

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2013

課題番号：21340124

研究課題名(和文)高精度大気圧観測が明かすカルデラ形成に伴う地表陥没過程

研究課題名(英文) Surface subsidence during caving caldera revealed by the precise atmospheric pressure measurement

研究代表者

綿田 辰吾 (Watada, Shingo)

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号：30301112

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円、(間接経費) 4,260,000円

研究成果の概要(和文)：伊豆大島島内2カ所、三原西観測点と野間間伏観測点に広帯域圧力計(Tekelec社製MB2005)を設置整備した1991年ピナツボ火山噴火直後に世界中で見られた230秒と270秒の長周期表面波の起源が大気と固体地球の共鳴現象であることを国内外の学会で発表した。また、2011年1月に発生した九州霧島火山新燃岳の噴火では爆発的噴火が発生し、近隣の構造物の窓ガラスなどが割れる被害が発生した。これら強力な空振現象を観測するため、4カ所(地震研究所霧島火山観測所2月3日、霧島市役所霧島総合支所3月17日、烏帽子観測点3月17日、大幡観測点4月8日)にMB2005を新たに設置して観測を開始した。

研究成果の概要(英文)：We installed two micro barometerers in the Izu-Oshima volcano Island, one at Mihara-nishi and one at Noma Mabushi each equipped with a Tekelec MB2005 sensor. We published a paper on the long-period harmonic ground motion with periods of 270 and 230 sec. We have concluded the the harmonic ground motion resulted from the resonant oscillation between the solid Earth seismic surface waves and the atmospheric acoustic waves. In 2011 January Shinmoe-dake violently erupted and sonic booms from the eruption caused some damage to the building glass windows. We started temporal infrasound observation at 4 sites (ERI volcano observatory, Kishishima-office of Kishishima-city, Eboshi observation point, Ohhata observation point).

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・固体地球惑星物理学

キーワード：火山現象 気圧波 カルデラ陥没 地殻変動

1. 研究開始当初の背景

地表変動(例えば巨大地震に伴う上下動や津波による海面変動)が微弱な圧力波を発生させる様子が、地動と微気圧の同時精密測定により観測されている(Watada et al. 2006)。2004年M9.2スマトラ巨大地震発生直後に周期20分以下、振幅10Pa程度の微弱な長周期大気圧変動が日本を含むインド洋・太平洋域で観測された。Mikumo et al. (2008)は、この微気圧変動が震源域の地殻変動より生じたとする断層モデル提案した。

2. 研究の目的

地表変動(例えば巨大地震に伴う上下動や津波による海面変動)が微弱な圧力波を発生させる様子が、地動と微気圧の同時精密測定により観測されている(Watada et al. 2006)。2004年M9.2スマトラ巨大地震発生直後に周期20分以下、振幅10Pa程度の微弱な長周期大気圧変動が日本を含むインド洋・太平洋域で観測された。Mikumo et al. (2008)は、この微気圧変動が震源域の地殻変動より生じたとする断層モデル提案した。大気下端での長周期の変動がどのような大気中の音波・重力波・ラム波(地表境界波)を生ずるか理論的枠組構築はWatada(2008)により始まった。地動を入力とし、それにより生じる大気圧変動を出力とする応答関数は、大気下端に与える地動の周期と水平方向波長の関数として表される。任意の周期と波長を持った地動に対する、その直上で発生する圧力変化が密度成層下の大気波動論から予測可能となった。火山カルデラ陥没に伴う圧力変動観測記録を、任意の形状で時間発展する地表形状から生ずる圧力波の発生理論と伝播理論を元に解析すれば、陥没過程における地表運動を境界条件とするカルデラ形成メカニズムを考察する新たな切り口が開ける。

火山学史上、2000年三宅島や2007年フルネーズ火山(レユニオン島、インド洋)で初めて各種地球物理観測網が整備された火山で大きな爆発を伴わない大規模カルデラ形成過程が観測された(Geshi et al. 2000, Kumagai et al. 2001, Michon 2007)。これらの解析によれば、カルデラ形成時には爆発的噴火を伴わずに山体が傾斜ステップ(Ukawa et al. 2000)と呼ばれる継続時間1分弱の陥没を繰り返し、最終的に深さ数百メートルのカルデラを形成する。カルデラ形成に至る山体内部の物質移動の形態とその定量化の研究は進展したが、地表陥没運動として現れるカルデラ形成時の地表の運動の詳細は、その全陥没体積以外わかっていない。これは、地表陥没時に発生する地震波、地殻変動、重力変化量などの測定量が山体内部の運動に起因し、地表陥没に起因する微弱な変化量が隠れ測定できないためである。

山本他(2002)は、世界で初めてカルデラ陥没のため大気圧がわずかに減少すること

を2000年三宅島噴火の傾斜ステップ発生時の微気圧記録中に発見した。傾斜ステップ発生直後に継続時間50秒、振幅4Paの負の圧力変動が生じている。観測された圧力変動は単純な下に凸の波形ではなく、その圧力変動はカルデラ形成陥没過程の地表運動そのものを反映していると考えられる。

3. 研究の方法

カルデラ陥没や地震による地殻の隆起沈降等により発生する大気圧擾乱を大気中波動現象とみなし大気圧変動記録から地表変動履歴を復元する手法を開発する。その手法を伊豆大島に整備する微気圧観測網で観測される圧力変動記録、2000年三宅島カルデラ陥没、巨大地震発生時の圧力変動記録へ適応し、発生原因となったカルデラ陥没過程や地震に伴う地殻変動を解明する。

(1) 微気圧変動データの取得

伊豆大島カルデラ陥没発生時のデータを取得するための微気圧観測網の建設 H21-22
過去のカルデラ陥没時や巨大地震発生時の微気圧データの収集 H21-24

(2) 気圧変動記録から地表変動履歴復元のための理論的枠組みの構築

局在した地表変化から生じる過剰大気圧の発生理論の構築 H21

圧力変動が大気波動として伝播するシミュレーションコード開発 H22-24

(3) 実データ解析による地表変動履歴の定量的復元

逆問題としての地表変動パラメタの推定 H22-24

【平成21年度の計画】

(1) 微気圧変動データの取得

地表変動に由来する微気圧変動の発生頻度は多くない。理論予測される大気波動と対比可能な長周期の微気圧記録を取得するため、高感度微気圧計を設置する。

過去のカルデラ陥没時や巨大地震発生時の微気圧記録の収集

2000年三宅島火山噴火時に、防災科学技術研究所が微気圧計1台と気圧計3台を島内で運営していた。2000年7月8日に発生した山頂陥没噴火後8月18日まで頻繁に長周期傾斜ステップが発生し、阿古観測点の微気圧計と神付観測点の気圧計にカルデラ成長に伴う圧力変動波形がしばしば観測された。この記録を収集して解析の対象とする。伊豆大島島内でカルデラ陥没が発生しない場合、2000年三宅噴火火山のデータを利用して研究を進める。また、2003年十勝沖地震や2004年スマトラ巨大地震、2005年ニアス巨大地震発生直後の、包括的核実験禁止条約で核実験監視のために建設されたインフラサウンド観測網の微気圧記録や世界地震観測網に併設されている微気圧計記録を収集する。

(2) 気圧変動記録から地表変動履歴復元のための理論的枠組みの構築

カルデラ陥没や地震による地殻の隆起沈降など、短時間に発生する大気圧力擾乱を大気中波動現象とみなし、大気圧擾乱の発生過程を理論的に解明し、大気圧波動伝播の理論的枠組みを構築する。2-1 局在した地表変化から生じる過剰大気圧の発生理論の構築

Watada (2008)は初めて弾性と圧縮性密度成層した半無限大気構造に対する、任意の空間スケールと周波数を持った地表変動が励起する地表の圧力変動の理論的枠組みを構築した。これをさら進展させ時間・空間で有限の履歴を持つ地表変動から発生する地表圧力変動を導出する理論を構築する。

【平成21年度以降の計画】

(1) 微気圧変動記録の取得(前年より継続)

伊豆大島カルデラ陥没発生時の記録を取得するための微気圧観測網の建設 H22
平成21年度に整備する2点に加え、伊豆大島島内に山頂カルデラを取り囲むよう微気圧観測2点を差木地(MBB)、奥山砂漠(OKB)に整備する。4点の観測点を整備する理由は、大気圧力波動の波源の位置と発生時刻を微気圧観測網から特定するためである。

過去のカルデラ陥没時や巨大地震発生時の微気圧記録の収集 H22-24

前年度からの2000三宅島陥没噴火時の微気圧記録収集を継続する。また巨大地震発生時の微気圧変動記録の収集も継続する。

(2) 気圧変動記録から地表変動履歴復元のための理論的枠組みの構築(前年より継続)

2-2 圧力変動が大気波動として伝播するシミュレーションコード開発 H22-24

地表変動により地表直上に発生する過剰圧力を発生源とする波動伝播シミュレーションコードを開発する。任意の鉛直密度成層構造をした圧縮性大気に対する波動伝播理論が(Harkrider 1964)により発表されている。Mikumo (1968, 2008)は遠地の巨大地震断層運動による地殻変動を完全に水平な地面の隆起・沈降と近似し、太平洋とインド洋周辺で観測された微弱な大気圧変動を説明した。本研球では、遠地の任意の時間空間分布履歴を持つ地面の隆起・沈降による圧力波計算に加え、伊豆大島島内でのカルデラ陥没を伊豆大島島内で観測することを念頭に圧力発生領域近傍でも正確に圧力波動を計算できるシミュレーションコードを開発する。

(3) 実データ解析による地表変動履歴の定量的復元

4点の微気圧連続記録の相互相関から大気波動の検出を行い、発生位置を特定する。島内で負の圧力変動源が同定されると、カルデラ陥没により発生した可能性が高い。島内の複

数観測点で記録される微気圧は、地表のカルデラ陥没過程を復元する貴重なデータとなる。島内で陥没事象が発生しなかった場合、2000年三宅島陥没の観測記録から三宅島陥没履歴を明らかにし、巨大地震発生直度の微気圧記録から、震源域の地殻変動を推定する。

逆問題としての地表変動パラメタの推定 H22-24

収集された微気圧記録から、陥没発生の時刻と陥没量を推定する。比較的明瞭な圧力波形が捕らえられている記録に対し、必要ならば発生位置・時刻を他の地震・地殻変動記録から決定された陥没カタログから拾いだし、大気構造を仮定して、陥没事象を表現する地表変動をパラメタとして与えて合成圧力変動を計算する。また地表変動パラメタを逆問題として解き、推定された陥没現象を他の火山学的調査結果と比較し、陥没モデルが適切に推定できるかどうか検討する。

4. 研究成果

伊豆大島島内2カ所、三原西観測点と野間間伏観測点に広帯域圧力計(Tekelec社製MB2005)を設置整備した。これら観測点でセンサーは地中配管により地表4点空気取入口につながっており、大気擾乱による圧力変動ノイズの低減が期待できる。1991年ピナツボ火山噴火直後に世界中で見られた230秒と270秒の長周期表面波の起源が大気と固体地球の共鳴現象であることを国内外の学会で発表した。国内では招待講演を行った(SGEPSS, 神戸)。また、2011年1月に発生した九州霧島火山新燃岳の噴火では爆発的噴火が発生し、近隣の構造物の窓ガラスなどが割れる被害が発生した。これら強力な空振現象を観測するため、4カ所(地震研究所霧島火山観測所2月3日、霧島市役所霧島総合支所3月17日、烏帽子観測点3月17日、大幡観測点4月8日)にMB2005を新たに設置して観測を開始した。また総合支所ではParoscientific社のnano-baro微気圧計を用いた平行観測、烏帽子ではプリマイクを用いた同時平行観測を行った。

また、固体地球とカップルする流体として海洋海水を取り上げ、2010年チリ沖地震(M8.8)や2011年東北沖地震(M9.0)により発生した巨大津波が太平洋を伝播すると、観測走時が数値計算から予測される走時より系統的に最大20分程度遅くなる現象を解析した。津波の伝播時のエネルギーはほとんどが海水の位置エネルギーと運動エネルギーであるが、わずかに海水が圧縮・膨張されるエネルギーや、固体地球の弾性変形、さらには津波の海水移動にともなう質量変化に起因する重力ポテンシャルエネルギーの伝播速度への寄与があり、津波の伝播速度が低下していることが分かった。発生域から遠く離れた地点では共通して最大波高到達前に奇妙な反転位相をもつ津波初動が観測された。測定さ

れた津波の位相速度は逆分散性を示し、1000秒より長い周期帯では遅くなっていた。これらは重力・弾性結合した津波の津波の位相速度と一致しており、海水の疎密、弾性地球への加重、津波の伝播時の物質移動に伴う地球重力場の変動の効果が津波伝播遅延と初期反転位相の原因であることを示している。簡単な1次元津波伝播実験で津波の逆分散が遠地で主要波高の前に先行する反転位相を生成することを確認できた。長波津波シミュレーション波形に適切は位相補正を施すことにより、これら効果を考慮にいれた実際の水深を伝播する、新たな津波シミュレーション法を開発し、その波形は、遠地における初期反転位相を含む津波観測波形を正確に再現した。観測波形とシミュレーション波形の走時差は5分以下に縮小し、波形の差異は驚く程減少した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計56件)

Watada, S., S. Kusumoto, and K. Satake, Traveltime delay and initial phase reversal of distant tsunamis coupled with the self-gravitating elastic Earth, J. Geophys. Res., 査読有, 119, doi:10.1002/2013JB010841, 2014.

Occhipinti, G., L. Rolland, P. Lognonné, S. Watada, From Sumatra 2004 to Tohoku-Oki 2011: the systematic GPS detection of the signature of tsunami related internal gravity waves in the ionosphere, J. Geophys. Res., 査読有, 118, doi:10.1002/jgra.50322, 3626-3636, 2013.

Watada, S., Tsunami speed variations in density-stratified compressible global oceans, Geophys. Res. Lett., 査読有, 40, doi:10.1002/grl.50785, 4001-4006, 2013.

Arai, N., M. Iwakuni, S. Watada, Y. Imanishi, T. Murayama and M. Nogami, Atmospheric boundary waves excited by the tsunami generation related to the 2011 great Tohoku-Oki earthquake, 査読有, Geophys. Res. Lett., 38, L00G18, doi:10.1029/2011GL049146, 2011.

村山貴彦・今西祐一・綿田辰吾・大井琢磨・新井伸夫・岩国真紀子・野上麻美, ナノ分解能気圧センサーを用いた可搬型インフラサウンド観測システムの開発, 地震研究所技術研究報告所, 査読無, 17, 63-76, 2011.

Mikumo, T., S. Watada, Acoustic gravity waves from earthquakes, in Infrasound

Monitoring for Atmospheric Studies, eds A. Le Pichon, E. Blanc, A. Hauchecorne, Springer, 査読有, 259-275, 2010.

Watada, S., H. Kanamori, Acoustic resonant oscillations between the atmosphere and the solid earth during the 1991 Mt. Pinatubo eruption, J. Geophys. Res., 査読有, 115, B12319, doi:10.1029/2010JB007747, 2010.

Watada S., Radiation of acoustic and gravity waves and propagation of boundary waves in the stratified fluid from a time-varying bottom boundary, J. Fluid Mech., 査読有, 627, 361-377, 2009.

綿田辰吾, 大地震に伴う気圧変動, 地震ジャーナル, 査読無, 47, 25-26, 2009.

[学会発表](計70件)

Watada, S. and S. Kusumoto and K. Satake, Simulation of tsunami waveforms propagating over the self-gravitating elastic Earth with real bathymetry, 2014 Ocean Science Meeting, Hawaii (USA), February 28, 2014.

綿田辰吾, 固体地球と海洋の重力・弾性結合系としての遠地津波の波形分散異常, 日本地球惑星連合大会, パシフィコ横浜(横浜市), 4月28日, 2014.

Shingo Watada, tsunami speed variations in density-stratified compressible global oceans, AOGS, Sapporo (Japan), 2014 July 28 - August 1, 2014.

Watada Shingo, Tsunami speed variations in density-stratified compressible global oceans, AGU fall meeting, San Francisco (USA), December 13, 2013.

Watada, S., S. Kusumoto, K. Satake, A new method of compute tsunami waveforms coupled with the elastic earth with arbitral bathymetry, AOGS, Brisbane, Australia, June 28, 2013.

Watada, S., S. Kusumoto, K. Satake, Cause of traveltime difference between observed and synthetic tsunami waveforms at distant locations, IASPEI, Gothenburg, Sweden, July 24, 2013.

楠本聡・佐竹健治・綿田辰吾, 遠地津波の観測・シミュレーション波形間に生じる走時差の原因, 地球惑星連合大会, 幕張メッセ(千葉市), 5月20日, 2013.

高森昭光・綿田辰吾・今西祐一・北島一郎, 光ファイバ変位計を用いた高精度微気圧計の開発, 地球惑星連合大会, 幕張メッセ(千葉市), 5月24日, 2013.

綿田辰吾, 海水圧縮性と密度成層を考慮した全世界海洋での津波速度変化, 日本地震学会秋季大会, 横浜市, 10月7日, 2013.

Shingo Watada, Tsunami speed variation in the density stratified compressible deep oceans, 26th International Tsunami Symposium, ダラマン(トルコ共和国), 9月25日, 2013.

Watada, S. and S. Kusumoto and K. Satake, Cause of travel-time difference between observed and synthetic waveforms of distant tsunami, 26th International Tsunami Symposium, ダラマン(トルコ共和国), 9月27日, 2013.

Shingo Watada, Re-analysis of the normal mode spectra of the 1960 Chile earthquake, AOGS-WPGM Joint Assembly, Resorts World Convention Centre, Singapore, August 15, 2012.

綿田辰吾・藤井雄士郎・佐竹健治, 遠地津波の反転した初期位相の起源, 地球惑星連合大会, 幕張メッセ(千葉市), 5月21日, 2012.

岩国真紀子・新井伸夫・今西祐一・綿田辰吾・大井琢磨・村井貴彦・野上麻美, 津波の波源生成にともなって励起された大気境界波 -事例:2004年スマトラ島沖の地震-, 地球惑星連合大会, 幕張メッセ(千葉市), 5月21日, 2012.

Watada, S., S. Kusumoto, K. Satake, Cause of Delayed First Peak and Reversed Initial Phase of Distant Tsunami, AGU fall meeting, San Francisco (USA), December 6, 2012.

21 Giovanni Occhipinti, Lucie M. ROLLAND, Pierdavide Coisson, Shingo Watada, Philippe Lognonne, From Sumatra 2004 to Tuhoku-Oki 2011: what we learn about Earthquake & Tsunami detection by ionospheric sounding., AGU fall meeting, San Francisco (USA), December 3, 2012.

22 Lucie M. Rolland, Jean-Mathieu Nocquet, Pierre Bosser, François Fund, Mathilde Vergnolle, Toshihiro Yahagi. Anthony Sladen, Shingo Watada, Philippe H. Lognonne, Search for a short-term transient deformation prior to the 2011

great Tohoku earthquake using GPS high-resolution positioning, AGU fall meeting, San Francisco (USA), December 6, 2012.

23 綿田辰吾, 1960年チリ巨大地震自由振動スペクトル再解析, 日本地震学会秋期大会, 函館市民会館, 函館市民体育館(函館市), 10月18日, 2012.

24 楠本聡・綿田辰吾・佐竹健治, 遠地津波の観測波形と弾性-流体地球に基づく理論波形の位相速度の比較, 日本地震学会秋期大会, 函館市民会館, 函館市民体育館(函館市), 10月17日, 2012.

25 Shingo Watada, Hiroo Kanamori, Acoustic resonant oscillations between the atmosphere and the solid Earth during the 1991 Mt. Pinatubo eruption, Japan Geoscience Union, Makuhari (Japan), May 24, 2011.

26 綿田辰吾・佐竹健治・藤井雄士郎, 遠地津波走時異常の起源, 日本地震学会秋季大会, 静岡県コンベンションアーツセンター・グランシップ(静岡市), 10月13日, 2011.

27 Watada, S., K. Satake, Y. Fujii, , Origin of Traveltime anomalies of distant tsunami, American Geophysical Union fall meeting, San Francisco (USA), Dec. 05, 2011.

28 Watada S., Acoustic resonant oscillations between the atmosphere and the solid earth during the 1991 Mt. Pinatubo eruption, Todai forum, New horizons in the earth science, Imaging and monitoring active subduction zones and volcanoes, Paris (France), 10月18日, 2011.

29 Watada, S., Hiroo Kanamori, Acoustic Resonant Oscillations Between the Atmosphere and the Solid Earth During the 1991 Mt. Pinatubo Eruption, IUGG general assembly,メルボルンコンベンションセンター(オーストラリア), July 2, 2011.

30 Nobuo, A., M. Iwakuni, S. Watada, Y. Imanishi, T. Murayama, M. Nogami, Atmospheric boundary waves excited by the tsunami generation related to the 2011 great Tohoku-Oki earthquake, American Geophysical Union fall meeting, San Francisco (USA), Dec. 07, 2011.

31 綿田辰吾, acoustic resonant oscillations between the atmosphere and the solid earth during the 1991 Mt.

Pinatubo eruption, SGEPPS 秋季大会, 神戸大学, Nov. 6, 2011.

31 Watada, S., N. Arai, T. Murayama, M. Iwakuni, M. Nogami, Y. Imanishi, T. Oi, Y. Kitagawa, Azimuthal Traveltime and Amplitude Anomalies of Tropospheric and Thermospheric Acoustic Waves From the Explosive Eruption of the Sakurajima Volcano in Japan, American Geophysical Union fall meeting, San Francisco (USA), Dec13, 2010.

32 Nobuo Arai, Yuichi Imanishi, Shingo Watada, Takuma Oi, Takahiko Murayama, Makiko Iwakuni, Mami Nogami, Dispersion of infrasound signals excited by explosive eruptions of the Sakurajima volcano, Monitoring Research Review on Ground-Based Nuclear Explosion Monitoring Technologies, Orlando, Florida (USA), September 21-23, 2010.

34 新井 伸夫, 今西 祐一, 綿田 辰吾, 大井 拓磨, 村山 貴彦, 村田 和則, 岩國 真紀子, 野上 麻美, インフラサウンドの観測 - 桜島の爆発噴火に起因するシグナルの速度分散性 -, 日本音響学会 2010 年秋期研究発表会, 関西大学(吹田市), 9月14日, 2010.

35 Nobuo Arai, Yuichi Imanishi, Shingo Watada, Takuma Oi, Takahiko Murayama, Makiko Iwakuni, Mami Nogami, Dispersion of infrasound signals excited by explosive eruptions of the Sakurajima volcano, American Geophysical Union fall meeting, San Francisco (USA), December 17, 2010.

36 綿田辰吾, ハスケル行列法による大気・固体地球結合系のモード計算, 日本地震学会秋期大会, 広島国際会議場(広島市), 10月29日, 2010.

37 綿田辰吾, 新井伸夫, 村山貴彦, 岩國真紀子, 野上麻美, 今西祐一, 大井拓磨, 桜島火山の爆発的噴火後に見られる低周波音波の方位に依存した振幅・伝播時間異常, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ国際会議場, 5月24日, 2010.

38 綿田辰吾, 横尾亮彦, 今西祐一, 大井拓磨, 中埜彰洋, 安藤秀樹, 佐藤峰司, 寺園佳高, 低周波マイクロフォン比較実験, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ国際会議場, 5月25日, 2010.

39 Shingo Watada, Nobuo Arai, Takahiko Murayama, Makiko Iwakuni, Mami Nogami, Yuichi Imanishi, Takuma Oi, Yuichi

Kitagawa, Azimuthal Traveltime and Amplitude Anomalies of Tropospheric and Thermospheric Acoustic Waves From the Explosive Eruption of the Sakurajima Volcano in Japan, European Geosciences Union General Assembly, Vienna (Austria), May 7, 2010.

40 綿田辰吾, 密度成層する流体波動の放射境界条件, 日本地震学会秋季大会, 京都大学吉田キャンパス(京都市), 10月23日, 2009.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 1 件)

名称: 津波予測システム及び装置、並びにプログラム

発明者: 新井 伸夫, 岩國 真紀子, 村山 貴彦, 野上 麻美, 今西 祐一, 綿田 辰吾, 大井 拓磨

権利者: 同上

種類: 特許

番号: 特願 2011-239029

取得年月日: 2013 年 5 月 20 日

国内外の別: 国内

〔その他〕
なし。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

綿田 辰吾 (Watada Shingo)

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号: 30301112

(2) 研究分担者

森田 裕一 (Morita Yuichi)

東京大学・地震研究所・教授

研究者番号: 30220073

(3) 連携研究者

大湊 隆雄 (Ohminato Takao)

東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号: 70322039

藤田 英輔 (Fujita Eisuke)

防災科学技術研究所・地震・火山防災研究

ユニット・主任研究員

研究者番号: 30450258

市原 美恵 (Ichihara Mie)

東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号: 00376625