

# 口永良部島火山におけるGPS連続観測結果

-2004年4月～2006年12月-

GPS monitoring results at Kuchinoerabujima volcano

-April 2004 to December 2006-

齋藤英二(産業技術総合研究所 地質調査情報センター)

井口正人(京都大学防災研究所付属 火山活動研究センター)

E. Saito (Geological Survey of Japan, AIST)

M. Iguchi (Sakurajima Volcano Research Center, DPRI, Kyoto Univ.)

## 1. はじめに

口永良部島火山では、1990年代後半頃より群発地震活動が目立ち始め、盛衰を繰り返しながら増加傾向をたどっている。また、井口ほか(2002)により山体膨張も捉えられ、火山活動としては明らかに活発化してきている。井口ほか(2002)の数年を隔てた繰り返しGPS観測は、複数の群発地震活動を挟んでおり、山体膨張が地震活動と同時に発生したかどうかはわからなかった。この関係を調べるためには、地盤変動の連続的な観測が必要であり、2004年4月からGPSの連続観測を実施している。2005年6月までの結果は、齋藤・井口(2006)で報告しており、2005年初頭に地震活動と同期した地盤変動を始めて捉え、両者が密接な関係にあることを示した。

本報では、その後の推移と、2006年9月頃から再び山頂部で始まった変動の特徴を述べる。また、今後の同様の観測の参考のため、山体膨張を捉える際に問題となった事柄を整理した。

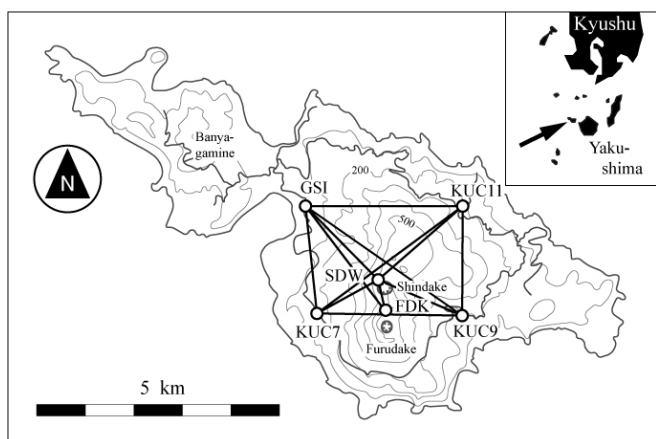


Fig. 1 口永良部島のGPS配点および基線配置

## 2. 観測の方法

GPSの配点状況をFig. 1に示す。GSIと称した観測点は国土地理院の電子基準点97025番であり、それ以外が所期目

的で設置した観測点である。GPS受信機は古野電気(株)製MG2110型1周波GPSセンサーを使用した。このうち、山頂部のSDWとFDKは、携帯電話を利用してダイヤルアップでデータ回収しており、インターネット経由で観測データを入力できるGSIと組み合わせて山頂部の変動を調べている。なお、FDKは2006年9月12日から観測を開始したが、通信状況が悪く、十分にデータ回収できていない。

山麓のKUC7とKUC9およびKUC11は、データロガー方式で観測しており、適宜人力でデータ回収している。なお、KUC11は、2006年9月のデータ回収以後、故障のためデータ取得できていない。

基線解析結果の上下成分には齋藤・井口(2006)の方法で気象補正した。気象要素は、GSIに近い京都大学防災研究所のテレメータ室外壁に設置したVaisala気象計による気温と相対湿度のデータを用いた。観測データは、一時的にデータロガー蓄積され、ダイヤルアップで回収している。

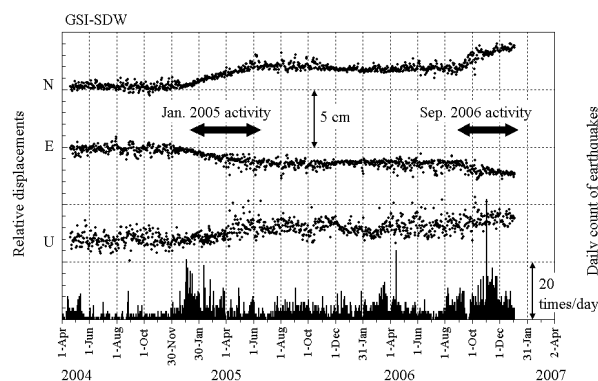


Fig. 2 GSIに対するSDWの相対変化と火山性地震の日別発生回数の時系列。Nは北成分、Eは東成分、Uは隆起を表す。

## 3. 結果

### 3.1 山頂部の変動

GSIに対するSDWの全期間の3成分の累積変位を、火山性地震の日別発生回数の時系列と共にFig. 2に示す。

2005年1～6月頃(以後、2005年1月の活動)と2006年9月～

2007年1月現在まで(以後、2006年9月の活動)の2回の明瞭な変化が見取れる。SDWの変位は、データ回収がなされれば、山麓の4点の何れからも調べられるが、そのうち最も明瞭なKUC7からの変位軌跡をFig. 3に示す。傾向を見易くするために5日移動平均の線も加えてある。主たる変位方向は概ねN30° W(以下、主変位方向と呼ぶ)であることがわかる。KUC7-SDWの基線方位はN60° Eであり、主変位方向と90° の関係にある。Fig. 3の軌跡中には、明らかに基線方位とほぼ等しい方向線上への振れが記録されており、振れの時間幅から判断して見掛けの変位の可能性が高い。GSIやKUC9からSDWの方位は、主変位方向あるいはそれと180° 隔てた向きに近いため、KUC7からと比較して分解能を低くなったものと考えられる。

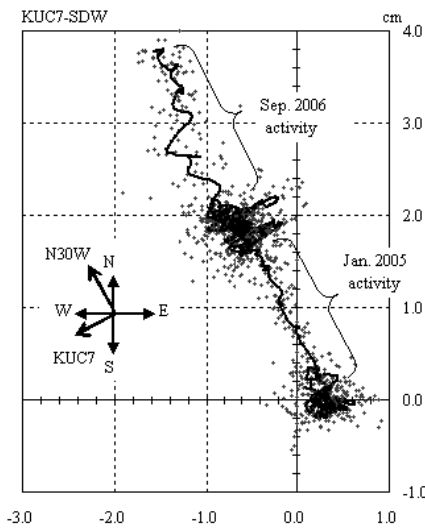


Fig. 3 KUC7に対するSDWの変位軌跡  
線は5日移動平均。変位方向は概ねN30° Wで、観測基線方位に対してほぼ90° の関係にある。

Fig. 3の水平2成分の変位を、主変位方向とそれに直交する方向に投影したときの主変位成分には、このような誤差の影響は少なくなることが期待された。Fig. 4の上を示した水平成分はその結果であり、膨張と停滞の推移が明瞭である。図中のA~Dは主な変化点である。2005年1月の活動については、急な変動の開始点は2005年1月(B)で、GSI-SDWの結果とも一致するが、微小な膨張兆候は2004年夏頃(A)から認められる。変動の終わりの時期も、GSIからでは6月頃になるが、KUC7からでは2005年10月頃(C)まで続いている。この違いの解釈として、斎藤・井口(2006)は、KUC7の微小な南変位中に2005年1月の活動が加わればよいとしたが、原因については、報告時点において、測定期間が短いためにはっきりしなかった。KUC7に対するSDWの

上下変位成分の相対変化(Fig. 4の下)と対比すると、A~Cまでの水平成分の膨張変動と隆起がほぼ対応しており、KUC7の微小な南変位と隆起は一連の山体膨張を捉えたものと考えられる。すなわち、2005年1月の急激な膨張変動の数ヶ月前から、GPS観測で捉えられるレベルの山体膨張が始まっていたことになる。

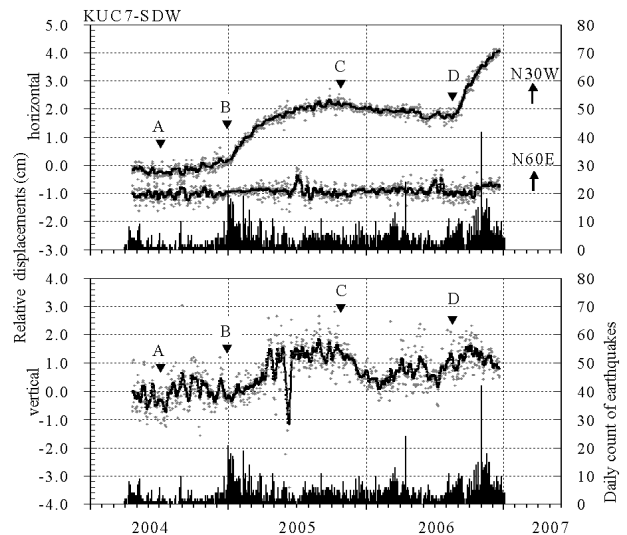


Fig. 4 KUC7に対する相対3成分の時系列変化  
上: 東西, 南北の水平2成分を、主変位方向であるN30Wとそれに直交する方向に投影した。

2005年10月(C)以降、2006年9月の活動直前(D)までの水平成分は、緩やかに収縮し、それまでの変位を5mm程度戻した。この間、上下成分では、2006年2月までに約1cmの明瞭な沈降を示し、その後、大局的には緩やかな隆起に移行した。この隆起期間には、2006年3~4月と2006年7月~2006年9月の大きく2回の群発地震活動の高まりがあったが、上下成分の変化はそれと同期しているようにも見える。

### 3.2 2005年1月と2006年9月の活動の特徴

2005年1月の活動時は、地震は変動の始まりと同時にピークを迎え、変位の進行と共に低下した。それに対して2006年9月の活動では、変動の初期に際立った地震活動のピークが現れず、地震計数がされない期間すらあった。2回の活動の初期2週間の最大変動速度を比較すると、2005年1月の活動では5mm/月であったが、2006年9月の活動のそれは11mm/月であり、活動の初期に関しては、2006年9月の活動の方が、より「静かに動き易い」状態と推定される。この違いは、2006年9月の活動の初期では、2005年初頭の地震活動等によって形成された破壊面を利用して変動が進行したためと考えられる。

2006年9月の活動中の11月中頃に地震が多発した。この

出来事は、新たな破壊面の形成を示唆している。膨張速度は、その後鈍化しており、破壊面の形成により圧力の一部が解放されたことに対応しているのかもしれない。このようにして考えると、次の活動の最初には、地震数の顕著な立ち上がりは期待できず、膨張変動が突然始まることが予想される。地盤変動の常時監視は益々重要であろう。

### 3.3 山麓の変動

斎藤・井口(2006)の報告時点においては、山麓の微小な変化が、地盤変動によるものか、測定手法に関わる原因によるものかの判別が困難であった。現時点においても微小変化の原因は明らかでないが、累積しているものについては、地盤変動と判断される。

KUC11は前述したように2006年9月から故障しており、それ以前のデータについても徐々に劣化した可能性があり、現在検証中のため、ここではGSI-KUC7-KUC9間の相対変位で見ている(Fig. 5)。

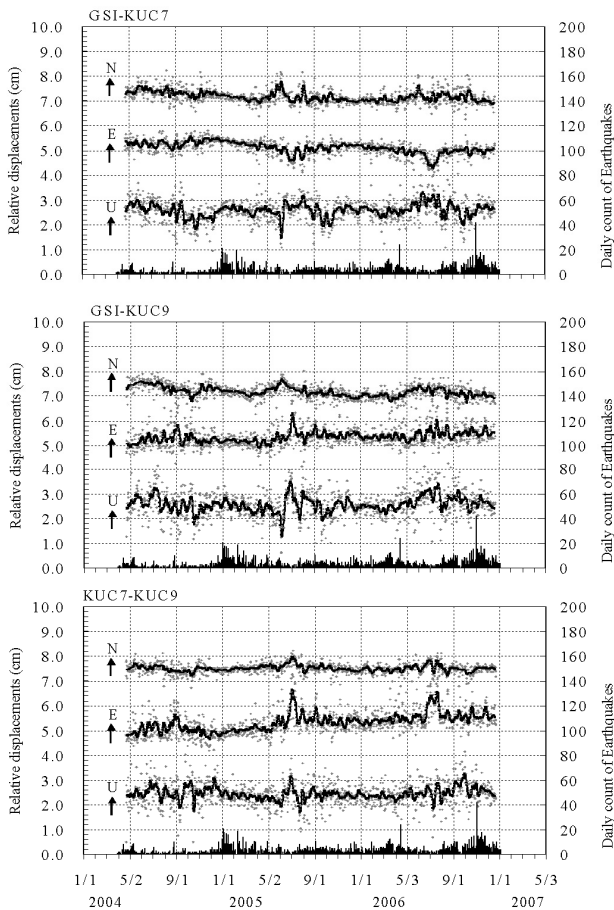


Fig. 5 GSI-KUC7-KUC9間の相対変位の時系列

どの結果にも6~8月頃に乱れがあることと、それ以外の時

期においても、微小ながら数ヶ月程度の時間幅の変化や、突然ずれるような変化が認められる。これらの変化の原因はわからないが、1年の単位で比較すると、累積成分が認められる。1年間の中で比較的データが安定して得られた12月中旬の1週間分を取り出して平均を求め、2004年から2006年までの2年間、2区間の傾向を比較した。ベクトルで表現するとFig. 6のようになる。変位量は数mm以内で大きくはないが、共に山体膨張と考えて矛盾のない方向に変位している。変位量は、2004年12月から1年間の方が、翌年より大きい。このことは、活動推移を考える上で重要である。

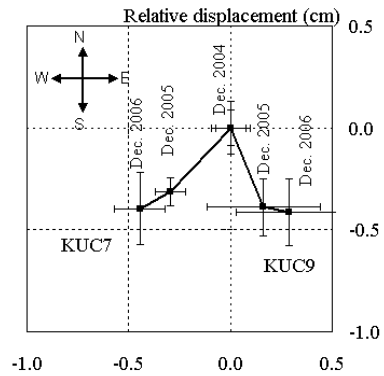


Fig. 6 GSIを基準とした、KUC7とKUC9の2004年12月から1年毎の変位ベクトル。

### 4. 今後の課題

突発的な爆発噴火として特徴付けられる口永良部島火山の活動評価において、連続的な地盤変動観測の有効性が示されたが、実際にデータを取得・解析し、また、情報を関係者間で共有するに際して、いくつかの問題があった。技術的には既に確立済みで、投資のみによるものを除くと、以下が列挙される。

1. 測定誤差・変動速度との関わりにおいて生ずる変動把握までの時間差の問題

GPSのリアルタイム処理技術は既に確立しているが、測定精度が著しく改善されて誤差が小さくなるか、変動速度が測定誤差を大きく上回らない限り、変動検知を迅速にすることは困難である。口永良部島での2回の顕著な変動においては、変動を確信するまでに約2週間を要している。これまでのところ最初の2週間内で噴火に至っていないが、次の活動も同様の時間があるかどうかは誰にもわからない。この時間差を小さくするためには、別の高精度な地盤変動観測手法を併用することが有効であろう。

2. 地盤変動以外の要因による見かけ変化の影響の問題

2006年9月の活動において、数日で変化する成分が、急激な山体膨張や収縮と見誤る例が何回か発生した。その原因の少なくとも一部は、大きな基線比高に関わる気象条件

の影響らしい。より適切な変動判別には、基線方向と変動方向との関係を考慮することが望ましく、口永良部島での具体的対応としては、KUC7のテレメータ化して変動監視に用いるのが良いかもしれない。

### 3. 予期せぬ変化への対応

2006年9月の活動の始まりは、顕著な地震増加を伴わなかったことは既に述べた。地震計数は、活動の盛衰の目安として用いられるので、地震計数がゼロの期間を含む一見活発に見えない時期に変動が顕著に進行したことは、予想外であった。過去に例のない出来事に備えることの困難さを再認識した。

## 5. まとめ

口永良部島の新岳を中心に2004年4月からGPSによる連続観測を実施した結果、

1. 新岳山頂部の観測点において、2005年1月と2006年9月にそれぞれ膨張変動を検出した。
2. 2006年9月の活動の初期の変動速度は、2005年1月のそれより大きい。
3. 2005年1月の活動は、急激な地震増加とともに始まったが、2006年9月の活動では、地震活動のピークは変動開始から約2ヶ月後であった。
4. 2と3の結果から、2006年9月の活動の初期は既存の破壊面を利用して変動し、後半で新たな破壊面を形成したと考えられる。次の活動も地震数の顕著な増加なし急激な変動で始まる可能性がある。
5. 南麓の最近2年間の1年毎の変動傾向を調べたところ、膨張が認められたが、その割合は鈍化している。
6. 変動監視の視点では、気象条件の急変や基線配置と変動方向との関係において、膨張の判断を惑わす場合があることがわかった。

## 謝辞

本観測は、主に京都大学一般共同研究(16G-11)と京都大学防災研究所平成18年度特別事業「口永良部島の水蒸気爆発発生とその後の推移の予測のための実践的研究」の経費を使用しました。GSI点は、国土地理院GEONETデータを利用しました。現地収録データの回収に際して京都大学防災研究所の為栗 健氏に、山麓の気象観測機器の調整には、産業技術総合研究所の駒澤正夫氏と下司信夫氏に、観測全般の調整には産業技術総合研究所の篠原宏志にそれぞれお世話になりました。記して感謝します。

## 参考文献

斎藤英二・井口正人(2006)口永良部島火山における GPS

連続観測による気象要素を加味した3次元変位検出, 火山, 51-1. P.21-30.

井口正人・山本圭吾・味喜大介・高山鉄朗・寺石真弘・園田保美・藤木繁男・鬼沢真也・鈴木敦生・八木原 寛・平野舟一郎(2002)口永良部島火山における最近の地盤言動—1995年～2001年—, 京都大学防災研究所年報, 45B, p.601-608.