

6. むすび

令和3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。

標津断層帯の調査

今回の調査では地形解析において、UAV(ドローン)で取得された詳細DEMデータを利用した。結果的にその場所で地質調査を実施することはなかったが、崖地形の成因の判定など詳細な古地震調査の適地であるかどうかの判断に有効であることが確認された。平均変位速度(上下成分)の算出には、空中写真図化によって作成された地形断面図に基づく上下変位量と、ボーリング調査およびトレンチ調査で採取された地質試料の放射性炭素年代および火山灰編年に基づいて推定された地形面の形成年代を用いるというオーソドックスな手法を用いた。今回の調査では、平均変位速度の算出が主目的であったため、断層構造の存在を明らかにすることができていない。今後、活断層調査の成果を地震動評価や将来の断層変位の事前評価に繋げるためには、断層変位地形を形成した活断層の地下形状を確認するための調査が実施されることが望まれる。

津軽山地西縁断層帯(南部)の調査

津軽山地西縁断層帯(南部)については、断層の活動性の解明に資する具体的な地形・地質調査や地下構造調査が行われていなかった。一方、断層周辺には十和田や八甲田等の火山が分布しており、調査地域までこれらの火山からもたらされた火砕流堆積物などの火山噴出物が到達している可能性が予想された。さらに、それらが断層の両側に分布していれば、変位基準になる可能性が期待された。従来調査手法(反射法地震探査、ボーリング調査及びピット調査)を適用した結果、津軽山地西縁断層帯(南部)の位置、形状、活動性に関するデータを取得することができた。

雫石盆地西縁-真昼山地東縁断層帯(雫石盆地西縁断層帯)の調査

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ュン・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。

横手盆地東縁断層帯(南部)の調査

横手盆地東縁断層帯南部では、広域に航空レーザ計測によるDEMを整備して、広範囲

で変位地形の分布や最適な調査地点を選定するように努めた。その結果を踏まえて、調査候補地点においてドローン LiDAR による高精細 DEM を作成し、平均変位速度や最新活動に伴う上下変位量を計測することが可能となった。これらの結果、事業期間を通じて、複数地点においてこれまで未解明だった平均変位速度を推定することが可能となり、一回の変位量とあわせた間接的な手法によって平均活動間隔と地震発生確率の試算が可能となった。特に、令和3年度に横手市陸成地区で実施したドローン LiDAR では、トレンチで露出した逆断層の上盤側に分布する微小な河成段丘面群の詳細が明らかになり、地震時の隆起イベントと段丘形成の関係を議論することも可能となった。この結果は、今後信頼性を検証する余地があるものの、森林地域の逆断層上盤側に形成された微小な段丘面から直接的に活動履歴を推定できる可能性を示唆する。今後、地震時変位量の算出精度やばらつきが平均活動間隔や地震発生確率の算出結果に与える影響なども評価していく必要がある。

濃尾断層帯（温見断層南東部）の調査

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、温見断層南東部の活動履歴が初めて明らかとなった。また、段丘面の離水年代推定に宇宙線生成核種年代測定法を適用した結果、これまで不明だった温見断層の左横ずれ平均変位速度が高確度・高精度に決定された。我が国を含む湿潤温暖地域の活断層調査において宇宙線生成核種年代測定法を適用した例は非常に少ないが、適切な試料採取戦略と測定・モデリングによって、こうした地域においても本手法は十分に適用可能であることが示された。高解像度航空レーザ測量データおよび宇宙線生成核種年代測定法の活用により、これまで評価が難しかった活断層の活動履歴や平均変位速度の解明が期待できる。

野坂・集福寺断層帯（集福寺断層）の調査

野坂・集福寺断層帯（集福寺断層）では、航空レーザ計測により取得された詳細デジタル地形データを用いた断層による地形のずれを正確に計測し、地質踏査により地形発達過程を明らかにした。さらに、新しい調査手法である宇宙線生成核種を用いた流域侵食速度の推定と表面照射年代による地形面の予察的な編年に成功し、平均変位速度が得られた。

山田断層帯（主部）の調査

山田断層帯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）の調査

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の水系の屈曲率から横ずれ成分の平均変位速度を算出した。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。

筒賀断層の調査

水系の屈曲率に基づき、筒賀断層の横ずれ成分の平均変位速度を算出した。本調査による結果を、山内・山中(2021)が示した平均変位速度と比較すると後者の方が高い値を示すので、その理由について今後検討する必要がある。

地福断層の調査

地福断層では、水系の屈曲率から求めた横ずれ成分の平均変位速度と既往研究で得られた平均変位速度を比較し、関係式の係数を算出した。この係数は、野坂・集福寺断層帯(集福寺断層)で得られた値と近似しており、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考えられた。

大原湖断層の調査

水系の屈曲量に基づき、大原湖断層の横ずれ成分の平均変位速度を算出した。屈曲率と平均変位速度の関係式の係数については、地福断層の調査で得られた値を用いた。

菊川断層帯(南部区間)の調査

菊川断層帯(南部区間)及び南東延長部を含む沿岸海域で、音波探査と採泥を行った。その結果、宇部南方沖断層との間に、最終氷期の侵食面形成以降の堆積物を複数回変位させる断層帯が、連続的に分布することが明らかとなった。また、この断層帯を切る胴切り断層の存在が示唆された。今後、本事業で採取したコアの解析を進めることで、菊川断層帯(南部区間)の活動性を直接推定することが可能である。宇部南方沖断層との連続性については、共役方向の小郡断層も連続しているように見えることから、探査測線を増やし、会合部の地質構造について検討する必要がある。陸域の群列ボーリング調査及びトレンチ調査では、同断層帯は捉えられなかったが、斜交する走向の8.5~9万年前の地層を切る断層の存在が明らかとなった。海陸に跨がって分布する活断層の評価において、ALB計測や音波探査等で沿岸海域における断層位置と活動性を把握したのちに、陸域の古地震調査でその結果を検証する方法は、多くの場合地形表現に乏しいXランクの活断層の評価に、とくに有効である。

西山断層帯(西山区間)の調査

西山断層帯(西山区間)及び菊川断層帯(北部区間;検証のため)の海陸接合部において、ALB計測を行い、取得データについて既存データを用いた比較検証を行った。その結果、水深約15mまでの海底地形情報が取得できており、本手法は、Xランクか否かにかかわらず、海陸に跨がる活断層の詳細な位置・分布の把握、その結果としての古地震調査地選定に有効であることが明らかとなった。今後は、適用例を増やし、本手法の有用性について検証する必要がある。

雲仙断層群(北部)の調査

雲仙断層群(北部)では、既存の航空レーザ計測詳細デジタル地形データを使用することで、断層による地形面のずれを正確に計測することができ、また地形面を構成する地層に関する既往年代測定結果を整理・吟味することで、平均変位速度を効率的に見積もるこ

とができた。

雲仙断層群（南東部）の調査

雲仙断層群（南東部）では、海上ボーリング調査を実施することによって、これまでの調査では検討が困難であった海底面下 35～40 m までの層序を高い信頼性で解明することができた。また、既存の音波探査記録を最新の手法で再解析することによって、S/N 比の高い高品質な探査記録断面が得られた。これらの総合的な検討にもとづいて、活動性および活動履歴を解明した。海上ボーリング調査は大がかりな調査であるが、通常の採泥調査の限界を超える深度の堆積物試料を陸上におけるボーリング調査に匹敵する品質で採取することが可能である。よって、海上ボーリング調査にもとづいて高品質な音波探査記録断面を解析することによって、断層近傍の地質構造を精度良く解明することが期待できる。また、音波探査記録の解析技術の進歩に伴い、既存の音波探査記録の再解析によって、探査記録断面を大幅に高品質化できる場合がある。そのため、過去に十分なスペックの調査が実施されている海域においては、既存探査記録の再解析を行うことによって効率的に地質構造を検討できる可能性がある。

活断層評価の高度化・効率化の検討

本プロジェクトで適用した新しい年代手法や調査手法である数値地形解析（航空レーザ計測・ドローンレーザ計測）、宇宙線生成核種年代測定、浅海底レーザ計測及び海上ボーリングが、活断層評価を行う上での実用性が十分に見込まれることが確認された。今後さらに適用事例を蓄積させ、実用性が明確になれば、これまで活動履歴が未解明な活断層や平均変位速度の信頼度が低い等の理由により地震発生確率の信頼度が低いと評価された活断層等に本手法を適用することで、長期評価の改訂に展望が開けるものと期待される。

一方、本プロジェクトを通して、具体的な調査・観測が行われていないために X ランクとされている活断層が存在することが判明した。また、第四紀火山地域において FT 年代・K-Ar 年代の測定技術やデータの解釈の進展により、若い年代でも精度の高い分析が可能になった火山噴出物について年代測定が行われていないため、X ランクとされている活断層が存在することが判明した。本プロジェクトで調査対象としていない X ランクの活断層の中にもそのようなものが含まれている可能性がある。これらの断層については、従来の調査手法により、地震発生確率の算出に資するデータを取得できる可能性がある。

本プロジェクトでは、地震発生確率算出に資するデータを効率的に取得するため、既存の調査観測データ（例えば、音波探査記録や航空レーザ計測データなど）の有効な活用に努めた。また、同一の活構造環境のもとに類似した変位地形の特徴を有する中国地域の横ずれ活断層群に対しては、均質のデータを用いて、同一基準で平均変位速度に関するパラメータ取得するための地形解析をまとめて行うなど、時間・費用の両面で効率化を意識した調査を実施した。

上述したように、宇宙線生成核種年代測定はや海上ボーリングは、活断層評価の高度化に実用性が十分に見込まれることが確認された。しかしながら、これらの調査は、成果取得に多大な時間と労力が必要なため、単年度の調査では十分な成果を取得することが困難であることが確認された。今後も本プロジェクト同様に、期待される成果、調査の困難さを考慮して、同一断層に対し複数年度かけて調査を実施することで、単年度の調査によ

る時間的・費用的な困難を打開し、地震発生確率算出に資する信頼度の高いデータの取得が可能になることが期待される。