうした民間GNSS観測点を活用したとしても、数kmスケール以下の微細な地殻変動にはその空間分解能が不足し、研究を目的とした独自のGNSS観測はいまだ重要である。またこれまで、全国連携の枠組みで実施した臨時観測等を通じて、GNSS観測技術の伝承が

行われ、多機関間の大学院生や若手研究者、技術職員の学術的、技術的交流の場として機能してきた。これらを踏まえ、本研究は、民間GNSS観測点および臨時GNSS観測網を併用した超稠密観測により、これまでにない地殻変動把握能力を獲得することをその研究目的とする。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

(1) ソフトバンク独自基準点の活用による地殻変動把握能力の向上

ソフトバンク独自基準点とGEONETを併用することによって、特に内陸活断層や火山地域等における微細な地殻変動把握能力の向上を目指す。ソフトバンク独自基準点は携帯基地局に併設されている。これを踏まえ、周辺のマルチパス等の影響を適切に考慮した解析技術の高度化を進める。また、GEONETと合わせると4600点を超える膨大な観測点のデータを日々解析し、日座標値を高い精度で得るためのシステム構築を行う。これらの結果にもとづき、ひずみ集中帯や火山地域を対象として、これまでに見いだされていない10kmスケール以下の地殻変動の検出を目指す。本項目については、2022年8月に東北大学が中心となって設立した「ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアム」で提供されるデータを活用することで実施する。

R6年度：全国3300点のデータを用いた日々の座標値の解析を開始し、プロダクト化を実施する。また、生成プロダクトの品質評価を実施する。

R7～R10年度：GEONETを含めた日々の座標値に基づいて全国のひずみ場の抽出やそのモデル化を実施する。必要に応じて観測点を追加して、より高精細な地殻変動データを得る。

(2) 臨時GNSS観測による地殻変動把握能力の向上とGNSS観測技術の伝承

GEONETとソフトバンク独自基準点網を活用したとしても、数kmスケール以下の地殻変動場を正確に把握することは難しい。また、火山周辺域においては、いずれの既存観測網もその観測点密度が低い。こうした点を踏まえ、既存観測点を補完する臨時GNSS観測を1年に1回程度の頻度で実施する。観測対象地域はこれまでに合同観測の実績がある地域を中心として、年毎に異なる場所での観測を実施する。同観測は全国連携の枠組みで行い、特に大学院生や若手研究者の参加を念頭におく。これによって、GNSS観測技術の伝承を進める。同観測の実施中には他の測地観測技術等についての講習会等も実施し、人材育成にも貢献する。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

ソフトバンク株式会社が運用する全国規模の独自GNSS基準点ネットワーク（3,300点超、以下SB点）について、GNSS連続観測システムGEONETと比較し、地殻変動モニタリングに対する適用可能性を評価するため、日座標時系列の品質を検討した。精密単独測位法を用いて日座標値を推定し、2019年11月から2023年12月までの期間のデータを評価に使用した。SB点における人為的な保守オフセット等を自動的に判別するスキームを構築した上で、それらオフセットを補正した。その結果、GEONETと比較した場合に短期的なばらつきは両ネットワークでほぼ同等であり、ヒストグラムの最頻値は水平1.0～1.5 mm、鉛直4.5～5.0 mmであった。両ネットワークとも、夏季に散らばりが増加し、真冬にも弱い増加が見られた。

これら得られた日座標時系列に基づき、日本全国の地震間ひずみ速度場を推定した。その結果、新潟―神戸歪集中帯のより細かい描像が明らかになるなど、観測点の増大に伴ってこれまで見えなかったひずみ速度場を明らかにすることに成功した。

臨時GNSS観測による地殻変動把握能力の向上とGNSS観測技術の伝承では、全国の大学および研究機関の連携によって、静岡県伊東市周辺をその観測対象としたGNSS合同観測を9月8-12日の日程で実施し、学生・職員を含め全体で35名を超える参加者があった。同観測を通じて、特に学生に対する教育効果の最大化を図った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

ソフトバンク独自基準点の精度評価を行った上で、その地殻変動の把握能力を定量的に示しつつあることは、「6(1)イ観測・解析技術の開発」において要請されている「大学は、民間GNSS観測点及び臨時GNSS観測網を併用した超稠密観測により、地殻変動把握能力を大幅に向上させる。」という部分に

直結する成果である。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Ohtate M., Y. Ohta, Y. Mitsui (2025), Significant afterslip contribution to postseismic deformation on Sado Island following the 2024 Noto Peninsula Earthquake: Insights from two dense GNSS observation networks, *Earth Planets Space*, 77, 74, <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02203-y>, 査読有, 謝辞有

太田雄策 (2025), ソフトバンク独自基準点データを用いた超高密度地殻変動観測, *地震ジャーナル*, 80, 57-61, 査読無, 謝辞無

Yamada T. and Y. Ohta (2026), Simultaneous estimation of slip distribution and correlation length using Bayesian optimization and the impact of inhomogeneous observation network distribution, *Volume 244, Issue 3, ggaf525*, <https://doi.org/10.1093/gji/ggaf525>, 査読有, 謝辞有

Ohta Y., and M. Ohtate (2026), Quality assessment of daily GNSS coordinate time series from the SoftBank proprietary reference network, *Earth Planets Space* 78 (19), <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02354-y>, 査読有, 謝辞有

Ohzono M., H. Takahashi, Y. Ohta, K. Ohno (2025), Transient inflation event at Kussharo caldera, eastern Hokkaido, Japan in 2021–2023 captured by multiple GNSS observation networks. *Earth Planets Space* 77, 41, <https://doi.org/10.1186/s40623-025-02173-1>, 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

太田雄策, ソフトバンク独自基準点データの宇宙地球科学用途利活用コンソーシアムの運用と現状の到達点, *JpGU 2025*, MTT37-01

大館 未来, 太田雄策, ソフトバンク独自基準点時系列に含まれる保守等に起因する変位ステップの補正手法の提案, *JpGU 2025*, MTT37-P01

伊藤 嘉秋, 太田雄策, MHM法によるGNSSマルチパスノイズ低減手法の最適化, *JpGU 2025*, MTT37-11

太田雄策, 大館未来, ソフトバンク独自基準点におけるGNSS 日座標時系列の品質評価, 日本測地学会第114回講演会

伊藤嘉秋, 太田雄策, MSS-MHM 法によるGNSS マルチパスノイズ低減手法の高度化, 日本測地学会第114回講演会

大館未来, 太田雄策, 大園真子, 高橋浩晃, 超稠密 GNSS 観測網から得られる日本列島の地殻ひずみ速度分布の不確実性の評価, 日本測地学会第114回講演会

伊藤嘉秋, 太田雄策, 搬送波位相残差マップに基づくRINEX観測ファイルに対するGNSSマルチパスノイズ低減手法, *GPS/GNSSシンポジウム2025*

Yusaku Ohta, Leveraging Ultra-Dense GNSS Networks for High-Resolution Crustal Deformation Monitoring in Japan, *AGU 2025*

Miku Ohtate, Yusaku Ohta, Mako Ohzono, Hiroaki Takahashi, Fine-Scale Interseismic Strain Rate Fields in Japan from an Ultra-Dense GNSS Network, *AGU 2025*

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

ソフトバンク独自基準点(以下、SB点)の活用による地殻変動把握能力の向上に関する研究および、臨時GNSS観測による地殻変動把握能力の向上とGNSS観測技術の伝承を継続して実施する。具体的にはSB点を含む超稠密GNSS観測網における1日以下の時定数の精度向上に係る技術開発を実施する。また、全国連携によるGNSS合同観測を継続し、技術の継承や人材育成に貢献する。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

太田雄策（東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター）

他機関との共同研究の有無：有

大園真子（北海道大学大学院理学研究院）、青木陽介（東京大学地震研究所）、西村卓也（京都大学防災研究所）、伊藤武男（名古屋大学大学院環境学研究科）、福島 洋（東北大学災害科学国際研究所）

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター

電話：

e-mail：yusaku.ohata.d2@tohoku.ac.jp

URL：https://www.aob.gp.tohoku.ac.jp

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：太田雄策

所属：東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究観測センター