資料４

評価基準の検討に係る論点

日本海溝・千島海溝沿いにおける
異常な現象の評価基準検討委員会
（第１回）
令和３年８月２３日（月）

論点一覧

資料４

検討の方向性を踏まえ、以下の７つの論点について検討が必要

【論点１】 日本海溝沿い（三陸・日高沖）と千島海溝沿いの評価の仕方

日本海溝沿いの領域と千島海溝沿いの領域は、別々に評価すべきと考えているが如何か。
「色丹島・択捉島沖」の東端を日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会での設定境界としようと考えているが如何か。

【論点２】 一部割れケースと評価する基準について

南海トラフと同様のMw7.0以上とすべきと考えているが如何か。

【論点３】 プレート境界以外の地震の取り扱い

プレート境界以外の地震を一部割れケースの評価対象とすべきと考えているが如何か。

【論点４】 地震活動が活発な浦河沖の地震の取り扱い

浦河沖の地震を一部割れケースの評価対象とすべきと考えているが如何か。
隣接する「三陸・日高沖」と「十勝・根室沖」の両領域に注意喚起すべきと考えているが如何か。

【論点５】 Mwによる一部割れケースの評価とそのタイミング

気象庁が一定精度のMwを求めた段階で評価を実施すべきと考えているが如何か。

【論点６】 震源移動が観測された場合の取り扱い

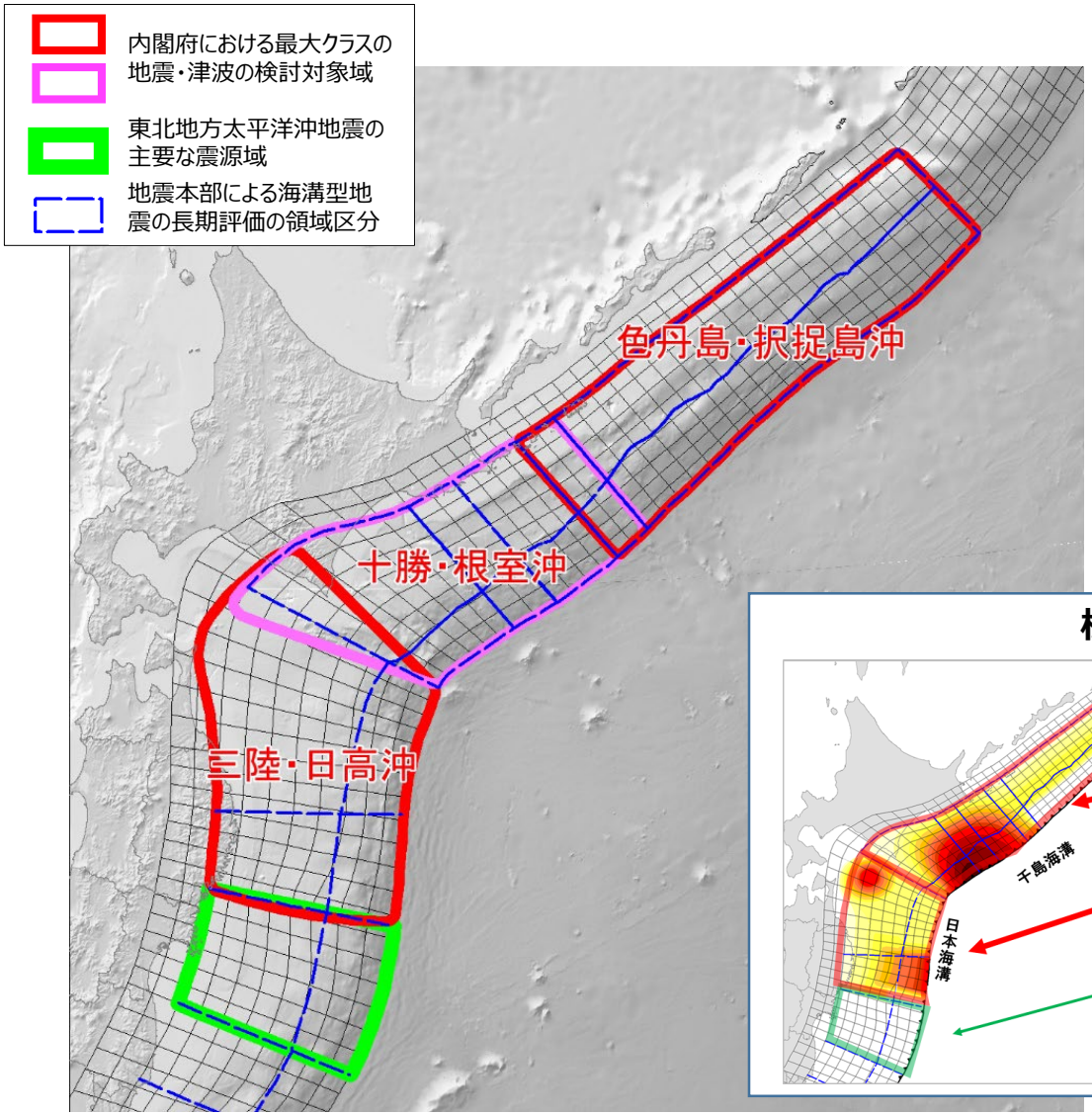
震源移動が発生するケースは、評価対象に含めない方向で考えているが如何か。
その他に評価すべき現象があるか。

【論点７】 評価体制について

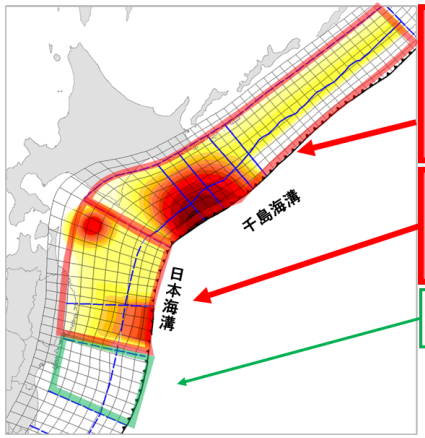
有識者を入れた評価検討会を開催せず、気象庁がMwのみで評価を実施すべきと考えているが如何か。
平時から地震活動の評価は、既存の体制を活用し定期的に検討することが重要と考えているが如何か。

【論点１】 日本海溝沿い(三陸・日高沖)と千島海溝沿いの評価の仕方①

本検討委員会では、日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会（平成27年2月～令和元年９月）での検討対象となった「三陸・日高沖」、「十勝・根室沖」、「色丹島・択捉島沖」での評価を検討



検討された津波断層モデル



千島海溝モデル
- 平均発生間隔は、340～380年
- 17世紀の最大クラス地震から、既に400年が経過
- 発生間隔から見ると最大クラスの地震発生が切迫

〔・今後30年以内の地震発生確率は、7～40%と評価されている 〕

日本海溝モデル
- 12～13世紀、17世紀に最大クラスの地震が発生
- 17世紀の地震から、既に約400年が経過
- 千島海溝と同様、最大クラスの地震発生が切迫

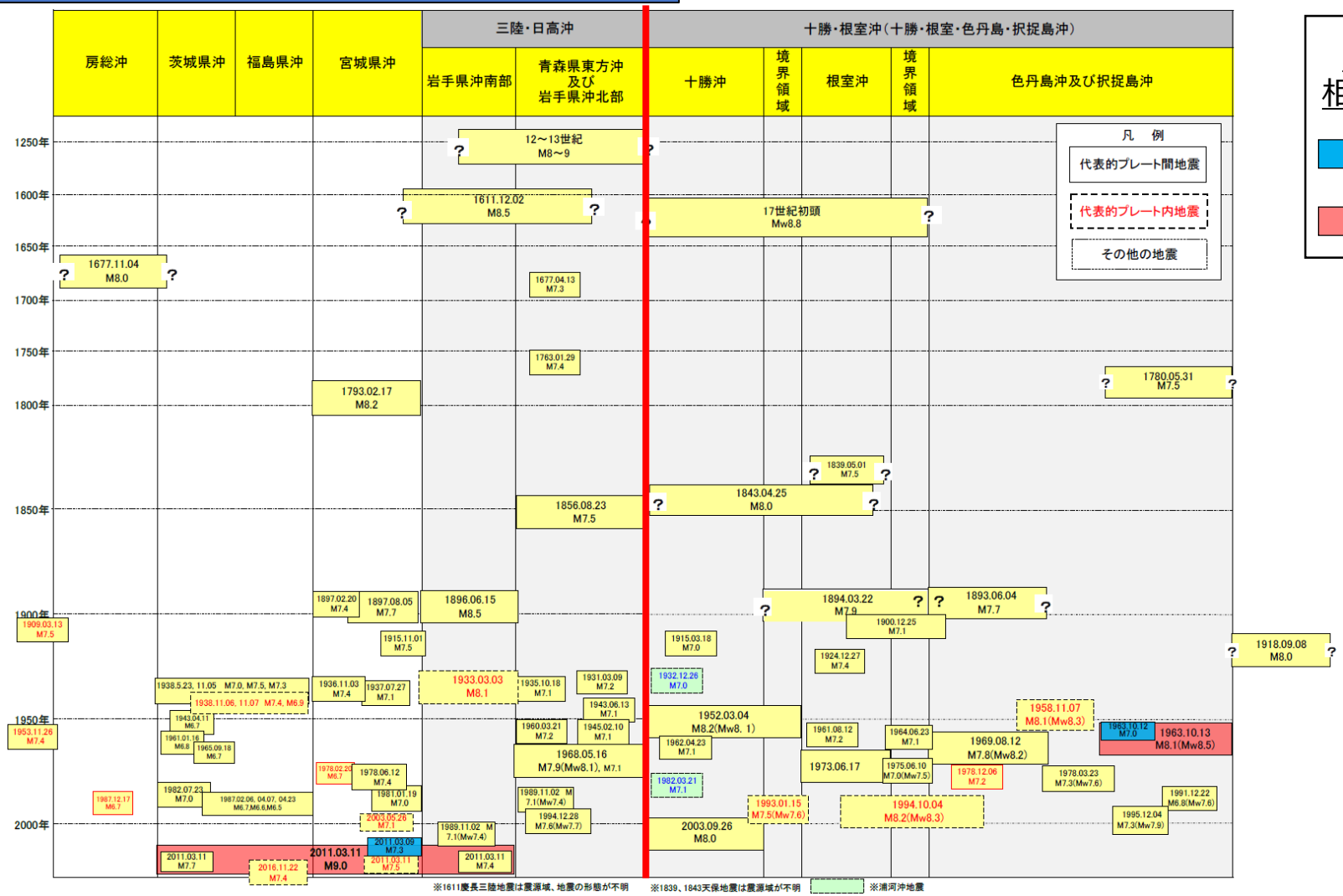
東北地方太平洋沖地震
- これまで想定していなかったM9の地震が2011年に発生

【論点１】 日本海溝沿い(三陸・日高沖)と千島海溝沿いの評価の仕方②

日本海溝沿いの「三陸・日高沖」の領域と千島海溝沿いの領域で同時または連動して発生した事例は知られておらず、２つの領域での連動発生について評価することは困難。
⇒日本海溝沿いの領域と千島海溝沿いの領域は、別々に評価すべきと考えているが如何か。

これまでに知られている過去のＭ７以上の地震

※中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」参考資料を基に作成



一部割れに相当するケース

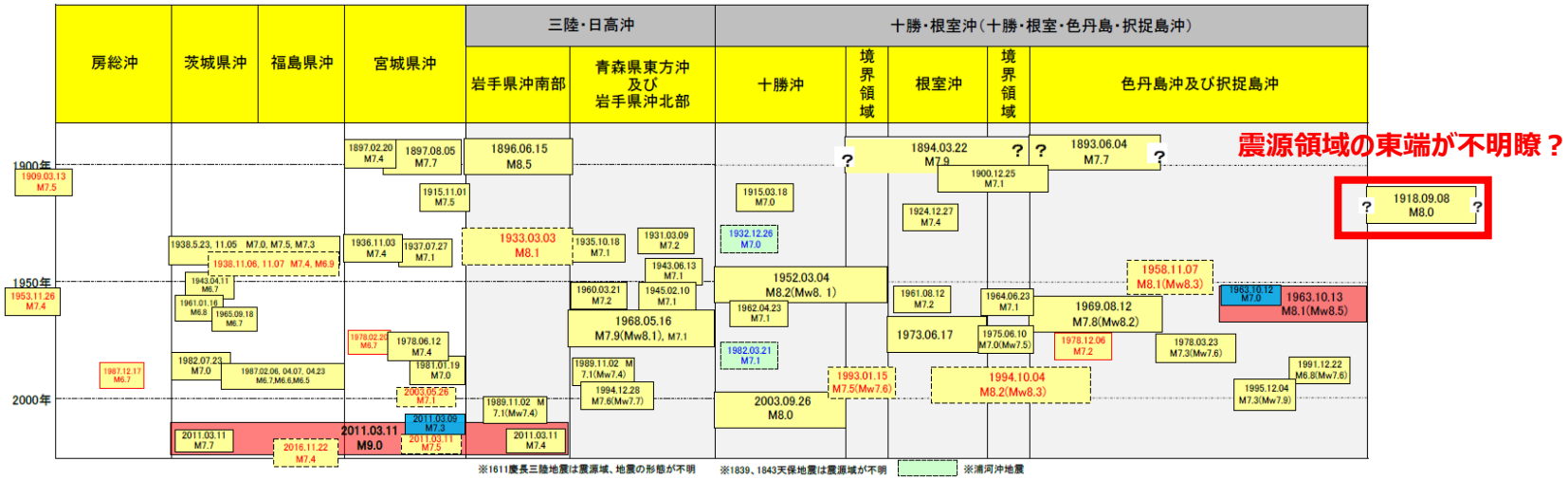
- 前震
- 本震

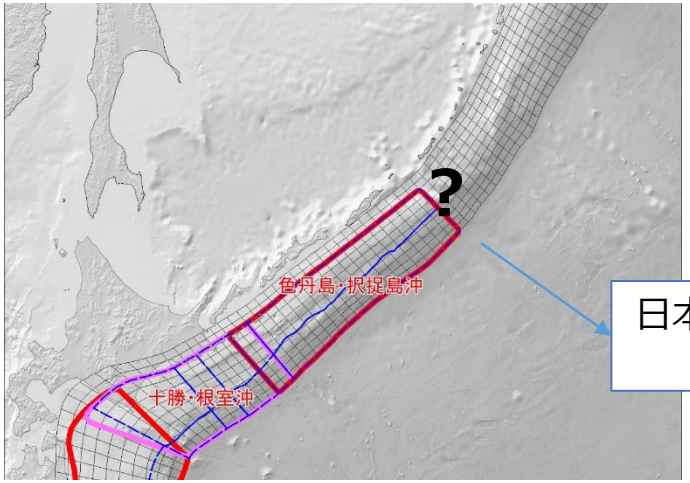
【論点１】 日本海溝沿い(三陸・日高沖)と千島海溝沿いの評価の仕方③

「色丹島・択捉島沖」では、1918年にM8.0の地震が発生しているが、東端をどこに定めるのが適当かを検討。
【案１】内閣府作成の想定震源域の東端 【案２】1918年９月８日の地震（M8.0）の震源域の東端
⇒ 「色丹島・択捉島沖」の東端を内閣府作成の想定震源域の東端としようと考えているが如何か。

これまでに知られている過去のＭ７以上の地震

※中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」参考資料を基に作成





「一部割れケース」に相当する事例（前震 ■、本震 ■ ）

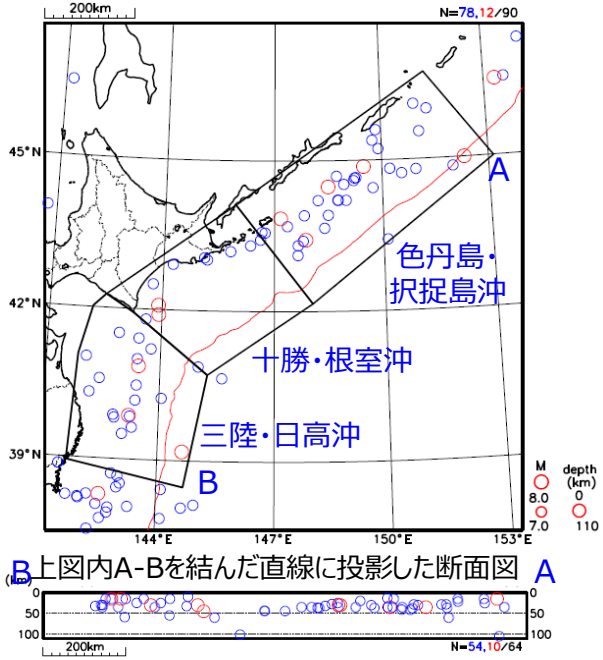
日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会で設定した東端
（すべり域が想定震源域の約８割となるように東端を設定）

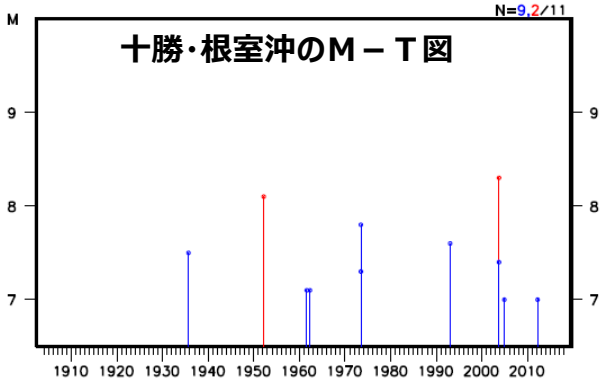
【論点２】 一部割れケースと評価する基準について①

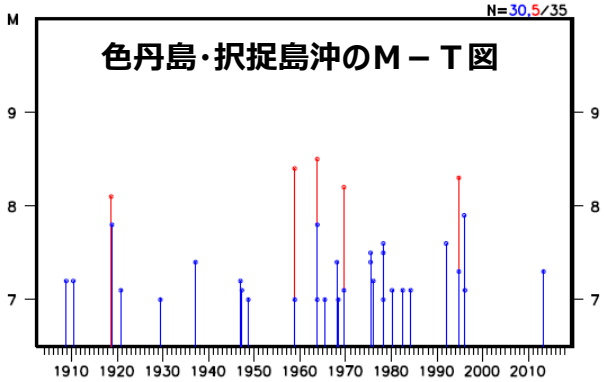
「三陸・日高沖」「十勝・根室沖」「色丹島・択捉島沖」の領域では、M7クラスの地震の発生頻度が異なるため、南海トラフ沿いにおける評価基準（Mw7.0以上）が適切であるかの検討が必要

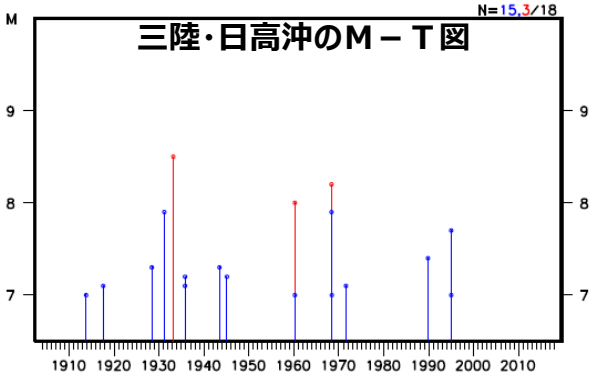
各領域におけるMw7以上の地震の発生頻度（1904年～2017年）

震央分布図
（深さ０～110km、Mw≧7.0）









・使用した震源データはISC-GEM（ver.8.0）
・領域内で最も深い105kmの震源に合わせて、深さの表示範囲を110kmまでとした。
・赤：Mw8.0以上の地震、青：Mw7.0以上Mw8.0未満の地震

各領域におけるMw7.0以上の地震の発生回数（1904年～2017年（114年間））

領　域		Mw7以上発生回数（頻度）		【参考】Mw8以上発生回数（頻度）	
千島海溝	色丹島・択捉島沖	35回（ 3.3年に１回）	46回※（2.5年に１回）	5回（22.8年に１回）	7回（16.3年に１回）
	十勝・根室沖	11回※（10.4年に１回）		2回（57.0年に１回）	
日本海溝	三陸・日高沖	18回（ 6.3年に１回）	----	3回（38.0年に１回）	

※上図、海溝軸外側の枠外の地震を含めると１回増える

【論点２】 一部割れケースと評価する基準について②

南海トラフ沿いでの検討時と同様に、ETASモデルを用いた地震発生確率を試算結果を基に検討
⇒「日本全国とその周辺の領域」と「日本海溝の領域」での試算結果を比較した上で、南海トラフと同様のMw7.0以上とすべきか、別々の基準を設けるべきかを検討

南海トラフ沿いでの検討時に採用したETASモデル

試算に用いたモデル【尾形, 2015】

空間分布も考慮

ある時刻(t_i)に場所(x_i, y_i)である規模（M_i）の地震が発生した後の、
ある時刻(t)ある場所(x,y)における単位面積当たり一定規模(M)以上の地震発生レート

$$\lambda(t,x,y,M) = \{\mu(x,y) + \sum_i \nu(t-t_i)\, g(x-x_i, y-y_i; M_i)\}\, 10^{-b(M-Mc)}$$

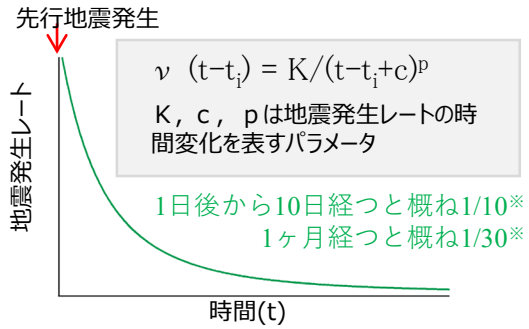
背景地震活動（試算ではμ＝0 を仮定）　時間変化　空間分布　規模別頻度分布

- λを対象範囲で積分することにより、先行地震の影響による一定期間、一定領域内でのM（パラメータ推定に用いたデータのM下限）以上の地震発生回数の期待値を計算
- 地震発生がポアソン分布に従うとして、期間内に少なくとも1回の地震が発生する確率を算出

◆地震発生後の地震活動の時間変化

$$\nu(t-t_i) = K/(t-t_i+c)^p$$

K，c，pは地震発生レートの時間変化を表すパラメータ



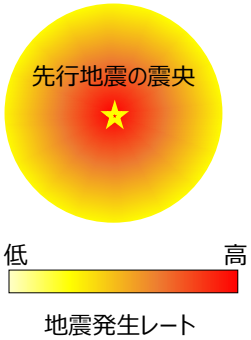
・ある地震が発生した後は、別の地震が発生しやすい。

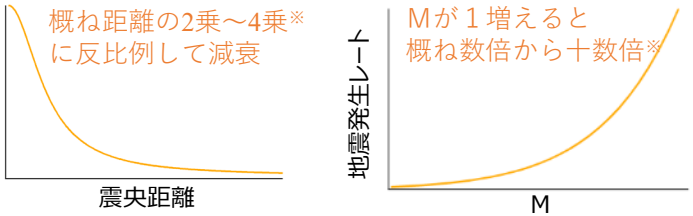
試算モデルが表現する一般的な地震の特徴

◆規模による影響の大きさと空間分布

$$g(x-x_i, y-y_i; M_i) = e^{(\alpha-\gamma)(Mi-Mc)} \cdot \{((x-x_i)^2+(y-y_i)^2)/e^{\gamma(Mi-Mc)} + d\}^{-q}$$

Mcはパラメータ推定に用いるデータの下限規模　【Ogata and Zhuang, 2006】
α、γ、d、qは地震発生レートの先行地震規模依存性や空間分布を表すパラメータ





・ある地震が発生した後は、その周辺で別の地震が発生しやすい。
・影響の大きさや範囲は地震の規模による。

◆地震の規模別頻度分布（ＧＲ則）

$$\log N(M) = A - bM$$

N(M)はある規模(M)以上の地震の総数
Ａ、ｂは地震の規模別頻度分布を表すパラメータ

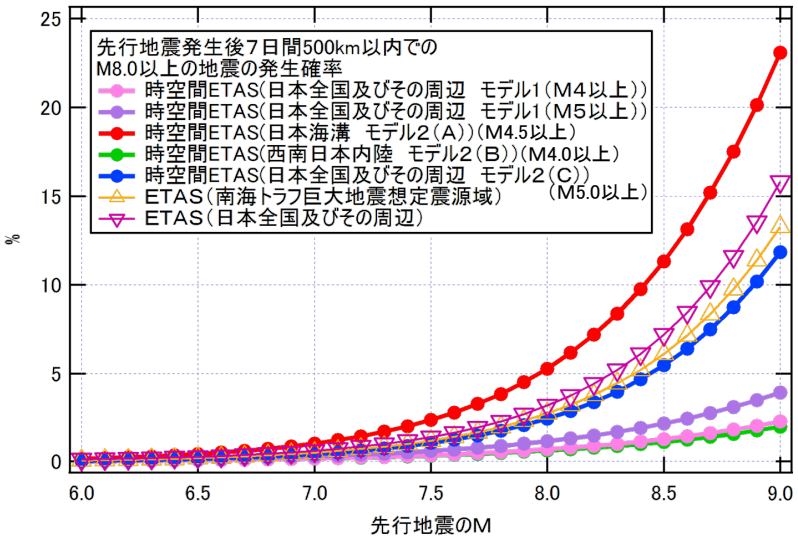
・規模の小さな地震ほど発生回数が多い。

※を付した値は典型的なパラメータによる概算値であり活動により値は前後する。

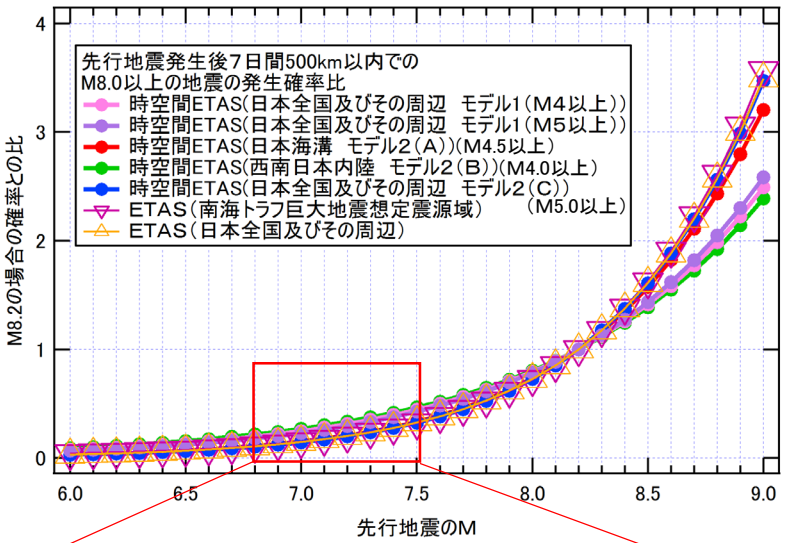
【論点２】 一部割れケースと評価する基準について③

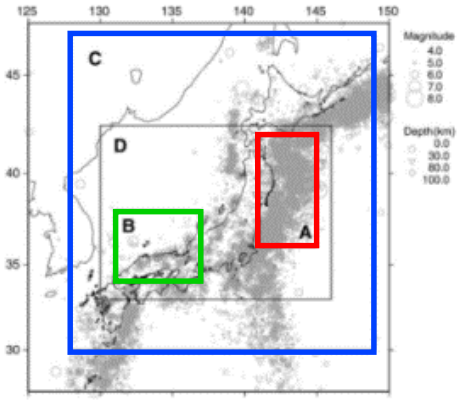
「日本全国及びその周辺」と「日本海溝」でほぼ一致。
⇒南海トラフ時も「日本全国及びその周辺」の結果をベースに基準を検討したことから、日本海溝・千島海溝沿いでの評価基準も南海トラフと同様のMw7.0以上とすべきと考えているが如何か。

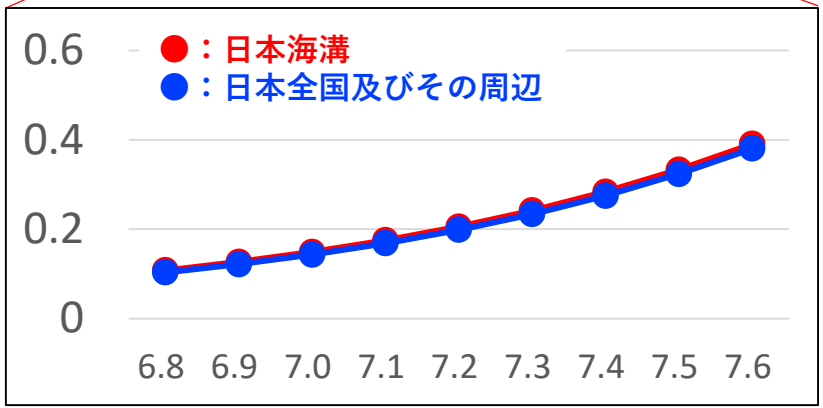
ETASによる先行地震から500km以内での７日間以内の地震発生確率の先行地震規模別の試算結果



左図の発生確率を、各モデルで先行地震がM8.2の場合の発生確率との比としてプロットしたもの



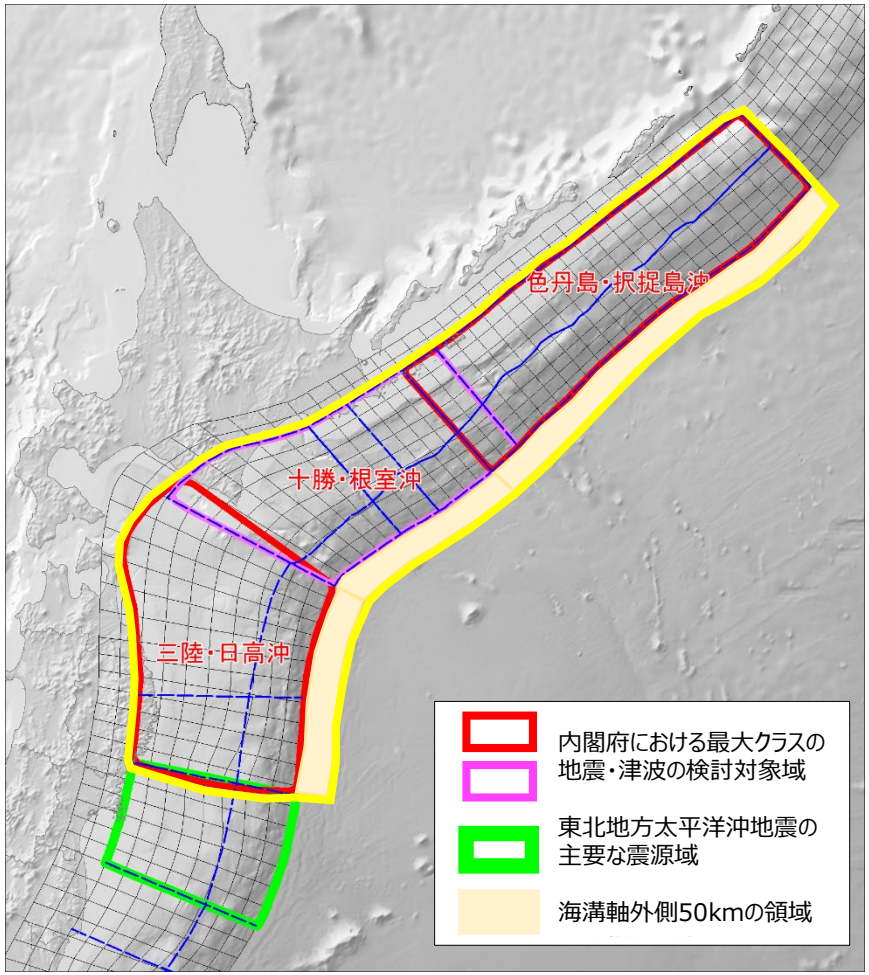




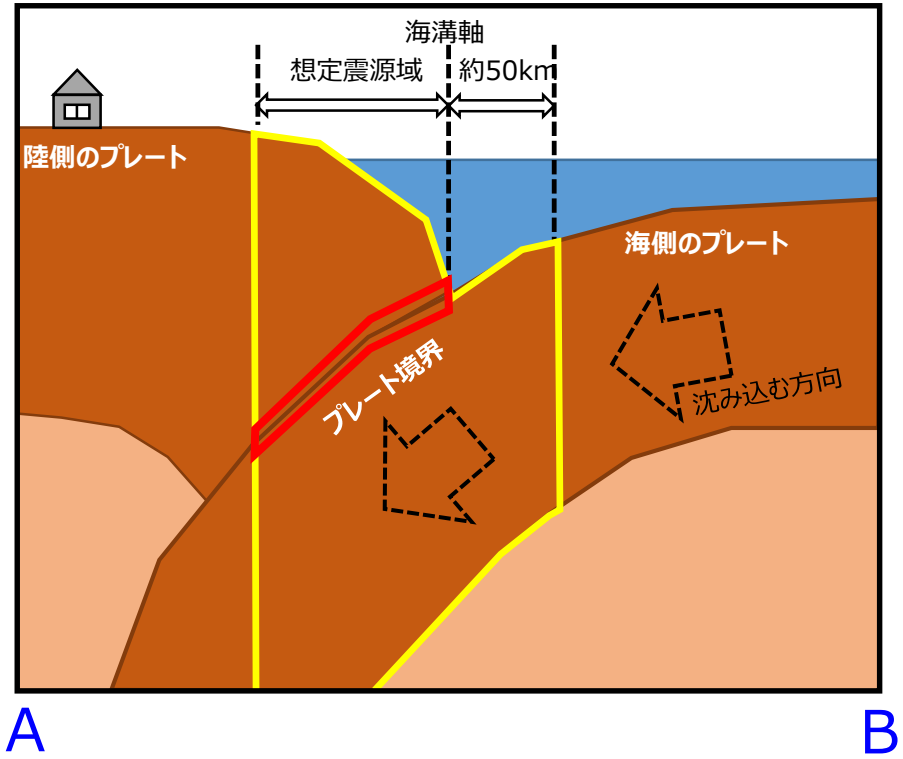
【論点３】 プレート境界以外の地震の取り扱い①

プレート境界のほか、プレート内部や海溝軸付近、海溝軸外側の領域においても、M7以上の地震が発生しており、今後、これらの場所の地震がプレート境界での地震を誘発する可能性は否定できない。

震源域の海洋側及び陸側のプレート内、海溝軸外側50kmを含んだ領域（　）



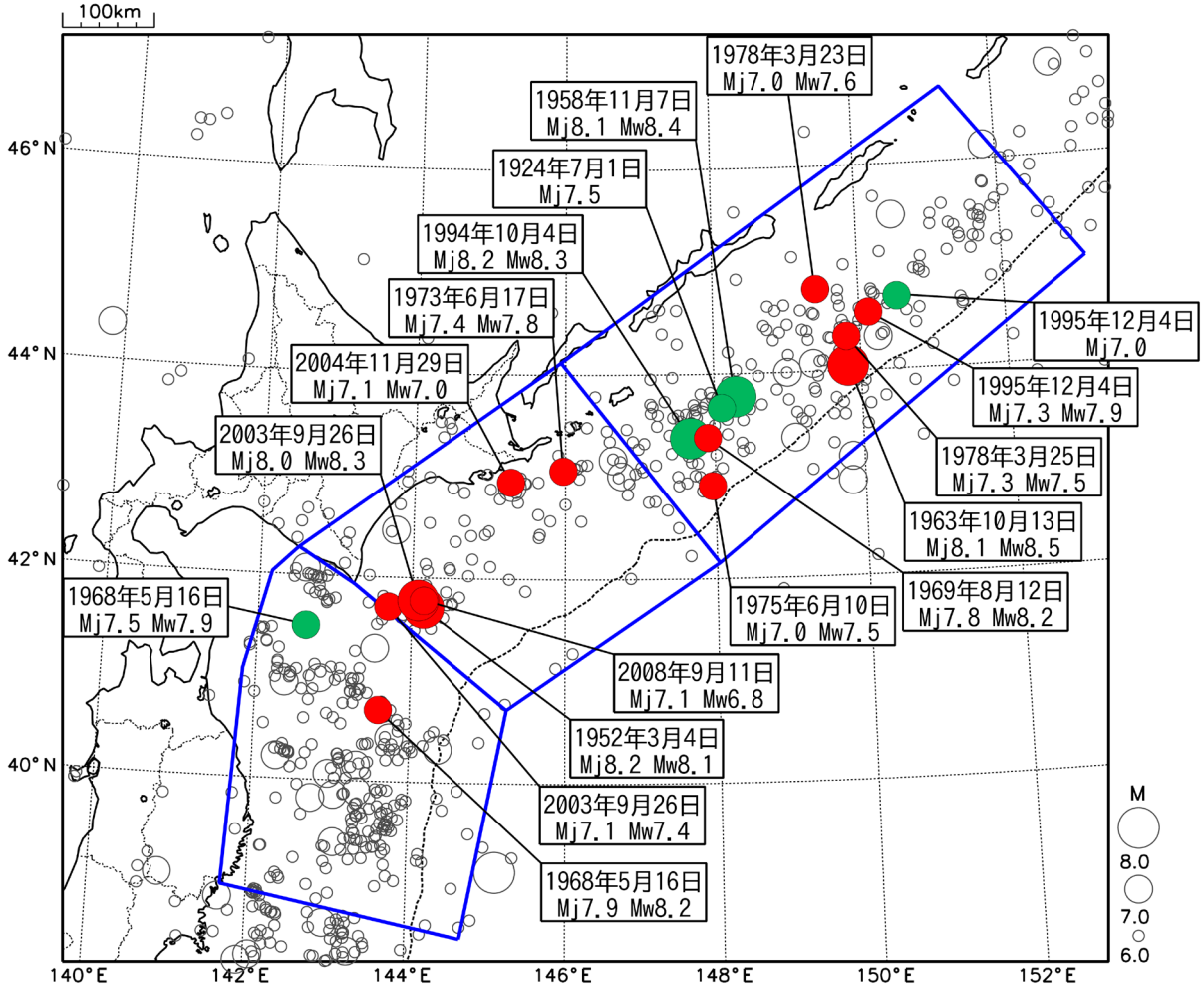
断面図



【論点３】 プレート境界以外の地震の取り扱い②

プレート境界のほか、プレート内部や海溝軸付近、海溝軸外側の領域においても、M7以上の地震が発生しており、今後、これらの場所の地震がプレート境界での地震を誘発する可能性は否定できない。
⇒ プレート境界以外の地震を一部割れケースの評価対象とすべきと考えているが如何か。

震央分布図（1919年1月１日～2021年6月30日、深さ0～90km、Mj≧6.0）



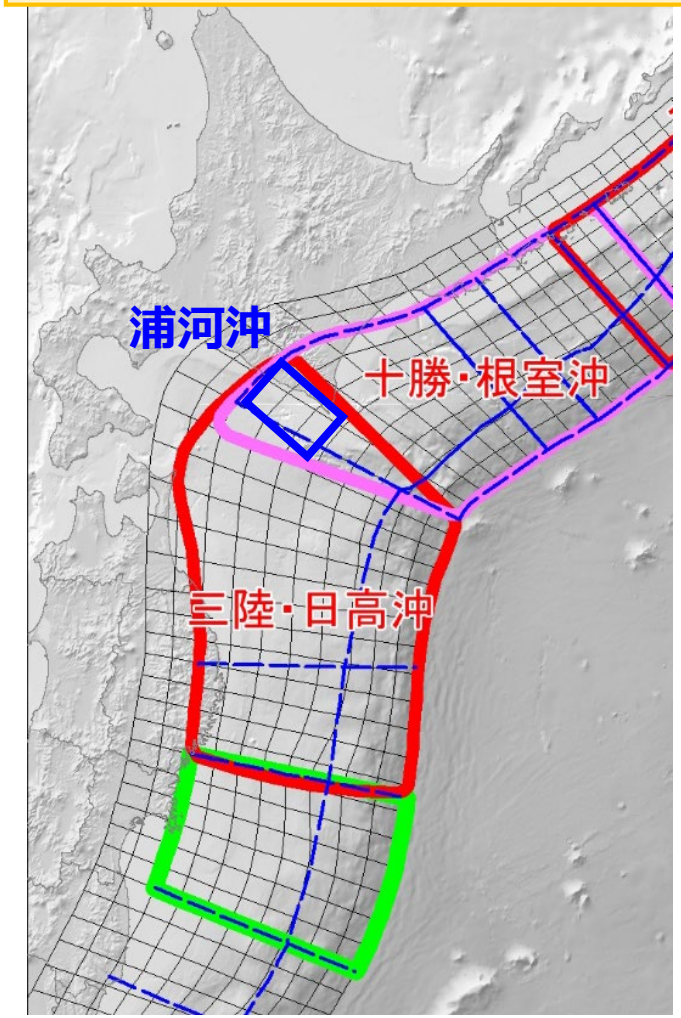
領域内の主な地震の評価

- プレート境界
- 太平洋プレート内部

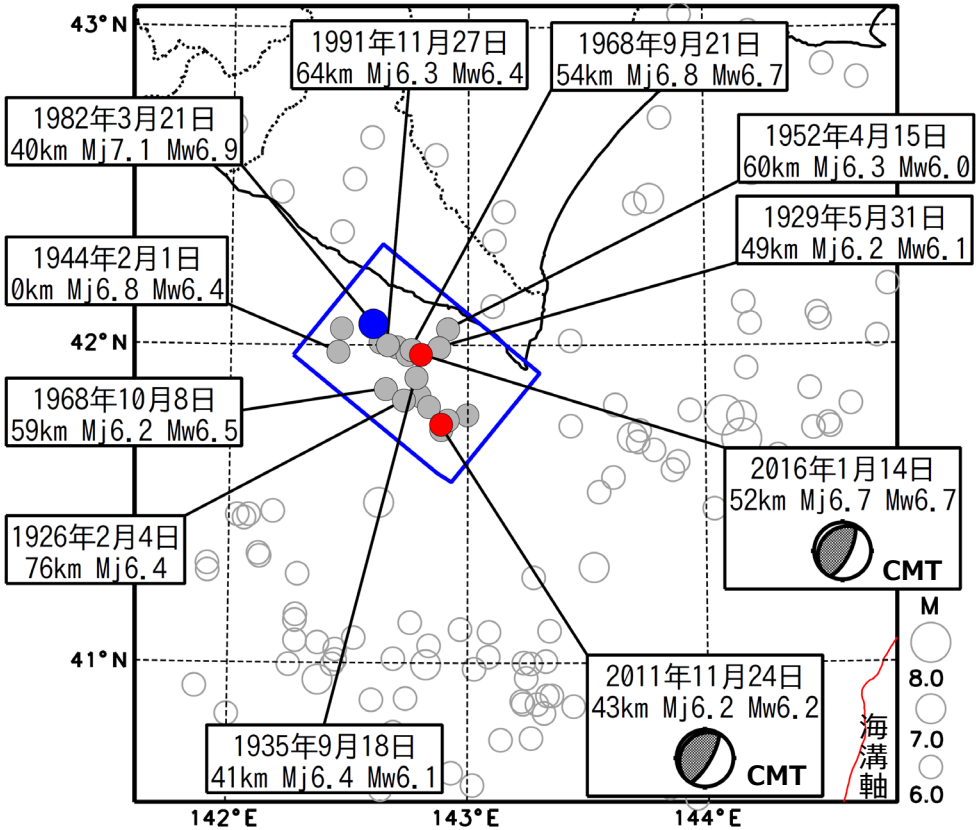
・「日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震モデル検討会」の検討対象領域内で発生したMj7.0以上の地震について、地震調査研究推進本部の長期評価により発生場所が明確であるものについては、「●プレート境界」「●太平洋プレート内部」と色を付け、吹き出しでMを記載している。
・Mjは気象庁による、Mwの記載があるものについてはISC-GEMによる。

【論点４】 地震活動が活発な浦河沖の地震の取り扱い

浦河沖は、比較的地震が活発な領域であり、「三陸・日高沖」の領域と「十勝・根室沖」の領域の境界に位置することから、両領域での大規模地震を誘発する可能性は否定できない。
⇒ 浦河沖における地震についても「一部割れケース」の評価対象とし、「三陸・日高沖」「十勝・根室沖」の両領域に注意喚起すべきと考えているが如何か。



震央分布図
（1919年１月１日～ 2021年６月30日、深さ０～90km、Mj≧6.0）



●プレート境界の地震
●陸域のプレート内の地震
●発生場所の詳細が評価されていない地震
（地震調査研究推進本部の評価に基づく）

吹き出しは、矩形領域内のMj6.2以上の地震。Mwの記載があるものについてはISC-GEMによる。

【論点５】 Mwによる一部割れケースの評価とそのタイミング

○ 気象庁においては、地震発生後、時間とともに精度の高いMwが算出され、津波警報等を更新
⇒ 一定の精度のMwが求まった段階でこのMwを評価に用いるべきと考えているが如何か。

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	
０～５分程度	○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	○震度 ○津波警報 ○震源、M	○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）	
15~30分程度	○W-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）	○（必要に応じて）津波警報等の更新	○津波警報等、津波情報	**一部割れケースの評価**
（随時）	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）	○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	○地震情報（震源・震度に関する情報等） ○津波情報 ○津波警報等	
～２時間程度	○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）	○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	○発生した地震や津波に関する報道発表（記者会見）	
最短２時間程度	○すべり分布（精査したGNSS解析結果）※ ○津波波源域※			
それ以降（～１日程度）	○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	○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	○随時報道発表（必要に応じて記者会見）	

【参考】東北地方太平洋沖地震の際に、巨大地震注意対応を行った場合（イメージ）

	当時の気象庁の呼びかけ	巨大地震注意対応を行った場合
3月9日(水) 11:45　地震発生 M7.3、最大震度５弱	13:00　記者会見 「揺れの強かった地域では、余震による揺れに注意」	地震発生後 ・気象庁から、大規模地震の発生可能性が高まっている旨の情報を発表 ・これを受けて、国から日頃からの備えの再確認の呼びかけ **自治体、住民、企業等が** **日頃からの備えの再確認を実施** ・家具の固定の確認や高い所にものを置かないことで、地震発生時の怪我を防止 ・避難場所や避難ルートを予め確認 ・避難に必要な備品・食料等を準備
約51時間		
3月１０日(木) 06:24　地震発生 M6.8、最大震度４	08:20　記者会見 「揺れの強かった地域では、余震による揺れに注意」	
3月１１日(金) 14:46　地震発生 M9.0、最大震度７		・家具の固定等により地震時の怪我を防止 ・津波からの速やかな避難を実現 ・非常持ち出し袋や家族との安否確認手段を予め確認したことでスムーズな避難生活の開始 （以降も、Mw7.0以上の地震が発生する度に、日頃からの備えの再確認の呼びかけ）

【参考】巨大地震注意対応を行った場合のイメージ

続発地震が発生した場合
1963年択捉島沖の地震

10月12日(土)

20:27　地震発生
Mw7.0
最大震度２

地震発生後
・気象庁から、大規模地震の発生可能性が高まっている旨の情報発表
・これを受けて、国から日頃からの備えの再確認の呼びかけ

約18時間

自治体、住民、企業等が
日頃からの備えの再確認を実施

・家具の固定の確認や高い所にものを置かないことで、地震発生時の怪我を防止
・避難場所や避難ルートを予め確認
・避難に必要な備品・食料等を準備

10月13日(日)

14:18　地震発生
Mw8.5
最大震度４

北海道の帯広、浦河、襟裳岬、静内で
最大震度４を観測
・家具の固定等により地震時の怪我を防止

約１週間

10月20日(日)

9:53　地震発生
Mw7.8
最大震度１

（以降も、Mw7.0以上の地震が発生する度に、日頃からの備えの再確認の呼びかけ）

１週間経過

10月27日(日)

・国から、後発地震に対して注意する措置を解除し、通常の生活に戻る旨、呼びかける。

続発地震が発生しなかった場合
1975年北海道東方沖の地震

6月10日(火)

22:47　地震発生
Mw7.5
最大震度１

地震発生後
・気象庁から、大規模地震の発生可能性が高まっている旨の情報発表
・これを受けて、国から日頃からの備えの再確認の呼びかけ

自治体、住民、企業等が
日頃からの備えの再確認を実施

・家具の固定の確認や高い所にものを置かないことで、地震発生時の怪我を防止
・避難場所や避難ルートを予め確認
・避難に必要な備品・食料等を準備

１週間経過

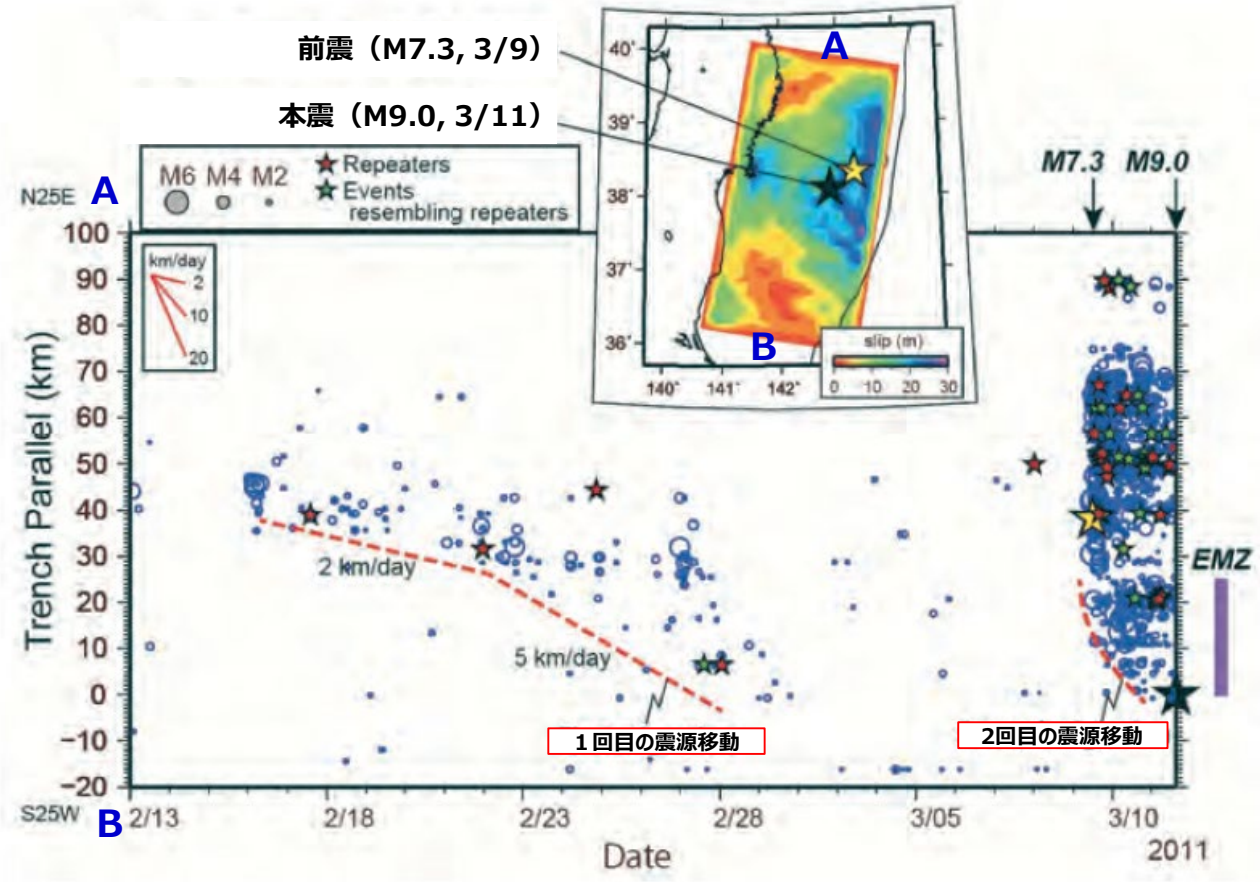
6月17日(火)

・国から、後発地震に対して注意する措置を解除し、通常の生活に戻る旨、呼びかける。

【論点６】 震源移動が観測された場合の取り扱い

○ 加藤（2012）では、東北地方太平洋沖地震（M9.0）において、本震発生の約1ヶ月前の2月中旬と約2日前の最大前震（M7.3）発生後の2度にわたり、本震の破壊開始点へ向かう地震活動の移動現象がほぼ同じ領域で起きていたことを明らかにしている。
○ しかしながら、こういった震源移動が大規模地震につながることを明確に評価することは困難な状況。
⇒ 現状、明確に評価できないため、現時点においては評価対象に含めない方向で考えているが如何か。

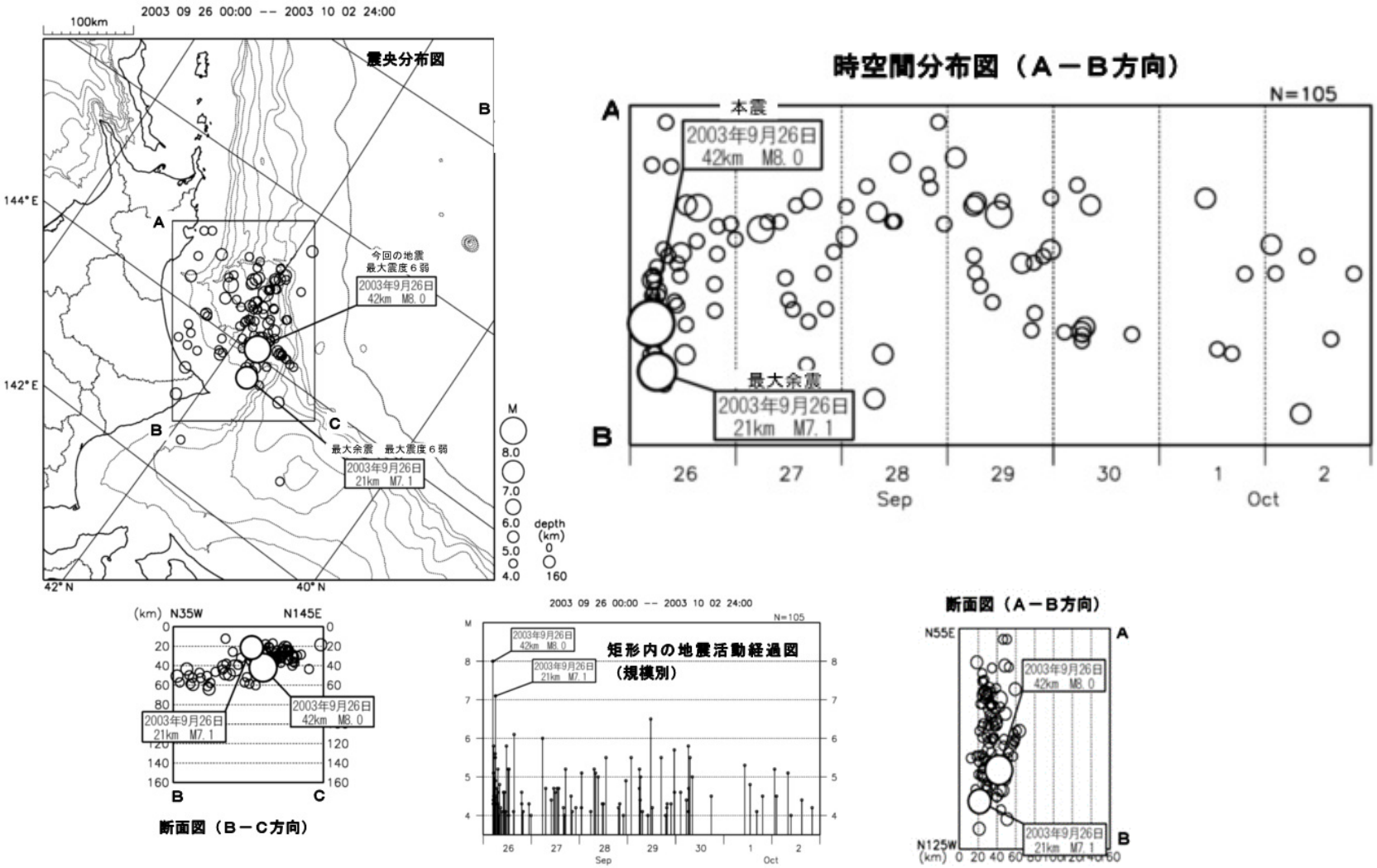
東北地方太平洋沖地震における事例



引用文献：加藤（2012）;2011年東北地方太平洋沖地震の特徴について, 地球化学 46,87-98

＜参考①＞震源の移動について（平成15年（2003年）十勝沖地震）

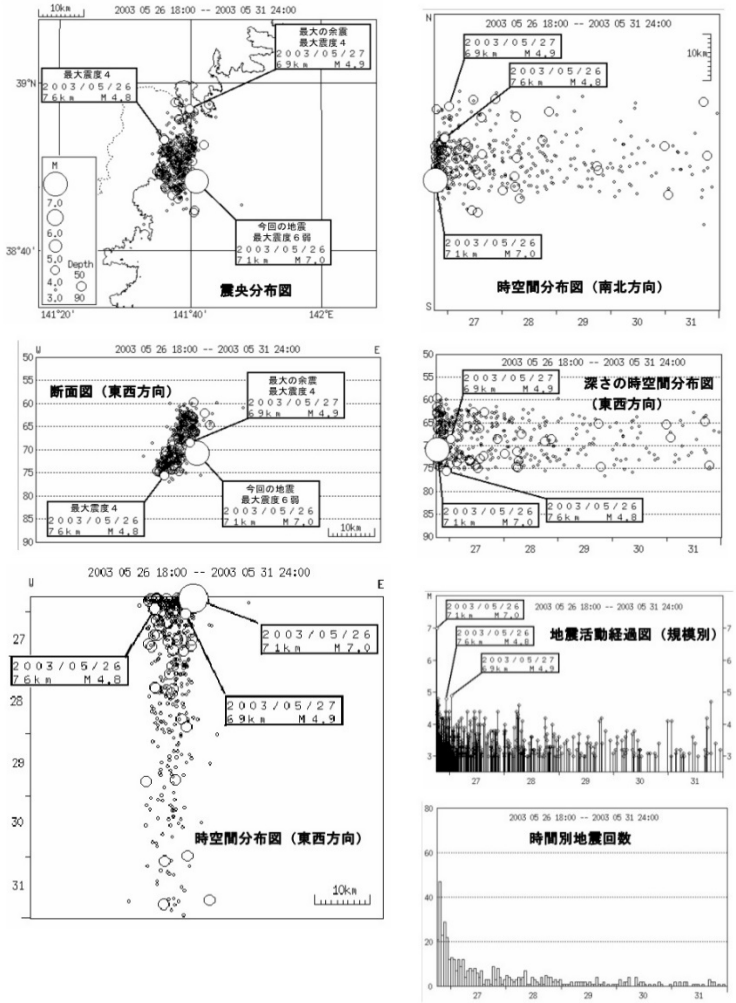
○ 震源の移動があったように見えるものの、その後に規模の大きな地震が見られていない地震の一例として、平成15年（2003年）十勝沖地震の周辺の地震活動を示す。



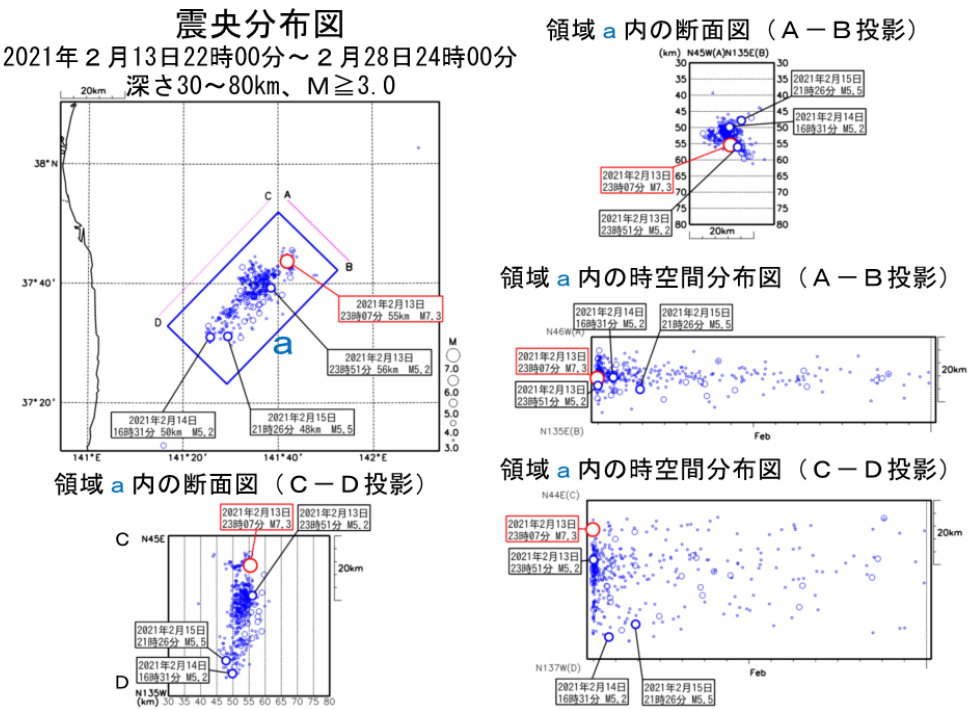
2003年9月26日　平成15年（2003年）十勝沖地震の周辺の地震活動

＜参考②＞震源の時空間分布

○ 震源の移動について、明瞭でないものや判断が難しい例として、2003年5月26日の宮城県沖の地震及び2021年2月13日の福島県沖の地震の周辺の地震活動を示す。



2003年5月26日　宮城県沖の地震の周辺の地震活動



2021年2月13日　福島県沖の地震の周辺の地震活動

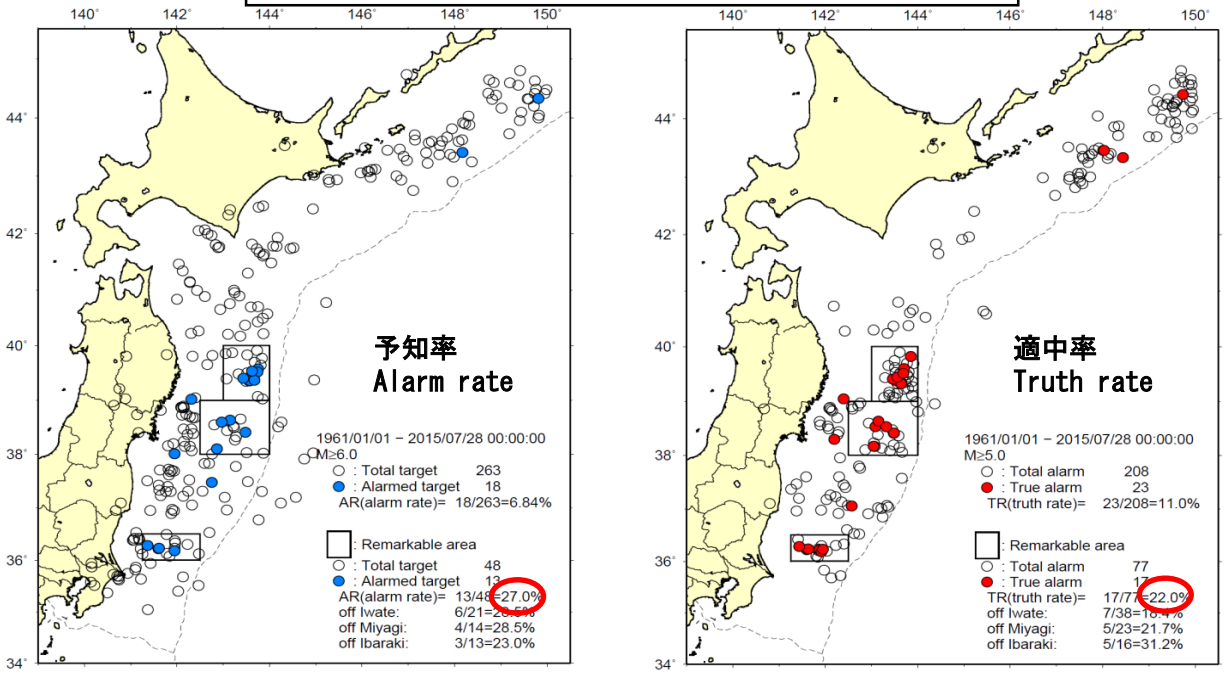
＜参考＞前震活動に基づく地震発生の経験的予測

○ 前田・弘瀬（2016）は、日本海溝の特定の地域などの続発的に地震が発生しやすい地域では本震前に活発な前震活動がみられる場合があることに着目し、経験的予測手法を開発。日本海溝の３領域において、予測（Ｍ６以上）を行った場合の予知率は約27%、適中率は約22%であった。

○ しかしながら、このような前震活動が大規模地震につながることを明確に評価することは困難な状況。

⇒ 現状、明確に評価することができないが、将来の成果が期待される研究の一例。

Mf ≥ 5.0, D = 0.5 °, Tf=10d, Nf = 3, Ta = 4d, Mm≥ 6.0



日本海溝沿いの地域に対する1961年1月1日から2015年7月28日までの期間におけるM≧6.0の本震に対する予測結果．図の上には前震候補を定義する最適パラメータ値を示す．（左）予測対象の本震○と予測された本震●の震央分布図．四角形で囲まれた3領域について，予測対象本震のうち予測された割合を表す予知率は約27%（=13/48）．（右）前震候補○と予測が適中した真の前震●の震央分布図．四角形で囲まれた3領域について，前震候補のうち真の前震の割合を表す適中率は約22%（=17/77）．

地震予知連絡会会報第95巻（2016）　前震活動に基づく地震発生の経験的予測（前田・弘瀬）　より抜粋

＜参考＞続発領域について

M7.0以上の地震の場合

後により大きな地震がおきた事例は、以下の２例。

2004年9月5日三重県南東沖M7.1（→4時間後→）9月5日三重県南東沖M7.4

2011年3月9日三陸沖M7.3　　（→　2日後→）3月11日三陸沖M9.0（東北地方太平洋沖地震）

M6.0以上の地震の場合

図6-1で示した抽出方法2．の余震除去後の地震は816個。このうち、

最初の地震と後続の地震の規模が近い事例（Mf－M≦0.3、同規模以上を含む）は6.4%（53個/816個）。

最初の地震と後続の地震の規模が近い事例（Mf－M≦0.5、同規模以上を含む）は9.7%（79個/816個）。

M6.0以上は続発領域内で28.7%（234個／816個）が発生しており、最初の地震と後続の地震の規模が近い事例が続発領域内で発生した割合は、

Mf－M≦0.3で57%（30個/53個）、Mf－M≦0.5で57%（45個/79個）

これらについて、続発領域内における規模が近い地震が起こる割合、

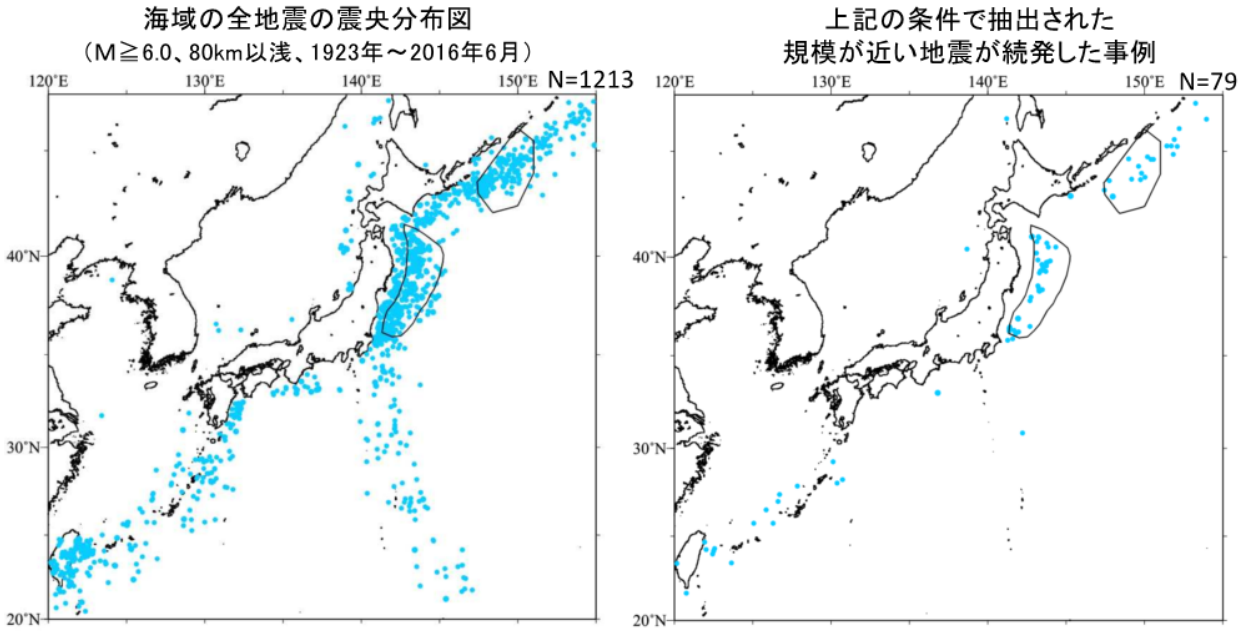
Mf－M≦0.3で13%（30個/234個）、Mf－M≦0.5で19%（45個/234個）

はそれぞれ、続発領域外における規模が近い地震が起こる割合、

Mf－M≦0.3で4.0%（23個/582個）、Mf－M≦0.5で5.8%（34個/582個）

よりも有意に高い（それぞれの地域の確率が同じである仮説は、危険率1%未満で棄却できる）。

また、前震－本震型の活動が続発領域内で発生した割合は56%（15個/27個）であり、続発領域内における前震－本震型の活動が起こる割合6.4%（15個/234個）は、続発領域外における前震－本震型の活動が起こる割合2.1%（12個/582個）よりも有意に高い（それぞれの地域の確率が同じである仮説は、危険率1%未満で棄却できる）。



択捉島沖と三陸沖の多角形は、地震調査研究推進本部地震調査委員会（1998）の「続発領域」を示す。

規模が近い地震が続発した事例（海域）

大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方（平成28年8月19日、地震調査研究推進本部調査委員会）より抜粋

【論点７】評価体制について

今回の一部割れケースをMwのみを基準に評価する場合、気象庁のみで評価することができる。

⇒ 南海トラフ沿いでの評価時に開催されている「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」のような有識者を入れた評価検討会を開催せず、気象庁がMwのみで評価を実施すべきと考えているが如何か。

⇒ 平時から地震活動の評価は、既存の体制を活用し定期的に検討することが重要と考えているが如何か。

現象の種類	検討結果
半割れケース	評価対象としない
一部割れケース	**評価対象とする**
ゆっくりすべりケース	評価対象としない
震源移動が発生した場合	評価対象としない
その他の現象が発生した場合	評価対象としない

→ Mwのみで評価可能

有識者を入れた評価検討会を開催することなく、気象庁のみでの運用が可能

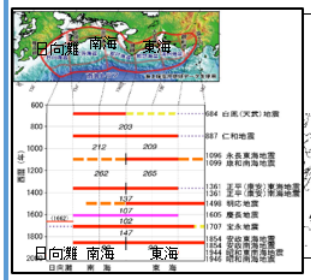
＜参考＞南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応検討ＷＧでのケース分け

南海トラフ沿いで発生する典型的な異常な現象とその評価に基づく防災対応の基本的考え方

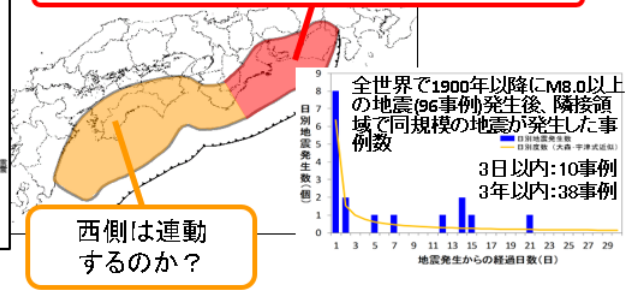
○ 典型的な4つのケースについて、防災対応の基本的考え方を検討

ケース1

南海トラフの東側だけで大規模地震が発生（西側が未破壊） ※ 直近2事例では、南海トラフの東側の領域で大規模地震が発生すると、西側の領域でも大規模地震が発生



南海トラフ東側で大規模地震(M8ｸﾗｽ)が発生

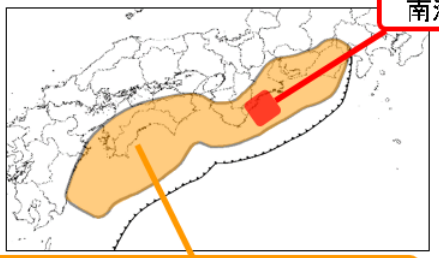


西側は連動するのか？

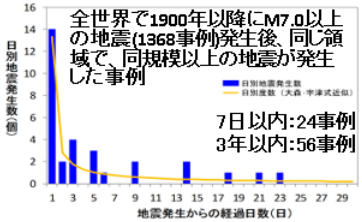
ケース2

M8～9クラスの大規模地震と比べて一回り小さい規模（M7クラス）の地震が発生

※ 南海トラフ沿いでは確認されていないが、世界全体では、M7.0以上の地震発生後に、さらに規模の大きな地震が同じ領域で発生した事例がある



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？

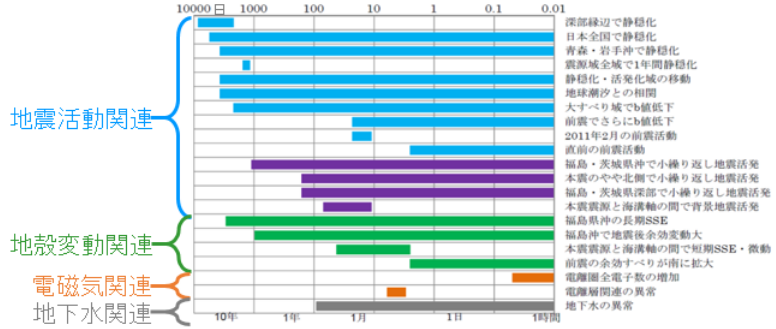
防災対応の基本的考え方: 一定程度可能性の高さが認められる期間内に、避難等の応急的な対応を実施する意義がある

- 可能性の高さだけでなく、被害の軽減効果と防災対応に伴う損失等社会的な受忍のバランスによって、防災対応の内容や期間を決めることが適当。
- 具体的な検討に当たっては、避難施設の整備状況や耐震対策の実施状況等を踏まえ、地震発生の可能性の高さや地域の脆弱性に応じて、複数の対応をあらかじめ想定することが望ましい。
- これらの考え方について、社会的合意を目指すべき。

ケース3

東北地方太平洋沖地震に先行して観測された現象と同様の現象を多種目観測

2011年東北地方太平洋沖地震に先行して観測された現象

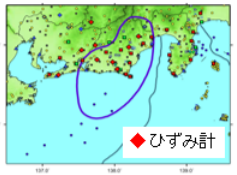


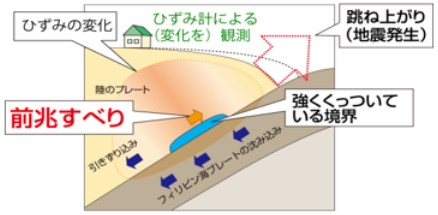
防災対応の基本的考え方: 防災対応に活かす段階には達していない

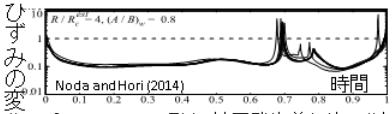
ケース4

東海地震の判定基準とされるようなプレート境界面でのすべりが発生

※ 東海地域では、現在気象庁が常時監視







シミュレーションでは、地震発生前にゆっくりすべりを伴う場合、伴わない場合等、大地震発生に至る多様性が示されている。

防災対応の基本的考え方: 行政機関が警戒態勢をとるなどの対応に活用できる

- 行政機関が警戒態勢等をとる際、住民等にどのように情報を発信するか、態勢の解除の判断をどうするか等、どのような具体的な対応が適切か社会的合意を形成する必要がある。