

本白根山における 2018 年噴火後の自然電位および地磁気全磁力観測

飯野英樹・山崎明・田中達朗（気象庁地磁気観測所）

Self-potential and geomagnetic total intensity observations at Motoshirane volcano after the 2018 eruption

Hideki Iino, Akira Yamazaki and Tatsuro Tanaka
(Kakioka Magnetic Observatory)

Abstract

A phreatic eruption occurred at Kusatsu-Shirane volcano (Motoshirane volcano) on January 23, 2018, and some impact craters were formed on the Kagamiike crater-floor and the Kagami-ike northern crater. In order to estimate geothermal status after the eruption, we carried out self-potential (SP) and geomagnetic total intensity observations at Motoshirane volcano. As a result of the SP, we detected a positive anomaly, 200~500mV in magnitude, developing around the summit of Motoshirane volcano. By comparison of the result of the 4th Joint Observation of Kusatsu-Shirane Volcano in 2003, we found temporal variations of SP near Kagami-ike northern crater which may have been caused by the eruption. As for the geomagnetic total intensity observation, there were no significant changes in the geomagnetic total intensity in the period from June to October, 2018.

1. はじめに

2018年（平成30年）1月23日、草津白根山の本白根山で噴火が発生し、鏡池北火砕丘や鏡池に複数の噴火口が形成された。噴火後、一時活発化した噴火口付近のごく浅部を震源とする地震活動は減少し、また噴気等の熱的な表面活動も2月下旬以降は終息している。

地磁気観測所では噴火後の本白根山地下の熱的な状態を把握することを目的として、本白根山山頂周辺部において自然電位観測および地磁気全磁力観測を実施した。本稿ではこれらの観測で得られた結果を報告する。

2. 自然電位観測

自然電位の測定は、これまでに様々な火山で実施され、火山地下浅部の熱水対流との関連についての研究がなされている。自然電位は、火山活動域に対応した特徴的な分布から、熱水系を推し量る手立てとなりうる。その一方で、地下の比抵抗、浸透率や電位など多くの要素に依存し、得られた電位異常だけから地下の熱水対流を解釈することは難しい側面があることも指摘されている（相澤，2010）。

これまで、本白根山での自然電位観測は、2003年第4回草津白根山集中総合観測における一部領域での観測に限られ（橋本・他，2004）、山頂周辺部一帯を対象とした観測はこれまで試みられていない背景も踏まえ、上述した側面を認識した上で自然電位観測を実施し、噴火後の本白根山山頂周辺部の自然電位分布を調査した。

2.1 観測

観測は、一方の電極を固定し、もう一方の電極を移動しながら2点の地面間の電位差を測定するいわゆる全電位法で実施した。測定間隔は観測者の歩数をもとに概ね50m毎に設け、2018年6月30日～7月2日にかけて約130点で測定を行った。測定点を図1に示す。

電極は、非分極性電極である銅・硫酸銅電極（Tinker & Rasor社製）を使用し、電位測定にはデジタルマルチメータを、各測定点の位置および標高はハンディGPSの観測値を用いた。

各測定点では、表面の土を除去、あるいは5~10cm程度の穴を掘るなどして、概ね直径1m円内に収まる範囲で3箇所の測定場所を設け、容器の底面が土に密着するようにして測定した。土が乾燥し、電位が安定しない場合には、携行した水で土を湿らせた後に測定を行った。測定値が大きくばらつく場合はさらに数点で測定し、ばらつきの大きな値は異常値として除いた。なお、観測前に測定した電極間のオフセットは0.1mV程度とわずかであったため、観測後のデータ処理において電極間オフセット補正は実施していない。

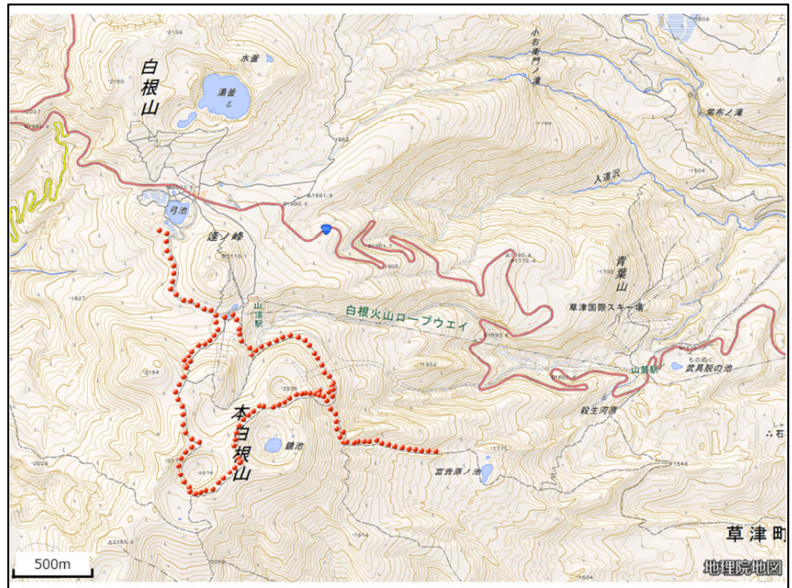


図1 本白根山 自然電位測定点

Fig.1 Location map of observation stations for SP at Motoshirane volcano.

2.2 観測結果

測定結果として、全測定点の北西端に位置する測定点(A15)を電位基準とした相対電位分布を図2に示す。なお、ループ状の閉回路(route_B)で測定した際に生じたループ併合誤差(-19.2mV)は、route_Bの各測定点間の電位に按分している。

得られた電位分布は、期待される熱水対流による効果のほか、標高に起因する地形効果や局所的な地質構造などの影響も含まれていると考えられる。図3に、全測定点における標高と相対電位の相関を示す。全体としては明瞭な相関はみられないが、山麓に下る一部測線(図2のルートC)において負の相関がみてとれたことから、このルートにおける地形効果の補正係数(-1.3mV/m)を算出し、この相関が他の測定点においても成立すると仮定して、地形効果の補正を行った。

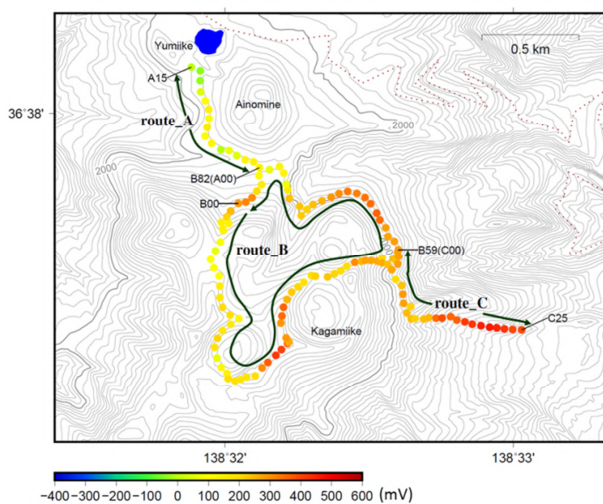


図2 本白根山自然電位測定結果
(地形効果補正未実施. 電位基準はA15)

Fig.2 Observed SP distribution. These data are not corrected for the topographic effect. The reference point of the SP potential is A15.

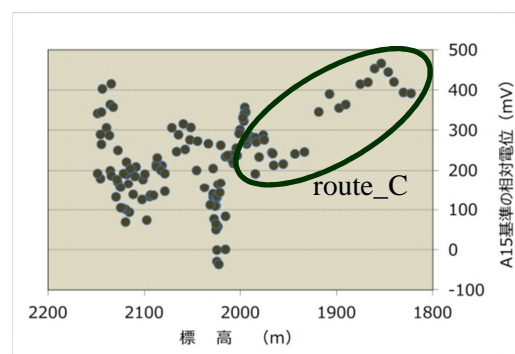


図3 各測定点の標高と電位の相関
(丸囲み内は route_C の測定点)

Fig3 Correlation between observed SP and altitude of each observation point.
(The data in the circle indicate observation points of the route_C)

地形効果補正後の結果を図4に示す。本白根山山頂周辺では、全体的に正の電位分布を示していることがわかる。また、鏡池の西～南西側や、2018年1月23日の噴火の主噴火口がある鏡池北火砕丘の周縁部などで局所的に電位が高い領域の存在が認められた。これらの領域は、山体上部への熱水の流れが周囲よりも卓越していることが可能性の一つとして考えられる。

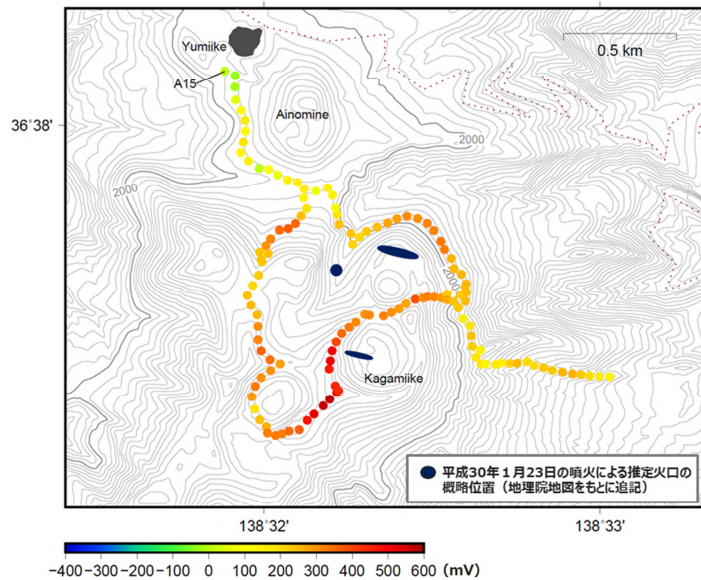


図4 本白根山自然電位測定結果（地形効果補正後・電位基準はA15）
Fig.4 Corrected SP distribution for the topographic effect. The reference point of the SP potential is A15.

2.3 2003年草津白根山集中総合観測結果との比較

次に、2003年草津白根山集中総合観測（以下、「2003年集中観測」と略す）結果との比較を行った。2003年集中観測では、北海道大学らにより、湯釜周辺から本白根山周辺を経て草津温泉方面に至る総延長約8kmの測線で自然電位観測が行われている（橋本・他，2004）。2003年集中観測の測定ルートの本白根山周辺部分を今回の観測で一部踏襲することで、2003年集中観測時に得られた電位分布との比較を行った。

図5に、2003年集中観測における自然電位観測の測線を示す（（橋本・他，2004）から本白根山周辺部を一部抜粋して掲載）。踏襲した区間はb～c～dに対応する。また、今回実施した自然電位観測の測定点に、2003年集中観測時の測定点を重ねた図6に示す（図中のKS101、B80は2003年および2018年の各データの電位基準とした測定点）。

図7に比較結果を示す。横軸に電位基準点からの水平距離、縦軸に電位基準点に対する相対電位（上段）および測定点の標高（下段）をプロットしている。

基準点からの水平距離が900m以遠（緑点線枠）では、今回の観測で得られた電位分布と2003年集中観測時の電位分布がほぼ一致していることがわかる。すなわち、この領域では2018年1月の噴火前後を含め、ほとんど電位が変化していないと考えられる。一方、基準点からの水平距離が900mまでの領域（青点線枠）では、場所により±100mV程度の変化がみられた。

基準点からの水平距離が900mまでの領域（青点線枠）について、各測定点における電位変化量を図8に示す。この領域は、1月23日の噴火で形成された鏡池北火砕丘噴火口の北～北東および鏡池北火砕丘西噴火口の北側に位置しており、2018年1月の噴火に関連して地下水の流れが変わったことを反映している可能性も示唆される。

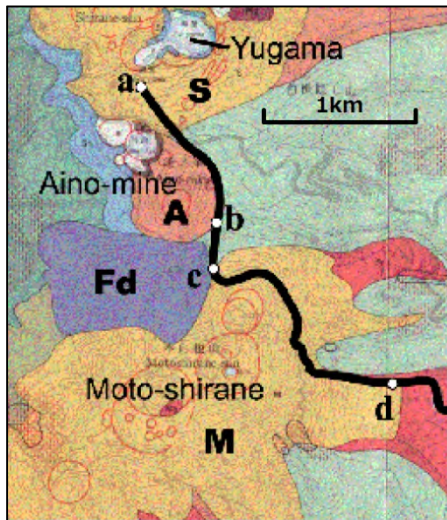


図5 2003年集中観測における自然電位観測測定ルート（（橋本・他，2004）から一部抜粋）
Fig.5 Location map of observation stations for SP in the 4th Joint Observation of the Kusatsu-shirane Volcano in 2003.

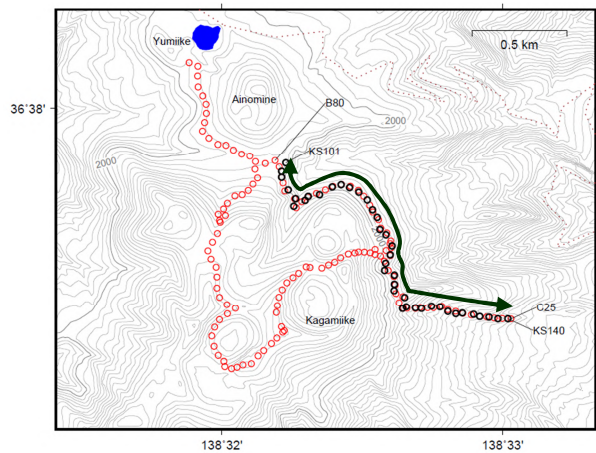


図6 自然電位観測測定点
赤：2018年 黒：2003年集中観測
（矢印間が電位分布を比較した測線）
Fig.6 Location map of observation stations for the SP at Motoshirane volcano.
red : Observed stations in 2018
black : Observed stations in 2003

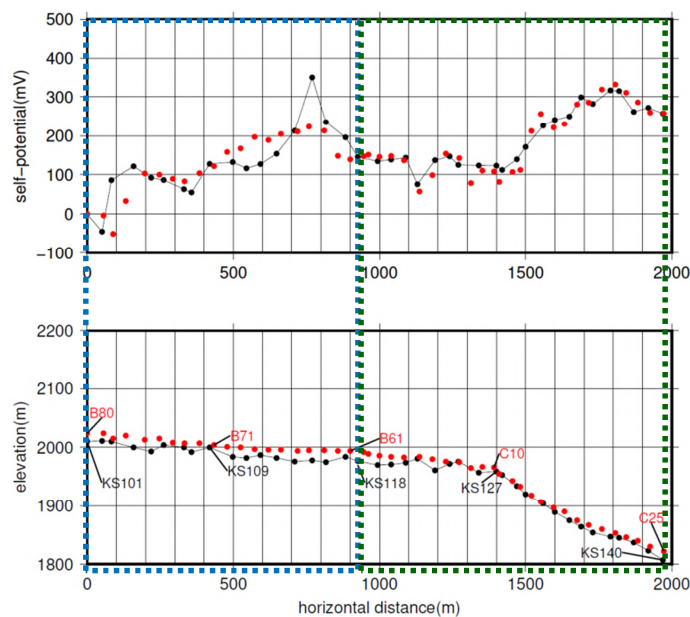


図7 2003年集中観測の自然電位観測結果との比較

赤色：2018年（電位基準点：B80） 黒色：2003年集中総合観測（電位基準点：KS101）

上段：電位基準点からの水平距離と相対電位 下段：電位基準点からの水平距離と標高

水平距離はハンディGPSで取得した位置情報を元に、地理院地図の距離計測ツールを用いて概算
Fig.7 The comparison of observed SP data with the result of the 4th Joint Observation of Kusatsu-Shirane Volcano in 2003.

Red : Observed SP data in 2018(The reference point of the SP potential is B80).

Black : Observed SP data in 2003(The reference point of the SP potential is KS101)

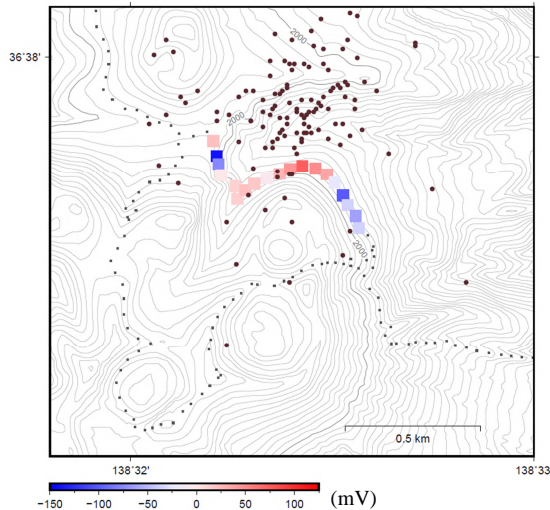


図8 2003年集中総合観測結果との電位差

図7青枠内の測定点を対象にプロット。震源分布は森(2006)による

Fig.8 Difference of observed SP data with the result of the 4th Joint Observation of Kusatsu-Shirane Volcano in 2003. (Horizontal distance from the reference point is 0m to 900m).

3. 地磁気全磁力観測

地磁気観測所では、1976年から湯釜周辺に着目した全磁力観測を継続し、2018年時点で20の繰返し観測点と3地点での連続観測点の観測網を構築しているが、本白根山山頂周辺に着目した観測はこれまで実施例がなかった。1月23日の噴火を受け、本白根山地下浅部の温度変化を把握することを目的として、全磁力繰返し観測を実施することにした。

3.1 観測

観測点は、1月23日の噴火で形成された噴火口を囲むような配置を検討した。当初、鏡池火口の東縁および南縁への設置も検討していたが、植生のため到達できず選定を見送った。鉛直・水平の磁場傾度も測定の上、最終的に10点の繰返し観測点を選定した(図9)。磁場傾度測定を含め、全磁力繰返し観測には携帯型プロトン磁力計(G856、ジオメトリクス社製)を使用した。

センサー高は地表から2.0mとし、2018年は6月(6/28~6/30)、8月(8/28~8/29)および10月(10/7)に観測を実施した(図10)。

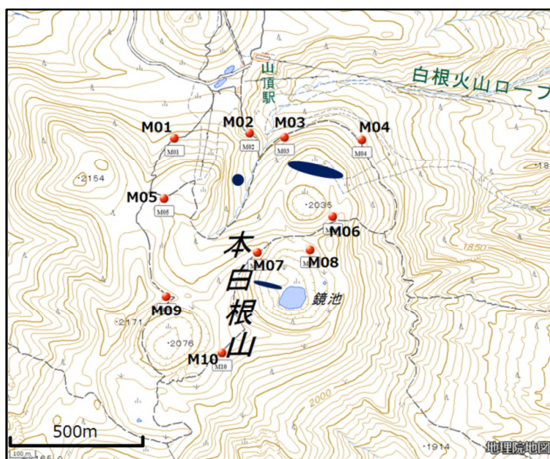


図9 本白根山全磁力繰返し観測点配置

Fig.9 Location map of repeated observation stations for geomagnetic total intensity.



図10 全磁力繰返し観測実施状況(M04観測点)

Fig.10 Repeated observation stations named M04 for geomagnetic total intensity.

3.2 観測結果

図 11 に、八ヶ岳地球電磁気観測所（東京大学地震研究所、草津白根山から南方約 62 km）で観測された全磁力値を基準とした、2018 年 6 月から 10 月にかけての全磁力変化量を示す。約 3 ヶ月の間に熱消磁または帯磁を示す系統的な全磁力変化は観測されなかった。

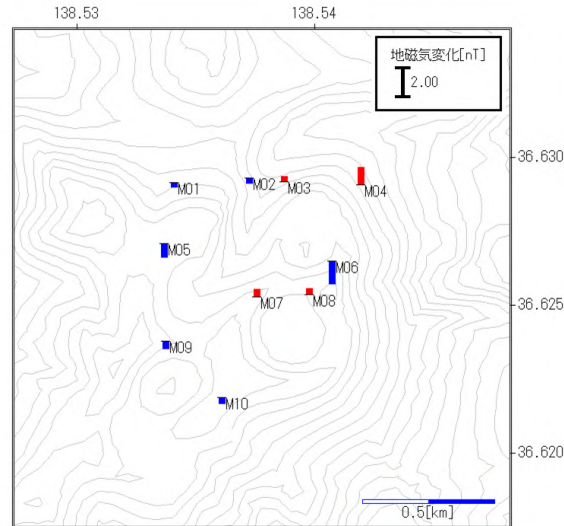


図 11 本白根山全磁力繰り返し観測における 2018 年 6 月～2018 年 10 月の全磁力値変化量（赤は増加、青は減少。全磁力の基準点は八ヶ岳地球電磁気観測所(東京大学地震研究所)）

Fig.11 Temporal variation of the geomagnetic total intensity at each observation site from June 2018 to October 2018 with reference to the Yatsugatake.

(red bar : increase in geomagnetic total intensity, blue bar : decrease in geomagnetic total intensity).

4.まとめ

噴火後の本白根山を対象に自然電位観測および全磁力観測を実施した。自然電位観測では、本白根山山頂周辺部の電位分布を調査し、鏡池北火砕丘の噴火口付近で、1 月 23 日の噴火による可能性のある電位変化が認められた。

地磁気全磁力観測については、今回実施した期間においては地下の温度変化を示唆するような全磁力変化は認められなかったが、今後も継続して観測を実施し、全磁力の時間的変化の推移を調査する予定である。

謝辞

北海道大学大学院理学研究院附属地震火山研究観測センター橋本武志教授より、2003 年草津白根火山集中総合観測での自然電位観測データを提供頂いた。また、東京大学地震研究所より八ヶ岳地球電磁気観測所の全磁力データを提供頂いた。

参考文献

橋本武志・茂木透・西田泰典・小川康雄ほか、草津白根火山における高密度電気探査・自然電位調査、第 4 回草津白根火山集中総合観測報告書、133-142、2004

相澤広記、電磁気観測で推定する火山体内部の地下水流動、地質ニュース 665 号、46-52 頁、2010 年 1 月
森健彦・平林順一・野上 健治・鬼澤 真也、草津白根山における新たな地震観測システムの構築、火山 51(1)、41-47、2006

本稿の作成にあたっては、国土地理院発行の「数値地図 50m メッシュ（標高）」、同院の地理院地図および「国土数値情報（道路データ）国土交通省」を使用した。また、気象研究所が開発した火山用地殻活動解析支援ソフト（MagCAP-V）を使用した。