

# MT法探査による雌阿寒岳山麓の3次元比抵抗構造解析

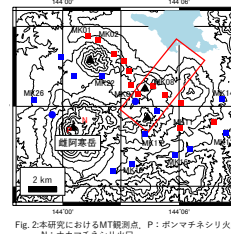
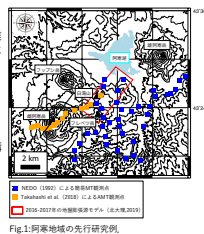
○井上智裕, 橋本武志, 田中良 (北海道大学大学院理学院)

## 1. はじめに

北海道東部阿寒カルデラ内の雌阿寒岳ではGNSS観測やInSAR解析に基づいて、2016-2017年に北東麓で顕著な地盤膨張が検出された(国土院地研, 2018)。その膨張源の最新モデルでは、この地盤膨張は雌阿寒岳東麓から雌阿寒岳西麓にかけて深さ約3 kmにおける水平状のマグマだまりの蓄積によるものと解釈されている(北大理, 2019)。また、この地域ではNEDO(1992)による地熱開発促進調査や、Takahashi et al. (2018)による雌阿寒岳の地盤膨張を明らかにするためのAMT探査が行われている(Fig. 1)。

上述の地盤膨張がマグマや熱水に対応するものであるならば、MT法によって低比抵抗異常帯としてイメージングできる可能性があり、雌阿寒岳のマグマ供給系の議論にもつながると考えられる。しかし、先行研究で推定されている比抵抗構造は約4 km以浅で、膨張源領域の分解能は低い。上述の構造を見るためには広範囲に観測点を置き、深部の構造を明らかにする必要がある。

本研究では、地盤膨張が起きている地域がどのような地下構造であるかを明らかにするために広帯域MT法探査を実施した。そして雌阿寒岳周辺の比抵抗構造と地盤膨張の関係を探ることを目的とした。本ポスターでは、MT探査結果と3次元インバージョンによる比抵抗構造について述べる。



■ 本研究におけるMT観測点 (2018)  
 ■ 本研究におけるMT観測点 (2019)  
 ■ 電場2成分 ( $E_x, E_y$ ) と磁場3成分 ( $H_x, H_y, H_z$ )  
 ○ 電場2成分 ( $E_x, E_y$ ) と磁場1成分 ( $H_z$ )  
 □ 2016-2017年の地盤膨張モデル (北大理, 2019)

観測手法: 広帯域MT法  
 観測機: MTU-5A (Phoenix Geophysics社)  
 コイル: 北大, MTC-50 (Phoenix Geophysics社)  
 秋田大, MTC-50H (Phoenix Geophysics社)  
 電極: Pb-PbCl<sub>2</sub>非分極電極(ハンガリー製)  
 計測期間: 各測点毎につき3~10日間  
 データ処理: SSMT2000, リモートリファレンス処理  
 (日鉄鉱業コンサルタント提供の沢内のデータを使用)

## 2. 観測結果

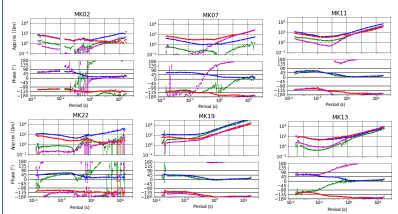


Fig. 3: 見かけ比抵抗と位相。緑色: xx成分, 青色: xy成分, 赤色: yy成分, 紫色: yy成分。

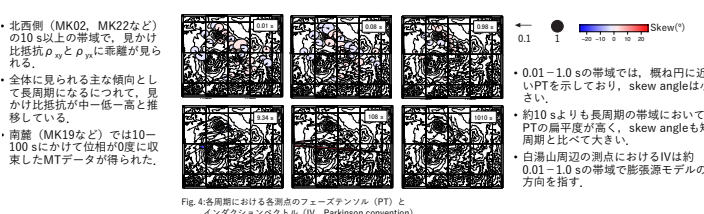


Fig. 4: 各周期における各測点のフーズテンソル (PT) と インタクションスペクトル (IV, Parkinson convention)

## 3. 3次元構造解析

Table. 1: 3Dインバージョン設定

グリッド数	48×48×85 (南北×東西×鉛直)
メッシュ幅 (水平方向)	中心付近は250-500 m (観測範囲外は250mずつ大きくしていくように置いた)
鉛直方向	25-256000m
初期比抵抗値	大地: 100 Ωm 海: 0.3 Ωm (面電) 空気: 10 Ωm (面電)
入力データ	Zxx, Zyy, Zxz, Zyx, Ix, Iy
入力周期	16周期 (0.003-3000 s)
入力測点数	25
エラーフロア	15%

• 今回得られた25地点のMT観測データを用いて、ModEM (Egbert and Kelbert, 2012; Kelbert et al., 2014) に基づく3Dインバージョンを実行した (Table. 1)。

• 初期モデルから189回の反復計算を行い、そのインバージョンから得られたモデルを初期モデルとしてもう一度インバージョンを実行した。

• RMSEは287.43から8.16まで減少し、その時のモデルを最終モデルとした (Fig. 5)。

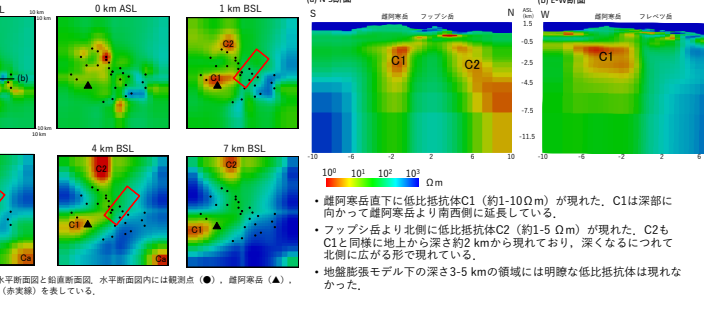


Fig. 5: 最終モデルの水平断面図と鉛直断面図。水平断面図内には観測点 (●)、雌阿寒岳 (▲)、膨張源モデル (赤実線) を示している。

## 4. フィッティング結果と感度検定

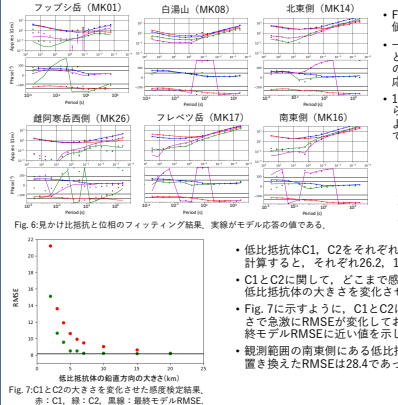


Fig. 6: 見かけ比抵抗と位相のフィッティング結果。実線がモデル応答の値である。

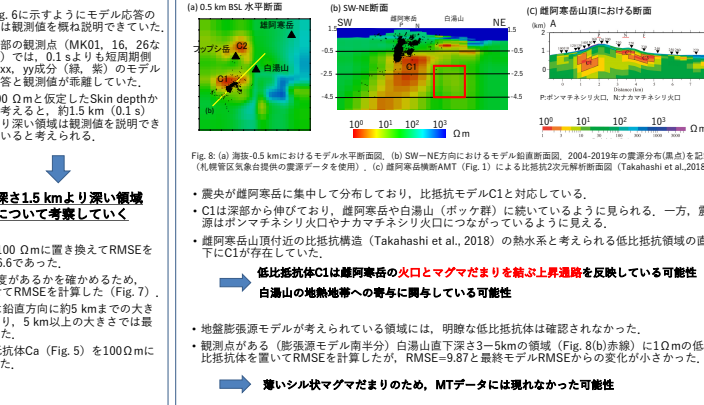


Fig. 7: C1とC2の大きさを変化した感度検定結果。赤: C1, 緑: C2, 黒線: 最終モデルRMSE。

• Fig. 6に示すようにモデル応答の値は観測値を概ね説明できていた。

• 一部の観測点 (MK01, 16, 26など) では、0.1 sよりも短周期側のxx, yy成分 (緑, 紫) のモデル応答と観測値が乖離していた。

• 100 Ωmと仮定したSkin depthから考えると、約15 km (0.1 s) より深い領域は観測値を説明できていると考えられる。

↓

**深さ1.5 kmより深い領域について考察していく**

• 低比抵抗帯C1, C2をそれぞれ100 Ωmに置き換えてRMSEを計算すると、それぞれ26.2, 16.6であった。

• C1とC2に関して、どこまで感度があるかを確かめるため、低比抵抗帯の大きさを変化させてRMSEを計算した (Fig. 7)。

• Fig. 7に示すように、C1とC2は鉛直方向に約5 kmまでの最大で急激にRMSEが変化しており、5 km以上の大きさで最終モデルRMSEに近い値を示した。

• 観測範囲の南東側にある低比抵抗帯Ca (Fig. 5) を100 Ωmに置き換えたRMSEは28.4であった。

## 5. 考察

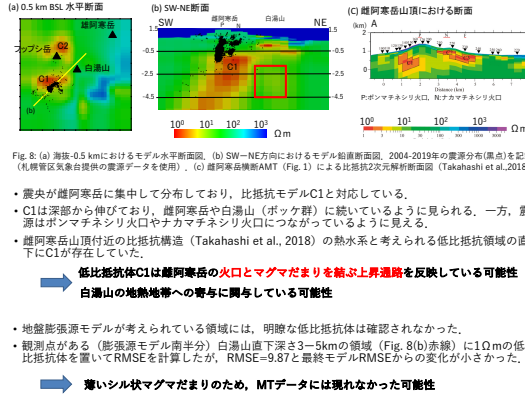


Fig. 8: (a) 0.5 km BSL 水平断面図, (b) SW-NE方向におけるモデル鉛直断面図, 2004-2019年の震源分布 (黒点) を記載 (札幌管区気象台提供の震源データを使用), (c) 雌阿寒岳噴出AMT (Fig. 1) による比抵抗2次元解析断面図 (Takahashi et al., 2018)。

• 震源が雌阿寒岳に集中して分布しており、比抵抗モデルC1と対応している。

• C1は深部から伸びており、雌阿寒岳や白湯山 (ボック群) に続いているように見られる。一方、震源はポンマテネリ火口やナカマテネリ火口につながるように見える。

• 雌阿寒岳山頂付近の比抵抗構造 (Takahashi et al., 2018) の熱水系と考えられる低比抵抗領域の直下にC1が存在していた。

→ **低比抵抗帯C1は雌阿寒岳の火口とマグマだまりを結ぶ上昇通路を反映している可能性**  
 白湯山の地熱地帯への脅けに関与している可能性

• 地盤膨張源モデルが考えられている領域には、明瞭な低比抵抗帯は確認されなかった。

• 観測点がある (膨張源モデル南半分) 白湯山直下深さ3-5 kmの領域 (Fig. 8(b)赤線) に1 Ωmの低比抵抗帯を置いてRMSEを計算したが、RMSE=9.87と最終モデルRMSEからの変化が小さかった。

→ **薄いシル状マグマだまりのため、MTデータには現れなかった可能性**

**まとめ**

• 近年に顕著な地殻変動が観測されている雌阿寒岳山麓で広帯域MT法探査を行った。

• 探査で得られた25地点のMTデータを用いてModEMによる3Dインバージョンを試みたところ、地盤膨張源モデルの領域から外れた場所 (雌阿寒岳直下, フジ山北側) 約2 km以深にC1, C2の低比抵抗帯が解析された。

• 震源分布と比抵抗モデルを比較すると、低比抵抗帯C1は雌阿寒岳におけるマグマだまりの上昇通路を反映している可能性が考えられる。

• 地盤膨張源モデルの領域に顕著な低比抵抗帯は解析されなかった。これは薄いシル状マグマだまりのため、MTデータに現れなかった可能性が考えられる。

• 今後、地盤膨張源モデル領域に様々な厚さのマグマモデルを置き、膨張源の厚さを制約していく予定。

**謝辞**

本研究を行うにあたって、秋田大から観測機材を使用しました。ご対応下さった坂中伸也先生に感謝いたします。北大地電文センターの成田平氏には、継続的なアドバイスを感謝いたします。また、共同研究者の伊藤達氏、若間博志氏には、現地観測でのご協力に感謝いたします。

**引用文献**

Egbert, G. D., and Kelbert, A. (2012) Computational recipes for electromagnetic inverse problems. *Geophysics*, *J. Int.*, 189(1), 251-267.

国土院地研 (2018) 地熱開発促進調査(NEDO, 1992) 地熱開発促進調査報告書 No. 26 阿寒圏域, pp. 1141.

田中良他 (2018) 北海道大子地熱開発調査 (第129号) 雌阿寒岳周辺の地殻変動, 5-14.

北海道大学大学院理学部 (2019) 北海道における火山に関する研究報告書「雌阿寒岳」, pp. 77.

Takahashi et al. (2018) Relationship between volcanic activity and shallow hydrothermal system at Meakandake volcano, Japan, inferred from geomagnetic and audio-frequency magnetotelluric measurements, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 349, 351-369.