

# GISによる高解像度数値解析モデルを用いた三次元津波遡上解析とその可視化方法の検討

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
理化学研究所	正会員	大谷 英之
愛媛大学大学院	非会員	一色 正晴

## 1. 緒言

東日本大震災を踏まえ、今後危惧される巨大津波に対して津波対策の再検討が急務となっている。こうした津波対策の場で、数値解析による津波被害シミュレーションはその一端を担うことが期待されている。以上の背景から、本研究では特に都市域での津波被害予測を目的とし、津波遡上現象を解析対象とした。津波遡上解析において、都市域の複雑な地表面形状を考慮することは、人的被害や浸水域を予測する上で重要である。つまり、実地形と建物形状を高解像度にモデリングする必要がある。本報告では、GISを参照することで都市地表面を高解像度な解析モデルとして表現する手法を提案する。また既往の研究で開発した大規模津波遡上解析ツールによる、同モデルを用いた解析事例について報告を行う。なお、解析手法として粒子法の一つであるSPH法を非圧縮性流体解析用に改良した安定化ISPH法<sup>1)</sup>を採用した。メッシュを用いない粒子法ならば、変動の激しい津波自由表面流れを表現でき、また複雑なモデル作成を簡単なプリプロセスにより行うことができる。最後に、解析結果をソフト防災へ活用することを想定し、一般市民にも直観的に津波現象を伝えることに主眼をあて、より写実的に可視化する手法を確立した。

## 2. GISデータによる高解像度モデル作成

本研究ではGISを利用することで、都市域の建物形状および微地形を詳細に解析モデルとして表現した。モデル作成の概要を図-1に示す。モデル作成にはGISのファイルフォーマットのうち、DEMデータ、SHPデータを参照する。ここで、DEMデータは航空測量より計測した地表標高情報、SHPデータは建物の形状情報を格納している。二つのデータを統合することにより、建物形状を含む地表面外郭を三次元CADデータ用のSTLデータとして定義する。次に、STLデータを参照することによって、汎用的な粒子解析用のプリプロセ

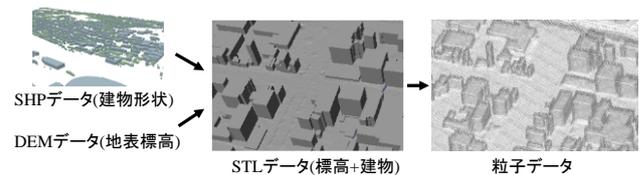


図-1 高解像度モデル作成フロー

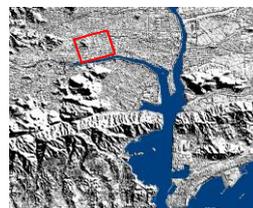


図-2 解析対象地

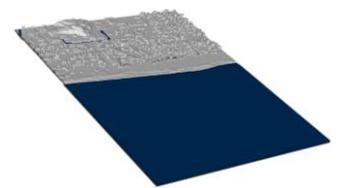


図-3 粒子解析モデル

ッサを用いて粒子モデルを作成する。最後に、別途作成した津波粒子データを設置することにより、GISデータを反映した高解像度な粒子解析モデルが作成できる。なお、今回の報告では、小型家屋が津波遡上現象に与える影響は比較的小さいものと考え、SHPデータからは堅牢建物のデータのみを用いてモデル作成を行った。

## 3. 解析事例

上述の解析ツールを用い、津波遡上解析を実施した。対象地として高知県高知市を選定し、特に津波が遡上し氾濫することが想定される、図-2赤枠に示す鏡川沿い約800m×約1000mの領域を対象とした。本報告では、解像度を粒子径2mに設定した解析事例を報告する。作成した解析モデルは図-3に示すとおりで、総粒子数は約520万個となった。またモデル作成に際し、鏡川河床の平均海拔深さを-4mと設定し、波高4mの津波が遡上してくることを仮想した高さ8mの津波粒子データを設置している。以上をもとに、津波伝播速度の初期条件は長波理論に基づく波速式 $c = \sqrt{gh}$ より波速9m/sとし、津波領域に一様に付加するという簡易的な流入方法を用いている。解析は、境界条件をno-slip条件とし、時間増分0.005secのもと30000step行った。

#### 4. 解析結果

図-4には津波流入から150秒経過後(30000step後)の浸水状況を示す。同図より、標高44.4m程度の高台にある高知城周辺には津波は到達せず、また高層ビルの3階から4階程度以上は水没していないことが確認できた。特に高知城は解析対象地域の中で唯一、自然地形高台として避難箇所を選定されており、解析結果においてもその安全性が確認できた。川から津波の氾濫が開始してから、150秒程で同図に示す程度の浸水が予想されることから、地震発生後には迅速に高知城周辺の避難場所、あるいは高層の建物に避難することが重要であると考えられる。以上のように、具体的な地域、建物群を詳細に表現し、津波遡上解析を実施すれば、より具体的かつ精緻な防災マニュアルの立案ができる。ただし、現時点では簡易な流入条件の下で解析を実施しているため、現時点ではまだ浸水域の具体的な議論はできないことに注意していただきたい。

#### 5. 三次元立体動画

図-5は、図-4と同時刻の建物に作用する津波波圧のコンター表示を示している。同データを用いれば、建物倒壊予測が今後可能となるだけでなく、防護施設的设计などハード防災面で有効な活用が見込める。しかしながら、一般市民を対象とした防災教育などのソフト防災への活用を念頭に置いた場合、同図のような可視化は不適切である。そこで本研究では、解析結果の可視化方法を写実性に特化した三次元立体動画へと発展させた。まず、各時間ステップでの解析津波粒子表面を三角形メッシュで補完することで、解析モデル作成時に利用した地表面STLデータと統合した。その上で、建築分野での意匠設計に用いられている可視化ソフトLumionを用い、建物・津波表面にそれぞれ実際の建物の写真、波を模擬した画像を貼り付け、図-6のような立体的風景を描画した。本可視化方法であれば、津波の脅威をより現実的且つ直感的に伝えることが可能となり、例えば防災意識を喚起するうえで有効であることから、防災教育への活用が考えられる。また立体動画の特性により、周囲の物と津波の相対的な位置関係を把握することができるので、避難場所のより具体的な選定が可能となる。以上のように本手法はソフト防災において幅広い活用が期待できる。

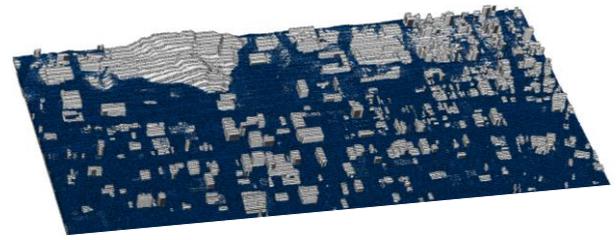


図-4 実時間で150秒後の解析結果

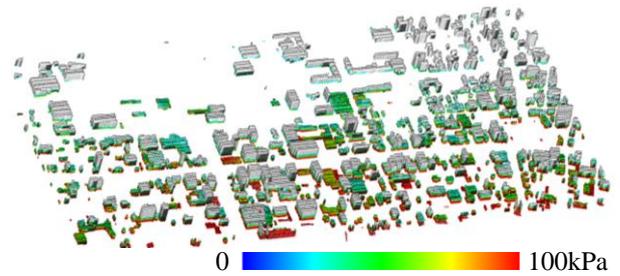


図-5 圧力コンター表示



図-6 立体動画スナップ画像

#### 6. 結論

GISデータを用いた高解像度な解析モデル作成ツールを構築し、高知市を対象とした三次元津波遡上解析を実施した。またソフト防災を念頭に置き、三次元立体動画へと可視化方法を発展させた。今後は構造物にかかる詳細な圧力データを測定し、崩壊、流出等の様子を数値解析で表現できる手法へと発展させていく予定である。また本研究で用いた津波の流入条件は、一定の波高を持つ津波を継続して供給する安易な条件を設定していたが、今後はより現実的な津波の流入条件へと見直す予定である。

#### 参考文献

- 1) Mitsuteru Asai, Abdelraheem M. Aly, Yoshimi Sonoda and Yuzuru Sakai. A stabilized incompressible SPH method by relaxing the density invariance condition, International Journal for Applied Mathematics, Volume 2012 (2012), Article ID 139583, 24 pages.