



大規模津波浸水被害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(東北大学災害科学国際研究所), 小林広明, 佐藤雅之(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(SX-ACE以外のスーパーコンピュータでの稼働)。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

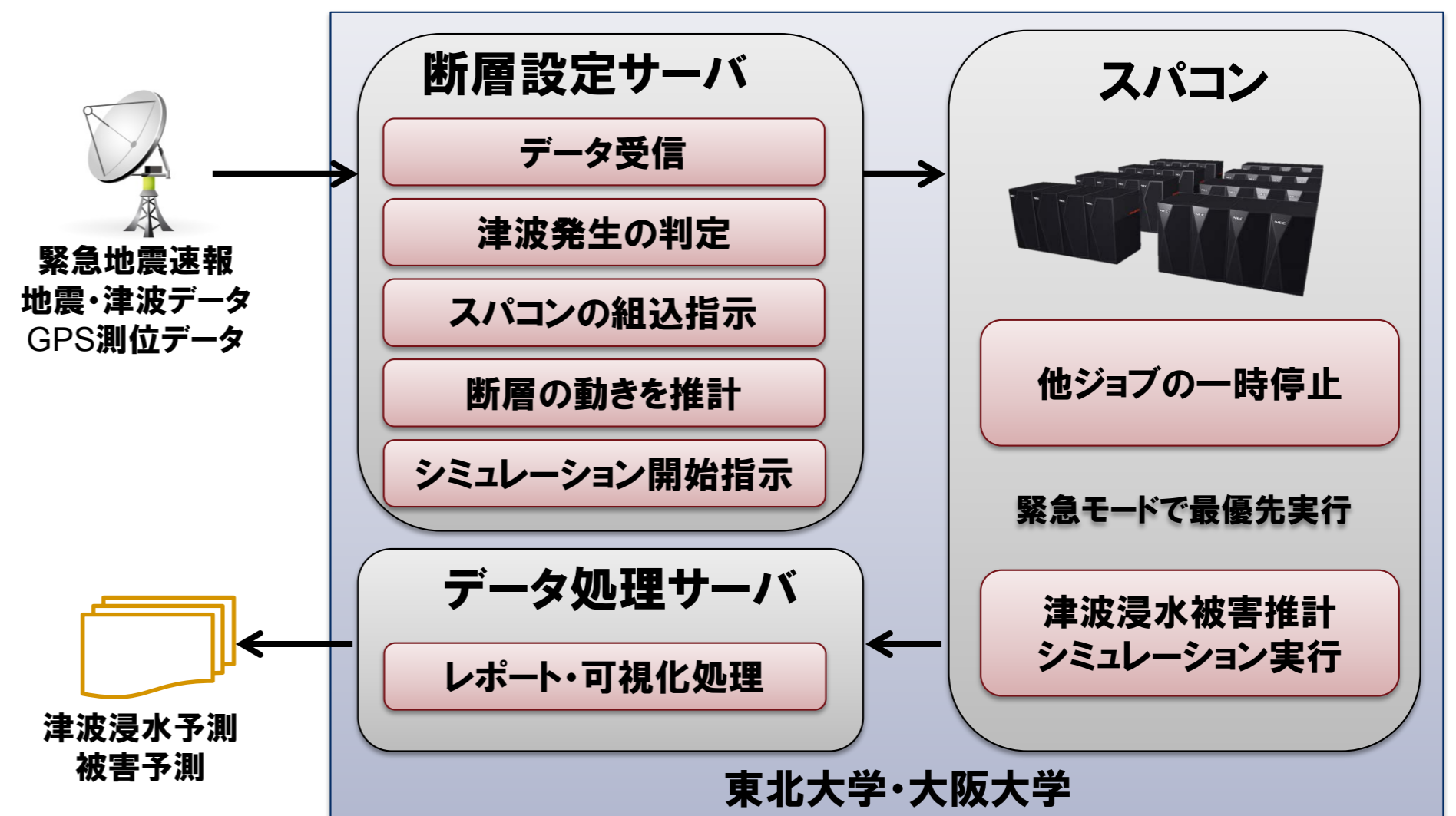
- 東日本大震災では、津波災害は広域災害であり、被害把握に時間がかかり、初期対応の遅延が発生
- 津波災害発生時には被害状況の早期把握が必要
 - ・浸水範囲は？(避難所は浸水しているか?)
 - ・公共インフラ, 交通網等の被害は？

シミュレーションを活用して被害状況を早期把握

- 地震発生後速やかに、浸水範囲や被害推計が可能

- 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

リアルタイム津波浸水被害推計システムを開発



※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

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

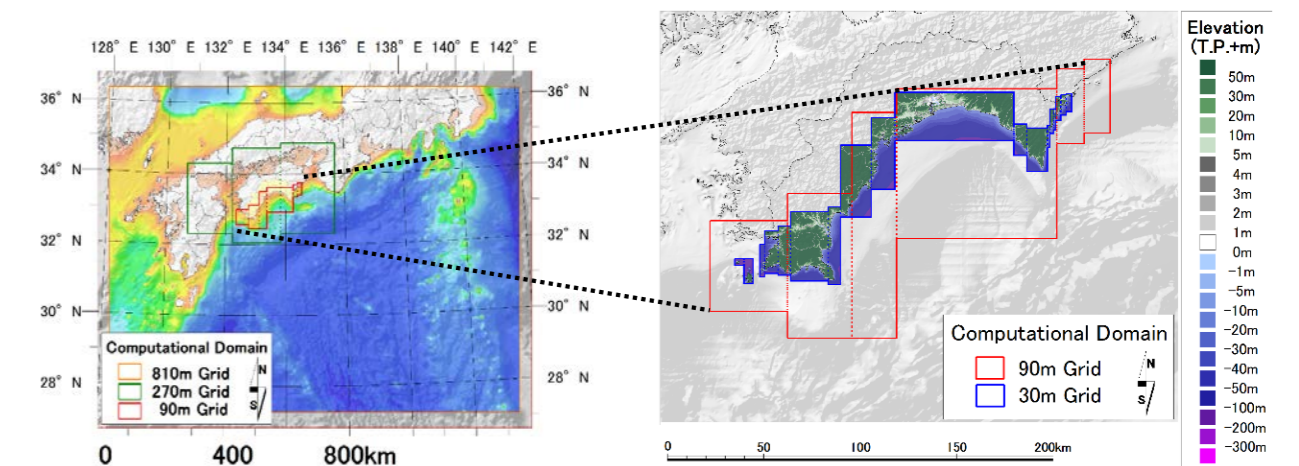
$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

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

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

- Staggered Leap-frog法

- 階層型グリッド
 - ・多角形を採用



- 浸水被害推計の例



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



大阪大学 OCTOPUS

- Xeon Gold, Xeon Phi(KNL) の最適化

- ・AVX-512命令の活用

本プログラムはSX-ACEでベクトル化を行っている。Intelコンパイラとの仕様差を明らかにし、AVX-512命令での高速化をはかる。

- ・MCDRAMの活用

Xeon PhiにおけるMCDRAMの各種メモリモードによる性能差を明らかにする。

- NVIDIA Tesla P100 への移植

ソースコードのメンテナンス性を考慮し、OpenACCを用いた移植と最適化を実施する。

- 大規模並列化

ターゲットのスーパーコンピュータでの大規模並列化のモデル改造を行う。現在、演算のロードインバランスと通信の待ち時間が発生している。これらを改善するためのモデルの改造を検討する。

- 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。