

PARAMESH の波浪シミュレーションへの適用性に関する研究

A Study of the Applicability to the Surge simulation of PARAMESH

北海道大学 学生員 ○小玉努 (Tutomu Kodama)
北海道大学 正会員 渡部靖憲 (Yasunori Watanabe)

1. はじめに

大規模かつ重要である沿岸域の解析を行う場合、モデルが大規模かつ複雑となるため、並列計算機での解析が必要不可欠となる。計算範囲の広い海域の計算では、有限要素法や有限差分法などが広く用いられるが、要素の生成に多大な労力を要することや、自らメッシングを行わなければならないことなどの欠点がある。そのため、簡易かつ高速な要素の生成が必要となる。

そこで本研究では、上述の問題を解決する一手法として、多く公開されている要素分解を目的としたライブラリの中でも、PARAMESH ライブラリを用いた解析手法を提案し、簡単なモデルの計算よりその実用性を検討した。

2. PARAMESH ライブラリ

PARAMESH ソフトウェアはNASA ゴダード宇宙飛行センターとドレクセル大学で開発されたFortran90パッケージである。このソフトウェアは、大規模かつデカルトメッシュを用いたモデルの計算モデルのために開発されたものである。このソフトウェアによって利用者が求めるメッシュが生成できる。このライブラリは様々な数値解析に応用でき、MPIライブラリを用いて並列計算を行うこともできる。

このソフトウェアは適合格子法 (Adaptive Mesh Refinement: AMR) を採用している。AMRは直交デカルト格子系を基本として、局所的に細分化するものである。図-1はPARAMESHにおける2次元の要素生成の例を模式的に表したものである。¹⁾ブロックの再分割を単に各座標方向に二分することで、木構造を形成する。この処理を繰り返すことで局所的に要素を細分化することができる。

3. 解析手順

3.1 初期ブロックの設定

始めに、計算領域全体を覆うような単一のグリッドを形成する。ブロックの中心座標 (coord) とブロックの大きさ (bsize) を与える。次に、ブロックに対して物理データを与える。物理データはセルの中心の物理データ (unk) として与える。²⁾

3.2 ブロックの分割

ブロックの分割 (AMR) は、ユーザの定義した指標を含んだサブルーチン呼び出すことによって、再分割する領域を決定する。再分割する回数については、最低限の分割回数 (lrefine_min) と最大の分割回数 (lrefine_max) を設定し、分割のレベルを定める。新しく生成されたブ

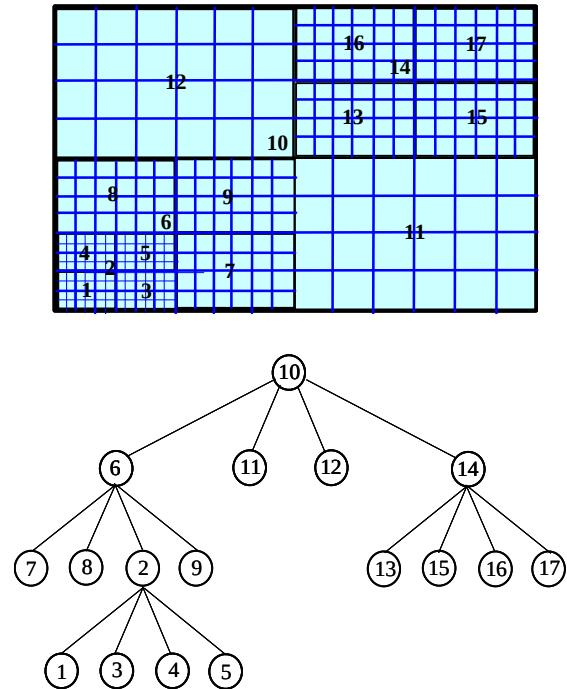


図-1 ブロック分割の模式図

ロックについては、新たにブロック番号 (LB) が分配され、親ブロック (parent)、子ブロック (child)、ブロックの中心座標 (coord) とブロックの大きさ (bsize) が新たに与えられる。その後、逐一ユーザの要求精度が満たされるまでブロックの分割が行われる。

3.3 解析条件

本研究でブロック分割を行う対象は碎波直前の波の密度データである。海面から大気に遷移する水面付近の密度データは急激に変化するため、この水面でブロックの分割を行う。

初期のグリッドセルの分割数を表-1に示す。本実験ではそれぞれx軸方向は201個・101個、y軸方向は27個・25個、z軸方向は42個・41個と、長方形格子でセルのデータが多い場合と細かい場合を採用した。これらのグリッドセルに1つつ波の密度データを与えていった。

再分割の条件は以下のように決定した。(図-2 参照)

$$E_i = \text{abs}(\text{unk}(i \pm 1, j, k) - \text{unk}(i, j, k)) \quad (1)$$

$$E_j = \text{abs}(\text{unk}(i, j \pm 1, k) - \text{unk}(i, j, k)) \quad (2)$$

$$E_k = \text{abs}(unk(i, j, k \pm 1) - unk(i, j, k)) \quad (3)$$

$$E_{ijk} = \max(E_i, E_j, E_k) \quad (4)$$

$$E = \max(unk(i, j, k), unk(i \pm 1, j, k), unk(i, j \pm 1, k), unk(i, j, k \pm 1))$$

$$(5)$$

$$E_{ijk} / E < C_E^{ref} \quad (6)$$

本研究では、式(6)の C_E^{ref} の値を0.1と設定した。

さらに、最低限の分割回数(lrefine_min)と最大の分割回数(lrefine_max)はそれぞれ1と4に設定した。なお、1回の分割で各座標方向に二分に分割するため、最低8つのブロックが形成される。

4. 解析結果

図-3および図-4に、本研究におけるPARAMESHを適用したブロックの分割結果を示す。計算は、どちらのケースも1x1x1のブロックから始めていき、最終的に事前に定めたブロックの分割レベル(lrefine_max)に達するまで分割された。

図-3は、初期グリッドセルの数が多いCase1であるが、波の水面の領域でブロックが多く再分割されていることがよくわかる。このことより、PARAMESHパッケージに所定の値を入力することによって、簡便にグリッドを分割していくことができることがわかる。

図-4は、初期グリッドセルの数がCase1よりも少ないCase2であるが、グリッドセルの値に関わらず領域全体が均一に再分割されていることがわかる。これより、このケースではグリッドセルの値に関係なくブロックが分割されたことがわかる。

5. おわりに

本研究で得られた結論は以下のとおりである。

- (1) PARAMESHソフトウェアの適用は、簡便にかつ、短時間でグリッド分割を行うことが可能であることがわかった。よって、波浪シミュレーションへの適用は可能である。
- (2) 現状では局所的な細分化は難しいものの、改良を行えば、波浪シミュレーションを中心とした海域の大規模計算にPARAMESHは非常に有効なツールである。

今後は、計算領域を大規模な領域に変更し、広域な波浪シミュレーションを進め、時間変化によるブロック分割も行う所存である。

参考文献

- 1) Peter MacNeice・Kevin M. Olson・Clark Mobarry・Rosalinda de Fainchtein・Charles Packer: PARAMESH -A parallel adaptive mesh refinement community toolkit-, Computer Physics Communications, pp330-354, 2000.
- 2) http://www.physics.drexel.edu/~olson/paramesh-doc/Users_manual/amr_users_guide.html, 2007.

表-1 初期グリッドセルの数

	x軸方向	y軸方向	z軸方向
Case1	201	27	42
Case2	101	25	41

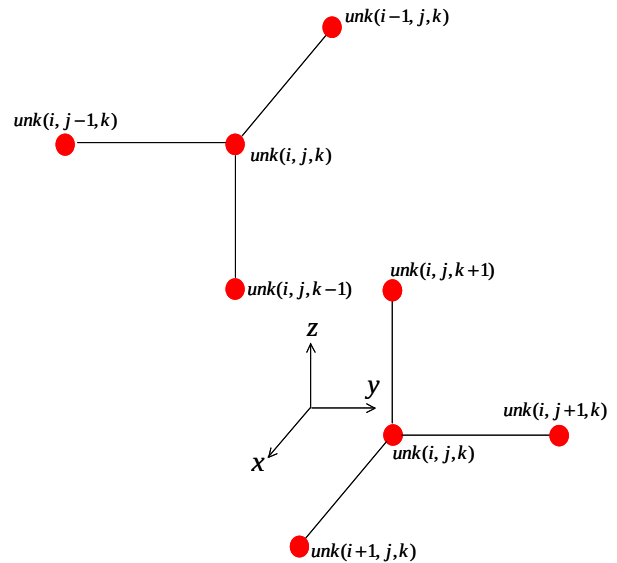


図-2 再分割検討時のデータ

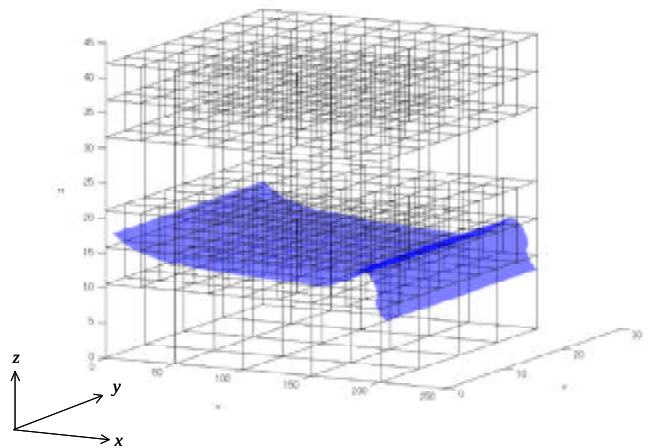


図-3 Case1のメッシュ分割

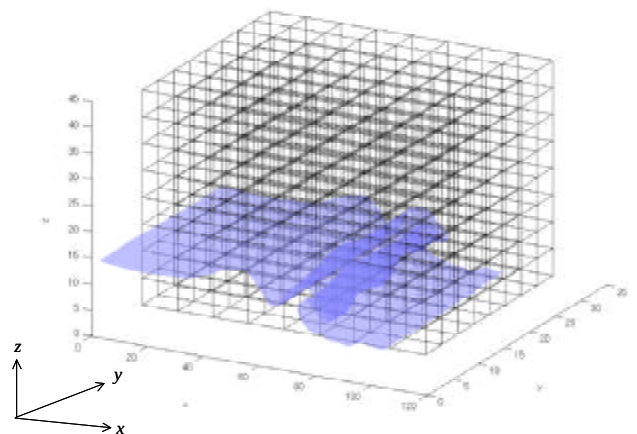


図-4 Case2のメッシュ分割