

# PUSH型情報の発表に用いる 解析手法、発表基準、情報内容

## PUSH型情報の対象と目標とする行動

「長周期地震動に関する情報」の対象

: 主に高層ビルに関係する人

(住んでor働いてはいるが地震発生時には別の場所にいた人、問い合わせ等の対応を受ける人、を含む)

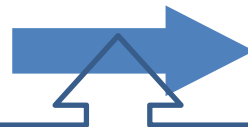
### 【現状】

- ・何故大きく揺れたのかが分からず不安・不審
- ・高層階の揺れを認知できず慌てて対応



### 【原因】

震度では揺れの大きさが分からない



### 【目標】

地震時に落ち着いて、かつ、的確に行動・対応



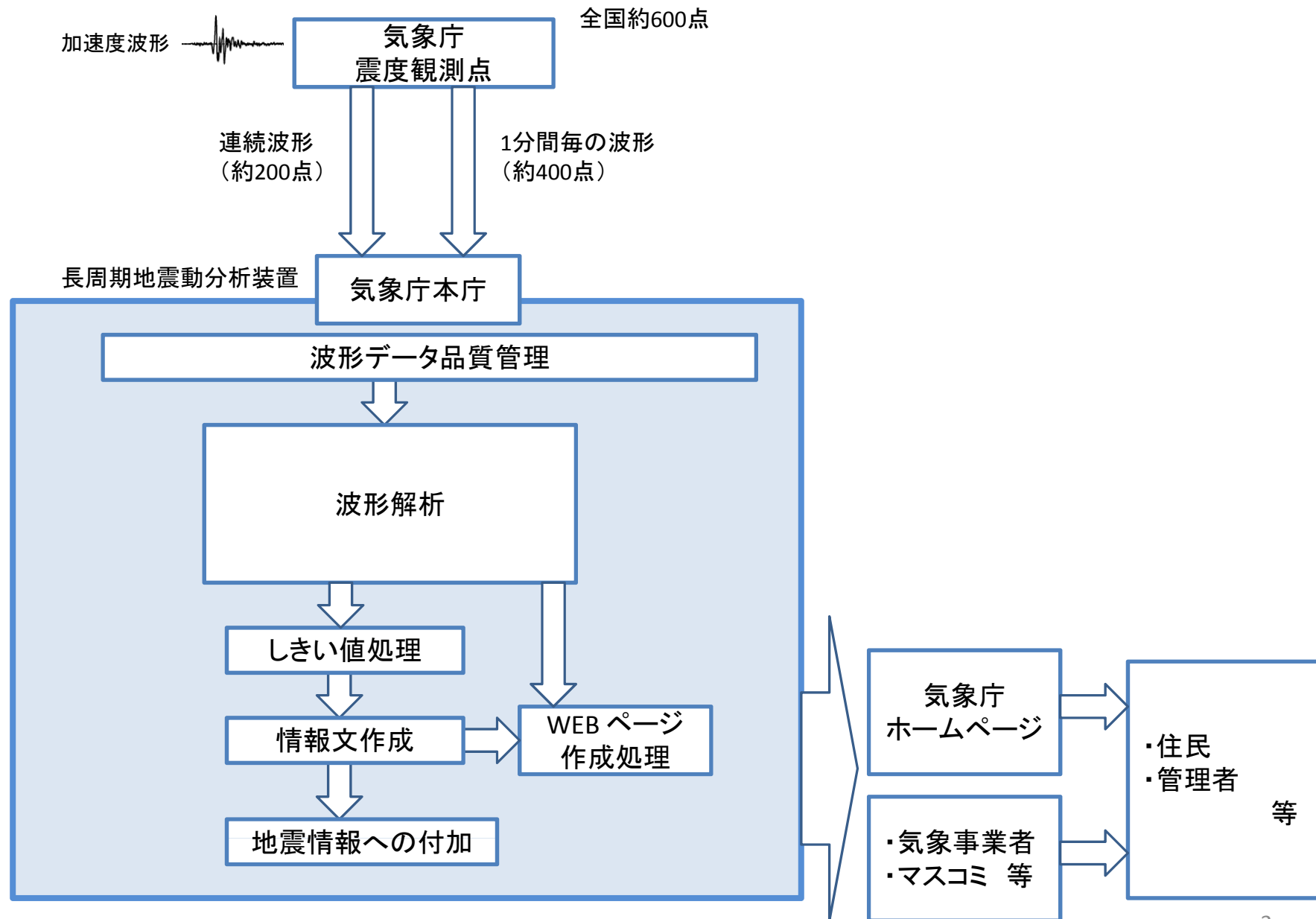
### 【原因の解消】

長周期地震動による揺れと認識

## 【長周期地震動に関する情報(PUSH型)】の発表

「高層ビルを揺らす長周期地震動が観測されている」ことを迅速にお知らせする。

# 長周期地震動に関する情報の作成・発表の流れ



## 指標に関する昨年度の検討結果

長周期地震動の評価に有効とされる解析手法	内容	計算時間	メリット	課題
地動最大速度、最大変位	震度が用いている加速度に比べ長周期地震動によって大きくなる。長周期建造物の設計等には最大速度が用いられ、また、周期2秒以上の建物の応答には変位が相関が良い、との研究結果がある。	数分以内 (震央と観測点の位置によって異なる)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・波形を迅速に入手できれば、計算時間が短い。</li> <li>・構造計算等の過去の実績が多く、指標等の作成時に調査がしやすい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・震源域近傍でも大きくなるため、指標だけでは長周期地震動のみの影響を取り出せない。</li> <li>・波形がないと過去の地震による評価がしにくい。</li> <li>・従来、高層ビルの構造への影響等については評価されてきたが、新たに高層ビル内の体感やビル内の被害等との関係について検討する必要がある。</li> <li>・継続時間は評価できない</li> </ul>
長周期成分を考慮した組み合わせ震度、長周期地震動を考慮した震度指標	速度や変位、また震度フィルターを長周期側まで伸ばしたものをを用い、計測震度と同様の数値を得る。長周期地震動が大きい場合、計測震度に比べ大きな値が算出される。	数分～十数分以内	<ul style="list-style-type: none"> <li>・絶対値で表現できるので、指標等への利用がしやすい。</li> <li>・震度との差が分かりやすい。</li> <li>・最大値を取る時間を延ばすと、継続時間を考慮可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・震源域近傍でも大きくなるため、指標だけでは長周期地震動のみの影響を取り出せない。</li> <li>・波形がないと過去の地震による評価がしにくい。</li> <li>・新たな「震度」を用いることで、従来の震度との混乱が生じるおそれがある。</li> <li>・高層ビル内の体感やビル内の被害等との関係について検討する必要がある。</li> </ul>
1自由度系の応答スペクトル	地震動の周期毎の強さをスペクトルとして表す。	数分	<ul style="list-style-type: none"> <li>・対象とする周期帯での地震動の大きさを評価しやすい。</li> <li>・構造計算等の過去の実績が多く、指標等の作成時に調査がしやすい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スペクトルを情報化することは、情報内容が複雑かつ膨大となり、そのままでは難しい。</li> <li>・波形がないと過去の地震による評価がしにくい。</li> <li>・スペクトル強度と高層ビル内の体感やビル内の被害等との関係について検討する必要がある。</li> <li>・継続時間は評価できない</li> </ul>

「長周期地震動に関する情報のあり方報告書」より

## PUSH型情報の発表に用いる指標の考え方(案)

建物の揺れを出来るだけ合理的に表現しようとする、応答スペクトルであるが、

<課題1> 情報内容が複雑かつ膨大となり、一般の方には理解できないのではないか  
→ 基準値を設けて単純化して発表することで、理解しやすい情報へ変換可能

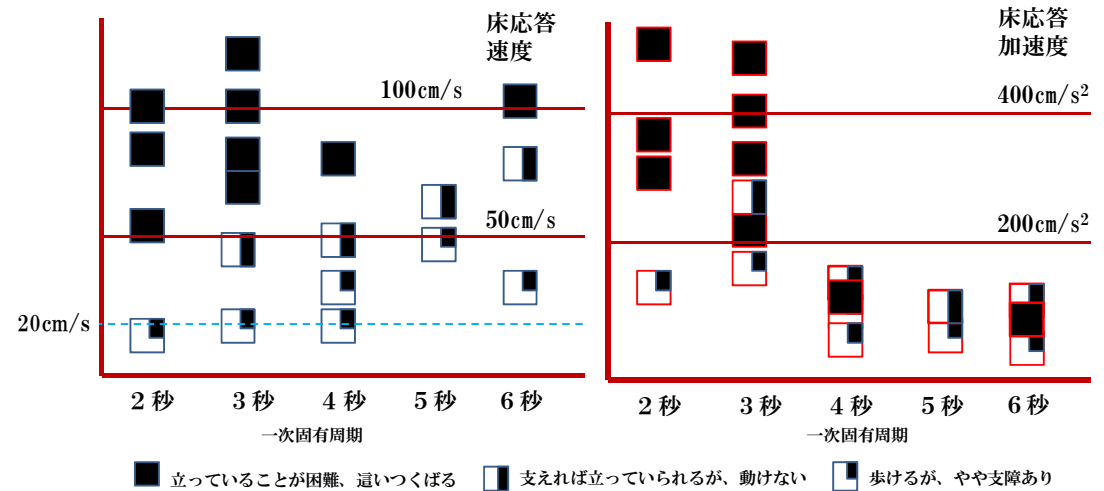
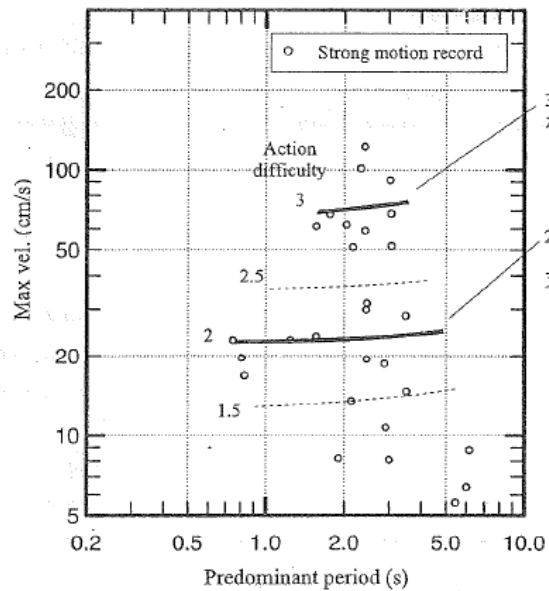
<課題2> 計算時間が長いのではないか

→ 2000年から2011年にかけて発生したマグニチュード7または震度6弱以上を観測した47地震、のべ約38,000点のデータを処理した結果、計算時間で他の指標に優位性はなかった。

また、他の指標と応答スペクトルとの相関を調査した結果、相関係数は最も良い周期帯でも0.9程度であった(参考資料1)。

以上のことから、長周期地震動に関する情報の発表に用いる指標は、応答スペクトルが適当であると考えられる。

# 高層ビル内での人の行動の困難さ等に関する調査結果



肥田・永野(2012)では、高層ビルにおけるアンケート調査と各階での実測された揺れの大きさから、概ね20cm/sを超えると歩いたり動いたりすることにやや支障があり、60cm/sを超えると立っていることが出来なかった、としている。

気象庁が高層のオフィスビルで行った聞き取り調査では、対象階で観測された最大加速度よりも最大速度の方が、揺れによる人の行動の困難さなどを分離しやすいことが分かった。

歩けるがやや支障があった、という証言は概ね、20cm/s以上となると生じ始めることが分かった。また、概ね50cm/sを超えると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、といった証言が得られた。

- ・アンケート調査等の結果から、揺れによる人の行動の難しさは速度の大きさに依存していると考えられる。
- ・対象周期範囲では概ね20cm/s以上を超えると、ふらつくなど、歩行等にやや支障が生じ始め、50cm/s程度を越えると立っていることが難しくなるという結果が得られており、行動の難しさからは複数の段階に分けることが出来る、と考えられる。

# 高層ビル内での家具・什器等の転倒、移動に関する調査結果

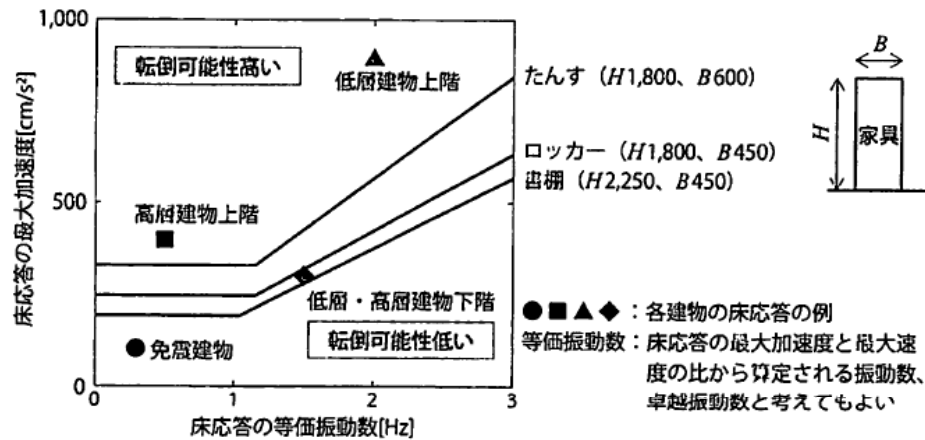


図9 各家具の転倒限界（直線を上回る加速度で、家具の転倒可能性が高い）  
たんすとロッカーは、低層・高層建物の下階では転倒可能性が低い、上階では高い。免震建物ではスレンダーな書棚でも転倒可能性は低い

日本建築家協会・耐震総合安全機構(2012)では、床応答の等価振動数と最大加速度によって家具等の転倒限界が示されている。本図から、最も低い加速度で転倒が生じる書棚の転倒限界に対する床応答の最大速度の最小値は26cm/s(等価卓越振動数1.5Hz)となることが導かれる。(床応答の等価振動数=床応答の最大加速度/(2π×床応答の最大速度))

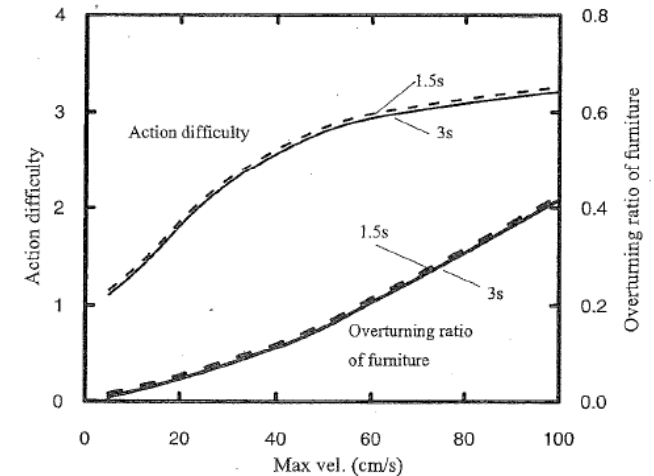
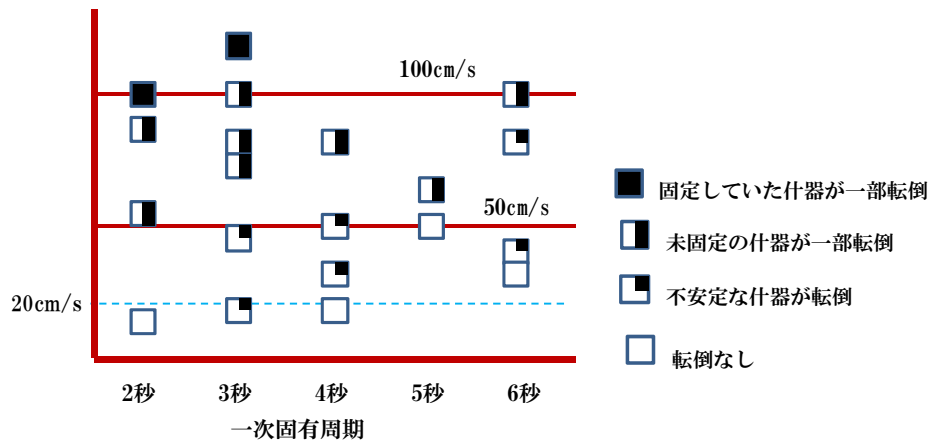


図10 最大速度と行動難度および家具の転倒率の関係

肥田・永野(2012)では、床応答速度と家具の転倒の関係について、概ね20cm/s程度から生じ始める、としている。



気象庁が高層のオフィスビルで行った聞き取り調査では、対象階で観測された最大速度が20cm/sを超えると、不安定な什器等の転倒が生じ始めるということが分かった

・アンケート調査等の結果から、各階で観測された速度が大きくなる程、什器等の転倒・移動が増えるという結果が得られた。  
・日本建築家協会・耐震総合安全機構(2012)の結果から、什器等のタイプによって転倒・移動が生じる速度の大きさが異なることから、家具・什器等の転倒移動についても複数の段階に分けることが出来ると考えられる

# PUSH型情報に用いる1自由度系の応答スペクトルの減衰定数(案)

【高層ビルにおける設計時の減衰定数と実測値】

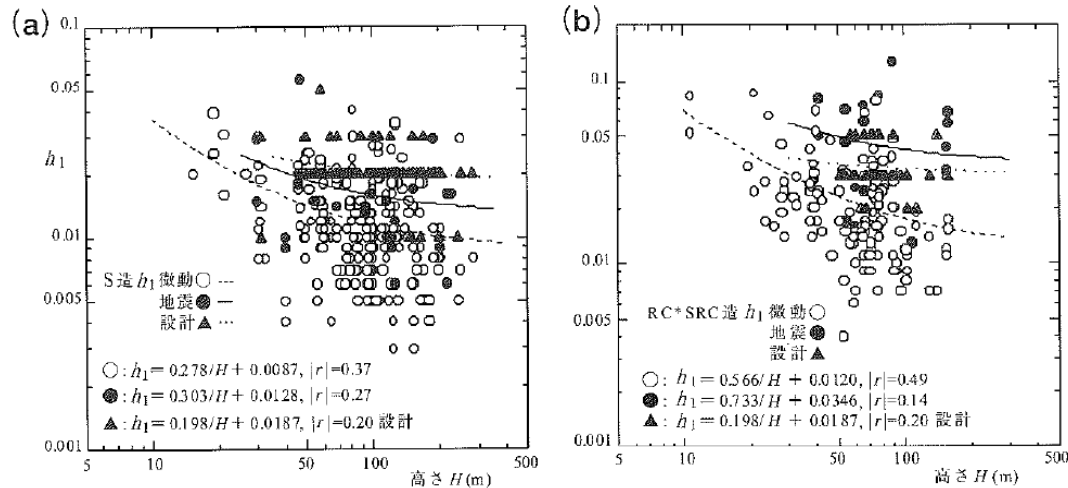


図 8.14 実験観測と設計による1次の減衰定数  $h_1^{8.14)}$

(a) S造

(b) RC・SRC造

太田・座間(2005)より

超高層ビルでは鉄筋コンクリート造でも減衰の小さいものもあることを考慮すると、長周期地震動に関する情報の発表に用いるべき減衰定数は2%が適当と評価

- ・設計時、鉄骨造では1~3%、鉄筋コンクリート造では、2~5%が用いられている。
- ・微動で観測された減衰定数は幅広いが、地震時には、鉄骨造では概ね1~2%、鉄筋コンクリート造では概ね3~5%となっている。



## PUSH型情報の発表基準に関する考え方(案)

### 【調査結果】

- ・建物内での観測結果などから、概ね20cm/sを超えると人の行動が難しくなったり、什器等の転倒・移動が生じ始める。
- ・人の行動の難しさや什器等の転倒・移動の状況は複数の段階に分けることが出来ると考えられる。

### 【PUSH型情報の要件】

- ・情報過多による混乱を与えないよう、簡潔な情報とする。
- ・地震発生後数分以内に発表できるよう、迅速な作成を行う。

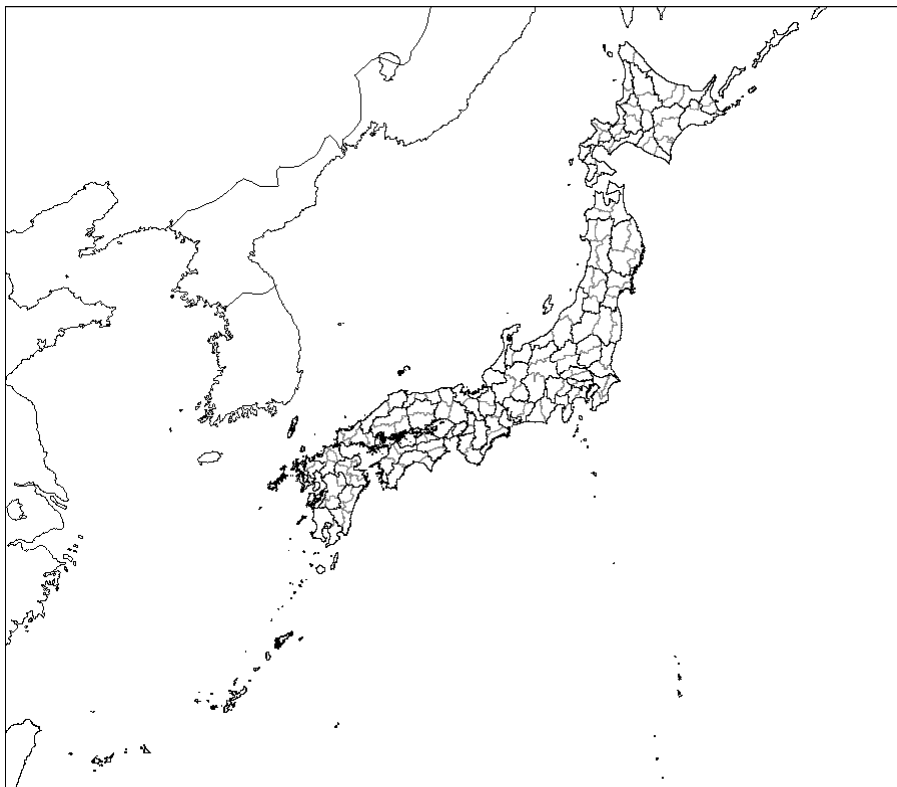
+



簡潔な情報で、「高層ビルを揺らす長周期地震動が観測されている」ことを迅速にお知らせするためには、歩行等に支障が生じ始め、また、家具・什器等の転倒・移動が生じ始める20cm/sを発表基準とし、複数の段階等は設けずに発表する。

# PUSH型情報の発表対象地域(案)

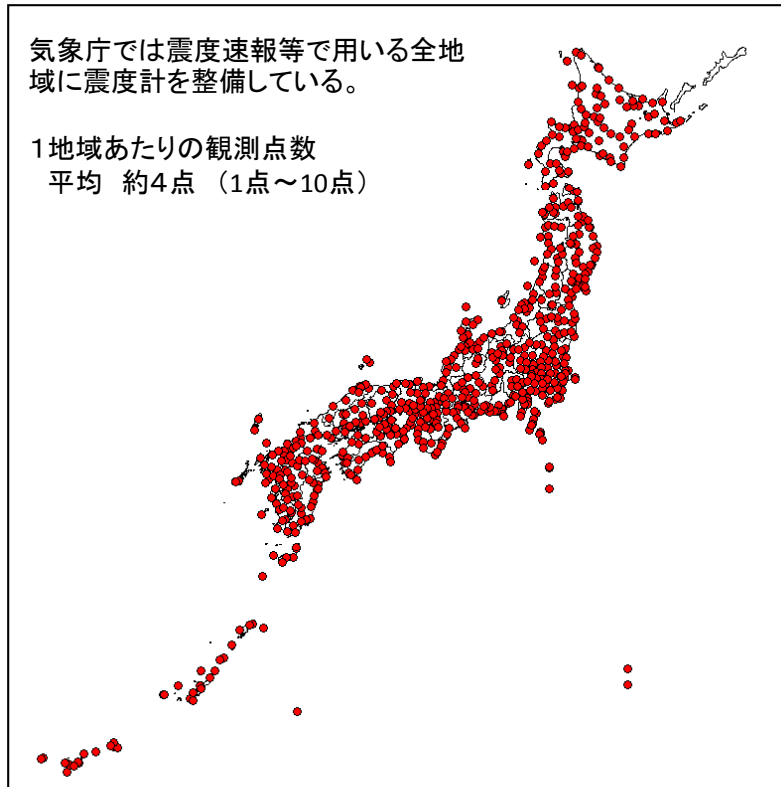
震度速報等で用いられている全国188地域



気象庁の震度観測点分布図

気象庁では震度速報等で用いる全地域に震度計を整備している。

1地域あたりの観測点数  
平均 約4点 (1点~10点)



## 発表対象地域の表現方法(案)

<地方単位>

東北 関東 中部

<都道府県単位>

宮城 福島 茨城 東京 新潟

<地域単位>

宮城県北部 宮城県中部 福島県中通り 茨城県南部 東京23区 多摩東部 新潟県中越

# PUSH型情報の発表方法(案)

【課題】スペクトルを情報化すると、情報内容が複雑かつ膨大となる可能性がある



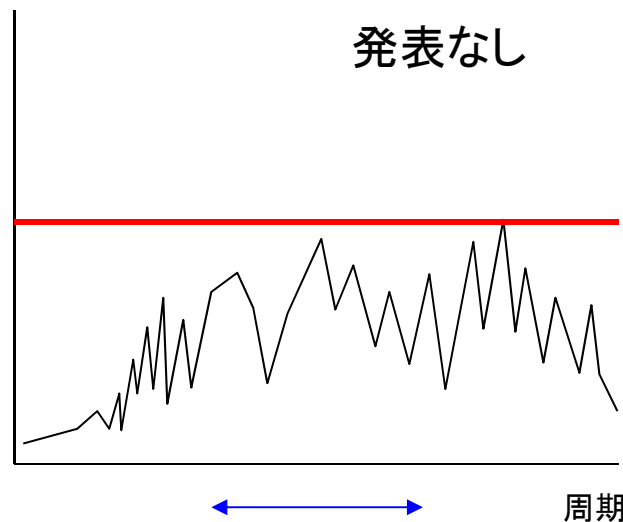
## 【考え方】

高層ビルのいずれかは、基準を超えて、人の行動が困難になるような揺れが生じている可能性がある、という場合に情報を発表する。

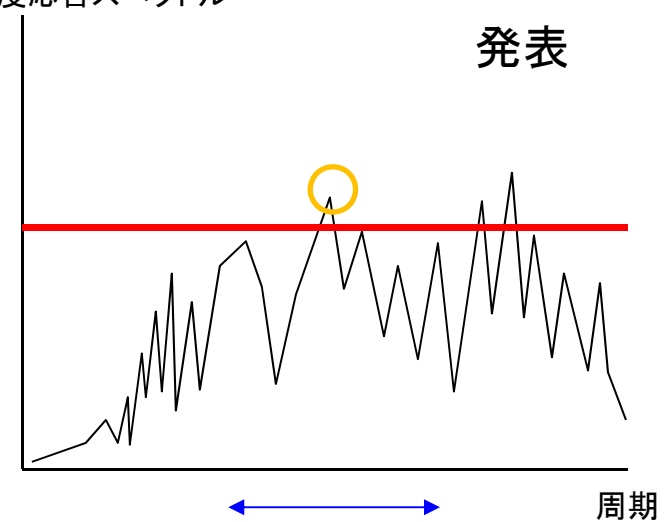
## 【発表方法案】

周期1.5秒から8秒において、0.1秒単位で絶対速度応答スペクトルを算出し、どの周期であっても基準(20cm/s)を超えているかどうかを評価し、情報を発表。

絶対速度応答スペクトル  
(cm/s)



絶対速度応答スペクトル  
(cm/s)



## PUSH型情報の作成・発表に関する検討案(案)

### 【指標】

周期1.5秒から8秒の範囲で0.1秒単位で1自由度系の絶対速度応答スペクトル(減衰定数2%)を用いる。

### ＜発表基準＞

長周期地震動による揺れで高層ビル内で歩行などに支障が出始めることを考慮し、速度応答スペクトルにおいて20cm/sを基準とし、複数の基準は設けない。

### 【発表対象地域】

全国188地域

### 【発表方法】

観測点において対象周期帯で1周期でも基準を超過した場合には、その観測点を含む地域を発表対象地域とする。

# 長周期地震動に関する情報の発表対象地域および発表時刻のシミュレーションについて

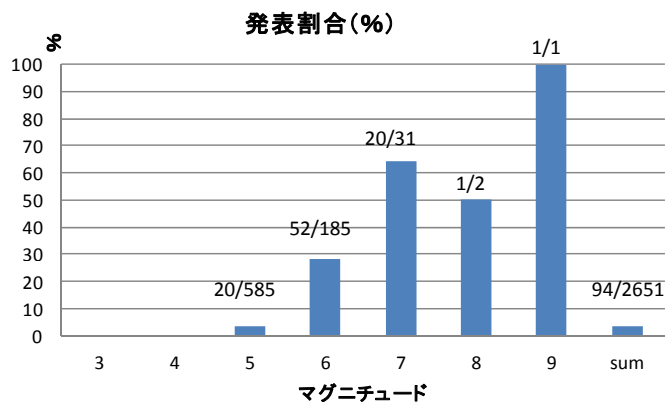
## ＜シミュレーションの内容＞

- ・気象庁が強震観測報告に記載した1996年～2011年までの2651地震で観測された気象庁観測点の強震波形約38,000データを用いてシミュレーションを実施。
- ・トリガー後5分程度で情報が発表出来るよう、波形の収集・解析時間も考慮し、最長3分間のデータを用いて絶対速度応答スペクトルを計算し、発表対象地域を抽出
- ・実際に発表した「震源・震度に関する情報」の第何報で発表出来るかについても評価

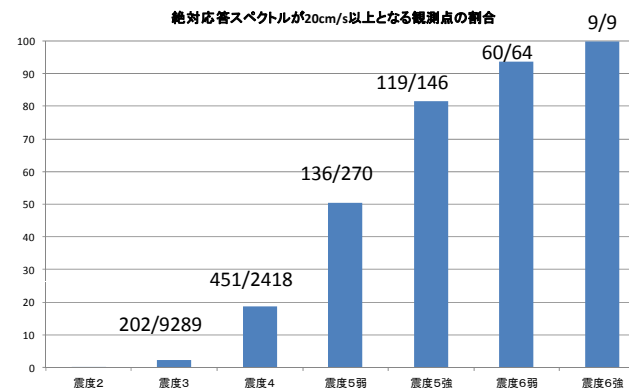
## ＜シミュレーションの結果＞

- ・全2651地震中、長周期地震動に関する情報の発表対象となった地震は94地震(約3%)、発表頻度は概ね年3～4回程度(2011年を除くと、概ね年2～3回程度)
- ・マグニチュード別に見ると、マグニチュード5程度から対象となる地震が出現し、マグニチュード7では約60%の地震が対象となる。
- ・観測点の震度別では、震度3から発表基準を超過する観測点が出現し、震度5弱では50%程度となり、震度6弱～6強ではほぼ全ての観測点が対象となる。
- ・過去の地震において、「歩くとふらつくなどの支障があった」以上の揺れが生じた地域は全て網羅することが出来る。
- ・地震波形の伝送等に支障がない場合は、概ね震源・震度に関する情報の第一報の発表時間に発表対象地域全てを発表することが可能

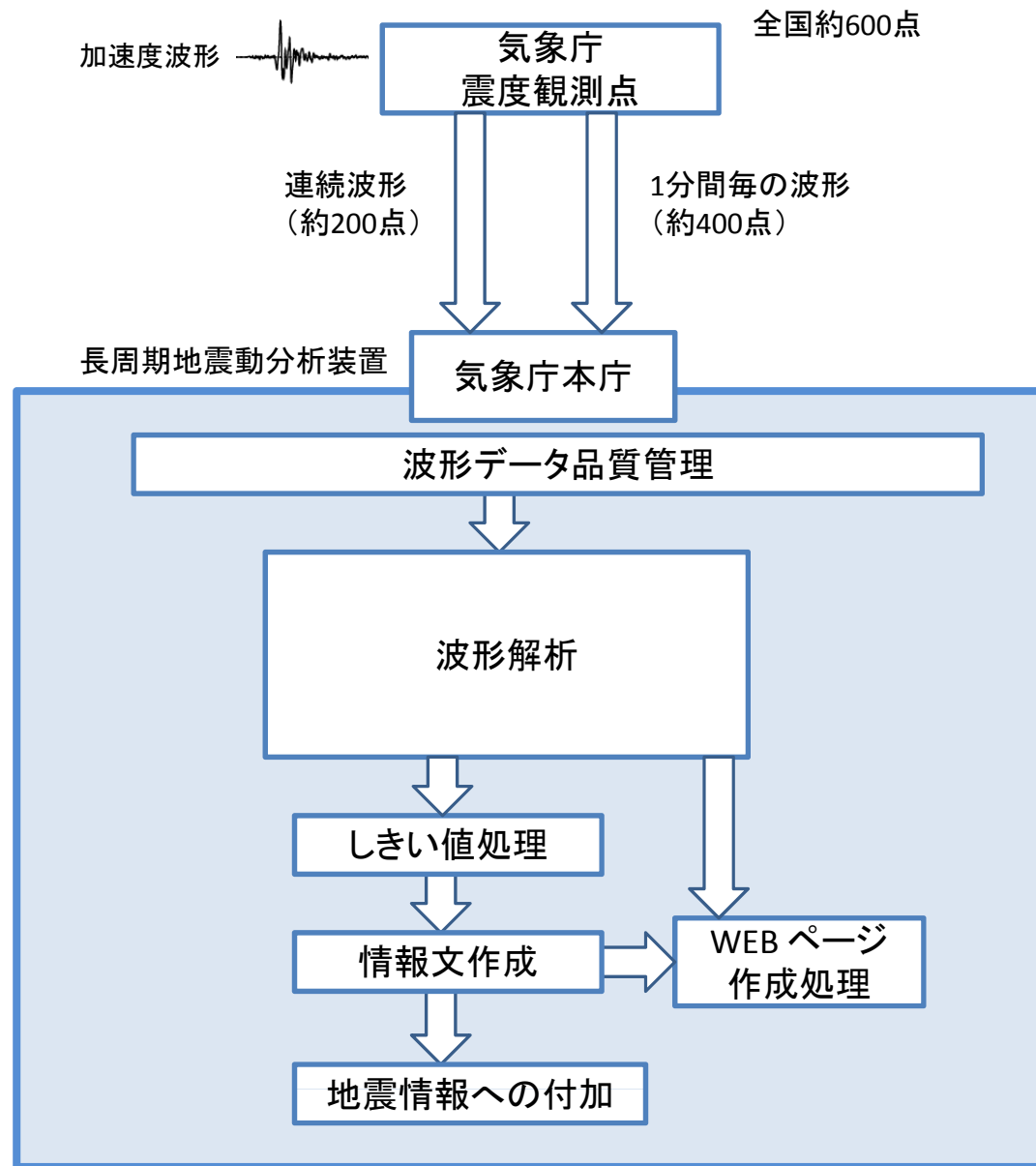
【マグニチュード別の発表割合】



【観測震度別の基準超過の割合】



# PUSH情報の電文および伝達イメージ



## PUSH型情報(地震情報電文等)

**震源・震度に関する情報 XML電文**

**VXSE63**

(※) 震源震度に関する情報において、親要素Bodyにおける子要素Textに長周期地震動に関する情報を追加する。

(利点) 既存XMLスキーマの変更がない、(欠点) 長周期地震動に関する情報を親要素Bodyの子要素Textにおいて発表することをユーザーにお知らせする必要があります。

長周期サーバで作成した内部電文

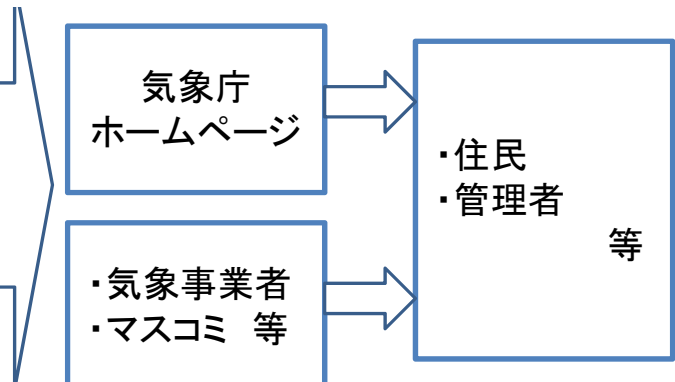
電文ヘッダーVXSE??形式として電文送信

※長周期地震動に関する情報  
長周期地震動により高層ビルで大きなゆれ(長周期)が発生していると見られる地域は以下のとおりです。  
東京23区 東京都多摩東部 神奈川県東部 .....  
埼玉県南部 .....

```
<?xml version='1.0' encoding='UTF-8'?>
<Report xmlns='http://xml.kishou.go.jp/jaxml/' xmlns:jax='http://xml.kishou.go.jp/jaxml/'>
  <Content>
    <Title>震源・震度に関する情報</Title>
    <Date>2012-04-25T12:25:52</DateTime>
    <Start>発表</Start>
    <StatusID><StatusID>=発表済</StatusID>
    <PublishingOffice>気象庁</PublishingOffice>
  </Content>
  <Head xmlns='http://xml.kishou.go.jp/jaxml/InformationBasis/'>
    <Title>震源・震度に関する情報</Title>
    <ReportDate>2012-04-25T12:25:52</ReportDateTime>
    <ReportDateTime>2012-04-25T12:25:52</ReportDateTime>
    <EventID>201204251225</EventID>
    <InfoType>地震</InfoType>
    <InfoKind>震源情報</InfoKind>
    <InfoRevision>1.0.0</InfoRevision>
    <Headline>
      <Text>5月24日2時21分ころ、地震がありました。</Text>
    </Headline>
    <Body xmlns='http://xml.kishou.go.jp/jaxml/body/telemetry/'>
      <Text>震源: 震源情報</Text>
      <OutputTime>2012-04-25T12:25:52</OutputTime>
      <ApplTime>2012-04-25T12:25:52</ApplTime>
      < hypocenter>
        <Name>震源</Name>
        <Code type='M' description='M3.1'>M3.1</Code>
        <MaxLen>1</MaxLen>
        <Pref>
          <Name>東京都</Name>
          <Code>12</Code>
          <MaxLen>1</MaxLen>
          <Area>
            <Name>東京都東部</Name>
            <Code>140</Code>
            <MaxLen>1</MaxLen>
            <Name>中央区</Name>
            <Code>110000</Code>
            <MaxLen>1</MaxLen>
            <Name>千代田区</Name>
            <Code>110020</Code>
            <MaxLen>1</Code>
          </Area>
        </Pref>
      </hypocenter>
      <Observation>
        <Comment>
          <Text>震源に関する追加情報</Text>
          <Text>この地震による津波の心配はありません。</Text>
          <Code>0215</Code>
          </ForecastComment>
          <VarComment codeType='測定付加文'>
            <Text>※印は気象庁以外の観測地点についての情報です。</Text>
            <Code>0202</Code>
          </VarComment>
          <FreeFormComment>
            <Text>ただし、この地震とはほぼ同時に別の地震が発生していますが、報告内容中「震源」の欄で区別されています。この情報へ留意をお願いします。</Text>
          </FreeFormComment>
        </Comment>
        <Text>
          <Text>※長周期地震動に関する情報  
長周期地震動により高層ビルで大きなゆれ(長周期)が発生していると見られる地域は以下のとおりです。  
東京23区 東京都多摩東部 神奈川県東部 .....  
埼玉県南部 .....

EPOS震度サーバにおいて、震源・震度に関する情報(XML電文)の親要素Bodyに対する子要素Textに内部電文を追加する。


```



## PUSH型情報の発表情報文(案)

### <情報を発表した場合>

(案1)発表基準の揺れの程度を表現して記載

この地震により、高層ビル内で行動にやや支障が生じる程度以上のゆれとなっているとみられる地域は以下のとおりです。

宮城県中部、宮城県南部、・・・、千葉県北西部、東京23区、神奈川県東部・・・

(案2)高層ビル内で大きな揺れ、と表現して記載

この地震で発生した長周期地震動により高層ビル内で大きな揺れとなっているとみられる地域は以下のとおりです。

宮城県中部、宮城県南部、・・・、千葉県北西部、東京23区、神奈川県東部・・・

(案3)基準を超える長周期地震動が観測されているという事実のみを記載

この地震では各地で長周期地震動が観測されています。大きな長周期地震動が観測されている地域は以下のとおりです。

宮城県中部、宮城県南部、・・・、千葉県北西部、東京23区、神奈川県東部・・・

### <情報を発表しない場合>

(案1)地震情報等では何も付加しない

(案2)情報を発表していない旨を記載

この地震に対しては長周期地震動に関する情報は発表していません

(案3)情報は発表していないが、地震による注意を喚起

この地震に対して長周期地震動に関する情報は発表していませんが、震度が大きかった地域の高層ビルでは揺れに十分注意して下さい。