

伊豆大島の地殻変動*

Ground Deformation in Izu-Oshima Volcano

気象研究所**・伊豆大島火山防災連絡事務所***

Meteorological Research Institute and Izu Oshima Local Cooperative Office
for Volcanic Disaster Mitigation

1. はじめに

伊豆大島火山では、1986-87 年噴火以降、地下へのマグマの供給を示唆する山体膨張が続き、次期噴火に向けた準備が着実に進んでいると考えられている。ここでは、気象研究所、気象庁、国土地理院の GNSS、気象庁の体積ひずみデータ（第 1 図）および気象研究所の光波測距観測データ（第 13 図）に基づき、伊豆大島火山のマグマ蓄積期に捉えられている地殻変動について示す。

2. 全島の変動

1997 年 10 月 1 日から 2016 年 9 月 3 日までの国土地理院、気象庁 GNSS データによる基線長変化を第 2 図に示す。山麓間、北西カルデラ縁-山麓間の基線とともに、期間を通した伸長が認められ、これに 1~2 年程度の周期をもつ短期的な短縮、伸長が重なっている。

2.1. 長期的膨張

第 3 図は長期的に稼働している GNSS 観測点 5 ヶ所の変位データから算出した面積ひずみの経年変化を示す。第 3 図左図の○が 30 日毎に算出した面積ひずみ、赤線がその長周期成分、右図が長周期成分を差し引いて求めた短周期成分である。長周期成分を見ると、経年的に膨張傾向がみられていたが、2010 年頃から膨張の鈍化が認められ、2013 年頃から再び以前と同程度の速さで膨張している。

2.2. 短期的収縮・膨張

(時間変化)

第 4 図には気象研究所のカルデラ域の GNSS 観測網のデータも含めた、2009 年 3 月 1 日から 2016 年 9 月 3 日までの基線長変化を示す。山麓間だけでなく、カルデラ域の基線でも短期的な変動が捉えられており、最近では 2015 年 10 月頃より伸長傾向にあったが、2016 年 6 月頃より短縮に転じている。この傾向は、カルデラ内に展開された光波測距観測データからも同様の傾向が観測された（第 14, 15 図）。

第 5 図は伊豆大島北西山腹に設置された体積ひずみ計データの経年変化であり、ここでは 1990 年の雷災後、再設置されて以降を示す。上図は気圧補正のみ施した日値データで、再設置後安定化までの膨張とそれ以降の経年的な収縮が顕著である。下図はこれに温度補正、周期 3 年のハイパスフィルターをかけたものであり、 10^{-6} オーダーの変動が認められる。一方、第 6 図は、観測点位置での体積ひずみから換算した面積ひずみと周辺 3 観測点の GNSS データから算出される面積ひずみの比較であり、ともに同じ周期 3 年のハイパスフィルターをかけている。両者の傾向、振幅は良く一致しており、体積ひずみ計で捉えられている短期的な変動は、GNSS で捉えられている短期的収縮・膨張に対応することが分かる。さらに、GNSS よりも長期稼働している体積ひずみ計のデータで見ると、1990 年代前半からこの短期的収縮・膨張の振幅が徐々に増大していることがわかる（第 5 図下図）。

(変動源)

*2016 年 12 月 22 日受付

**高山博之，高木朗充，山本哲也，鬼澤真也，

***平山康夫

短期的収縮・膨張の事例として、2013–2015 年膨張期、2015 年収縮期の変動の主歪、面積歪を年率で表したものが第 7 図である。なお、3. で記す局所的沈降・収縮が続く三原山のデータは除いた。これらから収縮、膨張はカルデラ北部を中心に起こっていること、歪分布はほぼ等方的なパターンを示していることがわかる。変動が等方的なパターンであることから、茂木ソースを仮定し各期間の変動源の推定を行った。相対変位 3 成分を用いて推定した変動源位置が第 8 図である。歪分布から予想されるようにどの期間もその変動源はカルデラ北部に推定され、深さは海水準下 2 km から 6 km の範囲であった。

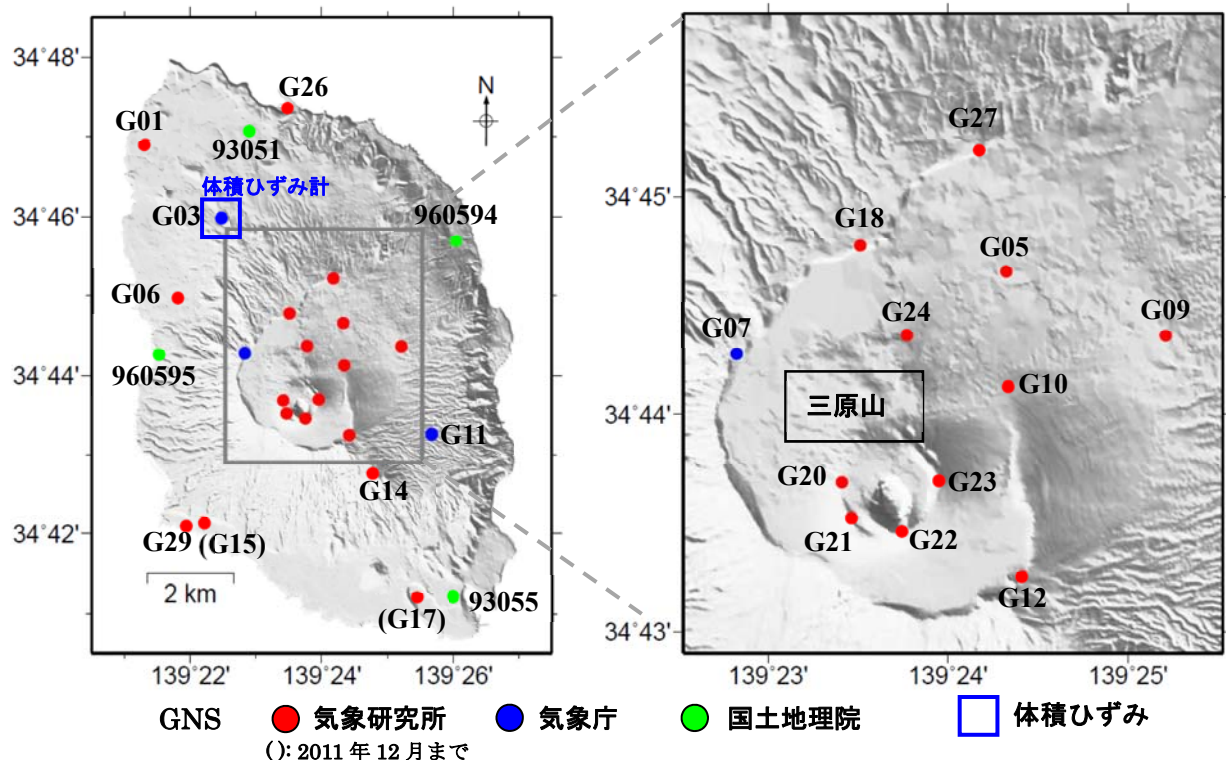
変動源を変動量の大きかった期間(VI)の膨張源の位置に固定して各期間の体積変化量を推定した(第 9 図)。この結果、各期間ともに変動量は 10^6 m^3 のオーダーに達し、2013 年以降積算体積変化量は、2015 年の収縮期を除いて、一貫して増えている。

3. 三原山における局所的沈降・収縮

三原山においては、全島的な変動によらず局所的な沈降・収縮が継続している。2013 年 9 月 4 日から 2016 年 9 月 3 日までの北西カルデラ縁 G07 を基準とした GNSS 観測による水平変位を第 10 図、上下変位を第 11 図に示す。G07 に対して三原山火口縁の 4 観測点 (G20~G23) は年率約 9~13 mm で沈降しており、火口が収縮するセンスの水平変位が認められる。また、第 12 図は同期間の三原山火口西縁 G20 に対する三原山の他の観測点の基線長変化を示す。比較のために 2.2. で記した短期的収縮・膨張源を挟む基線 (G20-G27) についても掲載した。G20-G27 では短期的収縮・膨張に応じて 15 mm を超える基線長変化が認められるが、三原山観測点間の基線はほぼ定常的に短縮していることがわかる。基線長短縮率は基線が長いほど大きい、線歪に換算すると基線によらず年率 $0.9 \sim 1.0 \times 10^{-5}$ でほぼ一定している。光波測距観測においても同様の変化を示している(第 14, 15 図)。

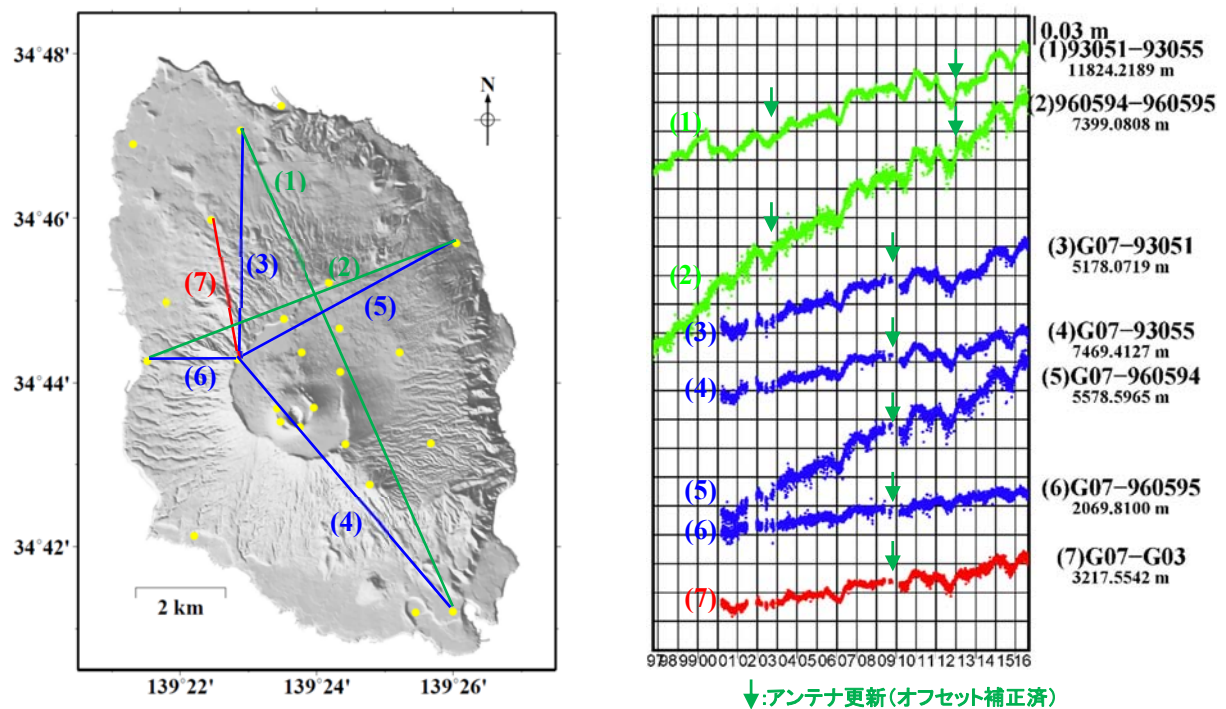
謝辞

解析には国土地理院電子基準点のデータを利用させて頂きました。



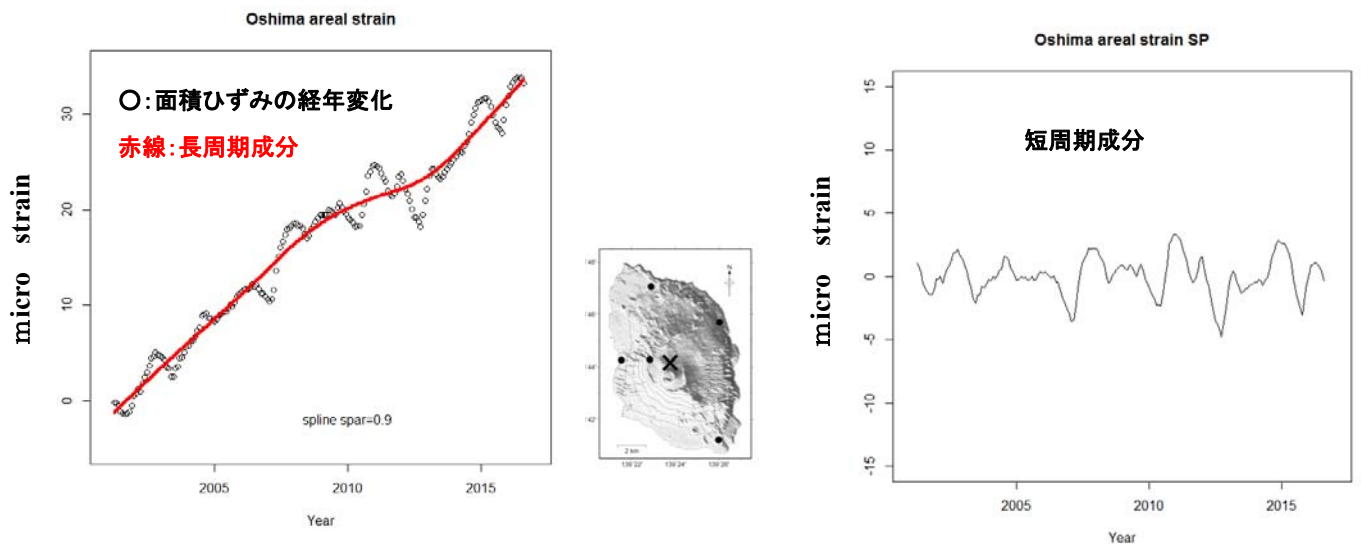
第 1 図 GNSS および体積ひずみ連続観測点位置。

Fig. 1 Locations of continuous GNSS sites and a volumetric strainmeter.



第2図 1997年10月1日から2016年9月3日までのGNSS基線長変化。

Fig. 2 Temporal changes of GNSS baseline lengths during a period from October 1, 1997 to September 3, 2016.

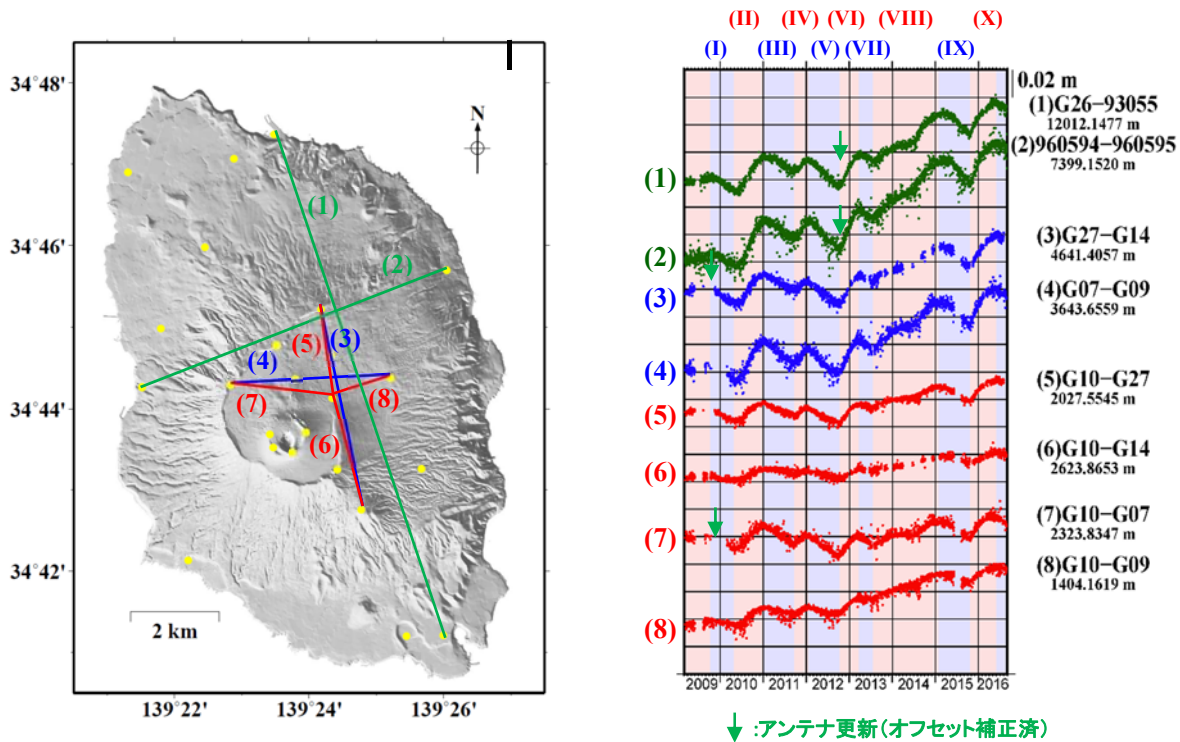


- 1) 面積ひずみの経年変化: 30日毎に求めた平均座標から面積ひずみを算出, それを積算した経年変化. 地図中●の5観測点を使用.
- 2) 長周期成分: 3次平滑化スプライン法により推定.
- 3) 短周期成分: 1)から2)の長周期成分を除いた残差.

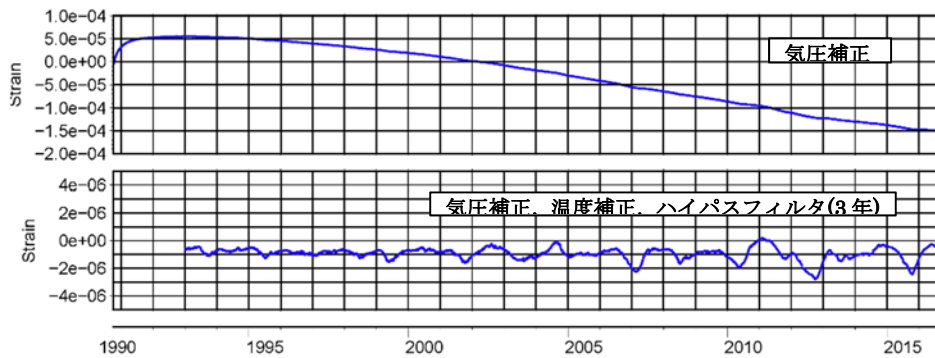
第3図 2001年3月から2016年8月までのGNSS変位から算出した面積ひずみの経年変化。

(左) 地図中の×における面積ひずみの経年変化(30日毎)とその長周期成分。(右) 短周期成分。

Fig. 3 Temporal changes of areal strain derived from GNSS data during a period from March, 2001 to October, 2016. (Left) Areal strain every 30 days and its long-term component. (Right) Short-term component.

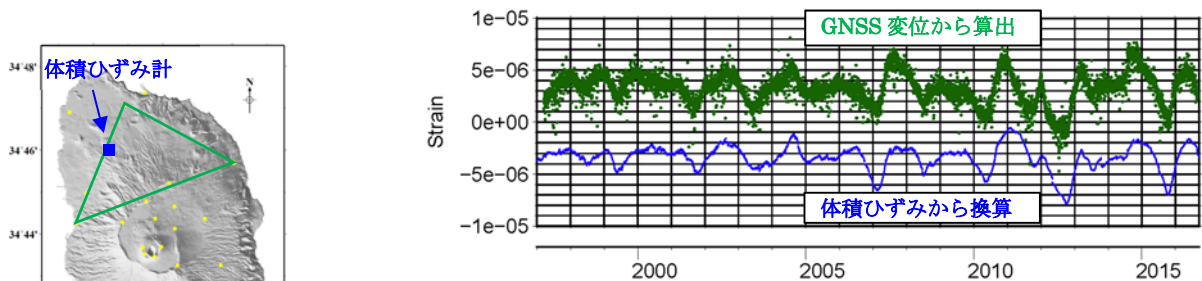


第 4 図 2009 年 3 月 1 日から 2016 年 9 月 3 日までの GNSS 基線長変
Fig. 4 Temporal changes of GNSS baseline lengths during a period from March 1, 2009 to September 3, 2016.



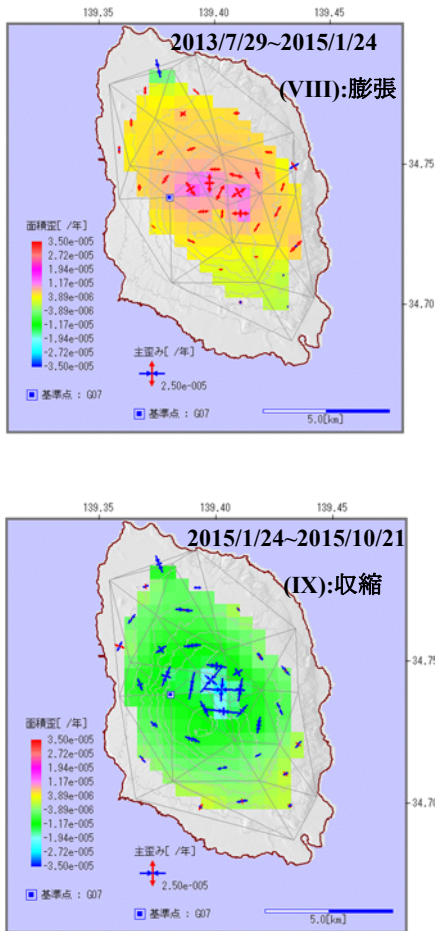
第 5 図 1990 年 10 月から 2016 年 9 月までの体積ひずみ変化. (上) 気圧補正のみ. (下) 短周期成分.

Fig. 5 Temporal changes of volumetric strain during a period from October, 1990 to September, 2016. (Upper) After atmospheric pressure correction. (Lower) Short-term component.



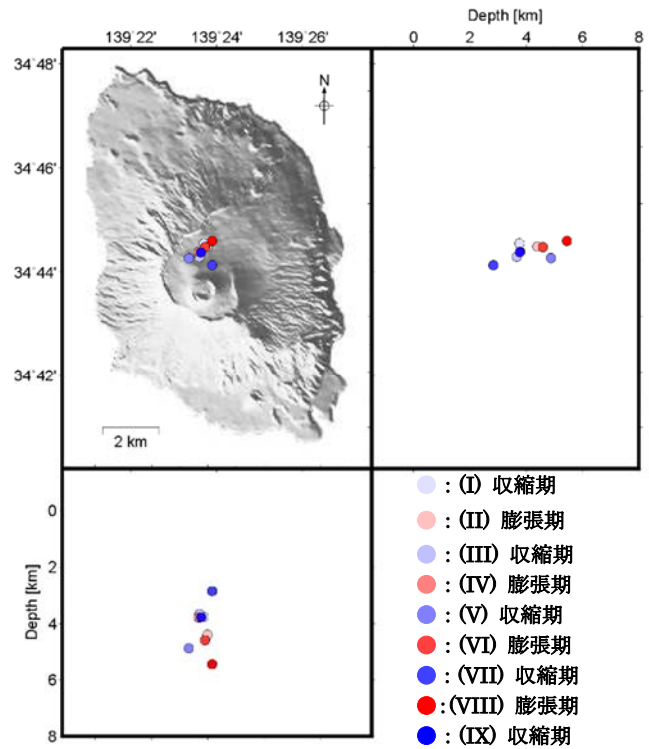
第 6 図 1997 年 1 月から 2016 年 9 月までの面積ひずみ短周期成分の経年変化. 青: 体積ひずみから換算した面積ひずみ. 緑: 左図三角形で示された 3 観測点の GNSS データから算出した面積ひずみ.

Fig.6 Short-term component of areal strains from volumetric strainmeter and from GNSS during a period from January, 1997 to November, 2015. Blue: calculated from volumetric strainmeter. Green: derived from GNSS data.



第 7 図 GNSS データから作成した短期的収縮，膨張の主歪・面積ひずみ分布（年率）の例。

Fig. 7 Examples of principal and areal strain rates for the short-term deflations and inflations as derived from GNSS observation.



第 8 図 期間(I)～(IX)について推定された収縮源・膨張源の位置。

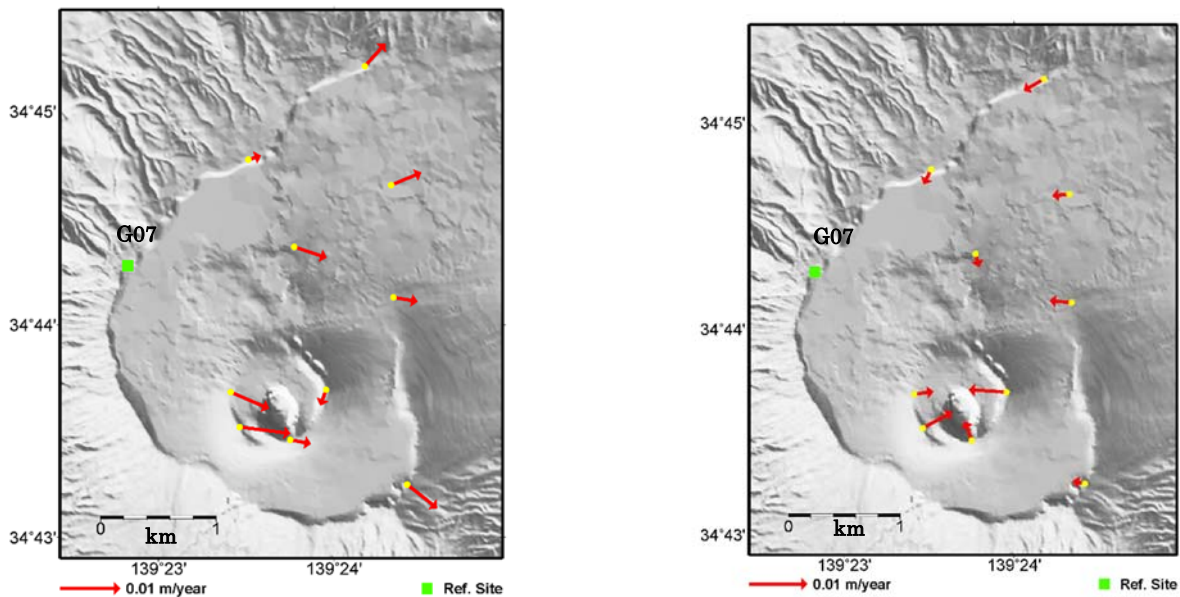
Fig. 8 Locations of short-term deflation and inflation sources for the periods from (I) to (IX) as inferred by applying the Mogi model.



第 9 図 2009 年 10 月からの積算体積変化量（赤線）および各期間の平均体積変化率（青線）。

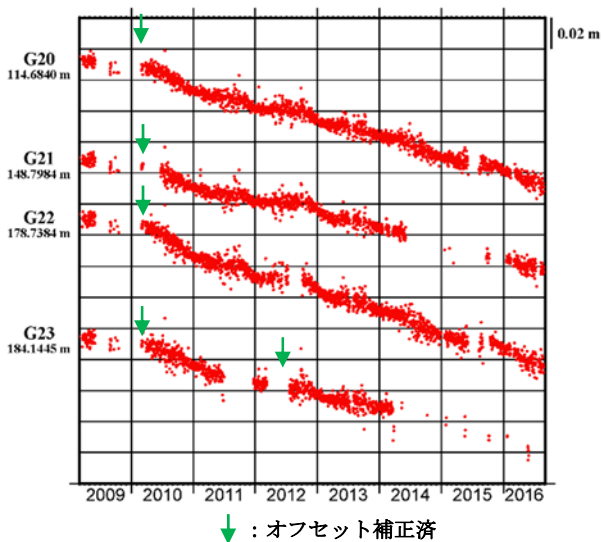
Fig. 9 Cumulative volumetric change during the period from October, 2009 to October, 2016 (red solid line) and averaged volumetric changes for the periods from (I) to (X) (blue solid line).

水平変位補正あり



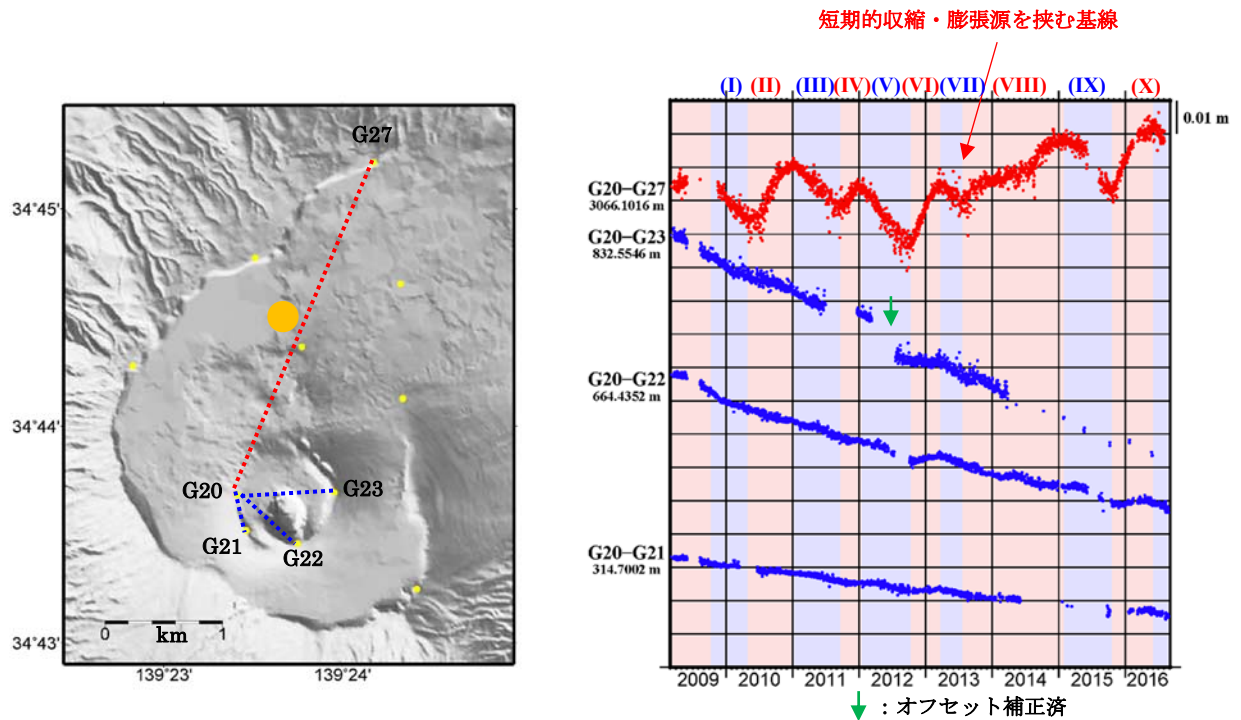
第10図 北西カルデラ縁 (G07) を基準とした三原山観測点の相対変位 (2013年9月4日から2016年9月3日まで)。(右) 推定した変動源 (図12 (左) 参照) とその体積変化量 (図9参照) から求められる各点の水平変位を補正したもの。火口付近の収縮が明瞭になっている。

Fig. 10 Horizontal displacements of stations equipped on the central cone Mt. Mihara relative to G07, NW caldera rim during a period from September 4, 2013 to September 3, 2016. (Left) Horizontal displacements. (Right) Displacements corrected by volume change .



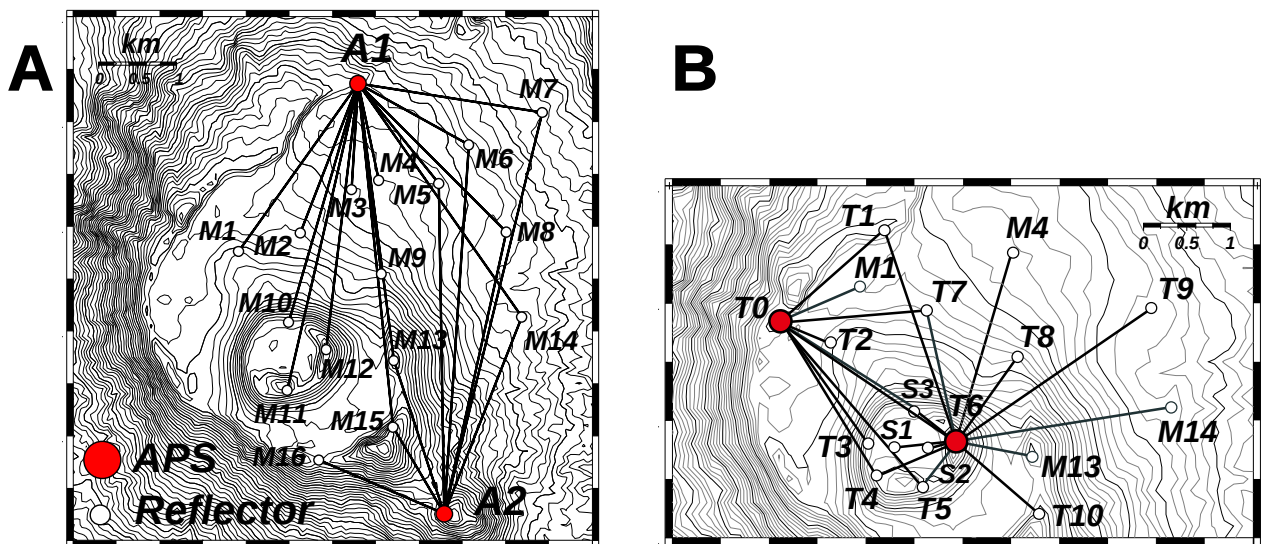
第 11 図 北西カルデラ縁 (G07) を基準とした三原山観測点の上下の相対変位 (2009 年 3 月 1 日から 2016 年 9 月 3 日まで)。

Fig. 11 Vertical displacements of stations equipped on the central cone Mt. Mihara relative to G07, NW caldera rim during a period from March 1, 2009 to September 3, 2016. .



第12図 (左) 基線と短期的収縮・膨張源との位置関係。(●: 短期的収縮・膨張源)。(右) 三原山火口西(G20)を基準とした基線長変化(2009年3月1日から2016年9月3日まで)。

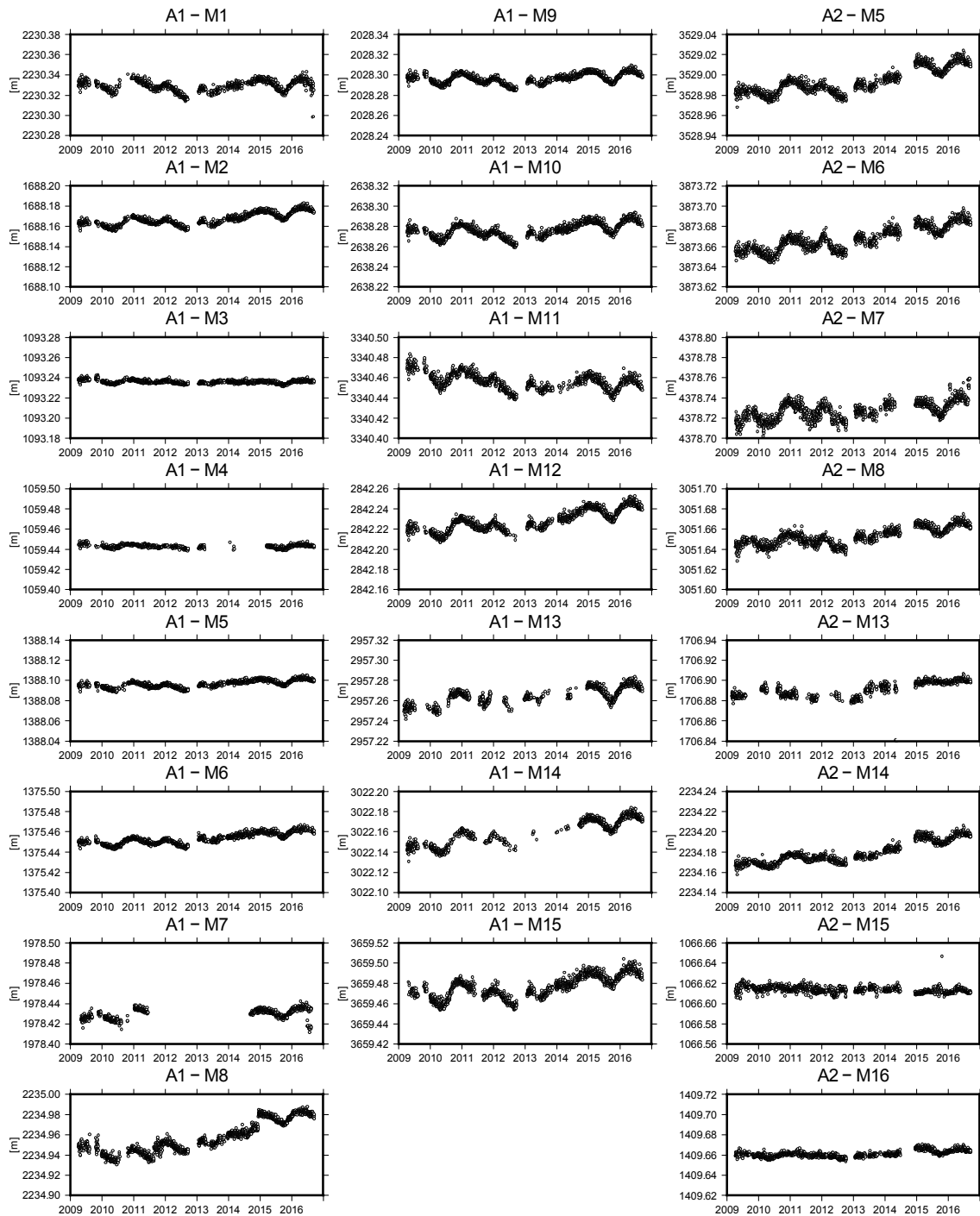
Fig.12 Temporal changes of baseline lengths between the western crater rim (G20) and the other sites on Mt. Mihara (G21, G22, G23), and the northern caldera rim (G27) during a period from March 1, 2009 to September 3, 2016.



第13図 伊豆大島カルデラ内の光波測距観測点配置図と測線。

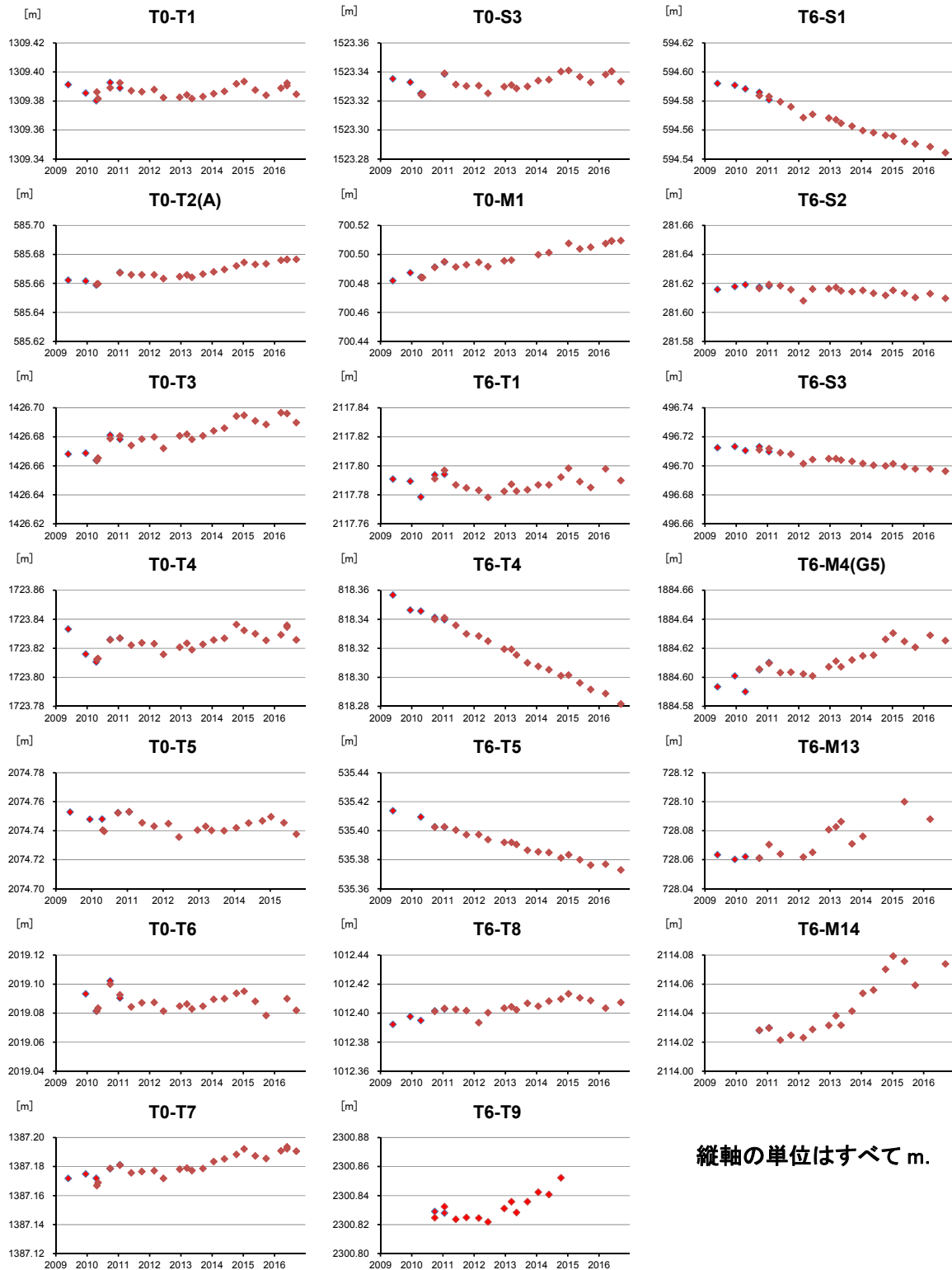
A : 連続観測点の観測網。A1, A2 : 機械点。M1~16 : 反射点。B : 連続観測点の観測網。T0, T6 : 機械点。

Fig.13 Distribution of the electric-optical distance measurement (EDM) in the Izu-Oshima Caldera. A : Network of continuous observation. A1, A2 : EDM instrument, M1~M16 : reflector sites. B : Network of campaign observation. T0, T6 : EDM instrument, T1~T10, S1~3, M1,4,13,14 : reflector sites.



第 14 図 伊豆大島カルデラ内の EDM 連続観測網 (第 13 図 A) による斜距離変化 (2009 年 4 月 1 日 ~2016 年 9 月 23 日)。

Fig.14 Temporal changes of the slope distance recorded by the EDM continuous observation network (Fig. 13A) in Izu-oshima caldera during a period from April 1, 2009 to September 23, 2016.



第 15 図 伊豆大島カルデラ内の EDM 繰返し観測網 (第 13 図 B) による斜距離変化 (2009 年 3 月～2016 年 9 月)。

Fig.15 Temporal changes of the slope distance recorded by the campaign observation network (Fig. 13B) in Izu-oshima caldera during a period from March, 2009 to September, 2016.