

震度や津波警報などの防災システムの精度と私たちがとるべき行動

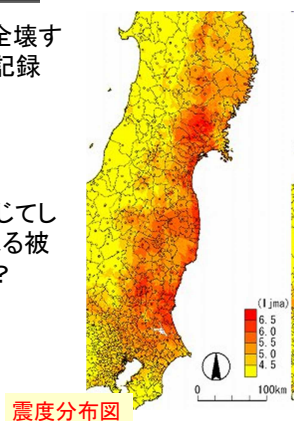
境 有紀
社会防災研究部門
都市空間安全制御研究分野

話の内容

- どのような地震動が建物に大きな被害を引き起こすのか
東日本大震災、阪神・淡路大震災
熊本地震などを例として
- 震度と建物被害の関係は？
- 震度以外の防災システムの場合は？
津波警報を例として
- 防災というものを考える上での大きな問題

東日本大震災の揺れの強さ(震度)

- 非常に広範囲で、建物が全壊するとされる震度6弱以上を記録
震度6弱: 全壊率 ~8%
震度6強: 全壊率 8~30%
震度7 : 全壊率 30%~
- 津波では甚大な被害が生じてしまったが、地震の揺れによる被害はどの程度だったのか？



被害調査をする際に注意しないといけないこと

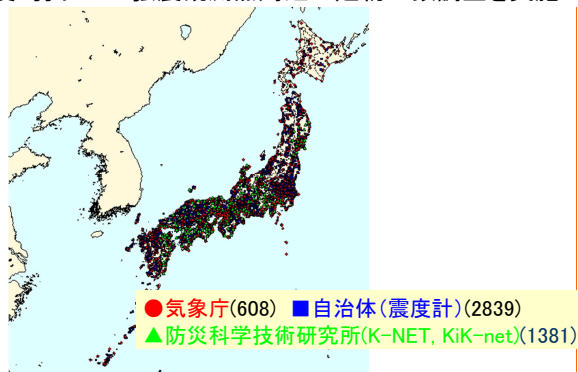
被害を受けた建物だけを調査して集めると、まるで全ての建物が被害を受けているかのような印象

被害の有無にかかわらず、全体を万遍なく調査

それは不可能なので、「**強震観測点周り**」という、**地震の揺れの記録**があり、かつ、エリアは限定されているが、ある意味「任意」に選ばれた場所を**被害の有無にかかわらず万遍なく調査**、報告する

大地震(震度6弱以上)が発生すると

- ・即時公開される地震計(K-NET)の波形データを分析
- ・震度6弱以上の強震観測点周辺の建物全数調査を実施



強震観測点回りの調査を行ってきた地震

- | | |
|-----------------|---------------|
| 2001年芸予地震 | 2016年熊本地震 |
| 2003年宮城県沖の地震 | 2018年北海道胆振東部、 |
| 2003年宮城県北部地震 | 2019年山形県沖 |
| 2003年十勝沖地震 | 2021年福島県沖の地震 |
| 2004年新潟県中越地震 | |
| 2005年福岡県西方沖地震 | |
| 2005年宮城県沖の地震 | |
| 2007年能登半島地震 | |
| 2007年新潟県中越沖地震 | |
| 2008年岩手・宮城内陸地震 | |
| 2008年岩手沿岸北部の地震 | |
| 2009年駿河湾の地震 | |
| 2011年東北地方太平洋沖地震 | |
| 2014年長野県北部の地震 | |

被害調査の概要

◇被害調査を行った観測点

震度6弱 7観測点

震度6強 26観測点

震度7 2観測点

計 35観測点

※周辺の建物棟数の多い箇所などの絞り込みを行っている

◇調査日

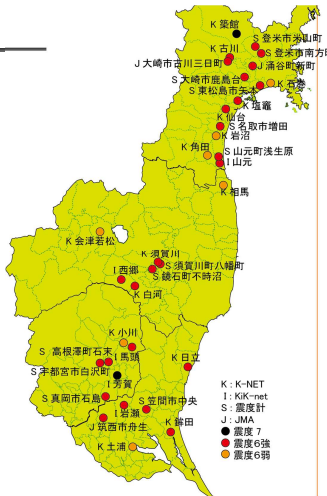
茨城県 3月16, 19, 27日

栃木県 3月26, 27日

福島県 4月7, 8日

宮城県 4月8, 9, 10日

調査建物数4000棟程度



被害調査の方法

◇観測点を中心に半径200m以内

・地震動が同一と見なす

・被害率算出に十分な建物数

2つの条件のバランス

◇建物全数を調査

(倉庫や車庫は対象外)

◇外観から全壊、大破を判定

(津波、地盤の被害は対象外)

◇構造種別、階数

屋根瓦被害の有無を記録



被害調査結果の例

K-NET築館(震度7, 計測震度6.67)



建物棟数 : 59
木造棟数 : 52
全壊・大破 : 0



栗原文化会館



観測点



K-NET築館(震度7, 計測震度6.67)



建物棟数 : 59
木造棟数 : 52
全壊・大破 : 0



周辺は高低差がある

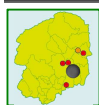


周辺の様子

大きな被害なし



KiK-net芳賀(震度7, 計測震度6.50)



建物棟数 : 59
木造棟数 : 59
全壊・大破 : 0



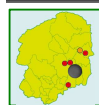
畜産試験場



観測点



KiK-net芳賀(震度7, 計測震度6.50)



建物棟数 : 59
木造棟数 : 59
全壊・大破 : 0



周辺の様子



周辺の様子

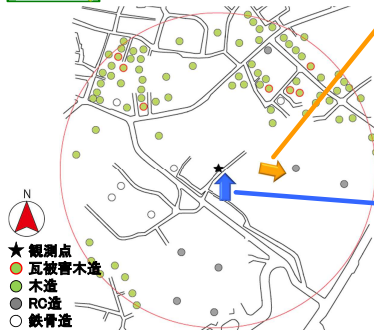
屋根瓦等の軽微な被害のみ



K-NET日立(震度6強, 計測震度6.46)



建物棟数 : 108
木造棟数 : 64
全壊・大破 : 0



K-NET日立(震度6強, 計測震度6.46)



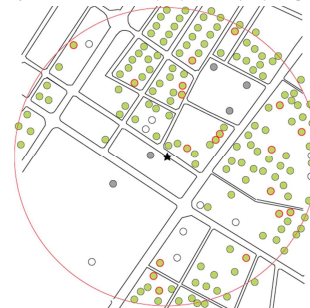
建物棟数 : 108
木造棟数 : 64
全壊・大破 : 0



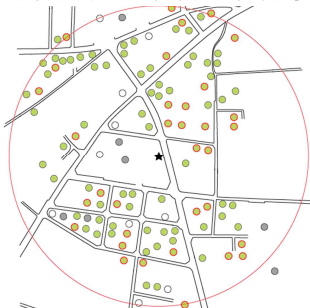
屋根瓦等の軽微な被害のみ

その他の観測点

鏡石町不時沼震度計(震度6強) 宇都宮市白沢震度計(震度6強)



建物棟数 : 169
木造棟数 : 153
全壊・大破 : 0



建物棟数 : 116
木造棟数 : 99
全壊・大破 : 0

その他の観測点

K-NET塩竈(震度6強)

JMA涌谷町新町(震度6強)



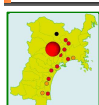
ほとんどの観測点で建物の大きな被害がない

建物棟数 : 261
木造棟数 : 225
全壊・大破 : 0



建物棟数 : 182
木造棟数 : 164
全壊・大破 : 0

JMA大崎市古川三日町(震度6強, 計測震度6.21)

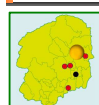


建物棟数 : 257
木造棟数 : 235
全壊・大破 : 7



全壊建物が見られた

K-NET小川(震度6弱, 計測震度5.97)



建物棟数 : 146
木造棟数 : 129
全壊・大破 : 1



被害建物が見られた

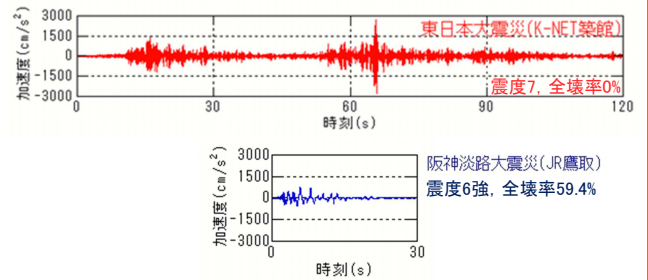
被害調査結果

観測点名	計測震度	棟数	全壊・大破数	全壊・大破率(%)	観測点名	計測震度	棟数	全壊・大破数	全壊・大破率(%)
JMA大崎市古川三日町	6.21	257	7	2.72	K-NET古川	6.18	285	0	0.00
JMA筑西市舟生	6.06	27	0	0.00	K-NET鎌田	6.41	17	0	0.00
JMA通谷町新町	6.02	182	0	0.00	K-NET土浦	5.63	161	0	0.00
KIK-net岩瀬	6.24	17	0	0.00	K-NET日立	6.46	108	0	0.00
KIK-net西郷	6.00	8	0	0.00	鎌石町不時沼震度計	6強	169	0	0.00
KIK-net馬頭	6.14	14	0	0.00	須賀川市八幡町震度計	6強	229	5	2.18
KIK-net芳賀	6.50	59	0	0.00	宇都宮市白沢町震度計	6強	116	0	0.00
K-NET小川	5.97	146	1	0.68	笠間市中央震度計	6強	101	0	0.00
K-NET会津若松	5.86	199	0	0.00	高根澤町石末震度計	6強	155	1	0.65
K-NET岩沼	5.99	87	0	0.00	山本町逢生原震度計	6強	108	0	0.00
K-NET角田	5.83	159	0	0.00	真田市石島震度計	6強	76	0	0.00
K-NET塩竈	6.02	261	0	0.00	大崎市鹿島台震度計	6強	123	0	0.00
K-NET白河	6.11	85	0	0.00	登米市南方町震度計	6強	3	0	0.00
K-NET須賀川	6.00	75	0	0.00	登米市米山町震度計	6強	18	0	0.00
K-NET仙台	6.38	21	0	0.00	東松島市矢本震度計	6強	200	0	0.00
K-NET相馬	5.85	159	0	0.00	名取市増田震度計	6強	181	1	0.55
K-NET築館	6.67	59	0	0.00	K-NET石巻	5.93	-	-	-
震度6強以上の合計						2954	14	0.47	

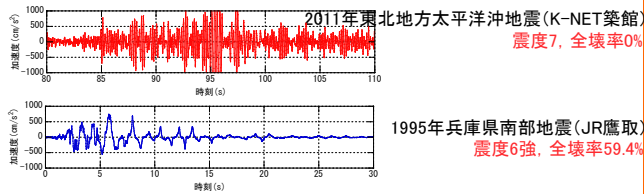
震度6弱: 全壊率 ~8%
震度6強: 全壊率 8~30%
震度7 : 全壊率 30%~

震度の大きさの割に
建物の被害が少ない

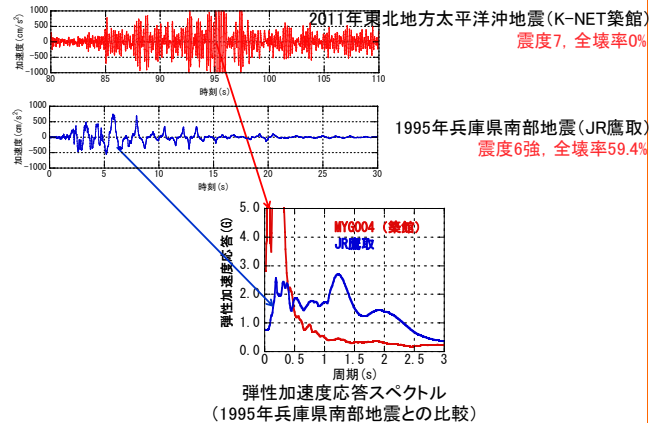
発生した地震動の1995年兵庫県南部地震との比較



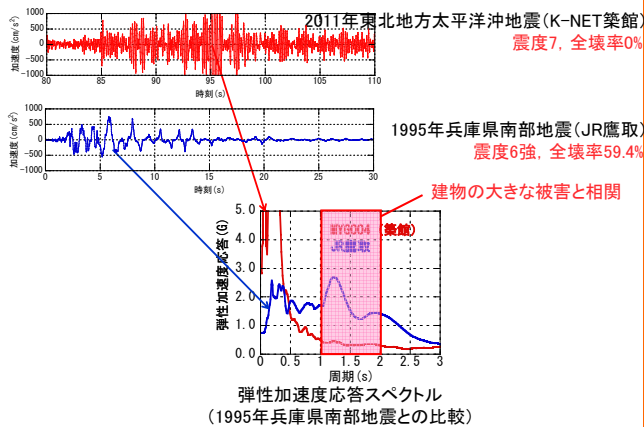
発生した地震動の1995年兵庫県南部地震との比較



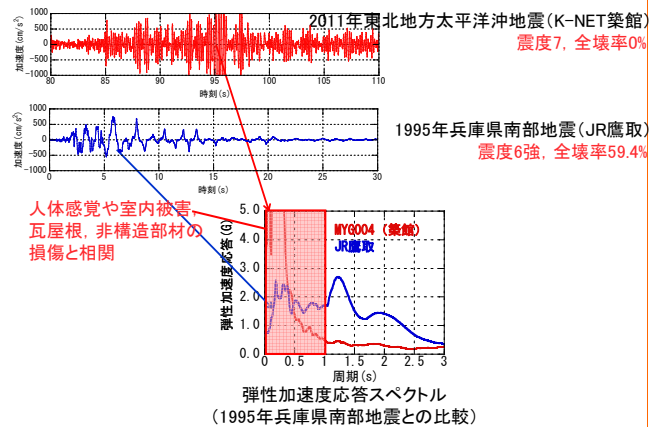
発生した地震動の1995年兵庫県南部地震との比較



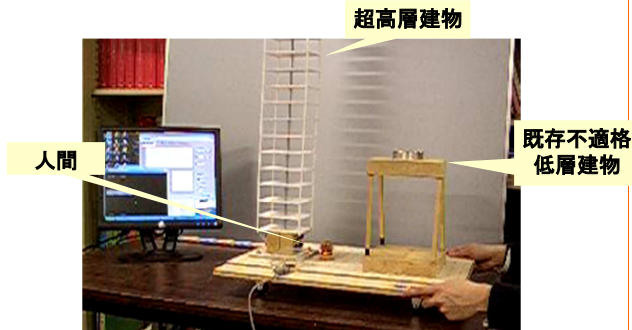
発生した地震動の1995年兵庫県南部地震との比較



発生した地震動の1995年兵庫県南部地震との比較



極短周期地震動(周期0.25秒=1秒間に4往復)



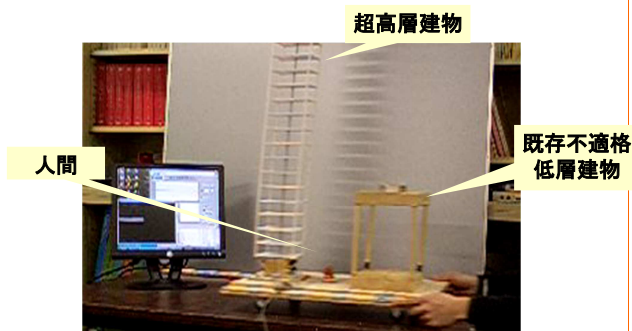
建物はびくともしないが、アンパンマン人形(人間)は倒れる
→極短周期地震動を人は揺れを強いと感じるが
建物は被害を受けない

やや長周期地震動(周期3秒=3秒間に1往復)



アンパンマン人形(人間)も倒れないし既存不適格建物も大丈夫
→やや長周期地震動を人も揺れを強いと感じない(震度も小さい)
既存不適格建物も被害を受けないが、超高層建物は大きく揺れる

やや短周期地震動(周期1秒=1秒間に1往復))



アンパンマン人形(人間)は倒れないが既存不適格建物は壊れてしまう
→やや短周期地震動を人は揺れを強いと感じないが
既存不適格建物は大きな被害を受ける

極短周期地震動(東日本大震災K-NET築館)



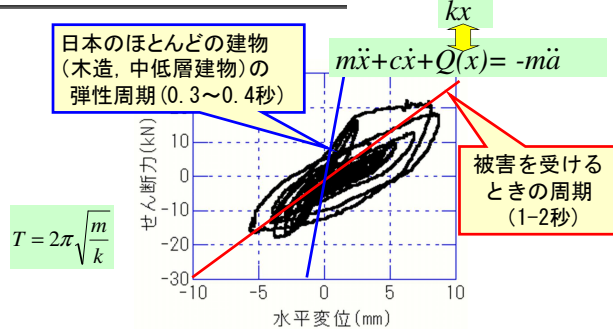
やや長周期地震動(周期3秒=3秒間に1往復)



やや短周期地震動(1995年兵庫県南部地震JR鷹取)



なぜ1～2秒が建物被害と相関をもつのか？



建物の被害：弾性周期ではなく
塑性化するときの周期（等価周期）で決まる

強震記録と観測点周辺の建物被害率

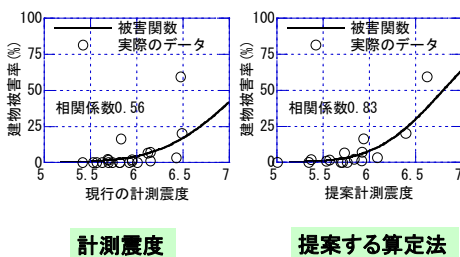
地震	観測点	PGA	PGV	JMA	da	dw
1993年釧路沖	釧路地方気象台	762.2	43.1	5.95*	0.0	0.0
1994年三陸はるか沖	八戸市庁舎	433.5	50.2	5.82	3.1	1.9
1995年兵庫県南部	JR鹿取	741.6	157.2	6.48	34.9	59.4
"	大阪ガス組合供給所	833.5	130.8	6.49*	15.3	20.2
"	NTT神戸	331.2	88.5	5.83	6.1	16.1
"	JR宝塚	680.7	96.6	6.15	6.2	7.2
"	本山第一小	784.0	81.6	6.12	5.3	6.5
"	神戸海洋気象台	752.2	105.0	6.43	2.5	3.2
"	尼崎高架橋	340.5	56.9	5.69	2.2	2.4
"	尼崎竹谷小	367.8	51.1	5.70	1.2	1.7
"	尼崎港	472.1	62.2	5.74	0.0	0.0
"	関西総合技研	556.2	59.4	5.95	0.7	0.8
1997年鹿児島県北西部(3/26)	K-NET宮之城	544.0	36.3	5.52	0.0	0.0
"	K-NET阿久根	295.9	43.8	5.68	0.0	0.0
1997年鹿児島県北西部(5/13)	K-NET宮之城	976.6	45.5	5.93	0.0	0.0
2000年鳥取県西部	境港測候所	762.8	84.9	6.01	1.4	1.1
"	K-NET米子	441.4	53.8	5.81	0.0	0.0
2001年雲予	K-NET大野	465.7	33.6	5.63	0.0	0.0

2001年～2021年の21年で18回被害調査

"	JMA石巻	902.7	27.6	5.56	0.0	0.0
"	JMA大船渡	1106.9	34.5	5.84	0.0	0.0
2003年宮城県北部	JMA涌谷	594.0	54.2	5.83	0.0	0.0
"	鹿島台町震度計	1614.2	43.8	5.85	0.0	0.0
2003年十勝沖	K-NET広尾	972.7	48.8	6.06	0.0	0.0

32

震度算定法の提案[境・神野・横綱(2002, 2004)]



1-2秒応答を基に被害と対応する震度を算定(1-2秒震度)

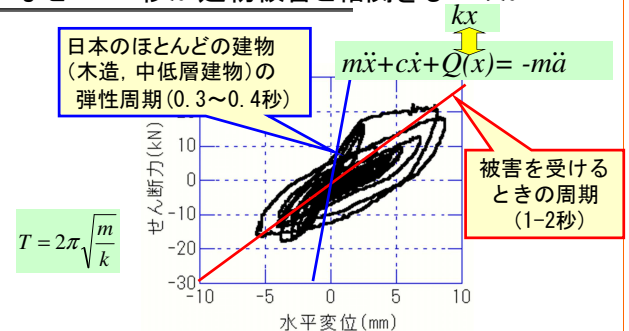
$$I_{V1-2} = 2.17 \cdot \log(V_{1-2}) + 1.00 \quad V_{1-2}: \text{減衰5\%の1-2秒速度応答(cm/s)}$$

境有紀, 神野達夫, 横綱一起, 建物被害と人体感覚を考慮した震度算定方法の提案, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, CD-ROM, 2002.11.

境有紀, 神野達夫, 横綱一起, 震度の高低によって地震動の周期帯を変化させた震度算定法の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第585号, 71-76, 2004.11.

33

なぜ1～2秒が建物被害と相関をもつのか？



建物の被害：弾性周期ではなく
塑性化するときの周期（等価周期）で決まる

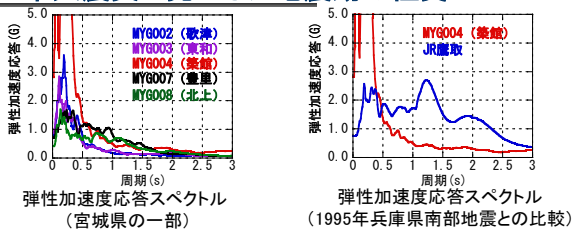
震度とは

- 地震の揺れ(地震動)の強さを表す
- 1996年に計測震度に
 - ←それまで人が判定していたものを地震計の記録から機械判定
 - 地震発生から数分で各地の震度がテレビに世界でも日本だけがもつ技術で画期的
- 算定方法は, それまでの人の判定との連続性から 人体感覚, つまり, 人がどれだけ強いと思うかを重視
 - 人体感覚を機械的に算定することには成功(今回の東北地方太平洋沖地震)

震度と建物被害

- 計測震度は, 人体感覚を機械的に算定することに成功したが, 建物の大きな被害とは, 対応がよくない
- それは, 人体感覚が0-1秒, 建物の大きな被害が1-2秒と, 対応する周期がずれていたから
 - ←計測震度になった1996年当時は, 強震観測網が整備される前でデータがなかった

東日本大震災で発生した地震動の性質



1秒以下の短周期が卓越した地震動であり、震度は大きくなるものの、建物の大きな被害に結びつく1-2秒応答が小さい
→建物の大きな被害はさほど生じなかった
→震度6強、7でこの程度の被害で済んだのだから建物の耐震性が高い、というわけではない

東日本大震災の揺れによる建物被害

- 揺れによる建物被害は、非常に小さい
- その理由は、地震の揺れが「弱かった」(建物被害に結びつく1-2秒が小さかった)から
→建物の耐震性が高いからではない
⇒1-2秒が大きかった兵庫県南部地震とは全く違う
- 今回の超巨大地震で大丈夫だったからと言って、これから大地震が来ても大丈夫とはゆめゆめ思うべからず！
→今回起こったことは、特殊なことなのか？

過去の地震ではどうか？

	最大震度
1995年兵庫県南部地震	7
1997年鹿児島県西北部地震	6弱
2000年鳥取県西部地震	6強
2001年芸予地震	6弱
2003年宮城県沖の地震(三陸南地震)	6弱
2003年宮城県北部地震	6強
2003年十勝沖地震	6強
2004年新潟県中越地震	7
2005年福岡県西方沖地震	6弱
2005年宮城県沖の地震	6弱
2007年能登半島地震	6強
2007年新潟県中越沖地震	6強
2008年岩手・宮城内陸地震	6弱
2008年岩手沿岸北部の地震	6弱
2009年駿河湾の地震	6弱

2009年駿河湾の地震

被害調査を行なった観測点

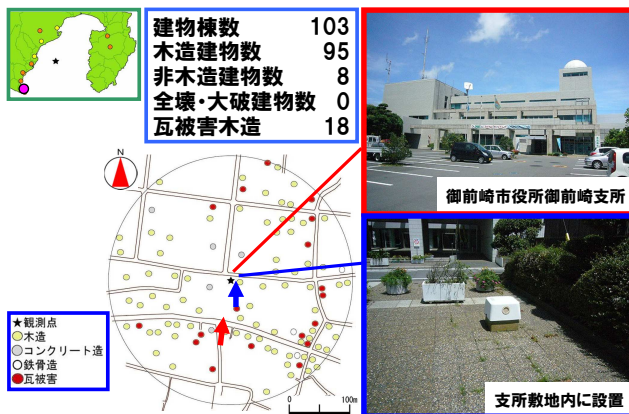
- 震度6弱のすべての観測点 8観測点(震度観測点 JMA観測点 防災科学技術研究所KiK-net観測点)
- 震度5強を観測した一部のK-NET観測点 4観測点

調査日程

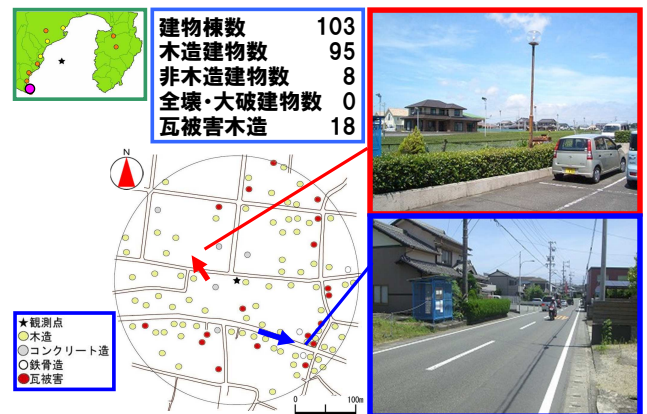
2009年8月12・13日(計2日間)



御前崎市白羽震度計 6弱 (5.9)



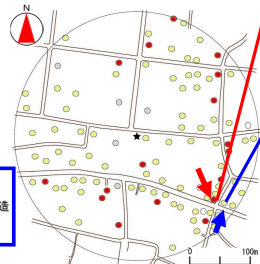
御前崎市白羽震度計 6弱 (5.9)



御前崎市白羽震度計 6弱 (5.9)



建物棟数 103
木造建物数 95
非木造建物数 8
全壊・大破建物数 0
瓦被害木造 18



外壁の剥落



瓦被害

被害調査まとめ(駿河湾を震源とする地震)

6弱

観測点名	計測時刻	観測点から半径200mの範囲内での被害状況	木造	非木造	全壊	半壊	瓦被害	全壊率 (%)	全壊率 (%)
1 JMA御前崎市白羽震度計	5.7	屋根瓦被害あり	131	7	0	0	6	4.35	0
2 御前崎市白羽震度計	5.9	屋根瓦被害多数、外壁被害あり	95	8	0	1	18	17.48	0
3 牧之原市山崎震度計	5.9	屋根瓦被害多数	83	28	0	0	19	17.12	0
4 牧之原市山崎震度計	5.9	屋根瓦被害多数	154	33	0	0	17	9.09	0
5 牧之原市山崎震度計	5.9	屋根瓦被害多数	45	11	0	0	9	16.07	0
6 Kik-net御前崎	5.6	屋根瓦被害あり、公営プールの外壁被害	14	8	0	0	1	4.55	0
7 Kik-net伊豆市	5.7	被害なし	1	0	0	0	0	0.00	0
8 伊豆市市山崎震度計	5.5	屋根瓦被害あり	65	19	0	0	2	2.38	0
9 K-NET静岡	5.4	屋根瓦被害多数	87	27	0	0	8	7.02	0
10 K-NET焼津	5.4	屋根瓦被害あり	229	42	0	0	5	1.85	0
11 K-NET静岡	5.1	屋根瓦被害あり	334	214	0	0	1	0.18	0
12 K-NET清水	5.2	被害なし	35	29	0	0	0	0.00	0

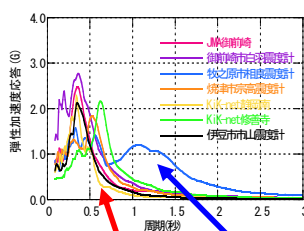
5強

全観測点周辺において、大きな建物被害は見られなかった

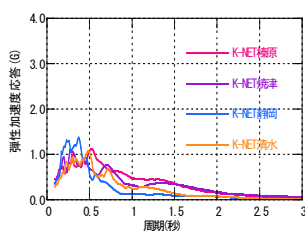
弾性加速度応答スペクトル

減衰定数5% 水平2方向合成ベクトル和

6弱



5強



一部そうでないものもある

極短周期地震動が卓越している

2008年岩手・宮城内陸地震

震度6弱以上の 震度観測点 JMA観測点

防災科学技術研究所K-NET および

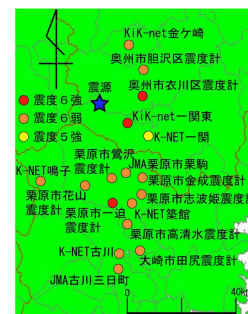
Kik-net観測点

全ての観測点

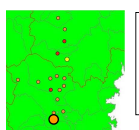
ただし Kik-net東成瀬
Kik-net一関西は除く
(道路が通行止めだったため)

震度5強を観測した K-NET一関

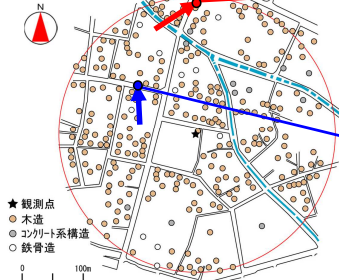
計17観測点



JMA大崎市古川三日町 6弱 (5.6)



建物棟数 284
木造建物数 261
非木造建物数 23
全壊・大破建物数 0

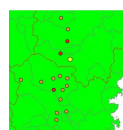


外装材の落下

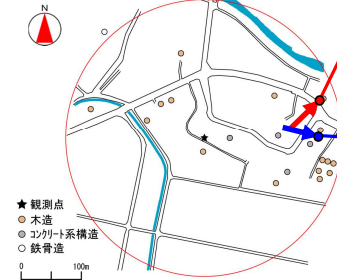


外装材の剥落

栗原市一迫震度計 6強 (6.2)



建物棟数 22
木造建物数 17
非木造建物数 5
全壊・大破建物数 0



屋根瓦の被害



ブロック塀の被害

被害調査まとめ

6強

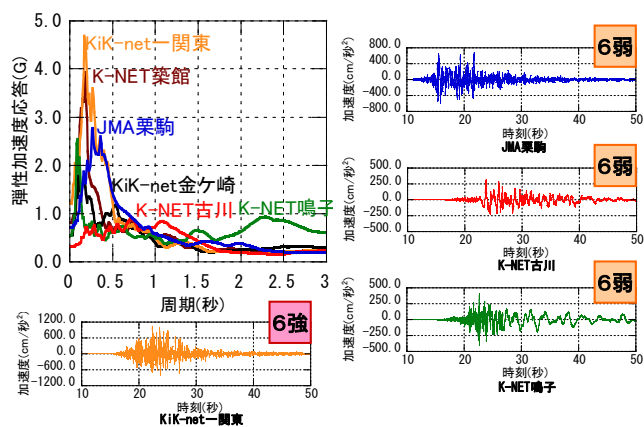
6弱

5強

強震観測点	計測震度	震度計から半径200mの範囲内での被害状況	建物被害			
			全体	木造	鉄骨	全壊・大破
東原市一迫震度計	6.2	外装材の剥落、ブロック塀の倒壊、屋根瓦の損傷など	22	17	5	0
奥州市衣川区震度計	6.1	RC造建物外壁のひび割れ、屋根瓦の損傷、地盤被害など	38	31	7	0
KiK-net-関東	6.0	公民館および体育館の外装材の損傷	4	4	0	0
JMA東原市栗駒	5.9	外装材の剥落など軽微な建物被害	14	13	1	0
東原市霞沢震度計	5.8	老朽化した倉庫の倒壊、軽微な建物被害	40	32	8	0
K-NET築館	5.7	特に被害なし	53	47	6	0
JMA大崎市古川三日町	5.6	外装材の剥落など軽微な建物被害	284	261	23	0
東原市金成震度計	5.6	傾いた倉庫、外装材の剥落、地盤被害など	26	14	12	0
K-NET古川	5.5	外装材の剥落、窓ガラスの破損などの軽微な建物被害	281	255	26	0
K-NET鳴子	5.5	特に被害なし	15	14	1	0
KiK-net金ヶ崎	5.5	ブロック塀の被害、地盤被害	12	11	1	0
大崎市田尻震度計	5.5	外装材の剥落、RC造建物基礎部のひび割れなど	110	99	11	0
東原市高清水震度計	5.5	外装材の剥落など軽微な建物被害	111	101	10	0
東原市花山震度計	5.5	外装材の損傷、ブロック塀の被害など	38	30	8	0
東原市志波姫震度計	5.5	RC造建物外壁のひび割れ、外装材の剥落など	57	43	6	0
奥州市胆沢区震度計	5.5	特に被害なし	19	14	5	0
K-NET一関	5.0	特に被害なし	164	131	33	0

全観測点周辺において、大きな建物被害は見られなかった

弾性加速度応答スペクトル(減衰定数5%,水平2方向ベクトル合成)



2001年芸予地震



K-NET大野 (6弱) 周辺

2003年宮城県沖の地震(三陸南地震)



JMA大船渡 (6弱) 周辺

2003年十勝沖地震



K-NET広尾 (6強) 周辺

2004年新潟県中越地震



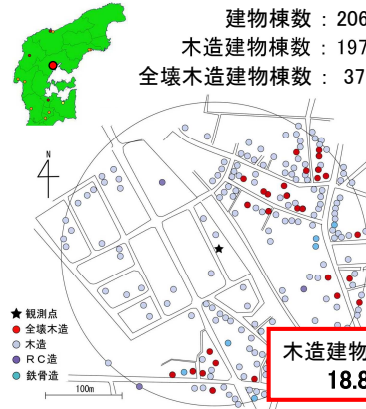
K-NET十日町 (6強) 周辺

2005年福岡県西方沖地震



福岡東浜震度計(6弱)周辺

2007年能登半島地震 K-NET穴水(震度6強)



2007年新潟県中越沖地震 K-NET柏崎(震度6強)



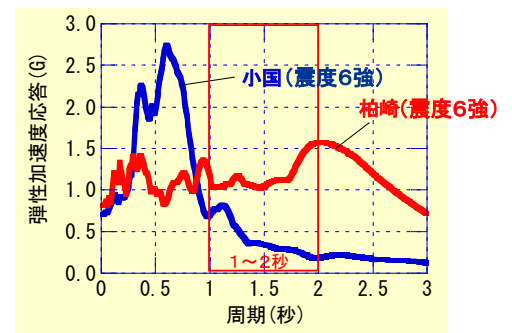
2007年新潟県中越沖地震 K-NET柏崎(震度6強)



2007年新潟県中越沖地震 長岡市小国町震度計(震度6強)



スペクトルを比較すると



同じ震度6強でも、柏崎の方が1~2秒の揺れが強い

1995年兵庫県南部地震



1995年兵庫県南部地震



1995年兵庫県南部地震



1995年兵庫県南部地震



1995年兵庫県南部地震



過去の地震ではどうか？

	最大震度
1995年兵庫県南部地震	7
1997年鹿児島県北西部地震	6弱
2000年鳥取県西部地震	6強
2001年芸予地震	6弱
2003年宮城県沖の地震(三陸南地震)	6弱
2003年宮城県北部地震	6強
2003年十勝沖地震	6強
2004年新潟県中越地震	7
2005年福岡県西方沖地震	6弱
2005年宮城県沖の地震	6弱
2007年能登半島地震	6強
2007年新潟県中越沖地震	6強
2008年岩手・宮城内陸地震	6弱
2008年岩手沿岸北部の地震	6弱
2009年駿河湾の地震	6弱

過去の地震ではどうか？

赤: 全て短周期地震動, 青: 一部やや短周期地震動	最大震度
1995年兵庫県南部地震	7
1997年鹿児島県北西部地震	6弱
2000年鳥取県西部地震	6強
2001年芸予地震	6弱
2003年宮城県沖の地震(三陸南地震)	6弱
2003年宮城県北部地震	6強
2003年十勝沖地震	6強
2004年新潟県中越地震	7
2005年福岡県西方沖地震	6弱
2005年宮城県沖の地震	6弱
2007年能登半島地震	6強
2007年新潟県中越沖地震	6強
2008年岩手・宮城内陸地震	6弱
2008年岩手沿岸北部の地震	6弱
2009年駿河湾の地震	6弱

2016年熊本地震

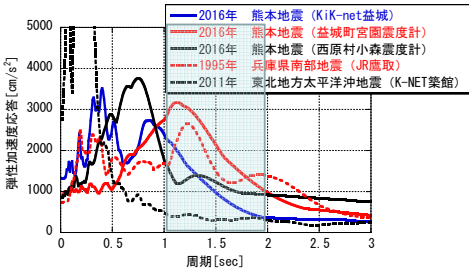


図1 弾性加速度応答スペクトル(h:5%)

益城町宮園震度計: 木造、中低層建物の大きな被害を与える1-2秒は、JR鷹取の1.3倍(史上最悪)

益城町宮園震度計周辺の様子



益城町宮園震度計周辺の様子



益城町役場建物外周部の地盤被害



過去の地震動と周期特性の比較

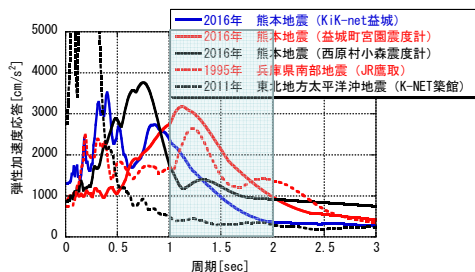


図1 弾性加速度応答スペクトル(h:5%)

KiK-net益城: 木造、中低層建物の大きな被害を与える
1~2秒はそこそこ大きい
0.5~1秒も大きい

過去の地震動と周期特性の比較

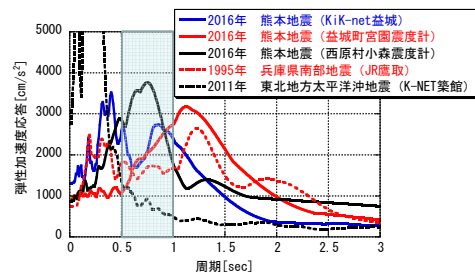


図1 弾性加速度応答スペクトル(h:5%)

KiK-net益城: 木造、中低層建物の大きな被害を与える
1~2秒はそこそこ大きい
0.5~1秒が大きい

KiK-net益城周辺の様子

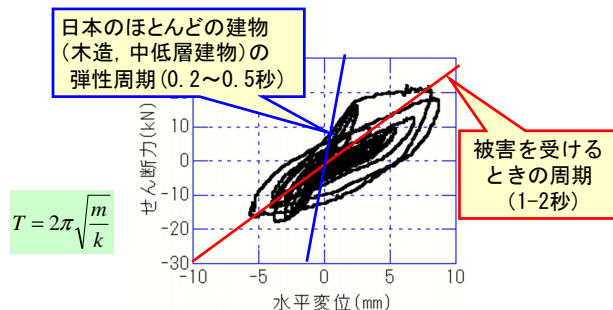


KiK-net益城周辺の様子

建物 棟数	木造 棟数	全壊・ 大破率[%]	木造 全壊率[%]
224	222	6.3	6.3

木造全壊率は6.3%だが
新耐震建物で大きな被害を受けたものがある
←0.5-1秒が大きいことと関係

なぜ1~2秒が建物被害と相関をもつのか？

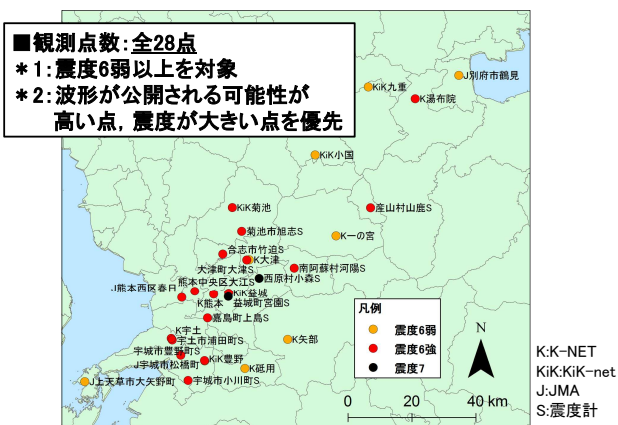


建物の被害： 弾性周期ではなく
塑性化するときの周期（等価周期）で決まる
→木造は、壁を入れて強く作ると固く（周期が短く）なる
→耐力が高い新耐震建物は、周期が短い→等価周期も短い

2016年熊本地震

- ・2016年熊本地震では、益城町で甚大な建物被害
→益城町と**それ以外で発生した地震動と被害**
(強震記録と観測点周辺の状況の対応)
- ・新耐震建物に大きな被害を引き起こした原因
→今まで発生していないタイプの地震動が発生
- ・西原村震度計で記録された大きな長周期成分
→もし、免震建物や超高層建物があったら...

調査を行った観測点

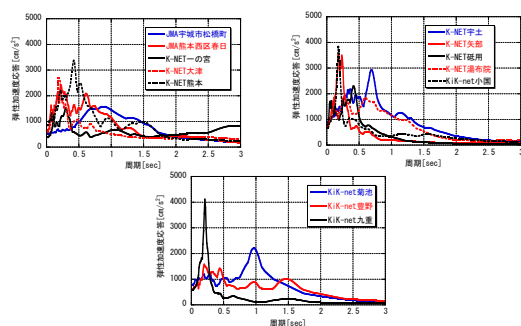


強震観測点周辺の被害調査結果

[illegible]

益城町以外の強震記録の性質と

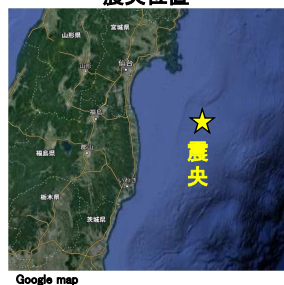
多くの強震記録で、周期1秒以下の短周期が卓越
建物の大きな被害はほとんど見られなかった



2021年福島県沖の地震

- ・ 発生日時: 2021年2月13日23時07分
- ・ 震源: 福島県沖、深さ55km
- ・ マグニチュード: M7.3
- ・ 発震機構: 西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型

震央位置



最大震度6強の揺れを観測

- ・ 強震観測点周辺の被害調査を実施
- ・ 発生した地震動の性質との関係を検証

震度6弱以上を記録した観測点

震度	福島県	宮城県
6強	相馬市中村震度計、国見町藤田震度計、 新地町谷地小屋震度計	蔵王町田田震度計、 KiK-net山元
6弱	福島市五老内町震度計、JMA郡山市朝日、 南相馬市小高区震度計、福島伊達市前川原震度計、 福島伊達市梁川町震度計、本宮市白岩震度計、 桑折町谷地震度計、川俣町五百田震度計、 天栄村下松本震度計、楡葉町北田震度計、 川内村上川内早波震度計、大熊町大川原震度計、 双葉町両竹震度計、須賀川市八幡町震度計、 JMA浪江町機世橋、K-NET相馬、K-NET葛尾、 K-NET広野、K-NET須賀川、K-NET郡山、 K-NET中野、KiK-net矢吹、KiK-net三春、 KiK-net浪江	石巻市桃生町震度計、 登米市追町震度計、 宮城川崎町前川震度計、 亘理町悠里震度計、 山元町浅生原震度計、 K-NET岩沼、KiK-net川崎 KiK-net南三陸、KiK-net利府

震度6弱以上を観測した地点が38点(梗概:43点から修正)
 →すべてを調査するのは困難
 →震度が高いもの、観測記録が既に公開されている、建物棟数が多い点などを条件に、調査観測点を絞り込んだ(表中赤字)

調査した観測点の位置



相馬市中村震度計(計測震度:6.01)



相馬市中村震度計(計測震度:6.01)



新地町谷地小屋震度計(計測震度:6.13)



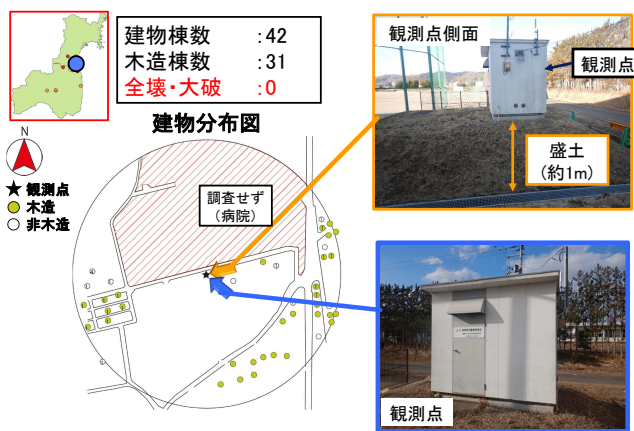
新地町谷地小屋震度計(計測震度:6.13)



KiK-net山元(MYGH10、計測震度6.49)



KiK-net山元(MYGH10、計測震度6.49)



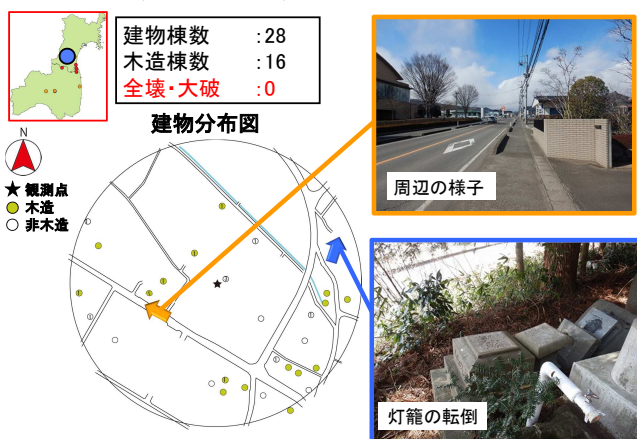
KiK-net山元(MYGH10、計測震度6.49)



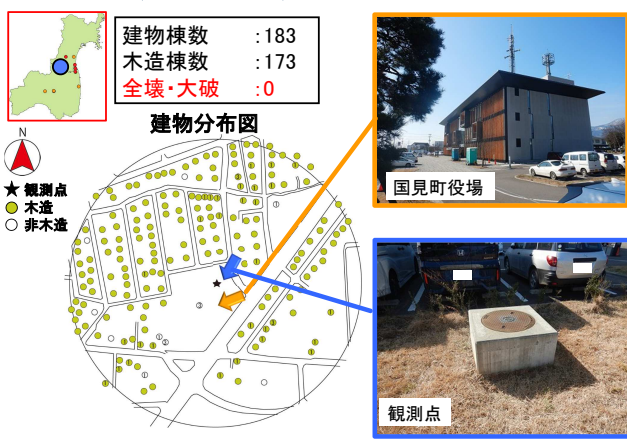
蔵王町円田震度計(計測震度:6.06)



蔵王町円田震度計(計測震度:6.06)



国見町藤田震度計(計測震度:6.14)



国見町藤田震度計(計測震度:6.14)



調査結果のまとめ

観測点名	全建物棟数	全壊・大破建物棟数	全壊・大破率[%]
JMA郡山市朝日	133	0	0
K-NET郡山	121	0	0
K-NET中野	87	0	0
JMA浪江町豊世橋	96	0	0
相馬市中村震度計	165	0	0
K-NET相馬	167	0	0
新地町谷地小屋震度計	74	0	0
KiK-net山元	42	0	0
K-NET岩沼	87	0	0
蔵王町円田震度計	28	0	0
国見町藤田震度計	183	0	0
合計	1183	0	0

震度6弱以上にも関わらず、
大きな被害を受けた建物は0

*参考

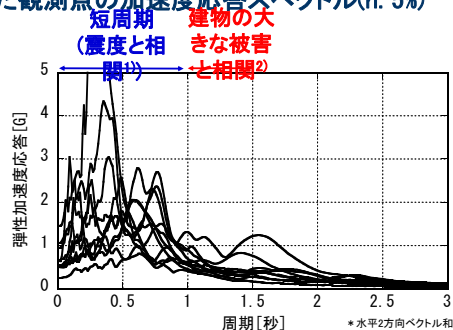
震度6弱: 全壊率 ~8%

震度6強: 全壊率 8~30%

震度7 : 全壊率 30%~

発生した地震動の性質を分析
→要因を検討

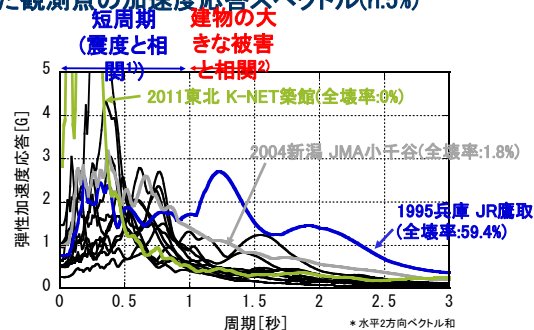
調査した観測点の加速度応答スペクトル(h: 5%)



- 多くは震度と相関がある周期1秒以下の短周期¹⁾が卓越
- 建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒²⁾の成分は小さい

1) 境ら, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, 2002. 2) 境, 日本建築学会構造系論文集, 2009.8.

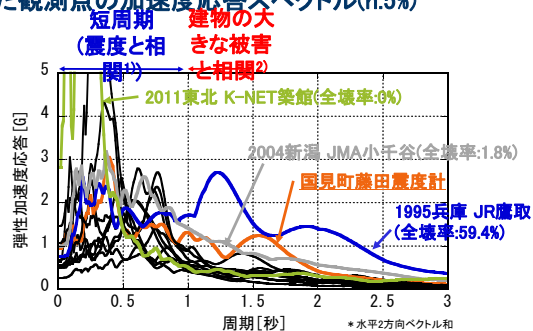
調査した観測点の加速度応答スペクトル(h:5%)



- 多くは震度と相関がある周期1秒以下の短周期¹⁾が卓越
- 建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒²⁾の成分は小さい

1) 境ら, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, 2002. 2) 境, 日本建築学会構造系論文集, 2009.8.

調査した観測点の加速度応答スペクトル(h:5%)

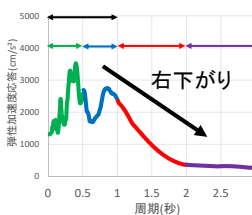


- 多くは震度と相関がある周期1秒以下の短周期¹⁾が卓越
- 建物の大きな被害と相関がある周期1-1.5秒²⁾の成分は小さい
→国見町はやや大きく、JMA小千谷と同程度

1) 境ら, 第11回日本地震工学シンポジウム論文集, 2002. 2) 境, 日本建築学会構造系論文集, 2009.8.

どういう周期の地震動がどういう割合で発生？

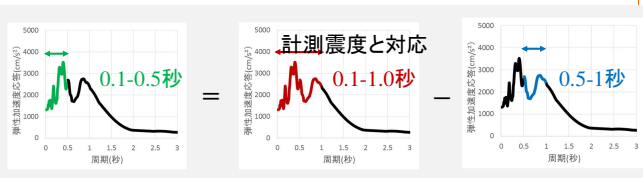
- ①極短周期(0.1-0.5秒)
- ②短周期(0.5-1秒)
- ③やや短周期(1-2秒): 木造, 非木造中低層建物¹⁾
- ④やや長周期(2-5秒): 超高層建物, 免震建物



各周期成分を震度で基準化
震度7: 甚大な被害
震度6: 大きな被害が生じ始める

1) 境ら, 震度の高低によって地震動の周期帯を変化させた震度算定法の提案, 日本建築学会構造系論文集, 第585号, 71-76, 2004.11

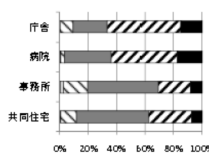
地震動の周期帯



0.1-0.5秒震度: $I_{0.1-0.5}$, 0.5-1秒震度: $I_{0.5-1}$, 0.1-1秒震度: $I_{0.1-1}$
 $I_{0.1-1}$ が $I_{0.1-0.5}$ と $I_{0.5-1}$ の平均から求まると仮定

$$\Rightarrow I_{0.1-1} = \frac{I_{0.1-0.5} + I_{0.5-1}}{2}$$
 上式より $I_{0.1-0.5} = 2I_{0.1-1} - I_{0.5-1}$ と定義

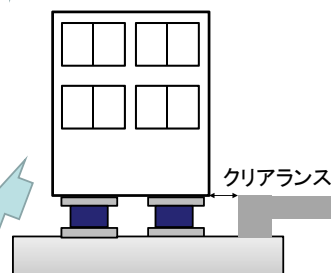
2-5秒震度の決め方



変位50cm⇒震度6.5
変位25cm⇒震度5.5と定義

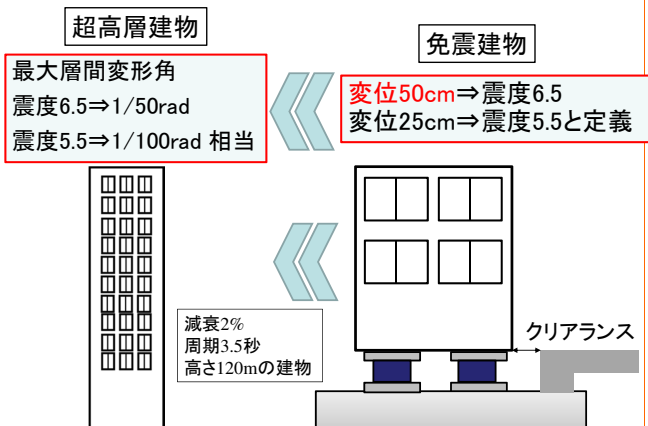
1991年から2007年までの用途別クリアランス¹⁾

減衰:20%²⁾
固有周期:2-5秒¹⁾



1) 田中ら, 国内免震建物のデータベース構築と現状分析 日本建築学会技術報告集
 2) 岡沢ら, 熊本地震の観測地震動に対する大阪地域の超高層建物の被害予測～近年の観測地震動の比較～ 日本地震学会 2016

超高層建物だと



ある周期成分を持った地震動の発生確率

0.1-0.5秒震度 0.5-1秒震度 1-2秒震度 2-5秒震度

算出

	5強以下	6弱	6強	7
0.1-0.5秒震度	5 (1.0%)	103 (20.1%)	342 (66.8%)	62 (12.1%)
0.5-1秒震度	371 (72.5%)	119 (23.2%)	21 (4.1%)	1 (0.2%)
1-2秒震度	368 (71.9%)	102 (19.9%)	37 (7.2%)	5 (1.0%)
2-5秒震度	454 (88.7%)	37 (7.2%)	12 (2.3%)	9 (1.8%)

期間:1993年1月-2016年5月

対象:K-NET,KiK-net,震度計, JMAで観測された計測震度6弱以上の記録(N=512)

ある周期成分を持った地震動の発生確率

0.1-0.5秒震度 0.5-1秒震度 1-2秒震度 2-5秒震度

算出

	5強以下	6弱	6強	7
0.1-0.5秒震度	5 (1.0%)	約80%	342 (66.8%)	62 (12.1%)
0.5-1秒震度	371 (72.5%)	119 (23.2%)	21 (4.1%)	1 (0.2%)
1-2秒震度	368 (71.9%)	102 (19.9%)	37 (7.2%)	5 (1.0%)
2-5秒震度	454 (88.7%)	37 (7.2%)	12 (2.3%)	9 (1.8%)

期間:1993年1月-2016年5月

対象:K-NET,KiK-net,震度計, JMAで観測された計測震度6弱以上の記録(N=512)

ある周期成分を持った地震動の発生確率

0.1-0.5秒震度 0.5-1秒震度 1-2秒震度 2-5秒震度

算出

	5強以下	6弱	6強	7
0.1-0.5秒震度	5 (1.0%)	103 (20.1%)	342 (66.8%)	62 (12.1%)
0.5-1秒震度	371 (72.5%)	約4%	21 (4.1%)	1 (0.2%)
1-2秒震度	368 (71.9%)	102 (19.9%)	37 (7.2%)	5 (1.0%)
2-5秒震度	454 (88.7%)	37 (7.2%)	12 (2.3%)	9 (1.8%)

期間:1993年1月-2016年5月

対象:K-NET,KiK-net,震度計, JMAで観測された計測震度6弱以上の記録(N=512)

ある周期成分を持った地震動の発生確率

0.1-0.5秒震度 0.5-1秒震度 1-2秒震度 2-5秒震度

算出

	5強以下	6弱	6強	7
0.1-0.5秒震度	5 (1.0%)	103 (20.1%)	342 (66.8%)	62 (12.1%)
0.5-1秒震度	371 (72.5%)	119 (23.2%)	21 (4.1%)	1 (0.2%)

2004年新潟県中越地震 K-NET小千谷:6.61



田んぼの中に
震度計

ある周期成分を持った地震動の発生確率

0.1-0.5秒震度 0.5-1秒震度 1-2秒震度 2-5秒震度

算出

	5強以下	6弱	6強	7
0.1-0.5秒震度	5 (1.0%)	103 (20.1%)	342 (66.8%)	62 (12.1%)
0.5-1秒震度	371 (72.5%)	119 (23.2%)	21 (4.1%)	1 (0.2%)
1-2秒震度	368 (71.9%)	約8%	37 (7.2%)	5 (1.0%)
2-5秒震度	454 (88.7%)	37 (7.2%)	12 (2.3%)	9 (1.8%)

期間:1993年1月-2016年5月

対象:K-NET,KiK-net,震度計, JMAで観測された計測震度6弱以上の記録(N=512)

ある周期成分を持った地震動の発生確率

0.1-0.5秒震度 0.5-1秒震度 1-2秒震度 2-5秒震度

	算出			
	5強以下	6弱	6強	7
0.1-0.5秒震度	5 (1.0%)	103 (20.1%)	342 (66.8%)	62 (12.1%)
0.5-1秒震度	371 (72.5%)	119 (23.2%)	21 (4.1%)	1 (0.2%)
1-2秒震度	368 (71.9%)	102 (19.9%)	37 (7.2%)	5 (1.0%)
2-5秒震度	454 (88.7%)	37 (7.2%)	12 (2.3%)	9 (1.8%)

2016年熊本地震本震 益城町宮園:6.87
 2016年熊本地震前震 益城町宮園:6.62
 2004年新潟県中越地震 川口町震度計:6.61
 2011年東北地方太平洋沖地震 栗原市若柳:6.61
 2011年東北地方太平洋沖地震 国見市藤田:6.51

ある周期成分を持った地震動の発生確率

0.1-0.5秒震度 0.5-1秒震度 1-2秒震度 2-5秒震度

	算出			
	5強以下	6弱	6強	7
0.1-0.5秒震度	5 (1.0%)	103 (20.1%)	342 (66.8%)	62 (12.1%)
0.5-1秒震度	371 (72.5%)	119 (23.2%)	21 (4.1%)	1 (0.2%)
1-2秒震度	368 (71.9%)	102 (19.9%)	37 (7.2%)	5 (1.0%)
2-5秒震度	454 (88.7%)	約4%	12 (2.3%)	9 (1.8%)

期間:1993年1月-2016年5月

対象:K-NET,KiK-net,震度計, JMAで観測された計測震度6弱以上の記録(N=512)

ある周期成分を持った地震動の発生確率

0.1-0.5秒震度 0.5-1秒震度 1-2秒震度 2-5秒震度

2007年新潟県中越沖地震 刈羽村割町:7.51
 2016年熊本地震 西原村小森:7.18
 2007年新潟県中越沖地震 K-NET柏崎:6.77
 2016年熊本地震 K-NET一の宮:6.76
 2003年十勝沖地震 K-NET直別:6.72

	5強以下	6弱	6強	7
0.1-0.5秒震度	5 (1.0%)	103 (20.1%)	342 (66.8%)	62 (12.1%)
0.5-1秒震度	371 (72.5%)	119 (23.2%)	21 (4.1%)	1 (0.2%)
1-2秒震度	368 (71.9%)	102 (19.9%)	37 (7.2%)	5 (1.0%)
2-5秒震度	454 (88.7%)	37 (7.2%)	12 (2.3%)	9 (1.8%)

期間:1993年1月-2016年5月

対象:K-NET,KiK-net,震度計, JMAで観測された計測震度6弱以上の記録(N=512)

ある周期成分を持った地震動の発生確率

0.1-0.5秒震度 0.5-1秒震度 1-2秒震度 2-5秒震度

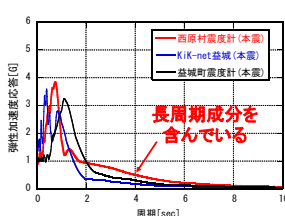
	算出			
	5強以下	6弱	6強	7
0.1-0.5秒震度	約80%	103 (20.1%)	342 (66.8%)	62 (12.1%)
0.5-1秒震度	約4%	119 (23.2%)	21 (4.1%)	1 (0.2%)
1-2秒震度	約8%	102 (19.9%)	37 (7.2%)	5 (1.0%)
2-5秒震度	約4%	37 (7.2%)	12 (2.3%)	9 (1.8%)

・大きな震度を記録した地震動の80%は、大きな被害を引き起こさない極短周期地震動

・大きな被害を引き起こす1-2秒震度が大きいのは8%
 →大きな震度でも建物被害が少ないということが頻発

西原村震度計(前震:震度6弱, 本震:震度7)

加速度応答スペクトル(h:5%)



■長周期成分を多く含む(PGV:254cm/s)
 ⇒周辺に免震や超高層建物は無し

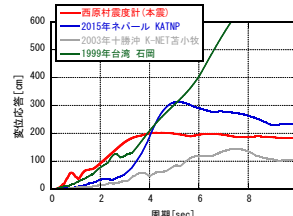
■大きな被害を受けた建物は見られなかった

周辺の様子と調査結果

			
建物 棟数	木造 棟数	全壊・ 大破率[%]	木造 全壊率[%]
57	44	0	0

西原村震度計(前震:震度6弱, 本震:震度7)

変位応答スペクトル(h:5%)



■長周期成分を多く含む(PGV:254cm/s)
 ⇒周辺に免震や超高層建物は無し

■大きな被害を受けた建物は見られなかった

周辺の様子と調査結果

			
建物 棟数	木造 棟数	全壊・ 大破率[%]	木造 全壊率[%]
57	44	0	0

ある周期成分を持った地震動の発生確率

0.1-0.5秒震度 0.5-1秒震度 1-2秒震度 2-5秒震度

	算出			
	5強以下	6弱	7	8
0.1-0.5秒震度	約80% (80.0%)	103 (20.1%)	342 (66.8%)	62 (12.1%)
0.5-1秒震度	約4% (4.0%)	119 (23.2%)	21 (4.1%)	1 (0.2%)
1-2秒震度	約8% (8.0%)	102 (19.9%)	37 (7.2%)	5 (1.0%)
2-5秒震度	約4% (4.0%)	37 (7.2%)	12 (2.3%)	9 (1.8%)

2-5秒が大きい地震動(超高層や免震建物に甚大な被害): 割合は少ないが発生している

東北地方太平洋沖地震の揺れによる建物被害で起こった(震度は大きいのに被害小)こと

- 「よくあること」で、発生する地震動の10回中9回は、短周期地震動(震度が大きくても被害小)
- どうしてそういうことになるのか?
- 震度とは?(再)

震度と建物被害

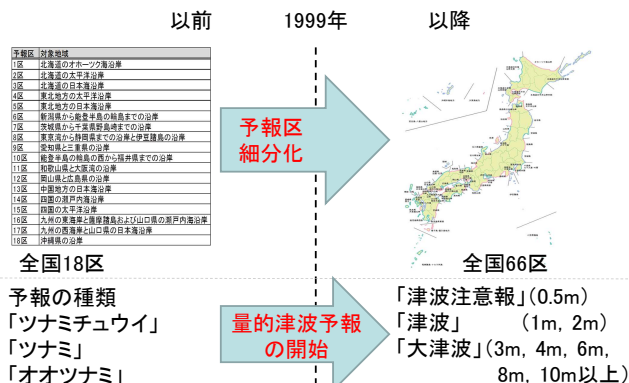
- 計測震度は、人体感覚に対応した0-1秒を測っている
- 発生する地震動の90%は、0-1秒が卓越した地震動だが、大きな被害を引き起こすのは1-2秒
- 結果的に、現状では、建物被害より震度が大きめに出ることになってるからOK?
- ⇨ただし、1-2秒が出て0-1秒が出ないと、震度が小さいのに被害が出る場合もありうる(今までほとんど起こっていないが将来はありうる)

震度は大きめに出るからそれでいい?

- 津波警報や緊急地震速報も同じ
- 津波警報が出ても実際に津波が来るのは10回に1回
- どうしても狼少年になってしまう
- 正常化の偏見

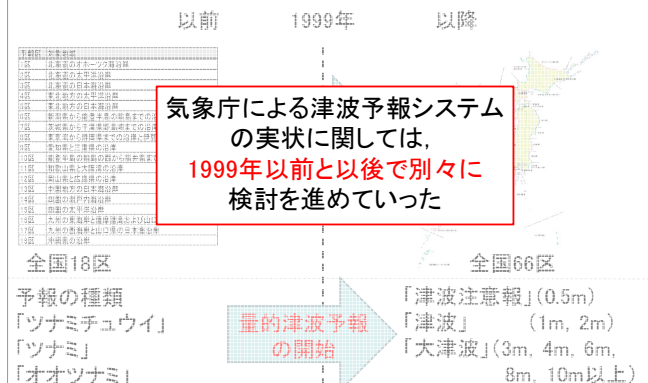
気象庁による津波予報

1952年、気象庁による津波予報制度の導入



気象庁による津波予報

1952年、気象庁による津波予報制度の導入



津波予報システムの現状

1983年5月以降で津波警報・注意報が発令された場合において各予報区の予報の種類と実際に観測された津波高さをまとめた。

2011年3月11日 東北太平洋沖地震

津波予報区	予報(津波高さ)	観測した津波高さの最大
北海道太平洋沿岸東部	津波警報(6m)	236cm
北海道太平洋沿岸中部	津波警報(6m)	3.6m
北海道太平洋沿岸西部	津波警報(6m)	246cm以上
北海道日本海沿岸北部	津波注意報(0.5m)	38cm
北海道日本海沿岸南部	津波注意報(1m)	26cm
オホーツク海沿岸	津波注意報(0.5m)	43cm
青森県日本海沿岸	津波警報(3m)	46cm以上
青森県太平洋沿岸	津波警報(10m以上)	4.2m以上
陸奥湾	津波警報(1m)	30cm以上
岩手県	津波警報(10m以上)	8.6m以上
宮城県	津波警報(10m以上)	8.6m以上
秋田県	津波注意報(0.5m)	観測されず(潮位データ欠測)
山形県	津波注意報(0.5m)	0.4m
福島県	津波警報(10m以上)	9.3m以上

1993年7月12日 北海道南西沖地震

津波予報区	予報(津波高さ)	観測した津波高さの最大
1区	ツナミチュウイ	22cm
2区	ツナミ	67cm
3区	オオツナミ	7.7m
4区	観測されず	
5区	オオツナミ	3.6m
6区	ツナミ	2.6m
10区	ツナミ	46cm
13区	ツナミチュウイ	54cm
17区	ツナミチュウイ	35cm

津波予報システムの現状

1983年5月以降で津波警報・注意報が発令された場合において各予報区の予報の種類と実際に観測された津波高さをまとめた。

2011年3月11日 東北太平洋沖地震

津波予報区	予報(津波高さ)	観測した津波高さの最大
北海道太平洋沿岸東部	津波警報(6m)	236cm
北海道太平洋沿岸中部	津波警報(6m)	3.6m
北海道太平洋沿岸西部	津波警報(6m)	246cm以上
北海道日本海沿岸北部	津波注意報(0.5m)	38cm
北海道日本海沿岸南部	津波注意報(1m)	26cm
オホーツク海沿岸	津波注意報(0.5m)	43cm
青森県日本海沿岸	津波警報(3m)	46cm以上
青森県太平洋沿岸	津波警報(10m以上)	4.2m以上
陸奥湾	津波警報(1m)	30cm以上
岩手県	津波警報(10m以上)	8.6m以上
宮城県	津波警報(10m以上)	8.6m以上
秋田県	津波注意報(0.5m)	観測されず(潮位データ欠測)
山形県	津波注意報(0.5m)	0.4m
福島県	津波警報(10m以上)	9.3m以上

1993年7月12日 北海道南西沖地震

津波予報区	予報(津波高さ)	観測した津波高さの最大
1区	ツナミチュウイ	22cm
2区	ツナミ	67cm
3区	オオツナミ	7.7m
4区	観測されず	
5区	オオツナミ	3.6m
6区	ツナミ	2.6m
10区	ツナミ	46cm
13区	ツナミチュウイ	54cm
17区	ツナミチュウイ	35cm

予報の種類
「津波注意報」
「津波警報」
「大津波警報」

「ツナミチュウイ」
「ツナミ」
「オオツナミ」

津波予報システムの現状

1983年5月以降で津波警報・注意報が発令された場合において各予報区の予報の種類と実際に観測された津波高さをまとめた。

2011年3月11日 東北太平洋沖地震

津波予報区	予報(津波高さ)	観測した津波高さの最大
北海道太平洋沿岸東部	津波警報(6m)	236cm
北海道太平洋沿岸中部	津波警報(6m)	3.6m
北海道太平洋沿岸西部	津波警報(6m)	246cm以上
北海道日本海沿岸北部	津波注意報(0.5m)	38cm
北海道日本海沿岸南部	津波注意報(1m)	26cm
オホーツク海沿岸	津波注意報(0.5m)	43cm
青森県日本海沿岸	津波警報(3m)	46cm以上
青森県太平洋沿岸	津波警報(10m以上)	4.2m以上
陸奥湾	津波警報(1m)	30cm以上
岩手県	津波警報(10m以上)	8.6m以上
宮城県	津波警報(10m以上)	8.6m以上
秋田県	津波注意報(0.5m)	観測されず(潮位データ欠測)
山形県	津波注意報(0.5m)	0.4m
福島県	津波警報(10m以上)	9.3m以上

1993年7月12日 北海道南西沖地震

津波予報区	予報(津波高さ)	観測した津波高さの最大
1区	ツナミチュウイ	22cm
2区	ツナミ	67cm
3区	オオツナミ	7.7m
4区	ツナミ	観測されず
5区	オオツナミ	3.6m
6区	ツナミ	2.6m
10区	ツナミ	46cm
13区	ツナミチュウイ	54cm
17区	ツナミチュウイ	35cm

予報の種類
「津波注意報」
「津波警報」
「大津波警報」

「ツナミチュウイ」
「ツナミ」
「オオツナミ」

観測した津波高さ
「20cm未満」
「20cm～1m」
「1m～3m」
「3m以上」

津波予報システムの現状

1983年5月以降で津波警報・注意報が発令された場合において各予報区の予報の種類と実際に観測された津波高さをまとめた。

2011年3月11日 東北太平洋沖地震

津波予報区	予報(津波高さ)	観測した津波高さの最大
北海道太平洋沿岸東部	津波警報(6m)	236cm
北海道太平洋沿岸中部	津波警報(6m)	3.6m
北海道太平洋沿岸西部	津波警報(6m)	246cm以上
北海道日本海沿岸北部	津波注意報(0.5m)	38cm
北海道日本海沿岸南部	津波注意報(1m)	26cm
オホーツク海沿岸	津波注意報(0.5m)	43cm
青森県日本海沿岸	津波警報(3m)	46cm以上
青森県太平洋沿岸	津波警報(10m以上)	4.2m以上
陸奥湾	津波警報(1m)	30cm以上
岩手県	津波警報(10m以上)	8.6m以上
宮城県	津波警報(10m以上)	8.6m以上
秋田県	津波注意報(0.5m)	観測されず(潮位データ欠測)
山形県	津波注意報(0.5m)	0.4m
福島県	津波警報(10m以上)	9.3m以上

1993年7月12日 北海道南西沖地震

津波予報区	予報(津波高さ)	観測した津波高さの最大
1区	ツナミチュウイ	22cm
2区	ツナミ	67cm
3区	オオツナミ	7.7m
4区	ツナミ	観測されず
5区	オオツナミ	3.6m
6区	ツナミ	2.6m
10区	ツナミ	46cm
13区	ツナミチュウイ	54cm
17区	ツナミチュウイ	35cm

予報の種類
「津波注意報」
「津波警報」
「大津波警報」

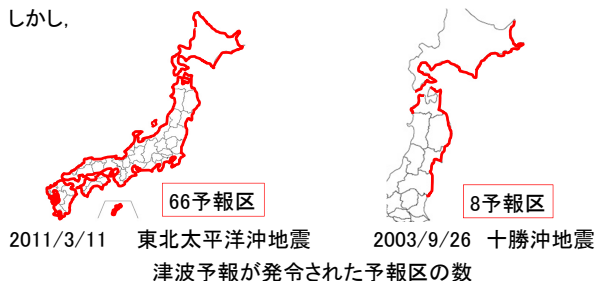
「ツナミチュウイ」
「ツナミ」
「オオツナミ」

各種別の予報発令時、
どのグレードの津波を
どの程度の割合で観測しているのか。

観測した津波高さ
「20cm未満」
「20cm～1m」
「1m～3m」
「3m以上」

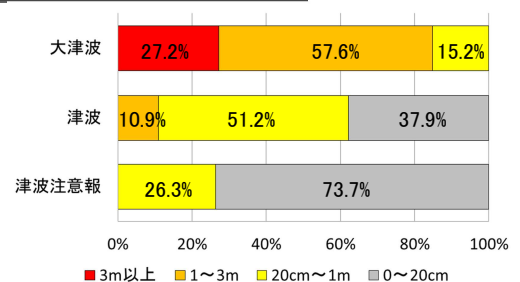
地震規模による重み付け

しかし、



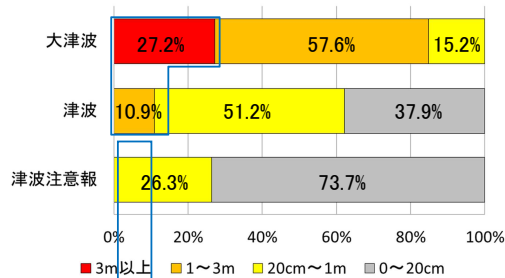
地震規模によって、予報が発令される予報区の数が大きく異なる。1つの地震から得られるデータ数が1となるように、地震ごとに重み付けする

津波予報システムの現状



予報の種類に対する、観測した津波高さの割合(重み付け。1999年4月以降)

津波予報システムの現状



「大津波」「津波」の津波予報について見ると、
予報と同じグレードの津波を観測したのは
⇒**8.2回に1回** となっている。

震度は大きめに出るからそれでいい？

- 津波警報や緊急地震速報も同じ
- 津波警報が出て実際に津波が来るのは
8.2回に1回
- どうしても狼少年になってしまう
→ 正常化の偏見

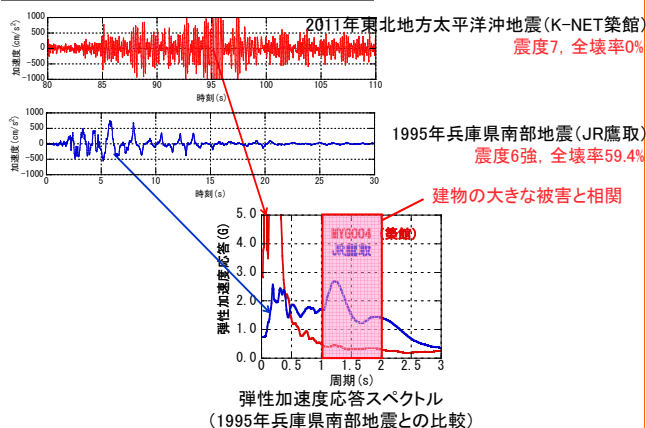
現状の防災システムの問題点

- 正常化の偏見は、人間の本能
 - これが防災システムで考慮されていない
 - 精度の低さを「安全率」でカバーすると逆に被害を拡大させてしまう
- 守っているのは国民ではなく、自分自身？
→ 常軌を逸したような被害想定も似た側面

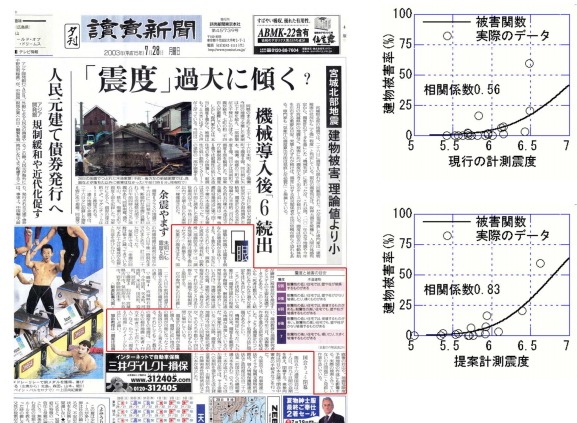
じゃあどうしたらいいか？

- 震度算定法、津波警報、緊急地震速報などの防災システムの精度を上げる★
- 現行の震度算定法、津波警報、緊急地震速報の精度(の低さ)をしっかり認識(防災教育)
 - 震度とは、人体感覚を測っているものである
ということをしっかり認識して正しく利用する
(震度で被害を判定してはいけない)
- 津波警報が出たら(揺れたら)、防災訓練だと思ってとにかく高台に避難。
10回中9回の「無駄足」をしっかり踏む

発生した地震動の1995年兵庫県南部地震との比較

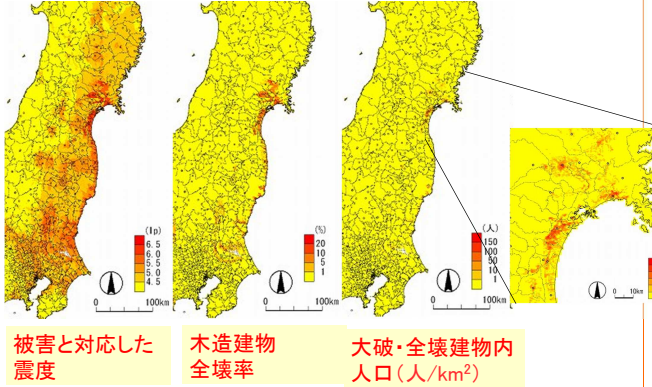


被害と対応した震度算定法の提案



東北地方太平洋沖地震の被害推定

実は、被害調査を行う前に、被害が非常に小さいことはわかっていた



じゃあどうしたらいいか？

- 震度算定法, 津波警報, 緊急地震速報などの防災システムの精度を上げる
- 現行の震度算定法, 津波警報, 緊急地震速報の精度(の低さ)をしっかりと認識(防災教育)
 - 震度とは, 人体感覚を測っているものであるということをしっかりと認識して正しく利用する(震度で被害を判定してはいけない)
- 津波警報が出たら(揺れたら), 防災訓練だと思ってとにかく高台に避難.
10回中9回の「無駄足」をしっかりと踏む

まとめ

- 東北地方太平洋沖地震の揺れによる建物被害は, 非常に小さかった
- その原因は, 建物に大きな被害を与える1-2秒の成分が小さかったからで, 建物の耐震性が高かったからではない
 - ⇒ 1-2秒が大きかった兵庫県南部地震とは全く違う
- これは, 「よくあること」
 - ← 震度は, 人体感覚を測っていて, 発生する地震動の90%を占める短周期地震動では, 大きめに出る
- 震度や津波警報などの防災システムは, 精度の低さを安全率でカバーしていて, 正常化の偏見という人間の本能によって逆に被害を拡大させかねない
 - 防災とは本能に逆らうこと(防災教育)