

津波防災教育のための津波の三次元のシミュレーションと視覚化

Three dimensional simulation and visualization of tsunami for education of the tsunami disaster prevention

- 野島 和也, 日本工営, 茨城県つくば市稲荷原 2304, E-mail: nojima_kz@n-koei.jp
桜庭 雅明, 日本工営, 茨城県つくば市稲荷原 2304, E-mail: sakuraba_ms@n-koei.jp
樫山 和男, 中央大学, 東京都文京区春日 1-13-27, E-mail: kaz@civil.chuo-u.ac.jp
Kazuya Nojima, Nippon Koei Ltd., Inarihara 2304, Tsukuba-shi, Ibaraki, 300-1259 Japan
Masaaki Sakuraba, Nippon Koei Ltd., Inarihara 2304, Tsukuba-shi, Ibaraki, 300-1259 Japan
Kazuo Kashiya, Chuo University, Kasuga 1-13-27, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8551 Japan

This paper presents simulation and visualization of tsunami acting to a building. A purpose of this study is to have the virtual experience of tsunami for the disasters prevent education. A huge tsunami occurred because of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake. The tsunami brought big damage to a coast. An approximately 10 m of tsunami attacked in Rikuzentakata-shi. The height of tsunami reached to the 5th floor of a building. The virtual experience of the situation when the tsunami pressed against a dwelling was carried out by using three-dimensional visualization. An building which locates in Rikuzentakata-shi was modeled. The building was modeled in detail to grasp the situation of the flow inside the building. A numerical simulation of a three-dimensional free surface flow was solved by a scheme based on the VOF method.

1. はじめに

2011年の東北地方太平洋沖地震では、これまで想定されて来なかった規模の津波により、多くのインフラが破壊され、また、多くの人が犠牲となった。この震災以降、我が国では想定される津波の規模に応じて対策を行う方針をとり、発生頻度の高い津波に対しては、海岸保全施設によるハード面での対策を行い、発生頻度は低いものの設計外力を超える最大規模の津波に対しては、人命の確保と被害の最小化を目指して、早期の警報発令や避難誘導といった情報によるソフト的な対策を合わせて行うこととなった。

津波による浸水範囲や、浸水深さなどが示されるハザードマップは、津波来襲時どこまで避難すればよいかを検討する上で有効なツールである。しかしながら、ハザードマップのような平面情報では、津波の速さ、来襲する方向、流れの時刻変化などの詳細な状況を頭に思い描くことは難しい。津波が来襲するときのイメージを具体的に持つことが、津波に対する危機意識を向上につながら、避難行動促進へと繋がると考える。本研究では、3次元シミュレーションによる詳細な津波の挙動を計算するとともに、VR (Virtual Reality) 装置¹⁾に実装することにより、津波来襲の疑似体験を通して、来襲する津波を詳細にイメージ出来る仕組みを作った。

2. 津波シミュレーション

本研究では、人間の視点で津波を疑似体験できることを目的とし、詳細の建物形状を再現して3次元での数値シミュレーションを実施した。また、建物の沿岸に到達する津波を、2次元浅水流モデルによって、波源からの津波伝播解析により算出した。

本研究で疑似体験の対象とし地域は、東北地方太平洋沖地震で津波が来襲した、陸前高田市とした。10mを超える津波の来襲により全ての階が浸水した陸前高田市の5階建ての宿舎について、3D CADを用いて詳細にモデル作成を行った (Fig. 1 参照)。建物の寸法は、現地にてレーザー式の計測機器により計測した。計測が不可能な箇所については、写真から判断して寸法を決定した。建物の位置については、GISと航空写真により位置と方向を取得した。

本研究では、建物近傍および建物内部の津波解析は、VOF法を

用いた差分法に基づく CADMAS-SURF/3D²⁾により実施した。2次元浅水流の数値解析手法は、Staggered-Leap Frog法を用いた。

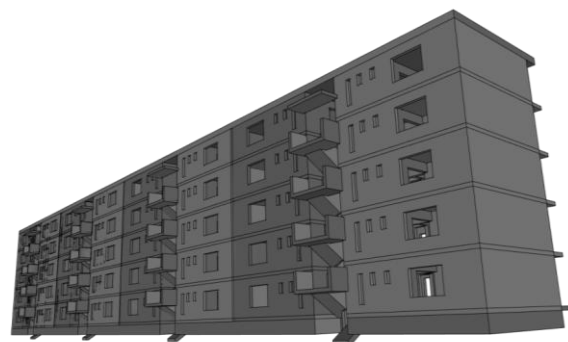


Fig. 1. 3Dモデルによる集合住宅建物形状の再現

3. VR装置による津波疑似体験

(1) VR装置

本研究では、中央大学にある Holostage (CHRISTIE 社)を用いて津波シミュレーションの結果を映像化した。Holostageは、CAVE (Cave Automatic Virtual Environment) と呼ばれる没入型のVR装置であり、3面の大型スクリーンおよび7.1chのスピーカから構

成される。各スクリーンには、右目用の映像と、左目用の映像が交互に移し出され、液晶シャッターメガネを用いることで立体的に視認することが出来る。また、液晶シャッターメガネには、マーカと呼ばれる部品が取り付けられていて、磁気センサーによりマーカを追跡することで、VR 装置は利用者の目の位置を把握し、歪みのない視覚を作成することができる。

(2) VR 装置用データの作成

VR 装置に実装するにあたり、CADMAS-SURF/3D の出力結果を可視化ソフトウェアである AVS/Express に取り込み、データの処理を行った。AVS/Express では以下の処理を行い、Fig. 2 に示すような 3 次元可視化イメージを作成する。

- ・ VOF 関数より水面の抽出
- ・ 建物形状データ (3DCAD) の読み込みと合成
- ・ 水面テクスチャの貼り付け
- ・ 地表面への航空写真の貼り付け
- ・ 光源の設定等、各種設定
- ・ GFA 形式でのデータ出力

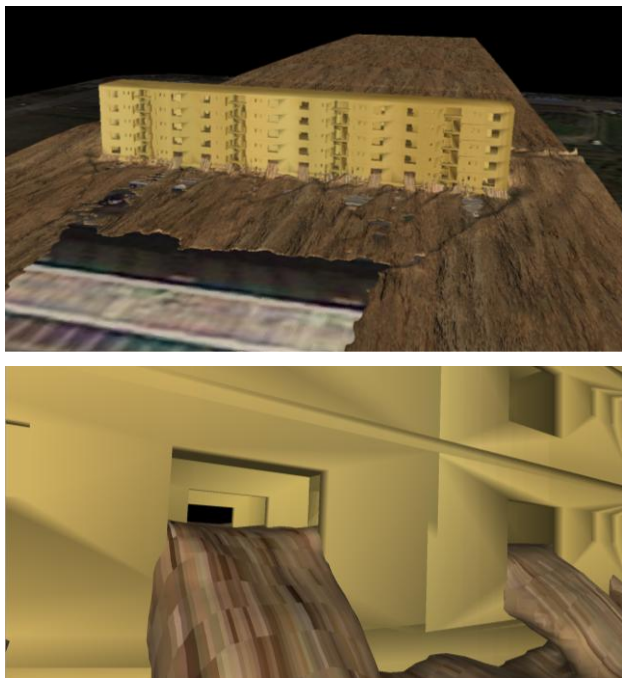


Fig. 2. 3次元可視化イメージの作成

(3) VR 装置による疑似体験

全ての時刻データを GFA データに出力し、VR 装置に入力して可視化を行った。Fig. 3 には VR 装置に津波シミュレーションの結果を実装して、スクリーンに投影した様子を示す。Fig. 3 の上図は、建物背後の視点であり、窓枠から津波が吹き出ている様子が確認出来る。Fig. 3 の下図は、建物の内部に視点を移動し、部屋の中から海側を眺めた図である。この時 VR 装置内では、水面が人の腰のあたりにあるように感じており、また、海側の窓から濁流が波打って室内に流れ込んでいるように感じる事ができた。VR 装置での疑似体験を通して、以下について感じる事ができた。

- ・ 1/1 スケールでの可視化により、来襲する津波の先端の波高や勢いを実感した。
- ・ 各階へ視点を切り替えて、来襲する津波を視覚することで、階の違いによる津波来襲の印象の変化を体感した。

- ・ 建物内部に視点を没入させることで、居住空間へ津波が浸入した場合の、室内の様子の変化を体感した。

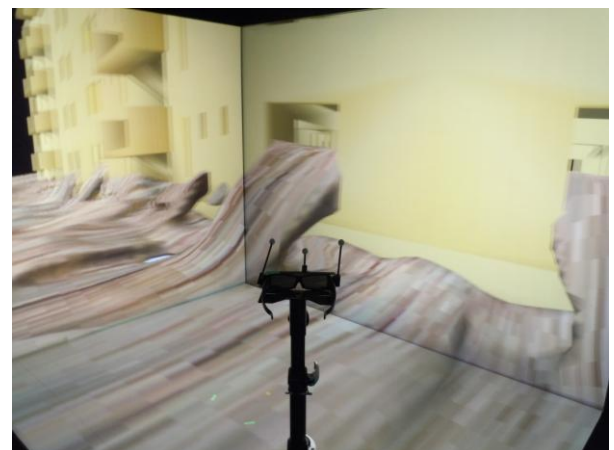
5. おわりに

本研究では、人間の視点から津波の様子を体感すること目的とし、詳細な建物モデルを導入した津波の数値シミュレーションを実施した。数値シミュレーションの結果を VR 装置に実装し、津波の来襲を視覚的に疑似体験出来る仕組みを作った。VR 装置での疑似体験を通し、VR 装置では 1/1 スケールでの臨場感を体感することで、防災意識の向上、防災教育へは高い効果が期待できることが確認できた。

今後は、津波来襲時の視覚的な体験だけではなく、聴覚や触覚に関しても体験できる仕組みを取り入れ、疑似体験をより現実に近いものとした。

参考文献

- (1) K. Kashiyama, "Application of VR Technology to Computational Mechanics", IACM Expressions, 35 (2014), pp. 14-17.
- (2) 財団法人沿岸技術研究センター, "CADMAS-SURF/3D 数値波動水槽の研究開発", 沿岸技術ライブラリー No.39(2010), 235p.



a) 建物背面



b) 建物内部

Fig. 3. VR 装置による可視化