

秋田県美郷町千屋断層の調査

Investigation of the Senya fault in Misato-cho, Akita Prefecture

西谷忠師, 坂中伸也, 山口大輔, 若森奎, 今村宏暁, 伊藤竜平 (秋田大学)

Tadashi Nishitani, Shin'ya Sakanaka, Daisuke Yamaguchi, Kei Wakamori, Hiroaki Imai and Ryuhei Ito
(Akita University)

Abstract

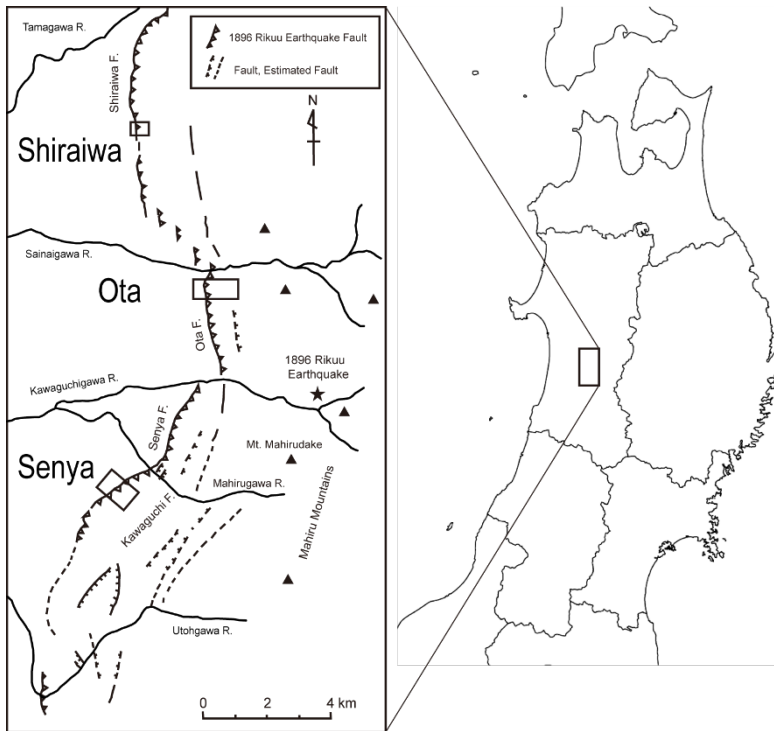
We performed electromagnetic observations in the Senya, Ota and Shiraiwa faults. We carried out the VLF-MT survey, electrical prospecting survey and measurements of the loop-loop method in the Ota fault. As a result of analysis in Ota fault, the profile of the apparent resistivities by each method was almost the same. In Shiraiwa fault, we performed VLF-MT survey and from the distribution state of ruins of kilns, we were able to estimate the position of the Shiraiwa fault and the underground structure. In Senya fault, we carried out multi-electrode electric prospecting, VLF-MT survey, the exploration by the SP method, and the magnetic survey using Proton magnetometer. Estimated fault lines which were estimated by each technique were different. This reason is thought that a certain survey technique responds to a specific position of the sloping fault plane, or it responds to the average value to a certain depth associated with the skin depth of each method.

1. はじめに

千屋断層は秋田県東部脊梁山地の西縁に沿って南北方向に走る, 延長 20 数 km に及ぶ逆断層である。この断層は 1896 年の陸羽地震 ($M=7.2$) の際に生じたものである。陸羽地震による地震断層は松田ほか (1980) によって詳しく調査され, その性格や活動度の検討がなされた。千屋断層研究グループ (1986) は千屋断層の小森地区でトレンチ調査を行い, この逆断層の先端部と地表付近の形態を明らかにした。今泉ほか (1989) は千屋断層のボーリング調査を行って, 断層線の湾曲は, 断層面の傾斜がほぼ一定で走向が場所によって異なるために生じていることを明らかにした。佐藤ほか (2006) は千屋断層の反射法地震探査を行って, 地下約 1km までの深部構造を示している。

千屋断層を対象に 1980 年 10 月から 11 月にかけて電磁気観測が行われた。観測項目は, 全体的な比抵抗構造を得るために, シュランベルジャー法による垂直探査と, 傾度法による断層を横切る比抵抗水平分布の測定, ELF-MT 法および VLF-MT 法による比抵抗分布の測定, 自然電位 (SP) の測定, プロトン磁力計による全磁力と磁気異常の測定である。この観測により, 測線に沿った断層の特徴が明らかにされ, 断層の位置特定に電磁気観測が有効であることが示された (乗富, 1981)。

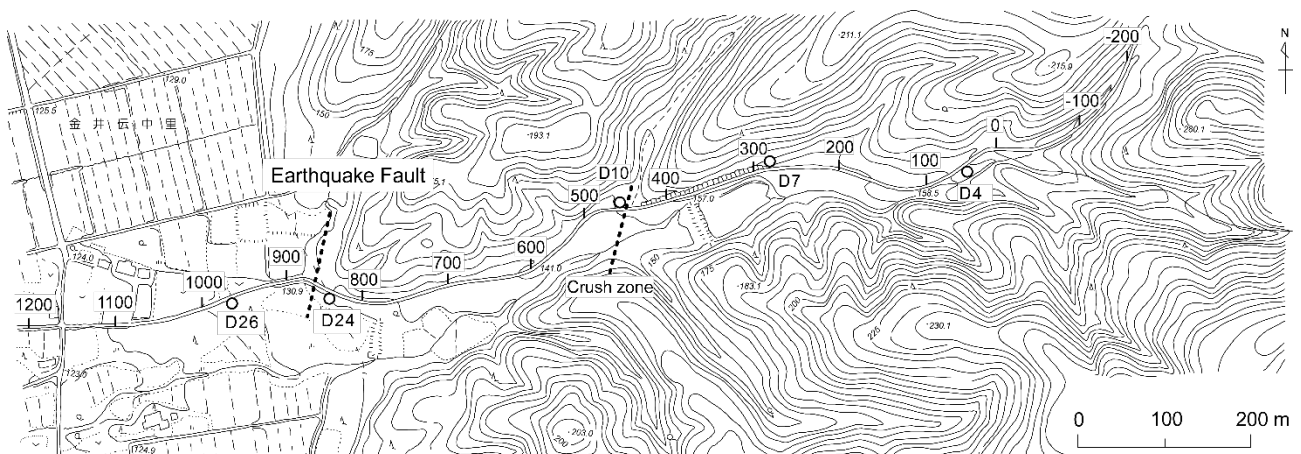
本調査は, ある程度その構造が明らかになっている千屋断層, および, その北方にある太田断層, 白岩断層で電磁気観測を行なった (第 1 図)。ここでは, 断層の地表での位置特定を目指した複数の探査手法の結果を比較して, 探査手法による断層の見え方の違いを明らかにすることを目的とする。



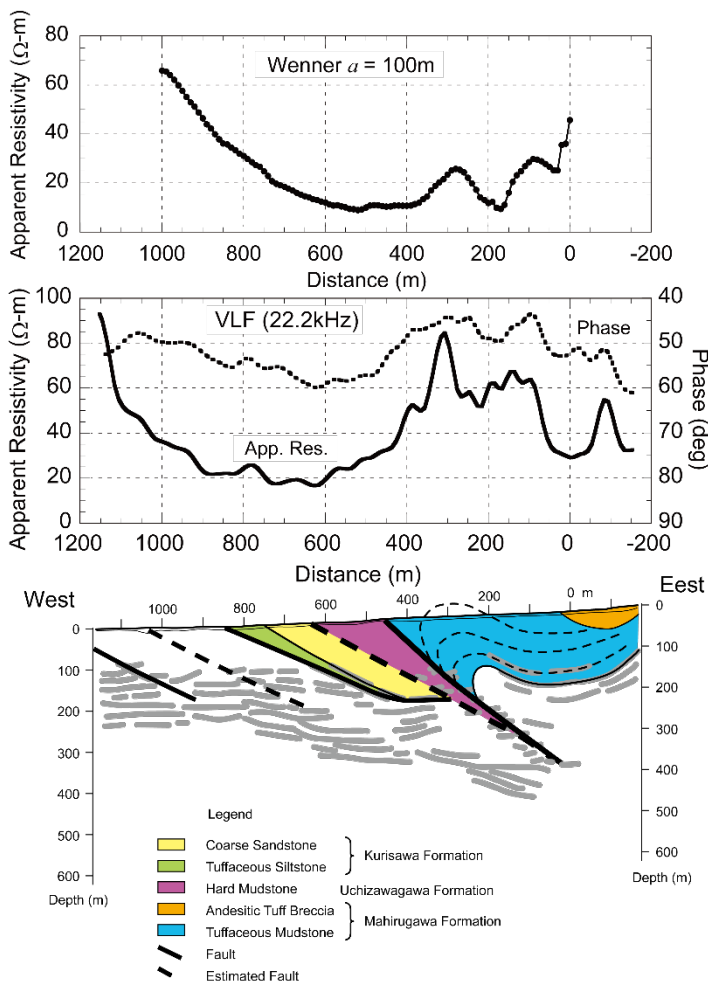
第1図 白岩・太田・千屋
断層と調査地域
Fig.1 Shiraiwa, Ota and
Senya faults and survey areas.

2. 太田断層での調査

太田断層では、VLF-MT法、電気探査、ループ・ループ法による測定を行った。測線長は約1.3kmである(第2図)。VLF-MT法は九州えびの高原から発信されている22.2kHzのVLF波を用いて、地下の見かけ比抵抗と電場と磁場の位相差を測定した。電気探査は等間隔四極法(ウェンナー法)を用い、 $a = 100\text{m}$ の水平探査を行った。ループ・ループ法はコイル間隔を10m, 20m, 40mとし、送信コイルと受信コイルを地表に水平に置いて測定するHD(Horizontal Dipole)配置とコイルを地表に垂直に設置するVD(Vertical Dipole)配置で測定した。

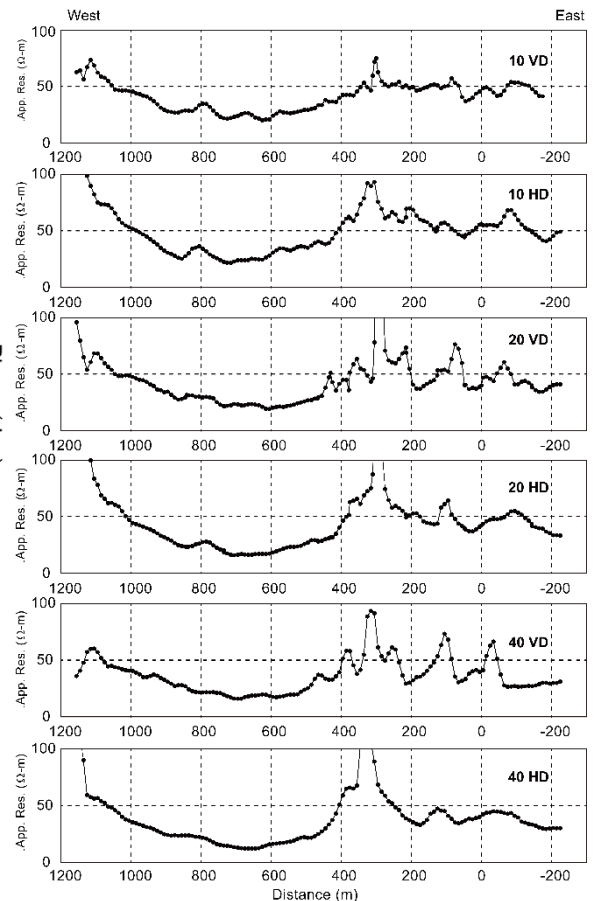


第2図 太田断層を横切る測線
Fig.2 Survey line across the Ota fault.



第3図 電気探査, VLF-MT 法による測定結果と屈折法地震探査による結果

Fig.3 Results obtained by the horizontal electric survey, VLF-MT method and the underground structure obtained by the refraction seismic survey.



第4図 ループ・ループ法による見掛比抵抗変化

Fig.4 Apparent resistivities obtained by the loop-loop method.

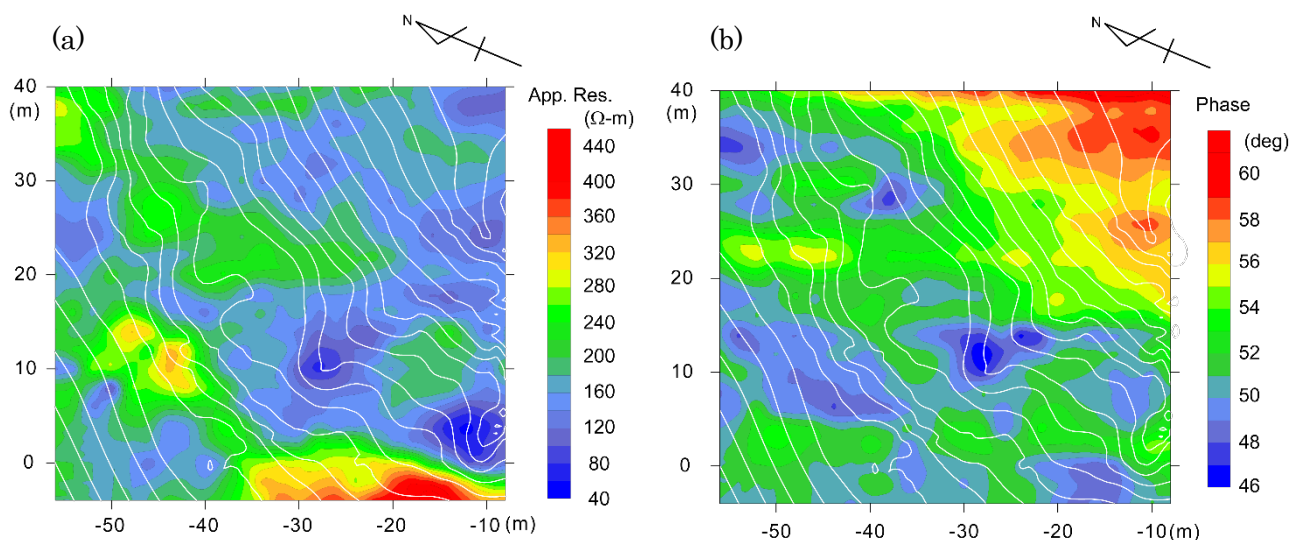
第3図は電気探査の結果と VLF-MT 法による測定結果に秋田大学が実施した屈折法地震探査の結果を示した。構造断面図の断層の位置は、地震探査による解釈である。見掛比抵抗の低い部分は推定された断層位置と良い一致が見られる。また、地表踏査によって確認した断層の場所や破碎帯の位置ともこの低比抵抗部分が良い対応関係を示している。第4図はループ・ループ法による見掛比抵抗の変化である。コイル間隔・コイル配置を変えて測定した結果は、電気探査, VLF-MT 法による結果とほぼ同様であることがわかる。従って、太田断層における電磁気調査では複数の探査手法を用いて測定しても、断層による応答はほぼ同じであると言える。



第5図 白岩断層付近の測定場所
Fig.5 Survey area in the Shiraiwa fault.

3. 白岩断層での調査

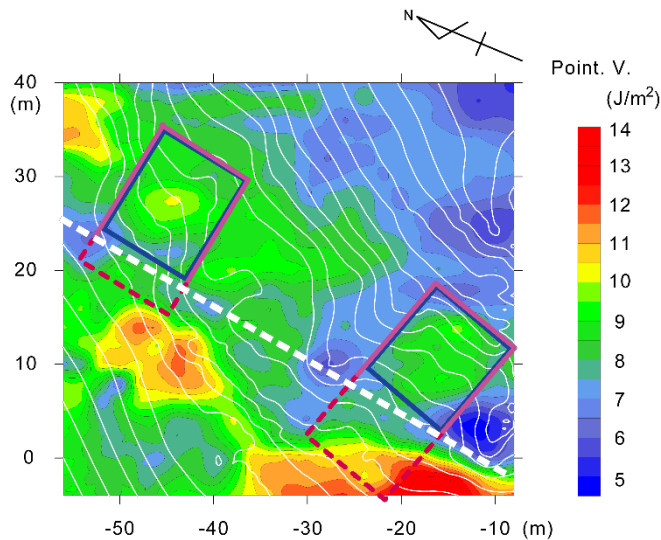
秋田県仙北市角館町にある白岩焼の窯跡地域で調査を行った（第5図）。この場所は既に調査が行われ、「白岩瀬戸山」として調査の概要が示されている（渡邊，1933）。ここで示された窯跡の概略図を参考にして測線を決め，44m×48mの領域を2m間隔でVLF-MT法により測定を行った。この調査は，2つの窯（多一郎窯，口窯）の位置を特定することにある。第6図が得られた見かけ比抵抗(ρ)と電場と磁場の位相差(θ)である。変化をより明確に出すため， $\sqrt{\rho} \cdot \cos\theta$ によって，エネルギーの流れに相当するポインティングベクトルを計算して第7図に示した。この図で角度を変化させて微分を行い，数値が最も急激に変化する方向と直角の方向を窯跡の境界部と考えた。推定の窯跡を第7図に示してある。



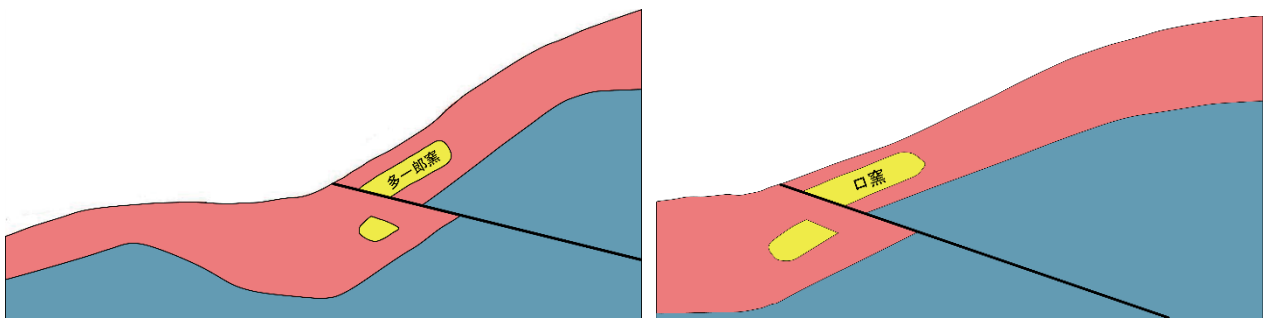
第6図 白岩地域でのVLF-MT探査による結果 (a) 比抵抗, (b) 位相差

Fig.6 Results obtained by the VLF-MT survey in Shiraiwa area.

(a) apparent resistivity, (b) phase.



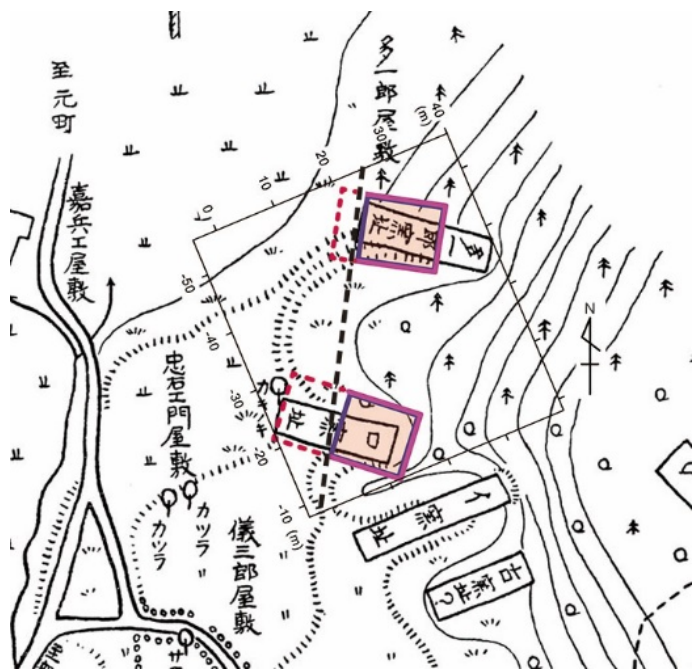
第7図 ポインティングベクトルと推定した窯の位置 (左: 多一郎窯, 右: 口窯)
 Fig.7 Pointing vector value and estimated kiln sites (left: Taichiro kiln, right: Ro kiln).



第8図 多一郎窯, 口窯と断層による分断

Fig.8 Underground structure of the Taichiro kiln and Ro kiln. These kilns were separated by the fault.

推定した多一郎窯, 口窯の大きさは渡邊 (1933) の記述よりも小さいこと, また, 乗富 (1981) の VLF-MT 測定でも示された, 見掛比抵抗が低く, 位相差の高い部分に断層があるとの特徴をもとに, 断層の位置を推定した。また, 位相差の測定値をもとに, 多一郎窯, 口窯の地下の状況の概略図が第8図である。断層によって窯が分断されたと考えれば, VLF-MT の測定値をよく説明できることがわかる。白岩焼が地震の影響により廃窯に追い込まれたとの記述 (渡邊, 1933) とも整合的である。渡邊 (1933) の示した地図に本研究で得られた結果を重ねて示した図が第9図である。多一郎窯は既に破壊されていたため推定の位置を示したと述べられている (渡邊, 1933) ことを考えれば, 今回の調査は過去の調査と良い一致を示したと言えるであろう。



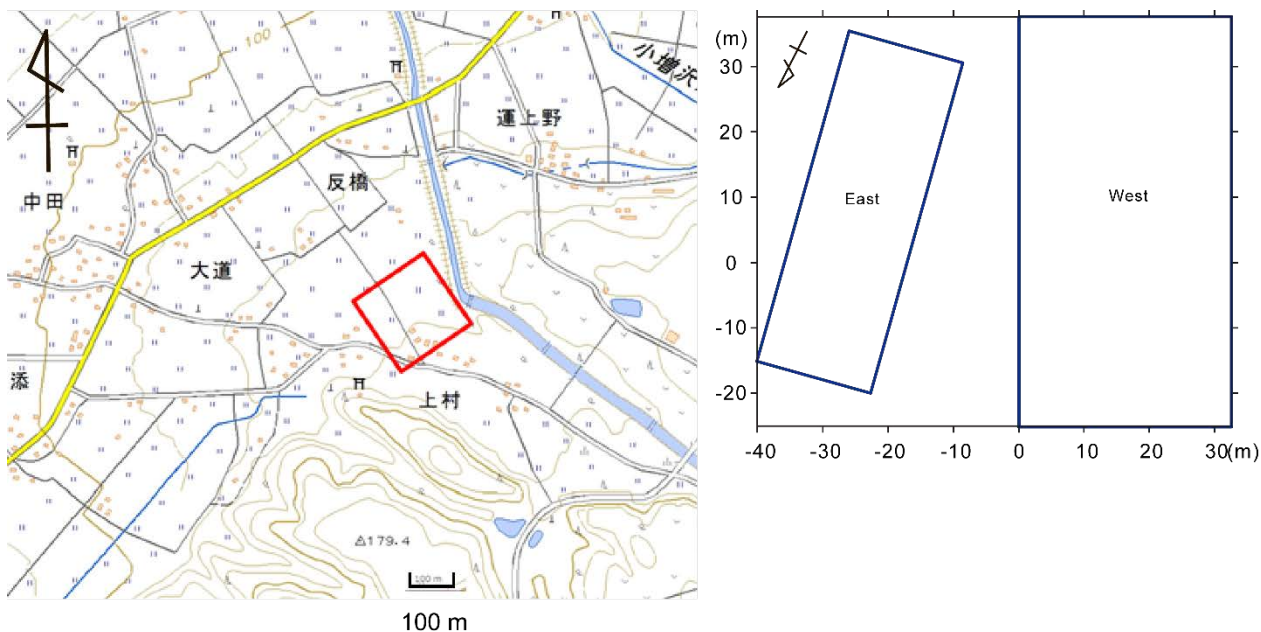
第9図 渡邊(1933)による窯の推定位置と今回得られた窯の位置および推定断層線

Fig.9 Expected kiln sites by Watanabe (1933) and the kiln positions obtained by VLF-MT method. The dashed line shows the estimated fault.

ここで示した断層は白岩断層と考えられる。調査の目的は窯跡の位置特定であったが、白岩断層の位置と地下の状況を示したことになった。

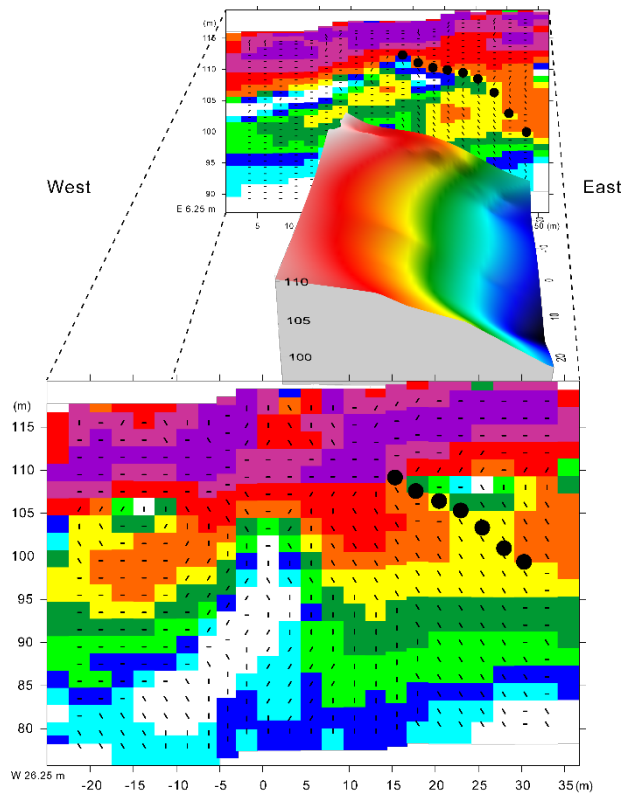
4. 千屋断層での調査

秋田県秋田市美郷町上村の農家の水田及び畑で調査を行った。探査範囲は 62.5m×32.5m の西面と 52.5m×17.5m の東面の2面である(第10図)。この場所では、多電極電気探査、VLF-MT探査、SP法による探査、磁気探査による調査を行った。探査手法により測定領域が異なっている。



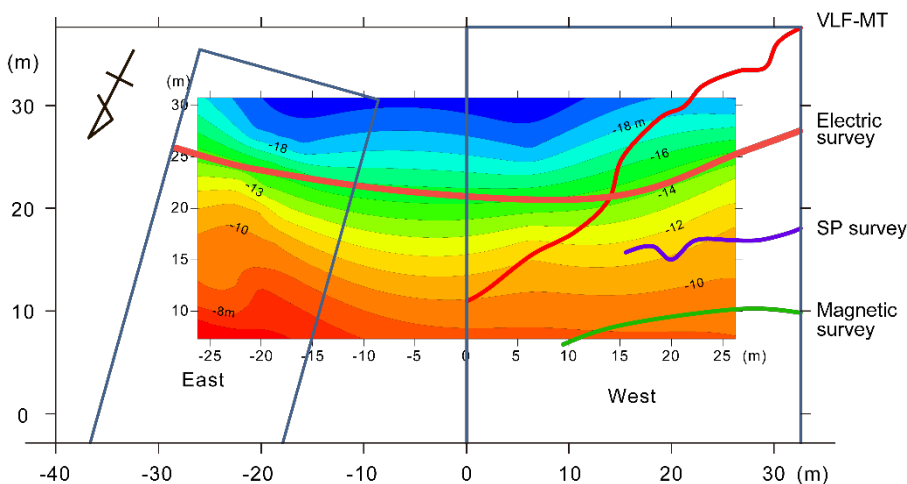
第10図 千屋断層付近の探査範囲

Fig.10 Survey area near the Senya fault.



第 1 1 図 千屋断層の三次元構造
Fig.11 Three dimensional structure of the Senya fault.

電気探査の解析を行い、得られた比抵抗構造の隣接部分との比抵抗コントラストの大きさを調べた。コントラストの大きい方向と直交する方向が断層面を示していると考え、断層面の三次元構造を推定した(第 1 1 図)。推定した断層面の走向方向は $N30^{\circ} E \sim N70^{\circ} E$ で、 $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ の東傾斜であった。この走向方向は松田ほか(1980)の示した断層線の方角と良い一致を示している。VLF-MT 法による結果は本研究の推定断層面の走向とほぼ一致しており、VLF-MT 法は探査深度付近までの比抵抗の平均値を示していることから、本研究の深度約 10-20m の断層面の平均的な値を示していると考えられる。SP 法探査では、法面に沿うように断層が推定されている。SP 法による探査は、ある深度の電流の流れを測定していると考えられるため、本研究の深度約 12~13m の断層面に沿った結果を示していると考えて良いであろう。磁気探査の結果は本研究の深度約 8m の断層面と類似した変化をしていることから、磁気探査は深度約 8~9m の断層面を見ていると考えられる(第 1 2 図)。



第 1 2 図 各種探査法による推定断層線の違い
Fig.12 Estimated fault lines obtained by the different exploration methods.

5. まとめ

千屋断層，および，その北方の太田断層，白岩断層で電磁気観測を行った。太田断層では手法が異なってもほぼ同じ見掛比抵抗の変化が得られ，探査手法による違いは顕著ではなかった。白岩断層では窯跡の分布形態から断層の位置と地下構造を推定することができた。千屋断層では各種探査法によって推定する断層線が異なったが，傾斜した断層面のどの位置を見ているか，あるいは，探査深度との兼ね合いから，どの深さまでの平均的な値を見ているかによって見え方が異なることがわかった。調査した地域は，地表に段差ではなく，たわみとして現れた活撓曲であるとされている部分もあることから（澤ほか，2013），断層の構造はたわみとしてとらえ，探査手法による違いも考慮して測定値を解釈する必要があると言えるだろう。

参考文献

- 今泉俊文・平野信一・松田時彦（1989）：千屋断層のボーリング調査－断層線の湾曲を説明する断層面の形態－，活断層研究，Vol.7，32-42.
- 佐藤比呂志・池田安隆・今泉俊文・三ヶ田均・戸田 茂・堤 浩之・越谷 信・野田 賢・伊藤谷生・宮内 崇裕・八木浩司・東郷正美・岩崎貴哉・坂 守・平田 直・松多信尚・河村知徳・石丸恒存・井川 猛・千屋 96 反射法地震探査グループ（2006）：千屋断層（花岡）を横断する浅層反射法地震探査：データ取得と処理について，地震研究所彙報，Vol.81，97-106.
- 澤 祥・堤 浩之・杉戸信彦・楮原京子（2013）：1:25,000 都市圏活断層図，横田盆地東縁断層帯とその周辺「田沢湖」「横手」「湯沢」解説書，国土地理院技術資料 D1-No.642.
- 千屋断層研究グループ（1986）：千屋断層（秋田県）の完新世の活動と断層先端部の形態－千畑町小森での発掘調査，地震研究所彙報，Vol.61，339-402.
- 乗富一雄（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-56-2，1-107.
- 松田時彦・山崎晴雄・中田高・今泉俊文（1980）：1896 年陸羽地震の地震断層，地震研究所彙報，Vol.55，795-855.
- 渡邊為吉(1933)：白岩瀬戸山，1-196. （1979 年に翠楊社より復刻版発行）