

不連続格子による3次元差分法を用いた波形合成(その5) ----- 不連続格子と不等間隔格子の併用 -----

3D Finite Difference Method Using Discontinuous Grids (5)

青井 真[1], 藤原 広行[1]
Shin Aoi[1], Hiroyuki Fujiwara[2]

[1] 防災科研
[1] NIED, [2] NEID

<http://www.bosai.go.jp/niced/ja/staffs/aoi/index.html>

有限差分法により波動伝播問題を数値的に解くさいに、速度構造にあわせて格子点間隔を変化させた不均質格子を用いることで、精度を落とすことなく計算機に対する負荷を大幅に軽減できることが示されている。これまでに提案されている不均質格子による手法は、不連続格子によるものと不等間隔格子によるものに大別できる。今回我々は、これら2つの手法を組み合わせた「不等間隔不連続格子」による有限差分法の定式化を行うことで、より速度構造に適合した格子を用いて計算することの出来る手法を提案する。これにより、震央が比較的遠い場合や広い領域に複数の小さな盆地が存在するモデルに対しても、効率的に計算できるようになる。

有限差分法は波動伝播問題を数値的に解く手法として非常に有効であり、特に3次元問題を扱う場合には、現時点においてはもっとも実用的な手法であるといえる。しかしながら有限差分法を用いても問題が大規模になるにつれて計算を行うのが困難となる。これらの問題を回避するため、必要に応じて格子点間隔を変化させた不均質な格子を用いて計算を行うことが提案されており、精度を落とすことなく計算機に対する負荷を大幅に軽減できることが示されている。

不均質格子を用いた有限差分法には大きく分けて、不連続格子(Aoi and Fujiwara, 1999, BSSA)を用いる方法と不等間隔格子(Arben, 1999, BSSA)を用いる方法が提案されている。前者は、複数の等間隔格子からなる格子を用い、必要に応じて内挿により接続することで格子点を間引いて格子点数を大幅に減らすことを可能にした手法である。現実の地下速度構造が深さ方向に不均質であることを強く意識して定式化されており、大規模な盆地構造等の計算を行う際には非常に有効であることが示されている。また、後者は連続的に格子点間隔を変化させることができるため、比較的自由的な格子を用いた計算を実現でき、速度構造が水平方向にも不均質な場合においても有効である。その反面、格子を間引くことができないため、速度構造の変化が大きい場合には不連続格子に比べ格子点数を減らすことができないという欠点がある。今回我々は、これら2つの手法を組み合わせた「不等間隔不連続格子」による有限差分法の定式化を行うことで、より速度構造に適合した格子を用いて計算することの出来る手法を提案する。例えば、震央が比較的遠い場合や広い領域に複数の小さな盆地が存在するモデルに対しても、地震波速度が遅い領域の付近のみで格子点間隔を小さくできるため、効率的に計算できるようになる。

細かい格子点間隔の領域Ⅰと荒い格子点間隔の領域Ⅱを考え(図左)、それぞれの領域において格子点間隔が連続的に変化する不等間隔格子(Arben, 1999, BSSA)を用いる。領域Ⅰの格子点を水平方向に3格子点ごとに2点を間引くことにより、各格子点における領域Ⅱの水平方向の格子間隔が領域Ⅰの3倍になるような格子を用いる。領域Ⅰと領域Ⅱを接続する領域においては両者をオーバーラップさせ(図右)、領域Ⅰの最下面においては他方の領域の値から線形内挿により値を求める(Aoi and Fujiwara, 1999, BSSA)。他の格子点においては、格子点間隔が不等間隔であることを考慮した2次精度の有限差分オペレータを用いて計算を行う。

今回提案した不等間隔不連続格子を用いた有限差分法の計算精度を検証するために、均質な格子による結果との比較実験を2次元問題において行い十分な精度を確認した。

謝辞：計算には科学技術庁防災科学技術研究所のスーパーコンピュータを使用しました。

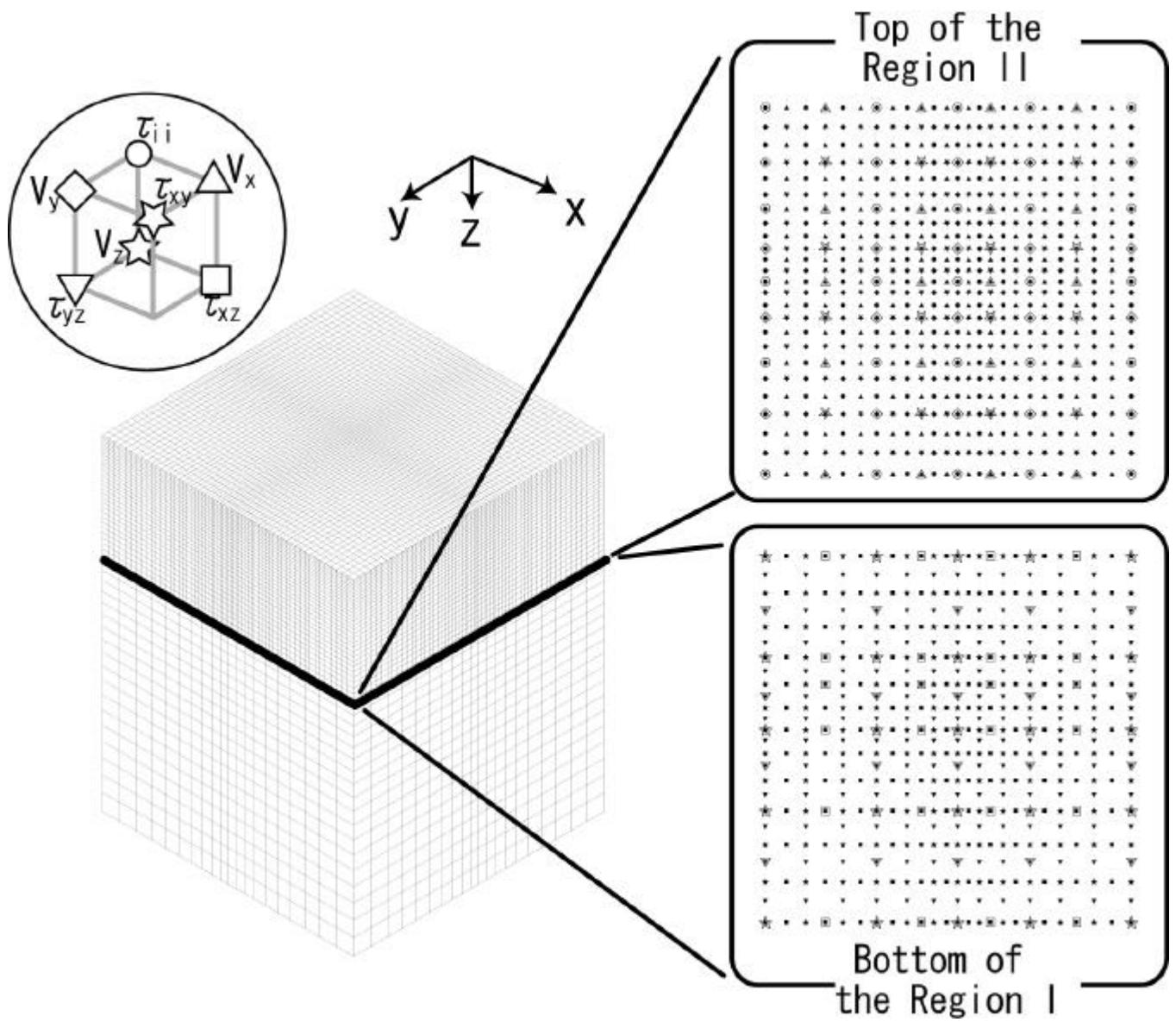


Figure: (left) 3D non-uniform-discontinuous grid system and a unit cell for staggered grids (inside the circle). (right) Two transsections on the top and at the bottom of the overlapping region of Regions I and II, where the elimination or the insertion of grids are necessary.