

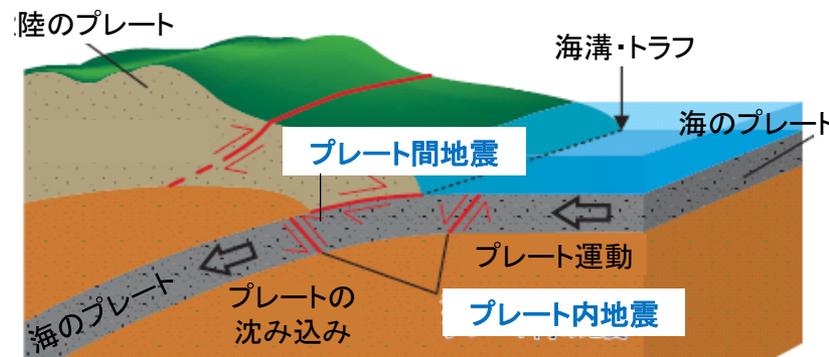
日本海溝沿いの地震活動の 長期評価 概要資料

平成31年2月26日

地震調査研究推進本部 事務局

海溝型地震の長期評価

地震調査研究推進本部の下に設置されている地震調査委員会は、**防災対策の基礎となる情報を提供するため**、将来発生すると想定される地震の場所、規模、発生確率について評価し、これを**長期評価**として公表している。**海溝型地震**とは、2枚のプレート間のずれによって生じる**プレート間地震**と、沈み込む側のプレート内部で発生する**プレート内地震**を指す。大きな津波を伴うこともある。



海溝型地震のタイプ

評価の経緯

- 2000 ● 宮城県沖地震の長期評価
- 2002 ● 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価
- 2009 ● 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(一部改訂)
- 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震発生
- 2011 ● 三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)
- 海溝型分科会(第二期)で、長期評価の見直しを開始
- この間、南海トラフ、相模トラフ、千島海溝の長期評価を改訂
- 2019 ● 日本海溝沿いの地震活動の長期評価

第二版を改訂して作成

「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」構成

- ポイント
 - 概要資料
- } 要約など
- 主文 → 平易な表現で評価について述べる
 - 説明文 → 文献など専門的な要素を含めて評価について述べる

目次 これまでの主な調査研究

地形と構造

地震活動・地殻変動

長期評価の説明

} 過去の調査研究の紹介

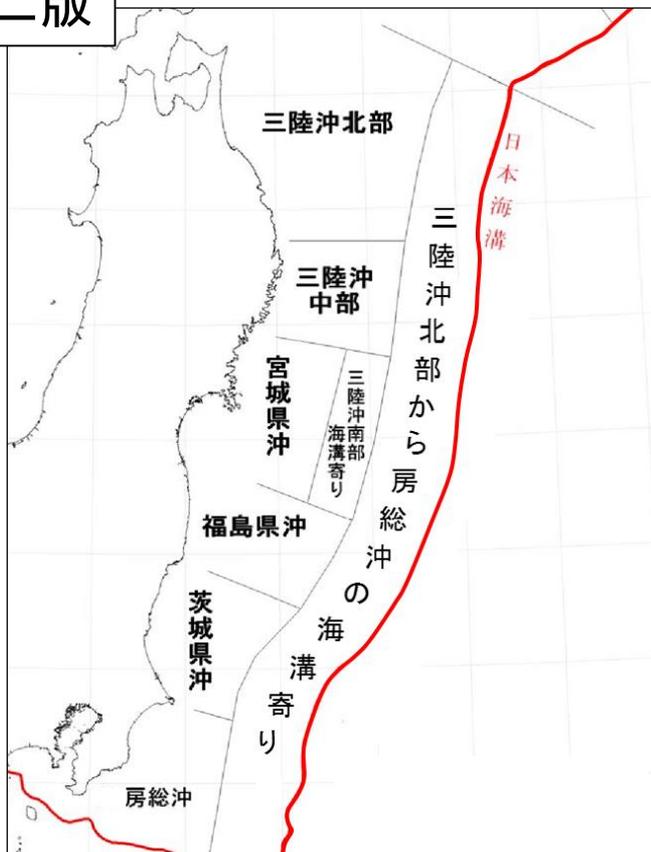
→ 科学的知見の不確実性、問題点を含めて評価を行う

主な留意点

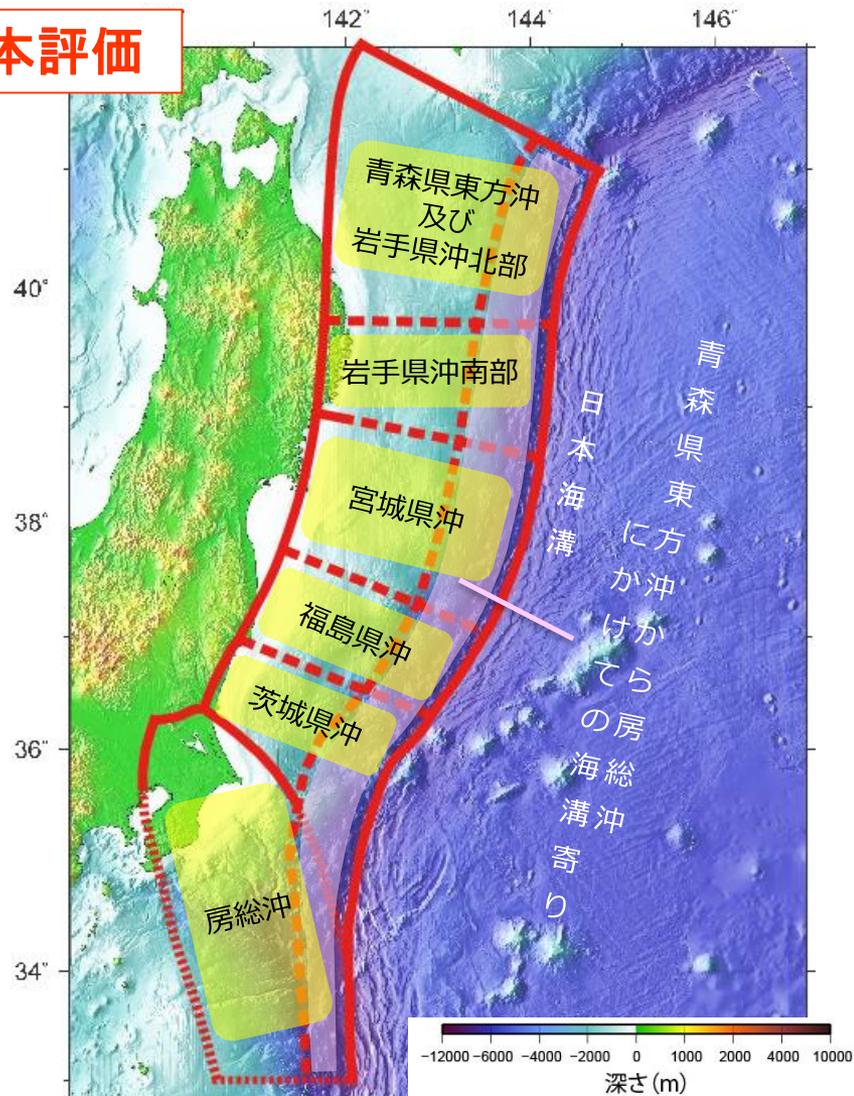
- ① 前回評価(2011年)以降の新しい知見を取り込む
- ② 不確実性を含む情報も、誤差等を検討した上で、評価に活用する
- ③ 現在の科学的知見の範囲で、発生し得る超巨大地震を評価する
- ④ 同じく太平洋プレートが沈み込んでいる千島海溝と、長期評価の基準・考え方を可能な限りそろえる

- 津波堆積物から東北地方太平洋沖地震のような**超巨大地震を再評価**
 - 情報の不確実性も検討の上、評価を実施
- **東北地方太平洋沖地震を受けて、地震発生確率を再評価**
 - 東北地方太平洋沖地震から約8年が経過し、震源域及びその周辺で起きている現象の理解が進んだ
- 評価対象領域・地震を再編
 - 三陸沖北部→**青森県東方沖及び岩手県沖北部**
三陸沖中部→**岩手県沖南部**
宮城県沖、三陸沖南部海溝寄り→**宮城県沖**(領域を統合)
 - 房総沖を上盤側プレートの違いにより再設定
 - 評価対象地震の区分を、「千島海溝沿いの地震活動の長期評価(第三版)」と整合

第二版



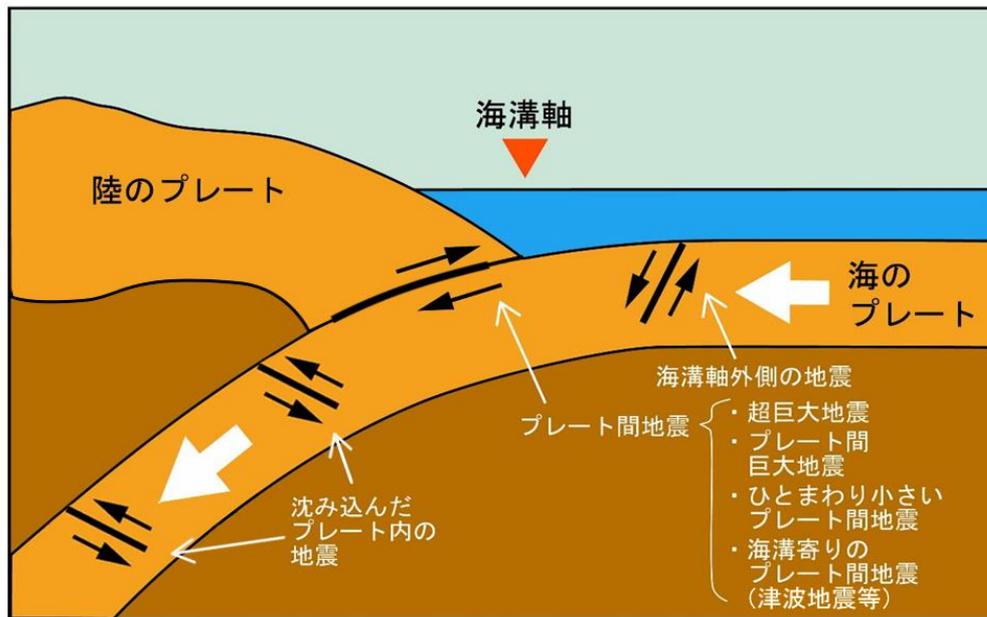
本評価



変更点

- ・ 領域名を変更
- ・ 宮城県沖と三陸沖南部海溝寄りを統合
- ・ 房総沖は、太平洋プレートとフィリピン海プレートの境界の地震活動をもとに設定

- 既存の知見から境界線を引用
- - - 既存の知見から判断して境界線を設定
- 十分な知見が存在しないため、便宜的に境界線を設定

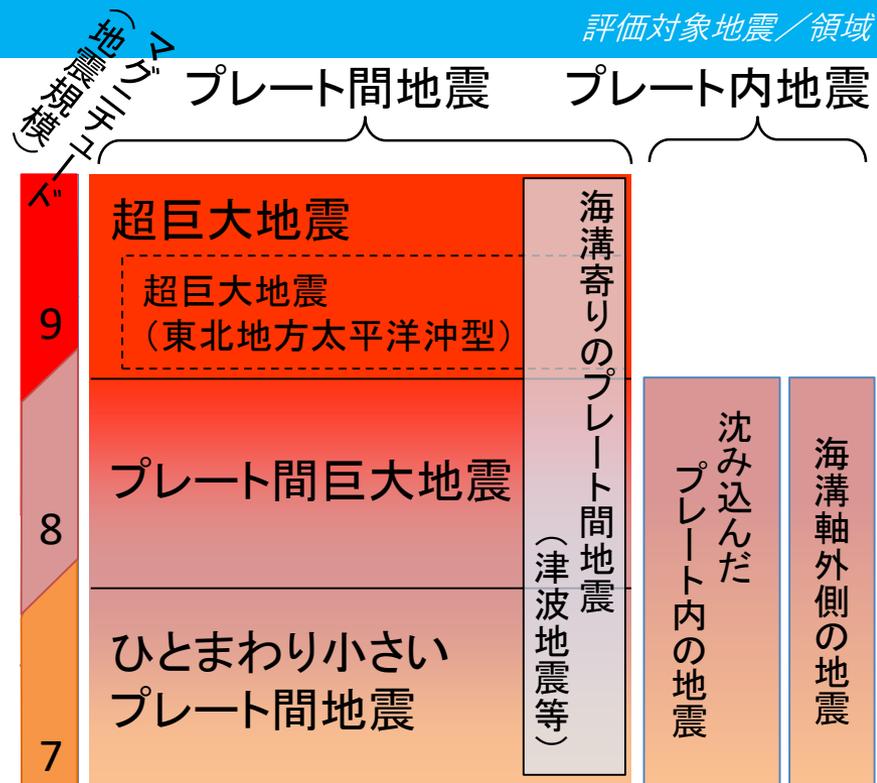


評価対象地震の概念図

※ 矢印は断層運動の一例

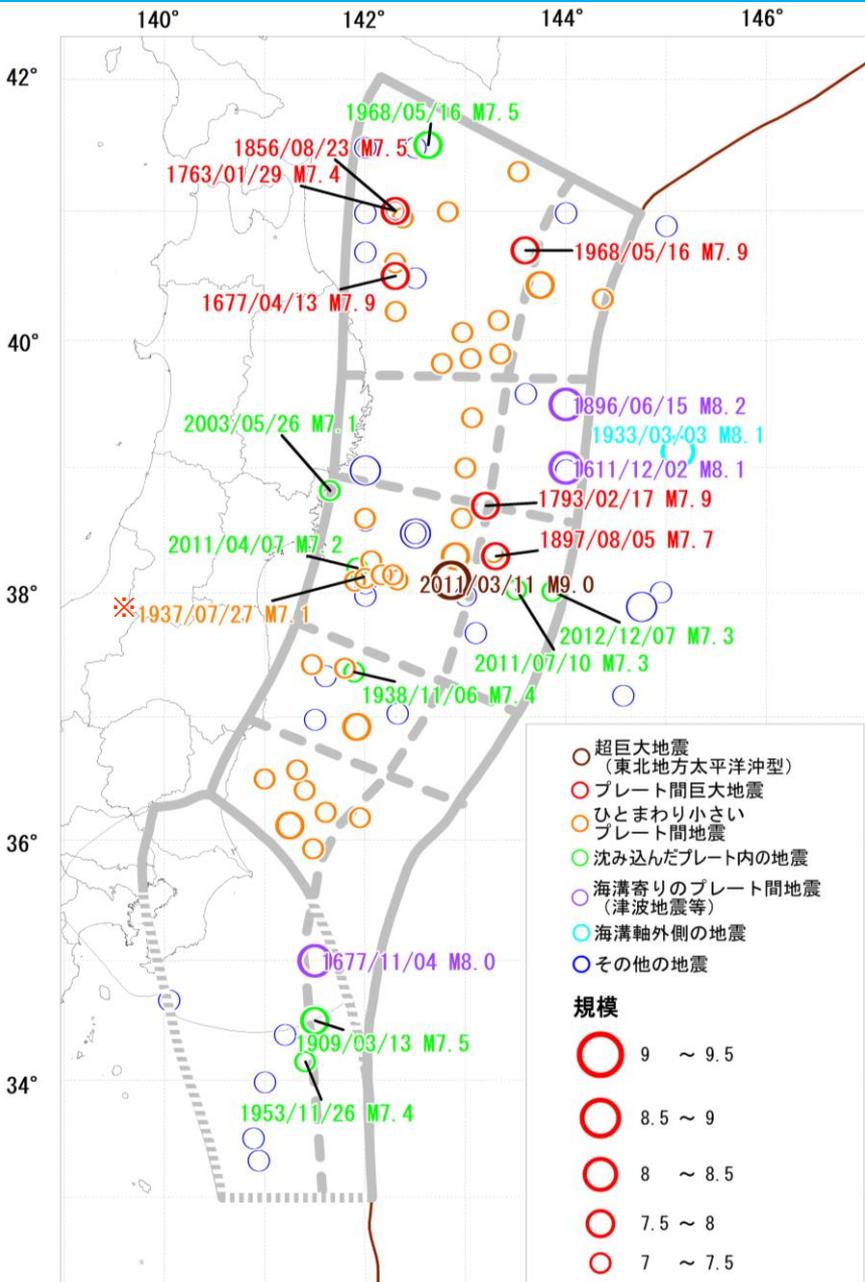
日本海溝沿いで発生した地震の例

- 超巨大地震 : 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震
- プレート間巨大地震 : 1968年十勝沖地震 など
- ひとまわり小さいプレート間地震 : 1978年宮城県沖地震、平成6年(1994年)三陸はるか沖地震 他多数
- 海溝寄りのプレート間地震(津波地震等) : 1896年の明治三陸地震 など
- 沈み込んだプレート内の地震 : 2003年5月の宮城県沖の地震 など
- 海溝軸外側の地震 : 1933年の昭和三陸地震



評価対象地震と規模の概念図

※実際に評価対象となる規模は領域によって異なる



日本海溝周辺で発生したマグニチュード (M)7以上の地震の震央分布図

1923年より前は、宇津 (1999)、宇津・他 (2001)、
 (ただし、1793年2月17日の宮城県沖の地震の震央は
 Matsu'ura, 2017、規模は松浦・他, 2006)

1923年以降は、気象庁震源カタログによる。

灰色の枠はプレート間地震の評価対象領域 (p5)。

※ 1937年の地震は沈み込んだプレート内の地震の可能性もある。

今後30年以内の地震発生確率 (2019年1月1日時点)

将来発生する地震の評価

評価対象地震	発生領域	規模	地震発生確率	評価に使用した地震	地震後経過率 ^{注2}	第二版の評価
超巨大地震 (東北地方太平洋沖型)	岩手県沖南部～茨城県沖	M9.0程度	ほぼ0%	過去約3000年間の5回	0.01	ほぼ0%
プレート間 巨大地震	青森県東方沖及び岩手県沖北部	M7.9程度	5～30%	1677年以降の4回	0.52	5～30%
	宮城県沖	M7.9程度	20%程度 ^{注4}	1793年以降の3回 ^{注1}	—	ほぼ0%
ひとまわり小さい プレート間地震	青森県東方沖及び岩手県沖北部	M7.0～7.5程度	90%程度以上	1923年以降の10回 ^{注1}	—	90%程度
	岩手県沖南部	M7.0～7.5程度	30%程度	1923年以降の1回 ^{注1}	—	確率未計算
	宮城県沖	M7.0～7.5程度	90%程度 ^{注4}	1923年以降の6～7回 ^{注1}	—	本評価で領域を統合
	宮城県沖の陸寄り (宮城県沖地震)	M7.4前後	50%程度	1897年以降の4回	0.21	不明
	福島県沖	M7.0～7.5程度	50%程度	1923年以降の2回 ^{注1}	—	10%程度
	茨城県沖	M7.0～7.5程度	80%程度 ^{注4}	1923年以降の5回 ^{注1}	—	90%程度以上
海溝寄りのプレート間地震(津波地震等)	青森県東方沖から房総沖にかけての海溝寄り	Mt8.6～9.0 ^{注3}	30%程度 ^{注4}	1600年以降の4回 ^{注1}	—	30%程度
沈み込んだプレート内の地震	青森県東方沖及び岩手県沖北部～茨城県沖	M7.0～7.5程度	60～70% ^{注4}	1923年以降の3～4回 ^{注1}	—	確率未計算
海溝軸外側の地震	日本海溝の海溝軸外側	M8.2前後	7% ^{注4}	1600年以降の1回 ^{注1}	—	4～7%

^{注1} 東北地方太平洋沖地震より後の期間は除いた

^{注2} 地震後経過率＝最新発生時期からの経過時間÷平均発生間隔
—は時間が経過しても地震の起こりやすさが変わらないと仮定した地震

^{注3} Mtは津波マグニチュード

^{注4} 本評価で評価対象領域・地震を再編したため、場所と規模の範囲が異なり、厳密には第二版と対応しない

Ⅲランク(高い)	: 26%以上
Ⅱランク(やや高い)	: 3～26%未満
Iランク	: 3%未満
Xランク	: 不明

超巨大地震（東北地方太平洋沖型）の評価

将来発生する地震の評価



領域： 岩手県沖南部～茨城県沖（宮城県沖を含む）

評価に使用した地震：
① 紀元前4～3世紀頃 ④ 1454年（享徳地震）または1611年（慶長三陸地震）
② 4～5世紀頃
③ 869年（貞観地震） ⑤ 2011年（東北地方太平洋沖地震）

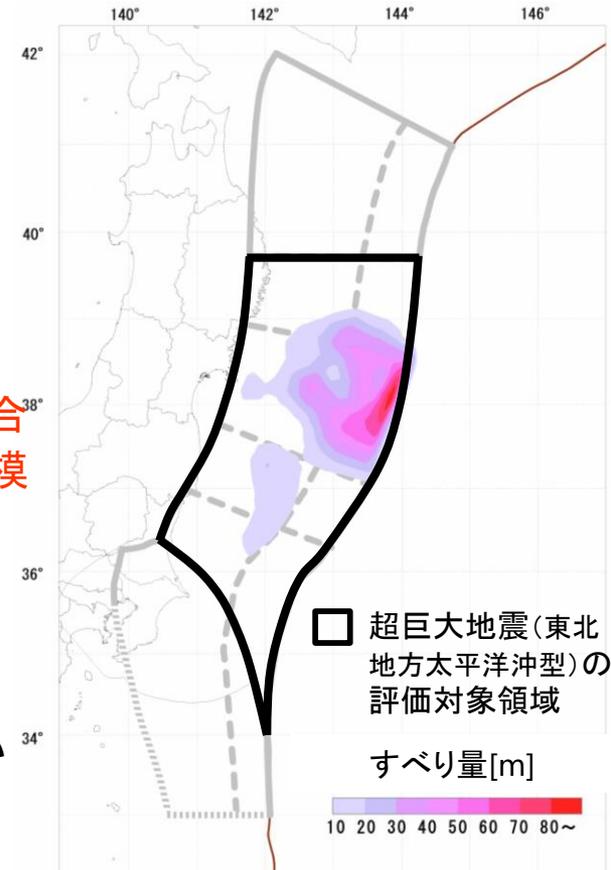
平均発生間隔： 約550～600年

今後30年以内の地震発生確率： ほぼ0%

地震規模： M9.0程度

留意点：

- ・ 宮城県沖を必ず含み、隣接する領域の少なくとも一方にまたがり、場合によっては茨城県沖まで震源域が及ぶ超巨大地震であると評価、規模は東北地方太平洋沖地震を代表値としてM9.0程度と評価
- ・ 津波堆積物調査によると、過去3000年間に5回発生
- ・ 平均発生間隔は約550～600年と評価、個々の地震の発生間隔は約400～800年とばらつく
- ・ 最新発生時期からの経過年数が短いため、まだ地震発生確率が低い時期である
- ・ 平均発生間隔と地震発生確率の計算では、①、②、④の発生年代の不確実性を考慮（詳細はp18）



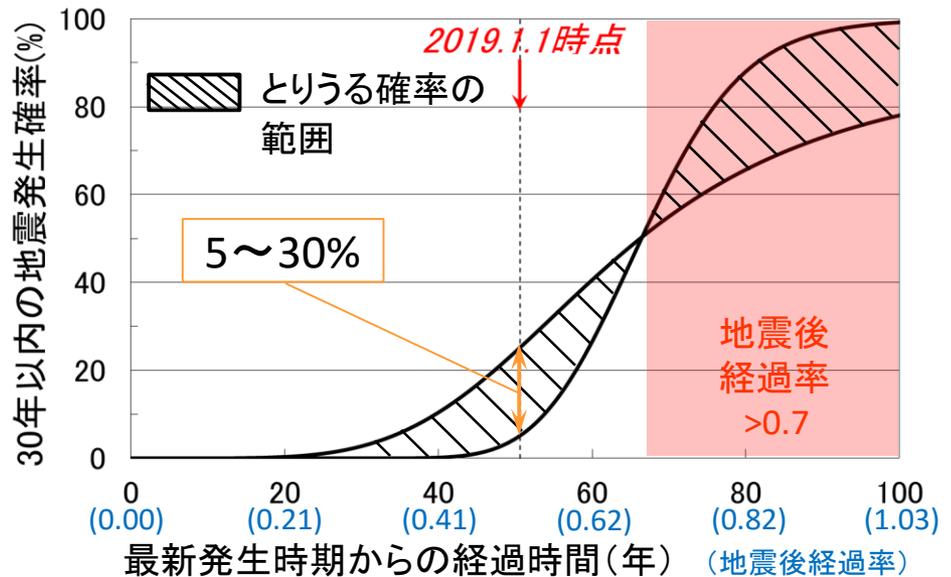
東北地方太平洋沖地震の震源域
(linuma et al., 2016をもとに作成)9

評価に使用
した地震： ① 1677 ③ 1856
② 1763 ④ 1968

平均発生間隔： 約97年

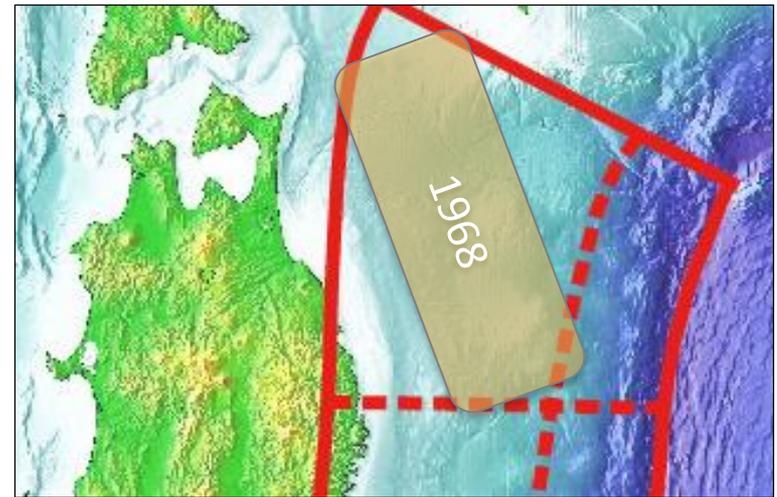
今後30年以内の
地震発生確率： 5～30%

地震規模： M7.9程度



留意点：

- ・ 地震が似たような間隔で発生していると考えて地震発生確率を計算、**時間が経過するほど地震は起こりやすくなる**
- ・ 東北地方太平洋沖地震の余効すべりによる応力変化の影響で、当該地震がより発生しやすくなったと考えられるため、**地震発生確率は上記の値より高い可能性がある**(p19)
- ・ 震源域が海溝寄りの領域まで及ぶ場合、地震の規模はM8.8に達する(ただし、そのような地震は今までに知られていない)



当該地震の震源域の例
(Yamanaka and Kikuchi, 2004による1968年十勝沖地震の震源域の概略位置)

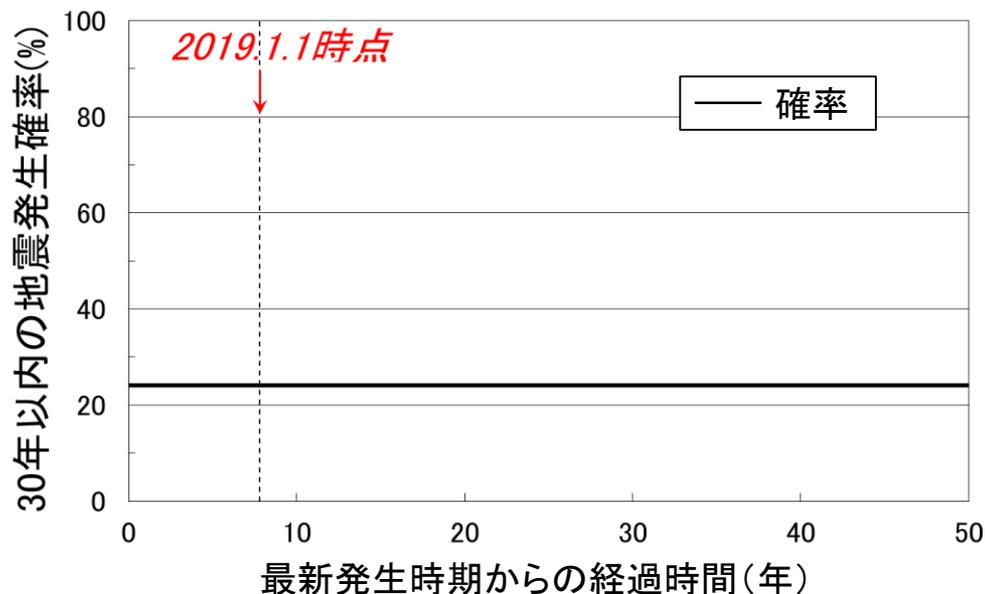
評価に使用
した地震注：
① 1793
② 1897/8

発生頻度：
約109年に1回

今後30年以内の
地震発生確率：
20%程度

地震規模：
M7.9程度

注 2011年の東北地方太平洋沖地震は当該地震の震源域を含むため、発生頻度の計算に使用し、また、最新発生時期として地震発生確率の計算に使用した



留意点:

- 東北地方太平洋沖地震後のひずみの蓄積過程は2つの地震(①、②)後と異なる可能性があるが、十分に解明されていない
→ 地震の発生頻度は一定で時間が経過しても地震の起こりやすさが変わらないと仮定して、地震発生確率を計算
- 東北地方太平洋沖地震の余効すべりによる応力変化の影響で、当該地震がより発生しやすくなったと考えられるため、地震発生確率は上記の値より高い可能性がある(p19)
- 震源域が海溝寄りの領域まで及ぶ場合、地震の規模はM8.6に達する(ただし、そのような地震は今までに知られていない)

領域	青森県東方沖 及び 岩手県沖北部	岩手県沖 南部	宮城県沖	福島県沖	茨城県沖	房総沖
評価に使用 した地震	1923年以降 の10回	1923年以降 の1回	1923年以降 の6～7回 ^注	1923年以降 の2回	1923年以降 の5回	相模トラフ (第二版)で 評価済
発生頻度	約9年に 1回	約88年に 1回	約13～15年 ^注 に1回	約44年に 1回	約18年に 1回	
今後30年以内の 地震発生確率	90%程度以上	30%程度	90%程度 ^注	50%程度	80%程度	
地震規模	M7.0～7.5程度					

^注 7回のうち1937年の地震は沈み込んだプレート内の地震の可能性もあるため、評価に使用した地震の回数には1回分の幅を与え、発生頻度と地震発生確率を計算した

留意点：

- ・ **地震の発生頻度は一定で時間が経過しても地震の起こりやすさが変わらないと仮定して、地震発生確率を計算**
- ・ 岩手県沖南部、福島県沖は、評価に使用する地震を再検討した。岩手県沖南部では新たに地震発生確率を計算し、福島県沖では第二版から確率が上昇した。
- ・ 宮城県沖には、陸寄りで繰り返し発生する地震(p13)を含めて評価
- ・ 茨城県沖は、第二版ではM6.7～7.2の繰り返し発生する地震を別途評価したが、本評価では繰り返し発生している地震以外と統合し、M7.0以上の地震を対象に評価した

評価に使用
した地震：
① 1897/2
② 1933, 1936, (1937^{注1})
③ 1978 ④ 2005^{注2}

平均発生間隔： 約38年

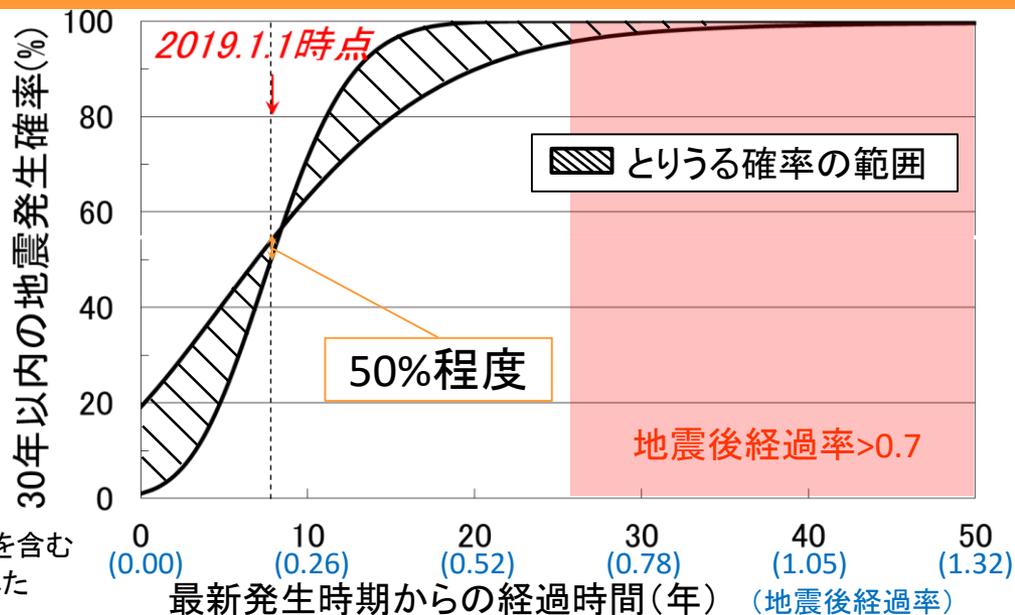
今後30年以内の
地震発生確率： 50%程度

地震規模： M7.4前後

^{注1} 沈み込んだプレート内の地震の可能性もある

^{注2} 2011年の東北地方太平洋沖地震は当該地震の震源域を含む

留意点： ため、最新発生時期として地震発生確率の計算に使用した

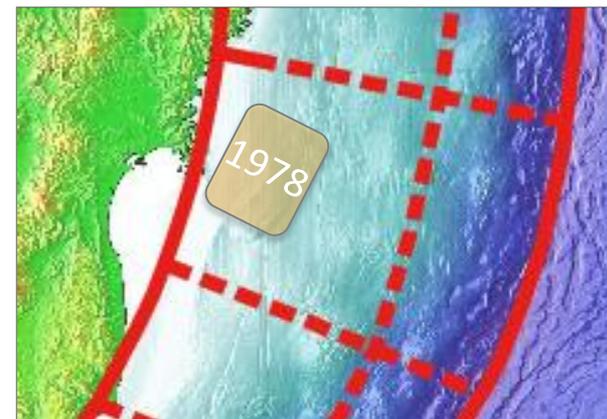


- ・ 2005年の地震までは似たような領域で繰り返し発生してきた
- ・ 東北地方太平洋沖地震で当該地震の震源域も大きくすべり、その後、余効すべりの分布から同領域で固着が再開していると想定されることから (p19)、次の地震発生サイクルに入っていると判断して、地震発生確率を計算
- ・ 地震が似たような間隔で発生していると考えて地震発生確率を計算するので、時間が経過するほど地震は起こりやすくなる
- ・ 次の理由から、地震発生確率は上記の値より高い可能性がある

(1) 東北地方太平洋沖地震の余効すべりによる応力変化の影響 (p19)

(2) 地震発生サイクルシミュレーションで次の地震が発生するまでの間隔が短くなる可能性が指摘されているため (p20)

(3) 低角逆断層型地震の活動が東北地方太平洋沖地震以前と比べて活発な状況が続いているため (p21)



当該地震の震源域の例

(Wu et al., 2008による1978年宮城県沖地震の震源域の概略位置)

領域	海溝寄りの	沈み込んだプレート内の地震		海溝軸外側の地震
	プレート間地震 (津波地震等)	青森県東方沖及び岩手県 沖北部～茨城県沖	房総沖	
評価に使用 した地震	1600年以降の 4回	1923年以降の3～4回 ^注		1600年以降の 1回
発生頻度	約103年に1回	約22～29年に1回 ^注	相模トラフ (第二版)で 評価済	約411年に1回
今後30年以内の 地震発生確率	30%程度	60～70% ^注		7%
地震規模	Mt8.6～9.0	M7.0～7.5程度		M8.2前後

留意点:

^注 4回のうち1937年の地震はプレート間地震の可能性もあるため、評価に使用した地震の回数には1回分の幅を与え、発生頻度と地震発生確率を計算した

- ・地震の発生頻度は一定で時間が経過しても地震の起こりやすさが変わらないと仮定して、地震発生確率を計算
- ・海溝寄りのプレート間地震(津波地震等)には、1611年の慶長三陸地震と2011年の東北地方太平洋沖地震も含む
- ・沈み込んだプレート内の地震(青森県東方沖及び岩手県沖北部～茨城県沖)は、東北地方太平洋沖地震以後、高い頻度で発生しており (p22)、地震発生確率は上記の値より高い可能性がある
- ・海溝軸外側の地震は、1896年の明治三陸地震後の1933年の昭和三陸地震のように、プレート間地震の数十年後に発生することがあるため、長期間の注意が必要である

① 過去に起きた地震の履歴・場所・規模の解明

2011年と869年以外の超巨大地震(東北地方太平洋沖型)や津波地震の履歴はよくわかっていない

→ 津波堆積物や深海底堆積物の調査の推進、歴史記録の網羅的な収集

② 海溝軸付近や沈み込む前のプレートの形状や構造の理解

津波の評価やプレート間の固着を把握する上で重要だが、陸域と比べて調査・研究が進んでいない

→ 海底の地形調査・地質調査・構造探査の推進

③ 東北地方太平洋沖地震後のプレート間の固着状況やプレート内の応力の解明

東北地方太平洋沖地震の影響を定量的に評価する上で重要だが、まだ十分には解明できていない

→ 沖合での各種観測(地震、地殻変動、水圧等)の推進

④ 不確実性を考慮した地震発生確率計算手法の導入、地震の多様性を考慮した物理的なモデルの構築

地震発生確率や規模を定量的に評価する上で重要だが、そのような手法はまだ確立されていない



長期評価手法の高度化

【参考】 評価対象領域を設定する根拠の補足

1 千島海溝の長期評価(第三版)との境界

4 太平洋プレート上面
深さ60kmの曲線

5 フィリピン海プレート
上面で発生している地震活動の北端

6 太平洋プレート上面
深さ80kmの曲線

7 太平洋プレート上面
深さ80kmと60kmを滑らかに
つないだ曲線

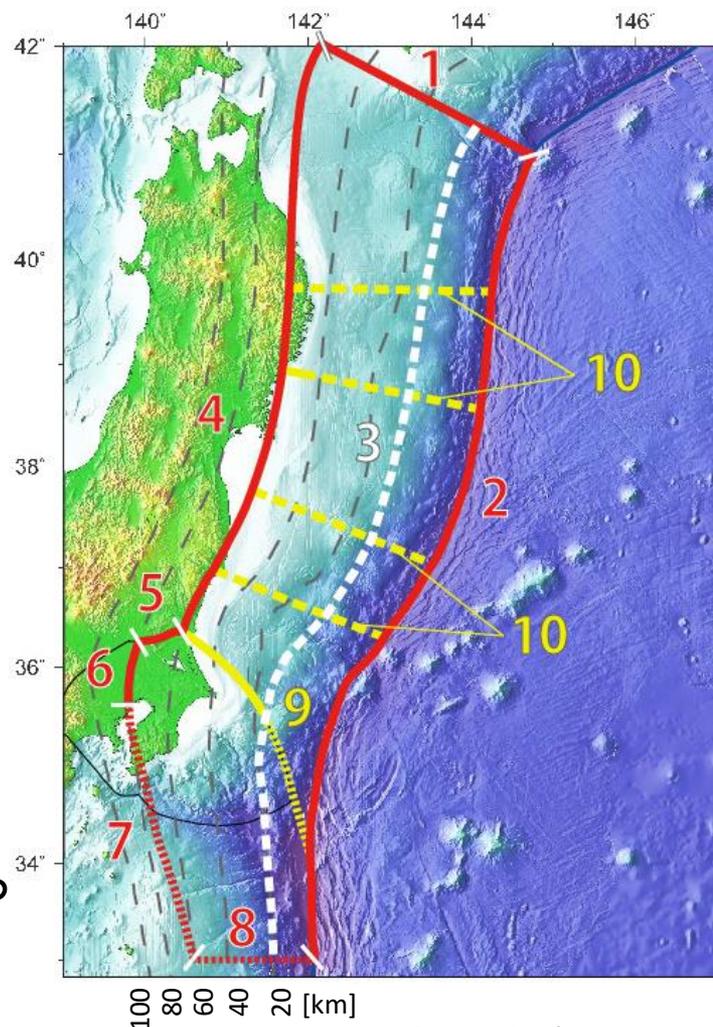
8 北緯33度の直線

2 海溝軸

3 太平洋プレート上面深
さ15-20kmを滑らかに
つないだ曲線

9 沈みこんだフィリピン海
プレートの北東端
(沖合は不明瞭なため点線)

10 過去の地震活動や津
波の波源域、プレート間の
固着状況から境界を推定



--- 太平洋プレート上面の等深線(内閣府, 2017)

— 相模トラフ沿いの地震活動の長期評価(第二版)の
評価対象領域

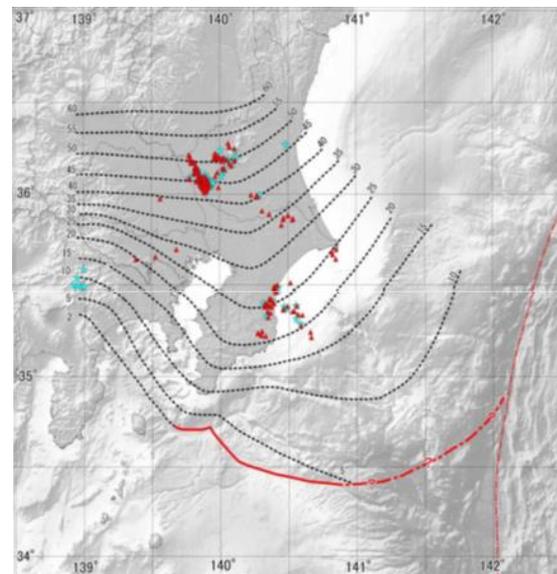
【参考】 評価対象領域を設定する根拠の補足

4, 6 太平洋プレート上面で発生する地震活動の西端

- 4 太平洋プレート上面深さ60kmの曲線
- 6 // 80kmの曲線
(Nakajima et al., 2009によると、房総沖では太平洋プレート上面で発生する地震活動の下限は深くなる)

5 フィリピン海プレート上面で発生している地震活動の北端

- 相模トラフ(第二版)の北端と一致

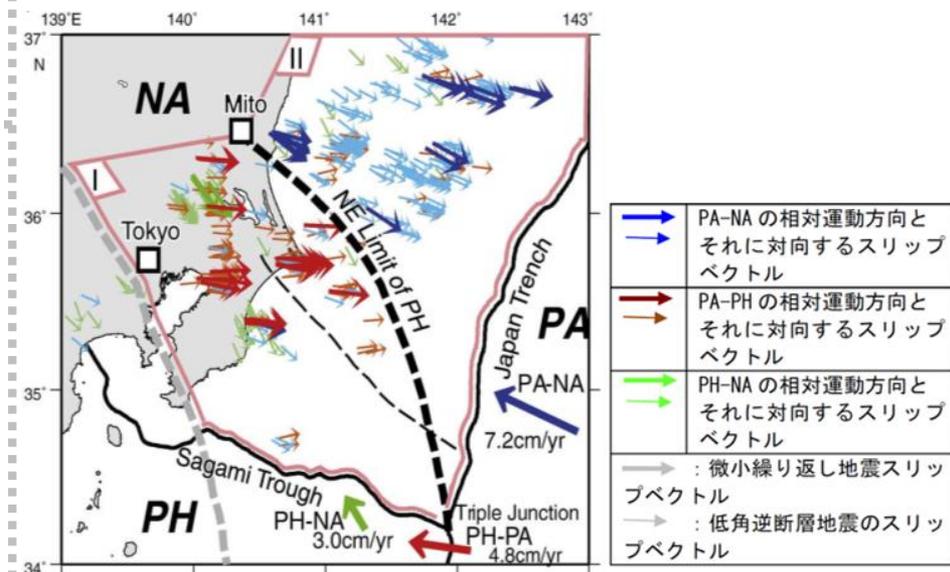


- ▲ 微小繰り返し地震の分布 (Kimura et al., 2006)
- ★ 低角逆断層地震の分布 (気象庁一元化震源)

フィリピン海プレート上面の地震活動
相模トラフ(第二版)より引用

9 フィリピン海プレートが太平洋プレートに沈み込む東端

- Uchida et al. (2009) の境界線を引用
大部分で、相模トラフ(第二版)の北東端と一致



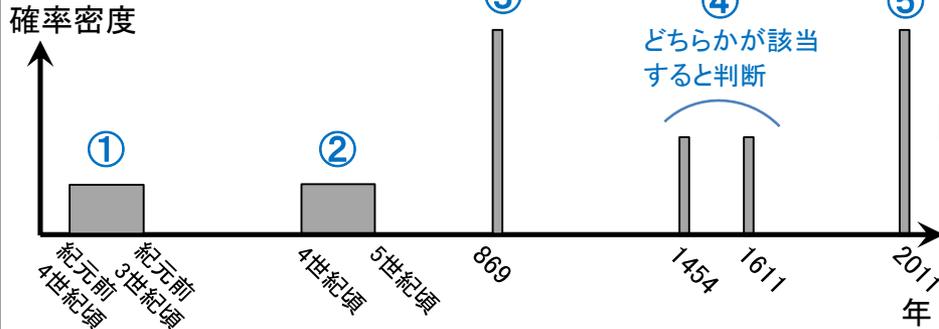
プレート上面における微小繰り返し地震・低角逆断層のすべり角とプレートの運動方向

Uchida et al., 2009より引用

NA: 陸側のプレート PA: 太平洋プレート PH: フィリピン海プレート

仙台平野で発見された5層の津波堆積物から確率を計算

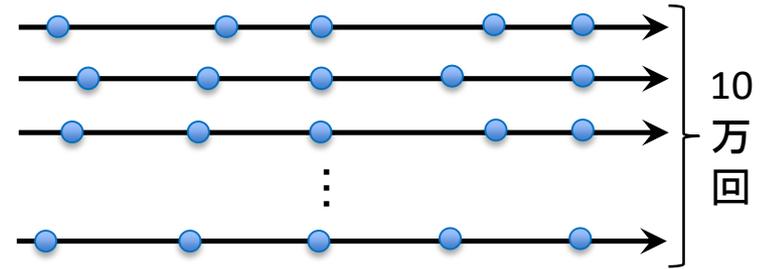
計算方法



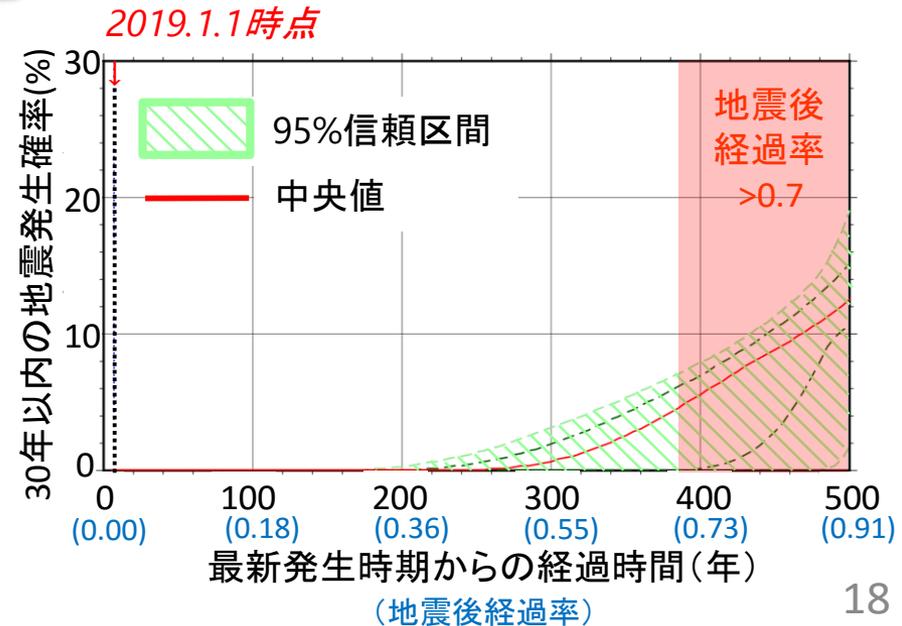
1. 津波堆積物から5回(①~⑤)の地震を認定
各地震に対して発生年代の確率分布を設定

- ① 紀元前4~3世紀頃
- ② 4~5世紀頃
- ③ 869年(貞観地震)
- ④ 1454年(享徳地震)または1611年(慶長三陸地震)
- ⑤ 2011年(東北地方太平洋沖地震)

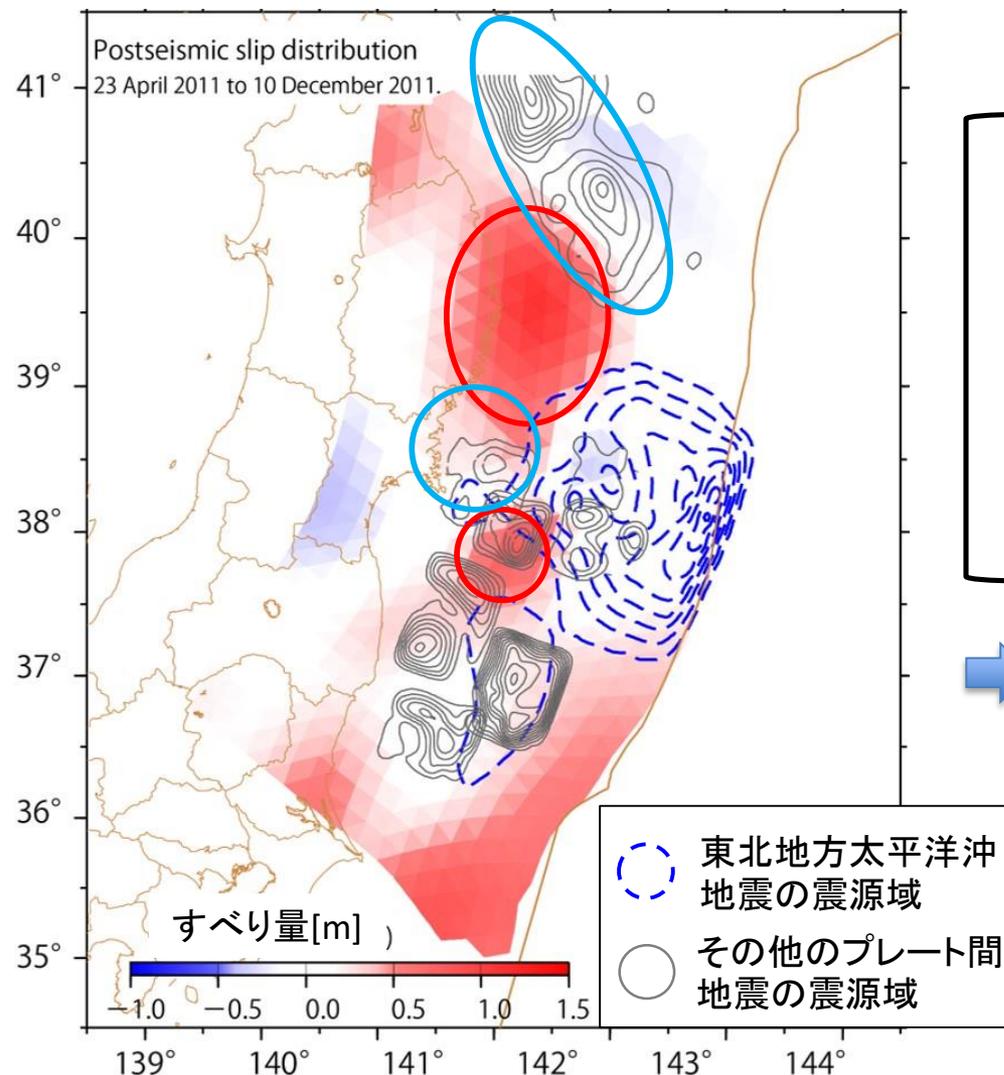
3. 得られた平均発生間隔とばらつきの値から、30年以内の地震発生確率を計算
95%信頼区間(斜線領域)をとって、「ほぼ0%」と評価
最新発生時期からの経過年数が短いため、まだ地震発生確率が低い時期である



2. 各地震の発生年を確率分布に基づきランダムに発生させ、平均発生間隔と発生間隔のばらつきを推定。これを10万回繰り返す



【参考】東北地方太平洋沖地震の余効すべり (2011年4月~12月)



- ・ 東北地方太平洋沖地震後、○の領域では大きな地震を伴わずにすべっている(余効すべり)
- ・ 一方、隣接する○の領域では、過去のプレート間地震発生後、プレートが固着した状態が続いている

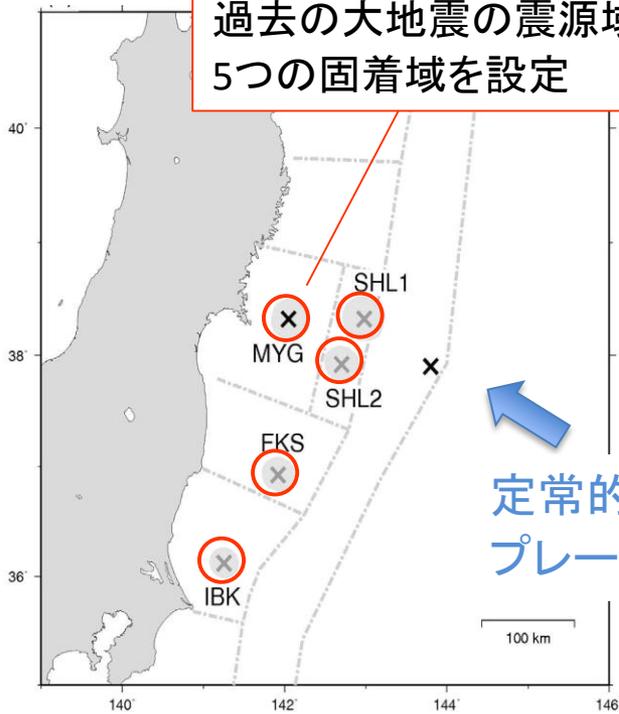


○と○の領域の境界付近で断層を動かそうとする強い力が加わり、東北地方太平洋沖地震前と比べて○の領域で地震が発生しやすくなった可能性がある

東北地方太平洋沖地震の余効すべりによる地殻変動
(linuma et al., 2016 を一部改変)

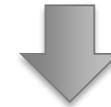
【参考】地震発生サイクルシミュレーション

過去の大地震の震源域から
5つの固着域を設定



固着域の設定場所

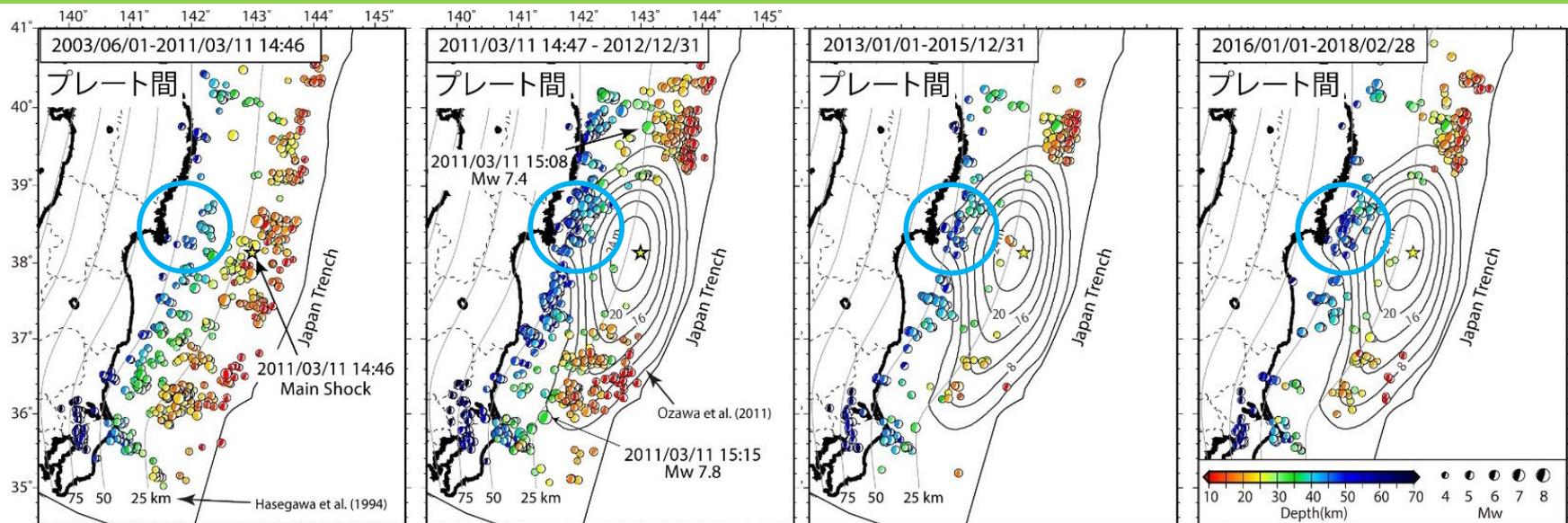
固着の強弱を様々な設定した複数のシナリオを用意し、いつ、どこで、どれくらいの規模の地震が発生するかシミュレーションした



シミュレーションでは、多くのシナリオで、超巨大地震（東北地方太平洋沖型）の後の宮城県沖の陸寄りで繰り返し発生するひとまわり小さいプレート間地震（宮城県沖地震）の発生間隔が、平均発生間隔より短くなる

図はNakata et al. (2016)に加筆

【参考】 低角逆断層型地震の発生状況



2003.6

2011.3.11
 東北地方
 太平洋沖地震

2013.1

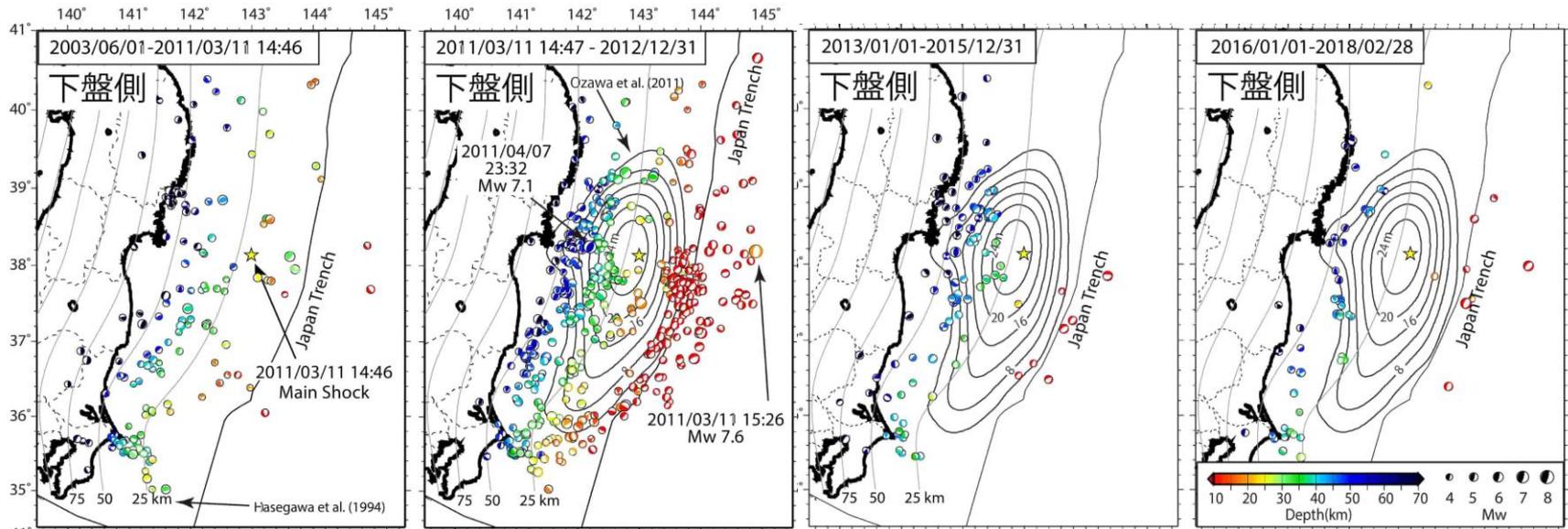
2016.1

2018.3

プレート間地震の発生状況
 (防災科学技術研究所提供)

宮城県沖の○ (p19の○に対応)の領域では、東北地方太平洋沖地震以前と比べて、低角逆断層型地震の活動が活発な状況が続いている

【参考】沈み込んだプレート内の地震の発生状況



2003.6

2011.3.11

東北地方
太平洋沖地震

2013.1

2016.1

2018.3

沈み込んだプレート内の地震の発生状況
(防災科学技術研究所提供)

沈み込んだプレート内の地震は東北地方太平洋沖地震以後、高い頻度で発生している

【参考】超巨大地震の評価

- 東北地方太平洋沖地震の震源域の北側では、岩手県沖南部から十勝沖以東にかけて、南側では、福島県沖から房総沖以南にかけて連動するような超巨大地震も想定できるが、過去にそのような地震は知られていない
- 地震の規模を面積から推定する方法が、既往最大の地震(チリ沖:モーメントマグニチュード(M_w)9.5)を超える超巨大地震に適用可能であるかは不明
- したがって、超巨大地震(東北地方太平洋沖型)以外の超巨大地震の発生を否定はできないが、将来の地震の規模・発生確率は不明とした