

海底地形を組み入れた3次元電気伝導度構造モデリング(2) - 計算値の評価 -

3D electromagnetic modeling including seafloor topography II: evaluation of calculation

馬場 聖至 [1], 島 伸和 [2]

Kiyoshi Baba [1], Nobukazu Seama [2]

[1] 千葉大・自然科学, [2] 千葉大・自然科学・多様性

[1] Sci. & Tech., Chiba Univ., [2] Graduate School of Sci. and Tech., Chiba Univ.

海底下の電気伝導度構造を考えると、既知情報である海底地形をモデル化し、その影響を考慮に入れることは重要である。我々は海底地形を正確に、しかも計算機への負担を必要最小限におさえてモデル化する方法を考案し、3次元MTフォワード・モデリングコード(Mackie et al., 1994)に組み入れた。計算値の精度を吟味するため、2次元の地形モデルに対するMTレスポンスを計算し、他の手法を用いて計算した結果と比較した。その結果、我々の手法はグリッドの大きさに左右されず、正確な値を計算できることが明かになった。また3次元のモデリングコードに組み入れたことより、海底下の複雑な構造のモデリングに対応できる。

海底地形の起伏が海底で計測される電磁場に与える影響は大きい。とくに海底下で数100秒以上の周期について観測を行う場合、海洋リソスフェアが非常に高比抵抗(数1,000 ~ 数10,000 Ω m)であるために、わずかな海底地形の変化も100kmオーダーの範囲で有為に影響する。したがって海底下の電気伝導度構造を考えると、既知情報として海底地形をモデル化し、その影響を考慮に入れることは非常に重要である。そのためには、海底地形の変化を正確に、しかも計算機に対する負担は必要最小限におさえてモデル化する方法が必要である。本講演では、このような要求を見たす海底地形のモデル化の新しい方法を紹介し、その手法の妥当性について詳細に検討した結果を報告する。

我々の方法では地形の凹凸を、海底面をはさむ二つの層(海水と海洋地殻)の電気伝導度と透磁率の変化で表現し、地形自体は平面にする。この時、電気伝導度と透磁率はテンソル化される(Madden and Mackie, 1989)。これにより、大きな電気伝導度の境界面である海底において、境界に平行な方向と垂直な方向で電磁場を計算することになるので、計算誤差の余地が少なくなる。また、海底面が平らになるので、余分なグリッドを用意することなく任意の地形変化を表現でき、計算機への負担を軽減できる。我々はこの方法を差分法を用いた3次元のMTフォワードモデリングコード(Mackie et al., 1994)に組み入れた。

妥当性の評価には、1次元成層構造の上にy軸方向にだけ滑らかに傾きが変化する2次元の斜面に対するMTレスポンスを用いた。この斜面は幅200km、高低差500mで最大斜度は0.4%の非常になだらかなものである。MTレスポンスは我々の手法を組み入れた3次元モデリング法(T3D)と、3つの異なる手法を用いて計算し、それらの結果を比較した。ここで3つの手法とは、薄層モデリング法(McKirdy et al., 1985; TS)、差分法を用いた3次元モデリング法(Mackie et al., 1994; FW3D)、有限要素法を用いた2次元モデリング法(Wannamaker et al., 1987; PW2D)である。全ての手法において計算点が合う様に20km間隔でグリッドを設けて、周期1,000秒から100,000秒の範囲で計算した。

4つの手法による計算値を比較した結果、以下の事が明かになった。1)全ての手法において地形の平らな場所ではよく一致する。手法間の差は見掛け比抵抗で最大約3%、位相で約1度である。この差は長周期ほど小さくなる。しかしながら斜面上では、2)TS, T3Dはほとんど一致した値をとるのに対して、3)FW3Dは特にTMモードの見掛け比抵抗で100%以上のずれが生じ、4)PW2DはTMモードの見掛け比抵抗で5%、TEモードでも3%程度ずれる。5)グリッド間隔を半分(10km)に細かくした場合、T3Dでは粗い場合とほとんど変化はないが、PW2Dでは斜面上の値が大きく変化し、T3Dの値に近づく。

我々の方法は以下に述べる様に、A)計算精度、B)計算機に対する負担、C)多様な構造、多様な周期への対応、の3点において優れている。A): グリッドを細かくした場合、PW2Dでは斜面の形状の近似は良くなり、計算値も精度が増すはずである。4)、5)の結果より、我々の方法はグリッドの大きさに左右されず正確な計算値を返すものと判断できる。3)は、FW3Dでは地形が階段状にモデル化されていることが原因である。B): グリッドを細かくすることで海底地形を正確に表現しようとする場合、PW2DやFW3Dの様な手法では横方向、縦方向に相当数グリッドを余計に設けなければならないが、我々の手法では縦方向には全くグリッドを増やす必要はない。また5)の結果より、我々の手法はグリッド間隔の大きさによって計算精度がさほど変わらないので、横方向にもグリッド間隔を粗くできる。よって計算機のメモリと計算時間を節約できる。計算時間については差分法を用いたモデリングコードに組み込むことができるという点でも有利である。C): 我々の方法は、3次元のモデリングコードに組み入れることで、海底地形の変化を面的にモデル化し、海底下の複雑な構造をモデリングすることができる。TSの計算結果はT3Dとほとんど一致したが、薄層モデリングでは、海を薄層としてその厚さを無視できる周期に限りがある。また、現状では薄層の下に複雑な構造を置くことができない。このように我々の方法は海底地形の表現として非常に優れたものであると結論できる。