

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12484

研究課題名(和文)物理計算に裏付けられたリアルタイム津波避難体験シミュレータの構築

研究課題名(英文)Real-time tsunami evacuation experience simulator supported by a physical numerical simulation

研究代表者

浅井 光輝 (Asai, Mitsuteru)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：90411230

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：南海トラフ地震が発生時には、東日本大震災時と同程度以上の津波が発生する危険性が高く、ハード防災だけでは人命を守ることは困難であり、被災者ゼロのためには有効なソフト防災が重要なキーとなる。一方、特に陸地への津波遡上現象を3次元問題として解く研究が推進されており、スパコンを使えば1m程度間隔以下で間隔での計算が可能となりつつある。そこで、高分解能・高精度な津波遡上計算結果をより有効にソフト防災へと活用するために、ひとの視線から立体視する可視化技術を発展させ、ヘッドマウントディスプレイによるウェアラブル立体視と歩行コントローラを用いたリアルタイム津波避難体験シミュレータを開発した。

研究成果の概要(英文)：When the Nankai Trough Earthquake occurs, there is a high risk that a tsunami of about the same level as at the time of the Great East Japan Earthquake. It is difficult to protect human life only by hard disaster prevention, effective soft disaster prevention is important for zero victims. On the other hand, research to solve the tsunami uphill phenomenon especially to the land as a three-dimensional problem is being promoted, and using supercomputers. It is becoming possible to calculate at intervals of less than 1m resolution. In order to make effective use of the high resolution / high accuracy tsunami calculation result to soft disaster prevention, We developed a real-time tsunami evacuation experience simulator with a wearable head mounted display and a walk controller.

研究分野：自然災害科学

キーワード：津波体験シミュレータ 粒子法 VR 歩行コントローラ

1. 研究開始当初の背景

震災以降後の被害調査やマルチエージェントシミュレーションなどを通して、避難開始時間の遅れが津波被災確率を増大させることは明白である。2011年の津波被害を受け、日本国民全体の津波に対する防災意識は高まり、各地でも避難訓練等が行われるようになってきている。この防災教育をさらに発展・継続させ、各個人の防災意識の高め自助行動を促すための活動・教育を推進することが被災者ゼロを実現させるためには欠かせない。

申請者はこれまでにスパコンの使用を前提とした大規模津波遡上解析を実施しており、スパコン上で1億粒子(1粒子あたり流速3, 圧力1の4自由度, 計4億自由度)を用いた津波遡上計算を可能とし、また京コンピュータの多数の演算ノードを占有できれば、5億粒子(計20億自由度)程度までの演算が可能であると試算している。

ただし、こうした最新の数値解析結果が直接、津波防災へと応用されていないのが現状である。せつかく複雑かつ大規模解析を実施しても情報過多となり、本来必要とされる情報を提供できていなかった。

2. 研究の目的

南海トラフ地震が発生時には、東日本大震災時と同程度以上の津波が発生する危険性が高く、ハード防災(構造物で守る)だけでは人命を守ることは困難であり、被災者ゼロのためには有効なソフト防災(防災教育等)が重要なキーとなる。一方で2011年以降、数値解析により精緻に津波被害を予測するため、特に陸地への津波遡上現象を3次元問題として解く研究が推進されており、スパコンを使えば1m程度間隔以下で間隔での計算が可能となりつつある。ここで、著者らが開発してきた高分解能・高精度な津波遡上計算結果をより有効にソフト防災へと活用するために、ひとの視線から立体視する可視化技術を発展させ、ヘッドマウントディスプレイによるウェアラブル立体視と歩行コントローラを用いたリアルタイム津波避難体験シミュレータを開発する。

3. 研究の方法

都市域の津波遡上現象をより正確に把握するためには、津波進行の主な障害となる建物群までを詳細にモデル化することが望ましい。特に、3次元解析の精度は解析モデルの信頼性に大きく依存していることは言うまでもない。そこで、地表面の標高、建物形状を可能な限り現実と一致させるため、GISを利用した粒子解析モデル作成手順を構築する。本研究では、標高データは数値標高モデル(国土院のDEMデータ)、建物群の情報はshape形式ファイル(SHPデータ)を参照することで粒子解析モデルの作成を行った。ここでDEMデータは、航空測量により

計測した地表の標高情報を一定の間隔の格子上で保存したデータであり、建物や樹木等の除外した地表面の標高を与えるものである。このため、標高データにはDEMデータを用い、別途、建物の幾何形状を定義するためにGISの地理空間データファイルのフォーマットの一つであるSHPデータを利用した。なお、このSHPデータには、各建物の輪郭を2次元データとして定義しており、また同時に建物の高さの情報が含まれている。地表面と建物の外郭を一般的な3次元CADデータとして定義さえすれば、汎用的な粒子解析用のプリプロセッサを用いて粒子モデルへと容易に変換することができる。本研究で提案する粒子モデル作成フローを図-1に示す。

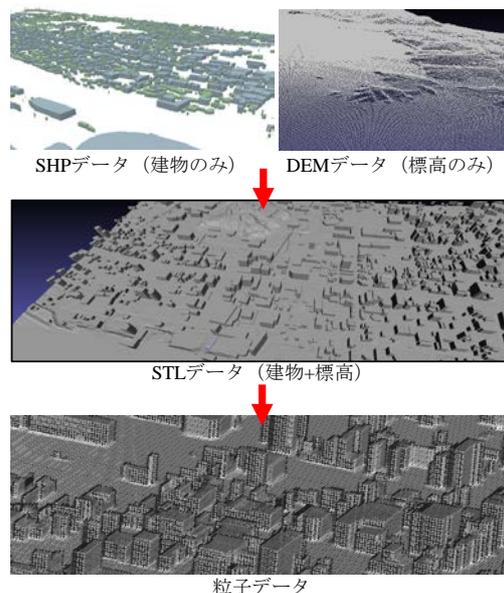


図-1 街区の津波遡上解析モデル作成手順

4. 研究成果

本研究の目的は、解析後の3D可視化と、それをベースとし、ヘッドマウントディスプレイによる立体視と歩行コントローラを融合させた津波避難体験システムをすることであった。

解析対象は、南海トラフ地震時に甚大な津波被害が危惧されている高知市を取り上げた。その解析モデルを図-2に示す。

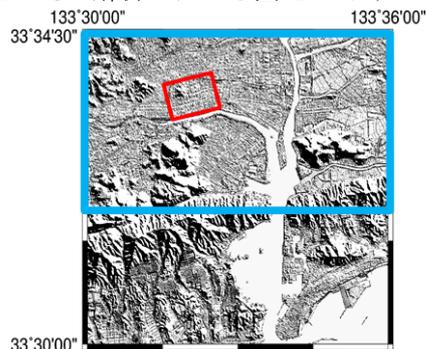


図-2 高知市津波遡上解析モデル

これまで粒子法を用いた可視化事例としては、流速分布、圧力分布など、工学的な視点から見やすい画像を作成してきた。その例として流速分布図を図-3に示す。今回の目的は、一般市民が津波の脅威をより現実的体験できる画像を提供することであるため、フォトリアリスティックな動画を作成することに努めた。その画像例を図-4に示す。あとは、この画像をヘッドマウントディスプレイにて立体視できるように調整し、その画像を歩行コントローラで移動できるようなアプリを作成することに成功した。なお、この歩行コントローラ自体、日本に初導入した商品であり、それを津波避難体験シミュレータへと拡張した。この成果は、NHKなどのメディアでも紹介されるなど、注目を浴びている。

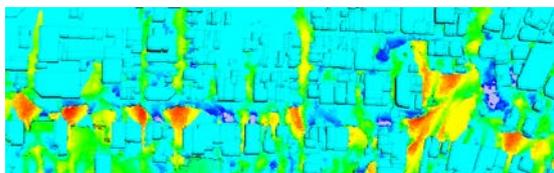


図-3 従来の解析結果の可視化事例



図-4 本研究で開発した可視化事例



図-5 津波避難体験シミュレータ

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

① Masaharu Isshiki, Mitsuteru Asai, Shimon Eguchi, Hideyuki O-tani

「3D tsunami run-up simulation and visualization using particle method with GIS-based geography model」

Journal of Earthquake and Tsunami, Vol.10, Issue5, 1640020, 2016

② Mitsuteru Asai, Yoshiya Miyagawa, Nur'Ain Idris, Abdul Muhari, Fumihiko Imamura

「Coupled tsunami simulation based on a 2D shallow water equation based finite difference method and 3D incompressible smoothed particle hydrodynamics」

Journal of Earthquake and Tsunami Vol.10, Issue5, 1640019, 2016

③ 江口史門, 浅井光輝, 大谷英之, 一色正晴,

建物群を含む地表面詳細モデルを用いた粒子法による三次元津波遡上解析

地震工学講演会論文集(土木学会論文集 A1 特集号), Vol.72, No.4, 367-377, 2016

④ 宮川欣也, 浅井光輝, Abdul Muhari, 今村文彦

仮想造波板による平面 2 次元解析と 3 次元粒子法の連成型津波遡上解析

地震工学講演会論文集(土木学会論文集 A1 特集号), Vol. 72, I_473-I_481, 2016

⑤ 宮川欣也, 浅井光輝

粒子法による多段階ズーム津波解析に向けたマトリックスアレイ状仮想造波板

土木学会論文集 A2(応用力学)特集号, Vol.71, p.I_267-I_277, 2016

[学会発表] (計 19 件, 国内会議は招待講演のみ)

① Mitsuteru Asai

Multi-scale -physics tsunami simulation using a particle method

International Workshop on Priority Issue 3 to Tackled by Using Post K Computer, Development of integrated simulation system for earthquakes and tsunami hazards nad disaster, Hyogo, Japan, 2016

② Keita Ogasawara, Mitsuteru Asai, Shimon Eguchi, Yi Li

Large scaled tsunami run-up analysis using explicit ISPH method

International Workshop on Priority Issue 3 to Tackled by Using Post K Computer,

Development of integrated simulation system for earthquakes and tsunami hazards and disaster, Hyogo, Japan, 2016

③ Mitsuteru Asai, Shimon Eguchi, Bodhinanda Chandora

Multi-scale tsunami simulation for simulating bridge washout disaster by using a particle method

The 12th World Congress on Computational Mechanics, Seoul, Korea 【キーノート講演】, 2016

④ Nur Ain Binti Idris, Mitsuteru Asai, Yoshiya Miyagawa

Multi-level tsunami disaster simulation with a matrix array shaped virtual wave making plate by using the particle method

The 12th World Congress on Computational Mechanics, Seoul, Korea, 2016

⑤ Nur Ain Binti Idris, Mitsuteru Asai, Yoshiya Miyagawa

Multi-level tsunami disaster simulation by the particle method with a matrix array shaped virtual wave making plate

Proceedings of the 16th International Conference on Computation in Civil and Building Engineering, Osaka, Japan, 2016

⑥ Mitsuteru Asai, Shimon Eguchi, Nur Ain Binti Idris

Multi-Scale and -physics tsunami simulation from earthquake center to infrastructures

Proceedings of 3rd International Conference on Violent Flows, Osaka, Japan, 2016

⑦ Yoshiya Miyagawa, Mitsuteru Asai

Multi-scale bridge wash out simulation during tsunami by a stabilized ISPH method

The 3rd International Conference on Civil and Environmental Engineering for Sustainability (IConCEES2015), Melaka Malaysia

(Best paper Award) , 2015

⑧ Mitsuteru Asai, Yoshiya Miyagawa, Multi-scale and -physics particle simulation for tsunami disaster mitigation,

Analysis of Continuum Mechanism and Industrial Applications (CoMFoS15), Fukuoka, Japan, 【基調講演】 , 2015

⑨ Mitsuteru Asai, Tomotaka Nogami, Yoshiya Miyagawa

Multi-level tsunami disaster simulation by a particle method

Japan-Spain Workshop on Computational Mechanics 2015, Tokyo, 2015

⑩ Mitsuteru Asai, Yoshiya Miyagawa,

Tomotaka Nogami

Multi-scale and -physics tsunami disaster simulation for disaster mitigation

IWACOM-III(International Workshops on Advanced of Computational Mechanics), Tokyo 【招待講演】 , 2015

⑪ Yoshiya Miyagawa, Mitsuteru Asai, Nur Ain Binti Idris

Bridge washout simulation during Tsunami by a stabilized ISPH method

IV International Conference on Particle-based Methods(Particle2015), Barcelona, Spain, 2015

⑫ Mitsuteru Asai, Yoshiya Miyagawa

Multi-scale and -physics tsunami disaster simulation

International Symposium on Disaster Simulation, Osaka 【招待講演】 , 2015

⑬ Mitsuteru Asai, Yoshiya Miyagawa, Shoichi Tanabe

Multi-level tsunami disaster prediction by using a large scale particle simulation

5th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering, COMPDYN 2015, Crete Island, Greece, 2015

⑭ Yoshiya Miyagawa, Mitsuteru Asai, Shoichi Tanabe

Bridge wash out simulation during tsunami by using a particle method

2nd International Conference on Civil and Building Engineering Informatics (ICBEI2015), Tokyo, 2015

⑮ 浅井光輝(招待講演)

津波・構造物解析の現状について

土木学会関東支部技術情報部会「京コンピュータによる地震津波シミュレーション」, 東京, 2017

⑯ 浅井光輝(招待講演)

粒子法によるマルチスケール・フィジックス津波被害予測解析

土木学会・地震工学委員会平成 28 年度第 3 回研究会「地震工学分野における高度解析技術」, 東京, 2016

⑰ 浅井光輝(招待講演)

安定化非圧縮性 SPH 法の精度検証と妥当性確認

日本応用数理学会 2016 年度会, 北九州, 2016

⑱ 浅井光輝(招待講演)

マルチスケール粒子法による構造物に作用する流体力評価

日本原子力学会 2016 年秋の大会, 久留米,
2016

⑱ 浅井光輝(基調講演)

粒子法による流体解析の現状と津波防災への
応用
対津波設計のベンチマークテストに関する
シンポジウム, 2016

〔図書〕(計 1 件)

- ① 「耐津波学 津波に強い社会を創る」,
森北出版 (分担執筆 担当 9 章), 2015

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浅井 光輝 (ASAI, Mitsuteru)
九州大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 90411230

(2) 研究分担者

一色 正晴 (ISSHIKI, Masaharu)
愛媛大学・理工学研究科・講師
研究者番号: 30583687

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし