

G空間防災情報における スーパーコンピュータの活用 —— リアルタイム津波シミュレーション ——

2016年 3月25日

NEC 第一官公ソリューション事業部
東北大学サイバーサイエンスセンター
撫佐 昭裕

Contents

1. G空間情報と背景・目的
2. 津波浸水被害予測シミュレーション
3. スーパーコンピュータの活用
4. 提供情報の例
5. まとめ

G空間情報の活用

G空間情報とは

- 「地理空間情報技術 **Geotechnology**」を用いた「地理空間情報」

総務省 G空間×ICT推進会議（2013年～ ）

- 「空間情報と通信技術を融合させ、暮らしに新たな革新をもたせる」

地理空間情報活用推進
基本法・基本計画

準天頂衛星の整備

ICT環境の変化



新産業・サービスの創出

防災・地域活性化

プロジェクト1：G空間オープンデータ・プラットフォームの構築

プロジェクト2：世界最先端のG空間防災システムの構築

プロジェクト3：「G空間シティ」による成功モデルの実現

総務省 世界最先端のG空間防災モデルの確立に関する実証事業

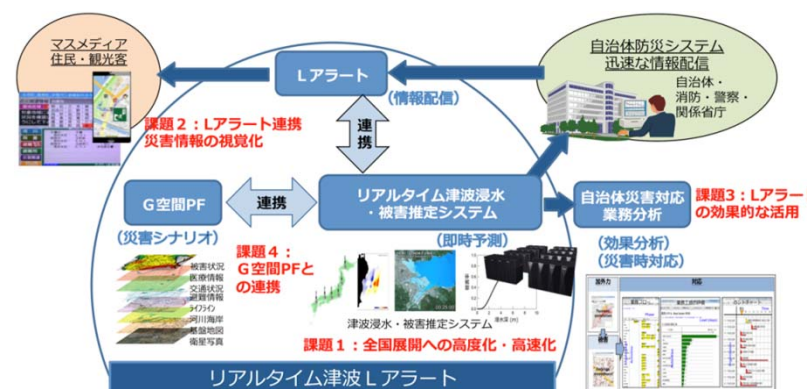
実証事業代表機関 東北大学災害科学国際研究所

G空間シティ構築事業

- 「リアルタイム津波浸水・被害情報配信による自治体の減災力強化の実証事業」
- 実証期間 2014年7月から2015年3月

G空間防災システムとLアラートの連携推進事業

- 「リアルタイム津波予測システムとLアラートの連携による「津波Lアラート」の構築と災害対策の高度化実証事業」
- 実証期間 2015年7月から2015年12月



2011年 東日本大震災による津波被害

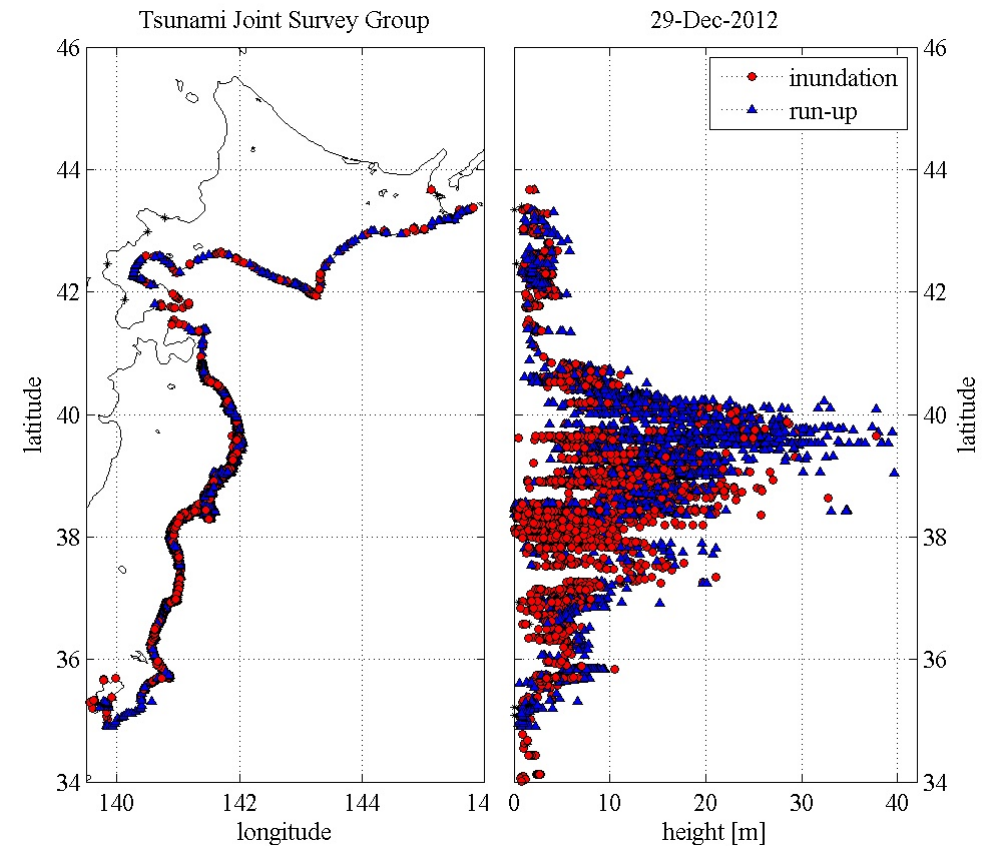
東北地方太平洋沖地震 (M9.0)

- 2011年3月11日14時46分に発生



東日本太平洋岸に津波襲来

- 津波の高さ 10m以上
 - ・ 気象庁で予測可能
- 遡上の高さ 40m以上
 - ・ 誰も予測していなかった
- 浸水面積 561Km²
 - ・ 大阪府の約30%の面積
- 死者 1万8千人以上
- 建物の損壊 12万棟以上



資料：東北地方太平洋沖地震津波道号調査グループ

本事業の背景・目的

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？
- 生存者・避難民の把握（どこに？，何人？）
- 建築物，ライフライン，交通網等の被害は？



- ・ 最新の地震観測・測位技術の活用
- ・ 津波シミュレーション・被害予測技術の活用
- ・ スーパーコンピュータの活用

リアルタイム津波浸水被害予測システムを実現

- 地震発生後速やかに，浸水予測と被害予測を配信
- 被害状況の早期予測が可能



迅速な救援計画・体制の確立

- 人的被害の最小化
- 被災地近隣地域からの迅速な支援



SX-ACE

世界初のリアルタイム津波浸水被害予測システムを実用化

目標： 10 – 10 – 10 チャレンジ

- 津波発生予測（断層モデル推定）を10 分以内に完了する
- 10m メッシュの津波浸水被害予測を10 分以内に完了する

開発体制

- 津波発生予測（断層モデル推定）
 - ・東北大学大学院理学研究科地震・噴火予知研究センター 日野教授，太田准教授
 - ・株式会社エイツー
- 津波モデル，被害推定モデル
 - ・東北大学災害科学国際研究所 越村教授 （チームリーダー）
 - ・国際航業株式会社
- モデル高速化・並列化，システム開発・実装
 - ・東北大学サイバーサイエンスセンター 小林センタ長，大泉係長
 - ・大阪大学サイバーメディアセンター 下條教授，伊達准教授
 - ・日本電気株式会社

Contents

1. G空間情報と背景・目的
2. 津波浸水被害予測シミュレーション
3. スーパーコンピュータの活用
4. 提供情報の例
5. まとめ

津波の予測

津波の発生

- 多くは海底地形の変動による
- 断層運動によることが多い

津波の規模

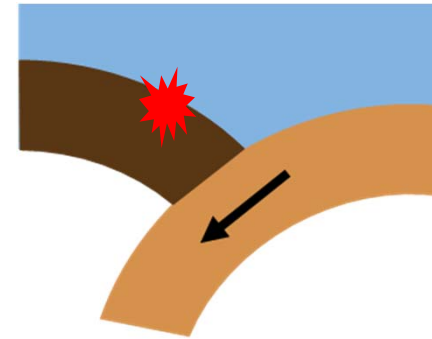
- 断層の大きさと動き方によって決まる
 - ・断層長さ、断層幅、平均滑り量
 - ・走向、傾斜角、滑り角 等

断層の大きさと動き

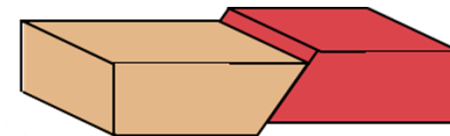
- 地震波や地殻測位から推測できる

津波・被害予測

- 断層の動きからシミュレーションを行って津波浸水を予測する
- 津波浸水から被害予測を行う

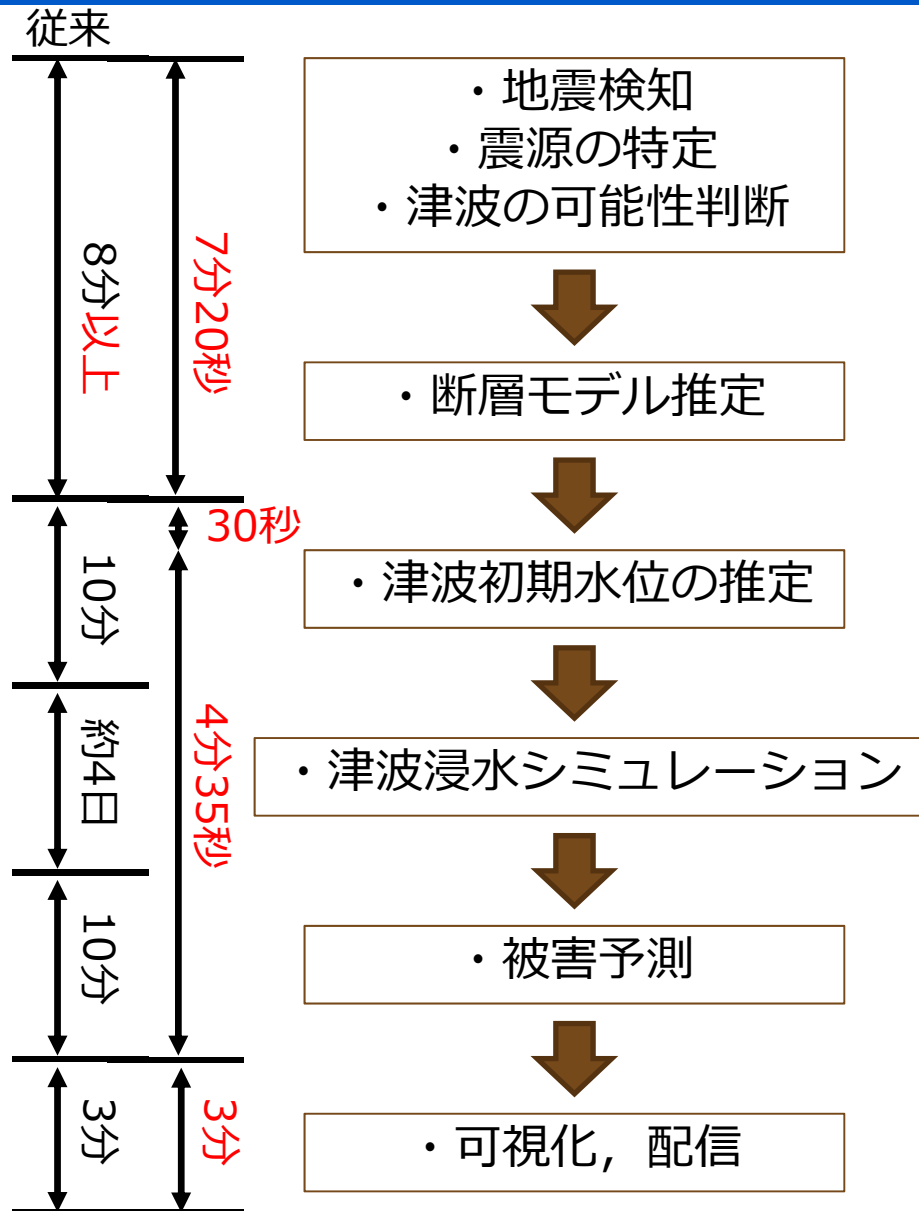


プレートの沈み込みによる地震



断層の動き

処理の流れと課題



課題 1 : 処理時間の短縮

- 各フェーズでの処理方式の選択
- 津波浸水シミュレーションの内容
 - ・ 範囲, 現象再現時間, 情報提供の内容
- 各処理の時間短縮の方法

課題 2 : 事業化できる実装

- 地震観測から津波予測までの自動化
- 妥当なコストでのシステム構成

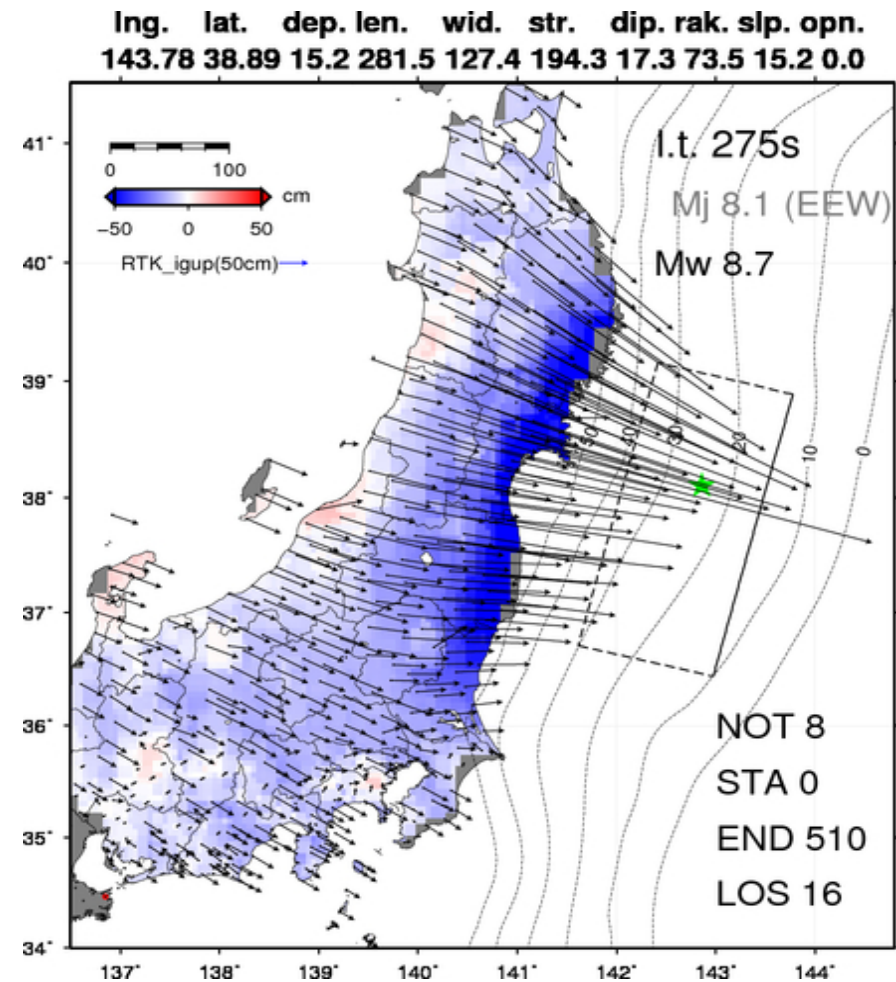
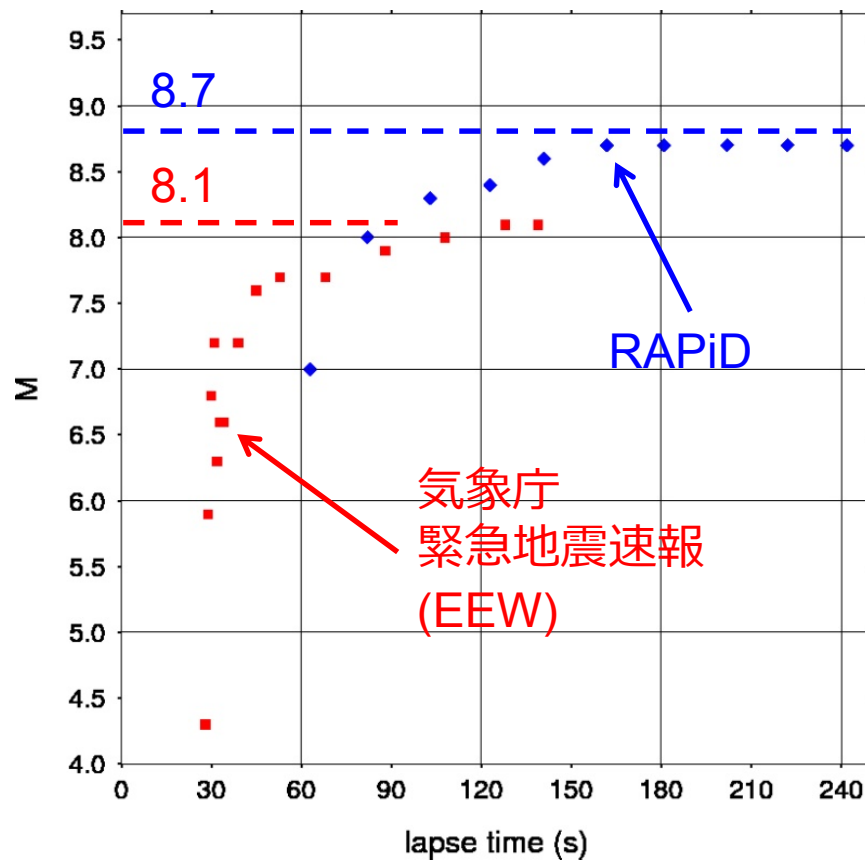
結果

- 全処理の自動化
- スパコンの一時利用
- 処理時間 15分25秒

断層モデル推定

GPSによる測位データの活用

- RAPIDシステムの利用
- 大規模地震で7分程度でモデル決定



津波浸水シミュレーション

計算コード：TUNAMI-Code

- Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigating Tsunami
- ユネスコ, 国土交通省で採用されているモデル

項 目	内 容
モデル	非線形長波理論
計算スキーム	Staggered Leap-frog 法 移流項は風上差分
潮位	朔望平均満潮面

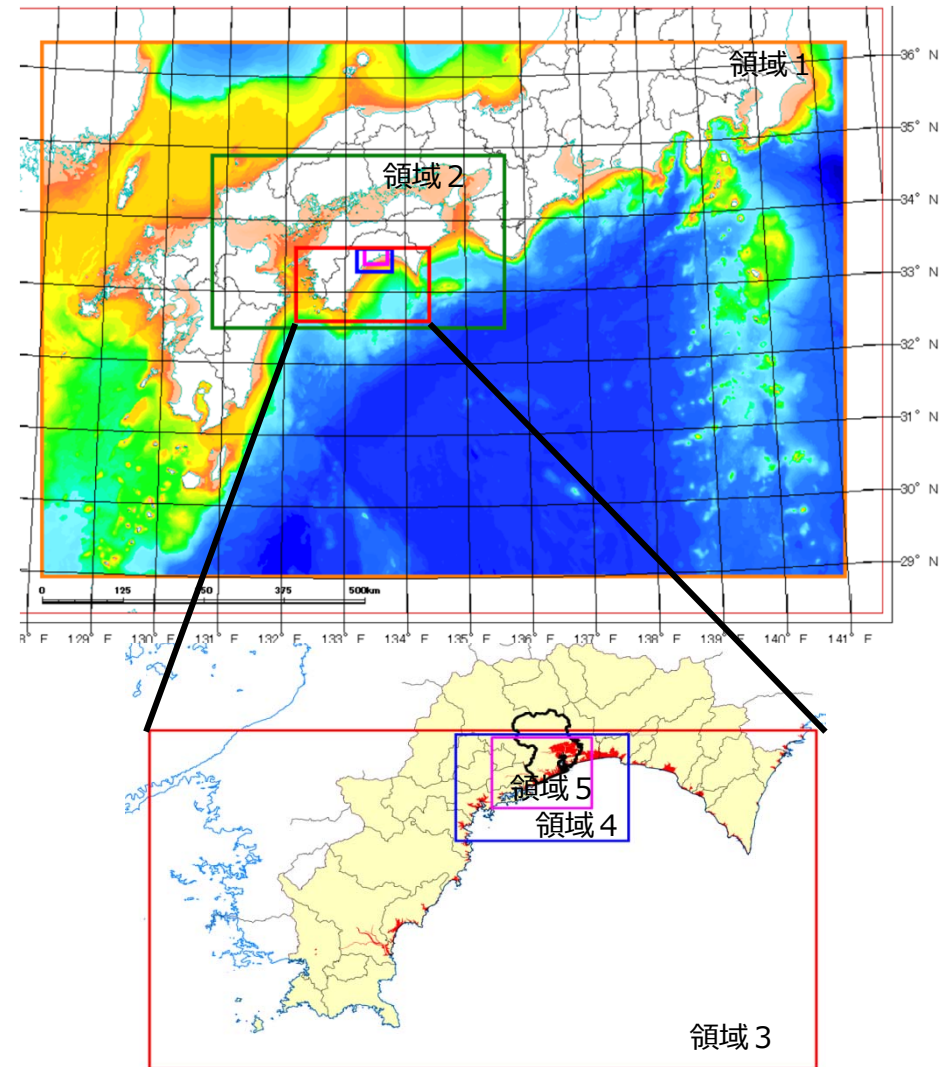
$$\begin{aligned}\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) &= -gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{\tau_{bx}}{\rho} \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) &= -gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{\tau_{by}}{\rho}\end{aligned}$$
$$\begin{aligned}M &= \int_{-h}^{\eta} u dz = \bar{u}(\eta + h) \\ N &= \int_{-h}^{\eta} v dz = \bar{v}(\eta + h) \\ \frac{\tau_{bx}}{\rho} &= \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} \\ \frac{\tau_{by}}{\rho} &= \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2}\end{aligned}$$

シミュレーション例（高知市）

シミュレーション条件

- 範囲 1244Km x 826Km
 - ・ 5階層グリッド
- 再現時間 6時間
- 計算間隔 0.2秒
- 津波フラジリティカーブ
 - ・ Koshimura et.al (2014)

領域	格子 サイズ (m)	格子数 (X方向)	格子数 (Y方向)
1	810	1536	1020
2	270	1680	990
3	90	2292	1260
4	30	1782	1188
5	10	3504	2364



Contents

1. G空間情報と背景・目的
2. 津波浸水被害予測シミュレーション
3. スーパーコンピュータの活用
4. 提供情報の例
5. まとめ

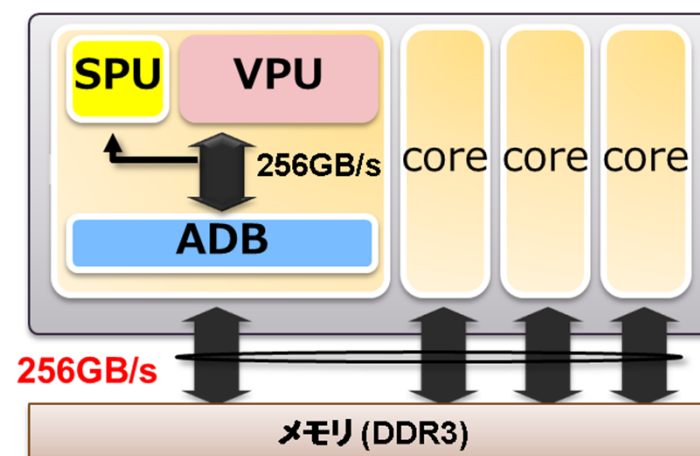
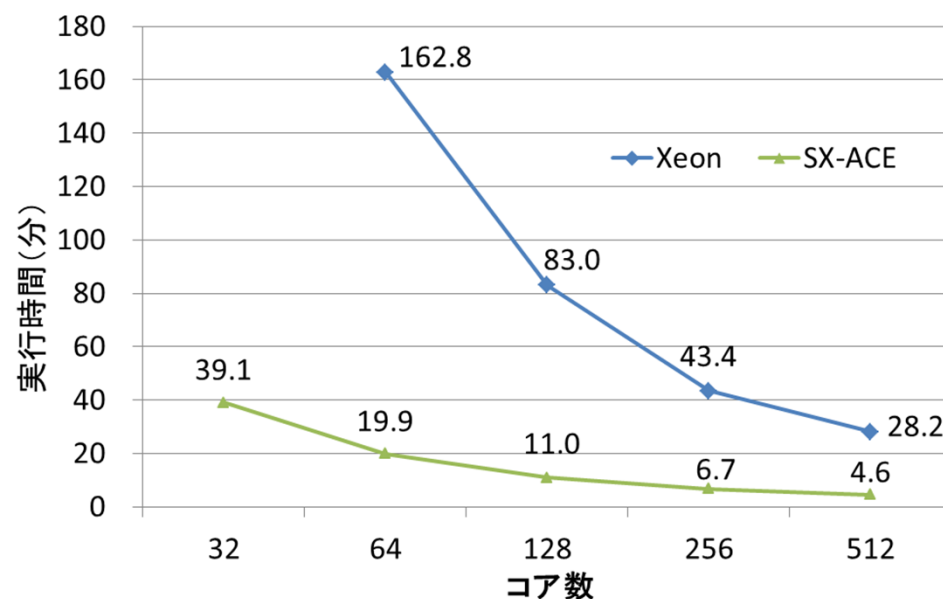
スーパーコンピュータ NEC SX-ACE

処理時間4日を10分以内に

- スーパーコンピュータ（NEC SX-ACE）の利用
- SX-ACE向け高速化（ベクトル化）と並列化

SX-ACEの特徴

- ベクトル演算機能による高効率な演算
- 高メモリバンド幅の主記憶装置



スーパーコンピュータの緊急利用

スーパーコンピュータは高価

- 緊急時のみの利用で地方自治体・企業でスーパーコンピュータを所有するには壁がある

緊急時のみスーパーコンピュータを貸し出す仕組みを構築

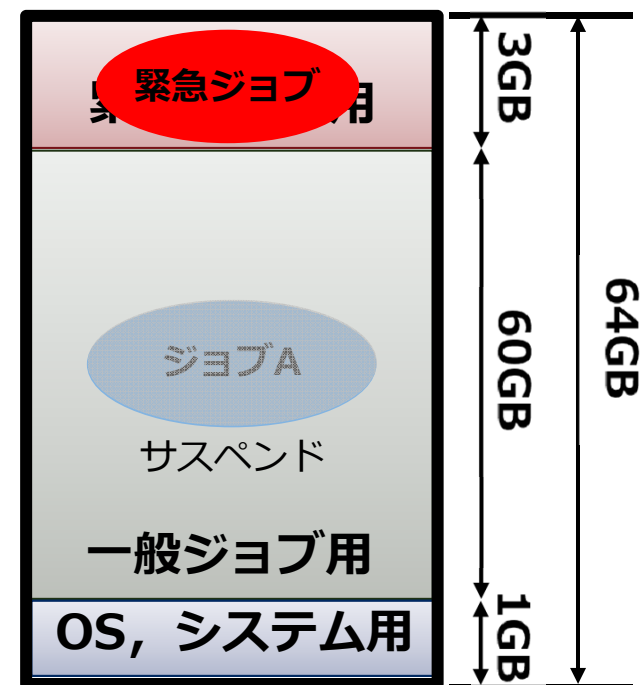
- 短時間でスーパーコンピュータの運用を切り替える（貸し出す）
- 実行している計算（ジョブ）は削除しない

緊急ジョブ機能の開発

- 緊急ジョブを優先して実行する機能
 - ・ 先行ジョブは停止
 - ・ 緊急ジョブ終了後，先行ジョブ継続実行
- 30秒以内に緊急ジョブを実行開始



ノード：メモリマップ



広域並列分散システムの構築

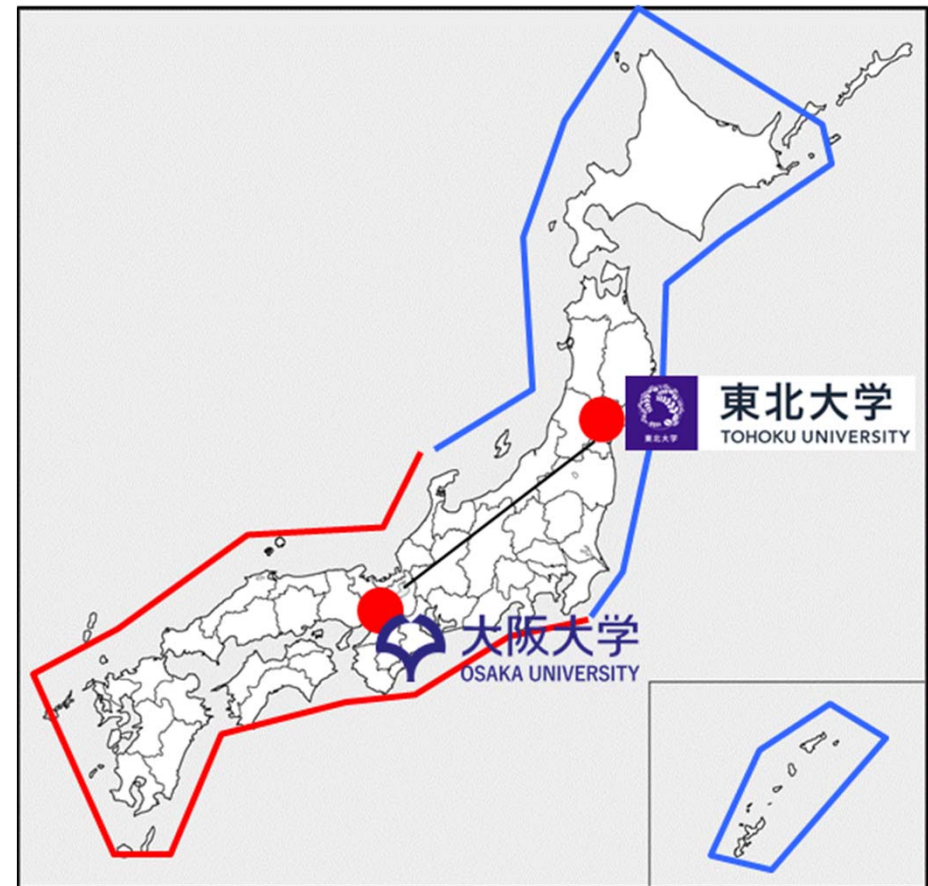
■ 東北大，阪大のスーパーコンピュータを利用

■ 耐障害性の向上

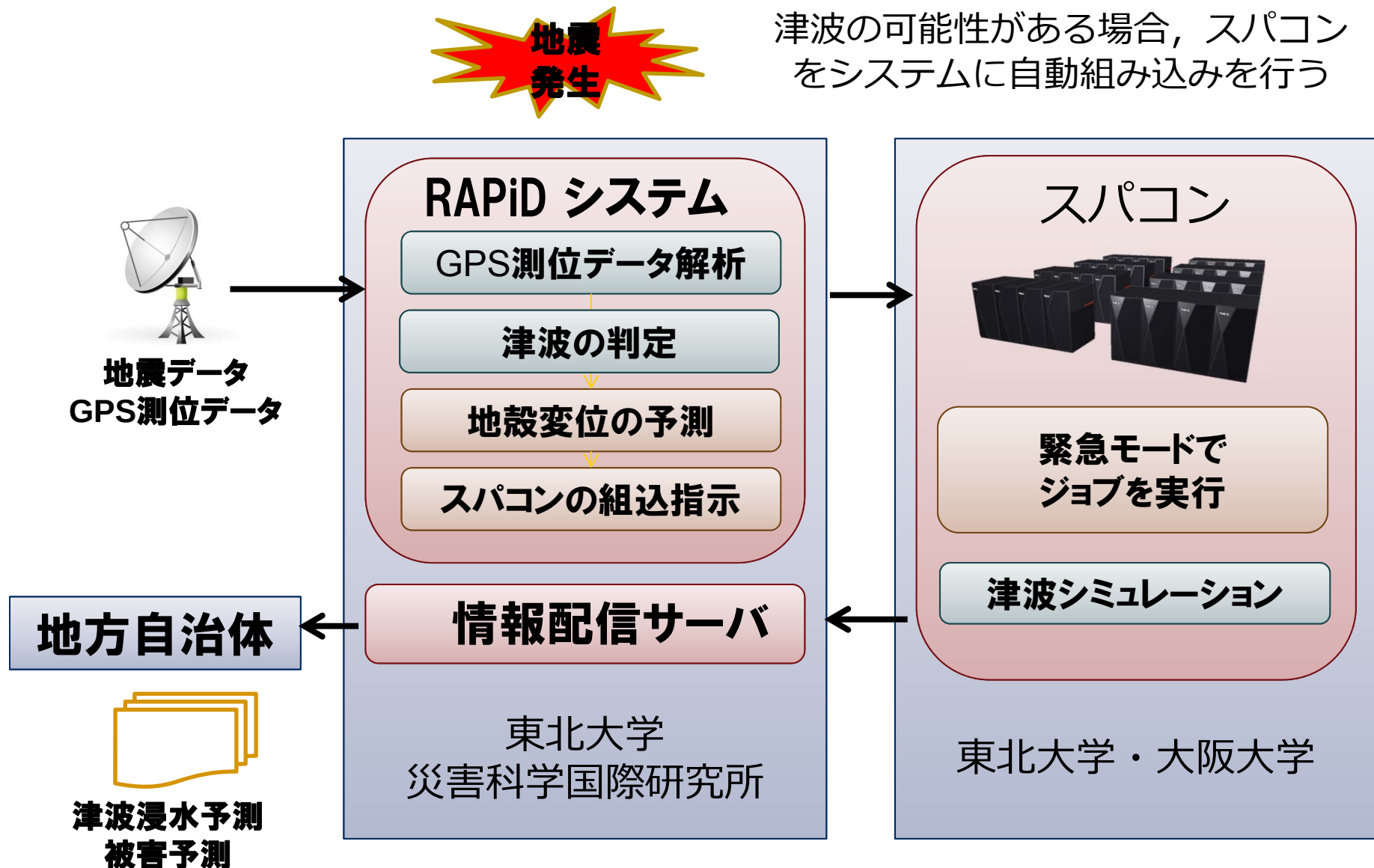
- 東北大，阪大でそれぞれバックアップ

■ 計算資源の拡大

- 全国の都市への普及が可能
- 各都市のニーズに合わせた処理を実現



システム構成

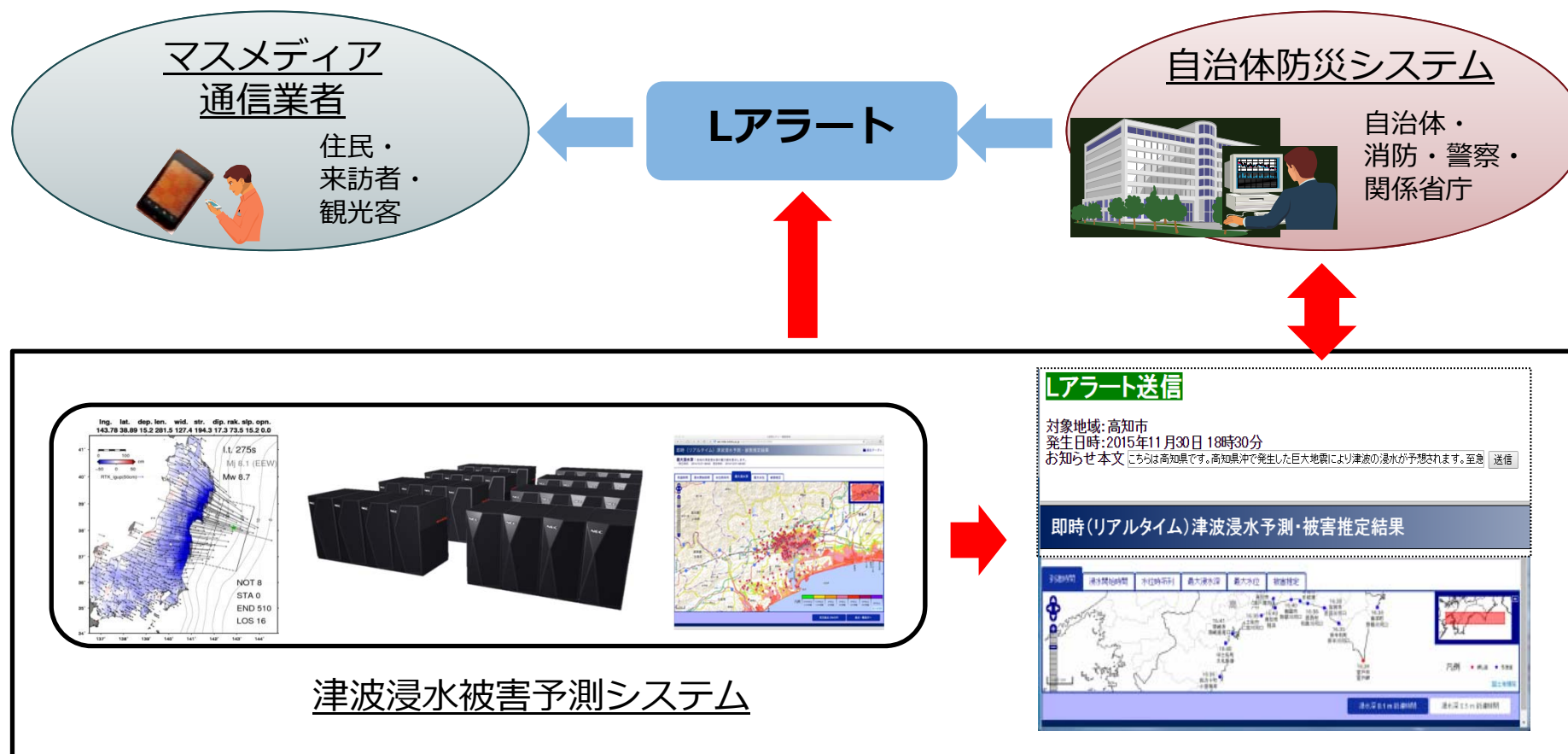


津波アラートシステム

Lアラート：災害情報共有システム

- 災害情報（避難勧告 等）を迅速かつ正確に住民へ伝えるための情報基盤

Lアラートとの連携機能を開発



Contents

1. G空間情報と背景・目的
2. 津波浸水被害予測シミュレーション
3. スーパーコンピュータの活用
4. 提供情報の例
5. まとめ

地震情報の監視画面

リアルタイム津波浸水予測のための即時震源断層決定システム

TOP

監視画面

デモ画面

English

サインアウト

サーバステータス: ONLINE

接続状態: 接続中

接続数: 4

エリア

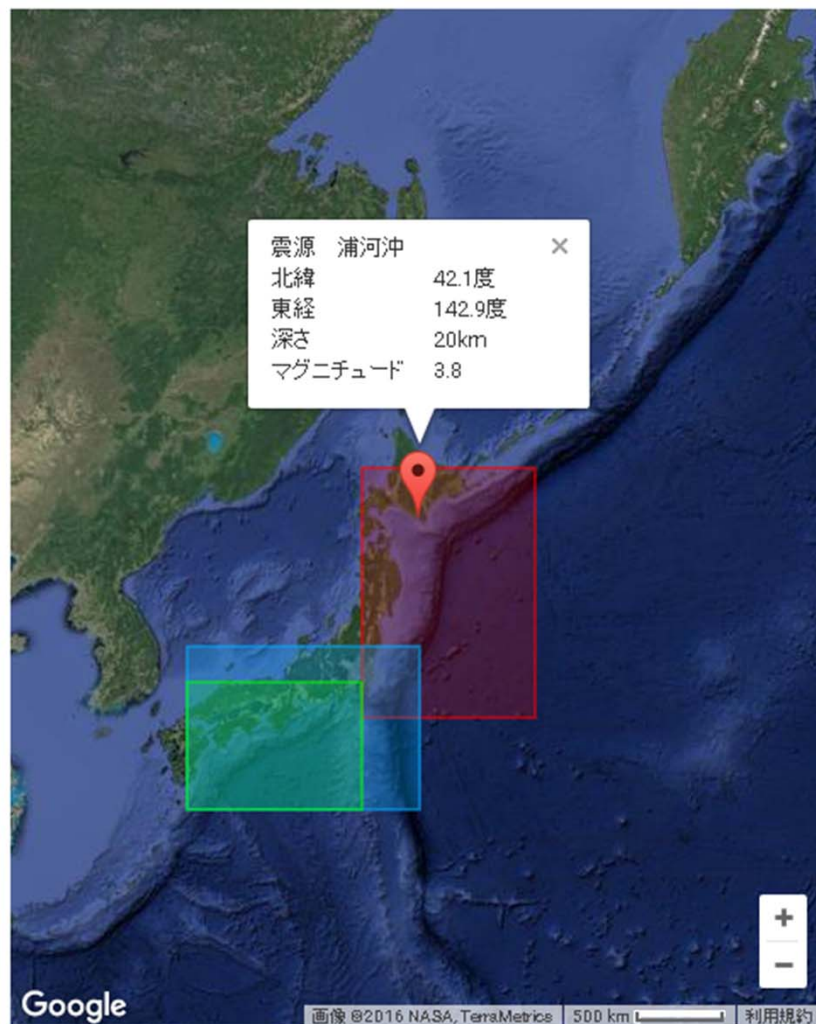
- ☒ 全対象領域を表示 (宮城県:赤枠 静岡県:青枠 高知県:緑枠)
- ☒ 宮城県(石巻・東松島) ☒ 静岡県 ☒ 高知県

ログ

クリア

2016/03/08 11:04:22 [20160308110307] 緊急地震速報 最終報 発表
2016/03/08 11:04:22 [20160308110307] 情報の正確度が低いため破
2016/03/08 11:04:22 [20160308110307] 情報の正確度が低いため破
2016/03/08 13:10:09 [-----] GRiD MT 受信【M4】
2016/03/08 13:35:41 [20160308133250] 地震情報 受信【浦河沖 M3.
2016/03/08 13:35:41 [20160308133250] マグニチュードが閾値以下
2016/03/08 13:36:52 [20160308133250] 地震情報 受信【浦河沖 M3.
2016/03/08 13:36:52 [20160308133250] マグニチュードが閾値以下
2016/03/08 14:51:30 [-----] GRiD MT 受信【M4.9】
2016/03/08 14:51:30 [-----] 計算範囲外
2016/03/08 14:57:57 [-----] GRiD MT 受信【M4.3】

- 地図上の緑線の円の内側はP波の到達範囲です。
- 地図上の赤線の円の内側はS波の到達範囲です。
- 地震発生から120秒経過するとP波、S波の円は表示されなくなります。
- 地図上のマーカーをクリックするとその地震の情報を見ることができます。



津波浸水被害予測シミュレーションの予測結果

以下の情報を実証自治体へ送付した

津波浸水予測

- 津波到達時間
- 浸水開始時間
- 津波最大浸水深
- 津波水位変化

被害予測

- 昼間における被災人口
- 夜間における被災人口
- 建屋被害状況

Contents

1. G空間情報と背景・目的
2. 津波浸水被害予測シミュレーション
3. スーパーコンピュータの活用
4. 提供情報の例
5. まとめ

まとめ

■ 総務省世界最先端のG空間防災モデルの確立に関する実証事業

■ 世界初のリアルタイム津波浸水被害予測システムを実用化

■ 地震観測から予報配信まで約15分を達成

- 地震観測，断層推定，津波浸水予測，被害予測，可視化，予報配信

■ スーパーコンピュータを必要なときに社会基盤に組み込む技術を開発

■ Lアラートとの連携による即時通報の仕組みを開発

■ 本システムの普及を行っていく

 **Orchestrating** a brighter world

NEC