

## 日向灘の地震活動における続発事例

### Case Study of Succeeding Earthquakes in the Hyuga-nada Sea, Japan

廣田 伸之<sup>1</sup>, 山田 祐子<sup>2</sup>, 新原 俊樹<sup>3</sup>

Nobuyuki HIROTA<sup>1</sup>, Yuko YAMADA<sup>2</sup>, Toshiki SHIMBARU<sup>3</sup>

(Received September 4, 2020: Accepted July 6, 2023)

#### 1 はじめに

「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」や「平成 28 年 (2016 年) 熊本地震」など、最初の地震の後にひと回り大きな地震が発生する事例や、概ね同規模の地震が短期間に連続して発生する事例 (以下、「続発事例」) は少なくない (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2016)。地震発生時に、その後さらに大きな地震が発生する可能性に言及できるようになることは、地震学だけでなく、防災上の観点でも大きな意義がある。

続発事例に関する先行研究として、案浦・他 (2018) は、全世界で発生した  $M7.0$  以上の地震を対象に調査し、続発する地震の発生間隔に関する統計的性質を明らかにした。また、Fukushima et al. (2022) は、世界各地の巨大地震の発生履歴を調査し、3 年間で  $M8.0$  以上の地震が 2 回連続して発生する確率について、世界全体で 5~18%, 南海トラフ沿いで 4.3~96% と推定した。

政府による調査として、地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2016) は、1923 年以降に日本とその周辺海域で発生した 135 件の続発事例を抽出・整理した。その上で、過去に続発事例がある場所の付近で規模の大きな地震が発生した場合に、さらに大きな地震が発生する可能性を念頭に置いて注意喚起する必要性を指摘した。この調査の対象は、海域では、最初に発生した地震が  $M6.0$  以上のものに限定されていたため、日向灘での続発事例は報告されていなかった。しかし、

日向灘では、津波が観測された 1996 年 10 月 19 日の  $M6.9$  の地震 (約半日前からほぼ同じ場所で  $M4\sim5$  の地震が複数回発生) や、人的被害が出た 2019 年 5 月 10 日の  $M6.3$  の地震 (約 1 時間前にほぼ同じ場所で  $M5.6$  の地震が発生) のほか、過去にも  $M4\sim5$  の地震の直後に  $M6$  級の地震が発生した事例や  $M5$  程度と同規模の地震が続けて発生した事例が報告されている (気象庁地震火山部地震予知情報課, 1997)。また、近年では、この海域付近でさらに小規模な続発事例も確認されている (山田・他, 2021)。このように、先の調査の対象にならなかった規模のものでも、津波や被害をもたらし得る続発事例を抽出・整理しておくことは、防災上、意義がある。

そこで、本調査は、主に日向灘に着目し、小規模な地震まで対象を広げ、短時間に同規模程度以上の地震が続発した事例を抽出・整理した。その上で、地震が続発しやすい領域を把握するとともに、当該領域での「続発のしやすさ」を定量的に評価した。また、この知見を防災対応に活かすため、リアルタイムで発生した地震の震源データを収集して自動で解析し、地震の続発の可能性を示すツールを作成したので報告する。

#### 2 解析手法

##### 2.1 調査対象とする領域、期間、地震の規模

本調査の対象領域、期間、地震の規模を表 1 と図 1

<sup>1</sup> 地震火山部地震予知情報課, Earthquake Prediction Information Division, Seismology and Volcanology Department

\*現所属: 地震火山部地震火山技術・調査課, Earthquake and Volcanic Engineering Affairs Division, Seismology and Volcanology Department

<sup>2</sup> 福岡管区気象台地震火山課, Seismology and Volcanology Division, Fukuoka Regional Headquarters, JMA

\*現所属: 佐賀地方気象台, Saga Local Meteorological Office

<sup>3</sup> 福岡管区気象台地震火山課, Seismology and Volcanology Division, Fukuoka Regional Headquarters, JMA

\*現所属: 西南学院大学 情報処理センター, Information Processing Center, Seinan Gakuin University

に示す. 図 1 の領域 A では, 気象庁が 1984 年 3 月に九州・山口県内の地震観測網のテレメータ化を開始してから震源決定能力が大幅に向上した. 山本・他(1985)は, 1984 年 4 月以降にこの領域で発生する地震の検知力について,  $M3.0$  以上の地震の P 相が 4 点以上の観測点で検知可能であるとしている. そこで, 本調査では, 1984 年 4 月~2019 年 9 月に領域 A 内で発生した  $M3.0$  以上(深さ 0~100 km)の地震を対象とした. なお, 震源位置の精度については, 大学等関係機関の地震観測データの一元化処理業務が開始された 1997 年 10 月の前後で異なることに留意されたい(太田・他, 2002).

表 1 本調査の対象領域, 期間, 地震の規模.

領域	日向灘を中心とする豊後水道から大隅半島東方沖にかけての海域. (図 1 の領域 A 内)
期間	1984 年 4 月~2019 年 9 月
地震の規模	$M3.0$ 以上



図 1 本調査の対象領域(領域 A).

## 2.2 続発事例を抽出する手順

本調査では, 明田川・福満(2011)の手順に倣い, 全ての地震について, 手順 1(余震除去要件から外れているか)→手順 2(続発要件を満たしているか)の順に検証して続発事例を抽出した(図 2).

手順 1: ある地震 1 に注目し, 地震 1 発生前のある期間内(Past\_Days)に, ある範囲内(Past\_Radius)で

閾値  $\Delta M_F$  を超える地震 0 があるか確認する(余震除去要件). 要件を満たす地震 0 があれば, 地震 1 は地震 0 の余震活動とみなし, 手順 2 の検証はしない. 一方, 要件を満たす地震 0 がなければ, 地震 1 は孤立して発生した地震とみなし, 次の手順 2 に進む.  
手順 2: 同じく地震 1 に注目し, 地震 1 発生後のある期間内(Future\_Days)に, ある範囲内(Future\_Radius)で閾値  $\Delta M_F$  以下の地震 2 があるか確認する(続発要件). 要件を満たす地震 2 がなければ, 地震 1 に続いて発生した地震はなかったと考える. 一方, 要件を満たす地震 2 があれば, 地震 1 と地震 2 は続発事例とみなす. ただし, 要件を満たす地震が複数ある場合は, 規模がより大きなもの(規模が同じ場合は後に発生したもの)を地震 2 とする.

上記の手順による続発事例の抽出に先立ち, それぞれ 3 つの変数を設定する必要がある. 明田川・福満(2011)が定めた変数は大規模な地震を想定しているため, そのまま本調査の要件には採用せず, 次節のとおり, 領域 A 内の地震活動の特徴を踏まえてあらためて設定した.

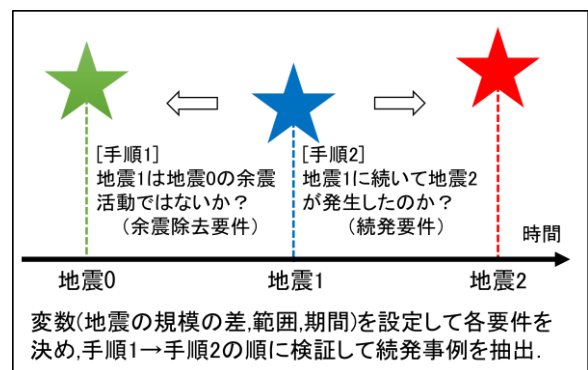


図 2 続発事例の抽出手順の概要.

## 2.3 余震除去要件を決める 3 つの変数の設定

余震除去要件を決める 3 つの変数は, 以下の考えに沿って設定した.

$\Delta M_F$ : 地震 0 の規模 ( $M_0$ ) と地震 1 の規模 ( $M_1$ ) の差の閾値. 本調査では, 2 つの地震の規模の差が 0.2 以内であれば同規模程度と考え,  $\Delta M_F (=M_0 - M_1) > 0.2$ , すなわち  $M_1 < M_0 - 0.2$  の場合, 地震 1 は地震 0 の余震活動とみなす.

Past\_Days: 地震 0 の余震活動とみなす期間の閾値. 両

者の発生間隔が Past\_Days (日) 以内の場合、地震 1 は地震 0 の余震活動とみなす。

Past\_Radius : 地震 0 の余震域とみなす範囲の閾値。地震 0 と地震 1 の震央距離が、地震 0 の震央を中心とする半径 Past\_Radius (km) 以内の場合、地震 1 は地震 0 の余震活動とみなす。

領域 A 内の地震活動の特徴を踏まえて Past\_Days と Past\_Radius を決めるため、期間中に発生した M4.5 以上の地震に注目し、それらの余震域の長径と活動期間を表 2 に整理した。ただし、M4.5 以上の地震であっても、その後 3 日以内に M3.0 以上の余震が発生しなかったものは掲載していない。図 3 は、表 2 の各地震の規模 (横軸) と余震域の長径 (縦軸) の関係を示しており、活動期間で色分けしている。また、図中には、Utsu (1961) に基づき、(1) 式で示す最大規模の地震の  $M$  に対する平均的な余震域の長径  $L$  の関係を示している。

表 2 日向灘で発生した M4.5 以上の地震の余震域の長径と活動期間(1984年4月~2019年9月)。

発生日月日 (最大規模の地震)	M	余震域の長径 (1km単位)	余震活動の 継続期間
1984年08月07日	7.1	28	1か月以上
1984年08月11日	5.0	12	1日
1984年10月20日	4.9	9	7日
1985年12月19日	5.1	18	2日
1987年01月13日	4.6	12	7日
1987年03月18日	6.6	31	1か月程度
1988年10月09日	4.5	8	1日
1992年12月12日	4.7	8	2日
1993年07月31日	4.9	4	1日
1993年10月07日	4.9	7	1日
1994年06月12日	5.1	7	7日
1996年10月19日	6.9	43	1か月以上
1996年12月03日	6.7	48	1か月以上
1998年12月16日	5.7	7	1日
2000年06月25日	6.0	14	12日
2001年03月12日	4.5	2	1日
2001年08月30日	4.7	1	1日
2002年07月16日	4.6	3	1日
2002年11月04日	5.9	6	10日
2005年05月12日	4.5	1	1日
2007年12月23日	4.8	2	1日
2009年04月05日	5.6	3	1日
2012年01月30日	4.9	1	1日
2012年02月29日	4.5	5	1日
2013年03月11日	5.2	3	1日
2013年10月08日	4.5	1	1日
2014年08月29日	6.0	11	1日
2015年04月18日	4.5	3	1日
2015年08月26日	5.2	1	2日
2017年03月02日	5.3	5	1日
2017年06月20日	5.0	1	1日
2018年02月19日	5.0	2	1日
2018年06月12日	5.6	4	1日
2019年03月27日	5.4	8	2日
2019年05月10日	6.3	24	1か月以上

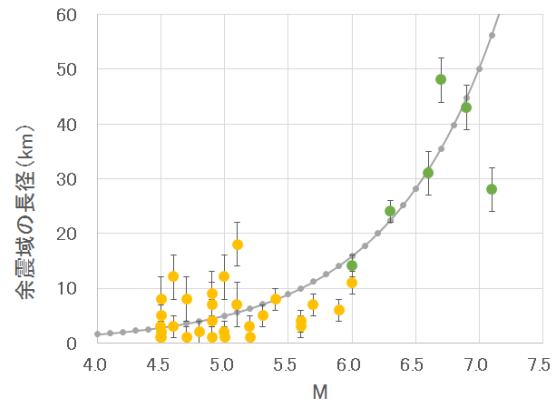


図 3 表 2 の地震の規模 (横軸) に対する余震域の長径 (縦軸) の関係。

- 余震の継続期間が 10 日以内
  - 余震の継続期間が 10 日より長い
- 震源決定精度による誤差をエラーバーで表示  
灰色曲線：地震のマグニチュード  $M$  から得られる平均的な余震域の長径  $L$  (km) と  $M$  の関係

$$\log L = 0.5M - 1.8 \quad (1)$$

図 3 において、まず、活動期間を見ると、最大規模が  $M 6.0$  以下の地震活動の多くは 10 日以内で終息しているが、 $M 6.0$  を超える活動は 1 か月程度継続している。このことから、Past\_Days は、 $M_0 \leq 6.0$  なら 10(日)、 $M_0 > 6.0$  なら 30(日)とした。

次に、余震域の長径を見ると、(1) 式から求めた長径  $L$  と良く対応している。このことから、Past\_Radius は (1) 式から求めた長径  $L$ 、ただし、 $L < 10$  (km) となる場合は 10 (km) とした。

#### 2.4 続発要件を決める 3 つの変数の設定

続いて、続発要件を決める 3 つの変数も以下の考えに沿って設定した。

$\Delta M_F$ : 地震 1 の規模 ( $M_1$ ) と地震 2 の規模 ( $M_2$ ) の差の閾値。ここでも、2 つの地震の規模の差が 0.2 以内であれば同規模程度と考え、 $\Delta M_F (=M_1 - M_2) \leq 0.2$ 、すなわち、 $M_2 \geq M_1 - 0.2$  の場合、地震 1 と地震 2 は続発事例とみなす。

Future\_Days : 地震 1 の続発事例とみなす期間の閾値。両者の発生間隔が Future\_Days (日) 以内の場合、地震 1 と地震 2 は続発事例とみなす。

Future\_Radius:地震 1 の続発事例とみなす範囲の閾値.  
地震 1 と地震 2 の震央距離が, 地震 1 の震央を中心とする半径 Future\_Radius (km) 以内の場合, 地震 1 と地震 2 は続発事例とみなす.

領域 A 内の活動の特徴を踏まえて Future\_Days と Future\_Radius を決めるため, 期間中に発生した M3.0 以上の地震 (前節の余震除去要件に該当した地震を除く) に注目し, 仮に Future\_Days を 7(日), Future\_Radius を 20 (km) とした続発要件を満たす 156 組を抽出した. 各組の地震 1 と地震 2 の震央距離 (横軸) と発生間隔 (縦軸) の関係を図 4 に示す. また, 図 4 に基づき, 震央距離 (5km 間隔) 別に, 発生間隔が長い方から順に件数を積算した結果を図 5 に示す. 図 5 の横軸は地震の発生間隔 (日) を, 縦軸は発生間隔が長い方からの積算数を表している. 図 5 を見ると, 震央距離が 10km を超える場合 (緑色と青色の線) では, 続発事例が 7 日間の間に一様に分布していることから, 地震 2 は地震 1 とは無関係に発生していると考えられる. 一方, 震央距離 10 km 以内で発生した続発事例 (赤色と黄色の線) を見ると, 119 組のうち, 1 日以内の事例が 87 組 (全体の 73%), 3 日以内まで含めると 103 組 (同 87%) となった. このことから, Future\_Days は 1 (日) とした. また, Future\_Radius については, Past\_Radius に合わせて, (1) 式から求めた長径  $L$ , ただし,  $L < 10$  (km) となる場合は 10 (km) とした. 余震除去要件と続発要件を決めるこれらの変数を表 3 で整理する.

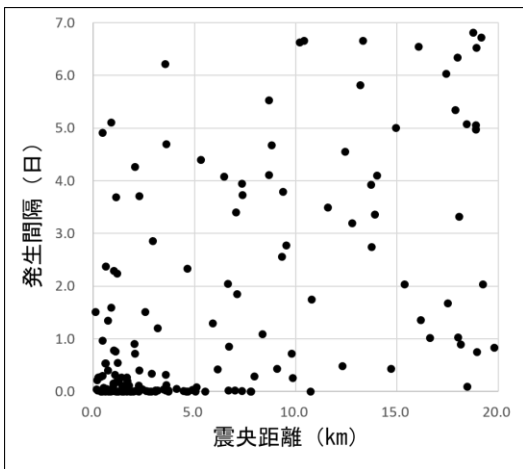


図 4 156 組の地震 1 と地震 2 の震央距離と発生間隔の関係.

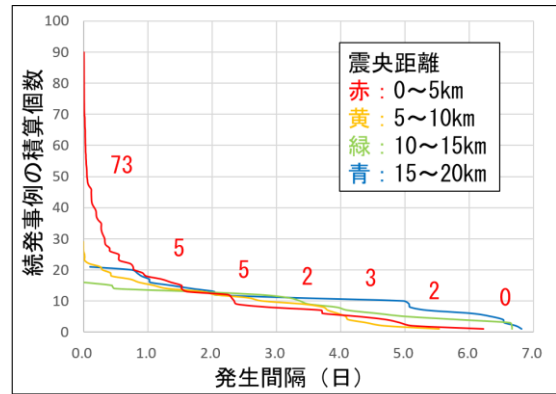


図 5 震央距離 (5km 間隔) 別の地震の発生間隔と, 発生間隔が長い方からの積算数. 赤色の数字は, 震央距離 0~5km の続発事例の発生間隔別の件数.

表 3 余震除去要件と続発要件を決める変数.

○余震除去要件	
$\Delta M_P$	$\Delta M_P (=M_0 - M_1) > 0.2$
Past_Days	$M_0 \leq 6.0$ 10 日以内 $M_0 > 6.0$ 30 日以内
Past_Radius	$\log L = 0.5M - 1.8$ から求めた長径 $L$ (km). ただし, $L < 10$ (km) の場合は 10 (km).
○続発要件	
$\Delta M_F$	$\Delta M_F (=M_1 - M_2) \leq 0.2$
Future_Days	1 日以内
Future_Radius	$\log L = 0.5M - 1.8$ から求めた長径 $L$ (km). ただし, $L < 10$ (km) の場合は 10 (km).

### 3 続発事例の抽出結果とその特徴

#### 3.1 続発事例の抽出結果

領域 A 内で発生した M3.0 以上の全ての地震に, 2 章で設定した余震除去要件と続発要件を適用した結果, 89 組が続発事例として抽出された. このうち, 1 つの地震が複数の組に跨って検知されたものについて, 3 つ以上の地震から成る続発事例として再集計した結果, 続発事例は 70 事例となった. これらの事例の震央分布を図 6 に, 一覧を付表 1 に示す. この 70 事例を構成する地震 (159 個) は, 手順 2 で検証した全地震 (1,256 個) の 13% に当たる. また, 事例数ベースでは, 全体 (1,256 個-159 個+70 事例=1,167 例) の 6%となる. なお, 全ての地震がポアソン過程で発生すると考えた場合, 領域 A 内の特定の半径 10 km の円内

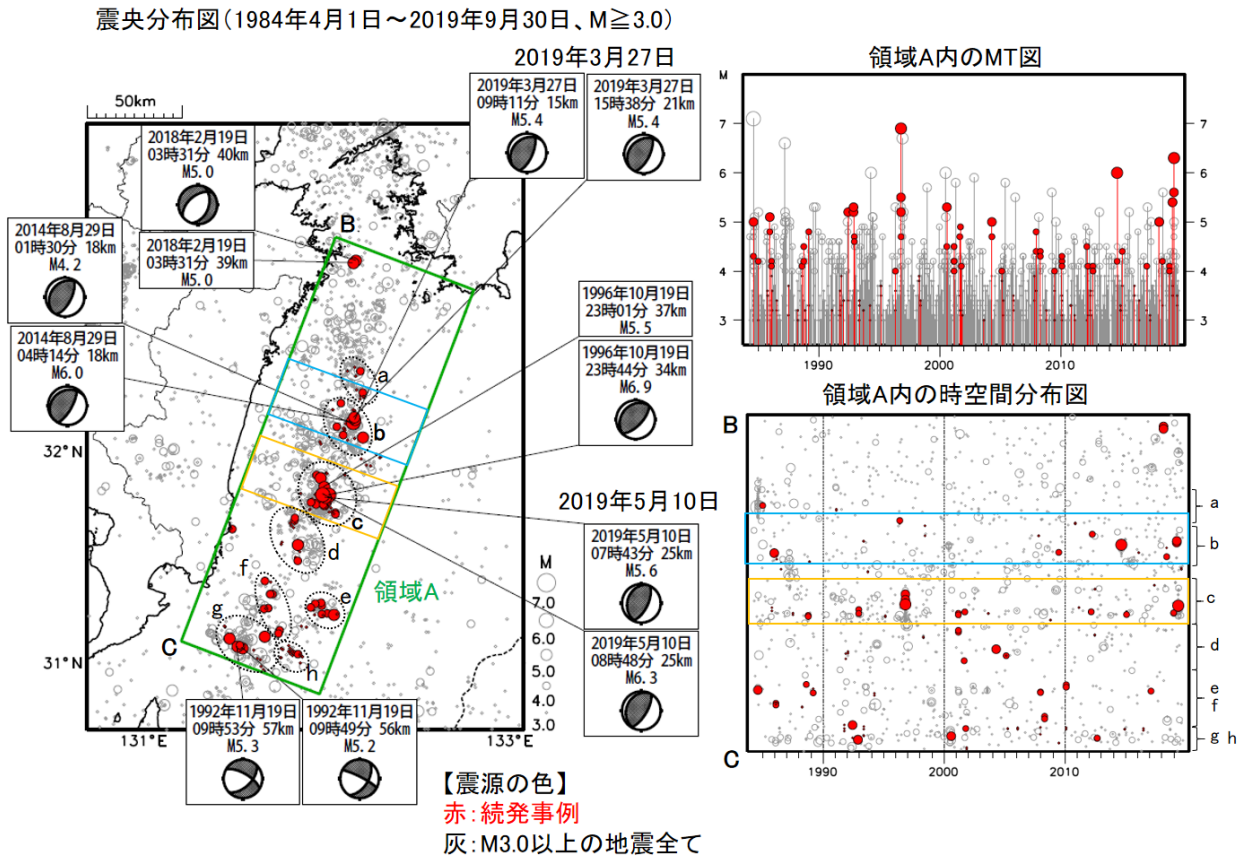


図6 領域A内で抽出された続発事例の時空間分布。

【期間、規模】 1984年4月1日～2019年9月30日、 $M \geq 3.0$

【震源の色】 赤: 続発事例 灰: M3.0以上の地震全て

主な続発事例に吹き出しを付加している。

で1日以内に地震が発生する確率は0.2%となる。本調査で抽出した続発事例は、ポアソン過程で考えた場合より高い確率で発生していることが分かる。

この比率に関して、対象地震の規模や期間が異なるため単純には比較できないが、案浦・他(2018)は、全世界において、 $M7.0$ 以上の地震が半径50kmの円内で3年以内に続発した事例の数が全体の4%程度であったことを報告している。これは、同じくポアソン過程で地震が発生すると考えた場合の確率0.6%程度よりも高く、本調査の結果とも同様の傾向が見られている。

### 3.2 続発事例の分布

抽出された続発事例は、領域A内の定常的な活動領域内に満遍なく分布するのではなく、複数の小領域a~hに偏在している(図6)。各小領域内の続発事例数は、多い順にc(17事例)、b(10事例)、h(8事例)、d及びg(各7事例)であり、近年の2019年3月27日

の事例は小領域b、同年5月10日の事例は小領域cと、いずれも続発事例が特に多い場所で発生している。

ただし、続発事例が多い場所では、背景の定常的な活動も多い可能性がある。そこで、図7のとおり、0.2度刻みのメッシュをとり、各メッシュ内の定常的な地震活動数に対する続発事例を構成する地震数の比率(以下、「続発率」)を求めた。図7を見ると、a~hの各小領域付近では続発率も高くなっている。特に、小領域h付近の続発率が最も高い。この場所の続発事例の規模は大きくないが、最初の地震の後、数秒~30分程度のごく短時間で地震が続発する例が多く、これは他の小領域と比較しても特徴的である。小領域bやc付近の続発率も、他の小領域と比べて相対的に高い。一方、小領域cの続発事例数は最多だが、続発率としては小領域a, d, f, gと同程度である。

続発事例のうち、 $M6.0$ 以上の大規模なものは小領域bとcで発生している。小領域bとcで発生した主な続発事例を図8と図9に示す。

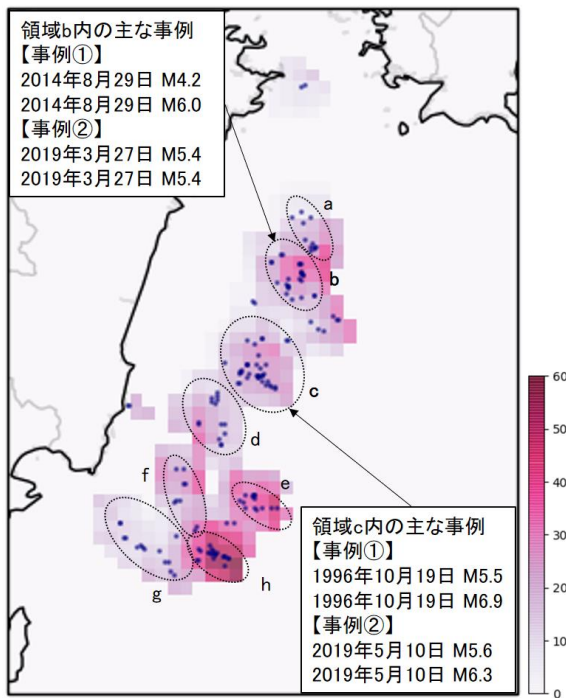


図 7 メッシュ単位で算出した「続発率」.

【色】続発率 (%)

【シンボル】続発事例の震源

0.2 度×0.2 度のメッシュ内において、「M3.0 以上の全ての地震 (余震は除去) の震源数」に対する「続発事例の震源数」の割合を続発率とした. 地図上には 0.05 度単位で描画している.

### 3.3 過去に発生した大規模な地震との位置関係

さらに期間を遡り、過去の大規模な地震と続発事例の位置関係を調べた. 図 10 は、1919 年以降に発生した、被害が懸念される規模 (ここでは M6.8 とした) の地震 (7 回) と、本調査で抽出した続発事例を重ねて示したものである. 過去 7 回の地震のうち、Utsu(1961) の (1) 式から計算した長径  $L$  以内かつ地震発生前 30 日以内に M5.0 以上の地震が発生したものは 3 回あり (図 10 中の赤色の星印)、いずれも小領域 b と c で発生している. このうち 1931 年の M7.1 と 1996 年の M6.9 の地震では、地震発生前の 1 日の間に活動があった.

これらの結果を踏まえ、小領域 b と c の特徴を以下にまとめる.

- ・日向灘の中でも、特に続発事例が多い.
- ・対象期間中、M6.0 以上の地震を含む続発事例がこの場所で発生している.
- ・1919 年以降に発生した M6.8 以上の 7 回の地震のうち、これらに先立つ活動を伴った 3 回の地震が、いずれもこの場所で発生している.

これらの知見は、今後、小領域 b 又は c で中規模程度以上の地震が発生した際に、その後 1 日程度の間さらに大きな地震が続発する可能性があり、これらの場所の活動に注視すべきであることを示唆している.

### 3.4 続発事例の発生場所

続発事例の発生場所を明らかにするため、続発事例として抽出した 159 個の地震の発震機構解を調べた. 発震機構解は、気象庁の CMT 解と初動発震機構解、防災科学技術研究所 F-net の MT 解のいずれかが決定できている場合に、①CMT 解、②初動発震機構解、③MT 解の優先順位で、1 地震につき 1 つの解を採用した. 発震機構解が得られた地震は 56 個 (全地震の 35%) であり、うち 41 個が「日向灘で発生するプレート境界型の発震機構解」であった (図 11). このことから、続発事例の多くがフィリピン海プレートと陸のプレートの境界で発生していると考えられる. ただし、2018 年 2 月 19 日の地震 (M5.0 の地震が 4 秒間隔で発生) のように、明らかにフィリピン海プレート内部で発生した事例もある.

### 3.5 余震除去要件と続発要件の各変数の妥当性

余震除去要件と続発要件の各変数の妥当性についても考察した. 自然現象である地震活動から全ての余震活動を除去し、例外なく続発事例を抽出することはできない. そこで、本調査では、防災上の対応が求められる大規模な地震を含む続発事例が漏れなく抽出できることを妥当性の判断基準とした.

期間中に発生した M5.5 以上の地震について、前後の活動状況を踏まえ、単発、本震-余震、前震-本震の 3 タイプに分けた (表 4). このうち、前震-本震型の地震、又は、本震-余震型でも同規模程度の地震が続発した地震 (表 4 の「続発」欄に○印を記載) は、全て付表 1 にも含まれていた. このことから、規模の大きな地震に限れば、今回設定した変数に基づく要件で漏れなく続発事例を抽出できていることが分かった.

一方、本調査では Future\_Days を 1 (日) としたが、3.3 節でも触れた、過去の M6.8 以上の 3 回の地震のうち、1941 年の M7.2 の地震では、地震に先立つ活動が 5 日前に発生していたことも念頭に置く必要がある.

日向灘の地震活動における続発事例

1つ目の地震		2つ目の地震			
発生時	M	発生時	M	1つ目との差	
				時間	M
2014年8月29日01時30分	4.2	2014年8月29日04時14分	6.0	約3時間	+1.8
2019年3月27日09時11分	5.4	2019年3月27日15時38分	5.4	約6時間	±0.0

※一連の活動として、3つ以上の地震が続発事例となる事例については、それらのうち規模の大きな2つを記載している。

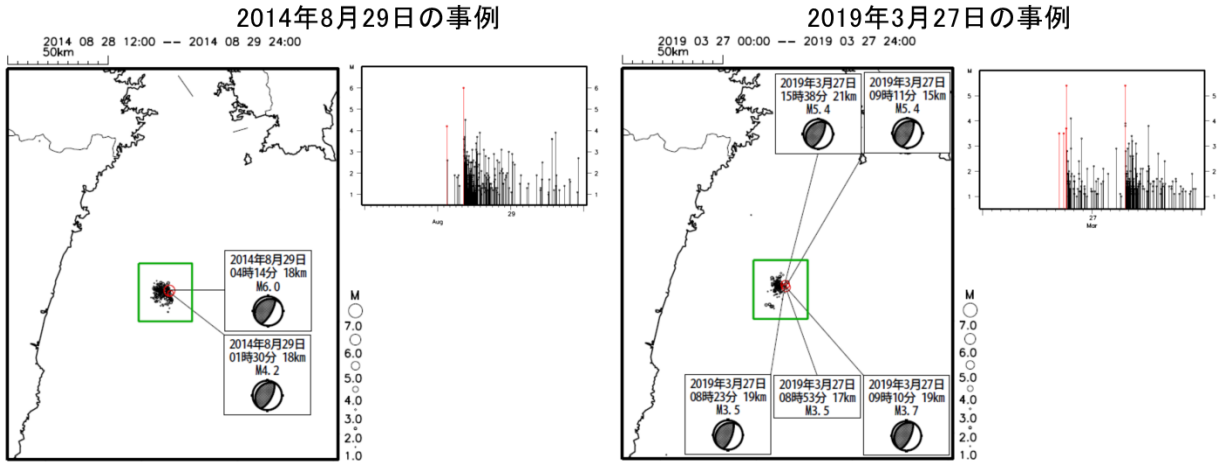


図8 小領域bで発生した主な続発事例。

各事例の左図は震央分布図。続発事例を赤色で示し、吹き出しを付けた。左図中の緑色矩形内の地震活動経過を右図に示す。

1つ目の地震		2つ目の地震			
発生時	M	発生時	M	1つ目との差	
				時間	M
1996年10月19日23時01分	5.5	1996年10月19日23時44分	6.9	約40分	+1.4
2019年5月10日07時43分	5.6	2019年5月10日08時48分	6.3	約1時間	+0.7

※一連の活動として、3つ以上の地震が続発事例となる事例については、それらのうち規模の大きな2つを記載している。

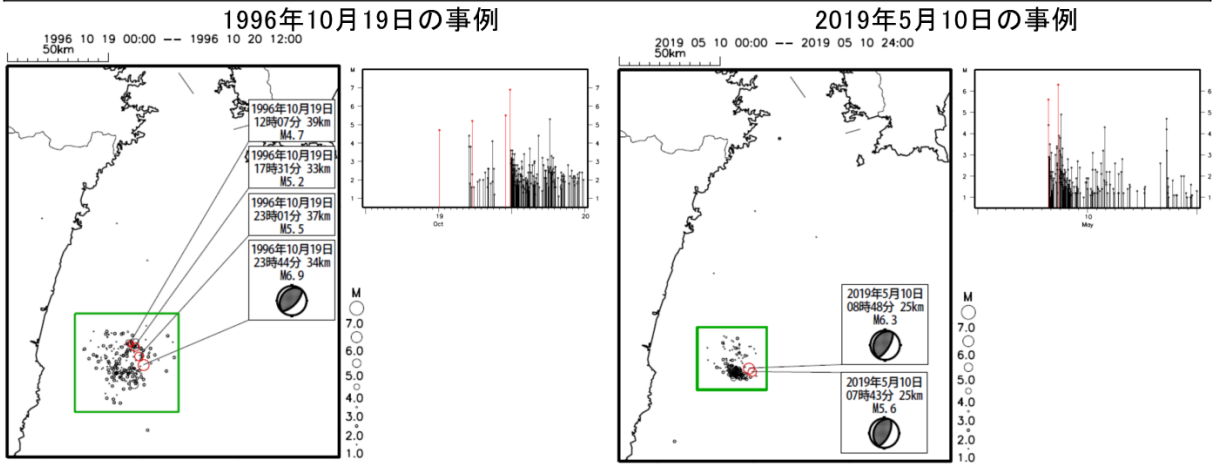


図9 小領域cで発生した主な続発事例。

各事例の左図は震央分布図。続発事例を赤色で示し、吹き出しを付けた。左図中の緑色矩形内の地震活動経過を右図に示す。

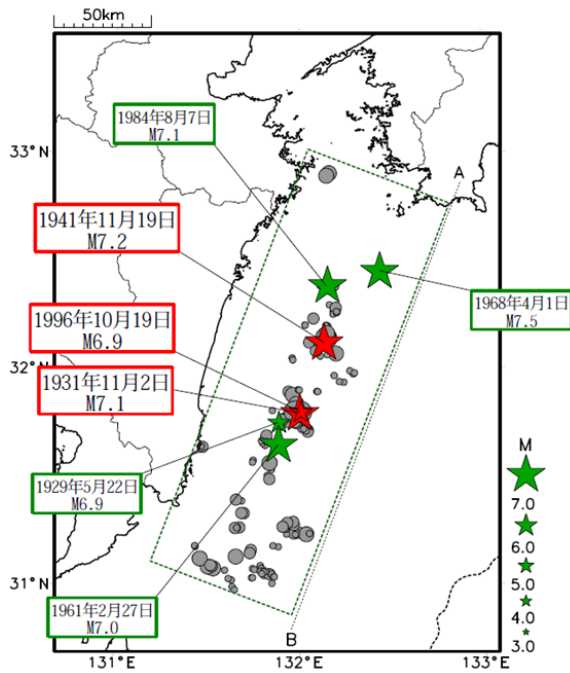


図 10 過去の  $M6.8$  以上の地震と続発事例を構成する地震の震央分布図。

● : 本調査における続発事例の震央  
(1984年4月1日~2019年9月30日,  $M \geq 3.0$ )

★ : 1919年以降に発生した  $M6.8$  以上の地震  
(1919年1月1日~2019年9月30日,  $M \geq 6.8$ )

赤 : 最大規模の地震の  $M$  から (1) 式により求められる余震域の長径  $L$  以内で、最大規模の地震発生前 30 日以内に、 $M5.0$  以上の地震を含む地震活動を伴った地震  
緑 : 上記の活動が見られなかった地震

日向灘で発生する  
プレート境界型の発震機構解の抽出条件(※1)

発震機構解が以下の条件を全て満たした地震

P軸の傾斜角	45度以下
P軸の方位角	90度以上145度以下
T軸の傾斜角	45度以上
N軸の傾斜角	30度以下

発震機構解で分類した続発事例の震央分布図  
(1984年4月1日~2019年9月30日,  $M \geq 3.0$ )

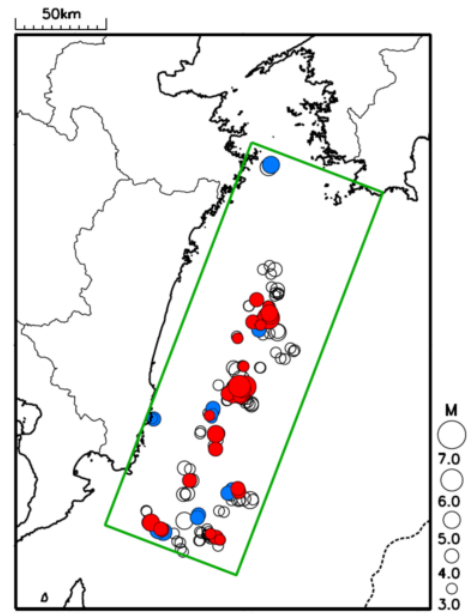


図 11 (上段) 日向灘で発生するプレート境界型の発震機構解の抽出条件 (※1)。

(下段) 発震機構解で分類した続発事例の震央分布図。

赤 : 日向灘で発生するプレート境界型の発震機構解(※2)となる地震 (41個)

青 : プレート境界型以外の発震機構解となる地震 (15個)

白 : 発震機構解が求まっていない地震 (103個)

(※1) 「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」の気象庁資料(気象庁地震火山部地震予知情報課, 2020)における「南海トラフ地震の発震機構解と類似の型」の抽出条件を参考とし、一部編集している。

(※2) 発震機構解は、気象庁 CMT 解、気象庁初動発震機構解、防災科学技術研究所 F-net による MT 解を使用した。



表 4 期間中に発生した M5.5 以上の地震のタイプ.

発生日	発生時 (時:分)	M	タイプ	続発(※)
1984/08/07	4:06	7.1	本震-余震	×
1987/03/18	12:36	6.6	本震-余震	×
1994/04/30	12:28	6.0	単発	×
1996/10/19	23:01	5.5	前震-本震	○
1996/10/19	23:44	6.9	前震-本震	○
1996/12/03	7:17	6.7	本震-余震	×
1998/12/16	9:18	5.7	本震-余震	×
2000/06/25	15:34	6.0	本震-余震	×
2001/04/25	23:40	5.8	本震-余震	×
2002/11/04	13:36	5.9	本震-余震	×
2005/05/31	11:04	5.8	本震-余震	×
2006/03/27	11:50	5.5	本震-余震	×
2009/04/05	18:36	5.6	本震-余震	×
2014/08/29	4:14	6.0	前震-本震	○
2018/06/12	4:54	5.6	本震-余震	×
2019/05/10	7:43	5.6	前震-本震	○
2019/05/10	8:48	6.3	前震-本震	○

※以下のいずれかに該当する地震に○を付加している。該当しない地震に×を付加している。

- ・前震-本震型の活動。
- ・本震-余震型の活動について、周辺で同程度規模の地震が発生した活動。(該当事例なし)

#### 4 調査結果の活用

比較的規模の大きな地震が発生した際に、震源付近における過去の続発事例の発生状況を踏まえ、今後、地震が続発する可能性の有無を判定・周知し、その後1日程度、さらに大きな地震の続発に備えることは、防災上、大きな意義がある。

そこで、一定規模以上の地震が発生した場合に、震源付近の過去の続発事例の有無や数、続発率を全自動かつリアルタイムで解析・表示するツールを作成した。

図 12 は、作成したツールの監視画面であり、1984年4月以降の震源データから算出した各地の続発率を示している。本ツールは、気象庁がリアルタイムで決定する自動震源の情報を取得し、領域 A 内で M4.0 以上の地震が発生した場合には、その震央を画面に表示するとともに、震央から半径 5 km の範囲内で過去に発生した地震から続発率を算出・表示する。本ツールにより、地震が発生した際に、その後に同規模程度以上の地震が続発する可能性をリアルタイムに知ることができる。

図 12 は、2019年5月10日の M6.3 の地震の発生直前(08時00分時点)の監視画面である。この画面上に、直前の07時43分に発生した M5.6 の地震の位置と、この震央付近における過去の続発状況(8事例中2事例/続発率 25%)が集計・表示されている。領域 A 内で発生した M4.0 以上の地震(余震を除く全地震で 290 個)がポアソン過程で発生すると考えた場合、

特定の半径 5 km の円内で 1 日以内に地震が発生する確率が 0.01 %であることを考慮すると、続発率 25 % は非常に高い確率である。

本ツールによって、今後、この領域で地震が発生した後に、同規模程度以上の地震が発生する可能性がどの程度あるのか、確率的に予測できるようになる。

また、気象庁では現在、顕著な地震が発生した際の報道発表時に、震源付近で過去に発生した続発事例の有無に言及している。本調査で確認された続発事例は大規模なものではないが、地震の続発率に関する詳細な空間分布が得られており、こうした詳細な情報は気象庁の地震解説業務の充実に貢献し得る。

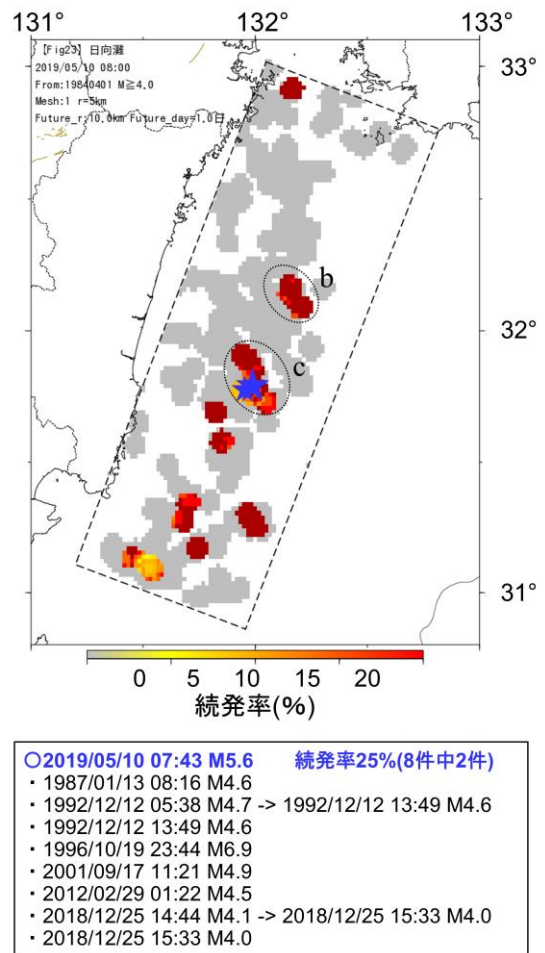


図 12 作成したツールの監視画面の例.

2019年5月10日08時00分時点の画面を示す。この日、07時43分に M5.6 の地震(図中★印)が発生した後、08時48分に M6.3 の地震が発生した。

## 5 今後に向けて

### 5.1 全国領域への拡大

今後の課題として、調査対象領域を全国に拡大し、日本とその周辺海域における中規模程度以上の地震の続発事例のデータセットを作成するとともに、作成したツールによる監視対象範囲を拡大し、得られた知見の防災業務への活用を目指す。

本調査では、領域 A 内の比較的小規模な地震活動に合わせて余震除去要件や続発要件の変数を決定したため、この変数を別の領域にも適用できるとは限らない。引き続き、最適な変数を設定するための検討が必要である。

### 5.2 地震学的な考察

短期間に地震の続発が起きる原因について、山田・他 (2021) は、大隅半島東方沖の小領域 h 内のごく短時間に M3~4 の地震が続発する事例に注目し、この場所で発生した地震の波形の相関分析とクラスター分析を行った。その結果、この小領域内に 3 つの相似地震のグループが存在し、別々のグループに属する地震が組み合わさって続発事例を形成していることが分かった。この結果から、地震が続発する原因の一つとして、相似地震を発生させるプレート境界の固着域が近接して複数存在する場所において、一つの固着域から発生した地震に伴う動的な応力変化、すなわち地震波が、隣の固着域の地震を誘発するモデルを提案している。別の領域で見られる続発事例も、多くがプレート境界で発生しているとみられ、この提案モデルで原因を説明できる可能性がある。ただし、規模がひと回り大きく、発生間隔が半日以上空くものについては、続発の原因として、動的な応力変化だけでなく、静的な応力変化（地殻の動き）の可能性も踏まえて検証する必要がある。

## 6 まとめ

本調査では、主に日向灘の海域に着目し、小規模な地震まで対象を広げて続発事例を抽出・整理した。その上で、地震が続発しやすい領域を把握するとともに、当該領域での「続発のしやすさ」を定量的に評価した。また、この知見を防災対応に活かすため、地震が続発する可能性をリアルタイムで解析・表示するツールを作成した。具体的な成果は以下のとおりである。

(1) 日向灘の領域 A 内で 1984 年 4 月~2019 年 9 月に発生した M3.0 以上の全地震に余震除去要件と続

発要件を適用し、新たに 70 の続発事例を確認した。これらの中には、M6.0 以上の地震や最大震度 5 弱以上を観測した地震など、津波や被害を伴う可能性がある地震も含まれる。この数 (70 事例) は、全地震の 6 %に当たり、ポアソン過程に基づき地震が発生する確率 (0.2 %) と比べても高い。また、続発事例の多くは、1 日以内に発生することも明らかになった。(2.4, 3.1 節)

(2) 続発事例は、領域 A 内の複数の小領域 a~h に偏在していた。特に、小領域 b と c で事例が多く、M6.0 以上の大規模な事例もこれらの場所で発生していた。加えて、1919 年まで遡って見ても、過去 7 回の M6.8 以上の地震のうち、これに先立つ地震活動を伴った 3 回の地震は、全て小領域 b と c で発生していた。この結果は、今後、小領域 b 又は c で中規模程度以上の地震が発生した際に、その後 1 日程度間にさらに大きな地震が続発する可能性があり、後続の活動に注視すべきであることを示唆している (3.2, 3.3 節)。

(3) 続発事例を構成する地震の多くがプレートの境界で発生していると考えられる (3.4 節)。

(4) 領域 A 内の規模が大きな地震に限れば、本調査で設定した余震除去要件と続発要件によって、前震一本震型の地震を漏れなく続発事例として抽出できていた (3.5 節)。

(5) 一定規模以上の地震が発生した場合に、震源付近の過去の続発事例の有無や数、続発率を全自動かつリアルタイムで解析・表示するツールを作成した (4 章)。

本調査の成果が、気象庁の地震活動監視や地震解説業務に有効に活用されることを期待する。

## 謝辞

本調査では、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、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) 及び気象庁のデータを用いた気象庁地震カタログを使用しました。また、発震機構解

の調査には防災科学技術研究所の F-net による MT 解を使用したほか、一部の図の作成には GMT(Wessel and Smith, 1998) と地震活動解析プログラム(横山, 1997) を使用しました。匿名の査読者の方には本稿を改善するために有益な助言を頂きました。気象庁地震火山部地震予知情報課(現所属: 地震火山部地震火山技術・調査課)の宮岡一樹氏には解析手法や結果の理解等について丁寧な助言を頂きました。記して感謝いたします。

## 文献

- 明田川保・福満修一郎(2011): 震度5弱を観測するなどの顕著な地震が前震であった事例について, 験震時報, **74**, 17-28.
- 案浦理・武田清史・前田憲二(2018): 大規模地震の続発事例にみられる発生間隔の統計的特徴, 験震時報, **82**: 1.
- 太田健治・藤原義寿・前田憲二(2002): 気象庁の地震検知能力の時間空間的变化, 験震時報, **65**, 111-122.
- 気象庁地震火山部地震予知情報課(1997): 地震活動統計ハンドブックI, 12.0-12.4.11.
- 気象庁地震火山部地震予知情報課(2020): 第34回南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会、第412回地震防災対策強化地域判定会 気象庁資料(1), [https://www.jma.go.jp/jma/press/2008/07b/mate02\\_1.pdf](https://www.jma.go.jp/jma/press/2008/07b/mate02_1.pdf), (参照 2020-9-3).
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2016): 大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方, [https://www.jishin.go.jp/main/yosoku\\_info/honpen.pdf](https://www.jishin.go.jp/main/yosoku_info/honpen.pdf), (参照 2023-01-31).
- 山田祐子・廣田伸之・新原俊樹(2021): 大隅半島東方沖の一部領域で短時間に地震が連発する原因の考察, 地震 第2輯, **74**, 1-10.
- 山本雅博・後藤主夫・豊田正昭・永岡修(1985): 福岡管区気象台地震波形テレメーターシステム整備とそれに伴う地震検知能力の改善について, 験震時報, **49**, 93-104.
- 横山博文(1997): X ウインドウシステムを用いた地震活動解析プログラム, 験震時報, **60**, 37-51.
- Fukushima, Y., T. Nishikawa and Y. Kano(2022): High probability of successive occurrence of Nankai megathrust earthquakes, Scientific Reports, **13**, 63, doi:10.1038/s41598-022-26455-w.
- Utsu, T. (1961): A statistical study on the occurrence of aftershocks, Geophysical magazine, **30**(4), 521-605.
- Wessel, P. and W. H. F. Smith(1998): New, improved version of generic mapping tools released, Eos, Transactions, American Geophysical Union, **79**(47), 579, doi:10.1029/98EO00426.

(編集担当 宮岡一樹)

付録 本調査において得られた日向灘の地震活動における続発事例の全データを掲載する。

付表 1 領域 A 内で抽出された続発事例の一覧。

続発事例	続発事例における最初の地震						続発事例における後発地震のうち最大規模の地震						2つの地震の差			備考 小領域
	発生日	発生日 (時:分:秒)	緯度 (度)	経度 (度)	深さ (km)	M	発生日	発生日 (時:分:秒)	緯度 (度)	経度 (度)	深さ (km)	M	時刻差 (分)	時刻差 (日)	震央距離 (km)	
1	1984/08/11	15:31:59	31.24	132.00	52	4.3	1984/08/11	16:02:35	31.23	132.04	40	5.0	30.6	0.0	3.6	e
2	1985/01/03	12:15:13	32.40	132.15	31	3.0	1985/01/03	15:25:48	32.38	132.19	31	4.2	190.6	0.1	3.6	a
3	1985/10/08	07:58:02	31.80	131.94	17	3.6	1985/10/08	08:01:08	31.81	131.85	24	3.5	3.1	0.0	7.8	c
4	1985/12/18	12:57:46	32.08	132.20	27	4.8	1985/12/19	01:53:51	32.07	132.20	29	5.1	776.1	0.5	0.6	b
5	1986/02/06	09:08:03	31.27	131.68	47	4.2	1986/02/06	18:44:06	31.26	131.65	47	4.1	576.0	0.4	2.3	f
	1986/02/06	18:44:06	31.26	131.65	47	4.1	1986/02/06	19:12:24	31.26	131.66	42	3.9	28.3	0.0	1.0	f
6	1986/03/03	12:47:38	32.06	132.11	22	3.2	1986/03/03	13:18:00	32.07	132.15	22	3.6	30.4	0.0	3.7	b
7	1986/07/11	01:04:15	31.98	132.29	18	3.2	1986/07/11	18:31:04	31.97	132.19	24	3.4	1046.8	0.7	9.8	-
8	1987/07/06	14:03:43	31.74	132.00	20	3.1	1987/07/06	14:08:32	31.74	132.02	20	3.7	4.8	0.0	2.2	c
9	1988/04/07	05:01:20	31.18	131.89	61	3.2	1988/04/07	05:08:55	31.18	131.86	63	3.0	7.6	0.0	2.8	-
10	1988/08/14	13:48:05	31.39	131.69	41	3.9	1988/08/14	14:24:28	31.39	131.66	37	4.1	36.4	0.0	3.1	f
11	1988/10/09	08:53:45	31.72	132.05	20	4.2	1988/10/09	08:57:04	31.71	132.05	12	4.5	3.3	0.0	0.7	c
12	1988/11/16	08:38:23	31.99	132.27	21	3.2	1988/11/16	08:58:07	31.98	132.30	18	3.0	19.7	0.0	2.6	-
13	1989/03/08	06:43:19	31.24	132.05	30	3.3	1989/03/08	13:50:34	31.24	131.97	41	4.8	427.3	0.3	7.9	e
14	1991/02/04	14:01:00	32.36	132.16	32	3.2	1991/02/04	16:12:56	32.38	132.11	31	3.2	131.9	0.1	5.1	a
15	1991/10/05	15:10:09	31.06	131.82	45	3.2	1991/10/05	15:12:18	31.09	131.79	30	3.6	2.1	0.0	4.6	h
	1991/10/05	15:11:08	31.04	131.81	47	3.1	1991/10/05	15:12:18	31.09	131.79	30	3.6	1.2	0.0	5.5	h
16	1991/11/18	20:29:28	31.51	131.83	25	3.3	1991/11/18	20:36:57	31.53	131.85	32	3.9	7.5	0.0	3.7	d
17	1992/01/22	23:33:07	31.58	131.75	37	3.4	1992/01/23	04:02:02	31.57	131.75	33	3.4	268.9	0.2	1.2	d
18	1992/06/09	11:46:41	31.07	131.60	63	3.4	1992/06/09	22:17:51	31.13	131.66	33	5.2	631.2	0.4	9.1	g
19	1992/11/19	09:49:27	31.08	131.54	56	5.2	1992/11/19	09:53:11	31.08	131.51	57	5.3	3.7	0.0	2.9	g
20	1992/12/12	05:38:47	31.77	132.00	24	4.7	1992/12/12	13:49:48	31.75	131.98	22	4.6	491.0	0.3	2.9	c
21	1993/05/06	21:05:25	32.20	132.03	49	3.0	1993/05/06	22:04:32	32.20	132.03	48	3.0	59.1	0.0	0.2	b
22	1993/05/12	14:56:22	31.05	131.82	33	3.4	1993/05/12	15:20:30	31.03	131.74	54	3.4	24.1	0.0	7.3	h
	1993/05/12	15:20:30	31.03	131.74	54	3.4	1993/05/12	15:50:46	31.08	131.80	3	3.3	30.3	0.0	7.0	h
	1993/05/12	15:21:54	31.03	131.75	55	3.3	1993/05/12	15:50:46	31.08	131.80	3	3.3	28.9	0.0	6.7	h
23	1993/09/13	22:16:40	31.94	132.24	29	3.2	1993/09/14	01:02:28	31.94	132.22	33	3.2	165.8	0.1	2.2	-
24	1994/04/01	01:37:52	31.23	131.98	19	3.0	1994/04/01	01:58:29	31.23	131.93	60	3.3	20.6	0.0	4.5	e
25	1995/02/22	07:28:33	31.71	132.04	25	3.5	1995/02/22	12:11:37	31.72	132.02	35	3.7	283.1	0.2	1.7	c
	1995/02/22	07:36:14	31.72	132.01	34	3.7	1995/02/22	12:11:37	31.72	132.02	35	3.7	275.4	0.2	1.2	c
26	1996/05/03	05:22:33	32.27	132.19	14	3.2	1996/05/03	22:40:33	32.28	132.20	21	4.0	1038.0	0.7	2.1	a
	1996/05/03	14:55:07	32.30	132.16	14	3.6	1996/05/03	22:40:33	32.28	132.20	21	4.0	465.4	0.3	3.6	a
27	1996/10/19	12:07:17	31.89	131.94	39	4.7	1996/10/19	23:01:03	31.84	131.98	37	5.5	653.8	0.5	7.4	c
	1996/10/19	17:31:50	31.88	131.96	33	5.2	1996/10/19	23:44:41	31.80	132.01	34	6.9	372.8	0.3	9.8	c
	1996/10/19	23:01:03	31.84	131.98	37	5.5	1996/10/19	23:44:41	31.80	132.01	34	6.9	43.6	0.0	4.9	c
28	1998/04/16	21:49:04	31.65	131.81	31	3.9	1998/04/16	21:51:34	31.66	131.80	31	3.8	2.5	0.0	1.6	d
29	1998/06/03	04:28:58	32.25	132.18	0	3.3	1998/06/04	01:09:45	32.20	132.15	6	3.4	1240.8	0.9	6.7	a
30	2000/08/02	20:08:28	31.12	131.45	31	4.5	2000/08/03	14:30:13	31.12	131.46	34	5.3	1101.7	0.8	1.1	g
31	2001/03/06	15:43:42	31.76	131.94	26	4.2	2001/03/06	19:36:05	31.75	131.94	27	4.5	232.4	0.2	1.0	c
32	2001/03/09	03:43:38	31.68	131.82	40	4.2	2001/03/09	03:46:04	31.69	131.82	39	4.0	2.4	0.0	1.2	d
33	2001/08/29	23:27:13	31.49	131.83	23	3.5	2001/08/30	05:52:27	31.49	131.84	24	4.7	385.2	0.3	0.2	d
34	2001/09/16	16:36:22	31.76	131.99	27	3.2	2001/09/17	11:21:45	31.75	131.99	28	4.9	1125.4	0.8	1.0	c
35	2001/10/17	11:12:34	31.06	131.79	32	3.2	2001/10/17	11:14:01	31.05	131.84	33	4.1	1.5	0.0	4.7	h
36	2001/11/16	15:09:53	30.99	131.64	39	3.1	2001/11/16	15:13:17	30.98	131.65	33	3.1	3.4	0.0	2.0	g

日向灘の地震活動における続発事例

付表 1 領域 A 内で抽出された続発事例の一覧。(続き)

続発事例	続発事例における最初の地震						続発事例における後発地震のうち最大規模の地震						2つの地震の差			備考 小領域
	発生日	発生時 (時:分:秒)	緯度 (度)	経度 (度)	深さ (km)	M	発生日	発生時 (時:分:秒)	緯度 (度)	経度 (度)	深さ (km)	M	時刻差 (分)	時刻差 (日)	震央距離 (km)	
37	2003/08/29	22:31:03	31.77	131.91	27	3.0	2003/08/29	22:59:21	31.77	131.91	28	3.0	28.3	0.0	0.6	c
38	2004/04/21	12:10:40	31.57	131.85	25	4.7	2004/04/21	12:20:53	31.56	131.84	25	5.0	10.2	0.0	1.1	d
39	2005/02/18	11:56:00	31.64	131.48	39	4.0	2005/02/18	12:40:06	31.64	131.47	38	3.8	44.1	0.0	0.8	-
40	2005/04/07	15:04:49	31.18	131.44	34	3.1	2005/04/07	16:58:00	31.18	131.44	35	3.4	113.2	0.1	0.5	g
41	2006/02/02	01:19:46	31.04	131.85	31	3.4	2006/02/02	01:24:57	31.04	131.86	33	3.5	5.2	0.0	1.5	h
	2006/02/02	01:23:10	31.05	131.85	29	3.2	2006/02/02	01:24:57	31.04	131.86	33	3.5	1.8	0.0	1.8	h
42	2007/10/28	09:19:21	32.20	132.15	18	3.4	2007/10/28	14:40:03	32.20	132.14	17	3.9	320.7	0.2	0.2	b
42	2007/12/18	19:11:56	31.07	131.81	32	3.6	2007/12/18	19:12:17	31.01	131.85	32	3.6	0.4	0.0	7.8	h
44	2007/12/23	02:48:03	31.33	131.70	24	4.4	2007/12/23	02:49:06	31.33	131.69	21	4.8	1.0	0.0	1.2	f
45	2008/04/22	18:07:08	31.16	131.74	28	4.4	2008/04/22	18:26:02	31.15	131.73	29	4.3	18.9	0.0	1.7	f
46	2008/10/20	10:31:06	31.73	131.90	48	3.0	2008/10/20	10:34:42	31.73	131.91	47	3.2	3.6	0.0	0.4	c
47	2009/06/27	16:36:16	32.11	132.10	15	3.0	2009/06/27	18:00:57	32.12	132.05	9	4.0	84.7	0.1	4.1	b
	2009/06/27	16:53:09	32.11	132.09	14	3.6	2009/06/27	18:00:57	32.12	132.05	9	4.0	67.8	0.0	3.5	b
48	2009/06/30	11:12:25	31.02	131.63	29	3.0	2009/06/30	14:05:04	31.03	131.62	33	3.0	172.7	0.1	1.8	g
49	2010/02/02	23:24:29	31.04	131.86	31	3.1	2010/02/02	23:25:02	31.06	131.82	30	3.5	0.6	0.0	5.0	h
50	2010/02/04	07:12:18	31.28	131.96	27	3.0	2010/02/04	20:29:46	31.29	131.97	25	4.3	797.5	0.6	1.2	e
	2010/02/04	07:29:33	31.29	131.97	25	3.1	2010/02/04	20:29:46	31.29	131.97	25	4.3	780.2	0.5	0.6	e
	2010/02/04	10:44:41	31.29	131.96	25	3.4	2010/02/04	20:29:46	31.29	131.97	25	4.3	585.1	0.4	0.7	e
	2010/02/04	17:41:38	31.28	131.97	24	4.2	2010/02/04	20:29:46	31.29	131.97	25	4.3	168.1	0.1	1.6	e
	2010/02/04	20:29:46	31.29	131.97	25	4.3	2010/02/04	20:35:11	31.29	131.93	26	4.1	5.4	0.0	3.1	e
51	2010/11/04	02:07:24	32.26	132.20	12	3.3	2010/11/04	03:25:25	32.26	132.20	14	3.3	78.0	0.1	0.6	a
	2010/11/04	02:34:06	32.26	132.21	11	3.3	2010/11/04	03:25:25	32.26	132.20	14	3.3	51.3	0.0	0.4	a
52	2011/02/26	03:50:04	31.80	131.93	27	3.0	2011/02/26	03:59:17	31.80	131.94	26	3.1	9.2	0.0	0.4	c
53	2012/02/28	22:40:42	31.76	131.98	26	3.0	2012/02/29	01:22:59	31.76	131.99	28	4.5	162.3	0.1	1.0	c
54	2012/04/02	18:57:51	32.23	132.07	19	3.1	2012/04/03	18:10:21	32.23	132.08	20	4.1	1392.5	1.0	0.5	b
55	2012/06/14	09:28:36	31.67	131.80	27	3.2	2012/06/14	10:32:20	31.66	131.82	27	3.5	63.7	0.0	2.4	d
56	2012/06/22	10:40:38	31.90	131.99	25	3.1	2012/06/22	10:47:07	31.90	132.00	26	3.6	6.5	0.0	0.6	c
57	2012/08/27	19:54:11	31.09	131.53	31	4.1	2012/08/27	19:58:44	31.09	131.52	29	4.0	4.6	0.0	0.8	g
58	2014/08/29	01:30:23	32.13	132.15	18	4.2	2014/08/29	04:14:35	32.14	132.15	18	6.0	164.2	0.1	1.4	b
59	2014/12/07	16:18:17	31.06	131.79	40	3.3	2014/12/07	16:51:50	31.07	131.76	36	3.2	33.6	0.0	3.2	h
	2014/12/07	16:29:43	31.07	131.75	38	3.2	2014/12/07	16:51:50	31.07	131.76	36	3.2	22.1	0.0	1.0	h
60	2015/01/29	18:50:52	31.78	131.92	25	3.7	2015/01/30	16:45:53	31.76	131.91	26	4.4	1315.0	0.9	2.0	c
61	2016/02/02	19:38:34	32.11	132.10	16	3.7	2016/02/02	20:14:32	32.11	132.10	16	3.5	36.0	0.0	0.2	b
62	2016/06/24	18:46:24	31.06	131.81	33	3.0	2016/06/24	18:46:43	31.05	131.80	31	3.4	0.3	0.0	1.4	h
63	2017/02/07	15:53:35	31.26	131.93	25	3.2	2017/02/07	16:21:29	31.27	131.91	27	4.1	27.9	0.0	2.0	e
64	2017/05/20	11:35:25	31.89	132.09	29	3.1	2017/05/21	06:50:40	31.89	132.10	27	3.0	1155.2	0.8	0.4	c
65	2018/02/19	03:31:36	32.90	132.16	40	5.0	2018/02/19	03:31:40	32.89	132.15	39	5.0	0.1	0.0	1.8	-
66	2018/05/25	20:54:03	32.14	132.10	18	3.3	2018/05/26	07:02:07	32.08	132.09	28	4.2	608.1	0.4	6.1	b
67	2018/12/25	14:44:18	31.75	131.98	26	4.1	2018/12/25	15:33:49	31.75	131.98	27	4.0	49.5	0.0	0.8	c
	2019/03/27	08:23:02	32.16	132.15	19	3.5	2019/03/27	15:38:03	32.16	132.15	21	5.4	435.0	0.3	0.5	b
68	2019/03/27	08:53:21	32.16	132.15	17	3.5	2019/03/27	15:38:03	32.16	132.15	21	5.4	404.7	0.3	0.3	b
	2019/03/27	09:10:18	32.15	132.16	19	3.7	2019/03/27	15:38:03	32.16	132.15	21	5.4	387.7	0.3	1.6	b
	2019/03/27	09:11:23	32.15	132.16	15	5.4	2019/03/27	15:38:03	32.16	132.15	21	5.4	386.7	0.3	1.4	b
69	2019/05/10	07:43:21	31.79	131.99	25	5.6	2019/05/10	08:48:41	31.80	131.97	25	6.3	65.3	0.0	2.4	c
70	2019/08/12	21:31:45	32.05	131.96	20	3.3	2019/08/13	05:19:57	32.04	131.96	16	3.5	468.2	0.3	1.1	-