

(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ひずみ速度も大きく、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、稠密観測及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ひずみや起震応力の空間分布を再現し、ローディング機構及び地震・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及び 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ひずみ分布と地震活動・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、地殻水平ひずみ分布、震源分布、起震応力分布、及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及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、地溝帯及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及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及び阿蘇カルデラ周辺のひずみ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 24 年度成果の概要：

平成 24 年度も平成 23 年度に引き続き、別府 - 島原地溝帯における稠密地震観測及び GPS 観測を継続し、高精度の震源分布、起震応力解析、及びひずみ解析を実施した。また、地殻構造については、レシーバ関数解析と制御震源地震探査の解析を進めた。その結果、以下の成果が得られた。

別府 - 島原地溝帯を中心として、九州地域のひずみ速度分布、応力分布、地震発生層の厚さ分布が従来よりも高い精度で明らかにされ、平均的間隙水圧分布が推定された。別府地域に大きなひずみが集中しており、そこでは微小地震活動が高いことが明らかになった。この地域は地震発生層の厚さが他の地域と比べて薄く、このためにひずみ速度が大きくなることが示された。この結果は応力比の空間変化からも支持され、ひずみ集中メカニズムに関して重要な知見が得られた。さらに、間隙水圧は別府 - 島原地溝帯西部で比較的低く、断層地域では高い結果が得られるなど、地震発生特性との関連が示唆された。図 1 にこれらの結果を模式的にまとめて示す。

一方、地殻構造に関しては、平成 23 年度に実施された制御震源地震探査の P 波初動データを用いて、トモグラフィー解析により高精度の地震波速度構造断面が得られた（図 2）。速度構造には顕著な水平方向の速度不均質が見られ、臼杵 - 八代構造線を境にして、南側の付加帯が存在する領域よりも北側の火山岩類や火砕流堆積物が見られる領域で、低速度領域が厚くなる特徴を示す。特に、別府 - 万年山断層帯の下部は深部まで低速度領域が延びている。また、レシーバ関数解析の結果では、布田川・日奈久断層に平行な帯状の領域でモホ面が周囲よりも浅部に存在することが分かった（図 3）。この帯状の領域は、一方の境界が布田川・日奈久断層であり、別府 - 島原地溝がこの領域内に存在する。この領域の内側では外側に比べてモホ面の深度が 5-10km 浅い。多田 (1993, 地質学論集) は、島原半島を南北に横切る測線上で観測された重力値をもとに、島原半島を中心とする幅 50km の領域でモホ面が最大で 10km 上昇していると推定しており、私たちの解析結果はそのフォワードモデリングと調和的である。この帯状の領域の直下では、マントルの上昇流が存在する可能性がある。

レシーバ関数解析によるモホ面深度の特徴は、別府 - 島原地溝帯の東部（別府地域）における地震発生層の厚さや応力・ひずみ分布とは調和的であるが、地溝帯西部とは必ずしも整合的ではないように思える。今後更なる検討と総合モデルの構築が必要である。

(8) 平成 24 年度の成果に関連の深いもので、平成 24 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :

(9) 平成 25 年度実施計画の概要 :

平成 24 年度の成果で述べたように、九州におけるモホ面深度や地殻の不均質構造と、地震発生層の厚さや応力・ひずみ分布を統一的に説明するモデルを考える必要がある。

そのため、平成 25 年度は、応力・ひずみ場や地殻構造について、更に空間分解能を上げた解析を行うとともに、有限要素法などの数値モデリングを導入して、より定量的なモデルの構築を試みる。また、これらのモデルに基づき、別府 - 島原地溝帯の実体と成因、及び九州内陸部における地震のローディングプロセスと火山との相互作用について考察する。

(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

(12) この研究課題(または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 清水洋

所属 : 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

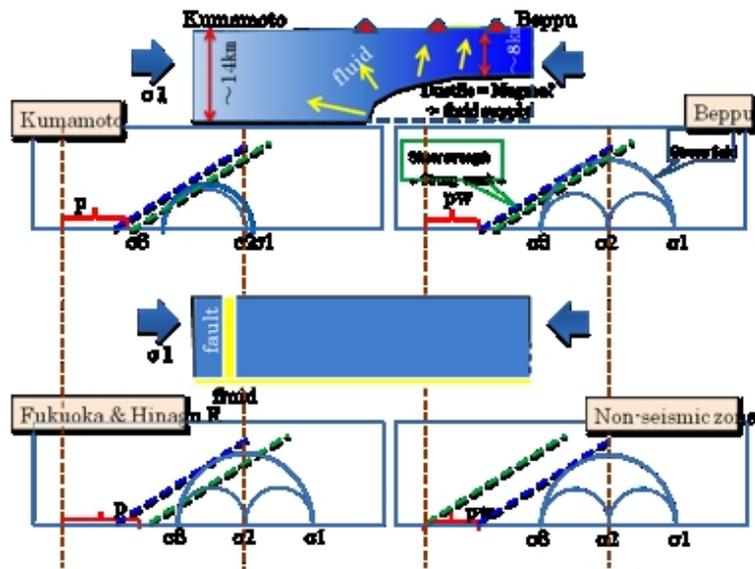


図 1

九州における地震発生の模式図．上段が別府 - 島原地溝帯，下段が断層帯と地震活動のない地域を模式的に示している．地震発生層の厚さ変化やモール円による応力強度の関係図を示す．別府 - 島原地溝帯では東部で地震発生層が薄く，最大主圧縮応力が西部よりも高い．そのため，ひずみが集中している．また，地溝帯内部では地震活動が活発で，これらは火山もしくは下部地殻からの流体供給による強度低下によって励起している可能性がある．また，断層帯では局所的に間隙水圧が高く，地震活動が活発であるが，断層帯の他では必ずしも活発でない．これは流体供給源もしくはその供給路が存在していないと解釈することが可能である．

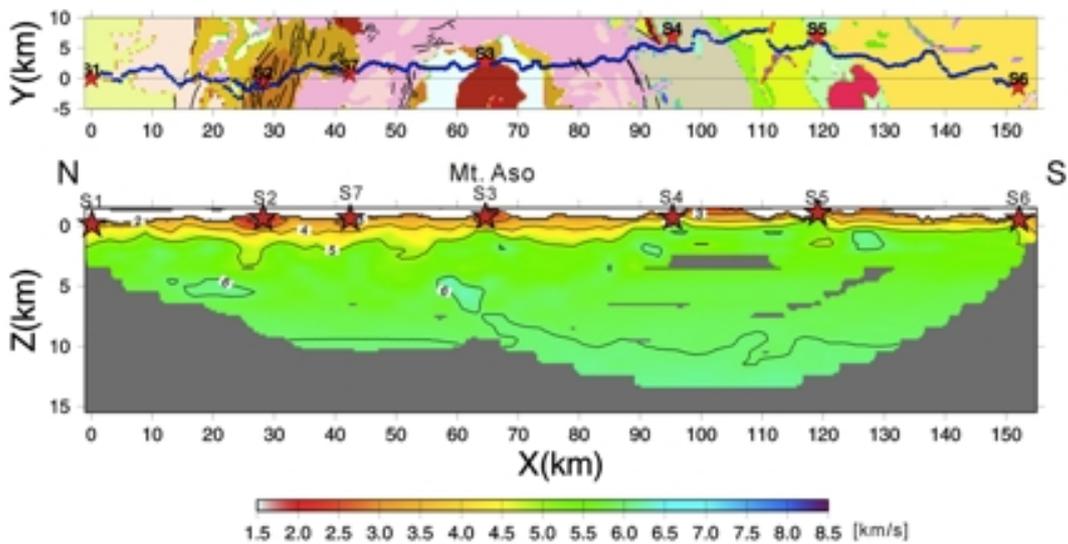


図 2

九州内陸部を南北に縦断する探査測線下の P 波速度構造．P 波速度を表す色は，震源と観測点を結ぶ波線が通過した領域のみを表示した．星印は発破点の位置を示す．白枠 - 八代構造線は，発破点 S4 付近を通る．また，別府 - 万年山断層帯は，発破点 S2 付近に対応する．

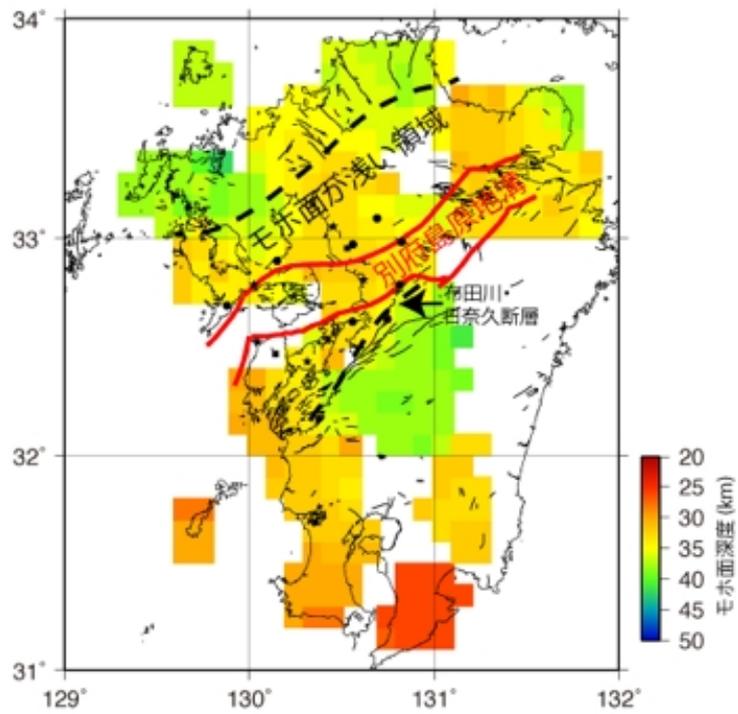


図 3

レシーバ関数解析から推定される九州地域のモホ面の深度分布．図中の破線で挟まれた領域のモホ面深度が相対的に浅くなっており，別府 - 島原地溝帯はその中に存在する．