S081-P009 時間：5月29日　17:00-18:30

非均一格子による３次元差分法を用いた波形合成の効率化

Improvement of computational efficiency in 3D Finite-difference method using variable grid

大湊　隆雄[1]
Takao Ohminato[1]

[1] 東大震研
[1] ERI

はじめに

近年、現実的な速度構造モデルを用いた大規模な３次元波動場の数値シミュレーションが差分法を用いることにより、広く行われている。３次元差分法において計算領域全体にわたって均一の格子サイズを用いる場合、格子サイズは計算領域に存在する最短の波長によって規制される。そのため、低速度の領域が計算領域のごく一部を占めるに過ぎない場合においては、全計算領域の大半において必要以上に細かい格子サイズを用いることになる。計算に要するメモリーと計算時間は概ね格子サイズの逆数の３乗と４乗にそれぞれ比例するため、必要以上に細かい格子を用いることは、計算に要するメモリーや計算時間を無駄にすることになる。

Aoi&Fujiwara(1999)は、計算領域上部に位置する表層の低速度域には細かい格子を、計算領域下部に位置する深部の高速度域には荒い格子を用い、両者を補間で接続することによって、計算時間と記憶容量の大幅な低減を実現した。彼らはこれを不連続格子と呼んでいる。しかし彼らは、細かい格子の領域と粗い格子の領域で同一の時間間隔を用いているため、荒い格子間隔の領域においては必要以上に小さい時間間隔で計算が行われることになり、計算時間の無駄が生じている。筆者は、細かい格子間隔の領域と荒い格子間隔の領域で、それぞれ異なる時間間隔を用いることが可能な手法を考案した。これにより、不連続格子で実現された計算時間の節約の度合いをさらに高めることができる。

手法

Aoi&Fujiwara では、全計算領域を浅部に位置する細かい格子領域と深部に位置する粗い格子領域の２つに分けた。本研究においては、荒い格子領域（領域 I）内に細かい格子領域（領域 II）を置き、領域 I 内における領域 II の位置と大きさを指定する。これにより３次元の計算領域内の任意の位置に任意の大きさの細かい格子領域を置くことができる。細かい格子の領域を複数置くことも可能である。細かい格子と荒い格子それぞれの領域においては変位ー応力型スタッガードグリッドによる空間２次、時間２次の差分法を用いる。荒い格子のサイズは細かい格子サイズの２倍とする。領域 I、II を接続するため、領域 I と領域 II の境界のさらに内側（領域 II の側）に荒い格子を１層加える（仮想格子 I)。また、境界の外側（領域 I の側）には細かい格子の層を２層加える（仮想格子 II)。仮想格子 I、II は境界付近の変位を計算する際に補助的に用いられる格子である。領域 II の最外側にあたる仮想格子 II（細かい格子）については応力開放の境界条件を与える。各時間ステップにおける計算手順は以下のとおりである。なお、領域 II における格子サイズが領域 I の格子サイズの半分であることから、領域 II における時間間隔を dt とすると、領域 I において必要な時間間隔は 2・dt である。

(1) 時刻　t=2n・dt　までは領域 I，II および仮想格子 II の全ての変位が計算されているとする。

(2) 時刻　t=(2n+1)・dt　では、領域 II および仮想格子 II の変位のみ計算し、領域 I 内の変位は計算しない。この時間ステップにおける領域 I 内の変位の計算を省く点が本研究のポイントである。このとき、仮想格子 II の２層のうち、最外側の層における変位は応力開放の境界条件の影響を受けている。

(3-1) 時刻　t=(2n+2)・dt　ではまず領域 II および仮想格子 II の変位を計算する。このとき、仮想格子 II 内の変位はその外周に与えた応力開放の境界条件の影響を受けているが、その内側の領域 II は境界条件の影響を受けていないことに注意。

(3-2) 同時刻において、計算された領域 II（細かい格子）の変位を内挿し、空間的に重なる場所に位置する仮想格子 I（粗い格子）の変位を計算する。内挿に用いられる領域 II の変位は境界の影響を受けていない。

(3-3) 同時刻において、領域 I の変位を計算する。このとき、境界付近の変位を計算するために、(3-2)で求められた仮想格子 I での変位を用いる。

(3-4)同時刻において、仮想格子 II 上の変位を、空間的に重なっている領域 I の荒い格子上の変位を内挿する事により求める。以上により、時刻　t=(2n+2)・dt　までの領域 I、II 並びに仮想格子 II の全ての変位が求められた。

(4)以降、(3-1)-(3-4)を繰り返せばよい。

参考文献：Aoi & Fujiwara(1999),BSSA,89,918-930