

# 地域の地盤・建物強震観測の 南海トラフ地震に向けた展開

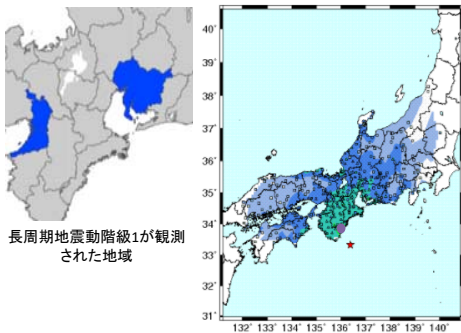
名古屋大学 飛田 潤



# 地盤・建物の強震観測記録の蓄積

- **様々な観測、建物、センサ等の記録を集約**  
 地盤: 大都市圏強震動総合観測ネット(2000~)  
 → 観測ネットワークの統合  
 建物: 戦略的強震観測、古い観測機材の再利用
- **南海トラフに向けた観測データ活用**  
 地盤: リアルタイム情報による広域被害予測  
 建物: 建物の応答性状の確認と予測  
 → モニタリング(健全性、劣化、損傷)  
 → 庁舎、病院、免震、高層など

# 2016年4月1日 三重県南東沖の地震



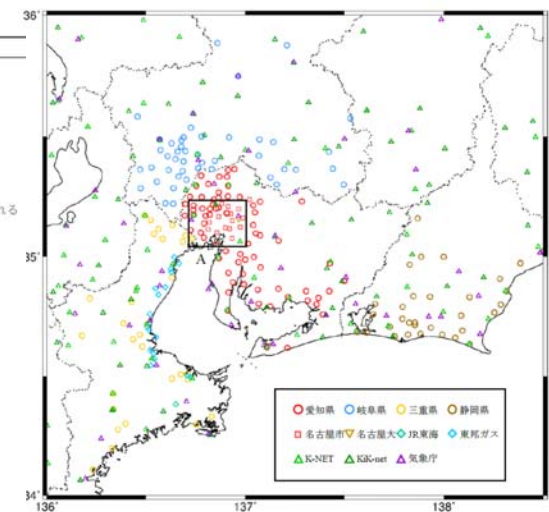
発生日時: 2016/4/1 11:39:07.8  
 震央: 三重県南東沖  
 緯度 経度: 33° 19.4'N 136° 22.9'E  
 M: 6.5  
 震源深さ: 29km  
 最大震度: 4(和歌山県古座川町高池 ●)  
 観測された最大の長周期地震動階級: 1  
 逆断層型のプレート境界地震。  
 昭和東南海の震源に近い。  
 → 南海トラフ大地震の影響の予測に重要



防災科研強震観測網  
<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/quake/>  
 地震本部  
[http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/kaiko/k\\_nankai.htm#choukihyouka](http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/kaiko/k_nankai.htm#choukihyouka)

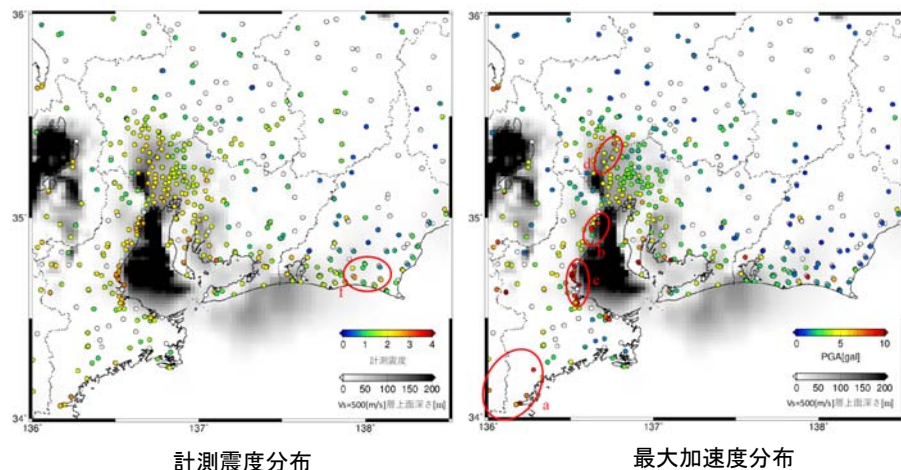
# 複数機関による観測ネットワーク集約

観測機関	観測点数	備考
愛知県	70	
静岡県	43	
三重県	34	
岐阜県	51	
名古屋市	16	
東邦ガス	19(21)	
中部電力	12(29)	
名古屋大学	4(41)	
JR東海	3	
建築研究所	8(16)	建物記録
名古屋高速	6	建物記録
出光	1	建物記録
トヨタ自動車	2(4)	建物記録
デンソー	1(5)	建物記録
一条工務店	2(7)	建物記録
大林組	1	建物記録
大成建設	1(2)	建物記録
三菱地所	1	建物記録
気象庁	133	
K-NET	149	
KIK-net	179	
F-net	9	
DO-NET	20	

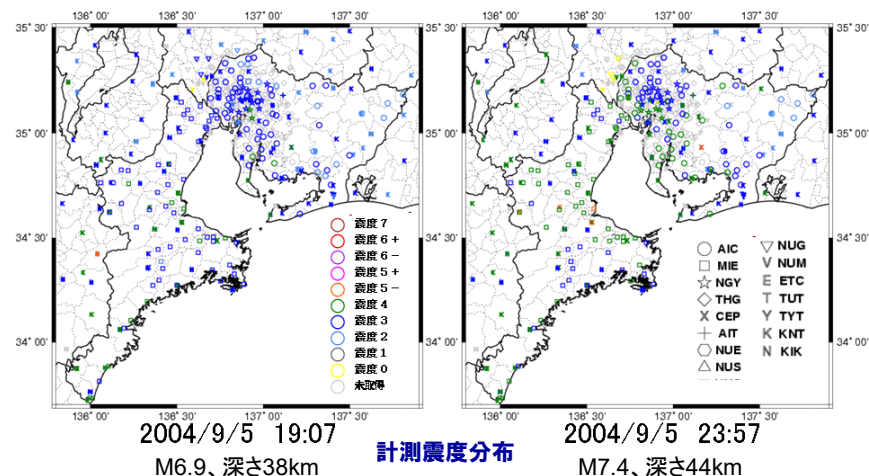


地盤観測点(386地点)

# 2016.4.1三重県南東沖の地震



# 2004.9.5紀伊半島沖・東海道沖地震



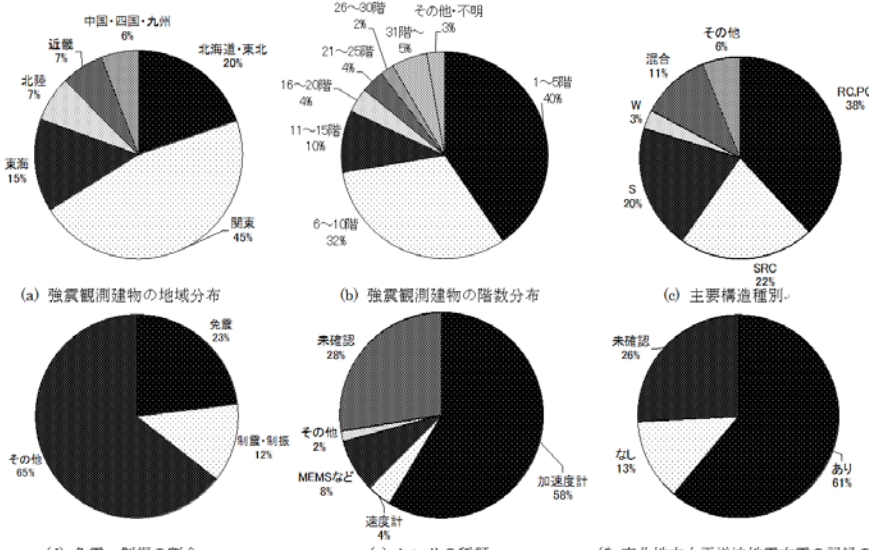
東海3県300箇所以上(当時)でオンラインデータ収集・ウェブ公開。

## 建物強震観測データベースの例(表)

日本建築学会 構造委員会 振動運営委員会 強震観測小委員会

No.	建物名称	大会発表発表年・番号	タイトル	著者	立地場所	階数・規模等	構造種別	免震・制振など	基礎構造	地震計設置位置	計測点数	地震計の種類	建物の用途・特性など	解析モデルの記載の有無	備考	観測期間	3.11本震記録の有無
1	建築研究所 管理研究本館	2004-21437, 2011-21160	地震観測記録に基づく建物・構造物の耐震性能に関する研究 建築研究所の耐震性能とそれに関する研究 建築研究所の耐震性能とそれに関する研究	伊藤貴行(東京理科大学), 竹内隆夫(東京理科大学), 大川出正(東京理科大学), 藤原誠(建築研究所)	茨城県つくば市	地下1階, 地上7階	SRC造(一部RC造)鉄骨コンクリート造	直接基礎		地下1階, 地上7階	18	加速度計(AJE-8200)	卓越振動数(1次)が8~9.9Hz, 本館	2003年に発生したM6.9の地震の観測記録のうち、2004-21437には本館の		1979年竣工	
2	建築研究所 管理研究新館2(都市防災研究センター棟)	2005-21245, 2006-21225, 2007-21070, 2007-21070, 2008-21136, 2004-21437, 2004-21438, 2010-21319, 2011-21105, 2011-21431, 2012-21558, 2012-21273	地震観測に基づく建物・構造物の耐震性能に関する研究 建築研究所の耐震性能とそれに関する研究 建築研究所の耐震性能とそれに関する研究	伊藤貴行(東京理科大学), 竹内隆夫(東京理科大学), 大川出正(東京理科大学), 藤原誠(建築研究所)	茨城県つくば市	地下1階, 地上10階, 高さ5,000m(RC)	SRC造(一部RC造)鉄骨コンクリート造	直接基礎		地下1階, 地上10階	11	加速度計(AJE-8200)	NS:1.45Hz, EP:1.48Hz, 本館による振動数の低下1.3~1.9Hz	周辺地域の7点でも観測		1998年竣工	
3		2005-21337, 2012-21205	免震構造の耐震性能に関する研究 免震構造の耐震性能に関する研究	藤原誠(建築研究所), 伊藤貴行(東京理科大学), 竹内隆夫(東京理科大学)	茨城県つくば市	地上3階	RC造	免震	地中・基礎, 1F, 2F	免震	6	アイトパッド型加速度計					
4		2005-21410	ペリメータを用いた免震構造の耐震性能に関する研究 免震構造の耐震性能に関する研究	藤原誠(建築研究所), 伊藤貴行(東京理科大学), 竹内隆夫(東京理科大学)	茨城県つくば市	地上2階	RC造	免震	地中・基礎, 1F, 2F	免震	3						
5		2006-21154	低コスト・小規模な免震構造に関する研究 免震構造の耐震性能に関する研究	藤原誠(建築研究所), 伊藤貴行(東京理科大学), 竹内隆夫(東京理科大学)	茨城県つくば市	2階建て	RC造	免震	地中・基礎, 1F, 2F, 小規模	免震	3						
6	宇都宮大学 工学部棟	2003-21177, 2004-21322	地震観測記録に基づく建物・構造物の耐震性能に関する研究 建築研究所の耐震性能とそれに関する研究	伊藤貴行(東京理科大学), 竹内隆夫(東京理科大学), 大川出正(東京理科大学)	栃木県宇都宮市	地上5階, 高さ20m	RC造		地中・基礎, 柱長								
7	木造住宅 No.1	2004-22088	低コスト・小規模な免震構造に関する研究 免震構造の耐震性能に関する研究	伊藤貴行(東京理科大学), 竹内隆夫(東京理科大学), 大川出正(東京理科大学)	栃木県宇都宮市	木造住宅, 高さ10m	RC造		地中・基礎, 柱長								

## 建物強震観測データベースの分析



- 論文公表された建物(主に建築学会)の例を収集・整理。
- 建物を特定して、複数の論文発表例を1行にまとめる。
- 以前からの観測建物について、東日本大震災の記録の有無を調査。

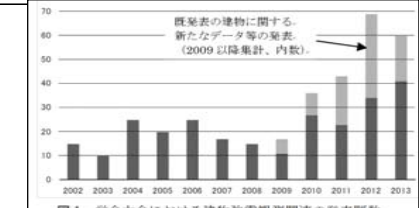
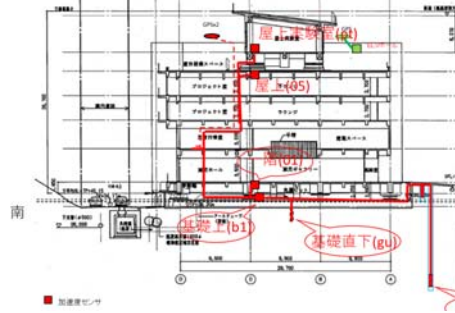


図1 学会大会における建物強震観測関連の発表回数

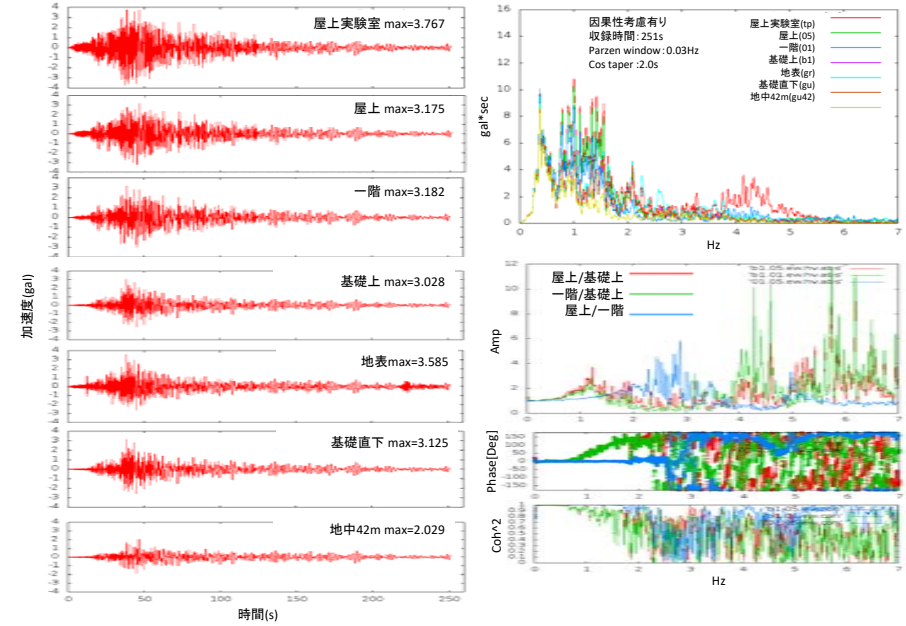
図2 建物強震観測データベースに基づく傾向分析(487棟)

# 減災館

高さ: 25.65m  
 階数: 地上4階、屋上実験室1階  
 構造種別: RC造  
 基礎種別: 直接基礎  
 観測点数: 7  
 延べ面積: 2,898m<sup>2</sup>  
 竣工: 2014年2月  
 長周期地震動階級: 0  
 気象庁による対象建物近くの震度: 2  
 固有周期: 5.2秒  
 免震部材:  
 天然ゴム系積層ゴムアイソレータ×5  
 直動転がり支承×9  
 オイルダンパ×8

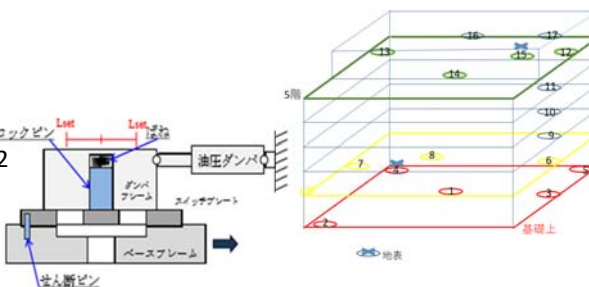


## EW方向

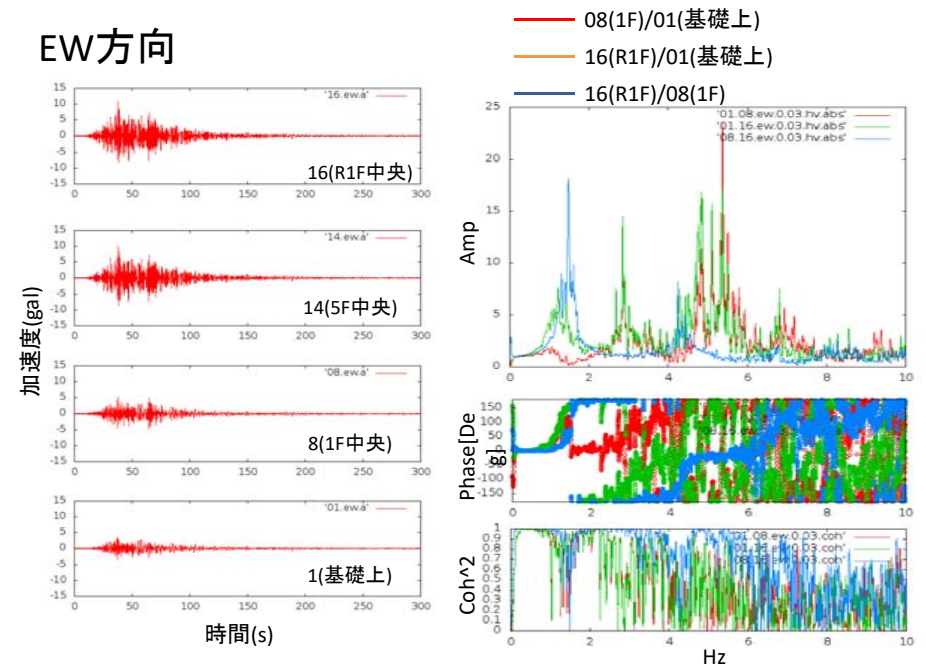


# 半田市役所

高さ: 27.2m  
 階数: 地上5階、塔屋1階  
 構造種別: S造(一部SRC、RC)  
 基礎種別: 直接基礎  
 観測機関: 名古屋大学  
 観測点数: 18  
 延べ面積: 15,181m<sup>2</sup>  
 竣工: 2014年12月  
 長周期地震動階級: 0  
 固有周期: 4.7秒(100%)  
 免震部材:  
 天然ゴム系積層ゴム×8、  
 鉛プラグ入り積層ゴム×12  
 直動転がり支承×12、  
 オイルダンパー×4  
 スイッチダンパー×6



## EW方向

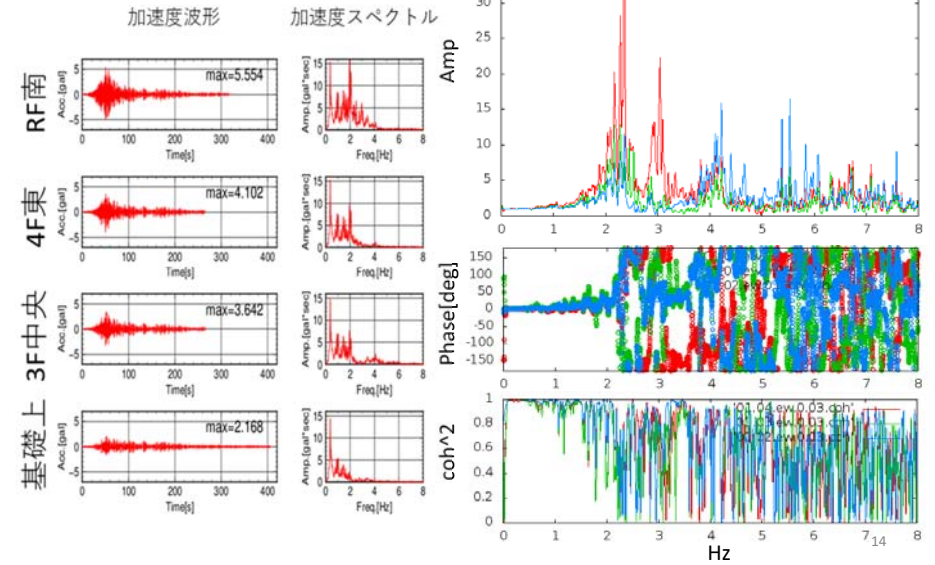


# 愛知県庁本庁舎 (免震改修)

階数:地上6、地下1、高さ27m  
 延床面積:28,314m<sup>2</sup>  
 構造:上部SRC、下部RC  
 基礎:直接基礎  
 地震観測点数:5  
 震度:2、長周期地震動階級:0  
 免震装置:  
 鉛入り積層ゴム、CLB、  
 オイルダンパー、鉛ダンパー  
 周期:3.9秒



## EW方向

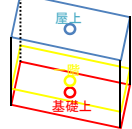


## 免震建物の比較

屋上/基礎上

地上15階、S造

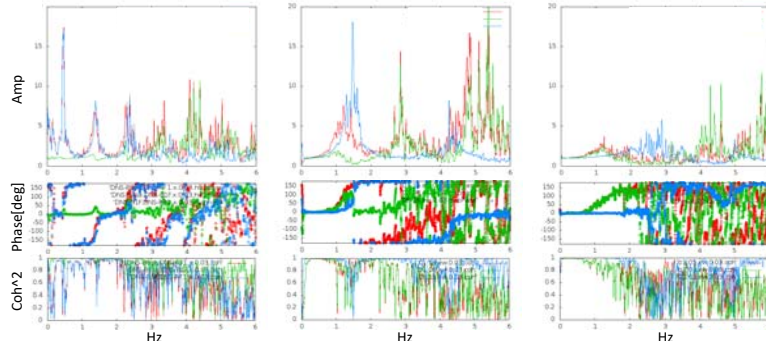
一階/基礎上



地上5階、S造



地上4階、RC造



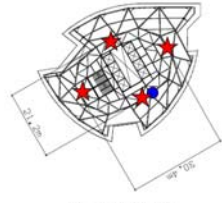
## 旧型・廉価型強震計の活用

- 振動台などで機能・性能をテスト
- 旧型機材の種々の制約
  - 内蔵メモリ少
  - インターフェイス低速
  - 設定の自由度少
  - 信頼性?
- LAN接続機器の開発
  - データ保存・整理、転送、時刻更正などの機能

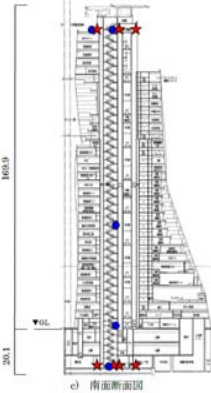


# スパイラル

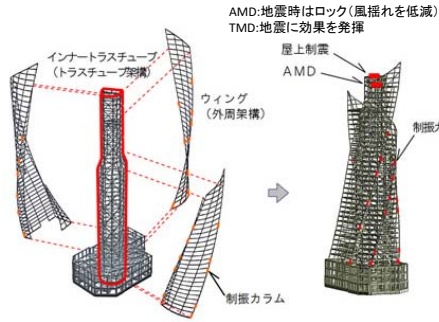
階数:地上36、地下3、高さ170m  
 延床面積:48,988m<sup>2</sup>  
 構造:S造、一部SRC  
 基礎:杭基礎  
 地震観測点数:5  
 震度:2、長周期地震動階級:0  
 周期:3秒(短辺)、2.2秒(長辺)



b) 基準階平面図



c) 南面断面図



# 建設中の固有周期と減衰の変化

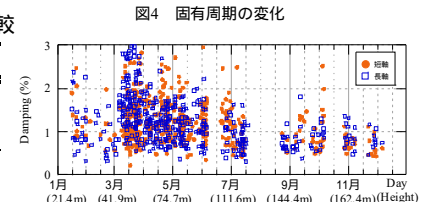
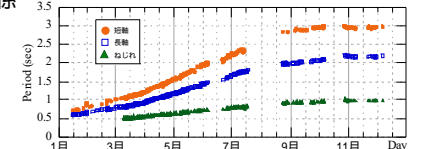
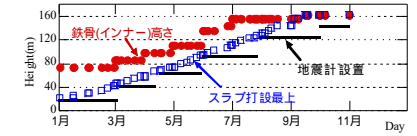
## 工事の進捗に伴う固有周期の変化は明確

表2 建設中の建物高ささと実測1次固有周期の関係

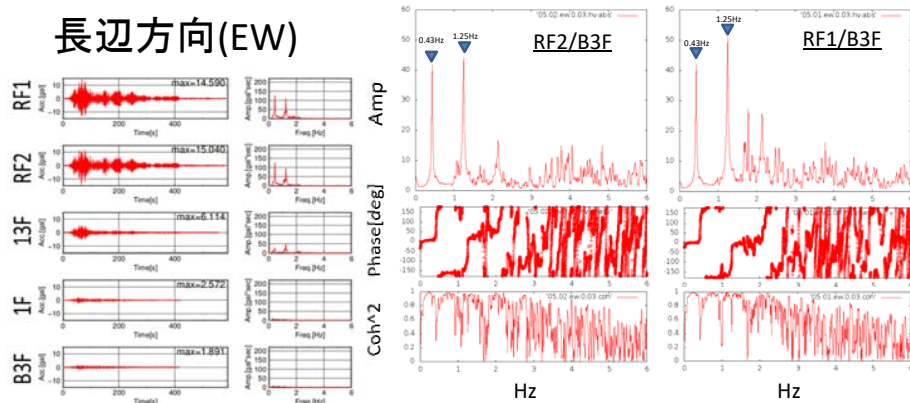
	回帰直線	相関係数
短軸	$T_{y1} = 0.019H$ (sec)	0.99
長軸	$T_{x1} = 0.014H$ (sec)	0.97
ねじれ	$T_{t1} = 0.007H$ (sec)	0.7

表3 振動特性の設計値と実測値(竣工時)の比較

	短軸	長軸	ねじれ
設計1次周期(sec)	2.95	2.23	0.99
設計1次減衰定数(%)	2	2	2
実測1次周期(sec)	2.97	2.18	0.98
実測1次減衰定数(%)	0.50	0.65	-



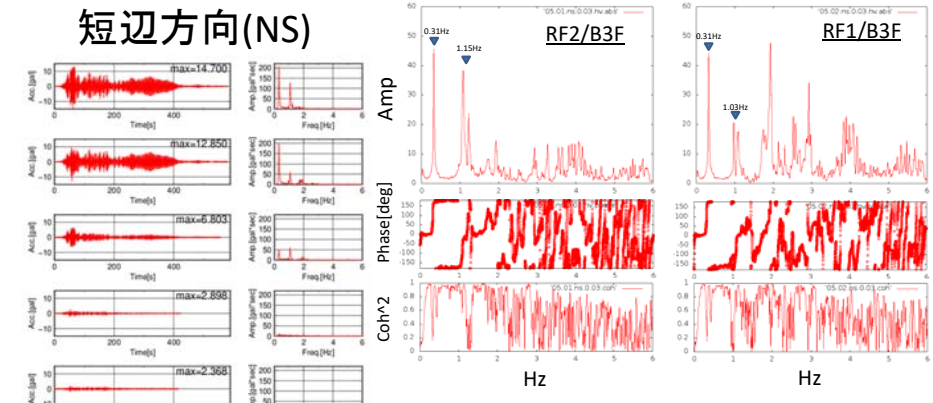
## 長辺方向(EW)



計測方法	計測時期	長軸(EW)
-	設計値	2.23
固有周期(sec)	竣工時(2008.2)	2.18
	常時微動計測	2013.6
	地震記録	2016.4
	設計値	2.22
	設計値	2
減衰定数(%)	竣工時(2008.2)	0.65
	常時微動計測	2013.6
	地震記録	2016.4
		1.16(1/2h法)

常時微動の減衰定数はRD法により算定。

## 短辺方向(NS)



計測方法	計測時期	短軸(NS)
-	設計値	2.95
固有周期(sec)	竣工時(2008.2)	2.97
	常時微動計測	2013.6
	地震記録	2016.4
	設計値	3.22
	設計値	2
減衰定数(%)	竣工時(2008.2)	0.5
	常時微動計測	2013.6
	地震記録	2016.4
		1.11

# CFT柱への光ファイバセンサ設置



インナー  
C204  
センサー  
取付中  
センサー



インナー  
C210  
センサー  
取付後  
治具

鋼管外面へL型治具で取付

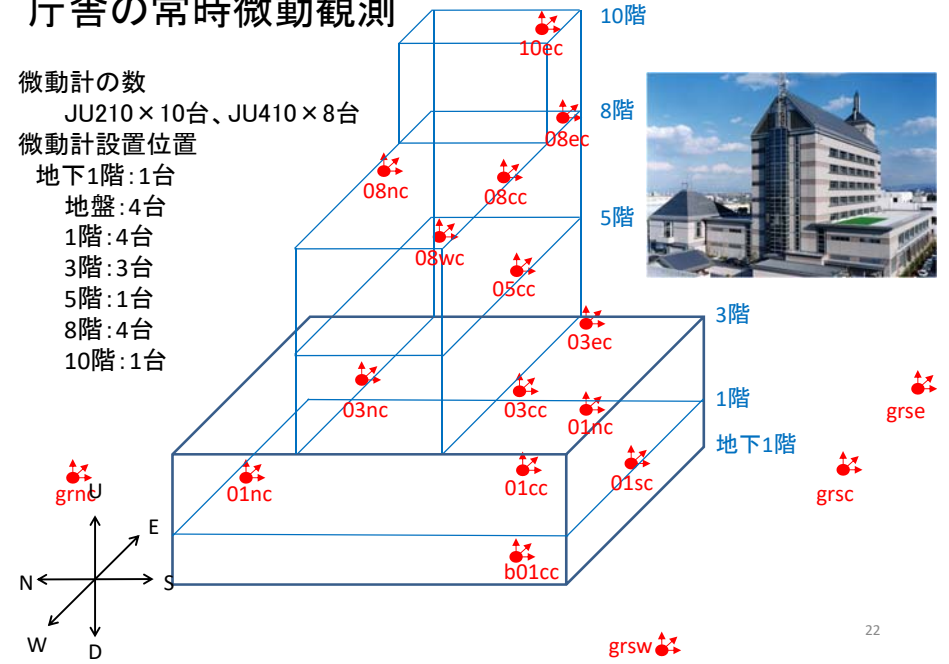


充填コンクリートに埋込

# 庁舎の常時微動観測

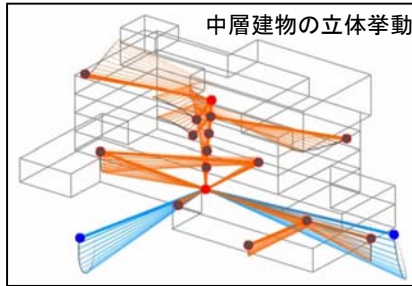
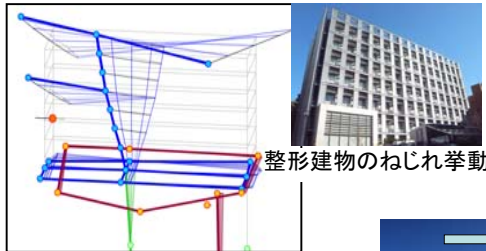
微動計の数  
JU210 × 10台、JU410 × 8台

微動計設置位置  
地下1階: 1台  
地盤: 4台  
1階: 4台  
3階: 3台  
5階: 1台  
8階: 4台  
10階: 1台



# 建物の詳細な応答挙動の解明

•多数のセンサによる挙動把握  
→建物応答予測モデルの高度化  
被災による変化の検出



高層免震建物の  
建設中の振動  
特性変化

