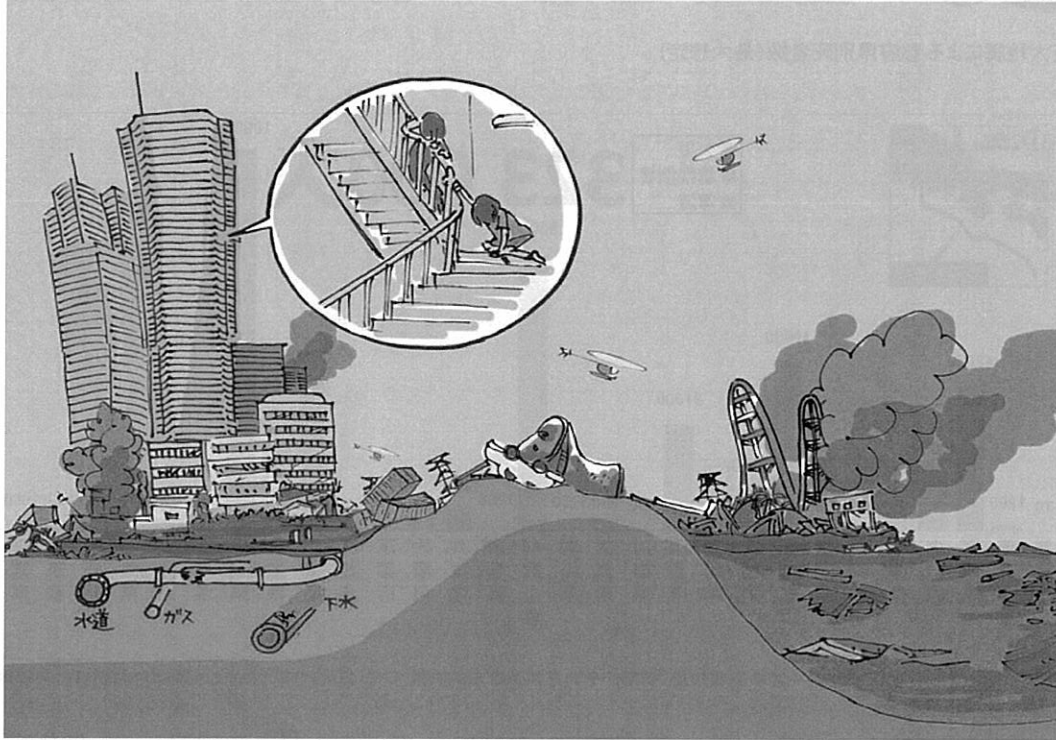
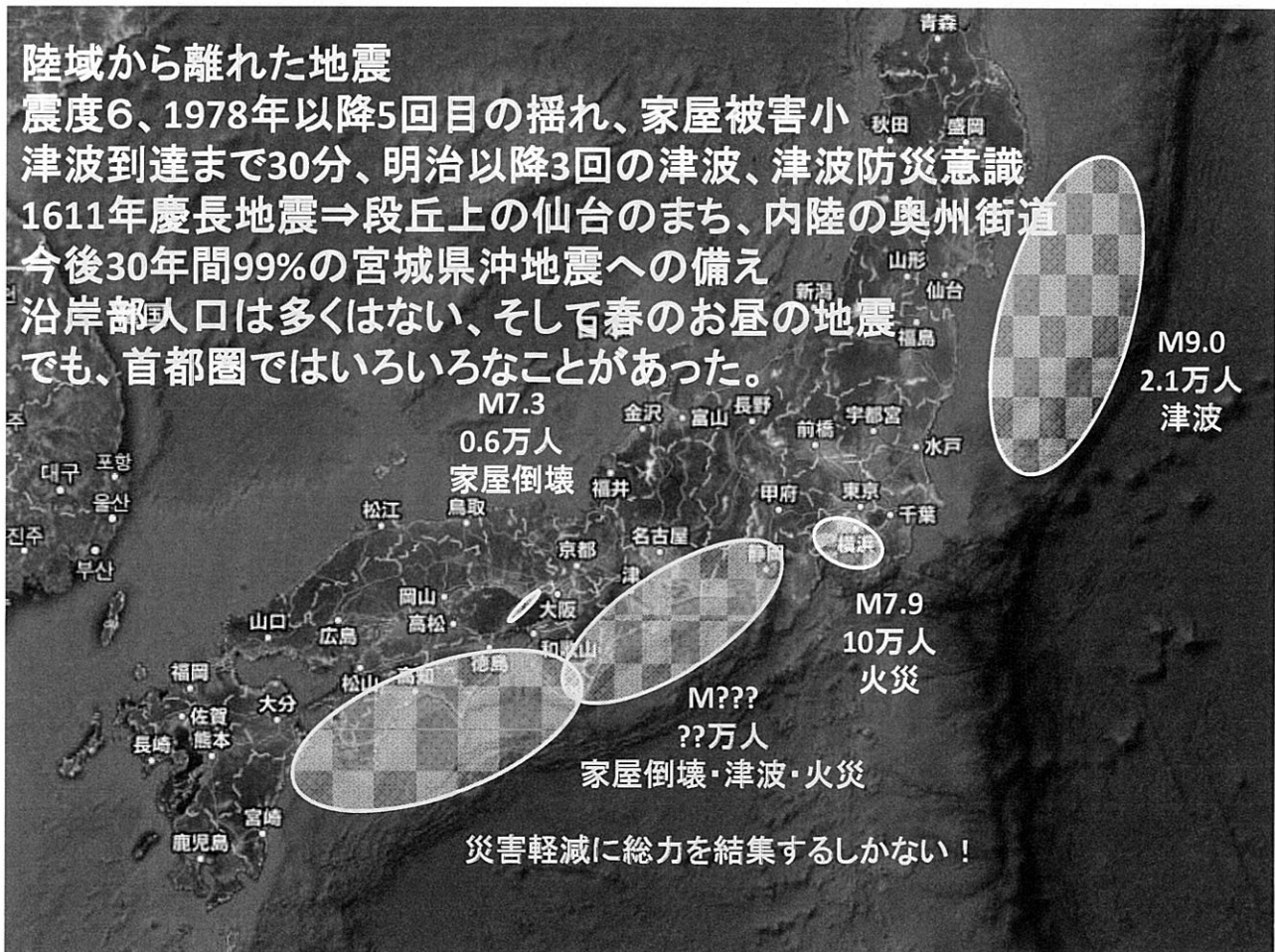


長周期振動による被害と対策



13.10.25 「21世紀文明研究セミナー」

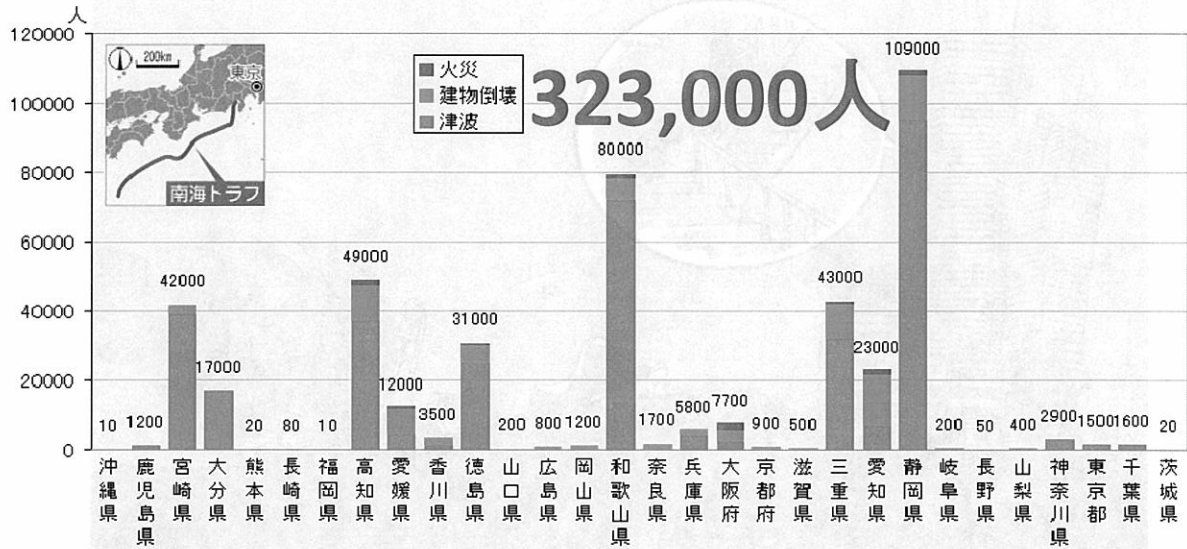
名古屋大学 福和伸夫





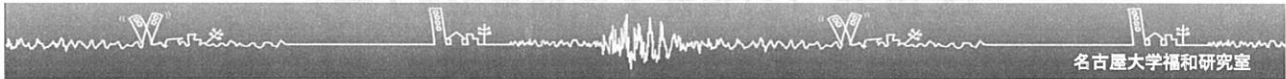
南海トラフ巨大地震

南海トラフ巨大地震による都府県別死者数(最大想定)



(注)どこの断層が大きく滑るかという津波ケースや発災季節・時間がそれぞれ異なる都府県ごとの最大想定。2012年8月29日内閣府公表資料による。
(資料)毎日新聞(2012年8月30日)

<http://www2.ttcn.ne.jp/honkawa/>



名古屋大学福和研究室



東日本大震災の被害

	死者	行方不明	関連死	住家全壊	住家半壊
岩手	5,034	1,151	389	18,370	6,558
宮城	10,427	1,302	862	85,259	152,875
福島	2,922	226	1,383	21,141	72,714
3県計	18,383	2,679	2,634	124,770	232,147
全国	18,493	2,683	2,688	128,801	269,675



名古屋大学福和研究室



東北と南海との違い

	標高10m未満 の人口(千人)	全人口 (千人)	標高10m未満 の人口比(%)	2010年と2040年 の人口比(%)
岩手県	40	1,379	2.9	70.5
宮城県	638	2,350	27.1	84.0
福島県	155	2,090	7.4	73.2
東北3県合計	833	5,819	14.3	77.0
静岡県	1,060	3,767	28.1	80.6
愛知県	2,886	7,226	39.9	92.5
三重県	582	1,848	31.5	81.3
大阪府	4,607	8,798	52.4	84.1
和歌山県	399	1,006	39.7	71.8
徳島県	452	800	56.5	72.7
高知県	267	784	34.0	70.2
宮崎県	377	1,149	32.8	79.3
南海8県合計	10,630	25,379	41.9	84.4
全国	36,055	126,761	28.4	83.8



例えば、静岡県と岩手県

- 岩手の犠牲者:約6千人
- 標高10m以下人口:静岡106万人、岩手4万人
- 津波到達時間 :静岡は数分、岩手は30分
- 揺れの強さ :静岡は震度7、岩手は震度6
- 津波防災意識?:岩手は津波てんでんこ
- 地震発生時間?:東日本は春の午後2時46分
- 静岡は日本第三の工業出荷額、富士山も!

⇒本当に大変なことになる・・・想像力を!!

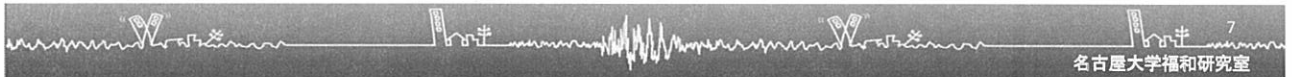




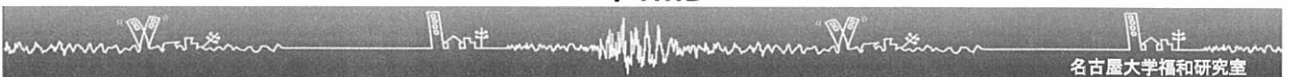
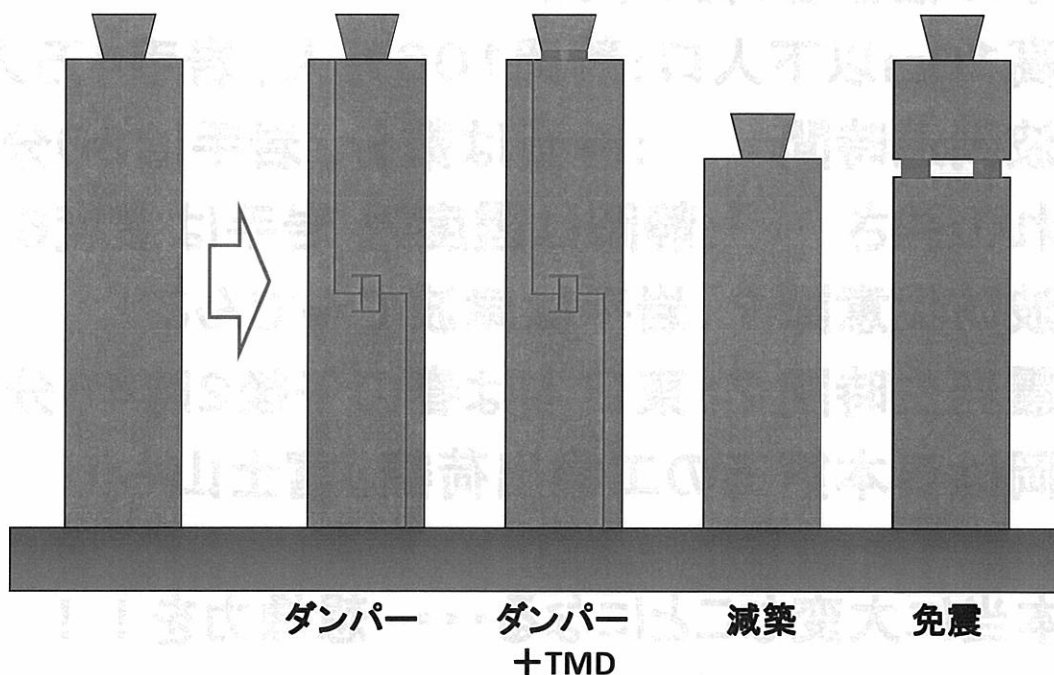
南海トラフ巨大地震の被害

	全壊棟数 (陸側、津波ケース①、冬18時、風速8m/s)				死者数 (陸側、津波ケース①、冬深夜、風速8m/s、 早期避難率低)			
	揺れ・地盤災害	津波	火災	合計	建物倒壊	津波	火災	合計
静岡県	220,300	30,000	42,000	292,000	13,000	95,000	1,600	109,000
愛知県	266,400	2,600	119,000	388,000	15,000	6,400	1,800	23,000
三重県	170,300	24,000	45,000	239,000	9,800	32,000	900	43,000
大阪府	75,100	200	260,000	336,000	3,800	200	500	4,500
和歌山県	102,800	16,000	49,000	168,000	6,000	28,000	1,500	35,000
徳島県	94,900	2,700	23,000	121,000	5,200	6,300	700	12,000
香川県	41,700	300	12,000	54,000	2,300	200	80	2,600
愛媛県	124,800	8,800	53,000	187,000	7,400	2,800	700	11,000
高知県	169,500	20,000	27,000	216,000	10,000	12,000	2,100	25,000
宮崎県	43,400	21,000	14,000	78,000	2,400	31,000	100	34,000
10県計	1,309,200	125,600	644,000	2,079,000	74,900	213,900	9,980	299,100
合計	1,486,500	146,000	750,000	2,382,000	82,000	230,000	10,000	323,000

全国のポンプ車は7000台 5年分の建設量⇒東日本の20倍But経済被害は10倍



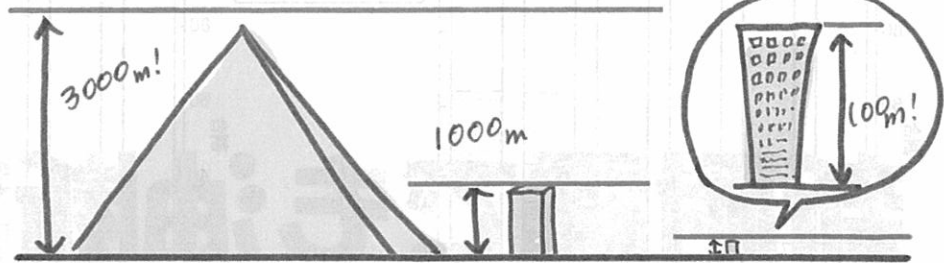
どうやって直す？ 減衰増と周期隔離





コンクリートの建物は
どの高さまで
建てられる??

隙間が多いので軟らかい



ピラミッドのよりの
円錐ならば...

穴の多い
角柱ならば...

ビルは...!?

高さ1m当たり支える重さ

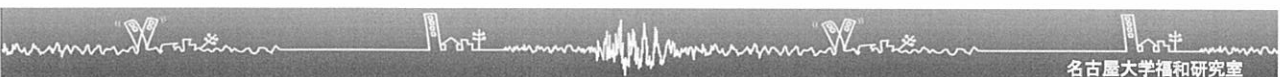
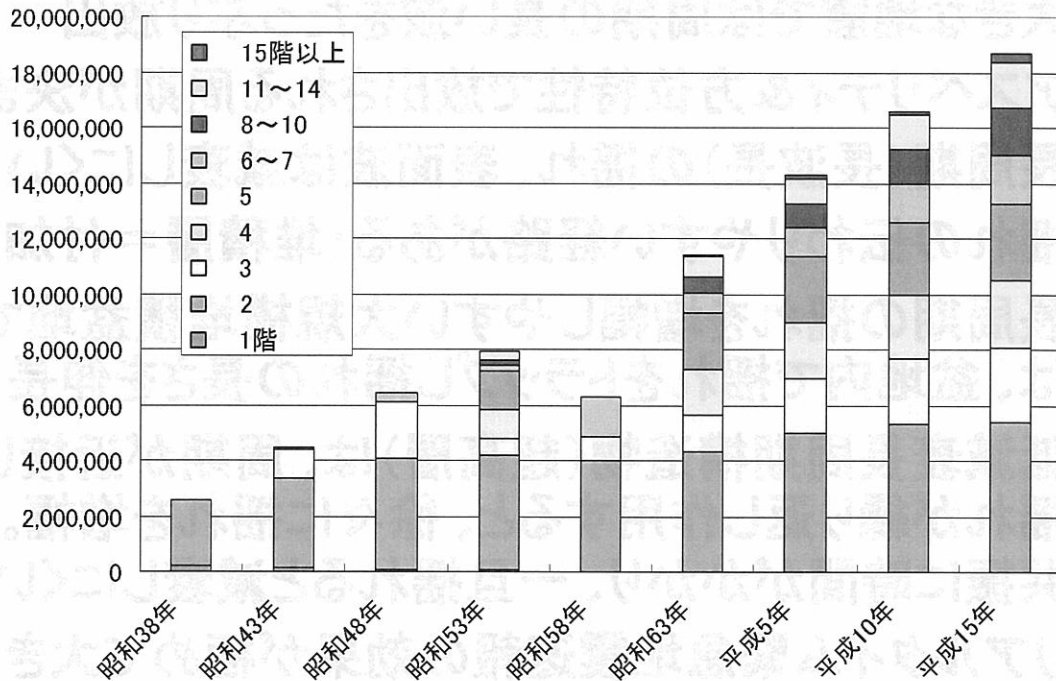
四角錐 : 0.8トン/m²

四角柱 : 2.4トン/m²

柱 : 36トン ÷ 3m ÷ 0.5m² = 24トン/m²

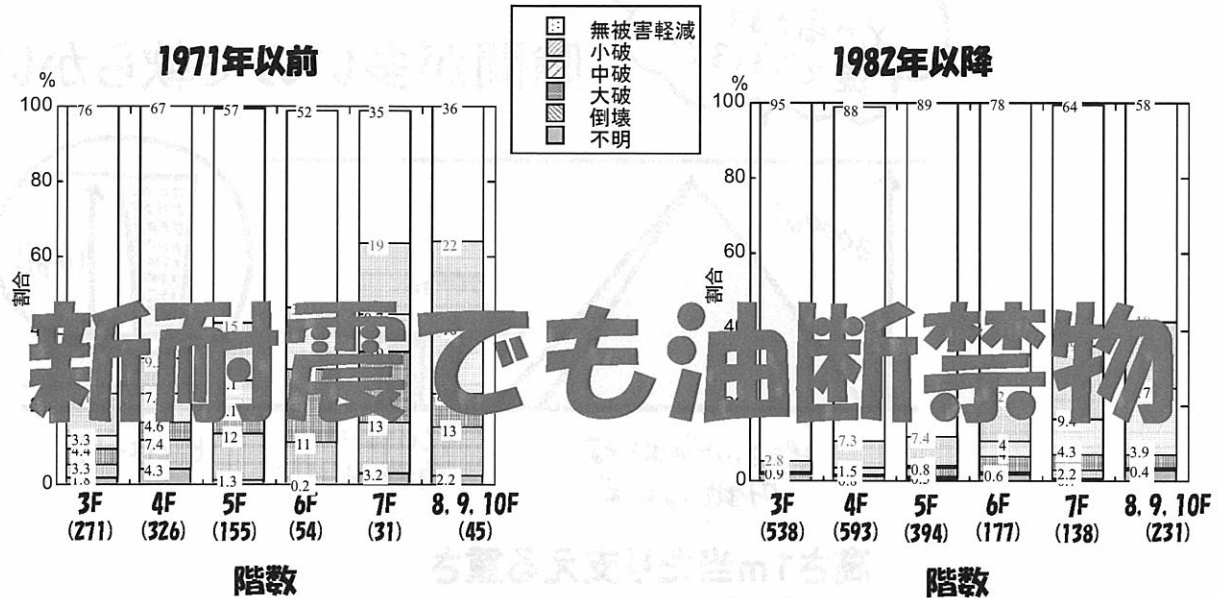


共同住宅の高層化





兵庫県南部地震でのRC建物被害



新耐震でも油断禁物

古い建物の被害大・高い建物の被害大
低い新しい建物は想定の何倍も強かった
新耐震は是認された、正しかったか？

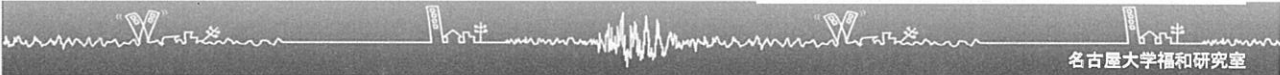
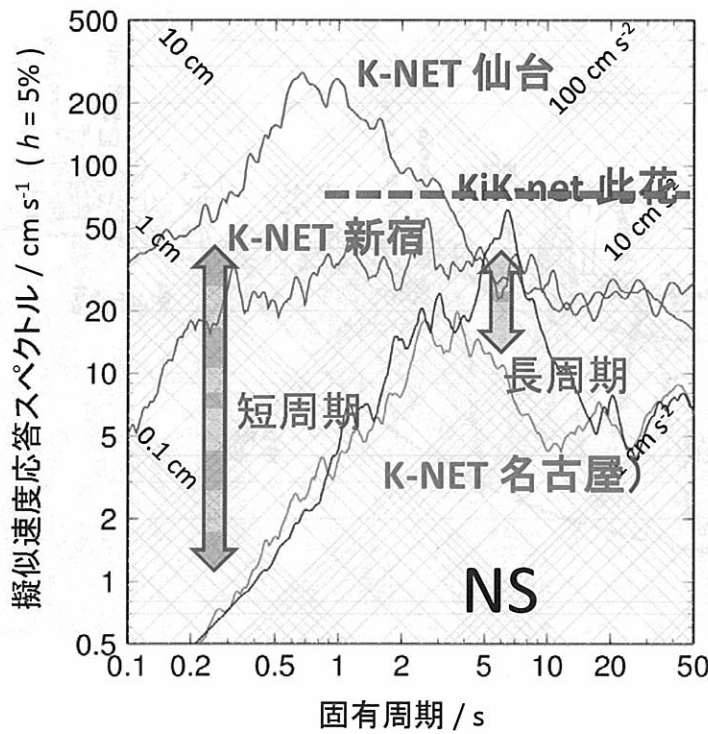


長周期地震動問題

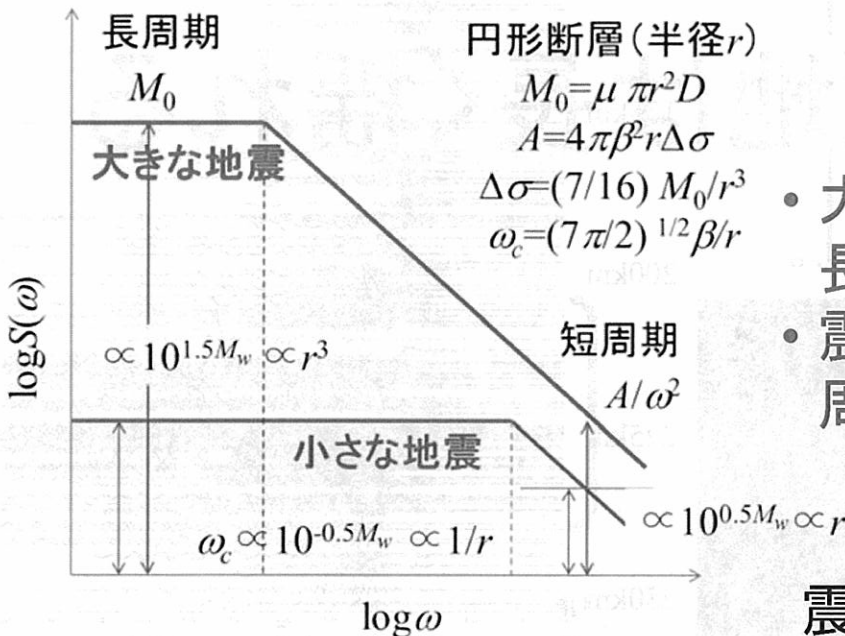
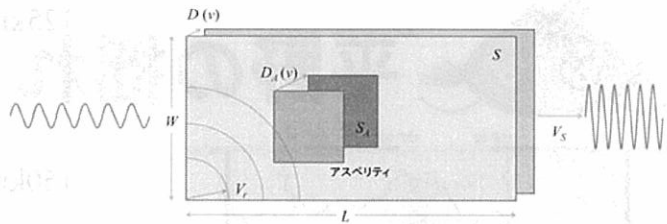
1. 大きな地震では周期の長い波をたっぷり放出
2. アスペリティ&方位特性で放出される周期が決まる
3. 長周期(長波長)の揺れ、表面波は減衰しにくい
4. 揺れの伝わりやすい経路がある: 堆積層=付加体
5. 長周期の揺れを増幅しやすい大規模堆積盆地では、盆地内で揺れをトラップし揺れの長さを伸長
6. 低減衰長周期構造物(超高層)は、周期が近接した揺れが繰り返し作用すると、徐々に揺れを増幅。共振に時間がかかり、一旦揺れると減衰しにくい。
7. リアルタイム緊急地震速報の効果が極めて大きい。



東北地方太平洋沖地震

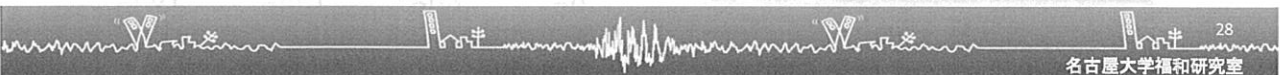


震源



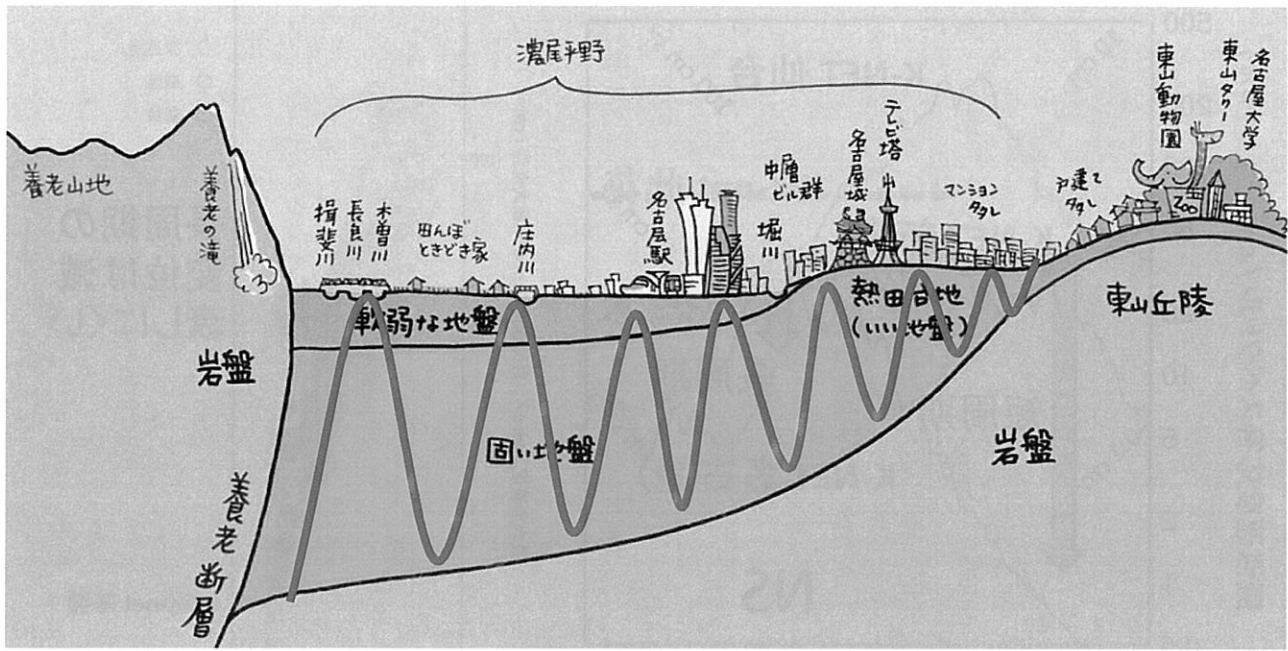
- 大きな地震では長周期がたっぷり
- 震源との方位で周期が異なる

震源スペクトル





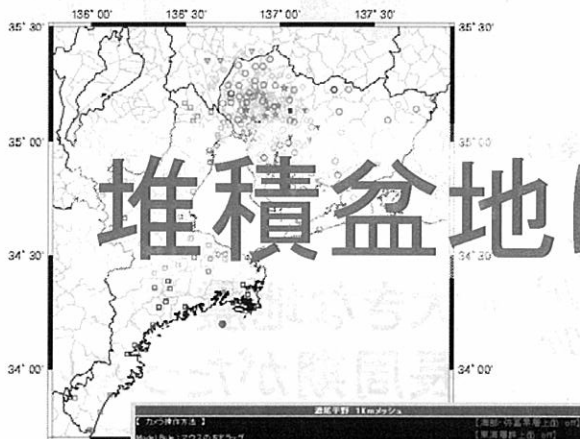
堆積盆地＝名古屋



平野の揺れ

125km

絶対値で基準化



堆積盆地は長く揺れる

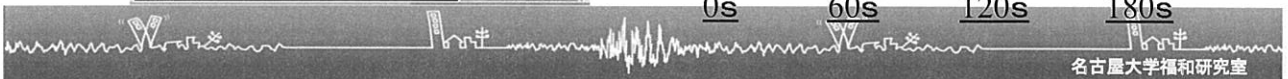
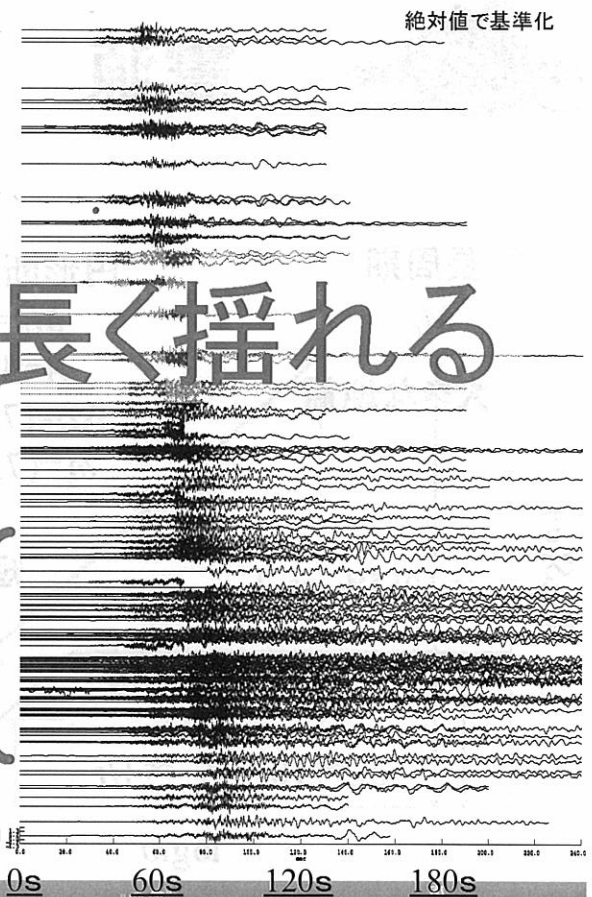
150km

175km

200km

225km

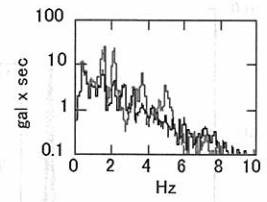
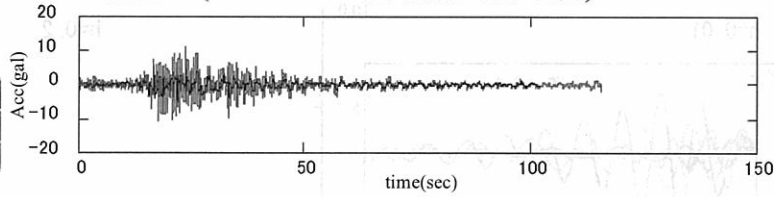
250km



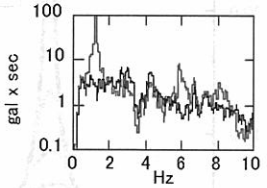
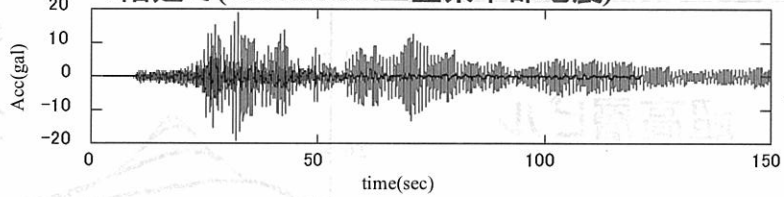


建物が高くなると揺れやすくなる (地下逸散減衰低下)

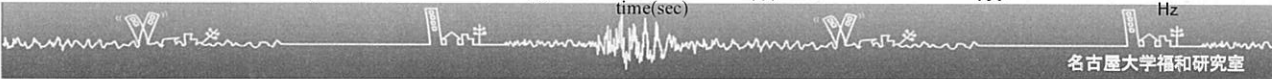
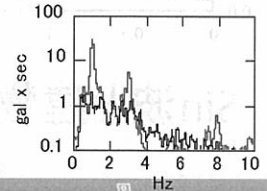
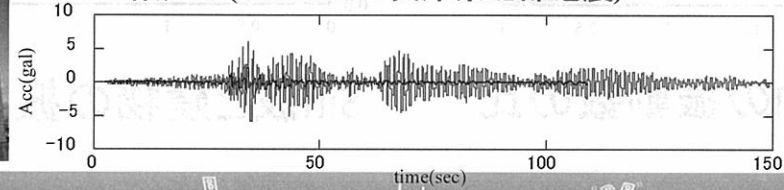
5階建て(2000.10.06 鳥取県西部地震)



7階建て(2000.10.31 三重県中部地震)



10階建て(2001.01.12 兵庫県北部地震)



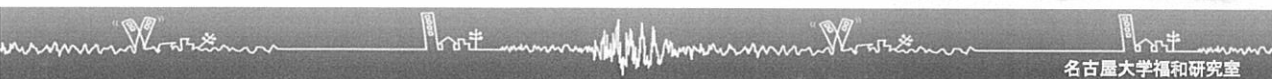
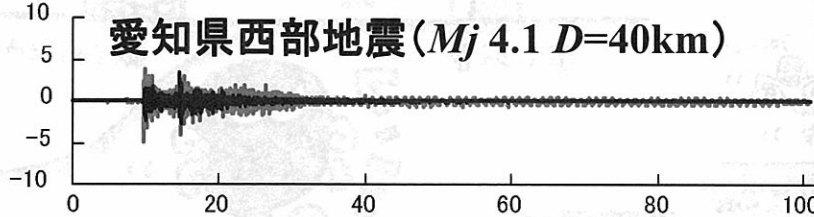
遠くの大きな地震で共振が育つ

IB電子情報館 黒:1階 赤:屋上

東海道沖地震 ($M_j 5.1 D=40\text{km}$)



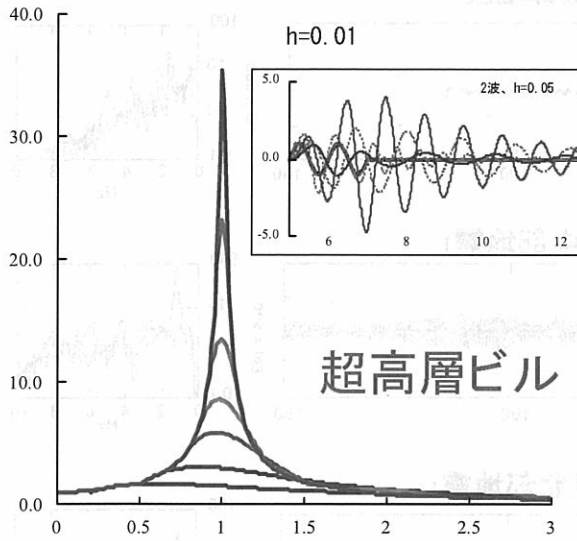
愛知県西部地震 ($M_j 4.1 D=40\text{km}$)



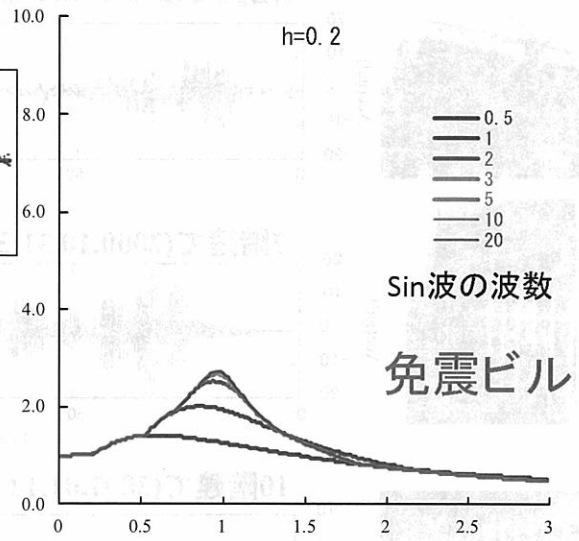


Sin波に対する応答スペクトル

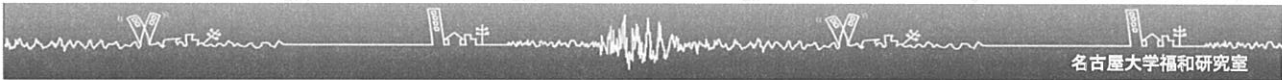
減衰の小さい建物は波が繰り返すと揺れが増大(継続時間)



Sin波と建物の振動数の比

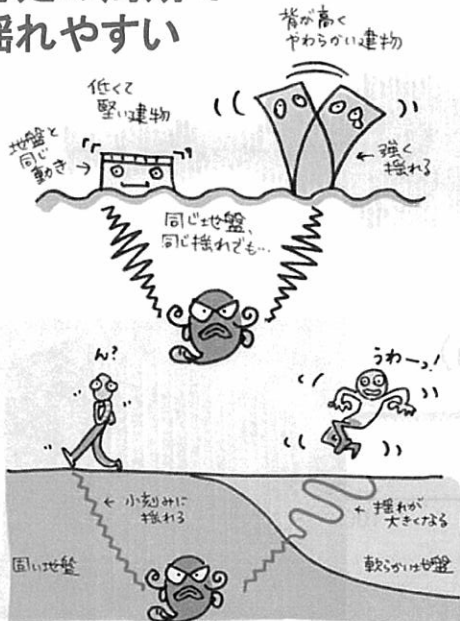


Sin波と建物の振動数の比

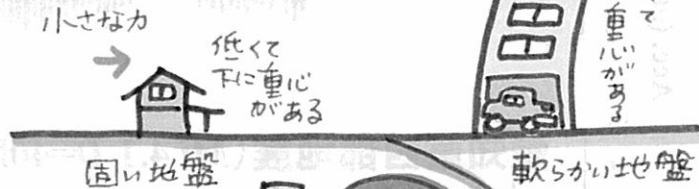


建物に加わる地震力

高層建物は変形しやすく
特定の周期で
揺れやすい



軟かい堆積地盤上の
特定の周期の高層建物は
ある周期で揺れやすい

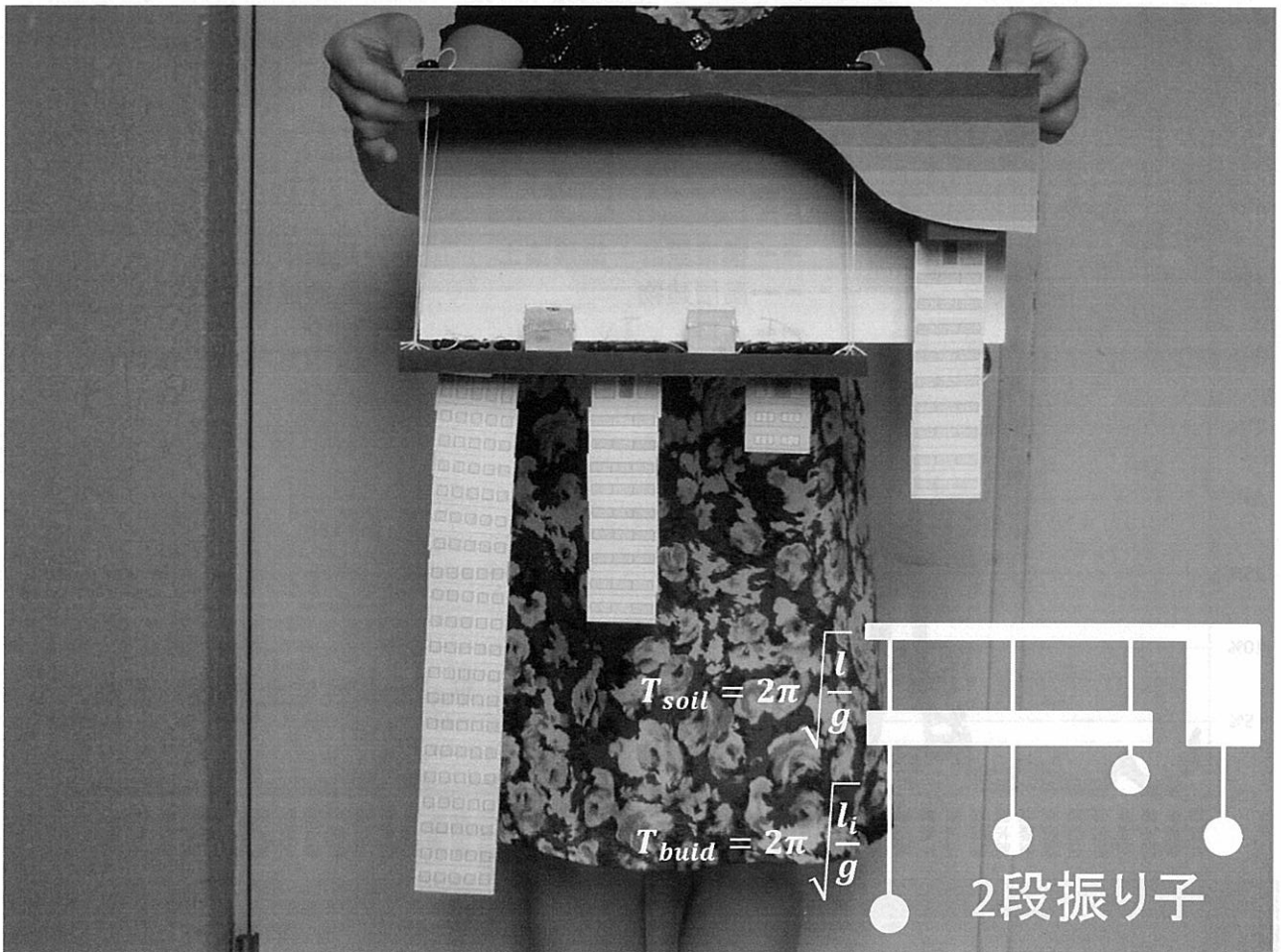
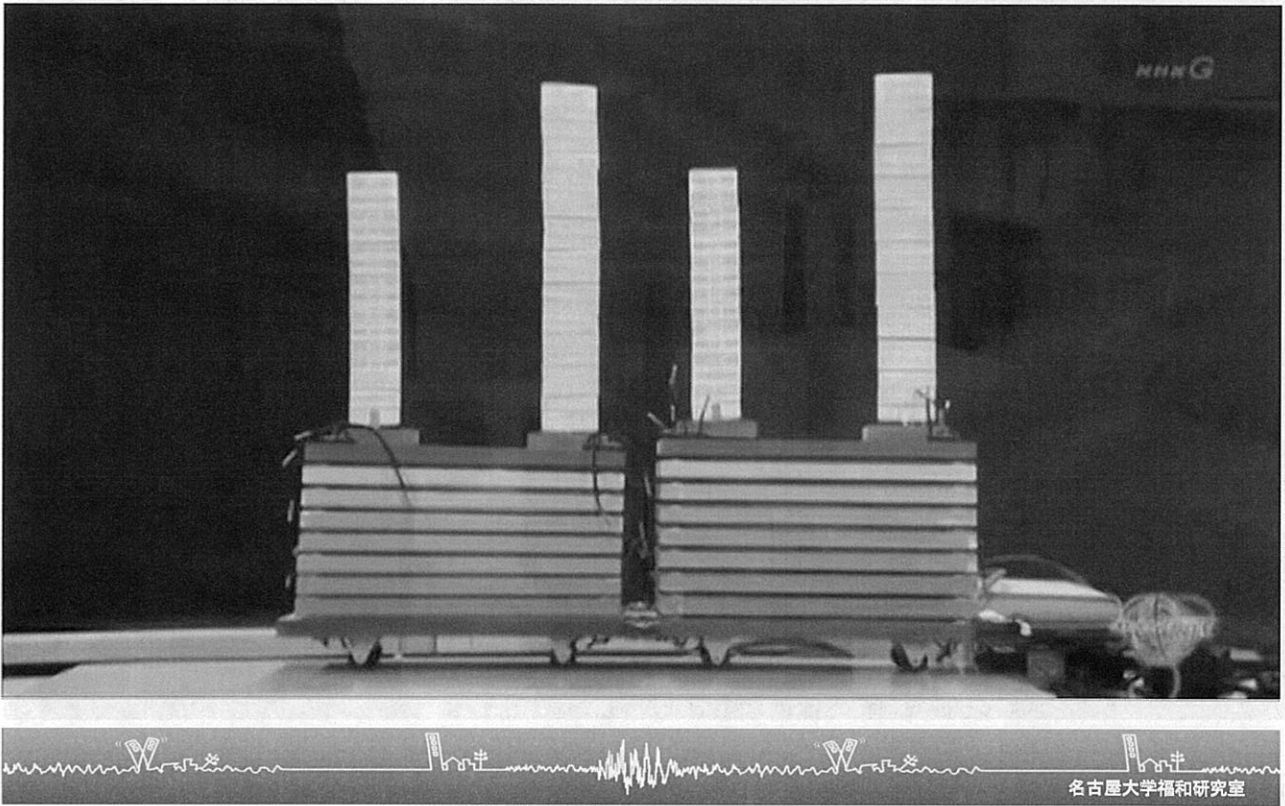


堆積層で
特定の周期の揺れが増幅



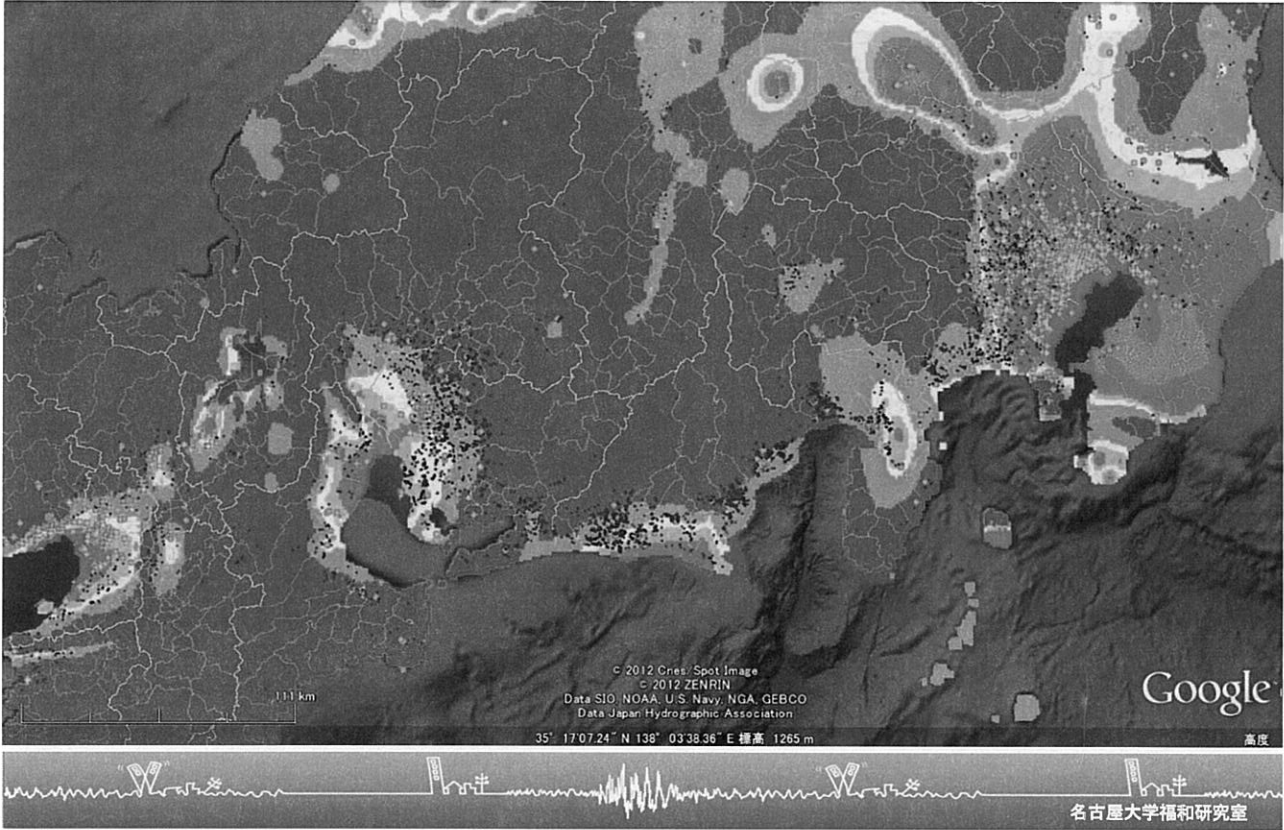


建物の共振

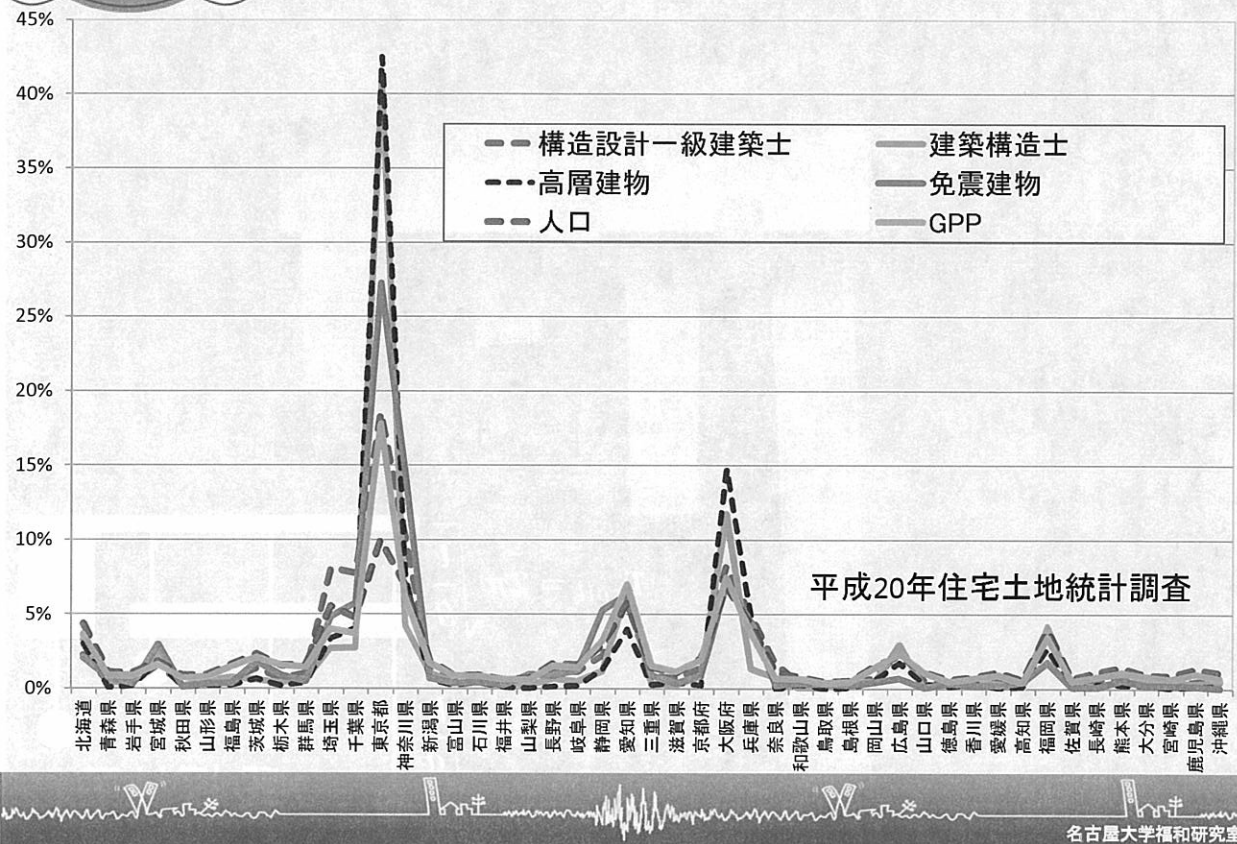




長周期建築物の分布

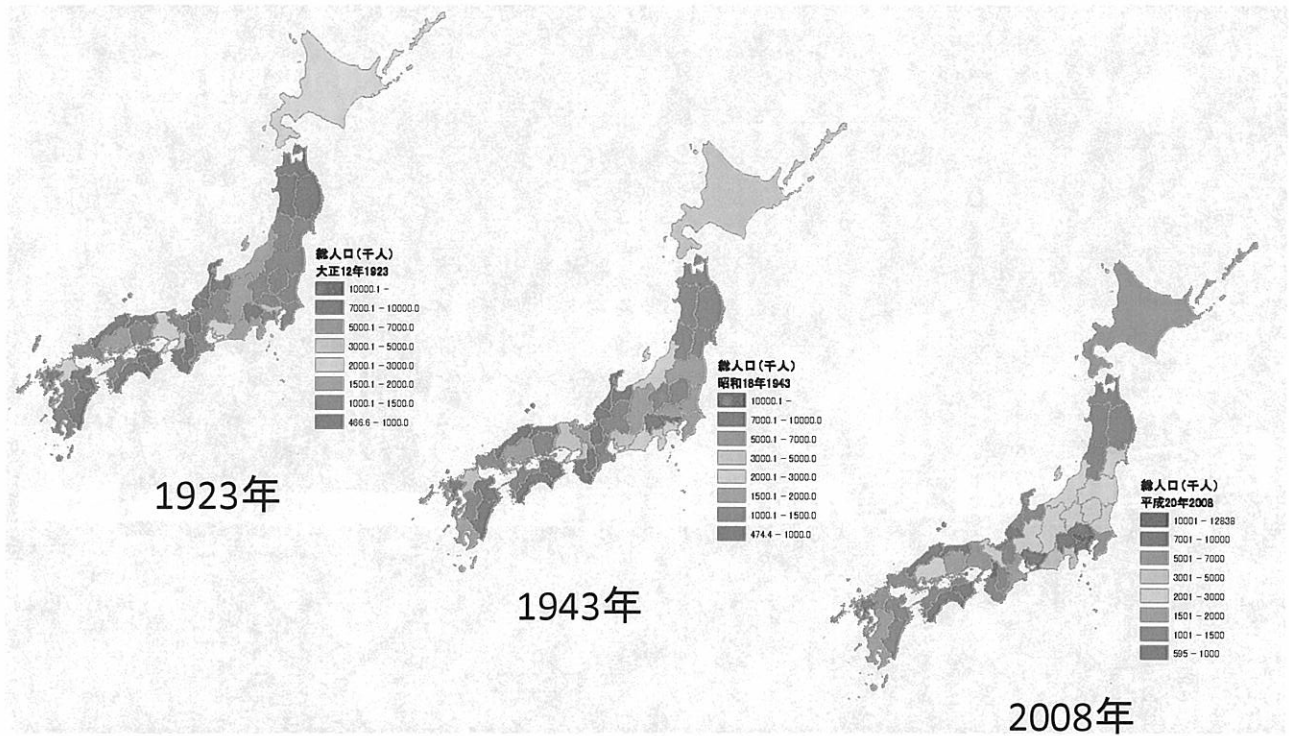


各都道府県の全国割合





都道府県の人口の変遷



災害被害人間



- A 山の被害
- B 住宅街の被害
- C 鉄道の被害
- D 道路の被害
- E 駅周辺の被害
- F 高層ビルの被害
- G 地下の被害
- H 埋立地の被害
- I 川の被害
- J 海の被害





変遷 TBS特番・横浜球場

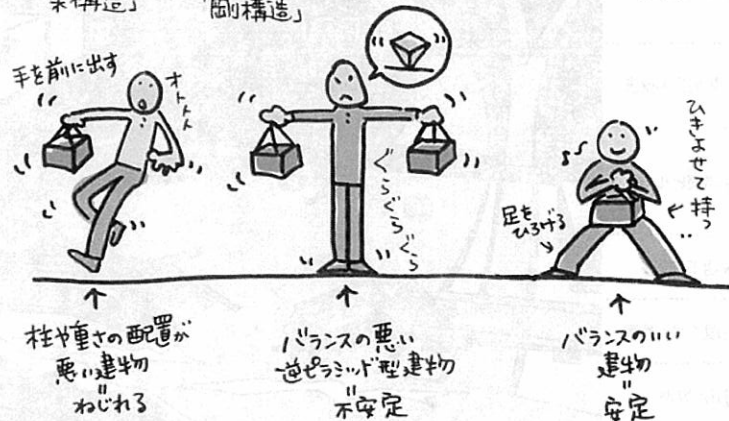
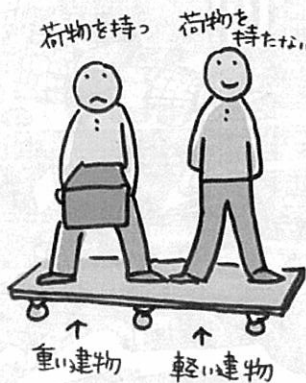
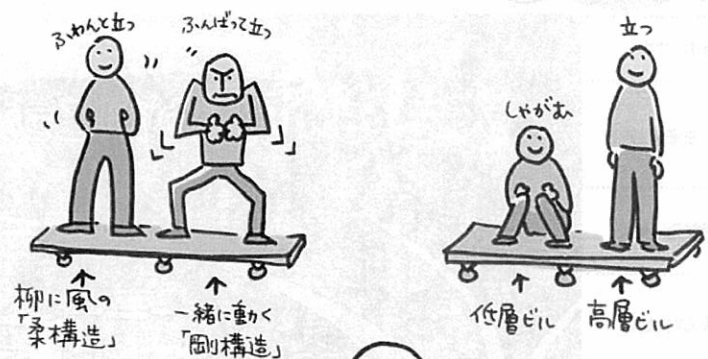
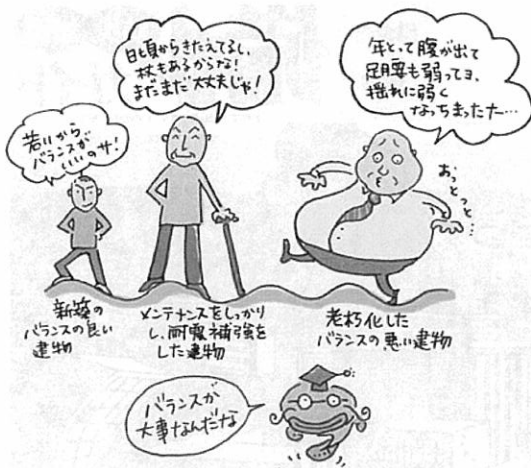


報道の日

3.11 映像の記録
～あの日、何があったのか～

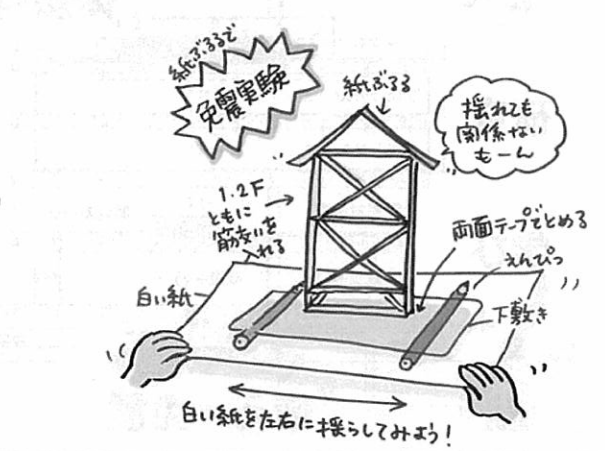
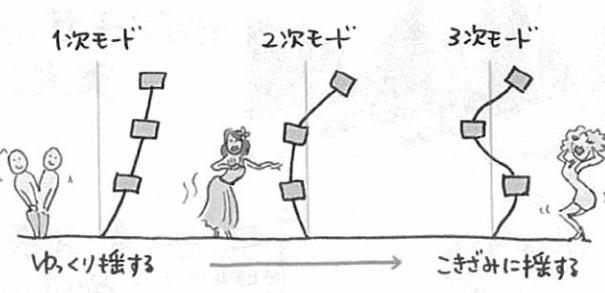
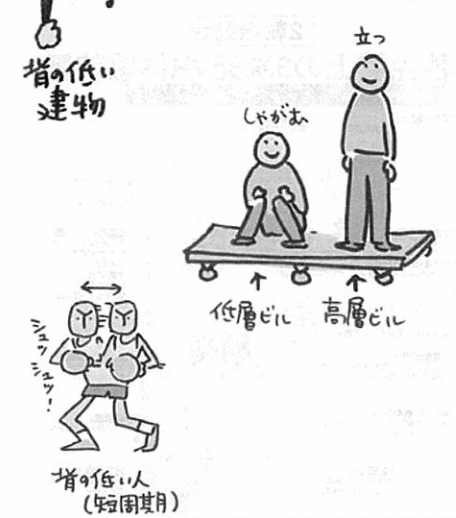
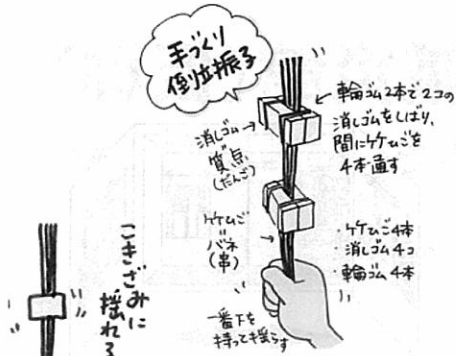
名古屋大学福和研究室

人間振動実験



66
名古屋大学福和研究室

身近な道具で揺れ実験

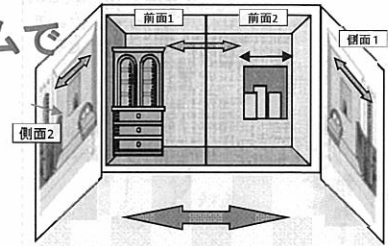


筋飼家と高居家のものがたり



名古屋大学・減災館(仮称)

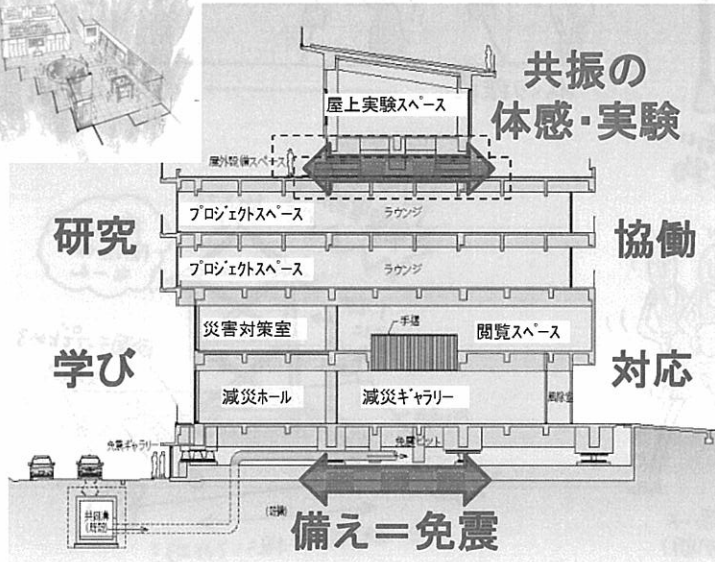
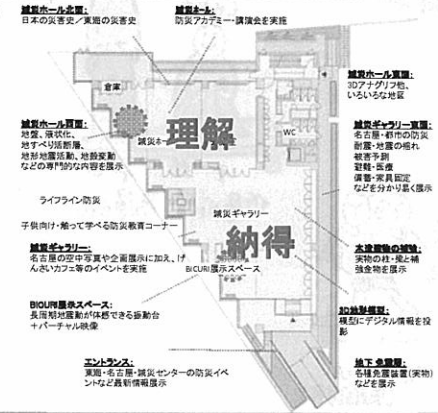
親ガメ子ガメ免震システムで
実大共振実験



2軸振動台

5秒免震上の3次元VR体感装置

1F平面図



共振の
体感・実験

研究

協働

学び

対応

備え=免震

名古屋大学福和研究室



個人・会社でできる防災対策

高層ビルは良く揺れる

- ・ 高層ビルで働いたり高層マンションに住む「作法」を心得る
- エレベータやライフラインの停止
- ・ 非常用エレベータの設置、救出用技術者の養成
- ・ 家具・什器の固定
- ・ 食糧・水・携帯トイレ、イーバックチェアや担架の準備
- ・ 事業継続上重要な設備は下階に(災害対応部署・役員室)。
- ・ 災害対応部署の人間は、長周期の揺れを事前に体感する
- 災害後の建物継続使用の判断: 高度技術者数の不足
- ・ 地震計の設置

高層建物は揺れが育つのは時間がかかる

- ・ 緊急地震速報や長周期地震動に関する情報が有用。