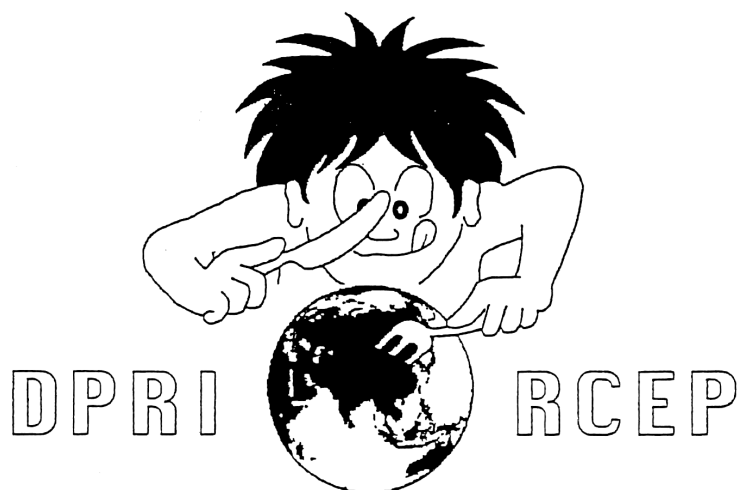


第 2 3 4 回

地震予知連絡会資料

2022 年 2 月 25 日



京都大学防災研究所

第234回地震予知連絡会提出資料

目 次

I. 近畿地方北部の地殻活動 (4)	・・・ 3
II. 能登半島の地殻変動 (2022年2月) (4)	・・・ 4
III. 気象庁震度データベースを用いた地震予測(2021年の予測結果の評価と2022年の予測) (4)	・・・ 8

近畿北部の地殻活動 ～丹波山地における微小地震活動静穏化～

京都大学防災研究所地震予知研究センター

大阪府北部から京都府中部、琵琶湖西岸にかけての「丹波山地」は微小地震活動が定期的に活発な地域である。微小地震発生数は2003年1月末ごろ突然それ以前の約7割に低下し、その静穏状態は長期にわたり継続していた。1946年南海地震や1995年兵庫県南部地震前にこの地域の地震活動が低下したことが知られており、近年の静穏化の推移が注目されていたが、その後わずかなレートの増減を繰り返しつつも、大きなレートの変化は無かった。

2011年1月末ごろ、さらに発生数が減少し、2003年以来最低のレートを記録した。2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震(M9.0)時にはとくにレートに変化は見られなかったが、2011年2月以降この低いレート(図1の矩形範囲内で約1400 events/year)を維持している。

2018年6月18日の大阪府北部の地震(M6.1)は、従来の「丹波山地」の微小地震地震活動域の南限である有馬高槻構造線より南側の大阪平野内で発生した。余震域の一部は「丹波山地」の従来からの活動域と重なっているが、それ以外の「丹波山地」では、静穏化もしくは活発化といった大きな変化は見られない。(積算数を数える領域は、今回の大阪府北部の地震の余震域を含んでいるが、declusterした積算発生数には、その前後で大きな変化は見られない。)

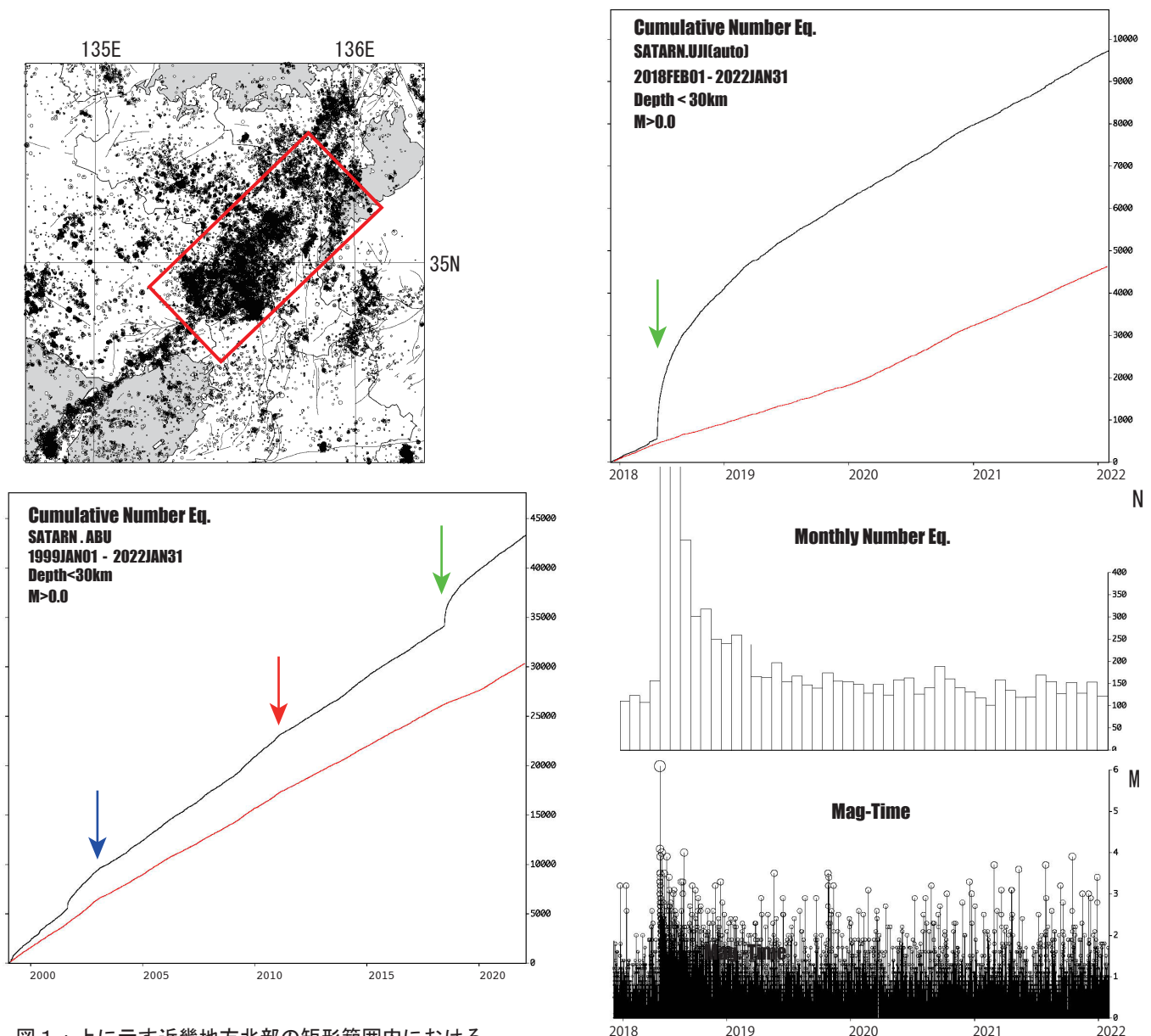


図1：上に示す近畿地方北部の矩形範囲内における積算地震発生数。1999年1月～2022年1月31日。京都大学防災研究所地震予知研究センターによる。

青矢印は丹波山地の静穏化が始まった2003年初頭の時期を示す。赤矢印は東北地方太平洋沖地震前にさらに静穏化した時期を示す。緑矢印は、2018年大阪府北部の地震M6.1の発生時を示す。

赤線は decluster したカタログによる積算発生数。

図2：(上) 図1上に示す近畿地方北部の矩形範囲内における積算地震発生数。京都大学防災研究所地震予知研究センターによる。赤線は decluster したカタログによるもの2017年2月11日～2022年1月31日、30km以浅。緑矢印は、2018年大阪府北部の地震M6.1の発生時を示す。(中) 同範囲内での月別地震発生数。(下) 同じく気象庁一元化震源に基づくMT図。

能登半島の地殻変動（2022年2月）

京都大学防災研究所
金沢大学理工研究域

能登半島では引き続き地震活動が活発な状態が続いているが、京都大学防災研究所と金沢大学理工研究域が2021年9月に設置した臨時GNSS連続観測点（SZOT, SZMS, SZHK, NTYD）における地殻変動の観測結果を報告する。2-3ヶ月の期間毎の変位のスナップショット（図1）を見ると、全体的には昨年夏以前よりも変動速度はやや減速しているが、現在でも地殻変動は継続しており、特に群発地震震源域近傍の観測点では、震源域付近を中心とした膨張を示す地殻変動が明瞭である。膨張の中心位置は、期間毎に東西に移動しているように見えるが、季節変動等のノイズによる可能性は否定できない。なお、NTYDの2021年12月以降のデータについては、積雪の影響を受けている可能性が高いことに注意が必要である。

GNSS観測点の各基線の時系列（図2）を見ると、SZOT-SZMS基線（図2a）のような震源域近傍の基線では、基線長が伸張しているが、その変動速度は昨年秋に比べると減速しているように見える。

臨時観測点設置後を二分割した期間において、球状圧力源（茂木モデル）を仮定して、各期間の地殻変動源を推定した（図3）。変動源の深さ（約11km）や体積変化量（ $4\text{-}4.5\times 10^6\text{m}^3$ ）に大きな差は見られないが、変動パターンから示唆されるように、変動源の位置が東西に移動している可能性がある。

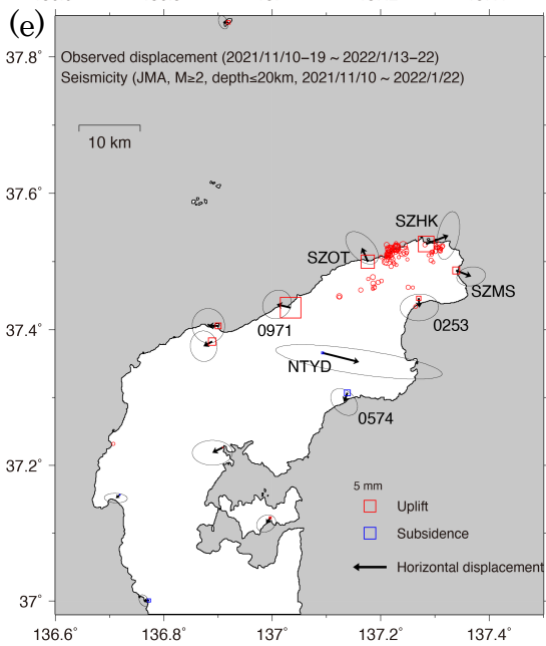
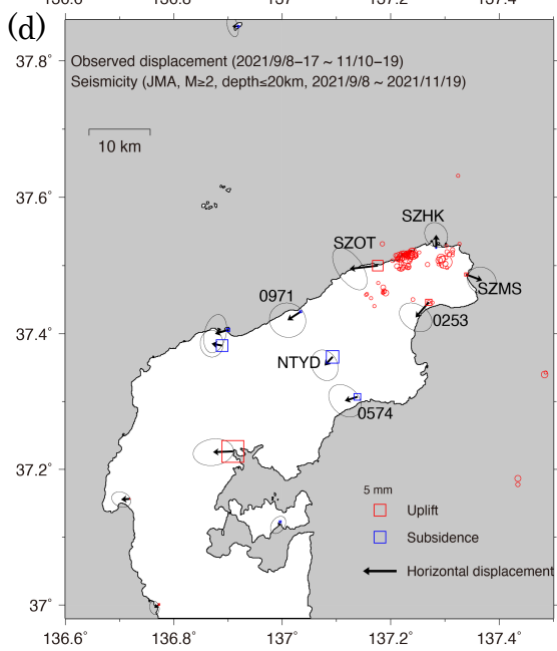
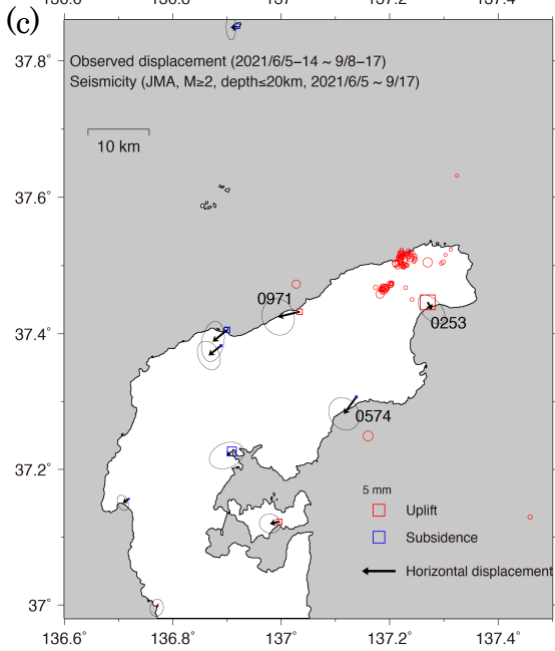
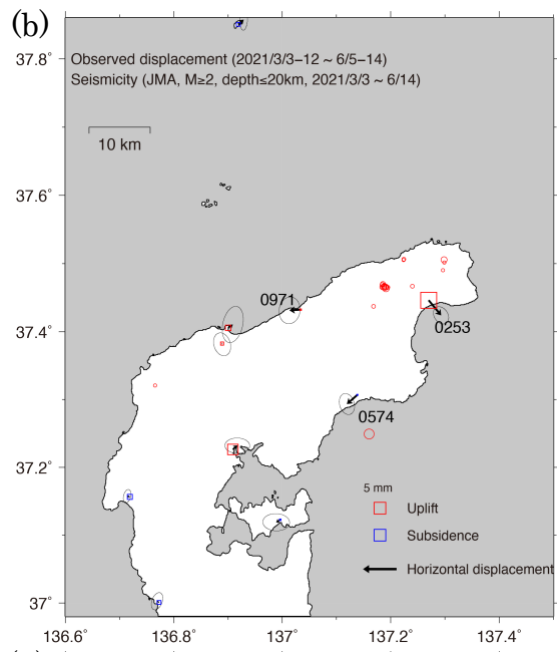
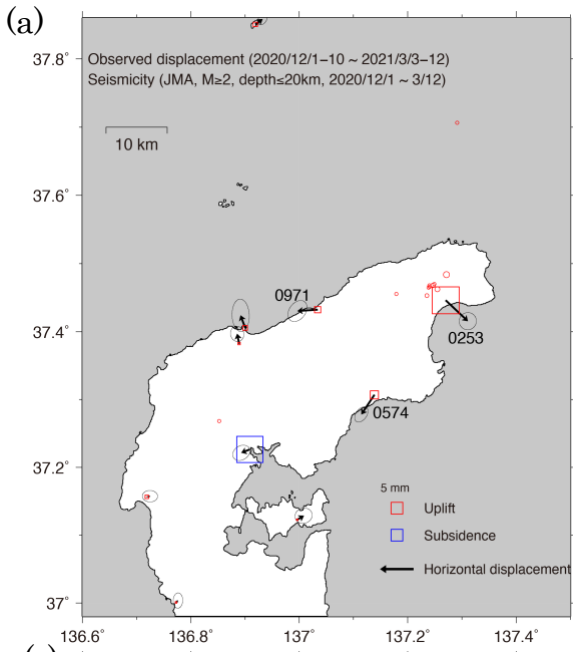
なお、本資料では、京都大学防災研究所において米国ジェット推進研究所（JPL）の精密暦及び速報暦を用いてGipsyX Ver1.4の精密単独測位法（PPP）により推定した日座標値を用いた。

謝辞：国土地理院のGNSSデータ、気象庁一元化震源データを使用させていただきました。観測点の設置にあたり、珠洲市教育委員会、珠洲市役所企画財政課及び能登町教育委員会にお世話になりました。

（文責 西村）

（次ページ）

図1 能登半島のGNSS観測点における各期間の変動ベクトル図。赤青の四角は上下変動を表す。SZOT、SZMSは京都大学、SZHK、NTYDは金沢大学、それ以外は国土地理院による観測点。精密暦を用いたITRF2014準拠の日座標値に基づき、2017-2019年の期間で推定した1次トレンド・年周・半年周を外挿して除去した各期間の変位を表示した。臨時観測点については、1次トレンド成分のみを周囲の観測点から補間推定して、除去した。赤丸は図中に示した各期間の気象庁一元化震源（ $M\geq 2$ 、深さ $\leq 20\text{km}$ ）。(a) 2020年12月1-10日から2021年3月3-12日まで(92日間)の変位。(b) 2021年3月3-12日から6月5-14日まで(95日間)の変位。(c) 2021年6月5-14日から9月8-17日まで(96日間)の変位。(d) 2021年9月8-17日から11月10-19日まで(63日間)の変位。(e) 2021年11月10-19日から2022年1月13-22日まで(64日間)の変位。NTYDの変位は積雪の影響を受けている可能性が高い。



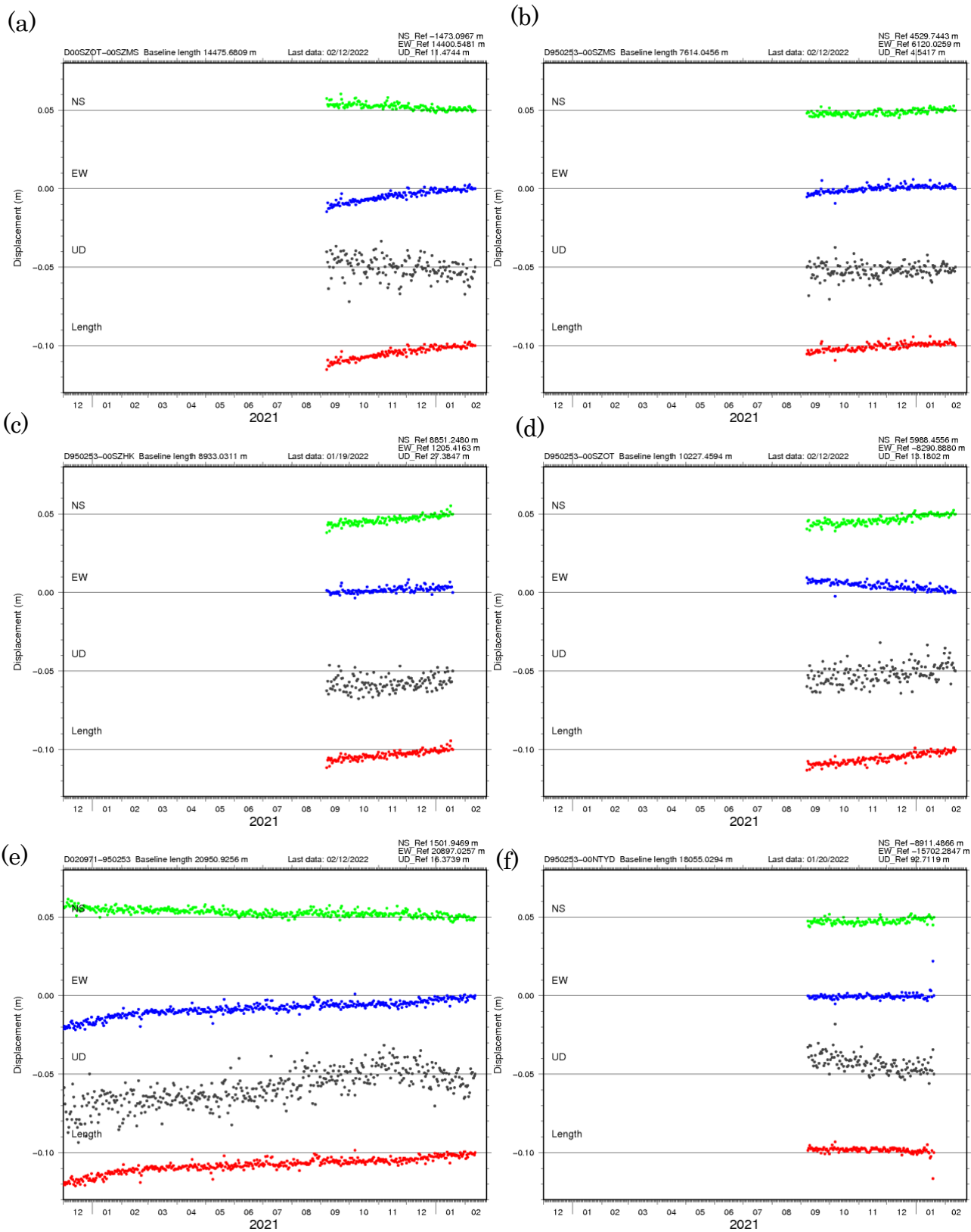


図2 各基線における日座標値変化。速報暦に基づく日座標値を使用。各観測点の位置は図1参照。
 (a)SZOT-SZMS. (b)0253-SZMS. (c)0253-SZHK. (d)0253-SZOT. (e)0971-0253. (f)0253-NTYD.

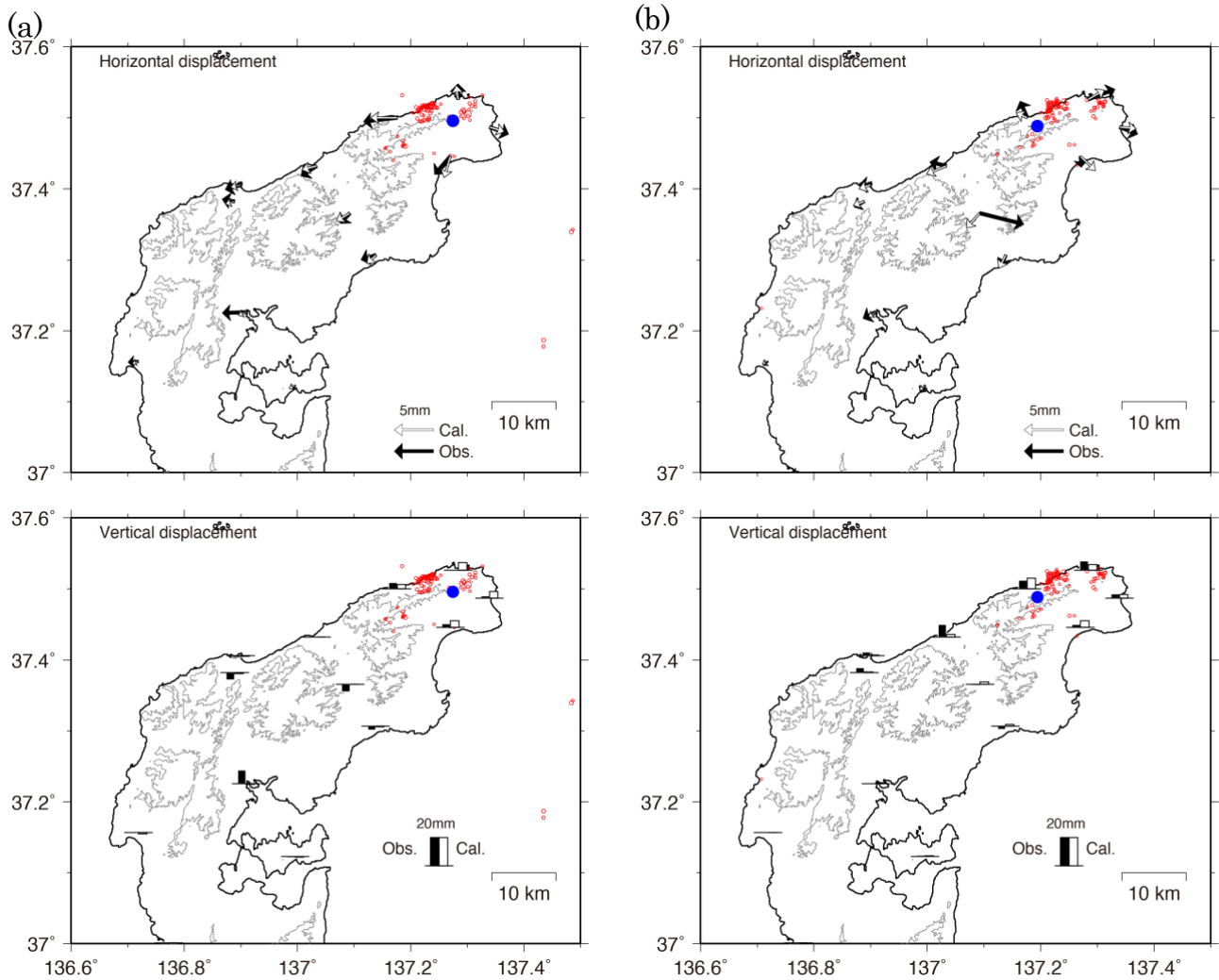


図3 臨時観測点設置（2021年9月）以降の地殻変動から推定した地殻変動源モデル。青丸及び赤点は球状圧力源（茂木モデル）及び地震（ $M \geq 2$ 、深さ ≤ 20 km）の震央を表す。(a) 2021年9月8-17日から11月10-19日まで(63日間)のデータに対する変動源モデル。深さ 11.4 ± 3.4 km、体積変化量 $4.0 \pm 2.6 \times 10^6$ m³。(b) 2021年11月10-19日から2022年1月13-22日まで(64日間)のデータに対する変動源モデル。深さ 12.0 ± 1.2 km、体積変化量 $4.5 \pm 2.3 \times 10^6$ m³。

気象庁震度データベースを用いた地震予測（2021年の予測結果の評価と2022年の予測）

滋賀県立大学環境科学部

小泉・今給黎（2016）や小泉（2021a, 2021b）は、今給黎（2016）の原理を用いて、気象庁震度データベース（気象庁、2022）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、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当たり前という感覚）」を理解してもらうこと」である（小泉・今給黎、2016）。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（2022）というウェブサイトでも報告を行っている。今回は、主に2021年の予測結果の評価をすると共に2022年の予測を行う。

2001年～2010年、及び、2012年から2021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発生確率が計算できる。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。2001-2010年の発生間隔を用いた1年間（365～366日間）の予測（A予測とする）と2021年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（B予測とする）と2021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～10年及び2019～2021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（2022年の予測と考えても良い）。

第1図と第2図を2021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（宇津、1977）。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・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。また、予報期間が短くなるので適中率も下がる。2015年～2021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～2021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、2015年～2019年のB予測の3ヶ月予測の予知率が高く、それ以外の指標には差が無い。2015年～2019年のB予測の3ヶ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、この期間のB予測の赤予報の数がA予測のそれよりかなり多くなるためである（第6図）。また、A予測よりB予測の方が、指標のばらつきが大きい傾向にある。なお、2001年～2021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（小泉尚嗣）。

参考文献

今給黎哲郎(2016), 予知連会報, 95, 425-431.

気象庁(2022), <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>, 2022年2月13日確認.

小泉尚嗣・今給黎哲郎(2016), 地震ジャーナル, 62, 35-40.

小泉尚嗣(2021a), 予知連会報, 106, 535-541.

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>, 2022年2月13日確認.

白地図ぬりぬり(2022), <https://n.freemap.jp/>, 2022年2月13日確認.

Solid Earth Channel (固体地球雑学) (2022), <https://www.solid-earth.com/>, 2022年2月13日確認.

宇津徳治(1977), 地震2, 30, 179-185.

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。

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

第2表 2001～2010年の平均地震発生間隔からの1年予測(A予測)の2021年の検証結果

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	20	12	1	33
地震無し	0	12	2	14
小計	20	24	3	47

適中率	20/20	1.00
予知率	20/33	0.61
安心率	2/3	0.67

第3表 2018～2020年の平均地震発生間隔からの1年予測(B予測)の2021年の検証結果

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	17	8	7	32
地震無し	1	6	8	15
小計	18	14	15	47

適中率	17/18	0.94
予知率	17/32	0.53
安心率	8/15	0.53

第4表 2001～2010年の平均地震発生間隔からの3ヶ月予測(A予測4回分)の2021年の検証結果

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	6	36	21	63
地震無し	6	24	95	125
小計	12	60	116	188

適中率	6/12	0.50
予知率	6/63	0.10
安心率	95/116	0.82

第5表 2018～2020年の平均地震発生間隔からの3ヶ月予測(B予測4回分)の2021年の検証結果

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	10	28	24	62
地震無し	6	24	96	126
小計	16	52	120	188

適中率	10/16	0.63
予知率	10/62	0.16
安心率	96/120	0.80

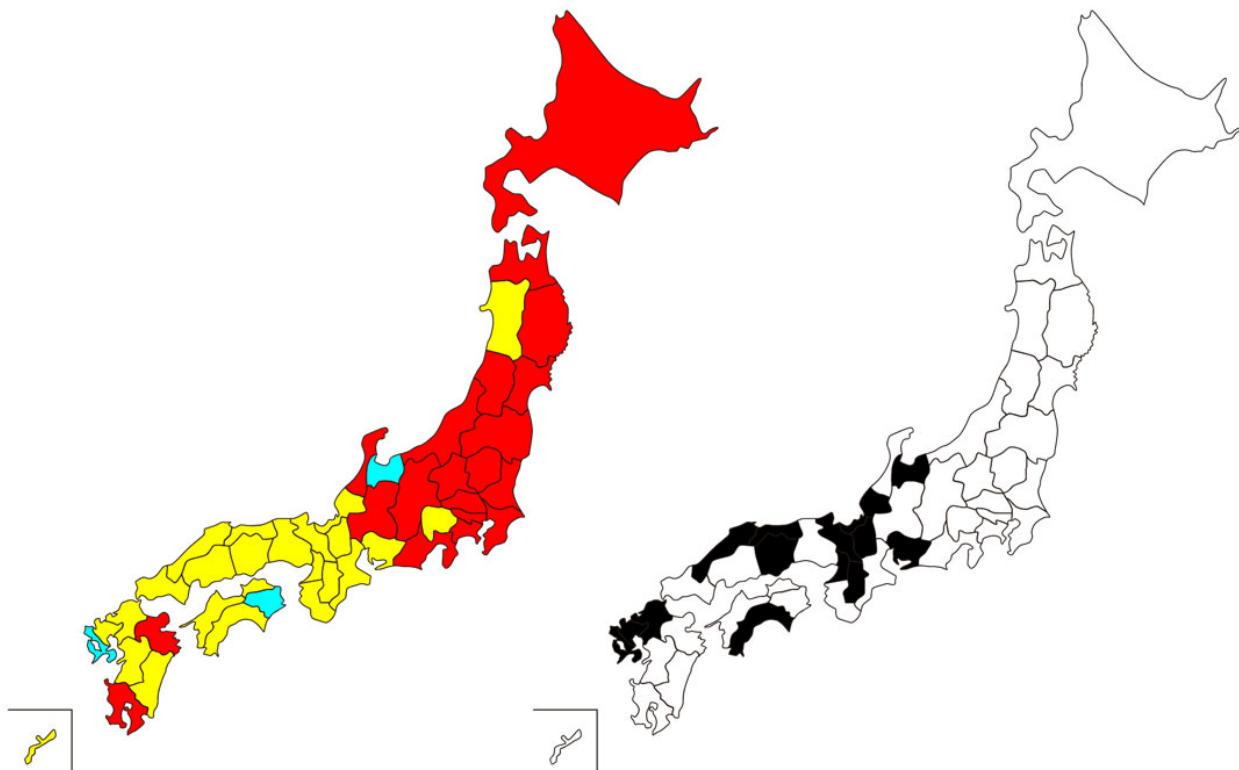
第6表 2001年～2021年に日本で震度4以上を記録した地震の数

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

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（2022）というプログラムを用いた。第2～4図も同様である。

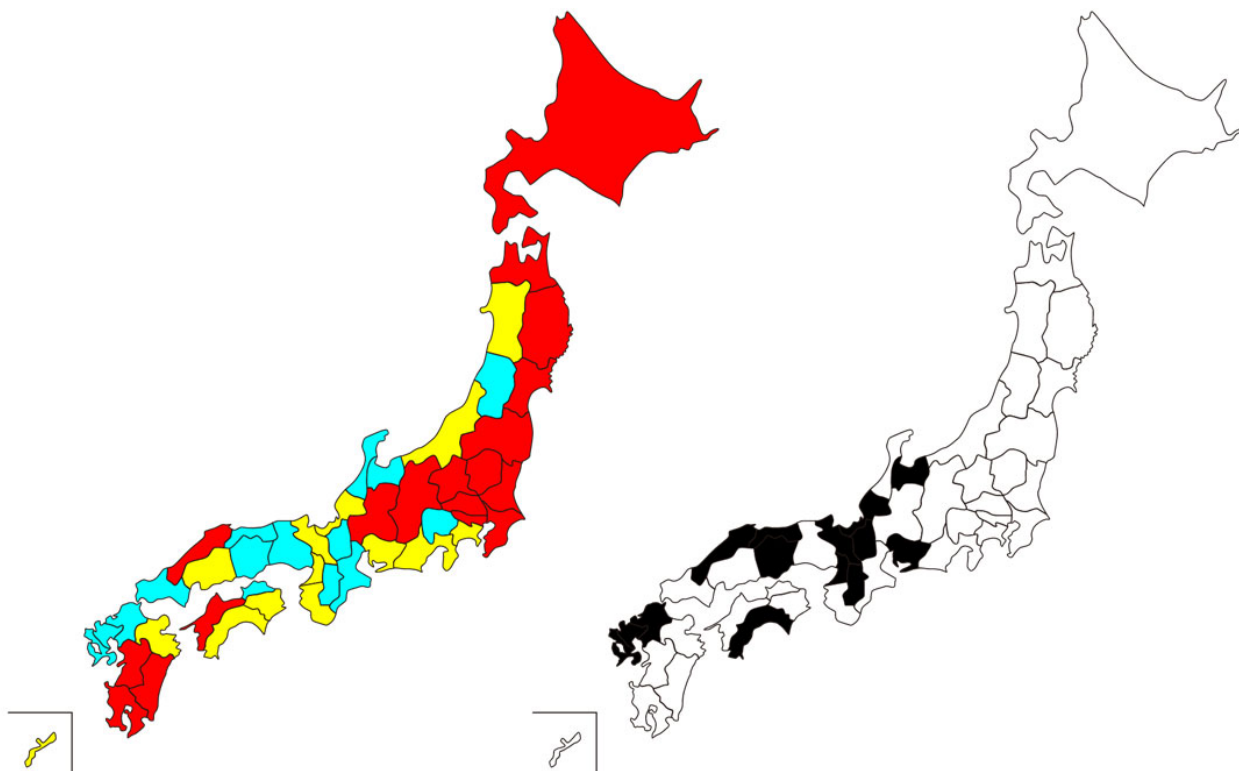
右図：2021年に震度4以上の地震を記録した都道府県。白：地震有り、黒：地震無し。



第2図

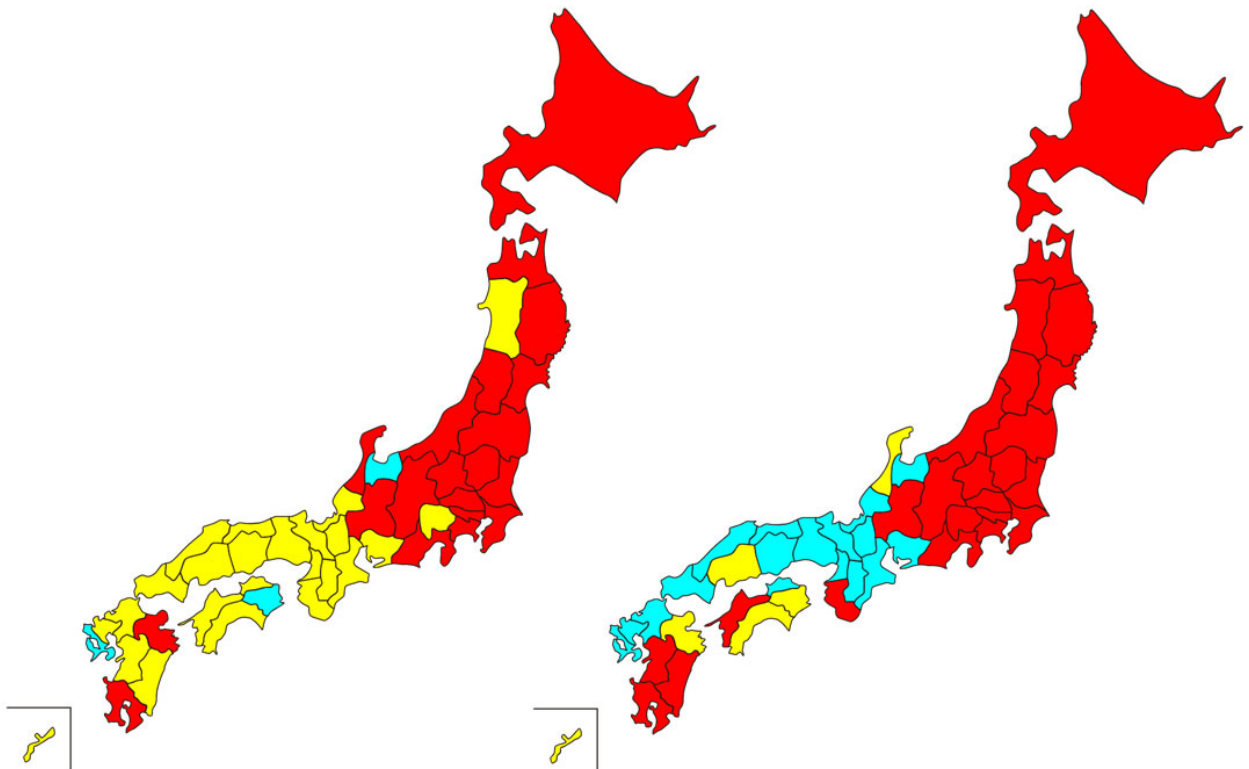
左図：2018～2020年の地震活動に基づく震度4以上の揺れを感じる地震の各都道府県における1年間予報。

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。第1図の右図と同じ。



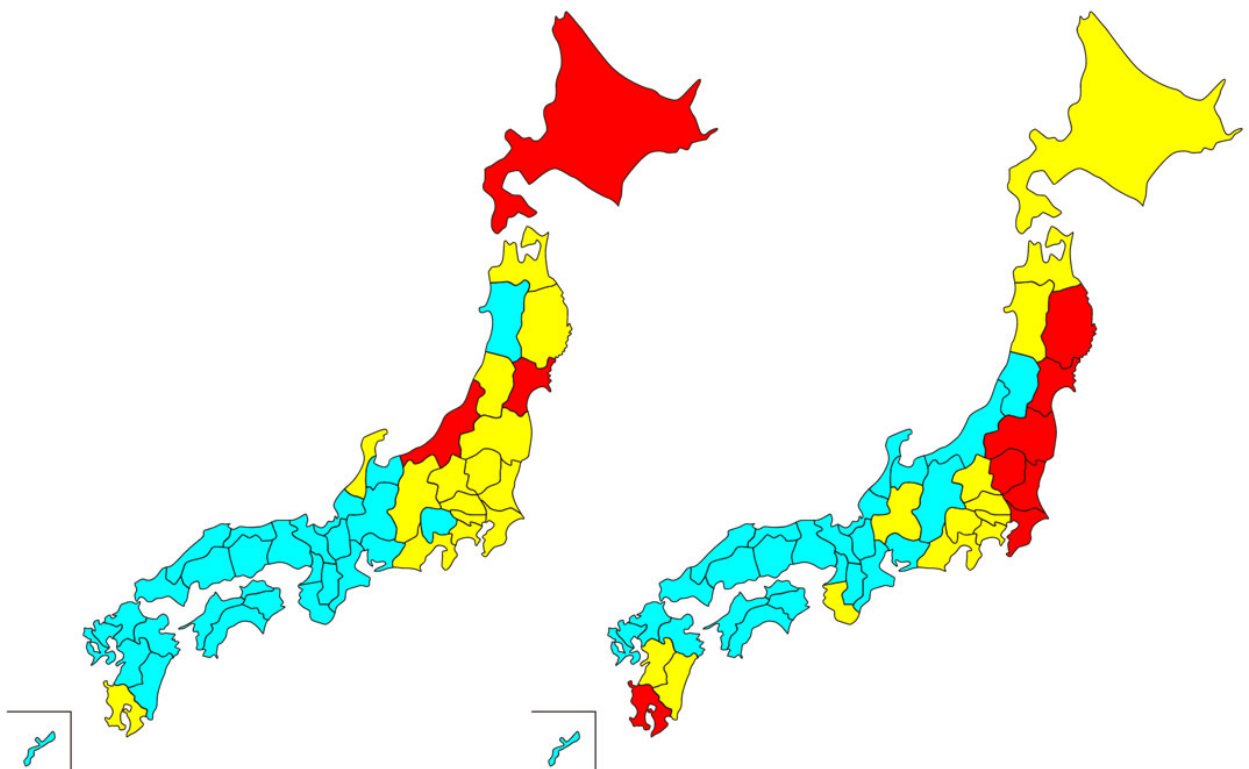
第3図

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年間予報.
右図：2019～2021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.

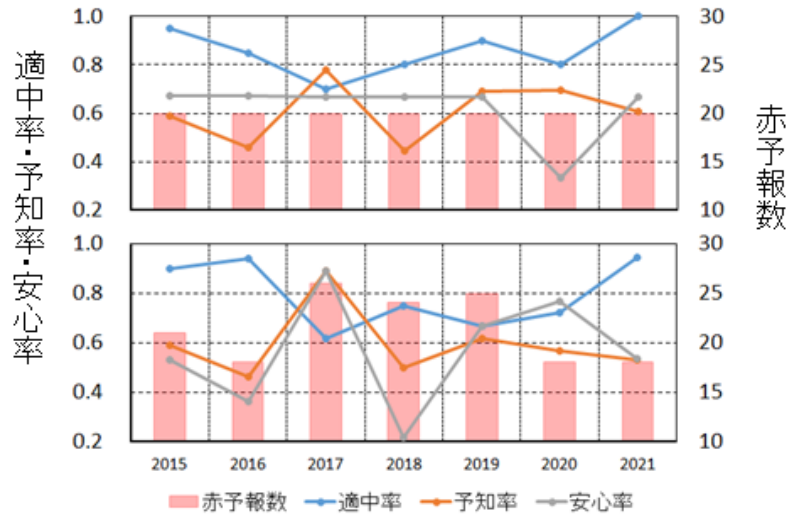


第4図

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3ヶ月間予報.
右図：2019～2021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3ヶ月間予報.



第5図 2015年から2021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).



第6図 2015年から2021年までの3ヵ月予測の評価
 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).

