

3. 11 活断層評価の高度化・効率化のための調査手法の検証

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 活断層評価の高度化・効率化のための調査手法の検証

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	主任研究員	近藤久雄
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	研究グループ長	丸山 正
国立大学法人 東京大学	助教	白濱吉起 ^{#1}
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	主任研究員	吾妻 崇
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	主任研究員	大上 隆史
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	研究員	レゲット佳

^{#1} 2023 年 10 月異動

(c) 業務の目的

3 年間の成果を総合して、ドローン・浅海底レーザー計測等による数値標高モデルなどの最新の地形解析技術や宇宙線生成核種年代測定、海上ボーリングなどの新しい調査手法の妥当性や信頼性を従来の調査手法等により検証する。また、新たな調査手法の適用を継続し、平均変位速度等についての新規データ取得を効率的におこなう。さらに、新たな調査手法の有効性と実用性を様々な断層のずれの種類や地域において検証する。

(d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 令和 4 年度：

なし

2) 令和 5 年度：

なし

3) 令和 6 年度：

過年度事業に引き続き新たな調査手法の適用を継続し、調査手法の妥当性や信頼性を検証した。さらに、それらの有効性と実用性を様々な断層のずれの種類や地域において検証した。

(2) 令和 6 年度の成果

(3) に記載。

(3) 令和4～6年度の成果

(a) 業務の要約

本事業では、新しい調査手法として数値地形解析(ドローン・浅海底レーザー計測等)、宇宙線生成核種年代測定、海上ボーリングを過年度事業より継続して実施した。それらの有効性と課題を検討した。また、従来の調査手法として、ボーリング(ピット・採泥)調査及びトレンチ調査、反射法地震探査・音波探査等を実施し、新たな調査手法で得られたデータの妥当性や信頼性を検討した。さらに、新たな調査手法の有効性と実用性を検証するため、調査対象断層として様々な断層のずれの種類や地域性を考慮した調査手法を整理した。

(b) 令和6年度の業務の成果

1) 調査手法の検証方法の整理

本事業では、過年度事業で導入した新たな調査手法の妥当性や信頼性を検証するため、主に次の3つの方法で具体的な調査データを取得し、比較検討することによって検証をおこなった(図1、図2)。それらは、 α ：新たな手法と従来手法を併用して取得した新規データを比較検討、 β ：新たな手法の新規データと既往の長期評価データを比較検討、 γ ：新たな手法を複数の地点や異なる活断層で実施して比較検討の3つである。

α による検証は、津軽山地西縁断層帯(南部)、横手盆地東縁断層帯(南部)、長野盆地西縁断層帯(麻績区間)、屏風山・恵那山―猿投山断層帯(赤河断層帯)、筒賀断層の5断層を対象として実施した。これらの断層では、航空・ドローンレーザー計測による数値地形解析、トレンチ調査、ボーリング調査、反射法地震探査、宇宙線生成核種年代測定を組み合わせ、新規の平均変位速度データを比較検討した。

β による検証は、身延断層、弥栄断層の2断層を対象として実施した。これらの断層では、航空・ドローンレーザー計測による数値地形解析、トレンチ調査、ボーリング調査等を実施し、既往の長期評価との比較検討をおこなった。

γ による検証は、境峠・神谷断層帯(霧訪山―奈良井断層帯)、布田川断層帯(宇土半島北岸区間)、宮古島断層帯の3断層を対象として実施した。これらの断層では、河谷の屈曲率等による平均変位速度推定、海上ボーリング、宇宙線生成核種年代測定等を実施し、異なる断層で同じ手法で得られた平均変位速度等を比較検討した。

以下では、それぞれの新たな調査手法毎に得られた成果や検証結果についてまとめる。

2) 数値地形解析(ドローン・浅海底レーザー計測等))

航空・ドローン浅海底レーザー計測による数値標高モデルを用いた地形解析は、海域の布田川断層帯(宇土半島北岸区間)を除く、陸域の9断層で実施した。これらのうち、弥栄断層では新規に航空レーザー計測を実施し、横手盆地東縁断層帯(南部)、身延断層、屏風山・恵那山―猿投山断層帯(赤河断層帯)では新規にドローンレーザー計測を実施した。宮古島断層帯では、既存

の浅海底レーザー計測データと陸上の既存数値標高モデルを組み合わせ、地形解析等を実施した。その他の陸上の5断層についても、公的機関が既に実施し公開している航空レーザー計測データ等を利用させていただき、活断層調査に活用した。これらの結果、これまで把握が困難であった山間部（森林）や沿岸部等において正確な断層位置が新たに明らかとなり、詳細な掘削調査用地の選定と具体的な評価データの新規取得が可能であることがあらためて確認された。

3) 宇宙線生成核種年代測定

宇宙線生成核種年代測定は、過年度事業に引き続き Be-10 等を対象とした石英を含む花崗岩分布地域の活断層である筒賀断層で実施した。さらに、本事業では Cl-36（放射性塩素）を対象として石灰岩分布地域の活断層である宮古島断層帯において、新たに適用を試みた。いずれの断層においても変位基準となる堆積物や地形面の絶対年代を初めて推定することが可能となり、具体的な平均変位速度のデータが得られた。これらの年代推定は様々な活断層で幅広く適用可能とみられるが、事例は未だ少数であるため、今後も引き続き多くの事例の収集と蓄積が必要である。

4) 河谷の屈曲率・流域侵食速度等による平均変位速度推定

本事業では、河谷の屈曲率に基づく平均変位速度の推定を境峠・神谷断層帯（霧訪山―奈良井断層帯）、屏風山・恵那山―猿投山断層帯（赤河断層帯）、弥栄断層で実施した。推定された平均変位速度は推定幅が広く、今後、上流の長さを計測するための浸食小起伏面の影響や、算出に用いる係数 k の地域性やばらつきを検討する必要があることが明らかとなった。さらに、筒賀断層では、従来手法である河谷の屈曲率による推定と流域侵食速度を考慮した屈曲率、新たな調査手法である宇宙線生成核種年代測定による推定、既往の従来手法による平均変位速度をそれぞれ比較検討した。その結果、従来手法による平均変位速度と宇宙線生成核種年代測定による推定値はよく一致するものの、河谷の屈曲率や流域侵食速度を考慮した屈曲率による推定値は、それらの半分程度小さな値となった。これらの要因は現時点では明確ではないものの、より多くの事例を収集して係数 k の地域性やばらつきを検討する課題が明確となった。

5) 海上ボーリング

沿岸海域の新たな調査手法として、過年度事業に引き続き、布田川断層帯（宇土半島北岸区間）において海上ボーリングを実施した。掘削位置の選定に先行して高分解能の音波探査を実施し、正確な断層位置や変位基準の深度等を把握することにより、効率的にボーリング掘削位置や深度を計画可能となった。その結果、布田川断層帯（宇土半島北岸区間）の平均変位速度や活動間隔を初めて推定可能となった。沿岸海域の活断層では、現時点では他の調査手法によるデータ取得によって妥当性や信頼性を直接的に検証することが困難であるが、周辺に分布する雲仙断層群、布田川断層帯や日奈久断層帯等と比較して、概ね妥当な推定値とみられる。今後、より多くの事例を集積して、検証を続ける必要がある。

6) 断層のずれの種類や地域毎の整理

本事業で対象とした10断層を断層のずれの種類や地域毎に整理する。一般に、日本の活断層のずれの種類は、長野県の糸魚川―静岡構造線断層帯を境として、東北日本弧では逆断層、西南日本弧では横ずれ断層、九州の北部と火山周辺で正断層がそれぞれ卓越して分布する。本事業では、逆断層を対象として東北地域の2断層と関東地域の2断層、横ずれ断層を対象として中部地域の2断層、中国地域の2断層、正断層として九州地域の2断層で新たな調査手法の適用や検証のための調査を実施した。

逆断層では、特に森林地域等における数値標高モデルの地形解析と従来手法のボーリング調査・反射法地震探査、トレンチ調査等を組み合わせて、新たな調査手法の妥当性や信頼性を確認した。複数の活断層トレースが並走する区間では、可能な限り効率的に、全てのトレースを横断する測線上で平均変位速度を推定するよう努めた。今後も同様な調査手法で適切な手法を組み合わせることによって、地震発生確率が不明な逆断層の数を低減できるものと期待される。

横ずれ断層では、新たな手法として宇宙線生成核種年代測定による平均変位速度の推定、河谷の屈曲率等の検証を実施し、新たな調査手法の有効性や実用性が明らかとなった。また、河谷の屈曲率等による推定が幅広い点や、平均変位速度として小さくなる可能性など、今後の新たな課題がより明確になった。これまで横ずれ断層で地震発生確率の算出が困難であった主な理由は、山地・森林地域で適切なトレンチ調査用地が探せない場合、変位基準の年代が不明なため、横ずれ平均変位速度の推定が困難であった場合等が考えられる。本事業で検証した数値標高モデル等の地形解析、宇宙線生成核種年代測定の適用や屈曲率等による変位速度算出手法の改良を進めることによって、より多くの横ずれ断層で評価データを得られるものと期待される。

正断層では、これまでデータ取得が困難であった海域の断層を対象として、海上ボーリングを実施することにより初めて平均変位速度の算出が可能となった。また、後期更新世以降の堆積層が乏しく、活動時期や平均変位速度の算出が困難であった石灰岩地域においても、初めて平均変位速度の算出が可能となった。よって、新たな調査手法を適用すれば、他の類似地域においても評価データを得られるものと期待される。一方、雲仙断層群をはじめ正断層では、多数の短い断層が近接して断層帯ないし断層群を構成する特徴があり、単独の活断層トレースで得られた平均変位速度や活動間隔は、全体を評価した際の最小値にとどまる可能性もある。そのため、効率的に調査データを取得し、地震発生確率等を適切に評価していくためには、より簡便に多数の地点で調査データを取得するための調査手法の改良や、地下の断層形状も含めた評価手法の検討をおこしていく必要が明らかとなった。

7) 結論ならびに今後の課題

本事業では、新たな調査手法として数値地形解析(ドローン・浅海底レーザー計測等)、宇宙線生成核種年代測定、海上ボーリングを過年度事業より継続して実施した。それらの有効性と課題

を検討した。その結果、ほぼ全ての断層で新たな調査データを取得でき、地震発生確率の算出に資する評価パラメーターを取得可能であることが確認された。また、従来の調査手法として、ボーリング調査及びトレンチ調査、反射法地震探査・音波探査等を実施し、新たな調査手法で得られたデータの妥当性や信頼性を検討した。その結果、既往の評価パラメーターと調和的な新規データが取得されていることが明らかとなり、新たな調査手法や新旧の調査手法を組み合わせたデータの収集と蓄積を進めることにより、地震発生確率が不明な活断層を低減可能であると確認できた。一方、河谷の屈曲率等については、引き続き係数の地域性等を含めて検討し、改良を継続する必要性が明らかとなった。さらに、新たな調査手法の有効性と実用性を検証するため、調査対象断層毎に様々な断層のずれの種類や地域性を考慮した調査手法を整理した。

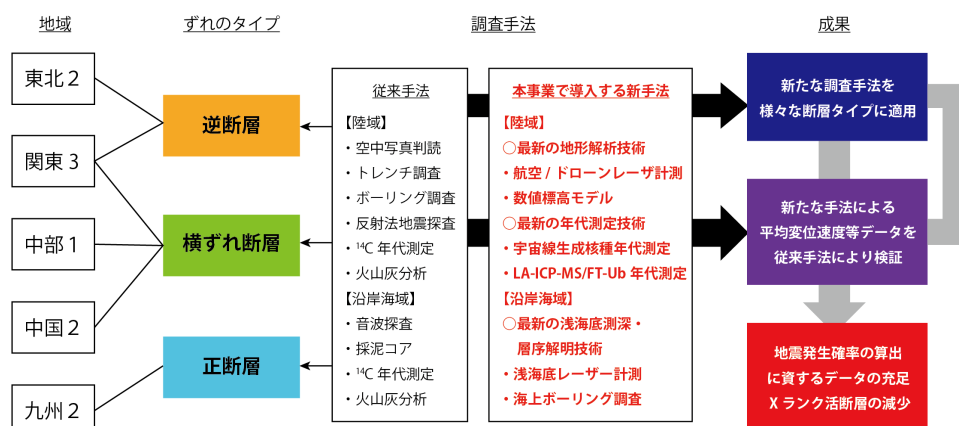


図1 本事業における新たな調査手法の検証の枠組み

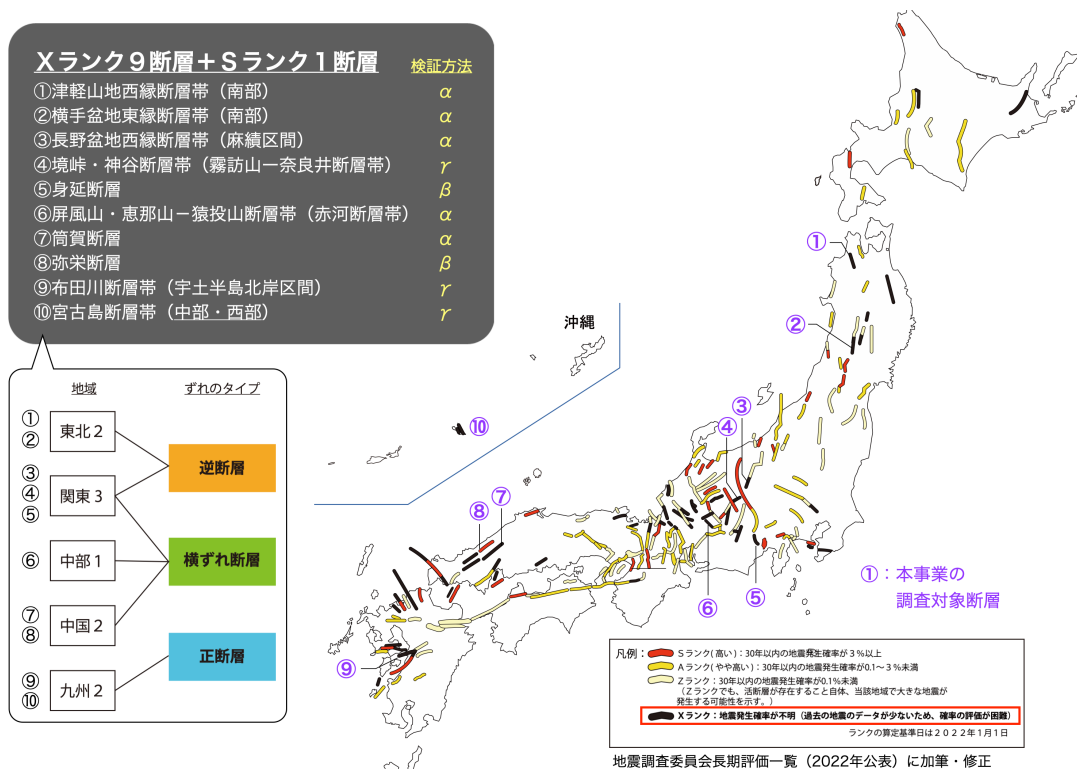


図2 本事業の調査対象断層とずれの種類・地域