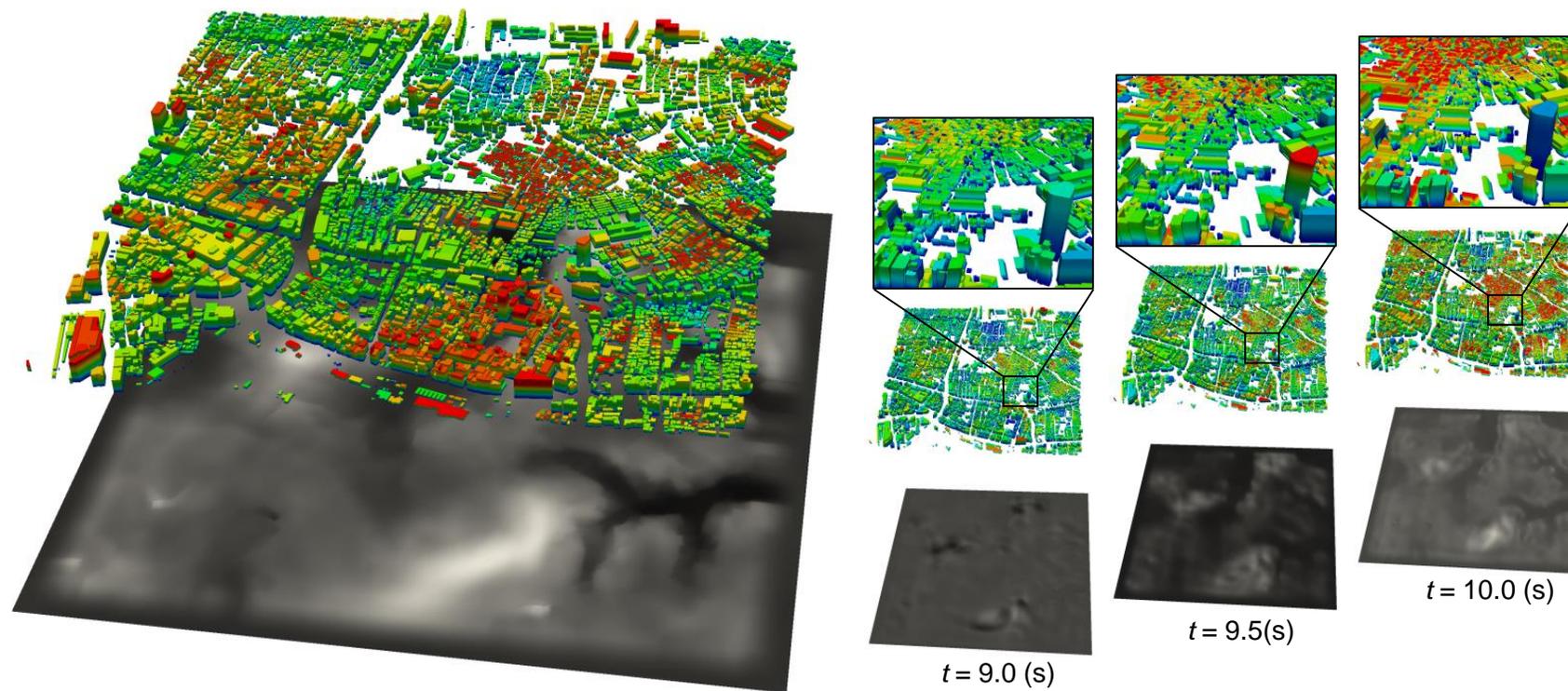


2016年1月29日(金)

スパコン「京」がひらく社会と科学 シンポジウム「スーパーコンピュータの今とこれから」

「京」による都市地震災害の大規模シミュレーション

理化学研究所
計算科学研究機構
藤田 航平



自己紹介



- 藤田航平
 - 神奈川県 藤沢市 出身
 - 2006/3 神奈川県立 湘南高校 卒業
 - 2010/3 東京大学 工学部 社会基盤学科 卒業
 - 2014/3 東京大学 大学院工学系研究科 社会基盤学専攻 博士課程修了
 - 2014/4- 理化学研究所 計算科学研究機構 訪問研究員 (日本学術振興会PD)
 - 2015/4- 理化学研究所 計算科学研究機構 特別研究員

HPCI戦略プログラム分野3 「防災・減災に資する地球変動予測」

- 防災・減災に資する気象・気候・環境予測
 - 課題①: 地球規模の気候・環境変動予測に関する研究
 - 課題②: 超高精度メソスケール気象予測の実証
- 地震・津波の予測精度高度化に関する研究
 - 課題①: 地震の予測精度の高度化に関する研究
 - 課題②: 津波の予測精度の高度化に関する研究
 - 課題③: 都市全域の地震等自然災害シミュレーションに関する研究

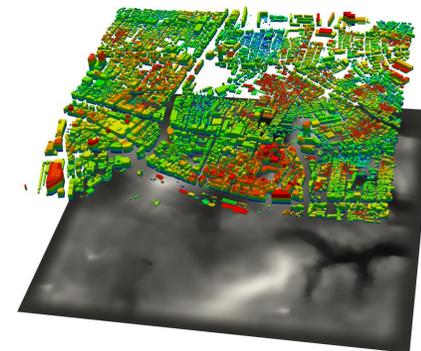
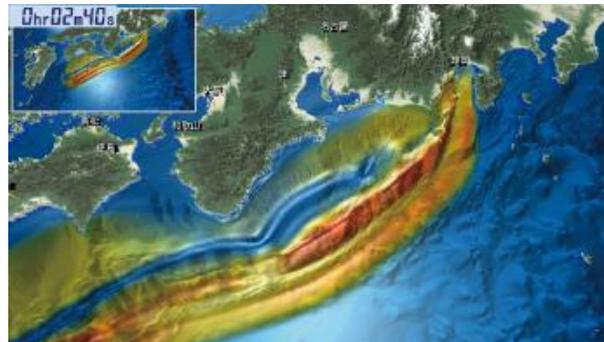
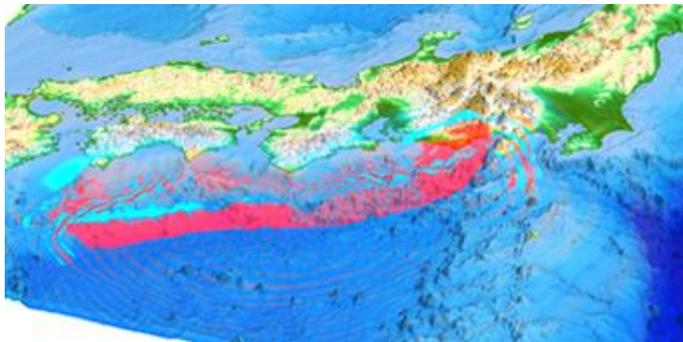
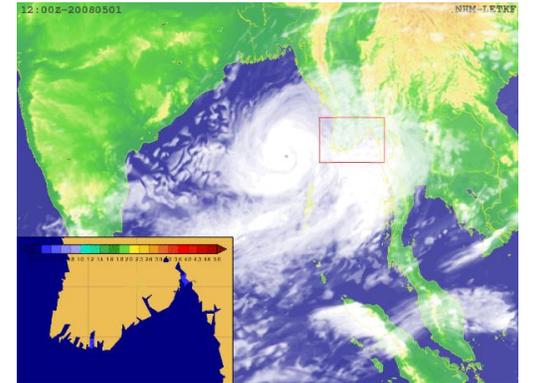
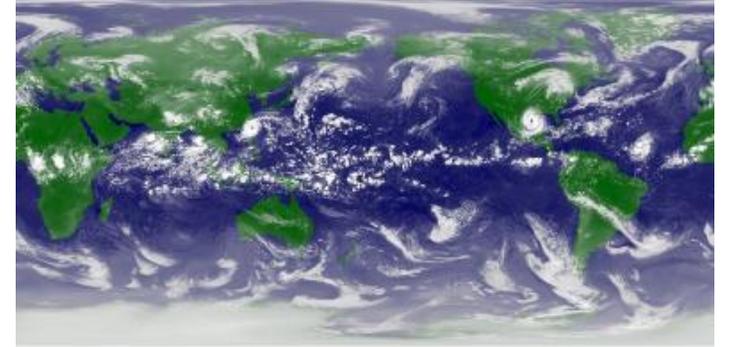
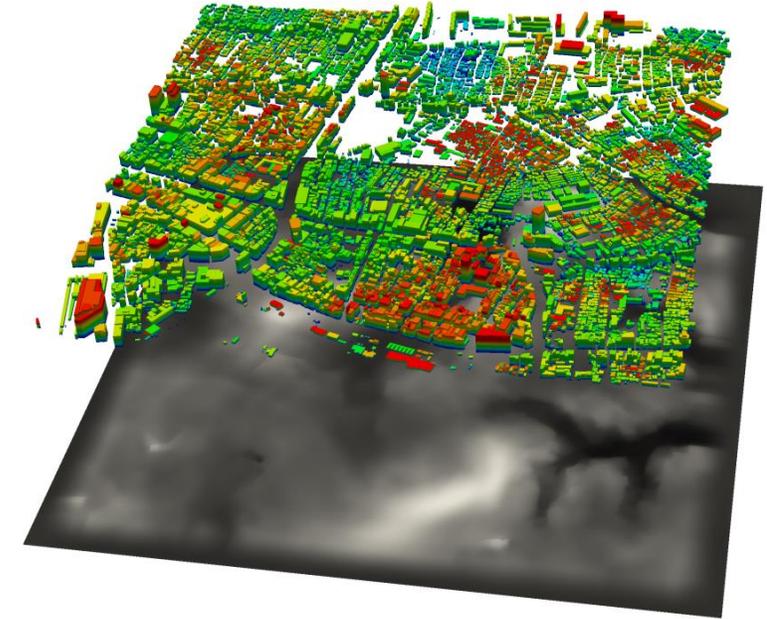
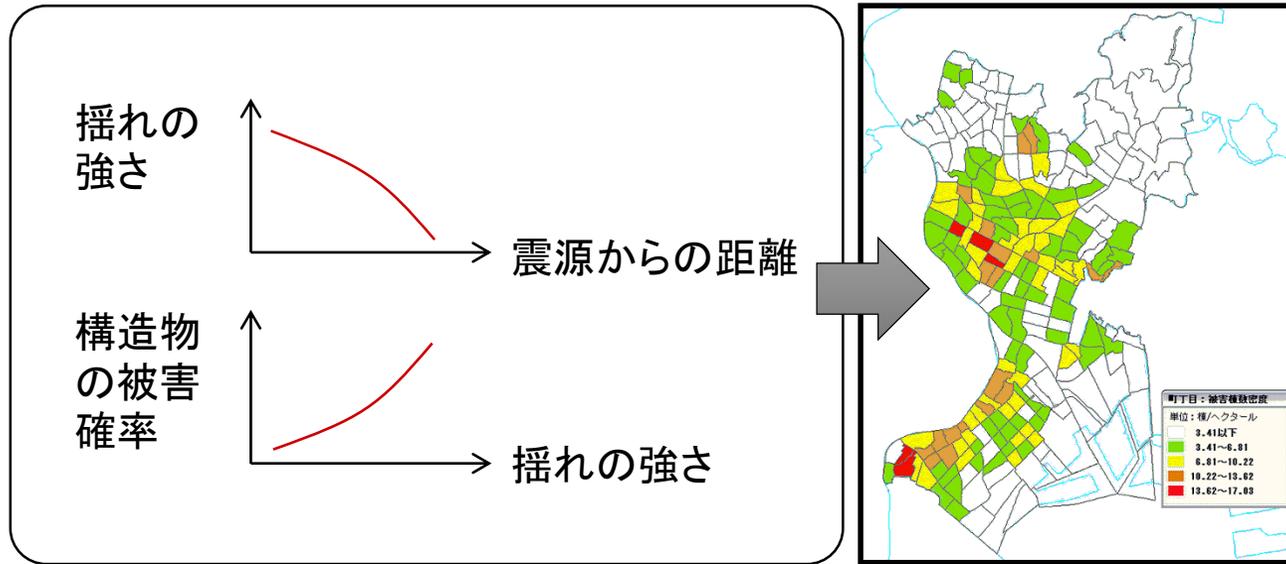


図: HPCI戦略プログラム分野3ホームページ(<http://www.jamstec.go.jp/hpci-sp/>)より

地震被害想定現状/シミュレーションベースの地震被害想定



従来の地震被害想定手法

- 過去の地震被害データに基づく統計式・経験式を利用
- 街区ごとに建物の被害率を推計

シミュレーションベースの手法

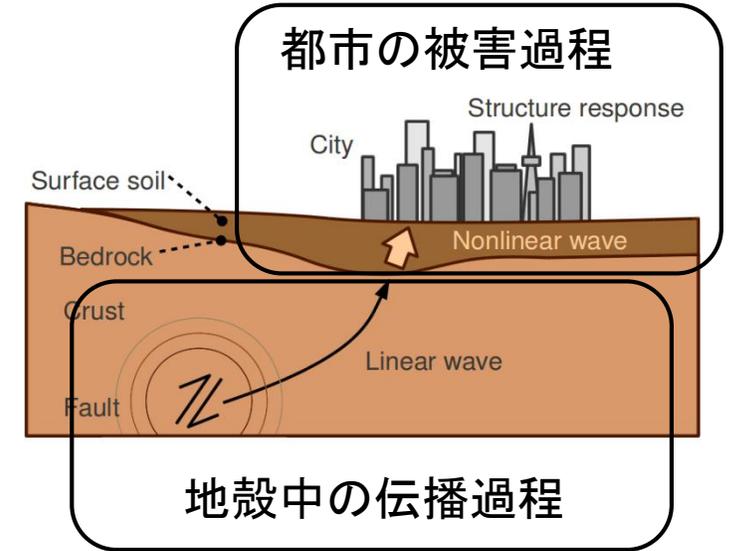
- 物理方程式を解いて建物の揺れを計算
- 建物毎に被害を推計

シミュレーションベースの手法で何が変わるのか？

- 過去に地震を受けていない新しいタイプの建物や都市の被害を推計できる
- 多数の地震に対する被害を推計できる
- 多種の地震対策の効果を比較できる

シミュレーションベースの地震被害想定の難しさ

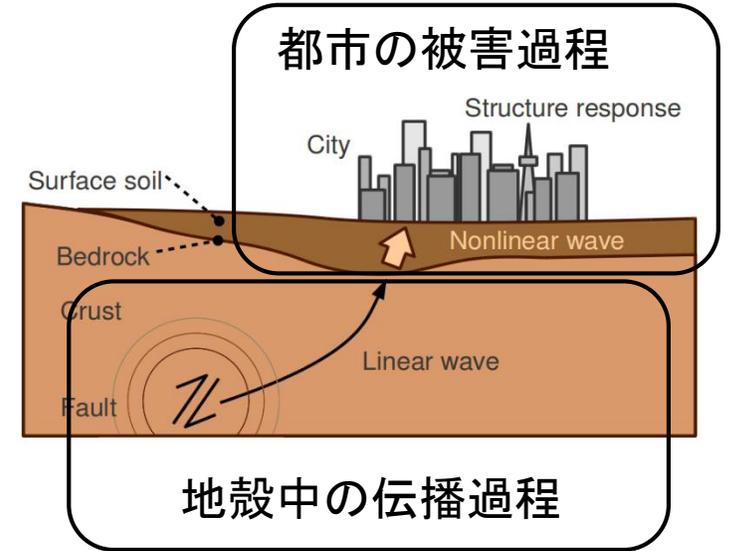
- 計算量がとにかく大きい
- 高詳細なデータが必要
- ↳ いずれも、近年のICT技術の発展で大きく進歩
 - スーパーコンピュータの開発・利用技術
 - センシング技術, 地殻・都市データのデジタル化と公開
- 地殻のシミュレーションが実務で使われるようになってきた
 - でも都市はもっと複雑で計算量が大きい...



地震被害想定のプロセス	従来	現在
地殻過程	統計式・経験式	シミュレーションベース に変わりつつある
都市過程	統計式・経験式	統計式・経験式

本研究の対象

- まだ実現していない都市のシミュレーションに着目：
「京」+手に入る高詳細データをフルに使って、
将来の地震被害想定のプロトタイプを提案
 - 地殻・地盤・建物の情報を反映したシミュレーションにより、
個々の建物の被害を推計
 - さらに社会シミュレーションの一例も紹介

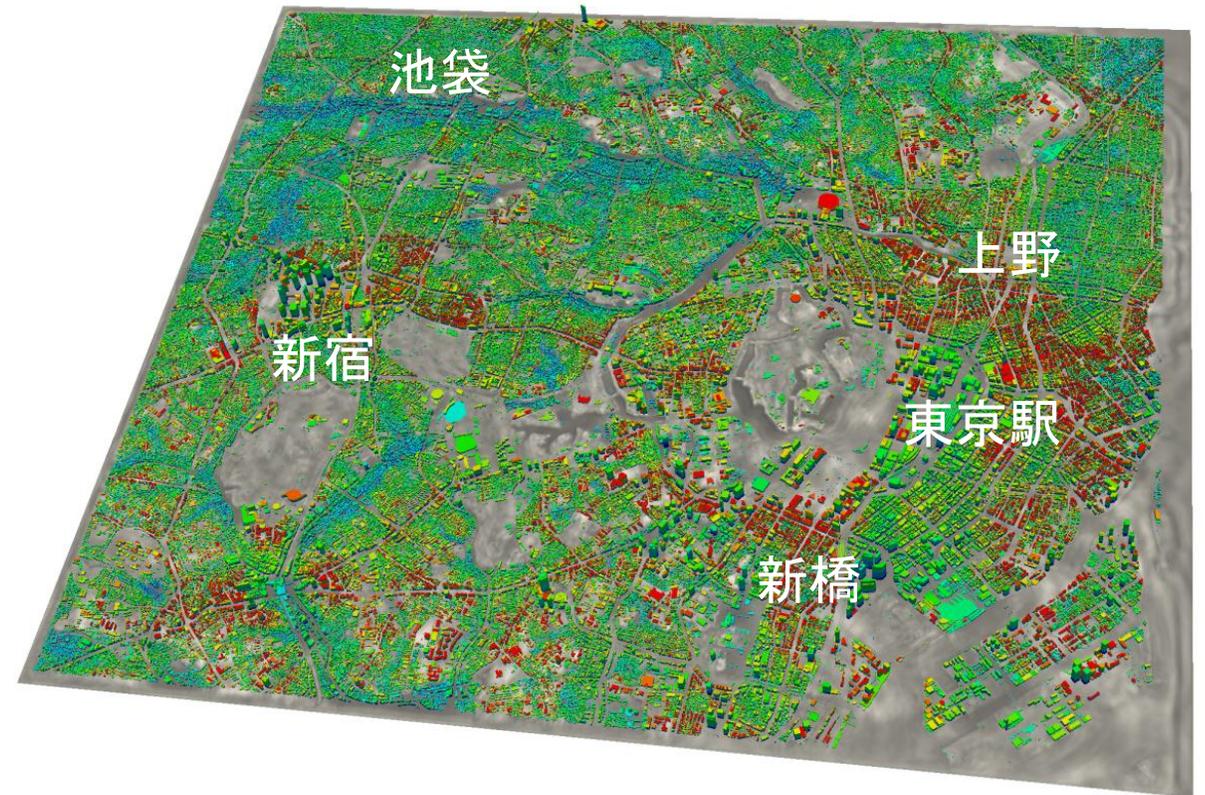


地震被害想定のプロセス	従来	現在	将来
地殻過程	統計式・経験式	シミュレーションベース に変わりつつある	シミュレーション
都市過程	統計式・経験式	統計式・経験式	→シミュレーション

本研究の対象

ターゲット問題

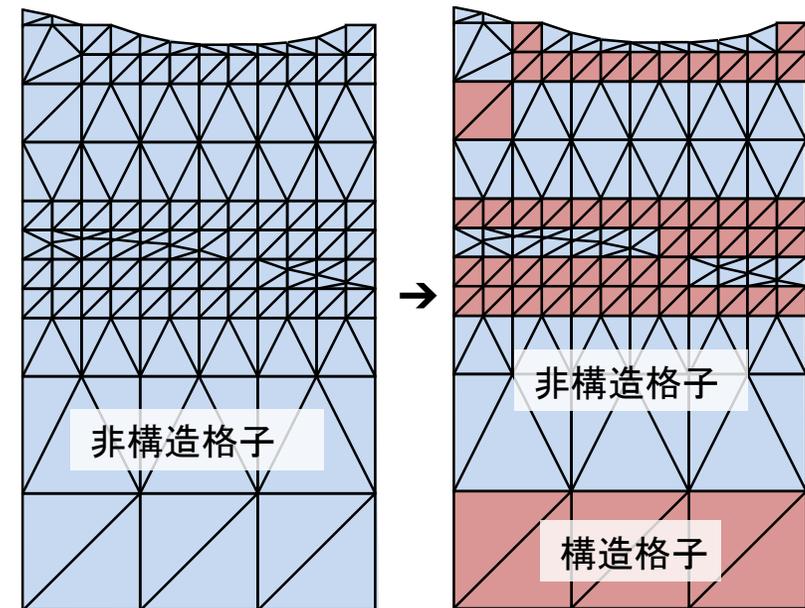
- 東京の山手線内ほぼ全域
 - 手に入るデータをシミュレーションに反映するため、大きさ1mの要素(メッシュ)で分割
 - 従来研究で扱っていた問題の1000倍の規模の問題に
 - 332億要素(1336億自由度) x 6600時間ステップの低次非構造格子・非線形有限要素解析問題
 - 都市全域を解析することで建物被害だけでなく、ガスパイプライン・上下水道や交通ネットワークの被害分析に利用できると期待



対象領域: 10.25 km x 9.25 km, 建物32万棟

計算資源

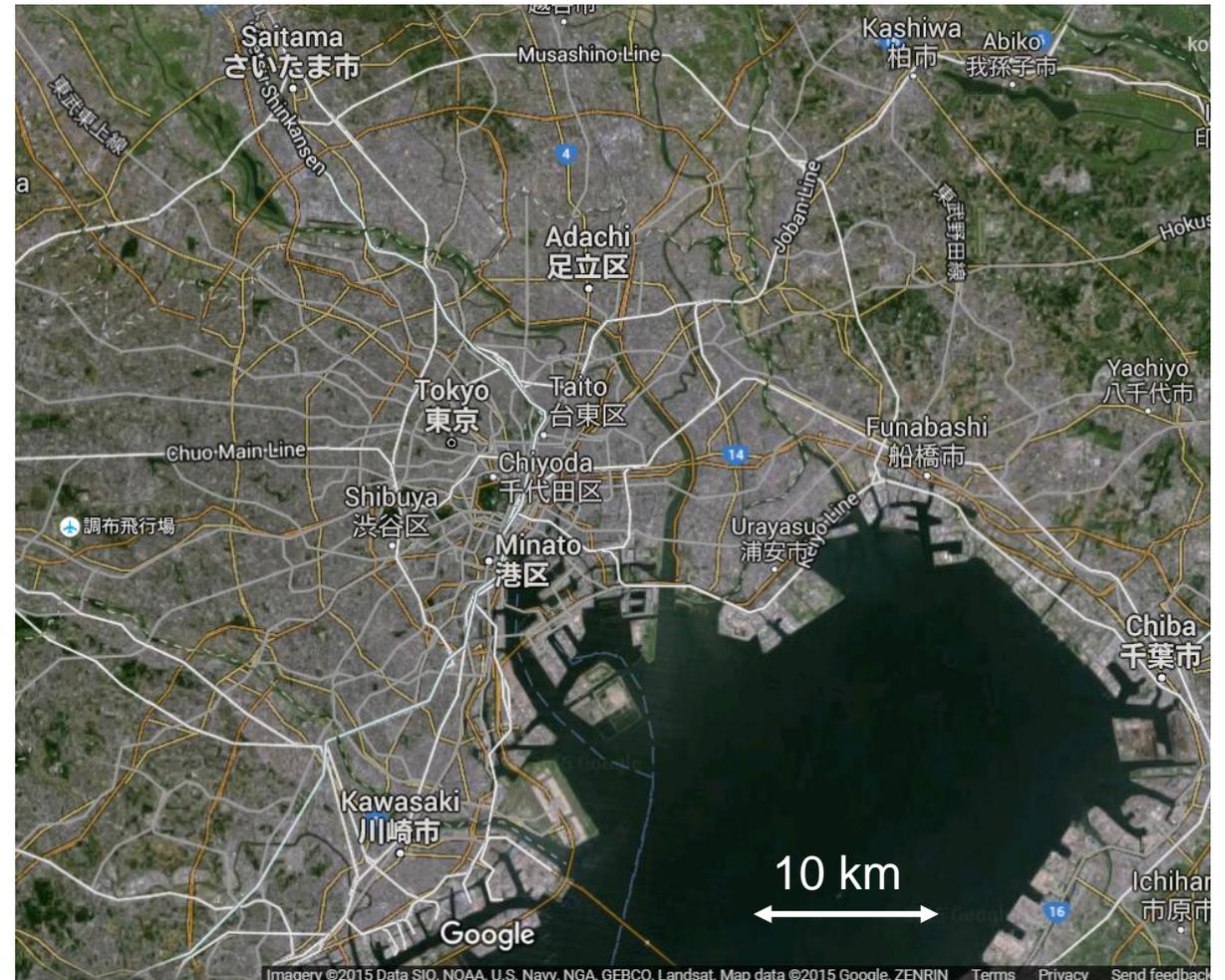
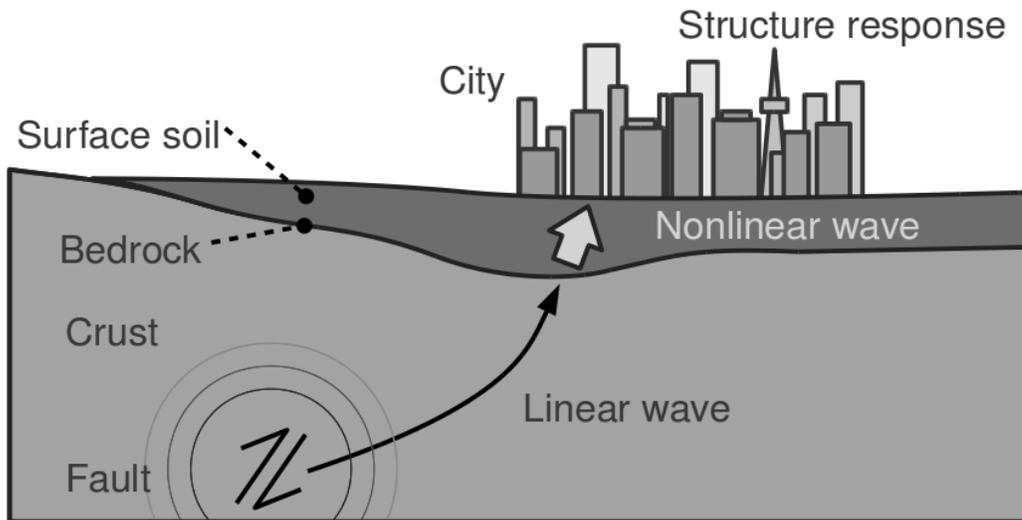
- 京コンピュータ@理化学研究所
 - マシン構成: 663552 CPUコア (8 CPUコア x 82944 計算ノード)
 - マシンを一体として使った際の最大利用時間: 8時間
- いかにかこの巨大な問題を制限時間内で解くか？
 - マシンを一体として有効活用するために様々な工夫を実施
 - スーパーコンピュータ分野の学会でも計算技術が評価されている (SC14, SC15でGordon Bell Prize Finalistに選出^[1])



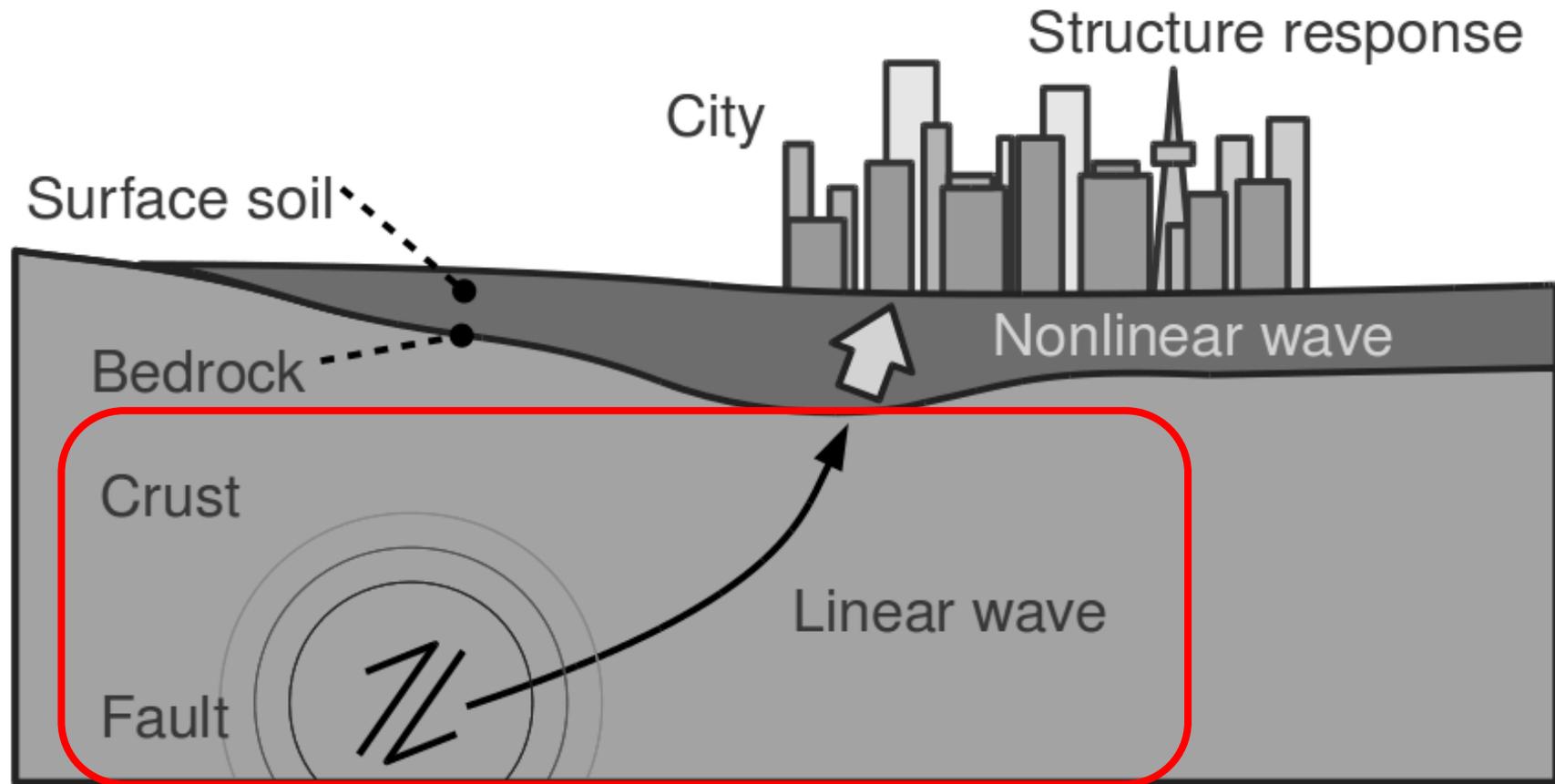
計算の工夫の一例: 非構造格子の構造格子化
[1] Ichimura et al., 2014, 2015

断層-都市-社会応答シミュレーション

- 断層-都市-社会応答からなる統合地震シミュレーションを実施
- 想定首都直下地震に対する東京中心部の応答を計算

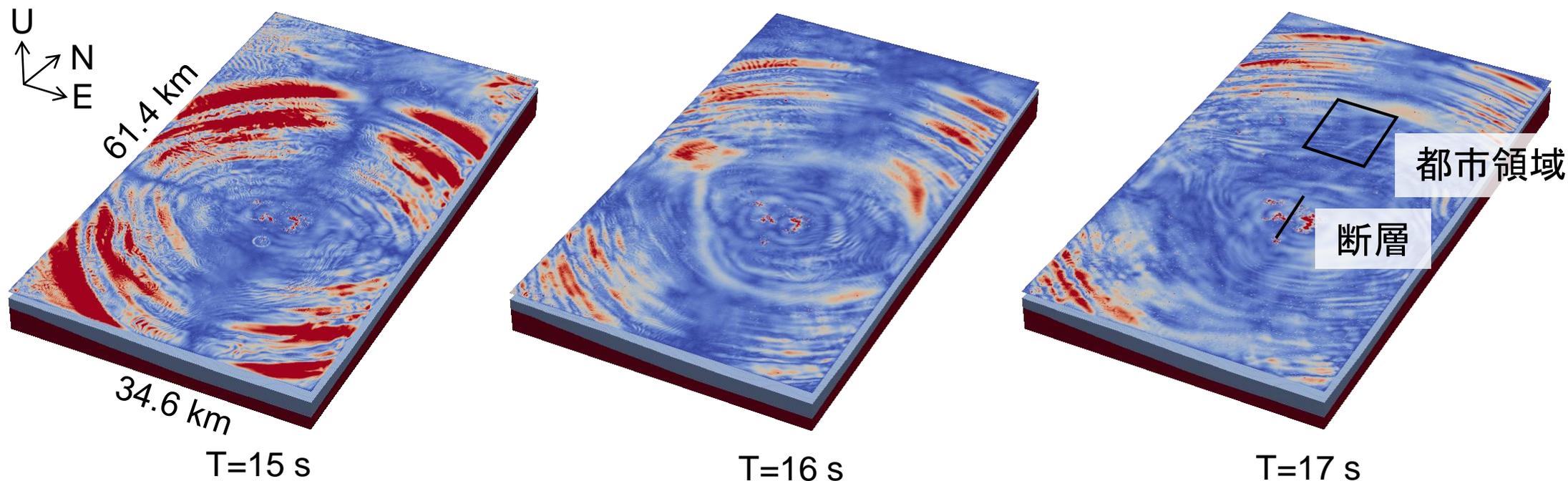


断層-都市シミュレーション



断層-都市シミュレーション

- 地殻の不均一性をモデル化するため、細かいメッシュ(180億要素・560億自由度)の非構造格子有限要素モデルを使って波動伝播を計算



都市シミュレーション

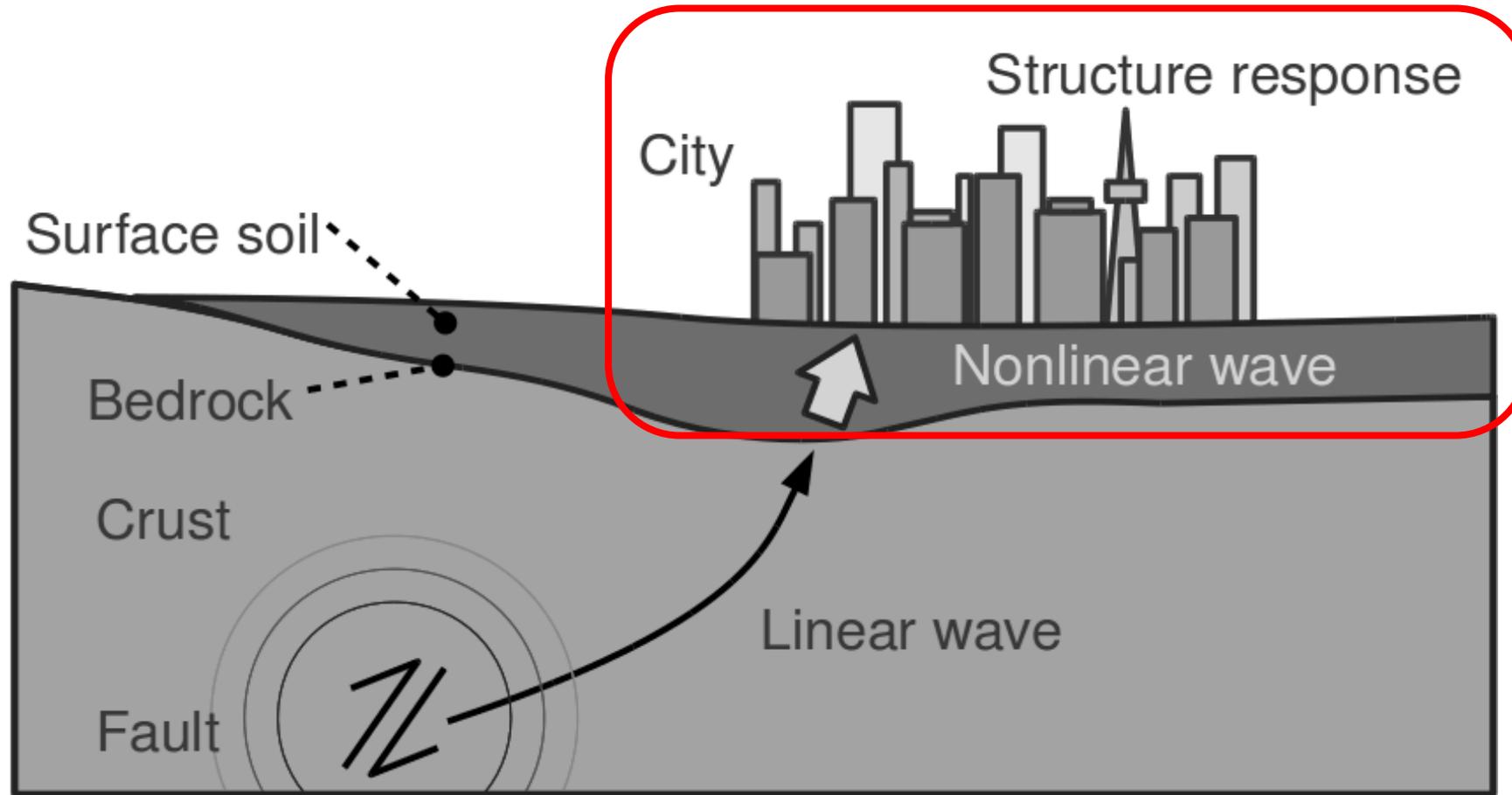
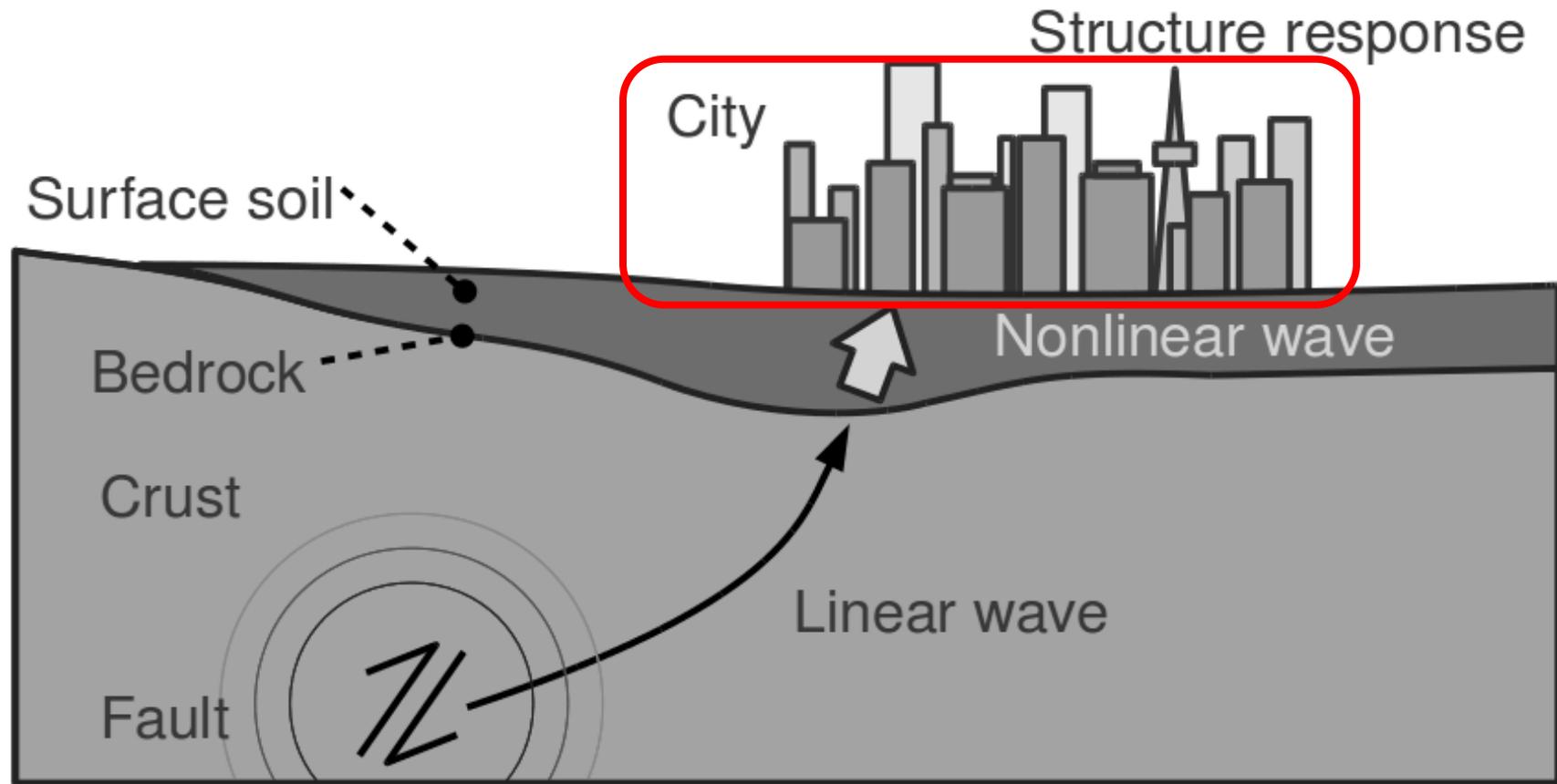




Image Landsat
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO
Image IBCAO

Google earth

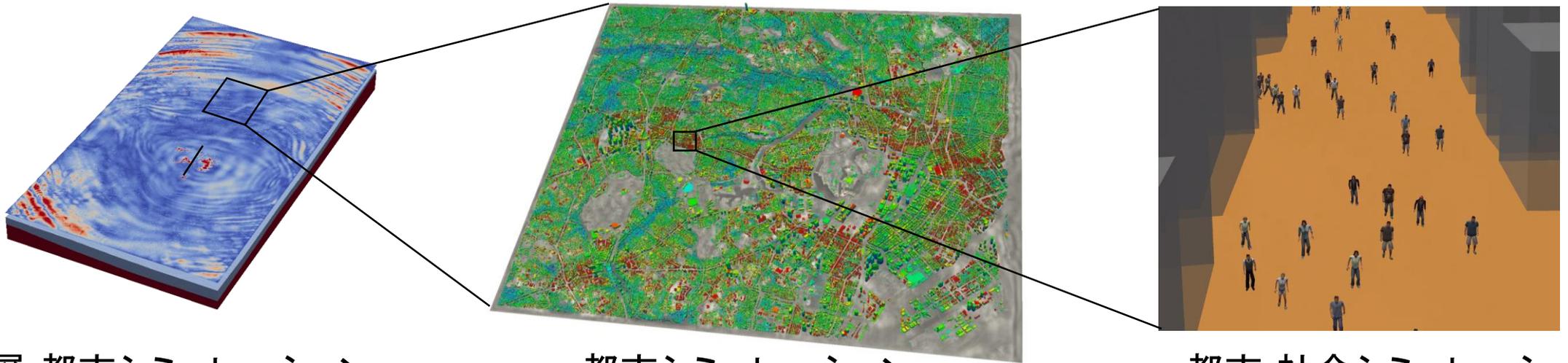
都市-社会シミュレーション





断層-都市-社会応答シミュレーションでできるようになること

- 過去に地震を受けていない新しいタイプの建物や都市の被害を推計できる
- 多数の地震に対する被害を推計できる
- 多種の地震対策の効果を比較できる
 - 耐震補強の優先順位付け・地震保険料の合理的設定など...



断層-都市シミュレーション

都市シミュレーション

都市-社会シミュレーション

まとめ

- 従来の統計式・経験式ベースの地震被害想定から、シミュレーションベースの地震被害想定へ
 - 本研究では「京」と手に入る高詳細データを活用することで、将来のシミュレーションベースの地震被害想定のプロトタイプを提案
 - 開発した大規模・高速なシミュレーション手法を「京」で使うことにより初めて実現
- シミュレーションベースの地震被害想定は対策の高度化に役立つと期待
 - 過去に地震を受けていない新しいタイプの建物や都市の被害を推計できる
 - 多数の地震に対する被害を推計できる
 - 多種の地震対策の効果を比較できる