「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M4.0以上を観 測した地震は、本震発生後の1年間では5,383回発生したが、本震発生の1年後から2年後までの1年間 では777回、本震発生の2年後から3年後までの1年間では464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342回と時間の経過と共に低下してきている。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(136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。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、本震発生の1年後から2年後までの1年間では84回、本震発生の2年後から3年後までの1年間では56回、本震発生の3年後から2015年3月7日までの約1年間では34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年間を詳しく見ると、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。



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は本震発生の1年後から2年後まで、期間③は本震発生の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							₽			
		M4.9	M5.9	M6.9	以上	以上	以上	1	2	3	4	5弱	5強	6弱	6強	7	н
	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 6日	203	13	4		220	17	305	123	39	14	2					476
1年	7月	185	15	3	1	204	19	287	120	26	7	1	2				443
201	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	/1	3			/4	3	126	61	20	2	- 1					209
	<u> 月</u> 2日	65	0	1		82	10	112	00	1/	5	1					192
	<u>2</u> Л	31	6			/4	9	42	49 22	6	5	2					102
	3月	46	7	2		92	15	118	35	11	2	1	1				240
	4月	71	9	1		81	10	100	61	13	6	2					182
柛	5月	77	14	2		93	16	110	45	11	1						167
012	6月	50	3	1		54	4	79	52	11	3						145
2	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 10日	30 52	2	1		50	2	02	30	15	1	1					108
	11日	37	6	- 1		43	6	66	26	7		- 1					104
	12月	166	15	1	1	183	17	60	26	13	5	1					101
	1月	46	4			50	4	53	28	7	3	2					93
	2月	39	2			41	2	61	18	11	2						92
	38	4				23	2	15	7	2							68
	37	17	2			25	2	25	11	6	2						00
	4月	41	8	1		50	9	63	19	5	3	1					91
3年	5月	38	2	1		41	3	57	33	8	1		1				100
201	<u>6月</u> 7日	21	1			22	1	44	26	12	1						/5
	/ <u>月</u> 8日	34 41	0 2	1		42	3	59 50	23	9	ა		1				104
	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
	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
	48	15	2			24	4	40	19	2	0						71
щ	4月 5日	22	4			23	4	40	12	0	1						53
144	6月	17	3			20	3	40	13	6	3						62
20	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
H	12月	25	1			26	1	31	15	5	2						53
5年	1月 2日	18 52	2	2		20	<u>2</u> 11	39	1/ 22	/	ן י		1				69 69
201	2月	1	U	5		1	0	. 1	22	4	2						6
H	<u>ол</u> (1)	4 71 7	566	93	7	5 383	666	4 883	2 2 3 9	750	188	37	10	2	2	1	8112
Ι.	2	693	75	8	1	777	84	972	441	125	36	7	2	0	0	0	1.583
合	3	408	52	3	1	464	56	599	306	86	27	2	3	0	0	0	1,023
計	<u>(4)</u>	308	30	3	1	342	34	467	203	43	22	1	1	0	0	0	737
1	計	6,126	723	107	10	6,966	840	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、宮城県の石巻市 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2-3)

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2-4)

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。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2-5)

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2-4)

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。

⑥2015年2月21日 三陸沖の地震(M6.4、最大震度2)(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。



(2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分~2015 年 2 月 28 日、深さすべて、M≧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。



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≧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)

①2014年7月12日 福島県沖の地震(M7.0、最大震度4)

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〇、3年後以降に発 生した地震を濃いOで表示している。発震機構は CMT 解。



表2-1 各津波観測施設の津波観測値 (2014年7月12日)

			第一	·波	最大波		
都道府県	津波観測施設名	所属	到達時刻	高さ *1 (cm)	発現時刻	高さ (cm)	
山工旧	釜石	海上保安庁	05:10	-3	05:17	5	
石于宗	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測した値 *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O~150km、M≧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〇、3年後以降に発生した地震を濃い〇で表示している。発震機構はCMT解。



図 2 - 5

(左上) 震央分布図(1997年10月1日~2015年2月28日、深さO~150km、M≧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〇、3年後以降に発生した地震を濃い〇で表示している。発震機構はCMT解。



表2-3 各津波観測施設の津波観測値

(2015年2月17日)

	2曲2曲4日2回		第一	·波	最大波		
都道府県	准波観測施設名	所属	到達時刻	高さ *1 (cm)	発現時刻	高さ (cm)	
十分は	えりも町庶野*2	気象庁			9:07	0.1m	
北海連	浦河	国土交通省港湾局	08:57	+4	9:30	7	
	むつ市関根浜	気象庁	09:04	+5	9:15	8	
青森県	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	
	久慈港	国土交通省港湾局	08:41	-6	9:07	27	
岩手県	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測した値 *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O~150km、M≧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〇、3年後以降に発生した地震を濃い〇で表示している。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。



(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 − 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≧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)。



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≧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≧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≧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) ³³による。

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

沿岸の観測局の変動量の一覧

				水亚变动量[m]		高さの 変動量 [cm]					
観測局名	而在地							上高さんとんた眼			「大雪前からんた眼	
EU(X1)101-11	m E 20	本震前後(※1)	本 度 則 から 1 年 间 の 累 積(※2)	本 度 則 から2 年 间 の 累 積(※2)	本 度 則 から3 年 间 の 累 積(※2)	本 度 則 から4 年 间 の 累 積(※2)	本震前後(※1)	本 歳 削 から 1 年 间 の 累 積(※2)	本 度 削 から2 年 间 の 累 積(※2)	本 展 削 から3 年 间 の 累 積(※2)	本 震則 から4 年间 の 累積(※2)	
東通	青森県下北郡東通村大字尻屋	20	27	29	29	30	0	4	5	6	6	
東通2	青森県下北郡東通村大字白糠	27	38	41	42	43	1	4	5	6	7	
六ヶ所	青森県上北郡六ヶ所村大字尾駮	34	48	52	53	55	1	4	5	5	5	
S三沢	青森県三沢市織笠	41	59	64	66	68	0	3	3	4	4	
三沢	青森県三沢市東町	47	69	75	78	80	0	3	4	4	4	
	青森県八戸市小中野	58	84	91	95	98	-1	1	2	2	2	
<u></u> 插市	岩毛県九戸郡注野町種市	65	94	101	105	107	-3	-4	-4	-4	-4	
0洋昭	岩子,水水,都,件子,引得用 岩毛星力,百郡洋野町山野	74	108	116	120	123	-4	-7	-7	-7	-7	
力兹	出生间力 兹古空部町	95	138	1/18	154	158	-7	-11	-11	-11	-11	
へ忘	石于东大志市于即画 毕手唱下明研新英华村第1地制	(33)	170	191	107	102	(×2)	-22	-22	-22	-22	
5日1、 半良1	石于东下闭伊都自代的东下地的 毕手唱下朗伊那些良町小太	(20)	202	216	224	220	_19	-20	-20	-20	-20	
白水	石于东下闭伊郁石水町小平	145	203	210	224	230	10	30	40	40	29	
<u>80</u>		230	301	319	330	330	-35	-40	-43	-42	-39	
山田 父テ	石于东下闭伊郁山山町械立	2/3	340	300	370	360	-49	-50	-55	-53	-30	
玉口	石于宗金石印中于呵	340	412	433	440	400	-54	-54	-50	-40	-43	
ら入加波	石于宗人加波印二座町古洪	(23)	404	4/0	488	498	(203)	-08	-04	-60	-56	
人加股	石于宗入船波巾亦崎可	426	494	514	527	537	-/5	-/1	-00	-01	-56	
5 陸則高田	石于保险削尚田巾小友可	(*3)	493	514	526	536	(×3)	-64	-59	-54	-50	
気仙沼	呂 城 県 丸 仙 冶 巾 世 か 陴	420	489	510	523	533	-65	-59	-54	-48	-44	
5本古	呂城県本古都本古町洋谷枝士 南城県本古郡吉三陆町古法山	(*3)	501	523	535	545	(×3)	-58	-52	-4/	-41	
応洋川	呂城県本古都用二陸町応洋川	449	517	537	550	559	-68	-57	-50	-44	-39	
5 石 巷 北 上	名	(×3)	550	569	581	590	(×3)	-/5	-68	-61	-55	
S石巷雄勝	宮城県石巻市雄勝町発浜	(×3)	586	604	615	623	(×3)	-85	-//	-/0	-64	
女川	宮城県牡鹿郡女川町大子女川浜	496	559	5//	589	597	-89	-/4	-66	-59	-53	
M 牡 店	名	540	600	617	628	636	-10/	-91	-83	-/6	-69	
牡鹿	名现保有卷巾點川浜	(×3)	596	613	623	631	(×3)	-102	-94	-88	-82	
S石吞	宮城県石巻市長渡浜	(×3)	585	602	612	620	(×3)	-87	-79	-72	-66	
S石巷牧浜	宮城県石巻市牧浜	(※3)	566	584	594	603	(×3)	-74	-66	-59	-53	
矢本	宮城県東松島市矢本	406	472	491	503	512	-50	-36	-29	-23	-18	
利府	宮城県宮城郡利府町利府	323	391	410	421	430	-29	-25	-20	-16	-13	
S七ヶ浜	宮城県宮城郡七ヶ浜町吉田浜	(※3)	420	439	451	459	(※3)	-23	-16	-11	-7	
名取	宮城県名取市閖上	317	379	397	408	(※5)	-26	-17	-12	-7	(※5)	
亘理	宮城県旦埋郡旦埋町	280	341	358	368	376	-22	-15	-12	-8	-5	
相馬1	福島県相馬市中村	278	336	351	360	367	-30	-24	-19	-16	-13	
小高	福島県南相馬市小高区蛯沢	261	(※4)	326	334	339	-55	(※4)	-49	-47	-44	
楢葉A	福島県双葉郡楢葉町下小塙	223	269	279	284	288	-51	-46	-43	-40	-38	
いわき	福島県いわき市平四ツ波	199	254	262	266	268	-48	-42	-38	-36	-33	
北茨城	茨城県北茨城市磯原町磯原	156	192	199	201	202	-45	-40	-37	-36	-34	
S高萩	茨城県高萩市高浜町	(※3)	176	182	184	185	(※3)	-39	-36	-35	-33	
日立	茨城県日立市金沢町	120	146	151	152	152	-31	-27	-25	-23	-22	
鉾田	茨城県鉾田市柏熊	88	113	116	117	117	-24	-15	-13	-11	-11	
茨城鹿嶋	茨城県鹿嶋市平井	74	103	106	107	106	-27	-15	-13	-13	-12	
銚子	千葉県銚子市東小川町	49	89	95	97	97	-15	-4	-4	-4	-3	
千葉松尾	千葉県山武市松尾町富士見台	33	58	61	63	62	-10	-3	0	0	1	
長生	千葉県長生郡長生村本郷	17	35	38	40	39	-7	0	1	0	0	
千葉大原	千葉県いすみ市大原	9	25	26	27	25	-6	0	2	3	4	
勝浦	千葉県勝浦市荒川	8	19	20	19	17	-5	0	2	4	4	
鴨川	千葉県鴨川市太尾	7	14	14	13	11	-3	0	2	2	3	
丸山	千葉県南房総市白子	5	10	9	9	10	-3	0	2	2	2	
館山	千葉県館山市西長田	5	8	9	9	11	-3	0	1	1	1	

沿岸の観測局位置図



