

活断層探査に活躍する V L F 法

内田 利弘・佐藤 功 (物理探査部)

Toshihiro UCHIDA Isao SATOH

まえがき

潜在する活断層の位置とその性質を明らかにすることは活断層に伴う地震の予知に欠かすことができない。活断層調査の一つに V L F 法と呼ばれる方法がある。V L F 法とは電磁波の中でその周波数が Very Low Frequency 帯 (3 k~30kHz) に属するものを利用する探査法である。電磁気探査としてはその名称とは逆に比較的高周波の電磁波を用いる手法に分類される。V L F 法で比抵抗という物理量で捕え、活断層の特徴を明確にする。

断層近傍の比抵抗構造を議論するために地層の比抵抗を決定する要因を知っておく必要がある。地層は固体粒子と空隙及び空隙を埋める地層水で構成される。地層の比抵抗は空隙率 含水状態及び地層水の比抵抗によって決まる。固体粒子の比抵抗は地層水のそれに比較して大きいので絶縁物と見なせる。つまり空隙が多くそれが地層水で満たされているほど地層の比抵抗は小さくなる。また粒子径の小さい粘土は表面伝導現象により比抵抗が低下する。断層運動により岩石が破碎を受けると断層角礫断層粘土が生じ破碎帯を形成する。通常の場合空隙が増加し透水性の大きくなった破碎帯に地下水が蓄えられ比抵抗が低下することが多い。しかし細粒化・変質の進んだ粘土層が不透水層を形成し地下水流の下流側の地層の空隙が不飽和になり高比抵抗部となることもあるので断層即ち低比抵抗と考えてはならない。

V L F 法は比較的浅部を対象とする探査法であるが上記の如く活断層の地表付近の構造探査に適するか否かを検討しているのでその研究内容を紹介する。

V L F 法原理^{1),2)}

V L F 法はアメリカ海軍が世界各地に対潜水艦通信用に設置した送信局から発射される電波を言わば傍受(搬送周波数だけを受信し通信内容は分からない)しそこに含まれる地下の電気的情報を得る。我国では愛知県依佐美に送信局(周波数17.4kHz 出力500kW)がありその電波を高い S N 比で受信できる。またオーストラリアにある送信局の電波も伝播条件が良ければ受信可能である。送信電波による地表での一次磁場は送信局

を中心とした同心円の接線方向の成分を有している。地下媒質に断層破碎帯 金属鉱床等の低比抵抗異常があればそこに渦電流が誘導され二次磁場が生ずる。V L F 法は通常一次電磁場と二次電磁場の比・分極の方向等を求めるが筆者らが用いる探査装置は水平面内で相直交する電場・磁場を磁場が一次磁場の方向に沿うようにして測定しその絶対値の比から媒質の見掛比抵抗を求める。同時に電磁場間の位相差も測定する。位相差は理論上0°~90°の範囲の値をとるが地下が均質媒質であれば45°になる。媒質を二層構造と仮定したとき下層が上層より低比抵抗の場合位相差は45°より大きく逆の場合は小さくなる。V L F 電波は送信局の極く近傍以外は平面波と考えて良い。また周波数が比較的高いので電波は地中に伝播して急激に減衰しその程度は媒質の比抵抗に依存する。電波の振幅が地表のその $\frac{1}{e}$ (e は自然対数の底)に減衰する深さを表皮深度と言ひ媒質の比抵抗が1000 Ω mのとき約100m 100 Ω mのとき約30mである。探査深度もほぼその程度と考えて良い。つまり見掛比抵抗として地表から表皮深度相当の深さまでの媒質の合成比抵抗を得ることになる。V L F 法は表皮深度が比較的浅いので比抵抗の水平方向の変化を感度良く捕えることができる。また逆に比抵抗の局部異常を拾ってしまい人工物によるノイズの影響も受けるためデータ解釈を難しくすることもある。

電波は常時送信されており強度も安定しているので比較的簡単な受信装置で迅速に測定を進めることができる。そのため概査として広範囲の比抵抗マッピングを短期間に行えまた精査として高密度の測点配置で微細な地質構造の変化を捕えることに用いられる。

調査例

本章では昭和54・55年阿寺断層で実施した V L F 法探査結果を紹介する。

阿寺断層は岐阜県東南部に位置し一部は長野県にも達する A 級活断層で延長約60km 北西—南東の走向をもつ。鉛直方向には北東側が相対的に700~800m隆起し水平方向には左ずれで変位量は5~15kmと言われる。図1はおおよそ断層の北西側半分に該当する。

断層は白亜紀後期の濃飛流紋岩体 及び それに貫入した同紀末期の花崗岩体を切っている。調査を実施した地区では 濃飛流紋岩類に属する溶結凝灰岩 凝灰岩 及び 花崗岩が断層で接している。断層を境にした岩相の変化 破碎帯での比抵抗低下等を VLF法探査によって捕え 断層露頭の確認・追跡 潜在活断層の有無を調べた。

断層を横切る道路に沿って測線を設定し 測線間の相関を見る。測定結果を表示するのに 断層に直交する直線を引き 測定位置をその上に投影してプロットする。

図2に測線T-1の見掛け比抵抗 及び 位相差のプロファイルを示す。断層は矢印付近を通る。-20m 40mの2ヶ所に低比抵抗帯が見られ 他の部分は1000Ωm弱の値になる。断層の北東側は花崗岩 南西側は溶結凝灰岩の地層から成る。両者とも破碎を受けなければ1000Ωm以上の比抵抗を有すると考えられる。

図3に測線T-2 T-4のプロファイルを示す。両測線は約700m離れている。各々0m付近を断層が通り北東側は溶結凝灰岩 南西側は凝灰岩層から成る。溶結凝灰岩は 測線T-1と同じく約1000Ωm 凝灰岩は数100Ωmと若干低い見掛け比抵抗である。断層の位置で見掛け比抵抗は最小値をとり 0~200mでも低比抵抗が続く。測線付近は地形的に断層角盆地を形成している。低地部がこの低比抵抗部に対応するが 探査深度を考えに入れると 凝灰岩層の中に多くの破碎帯があり 地下水が浸透していると考察される。図2 図3は共に断層による低比抵抗部を捕えていると言える。

あとがき

VLF法は 使用する周波数が高く探査深度が比較的浅いため 100mより深い地下構造を調査する場合には適さない。しかし 浅くても広い範囲の地下構造を背景構造として迅速なマッピングをするのに適してい

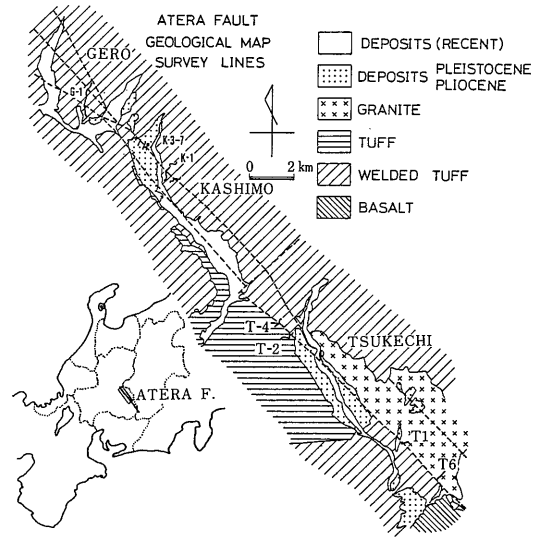


図1 阿寺断層周辺の地質図。破線は主な断層 短い実線・記号はVLF法探査測線を表す。

る。また 浅部構造を緻密に調べ 潜在する活断層の微候を正確に把握することにも優れている。調査例で示したように 断層に伴って形成される低比抵抗帯は VLF法を使って明確に把握されている。もちろん問題が無いわけではなく 地形の急峻な場所・人工物の近傍では その影響を受ける可能性もある。その意味で調査事例を積み重ね より正確な解析・解釈のために研究を進めたい。

参考文献

- 1) Paterson, N.R. and Ronka, V.; 1971, Five Years of Surveying with the Very Low Frequency—Electromagnetics Method, Geoexploration, 9, 7~26
- 2) 竜神正夫; 1970, VLF電磁探査法と測定器について, 物理探鉱, 23-5, 283~290

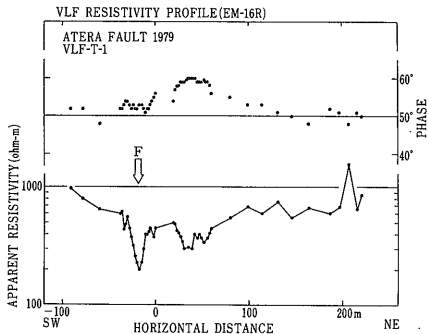


図2 測線T-1の見掛け比抵抗及び位相差分布。矢印は断層の推定位置。

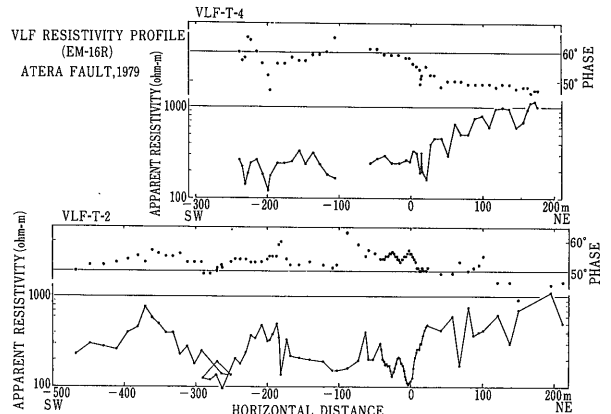


図3 測線T-2 T-4の見掛け比抵抗及び位相差分布。