

# 有珠火山 2000 年噴火域でのダイポール・ダイポール法による 比抵抗変化観測（序報）

茂木 透, 佐波瑞江, 谷本健剛, 佐藤秀幸, 西田泰典 (北大・理)

Resistivity change monitoring using dipole-dipole method  
at the 2000 eruption of Usu volcano.

Tohru Mogi, Mizue Saba, Kengo Tanimoto, Hideyuki Satoh and Yasunori Nishida  
(Graduate School of Science, Hokkaido University)

## 1. はじめに

2000 年 3 月 31 日に有珠火山は西山西麓から噴火し、一時の活発な噴煙活動、大きな地殻変動はおさまったものの、現在もなお金毘羅火口からは噴煙、噴石をあげる活動が続いている。このような噴火活動が起こった地域の比抵抗構造を明らかにし、その変化をモニターすることにより、地表でみられる噴火活動の変化と地下で起こっている現象との関連が議論できると考えられる。

比抵抗構造のモニターをする方法はいろいろあるが、近づくことが困難な噴火活動中の火山での観測を考えると、噴火地域から離れた場所に送信電極や受信電極を別々に設置できるダイポール・ダイポール法（以下 DD 法と略称する）は、ひとつの有力な方法と考えられる。DD 法を使った火山の比抵抗構造探査や比抵抗変化のモニタリングは、伊豆大島三原山において 1975 年 3 月から 1986 年 11 月の噴火までの間行われた例があり (Yukutake et al., 1990, それでは bipole-bipole 測定と称している)、噴火前に大きな比抵抗値の変化が観測されている。また、有珠火山においても 1977 年の噴火直後から 1982 年までの間に有珠カルデラ内において 4 回の DD 法による繰り返し観測が行われており (渡辺・他, 1984)、火口原内で噴火後 2 年間に大きな比抵抗変化が観測されている。

このようなこれまでの観測を基に、今回の噴火地域の比抵抗変化を観測するために DD 法を行うことを計画した。ただ、今回の噴火では噴火直後から火口から半径 2 km 以内地域が立ち入り禁止になり、DD 法をやるにしても、非常に大きな送受信点間距離を取らなければならなくなった。そこで、まず、2000 年 5 月に予備観測を行い、どのくらいの性能の機材が必要かを確かめた上で、観測設備を作り、観測を始めることにした。

新しい観測設備による観測は 10 月下旬より開始したが、5 月の予備調査のときに比べ、観測地域のノイズレベルが非常に大きくなり、現在までのところ比抵抗変化を議論できるようなデータは得られていない。本報告では、観測方法や予備調査でのデータについて述べた上で、現状のデータと今後の問題点について述べる。

## 2. DD 法の問題点

DD 法は、電流電極（送信点電極）対と電位電極（受信電極）対を別々に置き、その間の比抵抗構造が観測できるので、たとえば直接観測機材を置くことが困難な噴火中の火山や火口直下の構造調査に適した方法である。ところが、これを用いて送受信点間の比抵抗構造を探査する場合に検討を要する問題点もある。

第1図にDD法電極配置に対する感度分布(吉住, 菅野, 1970)を示す。ここで示した感度分布は, ある場所においた電極間隔と同じ大きさを持つ矩形構造が1という比抵抗値から0になったときに, 地表においた電極系での見掛比抵抗が変化する割合を%で示したものである。この図によると, 最も大きい感度は, 当然のことながら, 電極直下のところにある。送受信電極の間隔を広げていくと, 相対的に電極直下の大きな感度領域は小さくなり, 電極系中央の(ハッチの部分)の感度が相対的に大きくなる。これがDD法の基本原理であり, 個々の電極対の間隔をできるだけ狭くして, 送受信電極点間隔を大きくするとその間の感度は相対的に大きくなる。しかし, このようにすると測定される電位差は小さくなり測定の精度は落ちる。従って, 送受信点間距離, 予想される測定電位差(これは比抵抗値によっても左右される)によって適当な電極間隔を決める必要がある。しかし, どんなに電極間隔を小さくしたとしても, DD法ではその直下の比抵抗変化に対して感度が大きいので, 仮に測定値に変化があったとしても, 送受信点間の比抵抗値が変化したのか, 電極対直下の比抵抗値が変化したのかはわからない。このような問題に対処するために, 本観測では複数の送信電極, 複数の受信電極を置くことにした。

もう一つ問題は, 電極対の方向により見掛比抵抗は変化するので, いろいろな方向の電極対の組み合わせでは, 地下構造あるいはそれが変化している場所が決めにくいという問題点である。電極対の方向の影響については, 佐々木(1984)がモデル計算により議論している。この電極対の方向による影響を無くする方法として, Bibby(1986)は直交する方向をもつ2つの電極対を用いることにより, 方向に寄らないテンソル見掛比抵抗を求める方法を提案している。この面からもDD法は複数の電極対を用いて行うのが望ましい。

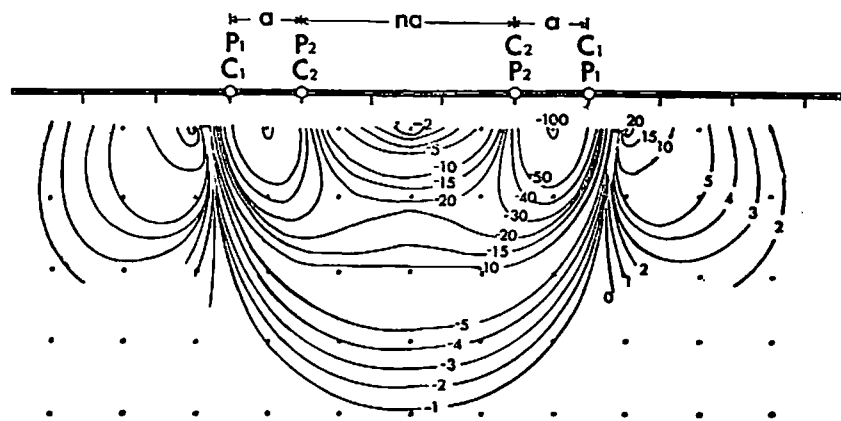
本研究で設置した電極の位置を第2図に示す。送信電極は中心電極から3方向に約200m延ばした。送信地点の電極配置を第3図に示す。送信機は, 一定の時間毎に電極対を切り替えられ, 3つの電極組み合わせからの送信を可能としている。一番長いsource1の電極対の長さは323mである。受信電極対は3地点に置き, それぞれの地点で2方向に2~4本の電極対を設置した。電位観測地点の送受信点距離(中心電極間の距離)は, 有珠北地点: 2975m, 小有珠: 3525m, 有珠南: 4600mである。受信電極対の間隔は, 有珠北の南北方向(44m)以外は90m~138mの範囲である。

### 3. テスト観測

観測設備の性能を決めるために2000年5月13日にテスト観測を行った。テスト観測では, 送信点からsource1, source3の組み合わせでそれぞれ送信周期20秒で1時間ずつ送信し, 小有珠地点の2方向の電極対で電位を観測した。電位観測は20ビット, 分解能 $1\mu\text{V}$ のロガーを用い0.1秒周期でサンプリングを行った。10A送信したときの受信波形を第4図に示した。電極間隔の大きいsource1で送信し, 受信点で南北方向の電位を受信したCH1Aや東西方向の電位CH3Aでは20回ほどスタッキングするとほぼ送信波形に近い波形が得られ, 安定した電位差が読み取れた。どちらも電位差は $20\mu\text{V}$ 程度である。これを基に電極係数を掛けて見掛比抵抗を計算すると, それぞれ $12.8\Omega\text{m}$ ,  $12.1\Omega\text{m}$ となった。

このテスト観測により, 10A程度送信した電流を $1\mu\text{V}$ の精度で受ければ, ある程度の回数のスタッキングにより観測できると判断して, 観測設備の仕様を決めた。

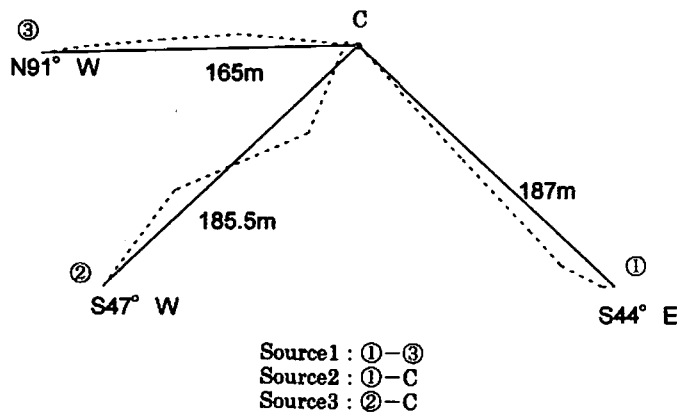
### 4. DD法の結果



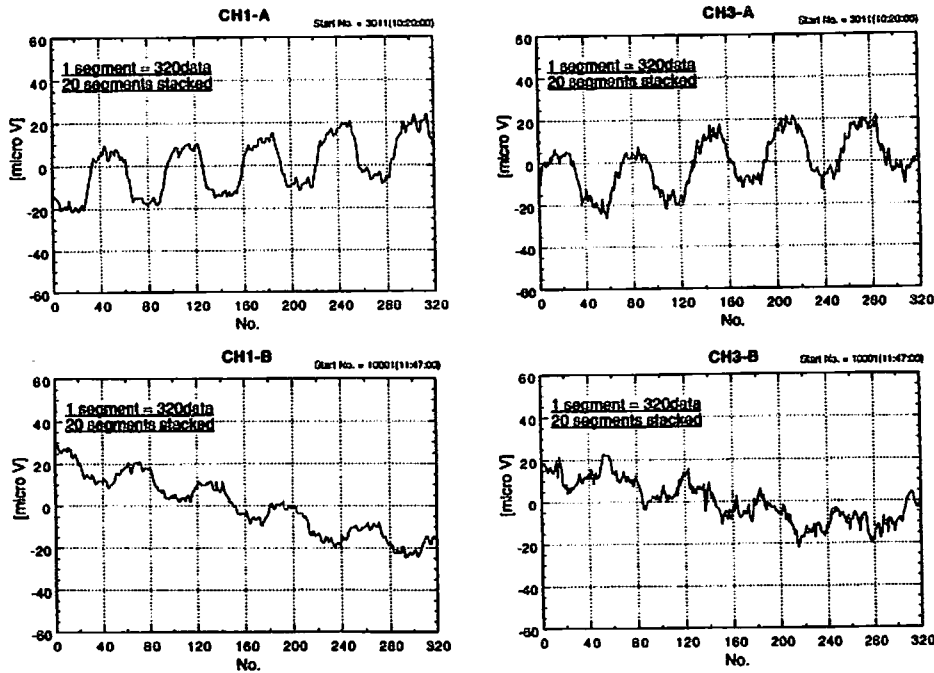
第1図 ダイポール・ダイポール電極配置の感度分布 (吉住, 菅野,1970)



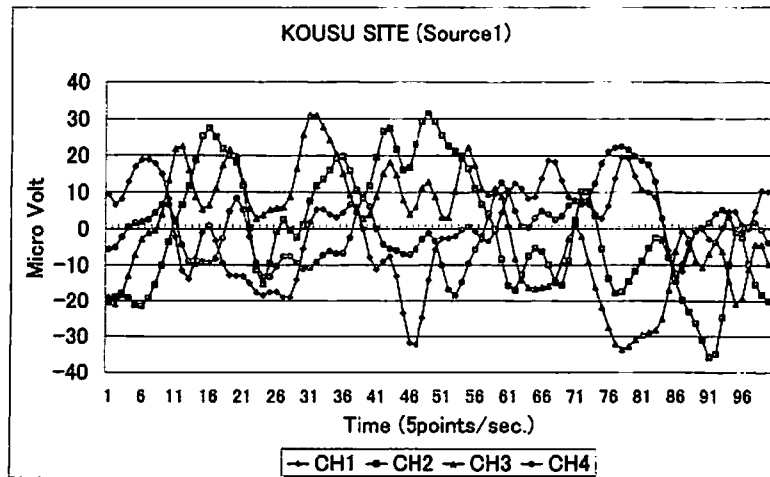
第2図 送信電極位置および受信電極の配置



第3図 送信電極の位置と組み合わせ



第4図 テスト探査での受信波形 (小有珠地点で20回スタッキング)  
CH1A : source 1 による南北方向, CH3A : source1 による東西方向  
CH1B : source3 による南北方向, CH3B : source3 による東西方向



第5図 小有珠地点での1日分スタッキング後の受信波形  
CH1:北, CH2:東, CH3:南, CH4:西向きの成分

観測設備としては；

送信機（千葉電子製）：印加電圧 400V，最大電流 12A，送信周期 20 秒（矩形波），3 対の電極をタイマーで切り替え可能。

受信機（ログ電子製）：20bit, 4ch, 分解能 1 $\mu$ V，サンプリング周期 0.1 秒から 1 分まで可変。タイマーで 1 時間毎にサンプリング周期を切り替えることができる。

電源：3 相 200V 電力線。

電流モニター用ロガー（白山工業 LS3300）を送信機の側に置いた。

ロガーには携帯電話によるテレメータを取り付け，毎日ダイアルアップでデータを吸い上げている。送信は，午前 1 時から 2 時までの 1 時間行い，この間に source1, 2, 3 を 10 分づつ切り替えて流している。従って，各 source について 20 分間 60 周期分の送信が行われることになる。送信時間中，ロガーは 0.2 秒周期のサンプリングとして DD 法データを取得し，他の時間はサンプリングを 10 秒にして，自然の地電位変動を観測している。

10 月下旬より観測を始めたが，驚いたことに，5 月のテスト観測のときに比ベノイズレベルが非常に大きくなっており，1 日分のデータをスタッキングしても送信波形が見えない状況である。第 5 図に小有珠地点の 1 日分のデータをスタッキングした波形を示すが，ほとんど矩形波は見えぬ。これでは安定した見掛比抵抗値は得られない。そこで，どのくらいスタッキングをすれば値が安定するかを調べた。第 6 図は，小有珠地点のデータを 1 日分から 12 日分までスタッキングしたときの観測電位差である。この結果によると 5 日以上スタックするとかなり安定するように見える。そこで 1 週間スタッキングしたデータを初日の日曜日の日付にプロットした図を第 7 図に示す。結果として，これでもあまり安定した電位差が取れているとはいえず，現段階では比抵抗の変化をこのデータから議論することはできない。12 月初旬に多量の降雪があり，そこで電位差が大きく変化しているところも見られる。Source3 は降雪の際，除雪車に電線が切られてしまったため欠測となった。

## 5. まとめ

以上のように現段階では比抵抗値の変化を議論できるような結果は得られていない。当初予想された以上にノイズレベルが高くなったことが原因と思われるので，それに対処するために，（1）送信電流をできるだけ大きくする。（2）送信時間を増やす。（3）送信波形との相関処理による受信波形のノイズ分離等を検討していく予定である。

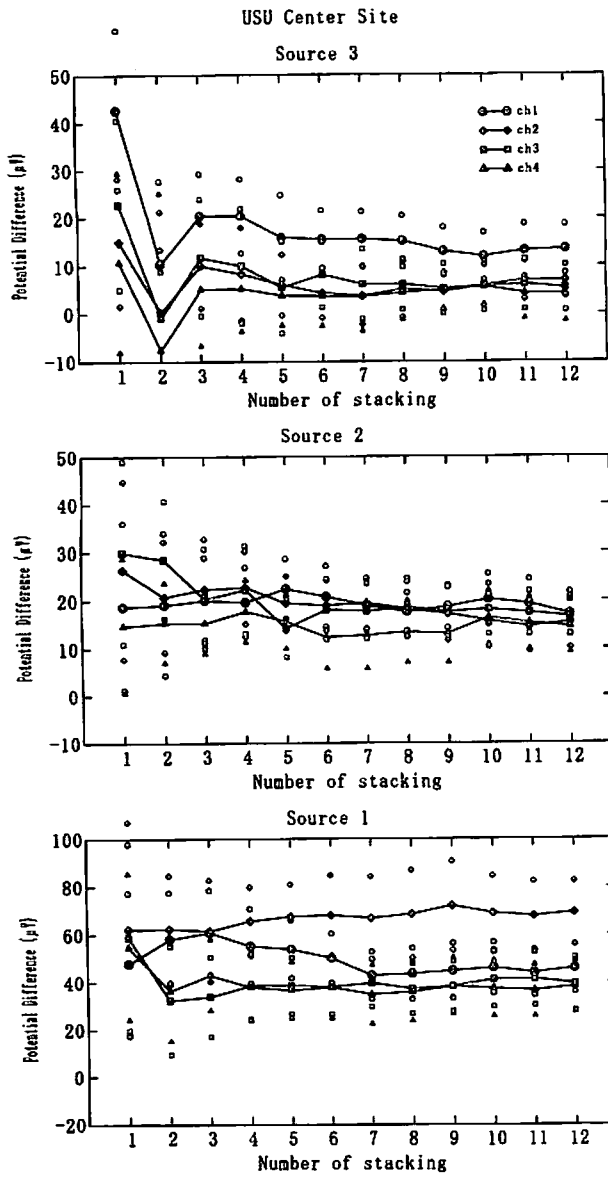
## 参 考 文 献

Bibby, H. M., Analysis of multi-source bipole-quadrupole resistivity surveys using the apparent resistivity tensor., Geophysics, 51, p.972-983, 1986

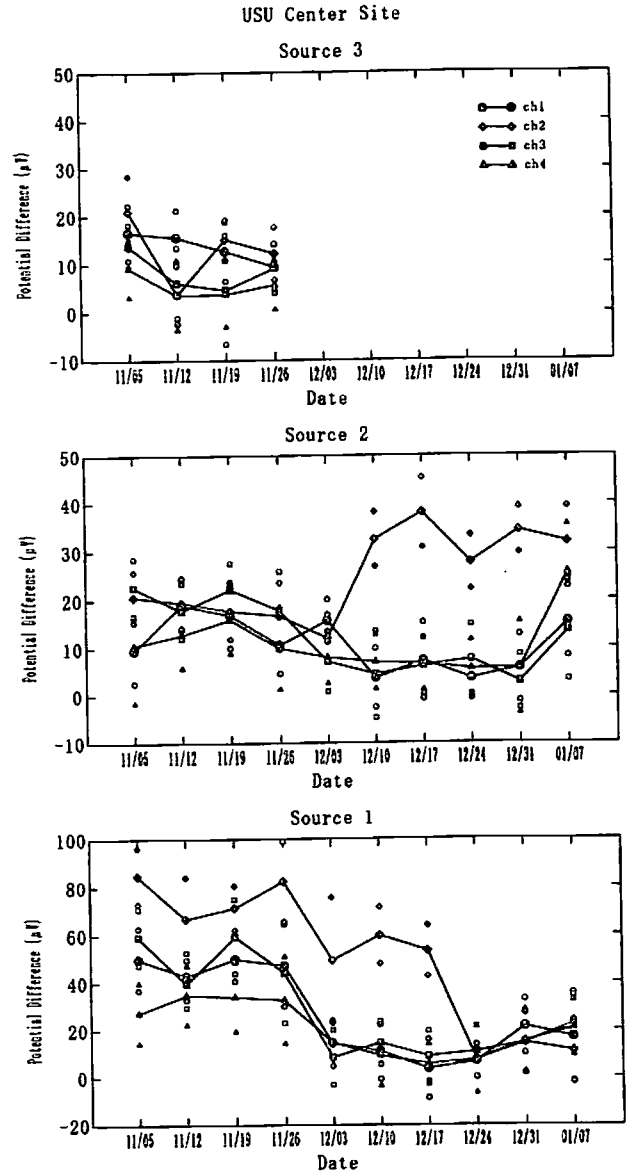
佐々木裕， Dipole Mapping における 3 次元構造モデル計算，物理探鉱，37 巻，p.161-168., 1984

渡辺秀文，山下濟，前川徳光，有珠火山の電気探査，北海道大学地球物理研究報告，43 巻，p.31-40., 1984

吉住永三郎，菅野強，電極配置の感度分布(I)地表電極配列，物理探鉱，25 巻，p.27-33.  
Yukutake, T., T.Yoshino, H. Utada, H. Watanabe, Y. Hamano and T. Shimoyama, Changes in the Electrical Resistivity of the Central Cone, Miharayama, of Ohshima Volcano Observed by a Direct Current Method, J. Geomag. Geoelectr., 42, 151-168., 1990.



第6図 スタッキングの日数による受信電位差の変化. 白抜き印は標準偏差.



第7図 小有珠地点での受信電位差の変化 (1週間分のスタッキングデータを初日の日曜日にプロット)