

#### 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、中央構造線断層帯・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。石鎚山脈北縁区間・岡村断層の西端付近に位置する西条市坂元地区において、ドローンLiDAR計測、トレンチ調査、ボーリングを実施し、過去3回の活動時期と活動間隔、地震時変位量等を明らかにした。その結果、最新活動は西暦660年以降に生じ、従来の1596年文禄伊予地震に対応する可能性が高く、先行するイベントの発生年代は約1.3~1.8万年前、さらに前の活動は約2.9万年前頃と推定された。これらをもとに最近3回の活動間隔は11200~18200年程度と推定され、周辺断層の1000~1500年よりも有意に長いことが明らかとなった。また、各イベントの地震時上下変位量は、それぞれ1.5m、1.0m、1.7mと計測された。河成段丘面上に形成された累積変位とボーリング調査による年代をもとに、周辺に分布する3条の活断層の平均変位速度は、それぞれ0.2mm/yr(上下)、0.1mm/yr(上下)、0.9mm/yr(横ずれ：岡村断層)と推定された。以上の結果、最新活動は西暦1596年文禄(慶長)地震に伴い、石鎚山脈北縁区間と石鎚山脈北縁西部区間が連動したイベントと判断され、坂元地区の活動は岡村断層単独のイベントを示すのではなく、少なくとも両区間が連動したイベントを反映すると考えられる。このように、横ずれ断層における上下変位の変位履歴に基づき過去の連動型イベントを判別し、連動間隔を算出する手法を初めて提示した。

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と考えられる。本年度は香川県多度津藩・愛媛県宇和島藩・大分県佐伯藩の公用日記、および熊本県熊本藩士の日記を調査し、既刊の地震史料集に未収録の地震情報を収集した。また1703年12月31日に豊後(現在の熊本県)、1853年3月28日に伊予(現在の愛媛県)で被害を生じさせた地震について検討した。

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、紀伊半島の中央構造線断層帯及びその周辺で発生した地殻内地震の分布を概観するとともに、震源メカニズム解や地殻応力場の情報を整理した。また、当該地域の応力場が断層帯の断層をすべらせやすいかどうかを検討した。当該地域で発生した微小地震は主に逆断層型あるいは横ずれ断層型のメカニズム解を持つ。これらの震源メカニズム解から、紀伊半島の中央構造線断層帯周辺では概ね東西方向に圧縮軸を持つ応力場が示され、横ずれ成分を含む東西圧縮の逆断

層場として特徴付けられることがわかった。この応力場は、逆断層型の断層をすべりやすくするセンスに作用し、特に南北走向の逆断層型の断層が想定される金剛山地東縁区間では断層が非常にすべりやすくなっていると考えられる。一方で、当該地域では応力場の深さ変化が報告されており、上部地殻浅部で横ずれ断層型の応力場が支配的になることで根来区間及び五条谷区間の断層がすべりやすくなっている可能性がある。

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、中央構造線断層帯讃岐山脈南縁東部区間、同西部区間、石鎚山脈北縁区間、同西部区間を対象として、活動履歴の情報を基に、最新活動直前の応力場を推定し、これを反映した動的破壊シミュレーションをおこなった。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には、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。その結果、破壊開始点の位置と各区間の最新活動直前の地震後経過率によって、5つの連動パターンが得られ、変位履歴調査の結果と調和的なパターンとして、讃岐山脈南縁東部区間と同西部区間が連動するパターン、および、石鎚山脈北縁区間と同西部区間が連動する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、中央構造線断層帯全体が同時に活動する地震を対象として、地表断層をできるだけ詳細にモデル化し、全国地震動予測地図で用いられている地震発生層内の矩形断層と接続した震源断層モデルを作成した。地表断層の端点を直線で結んだモデルとともに地震動予測式を用いて、最大速度、計測震度に加え、最大加速度および減衰定数5%の加速度応答（周期0.1秒、1秒および5秒）の計算を面的に行い、詳細なモデル化による強震動予測結果において、断層最短距離が20km程度離れた地域まで影響が現れることを示した。また、長大断層のスケーリング則の妥当性確認に用いるため、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Kahramanmaras（カフラマンマラシュ）地震とElbistan（エルビスタン）地震を対象として、主に震源インバージョン解析に関する13の既往文献と公開されている強震動記録を収集した。

以上のように、今年度の成果として、1-1) 石鎚山脈北縁区間と石鎚山脈北縁西部区間における上下変位に基づく変位履歴と連動型イベント判別手法の提示、1-2) 香川県多度津藩・愛媛県宇和島藩・大分県佐伯藩の公用日記、および熊本県熊本藩士の日記に基づく、新たな有感地震情報の収集、2) 紀伊半島の中央構造線断層帯周辺における微小地震メカニズム解に基づく東西圧縮の応力場推定とすべりやすさの検討、3) 活動履歴に基づく最新活動直前の応力場を考慮した動的破壊シミュレーションと四国陸域の連動パターンの再現、4) 詳細な地表断層分布を考慮した震源モデル作成と簡便な地震動予測式による試算、海外の強震動記録と文献の収集、などの新たな知見が得られた。