「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」について ~7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 と共に低下し、本震発生6年後から約1年間(2017年3月11日14時46分~2018年3月6日24時00分。 以下、今期間という。)では514回と15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 震発生以前である2001年から2010年の年平均回数(306回)と比べると1.5倍程度であり、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。また、今期間は日本海溝付近及 びその東側でM6.0以上の地震が3回発生するなど、沖合でも時々規模の大きな地震が発生している。

(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、今期間に発生した最大規模の地震は、2017年9月21日の三陸沖の地震と2017年10月6日の福島県沖の地震(いずれもM6.3)である。また、最大の震度を観測したのは2017年10月6日の福島県沖の地震(M5.9、最大震度5弱)で、本震発生から起算した1年毎の期間で震度5強以上を観測する地震が発生しなかったのは、初めてのことである(図1-1、図1-2、表1-1)。

今期間の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200回及び514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15分の1以下にまで減少してきている。しかし、いずれも東北地方太平洋沖地震発生以前(2001~2010年)の年平均回数と比べると1.5倍程度となっている(表1-1)。

これらについて、本震発生から5年後以降を詳しく見ると、大局的には減少傾向にあるものの、福島 県沖や茨城県北部で活発な活動のあった2016年11月~2017年2月を除いても、月あたり10~25回程度 及び30~50回程度で推移している。最近の状況をみても東北地方太平洋沖地震発生以前(2001年~2010 年)の平均回数を超えるレベルにあり、余震活動は依然活発な状態である(図1-4、図1-6、表1 -1)。

なお、東北地方の太平洋側沖合は日本付近で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~2018 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6年後(2017 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6年後以降の約1年間で最大規模及び最大震度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6年後(2017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6年後以降の約1年間で最大規模及び最大震度の地震に吹き出しをつけた。





図1-5 震央分布図

(2011 年 3 月 1 日~2018 年 2 月 28 日、 深さすべて、M≧4.0)

東北地方太平洋沖地震の発生から6年後(2017 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6年後以降の約1年間で最 大規模及び最大震度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1-00 図1-05 頃頃(2000時至前分布図(工段、A-A 投影) と方が回数(下段) 時空間分布図では、本震の発生から6年後(2017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6年後以降の約1年間で最大規模及び最大震度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~2018 年 3 月 6 日 24 時 00 分) 2012~2017 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は本震発生の3年後から4年後 まで、期間⑤は本震発生の4年後から5年後まで、期間⑥は本震発生の5年後から6年後まで、期間⑦はそれ以降 2018 年 3 月 6日までの合計。2011 年 3 月と2018 年 3 月は1ヶ月間ではなく、また、期間⑦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
		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	H1
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
	1月	72	10			82	10	152	65	21	5	1					244
	2月	65	8	1		/4	9	113	49	14	5	1					182
	3月	31	6	0		92	15	42	22	0	•	2	4				240
	4 🗆	46	/	2		01	10	118	35	11	2	1	1				100
	4月	/1	9	1		81	10	110	01	13	0	2					182
2年	<u>0月</u> 6日	// 50	14	2 1		93	10	70	40 50	11	1 2						107
201	<u>0月</u> 7日	20	3 1	1		04 10	4	79	2C 25	- 11	<u>ა</u>						140
2	<u>/月</u> 0日	<u>১</u> 9 21	6			40	6	76	30	10	2		1				120
	<u>0月</u>	25	2			37	2	70	40 30	7	1		1				109
	<u>3万</u> 10日	52	6	1		50	- 2	92	30	15	4	1					150
	11日	37	6	- 1		43	,	66	26	7	- - 5	-					104
	12月	166	15	1	1	183	17	60	26	13	5	1					104
	1月	46	4			50	4	53	28	7	3	2					93
	2月	39	2			41	2	61	18	, 11	2						92
		4						15	7	2							
	3月	17	2			23	2	25	11	6	2						68
	4月	41	8	1		50	9	63	19	5	3	1					91
軠	5月	38	2	1		41	3	57	33	8	1		1				100
13:	6月	21	1			22	1	44	26	4	1						75
20	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
	1月	26	4			30	4	42	31	6	1						80
	2月	23	4			27	4	39	27	3	3						72
	2 日	6				22	2	13	8								82
	57	15	2			25	2	40	19	2							02
2014年	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			1		1	53

		M4.0 ∼	M5.0 ∼	M6.0 ∼	M7.0	M4.0	M5.0	最大震度								計	
		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	H1
	1月	18	2			20	2	39	17	7	1						64
2015年	2月	53	8	3		64	11	39	22	4	2		1				68
	3日	9				29	3	7	5	1							53
	0)1	17	3			20	0	24	12	4							00
	4月	14	3			17	3	34	13	4							51
	5月	13	2	1		16	3	32	12	5	1		1				51
	<u>6月</u> 7日	20	5			25	5	28	14	3							45
	<u>/月</u> 8日	18	ו 5			22	5	25	16	11	2						47 54
	9月	25	2			27	2	30	18	3	2						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
	1月	18	1			19	1	33	12	5	1						51
	2月	12	2			14	2	25	14	4	2						45
	3日	5				16	0	10	3	1							39
	071	11					Ĵ	15	8	1	1						
	4月	16	2			18	2	26	13	5							44
鼡	5月	23				23	0	27	14	3	1						45
016	6月	9	3			12	3	30	9	5							44
2	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	1/	1			18	1	25	11	6							42
	10月	11	2			13	2	20	12	1	2						35
	11月	115		1	- 1	128	13	138	00	12	3	- 1		1			220
	12月	30	4			40	5	70	20	8	2			1			106
	<u> 月</u> 2日	25	<u> </u>			20	<u>ა</u> ვ	37	21	<u> </u>	2	1					<u> </u>
	27	- 23				20		12	<u></u>	3	2						01
	3月	12	1			20	1	20	12	5	1						53
	4日	11	1			12	1	38	7	3	2						50
ш	5月	7				7	0	27	5								32
17年	6月	15				15	0	36	6	5							47
20	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
年	1月	16	1			17	1	24	19	4							47
018	2月	13	1			14	1	18	10	4	1						33
20	3月	1				1	0	2	1								3
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
	<u>(4)</u>	313	30	4	1	348	35	470	206	44	22	1	1	0	0	0	/44
	ی ۵	210	28	1	U 1	245	29	38/ 170	220	59 62	9 17	0 2	0	1	0	0	02U 701
	(7)	183	13	4	0	200	17	324	140	38	11	1	0	0	0	0	514
	計	6.860	802	117	11	7.790	930	8.113	3,725	1.165	310	51	17	3	2	1	13.387
	平均值	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

表1-1 つづき

(注)年平均値、年中央値は 2001 年~2010 年の領域 a 内における値



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 ~ 2018 年 2 月 28 日、深さすべて、M≧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、1989~2017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「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。1923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、1923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6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6年後から約1年間(2017年3月11日14時46分~2018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~2018年

東北地方太平洋沖地震発生の6年後から 約1年間(2017年3月11日14時46分~2018 年2月28日)に発生した地震を濃く表示し

本震、及び領域 a 内で本震発生の6年後 (2017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

発震機構は CMT 解。領域 a の範囲は図 1 -

※を付した地震の深さは CMT 解による。

 ・2017年9月21日、11月13日 三陸沖の地震(①M6.3、②M6.0、ともに最大震度2)、10月6日 福 島県沖の地震(3M6.3、最大震度2)(図2-2)

地震①と③の発震機構(CMT 解)は西北西-東南東方向に張力軸を持つ正断層型、地震②のそれは 北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型であった。これらの地震は、太平洋プレート内部で発生した。



(左上) 震央分布図(1997年10月1日~2017年11月30日、深さ0~100km、M≧5.0)、

(右上)領域 a 内のM-T図及び回数積算図(1997年10月1日~2017年11月30日)、

(右下)領域 a 内のM-T図及び回数積算図(2011年3月1日~2017年11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〇、東北地方太平洋沖地震以降に発生した地震を〇、2017年9月以降に発生した地 震を濃い〇で表示している。発震機構は CMT 解を示す。※を付した地震の深さは CMT 解による。

N=120

・2017 年 9 月 27 日 岩手県沖の地震(M6.1、最大震度 4)(図 2 - 3)

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 - 3

(左上) 震央分布図(1997年10月1日~2017年9月30日、深さO~100km、M≧3.0)、

(左下)領域 a 内の断面図(A-B投影)(1997年10月1日~2017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~2017年9月30日)、

(右下)領域 b 内のM-T図及び回数積算図(2016年10月1日~2017年9月30日、M≧2.0)

東北地方太平洋沖地震より前に発生した地震を薄い〇、東北地方太平洋沖地震以降に発生した地震を〇、2017年9月以降に発生した地 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。陸 域の領域bでは、2016年12月28日の茨城県北部の地震(M6.3)の周辺で、地震活動が引き続きみられる。 沿岸域の領域cでは、全体的には活動は低下しつつも2016年11月22日の福島県沖の地震(M7.4)の周 辺などで活発な余震活動が引き続きみられる。回数積算図や時空間分布図から、領域dでは、余震活動は 低下してきている様子がみられるが、領域eでは、海溝軸付近または海溝軸の東側で、2017年9月、10 月及び11月にM6.0以上の地震が合計3回発生するなど、余震活動が引き続きみられる。



(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。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。東北地方太平洋沖地震の余震活動は、世界の海域において近年発生した同程度の規模であるこれらの地震に比べても活発である。

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8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4-2 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2018年2月28日まで、M≧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。



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)の発生以降 (左)震央分布図(1994 年 12 月 26 日~2018 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、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)の発生以降
 - (左) 震央分布図(2000年2月27日~2018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、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~2018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、東北地方太平洋沖地震の Mw は気象庁、それ以外は米国地質調査所(USGS)による。領域 a の範囲は図1-1 と同じ。
- 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2018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.