

1. 研究の目的

1995年1月17日の阪神淡路大震災以降、その発生源に関すると考えられた活断層が注目を集めてきたが、それ以前より、土木構造物を建設する際には、地表下に存在する断層、あるいは破碎帯について、十分な調査、検討が必要とされている。そこで本研究では、近年、資源開発のみならず、建設・防災環境における各種地盤調査や資源回収モニタリングに至る広い分野で用いられ始めてきた電気的地下計測手法を基にして、実際の断層データの解析検討を行った。

2. 研究の方針及び経過

本研究では、1995年9月に、現地計測 (参考文献 4) が行われた京都市左京区大原地区における花折断層の調査で得られた比抵抗データを用いて、2D-3Dのフォワードモデリングに有限要素法 (Coggon, 1971) を、インバージョンにおけるモデル修正に最小二乗法を用いて解析を行い、地表下の断層の存在、分布状態をどの程度再現できるかについての検討を行った。本研究で用いた比抵抗データは、電気地下計測手法の中で最も基本的な電極配列と言われている二極法 (Pole-Pole 電極配置) によるものであった。ここで本研究では、様々な地表電極配列の違いによる地下情報可視化に関する検討を行うために、この二極法によるデータを四極法によるデータに合成して解析を行った。その一例を以下に示す。

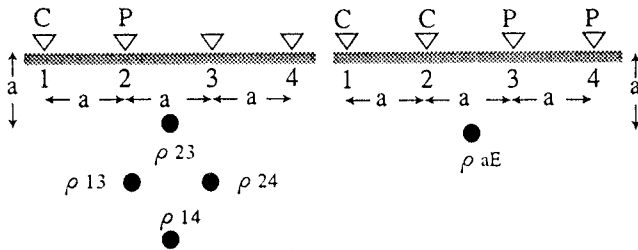


Figure 1a

Figure 1b

ρ_{aE} : Resistivity data obtained by Eltran array system.
 ρ_{ij} : Resistivity data obtained by Pole-Pole array system.

Figure 1a : Dotting point of Pole-Pole resistivity data.

Figure 1b : Dotting point of Eltran resistivity data.

Figure 1a に示されるような二極法である Pole-Pole 電極配置により得られた比抵抗観測データを Figure 1b に示されるような四極法である Eltran 電極配置による比抵抗データに合成する式は、次式で与えられる。

$$\rho_{aE} = \rho_{14} + 3\rho_{23} - 3/2 (\rho_{13} + \rho_{24}) \quad (1)$$

同様に、他の四極法に対する合成式を導くことも可能であるが、本研究では、C (電流電極)、P (電位電極) を、地表に CPPC の型で配置した Wenner 電極配置と、CPCP の型で配置した Staggered 電極配置による検討も行った。

ここで、インバージョンを行った際、先にも述べているが最小二乗法を用いてモデル修正を行った。そこで、その収束の度合を見極めるために、RMS 値を設定した。ここで、RMS の値は、次式で与えられる。

$$RMS^{(r)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{\{ \ln \rho_{ai}^f - \ln \rho_{ai}^{(r)} \}^2}{N}} \quad (2)$$

ここで $\ln \rho_{ai}^f$ は、見掛け比抵抗の観測値、 $\ln \rho_{ai}^{(r)}$ は r 回の反復修正後のモデルに対する計算値である。また N は、全測点データ数である。

更に、もう一つの収束を判断する基準として、今回は、新たに計測値を r 回の反復修正後のモデルに対する計算値で割った値を新たに設けて、反復修正後のモデルに対する計算値が、観測値による比抵抗擬似断面とどの程度の割合で異なっているかについての検討を行った。これにより、インバージョンを行った際に、先に述べた RMS 値とは異なる方法で、収束の状態を見極めることが可能と思われる。

3. 得られた結果及び具体的な検討

Figure 2 が、本研究において、二極法（Pole-Pole電極配置）による花折断層の比抵抗データを、（1）式によって四極法（Eltran電極配置）による比抵抗データに合成した場合に得られる比抵抗擬似断面である。

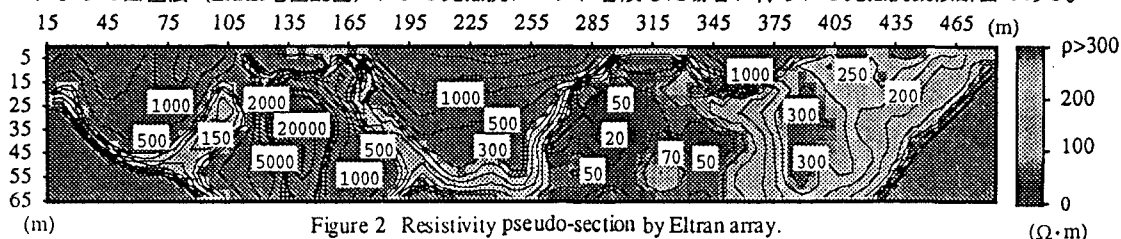


Figure 2 Resistivity pseudo-section by Eltran array.

この調査においては、既存資料から距離150m付近に断層が推定されていた。しかし、距離110～170m付近には、測線南側の人工構造物に起因すると考えられる異常が表れている。確かに、断層と考えられる部分に低比抵抗部分が存在しているが、この比抵抗擬似断面からは、それとは別に、距離280～320mにかけて、低比抵抗部分が存在しており、これも地質構造と合わせ検討すると、断層であると推定される。

次に、Figure 3 が、Eltran電極配置による比抵抗データを用いて、インバージョンを行った際の解析断面である。本研究においては、断層が存在されると思われる部分に焦点を当てて、インバージョンを行ったが、セル分割による影響などから、解析領域の中心部分のみが信用できる情報を与えていると言える。

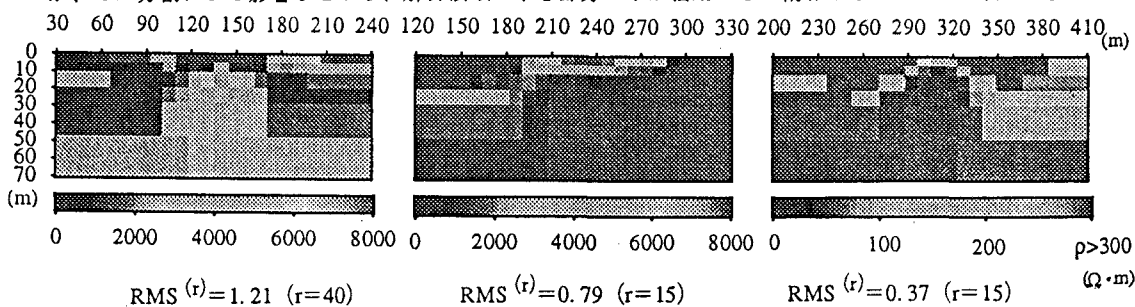


Figure 3a

Figure 3b

Figure 3c

Figure 3 Inverted resistivity section by FEM 2D-3D algorithm.

この解析結果からは、低比抵抗部分が明確に表されているが、Eltran電極配置の特徴として、傾斜構造の場合、実際の傾斜方向とは、解析領域中心に対象に逆向きに構造を与えるため、この解析結果から、断層は、距離150m～180mと、280m～320mにかけて存在するものと推定される。また、収束条件についてであるが、RMS値については、Figure 3a、3b、3cにおいてそれぞれ、1.21、0.79、0.37となっているが、ここで、今回掲載を見合わせたが、Figure 3b、3cにおいては、その値に、15回ほどの反復計算で収束しているにもかかわらず、Figure 3aでは、40回反復計算を終えた後でも収束しておらず、これはやはり人工構造物による3次元的な構造物の影響が出ているのではないと思われる。また、観測見掛け比抵抗値と、計算見掛け比抵抗値との比較結果であるが、数値的には、ほぼ同じ結果になっていると言える。また、その他の四極法による結果も、それぞれの電極配置の特徴を良く表した結果となった。

このようなことから、本研究においては、四極法の地表電極配列を用いた地下調査においては、比較的断層帯が低比抵抗部として表れており、また四極法におけるそれぞれの電極配置の特徴を知ることによって、地表電極配列が、地下情報可視化のための一つの有用な手段であるといえる。しかしながら、今後の課題としては、まず、地表に存在する三次元的な構造物が解析結果に与える影響を除去し、且つ、様々なモデリングを行うなどして、より分解能の優れた解析結果が得られるよう地道に一步一步、努力していきたい。

参考文献

1. 菅野共著（1993）：建設・防災技術者のための物理探査、森北出版
2. Coggon, J. H (1971) : Electromagnetic and Electrical Modeling by the Finite Element Method, Geophysics, 36, 2002-2025
3. 菅野（1998）：第10回 岩の力学国内シンポジウム講演論文集 731-737
4. 佐々他（1995）：京都花折測線2電位データ，京都市周辺での物理探査による断層調査，応用地質（株）編