

地震調査研究と 建築耐震設計

2009.11.9 地震調査研究推進本部総合部会
名古屋大学 福和伸夫



Fukuwa Labo

MEXTからの指示事項

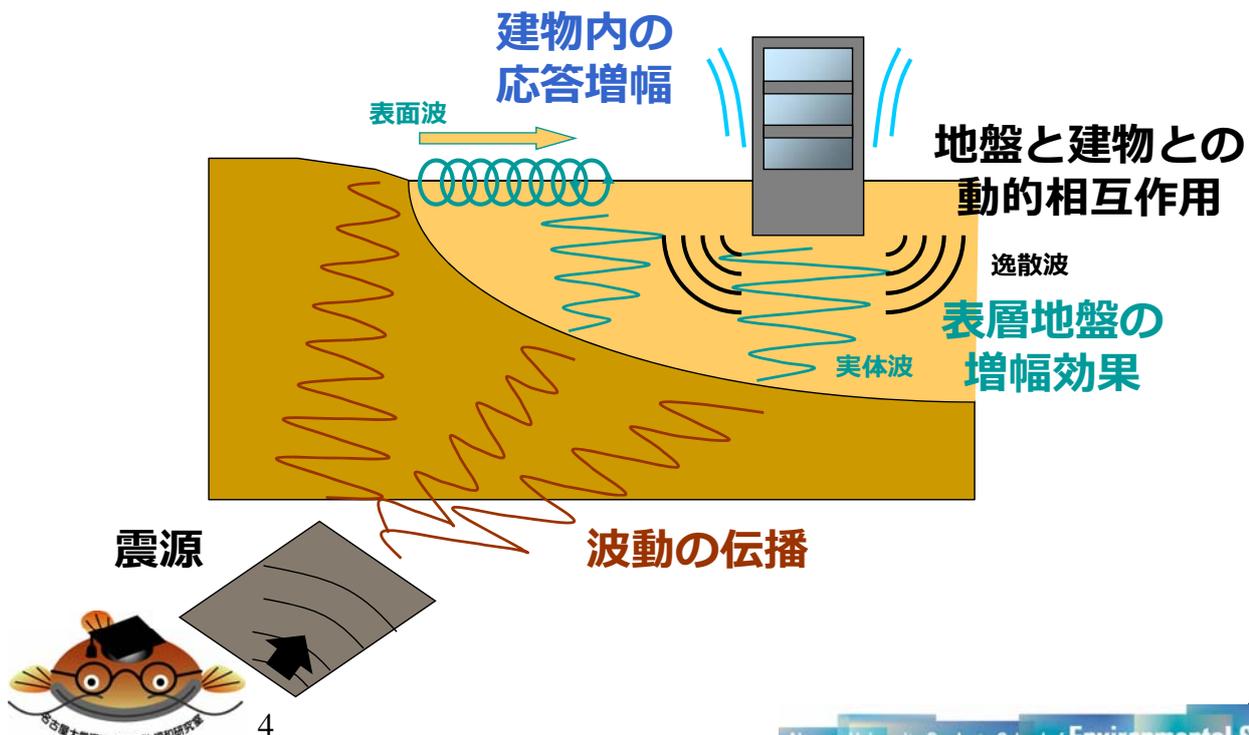
- ・耐震設計の現状（実際に高層ビルなどの耐震設計を行う場合にどのような地震波を入力波として使っているか）
- ・地震本部の成果を使っていたかとしたらどの部分を使っていたか可能性があるのか。
- ・現在の状況では使えないという場合、どのような成果であれば使っていたか、また改善点など。（特に、地震本部が収集しているデータ（あるいは収集すべきデータ）を使うと耐震設計などがどのようによくなるのか。さらに、そのような手法は現行の法制度（建築基準法など）の枠組みの中でも可能かどうかなど。）
- ・あわせて、長周期地震動予測地図に対する期待、関連して収集すべきデータなど。
- ・時間としてはプレゼンに20分、質問等に10分程度

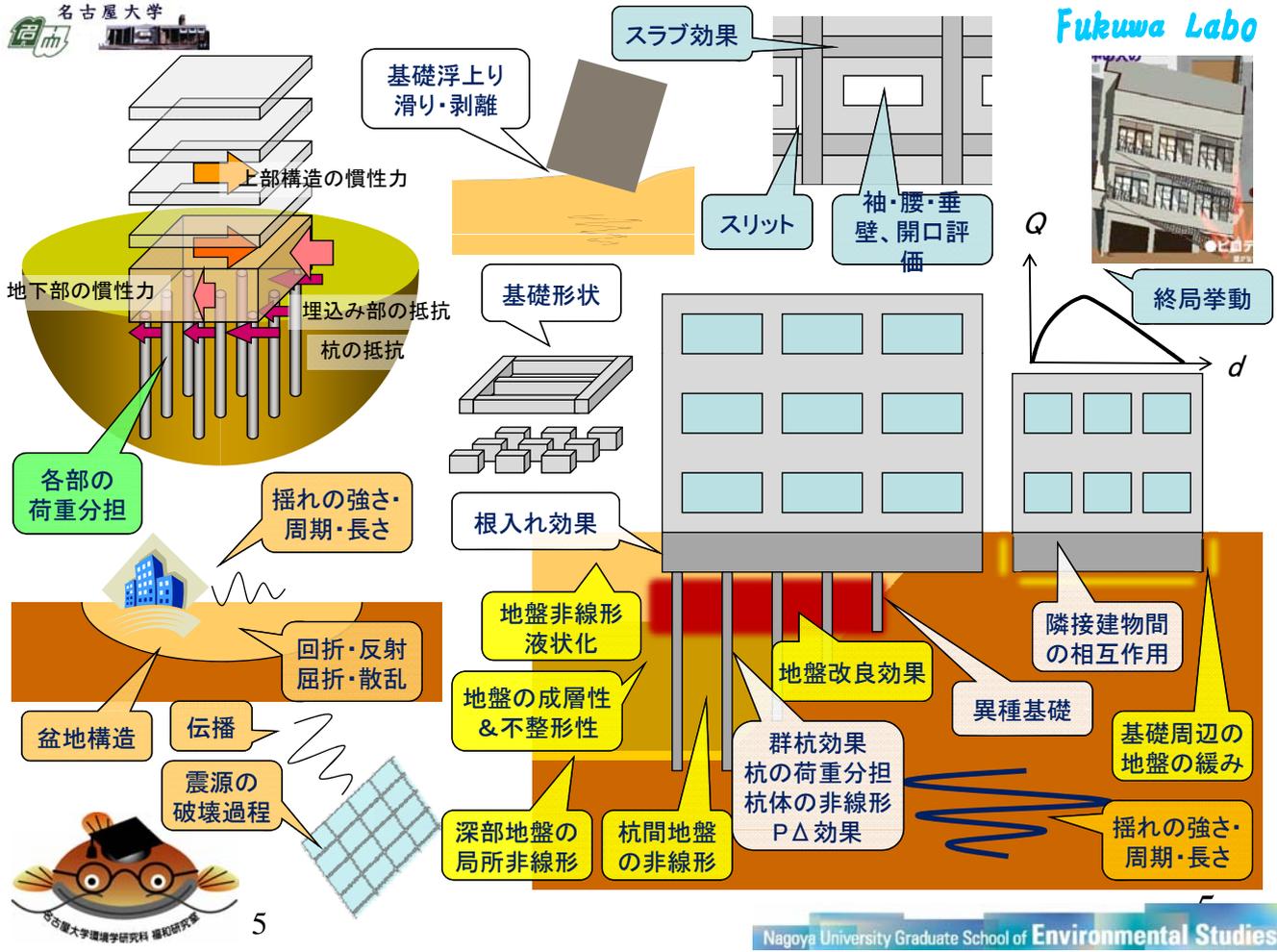
MEXTからの指示事項

- 静的地震荷重状年間300棟程度の時刻歴検証建物用行う場一般には告示波&既往3波、入サイト波の利用は稀れか
- 地震動予測地図は顧客との耐震性能合意時の参考資料を活断層調査だ長期評価、性地下構造調査、強震観測記録
- 現行基準は最低基準のためユウザ合極く少ないな成果で建築指導課の判断が大事か、また改善点など。(特に、表層地盤の信頼度が低すぎ、基礎示る々は有用すべき理学的研究指向からユ設ガも指向に移行、う示よ々公開な国民の耐震化促進の意識啓発への活用には有効度(建築基準法など)の枠組みの中でも可能かどうかなど。)
- 長周期地震動予測地図はミスリ田示オングかも、関連し理論的方法の限界(谷)ど、周期域、大都市圏に特化
- 全でお答えするには時間不足です質問等に10分程度

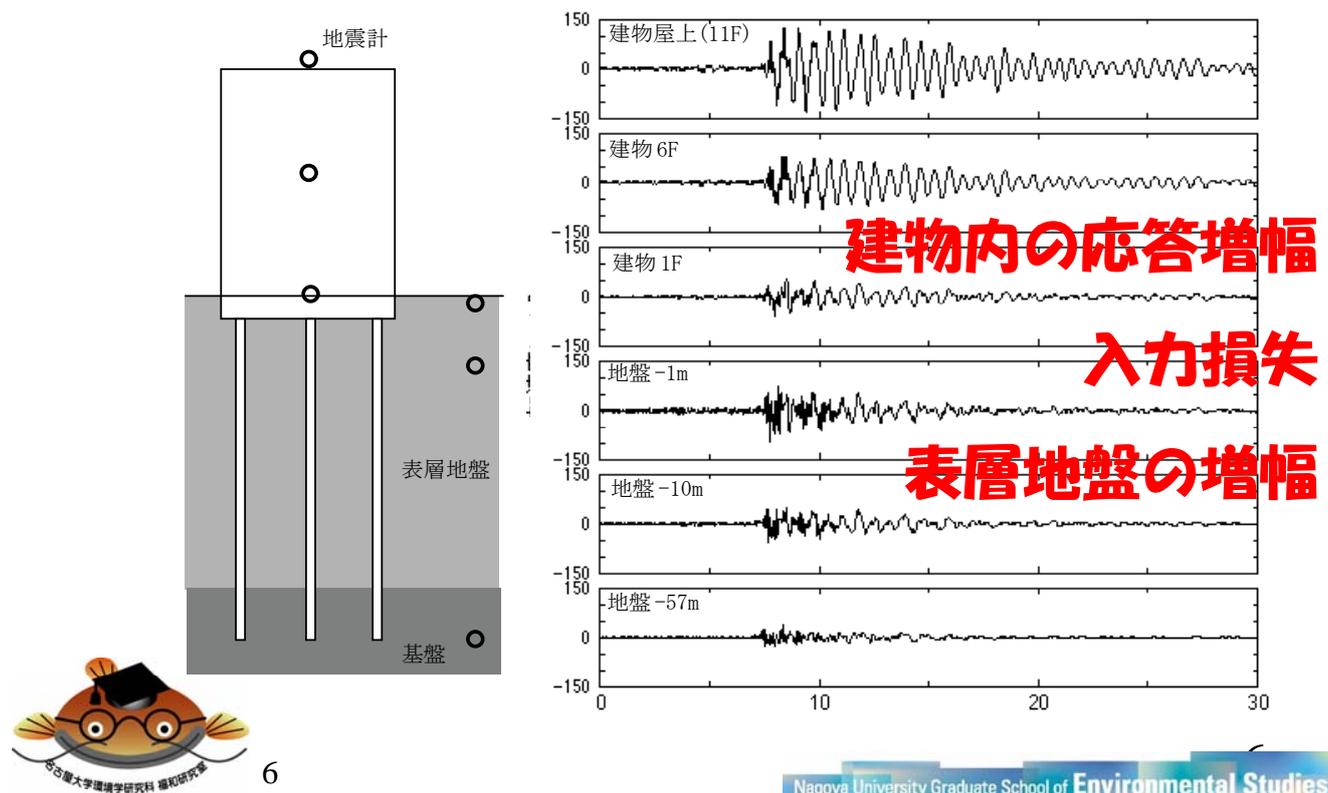
建物の振動応答生成の構成要素

建物応答→建物への地震荷重(慣性力)



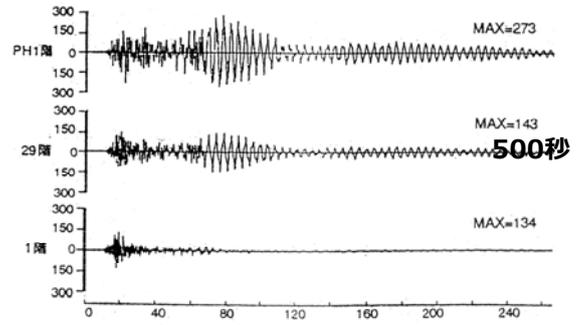


地盤の揺れと建物の揺れ

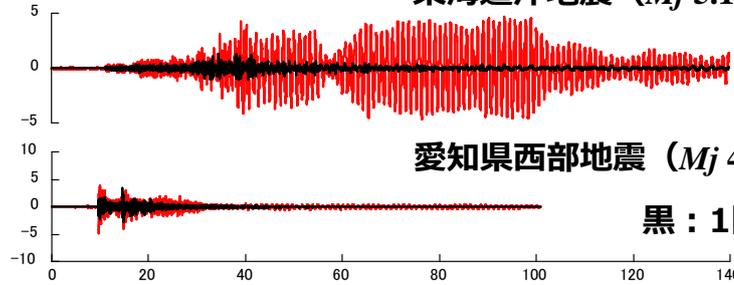


兵庫県南部地震

建物の強震観測記録



東海道沖地震 (Mj 5.1 D=40km)



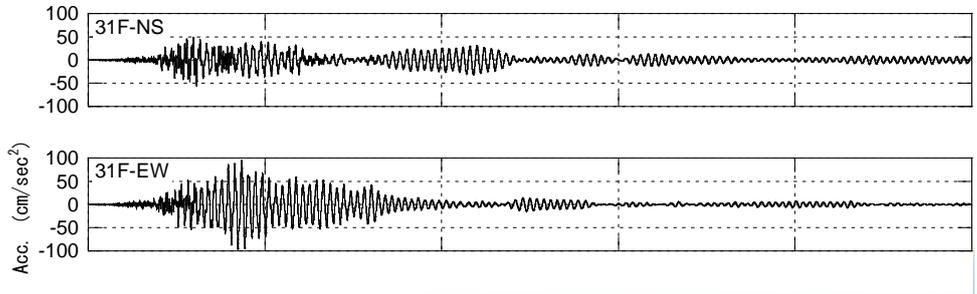
愛知県西部地震 (Mj 4.1 D=40km)

黒：1階 赤：屋上

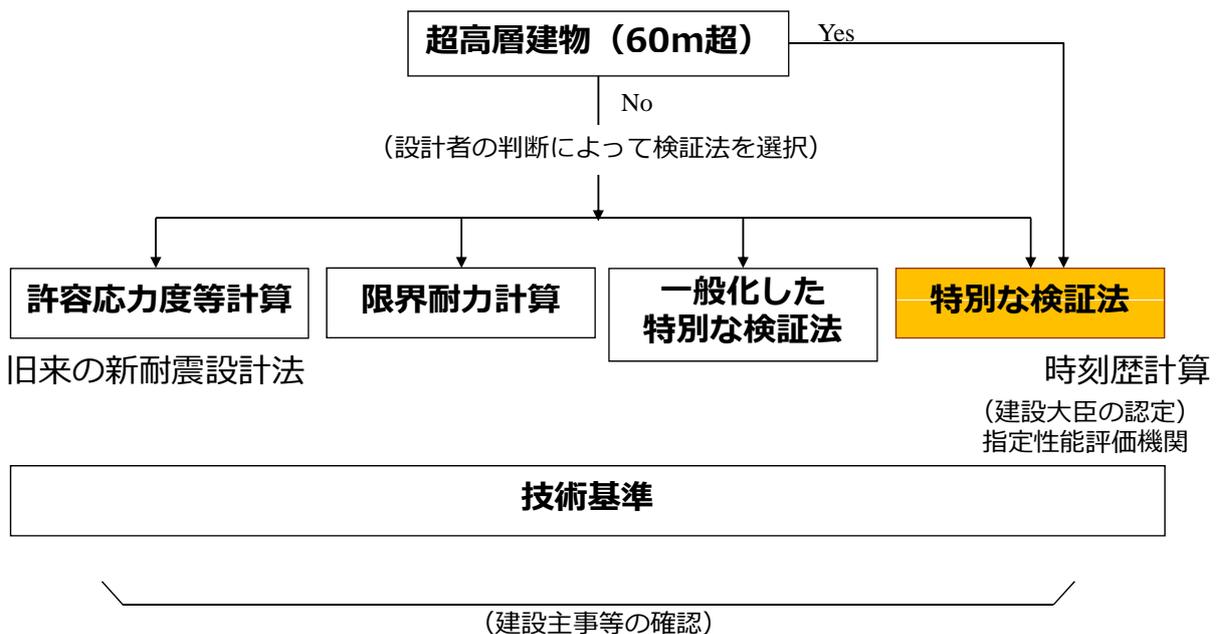
紀伊半島南東沖地震



7



耐震基準の体系 (2000年~)



8

耐震設計における対象範囲

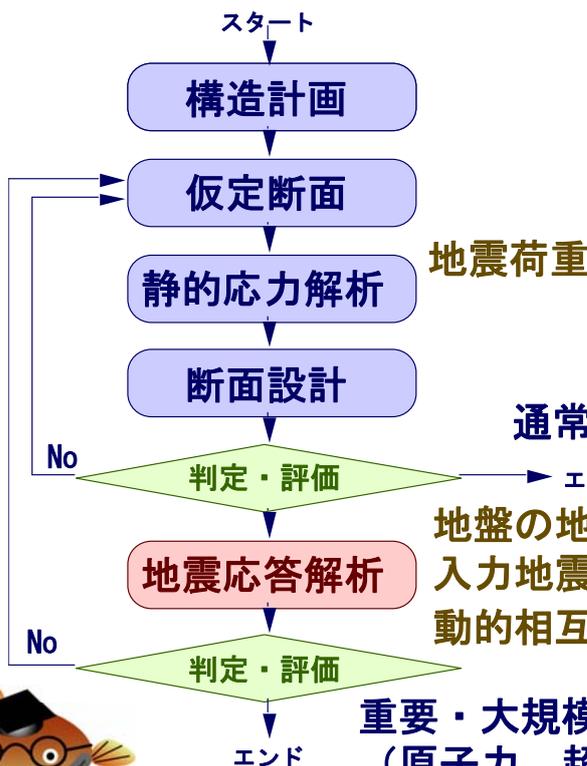


基準法による
静的地震荷重



応答解析による地震荷重算定

地震応答解析の位置付け

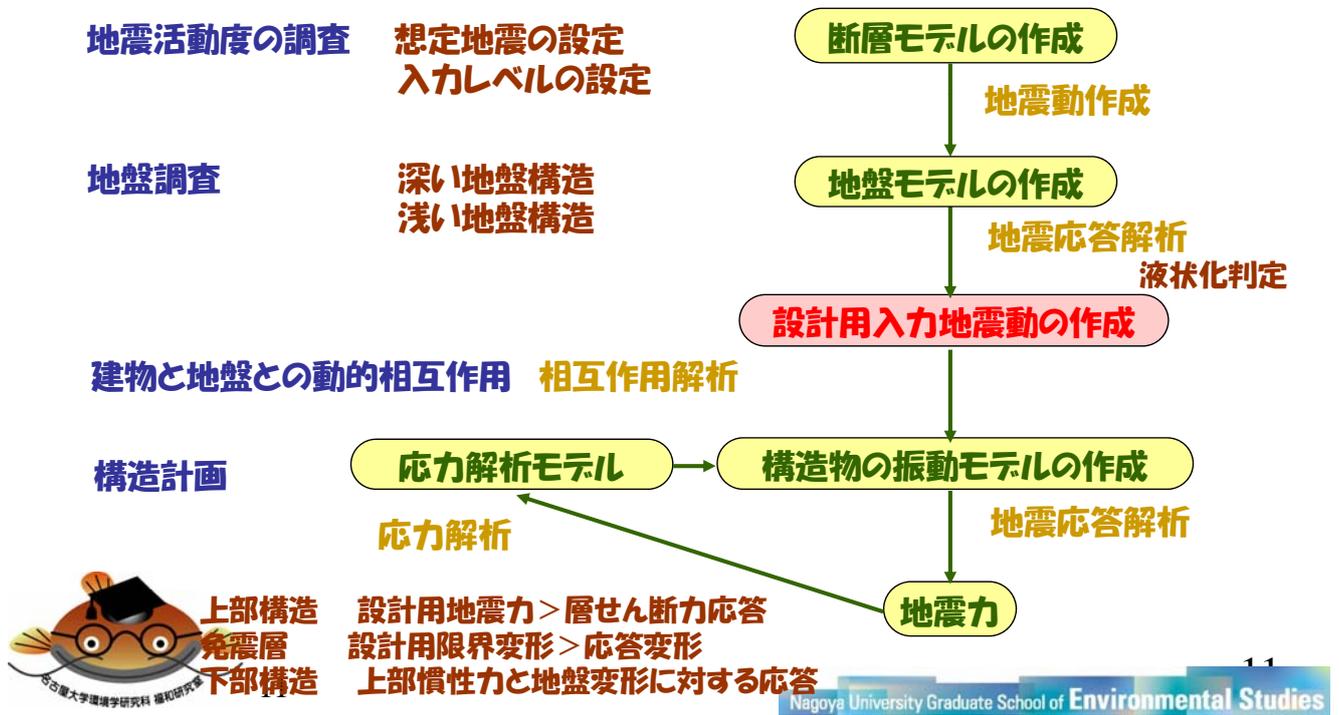


地震荷重の評価
静的設計 = 応力解析
が前提
地震応答解析は
荷重設定の確認作業



時刻歴応答計算に基づく地震荷重算定

原子力発電施設・超高層建物・免震建物

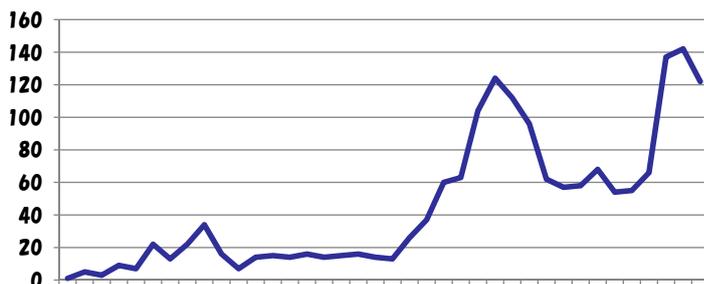
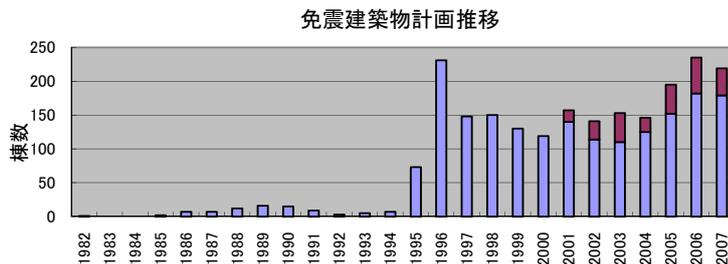


超高層建築物の大臣認定件数の推移

～平成12年4月24日

高層評定件数：1469件

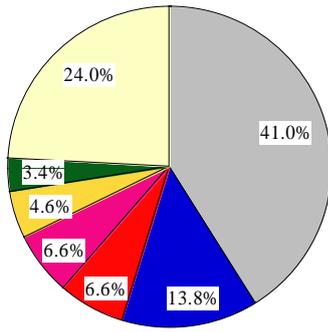
60m以下の免震建築物の件数：795件



時刻歴波形を利用する建築物は概ね年間300棟程度
(年間着工棟数は約100万棟程度、0.03%)

高層建物・免震建物の地域分布

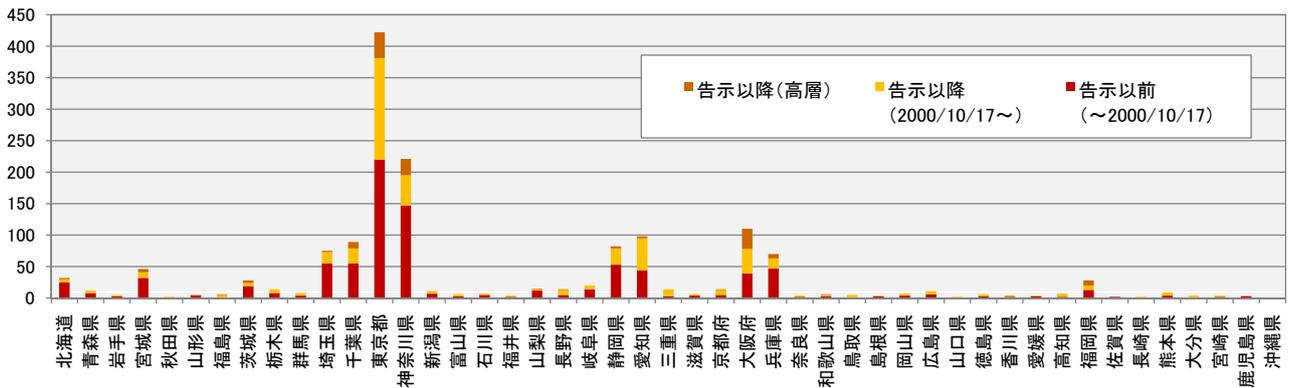
高層建物



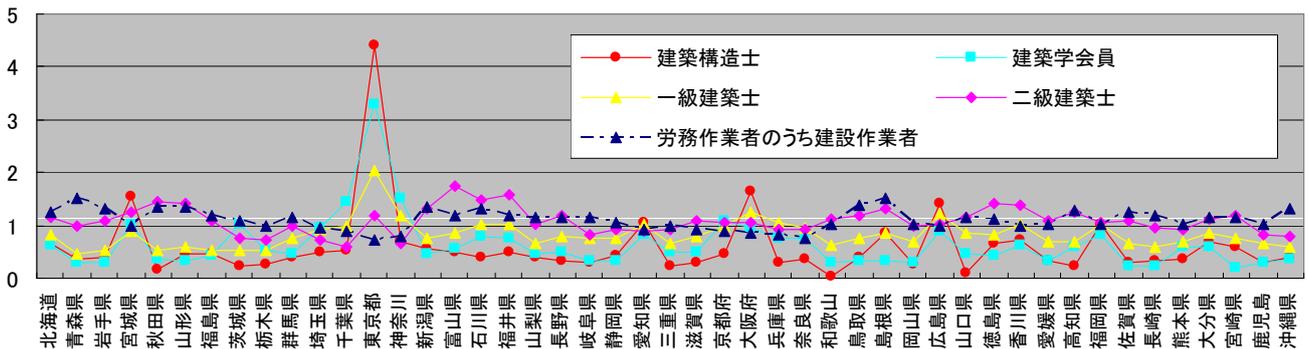
大都市に集中

都道府県名	建物数
東京	512
大阪	172
神奈川	82
兵庫	82
千葉	58
愛知	42
その他	301
総数	1249

免震建物



人の構成の地域差：東京と地方



	総人数	人口当り	全国	東京	愛知	三重
建設労務作業者	299万人	百人	2.3人	1.7人	2.2人	2.3人
二級建築士	660777人	千人	5.2人	6.2人	4.7人	4.9人
一級建築士	307558人	千人	2.4人	4.9人	2.4人	1.6人
建築学会員	33978人	一万人	2.7人	8.8人	2.2人	1.3人
建築構造士	2551人	十万人	2.0人	8.8人	2.1人	0.5人

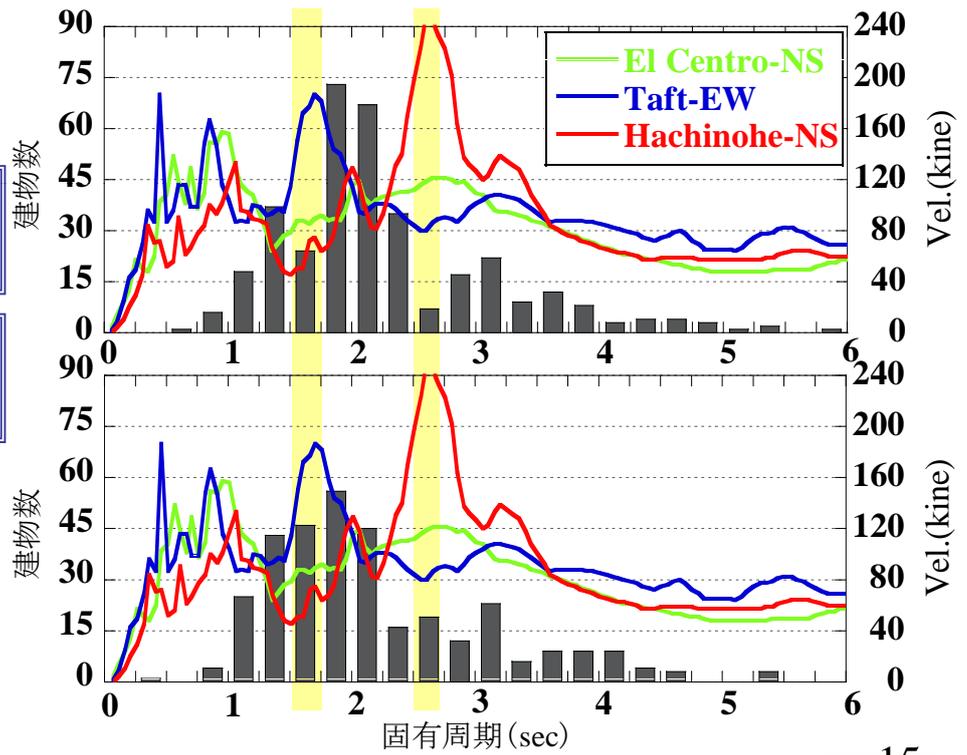


地方では専門家の人数は少ない

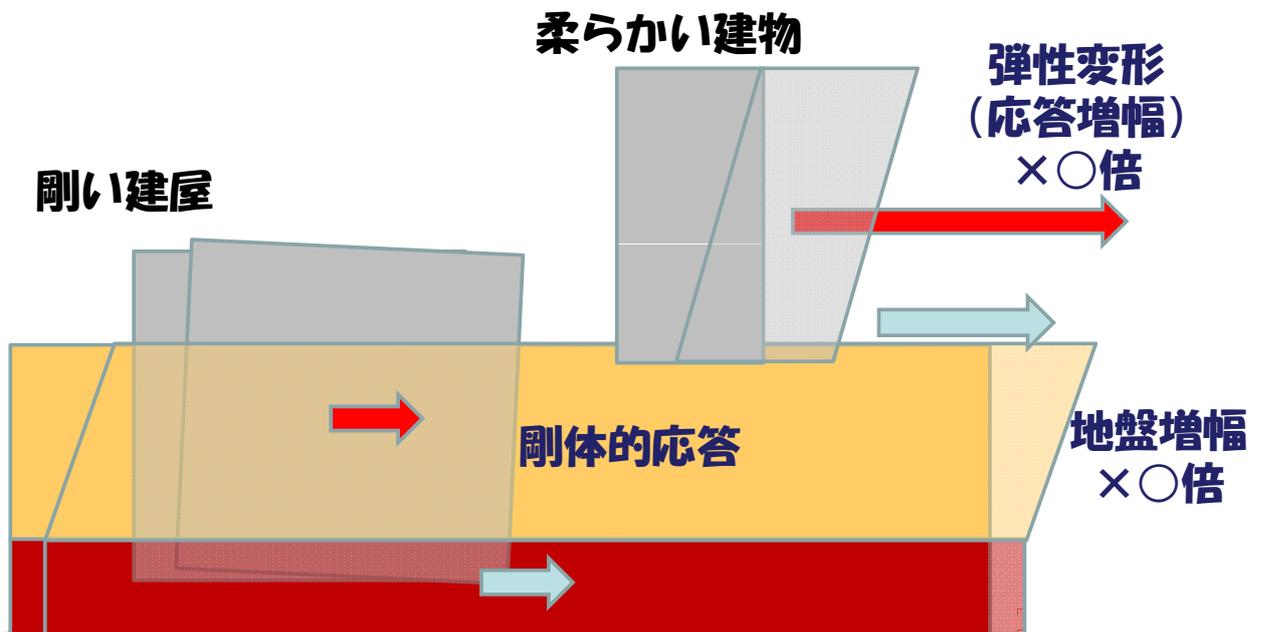
高層建物の設計固有周期 と既往波の応答スペクトル

兵庫県南部
地震以前

兵庫県南部
地震以後

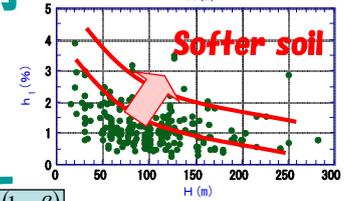
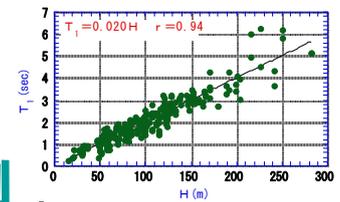


基盤に直接支持した根入れのある剛な建物 と軟弱地盤上の柔らかい建物の揺れ方

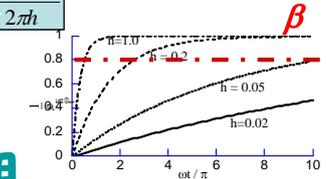


建築物の振動現象の基礎

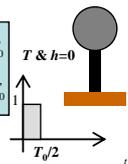
- 固有周期は建物高に比例、減衰は逆比例
- 軟弱地盤では、固有周期と減衰が増大
(動的相互作用効果)
- 低減衰・長周期構造物では共振に至るとは時間がかかる。
(地震動継続時間の重要性)
- パルス性の地震動に対しては、建物周期より長い入力では倍に増幅、短い入力は建物応答は小さい。
(入力パルス周期の重要性)
- 高層建物の設計想定変位応答は建物高さの1%、速度応答は3m/s程度



$$n = -\frac{\ln(1-\beta)}{2\pi h}$$



$$\ddot{y}_{\max} = \begin{cases} 2 & T = \frac{2\pi}{\omega} \leq T_0 \\ 2 \sin \frac{\omega T_0}{4} & T = \frac{2\pi}{\omega} > T_0 \end{cases}$$

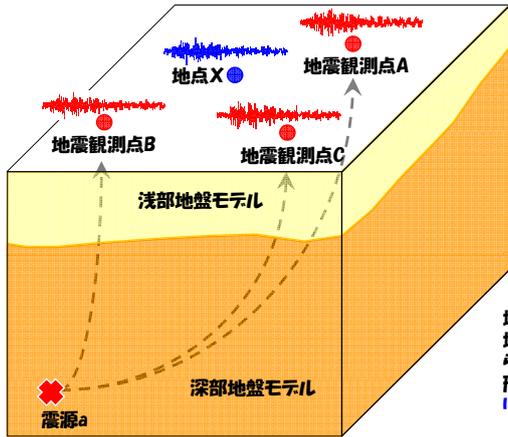


建築物の地震荷重と耐震性

- 低減衰長周期構造物：共振周期と継続時間
- 表層地盤増幅と材料非線形&液状化
- 動的相互作用と逸散減衰
- 基礎—地盤の接触非線形
- 建築物の固有周期と減衰性能
- 構造物の耐震的实力



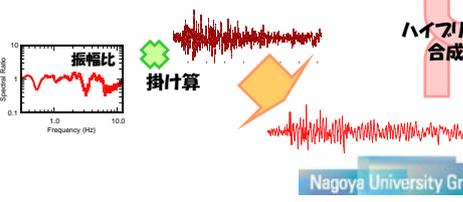
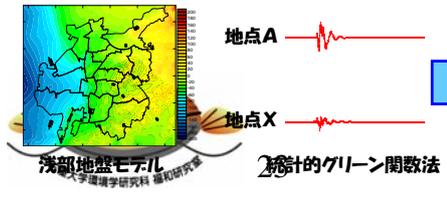
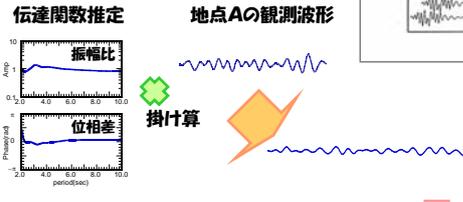
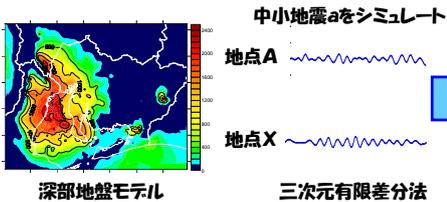
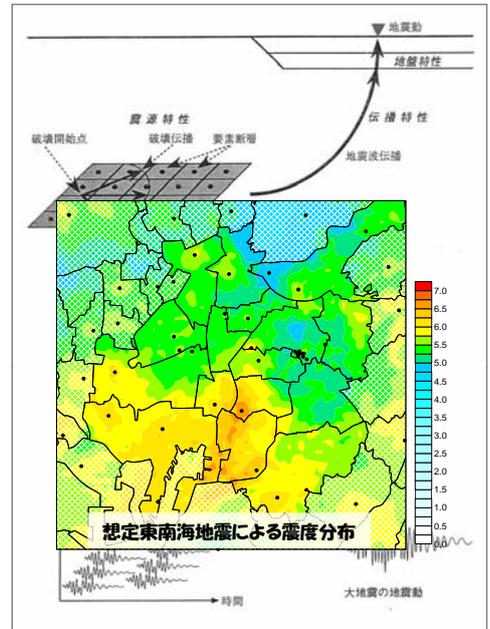
擬似経験的グリーン関数法



- 地震観測点: 経験的グリーン関数法により強震動予測可能
- 地震観測点ではない地点X: 経験的グリーン関数法による強震動予測不可。伝播経路・地盤をモデル化した統計的グリーン関数法による強震動予測

あらゆる地点で経験的グリーン関数法に適用可能な種地震を作成したい

地盤モデルを用いて推定したい地点と地震観測点の理論波形を計算し、これらの伝達関数を地震観測地点の観測波形と乗することで、波形(擬似経験的グリーン関数)を推定する。



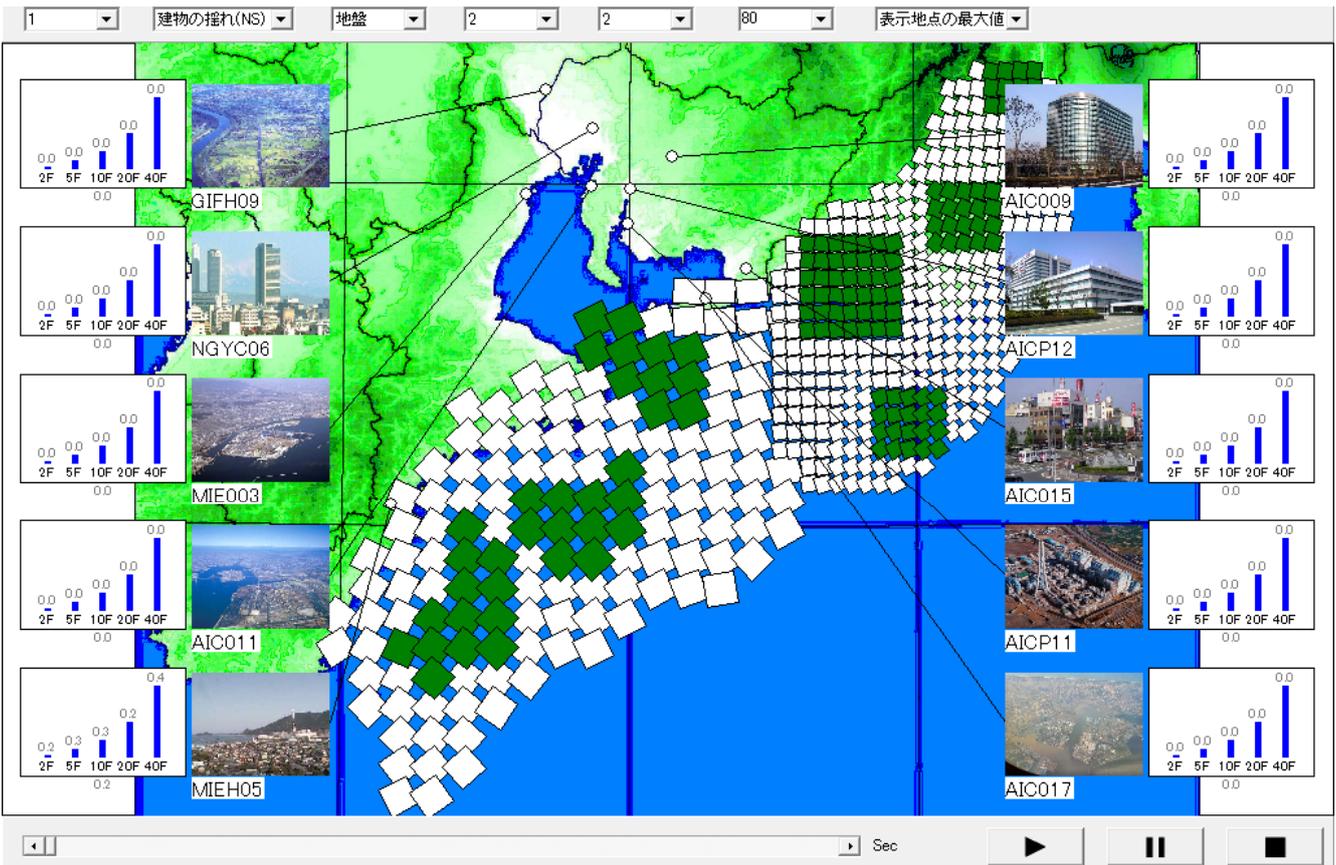
経験的グリーン関数法に適用

擬似経験的グリーン関数



Fukuwa Labo

そのときの揺れは？

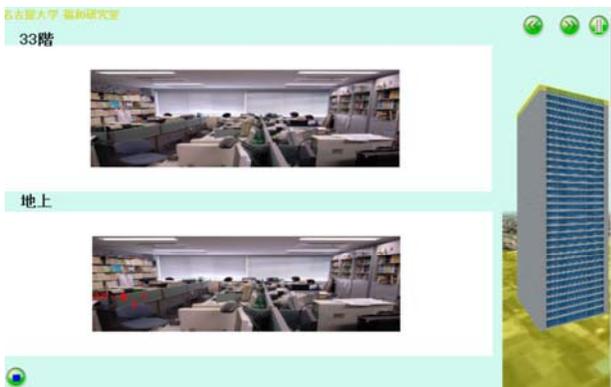


地震時の高層住宅のシナリオ

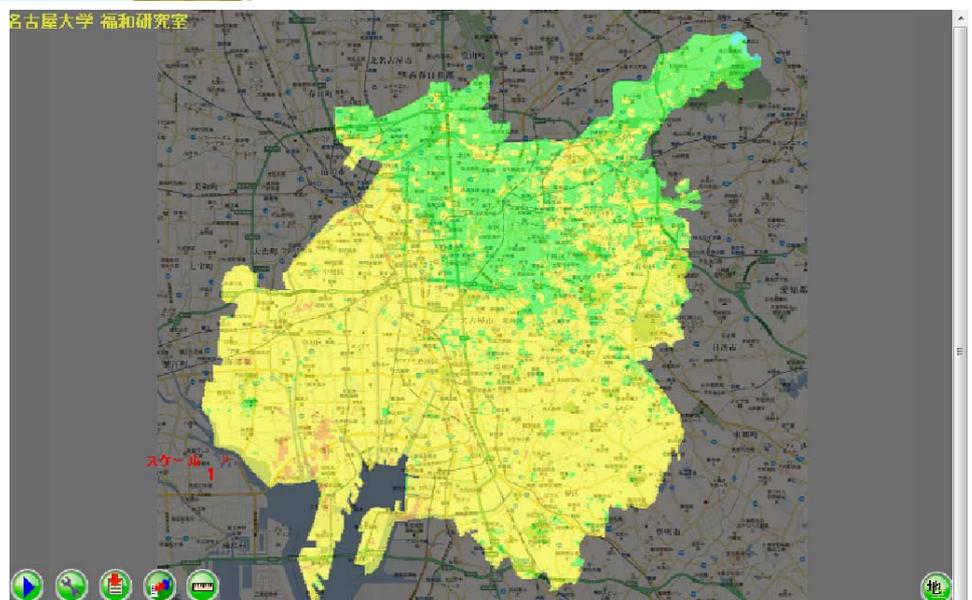
- ・ フローリング上の食卓が前後左右に大きく移動
- ・ 机が掃き出し窓にぶつかり窓ガラスが粉々に
- ・ 転倒した家具が前後左右に床を滑り壁にぶつかる
- ・ 食器戸棚は観音開きの扉があき食器が飛び出す
- ・ 割れた食器、ヤカン、電子レンジ、電気ポットが飛ぶ
- ・ 冷蔵庫が一気に倒れ、中のものが散乱、水浸し
- ・ ピアノは前後左右に動き、ALC版の壁を割り、倒れる
- ・ 大画面テレビ、デスクトップのパソコンも吹っ飛ぶ
- ・ 便所の息子は両腕で壁を押さえてこらえる、ドアが開かない。ぶつかって外に。廊下は風呂の水で水浸し。
- ・ 子供部屋の娘は、ベッドごと前後左右に移動。本棚から落ちた本がベッドの上に散乱。とっさに布団を被る
- ・ 揺れが収まった後、家族の安否を確認。皆、無事。
- ・ 玄関の靴箱が散乱。玄関ドアが開きにくい、停電&断水
- ・ エレベータは停止
- ・ 廊下のあちこちにコンクリートの破片が落下
- ・ 隣の家の人たちが廊下に。両隣の家族の安否も確認



提供：
中川和之



揺れを体感する ハザードマップ。



3次元のバーチャル振動台



29

Nagoya University Graduate School of Environmental Studies

長周期構造物と地震調査研究

- ・ 長周期構造物は極く少数かつ地域的に偏在
- ・ 予測地図は周期域が対象外、解像度不足
- ・ 理論的方法の限界：谷間を過小評価
- ・ 表層地盤の取り扱いが不十分
- ・ 基礎データの有用性

長期評価、活断層調査 堆積平野地下構造 K-NET&KiK-net	想定すべき地震 深部地盤、微動 観測記録、EGFM
---	---------------------------------
- ・ その他

地震動予測地図	建築主への説明性
---------	----------