

地震調査委員会の評価について (地震の概況・長期評価・強震動評価)

《3月の地震調査委員会開催履歴》

2011.3.9	13:00	第219回地震調査委員会定例会
2011.3.11	21:00	第220回地震調査委員会臨時会
2011.3.13	14:00	第221回地震調査委員会臨時会
2011.3.16	17:00	第222回地震調査委員会臨時会

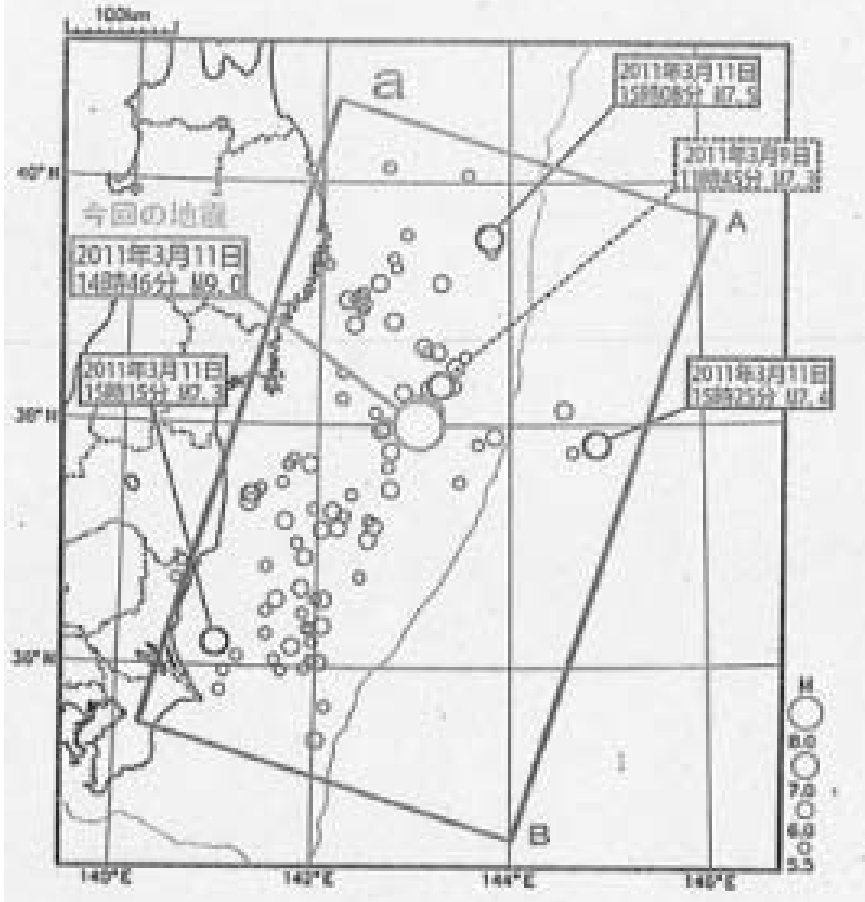
地震火山情報センター
佐竹健治・室谷智子

平成23年(2011)年東北地方太平洋沖地震

気象庁報道発表資料(第15報,3/13)より

- 発生日時:3月11日14時46分
- 震源地:三陸沖
北緯 37度49分
東経 143度3分
深さ 24km
- Mw=9.0(暫定値)
- 最大震度7:宮城県栗原市

震央分布図 (2011年3月9日~2011年3月12日、深さ0~90km、M_s≥5.5)



地震調査研究推進本部HPより

西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型

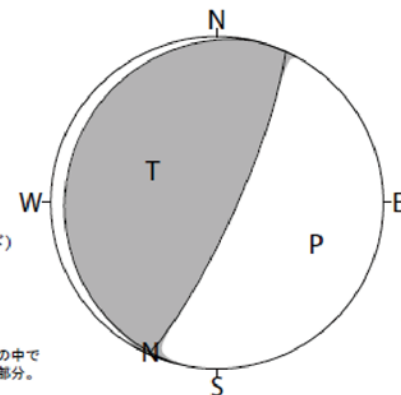
[CMT解]

M_w=9.0

震源(セントロイド)

北緯 37度49分
東経 143度3分
深さ 約10km

※セントロイドとは、
地震を起こした断層面の中で
地震動を最も放出した部分。

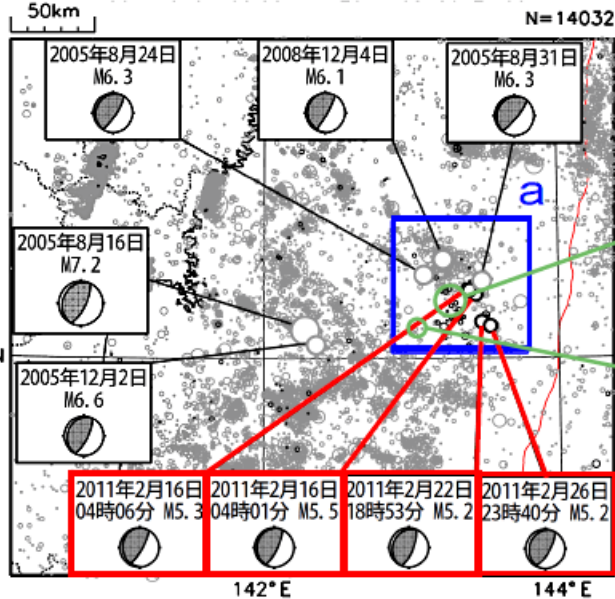


下半球等積投影法で描画
P: 圧力軸の方向
T: 張力軸の方向

3月9日地震調査委員会 定例会時の三陸沖の地震活動

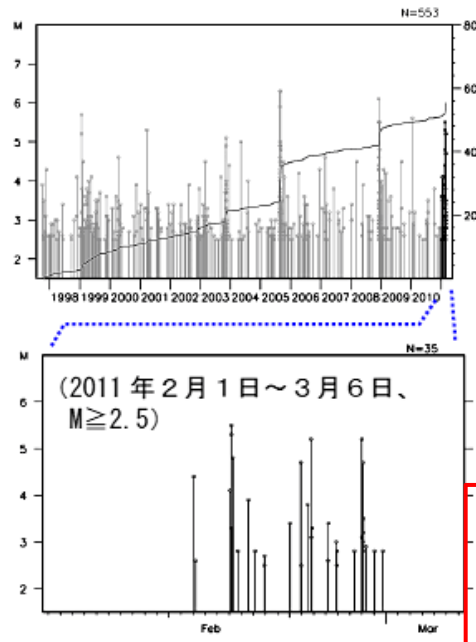
- 3月9日にM7.3の地震が発生した。
- 今回の地震の震源付近では、M5～M6のまとまった地震活動が度々見られている。

震央分布図 (1997年10月1日～2011年3月6日、
深さ0～100km、 $M \geq 2.5$)
2011年2月1日以降の地震を濃く表示

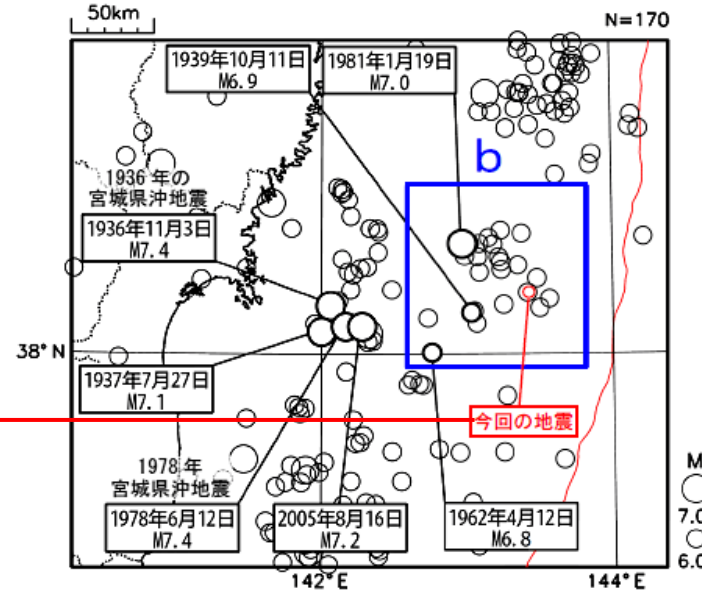


※発震機構はCMT解を表示

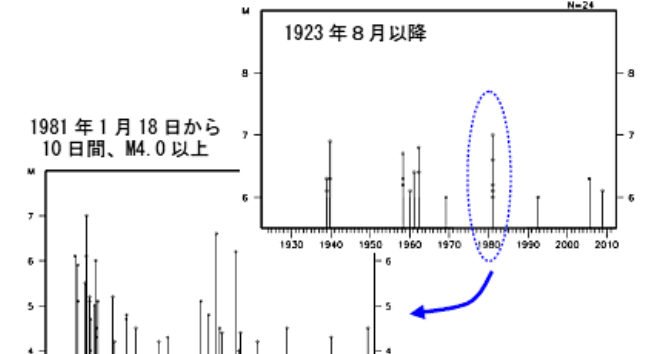
領域a内の地震活動経過図及び回数積算図



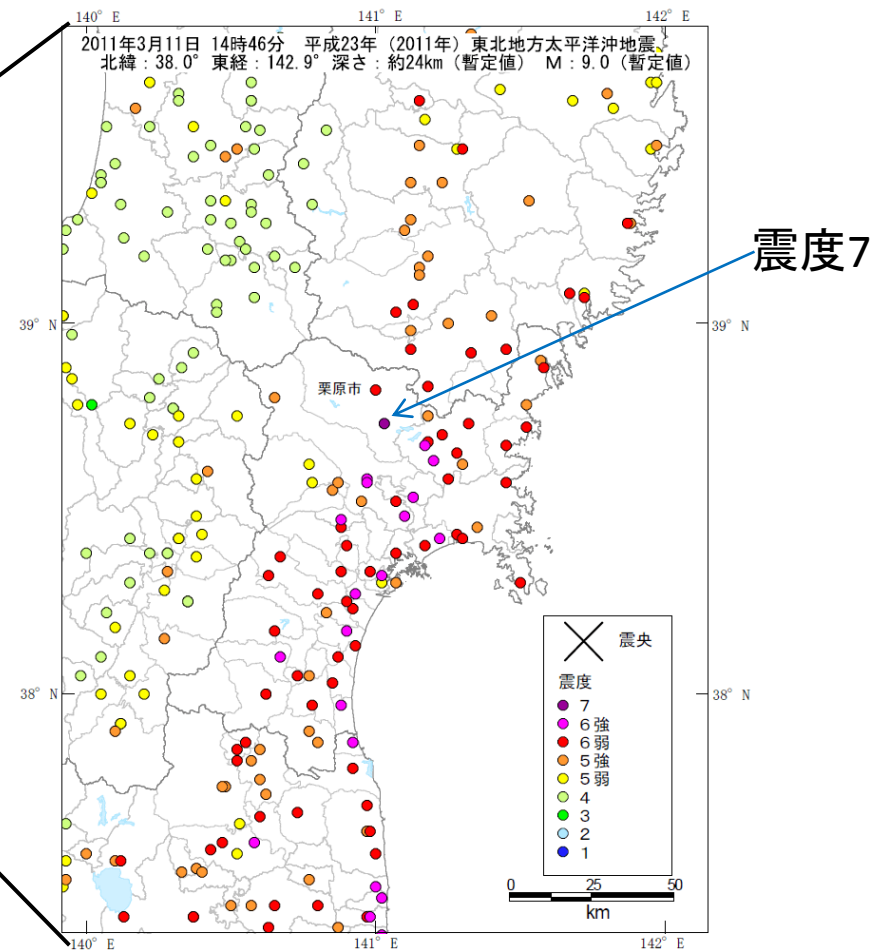
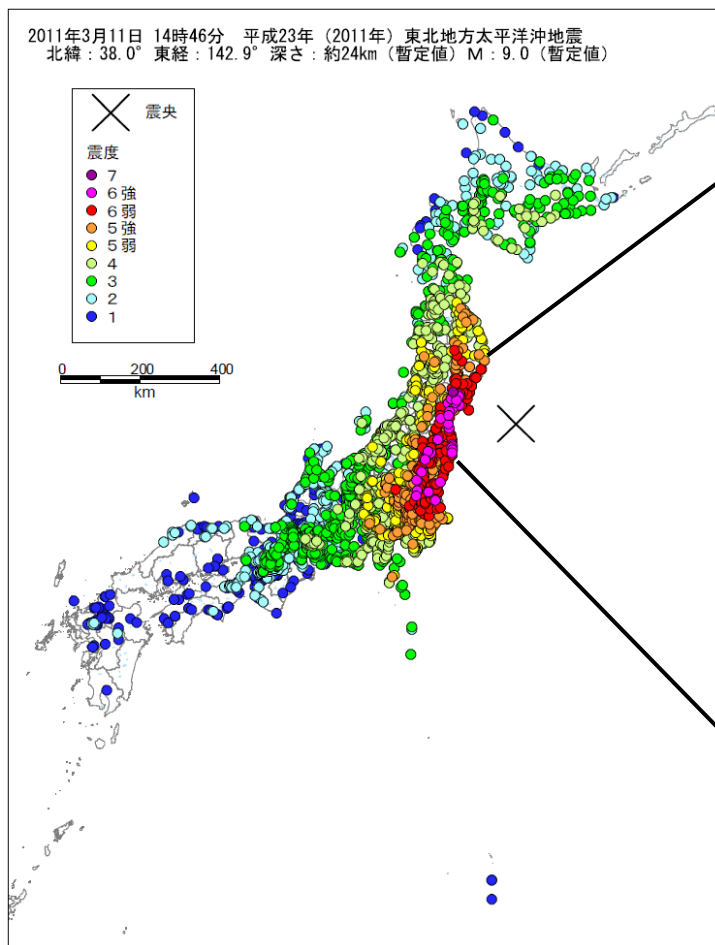
震央分布図 (1923年8月1日～2011年2月28日、
深さ0～150km、 $M \geq 6.0$)



領域b内の地震活動経過図

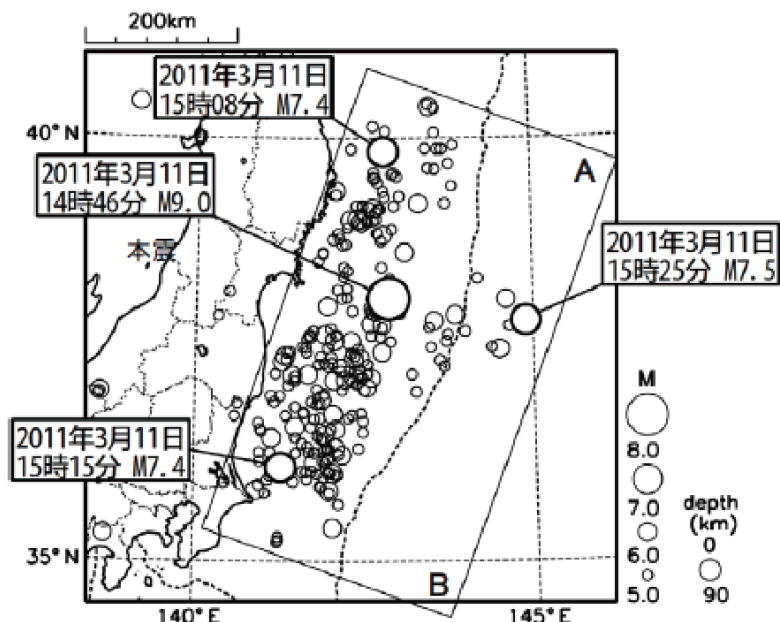


3月11日14時46分の震度分布図 (左:全体、右:宮城県周辺拡大)



震央分布図

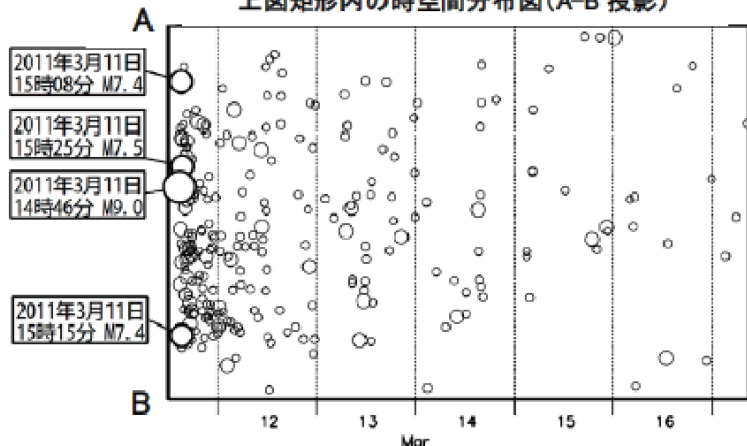
(2011年3月11日12時00分～17日09時00分、深さ90km以浅、M≥5.0)



丸の大きさはマグニチュードの大きさを表す。

M7.0以上の地震に吹き出しをつけている。

上図矩形内の時空間分布図(A-B投影)



横軸は時間、縦軸は上図のA-Bの範囲を示す。

発生した時刻にマグニチュードの大きさに対応した丸を示した。

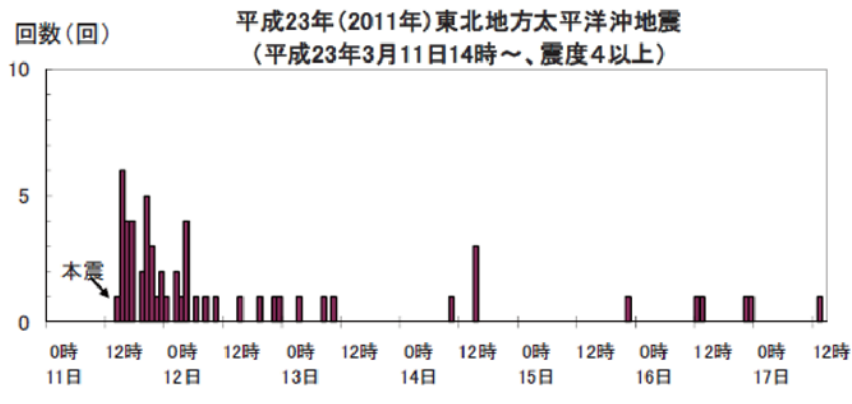
余震の発生状況

気象庁報道発表資料第20報より
3月17日15時時点

震度4以上の最大震度別地震回数表(本震を含む)

※この資料は速報値であり、本震発生直後や障害中の震度計のデータが反映されていません。
日別回数

期間	最大震度別回数						震度4以上を観測した回数		備考
	4	5弱	5強	6弱	6強	7	回数	累計	
3/11 14:00-24:00	22	2	2	1	0	1	28	28	震度7は本震
3/12 00:00-24:00	14	1	0	0	0	0	15	43	
3/13 00:00-24:00	2	1	0	0	0	0	3	46	
3/14 00:00-24:00	3	1	0	0	0	0	4	50	
3/15 00:00-24:00	1	0	0	0	0	0	1	51	
3/16 00:00-24:00	3	1	0	0	0	0	4	55	
3/17 00:00-15:00	1	0	0	0	0	0	1	56	
総計	46	6	2	1	0	1	-	56	

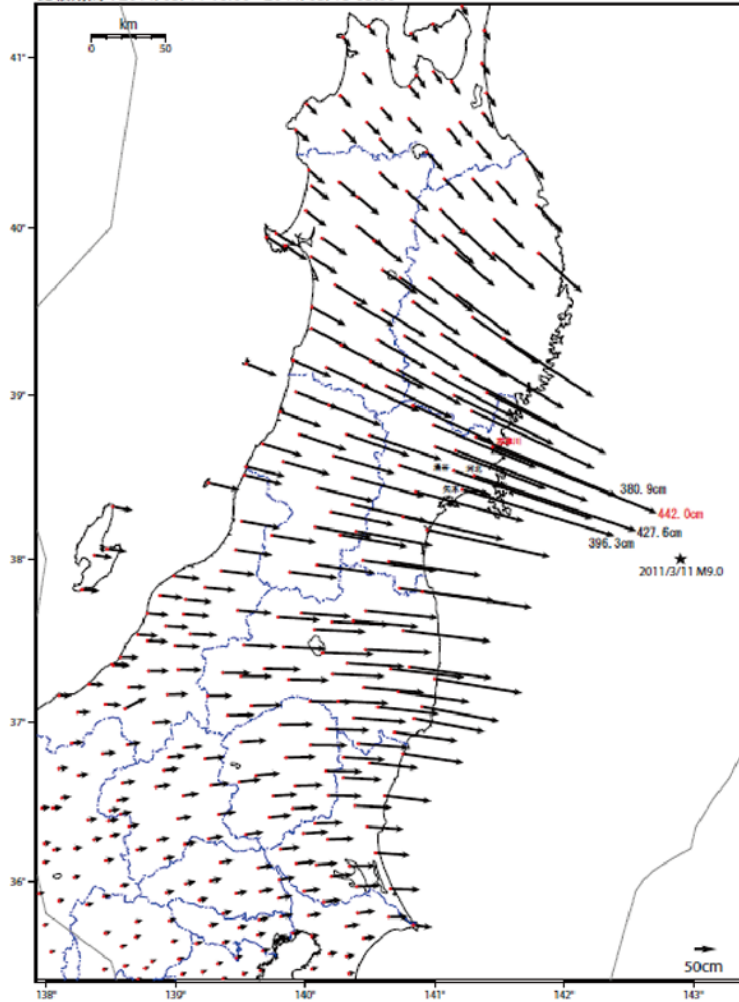


国土地理院のGPS観測による 変動ベクトル図

変動ベクトル図（水平）

暫定

基準期間：2011/03/01 21:00 - 2011/03/09 21:00
比較期間：2011/03/11 18:00 - 2011/03/13 03:00



【基準：R3速報値 比較：Q3速報値】

★震源：三隅 (950388)

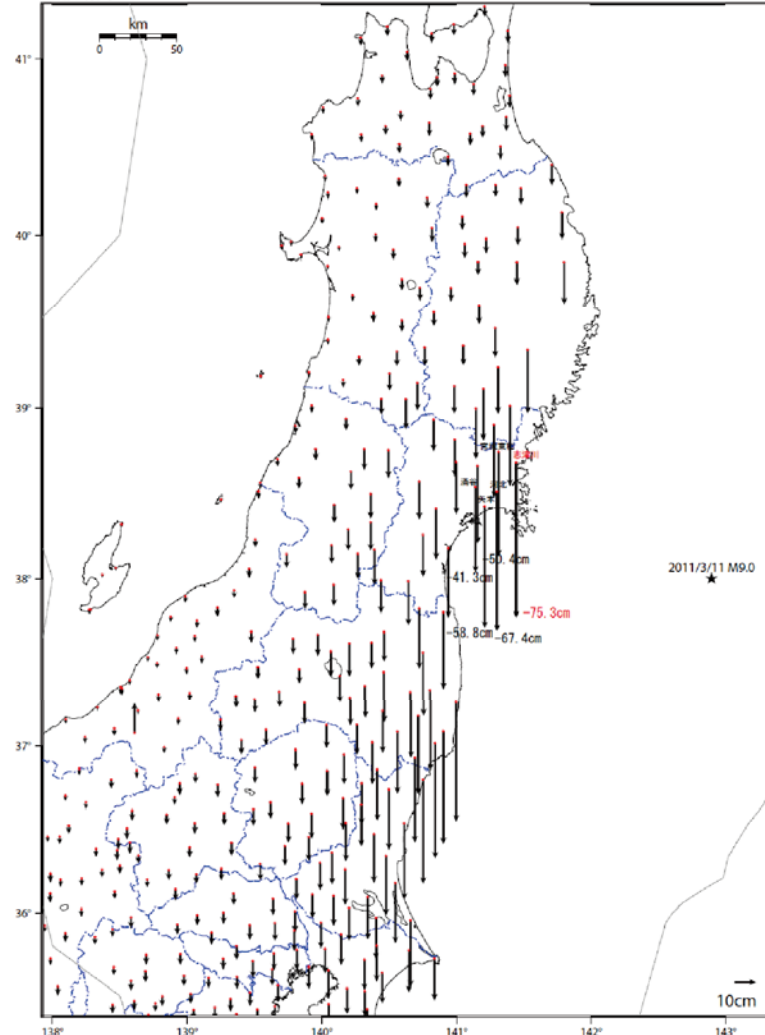
国土地理院

(水平、Max約4m)

変動ベクトル図（上下）

暫定

基準期間：2011/03/01 21:00 - 2011/03/09 21:00
比較期間：2011/03/11 18:00 - 2011/03/13 03:00



【基準：R3速報値 比較：Q3速報値】

★震源：三隅 (950388)

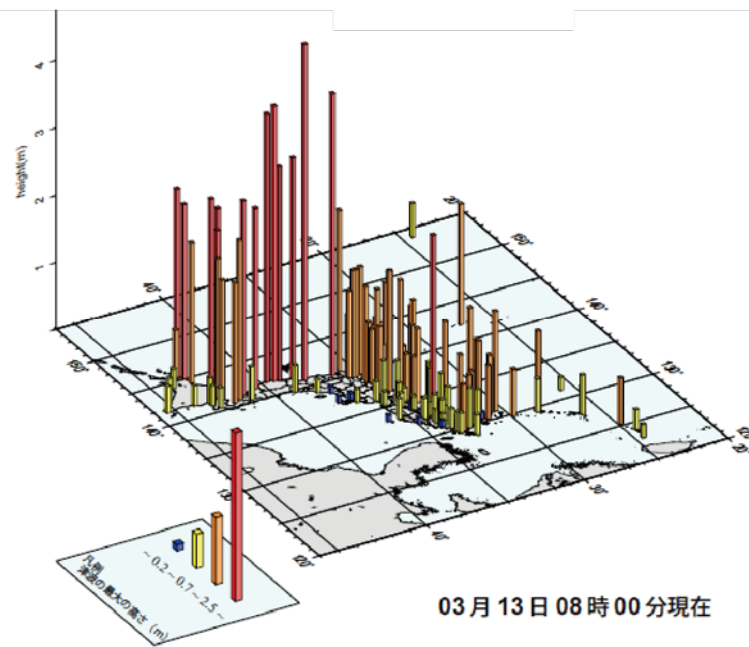
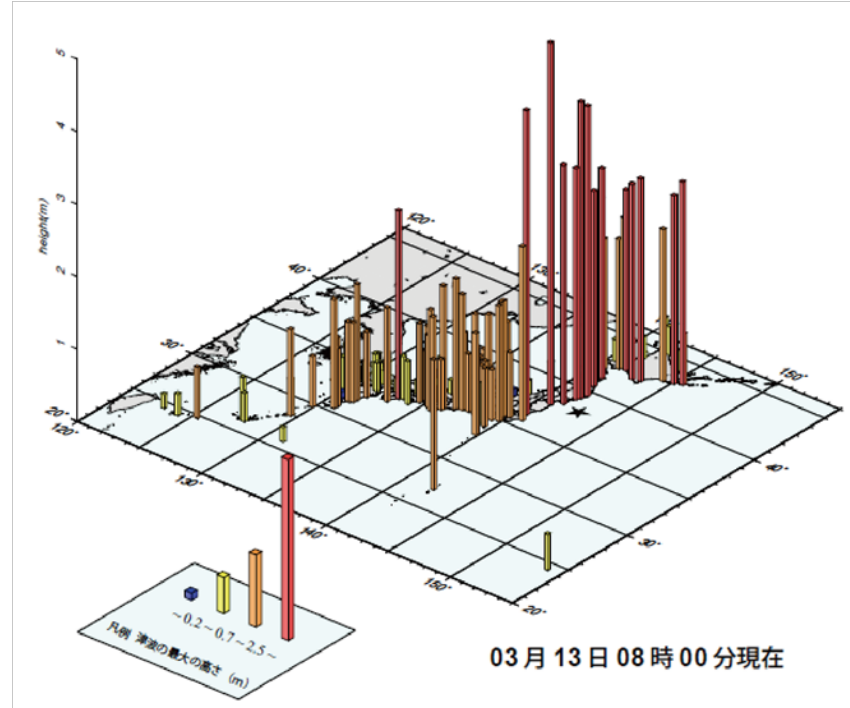
国土地理院

(上下、Max約75cm沈降)

国土地理院HPより

津波観測状況

主な観測点	観測値 (第一波)	観測値 (最大波)
相馬	14:55 0.3m(押)	15:50 7.3m以上
大洗	15:15 1.8m(押)	16:52 4.2m
釜石	14:45 0.1m(引)	15:21 4.1m以上
宮古	14:48 0.2m(押)	15:21 4.0m以上
鮎川	14:46 0.1m(押)	15:20 3.3m以上
大船渡	14:46 0.2m(引)	15:15 3.2m以上
むつ市 関根浜	15:20 0.1m(引)	18:16 2.9m
根室市 花咲	15:34 微弱(引)	15:57 2.8m
十勝港	15:26 0.2m(引)	15:57 2.8m以上
浦河	15:19 0.2m(引)	16:42 2.7m

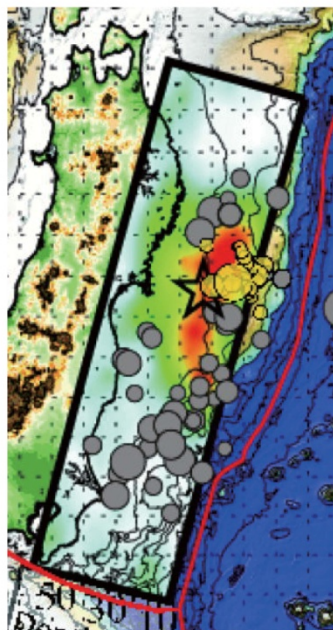


気象庁報道発表資料第14報より

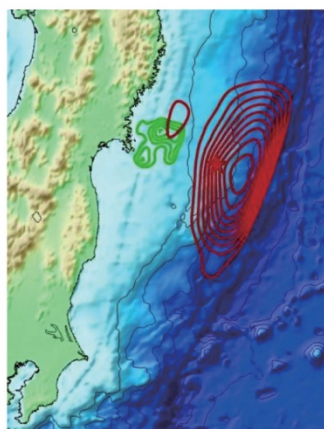
地震波形を用いた断層モデル

平成 23 年東北地方太平洋沖地震のすべり分布

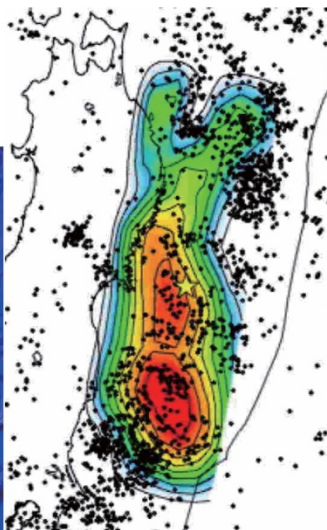
事務局作成



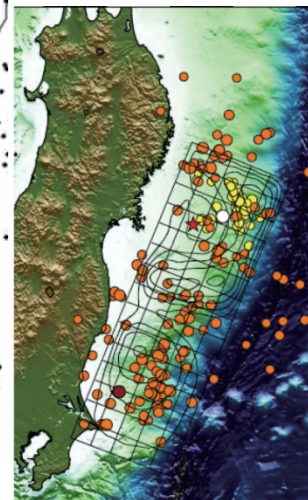
USGS



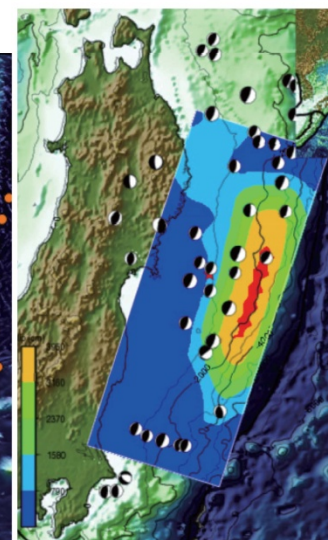
山中 (名古屋大学)



八木 (筑波大)



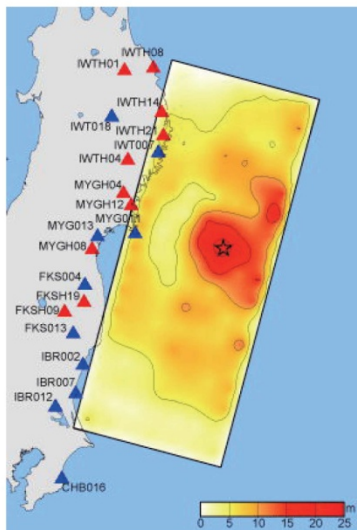
横田ほか (東大地震研)



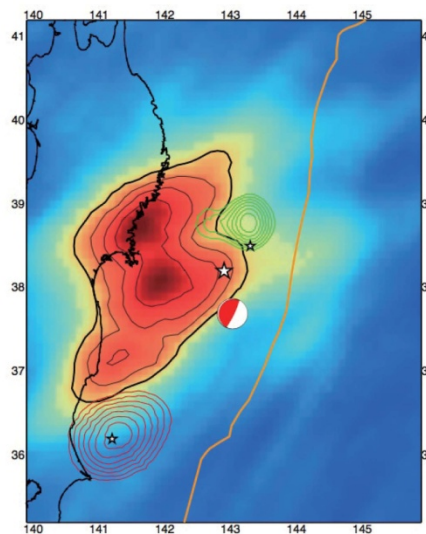
Shao et al. (UCSB)

強震記録・アレイデータ・津波・GPSを用いた断層モデル

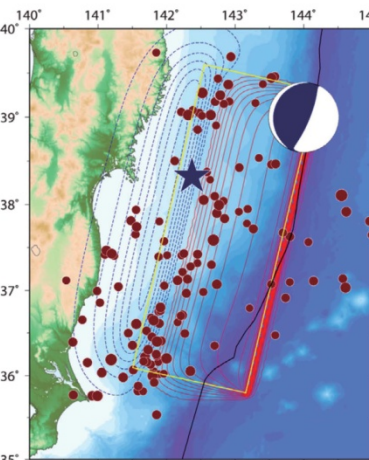
平成 23 年東北地方太平洋沖地震のすべり分布



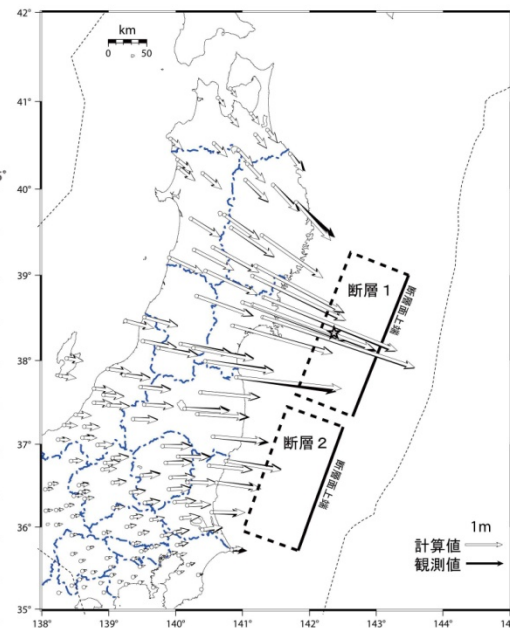
防災科学技術研究所



Ishii (Harvard Univ.)



藤井 (建築研)・佐竹 (東大地震研)



国土地理院

平成23年(2011年)東北地方 太平洋沖地震の評価

平成23年3月13日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会

- 3月11日14時46分頃に三陸沖の深さ約25kmでマグニチュード(M)9.0(暫定)の地震が発生した。今回の本震の規模はこれまでに日本国内で観測された最大の地震である。この地震により宮城県栗原市で最大震度7を観測した。また、相馬で7.3m以上、大洗で4.2m、釜石で4.1m以上などの高い津波を北海道地方、東北地方、関東地方の太平洋沿岸で観測した。
- 発震機構は西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震である。
- 3月13日15時現在、最大の余震は11日15時08分に発生したM7.5(暫定)の地震で、岩手県から茨城県にかけての太平洋沖でM7.0以上の地震が3回発生しており、M6.0以上の余震が40回(暫定値)発生している。余震域は南北約500kmにわたっている。今後も規模の大きな余震が発生する恐れがある。
- GPS観測の結果によると、本震の発生に伴って、志津川観測点(宮城県)が約4.4m東南東に移動するなどの地殻変動が観測されている。また、岩手県から福島県にかけての沿岸で最大約75cmの沈降も観測されており、津波がおさまった後も引き続き浸水している地域がある。
- 今回の地震の震源域は、岩手県沖から茨城県沖までに及んでいる。地震波及び地殻変動などによる様々な解析結果があるが、その長さは約400km、幅は約200kmで、最大の滑り量は約20m以上であったと推定される。地震調査委員会で評価している宮城県沖・その東の三陸沖南部海溝寄り、福島県沖、茨城県沖の領域を震源域としたと考えられるが、更に三陸沖中部や、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの一部にまで及んでいる可能性もある。

地震本部におけるこれまでの海溝型地震の長期評価

「宮城県沖地震の長期評価」

- * 平成12年11月27日公表
- * 平成23年宮城県沖地震の長期評価改訂審議中

「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価」

- * 平成14年7月31日公表
- * 平成21年3月9日一部改訂
→2008年5月の茨城県沖の地震の発生を受け、茨城県沖の地震の評価等、一部改訂



三陸沖北部の地震

○固有地震

過去400年間に津波被害の記録が残る大地震が4回

平均活動間隔 **約97年**

M 8.0前後

BPT分布に基づき

今後30年以内の発生確率

0.5~10%

地震後経過率 **0.44**

○一回り小さい地震

1923年~2001年の約97年間にM7.1以上の地震が7回

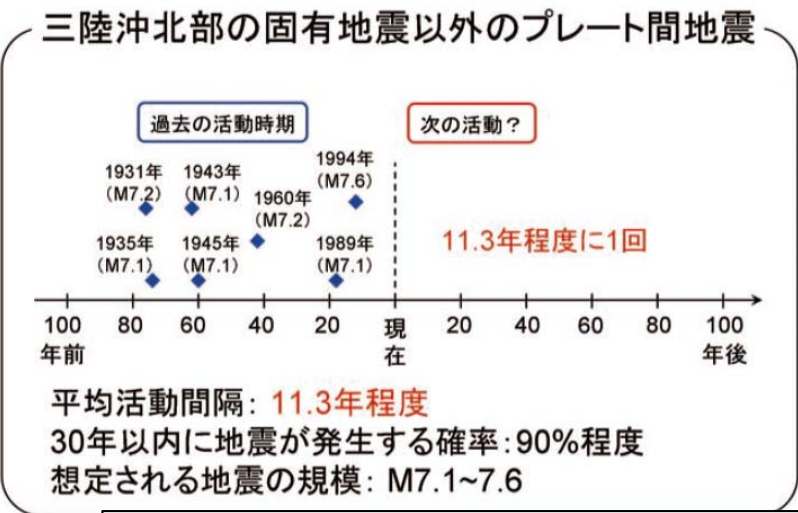
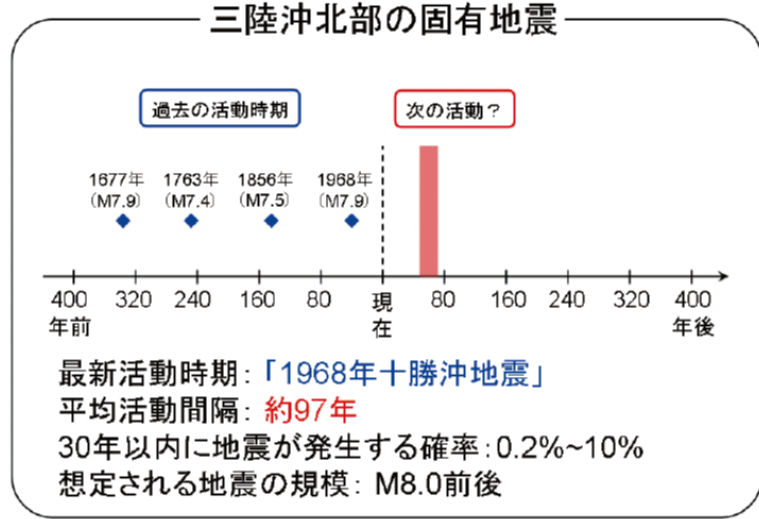
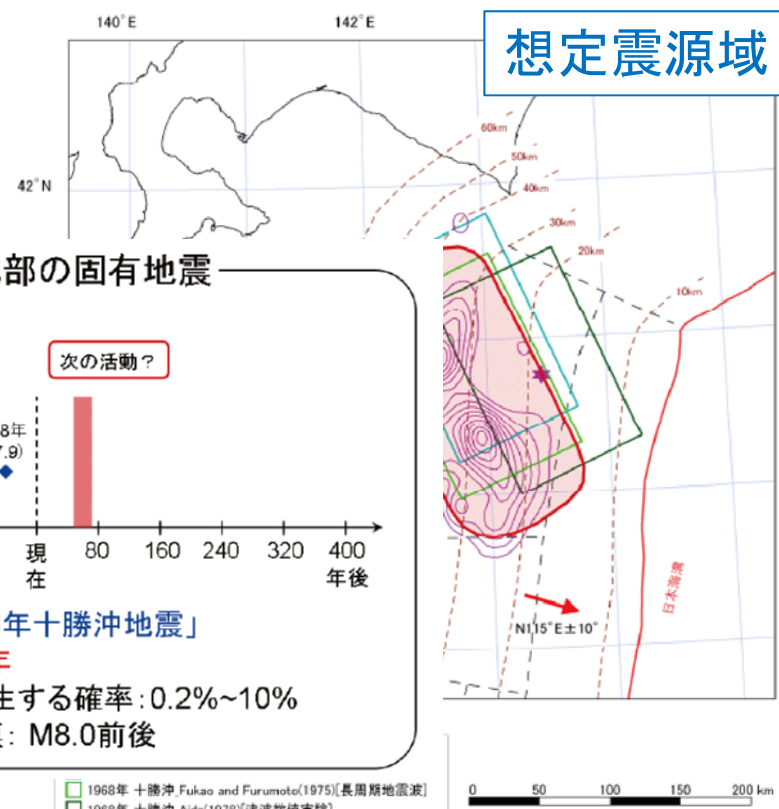
平均活動間隔 **11.3年程度**

M 7.1~7.6前後

ポアソン過程に基づき

今後30年以内の発生確率

90% 程度



日本の地震活動 第2版(地震本部,2010)より

三陸沖中部の地震

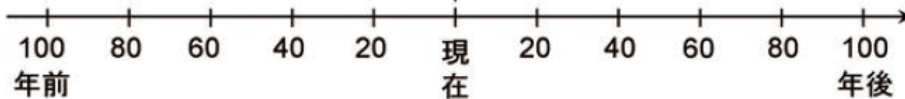
過去に被害をもたらした大きな地震は知られていない。
発生確率を評価するための資料がないため、**確率の評価は行っていない。**

三陸沖中部で発生する地震

過去の活動時期

次の活動？

大きな地震の発生は知られていない



最新活動時期: 大きな地震の発生は知られていない

平均活動間隔: —

30年以内に地震が発生する確率: —

想定される地震の規模: —

地震本部による長期評価対象領域

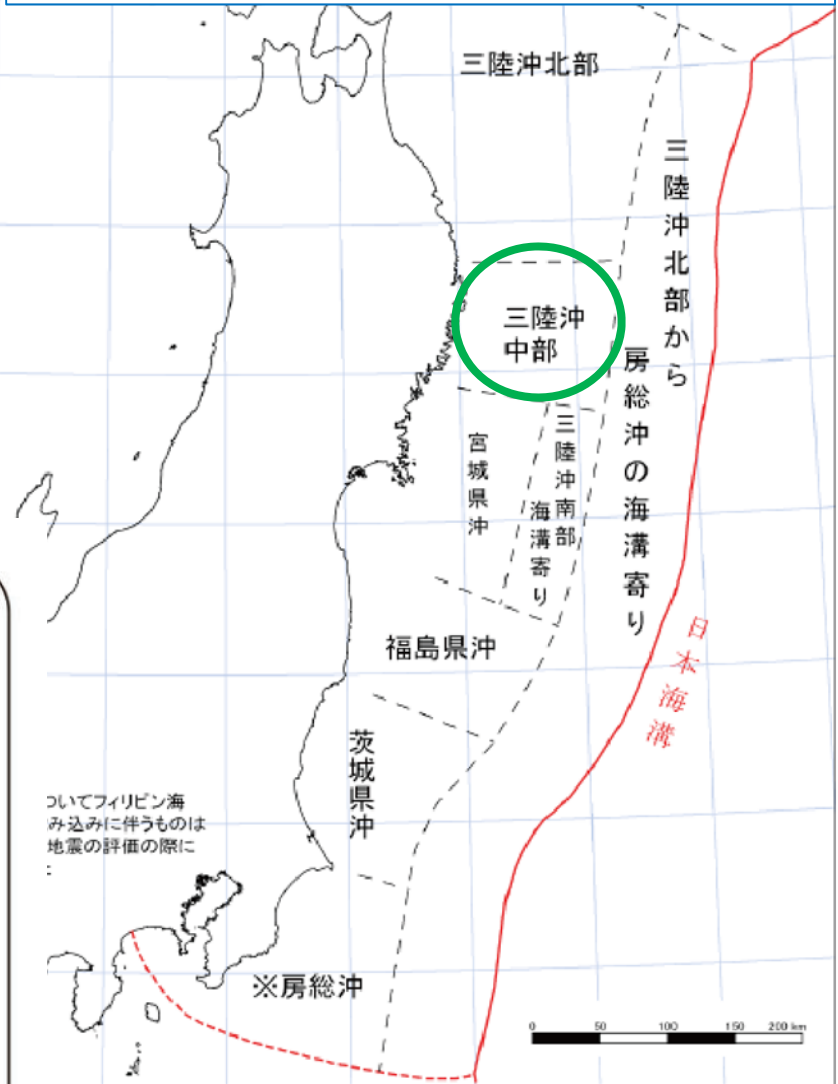


図1 三陸沖北部から房総沖の評価対象領域

宮城県沖の地震

年月日	M	津波	死者数
1793/2/17	8.2程度 (連動)	○	39
1835/7/20	7.3程度	?	—
1861/10/21	7.4程度	○	—
1897/2/20	7.4	○	—
1936/11/3	7.4	○	0
1978/6/12	7.4	○	28

※平成12年当時検討した地震

1793年の地震は海溝寄りと連動。

平均活動間隔 **37.1年**

M 7.5前後

(海溝寄りの地震と連動する場合

M8.0前後)

BPT分布に基づき

今後30年以内の発生確率 **99%**

地震後経過率 **0.88**

地震本部による長期評価対象領域

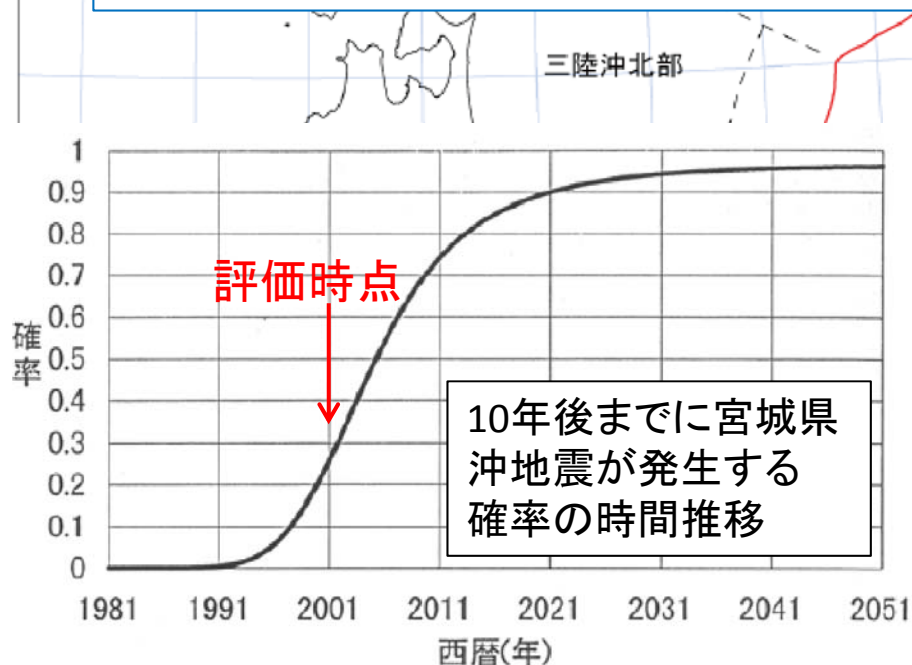
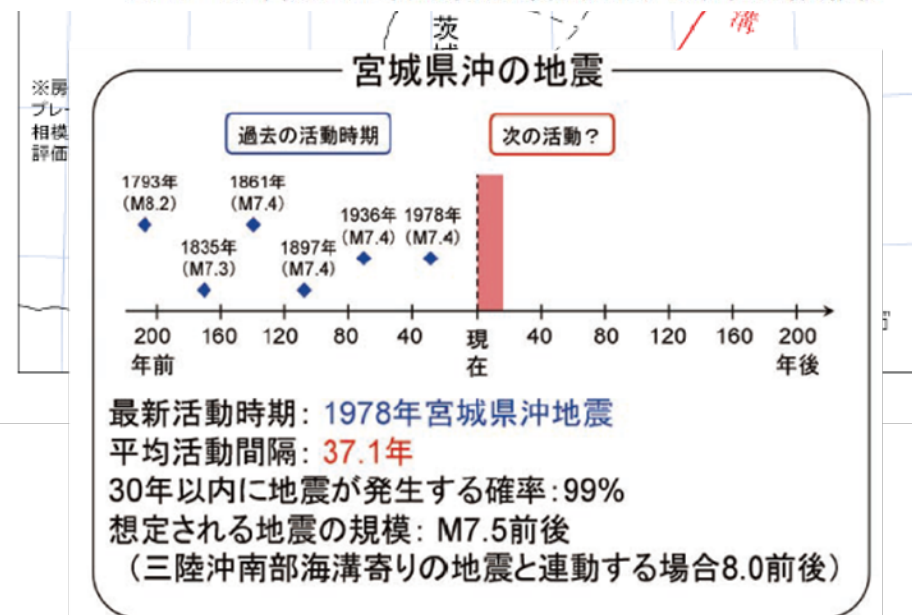


図14 10年後までに宮城県沖地震が発生する確率の時間推移



三陸沖南部海溝寄りの地震

年月日	M	津波	死者数
1793/2/17	8.2 (連動)	○	39
1897/8/5	7.7 (単独)	○	0

1793年の地震は宮城県沖と連動。
1897年については海溝寄りのみ単独で発生
平均活動間隔 **105年程度**

M 7.7前後

(宮城県沖の地震と連動する場合

M8.0前後)

BPT分布に基づき

今後30年以内の発生確率 **80~90%**

地震後経過率 **1.09**

地震本部による長期評価対象領域

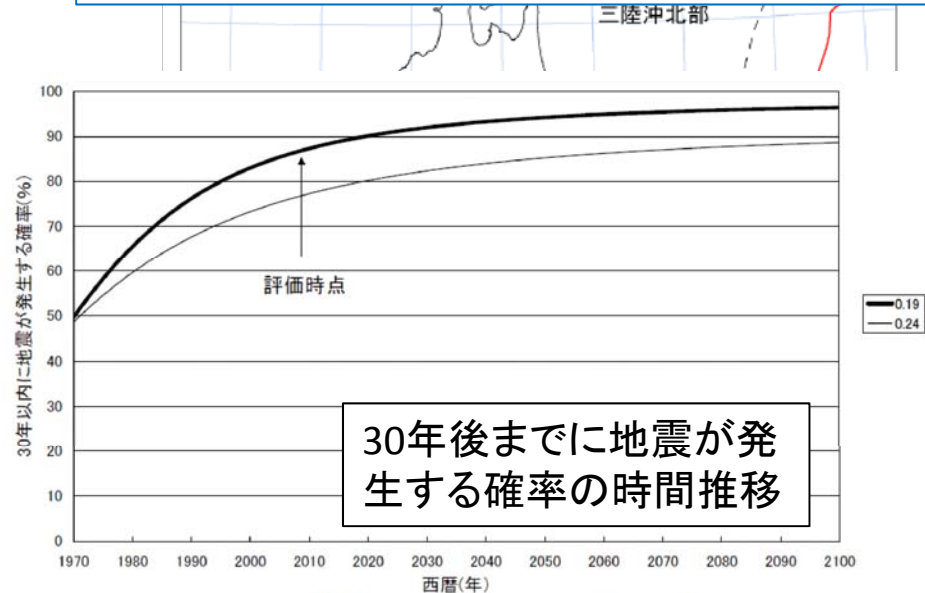
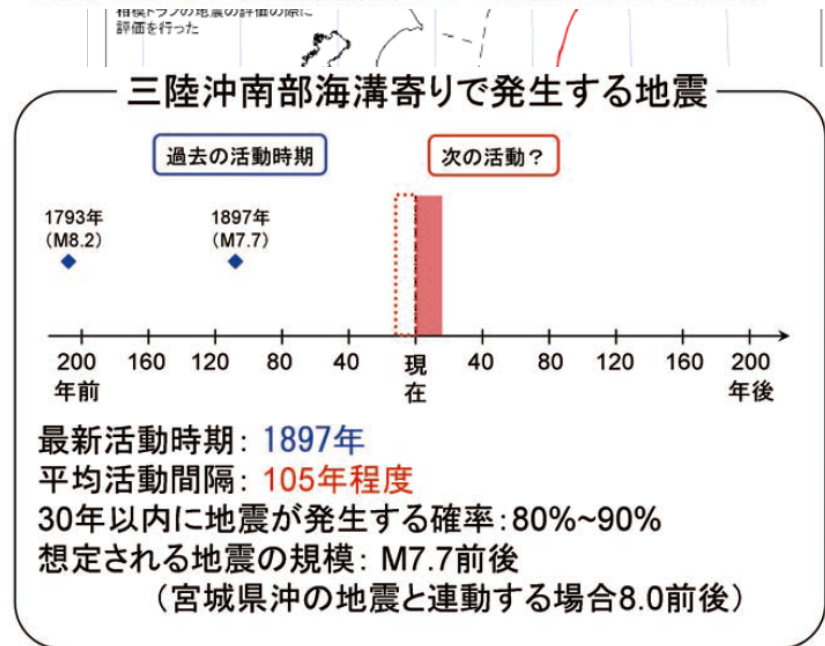


図27 BPT分布による三陸沖南部海溝寄りのプレート間地震の30年確率の時間推移



福島県沖の地震

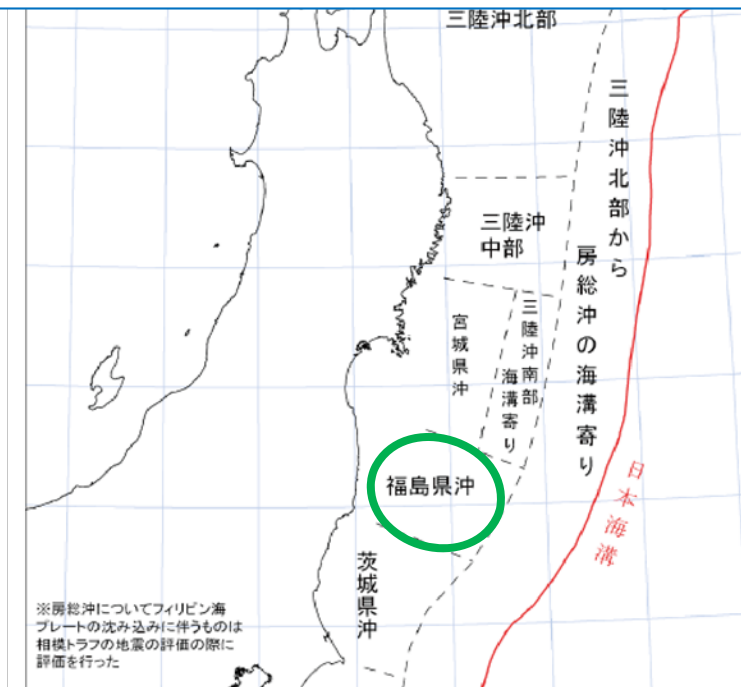
地震本部による長期評価対象領域

年月日	M	津波	死者数
1938/11/5	7.5	○	1
1938/11/5	7.3	○	
1938/11/6	7.4	○	

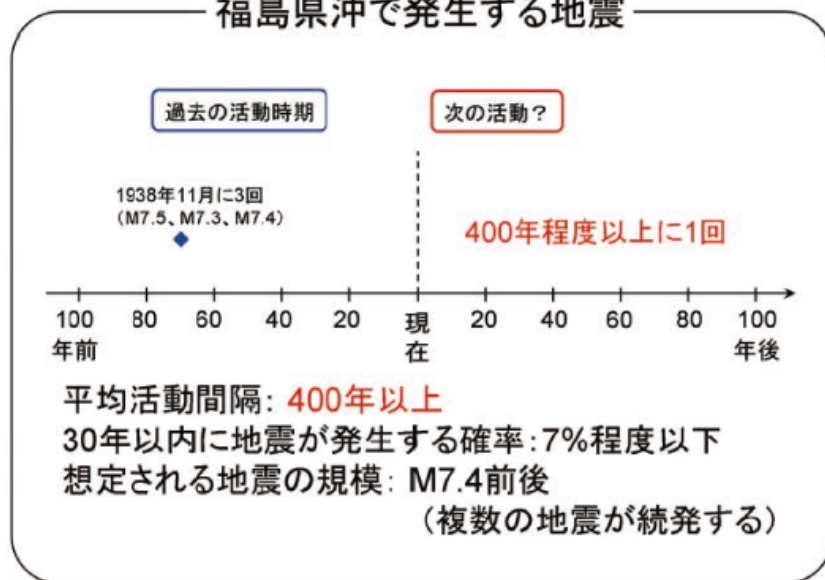
過去400年間にM7クラスの地震が続発したことが1回
 平均活動間隔 **400年以上**
M 7.4前後 (複数続発)

ポアソン過程に基づき
 今後30年以内の発生確率 **7% 程度以下**

※有史以降、1938年まで福島県沖を震源とするこのような地震が発生した事例は知られていない。



福島県沖で発生する地震



茨城県沖の地震

年月日	M	津波	死者数
1923/6/2	7.1		0
1943/4/11	6.7		0
1965/9/18	6.7		0
1982/7/23	7.0	○	0
2008/5/8	7.0	○	0

表の地震について、平均発生
間隔を算術平均で求めた
平均活動間隔 **21.2年**
M 6.7~7.2前後

BPT分布モデルに基づく
今後30年以内の発生確率
地震後経過率 **0.03**

2011年3月11日
15時15分
M7.3
※想定する茨城
県沖の地震とは
領域は異なる？

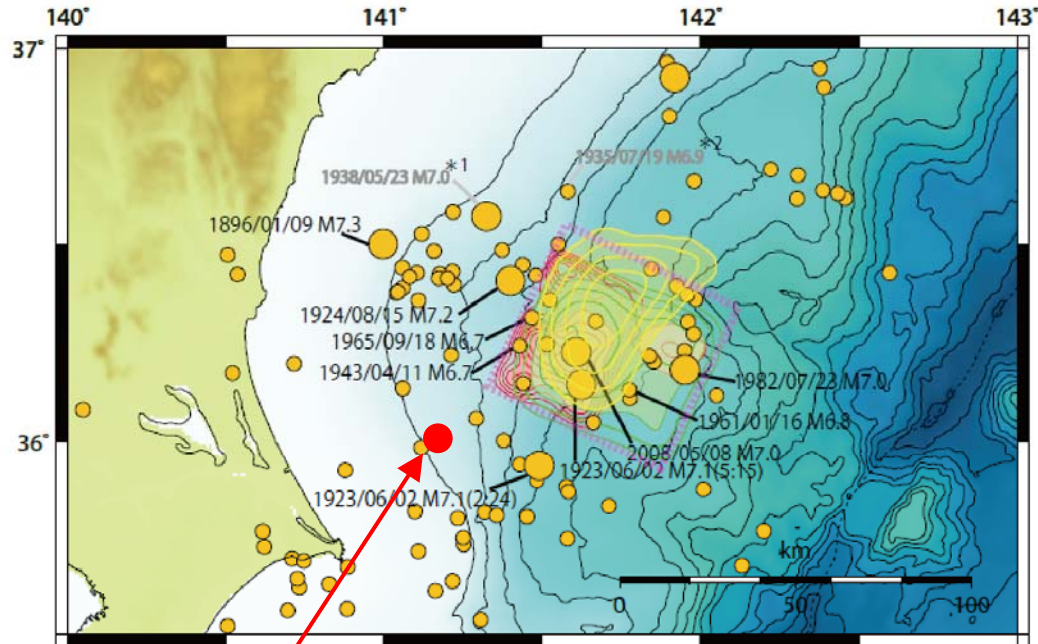


図2-2 茨城県沖の一連の地震の想定震源域

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報(2007)を使用。

1923年8月以降は気象庁震源カタログを使用。

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)

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、最も外側の二

桃色破線は茨城県沖の一連の地震の想定震源域

最大すべり量の半値以上すべて領域を塗りつぶした。

*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いことから、茨城県沖の一連の地震には含まない。

*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一連の地震には含まない。

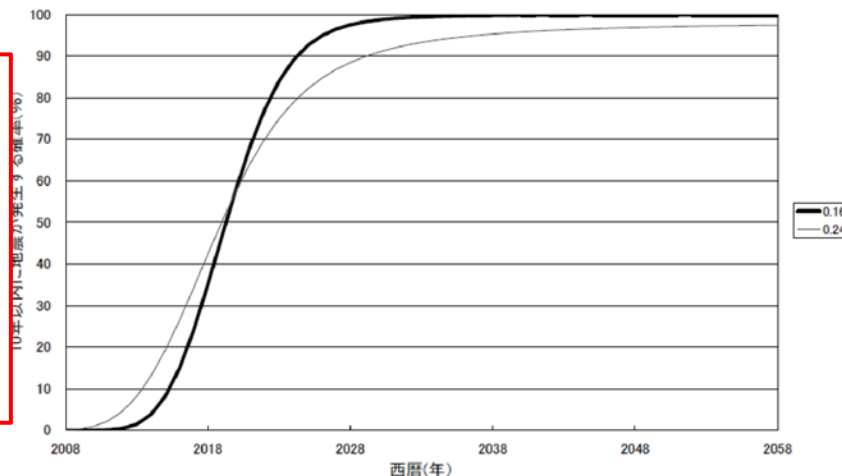


図28 BPT分布による茨城県沖の地震の10年確率の時間推移

三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの地震(正断層型)

年月日	M	津波	死者数
1933/3/3	8.1	○	3064

過去400年間において、正断層型M8クラスの地震は1933年の昭和三陸地震しか知られていない。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は平均発生頻度は750年に1回程度。

平均活動間隔 400~750年

M 8.2前後

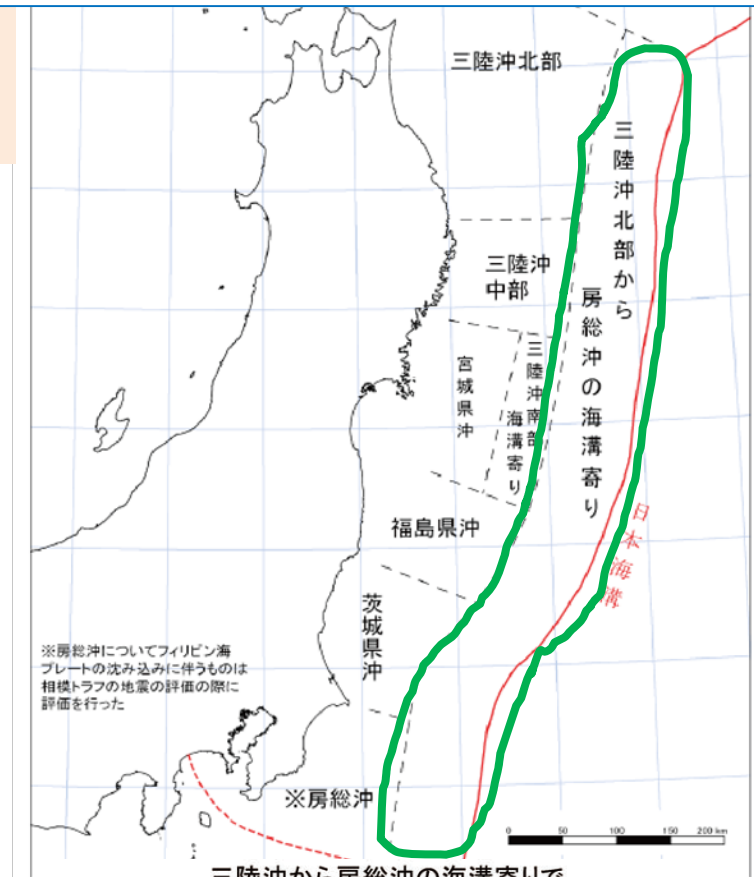
ポアソン過程に基づき

今後30年以内の発生確率 4~7%

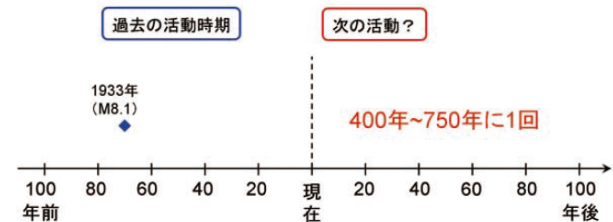
※どこか特定領域(昭和三陸地震の断層長と領域全体の長さの比を考慮)

平均活動間隔 1600~3000年

今後30年以内の発生確率 1~2%



三陸沖から房総沖の海溝寄りで発生する地震(正断層型の地震)



平均活動間隔: 400年~750年

30年以内に地震が発生する確率: 4%~7%

想定される地震の規模: M8.2前後

三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの地震(津波地震)

年月日	M	Mt	津波	死者数
1611/12/2	8.1	8.4	○	5000
1677/11/4	8.0	8.0	○	540
1896/6/15	8.2	8.2	○	22000

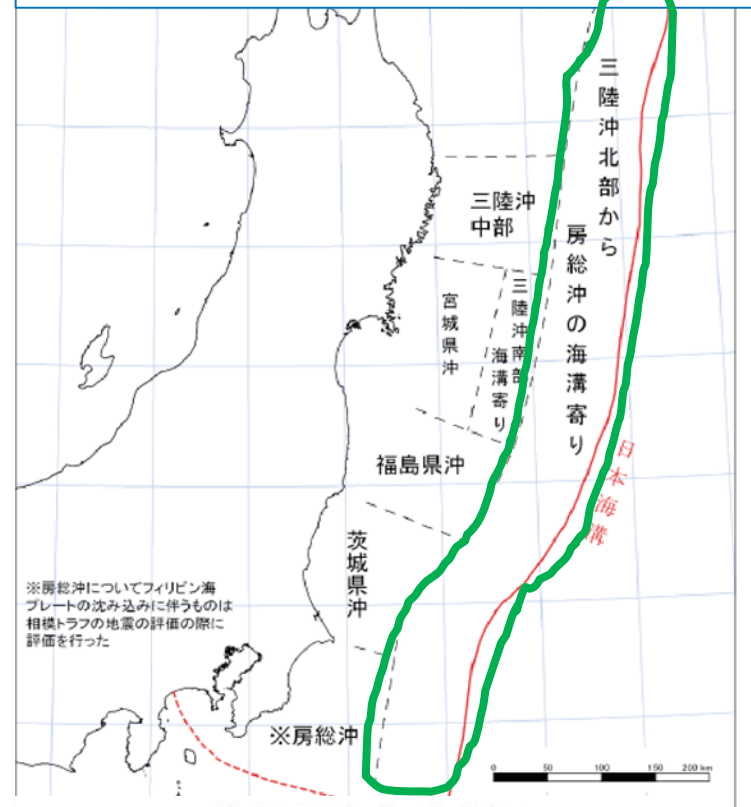
過去400年間において、顕著な津波被害を伴ったM8クラスの地震の発生は3回。

平均活動間隔 **133.3年程度**
 次も津波地震と想定して**M t8.2前後**
 ポアソン過程に基づき
 今後30年以内の発生確率 **20%程度**

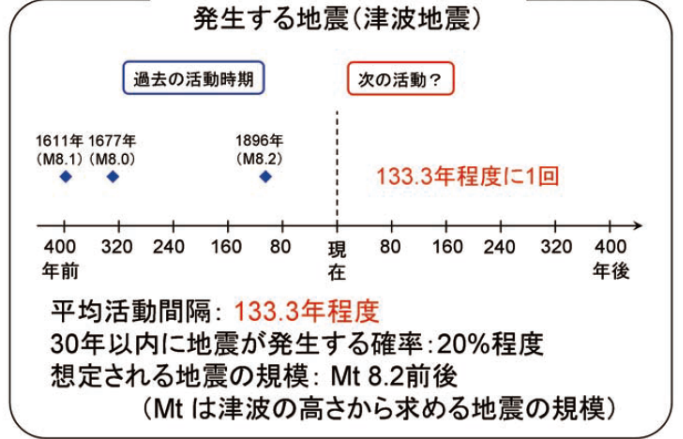
※どこか特定領域(明治三陸地震の断層長と領域全体の長さの比を考慮)

平均活動間隔 **530年程度**
 今後30年以内の発生確率 **6%程度**

地震本部による長期評価対象領域

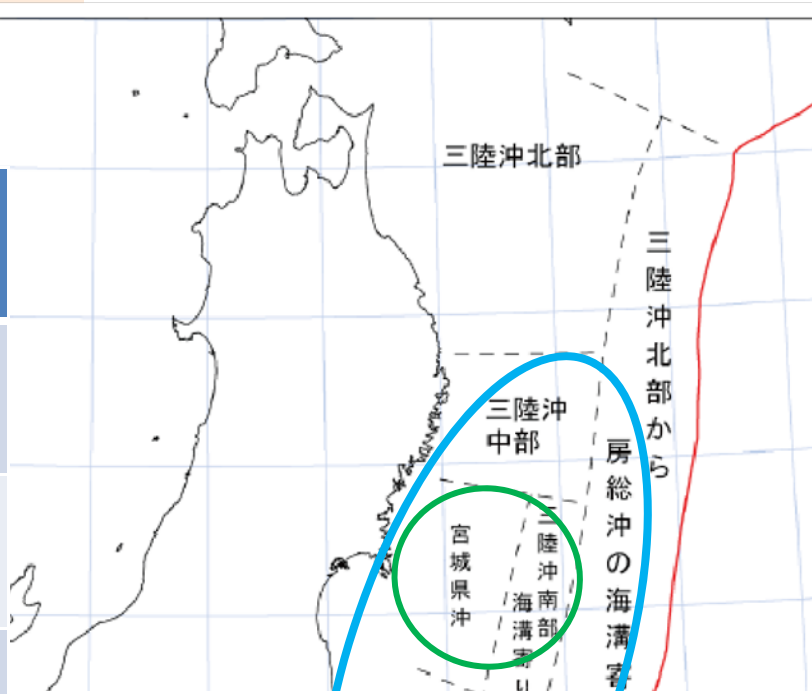


三陸沖から房総沖の海溝寄りで発生する地震(津波地震)



「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価」

領域	地震規模	地震発生確率 (30年以内)	地震 後経過 率	平均発生間 隔
海溝寄り (津波)	Mt8.2	20%程度 (6%程度)		133.3年程度 (530年程 度)
海溝より (正断層)	8.2前後	4~7%程度 (1%~2%)		400~750年 (1600年~ 3000年)
三陸沖北部	8.0前後	0.5%~10%	0.44	約97年
ひとまわり 小さい	7.1-7.6	90%程度		11.3年程度
宮城県沖	7.5前後 (連動8.0 前後)	99%	0.88	37.1年
三陸沖南部 海溝寄り	7.7前後 (連動8.0 前後)	80~90%	1.09	105年程度
福島県沖	7.4前後	7%程度以下		400年以上
茨城県沖	6.7-7.2	90%程度以上	0.13	約21.2年



この2つの領域の連動については評価を行っていた(規模のみ, 発生確率は評価せず)

今回の地震の震源域?

図1 三陸沖北部から房総沖の評価対象領域

地震本部による 「宮城県沖地震を想定した強震動評価」

- 平成14年中間報告公表
- 平成17年一部改訂公表

《想定ケース》

☆単独の場合

* ケースA1: 1978年の地震

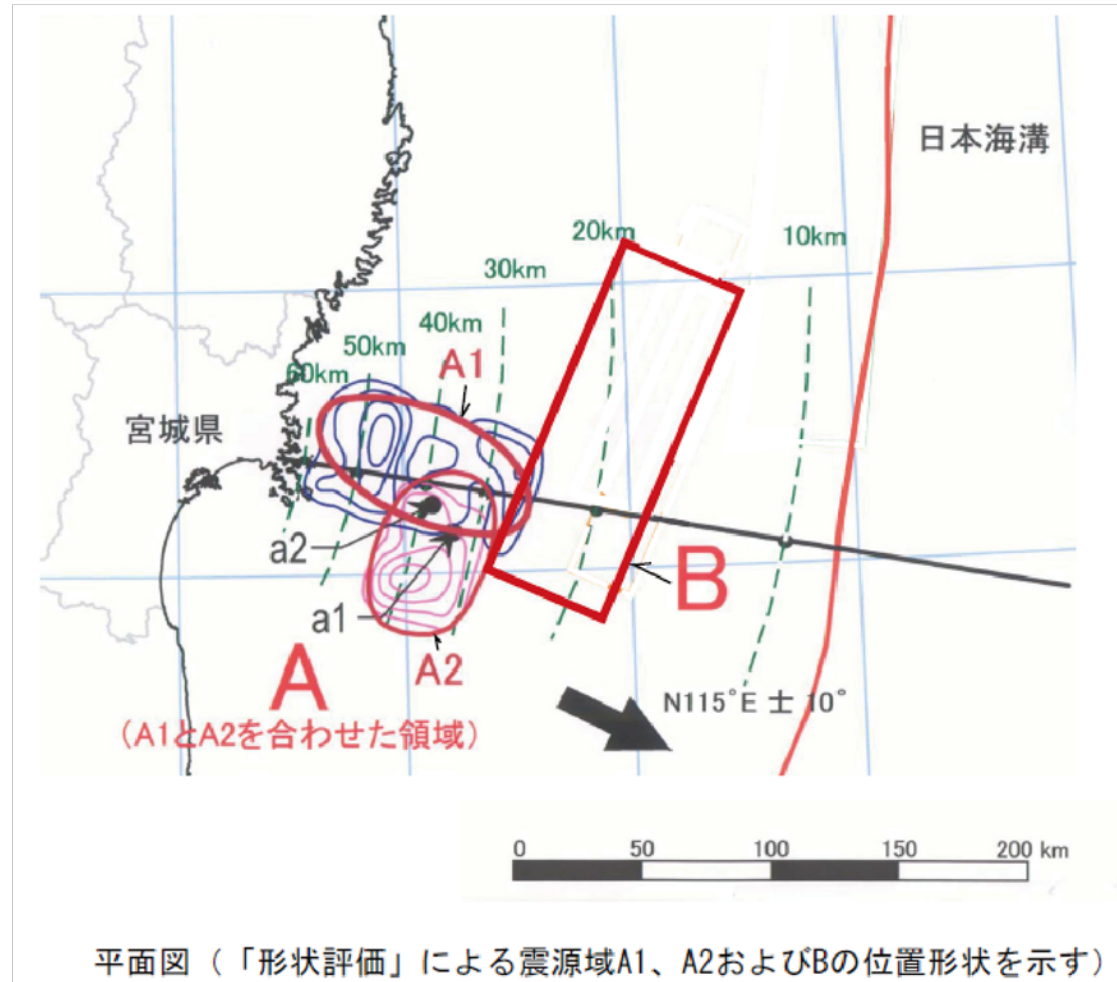
* ケースA2: 1936年の地震

を基にモデルを推定し、詳細法(ハイブリッド合成法)によって評価

☆連動の場合

* A1+A2+B: 1793年の地震

アスペリティの想定が困難なため、簡便法(距離減衰式)によって評価

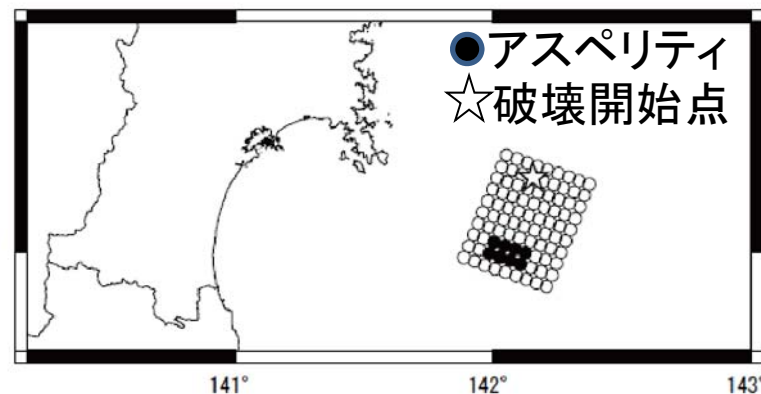
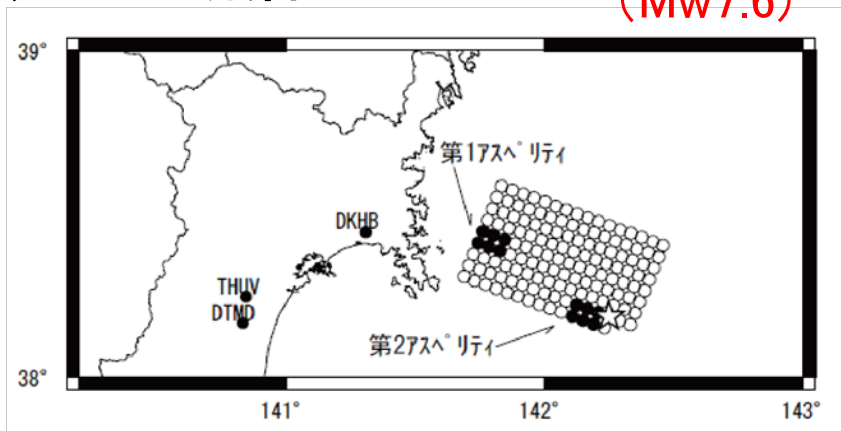


単独タイプの強震動評価

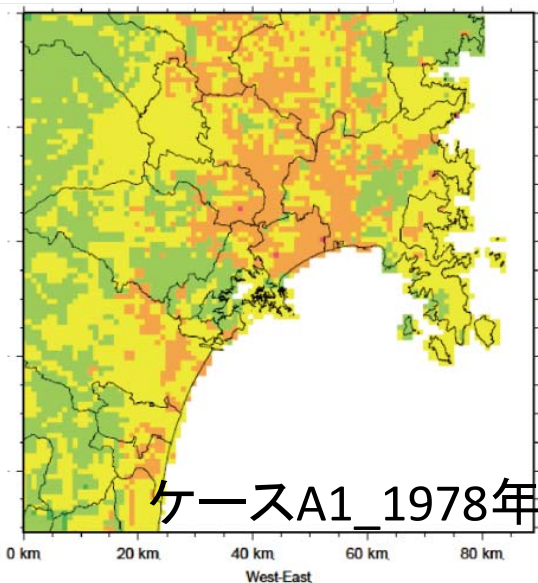
想定した断層モデル

(Mw7.6)

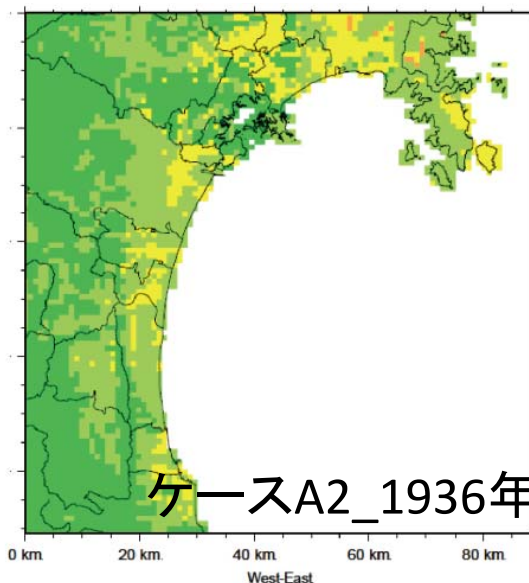
(Mw7.4)



予測震度分布図



ケースA1_1978年



ケースA2_1936年

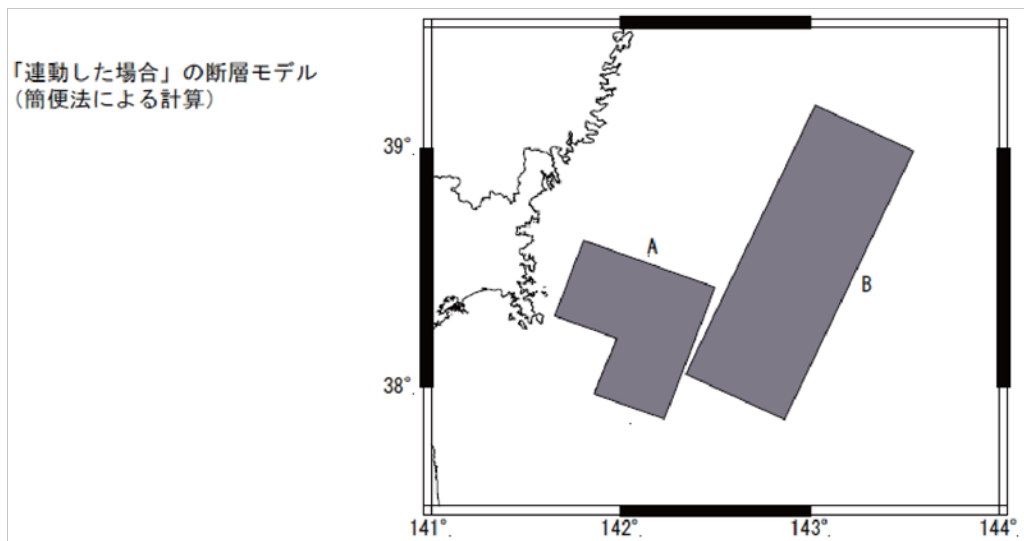
※地震本部が震度7を
評価するのは2009年以
降公表の地図

※ 震度6強以上と計算された地域においては、震度7になる可能性もあり得る。
上の図は、震度分布の広がりを見極めるためのものであり、個々の地点での値にはある程度の誤差を有している。より精密な結果が必要な場合には各地点の地盤条件を正確に把握するなどした上で評価する必要がある。
※ 市郡境界線は、平成17年12月14日時点のものである。

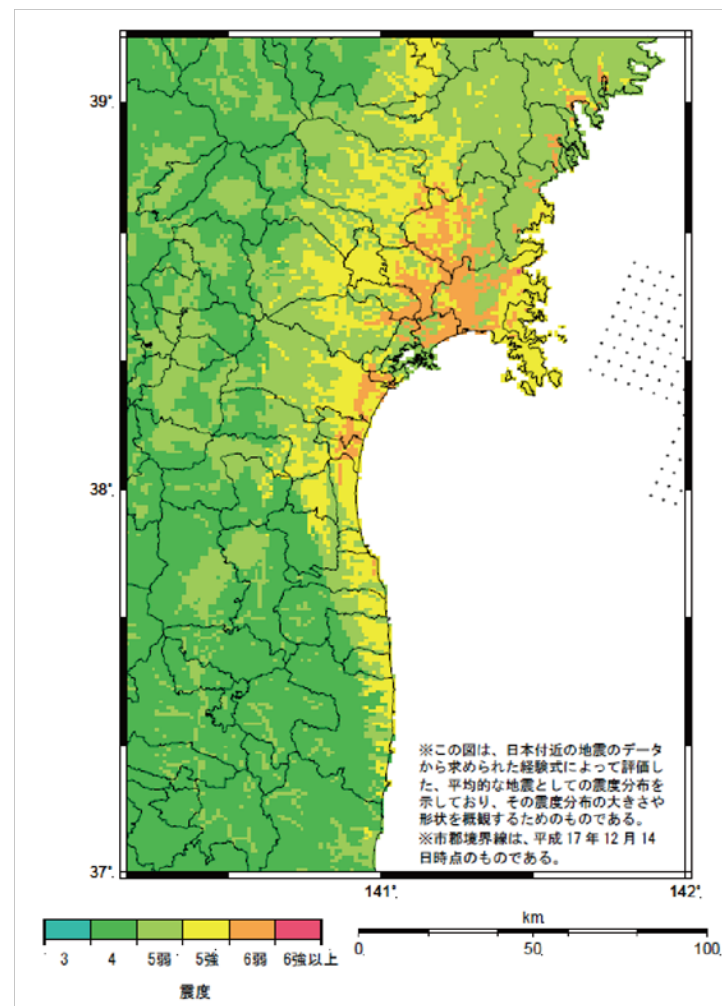


連動タイプの強震動評価(簡便法)

想定した断層モデル(Mw8.0)



予測震度分布図



※地震本部が震度7を評価するのは2009年以降公表の地図