114 地殻内計測における電気 可視化情報の高信頼化

京都大学 菅野 強

Improvement of reliability of
electrical visualization for
geophysical measurements

Tsuyoshi SUGANO*

Recently in the earth science, geophysical subsurface information can be visualized more easily and detailed. Electrical prospecting methods include the effective subsurface imaging such as resistivity tomography.

In order to improve the accuracy of geophysical information extraction, pragmatic visualization theory and technique have been expected. In this paper, the author try to explain an effective electrical visualization method for subsurface resistivity interpretation, which includes fundamental and preliminary/predictive tool and system such as the sensitivity distribution techniques.

1. はじめに

地殻内部の可視化に有効な電気探査法において、比抵抗情報抽出の高精度化とともに、より信頼性の高い可視化が期待されている。本発表では、その要素技術及び可視化例を報告する。

さて、過去40年間の地球物理学の探査の情報処理の有用性の展開では、ここ25年間は、とくに計算機技術の飛躍的進展が大きく寄与していることは今更言うまでもない。計算機と地球物理学のアクティビティとが石油と政治以上の深い関わりがあると言われるのもうなずける。(1) 今後のその展望についての新しい課題は、1) 地下構造や地質の解釈に果たす物理探査の役割で、3次元(3D)問題がまず挙げられる。現実には、1次元(1D)インバージョンを綿密に施すか、可能な範囲で2次元(2D)インバージョンさらには3D処理をまかなっている。2) 定性的な地下内部推測でなく、例えば、亀裂の方向の決定やその密度、分布及び広がり等の精密な計測ができるかどうか。3) 計算機能力の向上はさることながら、やはり、経済性からの現実的な解析アルゴリズムの検討。4) 計算機可視化が新しいツールとして不可欠となっている現在、地下の内部情報を計算機で可視化することが普通で、より現実的な画像を提供しつつある。

ここでは、極めて基礎的な問題で、電氣的に地下を可視化するにあたり、地表面や地下内部に電極を設置した場合に探査対象物の応答として、亀裂や構造の方向性がどのような影響(効果)をもたらすか、また、複合的な感度情報の利用、などについて一つの検討結果を報告する。すなわち、電気探査法の感度解析を例に、水平及び垂直構造異方性と地表電極配列及び立体電極配列探査特性、そして地下構造探査の一つの可視化手法である比抵抗トモグラフィにおける感度合成の検討について説明する。

2. 地表電極配列法による地下構造探査とその感度解析

— 水平電界と双極子電界における異方性感度解析 —

まず、電気探査に基本的な水平電界利用の方式について、つぎに、双極子電界利用の方式について、地下構造に異方性があった場合について考察する。

* Faculty of Engineering, Kyoto University, Kyoto-shi, 606-01, Japan

図 1 Schlumberger法電極配置の感度分布

- (a) $\rho_x/\rho_0 = 0, \rho_y/\rho_0 = 1$ (b) $\rho_x/\rho_0 = 1, \rho_y/\rho_0 = 0$
 (c) $\rho_x/\rho_0 = \infty, \rho_y/\rho_0 = 1$ (d) $\rho_x/\rho_0 = 1, \rho_y/\rho_0 = \infty$

図 2 Dipole-Dipole法電極配置の感度分布

- (a) $\rho_x/\rho_0 = 0, \rho_y/\rho_0 = 1$ (b) $\rho_x/\rho_0 = 1, \rho_y/\rho_0 = 0$
 (c) $\rho_x/\rho_0 = \infty, \rho_y/\rho_0 = 1$ (d) $\rho_x/\rho_0 = 1, \rho_y/\rho_0 = \infty$

図 3 CC (地下垂直) PP (地表) 立体電極配置の感度分布

(a) $\rho_x/\rho_0=0, \rho_y/\rho_0=1$ (b) $\rho_x/\rho_0=1, \rho_y/\rho_0=0$

図 4 比抵抗トモグラフィ電極配列の感度分布の合成による検討

(a) $S_{k+DD}(gh1)$ (b) $S_{k+DD}(gh2)$ (c) $S_{k+D-D}(n=1)$
(d) $S_{k+DD}(hh)$ (e) $S_{k+DD}(c(1))$ (f) $S_{k+DD}(c(2))$

図1は、Schlumberger電極配置と言われるもので概ね水平電界を形成する地表電極配列法の一つである。水平方向に導電性の高い構造や水平方向に電流の流れが遮られる構造では探査感度が良く、垂直方向に導電性の高い構造や垂直方向に電流の遮られる構造では探査感度があまり良くないことが分かる。

図2は、Dipole-Dipole電極配置と言われるもので、いわゆる双極子電界を形成するものである。水平方向に導電性の高い構造や水平方向に電流の流れが遮られる構造では探査感度が分離してまとまりがないが、垂直方向に導電性の高い構造や垂直方向に電流の遮られる構造では探査感度が電極系の中央部にまとまる傾向を示していることが分かる。

3. 立体電極配列法による地下構造探査とその解析

－地表孔間方式における異方性感度解析－

地下内部を探るのに、地表からのみならずボーリング孔やトンネルなどの観測条件を利用して探査する立体電極配列法がある。

図3は、CC（地下内部）PP（地表面）方式で、Hole-to-Surface電極配置と言われるものである。（a）図は、水平方向に導電性の高い構造の場合で探査感度が地表電極側にまとまっているのに対し、（b）図は、垂直方向に導電性の高い構造の場合で、地下内部電極側に探査感度がまとまっている。このように地下構造の性質と探査感度分布特性は密接な関係にあり、地下情報の可視化及びその結果解釈にあたりその要素技術の検討が十分にされるべきである。

4. 感度合成法による電気的地下可視化支援要素の信頼性向上

－立体電極配列法における感度合成－

色々な電極配置を用いて、電気的な地下情報を抽出するにあたり、より効果的な感度合成からの画像形成が望ましい。

図4は、4種類の立体電極配置の感度解析をそれぞれ行ったあと、観測パターンを合理的に予測設計するに感度合成を検討した結果で、地下浅部の情報抽出の場合と深部情報抽出の場合である。感度合成法による電気的地下可視化支援要素の信頼性向上が図られる一つの新しい手法と考えられる。

なお、比抵抗法の成立しない場合の検討については、一般的な見掛け比抵抗を求める電気探査法を越えて、新しく差動感度分布法が考えられるが、その有効性については、まず、基礎的な例題の十二分の検討が必要である。その要素研究の成果は、従来の比抵抗法による地下情報の画像化の信頼性向上に役立つと思われる。

5. むすび

ここでは、地殻内部の可視化に有効な電気探査法において、比抵抗情報抽出の高精度化とともに、より信頼性の高い可視化が期待されている現状に鑑み、極めてプリミティブな例題であるが、電気探査法の感度解析を例に、水平及び垂直構造異方性と地表電極配列及び立体電極配列探査特性、そして地下構造探査の一つの可視化手法である比抵抗トモグラフィにおける感度合成の検討、及び比抵抗法が成立しない場合の可視化についても触れた。

一般的には、色々な要素技術の検討をはじめ統合的な考察、そして現地応用例における問題点の解決をふまえた、よりプラグマティックな電気的地下内部可視化の研究開発が進められる。⁽²⁾

参考文献

- (1) Savit, C.H.: Geophysics and Computers—A Look to the Future, Geophysics, The Leading Edge of Exploration, Vol. 9, No. 3 (1990), 21-23.
- (2) Sven-Erik Hjelt: Pragmatic Inversion of Geophysical Data, Lecture Notes in Earth Sciences, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (1992).