

三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について

地震調査研究推進本部事務局
文 部 科 学 省

(1) 今回の長期評価の考え方について

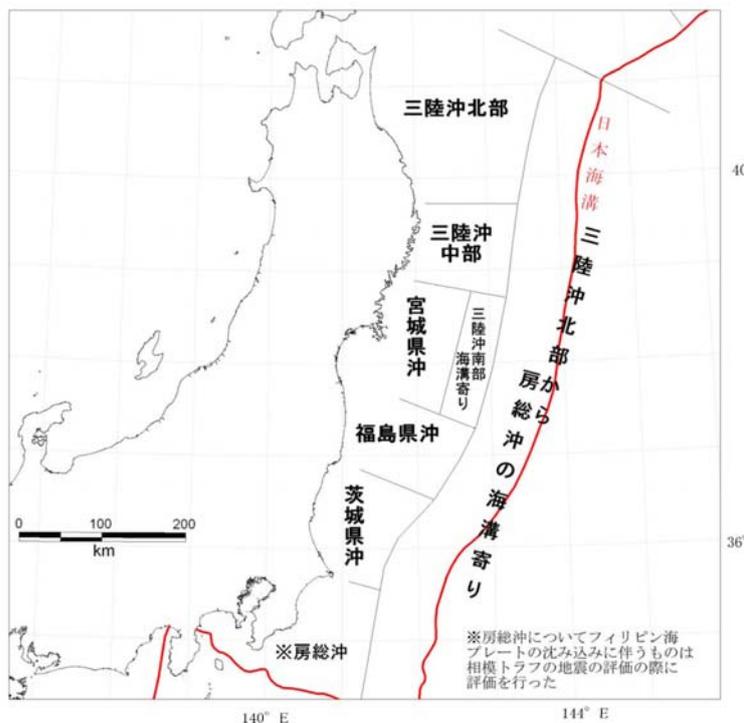
長期評価は、10年もしくはそれより長い期間について、発生する地震の規模、発生確率等を予測するものである。

2011年東北地方太平洋沖地震の発生により、その震源域を含む領域においては、それぞれの領域で繰り返し発生するプレート間地震が発生したのと同様、またはそれ以上のすべりがあり、プレート境界面に蓄積されていた応力は解放されたと考えられる。そこで、今回の評価では個別の領域については、東北地方太平洋沖地震を個別の領域の地震活動履歴に加えることとし、最新活動を東北地方太平洋沖地震とした。

これまでの海溝型地震の長期評価手法では、2011年東北地方太平洋沖地震を予測することができなかったため、これまでの評価手法を見直す必要があると考え、その検討を行っているところであり、次の地震については、参考としてこれまでの手法を用いて評価を行っている。今回の評価は、現在の知見を基に取り急ぎ評価したものであり、今後の調査研究によって新しい知見が得られた後に、再度評価するものとする。

(2) 今回の長期評価のポイント

- ・ 東北地方太平洋沖地震（型）の評価を行った。
- ・ 東北地方太平洋沖地震の震源域で発生する地震についての評価を行った。
- ・ 前回の評価（平成12年）から10年以上経過し、宮城県沖地震における重点的調査観測等により新しい知見が得られたため、それらに基づく評価を行った。



(3) 今回の評価の概要

東北地方太平洋沖型の地震

(東北の太平洋沿岸に巨大津波を伴うことが推定される地震)

■869年に地震があり、地震動及び津波を伴い、多数の死傷者を伴った(貞観地震)。この地震の震源域は少なくとも宮城県沖と三陸沖南部海溝寄りから福島県沖にかけての領域を含み、三陸沖まで達する可能性がある。地震の規模は Mw8.4 程度もしくはそれ以上と推定される。宮城県から福島県にかけての太平洋沿岸で、**過去 2500 年間で 4 回の巨大津波による津波堆積物**が見つかっており、これらの地域を広く浸水したと考えられる。これら 4 回の一つが 869 年の地震(貞観地震)によるものとして確認された。また、これら 4 回のうち貞観地震及び約 4・5 世紀の地震では、地震時に沿岸が沈降したと推定され、日本海溝のプレート境界で発生した巨大地震である可能性が高いと考えられる。他の 2 回についてはその津波堆積物の分布から同様の地震である可能性がある。以上のことから、本報告では東北地方太平洋沖型の地震と見なした。

■東北地方太平洋沖型の地震の特徴のひとつである広い浸水をもたらす津波は、**過去 2500 年間で 5 回発生**していたと確認され、これらの津波をもたらした地震が繰り返し発生したとするとその発生間隔は 400 年～800 年程度で**平均発生間隔は 600 年程度**である。

■2011 年東北地方太平洋沖地震は更新過程に不明な点があるものの、本報告では 869 年貞観地震と同様である可能性があるとして見なして、これらを東北地方太平洋沖型の地震として BPT モデルを適用し、将来の地震発生確率を算出する。

東北地方太平洋沖型の地震については、平均発生間隔が約 600 年と推定され 2012 年 1 月 1 日現在の経過年数が 0.8 年であることから更新過程(BPT 分布を適用)によれば、今後 30 年以内の地震発生確率はほぼ 0 %、今後 50 年以内の発生確率はほぼ 0 %と推定される。次の地震の規模は過去に発生した地震の規模から、少なくとも宮城県沖と三陸沖南部海溝寄りから福島県沖にかけての領域が連動して Mw8.4 程度、さらに震源域が広がり、東北地方太平洋沖地震と同様に M9.0 前後になる可能性がある。この地震に伴い巨大津波が発生し、太平洋沿岸の平野を広く浸水することが考えられる。東北地方太平洋沖地震と同様、東日本の太平洋沿岸に高い津波が達する可能性がある。

三陸沖北部

■三陸沖北部については、津波被害の記録が残るような地震が 17 世紀以降現在までの約 412 年間に 4 回発生したと考えた。このうち最近の 3 回の地震は多数の死傷者が出ていることがわかっている。4 回の地震の平均発生(活動)間隔は 97.0 年となる。最新の発生が 1968 年 5 月 16 日であることから、最新発生からの経過時間は 2012 年 1 月 1 日現在で 43.6 年となり、平均発生間隔の 4～5 割が経過したことになる。これらの地震は、ほぼ同じ場所で繰り返し発生している。過去の地震の規模は、M7.4～M7.9(Mt7.6～Mt8.2)である。

■三陸沖北部の繰り返し発生する地震については、更新過程(BPT 分布を適用)に

よれば、今後 30 年以内の発生確率は 0.7~10%、今後 50 年以内の発生確率は 40~50%と推定される。また、次の地震の規模は、過去に発生した地震の規模から M8.0 前後、Mt8.2 前後と推定される。

■三陸沖北部の繰り返し発生する地震以外の地震には、死者 3 名を伴った 1994 年の三陸はるか沖の M7.6 の地震などがある。これらの地震については、1945 年の M7.1 の地震により死傷者が出ていることから、M7.1 以上の地震を対象とすると、地震の近代的観測が始まった 1885 年から 2011 年の約 127 年間に 9 回発生しており、約 14.1 年に 1 回発生していたと考えられる。

■繰り返し発生する地震以外の地震については、ポアソン過程により今後 10 年以内の発生確率は 50%程度、今後 30 年以内の発生確率は 90%程度と推定される。次の地震の規模は、過去に発生した地震の規模から M7.1~M7.6 と推定される。

三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート間地震（津波地震）

■三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの領域については、M8クラスの地震が 17 世紀以降では、**1611 年の三陸沖、1677 年 11 月の房総沖**、明治三陸地震と称される **1896 年の三陸沖**が知られており、津波等により大きな被害をもたらした。さらに、2011 年東北地方太平洋沖地震ではこの領域は**震源域の中でも特に大きくすべった**。三陸沖北部から房総沖の領域全体では M8 以上の地震が**約 400 年に 4 回発生**しているとすると、103 年に 1 回程度地震が発生したと考えられる。これらの地震は、同じ場所で繰り返し発生しているわけではないため、繰り返し発生する地震としては扱わなかった。

■M8 以上のプレート間の地震は、ポアソン過程により、今後 30 年以内の発生確率は 30%程度、今後 50 年以内の発生確率は 40%程度と推定される。

また、特定の海域では、断層長（200km 程度）と領域全体の長さ（800km 程度）の比を考慮して 412 年に 1 回の割合でこのような地震が発生すると推定される。ポアソン過程により、今後 30 年以内の発生確率は 7%程度、今後 50 年以内の発生確率は 10%程度と推定される。

■なお、東北地方太平洋沖地震の震源域に含まれる三陸沖中部から三陸沖南部海溝寄りの海溝寄りに至る部分については、この地震によりこれまでの歪を解放した状態と考えられる。よって、この部分の将来の発生確率は上述の値より小さいと考えられる。三陸沖北部の海溝寄りの部分については、**1896 年明治三陸地震の震源域では約 100 年間以上、さらに北の部分では 1600 年以降発生が確認されておらず**、約 400 年間以上の空白期間がある。福島県沖と茨城県沖の海溝寄りの部分では、東北地方太平洋沖地震で数mのすべり量があったと推定されるが、これまでの歪を全て解放したかどうかは不明である。**房総沖の海溝寄りの部分では、1677 年 11 月の房総沖の発生以来約 300 年間以上の空白期間**がある。

次の地震も津波地震であることを想定すると、その規模は、過去に発生した地震の Mt 等を参考にして、**Mt8.6~9.0** と推定される。

三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート内地震（正断層型）

■過去の三陸沖北部から房総沖にかけてのプレート内正断層型地震で、津波等により

大きな被害をもたらしたものは、三陸沖で **1933 年に発生した昭和三陸地震**が唯一知られているだけである。したがって、過去 400 年間に 1933 年の地震が 1 回のみ発生したことから、このような地震は 400 年以上の間隔を持つと推定される。一方、世界の沈み込み帯で発生する正断層型地震の総モーメントの推定から、三陸沖北部～房総沖全体では 750 年に 1 回程度発生していると推定される。これらから三陸沖北部～房総沖全体ではこのような地震は 400～750 年の間隔を持って発生したと考えた。プレート内正断層型地震については、1 回しか知られていないので、繰り返し発生する地震としては扱わなかった。

なお、房総沖で 1953 年に発生した地震と三陸沖の日本海溝の東側で 2011 年 3 月 11 日 15:25 に発生した M7.5 の地震は、そのメカニズムからプレート内の正断層型の地震と考えられている。また、1909 年の房総沖の地震についても 1953 年と同じようなタイプの地震と考えられている。しかし、いずれも大きな被害は無く、1933 年の地震に比べ一回り小さな地震であると考えられることから、これらの地震については、評価対象とはしなかった。

■ポアソン過程を適用することにより、今後 30 年以内の発生確率は 4～7%、今後 50 年以内の発生確率は 6～10%と推定される。また、特定の海域では、断層長(200km 程度)と領域全体の長さ(800km 程度)の比を考慮して、1600～3000 年の間隔で発生していると考えられ、ポアソン過程により、今後 30 年以内の発生確率は 1～2%、今後 50 年以内の発生確率は 2～3%と推定される。次の地震の規模は、過去に発生した地震を参考にして、M8.2 前後、**Mt8.3 前後**と推定される。

三陸沖中部

三陸沖中部は 2011 年東北地方太平洋沖地震の震源域に含まれるものの、それ以外に過去に死傷者をもたらした地震は知られていない

宮城県沖

■宮城県沖では、1885 年以降現在までに、M7.1～7.4 前後の地震が繰り返し発生したことが知られている。また、2011 年東北地方太平洋沖地震の震源域に含まれる。そのうち、震源位置などから 1897 年、1930 年代(1933 年、1936 年、1937 年)、1978 年、2010 年前後(2005 年と 2011 年東北地方太平洋沖地震)の地震活動を宮城県沖におけるそれぞれ一つの活動と見なすと **1897 年～2011 年までの約 110 年間に 4 回**発生しており、平均発生間隔は約 38.0 年である。

■次の地震については、東北地方太平洋沖地震の**余効変動**が観測され続けている現段階では今後も**どのように歪が蓄積し、地震がどのような間隔で発生するか不明**である。次の地震の規模は過去に発生した地震の規模から、複数のアスペリティが同時にすべって M7.4 前後に、別々に滑った場合は M7.1～7.4 になると推定される。また、他の領域と連動する可能性も考えられる。

■この領域の繰り返し発生する地震以外の地震については、M7.1 以上の地震を対象とすると、1885 年から 2011 年までの約 127 年間に 4 回発生しており、約 31.8 年に 1 回発生していたと考えられる。この 4 回のうち、2003 年と 2011 年 4 月の 2 回は後述の太平洋プレート内の地震である。

■繰り返し発生する地震以外の地震については、M7.0～7.3 の地震が約 31.8 年に 1 回の割合で発生していたと推定され、ポアソン過程を適用することにより、今後 30 年以内の発生確率は 60%程度、今後 50 年以内の発生確率は 80%程度と推定される。なお、これらの地震には太平洋プレート内の地震が 2 つ含まれる

三陸沖南部海溝寄り

■1793 年に M7.9 の地震があり、死傷者を伴った。1897 年 8 月には M7.7 の地震が発生しているが、死傷者は無かった。また、この領域は 2011 年**東北地方太平洋沖地震(M9.0)の震源域の中でも特に大きくすべった**。この 3 回の地震を繰り返し発生する地震とすると、1793 年～2011 年までの**約 220 年間に 3 回**発生しており、平均発生間隔は約 109 年である。1793 年の地震については連動した可能性もある。

■繰り返し発生する地震については、2012 年 1 月 1 日現在の経過年数が 0.8 年であることから更新過程 (BPT 分布を適用) によれば、今後 30 年以内の地震発生確率はほぼ 0%、今後 50 年以内の発生確率は 0.003%～0.08%と推定される。次の地震の規模は M7.9 程度と推定される。過去の地震の事例から他の領域と連動する可能性も考えられ、その際の地震の規模は M8.2 程度と推定される。

■この領域の繰り返し発生する地震以外の地震については、M7.3 以上の地震を対象とすると、1885 年から 2011 年までの約 127 年間に 3 回発生しており、約 42.3 年に 1 回発生していたと考えられる。

■繰り返し発生する地震以外の地震については、ポアソン過程を適用することにより、今後 30 年以内の発生確率は 50%程度、今後 50 年以内の発生確率は 70%程度と推定される。

福島県沖

■福島県沖では、1938 年に逆断層型及び正断層型を取り混ぜ、M7.4 程度の地震が幾つか発生し、死者 1 名、負傷者数名の被害を伴った。また、この領域は 2011 年**東北地方太平洋沖地震の震源域に含まれる**。このことから、**1600 年～2011 年までの約 412 年間に 2 回**発生しており、約 206 年に 1 回発生していたと考えられる。

■ポアソン過程により、今後 30 年以内の発生確率は 10%程度、今後 50 年以内の発生確率は 20%程度と推定される。次の地震の規模は、過去の事例から M7.4 前後と推定され、複数の地震が続発する可能性がある。

茨城県沖

■**茨城県沖の繰り返し発生する地震以外の地震**については、M6.9 以上の地震を対象とすると、1885 年から 2011 年までの**約 127 年間に M6.9～7.7 の地震が 5 回**発生しており、約 25.6 年に 1 回発生していたと考えられる。

■ポアソン過程により、今後 10 年以内の発生確率は 30%程度、今後 20 年以内の発生確率は 50%程度、今後 30 年以内の発生確率は 70%程度と推定される

■この領域では 1923 年以降現在までに、**M7 程度**の地震が繰り返し発生したことが知られている。また、この領域は 2011 年東北地方太平洋沖地震の震源域に含まれる。そのうち、震源位置などから 1920 年代、1943 年、1960 年代、1982 年、2010 年前

後（2008年と2011年）の地震活動を茨城県沖におけるそれぞれ一つの活動と見なすと**1923年～2011年までの約89年間に5回**発生しており、平均発生間隔は約21.9年である。

■平均発生間隔が約20年（21.9年）であり、2012年1月1日現在の経過年数が0.8年であることから更新過程（BPT分布を適用）によれば、今後10年以内の地震発生確率は0.01%～0.2%、今後20年以内の発生確率は40～50%、今後30年以内の発生確率は90%程度もしくはそれ以上と推定される。次の地震の規模は、過去に発生した地震の規模から**M6.7～M7.2**と推定される。

房総沖

1677年11月の津波地震（延宝房総地震）、1909年、1953年の正断層型の地震のほかに、1987年には、千葉県東方沖で死者2名を出す**M6.7**の地震が発生した。この地震は、フィリピン海プレート内部の地震と考えられている。フィリピン海プレートの沈み込みに伴う地震については、「相模トラフ沿いの地震活動の長期評価について」において評価した。

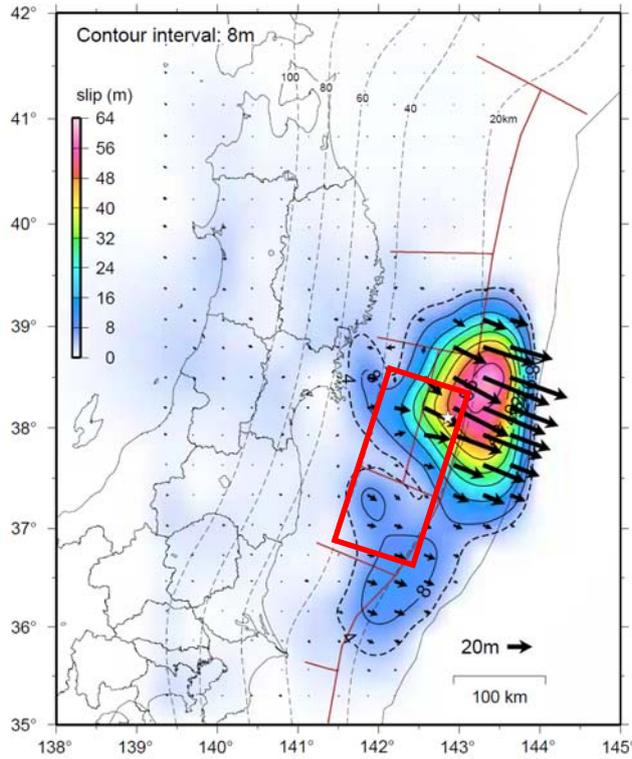
太平洋プレート内の地震

2003年に宮城県沖でM7.1の地震があり、最大震度6弱を観測し、負傷者91名の被害を伴った。**2011年4月に宮城県沖でM7.1**の地震があり、宮城県で最大震度6強を観測し、死者4名、負傷者296名の被害を伴った。また、2011年7月に**三陸沖北部から房総沖の海溝寄り**で**M7.3**の横ずれ断層型の地震があった。このことから、気象庁の一元化震源によってプレート内地震の判定ができるようになった1997年から2011年までの約14年間に宮城県沖では2回、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りでは1回発生している。

■プレート内地震が判別できるようになった**1997年から2011年までの約14年間に宮城県沖でM7.1の地震が2回、三陸沖北部から房総沖の海溝寄り**で**M7.3の地震が1回**発生しているが、それより過去のデータについては不明のためプレート内地震のみを対象とした将来の地震の発生確率は算出しない。

次の地震の規模は、日本海溝沿いでは過去に発生した地震の規模からは**M7.0～7.4**と推定されるが、**千島海溝では1994年北海道東方沖地震（M8.2）**が発生しており、三陸沖から房総沖にかけての領域及びそれらに隣接する陸域の深さ約30～100kmのプレート内においても同様の地震が発生する可能性も考えられる。

東北地方太平洋沖地震の震源域について



すべり量の大きい領域：
三陸沖南部海溝寄り
三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの一部

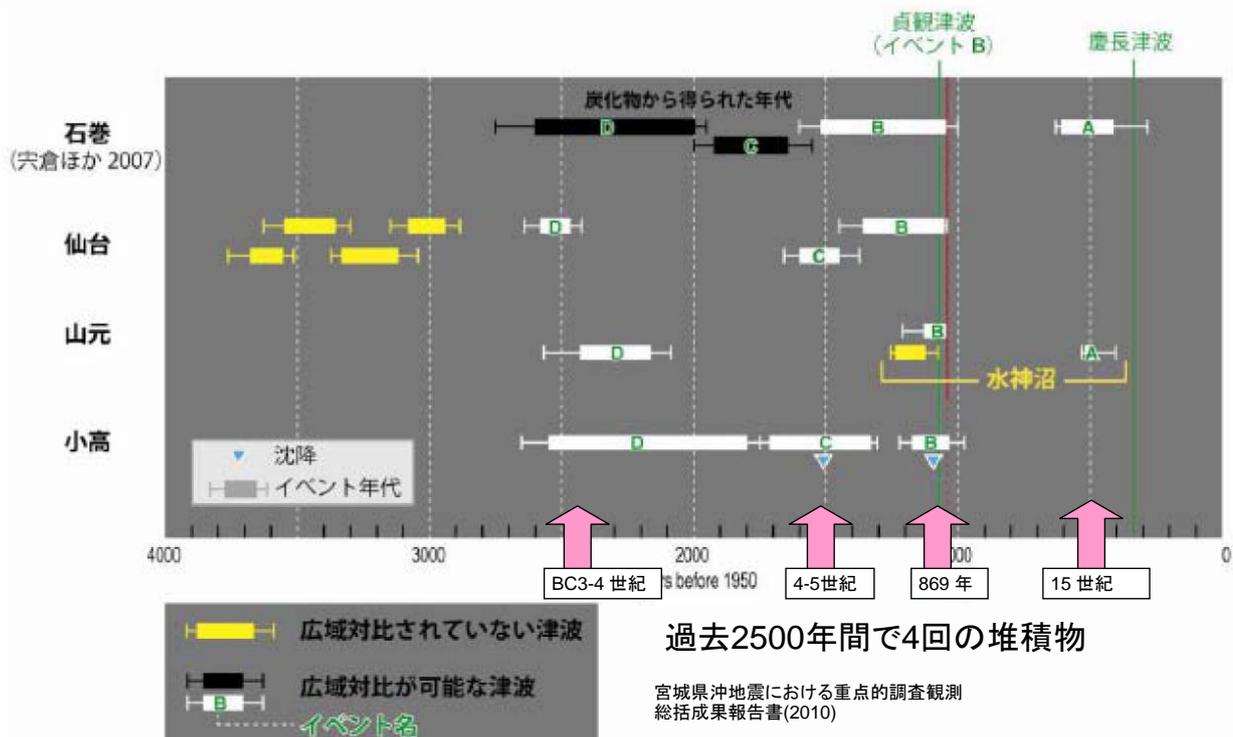
震源域：
三陸沖中部
宮城県沖
福島県沖
茨城県沖

2011年東北地方太平洋沖地震の本震の
GPS/AIによるすべり分布図
(国土地理院・海上保安庁資料に加筆)

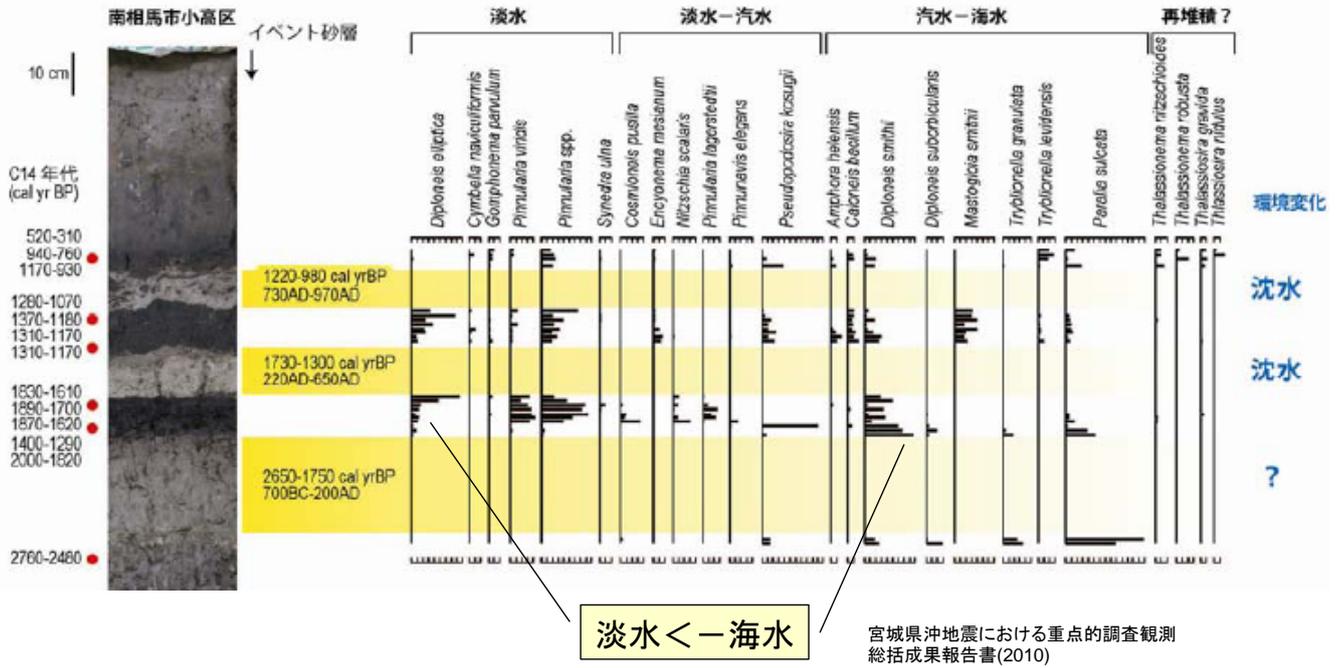
869年貞観の断層モデル

少なくともこの領域以上 宮城県沖地震における
重点調査観測総括報告書(2010)

宮城県から福島県にかけての津波堆積物の地域間対比



福島県南相馬市小高で採取したジオスライサーコアの珪藻分析結果



東北地方太平洋沿岸に巨大津波を伴うことが推定される地震

地震発生日月	地震	地震動	津波		地殻変動	地震規模			備考
			高い波高	広い浸水		M	Mt	Mw	
2011/3/11	東北地方太平洋沖地震	◎	◎	◎	◎	9.0	9.1~9.4	9.0	太平洋沿岸に大津波と地盤沈下、特に三陸南部で高い津波
15世紀	A	—	—	○	—	—	—	—	
869/ 7/13	貞観地震	○	—	◎	△	8.3	—	8.4以上	三陸の津波は要検証、地殻変動は珪藻によるもの
4-5世紀	C	—	—	◎	△	—	—	—	地殻変動は珪藻によるもの
BC3-4世紀	D	—	—	◎	—	—	—	—	

凡例: ◎確実な根拠あり、○根拠あり、△可能性がある、—不明

過去2500年間で5回発生

発生間隔は400年~800年程度で平均発生間隔は600年程度

東北地方太平洋沖型の地震の発生確率

東北地方太平洋沖型の地震の発生確率（平成24年1月1日）における確率

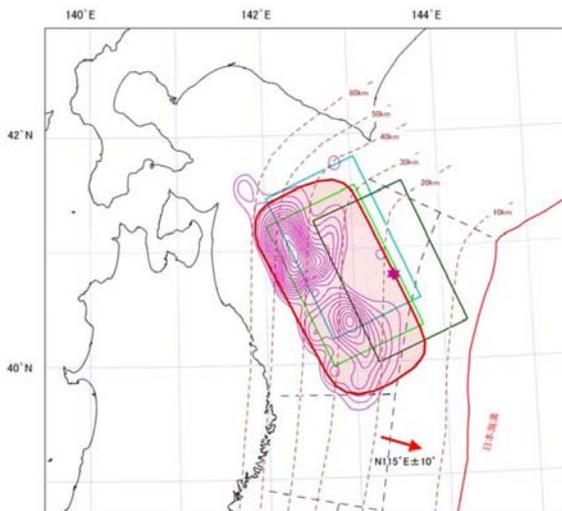
地震名	発生した地震規模 (マグニチュード)	地震発生確率 (注1)			地震後 経過率 (注2)	平均発生間隔 (上段)
		10年以内	30年以内	50年以内		最新発生時期
東北地方 太平洋沖地震	Mw 8.4~9.0	ほぼ0%	ほぼ0%	ほぼ0%	0.00	600年程度 0.8年前

(参考) 2011年東北地方太平洋沖地震発生直前（平成23年3月11日）における確率

地震名	発生した地震規模 (マグニチュード)	地震発生確率 (注1)			地震後 経過率 (注2)	平均発生間隔 (上段)
		10年以内	30年以内	50年以内		最新発生時期
東北地方 太平洋沖地震	9.0	4~6%	10~20%	20~30%	0.83 ~1.0	600年程度 約500 ~600年前

集積確率(その時点までに地震が発生する確率)は、30~60%である。

三陸沖北部の繰り返し発生するプレート間地震の震源域



17世紀以降現在までの約412年間に4回

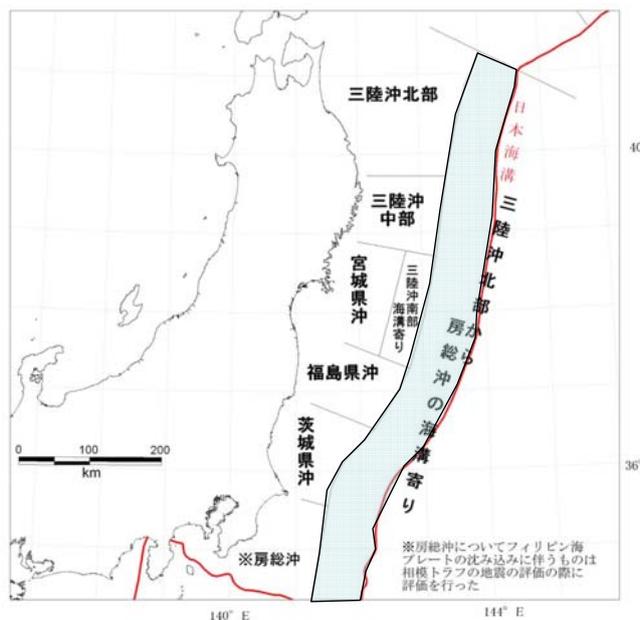
1968年 十勝沖地震など

M8.0前後、Mt8.2前後

三陸沖北部の想定震源域の位置

□ プレート境界の等深線(本報告)
 □ 1968年 十勝沖 Kanamori(1971b)[長期繰り返し地震]
 □ 1968年 十勝沖 Fukao and Furumoto(1975)[長期繰り返し地震]
 □ 1968年 十勝沖 Aida(1978)[津波数値実験]
 □ 1968年 十勝沖 Asperity(永井 他 (2001))
 * 1968年 十勝沖震源位置
 □ 想定震源域
 矢印は陸側のプレートの太平洋プレートに対するずれの向きを示す。

三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート間地震(津波地震)

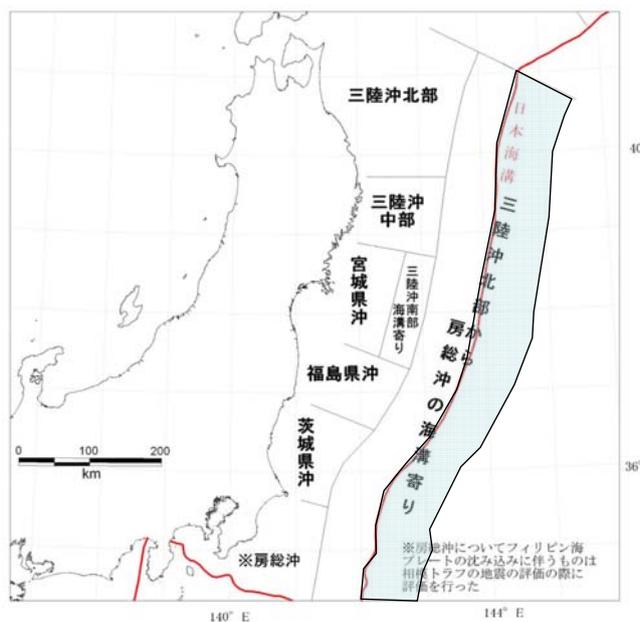


- 1611年 慶長地震
- 1677年 延宝房総地震
- 1896年 明治三陸地震

- 2011年 東北地方太平洋沖地震

Mt8.6~9.0

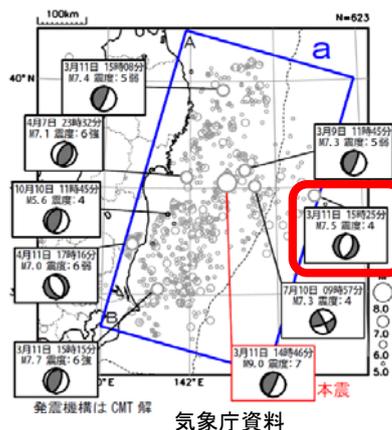
三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート内地震(正断層型)



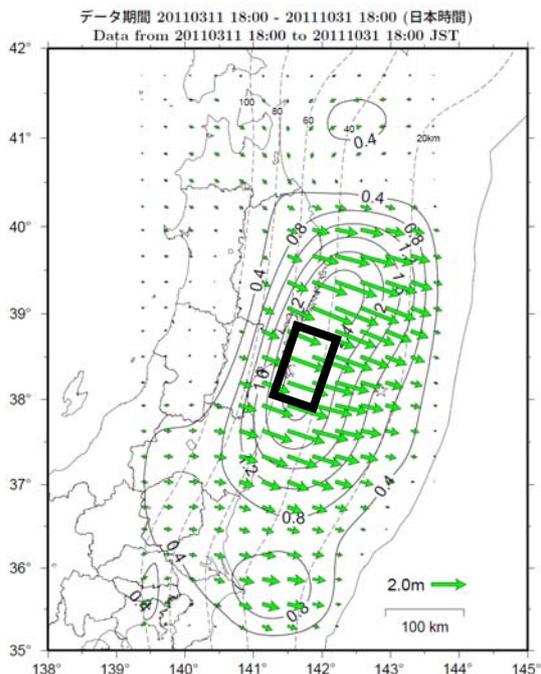
- 1933年 昭和三陸地震

- M8.2前後、Mt8.3前後

2011 東北地方太平洋沖地震の余震(M7.5)



宮城県沖地震の次の地震について



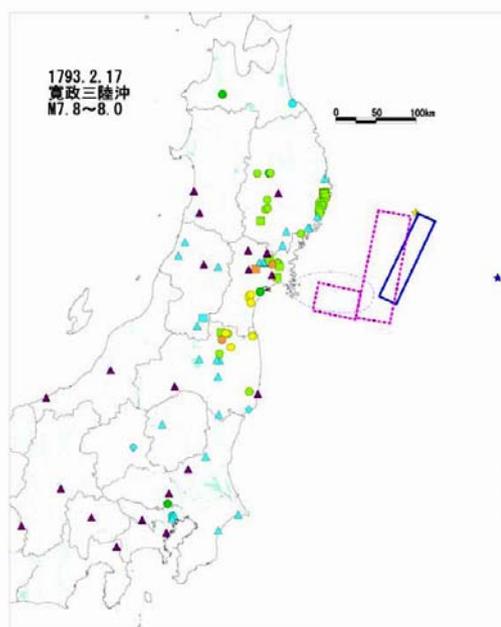
東北地方太平洋沖地震の余効変動が観測され続けている。

どのように歪が蓄積し、地震がどのような間隔で発生するか不明

2011年東北地方太平洋沖地震の地震後の滑り分布モデル

国土地理院資料

三陸沖南部海溝寄り



今回の評価

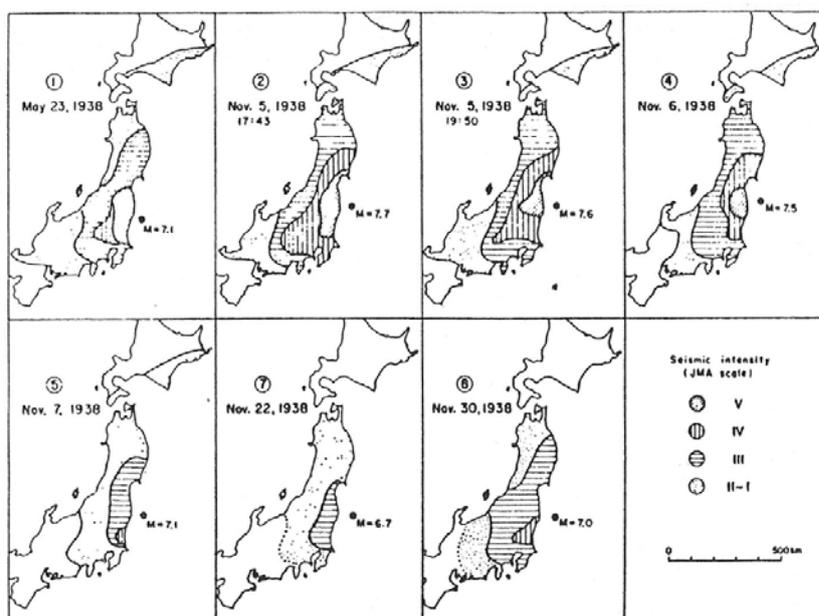
地震発生日月日	地震の規模
1793年2月17日	M7.9
1897年8月5日	M7.7
2011年3月11日	M9.0(の一部)

M7.9程度

東北地方太平洋沖地震により大きく滑った領域

1793年2月17日の地震による震度分布 (松浦ほか 2006)

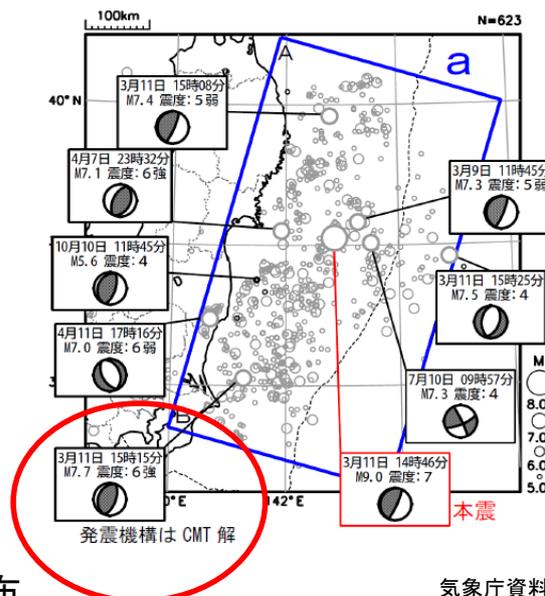
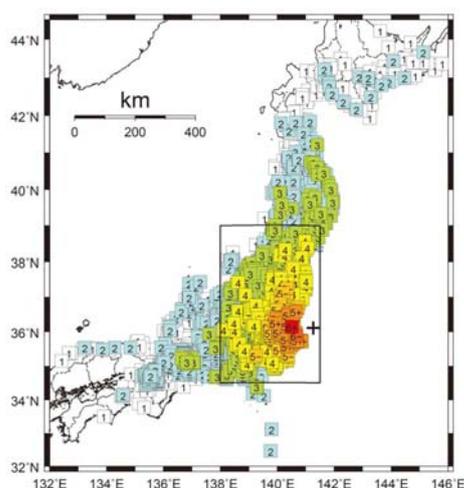
福島県沖



M7.4前後

1938年の一連の福島県東方沖地震の震度分布(羽鳥, 1976a)

茨城県沖

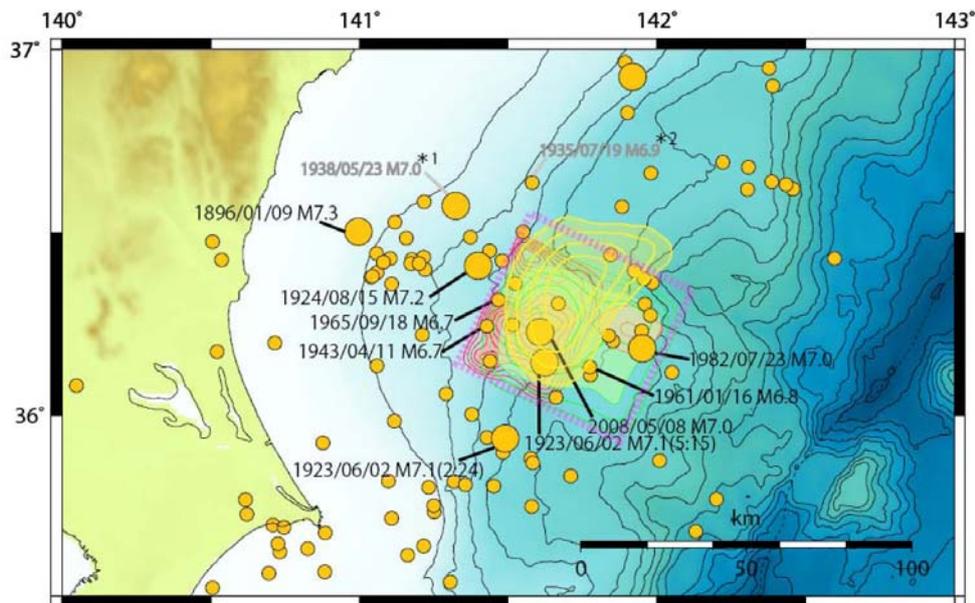


2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震(M7.7、最大震度6強)の震度分布

M6.9~7.7の地震が約25.6年に1回

茨城県沖地震の震源域

図13



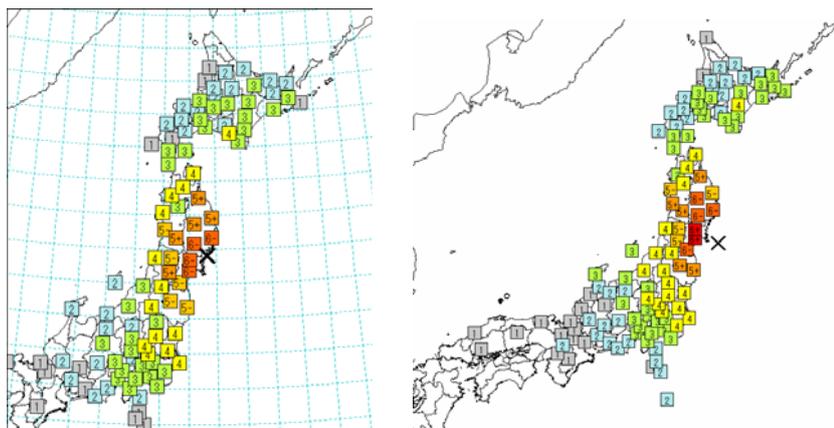
赤のコンターは名古屋大学（2008）による2008年5月8日（M6.3、M7.0）の地震のすべり量分布（コンター間隔：0.2m）
 緑のコンターは室谷他（2003）による1982年7月23日（M7.0）の地震のすべり量分布（コンター間隔：0.2m）最大すべり量の半値以上すべった領域を塗りつぶした。
 黄のコンターはMochizuki et al.（2008）による1982年7月23日の地震のすべり量分布（コンター間隔：0.1m、最も外側のコンターは0.4m）
 桃色破線は茨城県沖の一連の地震の想定震源域
 * 1 1938年5月23日（M7.0）の地震は、他の地震に比べて、震源が北よりであること及びすべり量が大きいことから、茨城県沖の繰り返し発生する地震には含まない。
 1923年~2008年8月の地震（深さ60km以浅、 $M \geq 6.0$ ）及び1896年の地震（M7.3）をプロットした。
 1896年の地震は、宇津の世界被害地震の表、1923年1月~7月は、気象庁地震予知情報課（2007）を使用。
 1923年8月以降は気象庁震源カタログを使用。
 * 2 1935年7月19日（M6.9）の地震は、他の地震に比べて、震源が北よりであるため茨城県沖の繰り返し発生する地震には含まない。

図14

長期評価のまとめ

領域		M	平均発生間隔
三陸沖から房総沖の海溝寄り	津波地震	<i>Mt</i> 8.6-9.0前後	103年（412年）
	正断層型	8.2前後	400年~750年（1600年~3000年）
三陸沖北部	繰り返し発生する地震	8.0前後	約97.0年
	上記以外の地震	7.1~7.6	14.1年程度
宮城県沖	繰り返し発生する地震	7.4前後	不明
	上記以外の地震	7.0~7.3	約31.8年
三陸沖南部海溝寄り	繰り返し発生する地震	7.9程度	約109年
	上記以外の地震	7.2~7.6	約42.3年
福島県沖		7.4前後	約206年
茨城県沖	下記以外の地震	6.9~7.7	約25.6年
	繰り返し発生する地震	6.7~7.2	約21.9年

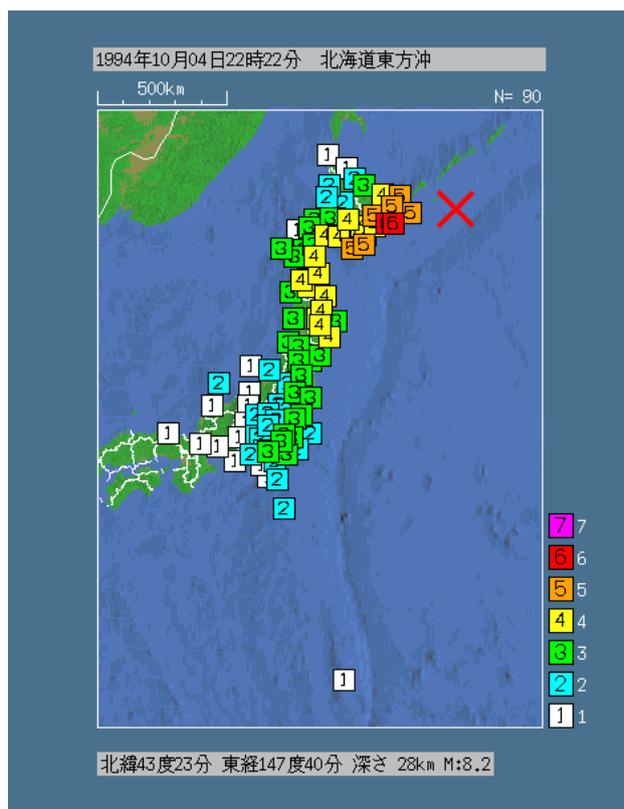
太平洋プレート内の地震



2003年宮城県沖地震（左）と2011年4月7日の宮城県沖の地震（右）の震度分布図（気象庁資料）

プレート内地震が判別できるようになった1997年から2011年までの約14年間に宮城県沖でM7.1の地震が2回、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りでM7.3の地震が1回発生

北海道東方沖地震(1994年10月4日 M8.2)



千島海溝では1994年北海道東方沖地震が発生しており、三陸沖から房総沖にかけての領域及びそれらに隣接する陸域の深さ約30~100kmのプレート内においても同様の地震が発生する可能性も考えられる。

気象庁資料