

ジオイドー粘性インバーションの一意性: 3次元球殻

On the uniqueness of geoid-viscosity inversion: spherical 3D

木戸 元之 [1], 本多 了 [2]

Motoyuki Kido [1], Satoru Honda [2]

[1] 東大・海洋研, [2] 広大・理・地惑シ

[1] ORI, Univ. Tokyo, [2] Dept. Earth Planet. Syst. Sci., Hiroshima Univ.

地震波トモグラフィーのデータを入力とした、ジオイドー粘性インバーションの解の一意性を、3次元球殻の場合について調べた。その結果、3次元の方が成分数が過剰に多いため、解の存在領域の形状は2次元の場合に比べて単純化されたが、解が鍋底型となり、インバーションの安定性が有利になるわけではないことがわかった。また、入力密度データの不確定さに対するインバーションの安定度は条件により異なった結果を示した。

ここ数年、インバーション方法の改良に伴い、地震波トモグラフィーと観測ジオイドを用いて、マンタルの粘性構造を推測する研究が多くグループにより行われている。しかし、それらの結果は互いに大きく食い違っており、マンタルの粘性構造に対する統一的な解釈は今だになされていない。また、全く独立した、海水準変動による粘性の解析結果とも一致していない。

その原因の一つに、インバーションの入力データである、マンタルの3次元密度分布が良くわかっていないことが挙げられる。長波長の地震波トモグラフィーの結果は、最近では非常に信頼できるものとなっているが、その速度異常を密度異常に変換する際の解釈の違いにより、極めて異なった密度データが得られるのである。具体的には化学組成が通常のマンタルと異なる大陸下テクトスフェアや沈み込み帯付近の速度異常の解釈である。これらの領域はマンタルの最上部であるため、粘性インバーションに及ぼす影響も非常に大きい。

もう一つの原因は、インバーション方法の進歩である。数年前まではフォーワード問題として適当な予想のもとに粘性の推定が行われていた。或は、初期値に強く依存するインバーション法が用いられていたため、ある程度常識の範囲内に解がおさまっていた。しかし、インバーション法の改良により、ジオイドをフィットするためのより最適な粘性解が多く見付かるようになり、問題が複雑化して来た。特に遺伝的アルゴリズムを用いたインバーションの導入により、同じ入力データに対して、同程度のミスフィットを持つ多くの解が存在する場合がある事が示され、上記の原理に基づく粘性推定の問題点を浮き彫りとした。

このような現状を鑑み、既に筆者らは、単純な2次元矩形マンタルに於ける粘性インバーションの一意性と、入力密度に不確定さがある場合の解の安定性について、理論モデルを用いて詳しく調べて来た(Kido and Honda, EPS, 50, 1998)。今回の発表ではこのモデルを現実の3次元球殻に拡張し、2次元モデルとの共通点と違いを議論する。

密度分布が深さ方向で変化する場合、各波長の1成分だけで見た解の存在領域は、成分ごとに変化に富んでいる。2次元矩形の場合、各波長は実部と虚部の2成分しか持たないため、各波長の解の存在領域も波長ごとに大きく異なる。しかし、3次元球殻の場合、各波長には $2 \times L + 1$ (L : 次数) もの成分が含まれているため各成分の特殊性は平均化され、その結果各波長での解の存在領域は単純な形を持つようになり、インバーションの挙動を把握しやすくなった。しかし、その解は平均化の結果鍋底型となり、トータルとしては、2次元の場合より3次元の方がインバーションの安定性が良くなるわけではないことがわかった。

この他、入力密度データの不確定さがインバーションに及ぼす影響については、2次元と3次元どちらが安定かは条件により一概に言えず、現在このことに関する統一的な解釈を試みているところである。