

# 長周期地震動階級の 予測技術について

# 長周期地震動階級の予想

前回までの長周期地震動に関する情報検討会で長周期地震動予測技術検討WGから報告されたように、以下の手法で予想地点における絶対速度応答スペクトルを推定し長周期地震動階級を予想した結果、 $\pm 1$ 階級内で8～9割程度の予測適合度を有することがわかった。

- ・距離減衰式：緊急地震速報で推定された震源位置・マグニチュード(気象庁マグニチュード)に基づいて、固有周期ごとの絶対速度応答スペクトルの距離減衰式を利用
- ・観測点補正手法：各予想対象地点において、観測記録から統計的に得られている補正係数が得られている場合は、その補正係数を利用する。観測記録に基づく補正係数が得られていない予想地点は地盤モデルから推定される補正量により補正を行うが、観測記録が蓄積された場合は順次、観測記録に基づく補正係数に切り替える。
- ・予報区に対する予想：予報区内の予想対象地点のうち最大の長周期地震動階級の予想を、その予報区に対する予想階級とする。
- ・予想対象地点：当面、長周期地震動に関する観測情報で活用している気象庁が設置した地震計の観測地点(現時点では約670点)を予想対象地点とする。なお、高層ビルが集中する三大都市圏などについては、見落としを避ける観点からも予想対象地点の密度を高めることが重要であり、観測記録に基づく補正係数が得られている国立研究開発法人防災科学技術研究所の強震観測点も予想対象地点とすることも視野に入れる。

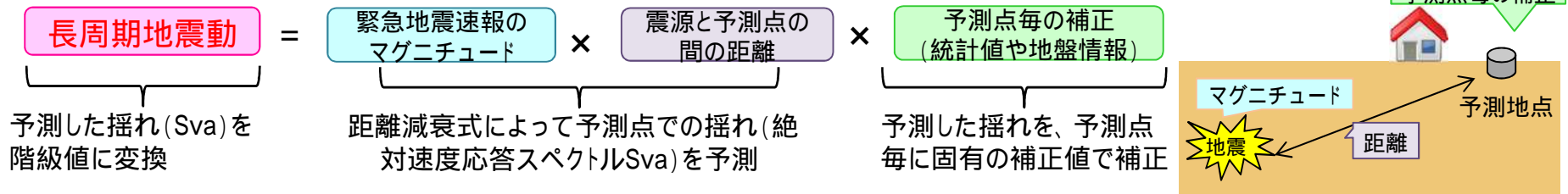
防災科学技術研究所によって第3回WG(平成26年2月開催)に提案いただいた手法

# 長周期地震動の予測手法について

## どのように長周期地震動を予測するか？

緊急地震速報で推定したマグニチュードと、震源位置と予測対象地点間の距離から、距離減衰式 や予測地点毎の補正値を用いて、長周期地震動階級を予測する。

距離減衰式 地震の揺れの強さと震源からの距離との関係を統計値から式に表したもの



## 気象庁が用いる予測式について

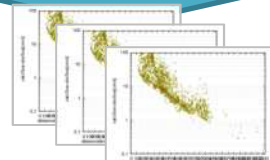
(研)防災科学技術研究所によるSva距離減衰式を使用

$$\log_{10} Sv(aT) = c(T) + a(T)M_j - \log_{10} R - b(T)R + \text{siteFactor}(T)$$

絶対速度応答値 = 定数c + 係数a × マグニチュード - 震源距離 + 予測値点毎の補正量

(T)は周期毎であることを示す

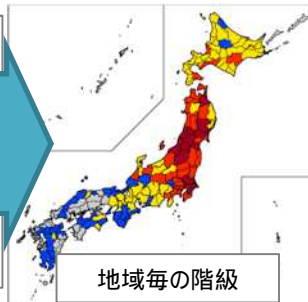
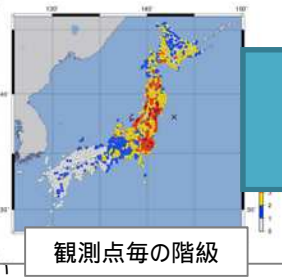
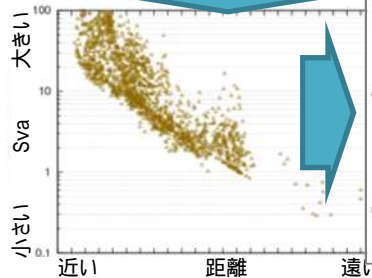
緊急地震速報の震源を用いて計算



周期毎に計算 (1.6~7.8秒 0.2秒毎)

全周期での最大値

最大値の系統的なずれを補正



### 階級の閾値

- 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  $100\text{cm/s} \leq Sva$

### 補正値は以下のどちらかを使用

#### 観測記録による補正値

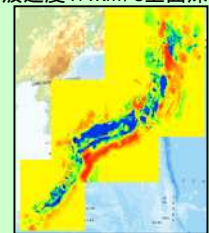
- 各観測点の実際の観測値から統計的に得られた補正値。

#### 深部地盤構造による補正値

- J-SHIS深部地盤構造モデルのS波速度1.4km/s上面深さから算出する補正値。

(がない場合は を使用する) (http://www.j-shis.bosai.go.jp/)

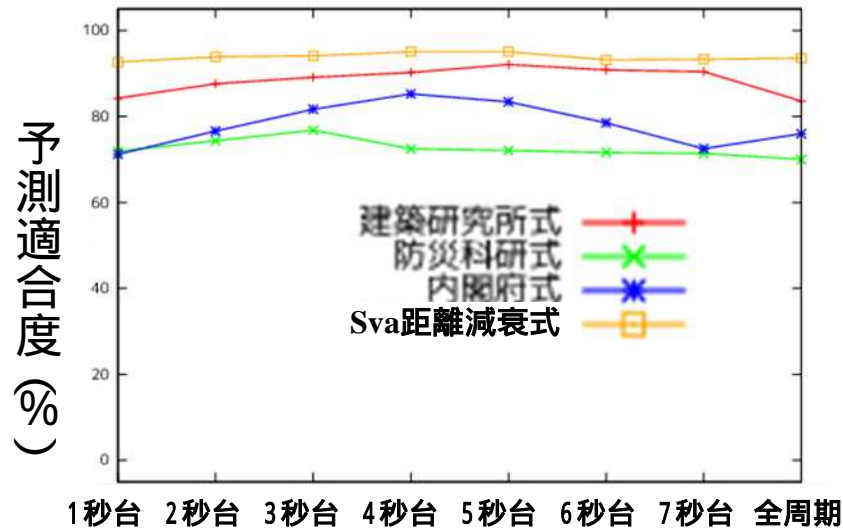
深部地盤構造モデル S波速度1.4km/s上面深さ



J-SHISのページより

# 距離減衰式を用いた予測の適合度について

各種応答スペクトルの距離減衰式を用いた予測結果

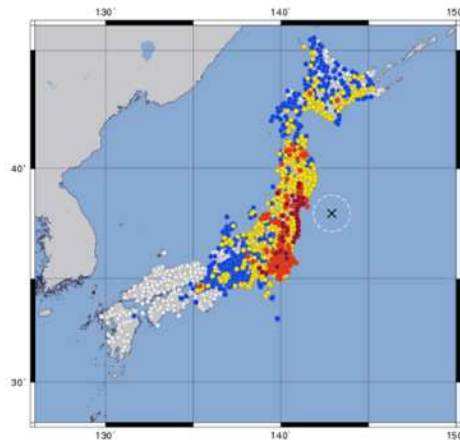


「全周期」とは、1.6-7.8秒の周期ごとの最大値である長周期地震動階級

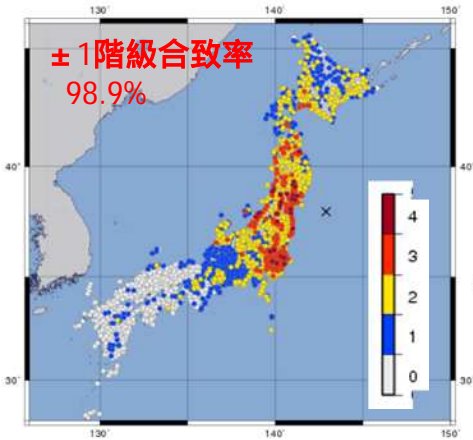
**Sva距離減衰式は、観測と予測の階級差が±1以内になる割合が8~9割程度と高い**

平成23年東北地方太平洋沖地震の事例

観測値 (長周期地震動階級)



Sva距離減衰式による予測値



第4回長周期地震動予測技術検討WG資料より抜粋

東北地方太平洋沖地震の事例

- ・Mj8.4の場合の計算では、**高い予測適合度**を示した。
- ・ただし、**Mjの推定の正確さが予測結果に影響**を与えることもわかった
- ・**巨大地震**に対する長周期地震動の予測技術については、**今後も検討を進める必要**

気象庁が行う長周期地震動の予想に関しては、Sva距離減衰式を用いた手法を当面の予想手法と位置付け

留意事項

今回の比較調査は、気象庁による長周期地震動階級の予測のための、緊急地震速報の段階で得られる震源(破壊開始点)やMjのみを利用した評価であり、防災科学技術研究所により開発されたSva距離減衰式を除いて、MwをMjから簡易的に推定している点、矩形断層ではなく球震源を利用している点、対象とする震源距離を超えて利用している点、疑似絶対速度応答(pSva)や相対速度応答(Svr)を絶対速度応答(Sva)と同一とみなしている点など、各式の作成者が想定する範囲外の利用をしており、その距離減衰式の一般的な評価をしているわけではないことに留意する必要がある。

## 今後の検討課題

- ・本予測手法の距離減衰式や観測点補正手法は、防災科学技術研究所によって第3回長周期地震動予測技術検討WG(平成26年2月開催)に提案いただいたものである。これらに関する論文については、平成27年11月に発行されたが、WGでの提案後に実施されて改訂により、提案時点と距離減衰式の係数や観測点補正係数などが変更されており、あらためて精度等について検証を進める必要がある。
- ・本予測手法では、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(Mj8.4と推定された場合)に関し高い予測適合度を示したが、一方、この予測手法はマグニチュードの推定の正確さが予測結果に影響を与えることもわかっている。巨大地震に対する長周期地震動の予測技術(データベース方式、実時間の観測データを利用した方式など)については、中長期的な課題として今後も検討を進める。

Dhakai, Y. P., Suzuki, W., Kunugi, T., and Aoi, S: Ground motion prediction equation for absolute velocity response spectra (1-10s) in Japan earthquake early warning, Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, Vol.15, No.6, 2015, pp.91-111.

# 予測手法の技術的限界

## ・震源要素が得られない場合の予測

- 気象庁が実施を計画している緊急地震速報の技術的改善に伴い、緊急地震速報の震源要素が不正確だと想定される場合には、震源要素を用いずに緊急地震速報を発表することとなる。
- 具体的にこのケースは、東北地方太平洋沖地震の後に見られたような、大きな地震の後の余震の頻発により揺れが連続して観測され個々の地震の検知が困難になった場合などに発生する。
- このような場合、本予測手法で用いる震源要素がないため、長周期地震動階級を予想することができない。

## ・深い地震の予測

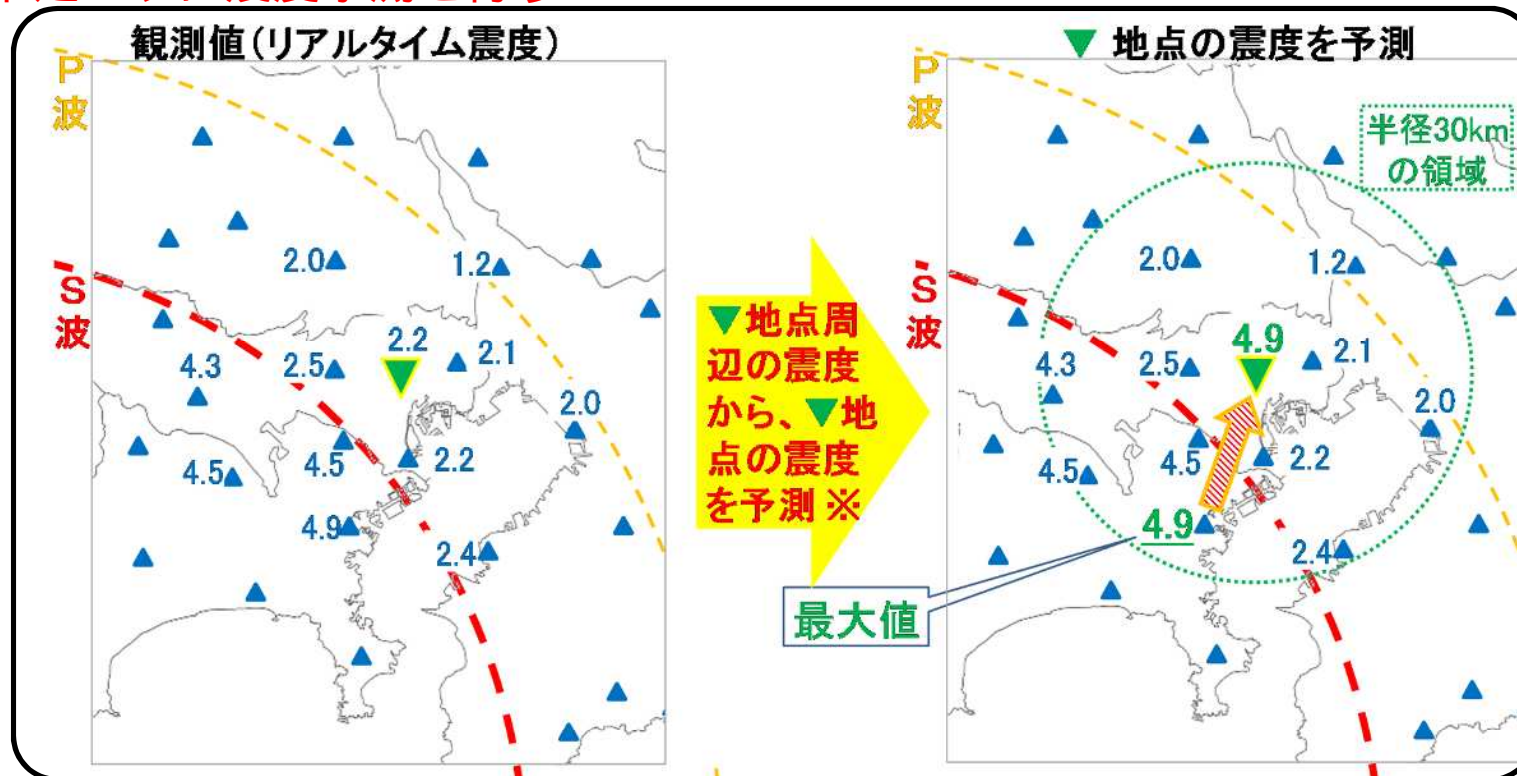
- 本予測手法での距離減衰式を用いた予想については、深い地震での予測適合度の低下を踏まえ、深さ150km以浅の地震を対象とすることとしたため、150kmより深い地震については長周期地震動階級を予想することができない。
- 150kmより深い地震で観測された長周期地震動階級を調査したところ、長周期地震動階級3以上となる事例はなかった。



# PLUM法

Propagation of Local Undamped Motion 法

震源を推定せずに震度予測を行う



PLUM法による震度予想は、近傍(半径30km以内)で強い揺れを観測して以降に可能なものであるため、猶予時間は短い。

: 各地点の地盤の揺れやすさ = 増幅度 = も加味して 地点に対する予想値を計算する。

< 目的 > 震度の観測値 (リアルタイム震度) を基に震度を予測するため、震源の位置に関係なく震度の予想が可能。

平成23年3月11日のような巨大地震の場合も、震源から遠い地域に対しても警報の発表が可能となる。

## 過去の深発地震で観測された長周期地震動階級

深さ(km)			地震数	以下の階級を観測した最小のM			
				階級1	階級2	階級3	階級4
0	-	10	426	4.0	4.2	6.7	7.0
10	-	20	593	4.0	4.3	5.7	6.4
20	-	30	197	4.8	5.8	6.6	-
30	-	40	286	5.3	6.0	7.1	-
40	-	50	477	5.2	6.1	6.8	8.0
50	-	75	580	5.3	6.0	7.1	7.1
75	-	100	107	5.7	-	-	-
100	-	150	49	5.6	6.4	6.8	-
150	-	200	10	6.0	-	-	-
200	-	250	2	-	-	-	-
250	-	300	0	-	-	-	-
300	-	400	5	6.8	-	-	-
400	-	500	6	-	-	-	-
500	-	600	1	-	-	-	-
600	-	700	2	8.1	8.1	-	-

(長周期地震動階級は水平動合成より算出)

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

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～平成28年2月29日

長周期地震動に関する観測情報(試行)を発表した地震を対象