

# 「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」について ～ 9 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）の余震活動は、本震発生（2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分）の当日に M7.0 以上の地震が 3 回発生するなど直後から極めて活発な状態で推移し、余震域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にわたった。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、時間の経過と共に活動は低下し、本震発生 8 年後から約 1 年間（2019 年 3 月 11 日 14 時 46 分～2020 年 3 月 7 日 24 時 00 分。以下、今期間という。）では 368 回と 20 分の 1 以下にまで減少してきている。しかしながら、東北地方太平洋沖地震発生以前である 2001 年から 2010 年の年平均回数（306 回）に比べて地震回数の多い状態が続いている。

## （1）余震活動の状況

東北地方太平洋沖地震の余震域内（図 1-1 の領域 a 内）で、今期間に発生した最大規模の地震は、2019 年 8 月 4 日の福島県沖の地震（M6.4、最大震度 5 弱）である。余震域内では、2016 年 11 月 22 日の福島県沖の地震（M7.4、最大震度 5 弱）以降、M7.0 以上の地震は発生していない（図 1-1、図 1-2、表 1-1）。

今期間に M4.0 以上を観測した地震の回数及び震度 1 以上を観測した地震の回数は、それぞれ 173 回及び 368 回で、本震発生後 1 年間と比べてそれぞれ 30 分の 1 以下及び 20 分の 1 以下にまで減少してきている。しかし、東北地方太平洋沖地震発生以前（2001～2010 年）の年平均回数（M4.0 以上：138 回、震度 1 以上：306 回）に比べると引き続き地震回数が多い状態にある（表 1-1）。一方、最近 3 年間の月別の地震回数をみると、回数の増減を繰り返しながら、大局的には緩やかに減少してきているが、今期間は、M4.0 以上の地震が月 15 回程度、震度 1 以上の地震が月 30 回程度で推移しており、さらに変化の乏しい状態となっている（図 1-4、図 1-6、表 1-1）。

なお、「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」によると、日本海溝沿いの領域では国内の他の海溝沿いの領域に比べて定常的に地震活動が活発で、規模の大きな地震が高い確率で発生すると評価されており、東北地方太平洋沖地震以前にも被害や津波を伴う地震が多数発生していることに留意が必要である（図 1-7）。

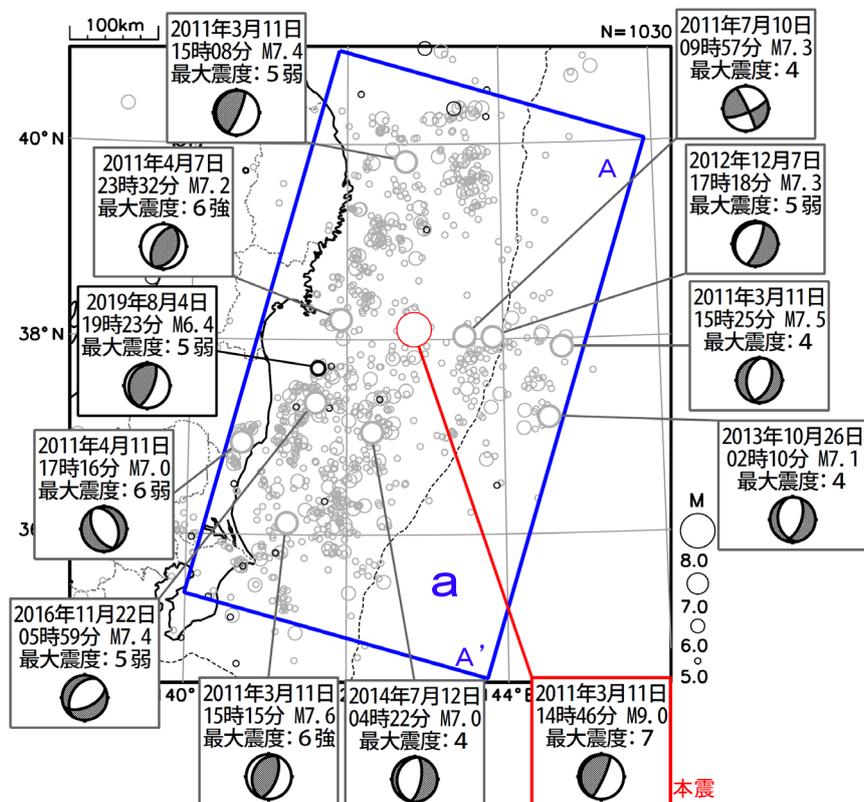


図 1-1 震央分布図（2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分～2020 年 2 月 29 日 24 時 00 分、深さすべて、M $\geq$ 5.0）

東北地方太平洋沖地震（赤色）の発生から 8 年後（2019 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 内の M7.0 以上の地震と 8 年後以降の約 1 年間で最大規模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

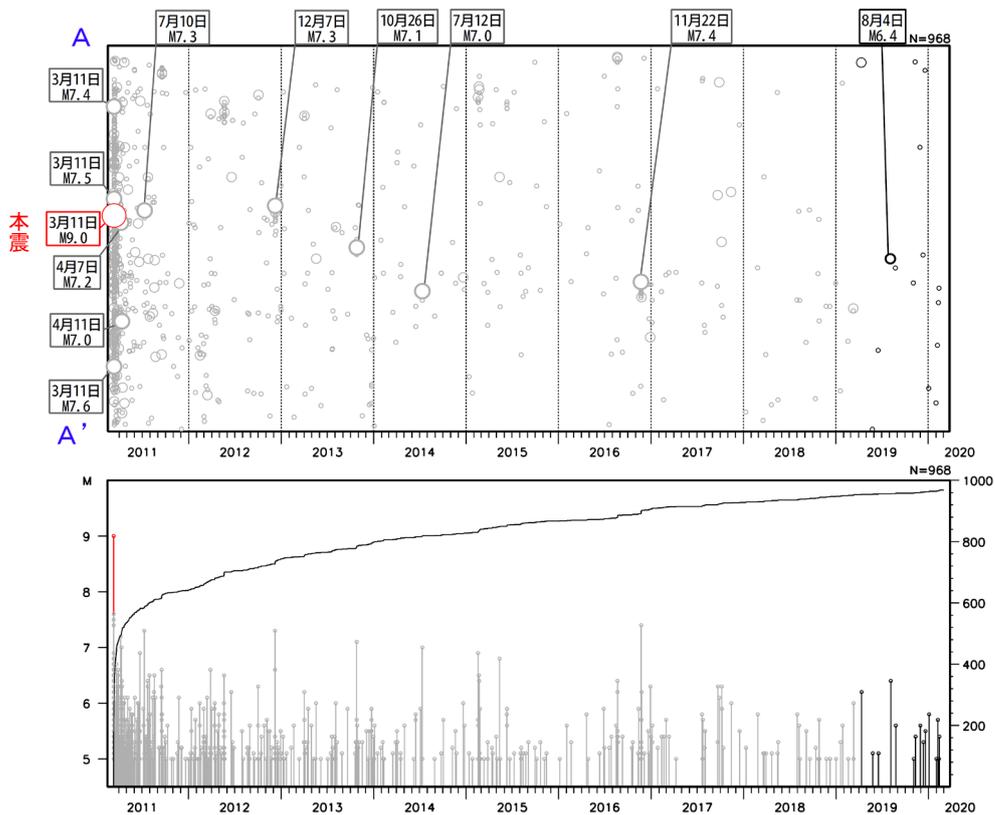


図1-2 図1-1領域a内の時空間分布図（上段、A-A' 投影）とM-T図及び回数積算図（下段）  
 本震（赤色）の発生から8年後（2019年3月11日14時46分）以降に発生した地震を濃く表示している。  
 時空間分布図では、M7.0以上の地震と8年後以降の約1年間で最大規模の地震に吹き出しをつけた。

図1-3 震度1以上を観測した地震の震央分布図  
 （2008年3月1日～2020年2月29日、深さ・Mすべて）  
 東北地方太平洋沖地震の発生から8年後（2019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

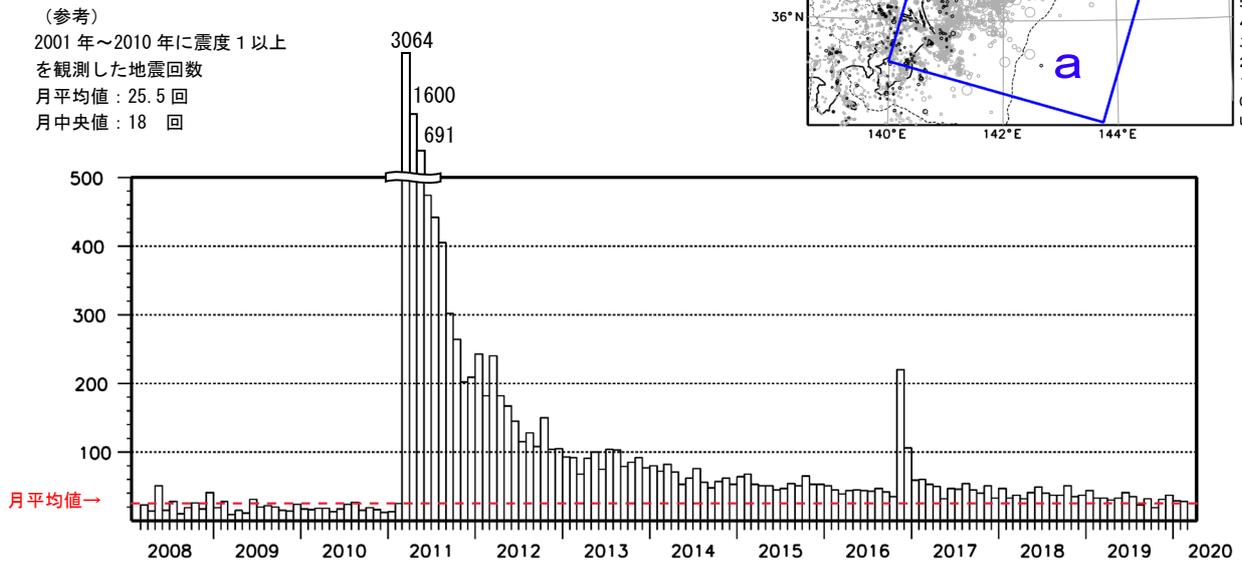
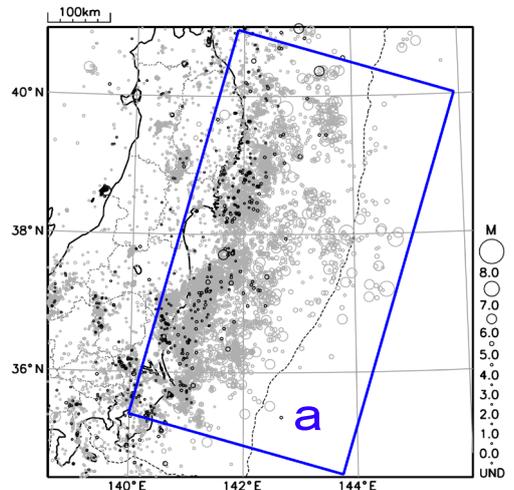


図1-4 余震域（図1-3の領域a）内で発生した地震のうち震度1以上を観測した地震の月別回数（2008年3月1日～2020年2月29日）

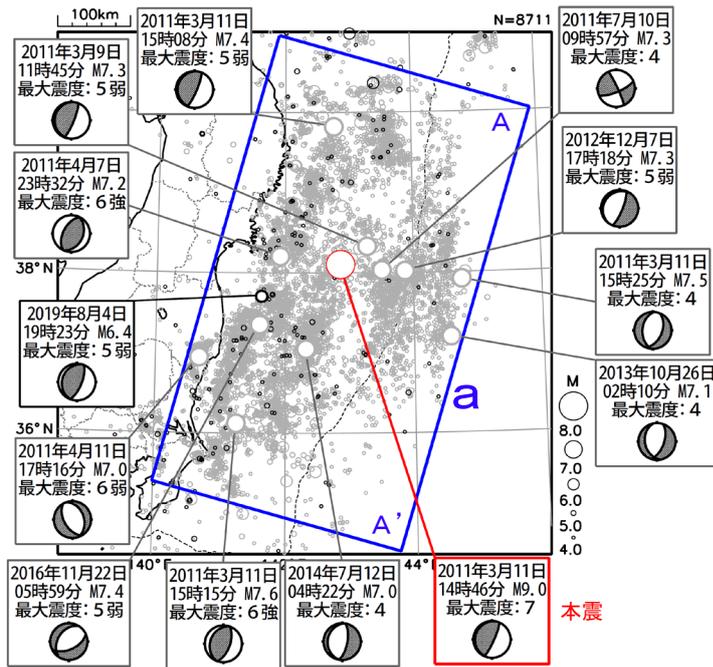


図1-5 震央分布図

(2011年3月1日～2020年2月29日、深さすべて、 $M \geq 4.0$ )

東北地方太平洋沖地震(赤色)の発生から8年後(2019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。

$M7.0$ 以上の地震と8年後以降の約1年間で最大規模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

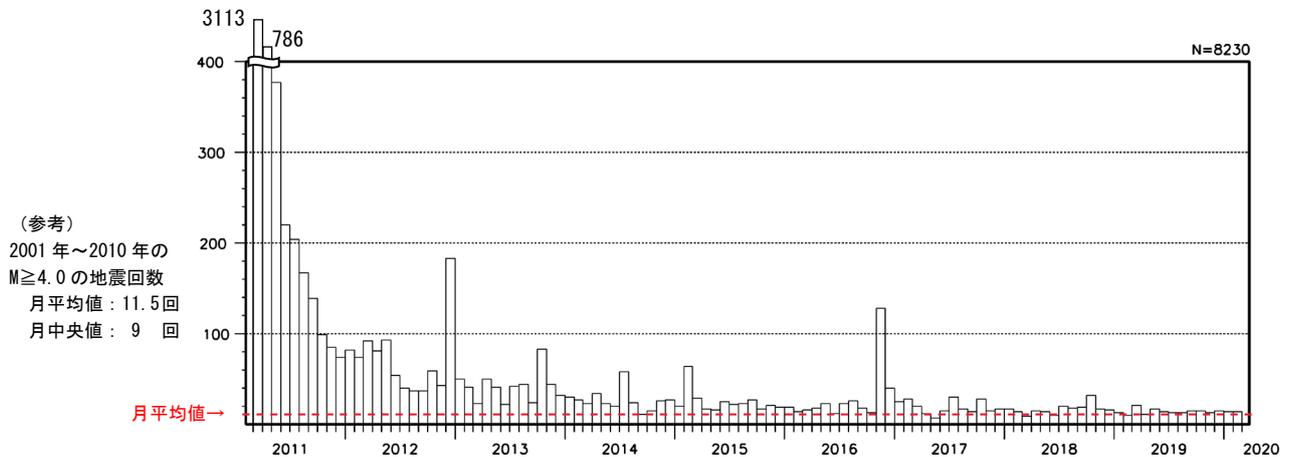
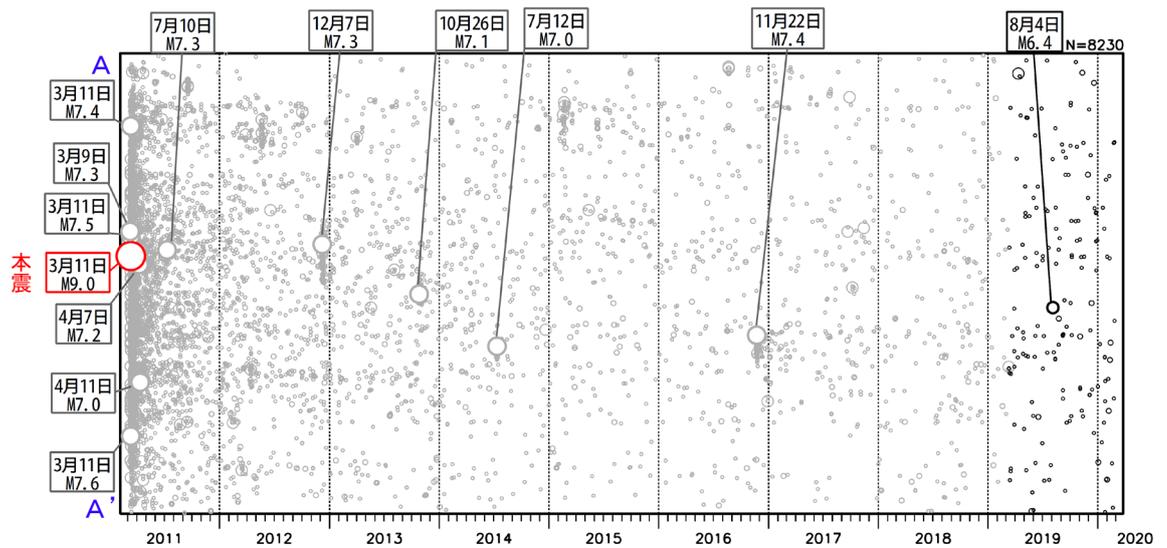


図1-6 図1-5領域a内の時空間分布図(上段、A-A'投影)と月別回数(下段)

時空間分布図では、本震の発生から8年後(2019年3月11日14時46分)以降に発生した地震を濃く表示し、 $M7.0$ 以上の地震と8年後以降の約1年間で最大規模の地震に吹き出しをつけた。

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～2020 年 3 月 7 日 24 時 00 分）  
 2012～2019 年の各年の 3 月は上段が 11 日 14 時 45 分まで、下段が 14 時 46 分以降。合計の月の期間①は本震発生から 1 年間、  
 期間②～⑧はそれぞれ本震発生の 1～7 年後から 1 年間で、期間⑨は本震発生の 8 年後以降 2020 年 3 月 7 日までの合計。2011  
 年 3 月と 2020 年 3 月は 1 ヶ月間ではなく、また、期間⑨は 1 年間でないことに注意。なお、表中の回数データは、再調査後、  
 修正することがある。

		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	100	61	13	6	2				182		
5月		77	14	2		93	16	110	45	11	1					167		
6月		50	3	1		54	4	79	52	11	3					145		
7月		39	1			40	1	72	35	7	2					116		
8月		31	6			37	6	76	40	10	2		1			129		
9月		35	2			37	2	70	30	7	1					108		
10月		52	6	1		59	7	92	38	15	4	1				150		
11月		37	6			43	6	66	26	7	5					104		
12月	166	15	1	1	183	17	60	26	13	5	1				105			
2013年	1月	46	4			50	4	53	28	7	3	2				93		
	2月	39	2			41	2	61	18	11	2					92		
	3月	4				23	2	15	7	2						68		
		17	2															
	4月	41	8	1		50	9	63	19	5	3	1				91		
	5月	38	2	1		41	3	57	33	8	1		1			100		
	6月	21	1			22	1	44	26	4	1					75		
	7月	34	8			42	8	65	23	13	3					104		
	8月	41	2	1		44	3	59	34	9			1			103		
	9月	23	1			24	1	48	22	5	3		1			79		
	10月	74	8		1	83	9	45	27	8	5					85		
	11月	41	3			44	3	57	22	11	2					92		
12月	23	9			32	9	42	23	8	3	1				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	39	22	8	2					71		
	5月	22	1			23	1	40	12		1					53		
	6月	17	3			20	3	40	13	6	3					62		
	7月	55	2		1	58	3	46	21	4	4	1				76		
	8月	23	1			24	1	35	17	3	1					56		
	9月	9	2			11	2	32	13		3					48		
	10月	14	1			15	1	39	14	2	2					57		
	11月	23	3			26	3	43	16	2	1					62		
12月	25	1	1		27	2	31	15	5	2					53			

表1-1 つづき

		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													
2015年	1月	18	2			20	2	39	17	7	1						64
	2月	53	8	3		64	11	39	22	4	2		1			68	
	3月	9				29	3	7	5	1							53
		17	3					24	12	4							
	4月	14	3			17	3	34	13	4							51
	5月	13	2	1		16	3	32	12	5	1		1				51
	6月	20	5			25	5	28	14	3							45
	7月	21	1			22	1	34	7	6							47
	8月	18	5			23	5	25	16	11	2						54
	9月	25	2			27	2	30	18	3							51
	10月	15	2			17	2	46	15	3	1						65
	11月	19	2			21	2	39	8	4	2						53
12月	19				19	0	27	20	6							53	
2016年	1月	18	1			19	1	33	12	5	1					51	
	2月	12	2			14	2	25	14	4	2					45	
	3月	5				16	0	10	3	1							39
		11						15	8	1	1						
	4月	16	2			18	2	26	13	5							44
	5月	23				23	0	27	14	3	1						45
	6月	9	3			12	3	30	9	5							44
	7月	21	2			23	2	21	15	5	1	1					43
	8月	17	7	2		26	9	25	15	5	2						47
	9月	17	1			18	1	25	11	6							42
	10月	11	2			13	2	20	12	1	2						35
	11月	115	11	1	1	128	13	138	66	12	3	1					220
12月	35	4	1		40	5	70	25	8	2			1			106	
2017年	1月	22	3			25	3	37	16	3	3					59	
	2月	25	3			28	3	31	21	6	2	1				61	
	3月	7				20	1	13	4	3							53
		12	1					20	12		1						
	4月	11	1			12	1	38	7	3	2						50
	5月	7				7	0	27	5								32
	6月	15				15	0	36	6	5							47
	7月	26	4			30	4	22	19	3	2						46
	8月	16	1			17	1	35	14	4	1						54
	9月	11	1	2		14	3	26	16	2	1						45
	10月	25	2	1		28	3	27	6	6		1					40
	11月	14		1		15	1	31	15	3	2						51
12月	16	1			17	1	18	10	4	1						33	
2018年	1月	16	1			17	1	24	19	4						47	
	2月	13	1			14	1	18	10	4	1					33	
	3月	1				9	3	5	1								37
		5	3					15	11	3	2						
	4月	14	1			15	1	14	15	3							32
	5月	12	2			14	2	25	12	2	2						41
	6月	10				10	0	29	14	4	2						49
	7月	19	1			20	1	22	13	3	2						40
	8月	16	2			18	2	22	11	4	1						38
	9月	17	2			19	2	20	7	9	1						37
	10月	28	4			32	4	26	16	5	4						51
	11月	16	1			17	1	23	9	2	1						35
12月	14	2			16	2	24	8	4	1						37	

表1-1 つづき

		M4.0 ~ M4.9	M5.0 ~ M5.9	M6.0 ~ M6.9	M7.0 以上	M4.0 以上	M5.0 以上	最大震度							計			
		1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7								
2019年	1月	11	2			13	2	27	13	3	1							44
	2月	9	1			10	1	20	13									33
	3月	4	1	1		21	2	9	2	2	1							33
		15						12	6	1								
	4月	10		1		11	1	19	8	3								30
	5月	16	1			17	1	21	7	2	2	1						33
	6月	13	1			14	1	24	14	1	2							41
	7月	13				13		23	9	3								35
	8月	11	1	1		13	2	15	4	3		1						23
	9月	15				15		18	12	3								33
	10月	15				15		10	8	1								19
	11月	10	3			13	3	17	9	4	1							31
12月	13	2			15	2	23	6	6	1	1						37	
2020年	1月	13	1			14	1	16	10	1	2							29
	2月	10	4			14	4	16	8	2	2							28
	3月	4				4	0	7	3									10
合計	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	313	30	4	1	348	35	470	206	44	22	1	1	0	0	0	744	
	⑤	216	28	1	0	245	29	387	164	59	9	0	1	0	0	0	620	
	⑥	329	38	4	1	372	43	478	229	63	17	3	0	1	0	0	791	
	⑦	183	13	4	0	200	17	327	140	38	11	1	0	0	0	0	517	
	⑧	175	22	1	0	198	23	276	144	44	18	0	0	0	0	0	482	
	⑨	158	13	2	0	173	15	221	104	30	10	3	0	0	0	0	368	
	計	7,192	837	120	11	8,160	968	8,613	3,973	1,239	338	54	17	3	2	1	14,240	
年平均値	119	16.0	2.6	—	138	18.6	182	82.7	30.7	7.8	1.2	—	—	—	—	—	306	
年中央値	99.5	15.5	1	—	116	15.5	133.5	64	23	6	1	—	—	—	—	—	223	

(注) 年平均値、年中央値は2001年～2010年の図1-3、1-5の領域a内における値。2020年3月は3月7日までの回数である。

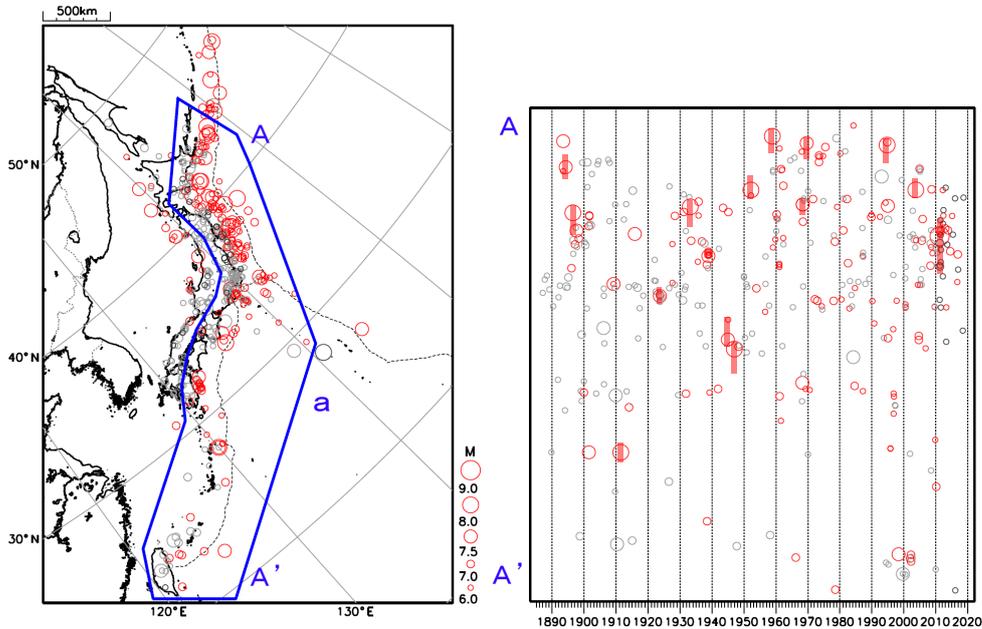


図1-7 被害または津波を伴った地震の震央分布図(左: 1885年1月1日～2020年2月29日、深さすべて、 $M \geq 6.0$ )及び領域a内の時空間分布図(右: AA'投影)

津波を伴った地震(1885～1988年は宇津が定めたところによる津波規模1以上、1989～2019年は今村・飯田(1958)による津波規模1以上の地震)を赤、被害を伴った地震(津波を伴った地震以外で、宇津が定めたところによる被害規模1以上の地震)のうち東北地方太平洋沖地震の発生以降に発生した地震を黒、それ以外をグレーで表示している。また、 $M7.8$ 以上の地震は、時空間分布図に波源域・震源域(東北地方太平洋沖地震は「日本海溝沿いの地震活動の長期評価」それ以外は「日本の地震活動」による)の範囲を赤い帯で示した。1918年以前の震源要素は宇津によるカタログ(宇津、1982など)を用いており、1919年以降に比べて検知能力が低い。

(2) 東北地方太平洋沖地震発生の8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8年後から約1年間(2019年3月11日14時46分~2020年2月29日)に、余震域(図1-1の領域a)内で発生したM6.0以上の地震を図2-1に示す。これらの地震の概要は次の通り。なお、今期間で最大震度5強以上を観測した地震はなかった。

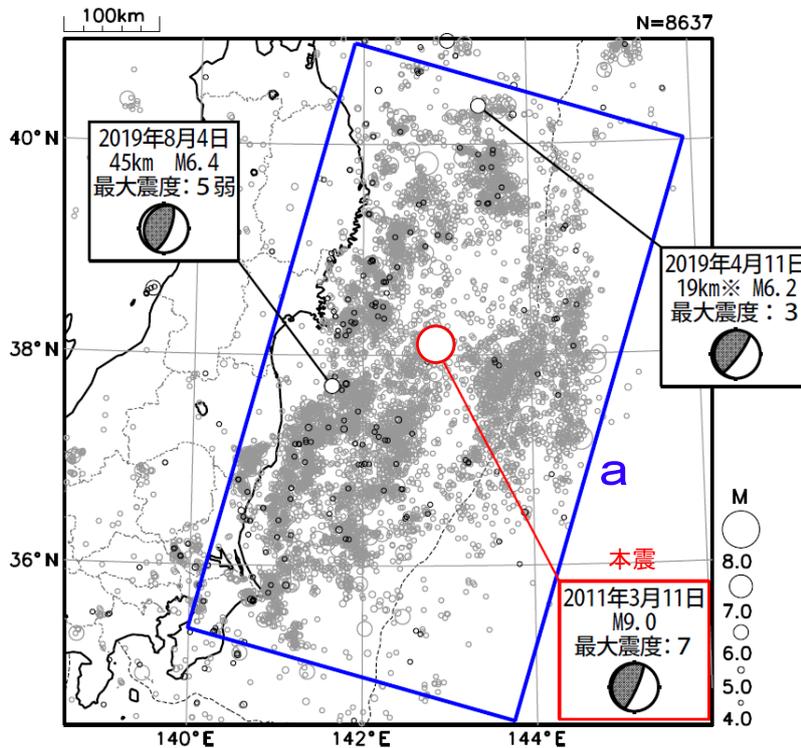


図2-1 震央分布図  
(2011年3月11日14時46分~2020年2月29日、深さすべて、 $M \geq 4.0$ )

東北地方太平洋沖地震発生の8年後から約1年間(2019年3月11日14時46分~2020年2月29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8年後(2019年3月11日14時46分)以降に発生したM6.0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。  
※を付した地震の深さはCMT解による。

・2019年4月11日 三陸沖の地震(M6.2、最大震度3)(図2-2)

この地震の発震機構(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。

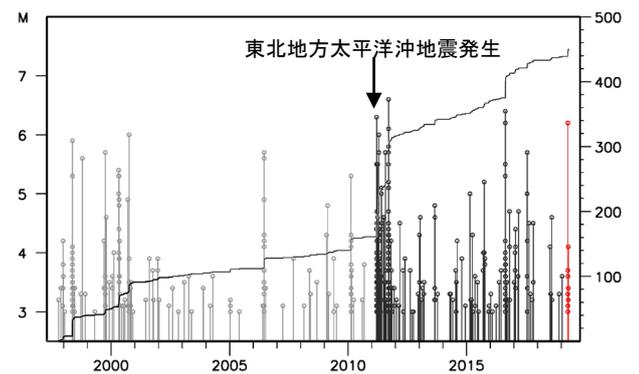
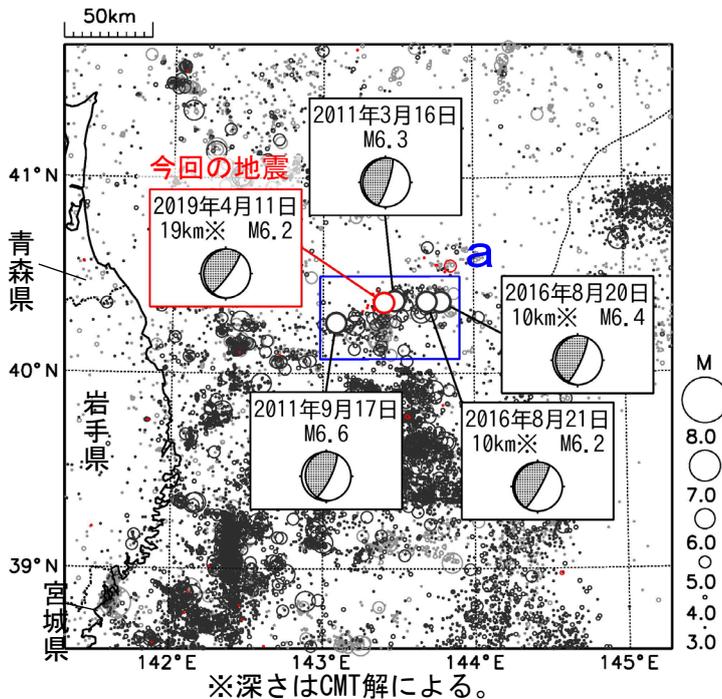


図2-2

(左) 震央分布図(1997年10月1日~2019年4月30日、深さ0~100km、 $M \geq 3.0$ )、  
(右) 領域a内のM-T図及び回数積算図(1997年10月1日~2019年4月30日)、  
東北地方太平洋沖地震より前に発生した地震を薄い灰色○、東北地方太平洋沖地震以降に発生した地震を黒色○、2019年4月に発生した地震を濃い赤色○で表示している。発震機構はCMT解を示す。※を付した地震の深さはCMT解による。

・ 2019年8月4日 福島県沖の地震 (M6.4、最大震度5弱) (図2-3)

この地震の発震機構 (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。

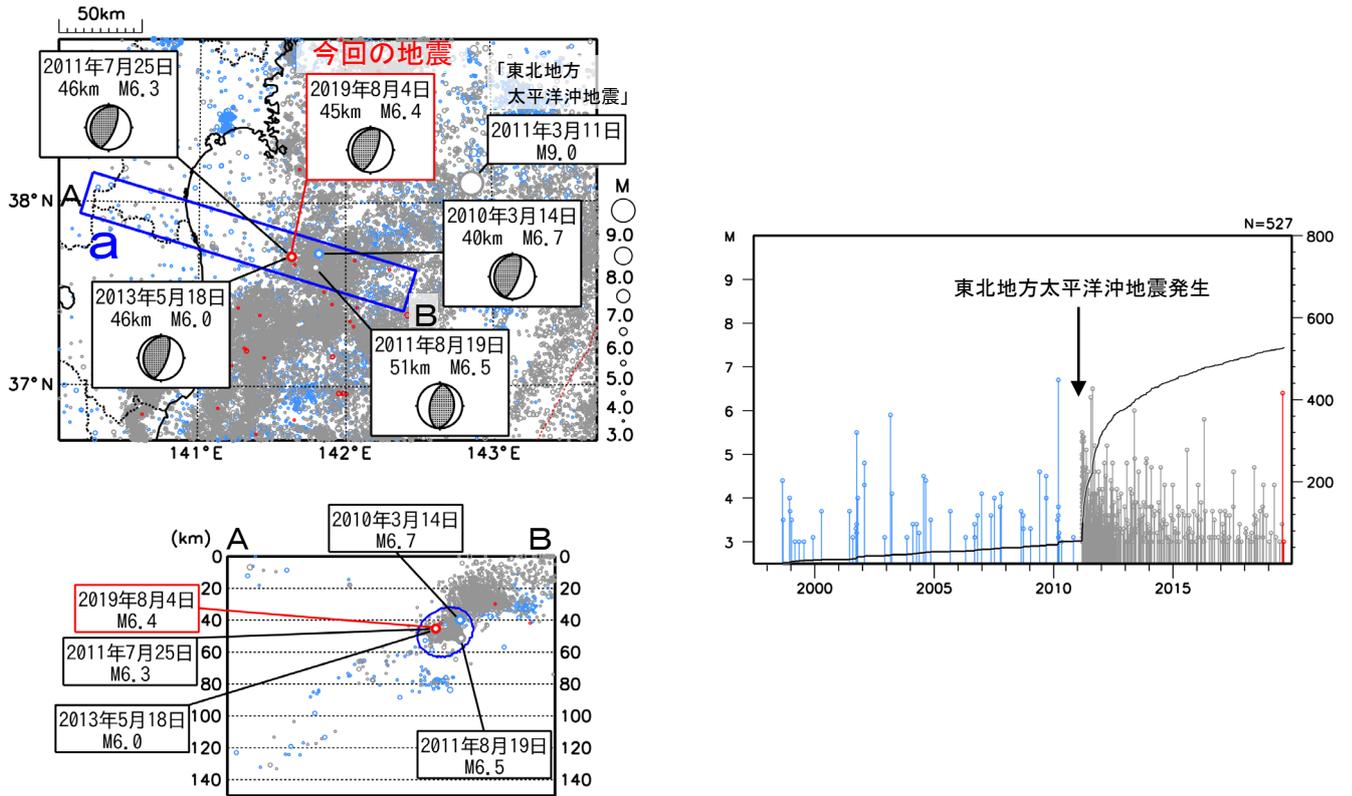


図2-3

(左上) 震央分布図 (1997年10月1日~2019年8月31日、深さ0~150km、 $M \geq 3.0$ )、

(左下) 領域a内の断面図 (A-B投影) (1997年10月1日~2019年8月31日)、

(右上) 領域b内のM-T図及び回数積算図 (1997年10月1日~2019年8月31日)、

東北地方太平洋沖地震より前に発生した地震を薄い青色○、東北地方太平洋沖地震以降に発生した地震を灰色○、2019年8月に発生した地震を濃い赤色○で表示している。発震機構はCMT解を示す。

### (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図3に示す。全体的に余震活動は少なくなっている。陸域の領域bでは、主に2016年12月28日の茨城県北部の地震（M6.3）の周辺で余震活動が見られる。沿岸域の領域cでは、2016年11月22日の福島県沖の地震（M7.4）の周辺などで余震活動が見られる。東北地方太平洋沖地震発生以前（2001年から2010年）の1年間に発生するM4.0以上の地震の標準的な回数（年平均値や年中央値）と比較する（表3-1）と、領域b,c,eでは本震発生以前に比べて地震回数の多い状態が継続している。

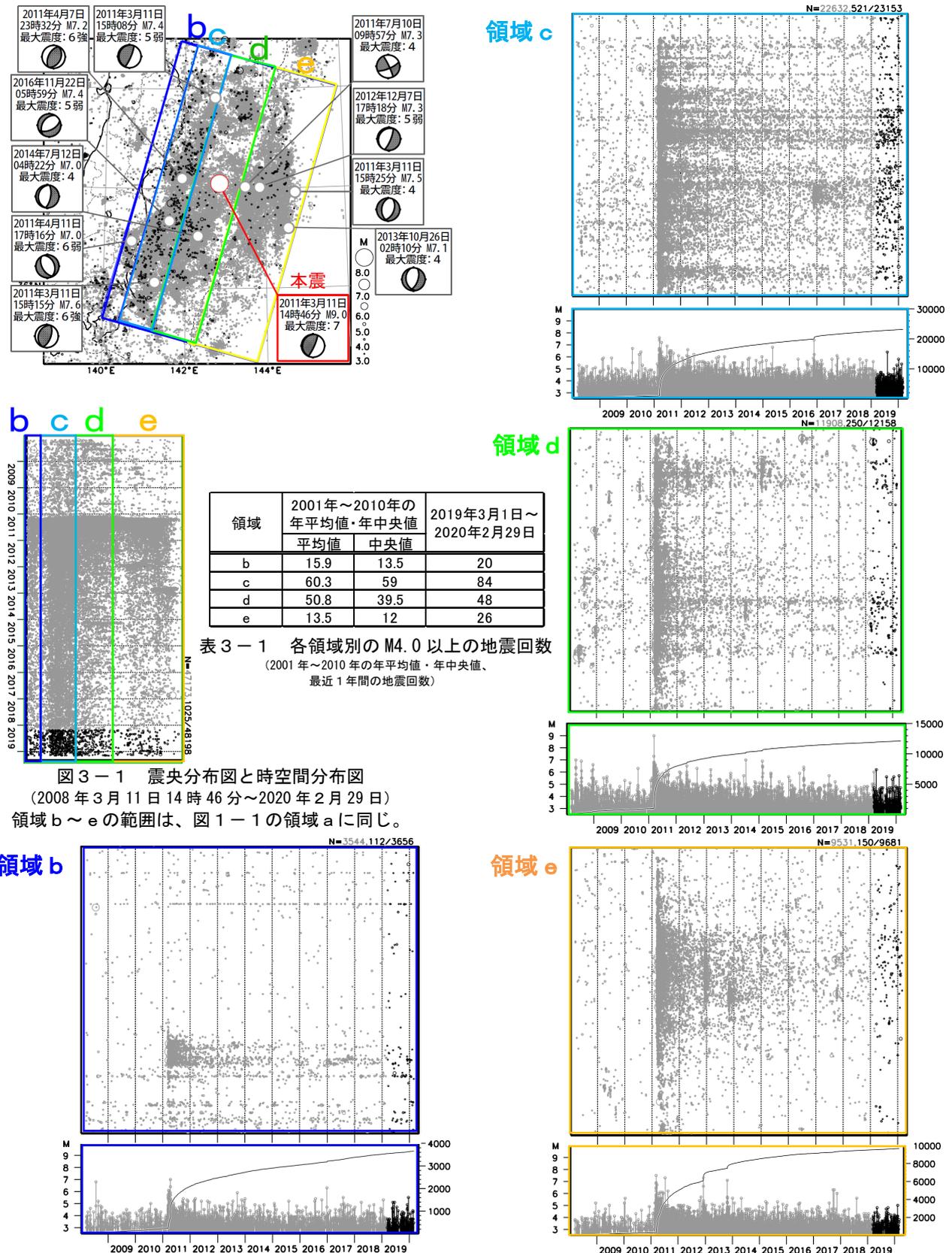


図3-1 震央分布図と時空間分布図  
(2008年3月11日14時46分～2020年2月29日)  
領域b～eの範囲は、図1-1の領域aと同じ。

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) 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4-1に示す。東北地方太平洋沖地震の余震活動は、これらの地震の余震活動と比べて活発である。

図4-2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)、及び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。

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年半後の2012年4月にMw8.6の地震が発生している。また、チリ中部沿岸の地震の余震域の北側に隣接する領域では、本震の約5年半後の2015年9月にMw8.3の地震が発生している。これらは、本震発生から9年以上を過ぎた現在も、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4-3、図4-4)。

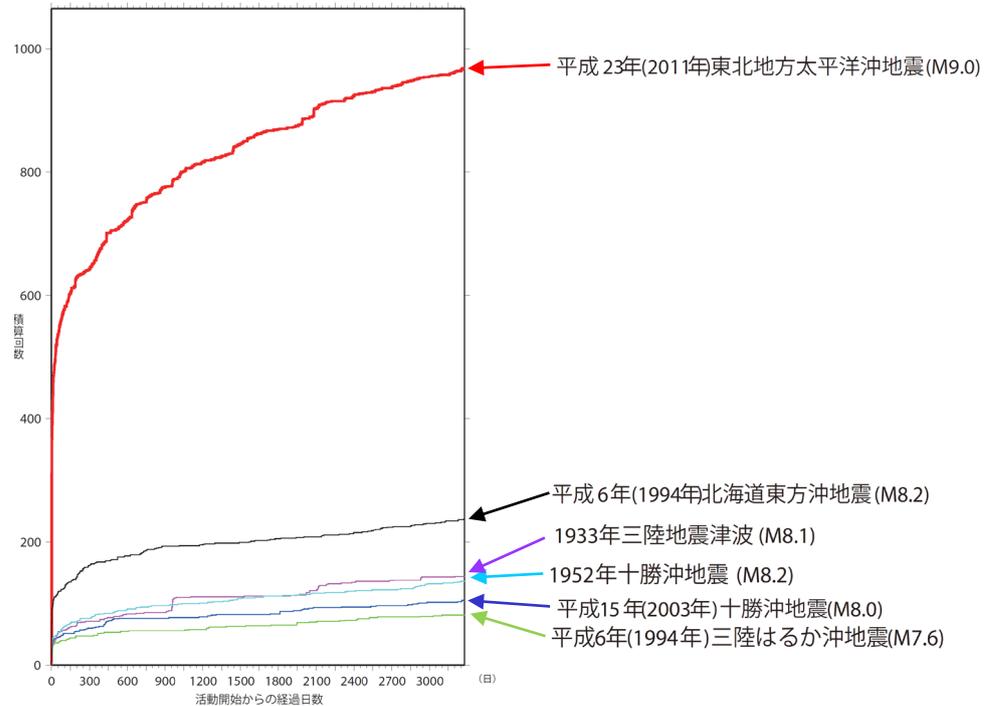


図4-1 日本の海域で発生した主な地震の余震回数比較  
(それぞれ本震発生から3277日後まで、本震を含む、M $\geq$ 5.0)

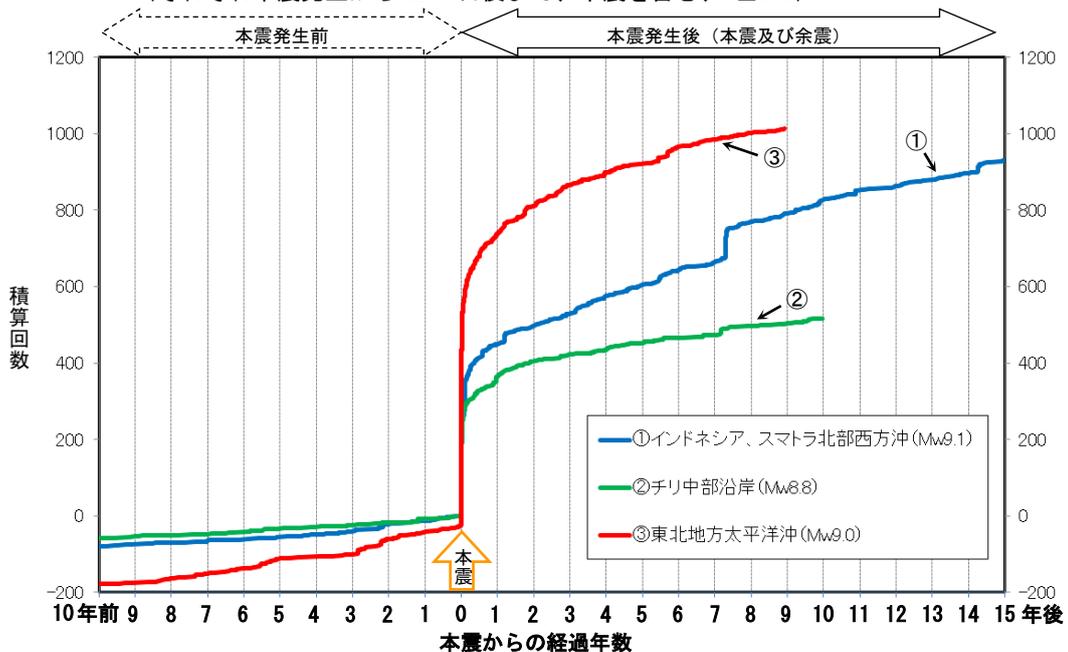


図4-2 世界の海域で発生した主な地震の本震発生前後の地震回数比較

(それぞれ本震発生の10年前から2020年2月29日まで(但し、インドネシア、スマトラ北部西方沖の地震は2019年12月26日まで)、M $\geq$ 5.0)

凡例のMwはそれぞれの本震の値で、東北地方太平洋沖は気象庁、それ以外は米国地質調査所(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4-3の、②チリ中部沿岸の地震は図4-4の、③東北地方太平洋沖の地震は図4-5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。

気象庁作成

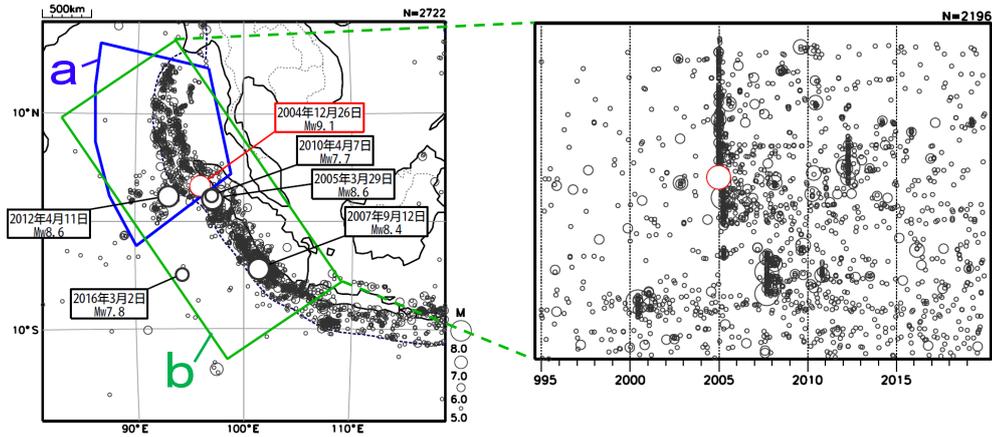


図4-3 2004年12月26日インドネシア、スマトラ北部西方沖の地震 (Mw9.1) の発生前後

(左) 震央分布図 (1994年12月26日~2019年12月26日、深さすべて、 $M \geq 5.0$ )

(右) 震央分布図中の領域a内の時空間分布図 (南北方向に投影)

震源要素は、2010年4月7日の地震 (Mw7.7) 以降の吹き出しを付けた地震の Mw は気象庁、それ以外は米国地質調査所 (USGS) による。なお、USGS による 2010年4月7日の地震の Mw は 7.8 である。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西側まで広げた範囲。

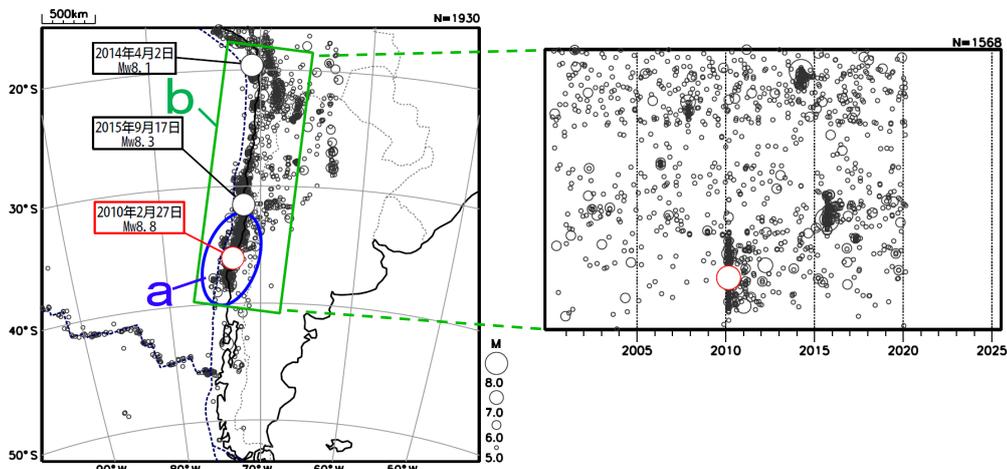


図4-4 2010年2月27日チリ中部沿岸の地震 (Mw8.8) の発生前後

(左) 震央分布図 (2000年2月27日~2020年2月29日、深さすべて、 $M \geq 5.0$ )

(右) 震央分布図中の領域a内の時空間分布図 (南北方向に投影)

震源要素は、吹き出しを付けた地震の Mw は気象庁、それ以外は米国地質調査所 (USGS) による。領域 a は 2010年の Mw8.8 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西側まで広げた範囲。領域 b 内の Mw8.0 以上に吹き出しを付けた。

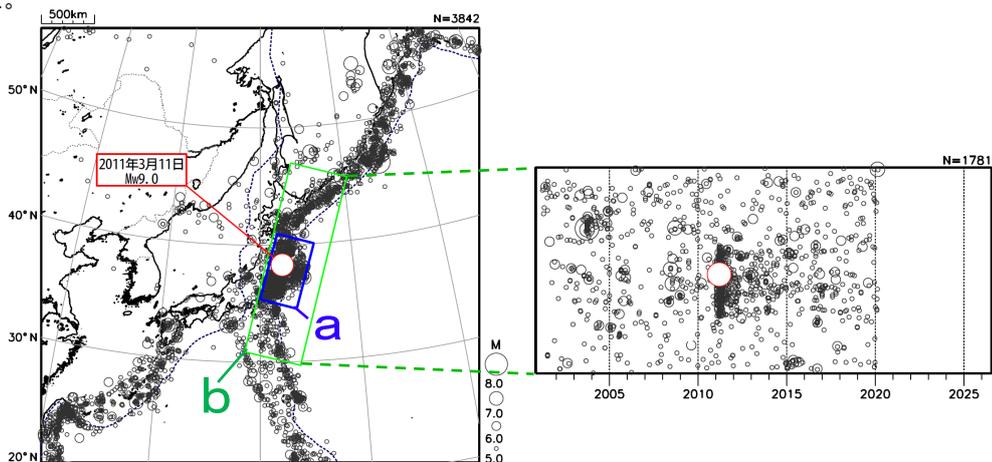


図4-5 「平成23年 (2011年) 東北地方太平洋沖地震」 (Mw9.0) の発生以降

(左) 震央分布図 (2001年3月11日~2020年2月29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 (南北方向に投影)

領域 a の範囲は図1-1と同じ。

※ 図4-3、4-4、4-5はすべて同じ縮尺の等積方位図法で描いている。また、時空間分布図では時間軸 (横軸) の長さを統一しており、図4-4、4-5で2020年3月以降は空白となっていることに注意。プレート境界の位置はBird(2003)\*による。

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