



工学院大学からの報告

工学院大学新宿キャンパス(28F)の揺れと被害

工学院大学建築学部

まちづくり学科

久田嘉章

まちづくり学科

久保智弘

建築学科

山下哲郎



東北地方太平洋沖地震 (M9.0) の概略

— 防災科学技術研究所 岡田義光氏の速報(2011/3/25)より—

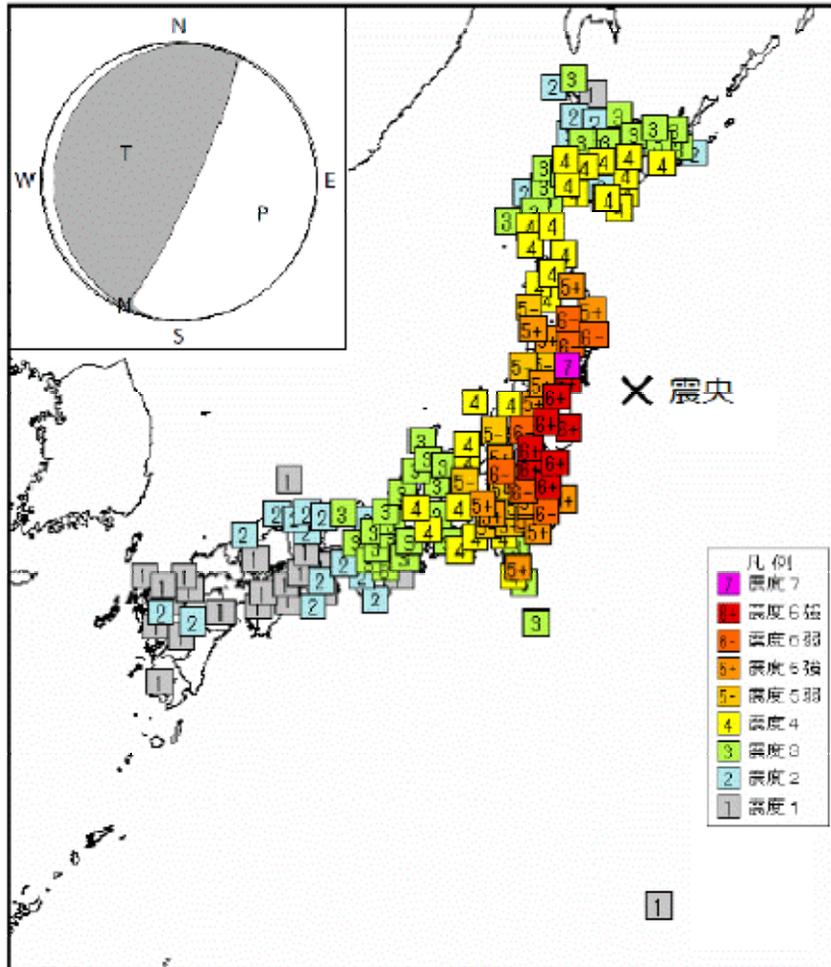
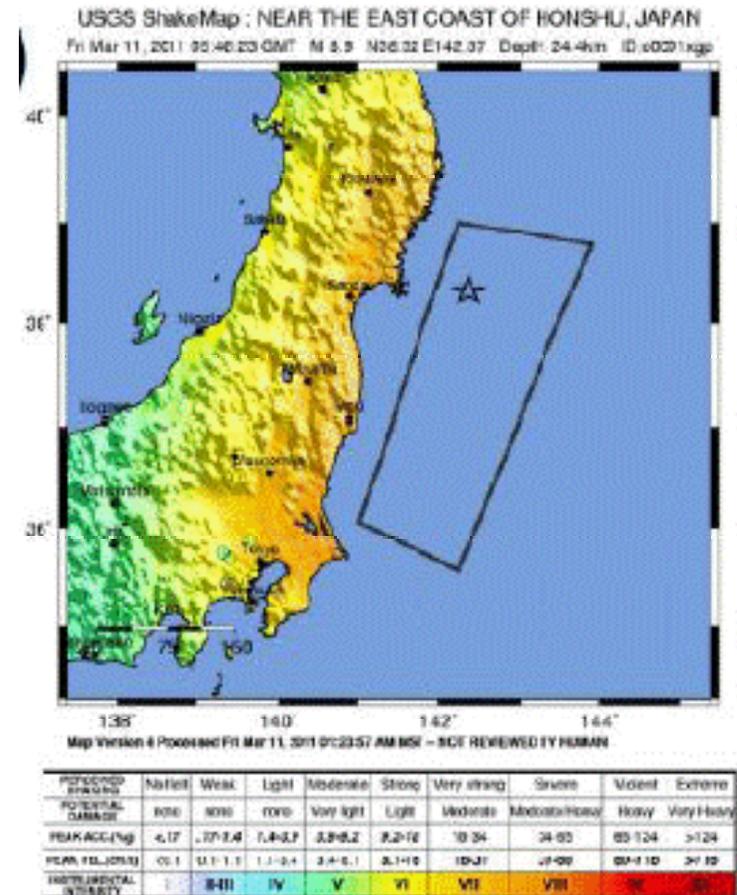


図1 2011年東北地方太平洋沖地震の発震機構解 (左上)と震度分布 (気象庁資料より合成)



(b)米国 USGS による東北地方



東北地方太平洋沖地震(M9.0)の概略

— 防災科学技術研究所 岡田義光氏の速報(2011/3/25)より—

表1 東日本太平洋沖における海溝型地震の長期発生予測(地震調査研究推進本部による)

海 域	予想されるマグニチュード	今後30年以内の発生確率	平均発生間隔
三陸沖北部	M8.0 前後	0.5%~10%	約97年
三陸沖中部	(過去に大地震がなく評価不能)		
三陸沖南部海溝寄り	M7.7 前後	連動時は 80%~90%	105年程度
宮城県沖	M7.5 前後		37年
福島県沖	M7.4 前後 (複数地震が続発)	99%	400年以上
茨城県沖	M6.7~M7.2	7%程度以下	約21年
房総沖	(過去に大地震がなく評価不能)		
三陸沖北部から	M8.2 前後 (津波地震)	20%程度	133年程度
房総沖の海溝寄り	M8.2 前後 (正断層型地震)	4%~7%	400~750年

- ・「宮城県沖」は、過去200年間にM7クラスの6回の地震が平均37.1年間隔で繰り返されており、今後30年間の発生確率は99%という我が国で最も高い値と推定されていた。
- ・本年3月9日には、沖合の「三陸沖南部海溝寄り」の海域でM7.3の地震が発生した。これによって「宮城県沖」と「三陸沖南部海溝寄り」が連動するM8級の大地震の危険性はやや薄らいだとも考えられていた。

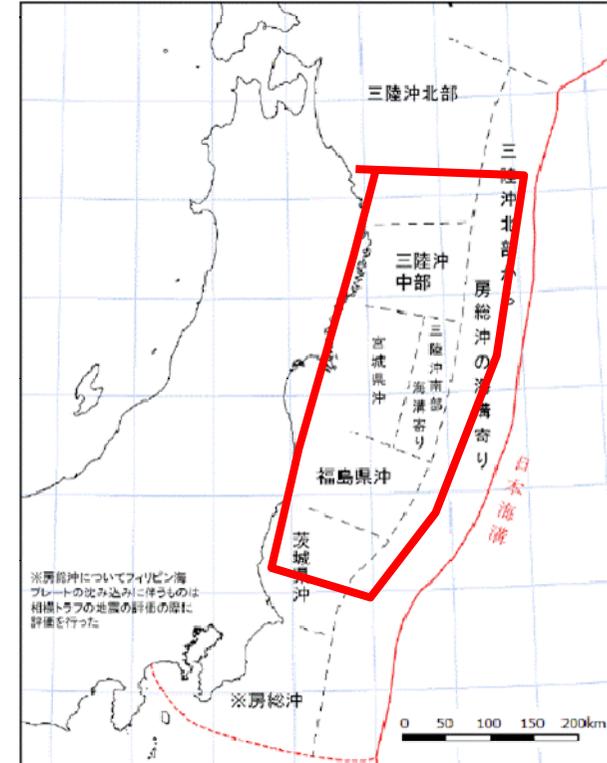


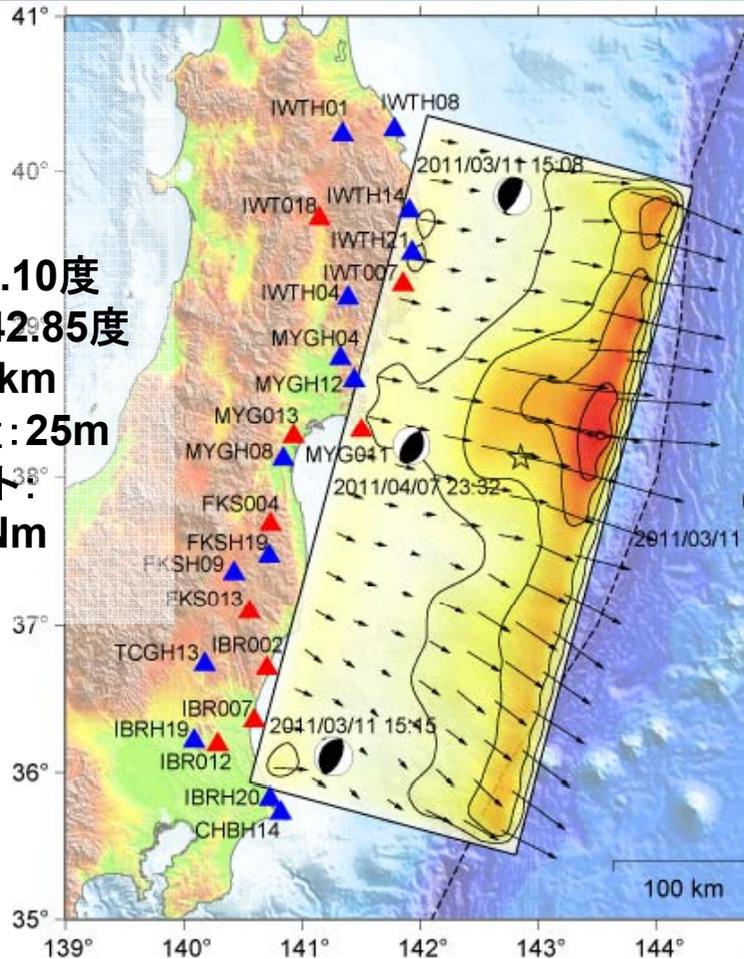
図10 東日本太平洋沖における海溝型地震の発生領域分け(地震調査研究推進本部による)



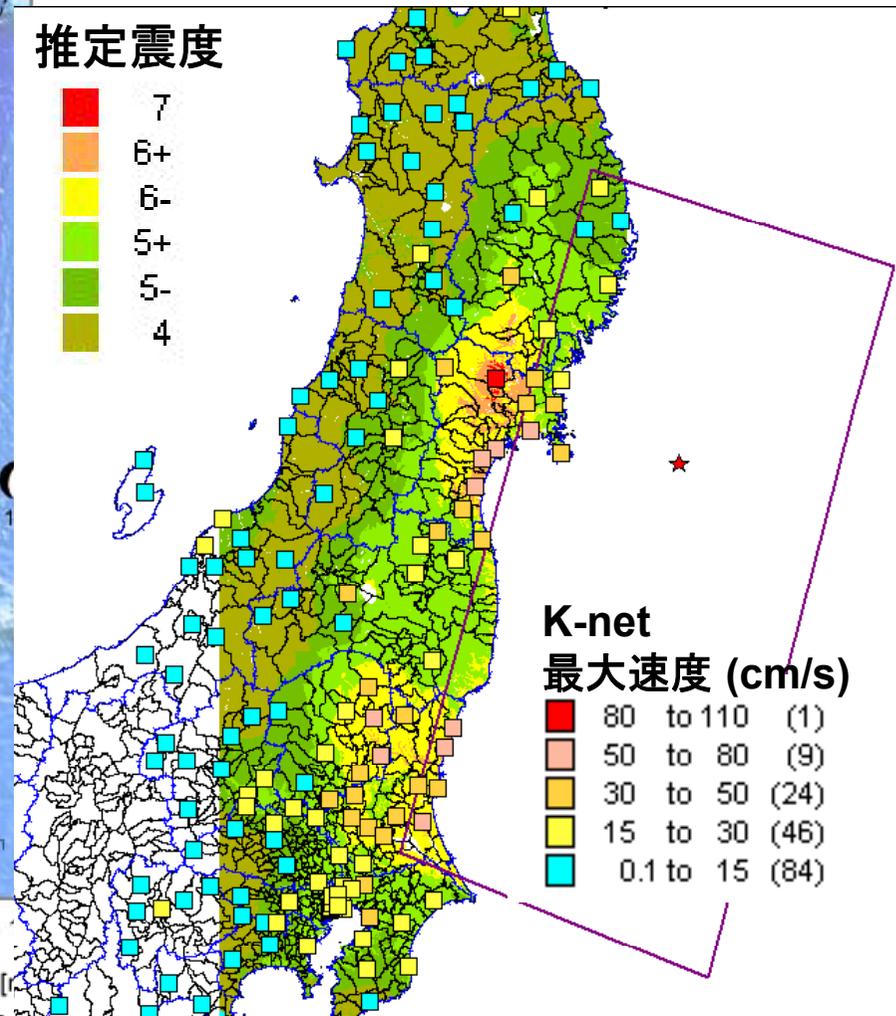
東北地方太平洋沖地震(M9.0)の概略

断層震源モデル(防災科研・青井氏による)と
推定震度分布(久保他(2003)による)

走向:195度
傾斜:13度
長さ:510km
幅:210km
震源:北緯38.10度
東経142.85度
深さ24km
最大すべり量:25m
地震モーメント:
 $3.43 \times 10^{22} \text{Nm}$
(Mw9.0)



推定震度



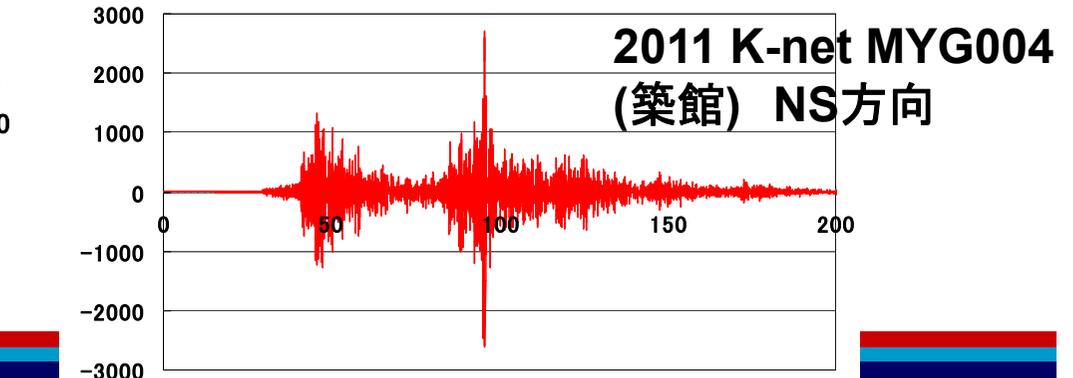
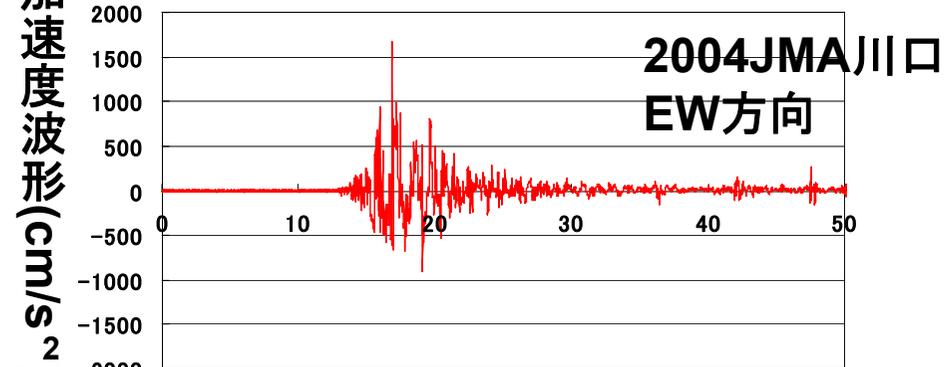
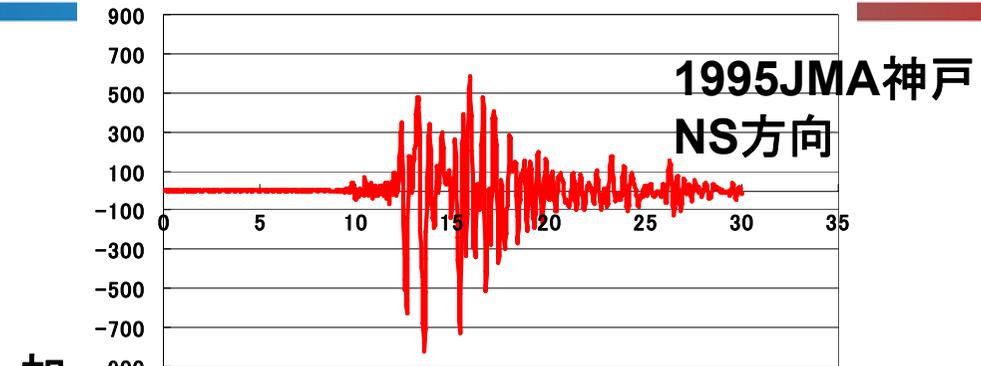
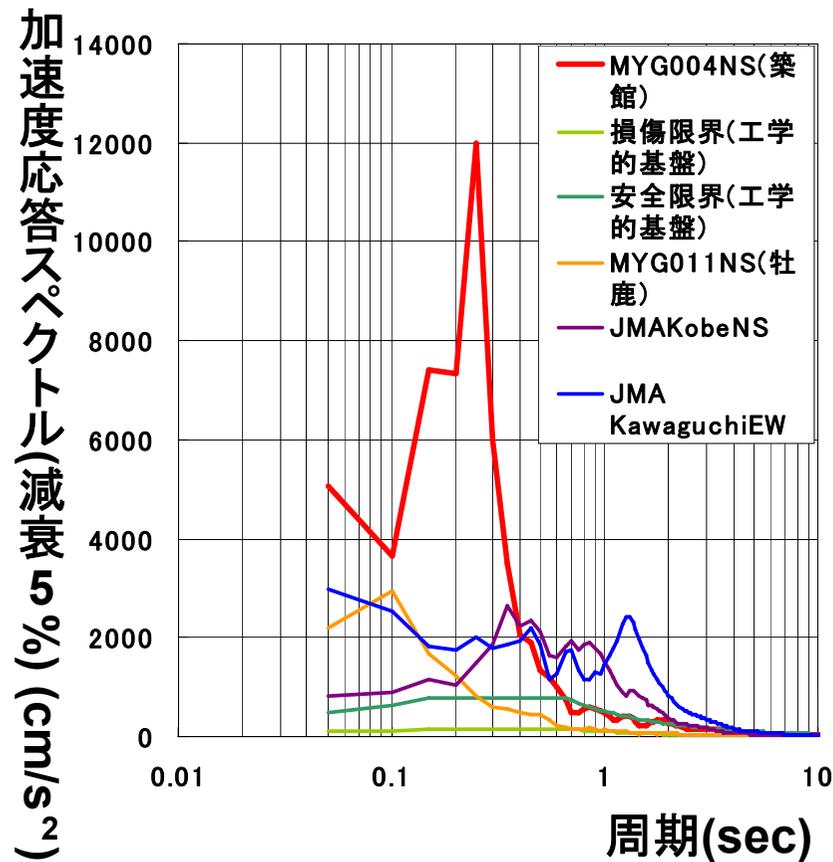
2011/04/12改訂版

連動型地震:カスケード→スケーリングモデル?

断層面は筑波大学八木准教授の結果をプロット
<http://www.geol.tsukuba.ac.jp/~yagi-y/EQ/Tohoku/>



東北地方太平洋沖地震(M9.0)における地震動について(過去の地震動との比較)





プレート境界地震と津波



過去の巨大地震でも発生

- 1944年：東南海地震 (M7.9)
- 1946年：南海地震 (M8.0)
- 1968年：十勝沖地震 (M7.9)
- 1993年：北海道南西沖地震 (M7.8)
- 1994年：三陸はるか沖地震 (M7.5)



東北地方太平洋沖地震(M9.0)における津波高さ

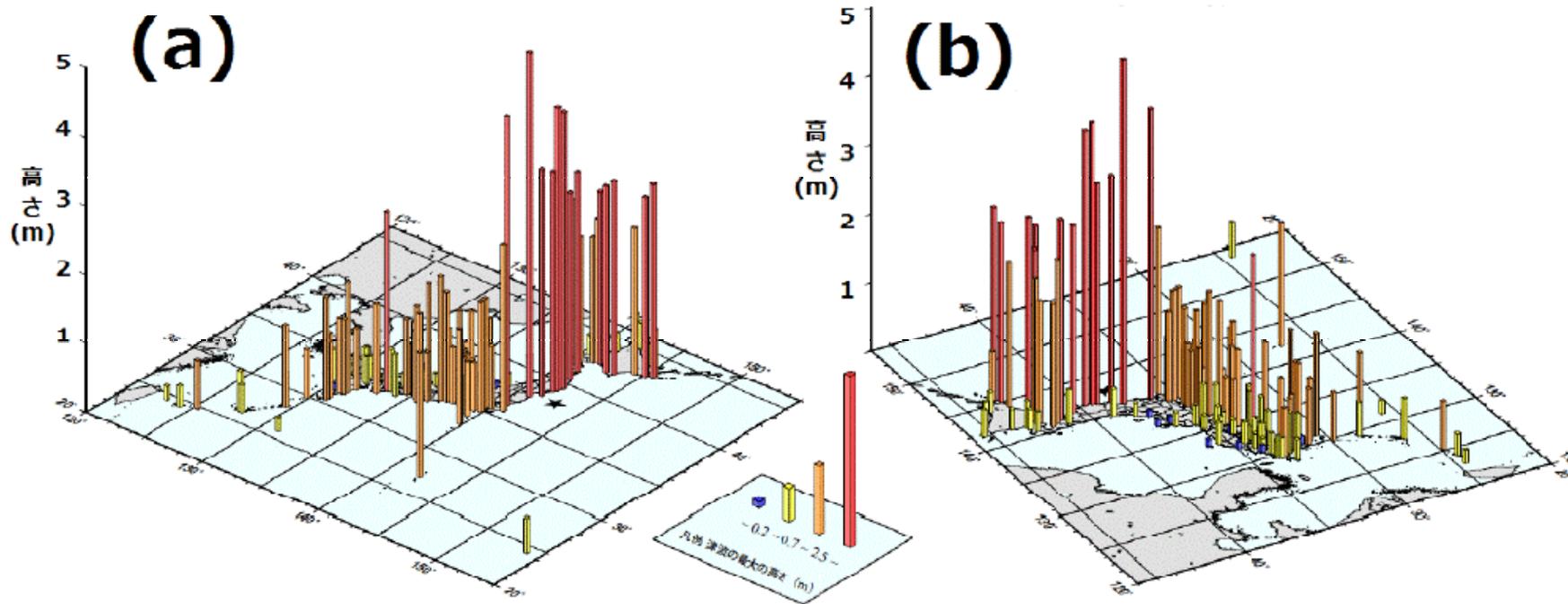


図4 (a)太平洋側, および(b)日本海側から見た津波最大波高の分布 (気象庁資料に加筆合成)
8m以上を記録した宮古, 大船渡のデータは含まれていない。

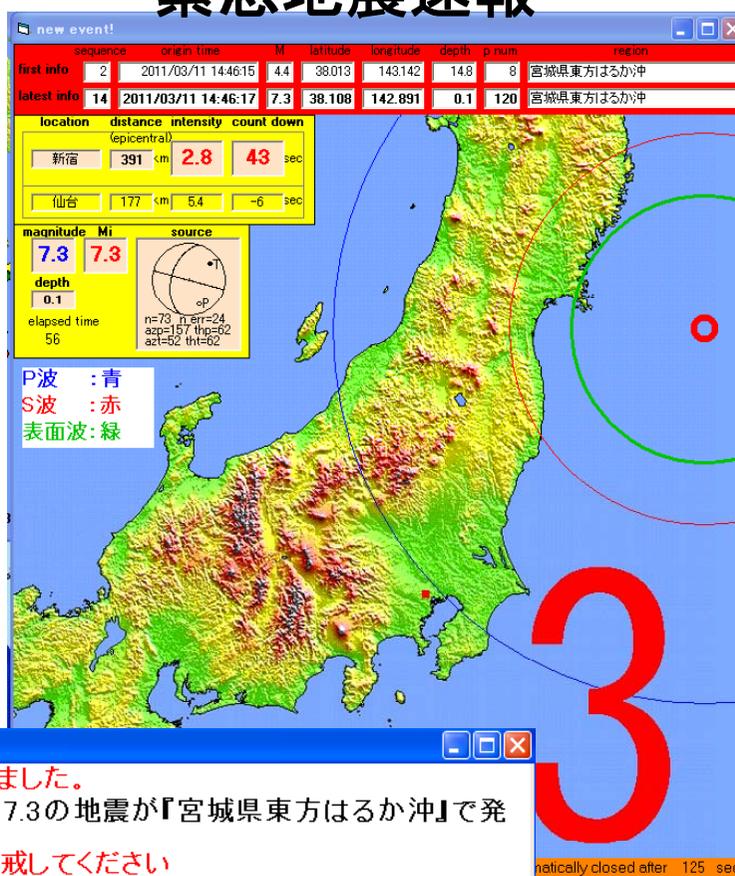
- ・岩手県の釜石, 石巻, 大船渡などでは, 津波の第1波が14時46分(地震発生と同時に)に到着し, 最大波は15時20分前後にこれらの地を襲った。
- ・気象庁では, 14時49分に岩手県, 宮城県, 福島県に津波警報(大津波)を発令した。そして, 15時14分には青森県太平洋沿岸, 茨城県, 千葉県九十九里・外房, 15時30分には北海道太平洋沿岸と伊豆諸島などが対象に加えられた。



東北地方太平洋沖地震(M9.0)における 緊急地震速報について

防災科学技術研究所による 緊急地震速報

気象庁による緊急地震速報

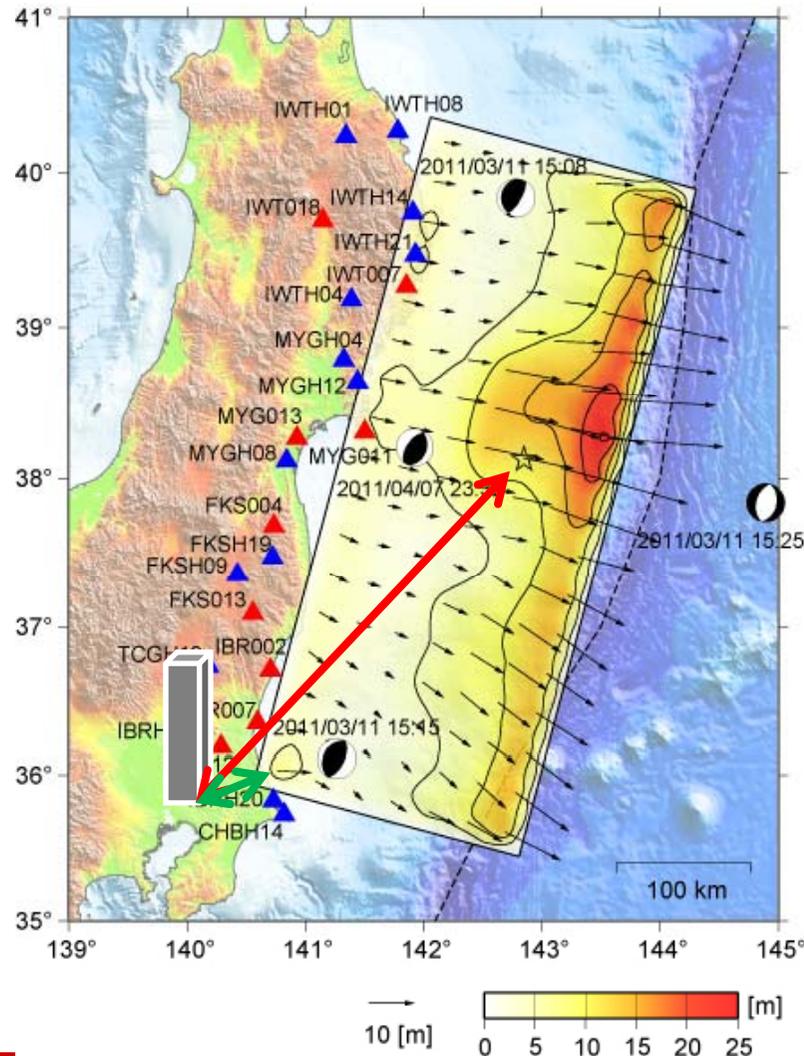


地震が発生しました。
マグニチュード7.3の地震が『宮城県東方はるか沖』で発生しました。
強い揺れに警戒してください

あと 43 秒で新宿に震度3の揺れが来ます。
あと 100秒で長周期地震動による大きな揺れが来ます。



東北地方太平洋沖地震(M9.0)における 緊急地震速報について



なぜ、緊急地震速報による推定震度は小さかったか？

- ・震源距離の問題
- ・マグニチュードの問題

推定震度は、距離減衰式を用いて推定している。

$$\log V = b - \log(X + cv) - kv * X$$

緊急地震速報では、震源からの予測対象地点までの**震源距離**を利用。

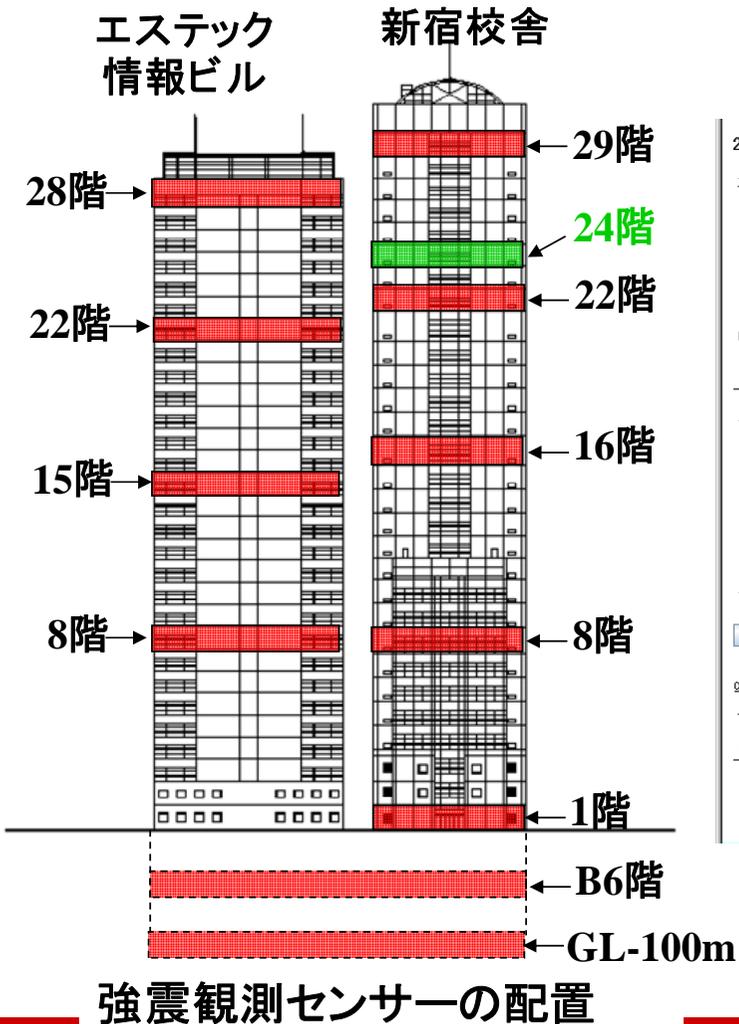
しかし、本来距離減衰式では、断層からの予測対象地点までの**断層最短距離(もしくは等価震源距離)**を利用。

マグニチュードが大きくなると断層も大きくなる。M9.0と評価されたのは、13日

$$M_0 = \mu LWD_f$$

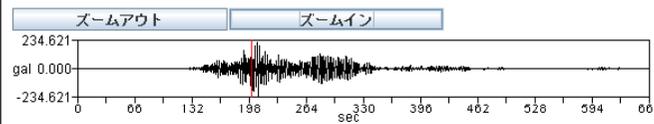
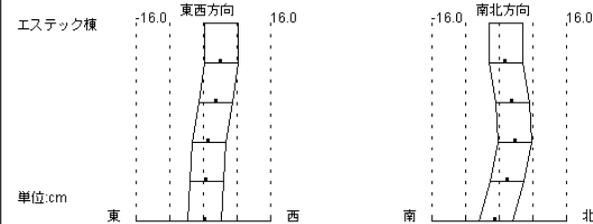
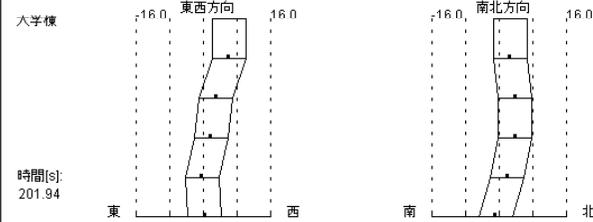


東北地方太平洋沖地震(M9.0)における 工学院大学新宿キャンパスでの揺れについて



リアルタイム地震観測システムより

2011/03/11 14:46:00 建物振動状況



上の波形は1チャンネル(大学棟29F EW成分)の加速度波形です。

2011/03/11 14:46:00 簡易震度と層間変形

簡易震度	層間変形(最大値)	
	東西方向	南北方向
29F 5強	1/572	1/408
22F 5弱	1/362	1/520
16F 5強	1/451	1/564
8F 5強	1/645	1/514
1F 4		

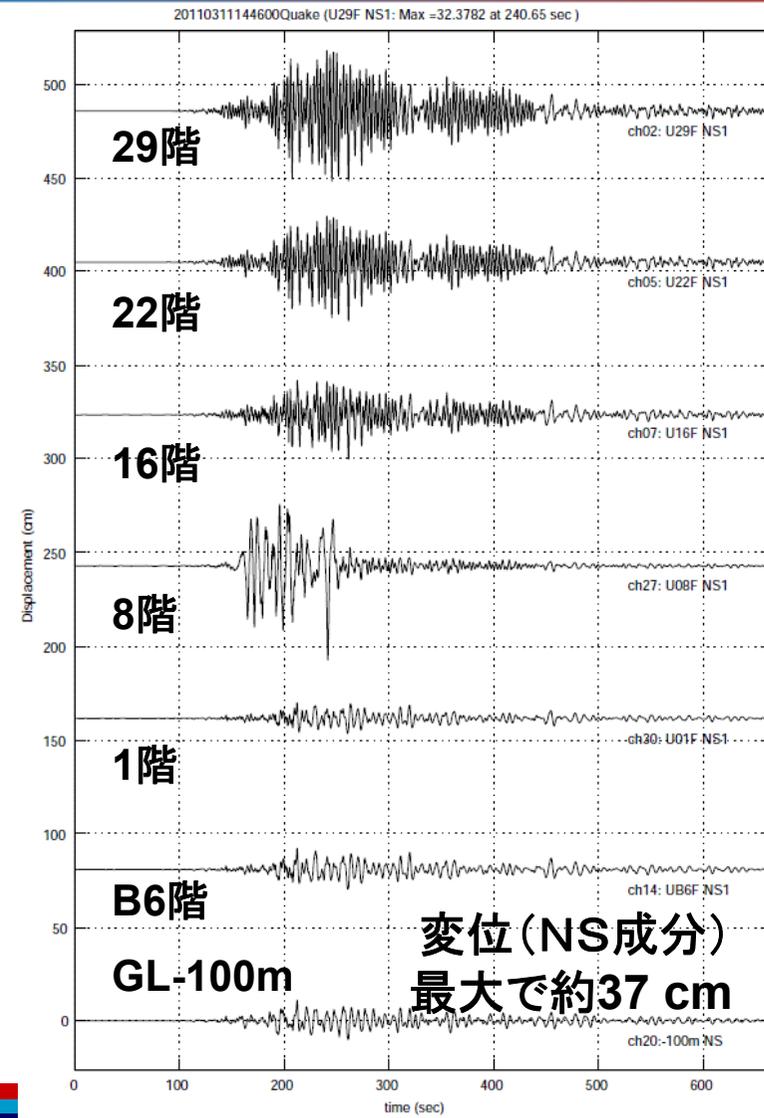
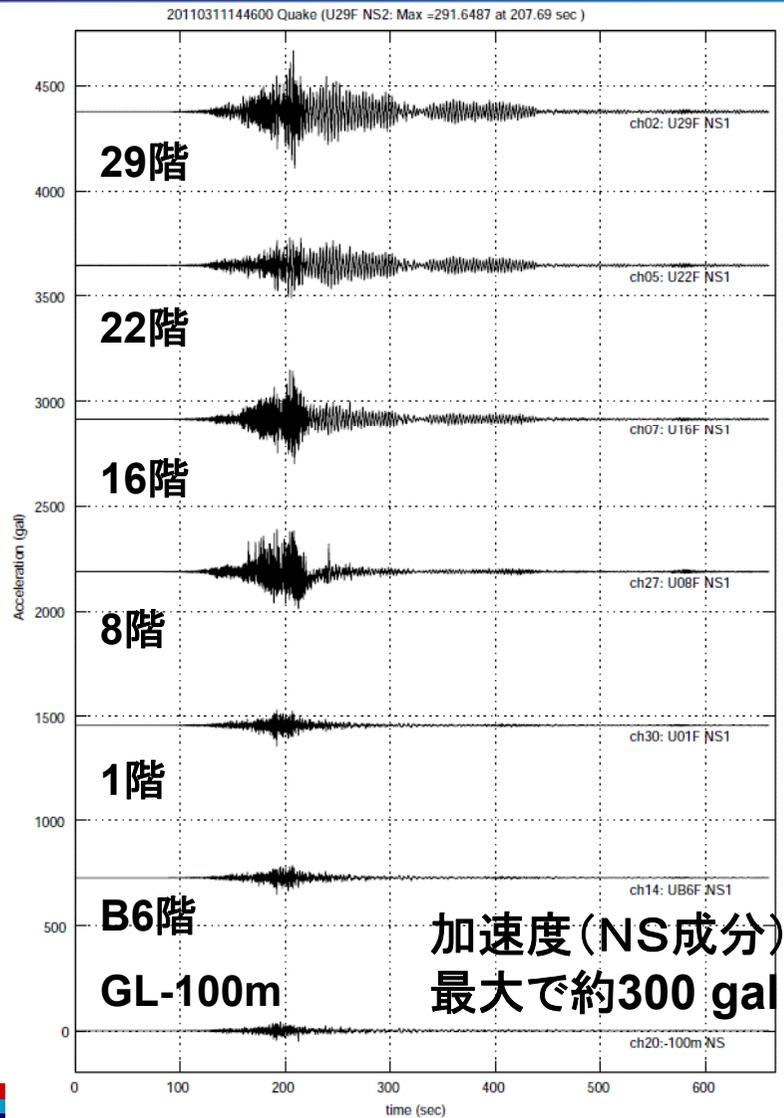
簡易震度	層間変形(最大値)	
	東西方向	南北方向
28F 6弱	1/687	1/353
22F 5強	1/685	1/382
16F 5強	1/1101	1/925
8F 5弱	1/1010	1/568
1F 4		

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強~5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ると思われません

上層階で震度が大きく室内被害が発生している可能性があるが、層間変形角では、建物の安全が確認できる

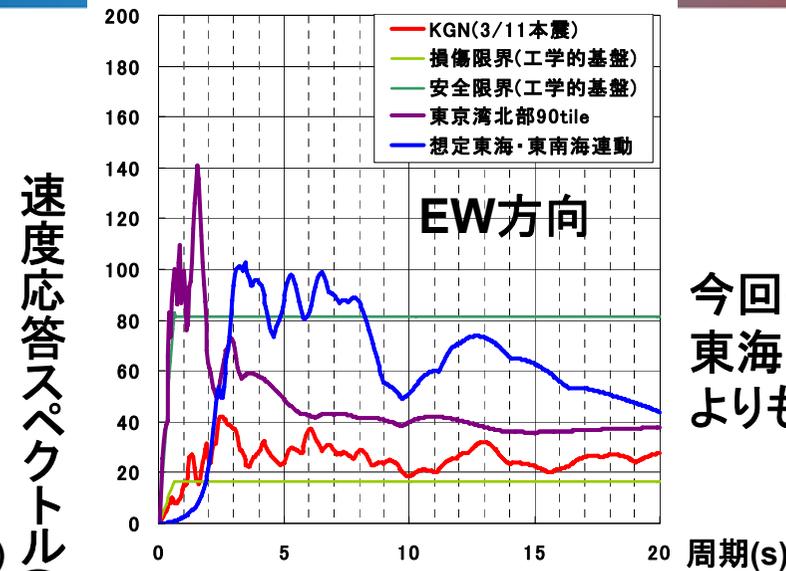
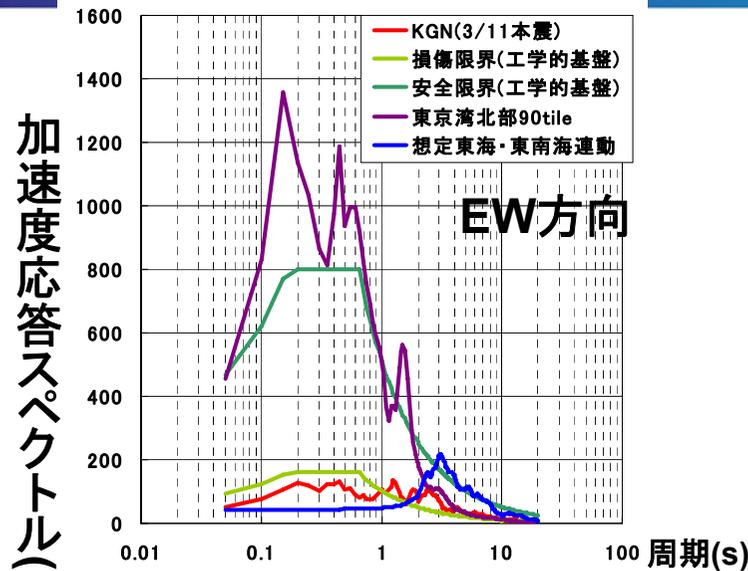


東北地方太平洋沖地震(M9.0)における 工学院大学新宿キャンパスでの揺れについて

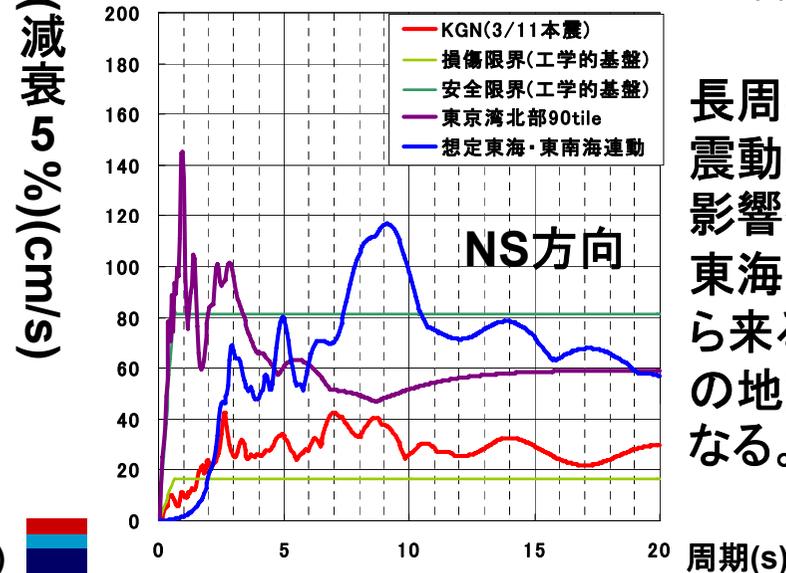
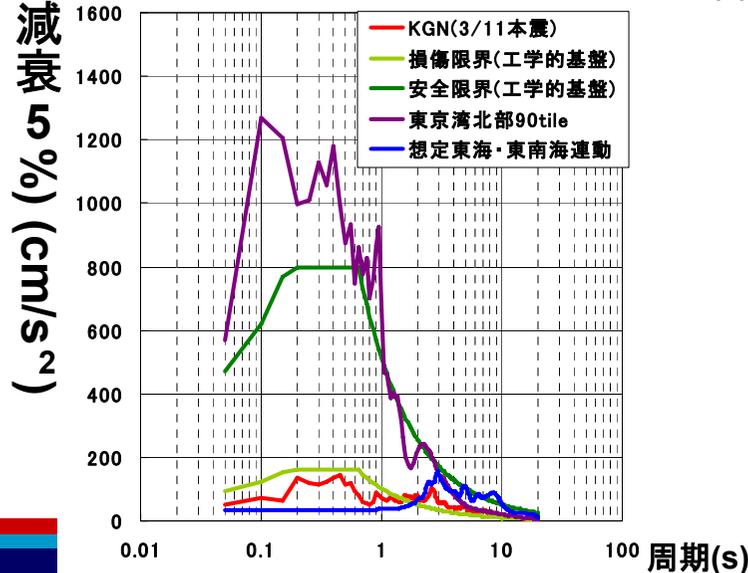
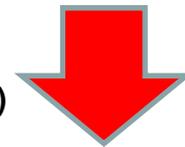




東北地方太平洋沖地震(M9.0)における 工学院大学新宿キャンパスでの揺れについて



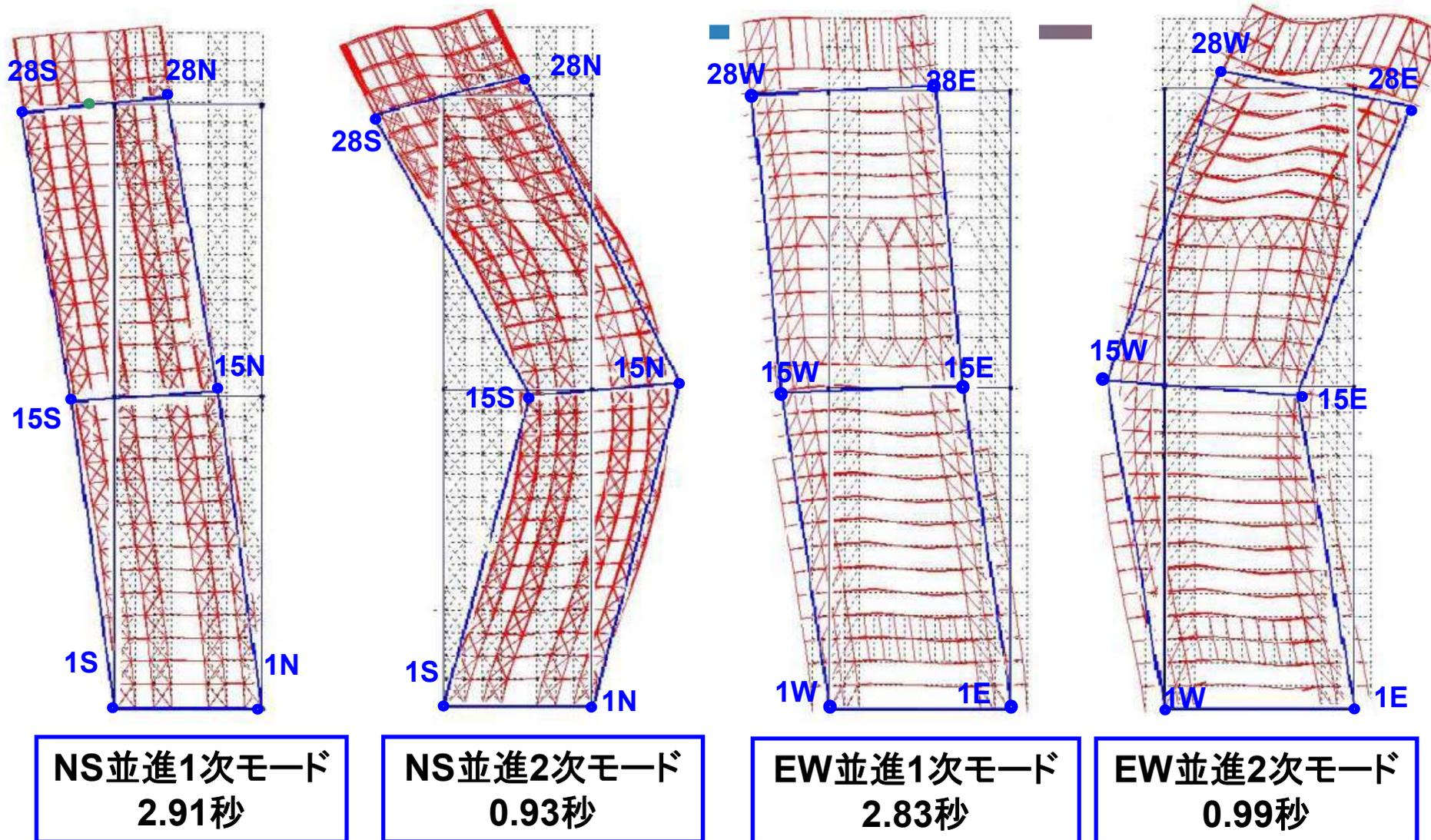
今回の地震は、想定東海・東南海連動型よりもかなり小さい



長周期地震動は、地震動の伝播方向の影響を受ける。東海・東南海方面から来る地震動は今回の地震動より大きくなる。



校舎の揺れ方と固有周期



NS並進1次モード
2.91秒

NS並進2次モード
0.93秒

EW並進1次モード
2.83秒

EW並進2次モード
0.99秒



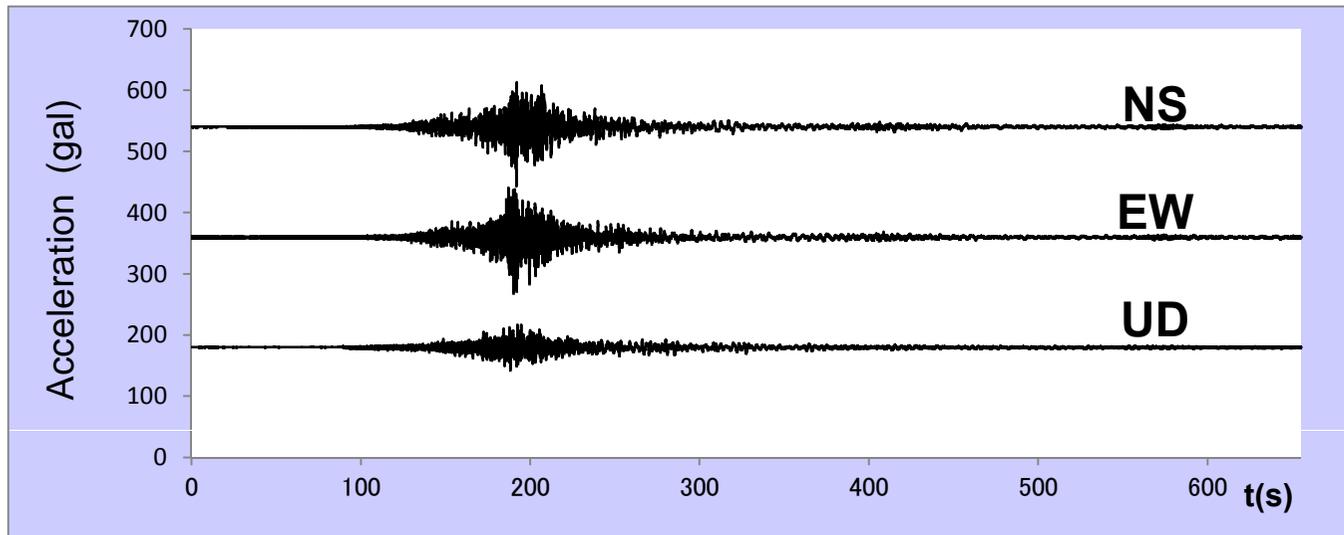
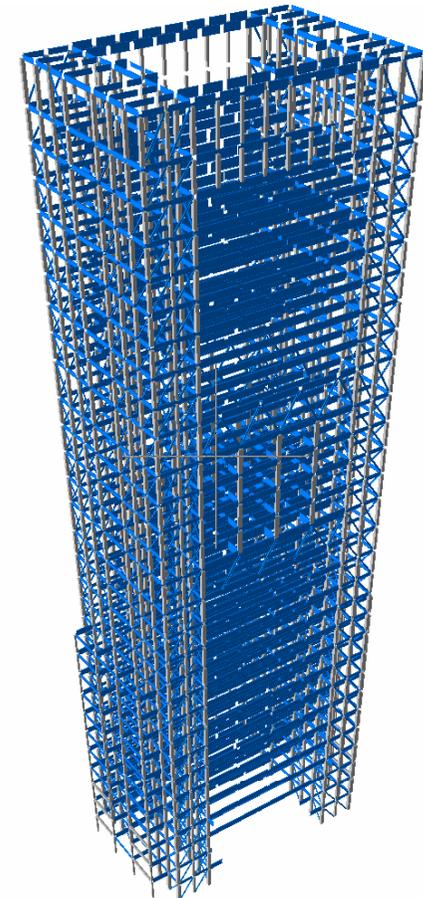
校舎の揺れの解析

立体モデル仮定条件及び解析条件

- ・各階の床は剛床と仮定
- ・柱脚の支持条件は固定と仮定
- ・梁は床スラブの剛性,強度を考慮した**合成梁**として評価
- ・パネルゾーンは剛域と仮定
- ・人力加振観測結果より**減衰定数1%のレーリー減衰**

解析条件

- ・対象とする振幅が大きい**ため弾塑性解析とする**
- ・NS成分・EW成分の2方向入力
- ・人力加振観測結果より**減衰定数1%のレーリー減衰**



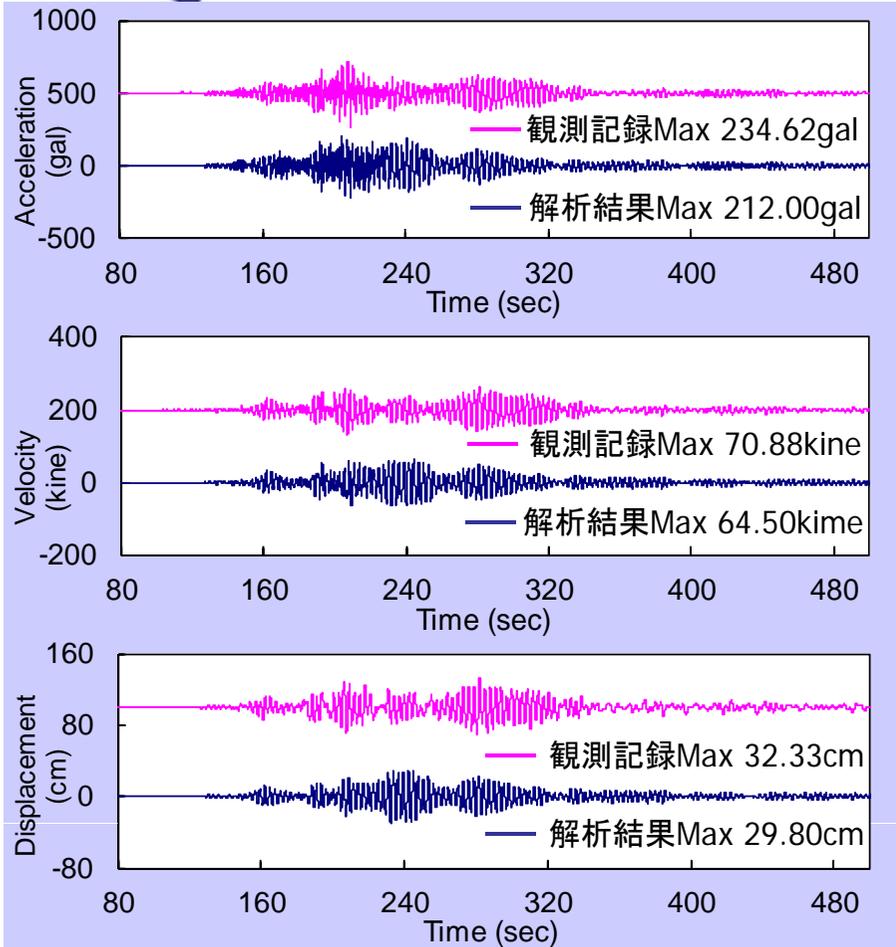
入力地震波

・2011年3月11日14時46分東北地方太平洋沖地震(M9.0)

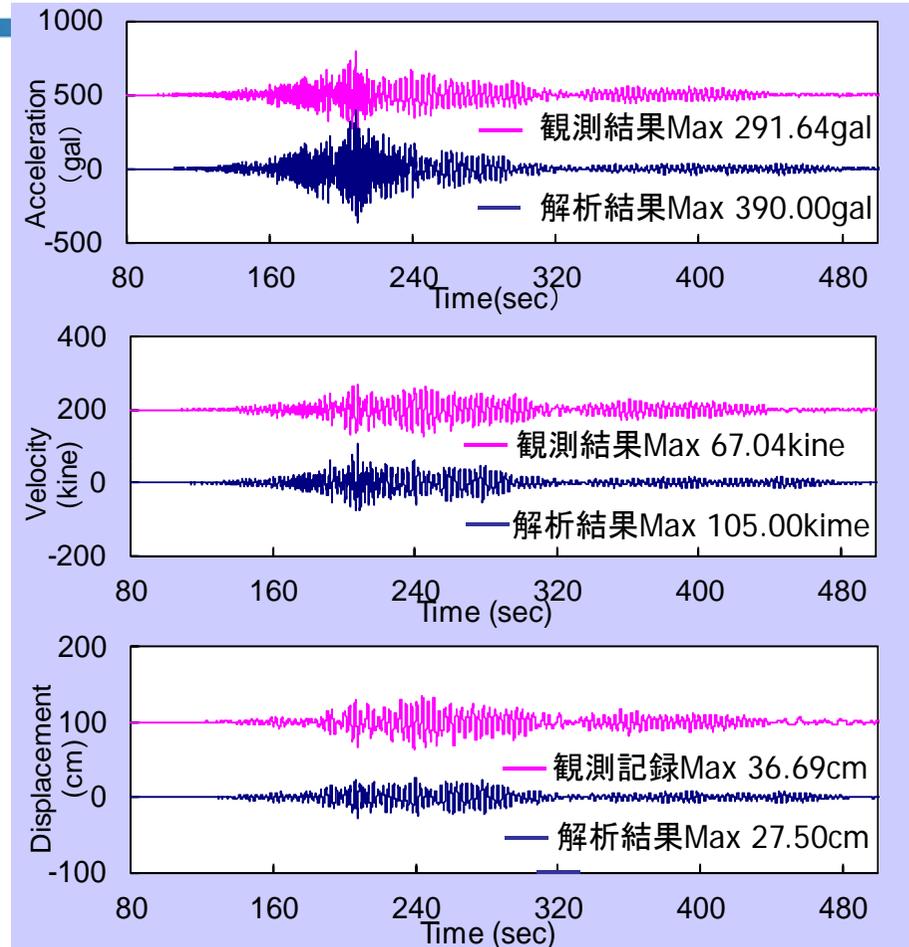
立体モデル アクソメ図



觀測記錄 vs. 解析結果(波形)



東北地方太平洋沖地震－EW方向29階

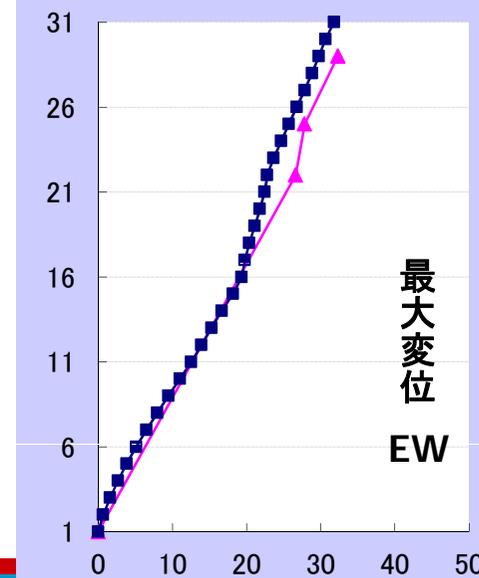
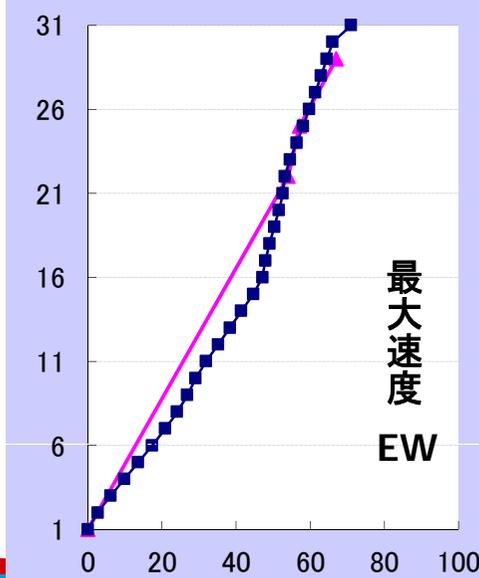
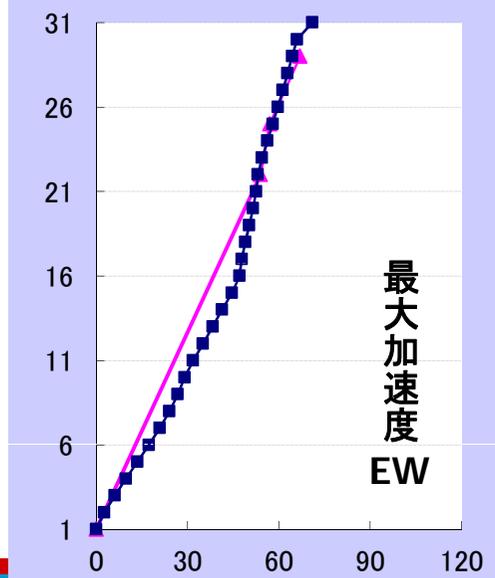
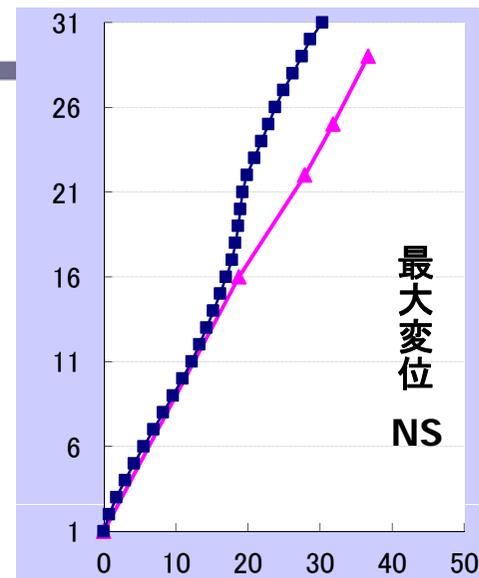
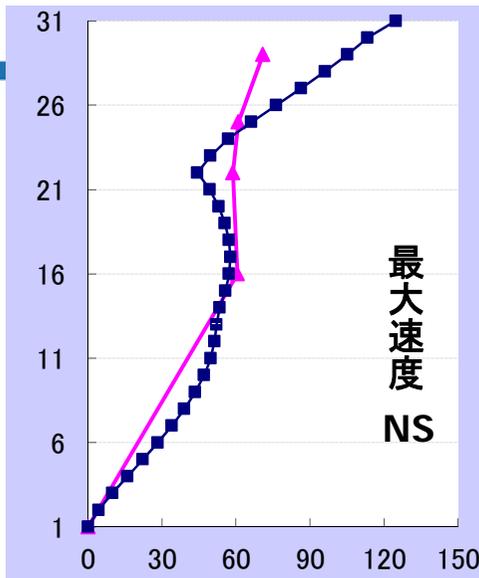
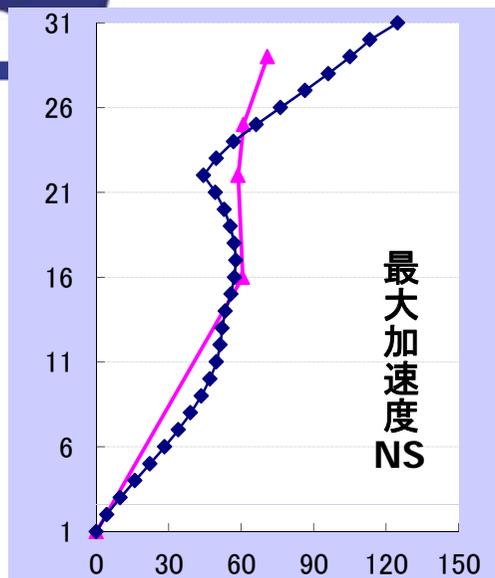


東北地方太平洋沖地震－NS方向29階

観測記録 vs. 解析結果(最大振幅)

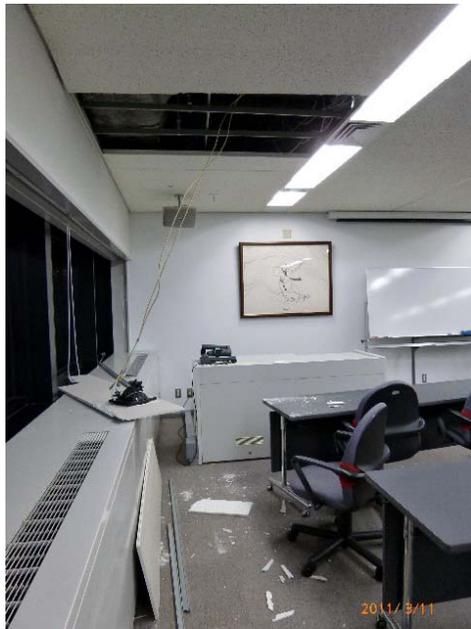
— 東北地方太平洋沖地震

— 観測記録





東北地方太平洋沖地震(M9.0)における 工学院大学新宿キャンパスでの被害について



28階 天井材の落下



25階 コピー機の移動



25階 書類の散乱



21階 重いキャスター付き
ラックの移動



20階 薬品入れの引き出しが
飛び出し



東北地方太平洋沖地震(M9.0)における 工学院大学新宿キャンパスでの被害について

24階の被害について



固定していない棚の
転倒

幸いにも大学内では
負傷者0名



天井材のずれ

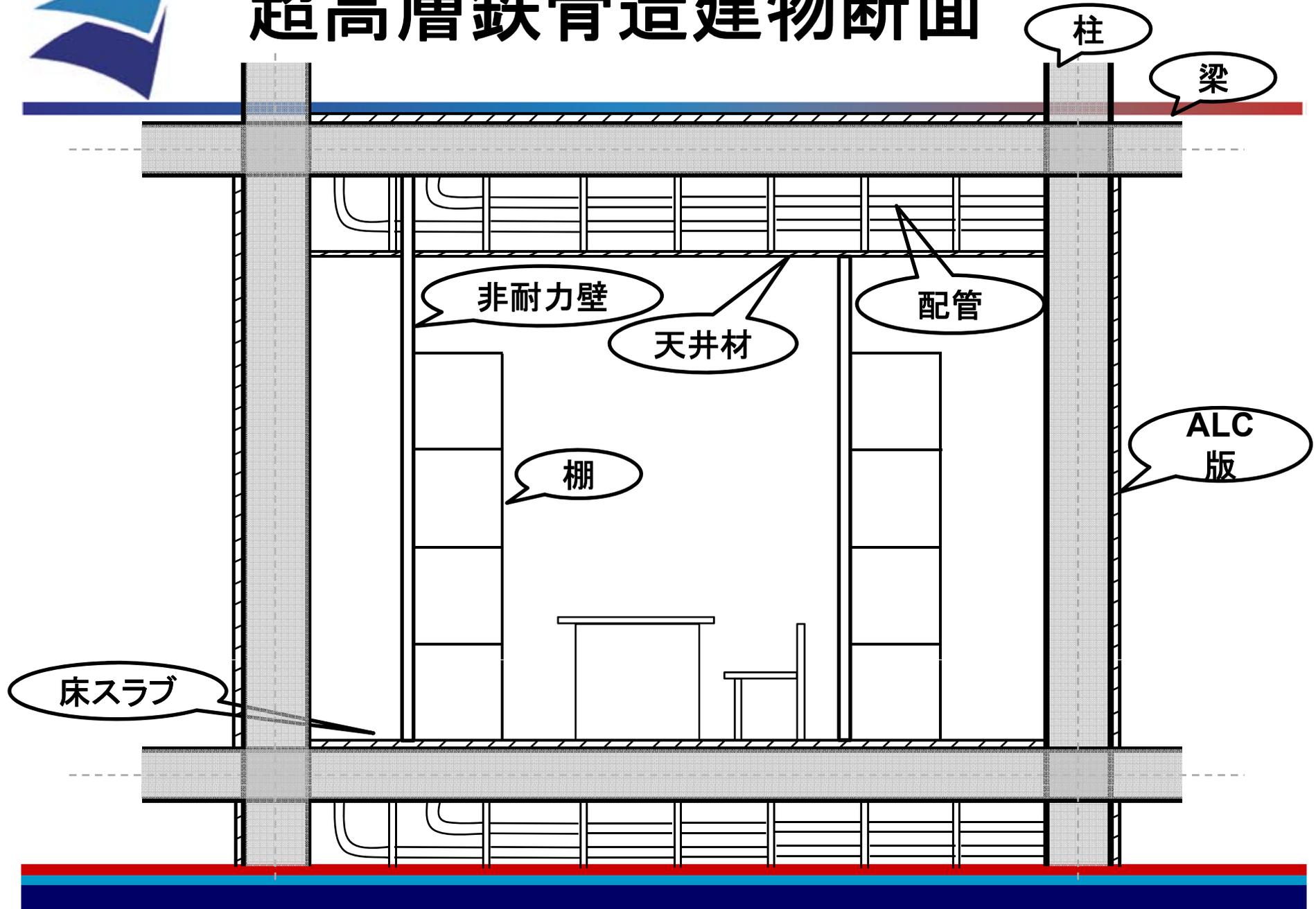


間仕切り材の破損
(揺れている最中、学生
さんが押さえていました)





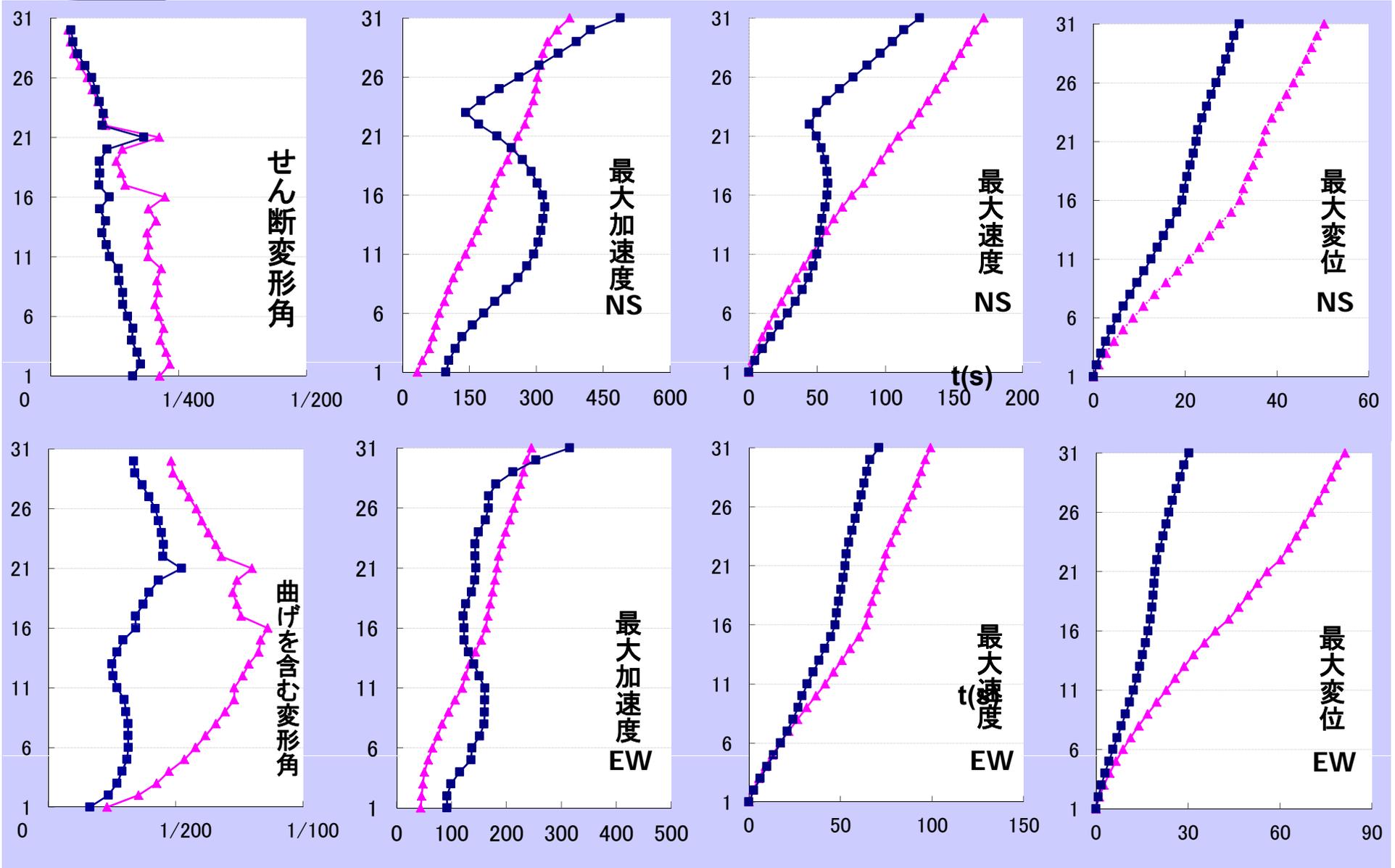
超高層鉄骨造建物断面



東海・東南海連動地震が発生すると

— 東北地方太平洋沖地震

— 東海・東南海連動地震

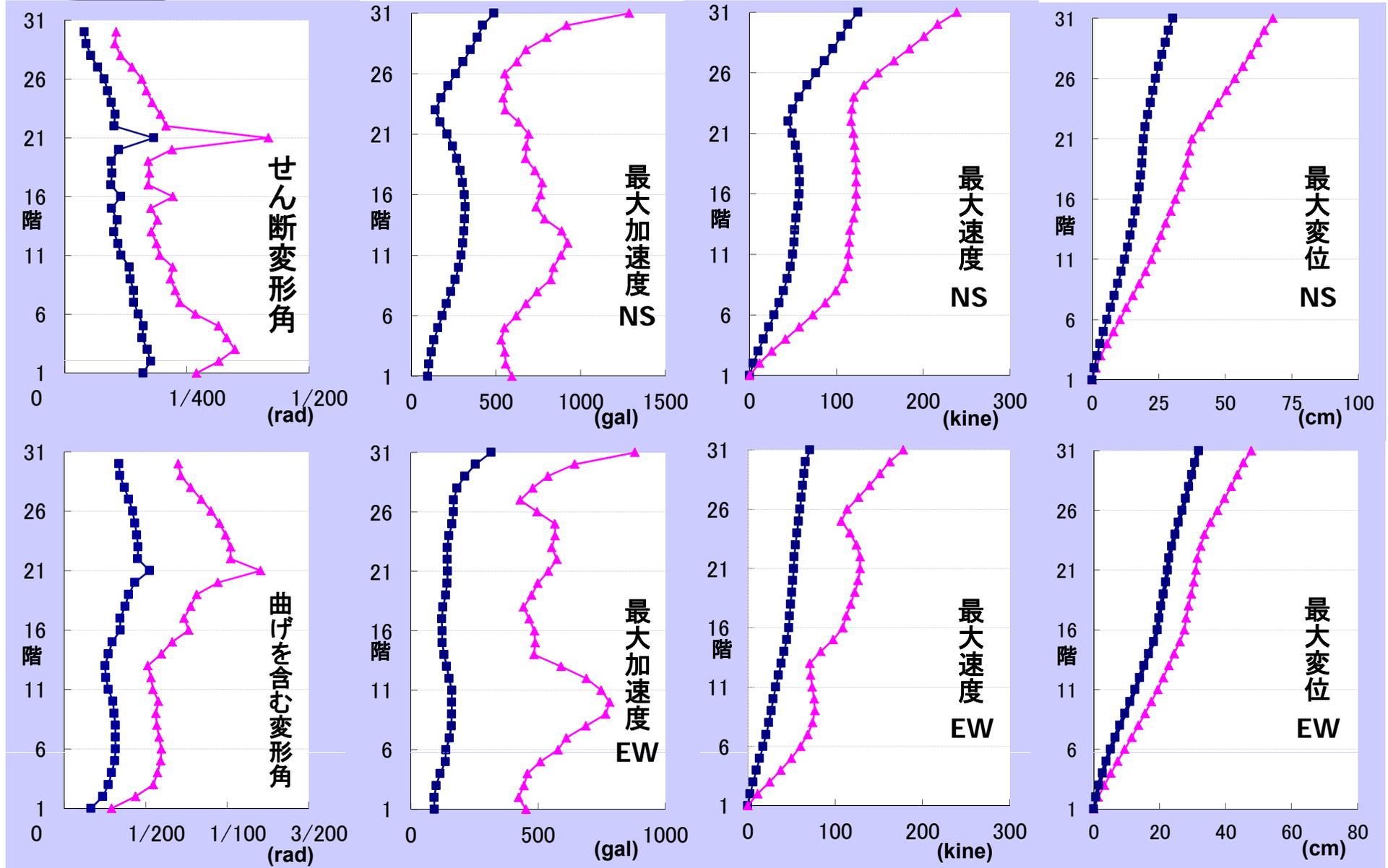




首都直下地震が発生すると

— 東北地方太平洋沖地震

— 首都直下地震

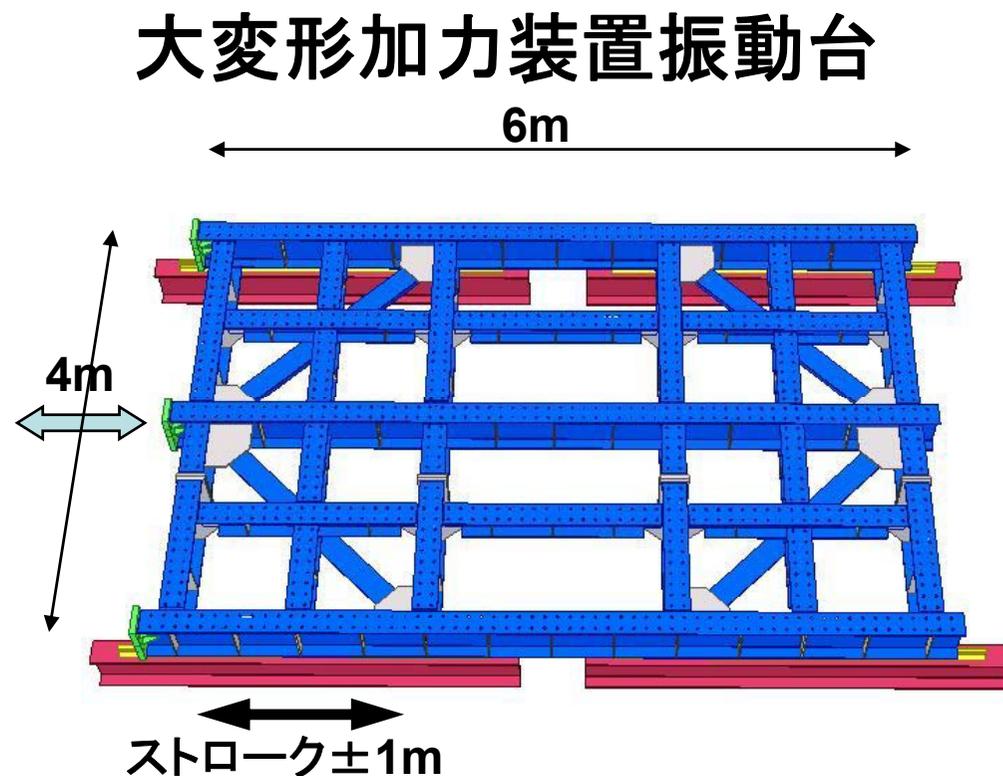




今後に向けて (大変形加力装置を利用した実験)



大変形加力装置振動台



今年度から実験を開始予定。
振動台にオフィス家具や人体模型などを置き、オフィス家具の挙動やその衝撃力について実験を行います。



おわりに

- 2011年東日本大震災(東北地方太平洋沖地震)は、Mw9.0で我が国で過去最大の地震
- 東北地方においては強震動被害より津波被害が顕著
- 新宿における地震動について、東海・東南海連動型地震の方が、今回の地震動よりも長周期地震動が大きくなる可能性がある。
- 工学院大学新宿キャンパスの揺れについて、今後立体モデルの改良を行う必要がある。
- 今回の被害情報を利用して、家具固定の推進や大変形加力装置による実験などにより、負傷者の軽減を図る。