

## (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観測はまだまだ重要である。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6年度の成果の概要：

##### ・今年度の成果の概要

本研究課題では、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観測技術の伝承の2点をその実施項目としている。以下に詳細を示す。

2024年能登半島地震の震源断層モデルを国土地理院GEONETデータ、SB点データ、大学のキャンペーン点データおよびInSARデータを併用して推定した。SB点を用いることで特にInSARデータでは感度がない南北成分の変位を含めて高い空間分解能で得ることに成功し、それらから地震時断層すべりを推定することで能登半島北岸下の2箇所に大すべり域が存在することをあらためて示した。さらに震源分布等との比較から、断層面がリトリックな形状をしている可能性を考慮した断層モデルも構築し、それらによっても観測データをよく説明できることを示した。

さらに、同地震の余効変動についても検討を進めた具体的には震源域北東端に位置する佐渡島のGNSS観測データを用いて、その余効変動の力源について議論を行った。佐渡島におけるSB点およびGEONET点の余効変動は全体として北西向き水平変位が卓越し、その変位量は島の北部に向かうにつれ減衰する。この地殻変動パターンは本震による粘弾性緩和ではその変位の向き自体が説明できない。そのため、余効すべりがその力源と仮定し、その断層面を推定したところ、本震の断層面の深部延長およびその北部延長に断層面を仮定することで、観測データをおおよそ説明できることを明らかにした。このように、SB点を活用することで、2024年能登半島地震の地震時および地震後の余効変動をより高い空間分解能で議論することが可能になった。

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、三宅島をその観測対象としたGNSS合同観測を9月2日から6日の日程で実施し、学生・職員を含め全体で50名を超える参加者があった。同合同観測では、主目的であるGNSSキャンペーン観測に加え、雄山への登山および三宅島を対象としたジオツアーを実施することで、特に学生

に対する教育効果の最大化を図った。さらに、一部日程および開催場所を測地学会のサマースクールと同一とすることで、多くの学部生と大学院生・職員との交流の場を設けた。

・「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を活用することで、これまでにない高い空間分解能で地殻変動を把握する能力を得つつあることは、「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6年度の成果に関連の深いもので、令和6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

・学会・シンポジウム等での発表

Koshimura, S., Adriano, B., Mizutani, A., Mas, E., Ohta, Y., Nagata, S., Takeda, Y., Vescovo, R., Wiguna, S., Abe, T., and Suzuki, T.: The Impact of the 2024 Noto Peninsula Earthquake Tsunami, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-22523, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-22523>, 2024.

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 (CSESS) の構築と現状の到達点, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024.

山田太介, 太田雄策, 西村卓也, 平松良浩, 木下陽平, 吉田圭佑, 稠密GNSS観測網に基づく2024年能登半島地震のすべり分布および断層幾何の網羅的評価, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024.

大館未来, 太田雄策, 三井雄太, 2024年能登半島地震の地震後地殻変動における粘弾性緩和とアフタースリップの寄与-超稠密GNSS観測網による検証-, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024.

西村卓也, 平松良浩, 太田雄策, GNSS統合解析に基づく2024年能登半島地震(M7.6)後の地殻変動, 日本地震学会2024年度秋季大会, 2024.

山田太介, 太田雄策, 西村卓也, 平松良浩, 木下陽平, 吉田圭佑, 稠密測地観測にもとづく2024年能登半島地震の地震時すべり分布と断層幾何の定量評価, 日本測地学会第142回講演会, 2024.

大館未来, 太田雄策, 三井雄太, 2024年能登半島地震の地震後地殻変動における粘弾性緩和と余効すべりの寄与-超稠密GNSS観測網による検証一, 日本測地学会第142回講演会, 2024.

Taisuke Yamada, Yusaku Ohta, Takuya Nishimura, Yoshihiro Hiramatsu, Yohei Kinoshita, Keisuke Yoshida, Coseismic Slip Distribution and Fault Geometry Evaluation of the 2024 Noto Peninsula Earthquake Deduced from Very Dense GNSS Networks, AGU Fall Meeting 2024, 2024.

Miku Ootate, Yusaku Ohta, Yuta Mitsui, Viscoelastic Relaxation and Afterslip Contribution to Postseismic Crustal Deformation After the 2024 Noto Peninsula Earthquake: Verification Using Very Dense GNSS Observations, AGU Fall Meeting 2024, 2024.

Nishimura, T., Hiramatsu, Y., and Ohta, Y.: Deformation of the 2020-2024 Noto Peninsula earthquake sequence revealed by combined analysis of multiple GNSS observation networks in central Japan, EGU General Assembly 2024, Vienna, Austria, 14–19 Apr 2024, EGU24-22539, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu24-22539>, 2024.

(9) 令和6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7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観測網によって日本列島のひずみ速度マップを構築する。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.ohta.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