

多重領域ボクセル有限要素法での接続領域における断層震源の設定方法

Treatment of fault source in joint domain for multi-voxel finite element method

藤原 広行 [1]; 仲間 豊 [2]

Hiroyuki Fujiwara[1]; Yutaka NAKAMA[2]

[1] 防災科研; [2] みずほ情報総研

[1] NIED; [2] MHIR

<http://www.j-shis.bosai.go.jp>

軟弱な堆積層が存在する場合などのように計算領域内で物性値が大きく変化する領域を対象とした地震波動伝播の計算手法においては、計算効率を向上させるため、不連続格子差分法や多重領域ボクセル有限要素法などのように、物性値に合わせたメッシュサイズを簡便に割り当てることのできる計算手法が提案されている。これら計算手法の特徴は、メッシュサイズの異なる領域同士を補間法により境界条件を合わせて張り合わせることであり、張り合わせを適切に行うことにより、地震波動伝播がうまく計算できることが確認され、実務的な地震波動伝播のシミュレーションに利用されている。

多重領域ボクセル有限要素法では、メッシュサイズの異なる領域境界において重複要素を設定し、領域の境界面の値を隣接領域内部の値を補間することにより決定し、その値を境界条件とし、メッシュサイズが異なる領域間の接続を行う。こうした接続領域をまたぐ波動伝播は十分な精度で計算できることが確認されている。しかし、接続領域内の要素に断層震源（ダブルカップル震源）を設定する場合は、その設定方法には注意が必要である。本研究では、接続領域内に断層震源が存在する場合について、その設定方法の検討を行った。

ボクセル有限要素法では、断層震源は、ダブルカップル震源の集合として扱われる。1つのダブルカップル震源は、1つのボクセル要素の8個の接点に作用する力で近似的に表現される。サイズの異なるボクセルが張り合わされる接続領域において、ダブルカップル震源を設定する場合は問題となる。各領域内の対応するサイズの異なる1要素に単純にダブルカップル震源を設定した場合には、節点力の条件と、変位補間のためのディレクレ境界条件との、2つの条件を設定しなければならないにもかかわらず、両方の条件を同時に正しく計算することができないため、計算結果がおかしくなる。

本研究では、この問題を解決する手段として、以下のように震源を設定することを考案した。接続領域において、要素のサイズが大きい側の要素に含まれるサイズの小さいすべての要素（メッシュサイズが2:1の場合、3次元計算の場合には8つの要素）に、ダブルカップル震源を設定する。ここで、震源のモーメントの大きさは、設定すべきモーメントの大きさを要素数で割ったものを設定する。この方法により、接続領域内に震源を設定しても計算が行えることを確認した。

さらに、接続領域に隣接している要素にダブルカップル震源を設定する場合についても正しく計算できない問題がある。問題が起こるのは、接続領域に隣接している小さい方の要素に震源を設定する場合である。この場合には、接続領域隣接要素における震源設定の問題を解決する手段として、以下のように震源を設定することによりこの問題を回避できることがわかった。接続領域近傍要素において、要素のサイズが大きい側の領域の要素の境界条件に利用されるサイズが小さい側の要素の節点にダブルカップル震源における節点力が設定されるように震源を複数にわけて設定することにより正しく計算できることが確認された。

本研究により、多重領域ボクセル有限要素法において、領域張り合わせのための接続領域を含むすべての領域について、安定に正しく断層震源（ダブルカップル震源）を設定することができることが示された。