

「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」について ～10 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 M4.0 以上を観測した地震は、本震発生後の 1 年間では 5387 回発生したが、時間の経過と共に活動は低下し、本震発生 9 年後から約 1 年間（2020 年 3 月 11 日 14 時 46 分～2021 年 3 月 6 日。以下、今期間という。）では 208 回と 25 分の 1 以下にまで減少してきている。しかしながら、沿岸部、日本海溝軸付近及びその東側では、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（138 回）に比べて地震回数の多い状態が続いている。

（1）余震域内の地震活動の状況

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、2021 年 2 月 13 日の福島県沖の地震（M7.3、最大震度 6 強）である。余震域内で、M7.0 以上を観測した地震は、2016 年 11 月 22 日の福島県沖の地震（M7.4、最大震度 5 弱）以来である。また、最大震度 6 強以上を観測した地震は、2011 年 4 月 7 日の宮城県沖の地震（M7.2、最大震度 6 強）以来である（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 208 回及び 469 回で、本震発生後 1 年間と比べてそれぞれ 25 分の 1 以下及び 17 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り（表 1-1）、余震域内の一部領域で地震回数の多い状態が継続している（(3) 参照）。一方、最近 4 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おり、2021 年 2 月を除いた今期間では、M4.0 以上の地震回数が月 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）。

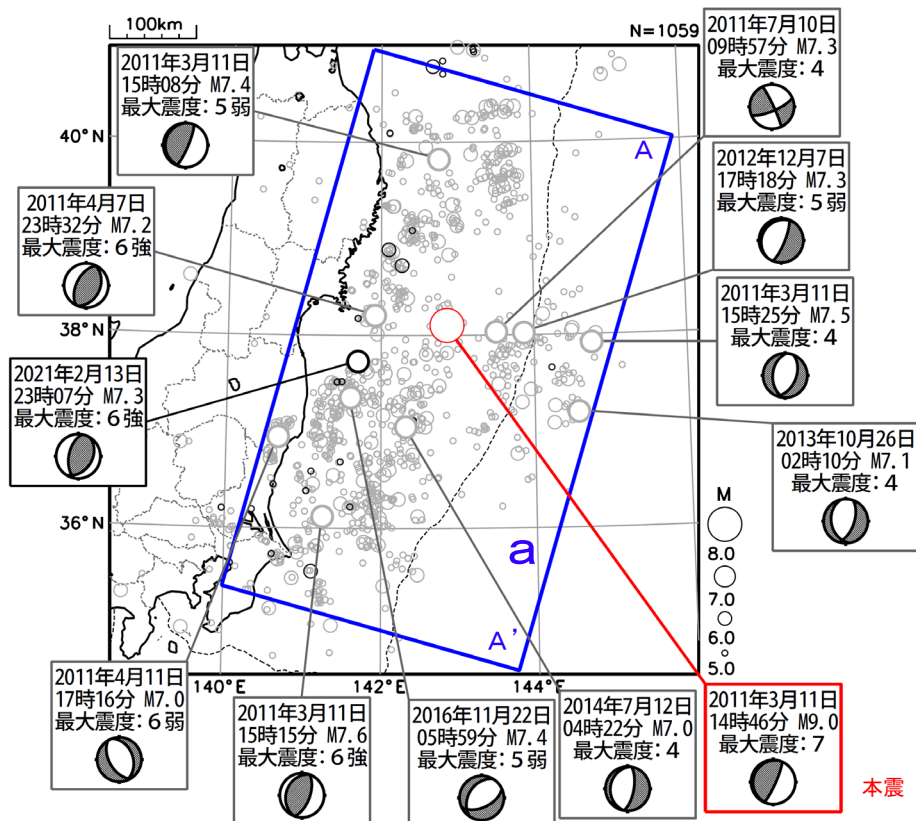


図 1-1 震央分布図 (2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分～2021 年 2 月 28 日、深さすべて、M≥5.0)

東北地方太平洋沖地震（赤色）の発生から 9 年後（2020 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 9 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

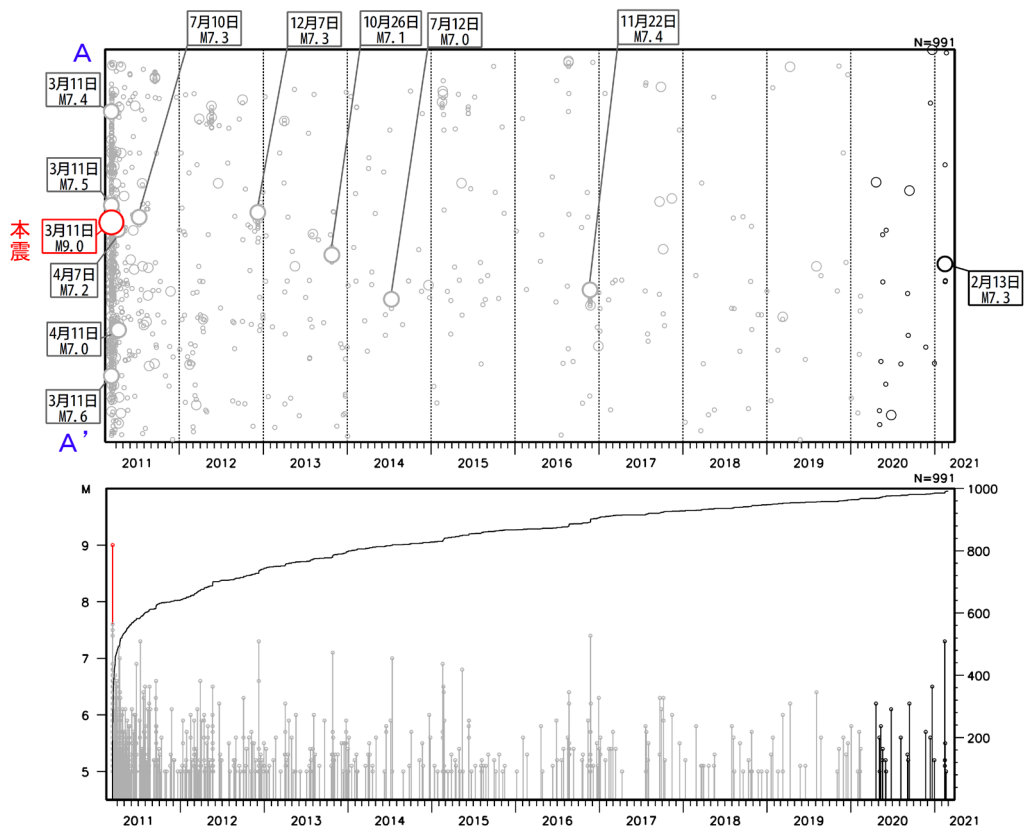
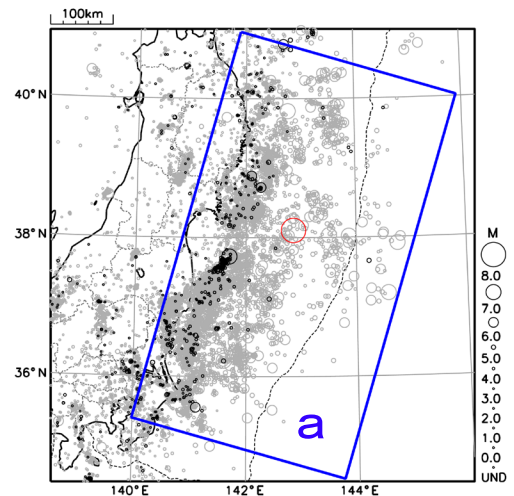


図1-2 図1-1領域a内の時空間分布図（上段、A-A'投影）とM-T図及び回数積算図（下段）
 本震（赤色）の発生から9年後（2020年3月11日14時46分）以降に発生した地震を濃く表示している。
 時空間分布図では、M7.0以上の地震と9年後以降の約1年間で最大規模の地震に吹き出しをつけた。

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～2021年2月28日、深さ・Mすべて）
 東北地方太平洋沖地震（赤色）の発生から9年後（2020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



（参考）
 2001年～2010年に震度1以上
 を観測した地震回数
 月平均値：25.5回
 月中央値：18回

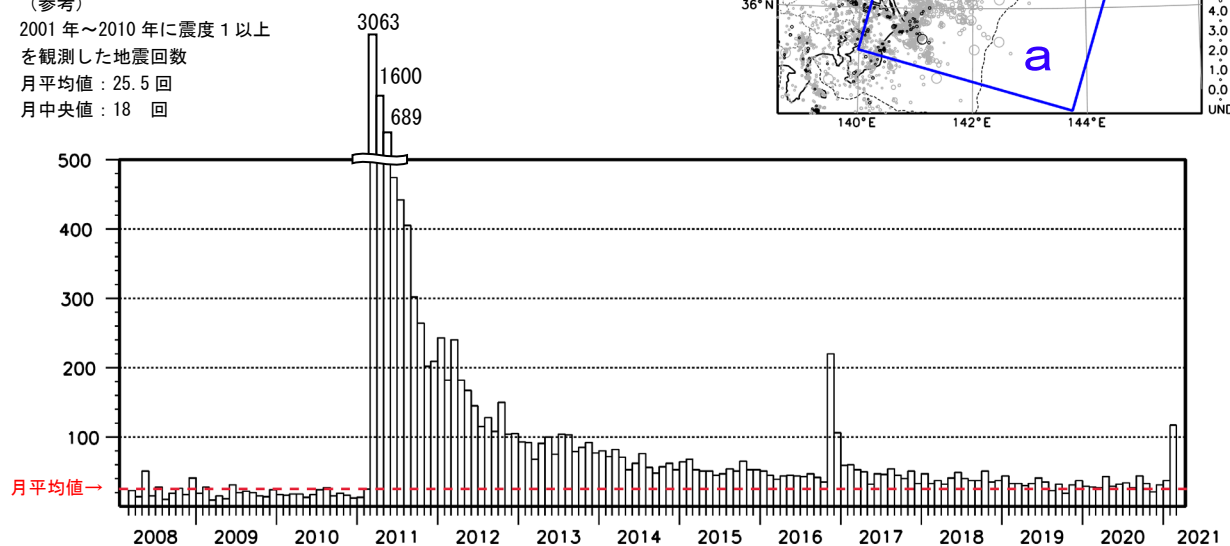


図1-4 余震域（図1-3の領域a）内で発生した地震のうち震度1以上を観測した地震の月別回数（2008年3月1日～2021年2月28日）

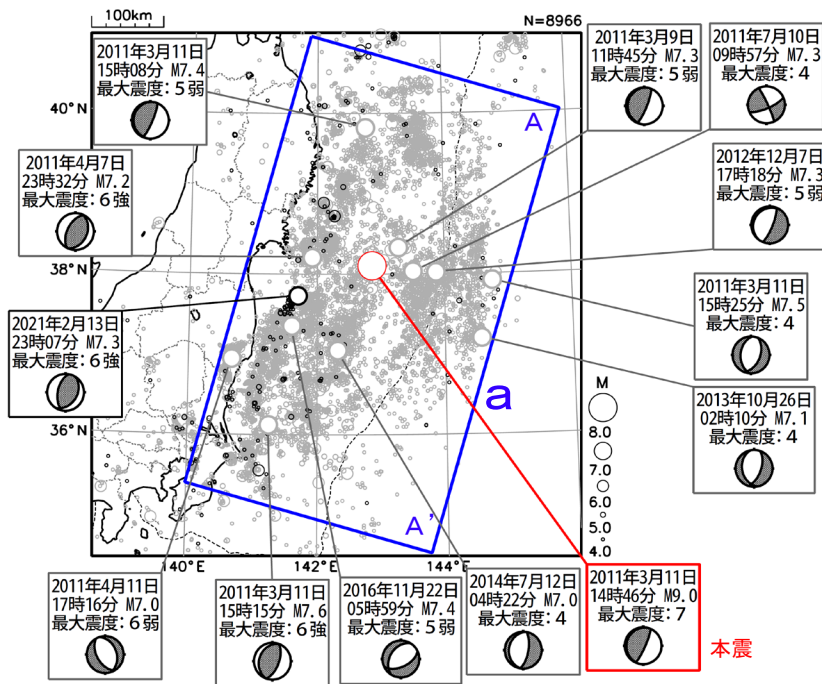


図1-5 震央分布図

(2011年3月1日~2021年2月28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9年後(2020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9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

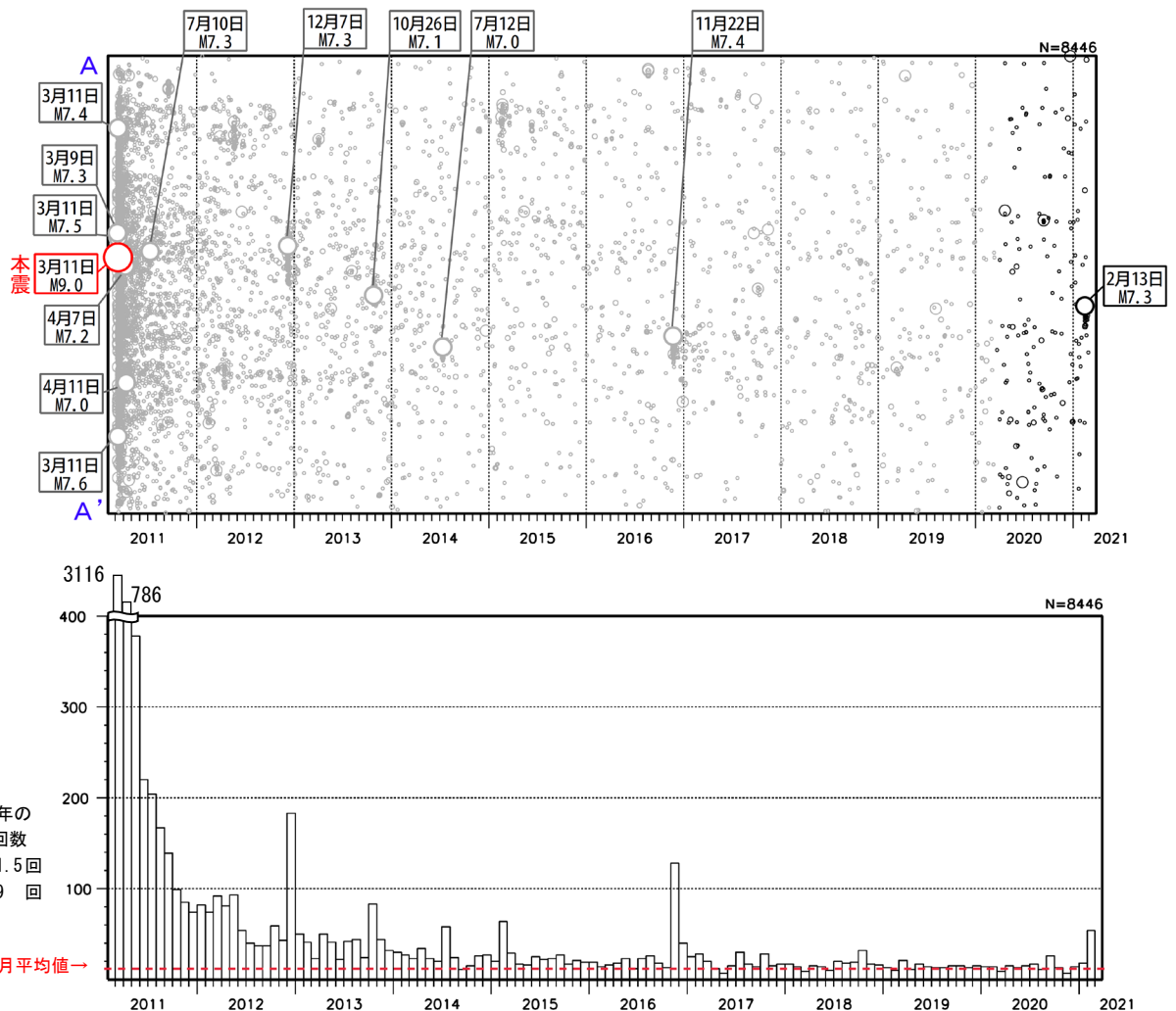


図1-6 図1-5領域a内の時空間分布図(上段、A-A'投影)と月別回数(下段)

時空間分布図では、本震の発生から9年後(2020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9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～2021 年 3 月 6 日)
 2012～2020 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②～⑨はそれぞれ本震発生の 1～8 年後から 1 年間の合計で、期間⑩は本震発生の 9 年後以降 2021 年 3 月 6 日までの合計。
 2011 年 3 月と 2021 年 3 月は 1 ヶ月間ではなく、期間⑩は 1 年間ではないことに注意。
 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	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	2,562	408	68	4	3,042	480	1,730	862	311	89	17	6			1	1	3,017	
	4月	730	46	8	2	786	56	926	456	166	41	8			2	1		1,600	
	5月	349	28	1		378	29	421	191	61	14	2						689	
	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				118	35	11	2	1	1						
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					25	11	6	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					40	19	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	6				9		11	4										27	
		3						7	3	2										
	4月	14		1		15	1	27	11	4	1								43	
	5月	8	5			13	5	11	6	8	4								29	
	6月	12	2	1		15	3	21	7	1	2	1							32	
	7月	17				17		25	6	3									34	
	8月	10	1			11	1	12	13	2									27	
	9月	23	2	1		26	3	20	16	7	1								44	
	10月	13				13		23	8	2									33	
	11月	6	1			7	1	16	4			1							21	
12月	11	2	1		14	3	18	10		1	2							31		
2021年	1月	18				18		19	16	2									37	
	2月	48	5		1	54	6	72	34	9	1						1		117	
	3月	2				2	0	7	1	1									9	
平均	①	4,721	566	93	7	5,387	666	4,880	2,239	750	188	37	10	2	2	1			8,109	
	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	160	13	2	0	175	15	225	105	30	10	3	0	0	0	0			373	
	⑩	185	18	4	1	208	23	278	135	41	10	4	0	0	1	0			469	
計	7,383	855	124	12	8,374	991	8,892	4,109	1,280	348	58	17	3	3	1			14,711		
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。2021年3月は3月6日までの回数である。

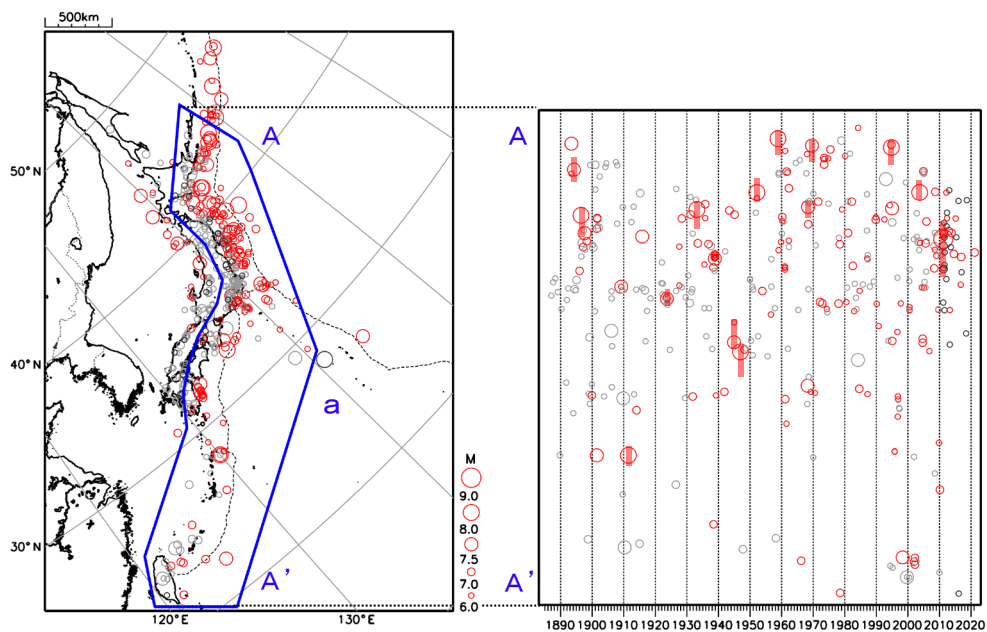


図1-7 被害または津波を伴った地震の震央分布図（左：1885年1月1日～2021年2月28日、深さすべて、 $M \geq 6.0$ ）及び領域a内の時空間分布図（右：A-A'投影）

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、1989～2020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) 余震域内の主な地震活動

① 東北地方太平洋沖地震発生の9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9年後から約1年間(2020年3月11日14時46分~2021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。

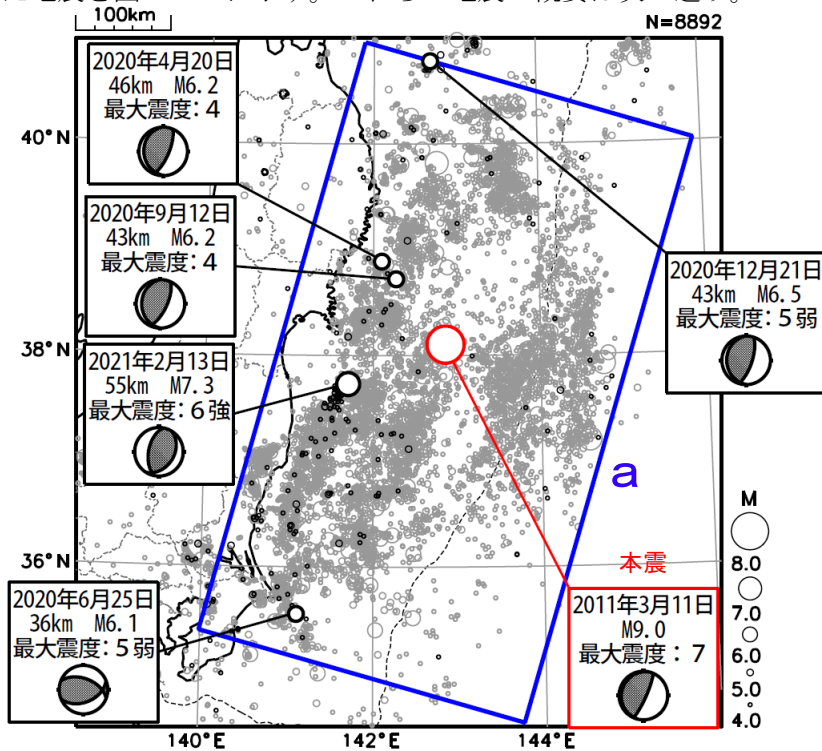


図2-1 震央分布図
(2011年3月11日14時46分~2021年2月28日、深さすべて、 $M \geq 4.0$)

東北地方太平洋沖地震発生の9年後から約1年間(2020年3月11日14時46分~2021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9年後(2020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。

・ 2020年4月20日 宮城県沖の地震(M6.2、最大震度4)(図2-2)

この地震は発震機構(CMT解)が西北西-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。

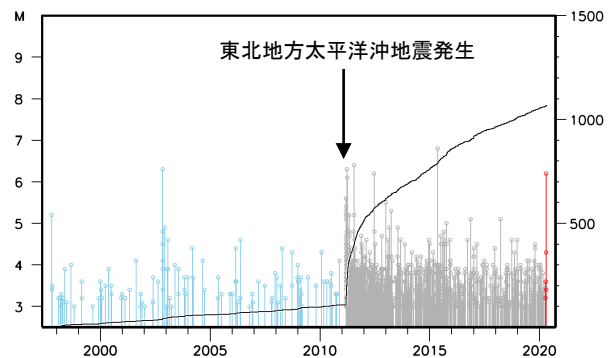
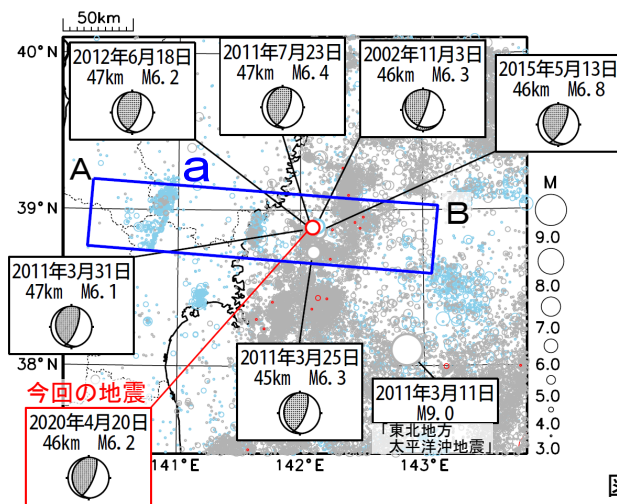


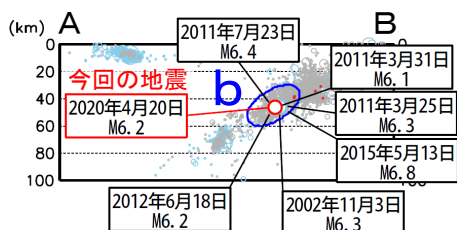
図2-2

(左上) 震央分布図(1997年10月1日~2020年4月30日、深さ0~100km、 $M \geq 3.0$)

(左下) 領域a内の断面図(A-B投影)(1997年10月1日~2020年4月30日)

(右上) 領域a内のM-T図及び回数積算図(1997年10月1日~2020年4月30日)

2011年3月10日以前に発生した地震を青色○、2011年3月11日以降に発生した地震を灰色○、2020年4月に発生した地震を赤色○で表示している。発震機構はCMT解を示す。



・2020年6月25日 千葉県東方沖の地震 (M6.1、最大震度5弱) (図2-3)

この地震の発震機構 (CMT 解) は、南北方向に圧力軸を持つ逆断層型である。

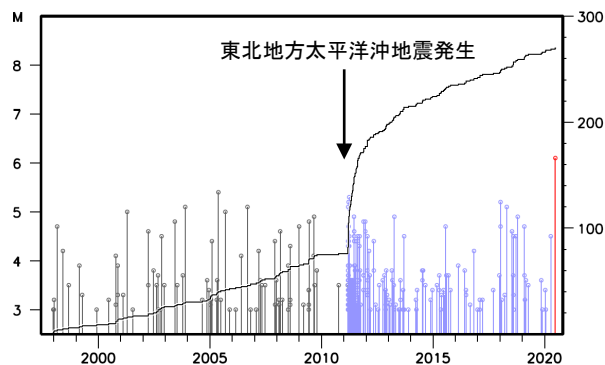
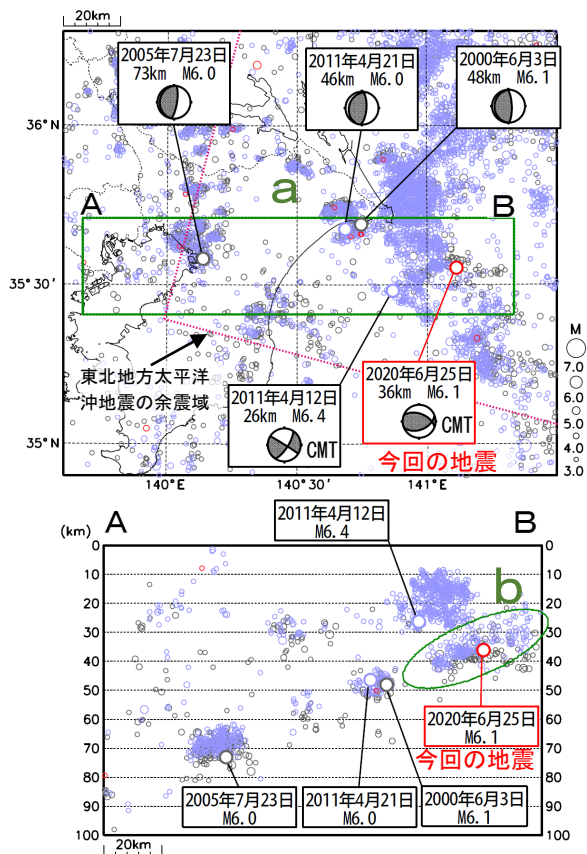


図 2-3

(左上) 震央分布図 (1997年10月1日~2020年6月30日、深さ0~100km、 $M \geq 3.0$)、

(左下) 領域a内の断面図 (A-B投影) (1997年10月1日~2020年6月30日)、

(右上) 領域b内のM-T図及び回数積算図 (1997年10月1日~2020年6月30日)、

東北地方太平洋沖地震以降に発生した地震を薄青色、2020年6月に発生した地震を赤色で表示している。

・2020年9月12日 宮城県沖の地震 (M6.2、最大震度4) (図2-4)

この地震は発震機構 (CMT 解) が西北西-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。

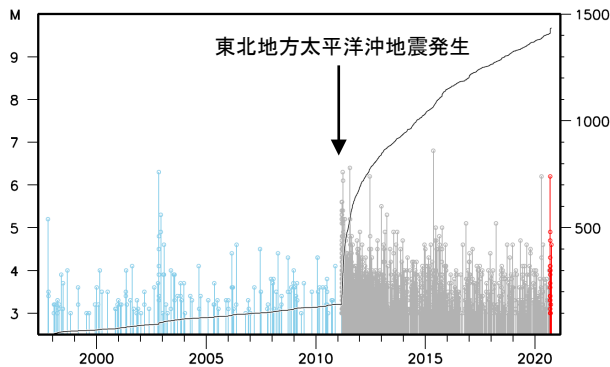
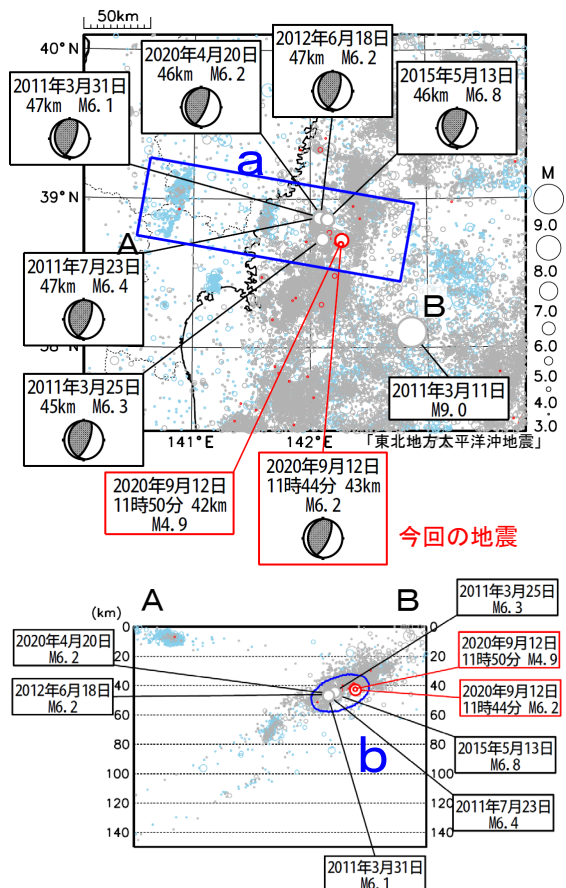


図 2-4

(左上) 震央分布図 (1997年10月1日~2020年9月30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~2020年9月30日)

(右上) 領域b内のM-T図及び回数積算図 (1997年10月1日~2020年9月30日)

2011年3月10日以前に発生した地震を青色○、2011年3月11日以降に発生した地震を灰色○、2020年9月に発生した地震を赤色○で表示している。発震機構はCMT解を示す。

・2020年12月21日 青森県東方沖の地震 (M6.5、最大震度5弱) (図2-5)

この地震は、発震機構 (CMT 解) が西北西-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。

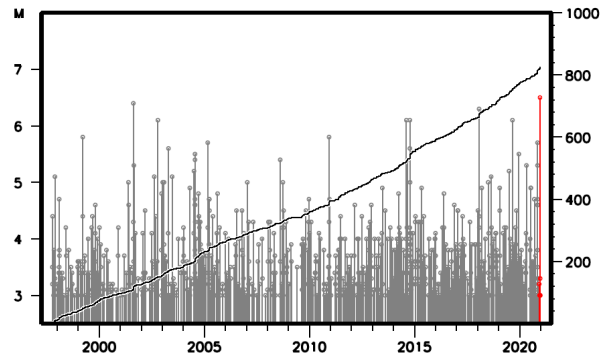
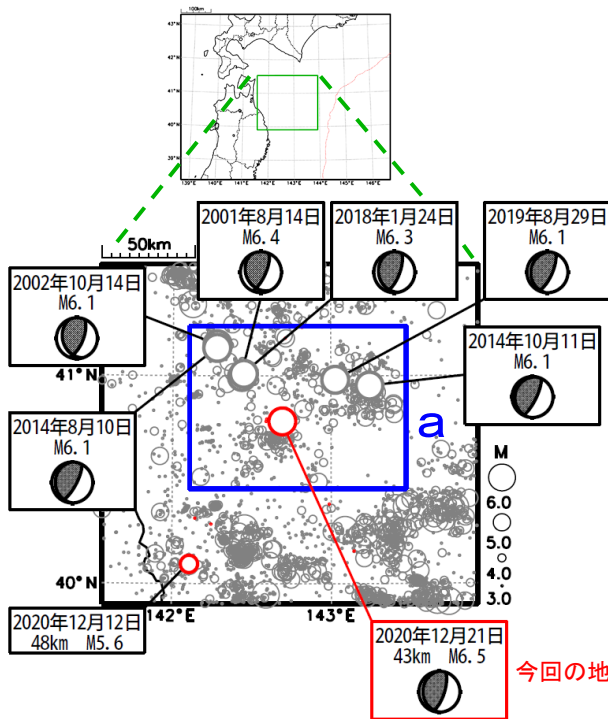


図2-5
(左上) 震央分布図 (1977年10月1日~2020年12月31日、深さ0~100km、 $M \geq 3.0$)
(右上) 領域 a 内のM-T図及び回数積算図 (1977年10月1日~2020年12月31日)
2020年12月に発生した地震を赤色で表示している。

・2021年2月13日 福島県沖の地震 (M7.3、最大震度6強) (図2-6)

この地震は、発震機構 (CMT 解) が西北西-東南東方向に圧力軸を持つ型で、太平洋プレート内部で発生した。この地震により、宮城県のと巻港で最大 0.2m (速報値) の津波を観測するなど、宮城県及び福島県の沿岸で津波を観測した。

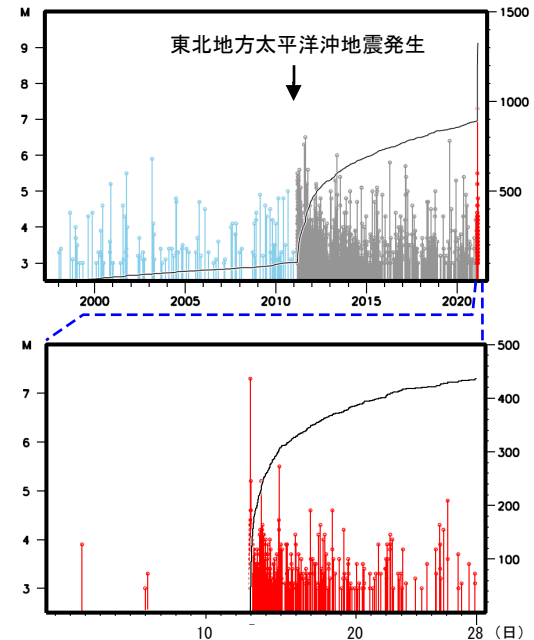
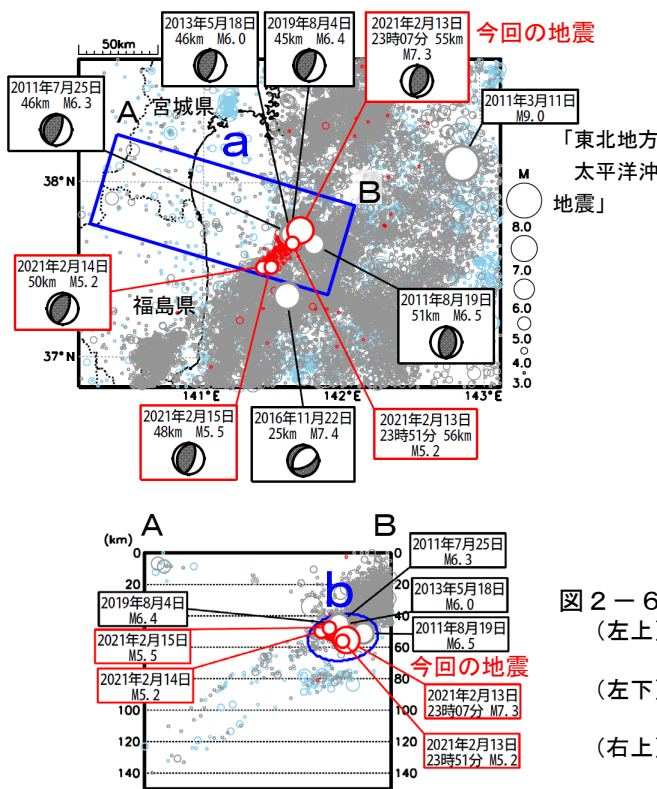


図2-6
(左上) 震央分布図 (1977年10月1日~2021年2月28日、深さ0~150km、 $M \geq 3.0$)
(左下) 領域 a 内の断面図 (A-B 投影) (1977年10月1日~2021年2月28日)
(右上) 領域 b 内のM-T図及び回数積算図 (1977年10月1日~2021年2月28日)
(右下) 領域 b 内のM-T図及び回数積算図 (2021年2月1日~2021年2月28日)

2011年3月10日以前に発生した地震を青色○、2011年3月11日以降に発生した地震を灰色○、2021年2月に発生した地震を赤色○で表示している。発震機構はCMT解を示す。領域 a 内の震源は2021年2月13日の地震 (M7.3) 後の地震活動の影響により、一部未処理である。

② 東北地方太平洋沖地震発生から 10 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から約 10 年間（2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分～2021 年 2 月 28 日）に、余震域（図 1-1 の領域 a）内で発生した津波を伴った地震または最大震度 5 弱以上を観測した地震を図 2-7 に示す。また、津波を伴った地震、最大震度 5 強以上を観測した地震、M7.0 以上の地震を表 2-1 に示す。

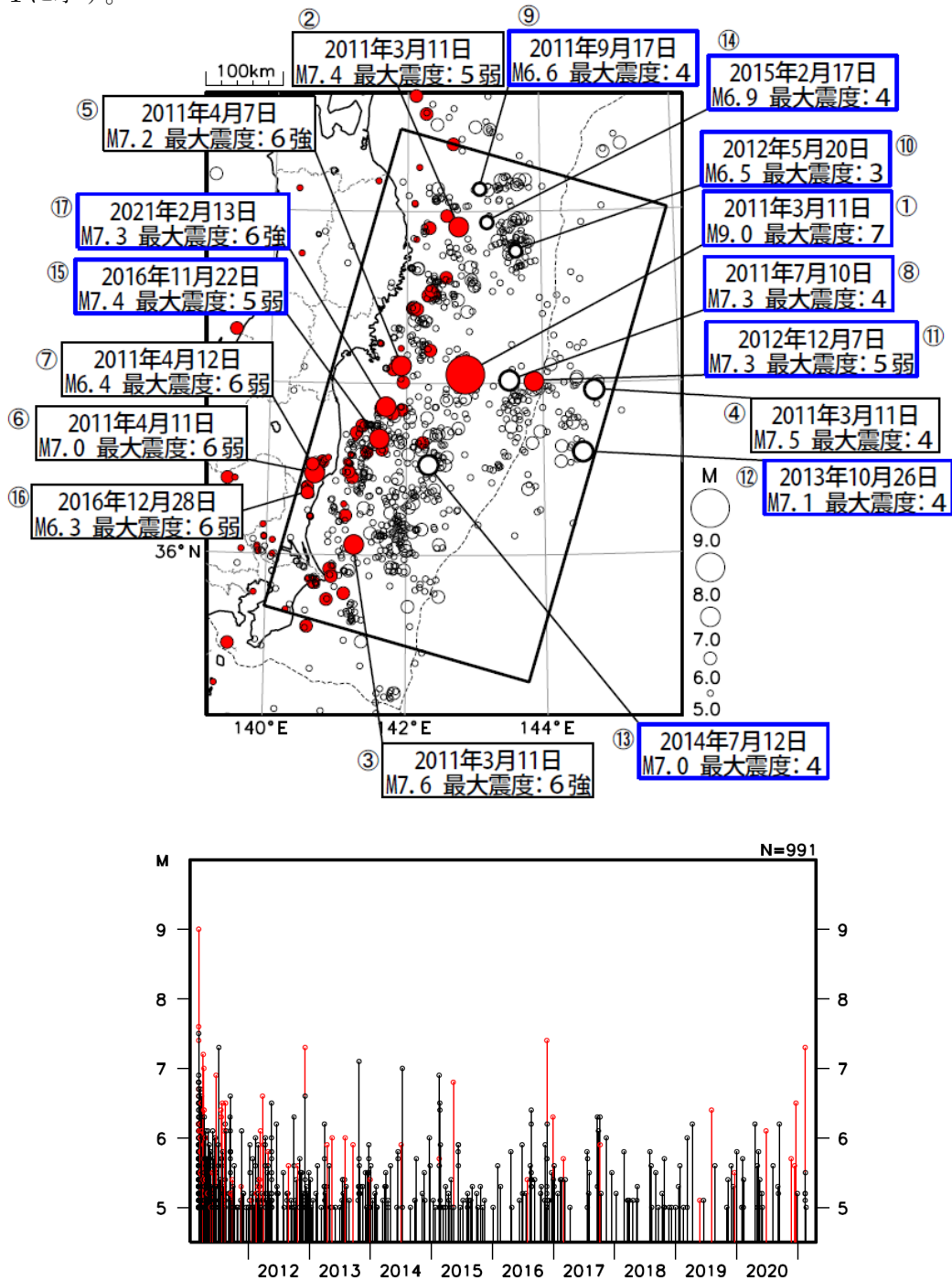


図 2-7

(上) 震央分布図（2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分～2021 年 2 月 28 日、 $M \geq 5.0$ 、深さ全て）
 (下) 震央分布図内の矩形内の MT 図

※以下の地震に吹き出しを付している（震央分布図中の番号は、表 2-1 の番号と対応）
 ・津波を伴った地震 ・最大震度 6 弱以上を観測した地震 ・M7.0 以上の地震

※最大震度 5 弱以上を観測した地震の震央を赤く表示

※津波を伴った地震の吹き出しを青く表示

※本震①による津波が非常に大きかったため、本震直後 1 時間以内に発生した余震②、③、④による津波は観測記録からは確認できないが、これらの地震の規模等を考えると、津波を発生させた可能性がある。

表2-1 津波を伴った地震、最大震度5弱以上を観測した地震、M7.0以上の地震

※1 番号は図2-7の吹き出しに付している番号に対応。これらの地震を太字で表示。

※2 本震①による津波が非常に大きかったため、本震直後1時間以内に発生した余震②、③、④による津波は観測記録からは確認できないが、地震の規模等を考えると、津波を発生させた可能性がある。

番号 ※1	発生年月日		震央地名	M	最大 震度	観測された津波	
	年	月日				最大の高さ	検潮所
①	2011年	3月11日	三陸沖	9.0	7	930cm 以上	相馬
②		3月11日	岩手県沖	7.4	5弱	※2	※2
③		3月11日	茨城県沖	7.6	6強	※2	※2
④		3月11日	三陸沖	7.5	4	※2	※2
		3月11日	岩手県沖	6.6	5強	—	—
		3月11日	福島県沖	6.0	5強	—	—
		3月19日	茨城県北部	6.1	5強	—	—
		3月23日	福島県浜通り	6.0	5強	—	—
		3月23日	福島県浜通り	5.5	5強	—	—
		3月23日	福島県浜通り	4.7	5強	—	—
⑤		4月7日	宮城県沖	7.2	6強	—	—
⑥		4月11日	福島県浜通り	7.0	6弱	—	—
⑦		4月12日	福島県中通り	6.4	6弱	—	—
⑧		7月10日	三陸沖	7.3	4	12cm	仙台港
		7月23日	宮城県沖	6.4	5強	—	—
		7月31日	福島県沖	6.5	5強	—	—
⑨	9月17日	岩手県沖	6.6	4	20cm	えりも町庶野	
	9月29日	福島県浜通り	5.4	5強	—	—	
	11月20日	茨城県北部	5.3	5強	—	—	
⑩	2012年	3月14日	千葉県東方沖	6.1	5強	—	—
		5月20日	三陸沖	6.5	3	11cm	久慈港
		8月30日	宮城県沖	5.6	5強	—	—
⑪		12月7日	三陸沖	7.3	5弱	98cm	石巻市鮎川
⑫	2013年	5月18日	福島県沖	6.0	5強	—	—
		8月4日	宮城県沖	6.0	5強	—	—
		9月20日	福島県浜通り	5.9	5強	—	—
⑬		10月26日	福島県沖	7.1	4	36cm	石巻市鮎川
⑭	2014年	7月12日	福島県沖	7.0	4	17cm	石巻市鮎川
⑮	2015年	2月17日	三陸沖	6.9	4	27cm	久慈港
		2月17日	岩手県沖	5.7	5強	—	—
		5月13日	宮城県沖	6.8	5強	—	—
⑯	2016年	7月27日	茨城県北部	5.4	5弱	—	—
		11月22日	福島県沖	7.4	5弱	144cm	仙台港
		12月28日	茨城県北部	6.3	6弱	—	—
⑰	2017年	2月28日	福島県沖	5.7	5弱	—	—
		10月6日	福島県沖	5.9	5弱	—	—
⑱	2019年	5月25日	千葉県北東部	5.1	5弱	—	—
		8月4日	福島県沖	6.4	5弱	—	—
		12月19日	青森県東方沖	5.5	5弱	—	—
⑲	2020年	6月25日	千葉県東方沖	6.1	5弱	—	—
		11月22日	茨城県沖	5.7	5弱	—	—
		12月12日	岩手県沖	5.6	5弱	—	—
		12月21日	青森県東方沖	6.5	5弱	—	—
⑳	2021年	2月13日	福島県沖	7.3	6強	0.2m (速報値)	石巻港

(3) 領域別に分けた余震域内の地震活動推移

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。全体的に地震回数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）の周辺で地震活動が見られる。沿岸域の領域cでは、2021年2月13日の福島県沖の地震（M7.3）の周辺などで地震活動が見られる。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、沿岸部を含む領域b,cと海溝軸付近及びその東側を含む領域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。

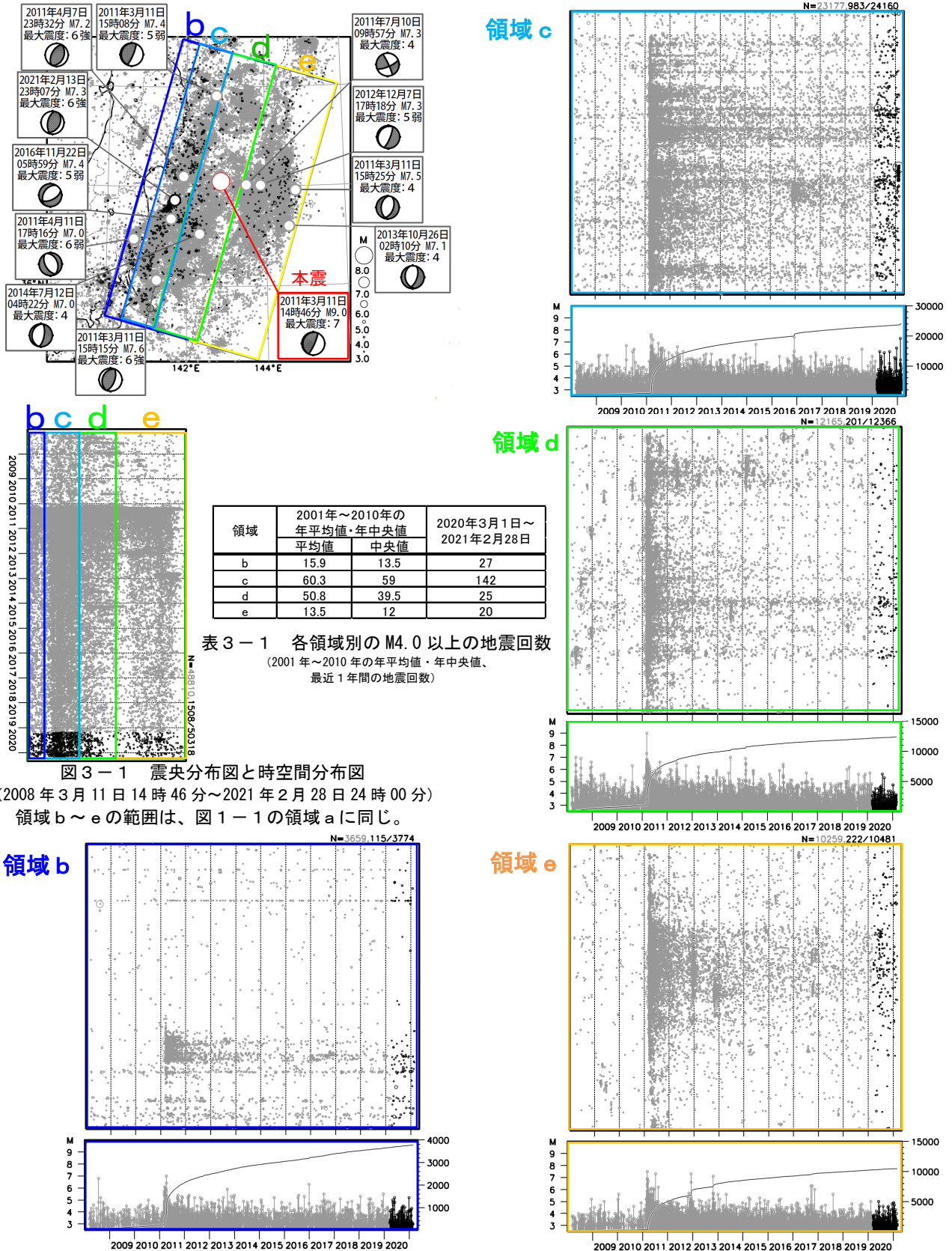


図3-1 震央分布図と時空間分布図
(2008年3月11日14時46分～2021年2月28日24時00分)
領域b～eの範囲は、図1-1の領域aに同じ。

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) 1年毎の余震発生回数の推移

東北地方太平洋沖地震発生前後の地震回数を、0.5度毎に区切った領域で比較した結果を図4に示す。本震で大きなすべりの生じた領域付近の地震活動は低下したが、それに沿った沿岸に近い領域と海溝軸付近の領域では、依然として本震発生前に比べて回数の多い状態が続いている。

※ 東北地方太平洋沖地震発生前の10年間(2001年~2010年)のM4.0以上の地震の年平均回数に対する各期間の年地震回数の比。ただし、2001年~2010年にM4.0以上の地震が発生していない領域については、0.1回/年として計算している。

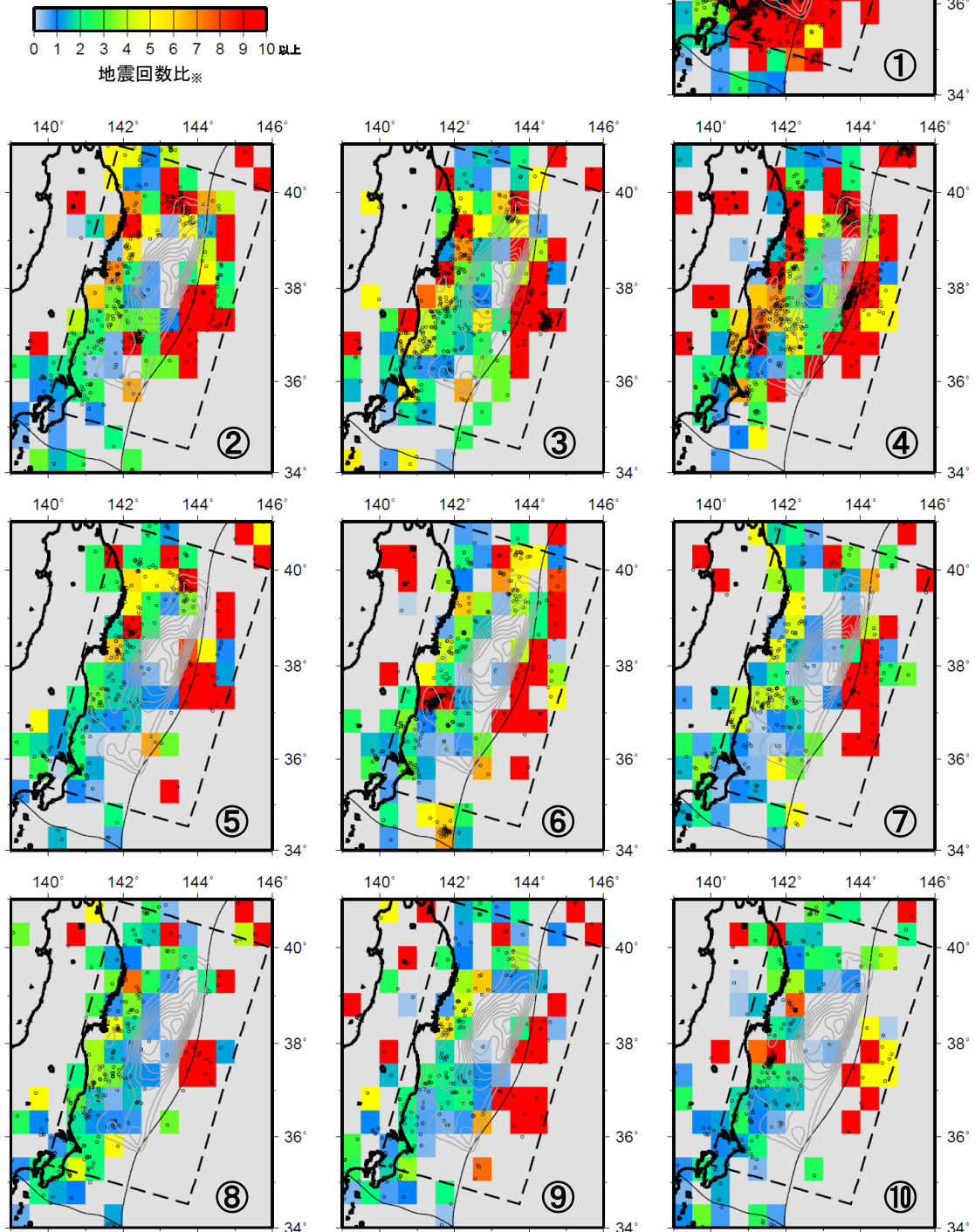


図4 東北地方太平洋沖地震発生前に対する発生後の1年間毎の地震回数比 (M \geq 4.0、深さ0~200km)

右上の①は本震発生から1年間の図、②~⑨は順に本震発生1年後から1年間~本震発生8年後から1年間の図、⑩は本震発生9年後から約1年間(2021年2月28日まで)の図をそれぞれ示す。黒丸は当該期間の地震の震央、点線枠は東北地方太平洋沖地震の余震域を示す。2020年9月1日のS-net活用開始後、海溝軸東側の一部地震は従来より東寄りに震央が決定される傾向があり、⑩の図にはその影響が表れている可能性がある。灰色の細線は東北地方太平洋沖地震時のすべり分布(Yoshida et al., 2011)を示す。海溝軸(黒細線)の位置は日本列島周辺域のプレート境界面分布(<http://evrrss.eri.u-tokyo.ac.jp/database/PLATEmodel/>)の海溝軸データを使用した。

(5) 発震機構別の余震活動の推移

直近5年間および東北地方太平洋沖地震発生直後の1年ごとの発震機構（CMT解）の空間分布を図5-1に示す。また、同期間および地震発生前10年間の、発生場所ごと（※）の発震機構（CMT解）の分布を図5-2に示す。

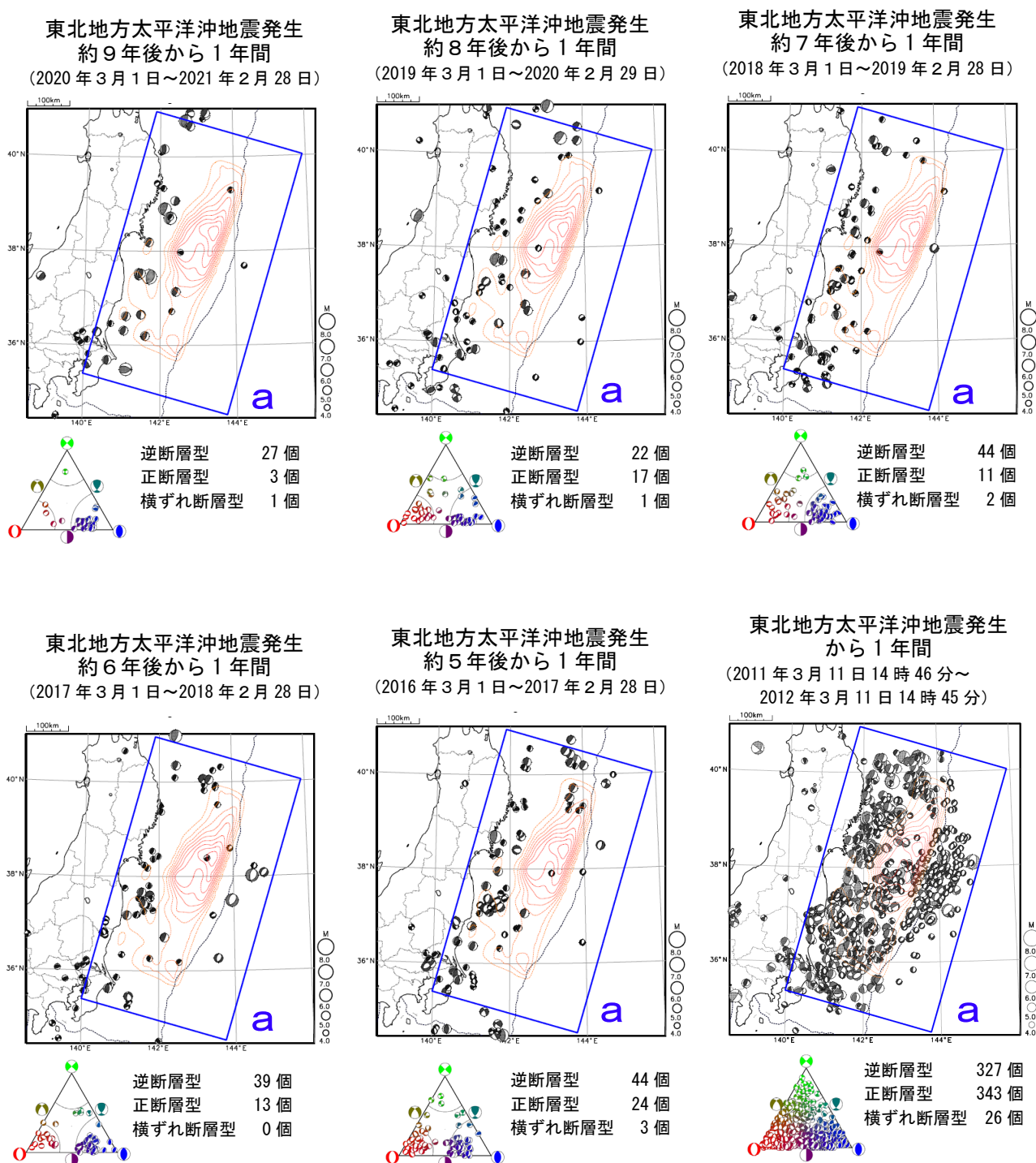


図5-1 直近5年間および東北地方太平洋沖地震発生直後の1年毎の発震機構（CMT解）
発震機構（CMT解）の各1年毎の空間分布（深さすべて、 $M \geq 4.0$ ）および領域a内の発震機構別個数
図中の赤線は、近地強震波形解析による東北地方太平洋沖地震の断層すべり分布（*1）を示す。

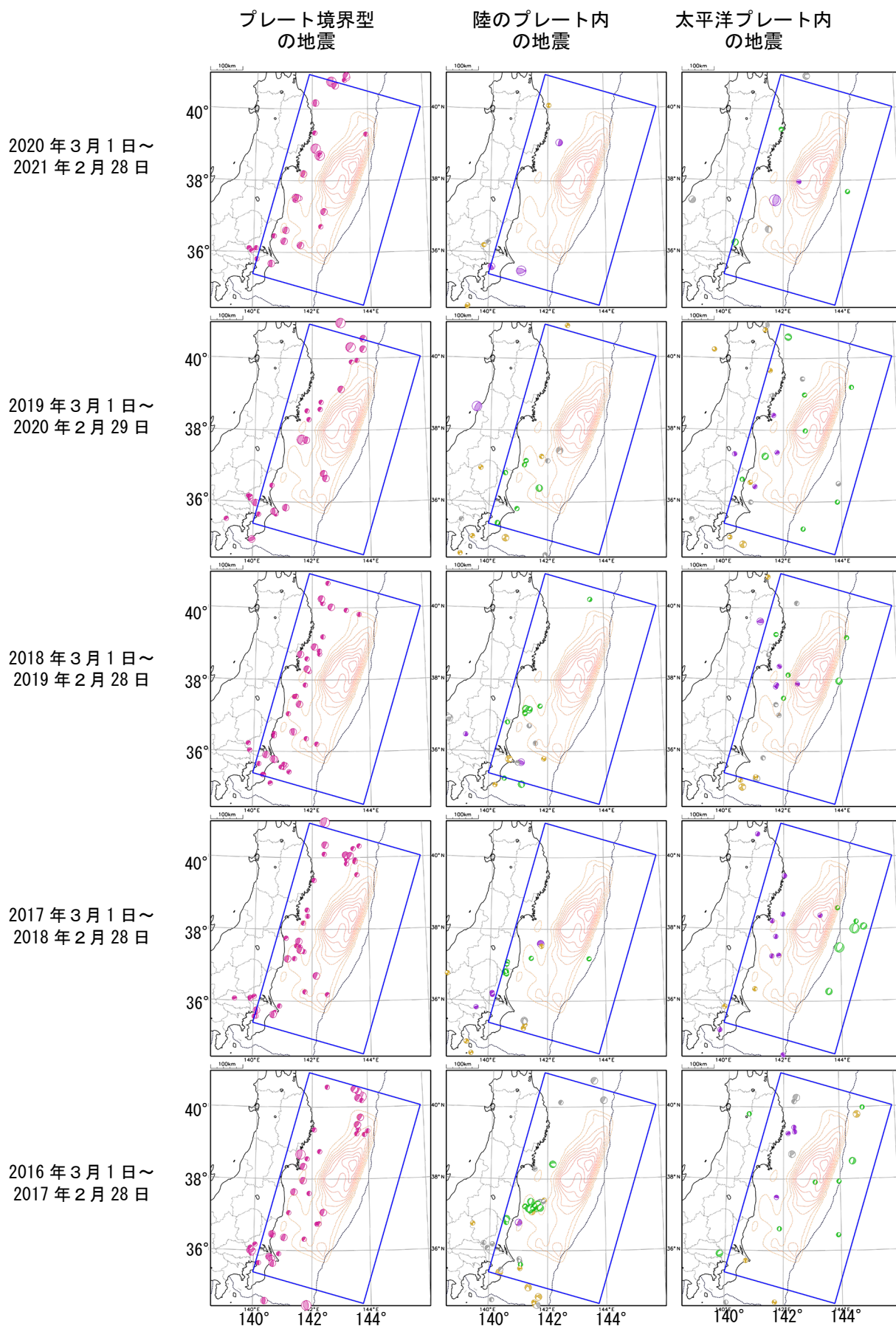


図5-2-1 発生場所(*)毎の発震機構(CMT解)分布図
 直近5年間の発震機構(CMT解)の各1年毎の空間分布(深さすべて、 $M \geq 4.0$)
 赤:逆断層型(プレート境界型の地震)、紫:逆断層型、緑:正断層型、茶:横ずれ断層型
 図中の赤線は、近地強震波形解析による東北地方太平洋沖地震の断層すべり分布(*1)を示す。

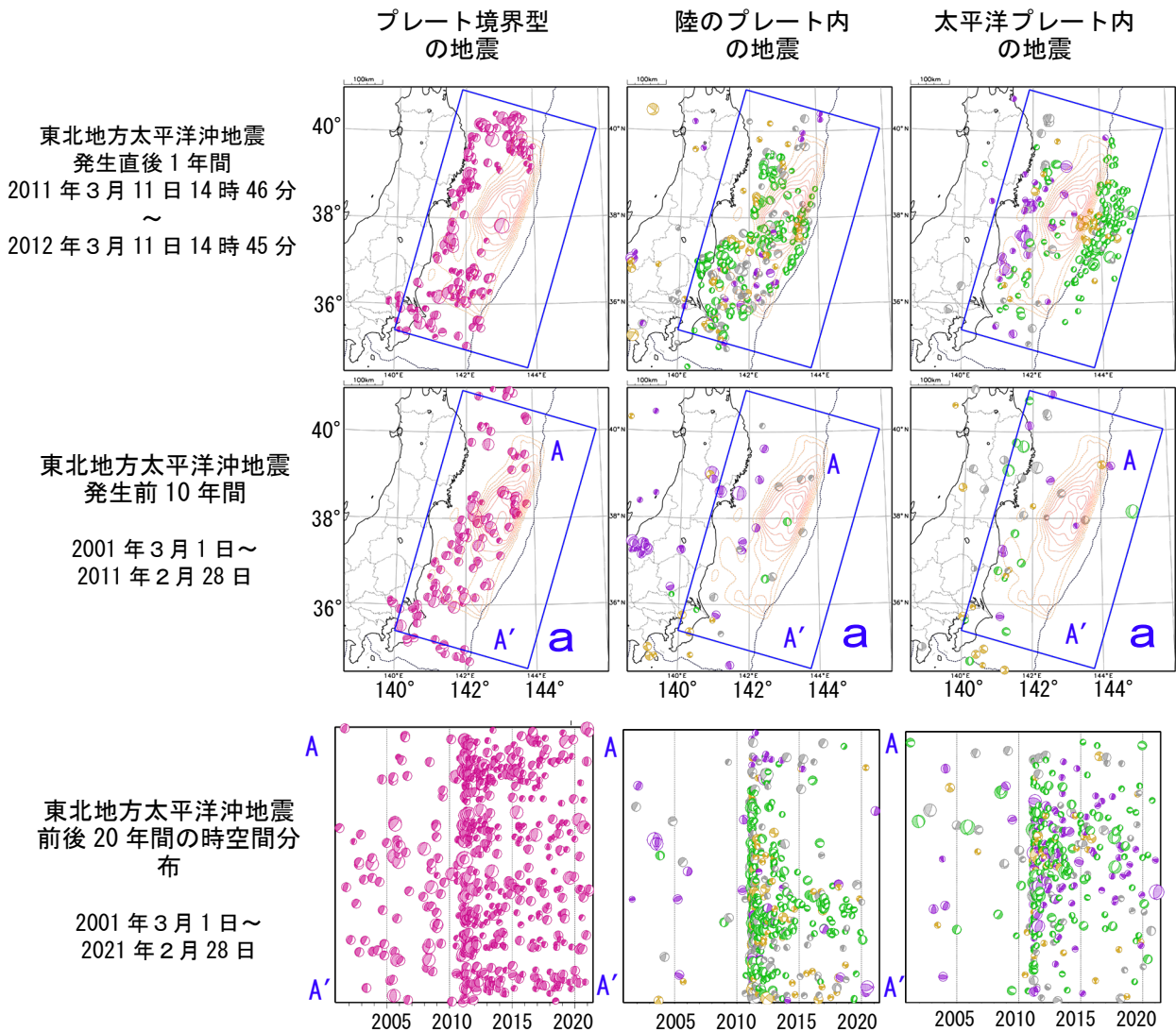


図5-2-2 発生場所(*)毎の発震機構(CMT解)分布図

- 上図 東北地方太平洋沖地震発生直後1年間の発震機構(CMT解)の分布
(2011年3月11日14時46分~2012年3月11日14時45分、深さすべて、 $M \geq 4.0$)
- 中図 東北地方太平洋沖地震発生前10年間の発震機構(CMT解)の分布
(2001年3月~2011年2月、深さすべて、 $M \geq 4.0$)
- 下図 東北地方太平洋沖地震発生前後20年間の領域a内の時空間分布
(2001年3月~2021年2月、深さすべて、 $M \geq 4.0$)

震源球の色は、赤：逆断層型(プレート境界型の地震)、紫：逆断層型、緑：正断層型、茶：横ずれ断層型に対応する。また、図中の赤線は、近地強震波形解析による東北地方太平洋沖地震の断層すべり分布(*)を示す。

※地震の発生場所は下記の基準で分類した。

- プレート境界型の地震 : 低角逆断層型の地震のうち、発震機構(CMT解)による圧力軸の方位が太平洋プレート進行方向に近い地震。
- 陸のプレート内の地震 : 震源が太平洋プレート上面(*2,*3)より浅い地震。プレート境界型に分類した地震を除く。
領域南部ではフィリピン海プレート内、海溝軸付近では太平洋プレート内の可能性がある。
- 太平洋プレート内の地震 : 震源が太平洋プレート上面(*2,*3)より深い地震。プレート境界型に分類した地震を除く。

*1 Yoshida, Y et al. (2011), Source process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake with the combination of teleseismic and strong motion data, Earth Planets Space, 63, 565-569.

*2 Nakajima, J., and A. Hasegawa (2006) Anomalous low-velocity zone and linear alignment of seismicity along it in the subducted Pacific slab beneath Kanto, Japan: Reactivation of subducted fracture zone?, Geophys. Res. Lett., 33, L16309, doi:10.1029/2006GL026773.

*3 Nakajima, J. et al. (2009), Seismotectonics beneath the Tokyo metropolitan area, Japan: Effect of slab-slab contact and overlap on seismicity, J. Geophys. Res., 114, B08309, doi:10.1029/2008JB006101.

(6) 日本及び世界の海域で発生した主な地震との本震以降の地震活動の比較

日本の海域で発生した主な地震の本震発生以降の地震回数と東北地方太平洋沖地震発生以降の余震域内の地震回数の比較を図6-1に示す。東北地方太平洋沖地震の余震域内の地震活動は、これらの地震後の地震活動と比べて活発である。

図6-2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では、震央周辺の海溝軸外側の領域で、本震発生から約7年半後の2012年4月と約11年後の2016年3月にそれぞれMw8.6とMw7.8の地震が発生するなど、震源域及びその周辺で長期にわたり大きな地震が発生している(図6-3、図6-4)。また、M5.0以上の地震回数をみると、本震発生から10年経過後も、本震発生前よりも地震回数の多い状態である(図6-6)。

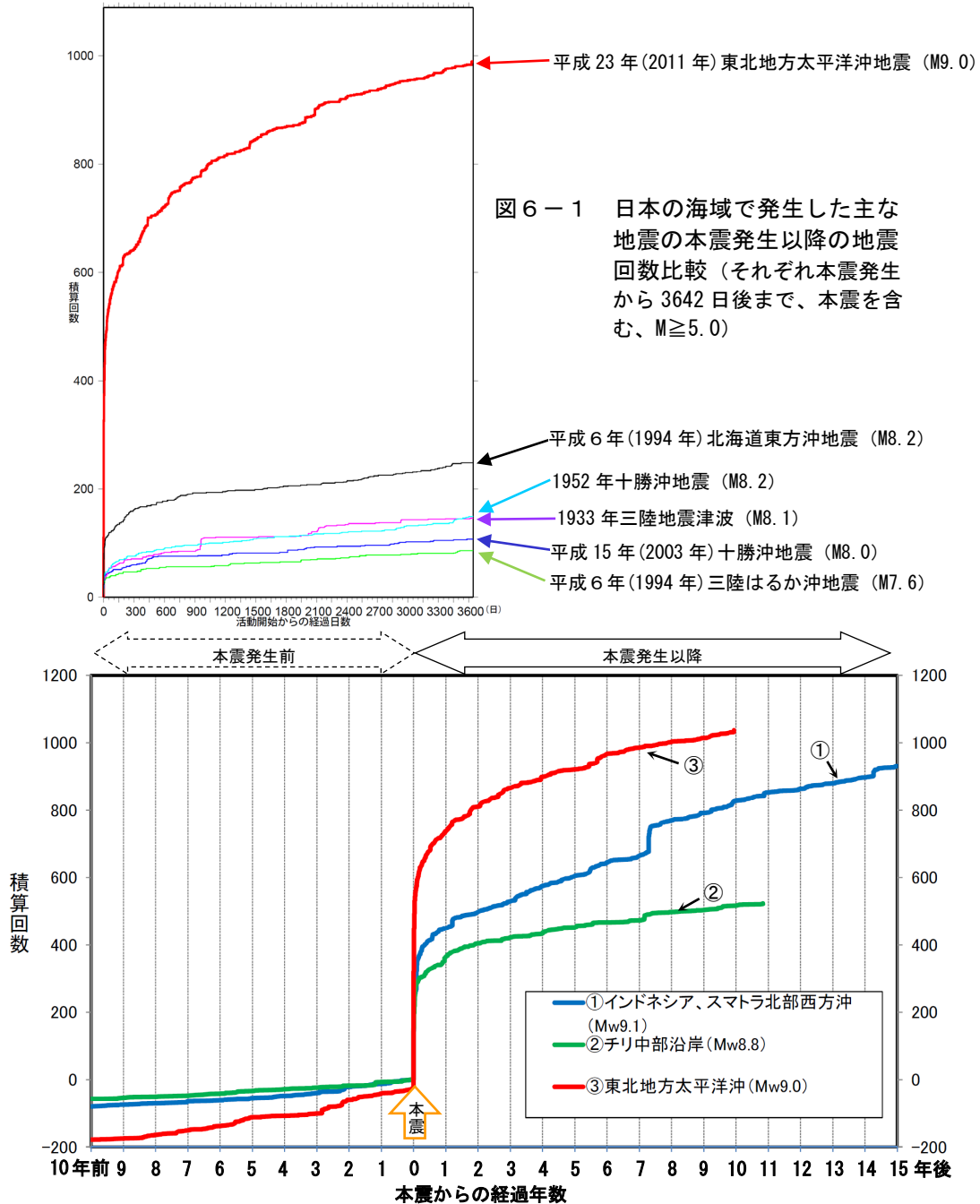


図6-1 日本の海域で発生した主な地震の本震発生以降の地震回数比較(それぞれ本震発生から3642日後まで、本震を含む、 $M \geq 5.0$)

図6-2 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2021年2月28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6-3の、②チリ中部沿岸の地震は図6-4の、③東北地方太平洋沖の地震は図6-5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

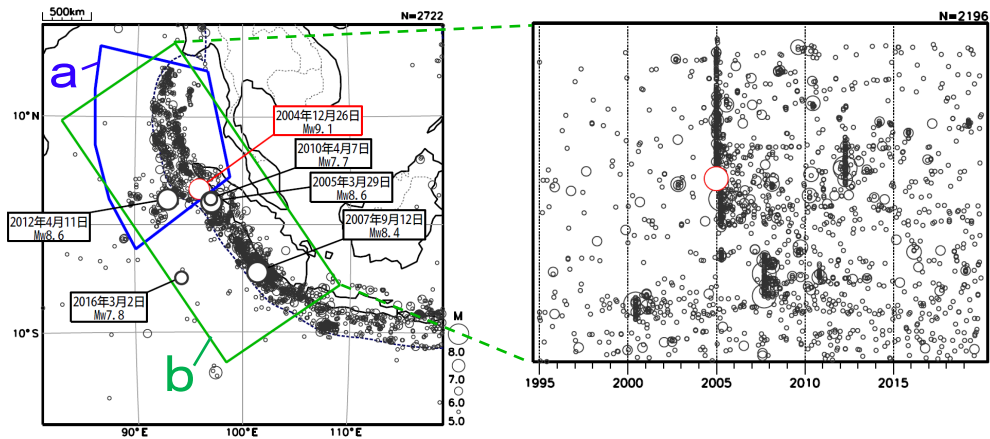


図 6-3 2004 年 12 月 26 日インドネシア、スマトラ北部西方沖の地震 (Mw9.1) の発生前後
 (左) 震央分布図 (1994 年 12 月 26 日~2019 年 12 月 26 日、深さすべて、 $M \geq 5.0$)
 (右) 震央分布図中の領域 b 内の時空間分布図 (南北方向に投影)

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。

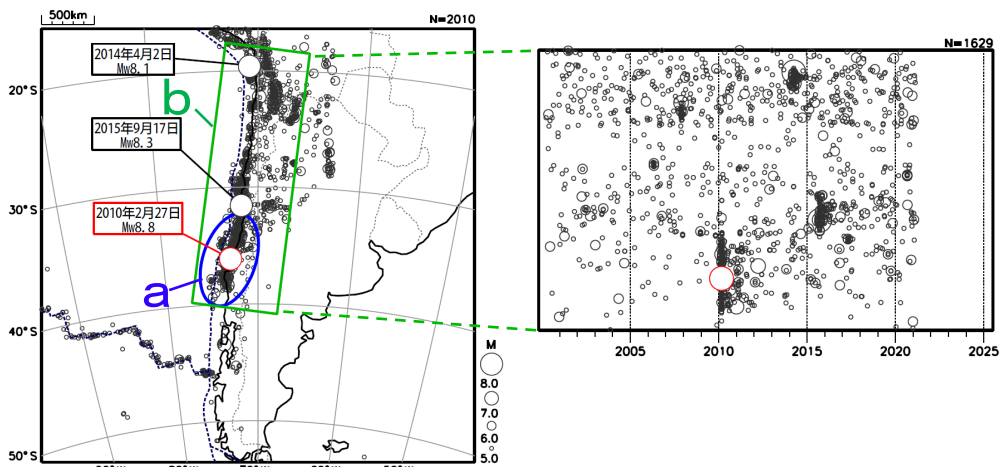


図 6-4 2010 年 2 月 27 日チリ中部沿岸の地震 (Mw8.8) の発生前後
 (左) 震央分布図 (2000 年 2 月 27 日~2021 年 2 月 28 日、深さすべて、 $M \geq 5.0$)
 (右) 震央分布図中の領域 b 内の時空間分布図 (南北方向に投影)

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。

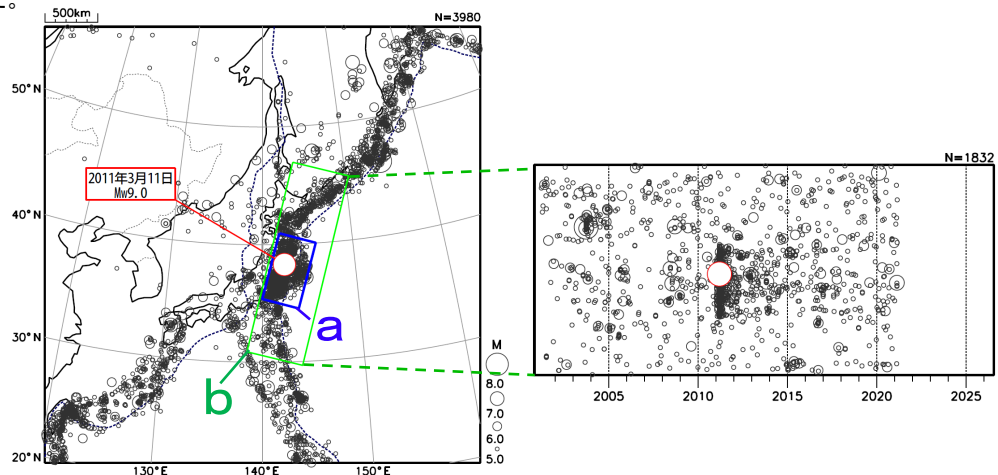


図 6-5 「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」 (Mw9.0) の発生以降
 (左) 震央分布図 (2001 年 3 月 11 日~2021 年 2 月 28 日、深さすべて、 $M \geq 5.0$)
 (右) 震央分布図中の領域 b 内の時空間分布図 (南北方向に投影)
 領域 a の範囲は図 1-1 と同じ。

※ 図 6-3、6-4、6-5 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 6-4、6-5 で 2021 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.

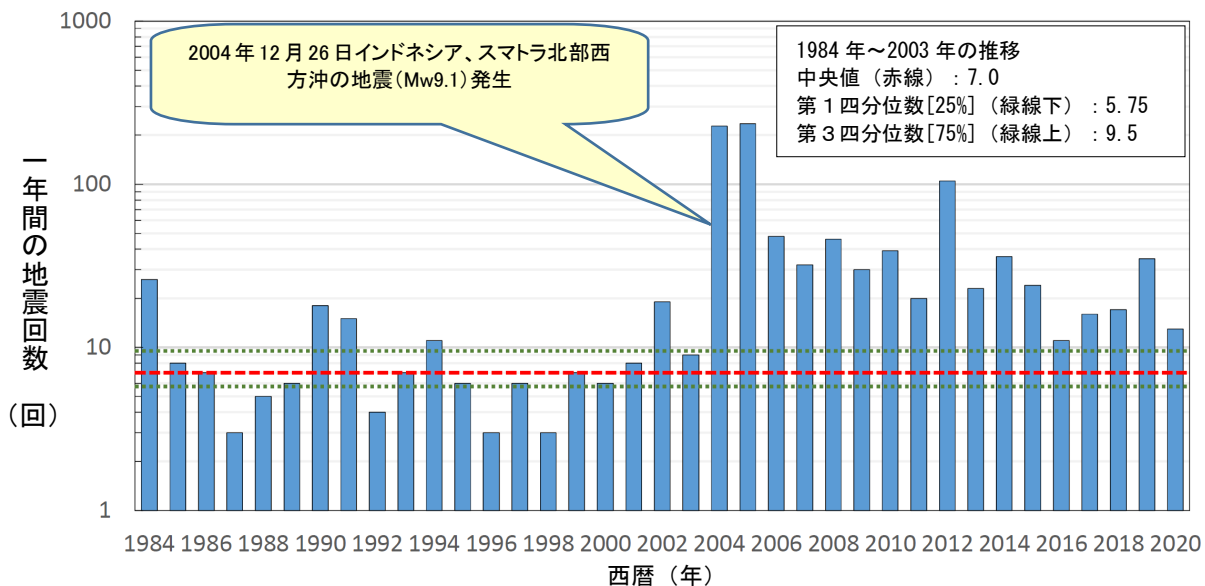
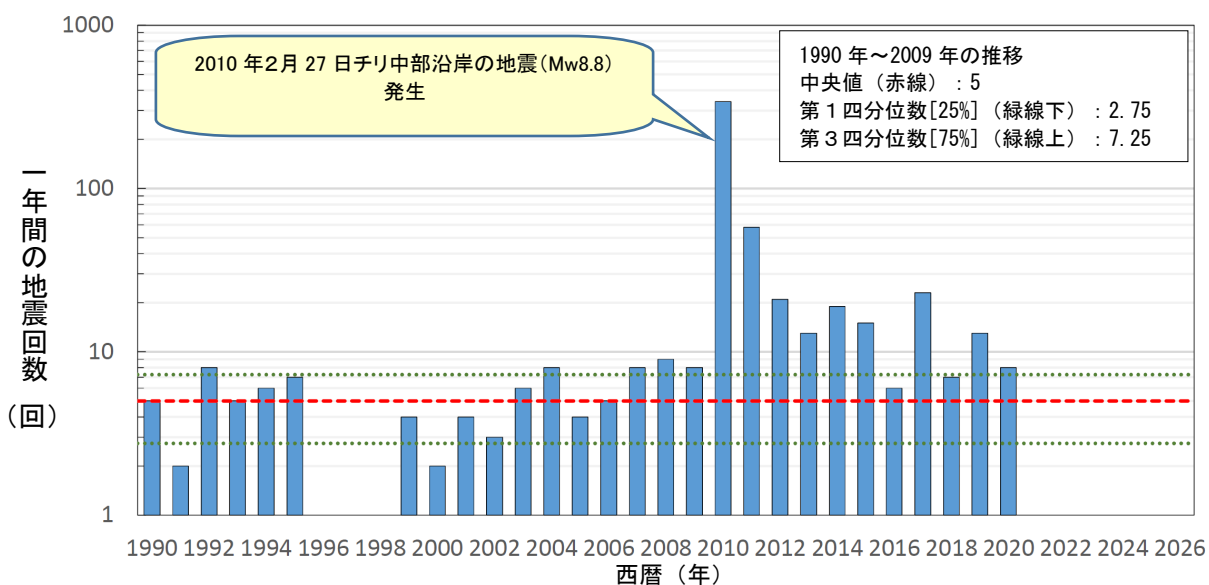
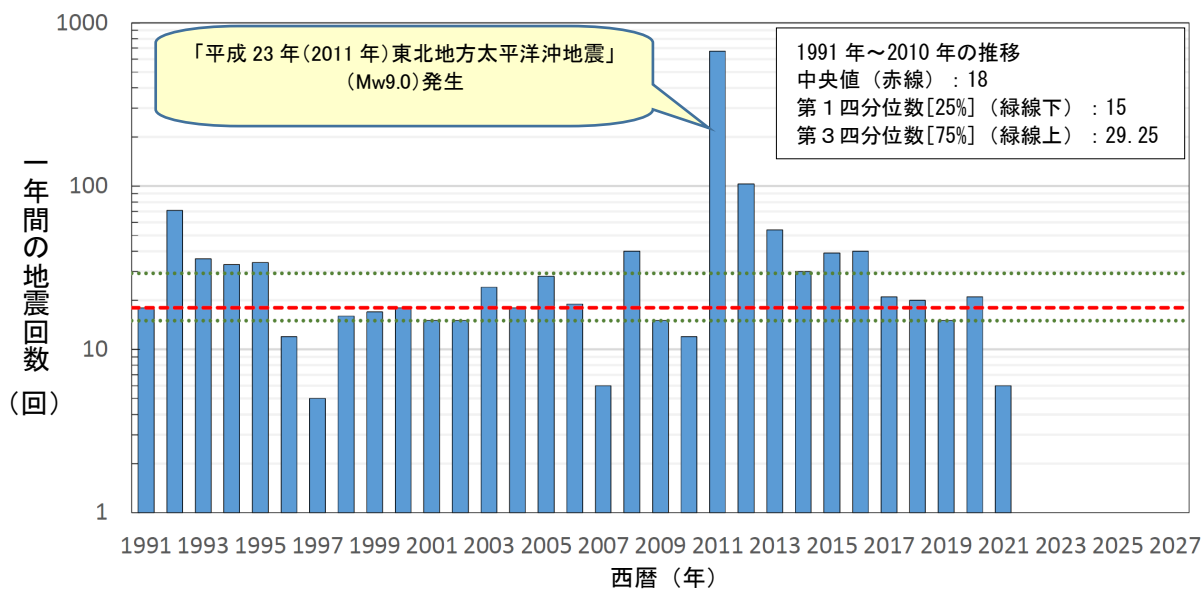
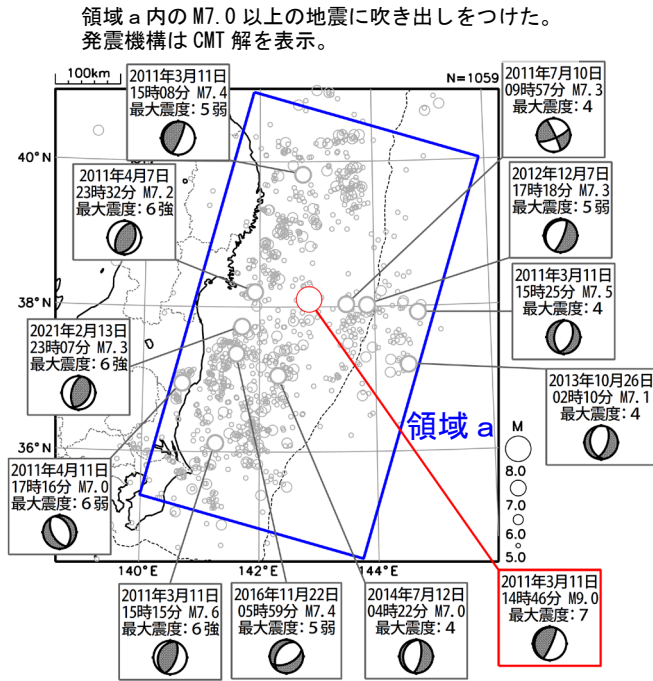


図 6-6 世界の海域で発生した主な地震の発生前後の余震域内の年間地震回数 (M5.0 以上)
 (上) 「平成 23 (2011 年) 年東北地方太平洋沖地震」、(中) 2010 年 2 月 27 日チリ中部沿岸の地震、
 (下) 2004 年 12 月 26 日インドネシア、スマトラ北部西方沖の地震
 ・震源データは、東北地方太平洋沖地震には気象庁震源カタログを、それ以外は米国地質調査所 (USGS) の PDE 震源、及び同ホームページの "Earthquake Archive Search & URL Builder" によるデータ (2021 年 3 月 1 日現在) を使用した
 ・2021 年は 2 月までの集計値

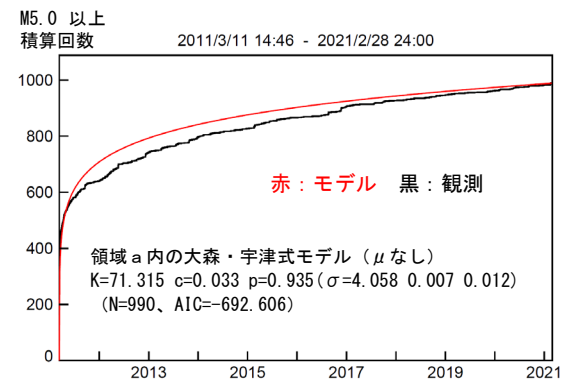
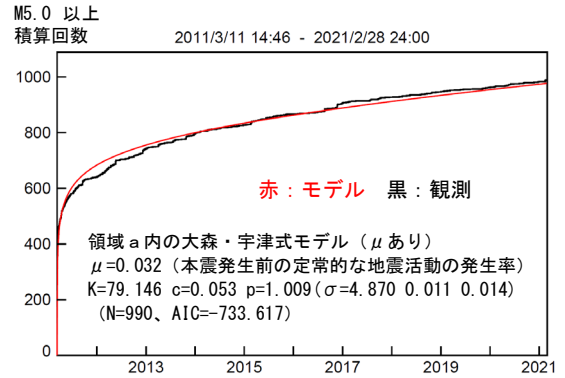
(7) 大森・宇津式による余震回数の統計的予測

2021年2月末までの東北地方太平洋沖地震の余震域内の地震活動 (M \geq 5.0) に大森・宇津式を当てはめ、今後の余震回数について統計的な予測を行った。余震域内では本震発生前から地震活動があり、これを定常的な地震活動 (発生率 $\mu = 0.032$: 1997年10月~2010年12月の地震活動から求めた) とおくと、 μ を用いた大森・宇津式のモデルの方が全体としてこれまでの観測結果を良く説明している。これらのモデルを用いた年発生回数は、本震発生前10年間の中央値に近づいており、今後10年間はさらに回数の変化が乏しくなる。

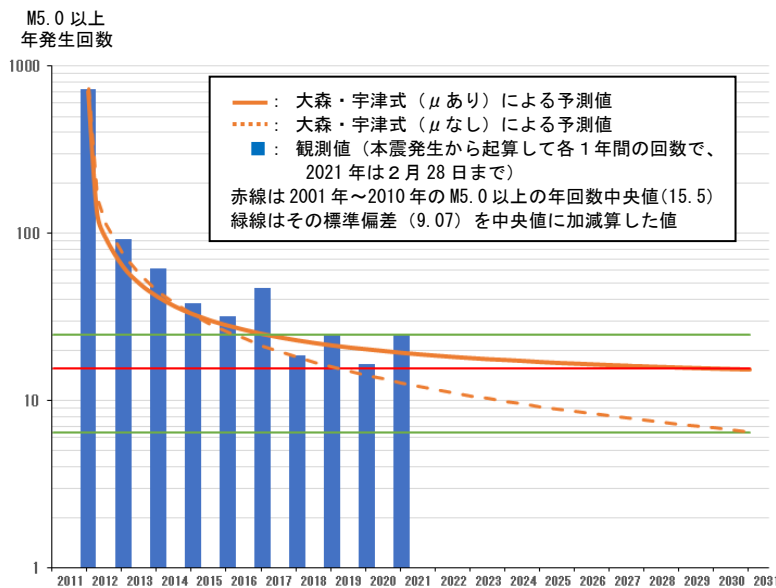
震央分布図 (2011年3月11日14時46分~2021年2月28日、M \geq 5.0、深さすべて)



領域 a 内の大森・宇津式モデルとの比較



領域 a 内の M5.0 以上の地震の年発生回数



起算日	左記から1年間のM5.0以上回数		
	観測値	大森宇津式 (μ あり)	大森宇津式 (μ なし)
2011/3/11	666	702.3	731.3
2012/3/11	84	63.4	74.1
2013/3/11	56	41.8	44.9
2014/3/11	35	33.0	32.6
2015/3/11	29	28.3	25.8
2016/3/11	43	25.1	21.3
2017/3/11	17	23.0	18.2
2018/3/11	23	21.5	15.9
2019/3/11	15	20.4	14.2
2020/3/11	※23	19.4	12.8
2021/3/11		18.7	11.6
2022/3/11		18.1	10.7
2023/3/11		17.6	9.9
2024/3/11		17.1	9.2
2025/3/11		16.7	8.6
2026/3/11		16.4	8.1
2027/3/11		16.1	7.6
2028/3/11		15.9	7.2
2029/3/11		15.6	6.8
2030/3/11		15.4	6.5

※2021年2月28日までの値

図7 東北地方太平洋沖地震の余震活動 (M \geq 5.0) の大森・宇津式による統計的予測