講演要旨

VLF-EM法によるリニアメントの調査 — 韮崎岩屑流の場合について —

河西秀夫*

A Survey of Liniament by VLF-EM method — A Case of Nirasaki Debris flow —

Hideo KASAI*

*山梨学院大学 Yamanashi Gakuin University, 2-4-5 Sakaori, Kofu, Yamanashi, Japan

キーワード: VLF-EM法, リニアメント, 岩屑流

Key Words: VLF-EM, linearment, Debris flow

1. はじめに

山梨県と長野県の県境に位置する八ヶ岳南西麓に分布する韮崎岩屑流上に長さ1.1 Kmのリニアメントが存在することがランドサット画像で判明した。その位置は山梨県北巨摩郡須玉町で、このリニアメントは岩屑流を横断している(第1図)。周辺には明瞭な断層露頭が確認できず、このリニアメントが断層(断裂)かどうか不明である。

断層(断裂)を調査する方法の1つに電磁探査法の1種であるVLF-EM (Very Low Frequency- Electro Magnetics) 法がある。内田(1984)、内田及び左藤(1984)、三沢及び入江(1993)、原裕他(1995)は断層の調査にVLF-EM法が有効であることを報告している。今回、ランドサット画像で判明したリニアメント周辺でVLF-EM法を使用して、リニアメントが断層かどうか調査した。本文ではその結果を報告する。

2. 調査地付近の概要

調査地は山梨県北巨摩郡須玉町で、八ヶ岳火山から噴出した輝石安山岩の礫と岩石片、結晶片、火山灰からなる安山岩質の韮崎岩屑流(凝灰角礫岩)からなる台地上である。調査地付近で韮崎岩屑流からなる台地(韮崎台地)の幅が急に狭くなり、調査地付近の台地の幅は1.1 Km程度である。この付近の台地の標高は590~600 m程度である。リニアメントは韮崎岩屑流を横断する形で北東から南西方向に延びており、JR中央本線を横切り、その延長上には中央高速道路が存在している。

リニアメントが存在する場所は台地を横断する方向に延びる浅い谷(比高5~10 m)であり、この谷の南側にもほぼ平行した同様な谷が発達している。谷底は水田となっている。また、周辺には比高30~60 m、直径100~500 mの小山が多数分布している(第2図)。

第1図 リニアメント

第2図 調査地付近の地形
網模状谷を示す。

3. VLF-EM法

VLF-EM法は電磁探査の1つであり、3-30 KHzのVLF帯の低周波の電磁波を使用して地盤の状況を調査する方法である。米軍の対潜水艦通信用の電磁波を使用している。この電磁波は大電力の送信所から発信されているために安定した信号になっており、平面波になっている。今回の調査で使用した測定器はGeonics社のEM16で、使用した電磁波はオーストラリアから発信された周波数22.3 KHzの電磁波である。

送信所から発信された電磁波（一次電磁波）により地中の伝導物質内に電磁誘導が生じ、伝導物質から地表に向けて2次電磁波が発信される。地表では1次波と2次波の合成による偏極楕円（第3図）が形成される。VLF-EM法はこの偏極楕円を使用して地下の構造を探索しており、偏極楕円の傾斜 θ と離心率（軸比） ϵ の値を測定する。傾斜 θ と離心率 ϵ は次の式で求められる（NORMAN and VAINO, 1969, SMITH and WARD, 1974）。

$$\theta = \tan^{-1} (\Delta H / H) \quad (1)$$

$$\epsilon = \Delta H / H \quad (2)$$

H は1次電磁波による磁場の大きさ、 ΔH は2次電磁波による磁場の大きさである。 H 及び ΔH は次の式であらわされる。（NORMAN and VAINO, 1969, SMITH and WARD, 1974）。

$$|H| = H \cos \omega t \quad (3)$$

$$|\Delta H| = \Delta H \cos (\omega t + \phi) \quad (4)$$

ϕ は正または負の符号を持つ位相のずれである。

VLF-EM法は地表に設置した測線に沿って傾斜 θ と離心率 ϵ の値を測定していく。地下に断層等の比抵抗が局部的に異なる物体が存在する場合はその周辺で傾斜 θ と離心率 ϵ の値が変化する（VLF異常）。理論的には物体の真上では θ と ϵ はともに0となる（クロスオーバー）。このように、 θ と ϵ が変化する地点と両者の変化の状況を調べていくことになる。測点の位置と θ 、 ϵ の変化の関係を描いた図をプロフィールと呼んでいる。第4図にプロフィールの例を示す。

第3図 偏極楕円
(龍神, 1970)

第4図 プロフィールの例
(W. J. PHILLIPS and W. E. RICHARD, 1975)

4. 測定結果

リニアメントを横断する方向に設けた6本の測線上で傾斜 θ と離心率 ϵ を測定した。谷の内部の測線Cと測線Dの測定間隔は25mで、それ以外の測線は50mである。測線の位置を第5図に、測定結果を第6図に示す。

測線C、測線D、測線F、測線FにVLF異常が認められる。測線Aと測線BにはVLF異常は認められない。測線Cでは測点C1-C2間とC3-C4間に傾斜 θ のクロスオーバーが存在する。離心率のクロスオーバーは明瞭ではない。測線Dでは測点D5付近と測点D7-D8間に傾斜角 θ のクロスオーバーが存在する。測点D5付近では離心率のクロスオーバーも存在する。測線Eでは測点E3とE4の間に傾斜 θ のクロスオーバーが存在するが、離心率 ϵ のクロスオーバーは明瞭ではない。測線Fでは測点F2とF3の間と測点F10とF11の間に傾斜 θ と離心率 ϵ のクロスオーバーが存在する。これらのクロスオーバーの位置を第5図と第6図に示す。両図ともクロスオーバーの点を矢印で示してある。測線Bの左端の測点(B1)は高圧線に近いことから、高圧線の影響を受けている可能性が高い。

このように、台地上の測線C、D、E、Fに傾斜角 θ のクロスオーバーが存在し、リニアメントが交叉すると思われる鳩川の谷底の測点A、Bにはクロスオーバーが存在しない。また、傾斜角 θ と離心率 ϵ の両者のクロスオーバーが存在する測点はD5とF2-F3間のみである。また、クロスオーバーの左右に散在する正值と負値のピーク（VLF異常）が明瞭に存在するのは測点D5と測点F2-F3間のみである。両測点ともピークは非対称である。

5. 考察

リニアメントを横断する測線のうち、明瞭なVLF異常とクロスオーバーが存在するのは測線Dと測線Fのみである。測点D5とC1-C2は山地と谷部の境界部近くに位置し、測点F2とF3は谷頭に位置している。谷の中心部に位置するクロスオーバーは測点C3-C4間、D7-D8間である。この2箇所のVLF異常は明瞭ではない。

前述のように、谷を横断する測線C、D、Fにはいずれも谷の中心部近くにクロスオーバーがあり、谷の中心部の地下には何らかの比抵抗の局部的異常が存在していることが推定される。

谷の内部では離心率 ϵ の値が全般に小さい。離心率 ϵ は前述の(2)式で定義されている。1次磁場の値は一定と考

えると、 ε の値は地中の伝導物質により発生する2次磁場の大きさに左右されている。したがって、谷の地下には伝導性が小さい(比抵抗が大きい)物質が存在していると推定される。

また、谷の内部では、測線C、測線Dと測線Eの場合は傾斜 θ と離心率 ε の符号が反対であるか ε の値が0に近い。測線Fの場合は傾斜 θ と離心率 ε の符号がほぼ同じである。NORMAN and VAINO (1969)によれば、離心率 ε の符号は第(2)式と第(4)式に示すように、地中の伝導体から発信される2次電磁波の位相の符号に左右されている。地中の物体に左側から近づく場合、伝導性が小さい(比抵抗が大きい)地盤中に高い伝導性(比抵抗が低い)の物体が存在する場合は ϕ が負となるため ε も負となる。非伝導地盤中に伝導性が小さい物質が存在する場合は ϕ は正になり ε も正になる。これらは地盤と地中の物質の相対的な伝導性の関係を表しているものと考え、測線C、測線Dと測線Eの地下には、周囲の地盤(凝灰角礫岩)よりも相対的に比抵抗が小さいが比抵抗自体は大きい物質が存在すると推定される。測線F場合は、周囲の地盤(凝灰角礫岩)よりも相対的に比抵抗が大きく比抵抗自体も大きい物質が存在すると推定される。

これらのことから、地中に存在する物質として破碎帯か岩脈のどちらかが考えられる。測線C、測線Dと測線Eの場合は比抵抗からみて、帯水していない破碎帯の可能性が高い。測線Fの場合は岩脈の可能性もある。調査地域の谷の出口の鳩川沿岸には多数の安山岩の岩脈の露頭が存在し、谷(リニアメント)の方向にほぼ一致する走行をもつ岩脈が多い。リニアメントを破碎帯と考えると、岩脈はこの破碎帯に貫入したものであろう。測線FのF2-F3間のVLF異常はこの岩脈上で観測された可能性がある。

推定された破碎帯は鳩川を横断していない。このことは台地上の破碎帯(リニアメント)を切断する鳩川沿いの断層の存在が考えられる。しかし、鳩川沿いの断層は確認されていない。

6. まとめ

ランドサット画像で判明した韭崎台地上のリニアメントをVLF-MT法で調査した。このリニアメントは帯水していない韭崎岩屑流内の破碎帯の可能性が大きい。この破碎帯には多数の安山岩の岩脈が貫入しているものと推定される。また、この破碎帯は鳩川を横断しておらず、この破碎帯を切る鳩川沿いの断層の存在が考えられる。しかし、鳩川沿いに推定される断層は露頭では確認されていない。

VLF法では測線の方向はVLF波の伝播方向となるべく直交する必要がある。鳩川沿いに推定される断層の方向はVLF波の伝播方向と直交しており、断層を横断する測線の方向は伝播方向と平行になる。このため、VLF法ではこの鳩川沿いの断層の調査は不可能である。

この推定された破碎帯の確認とその持つ意味は当然ながら地質調査などの他の方法で検討しなければならない。

文献

BRUCE D SMITH and S. H. WORD (1974) ON THE COMPUTATION OF POLARIZATION FLIPSE PARAMETERS. Geophysics, vol. 39, no. 6, pp867-869
原裕. 秦雅博. 吉武茂樹. 安高進 (1995) VLF電磁法による断

層検出能力について、全地連「技術フォーラム'95」, PP165-168

三沢清扶. 入江一彰 (1993) VLF-MT電磁探査法の信頼性と地下水探査への応用. 応用地質, VOL.34,no3,pp.134-146

NORMAN R. PATERSON and VAINO RONKA (1969) FIVE YEARS OF SURVEYING WITH VERY LOW FREQUENCY ELECTRO MAGNETICS METHOD, Geoexploration, 9, pp7-26

内田利弘 (1984) 断層調査のための電磁法の現状, 物理探鉱, vol. 37, no. 5, pp69-83

内田利弘. 左藤功 (1984) 活断層調査に活躍するVLF法, 地質ニュース, no. 337, pp. 228-229

W. W. PHILLIPS and W. E. RICHARDS (1975) THE STUDY OF THE EFFECTIVENESS OF THE LOCATION OF NARROW-MINERALIZED FAULT ZONES, Geoexploration, 13, pp215-226

第6図 測定結果(プロフィール)

矢印はクロスオーバーの位置を示している。

測線の位置は第5図に示してある。

第5図 測線と測点の位置

記号A—Fは測線の番号、○は測点の位置を示す。測点につけられた番号1, 2・・・は測点番号である。矢印はクロスオーバーの位置を示している。図中の太線は岩脈の走向をあらわしている。▲は走向傾斜が不明な岩脈である。使用した地図はゼンリンの住宅地図（山梨県北巨摩郡）である。