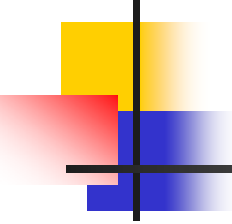


東日本大震災

地震動の特徴と被害との関係

金沢大学理工研究域環境デザイン学系

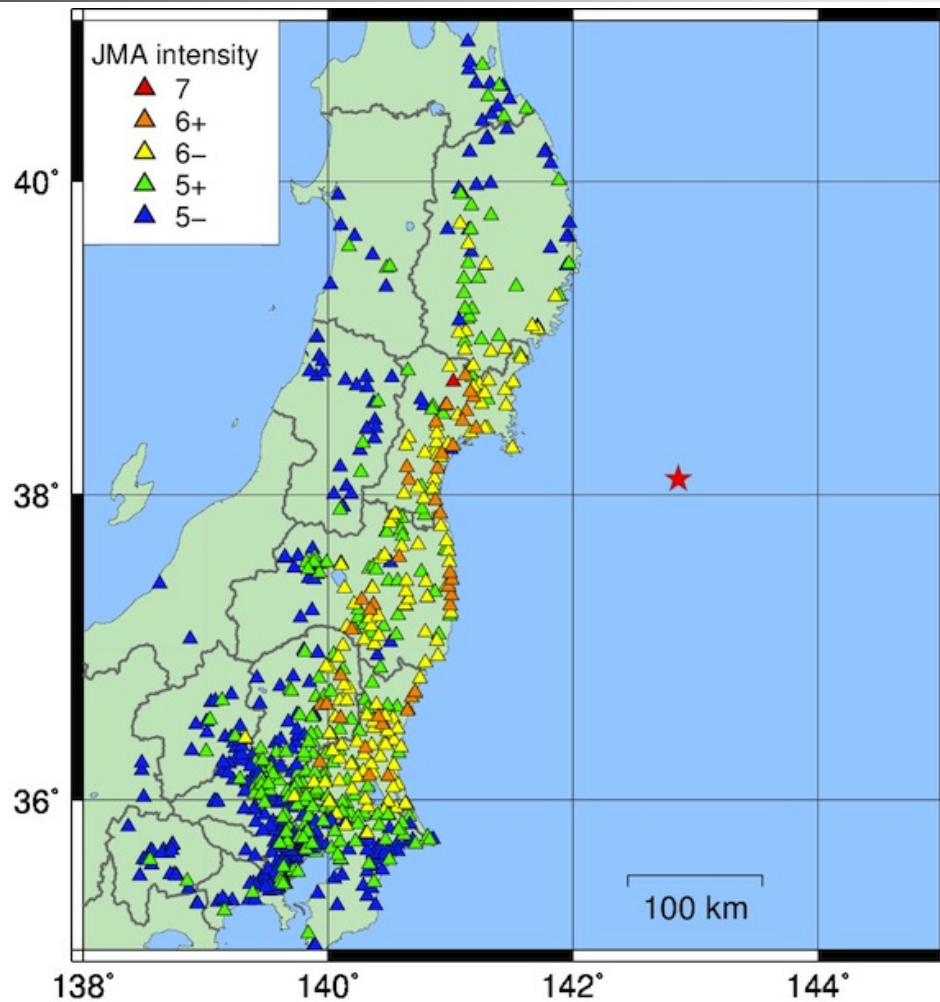
宮島 昌克



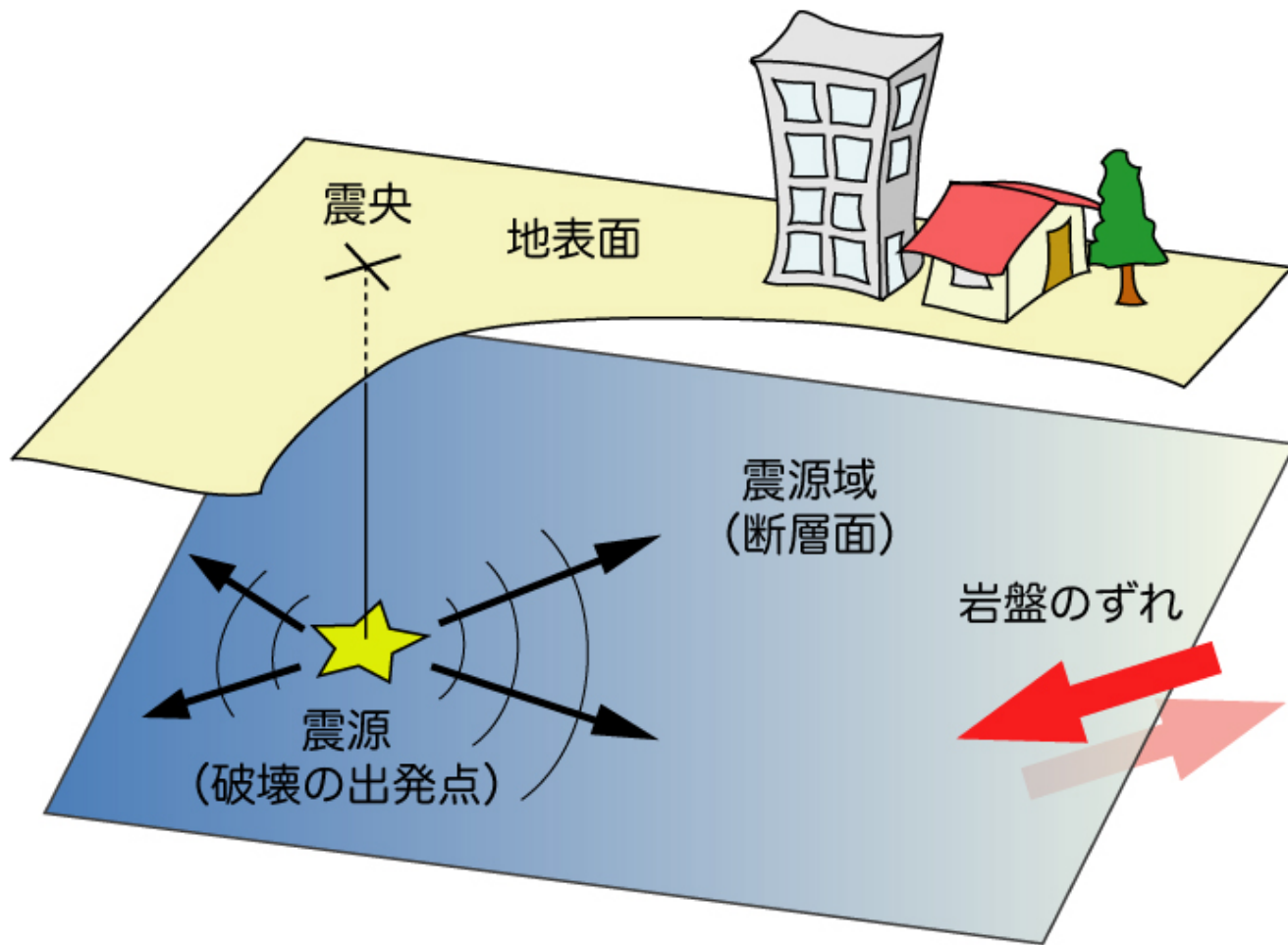
内 容

- マグニチュードと震度
- 継続時間
- 最大加速度と最大速度
- 応答スペクトルと被害との関係
- 内陸部と沿岸部の被害の比較

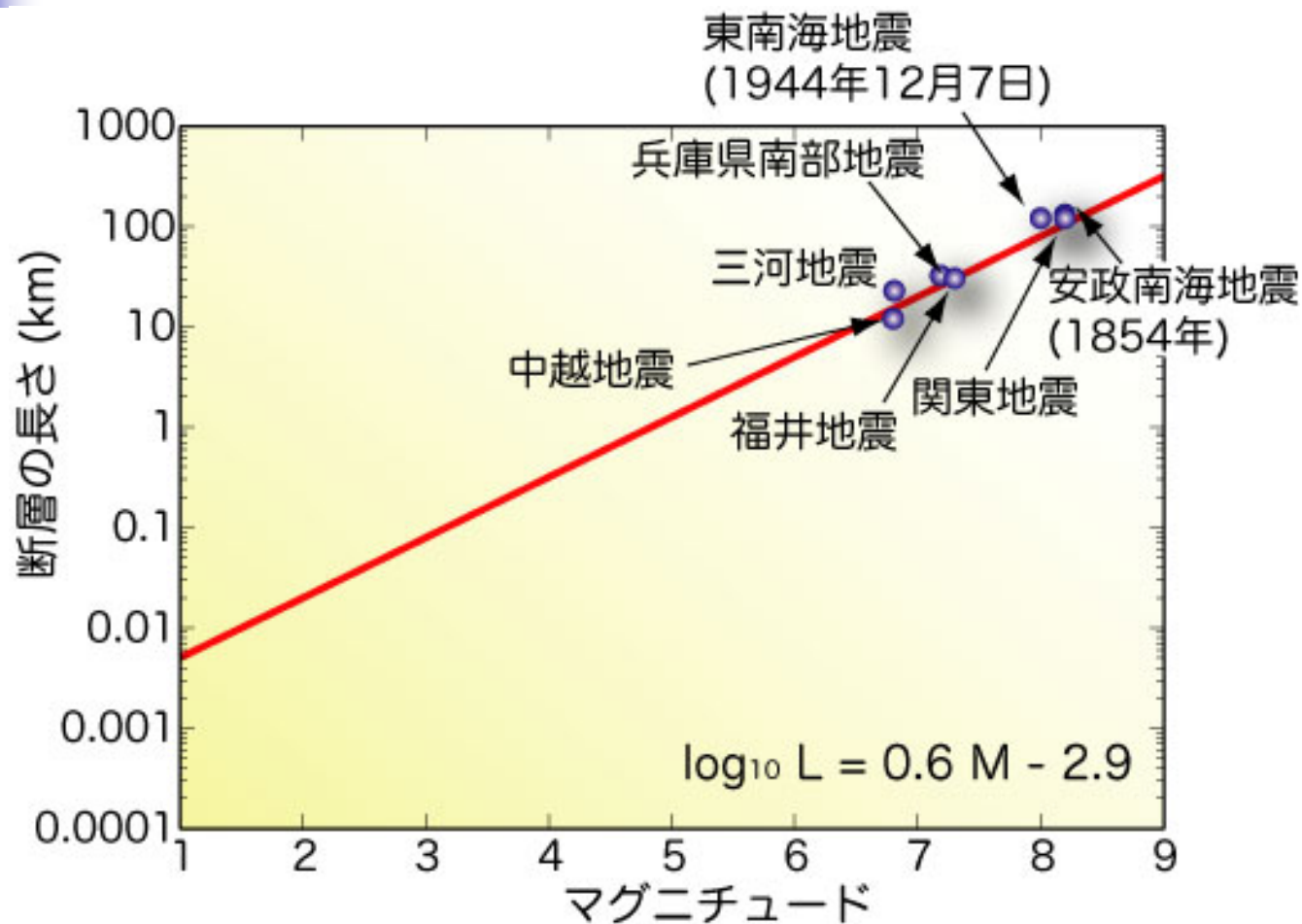
震央と震度分布



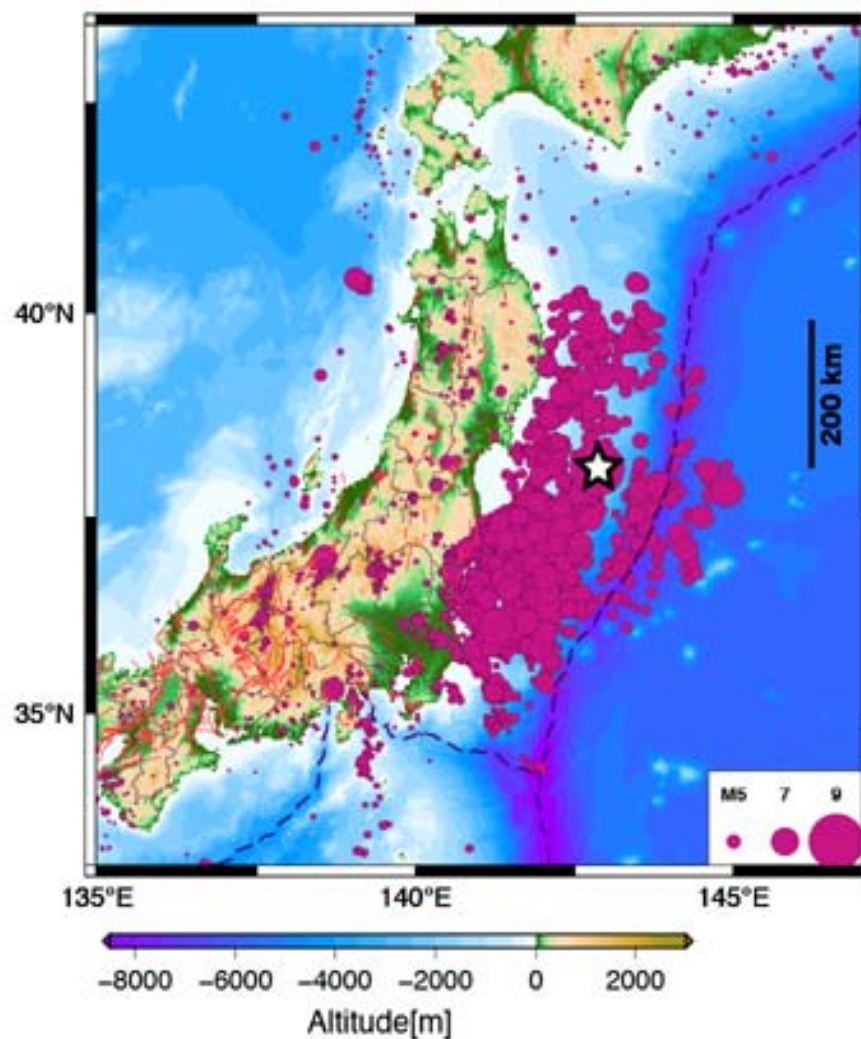
震源と震央，断層面



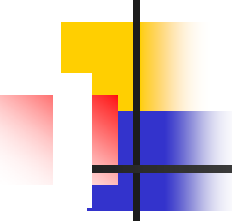
マグニチュードと断層の長さ



断層の大きさと余震分布



2011年3月11日から3月27日
までの余震分布



マグニチュード(地震の規模を表す量)

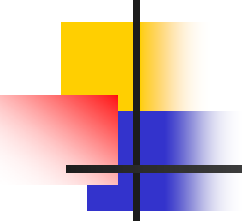
マグニチュードが**0.2**大きくなると エネルギーは約**2**倍

マグニチュードが**1**大きくなると エネルギーは約**32**倍

マグニチュードが**2**大きくなると エネルギーは約**1000**倍

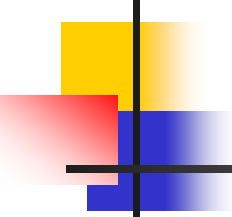
参考：広島型原爆のエネルギー マグニチュード6.1

マグニチュードが**1**大きくなると 地震数は1/10



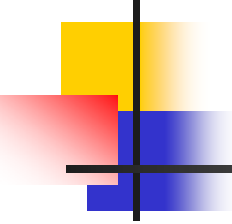
気象庁震度階

震度 7	宮城県：栗原市築館
震度 6 強	宮城県：涌谷町新町、登米市米山町、登米市南方町、大崎市古川三日町、大崎市古川北町、大崎市鹿島台、名取市増田、蔵王町円田、山元町浅生原、仙台宮城野区苦竹、塩竈市旭町、東松島市矢本、大衡村大衡、栗原市若柳、宮城川崎町前川 福島県：白河市新白河、須賀川市岩瀬支所、須賀川市八幡町、二本松市針道、鏡石町不時沼、檜葉町北田、富岡町本岡、大熊町下野上、双葉町新山、浪江町幾世橋、新地町谷地小屋 茨城県：日立市助川小学校、笠間市中央、筑西市舟生、鉾田市当間、日立市十王町友部、高萩市本町、常陸大宮市北町、那珂市瓜連、小美玉市上玉里 栃木県：大田原市湯津上、宇都宮市白沢町、真岡市石島、高根沢町石末、市貝町市塙



計測震度

計測震度	観測点
6.67	K-NET 築館 (MYG004)
6.51	KiK-net 芳賀 (TCGH16)
6.46	K-NET 日立 (IBR003)
6.41	K-NET 鉾田 (IBR013)
6.38	K-NET 仙台 (MYG013)
6.34	K-NET 茂木 (TCG014)
6.24	KiK-net 岩瀬 (IBRH11)
6.20	K-NET 今市 (TCG009)

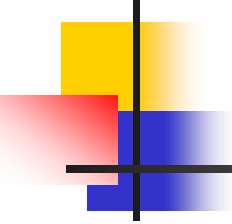


計測震度とは？

- 加速度波形に、建物被害との相関を考慮して、周波数のフィルターをかける。
- 最大加速度付近の大きな震動の継続時間を考慮する。



地盤震動の強さを表す指標



気象庁震度階とは？

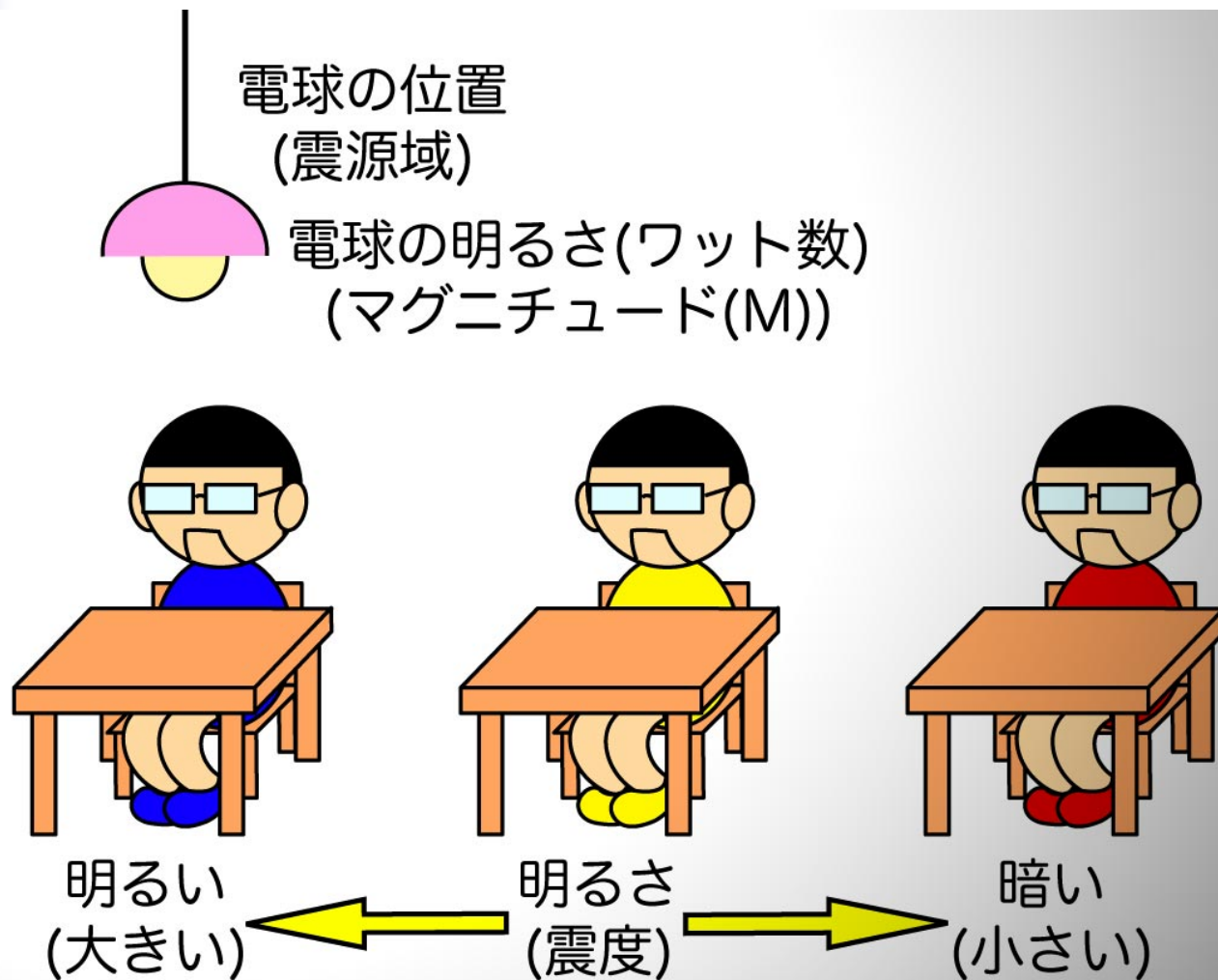
地盤震動の大きさを表す指標



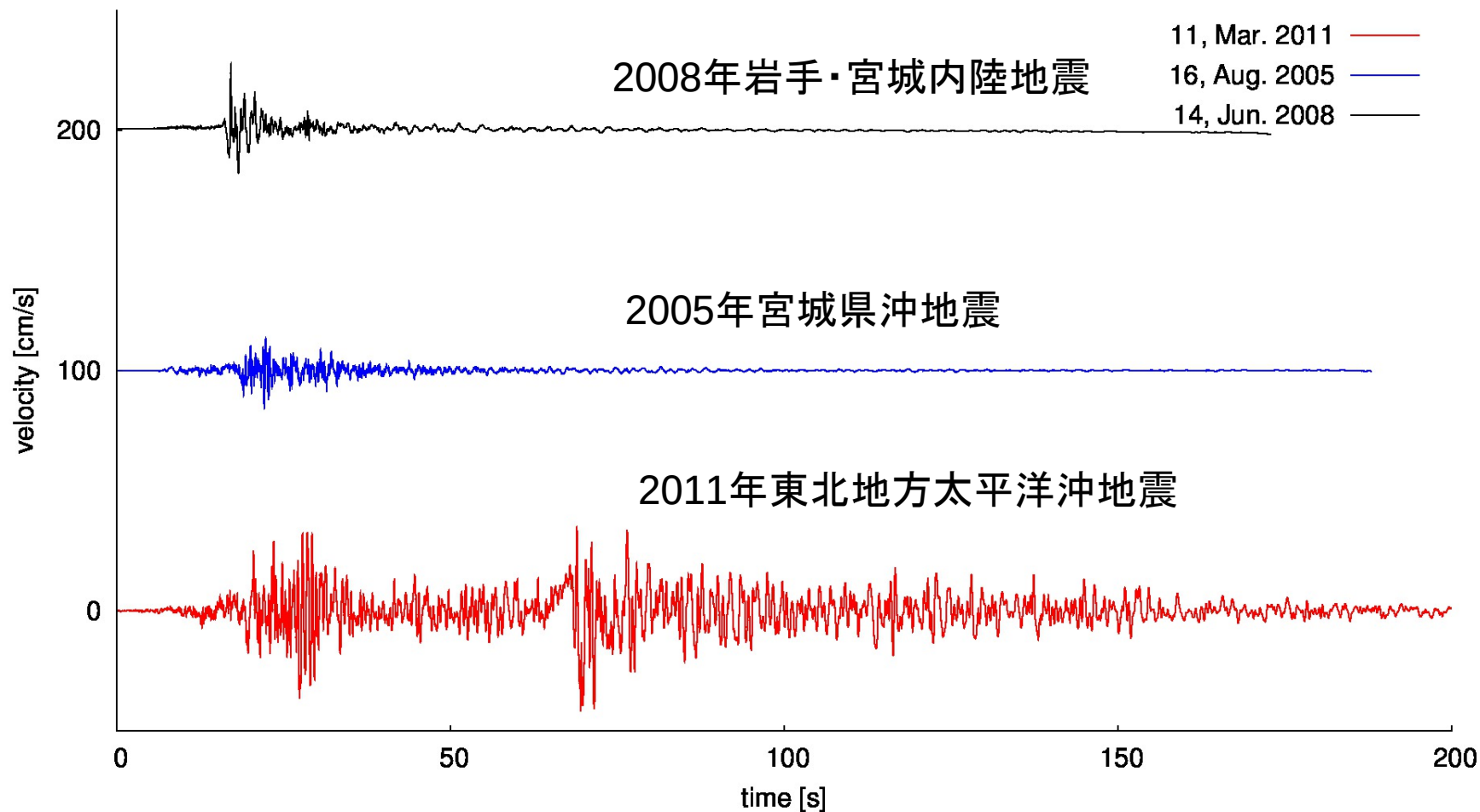
場所によって、大きさが大きく
異なることがある。

被害とよい対応を示さないことがある。

震度とマグニチュード

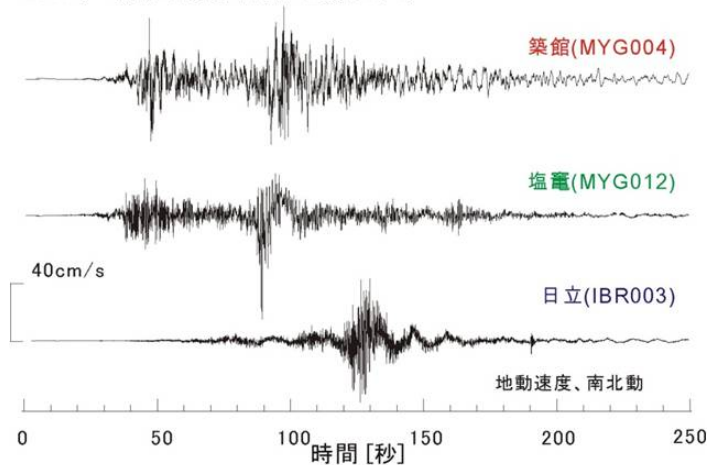


K-NET仙台における速度波形(EW成分)の比較

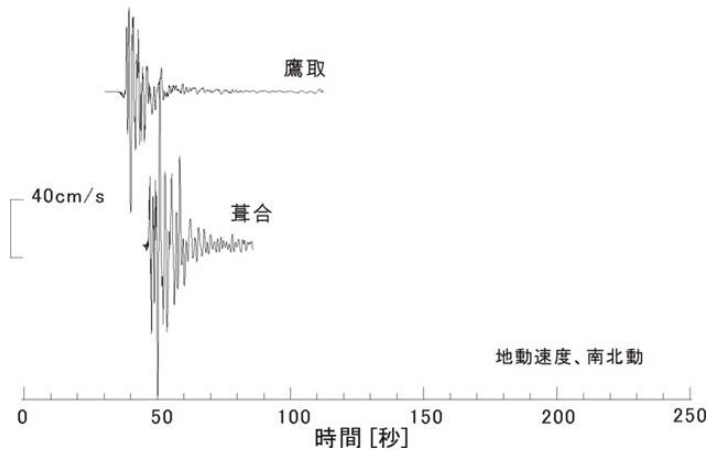


東北地方太平洋沖地震と 兵庫県南部地震の比較

2011年 東北地方太平洋沖地震 (M9.0)



1995年 兵庫県南部地震 (M7.3)



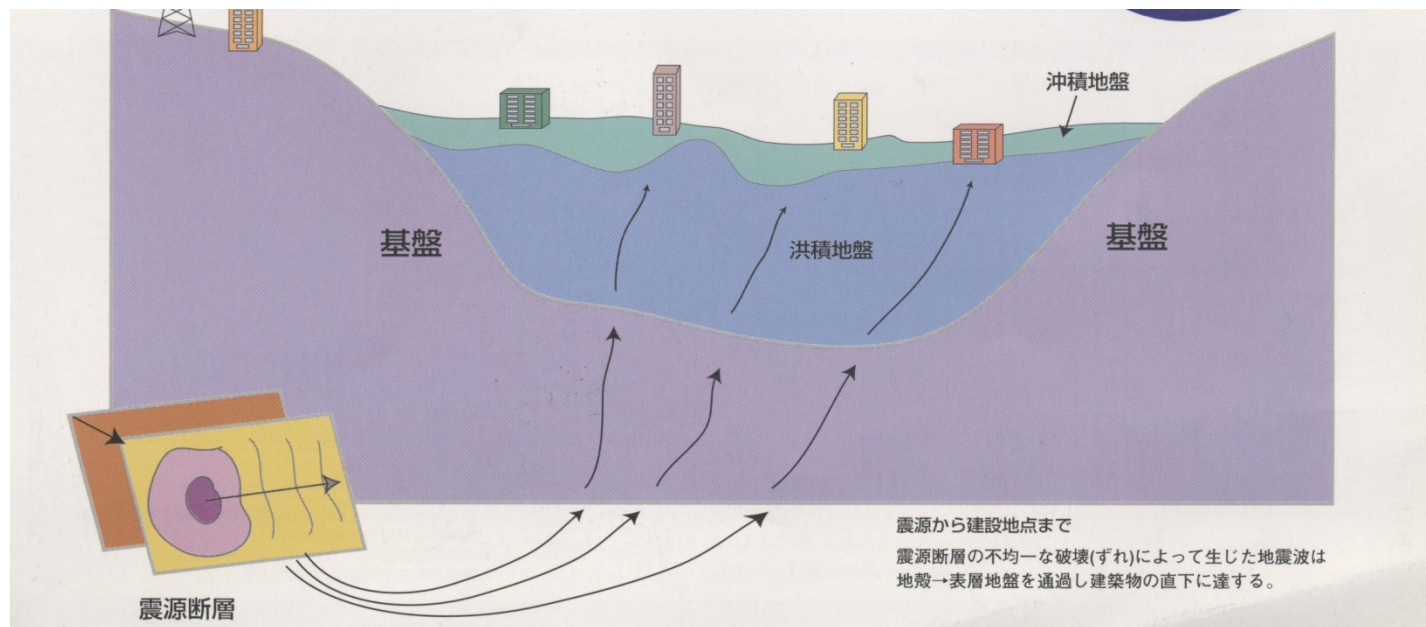
地震動特性を表す指標

振幅(最大値)

周期

継続時間

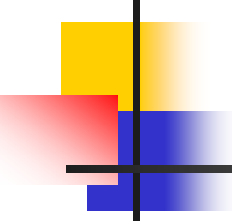
地震動特性の変化



震源断層，断層からの距離，表層地盤の特性

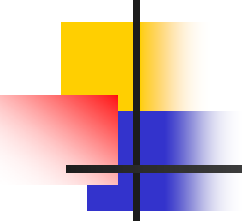


振幅，周期，継続時間が影響される。



構造物被害に関する地震動指標

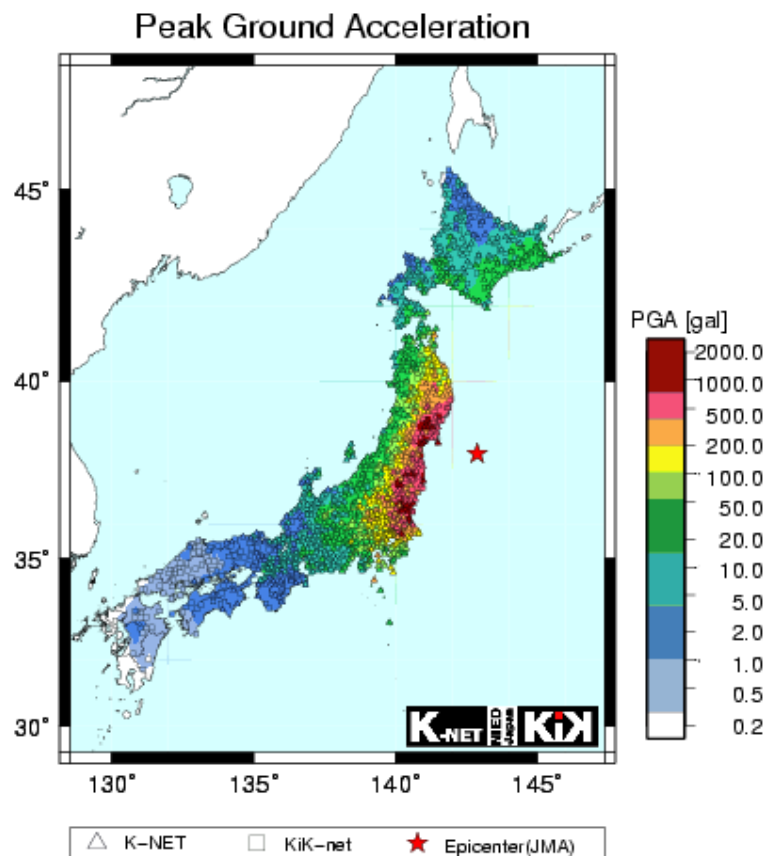
- 気象庁震度階
- 最大加速度、最大速度、最大変位
- 応答スペクトル(加速度、速度、変位)
- 継続時間



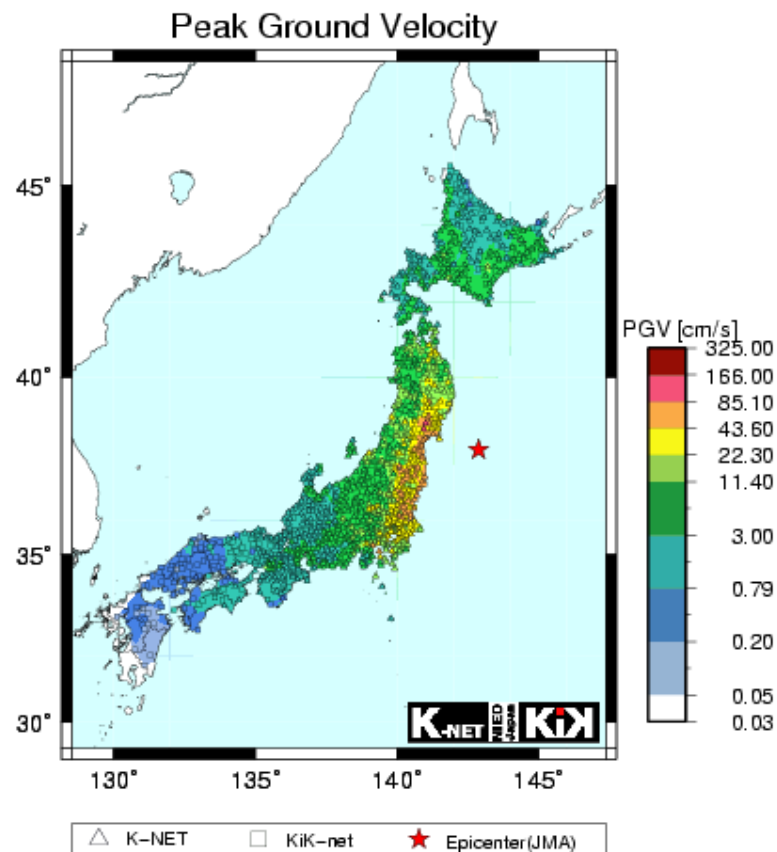
継続時間

震度 4 以上の継続時間	観測点
約 190 秒	いわき市小名浜 (小名浜特別地域気象観測所)
約 180 秒	五戸町古館
約 170 秒	仙台宮城野区五輪 (仙台管区気象台)
約 160 秒	盛岡市山王町 (盛岡地方気象台)
約 160 秒	大船渡市大船渡町 (大船渡特別地域気象観測所)
約 160 秒	石巻市泉町 (石巻特別地域気象観測所)
約 150 秒	福島市松木町 (福島地方気象台)

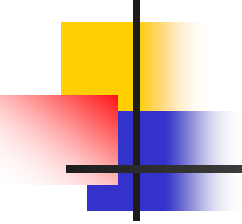
最大加速度と最大速度



2011/03/11-14:46 38.0N 142.9E 24km M9.0

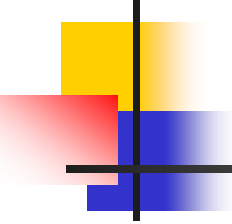


2011/03/11-14:46 38.0N 142.9E 24km M9.0



水平最大加速度

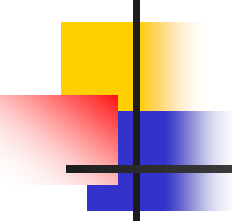
最大水平加速度 (cm/s ²)	観測点
2765	K-NET 築館 (MYG004)
1970	K-NET 塩竈 (MYG012)
1913	港湾地域強震観測 小名浜事-G
1844	K-NET 日立 (IBR003)
1807	K-NET 仙台 (MYG013)
1614	K-NET 鉾田 (IBR013)
1425	K-NET 今市 (TCG009)
1425	K-NET 白河 (FKS016)



過去の被害地震との比較

地震名	観測点名	最大加速度 (cm/s/s)	最大速度 (cm/s)
兵庫県南部地震(1995.1.17)	神戸海洋気象台	891	112
宮城県沖地震(2003.5.26)	KiK-net住吉	1305	37
十勝沖地震(2003.9.26)	K-NET広尾	986	52
新潟県中越地震(2004.10.23)	気象庁川口	1722	148
新潟県中越地震(同日・余震)	気象庁川口	2516	68
岩手・宮城内陸地震(2008.6.14)	防災科研一関西	4022	100
東北地方太平洋沖地震(2011.3.11)	K-NET築館	2933	106

注)3成分ベクトル合成最大値

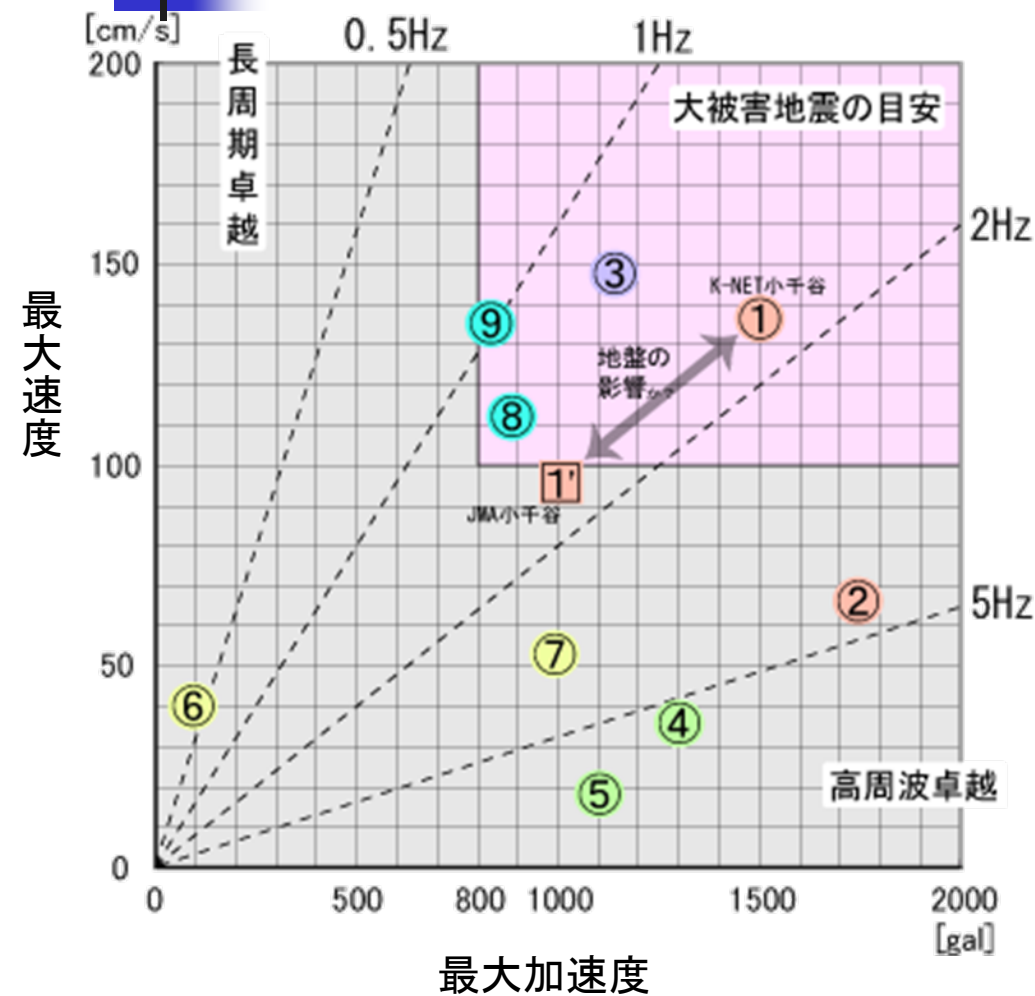


最大加速度と最大速度

	観 測 点	最大水平加速度 (cm/s/s)	最大水平速度 (cm/s)
1	K-NET築館(MYG004)	2,933	106
2	K-NET塩竈(MYG012)	2,019	64
3	K-NET日立(IBR003)	1,845	74
4	K-NET仙台(MYG013)	1,808	83
5	K-NET鉾田(IBR013)	1,762	71
6	K-NET今市(TCG009)	1,444	48
7	K-NET白河(FKS016)	1,425	63

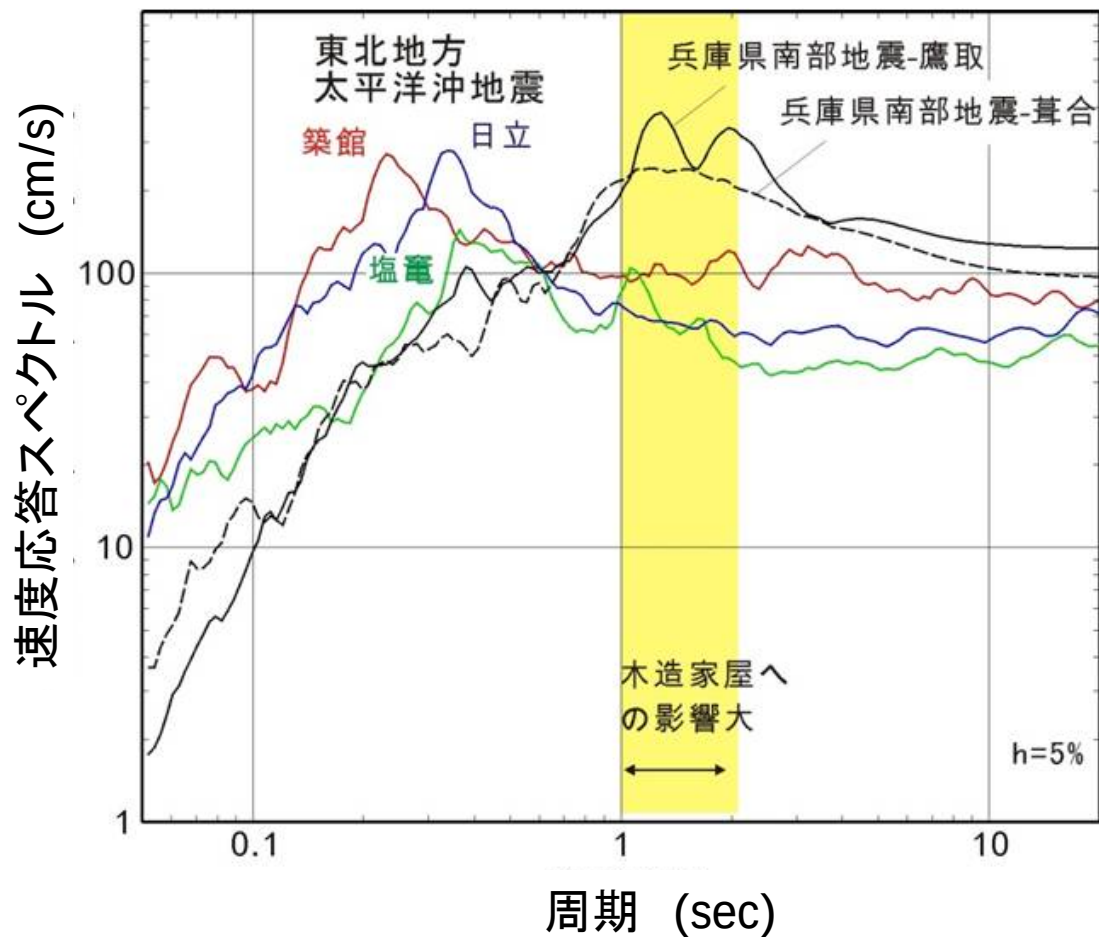
注) 3成分ベクトル合成最大値

最大速度と最大加速度



- ①新潟県中越地震 NIOG019
- ①新潟県中越地震 JMA ojiya
- ②新潟県中越地震 NIG021
- ③鳥取県西部地震 TTRH02
- ④宮城県沖地震 IWTH04
- ⑤宮城県沖地震 IWTH27
- ⑥十勝沖地震 HKD129
- ⑦十勝沖地震 HKD100
- ⑧兵庫県南部地震 JMA Kobe
- ⑨兵庫県南部地震 Fukiai

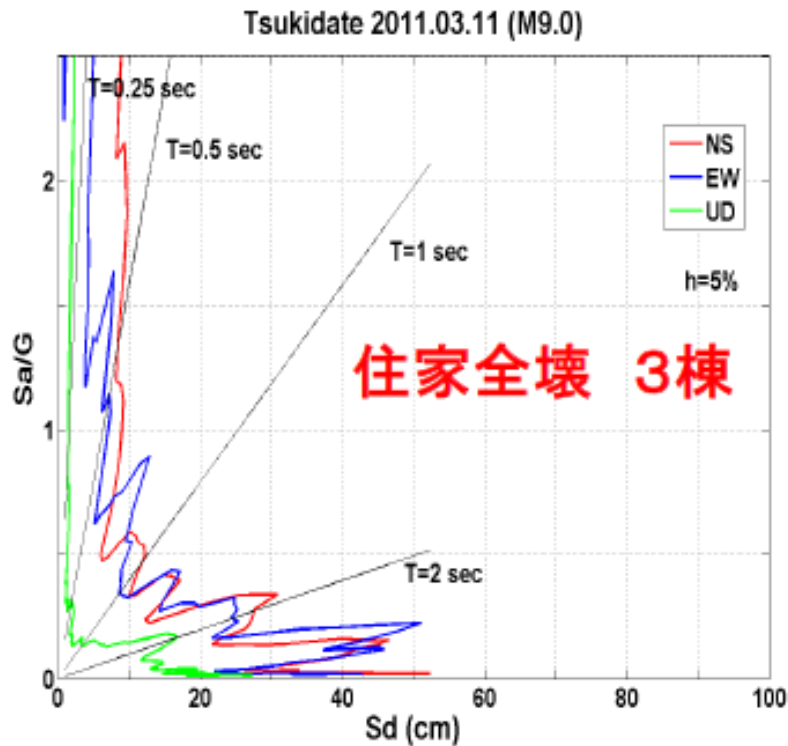
速度応答スペクトル



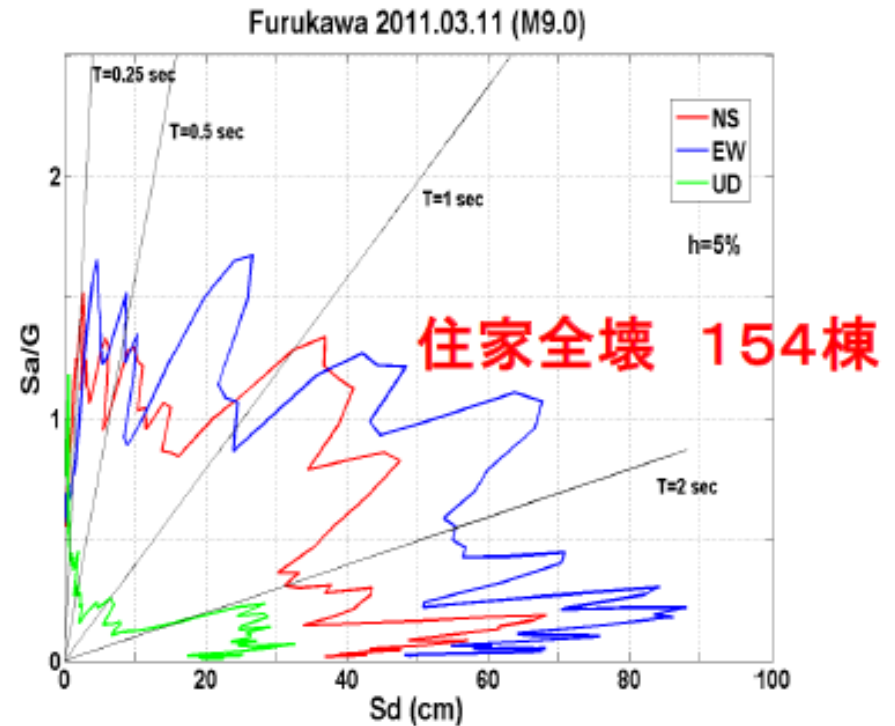
栗原市築館，大崎市古川における地震応答スペクトルの特性

水平最大加速度 2765 cm/s/s

水平最大加速度 571 cm/s/s

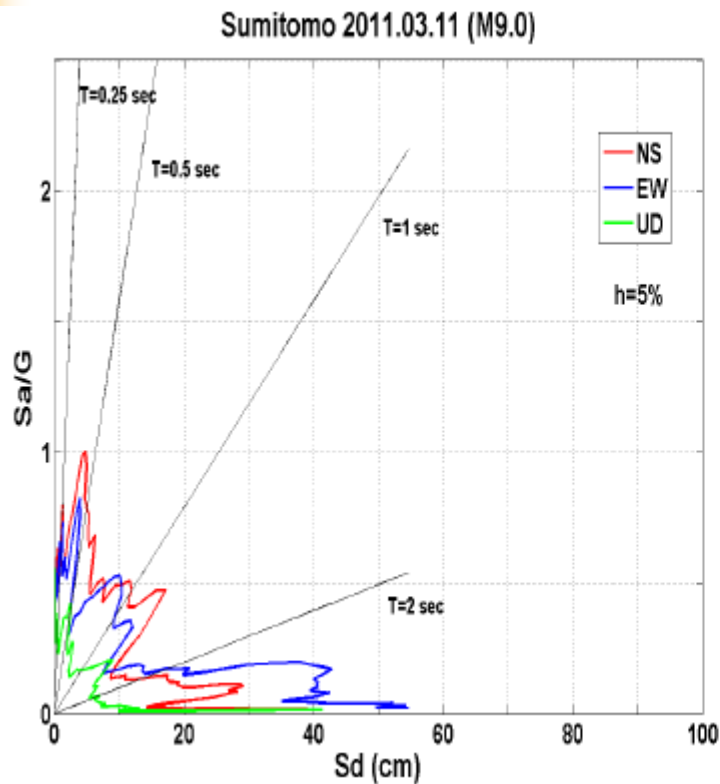


築館地区（計測震度6.6）

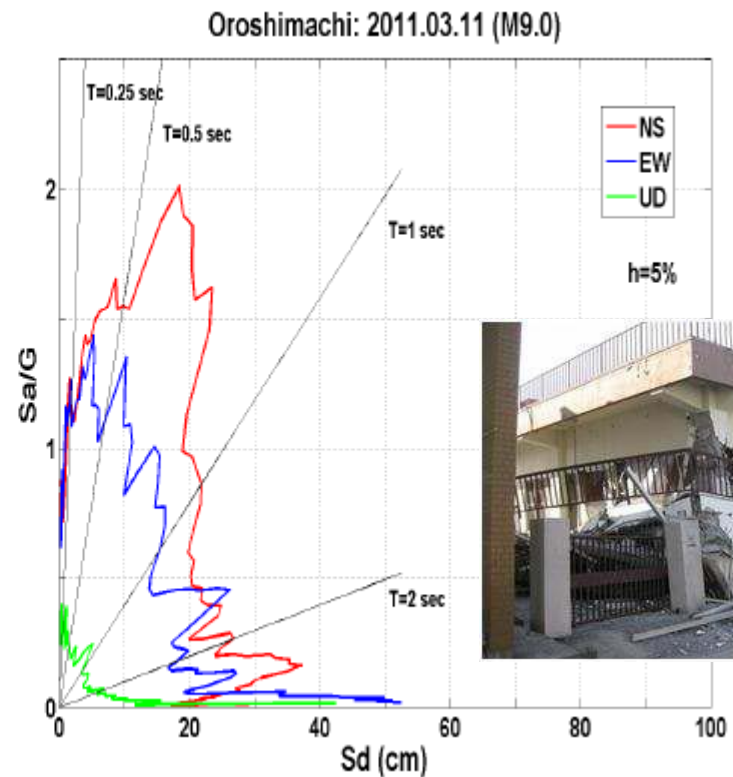


古川地区（計測震度6.1）

震度や最大加速度で被害を評価するのは難しい

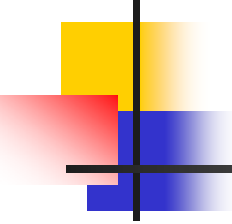


仙台市青葉区（計測震度5.3）



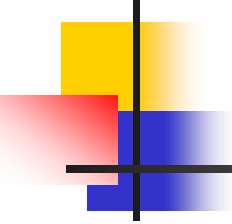
仙台市若林区卸町（計測震度6.1）

同じ仙台市内でも計測震度が1近く違う，被害もかなり異なる。



構造物被害に関する地震動指標

- 気象庁震度階
- 最大加速度、最大速度、最大変位
- 応答スペクトル(加速度、速度、変位)
- 継続時間

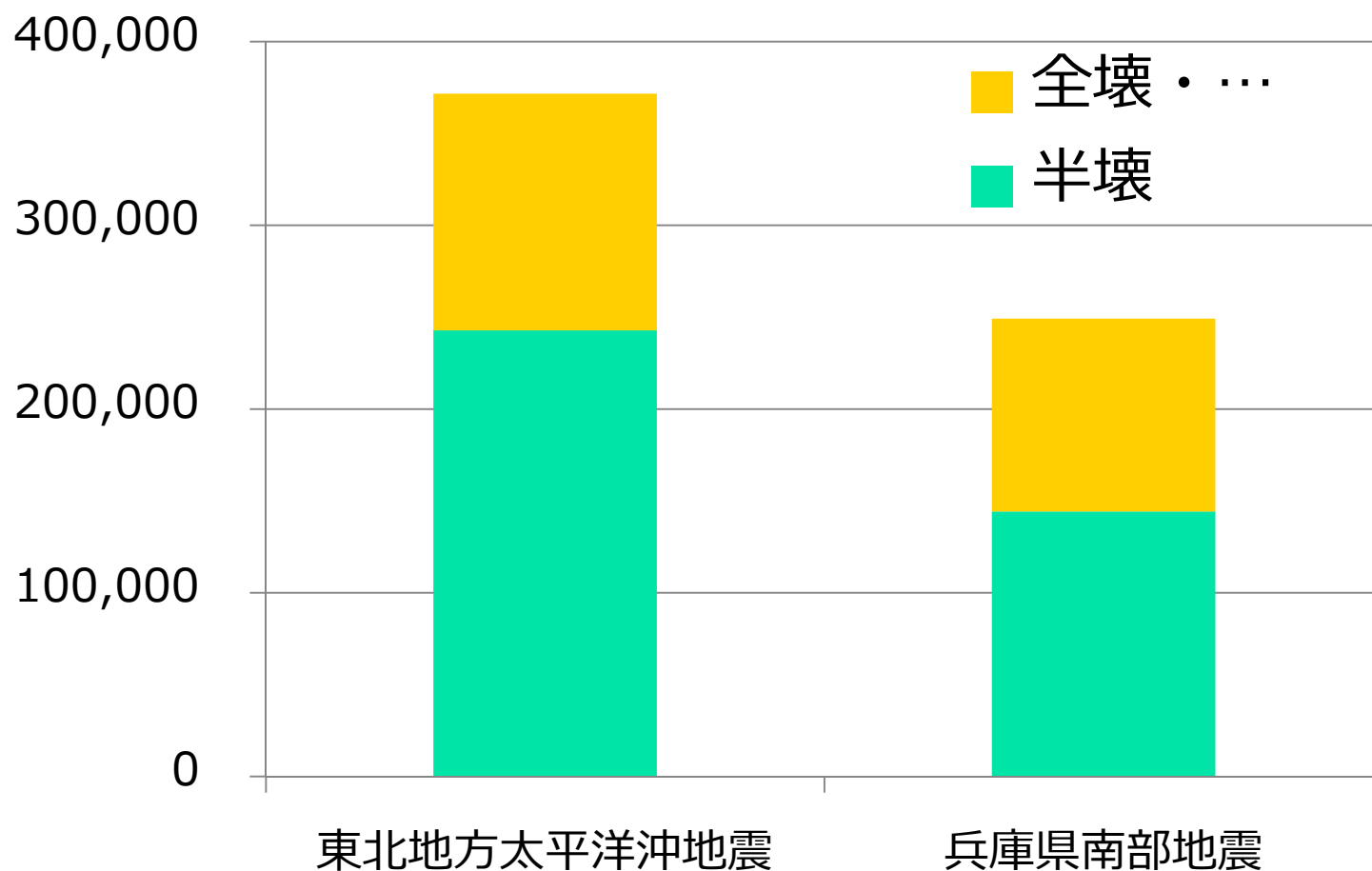


地震動の特徴

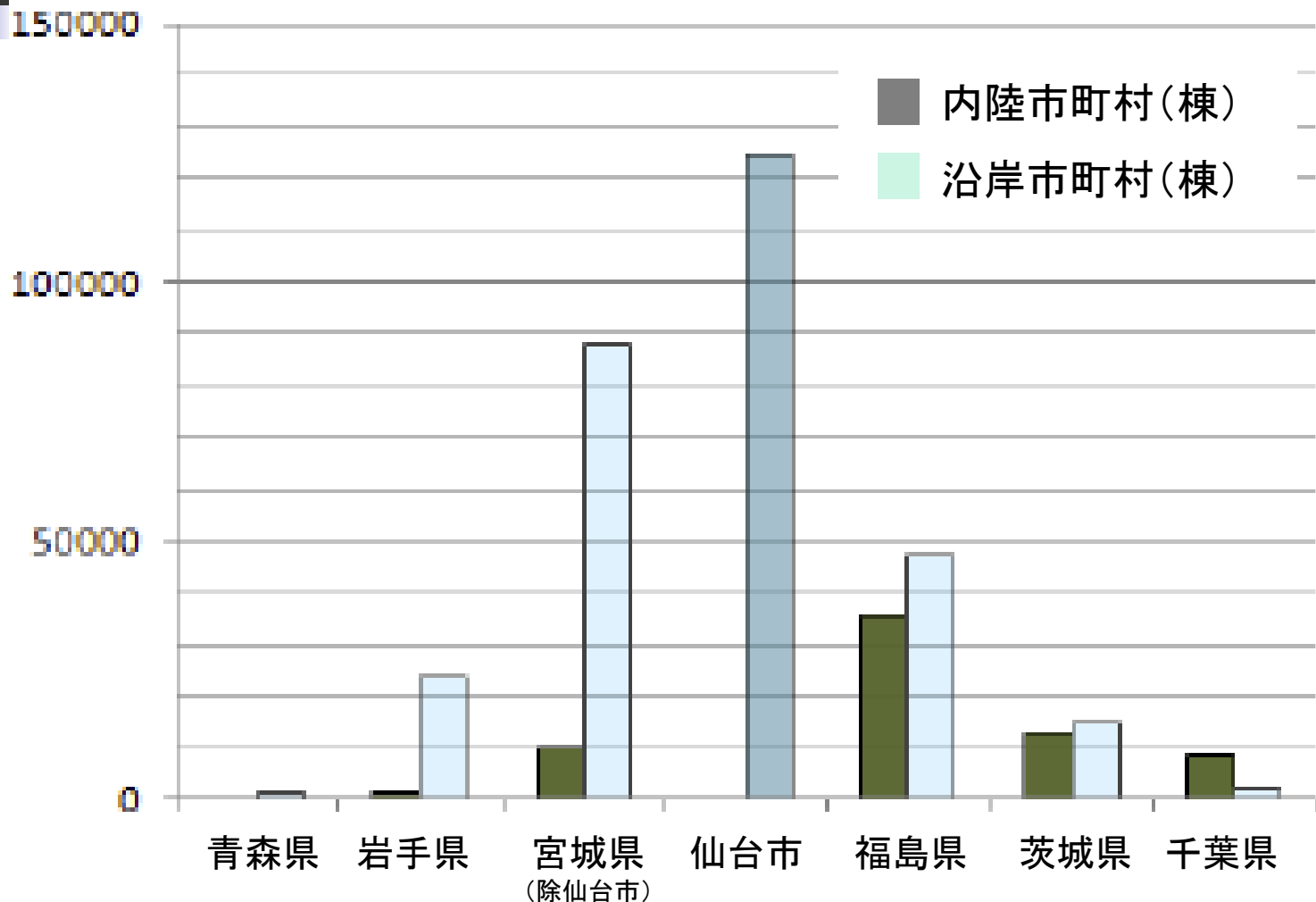
- マグニチュードは観測史上最大の9.0、気象庁震度は7。
- 震度6強以上の大きな地震動を受けた範囲は広かった。
- 最大加速度、最大速度とも過去を大きく上回る値ではなかった。
- 継続時間は長かったが、卓越周期は短く、建物の周期と一致する成分は大きくなかった。

家屋被害の比較

単位：棟

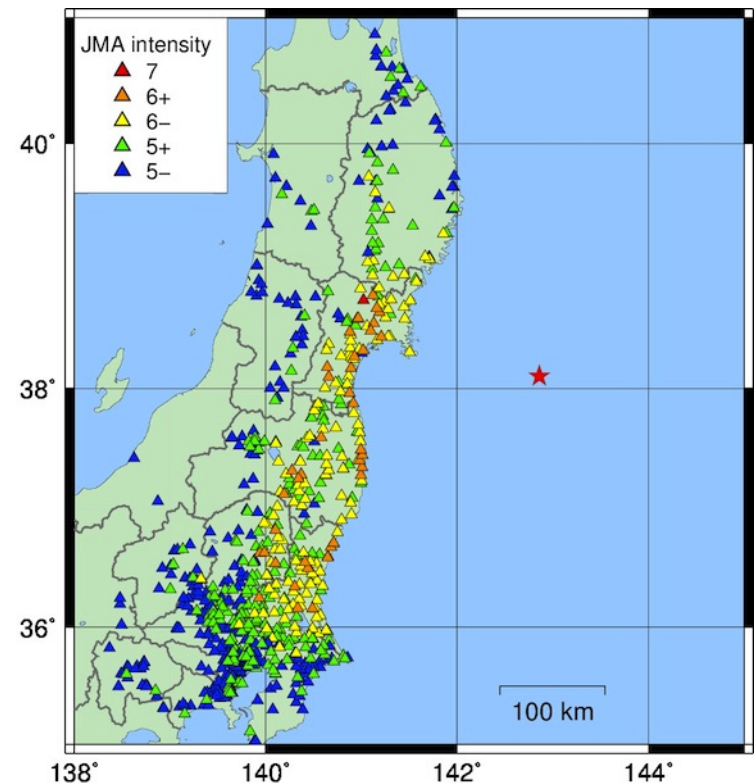


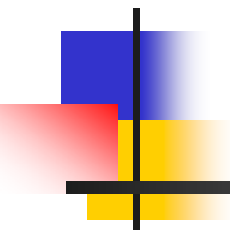
住宅被害(全壊+半壊)数の比較 (沿岸市町村と内陸市町村)



おわりに

- ・沿岸部の震度は6強。全てが津波で壊れたとは限らない。地震動で壊れたものが津波で流出した可能性は？
- ・沿岸部の埋設管は震度6強の地震動、場合によっては液状化、さらに津波を受けている。この埋設管の被害状況を明らかにする必要がある。





ご清聴ありがとうございました。
