

## 12 - 6 気象庁震度データベースを用いた地震予測

### Earthquake forecasting by using the seismic intensity database of Japan Meteorological Agency

滋賀県立大学環境科学部・国土地理院

Sch. Environ. Sci., Univ. Shiga Pref. and Geospatial Information Authority of Japan

#### 1. はじめに

個人レベルで地震災害に備えるにあたっては、地震に関する正しい知識に基づいた判断がなされることが望ましい。しかし、一般市民の地震活動に対する知識は、地震研究者のそれとかなりの差があるのが実情である。最近、携帯電話やファックス、インターネット等を利用した民間の地震予知・予測有料サービスが多くなってきたが<sup>1)</sup>、地震研究者からみれば、通常地震活動から想定される地震を予知・予測したに過ぎないケースでも、そのユーザー（一般市民）が高く評価していることが多い。これは、逆に言えば、通常地震活動に対する研究者側の啓発活動が不十分であることを意味する。

本報告で紹介する「地震予測」手法<sup>2)</sup>は、オリジナルの物理的モデルや統計的モデルを新たに提案して、より信頼性の高い手法を確立するための学術的な議論を行うためのものではない。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当たり前という感覚）」を理解してもらうことを主眼としている。そのために、「地震」イベントを震源カタログから集計するのではなく、より体感に近く一般の人でも使いやすい気象庁の震度データベース<sup>3)</sup>を用いた手法を採用した。数ヶ月から1年程度の、日常生活の時間に対応した期間において、当り前に起きている地震の頻度に基づき、分かりやすい表現でやや強めの地震を体感する確率を示すことで、定常的な地震活動のレベルを理解できることを目指している。また、それは、地震の予知・予測に関する地震学の実力を伝えることにもつながるだろう。

#### 2. 手法

この手法の原理は、今給黎(2016)<sup>4)</sup>に基づく。任意の場所Aを対象とし、気象庁震度データベースを用いてY<sub>1</sub>年～Y<sub>2</sub>年の間である震度X以上の地震が発生した回数をカウントし、それをもとに震度X以上の地震が発生する平均間隔T(日)を求める(震源は、想定する場所Aから離れていてもよい)。ここで、この震度X以上の地震が、この平均間隔で定常ポアソン過程に従って発生すると仮定すると、あるt日間に対象とする場所Yで震度X以上の地震が発生する確率pは $1 - \exp(-t/T)$ であらわされる。

上述の確率値を用いて、以下のような予報を出すことにする。適当なしきい値P<sub>1</sub>、P<sub>2</sub>を定め(P<sub>1</sub> > P<sub>2</sub>)、p ≥ P<sub>1</sub>であれば「場所Yでt日間に震度X以上の地震が発生する」と予報(赤予報)、p < P<sub>2</sub>であれば「場所Yでt日間に震度X以上の地震は発生しない」と予報(青予報)、P<sub>2</sub> < p < P<sub>1</sub>なら「場所Yでt日間に震度X以上の地震が発生するかどうかは不明」と予報(黄予報)するものとする。今回は、場所Yを各都道府県、期間tを3ヶ月(=90～92日)および1年(=365～366日)、震度Xを4、しきい値P<sub>1</sub>を0.7、P<sub>2</sub>を0.3とした。平均発生間隔を決める期間は、2001年～2010年(期間A)、2012年～2014年(期間B)、2013年～2015年(期間C)とし、期間Aで求めた平均発生間隔で2015年と2016年の予報を、期間Bで求めた平均発生間隔で2015年

の予測を、期間 C で求めた平均発生間隔で 2016 年の予測をそれぞれ行い、実際の地震活動と比較して結果を検証した。

なお、1884 年にスタートした日本の震度観測には、観測手法や観測点の数についてかなりの変化があるので注意が必要である。特に 1995 年兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）後の 1996 年度から、震度観測が体感観測から機械観測に代わり、数年かけて震度観測点が 1995 年当時の観測点（約 300 点）の 10 倍以上になった事は（現在は約 4,000 点）、最近の最も大きな変更点である<sup>5)</sup>。すなわち、1995 年以前と 1996 年以降の震度データベースは、同等に取り扱うことができない。また、1996 年以降の数年間も上述のように移行期間であることを考慮し、本解析では、2001 年以降について平均発生間隔を求めている。

### 3. 結果

上記の A～C 期間それぞれについて、各都道府県で震度 4 以上の揺れを感じた地震の平均発生間隔を第 1 表に示す。2011 年東北地方太平洋沖地震の余震活動の影響を強くうける東日本では、A 期間よりも B 期間・C 期間で平均発生間隔が短くなっているが、西日本では、むしろ、A 期間の方が平均発生間隔が短くなっているという傾向がある。また、東日本で A 期間より B 期間・C 期間の平均発生間隔が短くなっている地域では、B 期間よりも C 期間の方が平均発生間隔が長くなる傾向にあり、2011 年東北地方太平洋沖地震の余震活動が徐々に衰えていることを反映していると考えられる。

A 期間の発生間隔を用いた 365 日間の予測結果を第 1 図に示す。2015 年は 365 日で 2016 年は 366 日だが、上述のように「赤予報」「黄予報」「青予報」のしきい値  $P_1$  を 0.7、 $P_2$  を 0.3 とすると 366 日でも 365 日でも予報の区分に差はないので、第 1 図を 2015 年と 2016 年の予測と考えてもよい。同様にして、B 期間の発生間隔を用いた 365 日間の予測結果を第 2 図に、C 期間の平均発生間隔を用いた 366 日間の予測結果を第 3 図に示す。また、2015 年と 2016 年に各都道府県で震度 4 以上の地震が発生したかどうかを第 4、5 図にそれぞれ示す。

第 1 図を、2015 年と 2016 年の 1 年間予測、第 2 図を 2015 年の 1 年間予測、第 3 図を 2016 年の 1 年間予測として結果を評価してみる。第 2 表に第 1 図の予測と 2015 年の実際の地震の有無の数、第 3 表に第 1 図の予測と 2016 年の実際の地震の有無の数、第 4 表に第 2 図の予測と 2015 年の実際の地震の有無の数、第 5 表に第 3 図の予測と実際の地震の有無の数をそれぞれ示した。これらの表では、期間中に同じ都道府県で震度 4 以上の地震が複数回発生しても 1 回とカウントしている。また、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知されていたかを示す割合）<sup>6)</sup>を計算した。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」として計算した。黄予報については評価していない。

1 年間予測で、2015 年の予測結果（第 2 表、第 4 表）に比べ 2016 年の予測結果（第 3 表、第 5 表）の予知率が低下しているのは、主に 2016 年熊本地震の影響による。期間 A（2001 年～2010 年）や、期間 C（2013 年～2015 年）で比較的地震活動の低かった九州で 2016 年熊本地震が発生し、熊本県およびその周辺の多くの地域で震度 4 以上の地震が発生したからである。当然のことであるが、過去の地震活動が低い地域で発生する地震に対して、この手法では予測が難しいことを示している。同様に、2015 年の 1～3 月・4～6 月・7～9 月・10～12 月の各 3 ヶ月について、期間 B の平均発生間隔を用いて震度 4 以上の地震発生予測を行った。検証した結果を第 6 表に示す。1 年予測の

場合（第4表）に比べて、予測期間（ $t$ ）が短くなるので確率は小さくなり、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。

平均発生間隔と見積もった期間（A～C）それぞれについての、1年予測の結果を第7表に、3ヶ月予測の結果を第8表に示す。1年予測では、期間Aによる予測と期間Bや期間Cによる予測で差は無いように思える。3ヶ月予測では、期間Bや期間Cによる予測（直前3年の平均発生間隔による予測）の方が、予知率・適中率ともに成績が良い。2011年東北地方太平洋沖地震による、主に東日本太平洋側の地震活動の活発化によってこのような結果になったと考えられる。

#### 4. まとめ

ある震度以上の地震の平均発生間隔を求めただけで、定常的な地震活動を仮定して定常ポワソン過程に基づく「中期予測」（1年および3ヶ月の予測）ができ、震度4程度の地震（動）であれば相当の「適中率」が見込める。基本的には、サイコロの目の予測と同じなので、このような単純な「予測」を通じて定常的な地震活動がイメージ可能な確率で理解できる。種々の予測情報を評価するには、このような予測と比較することが重要であるし、その種の比較が、一般の方にもできるような環境を整えていくことが、地震の観測・研究を行う機関の1つの役割でもあると考える（小泉尚嗣・今給黎哲郎）。

#### 5. 謝辞

気象庁震度データベース<sup>3)</sup>構築に貢献している気象庁職員をはじめとする多くの関係者に感謝する。

#### 参考文献

- 1) 村井俊治, 2015, 地震は必ず予測できる, 集英社, 172pp.
- 2) 小泉尚嗣・今給黎哲郎, 2016, 地震ジャーナル, 62, 35-40.
- 3) 気象庁, 2017, <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>, 2017年6月確認.
- 4) 今給黎哲郎, 2016, 地震予知連絡会会報, 95, 425-431.
- 5) 気象庁, 2009, <http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/study-panel/shindo-kentokai/hensen.pdf>, 2017年6月確認.
- 6) 宇津徳治, 1977, 地震2, 30, 179-185.
- 7) 白地図ぬりぬり, <https://n.freemap.jp/>, 2017年6月確認.

第1表 各都道府県における震度4以上の地震の平均発生間隔

Table 1 Average interval of the earthquake whose seismic intensity in JMA is 4 or greater in each prefecture.

NO.	都道府県	A:2001-2010年	B:2012-2014年	C:2013-2015年
		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
2	青森	174	64	64
3	岩手	99	38	58
4	宮城	59	30	52
5	秋田	522	365	548
6	山形	243	548	1,095
7	福島	85	24	37
8	茨城	78	20	32
9	栃木	87	41	44
10	群馬	228	110	122
11	埼玉	130	64	78
12	千葉	114	58	78
13	東京	94	137	137
14	神奈川	215	73	110
15	新潟	34	183	365
16	富山	1,826	1,096	1,095
17	石川	174	365	365
18	福井	609	-	-
19	山梨	730	219	548
20	長野	166	122	156
21	岐阜	261	-	1,095
22	静岡	183	274	548
23	愛知	406	1,096	548
24	三重	522	-	-
25	滋賀	913	1,096	1,095
26	京都	913	548	548
27	大阪	913	548	548
28	兵庫	913	1,096	1,095
29	奈良	609	1,096	1,095
30	和歌山	522	274	274
31	鳥取	522	1,096	219
32	島根	457	1,096	1,095
33	岡山	913	548	548
34	広島	730	1,096	548
35	徳島	1,217	548	365
36	香川	913	548	548
37	愛媛	332	1,096	365
38	高知	457	1,096	365
39	山口	457	1,096	1,095
40	福岡	365	1,096	548
41	佐賀	913	1,096	548
42	長崎	1,217	-	-
43	熊本	332	274	365
44	大分	281	548	548
45	宮崎	365	274	274
46	鹿児島	215	157	122
47	沖縄	457	274	219

第2表 期間A（2001～2010年）の平均地震発生間隔からの2015年の1年予測の検証結果

Table 2 Evaluation of the earthquake forecasting for one year in 2015. The forecasting is based on the average interval of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in the period A (2001-2010)

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	19	12	1	32
地震無し	1	12	2	15
小計	20	24	3	47

適中率	19/20	0.95
予知率	19/32	0.59
安心率	2/3	0.67

第3表 期間A（2001～2010年）の平均地震発生間隔からの2016年の1年予測の検証結果

Table 3 Evaluation of the earthquake forecasting for one year in 2016. The forecasting is based on the average interval of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in the period A (2001-2010)

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	17	19	1	37
地震無し	3	5	2	10
小計	20	24	3	47

適中率	17/20	0.85
予知率	17/37	0.46
安心率	2/3	0.67

第4表 期間B（2012～2014年）の平均地震発生間隔からの2015年の1年予測の検証結果

Table 4 Evaluation of the earthquake forecasting for one year in 2015. The forecasting is based on the average interval of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in the period B (2012-2014)

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	19	5	8	32
地震無し	2	4	9	15
小計	21	9	17	47

適中率	19/21	0.90
予知率	19/32	0.59
安心率	9/17	0.53

第5表 期間C（2013～2015年）の平均地震発生間隔からの2016年の1年予測の検証結果

Table 5 Evaluation of the earthquake forecasting for one year in 2016. The forecasting is based on the average interval of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in the period C (2013-2015)

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	17	13	7	37
地震無し	1	5	4	10
小計	18	18	11	47

適中率	17/18	0.94
予知率	17/37	0.46
安心率	4/11	0.36

第6表 期間B（2012～2014年）の平均地震発生間隔からの2015年の3ヶ月予測（4回分）の検証結果

Table 6 Evaluation of the earthquake forecasting for each three months in 2015. The forecasting is based on the average interval of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in the period B (2012-2014)

	赤予報	黄予報	青予報	小計
地震有り	30	8	19	57
地震無し	10	16	105	131
小計	40	24	124	188

適中率	30/40	0.75
予知率	30/57	0.53
安心率	105/124	0.85

第7表 2015年と2016年の1年予測の評価

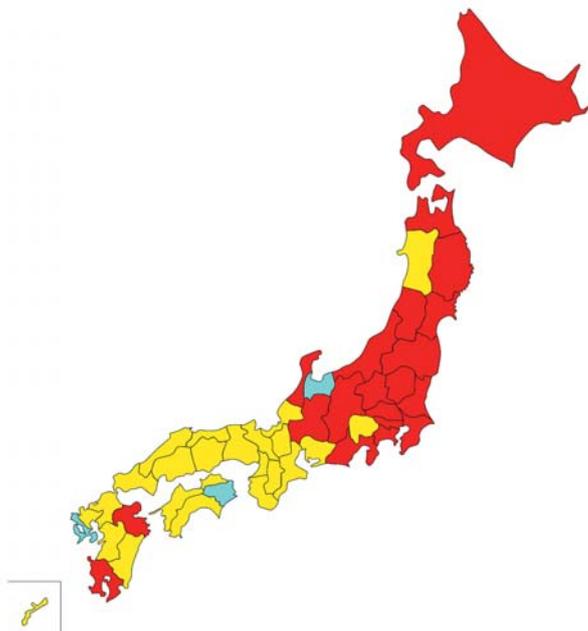
Table 7 Evaluation of the one-year-forecast of 2015 and 2016.

	2015	2015	2016	2016
適中率	0.95	0.90	0.85	0.94
予知率	0.59	0.59	0.46	0.46
安心率	0.67	0.53	0.67	0.36
期間	A (2001-2010)	B (2012-2014)	A (2001-2010)	C (2013-2015)

第8表 2015年と2016年の3ヶ月予測の評価

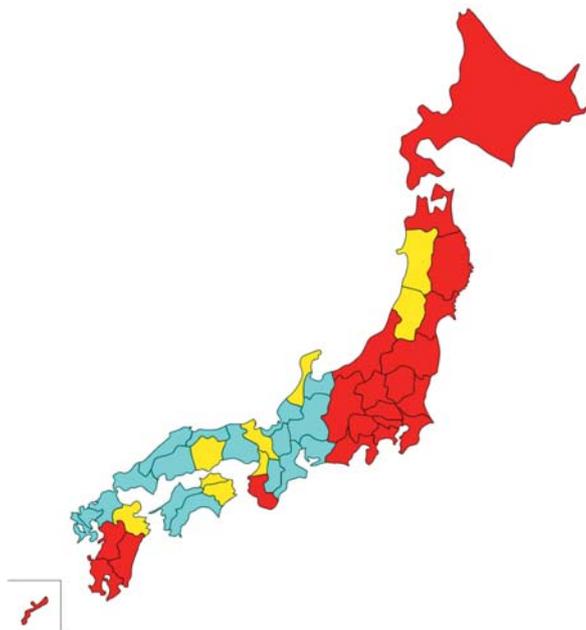
Table 8 Evaluation of the three-month-forecast of 2015 and 2016.

	2015	2015	2016	2016
適中率	0.58	0.75	0.58	0.75
予知率	0.12	0.53	0.10	0.29
安心率	0.85	0.85	0.75	0.75
期間	A (2001-2010)	B (2012-2014)	A (2001-2010)	C (2013-2015)



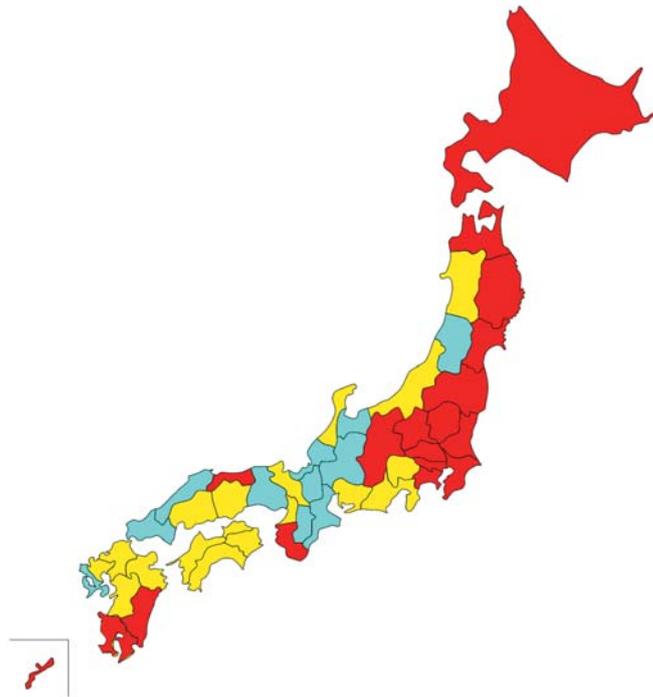
第1図 期間A(2001～2010)の地震活動に基づく震度4以上の揺れを感じる地震の各都道府県における1年間予報。赤：地震あり(70%以上)、黄色：不明(30-70%)、青：地震無し(30%未満)。なお、この図の作成には、「白地図ぬりぬり」<sup>7)</sup>というプログラムを用いた。第2～5図も同様である。

Fig.1 Forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture for one year. 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 in the period-A (2001-2010). This figure was drawn by the program for map display named “Shiro-chizu nuri nuri”<sup>7)</sup>. The other figures were also drawn by the same program.



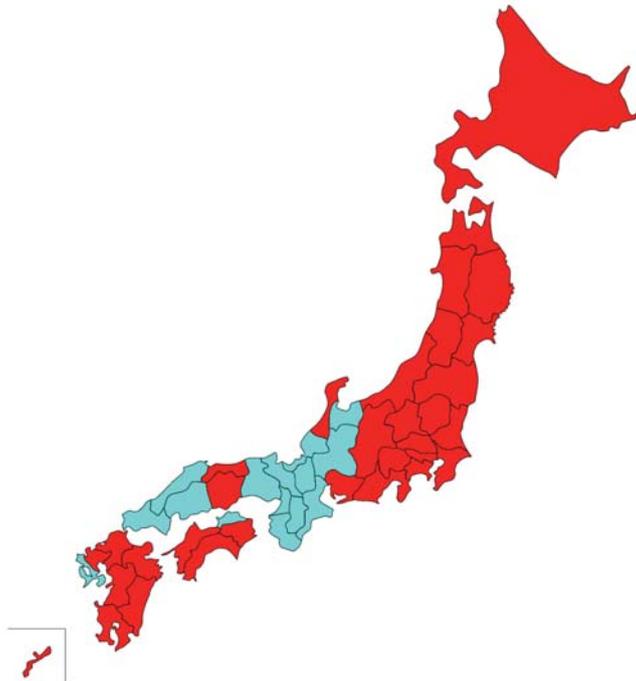
第2図 期間B(2012～2014)の地震活動に基づく震度4以上の揺れを感じる地震の各都道府県における1年間予報。赤：地震あり(70%以上)、黄色：不明(30-70%)、青：地震無し(30%未満)。

Fig.2 Forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture for one year. 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%. The probability is calculated from the seismic activity in the period-B (2012-2014).



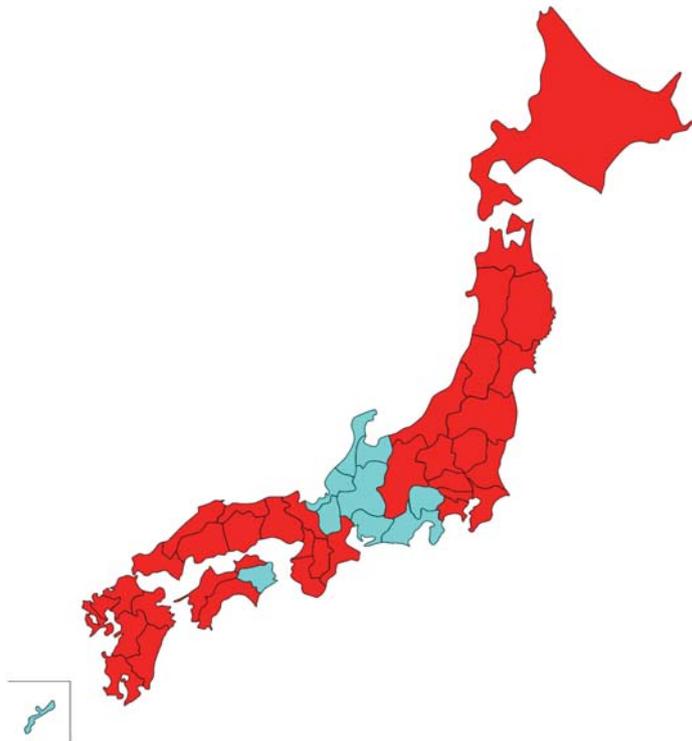
第3図 期間C（2013～2015年）の地震活動に基づく震度4以上の揺れを感じる地震の各都道府県における1年間予報。赤：地震あり（70%以上）、黄色：不明（30-70%）、青：地震無し（30%未満）。

Fig.3 Forecast of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture for one year. 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%. The probability is calculated from the seismic activity in the period-C (2013-2015).



第4図 2015年の各都道府県における震度4以上の地震の発生の有無。赤：地震あり、青：地震無し。

Fig.4 Occurrence of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in 2015. Red: The earthquake occurred. Blue: The earthquake did not occur.



第 5 図 2016 年の各都道府県における震度 4 以上の地震の発生の有無. 赤：地震あり，青：地震無し.

Fig.5 Occurrence of the earthquake whose seismic intensity in JMA scale is four or greater in each prefecture in 2016. Red: The earthquake occurred. Blue: The earthquake did not occur.