

GNSS 連続観測による口永良部島の地殻変動の監視 Monitoring of crustal movement by GNSS observation in Kuchino-Erabujima Island

測地部 安藤久・千早昭二・菅原準・針間栄一郎・瀧修一・池田祐希
Geodetic Department Hisashi ANDO, Shoji CHIHAYA, Jun SUGAWARA,
Eiichiro HARIMA, Shuichi TAKI and Yuki IKEDA
測地観測センター 瀬川秀樹
Geodetic Observation Center Hideki SEGAWA

要 旨

国土地理院は、平成 27 年（2015 年）5 月に爆発的な噴火が発生した口永良部島（鹿児島県熊毛郡屋久島町）の火山活動に伴い、電子基準点による地殻変動監視体制を強化する目的で、GNSS 連続観測が行える GNSS 火山変動リモート観測装置（Remote GNSS Monitoring System, 以下「REGMOS」という。）を、6 月 12 日に火山噴火予知連絡会口永良部島総合観測班（以下「総合観測班」という。）の一員として現地入りし、REGMOS（M 口永良部島）を設置し、GNSS 連続観測による監視を強化した。

本稿は、再噴火の可能性のある口永良部島での GNSS 連続観測による地殻変動の監視について、全住民が島外に避難している状況下における REGMOS の緊急設置作業とその観測結果について報告する。

1. はじめに

平成 26 年 8 月、口永良部島の新岳で 34 年ぶりとなる噴火が発生し、気象庁は噴火警戒レベル 3（入山規制）を発表した。その後の主な火山活動として、気象庁は平成 26 年 12 月頃から GNSS 連続観測を行っている一部の基線において伸びの傾向が認められたと報じ、平成 27 年 3 月 24 日の夜から 25 日の明け方にかけて、平成 16 年 3 月の観測開始以降初めて「高感度カメラによる火映を観測した。」と発表（3 月 27 日）している。さらに、5 月 23 日から火山性地震が多い状態が続き、5 月 29 日に新岳において爆発的噴火が発生した（写真-1）。

国土地理院では、これら一連の火山活動により、口永良部島と島外との電子基準点間の基線長に変化が現れ、口永良部島の火山活動に伴う地殻変動を明らかにした。しかし、噴火後も無人となった島内に供給を続けていた電力の送電が 6 月 2 日に止まったため、電子基準点「口永良部島」は 6 月 7 日に観測を停止した。

このような状況下において、今後も継続して詳細な地殻変動を捉えるために観測・監視体制の強化が



写真-1 口永良部島（平成 27 年 5 月 29 日撮影）

重要なことから、商用電源及び公衆電話回線が利用できない場所でも GNSS 連続観測を行うことができる REGMOS の設置が必要となった。

REGMOS は、電子基準点の補完として、電気、通信インフラがない過酷な火山周辺での GNSS 連続観測を可能とする装置として開発された。口永良部島に設置した REGMOS は、人力で持ち運び可能な大きさに分解して組立てが容易にできる軽量な REGMOS-mini タイプ（写真-2）である（横川ほか、2011）。



写真-2 REGMOS-mini タイプ

2. REGMOS の設置までの経緯

2.1 口永良部島総合観測班の設置

爆発的な噴火発生の翌日（5月30日）に国土地理院も参画する火山噴火予知連絡会は、口永良部島の火山活動評価に必要な各種観測計画等の調整や観測の実施、また関係機関との情報共有を行うことを目的として、口永良部島総合観測班を設置した。

同班は、班長を京都大学防災研究所井口正人教授とし、火山噴火予知連絡会に関連する大学・研究機関等で構成された。事務局は気象庁に置かれ、構成機関から提出された観測計画案を取りまとめて調整した。

なお、REGMOS の設置は、総合観測班の観測の一環として実施した。



図-1 位置関係図

2.2 GNSS 連続観測による監視体制の検討

電子基準点は、機器収納箱にバッテリーを内蔵しており、数日間の停電であれば停止することなく稼動することができる。島内は噴火の影響で、6月2日に送電が止まり停電となった。2日後の6月4日には送電が再開されたが、九州電力は火砕流により被災した前田地区（図-1参照）の電力設備に破損等が予想され、電力の供給にあたって危険性があるため、被災した地域の送電を見合せた。電子基準点は、再送電を見合わせた前田地区に設置されており、バッテリー稼働による観測を続けていたが6月7日に停止した。

電子基準点が設置されている前田地区への送電が見送られ、前田地区への立入禁止との回答を屋久島町から受け、電子基準点をソーラー発電装置の設置等により復旧して観測を継続することが断念された。これにより、6月5日に測地部、測地観測センター、地理地殻活動研究センターから構成される災害対策連絡会を開催し、今後の監視体制について検討を行った。その結果、REGMOSを設置することを決定し、山体西側が観測において重要とされていたことから、設置場所の候補地として旧金岳小学校跡地（本村港から東600メートル、新岳から北西2.6キロメートル）と金岳小学校校庭の西側（本村港から直線距離で北東400メートル、新岳から北西3.1キロメートル）が挙げられた（図-1）。

REGMOS の設置候補地は、作業の確実性から本村港に近い金岳小学校校庭の西側が考えられたが、金岳小学校校庭の地盤は、海岸堆積物でもあり軟弱な可能性があるため、できるだけ電子基準点に近く地盤が強固な旧金岳小学校校庭跡地を第一候補地に決定した。

2.3 口永良部島への入島方法

口永良部島への入島方法に関しては、6月8日午後に気象庁内の火山噴火予知連絡会事務局へ赴き、REGMOS の設置場所、設置時間、装置の機能等について打ち合わせを行い、作業への協力を確認した。その後、「入島に関するガイドライン」が示され、総合観測班の一員としてガイドラインに沿って入島の手続きを行った。現地作業者は、安全を確保し作業を遂行するために必要な判断が現地でもできる体制として、測地部機動観測課長を作業班長とした機動観測課職員4名の構成とした。

総合観測班の作業計画では、住民の一時帰島のタイミングと同時に必要な作業を実施するとしたが、梅雨に入り、日程の予定が立てられない状況であり、天候次第では急遽出港となる可能性もあるとのことであった。また、作業時間については、島への船の着岸から離岸までの2時間とされ、船からの荷揚げや設置場所への移動等を含めると、極めて限られた時間でREGMOSを組み立てる必要があった。

3. REGMOS の設置作業

3.1 REGMOS

REGMOS は、火山や断層などの地殻変動の監視を必要とする地域で、電子基準点を補完してGNSS連続観測を行うことで、より詳細な地殻変動を監視する目的で設置される。REGMOS の特徴は、商用電源や公衆電話回線などのインフラが整備されていない火山の山頂部や山体に近い地域で自律した連続観測ができることと、設置が迅速にできるように各種観測機器や電源装置、通信装置等が一体となっているところである。

REGMOS による火山地域の監視は、平成10年に岩手山へ導入されて以来、平成12年の有珠山、伊豆諸島の群発地震及び三宅島、平成24年には霧島山などに設置され、平成28年1月時点で10火山に11

機が稼働している。

3.2 総合観測班の現地事務局と打ち合わせ

国土地理院の作業班は、2名が先行して6月11日昼過ぎに屋久島町役場内に設置された総合観測班現地事務局へ赴いたところ、「天候悪化が予想されるため実施日が1日繰り上がり、明日12日の13時30分港を出発する。」との連絡を受けた。このため、12日の早朝までに作業班全員4名が屋久島町へ到着した。作業班は、港を出発する前に総合観測班の現地事務局と REGMOS の設置に関する事前打ち合わせとして、出発時刻、設置場所、組立時間、連絡方法とともに、作業工程が遅れたとしても日没までには出発港に戻ることを確認した。



写真-3 屋久島の一湊漁港を出港

3.3 口永良部島への上陸

口永良部島への上陸は、総合観測班が屋久島町の一湊漁港からチャーターした漁船を利用した。荷物の積み込みを12時00分から始め、屋久島町長が14時05分に出港許可の判断を下し14時15分に出港した(写真-3)。15時30分には口永良部島の本村港から沖合2キロメートル付近まで来たが、一時沖合待機となり、16時15分の入港許可で16時27分の上陸した。

沖合での待機は、口永良部島への立ち入りを禁止する条件として、①降雨時、降雨が予想される時又は山頂部に雲がかかり、噴煙・噴気が目視できない場合、②立入り地域が風下にあたる場合、③観測班が現場で有感地震や鳴動等の異常を覚知した場合、④気象庁で退避が必要と判断した場合等があり、この条件に係る判断であったと推測される。

3.4 REGMOS の設置

16時27分に本村港に着岸した後、作業班は2台の軽トラックへ器材を積み込み、第1候補地の旧金岳小学校跡地へ移動した。旧金岳小学校跡地では、

良好な観測環境であることを確認し、具体的な設置位置を決めて、直ちに REGMOS を地面と固定するための杭打ち作業を開始した(写真-4)。また、機材を軽トラックから降ろす作業では、設置に随行した保安要員(消防団員)の積極的な協力もあり円滑に進めることができた。



写真-4 組立て作業中

杭の単管パイプは、30センチメートル程度打ち込むとそれ以上地面に入らなくなったことから、直ぐに REGMOS の組み立て作業となった。手順を熟知している経験豊富な職員が作業に携わったことから、通常よりも早い1時間弱の時間で組み立て及び主要配線を完了し、17時24分に、観測システムを起動した(写真-5)。



写真-5 設置完了

その後、茨城県つくば市の国土地理院本院との通信を確認し、作業地を後にした(写真-6)。



写真-6 設置された REGMOS

18時15分には本村港を離岸し、屋久島の一湊漁港には19時30分に到着した。

これら一連の総合観測班の作業は、屋久島町災害対策本部の定める避難区域への一時立ち入り実施要領に沿って作成された「口永良部島噴火活動調査・観測のためのガイドライン」に従って島民の一時帰島と平行して実施された。

3.5 台風15号通過による影響への対応

設置後、順調に観測していた REGMOS であったが、8月25日の台風15号通過の影響に伴い、固定式のカメラの撮影範囲に変化が見られ、GNSS連続観測結果の迅速解(Q3)において東へ約5センチメートル、北へ約6センチメートルの変位が確認された。この原因を明確にして、安定した観測を継続する目的で REGMOS の緊急保守作業を9月8日に実施した。

状況確認では、杭の単管パイプと REGMOS のベースフレームを固定していたクランプ部分が緩み、REGMOS の筐体が北東側に傾いたような状況となっていた。この状況と迅速解(Q3)結果の変位量はよく一致したため、変位の原因をクランプ部分の緩みによる傾斜と特定した。クランプ部分が緩んだ原因としては、台風の強風により筐体が強く長時間揺すられ固定ねじが緩んだことが推測され、設置時に急いだ影響との因果関係は特にない。この対策として、このクランプを全て外し、筐体のベースフレームを地表に接地させ、水平を保つようクランプで固定した。また、ベースフレームの固定を補強するために金属製のアンカーボルトを打設し、ベースフレームが強風で浮き上がらないように固定した(写真-7)。

また、ネットワークカメラの角度調整、傾斜計の設置なども行い、REGMOS の監視機能を整備した。



写真-7 ベースフレームの固定補強

4. GNSS連続観測データとその解析結果

口永良部島には、電子基準点が「口永良部島」の1点しか設置されていない。そのため、火山活動の監視には、島外の「枕崎」、「上屋久2」及び「南種子」の3点と「口永良部島」の基線変化を見ることで監視を行っている。今回設置した REGMOS「M口永良部島」についても、同様に上記の3点を使用して監視を行った(図-2)。

6月12日に REGMOS の観測が開始されてから、観測データは安定し取得しており基線長にも大きな変化も見られなかった。しかし、8月25日の台風15号の影響及び9月8日に実施した保守作業に伴い、それぞれ数センチメートルの変化が見られたため補正を行った(図-3)。

解析結果は、国土地理院ウェブサイトで公開されており、国土地理院災害対策本部会議、火山噴火予知連絡会等で報告された。

また、電子基準点「口永良部島」は、平成27年の年末に住民帰島を合わせた電力の復旧作業により、12月2日からの通電とともに観測データの取得が再開した。しかし、今後も長期間の停電の発生が予測されるため、平成28年1月26日に緊急時に電力を供給する仮設のソーラーパネルを設置して観測が継続できるように措置している。

5. まとめ

口永良部島においては、引き続き火山監視が必要であり、火砕流に警戒が必要なことから平成28年1月現在「噴火警戒レベル5」が続いている。

5月の新岳の噴火以降半年間、全住民は島外避難の状況であったが、12月25日からは、REGMOSデータなど総合観測班の観測結果からの判断により、避難指示(一部を除く)及び入島制限が解除され、29日には「フェリー太陽」が定期運行を再開した。未だ「噴火警戒レベル5」のままではあるが、一日も早く噴火前の生活に戻ることを願う。

最後に、現地では多数の作業が込み合い、火山活動が活発な厳しい状況の中で、国土地理院の作業を受け入れていただいた屋久島町災害対策本部の方々をはじめ、火山噴火予知連絡会口永良部島総合観測班現地事務局など多くの方々の協力を得て無事に作業を進めることができた。ここに深く感謝する。

(公開日：平成 28 年 3 月 17 日)

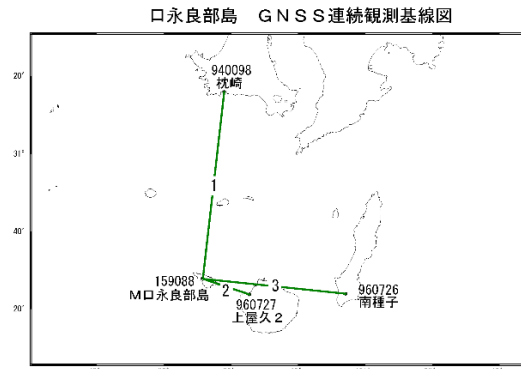


図-2 口永良部島の GNSS 連続観測基線図

基線変化グラフ

期間:2015/01/01-2016/01/10 JST

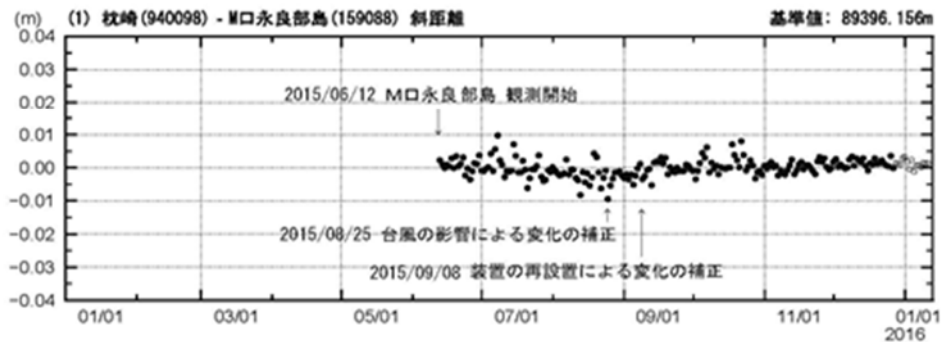


図-3 補正後の REGMOS (M口永良部島) の基線変化グラフ

参考文献

横川正憲, 平岡喜文, 松村泰敬, 根本盛行 (2011): GPS 火山変動リモート観測装置 (REGMOS) の改良とその効果, 国土地理院時報, 121, 135-142.