

「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の余震活動

（5 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、744 回、発生 4 年後から平成 28 年 3 月 6 日までの約 1 年間では 615 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 年間の発生回数は約 2 倍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 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 ～ 5 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、時間の経過と共に低下し、発生 4 年後から約 1 年間では 615 回（平成 28 年 3 月 6 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 年間は約 2 倍であり、地震活動の定常的に高い状態が続く沿岸部を中心に、余震活動は依然活発な状態である。

（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、本震発生以降、M7 前後の地震が 1 年に 1 回程度発生しており、本震発生 4 年後からの 1 年間での最大規模の地震は 2015 年 5 月 13 日の宮城県沖の地震（M6.8）であった。（図 1－1、図 1－2）。

M5.0 以上の地震は、本震発生（2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分）から 1 年間の 666 回に対し、その後 1 年間ごとに 84 回、56 回、34 回、29 回（平成 28 年 3 月 6 日時点）と減ってきている一方、その減り方は次第に緩やかになってきている。（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、744 回、615 回（平成 28 年 3 月 6 日時点）と減少している（表 1－1）。さらに発生 3 年後以降を詳しく見ると、月 50 回前後で推移しており、減り方は緩やかで、あまり変化しない状態となっている。（図 1－3、図 1－4）。

M4.0 以上及び震度 1 以上を観測した地震の発生数（6 ヶ月移動平均）をみると、2014 年後半～2015 年前半の頃からは、増減を繰り返しながら長期的に減少する傾向となっている（図 1－5）。

M4.0 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、現在でも約 2 倍の頻度で発生しており、依然活発な状態である。余震には、本震から時間が経過するにつれて回数の減少が緩やかになる性質があり、今後は長い期間をかけて徐々に本震発生前のレベルに戻っていくと考えられる（「（7）余震活動の解析と今後の推移」参照）。なお、東北地方の太平洋側沖合は日本付近で最も地震活動が活発な海域のひとつであり、東北地方太平洋沖地震以前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 1－6）。

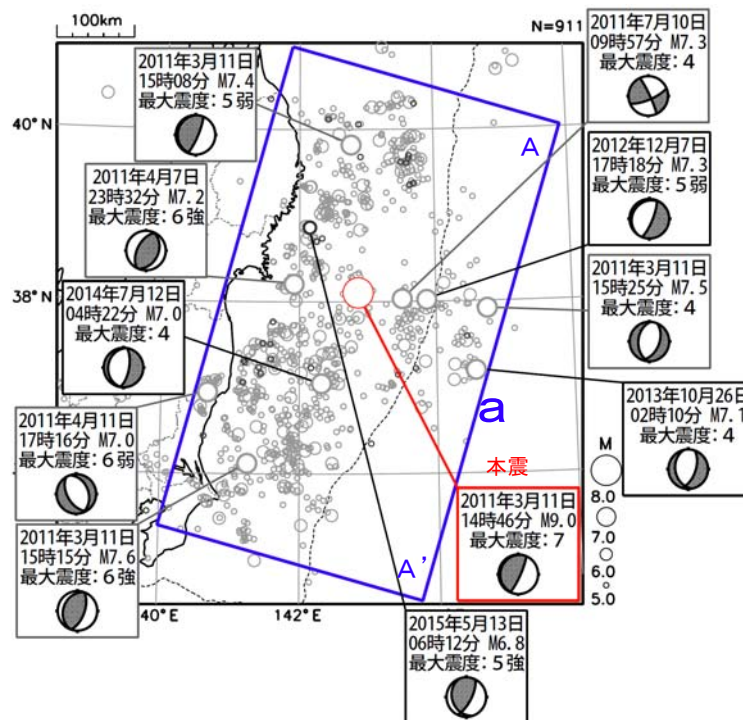


図 1－1 震央分布図（2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分～2016 年 2 月 29 日 24 時 00 分、深さすべて、 $M \geq 5.0$ ）

東北地方太平洋沖地震の発生から 4 年後（2015 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 以上と 2015 年 5 月 13 日の宮城県沖の地震（M6.8）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

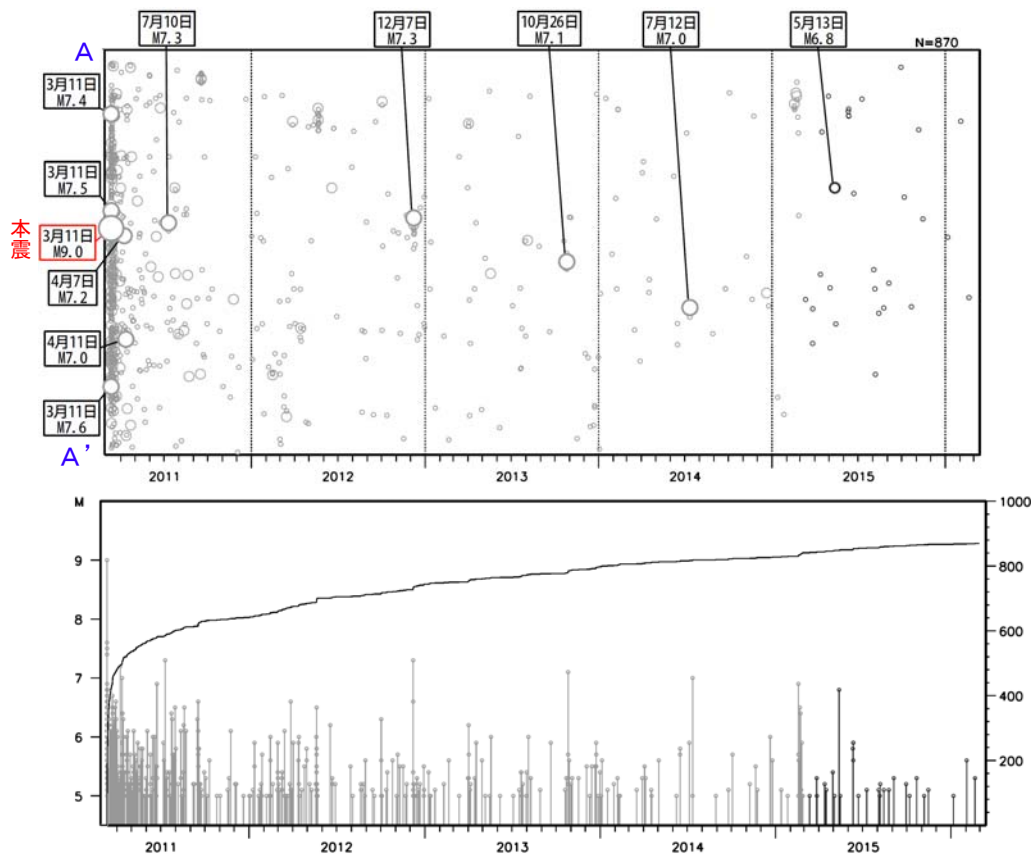


図1-2 図1-1領域a内の時空間分布図（上段、A-A'投影）とM-T図及び回数積算図（下段）
本震の発生から4年後（2014年3月11日14時46分）以降に発生した地震を濃く表示している。時空間分布図では、M7.0以上と2015年5月13日の宮城県沖の地震（M6.8）に吹き出しをつけた。

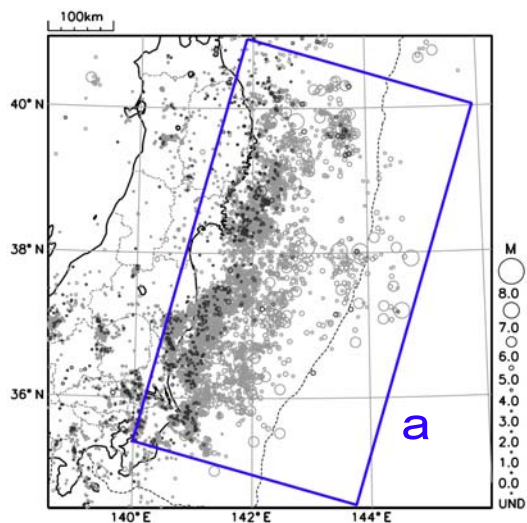


図1-3 震度1以上を観測した地震の震央分布図
（2011年3月11日14時46分～2016年2月29日24時00分、
深さ・Mすべて、）
東北地方太平洋沖地震の発生から4年後（2015年3月11日14時46分）
以降に発生した地震を濃く表示している。
領域a：東北地方太平洋沖地震の余震域

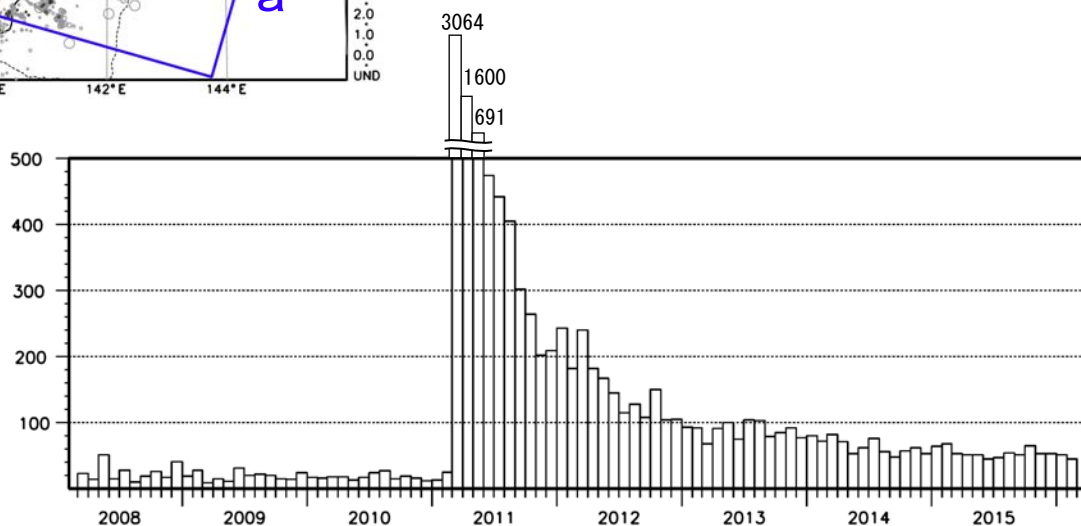


図1-4 余震域（図1-3の領域a）内で発生した地震のうち震度1以上を観測した地震の月別回数（2008年3月～2016年2月）

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～2016 年 3 月 6 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。合計の月の期間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は本震発生から 3 年後から 4 年後まで、期間⑤はそれ以降 2016 年 3 月 6 日までの合計。2011 年 3 月と 2016 年 3 月は 1 ヶ月間ではない、また、期間⑤は 1 年間でないことに注意。

		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								
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				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			26	1	31	15	5	2						53		

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								
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	3				3	0	8	1									9
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	214	28	1	0	243	29	385	162	58	9	0	1	0	0	0		615
	計	6,345	751	109	10	7,215	870	7,309	3,354	1,063	282	47	17	2	2	1		12,077

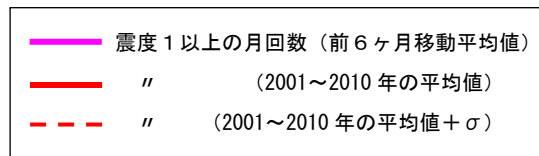
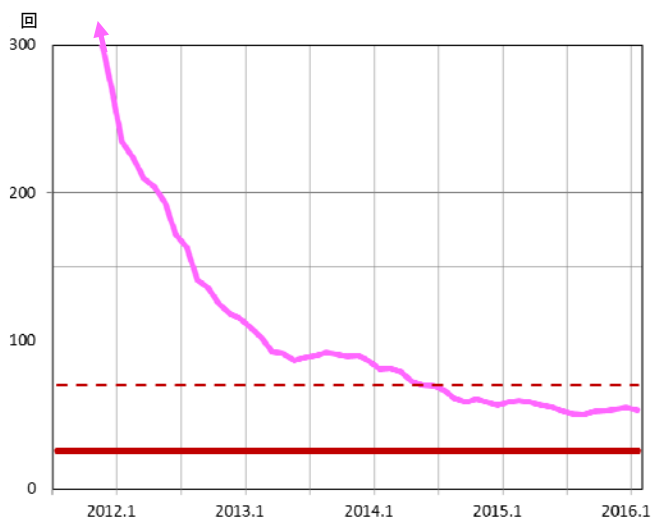
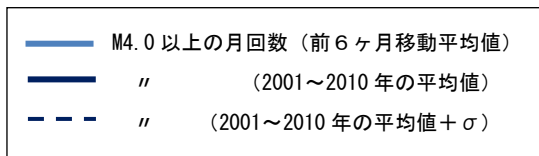
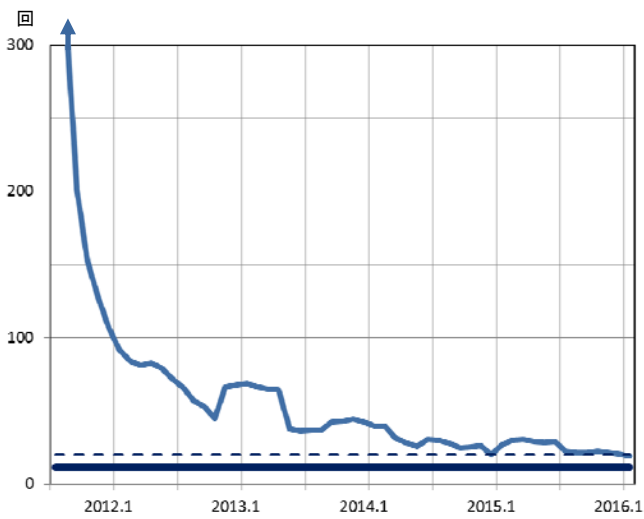


図 1-5 余震域（図 1-1 の領域 a）内で発生した地震の月回数（前 6 ヶ月の移動平均値、2011 年 8 月～2016 年 2 月）

左： M4.0 以上の地震

右： 震度 1 以上を観測した地震

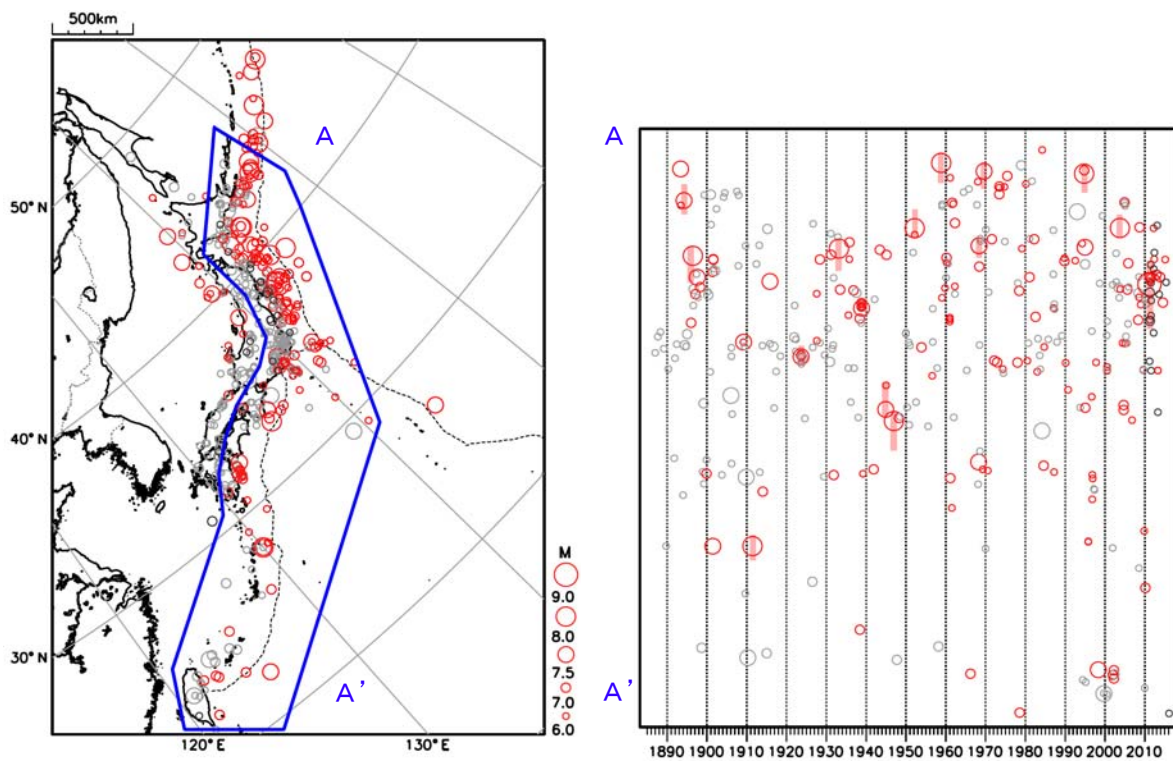


図 1-6 被害または津波を伴った地震の震央分布図（左：1885 年 1 月 1 日～2016 年 2 月 29 日、深さすべて、 $M \geq 6.0$ ）及び時空間分布図（右：A-A' 投影）

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、1989～2016 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（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「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（第二版）」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。

(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4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4年後から約1年間（2015年3月11日14時46分～2016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。この地震の概要は次の通り。

・2015年5月13日 宮城県沖の地震（M6.8、最大震度5強）（図2-2、図2-3）

発震機構（CMT 解）は東西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、岩手県で住家一部破損2棟の被害が生じた（総務省消防庁による）。

この地震の震央付近では、1940年から2002年までに5回のM6.0以上の地震が発生しており、地震波形の特徴などからこれらの地震は繰り返し相似地震と推定されている*（図2-3の緑枠内の地震）。その後、東北地方太平洋沖地震後に今回の地震を含めてM6.0以上の地震が4回発生している（図2-3の青枠内の地震と今回の地震）が、2002年の地震と比較した結果、いずれの地震も繰り返し相似地震ではなかった。これらの地震で推定されたすべり域を比較すると、2011年から2012年に発生した3つの地震のすべり域は2002年の地震のすべり域よりも西側にずれており、今回の地震のすべり域は2002年の領域を含みより東側に広がっている。

* 高齋祥孝, 下川淳, 長谷川安秀, 太田健治, 溜渕功史, 草野富二雄 (2014): 東北地方太平洋沖の繰り返し相似地震, 気象研究所技術報告, 72, 85-107

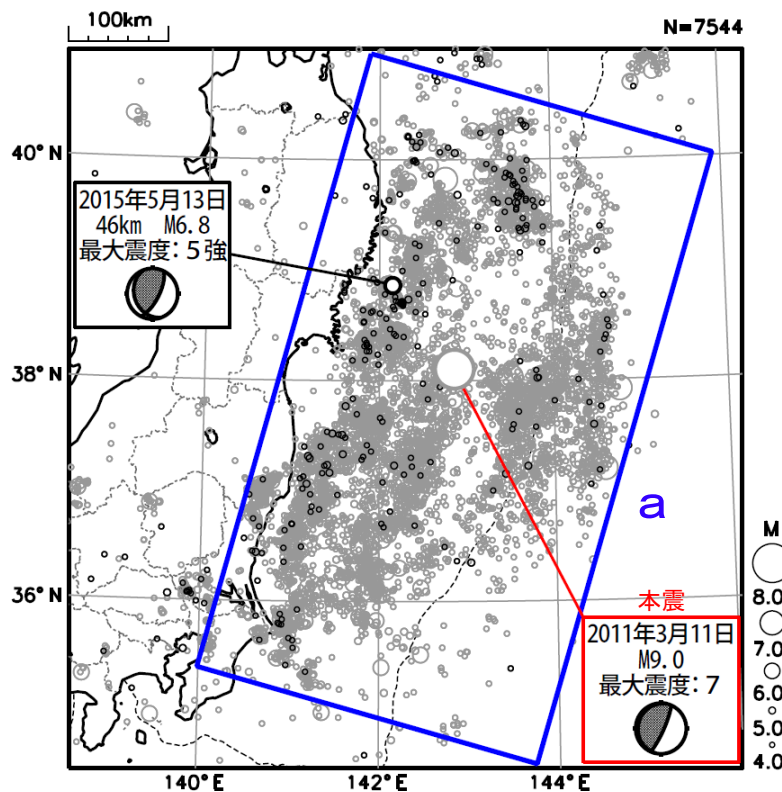


図2-1 震央分布図

（2011年3月11日14時46分～2016年2月29日24時00分、深さすべて、 $M \geq 4.0$ ）

東北地方太平洋沖地震発生の4年後から約1年間（2015年3月11日14時46分～2016年2月29日24時00分）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4年後（2015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。

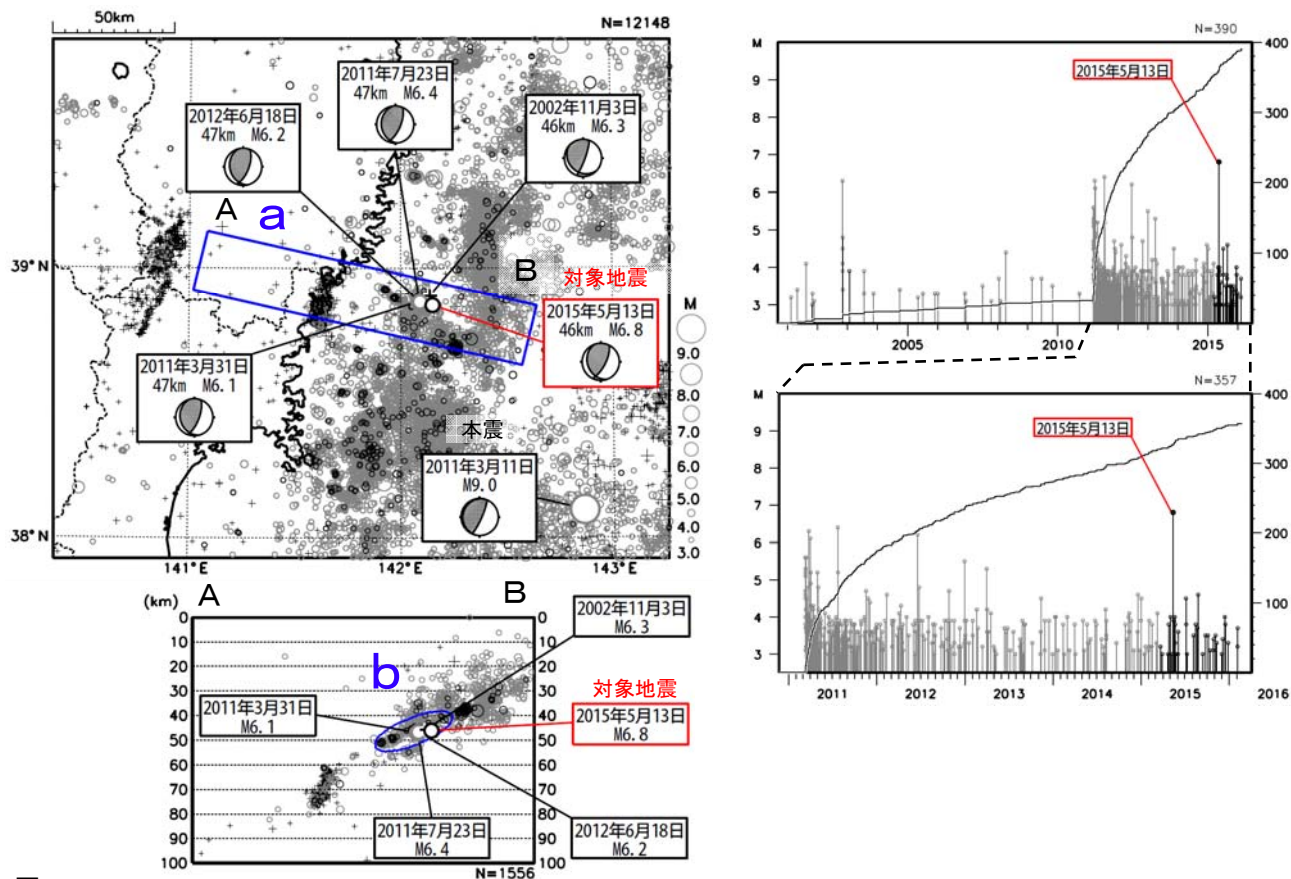


図 2-2

(左上) 震央分布図 (2001 年 1 月 1 日～2016 年 2 月 29 日、深さ 0～100km、 $M \geq 3.0$)、
 (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～2016 年 2 月 29 日)、
 (右下) 領域 b 内の M-T 図及び回数積算図 (2011 年 1 月 1 日～2016 年 2 月 29 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 4 年間で発生した地震を薄い○、4 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。

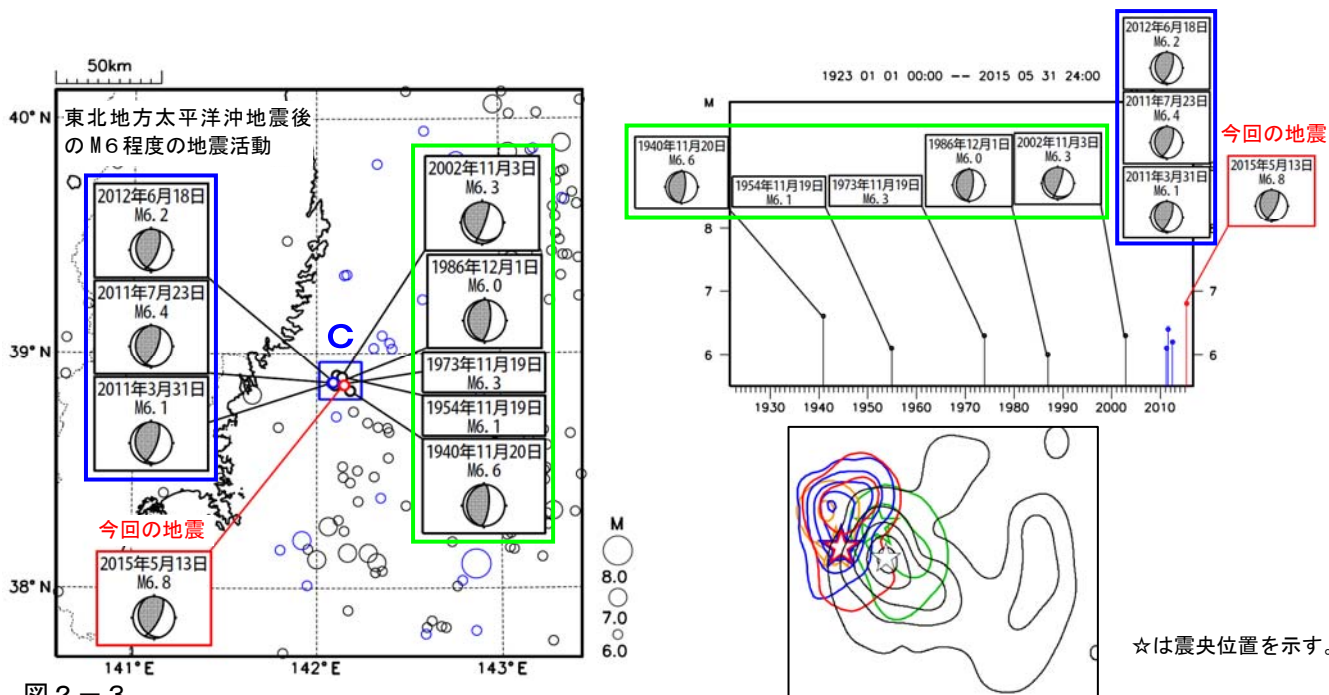


図 2-3

(左上) 震央分布図 (1923 年 1 月 1 日～2015 年 5 月 31 日、深さ 0～100km、 $M \geq 6.0$)、
 (右上) 領域 c 内の M-T 図 (1923 年 1 月 1 日～2015 年 5 月 31 日)、

東北地方太平洋沖地震以降に発生した地震を青色、2015 年 5 月以降の地震を赤色で表示している。1970 年以前の発震機構解は Ichikawa (1970) による。2002 年以降の地震の発震機構解は CMT 解。

(右下) すべり分布の比較図

2002 年 11 月 3 日 M6.3 の地震のすべり分布を緑線、2011 年 3 月 31 日 M6.1 の地震を橙線、2011 年 7 月 23 日の M6.4 の地震を青線、2012 年 6 月 18 日の M6.2 の地震を赤線、2015 年 5 月 13 日の M6.8 の地震を黒線で表示している。コンターは 0.1 m 単位。

気象庁作成

② 東北地方太平洋沖地震発生から5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5年間（2011年3月11日14時46分～2016年2月29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2-4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1に示す。

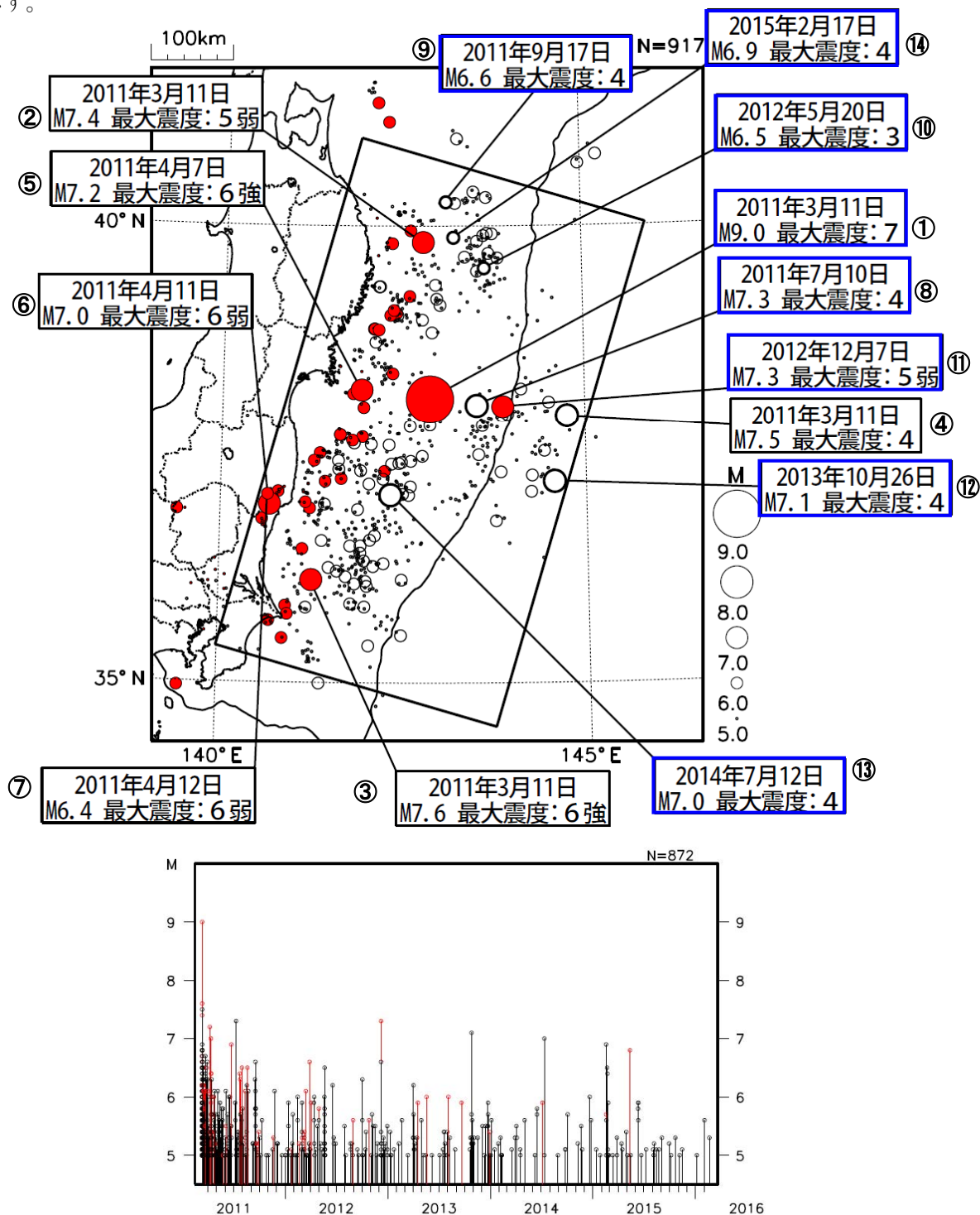


図2-4

(上) 震央分布図（2011年3月11日14時46分～2016年2月29日24時00分、M≥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、次項の表中の番号と対応）

・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 強以上を観測した地震、M7.0 以上の地震

※ 1 番号は震央分布図中の吹き出しの番号に対応。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、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。

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	—	—
	2012 年	3 月 14 日	千葉県東方沖	6.1	5 強	—	—
⑩		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
	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	—	—
⑫		10 月 26 日	福島県沖	7.1	4	36cm	石巻市鮎川
⑬	2014 年	7 月 12 日	福島県沖	7.0	4	17cm	石巻市鮎川
⑭	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	—	—

(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。陸域の領域bでは、福島県浜通りの地震活動を除き、東北地方太平洋沖地震前後で活動に大きな変化は見られない。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。沖合の領域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。

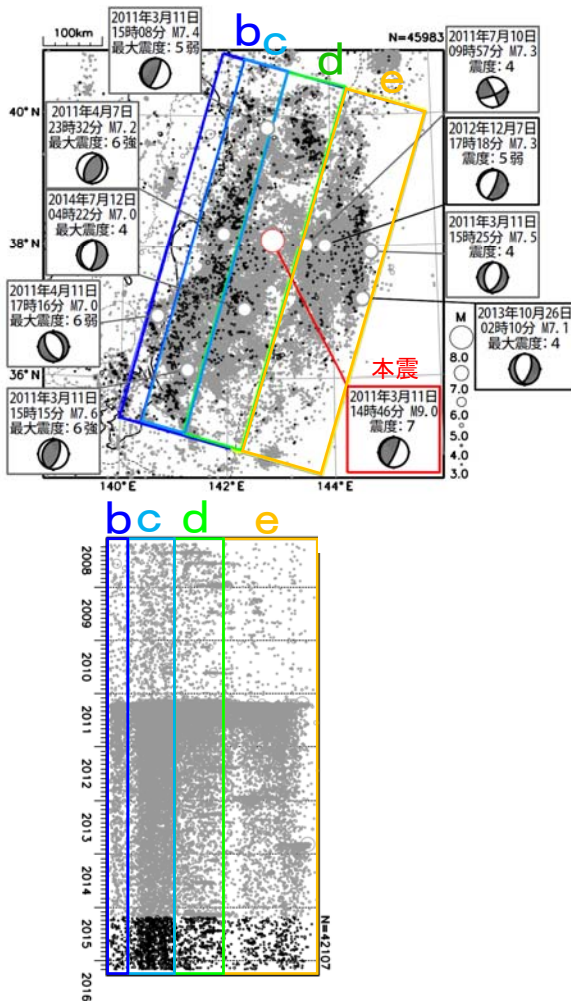
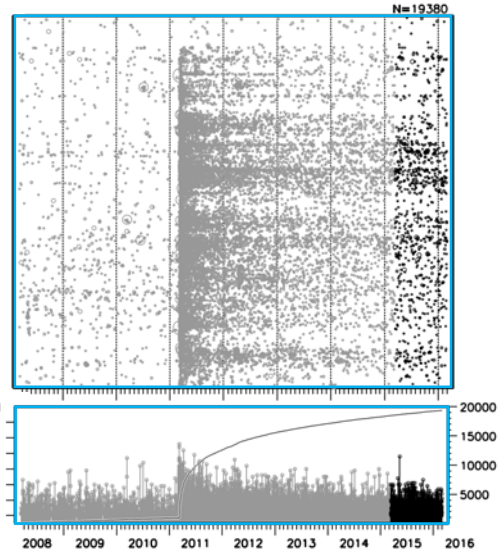


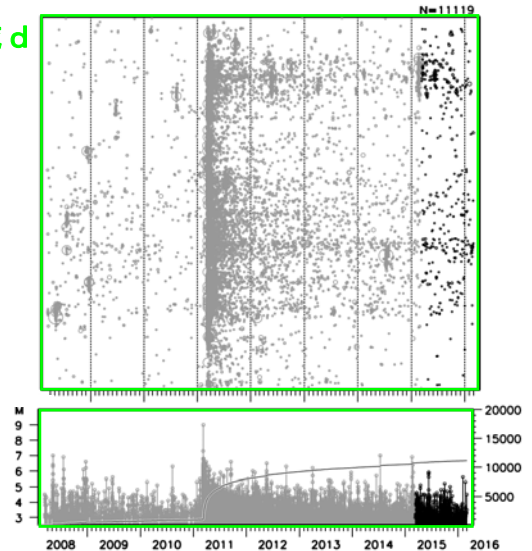
図3-1 震央分布図と時空間分布図
(2008年3月11日14時46分～2016年2月29日24時00分
M $\geq$ 3.0、深さ全て)

領域b～eの範囲は、図1-1の領域aと同じ。

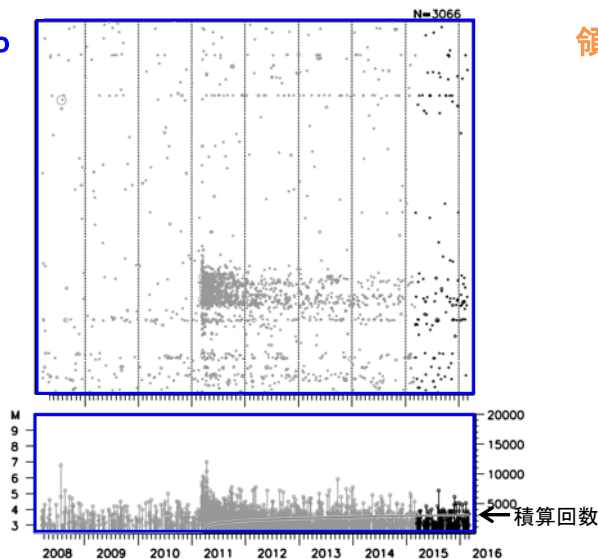
領域c



領域d



領域b



領域e

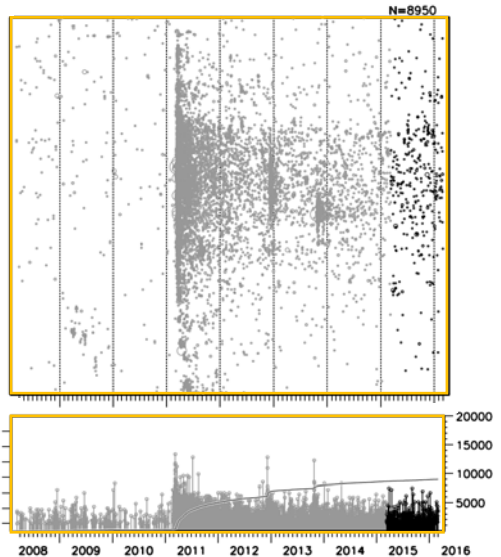


図3-2 各領域（図3-1の領域b～e）の時空間分布図とM-T図及び回数積算図
(左下：領域b 右上：領域c 右中：領域d 右下：領域e)

(4) 発震機構別の余震活動の推移

東北地方太平洋沖地震発生後、1年毎の余震の発生状況と同期間の発震機構（CMT 解）の分布を図4-1に、また、同期間に加え、2001年から2010年までの期間を含む、発生場所毎（※）の発震機構（CMT 解）の分布と時空間分布図を図4-2に示す。

プレート境界型の地震は、本震発生後は本震時のすべり量の大きかった領域を避けるように分布している。また、本震発生から1年間は、陸のプレート内で正断層型の地震、陸地に近い領域の太平洋プレート内で逆断層型の地震、海溝軸付近の太平洋プレート内で正断層型の地震がそれぞれ増えた。1年後以降はいずれの活動も低下しており、最近1年では、陸のプレート内の正断層型の地震は主に福島県沖・茨城県沖で、太平洋プレート内の逆断層型の地震は主に本震時のすべり量の特に大きな領域と陸地との間で、太平洋プレート内の正断層型の地震は主に海溝軸付近でそれぞれ発生している。

※地震の発生場所について

ここでは、発生場所毎の地震を、以下の基準で分類した。

プレート境界型の地震：逆断層型の地震のうち、断層面の傾斜角が 45° 以下で圧力軸の方位がプレートの進行方向と近いもの。
 陸のプレート内の地震：セントロイド（その地震の断層面の中で最もすべり量が大きかった場所）の深さが Nakajima and Hasegawa (2006) *1 及び Nakajima et al. (2009) *2 による太平洋プレート上面の深さより浅いもの。
 太平洋プレート内の地震：上記太平洋プレート上面の深さより深いもの。

東北地方太平洋沖地震発生 から1年間

(2011年3月11日14時46分～
2012年3月11日14時45分)

東北地方太平洋沖地震発生 1年後から1年間

(2012年3月11日14時46分～
2013年3月11日14時45分)

東北地方太平洋沖地震発生 2年後から1年間

(2013年3月11日14時46分～
2014年3月11日14時45分)

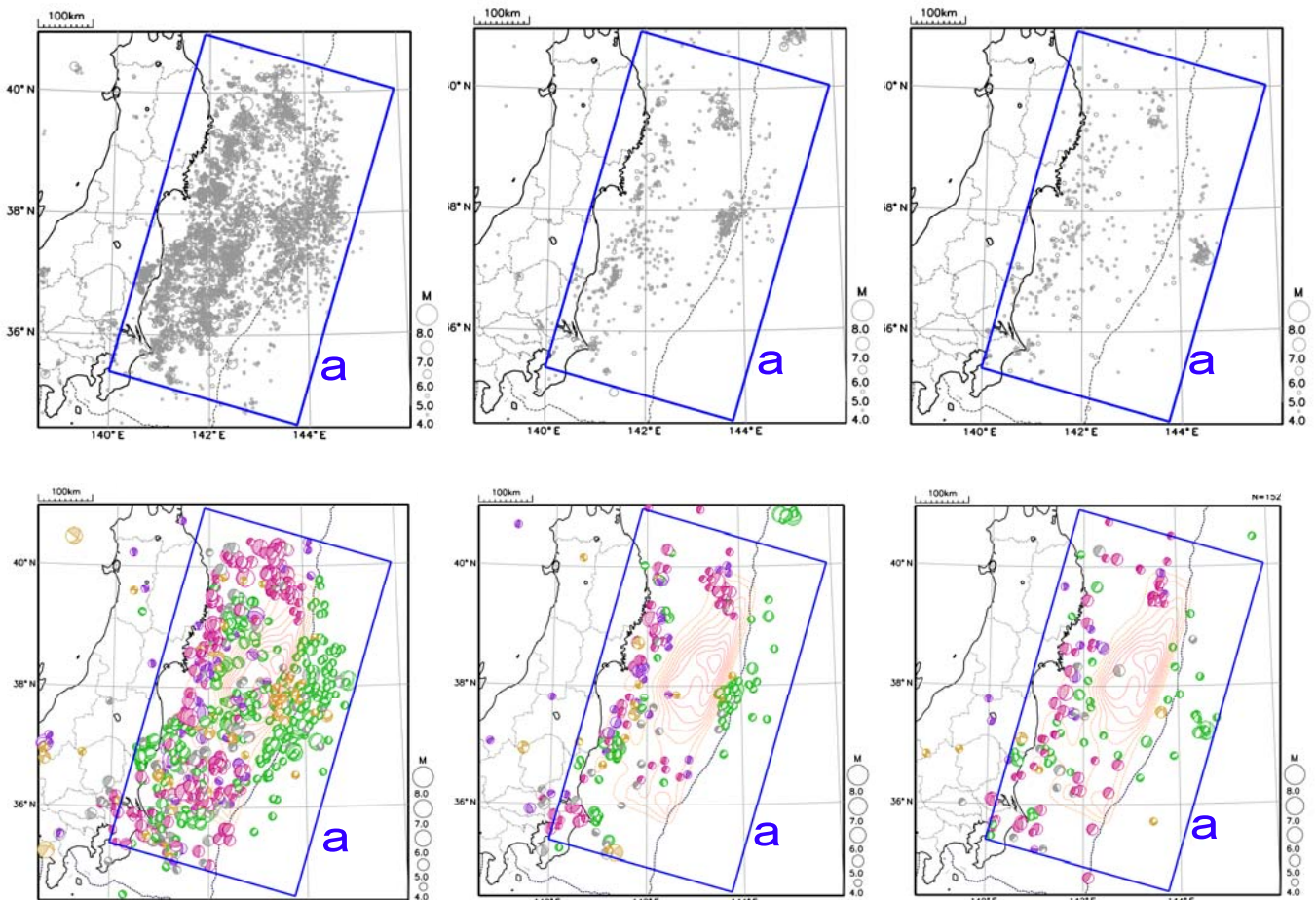
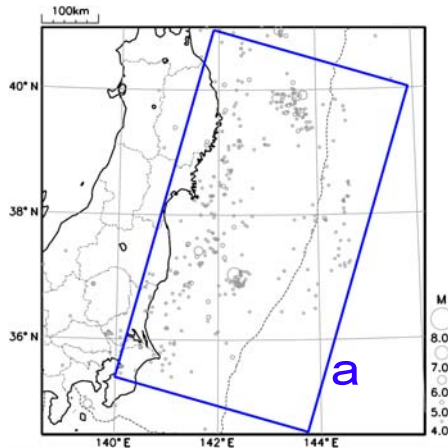


図4-1-1 東北地方太平洋沖地震発生から3年間の1年毎の震央分布図（深さすべて、 $M \geq 4.0$ ）（上段）、
発震機構（CMT 解）の分布図（深さすべて、 $M \geq 4.0$ ）（下段）

下段の発震機構の分布図については、逆断層型の地震を紫（「プレート境界型の地震」を特に赤で表示）、正断層型の地震を緑、横ずれ断層型の地震を茶色、その他の地震を灰色で表示、シンボルはセントロイドの位置に表示している。また、東北地方太平洋沖地震の近地強震波形による断層すべり分布（Yoshida et al. (2011) *3 による）のすべり量を赤色の等値線で表示している。

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 3 月 11 日 14 時 45 分)



東北地方太平洋沖地震発生の
4 年後から約 1 年間

(2015 年 3 月 11 日 14 時 46 分～
2016 年 2 月 29 日 24 時 00 分)

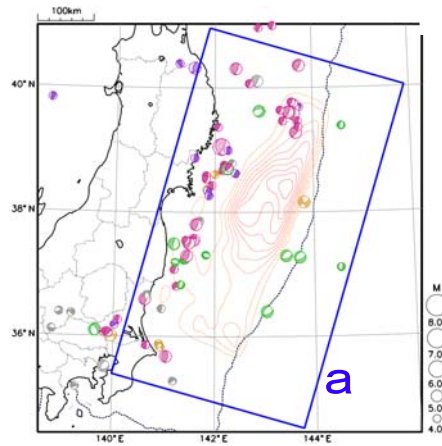
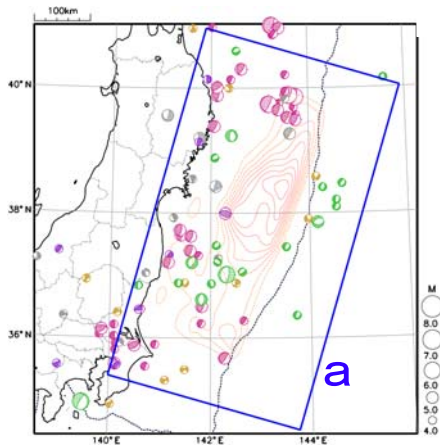
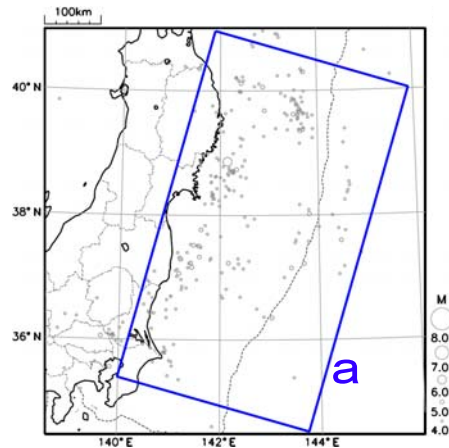


図 4-1-2 東北地方太平洋沖地震発生から 3 年後以降の 1 年毎の震央分布図（深さすべて、 $M \geq 4.0$ ）
（上段）、発震機構（CMT 解）の分布図（深さすべて、 $M \geq 4.0$ ）（下段）

下段の発震機構の分布図については、逆断層型の地震を紫（「プレート境界型の地震」を特に赤で表示）、正断層型の地震を緑、横ずれ断層型の地震を茶色、その他の地震を灰色で表示、シンボルはセントロイドの位置に表示している。また、東北地方太平洋沖地震の近地強震波形による断層すべり分布（Yoshida et al. (2011)*3 による）のすべり量を赤色の等値線で表示している。

- *1 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.
- *2 Nakajima, J., F. Hirose, and A. Hasegawa (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.
- *3 Yoshida, Y., H. Ueno, D. Muto, and S. Aoki (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.

「プレート境界型の地震」

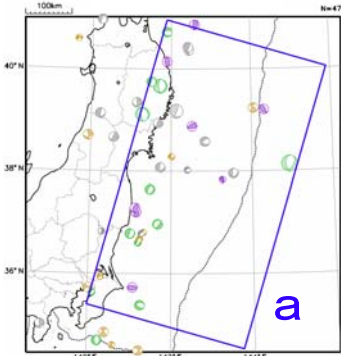
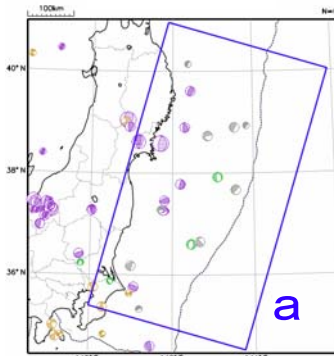
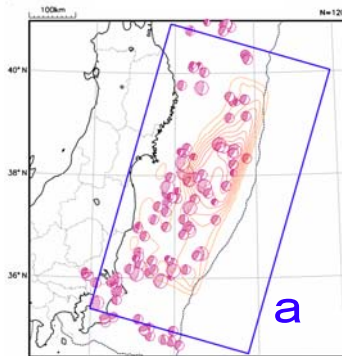
東北地方太平洋沖地震の近地強震波形による断層すべり分布 (Yoshida et al. (2011)*3による) のすべり量を赤色の等値線で表示している。

「陸のプレート内の地震」

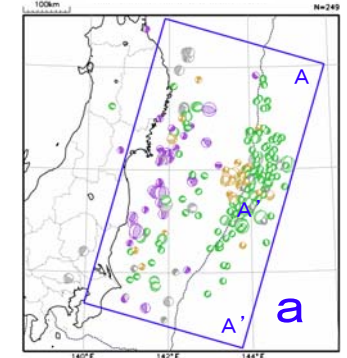
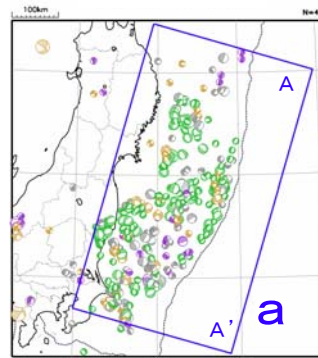
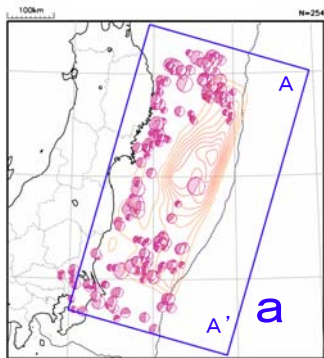
関東地方ではフィリピン海プレート内で発生した地震が含まれる。また、海溝付近で発生した地震については、太平洋プレート内で発生した可能性もある。

「太平洋プレート内の地震」

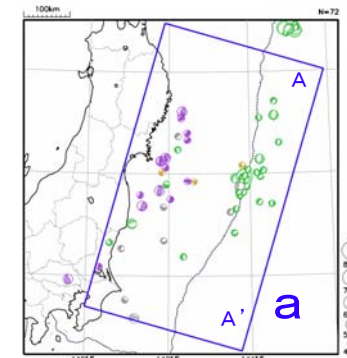
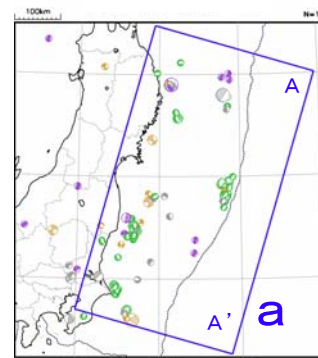
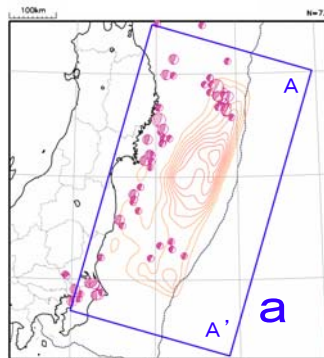
(2001 年～2010 年)



(東北地方太平洋沖地震発生から1年間)



(東北地方太平洋沖地震発生の1年後から1年間)



(東北地方太平洋沖地震発生の2年後から1年間)

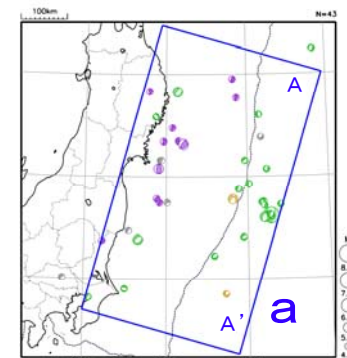
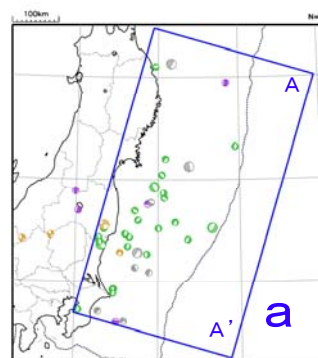
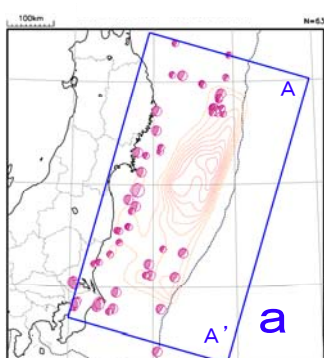
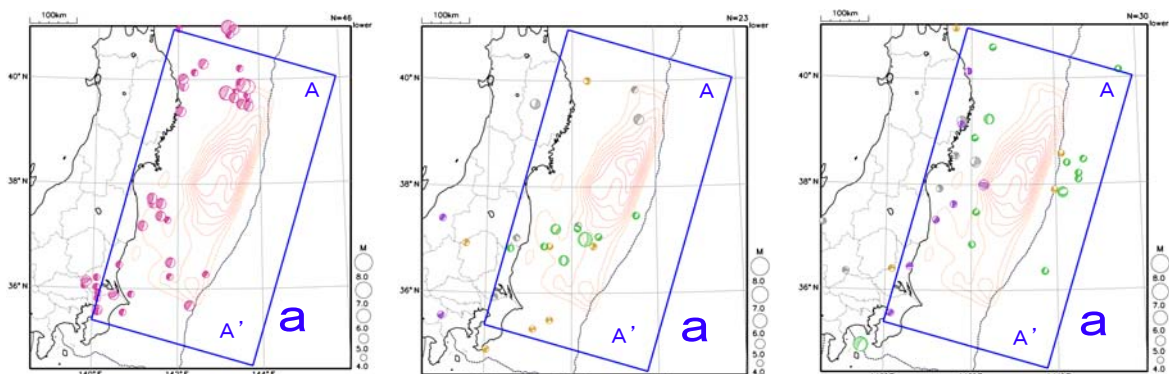
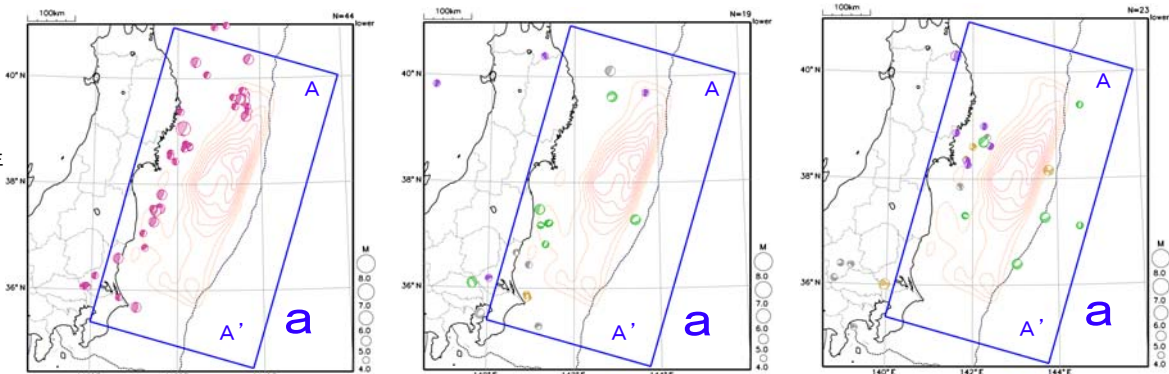


図4-2-1 発生場所毎の発震機構 (CMT 解) の分布図 (上から、2001 年～2010 年、本震発生から1年間、同1年後から1年間、同2年後から1年間、深さすべて、 $M \geq 4.0$)
逆断層型の地震を紫 (「プレート境界型の地震」を特に赤で表示)、正断層型の地震を緑、横ずれ断層型の地震を茶色、その他の地震を灰色で表示した。シンボルはセントロイドの位置に表示している。

(東北地方太平洋沖地震発生
の3年後から1年間)



(東北地方太平洋沖地震発生
の4年後から約1年間)



(東北地方太平洋沖地震発生
から約5年間)

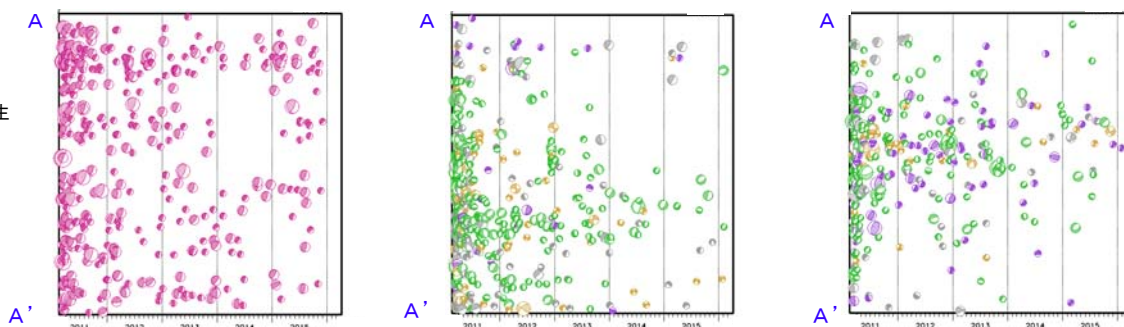


図4-2-2 発生場所毎の発震機構(CMT解)の分布図(上から、本震発生3年後から1年間、同4年後から約1年間、深さすべて、 $M \geq 4.0$)と領域a内の時空間分布図(2011年3月11日14時46分~2016年2月29日24時00分)
逆断層型の地震を紫(「プレート境界型の地震」を特に赤で表示)、正断層型の地震を緑、横ずれ断層型の地震を茶色、その他の地震を灰色で表示した。シンボルはセントロイドの位置に表示している。

(5) 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。

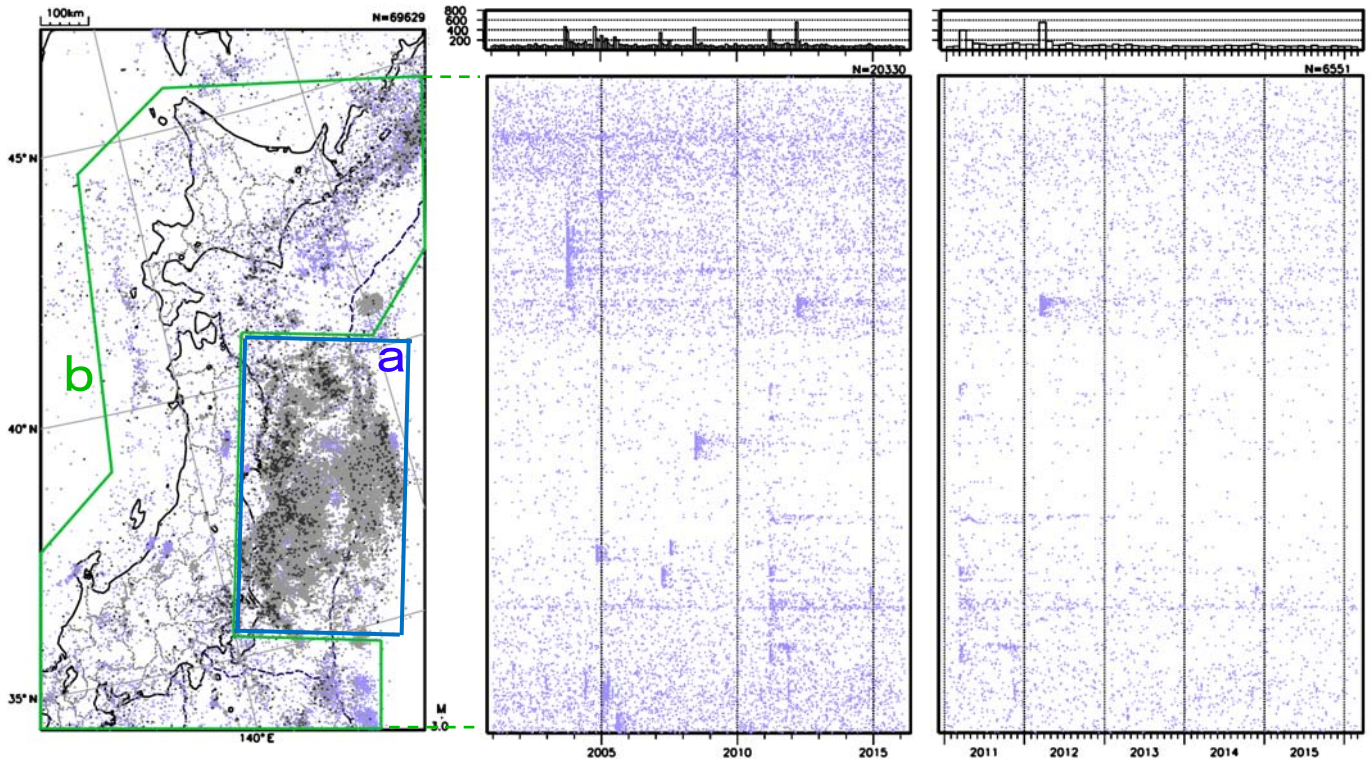


図5-1 (左) 震央分布図（2001年1月1日～2016年2月29日、深さすべて、 $M \geq 3.0$ ）、（中、右）震央分布図の領域b内の時空間分布図（震央分布図の上下方向に投影）と月別地震回数ヒストグラム
震央分布図では東北地方太平洋沖地震より前に発生した地震を薄紫、東北地方太平洋沖地震から4年間に発生した地震をグレー、4年後以降に発生した地震を黒で表示している。時空間分布図・回数ヒストグラムの右側は2011年以降を拡大したもの。

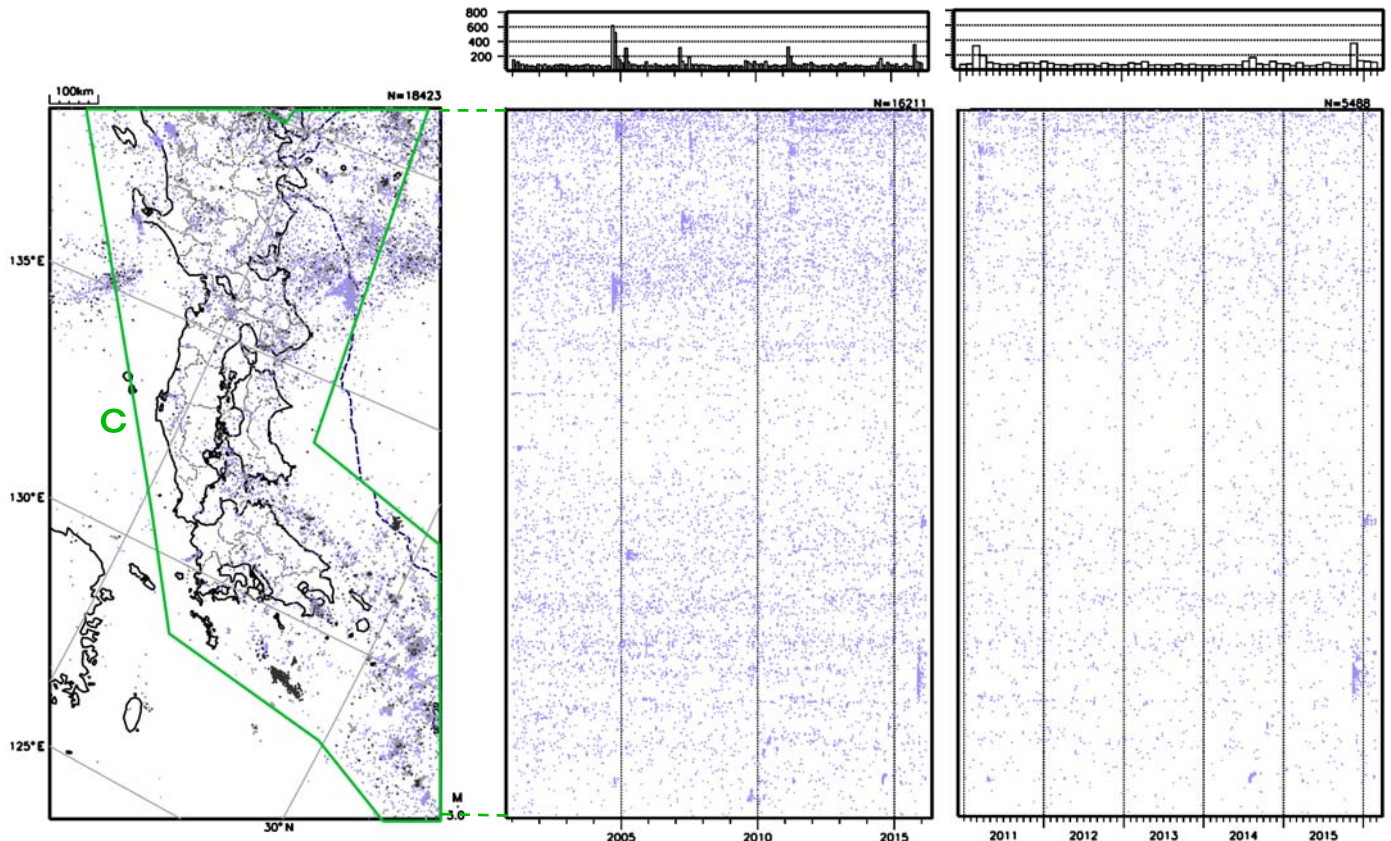


図5-2 (左) 震央分布図（2001年1月1日～2016年2月29日、深さすべて、 $M \geq 3.0$ ）、（中、右）震央分布図の領域c内の時空間分布図（震央分布図の上下方向に投影）
シンボルの色と形は図4-1と同じ。

（６）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 6－1 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 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）、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、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 6 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 6－3、図 6－4）。

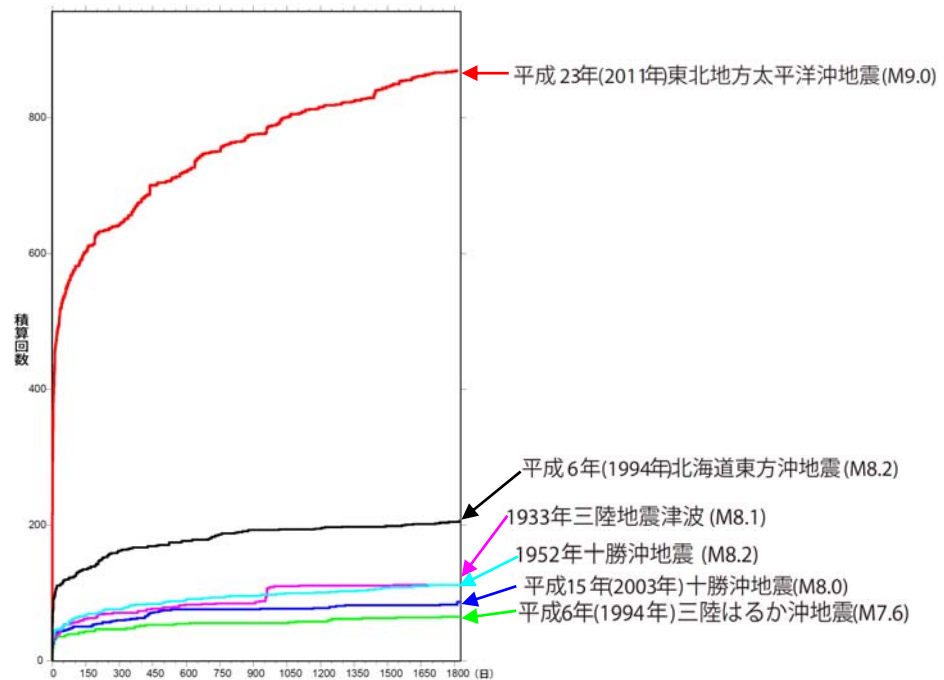


図 6－1 日本の海域で発生した主な地震の余震回数比較
（それぞれ本震発生から 1816 日後まで、本震を含む、 $M \geq 5.0$ ）

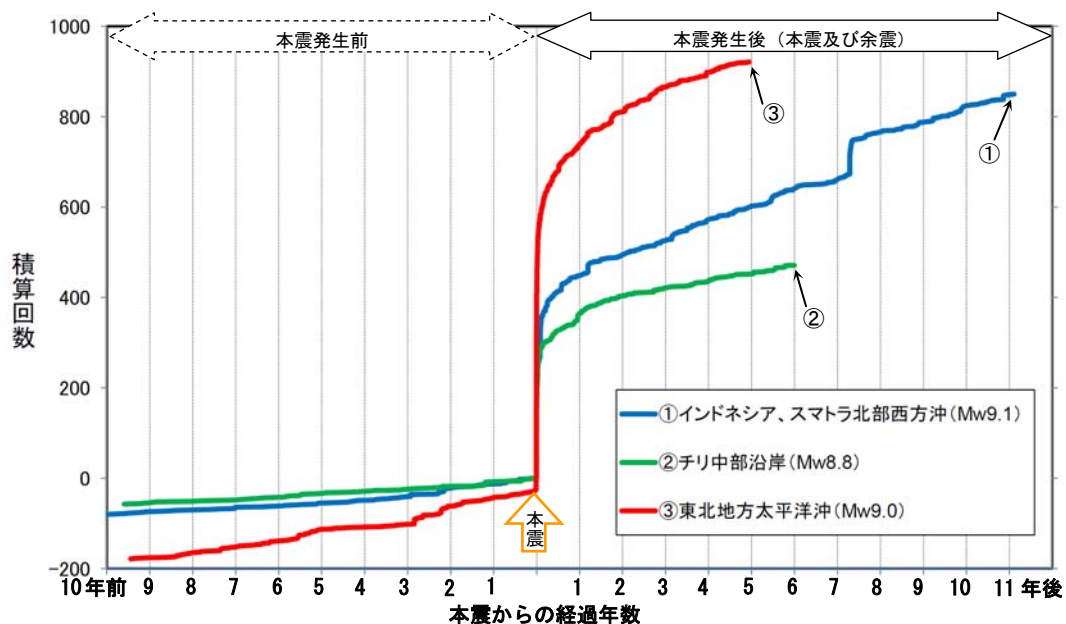


図 6－2 世界の海域で発生した主な地震の本震発生前後の地震回数比較
（それぞれ本震発生の 10 年前から 2016 年 2 月 29 日まで、 $M \geq 5.0$ ）

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 6－3 の、②チリ中部沿岸の地震は図 6－4 の、③東北地方太平洋沖地震の地震は図 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。

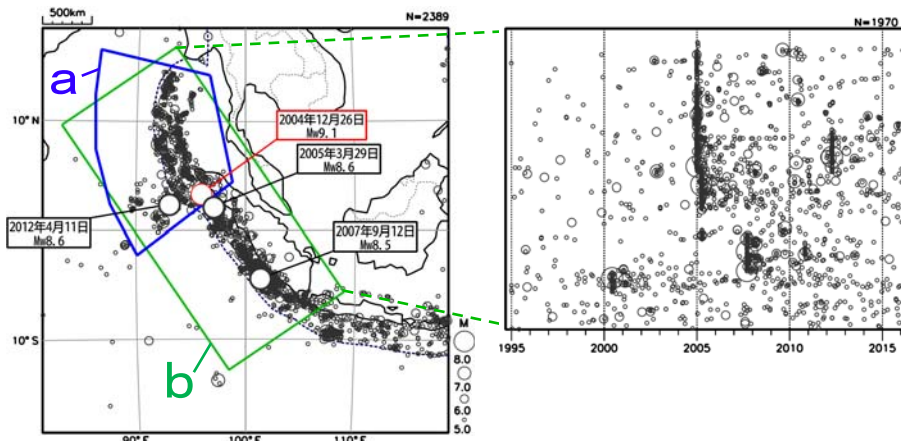


図 6-3 2004 年 12 月 26 日インドネシア、スマトラ北部西方沖の地震 (Mw9.1) の発生以降
 (左) 震央分布図 (1994 年 12 月 26 日～2016 年 2 月 29 日、深さすべて、 $M \geq 5.0$)、
 (右) 震央分布図中の領域 b 内の時空間分布図 (矩形の長辺に投影)
 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による。領域 a は 2004 年の Mw9.1 の地震の発生後すぐに活発な地震活動が発生していた領域を海溝の東側まで広げた範囲。領域 b 内の Mw8.5 以上の地震に吹き出しを付けた。

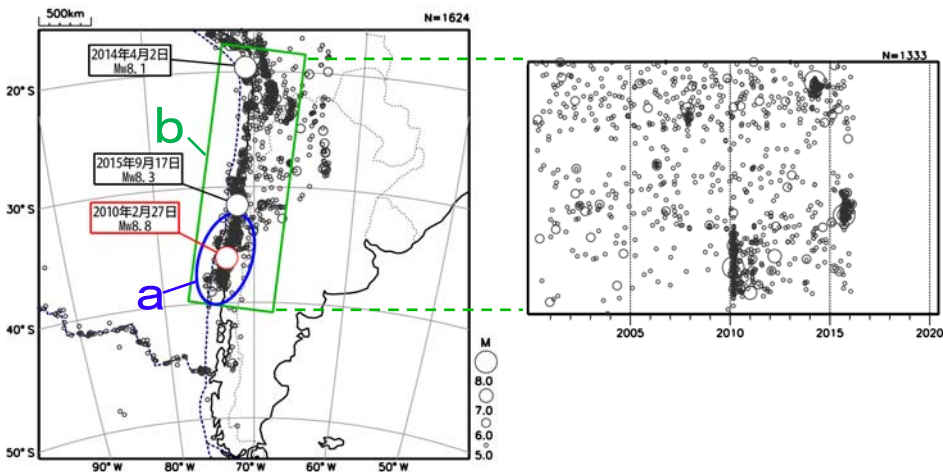


図 6-4 2010 年 2 月 27 日チリ中部沿岸の地震 (Mw8.8) の発生以降
 (左) 震央分布図 (2000 年 2 月 27 日～2016 年 2 月 29 日、深さすべて、 $M \geq 5.0$)、
 (右) 震央分布図中の領域 b 内の時空間分布図 (矩形の長辺に投影)
 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による。

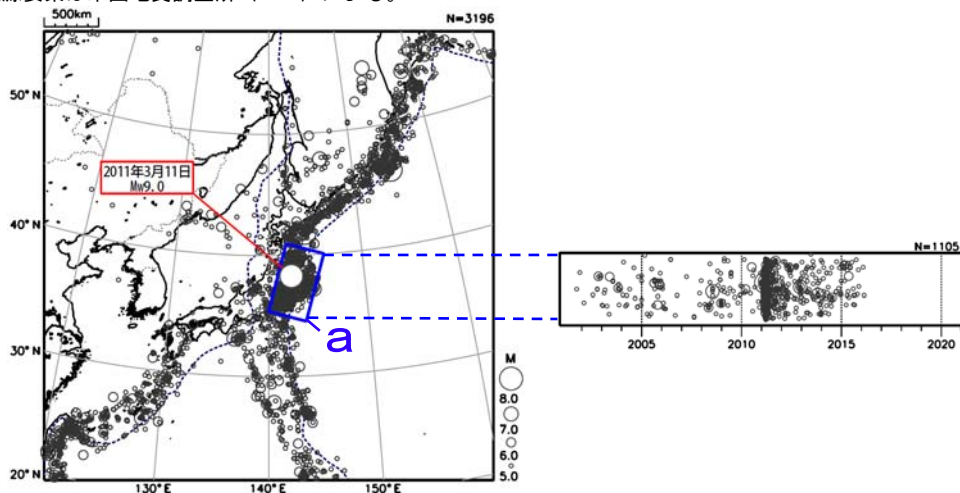


図 6-5 「平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震」 (Mw9.0) の発生以降
 震央分布図 (2001 年 3 月 11 日～2016 年 2 月 29 日、深さすべて、 $M \geq 5.0$)
 震源要素は米国地質調査所 (USGS) による。領域 a の範囲は図 1-1 と同じ。

※図 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、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.

（７）余震活動の解析と今後の推移

背景的な地震活動を加味した改良大森公式による余震活動予測と実測を示した。まず、2000 年以降の余震域における地震回数を比較すると、震度 1 以上を観測する余震は、余震域内の M3.7 以上の回数でほぼ近似できると考えられる。

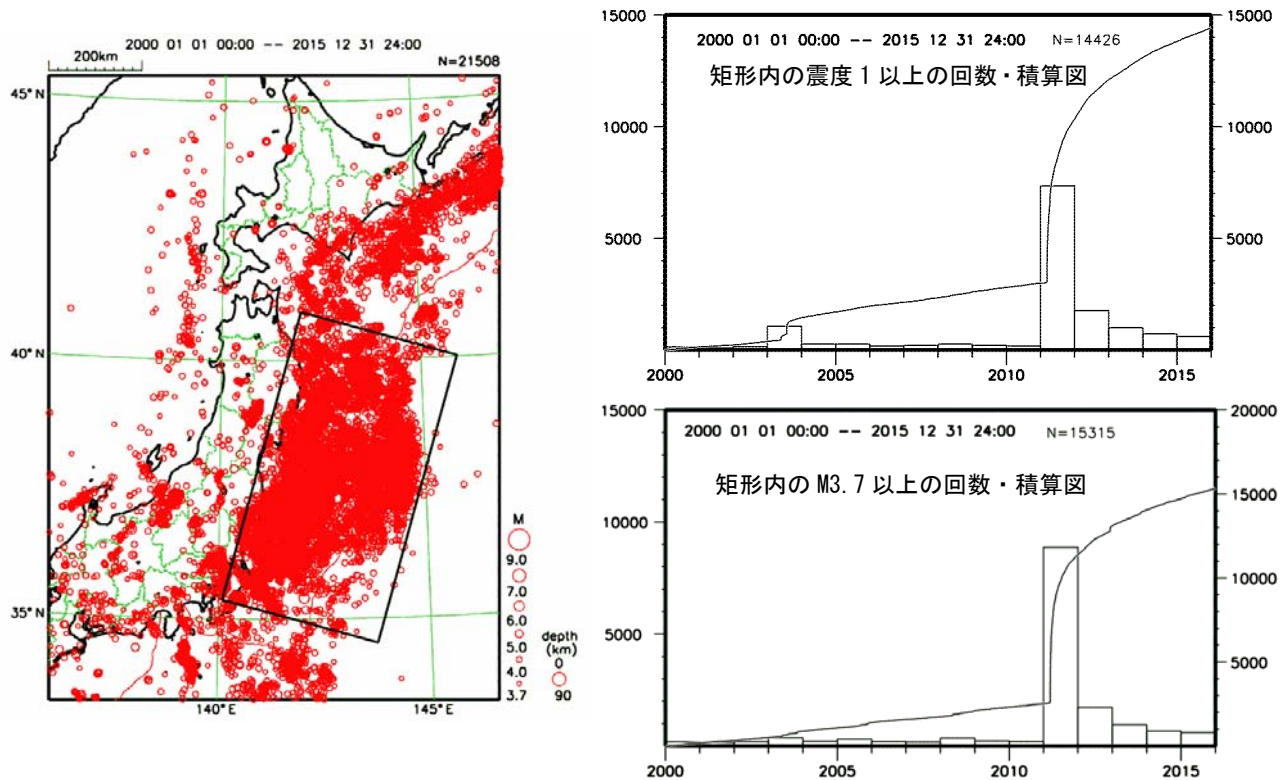


図 7-1 震央分布図（左：2000 年 1 月 1 日～2015 年 12 月 31 日、深さ 90km 以浅、 $M \geq 3.7$ ）及び矩形内（東北地方太平洋沖地震の余震域）の震度 1 以上の地震回数・積算図（右上）、同 M3.7 以上の地震回数・積算図（右下）

このため、M3.7 以上の地震について μ ($=0.03$) を加味した改良大森公式による予測を示した。これによれば 2020 年代半ばには、2011 年以前の発生状況に近づく と推測できる。

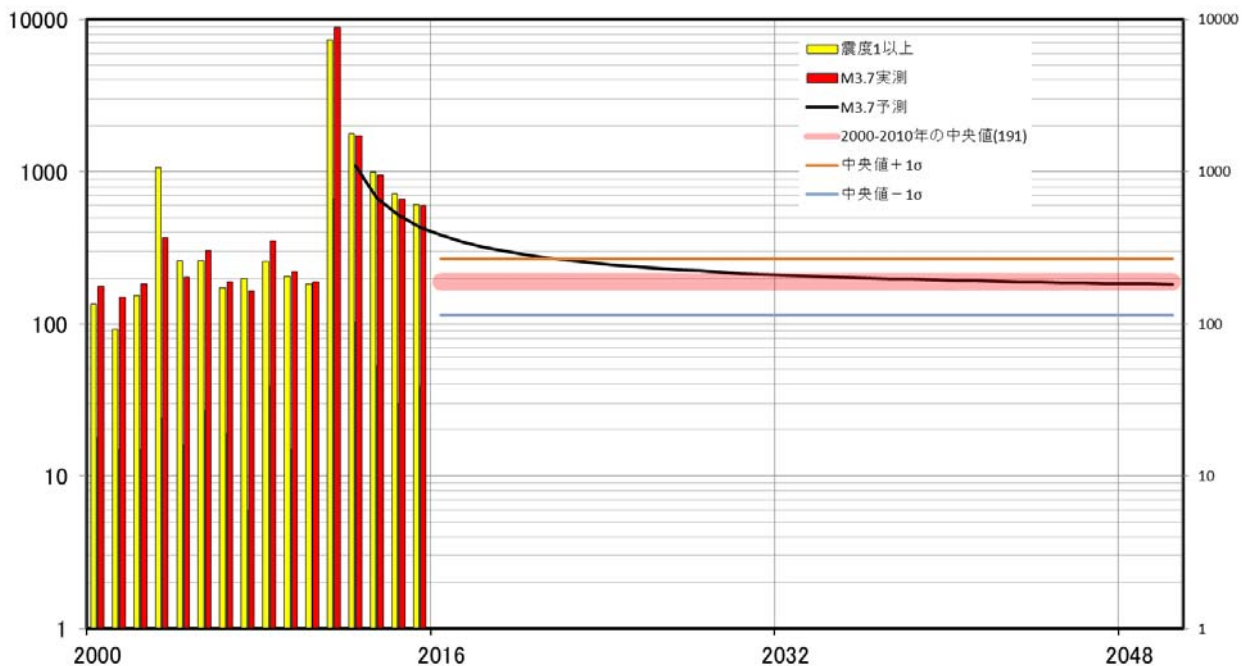


図 7-2 東北地方太平洋沖地震の余震域における震度 1 以上の地震及び M3.7 以上の地震の年別発生回数（2000～2015 年）と μ を加味した改良大森モデルによる M3.7 以上の地震回数予測