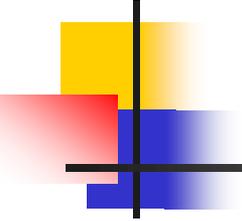


大地震によるマンション災害と備え —近年多発する地震から振り返る—

2019年9月21日

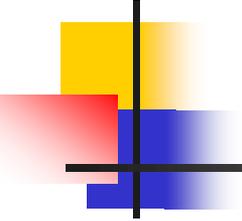
(株)小堀鐸二研究所

小鹿紀英



本日の内容

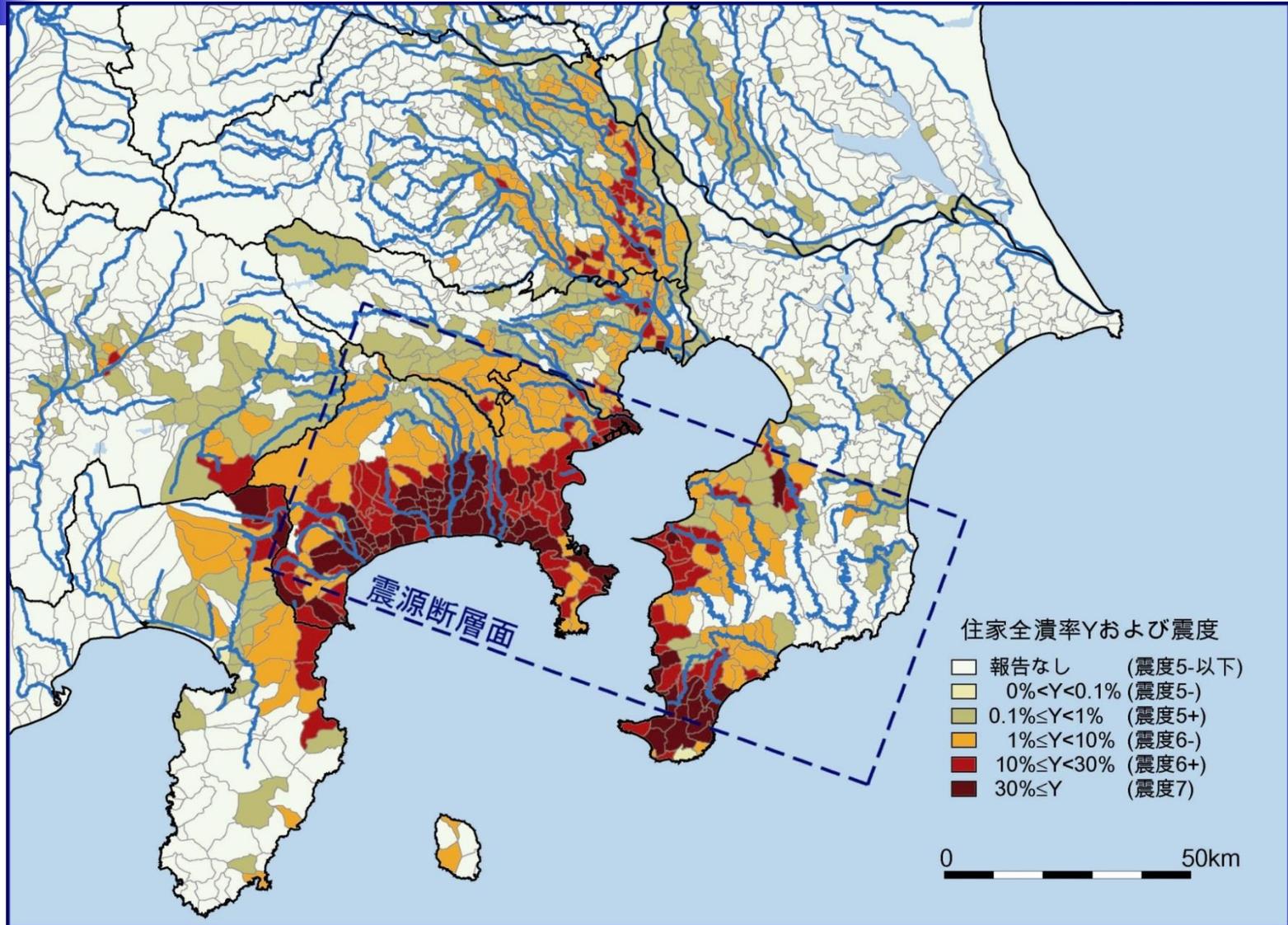
- 1. 耐震設計法の変遷**
- 2. 各種地震被害とそれへの備え**
- 3. 熊本地震の教訓とそれへの備え**
- 4. 大阪、北海道、山形沖の地震**
- 5. 東京における大地震の切迫性**
- 6. 今後に備えて**



本日の内容

- 1. 耐震設計法の変遷**
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 大阪、北海道、山形沖の地震
5. 東京における大地震の切迫性
6. 今後に備えて

1923年関東地震(M7.9)による震度分布

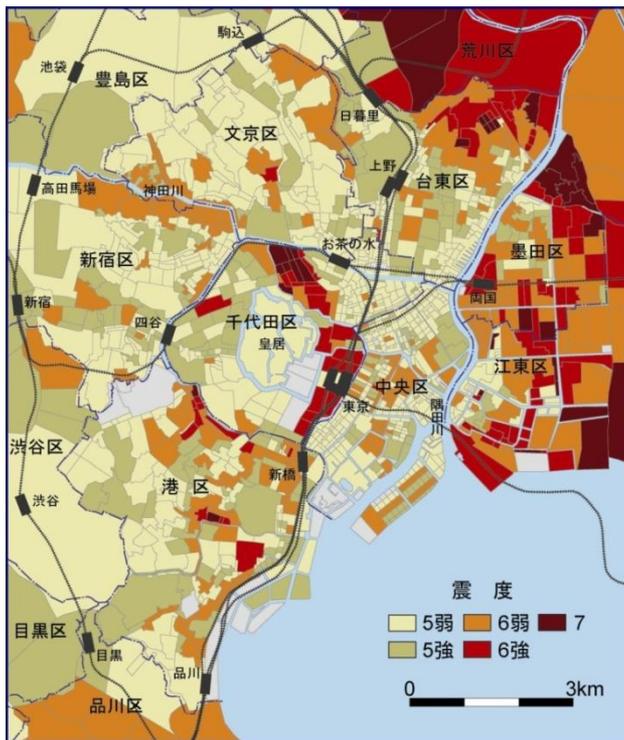


関東大震災の最大の教訓

地震発生:1923.9.1 11:58

住家全壊で死者 11,000人
火災で死者 92,000人

住家全壊と火災は無関係ではない
悪の根元は住家全壊
→耐震性の確保が最重要



震度分布



9/1 16:00



9/2 3:00

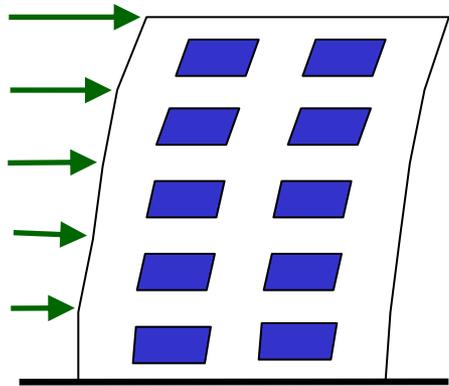
火災分布

耐震設計法の変遷

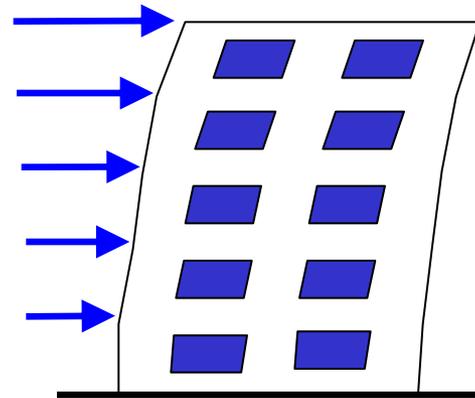
旧耐震設計法(1981年以前)
略称:旧耐震

新耐震設計法(1981年以降)
略称:新耐震

中地震
震度5弱
地震力小

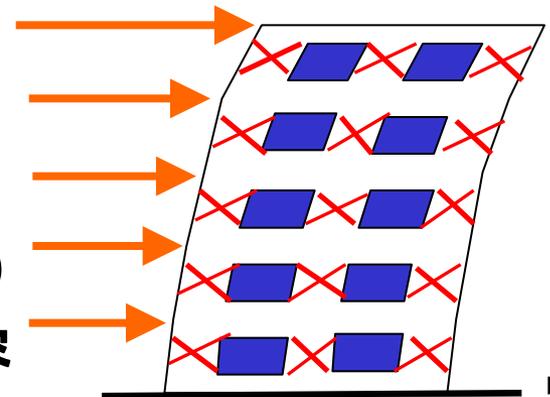


中地震
震度5弱
無被害



大地震
設計で考慮せず

大地震
震度6弱~6強
崩壊しない
(人命を保護)
大被害は許容

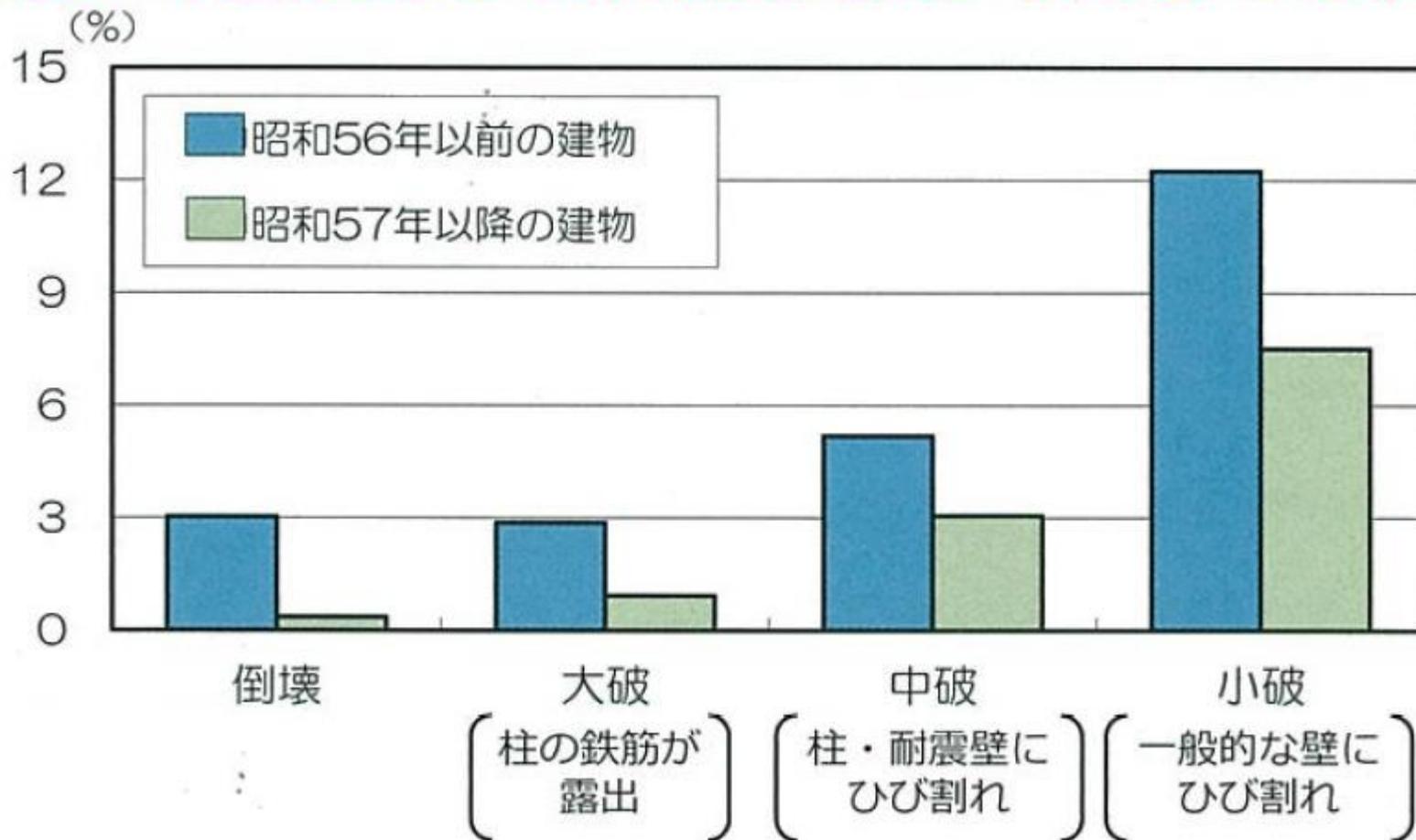


1995年兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災、M7.3)

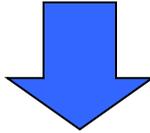
TOTAL MEDIA DEVELOPMENT
MITSUBISHI
TOHO E-B

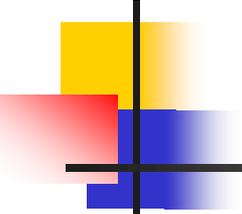
旧耐震・新耐震建物の被災状況

阪神・淡路大震災での建物被災状況（RC造、SRC造）



阪神淡路大震災の教訓

- 耐震性能は新しい建物ほど向上している
 - 1981年(新耐震)以降に建設された建物の被害は、それ以前(旧耐震)のものに比べて少なかった
 - **耐震診断&耐震補強**が事前に行われていたら被害はかなり軽減されていたはず
- 
- **1995年12月**
「建築物の耐震改修促進法」 施行
(目的: **新耐震並み**の耐震性を確保)

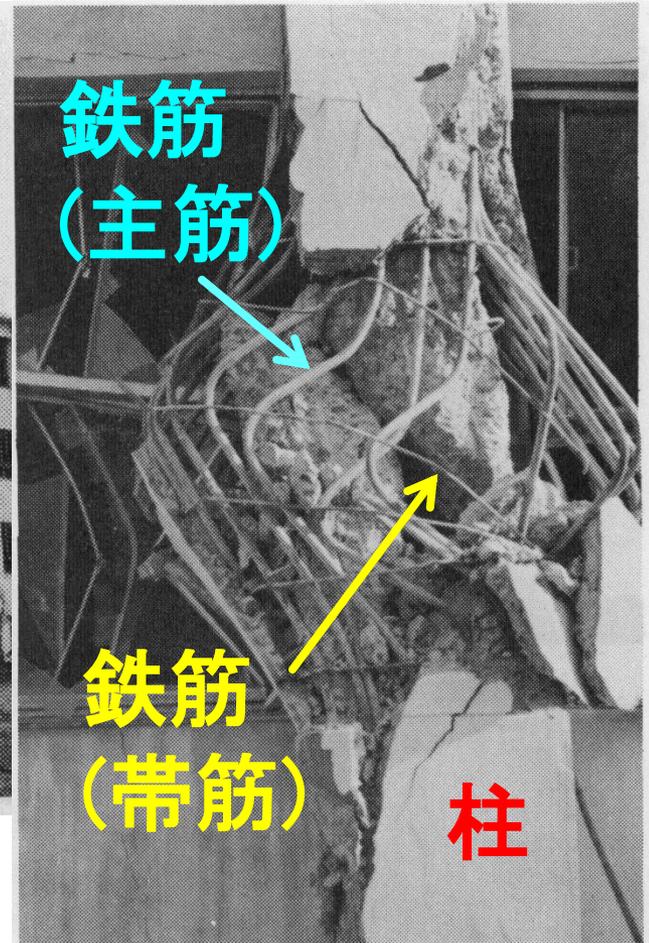


本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
- 2. 各種地震被害とそれへの備え**
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 大阪、北海道、山形沖の地震
5. 東京における大地震の切迫性
6. 今後に備えて

旧耐震の柱の被害: 小さな変形で崩壊

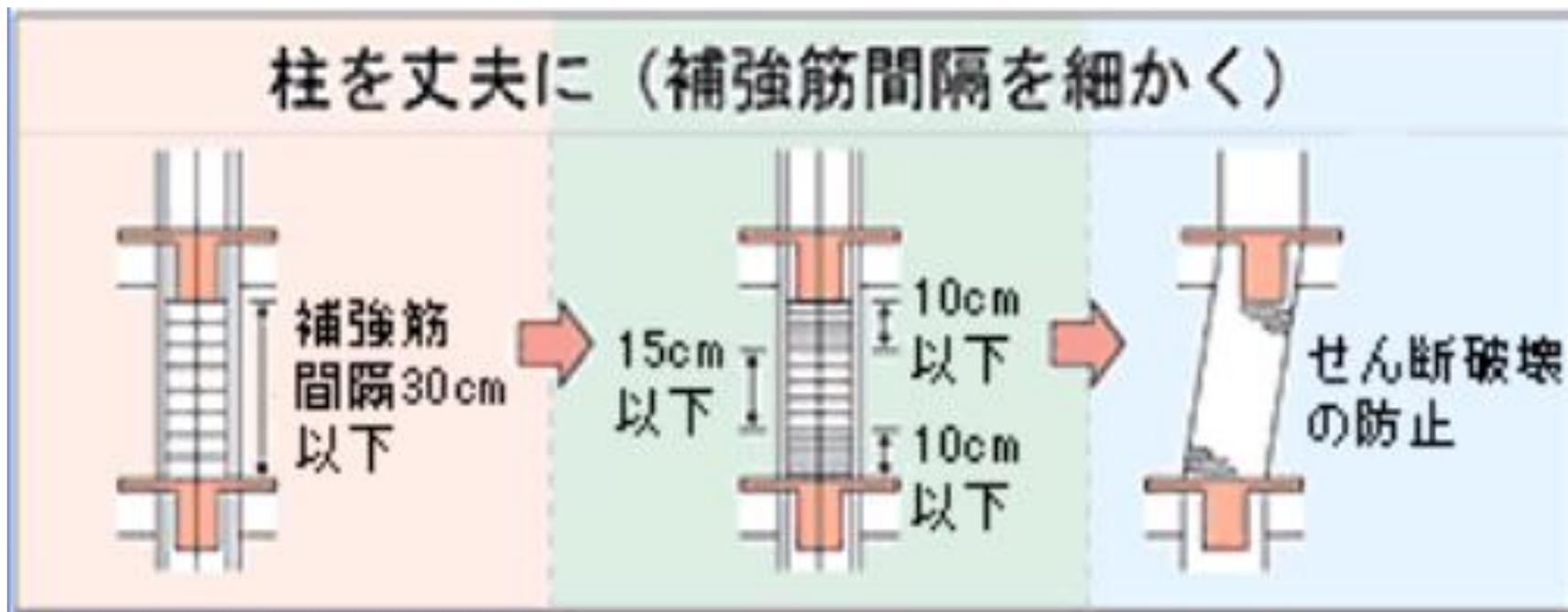
1968年十勝沖地震(M7.9)



柱の脆性破壊(函館大学)

= 小さな水平変形でバラバラに壊れた柱

1971年の建築基準法の改正

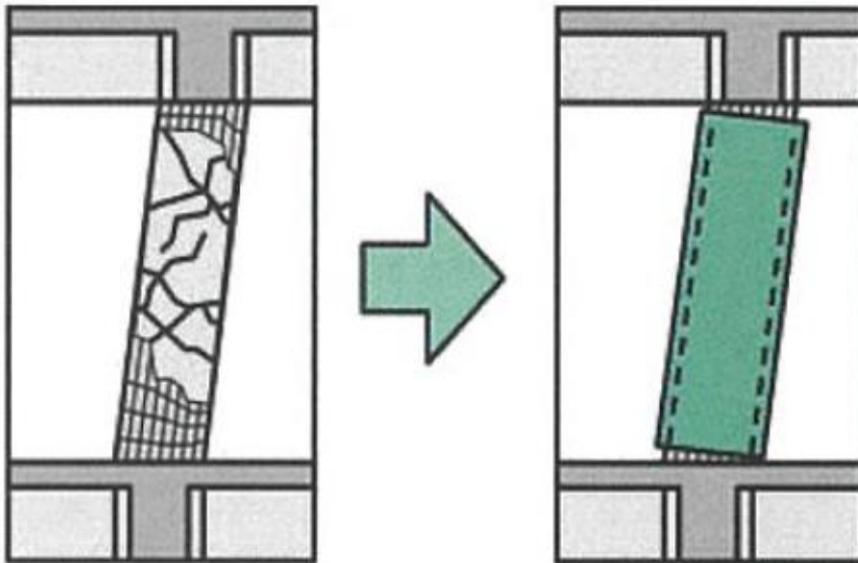


鉄筋コンクリート柱
の変形能力に対する
配慮無し
＝脆く壊れる柱

鉄筋コンクリート柱のコンクリートがバラバラにならないように鉄筋で拘束
＝粘り強く壊れにくい柱

旧耐震建物の柱の被害に対する備え

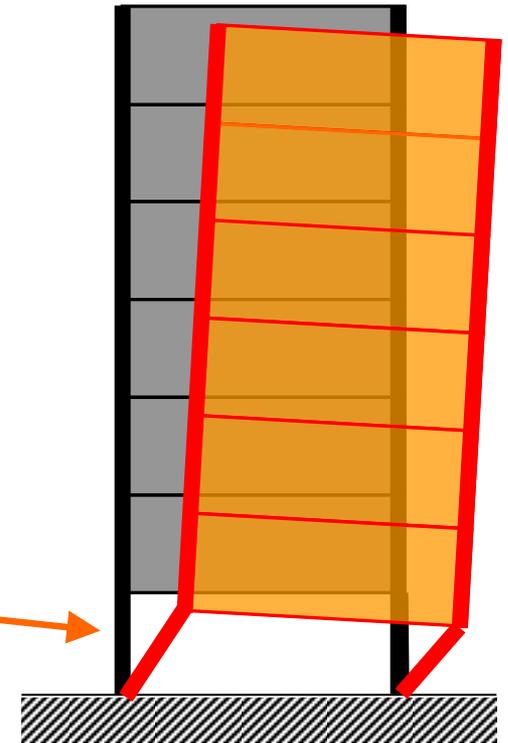
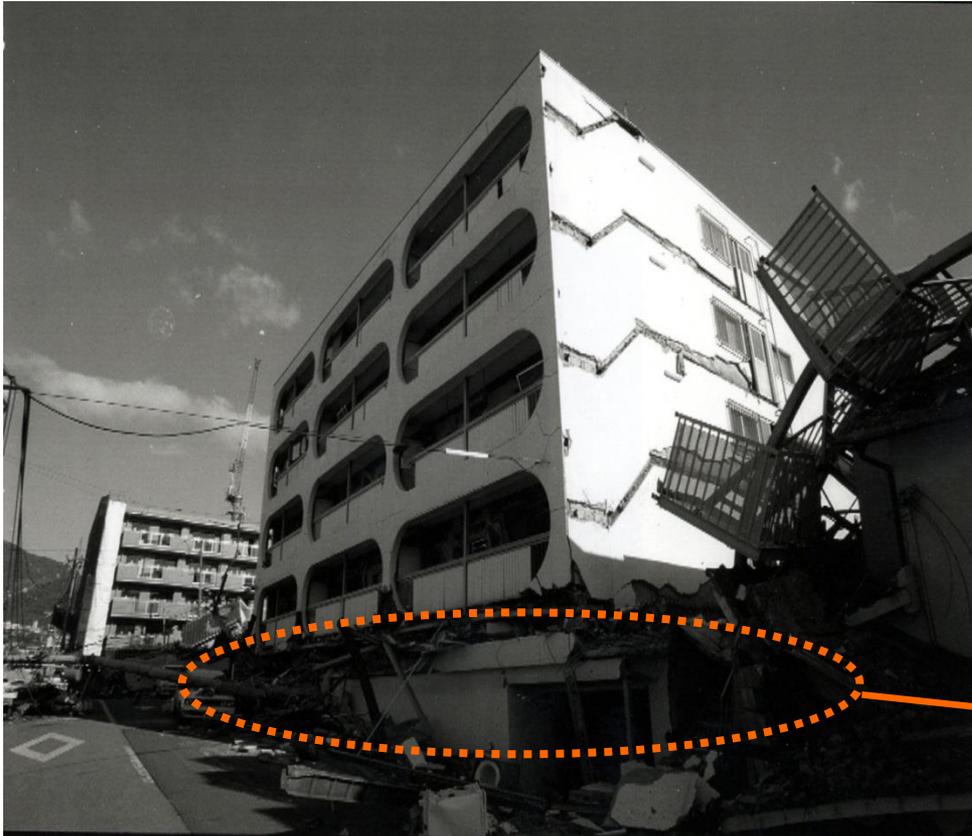
- 柱を鋼板巻補強、繊維シート巻補強して、粘り強い柱にする



出典：東京都「マンションの耐震化のすすめ」

1階ピロティ・柱の崩壊

1995年阪神淡路大震災(M7.3)



1階ピロティの崩壊

(旧耐震、新耐震でも同様の被害あり)

1階ピロティ・柱の崩壊

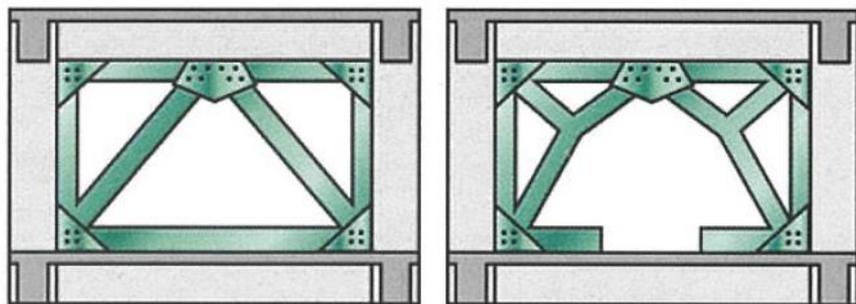
2016年熊本地震(前震M6.5、本震M7.3)



前震で損傷・本震後に崩壊
消防の適切な避難誘導により死者なし

1階ピロティの崩壊への備え

開口部の補強



ピロティなども含め、開口部に鉄骨ブレースを設置することで、耐力とねばり強さを向上させます。

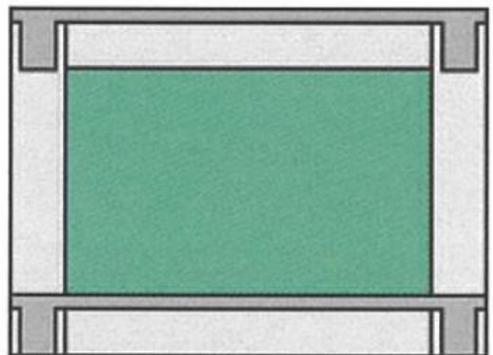


東京都板橋区
昭和47年築

壁の増設

施工前

施工後



東京都武蔵野市
昭和51年築

鉄筋コンクリート造等の壁を設置することで、構造上のバランスを改善し、耐力を向上させます。

建物全体の強度不足による崩壊

2016年熊本地震(前震M6.5、本震M7.3)



宇土市役所：4階が崩壊(宇土市：震度6強)

強度不足による崩壊への備え

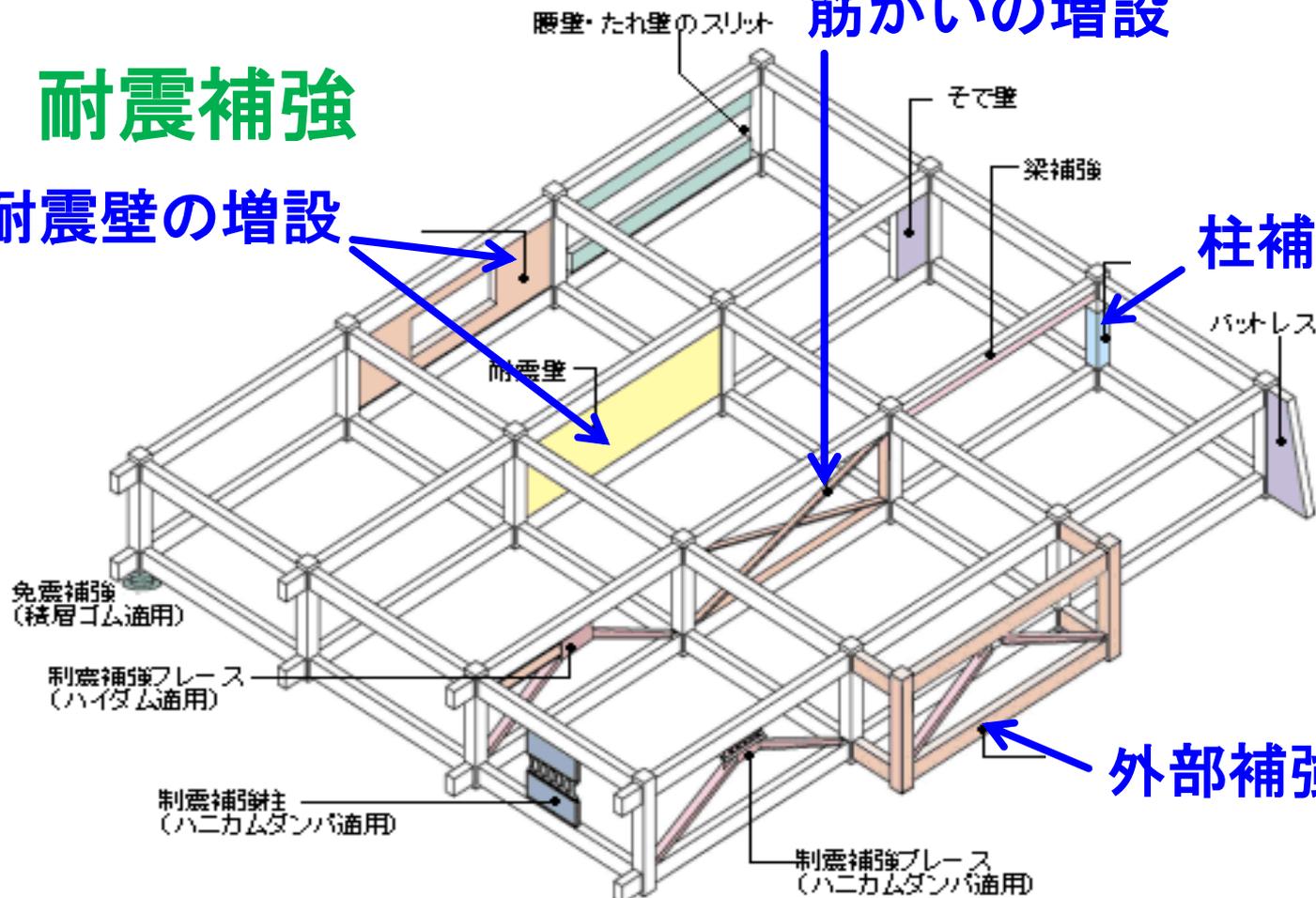
耐震補強

耐震壁の増設

筋かいの増設

柱補強

外部補強



震度6強～7でも、**1981年の新耐震並みに耐震補強**しておけば、少なくとも倒壊は免れる可能性大

耐震補強の例



外付け補強フレームを既存バルコニーの撤去無しに設置、開口部を遮蔽しない



軽量のアルミブラースを外付け重機不要で低騒音施工



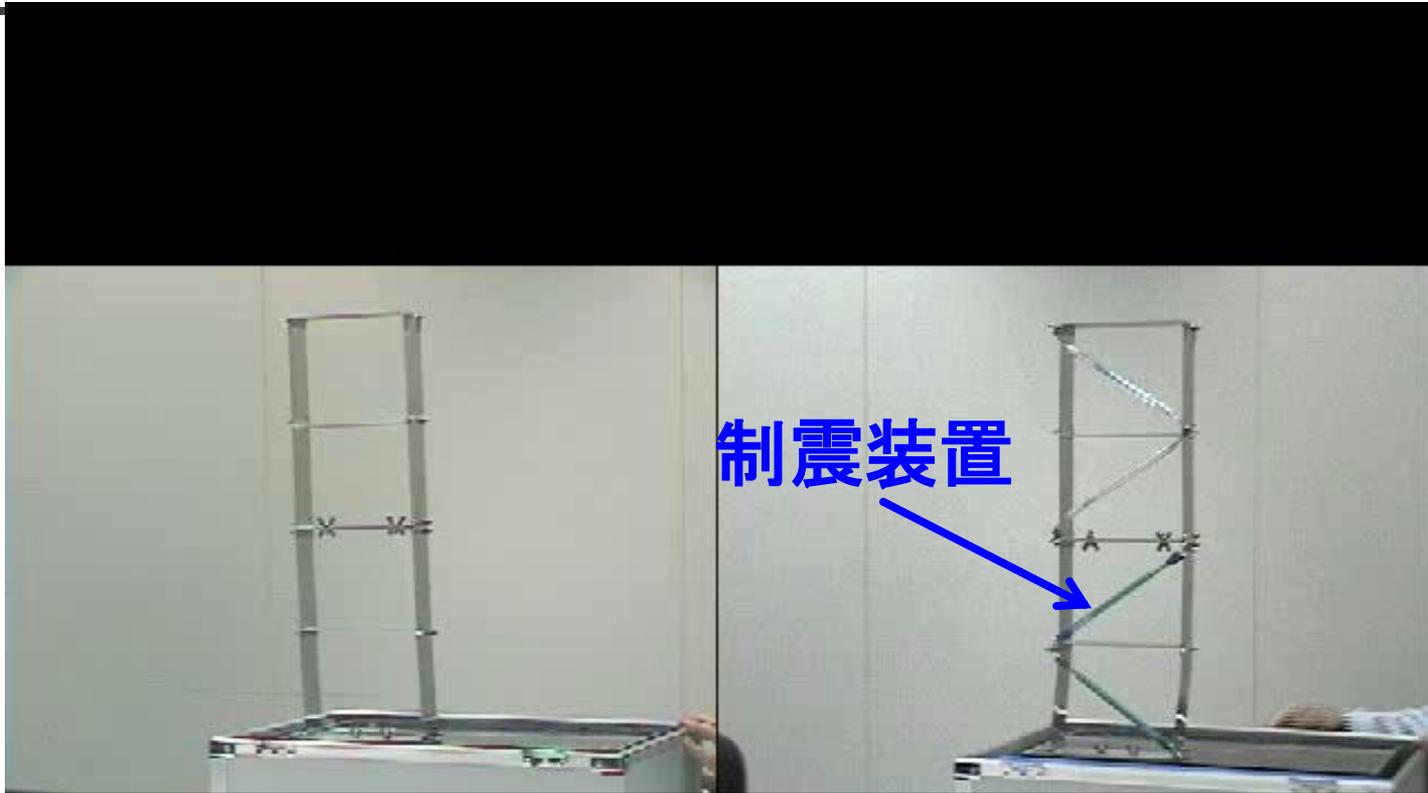
フレームを完全外付け、開口を遮蔽しない



工場製作の部材を用いて工期短縮、ブラースが細く採光を妨げない

出典：東京都「ビル・マンションの耐震化読本」
http://www.taishin.metro.tokyo.jp/pdf/dl_006.pdf

制震の原理



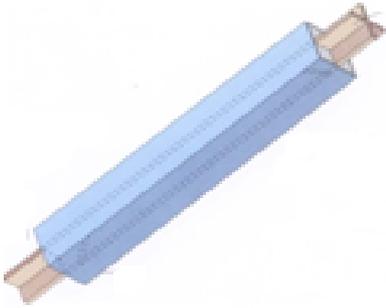
制震装置

制震装置で揺れのエネルギーを吸収

耐震構造

制震構造

制震の種類



鋼材ダンパ

弾塑性ダンパ (特殊な鋼材等で揺れを吸収:車のバンパやヘルメットと同じ)



摩擦ダンパ



設置例



オイルダンパ

(封入した油で揺れを吸収:自動車のサスペンションと同じ)



設置例1



設置例2
(トグル制震)

制震補強の例



オイルダンパ

(トグル制震：廊下側のみに設置して、長辺方向の耐震性向上)



オイルダンパ

(バットレス型制震：妻面に設置して、長辺方向の耐震性を向上)



弾塑性ダンパ

(スリムな摩擦ダンパを居ながら工事で、ベランダに外付け)

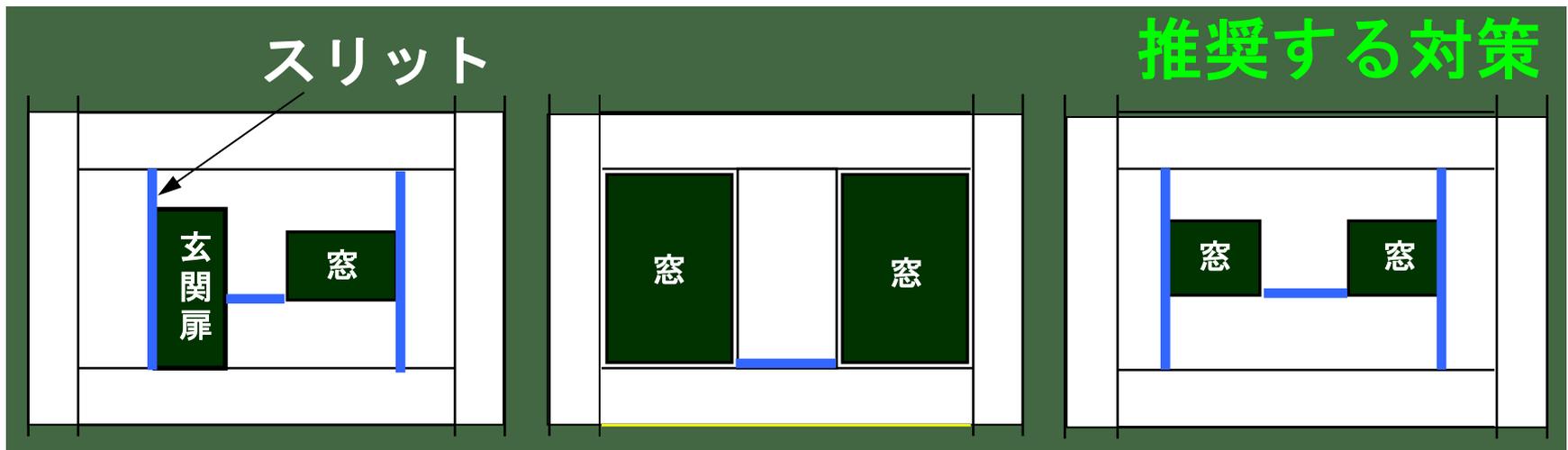
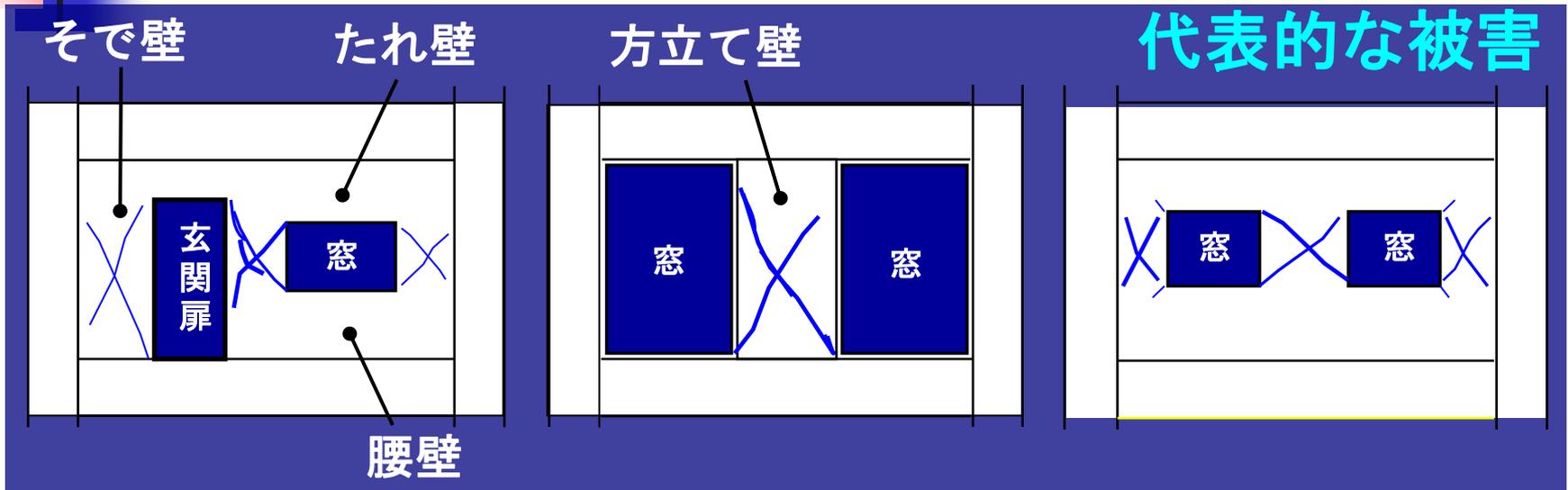
出典：東京都「ビル・マンションの耐震化読本」

http://www.taishin.metro.tokyo.jp/pdf/dl_006.pdf

雑壁や扉の被害(2005年福岡県西方沖地震、M7.0)



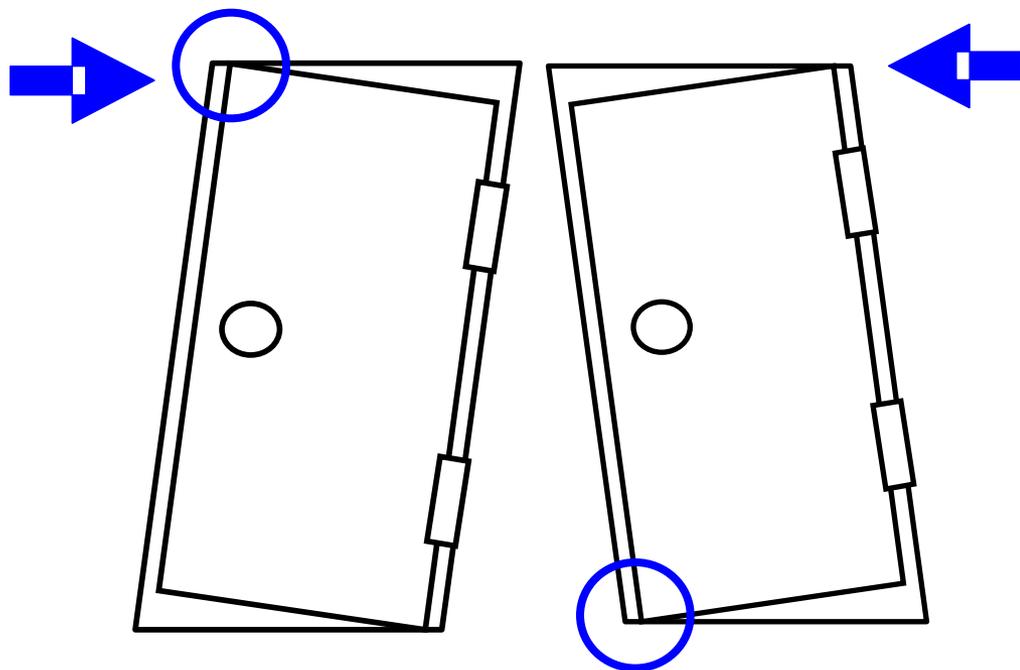
雑壁や扉の被害への備え



スリット部分のみが変形し、壁はひび割れない

玄関ドアの被害と対策

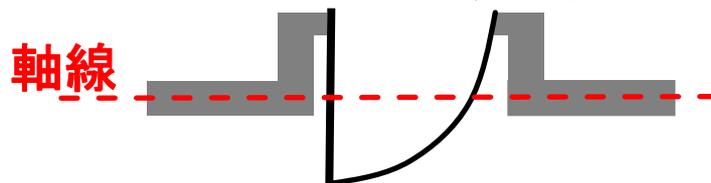
代表的な被害



○部で接触して開閉不能

対策

- ・クリアランス大きく
- ・耐震ドアの採用
(ドア枠が長方形を保つ)
- ・アルコーブタイプ



(ドアが軸線からずれているため、ドアに直接変形が伝わらない)



全景

地震時の家具、電化製品、事務
機器などの被害と備え



E-Defense

TCR 15:08:41:23

まず身の回りから地震対策



食器棚の扉開放防止
(開き戸ストッパー)



ガラス飛散
防止フィルム



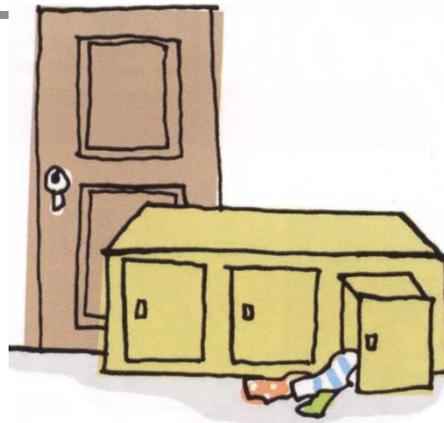
家電機器接着マット



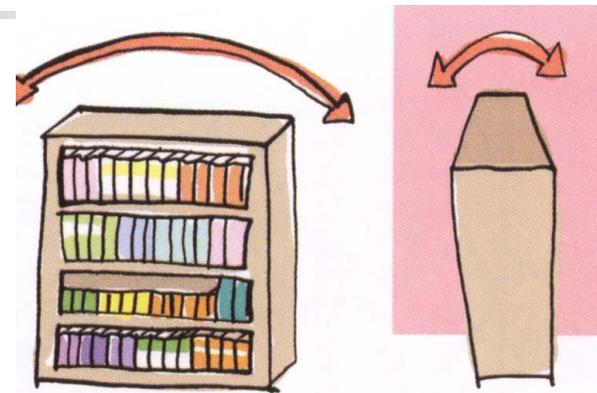
まず身の回りから地震対策



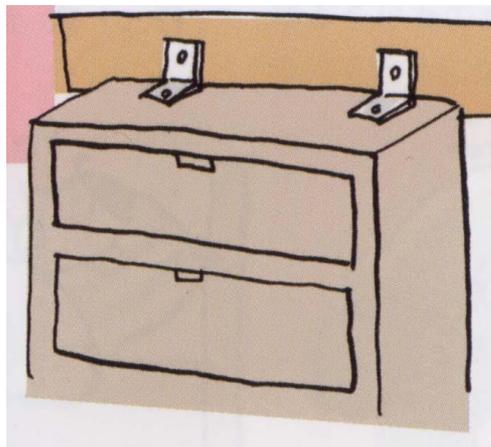
ベッドサイドに家具を置かない



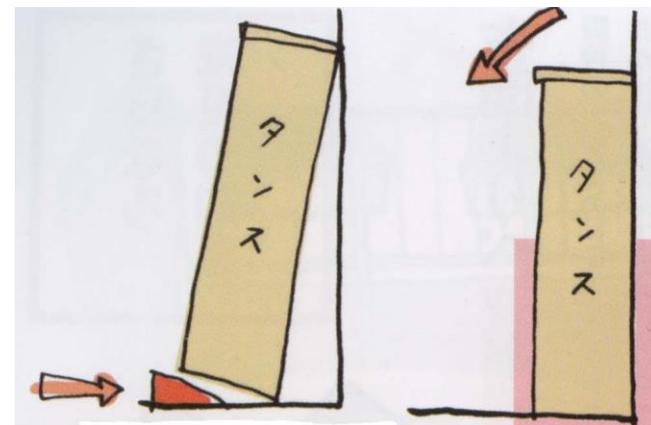
転倒して通路を塞ぐ配置にしない



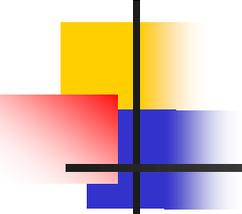
転倒しやすい方向は決まっている



家具は固定が一番



最低限壁側に傾ける



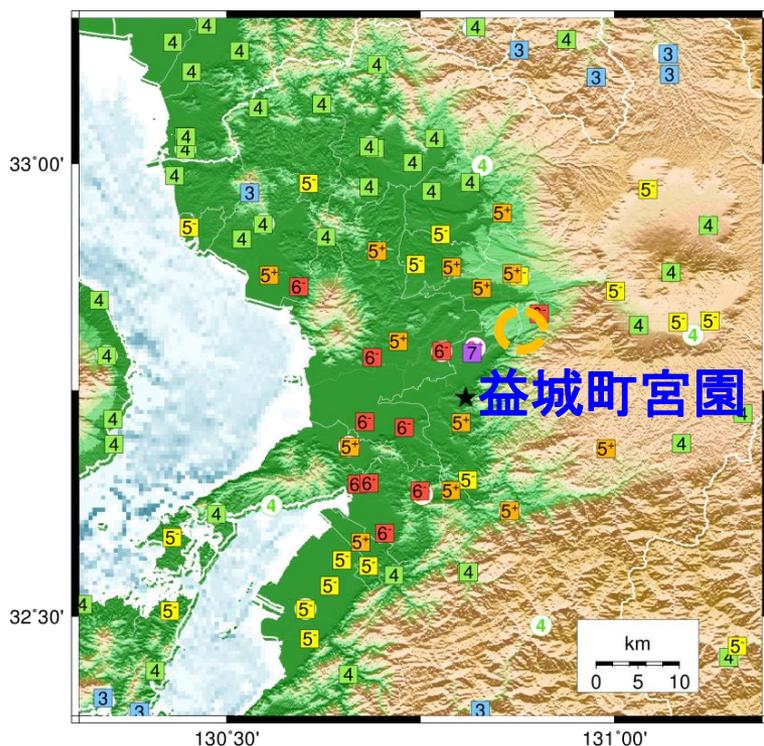
本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
- 3. 熊本地震の教訓とそれへの備え**
4. 大阪、北海道、山形沖の地震
5. 東京における大地震の切迫性
6. 今後に備えて

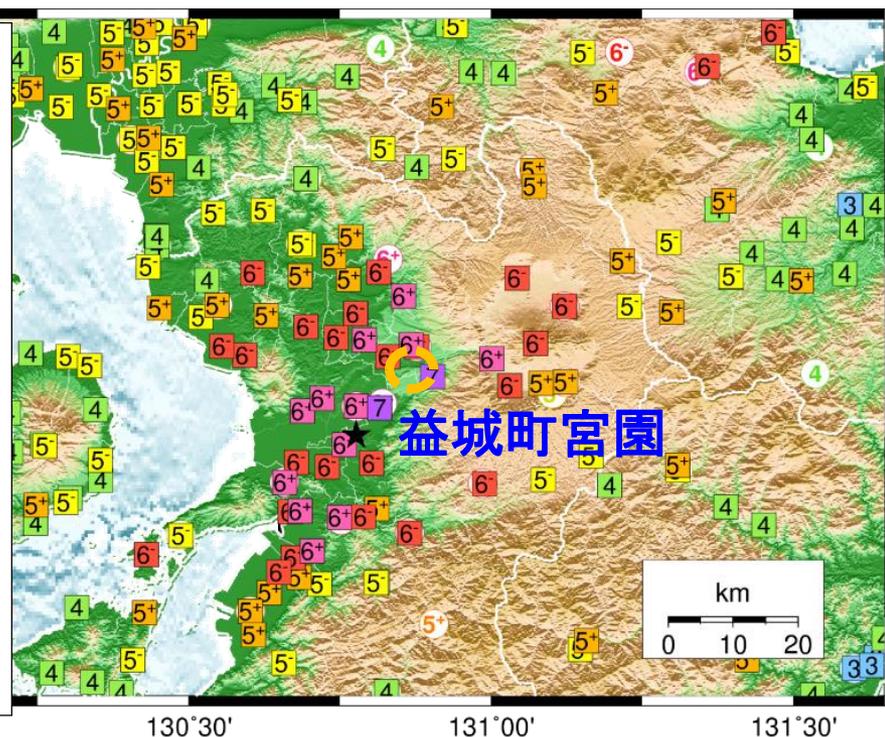
熊本地震の大震度が2回(2016年4月)

4月14日21時26分 M6.5

4月16日01時25分 M7.3



JMA	NIED	震度
7	⑦	7
6+	⑥+	6強
6-	⑥-	6弱
5+	⑤+	5強
5	⑤	5弱
4	④	4
3	③	3
2	②	2
1	①	1

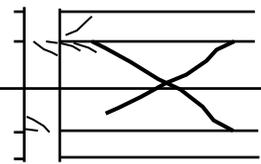
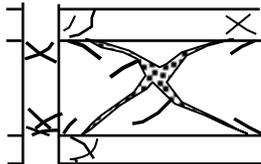
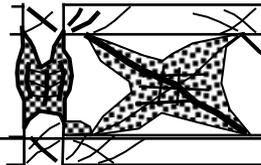
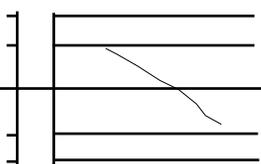
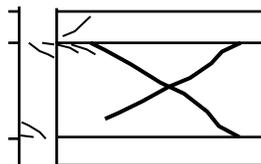
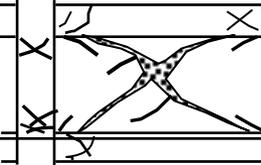
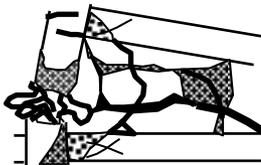
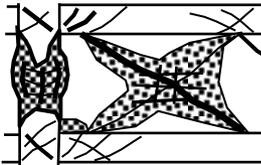


2016/4/16 1:25

益城町宮園で震度7が2回発生

気象庁、防災科研

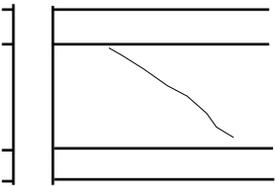
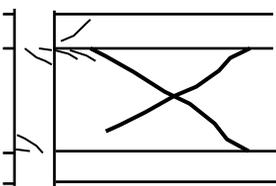
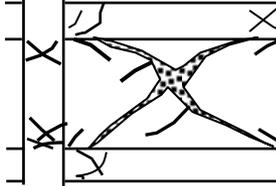
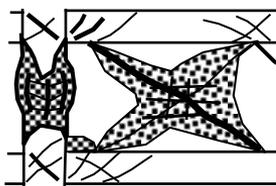
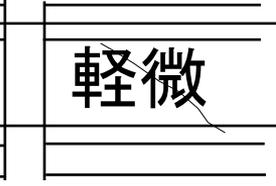
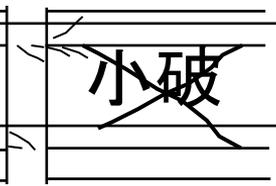
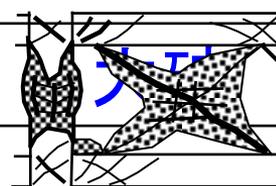
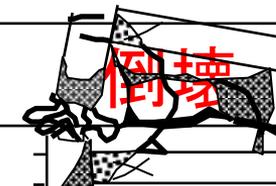
柱や壁の被害想定

震度	主な地震例	旧耐震	新耐震	左記は、可能性のある最大の被害を表示。 実際の被害はこれより小さい場合もある。
5強	東北太平洋 (東京) 2011.3.11	<p>小破</p>  <p>中破</p>  <p>大破</p> 	<p>軽微</p>  <p>小破</p>  <p>中破</p> 	
6弱	福岡西方 2005.3.20	<p>倒壊</p> 	<p>大破</p> 	

サーツ「あなたが知りたいマンションの耐震性」より抜粋

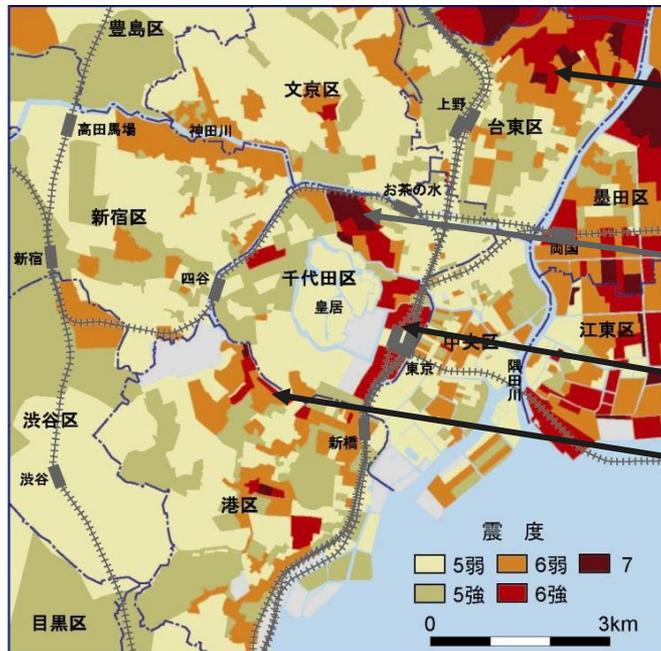
大地震の連発への備え

- ◆ **熊本地震**で注目、関東地震でも大きな余震あり
- ◆ 2回連発の場合も、**耐震補強**することで倒壊を免れる可能性が高まる

	軽微	小破	中破	大破
前震				
本震	軽微	小破	大破	倒壊
				

悪い地盤は揺れが大きい

1923年関東地震(M7.9)



隅田川沿いの低地

西神田から大手町

大手町から日比谷

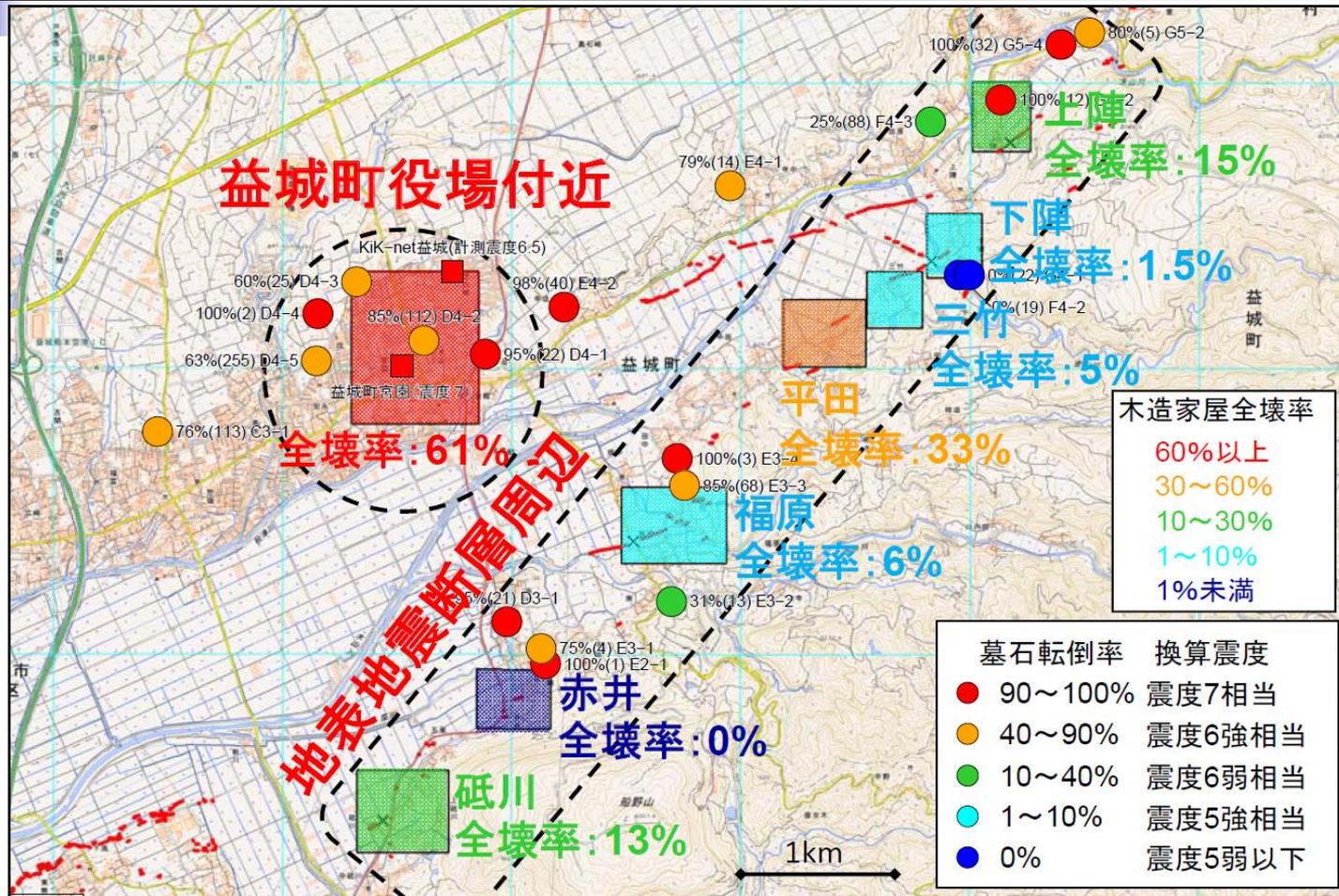
溜池から赤坂見附



いつもよく揺れる場所は、昔は、
入江や沼や川沿いの低地だった。

こんな場所は地盤がよくない。

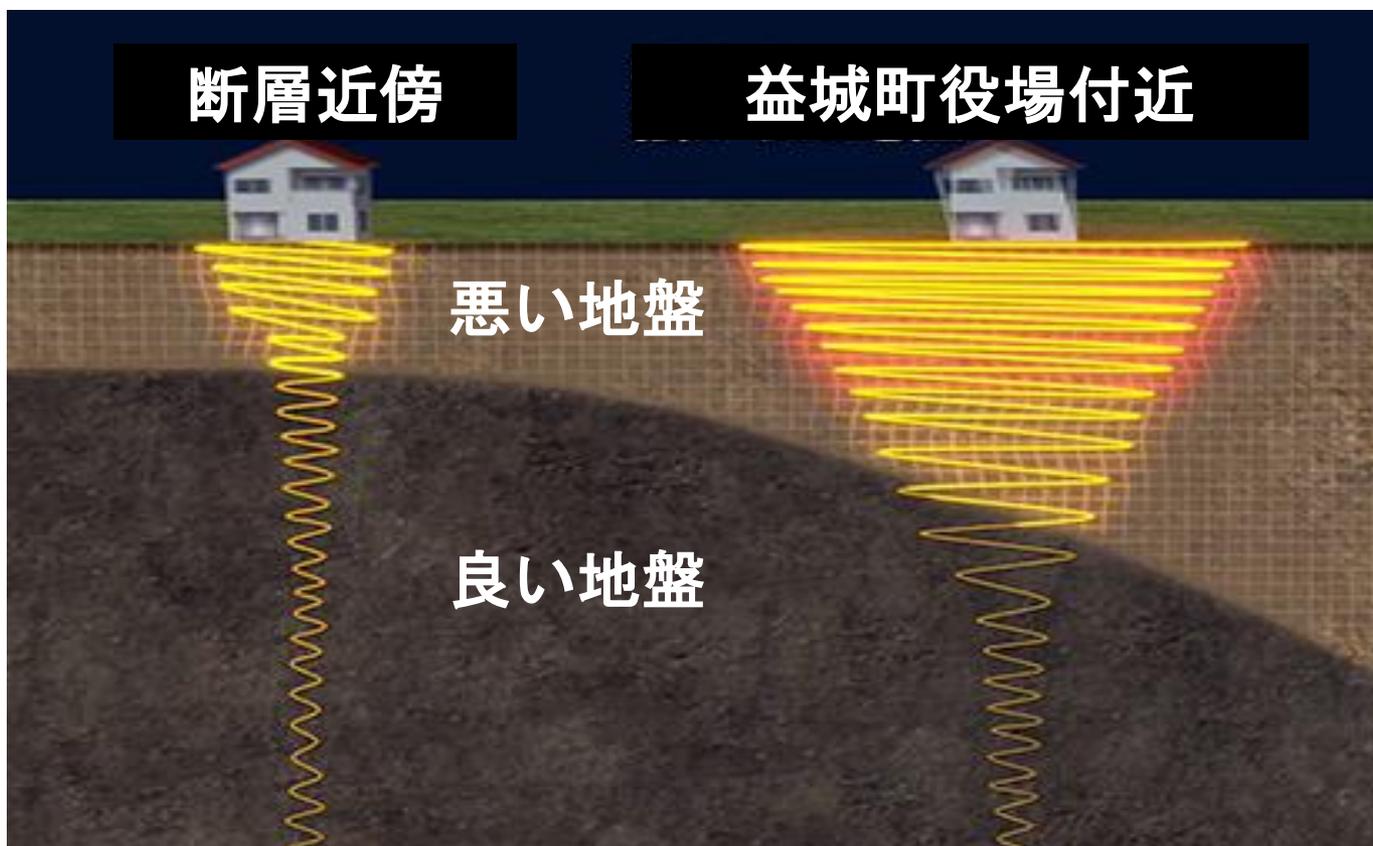
熊本地震の震度分布の特徴



断層近傍より、断層から離れた益城町役場の方が震度が大きい → それはなぜか？

役場付近が大きく揺れた理由

調査の結果、地盤の良し悪しが揺れの大きさに影響と判明
悪い地盤が深い→揺れが大きくなる



あなたの街の揺れやすさは？

- 朝日新聞デジタルのサイトで、国が評価した揺れやすさが簡単にわかる

揺れやすい地盤

検索

住所や地域名を選択すると、その地域の揺れやすさの目安(表層地盤増幅率 Q)、地形の種類などが表示されます(防災科学技術研究所「地震ハザードステーション」をもとに作製)。

※お使いのブラウザや回線によっては正しく表示されない場合や、うまくデータが取得できない場合があります。

1.住所入力(丁目まで)

2.クリック

東京都新宿区西新宿2丁目

住所検索

住所検索は「Yahoo!ジオコードAPI」を使用し
住所候補

東京都新宿区西新宿2丁目

3.住所を
クリック

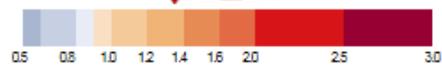
4.揺れやすさを数字で表示

1.44 : 良い地盤で、揺れが大きくなる
ならない

揺れやすさの目安(表層地盤増幅率)

1.44

場所によって揺れやすい



← 揺れにくい(かたい) 揺れやすい(やわらかい) →

地形の種類

ローム台地 Q

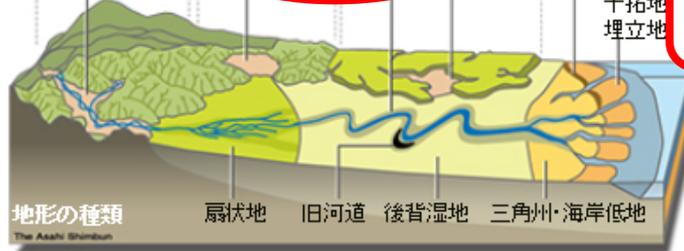
山地 山麓地
谷底低地

丘陵
谷底低地

台地
自然埋没谷底低地

砂州 砂礫州
砂丘

5.地形の
種類を表示



出典:鈴木隆介著「建設技術者のための地形図読図入門」(古今書院刊)に
石井一徳氏が加筆

あなたの街の揺れやすさは？

[Redacted address]

住所検索

住所検索は「Yahoo!ジオコードAPI」を使用しています Web Services by Yahoo! JAPAN

住所候補

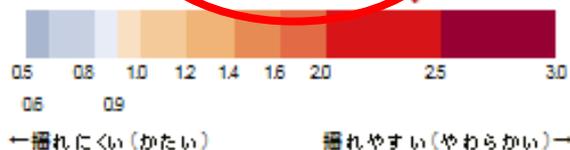
[Redacted address]

2.38 : 悪い地盤で、揺れが大きくなる

揺れやすさの目安(表層地盤増幅率)

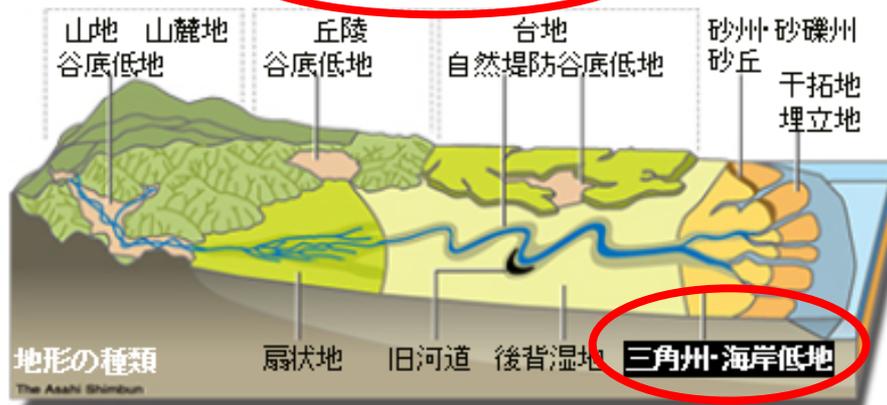
2.38

特に揺れやすい

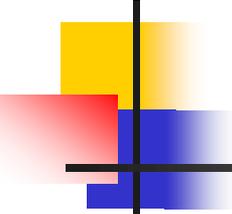


地形の種類

三角州・海岸低地

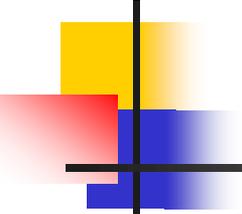


出典:鈴木隆介著「建設技術者のための地形図読図入門」(古今書院刊)に石井一徳氏が加筆



揺れやすい地盤への備え

- 良い地盤でも大地震に備えて耐震性を確保することが大事。さらに悪い地盤では、同じ地震でも良い地盤より震度が大きくなるため、旧耐震の建物ではしっかりと耐震補強して、新耐震並みの耐震性を確保しておくことがなおのこと大事。
- 大きく揺れるので、家具の転倒対策をしっかりと講じておくことも重要。



本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
- 4. 大阪、北海道、山形沖の地震**
5. 東京における大地震の切迫性
6. 今後に備えて

大阪府北部の地震

発生日時 : 2018年6月18日

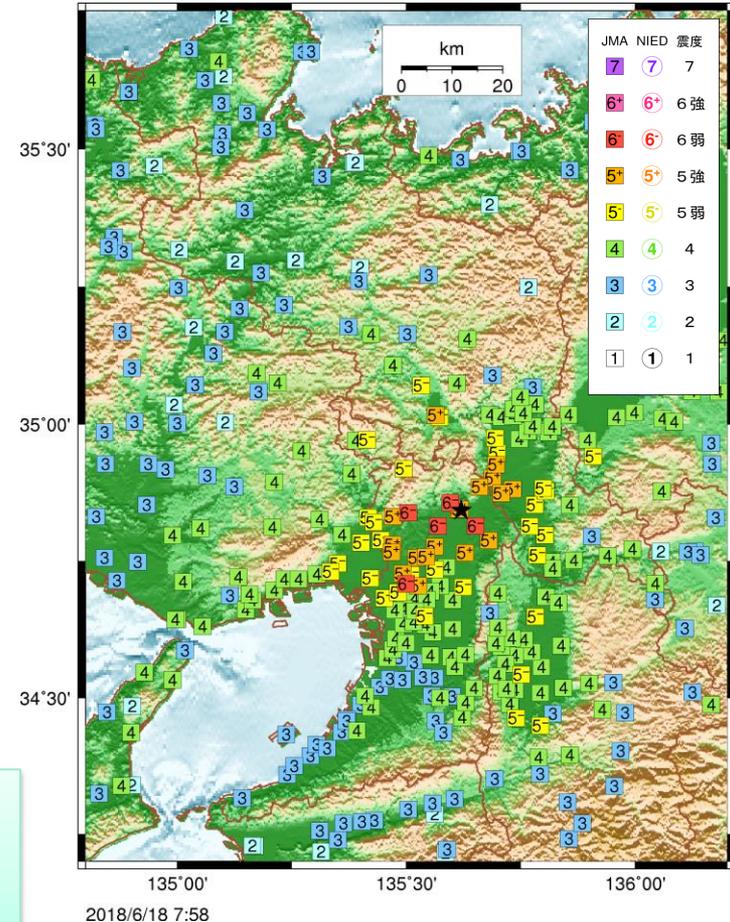
午前7時58分

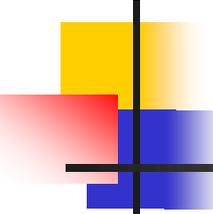
マグニチュード : 6.1

震源深さ : 13km

最大震度 : 6弱 (大阪市北区、高槻市、
枚方市、茨木市、箕面市)

大都市直下で通勤・通学時間帯に発生
の最大震度6弱の地震





被害状況

人的被害

死者：6名

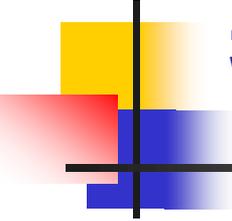
ブロック塀の下敷き 2名
本棚・タンスの下敷き 2名 など

建物被害

木造住宅全壊 18棟
マンションの外壁のひび割れ、タイルの落下 多数

インフラの被害

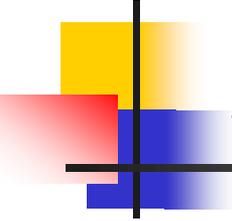
水道管の破裂による断水が一部地域で発生
停電 2時間程度で全面復旧
ガス 6日後に全面復旧
通信 昼までに全面復旧
鉄道 同日中にほぼ運転再開



揺れの様子

**大阪高速鉄道により公開されたYoutube映像
南茨城駅、宇野辺駅、公園東口駅**

<https://www.youtube.com/watch?v=I6I5DLkA3Fc>



大阪府北部の地震の特徴・まとめ

1. **大都市直下**で通勤・通学時間帯に発生した、**最大震度が6弱**の地震
2. **ブロック塀**の下敷きで**死者2名**
3. **住家の全壊被害は18棟**

H30北海道胆振東部地震

発生日時 : 2018年9月6日

午前3時7分

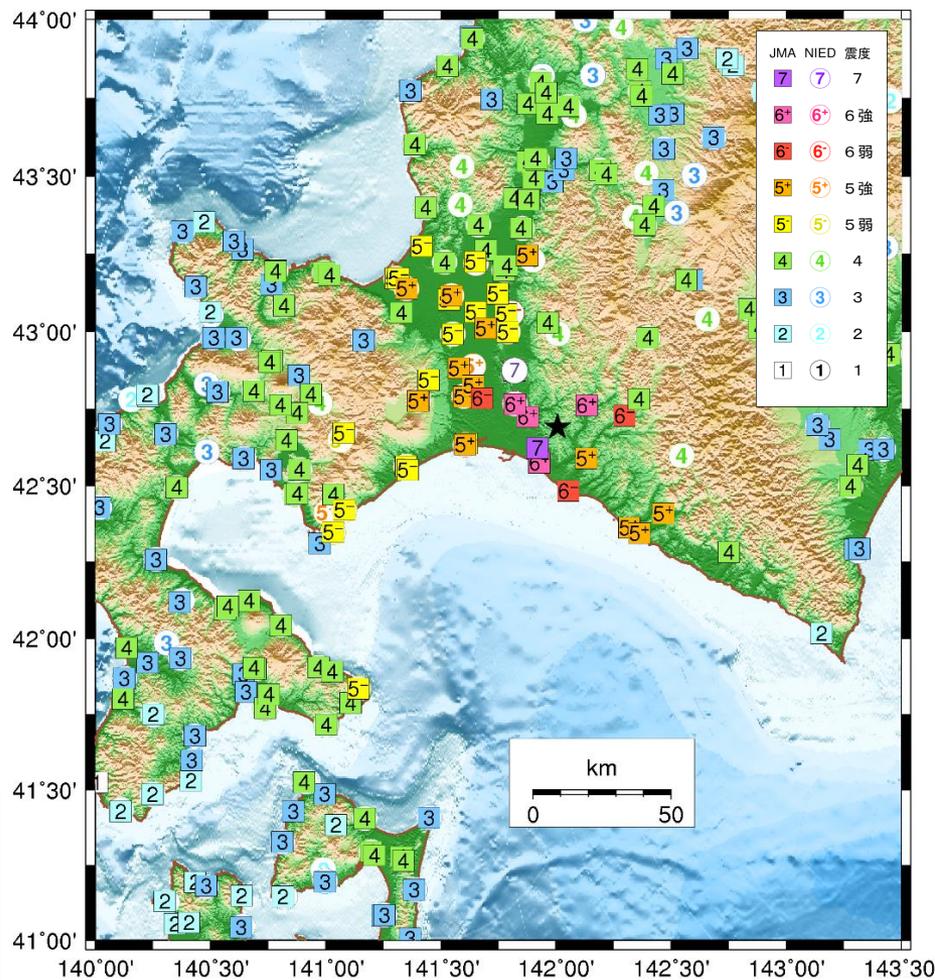
マグニチュード : 6.7

震源深さ : 37km

最大震度 : 7 (厚真町鹿沼)

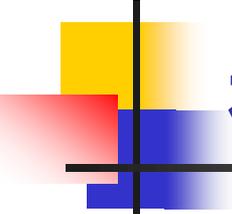
6強 (安平町、むかわ町)

M6.7のいわゆる大地震でなく、
かつ震源深さが深いのに、**最大震度7**を観測



2018/9/6 3:08

震度分布



被害状況

人的被害

死者：41名(土砂崩れ、住宅全壊が原因の殆ど)

建物被害

住宅全壊 409棟

(震度7、6強地域でも揺れによる被害は少ない)

土砂崩れと液状化

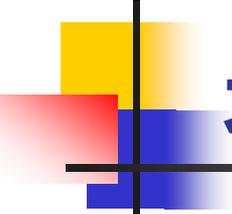
厚真町を中心に広範囲で土砂崩れ発生

札幌市清田区などで液状化発生、道路陥没など

インフラの被害

断水 最大68000戸 10/9までに解消

停電 全道ブラックアウト 9/14一定量確保



北海道胆振東部地震の特徴・まとめ

1. M6.7で、大地震ではなく、かつ震源が深いのに最大震度7を観測
2. 震度7や震度6強の地域でも揺れによる全壊建物が少ない
3. 大震度の要因は研究課題だが、当該地域の表層地盤が柔らかくその部分での揺れの増幅が大きかった可能性が高い

山形県沖の地震

発生日時 : 2019年6月18日
22時22分

マグニチュード : 6.7

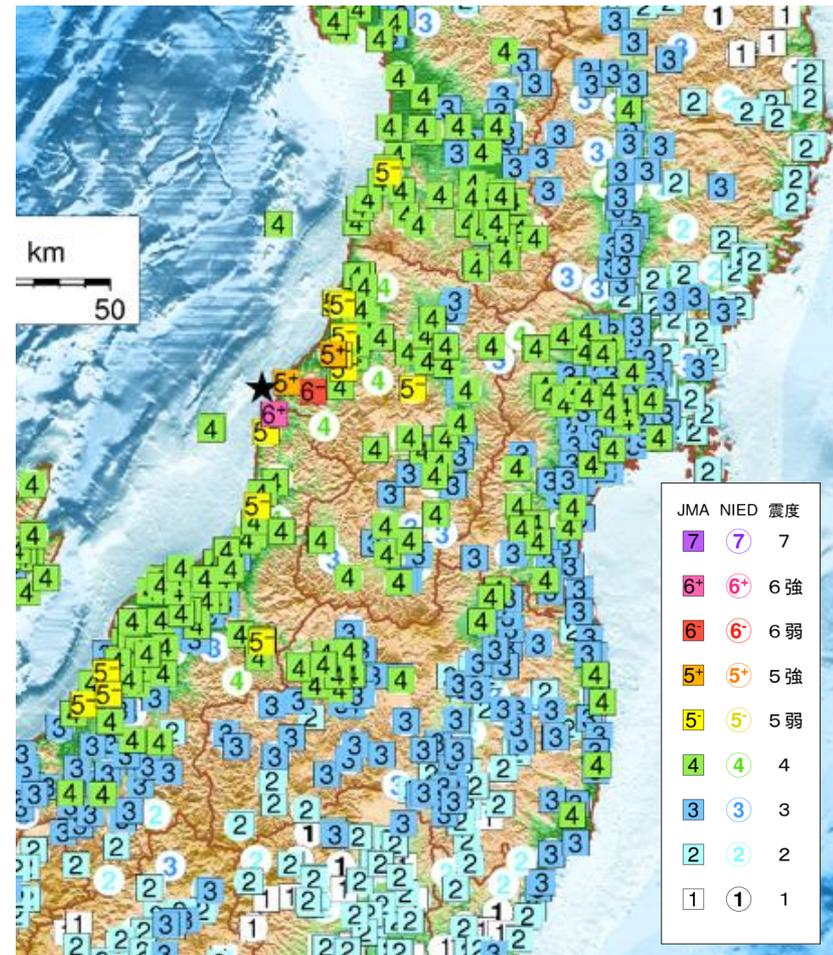
震源深さ : 14km

最大震度 : 6強(新潟県村上市)、
6弱(山形県鶴岡市)

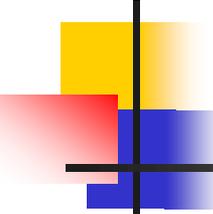
被害 死者 0名

住宅全壊 なし

一部地域で液状化発生

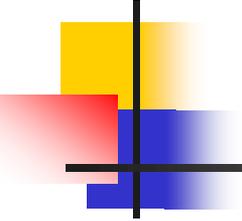


震度分布



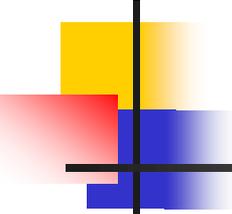
大阪、北海道、山形沖の地震のまとめ

1. いずれもマグニチュード6クラスの地震で、いわゆる**大地震ではない**。この規模の地震は日本全国、どこでもいつでも起きうる。
2. 住家が揺れで全壊することは少ないが、ブロック塀の倒壊や地域によっては土砂崩れ、液状化などで被害が出る可能性がある。
3. **特に地盤の悪いところでは、震度6強や7となる場合があるので、地震対策が重要。**



本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 大阪、北海道、山形沖の地震
- 5. 東京における大地震の切迫性**
6. 今後に備えて



大阪、北海道、山形沖の地震

18/6/18 大阪府北部の地震 M6.1 最大震度6弱

震度6弱：大阪市北区、高槻市、茨木市、箕面市、枚方市

実は、大阪北部で震度6弱の地震が起きることは予め国が予測していた。（毎年更新されていて、2019年版が2019年7月2日に公表された）

18/9/6 北海道胆振東部地震 M6.7 最大震度7

震度7：北海道厚真町鹿沼、震度6強：安平町、むかわ町

19/6/18 山形県沖の地震 M6.7 最大震度6強

震度6強：新潟県村上市、震度6弱：山形県鶴岡市

国が公表している地震動予測地図

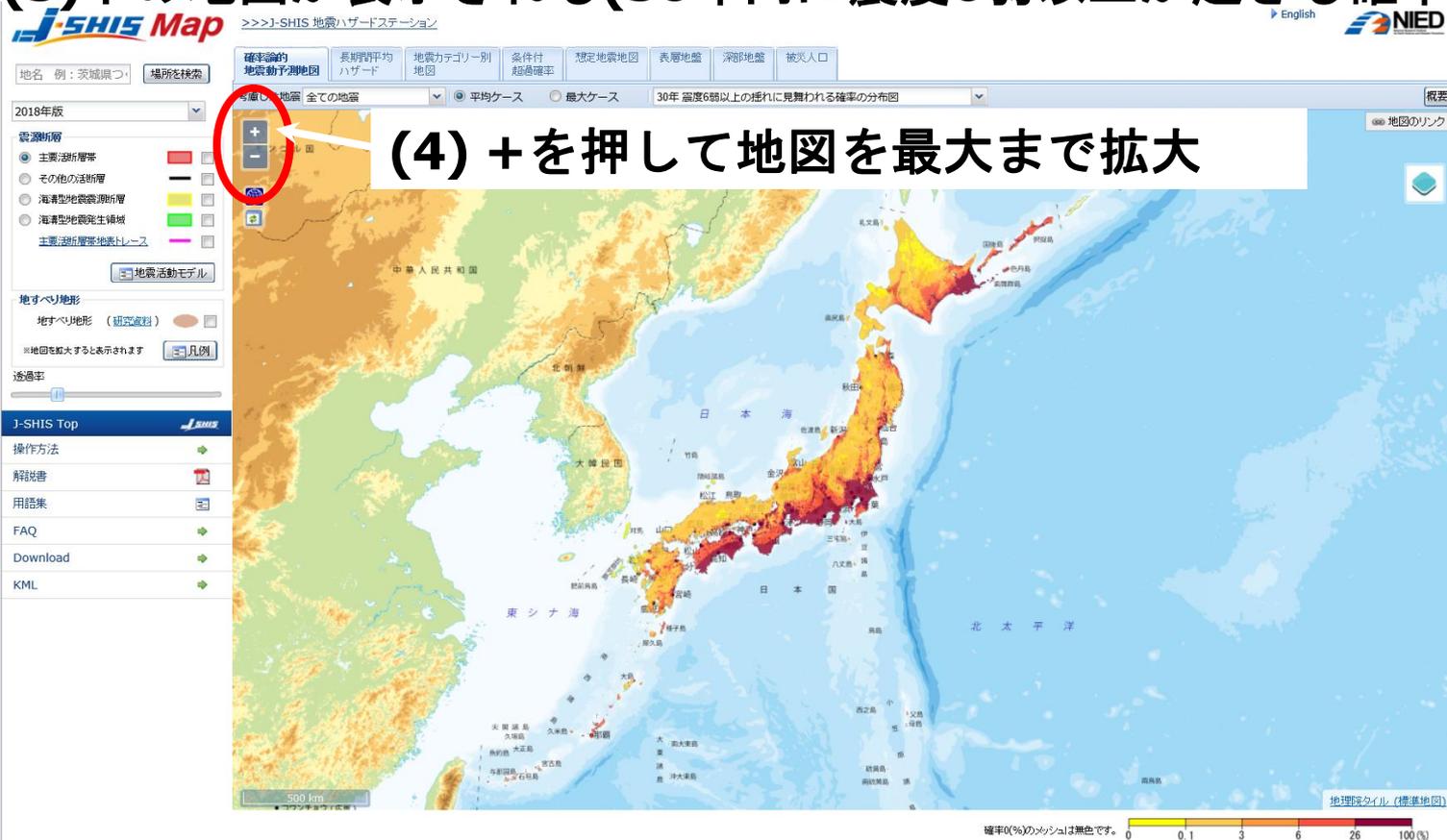
J-SHIS MAP

検索

(1) J-SHIS MAPで検索

(2) 検索結果から「J-SHIS MAP - J-SHIS 地震ハザードステーション」を選択してクリック

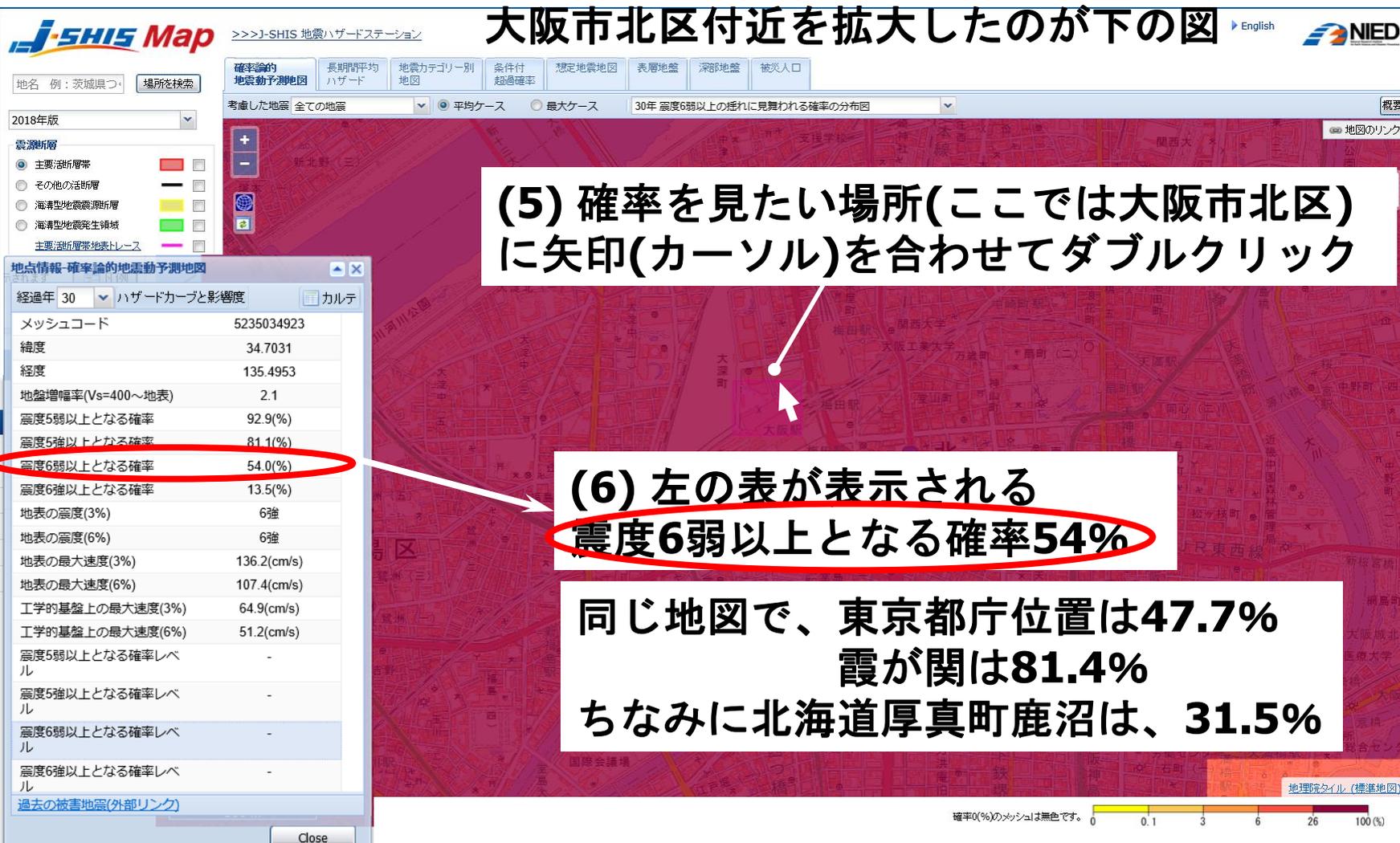
(3) 下の地図が表示される(30年以内に震度6弱以上が起きる確率)



国が公表している地震動予測地図

国の予測では、大阪市北区で30年内震度6弱以上の確率は54%

大阪市北区付近を拡大したのが下の図



(5) 確率を見たい場所(ここでは大阪市北区)に矢印(カーソル)を合わせてダブルクリック

(6) 左の表が表示される
震度6弱以上となる確率54%

同じ地図で、東京都庁位置は47.7%
震が関は81.4%
ちなみに北海道厚真町鹿沼は、31.5%

発生が懸念される巨大地震

■ 南海トラフの巨大地震

内閣府 各地震度、人的被害32万人、経済被害220兆円などを公表 (M9地震を想定)

2015.12.17地震動評価報告書公表

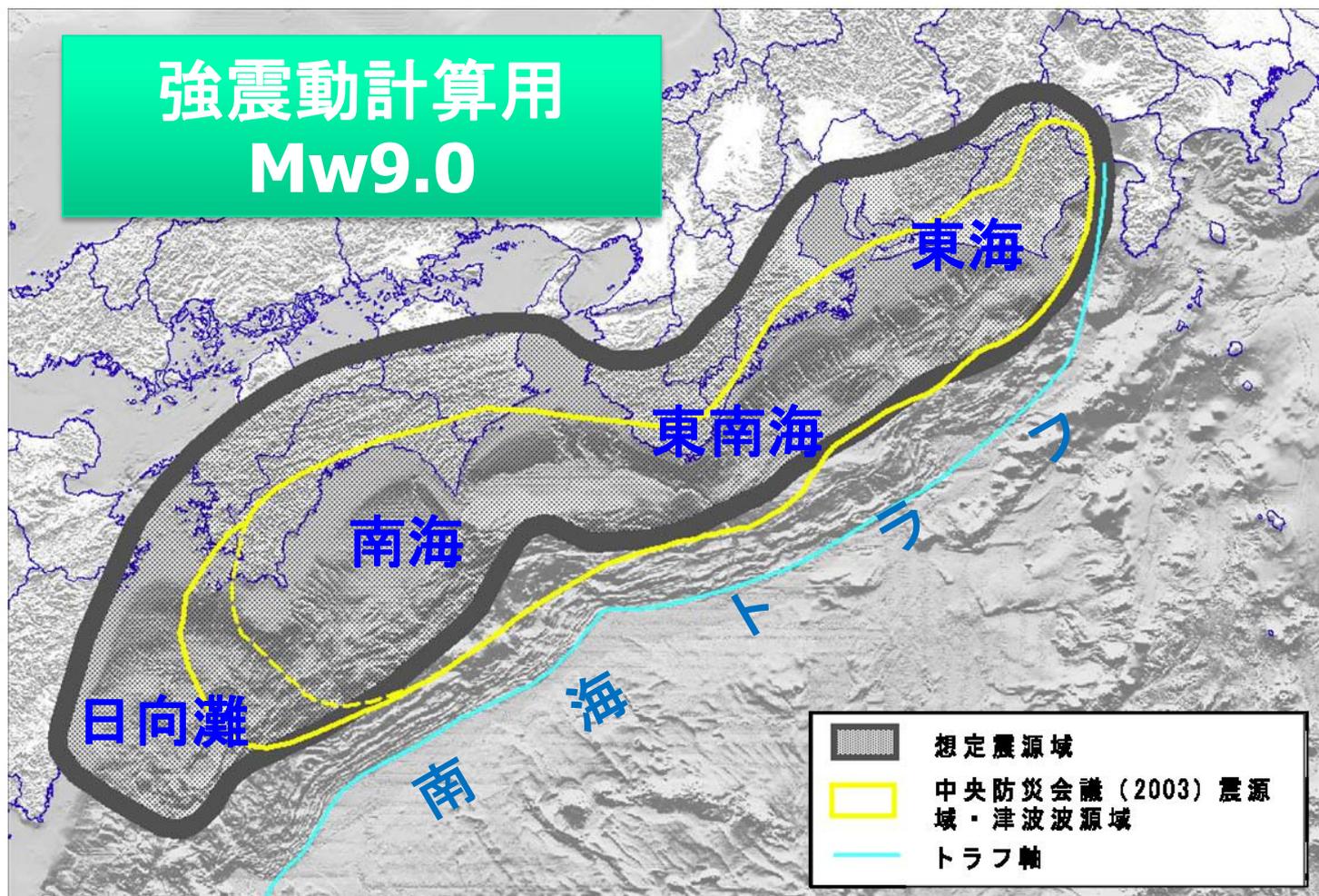
国交省 2016.6.24長周期地震動公表 (M8クラス)

東京都 液状化、震度などを公表

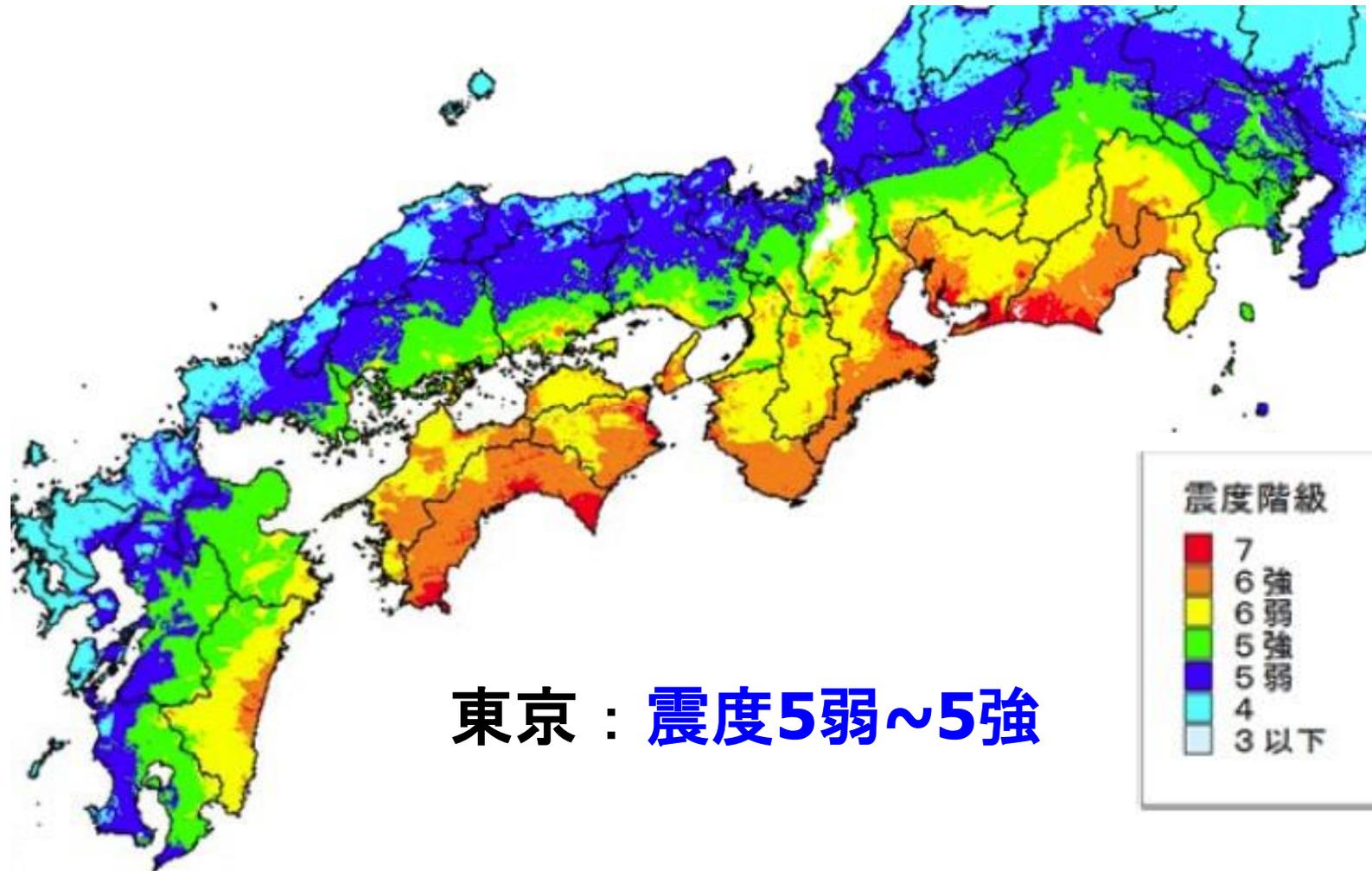
■ 首都直下地震

東京都 震度、地震動の大きさ、津波高さなどを公表 (東京湾北部、元禄関東、立川断層)

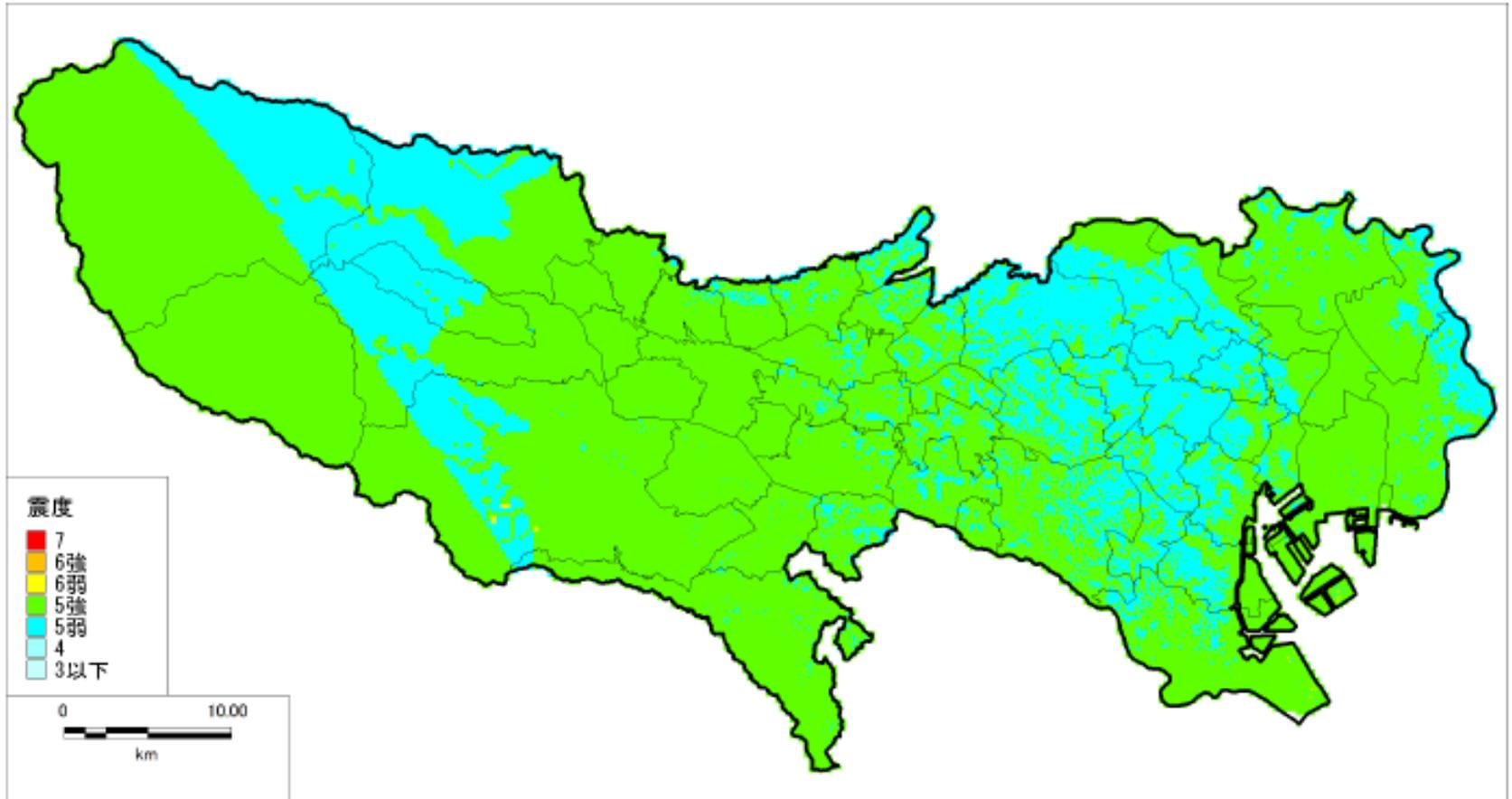
南海トラフの想定震源断層域



南海トラフの巨大地震:M9.0時の震度

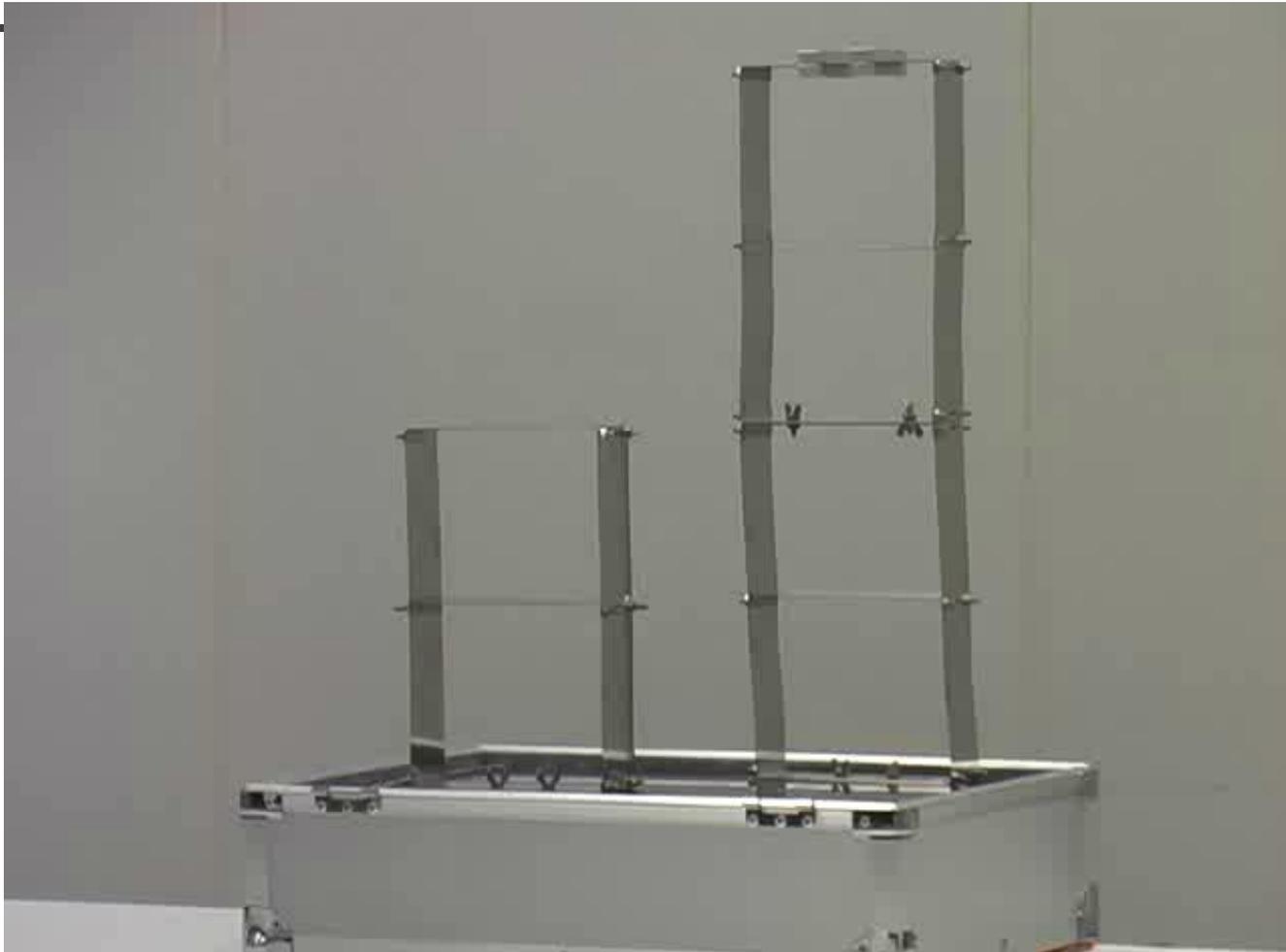


南海トラフの巨大地震:M9.0時の震度



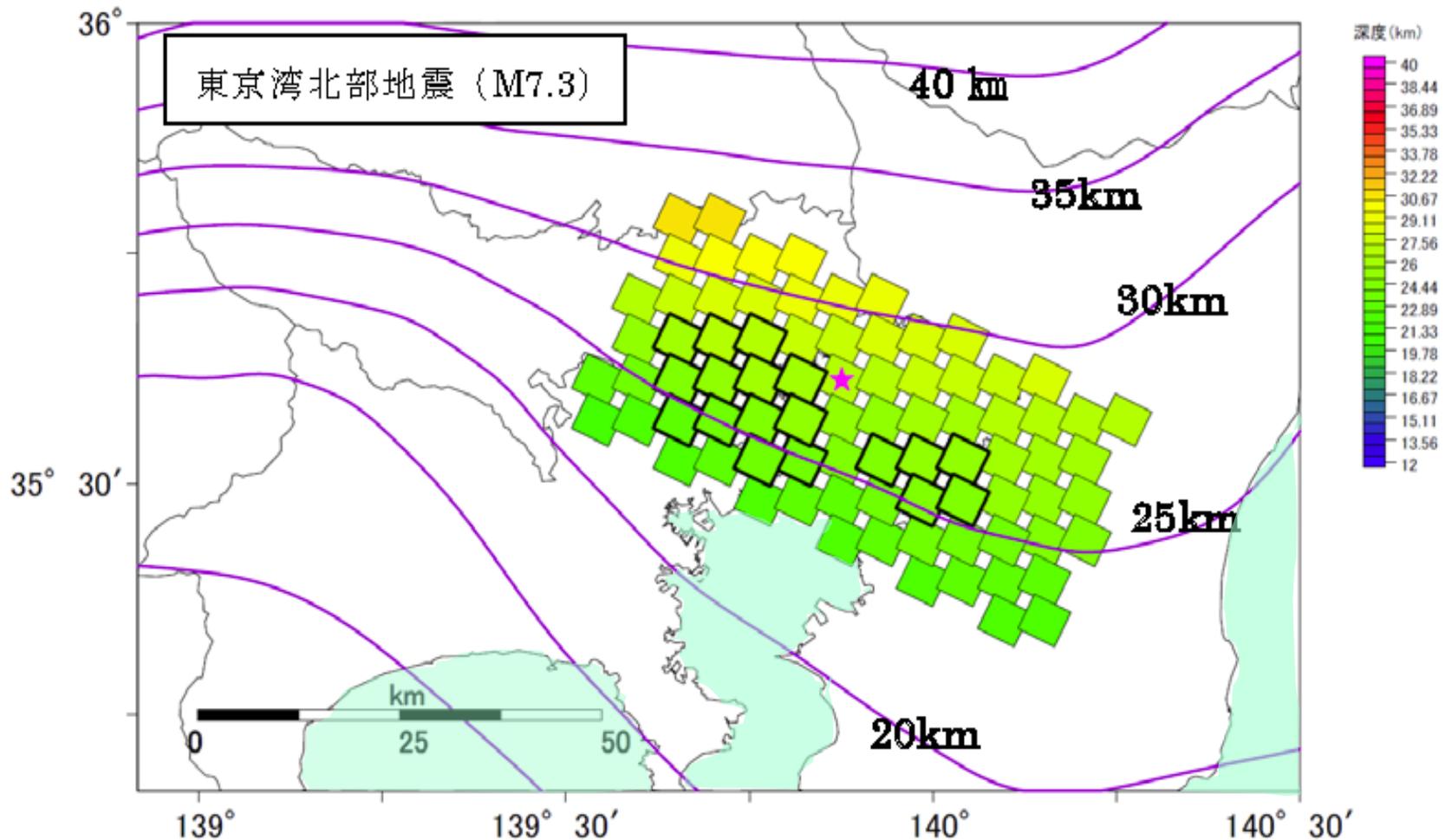
東京の震度：5弱～5強

南海トラフ地震時の東京の建物の揺れ方



震度は小さくても、40階建て以上の高い建物が大きく揺れる、中低層はあまり揺れない

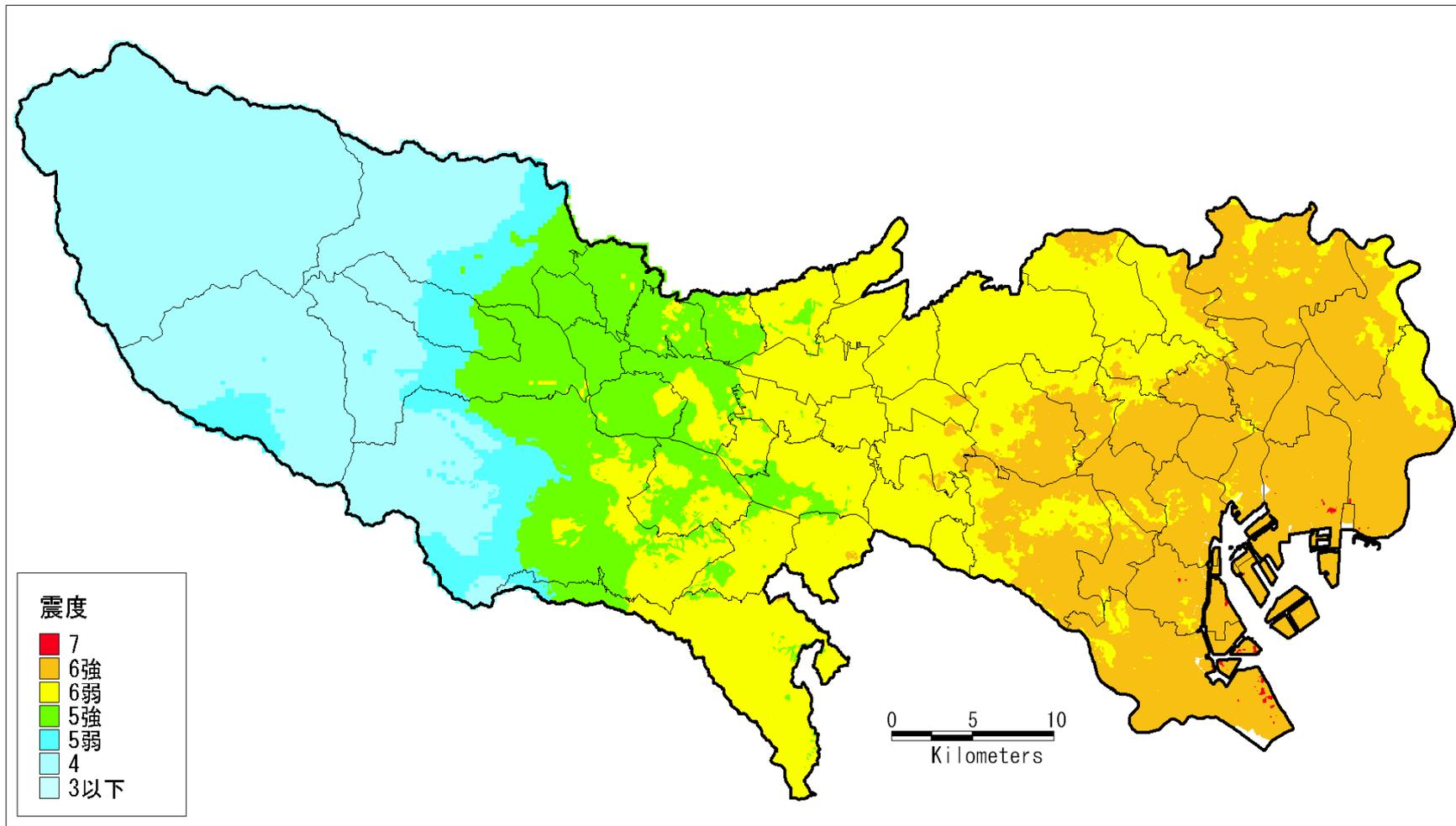
直下地震：東京湾北部地震(M7.3)



太枠線はアスペリティ (※)、★は破壊開始点

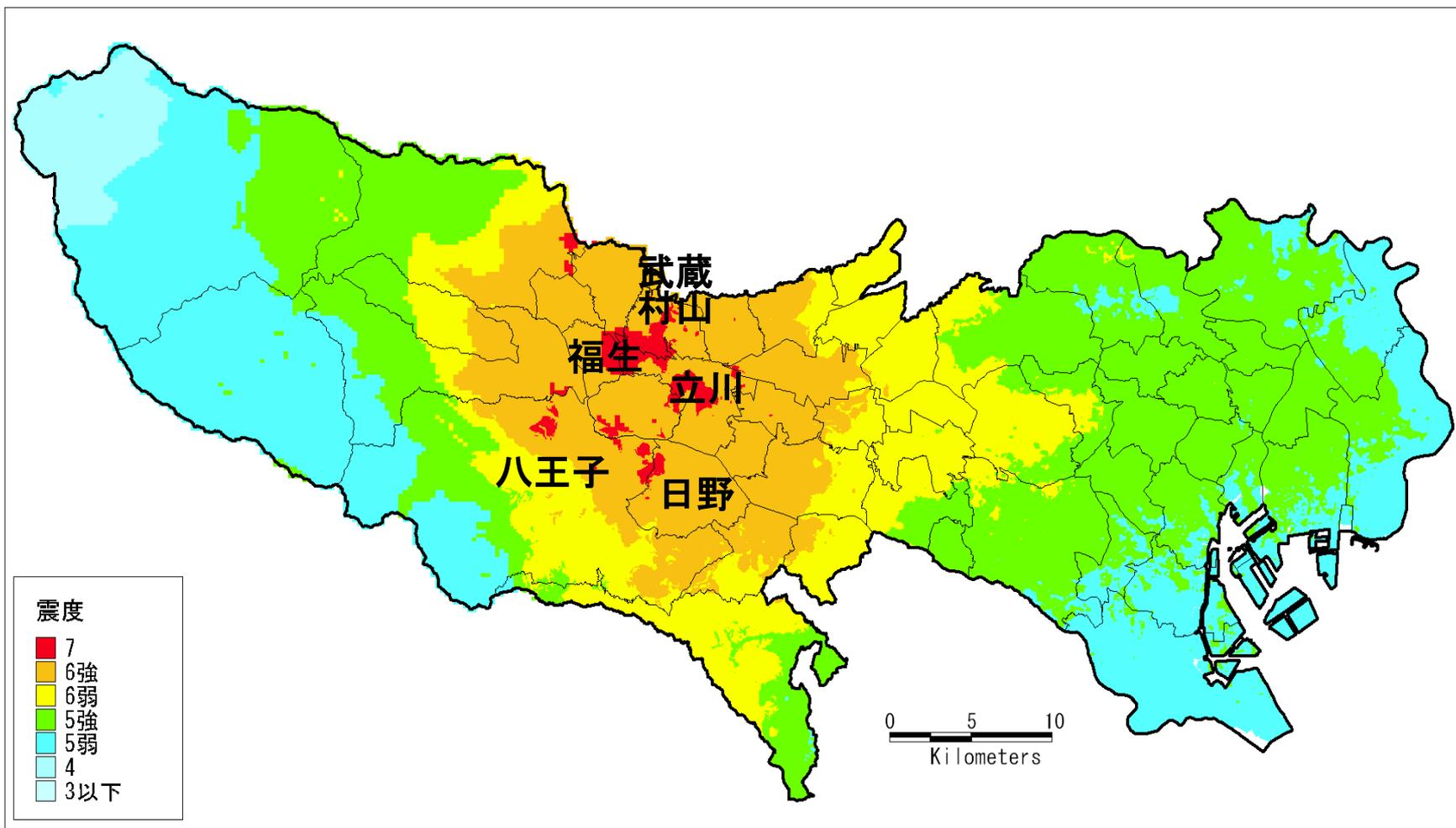
(※) アスペリティ：震源断層の中で特に強い地震波を生成する領域

東京湾北部地震(M7.3)の震度分布



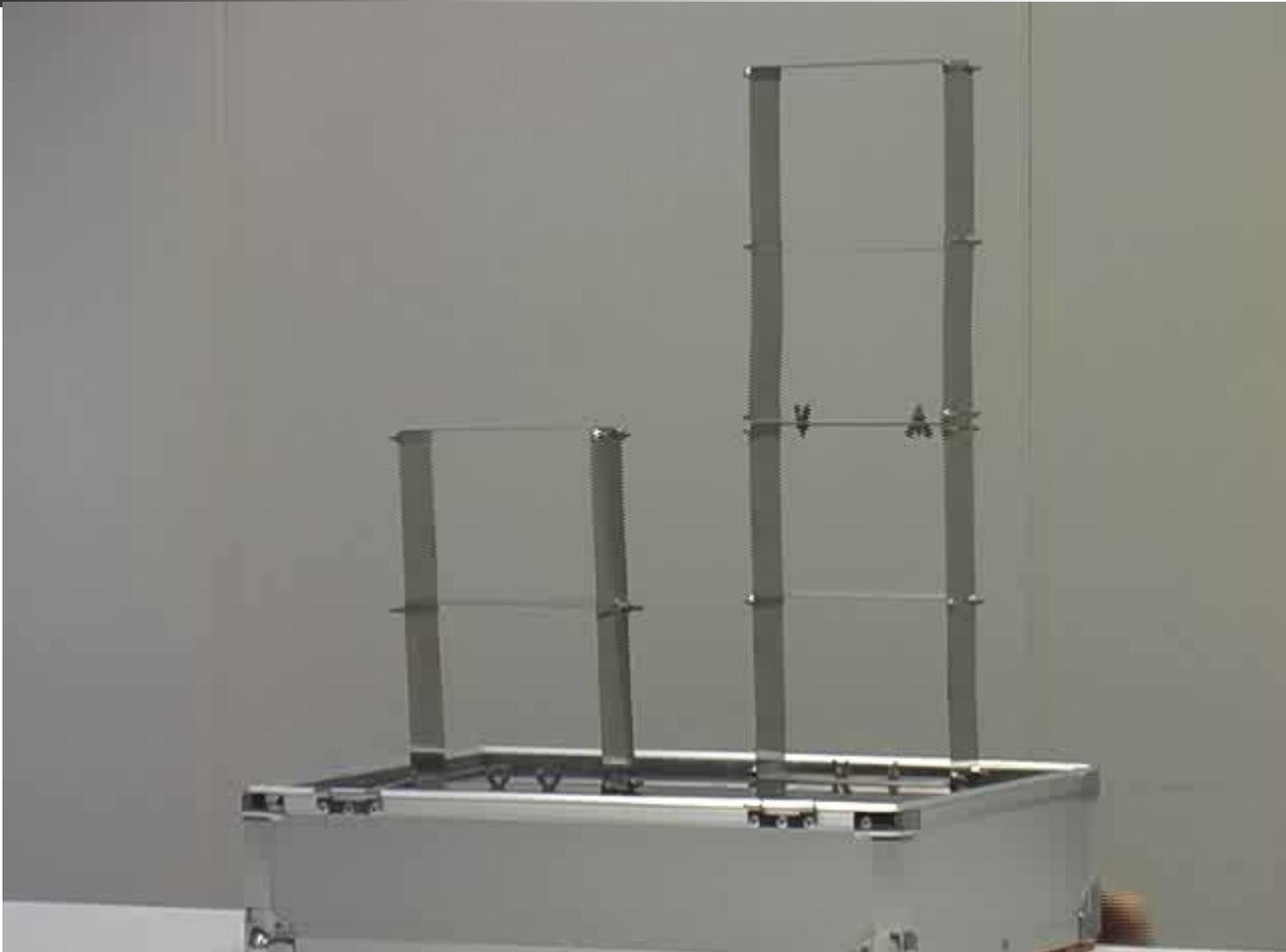
東京湾北部地震 (M7.3)

立川断層帯地震(M7.4)による震度分布



立川断層帯地震 (M7.4)

直下地震時の建物の揺れ方

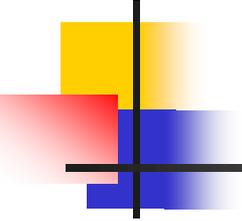


15階建て以下の低い建物が大きく揺れる

南海トラフ地震・首都直下地震の大きさ

	東京での震度	発生確率	マンションの揺れの大きさの比率*
東日本大震災 2011.03.11	5弱～5強	—	1
南海トラフ地震	5弱～5強	今後30年で70～80%	1
首都直下地震 M7クラス	6弱～6強	今後30年間で70%	2

*20階建て以下くらいの中低層マンションの上層階の揺れ



本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 大阪と北海道の地震
5. 東京における大地震の切迫性
- 6. 今後に備えて**

今後に備えて

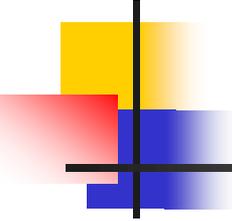
■南海トラフ地震、首都直下地震に対する備え

- 東日本大震災では構造被害が少なかったものの、**今後来る巨大地震**では、それより大きな揺れの可能性が高く、**柱や壁の被害の可能性有**。まずは**耐震診断が重要**。

- **首都直下地震**では、震度6強以上が想定されるため、**旧耐震**の45m以下(15階建以下)の既存中低層マンションでは、**耐震診断の結果がNGなら耐震補強すべき**

= **耐震補強すれば倒壊の可能性は低くなる**。**制震**により更に**被害が軽減**できる。**制震**は耐震補強と施工手間はさほど**変わらない**。

- 特に地盤が悪く揺れやすい場所では、周辺より震度が大きくなるため、旧耐震のマンションは耐震補強による耐震性確保が極めて重要。



今後に備えて

- **最低限の備え**
 - 家具・電化製品の固定、開扉防止
 - キャスター付き機器の固定の工夫
- **既存建物の非構造部材の対策**
 - 玄関や窓周りの**非構造壁**に**構造目地**を入れる
 - 扉を**耐震仕様**の扉にする
 - **外壁**の変形追従性を確認する

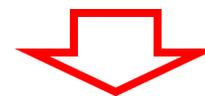
今後に備えて

■マンション住民同士のコミュニケーション

挨拶やイベントを通して、住民同士の顔の見える関係づくりが災害時の**共助**に繋がる



特に、マンション被災後の復旧、解体や建替えなどの際には、住民の同意が必要となる



住民同士が容易に連絡を取り合えるようにしておくことが重要