

# REGMOS の高度化に関する研究（第 12 年次）

実施期間	平成 19 年度～平成 30 年度
測地観測センター電子基準点課	村松 弘規 湯通堂 亨 田中 和之 濱崎 英夫

## 1. はじめに

測地観測センター電子基準点課では、火山地域における地殻変動監視のため、GNSS 火山変動リモート観測装置（以下「REGMOS」という。）の開発及び運用を行っている。REGMOS は物理的に電線や通信線を確保できない地域でも稼働できることが最大の特徴で、開発以降、様々な改造を実施した結果、極限環境に設置されているものの、ほぼ欠測せずに連続観測が続いている。これまでに、観測環境の厳しい積雪寒冷地には、太陽電池モジュールを全面に備え、重量のある REGMOS-H を、また温暖な地域や緊急的に設置作業を実施する地域には、容易に分解・組立・運搬が可能な REGMOS-mini を設置し運用してきた。REGMOS-H を設置するには、高額な運搬及び設置等のコストがかかるため、平成 27 年度以降、REGMOS-mini の利点を生かしつつ、積雪寒冷地においても稼働可能な REGMOS-mini（以下「冬季仕様型 REGMOS-mini」という。）を製作し運用してきた。

GNSS 連続観測で求められる座標には、気象条件、設置環境、解析条件等により意図しない変位（ノイズ）が含まれる。また、局所的な地表面変位の影響を受けることもある。中でも凍上現象は、長期にわたり非定常な変位を観測点に与える。凍上とは、地中の水分が地表から冷却されて凍り、地表を持ち上げる現象である。電子基準点は深さ 1.2m のコンクリート製基礎を持つにもかかわらず、凍上による変位が観測され、基礎を地下 50cm に埋め、基礎周囲に断熱材を貼り、さらに基礎に 7m のコンクリートパイルを打設することで影響を軽減している（石本，2008）。

本稿では、北海道に設置され、凍上が確認されている冬季仕様型 REGMOS-mini「M 雌阿寒」の稼働実績と凍上対策について報告する。

## 2. 冬季仕様型 REGMOS-mini の稼働実績および凍上対策

### 2.1 概要

冬季仕様型 REGMOS-mini は、主に、機器収納箱内部の断熱と筐体の嵩上げ（50cm 又は 100cm）の改造を施している。前者は温度低下による機器の停止を避けるため、後者は積雪による発電能力低下を防止するためである。冬季仕様型 REGMOS-mini は、M 雌阿寒及び浅間山の試験観測点で運用されている。

M 雌阿寒は雌阿寒岳から北東の林内に 2017 年に設置されている（写真-1）。4km 離れた地点に電子基準点（阿寒 2）があるが、凍上の影響を受ける観測点である（石本，2008）。

### 2.2 M 雌阿寒の稼働実績

M 雌阿寒は観測開始以降、保守作業時を除き観測が停止したことは無い。2018 年 10 月以降、チャージコントローラからの出力電圧を 1 時間毎に測定している。図-1 に 2019 年 2 月 6 日までの結果を示す。昼間の電圧値は積雪期に入っても変化していないことから、良好な観測が続いていることが推測される。なお、夜間の電圧値が低下しているが、これは気温低下に伴う放電能力の低下によるものと推測される。



写真-1 M 雌阿寒（2018 年度の凍上対策後）の全景及び下部

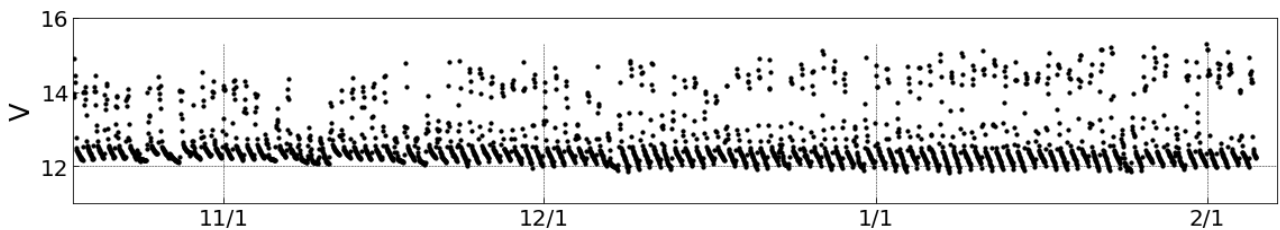


図-1 M 雌阿寒（2018 年 10 月 15 日から 2019 年 2 月 6 日）の電圧 (V)

## 2.3 M 雌阿寒の凍上対策

### 2.3.1 概要

M 雌阿寒は 2018 年の 1 月から凍上が確認され、特に西方向へ傾斜した（図-2）。また、凍上終了後も凍上前の傾斜（座標）に戻っていない。凍上対策のため、筐体を固定している杭の追加打設と、筐体下部の側面パネルの除去を実施した。打設後の固定杭の深さは 2m 以上となった。また、地温計を増設し、深さ 10cm 程度で測定していたものを、深さ 5cm と 20cm の 2 地点に変更した。

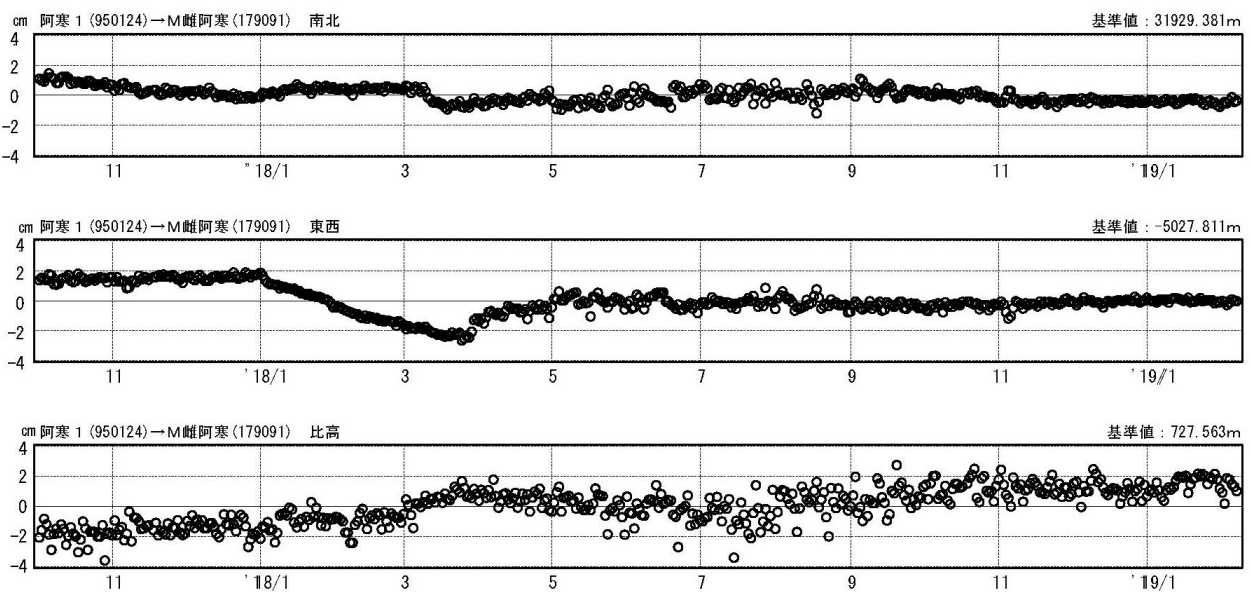


図-2 電子基準点（阿寒 1）と M 雌阿寒の基線変化（上：南北方向，中：東西方向，下：比高）

### 2.3.2 結果および考察

図-3 に 2017 年度と 2018 年度の冬季の傾斜変化を、図-4 に温度変化を示す。南北方向に変化は無いが、東西方向は改善された。2018 年 1 月の最大積雪深は 53cm, 2019 年 1 月は 70cm (阿寒湖畔のアメダスデータから) であったが、外気温計の値に大きな差は無く、また、2018 年度も地表付近は氷点下となっていることから、2018 年度も凍上は発生していると思われる。図-4 の地温は、深さ 20cm では地表付近に比べ保温され、徐々に低下していることから、凍上の主因である土中のアイスレンズが生長していることが推測される。

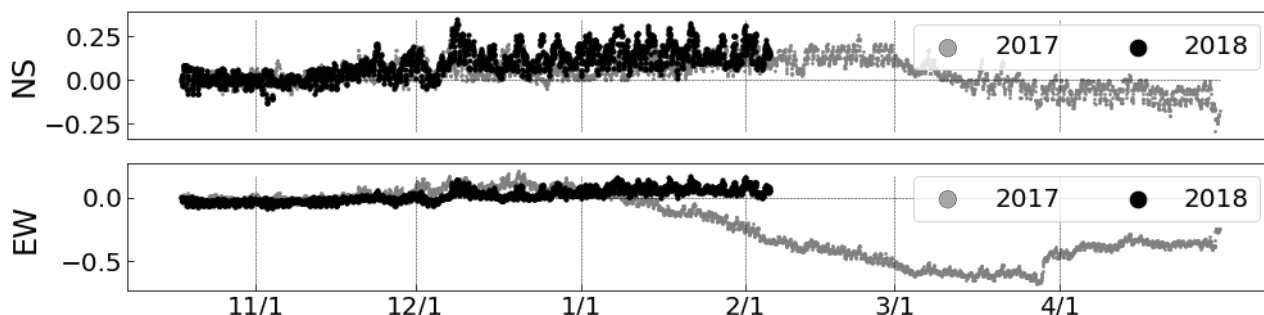


図-3 M 雌阿寒の冬季傾斜変化 (上：南北方向，下：東西方向)

2018 年度は 2019 年 2 月 6 日までの値を示す (図-4 も同じ)。

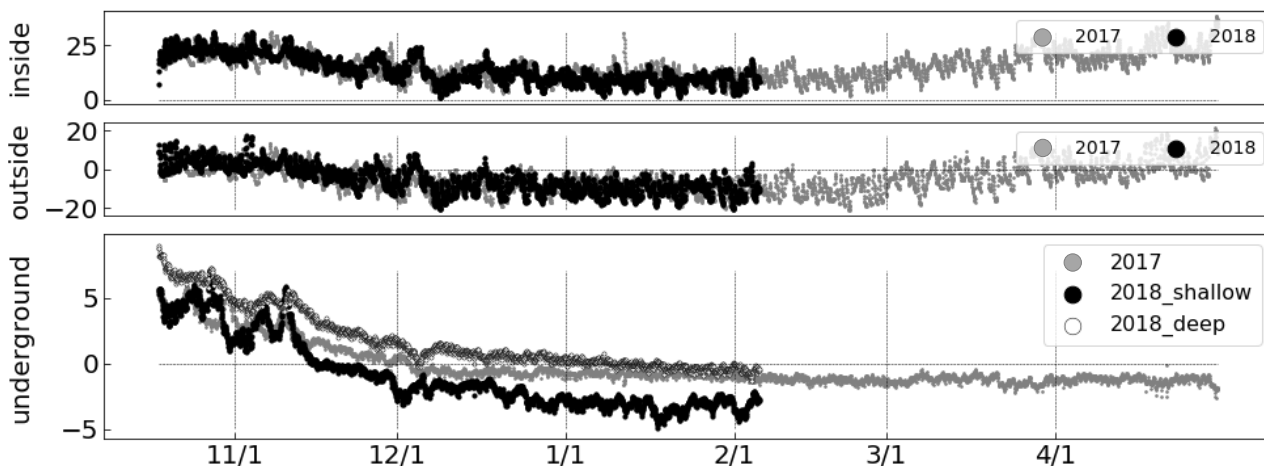


図-4 M 雌阿寒の冬季温度変化 (上：収納箱内部温度，中：気温，下：地温)

2018 年度の地温の "shallow" は深さ 5cm, "deep" は深さ 20cm を示す。

前述した凍上対策の効果について考察する。凍上は、地表が盛り上がる現象だが、REGMOS は地表から 15~20cm 程度浮かせた状態で固定している。また、地中深くまで固定杭を打設している。凍上深よりも深く固定杭が打たれていれば、凍上による REGMOS 全体の持ち上げは発生しない。ただし、地表面が盛り上がり、筐体に接地して作用する可能性がある。2017 年度の凍上について、図-2 の座標変化で、水平成分に変位が現れる時期と、上下成分に現れる時期に差があること、図-3 の傾斜変化で、東西成分に変位が現れる時期が座標の変位が現れる時期と一致することから、凍上の影響度は REGMOS 全体の持ち上げよりも、地表面の持ち上げのほうが大きいと推測される。一方、融雪後の座標が融雪前の座標に戻っていないことから、固定杭そのものも動かされた可能性が高い。その要因に

は、凍上により直接固定杭が動いた成分と、地表面の持ち上げによって筐体が動き、それに伴って動いた成分が含まれる。以上より、固定杭の増設は筐体をより強固に地面に固定し、凍上による REGMOS 全体の持ち上げを軽減し、かつ凍上前後の座標変位を防ぐ効果が期待される。また、下部パネルの除去は筐体の真下まで積雪させることにより地面を保温し、凍上深を軽減させる効果が期待される。

なお、他の原因として、筐体周辺の積雪量が方位により異なることによる水平方向の加重も推測されるが、座標変化の速度が連続的かつ緩やかであることから、主な要因であるとは考えにくい。

### 3. まとめ

M 雌阿寒は冬季仕様型 REGMOS-mini が正式運用されて初めての観測点であったが、厳しい周辺環境にもかかわらず安定的に観測が続いている。また、凍上の影響の軽減にも成功している。しかし、凍上は完全には取り除かれていない可能性が高く、また、下部パネルを外したことで融雪による筐体への加重が増加する可能性がある。今後も、注意深く監視を続ける必要がある。

#### 参考文献

石本正芳 (2008) : 北海道道東地方における電子基準点の凍上対策 (第 10 年次), 平成 19 年度調査研究年報, 175-180.