

解適合格子法を用いた津波・高潮シミュレーションについて

Optimum Scheme of Adaptive Mesh Refinement for Tsunami and Storm surge Modeling

○千田優・森信人・安田誠宏・間瀬肇

○Yu CHIDA、 Nobuhito MORI、 Tomohiro YASUDA、 Hajime MASE

A long wave model with nesting scheme is widely used for tsunami simulation and storm surge simulation, generally. The conventional nesting scheme, however, has following two disadvantages for this kind of tsunami. First, the one-way nesting scheme cannot consider influence of local tsunami deformation in the fine grid on the coarse grid system. Second, the computation cost is expensive because the temporal integration cost is suppressed by the finest grid resolution through the computation. An Adaptive Mesh Refinement (AMR) method is dynamic grid allocation method for finite difference method. The AMR can keep spatial resolution of grids and reduce computational cost. This study developed AMR for long wave propagation and analyzed the optimum mesh refinement scheme for tsunami and storm surge.

1. 研究概要

モーメントマグニチュード9.0を記録した2011年東北地方太平洋沖地震に伴って発生した巨大津波や2013年フィリピンを襲った台風30号Haiyanに伴い発生した高潮では、数多くの人命が奪われた。沿岸部での津波や高潮被害を想定するためには、数値シミュレーションが有効な手段である。一般的な津波計算や高潮計算においては、領域を区分して部分的に格子の解像度を上げる多段ネスティング手法が広く用いられている。しかしながら、ネスティング手法を用いた伝播計算では、ターゲット地域に向かって空間解像度を上げて計算するため、ターゲット地域に含まれないが高解像度の計算が必要な地域については計算ができないことや、台風などに追従した高解像度領域を取ることが難しいことなどが問題点として挙げられる。そこで、本研究では、動的に格子解像度を変化させ、数値解の最適化を行うことのできる解適合格子法(Adaptive Mesh Refinement:AMR法)を津波・高潮計算に適用する計算モデルをゼロから開発した。実地形にAMR法を適用した例として、釜石・両石湾における2011年東北地方太平洋沖地震津波の再現計算とフィリピンを襲った2013年台風30号Haiyanによる高潮再現計算を行った。

2. 計算モデルの概要

AMR法における数値計算では、図1に示すように格子の分割統合に関わるAMR法のルーチンと時間積分を行うルーチンの二つから成り立って

おり、一般的な数値計算に格子の分割統合アルゴリズムを組み込む形で計算を行う。AMR法のルーチンでは、適合格子作成と適合格子作成後の物理量の空間補間を行う。初期条件として設定した任意の基準と閾値に対し、その閾値を上回るか下回るかを各格子においてチェックする。閾値を上回る格子は分割し、反対に下回る格子は統合を行う。以下 *level* とは格子サイズを決定づける変数のことであり、計算初期の格子 *level* を1とすると、本AMR法における異なる格子 *level* 間は図2に示す空間配置を持つ。格子の分割統合条件は任意であり、本研究では、水面勾配、波高水深比、フルード数の3種類を条件として用意し、計算を行った。

3. 計算結果

テスト計算として、海底地形には1/100の一樣斜面を用いて遡上計算を行った。初期水位はx軸方向に一樣な最大水位1mの一次元ガウス分布を与えた。水深35mの地点から格子分割・統合を許可している。格子分割の始まった水深35m付近から、波が遡上していくにつれてグリーンの法則に近づいている。格子分割に伴い、数値解の精度は保障されることが、本テスト計算から得られた(図3参照)。次に、AMR法を実地形に適応した例として、釜石・両石湾における2011年東北地方太平洋沖地震津波の再現計算を行った。計算に用いた地形は、中央防災会議の50m解像度地形データに湾口防波堤の形状を組み込んで作成した。数値解析の精度は、釜石湾および両石湾で計測された

最大水位の痕跡高(Mori et al., 2012)と比較することにより行った。図4は波高水深比を分割統合条件にして計算を行った一例である。続いて、AMR法を高潮計算に適応した例として、2013年11月に発生した台風30号における高潮の再現計算を行った。計算結果は土木学会・フィリピン土木学会合同台風30号高潮災害調査グループによる痕跡調査データ(Tajima et al., 2014 および, Mori et al., 2014)を用いて比較した。計算結果は紙面の関係上省略した。

4. 結論

一般的な等メッシュを用いた津波・高潮計算モデルにAMR法を組み込むことによって、AMR法における津波・高潮計算モデルを作成し、理想地形を用いたテスト計算や実地形での再現計算を行った。それらの計算を通して、適切な閾値条件のもと格子の最適化を行うことで、AMR法における計算は計算精度を保障することを明らかにした。

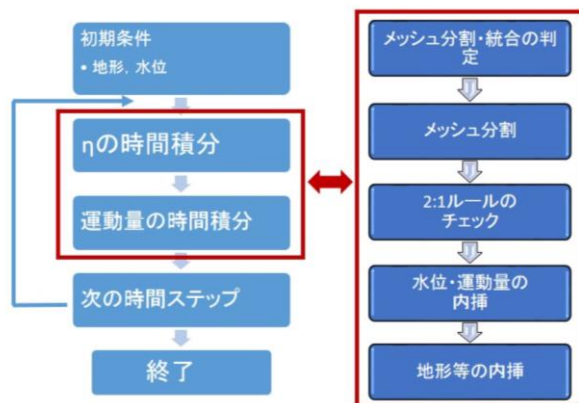


図1：AMR法における計算フロー(左：通常の時間積分フロー，右：AMR法における適合格子作成と適合格子作成後の物理量の空間補間フロー)

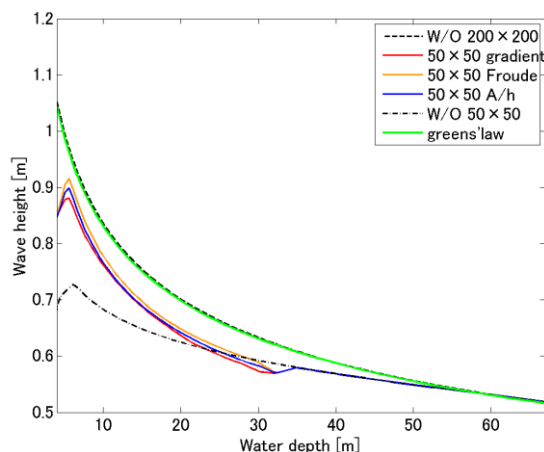


図3：グリーンの法則と計算結果の比較
(red: 水面勾配条件, orange: フルード数, blue: 波高水深比, green: グリーンの法則)

参考文献

- Nobuhito Mori, Tomoyuki Takahashi, and The 2011 Tohoku Earthquake Tsunami Joint Survey Group. Nationwide post event survey and analysis of the 2011 tohoku earthquake tsunami. *Coastal Engineering Journal*, Vol. 54, No. 01, 2012.
- Yoshimitsu Tajima, Tomohiro Yasuda, Benito M Pacheco, Eric C Cruz, Koji Kawasaki, Hisamichi Nobuoka, Mamoru Miyamoto, Yuji Asano, Taro Arikawa, Noel M Ortigas, et al. Initial report of jsce-pice joint survey on the storm surge disaster caused by typhoon haiyan. *Coastal Engineering Journal*, Vol. 56, No. 01, 2014.
- Nobuhito Mori, Masaya Kato, Sooyoul Kim, Hajime Mase, Yoko Shibutani, Tetsuya Takemi, Kazuhisa Tsuboki, and Tomohiro Yasuda. Local amplification of storm surge by super typhoon haiyan in leyte gulf. *Geophysical Research Letters*, Vol. 41, No. 14, pp. 5106–5113, 2014.

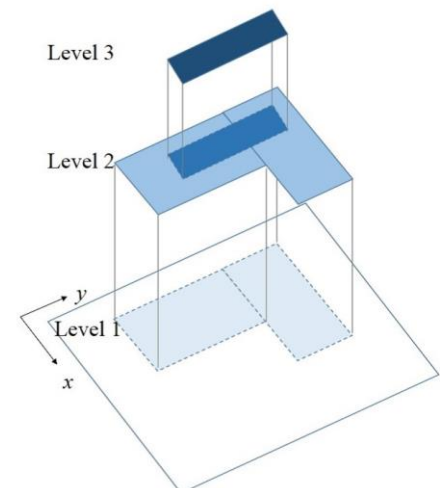


図2：AMR法における level の空間分布
(Replotted from Mandli et al., 2014)

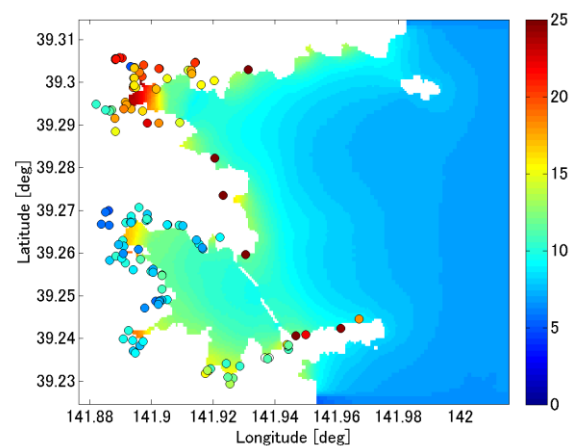


図4：釜石・両石湾における計算結果の一例 (カラーマップ: AMR法を用いた計算における水位の最大値, ∴ 痕跡調査データ (TTJS group 2011, Mori et al., 2011))