MIDAS BUILDING TECHNICAL SEMINAR

建築構造物の振動を測る・調べる・見る

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

MIDAS × TOSHINAWA

建築構造物の振動を測る・調べる・見る

明星大学 建築学部
教授 年縄 巧

MIDAS × TOSHINAWA

AGENDA

session.1

中央コアを有する四回回転対称の雁行型平面と中層部オーバーハングを持つ高層建築物の振動特性

session.2

中央コアを有する矩形平面の基準階を持つ超高層建築物の振動特性

建築構造物の振動を測る・調べる・見る

明星大学 建築学部 教授　年縄 巧

MIDAS × TOSHINAWA

session.1

中央コアを有する四回回転対称の雁行型平面と中層部オーバーハングを持つ高層建築物の振動特性

建築構造物の振動を測る・調べる・見る

明星大学 建築学部
教授 年縄 巧

中央コアを有する四回回転対称の雁行型平面と中層部オーバーハングを持つ高層建築物の振動特性

対象建築物の概要

平面内での測定(測定A)

縦方向での測定(測定B)

コア部分を含んだ平面内での測定(測定C,D,E)

過去の地震被害との対応



MIDAS × TOSHINAWA

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

対象建築物の概要



UC San Diego
Local Impact, National Influence, Global Reach

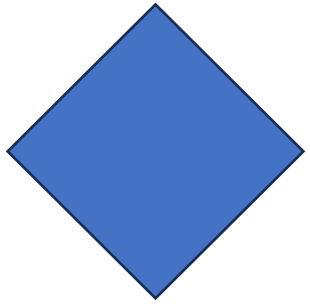


- 用途：　図書館
- 竣工：1970年
- 構造：RC(一部PC)
- 高さ：40m(8階)
- 総床面積：16,400m^2

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

四回回転対称とは？

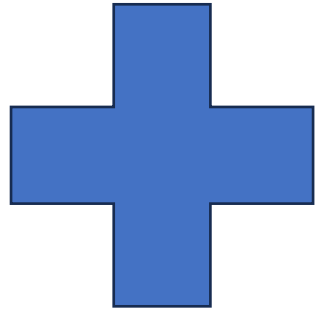
- ある中心点を軸に90度回転させるたびに、元の形と完全に重なる性質
- 360度で4回重なる：90度、180度、270度、360度の回転で、見た目が元の状態と同じになる
- 代表的な図形：



正方形



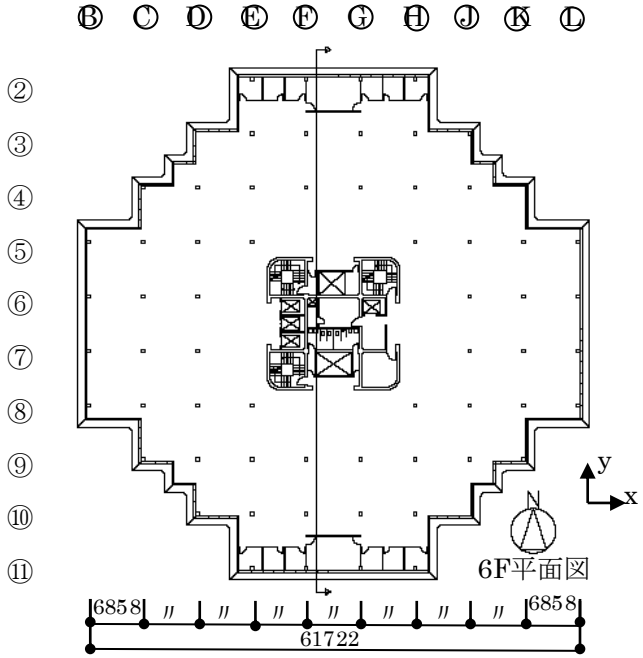
正四角星
（手裏剣のような形）



十字架
（正十字）

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

対象建築物の6階平面図と西側断面図



中央コアを有する四回回転対称の雁行型平面と中層部オーバーハングを持つ高層建築物

建築構造物の振動を測る・調べる・見る

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧





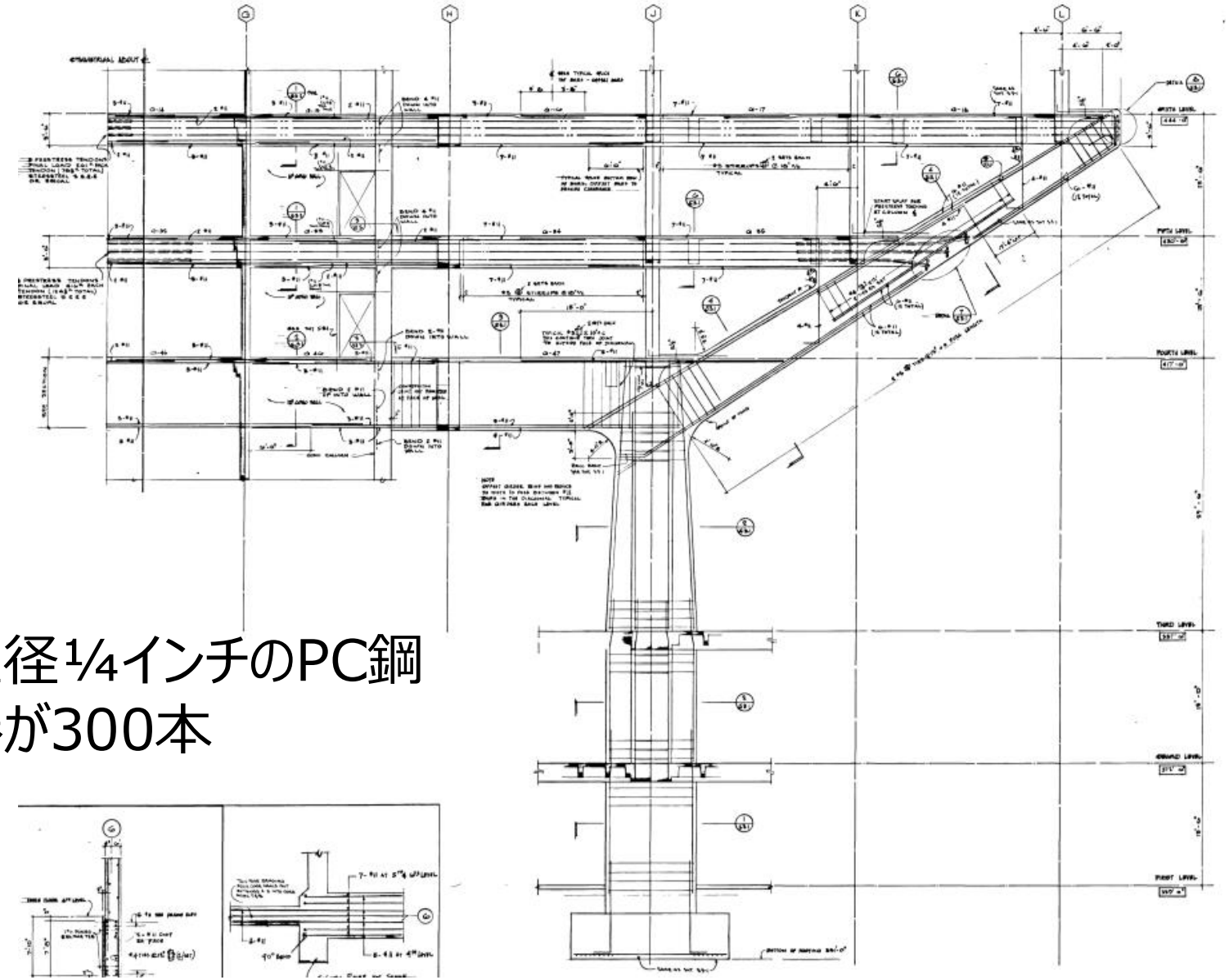




MIDAS × TOSHINAWA

構造断面詳細図

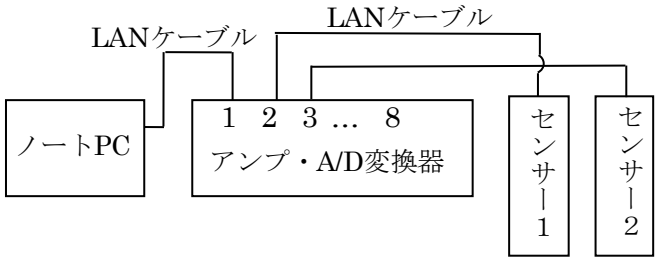
建築構造物の振動を測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧



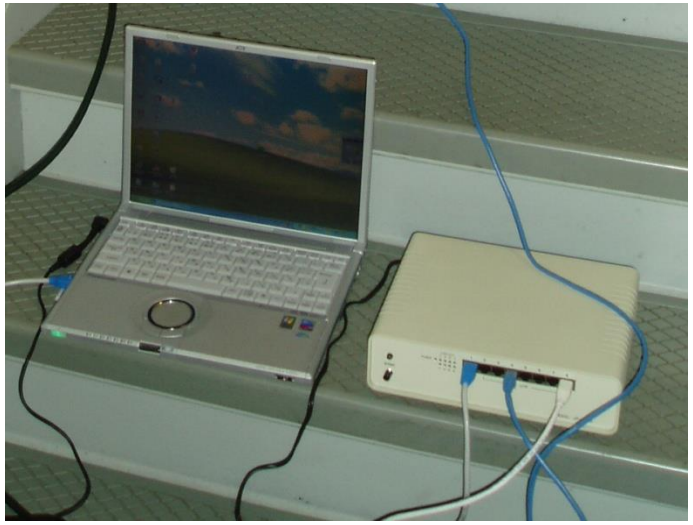
- 直径¼インチのPC鋼棒が300本

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

常時微動計測システムと測定パターン



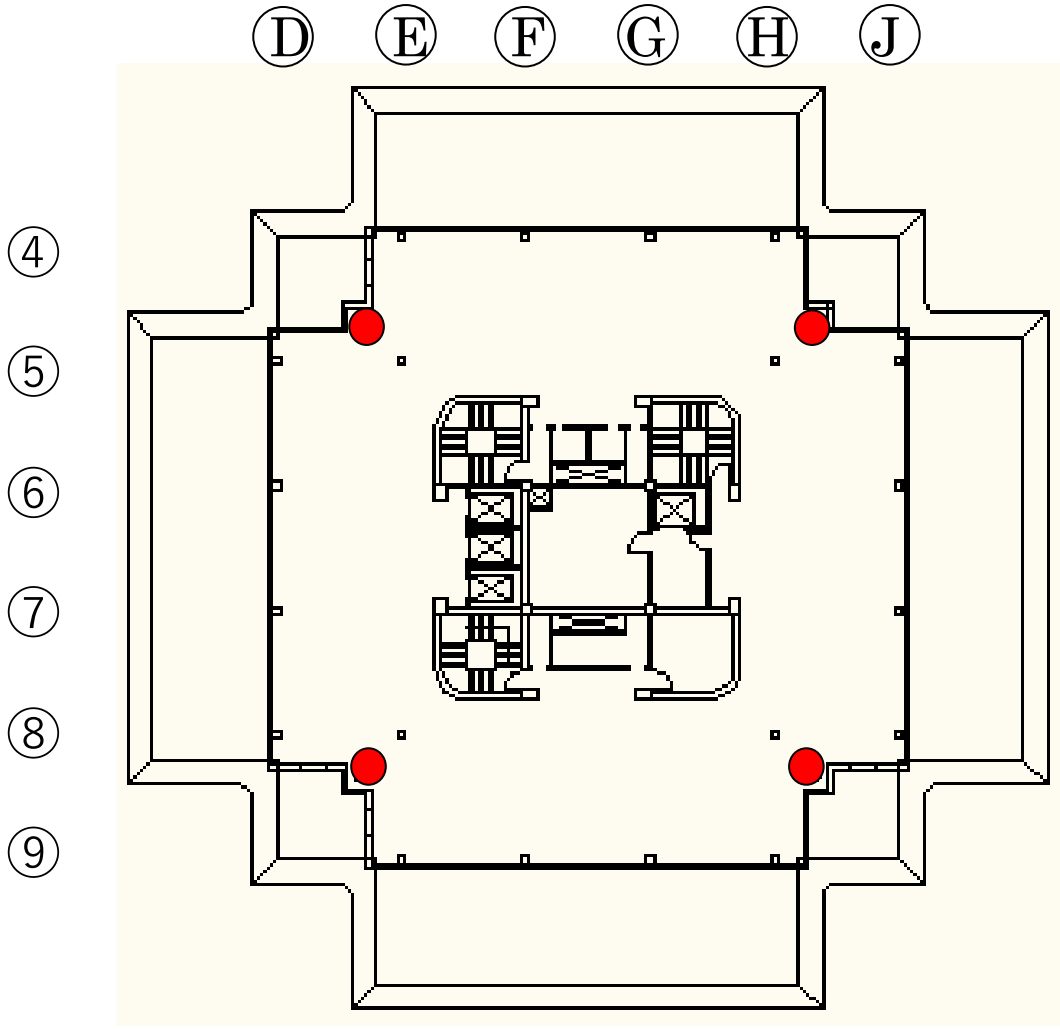
測定名	測定内容	測定数
測定A	8階床上4点	5
測定B	1～8階コア内西南階段室	8
測定C	6階床上 建物中心から東縁まで	8
測定D	5階床上 建物中心から東縁まで	7
測定E	7階床上 建物中心から東縁まで	7





明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

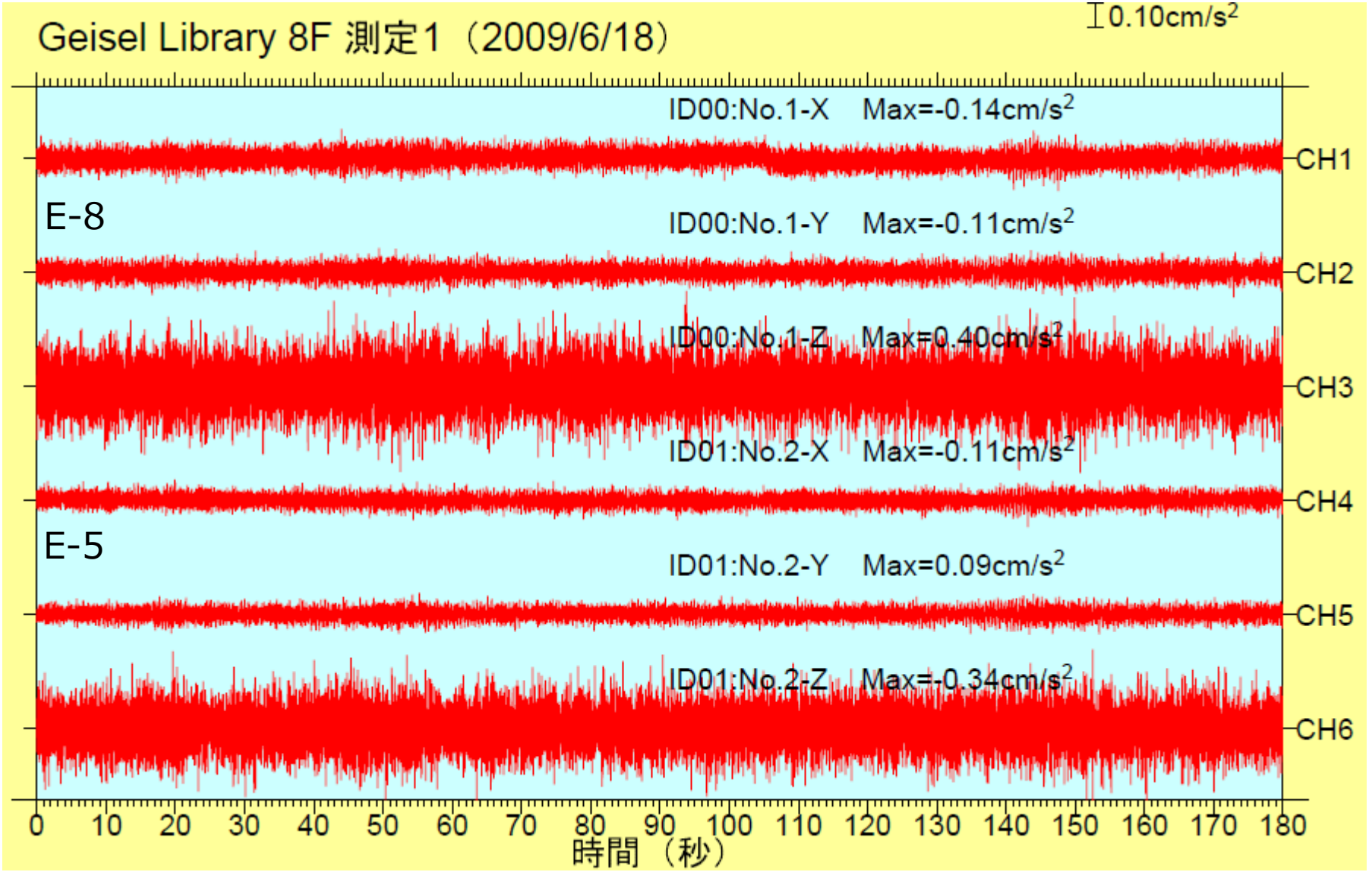
8階床上での測定(測定A)





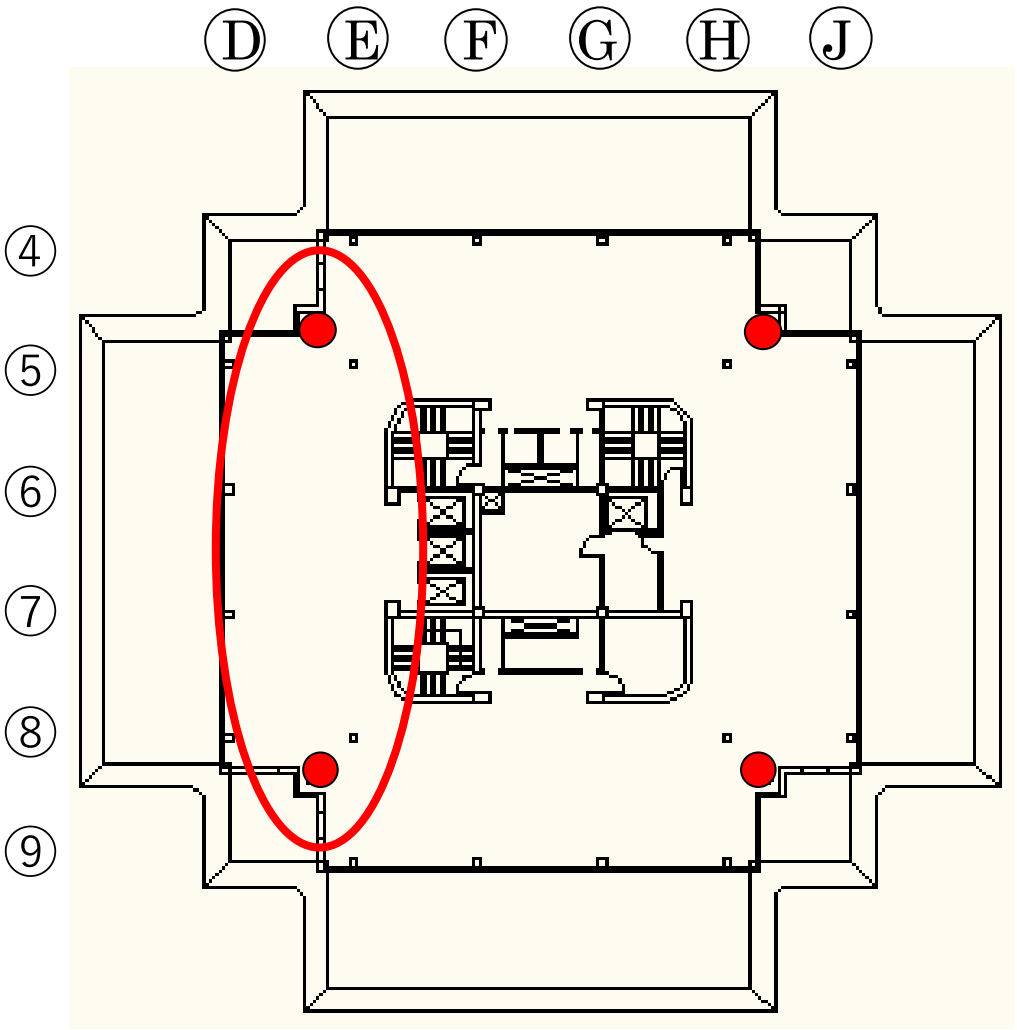
建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

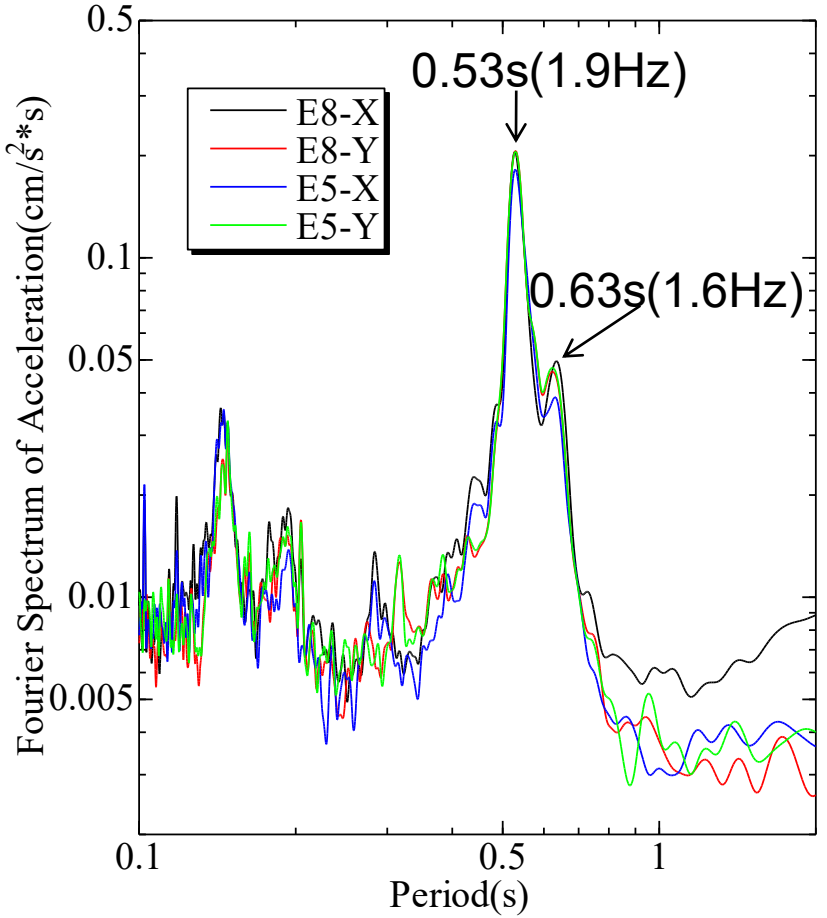
測定A-1で記録された加速度時刻歴波形



建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

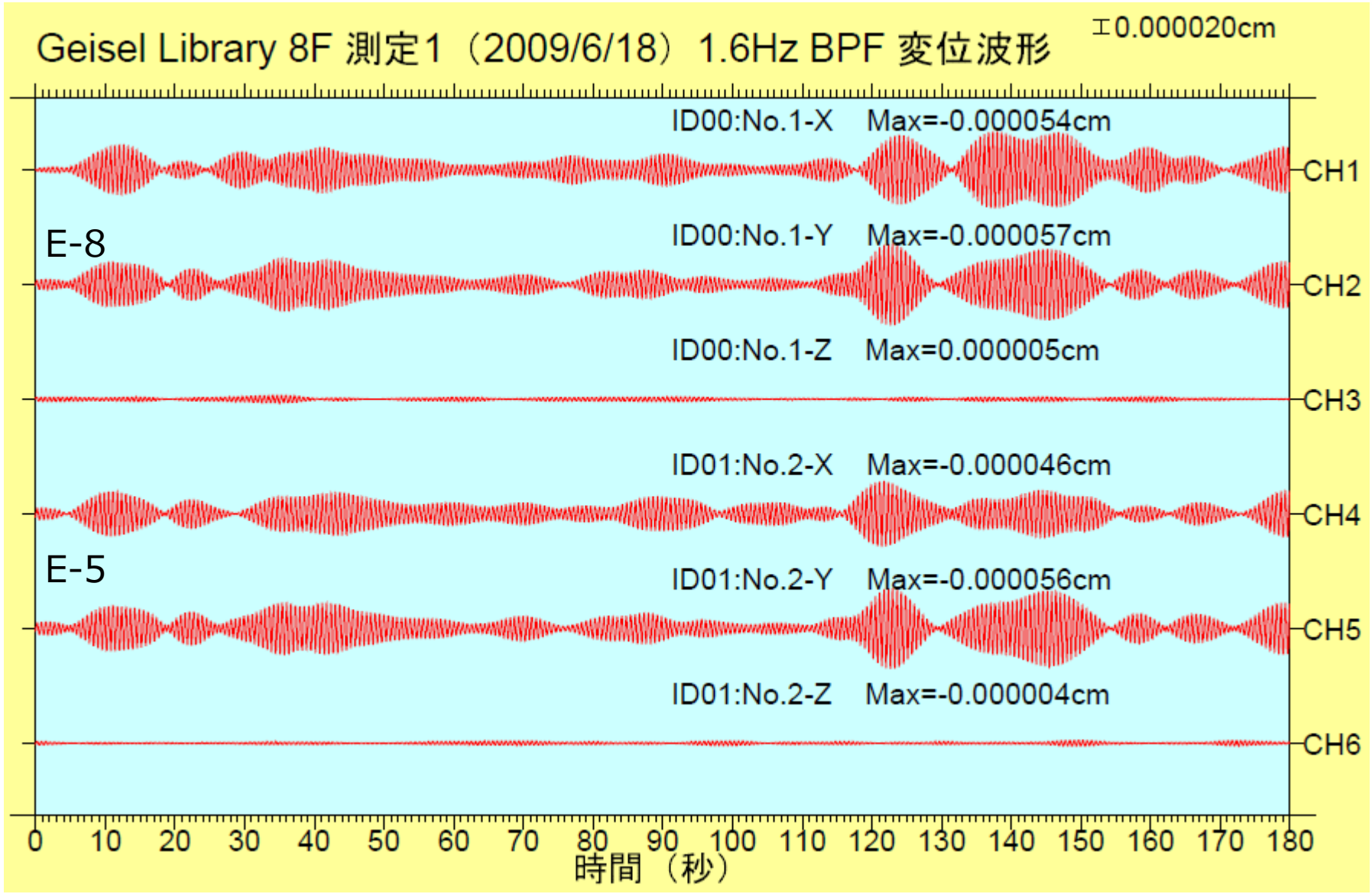
測定A-1で観測された記録の加速度フーリエスペクトル





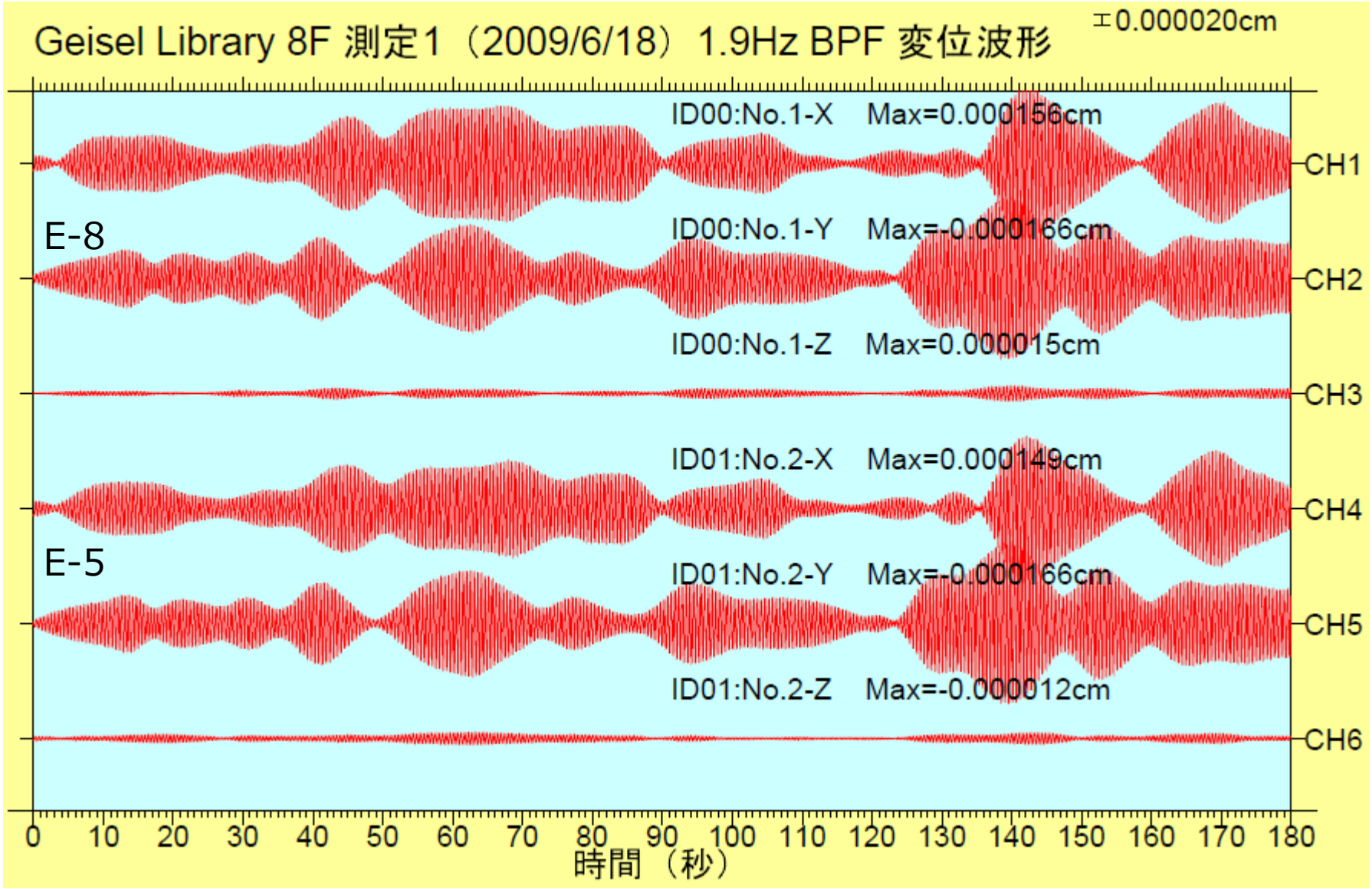
建築構造物の振動を測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

測定波形に0.63sのフィルターをかけて2階積分した変位波形



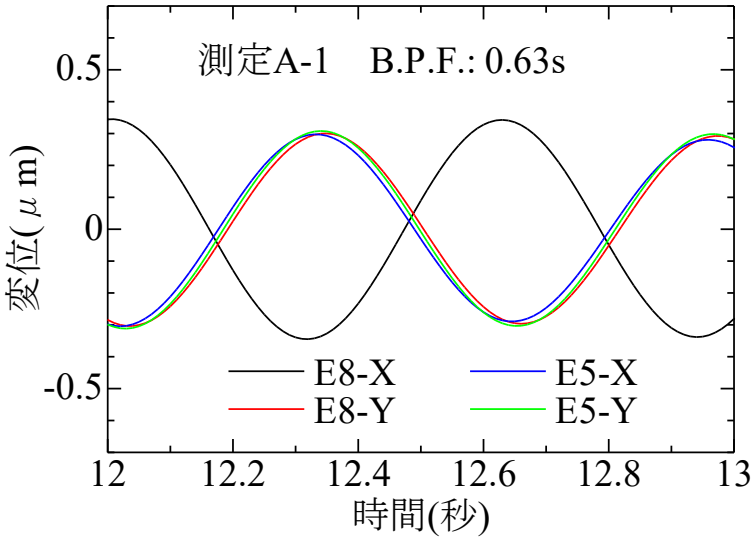
建築構造物の振動を測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

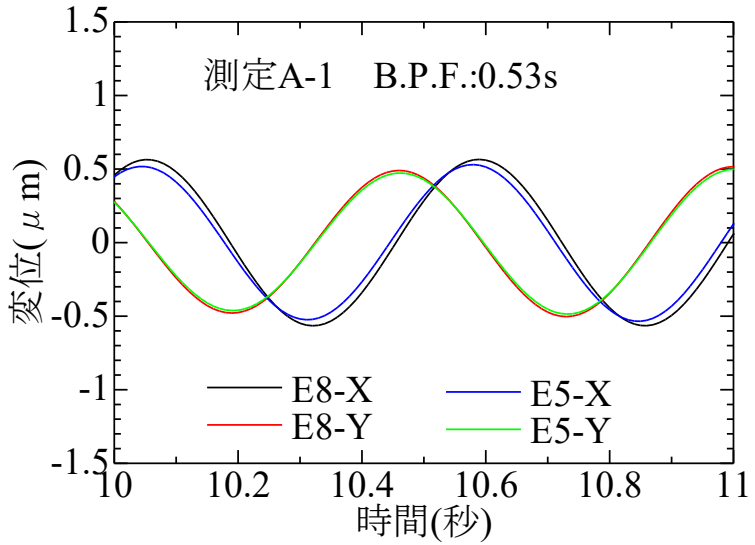
測定波形に0.53sのフィルターをかけて2階積分した変位波形

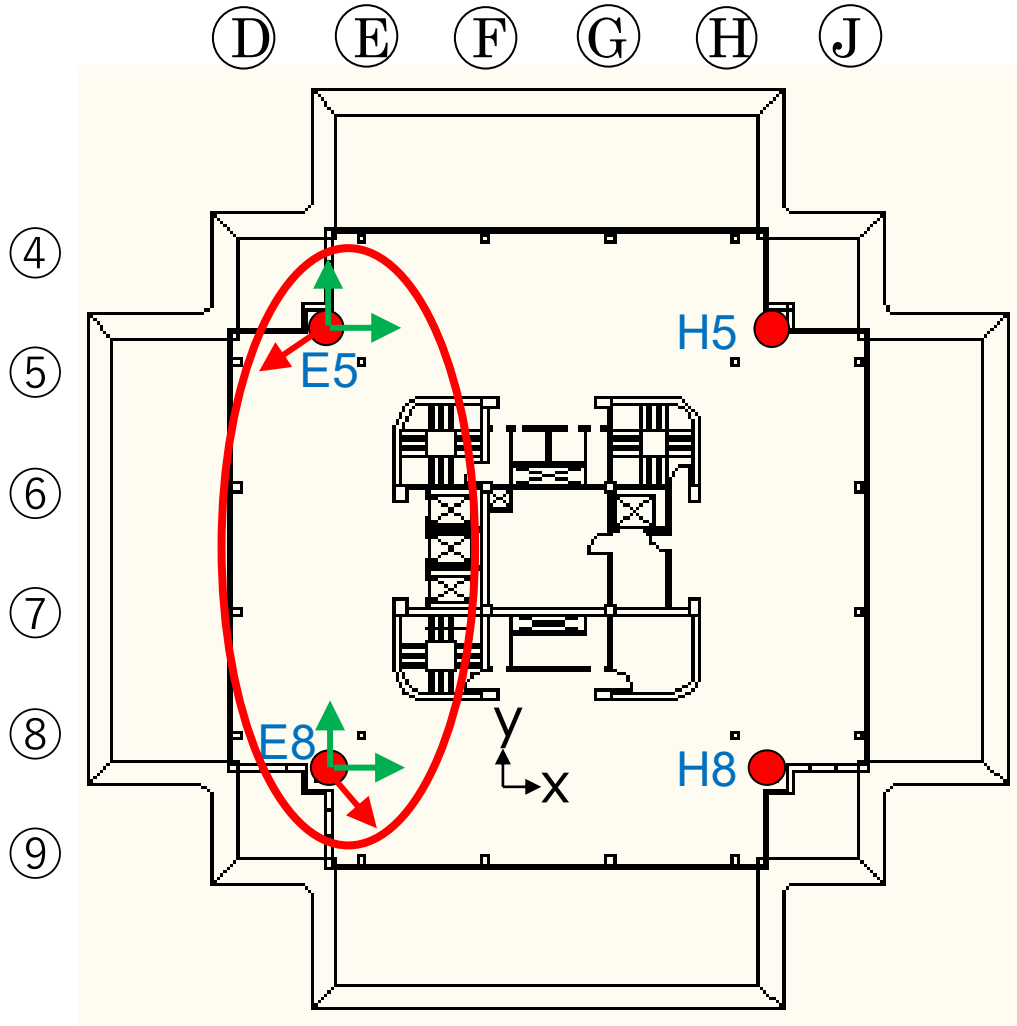


建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

バンドパスフィルター処理をした変位時刻歴波形

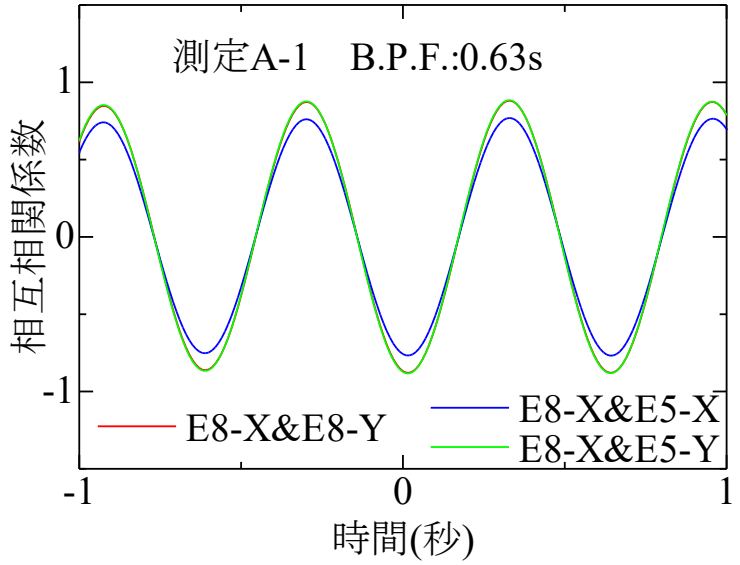


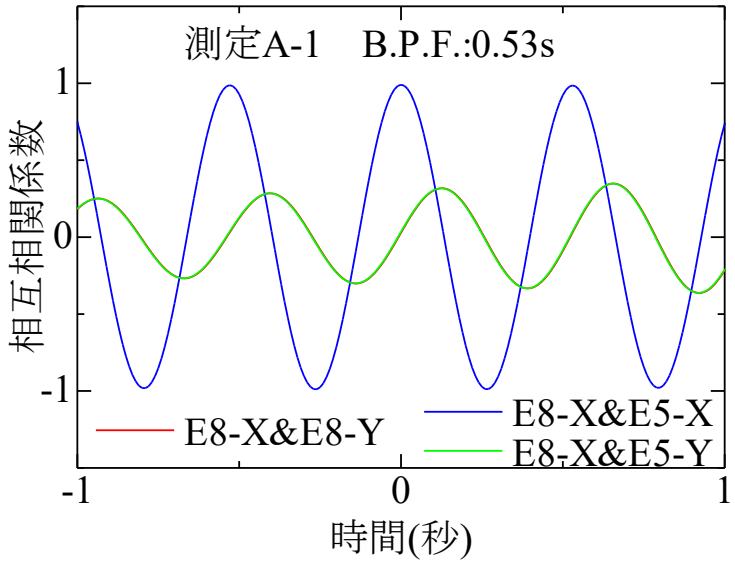


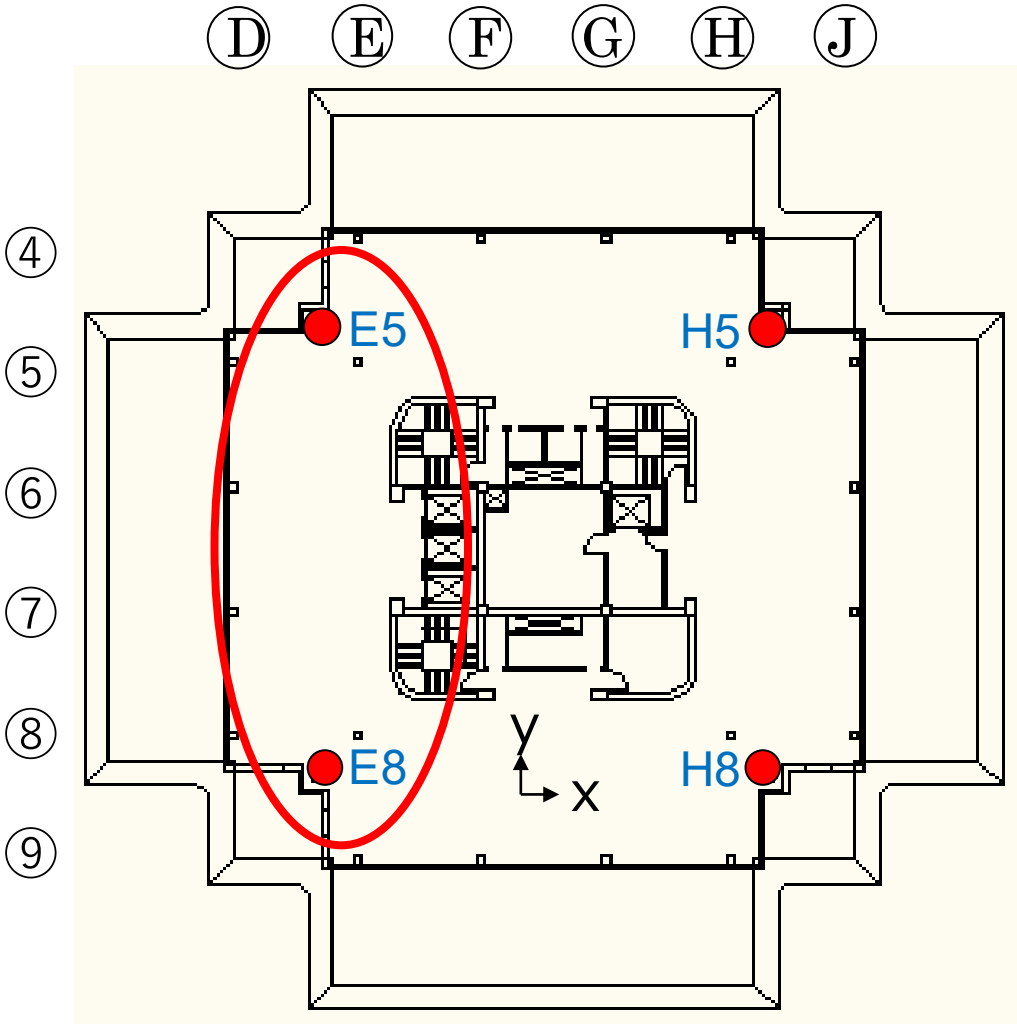


建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

1番目の点のX成分に対する各成分の相互相関係数







明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

8階床上の測定(測定A)での1番目の点のX成分に対する振幅比と時間差(s)

		0.63s			0.53s		
		RMS(μm)	振幅比	時間差(s)	RMS(μm)	振幅比	時間差(s)
測定A-1	E8-X	0.162	1.00	0.00	0.484	1.00	0.00
	E8-Y	0.158	0.97	0.33	0.486	1.00	0.13
	E5-X	0.137	0.84	0.33	0.439	0.91	0.00
	E5-Y	0.163	1.00	0.33	0.483	1.00	0.12
測定A-2	E5-X	0.269	1.00	0.00	0.602	1.00	0.00
	E5-Y	0.246	0.92	0.00	0.681	1.13	0.10
	H5-X	0.241	0.90	0.00	0.541	0.90	0.00
	H5-Y	0.275	1.02	0.33	0.656	1.09	0.10
測定A-3	H5-X	0.240	1.00	0.00	0.421	1.00	0.00
	H5-Y	0.185	0.77	0.31	0.638	1.52	-0.05
	H8-X	0.180	0.75	0.32	0.400	0.95	0.00
	H8-Y	0.234	0.98	0.31	0.619	1.47	-0.07
測定A-4	H8-X	0.233	1.00	0.00	0.417	1.00	0.00
	H8-Y	0.225	0.96	0.00	0.486	1.17	0.07
	E8-X	0.200	0.86	0.00	0.378	0.91	0.00
	E8-Y	0.187	0.80	0.33	0.532	1.28	0.07
測定A-5	H8-X	0.195	1.00	0.00	0.516	1.00	0.00
	H8-Y	0.218	1.12	0.00	0.445	0.86	0.15
	E5-X	0.200	1.03	0.31	0.461	0.89	0.00
	E5-Y	0.169	0.86	0.31	0.466	0.90	0.18

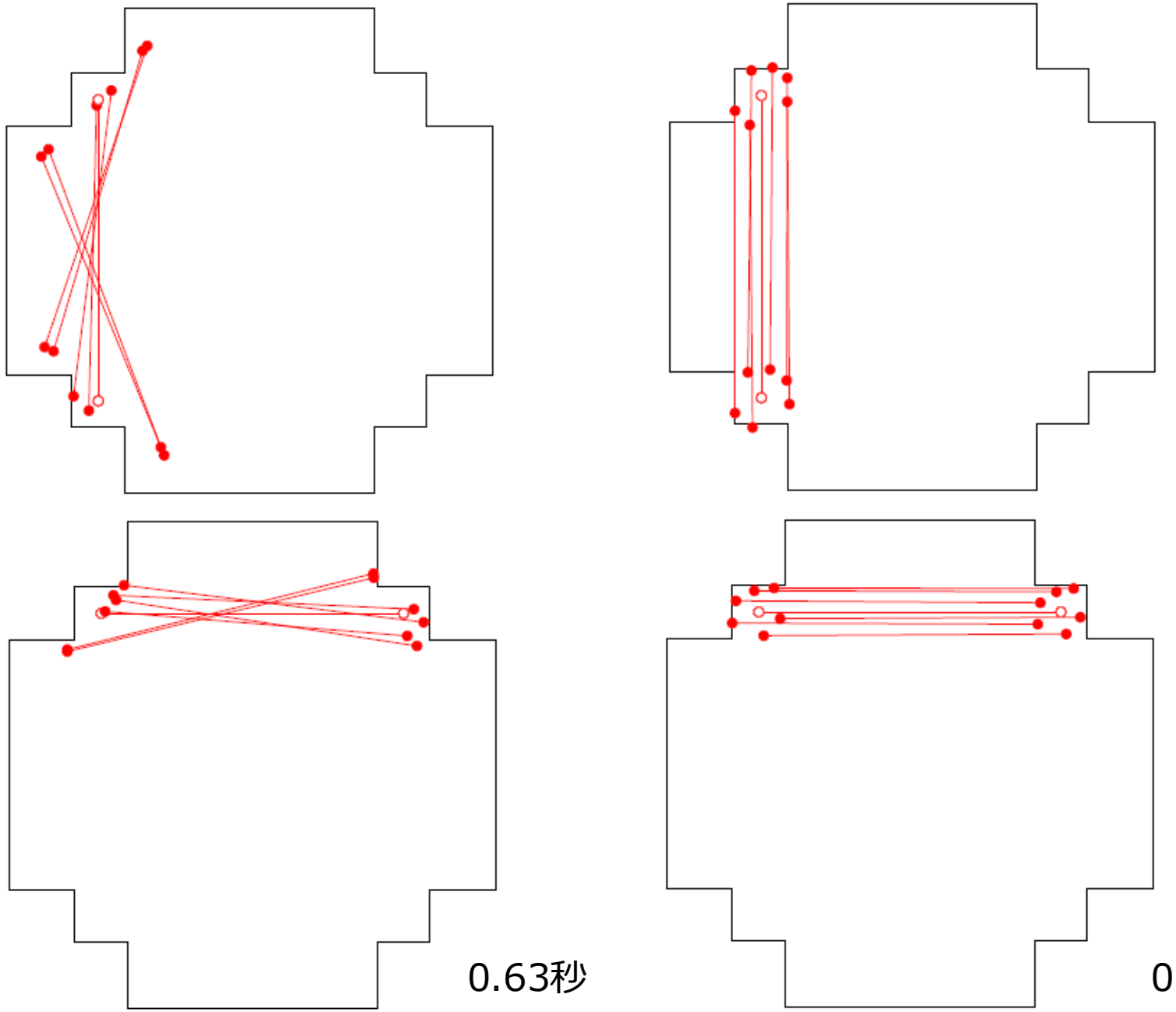
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

2点間の比較観測の特徴

- 2点毎に得られた水平4成分は振幅が同程度.
- 0.63秒では、隣り合う2点の同じ方向同士の位相は同位相か逆位相のいずれか．X方向同士が同位相の場合はY方向同士が逆位相．X方向同士が逆位相の場合はY方向同士が同位相．対角2点では、2点のX方向同士、Y方向同士ともに逆位相.
- 0.53秒では、隣り合う2点、対角2点のX方向同士、Y方向同士はともに同位相．1つの測点のX方向とY方向の位相差はほぼn/2.

建築構造物の振動を測る・調べる・見る

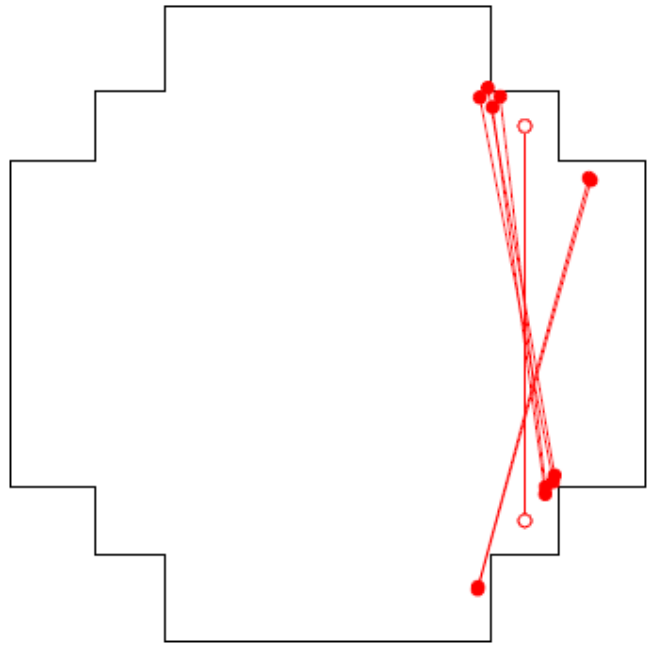
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

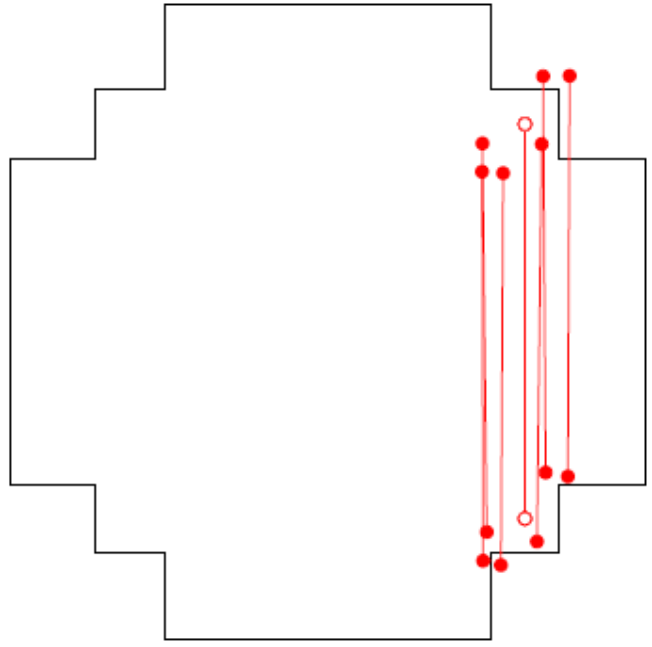


MIDAS × TOSHINAWA

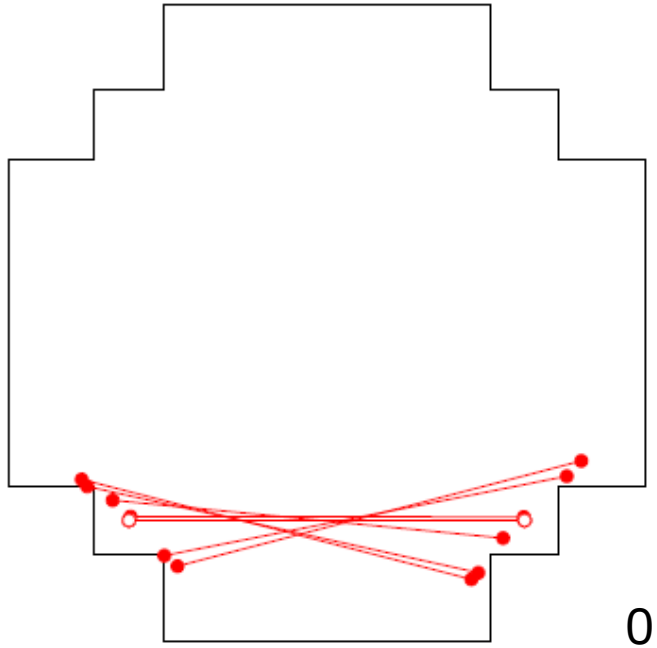
建築構造物の振動を測る・調べる・見る

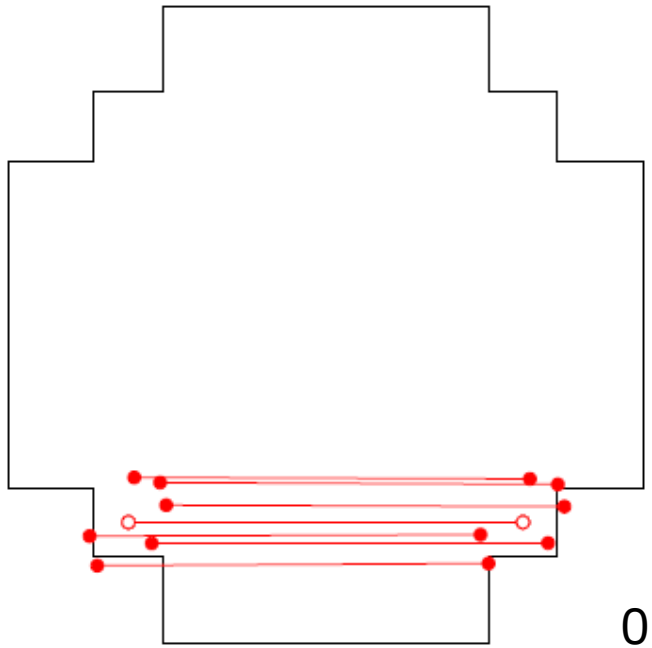
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧





A-3





A-4

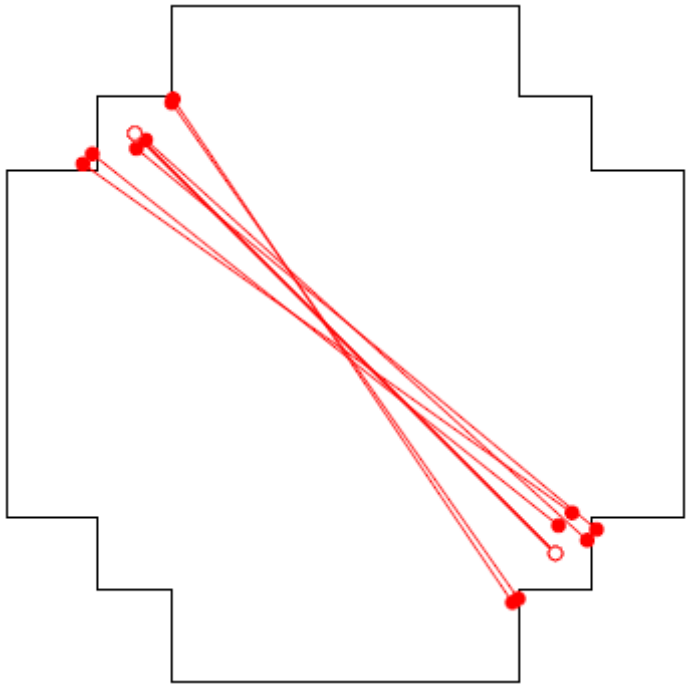
0.63秒

0.53秒

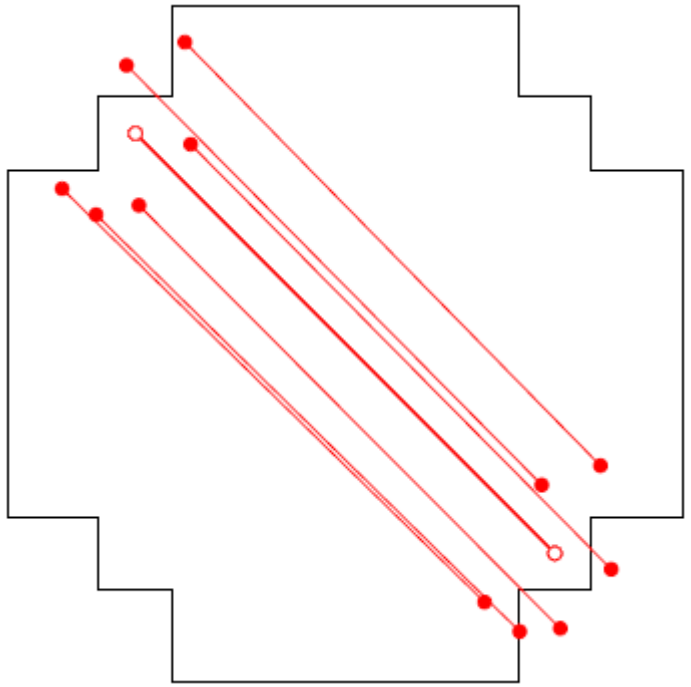
MIDAS × TOSHINAWA

建築構造物の振動を測る・調べる・見る

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧



0.63秒

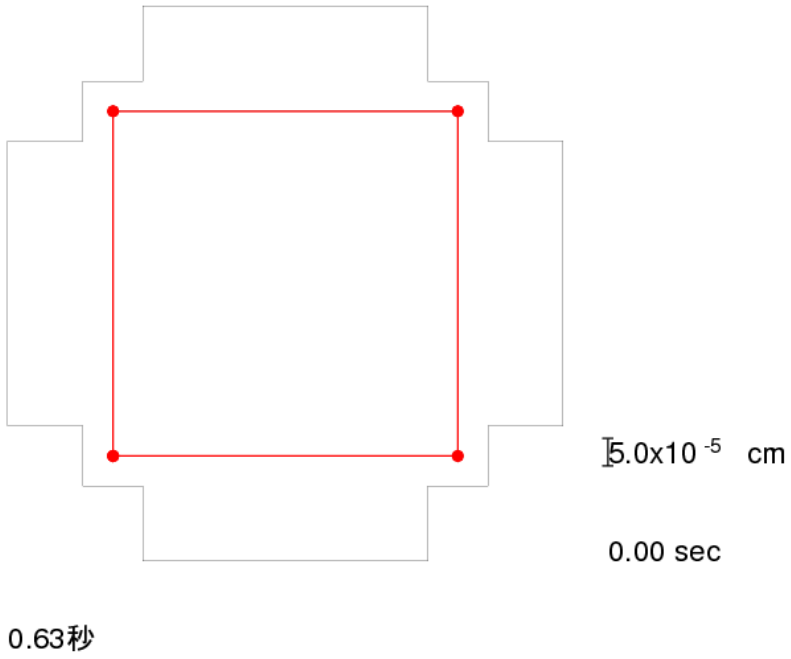


0.53秒

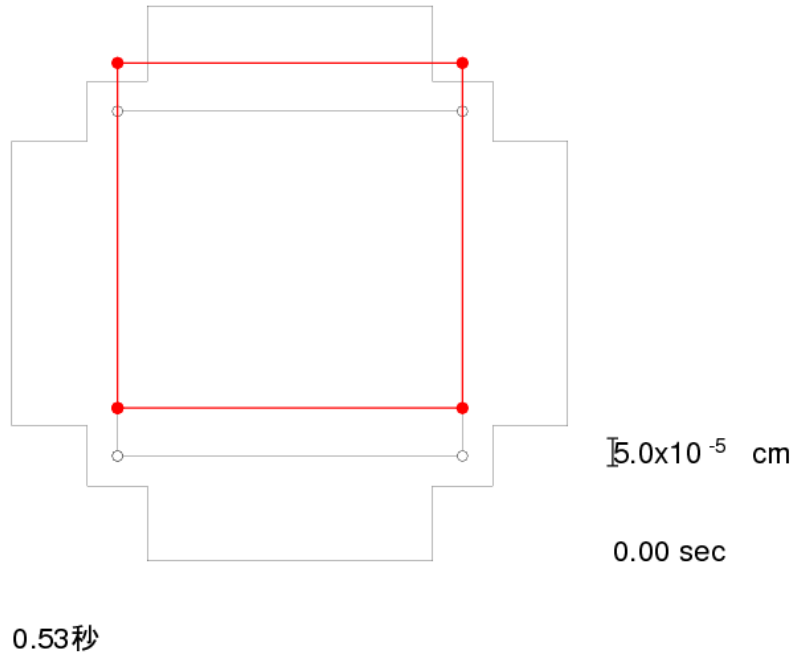
A-5

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

8階床の変位の粒子軌跡



0.63秒

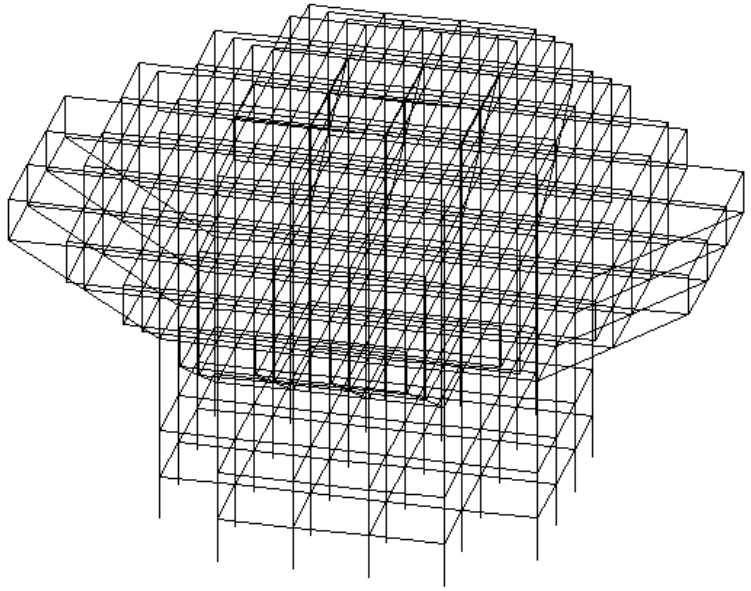


0.53秒

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

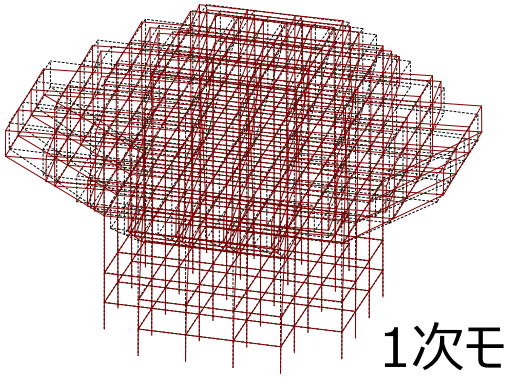
対象建築物の固有値解析

- 柱、はり、コアの壁：3次元はり要素
- スラブ：Mindlin 板曲げ要素
- コンクリートのヤング率：
  $3.3\times10^{10}N/m^2$
- ポアソン比：0.15
- 質量密度：$2.5t/m^3$
- 積載荷重：$15kN/m^2$ として
  各節点に集中質量

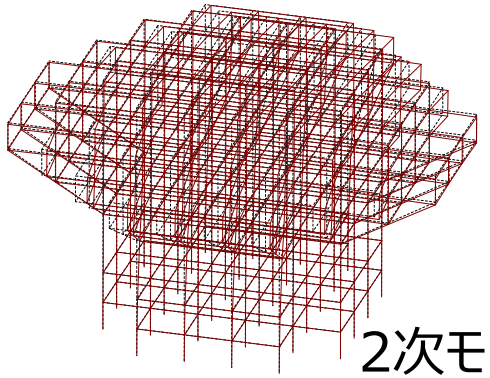


明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

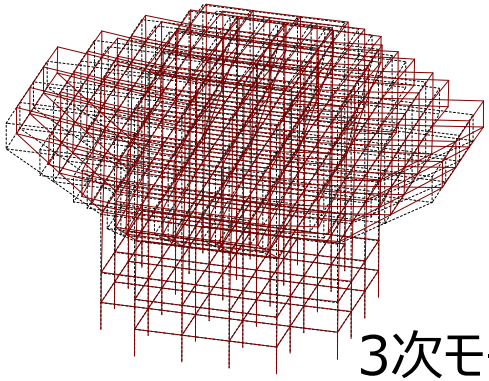
固有値解析の結果



1次モード
(0.67s)



2次モード
(0.59s)



3次モード
(0.59s)

	常時微動①	固有値解析②	②／①
1次	0.63秒(ねじれ)	0.67秒(ねじれ)	1.06
2次・3次	0.53秒(並進)	0.59秒(並進)	1.11

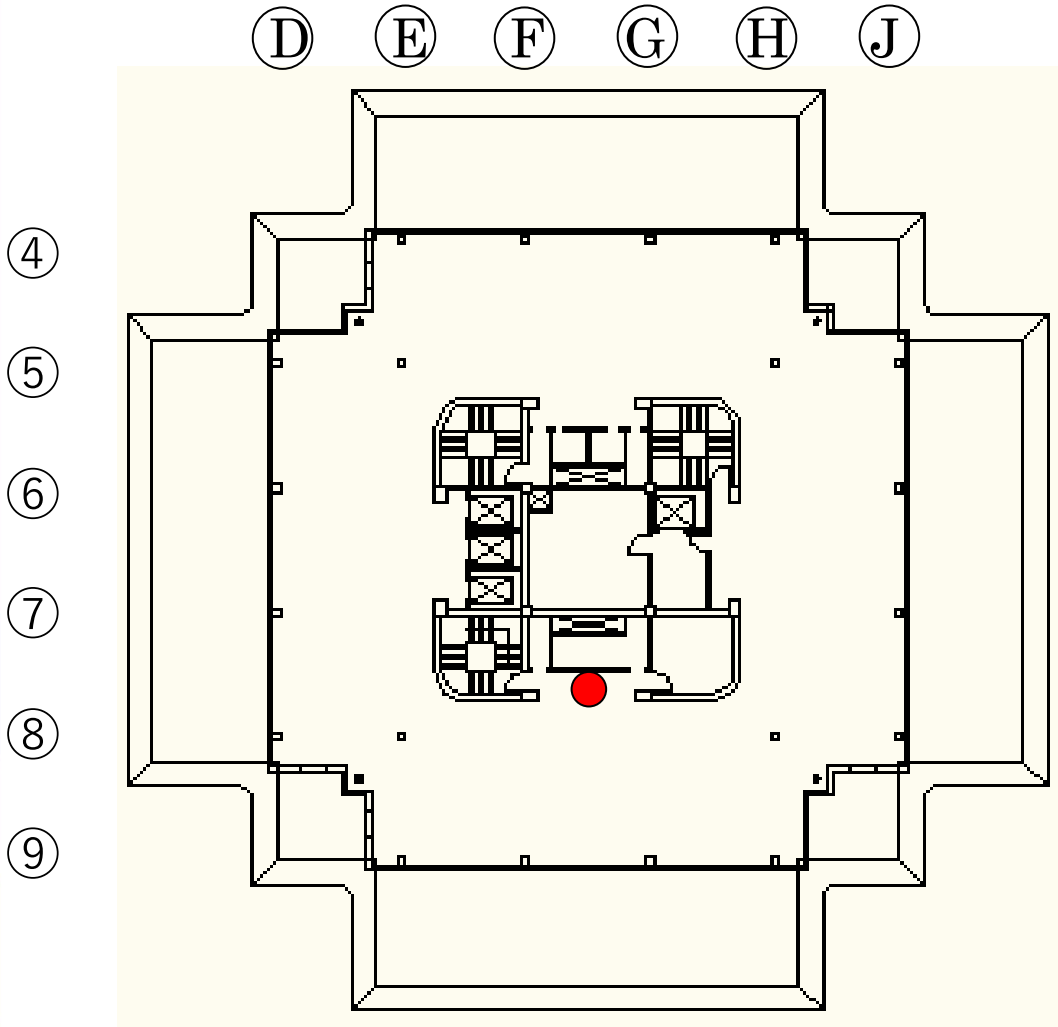
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

まとめ：平面内での測定(測定A)

- 建物の1次モード(0.63秒)はねじれ、2次モード(0.53秒)は2方向の並進のカップリングである.
- 固有値解析でのねじれモード、並進モードの出現順序は実測と同じ.
- 計算による固有周期は実測よりもやや(6～11%)長い.

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

縦方向での測定(測定B)







建築構造物の振動を測る・調べる・見る

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧







MIDAS × TOSHINAWA

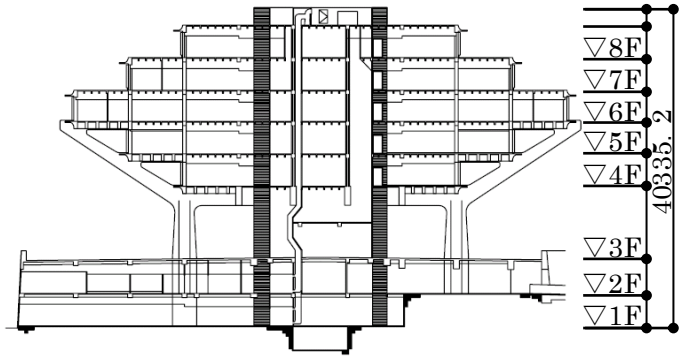
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

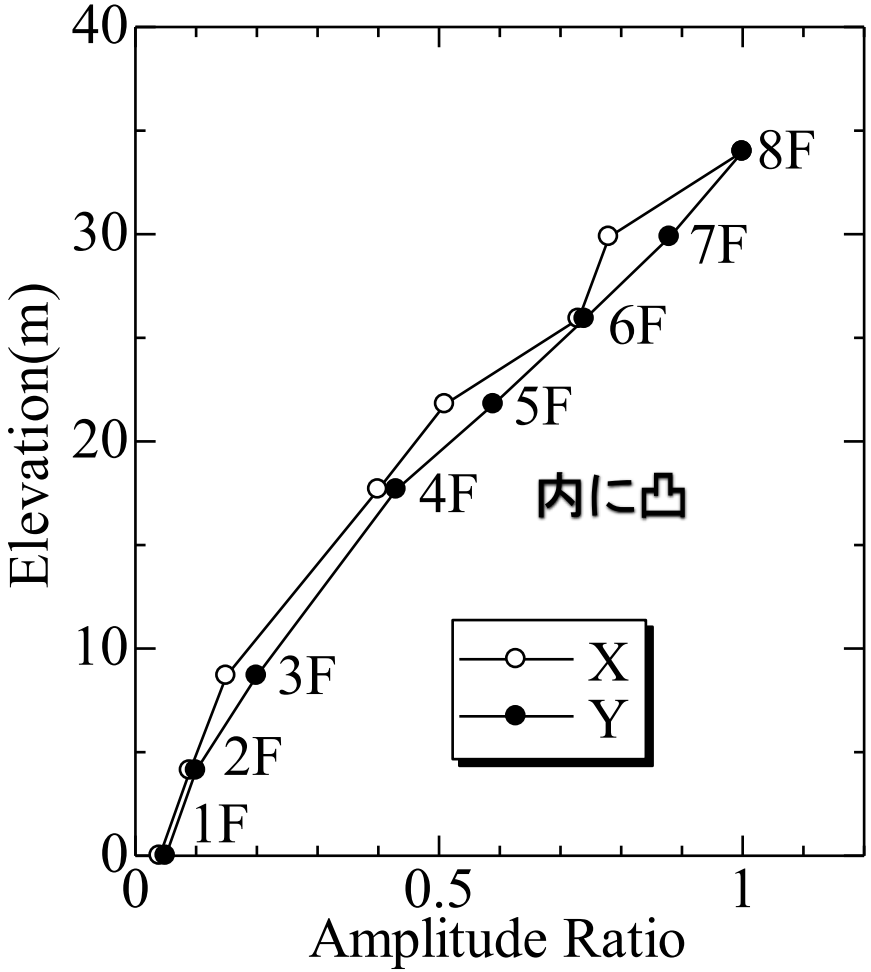
測定Bで得られた上階に対する下階の振幅比(層間振幅比)と累積振幅比

	センサー1	RMS（μm）		センサー2	RMS（μm）			層間振幅比			振幅比	
		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
測定B-1	8F	0.390	0.459	7F	0.304	0.405	7F/8F	0.78	0.88	8F	1.00	1.00
測定B-2	7F	0.437	0.534	6F	0.408	0.451	6F/7F	0.93	0.84	7F	0.78	0.88
測定B-3	6F	0.209	0.207	5F	0.146	0.164	5F/6F	0.70	0.79	6F	0.73	0.74
測定B-4	5F	0.292	0.194	4F	0.228	0.141	4F/5F	0.78	0.73	5F	0.51	0.59
測定B-5	4F	0.383	0.358	3F	0.146	0.168	3F/4F	0.38	0.47	4F	0.40	0.43
測定B-6	3F	0.081	0.144	2F	0.050	0.074	2F/3F	0.61	0.52	3F	0.15	0.20
測定B-7	2F	0.064	0.081	1F	0.026	0.037	1F/2F	0.41	0.45	2F	0.09	0.10
測定B-8	8F	0.669	0.750	1F	0.025	0.034	1F/8F	0.04	0.05	1F	0.04	0.05
										1F'	0.04	0.05

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

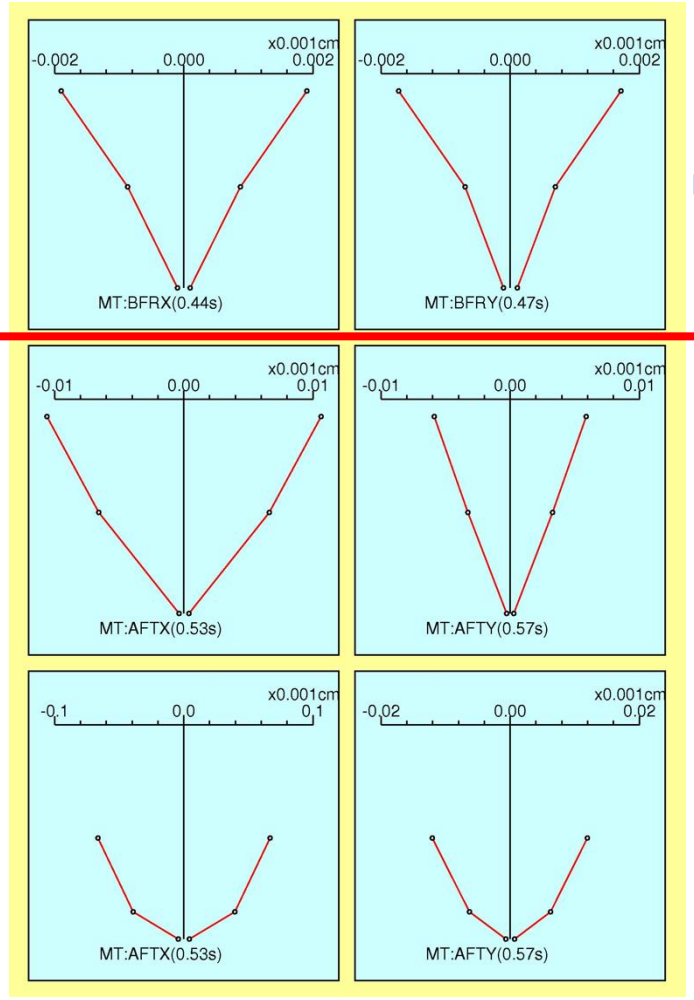
測定Bで得られた8階を基準とした振幅比



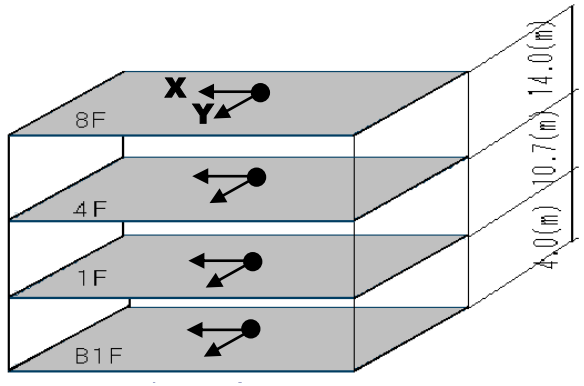


明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

参考：免震建築物で測定された振幅分布
（Toshinawa, Masuzawa and Hisada（2005））

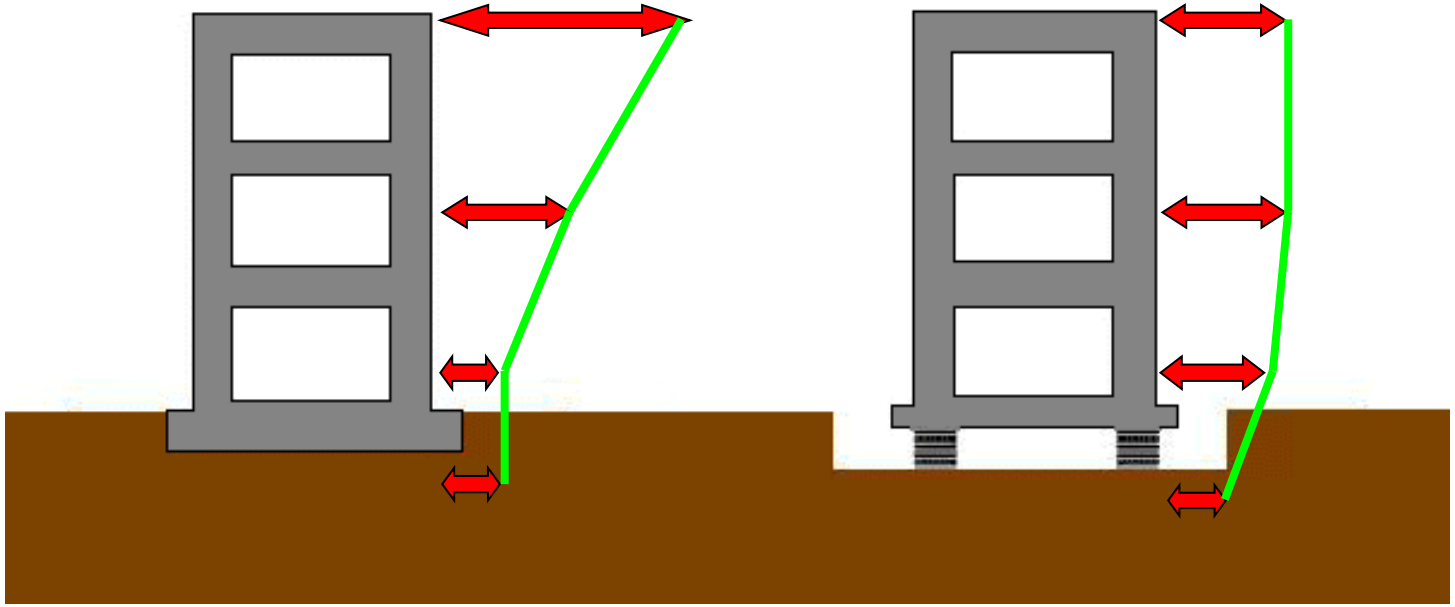


- 内に凸
- 外に凸



明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

免震工事前後の建築物の振動形



免震工事前

- 内に凸

免震工事後

- 外に凸

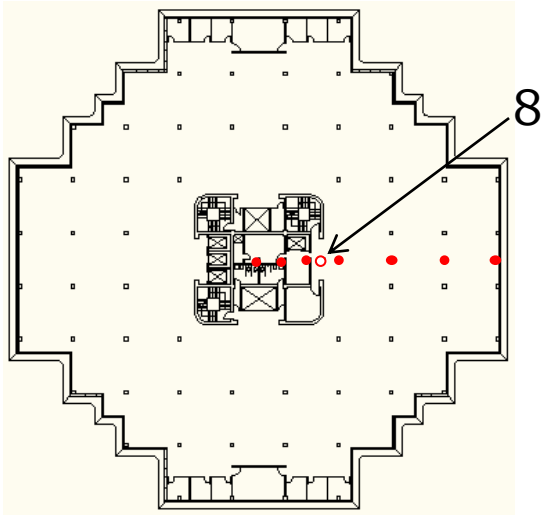
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

まとめ：縦方向での測定(測定B)

- 測定によって得られた高さ方向の振幅分布はやや内に凸であり、高さ方向の剛性の分布は、低層階に向かい剛性が緩やかに増加していく傾向があることを示している.

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

コア部分を含んだ平面内での測定(測定C,D,E)

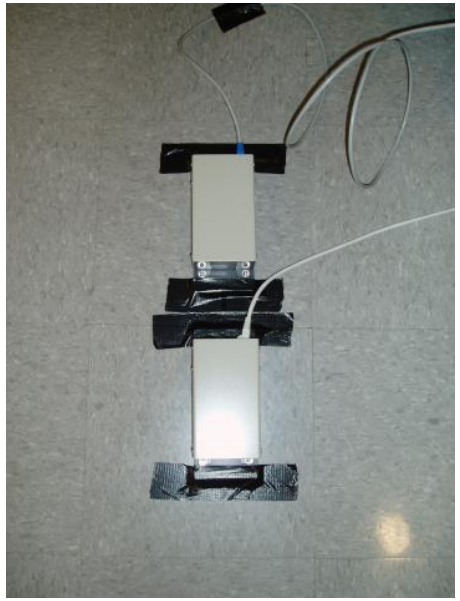


測定C(6階床上)





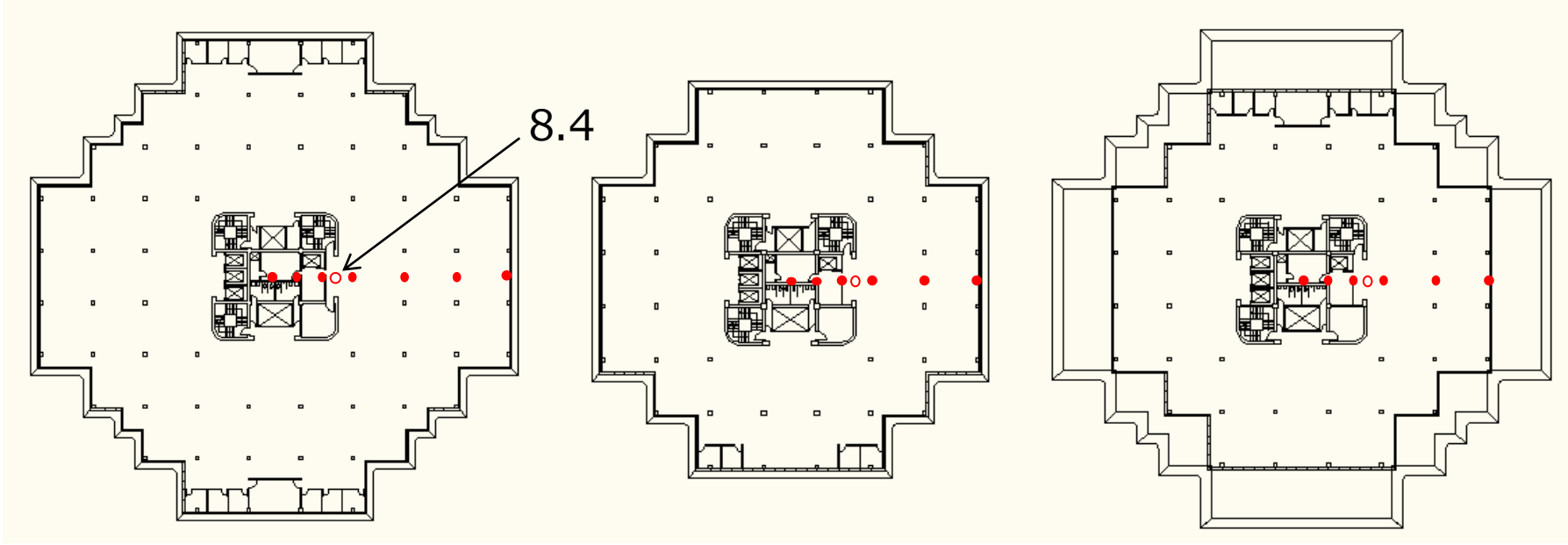






明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

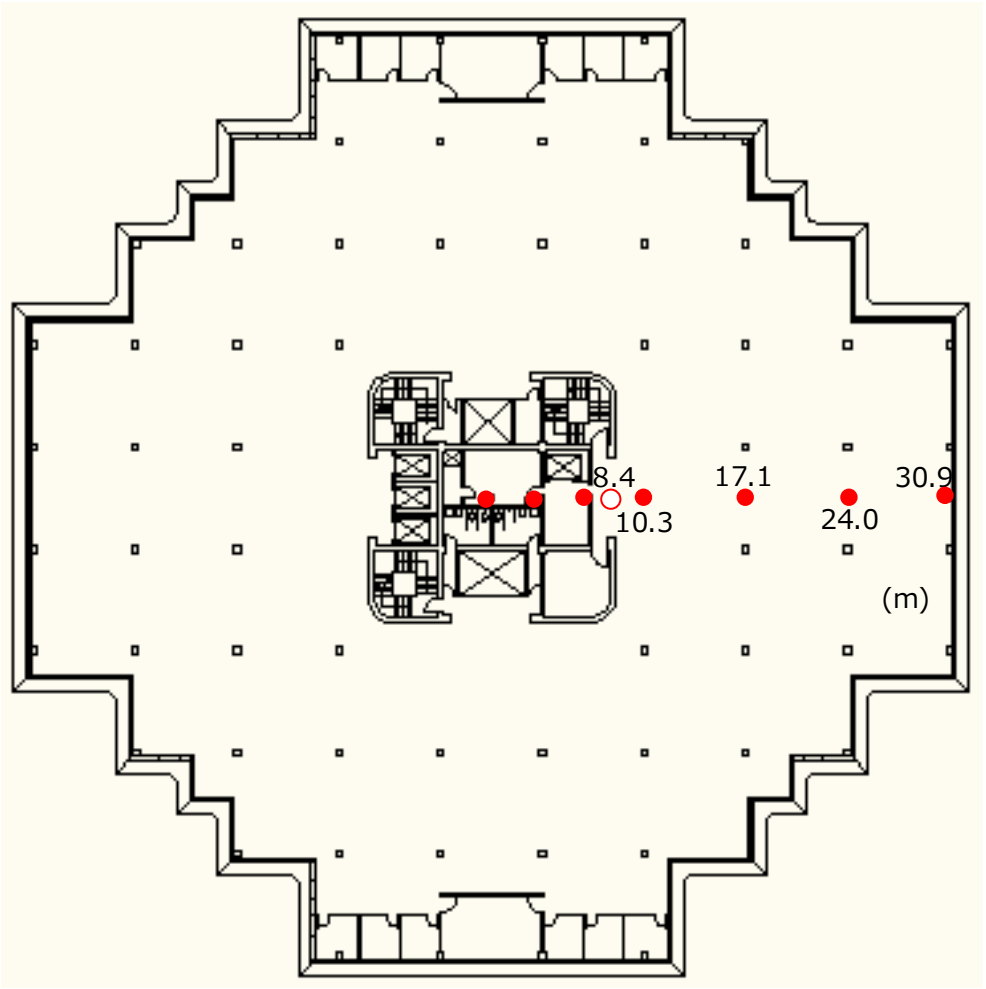
測定C，D，E



測定C(6階床上)　測定D(5階床上)　測定E(7階床上)

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

6階床上での測定C



6 階

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

6階の測定での振幅比・時間差

		0.63s					0.53s				
		RMS(μm)	8.4-X,Yに対する比	8.4-Xに対する比	8.4-Yに対する比	8.4-Xに対する時間差	RMS(μm)	8.4-X,Yに対する比	8.4-Xに対する比	8.4-Yに対する比	8.4-Xに対する時間差
測定C-1	8.4-X	0.036	1.00	1.00	0.52	—	0.320	1.00	1.00	1.02	—
	8.4-Y	0.069	1.00	1.93	1.00	0.48	0.313	1.00	0.98	1.00	0.07
	0.0-X	0.034	0.96	0.96	0.50	0.01	0.288	0.90	0.90	0.92	0.00
	0.0-Y	0.023	0.33	0.64	0.33	0.48	0.326	1.04	1.02	1.04	0.06
測定C-2	8.4-X	0.044	1.00	1.00	0.76	—	0.375	1.00	1.00	0.55	—
	8.4-Y	0.058	1.00	1.32	1.00	0.02	0.683	1.00	1.82	1.00	0.30
	3.4-X	0.041	0.92	0.92	0.70	0.01	0.341	0.91	0.91	0.50	0.00
	3.4-Y	0.037	0.63	0.84	0.63	0.61	0.686	1.00	1.83	1.00	0.30
測定C-3	8.4-X	0.047	1.00	1.00	0.42	—	0.346	1.00	1.00	0.69	—
	8.4-Y	0.112	1.00	2.38	1.00	0.59	0.502	1.00	1.45	1.00	0.27
	6.6-X	0.040	0.85	0.85	0.36	0.60	0.313	0.90	0.90	0.62	0.52
	6.6-Y	0.094	0.84	2.01	0.84	0.59	0.503	1.00	1.45	1.00	0.27
測定C-4	8.4-X	0.022	1.00	1.00	0.37	—	0.258	1.00	1.00	1.07	—
	8.4-Y	0.059	1.00	2.67	1.00	0.05	0.241	1.00	0.93	1.00	0.02
	8.4-X	0.022	1.01	1.01	0.38	0.00	0.237	0.92	0.92	0.98	0.52
	8.4-Y	0.059	1.00	2.67	1.00	0.04	0.240	1.00	0.93	1.00	0.01
測定C-5	8.4-X	0.029	1.00	1.00	0.96	—	0.152	1.00	1.00	0.75	—
	8.4-Y	0.030	1.00	1.05	1.00	0.56	0.203	1.00	1.34	1.00	0.54
	10.3-X	0.027	0.93	0.93	0.89	0.01	0.137	0.90	0.90	0.67	0.00
	10.3-Y	0.035	1.17	1.23	1.17	0.57	0.204	1.00	1.34	1.00	0.54
測定C-6	8.4-X	0.042	1.00	1.00	0.78	—	0.239	1.00	1.00	1.50	—
	8.4-Y	0.054	1.00	1.28	1.00	0.55	0.160	1.00	0.67	1.00	0.49
	17.1-X	0.039	0.93	0.93	0.72	0.60	0.220	0.92	0.92	1.38	0.00
	17.1-Y	0.085	1.59	2.04	1.59	0.54	0.155	0.97	0.65	0.97	0.49
測定C-7	8.4-X	0.031	1.00	1.00	0.70	—	0.162	1.00	1.00	0.76	—
	8.4-Y	0.045	1.00	1.42	1.00	0.51	0.213	1.00	1.32	1.00	0.27
	24.0-X	0.031	0.98	0.98	0.69	0.01	0.149	0.92	0.92	0.70	0.00
	24.0-Y	0.120	2.68	3.81	2.68	0.62	0.209	0.98	1.29	0.98	0.27
測定C-8	8.4-X	0.033	1.00	1.00	0.60	—	0.204	1.00	1.00	0.81	—
	8.4-Y	0.056	1.00	1.68	1.00	0.13	0.251	1.00	1.23	1.00	0.31
	30.9-X	0.031	0.94	0.94	0.56	0.00	0.244	1.20	1.20	0.97	0.00
	30.9-Y	0.214	3.83	6.42	3.83	0.10	0.145	0.58	0.71	0.58	0.29

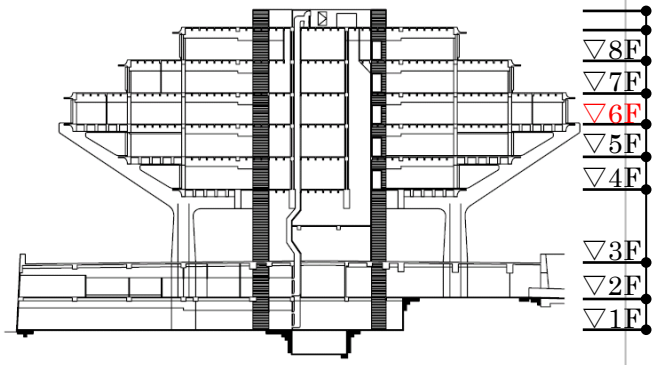
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

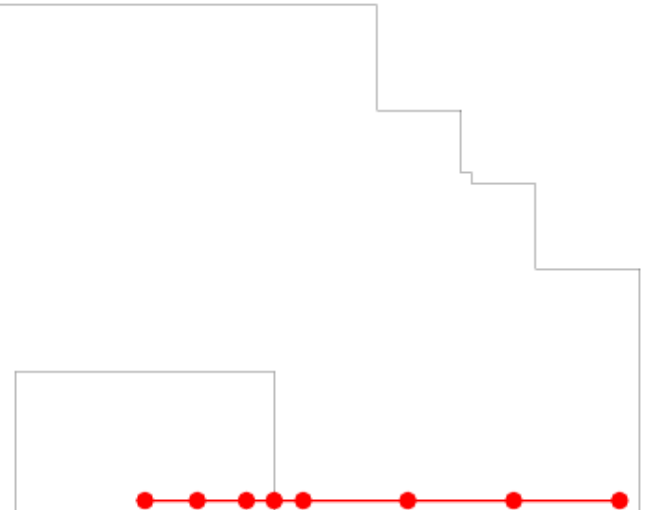
変位粒子軌跡の作成

- 0.63秒、0.53秒のサイン波を作成
- コア壁のX、またはY方向に対する振幅比を乗じて各点の振幅を作成
- 位相は方向毎に同位相
- 0.63秒はXとY方向は同位相
- 0.53秒はXとY方向の位相差はπ/2

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

6階床　0.63秒の変位粒子軌跡





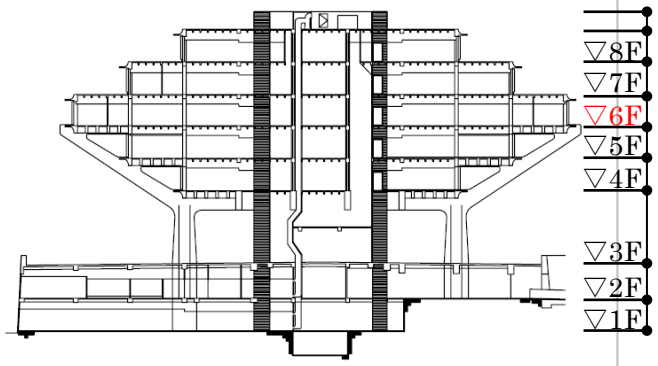
0.00 sec

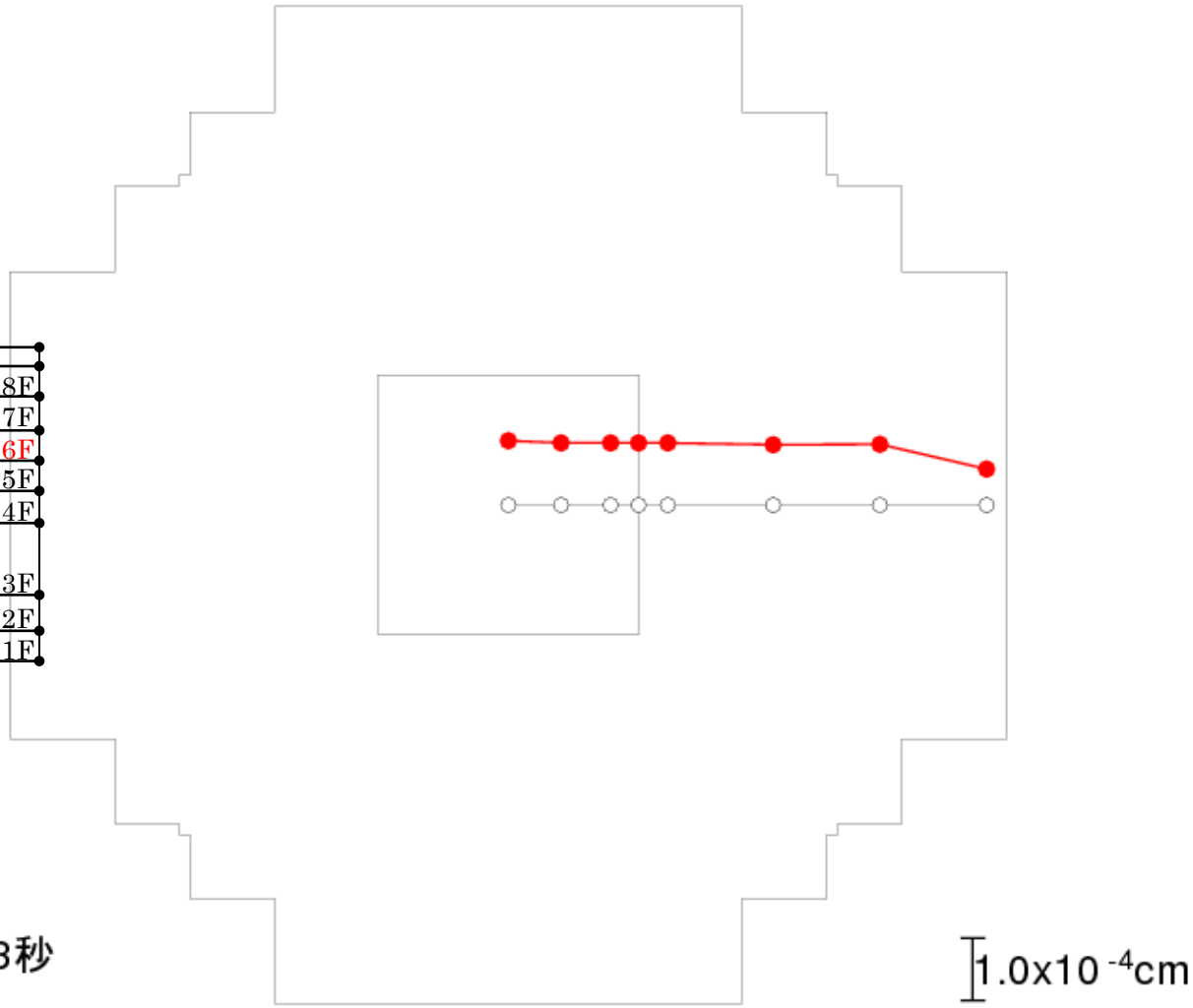
6th floor 0.63秒

1.0x10 -4cm

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

6階床　0.53秒の変位粒子軌跡

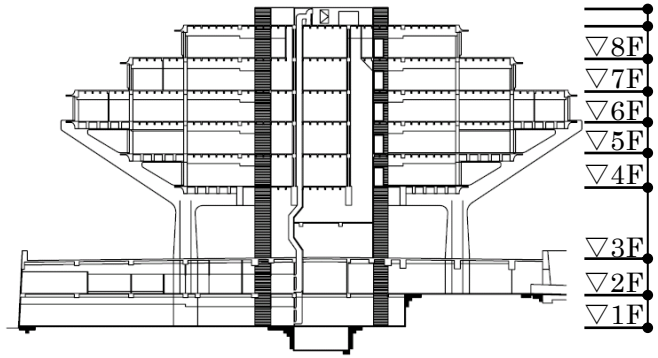


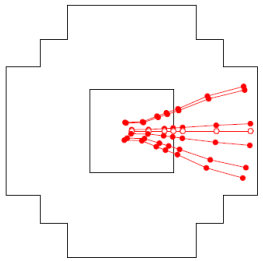
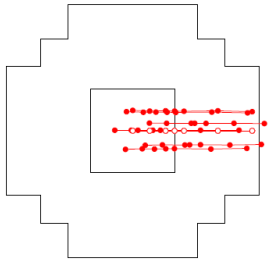
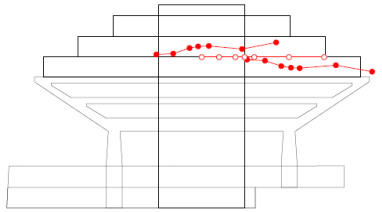


建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

5,6,7階の水平・鉛直面内の変位の粒子軌跡

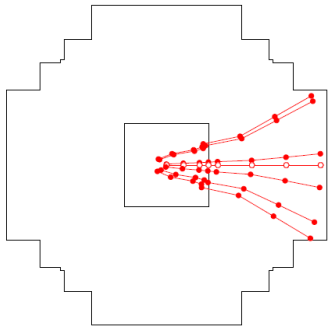
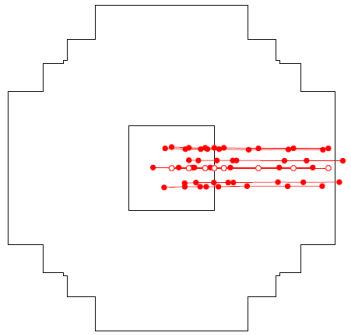
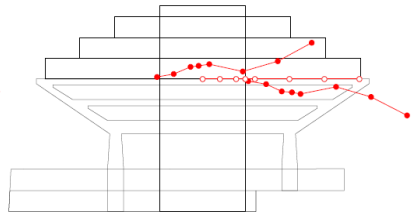
7階(測定E)



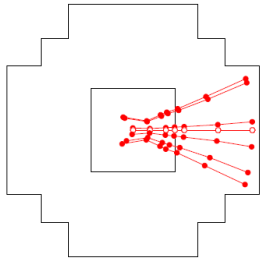
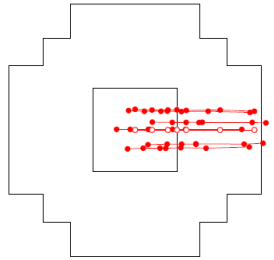
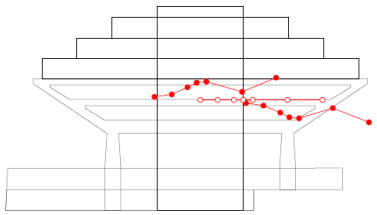
0.63秒　0.53秒　0.53秒

6階(測定C)

0.63秒　0.53秒　0.53秒

5階(測定D)

0.63秒　0.53秒　0.53秒

MIDAS × TOSHINAWA

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

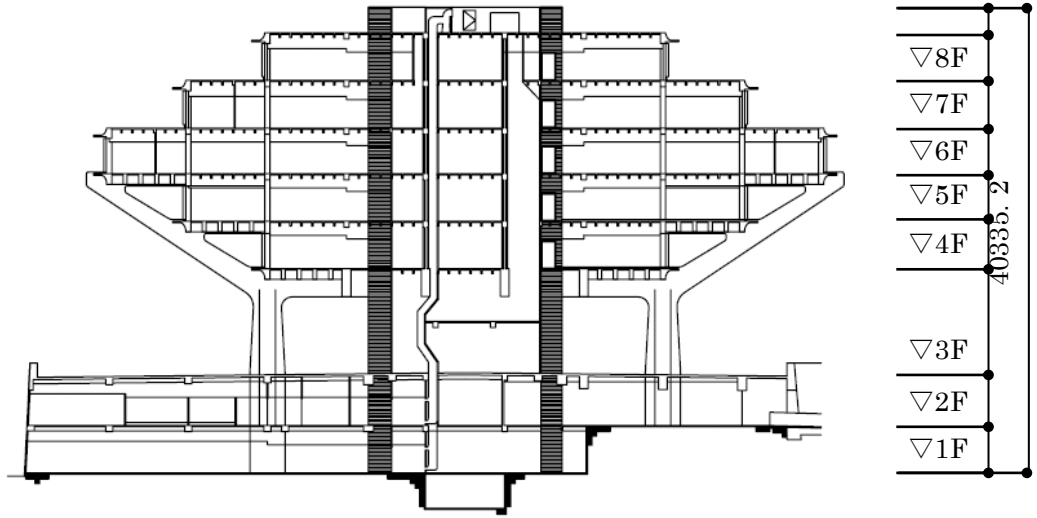
まとめ：コア部分を含んだ平面内での測定(測定C,D,E)

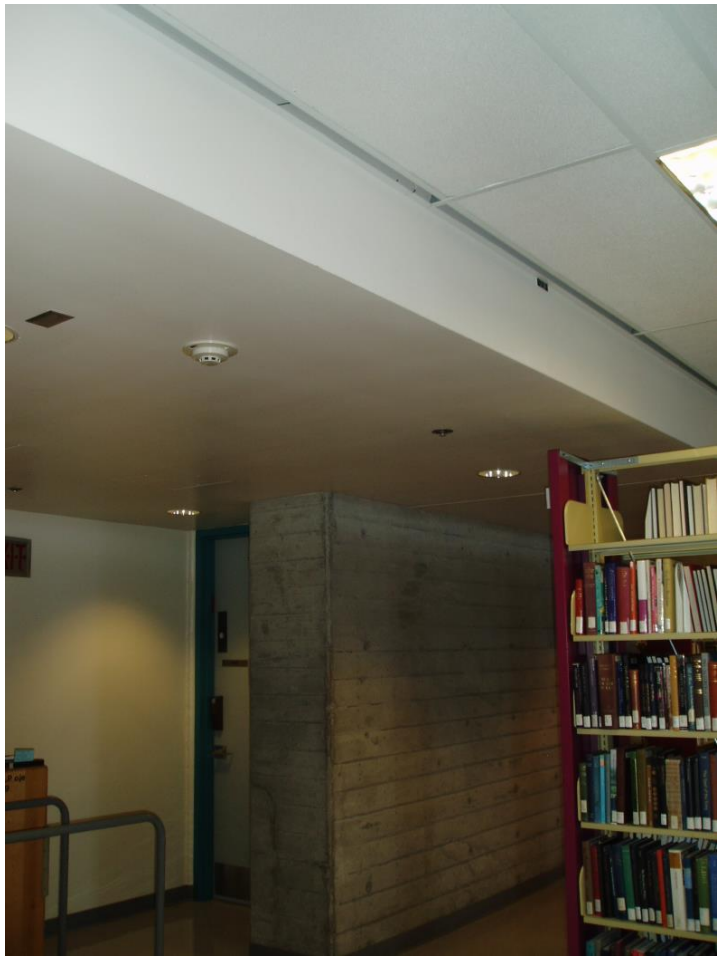
- 変形の分布から推定すると、5、6、7階の剛性分布は一様ではなく、剛性はコア壁内部で高く、コア壁外部で低い.
- コア壁外部では並進方向とカップリングした上下動が顕著.

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

過去の地震被害との対応

- 1986年Oceanside地震
- 6、7、8階のコア壁周辺の天井板が落下．7階の被害が最も大．
- 6、7階の本が本棚から落下．
- 5階は天井板の落下なし、本の落下なし．

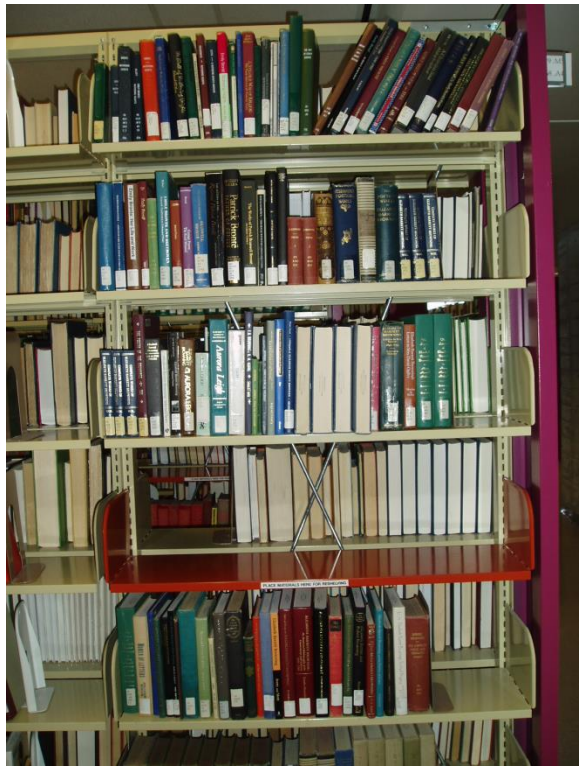




7階のコア壁と周囲の天井
（2009年当時）

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

7階の書架と天井





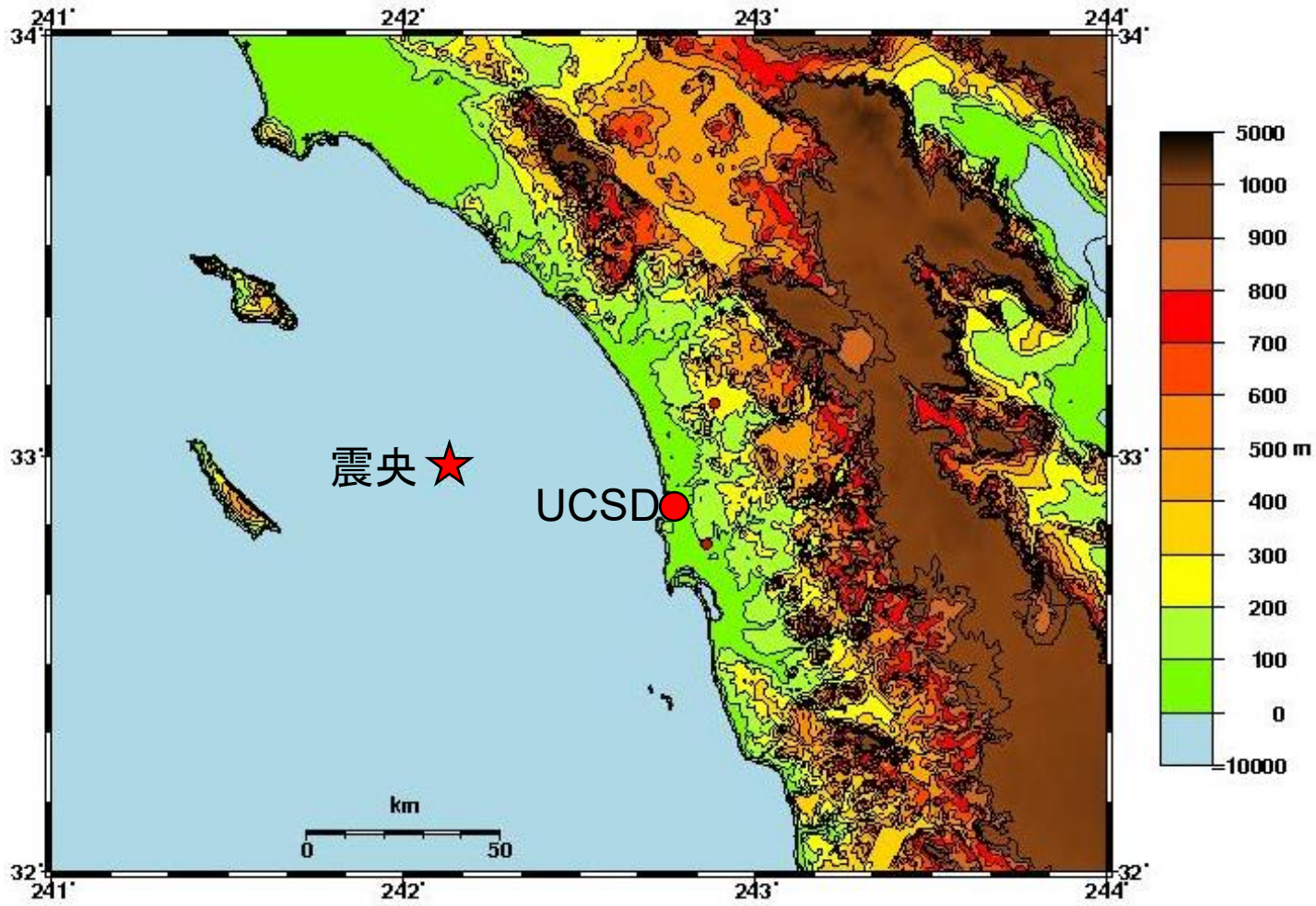
ペリメーターに向かって



コア壁内に向かって

建築構造物の振動を測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

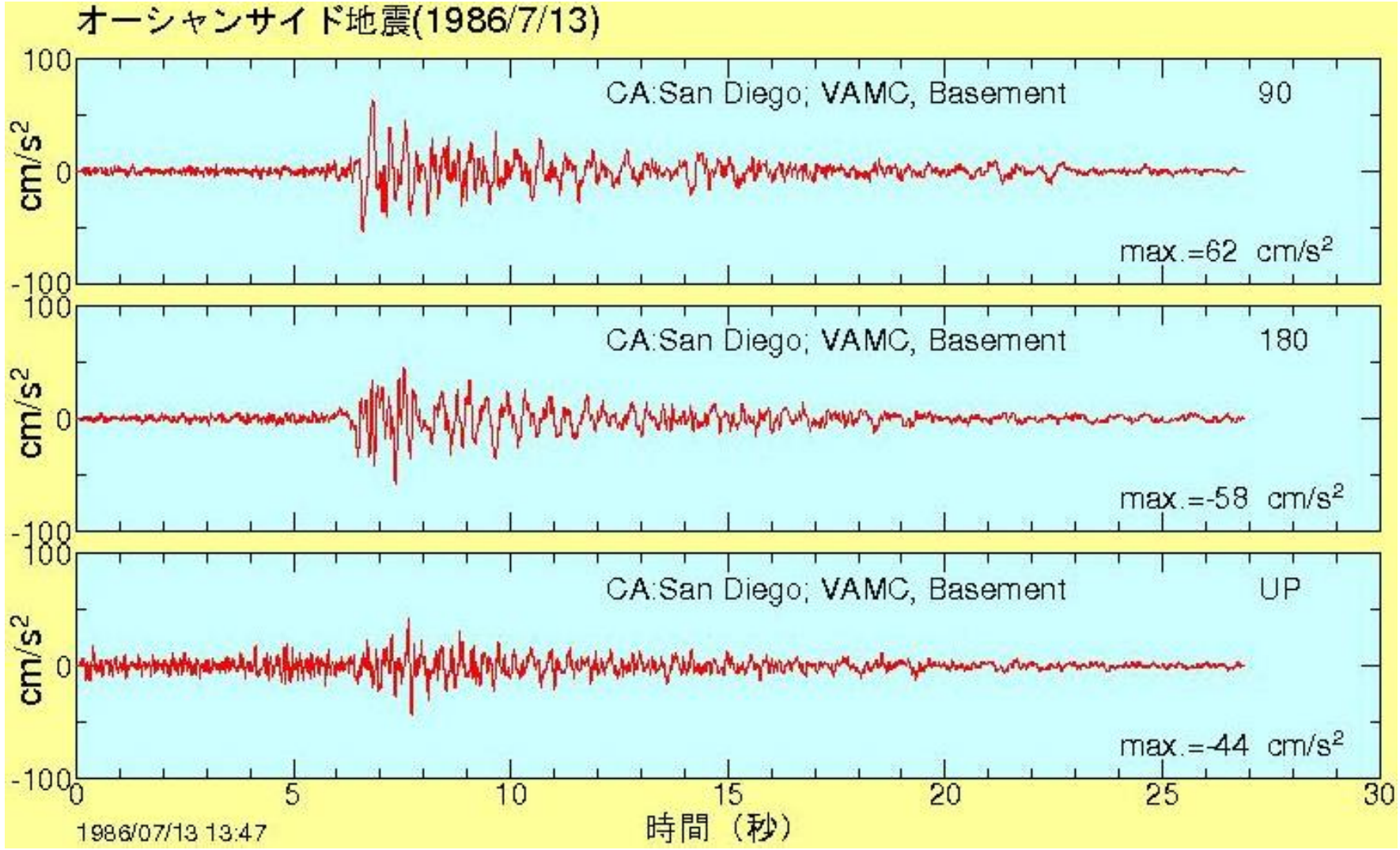
1986年Oceanside地震



- サンディゴの北西約55kmで発生、M_L=5.3、震源深さ8.8km

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

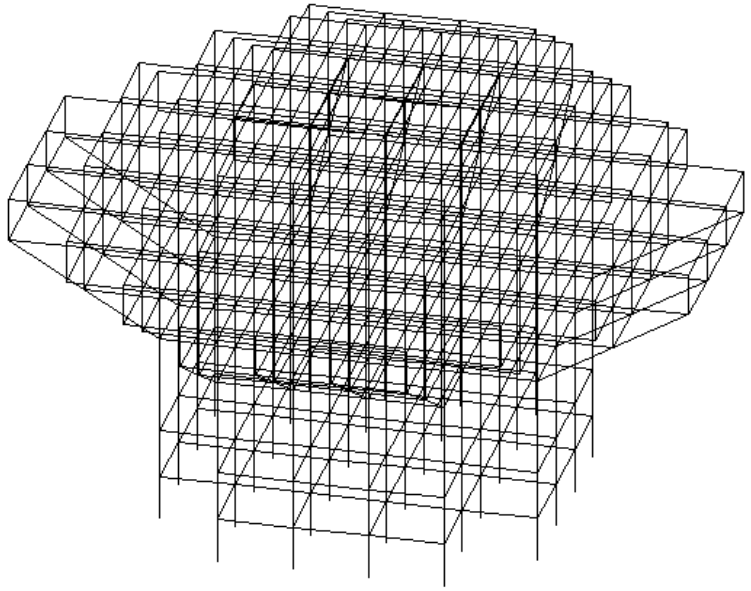
1986年 Oceanside地震(M_L5.3)の加速度時刻歴波形(1F)



明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

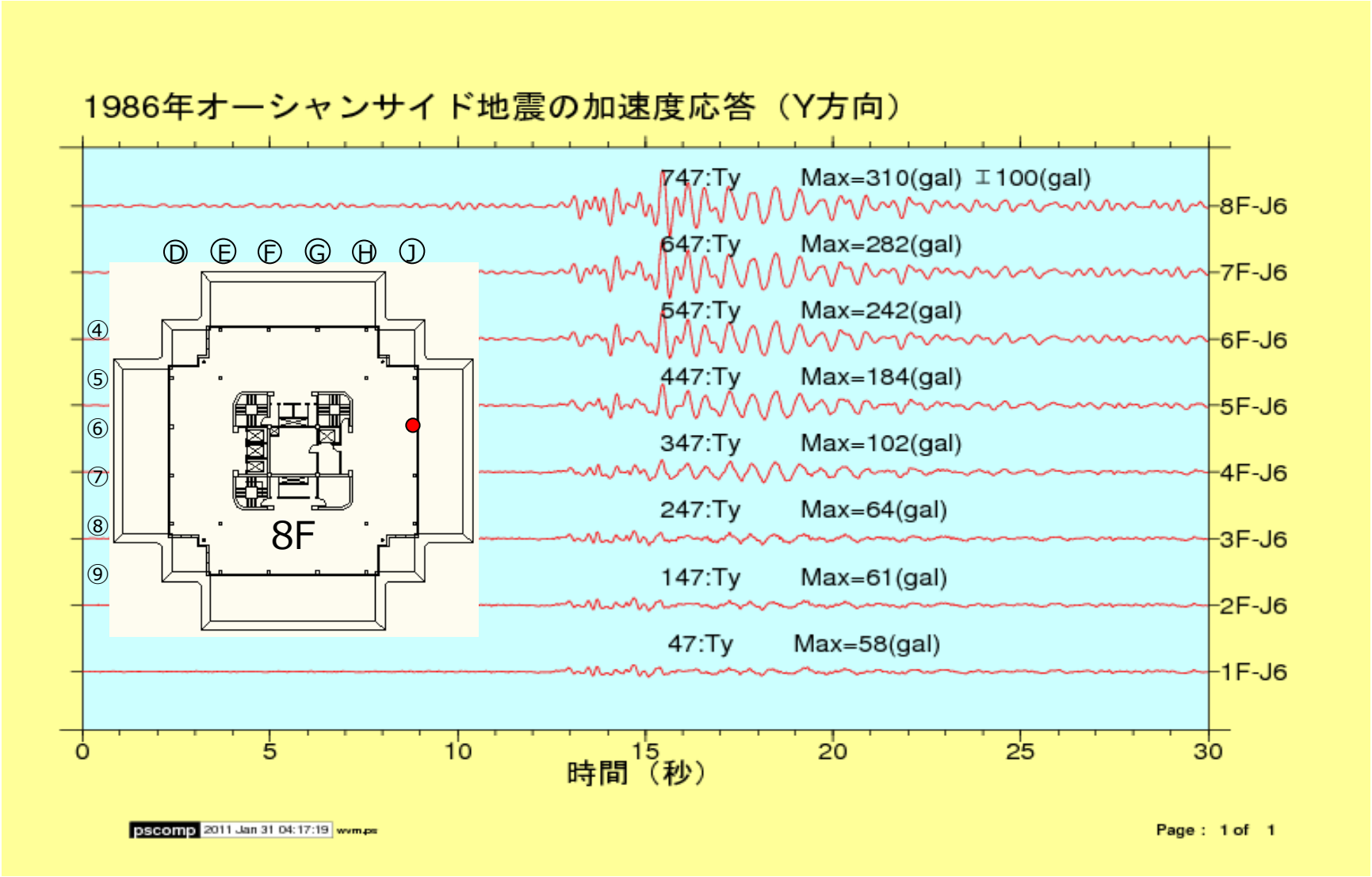
対象建築物の時刻歴応答解析

- 柱、はり、コアの壁：3次元はり要素
- スラブ：Mindlin 板曲げ要素
- コンクリートのヤング率：
  $3.3\times10^{10}N/m^2$
- ポアソン比：0.15
- 質量密度：$2.5t/m^3$
- 積載荷重：$15kN/m^2$ として各節点に集中質量
- 減衰：2%



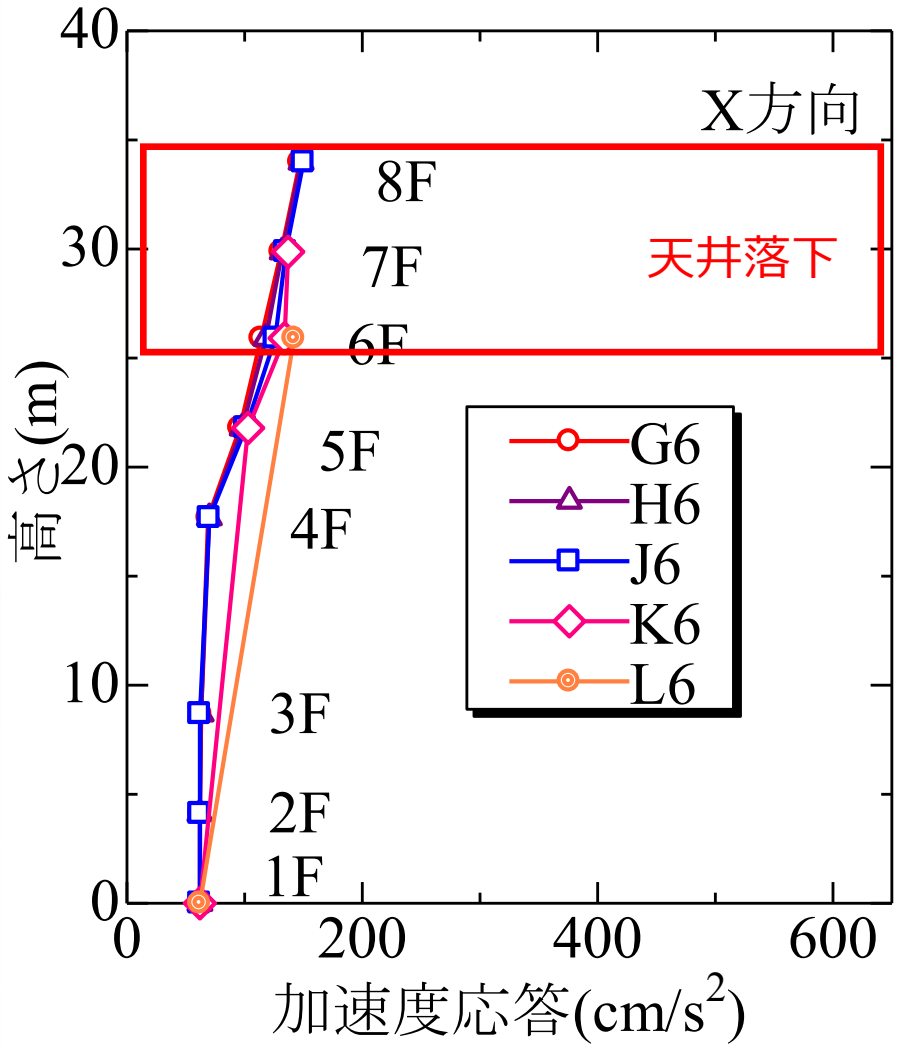
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

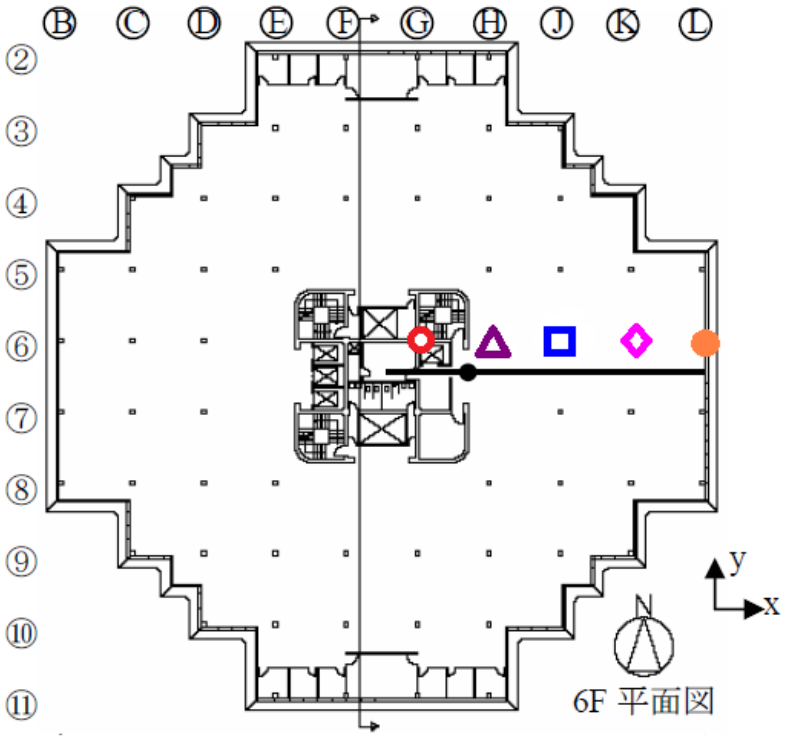
加速度応答波形（減衰2%）



明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

X方向の最大加速度応答（減衰2%）

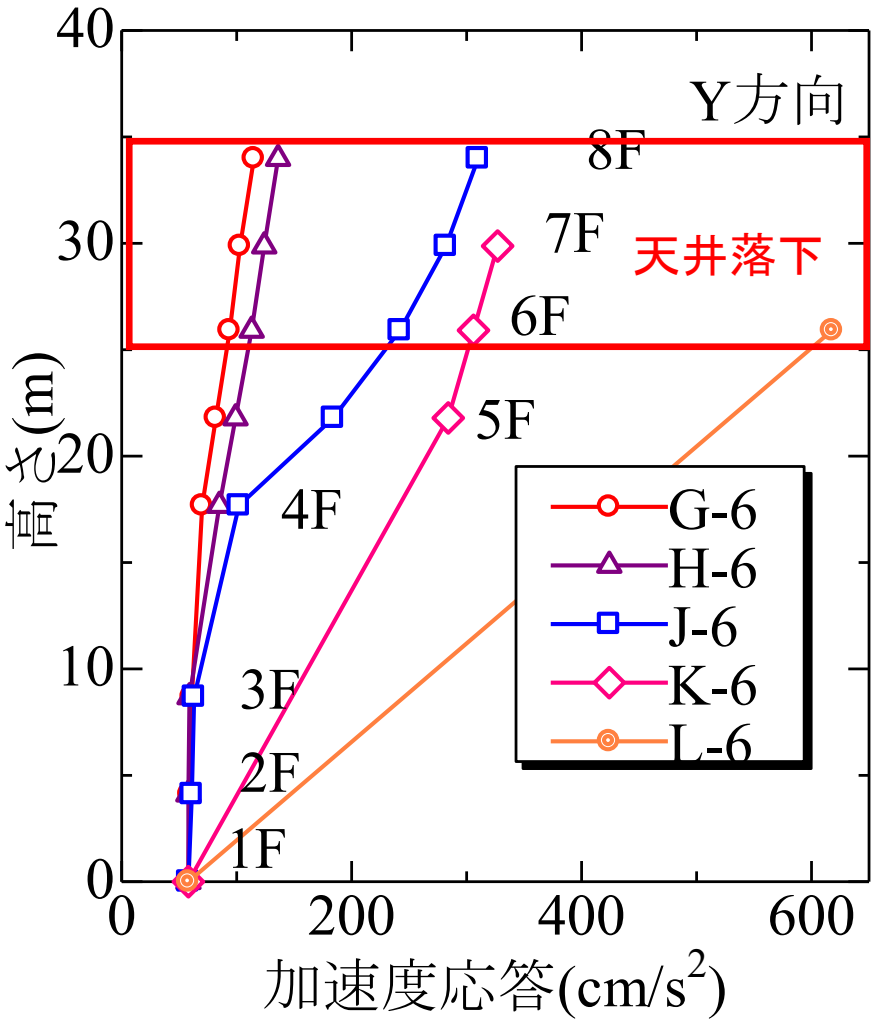


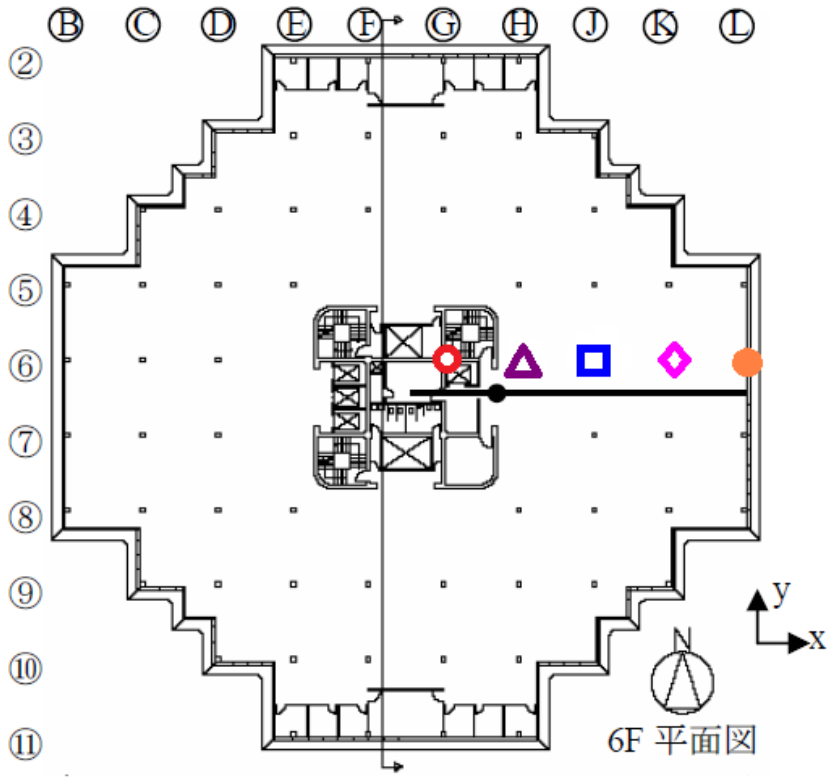


- 1Fに対する増幅は最大でも2倍程度
- 同一階内の応答の違いはほとんどない

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

Y方向の最大加速度応答（減衰2%）

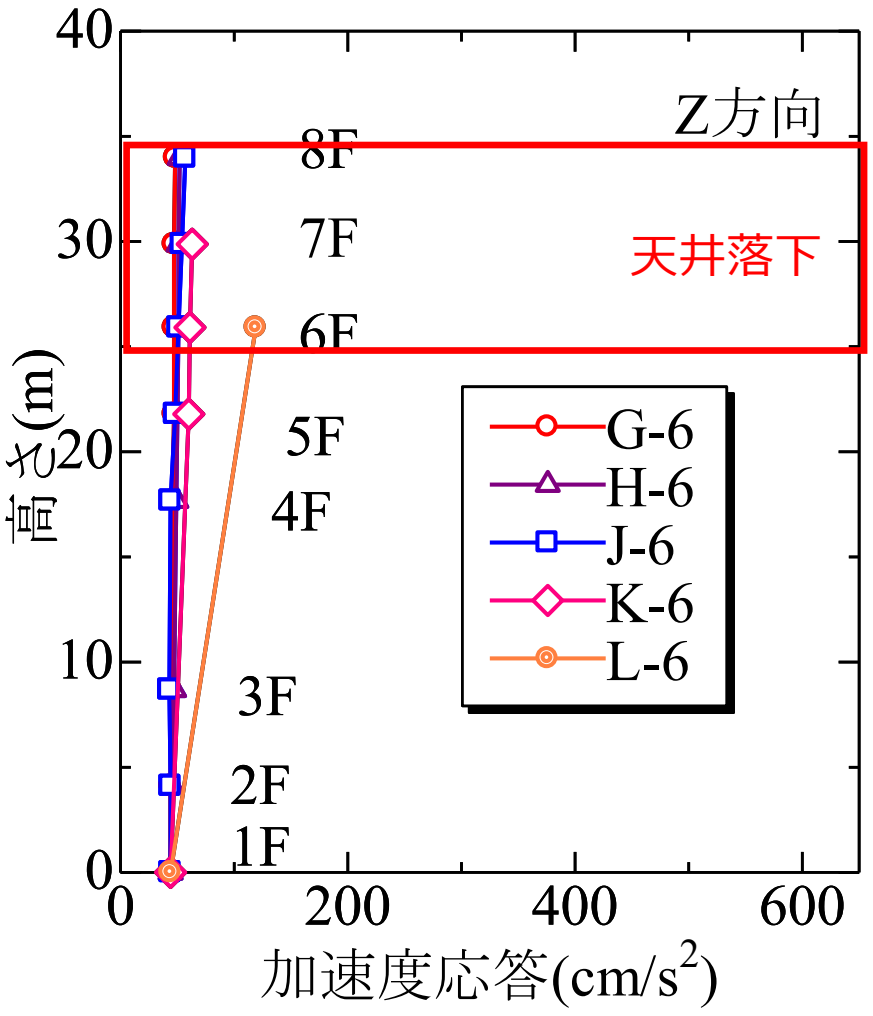


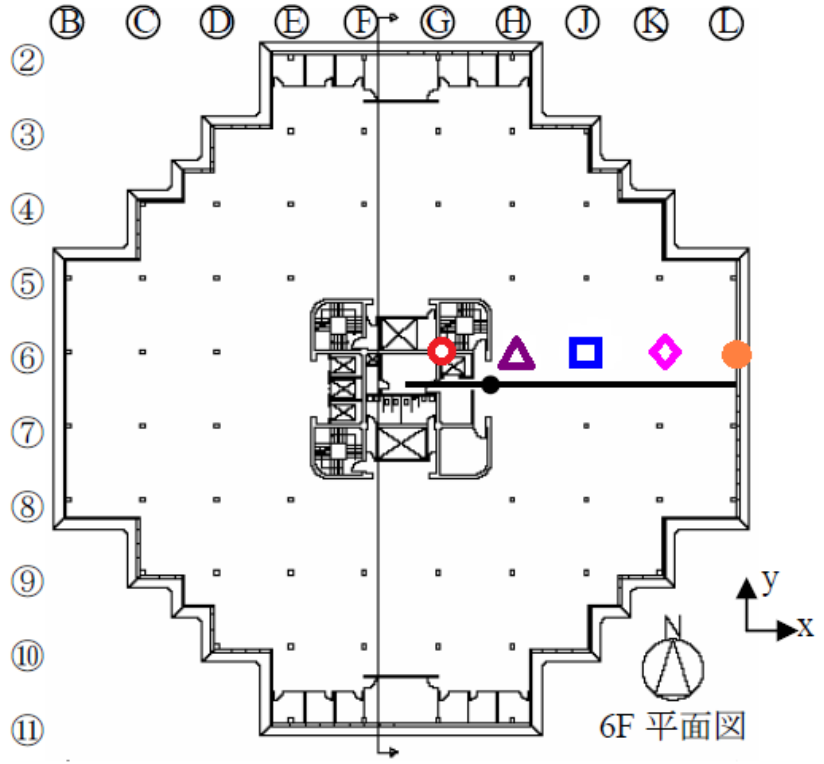


- 1Fに対する増幅は2～10倍
- 6～8Fはコア壁内に比べコア壁外の応答は2～6倍

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

Z方向の最大加速度応答（減衰2%）





- 1Fに対する増幅は1～2倍
- 6Fペリメーター部では1Fやコア壁内に比べ2倍以上増幅

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

まとめ：過去の地震被害との対応

- Y方向の6、7、8Fでは、コア壁内に比べコア壁外の応答は2～6倍であることから、ねじれ方向の相対変形が天井板の落下被害をもたらしたと考えられる.

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

まとめ：中央コアを有する四回回転対称の雁行型平面と中層部オーバーハングを持つ高層建築物の振動特性

- 建物の1次モード(0.63秒)はねじれ、2次モード(0.53秒)は2方向並進のカップリングである.
- 層間変位の分布から推定した高さ方向の剛性の分布は、低層階に向かい剛性が緩やかに増加していく.
- 変形の分布から推定した水平面内の剛性分布は一様ではなく、剛性は建物中央コア内で高く、コア外で低い. この偏りが地震時の天井落下につながったものと考えられる.

明星大学 建築学部 教授　年縄 巧

MIDAS × TOSHINAWA

session.2

中央コアを有する矩形平面の基準階を持つ超高層建築物の振動特性

建築構造物の振動を測る・調べる・見る

明星大学 建築学部
教授 年縄 巧

MIDAS × TOSHINAWA

中央コアを有する矩形平面の基準階を持つ超高層建築物の振動特性



対象建築物の概要

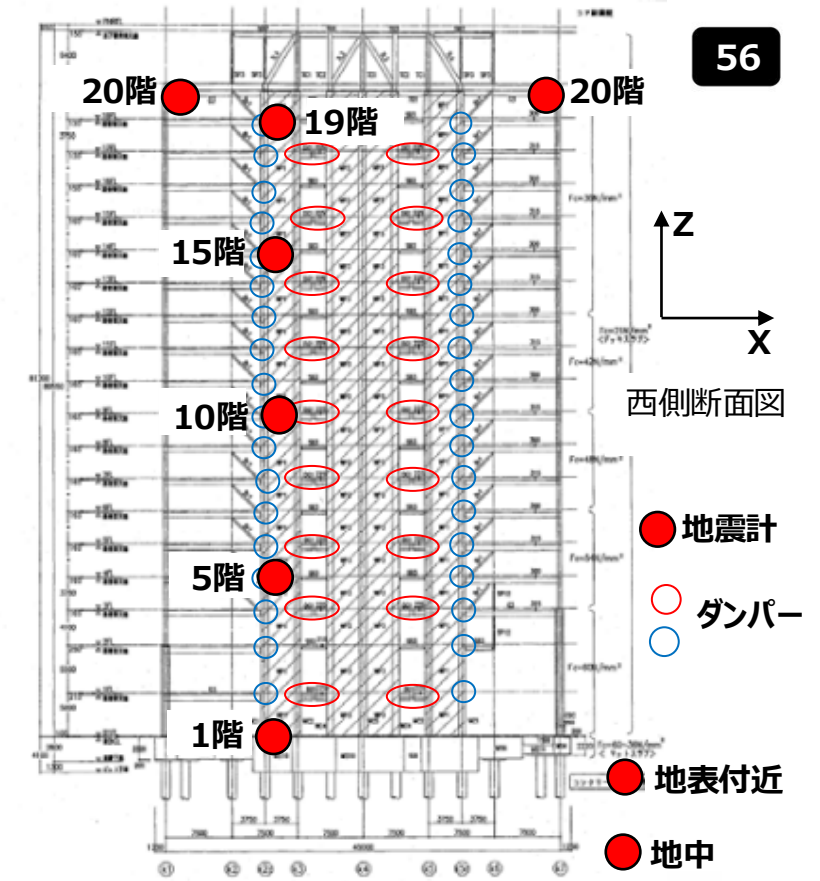
2011年東北地方太平洋
沖地震の際の超高層建築物の
振動特性の変化

2024年能登半島地震の際の
超高層建築物の振動モード

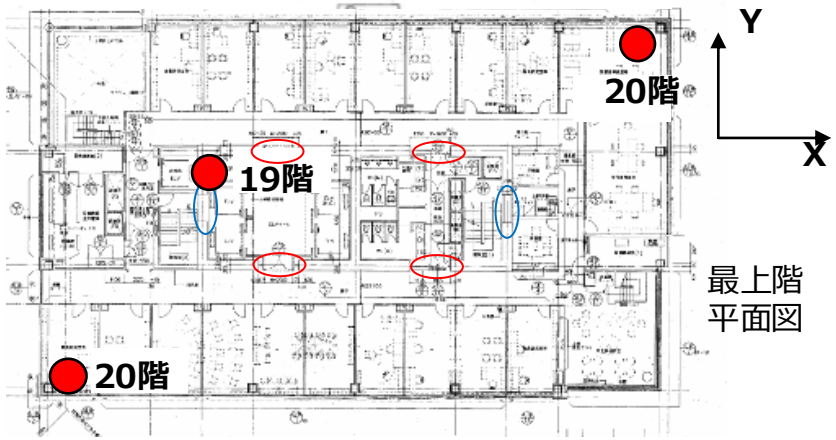
建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

対象建築物の概要

用途	学校		
竣工	2007年		
軒高さ	74.6m		
階数	20階		
構造種別	RC造コア壁+S造ラーメン架構+S造ハットトラス		
基礎形式	杭基礎		
設計固有周期		X方向	Y方向
	1次	1.7s	2.0s
	2次	0.49s	0.54s
地震観測	建物内および地盤上・地中に地震計を設置		
強震対策	RC造コア壁間に鋼材ダンパーを設置		



西側断面図



最上階
平面図

MIDAS × TOSHINAWA

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

2011年東北地方太平洋沖地震の際の超高層建築物の振動特性の変化

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

対象建築物の固有周期の変化

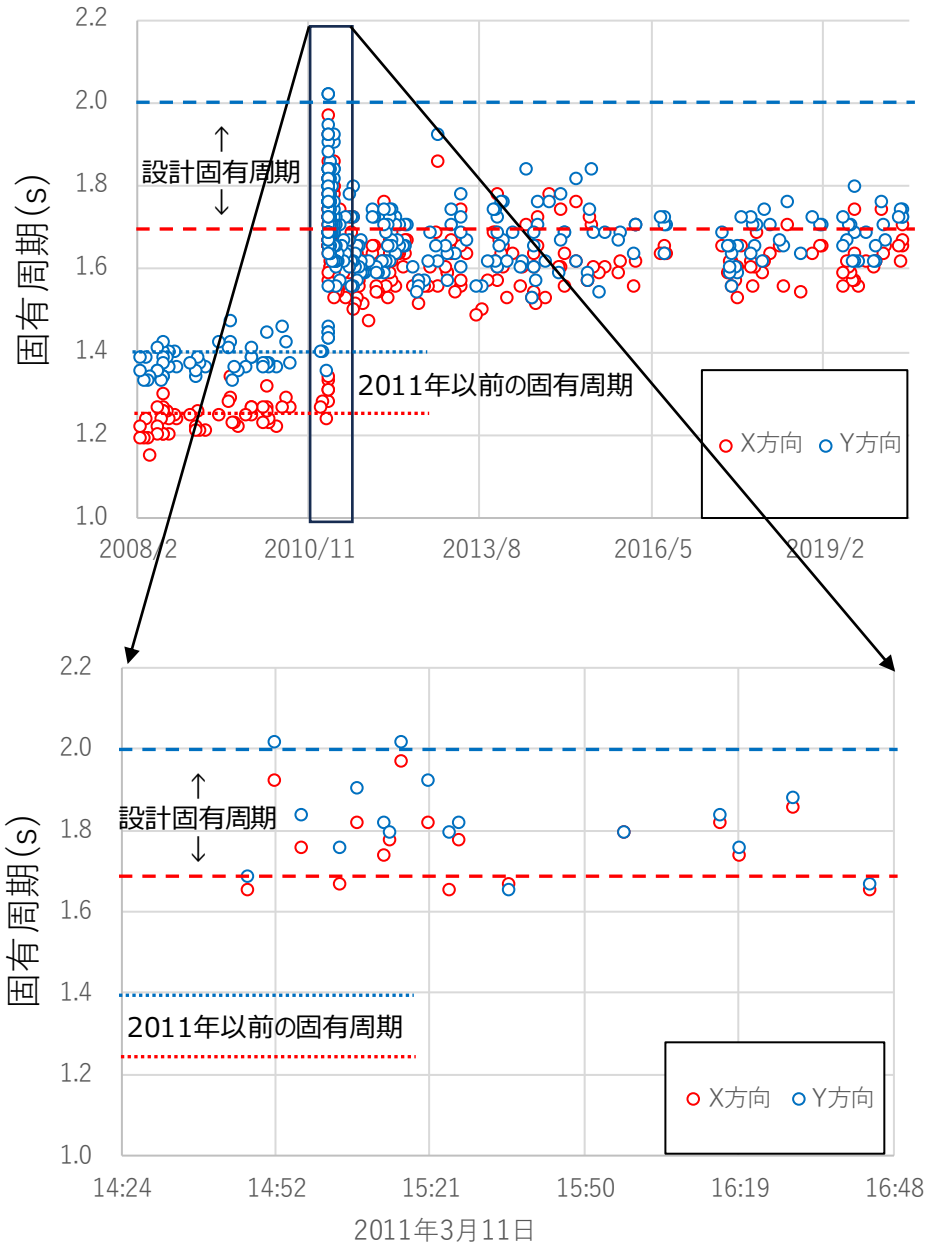
- 2007年から地震観測
- 固有周期等の振動特性の変化

  →建物健全度評価

- 既往研究(加納2021)：2011年東北地方太平洋沖地震（3.11）を境に固有周期が大きく変化

↓

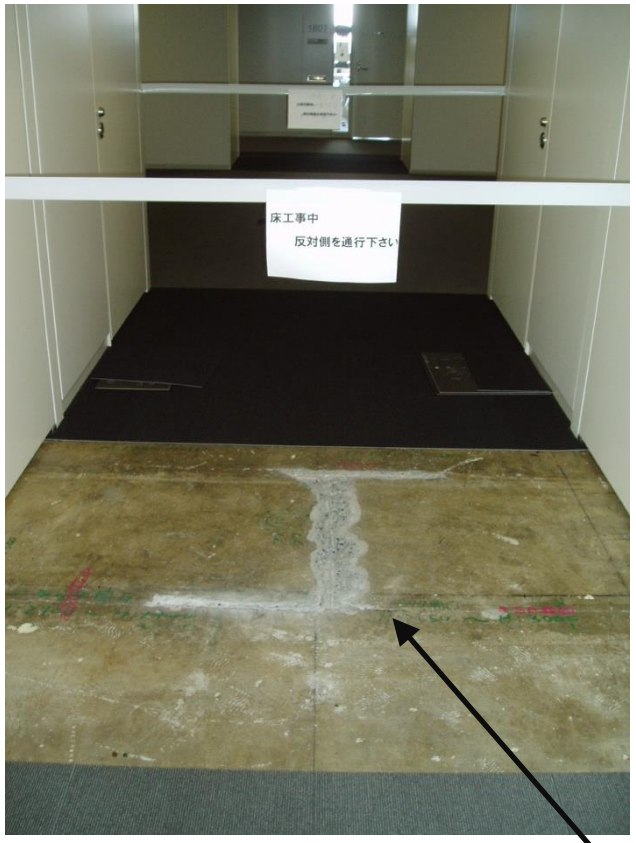
- 3.11地震時に対象建築物の振動特性が急変した時間とその際の建物挙動を明らかにする



対象建築物のピーク周期の経年変化

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

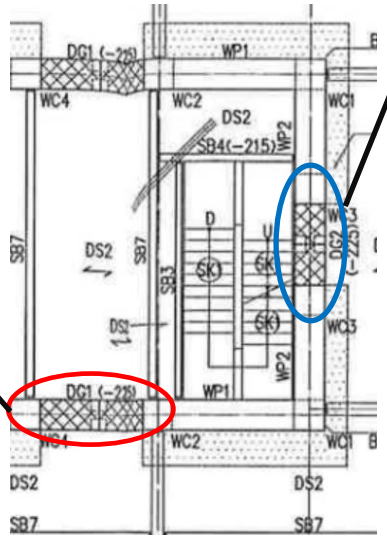
3.11直後の建物の状況

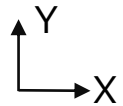


コア壁床面



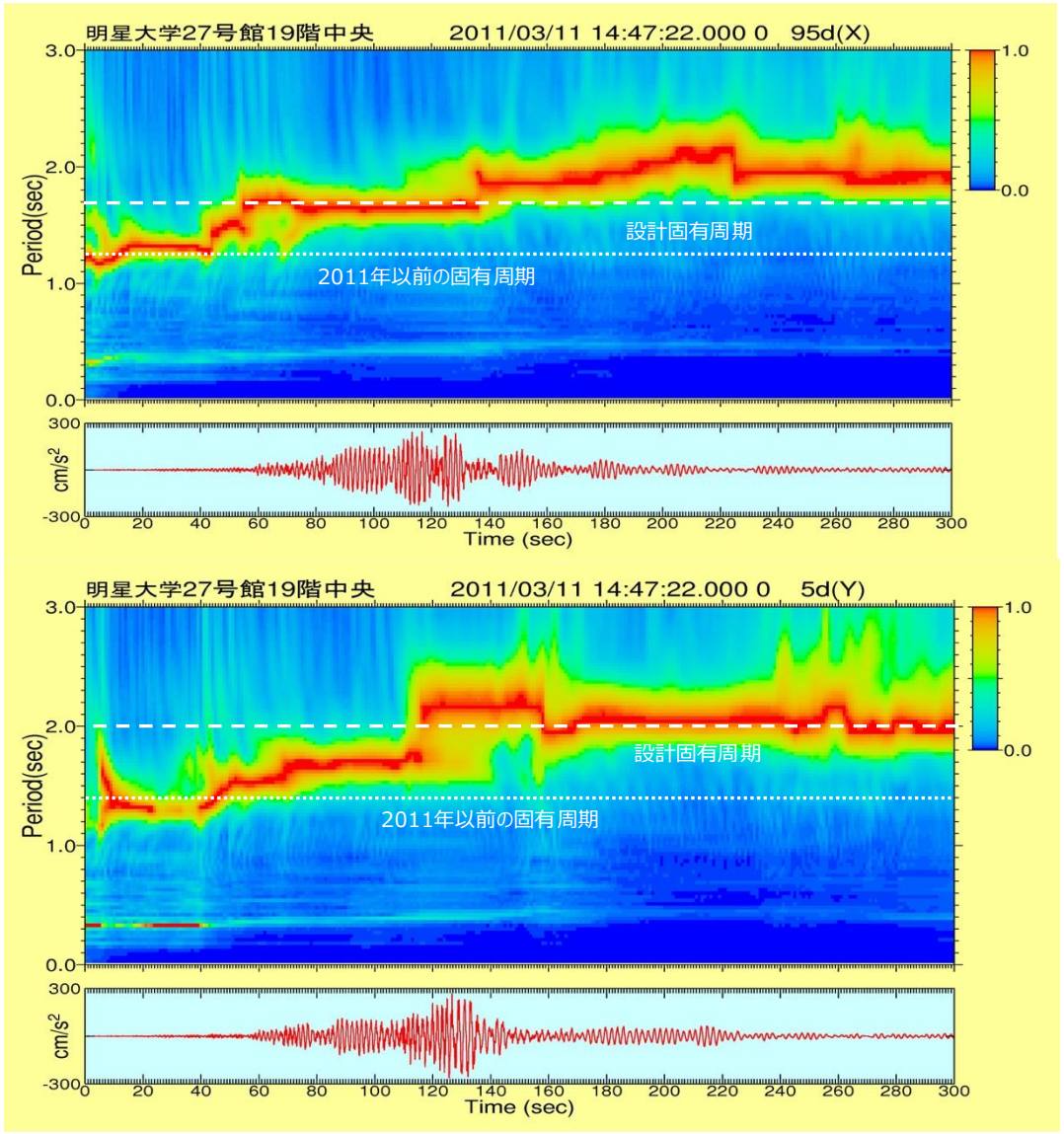
階段室





建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

ランニングスペクトル



固有周期の時間推移を調べるため

- 最上階中央でタイムウィンドウ40sのスペクトルを1s毎に算出（ランニングスペクトル）

↓

40s　110-140s

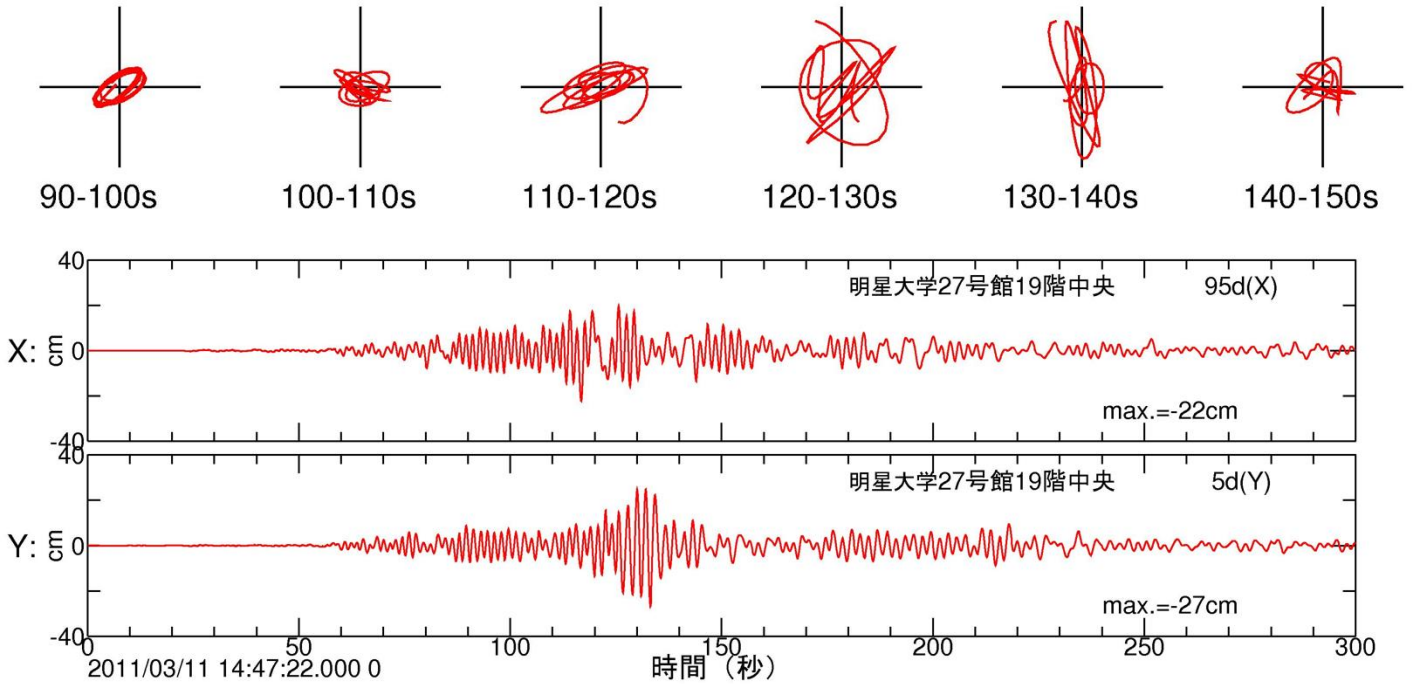
- X方向：1.2s→1.6s→1.9s
- Y方向：1.4s→1.7s→2.2s

設計固有周期
- X方向：1.7s
- Y方向：2.0s

3.　11地震時の最上階(19階中央)のランニングスペクトル

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

19階中央での水平面内の変位粒子軌跡



- X方向の120sを過ぎた辺りに特異な位相変化
- 120-130s付近を境に振動卓越方向がX方向からY方向へ変化

⇩

- 120-130s付近で振動特性が急変

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

観測点間変形角（θ）

- コア壁内縦方向に設置された地震計
- 1～10sでフィルタ処理
- 加速度記録を2階積分→変位波形
- 相対変位波形÷観測点間高さ

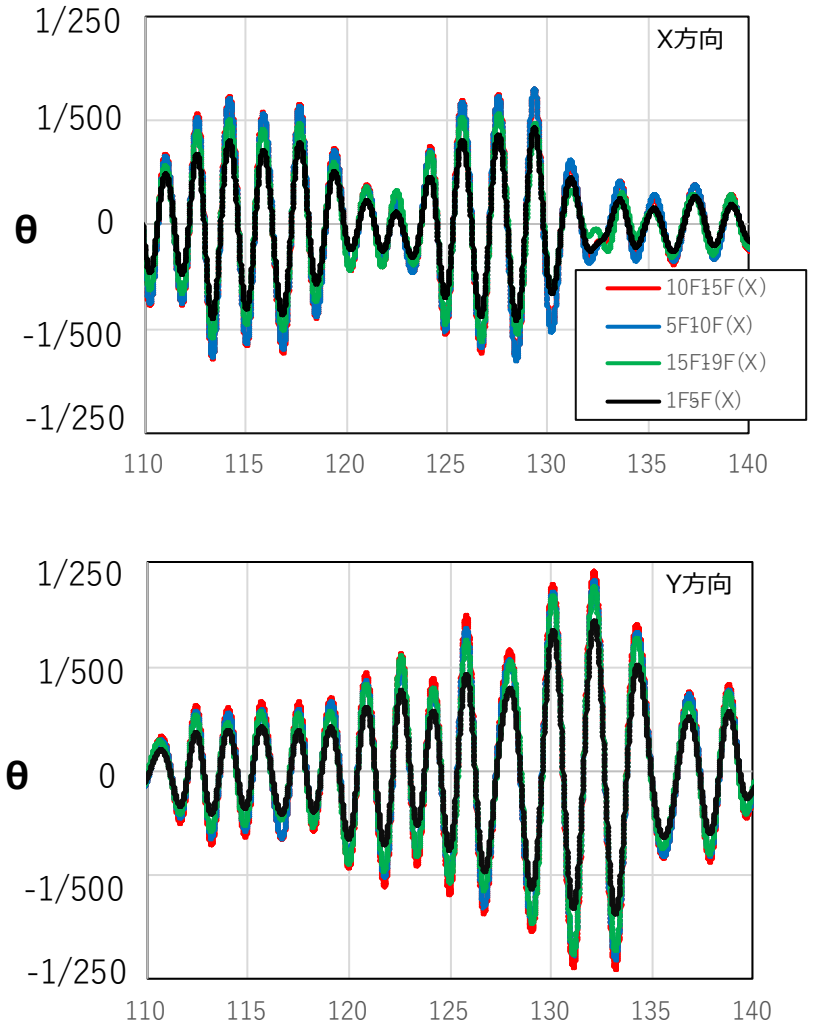
→観測点間変形角(θ)
（↑層間変形角に相当）

- 10F-15F間が最も大きい
- 1F-5F間が最も小さい

← 内に凸

- X方向：128s付近で1/400程度
- Y方向：132s付近で1/260程度

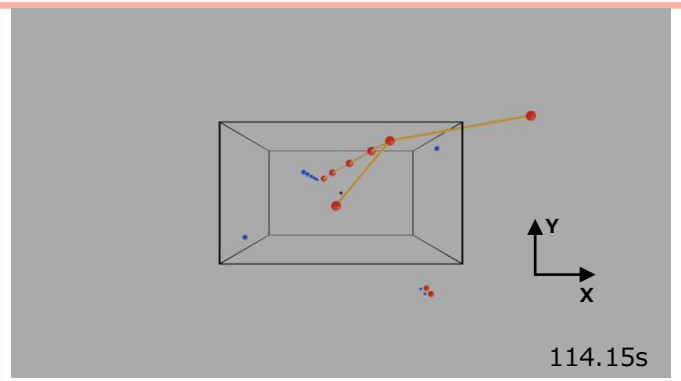
ダンパーが作動

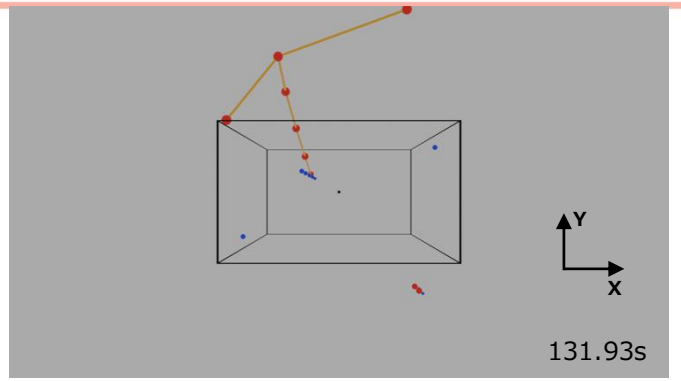


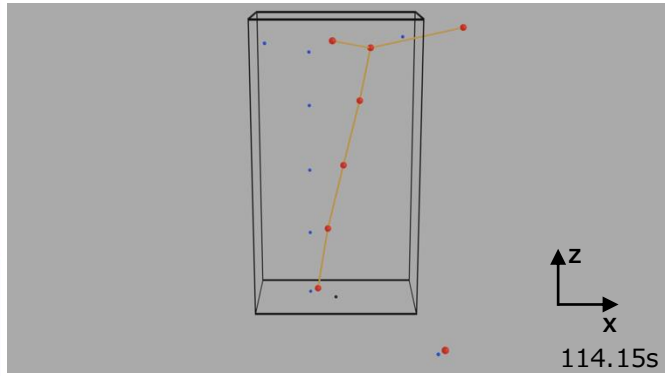
観測点間変形角の時間変化

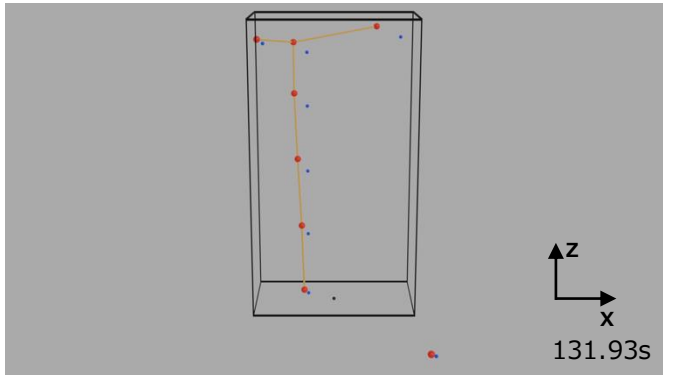
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

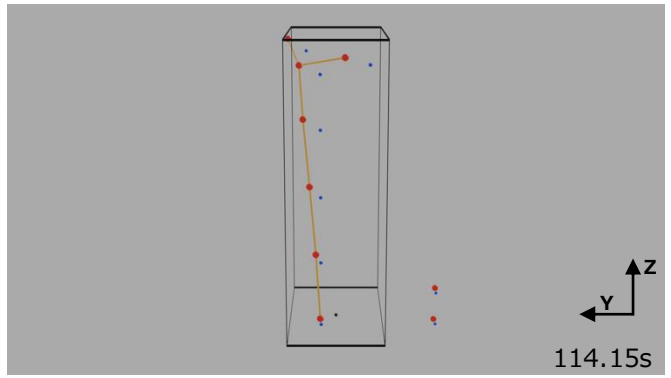
主要動付近の建物の動き

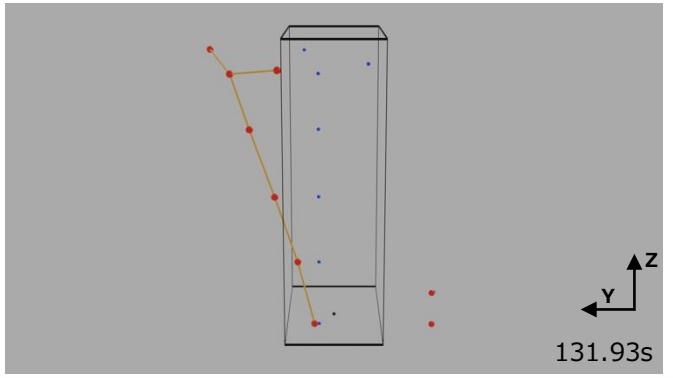








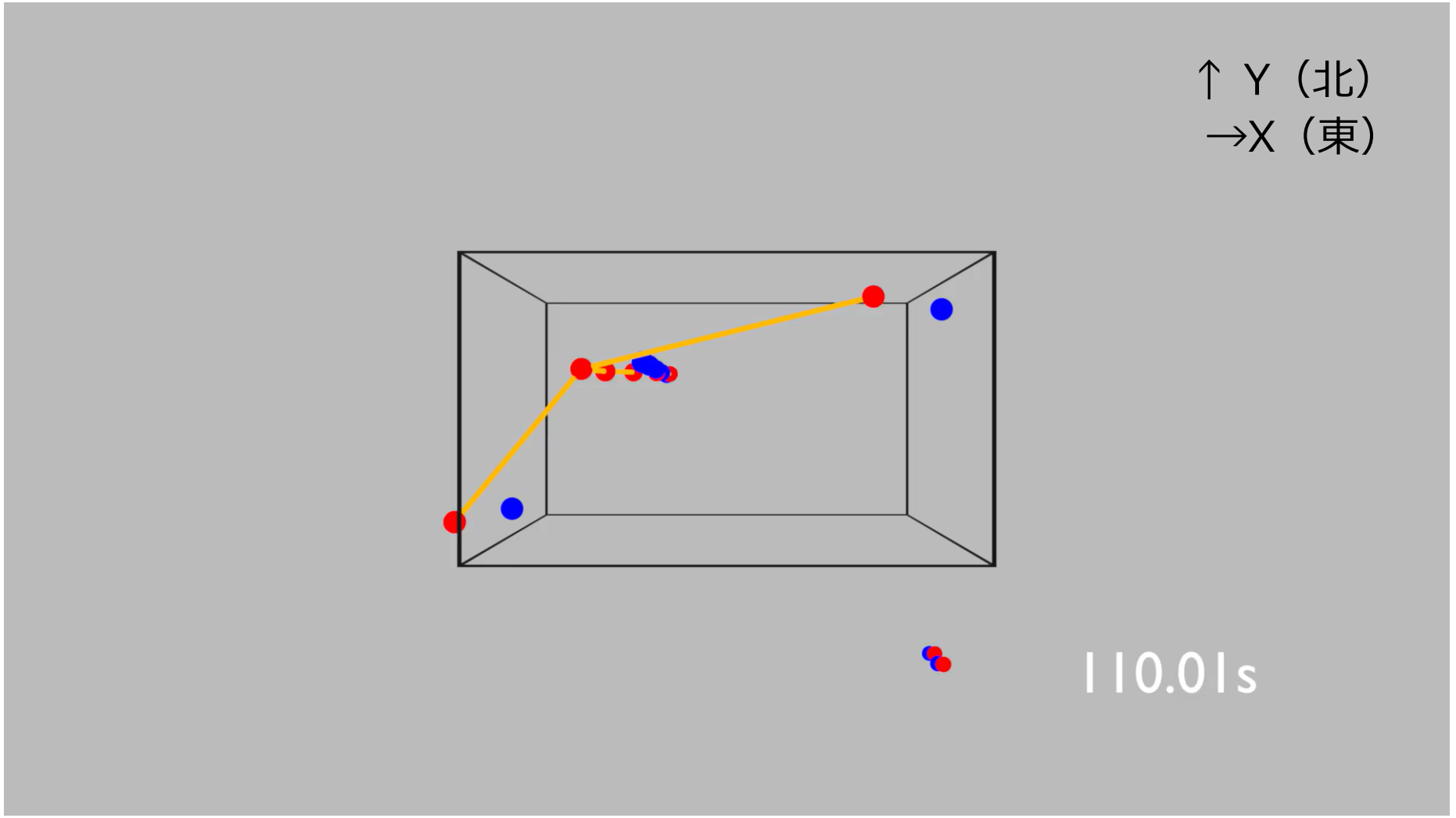




主要動付近の対象建築物の動きを真上・正面・左側の各方向から捉えた静止レンダリング画像(左：114s、右：132s)

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

真上から見た主要動付近の変位粒子軌跡



明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

まとめ：2011年東北地方太平洋沖地震の際の超高層建築物の振動特性の変化

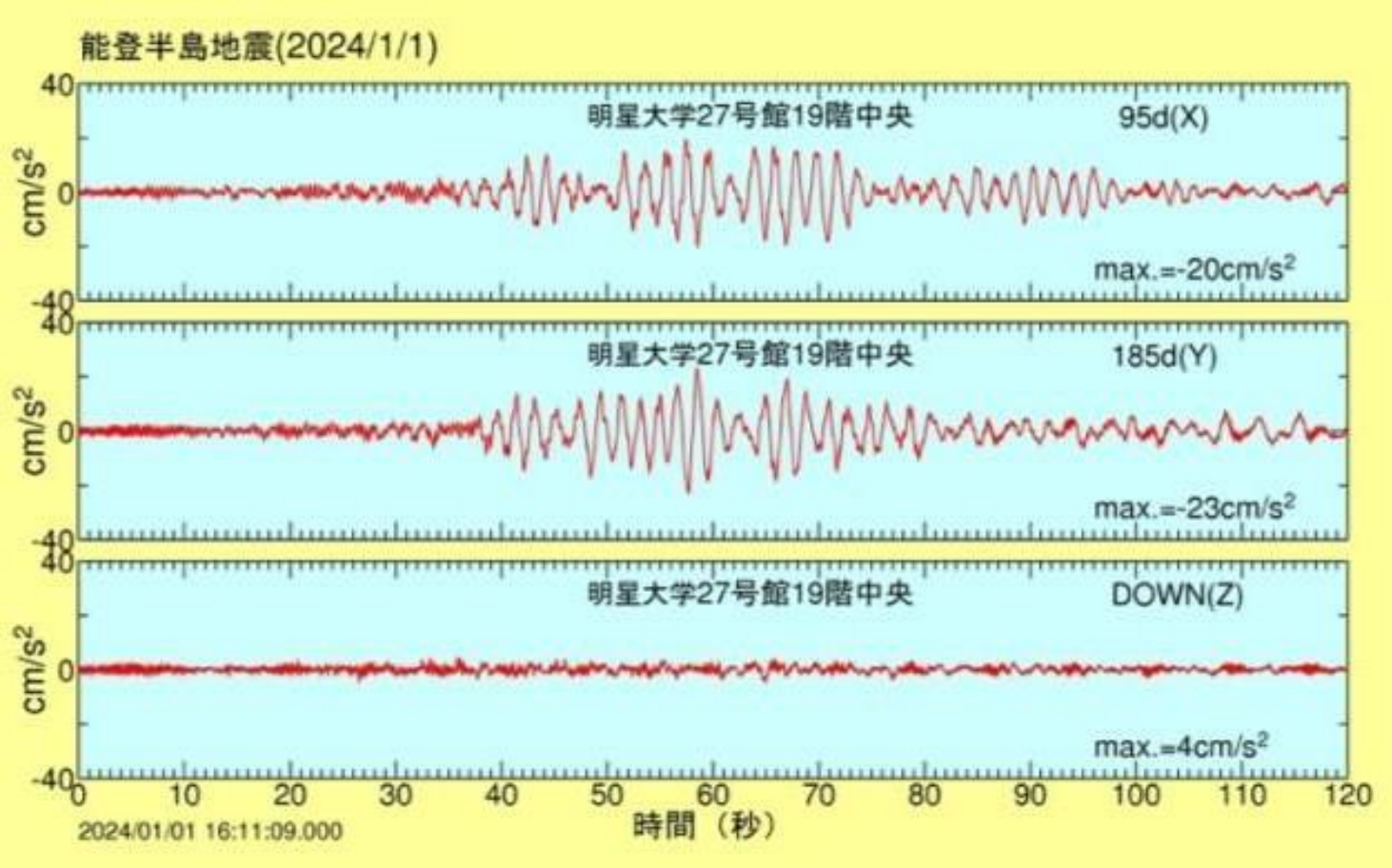
- 3.11地震の120-130s（2011年3月11日14:49:22-32s）付近で対象建築物の固有周期はX方向で1.6s→1.9s、Y方向で1.7s→2.2sに急変した.
- 地震応答は当初X方向がやや大きかったが振動特性が変わった以後はY方向に大きくなった.
- 観測点間変形角(θ)は10F-15F間が他の地震計間より大きく、最大値はX方向で1/400、Y方向では1/260程度であった.
- θが大きい時間帯でダンパーが機能し、振動特性が変化したものと推察される.

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

2024年能登半島地震の際の超高層建築物の振動モード

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

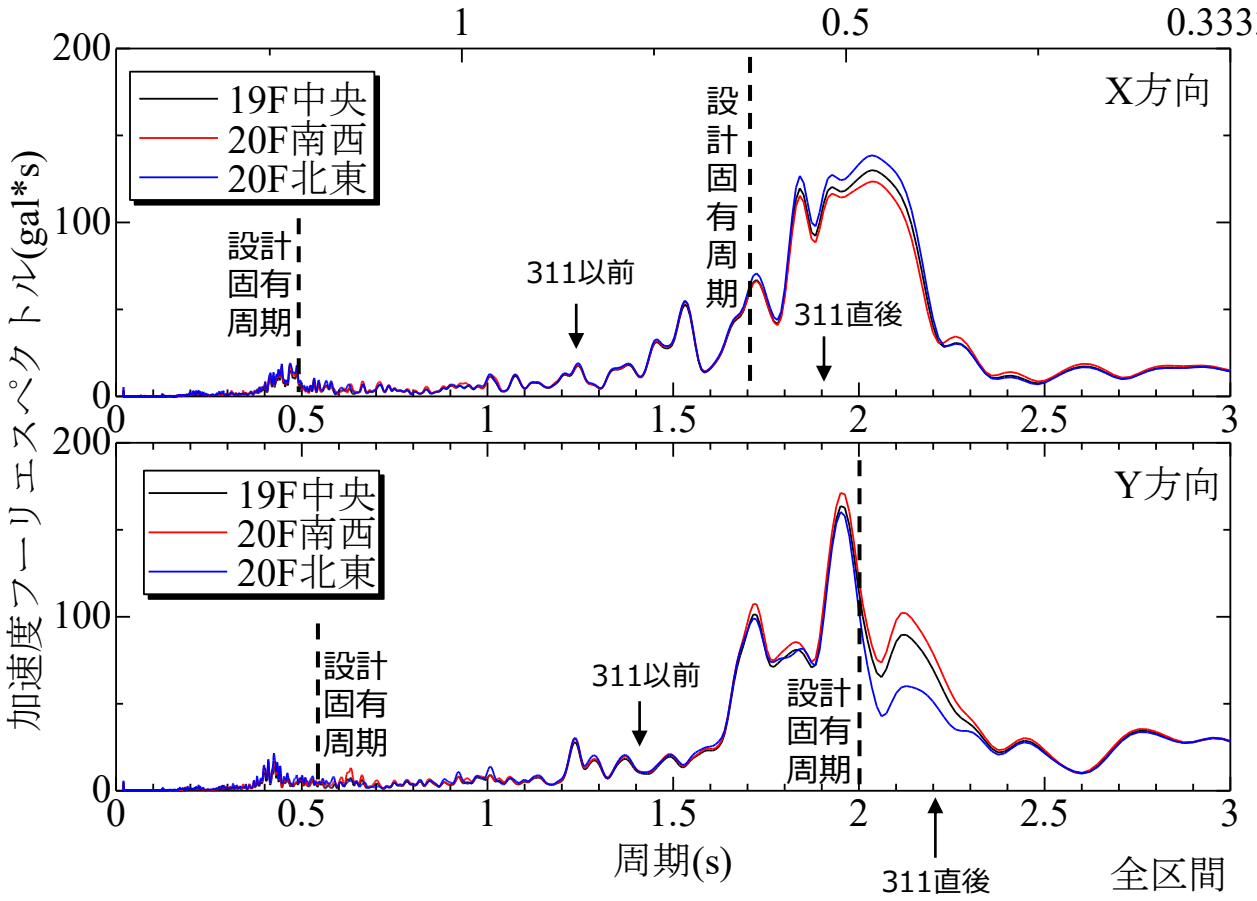
19階中央の加速度時刻歴波形(2024/1/1)

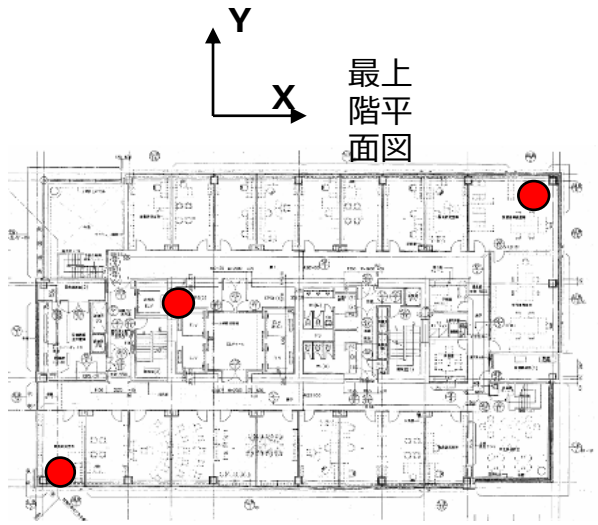


- 最大振幅:20cm/s²
- 主要動:40s程度

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

最上階の加速度フーリエスペクトル(2024/1/1)



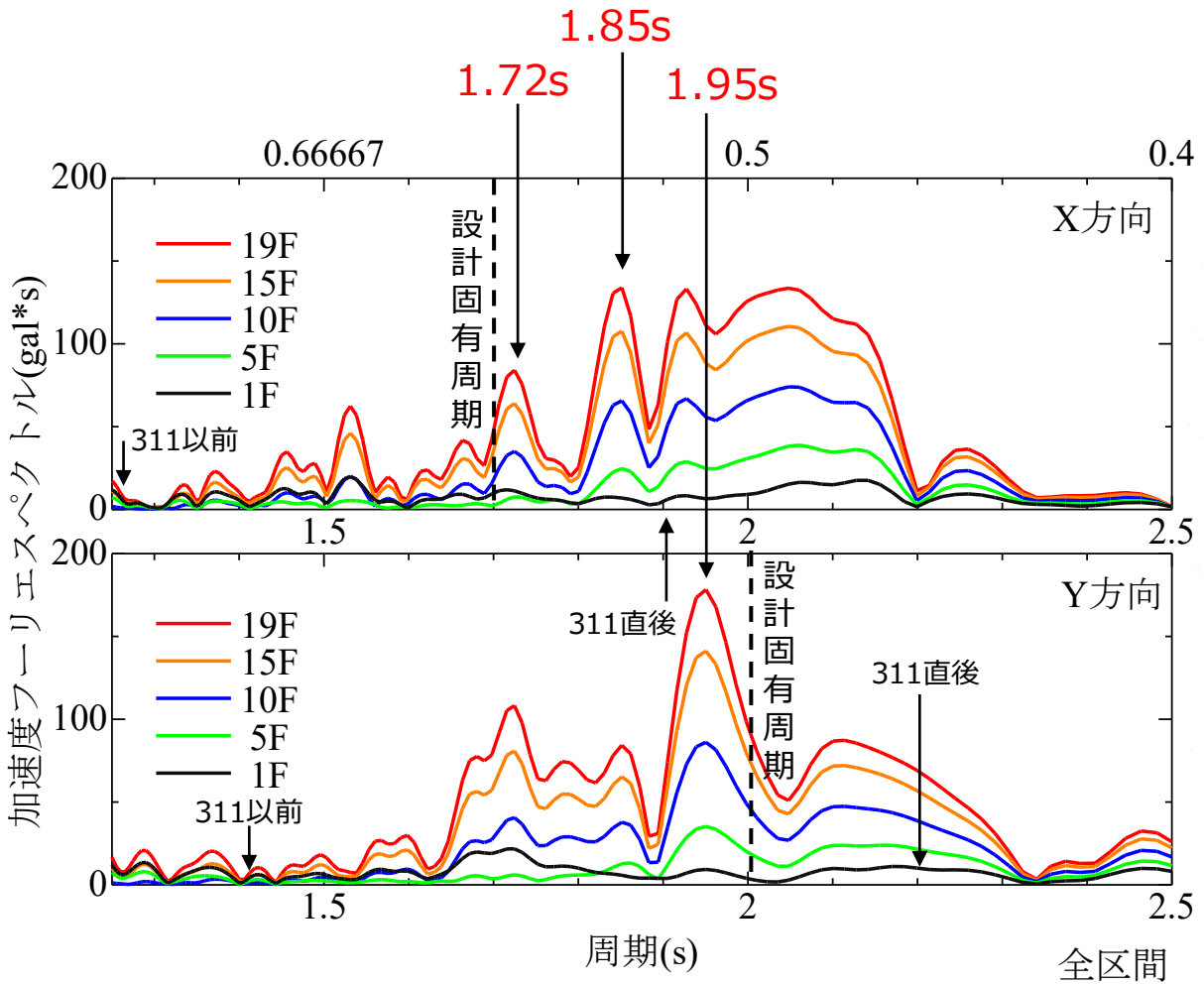


- 全区間対象、平滑化なし
- 2s、0.5s付近に卓越成分

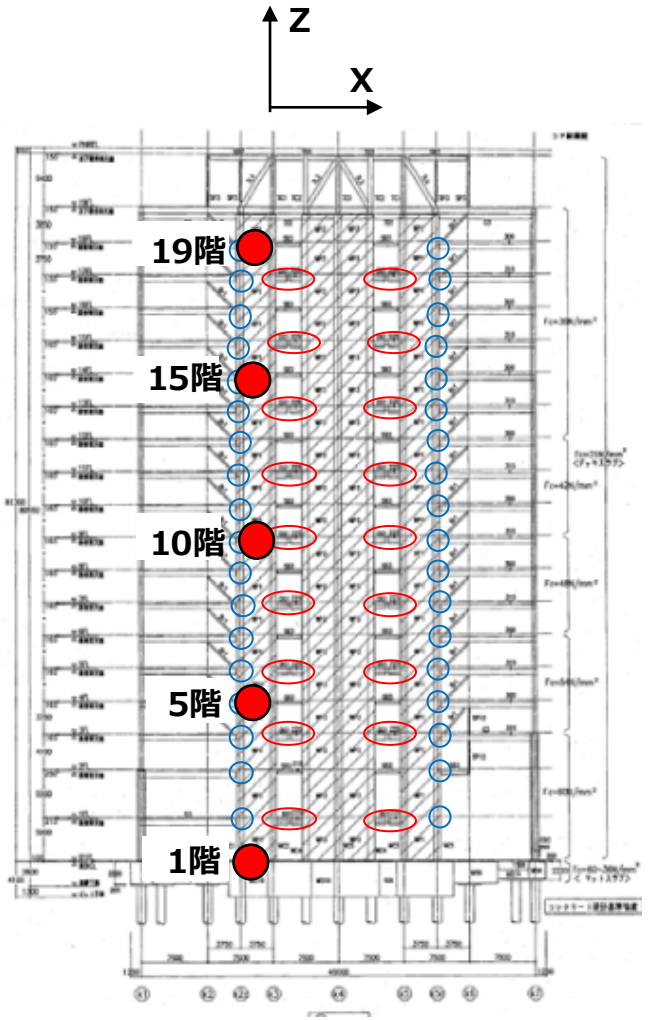
設計固有周期		X方向	Y方向
	1次	1.7s	2.0s
	2次	0.49s	0.54s

建築構造物の振動を
測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

加速度フーリエスペクトル



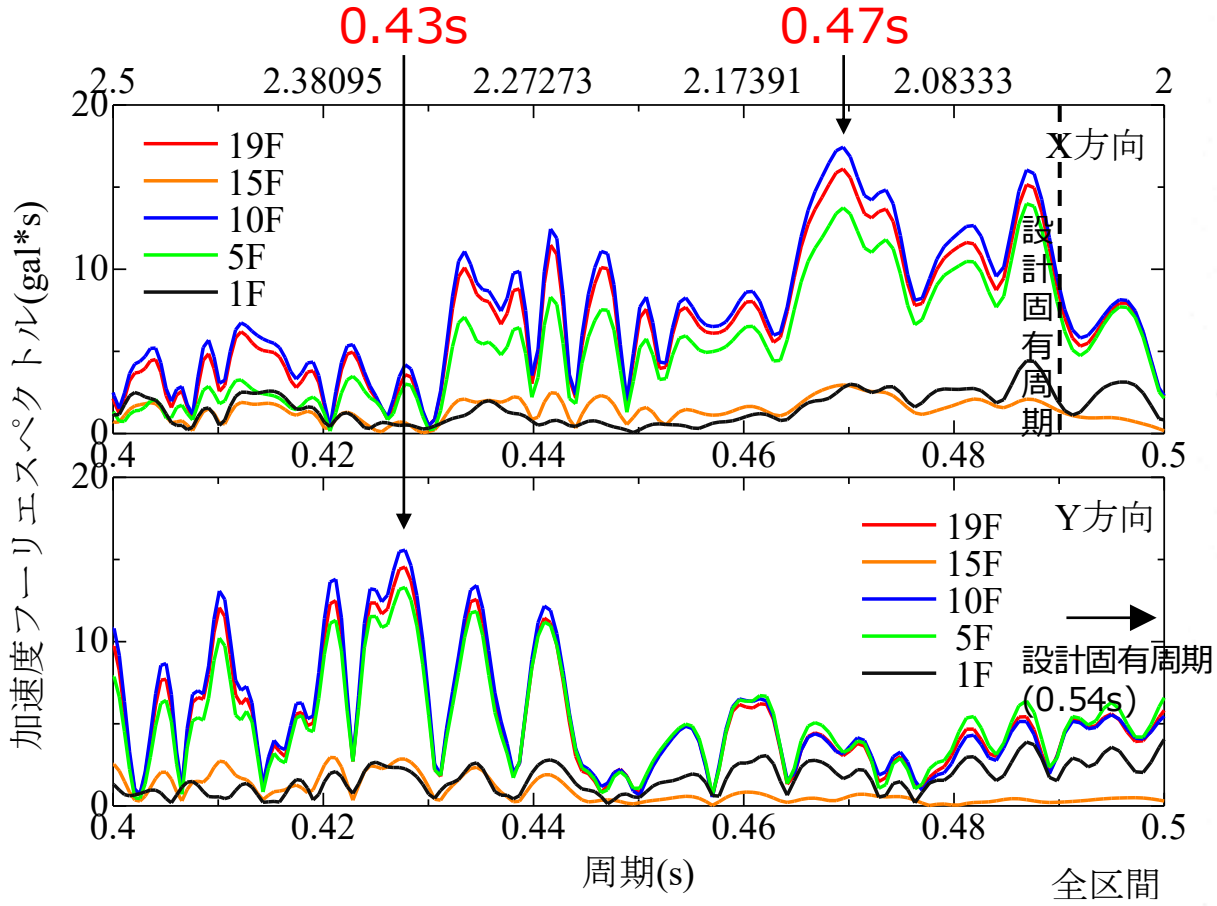
2s付近の加速度フーリエスペクトル



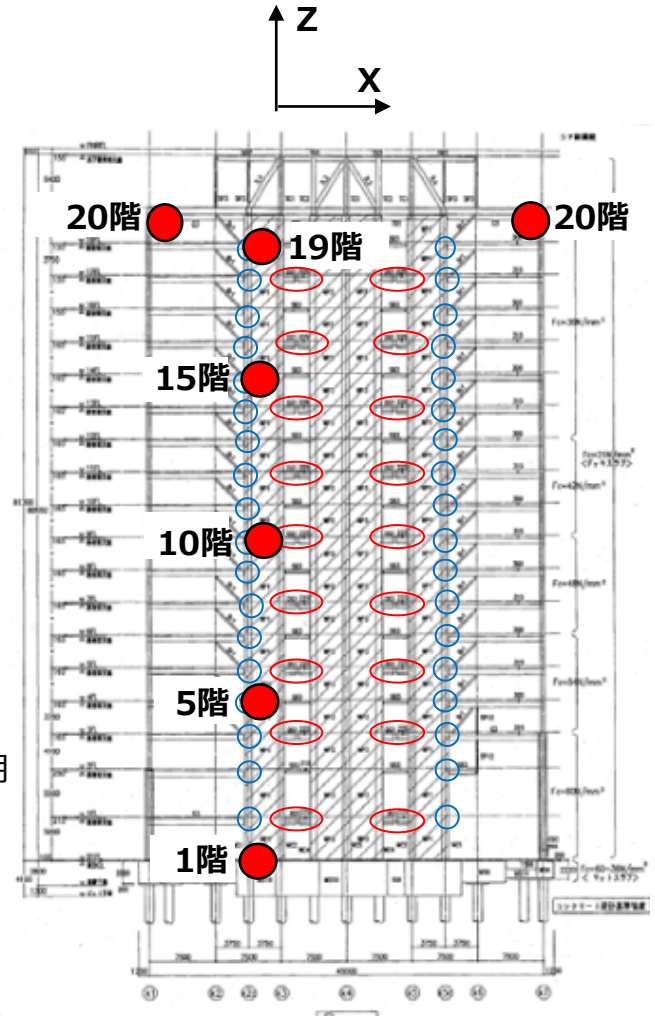
西側断面図

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

加速度フーリエスペクトル



0.5s付近の加速度フーリエスペクトル

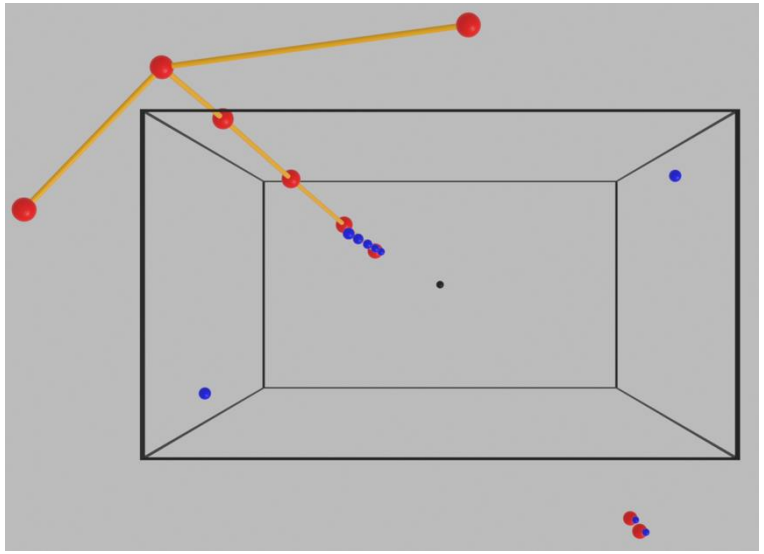


西側断面図

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

2s付近の振動モードの変位形状

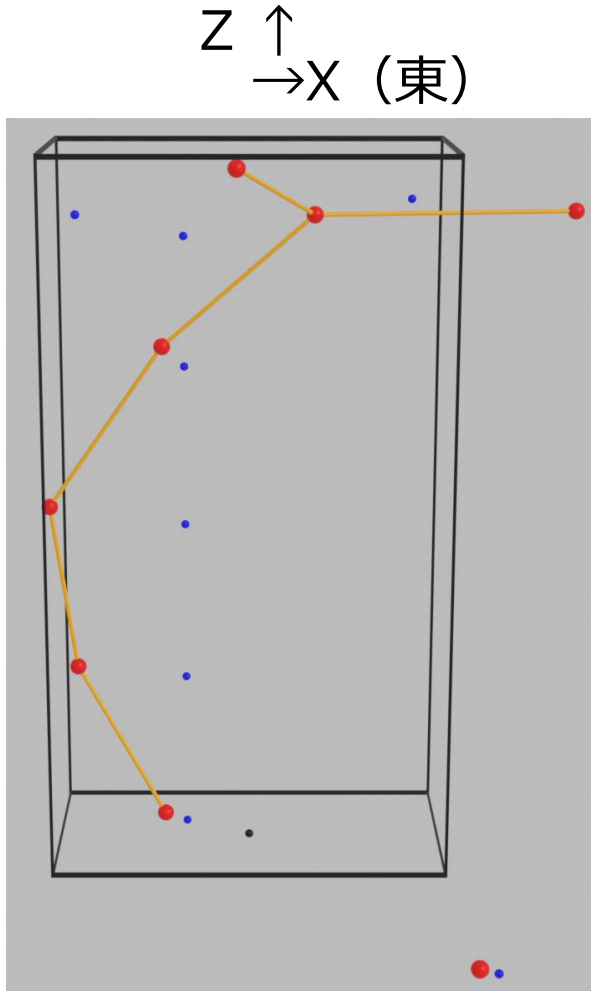
↑ Y（北）
→X（東）



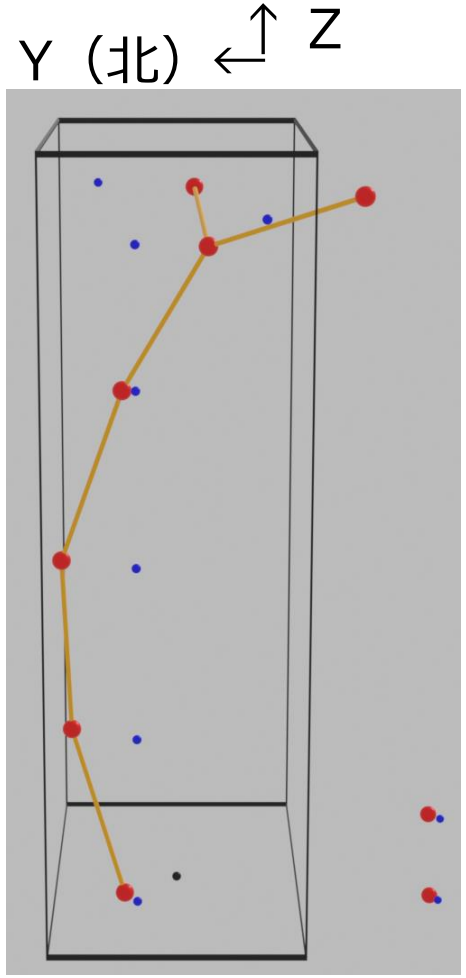
1.95sのモード

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

0.5s付近の振動モードの変位形状



0.47sのモード

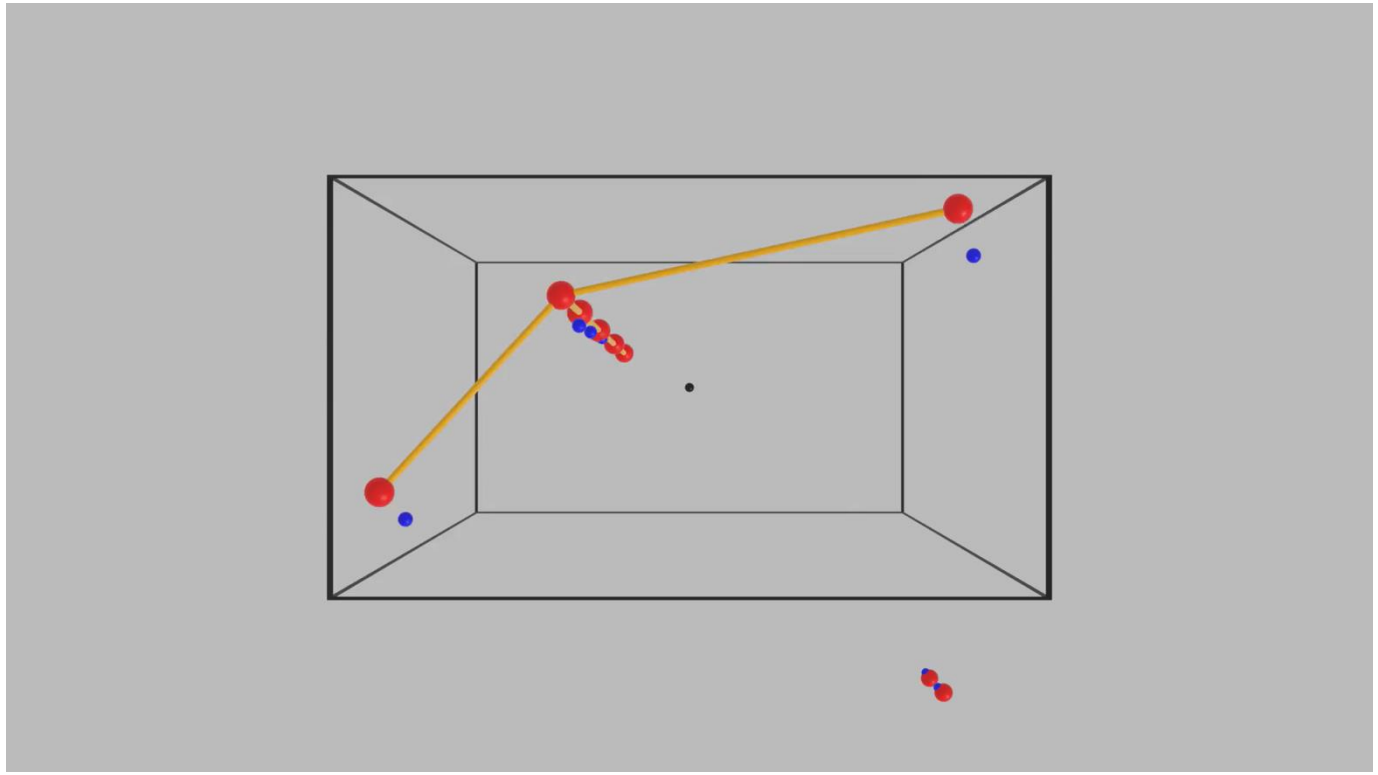


0.43sのモード

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

2s付近の振動モードのアニメーション

↑ Y（北）
→X（東）

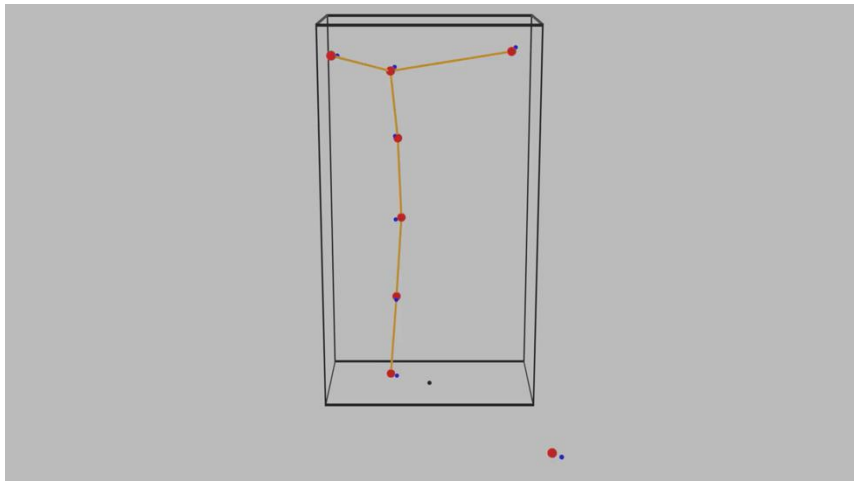


1.95sのモード

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

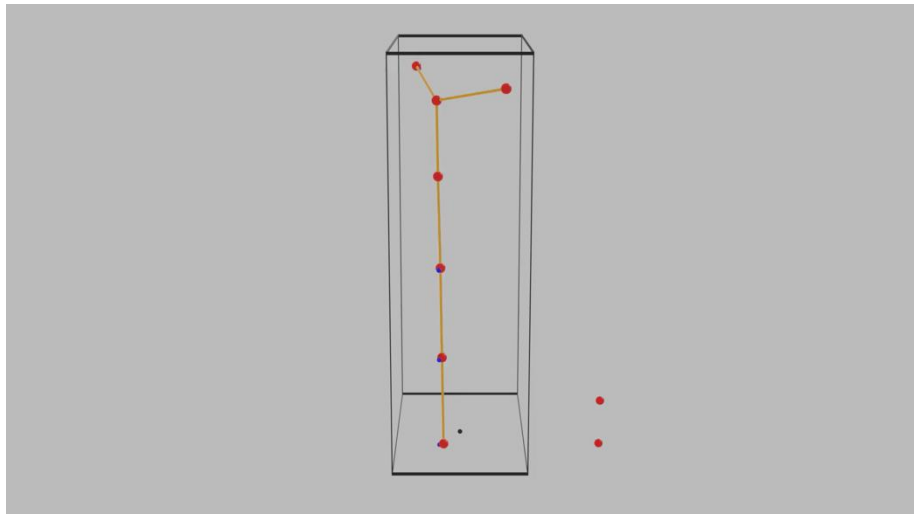
0.5s付近の振動モードのアニメーション

Z ↑
→X（東）



0.47sのモード

Y（北）← Z



0.43sのモード

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

まとめ： 2024年 能登半島地震の際の超高層建築物の振動モード

1. 2024年能登半島地震の際、対象建築物のピーク周期は2s付近と、0.5s付近に卓越した成分があった.
2. 2s付近のモードは並進モードであり、鉛直方向には節がない.
3. 0.5s付近のモードはX方向、Y方向並進であり、15階付近の節を中心にそれより上階と下階が逆位相に動くモードである.

明星大学 建築学部
教授　年縄 巧

まとめ：中央コアを有する矩形平面の基準階を持つ超高層建築物の振動特性

1. 2011年東北地方太平洋沖地震の記録の解析から対象建築物の振動特性が急変した時間を特定した.
2. 2024年能登半島地震の解析から対象建物の2s付近のモードは節がないモードであり、0.5s付近のモードは15階付近に節を持つモードである.

まとめ：建築構造物の振動を測る・調べる・見る

建築構造物の振動を測る・調べる・見る
明星大学 建築学部
教授　年縄 巧





1. 中央コア型の2つの建築物の振動記録を解析し、固有周期、振動モードを調べた.
2. 四回回転対称の雁行型平面と中層部オーバーハングを持つ高層建築物は、ねじれ振動が基本モードであり、平面内の剛性の偏りにより天井落下の被害を誘発したものと推察される.
3. 矩形平面の基準階を持つ超高層建築物の振動特性では、強震時での振動特性の急変が見られた. また、中間階に節を持つ高次モードを検出した.

明星大学 建築学部 教授　年縄 巧

MIDAS × TOSHINAWA

ご清聴
ありがとうございました。