

# 平成 28 年 11 月 22 日の福島県沖の地震

## (1) 概要

平成 28 年 (2016 年) 11 月 22 日 05 時 59 分に、福島県沖の深さ 12km (CMT 解による) で M7.4 の地震が発生し、福島県、茨城県、及び栃木県で震度 5 弱を観測したほか、東北地方を中心に、北海道地方から中国地方にかけての広い範囲で震度 4 ～ 1 を観測した。気象庁はこの地震に対して、最初の地震波の検知から 16.5 秒後の 06 時 00 分 14.5 秒に緊急地震速報 (警報) を発表した。この地震は陸のプレートの地殻内で発生し、発震機構 (CMT 解) は北西 - 南東方向に張力軸を持つ正断層型である。

気象庁はこの地震に伴い、同日 06 時 02 分に福島県に津波警報を、青森県太平洋沿岸、岩手県、宮城県、茨城県、及び千葉県九十九里・外房に津波注意報を発表した。その後、同日 07 時 26 分に千葉県内房、伊豆諸島にも津波注意報を発表したほか、同日 08 時 09 分には、宮城県に津波警報 (津波注意報から切替) を発表した。この地震により、宮城県の仙台港で 144cm、福島県の相馬で 83cm、岩手県の久慈港で 79cm の津波を観測するなど、北海道から和歌山県にかけての太平洋沿岸及び伊豆・小笠原諸島で津波を観測した。

この地震により、負傷者 20 人、住家一部損壊 1 棟の被害が生じた (11 月 29 日 13 時 00 分現在、総務省消防庁による)。

また、この地震の発生後、震源付近では地震活動が活発な状態で推移しており、最大震度 1 以上を観測した地震が 11 月 30 日までに 186 回発生している。

被害状況を表 1-1 に、震度 1 以上の最大震度別地震回数表を表 1-2 に、震度 1 以上の日別地震回数グラフを図 1-1 に、気象庁が発表した地震情報、津波警報・注意報、津波情報及び報道発表の状況を表 1-3 に、11 月 22 日 05 時 59 分の福島県沖の地震に対して発表した主な津波警報・津波注意報を図 1-2 示す。

表 1-1 被害状況 (平成 28 年 11 月 29 日 13 時 00 分現在、総務省消防庁による)

都道府県名	人的被害				住家被害					非住家被害	
	死者	行方不明者	負傷者		全壊	半壊	一部破損	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他
			重傷	軽傷							
人	人	人	人	棟	棟	棟	棟	棟	棟	棟	
宮城県				3							
福島県			2	6			1				
千葉県			1	4							
東京都				4							
合計			3	17			1				

表 1-2 震度 1 以上の最大震度別地震回数表 (2016 年 11 月 22 日 05 時～11 月 30 日) (注 1)

期間	最大震度別回数									震度 1 以上を観測した回数	
	1	2	3	4	5 弱	5 強	6 弱	6 強	7	回数	累計
11/22 05 時-24 時	72	29	7	1	1	0	0	0	0	110	110
11/23 00 時-24 時	17	11	0	0	0	0	0	0	0	28	138
11/24 00 時-24 時	13	5	0	1	0	0	0	0	0	19	157
11/25 00 時-24 時	9	4	0	0	0	0	0	0	0	13	170
11/26 00 時-24 時	1	2	0	0	0	0	0	0	0	3	173
11/27 00 時-24 時	3	2	1	0	0	0	0	0	0	6	179
11/28 00 時-24 時	3	1	1	0	0	0	0	0	0	5	184
11/29 00 時-24 時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	184
11/30 00 時-24 時	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3	187
総計	120	55	9	2	1	0	0	0	0		187

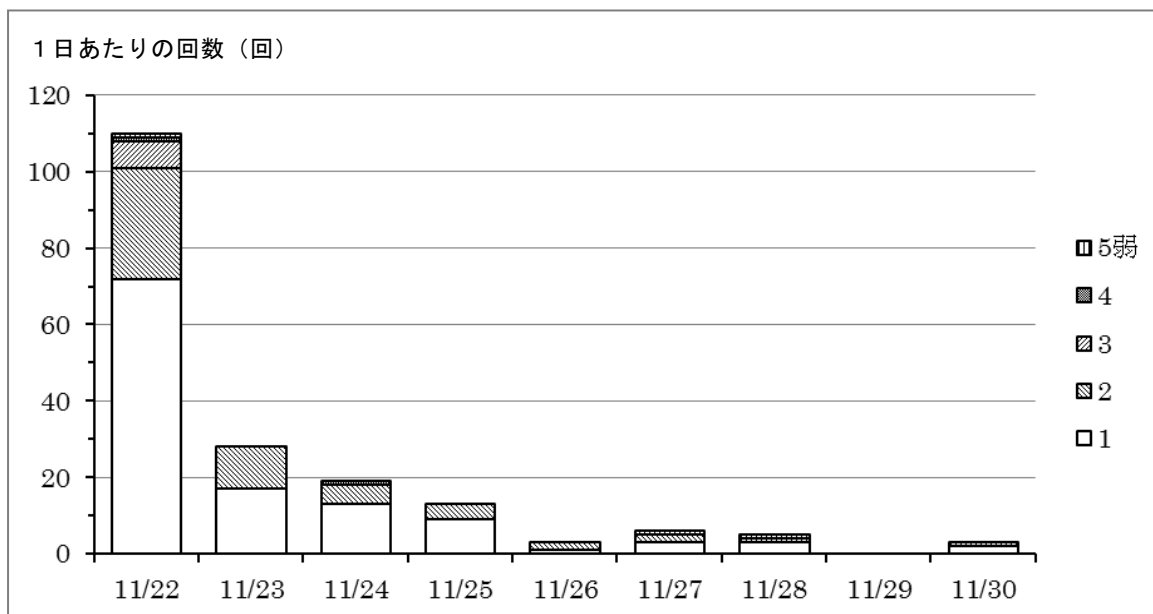


図 1-1 震度 1 以上の日別地震回数グラフ (2016 年 11 月 22 日 05 時～11 月 30 日) (注 1)

(注 1) 速報値であり、後日の調査で変更されることがある。

表 1-3 気象庁が発表した主な地震情報、津波警報・注意報、津波情報及び報道発表の状況（2016年11月22日05時～11月30日）<sup>（注1）</sup>

月 日	時刻	情報発表、報道発表等の状況	備考（主な内容等）
11月22日	05時59分	地震発生	福島県沖、M7.4、最大震度5弱
	06時00分	緊急地震速報（警報）	
	06時01分	震度速報	11月22日05時56分頃、福島県浜通りで最大震度5弱
		震度速報	11月22日05時59分頃、福島県中通り、福島県浜通りで最大震度5弱
		震度速報	11月22日05時59分頃、福島県中通り、福島県浜通りで最大震度5弱
		震度速報	11月22日05時59分頃、福島県中通り、福島県浜通り、茨城県北部、栃木県北部で最大震度5弱以降、逐次更新
	06時02分	津波警報・注意報	福島県に津波警報、青森県太平洋沿岸、岩手県、宮城県、茨城県、千葉県九十九里・外房に津波注意報を発表。
	06時02分	津波予報（若干の海面変動）	
		津波情報（津波到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報）	
	06時03分	津波情報（各地の満潮時刻・津波到達予想時刻に関する情報）	
	06時05分	地震情報（震源・震度に関する情報）	[11月22日05時59分頃の福島県沖の地震] 福島県中通り、福島県浜通り、茨城県北部、栃木県北部で最大震度5弱
	06時05分	地震情報（各地の震度に関する情報）	[11月22日05時59分頃の福島県沖の地震]
	06時11分	地震情報（震源・震度に関する情報）	[11月22日05時59分頃の福島県沖の地震]（震度を訂正）
		地震情報（各地の震度に関する情報）	[11月22日05時59分頃の福島県沖の地震]（震度を訂正）
	06時39分	津波情報（沖合の津波観測に関する情報）	[22日06時38分現在の値] 福島小名浜沖で第一波を観測
	06時54分	津波情報（津波観測に関する情報）	[22日06時53分現在の値] いわき市小名浜で第一波を観測
	07時04分	津波情報（沖合の津波観測に関する情報）	[22日07時03分現在の値]
	07時14分	津波情報（津波観測に関する情報）	[22日07時13分現在の値]
	07時19分	津波情報（津波観測に関する情報）	[22日07時18分現在の値]
	07時26分	津波警報・注意報	津波警報・注意報の切り替え。千葉県内房、伊豆諸島に津波注意報を発表。
		津波情報（津波到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報）	
	07時27分	津波情報（各地の満潮時刻・津波到達予想時刻に関する情報）	
	07時31分	津波情報（津波観測に関する情報）	[22日07時30分現在の値]
	07時44分	津波情報（津波観測に関する情報）	[22日07時43分現在の値]
	08時00分	報道発表（第1報）	平成28年11月22日05時59分頃の福島県沖の地震について
	08時07分	地震情報（顕著な地震の震源要素更新のお知らせ）	[11月22日05時59分の福島県沖の地震]
	08時09分	津波警報・注意報	津波警報・注意報の切り替え。宮城県を津波注意報から津波警報に切り替え。
		津波情報（津波到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報）	
	08時10分	津波情報（各地の満潮時刻・津波到達予想時刻に関する情報）	
	08時12分	津波情報（津波観測に関する情報）	[22日08時10分現在の値] 仙台港で最大波1.4mを観測
	09時13分	津波情報（津波観測に関する情報）	[22日09時11分現在の値]
	09時46分	津波警報・注意報	津波警報・注意報の切り替え。宮城県、福島県を津波警報から津波注意報に切り替え。青森県太平洋沿岸、千葉県九十九里・外房、千葉県内房、伊豆諸島の津波注意報を解除。
		津波予報（若干の海面変動）	
津波情報（津波到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報）			

表 1-3 (つづき)

月 日	時刻	情報発表、報道発表等の状況	備考 (主な内容等)
11月22日	11時00分	報道発表 (第2報)	津波の観測状況、地震活動の状況
	12時50分	津波注意報の解除	
		津波予報 (若干の海面変動)	
	12時51分	津波情報 (津波観測に関する情報)	[22日12時51分現在の値]
11月24日	06時23分	地震発生	福島県沖、M6.2、最大震度4
		緊急地震速報 (警報)	
	06時29分	津波予報 (若干の海面変動)	

(注1) 震度速報及び地震情報は、最大震度5弱以上の地震についてのみ記載している。

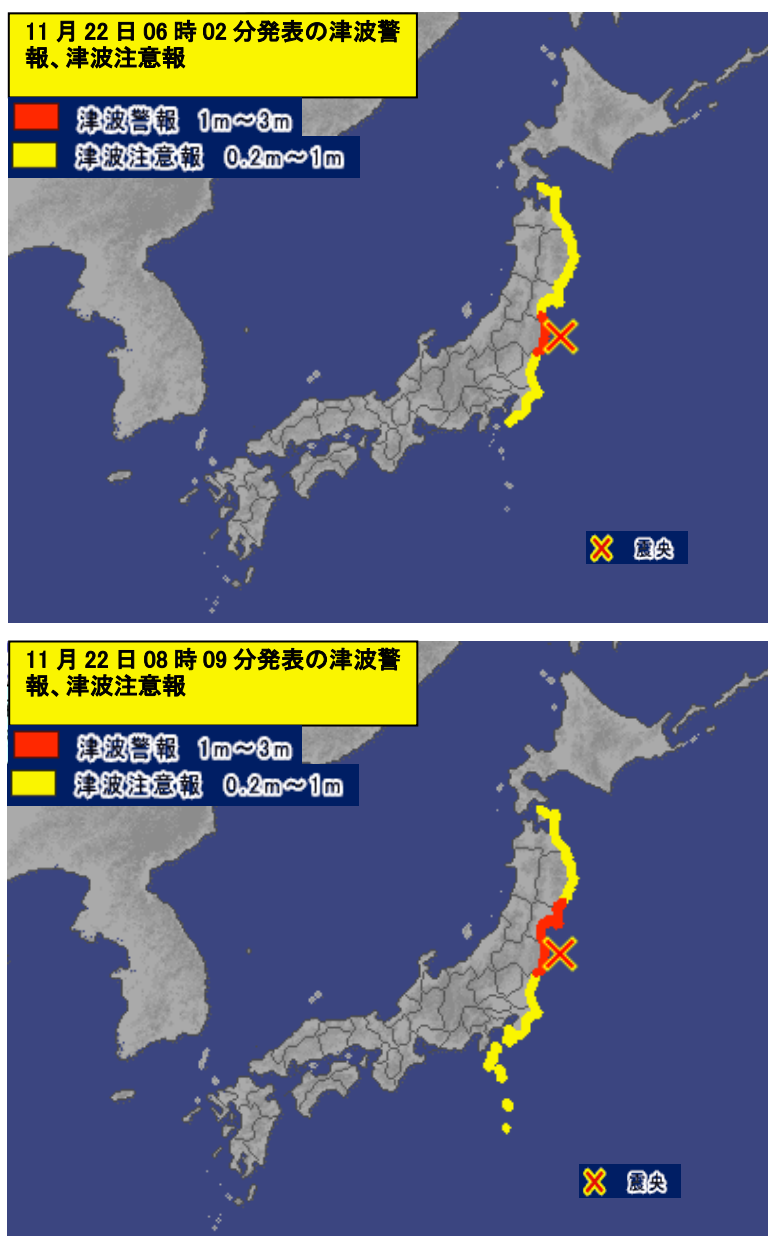


図 1-2 11月22日05時59分の福島県沖の地震に対して発表した主な津波警報・津波注意報

(2) 地震活動

ア. 地震の発生場所の詳細及び地震の発生状況

2016年11月22日05時59分に福島県沖の深さ12km (CMT解による) でM7.4の地震 (最大震度5弱) が発生した。この地震は陸のプレートの地殻内で発生した。発震機構 (CMT解) は北西—南東方向に張力軸を持つ正断層型である。その後、この地震の震源付近 (領域b) では、24日06時23分にM6.2の地震 (最大震度4) が発生するなど、M5.0以上の地震が9回発生している。これらの地震は2011年3月11日の「平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震」 (以下、東北地方太平洋沖地震という) の余震域で発生した。

1997年10月以降の活動をみると、今回の地震の震源付近 (領域b) では、東北地方太平洋沖地震の発生以前はM4.0以上の地震は発生していなかった。

また、この地震の震央付近 (領域a) では、東北地方太平洋沖地震の発生以降は、2011年3月11日15時12分にM6.7の地震 (最大震度5弱) が発生するなど地震活動が活発化しており、M6.0以上の地震が7回発生していた。領域a内では、今回の地震は最大規模 (M7.4) であった。

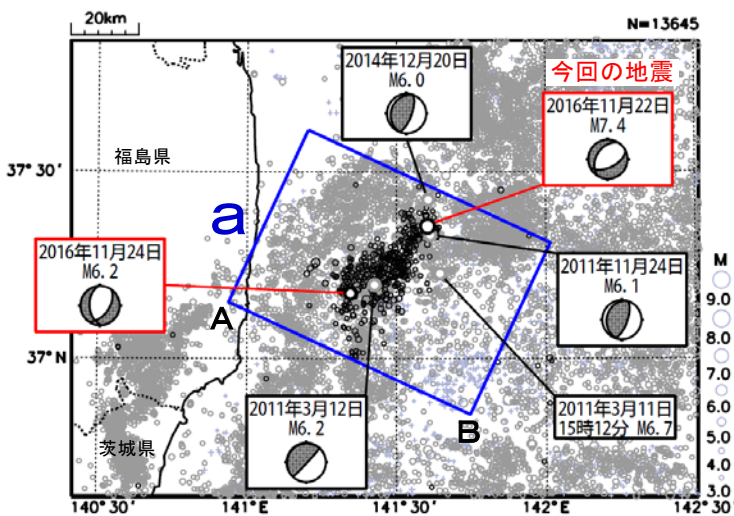


図2-1 震央分布図  
(1997年10月1日~2016年11月30日、  
深さ0~70km、M≥3.0)

東北地方太平洋沖地震以前に発生した地震を+、東北地方太平洋沖地震発生以降に発生した地震を薄い○、2016年11月の地震を濃い○で表示、  
図中の発震機構はCMT解

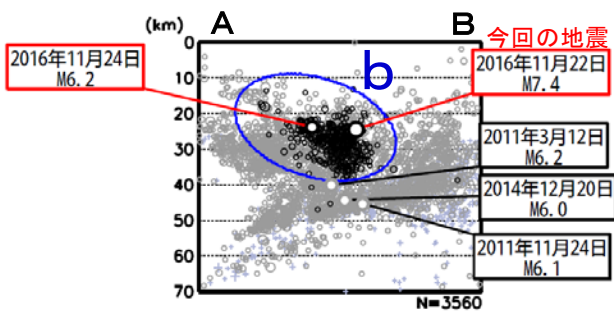


図2-2 領域a内の断面図 (A-B投影)

※領域b付近の浅い震源の深さ精度は十分でないと考えられる。

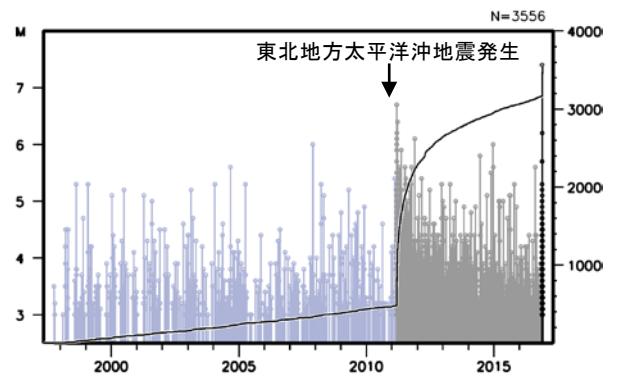


図2-3 領域a内のM-T図及び回数積算図  
※2016年11月22日の地震 (M7.4) 後の地震活動の影響により、領域a内の震源は一部未処理である。

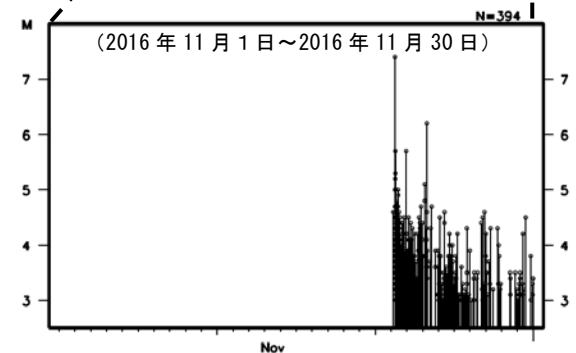
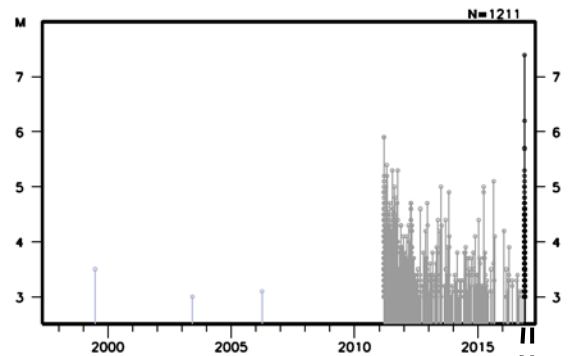
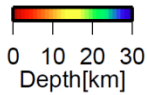


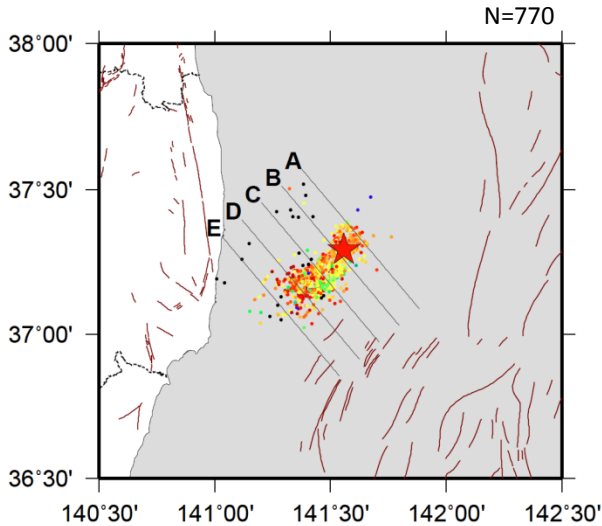
図2-4 領域b内のM-T図

# S-net観測点データを用いた自動震源(観測点補正+DD法)

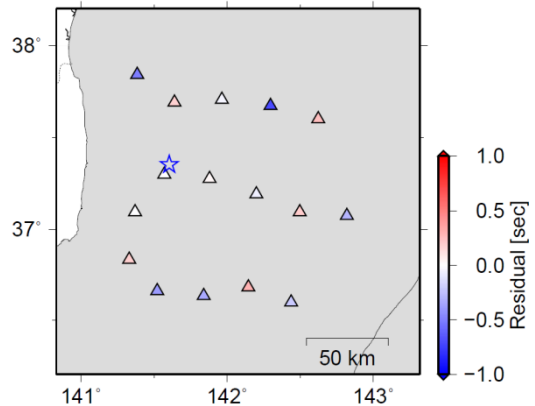
震央分布図及び断面図(2016年11月22日05時50分~24時00分、深さ0~30km、M全て)



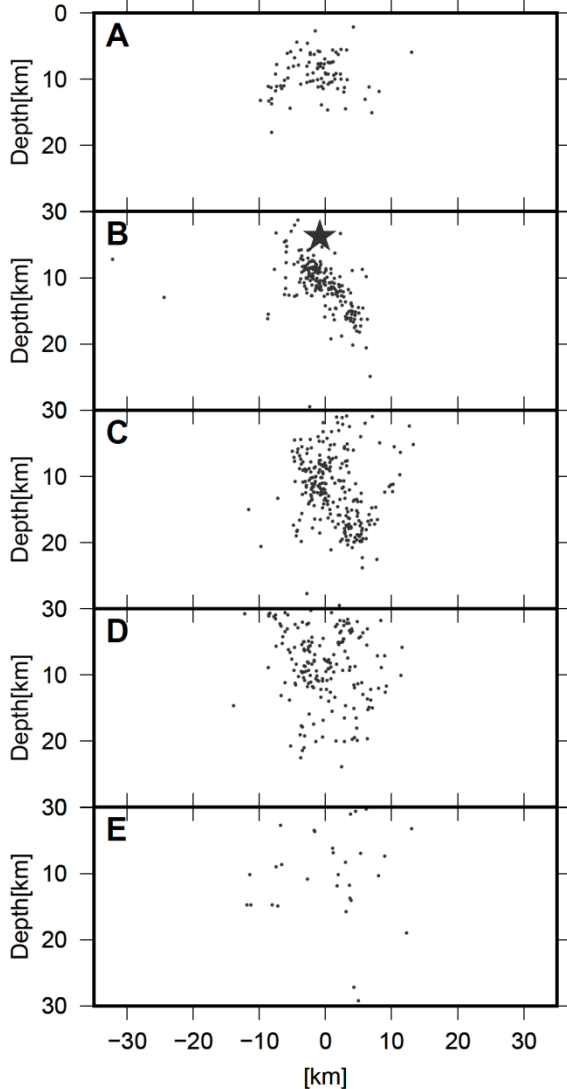
★は11月22日05時59分 M7.4の震源  
茶線は「新編日本の活断層」による断層トレース



下図のS-net観測点波形(2016年11月22日05時50分~24時00分:ベクトル変換後)のp相のみを用いて溜瀨ほか(2016)の自動処理を行い、5点以上p相が検出できたイベントについて、JMA2001の速度構造を用いた震源計算により観測点補正值(下図参照)を求めた後、DD法を適用した。



△ S-net観測点の位置  
☆ 11月22日05時59分 M7.4の震央



国立研究開発法人防災科学技術研究所の日本海溝海底地震津波観測網(S-net)のデータを使用した。この資料は、既存の手法・パラメータを用いてオフライン処理で臨時に調査した結果である。

## <参考文献>

溜瀨功史・森脇健・上野寛・東田進也(2016): ベイズ推定を用いた一元化震源のための自動震源推定手法, 験震時報, 79, 1-13.  
Waldhauser F. and W.L. Ellsworth (2000): A double-difference earthquake location algorithm: Method and application to the northern Hayward fault, Bull. Seism. Soc. Am., 90, 1353-1368.

## イ. 発震機構

今回の地震の震央周辺では、東北地方太平洋沖地震の発生前は逆断層型の地震が主体だったが、東北地方太平洋沖地震の発生以降は正断層型の地震が比較的多く発生するようになり、一部横ずれ断層型の地震も見られる。今回の地震は正断層型である。

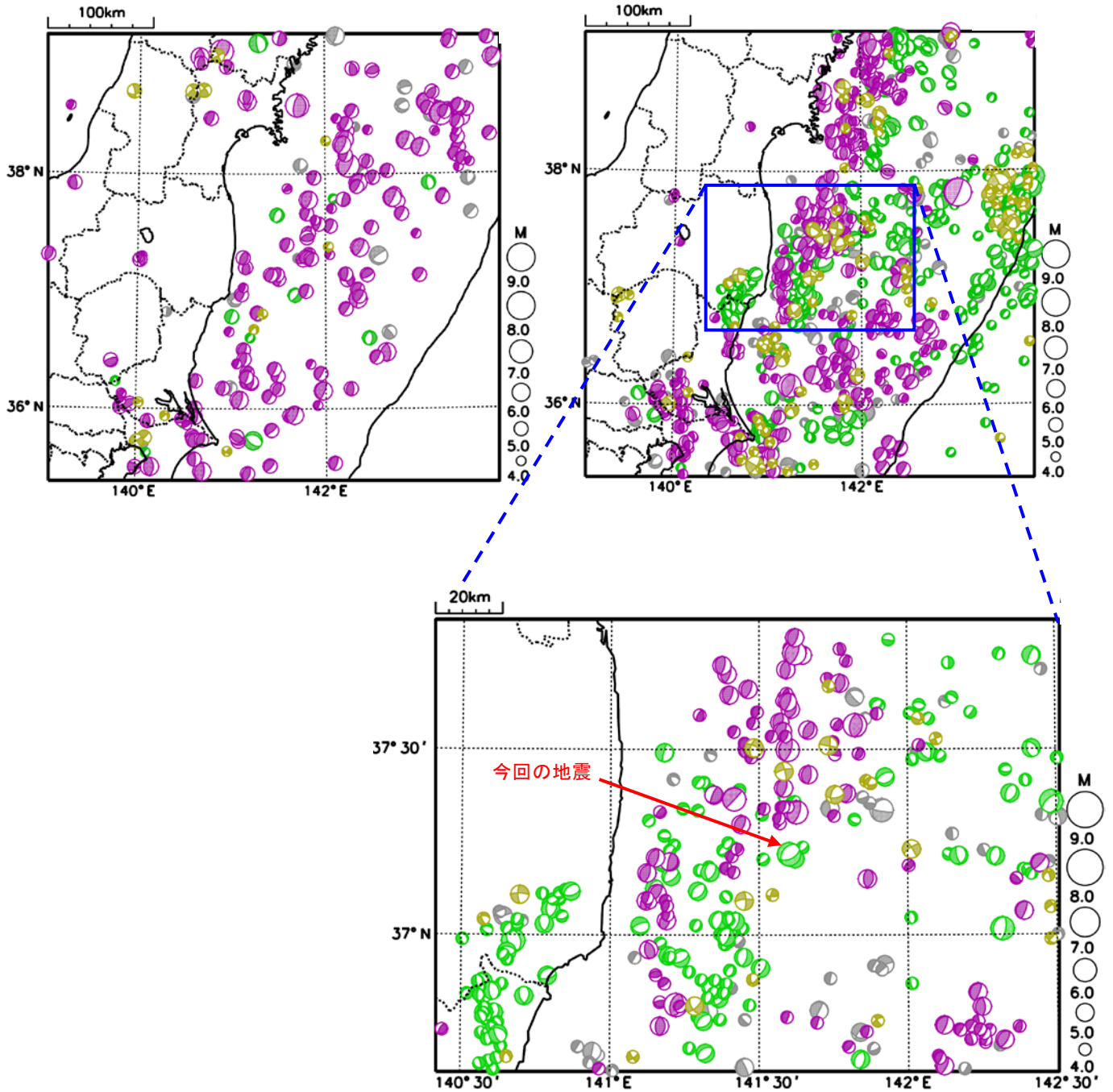


図 2 - 5 発震機構 (CMT 解) 分布図

(期間は左：1994 年 1 月 1 日～東北地方太平洋沖地震発生前、  
右、右下：東北地方太平洋沖地震～2016 年 11 月 30 日、深さ 0～100km、 $M_w \geq 4.0$ )

逆断層型の地震を紫、正断層型の地震を緑、横ずれ断層型の地震を黄、その他の地震を灰で表示した。

なお、この図ではセントロイドの位置に表示しているため、他の図とは配置が異なる。

マグニチュードはモーメントマグニチュード。

## ウ. 過去の地震活動

1923年以降の活動を見ると、今回の地震の震央周辺（領域c）では、1938年11月5日にM7.5の地震が発生した。この地震により、宮城県花淵で113cm（全振幅）の津波が観測された。この地震の発生後、領域c内では地震活動が活発となり、同年11月30日までにはM6.0以上の地震が25回発生していた。11月6日のM7.4の地震及び11月7日のM6.9の地震では、ともに宮城県牡鹿町鮎川で124cm（全振幅）の津波が観測された（津波の観測値は「験震時報 10 巻3-4号」による）。これらの地震により、死者1人、負傷者9人、住家全壊4棟、半壊29棟などの被害が生じた（「日本被害地震総覧」による）。その後、2014年7月12日にM7.0の地震（最大震度4）が発生するまで、領域c内ではM7.0以上の地震は発生していなかったが、M6程度の地震は時々発生していた。

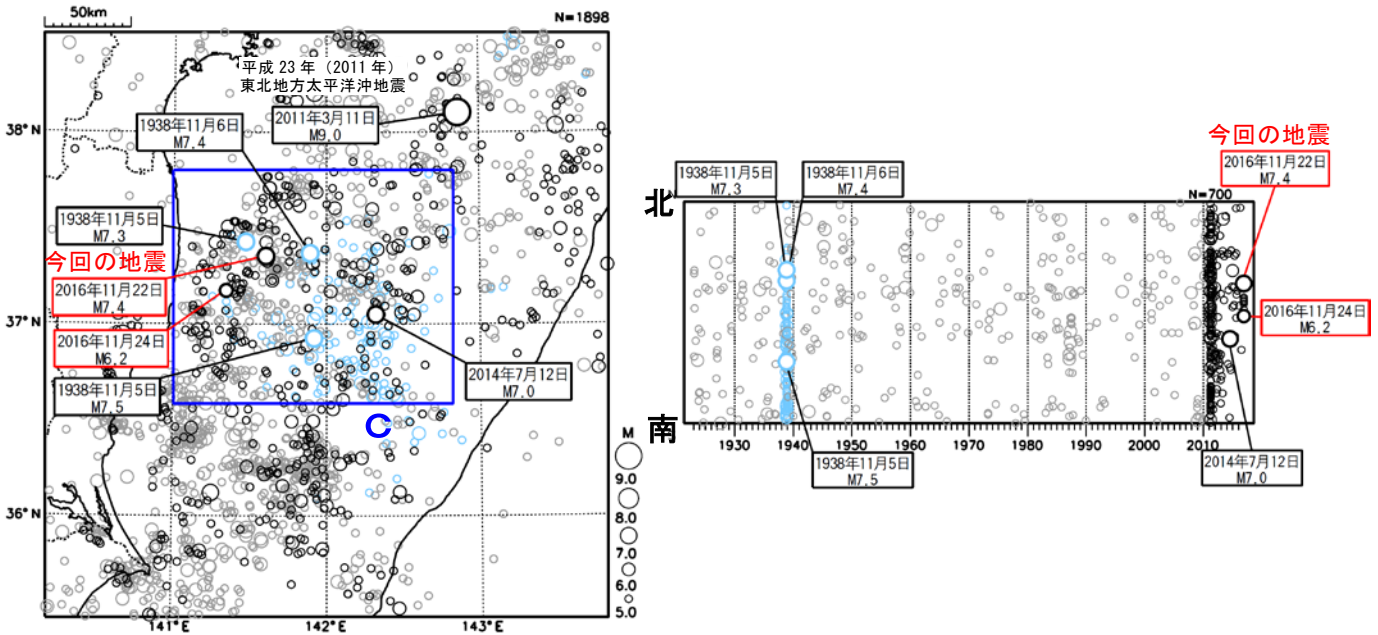


図2 - 6 震央分布図及び時空間分布図（南北投影）  
（1923年1月1日～2016年11月30日、深さ0～150km、 $M \geq 5.0$ ）

1938年11月1日～12月31日に発生した地震を○、東北地方太平洋沖地震発生以降に発生した地震を濃い○、それ以外を薄い○で表示

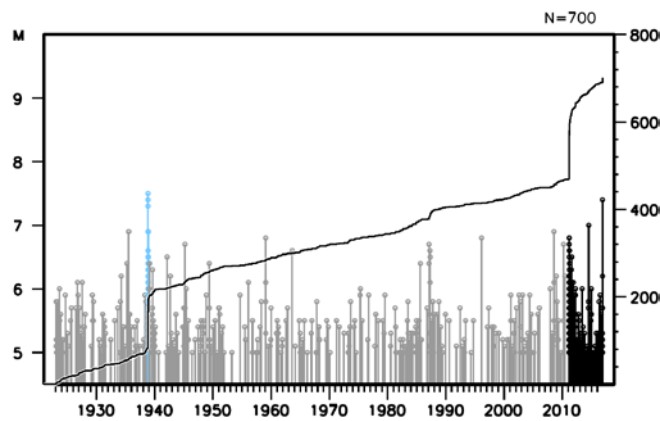


図2 - 7 領域c内のM-T図及び回数積算図



### (3) 震度と加速度

11月22日05時59分に発生したM7.4の地震により、福島県（白河市、須賀川市、国見町、鏡石町、天栄村、泉崎村、中島村、浅川町、いわき市、広野町、檜葉町、双葉町、浪江町、南相馬市）、茨城県（高萩市）、栃木県（大田原市）で震度5弱の揺れを観測したほか、北海道地方から近畿地方にかけて、及び鳥取県の一部で震度4～1を観測した。

この地震の震度分布図を図3-1に、震度5弱を観測した地点の計測震度及び最大加速度を表3-1示す。また、22日23時03分に発生したM5.7の地震、及び24日06時23分に発生したM6.2の地震（ともに最大震度4）の震度分布図を図3-2に示す。

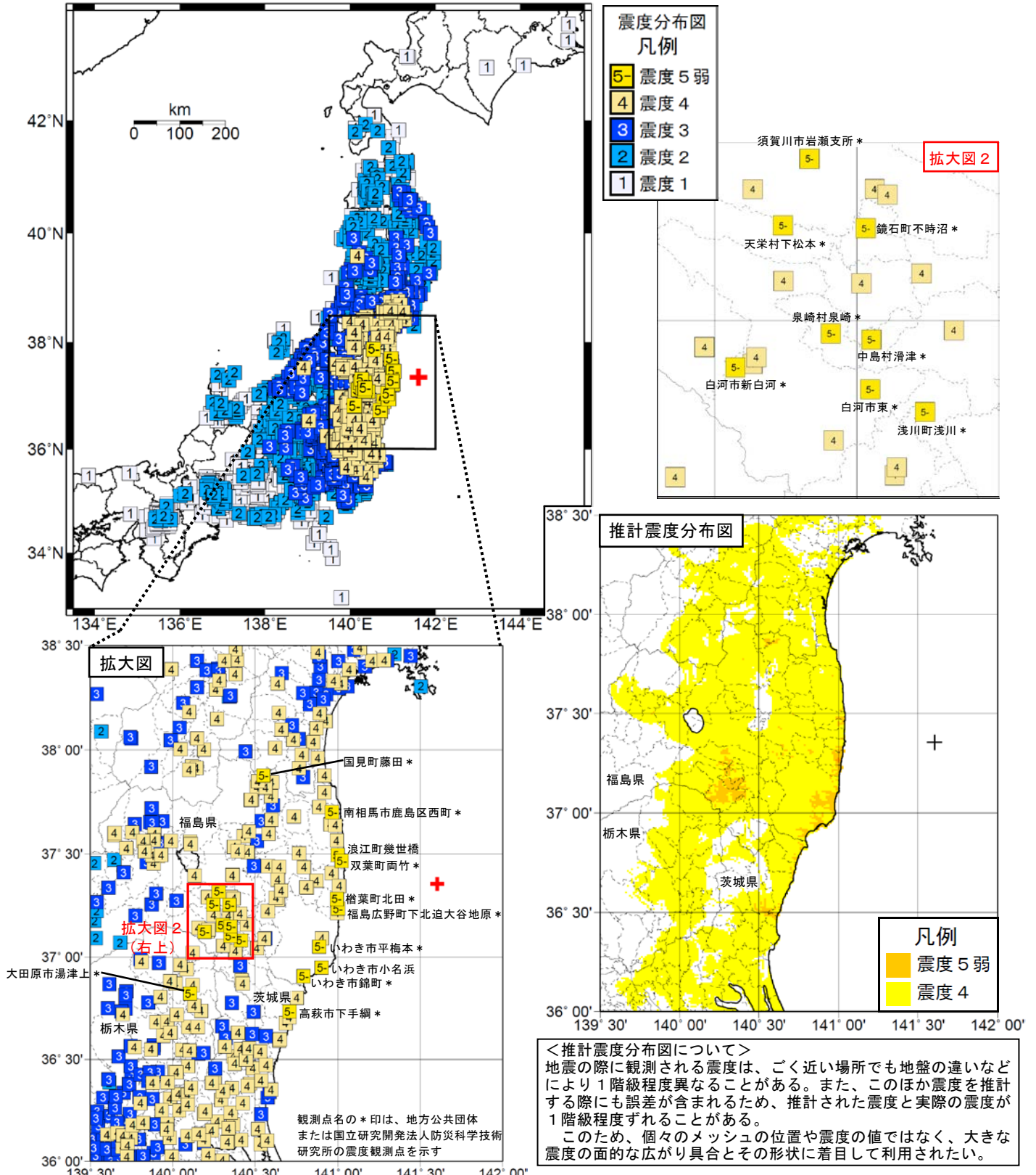


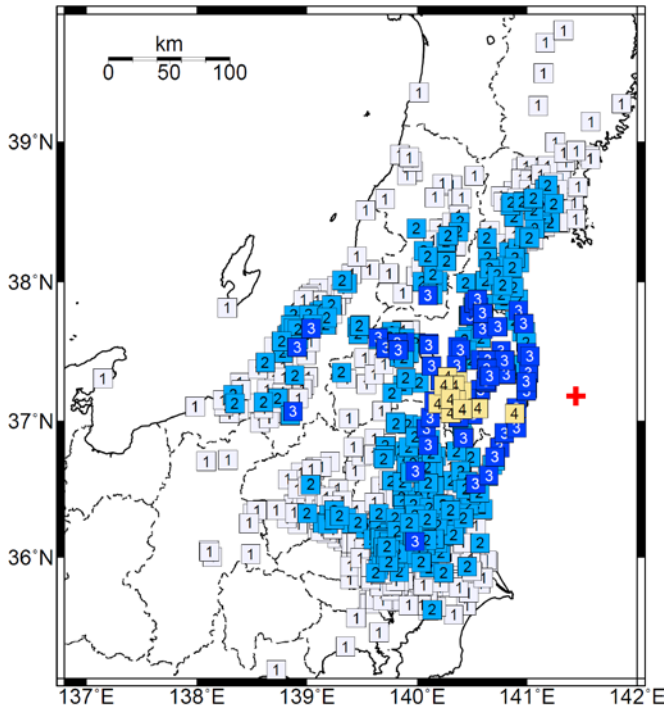
図3-1 11月22日05時59分 福島県沖の地震（M7.4、深さ12km、最大震度5弱）の震度分布図（+印は震央を表す。深さはCMT解による。）

表 3-1 11月22日05時59分 福島県沖の地震の計測震度及び最大加速度（震度5弱）

都道府県	市区町村	観測点名	震度	計測震度	最大加速度 (gal = cm/s/s)				震央距離 (km)
					合成	南北成分	東西成分	上下成分	
福島県	いわき市	いわき市平梅本*	5弱	4.9	202.6	164.2	178.6	90.2	71.8
福島県	楡葉町	楡葉町北田*	5弱	4.9	381.0	372.1	336.8	122.2	54.4
福島県	白河市	白河市東*	5弱	4.8	182.4	113.4	173.2	74.6	114.4
福島県	中島村	中島村滑津*	5弱	4.8	192.3	142.8	184.3	86.2	113.1
福島県	いわき市	いわき市小名浜	5弱	4.8	140.5	140.2	123.3	48.4	76.8
福島県	須賀川市	須賀川市岩瀬支所*	5弱	4.7	235.3	167.3	222.8	63.2	117.1
福島県	国見町	国見町藤田*	5弱	4.7	146.0	139.1	139.3	49.6	109.1
福島県	双葉町	双葉町両竹*	5弱	4.7	205.8	148.4	170.2	101.3	52.4
福島県	白河市	白河市新白河*	5弱	4.6	202.0	195.6	189.2	52.6	127.5
福島県	天栄村	天栄村下松本*	5弱	4.6	147.4	146.4	135.6	51.2	120.3
福島県	泉崎村	泉崎村泉崎*	5弱	4.6	174.7	142.2	133.5	49.9	117.1
福島県	広野町	福島広野町下北迫大谷地原*	5弱	4.6	206.5	194.0	197.9	86.0	54.8
栃木県	大田原市	大田原市湯津上*	5弱	4.6	143.0	121.8	136.8	77.7	145.6
福島県	鏡石町	鏡石町不時沼*	5弱	4.5	208.2	194.6	153.9	118.4	111.8
福島県	浅川町	浅川町浅川*	5弱	4.5	143.7	119.8	142.5	78.7	109.6
福島県	いわき市	いわき市錦町*	5弱	4.5	127.2	111.0	93.7	55.9	87.4
福島県	浪江町	浪江町幾世橋	5弱	4.5	240.2	192.2	235.1	133.1	55.2
福島県	南相馬市	南相馬市鹿島区西町*	5弱	4.5	204.0	143.4	163.9	102.4	67.8
茨城県	高萩市	高萩市下手綱*	5弱	4.5	132.7	130.1	110.7	46.7	105.3

観測点名の\*印は、地方公共団体または国立研究開発法人防災科学技術研究所の震度観測点を示す

11月22日23時03分 福島県沖  
(M5.7、深さ10km、最大震度4)



11月24日06時23分 福島県沖  
(M6.2、深さ10km、最大震度4)

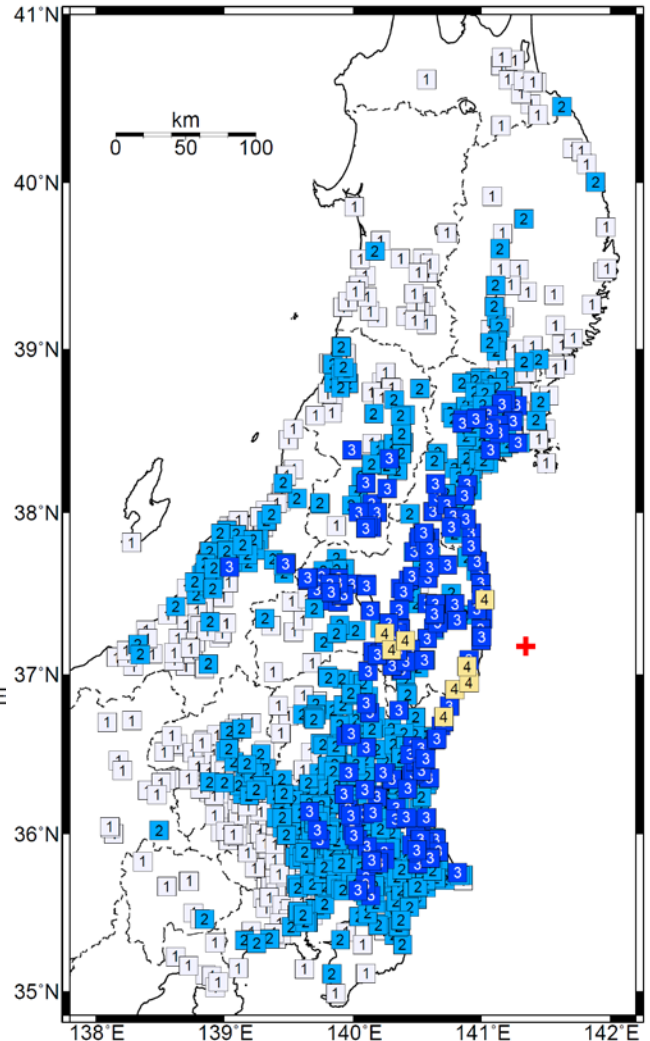


図 3-2 最大震度4を観測した地震の震度分布図（+印は震央を表す。深さはCMT解による。）

(5) 津波

11月22日05時59分に発生した福島県沖の地震(M7.4)により、宮城県仙台港で最大144cmの津波を観測したほか、北海道から和歌山県にかけての太平洋沿岸及び伊豆・小笠原諸島で津波を観測した。

表5-1 津波観測施設の津波観測値

都道府県	津波観測施設名	所属	第一波		最大波		都道府県	津波観測施設名	所属	第一波		最大波	
			到達時刻	発現時刻	高さ	高さ				到達時刻	発現時刻	高さ	高さ
北海道	根室市花咲	気象庁	22日 -	22日 10:20	12	茨城県	大洗	気象庁	22日 06:51	22日 07:08	49		
	浜中町霧多布港	国土交通省港湾局	22日 07:40	22日 15:35	15		神栖市鹿島港	国土交通省港湾局	22日 06:53	22日 09:06	26		
	釧路	気象庁	22日 -	23日 02:19	15		茨城神栖沖*3	防災科学技術研究所	22日 06:30	22日 07:19	0.1m		
	十勝港	国土交通省港湾局	22日 -	23日 02:34	15		千葉県	銚子	気象庁	22日 06:50	22日 10:30	12	
	えりも町 鹿野*1	気象庁	22日 07:-	22日 10:04	0.3m			勝浦市興津*1	気象庁	22日 06:54	22日 09:03	0.3m	
	浦河	国土交通省港湾局	22日 -	22日 12:46	32			館山市布良	気象庁	22日 07:00	22日 07:13	27	
	苫小牧東港	国土交通省港湾局	22日 -	22日 10:57	20			伊豆大島岡田	気象庁	22日 07:08	22日 07:32	12	
	青森県	苫小牧西港	国土交通省港湾局	22日 -	22日 11:02		16	神津島神津島港	海上保安庁	22日 -	22日 07:39	13	
		白老港	国土交通省港湾局	22日 -	22日 11:03		23	三宅島阿古	海上保安庁	22日 07:06	22日 07:41	10	
		函館	気象庁	22日 -	23日 11:58		16	三宅島坪田	気象庁	22日 06:-	22日 08:34	10	
むつ市関根浜		気象庁	22日 07:-	22日 12:11	18	八丈島八重根*1	気象庁	22日 07:13	22日 09:45	0.3m			
岩手県	むつ小川原港	国土交通省港湾局	22日 08:17	22日 09:24	22	八丈島神湊	海上保安庁	22日 07:06	22日 09:47	15			
	八戸港	国土交通省港湾局	22日 07:39	22日 11:04	20	父島二見	気象庁	22日 -	22日 10:41	11			
	久慈港	国土交通省港湾局	22日 07:26	22日 07:54	79	神奈川県	三浦市三崎漁港*1	気象庁	22日 -	22日 10:36	0.1m		
	宮古	気象庁	22日 07:05	22日 08:09	35		南伊豆町石廊崎	気象庁	22日 07:-	22日 07:33	7		
宮城県	釜石	海上保安庁	22日 08:17	22日 08:59	23	静岡県	西伊豆町田子	国土地理院	22日 -	22日 09:32	4		
	大船渡	気象庁	22日 06:56	22日 07:56	33		焼津	国土地理院	22日 -	22日 10:03	10		
	久慈沖*2	国土交通省港湾局	22日 -	22日 10:28	0.1m	御前崎	気象庁	22日 -	22日 10:06	10			
	石巻市鮎川	気象庁	22日 06:43	22日 07:39	73	愛知県	田原市赤羽根	気象庁	22日 -	22日 09:37	11		
石巻港	国土交通省港湾局	22日 07:05	22日 08:11	66	三重県	尾鷲	気象庁	22日 -	22日 08:27	7			
仙台港	国土交通省港湾局	22日 07:11	22日 08:04	144		熊野市遊木	気象庁	22日 07:51	22日 08:04	6			
福島県	気仙沼広田湾沖*2	国土交通省港湾局	22日 06:47	22日 08:11	0.1m	和歌山県	那智勝浦町浦神	気象庁	22日 07:57	22日 08:09	10		
	宮城牡鹿沖*3	防災科学技術研究所	22日 06:29	22日 07:25	0.1m		串本町袋港	気象庁	22日 08:18	22日 08:30	10		
	相馬	国土地理院	22日 06:53	22日 07:06	83								
	いわき市小名浜	気象庁	22日 06:29	22日 06:49	60								
	福島小名浜沖*2	国土交通省港湾局	22日 06:11	22日 06:24	0.2m								

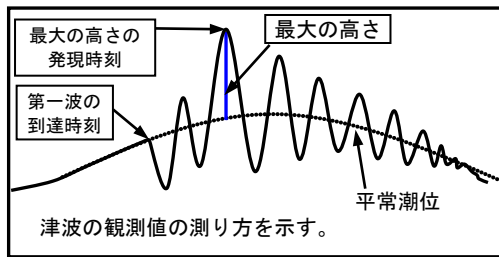


図5-1 津波の測り方の模式

- は値が決定できないことを示す。
- ※観測値は後日の精査により変更される場合がある。
- ※所属機関の観測波形データをもとに気象庁が検出した値。
- \*1 は巨大津波観測計により観測されたことを示す(観測単位は0.1m)。
- \*2 はGPS波浪計により観測された海面昇降を検潮所の観測値と同様の手法で読み取った値を示す(観測単位は0.1m)。
- \*3 は沿岸付近の海底津波計により観測された海底水圧を海面昇降に換算し、検潮所の観測値と同様の手法で読み取った値をしめす(観測単位は0.1m)。
- \*2、\*3は沖合の観測値であり沿岸では津波は更に高くなる。

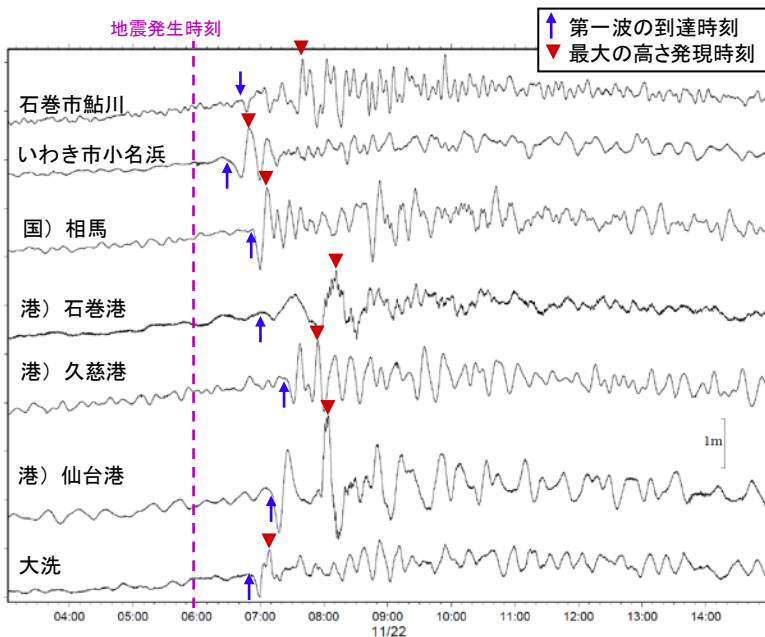


図5-2 主な津波波形

※ 港)は国土交通省港湾局、国)は国土地理院の所属

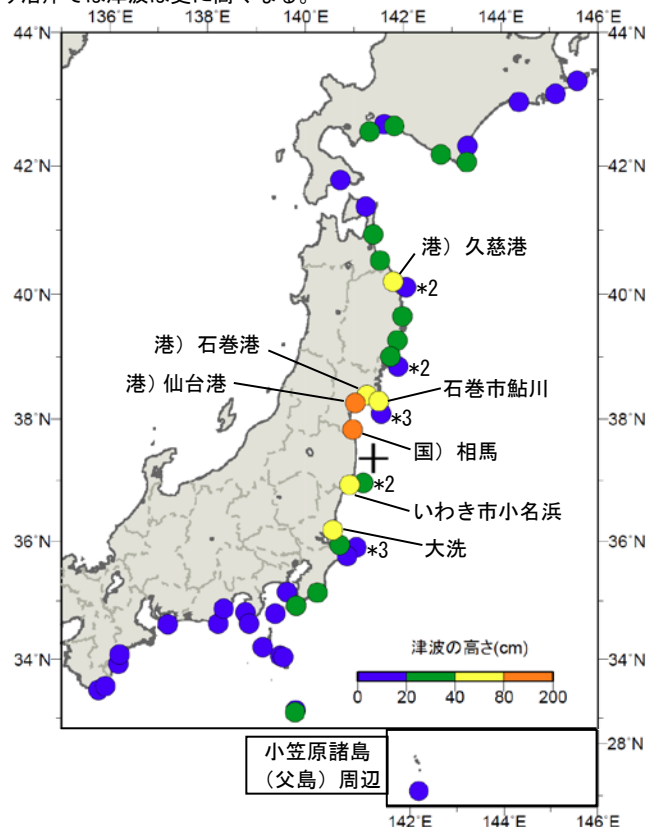


図5-3 国内の津波観測施設で観測した津波の最大の高さ(+印は震央を表す)

### (7) 現地調査

仙台管区气象台及び福島地方气象台は、津波警報を発表した宮城県、福島県の津波観測施設のうち、鮎川検潮所（気象庁）、仙台港検潮所（港湾局）、相馬験潮場（国土地理院）の周辺における津波の痕跡等を確認するため、11月24日に現地調査を実施した。

鮎川検潮所のある鮎川漁港（宮城県石巻市）では、聞き取り調査による津波の高さは0.9m程度であった。鮎川漁港から北西に約4km離れた小淵漁港（宮城県石巻市）で2.1mの痕跡高を確認した。小淵漁港から約400m北西にある表浜港では津波は岸壁を越えておらず、聞き取り調査による津波の高さは0.8m程度であった。小淵漁港は、南北に細長く入り組んだ湾奥に位置するため、地形の効果により津波が高くなった可能性がある。また、小淵漁港から約9km北西にある桃ノ浦漁港（宮城県石巻市）でも津波は岸壁を越えておらず、聞き取り調査による津波の高さは0.6m程度であった。

仙台港検潮所のある仙台港（宮城県仙台市）では、聞き取り調査により津波が岸壁を越える位であったとの証言を得たことから、津波の高さを岸壁までの1.7mと推定した。

相馬験潮場のある相馬港（福島県相馬市）及び北に約8km離れた磯浜漁港（宮城県山元町）周辺では、津波の痕跡は確認できなかった。

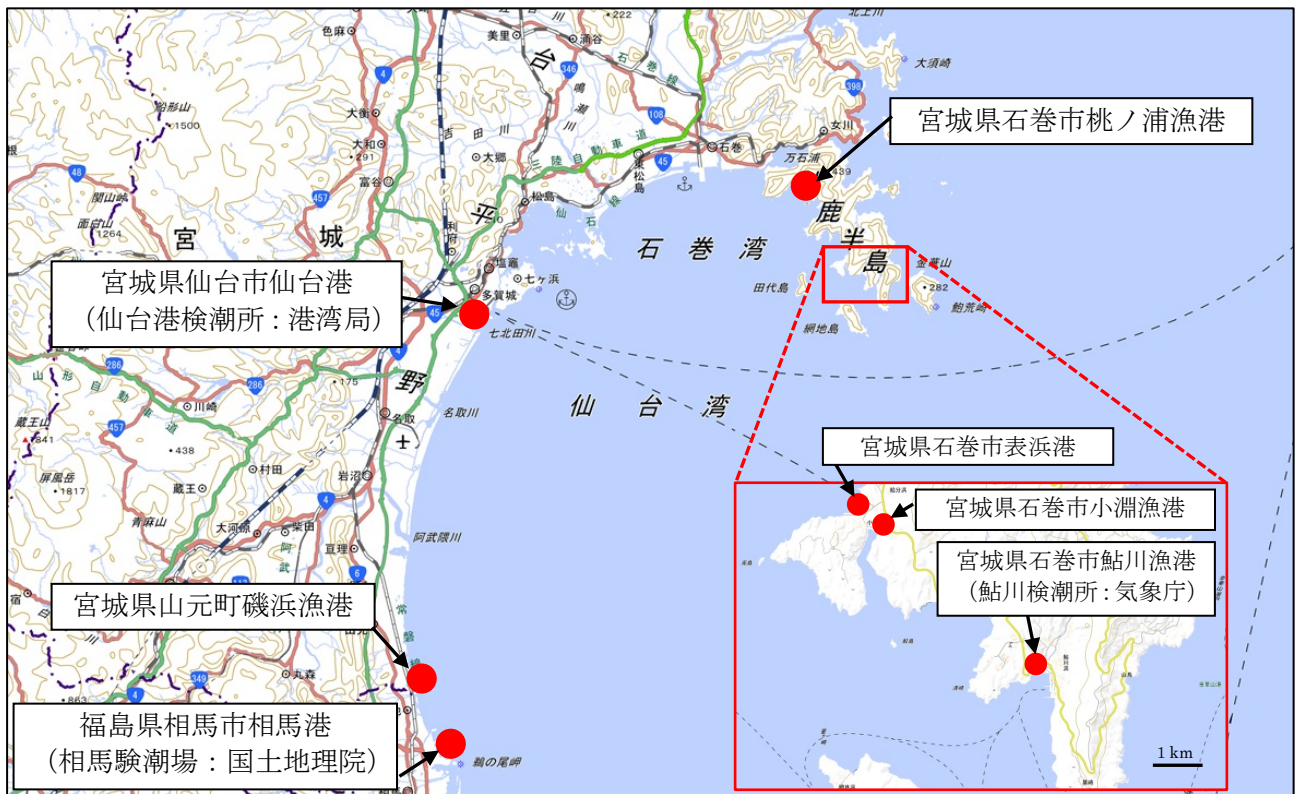


図7-1 調査地域（国土地理院の地図を使用）

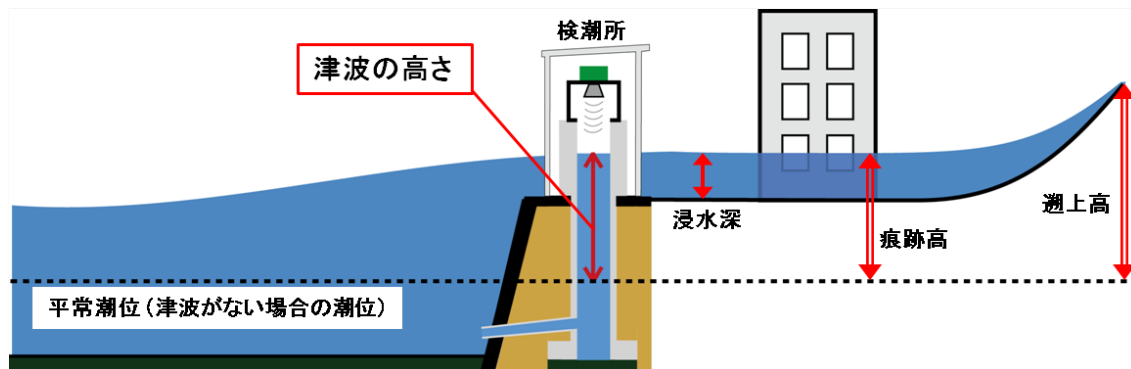


図7-2 検潮所における津波の高さと浸水深、痕跡高、遡上高の関係

## 2016年11月22日 福島県沖の地震の震源分布と津波波形 (S-net を用いた解析)

防災科学技術研究所資料

2016年11月22日5:59にMjma 7.4 (F-net では Mw 7.0) の地震が福島県沖で発生した。本震及び余震の地震波を S-net 及び Hi-net の地震計で観測し、走時の読み取りから震源分布を得た (図1)。余震は、本震の震央に対して南西方向に約 30 km の範囲で広がり、深さは 30 km 以浅に集中している。余震域の南東側は深い場所に震源が決まっており、余震分布は、南東側へ傾斜した面形状を成している。

S-net の水圧計では、津波伝播に伴い、震源近傍で最大約 40 cm 相当の水圧変動を観測した (図2)。第一波到来から約 40~60 分後には、明瞭な後続波が到来しており、観測点によっては、第一波と同程度以上の振幅を観測した。

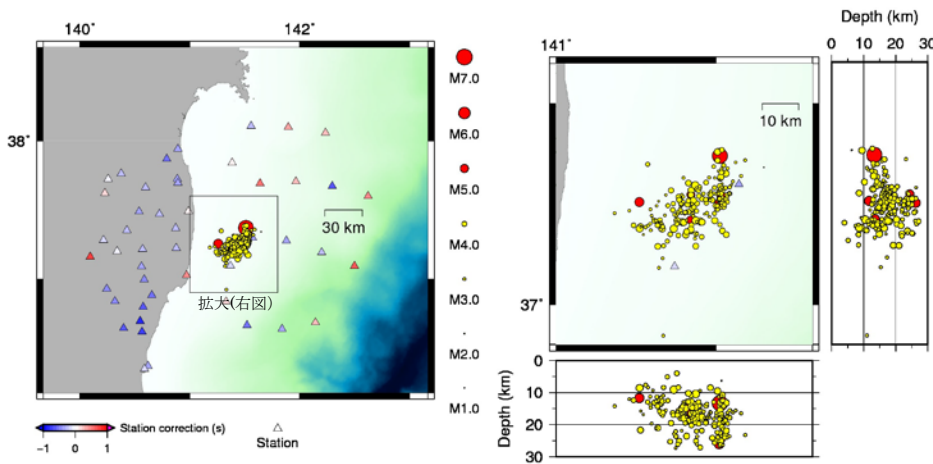


図1 11/22 8:46 までの199 イベントの震源分布。震央距離 100km 以内の観測点の P 波読み取り走時から震源決定を行った。震源決定での地下構造は、Hi-net データによる震源決定で使用されている構造を使用した。各観測点の観測走時には、走時残差に基づく観測点補正値を導入している。

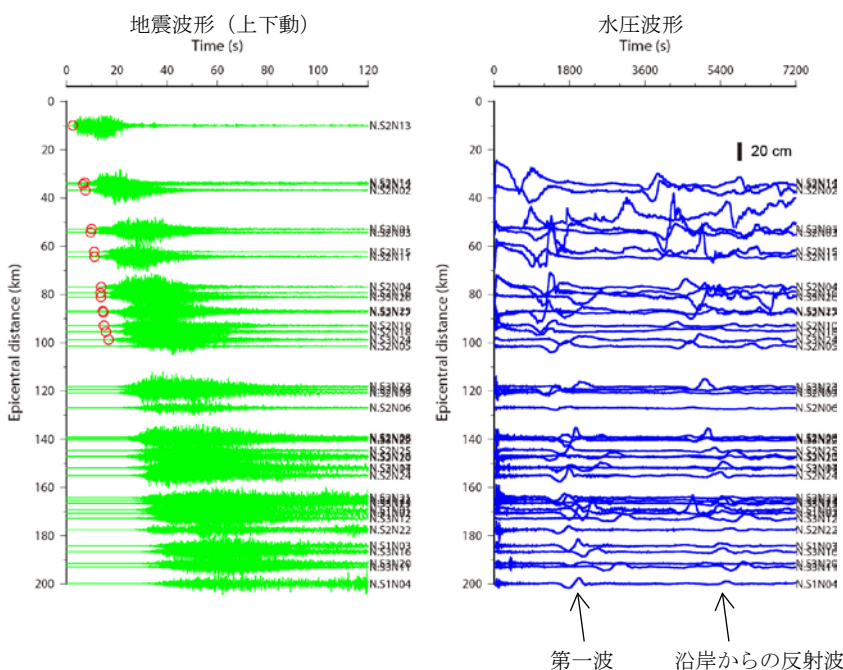
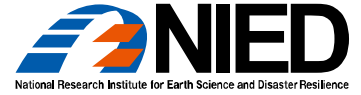


図2 震央距離順に並べた、本震発生時の S-net 観測点における速度型地震計上下動成分の波形 (左図) と水晶水圧計の波形 (右図)。地震波形は各波形の最大値、水圧波形は共通の値で振幅を規格化している。赤丸印は、読み取った P 波走時を示す。水圧波形は、潮汐の影響を除去し、50-3000 秒の帯域のバンドパスフィルターをかけている。変動が不明瞭な水圧波形については、表示の対象から外している。

# 2016年11月22日福島県沖の地震で観測された津波伝播

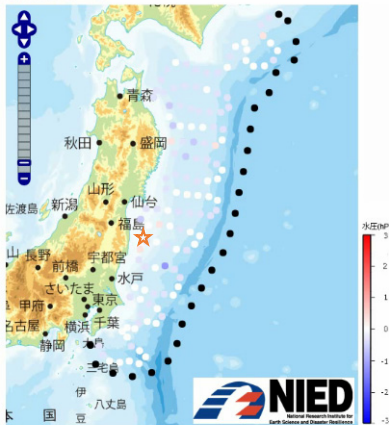
防災科学技術研究所



S-net水圧計により観測された水圧変動(周期帯域120-1800秒)を示す。地震発生から約10分後から、津波による水圧変動が福島県沖の震源域から南北に面的に伝播する様子が捉えられている。

地震発生時

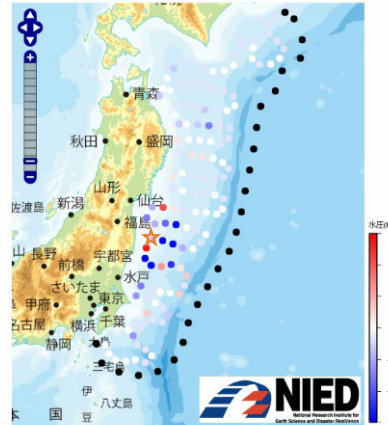
津波モニタ



2016/11/22 06:00:00

地震発生から約10分後

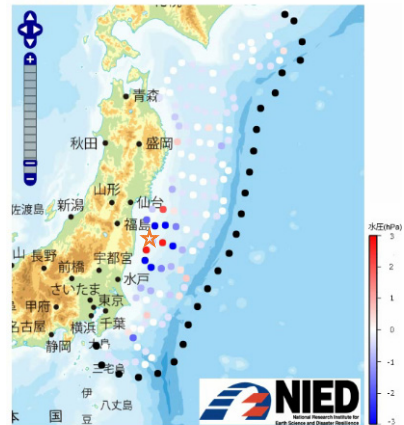
津波モニタ



2016/11/22 06:10:00

地震発生から約15分後

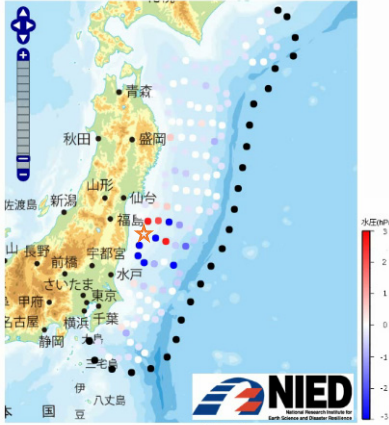
津波モニタ



2016/11/22 06:15:00

地震発生から約20分後

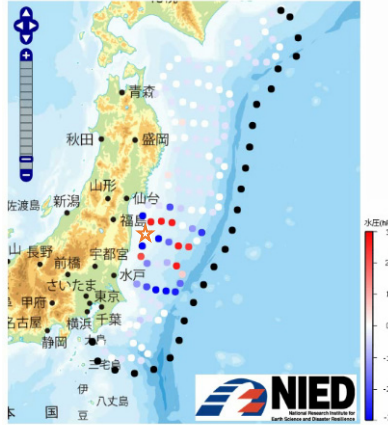
津波モニタ



2016/11/22 06:20:00

地震発生から約25分後

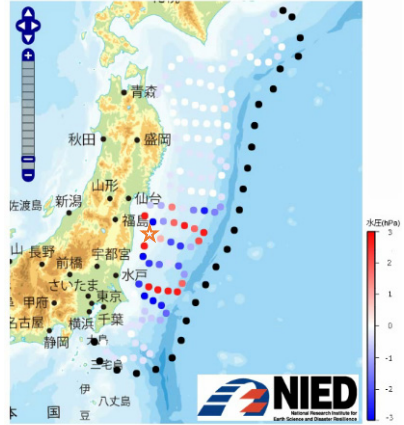
津波モニタ



2016/11/22 06:25:00

地震発生から約30分後

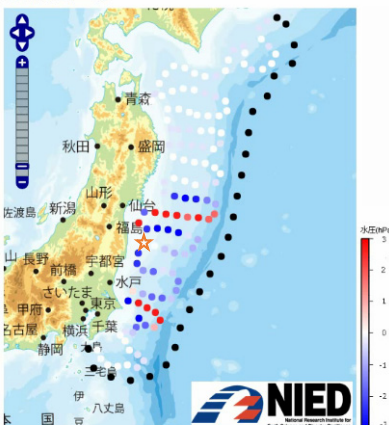
津波モニタ



2016/11/22 06:30:00

地震発生から約35分後

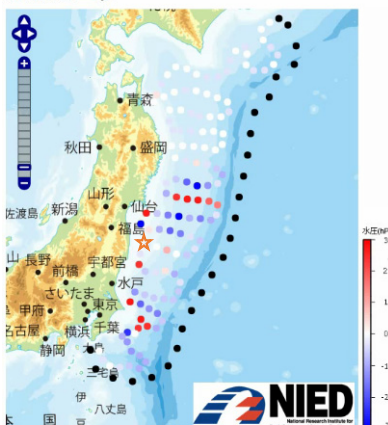
津波モニタ



2016/11/22 06:35:00

地震発生から約40分後

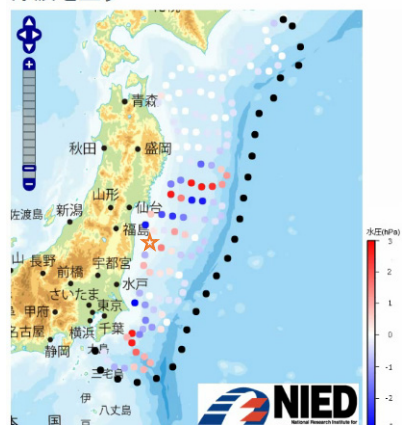
津波モニタ



2016/11/22 06:40:00

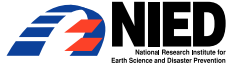
地震発生から約45分後

津波モニタ



2016/11/22 06:45:00

# 2016年11月22日福島県沖の地震の震源過程(暫定)



防災科学技術研究所

2016年11月22日5時59分に福島県沖で発生した地震(Mj 7.4; 気象庁)について、強震波形記録を用いた震源インバージョン解析を行った。

- ・強震波形記録: K-NET・KiK-net・F-netの21観測点における速度波形三成分のS波部分(0.05-0.5 Hz)
- ・解析手法: マルチタイムウィンドウ線形波形インバージョン(小断層 4 km×4 km、1.6秒幅のタイムウィンドウを0.8秒ずらして13個並べる)
- ・断層面設定: 走向47°・傾斜38°(F-netによる)、大きさ 44 km × 20 km、破壊開始点はS-netおよびHi-netの記録から推定された震源位置(深さ12.7km)
- ・推定結果:  $M_0=5.8 \times 10^{19}$  Nm ( $M_w$  7.1)、最大すべり量 5.1m、 $V_{ftw}$  2.0 km/s  
破壊は破壊開始点から南西方向へユニラテラルに伝播し、すべりの大きい領域での主要な破壊は地震発生から8-20秒後に生じていた。

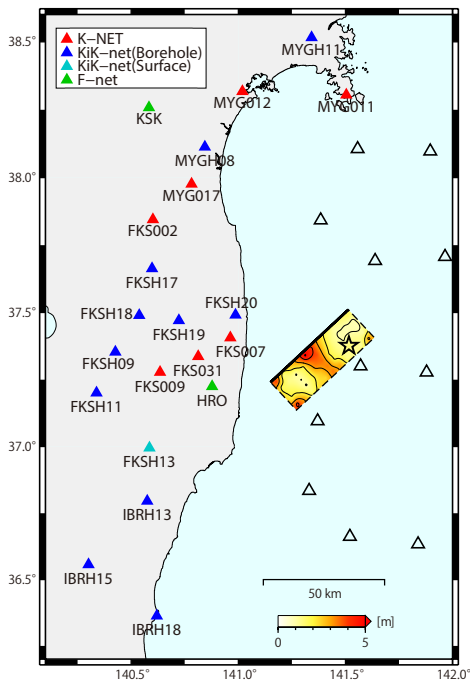


図1: 観測点の分布及び断層面と最終すべり分布の地表投影。星印は破壊開始点を示す。

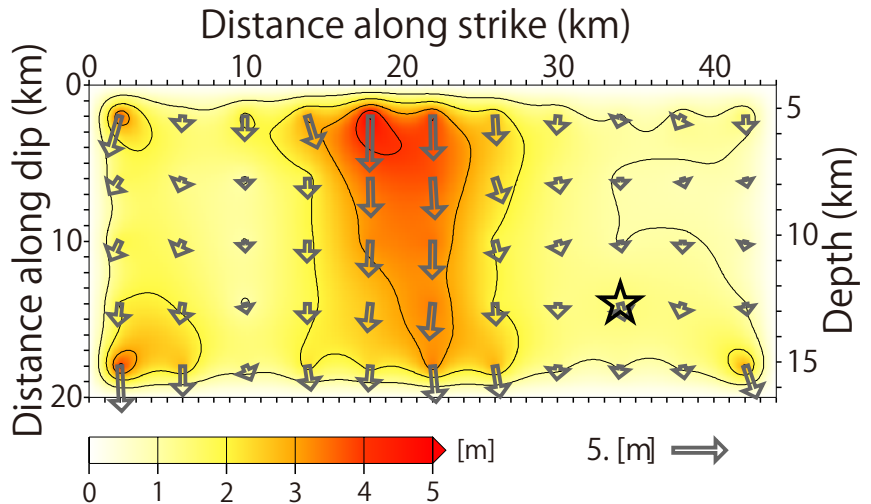


図2: 断層面上の最終すべり分布図。ベクトルは上盤のすべり方向とすべり量を、星印は破壊開始点を示す。

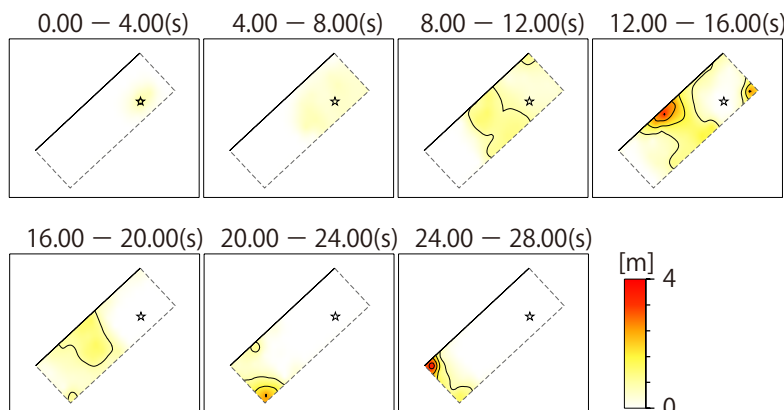


図3: 破壊の時間進展過程。4.0秒ごとのすべり分布を地表投影している。

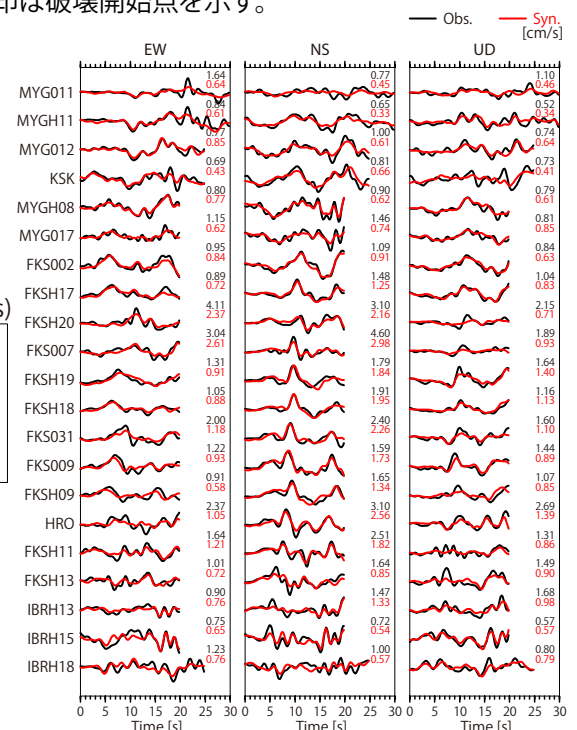


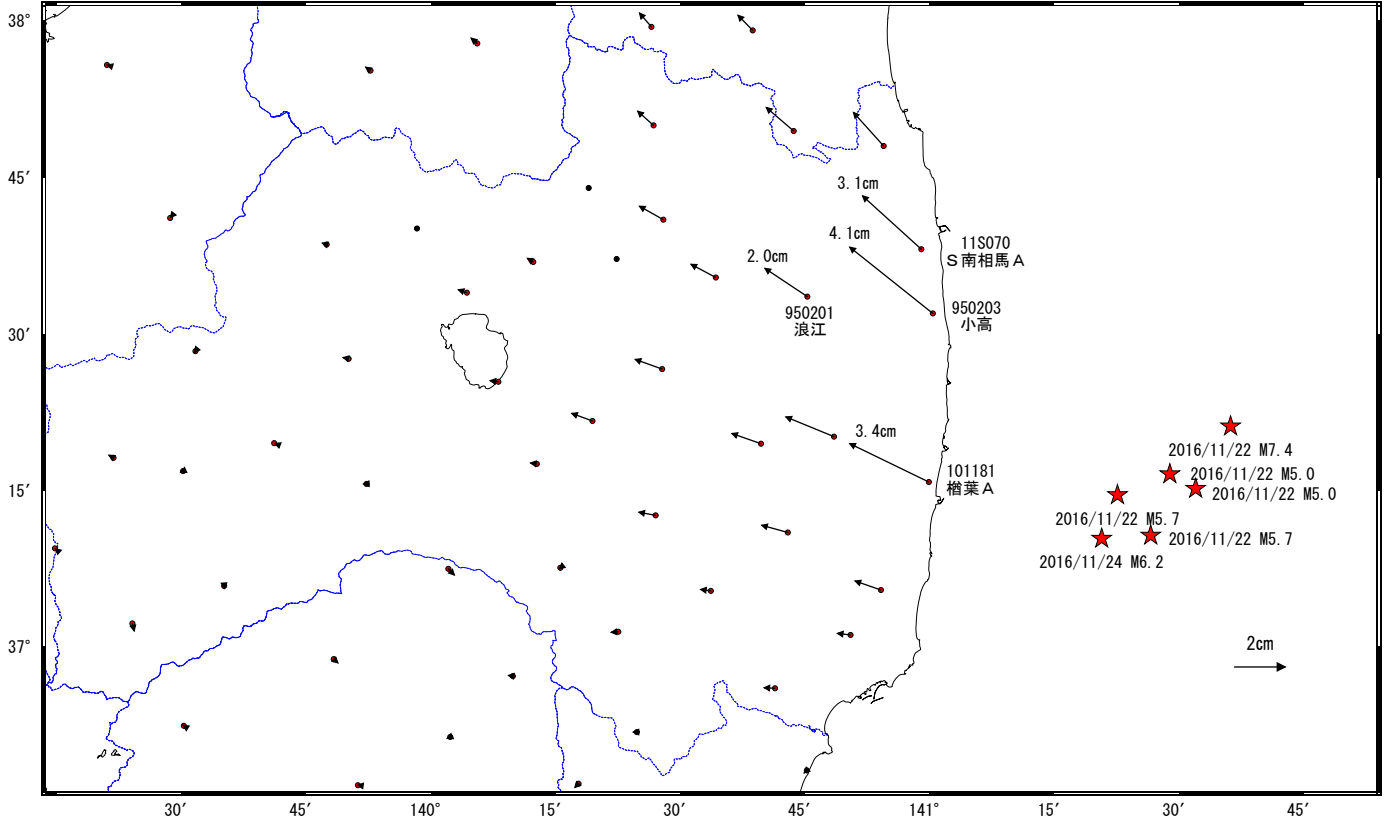
図4: 観測波形(黒線)と理論波形(赤線)の比較。波形の右上にそれぞれの最大値を示す。

# 福島県沖の地震(11月22日 M7.4)前後の観測データ

この地震に伴い地殻変動が観測された。

## 地殻変動(水平)

基準期間: 2016/11/14~2016/11/20 [R3:速報解]  
比較期間: 2016/11/22~2016/11/28 [R3:速報解]

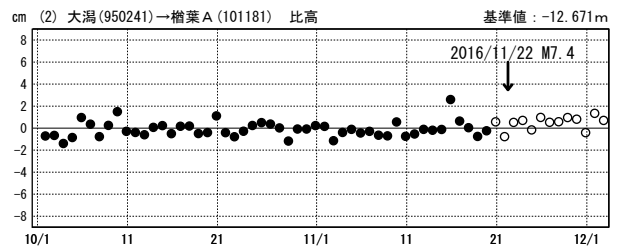
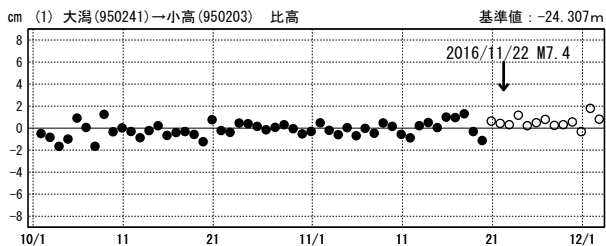
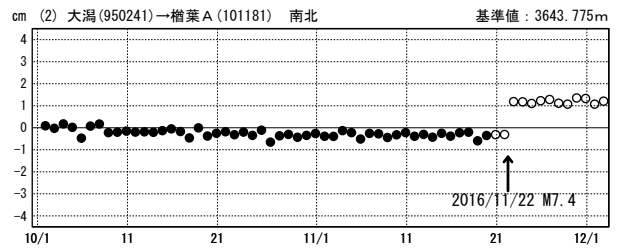
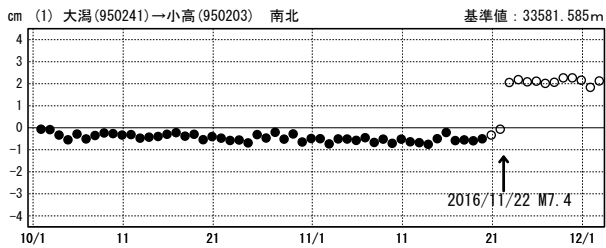
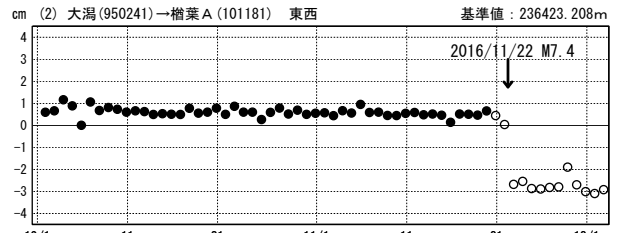
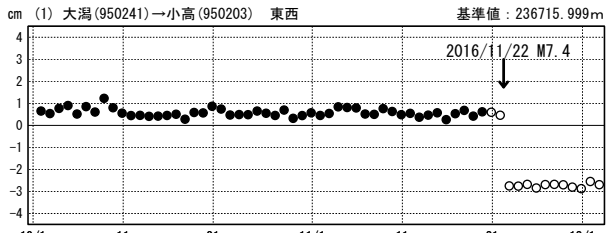


☆ 固定局: 大湯(950241)

## 成分変化グラフ

期間: 2016/10/01~2016/12/02 JST

期間: 2016/10/01~2016/12/02 JST



●---[F3:最終解] ○---[R3:速報解]



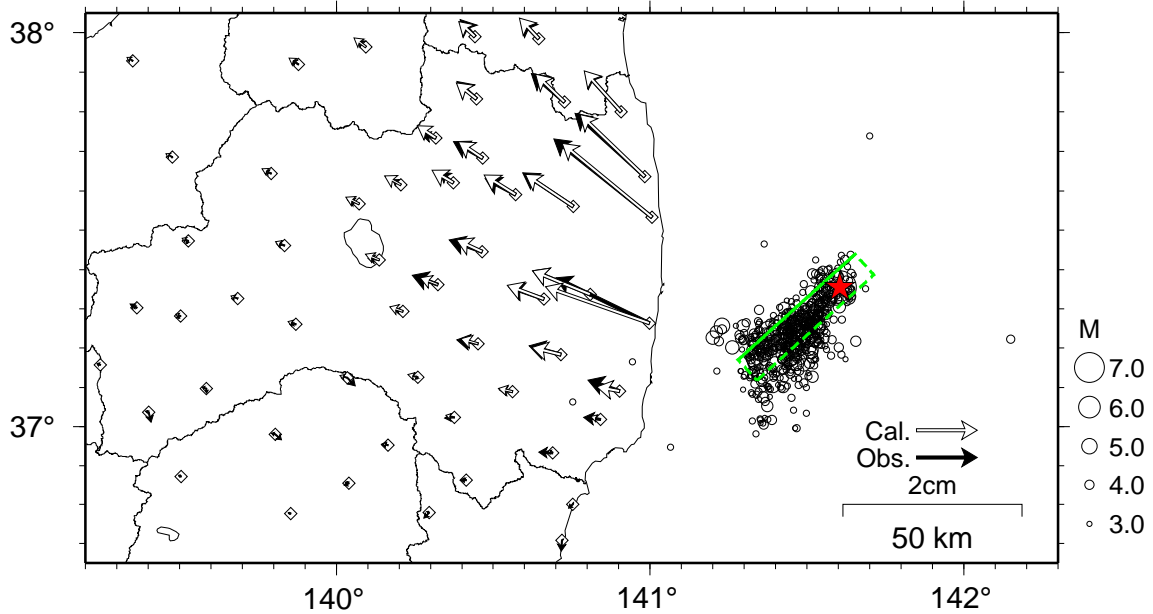
# 福島県沖の地震（2016年11月22日 $M_j7.4$ ）の震源断層モデル

南東傾斜の正断層すべり（長さ45km，幅17km，すべり量約80cm， $M_w6.8$ ）と推定された。

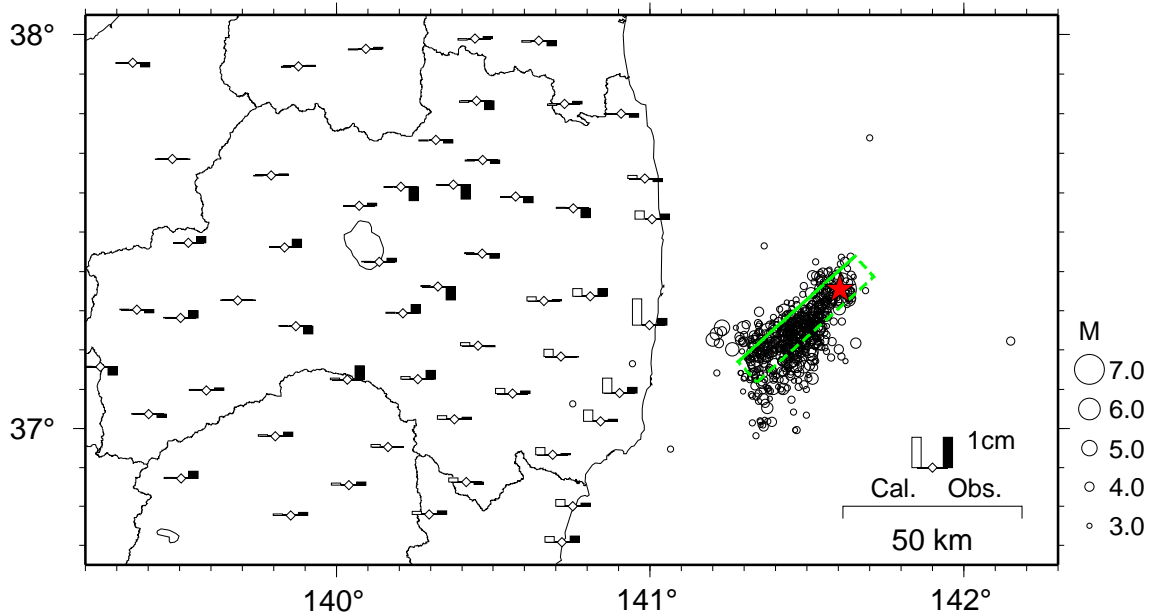
基準期間：2016/11/14 - 2016/11/20 [R3：速報解]

比較期間：2016/11/22 - 2016/11/28 [R3：速報解]

## 1. 水平変動



## 2. 上下変動



### 断層パラメータ

緯度	経度	深さ	長さ	幅	走向	傾斜	すべり角	すべり量	$M_w$
37.17	141.28	2.0 km	44.6 km	17.2 km	47.8	62.7	-89.9	0.80 m	6.8

断層面上端

断層面

★ 震央

固定局：大湊（950241）

・余震分布 ( $M \geq 3.0$ ) は、気象庁一元化震源（20161122 05:59JST-20161129 23:59JST）を使用した。