

## 10 - 5 気象庁震度データベースを用いた地震予測（2023 年の予測結果の評価と発生確率値の更新）

### Earthquake forecasting by using the seismic intensity database of Japan Meteorological Agency (Evaluation of forecast results for 2023 and update of occurrence probability values)

滋賀県立大学  
Univ. Shiga Pref.

小泉・今給黎 (2016)<sup>1)</sup> や小泉 (2023)<sup>2)</sup> は、今給黎 (2016)<sup>3)</sup> の原理を用いて、気象庁震度データベース<sup>4)</sup> を用いて 2015 年～2022 年の日本全国 47 都道府県における震度 4 以上の地震の予測を行い、前年までの予測結果も評価した。その目的は、「通常の地震活動から当然予想できる地震発生について、一般市民に「地震の相場観（どの程度の地震なら起きても当たり前という感覚）」を理解してもらうこと<sup>1)</sup> である。また、民間の地震予知・予測情報を適切に評価する手法を知ってもらうという目的もある。そのため、予測と結果の検証を地震予知連絡会で毎年行うとともに、Solid Earth Channel (固体地球雑学)<sup>5)</sup> というウェブサイトでも報告を行っている。今回は、主に 2023 年の予測結果の評価をすると共に発生確率値を更新して 2024 年の予測を行う。

2001 年～2010 年、及び、2012 年から 2023 年まで、1 年ずつずらした 3 年毎の期間について、各都道府県で震度 4 以上の揺れを記録した地震の平均発生間隔を第 1 表に示す。この平均発生間隔で定常ポアソン過程に従って震度 4 以上の地震が発生すると仮定すると、平均発生間隔  $T$  の時、時間  $t$  以内に震度 4 以上の地震が 1 つ以上発生する確率は  $1 - \exp(-t/T)$  となる。確率が 70% 以上なら赤予報、30% 未満なら青予報、30% 以上 70% 未満なら黄予報とする。結果として、 $t > 1.20T$  で赤予報、 $t < 0.36T$  で青予報、 $1.20T \geq t \geq 0.36T$  で黄予報となる。2001-2010 年の発生間隔を用いた 1 年間 (365～366 日間) の予測と 2023 年の実際の地震発生状況を第 1 図に、2020-2022 年の発生間隔を用いた 1 年間の予測と 2023 年の実際の地震発生状況を第 2 図に示す。第 3 図と第 4 図は、2001 年～2010 年及び 2021～2023 年の発生間隔を用いて発生確率値を更新して得られた 1 年間と 3 ヶ月間 (90 日～92 日間) の予測である (2024 年の予測と考えても良い)。

第 1 図と第 2 図を 2023 年の 1 年間予測として結果を評価したのが第 2 表・第 3 表である。それぞれの表で、赤予報については、適中率 (出した予報がどれくらいあたるかの割合) と予知率 (発生した地震の中でどれくらい予測されていたかを示す割合) を計算した<sup>6)</sup>。青予報については、青予報を出して実際に地震が起きなかった割合を仮に「安心率」として評価した。黄予報については評価していない。

同様に、2023 年の 1～3 月・4～6 月・7～9 月・10～12 月の各 3 ヶ月について、震度 4 以上の地震発生予測を行ない検証した結果を第 4, 5 表に示す。1 年予測の場合に比べて、予測期間が短くなるので発生確率は小さくなり、結果として、赤予報の割合が減り、青予報の割合が増える。赤予報が減るので予知率も下がる。また、予報期間が短くなるので適中率も下がる。2015 年～2023 年の 1 年予測および 3 ヶ月予測における予知率・適中率・安心率の推移を赤予報の数と共に第 5, 6 図に示す。2015 年～2023 年の予知率・適中率・安心率について、予測に用いた地震活動期間を 2001～2010 年に固定した時 (A 予測) と予測年の前の 3 年にした時 (B 予測) とを比較すると、B 予測の 3 ヶ月予測の予知率が概ね高くなるが、それ以外の指標には差が無い。B 予測の 3

ヵ月予測の予知率が高いのは、直近の地震活動の影響を受けて、B 予測の赤予報の数が A 予測のそれより多くなる傾向があるためである（第 6 図）。また、B 予測より A 予測の方が、指標のばらつきが小さい傾向にある。

2001 年～2023 年に日本で震度 4 以上を記録した地震の数を第 6 表に示すが、本手法の評価（適中率・予知率・安心率）においては、1 年または 3 ヶ月の期間において、対象となる都道府県に発生したかどうかの問題となる。すなわち、該当期間中に対象となる都道府県で震度 4 以上の地震が 1 つ起こっても複数起こってもどちらも「1」とカウントされる。1 年間に震度 4 以上の地震が発生した都道府県の数（地震発生都道府県の数）を、年間の適中率・予知率と共に第 7 図に示す。地震発生都道府県の数が少ないと、相対的に赤予報の数が多くなるので、予知率が上がり適中率が下がる傾向が見て取れる。特に、予報の数と種類が固定化している A 予報（第 7 図の上図）でその傾向が顕著である。2023 年において、適中率が低く予知率が高い傾向が見えるのも、2023 年の地震発生都道府県の数が少ないためであると考えられる。

（小泉尚嗣）

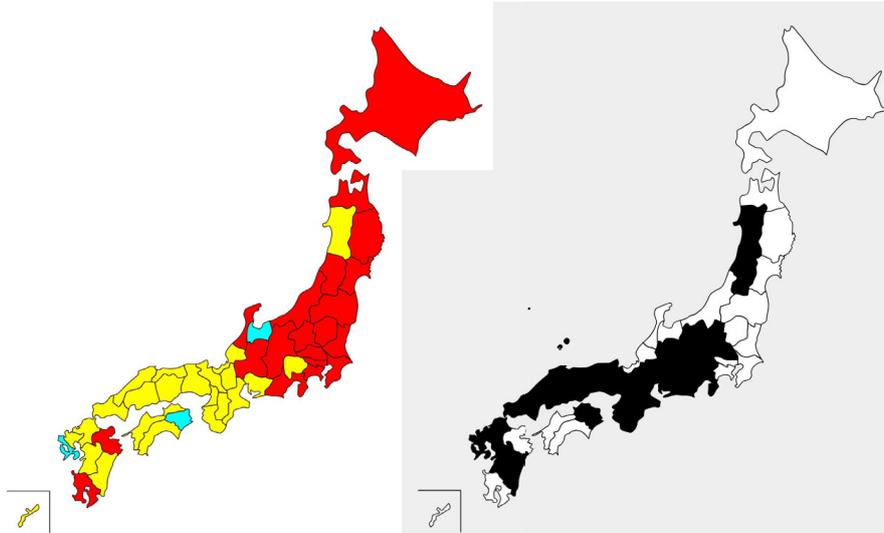
KOIZUMI Naoji

#### 謝辞

気象庁震度データベースを作成している気象庁職員および関係者に感謝する。

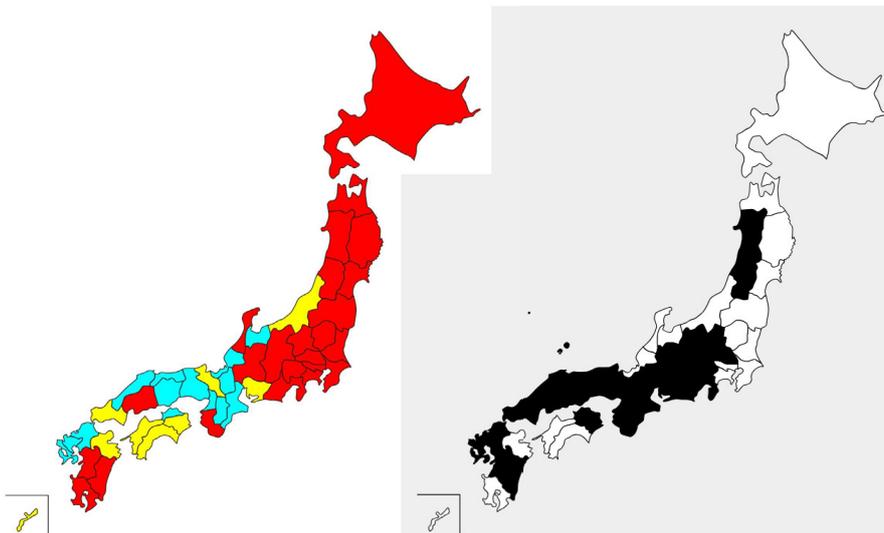
#### 参考文献

- 1) 小泉尚嗣・今給黎哲郎 (2016), *地震ジャーナル*, **62**, 35-40.
- 2) 小泉尚嗣 (2023), *予知連会報*, **110**, 436-442.
- 3) 今給黎哲郎 (2016), *予知連会報*, **95**, 425-431.
- 4) 気象庁 (2024), <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>, (参照 2024-05-31).
- 5) Solid Earth Channel (固体地球雑学) (2023), <https://www.solid-earth.com/>, (参照 2024-05-31).
- 6) 宇津徳治 (1977), *地震 2*, **30**, 179-185.
- 7) 白地図めぐりめぐり (2024), <https://n.freemap.jp/>, (参照 2024-05-31).



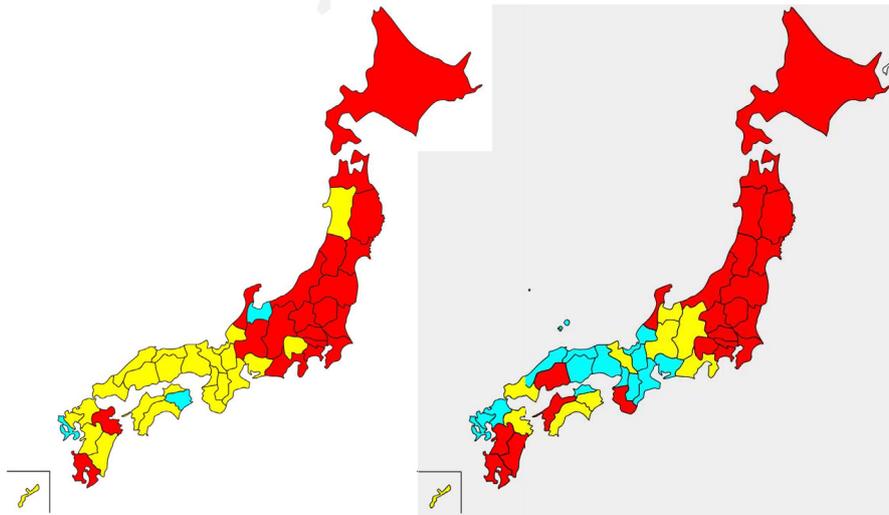
第 1 図 左図：2001～2010年の地震活動に基づく震度4以上の揺れを感じる地震の各都道府県における1年間の予報。赤：地震あり（確率70%以上）、黄色：不明（同30-70%）、青：地震無し（同30%未満）。なお、この図の作成には、白地図ぬりぬり<sup>7)</sup>というプログラムを用いた。他の地図の図も同様である。  
右図：2023年に震度4以上の地震を記録した都道府県。白：地震有り、黒：地震無し。白地図ぬりぬり<sup>7)</sup>に不具合があり、背景がグレーになっている。

Fig. 1 Left: One-year-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture. Red: The probability is 70% or greater. Yellow: The probability is 30% or greater but smaller than 70%. Blue: The probability is smaller than 30%. Each probability is calculated from the seismic activity during the period from 2001 to 2010. This figure was drawn by the program for map display named “Shiro-chizu nuri nuri”<sup>7)</sup>. The other map figures were also drawn by the same program.  
Right: Occurrence of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in 2023. White color means the earthquake occurred and black color means the earthquake did not. The background color is gray because “Shiro-chizu nuri nuri”<sup>7)</sup> has a problem.



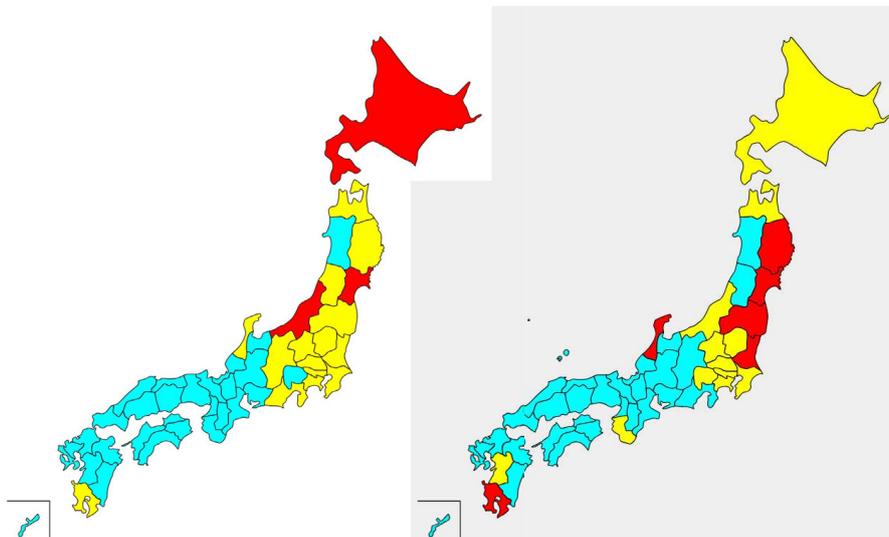
第 2 図 左図：2020～2022年の地震活動に基づく震度4以上の揺れを感じる地震の各都道府県における1年間予報  
右図：2023年に震度4以上の地震を記録した都道府県。第1図の右図と同じ。

Fig. 2 Left: One-year-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture. The probability is calculated from the seismic activity during the period from 2020 to 2022.  
Right: Occurrence of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in 2023. This is the same as the right image of Fig. 1.



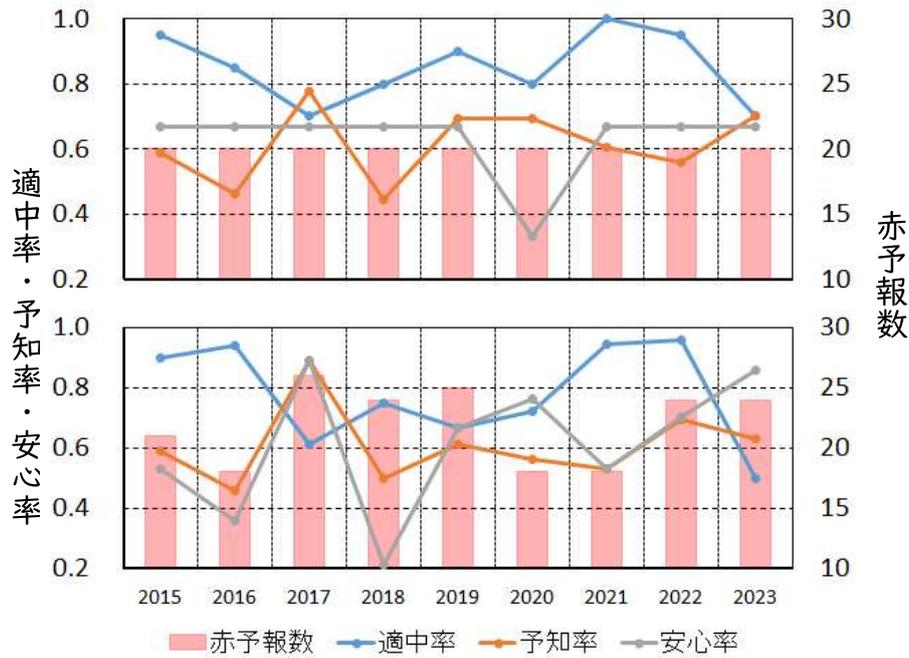
第 3 図 震度 4 以上の揺れを感じる地震の各都道府県における 1 年間予報。  
左図：2001～2010年の地震活動に基づく予報。  
右図：2021～2023年の地震活動に基づく予報。

Fig. 3 One-year-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture.  
Left: The forecast based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.  
Right: The forecast based on the seismic activity during the period from 2021 to 2023.



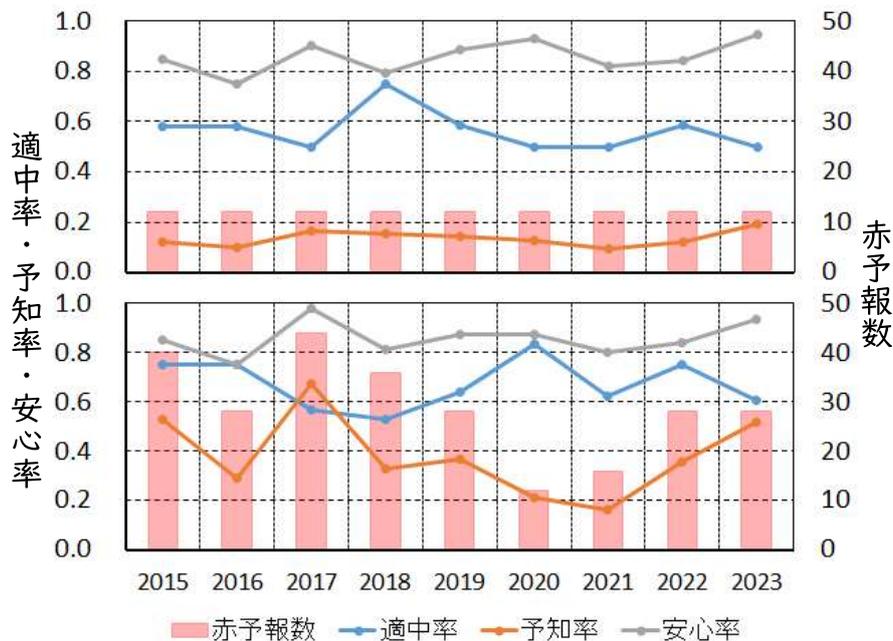
第 4 図 震度 4 以上の揺れを感じる地震の各都道府県における 3 ヶ月間予報。  
左図：2001～2010年の地震活動に基づく予報。  
右図：2021～2023年の地震活動に基づく予報。

Fig. 4 Three-month-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture.  
Left: The forecast based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.  
Right: The forecast based on the seismic activity during the period from 2021 to 2023.



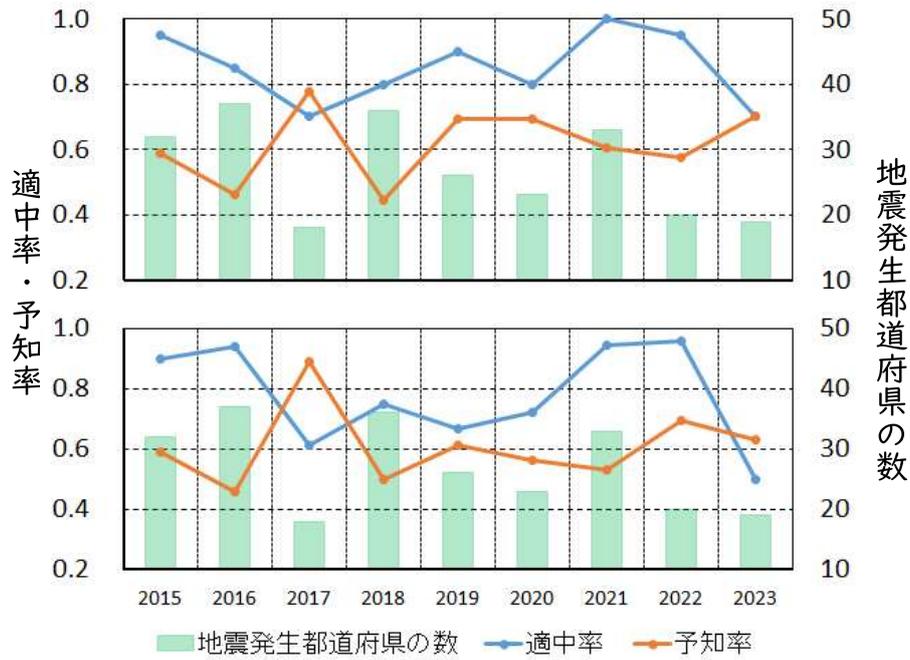
第 5 図 2015 年から 2023 年までの 1 年予測の評価  
 上図：予測に用いた地震活動期間を 2001 ～ 2010 年に固定した A 予測の評価，  
 下図：予測に用いた地震活動期間を過去 3 年間にした B 予測の評価。

Fig. 5 Evaluation of the one-year-forecast from 2015 to 2023.  
 Upper: Evaluation of the A-forecast, which is based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.  
 Lower: Evaluation of the B-forecast, which is based on the seismic activity for the past three years.



第 6 図 2015 年から 2023 年までの 3 ヶ月予測の評価  
 上図：予測に用いた地震活動期間を 2001 ～ 2010 年に固定した A 予測の評価，  
 下図：予測に用いた地震活動期間を過去 3 年間にした B 予測の評価。

Fig. 6 Evaluation of the three-month-forecast from 2015 to 2023.  
 Upper: Evaluation of the A-forecast, which is based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.  
 Lower: Evaluation of the B-forecast, which is based on the seismic activity for the past three years.



第 7 図 2015 年から 2023 年までの 1 年予測の評価と年間の地震発生都道府県の数  
 上図：予測に用いた地震活動期間を 2001 ～ 2010 年に固定した場合（A 予測），  
 下図：予測に用いた地震活動期間を直前の 3 年間にした場合（B 予測）。

Fig. 7 Evaluation of the one-year-forecast from 2015 to 2023 and number of prefectures where earthquakes occurred in a year.  
 Upper: Evaluation of the A-forecast, which is based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.  
 Lower: Evaluation of the B-forecast, which is based on the seismic activity for the past three years.

第 1 表 各都道府県において震度 4 以上を記録した地震の平均発生間隔。「-」は対応する期間に震度 4 以上を記録する地震がなかったことを示す。

Table 1 Average interval of the earthquake whose seismic intensity in JMA is 4 or greater in each prefecture. “-” shows that there was no earthquake whose seismic intensity is 4 or greater.

	都道府県	2001-10年 (日)	2012-14年 (日)	2013-15年 (日)	2014-16年 (日)	2015-17年 (日)	2016-18年 (日)	2017-19年 (日)	2018-20年 (日)	2019-21年 (日)	2020-22年 (日)	2021-23年 (日)
1	北海道	61	58	68	61	69	26	27	27	100	91	84
2	青森	174	64	64	69	91	137	137	110	91	91	78
3	岩手	99	38	58	78	122	137	122	100	73	69	64
4	宮城	59	30	52	69	78	78	84	84	64	52	52
5	秋田	522	365	548	365	219	365	365	548	219	219	274
6	山形	243	548	1,095	548	548	1,096	1,095	1,096	274	274	274
7	福島	85	24	37	46	48	44	55	78	64	42	42
8	茨城	78	20	32	38	37	38	55	42	37	35	58
9	栃木	87	41	44	46	55	69	91	69	52	52	78
10	群馬	228	110	122	157	219	274	274	137	110	84	137
11	埼玉	130	64	78	69	91	100	219	137	110	100	183
12	千葉	114	58	78	84	73	64	78	55	69	73	122
13	東京	94	137	137	137	183	365	274	137	100	110	110
14	神奈川	215	73	110	110	183	274	548	548	219	219	183
15	新潟	34	183	365	365	1,096	548	365	365	274	365	219
16	富山	1,826	1,096	1,095	-	-	-	-	1,096	1,096	1,096	548
17	石川	174	365	365	548	548	1,096	1,095	1,096	365	100	61
18	福井	609	-	-	-	-	1,096	1,095	548	1,096	1,096	1,095
19	山梨	730	219	548	548	1,096	-	-	-	219	183	183
20	長野	166	122	156	137	157	122	137	157	274	219	548
21	岐阜	261	-	1,095	1,096	548	548	365	219	183	219	548
22	静岡	183	274	548	1,096	1,096	-	548	365	219	274	365
23	愛知	406	1,096	548	1,096	1,096	548	548	365	1,096	548	1,095
24	三重	522	-	-	1,096	1,096	548	1,095	1,096	1,096	1,096	1,095
25	滋賀	913	1,096	1,095	1,096	-	1,096	1,095	1,096	-	-	-
26	京都	913	548	548	548	1,096	365	548	548	-	-	548
27	大阪	913	548	548	365	548	274	548	548	-	-	-
28	兵庫	913	1,096	1,095	1,096	1,096	548	1,095	1,096	1,096	1,096	1,095
29	奈良	609	1,096	1,095	1,096	1,096	548	1,095	1,096	-	-	-
30	和歌山	522	274	274	548	548	365	548	548	219	219	219
31	鳥取	522	1,096	219	69	73	91	1,095	1,096	-	-	-
32	島根	457	1,096	1,095	365	548	137	183	183	-	-	-
33	岡山	913	548	548	365	548	365	1,095	1,096	-	-	-
34	広島	730	1,096	548	274	365	274	548	548	365	274	274
35	徳島	1,217	548	365	548	1,096	1,096	548	365	365	365	548
36	香川	913	548	548	548	1,096	548	1,095	1,096	1,096	1,096	1,095
37	愛媛	332	1,096	365	219	274	274	274	274	274	365	274
38	高知	457	1,096	365	274	365	548	548	365	548	548	548
39	山口	457	1,096	1,095	219	274	274	-	-	1,096	548	548
40	福岡	365	1,096	548	100	110	122	1,095	1,096	1,096	1,096	1,095
41	佐賀	913	1,096	548	157	183	219	-	-	-	1,096	1,095
42	長崎	1,217	-	-	157	137	137	1,095	-	-	-	-
43	熊本	332	274	365	8	8	8	84	183	183	219	219
44	大分	281	548	548	52	48	48	219	548	548	548	365
45	宮崎	365	274	274	100	100	110	156	219	219	274	274
46	鹿児島	215	157	122	73	73	91	137	137	61	69	52
47	沖縄	457	274	219	219	1,096	1,096	1,095	548	548	548	548

第 2 表 2001 ～ 2010 年の地震活動に基づく震度 4 以上の地震の 1 年予測における 2023 年の検証結果.

Table 2 Evaluation of the one-year-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in 2023. The forecast is based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	14	4	1	19
地震無し	6	20	2	28
小計	20	24	3	47
適中率	14/20	0.70		
予知率	14/19	0.74		
安心率	2/3	0.67		

第 3 表 2020 ～ 2022 年の地震活動に基づく震度 4 以上の地震の 1 年予測における 2023 年の検証結果.

Table 3 Evaluation of the one-year-forecast of the earthquake in 2023, which is based on the seismic activity from 2020 to 2022.

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	12	5	2	19
地震無し	12	4	12	28
小計	24	9	14	47
適中率	12/24	0.50		
予知率	12/19	0.63		
安心率	12/14	0.86		

第 4 表 2001 ～ 2010 年の地震活動に基づく震度 4 以上の地震の 3 ヶ月予測 (4 回分) における 2023 年の検証結果.

Table 4 Evaluation of the three-month-forecast in 2023, which is based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010.

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	6	20	6	32
地震無し	6	40	110	156
小計	12	60	116	188
適中率	6/12	0.50		
予知率	6/32	0.19		
安心率	110/116	0.95		

第 5 表 2020 ～ 2022 年の地震活動に基づく震度 4 以上の地震の 3 ヶ月予測 (4 回分) における 2023 年の検証結果.

Table 5 Evaluation of the three-month-forecast in 2023, which is based on the seismic activity during the period from 2020 to 2022.

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	16	9	7	32
地震無し	12	43	101	156
小計	28	52	108	188
適中率	16/28	0.57		
予知率	16/32	0.50		
安心率	101/108	0.94		

第 6 表 2001 年～ 2023 年に日本で震度 4 以上を記録した地震の数.

Table 6 Numbers of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in Japan from 2001 to 2023.

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
地震数	37	28	71	105	49	28	57	42	40	37	324	81	64	55	44	192	40	78	40	45	54	51	41