

## 4. 全体成果概要

1. プロジェクトの概要で触れたように、森本・富樫断層帯における重点的な調査観測（以下、本調査観測）では、森本・富樫断層帯の地震規模及び長期的な発生時期の予測精度の高度化、周辺断層帯との関係、断層帯周辺における地殻活動の現状把握の高度化、強震動の予測精度の高度化等の調査観測研究を3ヵ年計画で実施する。今年度はその2年度にあたる。

本調査観測では、1) 活断層の詳細位置・形状・活動性及び周辺の地下構造解明のための調査として、1. 1) 活断層の詳細位置・形状・活動性解明のための調査、と、1. 2) 重力探査に基づく地下構造調査、2) 断層帯周辺の地殻活動の現状把握調査、3) 浅部・深部統合地盤構造モデルの構築と強震動予測として、3. 1) 浅部地盤構造モデルの構築、3. 2) 深部地盤構造モデルの構築と強震動予測、の5つのサブテーマ研究グループを構築して、調査観測を進めるとともに、これらの活断層調査の実施に際して、関係自治体等と連携を図るとともに、調査観測成果を地域へ普及・還元する観点から、4) 地域連携・地域の内在地震ハザード情報共有、のサブテーマを設定した。

以下、本年度（令和5年度）実施した調査観測の成果概要と令和6年度の調査内容等を記す。

1. 1) 活断層の詳細位置・形状・活動性解明のための調査では、森本・富樫断層帯の位置・形状を明らかにするために、米軍および国土地理院撮影の小～大縮尺空中写真の判読と昨年度作成した0.5 mグリッドの数値標高モデル（DEM）に加えて、国土地理院撮影の大縮尺空中写真の航測図化に基づき、富樫断層沿いの完新世撓曲崖等の変動地形を再検討し、次年度の活動性調査の地点・調査方法を検討した。また、断層帯北部の活動性を明らかにするために、高分解能浅部構造探査と群列ボーリング調査を行った結果、断層先端は撓曲崖よりも西側に位置し、完新統の構造的落差も大きい可能性があることが明らかになった。さらに、本断層帯と砺波平野断層帯（西部）を横断する測線長約34 kmの深部構造探査および既存構造探査データの再解析を行い、森本断層と法林寺断層の形状や構造的な関係、厚さ4 km程度の新第三系・第四系盆地堆積物を変形させることや、金沢平野北部および砺波平野南部の盆地構造・P波速度構造が明らかとなった。

以上の結果を踏まえて、3年目は断層帯北部における追加のオールコアボーリング調査により、断層活動時期・平均変位速度を推定する目的で群列ボーリング等の掘削調査を行うこととする。また、断層帯南部・手取川右岸に発達する新期の撓曲崖地形を候補とし、トレンチ調査などの活動性調査を行う。加えて、断層帯南部で浅部反射法地震探査を行い、断層の浅部形状を推定する。これまで取得した浅部および深部構造探査データ・再解析データと、地震活動により推定する地震発生層厚さに基づき、震源断層モデルを構築する。

1. 2) 重力探査に基づく地下構造調査では、令和4年度に引き続き、森本・富樫断層帯周辺で重力測定を行い、460点の新規測定データを追加した。これらの新規重力データを加えた重力異常図及びその勾配図を作成し、森本・富樫断層帯及び周辺の活断層に関する重力異常の特徴を抽出した。森本・富樫断層帯は全体としては重力異常では断層構造の特徴が明瞭ではないが、堆積盆の構造を示す低重力異常域に断層帯が区画されている。森本・富樫断層帯の傾斜方向の重力異常の勾配からは森本断層及び野町断層については断層

構造に起因する可能性のある重力異常が見られるが、富樫断層では不明瞭であった。断層周辺での重力異常の特徴が不明瞭であることは、基盤における鉛直方向の断層変位が小さい可能性を示唆する。

また、令和4年度調査で明らかとなった既往重力測定点の標高値の問題に対して、周囲の重力測定点が追加され、周辺測定点での重力値との比較検証を行えるようになりつつあり、標高値の差が大きな既往重力測定点の標高値について、令和6年度に検証を行う。

得られた重力異常分布から、森本・富樫断層帯周辺地域において3次元重力インバージョン解析を行い、2層構造を仮定した場合の2層の境界深度分布の推定を行った。複数例のパラメータ設定に対して、解析を行った結果、観測重力異常分布を説明する境界深度分布が得られた。3次元重力インバージョン解析については、令和6年度も引き続き、解析に用いるパラメータ設定の検討を行い、より正確な地下構造モデルの形成に努める。また、令和4年度に1. 1)で行われた反射法地震探査測線である犀川－医王山測線に沿った重力測定値を用いた2次元タルワニ法解析を行い、報告された解釈深度断面構造に基づき単純な仮定の下で作成した2次元密度構造では観測重力異常値の説明に困難があることを確認した。令和6年度は、反射法探査結果を参照しつつ、2次元タルワニ法解析に用いるパラメータ等の修正により、より正確な2次元密度構造モデルの作成に努める。

また、令和6年能登半島地震により、金沢大学所有のScintrex CG-3M型重力計による重力測定精度が悪化した懸念が生じたため、山形、新潟、紀伊半島、中国地方、南九州の一等重力点での重力測定を実施した。その結果、本調査で使用する重力計の測定精度に問題がないことを確認した。令和6年度も引き続き、重力計の測定精度の検定を行う。

2)断層帯周辺の地殻活動の現状把握調査では、令和4年度に設置した森本・富樫断層帯周辺に構築した臨時高感度地震観測網(MTKV-net)の保守・データ回収を実施し、約1年間の連続地震観測データを蓄積した。これに加え、検知率や震源メカニズム解の決定精度の更なる向上のため、令和5(2023)年7月に、森本・富樫断層帯の上盤に上下動成分地震計25点からなる稠密連続地震観測網(MTMT-net)を構築し、保守を行った。これにより、従来20km程度の間隔であった観測点間隔が森本・富樫断層帯では約5km間隔に高密度化された。

MTKV-net 観測データと周辺の定常観測点のデータを用い、深層学習モデル等を用いた自動処理により、地震を検出し震源を決定した。これにより森本・富樫断層帯周辺で、気象庁一元化震源の約2倍の地震を検出できた。このうち、P波初動が多く得られた地震に対して、P波及びS波の振幅情報も用いて27個の地震の震源メカニズムを決定した。さらに、応力テンソルインバージョンにより、応力場を推定した。暫定的な結果ではあるが、森本・富樫断層帯周辺の応力場の最適解は、北西－南東方向に圧縮軸を持つ逆断層場であり森本・富樫断層帯を動かしやすい応力場であることがわかった。連続地震データの蓄積を待ってメカニズム解カタログを充実させ、応力場の空間変化を明らかにし、応力場の特定を進める。

2022年10月から2023年11月末までの約1年間のMTKV-net連続観測データを用いて、雑微動の相互相関解析による表面波の抽出を試行した。長期間の重合による相互相関関数のノイズ低減が認められた。ただし、局所的なノイズの影響も認められたため、今後は、データの下処理を含む解析方法を見直し、速度構造解析に資するシグナルの抽出を行うこ

とが課題である。

森本・富樫断層帯および周辺活断層の既往断層形状と、既往の地殻応力場情報を用いて、断層活動様式の検討を行った。その結果、これら活断層群は地殻応力に対して力学的にすべりやすい断層であり、既往情報による運動センスは地殻応力に整合的であることが確認された。また、本サブテーマで震源メカニズム解から推定した暫定応力場を用い、森本・富樫断層帯の断層形状と断層活動様式の間を予察的に検討した。その結果、断層傾斜角の違いがすべりやすい方向に影響することが明らかとなった。最終年度は、森本・富樫断層の断層面形状および周辺の地殻応力場を明らかにし、当該断層帯の活動様式の推定精度を高めることが課題となる。

3. 1) 浅部地盤構造モデルの構築では、森本・富樫断層帯における強震動評価を実施するために、震度5強以上が想定される、石川県・富山県を中心とした地域のうち、石川県能登地方（主に志賀町・羽咋・七尾地域）、富山県西部（主に氷見・高岡・射水・砺波地域）の低地・台地、および、反射法測線上において、小アレイの探査と解析を継続した。また、ボーリングデータ等の既往の地質情報を整理した。加えて、令和6年1月1日に発生した令和6年能登半島地震により、福井県、石川県、富山県、新潟県の広範囲における液状化被害が発生した。これらの液状化調査結果も整理し、令和6年度にサブテーマ3.2と協働で実施する浅部・深部統合地盤構造モデルの検討に活用する。

今年度実施した、石川県能登地方および富山県西部の低地・台地における小アレイ探査の結果と、令和4年度に実施した、石川県南部のデータと合わせ、おおよそ強震動予測範囲の浅部地盤構造モデル作成に必要となる、工学的基盤相当層までのS波速度構造の3次元分布が概ね把握できたものとする。また、既往のJ-SHIS微地形区分と比較した結果、昨年度同様に、能登地域・富山県西部地域においても地形・地質との相関は認められるものの、既往の結果(J-SHIS)とAVS30が大きく異なる地域があることを確認できた。

3. 2) 深部地盤構造モデルの構築と強震動予測では、3. 1) と同じく森本・富樫断層帯の地震で強い揺れに見舞われることが想定される石川県や富山県西部を主な対象として、深部地盤構造モデル高度化のための観測や調査、資料収集等を実施した。令和5年度は、令和4年度に開始した臨時地震観測の継続のほか、深部地盤構造の調査を目的とした大半径の微動アレイ探査、各機関からの地震波形記録の収集、金沢平野での浅部ボーリングとサンプルリング試料を用いた動的変形特性試験を実施した。

堆積平野が広がっている金沢市及び白山市の計11地点において、令和4年度に開始した強震計を用いた臨時地震観測点を維持し、連続観測を継続している。臨時地震観測で新たに得られた地震波形記録に加えて、既存の各機関の震度計や強震計観測点で記録された対象地域の有感地震等の波形記録を取得し、観測された波形の特徴等を分析した。令和6年度も、臨時地震観測点の保守作業を継続し、収集された地震波形記録を用いて、加賀平野における地震動増幅特性等を分析するとともに、浅部・深部統合地盤構造モデルの作成・検証に用いる。引き続き、連続波形記録をサブテーマ2にも提供し、サブテーマ2で実施している課題にも活用できるように連携して取り組む。また、石川県及び富山県と協力し、震度情報ネットワークで取得された地震波形記録の収集・分析も引き続き行っていくことで、対象地域の地震動増幅特性や地盤構造の詳細の把握に努めていく。

盆地基盤面深度程度までを目標探査対象範囲とした微動アレイ観測を津幡町1地点、金沢

市1地点、白山市2地点で実施し、堆積層部分のS波速度構造を推定した。令和4～5年度の調査結果も踏まえて、令和6年度に新たに微動アレイ観測や単点微動観測を行うべき箇所を検討し、深部地盤構造モデル高度化のためのS波速度構造に関する物理探査情報を充実させていく必要がある。

令和4年度に収集した動的変形特性試料を参考にして、対象断層帯が活動した場合に強い揺れに見舞われる金沢平野において2地点のボーリング調査を行い、砂質土層、粘性土層からのサンプリングによる動的変形特性試験を行って、G- $\gamma$ 及びh- $\gamma$ 特性を調べた。それぞれの特性は一般的な砂質土層、粘性土層のものと類似しており、地域特有の特徴が特段に見られるわけではないことがわかった。これらの知見を踏まえて強震動予測の資料として活用する。

最終年度である令和6年度は、これまでのサブテーマ3.2の調査や、他のサブテーマの調査結果を集約し、対象地域の浅部・深部統合地盤構造モデルの作成を行う。加えて、研究チームで検討した森本・富樫断層帯の地震シナリオを構築し、これらにより地震動予測を行う。

4) 地域連携・地域の内在地震ハザード情報共有では、森本・富樫断層帯が活動した場合に強い揺れに見舞われる地域と考えられる石川県、富山県、福井県等における自治体及びこの地域のインフラストラクチャ事業者等の関連部局等と共有を図り、地震ハザード対策の必要性に関する理解を深めることを目的として、昨年度に引き続き地域勉強会を行った。今年度は本調査観測の2年度目にあたり、8月25日(金)に金沢市において対面で実施し、令和4年度の調査結果を中心として成果報告を行い、内容に関する質疑、意見交換の時間をもつとともに事後にアンケートをとった。意見交換内容やアンケート内容を踏まえ、次年度の取り組みを考えていく。令和6年1月1日能登半島を襲った令和6年能登半島地震(M7.6)は、能登半島北部のみならず広域に地震被害を引き起こした。本地域勉強会で対象としている方々の状況を鑑みながら、実施日程や内容を考えていきたい。

本重点調査の各調査実施にあたっては、石川県、富山県の調査対象地域の方々に大変お世話にあった。詳細は3章の各項目に記載させていただいた。また、石川県危機管理監室危機対策課には地域勉強会等の周知連絡をはじめとして様々お世話になった。記して感謝する。