

(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) 平成 24 年度成果の概要：

1. 高精度地震波トモグラフィーによる大陸内火山下深部マグマ供給系の研究

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、東アジア大陸と北アメリカ大陸の火山のマグマ生成・上昇機構に関して、以下の点が明らかになった(図 1 および (8) 成果物の論文参照)。

1-1. 東アジア大陸の火山

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することができた。その結果、東アジア大陸の火山は、深部構造の違いによって以下の 3 種類に分類することができる。1) 長白山、五大連池、濟州島などの火山は、沈み込んだ太平洋プレートの上に存在する低速度域直上に位置し、Big Mantle Wedge 内の上昇流に起因する(図 1 a 上段, b)。2) 中国南西部の騰沖火山はインドプレートの沈み込みによる mantle wedge 内上昇流により形成された(図 1 a 下段)。3) 中国最南端の海南島火山は hotspot 火山である(図 1 a 下段)。

1-2. 北アメリカ大陸の火山

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 火山地域の下には、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(図 1 c)。これは、同火山が下部マントルから上昇する hot spot に起因することを示す。

2. 岩手火山における GPS 連続観測に基づくマグマ上昇過程の研究

岩手火山では、1998 年 3 月～8 月に、顕著な地震活動と明瞭な地盤変動が観測され、山体下浅部でマグマ貫入が発生したと考えられている。しかし、これに先行する深部から浅部へのマグマ上昇過程は未解明のままである。そこで、東北大学および国土地理院によって得られた 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(図 2 参照)。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が明らかになった。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るが、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・山麓地域にあると推定される。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。

(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)：

Tian, Y. and D. Zhao, 2012, P-wave tomography of the Western United States: Insight into the Yellowstone hotspot and the Juan de Fuca slab, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 200, 72-84.

Wei, W., J. Xu, D. Zhao, and Y. Shi, 2012, East Asia mantle tomography: New insight into plate subduction and intraplate volcanism, *J. Asian Earth Sci.*, 60, 88-103.

Zhao, D., 2012, Tomography and dynamics of Western-Pacific subduction zones, *Monogr. Environ. Earth Planets*, 1, 1-70.

Zhao, D., T. Yanada, A. Hasegawa, N. Umino, and W. Wei, 2012, Imaging the subducting slabs and mantle upwelling under the Japan Islands, *Geophys. J. Int.*, 190, 816-828.

(9) 平成 25 年度実施計画の概要：

1. 高精度地震波トモグラフィーを用いた火山地域深部 3 次元速度構造の研究を継続する。さらに、これまでに求めた様々なテクトニクスの場合における 3 次元速度構造をまとめ、それぞれの場におけるマグマ生成・上昇機構の特徴を明らかにする。
2. 岩手火山地域において GPS 連続観測を継続するとともに、1998 年マグマ貫入に先行する現象の解明と理解に努める。
3. 京都大学防災研究所と共同で桜島火山山上における GPS 連続観測を継続することで、山体浅部におけるマグマ蓄積課程の時間発展を明らかにする。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

趙 大鵬・植木貞人・太田雄策・豊国源知・岡田知己・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

(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：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

URL：http://www.aob.gp.tohoku.ac.jp/

(12) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：植木貞人

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

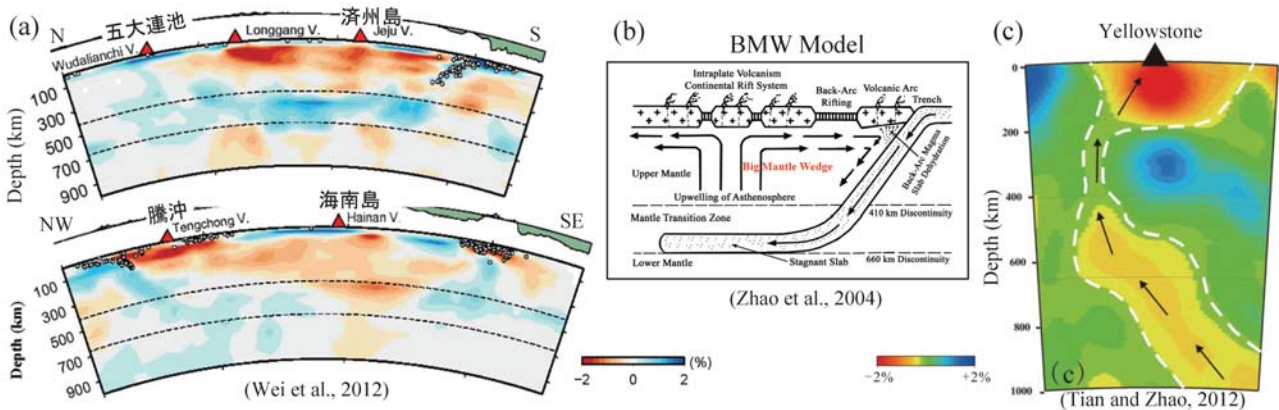


図 1. 大陸内火山下の深部地震波速度構造と Big Mantle Wedge モデル。

(a) 五大連池火山－濟州島火山を結ぶ南北断面ならびに騰沖火山－海南島火山を結ぶ北西－南東断面，(c) Yellowstone 火山下南北断面の P 波速度偏差分布。(b) Big Mantle Wedge マグマ生成モデル。火山地域による深部構造の違いは、マグマ生成・上昇機構の違いを示している。

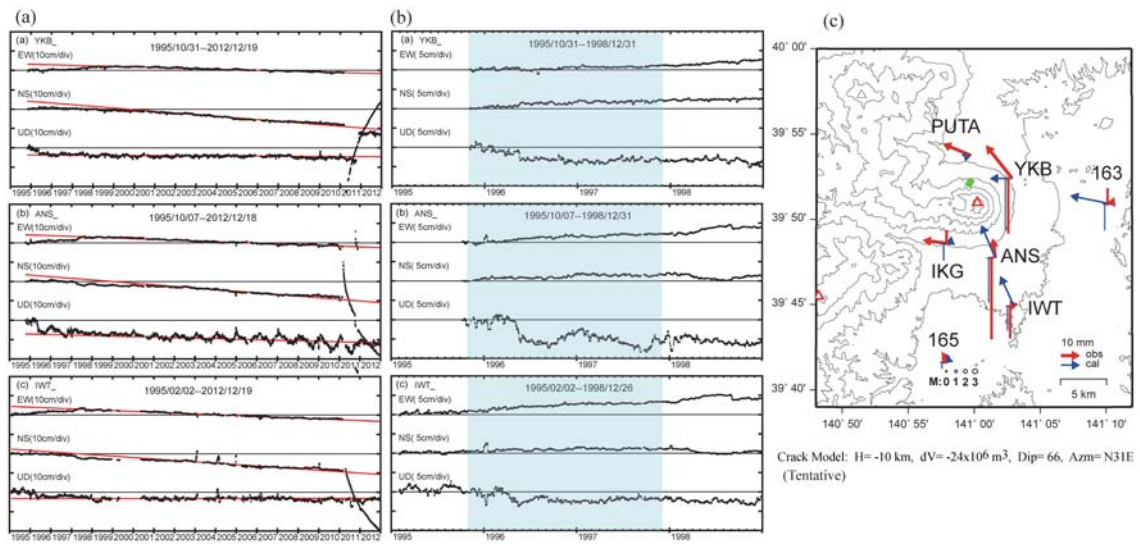


図2. 岩手火山地域における GPS 連続観測から明らかになった 1998 年マグマ貫入に先行する地盤変動。

(a)1995 年～2012 年の長期連続観測データと活動静穏期から推定された長期トレンド (赤直線). (b)トレンド除去後の 3 成分時系列データ (1995 年～1998 年). 1996 年に明瞭な沈降が認められる. (c)1995 年 11 月～1997 年 11 月の地盤変動. 1994 年三陸はるか沖地震の余効変動除去後の観測値 (赤印) と暫定変動源モデル (緑四角) による計算値 (青印) を示す.