

変位 - 応力型スタガード不規則格子差分法を用いた大規模 3 次元地震波動場の並列計算

Parallel computation of large scale 3D seismic wavefield using a displacement-stress staggered-grid FDM with nonuniform spacing

林田 智宏[1], # 藤井 雄士郎[2], 竹中 博士[2]
Tomohiro Hayashida[1], # Yushiro Fujii[2], Hiroshi Takenaka[3]

[1] 九大院・理・地惑, [2] 九大・理・地惑

[1] Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ., [2] Dept. Earth & Planet. Sci., Fac. Sci., Kyushu Univ., [3] Dept. Earth & Planet. Sci., Kyushu Univ.

大規模な 3 次元な計算を行うには莫大な計算メモリーと計算時間が必要となり、現在のワークステーションクラスの計算機のパワーでは限界が生じている。そのためこのような計算をワークステーションクラスの計算機で行うことができる計算コード開発することは非常に望まれている。そこで本研究では現在のワークステーションクラスの計算機をクラスターとして用いることによって、大規模な 3 次元の計算を行うことができる並列計算コードを開発することを目的としている。

1995 年兵庫県南部地震による被害の著しかった「震災の帯」は断層直上ではなく、断層から南に約 1km 離れた盆地側に生じた。なぜこの「震災の帯」が断層から離れたところに生じたかということの解明するためには、3 次元の波動伝播を考慮する必要がある。また、実際に地震が発生したときいかにその災害を軽減することができるかということは地震学にとって非常に重要な課題の 1 つである。詳細な 3 次元構造モデルのもとで行う強震動予測は地震災害軽減のための有効な手段である。この強震動予測は全国各地で行う必要があり、そのため現実問題として計算はワークステーションクラスの計算機に頼らざるを得ない。しかし 3 次元の地震波動の伝播を考慮するにしても、3 次元構造のもとで行う強震動予測にしても計算には莫大な計算メモリーと計算時間が必要であり、現在のワークステーションクラスのパワーでは限界が生じている。そのためこのような計算をワークステーションクラスの計算機で行うことができる計算コードを開発することは非常に望まれている。そこで本研究は現在のワークステーションクラスの計算機をクラスターとして用いることによって、大規模な 3 次元の計算を行うことができる並列計算コードを開発することを目的としている。

地震波の支配方程式は運動方程式と構成方程式(フックの法則)である。今回、変位 - 応力型の支配方程式をスタガード格子を用いて時間 2 次精度、空間 4 次精度(または 2 次精度)の差分法を用いて離散化し、それをもとに計算コードを作成した。この変位 - 応力型のスキームは速度 - 応力型のスキームと比較すると応力をストアする必要がないため、計算メモリーを軽減できる。そのため計算メモリーの点で大変有利であり、大規模な計算に向いている。今回のスキームではさらに 1CPU あたりの計算メモリーの軽減と計算時間の短縮のため Pitarka(1999)が速度 - 応力型のスキームにおいて開発した不規則格子のスキームを変位 - 応力型のスキームに適用した。さらに、本研究ではこのスキームを並列計算用に拡張した。

大規模な 3 次元モデリングの実用化において計算コードの並列化は非常に重要な課題である。並列計算では分割した計算領域を複数の CPU に割り当て、各小領域の計算を独立に進行させる。そのため計算メモリーの分散と計算時間の短縮において非常に有効である。今回の差分法の計算の場合、領域分割によって分断されたデータ(値)を用いて計算を行う場合がある。そのため CPU 間の通信として MPI(Message Passing Interface)通信ライブラリを用いた。

今回作成したコードによって大規模な 3 次元地震波動場の計算がワークステーションクラスの計算機で可能になった。このことは例えば地震防災の分野において強震動予測をする上で大変有意義である。