

2018. 10. 02

資料 3総4一(2)

地震本部の成果の活用

加藤研一(小堀鐸二研究所)



1. 各分野の過去20年の変化
2. 工学分野における活用事例
3. 今後10年の展望

この20年間 (1993~2013) の社会変化

④15歳未満人口 ↓
2,084万人→1,659万人

①貿易相手国トップ
米国→中国

⑤インターネット普及率
-% → 77% ↑

②国民総生産(実質) ↑
467兆円→520兆円

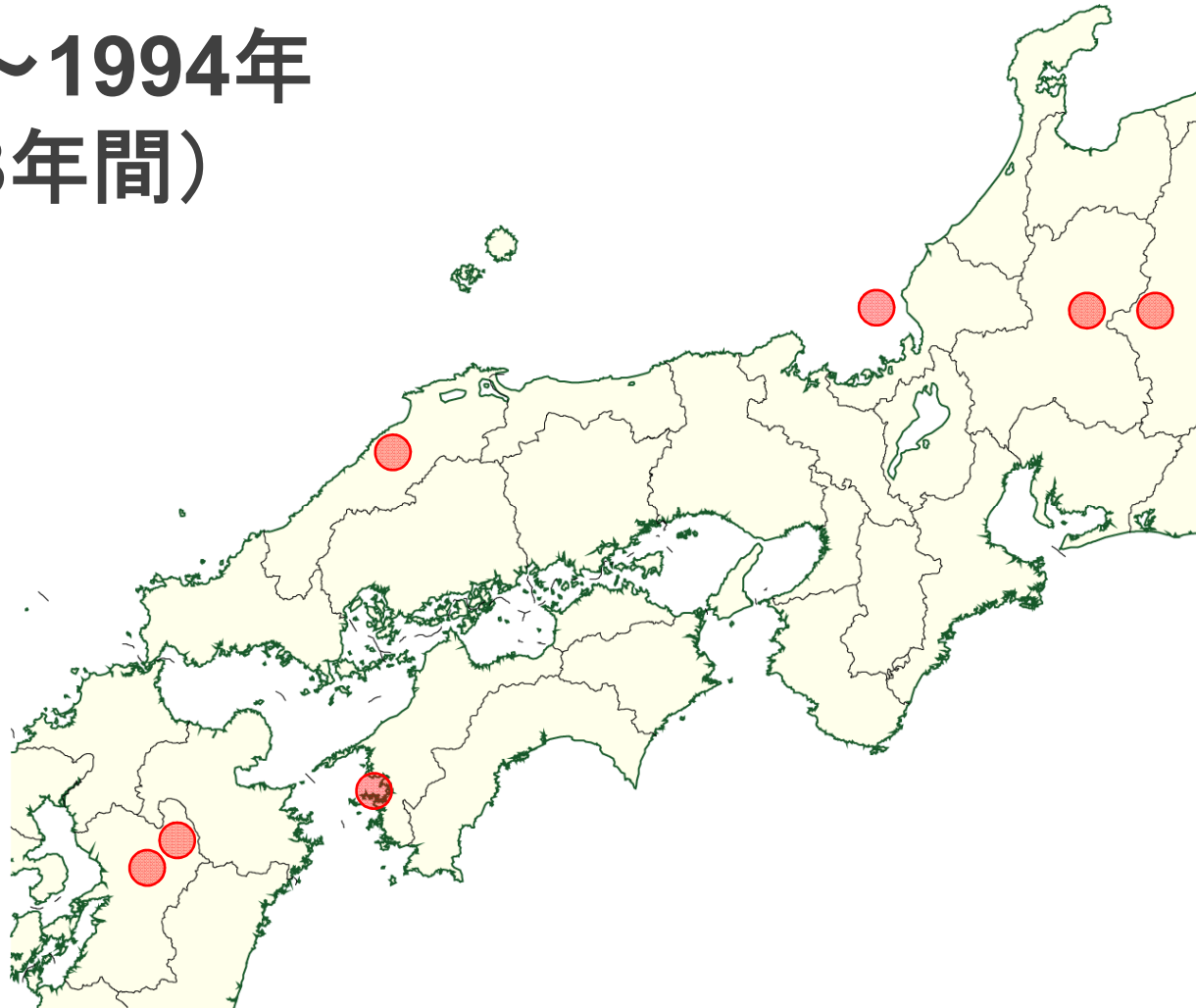
⑥携帯電話普及率
2% → 107% ↑

③国と地方の借金 ↑
333兆円→977兆円

⑦サラリーマンのランチ代 ↓
746円→510円

西日本で被害を伴った内陸地殻内地震

1962～1994年
(33年間)



この20年間の地震活動

1995年～現在（23年間）

日本列島は活動期



南海トラフの巨大地震 3

この20年間の建築耐震分野の変化

- ❁ 建築基準法の改正 (2000)
- ❁ 地震力規定から工学的基盤での**地震動規定**へ

	市街地建築物法(1924) 建築基準法(1950)	新耐震設計法 (1981)	限界耐力計算法 (2000)
設計思想	剛構造指向	耐力+靱性	耐力+靱性+減衰
地震力規定	設計震度k	せん断力係数 C_0 (地盤種別依存)	工学基盤*地盤増幅*相互作用
概念図			

より実現象を取り入れられる下地

この20年間の地震本部のあゆみ

1995年兵庫県南部地震

1999～総合基本施策

2009～新総合基本施策

1996～強震観測網の全国展開

2004～E-Defense

2013～海底地震観測

2012～地下構造モデル

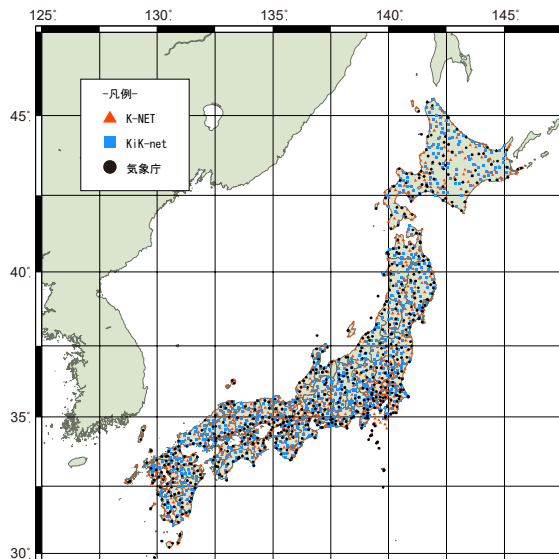
2009～レシピ・長周期地震動地図

2009～全国地震動予測地図

2005～全国を概観した地震動予測地図

1996～長期評価

1995年
地震防災
対策特別
措置法
(地震本
部発足)



過去20年の変化のまとめ

- ✿ 少子化による**労働人口の減少**する一方、**IT化**は飛躍的に進展
 - **インターネット**経由で**各種データ**、**文献**の入手が驚くほど容易
- ✿ 1995年兵庫県南部以降、**地震活動の活発化**
 - **高密度地震観測網**の整備により**弱震～強震**に至る**地震波データ**の飛躍的蓄積
- ✿ 2000年建築基準法の改訂により、**地震力**規定から**工学的基盤での地震動規定**へ
 - 地震学の知見を**工学に反映**可能な土壤

2. 工学分野における活用事例

東京湾岸の設計用地震動評価を通じた 地震本部の成果の活用事例

- ✿ 湾岸地域の揺れの特徴 【強震記録】
- ✿ 強震動予測結果の動向調査 【予測地図】
- ✿ 想定地震の選定 【地震発生確率】
- ✿ サイト波の作成 【地下構造モデル】
- ✿ 入力地震動と設計目標の目安

【参考論文】

加藤ほか：東京臨海部を対象とした想定地震に基づく設計用地震動評価、日本建築学会技術報告集、第23巻、第53号、53-58、2017

笠松・加藤ほか：地震観測記録に基づく東京湾沿岸部の揺れ易さの評価、日本地震工学会大会、ポスターセッション、P4-33、2016

地震動特性 = 震源特性 × 伝播特性 × 地盤特性

震源の励起特性

地震波の減衰特性

地盤による増幅特性

震源・伝播・地盤の詳細な情報を反映した設計用地震動を東京湾岸地域で評価

地盤特性

(沖積世)

第四紀

(洪積世)

設計用地震動

(新第三紀)

第三紀

(古第三紀)

波動伝播

中生代

震源断層

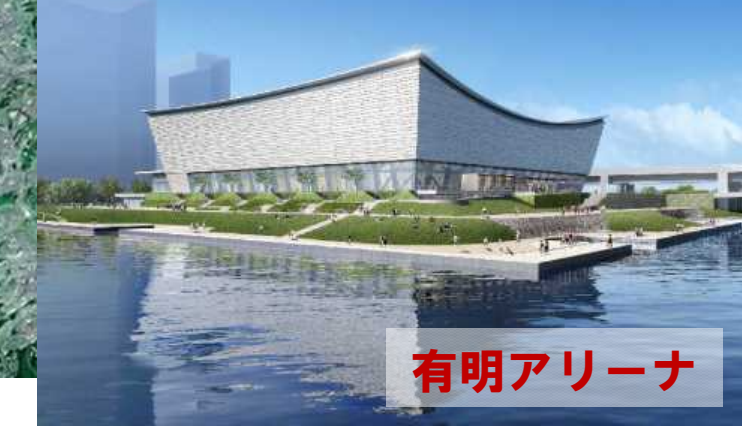
古生代

東京湾岸の2020年オリンピック施設

オリンピック
アクアティクスセンター



有明アリーナ



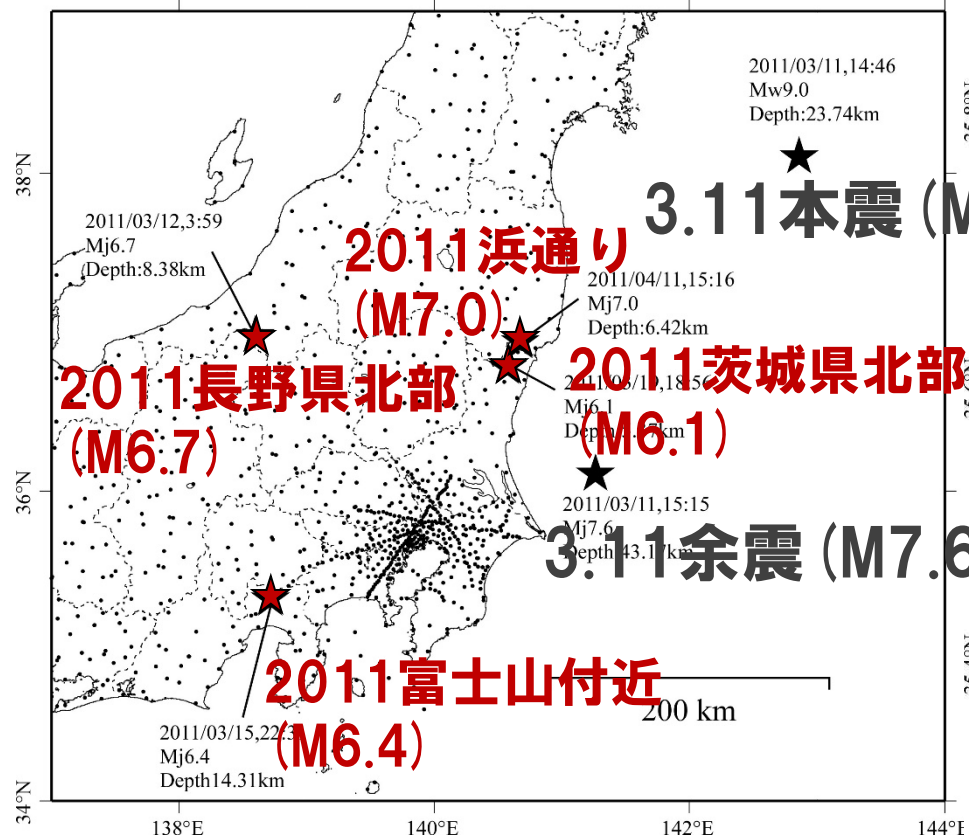
https://www.youtube.com/watch?v=VK81Vpkh_Tg

観測記録に基づく湾岸地域の揺れの特徴

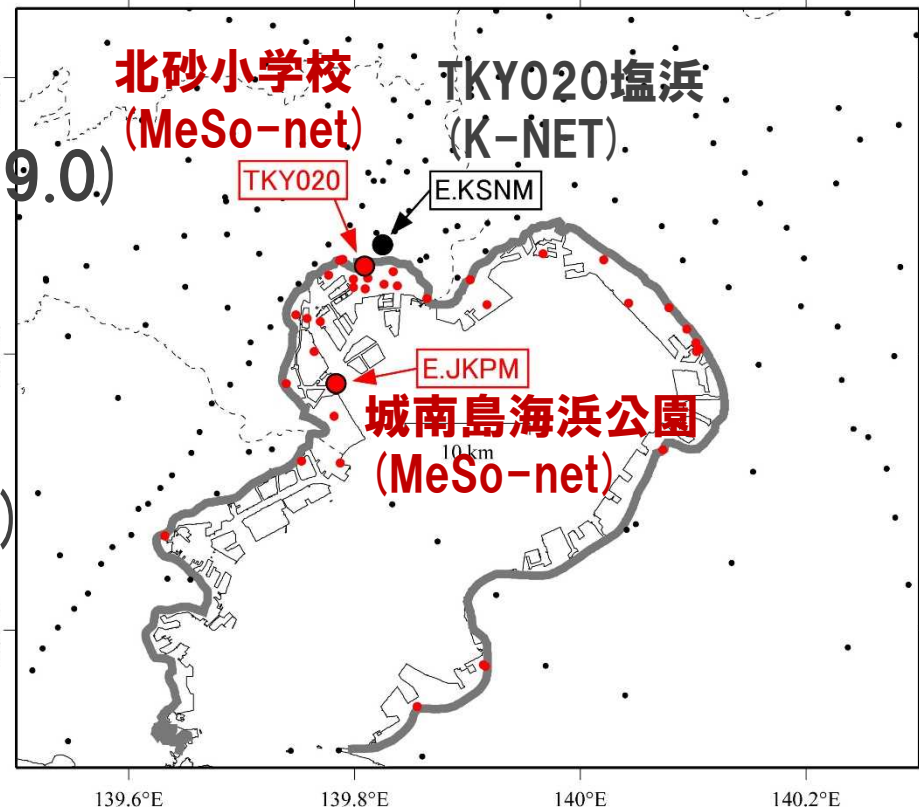
【K-, KiK-, MeSo-net強震記録】

灰色線: 迅速測図の海岸線

●東京湾岸サイト ●東京湾岸以外のサイト
(大きいシンボルは図2の3地点に対応)



対象6地震の震央

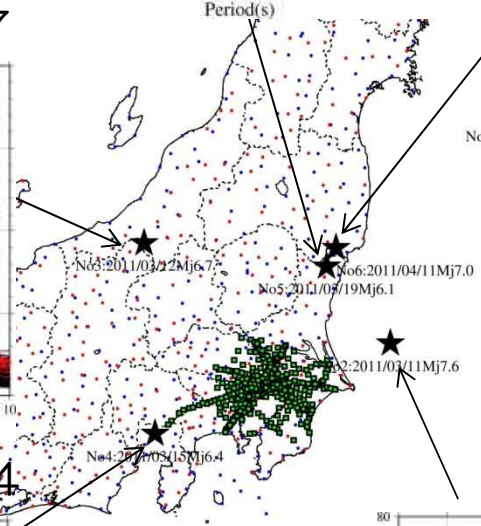
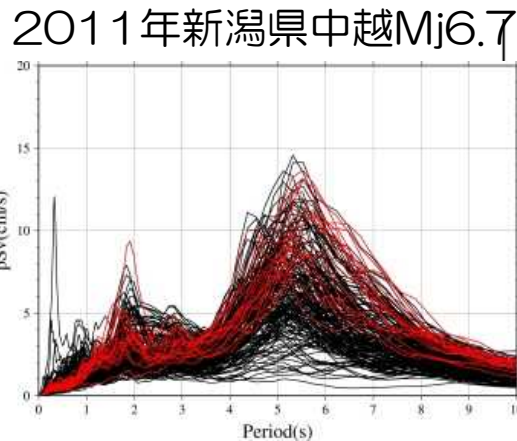
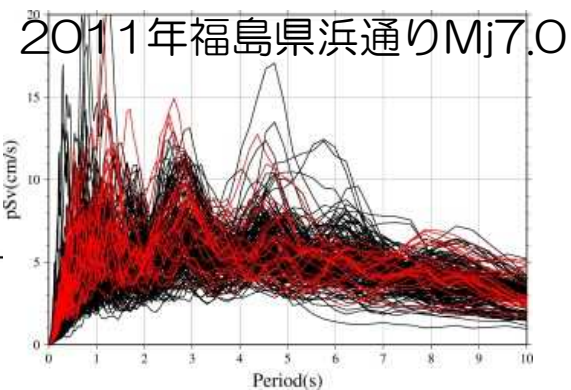
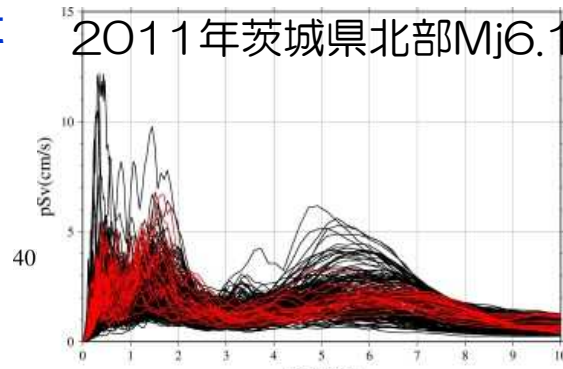


東京湾岸と周辺地域の観測点分布

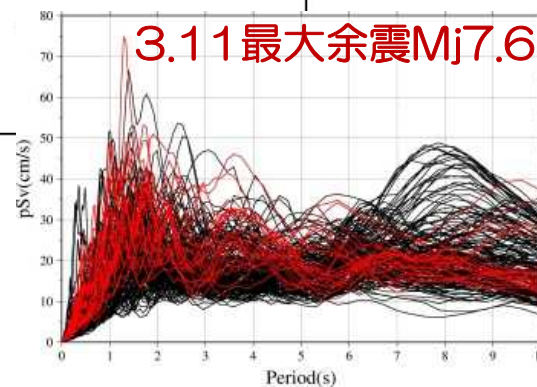
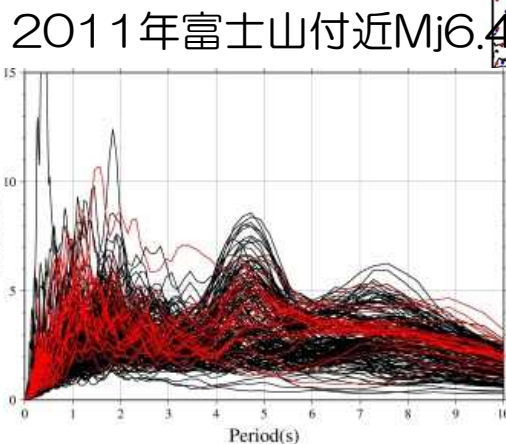
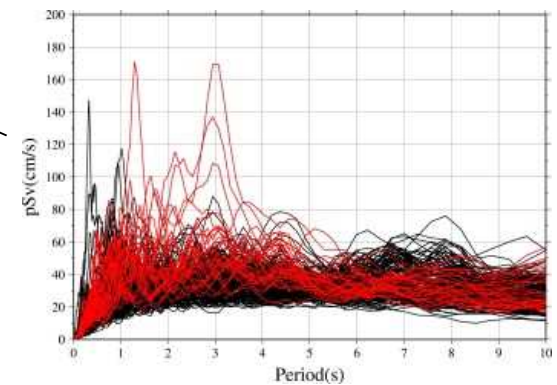
観測記録の応答スペクトル(NS成分)

【K-, KiK-, MeSo-net
強震記録】

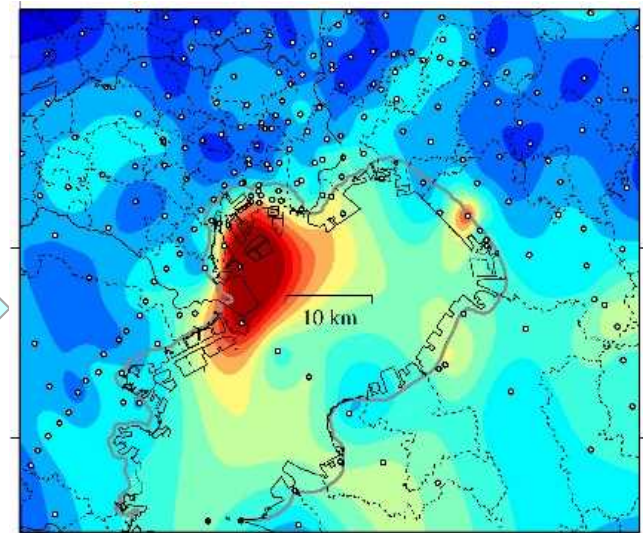
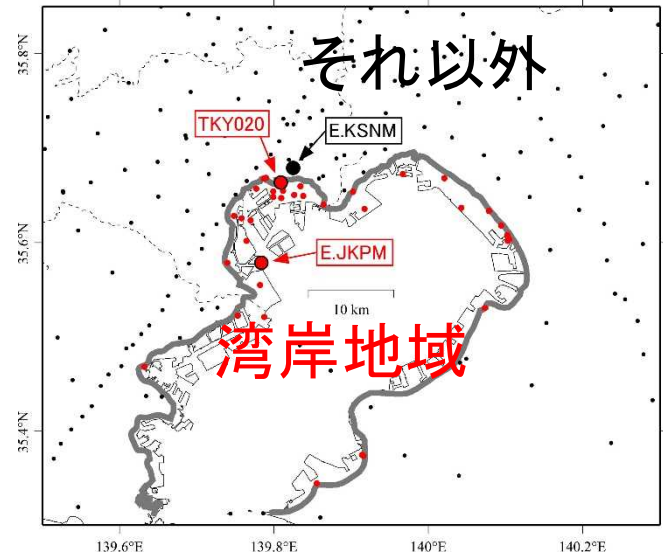
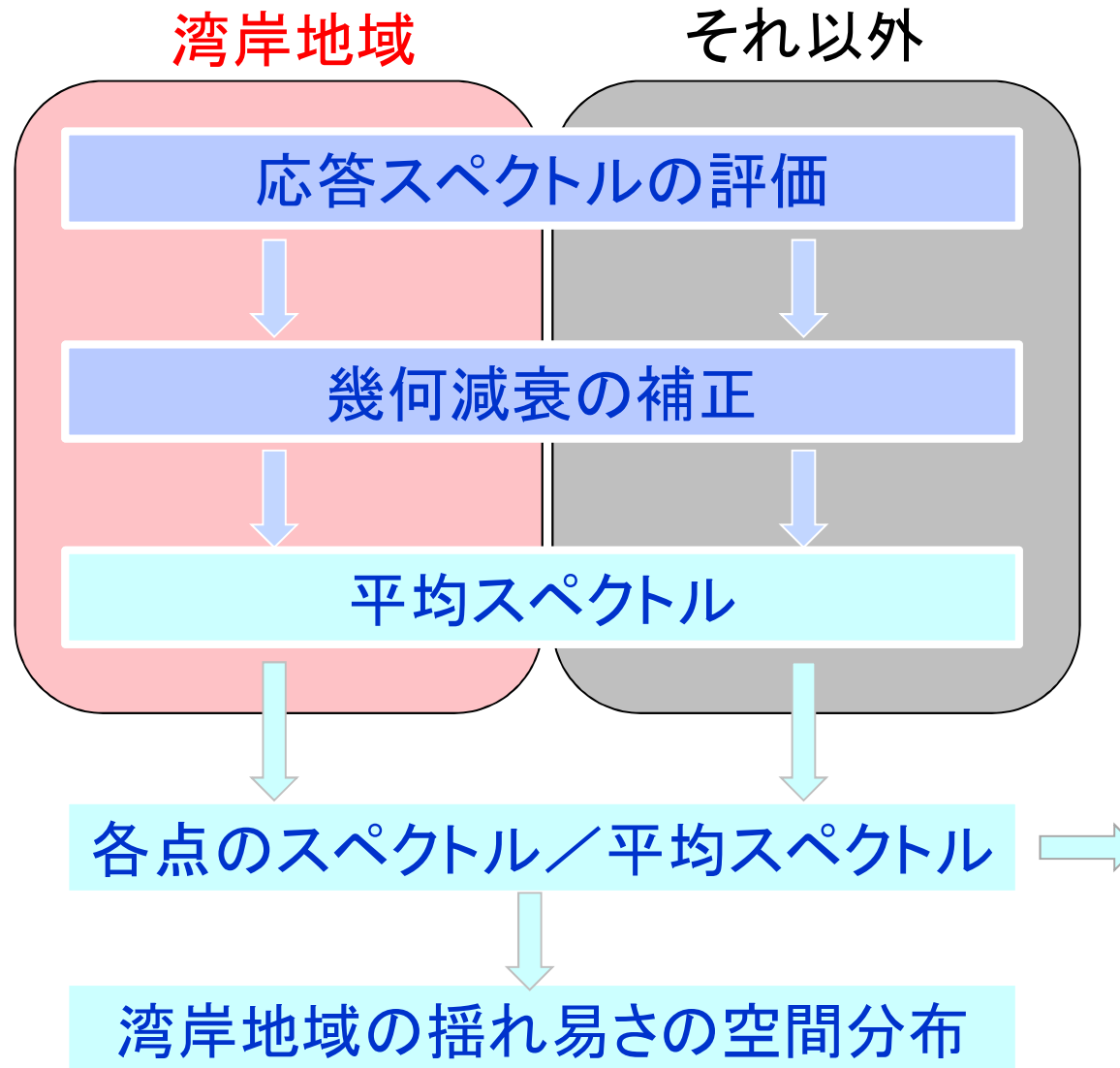
赤：東京湾岸地域
黒：それ以外



3.11本震Mw9.0

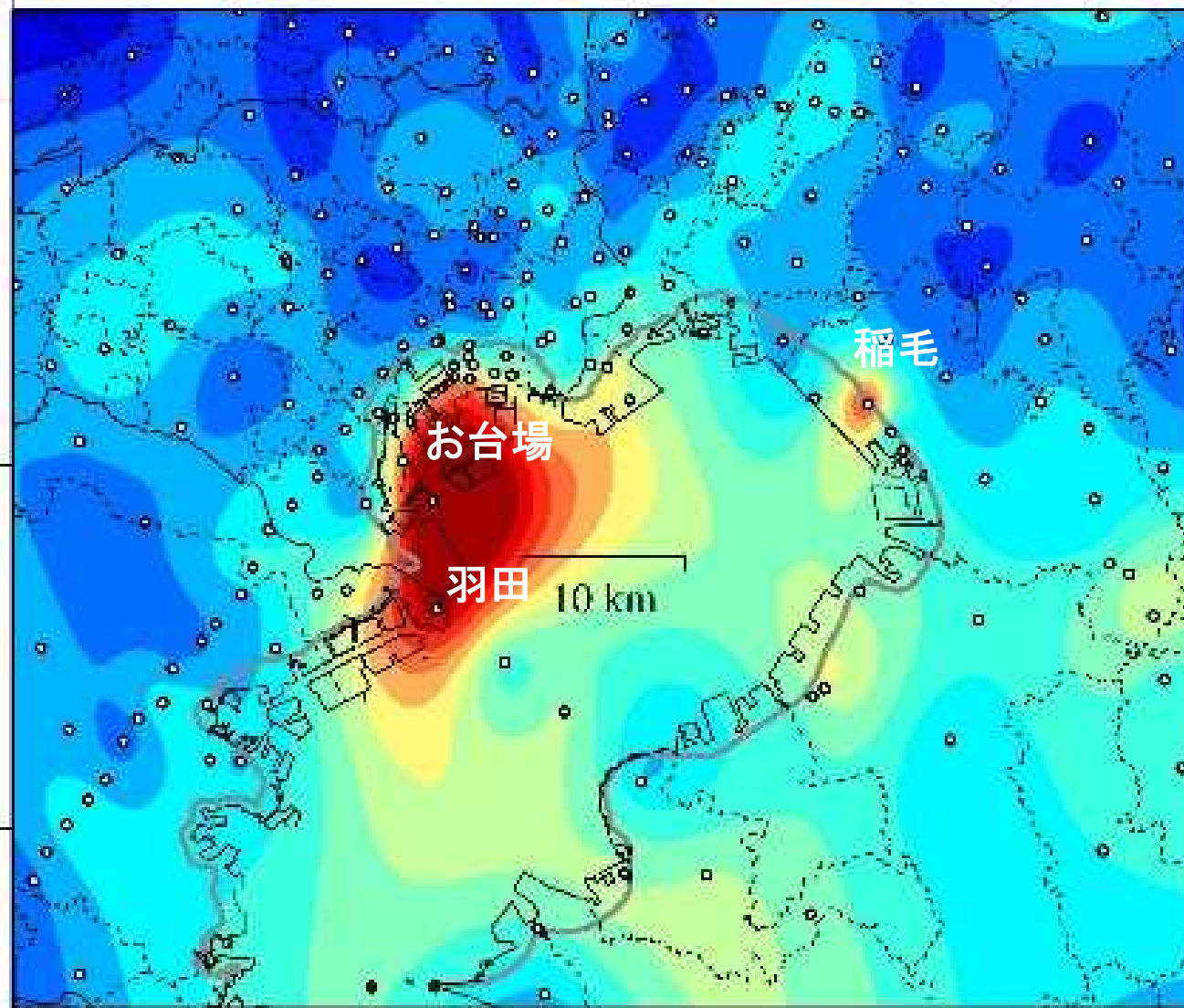


東京湾岸地域の揺れ易さの空間分布

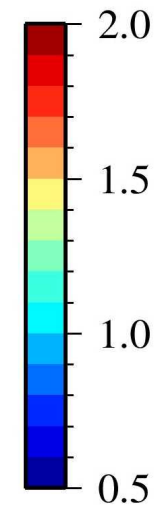


3.11本震: 周期2~6秒 12

各地震毎の揺れ易さ分布: **中周期帯域**



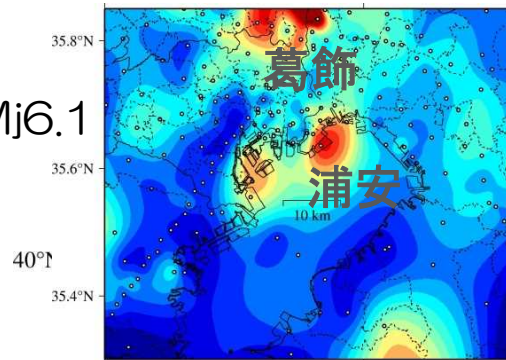
【K-, KiK-,
MeSo-net
強震記録】



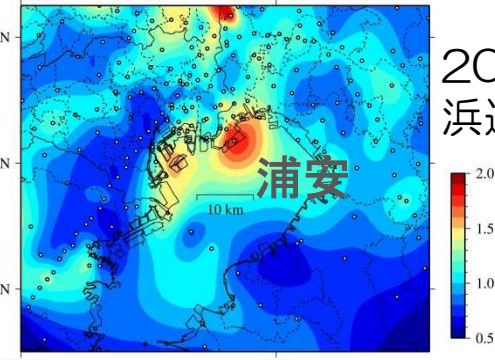
東北地方太平洋沖地震 **Mw9.0**: 水平成分 **周期2~6秒** 13

各地震による揺れ易さ(水平, T=2-6s or 1-4s)

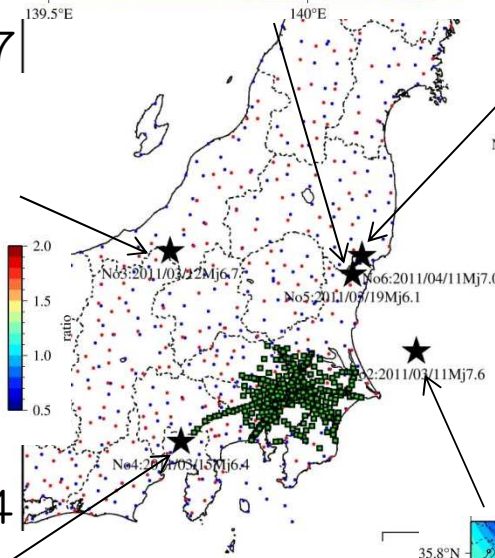
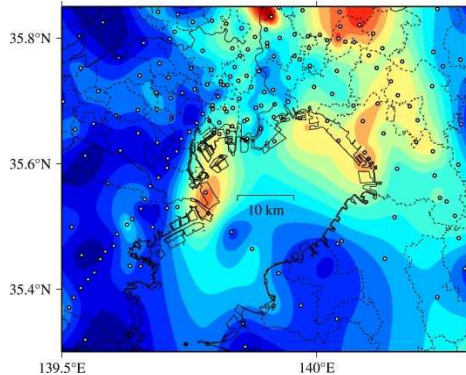
2011年茨城県北部Mj6.1



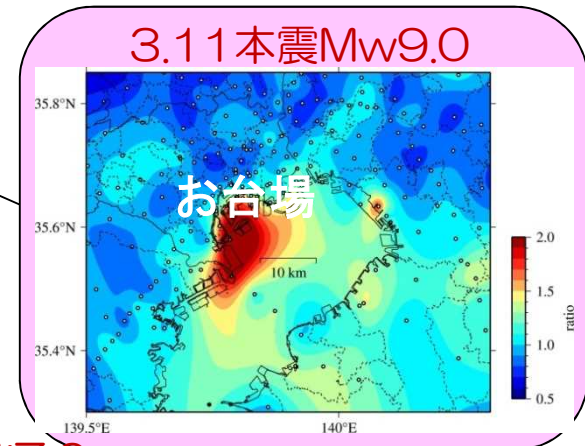
2011年福島県
浜通りMj7.0



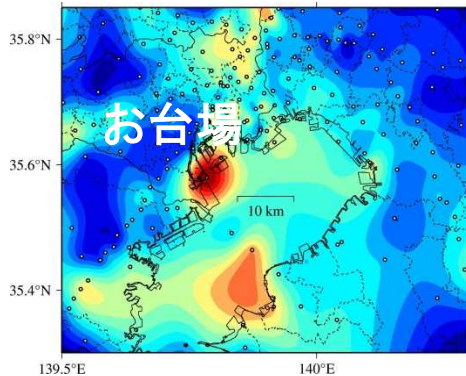
2011年長野県北部Mj6.7



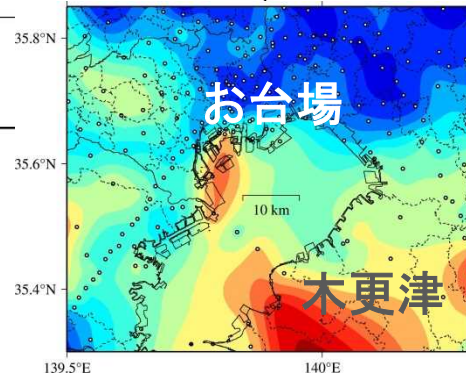
3.11本震Mw9.0



2011年富士山付近Mj6.4

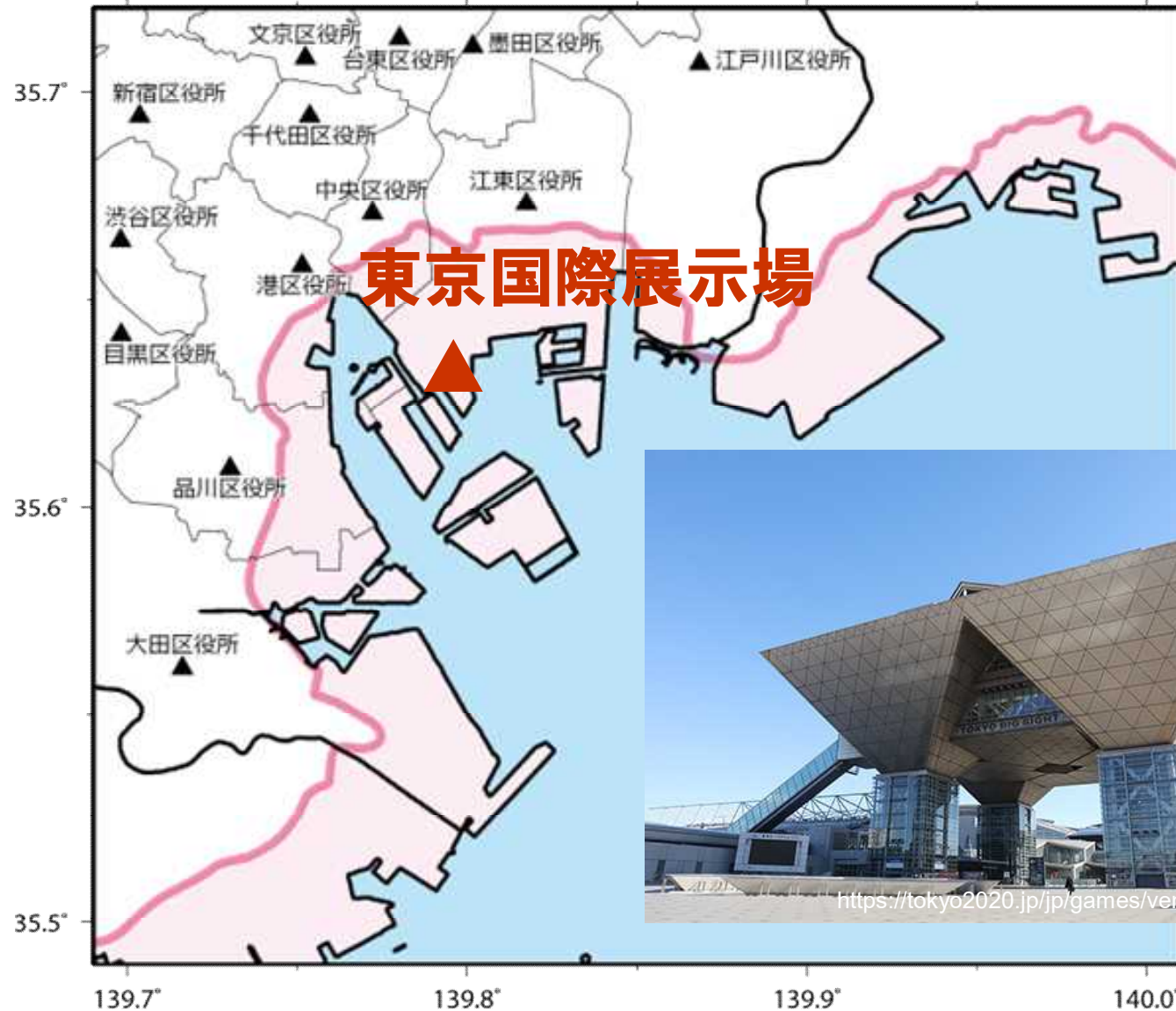


3.11最大余震Mj7.6



【K-, KiK-,
MeSo-net
強震記録】

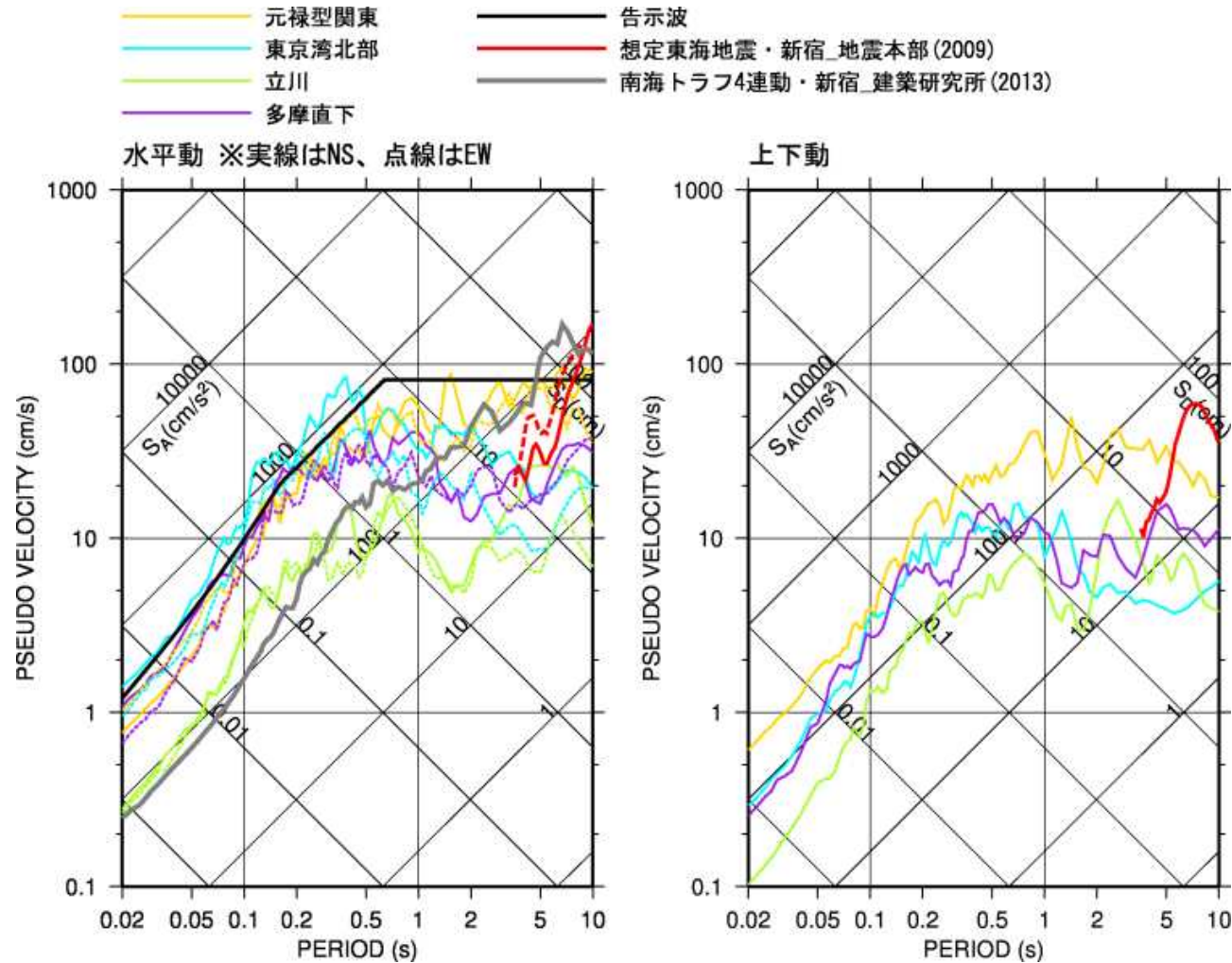
東京湾岸地域の地震動評価地点



桃色:東京湾岸地域(明治初期の海岸線から海側)

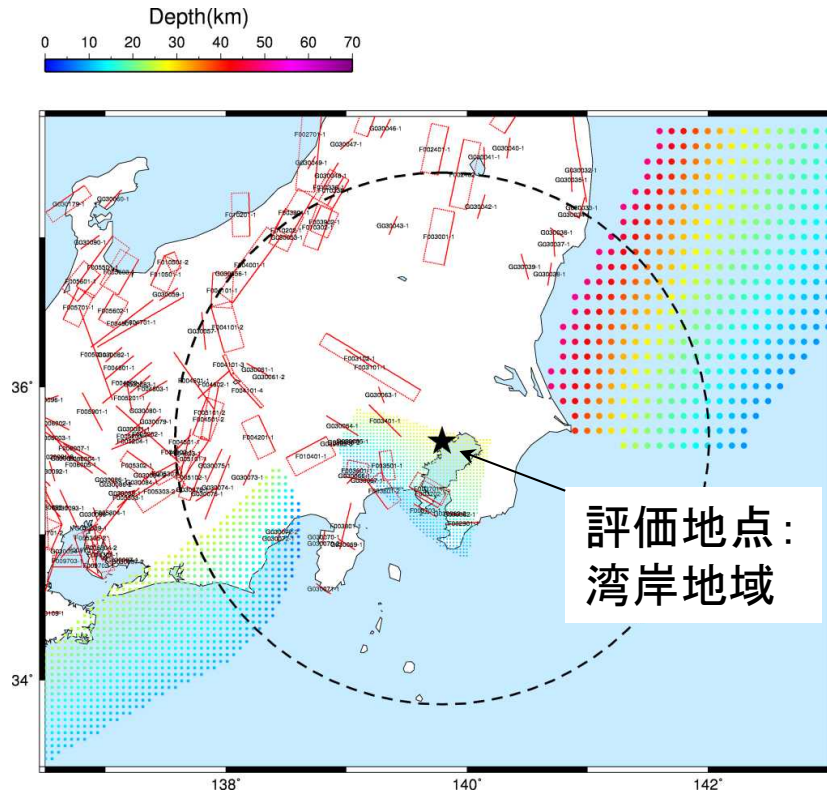
湾岸地域の強震動予測結果の動向調査

【長周期予測地図】

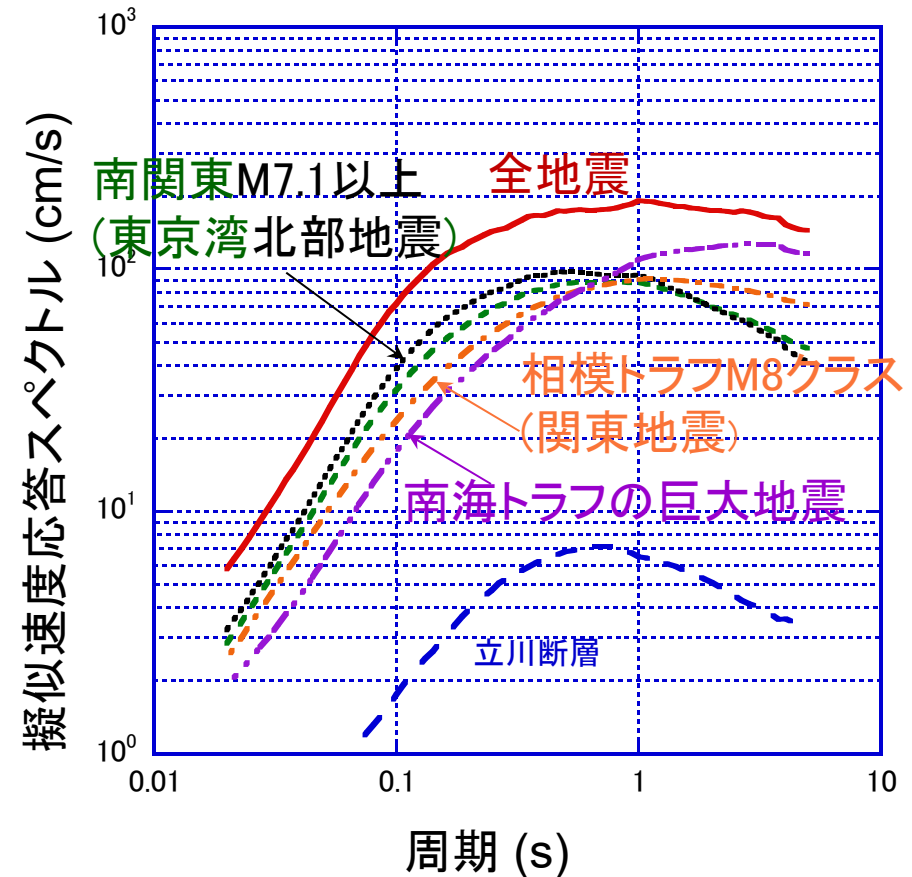


都、地震本部、大川他による地震動評価結果の相互比較

東京湾岸地域の地震ハザード解析

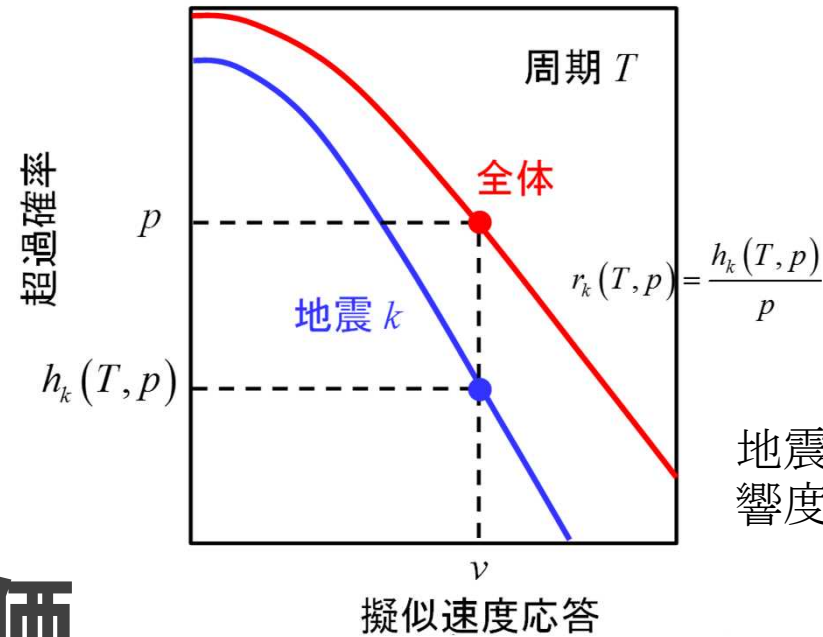


南関東付近の特定震源の例
(地震本部、2014)
【地震発生確率】



100年間の一様ハザードスペクトル
(超過確率 0.04)

【地震発生確率】

各地震の
影響度の評価

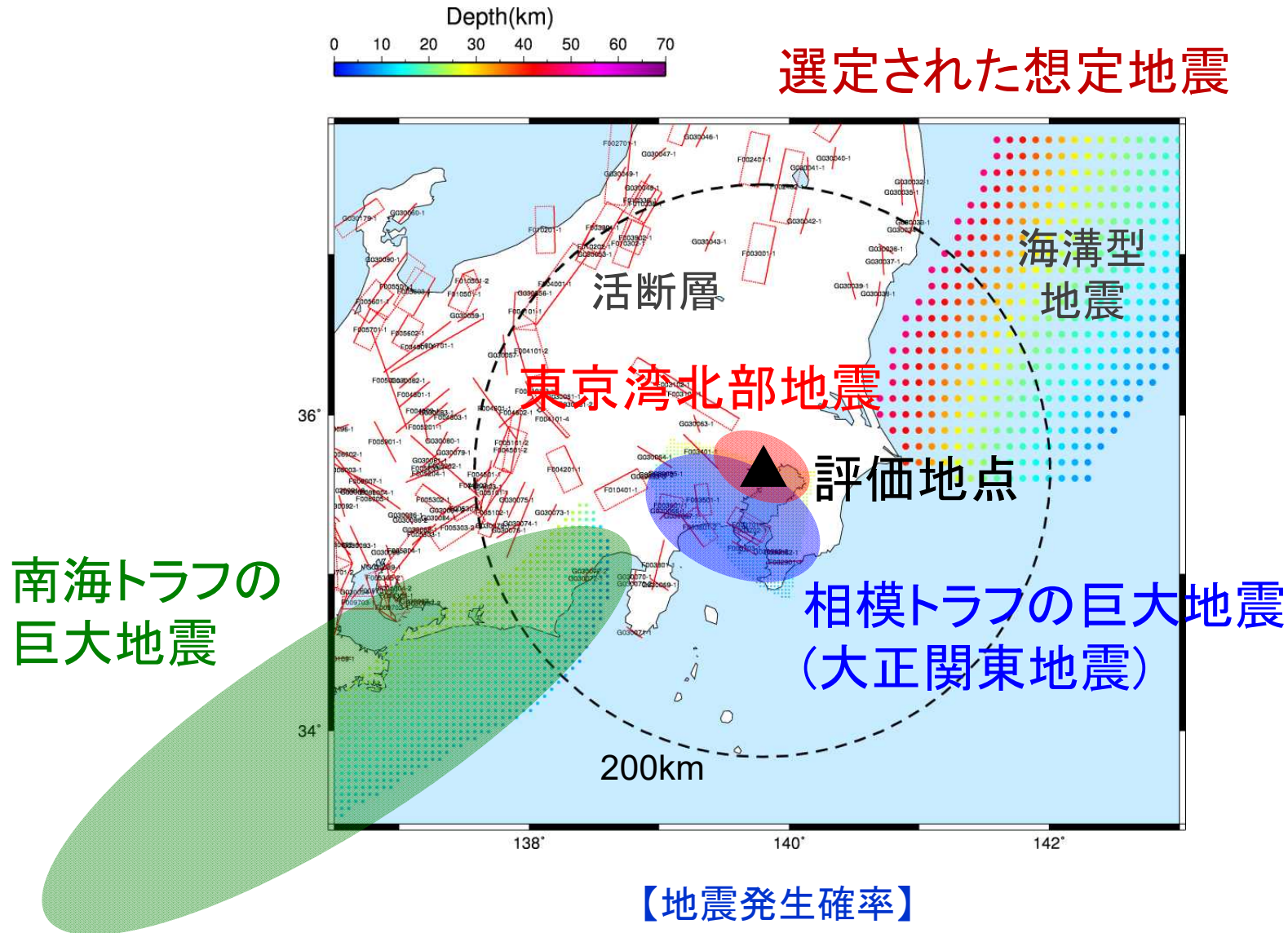
地震ハザード評価結果の影響度 $r_k(T, p)$ の概念図

対象地点に対する影響度が大きい地震の選定

地震	地震 タイプ	マグニ チュード	影響度*1) (以下の年数は再現期間)	
			2500年	500年
相模トラフ M8 クラス	プレート間	7.9~8.6	0.24 [1]	0.16 [2]
南海トラフ	プレート間	8.2~9.1	0.18 [2]	0.21 [1]
南関東 M7.1 以上	プレート間	7.1~7.8	0.14 [3]	0.13
南関東 M7.1 以上	プレート内	7.1~7.3	0.11	0.14 [3]
房総沖 M7.6 以上	プレート間	7.6~8.3	0.08	0.09

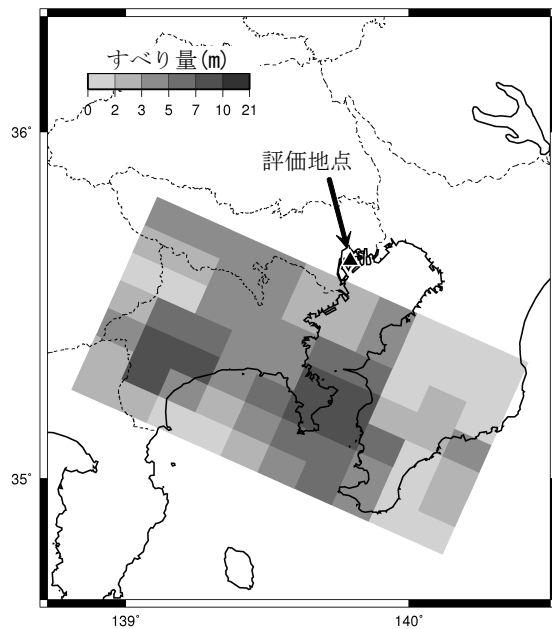
*1) []内の数字は影響度をランク付けした結果の数字

地震ハザード解析に基づく想定地震の選定

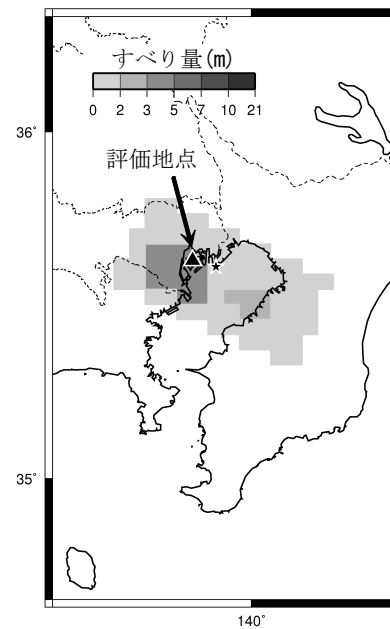


想定地震の断層モデル

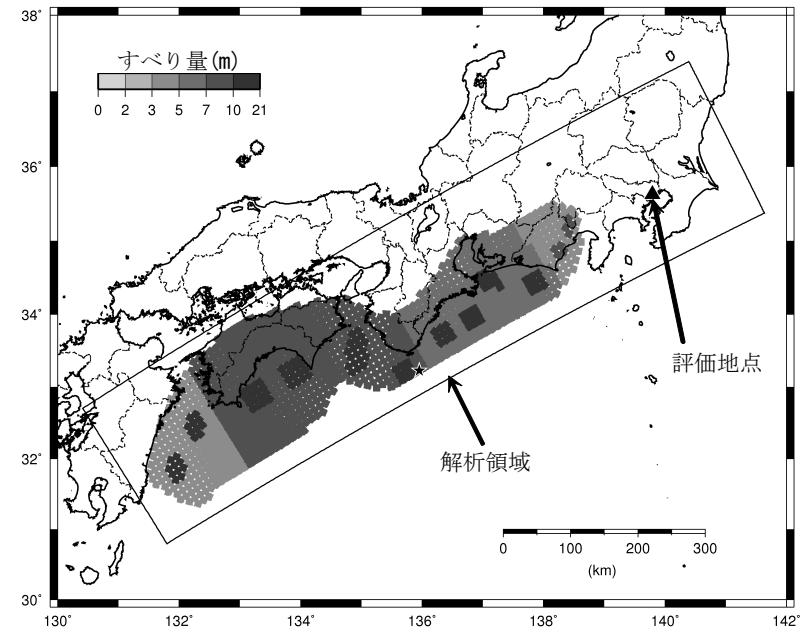
(断層面上のすべり量をグレースケールで表現)



(a) 大正関東地震
Sato et al. (2005)

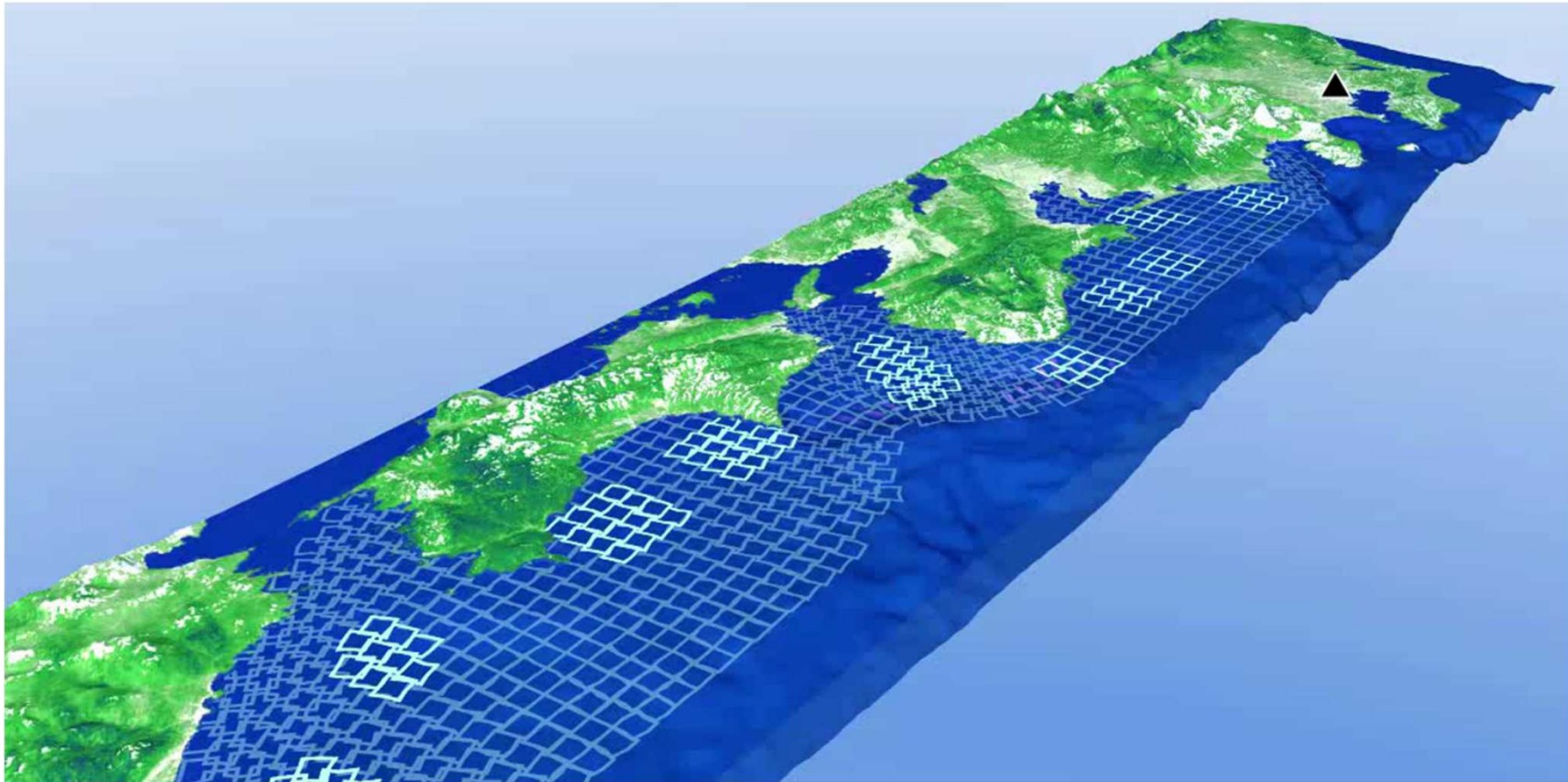


(b) 東京湾北部地震
内閣府中央防災会議 (2004)



(c) 南海トラフの巨大地震
内閣府中央防災会議 (2012)

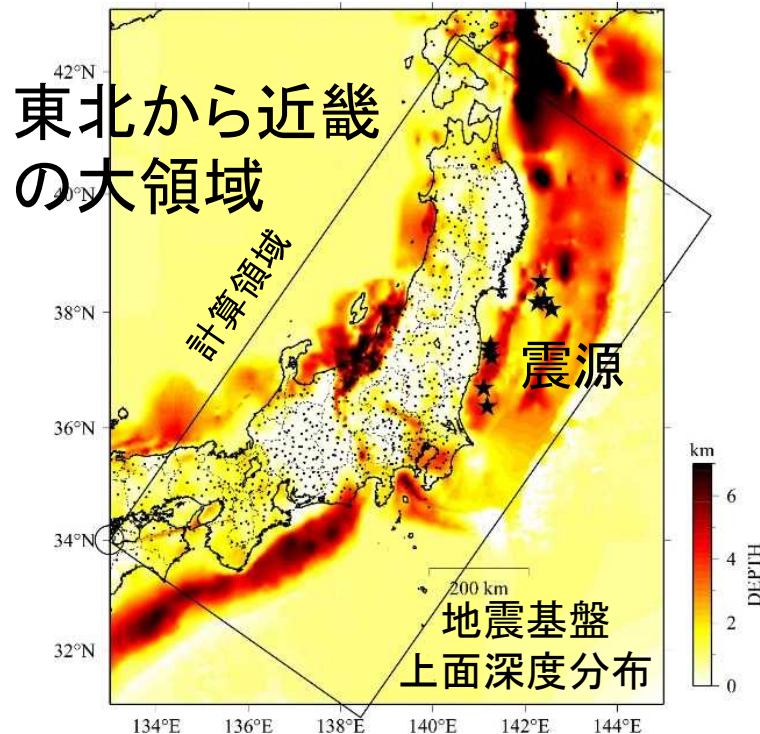
南海トラフの巨大地震の波動伝播解析



地震本部による地下構造モデルの検証

2011年東北地方太平洋沖地震のシミュレーション

【地下構造モデル】

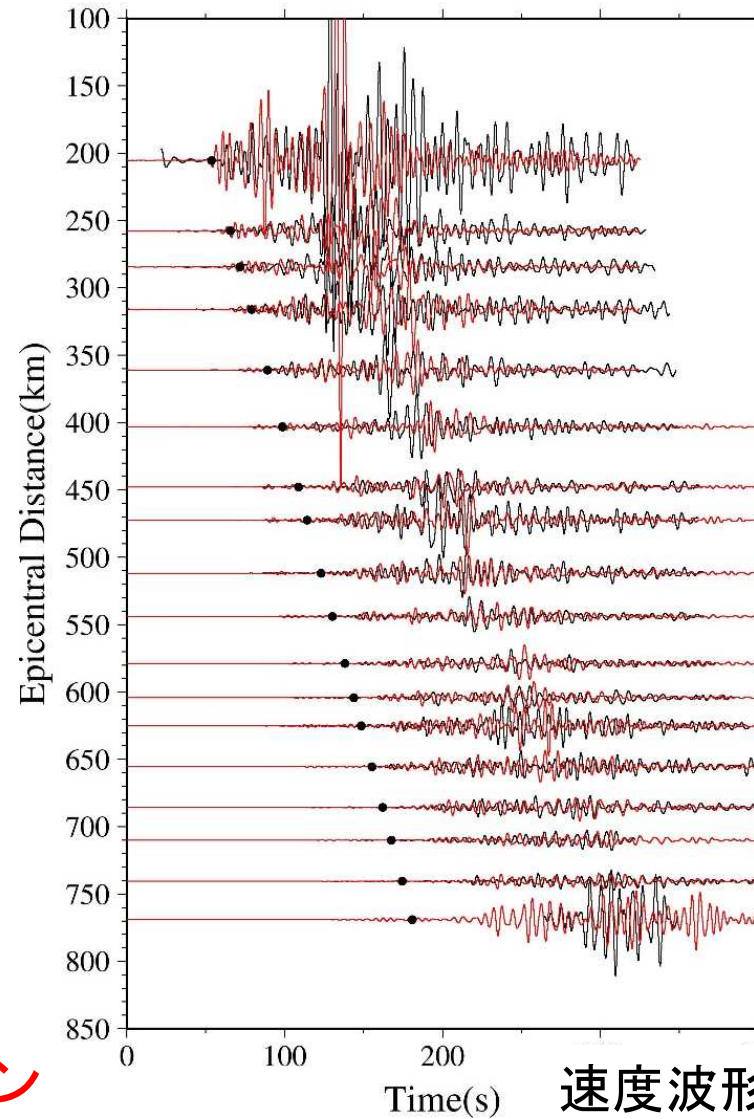
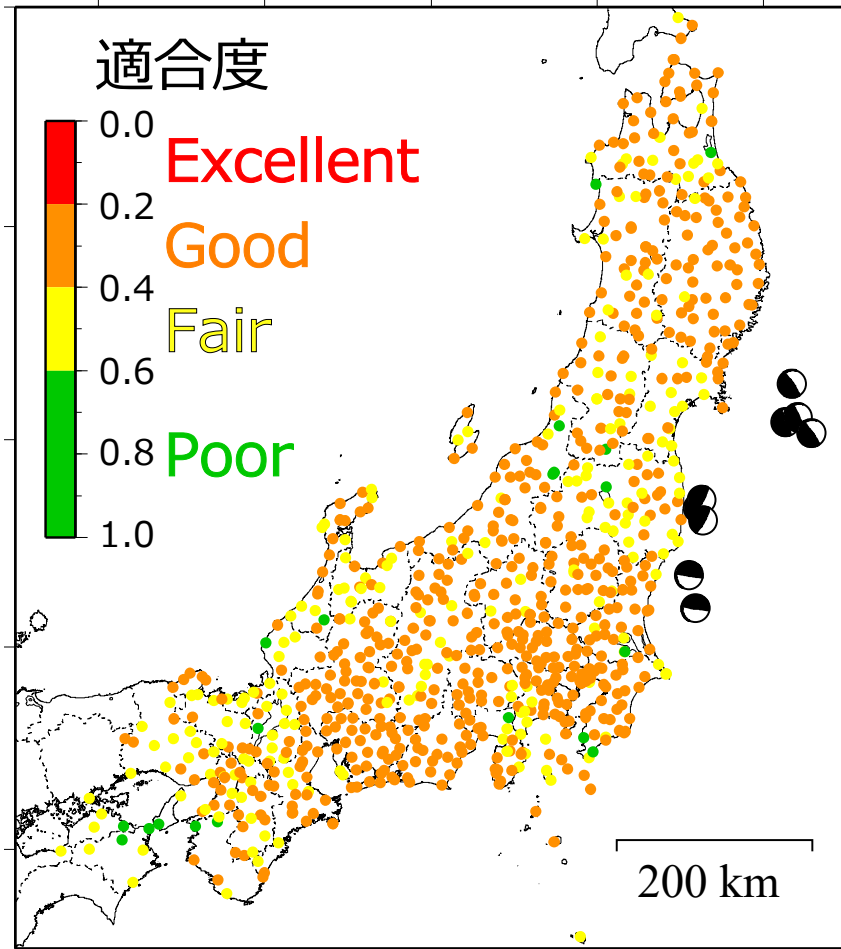


地球シミュレータ(第3世代)

- ◆ 総格子点数: $8600 \times 4300 \times 312$ (約115億)
- ◆ 並列数: 1600並列(400ノード×1CPU×4コア)
- ◆ 使用メモリ量: 1.3TByte(一般的なPC(4GB)の300倍強)
- ◆ 実行時間: 約5時間(一般的なPCで1年以上)

観測記録の再現性

東北から近畿にわたる広域の観測記録を良好に再現



【地下構造モデル】

— 観測記録

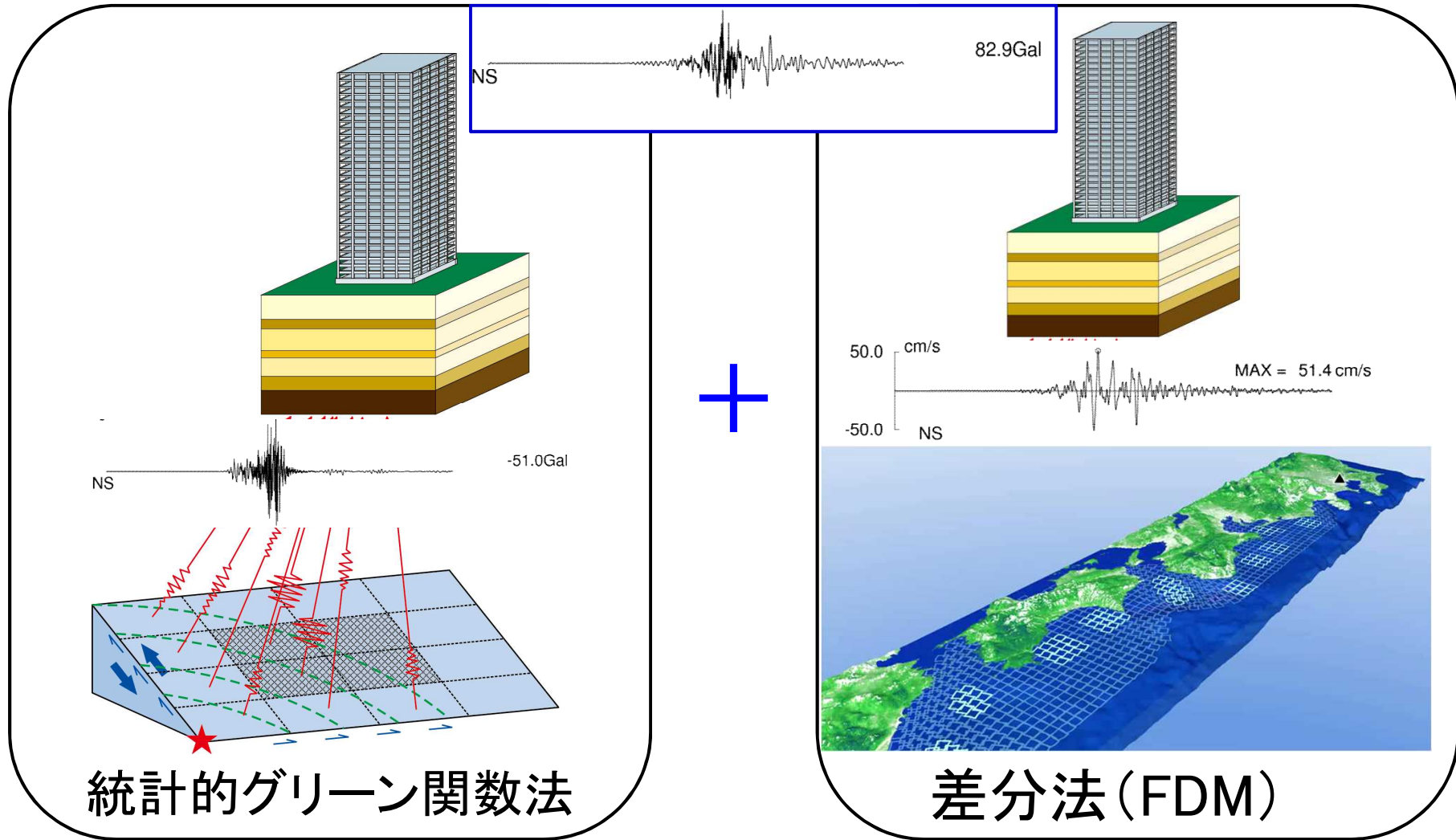
【K-, KiK-net強震記録】

— シミュレーション

速度波形(NS) 23

工学的基盤における地震波(サイト波)の作成

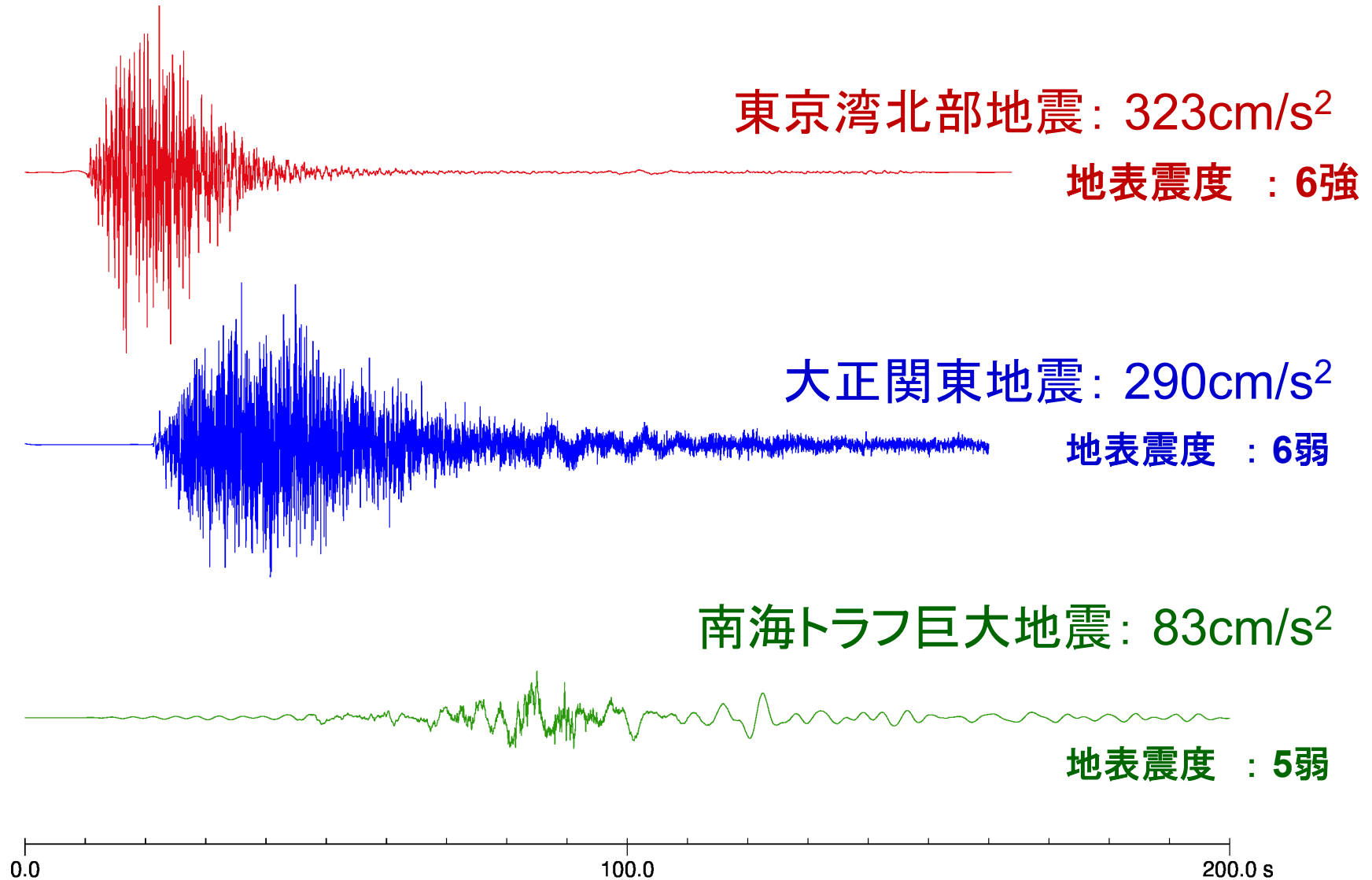
ハイブリッド合成



短周期側

長周期側

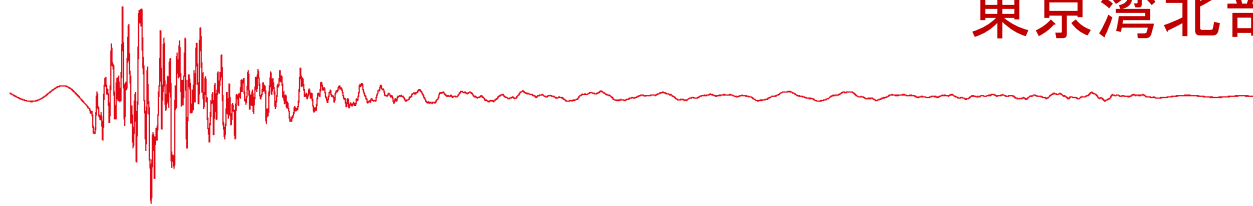
東京湾岸で設定したサイト波 (レベル2)



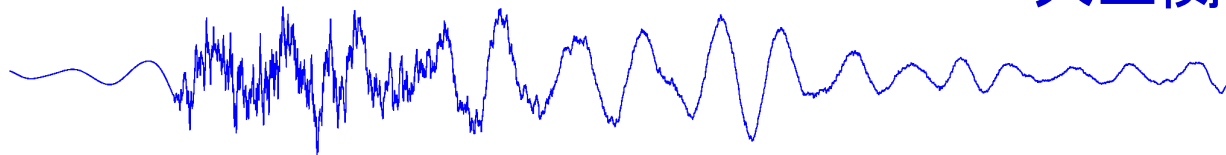
加速度波形: NS方向

東京湾岸で設定したサイト波 (レベル2)

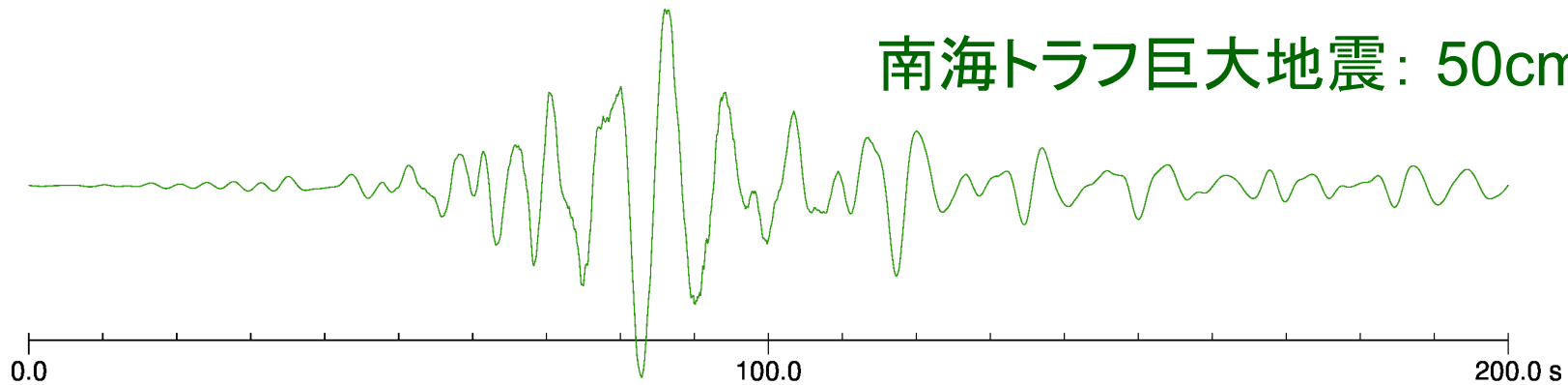
東京湾北部地震: 27cm/s



大正関東地震: 21cm/s



南海トラフ巨大地震: 50cm/s

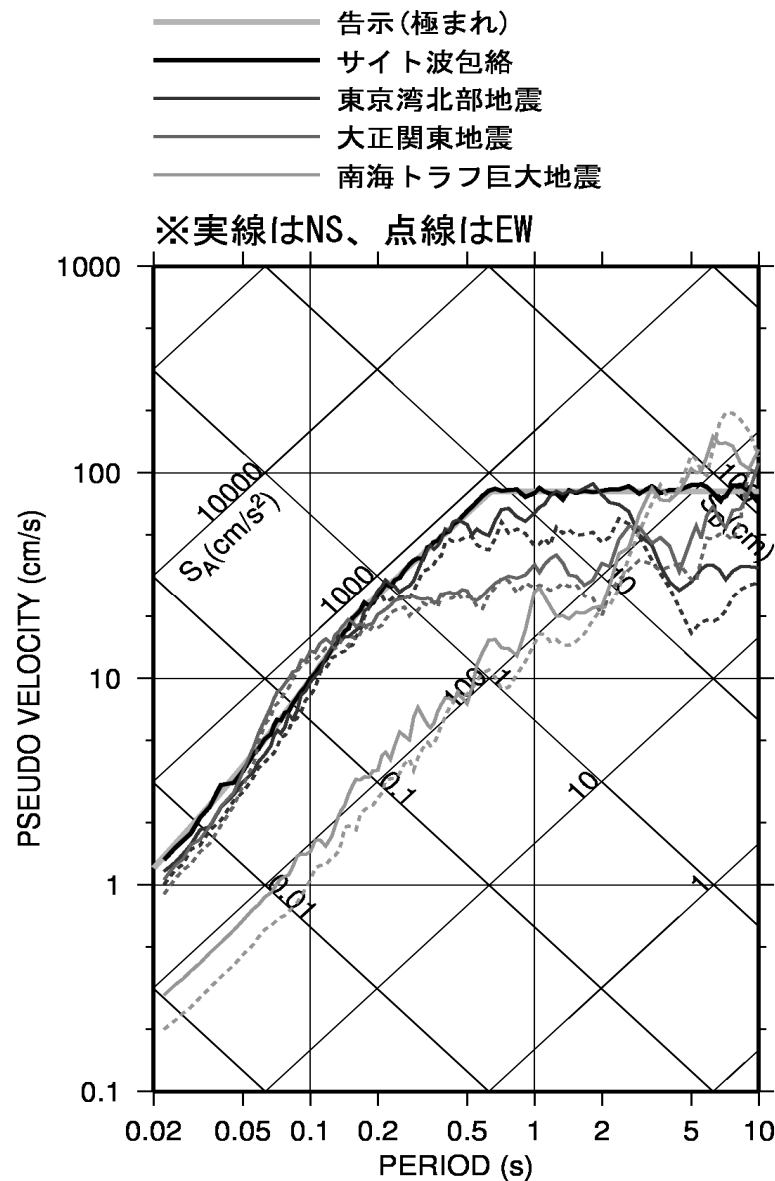


0.0 100.0 200.0 s

速度波形: NS方向

東京湾岸地域の入力地震動と設計目標の目安

	入力地震動	想定する地震発生頻度
中地震 (レベル1)	既往波(25cm/s)	数十年に1度発生
	告示波(稀)	
大地震 (レベル2)	既往波(50cm/s)	数百年に1度発生
	告示波(ごく稀)	
	サイト波(個別)	
	サイト波(個別波をほぼ包絡)	
極大地震 (レベル3)	告示波(ごく稀) ×1.5倍	数千年に1度発生
	告示波(ごく稀)を長周期側でかさ上げ	



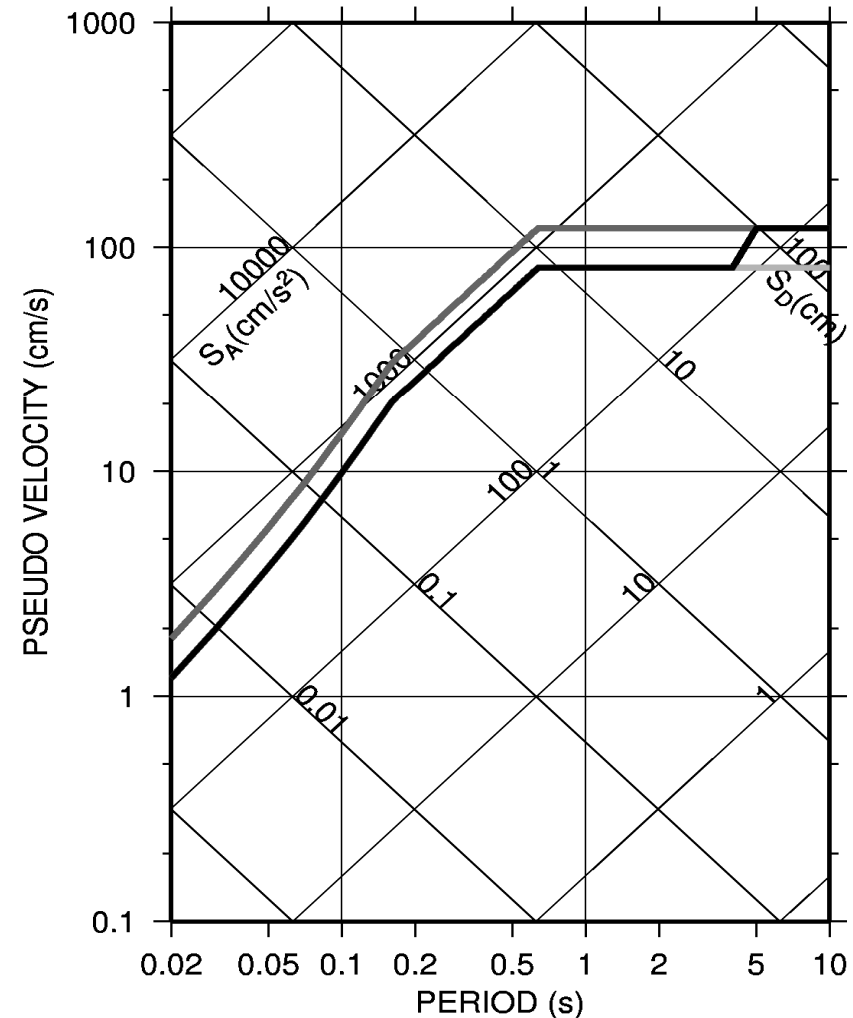
レベル2地震動案

東京湾岸地域の入力地震動と設計目標の目安

	入力地震動	想定する地震発生頻度
中地震 (レベル1)	既往波(25cm/s)	数十年に1度発生
	告示波(稀)	
大地震 (レベル2)	既往波(50cm/s)	数百年に1度発生
	告示波(ごく稀)	
	サイト波(個別)	
	サイト波(個別波をほぼ包絡)	
極大地震 (レベル3)	告示波(ごく稀) ×1.5倍	数千年に1度発生
	告示波(ごく稀)を長周期側でかさ上げ	

- 告示(極まれ)
- Level 3-S
- Level 3-L

レベル3地震動案



3. 今後10年の展望

強震動予測の社会実装から見た将来展望

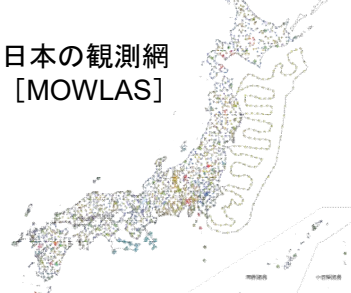
- ❁ 新・強震観測網の展開
- ❁ 一元化データベースの構築
- ❁ 次世代強震動予測マスターモデルの構築
- ❁ 工学的利活用(設計用地震動支援など)

次世代強震動予測マスターモデルの構築と社会実装

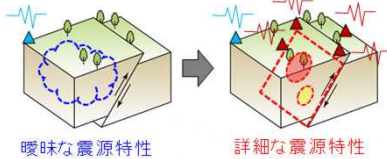
【背景】 近年、日本列島は地震活動が活発化し、これまで以上に大量の強震観測データがK-NETやKiK-netにより蓄積。
 ・このように精力的に強震観測が展開されてきたが、活断層の震源極近傍の強震記録が少なく、強震動予測の検証が困難。
 ・また建物への入力地震動が以前として未解明。大入力だが小被害を説明するには建物-地盤系の観測の展開が望まれる。
 ・強震記録を十分に活用する仕組みが日本になく、宝の持ち腐れ状況にある。一方、海外ではプロジェクトを効率的に展開し、強震記録に基づく距離減衰式の提案等 (NGA) を世界的に発信、当該分野では海外が優位に立っている。
 ・不確実性の考慮は地震動評価に必須であるが、日本ではその体系が構築されていない。海外の地震動シミュレーションモデル (SCEC-BBPモデル) のように、平均値とばらつきを社会に提示することは工学的利活用の点から重要。
【目的】 強震動を精度よく予測する次世代強震動予測マスターモデルを構築し、社会実装を介して迫りくる巨大地震の地震災害を軽減

・ユーザー向けのデータベースの構築

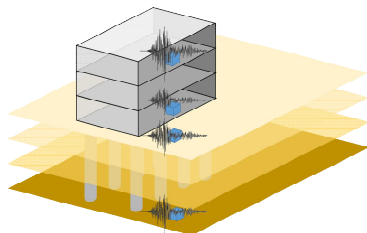
日本の観測網
[MOWLAS]



・活断層ごく近傍の地震観測

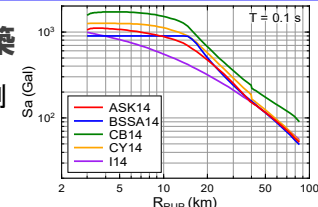


・建物-地盤系の地震観測

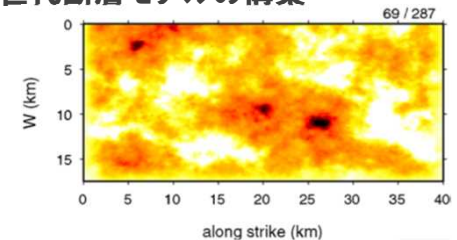


・次世代距離減衰式の構築

NGAによる地震動評価例

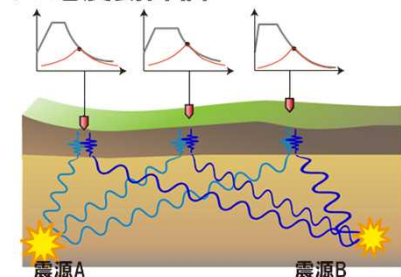


・次世代断層モデルの構築



不均質すべりモデル例

・地震ハザード評価と組み合わせた工学的基盤の地震動評価



② 一元化データベースの構築

③ 次世代強震動予測マスターモデルの構築

① 新強震観測 (活断層ごく近傍、学校建築-地盤系)

④ 工学的利活用 (地震ハザード、設計用地震動支援など)

END