

## 「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の余震活動

（4 年間の活動）

「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）の余震は、岩手県から千葉県北東部にかけての沿岸及びその沖合の広い範囲で発生しています。

余震域内で震度 1 以上を観測した地震は、本震発生後の 1 年間では 8,112 回、その後の 1 年間ごとに 1,583 回、1,023 回、発生 3 年後から平成 27 年 3 月 7 日までの約 1 年間では 737 回となり、余震活動は時間の経過と共に低下してきています。しかし、東北地方太平洋沖地震発生以前の 2001 年から 2010 年の地震の年平均回数（306 回）に比べると、最近 1 年間の発生回数は 2 倍以上であり依然活発な状態です。

余震活動を領域に分けてみると、沿岸部では地震活動が定常的に高い状態で推移しています。一方、沖合では 2014 年 7 月 12 日の福島県沖の地震（M7.0）や、2015 年 2 月 17 日の三陸沖の地震（M6.9）のように、規模が大きく津波を伴う地震が時折発生しています。

（余震の見通しについて）

余震域の沿岸に近い領域を中心に、東北地方太平洋沖地震発生以前に比べ活発な地震活動が当分の間継続すると考えられます。また、まれに規模の大きな余震が発生し、最大震度 5 弱以上の強い揺れや、海域で発生した場合には津波が発生する可能性があります。

# 「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」について

## ～ 4 年間の地震活動～

「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）の余震は、岩手県から千葉県北東部にかけての沿岸及びその沖合の広い範囲で発生した。余震域で発生した震度 1 以上を観測した地震は、本震発生後の 1 年間では 8,112 回発生したが、時間の経過と共に低下し発生 3 年後から 1 年間では 737 回（平成 27 年 3 月 7 日時点）まで減ってきている。しかし、東北地方太平洋沖地震発生以前の 2001 年から 2010 年の地震の年平均回数（306 回）に比べると、この 1 年間は 2 倍以上であり依然活発な状態である。

余震活動を領域に分けてみると、沿岸部では地震活動が定常的に高い状態にある。一方、沖合では 2014 年 7 月 12 日の福島県沖の地震（M7.0）や、2015 年 2 月 17 日の三陸沖の地震（M6.9）のように、規模が大きく津波を伴う地震が時折発生している。

### （1）余震活動の状況

東北地方太平洋沖地震の余震域（図 1-1 の領域 a 内）では、2014 年 7 月 12 日の福島県沖の地震（M7.0）のように、M7 前後の地震が 1 年に 1 回程度発生している。（図 1-1、図 1-2）。

M5.0 以上の地震は、2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分の本震発生から 1 年の間に 666 回、本震発生後の 1 年後から 2 年後までの 1 年間では 84 回、本震発生後の 2 年後から 3 年後までの 1 年間では 56 回、本震発生後の 3 年後から 2015 年 3 月 7 日までの約 1 年間では 35 回と着実に減ってきている（表 1-1）。

震度 1 以上を観測した地震も同様に、本震発生後の 1 年間では 8,112 回、その後 1 年間ごとに 1,583 回、1,023 回、発生 3 年後から約 1 年間では 737 回（平成 27 年 3 月 7 日時点）と減少している（表 1-1）。さらに発生 3 年後から約 1 年を詳しく見ると、月 60 回程度で推移しており、緩やかに減りつつも、あまり変化しない状態となっている。（図 1-3、図 1-4）。

M5.0 以上の地震、震度 1 以上を観測した地震共に、東北地方太平洋沖地震発生以前の 2001 年から 2010 年の地震の月平均回数と比較すると、現在でも 2 倍以上の頻度で発生しており、依然活発な状態である。

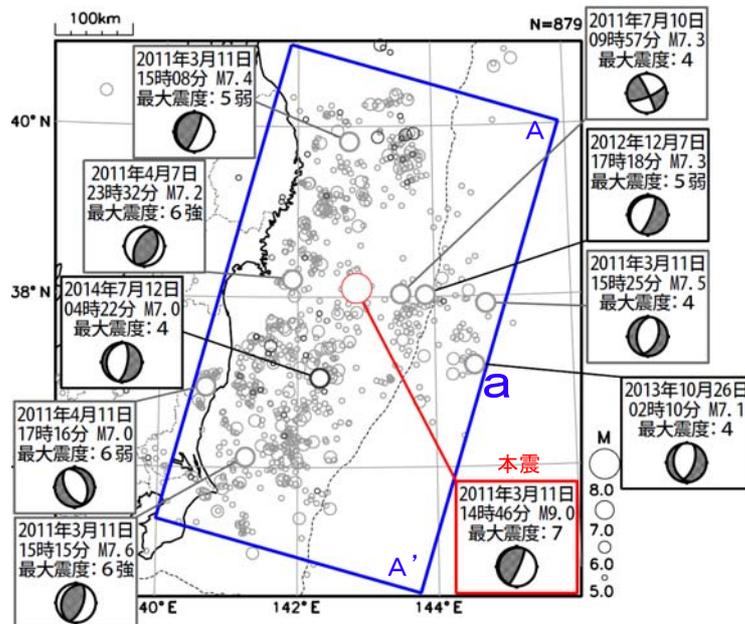


図 1-1 震央分布図（2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分～2015 年 2 月 28 日 24 時 00 分、深さすべて、M≥5.0）

東北地方太平洋沖地震の発生から 3 年後（2014 年 3 月 11 日 14 時 46 分）以降に発生した地震を濃く表示している。M7.0 以上の地震に吹き出しをつけた。発震機構は CMT 解。

領域 a：東北地方太平洋沖地震の余震域

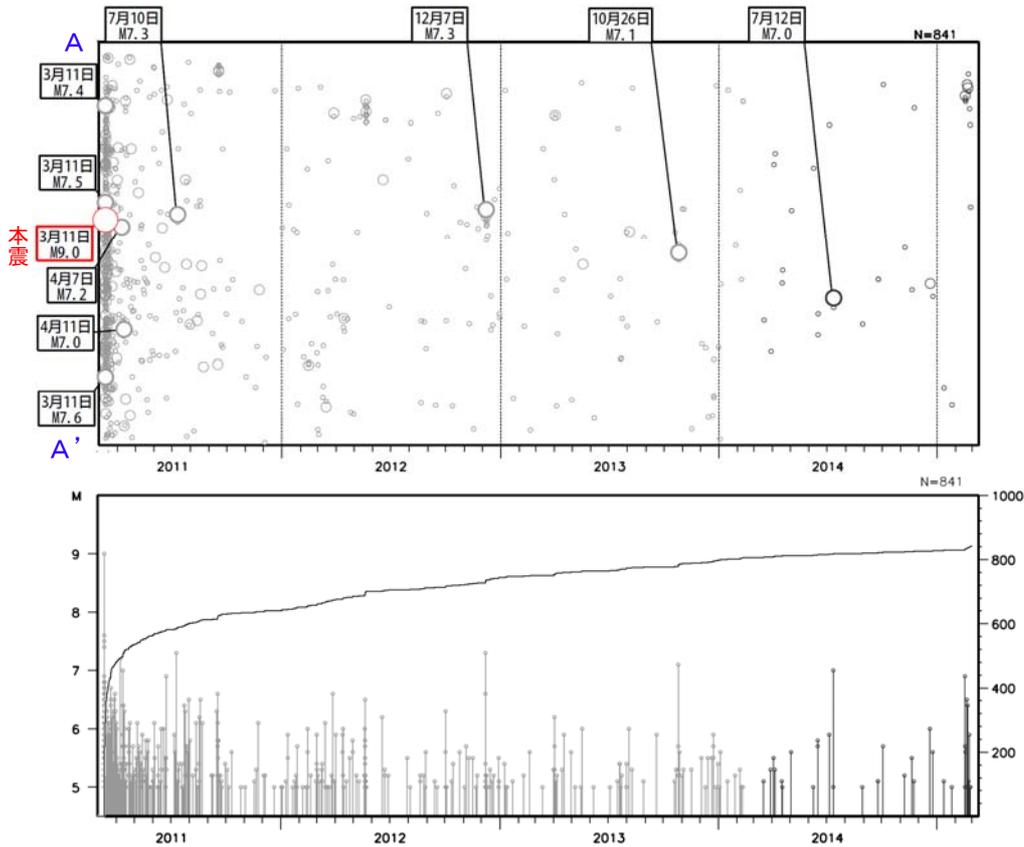


図1-2 図1-1領域a内の時空間分布図(上段、A-A'投影)とM-T図及び回数積算図(下段) 本震の発生から3年後(2014年3月11日14時46分)以降に発生した地震を濃く表示している。時空間分布図では、M7.0以上の地震に吹き出しをつけた。

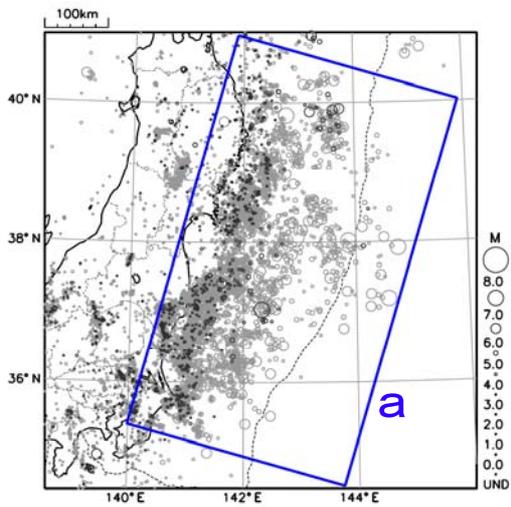


図1-3 震度1以上を観測した地震の震央分布図 (2011年3月11日14時46分~2015年2月28日24時00分、深さ・Mすべて、東北地方太平洋沖地震の発生から3年後(2014年3月11日14時46分)以降に発生した地震を濃く表示している。領域a: 東北地方太平洋沖地震の余震域

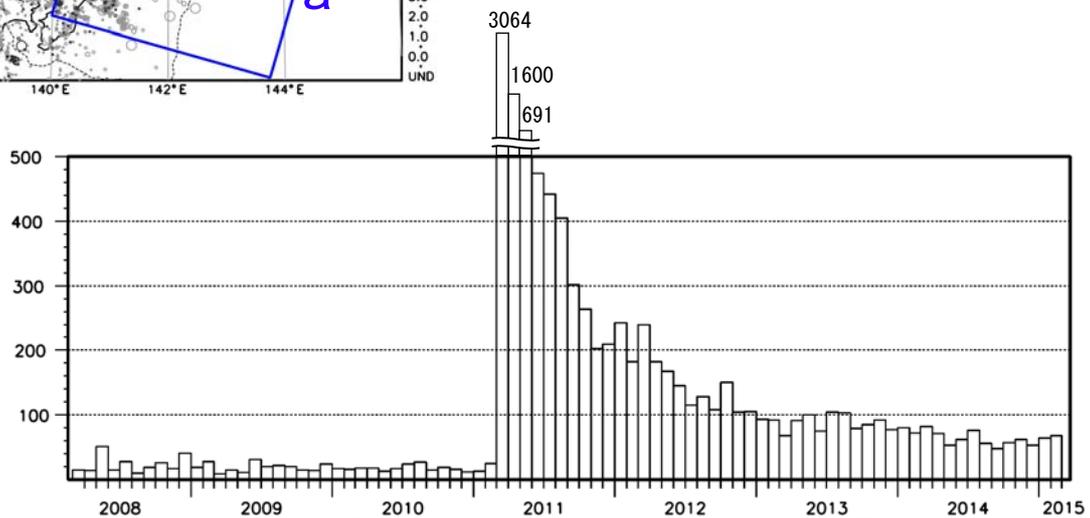


図1-4 余震域(図1-3の領域a)内で発生した地震のうち震度1以上を観測した地震の月別回数

表 1-1 図 1-1 領域 a 内の地震回数（本震を含む 2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分～2015 年 3 月 7 日 24 時 00 分）  
 2012 年 3 月、2013 年 3 月、2014 年 3 月は上段が 11 日 14 時 45 分まで、下段が 14 時 46 分以降。合計の行の期間①は本震発生から 1 年間、期間②は本震発生から 1 年後から 2 年後まで、期間③は本震発生から 2 年後から 3 年後まで、期間④はそれ以降 2015 年 3 月 7 日までの合計。2011 年 3 月と 2015 年 3 月は 1 ヶ月間ではない、また、期間④は 1 年間でないことに注意。

		M4.0	M5.0	M6.0	M7.0	M4.0	M5.0	最大震度									計
		～	～	～	以上	以上	以上	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7	
		M4.9	M5.9	M6.9													
2011年	3月	2,559	408	68	4	3,039	480	1,731	862	311	89	17	6		1	1	3,018
	4月	730	46	8	2	786	56	926	456	166	41	8		2	1	1,600	
	5月	348	28	1		377	29	423	191	61	14	2				691	
	6月	203	13	4		220	17	305	123	39	7	2				476	
	7月	185	15	3	1	204	19	287	120	26	7	1	2			443	
	8月	156	7	4		167	11	269	101	25	9	2				406	
	9月	121	15	3		139	18	190	78	28	6	1	1			304	
	10月	95	4			99	4	187	59	17	2					265	
	11月	81	3	1		85	4	132	52	16	1		1			202	
	12月	71	3			74	3	126	61	20	2					209	
	2012年	1月	72	10			82	10	152	65	21	5	1				244
		2月	65	8	1		74	9	113	49	14	5	1				182
3月		31	6			92	15	42	22	6		2				240	
		46	7	2													
4月		71	9	1		81	10	118	35	11	2	1	1			182	
5月		77	14	2		93	16	100	61	13	6	2				167	
6月		50	3	1		54	4	110	45	11	1					145	
7月		39	1			40	1	79	52	11	3					116	
8月		31	6			37	6	72	35	7	2					129	
9月		35	2			37	2	76	40	10	2		1			108	
10月		52	6	1		59	7	70	30	7	1					150	
11月		37	6			43	6	92	38	15	4	1				104	
12月	166	15	1	1	183	17	66	26	7	5					105		
2013年	1月	46	4			50	4	60	26	13	5	1				93	
	2月	39	2			41	2	53	28	7	3	2				92	
	3月	4				23	2	15	7	2						68	
		17	2														
	4月	41	8	1		50	9	25	11	6	2					91	
	5月	38	2	1		41	3	63	19	5	3	1				100	
	6月	21	1			22	1	57	33	8	1		1			75	
	7月	34	8			42	8	44	26	4	1					104	
	8月	41	2	1		44	3	65	23	13	3					103	
	9月	23	1			24	1	59	34	9			1			79	
	10月	74	8		1	83	9	48	22	5	3		1			85	
	11月	41	3			44	3	45	27	8	5					92	
12月	23	9			32	9	57	22	11	2					77		
2014年	1月	26	4			30	4	42	31	6	1					80	
	2月	23	4			27	4	39	27	3	3					72	
	3月	6				23	2	13	8							82	
		15	2														
	4月	30	4			34	4	40	19	2						71	
	5月	22	1			23	1	39	22	8	2					53	
	6月	17	3			20	3	40	12		1					62	
	7月	55	2		1	58	3	40	13	6	3					76	
	8月	23	1			24	1	46	21	4	4	1				56	
	9月	9	2			11	2	35	17	3	1					48	
	10月	14	1			15	1	32	13		3					57	
	11月	23	3			26	3	39	14	2	2					62	
12月	25	1	1		27	2	43	16	2	1					53		
2015年	1月	18	2			20	2	31	15	5	2					64	
	2月	53	8	3		64	11	39	17	7	1					68	
	3月	4				4	0	39	22	4	2		1			6	
計	①	4,717	566	93	7	5,383	666	4,883	2,239	750	188	37	10	2	2	1	8,112
	②	693	75	8	1	777	84	972	441	125	36	7	2	0	0	0	1,583
	③	408	52	3	1	464	56	599	306	86	27	2	3	0	0	0	1,023
	④	308	30	4	1	343	35	467	203	43	22	1	1	0	0	0	737
	計	6,126	723	108	10	6,967	841	6,921	3,189	1,004	273	47	16	2	2	1	11,455

## (2) 東北地方太平洋沖地震発生の3年後から1年間の余震域内の主な地震活動

東北地方太平洋沖地震発生の3年後から1年間（2014年3月11日14時46分～2015年2月28日）に、余震域（図1-1の領域a）内で発生したM6.0以上の地震または最大震度5強以上を観測した地震を図2-1に示す。これらの地震の概要は次の通り。

- ①2014年7月12日 福島県沖の地震（M7.0、最大震度4）（図2-2）  
発震機構（CMT解）は東西方向に張力軸を持つ正断層型である。この地震により、宮城県の上巻市鮎川で17cmなど、岩手県から福島県にかけての沿岸で津波を観測した。
- ②2014年12月20日 福島県沖の地震（M6.0、最大震度4）（図2-4）  
発震機構（CMT解）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。
- ③2015年2月17日 三陸沖の地震（M6.9、最大震度4）（図2-5）  
発震機構（CMT解）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。この地震により、岩手県の久慈港で27cmの津波を観測したほか、北海道から岩手県にかけての太平洋沿岸で微弱な津波を観測した。また、この後、周辺で下記⑤、⑥の地震が発生するなど、活発な地震活動が見られた。
- ④2015年2月17日 岩手県沖の地震（M5.7、最大震度5強）（図2-7）  
発震機構（CMT解）は北西-南東方向に圧力軸を持つ逆断層型である。
- ⑤2015年2月20日 三陸沖の地震（M6.5、最大震度3）（図2-5）  
発震機構（CMT解）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。
- ⑥2015年2月21日 三陸沖の地震（M6.4、最大震度2）（図2-5）  
発震機構（CMT解）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。

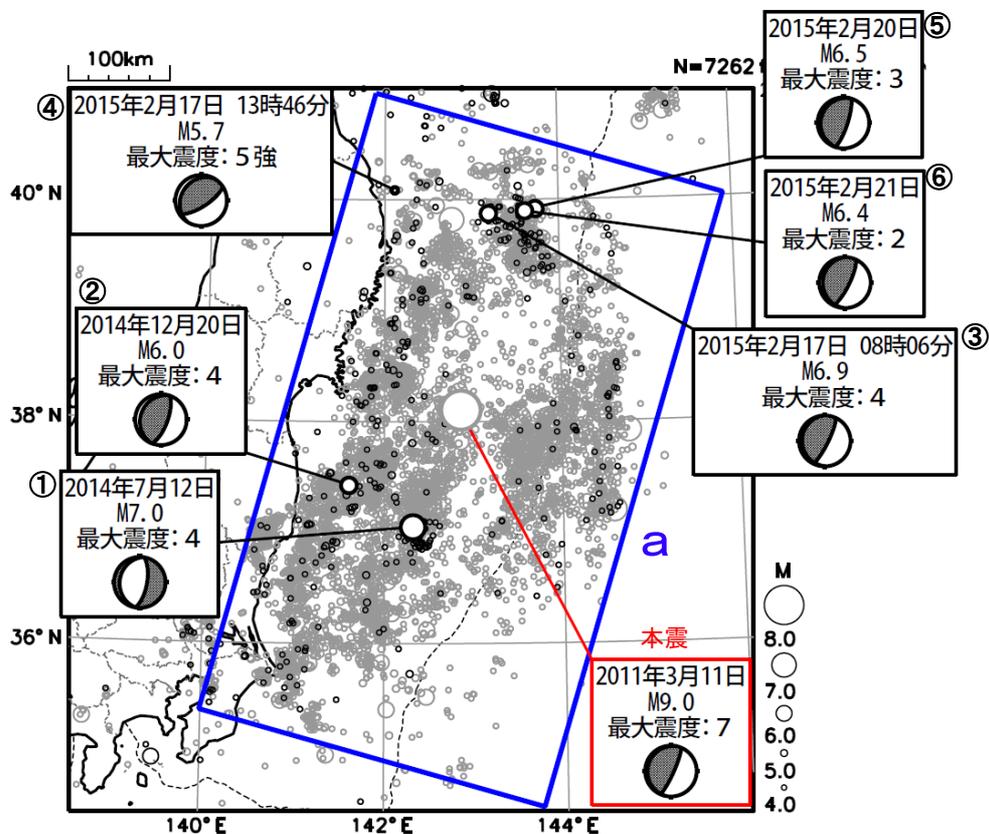


図2-1 震央分布図

（2011年3月11日14時46分～2015年2月28日、深さすべて、M $\geq$ 4.0）

東北地方太平洋沖地震発生の3年後から1年間（2014年3月11日14時46分～2015年2月28日）に発生した地震を濃く表示している。本震、及び領域a内で本震発生の3年後（2014年3月11日14時46分）以降に発生したM6.0以上または最大震度5強以上を観測した地震に吹き出しをつけた。発震機構はCMT解。領域aの範囲は図1-1に同じ。①～⑥の数字は本文中の地震の番号に対応。

①2014年7月12日 福島県沖の地震 (M7.0、最大震度4)

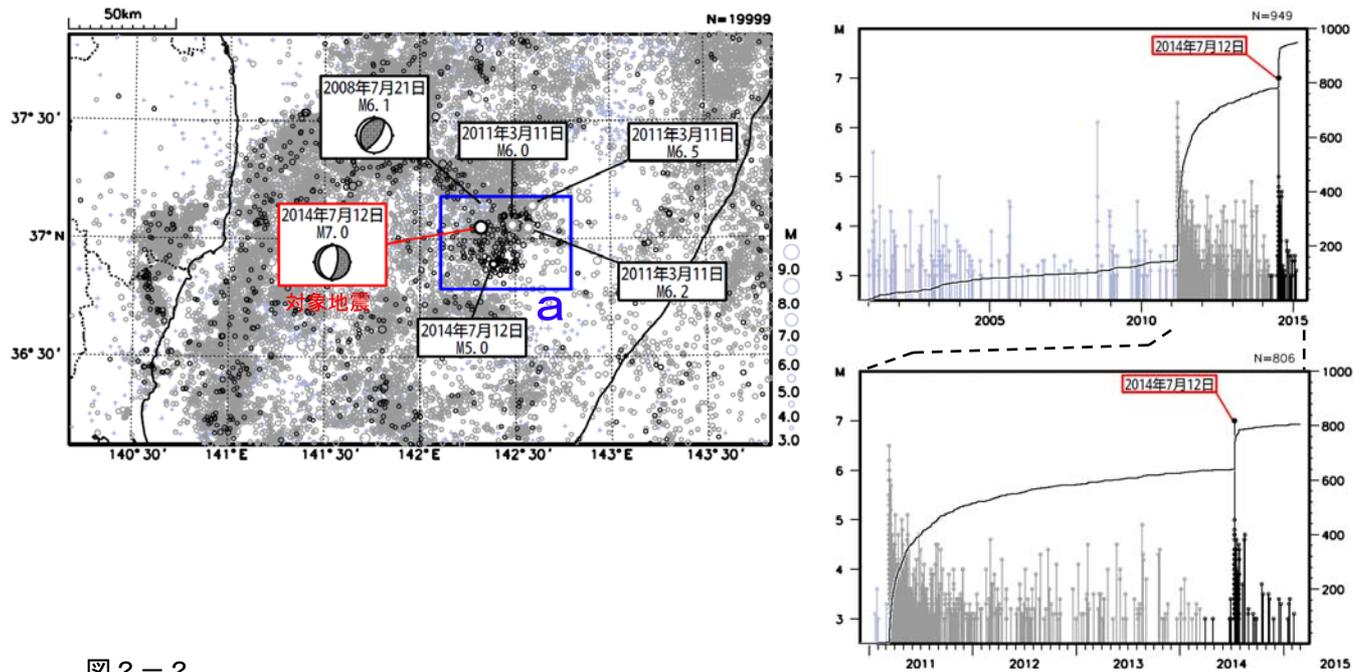


図 2-2

(左上) 震央分布図 (2001年1月1日～2015年2月28日、深さ0～150km、 $M \geq 3.0$ )、

(右上) 領域 a 内の M-T 図及び回数積算図 (2001年1月1日～2015年2月28日)、

(右下) 領域 a 内の M-T 図及び回数積算図 (2011年1月1日～2015年2月28日)

東北地方太平洋沖地震より前に発生した地震を+、東北地方太平洋沖地震から3年間で発生した地震を薄い○、3年後以降に発生した地震を濃い○で表示している。発震機構は CMT 解。

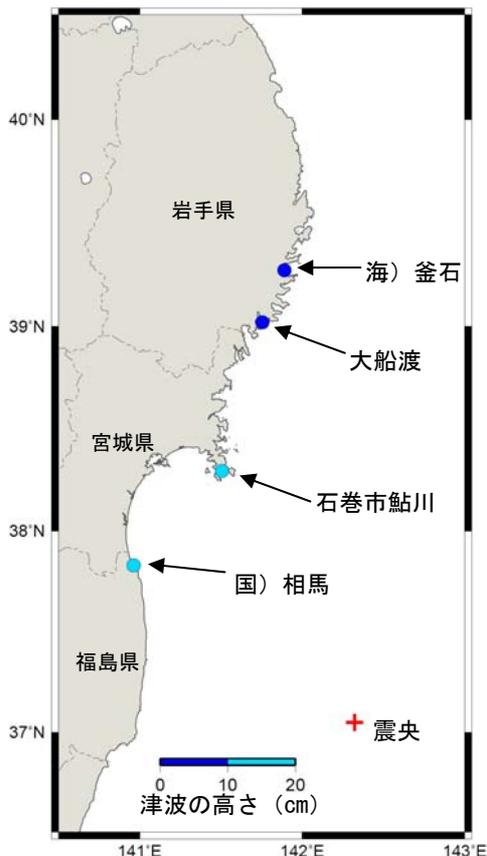


図 2-3 各津波観測施設で観測した津波の最大の高さ

※海)は海上保安庁、国)は国土地理院の所属であることを表す

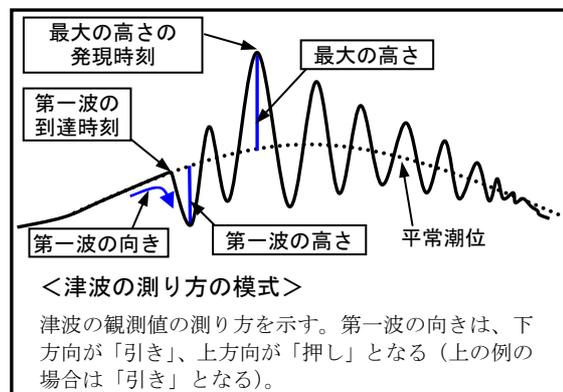
表 2-1 各津波観測施設の津波観測値 (2014年7月12日)

都道府県	津波観測施設名	所属	第一波		最大波	
			到達時刻	高さ*1 (cm)	発現時刻	高さ (cm)
岩手県	釜石	海上保安庁	05:10	-3	05:17	5
	大船渡	気象庁	05:09	-5	05:22	9
宮城県	石巻市鮎川	気象庁	05:08	-9	05:13	17
福島県	相馬	国土地理院	05:29	-10	05:39	15

※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 第一波の高さの+は押し、-は引きを表す



②2014年12月20日 福島県沖の地震 (M6.0、最大震度4)

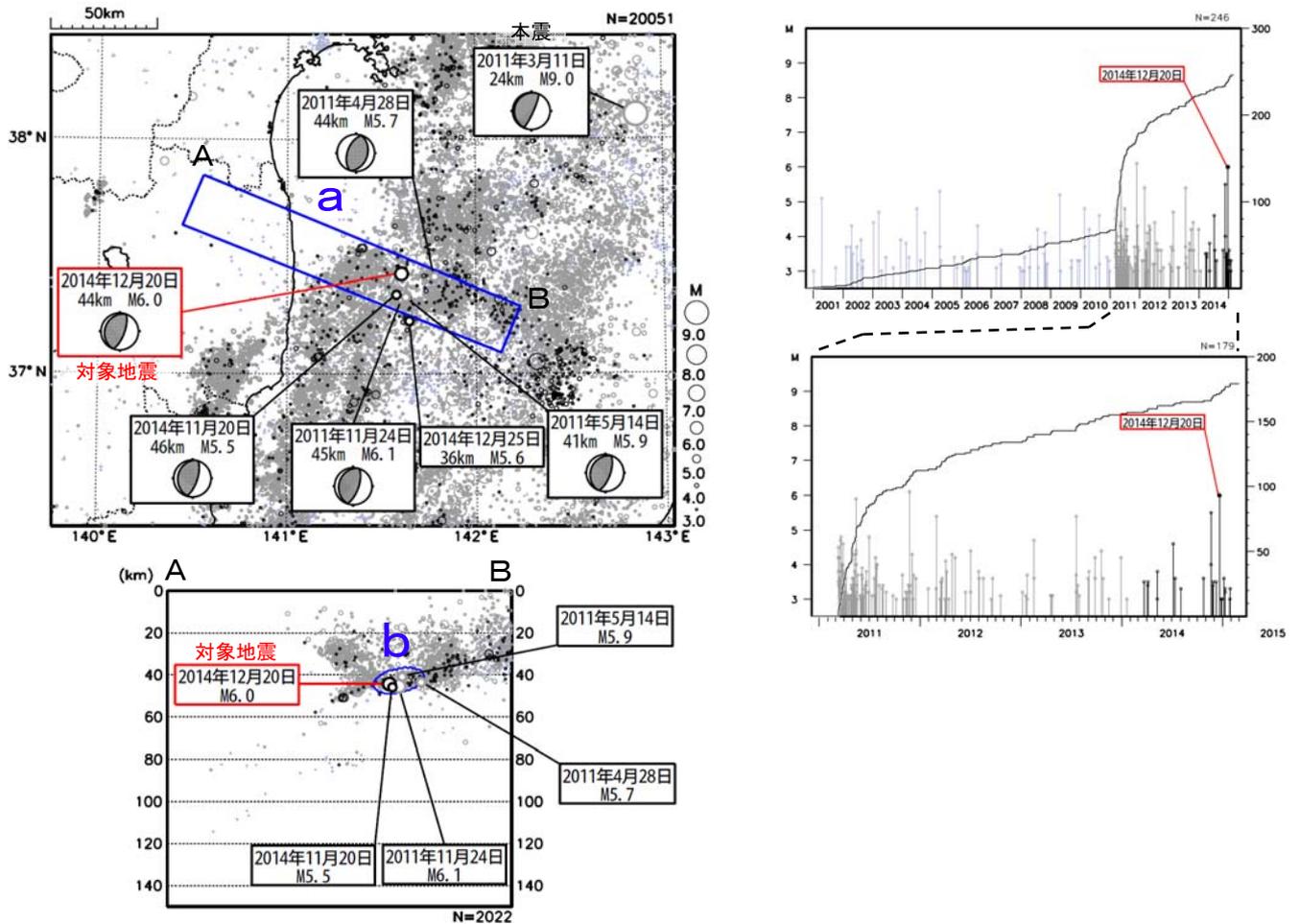


図 2-4

- (左上) 震央分布図 (2001年1月1日~2015年2月28日、深さ0~150km、 $M \geq 3.0$ )、
- (左下) 領域 a 内の断面図 (A-B 投影)、
- (右上) 領域 b 内の M-T 図及び回数積算図 (2001年1月1日~2015年2月28日)、
- (右下) 領域 b 内の M-T 図及び回数積算図 (2011年1月1日~2015年2月28日)

東北地方太平洋沖地震より前に発生した地震を+、東北地方太平洋沖地震から3年間で発生した地震を薄い○、3年後以降に発生した地震を濃い○で表示している。発震機構は CMT 解。

- ③2015年2月17日 三陸沖の地震 (M6.9、最大震度4)
- ⑤2015年2月20日 三陸沖の地震 (M6.5、最大震度3)
- ⑥2015年2月21日 三陸沖の地震 (M6.4、最大震度2)

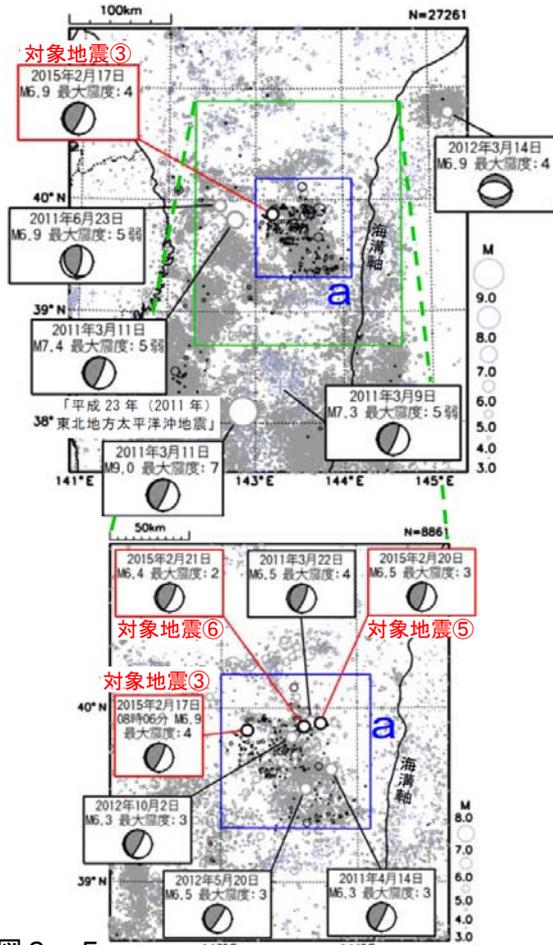


図 2-1

(左上) 震央分布図 (1997年10月1日～2015年2月28日、深さ0～150km、 $M \geq 3.0$ )、  
 (左下) 領域a周辺の拡大図、  
 (右上) 領域a内のM-T図及び回数積算図 (2001年1月1日～2015年2月28日)

東北地方太平洋沖地震より前に発生した地震を+、東北地方太平洋沖地震から3年間で発生した地震を薄い○、3年後以降に発生した地震を濃い○で表示している。発震機構はCMT解。

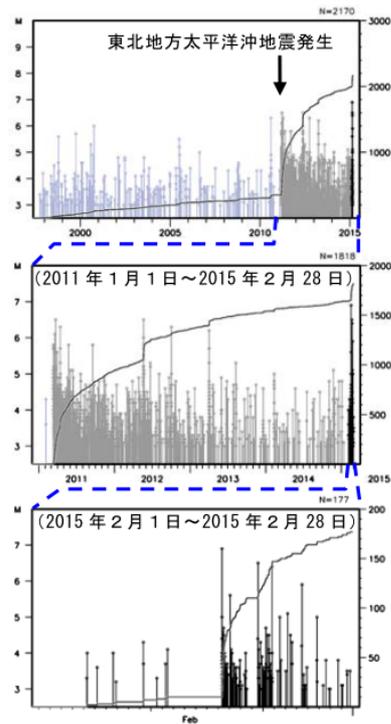


表 2-2 2015年2月17日からの三陸沖の地震活動 (M5.0以上の地震)

発生日時	M	Mw	最大震度	発震機構 (CMT解)
2月17日 8時06分	6.9	6.7	4	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
2月17日 8時09分	5.0	-	1	-
2月18日 1時33分	5.6	5.4	2	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
2月20日 13時25分	6.5	6.2	3	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
2月21日 19時13分	6.4	6.0	2	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
2月22日 11時53分	5.0	4.7	1	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
2月23日 4時43分	5.1	4.9	2	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ型
2月24日 11時28分	5.9	5.7	2	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
2月25日 19時31分	5.0	5.0	2	西北西-東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型

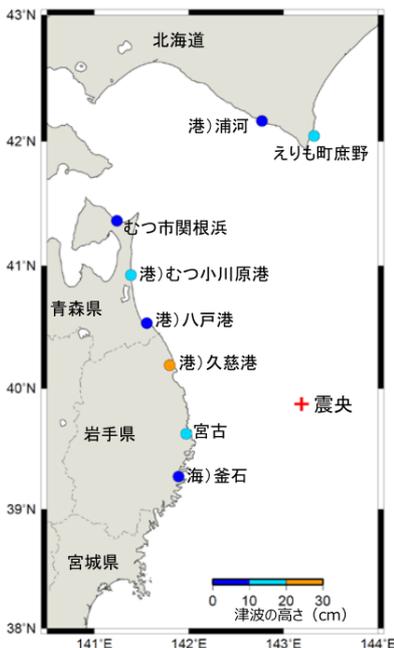


表 2-3 各津波観測施設の津波観測値 (2015年2月17日)

都道府県	津波観測施設名	所属	第一波		最大波	
			到達時刻	高さ*1 (cm)	発現時刻	高さ (cm)
北海道	えりも町庶野*2	気象庁	—	—	9:07	0.1m
	浦河	国土交通省港湾局	08:57	+4	9:30	7
青森県	むつ市関根浜	気象庁	09:04	+5	9:15	8
	むつ小川原港	国土交通省港湾局	—	—	9:47	10
	八戸港	国土交通省港湾局	—	—	9:53	8
岩手県	久慈港	国土交通省港湾局	08:41	-6	9:07	27
	宮古*3	気象庁	08:42	+11	8:48	11
	釜石	海上保安庁	08:34	+6	9:08	7

- ※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 第一波の高さの+は押し、-は引きを表す
- \*2 巨大津波観測計により観測 (観測単位は0.1m)
- \*3 臨時観測点 (従来の観測点の近傍に設置)

図 2-6 各津波観測施設で観測した津波の最大の高さ (※海)は海上保安庁、(国)は国土地理院の所属であることを表す

④2015年2月17日 岩手県沖の地震 (M5.7、最大震度5強)

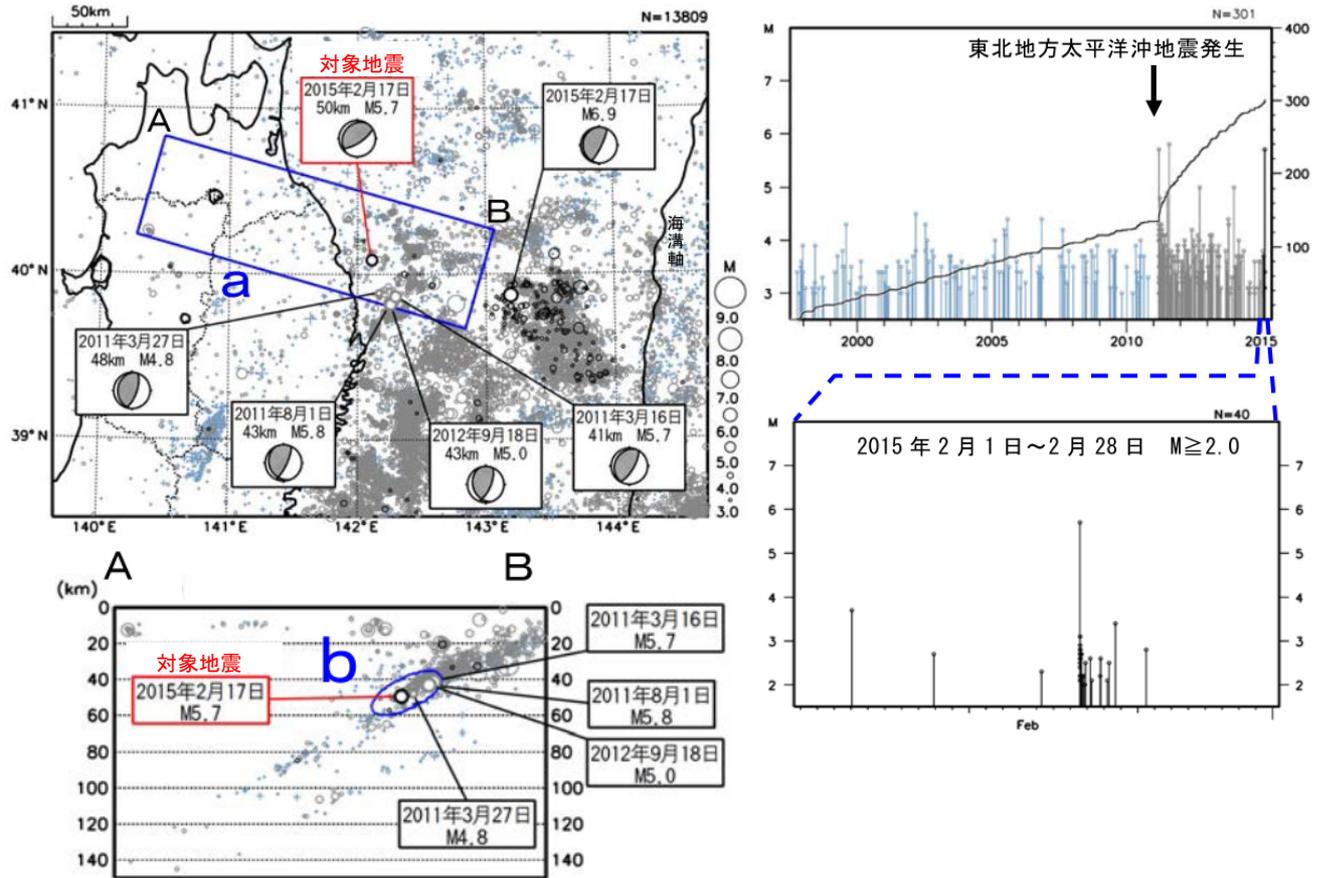


図 2-7

(左上) 震央分布図 (1997年10月1日~2015年2月28日、深さ0~150km、 $M \geq 3.0$ )、

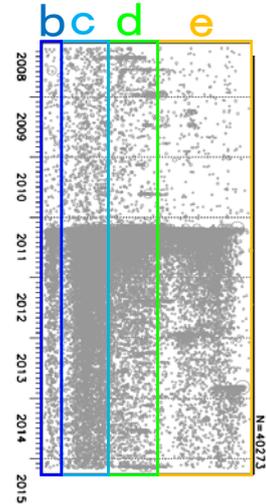
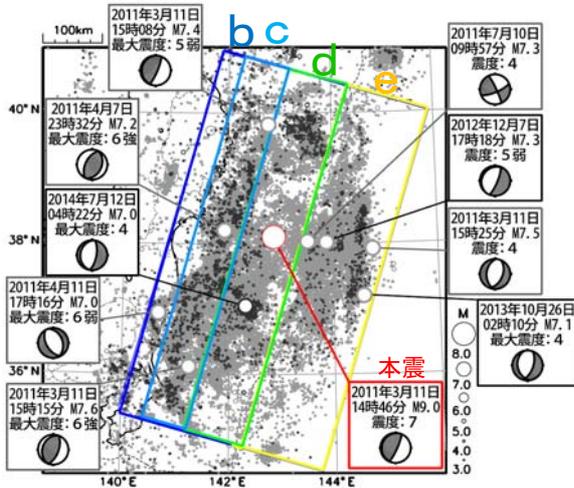
(左下) 領域 a 内の断面図 (A-B 投影)

(右) 領域 b 内の M-T 図及び回数積算図 (2001年1月1日~2015年2月28日)

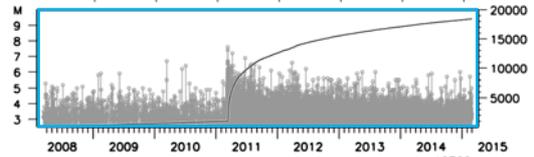
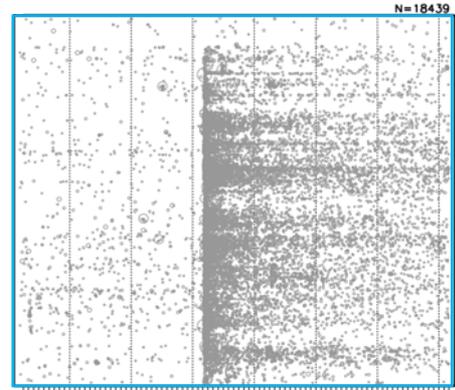
東北地方太平洋沖地震より前に発生した地震を+、東北地方太平洋沖地震から3年間で発生した地震を薄い○、3年後以降に発生した地震を濃い○で表示している。発震機構は CMT 解。

### (3) 領域別に分けた余震活動推移

余震域(図1-1の領域a)を短冊状(図3-1の領域b~e)に分けた活動の推移を見た。余震は岩手県から千葉県北東部にかけての沿岸及びその東方沖の広い範囲で発生しているが、時間経過と共に低下してきている。しかし、その推移は領域毎に特徴があり一様ではない。陸域の領域bについては、福島県浜通りの地震活動を除くと、東北地方太平洋沖地震前後で活動に大きな変化が見られない。沿岸域の領域cでは、低下しつつも現在も活発な余震活動が見られる。領域d、eでは、積算地震回数の傾きも緩やかになり余震活動は低下してきたが、時折M7前後の地震が発生している。



#### 領域c



#### 領域d

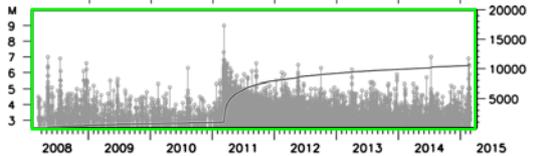
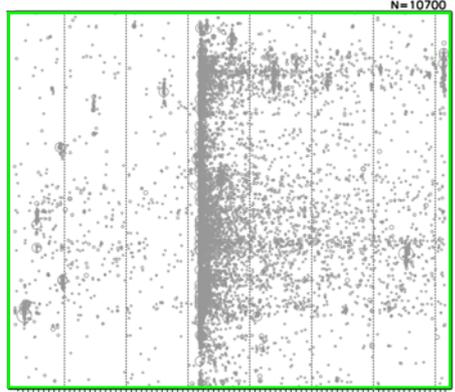
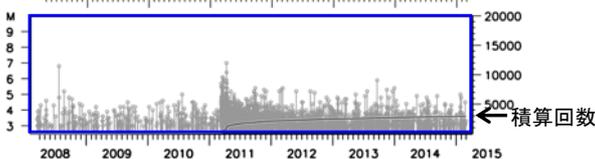
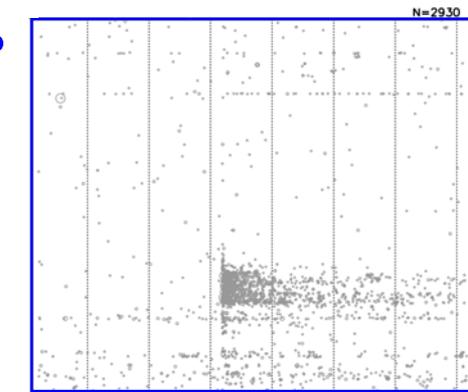


図3-1 震央分布図と時空間分布図  
(2011年3月11日14時46分~2015年2月28日24時00分)  
領域b~eの範囲は、図1-1の領域aと同じ。

#### 領域b



#### 領域e

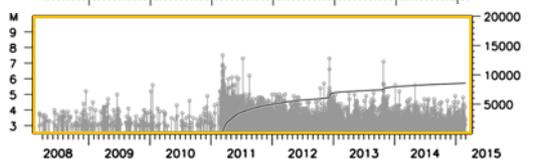
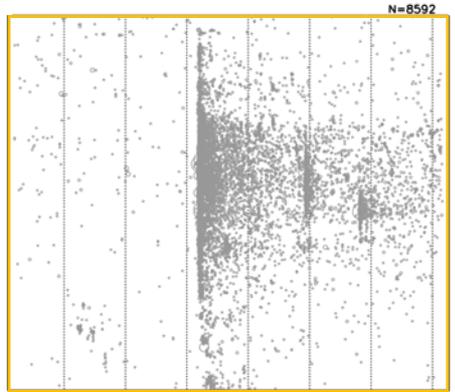


図3-2 各領域(図3-1の領域b~e)の時空間分布図とM-T図及び回数積算図  
(左下:領域b 右上:領域c 右中:領域d 右下:領域e)

(4) 余震域外の地震活動

東北地方太平洋沖地震の発生後、余震域（領域 a）の外（領域 b、c）でもいくつかの地域で地震活動の活発化が見られたが、既に活動は低下しており目立った活動は見られない。

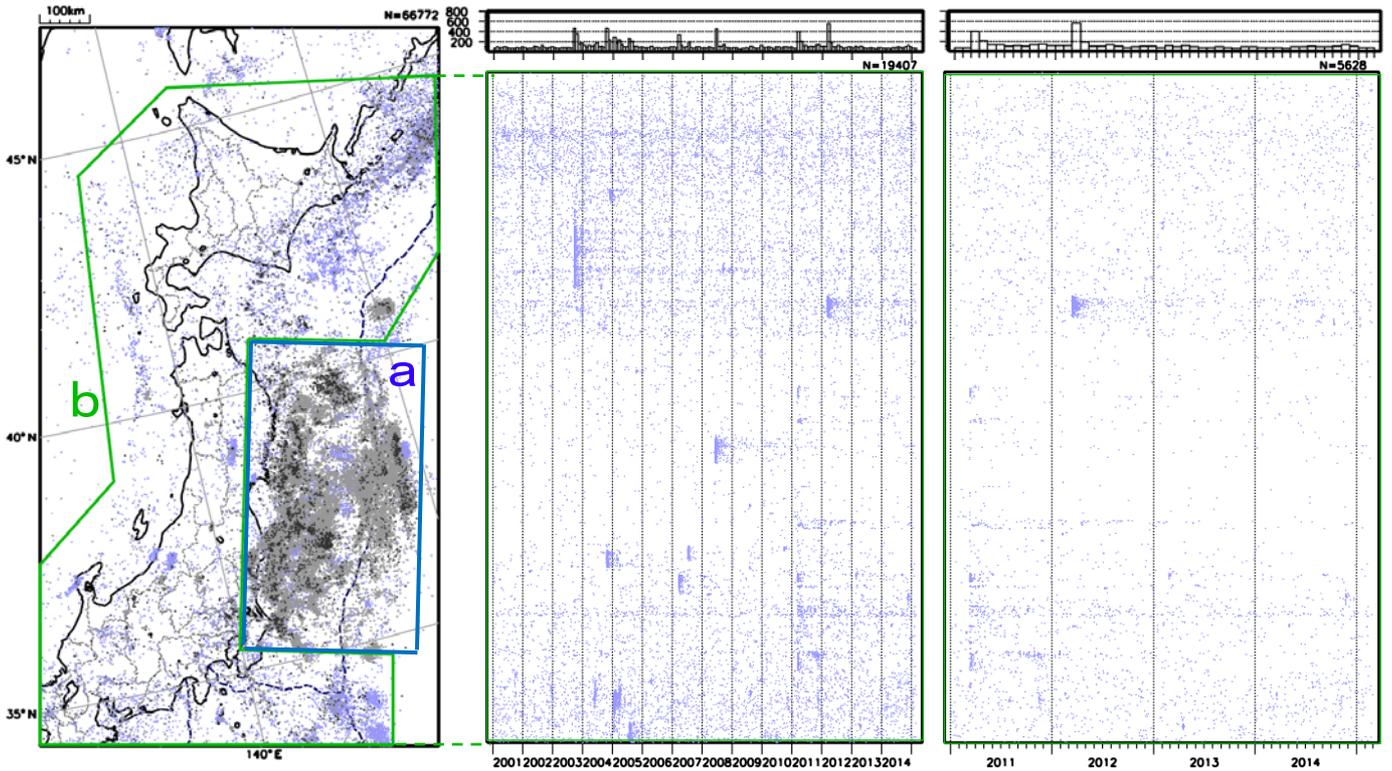


図 4-1 (左) 震央分布図 (2001 年 1 月 1 日～2015 年 2 月 28 日、深さすべて、 $M \geq 3.0$ )、(中、右) 震央分布図の領域 b 内の時空間分布図 (震央分布図の上下方向に投影) と月別地震回数ヒストグラム

震央分布図では東北地方太平洋沖地震より前に発生した地震を +、東北地方太平洋沖地震から 3 年間に発生した地震を薄い○、3 年後以降に発生した地震を濃い○で表示している。時空間分布図・回数ヒストグラムの右側は 2011 年以降を拡大したもの。

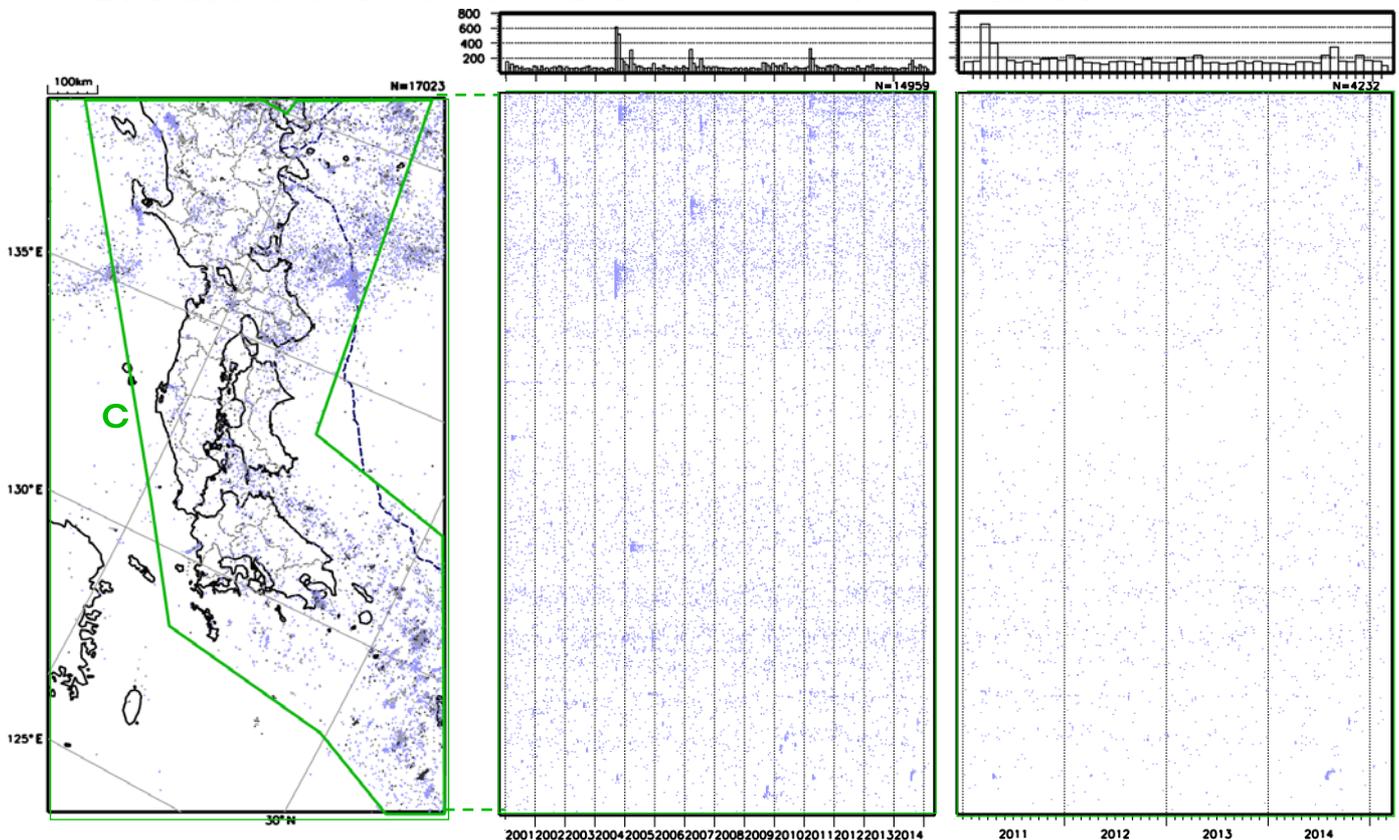


図 4-2 (左) 震央分布図 (2001 年 1 月 1 日～2015 年 2 月 28 日、深さすべて、 $M \geq 3.0$ )、(中、右) 震央分布図の領域 c 内の時空間分布図 (震央分布図の上下方向に投影)

シンボルの色と形は図 4-1 と同じ。

(5) 日本及び世界の海域で発生した主な地震との余震活動の比較

日本の海域で発生した主な地震の余震回数と東北地方太平洋沖地震の余震回数の比較を図5-1に示す。これらの地震と比べ、東北地方太平洋沖地震は余震活動が非常に活発である。

図5-2は2004年12月に発生したインドネシア、スマトラ北部西方沖の地震(Mw9.1)、2010年2月に発生したチリ中部沿岸の地震(Mw8.8)、そして東北地方太平洋沖地震の、それぞれ本震発生前後の積算回数を比較したものである。これらの地震の余震活動と比べても、東北地方太平洋沖地震の余震活動は活発である。

なお、インドネシア、スマトラ北部西方沖の地震の余震域では、本震の約7年後の2012年4月にMw8.6の地震が発生している。また、本震発生から10年を過ぎた現在も、本震発生前に比べ依然活発な余震活動が継続している(図5-2、図5-3)。

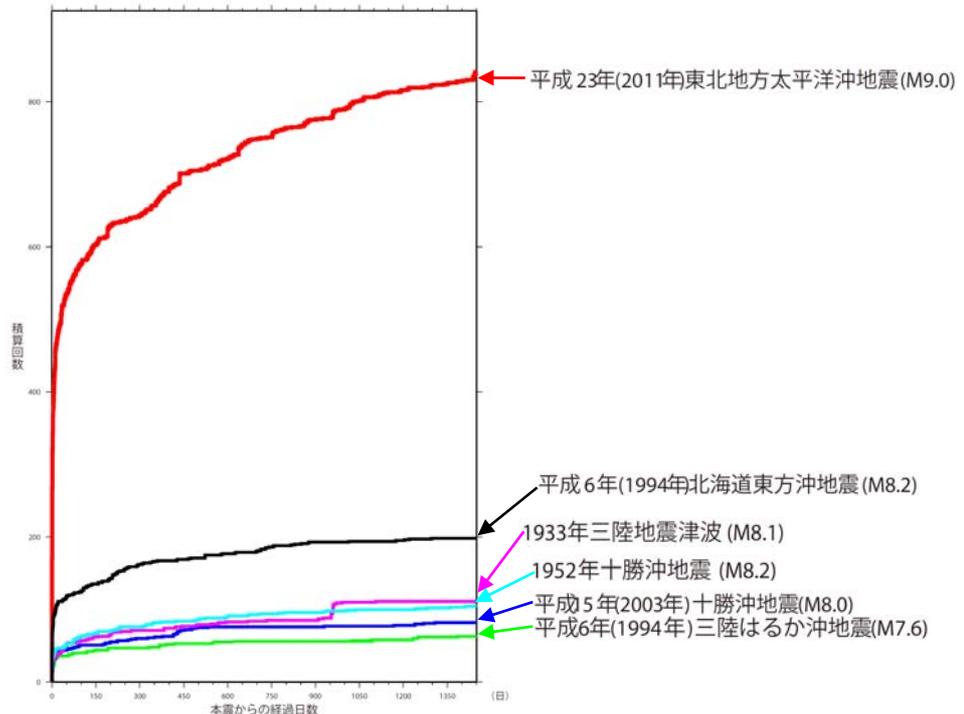


図5-1 日本の海域で発生した主な地震の余震回数比較  
(それぞれ本震発生から1450日後まで、本震を含む、M $\geq$ 5.0)  
東北地方太平洋沖地震のみ1090日後の2015年2月28日まで。

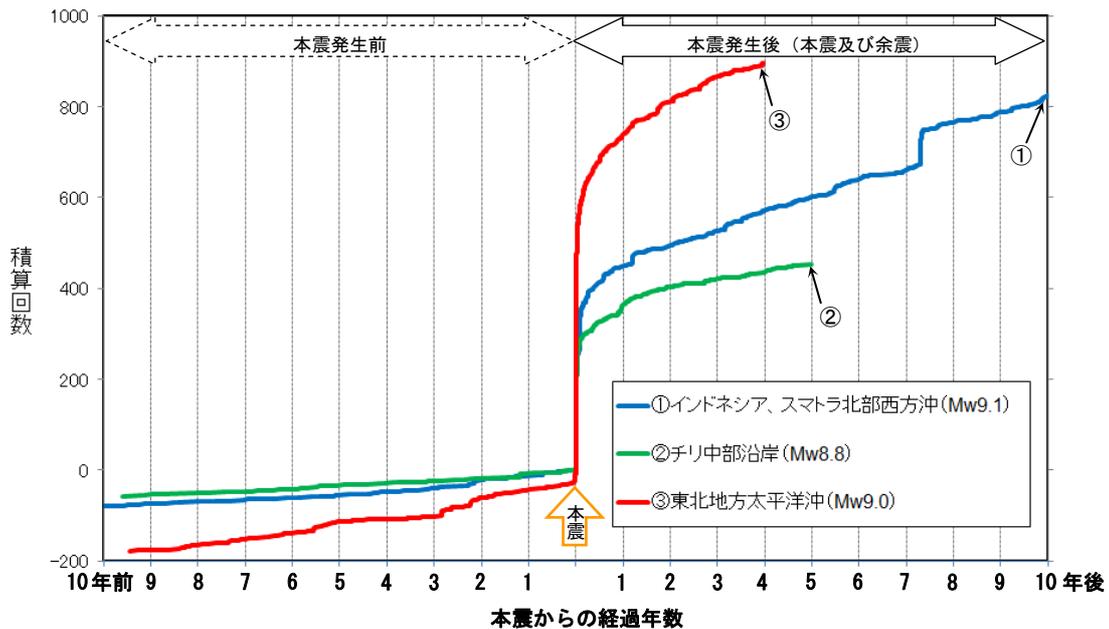


図5-2 世界の海域で発生した主な地震の本震発生前後の地震回数比較  
(それぞれ本震発生の10年前から2015年2月28日まで、M $\geq$ 5.0)

震源要素は米国地質調査所(USGS)による。①インドネシア、スマトラ北部西方沖の地震は図5-3の、②チリ中部沿岸の地震は図5-4の、③東北地方太平洋沖地震の地震は図5-5の、それぞれ領域a内で発生した地震回数を示す。それぞれの地震の本震が経過日数0日、積算回数1回になるよう表示した。

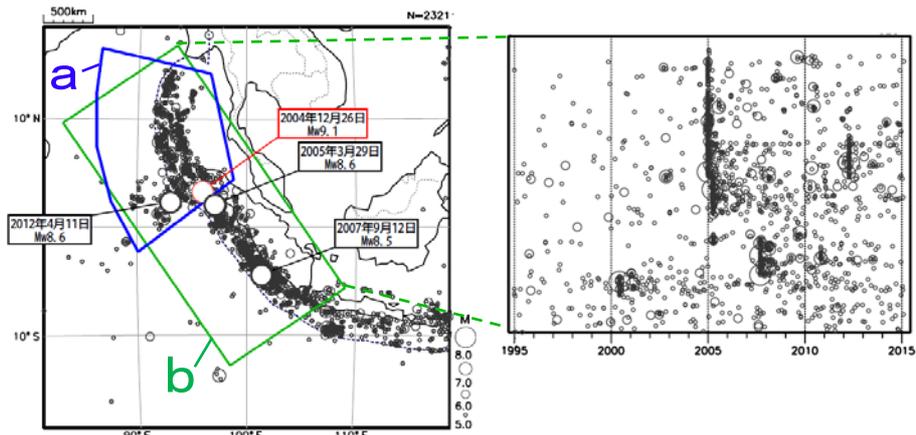


図5-3 2004年12月26日インドネシア、スマトラ北部西方沖の地震 (Mw9.1) の発生以降  
 (左) 震央分布図 (1994年12月26日~2015年2月28日、深さすべて、 $M \geq 5.0$ )、  
 (右) 震央分布図中の領域b内の時空間分布図 (矩形の長辺に投影)  
 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による。領域aは2004年のMw9.1の地震の発生後すぐに活発な地震活動が発生していた領域を海溝の東側まで広げた範囲。領域b内のMw8.5以上の地震に吹き出しを付けた。

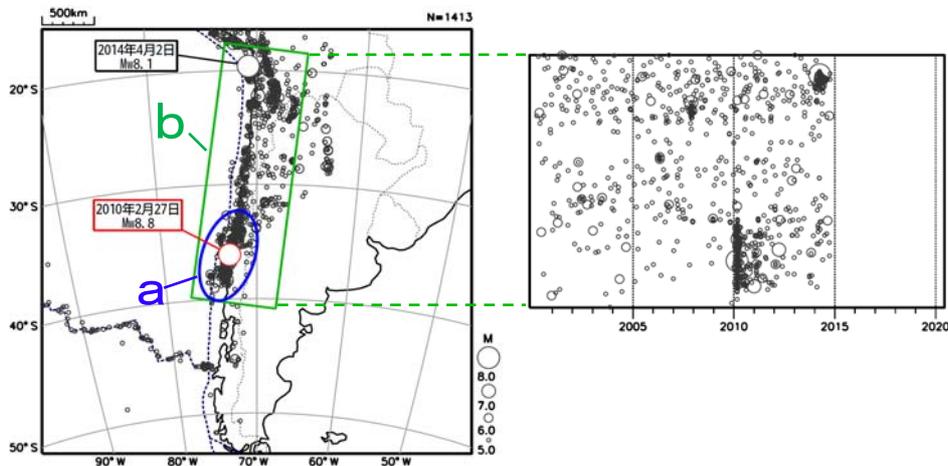


図5-4 2010年2月27日チリ中部沿岸の地震 (Mw8.8) の発生以降  
 (左) 震央分布図 (2000年2月27日~2015年2月28日、深さすべて、 $M \geq 5.0$ )、  
 (右) 震央分布図中の領域b内の時空間分布図 (矩形の長辺に投影)  
 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による。

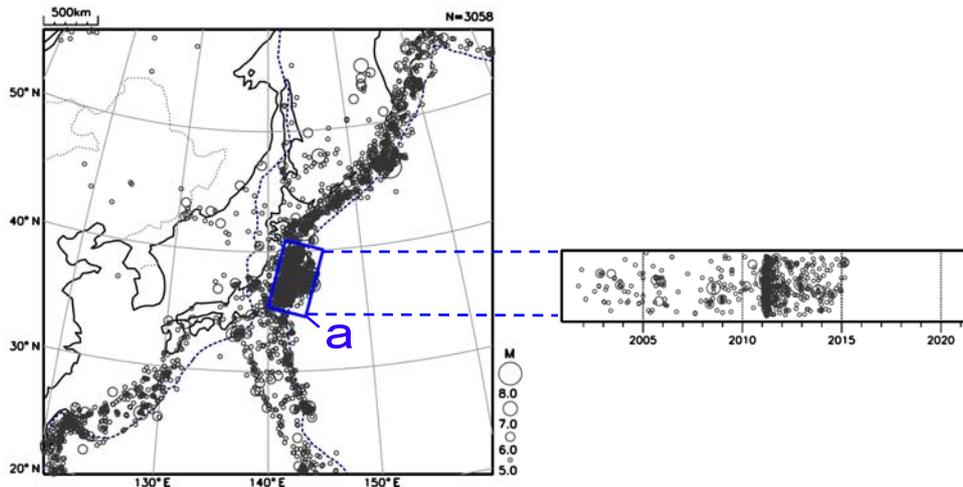


図5-5 「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」(Mw9.0)の発生以降  
 震央分布図 (2001年3月11日~2015年2月28日、深さすべて、 $M \geq 5.0$ )  
 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による。領域aの範囲は図1-1と同じ。

※図5-3、5-4、5-5はすべて同じ縮尺の等積方位図法で描いている。また、プレート境界の位置はBird(2003)<sup>\*3</sup>による。

\*3 Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.