

仮想造波板境界処理法を用いた 2D-3D 連成津波遡上解析

九州大学大学院 学生会員 ○江口 史門
九州大学大学院 正会員 浅井 光輝

1. 緒言

東日本大震災を教訓とした津波防災の再検討が急務となっており、数値解析に基づく津波シミュレーションはその一端を担うことを期待されている。こうした背景から、効率的に広範囲の津波解析を行うために、解析目的に応じて解析手法・解像度を変化させるマルチスケールな津波解析が有効な手段として提案されている。そこで本研究では、震源から湾口までの津波伝播解析（レベル 0 解析）を 2 次元差分法、湾口から内陸までの津波遡上解析（レベル 1 解析）と構造物周囲流れの解析（レベル 2 解析）を 3 次元粒子法で解析を行うこととし（図-1）、各解析を連成する手法として仮想造波板境界処理法を提案する。本報告では、提案手法による 2 次元津波伝播解析と 3 次元津波遡上解析を連成することで、宮城県南三陸町歌津地区における東日本大震災時の津波被害事例を再現し、提案するマルチスケール津波解析の有用性について検討する。

2. 仮想造波板境界処理法

仮想造波板境界処理法では、低レベル解析の結果が得られたものとし、その結果を参照することで高レベルでの解析を実施する。連成境界への入力情報は、低レベル解析より得られた津波の波高、流速、圧力を用い、水の流入・流出に関しては水粒子の生成・吸収、波高は水粒子生成時の粒子配置により表現する（図-2）。提案手法は、仮想造波板 4 層、流入・流出セル 1 層、遷移領域 15 層の合計 20 層から構成される境界処理用セルを用いて行う（図-3）。ここで仮想造波板とは、各セルの中心に粒子が配置しており、1 セル分だけ主流方向前後へと平行移動できるセルのことを指し、仮想造波板から飛び出した粒子はその後に水粒子として粒子法の計算により速度場を評価し、逆に流入側に戻ってきた粒子は消去することで、流入と流出の両者をコントロールする。仮想造波板に隣接する流入・流出セルでは、観測された波高に合わせ粒子配置を調整し、圧力、速度は低レベル解析での観測値をそのままマッピングする。また遷移領域では、連成時に発生する流れの不整合を解消するため、圧力は観測値をマッピングし、速度と位置の更新については通常の粒子法計算により与える。

キーワード 連成津波遡上解析 粒子法 防災 減災

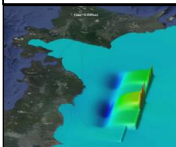
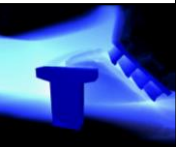
津波伝播（レベル0）解析 （2D差分法）	津波遡上（レベル1）解析 （3D粒子法）	構造物周辺（レベル2）解析 （3D粒子法）
		
解像度10m～100m	解像度1m～5m	解像度5cm～50cm
震源～湾口	湾口～内陸部	構造物周辺

図-1 マルチスケール津波解析概要

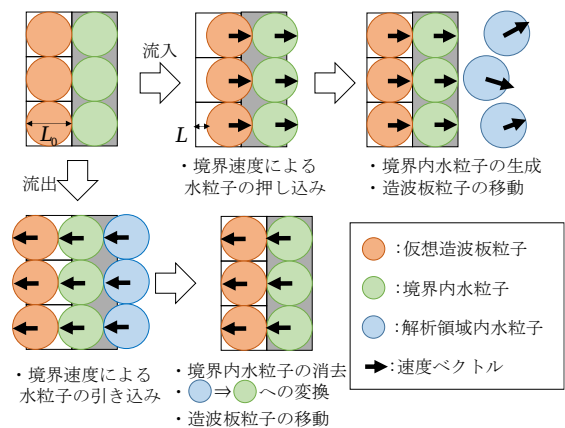


図-2 流出・流入

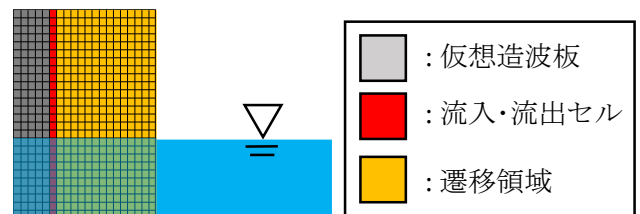


図-3 境界処理用セルの概要

ングする。また遷移領域では、連成時に発生する流れの不整合を解消するため、圧力は観測値をマッピングし、速度と位置の更新については通常の粒子法計算により与える。

3. 連成津波遡上解析

提案手法により 2 次元解析と 3 次元解析の連成を行い、津波遡上解析を実施した。解析対象地としては、東日本大震災で実際に津波被害を受けた宮城県南三陸町歌津地区を選定した。図-4 に解析領域（2.4km×2.7km）と流入領域の位置関係を示す。

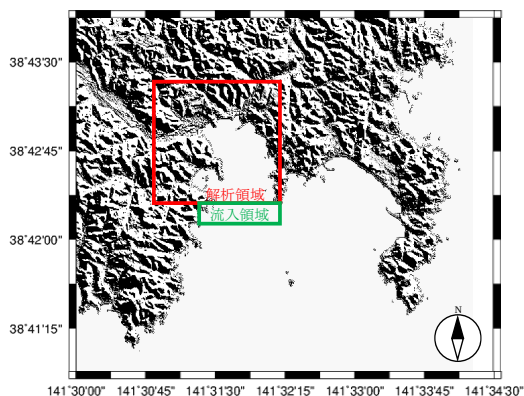


図-4 解析領域



図-6 被害報告と解析結果の比較

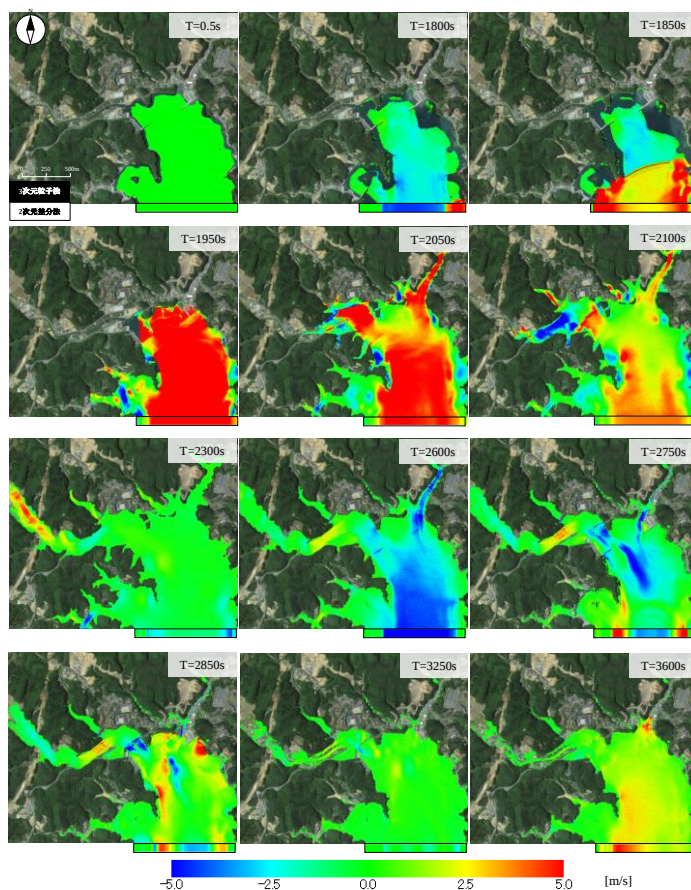


図-5 解析結果

レベル 0 解析としては、東日本大震災の津波の再現解析結果を用いた。なお、浅水長波方程式をベースとする 2 次元解析からは圧力分布までを直接得る事ができないため、波高をもとにした静水圧分布を仮定し、仮想造波板を構成する粒子の圧力として付与することにした。また、粒子法によるレベル 1 解析では、粒子間隔は 2.0m、時間増分は 0.01sec、壁面の境界条件はすべり条件と設定した。図-5 に各時刻における津波遡上解析結果を示し、図下方には 2 次元解析の入力情報を付属した。コンターは主流 (S-N) 方向の流速を示しており、流入領域において押し波ならば赤色、引き波であれば青色を示す。同図より、2 次元解析の結果と同様に、解析開始時から引き波が生じ、その後押し波の到達により浸水域が広がり、最終的に 2 度目の引き波の発生により浸水域が減少していることが確認できる。次に、図-6 に歌津地区における震災時の浸水範囲 (赤線) と解析結果の比較を示す。同図より、主流方向である図上向き (S-N 方向) だけでなく、図左向き (E-W 方向) への浸水も同様に再現されており、実際の浸水範囲と

良好な一致が見られた。この結果から、2 次元解析から 3 次元解析への連成において、提案手法により波の受け渡しが精度よく行われていることを確認した。

4. 結言

多段階マルチスケール津波解析の実現に向け、各レベル間の連成手法となる仮想造波板境界処理法の開発を行った。本研究では、提案手法を用いて宮城県南三陸町歌津地区の津波遡上解析を実施し、その有用性を確認した。事前解析として行った 2D 津波伝搬解析 (レベル 0 解析) 結果と調和した入力波を用いた 3D 粒子法による津波遡上解析 (レベル 1 解析) が可能となり、同解析結果は実際の被害報告と良好な一致を得ることができた。なお、同仮想造波板境界処理法により、さらに解像度を上げたレベル 2 解析を実践できるものと考えている。今後、他地域においても解析を行い、提案手法の有用性検証事例を増やし妥当性の確認する。

謝辞: 本研究は JSPS 科研費 15K12484, 26282106 の助成を受けたものです。また東北大学・今村文彦教授には 2 次元津波伝播解析結果をご提供いただきました。