

# 距離減衰式を用いた 長周期地震動予測に関する検討

気象庁地震火山部  
地震津波監視課

# 長周期地震動予測技術に用いる距離減衰式に関する検討

長周期地震動階級を即時的に予測するための技術のイメージ

緊急地震速報で推定した震源の位置やマグニチュードを用いて長周期地震動階級を予測

①緊急地震速報で推定した震源と予測対象観測点間の距離とマグニチュードから、距離減衰式や地盤情報等を用いて、長周期地震動階級を予測する技術

②緊急地震速報で推定したマグニチュードと震源の位置から、予め計算しておいた想定地震における理論的な地震動予測結果や過去の地震動観測結果のデータベースを用いて、予測対象観測点の長周期地震動階級を予測する技術

実時間に観測されたデータを地震波形等を用いて長周期地震動階級を予測する

③波動場の理論等を用いて、実時間の観測データから予測対象観測点の長周期地震動階級を予測する技術

④緊急地震速報で推定した震源の位置等から求めた地震波の到来方向と、実時間の観測データから観測点間の伝達関数等を用いて、長周期地震動階級を予測する技術

第1回ワーキンググループでのご意見を踏まえ、緊急地震速報で推定する震源位置とマグニチュードから応答スペクトルの距離減衰式を用いて予測対象地点の長周期地震動を予測した場合、どのような結果となるかを検討

先行的な研究事例を元に作成

## 【検討に用いた距離減衰式】

応答スペクトルの距離減衰式は多数提案されている。今回は、政府内での各種検討に用いられ、距離減衰式の係数や観測点増幅率の詳細なデータが入手出来、かつ、式のタイプやサイト補正手法が異なる、以下の3つの距離減衰式を選び、検討を行った。

提案されている距離減衰式	検討主体	検討項目
佐藤ほか(2012)が提案した距離減衰式 (以下、建築研式と呼ぶ)	独立行政法人建築研究所 (国土交通省住宅局 平成23年度建築基準整備促進事業 等)	国土交通省住宅局における海溝型巨大地震に対応する超高層建物の設計用地震動に用いる長周期地震動等の検討 等
Morikawa and Fujiwara(2013)が提案した距離減衰式 (以下、防災科研式と呼ぶ)	独立行政法人防災科学技術研究所 (文部科学省 長周期地震動予測地図作成等支援事業 等)	地震調査研究推進本部における長周期地震動予測地図等の検討 等
横田ほか(2011)が提案した距離減衰式 (以下、内閣府式と呼ぶ)	内閣府(防災担当)	中央防災会議における東南海・南海地震や南海トラフ等巨大地震での長周期地震動の被害想定等の検討 等

# 検討に用いた応答スペクトルの距離減衰式の特徴

## 計算に用いられたデータ

式	対象とする応答スペクトル	対象M	震源深さ	震央距離	解析地震数
建築研式	絶対加速度応答スペクトルSaa(周期0.05秒から周期10秒まで),減衰定数5%	$M_j \geq 6.5$ (海溝型地震のみ)	$\leq 60$ km	$\leq 400$ km かつ 距離減衰式で 最大加速度 $\geq 2$ gal	地震数:52
防災科研式	絶対加速度応答スペクトルSaa(周期0.05秒から周期10秒まで),減衰定数5%	$\geq 5.5$	記述なし (最深108km)	$\leq 200$ km かつ 距離減衰式で 最大加速度 $\geq 10$ gal	地震数:333 検測値数:21681
内閣府式	相対速度応答スペクトルSvr(周期2秒から周期15秒まで),減衰定数5%	$\geq 5.5$	地殻内: $\leq 20$ km プレート境界: $\leq 60$ km	記述なし	地震数:18

## 各式の特徴

式	対象地震	マグニチュード頭打ち	距離頭打ち	距離係数の区別	補正	観測点補正手法
建築研式	海溝型地震	有 (二次式)	有	有 太平洋プレートとフィリピン海プレートの地震で係数を変える。	周期別に地震基盤相当の観測点の増幅率で補正	観測点でのデータにより補正。太平洋プレートとフィリピン海プレートの地震で補正值を作成。
防災科研式	海溝型地震 内陸地震	有 (二次式に加えて、Mw8.2以上の場合Mw8.2とする)	有	有 海溝型プレート境界地震、海溝型プレート内地震、内陸地震で係数を変える。	周期別に海溝型プレート境界地震、海溝型プレート内地震、内陸地震に区別して補正值を与える	深部地盤モデル(Vs1.4km)と表層地盤モデル(AVS30)により補正
内閣府式	海溝型地震 内陸地震	無(一次式)	無	無	周期別に海溝型地震と内陸地震に区別して補正值を与える	深部地盤一次固有周期により補正

# 検討に用いた応答スペクトルの距離減衰式

## 建築研式

$$\log_{10}Saa(T)=a_1(T)M_w+a_2(T)M_w^2+b(e \text{ or } w)(T)R-\log_{10}(R^{p(T)}+d(T)10^{0.5M_w})+c_0(T)+c_{j(e \text{ or } w)}(T)$$

## 防災科研式

$$\log Saa(T)=a_1(T)(M_{w1'}-M_{w1})^2+b_{1k}(T)R+c_{1k}(T)-\log(R+d_1(T)\cdot 10^{e_1(T)M_{w1'}})+Gd+Gs$$

$$M_{w1'}=\min(M_w, M_{w01}) \quad Gd=p_d \log[\max(D_{lmin}, D_l/D_0)] \quad Gs=p_s \log[\min(V_{smax}, V_s/V_0)]$$

## 内閣府式

$$\log_{10}Svr(T)=a(T)M_w-bR-c \log_{10}R+d(T_{dg}, T)+e(T)$$

なお、各式の比較を行うため、以後の検討では建築研式および防災科研式では計算式で求めた絶対加速度応答スペクトルSaaから擬似速度応答スペクトルpSvaを算出している

(参考)緊急地震速報の震度予測に用いている司・翠川の最大速度距離減衰式(1999)

$$\log(PGV_{600})=0.58M_w+0.0038D-1.29-\log(R+0.0028\cdot 10^{0.50M_w})-0.002R$$

出典

佐藤智美、大川出、西川孝夫、佐藤俊明、長周期地震動の経験式の改良と2011年東北地方太平洋沖地震の長周期地震動シミュレーション 日本地震工学会論文集 第12巻、第4号(特集号)、2012

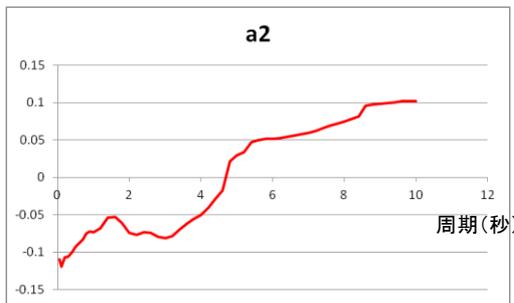
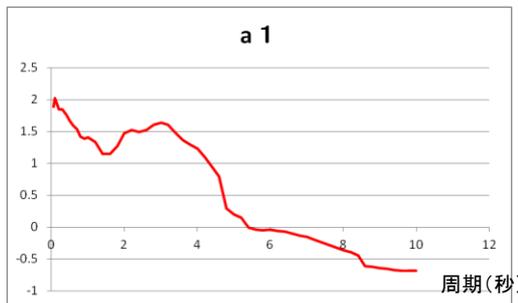
Nobuyuki Morikawa, and Hiroyuki Fujiwara, A New Ground Motion Prediction Equation for Japan Applicable up to M9 Mega-Earthquake, Journal of Disaster Research Vol.8, No.5, 2013

横田崇、池内幸司、矢萩智裕、甲斐田康弘、鈴木晴彦、長周期地震動の距離減衰および増幅特性、日本地震工学会論文集 第11巻、第1号、2011

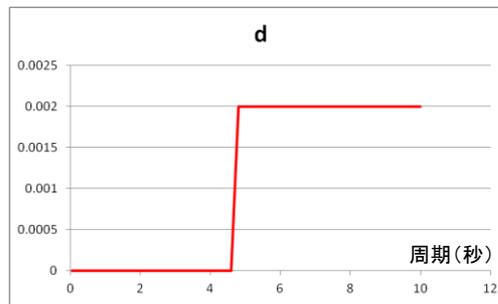
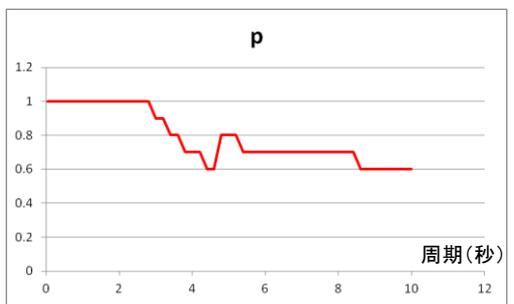
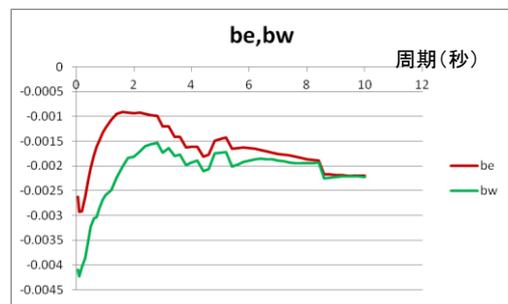
# 建築研式の係数

$$\log_{10} Saa(T) = a_1(T)M_w + a_2(T)M_w^2 + b(e \text{ or } w)(T)R - \log_{10}(R^{p(T)} + d(T)10^{0.5M_w}) + c_0(T) + c_{j(e \text{ or } w)}(T)$$

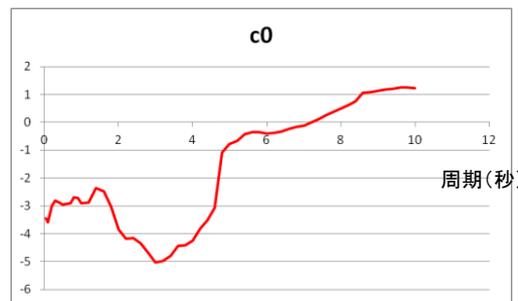
震源



距離



地盤等



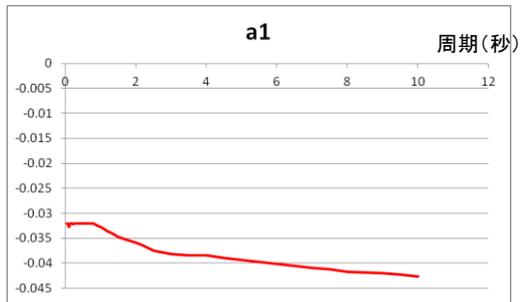
$c_{je}$  はサイト係数であり、周期1秒以上における $10^{c_{je}(T)}$ と $10^{c_{jw}(T)}$ を地盤増幅率と呼ぶ。また、震源が西日本/東日本によって異なる。

# 防災科研式の係数

$$\log S_{aa} = a_1 (M_{w1'} - M_{w1})^2 + b_{1k} R + c_{1k} - \log(R + d_1 \cdot 10^{e1 M_{w1'}}) + G_d + G_s$$

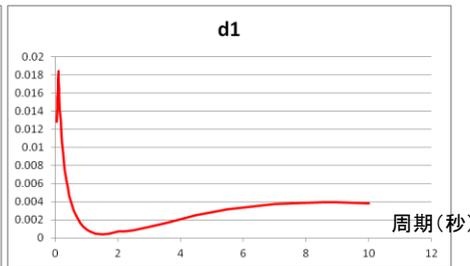
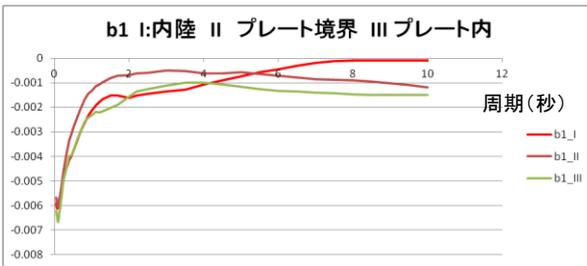
$$M_{w1'} = \min(M_{w1}, M_{w01}) \quad G_d = p_d \log[\max(D_{lmin}, D_l/D_0)] \quad G_s = p_s \log[\min(V_{smax}, V_s/V_0)]$$

震源



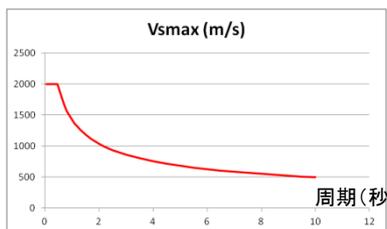
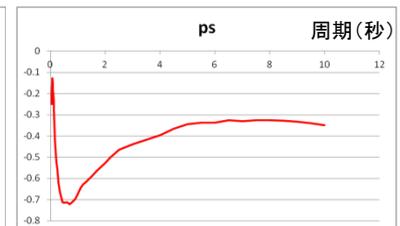
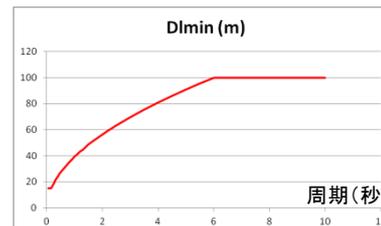
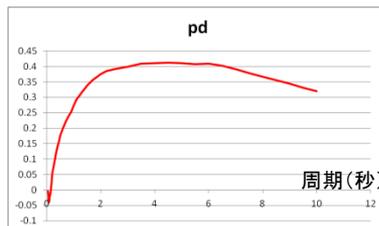
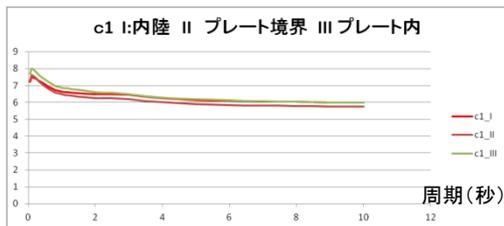
$M_w > 8.2$  の場合、 $M_{w1'} = 8.2$ 、その他は  $M_{w1'} = M_w$  (頭打ち対応)  
 $M_{w1}$  は定数 16

距離



$E1 = 0.5$

地盤等



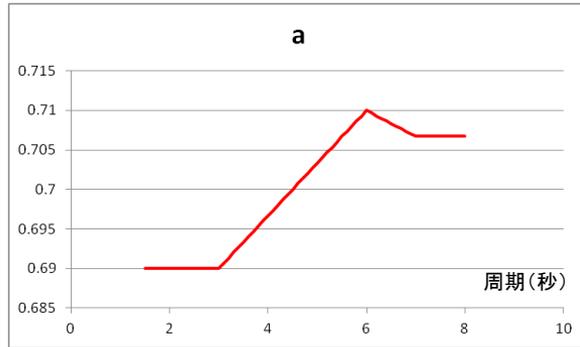
$D_0 = 250(m)$        $V_0 = 350(m/s)$

$G_d$ は堆積層に係る補正值 ( $V_s = 1400m/s$ の深さを元に計算)    $G_s$ は表層の軟弱地盤に係る補正值 (AVS30を元に計算)

# 内閣府式の係数

$$\log_{10} Svr(T) = a(T) M_w - bR - c \log_{10} R + d(T_{dg}, T) + e(T)$$

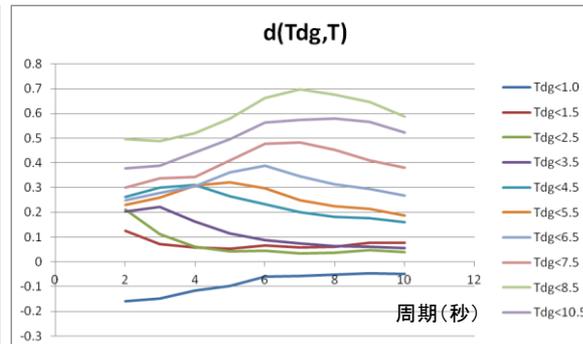
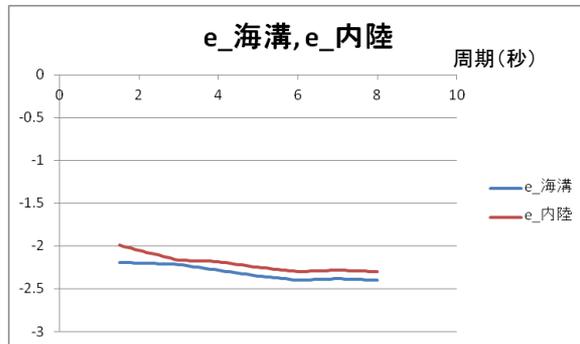
震源



距離

$b=0.001$   $c=0.86$

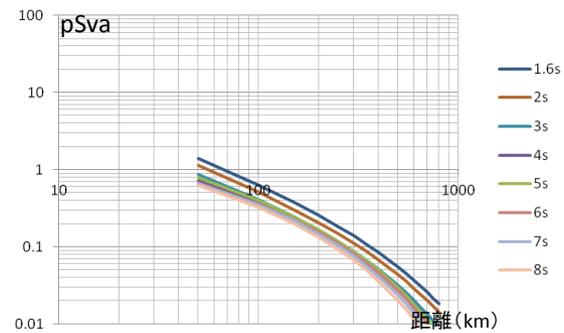
地盤等



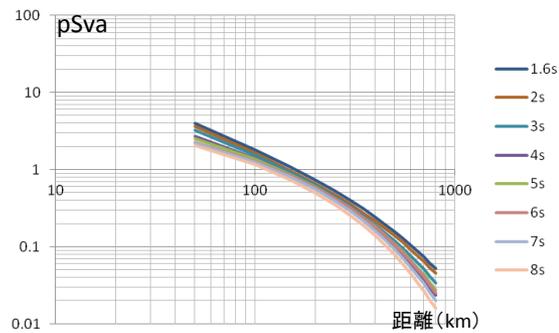
# 各距離減衰式による周期毎の速度応答スペクトルと距離の関係

建築研式

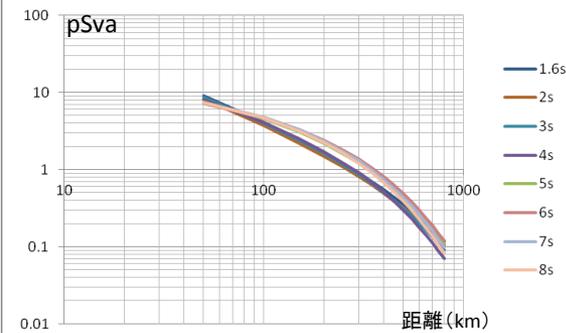
Mw6.0



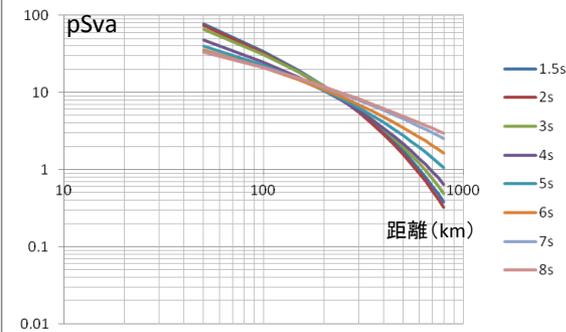
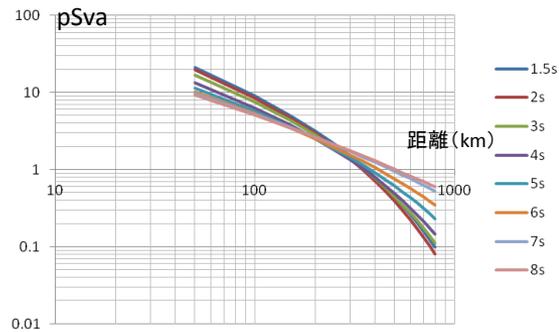
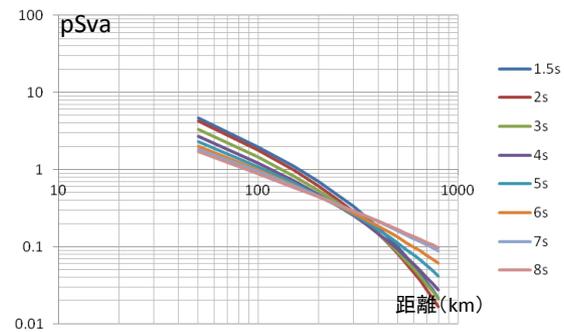
Mw7.0



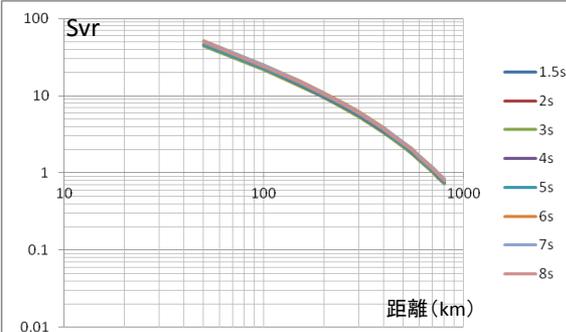
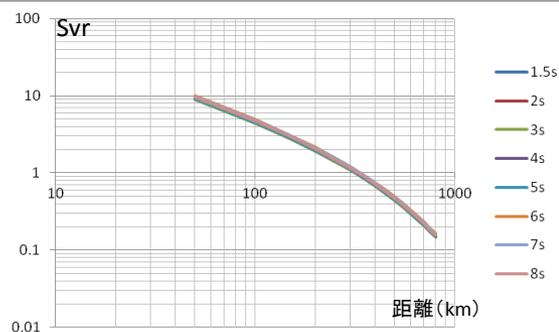
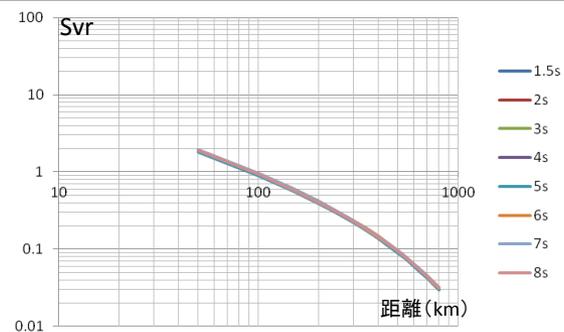
Mw8.0



防災科研式

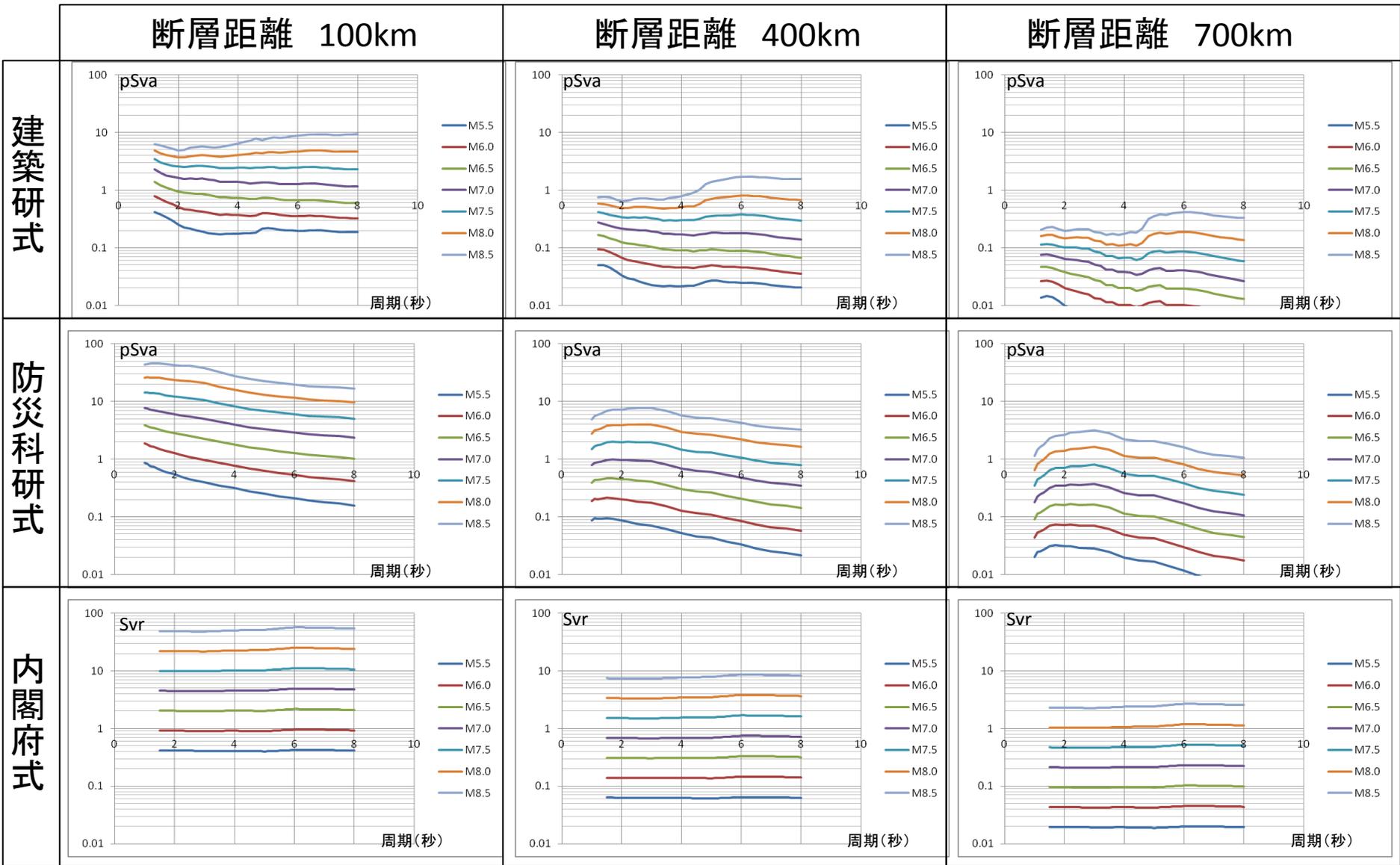


内閣府式



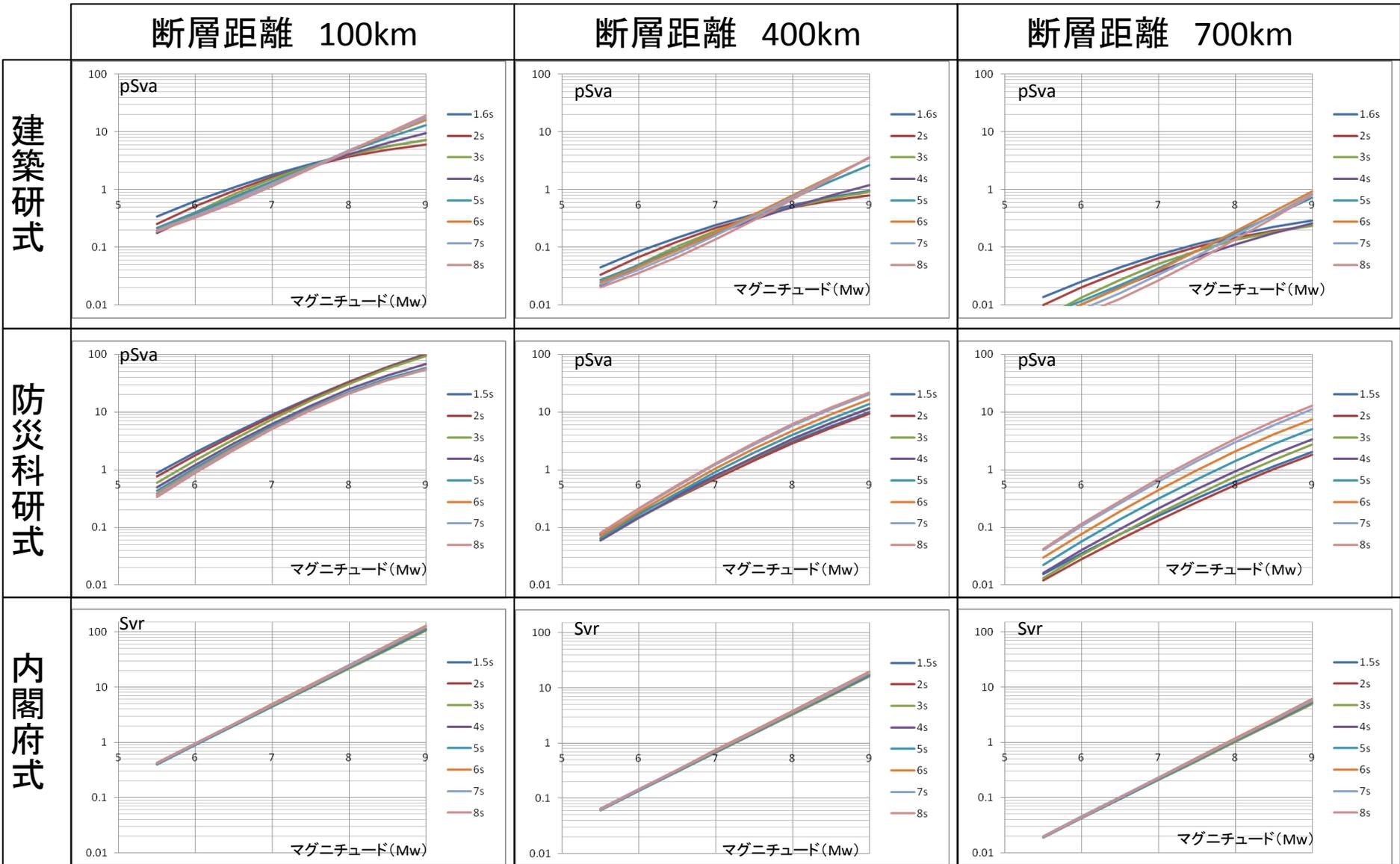
- ・建築研式は東日本、防災科研式は海溝型プレート境界、内閣府式は海溝型の係数で計算
- ・地盤補正項として建築研式は $C_0$ を与え、内閣府式は、地盤補正項として、 $T_{dg} < 1.0s$ を与えて計算

# 各距離減衰式によるマグニチュード毎の速度応答スペクトル形状



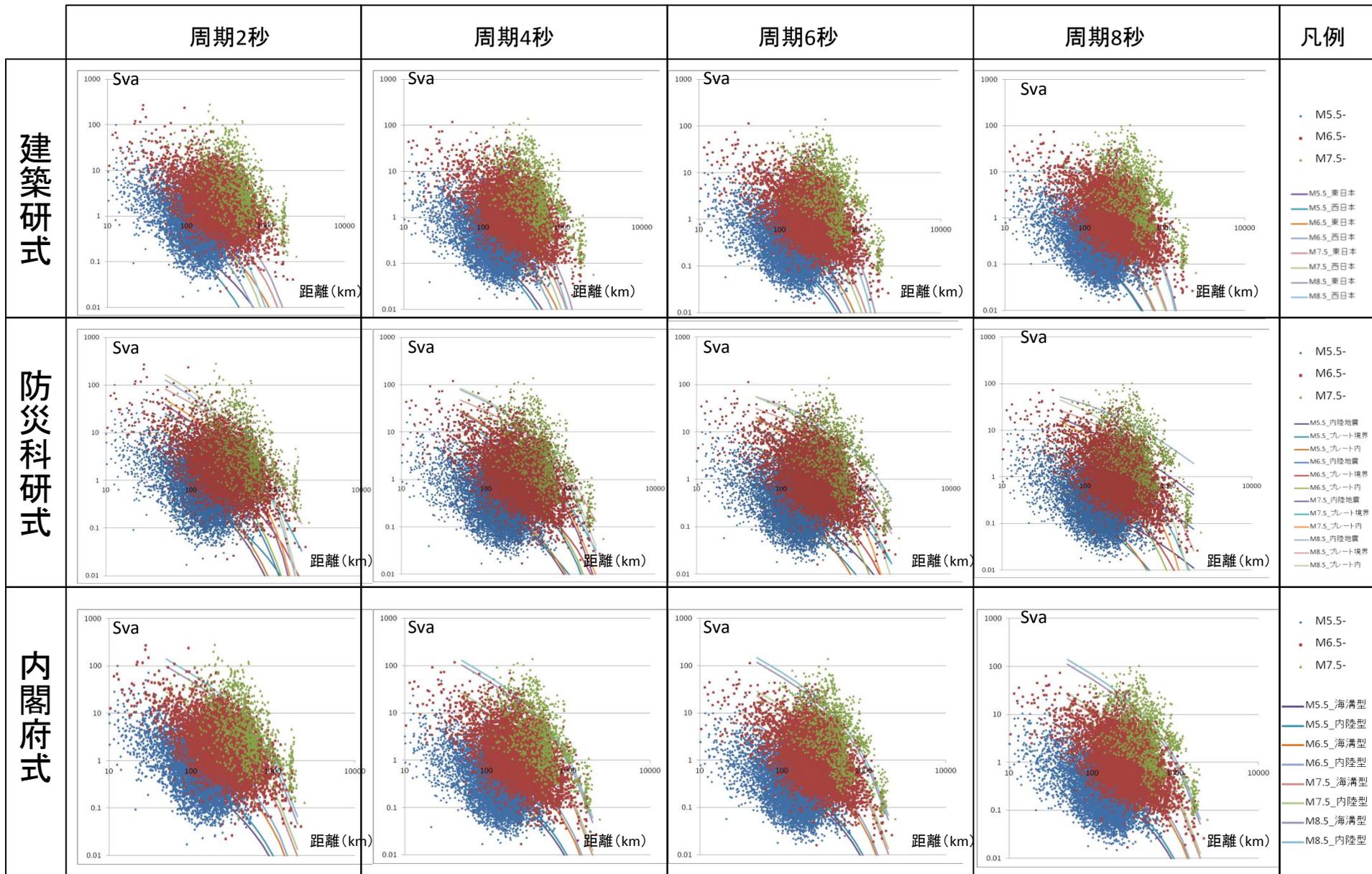
- ・建築研式は東日本、防災科研式は海溝型プレート境界、内閣府式は海溝型の係数で計算
- ・地盤補正項として建築研式は $C_0$ を与え、内閣府式は、地盤補正項として、 $T_{dg} < 1.0s$ を与えて計算

# 各距離減衰式による周期毎の速度応答スペクトルとマグニチュードの関係



- ・建築研式は東日本、防災研式は海溝型プレート境界、内閣府式は海溝型の係数で計算
- ・地盤補正項として建築研式は $C_0$ を与え、内閣府式は、地盤補正項として、 $T_{dg} < 1.0s$ を与えて計算

# 各距離減衰式と観測された絶対速度応答スペクトルSvaとの対応関係

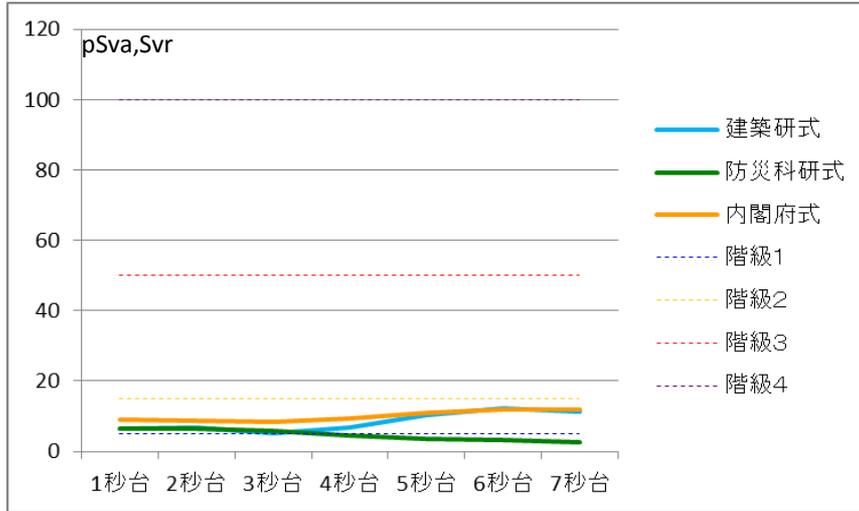


データは平成8年(1996年)から平成24年(2012年)まで気象庁強震観測報告に掲載している波形データ(震度2以上)を使用(18961データ)

# 東京千代田区大手町におけるスペクトル形状比較

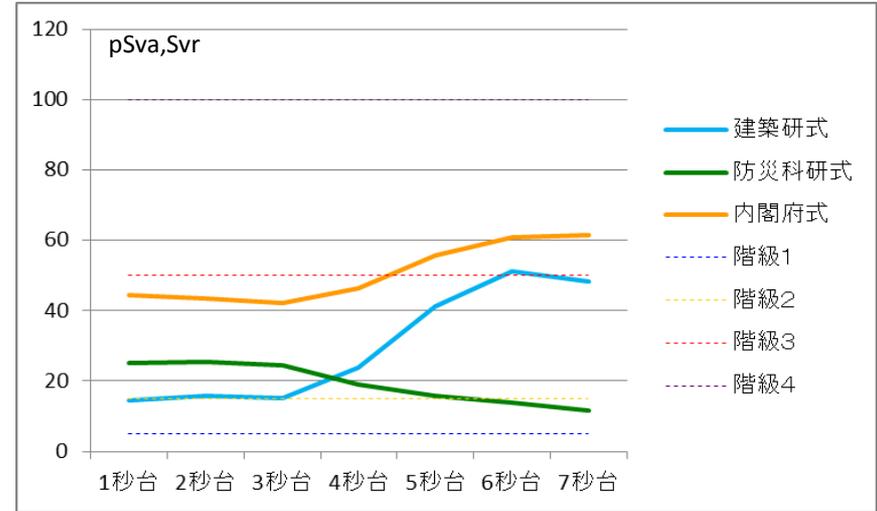
## Mw7.0 断層面距離200km (内陸地震)

イメージ 平成16年(2004年)新潟県中越地震  
昭和58年(1984年)長野県西部地震



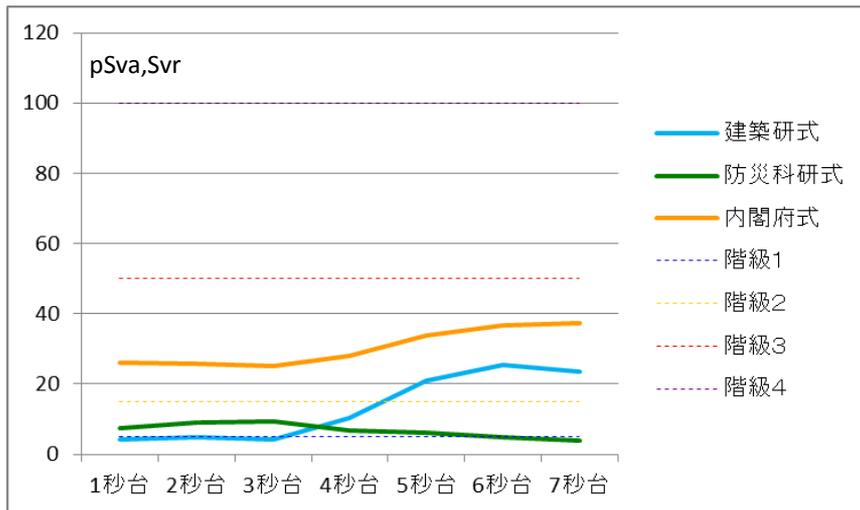
## Mw8.0 断層面距離200km (海溝型地震)

イメージ 想定東海地震



## Mw8.6 断層面距離500km (海溝型地震)

イメージ 宝永地震型の南海トラフ巨大地震



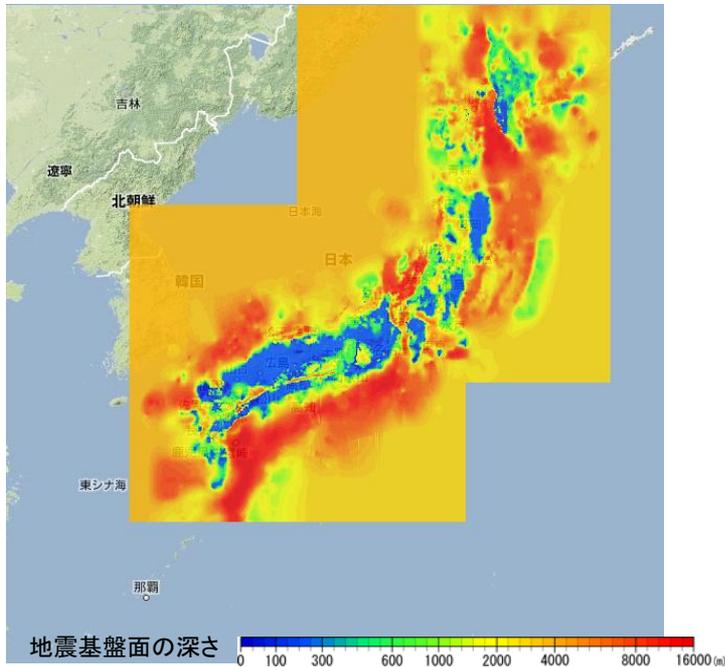
### 【特性比較】

・防災科研式は、周期3秒台以下がやや大きいのに対し、内閣府式、建築研式は周期3秒台以上が大きくなる特徴を示す。

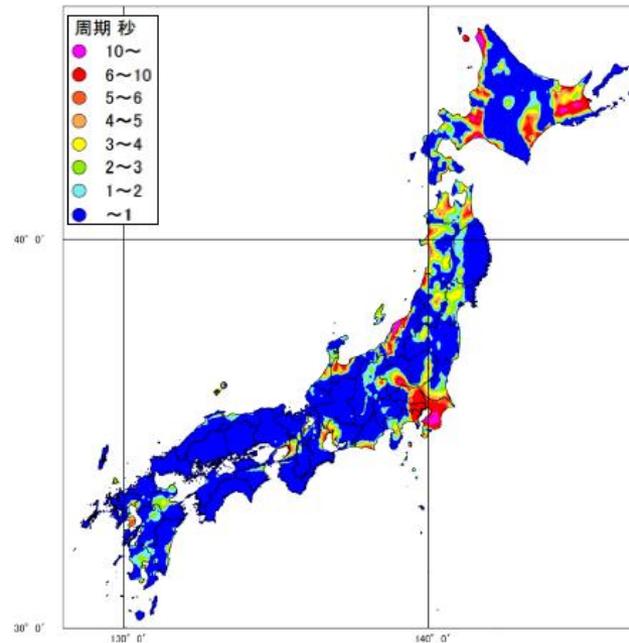
# 各距離減衰式を用いる場合の運用上の利点と課題

	利点	課題
建築研式	・サイト補正係数の作成には応答スペクトルの観測データを用いているため、地盤構造モデルのない場所でも予測をすることが出来る。	・サイト補正係数の作成には応答スペクトルの観測データを用いているため、予測対象地点は地震波形データがある場所に限られる。
防災科研式	・地盤補正係数の作成には深部地盤構造モデルを用いているため、地震観測点以外でも予測をすることが出来る。	・地盤補正係数の作成には深部地盤構造モデルを用いているため、深部地盤構造モデルのない沖縄県や鹿児島県奄美地方は予測をすることができない。
内閣府式	・地盤補正係数の作成には深部地盤の一次固有周期モデルを用いているため、地震観測点以外でも予測をすることが出来る。	・地盤補正係数の作成には深部地盤の一次固有周期モデルを用いているため、深部一次固有周期モデルのない沖縄県や鹿児島県奄美地方は予測をすることができない。

J-SHISによる深部地盤構造モデルの整備範囲



内閣府による深部地盤の一次固有周期モデルの整備範囲

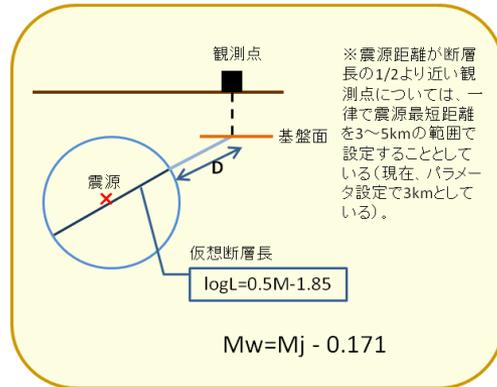


# 地震毎の検討

距離減衰式による長周期地震動の予測を評価するため、地震毎に検討を行った。

## 【検討内容】

- ・予測対象地点および予報事項は、気象庁震度観測点および防災科学技術研究所のK-net観測点における長周期地震動階級
- ・確定震源と緊急地震速報によるマグニチュードと震源が同一であったと仮定して、各距離減衰式を用いて長周期地震動階級を算出
- ・計算に用いるマグニチュードは気象庁マグニチュード( $M_j$ )とし、モーメントマグニチュード( $M_w$ )は緊急地震速報と同様、 $M_w = M_j - 0.171$ により算出
- ・断層面距離は、緊急地震速報と同様に、マグニチュードの大きさによる球面を仮定して算出
- ・予測した長周期地震動階級と気象庁震度観測点および防災科学技術研究所のK-netにおける観測結果を比較



建築研式、防災科研式、内閣府式を用いて  
気象庁震度観測点における長周期地震動階級を予測

## 【留意事項】

- ・建築研式と防災科研式は擬似速度応答スペクトル $pS_{va}$ で、内閣府式は相対速度応答スペクトル $S_{vr}$ で長周期地震動階級を算出
- ・建築研式では、公表されている気象庁震度観測点のサイト補正係数が限られているため、気象庁震度観測点を用いた全国を対象とした検討は出来ていない(建築研式に対応する気象庁震度観測点のサイト補正係数は気象庁で作成中)
- ・防災科研式で用いられている深部地盤構造モデル(J-SHIS)および内閣府式で用いられている深部地盤一次固有周期モデルは沖縄県内および鹿児島県奄美地方が無い場合、沖縄県内および鹿児島県奄美地方での検討は出来ていない。

# 検討を行った地震

マグニチュードや震源の位置等の地震そのものの違い、および、地域的な地盤構造等の違いを評価するため、以下の9地震について検討を行った。

検討した地震	マグニチュード	タイプ	緊急地震速報
①平成25年4月13日の淡路島の地震	Mj6.3 (Mw5.8)	内陸型・西日本	発表
②平成21年8月11日の駿河湾の地震	Mj 6.5 (Mw6.3)	海溝型・プレート内地震・西日本	発表
③平成16年(2004年)新潟県中越地震	Mj 6.8 (Mw6.7)	内陸型・東日本	(提供開始前)
④平成17年3月20日の福岡県西方沖の地震	Mj 7.0 (Mw6.7)	内陸型・西日本	(提供開始前)
⑤平成20年9月11日の十勝沖の地震	Mj 7.1 (Mw6.7)	海溝型・プレート境界地震・東日本	発表
⑥平成17年8月16日の宮城県沖の地震	Mj 7.2 (Mw7.1)	海溝型・プレート境界地震・東日本	(提供開始前)
⑦平成12年(2000年)鳥取県西部地震	Mj7.3 (Mw6.8)	内陸型・西日本	(提供開始前)
⑧平成16年9月5日の東海道沖の地震	Mj 7.4 (Mw7.5)	海溝型・プレート境界地震・西日本	(提供開始前)
⑨平成15年(2003年)十勝沖地震	Mj 8.0 (Mw8.0)	海溝型・プレート境界地震・東日本	(提供開始前)

検討した地震の震源

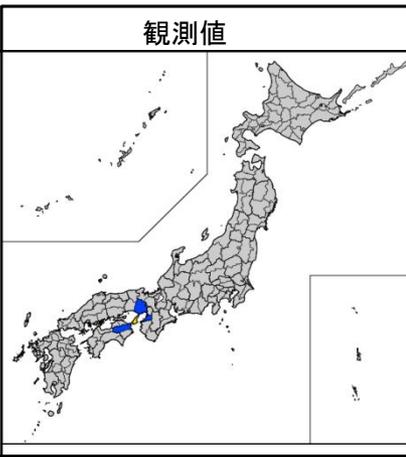


平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震については別途検討

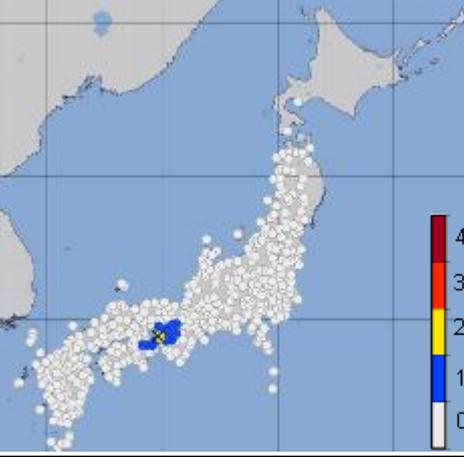
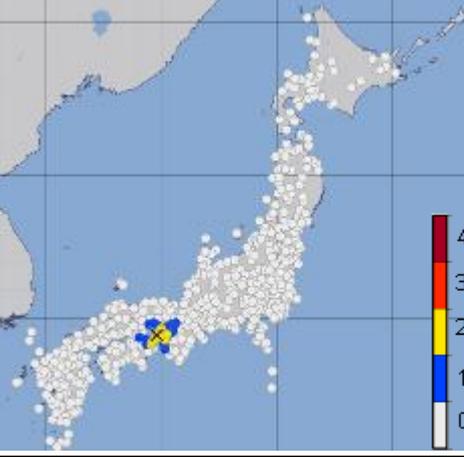
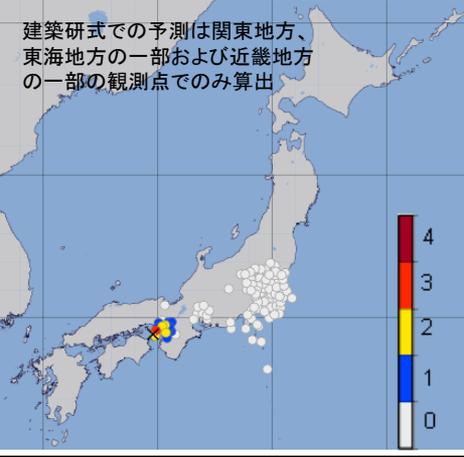
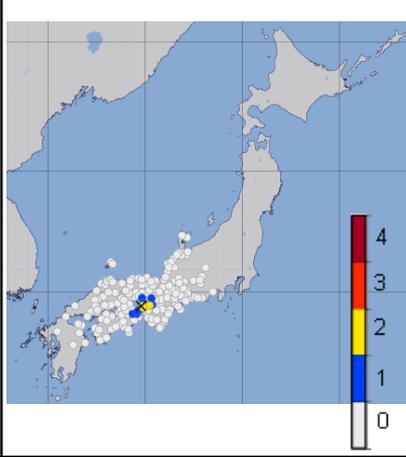
なお、今後、地震波形データが入手しやすい平成8年(1996年)以降のマグニチュード6.0以上の地震を対象とする等、対象を増やして同様な検討を行いたい。

# 平成25年4月13日の淡路島の地震 Mj6.3

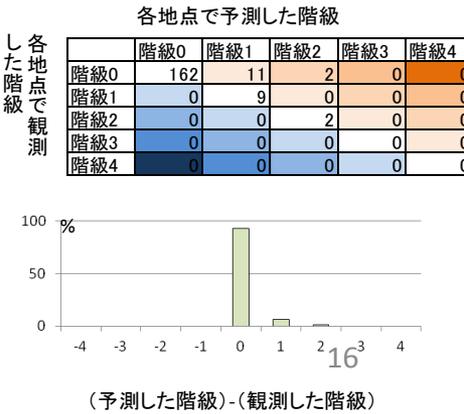
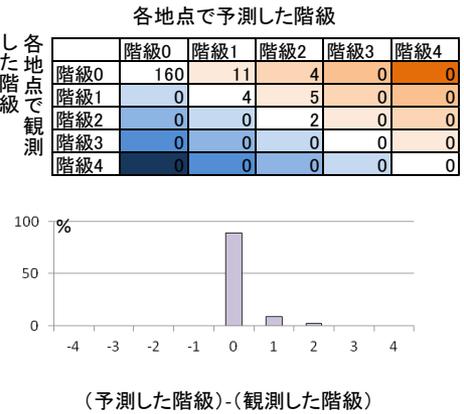
階級の分布(地域)

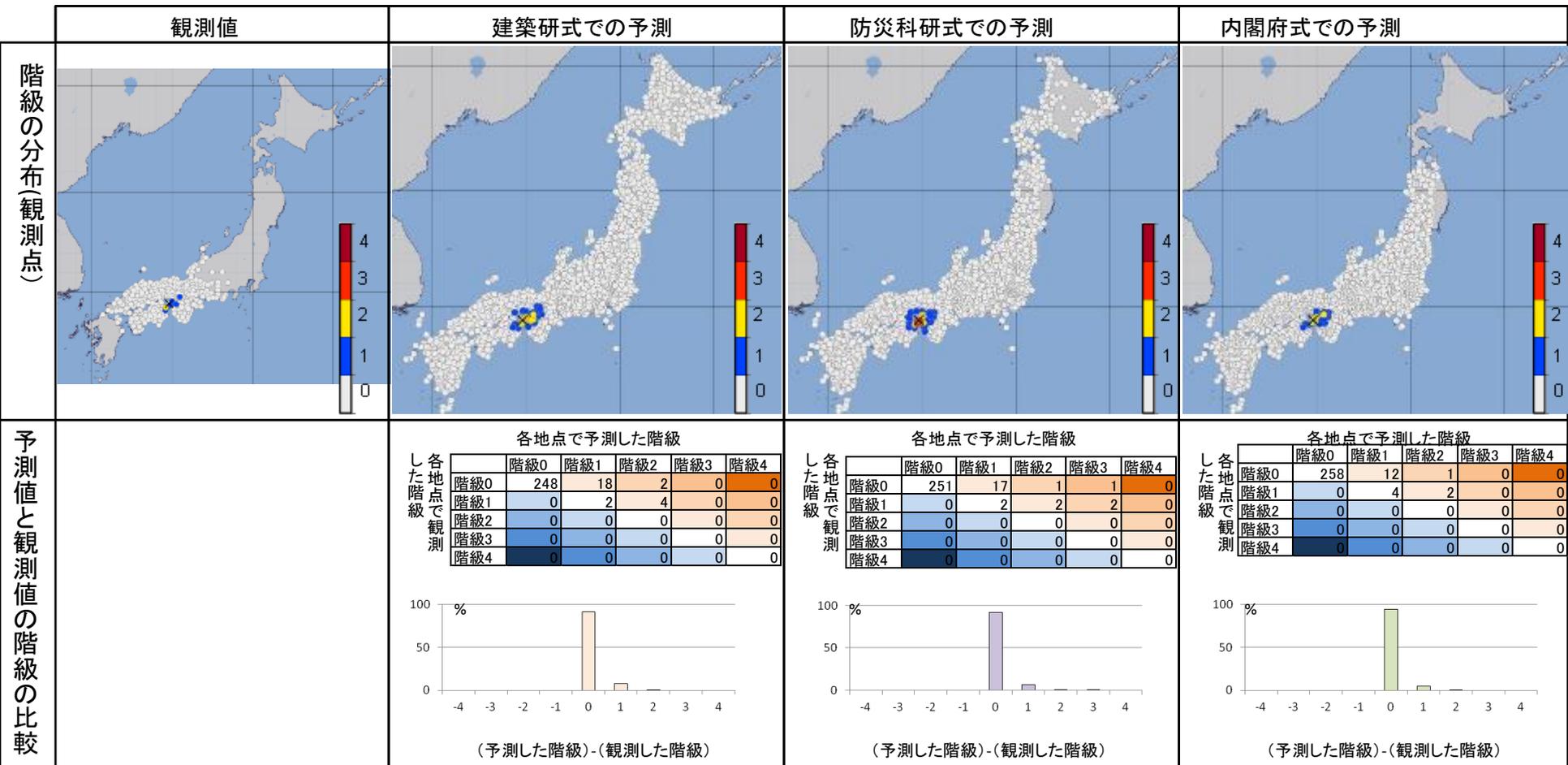


階級の分布(観測点)



予測値と観測値の階級の比較



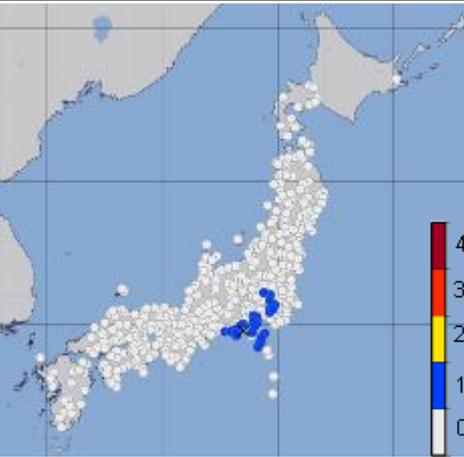
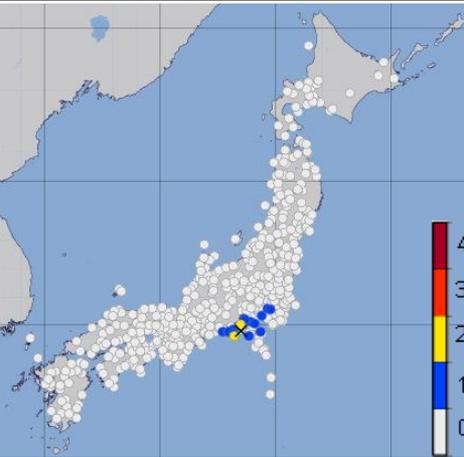
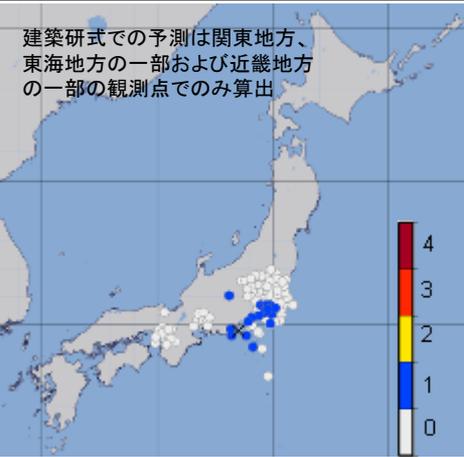
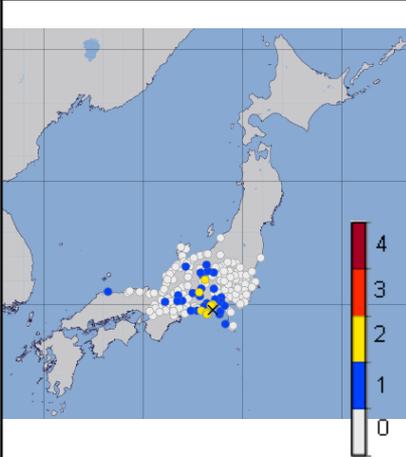


# 平成21年8月11日の駿河湾の地震 Mj6.5

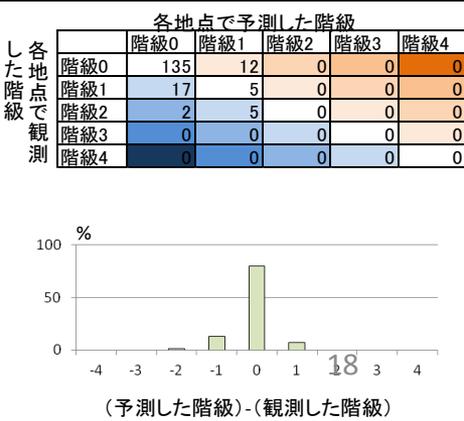
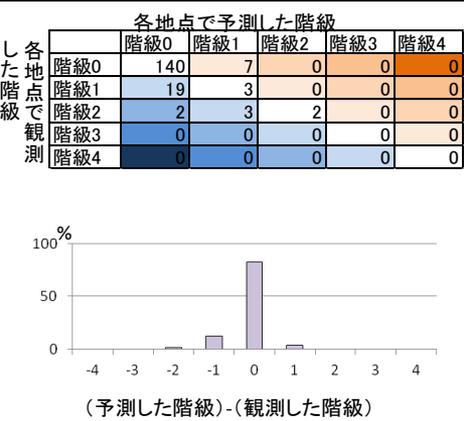
階級の分布(地域)

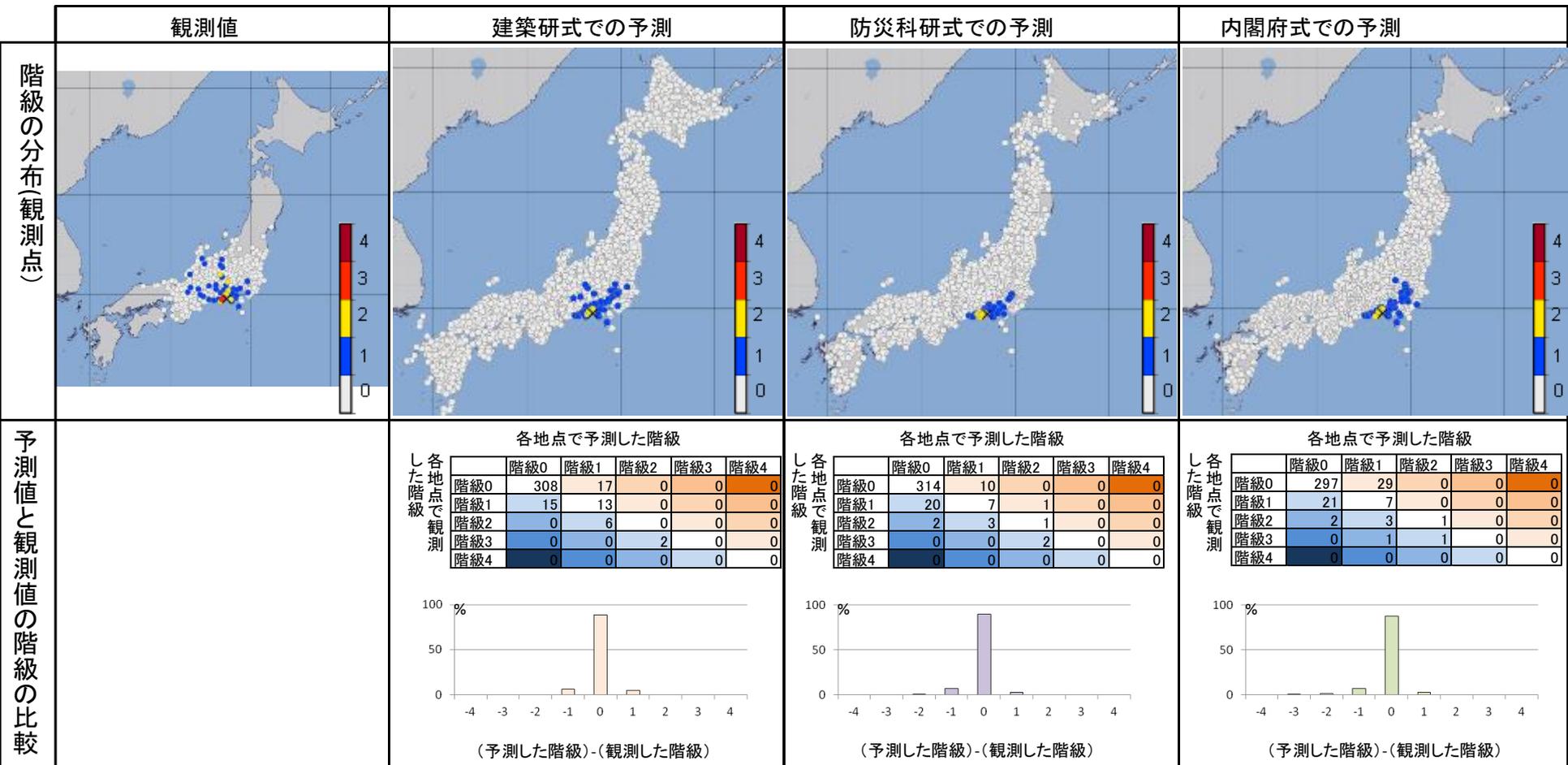


階級の分布(観測点)



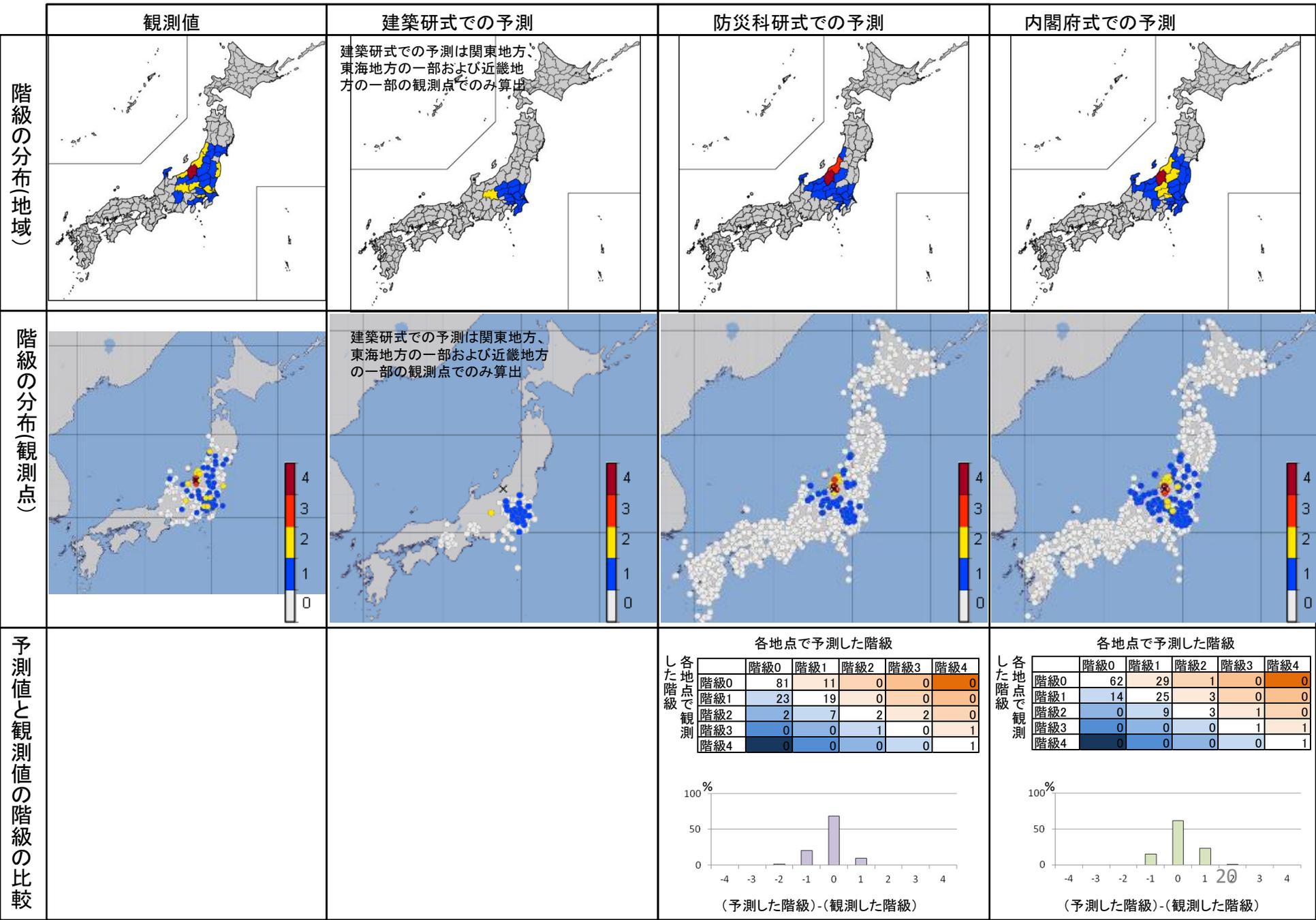
予測値と観測値の階級の比較

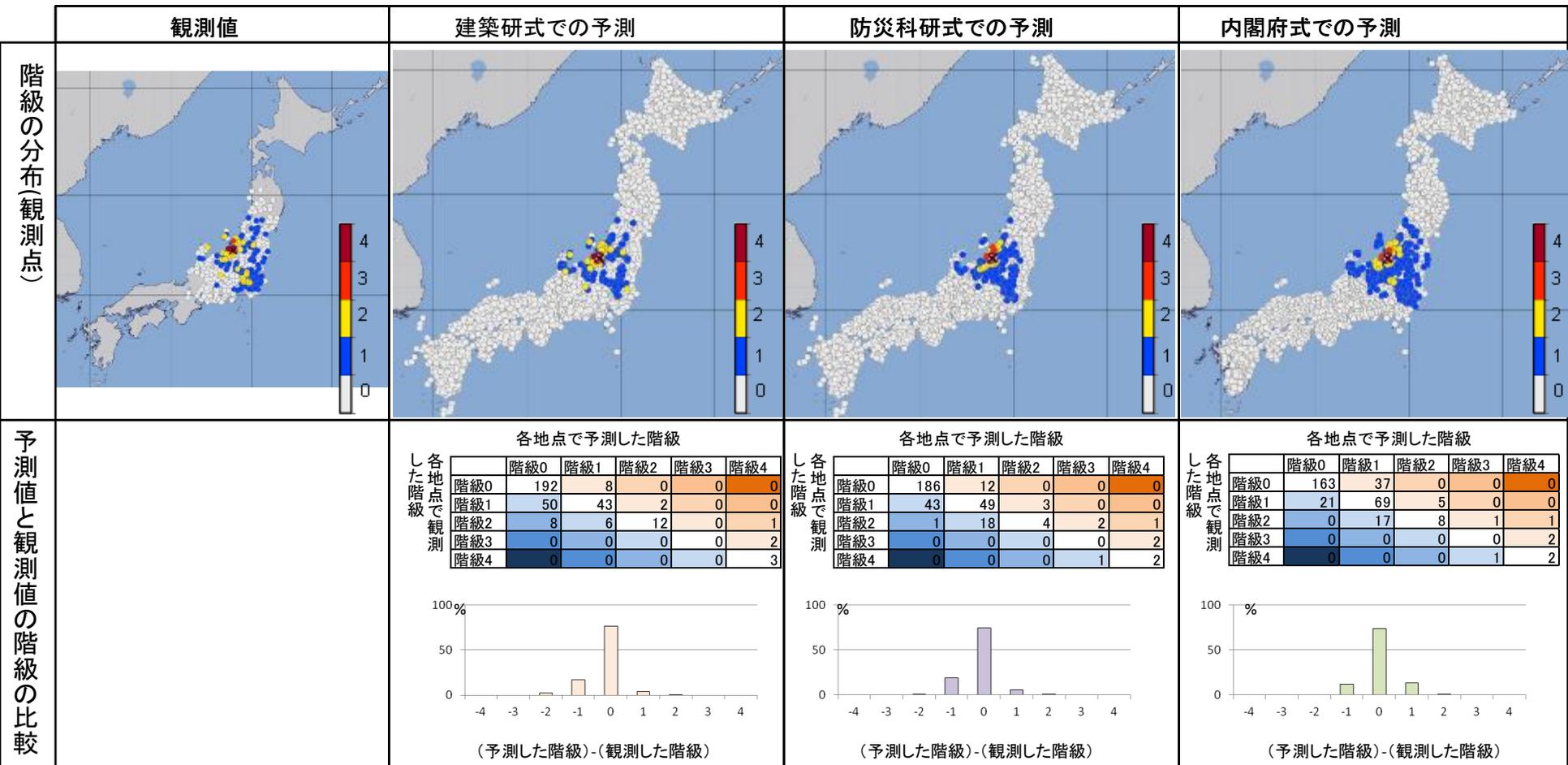




# 平成16年(2004年)新潟県中越地震 Mj6.8

気象庁観測点





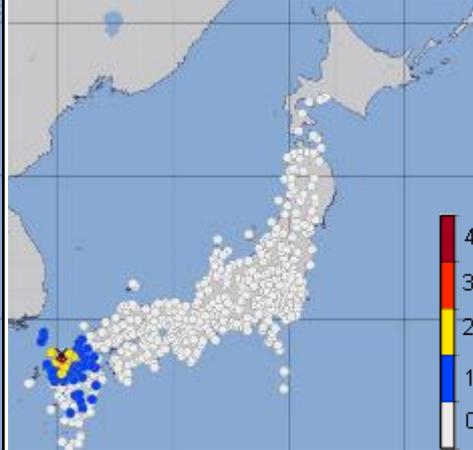
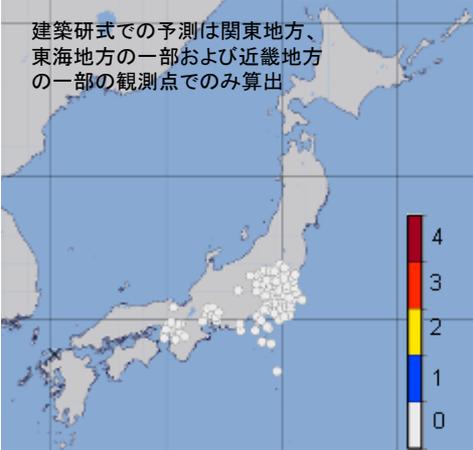
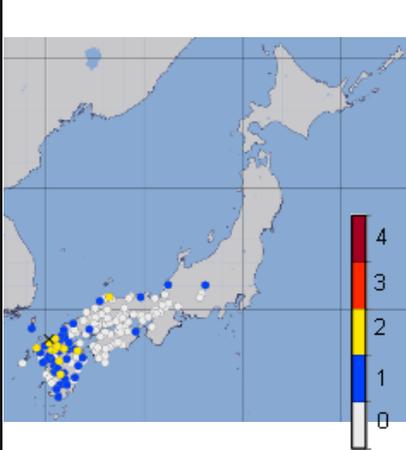
# 平成17年3月20日の福岡県西方沖の地震 Mj7.0

気象庁観測点

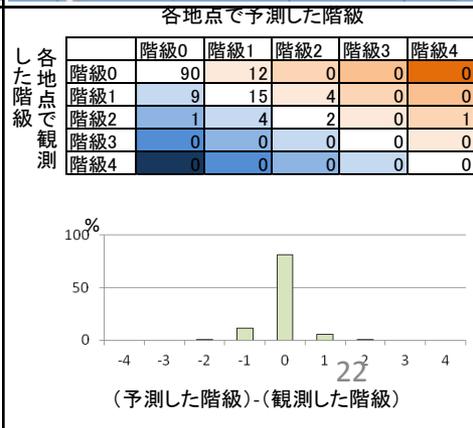
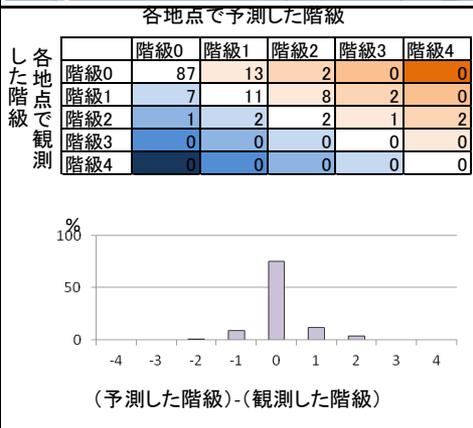
階級の分布(地域)

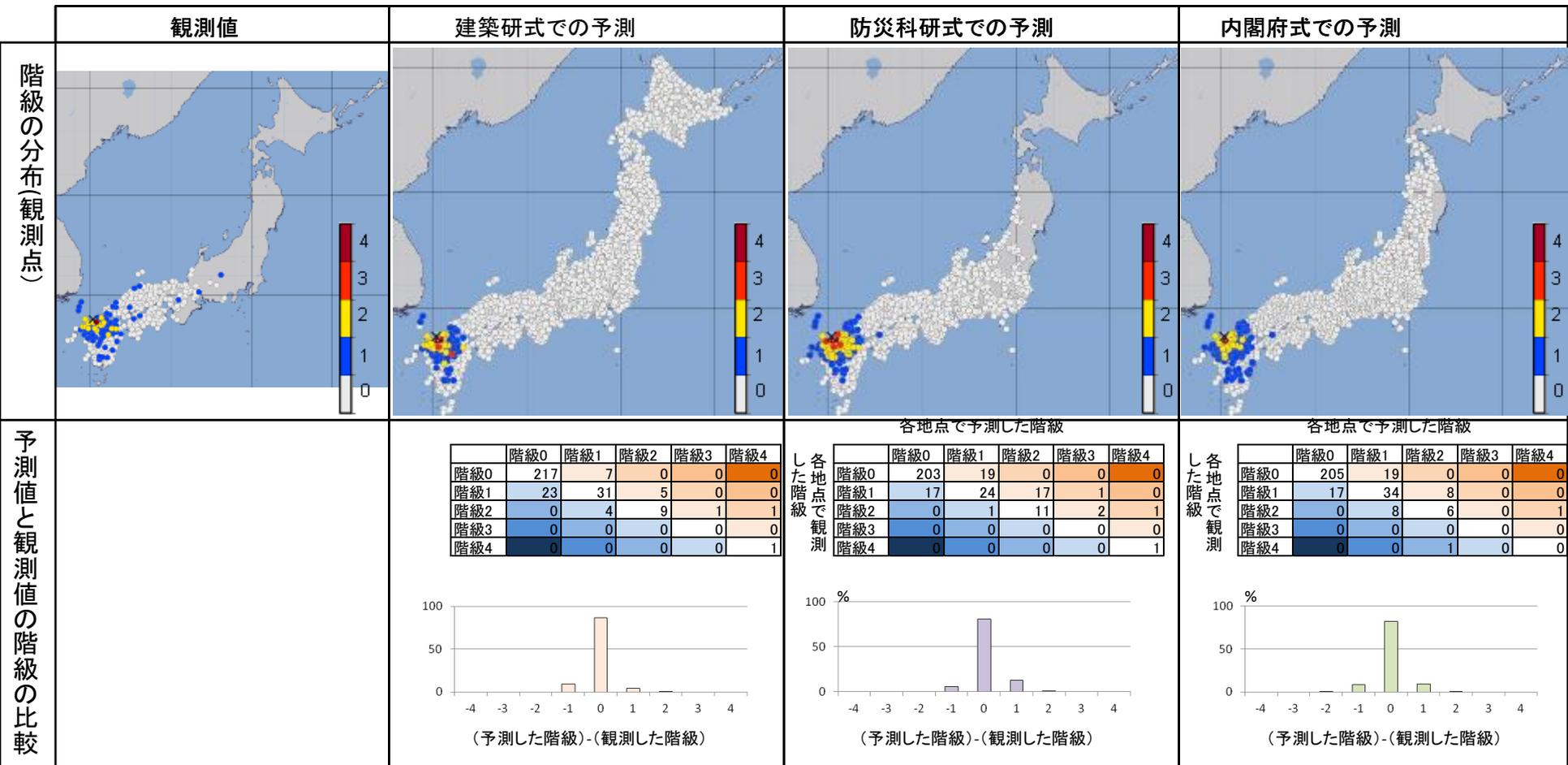


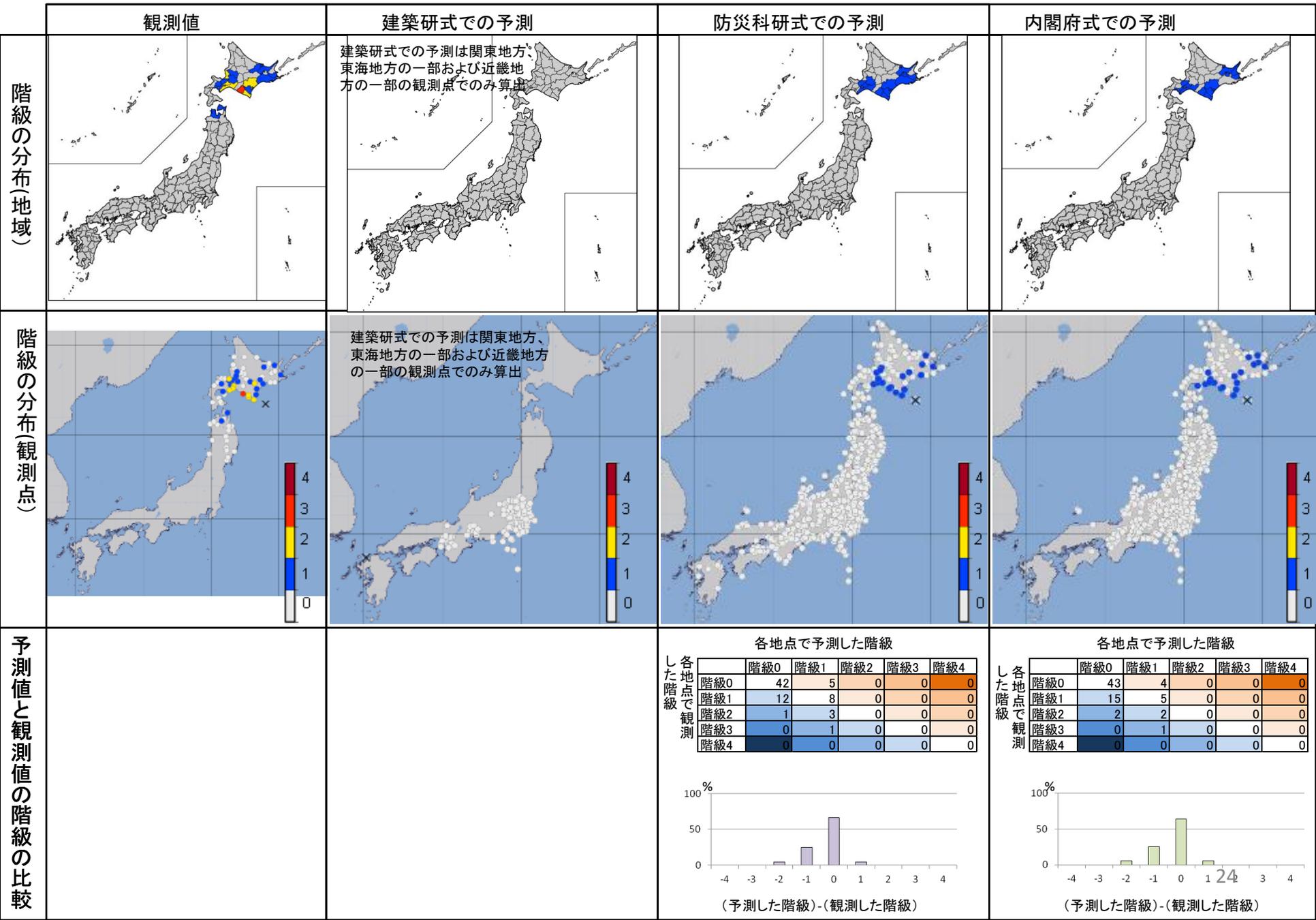
階級の分布(観測点)

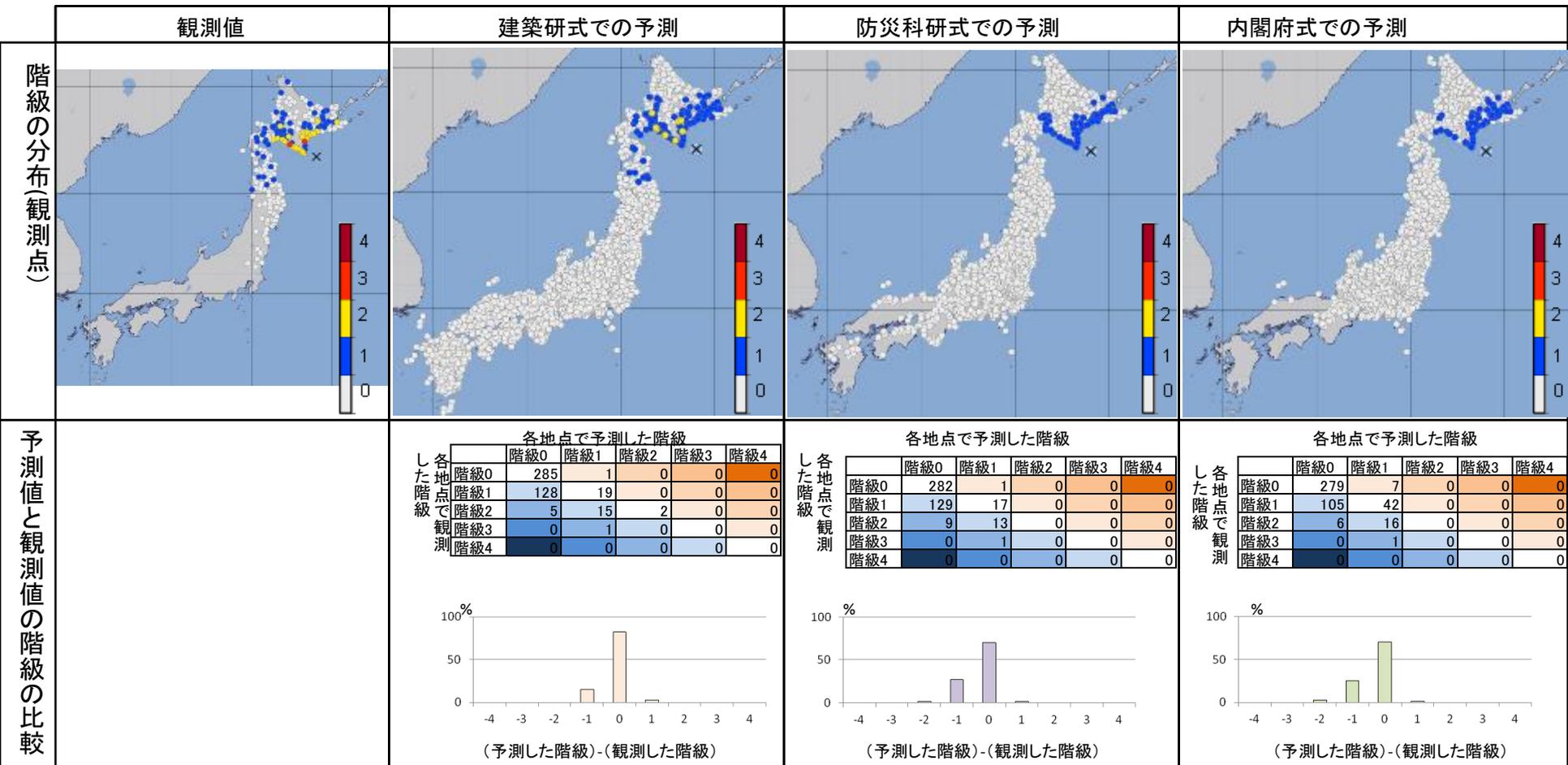


予測値と観測値の階級の比較



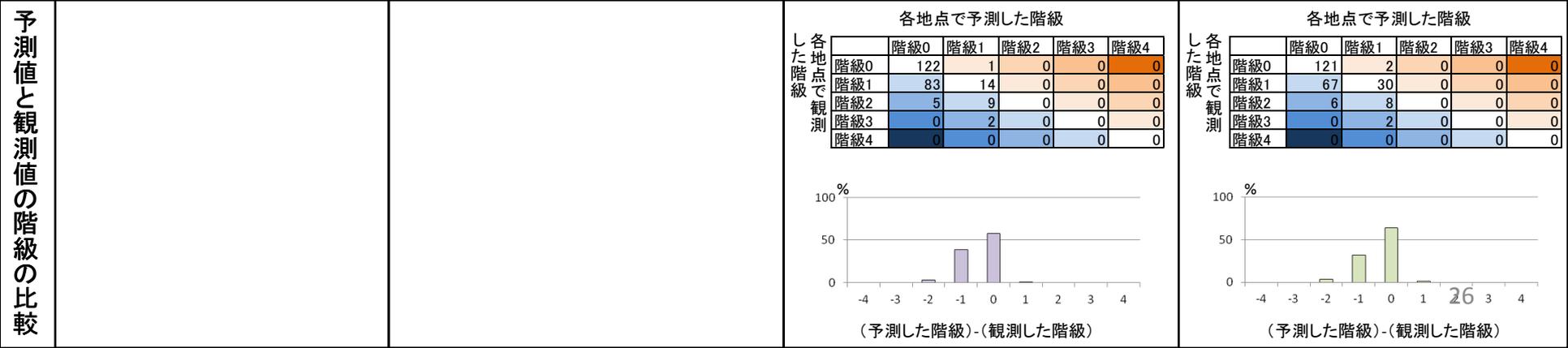
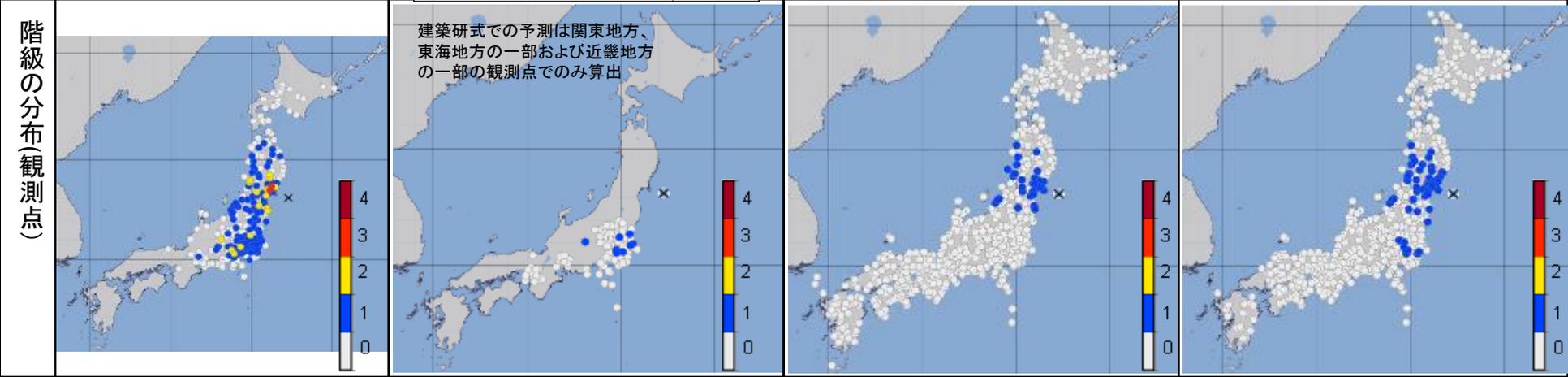
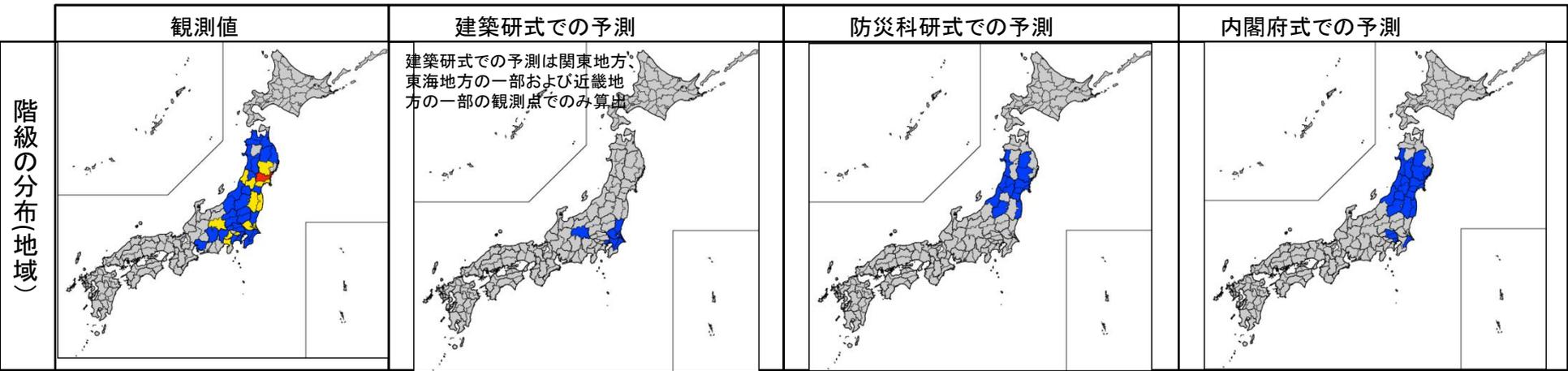


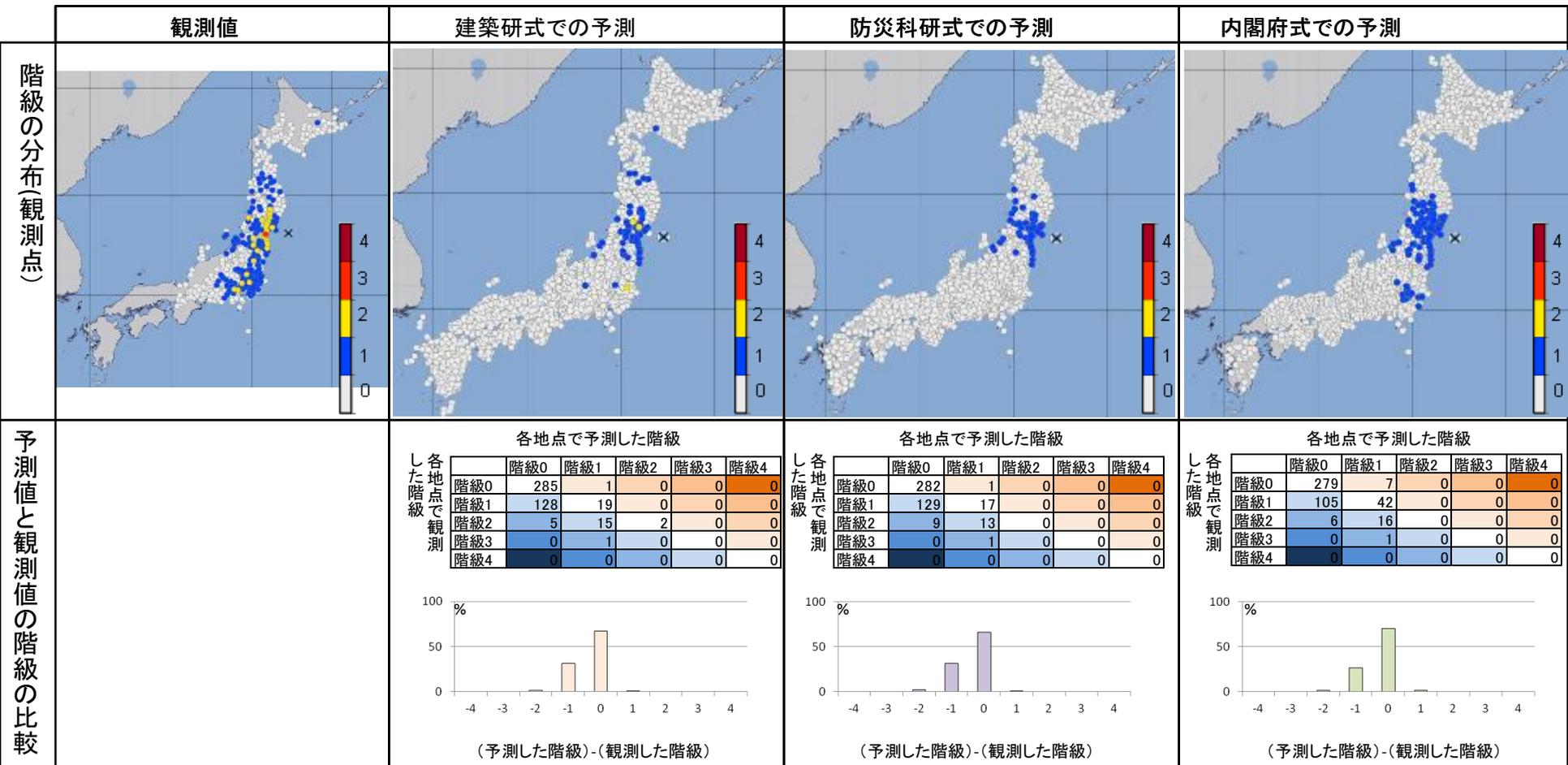


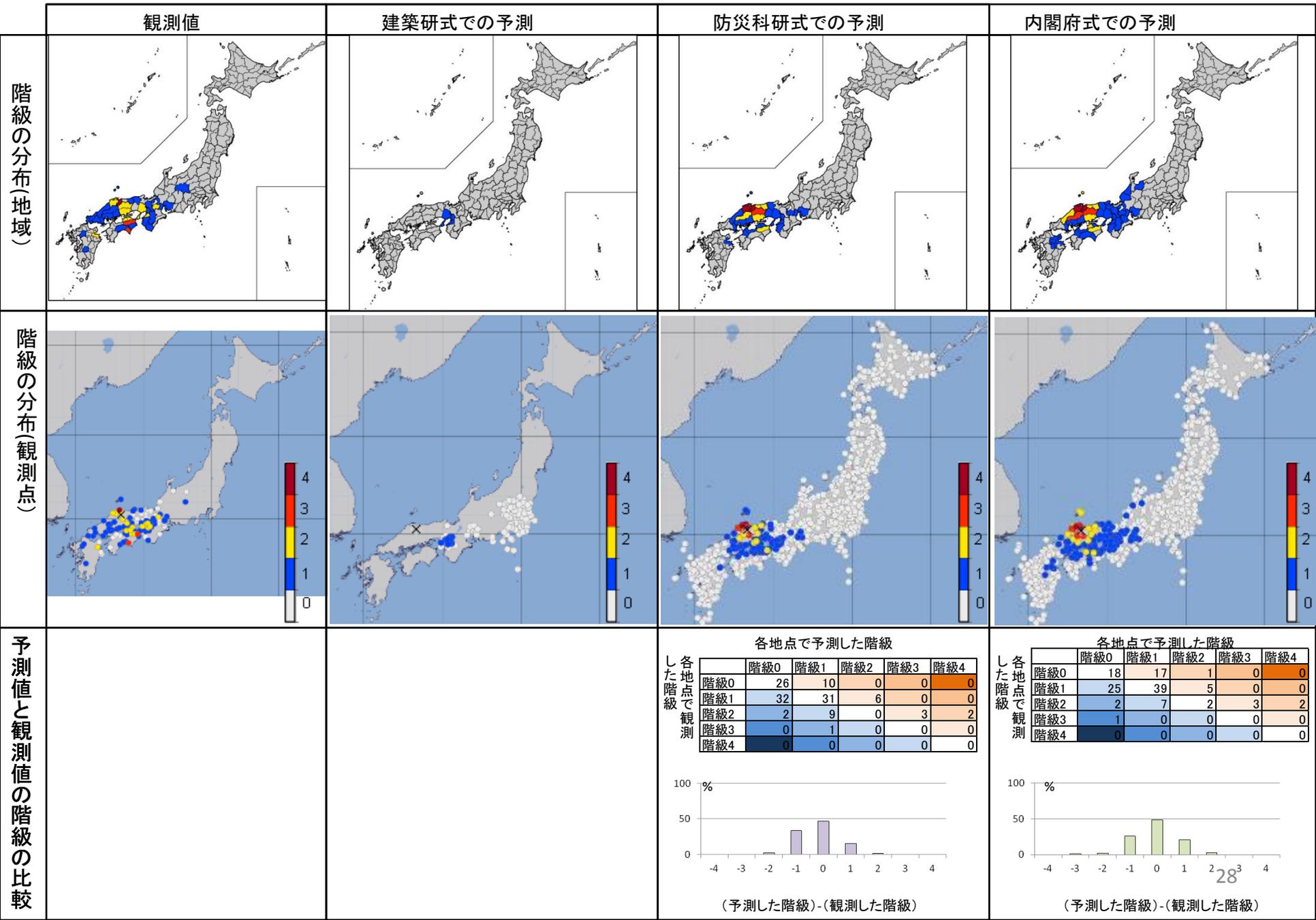


# 平成17年8月16日の宮城県沖の地震 Mj7.2

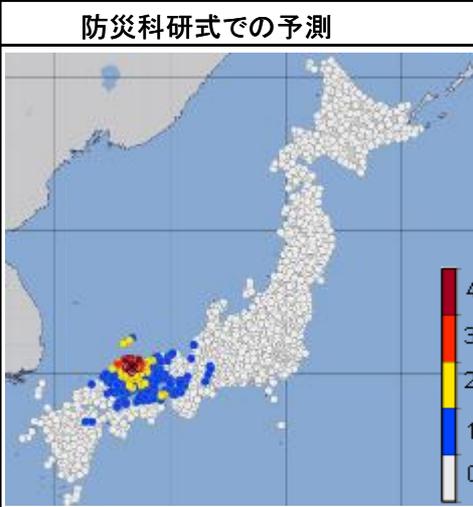
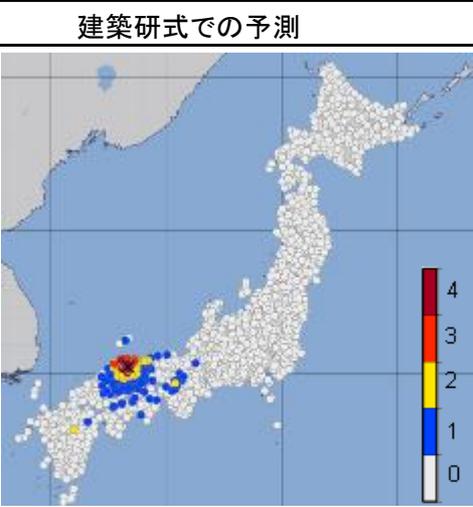
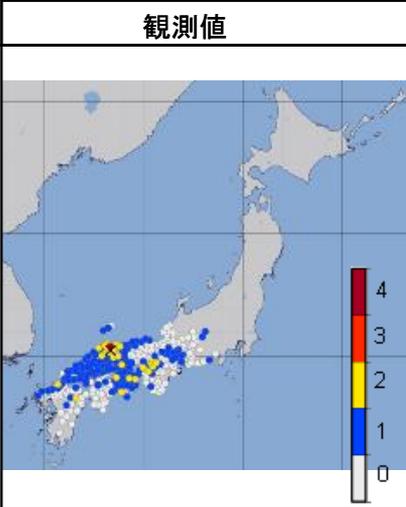
気象庁観測点



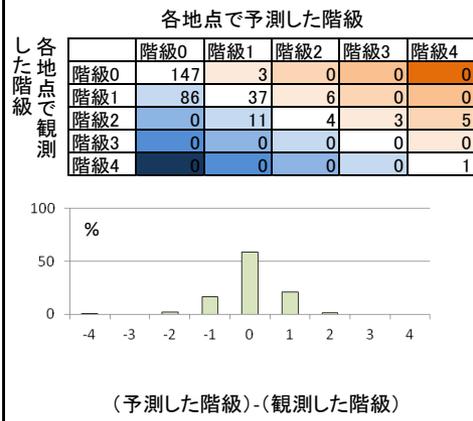
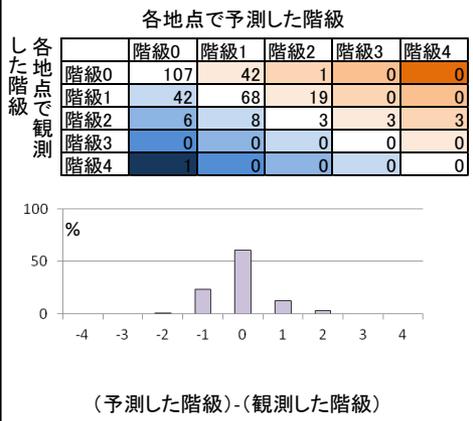
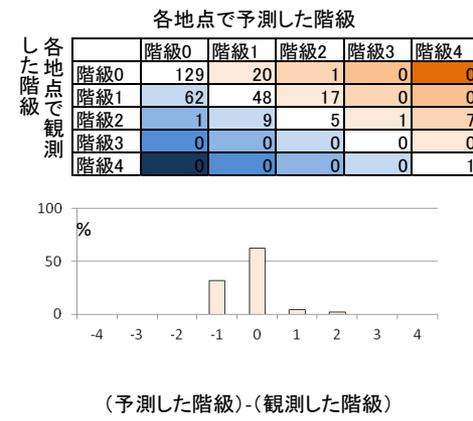




階級の分布(観測点)

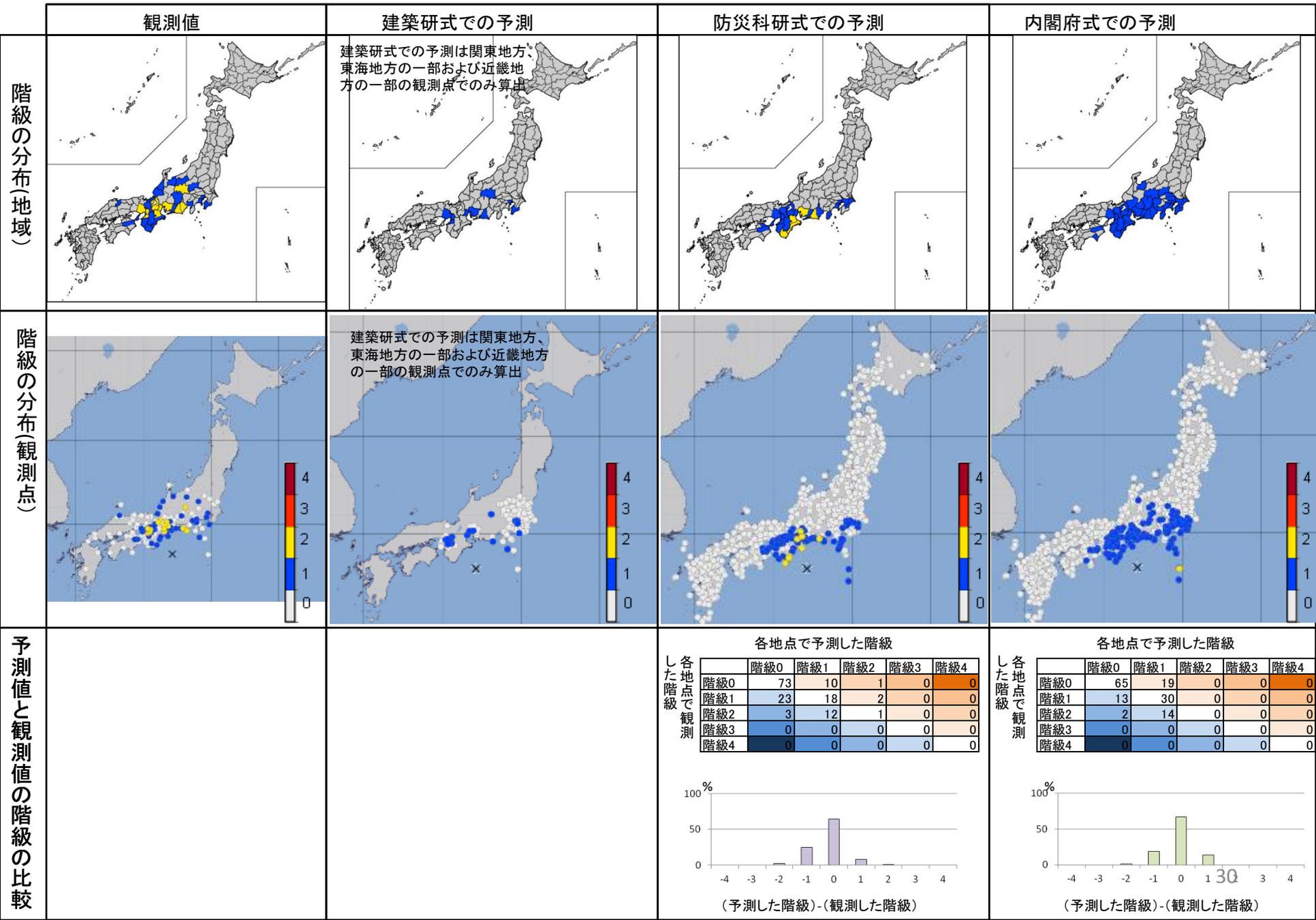


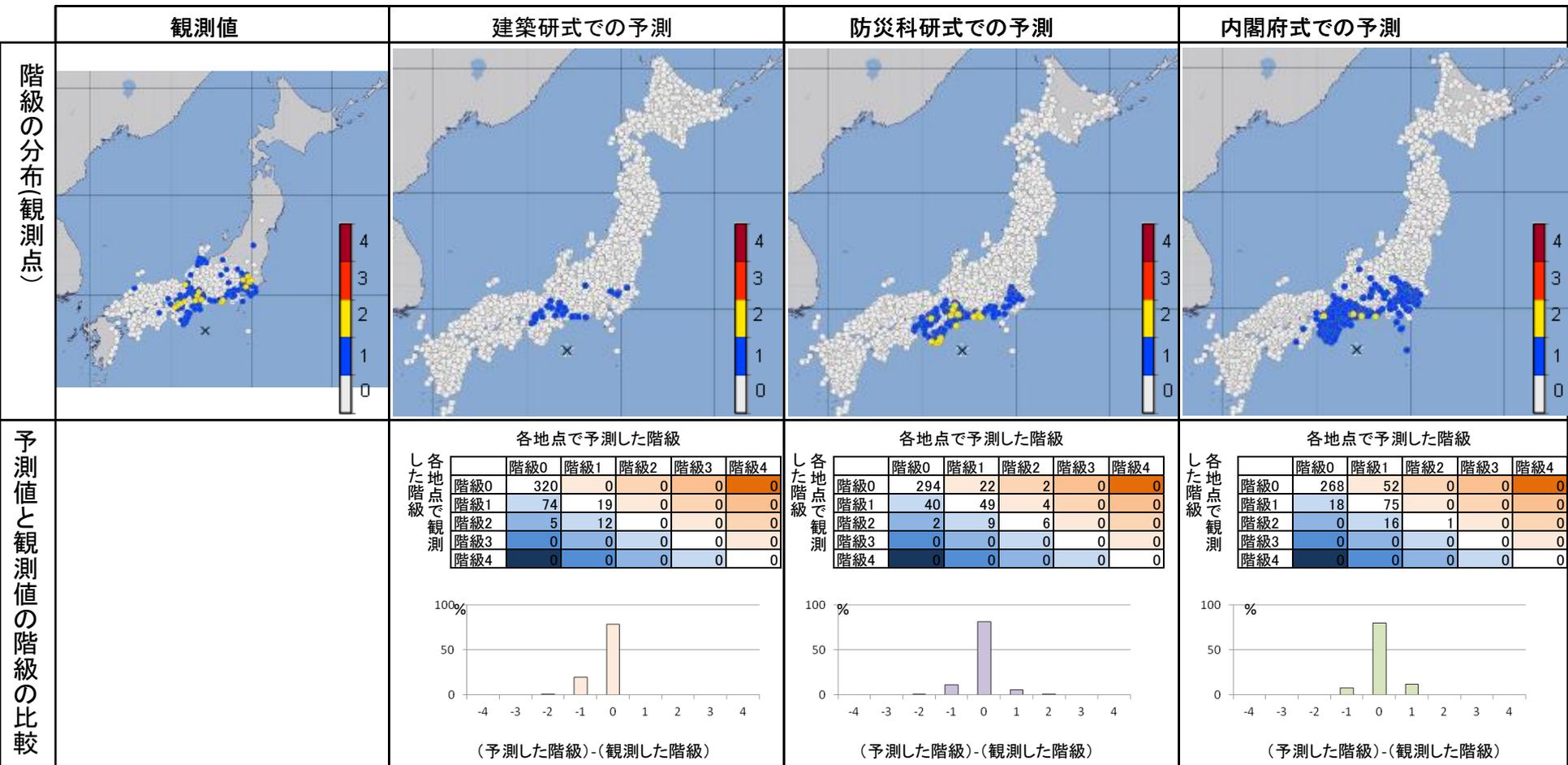
予測値と観測値の階級の比較



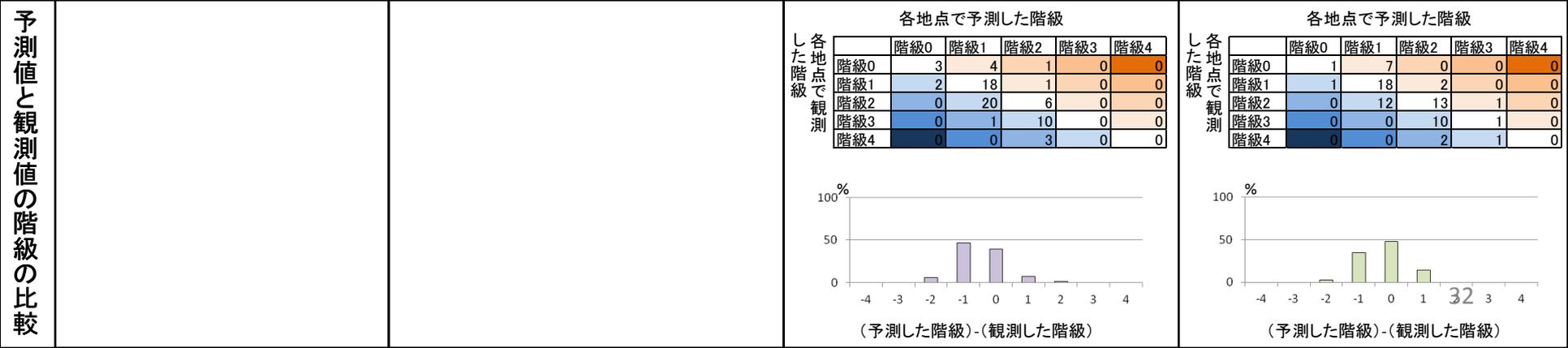
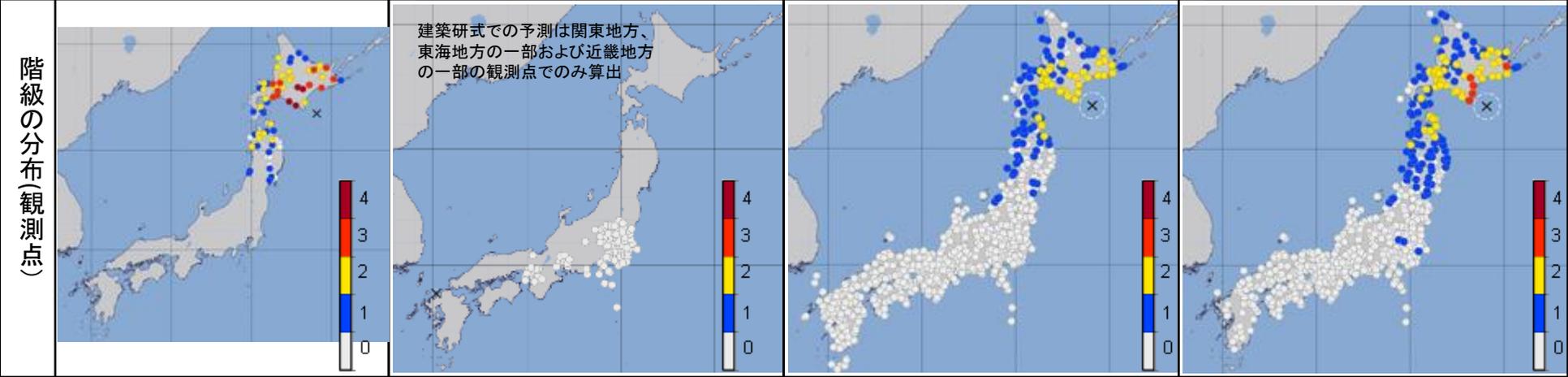
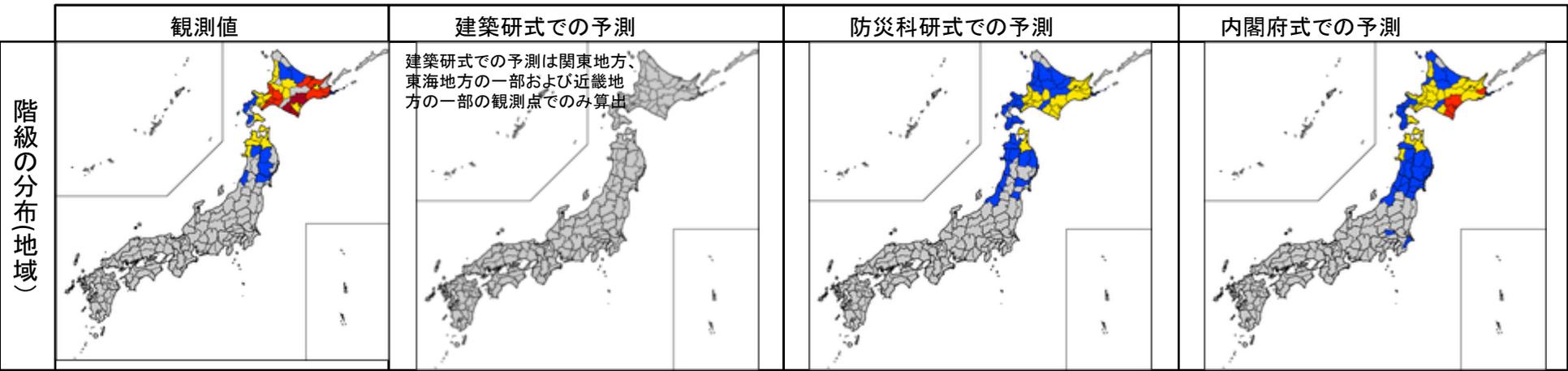
# 平成16年9月5日の東海道沖の地震 Mj7.4

気象庁観測点

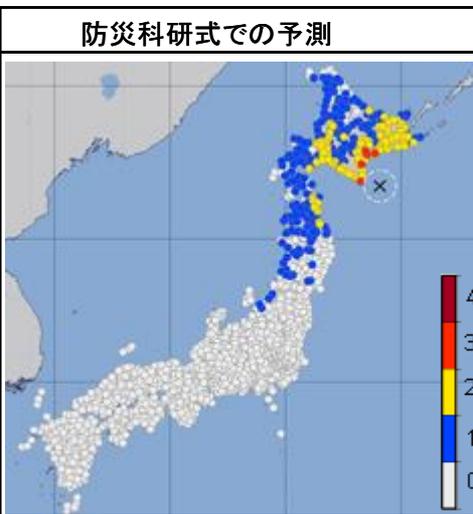
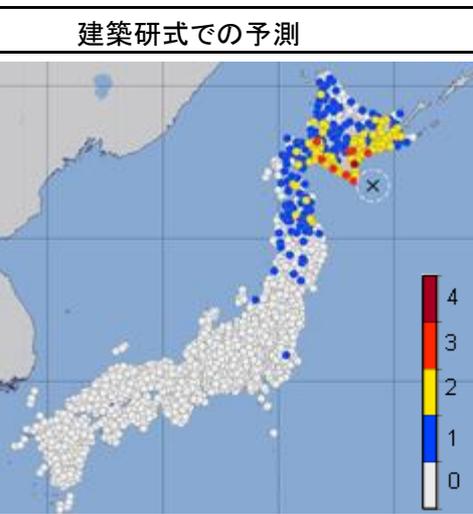
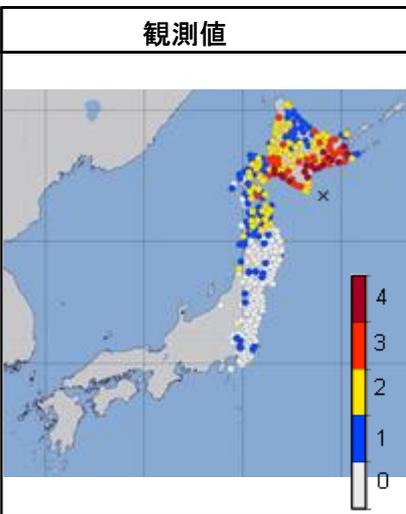




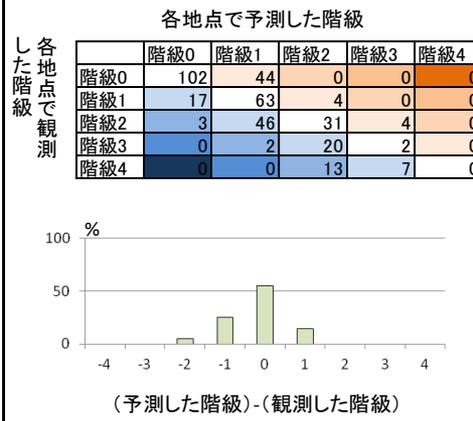
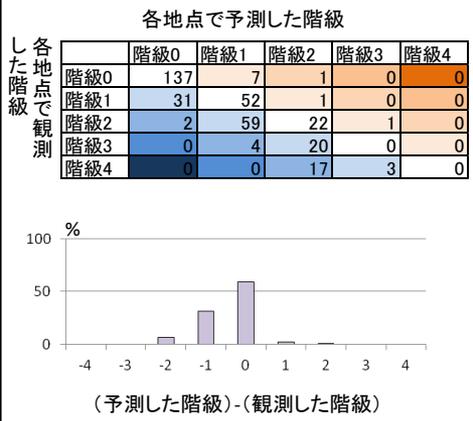
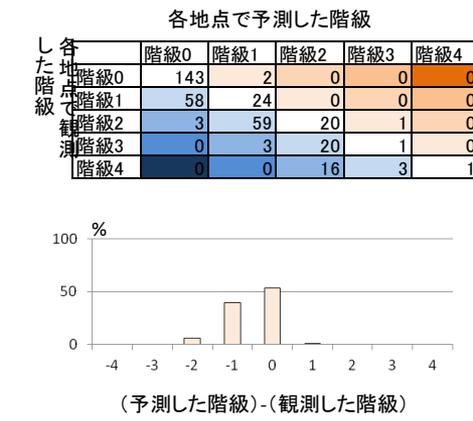
# 平成15年(2003年)十勝沖地震 Mj8.0



階級の分布(観測点)



予測値と観測値の階級の比較



# 平成23年東北地方太平洋沖地震 に関する検討

# 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震 に関する検討

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震については、地震情報発表時のマグニチュード、緊急地震速報の最大マグニチュード、気象庁による最大変位振幅によるマグニチュードおよび気象庁によるモーメントマグニチュードで検討を行った。

震源要素	
震源の位置	北緯38° 0' 142° 54' 東経142° 51.66'
震源の深さ	23.74km
マグニチュード	地震情報発表時 Mj7.9 緊急地震速報の最大 Mj8.1 暫定値 Mj8.4 確定値 Mw9.0

2 緊急地震速報(予報及び警報)の詳細(表中の網掛は、2点以上の観測点のデータを用いて最も早く発表した予報または警報を表す)

地震波 検知時刻	震源要素等 からの経過 時間(秒)	震 源 要 素				発表から主要動到達までの時間(秒)						予想した 最大震度	警報の 発表	
		北緯	東経	深さ	マグニ チュード	宮城県 石巻市	宮城県 栗原市	福島県 浪江町	茨城県 高萩市	栃木県 宇都宮市	東京都 千代田区			
14時46分40.2秒														
1	14時46分45.6秒	5.4	38.2	142.7	10km	4.3	6	19	19	35	49	67	※1	
2	14時46分46.7秒	6.5	38.2	142.7	10km	5.9	4	18	18	34	48	66	※2	
3	14時46分47.7秒	7.5	38.2	142.7	10km	6.8	3	17	17	33	47	65	※3	
4	14時46分48.8秒	8.6	38.2	142.7	10km	7.2	2	15	16	32	46	63	※4	○
5	14時46分49.8秒	9.6	38.2	142.7	10km	6.3	1	14	15	31	45	62	※5	
6	14時46分50.9秒	10.7	38.2	142.7	10km	6.6	0	13	14	30	43	61	※6	
7	14時46分51.2秒	11.0	38.2	142.7	10km	6.6	0	13	14	29	43	61	※6	
8	14時46分56.1秒	15.9	38.1	142.9	10km	7.2	-	8	9	24	38	56	※7	
9	14時47分02.4秒	22.2	38.1	142.9	10km	7.6	-	2	2	18	32	50	※8	
10	14時47分10.2秒	30.0	38.1	142.9	10km	7.7	-	-	-	10	24	42	※9	
11	14時47分25.2秒	45.0	38.1	142.9	10km	7.7	-	-	-	-	9	27	※9	
12	14時47分45.3秒	65.1	38.1	142.9	10km	7.9	-	-	-	-	-	7	※10	
13	14時48分05.2秒	85.0	38.1	142.9	10km	8.0	-	-	-	-	-	-	※11	
14	14時48分25.2秒	105.0	38.1	142.9	10km	8.1	-	-	-	-	-	-	※12	
15	14時48分37.0秒	116.8	38.1	142.9	10km	8.1	-	-	-	-	-	-	※12	

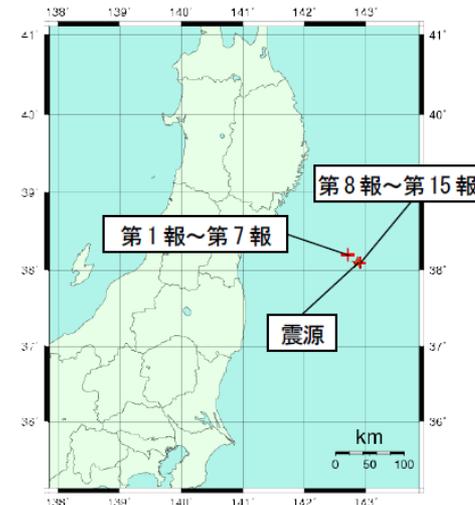
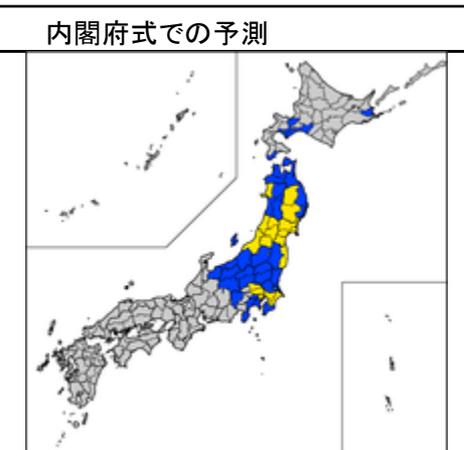


図: 推定した震源の位置

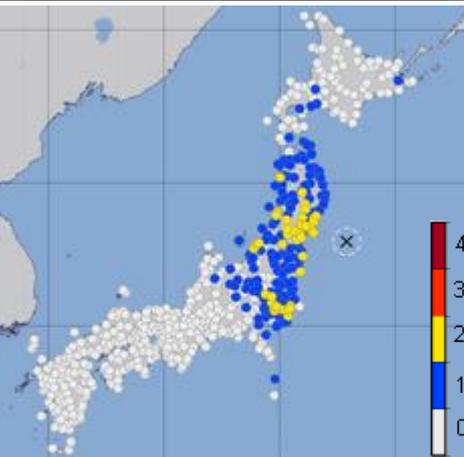
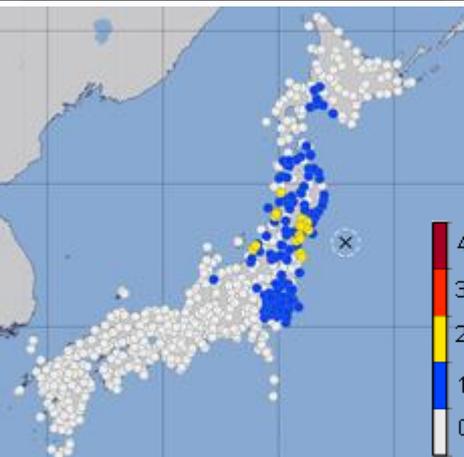
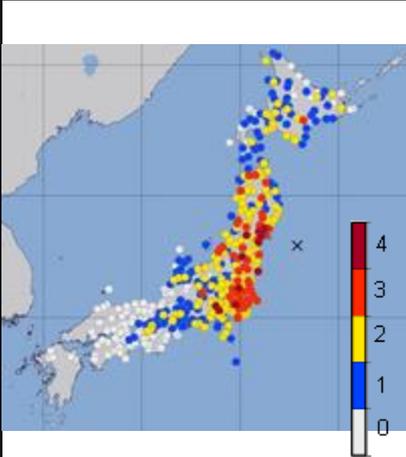
# 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震 Mj7.9

気象庁観測点

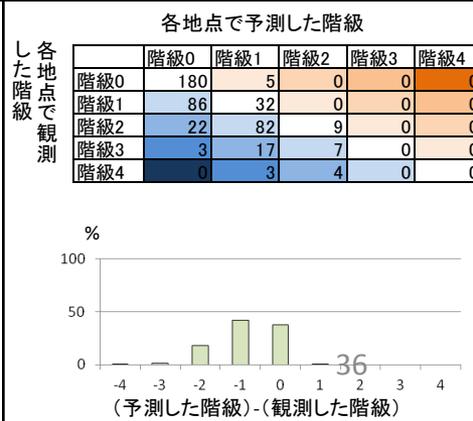
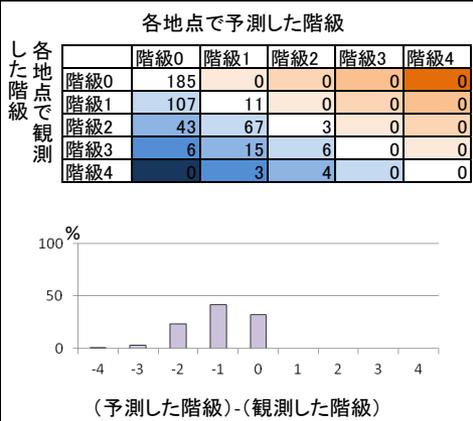
階級の分布(地域)

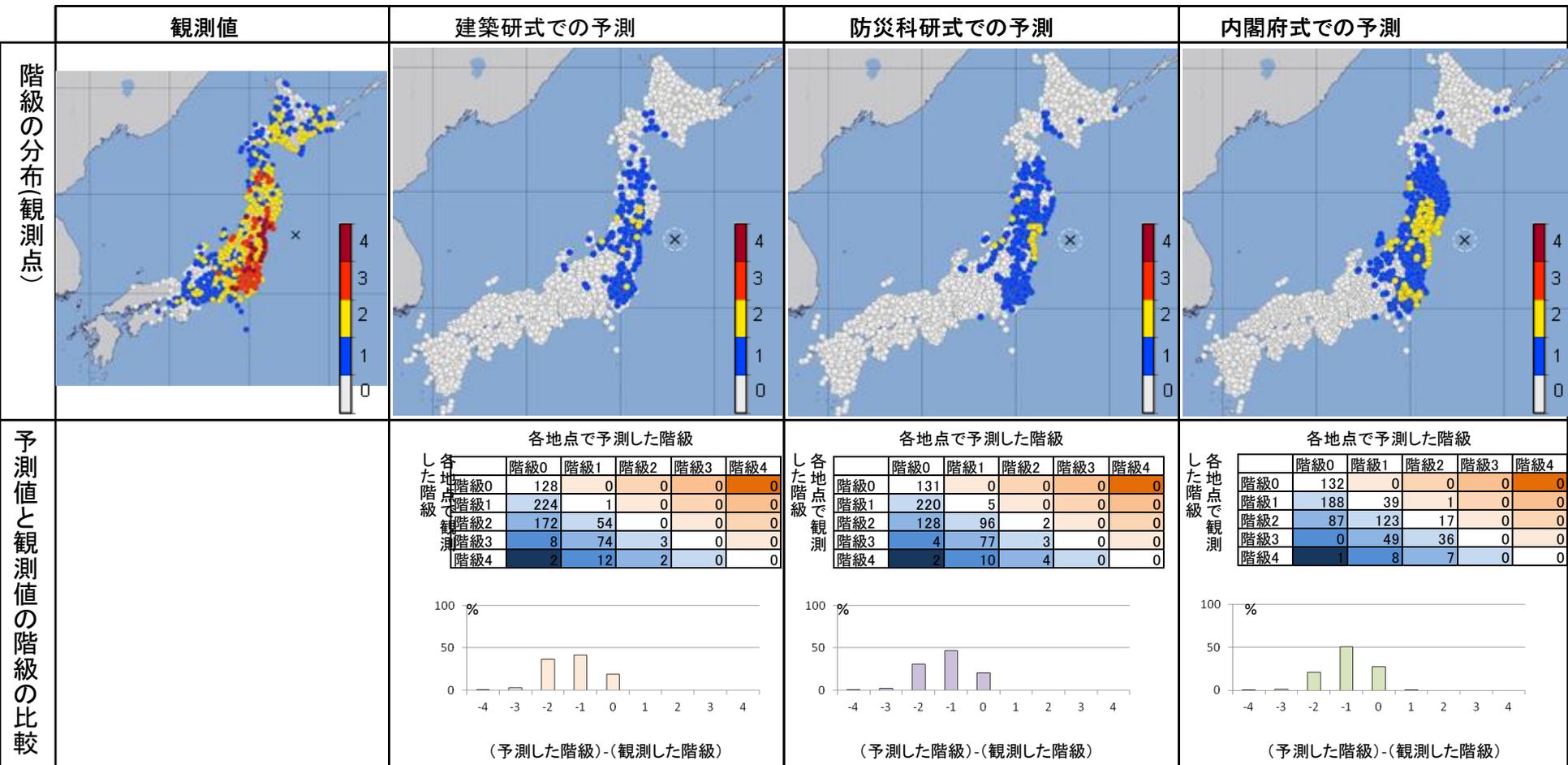


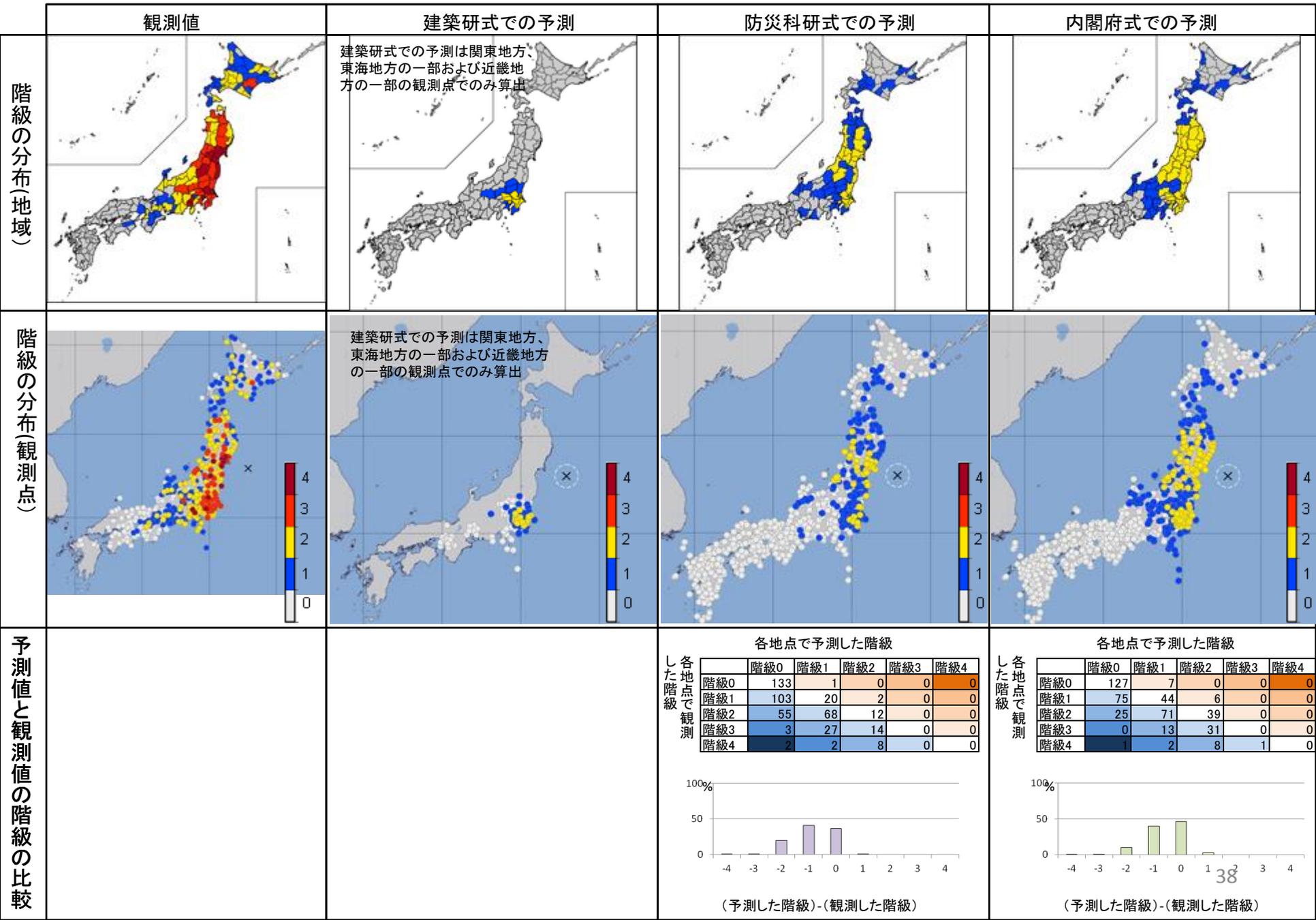
階級の分布(観測点)

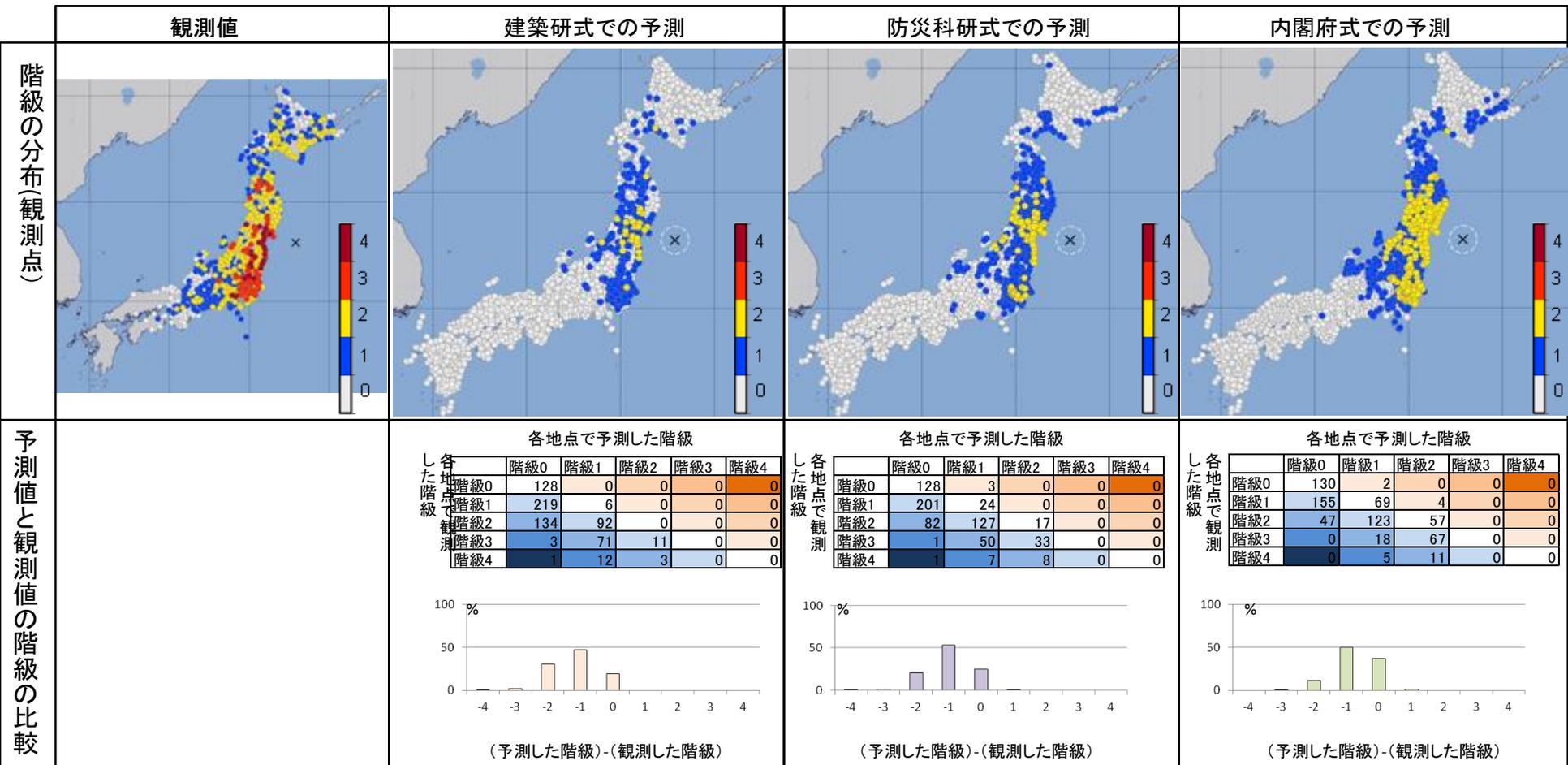


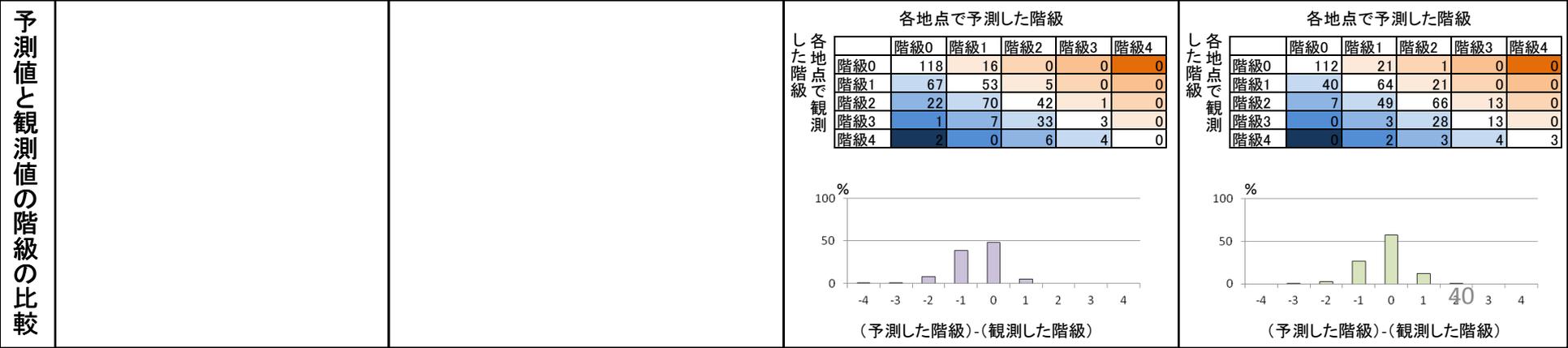
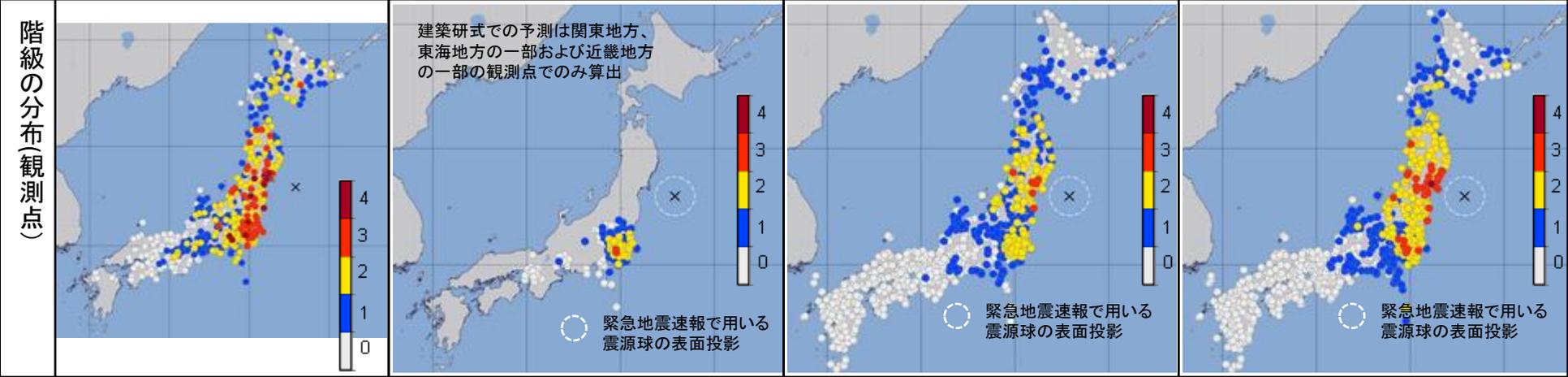
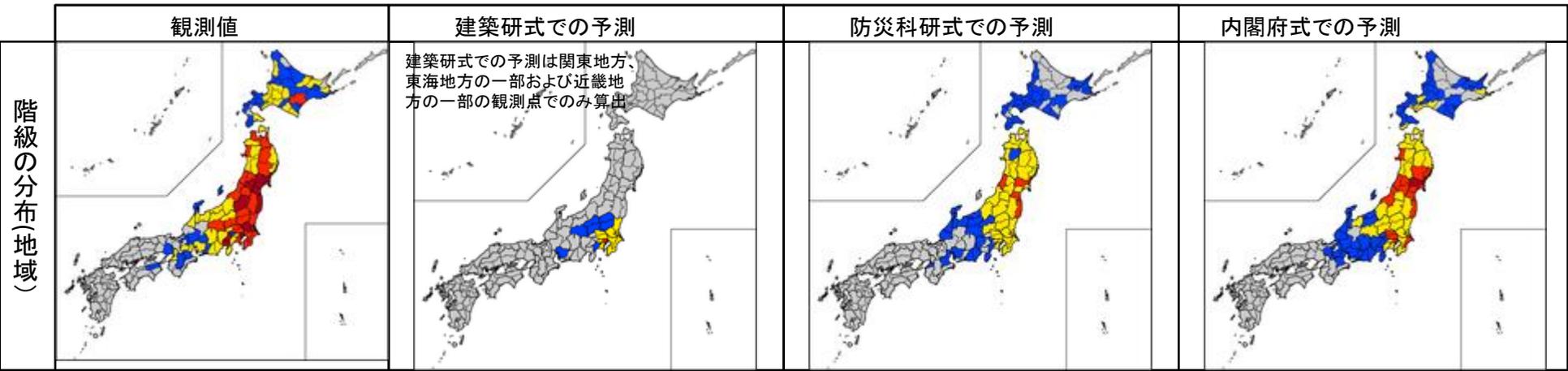
予測値と観測値の階級の比較

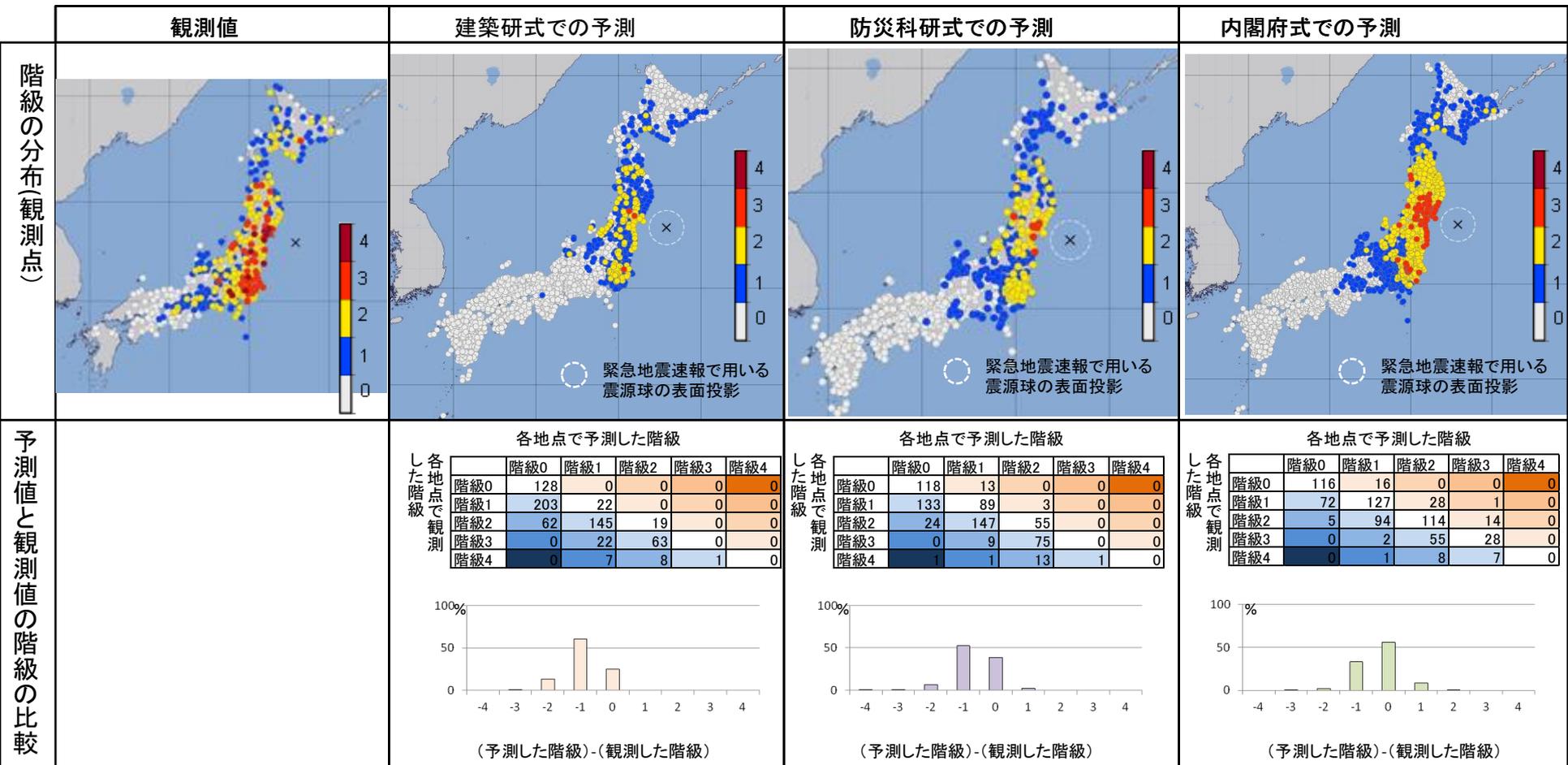


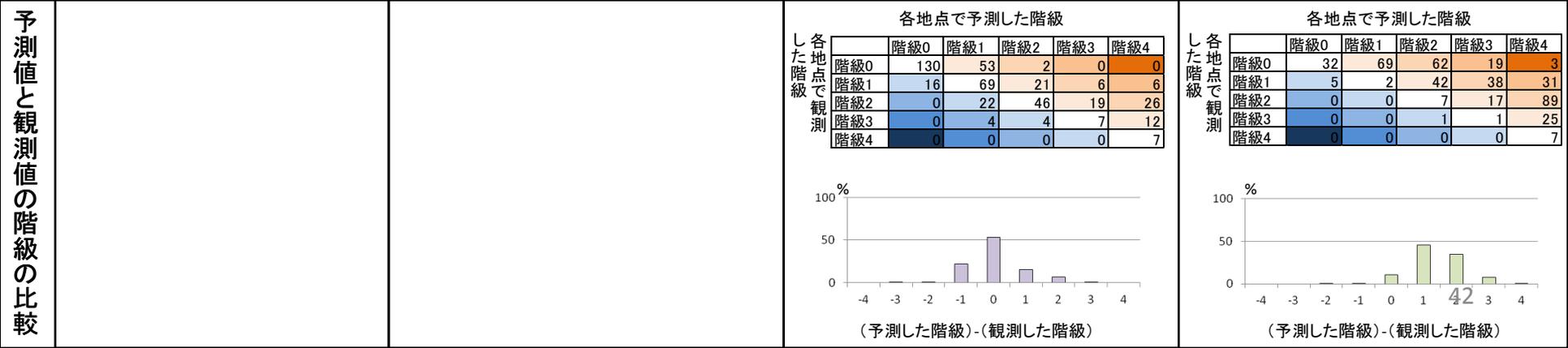
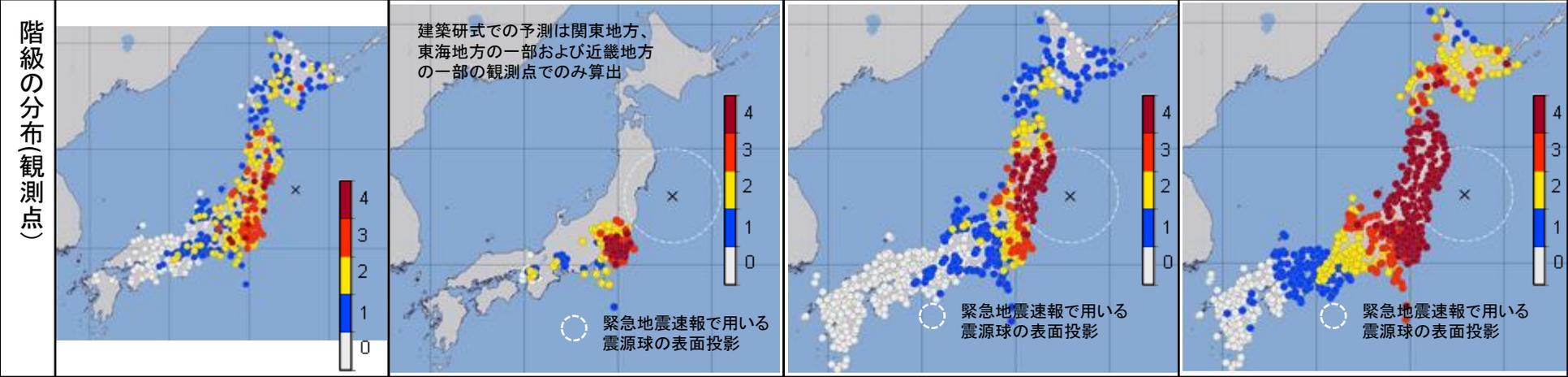
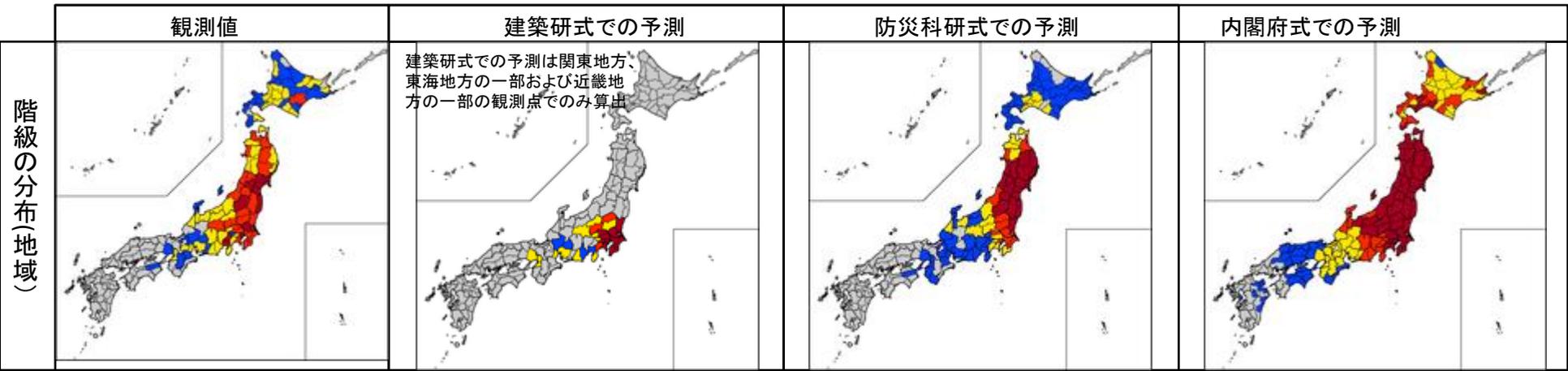


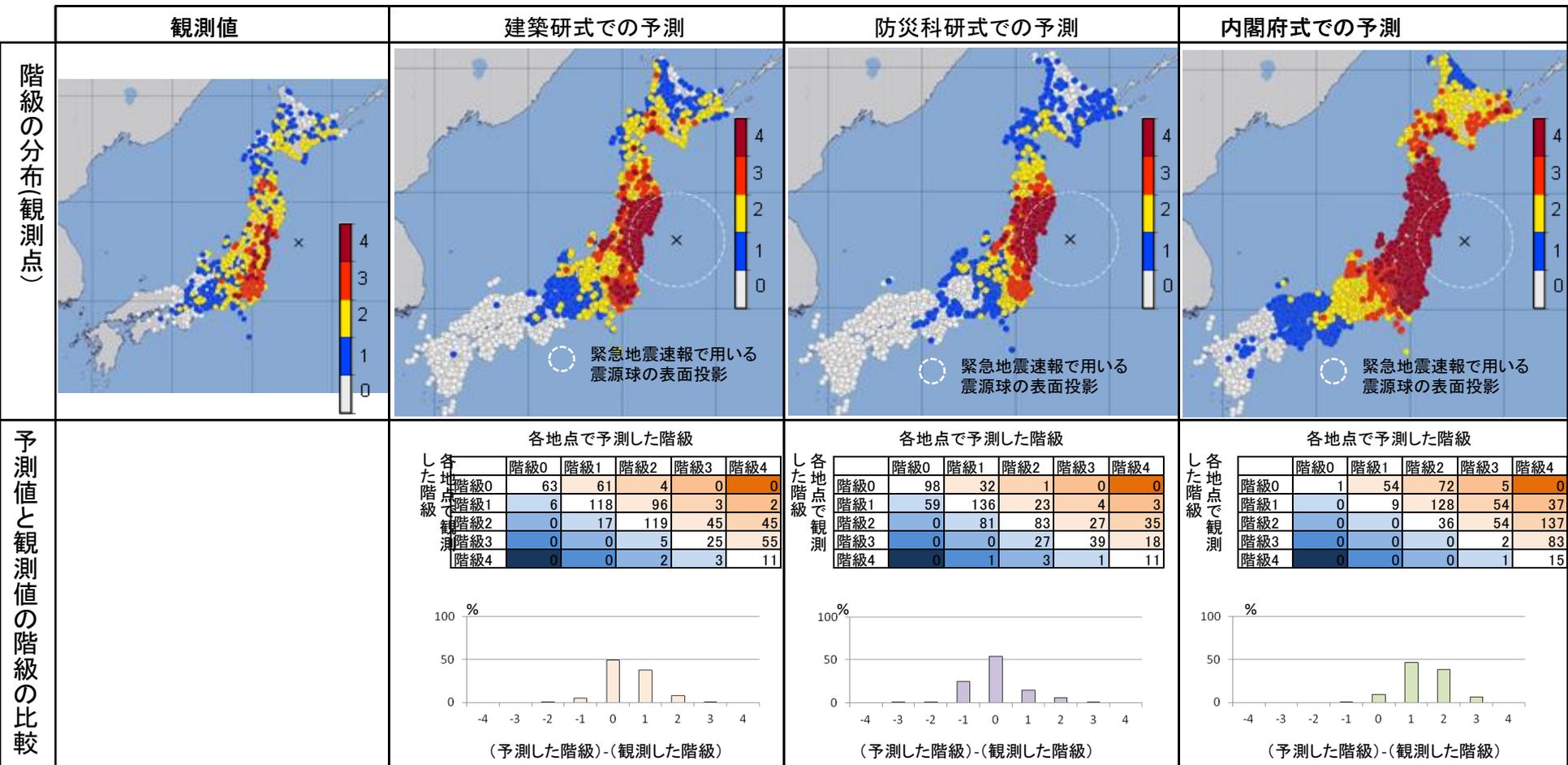












# 誤差に関する調査

検討に用いた10個の地震について、観測した長周期地震動階級が階級2以上、または、観測した長周期地震動階級が階級1以下かつ各距離減衰式での長周期地震動階級の予測が階級2以上の観測点における、長周期地震動階級の観測値と予測値の差、および、長周期地震動階級データの周期帯別の最大値の観測値と予測値の差が、±2階級以上となった観測点の割合を算出した。条件分けとして、震度1以上の観測点全てを対象とする場合と、震度4以下の観測点を対象とする場合を区別した。また、東北地方太平洋沖地震のMj 8.4による予測値を含む場合とそれを除いた場合でも区分した。

## 長周期地震動階級による比較

震度1以上の全てを観測点を対象	東北地方太平洋沖地震(Mj 8.4)を含む			東北地方太平洋沖地震(Mj 8.4)を除く		
	防災科研式	内閣府式	建築研式	防災科研式	内閣府式	建築研式
階級差が+2以上または-2以下の割合(%)	17.3	10.6	25.0	18.8	16.0	17.5
階級差が-2以下の割合(%)	14.5	9.4	23.5	13.1	13.7	14.4
階級差が+2以上の割合(%)	2.8	1.2	1.5	5.6	2.3	3.2
全データ数	654	669	617	320	307	285
震度4以下の観測点を対象	東北地方太平洋沖地震(Mj 8.4)を含む			東北地方太平洋沖地震(Mj 8.4)を除く		
	防災科研式	内閣府式	建築研式	防災科研式	内閣府式	建築研式
階級差が+2以上または-2以下の割合(%)	13.5	7.0	20.6	13.0	10.2	13.0
階級差が-2以下の割合(%)	11.7	6.4	20.3	9.6	9.6	12.4
階級差が+2以上の割合(%)	1.9	0.5	0.3	3.4	0.5	0.6
全データ数	377	388	345	208	197	177
階級差=(予測した階級)-(観測した階級)						

# 誤差に関する調査②

震度1以上の観測点

震度4以下の観測点

東北地方太平洋沖地震 (Mj 8.4) を含む

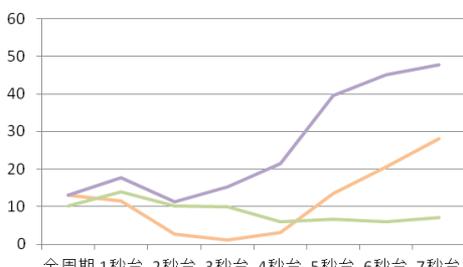
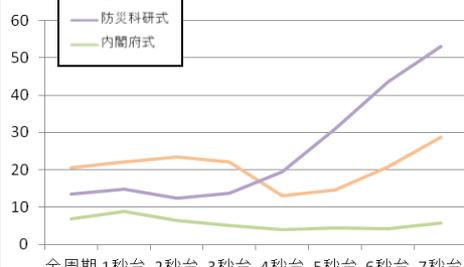
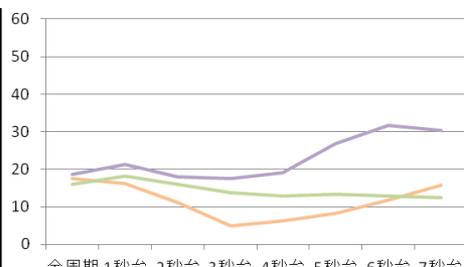
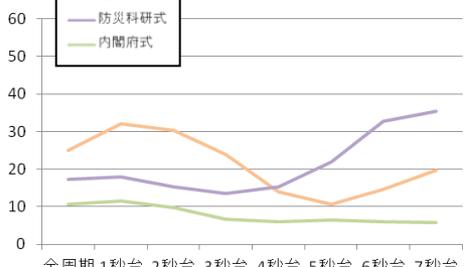
東北地方太平洋沖地震 (Mj 8.4) を除く

東北地方太平洋沖地震 (Mj 8.4) を含む

東北地方太平洋沖地震 (Mj 8.4) を除く

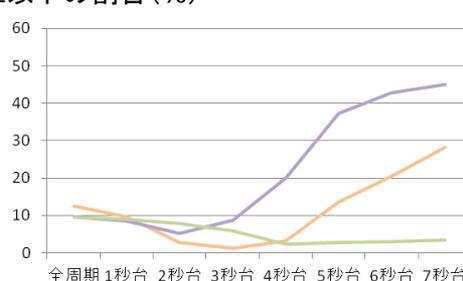
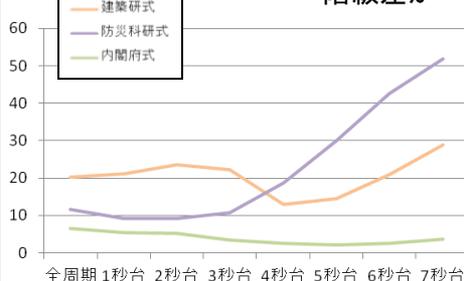
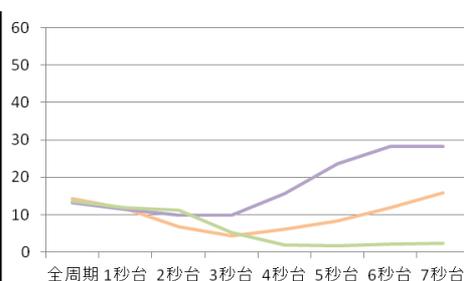
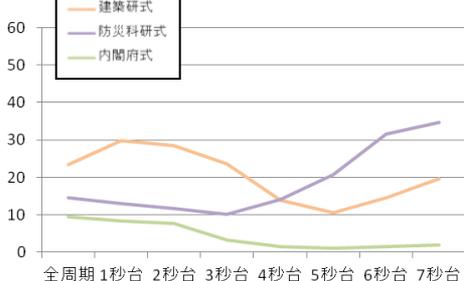
階級差が+2以上または-2以下の割合 (%)

階級差が+2以上または-2以下の割合 (%)



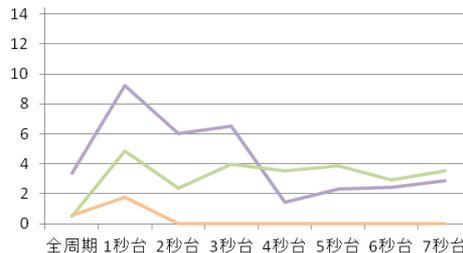
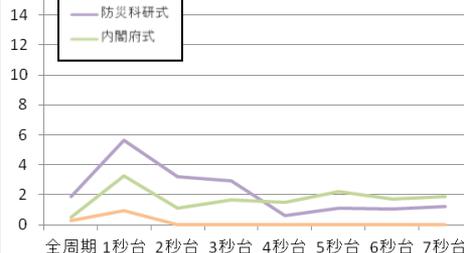
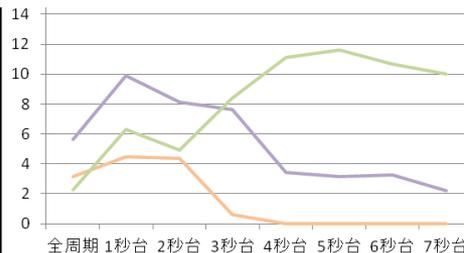
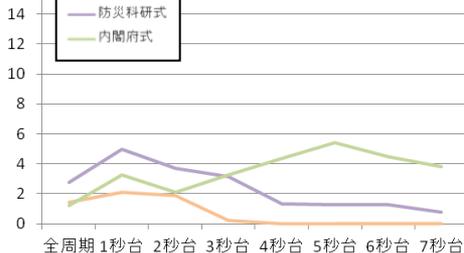
階級差が-2以下の割合 (%)

階級差が-2以下の割合 (%)



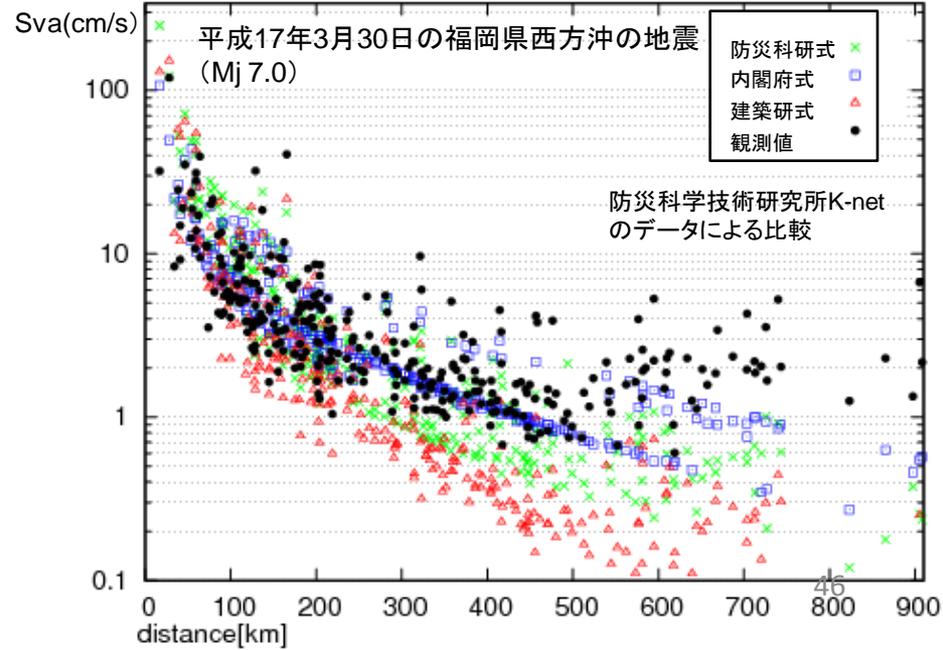
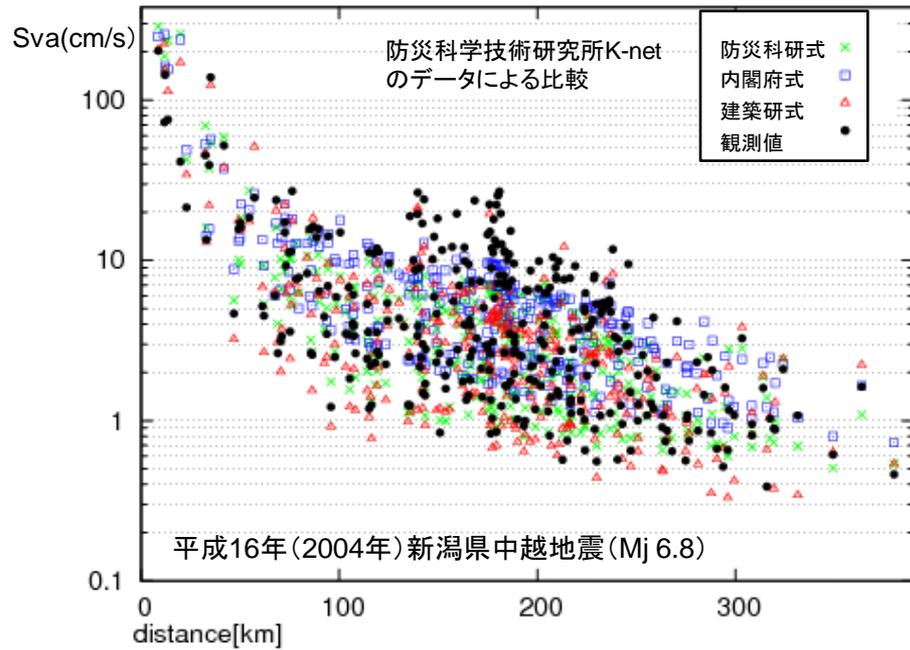
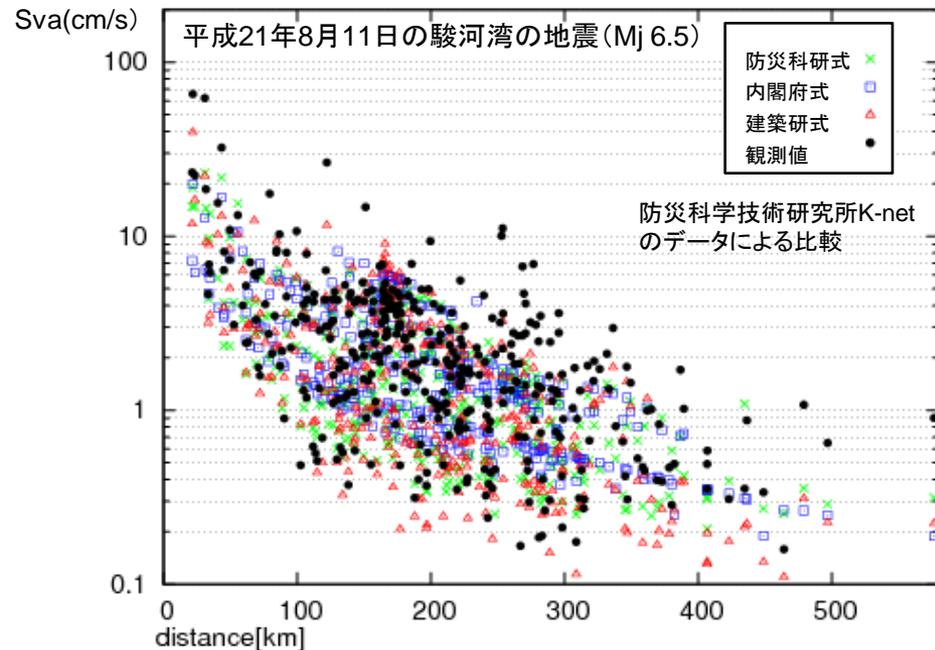
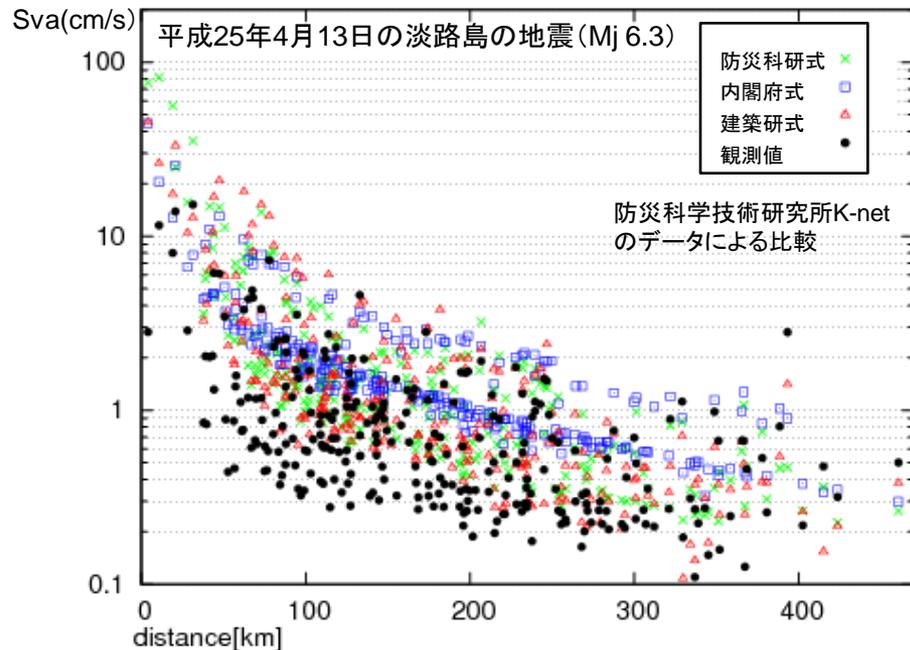
階級差が+2以上の割合 (%)

階級差が+2以上の割合 (%)

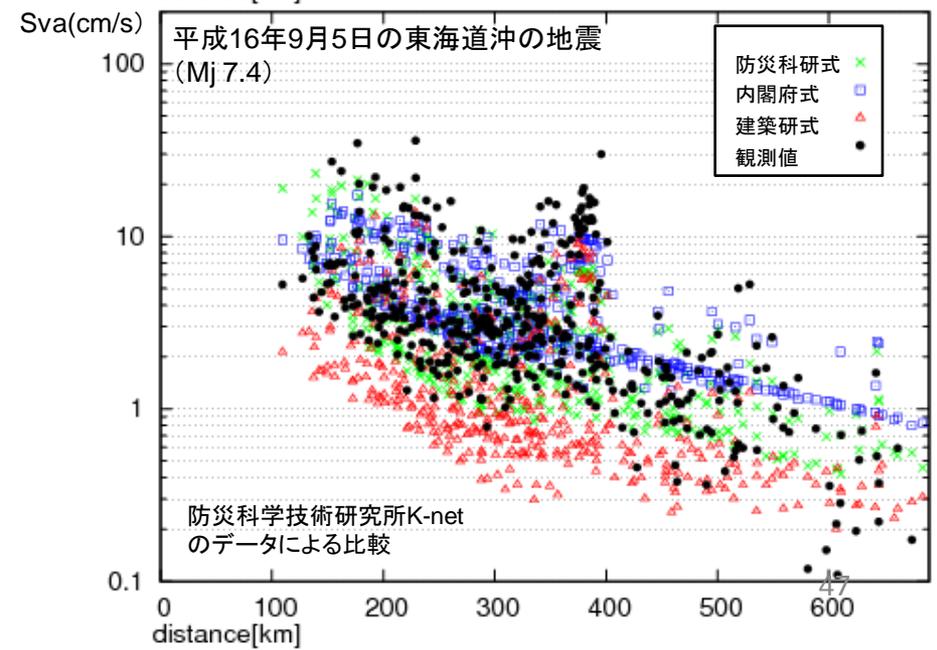
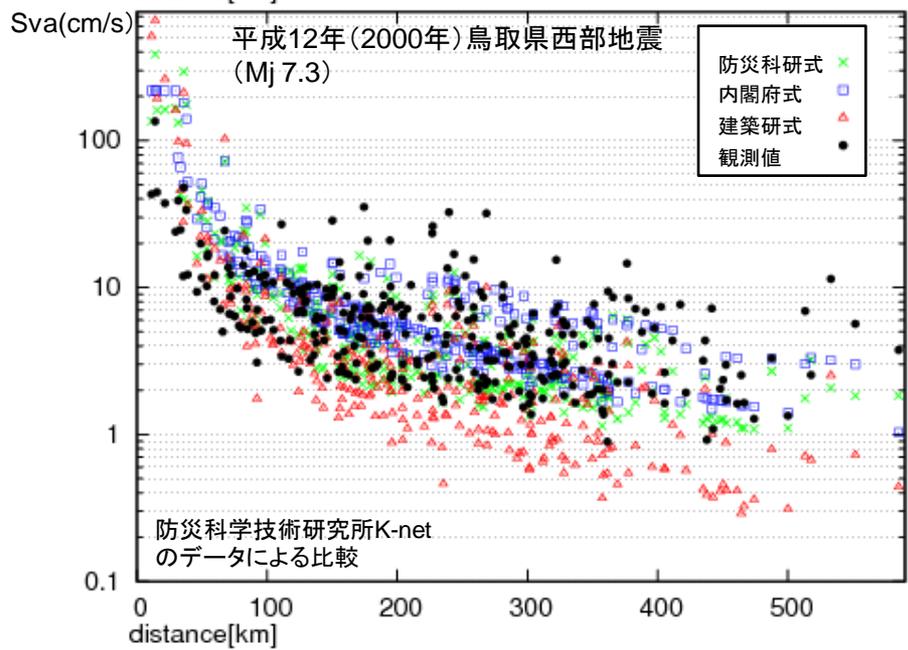
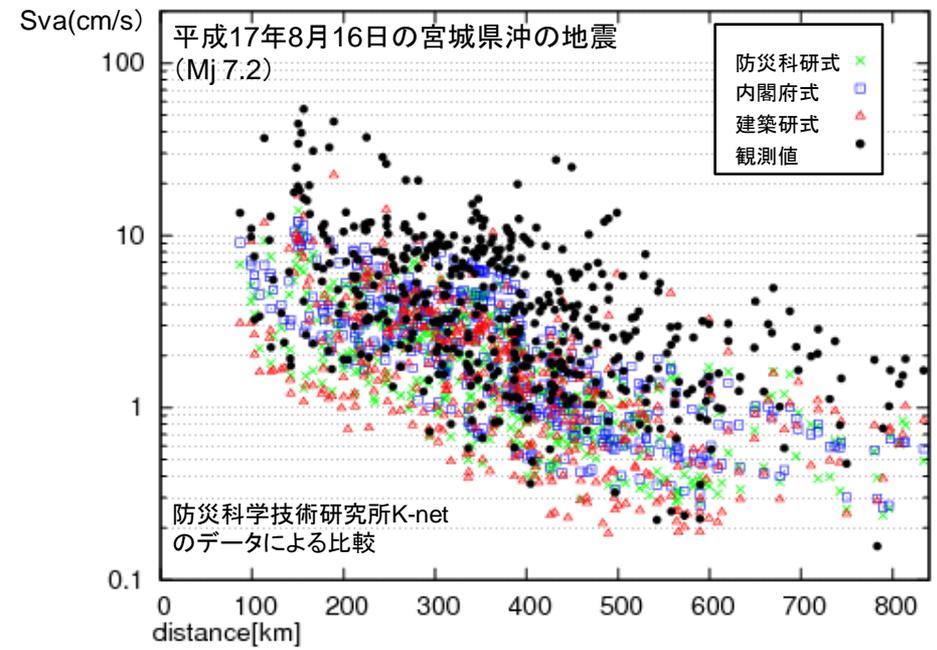
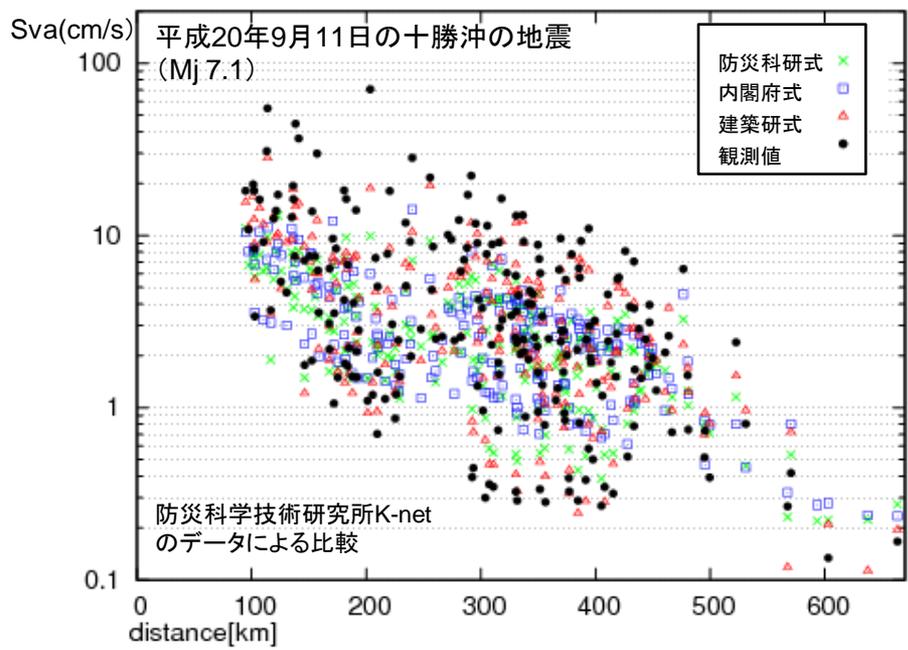


階級差 = (予測した階級) - (観測した階級)

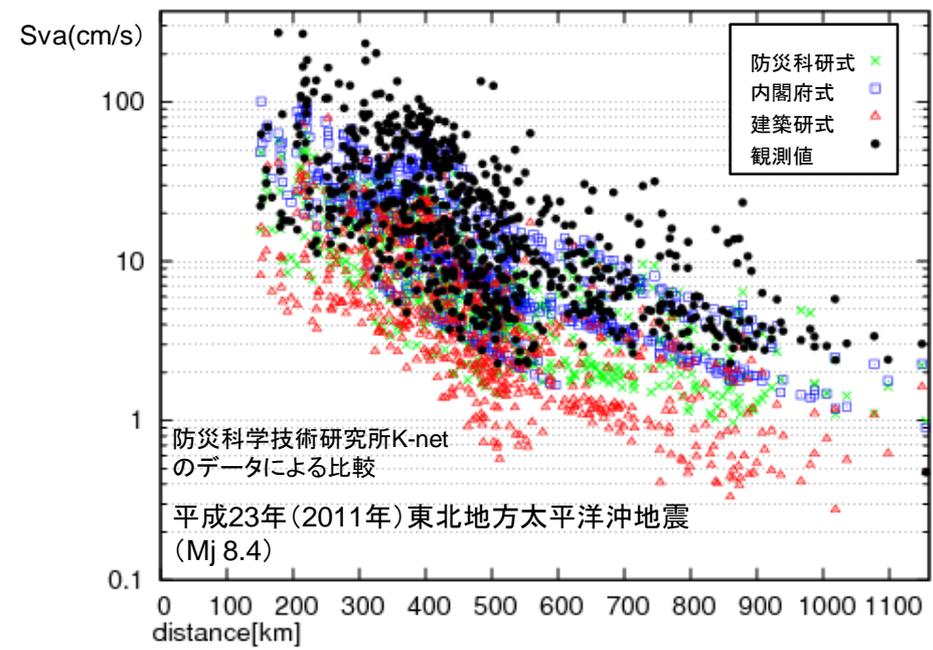
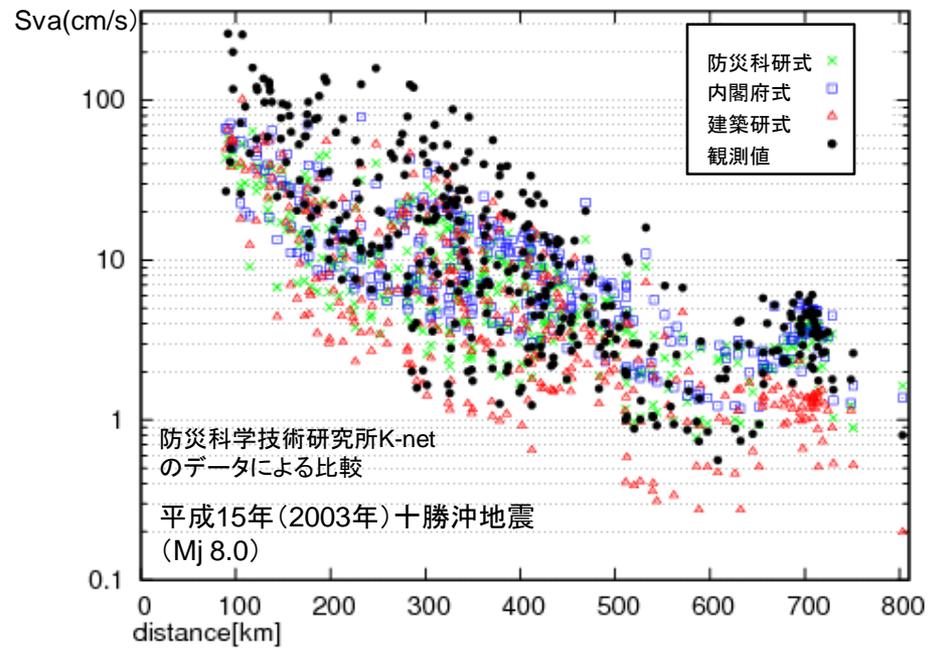
# 周期1.6秒から周期7.8秒までの絶対速度応答スペクトルSvaの最大値の観測値と予測値の比較



# 周期1.6秒から周期7.8秒までの絶対速度応答スペクトルSvaの最大値に関する観測値と予測値の比較



# 周期1.6秒から周期7.8秒までの絶対速度応答スペクトルSvaの最大値に関する観測値と予測値の比較



# 平成25年4月13日の淡路島付近の地震 緊急地震速報を用いた検討

# 緊急地震速報の発表状況

## 緊急地震速報（警報）の内容

### 発生した地震の概要

地震発生日時	震央地名	北緯	東経	深さ	マグニチュード	最大震度
平成25年4月13日5時33分17.7秒	淡路島付近	34° 25.1′	134° 49.7′	15km	6.3	6弱

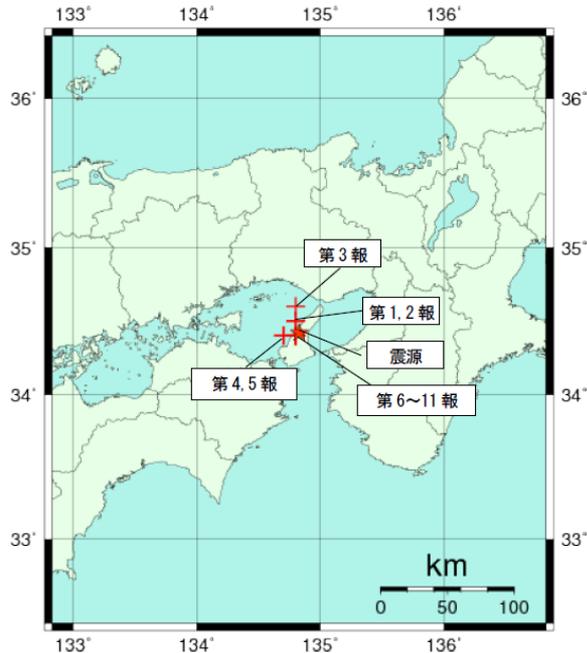
(※) 震源とマグニチュードは暫定値

### 1 震度4以上を観測した主な地点における予報または警報発表から主要動到達までの時間及び観測された震度

地点名	発表から主要動到達までの時間（秒）			震度
	第1報	2点以上の観測点データを用いた場合	警報	
兵庫県淡路市	-	-	-	6弱
兵庫県南あわじ市	-	-	-	5強
大阪府堺市	3	-	-	5弱
徳島市鳴門市	3	-	-	5弱
香川県東かがわ市	8	4	4	5弱

### 2 緊急地震速報（警報）の詳細（表中の網掛は、2点以上の観測点のデータを用いて最も早く発表した警報を表す）

発表時刻等	地震波検知からの経過時間（秒）	震源要素				発表から主要動到達までの時間（秒）					予想した最大震度	警報の発表	
		北緯	東経	深さ	マグニチュード	兵庫県淡路市	兵庫県南あわじ市	大阪府堺市	徳島県鳴門市	香川県東かがわ市			
地震波検知時刻	05時33分20.3秒												
1	05時33分23.9秒	3.5	34.5	134.8	10km	5.9	-	-	3	3	8	※1	
2	05時33分24.9秒	4.6	34.5	134.8	10km	6.4	-	-	2	2	7	※2	
3	05時33分27.9秒	7.5	34.6	134.8	10km	6.7	-	-	-	-	4	※3	○
4	05時33分28.1秒	7.8	34.4	134.7	10km	6.7	-	-	-	-	4	※4	
5	05時33分30.3秒	10.0	34.4	134.7	10km	6.4	-	-	-	-	1	※5	
6	05時33分31.2秒	10.9	34.4	134.8	10km	6.4	-	-	-	-	0	※6	
7	05時33分32.2秒	11.9	34.4	134.8	10km	6.1	-	-	-	-	-	※7	
8	05時33分43.8秒	23.4	34.4	134.8	10km	6.1	-	-	-	-	-	※7	
9	05時33分50.2秒	29.9	34.4	134.8	10km	6.2	-	-	-	-	-	※8	
10	05時34分10.2秒	49.9	34.4	134.8	10km	6.2	-	-	-	-	-	※8	
11	05時34分16.5秒	56.1	34.4	134.8	10km	6.2	-	-	-	-	-	※8	

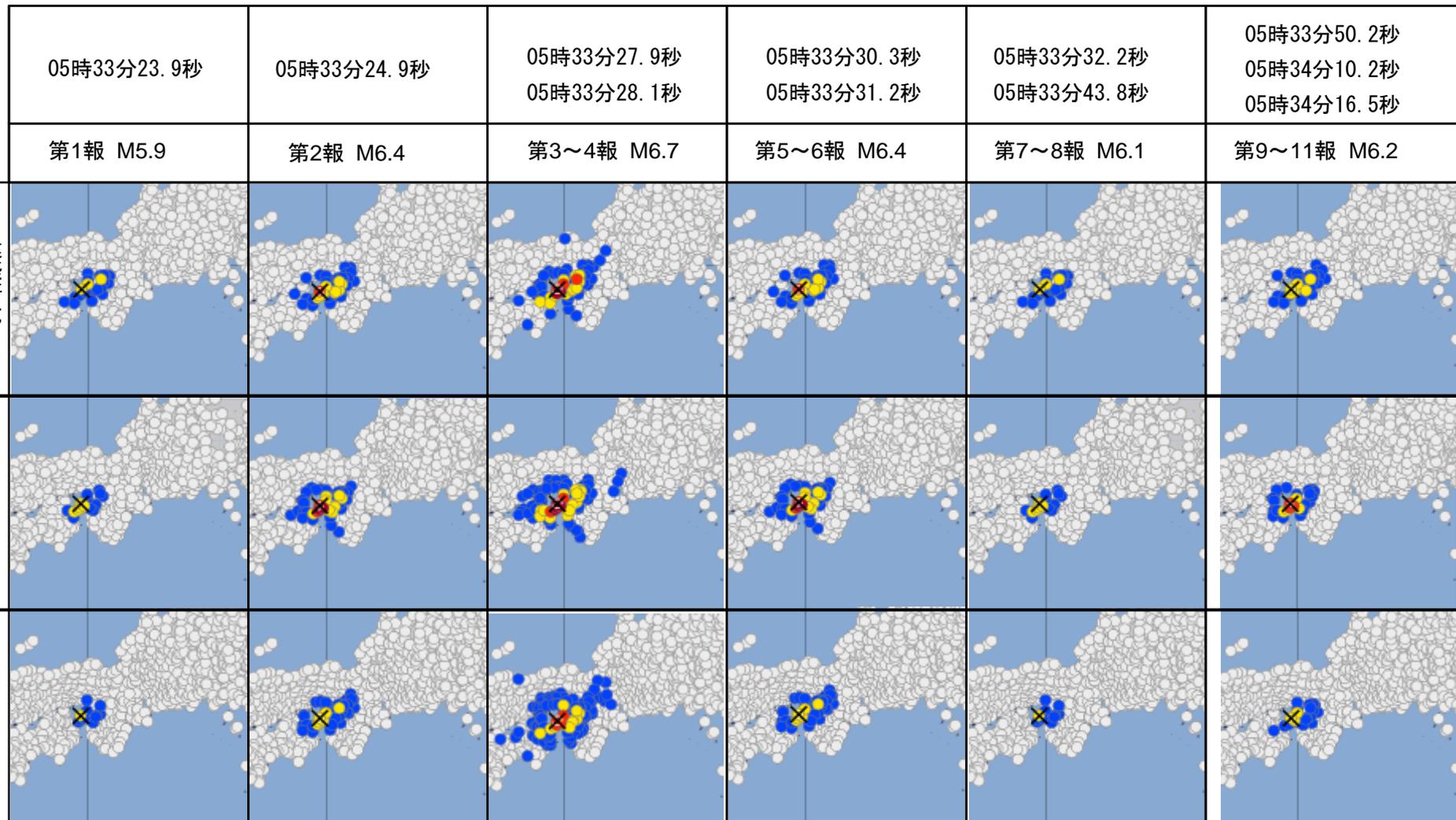


図：推定した震源の位置

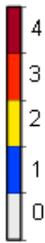
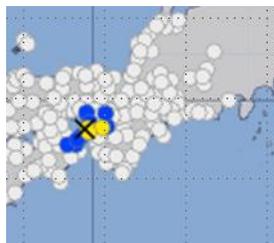
## 長周期地震動階級の観測状況



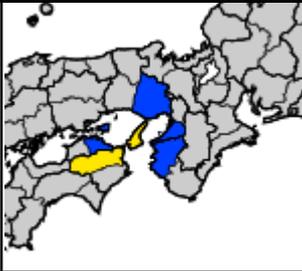
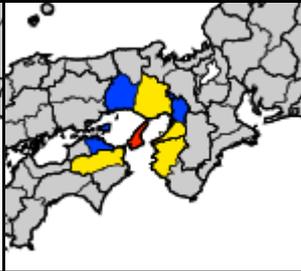
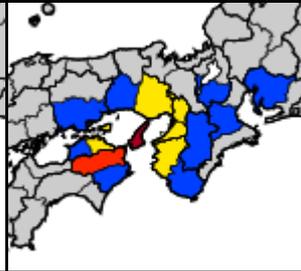
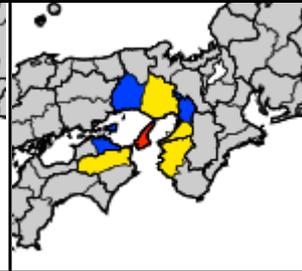
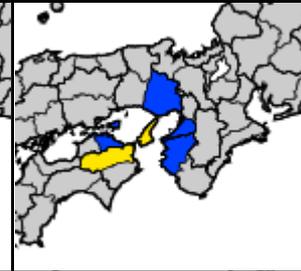
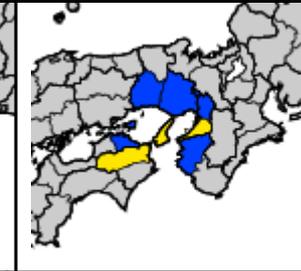
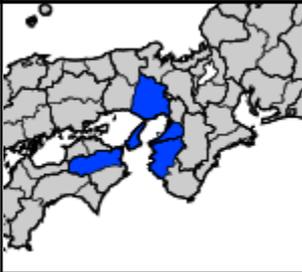
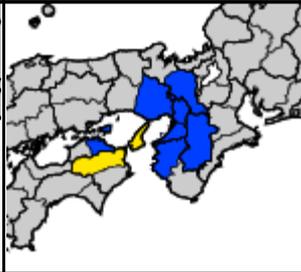
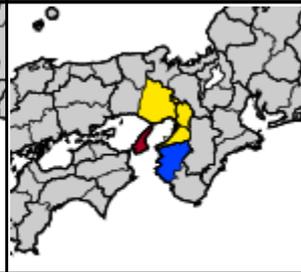
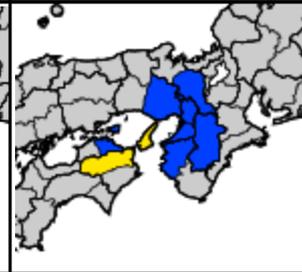
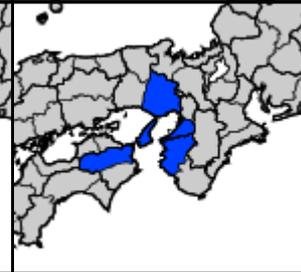
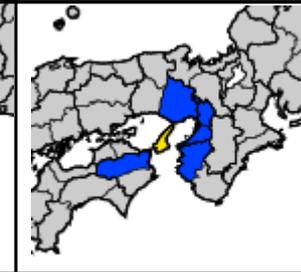
# 防災科学技術研究所の観測点を対象とした予測



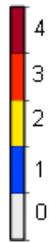
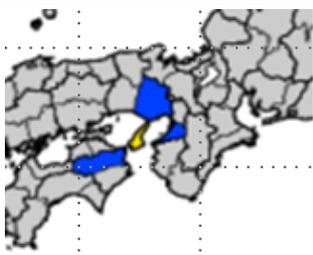
観測点  
気象庁



# 気象庁の観測点を対象とした地域単位の予測

	05時33分23.9秒	05時33分24.9秒	05時33分27.9秒 05時33分28.1秒	05時33分30.3秒 05時33分31.2秒	05時33分32.2秒 05時33分43.8秒	05時33分50.2秒 05時34分10.2秒 05時34分16.5秒
	第1報 M5.9	第2報 M6.4	第3～4報 M6.7	第5～6報 M6.4	第7～8報 M6.1	第9～11報 M6.2
建築研式	 <p>建築研式での予測は東海地方の一部および近畿地方の一部の観測点でのみ算出</p>	 <p>建築研式での予測は東海地方の一部および近畿地方の一部の観測点でのみ算出</p>	 <p>建築研式での予測は東海地方の一部および近畿地方の一部の観測点でのみ算出</p>	 <p>建築研式での予測は東海地方の一部および近畿地方の一部の観測点でのみ算出</p>	 <p>建築研式での予測は東海地方の一部および近畿地方の一部の観測点でのみ算出</p>	 <p>建築研式での予測は東海地方の一部および近畿地方の一部の観測点でのみ算出</p>
防災研式						
内閣府式						

気象庁  
観測値



# 評価した距離減衰式の問題点

- 検討に用いた距離減衰式には回帰時に距離の制限があり、それより遠方の場所については外挿をする必要がある。
- 検討に用いた距離減衰式では、M8を超える地震での予測精度が悪くなる傾向がある。
- 検討に用いた距離減衰式では、長周期地震動が増幅しやすい地域で過小評価となる傾向がある。
- 検討に用いた距離減衰式では、内陸の地震では震源距離が概ね100～200kmを境に震源近傍では過大評価、遠方では過小評価になる傾向が認められる。

# 今後の解析予定

- 建築研式の全気象庁震度観測点のサイト補正係数の算出。
- より多くのイベントでの解析とその比較。
- 地震毎で固有周期毎の解析結果の比較。
- 緊急地震速報で求められた震源要素毎の解析とその比較。