

京都大学大学院工学研究科	正会員	○ 菅 野	強
京都大学大学院	修士課程	山 本	一
京都大学工学部資源工学科		福 井	久 智
京都大学大学院	修士課程	小 川	淳
		岸	渉
京都大学大学院 (現・さくら銀行)		栗 原	正 樹

1. はじめに

土木・土木システム・資源・環境分野にまたがる地球工学体系において、地下調査法は一つの支援専門分野の一領域にある一要素であるが、地震学的手法や電気的手法等からなる物理探査・計測評価技術が地盤・岩盤調査の構成部分の有効な役割を受け持っている場合も少なからずある。我が国では、物理探査活動状況をその件数で毎年調査されているが、地震学的手法と電気的手法の比率は概ね5:4になっている。また、日本での物理探査活動は世界に類を見ない土木分野が50%以上を占め特有の国と言える。さて、電気探査と言われる手法は、1916年にウエナー法電極配置が考案されて、直流比抵抗法による電気の地下情報が取得され、水平層状構造の調査が垂直探査(VES: Vertical Electrical Sounding)によりかなり発展(近年、連続的垂直電気探査技術CVES(Continuous VES)として進展)し、ついで比抵抗法水平探査技術とその高精度化が1950年代のMITのIP研究はじめ1970年代の計算機(アナログを含む)解析の進展によって、現地適用例も土木分野に活発になって、施工技術の支援情報の一つとして有効利用できる可能性を示してきた、比抵抗トモグラフィ技術が1990年代にほぼ確立されて、とくにフーリエ変換による有限要素法2D-3Dアルゴリズムの電気探査への利用は3次元地下情報を提供するに大いに推進力になった。さらに、地表電極配列のみならず任意の電極配列システムによる立体電極配列法電気探査技術は全く新しい手法の考案を容易にした点で重要な意義を持つと言える。また、電極配置の感度解析(感度分布及び感度曲線)は、高密度電気探査の基礎、応用開発及び応用理論となり、今後ともその発展が期待される。以上を包含した新しい電気の地下可視化情報学はこれからの土木・土木システム・資源・環境工学分野での一つの支援要素の一端となろう。ちなみに、昨年創立50周年記念を迎えた我が国の物理探査学会(発足当時: 物理探査技術協会)が1948年に形成されたのは既述ウエナー法の1916年から概ね30年後であった。歴史的には、例えば、10周年記念号として物理探査技術全般、20周年記念に1960年代技術進歩と展望、30周年記念に物理探査用語辞典、40周年記念に図解物理探査、そして50周年記念出版に物理探査ハンドブック(CD-ROMを含む)を企画して、物理探査技術の時代的普及・教育に一助を与えている。

2. 電気探査計測評価対象における地下構造の電气的性質

2・1 鉱山学的と土木工学的電気探査における比抵抗の捉え方の相違

鉱山電気探査の比抵抗は(1)地質材料物質そのものの電气的性質、土木工学的電気探査の比抵抗は(2)地盤・岩盤の構成物質における間隙と間隙水の比抵抗、にそれぞれ強く依存していると言える。

2・2 資源環境システム設計と資源情報システム工学における単純予測モデル研究の例題

(1) 水槽実験装置による電気探査モニタリング基礎研究

資源環境システム設計における地下計測評価モデルの例題として、水槽実験装置はやさしい3次元検討が容易にできるので電気探査モニタリング基礎研究の有限要素法解析との組み合わせがかなり有効である。

(2) 廃棄物処分場汚染リークモニタリングの3次元抵抗網モデル基礎研究

資源情報システム工学における単純予測モデルの例題として、C P P 立体電極配列での電界強度モニタリングを環境地盤工学的な一つの問題を検討し、3次元抵抗網モデルが一つの有効なツールとなる。

3. 電気探査計測システムにおける比抵抗構造解析特性

3・1 指向性電極配列システム設計とその評価

例えば、図-1は2極ポール・ポール法の感度解析であるが、決して2極法のみで問題解決する訳でもなく、2極法、3極法、4極ウエナー法、エルトラン電極配置、スタグガード法、シュランベルジャー法、ダイポール・ダイポール法等の電極配列探査特性を指向性という観点から考察し、比抵抗構造解析特性との相関を調べて評価し、電気ポテンシャル理論上、高密度・高分解能及び計算機画像化・トモグラフィ手法でも常に必ずしも地下構造の結果解釈が有効に行われるとは限らず、目的とする探査対象に適切なシステム設計が極めて肝要である。さらに調査追加情報としては、新しい電極システム設計を示唆する立体電極配列法が地下情報可視化にかなり有効である。

3・2 調査領域内外の構造解析特性

図-2は立体電極配列の単純な2値一点表示の例題である。調査領域内外の比抵抗地下情報が調査領域内に表示される特徴が構造解析特性として極めて重要である。

比抵抗トモグラフィ的考察も調査領域内外の構造解析特性の検討に有効である。

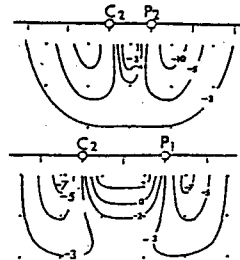


図-1 2極法感度解析

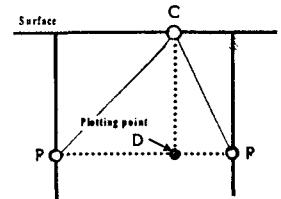


図-2 2値一点法表示例

4. 現地応用研究の例題

図-3は、現地地盤長期変動電気探査計測結果の地下可視化情報の応用研究の例題の一つで、海岸近くの埋立軟弱地盤改良の電気探査長期モニタリング結果である。原油タンク基礎地盤の改良効果を比抵抗が高くなることで定量的に把握している。ウエナー及びエルトラン電極配置の地中計測とその評価結果を示す。

図-4は、トンネル調査掘削位置付近の断層・地下水状況の地下可視化情報の応用研究的例題で一本のボーリング孔と地表との観測条件で、立体C（地下）P P（地表）計測評価結果である。

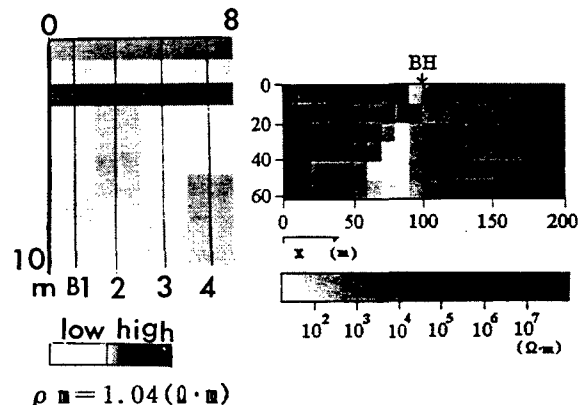


図-3 軟弱地盤比抵抗構造例 図-4 トンネル地質電気探査例

6. ま と め

原油タンク基礎地盤調査、トンネル地質調査における現地電気探査結果再解析及び解釈評価の基礎的研究を一例に、制限下観測条件も考慮した地下調査対象の適切な計測評価の基礎的検討例を説明した。さらに、問題点が山積みであるので何万分の一の支援要素を、決して十分でないが持続的検討を進める予定である。

謝 辞 この応用開発的研究の各支援要素の基礎的検討において、当研究室の卒業生及び在学生の多くの熱心な協力を得た、ここに記して深謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 清野 武 (1947) : 電気探査学、電気書院。
- 2) Sugano, T. (1992) : Conceptual and Predictive Design for Geophysical Information Measurements and Evaluation by Electrical Methods, *Memoirs of The Fac. of Eng. Kyoto Univ.*, Vol. 54, No. 3.
- 3) 首野 強 (1993) : 電気・電磁探査、岩の力学—基礎と応用 (分担執筆)、日本材料学会編、丸善。
- 4) 首野 強 (1993) : 電気探査による地下情報可視化とその評価、可視化情報、Vol. 13.
- 5) 可視化情報学会編 (1993) : 地殻内計測における電気探査可視化情報、流れの可視化今・昔 (首野強分担執筆)。
- 6) 首野 強 (1996) : 電気探査地下計測、土の環境圏 (分担執筆)、フジテクノシステム出版。
- 7) 物理探査学会編 (1999) : 電気探査 (首野強分担執筆)、物理探査ハンドブック、学会50周年記念出版。
- 8) 佐々宏一・芦田 謙・首野 強 (1999) : 建設・防災技術者のための物理探査、初版1993第3刷重版、森北出版。