

## 液体を含んだ媒質に対する3次元差分法による地震波動場計算

### FDM simulation for a solid-liquid medium

中村 武史<sup>1\*</sup>, 竹中 博士<sup>2</sup>, 岡元 太郎<sup>3</sup>, 金田 義行<sup>1</sup>

Takeshi Nakamura<sup>1\*</sup>, Hiroshi Takenaka<sup>2</sup>, Taro Okamoto<sup>3</sup>, Yoshiyuki Kaneda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>海洋研究開発機構, <sup>2</sup>九州大学, <sup>3</sup>東京工業大学

<sup>1</sup>JAMSTEC, <sup>2</sup>Kyushu University, <sup>3</sup>Tokyo Institute of Technology

計算機環境の進展により、差分法などをはじめとする数値解析手法を用いた大規模波動場計算が身近なものとなってきた。地震波動場については、運動方程式と粘性弾性体のフックの法則を連立させて解くことで、複雑な構造媒質中の波動伝播をシミュレーション計算することができる。シミュレーション計算の精度を高めるには、計算グリッドの細分化や、微係数をなるべく高次まで展開して近似的に解くことが必要である。しかしながら、液体を含んだ構造媒質に対しては、ただ闇雲にこれらの処理を適用すればよいわけではなく、岡元・竹中（2005）の2次元差分法による計算例で示されたように、固体と液体の境界条件を満たすように解かなければ、解析解と一致する解を得ることができない。本研究では、海域における地震波動場を高精度に計算することを目標に、3次元スタガード差分法を用いて、固体・液体境界周辺における差分解法の検証を行った。

本研究では、中村・他（2009）による3次元スタガード格子差分法コード（HOT-FDM）を用いて計算を行った。このコードの特徴として、固体・液体境界における各変数（速度及び応力）の境界条件を満たすために境界面をせん断応力成分の差分グリッド上に設定し、境界面付近で差分式の空間精度を（見かけ上）2次精度に落とす処理を適用している。本研究では、さらに、計算領域の側方からの反射波が観測点上の波形に混入することを避けるために、計算領域の側方にPML層を設けた（convolutional PML：例えば、Roden and Gedney, 2000）。構築したコードを用いて、1)固液境界面が水平面と平行な場合、2)デカルト座標系の座標軸のうち固液境界面が一方に傾斜している場合、3)二方向に傾斜している場合、の3つのケースについて、境界面付近で空間4次精度と空間2次精度差分でそれぞれ計算を行った。その結果、1つの計算グリッドに対して固液境界面が二もしくは三方向に存在する2)や3)のケースについて、空間4次精度による境界面上の観測点の差分解と解析解との乖離が大きくなることが分かった。実体波及び境界波における振幅の違いの他、空間4次精度差分法による波形には、後続に低周波のノイズが生じることが分かった。これは、固液境界をまたいだ空間4次精度以上による高次差分では、液体の影響を強く受けて計算誤差を招くこととなり、2次元もしくは3次元的に複雑な海底地形を含んだ計算ではその誤差の影響が大きくなる可能性があることを示唆している。本研究では、それぞれの計算についての波形計算結果を比較しながら示すとともに、境界面の配置と高次差分計算によって生じる誤差について報告を行う。

キーワード:地震波動伝播,差分法

Keywords: seismic wave propagation, FDM