

秋田県由利本荘市二古亀田地すべり地における電磁気探査

西谷忠師, 坂中伸也, 山口大輔, 武田裕介 (秋田大学)

Electromagnetic exploration in the Futago Kameda landslide area, Yuri-Honjo-shi, Akita Prefecture

Tadashi Nishitani, Shin'ya Sakanaka, Daisuke Yamaguchi,
Yusuke Takeda (Akita University)

Abstract

The VLF electromagnetic exploration was carried out in the landslide area of Iwaki-machi, Yuri-Honjo-shi, Akita Prefecture. The Futago Kameda line which is the first grade city road runs cross the landslide area. Another landslide area exists near this place. The target location is an area along this road. A landslide occurs several times here in the past. Countermeasures have been already accomplished in this area. However, a surface of the ground shows the trace of the further landslide. The purpose of this study is to catch the characteristics of the landslide in this area using the VLF exploration method. VLF-EM method showed several characteristics of a landslide, and we can estimate the depth of the sliding surface. A clear phase difference emerged by the VLF-MT method and we revealed that the north side and south side of this area have different underground structures.

1. はじめに

二古亀田地すべり地は、秋田県の沿岸南部、由利本荘市岩城町の1級市道二古亀田線沿いにある (Fig.1)。二古亀田線は、過去の地すべりの移動体の中心を貫いており、地すべりの影響により道路上でアスファルトの亀裂や盛り上がり、電柱が傾倒している状況がみられる。本調査地域は、新第三紀鮮新世の黒色泥岩・シルト岩で構成される船川層である。地すべりは、褶曲・断層構造内にあり、流れ盤状斜面で発生しているものと推察されている。調査対象とした地域は、過去に2度地すべりが発生したことが確認されている。これに対して表層を削剥する修復工事がなされた。しかし、現在、地表には波打った地すべりの痕跡が見られる。この調査の目的は地すべり地の構造をVLF電磁気探査によってどこまで示せるかを調べることである。

2. 測定場所

Fig.2に測定場所を示す。この図の南側に亀田地区があることから、方向を示すために、南方向を亀田側、北方向をトンネル側と呼ぶ。この地域で実施された奥山ボーリング (株) によるボーリング調査の場所を丸印で示した。図中の3測線上のX=50m~60m付近には、地すべり防止のためのコンクリート壁が設置されている。

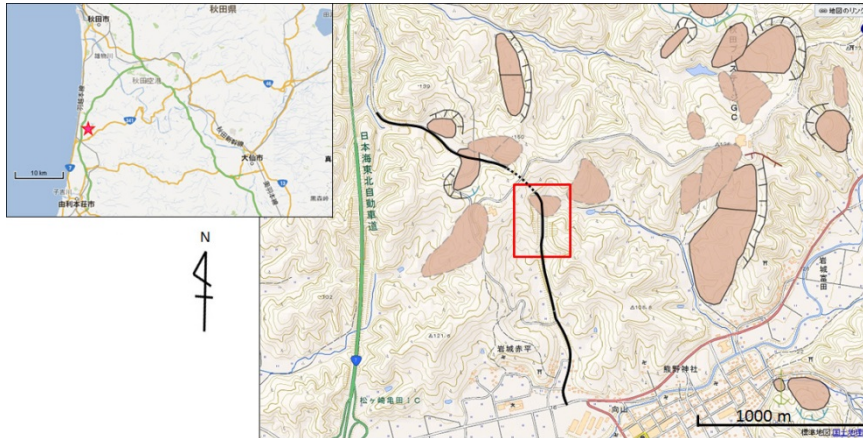


図1 二古亀田地すべり地
Fig.1 Location map of the Futago Kameda landslide area.

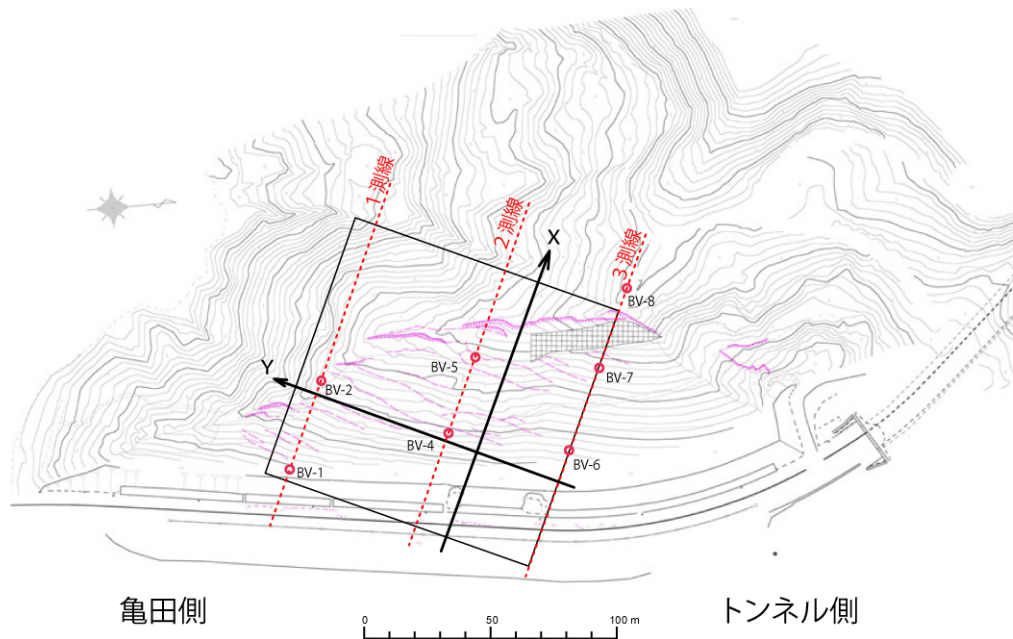


図2 調査地域 丸印はボーリングの位置を示す
Fig.2 Survey area is shown in a square and the coordinate axis X and Y are displayed in the figure. The small circles show the position of the boring.

3. VLF-EM 法による測定

VLF-EM 法の探査機器として ABEM 社製の WADI を用いた。使用した電磁波はえびの発信局 (22.2kHz) である。測定間隔を 2m とし、測線間隔も 2m とした。測定によって、発信局の磁場と同相成分である Real 成分と離相成分である Imaginary 成分が得られる。一般的に、測定される Imaginary 成分の異常が Real 成分の異常と同様に強くなる場合は低比抵抗を示し、Imaginary 成分の異常が Real 成分の異常より小さくなる場合は高比抵抗を示す。

深さ方向の傾向を見るため、Karous and Hjelt (2009) によるフィルターを適用する。K&H フィルターはビオ・サバールの法則を用いて、測定値から電流密度に変換するフィルターである。このフィルターをボーリング調査が実施されている 3 つの測線 (1 測線、2 測線、3 測線) に適用して、ボーリング調査の結果と比較した。2 ~ 6 m 付近で低比抵抗と高比抵抗の境界が見られ

たことから、この境界が滑り面の位置であると推定した。比抵抗のコントラストを考慮して滑り面を推定し、標高と滑り面を示したのが Fig.3 である。

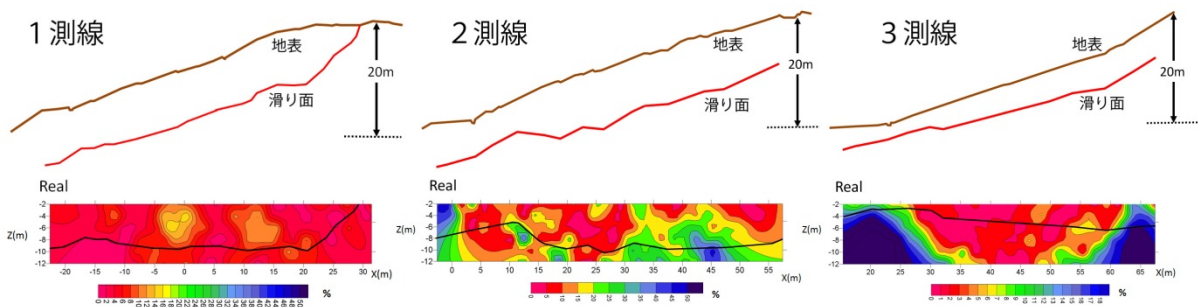


図3 K & H フィルターによる結果と滑り面の推定

Fig.3 Cross section along the line using K & H filter.

Surface and estimated slip plane is shown.

さらに、測定間隔から深さ方向のデータを算出する Fraser フィルター (Fraser, 1969)を適用して解析を行った。Fraser Filter の結果でも深度 8~10m で低比抵抗と高比抵抗の境界がみられたことから、そのコントラストの強い部分をすべり面と推定した。Fraser フィルターによって推定される滑り面は、K&H フィルターによる結果とほぼ一致した。

Fraser フィルターによる地下 2m でスライスしたものが Fig.4a である。地表の波打った段差構造の部分と一致した位置に特徴が現れており、平坦部や地表に設置されたコンクリートの影響と思われる反応が現れている。Fraser フィルターによる地下 8m でスライスしたものが Fig.4b である。広い範囲で滑り面に対応したと思われる特徴が現れている。

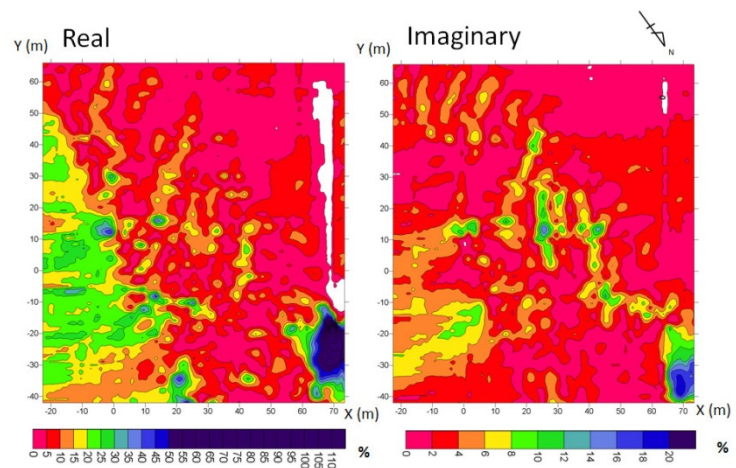


図4a Fraser フィルター 2m のスライス

Fig.4a Results obtained by Fraser Filter 2m.

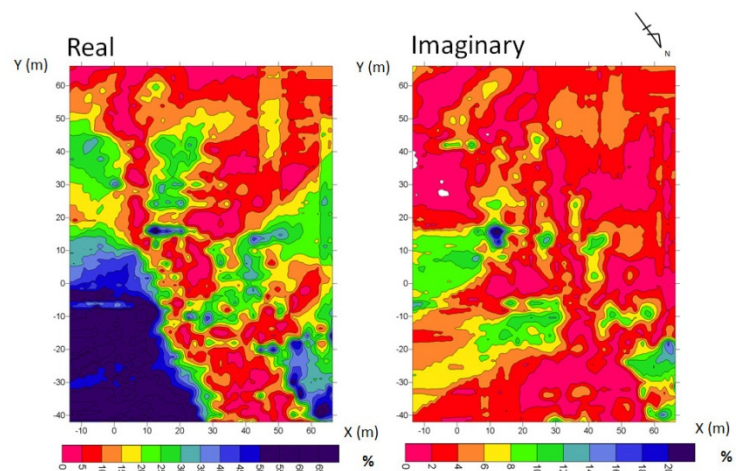


図4b Fraser フィルター 8m のスライス

Fig.4b Results obtained by Fraser Filter 8m.

4. VLF-MT 法による測定

VLF-MT 装置はテラテクニカ社製の VL-101 を用いた。用いた VLF 波は 22.2kHz である。測定間隔は 4m、測線間隔は 4m で測定を行った。その結果、見かけ比抵抗と電場と磁場の位相差を得た。比抵抗と位相角の分布から、亀田側とトンネル側で異なる特徴がみられた (Fig.5)。

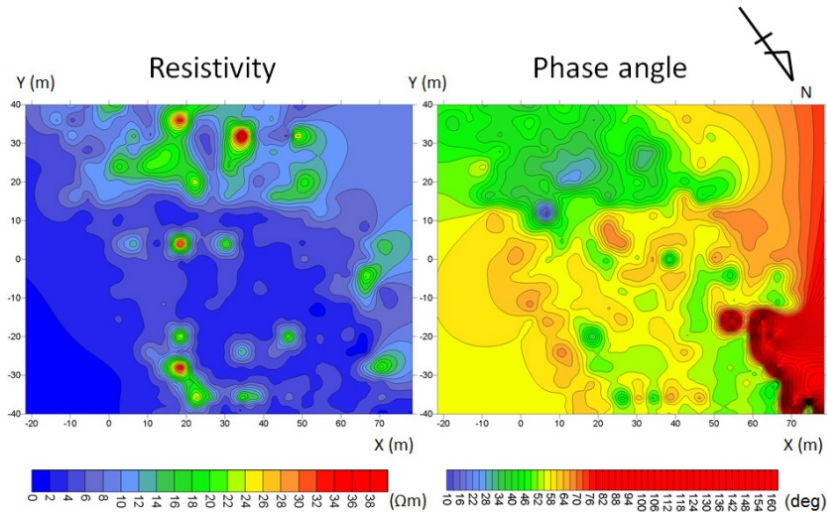


図 5 VLF-MT 測定による見かけ比抵抗と位相差

Fig.5 Apparent resistivity and phase difference obtained by the VLF-MT method.

亀田側 (南側) の比抵抗はトンネル側 (北側) よりも比較的高い傾向にある。これは、ボーリング調査からも明らかにされた地下水の水位が大きく関係していると考えられる。位相角は、亀田側で位相角が 45 度より小さい領域が広く分布し、トンネル側で位相角は 45 度より大きい。このことから、亀田側では 1 層目に比べて 2 層目の比抵抗が大きく、トンネル側では 1 層目に比べて 2 層目が低比抵抗であるとわかる。

5. 考察

VLF-EM 法による解析結果と VLF-MT 法による解析を総合して、亀田側とトンネル側の簡略化した比抵抗構造を Fig.6 に示した。調査地域は低比抵抗を示す領域が広く分布しており、この上部に高比抵抗領域が存在する。そして、亀田側ではさらに、地表付近に低比抵抗部分が覆っていると推定できる。

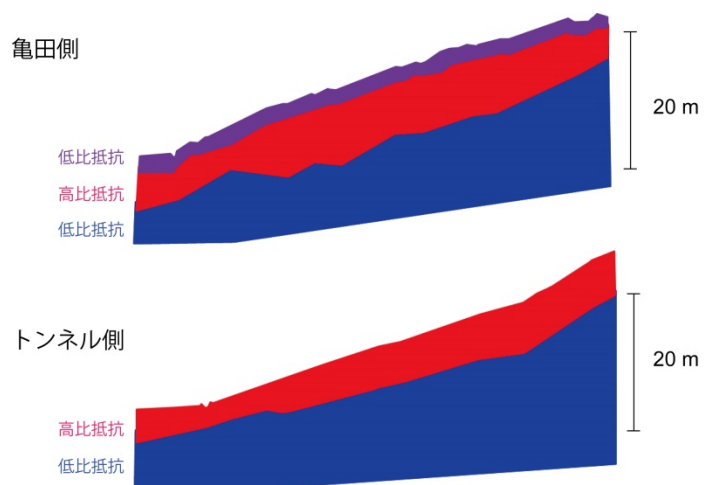


図 6 V L F 探査による地下構造概略図

Fig.6 Simplified underground resistivity structure.

なぜこのように亀田側とトンネル側で違いが出たのかを考察する。この地域では過去に地すべりが発生しており、その対策工事が奥山ボーリング（株）によって実施されている。Fig.7は平成11年12月13日に発生した亀田側の地すべり、平成11年11月17日に発生したトンネル側の地すべりの位置を示す。

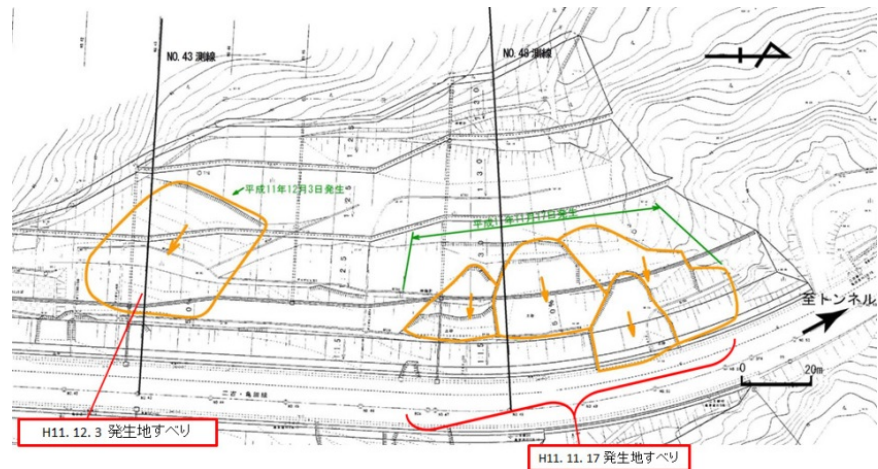


図 7 過去の地すべり場所

Fig.7 Landslide position occurred in this area.

この地すべりに対する対策工事が実施された。当時のボーリング調査の結果を基に作成された断面図を簡略化して示したのが Fig.8 である。Fig.8 の上部が亀田側 No.43 測線に沿った模式図、Fig.8 の下部がトンネル側 No.48 測線の結果である。亀田側では対策工事で表面を削削したが、滑り面まで達していないことが明らかである。しかし、トンネル側では滑り面まで削削されている。この違いが反映されて、亀田側では表層がさらに滑って波打った段差構造を示し、これが低比抵抗として見えていると考えられる。トンネル側では対策工事の後では滑っていないと言える。

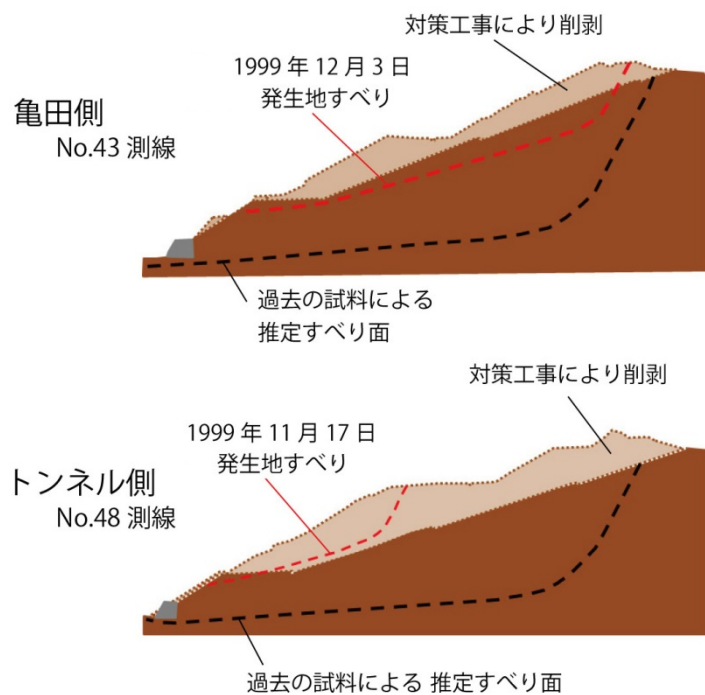


図 8 過去の地すべりと対策工事の状況（奥山ボーリングの資料による）

Fig.8 Restoration construction and the underground structure. The landslide surface was deeper than the denudation depth in the Kameda area. But the denudation depth was greater than the depth of landslide surface in the tunnel area (by Okuyama Boring Co. Ltd.).

上で述べた状況は図 6 で示した比抵抗構造ときわめて良い一致を示す。このことから、VLF 電磁探査法は、地すべり地域の特徴とらえることのできる有効な探査手法と言えるだろう。

6. まとめ

二古亀田地すべり地でVLF探査を実施した。VLF-EM法による結果とボーリング調査による結果を比較することにより、すべり面の位置を推定した。また、フィルター処理により、浅い部分では、表層すべりによる特徴がみられ、深い部分ではすべり面に対応した変化がみられた。また、VLF-MT法による比抵抗と位相差の結果も統合して解釈を行い、調査地域の南側（亀田側）と北側（トンネル側）では地下構造に違いがあり、この違いは比抵抗構造の違いで説明することが可能であることを示した。

謝辞

二古亀田地すべり地の調査では奥山ボーリング（株）の阿部真郎さんと木村善和さんには現地の案内と資料を提供していただきました。ここに感謝いたします。

参考文献

- Karous, M. and Hjelt, S.E. (2009) : Linear Filtering of VLF dip-angle Measurements, *Geophysical Prospecting*, **31**, 782-794.
- 物理探査学会(1998) : 物理探査ハンドブック, 366-369.
- Fraser, D.C. (1969) : Contouring of VLF-EM data, *Geophysics*, **34**, 958-967.