

(1) 実施機関名：

東北大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

地震波トモグラフィーと高サンプリング GPS 観測に基づくマグマ上昇・蓄積過程の研究

(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

(2) 地震・火山噴火に至る準備過程

(2-2) 火山噴火準備過程

ア．マグマ上昇・蓄積過程

(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

イ．上部マントルとマグマの発生場

3. 新たな観測技術の開発

(2) 宇宙技術等の利用の高度化

ア．宇宙測地技術

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

噴火準備過程の場となるマグマ供給系の分布・形態とその時間変化の解明を目指して、以下の多面的な観測・研究を実施する。1) 日本列島における火山地域を対象に、自然地震や人工地震などの各種の地震観測データを統合し、反射波や変換波をも用いた高精度のトモグラフィー解析を行い、上部マントルから地表に至るマグマ供給系の分布と形態をより詳細に明らかにする。2) 岩手山地域において高サンプリング稠密 GPS 観測を実施し、伊豆大島などの活動的な火山との比較により、噴火間隔が長い火山におけるマグマ蓄積期における山体変動の特徴と多くの火山における共通の特性を明らかにする(東京大学地震研究所との共同研究)。3) 火山活動が活発化している桜島において準リアルタイム高サンプリング GPS 観測を実施して、噴火直前におけるマグマ蓄積過程の時間発展を明らかにする(京都大学防災研究所との共同研究)。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度においては、1) 高精度トモグラフィーを実施するための統合データベースを作成する。微小地震観測網、火山観測網、人工地震観測網、Hi-net など多岐にわたるデータ源から必要な情報を収集する。これを用いて暫定的な速度構造モデルを求める。2) 岩手山地域において高サンプリング稠密 GPS 観測網を構築する。そのために必要な、商用電源や電話線が使用できない条件下でも長期間安定に稼働する観測システムを作り上げる。3) 火山活動が活発化している桜島において、マグマ供給系の直上にあたる山体北東部に高サンプリング GPS 観測点を設置する。あわせて、そのデータを準リアルタイムでモニターするためのデータ伝送システムをも構築する。

平成 22 年度～25 年度においては、1) 火山地域における地震観測統合データベースを用いて高精度トモグラフィー解析を実施し、上部マントルから地表に至るマグマ供給系の形態を詳細に可視化する。2) 岩手山地域における GPS 観測の結果と伊豆大島での結果を比較することにより、マグマ蓄積期における山体変動の個別火山における特徴と共通な特性を明らかにする。3) 桜島における高サンプリング GPS 観測にもとづいて、噴火直前の浅部におけるマグマ蓄積過程の時間発展を解明する。

(7) 計画期間中(平成 21 年度～25 年度)の成果の概要:

1. 高精度地震波トモグラフィー解析によるマグマ供給系の分布および形態解明 (H21-25)

本項目では、沈み込み帯におけるマグマ上昇機構、島弧火山マグマ供給系の解明を目的として、様々な領域におけるトモグラフィー解析を実施した。平成 21 年度においては西南日本について高精度トモグラフィー解析を実施し、中国ならびに九州地方の火山地域深部構造の特徴を明らかにし、さらにそれらの結果に基づき潜在的火山活動度を評価した。その結果、三瓶火山と大山火山の下では、下部地殻から最上部マントルに至る大規模な低速度域が存在するとともに、深部低周波地震も存在する。島弧火山に関するこれまでの成果との比較から、上記の地域の潜在的活動度は高いと考えられる一方、神鍋火山、阿武火山の下ではこれらを欠き、活動度は低い可能性を指摘した。平成 22 年度においては 21 年度に引き続き九州地域における高精度トモグラフィー解析を実施した。特に霧島山から桜島に至る南九州地域については、P 波に加えてモホ面反射波である PmP 波を用いることで下部地殻での分解能を向上させた。その結果、九州地方の島弧ならびに前弧域の下には、広く、低速度・高ポアソン比の異常域が分布していることを明らかにし、それらがフィリピン海プレートの沈み込みにもともなう脱水によって生じたマグマや流体の存在に起因することを示した。さらに桜島火山の直下では、マントルウェッジから地殻を貫いて地表へ続く低速度域の存在を明瞭に示した。一方で、霧島火山下の低速度域の分布が空間的に断続的であることを見出し、マグマ供給系の分布形態が桜島火山とは異なっている可能性を指摘した。平成 23 年度においては、東北日本弧全域を対象とする Regional Tomography と、中央部の栗駒火山を中心とする 2008 年岩手・宮城内陸地震震源域の Local Tomography を実施した。その結果、栗駒火山周辺の Local Tomography では、多数の余震を高密度観測網で記録したデータを用いることで、地殻内の詳細な P 波速度、S 波速度、ポアソン比分布を得た。栗駒火山直下では地表から下部地殻へ低速度・高ポアソン比の領域が伸びており、本震と 3 個の大きな余震は速度やポアソン比が急変する異常域周辺部に位置していることを示した。平成 24 年度においては、既存の地震観測データに加えて各国の国内地震観測網や臨時観測のデータを併用することによってトモグラフィーの高精度化を図った。その結果、国際地震センターの観測データに加えて、中国地震観測網のデータをも用いることにより、東アジア大陸下におけるマントル遷移層から地殻に至る 3 次元地震波速度構造の特徴をより鮮明にイメージングすることに成功した。さらに北アメリカ大陸の火山については、既存の観測データに加えて、稠密な臨時観測網である USArray による近地ならびに遠地地震データを用いることにより、Yellowstone 火山地域の下に、深さ 1,000 km 以深まで低速度域がほぼ連続的に存在することを明らかにした。これは、同火山が下部マントルから上昇するホットスポットに起因することを示す結果である。平成 25 年度では、平成 24 年度に引き続き東アジア大陸下におけるトモグラフィー解析を進めた。その結果、東アジア最大のプレート内部火山である長白山下には深さ 410km 不連続面付近までつづく顕著な低速度領域が見出され、その低速度領域下には沈み込む太平洋スラブがスタグナントし、さらにそのスタグナントスラブ周辺では 400-500km 程度の深さで深発地震が局在化していることを明らかにした。これらの観測事実から、長白山は沈み込む前の太平洋スラブがアウトャライズ域において形成された断層内部に水を取り込み、これら保存された水が深発地震によってマントルウェッジに再放出され、それによってメルトが生成されることで生成された火山である可能性を示した(図 1)。

2. 東北地方の火山(岩手山等)におけるマグマ蓄積過程の解明 (H21-25)

本項目では、岩手火山周辺域におけるマグマ蓄積過程の理解のための GPS 観測および過去データの再解析を実施した。例えば平成 21 年度においては、1998 年に岩手火山で発生した活動の理解を深めるために、1996 年～2009 年の長期間 GPS 連続観測データについて、基線再解析を実施した。その結果、

1998年の活動に伴う変動は2001年以前に終息していること、2001年以降の長期トレンドと1997年以前の変動傾向が異なっていることを明らかにした。この結果は、1998年活動に先行する変動が存在したことを示唆する結果となった。さらに岩手火山で1997年～2009年に観測された体積ひずみ記録から長期トレンドを除去し、1998年の火山活動に伴うひずみ変動を再評価した。活動初期(2～4月)において得られたひずみの時間変化から、浅部へ貫入したマグマは一定速度で上昇した可能性を示した。この結果は、上昇途中でマグマ中の気相の増加がなかったことを意味し、このことが噴火未遂に終わった原因である可能性を示唆しめず結果となった。平成24年度においては、1995年～2012年の長期間GPS連続観測記録に基づき、1998年マグマ貫入に先行する地盤変動を明らかにし、マグマ上昇過程を推定する試みを行った。長期連続記録から広域地殻変動に起因するトレンドと1994年三陸はるか沖地震の余効変動を取り除くことで、岩手火山地域では、1995年11月～1997年11月の2年間に最大約2cmの水平変動と約4cmの沈降が発生していたことを明らかにした。観測データが不十分なために変動源位置を正確に求めることは困難であったが、変動源は1998年マグマ貫入が発生した西岩手火山山頂地域ではなく、岩手山山腹・山麓地域と推定された。発生時期と変動源の位置から考えて、この変動は、1998年マグマ貫入に先行したマグマの移動を反映している可能性があることが考えられる。平成25年度では、2011年東北地方太平洋沖地震の大滑り域にもっとも近い火山である蔵王火山において、地震発生後におけるマグマ蓄積過程の理解のためにGPS連続観測点の増設を行い、観測を開始した。

3. 桜島火山における高サンプリングGPS観測によるマグマ蓄積過程の解明(H21-H25)

本項目では、桜島火山において、将来発生の可能性が指摘されている大規模噴火のマグマ蓄積過程を明らかにするために、京都大学防災研究所と共同で、マグマ供給系に近接する3点(北岳、権現山、鹿馬野)で高サンプリングGPS連続観測を行った。観測の際に、火山灰が太陽電池へ堆積することによって発電能力が低下し、現地へ行って灰を掃除するまで2週間以上欠測することがあったことから、これに対応するために、桜島の火山灰を持ち帰って実験を実施し、テフロン撥水剤を太陽電池表面に塗布し、45度程度傾けて設置することで、火山灰の堆積を減らし、火山灰による発電能力を1/20から1/2程度に抑えることができるとの結論を得た。これら予備実験にもとづき、2010年9月に北岳、権現の2観測点に対策済みの太陽電池を増設し、観測の安定化を図った結果、その後は長期間の欠測は生じず、一定の効果を得ることに成功した。得られたデータを高精度基線解析により解析することにより、一部欠測はあるものの、2009年から2014年にかけての連続時系列データを得ることができた。その結果、北岳-権現観測点の基線長は2009年8月から2014年1月の間で20mm程度の伸長が生じていたことが明らかになった。一方で、2014年中頃からその伸長率が鈍化していることも明らかになった。

(8) 平成25年度の成果に関連の深いもので、平成25年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：

Zhao, D., and Y. Tian, 2013, Changbai intraplate volcanism and deep earthquakes in East Asia: a possible link?, *Geophys. J. Int.*, 195(2), 706-724, doi:10.1093/gji/ggt289.

三浦 哲, 太田雄策, 出町知嗣, 立花憲司, 近江克也, 篠原英一郎, 2013, GPS観測による蔵王山周辺の地殻変動, 日本火山学会2013年秋季大会。

(9) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

趙 大鵬・三浦 哲・植木真人・太田雄策・豊国源知・岡田知巳・中島淳一・西村太志・他
他機関との共同研究の有無：有

東京大学地震研究所 火山噴火予知研究センター 森田裕一

京都大学防災研究所 火山活動研究センター 井口正人

(10) 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：東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

電話：022-225-1950

e-mail：zisin-yoti@aob.gp.tohoku.ac.jp

(11) この研究課題 (または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 太田雄策

所属 : 東北大学大学院理学研究科 地震・噴火予知研究観測センター

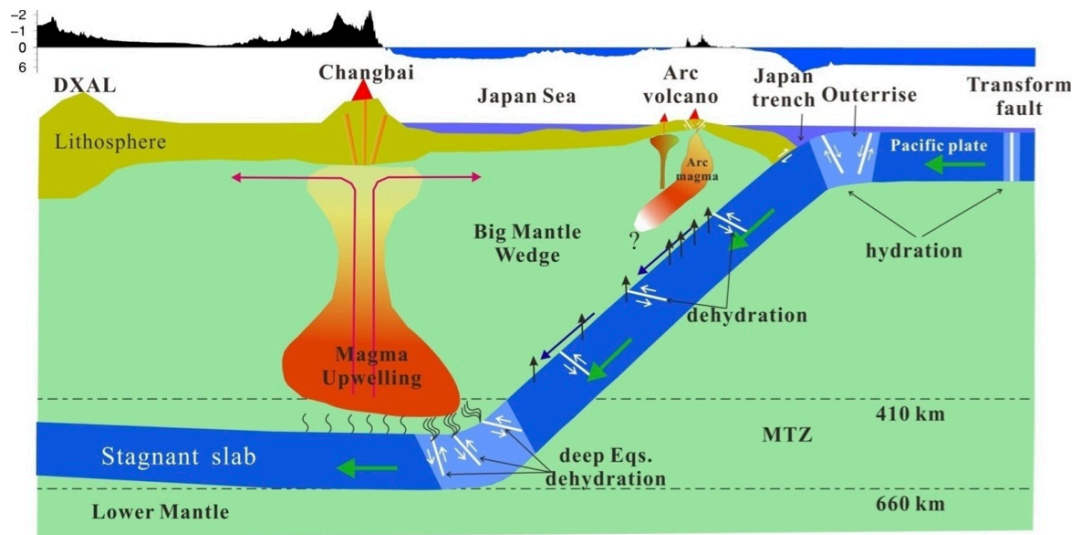


図 1 .
高精度地震波トモグラフィーにもとづく東アジアの上部マンツルの模式図 (Zhao and Tian, 2013) . 長白山を通る断面を中心に示す .