

令和 3 年度 地磁気観測所調査研究業務 成果報告書

重点課題

電磁気による火山活動評価の高度化に向けた調査	1 頁
次期標準磁気儀設計に向けた予備調査	16 頁
南極昭和基地の地磁気データの絶対値化に向けた調査	23 頁

基礎課題

地磁気永年変化の経年成分に関する調査	32 頁
機械学習による K 指数判定手法の開発(その 2)	34 頁
弱磁場方式による絶対観測の精度調査	37 頁
各観測点における真方位観測の観測誤差に関する調査	42 頁
地磁気観測施設の構内における 各観測点の地磁気変化特性に関する調査	44 頁
複数の人工擾乱源把握のための 全方位監視カメラ設置および独自ソフト開発	48 頁

2022 年 3 月
地磁気観測所

[調査研究の種別]：重点課題

[課題名]：電磁気による火山活動評価の高度化に向けた調査（令和2年～4年度）

[担当者]：○瀧沢倫明、藤原善明、笹岡雅宏、山崎貴之、浅利晴紀、増子徳道（技術課）、山際龍太郎、豊留修一、有田真、長町信吾、仰木淳平、下川淳、西田重晴、弘田瑛士、屋良朝之（観測課）、斎藤誠

[概要]：

火山活動の活発化に伴う全磁力変化の観測事例が多数報告されている。これまでに当所が雌阿寒岳や草津白根山で実施してきた全磁力観測により得られた成果は、火山監視に対する全磁力観測の有効性を示している。これら全磁力変化は、火山体浅部熱水系の状態変化に起因する熱磁気効果と密接に関係していると推定されており、水蒸気噴火の発生予測に貢献することが期待されている。平成26年御嶽山噴火災害を契機に水蒸気噴火の発生予測への社会的ニーズが高まり、気象庁地震火山部では、平成27年度から水蒸気噴火の前兆を早期に捉えるための新たな観測手法のひとつとして全磁力観測に着目するとともに、その他の多項目観測データの統合解析による火山活動評価手法の高度化に取り組んでいる。

本調査研究では、地震火山部による火山業務改善の取り組みを技術的に支援するため、火山活動の監視および評価手法の高度化に係る技術開発に取り組む。当所が従前より全磁力連続観測を実施している雌阿寒岳、草津白根山、伊豆大島、三宅島、阿蘇山に加えて、地震火山部が平成27年度以降に連続観測施設を整備した樽前山、吾妻山、安達太良山、御嶽山、九重山、霧島山えびの高原（硫黄山）周辺を対象に、これまでの観測成果のとりまとめ、ノイズ低減手法の技術開発、常時観測化を見据えた効果的な観測のあり方、および観測安定性の検討を進める。

[具体的な計画と達成目標]：

1. 今後の火山監視および活動評価への活用に向けて、これまでに得られた観測成果、知見を収集・整理し、観測・解析・評価の技術に係るとりまとめを行う。

当所がこれまで実施してきた雌阿寒岳、草津白根山、伊豆大島、三宅島、阿蘇山における火山活動と全磁力変化の対応関係把握のための全磁力連続観測、および全磁力変化の面的分布把握のための全磁力繰返し観測で得られた火山性シグナル、あるいは様々なノイズの観測事例を整理分析し、観測成果としてとりまとめを行う。

また、各火山での観測を継続させ、火山活動と全磁力変化の対応調査を引き続き実施する。雌阿寒岳および草津白根山では熱消磁あるいは帯磁ソースの時空間的推移を把握する。観測成果は火山課および各火山センターに共有するほか、火山噴火予知連絡会に報告する。

その他、火山における比抵抗構造探査や自然電位などの電磁気観測について、機会をとらえて関係機関と共同で実施する。また、大学等が取り組んでいるドローン等を利用した空中磁気測量や噴火速報への活用が期待される空中電気観測についての情報収集等を行う。

2. 火山の監視および解析する上で全磁力観測データのノイズ低減は極めて重要であり、火山業務への導入を目指して、年周変化や太陽活動による外部磁場変化の影響を除去する手法や地磁気永年変化に伴うD I効果の補正手法などの技術開発を行う。

これまでの全磁力連続観測データに見られる火山活動以外の要因による変動の特徴が明らかにされてきた。それらのうち、年周変化および太陽活動による外部磁場変化の影響について、除去するための手法開発が進められ、雌阿寒岳の連続観測データに適用されている。今後は、草津白根山など連続観測を実施している火山にこの手法を適用し、その有用性を検証するとともに、改善に取り組む。地磁気永年変化に伴い、全磁力観測点における局所的な偏角および伏角の違いから生じる見かけ上の差（D I 効果）は、全磁力変化により火山活動を評価する上で“ノイズ”となり、D I 効果の補正は全磁力変化による熱源の推定精度の向上を図る上で極めて重要である。これまでの研究成果として、磁化の強い玄武岩質火山のため大きなD I 効果が予想される伊豆大島の気象庁全磁力観測点5点において実施した、当所が開発した簡易偏角・伏角計による測定で、D I 補正係数を直接決定できることが明らかになった。そこで、東京大学地震研究所（以下、地震研）の協力を得て、伊豆大島の地震研全磁力連続観測点9点での偏角・伏角測定によりD I 補正係数を決定し、気象庁および地震研のD I 補正後の全磁力観測データを統合的に解析する。また、玄武岩質火山に比べて磁化の弱い安山岩質火山である雌阿寒岳の全磁力連続観測点においても、同様な偏角・伏角測定およびD I 補正処理を試みる。

さらに、平成27年度～30年度に地震火山部により全磁力連続観測点が整備された6火山（樽前山、吾妻山、霧島山、御嶽山、九重山、安達太良山）については、全磁力観測データおよび各参照点の地磁気三成分データを用い、観測データの品質調査、D I 補正、年周変化の補正などの解析を実施する。

地磁気永年変化のD I 補正については、前年度までの調査結果を論文にとりまとめ、査読付きジャーナルへの投稿を予定している。

3. 火山業務における常時観測への地磁気観測導入を見据えて、火山監視に効果的な連続観測網のあり方および観測装置の安定性確保に係る情報収集、課題解決について、検討を始める。

これまでの観測で得られた熱磁気効果の観測事例を踏まえ、熱磁気モデルによるシミュレーションを活用して、効果的な火山監視を実現するための全磁力連続観測点の最適な配置について検討する。

また、火山ガス、積雪、強風、インフラ未整備など、火山地帯に特有の過酷な環境下でも安定稼働する観測装置の開発に向けて、情報収集・整理、課題の抽出および解決策の検討を進める。

[令和3年度の成果] :

1. 各火山における電磁気観測

○雌阿寒岳

令和3年度は、

- ・全磁力連続観測点3点での観測を継続
- ・ポンマチネシリ火口周辺での全磁力の繰返し観測（2021年6月実施）
- ・ME2、ME3観測点において、DI補正のための偏角観測
- ・徒歩による全磁力観測（磁気測量）

を実施した。

出張時の各種点検や受信データのチェックなど適切な保守の実施により、ほぼ欠測なく全磁力連続観測データを取得することができた。また、適切な補正処理を施すことより、年周変化および超高層起因

のノイズを有意に除去できた。

ME2、ME3において、DI補正のための偏角観測を実施した(図2、図3)。ME2の観測結果は -8.7° であり、昨年度の観測(-8.8°)の再現性が確認できた。また、ME3では初めて偏角観測を実施した。観測結果のもつ誤差を検討するために、同一地点で高さ及び観測者を変えて観測した。地上高156cmの観測結果は -9.8° であり、ME2よりも 1° 程度西寄りであることから、ME3近傍の地形や地質による差が現れていることが示唆される。

昨年度及び今年度の偏角の観測結果を元に、MEA、ME2、及びME3観測点のDI補正を試みた。伏角の観測は実施していない(未知量である)ことから、MEA観測点の全磁力値(F)と女満別観測施設(MMB)の全磁力(F)、偏角(D)、水平分力(H)を用い、MEA観測点の伏角(I)を変化させ、全磁力差、DI補正係数、及び年周変化を差し引き、その分散(5日間平均)が最も小さくなる値を求めた。さらに、昨年度の観測から得たMEAのDの値(-9.00°)を固定して、分散が最も小さくなる伏角I(56.9°)を中心として $\pm 0.5^\circ$ 変化させた(図4)。

DI補正後のMEAとMMBとの全磁力差はH補正(黒線; MMBの水平分力のみ使用した補正)より上側にプロットされ、伏角が小さくなるほど上方にプロットされる。また、いずれの伏角においても、時間の経過と共に長期的なトレンドがH補正からずれていき、2022年1月の時点で、伏角 1° (57.4° 、 56.4°)の違いに対して約4.9nTの相違が表れる。ME2及びME3についても同様の手法で分散が最も小さくなる伏角を計算した上でDI補正を施したところ(図5)、ME2及びME3でもH補正よりも上方にプロットされることが分かる。これまでのH補正ではMMBの1成分しか使用していないのに対し、本稿で採用したDI補正ではMMBの3成分(X、Y、Z)全てを使用したことから、より正確な全磁力変化の結果が得られたと考える。火山性トレンドの評価については、今回のDI補正とこれまでのH成分補正とで、その評価が変わるような全磁力変化はなかったと思われる。

従来から実施しているH成分補正では、太陽活動に伴う短周期のノイズは除去できていたが、それ以外の地球内部起源の地磁気永年変化によるDI効果は補正されていなかった。昨年度及び今年度の偏角観測の実施によりDI補正が可能となったが、伏角は推定値を用いていることから、より精度の良いDI補正(特に永年変化成分の補正)を施すには、偏角観測と同時に伏角観測も実施する必要がある。

また今年度初めて、徒歩による全磁力観測(磁気測量)をポンマチネシリ火口南麓で実施した(図6)。徒歩による全磁力観測は、従来の繰り返し観測よりも精度の高い空間分布を得ることが期待される。両観測の比較では、大局的な全磁力分布(南側ほど全磁力値が減少する傾向)は概ね合っているものの、細かいスケールでみた場合は空間分布に相違が見られており、植生や表層の地質等の局所的な要因による可能性がある。来年度も徒歩による全磁力観測を実施し、繰り返し観測との比較及び空間的な全磁力変化を確認したい。

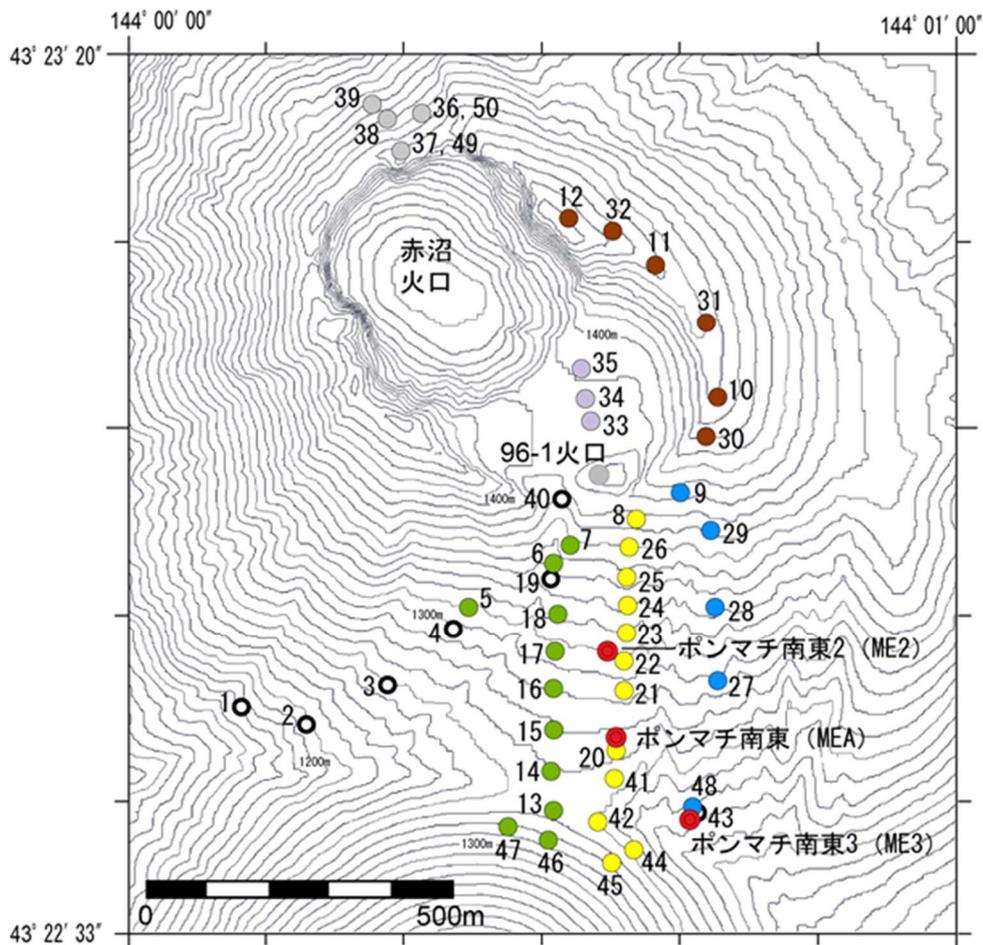


図1 雌阿寒岳 全磁力観測点配置図

二重丸●は連続観測点を、一重丸○は繰り返し観測点（色は第8図と対応。● 1、2、3、4、19、36、37、40、43は観測終了）を示す。

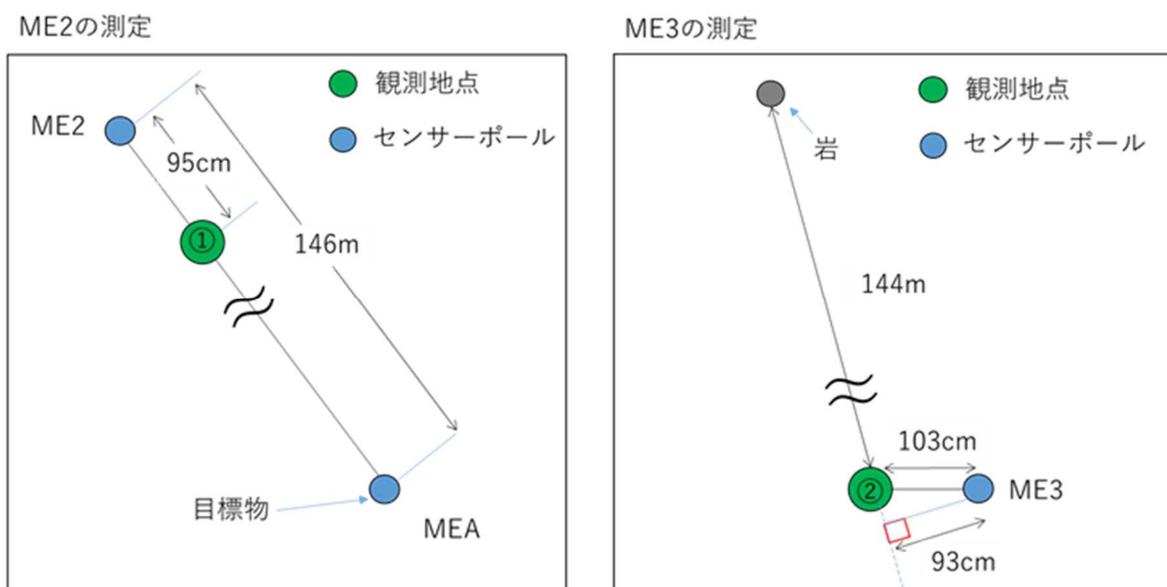


図2 偏角の観測点模式図 (ME2、ME3)

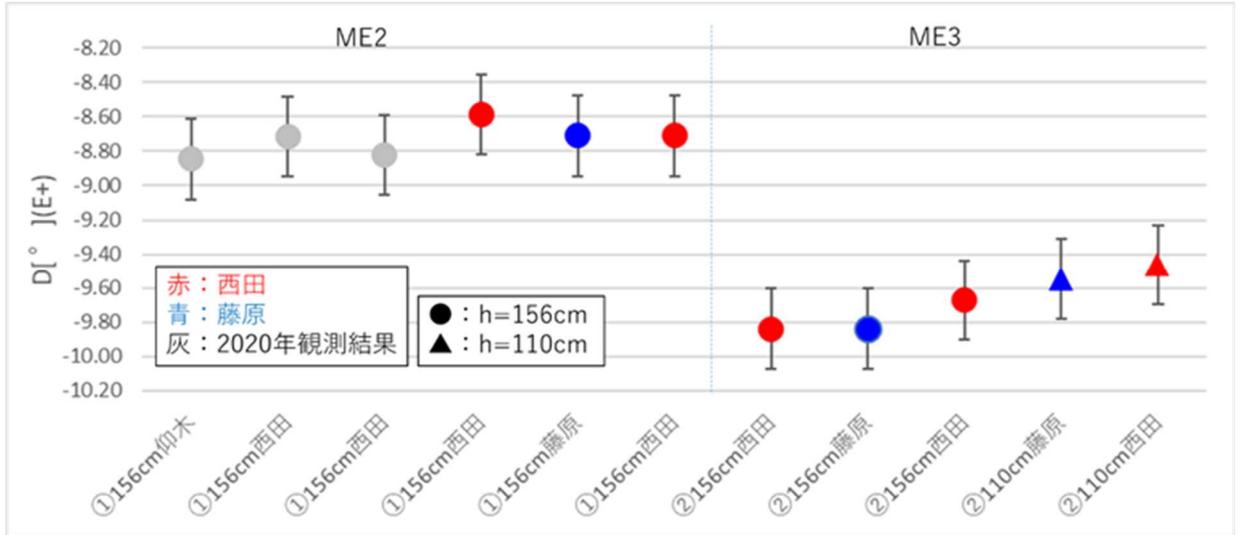


図3 偏角の観測結果 (ME2、ME3)

ME3 の観測は、同一地点で高さとお観測者を変えた観測を行った。エラーバーは、地磁気観測所比較校正室で2人が観測した時のばらつき (0.2°) と、真方位角の誤差 (0.08°) を合成 ($\pm 0.22^\circ$) して表している。

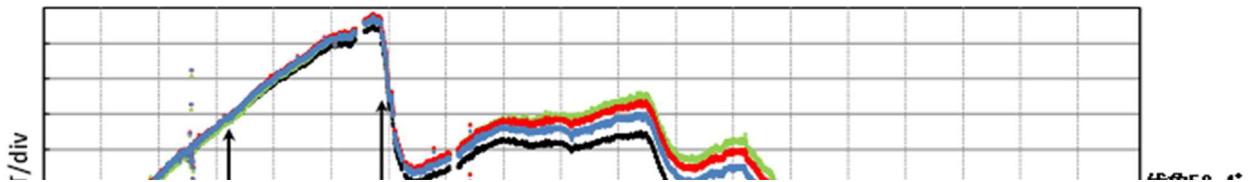


図4 DI補正前後の全磁力変化 (ME2 と MMB との全磁力差)

(全磁力差 MEA-MMB ; 偏角を固定、伏角を $56.9^\circ \pm 0.5^\circ$ 可変)

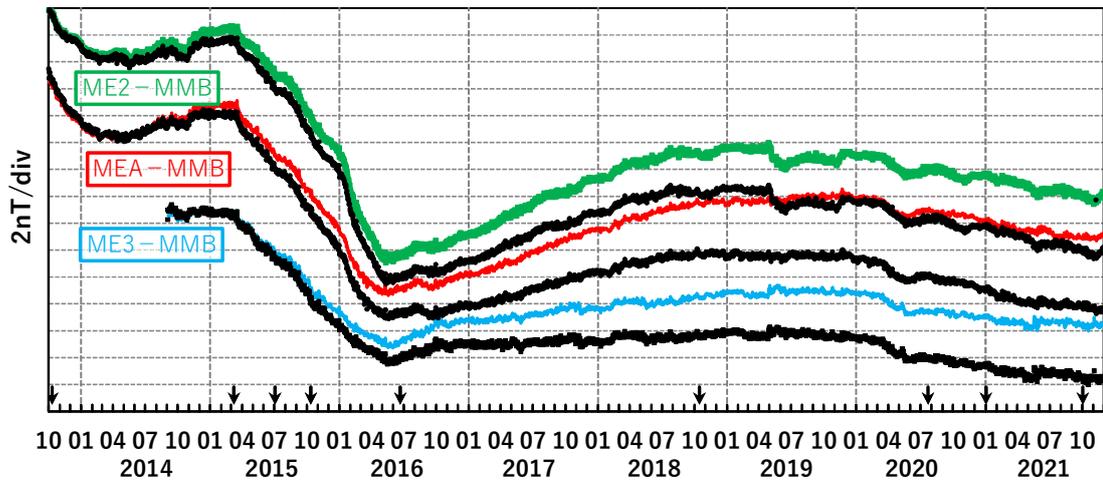


図5 DI補正前後の全磁力変化 (MEA、ME2、ME3 と MMB との全磁力差)

黒線はDI補正前、色付き線はDI補正後の全磁力差を示す。

