

プロジェクト紹介【寄稿】

空からつかむ地盤情報技術

～空中電磁法の土木・防災分野への展開～

千田敬二

CHIDA Keiji

大日本コンサルタント株式会社
防災事業部
技師長



河戸克志

KAWATO Katsushi

大日本コンサルタント株式会社
防災事業部
主幹



はじめに

2011年3月11日に三陸沖を震源とした東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)の発生に伴う、津波や放射能物質拡散による未曾有の災害に対し、生命の安全と国土復興に向けた懸命な努力が現在も続いている。また、兵庫県南部地震(1995年1月)、新潟県中越地震(2004年10月)、岩手・宮城内陸地震(2008年6月)などによる震災での土砂災害の記憶も新しい。一方、地球規模の環境変化による台風や梅雨前線などの活発化、それに伴う集中豪雨による土砂災害が多発している。

このような状況から我が国では、災害から国民の生命と財産を守り、国土の持続的な発展・保全に向けた防災・減災に対する抜本的・総合的な体制整備がこれまで以上に必要とされている。

弊社では、防災事業分野の一翼を担うべく、2008年度から空中電磁法の土木・防災分野への高精度な適用を行うために、機器のアップグレード、データ取得の高度化及び解析・表示技術を改良したNE-RESOLVE空中電磁法システムの運用を開始している。本稿では、最近行ってきた空中電磁法の

うち、主に土木・防災分野への適用状況について紹介する。

空中電磁法の概要と測定原理

空中電磁法は、電磁誘導現象を利用した非接触型の物理探査法であり、ヘリコプターで複数の送受信コイルを収納したセンサーを曳行し、送信コイルの磁場に反応して発生する地盤からの磁場を受信コイルで計測することで、地盤内部の電気的な性質(比抵抗)が確認できる(図1)。複数の異なる周波数帯域の電磁波を用いることで、異なる深度の地盤内部の比抵抗値を同時に取得でき、多くの測

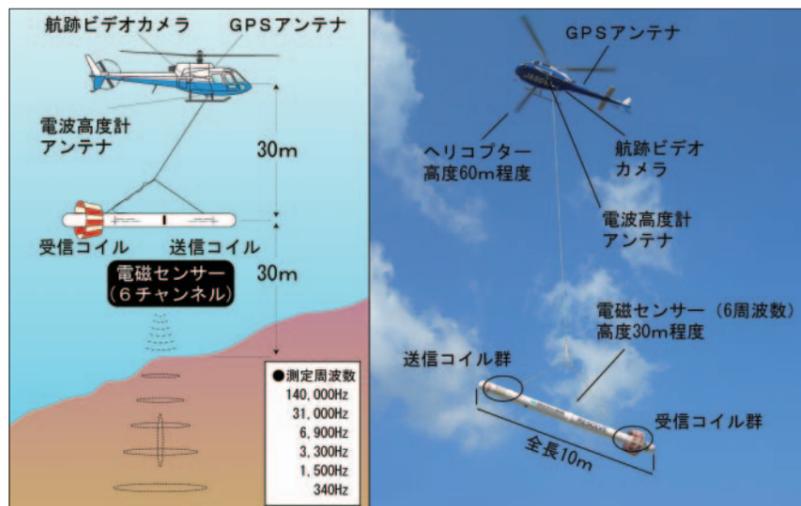


図1 空中電磁法の概要

線による計測によって、迅速で均一な精度で地盤の3次元的な比抵抗構造が把握できる。

比抵抗値($\Omega \cdot m$)は、粘土鉱物の含有量が多いほど、また体積含水率(=間隙率×飽和度)が高いほど低くなるので、探査で得られる比抵抗値から粘土鉱物の含有状態や地下水状態が調査できる。

比抵抗による地山評価の着目点

従来、電気探査や電磁探査などの比抵抗探査は、比抵抗値とその分布に着目して地質解釈が行われてきた。比抵抗値は有用な情報を提供するが、表示図面は比抵抗

区分と色調に依存しているため、判読者によって読み取れる地盤情報が異なり、調査者・設計者・施工者で情報共有することが難しい。

そこで、比抵抗分布と色調での区分判断に加え、比抵抗コントラストの粗密を図化するために比抵抗値の相対変化度(比抵抗コントラスト)に着目した。

比抵抗値の相対変化度とは、解析断面上に設定したグリッド間の空間2次微分を計算し、比抵抗値の差分の変化量が大きくなっている部分を抽出するフィルタで、エッジ検出や先鋭化に用いられるフィルタ処理を応用したものである(図2)。この比抵抗値の相対変化度は、客観的に物性変化点を表示できることが大きな特徴で、地質情報を加味することで、粘土鉱物の含有状態や地下水の状態を表示できる。

地すべりへの適用

図3に地すべりへの比抵抗コントラストによる適用例を示す。

この地域は地すべり規模が大きく、既存調査資料では地すべりブロック内に供給される地下水が、ブロック山側の稜線部方向から流入している可能性が指摘されていた。比抵抗コントラスト解析では、青色部が既存ボーリングによる地下水分布と調和的で、かつ地すべりブロック浅部に分布する宙水の状況とも調和的であることが判明した。また、青色部は地すべりブロック山側の斜面に連続しており、稜線部方向から地下水が供給されていることが示唆された。

地すべり対策では、主に地下水排除工が主体であるが、地下水帯水層の分布を、既存調査結果を踏まえて解析することで3次元の構造が容易に把握できる。これにより、

浅層地下水や深層地下水及び地下水流入等の地下水分布状況に応じて、排水トンネル等の地下水対策の施工位置の効果的な選定など、地下水排除計画に反映させた。

なお、規模の大きな地すべりへの適用結果は、最近話題の深層崩壊や高速地すべりと言われるような、急速に移動し、移動距離も長い土石流等による大きな災害を引き起こす発生箇所の抽出などにも有効であることが示された。

トンネル地山への適用

図4にトンネル地山への適用例を示す。このトンネルの地質は、中生代白亜紀の四万十層群に対比される砂岩、泥岩、砂岩泥岩互層、凝灰質泥岩からなる。トンネル事前調査に基づいて、設計パターンは弾性波速度による地山等級と地形・地質情報を加味して検討

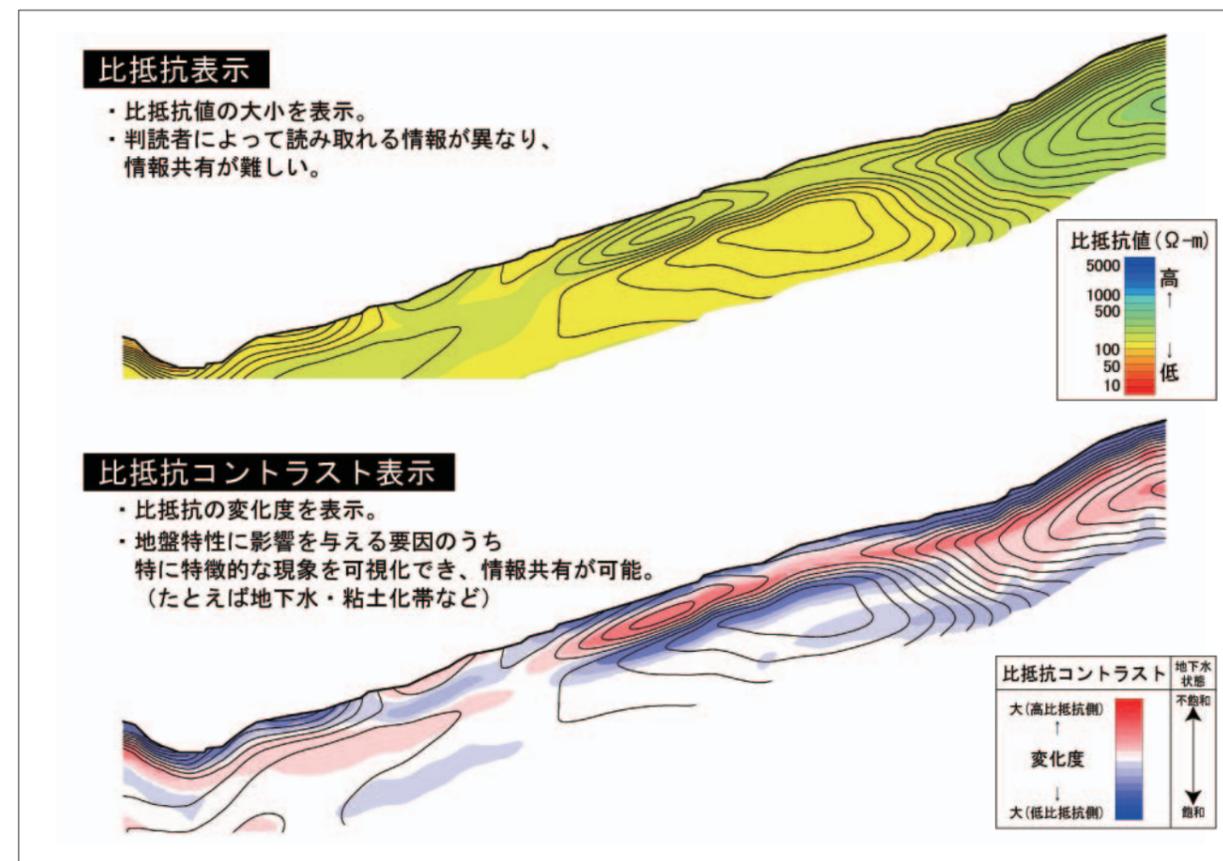


図2 比抵抗表示と比抵抗コントラスト表示

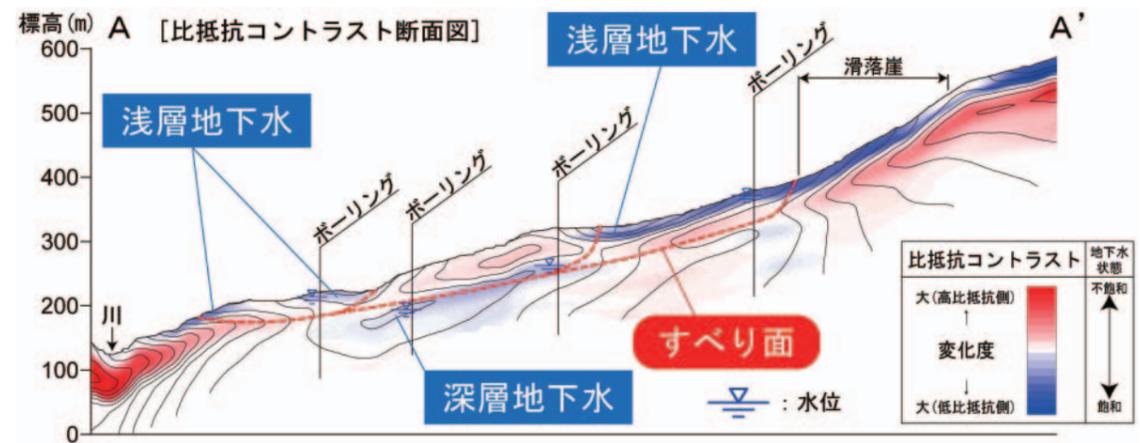
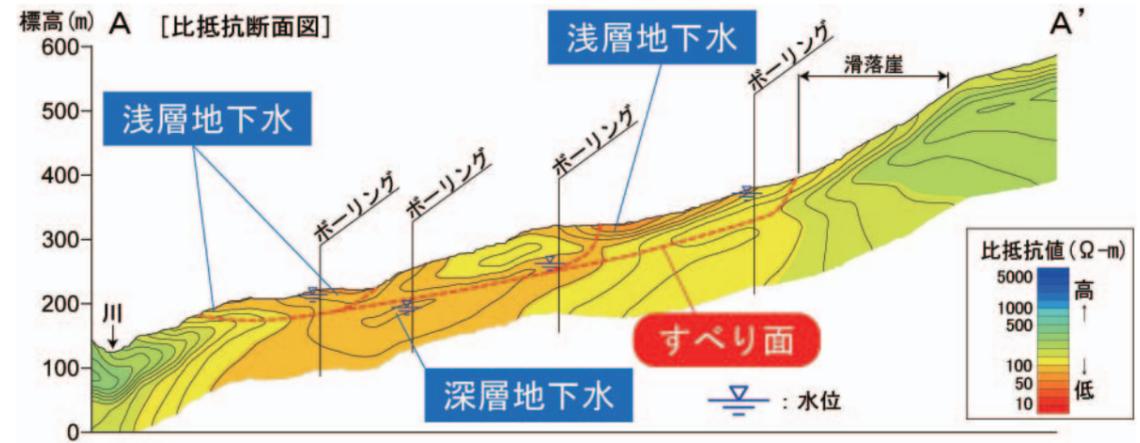
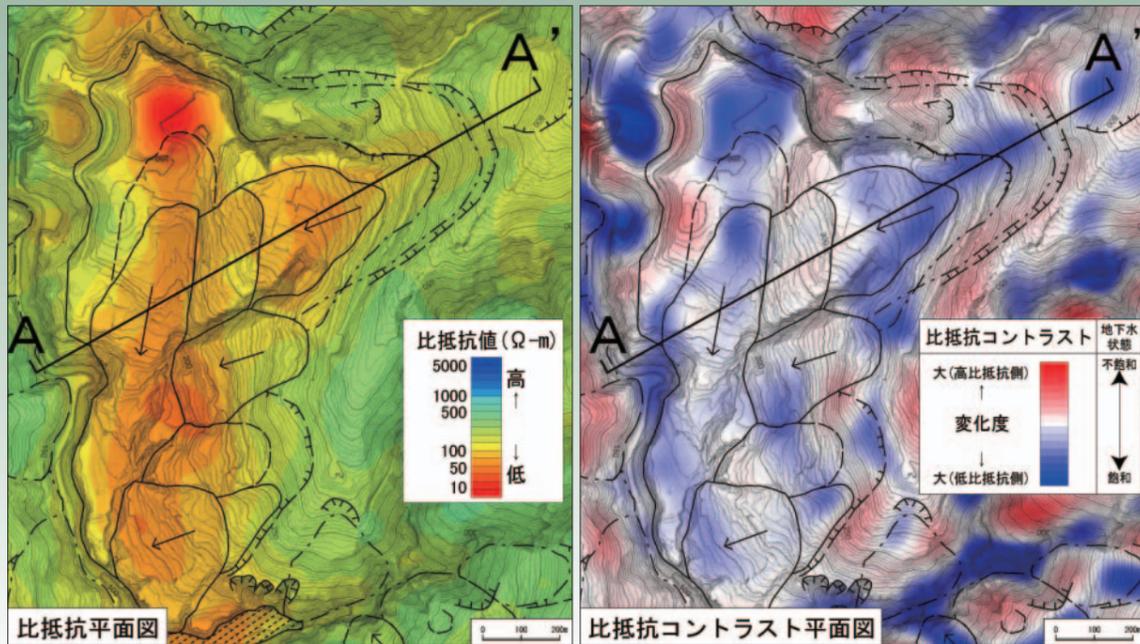


図3 地すべりへの適用事例

され、主に最高速度層でC(CII)パターン、低速度帯でD(DI)パターンとされた。

空中電磁法の測定・解析は、トンネル起工式直後に実施したもので、発注者や大学によって精度検証が行われた。

比抵抗コントラスト解析では、低比抵抗側に注目することによって、事前調査では捉えられなかった不良地山区間(劣化帯に賦存する地下水)の情報を一部区間で把握

できる可能性があることや、設計支保パターンと比較して、施工時支保パターンの合致する精度が向上することが示されている。

おわりに

本稿では、空からつかむ地盤情報技術と題し、空中電磁法による地すべりやトンネル分野への新しい地山評価方法として、従来の比抵抗値に加えて、比抵抗値のコントラスト(比抵抗値相対変化度)解

析に着目した適用例について紹介した。本手法は、高精度測量や地上での地質調査法と併用して解析することにより、広域の地質・地盤情報を効率的に取得できることを示した。

しかし、解析結果の適用精度や適用実績の検証については問題点も残されており、今後とも本手法の各分野での適用性について検討を進め、精度の向上に努めていきたい。

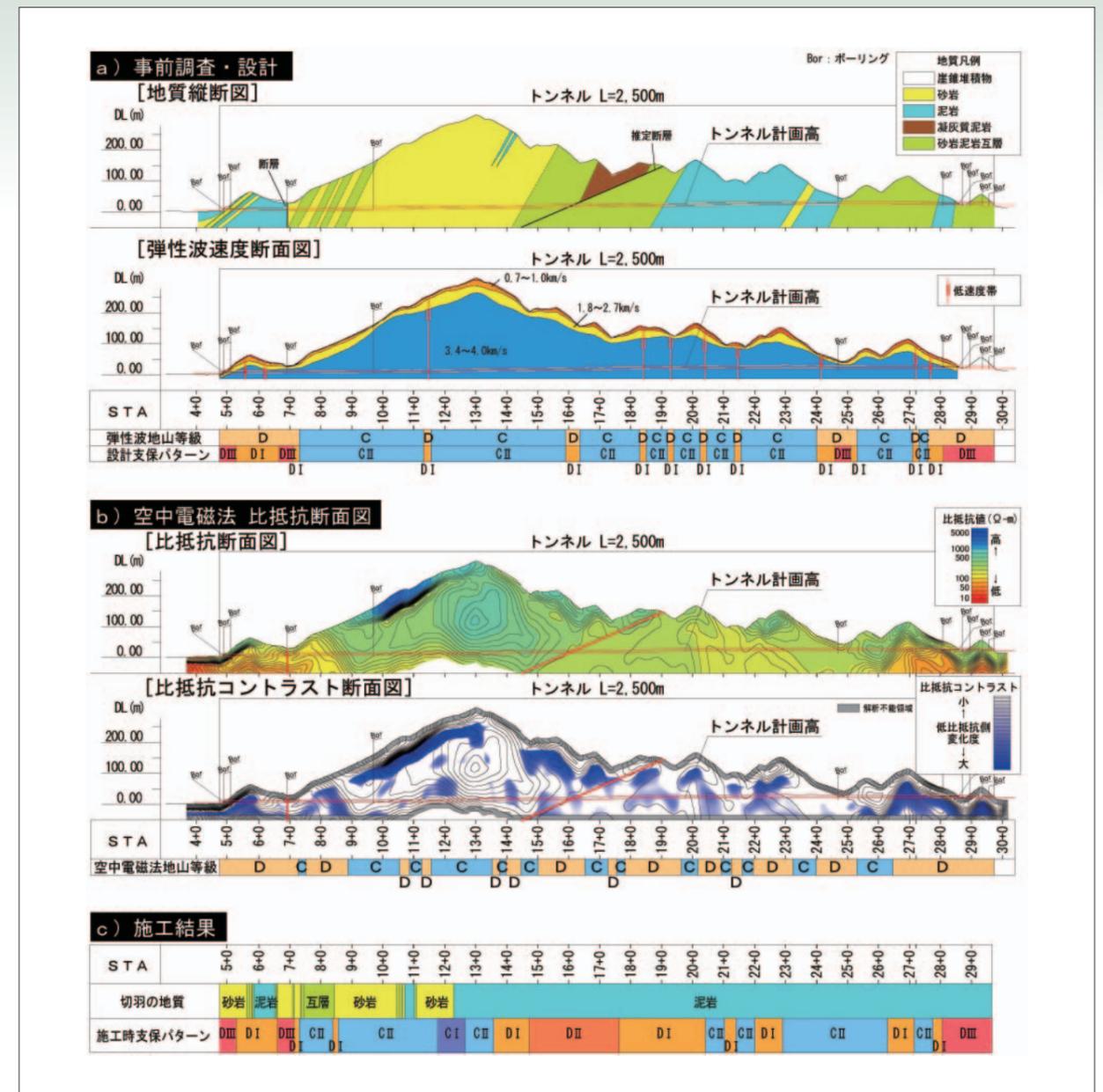


図4 トンネルへの適用事例