

硫黄島の地殻変動*

Crustal Deformation in Iwo-to Volcano

国土地理院
Geographical Survey Institute

第1図(a)-(d)は、硫黄島のGPS連続観測結果、第2図(a)-(b)は、GPSキャンペーン観測により得られた硫黄島の地殻変動結果である。硫黄島の南東部に設置されている電子基準点「硫黄島1」は、2006年8月上旬からこれまでの沈降傾向とは一転し4cm/月を超えるような急速な隆起を始めた(第1図(b))。この隆起は現在も継続しており、2007年2月5日時点では、2006年8月上旬と比較して約50cmの隆起となっている。硫黄島では2001年に発生した水蒸気噴火の際にも、噴火に先行して急速な隆起が観測されていることから、今回の隆起現象も火山活動の活発化を反映している可能性がある。

この硫黄島で進行しつつある地殻変動に関する詳細な情報を得ることを目的として、火山噴火予知連絡会と宇宙航空研究開発機構(JAXA)との防災利用実証実験に関する協定に基づき、「だいち」による観測が実施されている。

国土地理院では、「だいち」PALSARデータを用いた干渉SAR解析を実施した。

SAR データ

衛星/センサ : だいち (ALOS) / PALSAR (波長 23.6cm)

<ペア 1>

観測モード : Ascending / FBS41.5° HH
観測シーン : パス 410 フレーム 480
観測日 : 2006/11/1, 2007/2/1 (観測間隔 : 92 日)

<ペア 2>

観測モード : Descending / FBS41.5° HH
観測シーン : パス 48 フレーム 3130
観測日 : 2006/11/11, 2006/12/27 (観測間隔 : 46 日)

解析結果

解析結果を第3図に示す。色はその地点の位相値を表し、それぞれの観測期間中に生じた衛星と地上間の距離の変化量を示す。ペア1とペア2では衛星の視線方向が異なるため、位相変化の空間分布が異なって見える。

地表の変位量が不連続に変化する箇所が複数見られる。その一部を拡大したものを第4図に示す。第4図における白破線は断層位置を示している¹⁾。地表変位量の不連続箇所が断層位置とよく一致することから、これらの地形的に明瞭な断層が今回の隆起変動に伴い変位したと考えられる。なお、第4図(b)に示されている硫黄島西部の阿蘇台断層の変位はペア2 (Descending) では明瞭に捉えられているが、ペア1 (Ascending) では明瞭ではない。これは阿蘇台断層の変位方向がちょうど Ascending での感度がない方向であったためと考えられる。このように、Ascending あるいは Descending のみの片方観測では生じた地殻変動を見落としてしまう場合があることから、可能であれば Ascending 及び Descending 両方向から観測することが望ましい。

干渉 SAR での直接の観測量は衛星視線方向の距離変化であるが、今回の解析のように Ascending、Descending の2方向からのデータがある場合には、これらを組み合わせることにより、第5図のように上下、東西の2方向の変位に分離することができる。これは2.5次元解析と呼ばれる²⁾。なお、今回の

* 2007年8月10日受付

場合は2方向の観測時期が異なるため、変動の空間パターンが両時期で一定であると仮定して、両時期の変位量を電子基準点「硫黄島1」の変位量を用いて規格化し、2006/11/1～2007/2/1間の変動として解析を行った。

2.5次元解析により得られた上下方向、東西方向の変位量分布を第5図に示す。硫黄島東部が大きく隆起し、元山付近では相対的な沈降が見られる。阿蘇台断層（第4図(b)参照）では、断層線を境に東側が大きく隆起し、断層線を中心として東西に拡大するように変位したことが明瞭に捉えられている。この変動パターンは、GPSキャンペーン観測による結果（第2図）とも整合している。

干渉 SAR では地表の変動を非常に高い空間分解能で捉えられることから、今回の一連の解析により、硫黄島の地殻変動についてかなりの情報が得られつつある。また、GEONET 観測点の観測結果からは硫黄島の隆起現象がまだ継続していると考えられ、今後も観測を継続して実施する必要があると思われる。

謝辞

「だいち」の PALSAR データに関する所有権は経済産業省および JAXA が所有している。本解析で用いた「だいち」の PALSAR データは、火山噴火予知連絡会と JAXA との防災利用実証実験に関する協定に基づいて提供されたものである。関係各位に謝意を表す。

参考：干渉 SAR 解析について

干渉 SAR 解析で得られる変位量は、衛星と地上のターゲット間の距離の変化（変位の衛星視線方向成分）である。本解析では Ascending 軌道および Descending 軌道からの観測データを用いている。Ascending 軌道の場合には西側上空から東南東方向、Descending 軌道の場合には東側上空から西南西方向に地表を観測している。

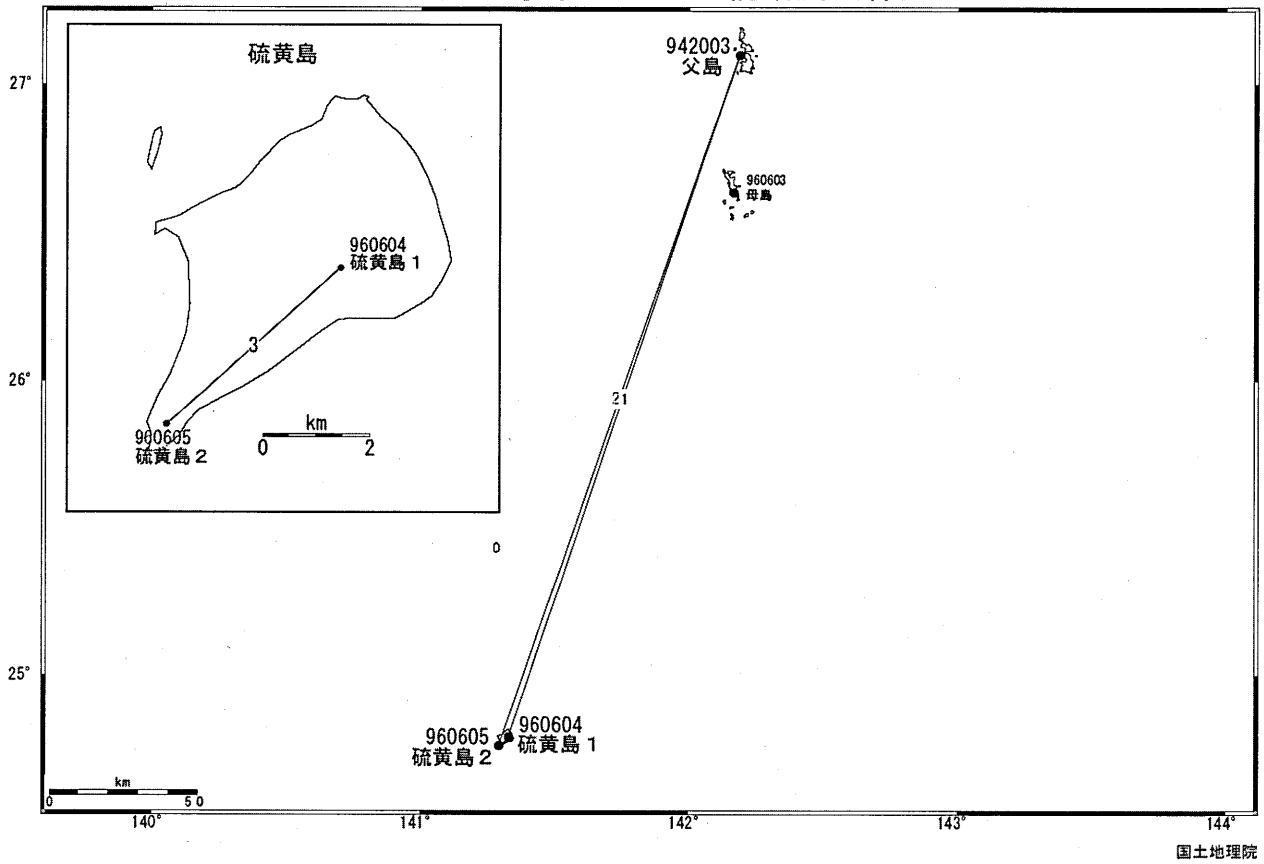
位相の減少は衛星に近づく向きの変位に対応しており、Ascending 軌道の場合には隆起、西南西への変位が卓越し、Descending 軌道の場合には隆起、東南東への変位が卓越することを示す。位相が増加した場合はその逆になる。

今回の解析にあたっては、国土地理院で開発された GSISAR を用いた。各々のデータに格納されている軌道情報を用いて軌道縞、地形縞を除去した。なお、ペア2 (Descending) については、得られた干渉画像に軌道縞が残存しているようなパターンが見られたため、GEONET の観測結果と整合するよう調整を行っている。

参考文献

- 1) 貝塚爽平, 宮内崇裕, 長岡信治(1983), 硫黄島の海成段丘・活断層と変動史, 小笠原研究, 8/9, 13-45.
- 2) Fujiwara, S., T. Nishimura, M. Murakami, H. Nakagawa, M. Tobita and P. A. Rosen (2000): 2.5-D surface deformation of M6.1 earthquake near Mt Iwate detected by SAR interferometry, Geophys. Res. Lett., 27, 2049-2052.

硫黄島周辺 GPS連続観測基線図

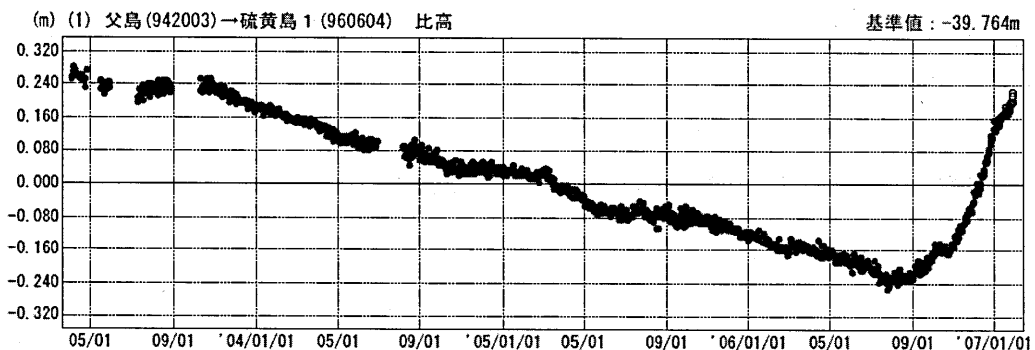
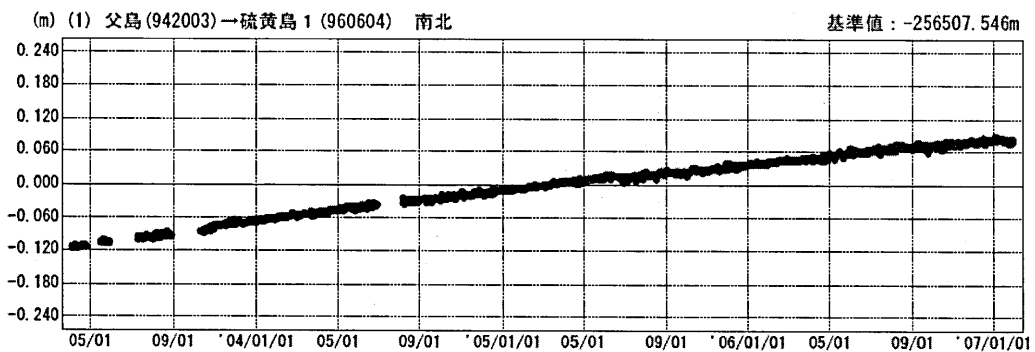
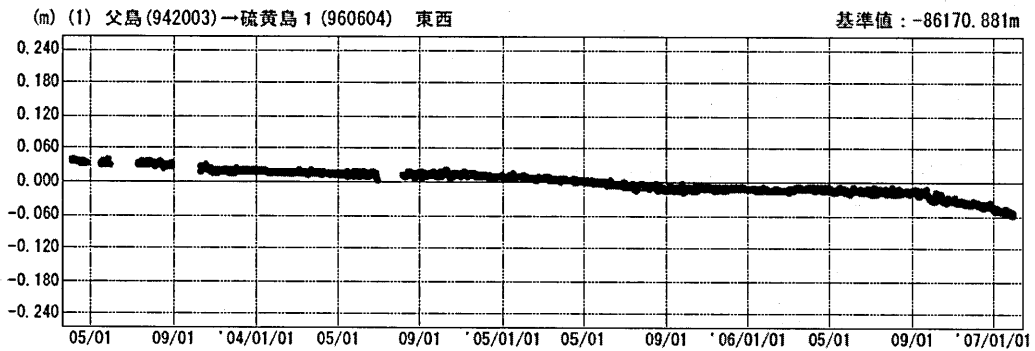
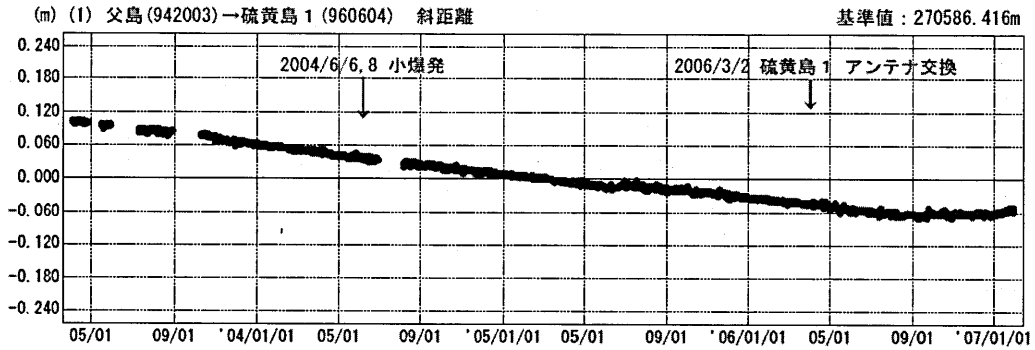


第1図(a) GPS 連続観測点配置図

Fig.1(a) Site location map of the GPS permanent continuous measurements network in Iwo-tô Volcano.

基線変化グラフ

期間：2003/04/01~2007/01/29 JST



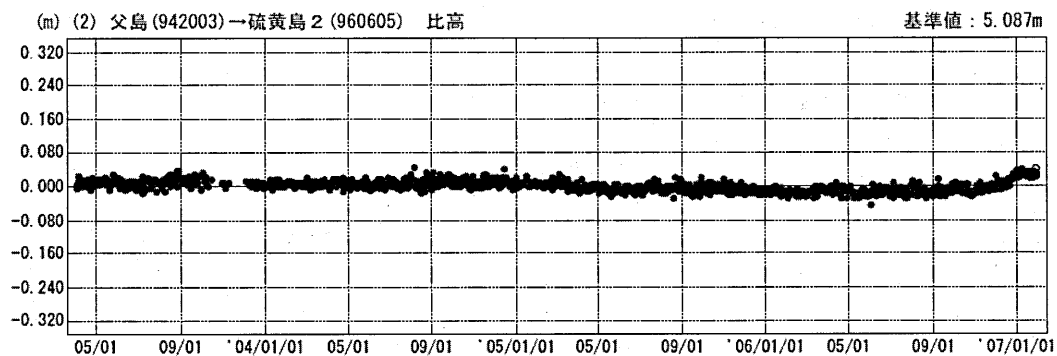
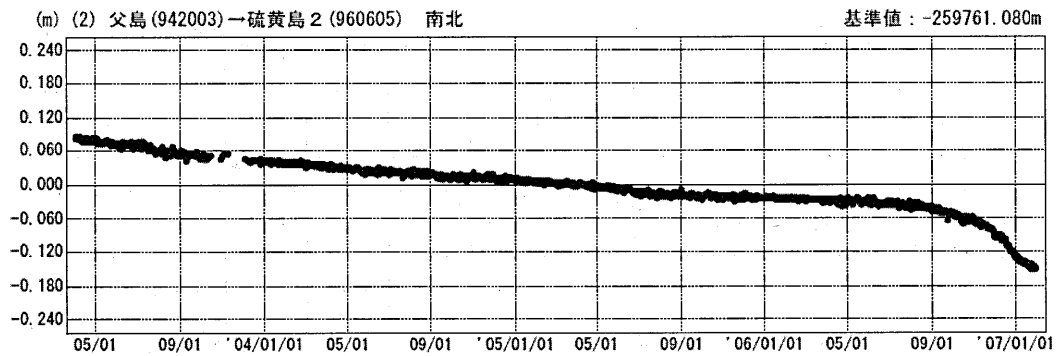
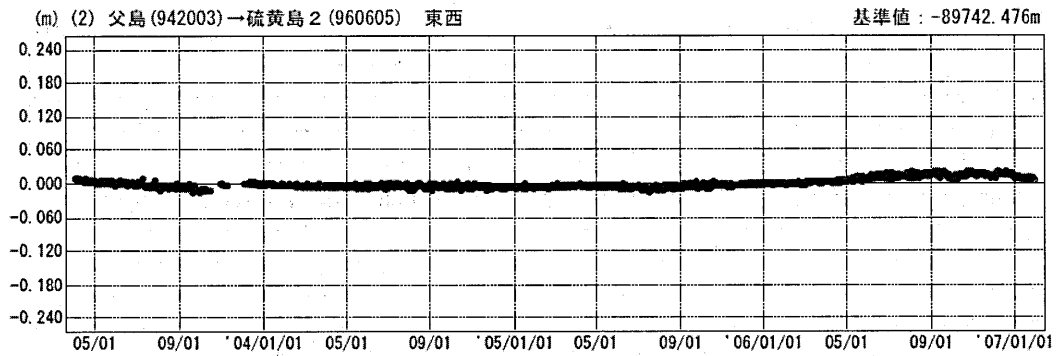
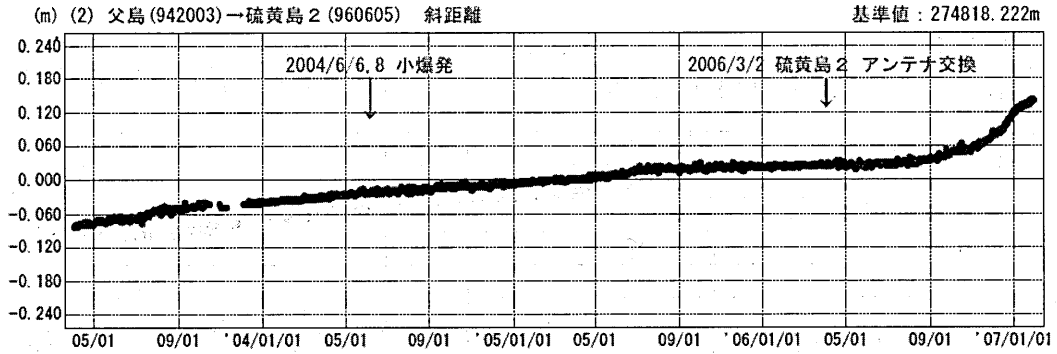
●---[F2:最終解] ○---[R2:速報解] 国土地理院
 ※電子基準点の保守等による変動は補正済み

第1図(b) GPS連続観測結果(2003年4月-2007年1月)

Fig.1(b) Results of continuous measurements of the GPS in Iwo-to Volcano during April 2003-January 2007.

基線変化グラフ

期間：2003/04/01～2007/01/29 JST



●---[F2:最終解] ○---[R2:速報解]

国土地理院

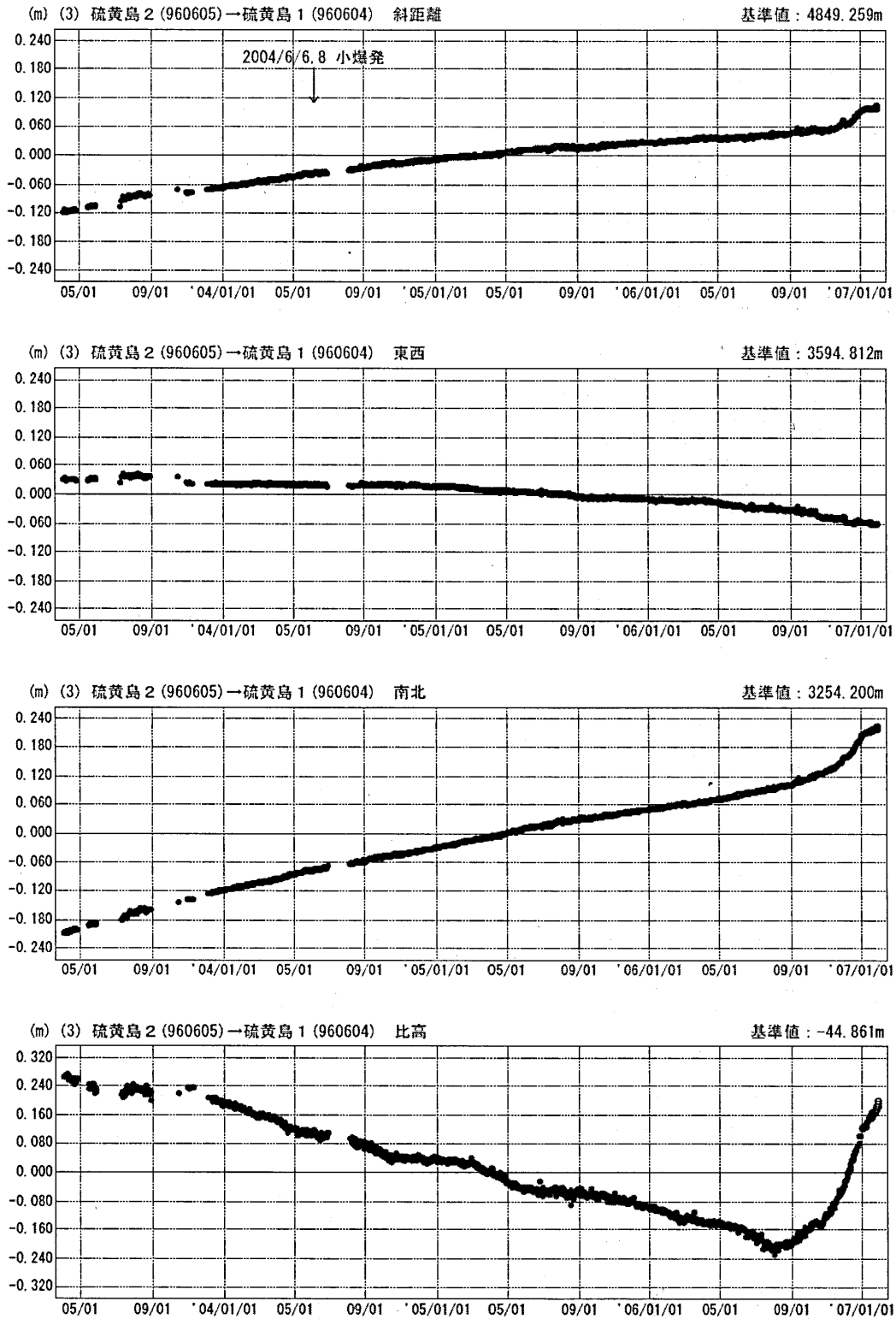
※電子基準点の保守等による変動は補正済み

第1図(c) GPS連続観測結果(2003年4月-2007年1月)

Fig.1 (c) Results of continuous measurements of the GPS in Iwo-to Volcano during April 2003-January 2007.

基線変化グラフ

期間：2003/04/01~2007/01/29 JST



●---[F2:最終解] ○---[R2:速報解]

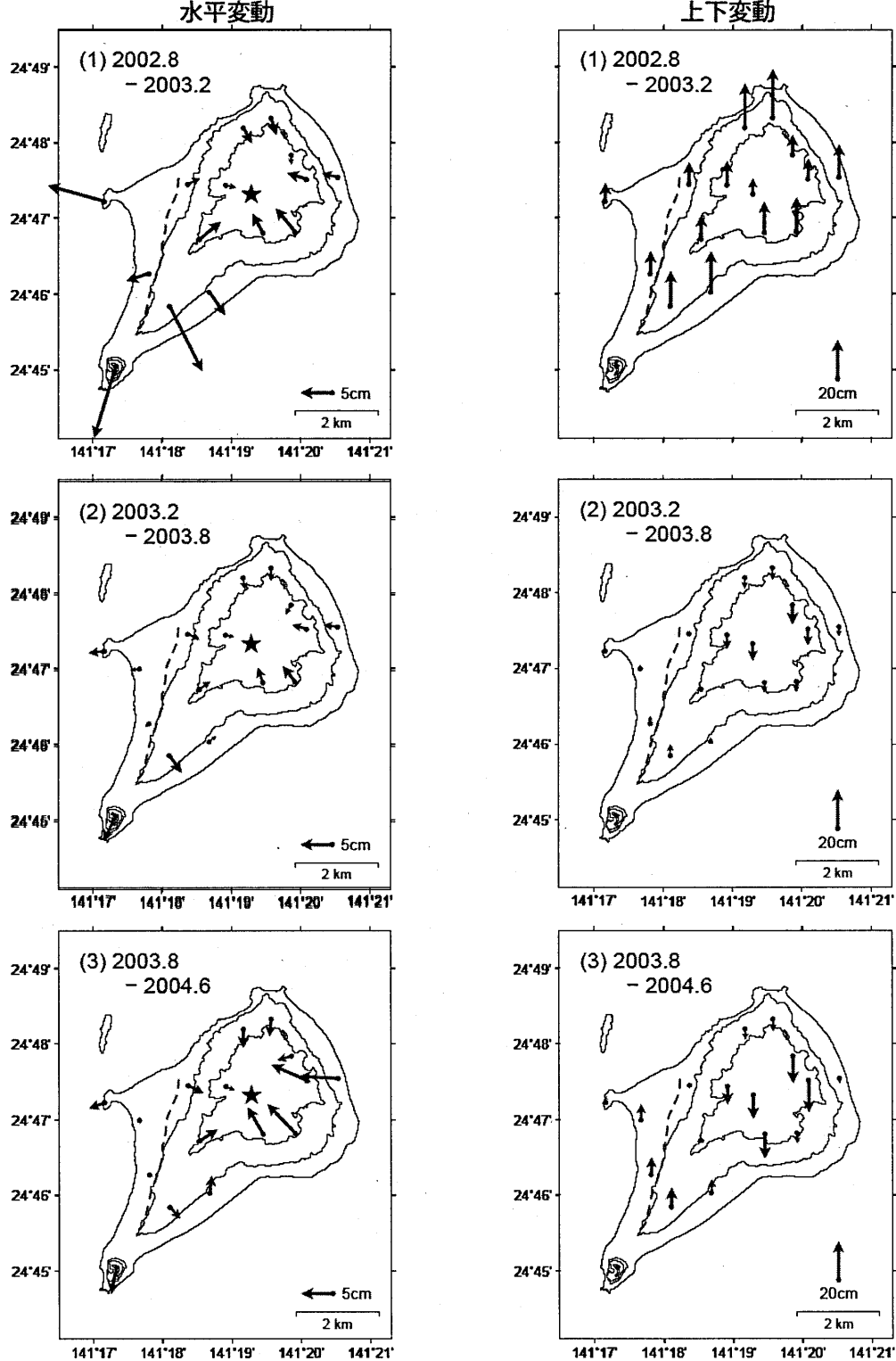
国土地理院

※電子基準点の保守等による変動は補正済み

第1図(d) GPS連続観測結果(2003年4月-2007年1月)

Fig.1(d) Results of continuous measurements of the GPS in Iwo-to Volcano during April 2003-January 2007.

GPS キャンペーン観測による硫黄島の地殻変動 (1)

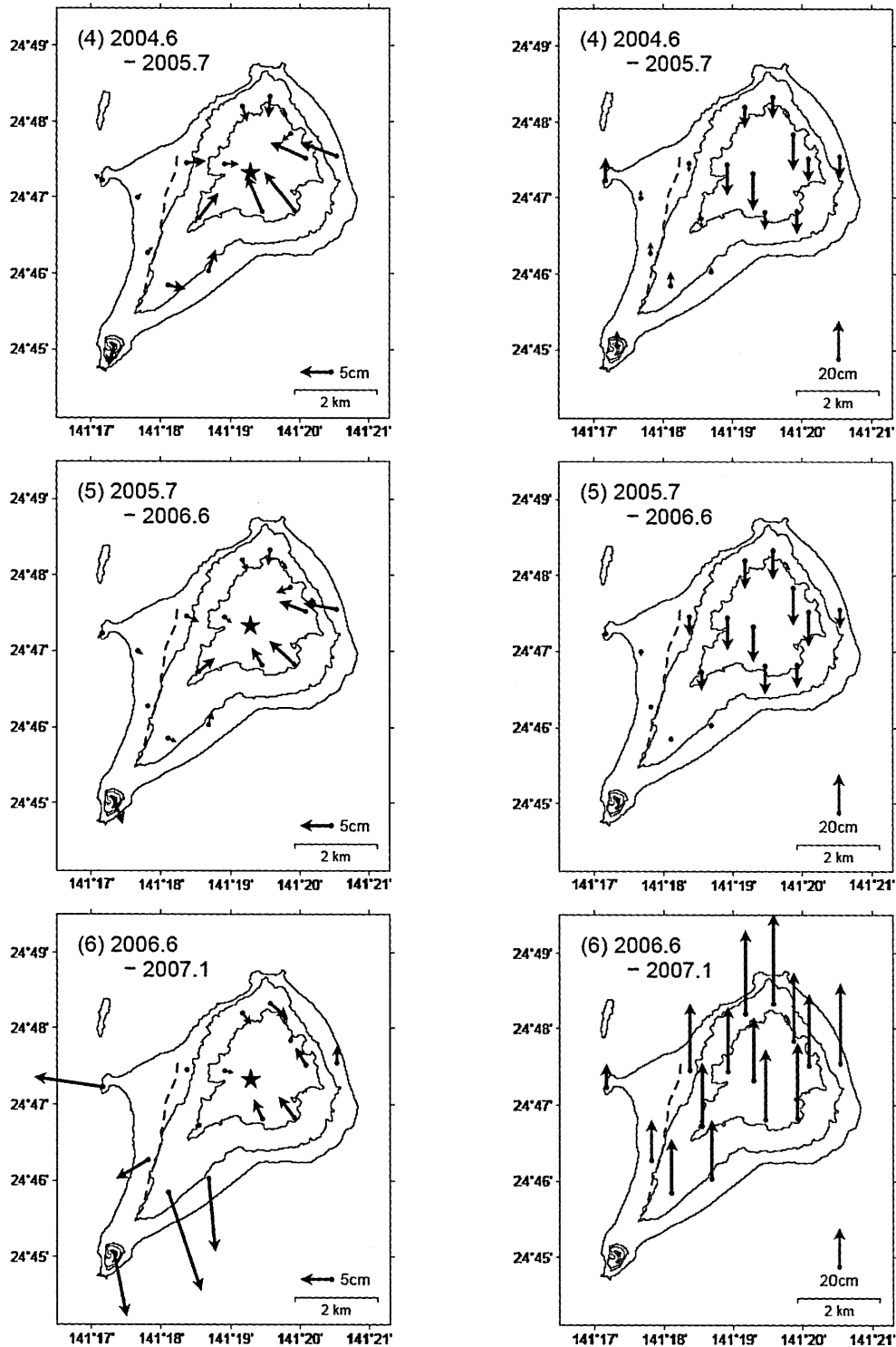


- 水平は★(硫黄ヶ丘測点:元山)を固定とした変動図、上下は各観測で算出した楕円体高より求めた変動図。
- 破線は現地調査(2007年1月)および写真判読を元にした「阿蘇台断層」の位置。
- 比較期間は(1),(2),(6)は約半年、(3)~(5)は約1年。
- 2007年1月の結果は速報解による。

第2図(a) 繰り返しGPSキャンペーン観測により得られた硫黄島の地殻変動

Fig. 2(a) Crustal deformation in Iwo-to Volcano derived from repeated geodetic survey.

GPS キャンペーン観測による硫黄島の地殻変動 (2)



- 水平は★(硫黄ヶ丘測点:元山)を固定とした変動図、上下は各観測で算出した楕円体高より求めた変動図。
- 破線は現地調査(2007年1月)および写真判読を元にした「阿蘇台断層」の位置。
- 比較期間は(1),(2),(6)は約半年、(3)~(5)は約1年。
- 2007年1月の結果は速報解による。

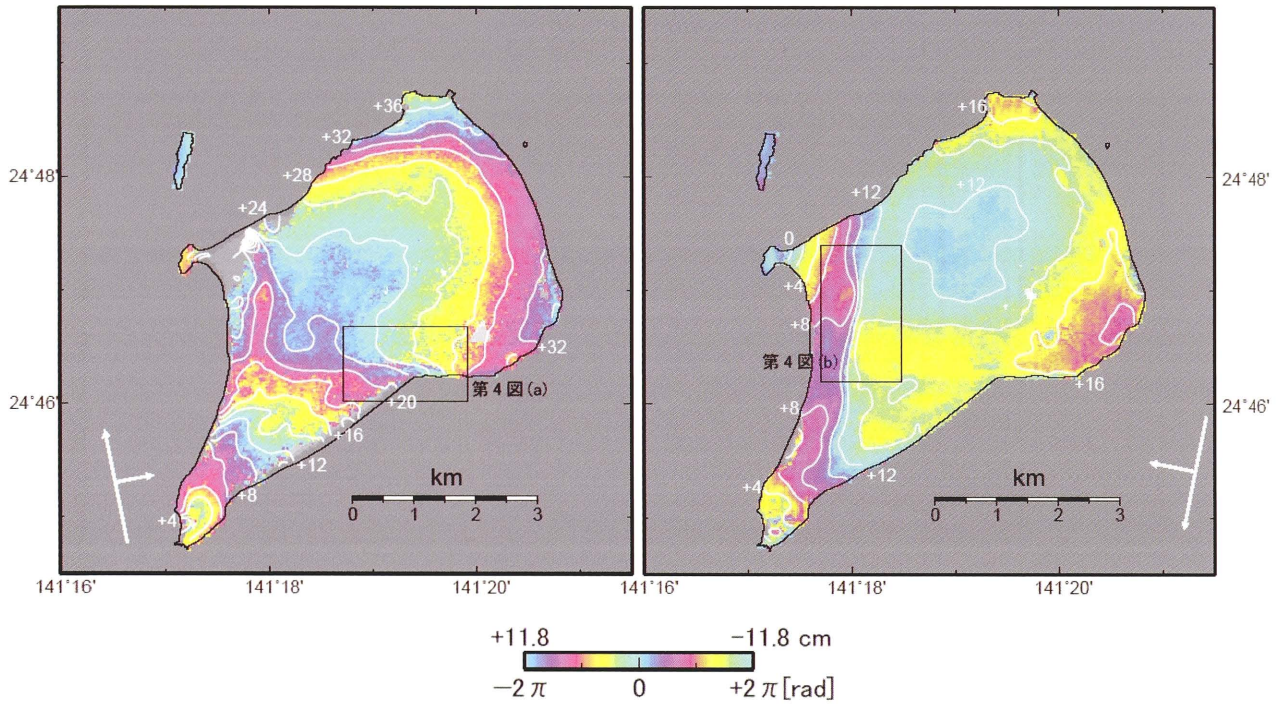
第2図(b) 繰り返しGPS キャンペーン観測により得られた硫黄島の地殻変動
 Fig. 2(b) Crustal deformation in Iwo-to Volcano derived from repeated geodetic survey.

ペア1

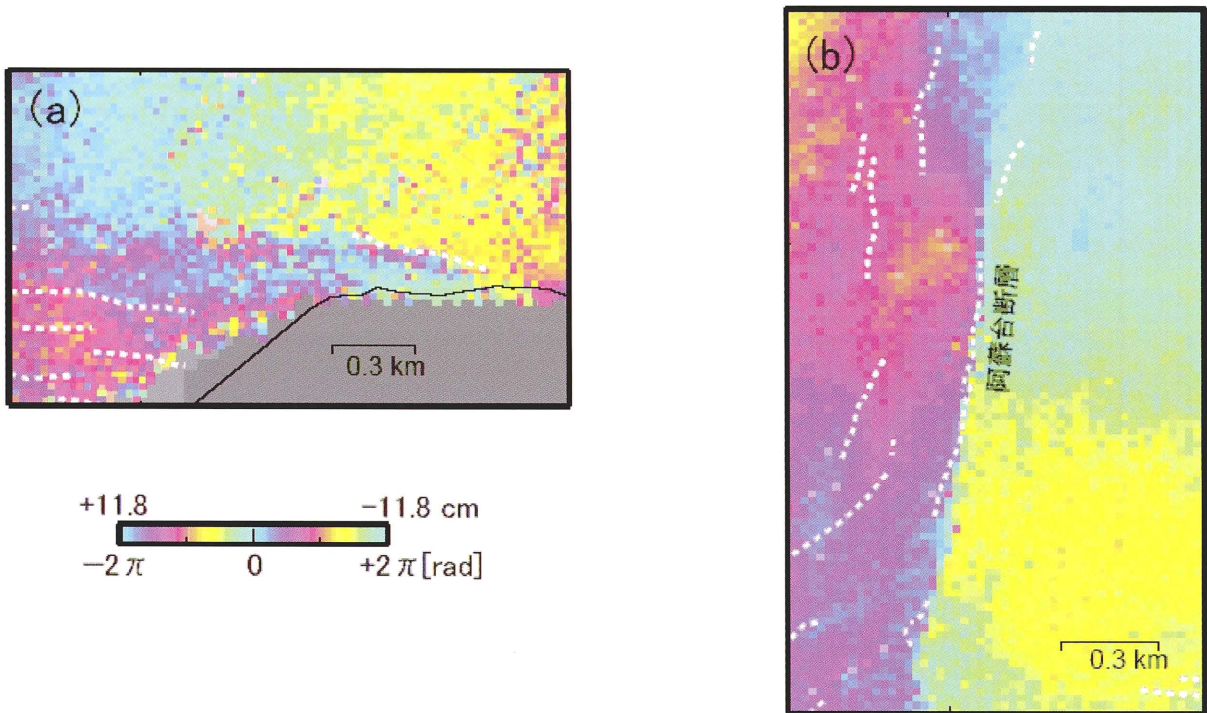
Ascending 41.5°FBS HH
2006/11/1-2007/2/1 (92days)
Bperp= -607m

ペア2

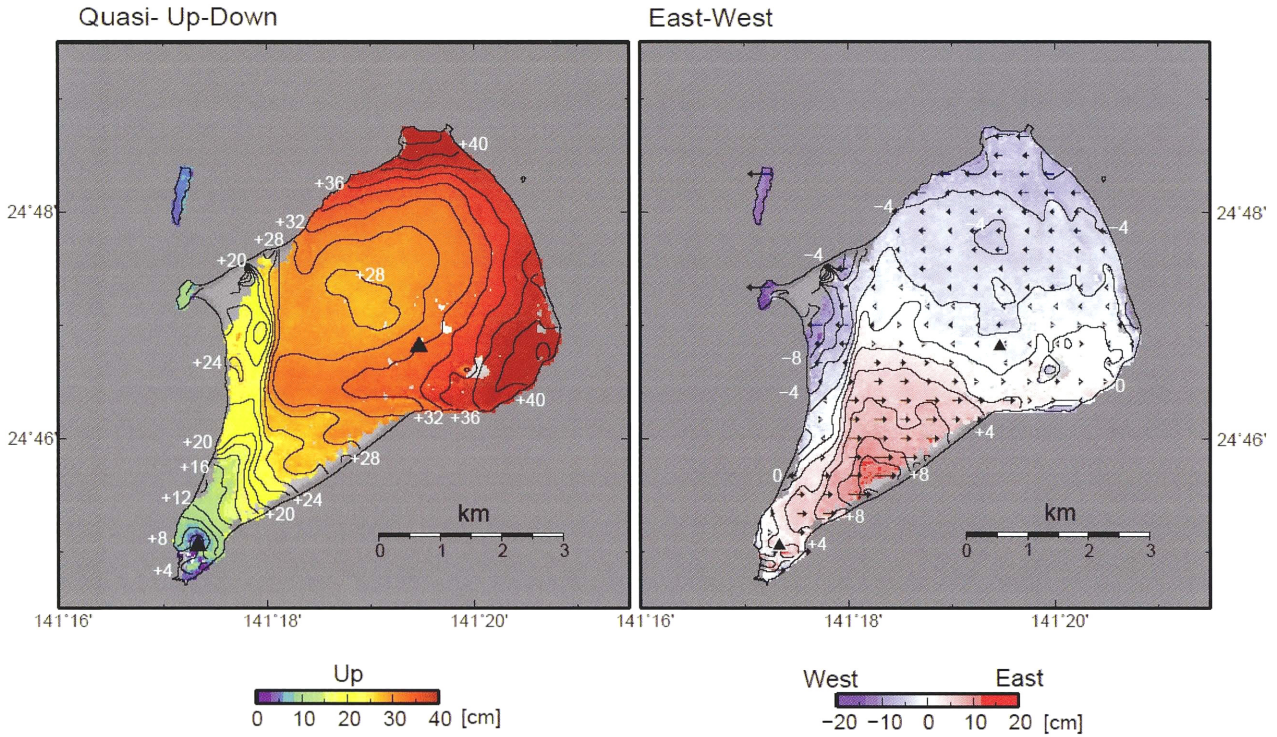
Descending 41.5°FBS HH
2006/11/11-2006/12/27 (46days)
Bperp= -2143m



第3図 ALOS/PALSAR データの干渉 SAR 解析により得られた硫黄島の変位量分布
図中の数字は衛星方向への変位量(cm)を示す。
Fig. 3 Distribution of displacement in Iwo-to Volcano Detected by ALOS/PALSAR InSAR

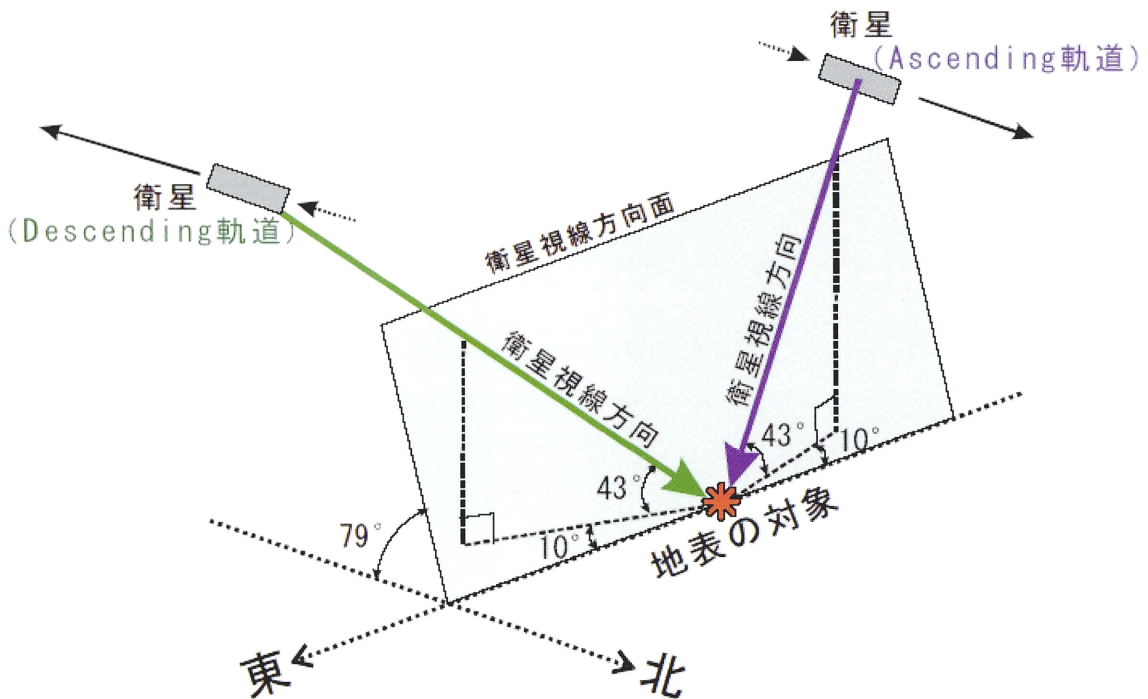


第4図 変位量の不連続部分の拡大図。白破線は断層位置を示す¹⁾。
Fig. 4 The figure magnified discontinuous part of displacement



第5図 第3図の Ascending、Descending 両方向の地表変位量から求められた上下方向と東西方向の変位量分布。黒三角は GEONET 観測点の位置を示す。

Fig. 5 Distribution of vertical and east-west displacement by 2.5 dimensions analysis



第6図 2.5次元解析の概念図

Ascending 軌道、Descending 軌道の2方向からの観測量を合成することで、東西方向と上下方向の変位量の面的分布を捉えることができる。

Fig. 6 Concept chart of 2.5 dimensions analysis