

一次元地下構造モデルの推定を目的としたトランスディメンショナル波形インバージョンの開発
Development of trans-dimensional waveform inversion to estimate 1D layered underground structure model

*久保 久彦¹、鈴木 亘¹

*Hisahiko Kubo¹, Wataru Suzuki¹

1. 独立行政法人防災科学技術研究所

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

震源過程解析における信頼性の高いグリーン関数の構築を目的として、しばしば小地震の波形モデリングを基にした一次元地下構造モデルの推定が図られている (e.g., Ichinose et al. 2003; Kakehi 2004; Asano and Iwata 2009)。本研究ではリバーシブルジャンプマルコフ連鎖モンテカルロ法 (rjMCMC法、Green 1995) を用いた、一次元地下構造の推定を目的とする新たな波形インバージョン手法を開発する。rjMCMC法を用いたトランスディメンショナルインバージョンの利用は地球物理学の分野で近年進んできている (e.g. Malinverno 2002; Agostinetti and Malinverno 2010; Bodin et al. 2012; Dettmer et al. 2014; Hawkins and Sambridge 2015)。rjMCMC法の利点として、同手法はモデルパラメータ数も逆問題の未知数とする解析手法であるため、解の複雑性を決める一つの要因であるモデルパラメータ数を人の手を介することなく記録から直接決めることができる点が挙げられる (Gallagher et al. 2009; Agostinetti and Malinverno 2010)。層数や初期構造モデルなどの強い事前情報を必要としないという点で、本研究で提案する波形インバージョン手法は高い汎用性を持つと考えられる。そのほかの利点としてはMCMC法で得られる解の確率分布が解の不確実性の評価に有用である点が挙げられる。得られた地下構造モデルの不確実性に関する情報は震源インバージョンへの理論誤差の導入などにおいて役立つことが期待される。

一次元地下構造モデルの層構造は個数可変のボロノイ分割を用いて表現する (e.g. Bodin et al. 2012)。観測方程式の誤差はガウス分布に従っており、互いに独立であると仮定する。本手法における未知数は層数、各層の厚さ、各層のVs、そして誤差の大きさに相当するハイパーパラメータである。各層のVpおよび密度はBrocher (2005)の経験式より各層のVsから求める。各層のQpおよびQsはKawabe and Kamae (2008)およびKoketsu et al. (2009)を参考に各層のVsから求める。理論波形は離散化波数積分法 (Bouchon 1981) と反射・透過係数行列法 (Kennett and Kerry 1979) を用いて計算する。またモデルのサンプリングにおいてパラレルテンパリングアルゴリズム (e.g. Sambridge 2013) を導入している。パラレルテンパリングアルゴリズムは、MCMC法におけるモデルの受託・棄却に関する温度が異なる系を並列で実行し、一定回数でそれぞれの系が持つ温度をメトロポリスヘイスティングス基準に基づいて交換していくことで、サンプリングの効率性の向上とパラメータの探索領域の拡充を図る手法である。

発表では理論テストや実際の記録を用いた解析を通して、本手法の妥当性やその有用性を示す予定である。

キーワード：トランスディメンショナル波形インバージョン、一次元地下構造モデルの推定、リバーシブルジャンプMCMC法

Keywords: Trans-dimensional waveform inversion, Estimation of 1D structure model, Reversible jump MCMC method