

大規模津波浸水被害推計シミュレーションのマルチプラットフォーム向け最適化手法の研究



共同研究者: 越村俊一, 阿部孝志(東北大学災害科学国際研究所), 小林広明, 佐藤雅之, 岸谷拓海(東北大学大学院情報科学研究科), 伊達進(大阪大学サイバーメディアセンター), 小松一彦, 下村陽一(東北大学サイバーサイエンスセンター)

研究目的

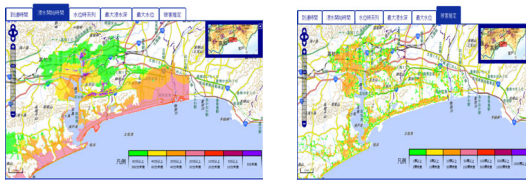
大規模な津波発生時に津波被害を20分以内に推計するシステムをスーパーコンピュータSX-ACEを用いて開発した。大規模な地震では建屋の被害や停電が広域にわたることが多い。津波被害推計を安定的に行うためには、大規模な地震がどの地域で発生しても、被災を免れたスーパーコンピュータを用いて被害推計を行うことが必要である。また、現在、南海トラフ領域の被害推計を行っているが、日本全国へ対象範囲を広げることも必要である。

本研究では、

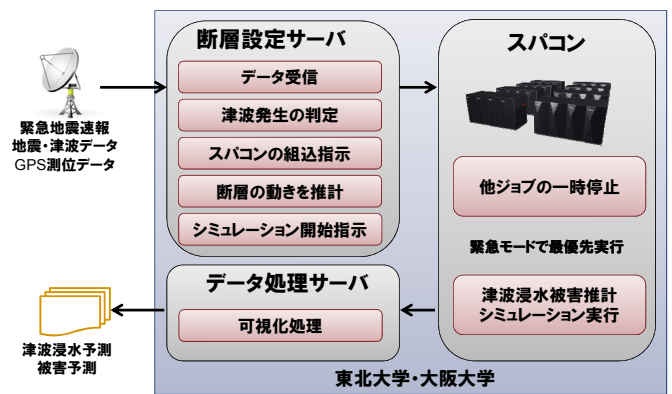
- 複数の異なるアーキテクチャのスーパーコンピュータ上で高速に実行できるモデルを開発する。
- 全国規模の津波浸水被害シミュレーションを実現するため、並列処理の効率化とモデルサイズの最適化を行い、さらに全国規模のシミュレーションを行うためのスーパーコンピュータ資源量を明らかにする。

背景

- 東日本大震災では、津波災害は広域災害であり、被害把握に時間がかかり、初期対応の遅延が発生
- 津波災害発生時には被害状況の早期把握が必要
 - ・シミュレーションを活用して被害状況を早期把握



- 迅速な救援計画や体制の確立
 - ・被災地近隣地域からの迅速な支援



津波浸水被害推計システム概念図

※内閣府総合防災システムの一機能として採用され、南海トラフ地震をターゲットに稼働中。

津波浸水被害シミュレーションの概要

- 非線形長波理論

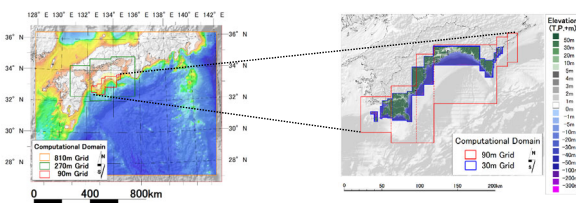
$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

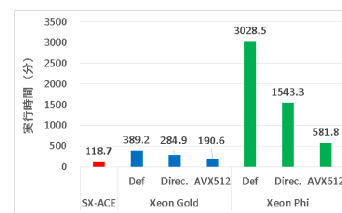
$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

$$M = \int_{-h}^{\eta} u dz = \bar{u}(\eta + h), N = \int_{-h}^{\eta} v dz = \bar{v}(\eta + h)$$

- 階層型グリッド(多角形格子を採用)

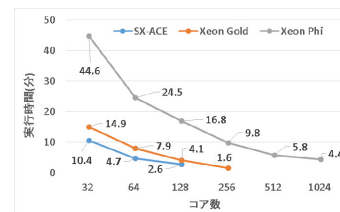


- 現在の処理時間(昨年度の研究成果)
高知県沿岸を10m格子で6時間の津波浸水を計算



SX-ACE, Xeon Gold, Xeon Phiのシングルコアでの実行時間

- ・Def.はコンパイラのデフォルトオプション
- ・Direc.はベクトル指示行を利用
- ・AVX512はAVX512命令を利用



SX-ACE, Xeon Gold, Xeon Phiのマルチコアでの実行時間

昨年度の研究により、本シミュレーションを数分で実行可能となった。

研究計画

- ターゲットするスーパーコンピュータ
 - ・Intel Xeon Gold
 - ・Intel Xeon Phi (KNL)
 - ・NVIDIA Tesla P100
 - ・SX-ACE
 - ・SX-Aurora TSUBASA
- NVIDIA Tesla等のGPUでの高速化
OpenACCを用いてGPUでの高速化を実現する。



大阪大学 OCTOPUS

- 大規模並列化
大規模並列化へ向けた演算ロードインバランスと通信時間の改善を検討する。
- 全国規模のシミュレーションへの検討
5分以内にシミュレーションを完了させるためのモデルサイズと各スーパーコンピュータにおける必要計算機資源量を明らかにする。また、耐障害性のための冗長化と分散配置の検討を行う。