

平成22年 5月21日現在

研究種目：基盤研究（C）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19540447  
 研究課題名（和文） マリアナ諸島アナタハン火山の噴火メカニズム・地下構造の研究  
 研究課題名（英文） Geodetic research on volcanic activity of Anatahan island, the Northern Mariana Islands  
 研究代表者  
 松島 健（MATSUSHIMA TAKESHI）  
 九州大学・大学院理学研究院・准教授  
 研究者番号：40222301

## 研究成果の概要（和文）：

北マリアナ諸島にあるアナタハン島火山においてGPS測量・傾斜測定・人工衛星データを用いた干渉SAR解析等の測地学的手法からアナタハン火山のメカニズムや地下構造を推定した。アナタハン島の地下のマグマ溜まりは島の西方2km沖の地下5km付近に存在し、そこから東方に向かって斜めにマグマが上昇していくことがわかった。また干渉SAR解析では降下火山灰層の厚さを推定できることがわかった。

## 研究成果の概要（英文）：

We estimated eruption mechanism and underground structure of the Anatahan Volcano, in the Northern Mariana Island, using geodetic method such as GPS survey ground Tilt measurement, and In-SAR analysis. The magma chamber of the volcano is existed at 5km below ground and 2km off west of the island, and conduit rose obliquely to the east eruptive crater. Also we could estimate the thickness of the volcanic ash fall using In-SAR analysis.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

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：アナタハン火山，GPS，干渉SAR，マグマ溜まり，火山噴火，地殻変動，北マリアナ諸島

## 1. 研究開始当初の背景

マリアナ諸島アナタハン火山は、日本から連なる伊豆・小笠原島弧の南方延長上にあるマリアナ弧に位置し、火山島としては同島弧の最南部に位置している活火山である。長期にわたりほぼ無人の島となっているため火山

調査がほとんど行われてこなかったが、2003年5月に有史初の大噴火が発生した。これまでのGPSの調査からマグマ溜まりは島の西方に存在する可能性が高いが、北マリアナ政府が実施している地震観測点が2ヶ所であるため、震源の位置を決めることができなかった。

## 2. 研究の目的

アナタハン島にGPS観測点や傾斜計を設置して地殻変動からマグマ溜まりの位置を推定するとともに、地震計を増設して火山性地震や微動の発生源を調べる。またマリアナ諸島のそのほかの火山島のGPS基準点の再測定を実施し、マリアナ弧の運動や火山活動を調査する。干渉SAR解析を実施して火山島における地殻変動の検出を試みる。

## 3. 研究の方法

本研究では事前調査も含めて計4回の現地調査を実施した。火山の単独調査は危険が伴うこともあり、現地調査は東京大学地震研究所および高知大学と共同で実施した。

(1)平成19年度の現地調査は2008年1～2月に実施する予定であったが、2007年12月よりアナタハン火山の火山活動が活発となり、危険性の面から現地調査が不可能となった。活動は2008年3月にほぼ終息したため、同5月に北マリアナ政府危機管理局を訪問し、火山活動の情報収集および事前調査を行った。その結果を踏まえて同6～7月に東京大学地震研究所・高知大学と共同でヘリコプタおよび小型船をチャーターして現地調査を行った。アナタハン島内にGPS基準点5カ所を設置して繰り返し測定を開始した。また1カ所に傾斜計、5カ所に地震計を設置して地殻変動および地震活動の連続観測を開始した。また、アナタハン島の北方に位置する、パガン島、アグリハン島、アスンシオン島、モーグ島、ウラカス島でもGPSの再測定を実施した。

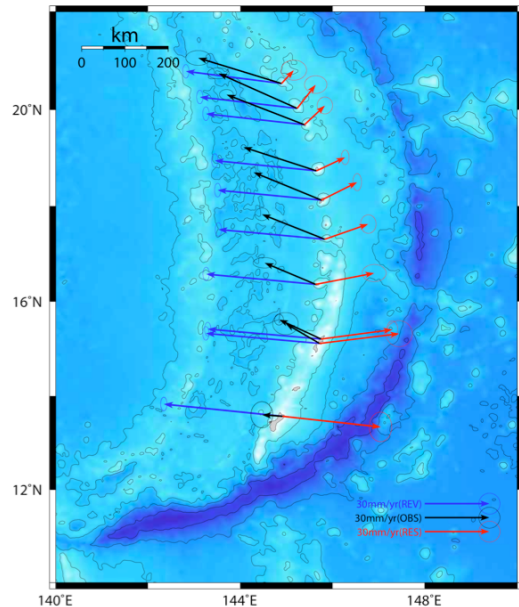
(2)平成20年度の現地調査は東京大学地震研究所と共同でチャーターヘリを用いて2009年1月下旬に実施した。アナタハン島の5点のGPS基準点にGPS受信器を設置して再測定するとともに、地震観測点の保守作業を実施してそれまでに記録されたデータを回収した。

(3)平成21年度の現地調査は2009年7月上旬に実施された。東京大学地震研究所と共同でヘリコプタをチャーターして期間中に2往復した。アナタハン島内のGPS基準点5カ所に機器を設置して繰り返し測定を行った。5カ所に設置してあった地震計を撤収して、地震データを回収した。また火山砕屑物の調査も行った。

## 4. 研究成果

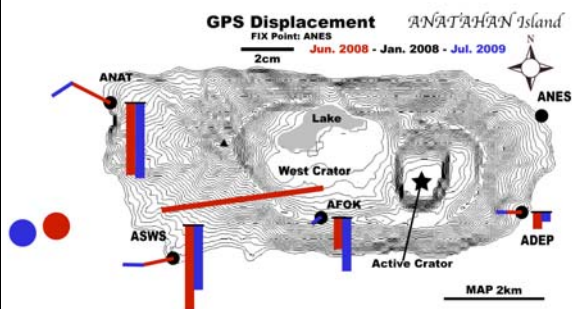
(1)マリアナ諸島の6島の火山島のGPS再測定の結果、前回2003, 04年の結果と比較することにより以下の知見が得られた。①火山活動による局地的な地殻変動はこの期間では見られない。②マリアナ弧の西側にあるマリアナトラフは背弧拡大しており、その

速度は北部のウラカスで10mm/年、南部のグアム付近で46mm/年におよぶ、③拡大のオライ極は北緯21度付近にあるが、マリアナ弧の北部と南部では微妙に拡大方向が異なる。④またこれらの結果から、アナタハン島の定常的な変動速度が推定され、その値との差異から島内の地殻変動量が推定可能となった。

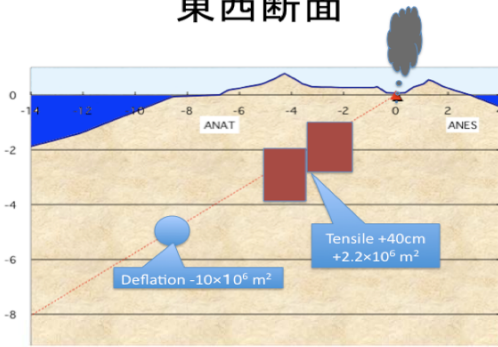


(2)GPS基準点にGPS受信器を設置して再測定した結果、アナタハン島の地殻変動が測定され、そのデータをもとに地下構造が推定された。

①2008年6月と2009年1月のGPS測定結果からアナタハン島の西部が2008年6月以降最大3cm沈降するとともに、南西に約2cm変位していることが分かった。それに対して島の東部はほとんど変位がみられないことが判明した。これらはアナタハン島の西方2km沖の地下5km付近にあるマグマ溜まりが収縮するとともに、そのマグマ溜まりと噴火口をつなぐ火道がダイク状に約40cm開いたとためと推定された。このダイクは2008年7月から8月にかけて発生した東火口の小噴火の際のマグマ活動にともなって貫入したものと考えられる。



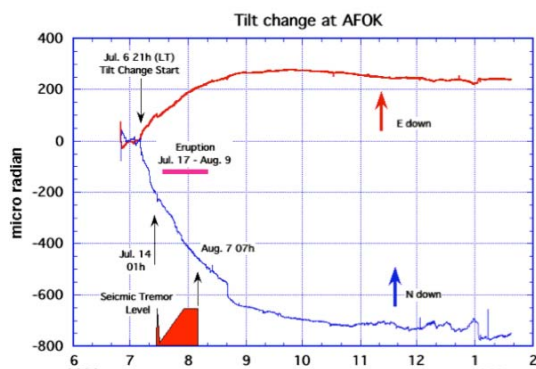
## 東西断面



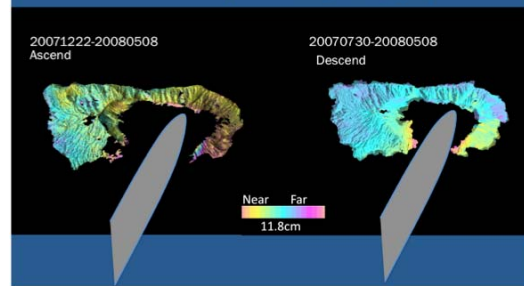
②2009年1月と7月のGPS測定の結果からは、島の東部は変形が小さく、島の西側で西向きの変位と沈降が続いていることがわかった。また2008年夏にみられたダイクの活動による地殻変動はこの期間ではみられなかった。このことからアナタハン島西方沖の地下のマグマ溜まりは火山活動の低下に伴って収縮を続けており、2003年に始まったアナタハン火山の活動は長期的に見て終息に向かっていると推定された。

(3)西火口原の南縁に設置された傾斜の連続観測のデータから、2008年7月の小噴火の10日前から西火口原が隆起する変動観測され、最終的に $700 \mu \text{rad}$ を超える傾斜となったことが分かった。噴火は8月9日に終息したが、傾斜変動では10月まで地下のマグマ活動が継続していたことがわかる。この事実からも、西火口原の地下にはダイク状のマグマの通り道があり、噴火活動に呼応して変動していると推定された。また、2008年7月15日には傾斜観測点の北側を圧力源が西から東側へ数時間で移動する現象がみられた。前日から火山性微動の発生も観測されており、マグマが島の西部から頭部の噴火口に向けてダイクに沿って移動していた様子をとらえることができたと考えられる。

## 傾斜変動 Jun. 2008-Jan. 2009



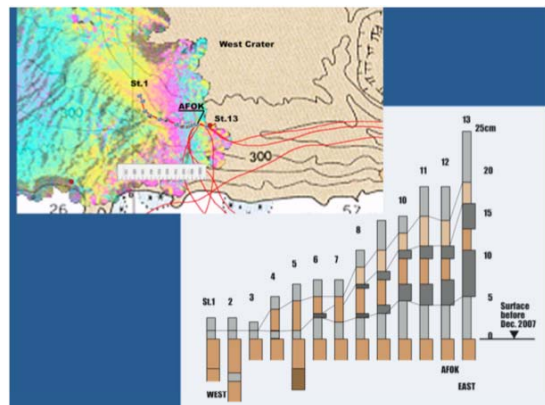
## 2008年2~3月の噴火

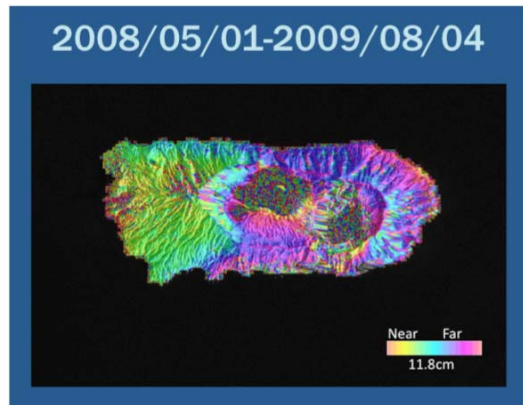


(4)日本が打ち上げた陸域観測技術衛星ALOS「だいち」のLバンド合成開口レーダのデータを用いた干渉SAR解析がおこなった。

①アナタハン火山は2007年12月から2008年3月末まで活発な噴火活動(主にマグマ水蒸気爆発)を繰り返し、火口周辺では1m以上の厚い火山灰層が堆積した。2007年12月-2008年5月のPALSARデータを解析したところ、噴火口周辺および卓越風の風下にあたる南西側で干渉が得られないほど地形が変化していることがわかった。これは厚い火山灰が旧地形を埋めたためと考えられる。また火砕流などの横殴りの火山灰移動では旧地形の谷を埋めるように堆積するために、旧地形との相関がわるくなり干渉シグナルを得ることができなくなる。それに対し火口から十分に離れたところでは、20cmにおよぶ隆起の干渉縞が得られている。これは垂直に降り注ぐ降下火山灰が旧地形とほぼ相似に堆積したため、新旧の地形で明瞭な干渉縞が得られたと推測される。

②我々は干渉縞が得られた現場の13地点で火山灰層を実際に掘削して、2007年12月に降に堆積した火山灰層の厚さを測定した。その結果は3cm~20cmであり、干渉解析から得られた地表の隆起量とよく一致していた。また厚さ20cm以上の火山灰が堆積している地域においては干渉縞が得られていないこともわかった。





③ 静穏期である 2008 年 5 月と 2009 年 8 月の PALSAR データの解析からは、火山島の中央部から東側にかけて数 cm の地表の沈降が観測された。これは厚い火山灰の圧密による効果と表面の様な浸食が考えられる。一般的な浸食では降雨による雨裂が生じて、谷部の選択的な浸食が多くなる。しかしこの場合は地形が部分的に変形するため、干渉が弱くなるセンスに働く。一般的に降下火山灰層の場合、硬い部分と柔らかい部分の互層で構成されており、柔らかい部分が風や降雨により様に浸食され、硬い表面が地表に残る場合がある。このような浸食の場合は、地形がほぼ相似形に浸食されるため干渉がよく、かつ様な地表の沈降が見られることとなる。実際に現地での火山灰層厚の変化の調査した結果、風化による浸食量と SAR 解析による地表の沈降量はほぼ一致することがわかった。

このことから、干渉 SAR 解析を用いることにより、垂直に降り積もる降下火山灰層であれば 2~20cm 程度の層厚まで検出可能であることがわかった。また火山灰層の表面の風化や浸食による地形変化や圧密による変形も、旧地形と新地形が大きく異なる範囲であれば、干渉 SAR 解析でその量を検出可能であることがわかった。

#### 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)

[学会発表] (計 11 件)

- ① Matsushima, T., T. Tabei, T. Watanabe, Y. Morita, F. Maeno, A. Watanabe, J. Oikawa, T. Kato, Geodetic Observations at Anatahan Volcano, Northern Mariana Islands, 6th Biennial Workshop on Japan

#### -Kamchatka-Alaska Subduction

Processes emphasizing the

Kurile-Kamchatka-Aleutian Arcs,

22-26 June 2009, Fairbanks, Alaska.

- ② 松島 健・田部井隆雄・渡部 豪・加藤照之・中田節也・森田裕一・前野深・渡邊篤志・及川 純, 北マリアナ諸島アナタハン火山における測地観測 (2), 日本火山学会 2009 年秋季大会
- ③ Nakada, S., Y. Morita, T. Matsushima, T. Tabei, A. Watanabe, F. Maeno, J. Camacho, Recent activity of Anatahan volcano, Northern Mariana Islands, and its magma plumbing system, 2009 AGU Fall Meeting, 14-18 December 2009, San Francisco, USA.
- ④ Nakada, S., Y. Morita, M. Yoshimoto, F. Maeno, A. Watanabe, T. Matsushima, T. Tabei, T. Watanabe, J. T. Camacho, Phreatomagmatic eruption in Anatahan volcano, northern Marianas, 3rd Maar Conference, 14 April 2009, Malargue, Mendoza, Argentina.
- ⑤ 松島 健・田部井隆雄・渡部 豪・中田節也・森田裕一・前野 深・渡邊篤志・及川 純・加藤照之, 北マリアナ諸島・アナタハン火山における測地観測, 地球惑星科学関連学会 2009 年合同大会, V159-002.
- ⑥ 中田節也・森田裕一・松島 健・前野 深・渡邊篤志・田部井隆雄・Camacho John Takai, 北マリアナ諸島アナタハン火山の噴火活動と 2008-9 年調査研究の概要, 地球惑星科学関連学会 2009 年合同大会, V159-001.
- ⑦ 渡邊篤志・森田裕一・松島 健・田部井隆雄・中田節也・前野 深, 北マリアナ諸島アナタハン火山での地震観測, 地球惑星科学関連学会 2009 年合同大会, V159-003.
- ⑧ 森田裕一・渡邊篤志・中田節也・松島 健・Camacho John Takai・田部井隆雄・前野深, アナタハン火山で観測された地震活動, 火山性微動, 地球惑星科学関連学会 2009 年合同大会, V159-004.
- ⑨ 田部井隆雄・渡部 豪・松島 健・加藤照之・中田節也・前野 深・渡邊篤志・森田裕一・Camacho John Takai, GPS 観測に基づいたマリアナトラフの背弧拡大に対す

る測地学の推定, 地球惑星科学関連学会  
2009年合同大会, T226-006.

- ⑩ Tabei, T., T. Watanabe, T. Matsu-  
shima, T. Kato, S. Nakada, F. Maeno,  
A. Watanabe, J. Camacho, J. Kaipat,  
and Y. Morita, Geodetic Constraints  
for Back-Arc Spreading Across the  
Mariana Trough, G21A-0682, 2008  
AGU Fall Meeting, 15-19 December  
2008, San Francisco, USA.
- ⑪ 松島 健・田部井隆雄・渡部 豪・加藤照  
之・森田裕一・前野 深・渡邊篤志, 北マ  
リアナ諸島アナタハン火山における測地観  
測, 日本火山学会 2008年秋季大会

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

松島 健 (MATSUSHIMA TAKESHI)  
九州大学・大学院理学研究院・准教授  
研究者番号: 40222301

##### (2) 研究分担者

杉本 健 (SUGIMOTO TAKESHI)  
京都大学・大学院理学研究科・研究機関研  
究員 (講師)  
研究者番号: 30380570

(2007年度末辞退)

長井 大輔 (NAGAI DAISUKE)  
九州大学・大学院理学研究院・研究機関研  
究員 (講師)  
研究者番号: 90457440  
(2008年度追加, 2008年度末辞退)

##### (3) 研究協力者

田部井 隆雄 (TABEI TAKAO)  
高知大学・自然科学系・教授  
研究者番号: 40207220

中田 節也 (NAKADA SETSUYA)  
東京大学・地震研究所・教授  
研究者番号: 60128056

森田 裕一 (MORITA YUICHI)  
東京大学・地震研究所・教授  
研究者番号: 30220073

前野 深 (MAENO FUKASHI)  
東京大学・地震研究所・助教  
研究者番号: 20444078