

12 - 9 気象庁震度データベースを用いた地震予測と 2015-2021 年の予測の評価

Earthquake forecasting by using the seismic intensity database of Japan Meteorological Agency and evaluation of the forecasts for 2015-2021

小泉 尚嗣 (滋賀県立大学環境科学部)

KOIZUMI Naoji (Sch. Environ. Sci., Univ. Shiga Pref.)

小泉・今給黎 (2016)¹⁾ や小泉 (2021a, 2021b)^{2),3)} は、今給黎 (2016)⁴⁾ の原理を用いて、気象庁の震度データベース (気象庁, 2021)⁵⁾ を用いて 2015 年～2020 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、同期間の予測結果も評価した。その目的は、「通常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」¹⁾ 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)⁶⁾ というウェブサイトでも報告を行っている。今回は、2015 年から 2021 年 9 月までの予測結果の評価を行う。

2001 年～2010 年、及び、2012 年から 2020 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 (村上 (2019)⁷⁾ が、高知県の 2 つの震度観測点で、震度 3 以上および震度 4 以上の地震についてはこの仮定が成立し得ることを示している)。この仮定に基づく、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 2021 年 1-9 月の実際の地震発生状況を第 1 図に、2018-2020 年の発生間隔を用いた 1 年間の予測と 2020 年 1-9 月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 2018 ～ 2020 年の地震活動を用いた 1 年間と 3 ヶ月間 (90 日～92 日間) の予測である (2021 年の予測と考えても良い)。2004 年新潟県中越地震・2007 年新潟県中越沖地震・2007 年能登半島沖地震の影響が第 3 図左図や第 4 図左図に認められ、2016 年熊本地震 (の余震) や 2018 年島根県西部地震の影響が、第 3 図右図や第 4 図右図に認められる。

第 1 図と第 2 図を 2021 年の 1 年間予測として、2021 年 9 月までの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⁸⁾。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、2021 年の 1 ～ 3 月・4 ～ 6 月・7 ～ 9 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。2015 年～2021 年 9 月の 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。平均すると、1 年間予測で適中率 80%・予知率 60%・安心率 60%、3 ヶ月予測で適中率 60-70%・予知率 15-40%・安心率 85% という結果を出

している。また、2001 年～2021 年 9 月に日本で震度 4 以上を記録した地震の数を第 6 表に示す。

2015 年～2021 年 9 月の予知率・適中率・安心率といった指標について、予測に用いた地震活動期間を 2001～2010 年に固定した時（A 予測とする）と予測年の前の 3 年にした時（B 予測とする）で比較すると、3 ヶ月予測の予知率を除くと A 予測と B 予測で差は無いが、3 ヶ月予測の予知率は B 予測の方が成績がよい（第 6 図）。その理由は、2011 年東北地方太平洋沖地震と 2016 年熊本地震の活発な余震活動のため（第 6 表）、これらの地震の震央近くの都道府県で震度 4 以上の地震発生間隔が短くなって（第 1 表）、地震発生確率が高くなる結果、B 予測の 3 ヶ月予報の赤予報が、A 予測のそれに比べて 2015 年～2019 年でかなり多くなるためである（第 6 図）。他方、1 年予報では、A 予測と B 予測で赤予報数にあまり差は無い（第 5 図）。一般に、赤予報をたくさん出すと予知率はあがる一方、適中率は下がる傾向にある。B 予測の 3 ヶ月予測で予知率が上がる一方、適中率があまり下がらないのは、2011 年東北地方太平洋沖地震と 2016 年熊本地震の余震を、B 予測では多く適中させているためと考えられる。なお、各指標のばらつきは、B 予測より A 予測の方が小さい傾向にある（第 5,6 図）。

（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 (2021a), *予知連会報*, **106**, 535-541.
- 3) 小泉尚嗣 (2021b), *日本地震学会広報紙「なるふる」*, **127**, <https://www.zisin.jp/publications/pdf/nf-vol127.pdf>, 2021 年 12 月 5 日確認.
- 4) 今給黎哲郎 (2016), *予知連会報*, **95**, 425-431.
- 5) 気象庁 (2021), <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.html>, 2021 年 12 月 5 日確認.
- 6) Solid Earth Channel (固体地球雑学) (2021), <https://www.solid-earth.com/>, 2021 年 12 月 5 日確認.
- 7) 村上英記 (2019), *高知大学理工学部紀要*, http://science.cc.kochi-u.ac.jp/scientific_reports/vol02/201909.html, 2021 年 12 月 5 日確認.
- 8) 宇津徳治 (1977), *地震*, **30**, 179-185.
- 9) 白地図ぬりぬり (2021), <https://n.freemap.jp/>, 2021 年 12 月 5 日確認.

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.

NO.	都道府県	2001-2010年 平均発生間隔 (日)	2012-2014年 平均発生間隔 (日)	2013-2015年 平均発生間隔 (日)	2014-2016年 平均発生間隔 (日)	2015-2017年 平均発生間隔 (日)	2016-2018年 平均発生間隔 (日)	2017-2019年 平均発生間隔 (日)	2018-2020年 平均発生間隔 (日)
1	北海道	61	58	68	61	69	26	27	27
2	青森	174	64	64	69	91	137	137	110
3	岩手	99	38	58	78	122	137	122	100
4	宮城	59	30	52	69	78	78	84	84
5	秋田	522	365	548	365	219	365	365	548
6	山形	243	548	1,095	548	548	1,096	1,095	1,096
7	福島	85	24	37	46	48	44	55	78
8	茨城	78	20	32	38	37	38	55	42
9	栃木	87	41	44	46	55	69	91	69
10	群馬	228	110	122	157	219	274	274	137
11	埼玉	130	64	78	69	91	100	219	137
12	千葉	114	58	78	84	73	64	78	55
13	東京	94	137	137	137	183	365	274	137
14	神奈川	215	73	110	110	183	274	548	548
15	新潟	34	183	365	365	1,096	548	365	365
16	富山	1,826	1,096	1,095	-	-	-	-	1,096
17	石川	174	365	365	548	548	1,096	1,095	1,096
18	福井	609	-	-	-	-	1,096	1,095	548
19	山梨	730	219	548	548	1,096	-	-	-
20	長野	166	122	156	137	157	122	137	157
21	岐阜	261	-	1,095	1,096	548	548	365	219
22	静岡	183	274	548	1,096	1,096	-	548	365
23	愛知	406	1,096	548	1,096	1,096	548	548	365
24	三重	522	-	-	1,096	1,096	548	1,095	1,096
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
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
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
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
35	徳島	1,217	548	365	548	1,096	1,096	548	365
36	香川	913	548	548	548	1,096	548	1,095	1,096
37	愛媛	332	1,096	365	219	274	274	274	274
38	高知	457	1,096	365	274	365	548	548	365
39	山口	457	1,096	1,095	219	274	274	-	-
40	福岡	365	1,096	548	100	110	122	1,095	1,096
41	佐賀	913	1,096	548	157	183	219	-	-
42	長崎	1,217	-	-	157	137	137	1,095	-
43	熊本	332	274	365	8	8	8	84	183
44	大分	281	548	548	52	48	48	219	548
45	宮崎	365	274	274	100	100	110	156	219
46	鹿児島	215	157	122	73	73	91	137	137
47	沖縄	457	274	219	219	1,096	1,096	1,095	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 2021 年 1-9 月の検証結果.

Table 2 Evaluation of the one-year-forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater during the period from January 2021 to September 2021. 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	20	7	0	27
地震無し	0	17	3	20
小計	20	24	3	47

適中率	20/20	1.00
予知率	20/27	0.74
安心率	3/3	1.00

第 3 表 2018 ～ 2020 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 2021 年 1-9 月の検証結果.

Table 3 Evaluation of the one-year-forecast of the earthquake during the period from January 2021 to September 2021, which is based on the seismic activity from 2018 to 2020.

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	16	7	4	27
地震無し	2	7	11	20
小計	18	14	15	47

適中率	16/18	0.89
予知率	16/27	0.59
安心率	11/15	0.73

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（3 回分）における 2021 年 1-9 月の検証結果

Table 4 Evaluation of the three-month-forecast during the period from January 2021 to September 2021, 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	24	13	43
地震無し	3	21	74	98
小計	9	45	87	141

適中率	6/9	0.67
予知率	6/43	0.14
安心率	74/87	0.85

第 5 表 2018 ～ 2020 年の地震活動に基づく震度 4 以上の地震の 3 ヶ月予測（3 回分）における 2021 年 1-9 月の検証結果

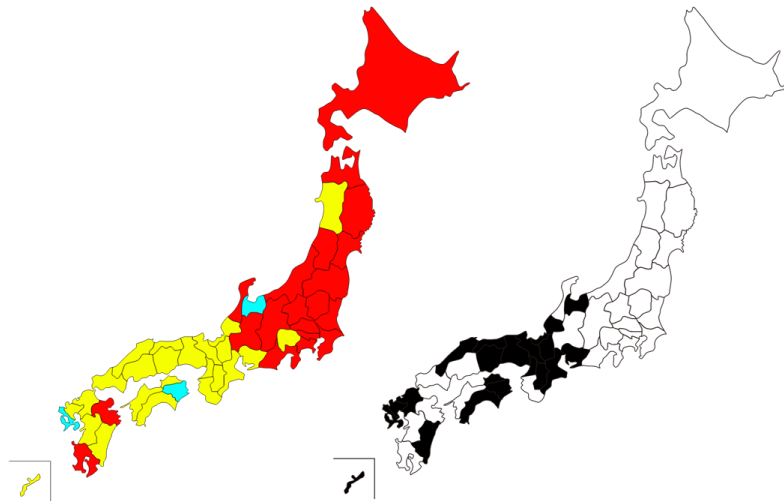
Table 5 Evaluation of the three-month-forecast during the period from January 2021 to September 2021, which is based on the seismic activity during the period from 2018 to 2020.

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	7	20	16	43
地震無し	5	19	74	98
小計	12	39	90	141
適中率	7/12	0.58		
予知率	7/43	0.16		
安心率	74/90	0.82		

第 6 表 2001 年～ 2021 年 9 月に日本で震度 4 以上を記録した地震の数

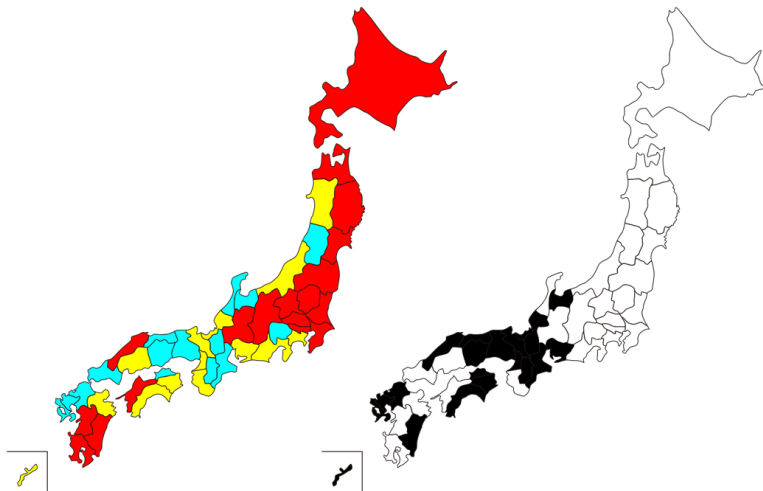
Table 6 Numbers of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in Japan from January 2001 to September 2021.

年	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021.9
地震数	37	28	71	105	49	28	57	42	40	37	324	81	64	55	44	192	40	78	40	45	39



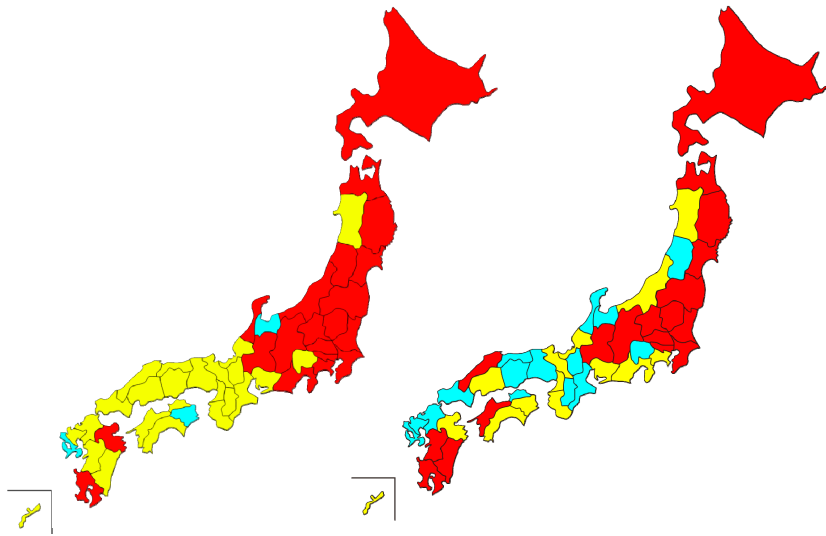
第 1 図 左図：2001 ～ 2010 年の地震活動に基づく震度 4 以上の揺れを感じる地震の各都道府県における 1 年間の予報。赤：地震あり（確率 70% 以上），黄色：不明（同 30-70%），青：地震無し（同 30% 未満）。なお、この図の作成には、白地図ぬりぬり⁹⁾ というプログラムを用いた。他の図も同様である。
右図：2021 年 1 月～ 9 月に震度 4 以上の地震を記録した都道府県。白：地震有り，黒：地震無し。

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”⁹⁾. The other 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 during the period from January 2021 to September 2021. White color means the earthquake occurred and black color means the earthquake did not.



第 2 図 左図：2018 ～ 2020 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：2021 年 1 月～ 9 月に震度 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。

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 2018 to 2020.
Right: Occurrence of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture from January 2021 to September 2021. White color means the earthquake occurred and black color means the earthquake did not.

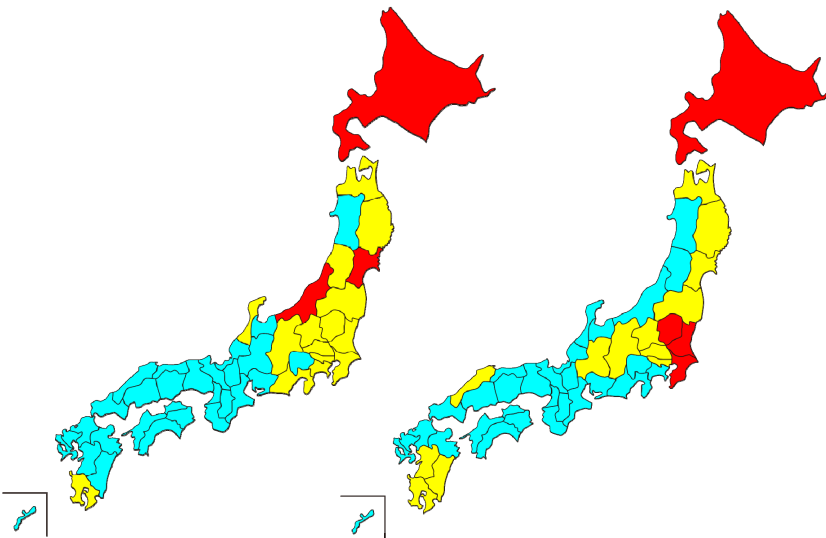


第 3 図 震度 4 以上の揺れを感じる地震の各都道府県における 1 年間予報.

左図 : 2001 ~ 2010 年の地震活動に基づく予報.

右図 : 2018 ~ 2020 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 2018 to 2020.

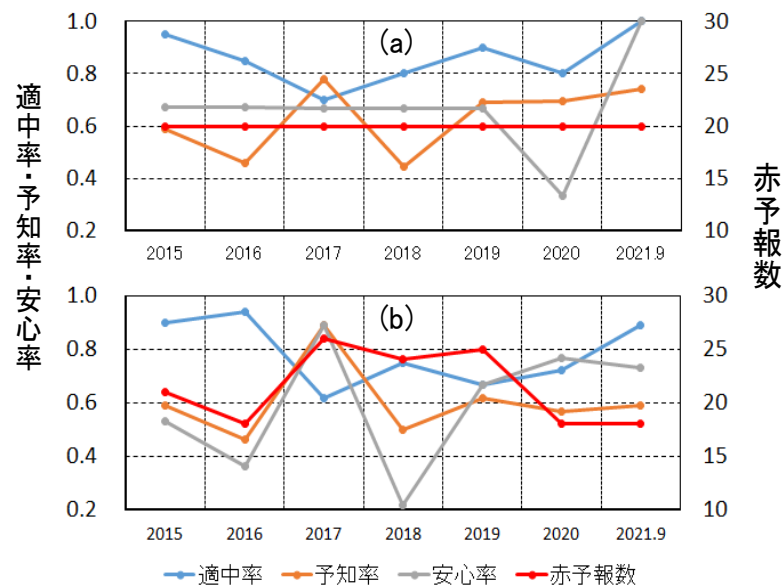


第 4 図 震度 4 以上の揺れを感じる地震の各都道府県における 3 ヶ月間予報.

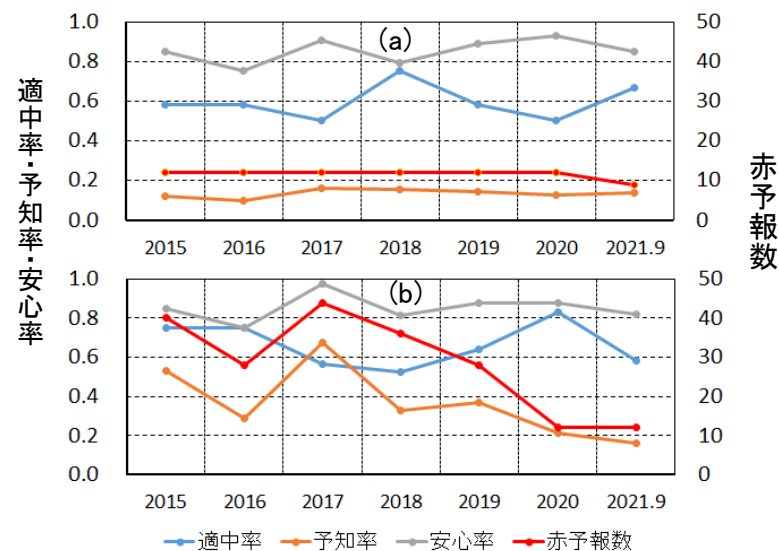
左図 : 2001 ~ 2010 年の地震活動に基づく予報.

右図 : 2018 ~ 2020 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 2018 to 2020.



第 5 図 2015 年から 2021 年 9 月までの 1 年予測の評価
 a) 予測に用いた地震活動期間を 2001 ～ 2010 年に固定した場合, b) 予測に用いた地震活動期間を直前の 3 年間にした場合
 Fig. 5 Evaluation of the one-year-forecast during the period from 2015 to September 2021.
 a) The forecast based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010 and b) that based on the seismic activity for the last three years.



第 6 図 2015 年から 2021 年 9 月までの 3 ヶ月予測の評価
 a) 予測に用いた地震活動期間を 2001 ～ 2010 年に固定した場合, b) 予測に用いた地震活動期間を直前の 3 年間にした場合
 Fig. 6 Evaluation of the three-months-forecast during the period from 2015 to September 2021.
 a) The forecast based on the seismic activity during the period from 2001 to 2010 and b) that based on the seismic activity for the last three years.