

(1) 実施機関名：

京都大学防災研究所

(2) 研究課題(または観測項目)名：

日向灘の地震活動と南九州の火山活動の相互作用および応力伝播・物質移動過程のモデル化

(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：

1. 地震・火山現象予測のための観測研究の推進

(2) 地震・火山現象に関する予測システムの構築

(2-1) 地震発生予測システム

ア．地殻活動予測シミュレーションとデータ同化

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

九州地域にはフィリピン海プレートが沈み込み、日向灘において 20～30 年間隔で大地震が繰り返し発生している。また、隣接する南九州には、桜島などの爆発的火山がある。いずれもプレートの沈み込みに起因する地震・火山活動であり、両者の間の相互作用は大きいと考えられる。特に地震発生に伴う応力擾乱が、火山に及ぼす影響の評価は、短期から長期にわたる火山噴火活動予測において極めて重要である。加えて、1914 年桜島噴火の際に発生した大地震のように、火山噴火に伴う大地震発生の予測も重要な課題である。

上記の観点から、日向灘の地震活動と南九州の火山活動に関連する応力伝播・物質移動過程のモデル化を目指す。この目標に向けて、京都大学防災研究所及び関係大学・機関により設置された南九州地方の地震・火山・地殻変動観測網を最大限活用して、地震活動及び地殻変動の時間的推移を捉える。並行して、九州南部において、沈み込むフィリピン海プレート及び陸側モホ面の形状及びマントルウェッジの地震波速度構造を明らかにし、マントルウェッジ内の流体分布とプレート間の固着域の推定を試みる。九州中南部において、広域電気比抵抗モデルを構築するとともに、詳細な火山体深部構造の推定を行う。さらに、これらの探査結果に基づいて数値構造モデルを作成し、シミュレーションを行い、日向灘からの応力伝播過程や火山体下深部からの物質移動過程を解明する。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

【地震・地殻変動観測】

京大常設地震・地殻変動観測網に Hinet, GEONET 等のデータを統合し、南九州の地震活動、地殻変動の時間的な推移を捉える。PS/SBInSAR 解析を実施し、九州太平洋岸から火山フロントに至る地殻変動の空間パターンを把握する。

このため、既存観測網を用いた地震・地殻変動連続観測及び GPS 連続観測を実施するとともに、地震、GPS 連続観測点の新設も試みる。

〔平成 21 年度〕

- ・九州地方南部に地震・GPS 観測点を新設し、高密度地震及び地殻変動観測を開始する。
- ・ALOS/PALSAR 画像を収集し、これまでの九州南部の干渉画像を作成し、地殻変動を検出する。

〔平成 22 年度〕

- ・九州南部の高密度地震・地殻変動観測を継続する。
- ・引き続き ALOS/PALSAR 画像を収集し、干渉処理を行い、地殻変動を検出する。また、予察的な PS/SBInSAR 解析を試みる。

〔平成 23 年度〕

- ・九州南部の高密度地震・地殻変動観測を継続する。
- ・引き続き ALOS/PALSAR 画像を収集し、PS/SBInSAR 解析を行い、地殻変動の時間変化を検出する。

〔平成 24 年度〕

- ・九州南部の高密度地震・地殻変動観測を継続する。
- ・引き続き ALOS/PALSAR 画像を収集し、PS/SBInSAR 解析を行い、地殻変動の時間変化を検出する。GPS 観測結果との結合を図る。

〔平成 25 年度〕

- ・九州南部の高密度地震・地殻変動観測を継続する。
- ・引き続き ALOS/PALSAR 画像を収集し、PS/SBInSAR 解析を行い、地殻変動の時間変化を検出する。GPS 観測結果と結合し、5 年間の時空間で高分解能の地殻変動を推定する。

【地震波速度構造探査】

フィリピン海プレートの沈み込む方向に海岸部から火山フロント付近までの複数の測線において高密度で地震観測点を展開する。これら臨時観測点のデータに加えて、測線近傍の既存観測点のデータも活用して、レシーバ関数解析等を行う。プレート境界面やモホ面などの地震波速度不連続面の 3 次元構造を明らかにし、プレート境界付近やマントルウェッジ内の流体分布を推定する。

〔平成 21 年度〕数点で予備観測を行うとともに測線候補地の検討を行う。

〔平成 22 年度〕観測点の展開を行う。データ蓄積を開始する。

〔平成 23 年度〕観測点の拡充を行う。レシーバ関数解析を行い、測線下の速度不連続面のラフなイメージを作成する。

〔平成 24 年度〕観測を継続する。レシーバ関数解析を行い、測線下の速度不連続面のイメージを改善する。

〔平成 25 年度〕沈み込むフィリピン海プレートと陸側モホ面の形状及びマントルウェッジの地震波速度構造を明らかにし、マントルウェッジ内の流体分布とプレート間の固着域の推定を試みる。

【比抵抗構造探査】

九州地域で実施された種々の電磁気探査結果を包括的に再解析し、広域的な 3 次元比抵抗モデルの構築を行う。大局的な構造から、特定火山にクローズアップし、補充的に広帯域・長周期 MT 観測を実施し、その詳細な深部構造の推定につなげ、モデルの高度化を行う。

このため、平成 23 年度までの 3 年間で、九州の電磁気探査データを収集・コンパイルし、広域モデルを構築する。

〔平成 21 年度〕

- ・九州において、過去に実施された広帯域 MT 観測・ネットワーク MT 観測・長周期 MT 観測データの収集・整理を行う。

- ・広域比抵抗モデルを構築する初段として、ネットワーク MT 観測データを用いた 3 次元比抵抗モデル推定に着手する。

- ・電磁気データの面的カバーリングの過不足を検討し、不足している地域において、補充観測のための下見を行う。

〔平成 22 年度〕

- ・前年度で得られる広域 3 次元比抵抗モデルから、地域を絞りモデルの高度化を計る(九州南部)。

・データ不足域において補充長周期 MT 観測を実施する。

〔平成 23 年度〕

・前年度までの使用データ (NMT) に、広帯域 MT・長周期 MT データを統合し、比抵抗モデルの更なる高精度化を試みる。

・地表における火山活動域とスラブに至る深部構造の関連性を比抵抗という観点で検討する。

【三次元構造モデルの構築と応力伝播・物質移動過程のモデリング】

上記の構造データ及び地震・地殻変動データを活用し、三次元構造モデルを構築し、粘弾性媒質あるいは粘性流体を仮定して計算を実行し、地震発生及び火山噴火に至る応力伝播・物質移動過程のモデリングを行う。

このため、既存データの収集し、これに基づく暫定モデルを作成する。

〔平成 21 年度〕

・モデル構築に必要な構造研究の文献・資料を収集し、予察的数値モデルを作成する。

〔平成 22 年度〕

・引き続き文献・資料を収集するとともに、数値モデルの精密化を図る。また、GPS/SAR データをインバージョンし、プレート間カップリング等の推定を試みる。

〔平成 23 年度〕

・引き続き文献・資料を収集し、モデルの精密化を図るとともに、地殻変動データからカップリング等の推定を行う。

〔平成 24 年度〕

・文献・資料を収集と地震波及び比抵抗構造探査結果をコンパイルし、モデルの精密化を図るとともに、地殻変動データからカップリング等の推定を行う。

〔平成 25 年度〕

・4 年間の構造探査等研究成果を統合したモデルにより、地殻変動データからカップリング等の推定を行う。

(7) 平成 24 年度成果の概要 :

2007 年 ~ 2011 年の期間における ALOS/PALSAR データ及び解析ソフトウェア StaMPS を用いた PS-InSAR 時系列解析を桜島火山に適用した。これまでノイズが少ないと思われる InSAR 解析結果にスタッキングを行うことで桜島北部における地盤の隆起が面的に検出されていたが、これとほぼ同様な結果がより客観的な解析方法で検出された (図 1) 。

宮崎観測所の保有する地殻変動連続観測網において、観測を継続している。

霧島 (新燃岳) 山の北西約 18km の伊佐観測点においては、2011 年 1 月 26 日からの噴火活動の推移に対しはずみ変動が捉えられたが、その後の解析で各噴火前に、噴火時の約 1/100 程度 (1.0×10^{-9}) で、数時間先行する山体膨張を示す先駆的変動が確認されている。

また、2008 年 8 月の小規模な噴火の際にも、噴火時のステップ状の変化と、噴火の約 6 日前から山体膨張を示すはずみ変化が記録されていることが確認された (図 2) 。

新燃岳の現在の状況は、「マグマだまりへの深部からのマグマの供給は停止した状態が続いているが、火口には多量の溶岩がたまっており、火口直下の火山性地震がわずかながらも続いていることから、現在でも小規模な噴火が発生する可能性は否定できない」とされている。

九州中南部地域下におけるマグマの生成に関するモデルを構築するためには、フィリピン海プレートからの脱水やマントルウェッジ内の流体の挙動を解明する必要がある。本研究では、定常観測点及び臨時観測点のデータを用いて、レシーバ関数解析や地震波走時トモグラフィなどにより、プレート境界面やモホ面などの地震波速度不連続面を含む詳細な 3 次元速度構造を推定することを目的とする。

臨時観測では、一昨年度、宮崎市南部から霧島山へ延びる測線を設定し、間隔が 5km 程度になるように 7 点の観測点を設置し、2010 年 11 月下旬から観測を開始した。昨年度は、鹿児島県北西部に新規に 4 点の観測点を設置し、2011 年 12 月から観測を開始した。霧島山周辺で新燃岳モニタリング用

に行われている臨時観測点と Hi-net の定常観測点を含めて、宮崎市から阿久根市まで九州南部を横断する稠密リニアアレイを構築した。今年度は、これらの観測点での観測を継続し、波形データを蓄積した。レシーバ関数解析にも着手し、宮崎 - 阿久根測線の暫定的なレシーバ関数イメージを得た(図 3)。西北西に傾き下がるフィリピン海スラブ内の海洋モホ面を深さ 120 km まで確認することができる。ただし、深さ 70 km くらいからレシーバ関数イメージから読み取れる海洋モホ面と黒丸で示される深発地震面との間に開きが生じるが、これは水平成層構造を用いたイメージングによるバイアスであり、今後補正する必要がある。大陸モホ面は、測線の中～西部では深さ 30～35 km にみられるが、東部のウェッジ域では不明瞭である。これは、ウェッジ部がスラブ起源流体の影響で低速度化し、モホ面が高速度層上面ではなくなっているためと考えられる。宮崎市付近の深さ 40 km のプレート境界面は安定滑り域である可能性が高い。

今年度、宮崎市南部から桜島に延びる第 2 の測線を設定し、6 点の臨時観測点を展開した。既存の観測点も合わせて、観測点間隔が約 5 km の稠密リニアアレイを構築した。

九州地域で 1993～1998 年の期間に実施された Network-MT 法観測によるデータをもとにした広域比抵抗構造の研究を継続した。平成 23 年度までに明らかになっていた九州地域の 2 次元解析を基にした比抵抗構造に関する成果をまとめ、ジャーナルに投稿し成果を公表した(図 4)。また、3 次元比抵抗構造解析を継続し、得られたモデルの妥当性に関して検討を加えた。その結果、以下のようなことが明らかになった。

- ・火山フロントの主要火山の地下には、背弧側深部から沈み込むプレートの上面に沿うように浅部までに至る低比抵抗異常域が存在している。

- ・低比抵抗異常域は、火山フロントに沿って連続しているわけではなく、由布岳、九重山、阿蘇山の下に、また、霧島山、桜島の下に、不連続的に存在している。

- ・一方、沈み込むプレートを含め火山フロントより前弧域は、概ね高比抵抗である。

- ・逆に、非火山地域では、前弧域のプレート上面から浅部にわたり、火山地域と比較して低比抵抗値を示している。

- (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)：
安部祐希・大倉敬宏・平原和朗・澁谷拓郎，レシーバ関数解析によって明らかにした九州地方の最上部マントルにおける流体の存在，日本火山学会 2012 年度秋季大会，B02-06，2012
寺石眞弘・石原和弘・山崎健一・小松信太郎・加藤幸司:歪観測からみた 2011 年 1 月霧島新燃岳の噴火過程 Volcanic Process of the 2011 Shinmoedake Eruption inferred Strain Data. 日本地球惑星科学連合 2012 年大会
澁谷拓郎・寺石眞弘・小松信太郎・山崎健一・大倉敬宏・吉川 慎・安部祐希・井口正人・為栗 健・園田忠臣・市川信夫・三浦 勉，南九州下に沈み込むフィリピン海プレートのイメージング(2)，京都大学防災研究所研究発表講演会，E22，2013
畑真紀、Modeling of Large-Scale Electrical Resistivity Structure for Clarifying Arc Magmatism beneath Kyushu, Japan、京都大学大学院理学研究科博士論文、2013.
Maki Hata, Naoto Oshiman, Ryokei Yoshimura, Yoshikazu Tanaka, and Makoto Uyeshima, Fluid upwelling beneath arc volcanoes above the subducting Philippine Sea Plate: Evidence from regional electrical resistivity structure, Journal of Geophysical Research, 117, B7, doi:10.1029/2011JB009109, 2012.
山本圭吾，干渉 SAR による桜島および口永良部島火山の地盤変動，日本火山学会 2012 年度秋季大会，A02-11，2012。

- (9) 平成 25 年度実施計画の概要：

これまでに展開した測線での臨時観測を継続し、レシーバ関数解析のための波形データを蓄積する。蓄積されたデータを用いて、レシーバ関数解析を行い、速度不連続面のイメージを作成し、スラブ形状や周辺の色度構造について議論する。

引き続き ALOS/PALSAR 画像を用いた PS/SB-InSAR 解析を行い，地殻変動の時間変化を面的に検出する．

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

橋本学，渋谷拓郎，大谷文夫，福島洋，寺石眞弘（防災研究所地震予知研究センター）
大志万直人，吉村令慧（防災研究所地震防災研究部門）
井口正人，山本圭吾，神田径，為栗健（防災研究所火山活動研究センター）
大倉敬宏，宇津木充，井上寛之（京都大学大学院理学研究科火山研究センター）
平原和朗（京都大学大学院理学研究科） 以上，16名
他機関との共同研究の有無：無

(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：

電話：

e-mail：

URL：

(12) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：橋本学

所属：京都大学防災研究所

Mean LOS velocity calculated by StaMPS

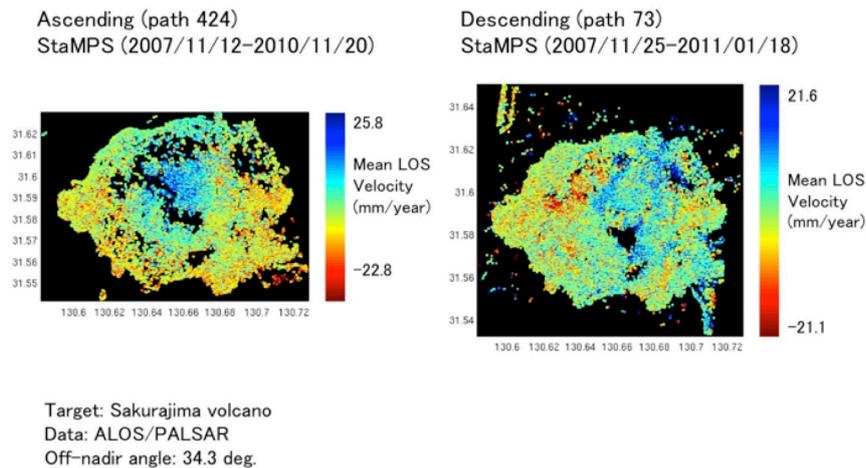


図 1

2007 年～2011 年の桜島火山の ALOS/PALSAR データの PS-InSAR 解析結果。

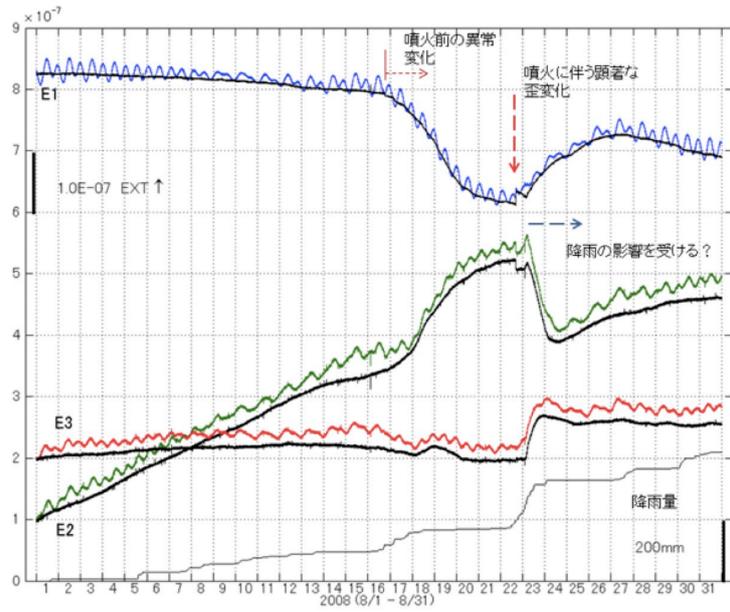


図 2
伊佐の 2008 年 8 月の伸縮計記録。霧島の 2008 年の小規模噴火に際して変動が認められる。

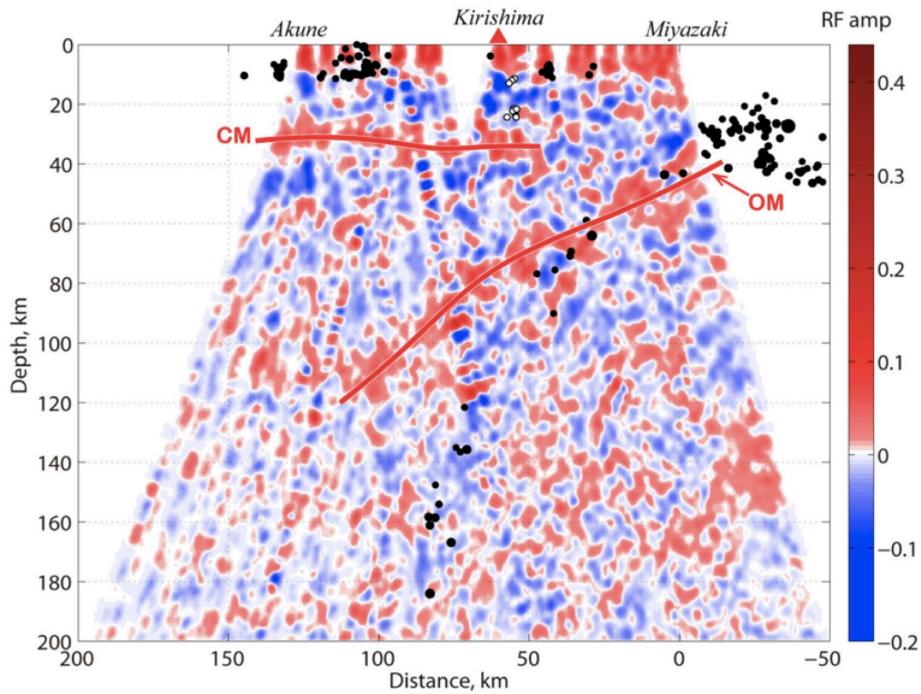


図 3
宮崎 - 阿久根測線でのレシーバ関数イメージ。赤線は高速度層の上面を表す (CM: 大陸モホ面, OM: 海洋モホ面)。白抜き丸は低周波地震, 黒丸は通常地震を示す。赤三角は霧島山。

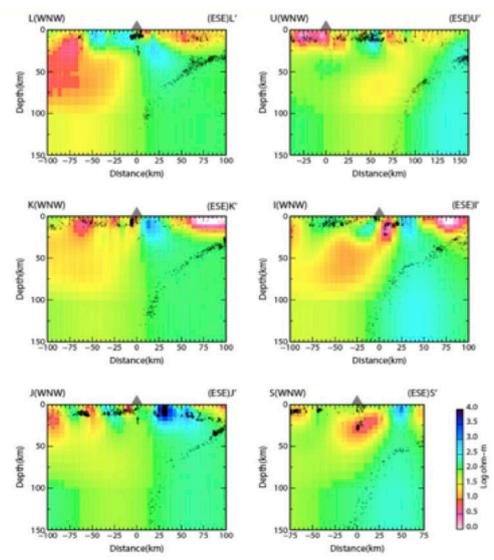
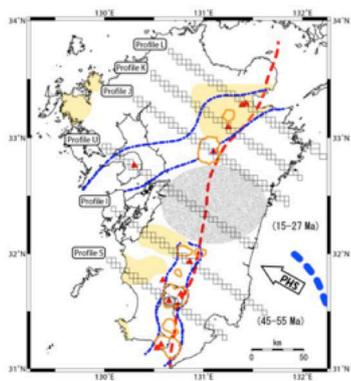


図 4
 広域比抵抗三次元モデルの鉛直断面