

6. むすび

令和2年度は業務計画書にあげた調査項目を確実に実施した。その結果、本事業の目標であるXランクの活断層の地震発生確率算出に資するデータの取得手法の開発及びその効率化の検討ならびに平均変位速度に関する情報を取得することができた。各断層（帯）の成果と今後の課題は以下の通りである。

標津断層帯では、今回の作業によって、標津断層帯の中部に位置する開陽断層において地形解析を行ない、複数の測線で上下変位量を明らかにすることができた。次年度は、上下変位量を計測した地形面の形成年代を明らかにするためのボーリング調査を行うとともに、標津断層帯の存在とその活動時期を確認するためのトレンチ調査を実施する。また、活断層の走向方向への平均変位速度の分布の検討を行い、活断層の活動性を評価する場合における平均変位速度の適切な調査方法と注意点についてとりまとめる予定である。

雫石盆地西縁－真昼山地東縁断層帯（雫石盆地西縁断層帯）では、既存の航空レーザ計測詳細デジタル地形データを活用することで、詳細な地形面区分及び断層による地形面の落差の正確な計測を効率的に実施することができた。また、標準的な地質踏査・ボーリング調査と併せて露頭の測量調査を実施することで、断層周辺に分布する地層（未固結堆積物・岩石）の座標及びそれらの境界の標高を正確に計測し、断層による地層の落差を見積もった。さらに、断層変位を受けた地層の年代値に関する既存成果を整理・吟味し、推定される年代や分析試料の特性を考慮して、新たに年代測定を実施した。それらの結果に基づき、単年度の調査で信頼度の高い平均変位速度を見積もることができた。本調査において、更新世中期～後期の溶岩試料及び火砕流堆積物試料を対象として実施したK-Ar年代測定及びフィッション・トラック年代測定は、測定手法の改良や測定試料の吟味により、得られる年代値の信頼度や精度が向上している。火山地域に分布するXランクの活断層について、測定試料を精査した上でこれらの測定を適用することにより、地震発生確率の算出に資する信頼度の高い平均変位速度の取得が期待される。

これまで地震発生確率の長期評価が実施できていない横手盆地東縁断層帯（南部）において、平均変位速度と地震時変位量により平均活動間隔を推定するため、令和元年度に引き続きDEMに基づく変動地形解析、トレンチ・ボーリング調査等を実施した。横手市金沢地区においてトレンチ調査を実施し、約2万年前以降に生じた液状化痕跡をみいだした。横手市吉沢川沿いに分布する河成段丘面を対象として、段丘編年のためのボーリング調査を実施し、最終氷期極相期に形成された堆積段丘を認定した。これを基準として金沢断層による28.0～34.5 mの累積上下変位量を計測し、予察的な上下平均変位速度が1.5～1.8 mm/yrであると推定した。横手市平鹿地区において、令和元年度に検出された撓曲崖を横断してボーリング調査を実施した結果、最新活動に伴う撓曲変形が約3700年前以降に生じ、これに伴う上下変位量が1.5 m以上と推定された。今後、最新活動時期を特定する必要がある。また、調査地よりも西側に伏在する逆断層が推定され、今後その実体を明らかにする必要がある。湯沢市岩崎地区において、ドローンLiDAR等により検出した比高3.5 m程度の撓曲崖の基部でトレンチ・ボーリング調査を実施した結果、撓曲崖と調和的に約2万年前の粘土層が西へ傾斜する可能性が明らかになった。今後、撓曲構造の詳細を明らかにするため、補足ボーリング調査を実施する必要がある。既往の成果と総合して、吉沢川地区で推定した1.5～1.8 mm/yrの上下変位速度と既往の地震時変位量をもとに、予察的な平均活動間隔を1900～2300年と推定した。こ

の場合のポアソン過程に基づく今後30年以内の地震発生確率を1.3～1.6%と試算した。また、平鹿地区における最新活動時期を考慮して、BPTモデルに基づく今後30年以内の地震発生確率は11%以下と試算した。今後、平均変位速度を推定した地点近傍で地震時変位量を明らかにすること、トレンチ調査等による直接法の平均活動間隔と比較検討すること等により、平均活動間隔の信頼性を向上させる必要がある。また最新活動時期を特定し、BPTによる地震発生確率の算出についてもより精度を改善する必要がある。

濃尾断層帯（温見断層南東部）では、航空レーザ測量データのもつ情報を最大限活かした地形判読とその結果に基づくトレンチ調査により、これまで不明であった最新活動以前の活動時期が初めて明らかとなった。しかし、将来の地震の規模や他の活断層との連動の可能性を評価するためには、長期間における横ずれ平均変位速度や1回の地震時の横ずれ量を明らかにする必要がある。今年度の調査で採取した巨礫表面試料や堆積物試料の宇宙線生成核種年代測定を令和3年度に実施して、断層沿いに分布する各段丘面の離水年代や温見断層南東部区間の平均変位速度等を明らかにするとともに、活断層調査・研究における宇宙線生成核種年代測定法の適用性・問題点について検討を行うことが今後の課題である。

山田断層帯（主部）において屈曲率や流域平均削剥速度を考慮した補正屈曲率を用いた横ずれ平均変位速度の推定を行ったところ、既往研究や段丘面の編年による手法とも整合的な結果が得られた。ただし、データ数が少ないため、やや信頼性にかけており、得られた平均変位速度はオーダーレベルでの参考値にとどまる。しかし、全く値の得られていない断層に対しては有効な手法であり、活断層調査の高度化に貢献することが期待される。正確性を増すためには、データ数を増やす必要があり、より多くの断層や流域を対象として引き続き調査を進める必要がある。また、宇宙線生成核種による流域削剥速度の推定には適用限界があることから、効率化をすすめるためには、流域地形量などを用いたより簡便な推定手法の開発が望まれる。

岩国―五日市断層帯（五日市断層区間）では、検討対象を上流域が侵食小起伏面に到達している水系に限定した場合、水系の屈曲量（ D ）と断層よりも上流側の谷の長さ（ L ）から導き出される屈曲率（ α ）は0.15～0.06（平均値：0.11）であった。横ずれ成分の平均変位速度の算出について、地福断層での既往研究による平均変位速度と α の値との比較結果（ $S = (2\sim 5) \alpha$ ）に基づく、この断層の横ずれ成分の平均変位速度は0.8～0.1 m/千年となる。一方、野坂・集福寺断層帯（集福寺断層）で実施した結果（ $k = 1.37\sim 4.3$ ）に基づく、五日市断層区間の横ずれ成分の平均変位速度は0.6～0.08 m/千年と算出された。なお、この断層の中部においては断層トレースが2列で並走するため、それぞれのトレースにおける平均変位速度の違いや断層全体を評価する際の取り扱いについて検討が必要である。これらの検討結果から、山間部に分布する横ずれ断層の平均変位速度を水系の屈曲率を用いて推定する場合に、上流域が侵食小起伏面に到達している水系のみを対象とする評価手法が効果的であることが明らかになった。

筒賀断層については、検討対象を上流域が侵食小起伏面に到達している水系に限定した場合、筒賀断層における屈曲量（ D ）と断層よりも上流側の谷の長さ（ L ）から導き出される屈曲率（ α ）は0.08～0.04であった。この断層の横ずれ成分の平均変位速度の算出について、地福断層での既往研究による平均変位速度と本研究で地福断層から得られた α の値

との比較結果 ($S = (2\sim 5) \alpha$)に基づくと、筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度は0.4～0.08 m/千年と算出された。一方、野坂・集福寺断層帯(集福寺断層)で実施した結果 ($k = 1.37\sim 4.3$)に基づくと、筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度は0.3～0.05 m/千年と算出された。これらの検討結果から、上述の岩国―五日市断層帯(五日市断層区間)での事例と併せて、山間部に分布する横ずれ断層の平均変位速度を水系の屈曲率を用いて推定する場合に、上流域が侵食小起伏面に到達している水系のみを対象とする評価手法が効果的であることが明らかになった。

地福断層について、検討対象を上流域が侵食小起伏面に到達している水系に限定した場合、地福断層における屈曲量(D)と断層よりも上流側の谷の長さ(L)から導き出される屈曲率(α)は0.09～0.05(平均値:0.07)であった。この断層に関する既往研究で得られた平均変位速度(0.5～0.1 m/千年)と本研究で得られた α の値を比較した結果、 $S = (2\sim 5) \alpha$ の関係式が得られた。この関係式は、野坂・集福寺断層帯(集福寺断層)で得られた結果($k = 1.37\sim 4.3$)と近似しており、中国地方の横ずれ断層の平均変位速度を算出する際の参考となると思われる結果が得られた。

大原湖断層では、検討対象を上流域が侵食小起伏面に到達している水系に限定した場合、大原湖断層における屈曲量(D)と断層よりも上流側の谷の長さ(L)から導き出される屈曲率(α)は0.04～0.03(平均値:0.04)であった。大原湖断層の横ずれ成分の平均変位速度の算出について、地福断層での既往研究による平均変位速度と本研究で得られた地福断層の α の値との比較結果($S = (2\sim 5) \alpha$)に基づくと、大原湖断層の横ずれ成分の平均変位速度は0.2～0.06 m/千年と算出された。一方、野坂・集福寺断層帯(集福寺断層)で実施した結果($k = 1.37\sim 4.3$)に基づくと、大原湖断層の横ずれ成分の平均変位速度は0.2～0.04 m/千年と算出された。これらの検討結果から、上述の岩国―五日市断層帯(五日市断層区間)、筒賀断層、地福断層での事例と併せて、山間部に分布する横ずれ断層の平均変位速度を水系の屈曲率を用いて推定する場合に、上流域が侵食小起伏面に到達している水系のみを対象とする評価手法が有効であると考えられる。この評価手法により、これまで変位指標の年代を決めることが困難であった横ずれ断層の平均変位速度を、地形データのみから効率的に求められるようになることが期待される。

菊川断層帯南部区間及び南東延長部の沿岸海域において、断層の有無、分布、活動性を明らかにすることを目的として、音波探査と採泥を実施した。採取したコアについて層相の記載及び年代測定試料の採取を行い、活動性について予備的な検討を行った。その結果、菊川断層帯と南東延長部に分布する宇部南方沖断層の間に、連続的に活断層が分布すること、及び断層は完新統を複数回変位させていることが明らかとなった。菊川断層帯(長さ約114 km以上)と約12 kmを隔てて分布する宇部南方沖断層(長さ約15 km)が連続する場合、想定される地震規模が大きくなる可能性があることから、今後は両断層の活動履歴等を明らかにする必要がある。今年度の調査により、陸域の変動地形が不明瞭なXランク活断層調査において、断層が海陸に連続して分布する場合は、沿岸海域部での断層分布を把握することにより、陸域延長部での断層位置が効率的に推定できること、また、沿岸海域部での断層が変位変形させている地質の年代を把握することにより、陸域延長部における活動履歴調査に適した地形面や地質が効率的に選定できる可能性が見いだされた。令和3年度は、令和2年度に採取したコアの詳細な解析を行う。また、菊川断層帯(南部区間)

の陸域において活動履歴調査を行い、海域延長部及び陸域での活動履歴を明らかにする。

雲仙断層群（南東部）では、期待される成果に応じた予算の柔軟な配分により、令和元年度に大掛かりな海上ボーリング調査を実施し、その結果陸上ボーリングと遜色のない良質のコアを取得することができた。本年度は、採取した堆積物コア試料について、肉眼観察による岩相解析、CT スキャン解析に基づく断層近傍の堆積相及び層序の検討を行い、地質柱状図を作成した。また、令和元年度に実施した ^{14}C 年代測定結果を用いて堆積速度を検討した。さらに、既存の音波探査記録の再解析イメージに基づいて、音響層序を検討した。以上の結果に基づいて、断層を横断する予察的な地質構造図（地質断面図）を作成した。令和3年度は、さらなる堆積物コア試料の解析及び年代測定を行い、平均変位速度及び活動履歴を検討し、同断層の活動性に関して信頼度の高い情報が得られる見通しがついた。沿岸海域に分布する活断層の長期的な活動性の解明においては、掘削深度が長く、かつ良質なコア試料を採取することが最も重要である。本調査では、試料採取の手法として海上ボーリング調査を採用することにより深度 40 m に達する良質なコア試料を採取することに成功し、同手法の有効性を確認した。掘削地点の選定に際しては、効率化の観点から同海域の既存の音波探査記録の存在を確認し、記録の再解析により取得された良好な反射断面に基づいて検討した。