

断層周辺における地震波動伝播シミュレーション

中村, 武史
九州大学大学院理学府

<https://doi.org/10.15017/1495403>

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. 5 (3), pp.144-145, 2006-02. 九州大学
情報基盤センター広報
バージョン：
権利関係：

成果報告 4

断層周辺における地震波動伝播シミュレーション

中村 武史 (九州大学大学院理学府)

地震発生の予測のためには、地震発生場における物理的性質の把握が第一に必要である。近年の研究により、地震活動の活発な地域における地下構造が明らかになりつつあり、断層周辺においては、地震波の速度異常や高減衰、流体の存在等が報告されている。とりわけ、断層破砕帯を中心とした、非常に破砕度の高い領域における構造は、断層のサイズや発達過程を知る上で重要なファクターである。しかし、断層破砕帯は、わずかに数 10cm～数 100m の幅しか有しておらず、多くの研究で行われてきた地震波の走時のみを使った解析では十分な解像度を得ることができない。また、構造の不均質による観測地震波形の変化が時として非常に小さいことがあり、観測地震波形を使った解析だけでは、破砕帯も含んだ断層帯周辺の特性を捉えることは難しい。このような困難を解決するためには、観測地震波形の解析に加え、理論地震波形の合成から構造を推定することが適切である。本研究では、現在の地震学で注目されているトピックの一つである、断層破砕帯を含んだ断層構造のモデル化、及び断層周辺におけるクラックの空間的な分布を明らかにすることを目標に、九州大学情報基盤センターの高性能演算サーバー p5 で理論地震波形の計算を行った。

理論地震波形は、速度-応力型の支配方程式（弾性体の運動方程式と構成方程式）を 3次元スタガード不規則格子差分法により計算して合成を行った。速度-応力型のスタガード格子差分法（Virieux (1984, 1986), Levander (1988)）はプログラム作成が容易であることに加え、ポアソン比の高い媒質（流体）でも安定に解けることが知られており（例えば、岡元・竹中(2005)）、これまで 3次元の問題で(Graves (1996))、不規則格子への適用を Pitarka (1999)が行っている。本研究での 3次元スタガード不規則格子差分法の計算は、計算時間の節約のため、MPI ライブラリによる並列計算で行った。複数の CPU（最大 16CPU）による並列計算を行うことで、計算時間の大幅な短縮が実現できた他、各 CPU に分散した大容量のメモリを使用することで、通常の PC(1CPU)では不可能であった、多数の格子空間上でも計算を行うことができた。例えば、 $x200 \times y100 \times z100$ の格子空間で、2000 タイムステップまで計算を行った場合、1CPU では、約 3 時間かかった計算が、16CPU の並列計算により、約 13 分で終了した。また、最

大で $x1200 \times y500 \times z400$ の格子空間における理論地震波形の計算を行うことができた。上記の計算は、計算時間の長さでメモリとの制約から、手許にある通常の家庭用 PC では試みることのできなかつた計算であった。

このようにして合成された理論地震波形は、観測地震波形に近づくよう、パラメータを変えながら計算を繰り返した。両者が一致するような、最適な理論地震波形の時の計算入力パラメータを構造の推定値とし、断層破砕帯におけるクラックの分布様式を求めることができた。多数の試行錯誤を必要とする計算、大容量のメモリを使う計算では、今回の 16CPU による並列計算は、冒頭に挙げた研究目的を達成する上で、非常に役に立った。高速計算で結果をすぐに得ることができたため、プログラムの計算チェック等も頻繁に試すことができ、クラックの空間分布をパラメータとした新たなコードの開発にも成功することができた。今後は、今回新たに作成したコードも使いながら、多数の地震について解析を行うつもりである。

参考文献

Graves, R. W., Simulating seismic wave propagation in 3D elastic media using staggered-grid finite differences, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 86, 1091–1106, 1996.

Levander, A. R., Fourth-order finite-difference P-SV seismograms, *Geophysics*, 53, 1425–1436, 1988.

岡元太郎・竹中博士, 速度・応力型差分法での固体・流体境界の扱いについて, *地震* 2, 57, 355–364, 2005.

Pitarka, A., 3D elastic finite-difference modeling of seismic motion using staggered grids with nonuniform spacing, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 89, 54–68, 1999.

Virieux, J., SH-wave propagation in heterogeneous media: Velocity-stress finite-difference method, *Geophysics*, 49, 1933–1957, 1984.

Virieux, J., P-SV wave propagation in heterogeneous media: Velocity-stress finite-difference method, *Geophysics*, 51, 889–901, 1986.