

4. 全体成果概要

別府一万年山断層帯は大分県玖珠町万年山付近から別府湾周辺域まで続く長大な活断層帯である。この断層帯では様々な調査が実施されてきたが、このうち別府一万年山断層帯（大分平野-由布院断層帯東部）は由布院盆地から大分平野に続く断層帯で、この区間が活動した場合、大分市、別府市などの都市や周辺地域に甚大な影響を及ぼす断層帯であることがわかっている。この活断層が活動した場合の社会的インパクトの高さに加えて、地震調査委員会の別府一万年山断層帯の長期評価では、大分平野-由布院断層帯東部で発生する地震の規模はマグニチュード7.2程度で、今後30年以内の地震発生確率は最大4%と評価されている。また、地震後経過率は1.0であり、地震発生の可能性が高いと推定されることに加え、他の活断層帯と比較して、平均変位速度が大きく、平均活動間隔も短いことから、活動度が相対的に高いと考えられる。また、別府一万年山断層帯の東端は、中央構造線断層帯に連続している可能性があることから、両断層帯の関係について検討が必要とされている。

この断層が活動した場合の地震災害の軽減をめざして、断層帯の地表付近の詳細な位置・形状、過去の活動履歴と平均変位速度といった活断層基本情報の高度化と、地下の震源断層の形状評価、及びそれに基づく震源域での強震動評価の高度化を達成するための総合的な調査研究を行う。当該断層帯は別府一万年山断層帯の東部分として調査観測が行われてきたが、陸域・海域・伏在平野にまたがり、断層の分布・形状が複雑であり、また中央構造線断層帯西端部との関係も重要な課題である。本研究では既存の調査結果を基礎として、補完するように、ボーリング調査、トレンチ調査、海域音波探査、自然地震観測、人工地震探査、電磁気探査、重力探査、水位変動観測、アレイ微動観測、等を行う。これらの調査観測の成果に基づいて、活断層の位置や活動履歴、平均変位速度等を断層帯全体で評価することにより、活断層の基本情報の高度化を図る。さらに自然地震探査や電磁気探査によって地震発生層の媒質の不均質性を探り、既往の地下構造観測情報と比較しながら、浅部構造観測調査も含め震源断層形状の高度化を試みる。本対象断層帯に位置し、当該断層が活動した場合に大きな揺れに見舞われる可能性が高い大分平野および別府扇状地等の地下構造モデルの高度化を図るとともに、その地下構造モデルと震源断層モデルに基づいた強震動予測を行うことを課題とした。

これらの課題に取り組むために、1)活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査及び断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測、2)断層帯の三次元的形状・断層帯周辺の地殻構造解明のための調査観測、3)断層帯周辺における強震動予測の高度化のための研究、についての調査観測、研究をすすめた。

1)活断層の活動区間を正確に把握するための詳細位置・形状等の調査及び断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測においては、下記の成果をあげた。陸域調査では、1970年代撮影の縮尺約2万分の1、1948年に米軍が撮影した縮尺約1.5万分の1空中写真を用いて、活断層のトレース及び変位様式を検討した。歴史資料の調査を実施し、1596年の慶長豊後地震の記録の収集・解析を実施した。また、大分平野については、ボーリング資料によるアカホヤ火山灰の深度分布も考慮して断層トレースを推定した。海域調査では海底地形調査および音波探査による位

置・形状の把握を目的とした調査を実施した。伏在部の調査では、別府扇状地の南側に分布する朝見川断層の活動履歴を解明するために、同断層の沈降側において新たに二本のボーリングコア掘削とそれらの分析を実施した。これらの掘削地点近傍で得られていた既存の二本のボーリングコア試料の分析結果と総合して、同断層の活動履歴について検討した。

2)断層帯の三次元的形状・断層帯周辺の地殻構造解明のための調査観測においては、各サブテーマ（2-1，2-2，2-3，2-4）で下記の成果をあげた。

（2-1）：深部地殻構造調査では、自然地震によるこの地域の調査においては、過去20年余の震源データを再解析し、地震発生層下限の分布が求められた。別府万年山断層帯においてはこれらの深度が九州内陸の他地域に比べて浅く、脆性領域が薄いことが示された。これはGPSによるせん断ひずみの空間分布のうち、せん断ひずみの大きい領域と対応していることが明らかになった。また、応力場は活断層が形成された応力場と整合的である、正断層パターンを示している。MT法による比抵抗構造推定においては、本調査の対象地域が市街地に近く、人工ノイズの影響により深部構造推定が困難なことが予想されたため、平成26年度は平成27年度の本調査に先立ち、予備調査を実施し人工ノイズの影響を評価した。その結果、1観測点につき2週間程度、電磁場データを取得することで深さ15km程度までの構造推定が可能であることが判明した。予備調査で得られた周波数応答関数からは、この地域の比抵抗構造は3次元性が非常に強いことが明らかになった。

（2-2）浅部地殻構造調査では、既存の地球物理学的資料（反射法地震探査、重力調査など）の収集・整理を進めるとともに、特に反射法地震探査については、既存データの再解析やデジタル化を実施した。また、断層帯周辺の地震活動や地殻変動の解析高度化のために、GPSおよび地震観測地点を増強する準備を整えた。さらに、断層帯構造の解明のための稠密重力調査を実施した。あわせて、盆地浅部における地盤構造の高度化に必要な地盤モデル構築に向けてボーリングデータベースを作成するため、既存ボーリングの情報収集整理を実施した。

（2-3）水理構造調査では、別府・由布院・大分平野等に存在する温泉掘削の情報を整理するとともに、水位観測や水質分析を追加して水理的解析を行った。また浅層の比抵抗探査を実施して、浅層地下構造との関連を明らかにする調査を開始した。

（2-4）応力変遷史解析調査では、野外携行データ記録システム等を活用した小断層解析による応力変化史の解析および地質調査に基づく断層帯形成のプロセスの解明を進めるとともに、地殻内応力シミュレーション装置を用いた、三次元断層構造形成の解析を開始した。関連して、大分平野での砂脈の形成時の応力等の推定を実施した。

3)断層帯周辺における強震動予測の高度化のための研究としては、①微動アレイ探査において、固有周期10秒の3成分速度計を用いて大分平野12カ所、別府扇状地5カ所、由布院盆地1カ所にて最大半径1km程度の微動アレイ観測を実施し、0.2Hzから5-10Hzの範囲でレイリー波の位相速度の暫定値を得た。既往速度構造モデルから計算される理論位相速度と観測値との比較を行い、今後の速度構造モデルの改良について考察した。②単点微動観測および小半径微動アレイ観測では、大分平野の沖積層分布地域に3測線を設定し可搬型3成分加速度計12台を用いた単点微動同期観測を実施した。当地域では観測した水平上下スペクトル比（H/Vスペクトル）から表層地盤特性の地域性を把握できるとの知見を得た。また、別府湾周辺地域の広域を対象として3成分速

度計を用いた単点微動観測を行いデータを蓄積した。H/V スペクトルの 0.1Hz から 1 Hz 帯のピークが深部速度構造と対応する傾向を見出した。さらに、小半径微動アレイ観測を実施し、浅層の S 波速度構造推定のためのデータを蓄積した。③連続微動観測網の構築と地震波干渉法解析では、別府湾を取り囲む全 12 点の広帯域地震計から成る連続微動観測網を構築し、地震波干渉法解析のための観測データを蓄積した。別府湾周辺域の防災科研 Hi-net の 1 年間分の観測記録を用いた干渉法予察解析を実施し、別府湾広域の長測線での平均的な群速度を推定した。連続微動観測網で得られた 5 ヶ月分のデータを用いた地震波干渉法解析を行い、観測点ペアによっては分散性をもつ波群が検出されつつあることを確認し、いくつかの観測点ペアについて群速度の暫定値を得た。④地震記録の収集・解析では、大分県内の自治体震度計（全 49 点）にて 2005 年以降に観測された 51 地震の観測記録を収集・整理した。地震記録の主要動部分を用いた H/V スペクトルの算出と、後続波部分を用いた R/V スペクトルの算出を行い、観測点毎に整理し、地下構造モデル高度化のためのデータを蓄積した。⑤震源モデルの作成については、境界積分方程式法を用いた計算コードを整備した上で、別府地溝南縁断層について断層形状モデルを作成した。次に数値計算コードを用いて動的破壊伝播シミュレーションを行い、コードの動作を確認した。また、当該地域の既往の強震動予測の震源モデルを調査すると共に、短い活断層の集合から成る震源モデル作成に向けて、地殻内地震における短い活断層および正断層の震源特性の調査を行った。

引用文献

地震調査研究推進本部，別府一万年山断層帯の長期評価について，2009.