

長く続く大きな揺れからあなたを守る ～気象庁の長周期地震動に対する取り組みについて～



気象庁 地震火山部 地震津波監視課

岡部 来 (おかべ らい)



本日の内容

- 気象庁の地震に関する情報
- 地震の揺れと長周期地震動
- 長周期地震動に関する観測情報
- 長周期地震動の予測情報



本日の内容

- 気象庁の地震に関する情報
- 地震の揺れと長周期地震動
- 長周期地震動に関する観測情報
- 長周期地震動の予測情報



気象庁が発表する地震・津波に関する情報

地震観測施設



震度計



津波観測施設

観測データ

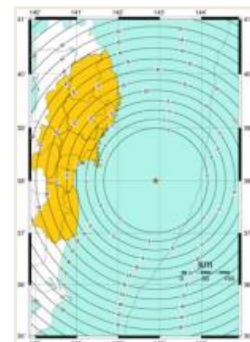
地震に関する警報・情報



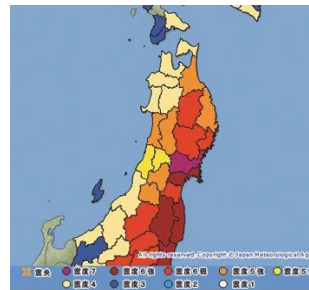
気象庁にある地震現業
(24時間監視)

予測情報

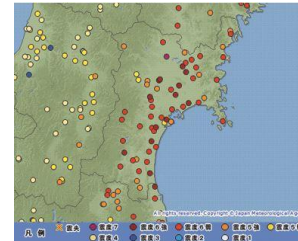
観測情報



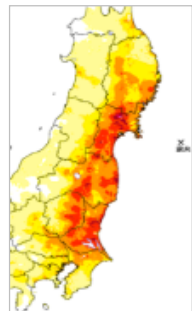
緊急地震速報



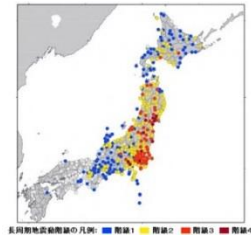
震度速報
(震度3以上の地域)



震源・震度に関する情報
各地の震度に関する情報



推計震度
分布図



長周期地震動に
関する観測情報

震源に関する情報
(震源・規模)



数秒～
十数秒

1.5分後

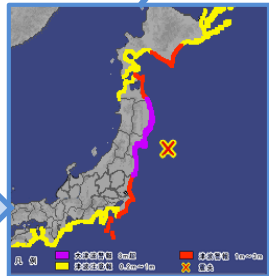
3分後

5分後

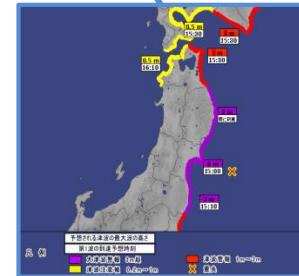
15分後

20～30
分後

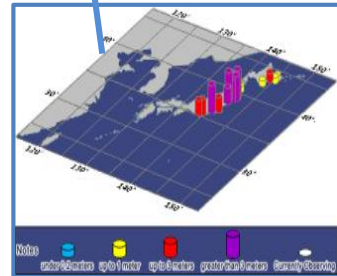
津波に関する
警報・情報



津波警報・注意報



津波情報
(予想される津波の高さ・
到達予想時刻)



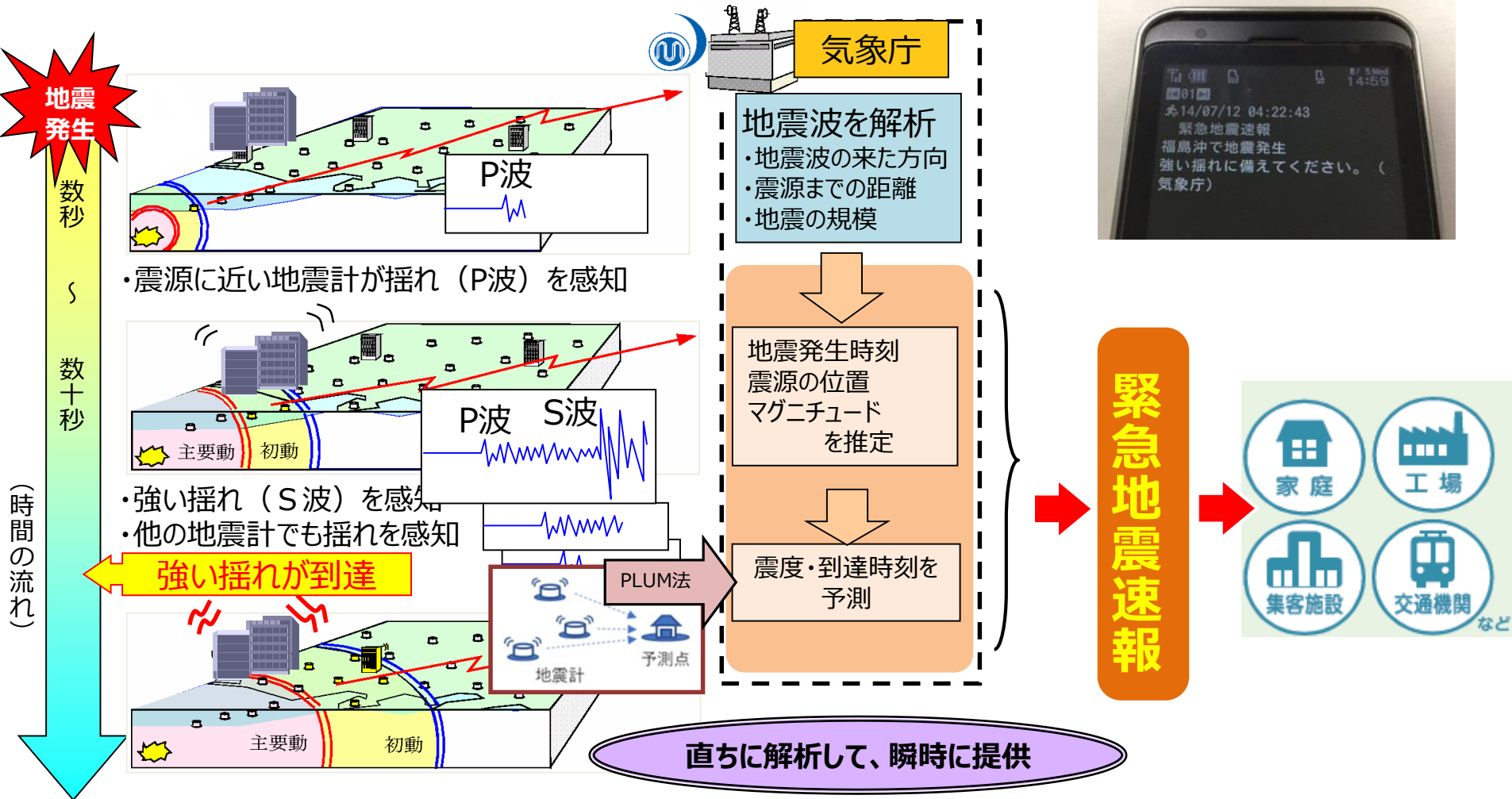
津波情報
(観測された津波の高さ・
到達時刻)

予測情報

観測情報

緊急地震速報

○地震発生後、地震による強い揺れがくる前に揺れの強さ（震度）と強い揺れの到達時刻を素早くお知らせ。



※わずか数秒でも、時間がたつにつれ精度はよくなるが、強い揺れには間に合わなくなる
※地震を検知してから発表する情報であり、「地震予知」ではない

緊急地震速報

緊急地震速報 利用の心得

●● undanから、家屋の耐震化や家具の固定など、地震に備えましょう！ ●●



地震の揺れを感じたら…
(緊急地震速報がなくても)

まわりの人にも声をかけながら

あわてず、まず身の安全を!!



緊急地震速報を見聞きしたら…
(地震の揺れを感じなくても)

緊急地震速報を見聞きしてから強い揺れがくるまでの時間は 数秒から数十秒 しかありません

家庭では

- 頭を保護し、じょうぶな机の下など安全な場所に避難する
- あわてて外へ飛び出さない
- むりに火を消そうとしない



自動車運転中は

- あわててスピードをおとさない
- ハザードランプを点灯し 周りの車に注意をうながす
- 急ブレーキはかけず、ゆるやかに速度をおとす



人が大勢いる施設では

- 係員の指示にしたがう
- あわてて出口に走り出さない



屋外(街)では

- スロツク塼の倒壊に注意
- 看板や割れたガラスの落下に注意



鉄道・バスでは

- つり革、手すりに しっかりつかまる



エレベーターでは

- 最寄りの階に停止させ すぐにおりる



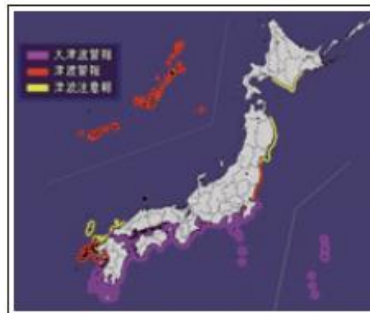
周囲の状況により具体的な行動は異なります。日頃からいざというときの行動を考えておきましょう

津波警報・注意報

○津波の到達が予想される場合には、地震発生後、約3分を目標に大津波警報、津波警報または津波注意報を発表。

	予想される津波の高さ		とるべき行動	避難の範囲
	数値での発表 (発表基準)	巨大地震の 場合の表現		
大津波警報	10m 超 (10m < 高さ)	巨大	<u>沿岸部や川沿いにいる人は、ただちに高台や避難ビルなど安全な場所へ避難してください。</u> 津波は繰り返し襲ってくるので、大津波・津波警報が解除されるまで安全な場所から離れないでください。	お住まいの市町村の津波ハザードマップ等で、浸水が想定される区域を確認しておきましょう。 また、津波の規模は様々であり、実際には浸水想定を上回る津波が襲ってくることもあるので、<u>最大限の避難を心がけましょ</u>う。
	10m (5m < 高さ ≤ 10m)			
	5m (3m < 高さ ≤ 5m)			
津波警報	3m (1m < 高さ ≤ 3m)	高い	ここなら安心と思わず、より高い場所を目指して避難しましょう！	
津波注意報	1m (20cm ≤ 高さ ≤ 1m)	(表記しない)	<u>海の中にいる人は、ただちに海から上って、海岸から離れてください。</u> 津波注意報が解除されるまで海に入ったり海岸に近付いたりしないでください。	

○マグニチュード8を超えるような巨大地震の場合、「巨大」という言葉を使った大津波警報で、非常事態であることを伝達。



到達予想時刻・予想高さ		
大津波警報		(予想高さ)
〇〇 県	津波到達中と推測	巨大
×× 県	10時30分	巨大
:	:	巨大
津波警報		
△△ 県	11時00分	高い
□□ 県	12時00分	高い

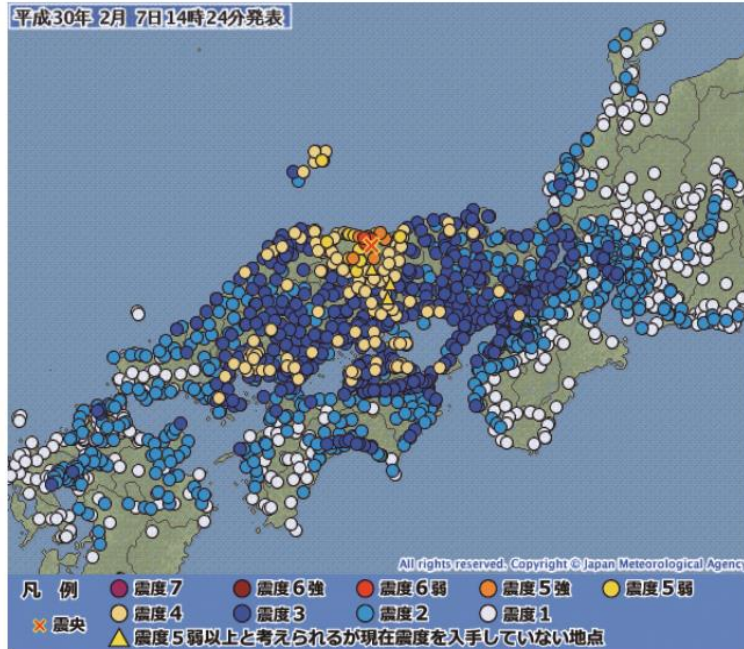
「巨大」「高い」は非常事態！東日本大震災のような津波が来るとして避難！

地震情報（震源や震度の情報）

震度と揺れの状況（概要）

○地震発生後、検知時刻や発生場所、マグニチュードを解析するとともに、観測された震度のデータを収集して、地震に関する情報を速やかに発表。

平成30年 2月 7日14時24分発表



0 【震度0】 人は揺れを感じない。	1 【震度1】 屋内で静かにしている人の中には、揺れをわずかに感じる人がいる。	2 【震度2】 屋内で静かにしている人の大半が、揺れを感じる。	3 【震度3】 屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。
4 【震度4】 ●ほとんどの人が驚く。 ●電灯などのつり下げ物は大きく揺れる。 ●座りの悪い置物が、倒れることがある。	6弱 【震度6弱】 ●立っていることが困難になる。 ●固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。ドアが開かなくなることがある。 ●壁のタイルや窓ガラスが破損、落下することがある。 ●耐震性の低い木造建物は、瓦が落下したり、建物が傾いたりすることがある。倒れるものもある。 耐震性が高い 耐震性が低い		
5弱 【震度5弱】 ●大半の人が、恐怖を覚え、物につままりたいと感じる。 ●棚にある食器類や本が落ちることがある。 ●固定していない家具が移動することがあり、不安定なものは倒れることがある。	6強 【震度6強】 ●はわなないと動くことができない飛ばされることもある。 ●固定していない家具のほとんどが移動し、倒れるものが多くなる。 ●耐震性の低い木造建物は、傾くものや、倒れるものが多くなる。 ●大きな地割れが生じたり、大規模な地すべりや山体の崩壊が発生することがある。 耐震性が高い 耐震性が低い		
5強 【震度5強】 ●物につかまらなないと歩くことが難しい。 ●棚にある食器類や本で落ちるものが多くなる。 ●固定していない家具が倒れることがある。 ●補強されていないブロック塀が崩れることがある。	7 【震度7】 ●耐震性の低い木造建物は、傾くものや、倒れるものがさらに多くなる。 ●耐震性の高い木造建物でも、まれに傾くことがある。 ●耐震性の低い鉄筋コンクリート造の建物では、倒れるものが多くなる。 耐震性が高い 耐震性が低い		

この表は、ある震度が観測された時に、その周辺で発生するゆれなどの現象や被害の目安を示したものです。

本日の内容

- 気象庁の地震に関する情報
- 地震の揺れと長周期地震動
- 長周期地震動に関する観測情報
- 長周期地震動の予測情報



地震波形を分解

地震動はさまざまな周波数（周期）の揺れ（波）の集まり

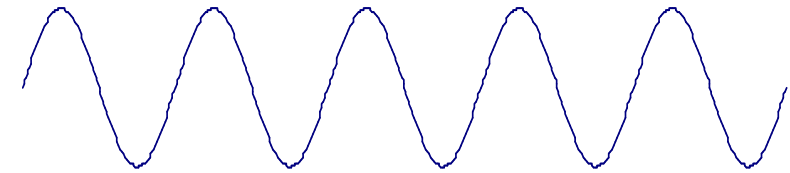
地震動（加速度記録）をもとに計算

単位
(gal)

時間

例えば...

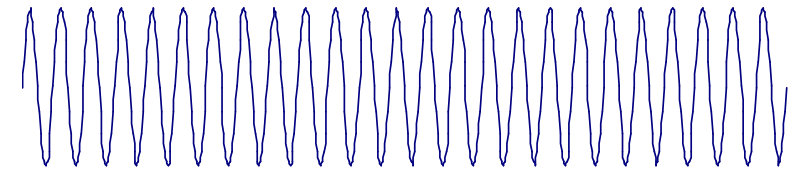
1Hzの波



1秒

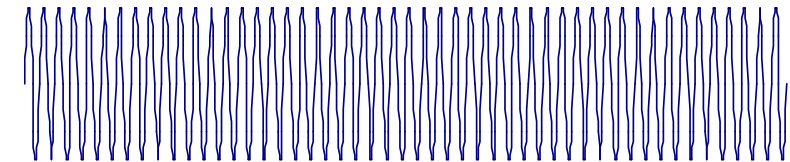
+

5Hzの波



+

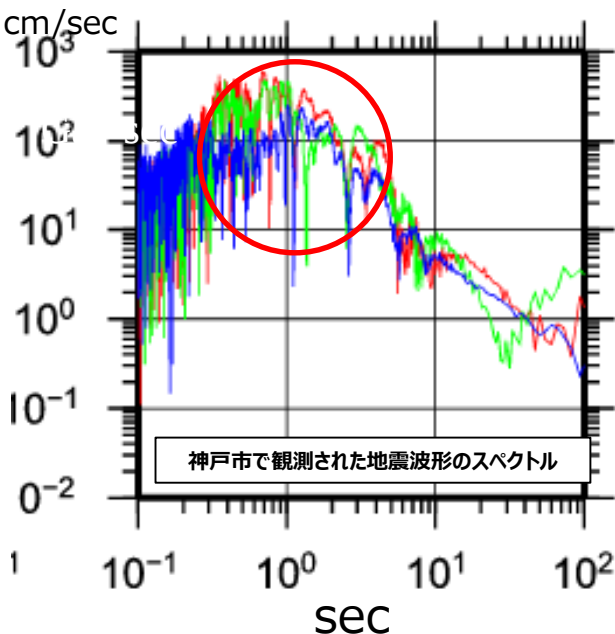
10Hzの波



地震のスペクトル

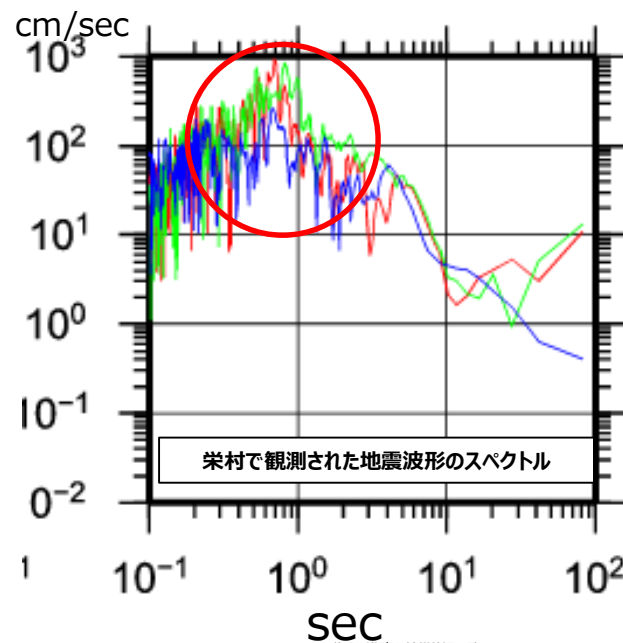
1995年1月17日の兵庫県南部地震
(建物被害大)

最大震度7 マグニチュード7.3



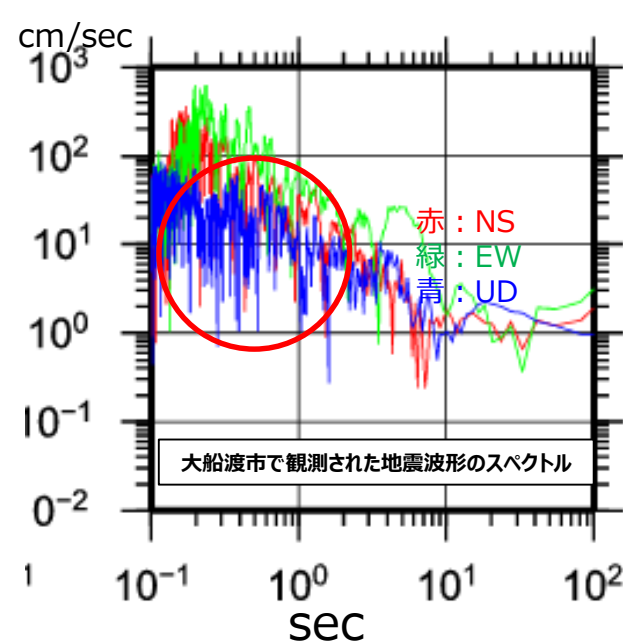
2011年3月12日の長野県北部の地震
(建物被害大)

最大震度6強 マグニチュード6.7



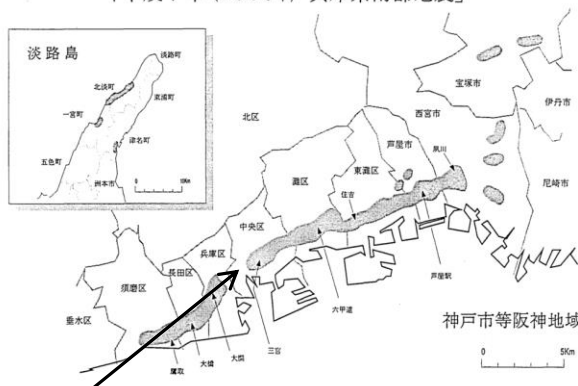
2003年5月26日の宮城県沖の地震
(高震度だが建物被害が少なかった)

最大震度6弱 マグニチュード7.1



現地調査による震度7の分布

「平成7年(1995年) 兵庫県南部地震」



気象庁技術報告 第119号 (1997年) より

人的及び住家の被災状況一覧

人的被害	死者	災害関連死	3人
	負傷者	軽傷	10人
住家の被害	全壊	棟	33棟
		世帯	33世帯
		人員	70人
	半壊	棟	169棟
		世帯	172世帯
		人員	436人
	一部損壊	棟	* 492棟
		世帯	* 521世帯
		人員	* 1,314人
	694棟【秋山郷を除く93パーセントが被災】		
非住家の被害(全壊・半壊)		290(全壊156・半壊134)	

(平成24年9月4日現在)

長野県栄村HP

(<http://www.vill.sakae.nagano.jp/docs/266.html>) より

	全壊	半壊
岩手県	2棟	10棟
宮城県		11棟
山形県		
秋田県		
福島県		
合計	2棟	21棟

総務省消防庁資料

宮城県沖を震源とする地震(確定報)より

長周期地震動による被害の例

- 平成15年（2003年）十勝沖地震(M8.0)

- 苫小牧(震度 5 弱)で石油タンク火災



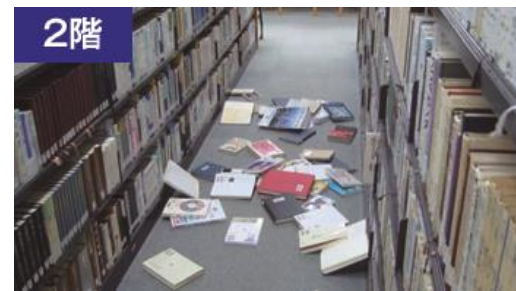
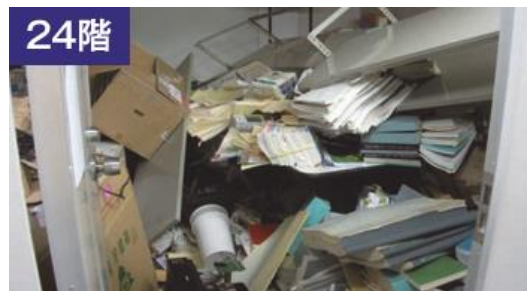
(地震調査研究推進本部報告書より抜粋)

- 平成16年（2004年）新潟県中越地震(M6.8)

- 東京(震度 3)六本木ヒルズのエレベータのケーブル損傷

- 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震(M9.0)

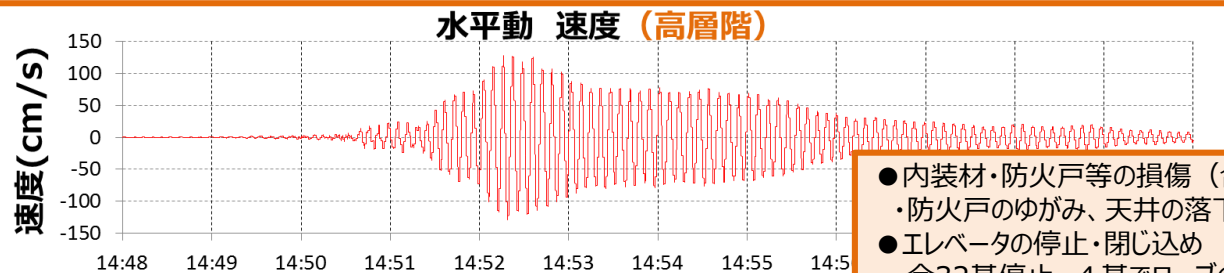
- 東京23区内(震度 5 弱～ 5 強)の多くの高層ビル高層階で、恐怖感を抱くようなゆっくりとした長い揺れ
- 大阪市住之江区(震度 3)の55階建て高層ビルでエレベータのロープ類の損傷や内装材等に被害



東北地方太平洋沖地震の際の高層ビルでの被害

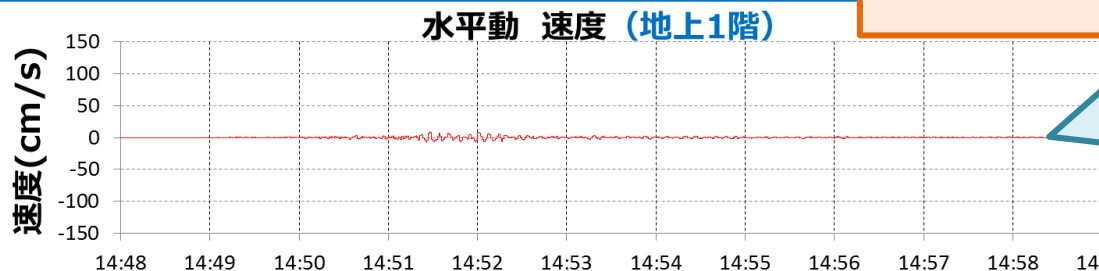
● 大阪市住之江区の55階建高層ビル

(波形データは建築研究所より)



- 内装材・防火戸等の損傷 (合計360か所)
- 防火戸のゆがみ、天井の落下、床面の亀裂等。
- エレベータの停止・閉じ込め
- 全32基停止。4基でロープの絡まり。

(大阪府総務部資料より)



地表の震度は3



〔震度3〕
屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。

● 新宿の29階建高層ビル

● 長周期地震動の影響を受けた高層ビル内等の揺れの状況に関する聞き取り調査およびアンケート調査結果

「長周期地震動に関する情報のあり方報告書」より抜粋

【体感】

- ・足元の床が無くなるのではないかと、というような感じ。
- ・大きな揺れになってからは身動きが出来ず、危険回避行動が困難。
- ・発表されている地上の震度とは次元が違う揺れと感じた。

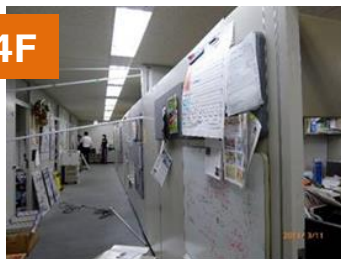
【家具転倒や内装材の被害等】

- ・多くの高層ビルで、内装材に亀裂が生じるなど、軽微な損傷が認められたほか、半数近くの高層ビルで天井材のずれや落下などの被害が見られた。
- ・建築学会の調査では、高層マンションの上層階では、室内で家具等が転倒した事例が70%に上る。
- ・低層階から高層階になるにつれ行動が困難になったり、本棚や車輪付き什器等の動きが大きくなるという傾向が認められた。

【エレベータ】

- ・ロープ類の引っ掛かり等の被害が21～25件発生。聞き取りを行った高層ビルにおいても、エレベータのロープ類の損傷等により、復旧までに数ヶ月を要した事例も認められた。
- ・日本エレベータ協会の調べによれば、東北地方のほか、東京都等15都道府県の少なくとも210台で閉じこめが発生

24F



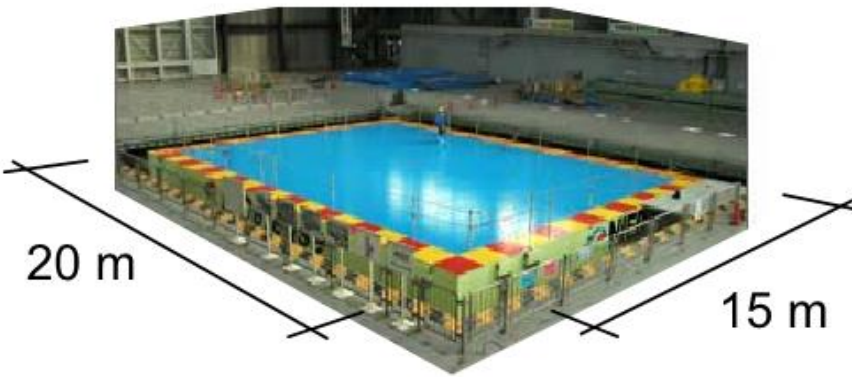
本棚の転倒、間仕切り壁の大変形、天井パネルの落下が発生等

2F

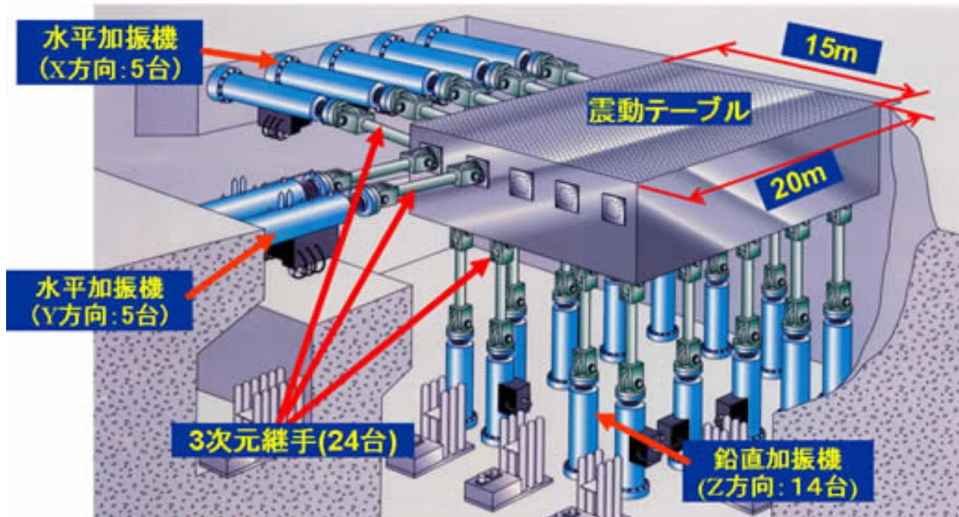


(工学院大学提供)

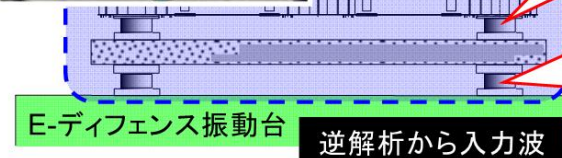
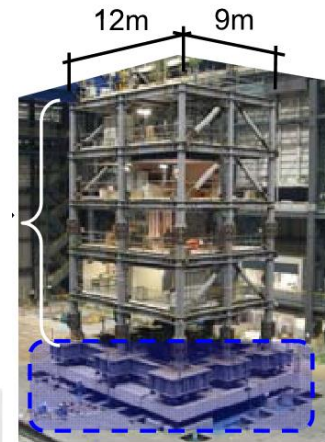
防災科学技術研究所 E-Defenseによる実験



【実大三次元震動台の基本仕様】



三次元震動台加振機概念図



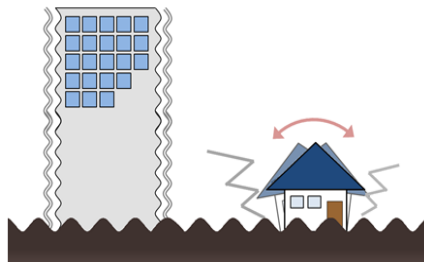
国立研究開発法人 防災科学技術研究所
兵庫耐震工学研究センター ウェブサイトより

<http://www.bosai.go.jp/hyogo/index.html>

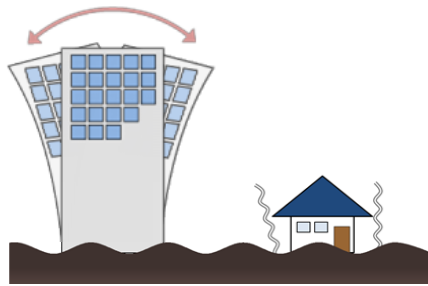
【実験映像】 <http://www.bosai.go.jp/hyogo/research/movie/movie.html>
超高層建物 http://www.bosai.go.jp/hyogo/research/movie/wmv/20080124_t1.wmv
重要施設(病院) <http://www.bosai.go.jp/hyogo/research/movie/wmv/20090122.wmv>

長周期地震動とは？

- 大きな地震が発生したときに生じる、周期（1 往復するのにかかる時間）が長い揺れのことを **長周期地震動**といいます。
- 建物には高さに応じて揺れやすい周期（固有周期）があります。高層ビルの固有周期と長周期地震動の周期が一致すると、共振して大きく揺れることがあります。
- 長周期地震動による大きな揺れにより、家具類が倒れたり・落ちたりする危険に加え、大きく移動したりする危険があります。



短い周期の地震動による
建物の揺れ方

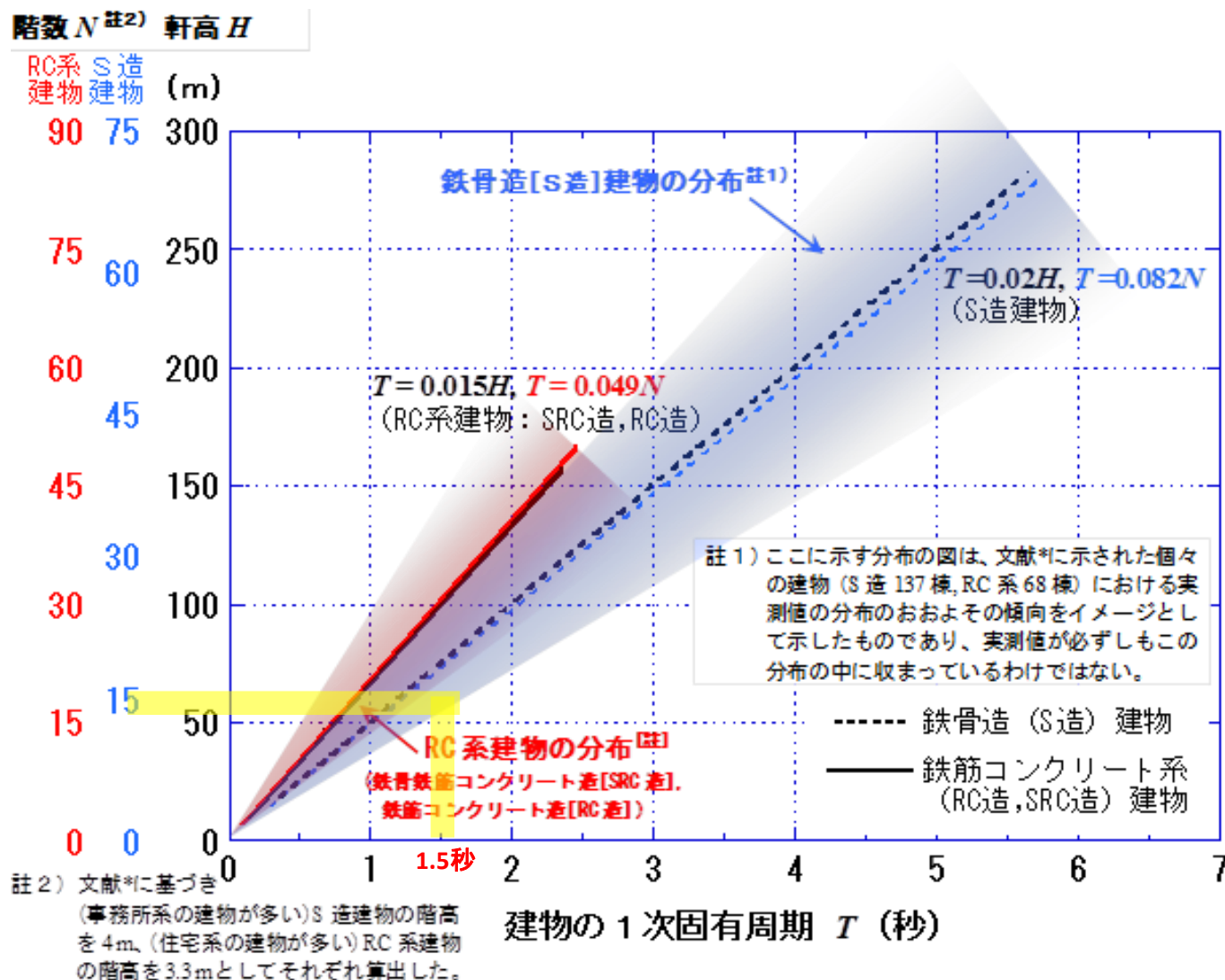


長周期地震動による
建物の揺れ方



地震が発生した場所から数百km
はなれたところでも大きく長く揺れる

高層ビルと固有周期

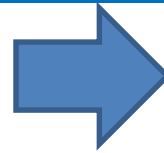


高層建物の固有周期と建物高さ・階数との関係

(地震調査研究推進本部地震調査委員会「長周期地震動評価2016年試作版ー相模トラフ巨大地震の検討ー」に加筆)

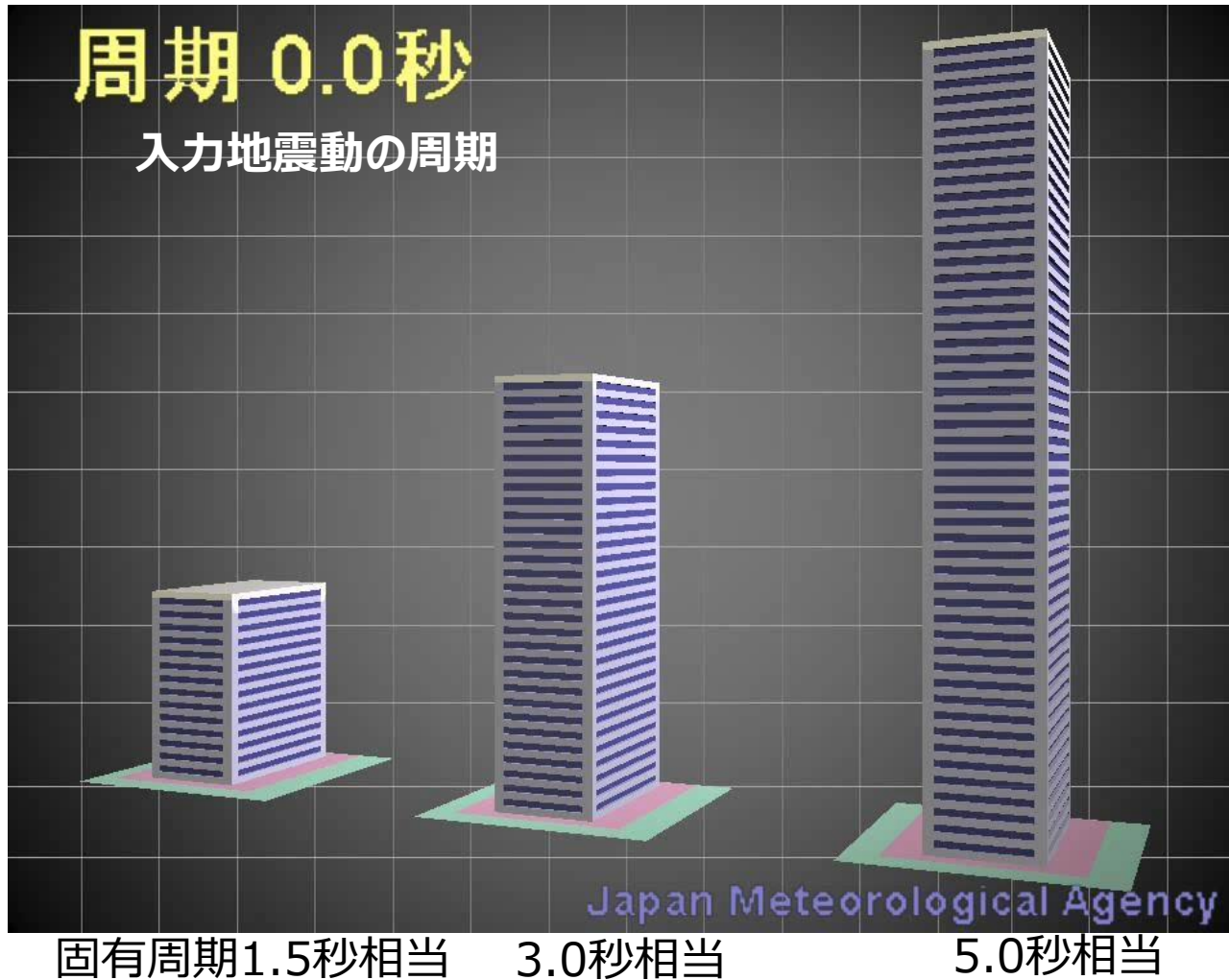
共振で大きく揺れる高層ビル

共振



構造物が大きく揺れる

地震動の周期が固有周期に近い場合



長周期地震動では、高層ビルが大きく揺れる

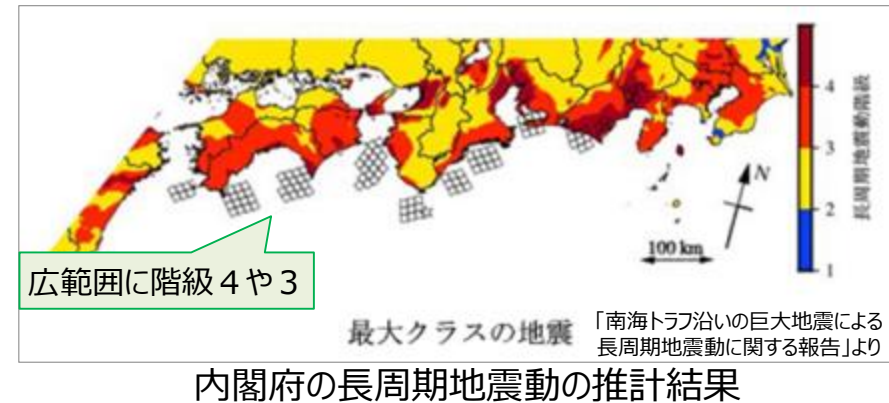
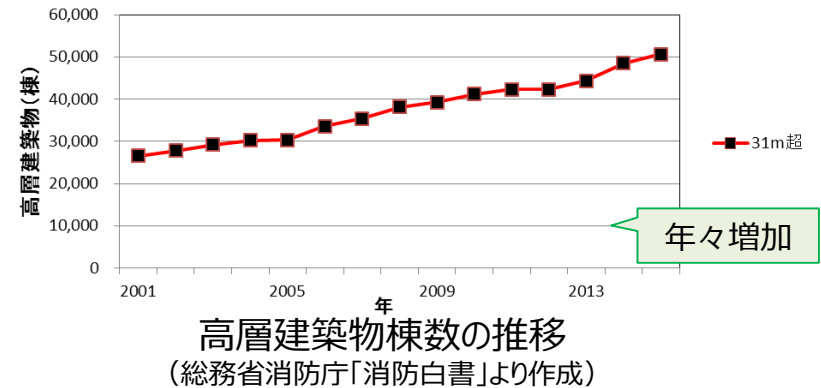
本日の内容

- 気象庁の地震に関する情報
- 地震の揺れと長周期地震動
- 長周期地震動に関する観測情報
- 長周期地震動の予測情報



長周期地震動の情報を発表する背景

- 近年の高層ビルや免震建物の増加による長周期地震動の影響を受ける人口の増加
- 内閣府が発表した「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告書」によれば広範囲に大きな揺れが予想。
- 実験やシミュレーションなどによれば、長周期地震動による高層ビルの揺れで、家具類の転倒や移動が発生し、人命を奪いかねない。

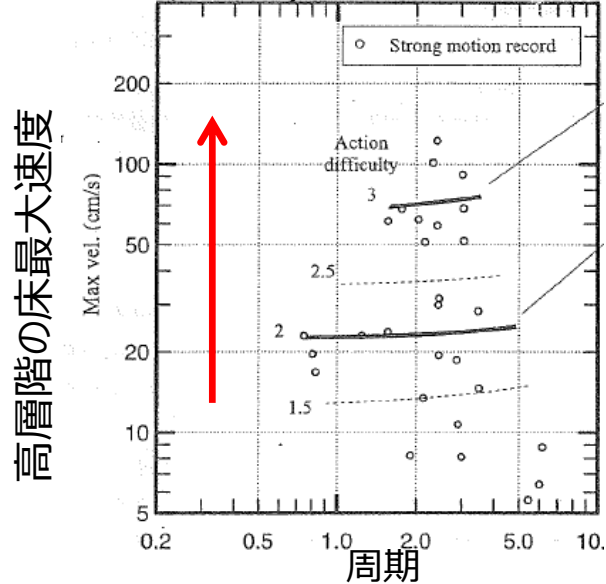


高層ビルの揺れを再現したシミュレーション

長周期地震動による人の行動の困難さや什器の転倒

・周期1.5秒くらいから長い周期では、速度が大きくなると人の行動の困難さなどが増す傾向。

【東北地方太平洋沖地震におけるアンケート】
(肥田・永野, 2012)※

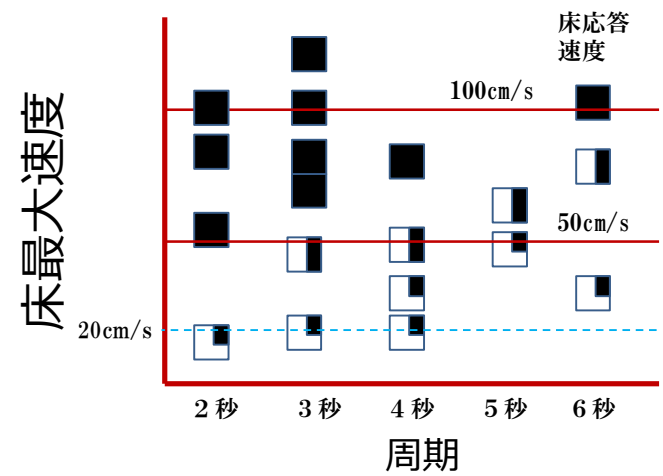


立っていることができなかった

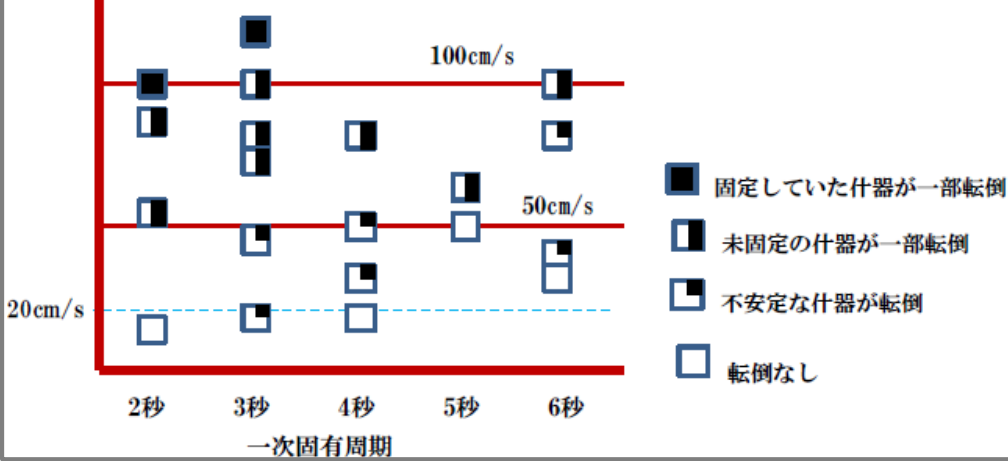
歩いたり動いたりすることに、やや支障あり

【人の行動の困難さと床最大速度】
(気象庁調査)

- 立っていることが困難、這いつくばる
- 支えれば立っていられるが、動けない
- 歩けるが、やや支障あり



【什器の転倒の状況と床最大速度】
(気象庁調査)



行動の困難さなどの状況を区分しやすい観測値
→最大床応答速度（空間に対する床の揺れ）

「長周期地震動に関する情報検討会平成24年度報告書」

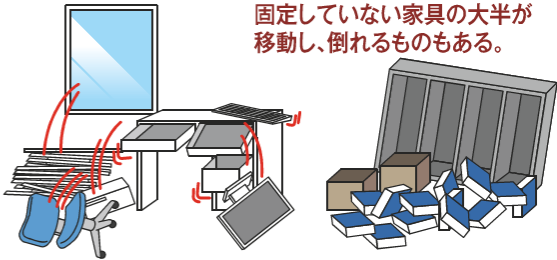
※ 肥田剛典・永野正行(2012)アンケート調査と強震記録に基づく2011年東北地方太平洋沖地震時における超高層集合住宅の室内被害不安定度と行動難度および家具の転倒率の検討, 日本建築学会構造系論文集, 第77巻, 第677号, p.1065-1072

長周期地震動階級について

長周期地震動による揺れの大きさは、震度ではわからない！

気象庁では、震度とは別の指標として**長周期地震動階級**を定義！

【長周期地震動階級】

階級1 ●室内にいたほとんどの人が揺れを感じる。驚く人もいる。 ●ブラインドなど吊り下げものが大きく揺れる。 	階級2 ●室内で大きな揺れを感じ、物につかまりたいと感じる。物につかまらなると歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。 ●キャスター付きの家具類等がわずかに動く。棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。 
階級3 ●立っていることが困難になる。 ●キャスター付きの家具類等が大きく動く。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものは倒れることがある。 	階級4 ●立っていることができず、はわないと動くことができない。揺れにほんろうされる。 ●キャスター付きの家具類等が大きく動き、転倒するものがある。固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。 

長周期地震動階級と人の体感・行動、室内の状況等の関連

長周期地震動階級について

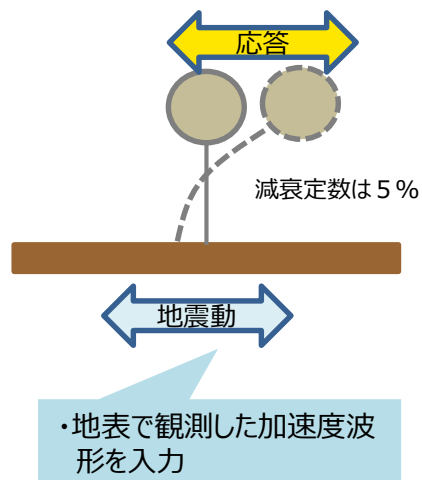
長周期地震動階級の説明ビデオをご覧ください（約 6 分）

<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/choshuki/index.html>

観測波形からの長周期地震動階級の算出方法

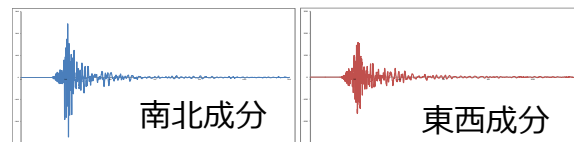
地震時の高層階の床の揺れ → 地震動を外力とした振り子の揺れで代用（絶対速度応答スペクトル）

高層ビルをモデル化（1質点減衰系）



【ステップ①】地震計で観測した加速度波形を、振り子モデル（周期1.6～7.8秒 0.2秒刻み）の地面の揺れとして入力する。

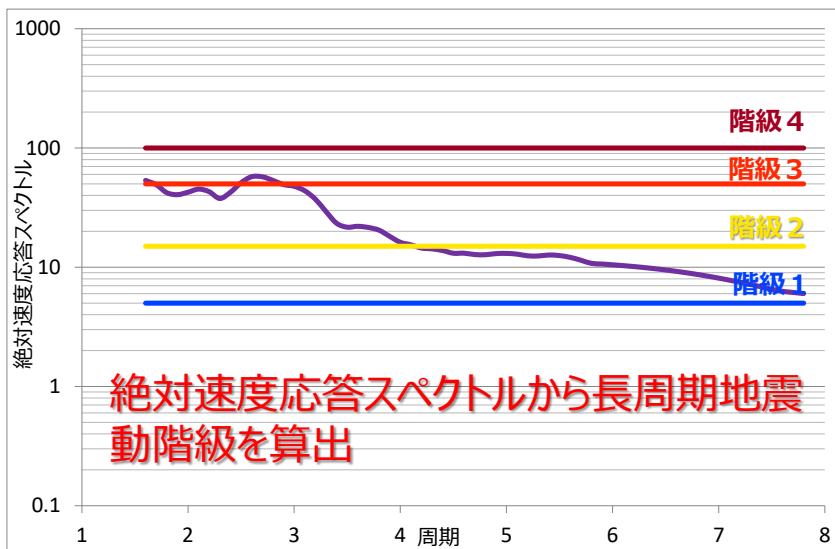
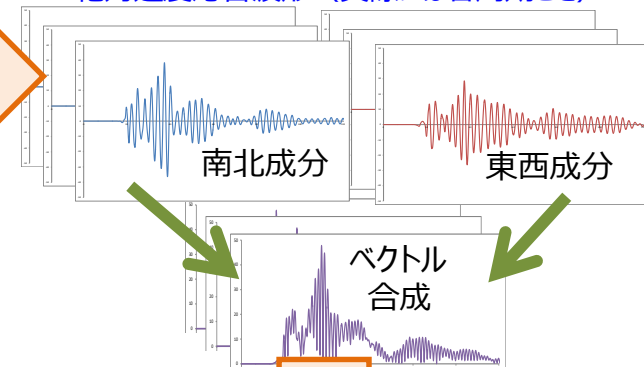
加速度波形（地震計で観測）



振り子の揺れを計算

【ステップ②】各周期ごとに振り子の揺れ（絶対速度応答波形）が得られるので、得られた波形をベクトル合成する。

絶対速度応答波形（実際には各周期ごと）



【ステップ③】各周期での振り子の揺れ（絶対速度応答波形）の最大値を周期ごとにプロットし、絶対速度応答スペクトル（Sva）を得る。

【ステップ④】絶対速度応答スペクトル（Sva）の値を、以下の表を用いて長周期地震動階級にする。

階級1	$5\text{cm/s} \leq Sva < 15\text{cm/s}$
階級2	$15\text{cm/s} \leq Sva < 50\text{cm/s}$
階級3	$50\text{cm/s} \leq Sva < 100\text{cm/s}$
階級4	$100\text{cm/s} \leq Sva$

長周期地震動に関する観測情報

地震情報のページ

H25.3より試行的に気象庁HPで公開
H31.3より本運用開始

気象庁ホームページ

国土交通省 気象庁 Japan Meteorological Agency

ホーム | 防災情報 | 各種データ・資料 | 知識・解説 | 気象庁について | 案内・申請

天気 大雨・台風 地震・火山 地図から選択

天気予報 5時、11時、17時の1日3回発表

アメダス 気温、雨、雪や風等の観測データを見る

雨の様子(雨雲の動き/今後の雨) 雨雲の動きを見る

天気図 低気圧や前線の位置を見る

災害関連情報

- 平成30年北海道胆振東部地震
- 火山活動状況
- 口永良部島
- 平成30年7月豪雨の関連情報
- 【東海地方】【近畿地方】
- 【中国地方】【四国地方】
- 【九州北部地方】
- 大阪府北部の地震
- 平成29年7月九州北部豪雨
- 平成28年熊本地震
- 御嶽山噴火
- 東日本大震災～平成23年東北地方太平洋沖地震～

危険度分布

火山登山者向けの情報提供ページ

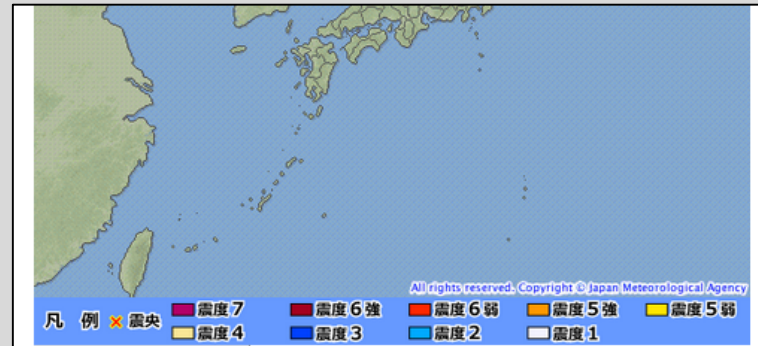
ピックアップ情報

- 週間天気予報
- 天気分布予報
- 気象情報
- 気象レーダー
- 気象衛星
- 推計気象分布
- 季節予報
- 南海トラフ地震
- 長周期地震動
- 火山観測データ
- 海洋の健康診断表

新着情報

平成30年11月16日

世界気象機関(WMO)砂塵観測評価システム(SDS-WAS)アジア地区運営グループ会合及び国際砂塵ワークショップの開催について



震源・震度に関する情報

令和元年9月25日17時32分 気象庁発表

25日17時28分ころ、地震がありました。震源地は、岩手県沖（北緯39.3度、東経142.1度）で、震源の深さは約50km、地震の規模（マグニチュード）は4.4と推定されます。この地震による津波の心配はありません。

この地震により観測された最大震度は3です。

〔震度3以上が観測された地域〕

震度3 岩手県沿岸北部 岩手県沿岸南部

〔震度3以上が観測された市町村〕

岩手県 震度3 大船渡市 釜石市 山田町

市町村合併から暫くの間は、合併前の市町村名称で震度情報が発表されることがあります。このページに掲載している地震の震源要素(緯度、経度、深さ、マグニチュード)や震度は速報値です。その後の精査で変更することがあります。

- 震源・震度情報一覧ページへ戻る
- 地震情報の解説へ
- よくある質問集(震度・マグニチュードなど)へ

- 地震資料のページへ
- 震度データベース検索(過去地震の検索)のページへ
- 緊急地震速報の発表状況へ
- 推計震度分布図のページへ(震度5弱以上を観測した場合に発表)
- 長周期地震動に関する観測情報のページへ

クリック

25

長周期地震動に関する観測情報

26

長周期地震動に対し警戒・注意を呼びかけるべき地震の発生頻度

長周期地震動階級 1 以上を観測した 最大値別の年別地震回数

	階級1	階級2	階級3	階級4	合計
平成12年(2000年)	31	6	1	1	39
平成13年(2001年)	4	5	0	0	9
平成14年(2002年)	6	1	0	0	7
平成15年(2003年)	12	3	0	3	18
平成16年(2004年)	14	8	4	2	28
平成17年(2005年)	8	4	2	0	14
平成18年(2006年)	3	1	0	0	4
平成19年(2007年)	11	2	1	1	15
平成20年(2008年)	6	2	2	1	11
平成21年(2009年)	7	3	0	0	10
平成22年(2010年)	9	1	0	0	10
平成23年(2011年)	54	17	0	4	75
平成24年(2012年)	14	3	1	0	18
平成25年(2013年)	7	6	0	0	13
平成26年(2014年)	8	1	1	0	10
平成27年(2015年)	5	3	1	0	9
平成28年(2016年)	16	5	2	2	25
平成29年(2017年)	9	0	0	0	9
平成30年(2018年)	9	2	0	1	12
平成31～令和元年(2019年)	3	2	1	0	6
合計	236	75	16	15	342

対象：平成12年～令和元年10月31日の期間に発生した地震

※平成12年～平成25年3月28日14:00

マグニチュード4.0以上かつ最大震度3以上を観測した地震の気象庁観測点のみを対象として集計
なお、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の本震以降の本震当日内の地震は連続的に発生しており対象外としている

※平成25年3月28日14:00～令和元年10月31日

長周期地震動に関する観測情報(試行)の掲載内容(原則として、気象庁震度観測点で震度1以上が観測された地点での計算結果を掲載)に基づき集計。

【最大で長周期地震動階級4を観測した地震(N=15)】

- ・平成12年(2000年)鳥取県西部地震(M7.3)
- ・平成15年5月26日の宮城県沖の地震(M7.1)
- ・平成15年7月26日の宮城県北部の地震(M6.4)
- ・平成15年(2003年)十勝沖地震(M8.0)
- ・平成16年(2004年)新潟県中越地震(M6.8)
- ・平成16年10月23日18時34分頃の新潟県中越地方の地震(M6.5)
- ・平成19年(2007年)能登半島地震(M6.9)
- ・平成20年(2008年)岩手・宮城内陸地震(M7.2)
- ・平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(M9.0)
- ・平成23年4月7日の宮城県沖の地震(M7.2)
- ・平成23年4月11日の福島県浜通りの地震(M7.0)
- ・平成23年4月12日の福島県中通りの地震(M6.4)
- ・平成28年4月15日の熊本県熊本地方の地震(M6.4)
- ・平成28年4月16日の熊本県熊本地方の地震(M7.3)
- ・平成30年北海道胆振東部地震(M6.7)

【最大で長周期地震動階級3を観測した地震(N=16)】

- ・平成12年7月30日21時25分頃の三宅島近海の地震(M6.5)
- ・平成16年10月23日18時11分頃の新潟県中越地方の地震(M6.0)
- ・平成16年10月23日19時45分頃の新潟県中越地方の地震(M5.7)
- ・平成16年10月27日の新潟県中越地方の地震(M6.1)
- ・平成16年11月29日の釧路沖の地震(M7.1)
- ・平成17年3月20日の福岡県西方沖の地震(M7.0)
- ・平成17年8月16日の宮城県沖の地震(M7.2)
- ・平成19年(2007年)新潟県中越沖地震(M6.8)
- ・平成20年7月24日の岩手県沿岸北部の地震(M6.8)
- ・平成20年9月11日の十勝沖の地震(M7.1)
- ・平成24年3月27日の岩手県沖の地震(M6.6)
- ・平成26年11月22日の長野県北部の地震(M6.7)
- ・平成27年5月13日の宮城県沖の地震(M6.8)
- ・平成28年4月14日の熊本県熊本地方の地震(M6.5)
- ・平成28年10月21日の鳥取県中部の地震(M6.6)
- ・令和元年6月18日の山形県沖の地震(M6.7)

被害が発生するような長周期地震動階級3以上を観測している地震は約20年で31個。

東北地方太平洋沖地震の本震以降の本震当日の地震は除く。

長周期地震動への対応

自分の住む地域に長周期地震動に関する観測情報が
発表されたら・・・

階級 3 ～ 4 の場合は高層階で被害が
発生している恐れがあります！

- ☐ エレベーターの損傷有無の確認
- ☐ エレベーター内での閉じ込めの有無
- ☐ 水道等建物内ライフラインの確認
- ☐ 高層階での家具・什器の転倒等による
負傷者の有無の確認

など

本日の内容

- 気象庁の地震に関する情報
- 地震の揺れと長周期地震動
- 長周期地震動に関する観測情報
- 長周期地震動の予測情報



長周期地震動に関する予測情報

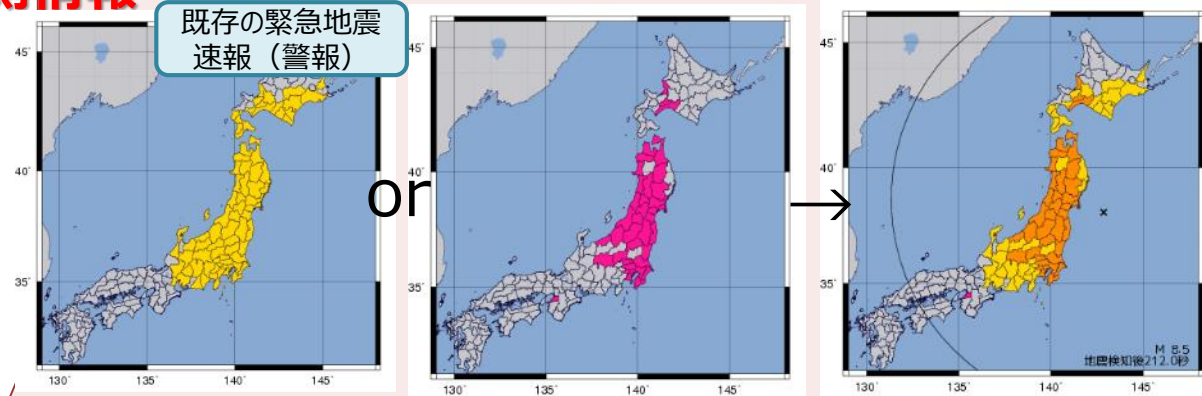
①警戒・注意を呼びかける予測情報

- 安全な場所で揺れに備えるという行動は長周期地震動でも緊急地震速報と同じ
- 発表基準は、被害の発生の可能性がある長周期地震動階級3以上の場合とすべき



- 広く国民に警戒・注意を呼びかける予測情報は気象庁が発表する必要
- 現行の緊急地震速報（警報）を発表する基準に長周期地震動階級の予測値を追加

【イメージ】平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の例



最大震度が5弱以上と予想された場合に震度4以上が予想される領域※

長周期地震動階級3以上が予想される領域

いずれかを満たす領域に警報を発表

・長周期地震動階級3以上が予測される場合にも 緊急地震速報（警報）を発表

※既存の緊急地震速報（警報）の発表範囲はPLUM法導入後のシミュレーション結果であり、当日発表された範囲とは異なります。

②多様なニーズに対応する予測情報

- 高層ビル等在館者への情報提供、高所作業の安全確保、エレベーター等の機器制御など多様なニーズがある。
- 予報事業者等は、気象庁から提供する予報資料を基に予測情報を作成



- 個々の高層ビル等の多様なニーズに対応する予測情報は民間の役割が重要
- 多様なニーズに対応する予測情報検討ワーキンググループを設置し、活用方法、予測技術、利活用にあたっての留意事項などについて検討・検証

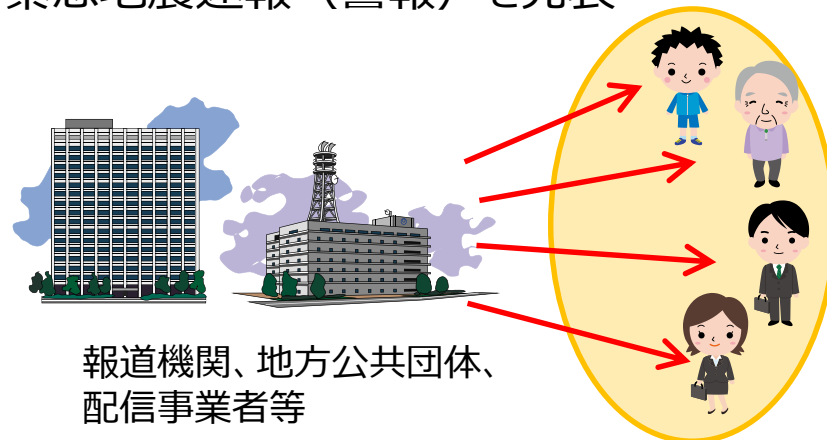
有識者による「長周期地震動に関する情報検討会」検討結果

「長周期地震動に関する情報のあり方について」（平成29年3月21日）より

http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/tyoshuki_joho_kentakai/hokoku28/tyoshukijoho_hokoku_h28.html

長周期地震動に関する予測情報のあり方の概念図

長周期地震動階級3以上が予想される場合にも
緊急地震速報（警報）を発表



個々の高層ビル等の多様なニーズに対応する
予測情報が必要

長周期地震動の予報等
(震源情報・揺れの予想)

予報事業者等

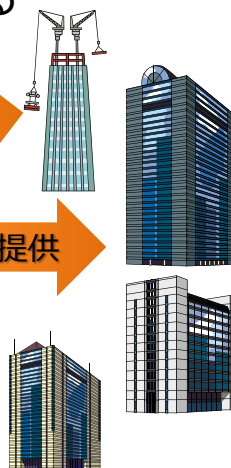


建物の高さ、構造、
地盤のデータ等

高所作業者への情報提供

ビルの在館者に対する情報提供

様々な情報提供



気象庁の採用する予測手法（予測式）

●気象庁が採用する長周期地震動の予測手法（距離減衰式）

- ・緊急地震速報で推定された震源、マグニチュードを用いて、距離減衰式（地震が発生した場所から遠くなればなるほど、地震の揺れが弱くなる現象を利用）から即時的に予測地点の揺れを予測。
- ・有識者による検討会での議論により、気象庁が長周期地震動階級を予測する際には、Dhakal et al.(2015)による絶対速度応答スペクトル※を計算する手法を採用。

※長周期地震動階級は、長周期地震動による行動の困難さなどの状況を区分しやすい観測値が最大床応答であるため、絶対速度応答スペクトルを用いて算出。

補正係数は、以下のどちらかを用いる
①観測記録から統計的に得られる補正係数
②地盤情報から推定される補正係数

$$\log_{10} \text{絶対速度応答値} = \underbrace{c(T)}_{\text{定数}c} + \underbrace{a(T)}_{\text{係数}a} \underbrace{M_j}_{\text{マグニチュード}} - \log_{10} \underbrace{R}_{\text{震源距離}} - \underbrace{b(T)}_{\text{係数}b} + \underbrace{\text{siteFactor}(T)}_{\text{予測点毎の補正係数}}$$

(T) は周期毎であることを示す

・周期は1.6～7.8秒。減衰定数は5%。

震源・マグニチュードが求めればすぐに計算可能

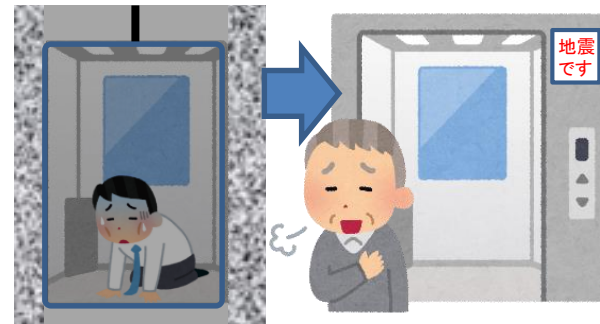
あらかじめ、予測地点の値を求めておける

※ Dhakal, Y. P., W. Suzuki, T. Kunugi, and S. Aoi (2015), Ground Motion Prediction Equations for Absolute Velocity Response Spectra(1-10s) in Japan for Earthquake Early Warning, 日本地震工学会論文集, 15巻, 91-111ページ。

緊急地震速報の震度の予測と同様、瞬時に計算可能！！

予測情報の利活用例

	カテゴリ1 (気象庁の予報・警報)	カテゴリ2 (民間事業者の 予測情報)	カテゴリ3 (観測データを利用した 予測情報等)	留意点等
ビル等の 在館者への 周知	○館内アナウンス (身の安全の確保、不 安感の低減・混乱回避) ○防災センター・施設管 理者の受信 (対応準備・時間があ れば避難誘導・管理者 の高層階配置) ○エレベーター停止の 予告	○基本はカテゴリ1と同 じであるが、より信頼 度の高い注意喚起 (階によって注意喚起 内容を変える。館内放 送やデジタルサイネー ジ等で予想される長 周期地震動階級や到 達時刻を周知)	○カテゴリ1・2と同様 であるが、より信頼 度の高い注意喚起 (揺れがまだ続くのか 、収束してきているの か。実際の被害状況 を速やかに把握)	○カテゴリ1は、従来 の緊急地震速報と同 様の使い方。 ○カテゴリ2は、建 物・位置毎に情報を 提供し、具体的な行 動判断に活用。
ビル周囲の 通行者・利 用者への周 知	○落下物からの避難	○落下物からの避難 ○免震機能の動作へ の注意呼びかけ	○カテゴリ2と同じ	○カテゴリ1は、緊 急地震速報と同じく 安全確保が主眼。 ○高層ビルや免震 ビルの周囲では長 周期地震動の揺れ による落下物や建 物自体の移動など への注意呼びかけ に活用。
ビル内の 設備・機器 等の制御	○エレベーターの制 御(利用者の安全確 保、損傷・閉じ込め 防止) ○漏電防止・ガス栓 遮断 ○キャスター付き医 療器具の固定	○基本はカテゴリ1と 同様であるが、個 別のビル・機器に 即した制御が可能 (個々のエレベーター の制御、病院の扉 の制御等)	○カテゴリ1・2と同 様であるが、より 正確な制御が可能 (建物のモニタリン グに基づくエレベ ーターの停止解除 等)	○カテゴリ1は、個 別のエレベーター 管理に用いるには 的確さに不安。 ○該当ビルに影 響を与える周期 成分の情報が必 要
ビル等の 被災診断	—	○大まかな被害の推 定(災害対応の準備 、点検等の判断)	○詳細な被害の推 定(部材等の損傷推 定、点検優先順位 ・避難誘導等の判 断、復旧計画)	○カテゴリ2では、 応答スペクトルが 提供されれば、建 物の応答が推定可 能。 ○カテゴリ3は、 提供が遅くなる が、カテゴリ2の 修正など他の予 測情報との併用 を期待。周辺地 点の観測を使う 方法は、地震計 を設置していない 建物には有効。
ビル以外 の利用	○タワー・高所作 業者等の安全確 保	○基本はカテゴリ1 と同じであるが、 より信頼度の高い 利用が可能	○カテゴリ1・2と 同様であるが、 より信頼度の高い 利用が可能	○長大橋等での交 通管理や大型タン ク、貯水池等のス ロッシング発生の 予測・監視などに 活用も可能性がある



エレベーター制御による閉じ込め防止



免震構造、キャスター付き什器の多い場所(病院など)での適切な対応行動



防災センター・施設管理者の対応(誘導員の配置など)

「長周期地震動に関する情報検討会 多様なニーズに対応する予測情報検討ワーキンググループ 平成30年度報告書」
(https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/tyoshuki_joho_kentokai/hokoku_wg/hokoku_wg.html)より

長周期地震動の予測情報を受けた適切な退避行動や、エレベーター・自動搬送システム・キャスター付き医療器具・クレーン等機器の制御等を実施することにより人命損失・経済的損失を軽減が期待される。

南海トラフ地震時のエレベータ閉じ込め者数(内閣府想定)

			地震動ケース	
			基本ケース	陸側ケース
エレベータ閉じ込め者数 (人)	8 時	事務所	約 5,900	約 6,600
		住宅	約 2,100	約 2,300
	12 時	事務所	約 16,400	約 18,400
		住宅	約 100	約 100
	18 時	事務所	約 8,200	約 9,100
		住宅	約 1,300	約 1,500
閉じ込めにつながり得る エレベータ停止建物棟数 (棟)	事務所		約 8,300	約 9,100
	住宅		約 9,100	約 10,200
	合計		約 17,500	約 19,200
閉じ込めにつながり得る エレベータ停止台数 (台)	事務所		約 24,300	約 26,800
	住宅		約 9,800	約 11,000
	合計		約 34,100	約 37,800

例えば、平成30年6月18日に発生した大阪府北部を震源とする地震では、**346台**で閉じ込め発生。
この際の救出時間は**最大320分**

国土交通省資料より

内閣府「南海トラフ巨大地震の被害想定について(施設等の被害)」(令和元年6月)より

長周期地震動予測情報の活用シミュレーション (大阪市此花区:2011年東北地方太平洋期地震の場合)

緊急地震速報(予報)の報数	時間	経過時間	緯度	経度	深さ	M	大阪市此花区での長周期予測
4	20110311144653	13	38.1	142.9	10	7	1未満
5	20110311144658	18	38.1	142.9	10	7.4	1
14	20110311144719	39	38.1	142.9	10	7.8	2
21	20110311144730	50	38.1	142.9	10	8.3	3

14:46:18 地震発生

14:47:30 緊急地震速報第21報(M8.3)

→ 長周期地震動階級3の予想

14:47:59 P波到達

14:49:17 S波到達 震度1 長周期地震動階級1未満相当

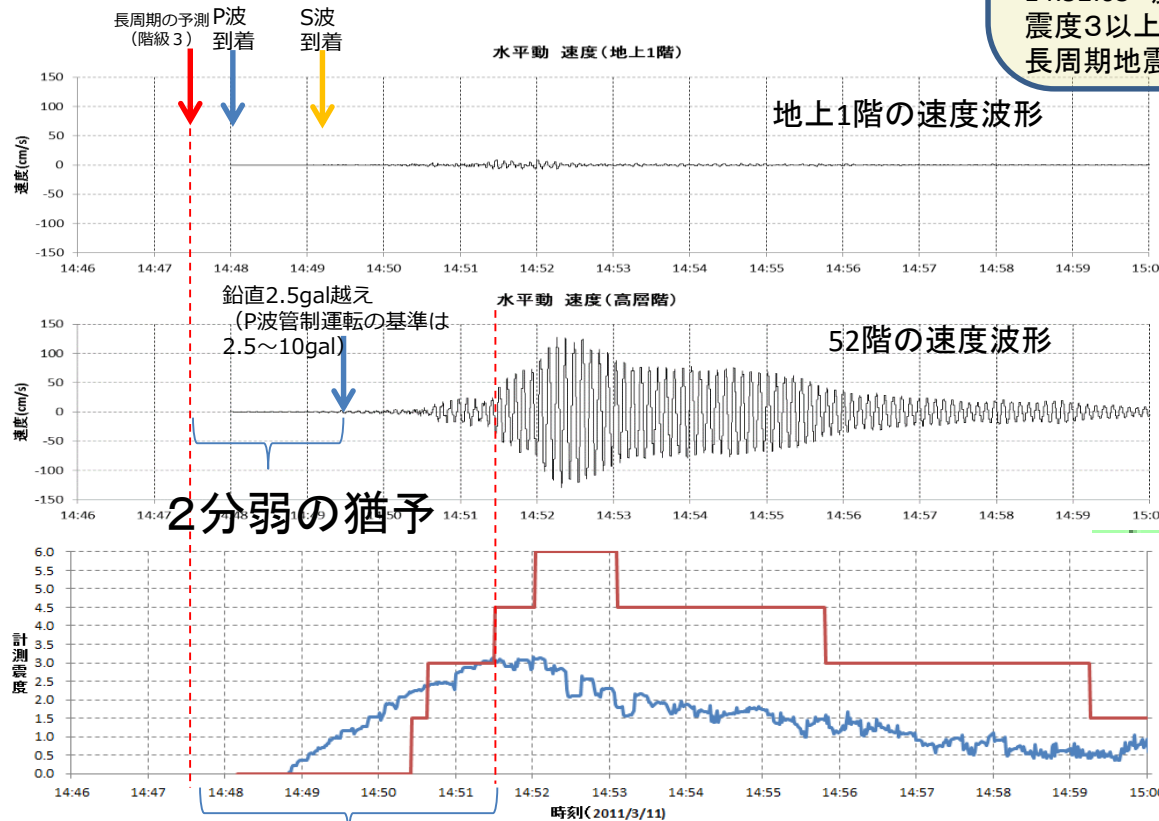
14:49:22 鉛直2.5gal越え(2.5gal:エレベーターのP波センサーの管制基準の下限)
※ 52階に設置された地震計データによる。

14:51:00 震度3 長周期地震動階級2相当

14:52:03 震度3 長周期地震動階級4相当

震度3以上の継続時間2分弱

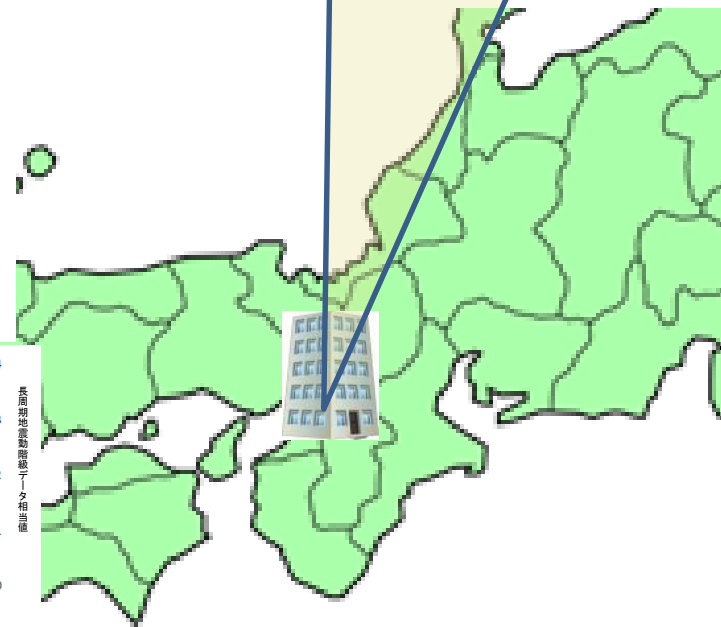
長周期地震動階級3相当以上の継続時間約4分



約4分の猶予

青線:10秒ごとの計測震度

赤線:長周期地震動階級データ相当値



(予測ポイントはKiK-net此花)

長周期地震動予測情報の実証実験

WGで整理した予測情報の社会実装に向け、
今後さらに具体的な検討・検証を進めるための**実証実験の拡大・継続**

実証実験



気象庁

緊急地震速報
(震源データ)



防災科研



民間事業者

予測情報の提供者※1

長周期地震動
予測情報



予測情報の利用者※2

※1 予測情報の提供者

- 防災科学技術研究所
- 緊急地震速報
予報業務許可事業者ほか

※2 予測情報の利用者

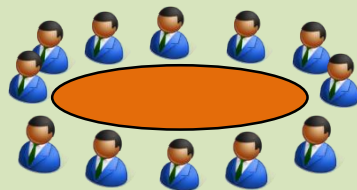
- 予測情報提供者が募集する
- 民間事業者
 - 大学
 - 個人
- などを想定

普及啓発・
リテラシー醸成
について協力

実験への
参加

優良事例の
共有

予測情報の提供者および利用者のコミュニティ

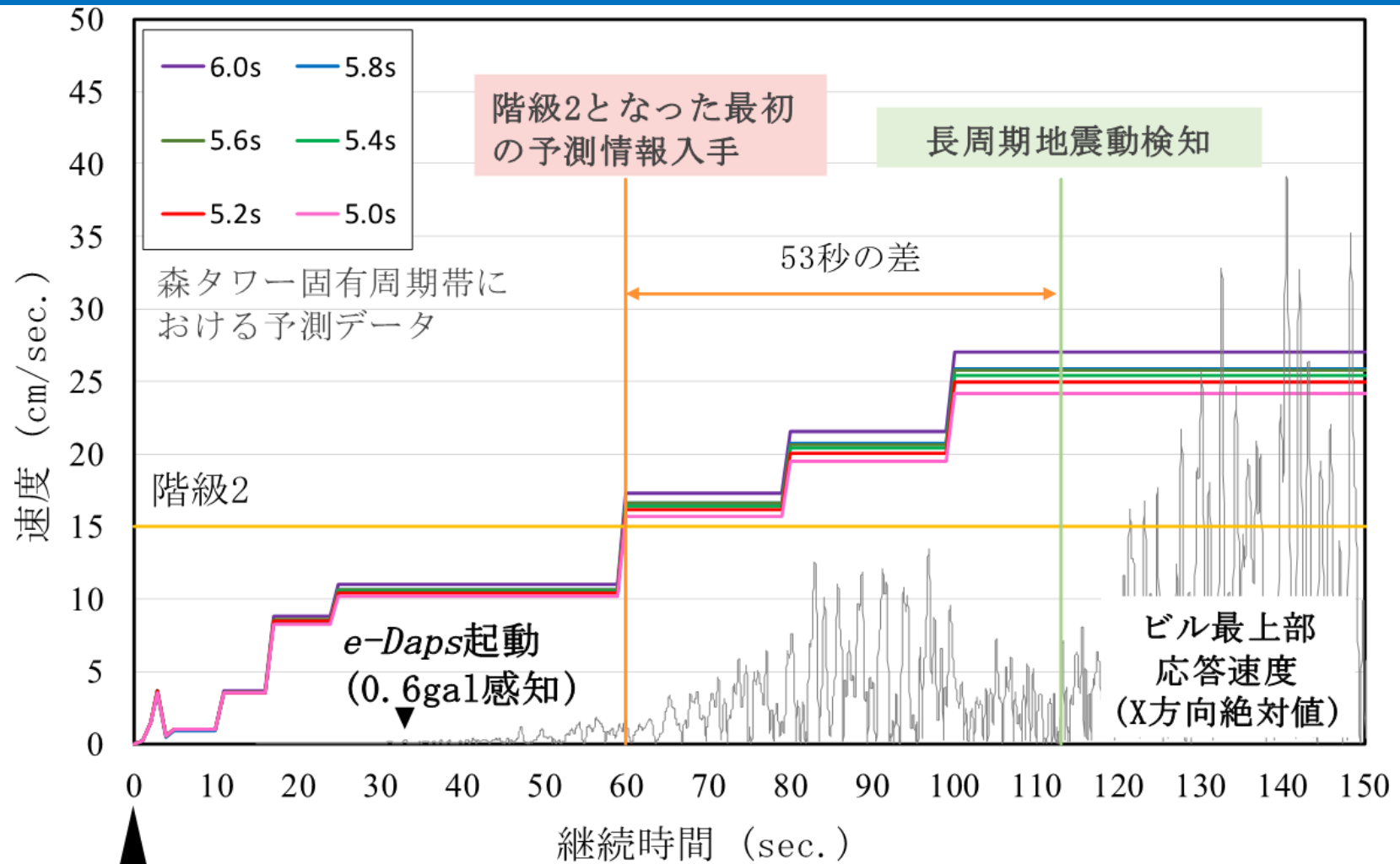


- ✓ 配信事業者となつていただくことを見据えた
ビジネスモデルの検討
- ✓ ユーザー拡大への普及啓発とリテラシー醸成
- ✓ 成功事例の共有と事業拡大の検討

予測情報の提供を継続的に実施できる事業者がエンドユーザーまで情報伝達する形の実証実験を行う。

実験を通じ、事業化のため提供する情報の普及・定着を意識した更なるニーズや課題の掘り起こしや有効活用事例の蓄積を図る。

実証実験における検証例



14:46:45 (地震発生から 27 秒後、その後予測情報の第 1 報入手)

「長周期地震動に関する情報検討会 多様なニーズに対応する予測情報検討ワーキンググループ 平成30年度報告書」
(https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/tyoshuki_joho_kentakai/hokoku_wg/hokoku_wg.html) より

森ビル株式会社様の六本木ヒルズ森タワーでの東北地方太平洋沖地震での検証例
長周期地震動階級2の予測情報を森ビル様独自の被災度推測システム(*e-Daps*)の
長周期地震動検知より約50秒早く入手

長周期地震動へのそなえ

○大地震の発生その時、高層階での対応は？

- ・頭部を保護する。
(ヘルメット等があれば、なお良し)



- ・足や手を伸ばすことで体を固定できる場所※で体勢を低くし、揺れにより飛ばされないようにする。

※廊下や部屋の出入り口など



○事前の備えは？

- ・家具類が倒れたり移動したりする場合にそなえて、家具類等の固定をしておく！ 配置にも注意！

【宣伝】（実証実験）長周期地震動モニタ

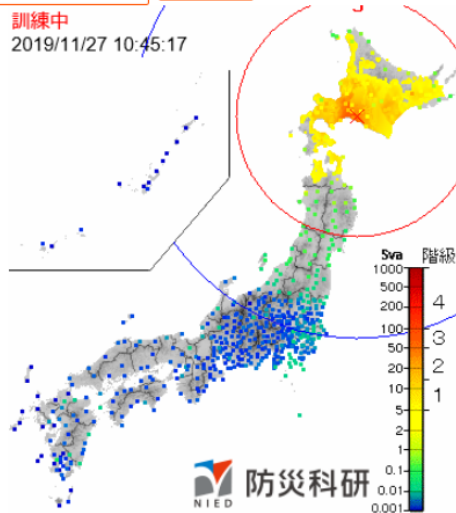
長周期地震動モニタ 2019 訓練モード

ヘルプ

推定震度と予測円の計算には緊急地震速報を用いております。

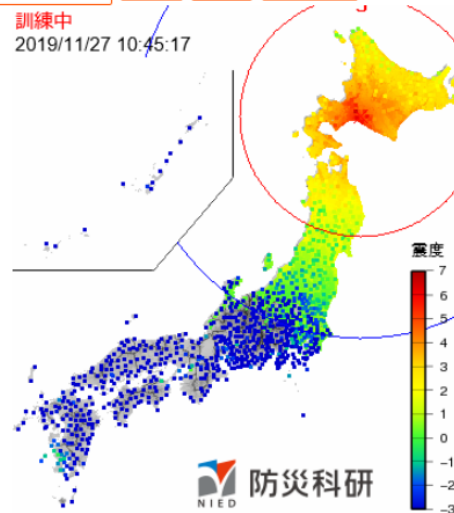
長周期地震動モニタ

長周期地震動階級 ▼ 予測表示



強震モニタ

リアルタイム震度 ▼ 地表 地中 予測表示



タイムスライダー

1分7秒前

▶再生 |||停止 ▶▶最新時刻

2019/11/27 10:45:15 第24報 胆振地方中東部
M7.0 深さ30km 最大予測震度7 警報

最大予測階級 4 胆振地方中東部
自宅:- 職場:-

訓練データ再生開始時刻
2019/11/27 10:43:31(再生中)

募集開始 : 令和元年11月12日(火)午後2時

実験期間 : 令和元年11月12日～令和2年3月31日

参加募集人数: 登録完了順に先着3,000名

参加費 : **無料** (ただし、配信データを受信するためのインターネット接続等の費用は、参加者の負担)

申し込みはこちら→ <https://www.lmoniexp.bosai.go.jp/>