

2020年 日本地震学会秋季大会(オンライン)

2020/10/29(木) 13:30~13:45

「理解・気づきツール」としての 南海トラフ地震確率推移表の開発

Development of Earthquake Probability Transition Table as a Tool for Comprehension
and Awareness for the Nankai-Trough Earthquake Scenarios

福島 洋 Yo Fukushima
東北大学災害科学国際研究所

西川 友章 Tomoaki Nishikawa
京都大学防災研究所

研究動機

南海トラフ地震の発生確率が平時より高まったとき、

「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震警戒）」や
「南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）」

が出される。

地方公共団体や企業等は、これらの情報の発出時の対応計画作成が必要。
実効的な対応方法を考えるためには、起こりうる地震発生シナリオの幅と、各
シナリオが発生する確率およびその不確かさについての大まかな理解が重要。

「理解・気づき」を促進するために、シナリオの幅や発生確率等についての目安
となる情報をわかりやすい形で提供することは可能か？

臨時情報が発表される3ケース

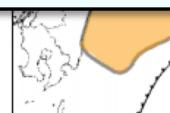
半割れ(大規模地震 M8.0 以上)/被害甚大ケース

<評価基準>

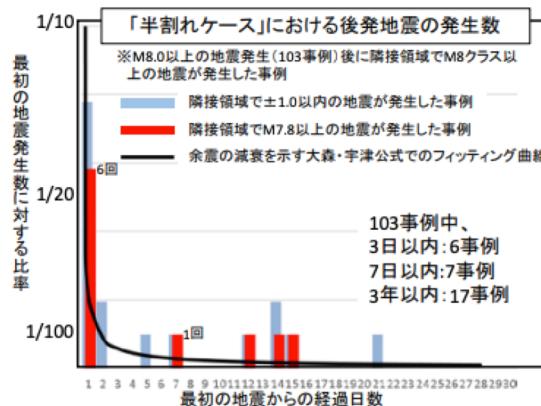
- ・南海トラフの想定震源域内のプレート境界においてM8.0以上の地震が発生した場合

南海トラフ東側で大規模地震(M8クラス)が発生

一週間の「警戒」情報 →その後の一週間の「注意」情報



西側は連動するのか？



7日以内に発生する頻度は
十数回に1回程度
(7事例／103事例)

通常の100倍程度の確率

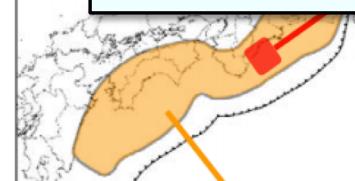
※通常
「30年以内に70～80%」の確
率を7日以内に換算すると千
回に1回程度

一部割れ(前震可能性地震 M7.0 以上 8.0未満)/被害限定ケース

<評価基準>

- ・南海トラフの想定震源域及びその周辺においてM7.0以上の地震が発生した場合(半割れケースの場合を除く)

一週間の「注意」情報



南海トラフの大規模地震の前震か？

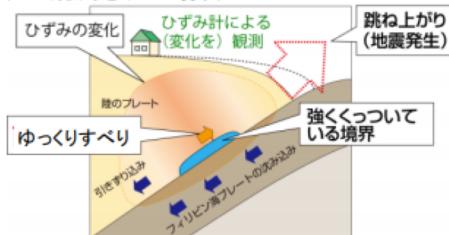
7日以内に発生する頻度は
数百回に1回程度
(6事例／1437事例)

通常の数倍程度の確率

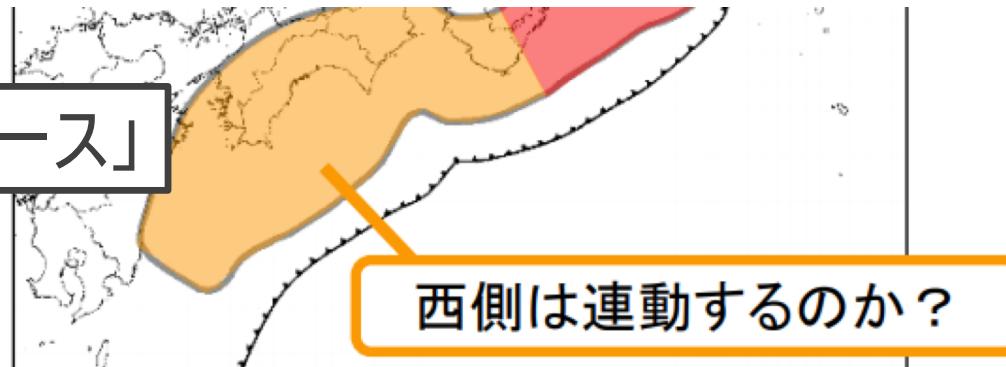
ゆっくりすべり/被害なしケース

<評価基準>

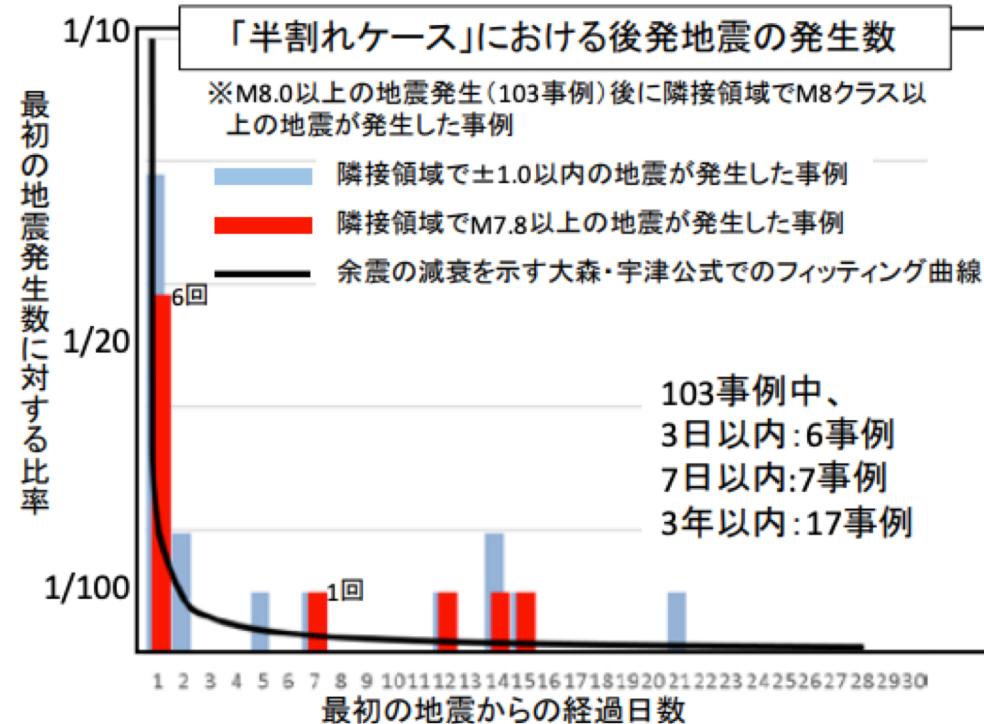
- ・ひずみ計等で有意な変化として捉えられる、短い期間にプレート境界の固着状態が明らかに変化しているような通常とは異なるゆっくりすべりが観測された場合



目安情報：「半割れケース」



西側は連動するのか？



7日以内に発生する頻度は
十数回に1回程度
(7事例／103事例)

通常の100倍程度の確率

※通常
「30年以内に70～80%」の確
率を7日以内に換算すると千
回に1回程度

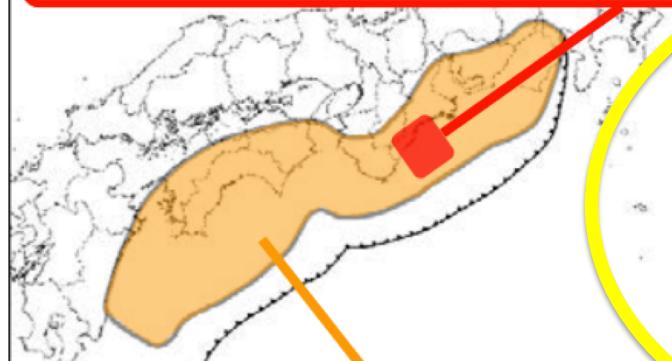
目安情報：「一部割れケース」

一部割れ(前震可能性地震 **M7.0以上**)/被害限定ケース
8.0未満

<評価基準>

- ・南海トラフの想定震源域及びその周辺においてM7.0以上の地震が発生した場合(半割れケースの場合を除く)

南海トラフで地震(M7クラス)が発生



南海トラフの大規模地震の前震か？

7日以内に発生する頻度は
数百回に1回程度
(6事例／1437事例)

通常の数倍程度の確率

ガイドライン掲載情報のもととなった先行研究(橋本・横田, 2019, JpGU)

SSS10-P02

日本地球惑星科学連合2019年大会

世界の大規模地震の続発性—実事例と時空間ETASによる比較

Successively occurring large earthquakes in the world -comparison of real cases with expectations by the space-time ETAS

*橋本 徹夫¹、横田 崇²

*Tetsuo Hashimoto¹, Takashi YOKOTA²

1. 気象研究所地震津波研究部、2. 愛知工業大学

1. Seismology and Tsunami Research Department, Meteorological Reaserch Institute, 2. Aichi Institue Technology

政府の防災対応のための南海トラフ沿いの異常な現象に関する評価基準検討部会において、南海トラフ地震情報が発表される事象の基準作りが行われている。具体的な防災対策の実施のため、どのような現象が対応する事象に該当するのか、その具体的な基準が検討されている。今回は、この検討に資するため、世界の大規模地震の発生について、新たに改訂されたISC-GEM version5.1のデータ(1904–2014年)を用いて解析した。さらに、時空間ETAS(Ogata and Zhaung,2006, 尾形,2015)等を用いて、大規模地震発生に係る試算を行ったので、報告する。

最近100年程度に発生した世界のMw 8.0以上の地震は、103事例抽出され、その内、3日以内、7日以内及び30日以内に、周辺500km以内の領域で、Mw 7.8以上の地震が続発したのは、それぞれ9事例、10事例、13事例あった。このように地震発生直後に続発する事例が多く、かつ、時間が経過しても、続発が継続することも、再確認できた。

自分たちで調べてみたかった/考えてみたかったこと

- もっと細かく期間(〇日以内)を分けるとどうなるか？
条件を変えるとどうなるか？違うカタログを使うとどうなるか？
(=今回の発表)
- (将来的に)調べた結果をわかりやすい形で可視化したい
(「理解・気づきツール」としての可視化方法を研究したい)

用いたデータ

カタログ:

- ISC-GEM Global Instrumental Earthquake Catalogue (ver. 6.0)
(国際地震センター/世界地震モデル foundation)
- Advanced National Seismic System (ANSS) comprehensive earthquake catalog
(アメリカ地質調査所)

期間: 1904-2015の100年間

深さ: 100km以浅

領域: 領域限定なしと、沈み込み帯の地震のみに絞った場合の二通り

計算項目

M8+地震：Mが8.0以上の地震
M7クラス地震：Mが7.0以上8.0未満の地震

- M8+地震のあとに近傍で一定期間内にM8+地震が発生する確率
- M8+地震のあとに近傍で一定期間内にM7クラス地震が発生する確率
- M7クラス地震のあとに近傍で一定期間内にM8+地震が発生する確率
- M7クラス地震のあとに近傍で一定期間内にM7クラス地震が発生する確率

以上について、

- 信頼区間
- 確率利得（「平時の○倍」）
- ETASモデルで計算した結果
(パラメタは日向灘の地震活動から推定)

「近傍」の定義：

震央距離500km以内（先発地震がM8+地震の場合）
震央距離160km以内（先発地震がM7クラス地震の場合）

期間：1日、3日、1週間、2週間、3年

結果(M8+ → M8+ が後続発生する確率)

Catalog or model	Within one day	three days	one week	two weeks	three years
ISC (all) (105 events)	1.9% (2 events)	2.9% (3 events)	2.9% (3 events)	4.8% (5 events)	10% (11 events)
95% CI	0.23%–6.7%	0.59%–8.1%	0.59%–8.1%	1.6%–11%	5.3%–18%
ISC (subduction) (69 events)	1.4% (1 events)	2.9% (2 events)	2.9% (2 events)	4.3% (3 events)	8.7% (6 events)
95% CI	0.037%–7.8%	0.35%–10%	0.35%–10%	0.91%–12%	8.7%–3.3%
ANSS (all) (92 events)	1.1% (1 events)	2.2% (2 events)	2.2% (2 events)	4.3% (4 events)	9.8% (9 events)
95% CI	0.028%–5.9%	0.26%–7.6%	0.26%–7.6%	1.2%–11%	4.6%–18%
ANSS (subduction) (55 events)	0% (0 events)	1.8% (1 events)	1.8% (1 events)	3.6% (2 events)	9.1% (5 events)
95% CI	0.0%–6.5%	0.046%–9.7%	0.046%–9.7%	0.44%–13%	3.0%–20%
ETAS model	3.1%	3.5%	3.7%	3.9%	4.7%
95% BCI	1.0%–7.7%	1.1%–8.5%	1.2%–9.0%	1.3%–9.4%	1.5%–11%

所見

- ・ カタログの違いによる差異はある
- ・ 沈み込み帯に限定すると2/3程度になる。確率はあまり変わらない
- ・ 事例が少ない→結果の信頼性に影響

結果(M7クラス → M8+ が後続発生する確率)

Catalog or model	Within one day	three days	one week	two weeks	three years	所見
ISC (all) (1354 events)	0.22% (3 events)	0.37% (5 events)	0.59% (8 events)	0.66% (9 events)	1.7% (23 events)	• これも事例が少ない
95% CI	0.046%–0.65%	0.12%–0.86%	0.26%–1.2%	0.30%–1.3%	1.1%–2.5%	• 確率は一桁落ちる (先行研究と整合的)
ISC (subduction) (611 events)	0.49% (3 events)	0.82% (5 events)	1.3% (8 events)	1.5% (9 events)	3.1% (19 events)	
95% CI	0.10%–1.4%	0.27%–1.9%	0.57%–2.6%	0.68%–2.8%	1.9%–4.8%	
ANSS (all) (1252 events)	0.24% (3 events)	0.40% (5 events)	0.40% (5 events)	0.48% (6 events)	1.0% (13 events)	
95% CI	0.049%–0.70%	0.13%–0.93%	0.13%–0.93%	0.18%–1.0%	0.55%–1.8%	
ANSS (subduction) (545 events)	0.55% (3 events)	0.92% (5 events)	0.92% (5 events)	1.1% (6 events)	1.8% (10 events)	
95% CI	0.11%–1.6%	0.30%–2.1%	0.30%–2.1%	0.41%–2.4%	0.88%–3.4%	
ETAS model	0.54%	0.61%	0.65%	0.68%	0.83%	
95% BCI	0.21%–1.2%	0.23%–1.3%	0.25%–1.4%	0.26%–1.5%	0.31%–1.8%	

結果(M8+ → M8+ が後続発生する場合の確率利得)

Catalog or model	Within one day	three days	one week	two weeks	three years	
ISC (all)	6.3×10^2	3.1×10^2	1.3×10^2	1.1×10^2	3.2	仮定: ・ポアソン過程 ・平均発生間隔90年
95% CI	$76\text{--}2.2 \times 10^3$	$65\text{--}8.9 \times 10^2$	$28\text{--}3.8 \times 10^2$	$37\text{--}2.5 \times 10^2$	1.6–5.5	
ISC (subduction)	4.8×10^2	3.2×10^2	1.4×10^2	1.0×10^2	2.7	・ポアソン過程 ・平均発生間隔90年
95% CI	$12\text{--}2.6 \times 10^3$	$39\text{--}1.1 \times 10^3$	$17\text{--}4.7 \times 10^2$	$21\text{--}2.9 \times 10^2$	0.99–5.5	
ANSS (all)	3.6×10^2	2.4×10^2	1.0×10^2	1.0×10^2	3.0	・平均発生間隔90年
95% CI	$9.1\text{--}1.9 \times 10^3$	$29\text{--}8.4 \times 10^2$	$12\text{--}3.6 \times 10^2$	$28\text{--}2.5 \times 10^2$	1.4–5.4	
ANSS (subduction)	0.0	2.0×10^2	85	85	2.8	・平均発生間隔90年
95% CI	$0.0\text{--}2.1 \times 10^3$	$5.0\text{--}1.0 \times 10^3$	$2.2\text{--}4.6 \times 10^2$	$10\text{--}2.9 \times 10^2$	0.92–6.1	
ETAS model	1.0×10^3	3.8×10^2	1.7×10^2	92	1.4	・平均発生間隔90年
95% BCI	$3.3 \times 10^2\text{--}2.5 \times 10^3$	$1.2 \times 10^2\text{--}9.3 \times 10^2$	$56\text{--}4.2 \times 10^2$	$29\text{--}2.2 \times 10^2$	0.45–3.4	

所見

- ・ざっくりとらえると、1日以内が(平時の)600倍、3日以内が300倍、1週間以内が130倍、2週間以内が100倍、3年以内が3倍
- ・ただし、計算上の不確定性が大きい。例えば、1日以内(ISC全地震使用)の場合、確率利得の推定値は630だが、76～2200倍の範囲を取りうる。平均間隔の仮定を変えれば、さらに大きな範囲を取りうる。

結果(M7クラス→M8+ が後続発生する場合の確率利得)

Catalog or model	Within one day	three days	one week	two weeks	three years	
ISC (all)	73	40	28	16	0.52	仮定: ・ポアソン過程 ・平均発生間隔90年
95% CI	$15\text{--}2.1 \times 10^2$	13–94	12–55	7.1–30	0.33–0.77	
ISC (subduction)	1.6×10^2	90	61	35	0.95	・ポアソン過程 ・平均発生間隔90年
95% CI	$33\text{--}4.7 \times 10^2$	$29\text{--}2.1 \times 10^2$	$27\text{--}1.2 \times 10^2$	16–65	0.57–1.5	
ANSS (all)	79	44	19	11	0.32	
95% CI	$16\text{--}2.3 \times 10^2$	$14\text{--}1.0 \times 10^2$	6.1–44	4.1–24	0.17–0.54	
ANSS (subduction)	1.8×10^2	1.0×10^2	43	26	0.56	
95% CI	$37\text{--}5.3 \times 10^2$	$33\text{--}2.3 \times 10^2$	$14\text{--}1.0 \times 10^2$	9.5–56	0.27–1.0	
ETAS model	1.8×10^2	67	31	16	0.25	
95% BCI	$69\text{--}3.9 \times 10^2$	$26\text{--}1.4 \times 10^2$	12–66	6.2–34	0.095–0.53	

所見

- ざっくりとらえると、1日以内が(平時の)70倍、3日以内が40倍、2週間以内が15倍、3年以内が0.5倍
- 3年の確率利得が1を下回っているのは、平時の確率がそもそもかなり高いということを反映(平均間隔90年)

本研究と先行研究の比較

	先行研究 (橋本・横田, 2019; ガイドライン)	本研究 (ISC-GEM使用・沈み込み帯 に限定なしの場合)	備考
半割れケース (M8+ → M8+) 一週間以内の発生確率	6.8%(7/103) 「十数回に1回程度」	2.9%(3/105) ('30回に1回程度') (0.59~8.1%)	後発地震のマグニチュードの仮定の違い(本研究は8.0、橋本・横田は7.8)
〃 確率利得	「通常の100倍程度 の確率」	130倍 (28~380倍)	整合的
一部割れケース (M7クラス → M8+) 一週間以内の発生確率	0.42%(6/1437) 「数百回に1回程度」	0.59%(8/1354) ('200回に1回程度') (0.26~1.2%)	(先行研究における仮定等が 見つかず詳細不明)
〃 確率利得	「通常の数倍程度 の確率」	28倍 (12~55倍)	本研究の結果のほうが大きい
M7クラス → M7クラス 一週間以内の発生確率	—	5.2%(71/1354) ('20回に1回程度')	期待される通り、「半割れケース」と同程度の確率

まとめと今後

- ・ 政府がガイドラインで地震発生確率の目安として提示している数字について、大部分は整合的であることを確認した。
- ・ ただし、ガイドラインの「程度」という表現に、結構な幅があるという認識は必要(例えば、「十数回に一回程度」は、「数回に一回～数十回に一回」という意味合い)
- ・ ガイドライン中、一部割れケースの「通常の数倍程度の確率」は、過小評価かもしれない。本研究の結果からすると、「通常の数十倍程度の確率」のほうがより妥当な表現。
- ・ 今後は、今回の結果を用いて、より理解のしやすい表現に整理した「地震確率推移表」(仮称)としてまとめる予定。