

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題 (または観測項目) 名：

フィリピン海プレート北縁における地殻構造と火山深部構造の解明

(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

(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

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

建議に記載されている「海底観測を含む地震，地殻変動，地球電磁気等観測を行い，火山流体の移動と地震活動の関連を明らかにする」ため，マグマ移動に伴う火山性地震や群発地震の活動度の高いフィリピン海プレート北縁の伊豆大島，伊豆東部，富士山等の地域の構造を，地震探査，電磁気探査，重力探査から推定する．これらの地域では，これまでの研究で浅部構造がある程度解明されているので，火山噴火に直接かわるマグマ溜りの存在が指摘されている深さ約 10km 以深の地殻構造に焦点を当てて，火山の深部構造の解明を行う．地震波速度構造，比抵抗構造から，地下の火山流体の分布を明らかにし，この地域における地震活動と火山活動の関連を明らかにする．

伊豆大島では，海陸合同の人工地震探査を実施し，深さ 4km 付近の浅部と深さ 10km 付近の深部でのマグマ分布の検出を試みる．海中発破及びエアガンによる多数の制御震源と稠密な陸上と海底の地震観測を組み合わせ，深さ 10km 付近からの反射波の地域分布に注目し，マグマ分布の推定を目指す．また，伊豆大島で観測されている間欠的な山体膨張とそれに同期する地震活動の時間変化を，マグマ蓄積が及ぼす応力変化を定量的に推定し，地震活動の時間変化の原因を火山体の不均質構造，周辺の広域応力場の影響も考慮に入れて解明する．

伊豆半島東方沖群発地震活動では，これまでマグマ貫入深度が 5 km 付近と 8km 付近の 2 つのグループに分かれる可能性が指摘されているが，過去の観測データを再解析し，貫入深度が 2 つに分かれることを精度の高い震源分布や地殻変動データから再検証する．この 2 つのマグマ貫入深度の違いの原因を，その南東約 30km に存在する伊豆大島の火山深部構造やマグマ蓄積の様式と比較することにより，明らかにすることを目指す．

富士山では，東西方向の電磁気構造探査により深さ 25km 以深に低比抵抗領域が存在するモデルが提唱されているが，低比抵抗域の広がりや富士山直下で発生する低周波地震との関連については明らかにされていない．この課題により南北方向の電磁気構造探査を行い，この深部低比抵抗体の空間的

な広がり求め、地震波速度構造の結果と比較し、富士山の地下構造と山体直下の深部低周波地震の発生の関連を明らかにする。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

平成21年度には、伊豆半島～伊豆大島～房総半島沖の領域の南西～北東方向に走行を持つ総延長約70kmの測線で、陸上観測点約250点、海底観測点約30点の観測点を設置し、9か所で海中発破を実施する人工地震探査を行うとともに、測線に沿ってエアガンによる制御震源を発振する大規模構造探査を実施する。これにより、伊豆大島直下及びその周辺の地震波速度構造の推定を行う。屈折法解析と同時に反射法解析も行い、これまでの解析では不明瞭であった深さ約10kmでの反射面（速度不連続面）付近の構造を精度良く推定する。1999年に実施した北西～南東に測線を設定した人工地震構造探査の結果とも併せて、深さ約10kmからの反射波の強度分布からマグマ蓄積場所を特定できるか否かの可能性を検証し、伊豆大島火山のマグマ蓄積に関する新たな知見を得ることを目指す。

上記構造探査で得られる速度構造の情報を用いて、浅部マグマ溜り（深さ約4km）と深部マグマ溜り（深さ約10km）を分離したマグマ蓄積時間変化の検出を試みる。これらのマグマ溜りは、それぞれ1986年噴火の際の割れ目噴火のマグマの起源と山頂噴火のマグマの起源に相当すると考えられ、相互のマグマ蓄積の関連を解明することは、地下のマグマ蓄積現象の本質を理解する上で極めて重要な情報である。更に、マグマ蓄積に伴う応力変化を定量的に解析し、火山体の不均質構造、周辺の広域応力場の影響も考慮に入れ、伊豆大島で見られる山体膨張に同期した地震活動の時間変化を説明するモデルを構築する。

平成22年度には、平成21年度に実施した人工地震構造探査の解析を更に進め、1999年に実施した構造探査実験も併合して解析し、伊豆大島近傍の地震波速度構造をより精度良く推定することを試みる。更に、絶対重力計による高精度重力測定を伊豆大島火山観測所、鎧端観測点で実施すると共に、これらの点を基準とした相対重力測定を伊豆大島のカルデラ内を中心とした地域で実施する。また、伊豆大島で超長周期MT観測を行い、これまで実施してきたAMT観測、MT観測のデータと併合処理し、伊豆大島の地下数kmまでの比抵抗構造を明らかにする。比抵抗構造と地震波速度構造を比較し、伊豆大島の地下の火山流体の分布の検出を試みる。

平成23年度には、フィリピン海北縁に位置する富士山周辺において、絶対重力と相対重力の測定を行う。また、これまで蓄積された伊豆大島、伊豆半島、富士山周辺の地震記録を解析して地下構造の推定を行い、人工地震探査の結果と比較する。これまでの地震活動、地殻変動、構造探査の結果を統合し、伊豆大島、伊豆半島の火山性流体の存在を検証し、マグマ供給系を明らかにする。また、これらのマグマ供給系の構造と、この地域の地震活動を火山性流体の存在とこの地域の広域応力場の関連を考慮に入れて考察する。

平成24年度には、伊豆大島における絶対重力と相対重力を再測し、平成22年度の測定と比較して重力の時間変化を調査する。有意な重力変化があった場合には地殻変動等の観測データと比較し、その原因の地球物理学的な意義を明らかにする。富士山周辺において、これまで実施してきた北西～南東方向の電磁気構造探査と直交する北東～南西方向の電磁気構造探査を実施し、富士山直下の3次元電磁気構造探査を行い、富士山のマグマ供給系を明らかにする。また、これまで蓄積されてきた自然地震の観測データを用いて、伊豆半島から富士山周辺にかけての地震活動と、火山性深部低周波地震、マグマ貫入に起因する地殻変動を関連について明らかにする。

平成25年度には、富士山周辺で絶対重力及び相対重力の測定を行い、平成23年度の測定結果の比較し、重力の時間変化を調査する。有意な重力変化があった場合には地殻変動等の観測データと比較し、その原因の地球物理学的な意義を明らかにする。伊豆大島では超長周期MT観測を行い、平成22年に実施した同様の観測と比較し、伊豆大島の地下数kmまでの比抵抗構造の時間変化の検出を試みる。これまでの各種構造探査の結果を統合し、この地域の火山性流体の存在が、地震活動とマグマ蓄積活動に与える影響を明らかにし、この地域の地震活動と火山活動の関連を明らかにする。

(7) 平成 24 年度成果の概要 :

平成 24 年度は、フィリピン海プレート北縁に存在する富士山の比抵抗構造と伊豆大島におけるハイブリッド重力観測を実施した。

(1) 富士山における地下比抵抗構造の推定

富士山直下の比抵抗構造を調べるために、これまで 2002 ~ 2003 年、2011 年 6 ~ 11 月、2012 年 6 ~ 7 月の 3 期間で合計約 40 地点において広帯域 MT 探査を行った他、2009 年に AMT 探査を行った。これらの観測点の分布を図 1 に示す。

今年度は、2011 年 3 月 15 日に富士山直下で発生した M6.4 地震震源域を通る北西 - 南東方向の測線 (図 1 の白点線) に沿った断面での比抵抗構造を、以下の 2 つの手法を用いて推定した。1) 震源域を横断する測線上にある観測点のデータを用い、TM モードの見かけ比抵抗データに 10 % のエラーバーを与え、その値から 2 次元構造を仮定して逆解析により比抵抗構造を推定した (2 次元解析)。結果を図 2 左に示す。2) 図 1 に示す観測点の中から観測点の空間分布が一様になるように 85 点を選定し、インピーダンス行列の非対角成分に 10 %、インピーダンスの対角成分及び地磁気変換関数に 20 % のエラーバーを与え、3 次元構造を仮定して、逆解析により比抵抗構造を推定した (3 次元解析)。結果を図 2 右に示す。上記の両手法とも海水および海底地形をモデルに組み込み、陸地の初期比抵抗値を 1000 Ω -m と仮定した。3 次元解析では空気を比抵抗 108 Ω -m のブロックで近似し、地形を階段状に表現した。推定された構造では、両者とも 2011 年 3 月 15 日の地震とその余震の震源域が低比抵抗となる結果が得られているが、この結果の有意性については、以下の点から今後、更に検討する必要がある。2 次元解析では、富士山の地形と浅部の比抵抗値が異なるという問題点がある。一方、3 次元解析では、(1) 標高差が大きい地形を粗い階段状で表現している。(2) 均質な観測点分布で構造を推定するため、密に配置された震源域周辺の観測点を間引いて解析する必要があるという問題点がある。現在の計算機の能力では、3 次元解析の場合、構造のメッシュサイズを細かくすることと観測点数を増やすことを同時に実現できない。今後、構造推定に最適なメッシュサイズと観測点数を選択し、解析する予定である (担当 : 上嶋)

(2) 伊豆大島のハイブリッド重力観測

フィリピン海プレート北縁に位置する伊豆大島において、2012 年 10 月にハイブリッド重力測定を実施した。すなわち、絶対重力観測 2 点を基準にし、そこからの相対重力測定によって、29 点の絶対重力値を決定した。測定精度は、絶対重力測定は 1 マイクロガル程度、相対重力観測は 10 マイクロガル程度を見込んでいる。この結果を、2009 年 6 月に実施した同様の測定の結果と比較し、重力変化を求めた (図 3)。特徴として、(a) 中央火口近傍の重力増加 (+10 ~ +30 マイクロガル)、及び (b) カルデラ内北東部の重力減少 (-10 ~ -40 マイクロガル) を確認した。これらの特徴は、ほぼ同時期に行われた国土地理院の観測でも見出されている。特徴 (a) については、火口近傍の 1km 程度の狭い範囲では、5 ~ 6cm の沈降が生じていることが、国土地理院の水準測量 (2008 年 10 月 ~ 2012 年 10 月) で明らかになっている。そのため重力にもフリーエア効果だけで 20 マイクロガル程度の増加が期待され、観測された 10 ~ 30 マイクロガル程度の増加と概ね、整合している。特徴 (b) については、島全体の北東上がり (南西下がり) の傾動が引き続き生じていることが、水準測量で明らかになっており、これにより、北東部の重力減少の一部 (10 マイクロガル程度) は説明可能であるが、それでもなお説明しきれない重力減少 (20 マイクロガル程度) が残る。地下水起源の擾乱が、この重力減少に含まれている可能性もある。

図 1 の重力変化と、国土地理院の水準測量結果及び GNSS の F3 解をデータとして、変動のソースモデルを計算した。変動源としては、島の中央付近のやや深部 (5km 程度) の膨張源と、極浅部 (1km 程度) の収縮源とを想定し、それぞれを Mogi Source として扱った。その結果、2008/2009 年から 2012 年までの 3 ~ 4 年間に、浅部では 90 万立米の収縮、深部では 800 万立米の膨張が生じていることが分かった。深部へのマグマ蓄積量は、重力変動が小さいため、確定することができなかった (担当 : 大久保)

(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) :
東京大学地震研究所・国土地理院, 伊豆大島における重力変化, 125 回火山噴火予知連絡会資料, 2013
年 3 月.

(9) 平成 25 年度実施計画の概要 :

平成 25 年度には, 三宅島で絶対重力及び相対重力の測定を行い, 平成 23 年度の測定結果の比較し, 重力の時間変化を調査する. 有意な重力変化があった場合には地殻変動等の観測データと比較し, その原因の地球物理学的な意義を明らかにする. 伊豆大島では超長周期 MT 観測を行い, 平成 22 年に実施した同様の観測と比較し, 伊豆大島の地下数 km までの比抵抗構造の時間変化の検出を試みる. これまでの各種構造探査の結果を統合し, この地域の火山性流体の存在が, 地震活動とマグマ蓄積活動に与える影響を明らかにし, この地域の地震活動と火山活動の関連を明らかにする.

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名 :

東京大学地震研究所 森田裕一(地震探査, 地殻変動観測), 篠原雅尚(地震探査), 上嶋誠(電磁気探査), 大久保修平(重力探査)

他機関との共同研究の有無 : 有

北海道大学理学研究院, 秋田大学工学資源学部, 東北大学理学研究科, 東京工業大学地球流体化学研究センター, 名古屋大学環境学研究科, 京都大学防災研究所, 九州大学理学研究院

(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 : 東京大学地震研究所

電話 : 03-5841-5704

e-mail : morita@eri.u-tokyo.ac.jp

URL :

(12) この研究課題(または観測項目) の連絡担当者

氏名 : 森田裕一

所属 : 東京大学地震研究所 地震火山噴火予知研究推進センター

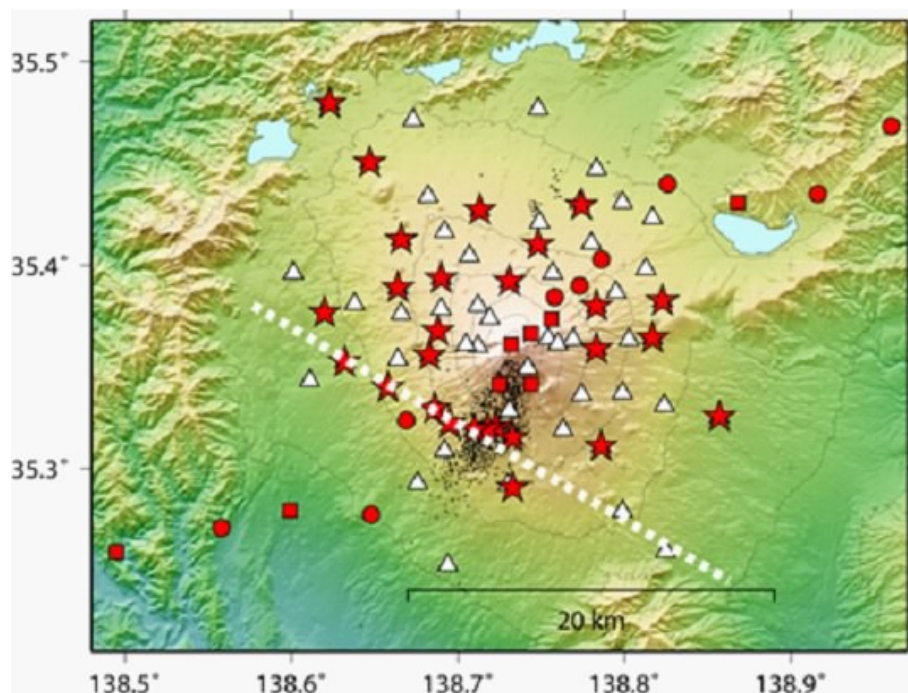


図1．富士山周辺で実施した MT 観測点

印：2011 - 2012 年に実施した広帯域 MT 観測点．○、□印：2002 - 2003 年に実施された広帯域 MT 観測点 17)．

印：2009 年度に実施した AMT 観測点．2011 年 3 月 15 日に発生した地震の震源及び余震 (東京大学地震研究所による) を重ねて示す．白破線は図 2 に示す比抵抗断面の位置に相当．

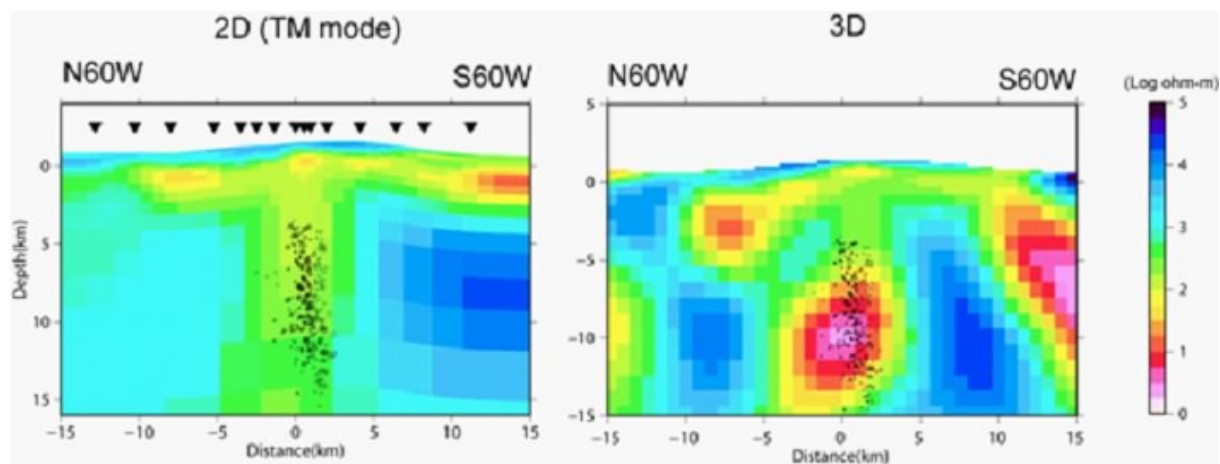


図2．2011 年 3 月 15 日に発生した地震の余震域を横切る比抵抗断面 (2 次元解析と 3 次元解析の比較)

図1の破線の断面での地下比抵抗構造．左図：2次元解析によるもの．右図：3次元解析によるもの．黒丸は気象庁一元化震源分布を示す．

Gravity Change on Izu-Oshima Is.
ERI, Univ. Tokyo (2009.06-2012.10)

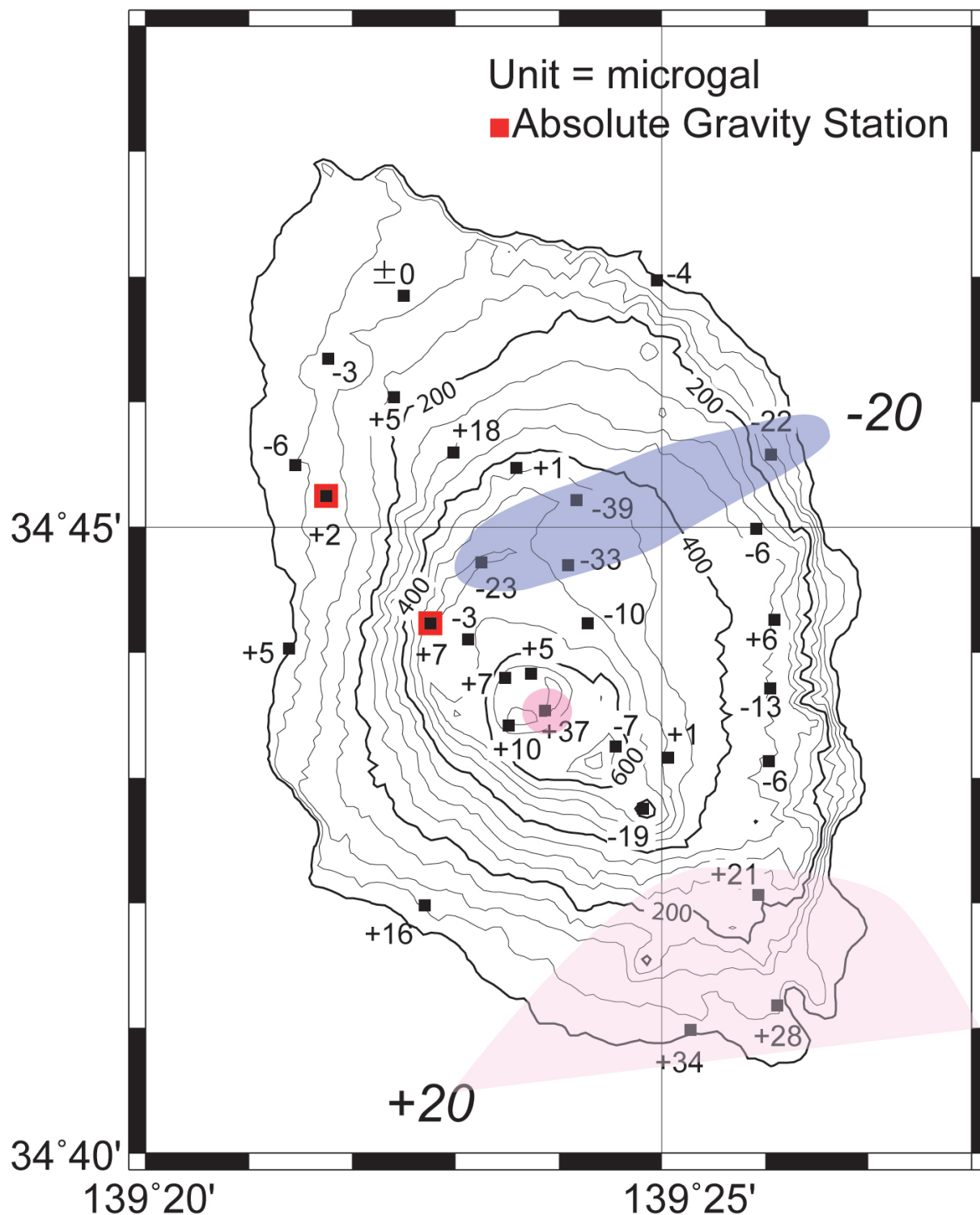


図3．伊豆大島におけるハイブリッド重力観測

2012年10月の重力測定値，2009年6月の測定値との差を示した．中央火口近傍の重力増加とカルデラ内北東部の重力減少が見られる．