

三角要素を用いた地震の動的破壊のシミュレーション - その 2 -

Earthquake Dynamic Rupture Simulation using Triangular Elements -Second Report -

福山 英一[1], 多田 卓[2], 芝崎 文一郎[3]

Eiichi Fukuyama[1], Taku Tada[2], Bunichiro Shibazaki[3]

[1] 防災科研, [2] 東京理科大・工・建築, [3] 建築研

[1] NIED, [2] Dep. Architecture, Fac. Engng., Tokyo Univ. Sci., [3] BRI

福山・他(2001, 地震学会秋季大会 P126)において、境界積分方程式法による三角要素を用いた任意形状断層の動的破壊の計算が可能となり、このプログラム(以後 FTS01 と呼ぶ)と、Fukuyama and Madariaga(1998、BSSA)による平面断層のためのプログラム(以後、FM98 と呼ぶ)を用いて平面断層の動的破壊の計算結果を比較し、計算が十分精度よく行われていることを確かめた。

FM98 では、積分核がすべての要素で共通に使えることから、あらかじめすべての積分核を計算し、その Fourier 成分を保持し、時間ステップごとの畳み込み積分を周波数領域で行うことで計算時間の短縮をはかっていた。これに対し、FTS01 では、非平面断層を想定しているため、断層面のすべての要素間の積分核が全て異なり、積分核の使い回しができず、毎時間ステップごとに積分核を計算して時間領域で畳み込み積分を行っている。それゆえ、三角要素を使う FTS01 では FM98 の約 300 倍もかかっていた。ただし、FTS01 での計算時間は曲面の場合も平面の場合も計算時間に大差ないことに注意していただきたい。

FTS01 は、FM98 と比較してメモリーの消費量は格段に少ない(N vs N^2)という利点があるが、計算時間が莫大である(N^2 vs $N \log N$ vs)という問題があった。この問題点は MPI を用いた並列化により克服することができた。RedHat Linux 上に SCore による並列計算環境を構築し、MPI コールを追加することによりプログラムの並列化を行った。並列化は積分核の計算および時間領域における畳み込み積分の部分のみに対して行ったが、速度向上率(=(単一 CPU での経過時間)/(n CPU での経過時間))は約 $0.9n$ となり、非常に良いパフォーマンスが得られた。

Aochi and Fukuyama (2002, JGR)では、断層の走向が複雑な横ずれ地震である Landers 地震のシミュレーションを行ったが、本プログラムを用いることで、より形状が複雑な沈み込み帯の地震のシミュレーションが可能となる。

FTS01 を用いて、曲面断層のより現実的な状況での計算を行った。断層形状は十勝沖の沈み込み帯のように複雑なプレート境界の形状をしている領域をターゲットとし、定常的なプレート運動により蓄積されるせん断応力分布を初期応力と仮定し、空間的に変化する破壊の構成則を導入し、断層破壊のシミュレーションを試みる。予備的な計算では、断層形状による応力分布が、断層の動的破壊をコントロールしている様子を見ることができた。