

11-3 中規模繰り返し相似地震の発生状況と発生確率 (2018)

Probability of moderate repeating earthquakes within one and three years from 1 February 2018

気象庁気象研究所

Meteorological Research Institute, JMA

日本各地で波形がよく似た地震(相似地震)が観測されている。その多くはプレート境界で発生しており、プレート間の定常的なすべりと密接な関係があると考えられている。気象研究所は中規模の繰り返し地震(相似地震)について発生状況を取りまとめ¹⁾、その後も相関係数とコヒーレンスを用いて調査を継続している²⁾。前回報告した期間²⁾以降(2017年2月から2018年1月末まで)の発生状況を報告する。そして、ここで整理した地震系列について、岡田・他(2007)³⁾のベイズ統計対数正規分布モデルを使い、2018年2月1日を予測日として、今後1年及び3年以内の発生確率予測を行っている。なお、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震等による余効変動の影響は考慮していない。本報告は、地震活動評価の高度化を目的として実施しているものであり、気象庁が別途実施している宮古島近海等の繰り返し地震の報告における目的・手法とは異なるものである。

今期間(2017年2月~2018年1月)に発生したものを含めて、地震が3個以上の地震系列は55系列ある(第1表)。各系列の地震発生状況を第1図に示す。前回報告²⁾の52系列のうち、今期間に8系列で新たに発生した(第1表と第1図のNo.9, 18, 21, 27, 28, 29, 44, 53, 第2図の□印)。また、今期間に発生もしくは遡り調査で3個以上となった系列が3系列ある(第1表と第1図のNo.4, 16, 31, 第2図の□印)。なお、第1図を見ると岩手県沖と福島県沖については、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(赤色縦線)以降、発生間隔が短くなっていることがわかる。これは、同地震の余効変動による影響と考えられている^{4) 5)}。余効変動は減衰しつつあるため、今後徐々に元の発生間隔へ戻っていくと思われる。

2018年2月1日時点の発生確率予測で、今後1年以内の発生確率が50%以上の地震系列は、青森県東方沖(No.14, 平均M4.2, 平均発生間隔2.6年)と福島県沖(No.27, M4.9, 1.4年)の2系列ある(第1表, 第2図)。また、前回提出の資料²⁾で、2017年2月1日時点の予測を52系列について行っており、1年予測の予測期間は終了している。平均対数尤度とブライアスコアの指標⁶⁾による1年予測の成績は、平均対数尤度は-0.335, ブライアスコアは0.102であった。系列数の少ない状況での結果ではあるが、指数分布モデルで予測した成績(平均対数尤度は-0.390, ブライアスコアは0.118)よりも良い成績である。なお、予測期間内に発生した系列の予測確率は、No.9は18.8%, No.18は12.2%, No.21は60.8%, No.27は55.2%, No.28は5.3%, No.29は53.5%, No.44は7.3%, No.53は74.1%であった。

・謝辞

本資料は、国立研究開発法人防災科学技術研究所、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国土地理院、国立研究開発法人海洋研究開発機構、公益財団法人地震予知総合研究振興会、青森県、東京都、静岡県、神奈川県温泉地学研究所及び気象庁のデータを用いて作成しています。また、2016

年熊本地震合同観測グループのオンライン臨時観測点（河原，熊野座），米国大学間地震学研究連合（IRIS）の観測点（台北，玉峰，寧安橋，玉里，台東）のデータを用いて作成しています。

（田中昌之）

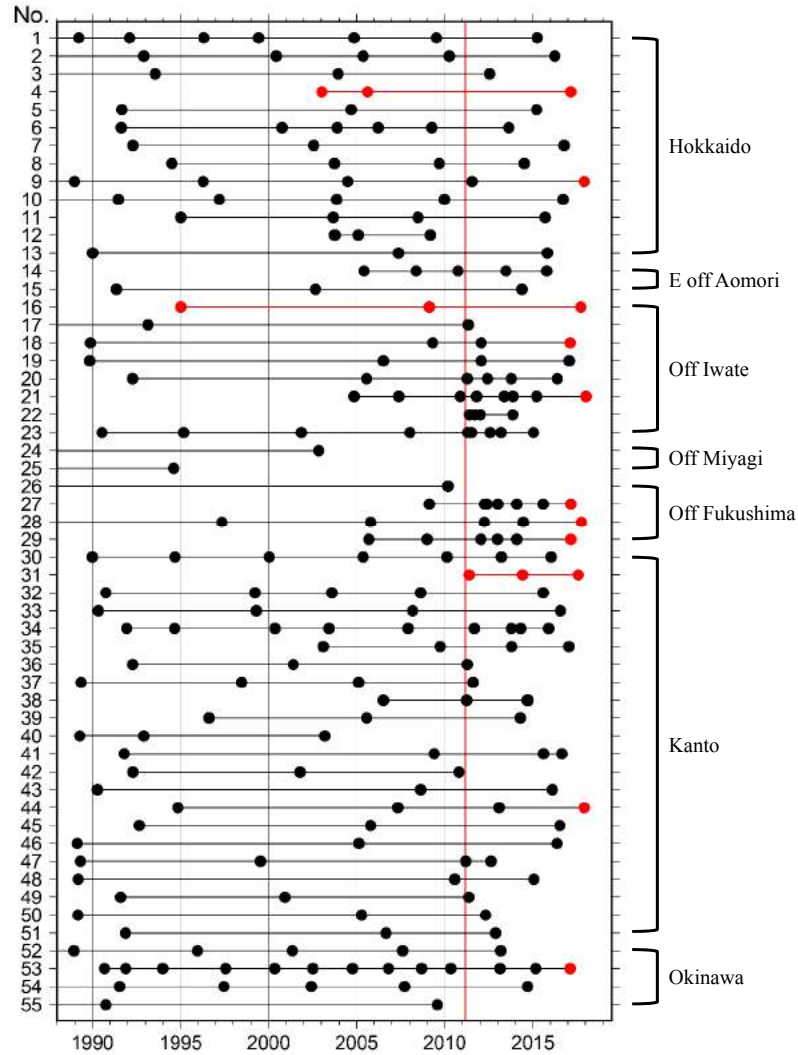
参 考 文 献

- 1) 地震火山研究部，地震火山部，気象大学校，札幌管区气象台，仙台管区气象台，大阪管区气象台，福岡管区气象台，沖縄气象台，日本各地域の繰り返し相似地震発生状況に関する研究，気象研究所技術報告，72，pp.144，2014.
- 2) 気象庁気象研究所，中規模繰り返し相似地震の発生状況と発生確率(2017)，連絡会報，98，437-442，2017.
- 3) 岡田正実・他，地震長期発生確率予測に使用する更新過程対数正規分布モデルのパラメータ事前分布，地震2，60，85-100，2007.
- 4) 東北大学大学院理学研究科，小繰り返し地震から推定された2011年東北地方太平洋沖地震震源域周辺の準静的すべり，連絡会報，86，3-44，2011.
- 5) 気象庁，平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の余震域周辺における相似地震活動，連絡会報，87，3-4，2012.
- 6) 田中昌之・他，繰り返し回数の少ない繰り返し地震系列に対する長期的地震発生確率予測の成績と検証，地震2，70，195-213，2018.

第 1 表 中規模相似地震系列リスト

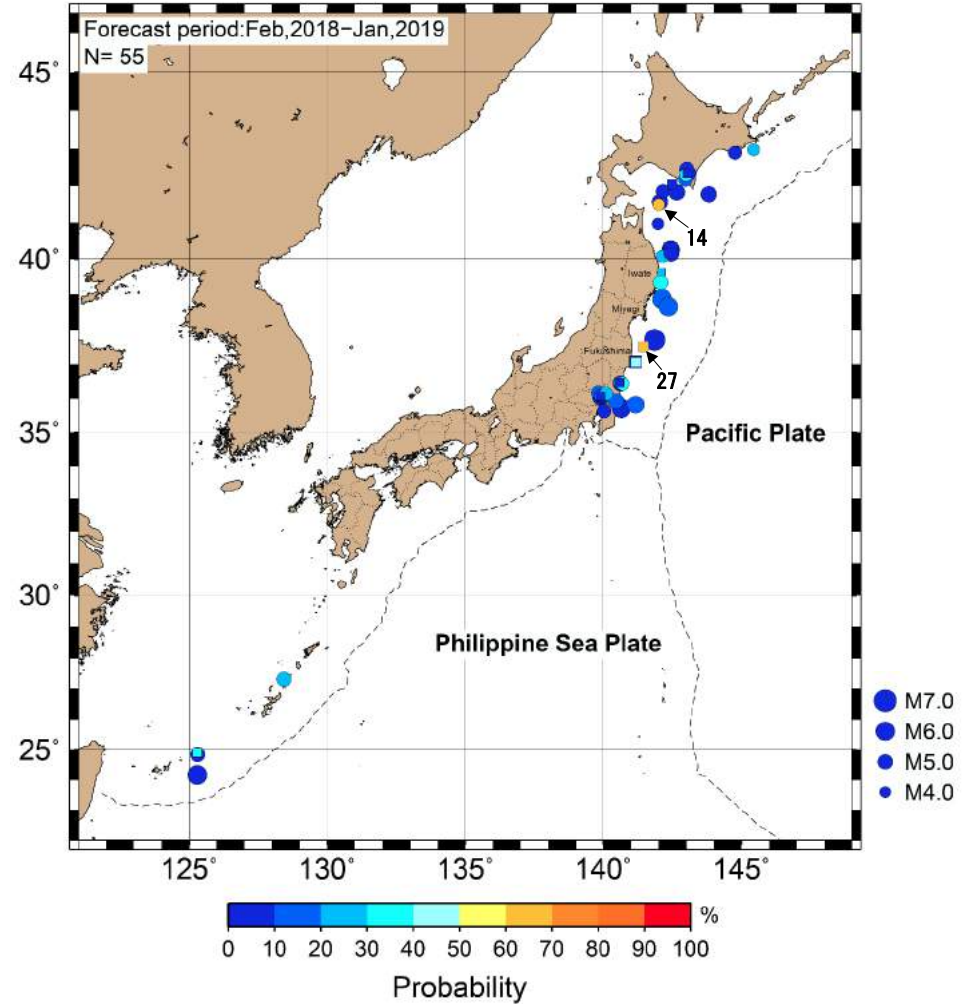
Table 1 List of the moderate repeating earthquake sequence and probabilities of the event occurrence within one year and three years from 1 February 2018 calculated with the lognormal distribution model with Bayesian approach. Seismic intensity is the JMA seismic intensity scale.

| No. | Latitude | Longitude | Depth (km) | First event | Last event | Repeat count | Mean magnitude | Maximum seismic intensity | Interval (year) | | | Probability (%) | |
|-----|----------|-----------|------------|------------------|------------------|--------------|----------------|---------------------------|-----------------|--------|-------|-----------------|-------|
| | | | | | | | | | Ave. | Short. | Long. | 1year | 3year |
| 1 | 42.974 | 145.435 | 47 | 1979/05/11 06:02 | 2015/04/06 13:58 | 9 | 4.4 | 2 ~ 3 | 4.5 | 2.9 | 5.7 | 26.8 | 81.3 |
| 2 | 42.888 | 144.766 | 57 | 1954/09/17 20:52 | 2016/03/30 14:09 | 11 | 4.9 | 2 ~ 4 | 6.1 | 4.9 | 7.5 | 0.2 | 16.2 |
| 3 | 42.452 | 143.019 | 70 | 1969/11/07 17:06 | 2012/07/22 13:41 | 5 | 5.0 | 3 ~ 4 | 10.6 | 8.6 | 13.0 | 4.2 | 22.2 |
| 4 | 42.349 | 143.049 | 52 | 2003/01/07 03:27 | 2017/02/27 18:10 | 3 | 4.7 | 3 ~ 3 | 7.1 | 2.6 | 11.5 | 5.9 | 29.6 |
| 5 | 42.333 | 143.107 | 56 | 1991/09/02 12:03 | 2015/03/25 09:34 | 3 | 5.0 | 3 ~ 3 | 11.8 | 10.5 | 13.0 | 0.6 | 4.3 |
| 6 | 42.304 | 142.992 | 57 | 1991/08/16 23:16 | 2013/08/22 15:53 | 6 | 4.7 | 3 ~ 3 | 4.4 | 2.3 | 9.1 | 38.1 | 75.6 |
| 7 | 42.300 | 143.060 | 56 | 1992/04/20 05:36 | 2016/10/12 04:02 | 3 | 5.0 | 3 ~ 3 | 12.3 | 10.3 | 14.2 | 0.1 | 1.4 |
| 8 | 42.177 | 142.965 | 54 | 1994/07/02 07:43 | 2014/07/06 05:22 | 4 | 4.9 | 4 ~ 4 | 6.7 | 4.8 | 9.2 | 12.4 | 48.7 |
| 9 | 42.044 | 142.484 | 68 | 1973/08/18 11:08 | 2017/12/02 05:48 | 7 | 4.9 | 3 ~ 3 | 7.4 | 6.4 | 8.6 | 0.0 | 0.3 |
| 10 | 41.855 | 142.158 | 69 | 1957/01/06 14:15 | 2016/09/26 11:24 | 12 | 4.8 | 2 ~ 3 | 5.3 | 2.9 | 7.5 | 1.3 | 29.1 |
| 11 | 41.827 | 142.653 | 56 | 1995/01/11 16:48 | 2015/09/12 22:38 | 4 | 5.4 | 3 ~ 4 | 6.9 | 4.8 | 8.6 | 3.5 | 26.9 |
| 12 | 41.771 | 143.813 | 41 | 2003/09/26 05:10 | 2009/03/07 23:33 | 4 | 5.5 | 3 ~ 3 | 1.8 | 0.0 | 4.1 | 9.9 | 24.9 |
| 13 | 41.564 | 142.050 | 64 | 1990/01/07 22:28 | 2015/11/01 12:48 | 3 | 5.3 | 3 ~ 4 | 12.9 | 8.5 | 17.4 | 0.7 | 4.5 |
| 14 | 41.491 | 142.005 | 64 | 2005/06/03 01:32 | 2015/10/18 09:47 | 5 | 4.2 | 2 ~ 3 | 2.6 | 2.3 | 2.9 | 69.0 | 97.5 |
| 15 | 40.971 | 141.979 | 59 | 1991/05/13 12:24 | 2014/05/19 21:02 | 3 | 4.3 | 3 ~ 3 | 11.5 | 11.3 | 11.7 | 1.2 | 7.4 |
| 16 | 40.266 | 142.433 | 36 | 1995/01/07 11:36 | 2017/09/27 05:22 | 3 | 6.1 | 3 ~ 4 | 11.4 | 8.6 | 14.1 | 0.1 | 1.0 |
| 17 | 40.251 | 142.436 | 30 | 1960/08/13 16:11 | 2011/05/08 05:52 | 4 | 5.9 | 3 ~ 4 | 16.6 | 15.0 | 18.2 | 0.9 | 4.6 |
| 18 | 40.165 | 142.385 | 36 | 1989/11/21 13:47 | 2017/02/12 22:36 | 4 | 5.0 | 3 ~ 3 | 9.1 | 2.8 | 19.4 | 5.0 | 23.9 |
| 19 | 40.162 | 142.441 | 37 | 1989/11/06 17:56 | 2017/01/26 17:06 | 4 | 5.5 | 3 ~ 4 | 9.1 | 5.0 | 16.7 | 1.4 | 11.6 |
| 20 | 40.073 | 142.120 | 48 | 1992/04/17 09:43 | 2016/05/24 18:48 | 6 | 4.4 | 3 ~ 4 | 4.8 | 1.1 | 13.3 | 25.6 | 59.7 |
| 21 | 39.634 | 142.105 | 48 | 2004/11/05 13:45 | 2018/01/09 13:43 | 8 | 4.1 | 3 ~ 3 | 1.9 | 0.5 | 3.5 | 25.2 | 86.1 |
| 22 | 39.340 | 142.065 | 48 | 2011/05/31 21:28 | 2013/11/16 14:54 | 4 | 5.1 | 3 ~ 4 | 0.8 | 0.3 | 1.9 | 34.6 | 65.0 |
| 23 | 39.338 | 142.073 | 50 | 1990/07/16 21:35 | 2015/01/14 02:46 | 9 | 4.9 | 3 ~ 4 | 3.1 | 0.2 | 6.7 | 27.4 | 57.2 |
| 24 | 38.876 | 142.133 | 47 | 1940/11/20 00:01 | 2002/11/03 12:37 | 5 | 6.3 | 3 ~ 5- | 15.5 | 13.0 | 19.0 | 16.5 | 44.2 |
| 25 | 38.656 | 142.355 | 35 | 1937/01/07 15:11 | 1994/08/14 18:06 | 5 | 6.3 | 3 ~ 4 | 14.0 | 11.7 | 16.0 | 19.0 | 45.9 |
| 26 | 37.704 | 141.853 | 45 | 1942/02/21 16:07 | 2010/03/14 17:08 | 4 | 6.6 | 4 ~ 5- | 22.5 | 21.0 | 24.6 | 0.4 | 1.7 |
| 27 | 37.518 | 141.463 | 48 | 2009/02/17 09:12 | 2017/03/01 15:43 | 7 | 4.9 | 3 ~ 4 | 1.4 | 0.2 | 3.1 | 60.7 | 89.4 |
| 28 | 37.067 | 141.162 | 53 | 1929/06/24 11:04 | 2017/10/06 23:56 | 13 | 5.7 | 3 ~ 5- | 7.1 | 2.2 | 11.2 | 0.1 | 7.3 |
| 29 | 37.064 | 141.180 | 51 | 2005/09/11 05:06 | 2017/02/27 00:03 | 6 | 4.9 | 3 ~ 5- | 2.3 | 0.9 | 3.3 | 42.3 | 87.8 |
| 30 | 36.459 | 140.580 | 56 | 1990/01/01 18:03 | 2016/01/15 04:28 | 7 | 4.4 | 3 ~ 4 | 4.3 | 2.8 | 5.4 | 14.7 | 70.5 |
| 31 | 36.456 | 140.604 | 56 | 2011/05/28 11:13 | 2017/08/05 07:55 | 3 | 4.3 | 3 ~ 3 | 3.1 | 3.0 | 3.2 | 3.7 | 63.3 |
| 32 | 36.453 | 140.615 | 56 | 1990/10/06 23:33 | 2015/08/06 18:22 | 5 | 5.1 | 4 ~ 4 | 6.3 | 4.4 | 8.5 | 5.9 | 39.0 |
| 33 | 36.449 | 140.614 | 58 | 1990/05/03 16:45 | 2016/07/27 23:47 | 4 | 5.3 | 4 ~ 5- | 8.8 | 8.4 | 9.0 | 0.2 | 3.0 |
| 34 | 36.436 | 140.693 | 52 | 1991/12/12 11:27 | 2015/11/22 08:20 | 9 | 4.7 | 3 ~ 4 | 3.0 | 0.5 | 5.7 | 39.3 | 76.7 |
| 35 | 36.427 | 140.648 | 54 | 2003/02/14 10:54 | 2017/01/18 17:19 | 4 | 4.2 | 3 ~ 4 | 4.7 | 3.3 | 6.6 | 3.4 | 40.2 |
| 36 | 36.174 | 139.815 | 57 | 1992/04/14 12:03 | 2011/04/19 23:10 | 3 | 4.9 | 4 ~ 4 | 9.5 | 9.1 | 9.9 | 13.4 | 43.1 |
| 37 | 36.138 | 140.091 | 68 | 1989/05/09 02:51 | 2011/08/15 15:26 | 4 | 4.8 | 3 ~ 4 | 7.4 | 6.5 | 9.1 | 26.2 | 65.4 |
| 38 | 36.135 | 140.020 | 49 | 2006/07/06 15:17 | 2014/09/28 15:09 | 4 | 4.0 | 3 ~ 3 | 2.7 | 0.1 | 4.7 | 19.7 | 42.9 |
| 39 | 36.128 | 139.846 | 52 | 1996/08/16 01:03 | 2014/04/18 07:53 | 3 | 4.8 | 3 ~ 4 | 8.9 | 8.7 | 9.0 | 3.8 | 21.5 |
| 40 | 36.088 | 139.879 | 55 | 1989/04/12 04:41 | 2003/03/13 12:12 | 3 | 4.7 | 3 ~ 4 | 6.9 | 3.6 | 10.3 | 16.5 | 39.8 |
| 41 | 36.083 | 139.894 | 50 | 1991/10/19 08:31 | 2016/08/27 22:46 | 4 | 4.2 | 3 ~ 4 | 8.3 | 1.0 | 17.6 | 14.2 | 39.2 |
| 42 | 36.082 | 139.864 | 50 | 1992/04/23 01:21 | 2010/10/24 13:50 | 3 | 4.4 | 3 ~ 3 | 9.3 | 9.0 | 9.5 | 16.6 | 48.6 |
| 43 | 36.056 | 139.917 | 48 | 1990/04/09 00:52 | 2016/02/07 19:26 | 3 | 4.6 | 3 ~ 4 | 12.9 | 7.5 | 18.4 | 0.9 | 5.4 |
| 44 | 36.056 | 139.896 | 47 | 1994/11/04 19:06 | 2017/12/02 00:12 | 4 | 4.5 | 3 ~ 4 | 7.7 | 4.8 | 12.5 | 0.2 | 5.3 |
| 45 | 36.045 | 139.948 | 49 | 1992/08/27 13:09 | 2016/07/17 13:24 | 3 | 5.0 | 3 ~ 4 | 12.0 | 10.8 | 13.1 | 0.2 | 1.6 |
| 46 | 36.031 | 139.894 | 48 | 1989/02/19 21:27 | 2016/05/16 21:23 | 3 | 5.5 | 4 ~ 5- | 13.6 | 11.3 | 16.0 | 0.2 | 1.3 |
| 47 | 35.921 | 140.453 | 56 | 1989/04/26 02:18 | 2012/08/20 20:42 | 4 | 5.2 | 3 ~ 4 | 7.8 | 1.4 | 11.7 | 16.2 | 40.3 |
| 48 | 35.889 | 140.509 | 39 | 1989/03/11 16:12 | 2015/01/26 07:20 | 3 | 5.0 | 3 ~ 5- | 12.9 | 4.5 | 21.4 | 5.2 | 19.1 |
| 49 | 35.818 | 141.158 | 38 | 1991/08/06 23:49 | 2011/05/20 09:46 | 3 | 5.7 | 3 ~ 4 | 9.9 | 9.3 | 10.5 | 11.4 | 38.9 |
| 50 | 35.713 | 140.644 | 52 | 1989/03/06 23:39 | 2012/04/29 19:28 | 3 | 6.0 | 5 ~ 5+ | 11.6 | 7.1 | 16.1 | 7.3 | 25.7 |
| 51 | 35.626 | 140.021 | 76 | 1991/11/19 17:24 | 2012/11/24 17:59 | 3 | 4.8 | 4 ~ 4 | 10.5 | 6.2 | 14.8 | 8.3 | 28.9 |
| 52 | 27.287 | 128.435 | 47 | 1968/12/08 18:08 | 2013/03/06 05:32 | 8 | 5.1 | 2 ~ 4 | 6.3 | 5.4 | 7.5 | 28.5 | 78.0 |
| 53 | 24.913 | 125.313 | 41 | 1990/09/10 19:08 | 2017/02/17 10:18 | 13 | 4.4 | 1 ~ 3 | 2.2 | 1.2 | 3.6 | 38.3 | 97.4 |
| 54 | 24.840 | 125.309 | 42 | 1966/07/11 07:04 | 2014/09/18 08:18 | 9 | 5.1 | 2 ~ 4 | 6.0 | 5.0 | 7.0 | 8.9 | 59.9 |
| 55 | 24.169 | 125.297 | 41 | 1966/07/11 01:12 | 2009/08/05 09:17 | 3 | 6.2 | 3 ~ 4 | 21.5 | 18.9 | 24.0 | 1.1 | 4.5 |



第1図 中規模相似地震活動経過図（～2018年1月末）

Fig. 1 Time diagrams of repeating earthquakes for the period from October, 1988 to January, 2018. The red vertical line indicates the occurrence of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake. The red marks and horizontal lines denote the newly added events or sequence in this report.



第2図 2018年2月から1年以内の発生確率

Fig. 2 Probability of moderate repeating earthquakes for the period from February, 2018 to January, 2019 by the lognormal distribution model with Bayesian approach. The circles and squares denote the locations of the sequences, the color indicates the probability, and the size indicates the mean magnitude. Square marks mean that earthquakes occurred from February, 2017 to January, 2018.