

地殻内流体の詳細情報を抽出するための地震電磁気同時インヴァージョンの開発にむけて

Toward development of seismic and EM joint inversion to elucidate detailed information on the crustal fluids

上嶋 誠 [1]; 武井 康子 [1]; 小河 勉 [2]; 森田 陽子 [1]; 加藤 愛太郎 [1]

Makoto Uyeshima[1]; Yasuko Takei[1]; Tsutomu Ogawa[2]; Yoko Morita[1]; Aitaro Kato[1]

[1] 東大・地震研; [2] 東大地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo; [2] ERI, Univ. Tokyo

沈み込む海洋性プレートからの脱水によって、定常的に水が供給されている日本列島においては、地殻や上部マントルに存在する水が、メルトの生成を介して火山活動を規定し、様々な地震活動（通常の地震や低周波地震、低周波微動、ゆっくりすべり）を規定している。このため、地殻や上部マントルに存在する水やメルトなどの間隙流体をその存在様式も含めて精密にマッピングすることは、これら地殻活動の物理的メカニズムを探る上で必須のものとなる。そこで、本発表では、「物質・状態」情報をより高い確度で抽出するという観点から、比抵抗、地震波速度構造研究を概観し、電磁気・地震観測量を「同時インヴァージョン」にかける手法を開発する必要性、そのためにどのような問題を解決していくべきかについて考察する（ここでは、ホスト岩石種、温度、間隙流体の存在様式を総称して「物質・状態」と呼ぶことにする）。

本研究の背景として、電磁気、地震それぞれの観測・解析技術の進歩と共に、より精密な構造決定が可能となり、両者の構造の間に明らかな相関が認められるようになったことがあげられる。例えば、東北地方背弧で得られた比抵抗構造 (Ogawa et al., 2001) と、地震波速度構造 (Matsubara et al., 2004) において、中部地殻に電気の流れやすい部分が認められる一方、ピーク値として P 波速度で 8% 程度、S 波速度で 5% 程度の低速度異常が捉えられた。従来、電磁気構造は 2 次元解析によって決定されていたが、例えば Siripunvaraporn et al.(2005) などの inversion 技術の向上により、近年 3 次元構造解析も可能となってきた。2004 年中越地震震源域の 3 次元比抵抗構造 (Uyeshima et al., 準備中) と地震波 Vp 構造 (Kato et al., 2006) でも東北背弧域と同様の対応関係が認められ、震源域の西側上盤は厚い堆積層となっていて共通して低比抵抗、低速度として捉えられ、本震はその堆積層の直下、基盤構造が屈曲しているところで起きた様子が共通して捉えられた。

一方、上嶋 (2003) や Takei (2002) は、比抵抗や地震波速度 V_p , V_s が、間隙流体の存在様式にどのように依存するかの理論的關係式を導出した。その関係を、上述の東北背弧でのそれぞれの構造異常のピーク値に当てはめ、総合的に解釈すると、「この比抵抗・速度異常体は、ピーク値として、体積比にして 5% 程度の間隙水の存在を示唆し、その間隙の形状は球に近いが間隙は互いにつながっていなければならない、間隙水の塩分濃度は海水の 4 倍程度以上でなければならない」ことが推定できるようになる (上嶋, 2005)。このように、地震波速度と比抵抗の両構造を同時に解釈することによって、構造異常を担う物質的実態がより精細に理解できるようになり、また両構造の確からしさも向上する。

このように従来の研究では、比抵抗、地震波速度構造を独立して求め、それらを「同時解釈」することによって「物質・状態」情報の抽出を目指してきた。しかし、従来の「同時解釈」を行う上での問題点は、電磁気学、地震学的構造決定手法それぞれに長所、短所があり、常に「同時解釈」が可能な構造が得られるとは限らないところにあった。また、構造決定全般に対する問題として、構造の滑らかさと観測量のミスフィットの間にはトレードオフ関係があり、観測量には誤差がつきものであることを考えると、滑らかさとミスフィットのどちらを重視するかで、異なる幾種類かの構造が最良モデル候補としてあげられることになる。それらのうち何が最良であるかは、本来、異種構造間でどれだけ共通して一つの「物質・状態モデル」を提示出来るかという観点で選択されるべきものである。従って、電磁気・地震観測量を「同時インヴァージョン」する手法開発の必要性が生じる。「同時インヴァージョン」を達成するには、比抵抗、地震波速度構造の間で何らかの関連性、制約をおき、インヴァージョンに組み込む必要がある。その方策として、a) 構造の変化方向を一致させる制約を与える (クロスグラディエント制約: $|\text{grad}(\text{mr}) \times \text{grad}(\text{mv})|$ を小さくする制約 (ここで mr, mv は比抵抗, 速度モデル); Gallardo and Meju, 2003, 2004), b) 「物質・状態」を未知パラメータとした「同時インヴァージョン」から「物質・状態」、及び、比抵抗・地震波速度構造を同時に推定する、などの方法が考えられる。