

海底ケーブルを用いた地殻電気伝導度変化検出の可能性について

中島崇裕・熊澤峰夫・長尾大道

(日本原子力研究開発機構・東濃地科学センター)

An examination of detection possibilities of the EM signals transmitted from the submarine cable to monitor the conductivity in the crust

T. Nakajima, M. Kumazawa, and H. Nagao (JAEA, TGC)

ABSTRACT We examined the possibility for the application of the submarine cables off the coast of Toyohashi as a transmitting source of EM-ACROSS. We estimated the ACROSS signals reflected from the high conductivity layer 9 km below the seabed. The numerical calculations of the layered medium indicates that the signal from the layer could emerge with a few days observation of the electric field. The observable frequency range estimated by the assumed conductivity model is between 0.01 and 1 Hz.

豊橋沖の海底ケーブルを科学的に利用することが検討されている (Goto *et al.*, 2005). この海底ケーブルは、東海地震想定断層面の縁にあたる場所にあり (Fig.1), 海洋型地震発生の仮説として有力な水の関与 (笠原他, 2003) を調べる上で利用価値が高いと考えられる. 本研究では、地中の水の存在を調べるのに有効な電磁波を用いた探査法の一つとして、この海底ケーブルの給電線を電磁波送信源とし、その電磁波を使った地殻電気伝導度探査の可能性について検討した.

これまでの近隣の電磁気探査として, Kasaya *et al.* (2005) は南海トラフから紀伊半島までの MT 観測を行い、フィリピン海プレートの比抵抗イメージを報告している. これによると、数 km (海側) から十数 km (陸側) の深さにプレート境界と想定される面が見られている. この構造を参考に、プレート境界での比抵抗の変化の検出可能性について検討をすることとした.

海底ケーブルから放射される電磁場の見積もりは、水平成層構造で近似して求めた. これは、海底ケーブルの水平方向の長さ比べて、探査深度 (~10km) が小さいためである. 解くべき式としては、水平電流ダイポールからの放射解を使った (Ward & Hohmann, 1987). ただし、ケーブル長を考慮するため、ケーブルを短い区間に分割し、その各領域からの解を足し合わせることによって、ケーブル長 60 km・電流値 1 A から放射される電磁波信号強度を計算した (Fig.2a).

まず水平成層モデルとして、Figure 2b で示されている基本モデルと、Fig.2c で示されているプレート境界での高電気伝導度層を置いたモデルを考え、その層の効果を比較した. Fig.3 は E_x , B_y 成分の両モデル間の差と相対差を信号周波数に対する依存性として表している. この差は、0.01~1 Hz の範囲で大きい. また、ケーブル端と観測点間の距離に対する依存性としては、モデル間の差は観測点が高いほどわずかに小さくなるが、相対差は大きくなっている. これは、ケーブルから直接伝播してくる信号と、プレート境界で反射してくる信号は、ともに観測点の距離に応じて小さくなるが、反射信号の減少率が、直接伝播する信号に比べ小さいためである.

次に、この仮想プレート境界からの信号を捕らえるために必要な観測時間を見積った. 低比抵抗層がある場合とない場合の信号振幅の差は、Fig.3 より、0.04 [nV/m] あるいは 0.1 [pT] と読み取れる. 海底での電磁場ノイズが Chave & Cox (1982) と同じであると仮定すると、電場、磁場それぞれ 10 [(nV/m)/Hz^{1/2}] と 100 [pT/Hz^{1/2}] になる. よってプレート境界からの信号を SN~1 で求めるための観測時間は、電場の場合には 6.3×10^4 秒 (=18 時間)、磁場の場合には 10^6 秒 (=12 日) となり、適当な観測時間で検出可能であることが見積もられた.

このように海底ケーブルの給電線を用いて、10 km 程度までの探査に使える可能性が確認された. MT 探査など不規則な自然信号を用いるのとは異なり、人工信号による探査は、より時間変動検出の目的に

合っている。ただし、地下構造により特徴の出る周波数は異なることが考えられる。このような任意の周波数で長時間送信を続ける機器としては、電磁アクロスで開発が行われており、その技術を利用した観測を検討することが良いであろう。本研究での見積もりは、非常に単純な場合なので、今後の課題としてより精密な見積もりをする必要性は残っている。

Reference

Chave and Cox, *J. Geophys. Res.*, **87**, 5327-5338, 1982.

Goto *et al.*, Abstracts of Joint meeting for Earth and Planetary Sciences, S080-P008, 2005.

笠原他, 「地震発生と水 地球と水のダイナミクス」, pp392, 東京大学出版会, 2003.

Kasaya *et al.*, *Earth Planets Space*, **57**, 209-213, 2005.

Ward and Hohmann, in applied geophysics Vol.1. edited by M.N. Nabighian. pp.131-312. SEG. 1987.

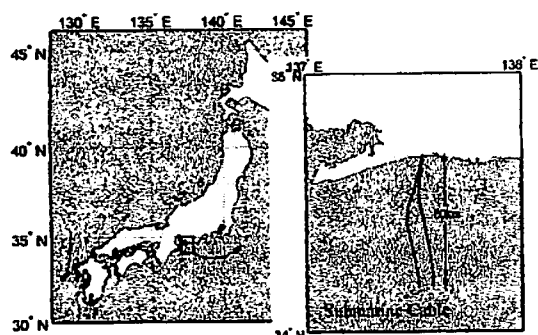


Fig.1 The submarine cable off the coast of Toyohashi. The right panel shows the location of the decommissioned cables. The both cable ends in the sea are about 1500 m in depth.

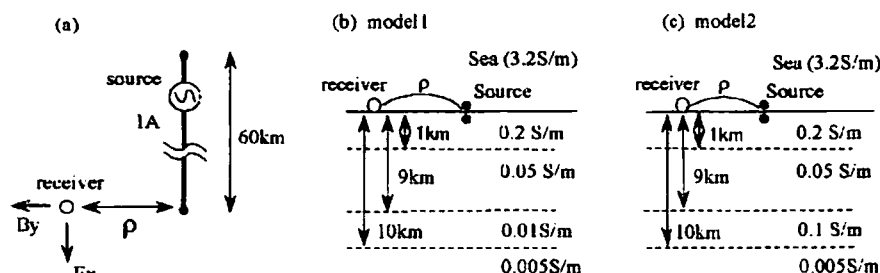


Fig.2 The models used for the feasibility test. (a) represents the geometry of the source and receiver viewed from the top, (b) and (c) are cross-sections of the models.

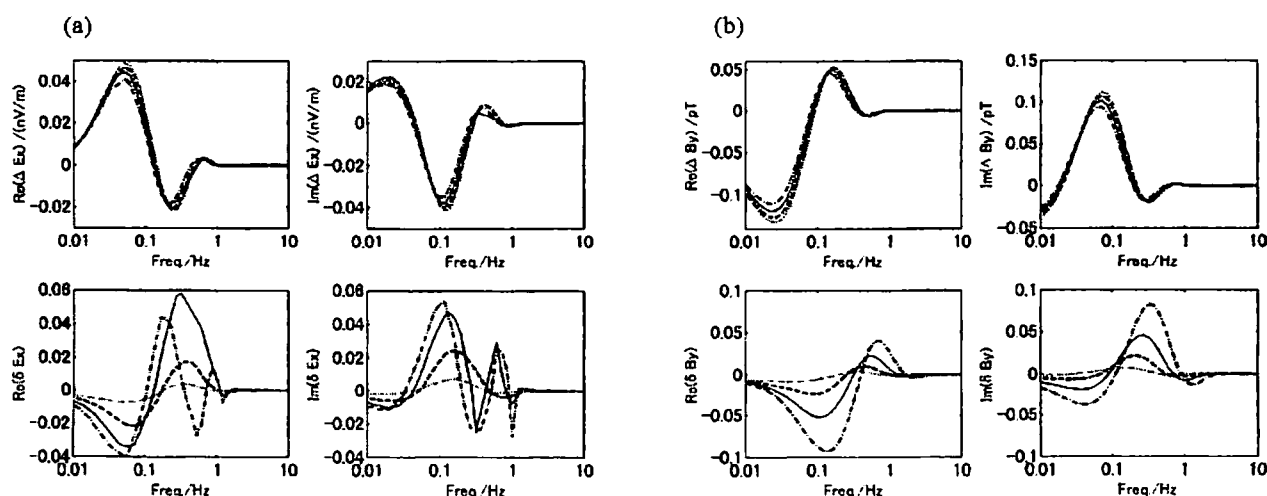


Fig.3 The difference (upper panels) and the relative differences (lower panels) of "Ex" (a) and By (b) components between the model 1 and 2. The line style indicates the difference of the receiver position ρ = 3 km (dotted line), 6 km (dashed line), 9 km (solid line), and 12 km (dot-dashed line).