

# 草津白根山でのMT法による 比抵抗構造の推定

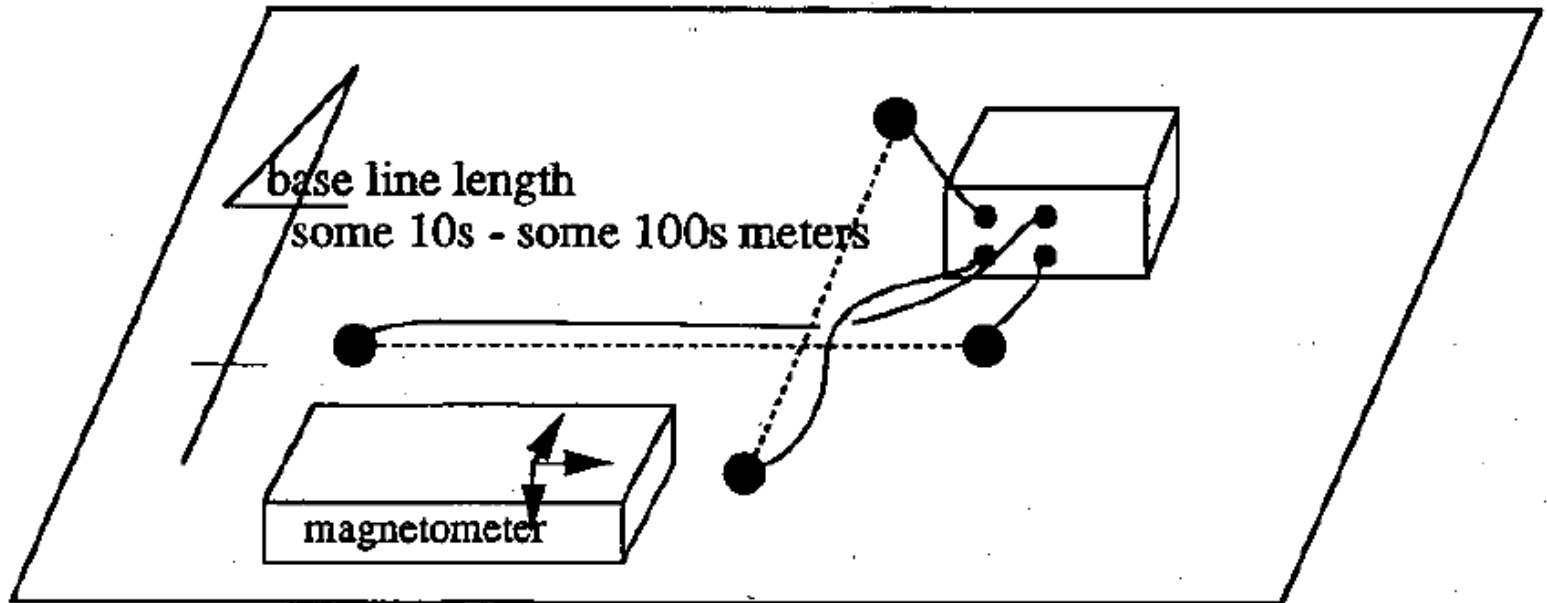
電磁気班

麻生尚文 川添安之 西山竜一 松岡弘明  
上嶋先生 小山先生

# 実習の目的

- 電場磁場測定装置を敷設し、電磁場観測を行う
- 観測結果を解析し、大地の比抵抗構造推定を行う
- 温度や熱水との関係を探る

# MT法



電場と磁場の水平成分を観測する  
ソースは電離層や磁気圏など

# MT法

電場と磁場の時系列データをソフトに入力してフーリエ変換を行い周波数領域でインピーダンスを求める。この際,remote-reference法でノイズの軽減を行う。

・インピーダンステンソル

$$\begin{pmatrix} E_x \\ E_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \end{pmatrix}$$

Ex,Ey:水平電場  
Hx,Hy:水平磁場

・インピーダンスの平均

$$Z_{av}(\omega) = (Z_{xy} - Z_{yz})/2$$

・見かけ比抵抗

$$\rho(\omega) = 0.2T |Z_{av}|^2 \quad T: \text{周期}$$

・位相

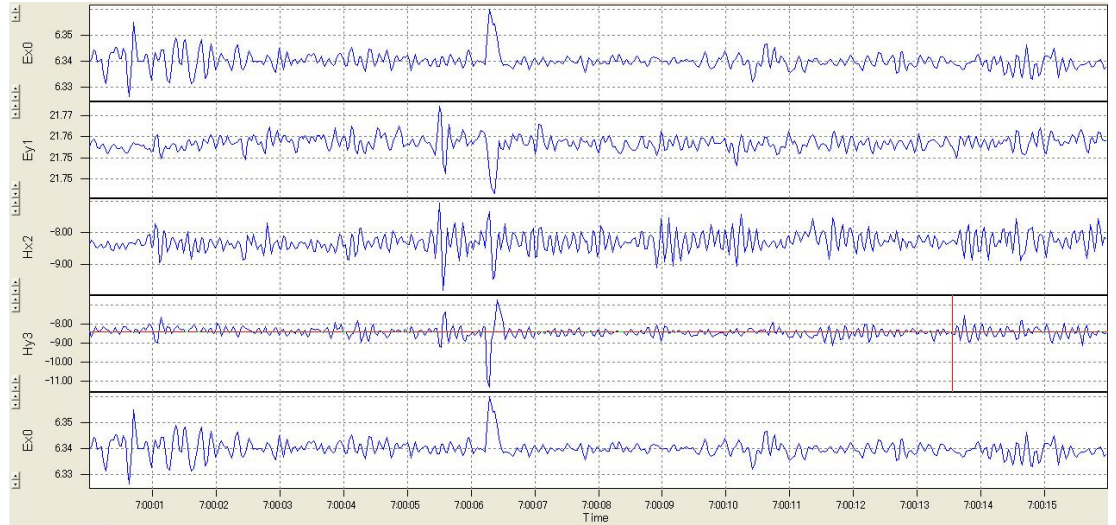
$$\phi(\omega) = \arg(Z_{av})$$

# MT法

電場と磁場の  
時系列データ

電場

磁場



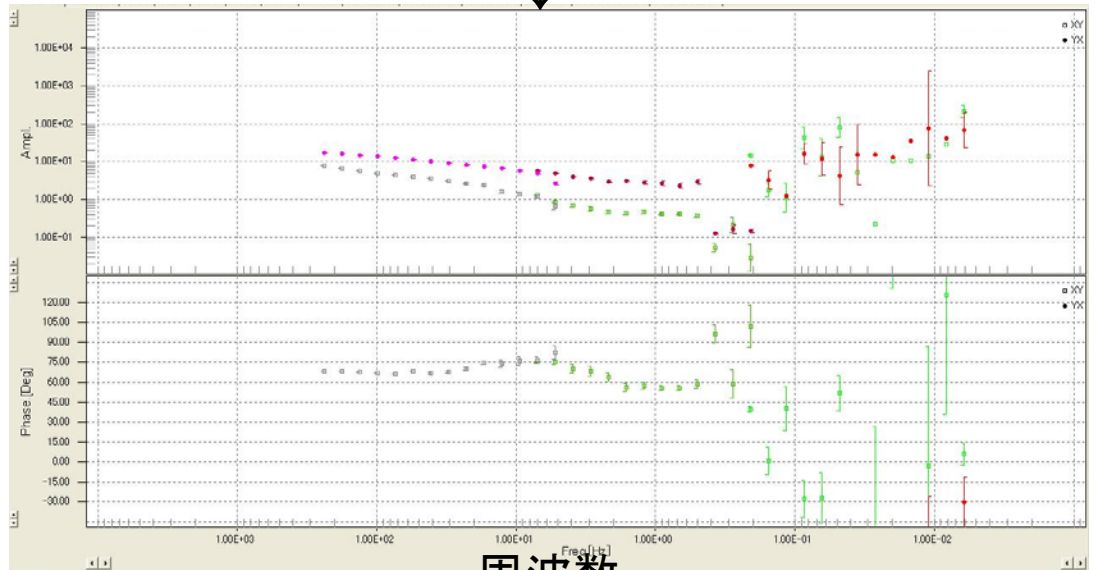
時間



フーリエ変換後の  
見かけ比抵抗と位相

見かけ  
比抵抗

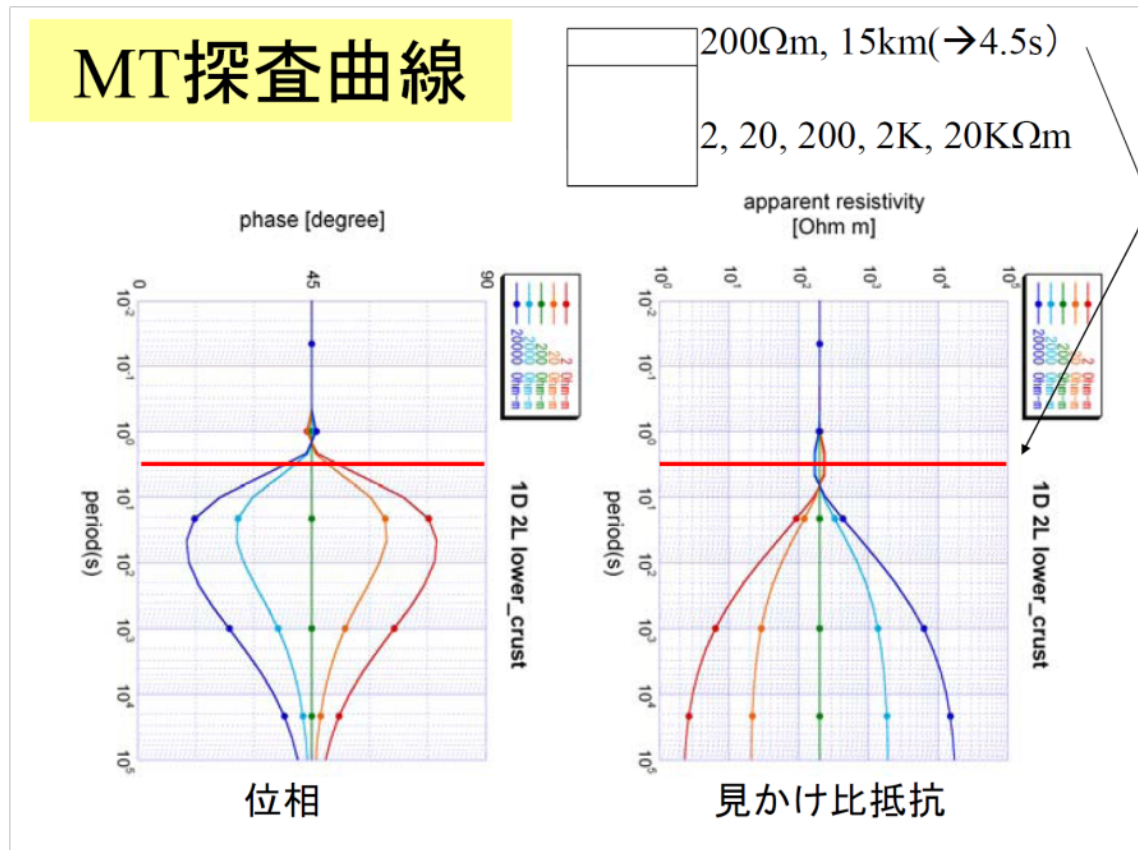
位相



周波数

# MT法

観測から得られた各周波数に対する見かけ比抵抗, 位相にあうように逆問題を解き, 比抵抗構造を決める.



# 観測の概要

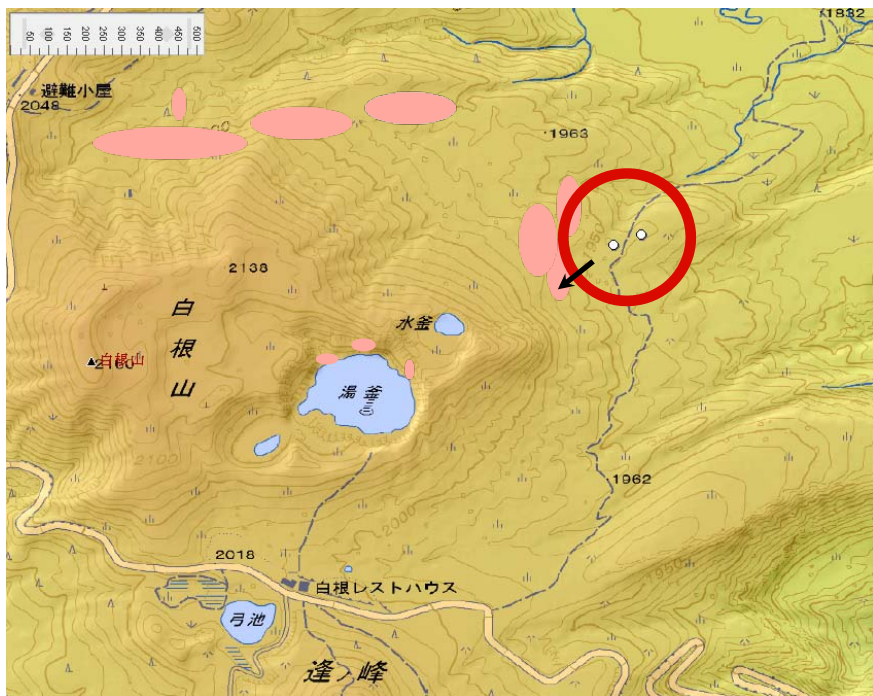
・2地点での電場と磁場の計測

日時: 2010. 7. 28~7. 29

● 場所: 草津白根山

○ : 観測地点

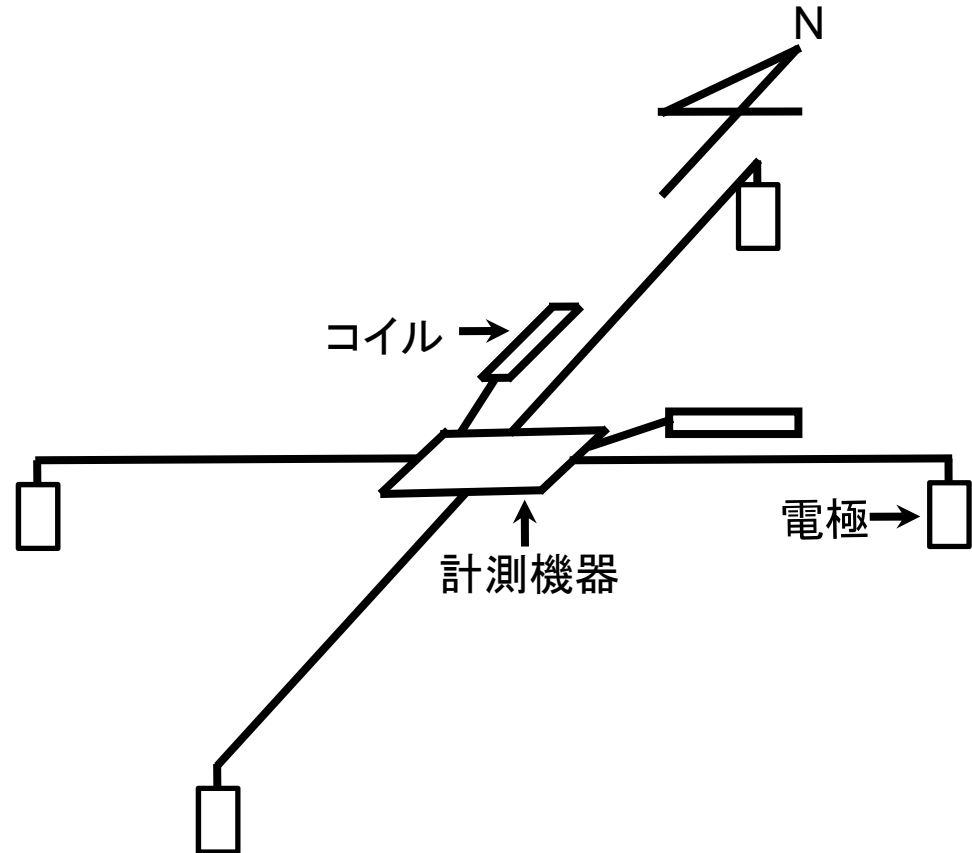
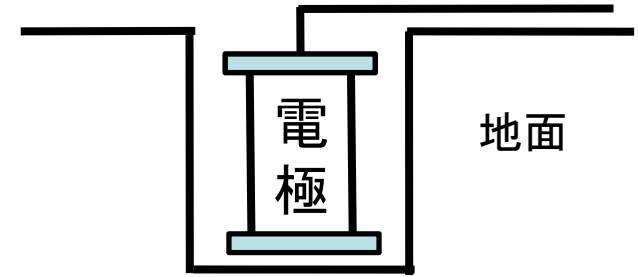
● : 噴気地帯



# 装置の設置方法

・電極の設置 → 電場の計測

- ① 設置場所に塩水をまき、土を湿らす
- ② 東、西、南、北に各1個ずつ電極を埋める



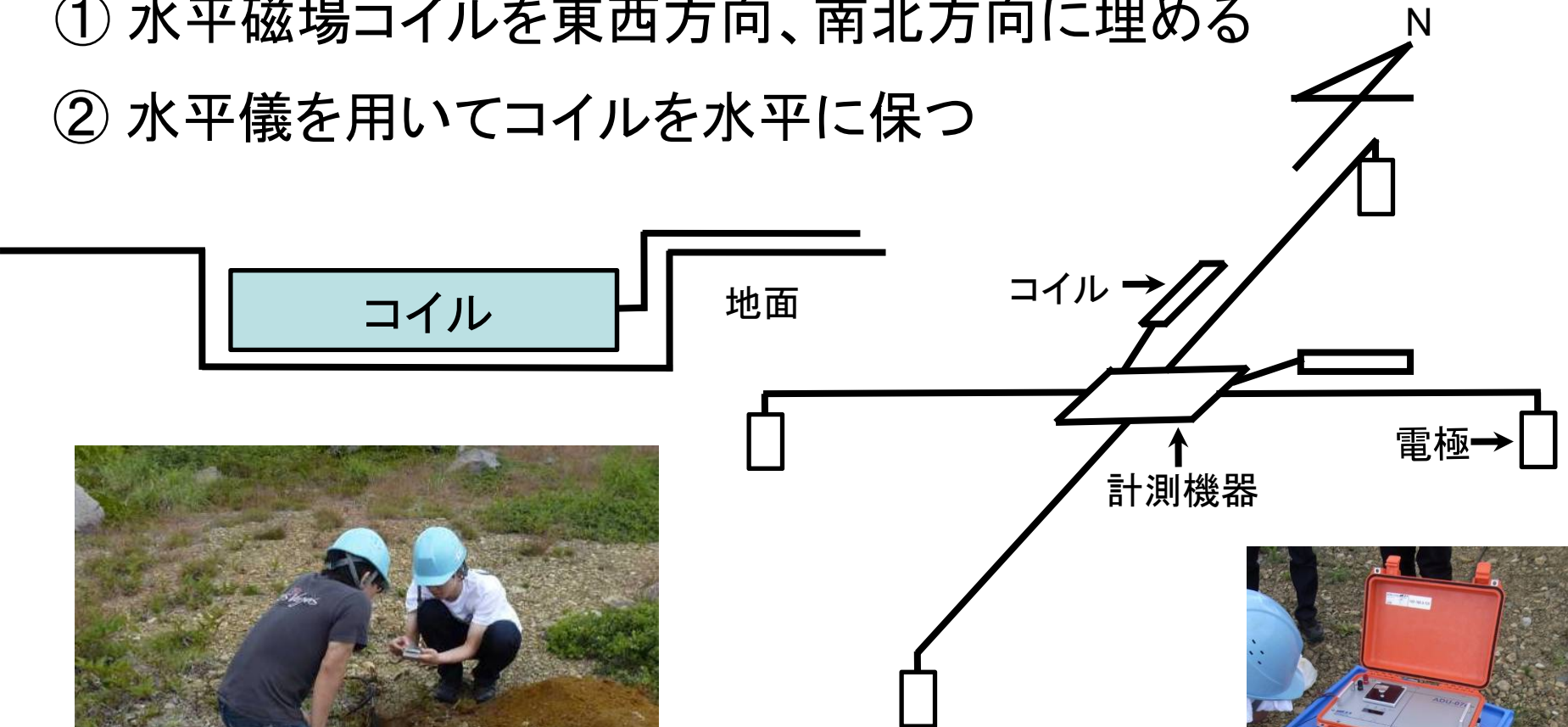


# 装置の設置方法

・水平磁場コイルの設置 → 磁場の計測

① 水平磁場コイルを東西方向、南北方向に埋める

② 水平儀を用いてコイルを水平に保つ



# 設置位置

site1

北緯:  $36^{\circ} 38' 50''$

東経:  $138^{\circ} 32' 36''$

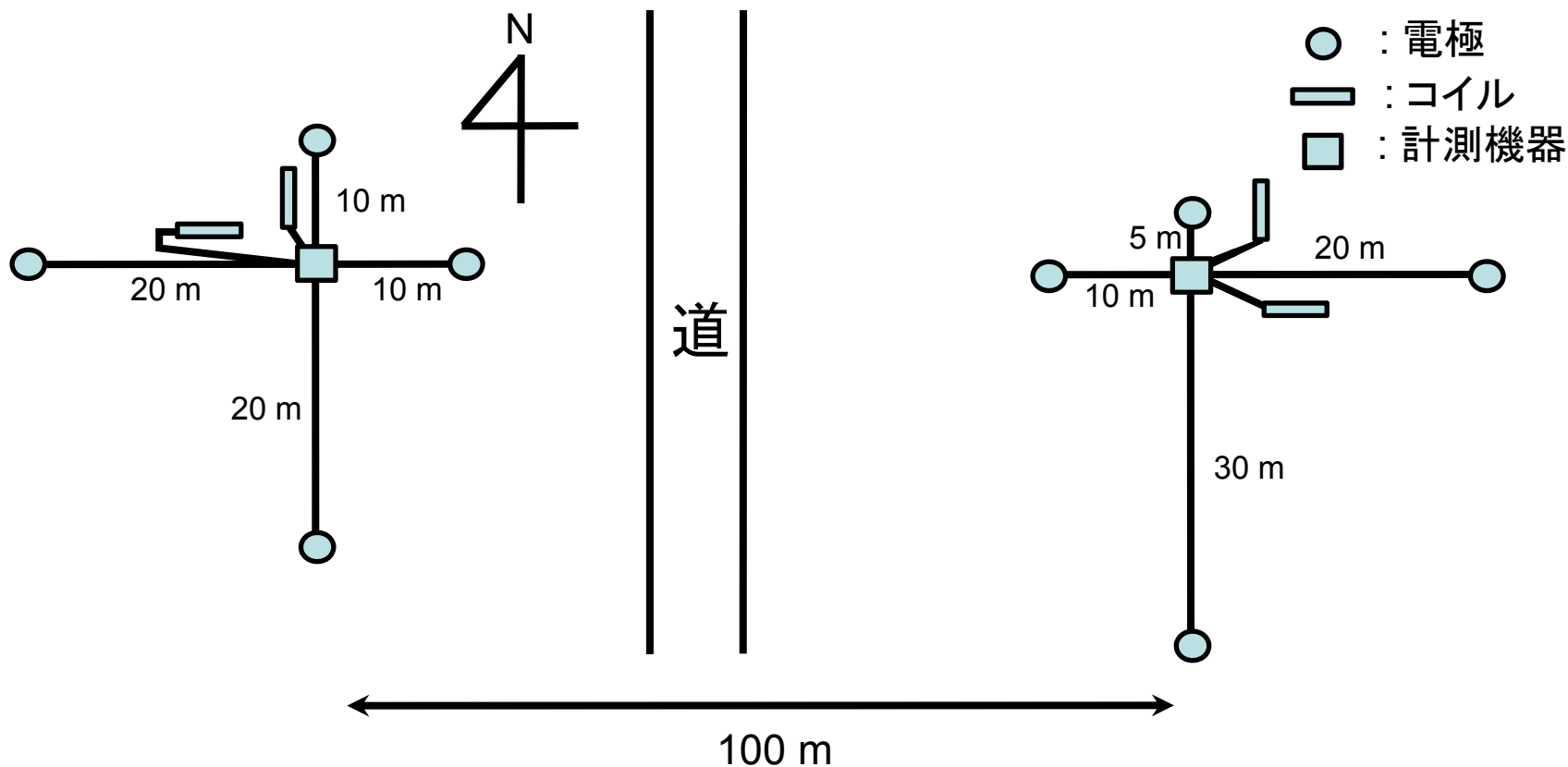
→ 噴気に近い

site2

北緯:  $36^{\circ} 38' 51''$

東経:  $138^{\circ} 32' 39''$

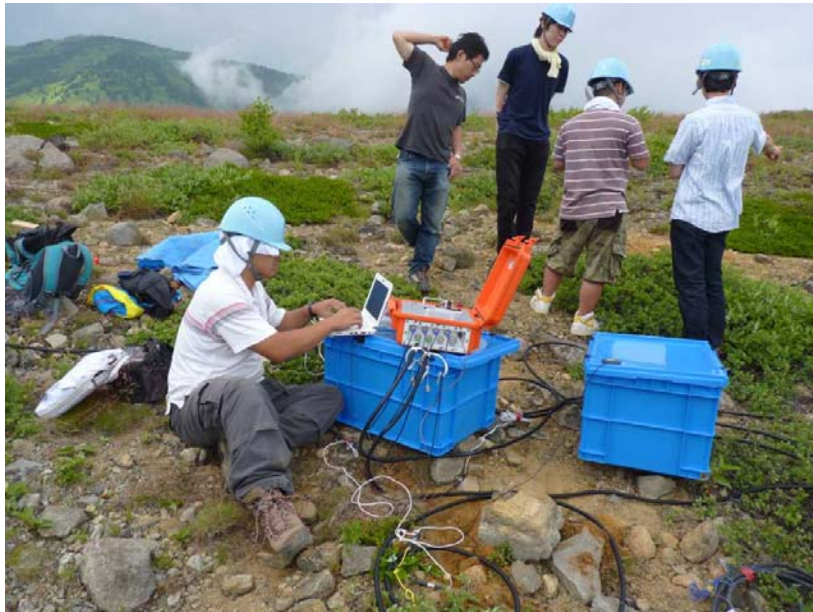
→ 噴気から遠い



# 観測時間

・32 Hzサンプリング …… 7/28 16:00 ~ 7/29 9:00

・1024 Hzサンプリング …… 7/29 2:00 ~ 2:45



# データの解析

●maprosというドイツ製のMT法用解析ソフトを利用

●時系列データ

(電場2成分、磁場2成分)



フーリエ変換して

周波数ドメイン関数に変換



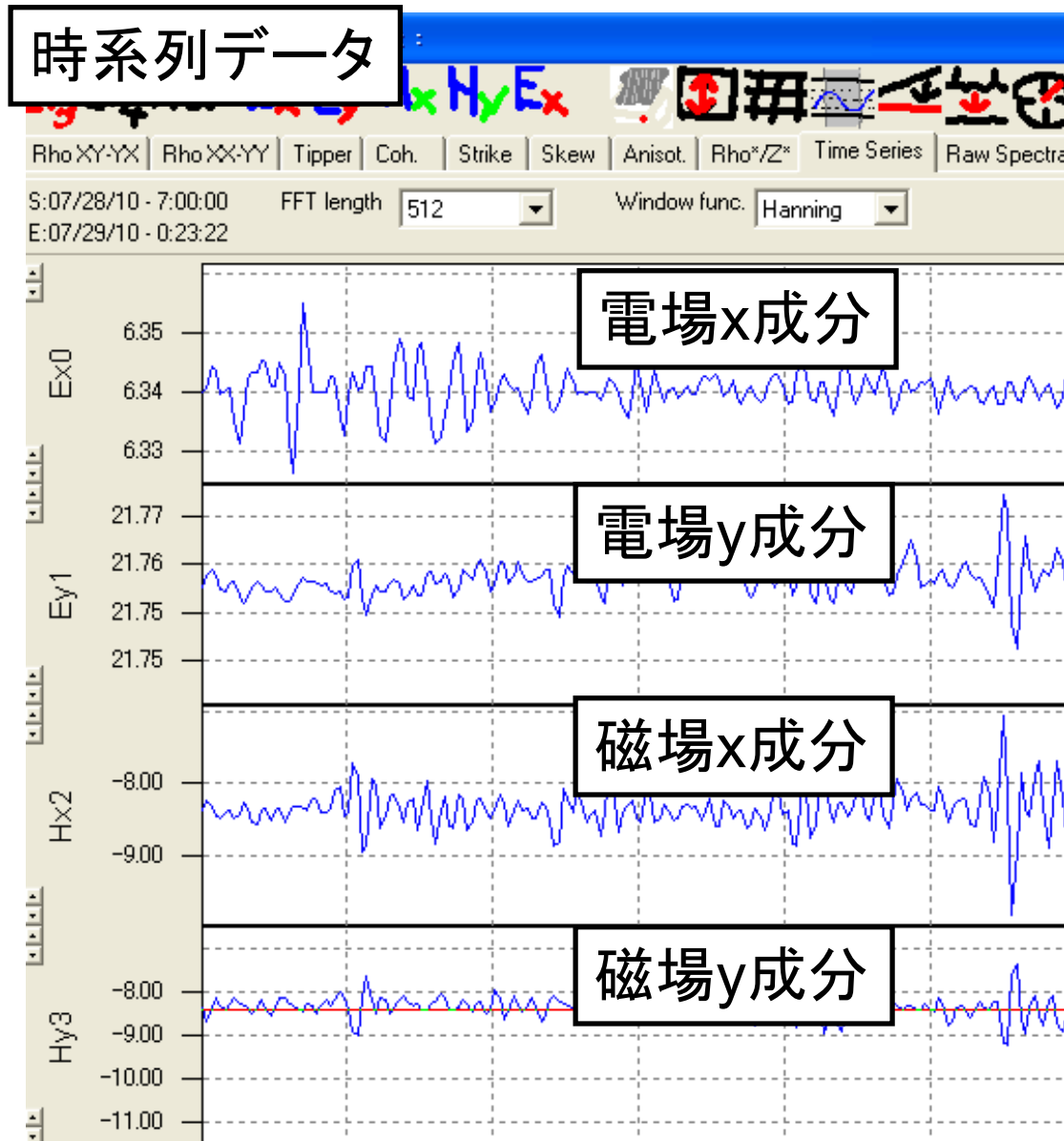
電場・磁場成分の比から

複素インピーダンスZを決定



$$\rho(\omega) = 0.2T|Z|^2[\Omega m]$$

の式より見かけ比抵抗を得る

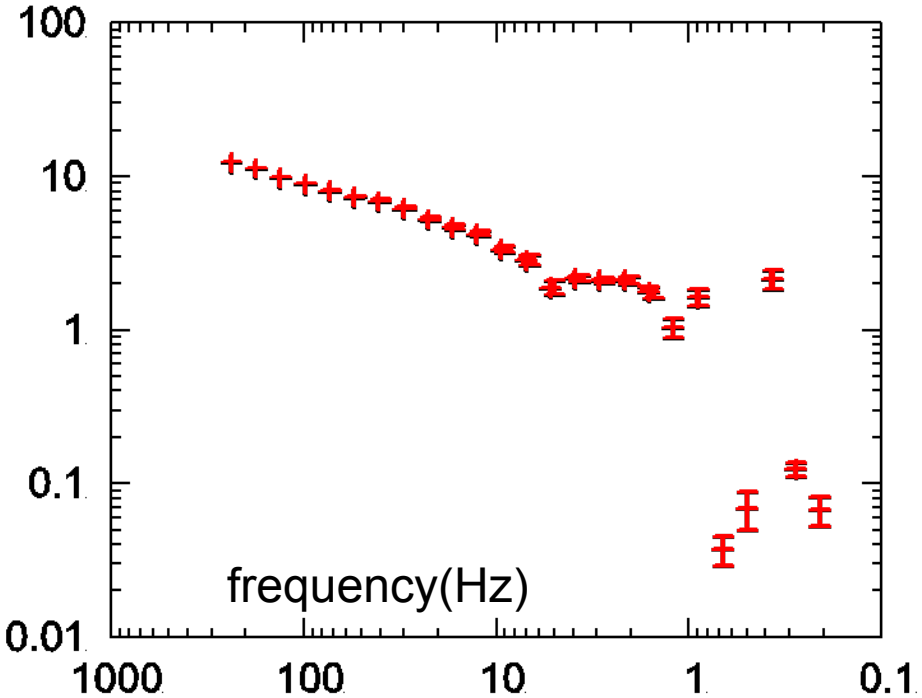


# 観測点1 (噴気に近い)

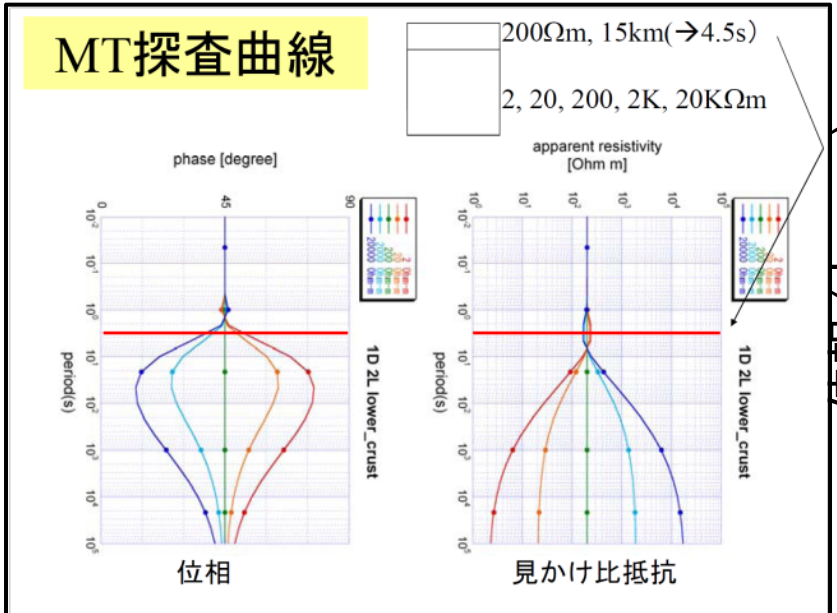
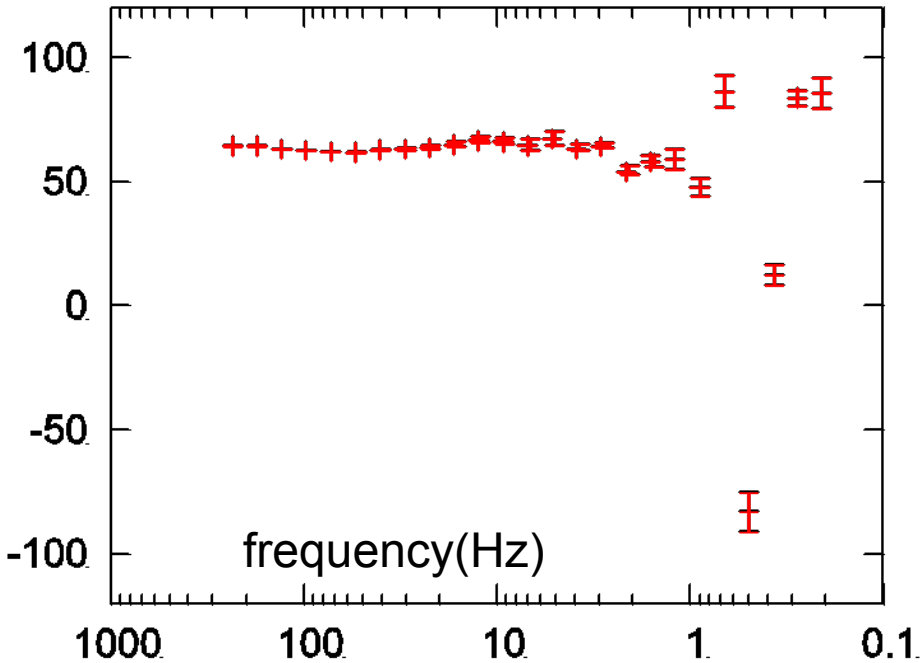
## 特徴

- 全体的に低比抵抗 (0.3~10 Ωm)
  - 位相の平均が約60° (>45°)
- ⇒ 深くなるにつれ、比抵抗が小さくなっていく事を示唆

見かけ比抵抗(Ωm)



位相 (degree)

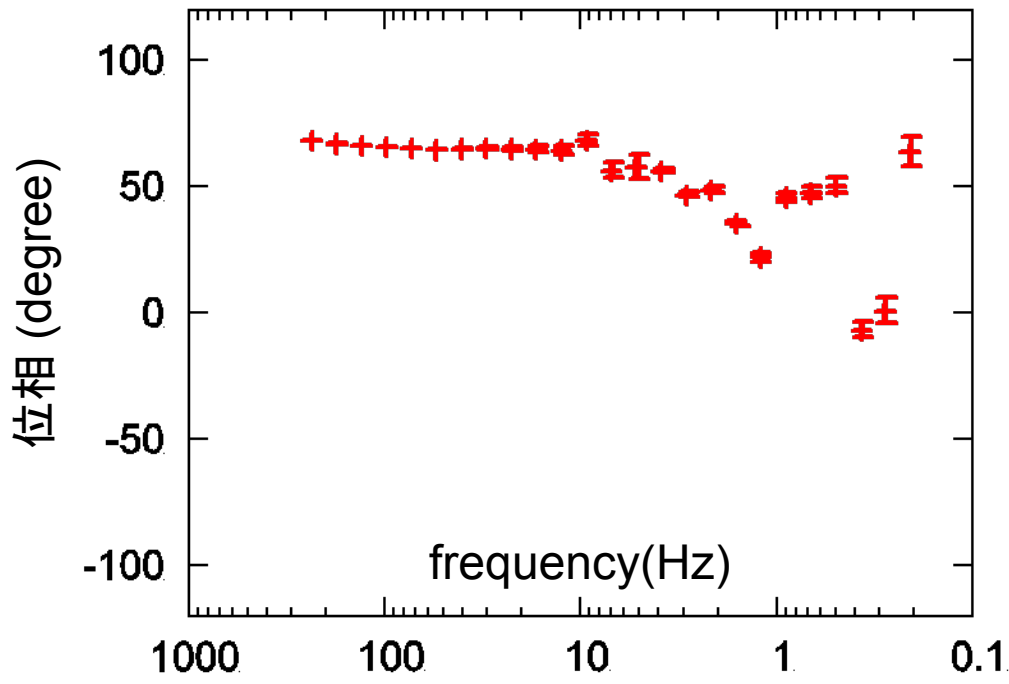
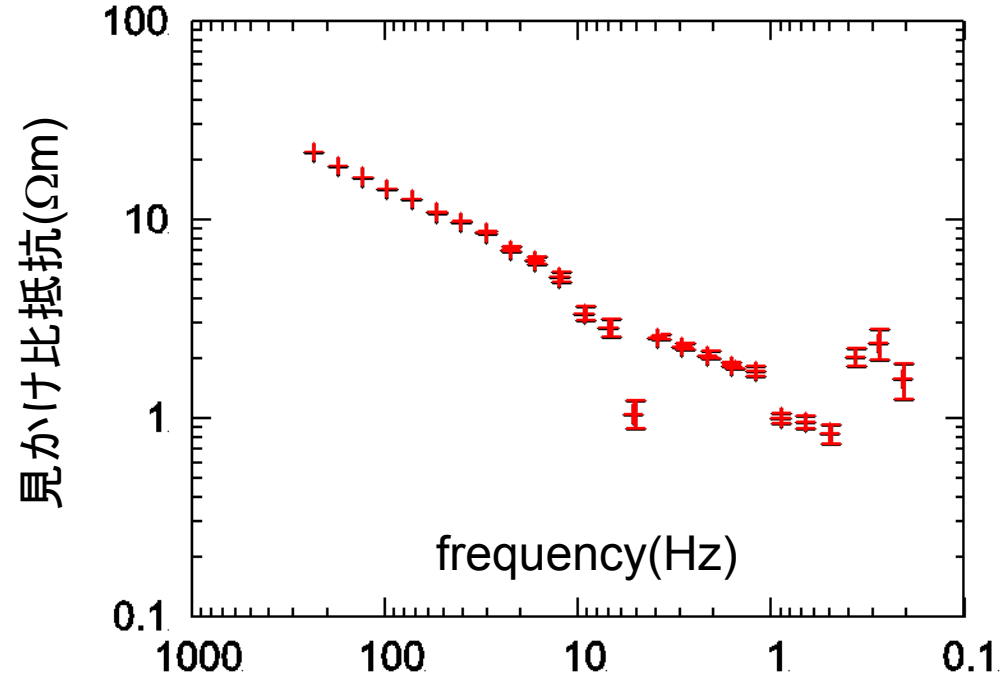


# 観測点2 (噴気から遠い)

## 特徴

■ 観測点1より高比抵抗  
(1~30  $\Omega\text{m}$ )

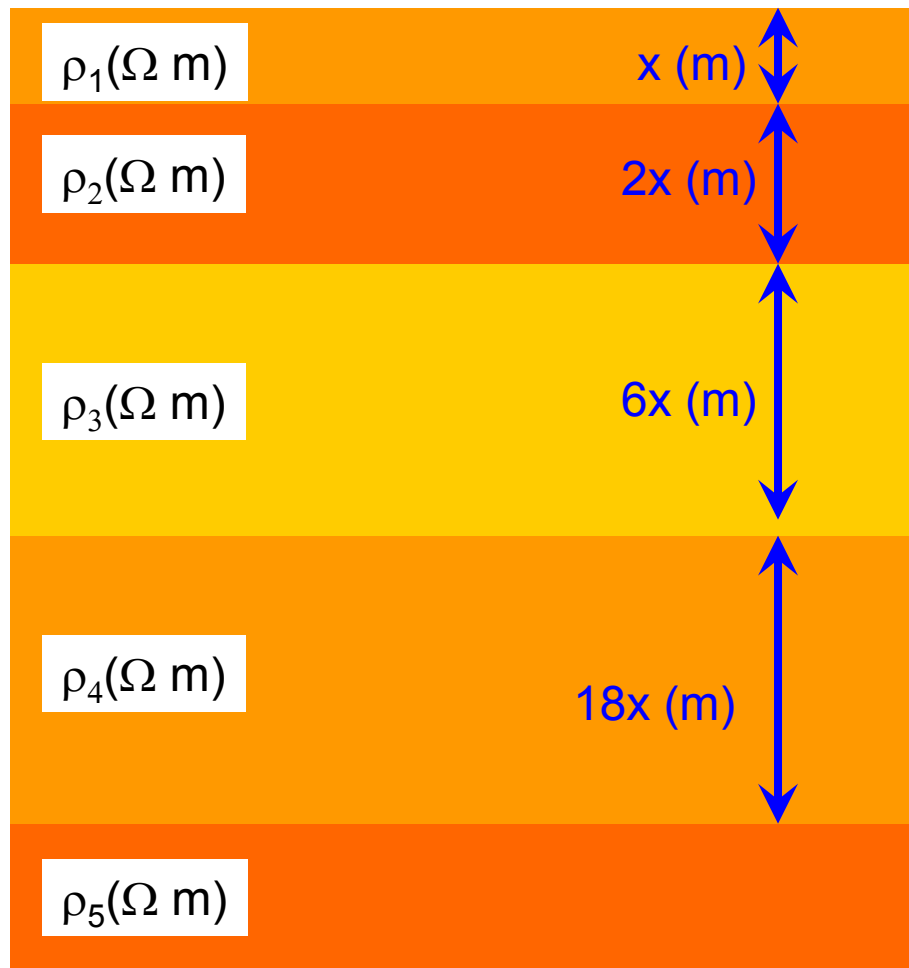
■ 浅部で低比抵抗となり、  
より深部で再び高比抵抗



# 1次元構造の推定

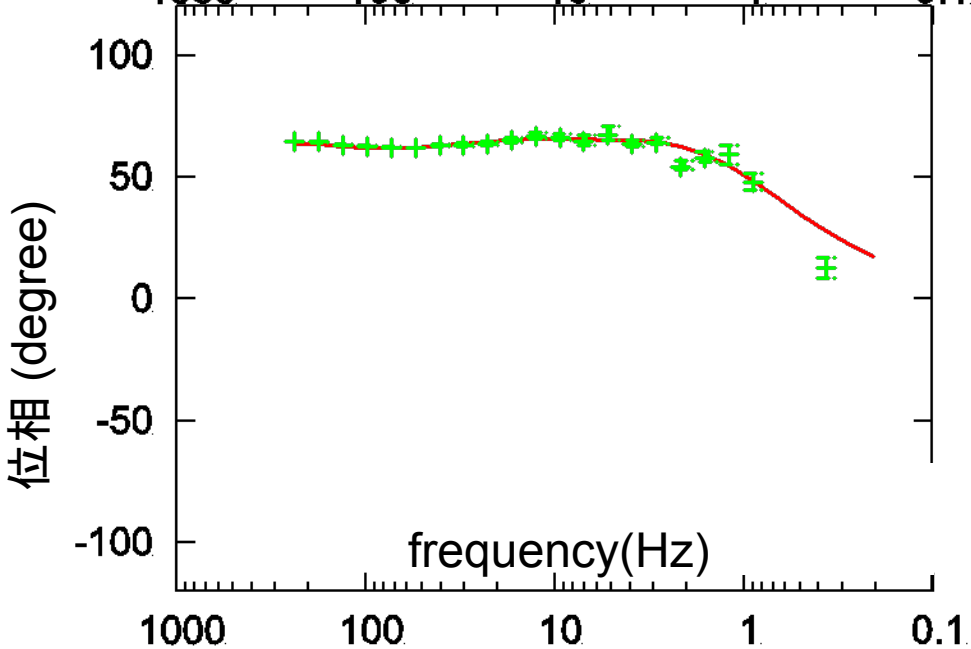
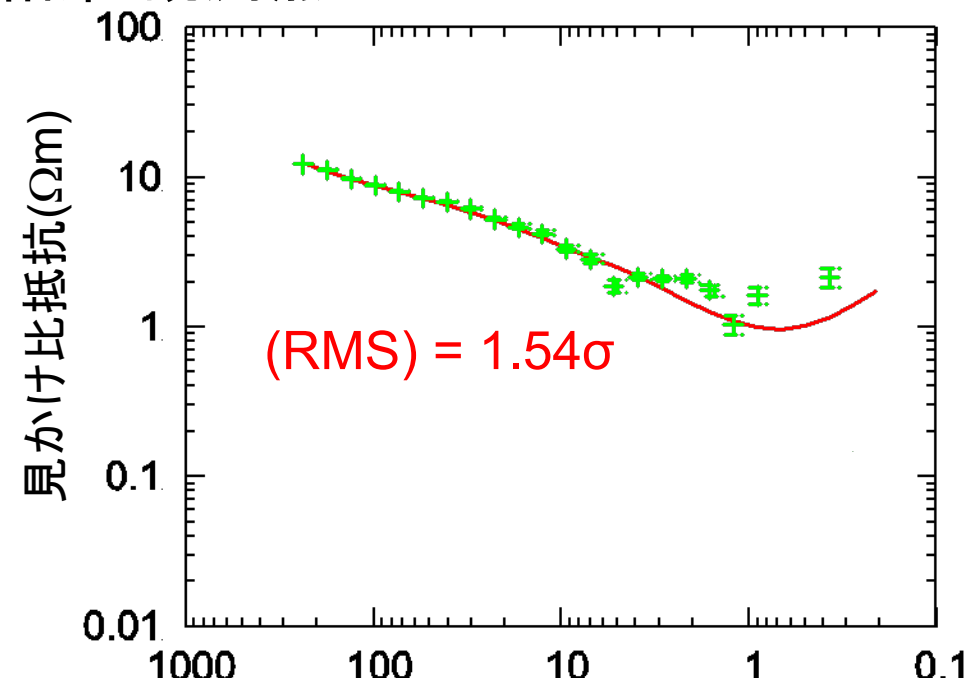
さまざまな地下の比抵抗構造を仮定し、  
観測で得られた応答曲線と近い曲線を再現する構造を決める。

## ■ 解析手法1

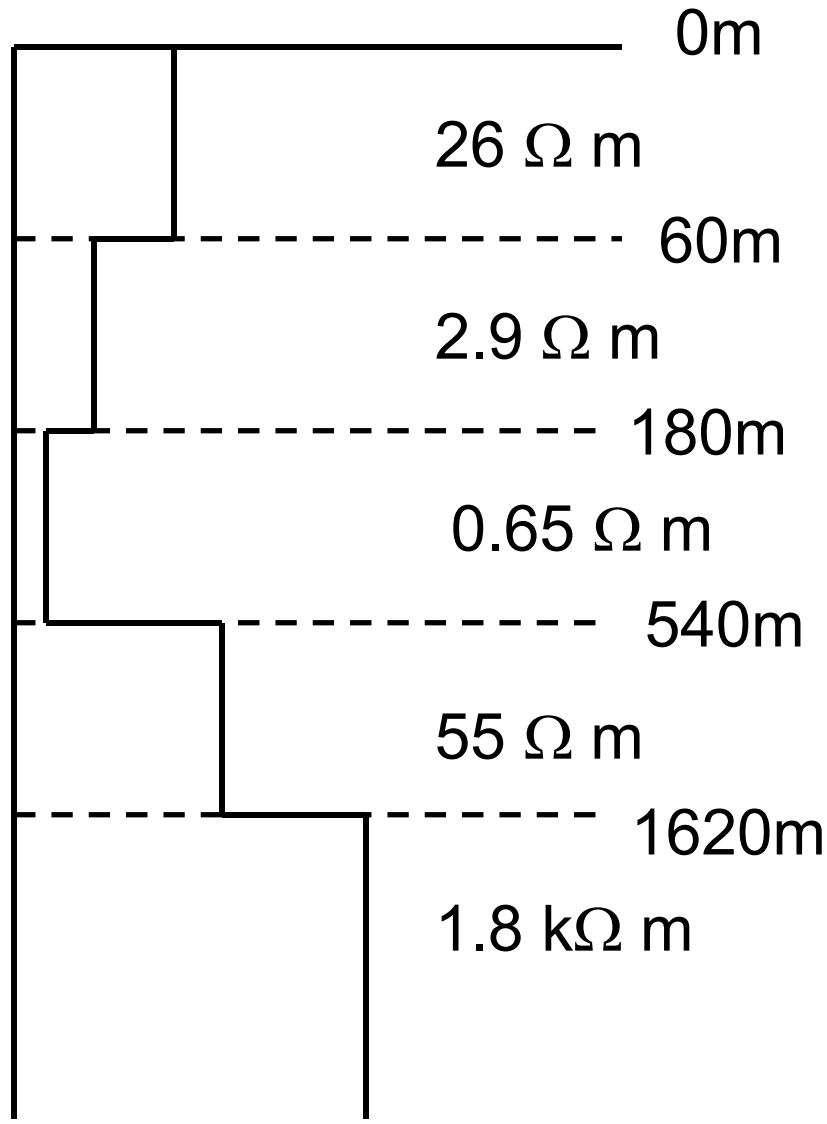


- 5層構造を仮定
- 各層の比抵抗を、 $10^{-1} \sim 10^5$  ( $\Omega \text{ m}$ )の間でランダムに設定
- 各層厚の比を固定し、1層目の厚さのみをさまざまに変える
- 得られた応答曲線と、観測で得られた応答曲線の差のRMSを評価

# 結果 観測点1

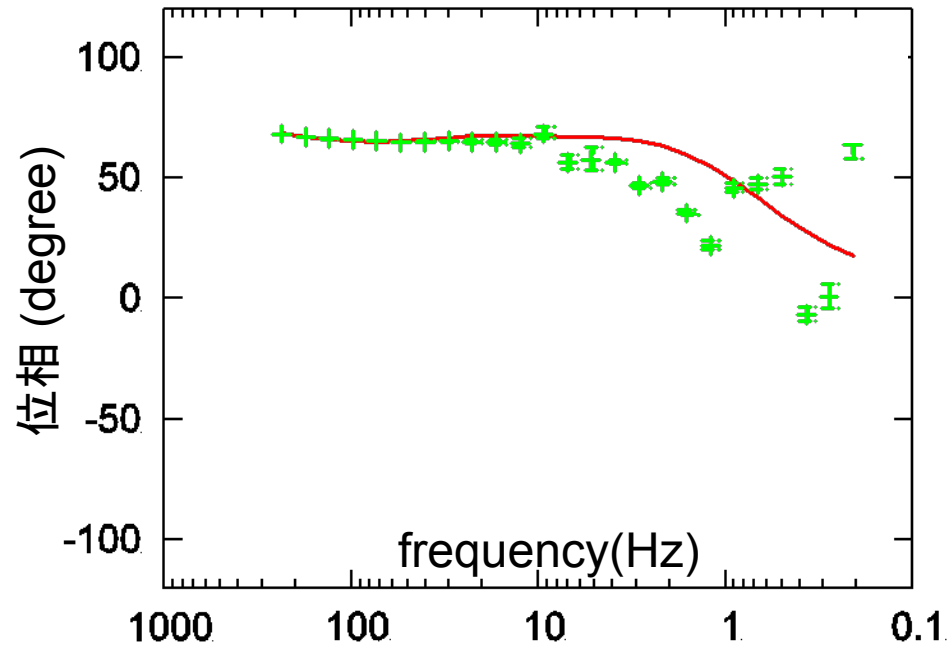
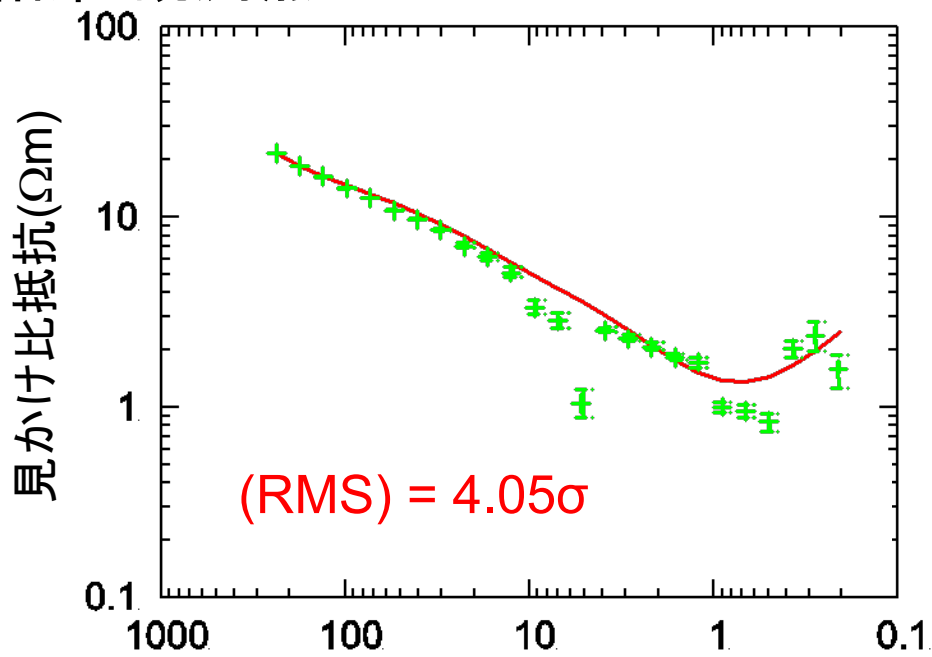


# ベストモデル

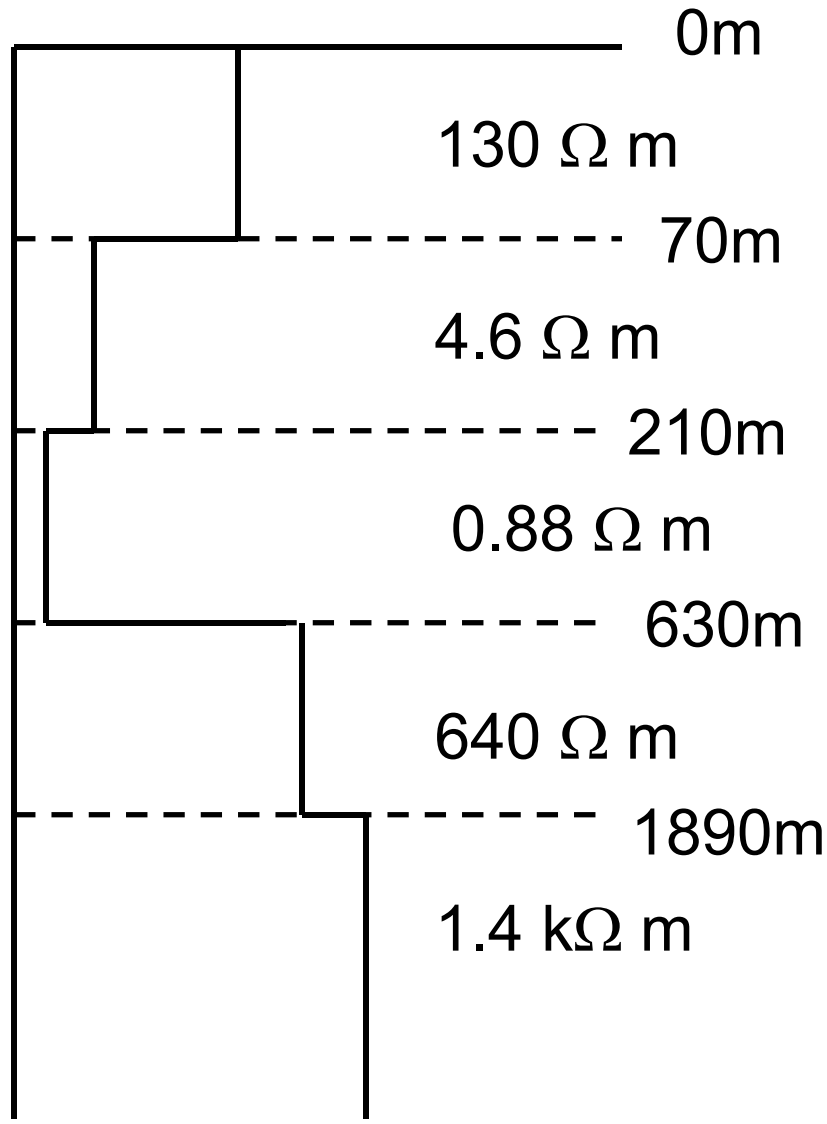




# 結果 観測点2



# ベストモデル



# 解析手法2: 網羅的・逐次的

- 2~5 層構造を仮定
- 各層の比抵抗をグリッドサーチ
- 各層の厚さもグリッドサーチ

比抵抗を固定して  
層厚の最適値を求める

逐次的

層厚を固定して  
比抵抗の最適値を求める

スタート  
層厚が80m・160m・320m

<グリッドサーチ>

層厚	比抵抗
80m	0.1, 1, 10, 100, 1000 [ $\Omega\text{m}$ ]
160m	0.1, 1, 10, 100, 1000 [ $\Omega\text{m}$ ]
320m	0.1, 1, 10, 100, 1000 [ $\Omega\text{m}$ ]
	0.1, 1, 10, 100, 1000 [ $\Omega\text{m}$ ]

全ての組み合わせを試して、観測と最も良く合う構造を決定

網羅的

→ 最適値を中心として、  
より細かいグリッド間隔で  
再度グリッドサーチ

→ これを繰り返す 逐次的

# 結果：層数について

## ○観測点1

2層構造:  $Z_{xy}$ の誤差は $8.65\sigma$

3層構造:  $Z_{xy}$ の誤差は $4.11\sigma$

4層構造: 4層目が $10^{29}[\Omega m]$ に →おかしい

⇒3層構造を採用

## ○観測点2

2層構造:  $Z_{xy}$ の誤差は $7.97\sigma$

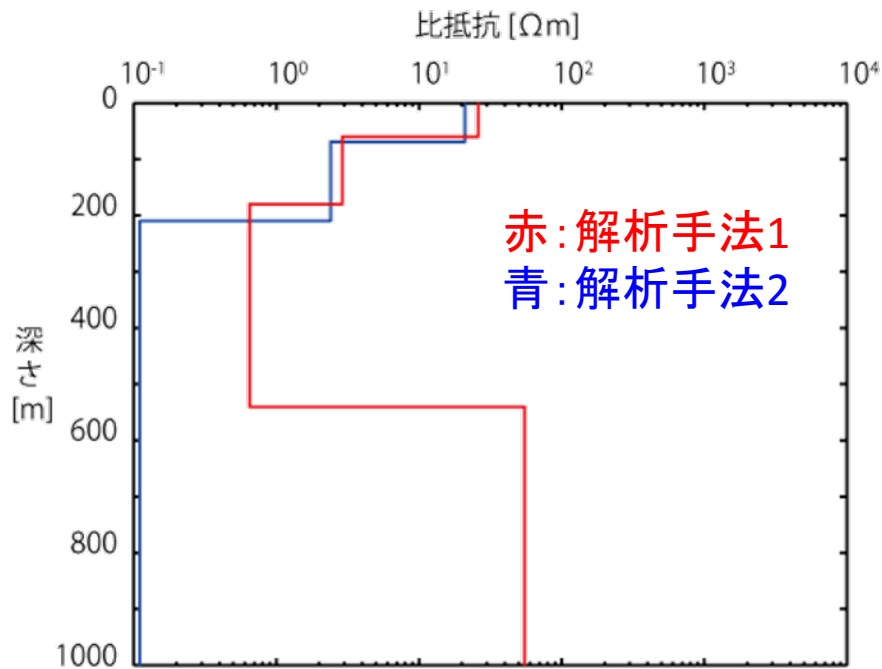
3層構造:  $Z_{xy}$ の誤差は $4.13\sigma$

4層構造:  $Z_{xy}$ の誤差は $3.66\sigma$

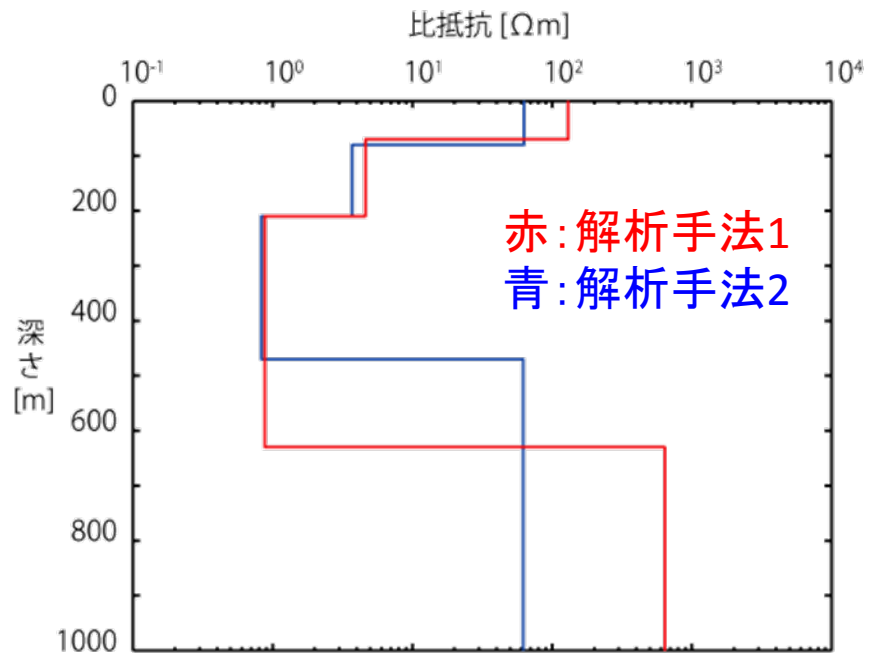
5層構造: 4層目が $0.4m$  →4層構造と同様

⇒4層構造を採用

# 結果：比抵抗の地下構造



観測点1



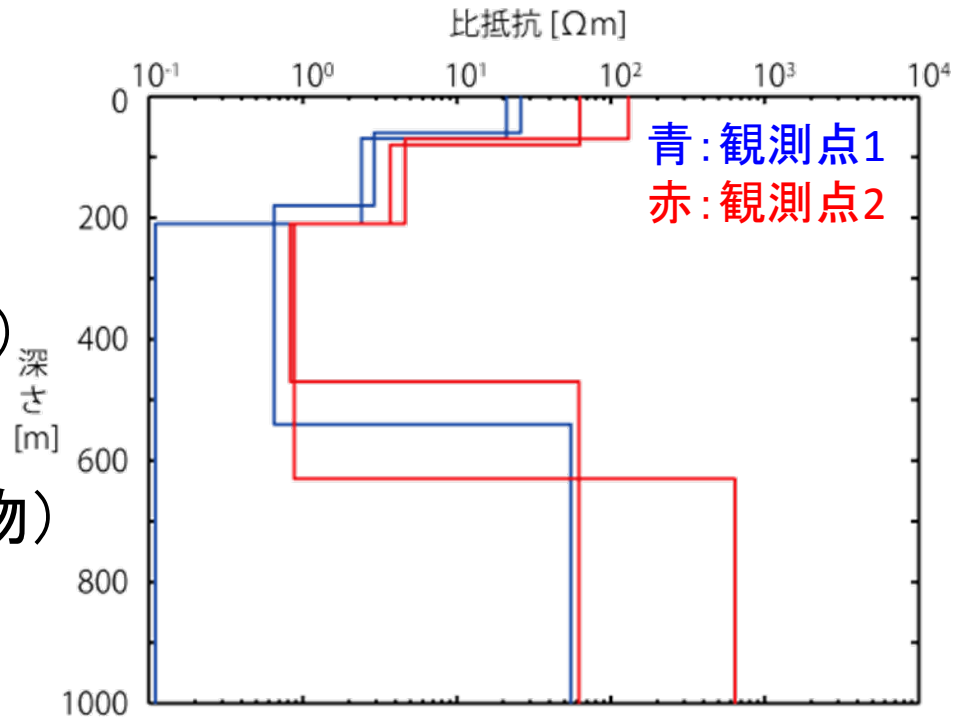
観測点2

# 考察1: 平均的な構造

○地表付近は高比抵抗  
溶岩の影響大

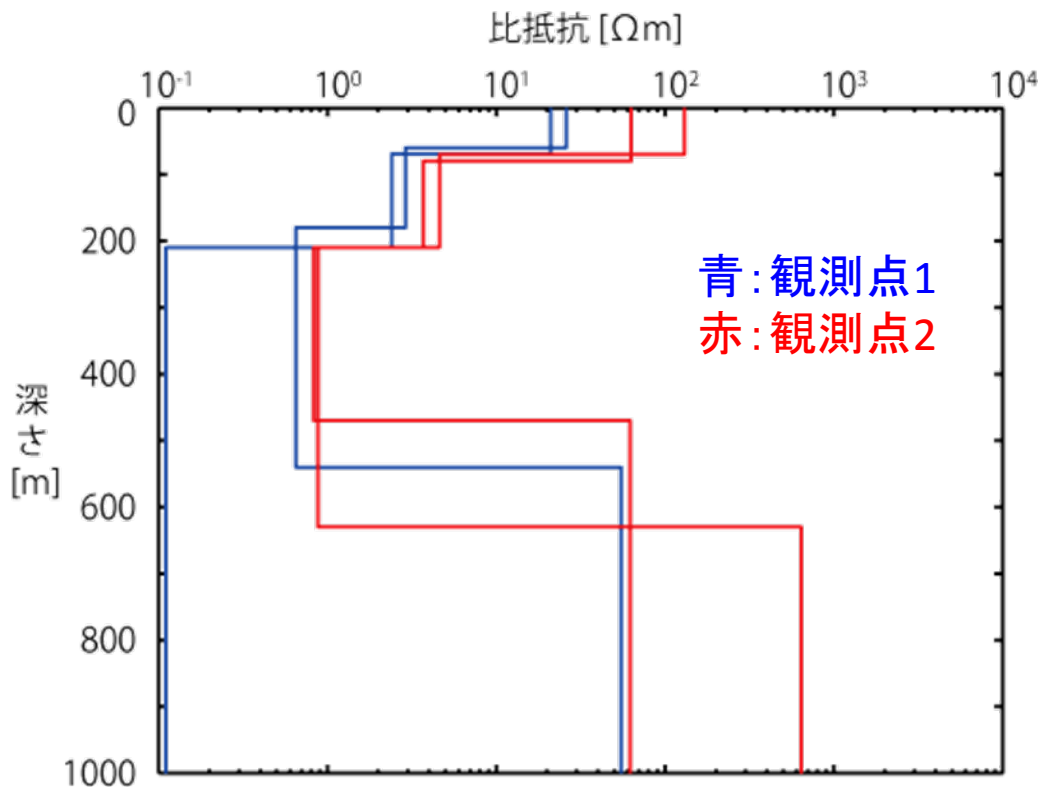
○低比抵抗帯(100~500m)  
熱水によって低比抵抗の  
モンモリロナイト(粘土鉱物)  
が生成

○500m以下は高比抵抗帯  
200°C以上で、モンモリロナイトが  
緑泥石(chlorite)・石英(quartz)に分解



# 考察2: 二点間の比較

- 観測点1の方が低比抵抗で層境界が浅い
- 観測点1の方が噴気に近くて暖かい？熱水？



# まとめ

## ○全体的な構造

0~100m

高比抵抗

...溶岩

100~500m

低比抵抗

...モンモリロナイトの生成

500m~

高比抵抗

...モンモリロナイトの分解

## ○2点間の比較

予想される温度構造と整合的

