

### 3次元動弾性解析のための領域分割型ボクセル有限要素法

#### Domain decomposition Voxel Finite Element Method for 3-D elastodynamic analysis

# 藤原 広行[1], 藤枝 忠臣[2]

# Hiroyuki Fujiwara[1], Tadaomi Fujieda[2]

[1] 防災科研, [2] 富士総研・解析2部

[1] NEID, [2] Comp. Eng., Fuji-ric

3次元地震波動伝播シミュレーションのための領域分割型ボクセル有限要素法の計算性能の評価を行うため、全無限媒質、半無限媒質及び層構造媒質についてダブルカップル点震源に対する波形を計算し、解析解との比較を行った。また、有限差分法と計算時間及び計算に必要なメモリー容量等の比較を行い、計算性能の評価を行った。その結果、計算精度は、パラメータの設定を適切に行うことができれば十分なものが得られるが、現在のプログラムコードでは、計算に必要なメモリー容量は有限差分法とほぼ同等となるが、計算時間に関しては、有限差分法と比較して十倍以上かかることがわかった。

近年の著しい計算機技術の進歩により、地震波動伝播シミュレーション等の3次元動弾性解析が、強震動の予測計算等においても使用されるようになってきている。その中でも特に威力を発揮している計算法が有限差分法である。一方、有限要素法は、複雑な形状の扱い等において有限差分法以上に汎用性に富んだ手法であるにもかかわらず、3次元地震波動伝播シミュレーションのような極めて大規模な計算においては、ごく少数の例を除いては、有限差分法ほど手軽に使用できる計算法とはなっていない。この原因の1つは、非構造メッシュ有限要素法のような極めて汎用性に富んだ有限要素法は、有限差分法と比較して、計算時間及び計算に必要なメモリー容量が大きく、WSレベルの計算機を用いての3次元シミュレーションが現状ではまだ困難な状況にあるためと考えられる。

本研究では、3次元地震波動伝播シミュレーションのための有限要素法として、有限要素法が本来持っている汎用性をある程度犠牲にする代わりに、計算に必要なメモリー容量等を大幅に節約できる手法を提案する。ある与えられた地下構造モデルに対して、地震波動伝播計算を行うためには、計算しようとする周期帯域に応じて、また構造パラメータに依存して、計算に必要なメッシュサイズが決まる。最適なメッシュサイズを用いた領域分割を行うためには非構造メッシュを利用しなければならないが、本研究で用いる手法では、最適化をある程度犠牲にして、地下構造モデルを大まかに領域分割し、個々の領域についてはボクセル要素を用いた領域分割を行う。領域毎に、ボクセル要素のサイズは異なることを許し、領域境界において各領域を張り合わせる。弾性波動方程式を弱形式に変換した式を基礎方程式とし、質量集中近似により時間方向には陽解法の2次精度中心差分を用いる。本研究で提案するこのような有限要素法を、領域分割型ボクセル有限要素法と呼ぶ。

領域分割型ボクセル有限要素法の計算性能の評価を行うため、全無限媒質、半無限媒質及び層構造媒質についてダブルカップル点震源に対する波形を計算し、解析解との比較を行った。また、有限差分法と計算時間及び計算に必要なメモリー容量等の比較を行い、計算性能の評価を行った。その結果、計算精度は、パラメータの設定を適切に行うことができれば十分なものが得られるが、現在のプログラムコードでは、計算に必要なメモリー容量は有限差分法とほぼ同等となるものの、計算時間に関しては、有限差分法と比較して十倍以上かかることがわかった。今後は、計算の高速化、メッシュ生成ツールの作成等が課題となる。

本研究は、科学技術振興調整費総合研究「地震災害軽減のための強震動予測マスターモデルに関する研究」の一環として実施された。