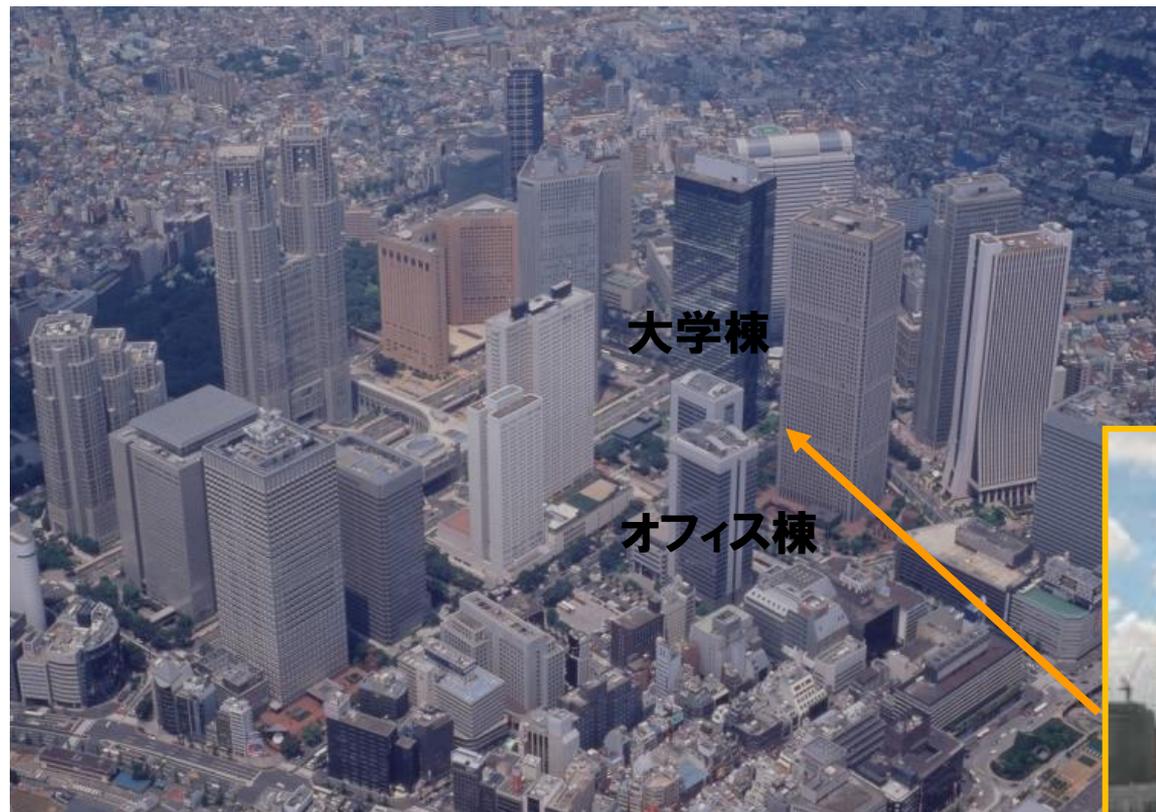


長周期緊急地震速報の利活用

長周期地震動に関する情報検討会(気象庁):2013年7月26日



久田嘉章
(工学院大学建築学部)

はじめに

- 長周期地震動: 古くて新しいテーマ
- 東日本大震災から得られた教訓: 首都機能のマヒ、帰宅困難者対策条例、消防法改正、建物の被災度判定・・・
- 今後の課題: 南海トラフ巨大地震等と緊急地震速報・長周期地震動の予測情報を活用した建物の震災対策に向けて・・・



2011年東日本大震災における新宿駅周辺地域の混乱の様子

長周期地震動(古くて新しいテーマ)

1923年関東地震の長周期地震動

- 1923年関東地震の本郷の今村式・ユーイング式変位計による記録(振り切れているが、長時間・長周期地震動を記録)

→ 昭和初期の剛柔論争

真島(柔構造) × 佐野・武藤(剛構造)

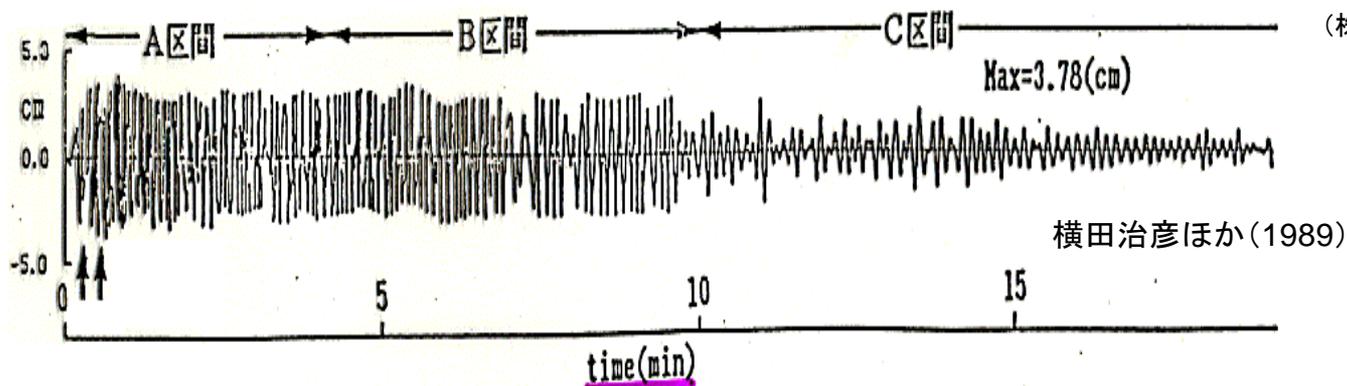


図 今村式2倍強震計による1923年関東地震の記録 矢印は欠落部分

- 60年代: 振動論+コンピュータ+強震記録: 超高層建築へ
- 1968年+勝沖地震・八戸港湾記録の約2.8秒の卓越周期
- 1970年代以降: やや長周期地震動研究(堆積層表面波)



東京市麹町區永楽町 日本興業銀行(殆ど被害なし)

日本興業銀行(耐震壁による剛構造、震災で無被害)

(株)佐々木繁建築設計事務所のホームページ



法隆寺五重塔
(震災で倒壊例無し)

長周期地震動による 高層建築の被害

- 1983年日本海中部地震、1984年長野県西部地震、2004年新潟県中越地震などによる超高層ビル管制ケーブル切断・閉じ込め事故
- 1985年メキシコ地震によるメキシコ市の中高層建物の倒壊
- 2004年スマトラ島沖地震におけるシンガポールでの高層ビルでパニック

六本木ヒルズ
エレベーター

中越地震で損傷
1基、ワイヤー1本切れる



園生園ガーデンプレイスタワー。激しい揺れを感じた人が
少なくなかった。パニックによる混乱も怖い

鳥取西部地震が起きた時、東京は震度1。が、地上100メートルでは大揺れ。
オフィスで船酔い状態になった人たちがいた。高層生活への警鐘だ。

編集部 佐藤太郎

ガーデンプレイスの怪

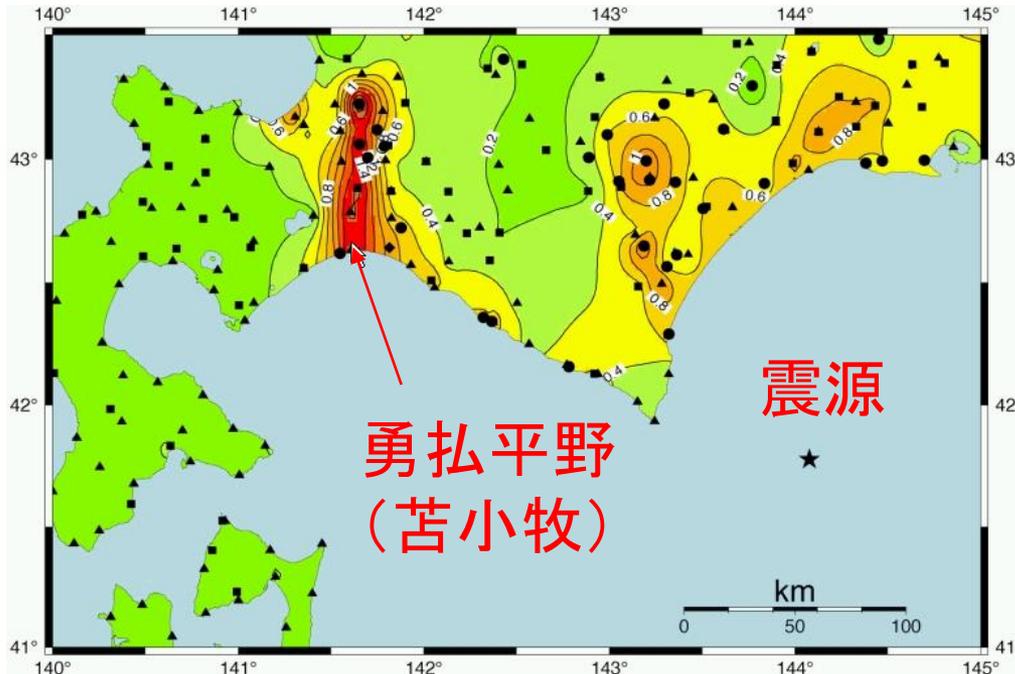
恵比寿超高層ビルでパニック

2000年鳥取県西部地震による
船酔い現象 (Aera, 2000/11/13)

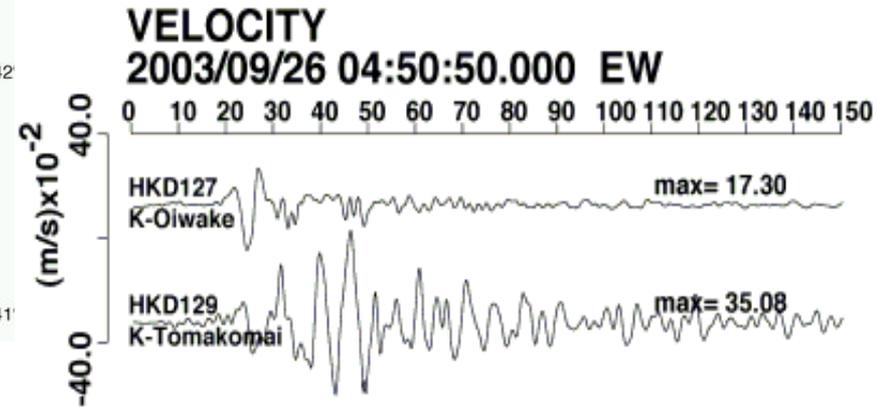
長周期地震動による石油タンクの火災

2004年NHKスペシャル「地震波が巨大構造物を襲う」
で長周期地震動が取り上げられ、全国的に大きな注目・対策が前進

• 2003年十勝沖地震

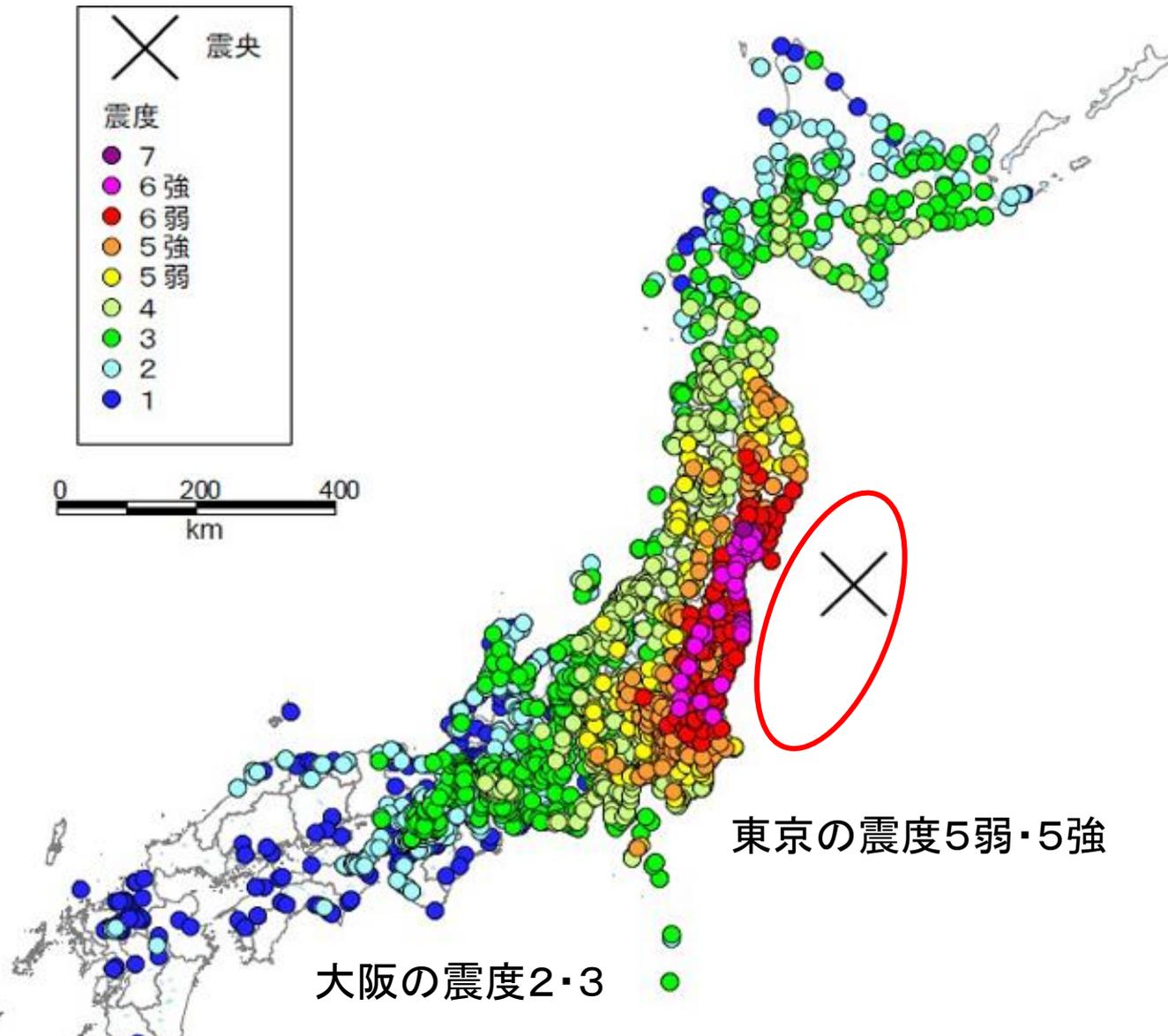


速度応答スペクトル ($h=1\%$, 7秒
EW成分: 畑山・座間, 2004)



東日本大震災：震度分布と被害概要

消防庁発表
(2012/1/11)



震度分布

震度7: 宮城県栗原
震度6強～震度6弱
宮城県・福島県・
茨城県・栃木県ほか
東京: 震度5強・5弱

人的被害

死者: 16,131
(約9割は溺死)
行方不明: 3,240
負傷: 5,994
重傷: 612、軽傷: 5,119
避難者: 70,077

建物被害

全壊: 128,497
半壊: 240,090
一部破損: 677,502
火災: 286

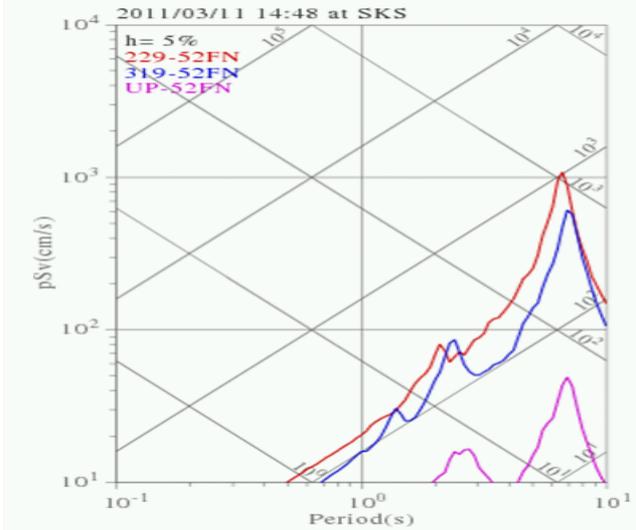
経済被害

20兆円程度(直接被害)

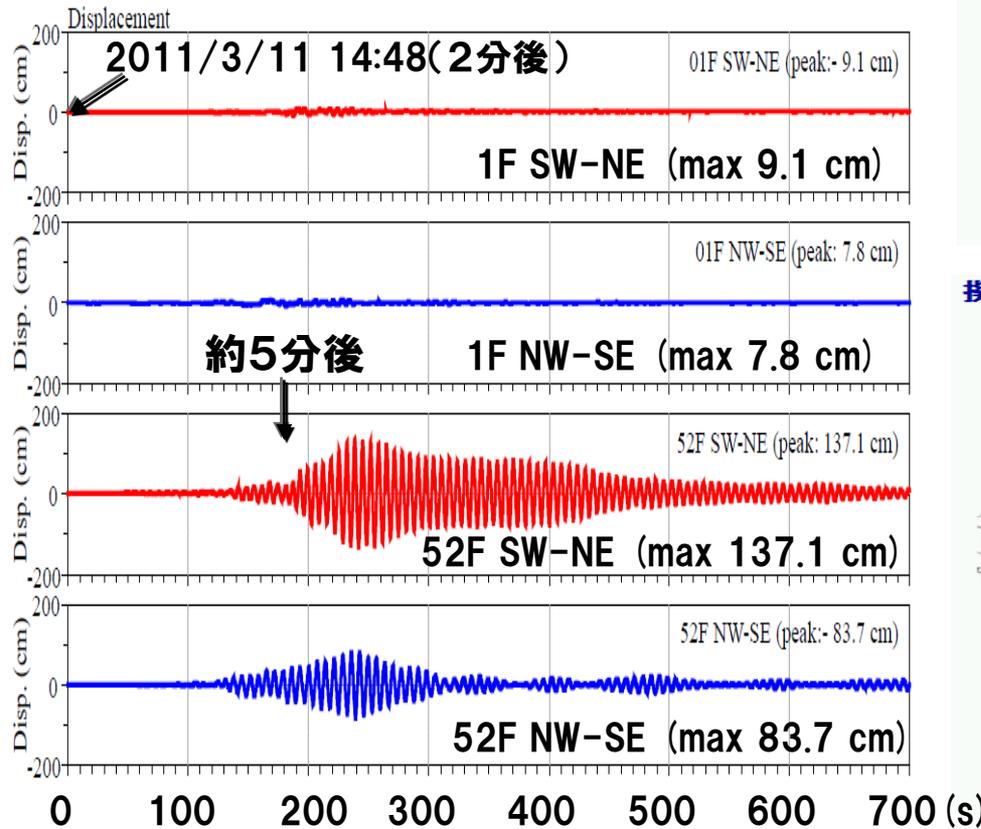
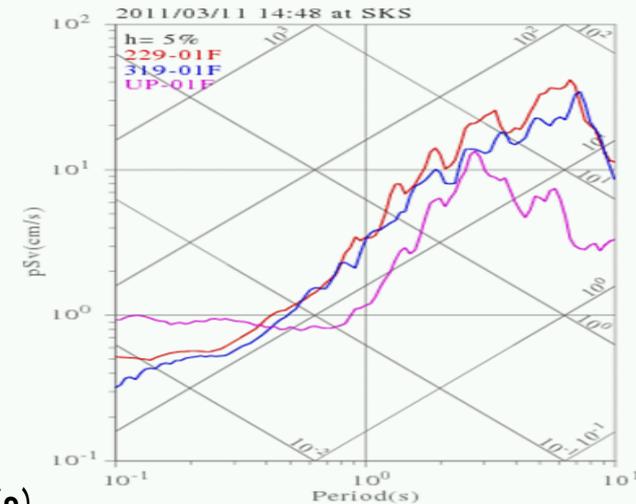
大阪府咲洲庁舎(55階)の揺れと被害

- 建物の固有周期と地盤の卓越周期が一致(約7秒で共振)
- スプリンクラー破損による漏水、階段壁面のパネル落下、100カ所以上のひび割れ、エレベータによる閉じ込めなど多数の被害
- 震災直後、上層階の被害を防災センターで把握できず

擬似速度応答スペクトル(52FN)



擬似速度応答スペクトル(01F)

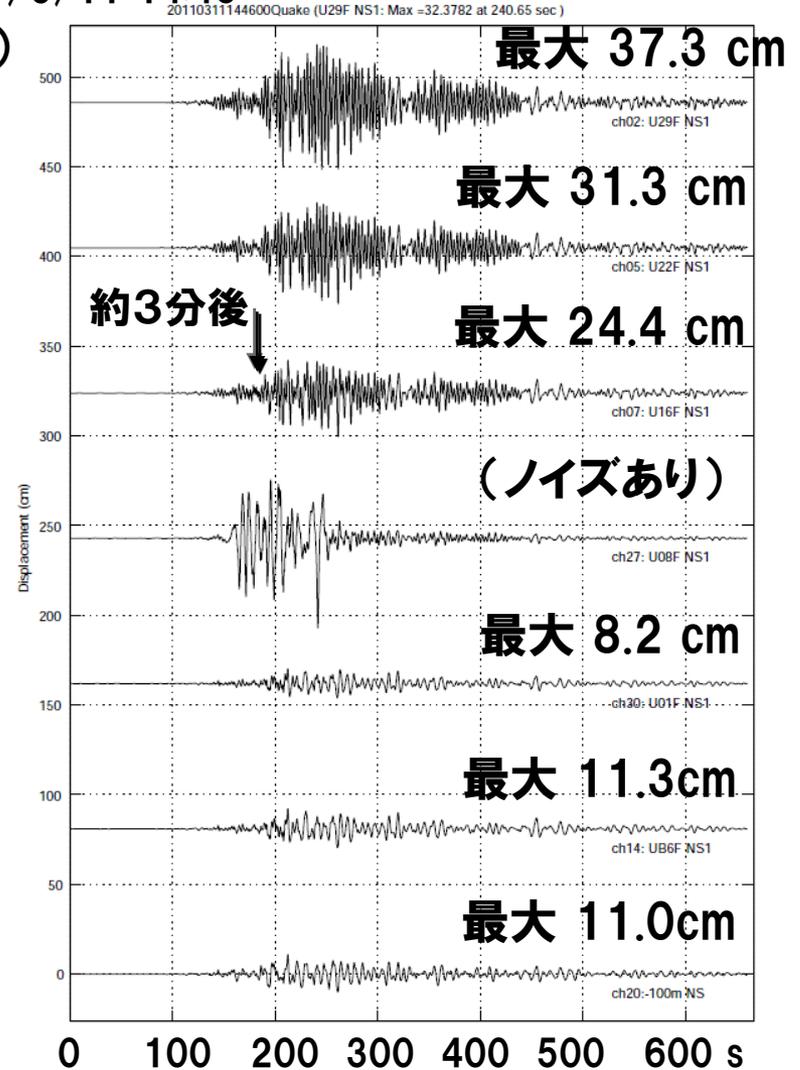
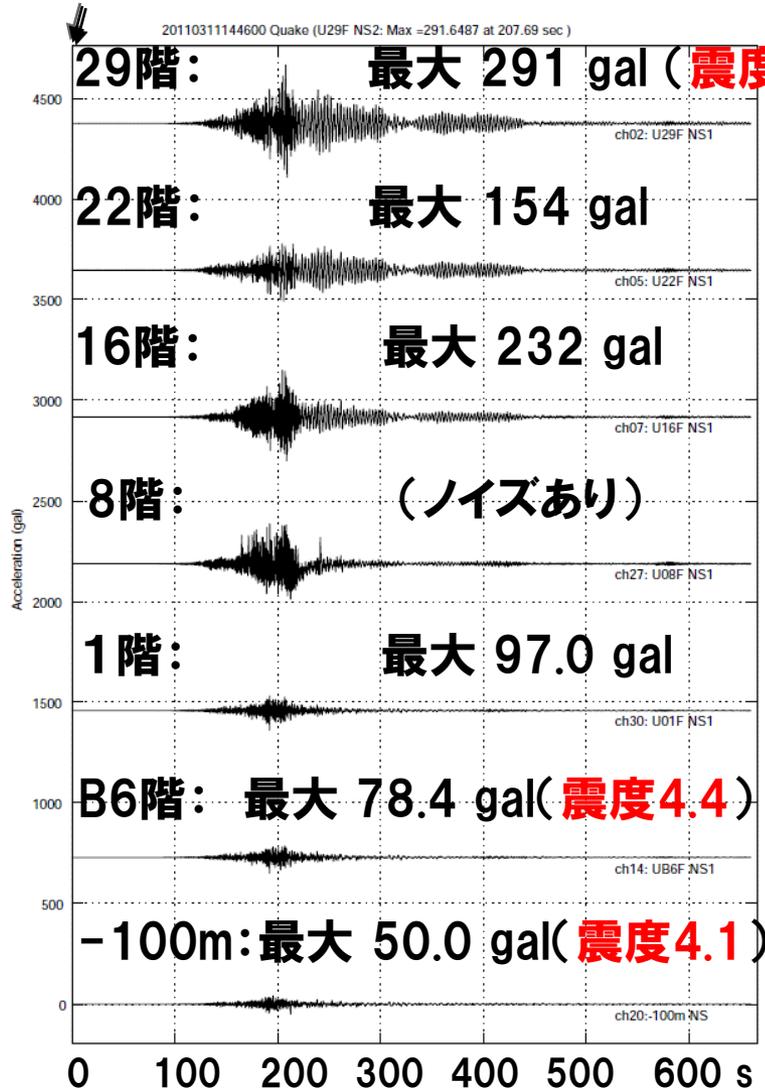


2011年東日本大震災(本震)による揺れ

—工学院大学・新宿校舎の加速度と変位波形—

2011/3/11 14:46

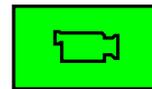
2011/3/11 14:46



南北方向の揺れ: 加速度(短周期地震動)

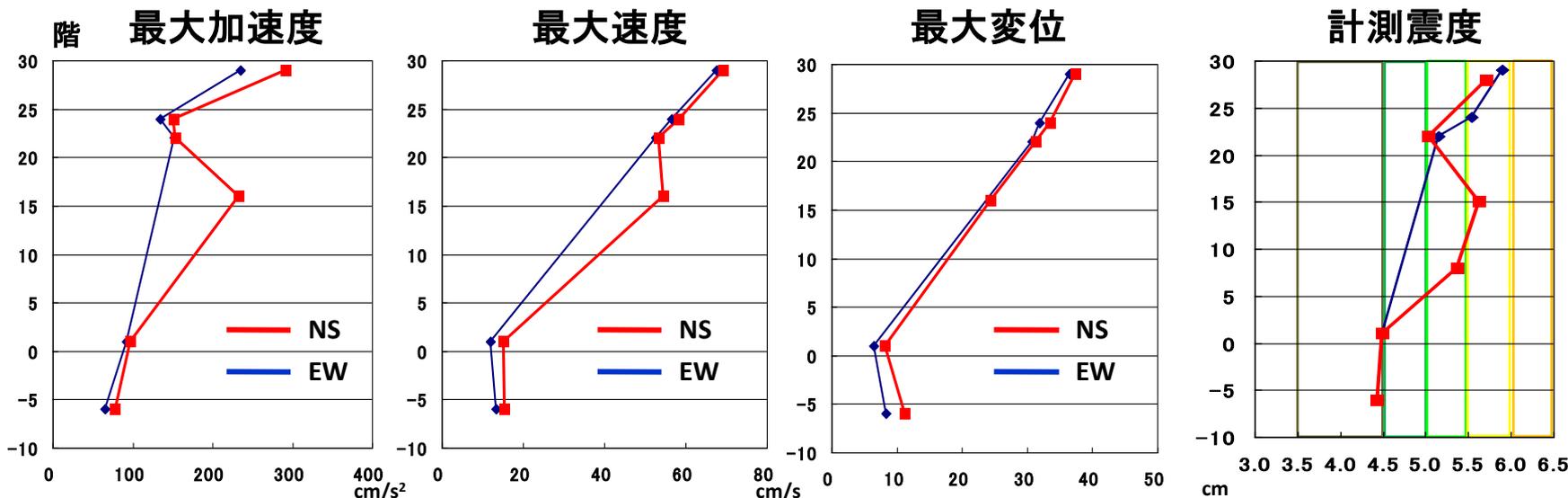
変位(長周期地震動)

工学院大学新宿キャンパスでの揺れ (最大加速度、最大速度、最大変位、計測震度)

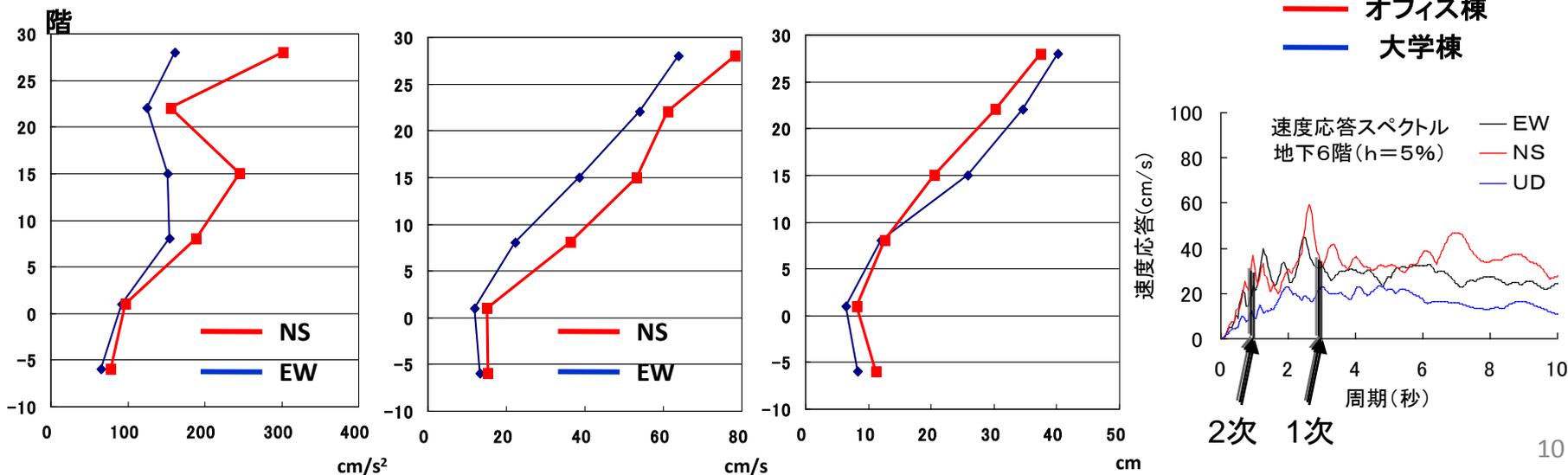


3D揺れ

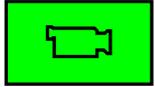
大学棟



オフィス棟



2011年東日本大震災 工学院大学・新宿校舎の被害（高層階）



28F (天井パネルの落下)



25F (コピー機の移動、室内の散乱)



24F(固定していないかった本棚の転倒、間仕切り壁の大変形)



21F (天井パネルの落下)¹¹

2011年東日本大震災 工学院大学・新宿校舎の被害（中・低層階）



14F (天井パネルの落下)



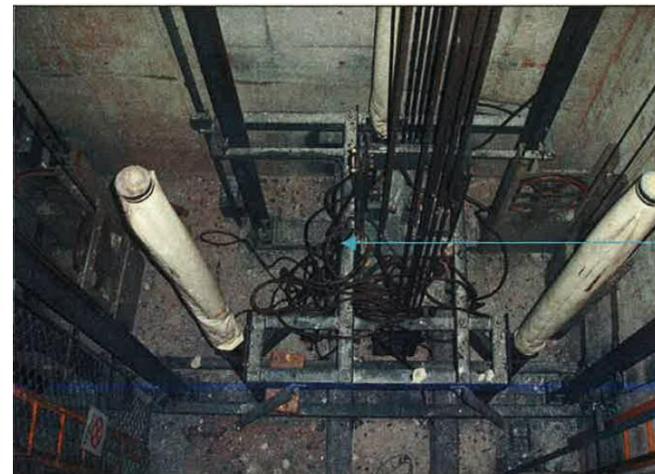
12F (事務室階: コピー機移動、室内散乱など)



2F (図書館: 蔵書の散乱)



1F (アトリウム: EPJパネルの被害)



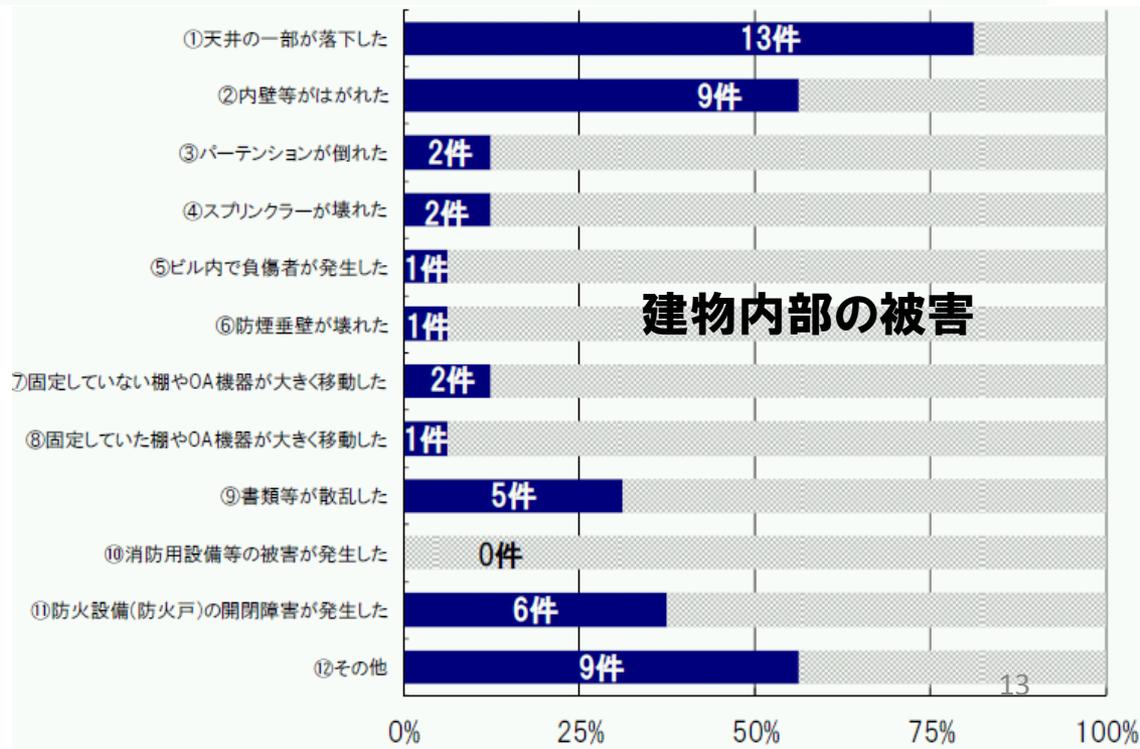
エレベーターケーブルの絡まり
(本学の写真ではありません)

新宿駅西口地域の超高層建築 被害・対応に関するアンケート・ヒアリング調査 (回答:16ビル・23テナント)

ビル名	竣工年代	地上(階)	入居テナント(社)	制震機構	ビル名	竣工年代	地上(階)	入居テナント(社)	制震機構
Aビル	1990年代	20階以上	200以上	回答なし	Iビル	2000年代	20階以上	10~100	有
Bビル	1980年代	20階以上	10~100	無	Jビル	2000年代	20階以上	10~100	有
Cビル	1970年代	20階以上	10~100	無	Kビル	1970年代	20階以上	10未満	無
Dビル	1990年代	20階以上	10~100	有	Lビル	1980年代	20階以上	10未満	無
Eビル	1990年代	20階以上	10~100	無	Mビル	1980年代	20階以上	10~100	回答なし
Fビル	1990年代	20階以上	10~100	有	Nビル	1980年代	20階以上	10~100	無
Gビル	1970年代	20階以上	10~100	有	Oビル	1970年代	20階以上	10未満	無
Hビル	2000年代	20階未満	10~100	有	Pビル	1980年代	20階以上	10未満	無

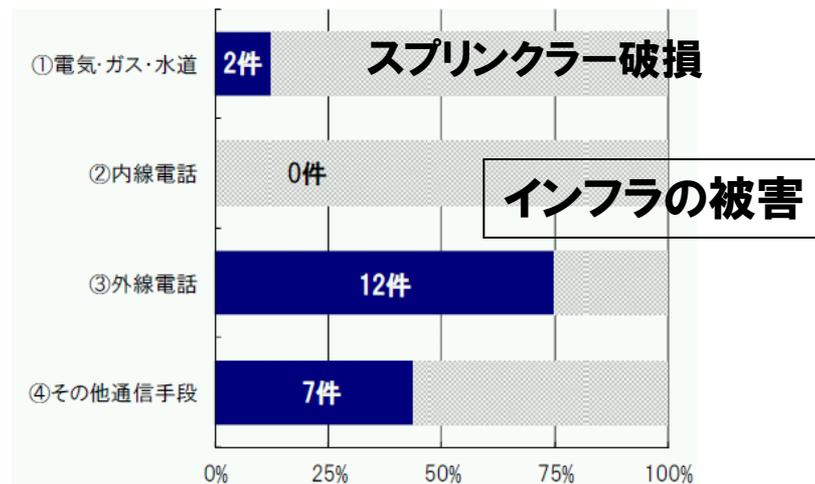
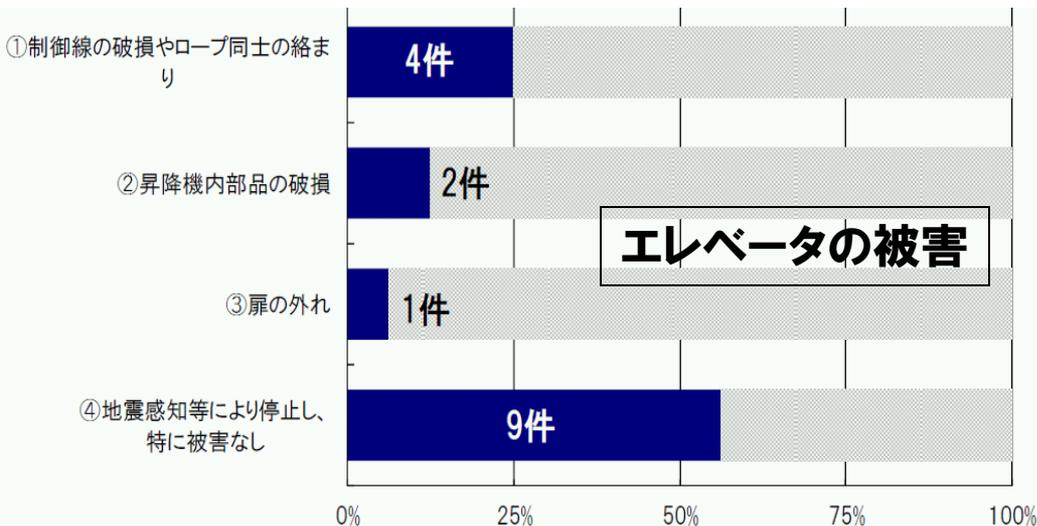


建物外部の被害



建物内部の被害

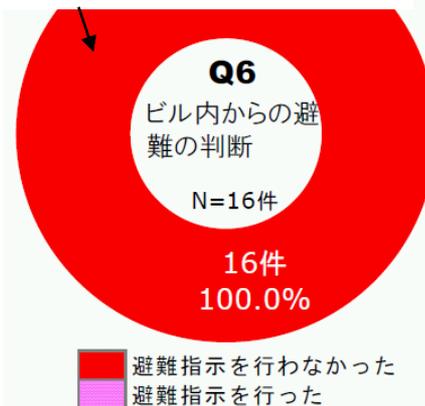
新宿駅西口地域の超高層建築 被害・対応に関するアンケート・ヒアリング調査 (回答:16ビル・23テナント)



管理会社による館内放送の内容

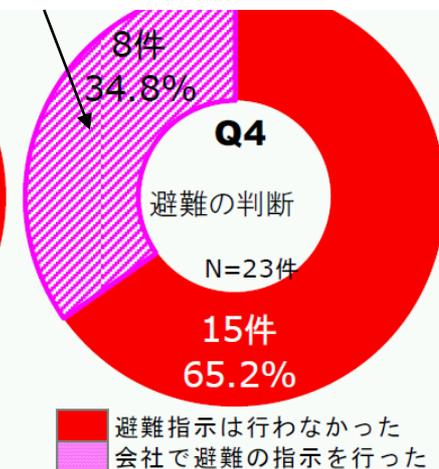
項目	詳細
地震に関する事項	地震発生
	余震の発生注意喚起
	建物等の被害状況
建物設備状況	ガス停止
	空調設備機器の点検状況
	エレベータの運行停止
安全確保	個人の身の安全確保
	建物内が安全であること
帰宅困難者対応	避難所の設置情報
	周辺交通機関の状況
	ビル内への宿泊
	備蓄品の配布状況

理由:火災なし、耐震補強していた、システムが稼動した



管理会社

理由:従前の計画、倒壊が不安



テナント

東京都帰宅困難者対策条例（2013年4月施行）

→ 一斉帰宅抑制（幹線道路渋滞、環七ベルト地帯
大群衆によるハザード・・・）

○ 一斉帰宅の抑制

・ 都民の取組 むやみに移動しない、

家族との連絡手段を複数確保するなど事前準備（171、携帯伝言・・・）

・ 事業者の取組 従業員の一斉帰宅の抑制

施設の安全確保、3日分の水・食糧など、従業員との連絡手段の確保など事前準備、駅などにおける利用者の保護、生徒・児童等の安全確保

○ 安否確認と情報提供のための体制整備

○ 一時滞在施設の確保（国や自治体、民間施設）

○ 帰宅支援（帰宅支援ステーション、代替輸送手段の確保など）

→ 住宅・マンションも同様に、避難民にならない対策・自宅に留まる対策
（首都など大都市では、逃げる必要のない建物・まちづくりを推進）

→ 建物・まちのモニタリング・早期被災度判定・多重防護・マネジメント・・・

消防法改正(統括防火・防災管理者の権限強化)

発行:消防庁

高層建築物等における防火・防災管理体制の拡充をはかる

消防法の改正

平成26年4月1日から施行

近年、雑居ビル等で多くの死傷者等を伴う火災が相次いで発生していることや、東日本大震災での激しい揺れにより、高層ビル等において人的・物的被害が発生したことを受け、高層ビル等の防火・防災管理体制を強化するため、下記のような項目が改正されました。

統括防火管理者

統括防災管理者

- 選任・届出を消防法に規定
- 業務・役割の明確化
- 防火・防災管理者への「指示権」の付与

統括防火管理者

【統括防火管理者の役割】

- 建物全体の消防計画の作成
- 廊下、階段、避難口等の共用部分の防火管理
- 建物全体の避難訓練等の実施 など



指示

協議して選任

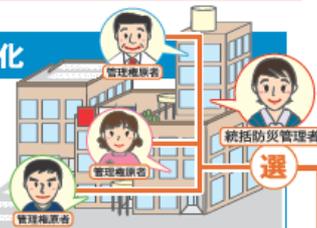
管理権原者A	選任(法8条1項)	防火管理者α	
管理権原者B	選任(法8条1項)	防火管理者β	
管理権原者C	選任(法8条1項)	防火管理者γ	

※統括防災管理者についても同様

統括防災管理者

1 統括防災管理者の選任・届出の義務化

管理権原者(事業所の代表者等が該当します。),は、協議により選任した統括防災管理者に、建物全体の防災管理上必要な業務を行わせるとともに、消防機関に届け出ることが法律上規定されました。
 ※統括防災管理者は、防災管理講習の修了者などで、建物全体の防災管理業務に必要な権限及び知識を有するものとして、建物全体の防災管理上必要な権限が与えられていることなどを満たす必要があります。



統括防災管理者の選任が必要な防火対象物

共同住宅、倉庫、格納庫等以外の全ての用途で管理権原の分かれている以下のもの

- | | |
|----------------------------------------|-----------------------------------|
| ① 地上11階以上の防火対象物
(延べ面積10,000㎡以上) | ③ 地上4階以下の防火対象物
(延べ面積50,000㎡以上) |
| ② 地上5階以上10階以下の防火対象物
(延べ面積20,000㎡以上) | ④ 地下街
(延べ面積1,000㎡以上) |

※複合用途の場合は、共同住宅、格納庫等、倉庫部分を除いた規模

詳しくはお近くの消防機関にお問い合わせ下さい。

2 統括防災管理者の業務・役割の明確化

統括防災管理者は、建物全体の防災管理体制を推進するため、各テナント等の防災管理者と連携、協力しながら、以下のような業務・役割を行います。

- 建物全体についての防災管理に係る消防計画の作成
 - ・各テナント等の権限の範囲
 - ・防災管理業務の委託範囲
 - ・地震発生時の消防隊への情報提供など
- 建物全体の避難訓練の実施
- 廊下や階段等の共用部分の避難上必要な施設の管理

※全体についての防災管理に係る消防計画と各テナント等の防災管理に係る消防計画については整合性を図ることが必要。



統括防災管理者

作成

3 防災管理者への必要な「指示権」の付与

統括防災管理者は、各テナント等の対応に問題があって、建物全体についての防災管理業務を遂行することが出来ない場合等に、各テナント等の防災管理者に対して、その権限の範囲において必要な措置を指示することができます。

- 例
- 廊下等の共用部分の転倒・落下の危険性のある物件撤去について
 - 建物全体の避難訓練の不参加者に対して参加を促すことについて など

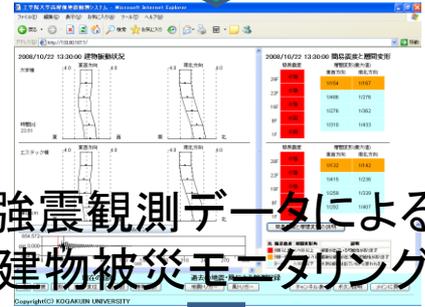
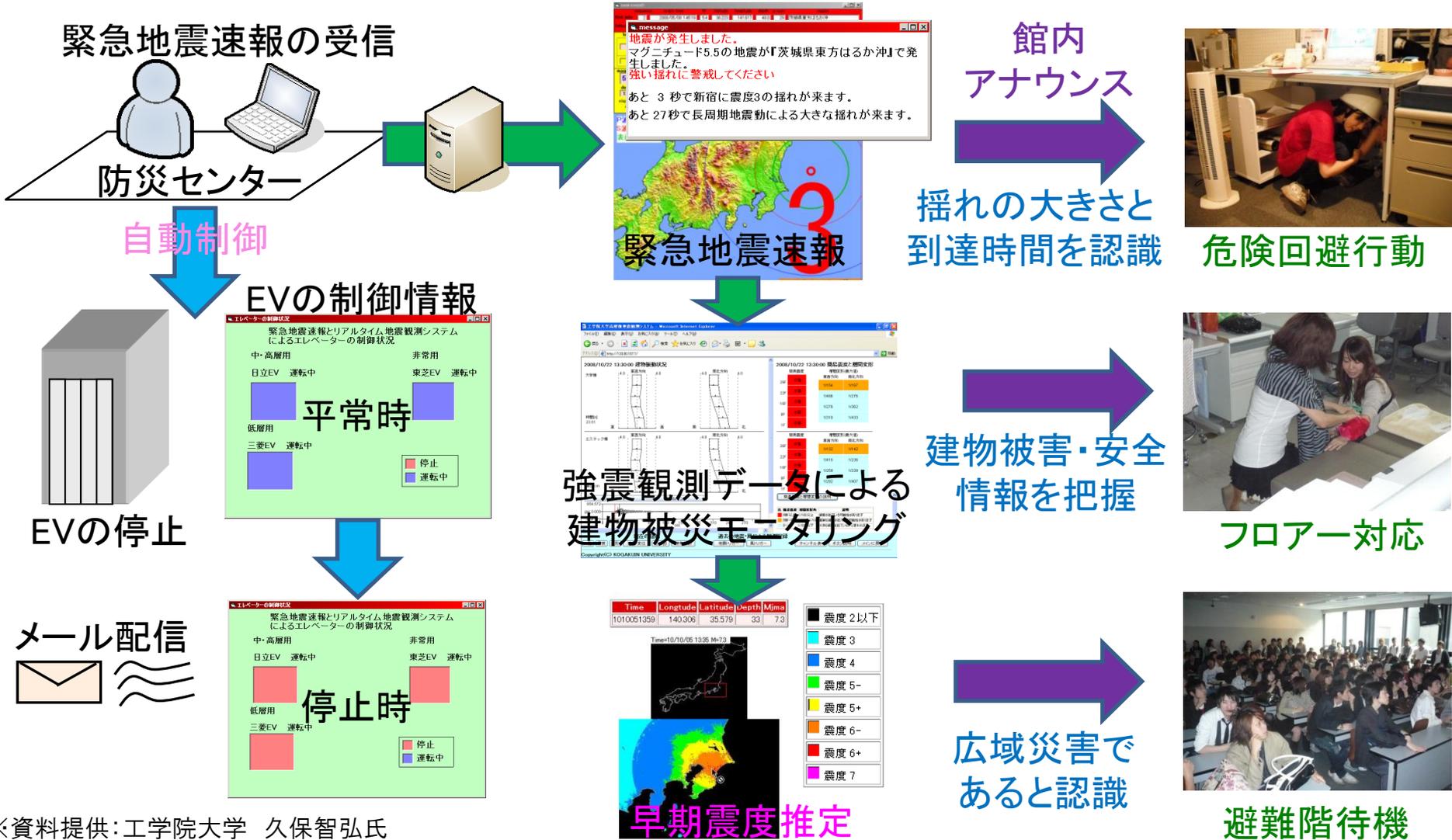


指示

多数テナントが入居する高層ビル・雑居ビルなどでは、統括管理者による権限強化が必須

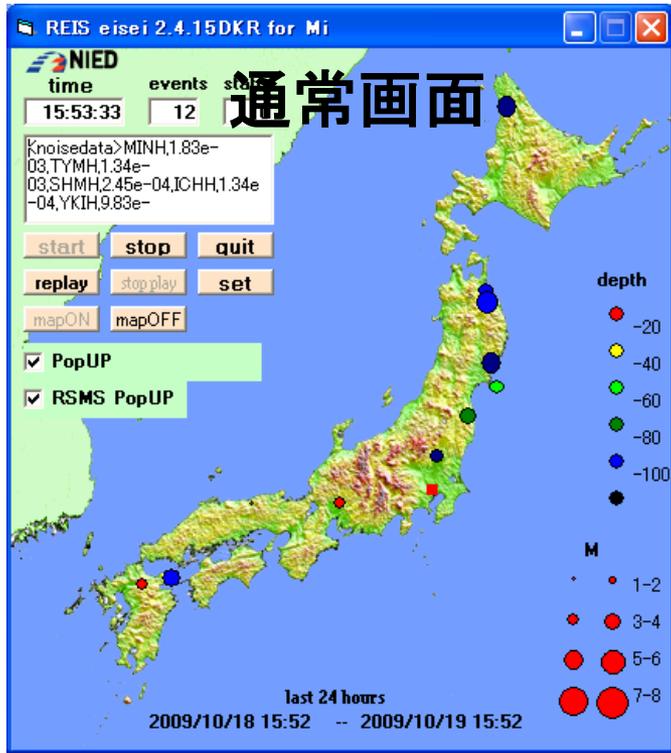
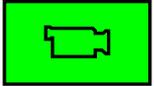
工学院大学新宿キャンパスにおける対策事例

●緊急地震速報，建物被災モニタリング等の初動対応への活用

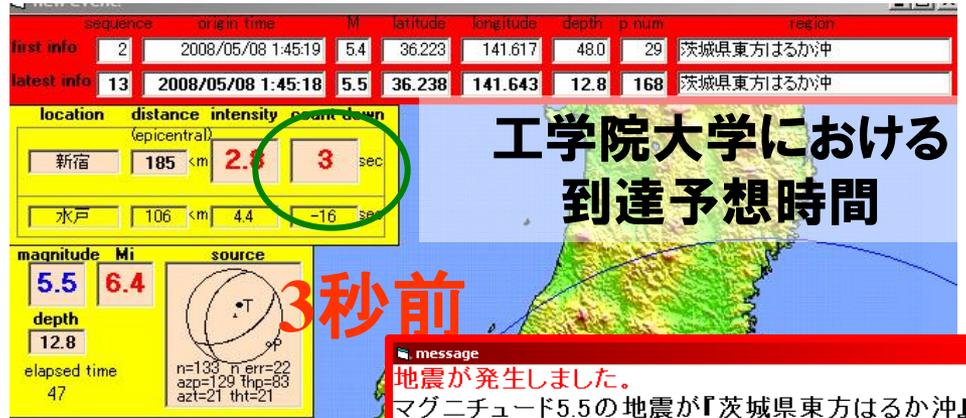


※資料提供:工学院大学 久保智弘氏

緊急地震速報の事例：長周期地震動を考慮 (2008年5月8日震源：茨城県沖)



工学院 震度2(計測震度2.4)



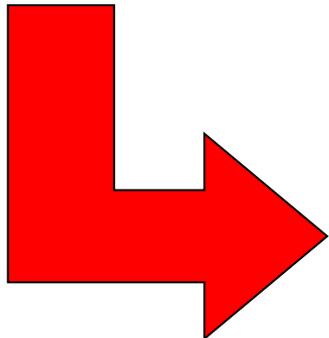
工学院大学における
到達予想時間

message

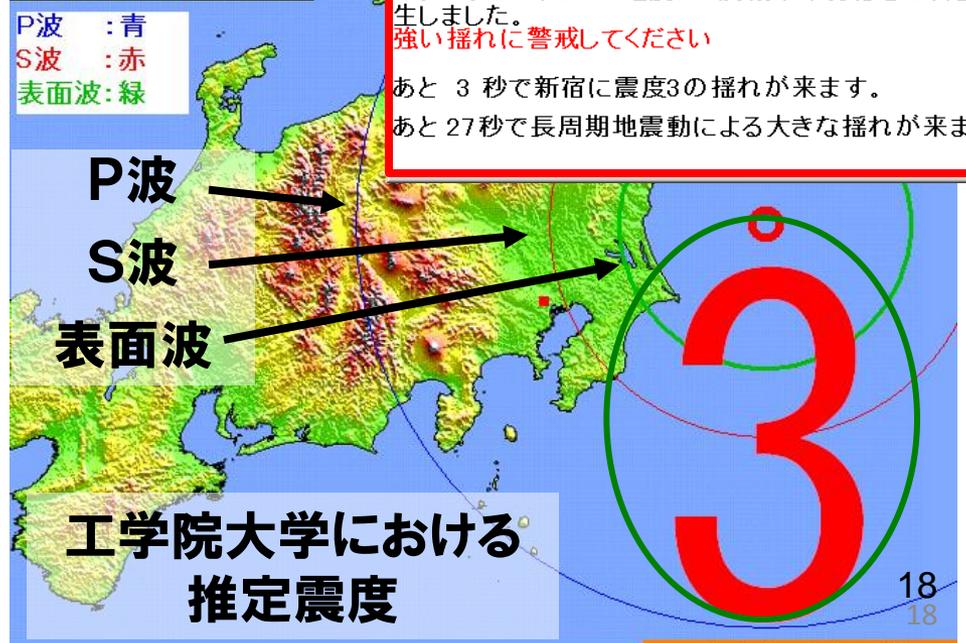
地震が発生しました。
マグニチュード5.5の地震が『茨城県東方はるか沖』で発生しました。
強い揺れに警戒してください

あと 3 秒で新宿に震度3の揺れが来ます。
あと 27秒で長周期地震動による大きな揺れが来ます。

地震情報受信

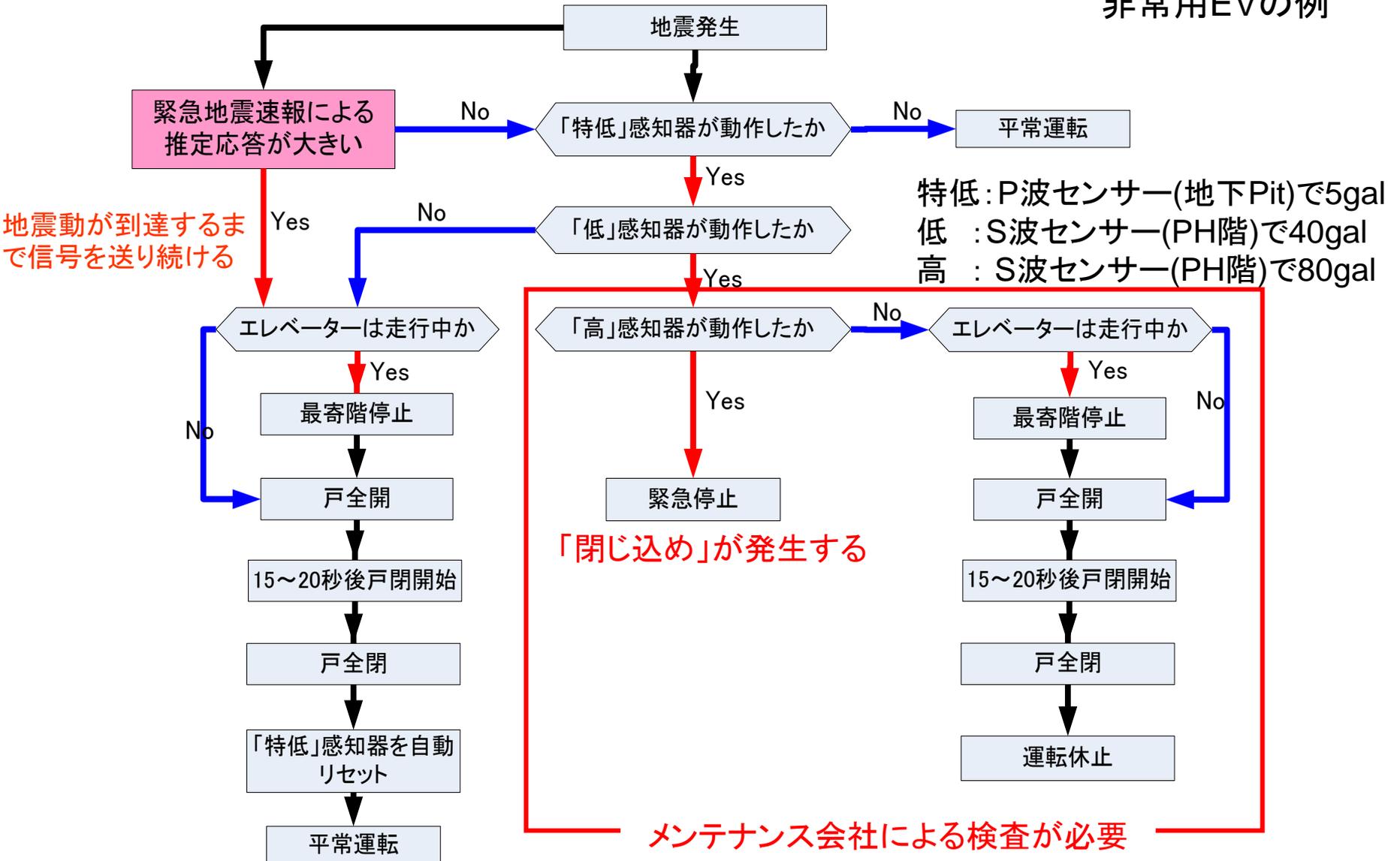


防災科学技術研究所
のプログラムを改良



緊急地震速報を活用したエレベーターの停止フロー

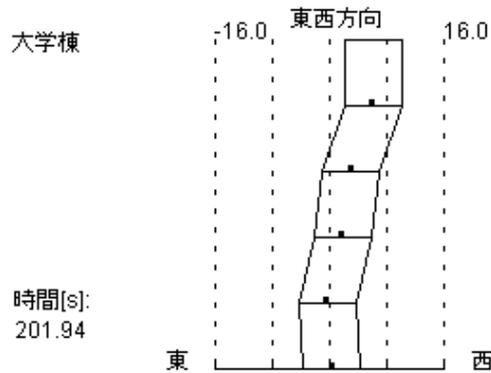
非常用EVの例



工学院大学新宿キャンパスにおける対策事例

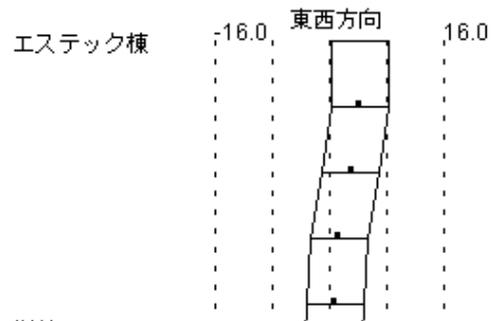
●東日本大震災による建物被災モニタリング結果

2011/03/11 14:46:00 建物振動状況



簡易震度:
最大加速度と最大速度
から計算

層間変形角:
センサー設置階の変位とセンサー間の階高
から算出



単位:cm

色	簡易震度	層間変形角	説明
赤	6弱 以上	1/100 以上	被害が出ている可能性があります
黄	5弱~5強	1/200~1/100	軽微な被害が出ている可能性があります
青	0~4	1/200 以下	大きな被害は出ていないと思われます

2011/03/11 14:46:00 簡易震度と層間変形

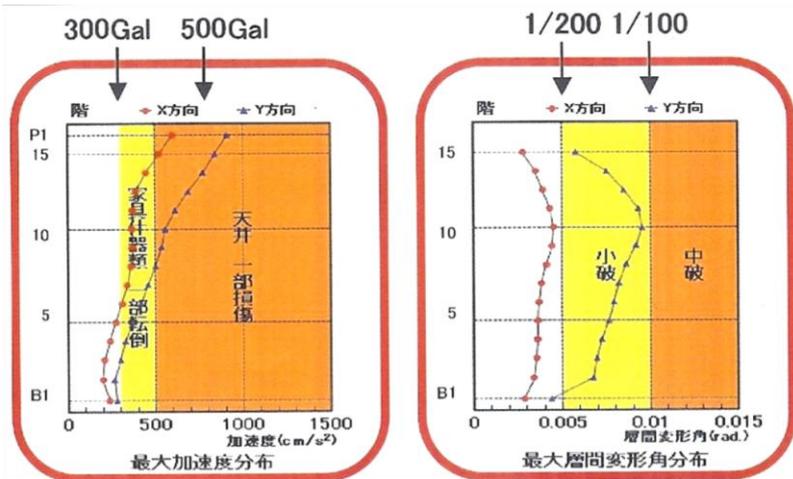


簡易震度と層間変形の説明

色	簡易震度	層間変形角	説明
赤	6強 以上	1/50 以上	被害が出ている可能性があります
黄	5弱~6弱	1/200~1/50	軽微な被害が出ている可能性があります
青	0~4	1/200 以下	大きな被害は出ていないと思われます

都内超高層オフィスビルにおける対応事例

●建物被災モニタリングシステムの概要

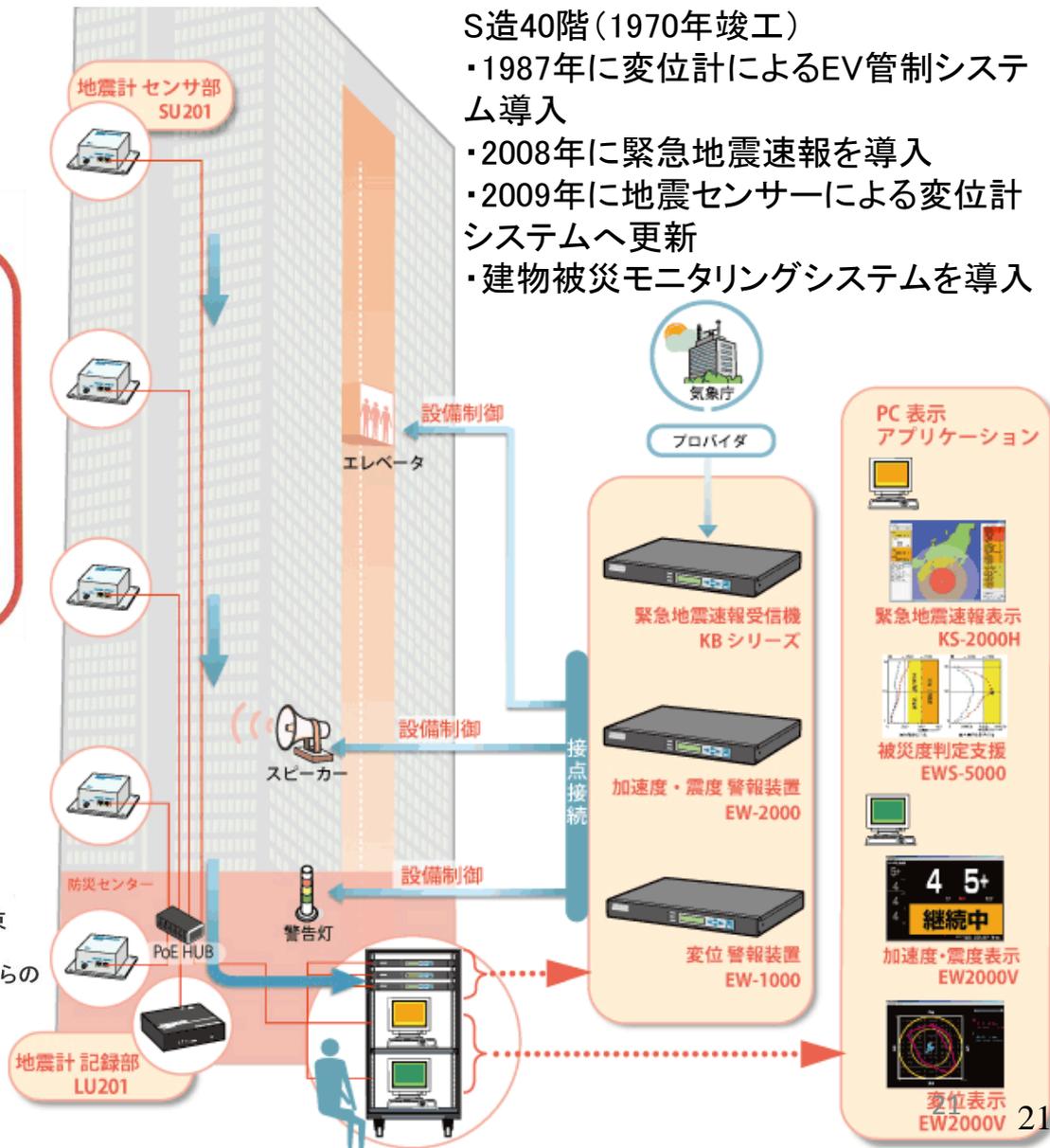


最下階の震度表示

最大震度の表示



※資料提供:白山工業株式会社

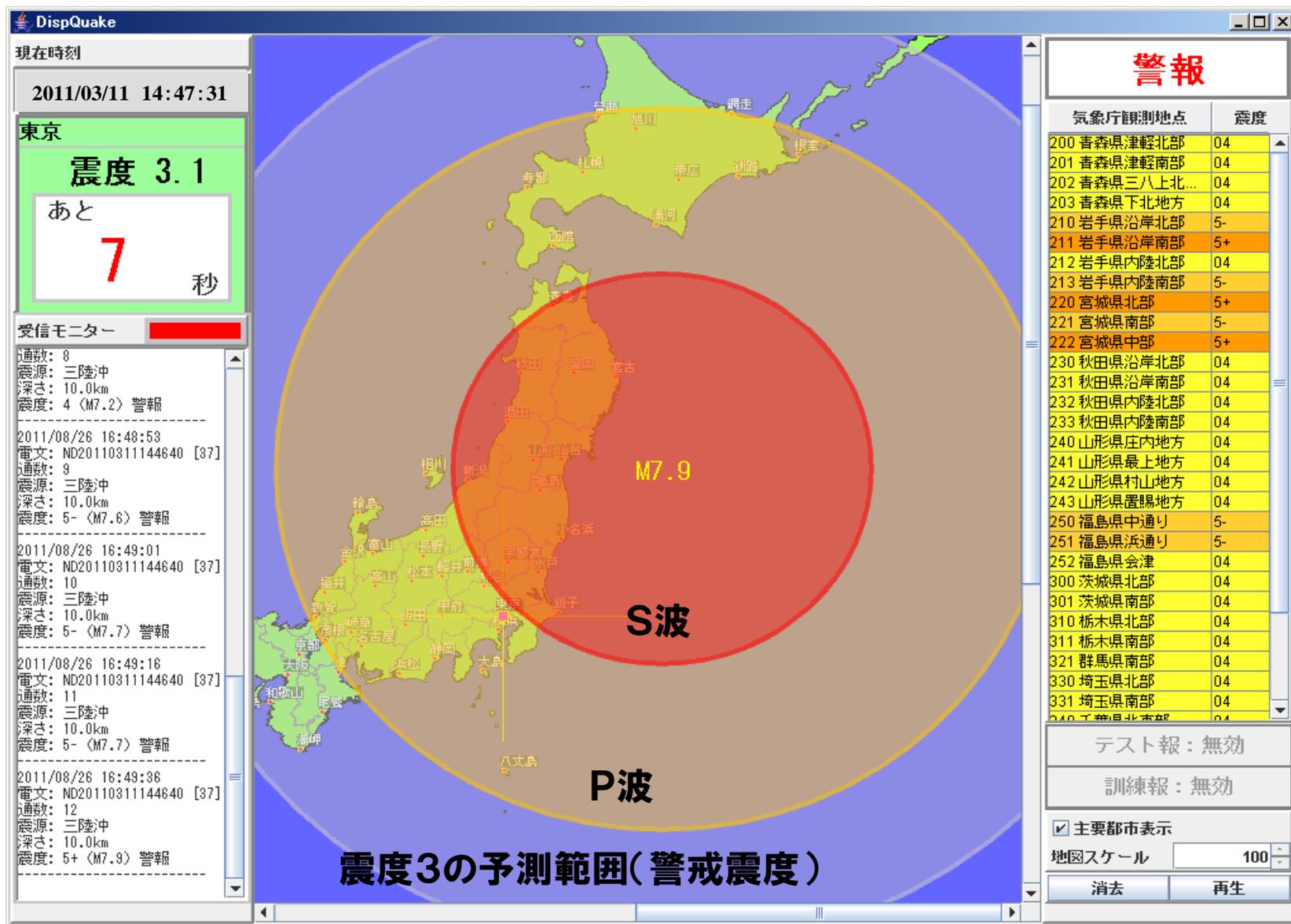


都内超高層建築・防災センターの計測地震防災表示装置



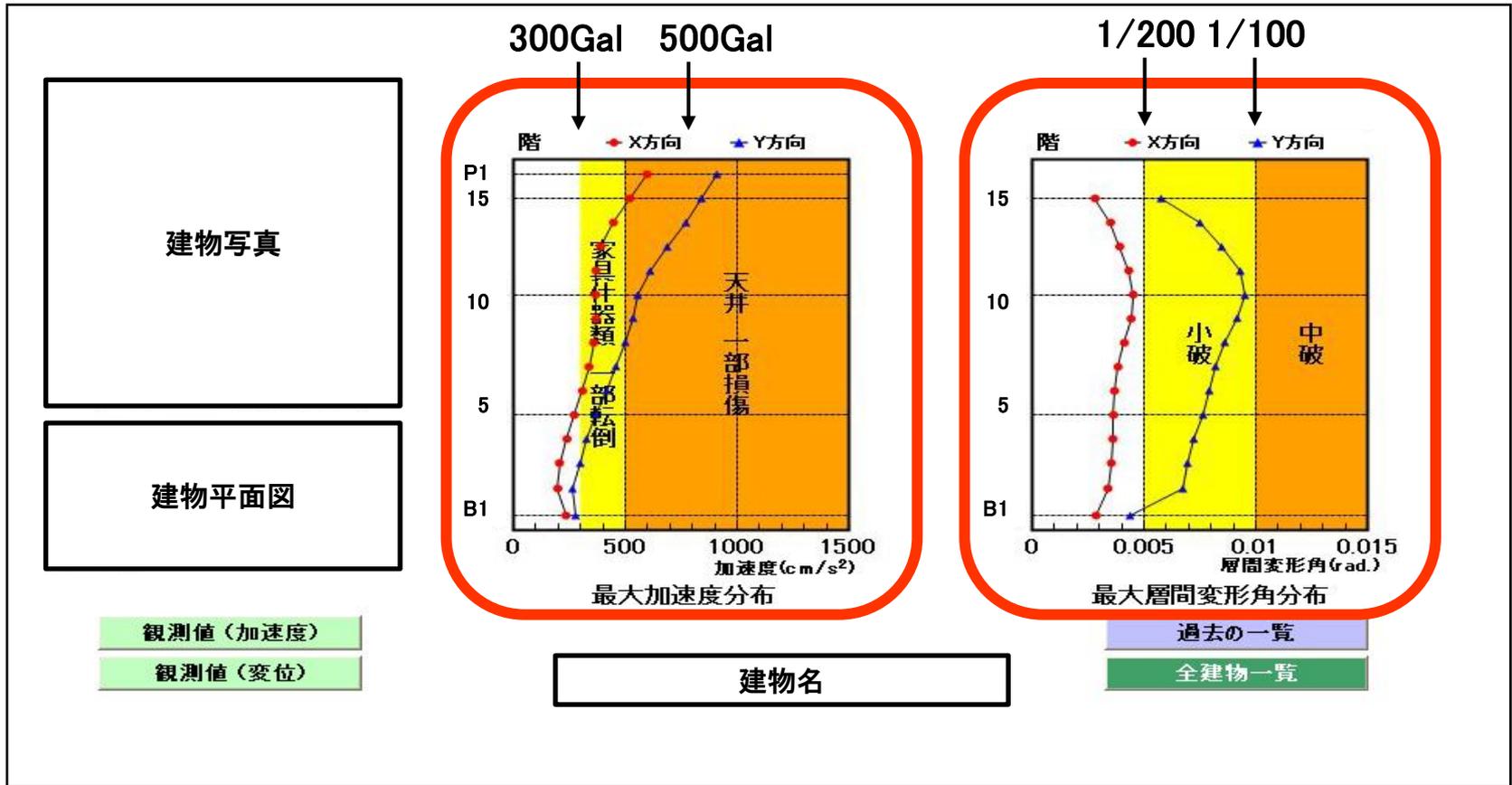
緊急地震速報の表示画面

※資料提供：白山工業株式会社



→ 普段見慣れた小さな円と異なり、巨大な円で、巨大地震を認識、速やかに初動体制を整備

被災度判定支援アプリの表示画面



最大加速度は上層階が大きいですが、最大層間変形角は、中間階で大きくなる場合もある。



加速度・変位に影響を受ける設備をそれぞれリストアップしておくことで早急な対応行動が可能となる。

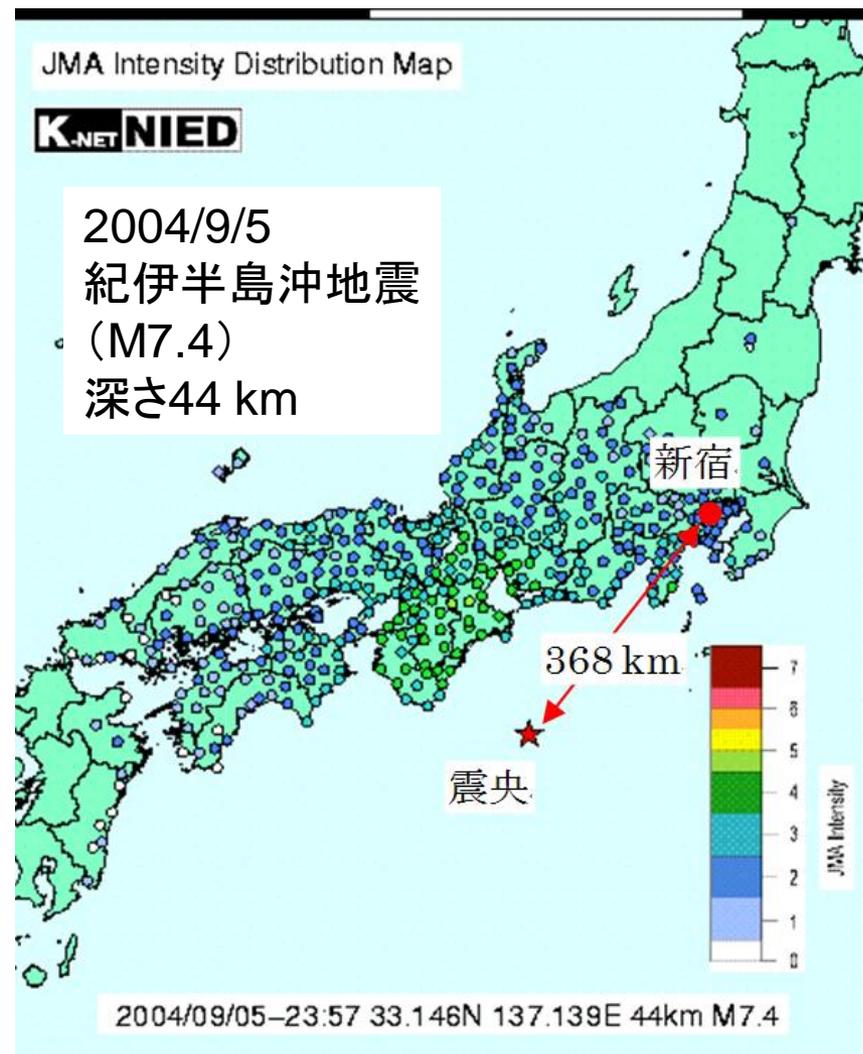
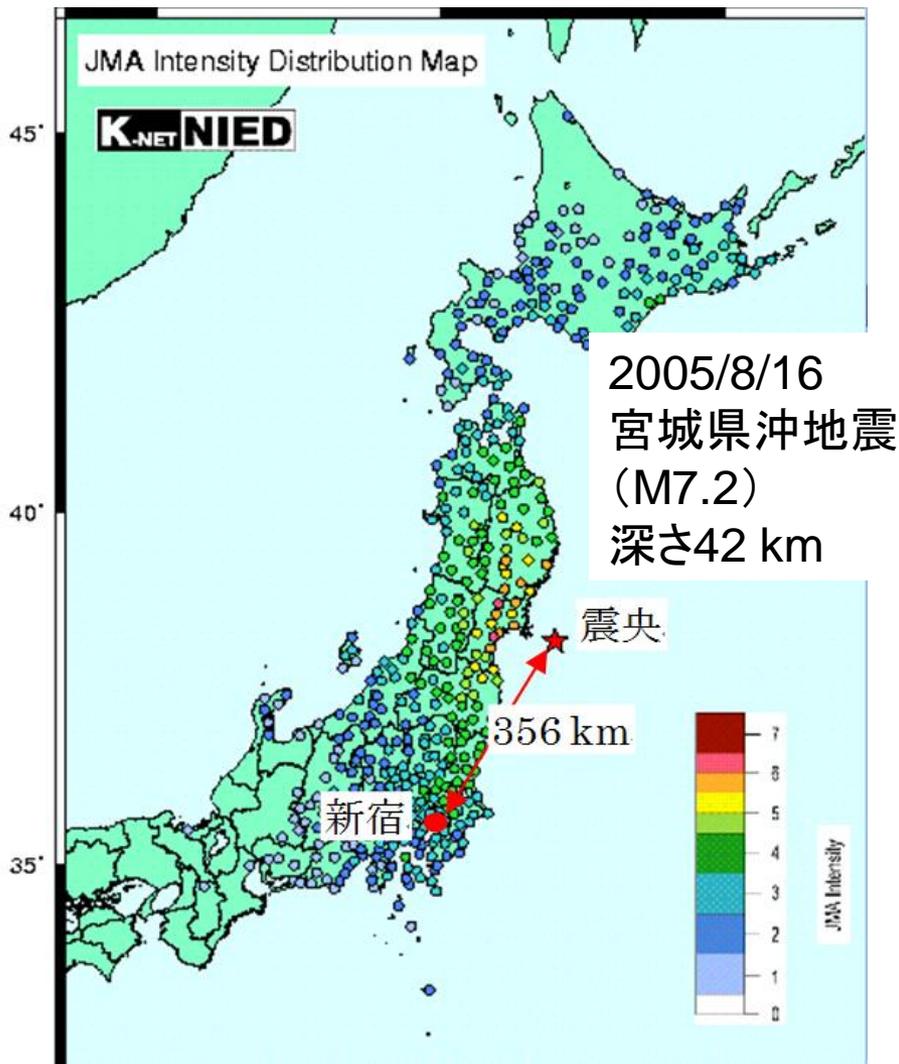
最大加速度：各階における加速度の最大値
最大層間変形角：階高に対する水平方向変位の最大値

※資料提供：白山工業株式会社

→ 14:54(地震から8分後)に館内被害なしと認識、速やかに館内放送・テナント対応

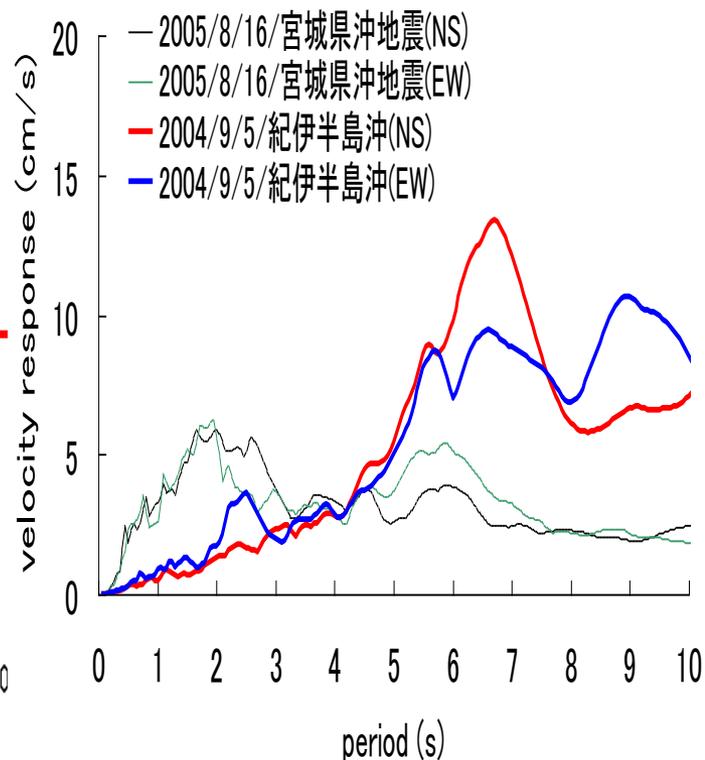
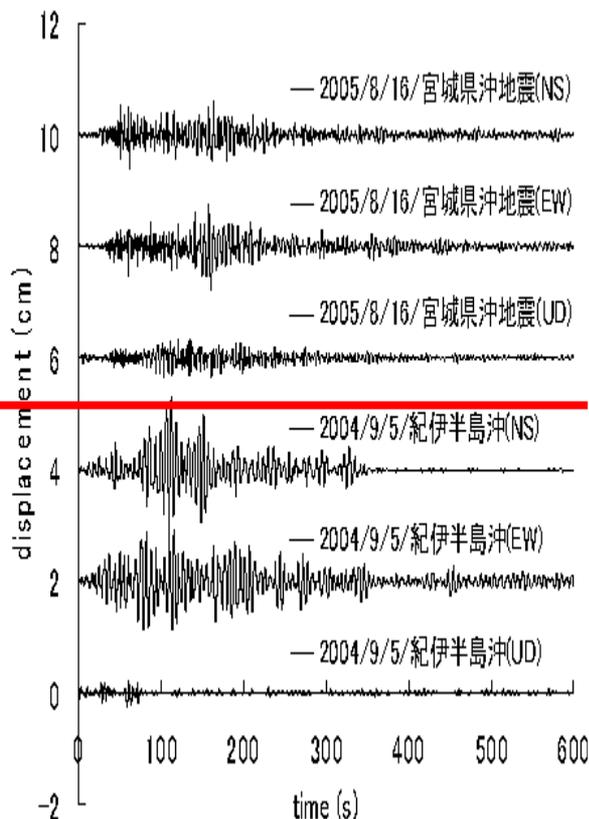
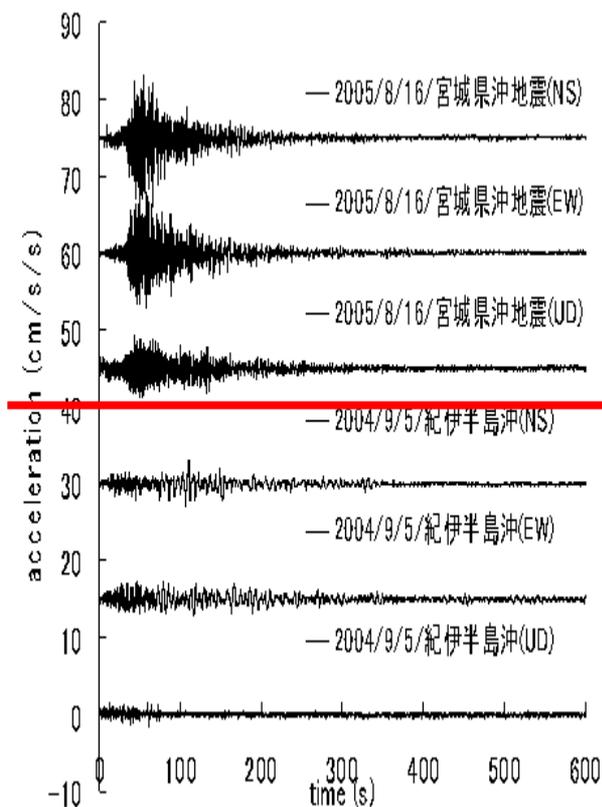
南海トラフ近傍の地震による首都圏での長周期地震動

2004年紀伊半島沖地震と2005年宮城県沖地震 での新宿での揺れの違い



南海トラフ近傍の地震による首都圏での長周期地震動

2004年紀伊半島沖地震と2005年宮城県沖地震 での新宿での揺れの違い

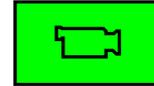
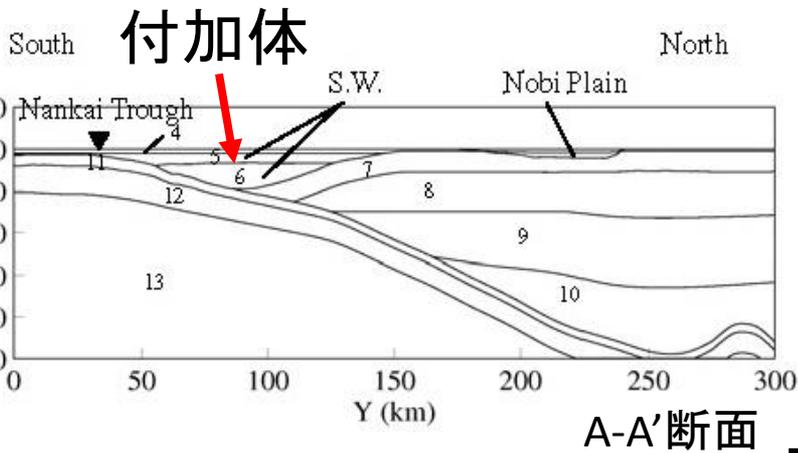
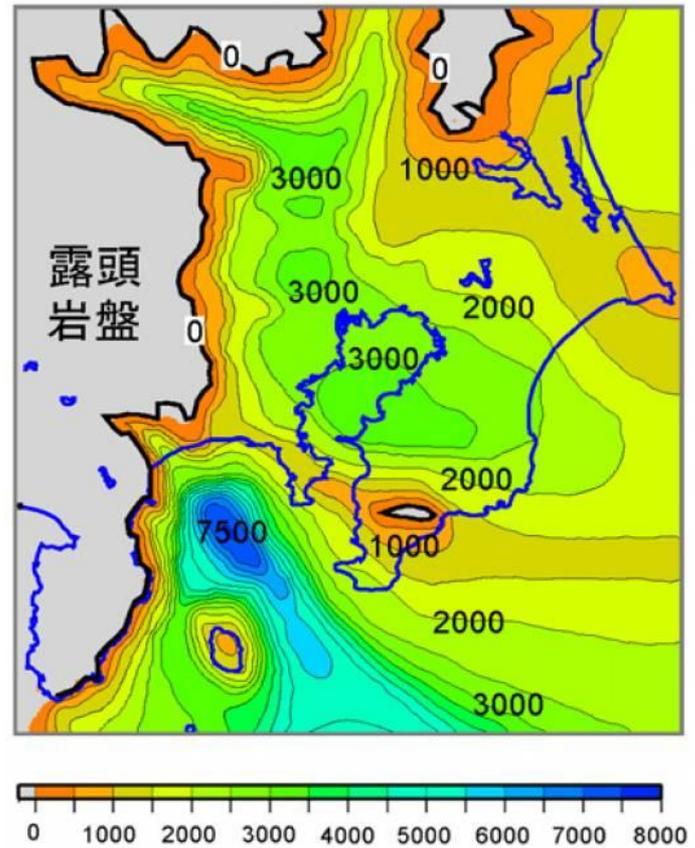
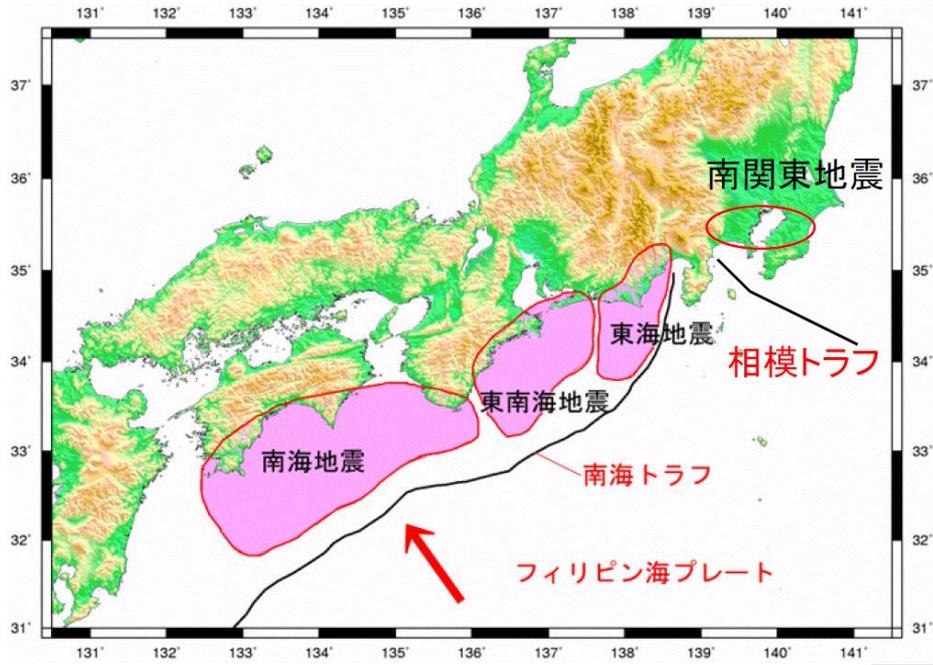


加速度波形(短周期の揺れ)

変位波形(長周期の揺れ)

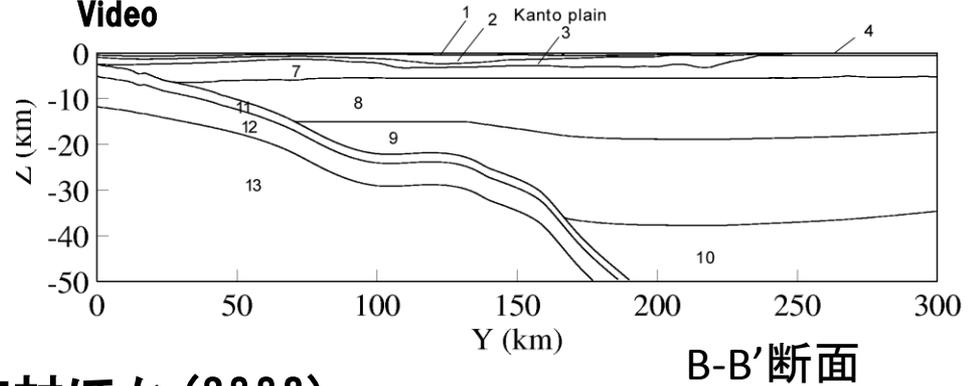
速度応答スペクトル

南海トラフ巨大地震と 3次元地盤モデル



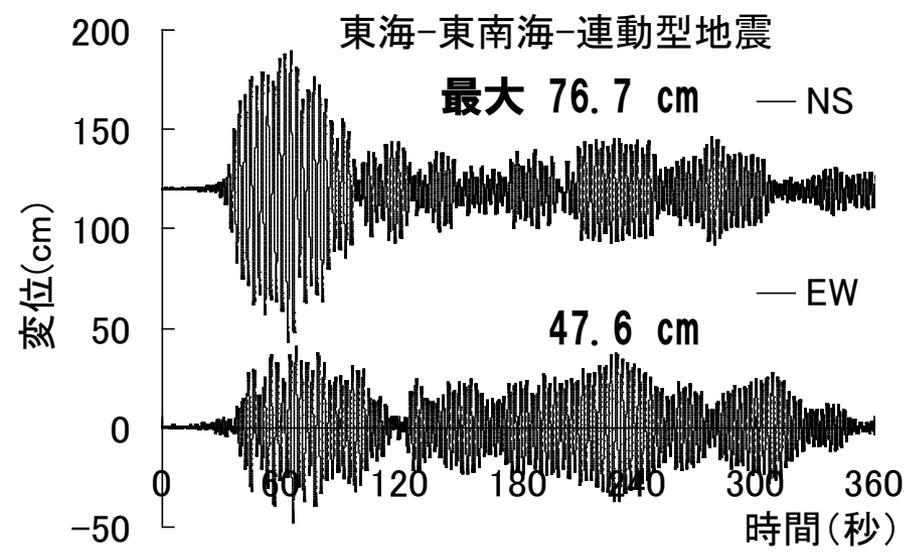
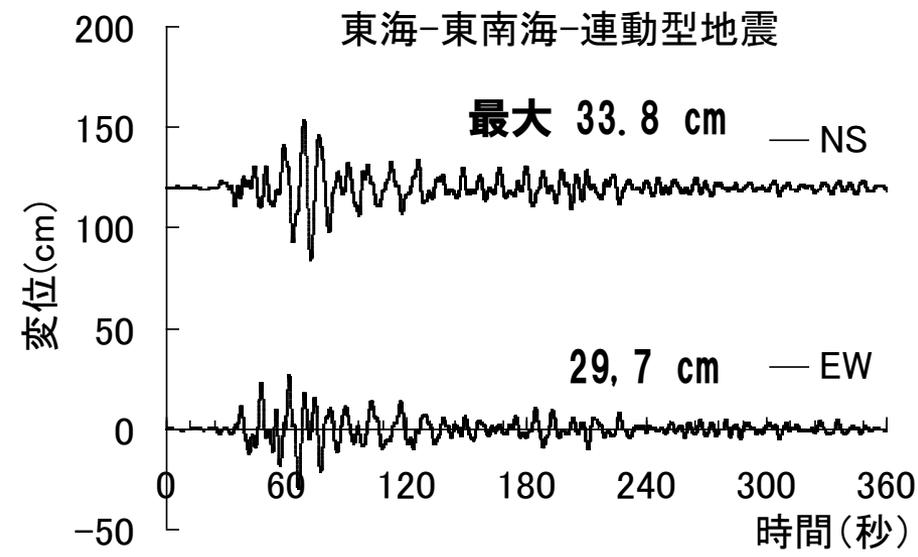
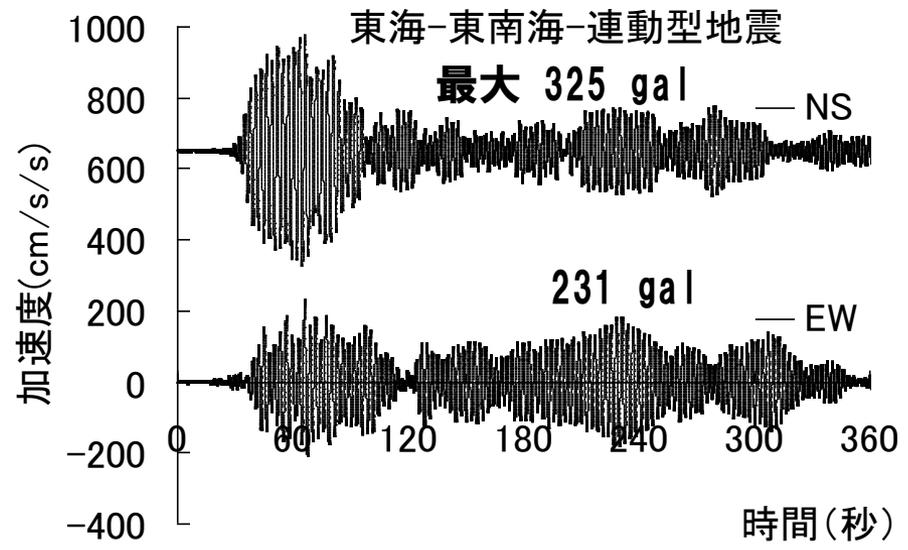
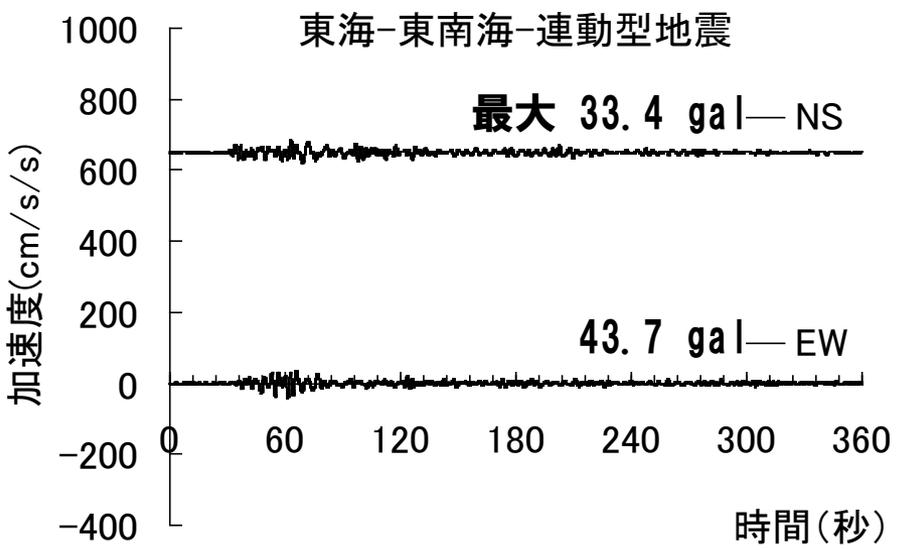
関東平野（堆積盆地）

Video



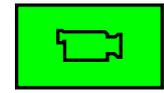
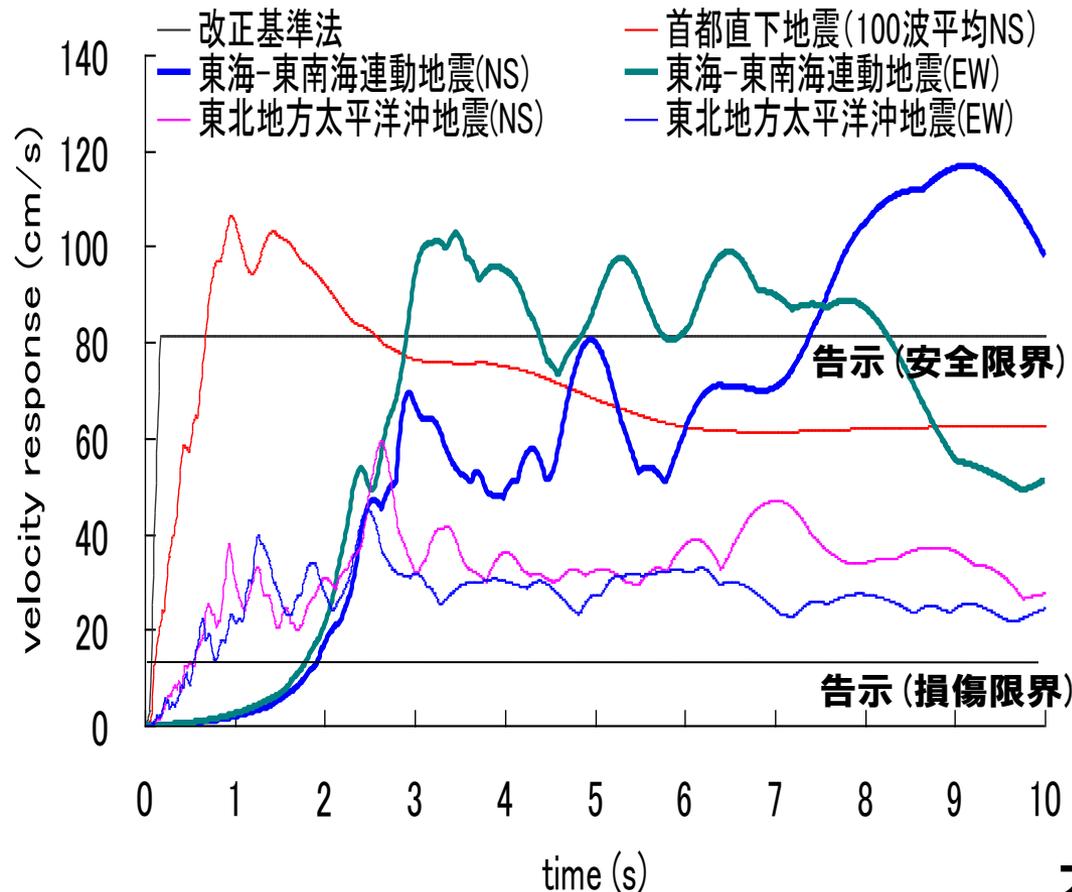
吉村ほか(2008)

想定東海・東南海連動地震(M8.3)による 新宿の揺れ(工学院大学1階と29階)



超高層建物内での震度と被害は？

工学院大学新宿校舎の地震応答解析と振動台実験

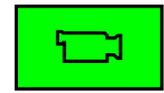


Building Response

東海・東南海連動型地震 (M8.4)

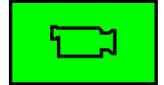
基盤震度：4 (注1)

28階震度：**6弱** (注1)



Video

注1：この波形は工学的基盤上で、かつ短周期地震動は含まれていません

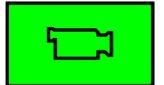


Building Response

首都直下地震 (東京湾北部地震、M7.3)

地表震度：6弱 (注2)

28階震度：**7** (注2)



Video

注2：この波形は工学的基盤上

東北地方太平洋沖地震と想定東海・東南海地震による速度応答スペクトル

大変位振動台 (工学院大学八王子校舎) による最上階 (28階) の揺れの再現 (転倒防止対策なし)

おわりに：今後の課題

- 長周期地震動の予測情報の有用性は自明
- 震災直後の情報過多：必要なユーザー（高層・免震建物などの事業者・住民など）に必要な情報（地域・建物特性考慮）を
 - 予報（高度利用者向け）
 - 特に必要なユーザー（災対本部要員、防災管理者、施設管理者など）に、緊急地震速報（予報：高度利用者向け）は殆ど知られていない
- 手法：震源情報＋到達時間＋振幅（距離減衰式など）
課題：巨大地震、指向性、伝播方向性、サイト増幅特性（湾岸地域）・・・
- 国（気象庁など）と民間の住み分け：本来は各建物で行うべき。国はリーディングプロジェクト、広域を概観する基礎的な情報？
- オンサイト・モニタリング情報（強震モニタ、建物の被災度判定システムなど）との融合
- 海外展開、ほか