

Mjを用いた絶対速度応答スペクトルの距離減衰式を用いた長周期地震動階級の予測方法

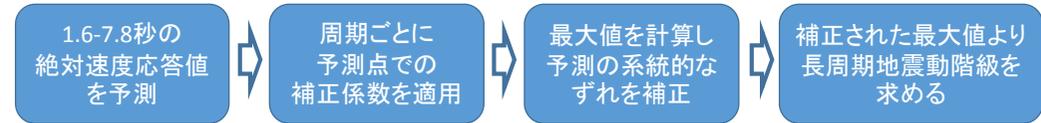
防災科学技術研究所

1

手法の概要

長周期地震動階級を予測するための3つの手法を構築

- 周期ごとの絶対速度応答値の予測値より階級を求める手法
 - 手法-1: 予測点での補正係数として観測記録の平均から求められる補正係数を用いる
 - 手法-2: 予測点での補正係数として地盤構造モデルから求められる補正係数を用いる



- 絶対速度応答スペクトル最大値の予測値より階級を求める手法
 - 手法-3: 観測記録の平均から求められる補正係数を用いる



2

距離減衰式導出に用いたデータ

- 地震数: 36地震
 - 気象庁変位マグニチュード6.3-8.4 (Mwは6.5以上)
 - 震源深さ50 km以浅
- 記録数: K-NET、KiK-netで観測された12,513記録
 - 震源距離800 km以内
 - データ長119秒以上
 - 対象とした36地震の20,963記録より、波形およびスペクトルを目視で評価し、S波の立ち上がりが含まれていて解析周期帯域(1-10秒)で十分にシグナルを持つ記録を抽出して解析に利用
 - 1秒から10秒まで0.2秒刻みの周期について、減衰5%で水平2成分の絶対速度応答のベクトル合成より絶対速度応答スペクトルを計算

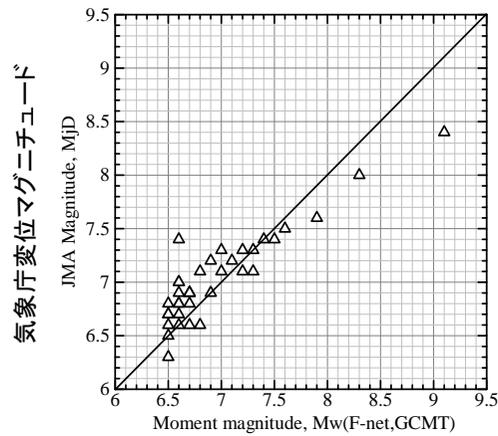
※気象庁観測点での記録は観測点での補正係数導出にのみ利用しており、距離減衰式および深部地盤構造モデルによる補正係数の導出には利用していない

3

	年月日、時刻	緯度	経度	深さ	モーメント マグニチュード	気象庁変位 マグニチュード	使用観測 点数	地震名、震央地名
1	1996/10/19, 23:44	31.799	132.008	34	6.5	6.7	10	日向灘
2	1996/12/03, 07:18	31.77	131.681	38	6.6	6.6	2	日向灘
3	1999/01/24, 09:37	30.569	131.29	39	6.5	6.3	36	種子島近海
4	2000/10/06, 13:30	35.274	133.349	8	6.6	7.4	413	2000年鳥取県西部地震
5	2001/03/24, 15:28	34.132	132.694	46	6.8	6.6	492	2001年茨予地震
6	2001/05/25, 09:41	44.316	148.813	30	6.6	6.9	63	択捉島南東沖
7	2003/09/26, 04:50	41.779	144.079	45	8.3	8	470	2003年十勝沖地震
8	2003/09/26, 06:08	41.71	143.692	21	7.3	7.1	304	襟裳岬南東沖
9	2003/10/31, 10:06	37.832	142.696	33	6.7	6.8	256	福島県東方はるか沖
10	2004/09/05, 19:07	33.033	136.798	37	7.2	7.1	431	紀伊半島南東沖
11	2004/09/05, 23:57	33.138	137.141	43	7.5	7.4	505	紀伊半島南東沖
12	2004/09/07, 08:29	33.209	137.293	40	6.5	6.5	251	紀伊半島南東沖
13	2004/10/23, 17:56	37.293	138.867	13	6.6	6.8	440	2004年新潟県中越地震
14	2004/11/29, 03:32	42.946	145.276	48	7	7.1	345	根室半島沖
15	2004/12/06, 23:15	42.848	145.343	45	6.7	6.9	346	根室半島沖
16	2005/03/20, 10:53	33.739	130.176	9	6.6	7	230	九州地方北西沖
17	2005/08/16, 11:46	38.15	142.278	42	7.1	7.2	619	宮城県東方沖
18	2005/12/02, 22:13	38.073	142.354	40	6.5	6.6	192	宮城県東方沖
19	2007/03/25, 09:42	37.221	136.686	10	6.7	6.9	369	2007年能登半島沖地震
20	2007/07/16, 10:13	37.557	138.61	16	6.6	6.8	401	2007年中越沖地震
21	2008/06/14, 08:43	39.03	140.881	7	6.9	7.2	424	2008年岩手・宮城内陸地震
22	2008/07/19, 11:39	37.521	142.265	31	6.9	6.9	271	福島県東方沖
23	2008/09/11, 09:21	41.776	144.152	30	6.8	7.1	255	十勝地方南東沖
24	2010/03/14, 17:08	37.724	141.818	39	6.5	6.7	389	福島県東方沖
25	2011/03/09, 11:45	38.329	143.28	8	7.2	7.3	407	宮城県東方はるか沖
26	2011/03/10, 06:24	38.172	143.045	9	6.5	6.8	178	宮城県東方はるか沖
27	2011/03/11, 14:46	38.104	142.861	23	9.1	8.4	869	2011年東北地方太平洋沖地震
28	2011/03/11, 15:09	39.821	142.767	32	7.4	7.4	211	岩手県東方沖
29	2011/03/11, 15:15	36.121	141.253	42	7.9	7.6	391	茨城県東方はるか沖
30	2011/03/11, 15:26	37.914	144.751	11	7.6	7.5	410	本州北部東方はるか沖
31	2011/03/11, 20:37	39.23	142.579	23	6.6	6.7	289	岩手県東方沖
32	2011/04/11, 17:16	36.946	140.673	6	6.6	7	483	福島県東部
33	2011/06/23, 06:51	39.948	142.591	36	6.7	6.9	361	岩手県東方沖
34	2011/07/10, 09:57	38.032	143.507	34	7	7.3	458	宮城県東方はるか沖
35	2011/09/17, 04:26	40.259	143.086	7	6.7	6.6	193	岩手県北東沖
36	2012/12/07, 17:18	38.02	143.867	49	7.3	7.3	748	宮城県東方はるか沖

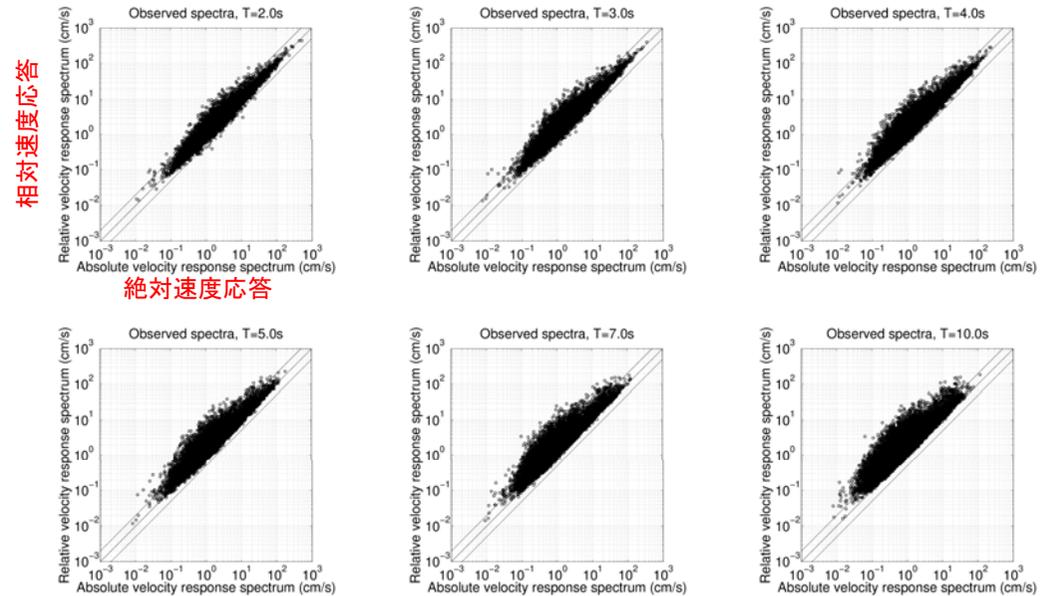
4

気象庁変位マグニチュードとモーメントマグニチュードの関係



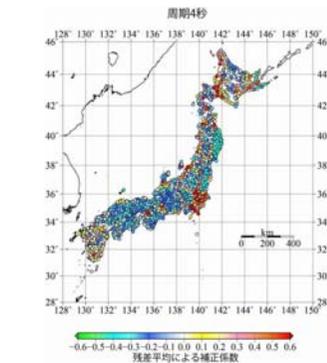
7.6まではF-net、それより大きい地震についてはGlobal CMT projectによるモーメントマグニチュード ($M_w = (\log M_0 - 9.1) / 1.5$)

絶対速度応答値と相対速度応答値の観測データの比較

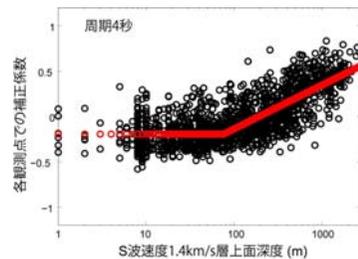


予測点での補正係数について

- 手法-1: 各観測点の各周期について基本式からの残差の平均値を補正係数として定義(上図)
- 手法-2: 手法-1で得られた補正係数と各観測点におけるJ-SHIS深部地盤構造モデルのS波速度1.4km/s上面深度との関係を導出(下図)し、上面深度に対応する補正係数を定義。ある深さ(D0)までは補正係数は一定で、その後深さに比例して増加。
- 手法-3: 各観測点の1.6秒-7.8秒での最大値について基本式からの残差の平均値を補正係数として定義



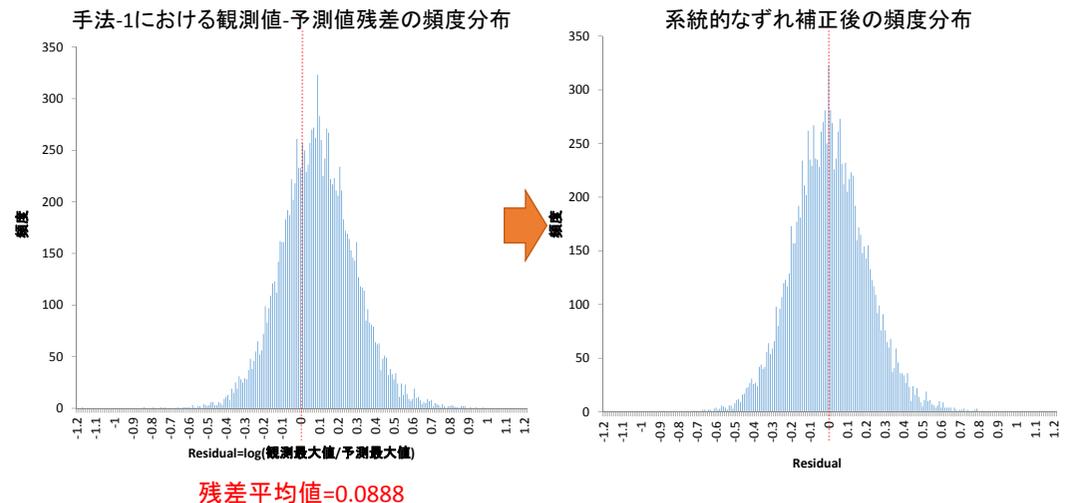
残差平均による補正係数分布



補正係数と地盤構造モデルの関係

最大値の系統的なずれの補正

1.6秒から7.8秒までの各周期について予測した絶対速度応答値の最大値には、観測された最大値と比較して系統的なずれが見られた。手法-1、2では、予測値に観測値-予測値の残差の平均を加え(対数)、最大値に生じるこのずれを補正する。また手法-3では最大値を直接予測する。



残差平均値=0.0888

手法-1 (観測記録より補正係数が得られている場合)

9

手法1: 観測記録より補正係数が得られている場合

絶対速度応答スペクトルの予測

基本関係式:

$$\log_{10} PRE(T) = c(T) + a(T)M - \log_{10} R - b(T)R$$



補正係数による補正:

$$\log_{10} PRE'(T) = \log_{10} PRE(T) + \text{Site Factor}(T)$$

変数:

M =	気象庁変位マグニチュード
R =	震源距離[km]
PRE =	基本関係式より予測される絶対速度応答スペクトル(水平2成分ベクトル合成値)[cm/s]
a, b, c =	係数
Site Factor =	観測点毎の補正係数
PRE' =	補正後の絶対速度応答スペクトル予測値[cm/s]
T =	周期($T=1.6-7.8$ 秒; 0.2秒刻み)

10

手法1: 観測記録より補正係数が得られている場合

長周期地震動階級の予測

最大値の補正:

$$\log_{10} PRE'' = \log_{10} \text{Max_}PRE' + 0.0888$$



長周期地震動階級の算出:

- $5 \text{ cm/s} \leq PRE'' < 15 \text{ cm/s} \rightarrow$ 階級1
- $15 \text{ cm/s} \leq PRE'' < 50 \text{ cm/s} \rightarrow$ 階級2
- $50 \text{ cm/s} \leq PRE'' < 100 \text{ cm/s} \rightarrow$ 階級3
- $100 \text{ cm/s} \leq PRE'' \rightarrow$ 階級4

変数:

$\text{Max_}PRE'$ = 補正後の絶対速度応答スペクトル予測値について、周期1.6秒から7.8秒(0.2秒間隔)での最大値[cm/s]
 PRE'' = 長周期地震動階級のための予測最大値[cm/s]

11

手法-2

(Vs 1.4km/s層の情報が得られている場合)

12

手法2: 地盤構造モデルが得られている場合

絶対速度応答スペクトルの予測

基本関係式:

$$\log_{10}PRE(T) = c(T) + a(T)M - \log_{10}R - b(T)R$$

深部地盤構造モデルによる補正:

$$\log_{10}PRE'(T) = \log_{10}PRE(T) + DSC(T)$$

DSCはVs1.4km/s層深さより求める

$$D \leq D_0 \rightarrow DSC(T) = k_1(T)$$

$$D > D_0 \rightarrow DSC(T) = k_1(T) + k_2(T) \log_{10}(D/D_0)$$

変数(下記以外は手法1と同じ):

DSC= 深部地盤構造モデルによる補正係数(Deep Soil Correction factor)

D= S波速度1.4km/s層上面の深さ[m]

D₀= 定数(DSCが一定値からD比例に切り替わる深さ)

k₁, k₂= 係数

13

手法2: 地盤構造モデルが得られている場合

長周期地震動階級の予測

最大値の補正:

$$\log_{10}PRE'' = \log_{10}Max_PRE' + 0.1215$$

長周期地震動階級の算出:

$$5 \text{ cm/s} \leq PRE'' < 15 \text{ cm/s} \rightarrow \text{階級1}$$

$$15 \text{ cm/s} \leq PRE'' < 50 \text{ cm/s} \rightarrow \text{階級2}$$

$$50 \text{ cm/s} \leq PRE'' < 100 \text{ cm/s} \rightarrow \text{階級3}$$

$$100 \text{ cm/s} \leq PRE'' \rightarrow \text{階級4}$$

変数:

Max_PRE'= 補正後の絶対速度応答スペクトル予測値について、周期1.6秒から7.8秒(0.2秒間隔)での最大値[cm/s]

PRE''= 長周期地震動階級のための予測最大値[cm/s]

14

手法-3

(最大値の距離減衰式を用いた推定;
観測記録より補正係数が得られている場合)

15

手法3: 最大値の距離減衰式を用いた推定

基本関係式:

$$\log_{10}PRE = c + aM - \log_{10}R - bR$$

補正係数による補正:

$$\log_{10}PRE' = \log_{10}PRE + \text{Site Factor}$$

長周期地震動階級の算出:

$$5 \text{ cm/s} \leq PRE' < 15 \text{ cm/s} \rightarrow \text{階級1}$$

$$15 \text{ cm/s} \leq PRE' < 50 \text{ cm/s} \rightarrow \text{階級2}$$

$$50 \text{ cm/s} \leq PRE' < 100 \text{ cm/s} \rightarrow \text{階級3}$$

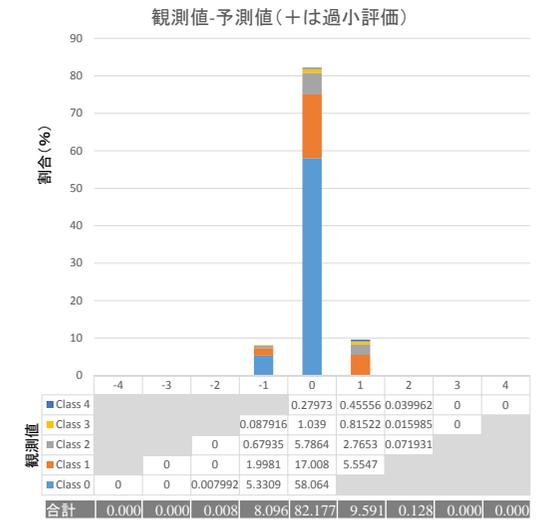
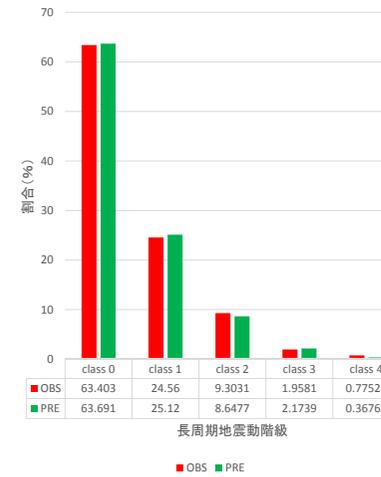
$$100 \text{ cm/s} \leq PRE' \rightarrow \text{階級4}$$

a, b, c, Site Factor は手法1, 2の値とは異なる

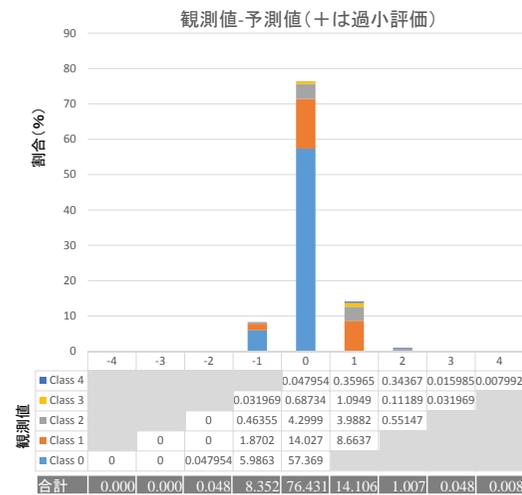
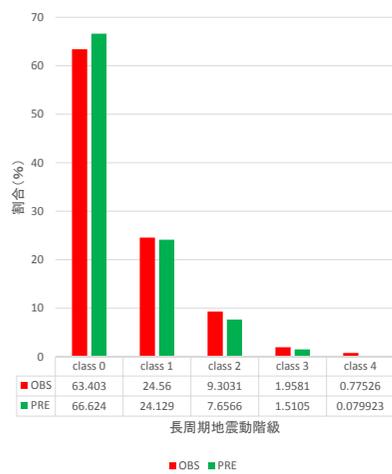
16

各手法による予測結果の評価

手法-1



手法-2



手法-3

