

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：53203

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24510260

研究課題名(和文) 富山湾沿岸における適応格子法を用いた津波遡上の高精度高速シミュレーションの実現

研究課題名(英文) High Performance Adaptive Mesh Tsunami Run-up Simulation at Toyama-bay

研究代表者

古山 彰一 (Furuyama, Shoichi)

富山高等専門学校・電子情報工学科・教授

研究者番号：90321421

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の成果として挙げられることは以下の3つとなる。

呉羽山断層を震源地とする地震が発生し、津波が起きた場合には、最短で1分程度で海岸に津波が到達する様子がシミュレーションにより明らかにされた。富山県新湊地区での津波の陸上遡上の可能性について検討を行った。この検討では波高が10m程度ある大きな変動を伴う状況でも安定してシミュレーションを行う事ができた。富山湾全域を5メートル幅の約2千6百万点の計算メッシュで地形を再現し、呉羽山断層帯で発生する地震を想定しシミュレーションを行った。6台のGPUを用いる事で約1分半程度でシミュレーションを行う事ができた。また88%の高い並列化効率を達成した。

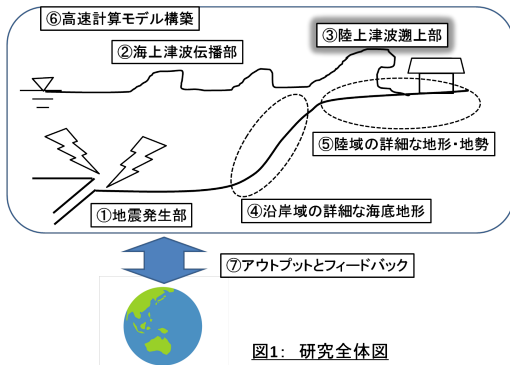
研究成果の概要(英文)：The research achieved following three problem. 1.The research cleared the arrival time to coastal area from earthquake source. It was only one minute. 2. The numerical model was tested in the case of huge tsunami situation which was higher than 10 m. The numerical model was very stable for the drastic physical situation. 3. The target area was extended for whole Toyama-bay. The number of computational cells was more than 26 million with the 5 meter resolution. The simulation was also achieved high speed calculation. The computational time was 1.5 minutes under the situation and the calculation achieved 88% parallel efficiency for the calculation.

研究分野：情報工学

キーワード：高速計算 GPU 津波 シミュレーション 富山湾

1. 研究開始当初の背景

本国において津波や高波による沿岸域での災害は非常に深刻な問題である。先の東日本大震災では、沿岸域での津波警報は出されたが、実際にその波が陸上や河川をどの程度遡上していくのかについては警報を出す事が出来なかった。この事が沿岸域住民の避難を遅らせ、多くの犠牲者を出した一つの要因であると考えられる。今後は陸域での津波被害の可能性を、数値シミュレーションを用いて詳細に検討する事が急務であると考えられ



る。このようなシミュレーションモデルを構築するためには図1で示した以下の項目を検討する必要がある。

- 地震発生部
- 海上津波伝播部
- 陸上津波遡上部
- 沿岸域の詳細な海底地形
- 陸域の詳細な地形・地勢
- 高速計算モデル構築
- アウトプットとフィードバック

特に今回は高精度・高速シミュレーションを実現することが研究の中心部となる。

2. 研究の目的

本研究では、津波や高波などで水が陸域に大量に押し寄せる災害を想定し、詳細にその遡上範囲を予測する数値モデルの開発を行う。モデル開発に際して以下の4点を考慮する。

- (1) 計算の高精度化と高効率の為に適応格子法を利用
- (2) 大規模高速計算を行う為にGPGPUを利用
- (3) 陸域における詳細な地形データの利用
- (4) ソフトウェアを広く公開し、高度化・汎用化を目指す

これらを考慮する事で、現実的な災害予測データ提供を行い、ハザードマップや、ウォーターフロント開発の際に現実的に有用なデータ提供を行う事を目的とする。

3. 研究の方法

本研究は「開発」「応用」「高度化」の3フェーズで遂行する方法を目標とした。「開発」フェーズでは適応格子法の開発、波・遡上モデルの検討、GPGPUへの実装・高速計算を行った。適応格子法の開発部

分ではQuad-tree型のデータ構造を用いた方法を用いて、これをGPGPUへ実装する事を試みた。その際、富山湾沿岸部の地形を考慮したシミュレーションを検討した。波モデルについては、長波モデルを採用し、陸上遡上モデルについては、岩手県が三陸海岸における津波シミュレーションを行った際に採用したモデルを利用した。

「応用」フェーズでは、実地形への応用、地勢データの挿入、津波発生モデルの検討が予定されていたが、特に実地形の応用については、開発フェーズの段階から組み込んだ状態で検討が行われた。地勢データについては、沿岸域の一部地域については建物を考慮したシミュレーションも検討した。さらに津波発生モデルについては、富山湾で将来的に実際に発生されると考えられている呉羽山断層帯での地震を想定し、そのエリアで津波が発生する事を考慮したシミュレーションを行った。「高度化」についてはソフトウェア公開、フィードバック、高度化、普及などを想定していたが、これらについては引き続き今後の検討課題となる。特にソフトウェアについては、一般的なCPU上で動作するモデルについては、現在すでに作成してあるWEBページ上に公開する事を検討している。

4. 研究成果

本研究の成果として挙げられることは以下の3つとなる。

- 富山湾沿岸域での、実際の海底断層位置を想定したシミュレーションの実現。
- 富山湾沿岸域における津波の陸上遡上シミュレーションの実現。
- 広範囲、高精度なシミュレーションのGPUによる高速化の実現。

については、雑誌論文、学会発表で詳しく述べているが、実際に呉羽山断層を震源地とする地震が発生し、津波が起きた場合には、最短で1分程度で海岸に津波が到達する様子がシミュレーションにより明らかにされた(図2)。

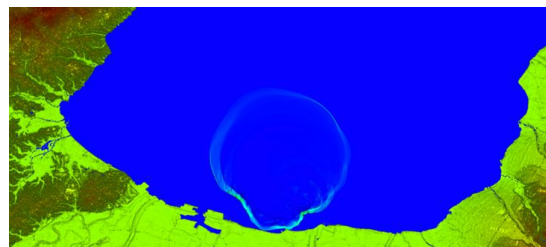


図2: 富山湾における津波シミュレーション

については雑誌論文、学会発表などで検討されたが、富山県新湊地区での津波の陸上遡上の可能性について検討を行った。この検討では、数値計算手法として比較的難しい問題になる自由境界問題を解く必要があるが(もともと陸上であった部分に流体である波が遡上するような状況) 波

高が10m程度あるようなかなり大きな変動を伴うような状況でも安定してシミュレーションを行う事ができた(図3)。

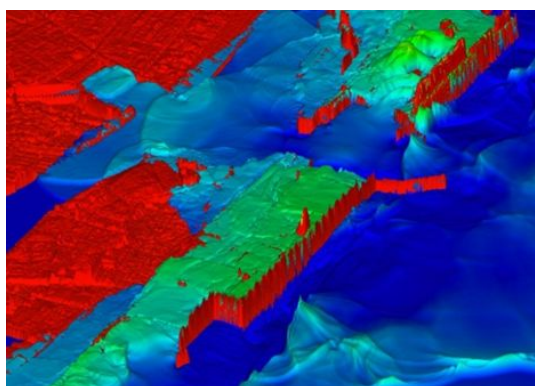


図3：富山県新湊地区における津波の陸上遡上のテストシミュレーション

については本研究の最も大きな成果となるが富山湾全域を5メートル幅の約2千6百万点の計算メッシュで地形を再現し、呉羽山断層帯で発生する地震を想定しシミュレーションを行った。陸上へは早いところでは1分程度で津波が到達するが、その状況を6台のGPGPUを用いる事で約1分半程度でシミュレーションを行う事ができた(表1)。またこの結果は88%という高い並列化効率を達成しており、さらなる大規模計算の際にも有効な計算方法として期待できる手法である。

表1：GPGPUを用いた高速計算結果

| # of GPUs | 1 | 3 | 6 |
|--|------------|-------|------|
| Total Calculation Time [sec.] | 473.3 | 176.1 | 91.8 |
| Calc. for Water Level [sec.] | 61.8 | 20.0 | 10.2 |
| Calc. for Flux [sec.] | 410.7 | 152.2 | 76.3 |
| Message Passing Between Domains [sec.] | 0 | 2.7 | 4.9 |
| Parallel Efficiency (%) | N/A (100%) | 90% | 86% |

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3件)

Shoichi FURUYAMA, Yusuke MAIHARA "GPU-accelerated Tsunami Run-up Simulation at Toyama-bay", Journal of Advanced Simulation in Science and Engineering (JASSE), Vol. 1, No. 1, pp.51-57 (2014), Japan Society for Simulation Technology (査読有)

Shoichi FURUYAMA, Yusuke MAIHARA "High Resolution & High Performances Tsunami Run-up Simulation", Journal of Eco technology Research, vol.17(2), pp.79-83 (2014) (査読有)

Shoichi FURUYAMA, Yusuke MAIHARA

"High speed Flooding Simulation by Using GPGPU", International Journal of Earth Science and Engineering (IJEE), ISSN 0974-5904, Volume 06, No.04 (01), pp.746-750 (2013) (査読有)

[学会発表](計9件)

Shoichi Furuyama, Yusuke Maihara, Tsukasa Aso, Yuki Ueda, "Accelerated Multi GPU Simulation for Tsunami runup at Toyama-bay", JSST2015, Toyama, 12-14 Oct. (2015)

Shoichi FURUYAMA, Yusuke MAIHARA, Tsukasa ASO, "Accelerated Multi GPU Tsunami Run-up Simulation", PANACM2015, Buenos Aires 27-29 April (2015)

古山 彰二, 毎原 雄介, 「GPU を用いた富山湾沿岸における津波陸上遡上シミュレーションの高速化」, 第27回数値流体力学シンポジウム(2013.12.名古屋大学東山キャンパス、名古屋市)

Shoichi FURUYAMA, Yusuke MAIHARA "Modelling a Moving Land-Sea Boundary Using Adaptive Mesh Refinement", ICE Conference, Coast, Marine Structures and Breakwaters 2013, (2013, Edinburgh, UK, 18-20 Sep.)

Shoichi FURUYAMA, Yusuke MAIHARA "GPU-accelerated Tsunami Run-up Simulation at Toyama-bay", JSST2013 International Conference on Simulation Technology, (2013, Meiji Univ., Japan, 11-13 Sep.)

この発表において、日本シミュレーション学会より Research Award および Outstanding Presentation Award 受賞。

古山 彰二, 毎原 雄介, 「GPGPUを用いた高精度・高速津波シミュレーションの実現」, GPGPU コンピューティングシンポジウム in 長岡技術科学大学 2013(2013.8.長岡技術科学大学、新潟県長岡市)

Shoichi FURUYAMA, Yusuke MAIHARA "HPC Performance Modeling and Predication Tools, Coastal Engineering in Toyama Bay to Cope with Rising Sea Levels", 3rd International Symposium on Expertise in Sustainable Society, p.24 (2013, Lisburn, Northern Ireland, UK, 1-5 June)

Sho-ichi FURUYAMA, Yusuke

MAIHARA, "High Speed Floodwaters Simulation by Using GPGPU", 2013 Challenges Ahead, Water Quality and Human Health, Second International Symposium, Proceedings p.50 (2013, Peradeniya, Sri Lanka, 15-16 March)

Sho-ichi FURUYAMA, "High Resolution & High Performance Tsunami Run-up Simulation", 2nd International Symposium on Expertise in Sustainable Society, Abstracts p.12 (2012, Toyama, Japan, 29-30 Nov.)

〔その他〕

ホームページ等

「Tsunami Run-up Simulation 科研費基盤研究(C) 研究番号 24510260 研究期間 2012 - 2015 のページ」

http://www.nc-toyama.ac.jp/WEB_Profile/shoichi/tsunami/index.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古山 彰一 (FURUYAMA Shoichi)
富山高等専門学校・電子情報工学科・教授
研究者番号： 90321421

(3) 連携研究者

竹内 章 (TAKEUCHI Akira)
富山大学・理工学研究部・教授
研究者番号： 20126494

松浦 知徳 (MATSUURA Tomonori)
富山大学・理工学研究部・教授
研究者番号： 10414400