

# 多電極比抵抗法による山崎断層の浅部比抵抗構造探査

神戸大学理学部 藤田 清士  
生田 修\*

Electrical Resistivity structure of Yamasaki faults by  
the multiple electrodes sounding method

Kiyoshi Fuji-ta and Osamu Ikuta\*

Department of Earth and Planetary Sciences  
Faculty of Science, Kobe University

## 1. はじめに

山崎断層系は、兵庫県から岡山県にいたる総延長80kmの活断層である。断層の走向は北西—南東に向けほぼ直線状であり、左横ずれの変位をもつ。山崎断層系は暮坂峠断層、三木断層、琵琶甲断層、安富断層、土万断層、大原断層の複合体であり、地震活動度としては、確実度 I・活動度 B の断層として認定されている(断層資料研究センター1997)。又、活断層として注目されている山崎断層は、微小地震や変位地形との関係が明瞭な為、1978年度から10年間、“山崎断層テストフィールド総合観測”が地震予知計画として遂行された(例えば、山崎断層研究グループ1988)。乗富 他(1981)は山崎断層周辺において、様々な電磁気探査をおこなった。自然電磁場や電気探査を用いた広域電磁気集中観測からは、山崎断層に沿って周辺の高比抵抗域とは異なった、特徴的な低比抵抗帯が見い出された(例えば、Electromagnetic Research Group for the Active Fault, 1982)。この低比抵抗帯は、断層活動により形成された破碎帯に、間隙水が満たされた為と推定されている(e.g. Handa and Sumitomo 1986)。

山崎断層系の中央部に存在する安富断層では、多くの地点で、地質調査から断層境界が明瞭であり、横ずれによる変位地形が見られる(Watanabe 1991)。この断層構造境界を解明するために、1996年に兵庫県がトレンチ調査をおこなった。その結果、断層境界と過去の地震活動歴が見い出された。トレンチの断面からは、過去7500年—24000年前に明瞭な地震活動歴が見い出されている(兵庫県 1996)。

この様に、山崎断層系の安富断層は断層構造境界が明確であるために、適切な測線を選択すれば、比抵抗法により、2次元比抵抗構造探査が可能である。本稿では、多電極比抵抗法による山崎断層の浅部構造について記述する。

\*現在 住友銀行 Now at Sumitomo Bank Ltd.

## 2. 多電極比抵抗法による測定及び解析

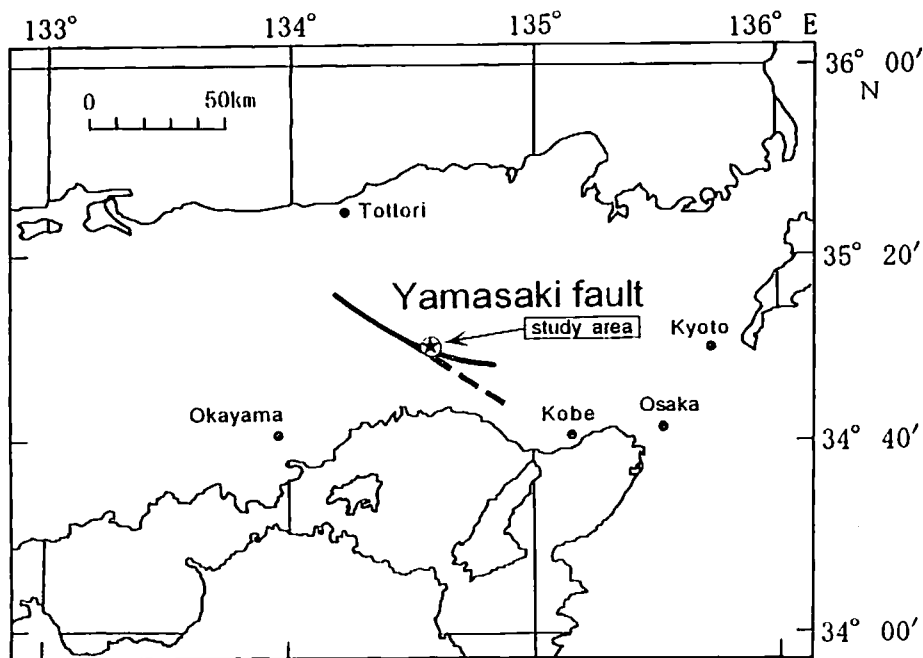
私達は1997年12月に兵庫県宍粟郡安富町内で、多電極を用いた比抵抗探査をおこなった。観測にはMac-Ohm21(Oyo Corp.)本体と電流電極及び電位電極を自動切替するジオエレクトリックスキャナーを用いた。電流電極及び電位電極は32本で、等間隔(3—4m)に配置し、観測測線の延長上の両端には理想電位を得るための遠電極を配置した。測線長は約90・125m、探査深度は約60mまでを目標とした。

観測は安富断層が存在する安志地区において1測線、三森地区において2測線でおこなった(第1図)。これらの観測測線配置は、前者は既知断層境界下の比抵抗構造を、後者は未知断層境界を見出す目的で配置された。特に、安志地区では測線中央がトレンチ中央域に一致するように考慮した。

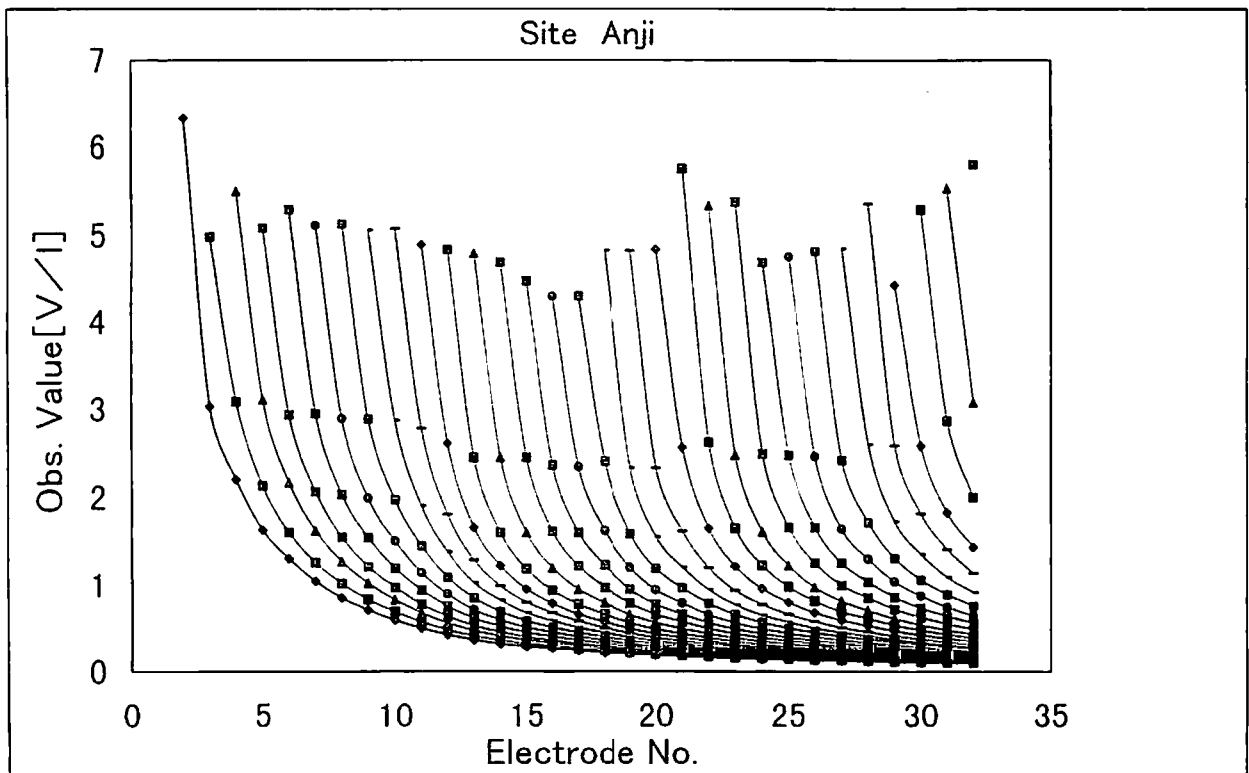
実測では、最大測定電流200mAの交替直流を周期1.6秒間隔で流し、最大スタック数を10回としてデータを取得した。従来の2極法の移動電極と異なり、測線上にあらかじめ全ての電極を配置した。全ての格子点データを取得するため、測線の左端を1番目とし、右端をN番目の電極とする時、1番目の電極を電流電極として、隣接する電極からN番目の電極までの電位を測定する。次に2番目の電極を電流電極として、隣接する3番目からN番目までの電位を測り、以後これを繰り返す。どの電極を電位電極及び電流電極にするかは、プログラムにより、組み合わせを自動選択した。観測測線周辺のノイズ状態を把握するため、測定前には、測線上での自然電位をあらかじめ測定している。また、Mac-Ohm21本体では60Hzのノッチフィルターを装備している。しかしながら、三森地区では周期0.8秒、最大振幅50mVのノイズが混入したため、電極配置を変えることによりノイズを最小化した。又、接地抵抗が大きな値を示す点では、電極を複数本設置し、接地抵抗を低減した。

第2図に安志地区において得られた電位減衰曲線をしめす。横軸は水平距離に対応した電極番号、縦軸は測定電位/電流値である。この図では、電位は滑らかに減衰している。電位減衰曲線では、電位データを電流電極ごとに曲線でつなぐ為、距離減衰が確認できる。電位は距離の増加に伴い滑らかに減衰するため、各電流電極の減衰曲線同士は交差しない。そのため、電位が距離減衰をしない場合や減衰曲線が交差する際は、測定の異常や電極接地不良や回路の短絡等の原因を考慮する必要がある(島 裕雅 他1995)。

解析では、欠測データの補間、遠電極補正係数および地形補正係数の計算をした後、見掛け比抵抗擬似断面を作成した。又、電極直下の感度と電極から離れた地域との感度の差が最小となるように感度フィルター処理をおこなった。モデルは有限要素法(FEM)を利用して、逆解析することにより比抵抗構造を得た。モデルの偏差とデータの残差には線形二乗法を適用し、反復処理により残差を最小化することができた。



第1図 山崎断層系の中央部に位置する安富断層  
観測はトレンチが行われた安志地区と断層構造推定線を挟む三森地区でおこなわれた。



第2図 安志地区において得られた電位減衰曲線

### 3. 安富断層の浅部比抵抗構造

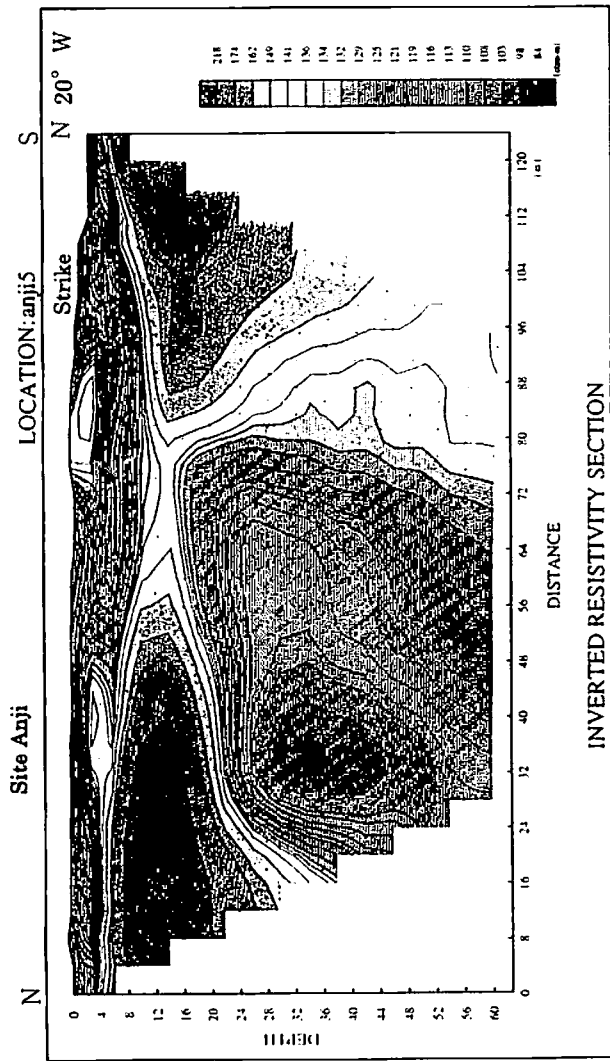
第3図に安志地区の比抵抗断面図を示す。測線方向はN20°Wであり、測線長は124m、深さ60mまでを縦横比1:1で表現している。測線上全般に表層附近は段丘堆積層と推定される数m以下の薄層が見られる。この層は水平に分布しており、100-150Ωmと低比抵抗な値を示す、薄層の下は測線の両端に広がる200Ωmのやや比抵抗の高い層が深さ40mまで存在している。これらの層はこの地域の基盤岩と推定される。しかしながら、この比抵抗断面図でもっとも特徴的なことは、測線中央部の深さ15m以深に存在する低比抵抗体である。この低比抵抗体は100Ωm以下の比抵抗値を示し、北側に向い傾斜して存在している。又、測線の両端に存在するやや比抵抗の高い層を突き抜ける形で存在している。

兵庫県(1996)はこの測線の中央部でトレンチ調査をおこなった。この調査では表層から深さ5-6mまでを対象としている。トレンチの記録からは、活動時期が異なる断層が見い出された。主断層はN80°Wの走向を志示し、ほぼ垂直に傾斜していることが確認された。比抵抗断面図の表層附近では、この主断層に対応する構造境界は見られないが、測線中央深部に存在する低比抵抗層は、トレンチの直下に存在している。この事は、比抵抗法探査では浅部の構造境界は捉えることができなかったが、深部に存在する断層近傍の明瞭な構造境界を捉えたことを意味する。

第4図は三森北地区の比抵抗断面図を示す。測線の走向と長さは、N7°Wで93mである。両測線は人工建造物である中国縦貫自動車道路を避け、南と北から挟むように配置しているが、地形の制約上、測線方向が少し異なる。三森北地区の表層附近では、深さ4-5mまでに低比抵抗の表土層が存在するが、測線の南側の深さ10m付近から、北側の深さ30m付近までは500Ωm以上の高比抵抗体が見られる。しかしながら、測線南側の深さ10m以深は150Ωm以下の低比抵抗体が存在している。

第5図の三森南地区の比抵抗断面図でも、多少の起伏があるものの、表層付近は水平に連続した低比抵抗層が存在する。測線の走向と長さは、N17°Wで124mである。三森南地区は北地区とは対照的に、測線北側の深さ20m以深に200Ωm以下の低比抵抗体が存在している。この事は、両測線の間にある中国縦貫自動車道路を跨ぐ地域が低比抵抗であり、低比抵抗体が2つの測線の間で連続して存在することを示唆する。三森地区では断層構造推定線は2つの測線の間にある中国縦貫自動車道路の存在位置に一致しているため、本観測結果は断層構造推定線付近に広がる低比抵抗体を捉えた事を示す。

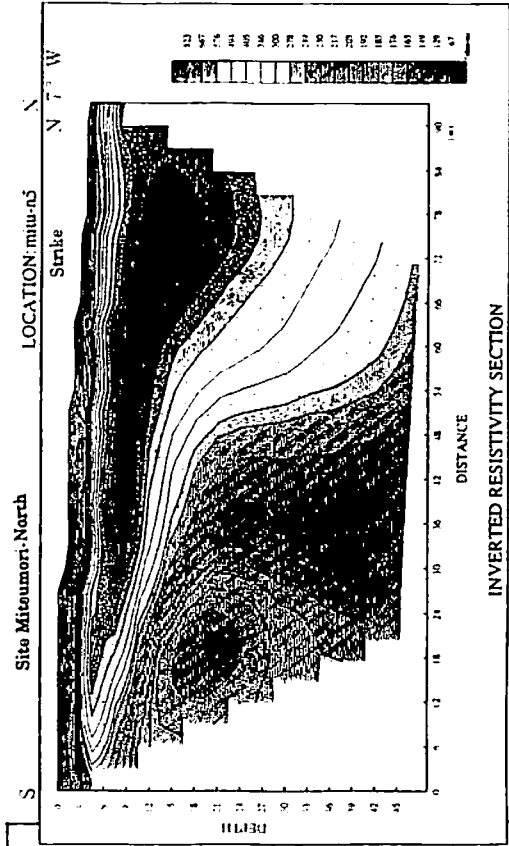
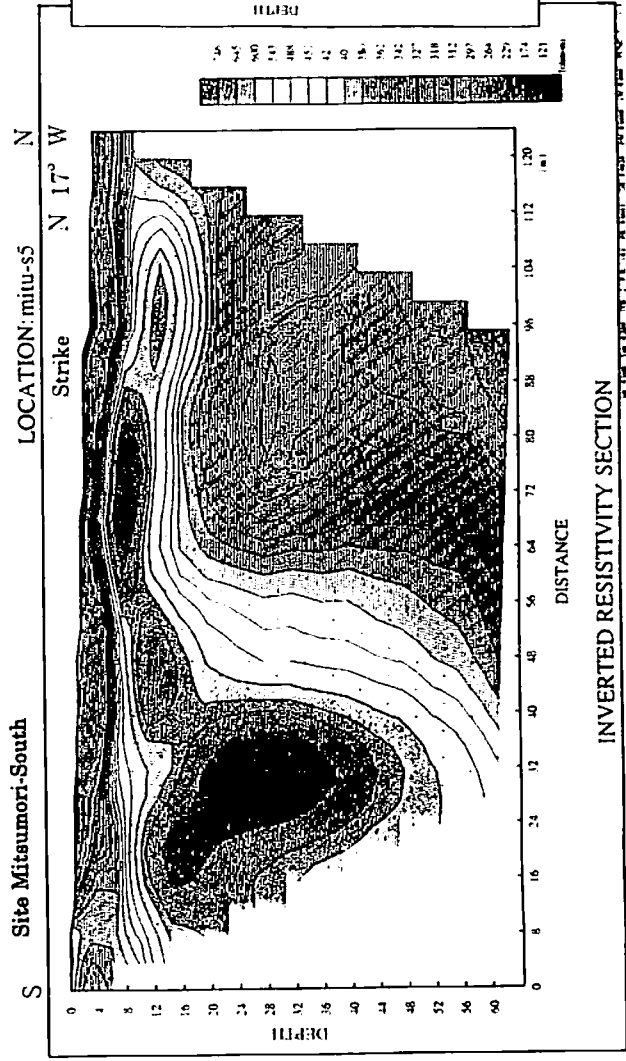
安志地区、三森北地区及び南地区では、断層近傍に比抵抗が低い層が存在している事が示された。Handa and Sumitomo (1986) は山崎断層の低比抵抗帯が、破碎構造と対応しており、水の存在が低比抵抗をつくる原因となる事を推定している。本観測結果でも、Handa and Sumitomo (1986) や Electromagnetic Research Group for the Active Fault, (1982) と探査深度は異なるものの、安富断層近傍の浅部が低比抵抗である事を再確認することができた。



第3図 安志地区の比抵抗断面図 (左図)

第4図 三森北地区の比抵抗断面 (下図)

第5図 三森南地区の比抵抗断面図 (左下図)



#### 4. おわりに

本研究では多電極比抵抗法により、山崎断層系の中央部に位置する安富断層の浅部構造を精度よく見積もることが可能になった。断層近傍では特徴的な低比抵抗構造が見い出された。断層活動による低比抵抗体の形状や広がり及び低比抵抗の原因については、十分な考察ができていないが、今後は断層構造を他のデータと比較し、断層境界の特性を総合的に捉えて行く予定である。

#### 謝辞

応用地質（株）には測定機械を御提供頂き、解析についても多大なる御指導を頂いた。  
槇野豊氏（神戸大大学院自然科学）及び安藤健一氏（神戸大理）には観測に協力頂いた。

#### 参考文献

- 断層資料研究センター(1997), 山崎断層から近畿トライアングルへ — 基盤褶曲と山地・盆地構造一, 断層資料研究センター, 116 pp.
- Electromagnetic Research Group for the Active Fault(1982), Low Electrical Resistivity along an Active Fault, Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, Vol. 34, 103-127
- Handa S. and N. Sumitomo(1986), The Geo-electric Structure of the Yamasaki and the Hanaori Faults, Southwest Japan, Journal of Geomagnetism and Geoelectricity, Vol. 38, 93-106
- 兵庫県(1996), 平成7年度 地震調査研究交付金 —山崎断層に関する調査— 成果報告書, 28 pp.
- 乗富 他(1981), 地球電磁気学的手法による断層活動度の研究, 自然災害特別研究研究成果, No. A-56-2, pp. 1-107
- 島 裕雅 他(1995), 比抵抗映像法, 古今書院, 206 pp.
- Watanabe K.(1991), Strain Variation of the Yamasaki Fault Zone, Southwest Japan, Derived from Extensometer Observations -On the Long-term Strain Variations-, Bulletin of the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto university, Vol. 41, 29-52
- 山崎断層研究グループ(1988), 山崎断層研究論文集(1-2), 689 pp.