

準球座標系差分法による全地球地震電波モデリング ：マルチドメイン化

豊国, 源知
九州大学大学院理学府

<https://doi.org/10.15017/1467687>

出版情報：九州大学情報基盤センター広報：全国共同利用版. 6 (3), pp.180-181, 2007-03. Computing and Communications Center Kyushu University

バージョン：

権利関係：

豊国 源知 (九州大学大学院理学府)

概要

筆者らは精度と効率の良い理論地震波形計算手法、「準球座標系差分法」の開発を行ってきた。今回は地球中心近傍でも計算を安定に行えるよう、差分スキームに不連続格子 (= マルチドメイン) を導入した。本稿では九州大学情報基盤センターの高性能演算サーバを用いて得られた成果を報告する。

1 はじめに

現在開発を行っている「準球座標系差分法」は、準球座標系アプローチ^[1]の概念を差分法に適用した理論地震波形計算手法であり、横方向不均質を含む現実的な全地球構造モデル中を伝播する地震波を効率良くモデリングできる。これまで全地球を対象とした理論地震波形の計算で主流であった軸対称モデリングは、通常球座標領域を用いていることが原因となり、軸を挟んで非対称な現実的な構造を扱えなかった。筆者らは通常球座標領域と領域の取り方を変えた「準球座標領域」を新たに定義、導入することで軸対称モデリングの問題点を克服した。

また従来軸対称モデリングによる差分計算ではいずれも、爆破震源など軸対称な震源のみが用いられており、断層震源を含む現実的なモーメントテンソル震源は扱われていなかった。筆者らは軸対称差分計算でモーメントテンソル震源の導入に成功しており^[2]、このノウハウを応用することで準球座標系差分法における任意のモーメントテンソル震源の取り扱いを可能にした^[3]。

2 目的

これまでの準球座標系差分モデリングでは、横方向 (θ 方向) の格子間隔が不変な均質格子を用いていたため、計算の安定性の制約から、計算領域は地球半径 $r = 1000$ km 以浅に限られていた。今回は地球中心近傍でも計算を安定に行えるよう、準球座標系差分法のスキームにマルチドメインを導入することを目的とした。

3 手法

今回適用するマルチドメインは文献 [4] による格子を球座標系へ拡張したもので、細かい格子を用いる領域 I の下部に 3 倍粗い格子を用いる領域 II を接続する。両領域とも θ 方向には等間隔格子、 r 方向には不等間隔格子^[5]を用いる。それぞれの領域では時間 2 次・空間 4 次 (地球中心近傍では時間 2 次・空間 2 次) のスタガード格子差分を適用し、領域の接合部でも空間 4 次精度を保つため、領域 II から領域 I への変数の受け渡しには 4 次のラグランジュ補間を用いる。

4 結果

ここでは計算例として、均質地球モデル ($v_P = 8.02$ km, $v_S = 4.44$ km, $\rho = 3.36$ g/cm³) を用い、 SH 波震源を適用したケースでの結果を示す。計算は $9 \text{ km} \leq r \leq 6371 \text{ km}$ (地表), $-\pi \leq \theta \leq \pi$ の範囲を、領域 I から VI の 6 層に分割して行った。それぞれの領域の接合部は $r = 75, 230, 643, 1880, 5593 \text{ km}$ にある。 θ 方向の格子数は最上部の領域 I で 2916, 最下部の領域 VI で 12 である。領域 VI の最下部には吸収境界条件を適用した。 r 方向の格子数はトータルで 523, 時間間隔は 0.1 秒とした。震源は $r = 4009 \text{ km}$, $\theta = 0^\circ$ に置き、震源時間関数のパルス幅は 60 秒とした。図 1 に SH 波伝播のスナップショットを示す。領域の接合部で人工的な反射波等は見られず、本スキームで現実的な波動場の計算が可能であることが確認できる。計算に要したメモリは 47 MB, 励起後 5000 秒までの計算時間は 8CPU でおよそ 20 分であった。必要な格子数はトータルで 712380 であり、これまで用いてきた均質格子による計算に必要な格子数 2440800 と比較しておよそ 3.5 分の 1 と、メモリが大幅に節約されている。

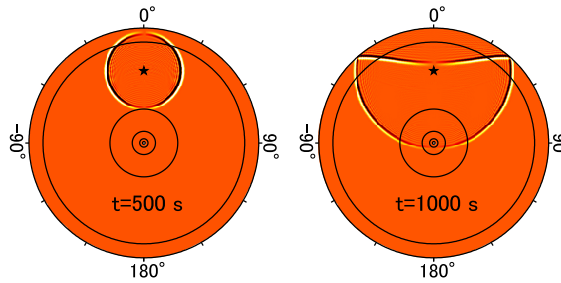


図 1: 励起後 500 秒および 1000 秒の SH 波伝播のスナップショット (粒子速度の ϕ 成分)。星印は震源, 黒線は領域の接合部を示す。

5 まとめ

準球座標系差分法のスキームにマルチドメインを導入した。 SH 波震源を用いたテスト計算で地球中心近傍まで安定した計算が行えることを確認した。

謝辞

本研究は九州大学大学院理学研究院の竹中博士先生の御指導のもと行いました。九州大学情報基盤センターの藤野清次先生, 南里豪志先生, 渡部善隆先生は「夏の研究奨励キャンペーン」で高性能演算サーバの計算資源を御提供下さり, また本発表の機会を与えて下さいました。記して感謝いたします。

参考文献

- [1] Toyokuni, G., Takenaka, H., Wang, Y. and Kennett, B.L.N.: *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L09305, doi:10.1029/2004GL022180, 2005.
- [2] Toyokuni, G. and Takenaka, H.: *Earth Planets Space*, **58**, e29–e32, 2006.
- [3] 豊国源知・竹中博士: 月刊地球, **28**(9), 607–611, 2006.
- [4] Aoi, S. and Fujiwara, H.: *Bull. Seism. Soc. Am.*, **89**(4), 918–930, 1999.
- [5] Pitarka, A.: *Bull. Seism. Soc. Am.*, **89**(1), 54–68, 1999.