

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ける検討の主な論点（中間まとめ）とりまとめ（案）

平成 30 年 11 月 ~~7~~日 22 日

※11 月 13 日開催「南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応検討ワーキンググループ」資料 1 - 1 からの見え直し修正

本部会では、「南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応検討ワーキンググループ」（以下、南海トラフ WG）における防災対応の検討に資するよう、防災対応をとるべき異常な現象であると判断するための基準（評価基準）や、関連した地震学的な観点からの留意点等について整理を行った。現時点における検討結果を報告する。

なお、南海トラフ WG において防災対応の検討を行っているのは、以下の 3 つのケースである。

- ① 半割れケース：南海トラフの東側（または西側）の領域で大規模地震（M8 クラス）が発生し、残り領域が未破壊の状況
- ② 一部割れケース：南海トラフでの事例は知られていないが東北地方太平洋沖地震のような事例として、大規模地震に比べて一回り小さい地震（M7 クラス）が発生した後に、より大きな M8 クラス以上の地震が発生する可能性がある状況
- ③ ゆっくりすべりケース：プレート境界面でのすべりやこれまで観測されたことがないような大きなゆっくりすべりが見られる状況

1. 過去に発生した地震の特徴について

- ・「南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会」（平成 28 年 9 月～平成 29 年 8 月）（以下、調査部会）において、世界中で発生した地震事例のデータベース（ISC-GEM ver. 4）を用いて、

M8クラスの地震発生後、隣接領域で同規模の地震が発生する頻度は、最初の地震発生直後ほど高いこと等が示された。

- ・ 上記のこの調査部会における調査は余震を一部含んだものではあったことから、今回、最新の同データベース（ver.5）を用い、いくつかの方法で余震を除去したデータセットを作成した上で同様の調査をしたところ、結果は上記調査部会における調査結果と概ね同じ傾向であることを確認した（図1）。
- ・ 南海トラフ沿いで発生する地震の特徴として、調査部会では、「日本海溝沿いのプレート境界面に比べ、大きな破壊単位での地震の発生が想起される」と指摘している。
- ・ 南海トラフでの過去の地震を見ると、南海トラフで巨大な地震が発生した領域は、紀伊半島より東側の領域と西側の領域に大きく区分される。白鳳（天武）地震以降の9事例のうち、津波地震の可能性が高い慶長地震を除く8事例ではにおいて、これら両領域がほぼ同時若しくは時間差をおいて発生した事例は、白鳳（天武）、永長・康和¹、明応を除く少なくとも5事例（仁和、正平（康安）、宝永、安政、昭和）とされている。明らかに時間差があるとされているものに限った場合でも、8事例のうち3事例（正平、安政、昭和）がある（地震調査委員会、南海トラフの地震活動の長期評価（第2版）、2013年）（図2）。
- ・ 一方、最近100年程度に発生した世界のM8以上の地震103事例のうち、3年以内に隣接領域で地震が続発したと考えられるものが11事例ある。また、スマトラ地震や東北地方太平洋沖地震のように複数の領域が同時に、または、ほぼ同時に破壊したとされる研究事例もある（図1）。

2. 半割れケース、一部割れケースの評価基準について

（1）カテゴリー分け

- ・ 南海トラフWG ~~での防災対応は、南海トラフの過去の事例をもとに、~~

¹ 地震調査委員会の2013年の長期評価公表後、康和地震は内陸の地震という研究もあるため、ここに分類した。

①「南海トラフの東側（または西側）の領域で大規模地震（M8クラス）が発生し、残り領域が未破壊の状況」を「半割れケース」、南海トラフでの事例は知られていないが東北地方太平洋沖地震で見られた事例として、②「大規模地震に比べて一回り小さい地震（M7クラス）が発生した後に、より大きなM8クラス以上の地震が発生する可能性がある状況」を「一部割れケース」として想定し、これらの防災対応を検討している。

- ・これらの防災対応の実施を判断するにおける防災対応の検討で定義したケース毎の防災対応の実施を判断するためには、それぞれのケースに対応する地震現象をカテゴリー分けし、その評価基準となるしきい値を決める必要がある。地震学の知見のみからは、この評価基準となるしきい値を明示することは難しいが、地震学的な観点から、南海トラフ WG において防災対応基準を検討する上で参考となる考え方等を提示することは可能である。今回、この検討の参考となるものとして、マグニチュードと破壊域の面積の関係、地震発生確率等について検討し整理した。
- ・過去に発生した宝永、安政、昭和の地震に関してついて、モーメントマグニチュード（以下、 M_w ）と断層破壊域の面積の関係を求めたところ、この中で最小の地震は昭和東南海地震で、 M_w は 8.2、断層破壊域の面積は想定震源域のうち紀伊半島より東側で深さ 10-30km の部分の面積の 75%程度であった（南海トラフで発生した主な地震の M_w を図 3 に示す）。
- ・地震発生確率については、地震活動の時間的、空間的変化から将来の地震発生確率を算出する統計モデルを用いることが適当である。今回、この代表的な統計モデルとして時空間 ETAS モデル（以下、ETAS）があり、今回、このモデルを用いて、先行地震の M_w を変えた場合に、隣接周辺領域で後発する地震の発生確率がどのように変化するか試算した。この際、時空間 ETAS では南海トラフに適した標準的なパラメータが得られていないことから、日本全域及び日本海溝領域に対し求められている最新パラメータを用い、地域を限定して適用した ETAS では南海トラフ沿いの領域でこれまで発

生じた地震を基に算出したパラメータを用いた。基準となる先行地震での発生確率で規格化することで、パラメータ依存性を小さくし、Mw の変化に伴う確率の違いを確認した (図3資料2)。

- ・最初に発生した地震の Mw による違いが比較できるよう、Mw を変化させた際の、破壊域の面積と地震のエネルギー、ETAS による後発地震の発生確率等の変化を整理した (図45、図56)。
- ・ETAS を用いた後発地震の発生確率は、南海トラフで過去に発生した「半割れケース」の地震の中で規模が最小のである昭和東南海地震の Mw8.2 を基準として、M8 クラスの後発地震の発生確率を示した。
- ・Mw の推定誤差を見込んだ下限である Mw8.0 の場合、後発地震の発生確率は3分の2から半分程度の値となっている。
- ・「一部割れケース」として想定したM7クラスの地震によるM8クラスの後発地震の発生確率は、M8クラスの地震の場合に比べ10分の1程度となっている。最初に発生する地震の規模をM6クラスにすると更に10分の1程度低くなり、M8クラスの地震に比べ100分の1程度となる。
- ・ここでは、破壊域の面積や地震モーメントの大きさ、後発地震の発生確率を参考に、各ケースと判断する基準を Mw という一つの指標に代表させたが、大規模地震の発生様式を事前に全てのケースについて想定することは困難であり、実際に地震が発生した際は、Mw を基本としつつ、緊急に解析された破壊域の面積やすべり量の大きさ等を総合的に評価して、「半割れケース」、「一部割れケース」等を判断する必要がある。
- ・昭和、安政、宝永の3事例では、想定震源域のうち深さ10-30kmの部分の70%程度以上(日向灘を除くと80%程度以上)が同時または、時間差をもって破壊された(図67)。このような割れ残りが生じた際、割れ残った領域を破壊した大規模地震は過去事例としては知られていない。しかし、これらの領域は、すでに破壊された領域と近接していることから、未破壊領域に対する地震発生の可能性が評価されるまでの間、余震等への注意喚起と併せ、地震活動に対

する一般的な注意喚起が必要である。この際、想定震源域のうち、破壊された領域の範囲と破壊されていない領域の範囲を公表することが重要である。

- ・想定震源域の中に、破壊された領域と、破壊されていない領域が併存している場合の防災対応は、最初に発生した地震に対する防災対応を含め、想定震源域全体に対して総合的に検討することが重要である（参考資料）。

（２）日向灘の地震の取り扱い

- ・日向灘で発生した地震について、その後M8クラス（あるいはそれ以上）の地震が発生した事例は知られていない（図8-7、図9-8）。しかし、日向灘での数少ない事例のみをもってこの領域の地震が南海トラフのM8クラスの地震に繋がらない特別な領域であると評価することは困難である。
- ・一方、日向灘は南海トラフの最大クラスの地震の想定において、震源域が更に西側に拡大した場合の領域として想定されたものである。しかし、この領域で発生した地震が、それよりも東側の領域と同様に南海トラフの領域全体に影響する可能性は否定できない。
- ・そのため、日向灘の地震についてはも、南海トラフの想定震源域における他の領域の地震と同一の基準で評価するのが適当である。

（３）プレート境界型以外の地震の取り扱い

- ・想定震源域のフィリピン海プレートの内部や陸側のプレートの内部（地殻内）のM8クラスやM7クラスの地震、海溝軸外側などの周辺領域で発生したM8クラスの地震やM7クラスの地震などのプレート境界型以外の地震の取り扱いについては、これらの地震が想定震源域内のプレート境界に与える影響について定量的に評価することは困難である。一方で、例えば2004年9月5日の三重県南東沖の地震（M7.4）はプレート内部で発生した地震であるが、地震発生後に想定震源域のプレート境界面の浅部で超低周波地震を引き起こしたとされる研究報告がある。また、クーロン応力を考

慮すると想定震源域内へ影響を及ぼす可能性もある。

- ・以上のことから、これらの領域の地震は、プレート境界に影響を与えると考えられ、注意することが重要である。この場合、南海トラフで想定する「半割れケース」の地震の場合とは異なり、南海トラフ全域での地震発生に対して注意等と呼びかけることとなる。
- ・この際、周辺領域で発生する地震については、過去の海溝軸外側の地震が発生している領域を踏まえ、想定震源域の海溝軸外側 50km 程度まで拡張した範囲に震源域が含まれる地震を評価対象とするのが適当である（図 9-10、図 10-11）。
- ・~~なお、これら領域で発生する地震については、現時点では、M7クラスとM8クラスの地震を区別した評価が行えていない。今後の課題である。~~

（４）防災対応実施期間同規模の終り時地震が連発した場合の評価取り扱い

- ・防災対応の基準を下回る地震であっても、これが連発した場合は、ETAS を用いて後発地震の発生確率を評価し、基準となる地震と同等以上の発生確率となった場合は、それに対応する防災対応をとることが適切と考えてよいか。（資料2でのちほど議論）

（５）防災対応実施期間の終了について

- ・最初の地震発生からある一定期間が経過した際、仮に地震活動が標準的な活動と比べ著しく活発であった場合でも、過去の大規模地震発生後の地震活動の推移にはばらつきがあり、後発地震の発生可能性を評価することは難しい（図 11-12）。そのため、地震活動の推移を周知することは重要であるものの、防災対応期間の延長に資するような科学的評価を行うことは困難である。
- ・この一定期間経過後も、地震発生の可能性がなくなったわけではない旨の注意喚起をすることが重要である。
- ・~~なお、これまで知られていないが、仮に、地震活動が減衰しないような現象が発生した場合はその旨の注意喚起をすることが必要で~~

~~ある。この場合、防災対応の終了は、地震活動が通常の活動と同様に減衰し始めてからの一定期間とするのがよいのではないか。~~

3. ゆっくりすべりケースの評価基準について

- ・「ゆっくりすべりケース」では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ゆっくりすべりを評価の対象とする（図 4213）。
- ・この「有意な変化」とは、変化速度の大きな現象を検出対象として、単位時間（例えば 24 時間）あたりの変化量が通常のノイズレベルを有意に超える変化量を設定する。
- ・複数のひずみ計等で有意な変化が観測され、想定震源域内のプレート境界で通常と異なるゆっくりすべりが発生している可能性がある場合など、南海トラフ地震との関連性の検討が必要と認められる変化を観測した場合に調査を開始する。
- ・調査の結果、通常とは異なる場所や発生様式（変化速度が大きいなど）のゆっくりすべりがプレート境界で発生していると判断した場合は、調査部会の報告書にあるとおり定量的な評価はできないものの、定性的には、南海トラフ地震発生の可能性が平常時と比べて相対的に高まっていると評価することが可能である。
- ・なお、プレート境界でゆっくりすべりが発生した際には、地殻変動のほか、深部低周波地震や浅部低周波地震等の地震活動が観測されることもあるので、これらの観測結果を総合的に評価することが重要である。
- ・変化が収まった場合には、変化していた期間と概ね同程度の期間での様子を見て、新たな変化が見られなかった場合には、事象の発生中と比べて地震発生の可能性は低減したと判断する。
- ・ただし、地震発生の可能性が低減したと判断した場合においても、地震発生の可能性がなくなったわけではない旨の注意喚起をすることが重要である。
- ・なお、南海トラフでは数ヶ月間から数年間継続するようなゆっくりすべりが発生することが知られているが、それらの変化速度は

小さく、短期間にプレート境界の固着状態が変化するようなものではないことから本ケースでの評価対象とはしない。

4. 半割れケースまたは一部割れケースとゆっくりすべりケースが同時に発生した際の評価について

- ・半割れケースまたは一部割れケースに相当するようなM8やM7クラスの地震が発生すると、地震発生に伴う急激な地殻変動とそれに引き続く余効変動が観測されると考えられる。このような場合、地震直後に余効変動のメカニズムを見極めることは困難で、ある程度の期間、余効変動の推移を監視する必要がある。仮にゆっくりすべりが検出できた場合でも、現在の科学的な知見においては、地震発生の可能性が相対的に高まっていると評価できるものの、半割れケースまたは一部割れケースにおける地震発生の可能性が更に高まっているか否かを定量的に評価することはできない。

(参考)

- ・近年、地震発生後の余効変動には、断層面上での余効すべりと粘弾性媒質中での応力緩和にかかる変動に区別されることが分かってきた。しかし、現時点においては、これら変化の区分は、余効変動が始まってからある程度の時間が経過した後に評価できるのが実情である。今後、地震発生直後からの地殻変動が評価できるよう研究を進めることが重要である（図 1314、図 1415）。

5. 現象発生後の評価の推移について

- ・現状では、発生した地震に対して気象庁の「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会（以下、評価検討会）」の評価結果が発表されるのは地震発生から最短で2時間後であり、これまでの間、被災地域以外に対して後発地震に関する情報提供が行われなかったこととなる（図 1516）。
- ・しかし、地震発生直後ほど後発地震の発生確率が高いことを踏まえ、評価検討会による調査が開始されるまでの間に入手可能な震度分布、すべり分布、Mw 等の観測・解析データを用いて、可能な

限り早い段階から、何らかの情報提供を行うことが重要である。

6. おわりに

- ・本部会では、評価基準の検討に資する議論を行った。ただし、現時点の科学的知見をもとに取りまとめたものであり、今後の調査研究の進展等を踏まえ、適切に見直し等が行われる必要がある。
- ・また、実際には典型的な事例以外にも多様な現象が発生することが考えられる。この例えば、既存の地震活動モデルに基づかない地震活動（時間経過により減衰しない）が見られる等、これまでに経験のない異常な現象が起きた場合においても、様々な観測データを迅速に解析し、本報告の考え方に準じて総合的に評価する体制を構築することが重要である。
- ・この評価を行うためには、リアルタイム的に地震・地殻現象を解析できるようにすることが重要であり、特に、確率的評価を行う ETAS について、リアルタイムでの処理の実現が不可欠である。
- ・また、この評価において、これまでに見た事がないような特異な現象が発生した際には、その旨を含めて報告・公表することが重要である。
- ・さらに、地震発生の可能性を適切に評価し、防災対応に活かしていくためには必要な観測及び測量体制を補強・充実し、特に南海トラフの西側の領域の観測及び測量が不足しており、強化が重要である。また、地殻変動の定量評価や観測データを取り込んだ地震発生シミュレーションの研究など、現象を理解するための調査研究の推進が引き続き重要である。観測及び測量や調査研究の主要な項目については、「南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性について」（南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会、平成 29 年 8 月公表）を参考願いたい。

中央防災会議 防災対策実行会議
南海トラフ沿いの異常な現象への防災対応検討ワーキンググループ
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

委員名簿

座長	やまおか 山岡	こうしゅん 耕春	名古屋大学大学院環境学研究科附属 地震火山研究センター 教授
委員	い で 井出	さとし 哲	東京大学大学院理学系研究科 教授
	う ね 宇根	ひろし 寛	国土地理院地理地殻活動研究センター長
	おぼら 小原	かずしげ 一成	東京大学地震研究所 教授
	しおみ 汐見	かつひこ 勝彦	防災科学技術研究所地震津波防災研究部門 副部門長
	ほり 堀	たかね 高峰	海洋研究開発機構地震津波海域観測研究開発センター 地震津波予測研究グループ グループリーダー
まつざわ 松澤	とおる 暢	東北大学大学院理学研究科附属 地震・噴火予知研究観測センター長・教授	
みやざわ 宮澤	まさとし 理稔	京都大学防災研究所 准教授	
よこた 横田	たかし 崇	愛知工業大学地域防災研究センター長・教授	

計9名（敬称略）

事務局 内閣府政策統括官（防災担当）、気象庁

検 討 経 緯

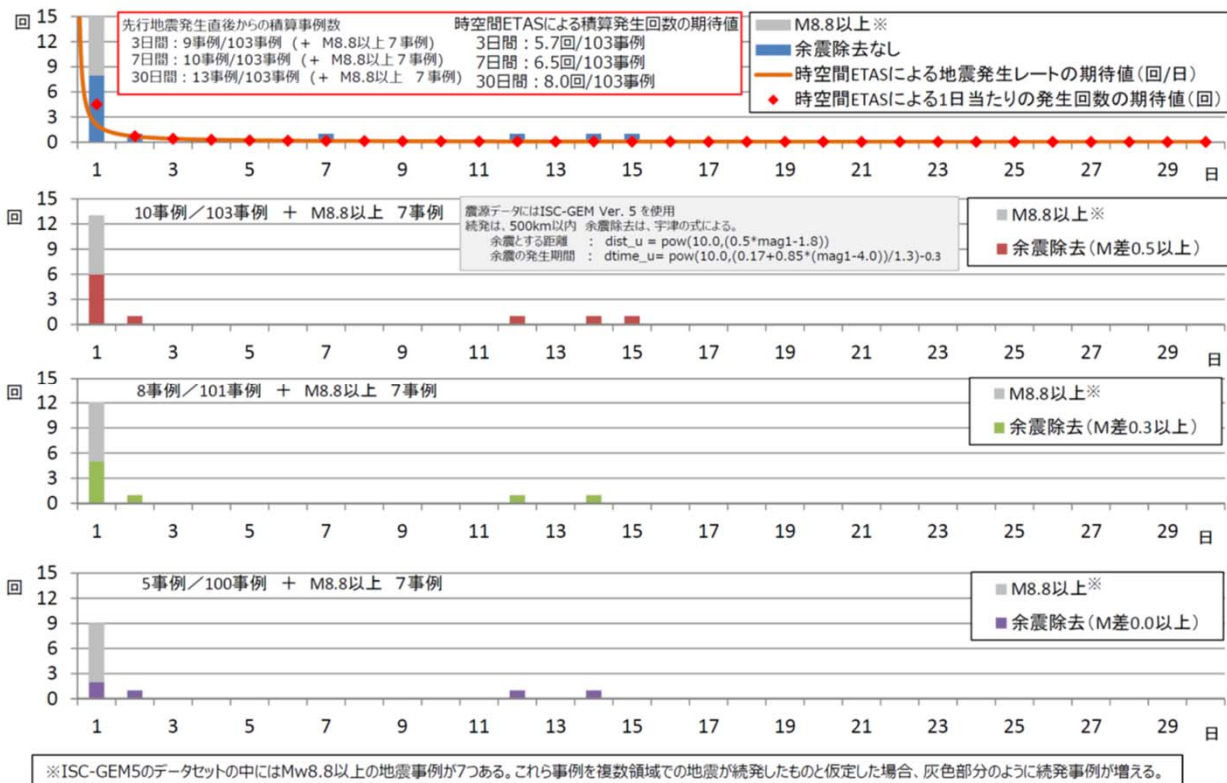
- 第1回 平成30年10月17日
- 第2回 平成30年11月1日
- 第3回 平成30年11月7日
- 第4回 平成30年11月22日

(別冊 図表集)

M8.0以上→M7.8以上の連動

連動は、500km以内 余震除去は、宇津の式による。
 余震とする距離 : $dist_u = \text{pow}(10.0, (0.5 * mag1 - 1.8))$
 余震の発生期間 : $dt_{time_u} = \text{pow}(10.0, (0.17 + 0.85 * (mag1 - 4.0))) / 1.3 - 0.3$

- M8.0以上（103事例）の地震に続いて、M7.8以上の地震が連続（30日内）したケースの発生パターン（横軸：継続するまでの時間 日単位）



M7.0-7.9→M7.8以上の連動

連動は、500km以内 余震除去は、宇津の式による。
 余震とする距離 : $dist_u = \text{pow}(10.0, (0.5 * mag1 - 1.8))$
 余震の発生期間 : $dt_{time_u} = \text{pow}(10.0, (0.17 + 0.85 * (mag1 - 4.0))) / 1.3 - 0.3$

- M7.0-7.9（1334事例）の地震に続いて、M7.8以上の地震が連続（30日内）したケースの発生パターン（横軸：継続するまでの時間 日単位）

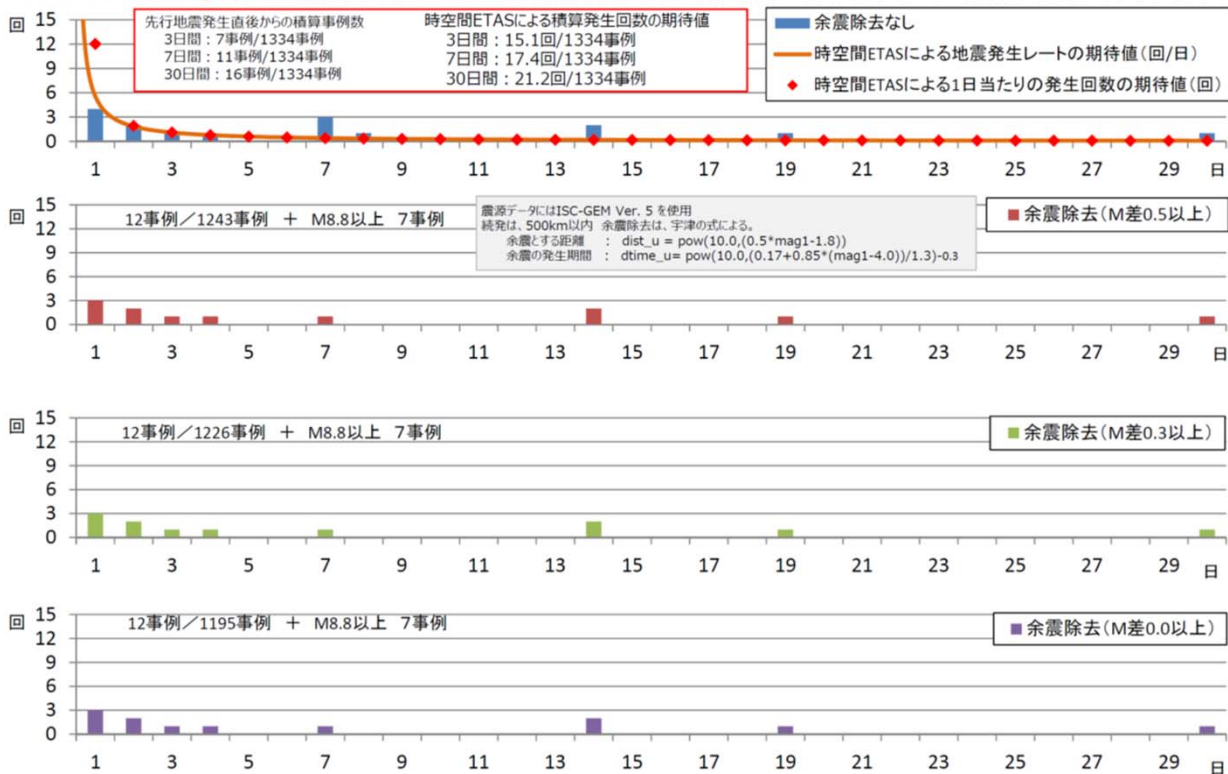
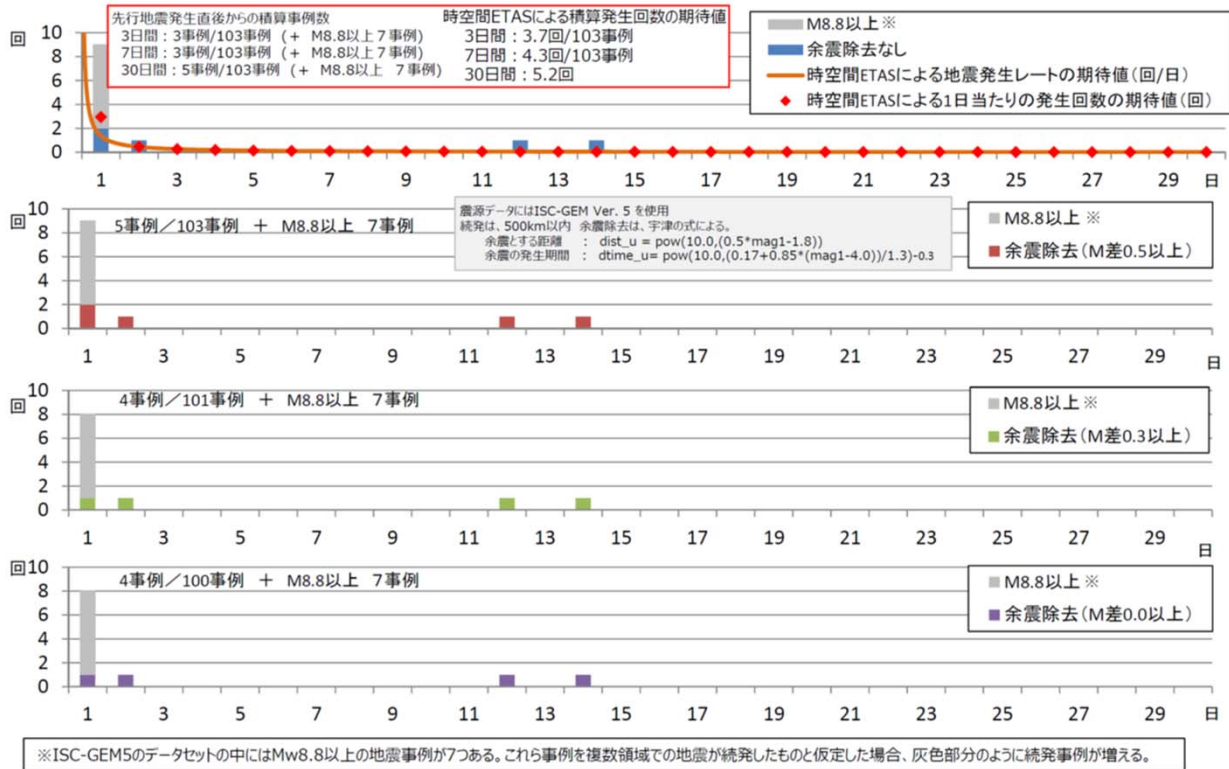


図1-1 M7.8以上の地震が連動したケースの発生パターン

M8.0以上→M8.0以上の連動

連動は、500km以内 余震除去は、宇津の式による。
 余震とする距離 : $dist_u = pow(10.0, (0.5 * mag1 - 1.8))$
 余震の発生期間 : $dtime_u = pow(10.0, (0.17 + 0.85 * (mag1 - 4.0)) / 1.3) - 0.3$

- M8.0以上 (103事例) の地震に続いて、M8.0以上の地震が**続発 (30日内)** したケースの発生パターン (横軸: 続発するまでの時間 日単位)



M7.0-7.9→M8.0以上の連動

連動は、500km以内 余震除去は、宇津の式による。
 余震とする距離 : $dist_u = pow(10.0, (0.5 * mag1 - 1.8))$
 余震の発生期間 : $dtime_u = pow(10.0, (0.17 + 0.85 * (mag1 - 4.0)) / 1.3) - 0.3$

- M7.0-7.9 (1334事例) の地震に続いて、M8.0以上の地震が**続発 (30日内)** したケースの発生パターン (横軸: 続発するまでの時間 日単位)

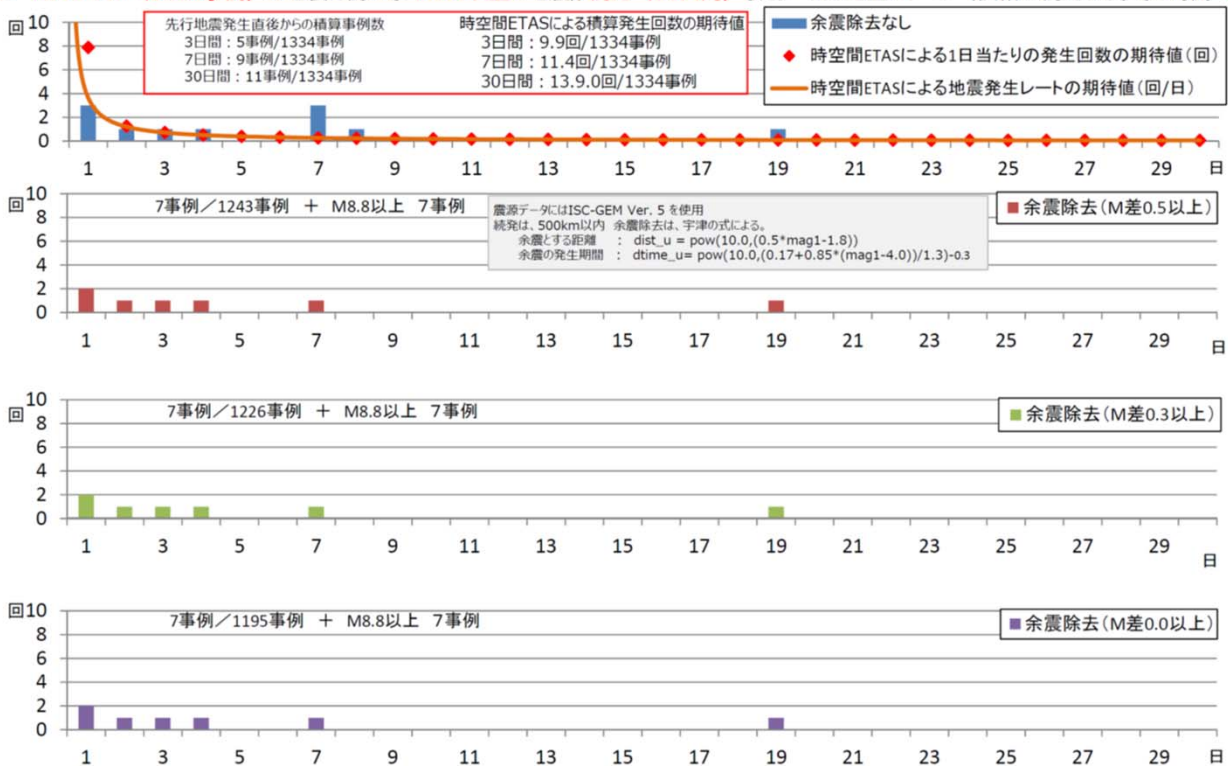


図1-2 M8.0以上の地震が連動したケースの発生パターン

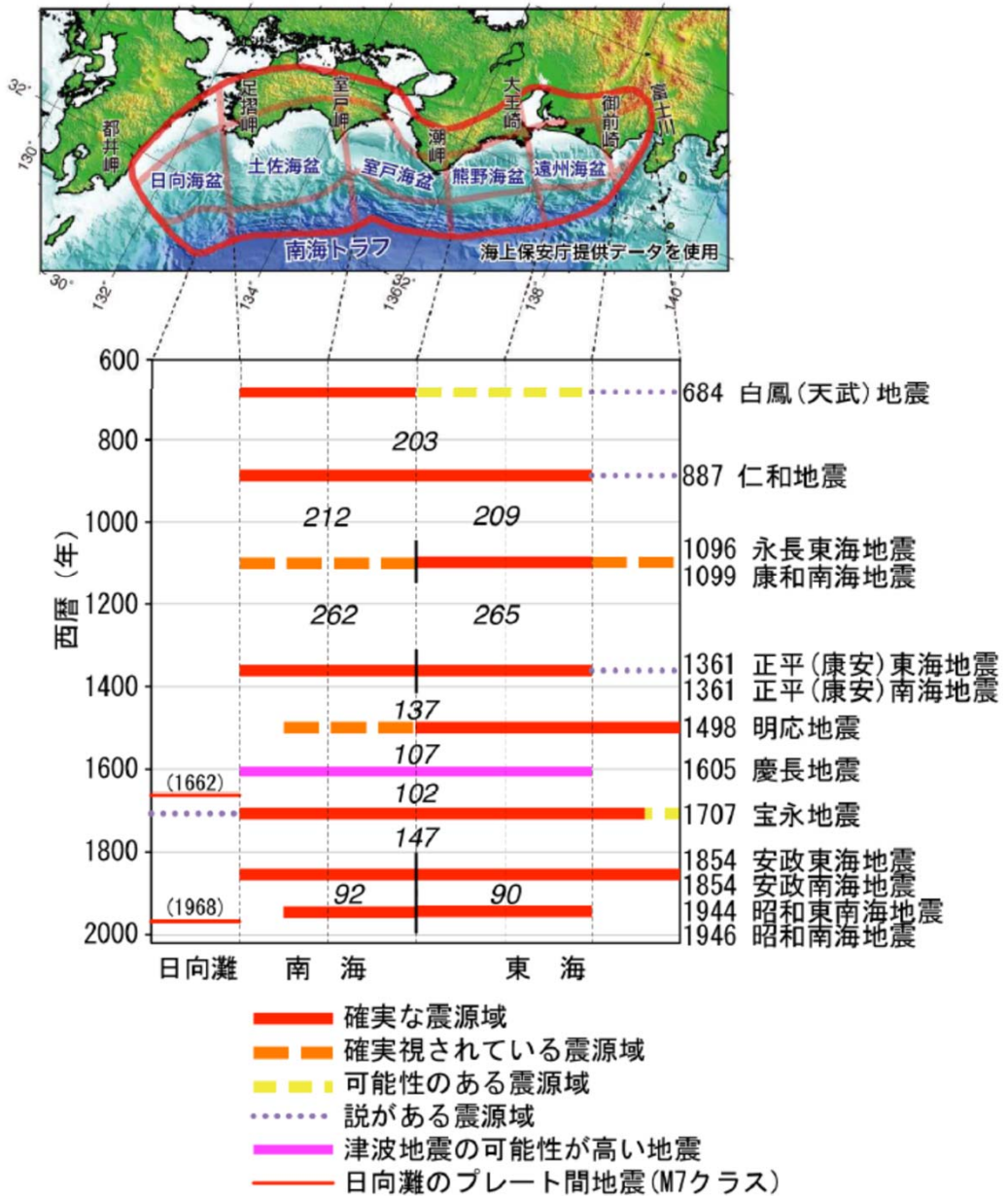


図2 南海トラフで過去に起きた大地震の震源域の時空間分布（石橋，2002 をもとに編集）

- ・白鳳（天武）地震（684 年）以降の地震を示している。
- ・図中イタリック体で表した数字は、地震の発生間隔（年）を示す。
- ・震源域は地形の境界（都井岬、足摺岬、室戸岬、潮岬、大王崎、御前崎、富士川）で東西方向に区切っている。
- ・黒の縦棒は、南海と東海の地震が時間差（数年以内）をおいて発生したことを示す。

発生年月日	震央地名 (地震名称)	M	Mw (気象庁)	Mw (内閣府)	Mw (USGS)	Mw (ISC-GEM5)	Mt
1707/10/28	宝永地震	8.6	-	8.9	-	-	8.4
1854/7/23	安政東海地震	8.4	-	8.6	-	-	8.3
1854/7/24	安政南海地震	8.4	-	8.7	-	-	8.3
1931/11/2	日向灘	7.1	-	-	-	7.9	7.3
1941/11/19	日向灘	7.2	-	-	-	8.0	7.6
1944/12/7	昭和東南海地震	7.9	-	8.2	-	8.1	8.1
1946/12/21	昭和南海地震	8.0	-	8.4	-	8.3	8.1
1961/2/27	日向灘	7.0	-	-	-	7.5	7.5
1968/4/1	日向灘	7.5	-	-	-	7.5	7.7
1984/8/7	日向灘	7.1	-	-	-	6.9	6.9
2004/9/5	三重県南東沖	7.1	7.3	-	7.2	7.2	-
2004/9/5	三重県南東沖	7.4	7.5	-	7.4	7.4	-
2009/8/11	駿河湾	6.5	6.3	-	6.2	6.7	-

図3 南海トラフにおける過去の地震のマグニチュード比較

- (※1) Mのうち、宝永地震、安政東海地震、安政南海地震は日本被害地震総覧(2013)によるマグニチュード、その他は気象庁マグニチュード(Mj)を示す。また、Mwはモーメントマグニチュード、Mtは津波マグニチュードを示す。
- (※2) Mtのうち、宝永地震、安政東海地震、安政南海地震は阿部(1988)「津波マグニチュードによる日本付近の地震津波の定量化」(東京大学地震研究所彙報,63)、その他は阿部(1999)「遡上高を用いた津波マグニチュードMtの決定」(日本地震学会地震第2輯,52)による。
- (※3) 図10「南海トラフにおける過去の地震発生について」の吹き出しに記載されているマグニチュードを赤字で示している。

Mw	想定震源域のうち西側に対する面積比 ※括弧内はMw8.2に対する比	想定震源域のうち東側に対する面積比 ※括弧内はMw8.2に対する比	地震モーメント (Mw8.2の値に対する比)	ETASによる1週間以内M8クラスの発生確率 (Mw8.2の値に対する比)
8.2	51% (1.00)	75% (1.00)	1	1
8.1	41% (0.79)	60% (0.79)	0.71	0.81-0.86
8.0	32% (0.63)	47% (0.63)	0.50	0.65-0.73
7.9	26% (0.50)	38% (0.50)	0.35	0.52-0.63
7.8	21% (0.40)	30% (0.40)	0.25	0.42-0.54
7.7	16% (0.32)	24% (0.32)	0.18	0.33-0.46

図5 Mwの変化に伴う、破壊域の面積、地震のエネルギー、ETASによる後発地震の発生確率等の変化 (Mw8.2~7.7)

Mw	想定震源域のうち紀伊半島以西に対する面積比 ※括弧内はMw8.2に対する比	想定震源域のうち紀伊半島以东に対する面積比 ※括弧内はMw8.2に対する比	地震モーメント (Mw8.2の値に対する比)	ETASによる1週間以内M8クラスの発生確率 (Mw8.2の値に対する比)	基準Mを越える地震事例数 (1923年以降、東南海・南海以外はMj)
8.2	51% (1.00)	75% (1.00)	1.0	1.00	2
8.0	32% (0.63)	47% (0.63)	0.5	0.65-0.73	2
7.5	10% (0.20)	15% (0.20)	0.09	0.21-0.34	3
7.0	3.2% (0.06)	4.7% (0.06)	0.02	0.07-0.16	9
6.5	1.0% (0.02)	1.5% (0.02)	0.003	0.02-0.07	25

図6 Mwの変化に伴う、破壊域の面積、地震のエネルギー、ETASによる後発地震の発生確率等の変化 (Mw8.2~6.5)

面積比の求め方:「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」(2015年)で求められた昭和東南海と昭和南海地震をあわせた津波断層モデルのうち、紀伊半島より東側部分の面積(22611km²)を基準に、昭和東南海地震をMw8.2と仮定し、スケーリング則で各Mwでの面積を算出。これを想定震源域(日向灘除く)のうち深さ10-30km部分の面積(紀伊半島より西側:43965km²、同東側:30125km²)と比較。ETASは1週間以内に500km以内でM8.0以上が発生する確率の5つのモデルの上限値と下限値を記載。

	全割れケース	紀伊半島以西での半割れケース	紀伊半島以東での半割れケース
宝永	90% (82%)	93% (81%)	85%
安政	98% (89%)	96% (83%)	100%
昭和	81% (67%)	86% (63%)	75%

図7 過去に発生した南海トラフの大規模地震の破壊域の面積比

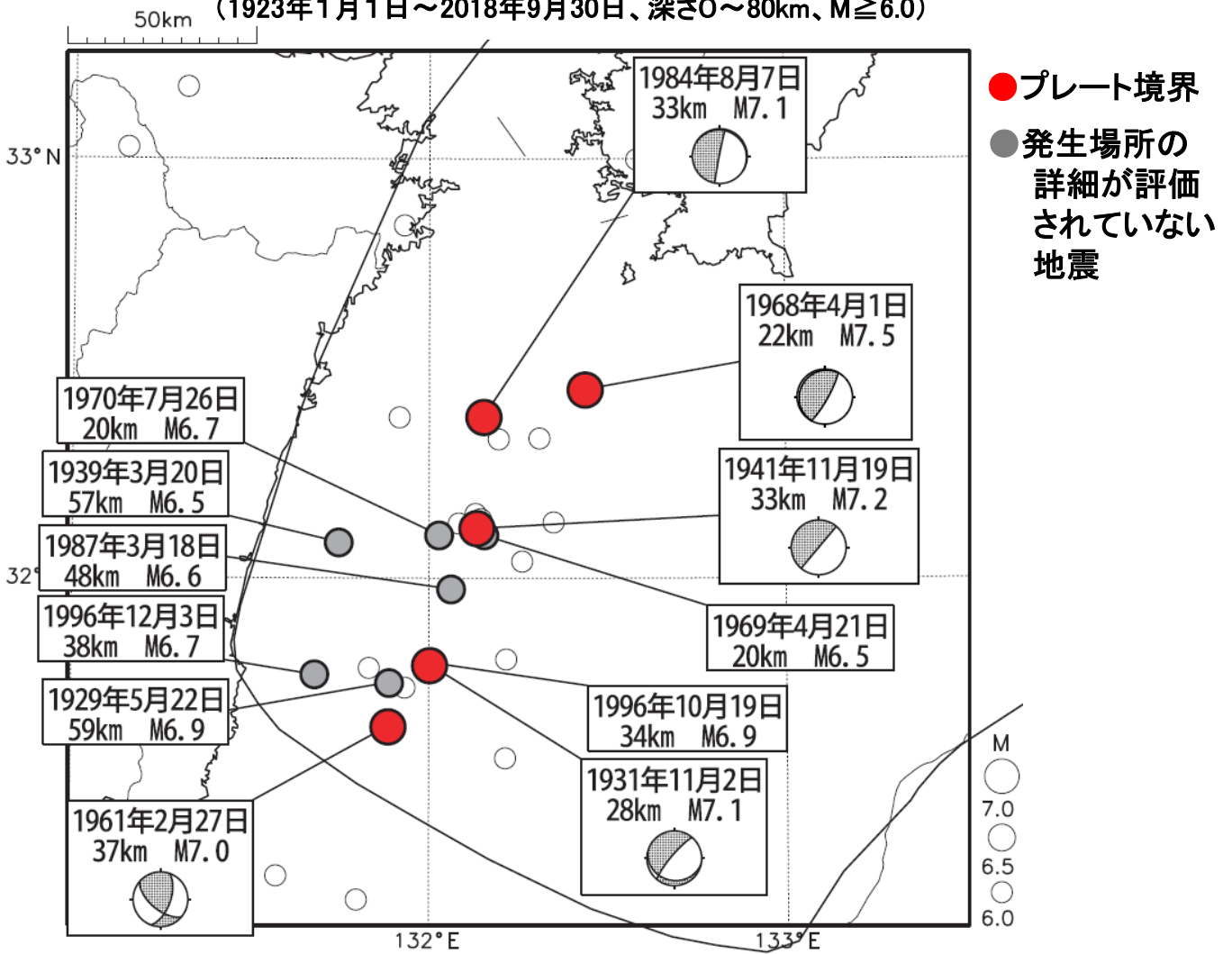
※主部(深さ10-30km、日向灘除く)における面積比。括弧内は日向灘を含めた場合。

※「全割れケース」は「南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動に関する報告」(2015年)で求められた各津波断層モデルの破壊域のうち、日向灘を除いた深さ10-30kmの部分の面積を、想定震源域のうち日向灘を除いた深さ10-30kmの部分の面積で割った値。

「半割れケース」は上記震源域のうち紀伊半島以東・以西それぞれの部分の面積を、想定震源域のうち日向灘を除いた深さ10-30kmの部分の紀伊半島以東・以西それぞれの部分の面積で割った値。

震央分布図

(1923年1月1日～2018年9月30日、深さ0～80km、M \geq 6.0)



M6.5以上の地震に吹き出しをつけている。

南海トラフ想定震源域

M6.5以上の地震について、地震調査研究推進本部の評価により、発生場所が明確であるものについては「●プレート境界」と色をつけている。M6.5以上で発生場所の詳細が明確でないものは「●詳細不明」と色をつけている。

上図の南海トラフ想定震源域内の地震活動経過図

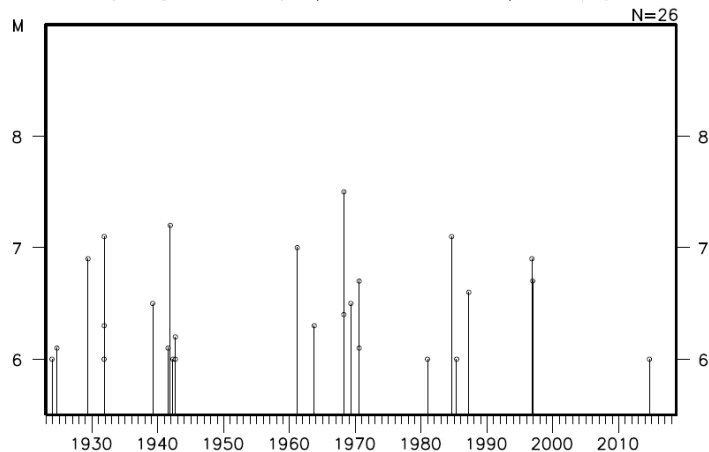
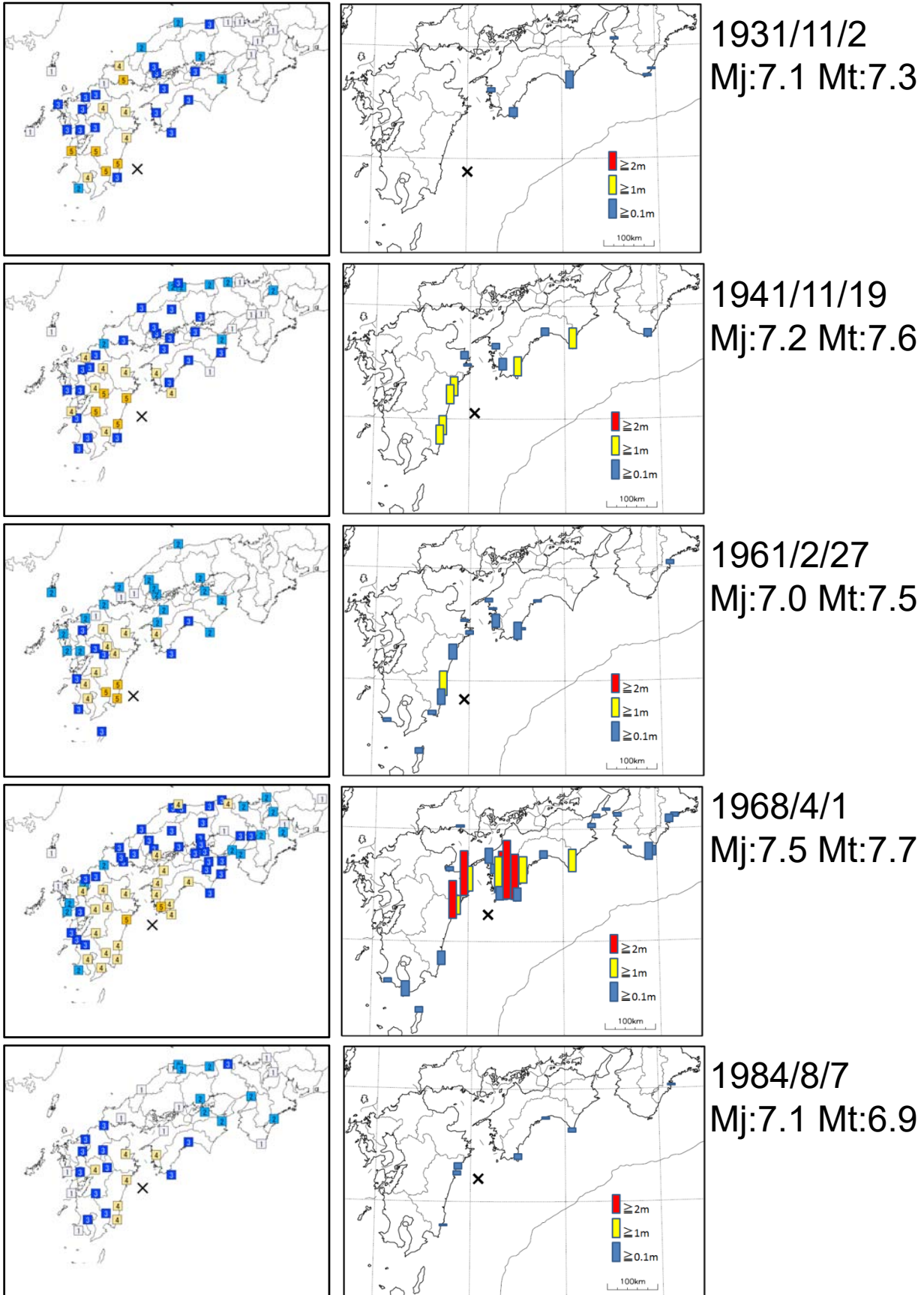


図8 日向灘における過去の地震



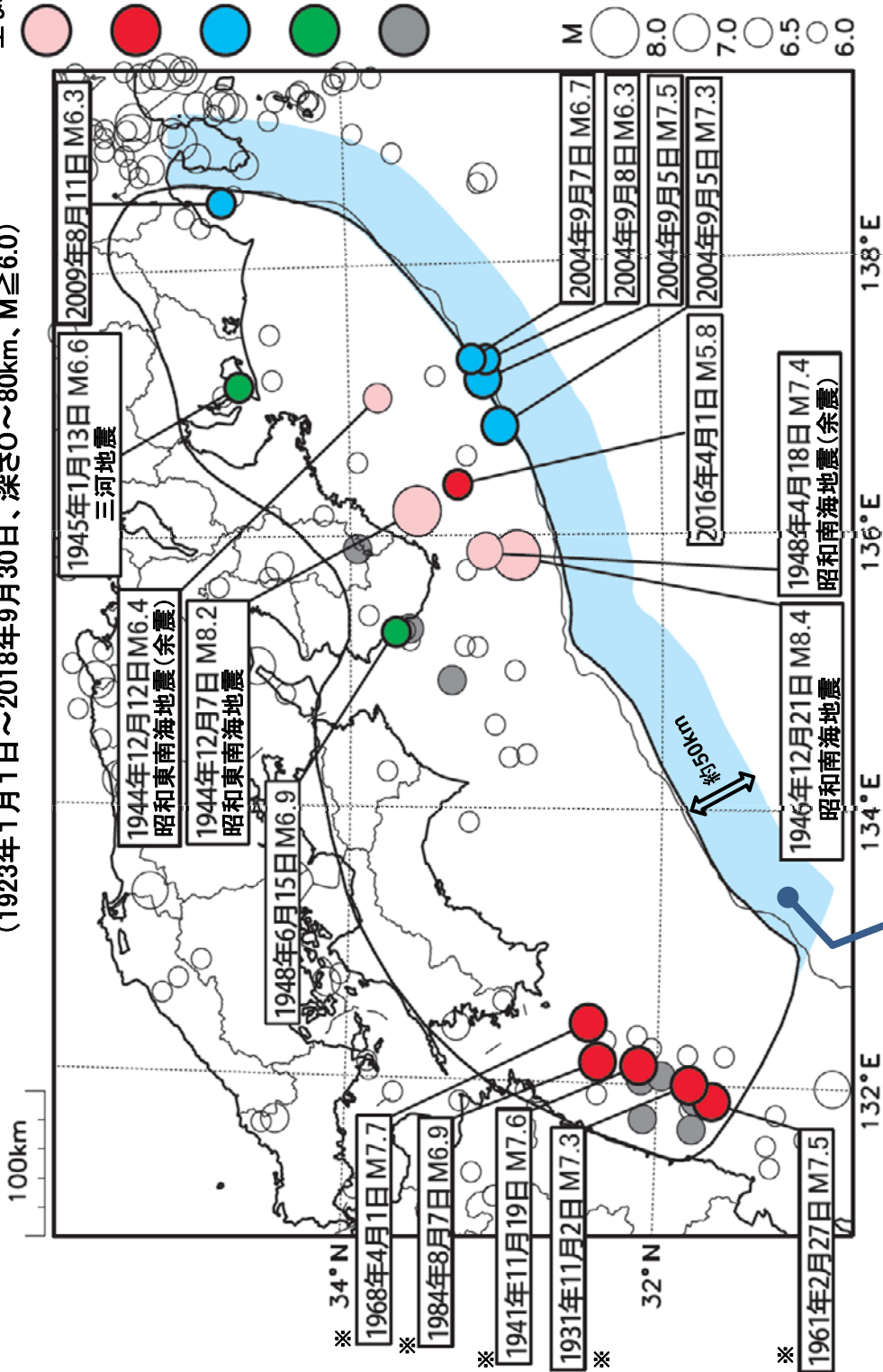
Miは気象庁マグニチュード、Mwはモーメントマグニチュード(ISCGEMより)、Mtは津波マグニチュードを示す。
 出典：渡辺 偉夫「日本被害津波総覧」、宇佐美 龍夫「日本被害地震総覧 599-2012」、阿部(1988)
 津波の高さの図は、それぞれの出典のデータから気象庁で作成した。津波の高さは、検潮所および現地調査のデータが含まれており、同一地点で異なる値の場合は高い方を引用している。0.1m未満の値は0.1mとして表示している。

図9 日向灘で発生したM7以上の地震の震度分布・津波観測値

南海トラフ想定震源域周辺の
主な地震の評価

- 昭和東南海・南海地震
およびその余震
- プレート境界
- フィリピン海
プレート内部
- 地殻内
- 発生場所の詳細が
評価されていない地震

震央分布図
(1923年1月1日～2018年9月30日、深さ0～80km、M_s≥6.0)



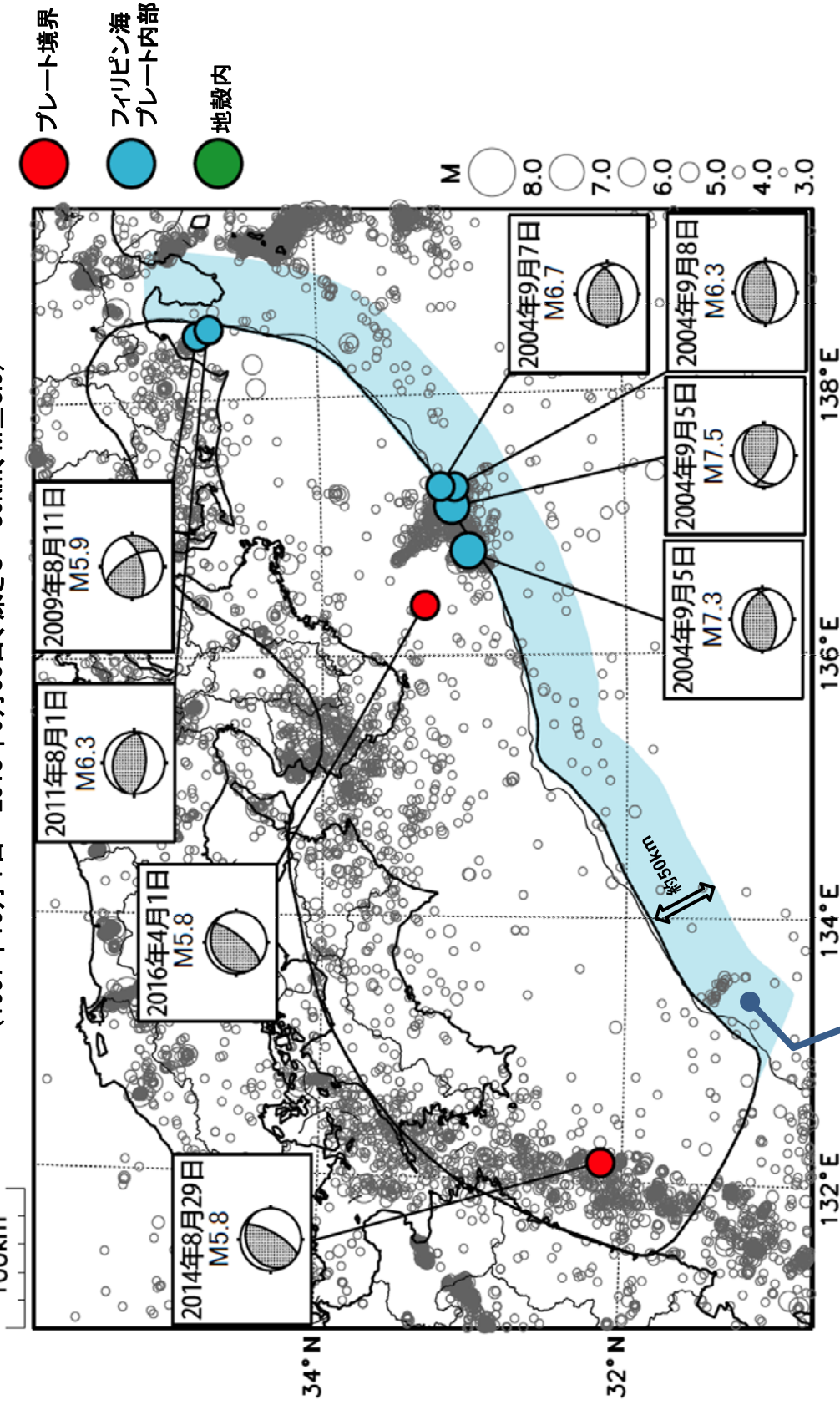
海溝軸外側で発生した地震のうち、一部割れケースの地震と同様に取り扱う領域。

南海トラフ想定震源域周辺の地震について、地震調査研究推進本部の評価等により発生場所が明確であるものについては「●プレート境界」「●フィリピン海プレート内」「●地殻内」と色をつけている。発生場所の詳細が明確でないものは「●詳細不明」と色をつけている。
吹き出しを付けた地震のマグニチュードは気象庁で求めたM_wもしくはISCSEMのM_wを示している。※が付されている地震のM_sは津波マグニチュードを用いた。
2016年4月1日の地震(M_w5.8)はプレート境界で発生した地震のため参考を示している。
周辺領域で発生する地震については、過去の海溝軸外側の地震が発生している領域を踏まえ、想定震源域の外側50km程度まで拡張した範囲を示している。

図10 南海トラフにおける過去の地震発生

南海トラフ想定震源域周辺の
主な地震の評価

震央分布図
(1997年10月1日～2018年9月30日、深さ0～80km、 $M \geq 3.0$)



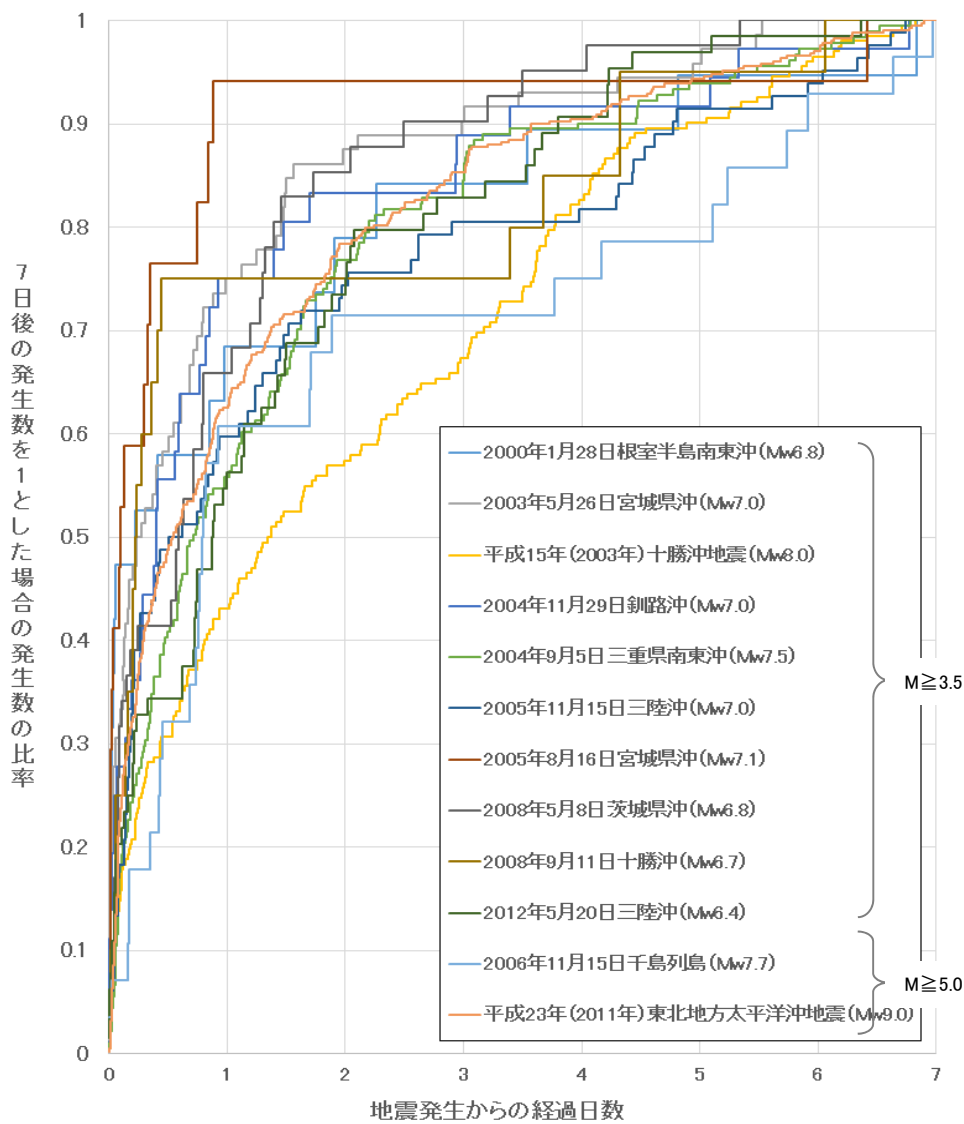
海溝軸外側で発生した地震のうち、一部割れケースの地震と同様に取り扱う領域。

南海トラフ想定震源域周辺の地震について、地震調査研究推進本部の評価等により発生場所が明確であるものについては「●プレート境界」「●フィリピン海プレート内」と色をつけている。

吹き出しを付けた地震のマグニチュードは気象庁で求めた M_w を示している。発震機構解は気象庁のCMT解を用いている。周辺領域で発生する地震については、過去の海溝軸外側の地震が発生している領域を踏まえ、想定震源域の海溝軸外側50km程度まで拡張した範囲を示している。

図 1 1 南海トラフにおける最近の地震発生状況

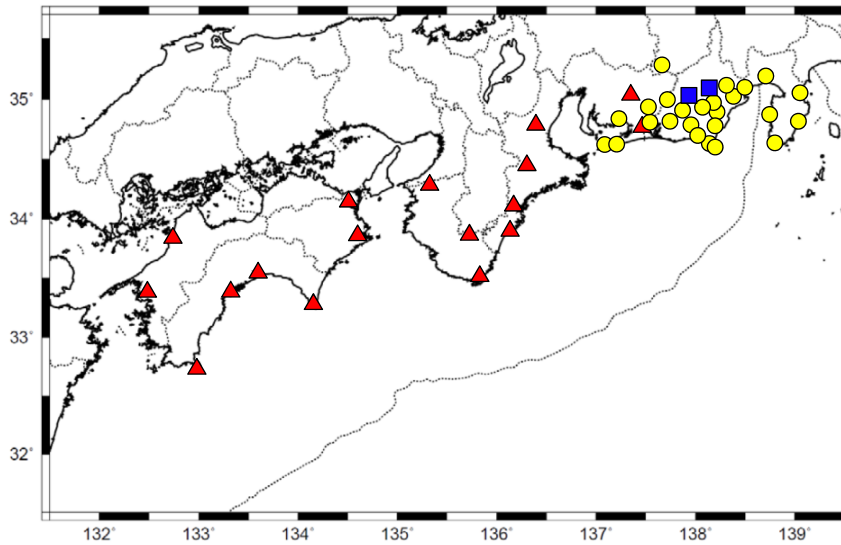
主な地震の回数比較グラフ(海域で発生した地震)



- ・地震発生から1週間の回数が1になるように規格化して表示している。
- ・平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震、2006年11月15日の千島列島の地震はM5.0以上の地震回数、その他の地震はM3.5以上の地震回数をカウントしている。

図12 主な地震の地震活動の推移

ひずみ観測点



● 気象庁観測点 ▲ 産業技術総合研究所観測点 ■ 静岡県観測点

南海トラフ沿いの大規模地震の予測可能性に関する調査部会(平成29年8月)に加筆

ひずみ変化のイメージ図

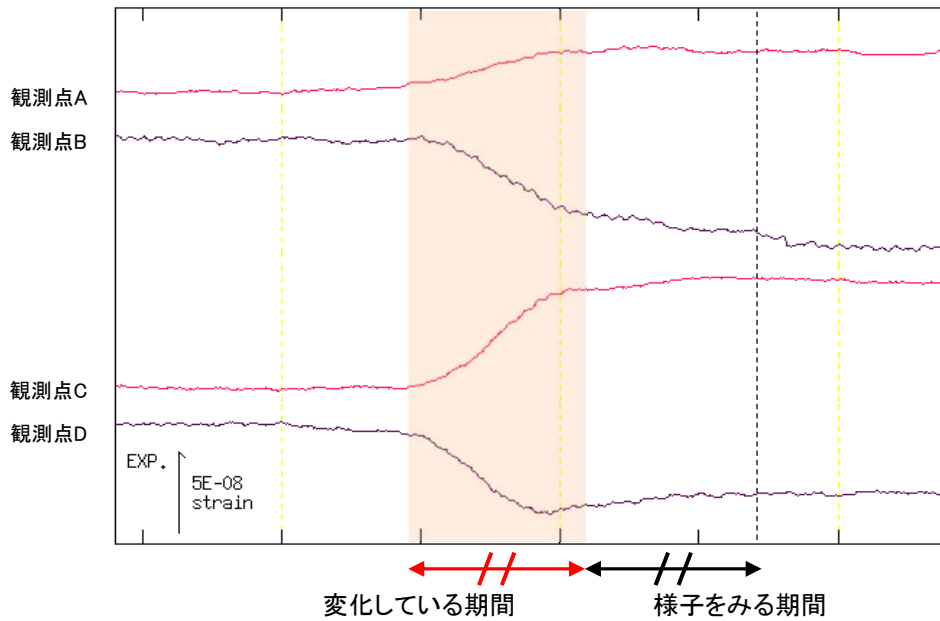


図 1 3 ゆっくりすべり現象の始まりと終わりの判断

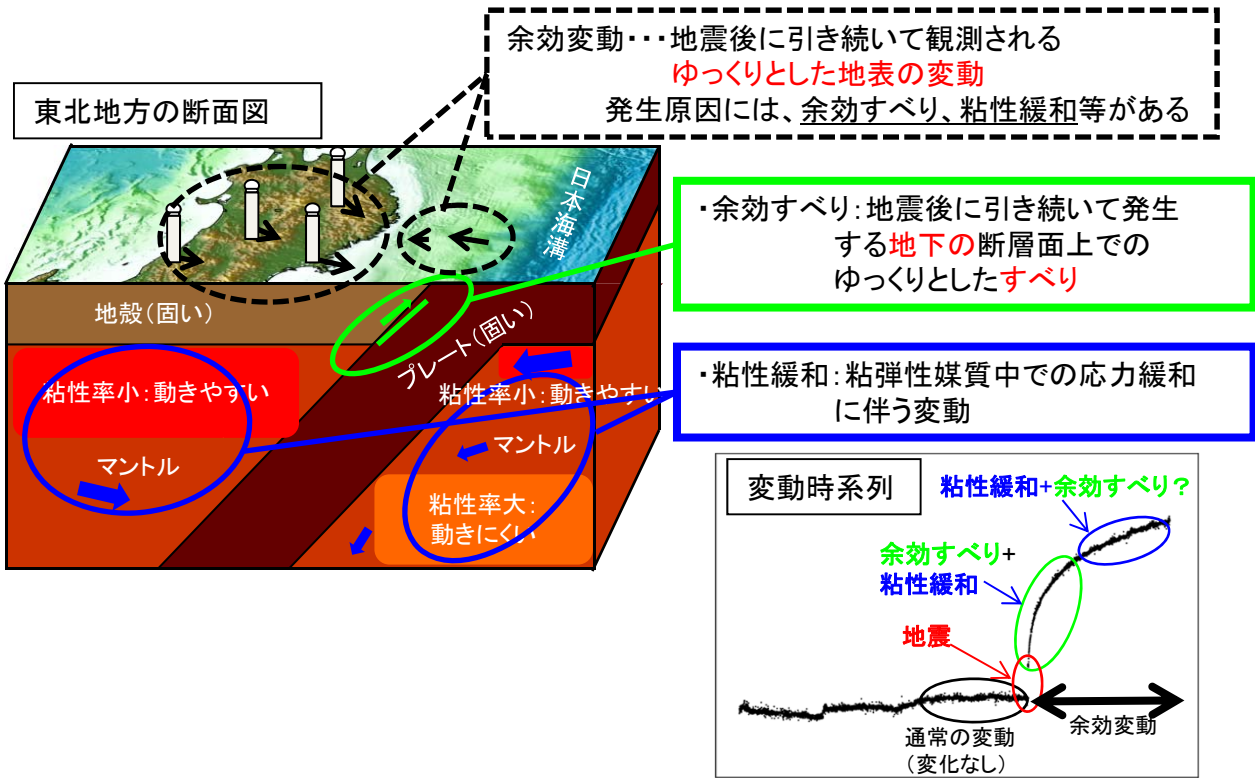
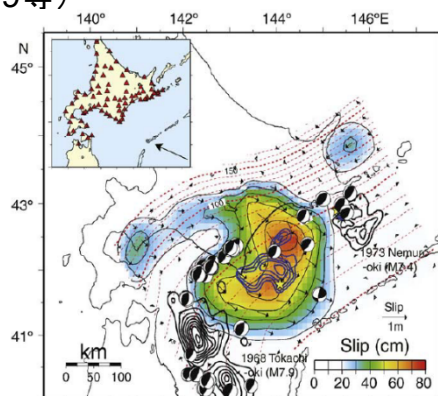


図 1 4 余効変動と発生原因

余効すべりの把握がなぜ必要か？

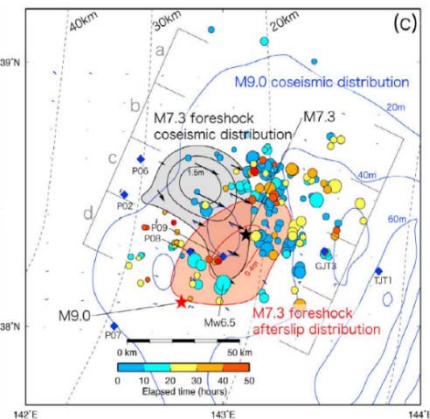
【2003年十勝沖地震】

2003年十勝沖地震の余効すべり域が東深部に拡大し、2004年11月の釧路沖の地震(M7.1)の発生を促進した。(Murakami et al., 2006, Uchida et al., 2009等)



【2011年東北地方太平洋沖地震】

3月9日の最大前震の後に、余効すべりが発生。余効すべりが南東側に拡大し、本震の破壊開始点付近に至った。(Ohta et al., 2012等)



大地震発生後に、余効すべりが周辺に進展したり、加速していないかを迅速に把握することが必要

図 1 5 余効すべり把握の必要性

地震発生からの経過時間	得られる観測データ・解析結果 (※を付したものは、精度良く結果が得られない場合がある)	公表内容	対応する情報等	防災対応	
				被災地域	それ以外の地域
0～5分程度	<ul style="list-style-type: none"> ○地震波形の自動解析による震度及び主要動到達時刻の予想(→緊急地震速報) ○2分程度の地震波形を用いた手動解析(→震源、M(マグニチュード)) ○震源、Mを用いた津波データベース検索結果(→津波警報、津波情報) ○震度観測結果 	<ul style="list-style-type: none"> ○震度 ○津波警報 ○震源、M 	<ul style="list-style-type: none"> ○緊急地震速報 ○震度速報 ○津波警報等、津波情報 ○地震情報(震源・震度に関する情報等) 	<ul style="list-style-type: none"> ○強い揺れに対する身の安全の確保 ○津波警報等に基づく避難(解除まで継続) 	<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> 暫定的な防災対応が必要か。情報発表の仕方[P] </div>
15分程度	<ul style="list-style-type: none"> ○OW-Phase、Mw、発震機構、セントロイド ※(国内観測データによる自動解析結果) 	<ul style="list-style-type: none"> ○(必要に応じて)津波警報等の更新 	<ul style="list-style-type: none"> ○津波警報等、津波情報 		
(30分程度)	<ul style="list-style-type: none"> すべり分布(GNSSによる自動解析結果)※ ○震度観測結果 ○沖合または沿岸における津波観測結果 ○Mw、発震機構、セントロイド※(国外観測データによる自動解析結果) 	<ul style="list-style-type: none"> ○地震の発生状況(震度1以上) ○津波観測結果 ○(必要に応じて)津波警報等の更新 	<ul style="list-style-type: none"> ○南海トラフ地震に関連する情報(臨時:第1報) ○地震情報(震源・震度に関する情報等) ○津波情報 ○津波警報等 		
(随時)					
～2時間程度	<ul style="list-style-type: none"> ○震源、M※(精査した暫定震源) ○自動震源による地震活動図※(地震活動域、MT図、回数積算図等) ○Mw、発震機構、セントロイド※(手動解析結果) 	<ul style="list-style-type: none"> ○発生した地震や津波の解説、防災上の留意事項、今後の地震活動の見通し 	<ul style="list-style-type: none"> ○報道発表(記者会見) 		
		半割れケースが発生した旨の評価結果公表			
最短2時間程度	<ul style="list-style-type: none"> ○すべり分布(精査したGNSS解析結果)※ ○津波波源域※ 	<ul style="list-style-type: none"> ○評価検討会における南海トラフ地震の発生可能性についての評価結果(観測及び解析結果を含む)、もしくは調査状況 	<ul style="list-style-type: none"> ○南海トラフ地震に関連する情報(臨時:第2報) ○報道発表(記者会見) 	<ul style="list-style-type: none"> ○半割れケースに対応した防災対応 	
それ以降(～1日程度)	<ul style="list-style-type: none"> ○すべり分布(震源過程解析結果)※ ○余効変動(地殻変動解析結果)※ ○暫定震源による地震活動図等 	<ul style="list-style-type: none"> ○(必要に応じて)評価検討会における南海トラフ地震の発生可能性の評価結果 ○発生した地震や津波の解説、防災上の留意事項、今後の地震活動の見通し 	<ul style="list-style-type: none"> ○南海トラフ地震に関連する情報(続報) ○随時報道発表(必要に応じて記者会見) 		

図 1 6 半割れケースが発生した場合のデータ収集、情報発表等の時間推移