

4. 全体成果概要

本研究課題では、我が国の主要活断層帯で最も長大であり活動度が高い断層帯の1つである中央構造線断層帯の四国陸域を中心に、これまで未解明であった連動型地震の発生確率の算出や連動条件の検討、地表付近の詳細な断層位置形状を反映した強震動計算を目的とした調査研究を実施する。さらに、その結果を踏まえて、地震調査研究推進本部の連動型地震に関する新たな評価手法や高度化した手法を提案することを目標とする。本年度は、石鎚山脈北縁区間と石鎚山脈北縁西部区間の境界付近、中央構造線断層帯周縁地域、紀伊半島の中央構造線を主な対象として、以下の調査研究を実施した。

サブテーマ1-1「複数回の変位履歴を復元するための活断層調査」では、石鎚山脈北縁区間と石鎚山脈北縁西部区間の境界付近を主な対象として変位履歴を解明するため、次の地形地質調査を実施した。石鎚山脈北縁西部区間・川上断層上に位置する西条市氷見地区において、ドローンLiDAR計測、トレンチ調査、ボーリング調査を実施し、過去4回の活動時期と活動間隔、地震時上下変位量等を明らかにした。トレンチ壁面で確認された最新活動は少なくとも約2200年前以降、西暦1722年以前に生じたと推定され、1596年文禄（慶長）・伊予地震に対応する可能性を確認した。また、最新イベント層準を覆うチャンネル充填堆積物からは、カキ・二枚貝を含むイベント堆積物がみいだされた。これは1707年宝永地震に伴う津波堆積物の可能性がある。群列ボーリングによる地質断面では、過去4回のイベントに伴う地震時上下変位量は、それぞれ1.2m、1.8m、2.2m、1.5mと計測された。最近3回の活動は鬼界アカホヤ火山灰（K-Ah）降灰以降に生じており、平均活動間隔は3300～3500年程度と推定される。K-Ahを基準とした累積上下変位量と年代から、上下平均変位速度は0.8～1.2mm/yrと算出された。平均活動間隔等を周辺断層と比較した結果、川上断層の既往トレンチ調査結果や岡村断層の平均活動間隔700～1500年よりも有意に長いことが明らかになった。

サブテーマ1-2「歴史文書の収集分析に基づく地震活動の検討」では、中央構造線の周辺に位置する四国・九州地域の近世の日記史料を主たる対象として、機器による地震観測が開始される以前の有感地震情報を収集した。日記史料を対象としたのは、同一地点での有感地震が、同一人物によって記録されており、有感地震の長期的な変動状況を均質な基準で把握できる可能性が高いためである。また被害を出した大きな地震だけでなく、中小の地震についても把握できる可能性が示された。本年度は愛媛県小松藩・宇和島藩・大分県佐伯藩の公用日記、および熊本県熊本藩と阿蘇地域の寺院の日記を調査し、既刊の地震史料集に未収録の地震情報を収集した。また近世の地震発生状況を時空間的に把握できるシステムを考案し、1853～1854年の阿蘇の火山活動と地震の時系列的な関係、18～19世紀における伊予小松（現在の愛媛県西条市）で感知された地震について検討した。また1596年9月1日の慶長伊予地震の発生時刻について検討した。

サブテーマ2「地殻応力場と震源断層形状推定のための微小地震解析」では、紀伊半島西部で発生した地震の震源位置を3次元速度構造を用いて再決定し、中央構造線断層帯周辺における地殻内地震の震源分布の特徴を調べた。その結果、中央構造線断層帯付近では地殻内地震が深さ5～10km程度に分布することを確認した。中央構造線断層帯南側の群発地震域から続く地震活動の分布はおおむね地表の中央構造線断層帯直下まで確認でき、その北側では地震の分布が疎となる。なお、中央構造線断層帯近傍に注目すると、地表の中央構造線断層

帯の南側と北側で発生する地震の深さの差はあまりないように見える。再決定した地殻内地震の震源分布から見積もられるD90、D95、D100はそれぞれ9.8km、10.1km、10.8kmとなった。この深さは四国地方の中央構造線断層帯に比べて浅く、紀伊半島西部では地震発生層下限がより浅い深さに位置していることを示していると考えられる。

サブテーマ3「活動履歴を考慮した動的破壊シミュレーションによる連動性評価」では、動的破壊シミュレーションを基に連動可能性とその条件を議論するため、断層帯の置かれた条件を反映した動力学的震源モデルを構築する必要がある。今年度は、昨年度の業務で中央構造線断層帯四国陸域4区間の最新活動の変位履歴と調和的な連動イベントが得られた震源モデルを対象として、連鎖（続発）するイベントの連動パターンを検討した。その結果、石鎚山脈北縁区間と同西部区間が連動するイベントに続いて、讃岐山脈南縁東部区間と同西部区間が連動するイベントが連鎖するという最新活動の変位履歴と歴史史料を共に満たす連動・連鎖パターンが得られた。

サブテーマ4「長大な活断層帯における強震動予測手法の高度化」では、強震動評価の高精度化のため、中央構造線断層帯のうち讃岐山脈南縁東部区間から石鎚山脈北縁西部区間までが同時に活動する地震を対象として、地震発生層より浅い震源断層のすべりを一様とした震源モデルを用いて、ハイブリッド合成法により工学的基盤上の最大速度および地表の計測震度を面的に計算した。地表断層の端点を直線で結んだモデルと詳細な形状のモデルによる計算結果と比較し、断層近傍において地震動の違いが現れることを確認した。また、ニュージーランドの2016年Kaikoura（カイコウラ）地震、トルコの2023年Kahramanmaraş（カフラマンマラシュ）地震とElbistan（エルビスタン）地震を対象とした震源インバージョン解析結果に基づき、長大断層における地震モーメントと破壊面積、平均すべり量およびアスペリティ面積の関係（スケーリング則）を調べた。地震調査研究推進本部の震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）で用いられている関係と整合していることが確認された。さらに、2024年能登半島地震を対象とした震源インバージョン解析による震源モデルの収集と地震動予測式による地震動計算を行った。計算された減衰定数5%の加速度応答スペクトル（周期0.1～10秒）が観測値とおおむね整合していることを確認した。

以上のように、今年度の成果として、1－1）石鎚山脈北縁西部区間・川上断層における過去4回のイベントに伴う上下変位履歴の解明と連動型イベントの再検討、1－2）愛媛県小松藩・宇和島藩・大分県佐伯藩の公用日記、および熊本県熊本藩と阿蘇地域の寺院の日記等に基づく、新たな有感地震情報の収集と時空間把握システムの構築、伊予地震の発生時刻の再検討、2）3次元速度構造を用いた紀伊半島西部の微小地震の震源位置再決定と地震発生層下限深度の検討、3）中央構造線断層帯四国陸域4区間を対象とした動力学的震源モデルによる連動・連鎖パターンの検討、4）詳細な地表断層分布を考慮した震源モデルと端点を直線で結んだモデルによる地震動分布の比較検討、海外地震を対象としたスケーリング則の再検討、2024年能登半島地震の加速度応答スペクトルの検証など、多岐にわたる新たな知見が得られた。