

桜島火山山腹におけるGPS連続観測点の増設(2009年度)

太田雄策*・植木貞人*・井口正人**

* 東北大学大学院理学研究科

**京都大学防災研究所

要 旨

桜島火山山腹にGPS連続観測点を2009年に2観測点増設した。そのうち1点は無線LAN経由でのオンライン観測点(KIT7, 北岳7合目)であり, もう1点はオフライン観測点(GONG, 権現観測点)である。設置した2観測点は始良カルデラから南岳へのマグマ供給経路近傍に位置している可能性が高く, 連続観測点化の意義は大きい。KIT7観測点の現時点までのデータを解析した。その結果, 桜島北側海岸にあるGEONET 0719観測点を基準とした場合, 2009年10月中旬頃から2010年3月中旬にかけて顕著な東向き変位が検出された。対照的に南北成分は目立った変位が見られない。こうした変動は2009年末からの桜島火山の活動活発化と関係している可能性が高く, 今後も注視が必要である。

キーワード: 桜島火山, GPS連続観測, 地盤変動

1. はじめに

火山における地盤変動を捉える手段は, GPS, InSAR, 地殻変動連続観測(歪み, 傾斜変化), 水準測量等, 様々あるが, 1ヶ月から数ヶ月単位の数cmの変位を高い時間分解能で捉える事を目標とした場合, GPS連続観測は利点が多い。特に活動が活発化しつつある桜島火山において地盤変動を詳細に知る事はマグマ供給系を理解する上で極めて重要である事は井口 他(2008)によって指摘されている。本稿ではそうした背景の中で設置された2カ所のGPS連続観測点について報告すると共に, 暫定的ながら現在までに得られている座標時系列について述べる。

2. 連続GPS観測点の設置

2009年8月19日と20日に, KIT7(北岳7合目観測点)とGONG(権現山観測点)において, GPS連続観測点(オフライン)を新設して観測を開始した。これらは, 2008年に繰り返し観測点として増設された観測点の内の2点である。井口他(2008)は2008年度のGPS繰り返し観測等から桜島が本格的なマグマ蓄積期に入ったとし, 顕著な噴火の前には多量のマグマが始良カ

ルデラ下のマグマ溜りから南岳に移動することを予測している。今回連続観測点化した2観測点はそれらマグマ供給経路の近傍に位置している可能性が高く, 連続観測かつ高サンプリング観測を行うことによりそれらマグマ移動過程を詳細に知る事ができると考えられる。観測点にはLeica社製GRX1200+GNSS受信機とAX1203GGアンテナを設置した。電源は全て太陽電池とディープサイクル型鉛蓄電池を用いたDC供給である。観測のサンプリング間隔は両観測点とも1Hzである。Leica GRX1200+GNSS受信機はEthernetポートを持ち, TCP/IPによる通信が直接可能である。またftpサーバ機能も有しており, 蓄積したデータのダウンロードも可能である。こうした点から無線LAN等の通信手段さえ確保すれば比較的容易にオンライン化が可能な状況であった。そのためKIT7観測点に関しては連続観測点設置後, 2009年11月に無線LAN経由でのオンライン観測点化を行った。具体的には, KIT7観測点は麓まで有視界であることから, 長距離無線LAN(伝送距離約3km)を用いて京都大学桜島火山観測所二俣潮位観測室まで通信経路を確保した。無線LAN環境はアライドテレシス社のAT-TQ4551ブロードバンド無線IPルータに長距離用

PA-03-01パッチアンテナ(104mm x 104mm 四方の小型アンテナ)を接続して構築した。指向性を緩やかにする事で設置時の無線リンクを容易にしつつ、3kmの長距離伝送可能なアンテナとして、上記アンテナを採用した。無線LAN規格としてはIEEE802.11bを採用し、リンクアップ速度はほぼ11Mbps(11b規格上限値)を確保している。さらに二俣潮位観測室から東北大学地震・噴火予知研究観測センターまでは、京都大学桜島火山観測所経由でインターネットVPN機能を用いてデータがオンライン伝送できる環境を構築した。GONG観測点に関しては麓への視界が悪く、現在の所オフラインでの観測を継続しており、定期的にデータ回収のため現地に行く必要がある。

2009年下旬以降、特に2010年に入ってから桜島は爆発的噴火の頻度が増大し、降灰量も2010年4月末現在で2009年1年間の累積降灰量に匹敵する量(127kg/m²)を放出している(鹿児島県, 2010)。そのため降灰による太陽電池の発電能力低下に伴う欠測が危惧されたが、KIT7観測点に関しては、2009年12月に一度太陽電池の除灰作業を行っただけで、データ取得率が2010年6月1日現在で95%以上と安定した観測を継続している。KIT7にはGPS受信機と無線LAN用ルータ用に56W級太陽電池パネル計4枚を設置(無線LANルータ用: 2枚, GPS受信機用: 2枚)して運用している。対照的にGONG観測点では56W級太陽電池パネル5枚をGPS受信機のみを駆動に充てているが、それでも降灰量増加に伴う発電能力の低下に起因する欠測が頻発(データ取得率60%程度(2010年3月時点))している。そのため2010年4月に、更に2枚の太陽電池パネルを増設し、計390Wの発電能力(最大値)を確保して安定した観測継続が可能になるよう改善を進めている。

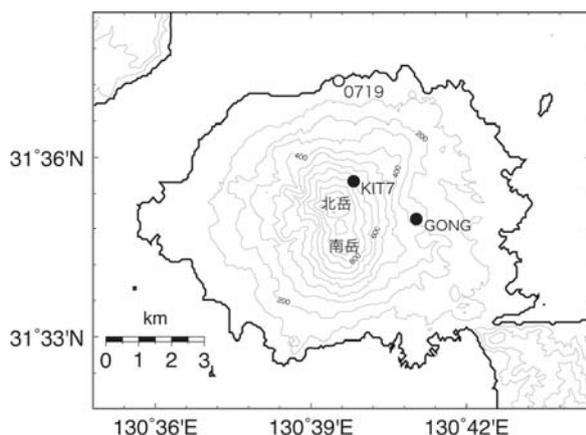


Fig.1. Newly constructed continuous GPS stations (black circles) and GEONET site for the reference site (white circle). The contours denoted the topography every 200 m intervals based on the GSI digital elevation model.

3. GPSデータ解析

近年、GPSデータを広帯域変位(地震)計として用いる研究が行われている(e.g. Ohta et al., 2006). GPSの利点は短周期(数十Hz)からDC成分まで理論上は連続して変位を記録できる点である。本研究で設置した連続観測点は1Hzでのサンプリングを行っているため、大規模な爆発的噴火等が生じた際には詳細な地盤変動を観測できる可能性が高い。しかし本報告では昨年設置後から現在までの中期的な地盤変動を見るために日座標値を推定する解析を行った。解析を行った観測点は国土地理院GEONET 0719観測点(観測点名: 桜島)と今回設置したKIT7連続観測点の2点である。GONG観測点は欠測が多く、十分な量のデータが無いため本報告では解析を省く。解析にはGIPSY-OASIS (GPS Inferred Positioning System/ Orbit Analysis and Simulation Software) Ver.5.0.1.を用い、解析にはPPP法 (Precise Point Positioning ; PPP, Zumberge et al., 1997) を適用した。PPP法は通常の基線解析と異なり、2重位相差を取ることなくGPS衛星の軌道や時計補正情報を高精度に決定された値に既知として固定し、搬送波位相を観測値として受信機の座標値を精密に求める方法である。PPPは基線解析と異なり、基準点となる参照点が必要ない。そのため参照点の問題や、長基線に伴う誤差の増大を考慮に入れずに済むという利点がある。その反面、精密な衛星軌道や時計補正情報が必要となる。今回はJPLが再解析したflinnRプロダクトを衛星軌道・時計補正情報として用いた。flinnRプロダクトは通常時計補正情報が5分毎に与えられるため、GPSデータは5分毎データを用いている。解析時には、各観測点の日平均座標値と300秒毎の天頂大気遅延量・大気遅延勾配量を推定して保存する。天頂大気遅延量・大気遅延勾配に対してはそれぞれランダムウォークの確率過程を仮定して推定を行った。その際に与えるプロセスノイズの値はBar-Sever et al. (1998) により座標値の再現性が最も良いと判断されたパラメータ値 (tuned inhomogeneous strategy) を採用し、それぞれ3.0 mm/sqrt (hour), 0.3 mm/sqrt (hour) を与えた。PPP解析後、2観測点(0719-KIT7)間で波数ambiguityを推定し、測位解精度の向上を図った。そのため得られる座標時系列はKIT7観測点の0719観測点に対する相対変動ベクトルとなる。

4. 解析時系列

Fig.2.に観測開始から2010年5月20日までのKIT7観測点の0719観測点に対する変動時系列を示す。観測開始から1年未満のデータしか無いものの、東西成分を見ると2009.8年(2009年10月19日)頃から0719に対

して東向きに変位を示し、2010.2年(2010年3月14日)頃までそれが継続している事が明らかである。その後は2009.8年以前と同様に目立った変位は見られない。2009.8年以前の座標値平均値と2010.2年以降の座標値平均値(Fig.2.参照)をそれぞれ計算し、その差を取ると1.3cmの東向き変位が2009.8-2010.2年の期間中に発生したと考えられる。対照的に南北成分では顕著な変動は見られない。上下成分に関して解析期間全体を通して沈降しているように見える。これは、別途行ったGEONET間の基線解析によれば、基準局(0719(観測点名:桜島))が鹿児島県内陸部(例えば0485, 観測点名:大口)に対して隆起しており、その影響がKIT7の0719に対する相対的沈降という形で現れている可能性が高い。東西成分の様にエピソード的な変動が含まれている様にも見えるが、1年未満のデータである事から、上下変動の年周変化等を考慮すると現時点ではその判断は難しい。今後のデータ蓄積を待つ必要があると結論づける。

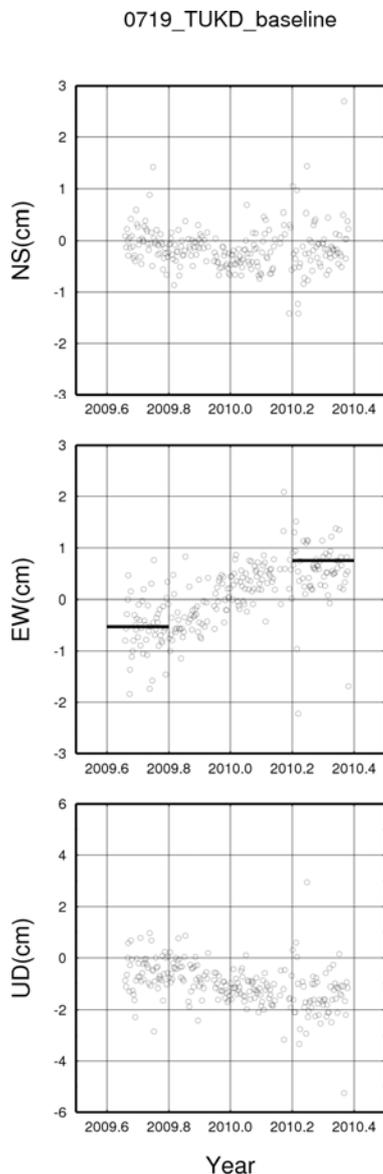


Fig.2. KIT7 sites displacement time series relative to 0719 GEONET site. Each panel show the NS, EW, UD components, respectively. In EW component panel, horizontal black bars show the average of the time series each time period.

4. 今後について

2010年度以降も安定した観測を継続できるよう努める。特にGONG観測点に関しては電源システムの安定供給が第一に重要であると考えられる。またGONG観測点は現状がオフライン観測点であるため、携帯電話を用いたテレメータシステムを2010年度中に試験的に導入する予定である。

謝 辞

GPS連続観測点の設置ならびに保守については京都大学防災研究所附属火山活動研究センターの皆様の大なる御協力を頂きました。またKIT7観測点オンライン化に関しては特に京都大学防災研究所附属火山活動研究センター 為栗健博士の御協力を頂きました。また国土地理院 GEONET(電子基準点)データを利用して頂きました。記して感謝致します。

参考文献

- 井口正人, 高山 鐵朗, 山崎 友也, 多田 光宏, 鈴木 敦生, 植木 貞人, 太田 雄策, 中尾 茂, 前野 直, 長尾 潤, 馬場 幸二, 大重 吉輝, 放生会正美 (2008): 桜島および始良カルテラ周辺における GPS 観測, 京都大学防災研究所火山活動研究センター 第10回桜島火山の集中総合観測(平成19年6月~平成20年3月), (2008),53-61.
- 鹿児島県 (2010): 桜島の降灰に関する情報, <http://www.pref.kagoshima.jp/bosai/sonae/sakurajima/index.html>
- Bar-Sever, Y. E., P. M. Kroger, and J. A. Borjesson (1998): Estimating horizontal gradients of tropospheric path delay with a single GPS receiver, *J. Geophys. Res.*, 103(B3), 5019–5036.
- Ohta, Y., I. Meilano, T. Sagiya, F. Kimata and K. Hirahara (2006): Large surface wave of the 2004 Sumatra-Andaman earthquake captured by the very long baseline kinematic analysis of 1-Hz GPS data, *Earth Planets and Space*, 58 (2), 153-157.
- Zumberge J.F., M. B. Heflin, D.C. Jefferson, M. M. Watkins and F. H. Webb (1997): Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks, *J. Geophys. Res.*, 102 (B3),

5005-5018.

Construction of new continuous GPS sites at the flank of Sakurajima Volcano on 2009

Yusaku OHTA*, Sadato UEKI*, Masato IGUCHI**

* Graduate School of Science, Tohoku University

** Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

Synopsis

We newly constructed two continuous GPS stations at Sakurajima Volcano on 2009. One is located at Kitadake (KIT7) that is an online station connected to an internet VPN network via long-range wireless LAN. One more is located at Gongen Mountain that is an offline sites. We estimated daily coordinates of the stations relative to GENET site (0719) at the northern foot of Sakurajima Volcano. We detected an episodic displacement at KIT7 from 2009 October to 2010 March with eastward movement. It is possibly related to the magma supply system of Sakurajima Volcano.

Keywords: Sakurajima Volcano, GPS, ground deformation