

(1) 実施機関名：

九州大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

別府 島原地溝帯における地震活動と火山活動の相互作用の研究

(3) 最も関連の深い建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

エ．地震活動と火山活動の相互作用

(4) その他関連する建議の項目：

2. 地震・火山現象解明のための観測研究の推進

(1) 日本列島及び周辺域の長期・広域の地震・火山現象

ウ．広域の地殻構造と地殻流体の分布

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-1) 地震準備過程

ウ．ひずみ集中帯の成因と内陸地震発生の準備過程

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

九州中部の別府湾と島原半島には南北伸張場による正断層が発達しており、別府と島原を結び九州中部を東北東 西南西に横断する地域は、別府 島原地溝帯と呼ばれている。別府 島原地溝帯には多くの活火山が分布するが、中でも阿蘇山は世界有数のカルデラを有し現在でも活発な状態が続いている。また、この地溝帯に沿った地域は歪速度も大きく、地震活動も活発であり、九州の内陸被害地震の多くもこの地域に集中している。このように、九州中部の活発な内陸地震活動と火山活動は、地溝帯形成という共通のテクトニクスの下で相互に影響を及ぼしあって発生していると考えられる。しかしながら、別府-島原地溝帯については、マントル物質の上昇・湧き出しによる Continental Rift であるという説がある一方、中央構造線の西方延長部の右横ずれ運動にともなう Pull-apart Basin であるという説もあり、その実体と成因は現時点において明らかではない。

そこで本研究では、稠密観測および制御震源地震探査に基づいて九州中部地域の地殻構造を明らかにし、別府-島原地溝帯の実体解明を試みる。さらに、別府-島原地溝帯の地殻構造モデルを用いて有限要素法等によるシミュレーションを実施して地溝帯の歪や起震応力の空間分布を再現し、ローディング機構および地震・火山活動の関連について理解を深めることを 5 か年の到達目標とする。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度は、阿蘇山を含み、別府 島原地溝帯を横断する領域において稠密自然地震観測および GPS 観測を開始する。これらの臨時観測は、当該地域の地殻活動状況を見ながら、必要に応じて再配置等をしながら、平成 25 年度まで継続する。解析については、平成 21 年度は既存データの解析を行い、当該地域の地殻水平歪分布と地震活動・起震応力分布を明らかにするとともに、レシーバ関数解

析により、九州地域における地殻・上部マントルの不均質構造，特にモホ面の深度分布を推定する。また，平成 23 年度に予定している制御震源地震探査に向けて，九州地域における過去の構造研究成果や平成 21 年度の解析結果を参照しながら探査計画を検討する。

平成 22 年度は，臨時観測のデータを加えて，地殻水平歪分布，震源分布，起震応力分布，およびレシーバ関数解析によるモホ面深度分布の高精度化をはかる。また，地震波速度トモグラフィーを実施して，当該地域の地殻・上部マントルの分解能 20km 程度の 3 次元速度構造を明らかにする。さらに，平成 23 年度の制御震源地震探査の測線および発破点の現地調査を実施して，探査計画を確定する。

平成 23 年度は，阿蘇山を通り別府-島原地溝帯を横断する測線において制御震源地震探査を実施し，地溝帯および阿蘇カルデラの地殻構造解析を行う。また，GPS 観測データに基づき，当該地域の水平地殻変動のモデル化に着手する。

平成 24 年度は，制御震源地震探査の屈折法および反射法解析を進め，別府-島原地溝帯（含阿蘇カルデラ）を横断する地殻構造を明らかにする。さらに，制御震源地震探査と稠密自然地震観測のデータを用いて地震波トモグラフィーを行い，地溝帯下において分解能 5km 程度の 3 次元速度構造を明らかにする。これらの成果に基づき，当該地域の地殻構造モデルを作る。また，この地殻構造モデルを参照しながら，水平地殻変動のモデル化を行う。

平成 25 年度は，地殻構造モデルと水平地殻変動モデルに基づいて，別府-島原地溝帯の実体を明らかにし，その成因について考察する。また，地殻構造モデルを用いて有限要素法等によるシミュレーションを実施して地溝帯および阿蘇カルデラ周辺の歪や起震応力の空間分布を再現し，地溝帯における内陸地震のローディング機構と地震・火山相互作用に関する理解を深化させる。

(7) 平成 22 年度成果の概要：

平成 22 年度は昨年度に加えてさらに 21 点の地震観測点を展開した。これらの観測点は別府-島原地溝帯を横切るように展開すると同時に，活発な地震活動がある場所にも展開した。昨年度と合わせると計 35 点の臨時点展開を行った。これらと京都大学の定常点，臨時点，九大のその他の定常点，臨時点とを合わせて処理を行うことにより，精度の高い震源分布と発震機構解が得られつつある。また，これらの稠密観測網構築と並行して，広域応力と空間的に分布するモーメントテンソルによる応力場モデル化の手法を開発した。図 1 に示しているのは空間的に分布させたグリッドポイントの位置図（左）および推定された広域応力場と各グリッドポイントにおけるモーメントテンソルである。グリッドポイントは火山および断層，別府島原地溝に分布させて，2 次元問題として解いた。その結果，別府島原地溝帯東部においては大きなせん断応力変化を起こすモーメントテンソルが得られた。これはこの領域で非弾性的に変形している状態を反映していると考えられる。

一方，別府 島原地溝帯の地殻構造については，昨年度に引き続きレシーバ関数（RF）解析を実施して，当該地域のモホ面を推定した。別府-島原地溝帯がリフトバレーであるとする研究（多田,1993）では，この地溝帯がその西側に存在する沖縄トラフの延長であると推測されている。そのため，今年度は沖縄トラフに近い地溝帯西部の地殻構造を推定した。1996 年 8 月から 2010 年 5 月までに発生した M5.5 以上の遠地震波形を用いて RF を作成し，さらに遺伝的アルゴリズム（GA）インバージョンを用いて観測点直下の S 波速度構造を推定した。図 2 および図 3 にその結果を示す。この結果からは，昨年度の別府-島原地溝帯中部（阿蘇周辺）における結果と同様，別府-島原地溝に対応するモホ面上昇は見いだせず，この領域がリフトバレーであるという証拠は得られなかった。しかし，解析領域の西端でモホ面がそれよりも浅くなっており，沖縄トラフの拡大の影響が別府-島原地溝帯の西縁部にのみ及んでいる可能性があることを示唆している。なお，地震波速度トモグラフィーについては，稠密地震観測データの蓄積を待って平成 23 年度に実施することにした。

GPS 観測については，国土地理院が展開する GEONET 観測点を補完し，別府-島原地溝帯の地殻変動をより詳細に明らかにするため，21 点の連続観測点とキャンペーン観測点を増設し，観測を継続した。1 年以上の観測期間がある観測点の観測点速度は周辺の GEONET 観測点の速度と調和的であることが確認された。また，国東半島から西都市に至る測線と久留米市から延岡市に至る測線において，

測線に沿う方向と直交する方向の観測点速度を調べたところ、測線に直交する方向の観測点速度は断層を挟んで変化していることがわかった。さらに、国土地理院が展開する GEONET 観測点の F3 座標解を使って九州地域の歪変化を求めた。その結果、別府-島原地溝帯を含む九州中部で南北伸長が卓越するという従来の知見に加え、別府湾から阿蘇カルデラにかけて最大せん断歪が大きい領域が存在することが明らかになった。

- (8) 平成 22 年度の成果に関連の深いもので、平成 22 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :
Abe, Y., T. Ohkura, T. Shibutani, K. Hirahara and M. Kato, Crustal structure beneath Aso Caldera, Southwest Japan, as derived from receiver function analysis, J. Volcanol. Geotherm. Res., 195, 1-12, doi: 10.1016/j.jvolgeores.2010.05.011, 2010.

- (9) 平成 23 年度実施計画の概要 :

平成 23 年度も稠密地震観測を継続し、データの蓄積を行う。また、これらのデータを用いてさらに精度の高い震源および発震機構解を得て、詳細な応力場のモデル化を試みるとともに、地震波速度トモグラフィーにより当該地域の 3 次元地震波速度構造を明らかにする。レシーバ関数解析に関しても、より小規模な構造の変化を調べるために、地溝帯の縁にある観測点の RF を遠地震の到来方位別に解析する予定である。

また、平成 23 年度は、阿蘇山を通り別府-島原地溝帯を横断する測線において大規模な制御震源地震探査を実施し、地溝帯および阿蘇カルデラの地殻構造解析を行う。

さらに、GPS 観測についても稠密観測を継続し、これらの GPS 観測データに基づき、水平地殻変動のモデル化に着手する。

- (10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター(清水 洋, 他 4 名)

他機関との共同研究の有無 : 有

京都大学大学院理学研究科(大倉敬宏, 他 2 名)

鹿児島大学理学部 (宮町宏樹, 他 3 名)

以上は研究期間を通して常時参加する機関および参加者である。

この他に、平成 23 年度に予定している制御震源地震探査については、東京大学地震研究所や秋田大学工学資源学部など全国の関係機関の協力のもとに実施(筒井智樹, 他約 20 名)。

- (11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名 : 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター

電話 : 0957-62-6621

e-mail : hshimizu@kyudai.jp

URL : www.sevo.kyushu-u.ac.jp

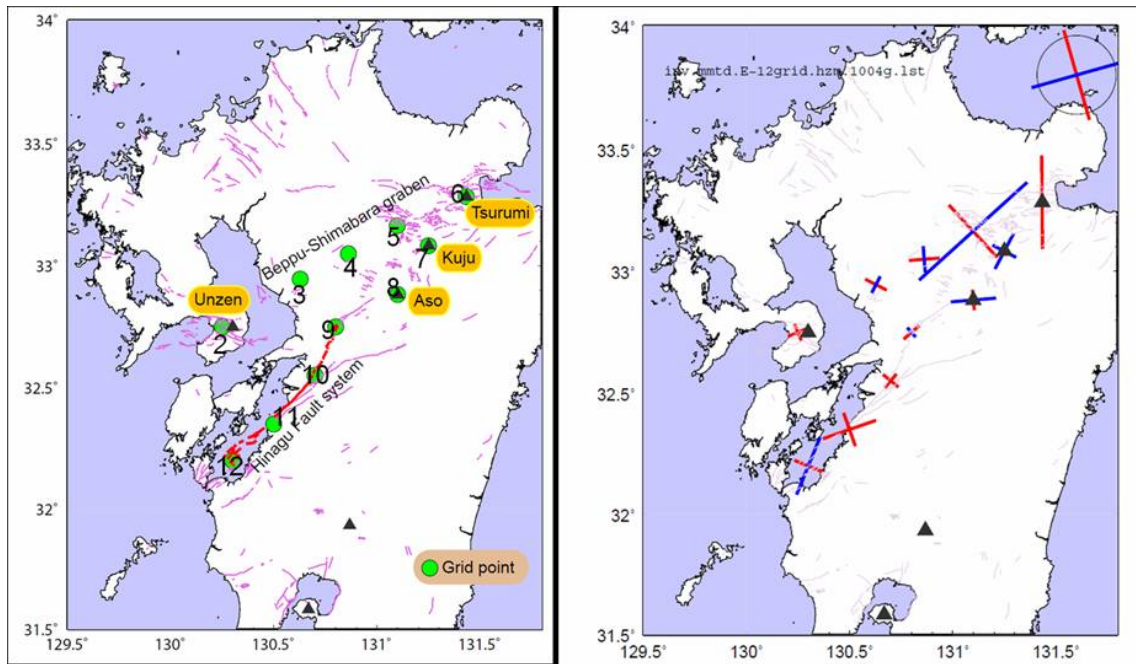


図1 応力場モデル化の手法によって得られた結果
空間的に分布させたグリッドポイント（左図）におけるモーメントテンソルと広域応力場（右図）を示す。

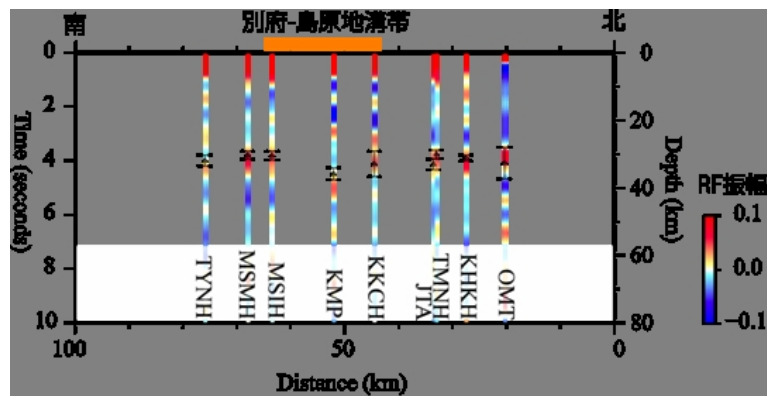


図2 RF(時間領域)の別府-島原地溝帯を横切る断面への投影図
RFは観測点の距離に応じて表示されている。三角形とバーはGAインバージョンにより推定された、モホ面深度とその推定精度を示す。左側の縦軸はレーザ関数の時間、右側の縦軸はモホ面深度にそれぞれ対応する。

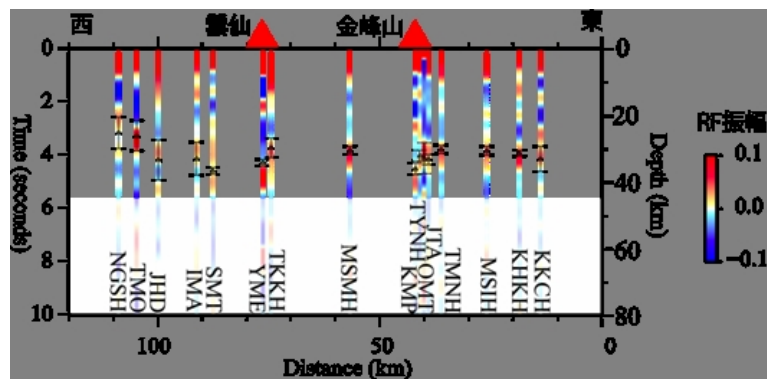


図3 RF(時間領域)の別府-島原地溝帯に沿う断面への投影図