

マルコフ連鎖モンテカルロ法による3次元深部地盤構造の層境界面形状推定 Estimation of three-dimensional layer interface topography of subsurface structure using a MCMC method

岩城 麻子^{1*}, 青井 真¹
IWAKI, Asako^{1*}, AOI, Shin¹

¹ 防災科学技術研究所
¹ NIED

やや長周期帯域の地震動は堆積盆地の構造の影響を大きく受ける。地震波形を精度良く再現可能な深部地盤構造モデルを得るためには波形インバージョンが有効であると考えられる。Aoi (2002, BSSA) は深部地盤構造の層境界面形状をターゲットとする波形逆解析について、観測方程式を擬似線形化し反復解法によりモデルを推定する手法を提案した。Iwaki and Iwata (2011, GJI) ではこの手法を実記録に適用し、実際の堆積盆地構造モデルのチューニングが可能であることを示した。一方、このような擬似線形化手法の一般的な問題点として、解が初期モデルに強く依存したり解が収束しなかったりすることが挙げられる。

本研究では、マルコフ連鎖モンテカルロ法 (MCMC 法) を用いた3次元盆地境界面形状逆解析手法の定式化を提案する。MCMC 法では、乱数を用いてマルコフ連鎖をなすパラメータの抽出により解の確率分布を求める。擬似線形化手法のように最も波形残差が小さいモデルを1つだけ求めるのではなく、抽出された解の確率分布の統計的性質から誤差を含めた解が得られる。

地震基盤深度が水平方向に不均質な3次元盆地モデルを対象として、地震基盤と堆積層の成す境界面形状を推定する手法を定式化し、数値実験によりその適用性を検討する。ここで対象とするターゲットモデルは25 km × 20 km、基盤深さが最大2500mのものとし、解析周期帯域は3-10秒とする。境界面形状はcosine型の基底関数展開で表現し、各ノードにおける境界面深さの初期値からの変化分をモデルパラメータとする。モデルパラメータは-400 m から2200 mまでの範囲で200 m間隔に探索する。ノードは水平方向に2.5 km間隔に35個あるので、モデルパラメータ空間には14の35乗個のモデルパラメータの組み合わせが存在することになる。この中から乱数を用いて生成されたモデルをMetropolis-Hasting法による棄却・受理によって標本抽出を行い、9000回の計算ののち受理されたモデルパラメータの平均と標準偏差を求めた。得られた平均モデルは、ターゲットモデルを基底関数の持つ波長の分解能の範囲でよく再現していた。MCMC法はグローバルサーチ法の一つであり、初期モデルに依存しづらく、誤差範囲を含めた解の分布を得ることができる。初期モデルの情報が乏しい状況では、擬似線形化手法では安定して解を求めることはできない。そのような場合においては、MCMC法によって得られる大局的な解を初期値として擬似線形化インバージョンを行う2段階の逆解析が有効である。

キーワード: 地盤構造, 逆問題, モンテカルロ法

Keywords: subsurface structure, inverse problem, Monte Carlo method