

ボクセル型有限要素法による 三次元構造内強震動と地殻変動の計算

○ 額額一起 (東大地震研)・大野大地 (茨城大理)・池上泰史 (CRC solutions)

Computation of strong ground motions and crustal deformations in a 3-D structure by the voxel FEM

K. Koketsu (ERI, U. Tokyo), T. Ohno (Ibaraki U.) & Y. Ikegami (CRC solutions)

ボクセル型有限要素法 物理的な境界条件が自然な形で取り込まれているので、複雑な地形や可変メッシュを容易に導入できるなど、有限要素法のメリットは大きいですが、差分法に比べ大きなメモリを必要とするのが最大の欠点であった。しかし、要素の形状をボクセル（微小立方体）に限定することにより（図1）、形状を記憶するために必要なメモリは激減

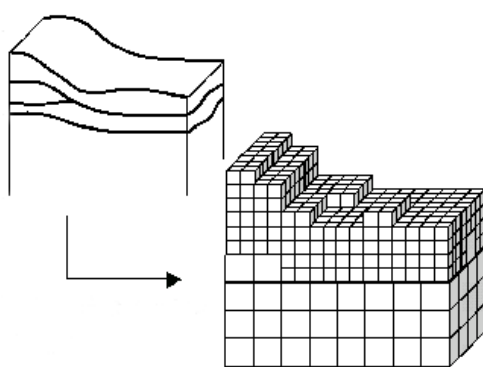


図1: 三次元構造をボクセル要素でモデル化。

し、所要メモリ量は差分法とほぼ同等になる。また、層構造のような小領域ごとに均質なモデルを仮定すればさらにメモリ量が減るだけでなく、メッシュ生成も非常に高速に行われる。剛性マトリクスや減衰マトリクスに一般的な形を残せば、異方性や現実的な Q モデルの導入も容易である。

解析解との比較 Graves (1996) が差分法の検証のため用いた半無限媒質において、点震源による強震動と地殻変動を計算し、reflectivity 法 (Koketsu, 1985) の結果や Okada (1985) による理論解と比較した。有限要素法では十分に時間が経った時点での変位をもって地殻変動とし、強震動については成層構造での結果の比較も行った。

$V_P = 4.0 \text{ km/s}$, $V_S = 2.3 \text{ km/s}$, $\rho = 1.8 \text{ g/cm}^3$ の半無限媒質の深さ 2.5 km に点震源を置き、そのすべり時間関数は 1 秒間の cosine 型とした。

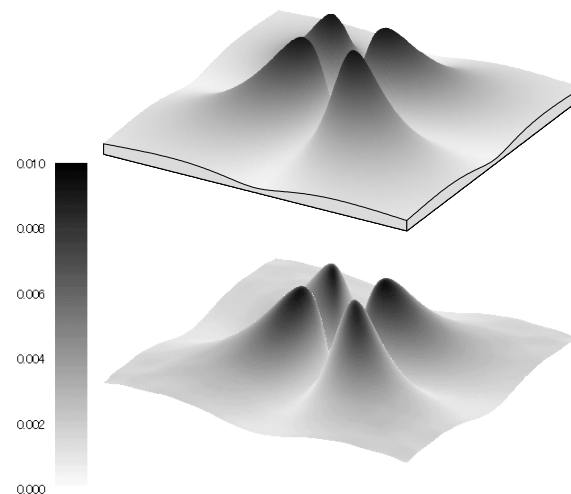


図2: strike slip 震源の地殻変動の比較 (単位 m)。



図3: dip slip 震源の強震動の比較。

図2は strike slip 震源 ($1.0 \times 10^{16} \text{ N}\cdot\text{m}$) による地殻変動のベクトル絶対値 (単位 m) を、理論解 (上) と有限要素法 (下) で比較したものである。また、図3では dip slip 震源の三成分強震動を、reflectivity 法 (左) と有限要素法 (右) で比較した。どちらも良い一致を示しており、図2の見た目の違いは可視化ツール (上: GMT, 下: micro AVS) の違いによる。

計算速度と今後 使用したツールバ GeoWAVE version 1.2βでは、対象領域 $30 \times 30 \times 10 \text{ km}$ (要素数: 4608000, 125m 間隔) における 20 秒間 (800 ステップ, 0.025 秒間隔) に対して、1.7GHz の Pentium 4 (RIMM 1GB, Windows 2000) 上で 2.8 時間、メモリ 243MB を要し、良好な性能を示した。

可変メッシュへの対応は現在進行中であるが、並列化は今後の課題である。地下構造モデラや可視化ツールとの連携は比較的良好で、今後は震源モデラも必要となろう。