



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	平成30年胆振東部地震に関する2、3の考察
Author(s)	藤井, 義明; 児玉, 淳一; 福田, 大祐
Description	一般社団法人資源・素材学会 平成31(2019)年度 春季大会、2019年3月6日～8日、千葉工業大学 津田沼キャンパス、習志野市
Citation	資源・素材講演集, 6 (2019) (1 (春・千葉))
Issue Date	2019-03-06
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/73949
Type	conference paper
File Information	01_3K0101-10-09.pdf



一般講演

資源開発技術／開発機械／岩盤工学

2019年3月8日(金) 09:00 ～ 11:45 第1会場 (6号館 3階 631講義室)

[3K0101-10-09] 平成30年胆振東部地震に関する2、3の考察 Considerations on 2018 Iburi Tobu earthquake

○藤井 義明¹、児玉 淳一¹、福田 大祐¹ (1. 北海道大学)

○Yoshiaki FUJII¹, Jun-ichi KODAMA¹, Daisuke FUKUDA¹ (1. Hokkaido University)

キーワード：平成30年胆振東部地震、月齢、大潮からの遅れ、GPS、終息

2018 Iburi Tobu earthquake, Lunar phase, Delay from spring tide, GPS, End of seismicity

平成30年胆振東部地震は広域停電と相まって全道に多大な被害をもたらした。このような地震による被害をなくすためには、予防することが最善と思われるが、深度が37 kmと大きく、今のところ有効な方法を思いつくことができない。次善の策として、発生するタイミングを予測できれば、多少なりとも被害を軽減できる可能性がある。そこで、そのような方法を開発する手がかりとするために、同地震前後の地震活動の時系列、地表変位、生じた地震の月齢等について述べる。また、地震活動の終息日が予測できれば地震被害からの復興作業を計画する上で大変有益である。そこで、地震活動終息日の予測方法についても検討する。

1. はじめに

平成 30 年胆振東部地震は厚真町の土砂崩れ、札幌市などの地盤液状化などを引き起こし、広域停電と相まって死者 41 人、負傷者 691 人、住家全壊 394 棟、半壊 1016 棟、農林水産業 397 億円、観光業 117 億円 (2018, 10/5 集計) など、全道に多大な被害をもたらした。このような被害をなくすためには、予防することが最善と思われ、筆者らは、小規模な地震を多数発生させて大規模な地震を予防する方法として、断層地震への注水と地下核爆発による起震を提案している (Fujii et al., 2018)。今回の震源深さは 37 km なので前者の適用は今のところ不可能であり、後者の適用が期待されるが、いずれの方法も研究が開始されたばかりで、実用化には至っていない。次善の策として、いわゆる地震予知により、発生するタイミングを予測できれば、多少なりとも被害を軽減できる可能性がある。そこで、そのような方法を開発する手がかりとするために、同地震前後の地震活動の時系列、地表変位、生じた地震の月齢等について述べる。また、地震活動の終息日が予測できれば地震被害からの復興作業を計画する上で大変有益である。そこで、地震活動終息日の予測方法についても検討する。

2. 地震活動全体の時空分布

この地域の震源 (図 1a) は今回の地震以前には広く分布していた (図 1b) が、余震は、本震の近傍に集中している (図 1c)。本震前の有感地震は 2018, 6/3 に M2.4 (図 1d) があったが、震央は余震域から離れている。その前は 2017 年 11 月 28 日の M2.5 (図 1d) まで遡り、余震と思われる事象は、少なくとも有感地震にはない。

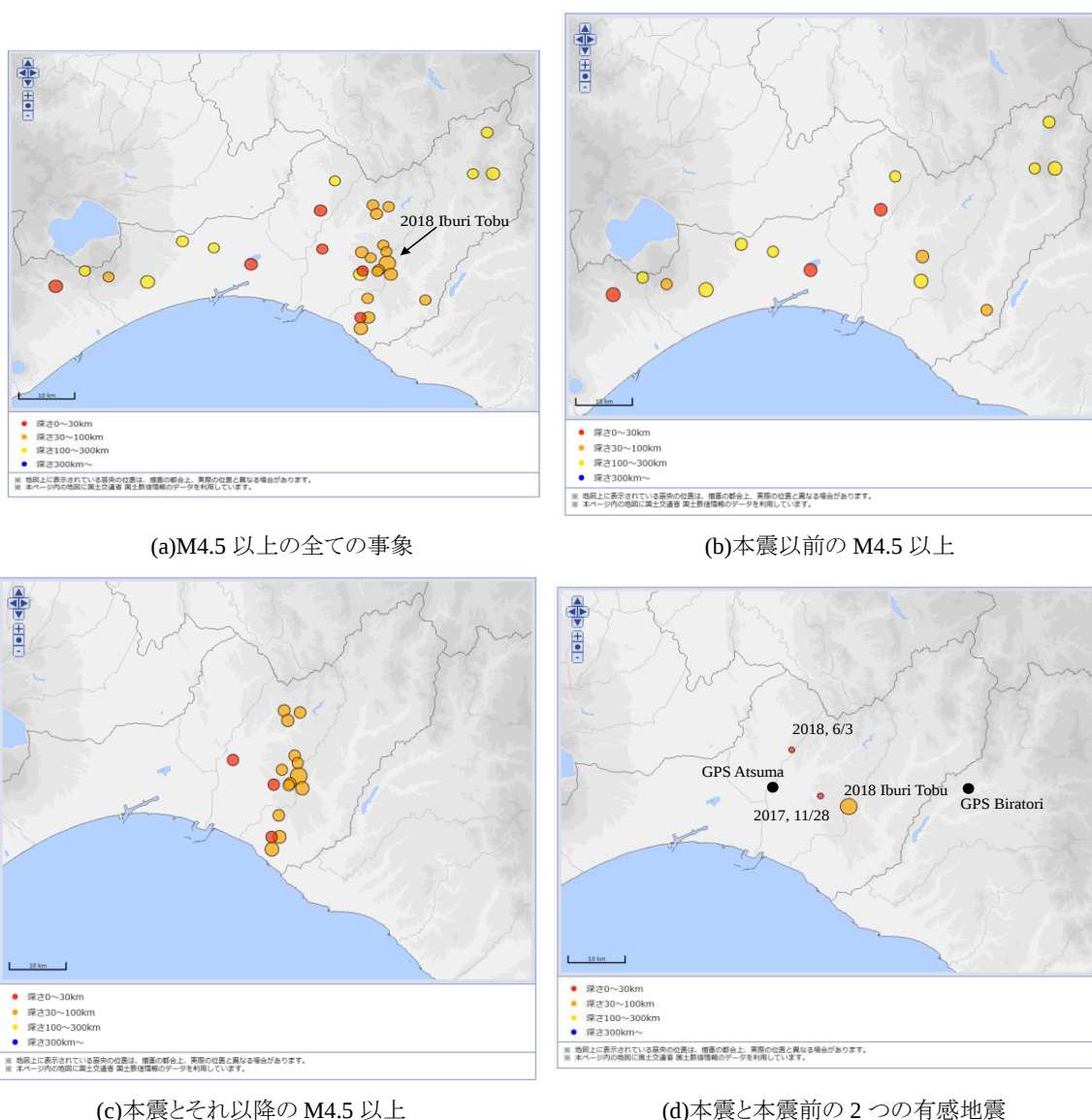


図 1 1923 年 1 月 1 日～2018 年 10 月 27 日までの胆振地方中東部とラベルされた地震の震央 (気象庁震度データベース、<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>, 2018 年 10 月 29 日アクセス)。

3. 地震前後の地表変位

国土地理院の GPS ステーション Atsuma(図 1d)は 2018, 6/3 の M2.4 以降不安定に変位している(図 2a)。より詳細には、地震当日(2018, 9/5, 09:00-9/6, 09:00 JST)に経度と高度が動き、翌日に緯度が動いている(図 2b)。一方、Biratori(図 1d)は M2.4 では変位しておらず(図 2c)、M6.7 の翌日に経度と高度が動いている(図 2d)。これは、Atsuma が M2.4 に近く、Biratori が遠いというだけでなく、Atsuma 周辺の地盤が既に M2.4(最大震度 1)で不安定な変位を起こすほど軟弱だったことを示していると考えられる。これらは UTC 日の平均値として国土地理院から無料でダウンロードした解析済みのデータであり、少なくとも時間分解能一日では前兆現象はみられない。より詳細に前兆現象を分析するためにはよりよい時間分解能で GPS 生データを解析する必要がある。

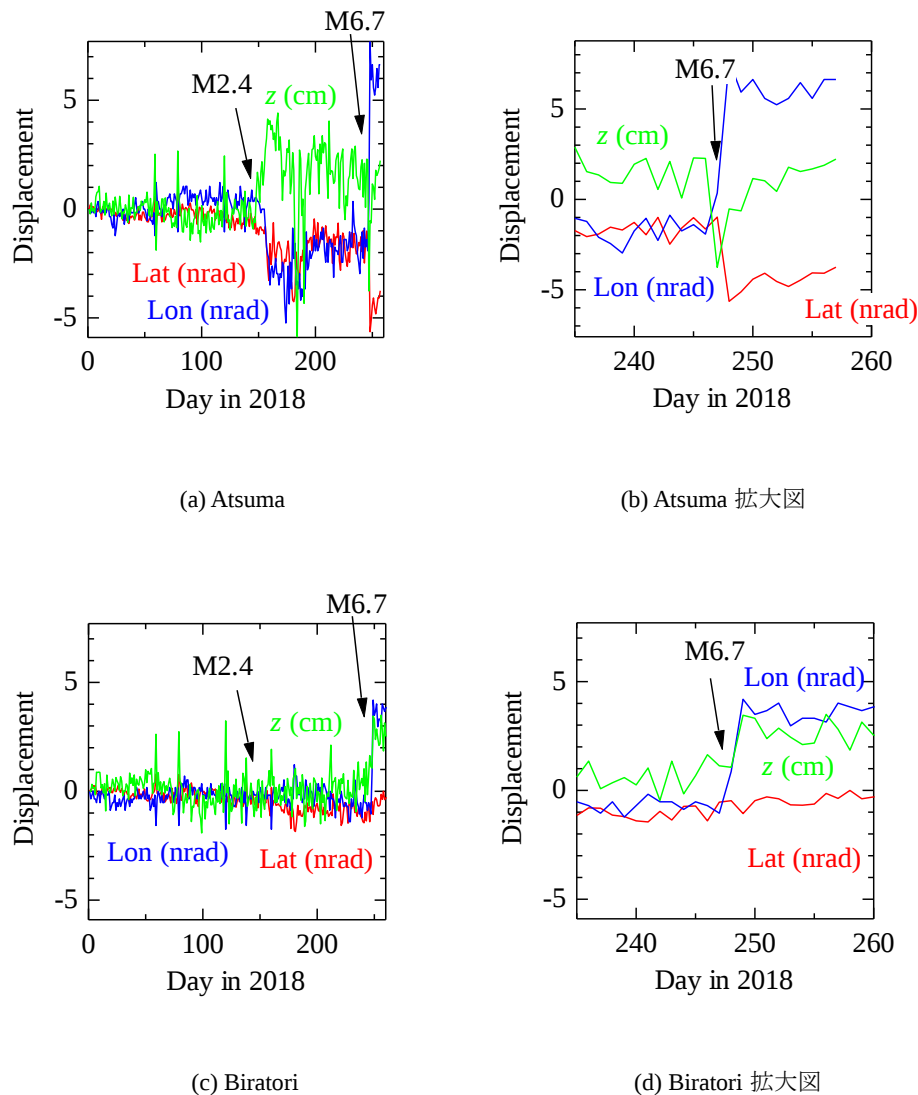


図 2 国土地理院の GPS ステーションの UTC 日平均変位(http://terras.gsi.go.jp/pos_main.php)。なお、北海道の緯度では 1 nrad はおよそ 0.6 cm。

4. 地震の月齢

気象庁震度データベース上で 1923 年 1 月 1 日～2018 年 10 月 27 日までの胆振地方中東部とラベルされた M4.5 以上の全ての地震は 31 事象である(図 1a、表 1)。これらの地震の発生時刻の月齢を計算し、大潮からの遅れで示すと、図 3 のようになる。青丸で示される本震以前の事象について、マグニチュードの大きい方から観察すると、大きい方から 4 事象までは特に集中傾向がみられない。しかし、大きい方から 9 事象ほどまで($M \geq 4.8$)を観察すると、大潮からの遅れが 100.9～160.8 度の範囲に 7 事象が集中している。地震の発生時刻の月齢がランダムであるという帰無仮説のもとに、上記現象が発生する確率を計算してみると、1.949%となり、通常の閾値 5%未満のために帰無仮説は棄却される。すなわち、統計的には上述の地震発生時刻の月齢はランダムではない、つまり、本震の前に生じた胆振地方中東部における M4.8 以上の地震の発生時刻は、大潮からの遅れ 100.9～160.8

度の危険な月齢範囲(図 3 の青バー)に集中していたと、危険率 1.949%でいえる。上述の大潮からの遅れの範囲を、危険な月齢範囲、と呼ぶことにする。

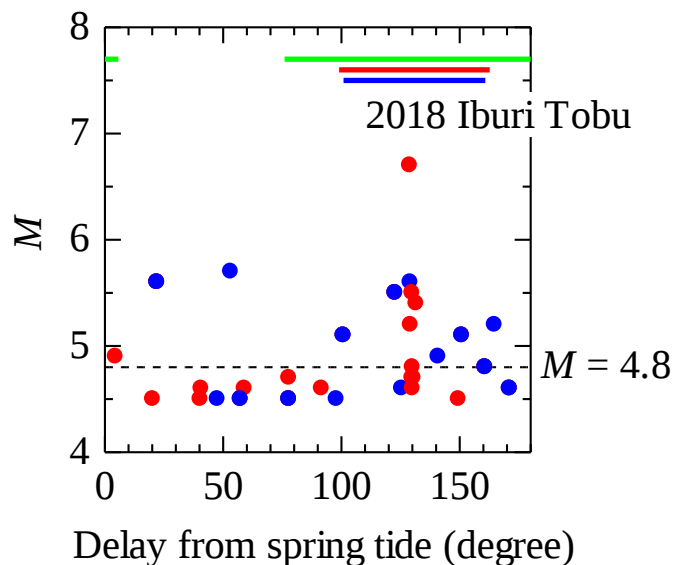


図 3 1923 年 1 月 1 日～2018 年 10 月 27 日までの胆振地方中東部とラベルされた M4.5 以上の全ての地震 31 事象の大潮からの遅れ。青丸は平成 30 年北海道胆振東部地震以前の事象、赤丸は本震と余震、青・赤・緑のバーは、本震以前に M4.8 以上の事象が集中した危険な月齢範囲(危険率 1.95%)、本震以前の事象から予測された危険な月齢範囲(危険率 1%)、現時点で予測される危険な月齢範囲(危険率 1%)。

なお、M4.8 よりも小さな事象まで対象にすると地震の発生時刻の月齢はランダムになる。これは、ある程度以上大きな地震の発生に潮汐力が関与していることを示すものと思われるが、大潮からの遅れにより、大きな地震だけが予測できるとすれば、それは本方法の有効性を否定するものではなく、地震の被害を低減するためにはむしろ好都合である。

ランダムに発生する地震の 10 事象中 8 事象が任意の大潮からの遅れの範囲に発生する確率が 5%、1%となるのは、81.0 度、61.8 度なので、次に発生する M4.8 以上の地震の大潮からの遅れが 79.8～181.9 度または 99.0～162.7 度(図 3 中の赤バー)であれば危険率 5%または 1%でその発生はランダムでないことになる。この大潮からの遅れの範囲を、予測される危険な月齢範囲、と呼ぶことにする。本震の大潮からの遅れは 129.0 度であり、上記、予測される危険な月齢範囲に入っていた(図 3)。

予測される危険な月齢範囲は順次更新されるが、当日中の余震の内 M4.8 以上のもの 3 事象(#18、#19、#22)は当然その範囲には入っている。本震の 3 日後、範囲を外れてから 1 事象(#24)生じ、本震の 28 日後の予測される危険な月齢範囲に最大震度 5 弱の比較的大きな余震が 1 事象生じ(#39)た。その後は M4.8 以上の余震は生じていない。

データベース上の M4.8 以上の事象全てを用いれば、15 事象中の 12 事象が大潮からの遅れ 100.9～160.8 度の範囲に集中している。地震の発生がランダムであるという帰無仮説の下でこの現象が生じる確率は、0.0680%であり、統計的に帰無仮説は棄却される。16 事象中 13 事象が任意の大潮からの遅れに発生する確率が 5%、1%となるのは、100.8 度、84.8 度なので、現時点での予想される危険な月齢範囲は 60.0～201.7 度、76.0～185.7 度(図 3 中の緑バー)となる。どちらの月齢範囲も災害の警戒等に用いるには広すぎるが、危険率 1%の狭い方の月齢範囲を月齢でいえば、6.2～15.2 日と 21.0～30.0 日となり、ごく大雑把には、9 日前から新月と満月までは注意すべきということになる。

5. 終息予想

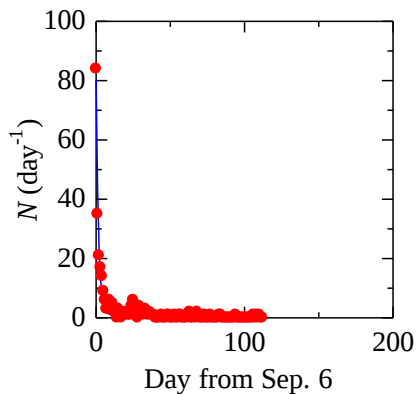
地震活動がいつ終息するかを予想することができれば、二次災害の予防・避難所の運営・復興作業の計画立案にとっても役立つ。2011 年の東北地方太平洋沖地震でも、M7.2 の津波注意報が発令され解除、そして約 16 時間後に M6.6 の前震の津波注意報が発令、約 1 時間後に解除されてさらに約 5 時間に本震が生じた。M6.6 の津波注意報で避難したままであれば多数の命が助かったことは明らかである。また、今回の地震でも、発生後数週間で、観光客が減少しているのは風評被害だ、北海道は安全だからみ

なさん来てください、などという宣伝もなされていたが、10/5 の M5.2 では最大震度 5 弱を記録しており、安全だ、などと言い切れなかったことは明らかである。

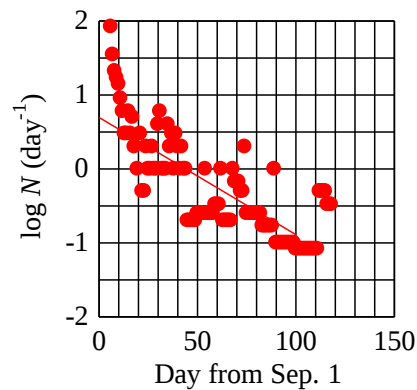
YAHOO!JAPAN 天気・災害の地震リスト(<https://typhoon.yahoo.co.jp/weather/jp/earthquake/list/>)にて、一日当たりの有感地震数 (N) を数えると図 4a のように、

$$N = Ae^{-bt} + C$$

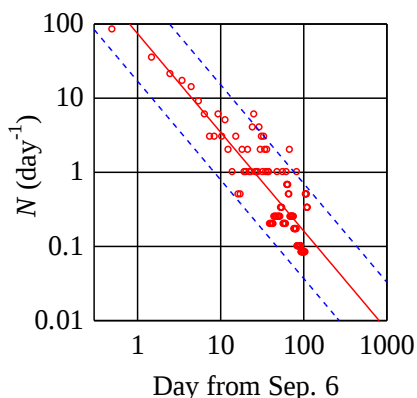
なる関数でよく近似できた(ここで、 A 、 B 、 C は定数、 t は本震発生からの経過日数である)。しかし、これでは終息の予想はできない。そこで、縦軸を対数にしてみると直線による近似はよくなかった(図 4b)。次に、横軸も対数にしてみるとデータはあらかた直線で近似できた(図 4c)。なお、図 4b、c では、対数軸を使う関係上、 n 日後のデータを $n + 0.5$ 日、12/1、2、3、4 に 1、0、0、1 事象発生した場合には、0.33、0.33、0.33、1 とプロットした。また、正確には、一日区切りではなく、本震発生時刻で区切るべきであろうが、結果に大差はないと思われる。図 4c でも、終息の基準を決めれば予測は可能であるが、図 4c で地震から時間がたつほど大きくなっていくデータの重みを多少均一にすることと、プロットの容易さを考えて地震後 9 日目までは 1 日毎、10 日目から 99 日目までは 10 日毎に余震の発生頻度をプロットすると図 4d のようになる。たとえば、回帰直線が一日 1 事象未満となった日を終息日とみなすと定義すれば、地震後 2 日目から予測が可能であり、この場合だと、1000 日後程度と予測され、徐々に 99 日目での最終値 10/2 に近づく。しかし、実際問題として 10/5 に最大震度 5 が生じているから、この方法は楽観的過ぎ、たとえば、95%信頼区間の上限が 1 日未満になる日とすれば、終息は 56 日後、つまり、11/1 となる。なお、10/5 の余震は、危険な月齢のコンセプトにより警戒することが可能だったことは既に述べた。



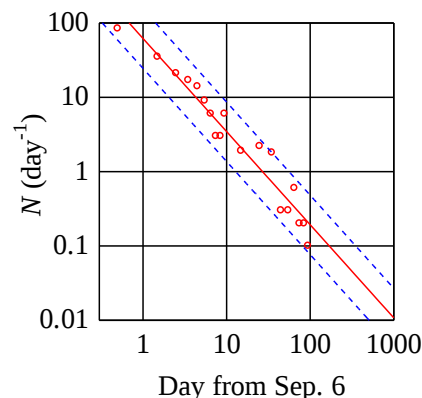
(a)



(b)



(c)



(d)

図 4 毎日の有感地震数の経時変化のさまざまな軸に対するプロット(12/27 までのデータを使用)。(c)、(d)の青破線は 95%信頼区間を示す。

6. おわりに

本研究で得られた主な知見を以下に示す。(1)平成 30 年胆振東部地震の本震以前の震源は分散していたが、余震は本震近傍に集中していた。(2)有感地震レベルの前震はなかった。(3)厚真の GPS ステーションでは 3 か月前の地震以来不安定な地表変位が続いていたが、平取のステーションではそのような変位はみられず、厚真における土砂崩れの集中的な発生と調和的であった。(4)UTC 日平均の GPS データに前兆現象はみられなかった。(5)本震以前の M4.8 以上の地震には、集中して発生する大潮からの遅れの範囲(危険な月齢)があり、その範囲で本震も 1 つを除いた余震も生じた。(6)一日当たりの有感地震数の経時変化に基づいて地震活動の終息日を予測する方法を示した。

危険な月齢については 2011 年の東北地方太平洋沖地震にも適用可能なことがわかっている(Fujii et al., 2016)。引き続き多数の事例について分析を実施し、被害の軽減に役立たせたい。

地震活動の終息日予想に用いるデータはインターネットからだれでも無料で簡単に得られる。筆者らも多数の事例について適用の可否を調査し、随時改良していきたいと考えているが、読者諸兄もぜひお試しください、よい結果が得られたらどこかで結果を発表していただきたい。将来、大きな地震が生じた際に、その後の安全確保や避難所の運営、また、復興活動の立案等に役立つことでもあれば、筆者らの幸いとするところである。

引用文献

- Fujii, Y., Sheshpari, M., Kodama, J., Fukuda, D., Dassanayake, A. B. N. (2018), Prevention of Catastrophic Volcanic Eruptions, Large Earthquakes underneath Big Cities and Giant Earthquakes at Subduction Zones, Sustainability, Vol. 10, No. 6, doi: 10.3390/su10061908
- Fujii, Y., Tsuboi, Y., Fukuda, D. and Kodama, J. (2016), Dangerous Lunar Phases in which Giant Earthquakes Concentrate for Each Subduction Zone Revisited, 資源・素材学会春季大会、#1512、3/28、東京

表 1 1923 年 1 月 1 日～2018 年 10 月 27 日までの胆振地方中東部とラベルされた M4.5 以上の全ての地震 31 事象(気象庁震度データベース、<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>、2018 年 10 月 29 日アクセス、月齢の計算には Stephen L. Moshier 氏の AA.ARC v5.5 (1998)を氏のウェブサイト Astronomy and Numerical Software Source Codes (<http://www.moshier.net/>)からダウンロードして用いた)

#	発生年月日	時	分:秒	大潮からの遅れ(°)	緯度	経度	震源深さ(km)	マグニチュード
1	1924/3/4	8	59:19.9	164.8	42°41.3'N	141°42.2'E	0	5.2
2	1929/10/6	21	54:53.5	47.7	42°39.9'N	141°23.1'E	93	4.5
3	1935/9/28	3	46:57.4	122.8	42°51.2'N	142°14.6'E	165	5.5
4	1942/2/28	15	07:36.6	151.0	42°42.6'N	141°57.0'E	53	5.1
5	1957/7/26	15	38:33.5	171.2	42°37.4'N	142°05.5'E	86	4.6
6	1961/8/24	18	51:18.1	160.8	42°55.7'N	142°13.8'E	110	4.8
7	1969/8/17	20	54:56.0	53.3	42°39.4'N	141°28.3'E	136	5.7
8	1985/7/13	7	12:53.8	125.6	42°40.6'N	141°19.9'E	117	4.6
9	1993/1/28	0	25:05.6	57.4	42°50.4'N	141°53.4'E	148	4.5
10	1993/3/5	15	55:01.2	141.0	42°43.8'N	141°33.0'E	142	4.9
11	1993/9/8	5	10:27.5	77.9	42°51.2'N	142°11.9'E	143	4.5
12	2007/3/12	20	32:09.4	98.0	42°43.1'N	141°37.2'E	145	4.5
13	2007/4/19	0	07:31.0	22.1	42°40.2'N	141°56.8'E	126	5.6
14	2014/7/8	18	05:24.2	129.2	42°38.9'N	141°16.0'E	3	5.6
15	2017/7/1	23	45:52.9	100.9	42°47.2'N	141°51.5'E	27	5.1
16	2018/9/6	3	07:59.3	129.0	42°41.4'N	142°00.4'E	37	6.7
17	2018/9/6	3	17:09.2	130.0	42°37.6'N	141°57.8'E	33	4.7
18	2018/9/6	3	20:10.5	130.0	42°34.3'N	141°56.9'E	36	5.5
19	2018/9/6	3	23:49.2	130.1	42°47.8'N	141°58.5'E	32	4.8
20	2018/9/6	3	32:52.3	130.1	42°43.4'N	141°59.9'E	34	4.6
21	2018/9/6	4	10:47.6	130.5	42°40.7'N	141°59.3'E	32	4.7
22	2018/9/6	6	11:29.7	131.7	42°40.2'N	142°00.9'E	38	5.4
23	2018/9/7	13	25:24.1	149.6	42°42.0'N	141°58.2'E	35	4.5
24	2018/9/9	22	55:13.7	4.6	42°46.8'N	141°59.0'E	35	4.9
25	2018/9/11	4	58:46.0	20.3	42°42.7'N	142°00.3'E	31	4.5
26	2018/9/12	18	24:51.8	40.4	42°40.5'N	141°59.1'E	33	4.5
27	2018/9/14	6	54:22.3	59.1	42°40.6'N	141°57.1'E	26	4.6
28	2018/9/17	2	51:31.6	91.7	42°43.0'N	141°51.7'E	28	4.6
29	2018/10/1	11	22:03.3	77.9	42°47.6'N	142°00.6'E	35	4.7
30	2018/10/5	8	58:49.1	129.3	42°35.5'N	141°57.9'E	31	5.2
31	2018/10/12	9	14:27.9	40.8	42°35.5'N	141°56.8'E	23	4.6