「平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震」について ~約2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)の発生から約2年が経過した。 余震活動は徐々に低下してきているものの、東北地方太平洋沖地震の発生前と比べると依然として活発な状態であ る。東北地方太平洋沖地震の発生後には、余震域(図1-1の領域a)の外側でも地震活動が活発になった地域が あった。これらの多くでは既に地震活動が低下しているが、いまだ活発な状態が続いている地域もある。

世界で発生した M9 クラスの地震の例を見ると、余震域及びその周辺で長期間にわたって活発な地震活動が見られており、東北地方太平洋沖地震についても、地震活動が活発な状態が当分の間続くと考えられる。

(1) 余震活動の状況

図1-1

東北地方太平洋沖地震の余震域では、本震発生から1年の間にM4.0以上の地震が5,000回以上、震度1以上 を観測する地震が8,000回近く発生したが、その後の約1年間にはM4.0以上の地震が780回程度、震度1以上 を観測する地震が1,600回程度と減ってきている(表1-1)。



^{140*E} 142*E 144*E 震央分布図(2011年3月11日14時46分~2013

本震の発生から1年後以降に発生した地震を濃く表示している。

2013 年3月7日以降は速報値。M7.0 以上の地震に吹き出しをつ

年3月8日12時、深さすべて、№ 5.0)

表 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~2013 年 3 月 8 日 12 時)

2012 年 3 月は上段が 11 日 14 時 45 分まで、下段が 46 分以降。合計の行 の①は本震発生から 1 年間、②はそれ以降の合計。2013 年 3 月 7 日以降 は速報値。2011 年 3 月と 2013 年 3 月はひと月すべてでないことに注意。







図1-3 震央分布図(2011年3月11日14時46分~2013 年3月6日、深さすべて、M≧4.0)

本震の発生から1年後以降に発生した地震を濃く表示している。 本震及び領域a内で本震の発生から1年後以降に発生した M6.5 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。

> 2012年3月27日 20時00分 21km M6.6 震度:5弱

> > ()

2012年3月27日 20時01分 17km

MS

(km)

2012年3月27 20時01分 MS

80

2012年5月10日 23km M5.1 震度:3

2012年4月30日 23km M5.6 震度:4

40*

N=4306

8.0

7.0

5.0

4.0

30

011年3月11日 32km M7.4 震度:5弱

()

20

2012年3月27日 20時00分 M6.6

2011年3月11日 15時08分 M7.4 本震発生から1年後以降に領域a内で発生したM6.5以上の 地震及び最大震度5強以上を観測した地震を図1-3に示 す。これらの地震の概要は次の通り。

- 1:2012年3月27日 岩手県沖の地震(M6.6、最大震度5弱) 陸のプレートの地殻内で発生。震源付近は、東北地方太平洋沖 地震の発生前には地震活動があまり見られなかった領域であ る。活発な余震活動が2012年5月頃まで見られた。(図1-4)
- 2:2012年5月20日 三陸沖の地震(M6.5、最大震度3) 太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生。岩手県と宮城県で10cm前後の津波を観測した。約12時間前にM6.0の地震が発生するなど、前日19日からM5.0以上の地震活動が見られた。 震源付近では、以前から時々、M6クラスの地震を最大とするまとまった地震活動が見られる。2012年10月2日にもM6.3の地震(最大震度3)が発生した。(図1-5)
- 3:2012 年 8 月 30 日 宮城県沖の地震(M5.6、最大震度 5 強)
- 2011 年 4 月 7 日の M7.2 の地震(最大震度 6 強)の余震域内(太 平洋プレート内部)で発生。(図 1 - 6)
- 4:2012年12月7日 三陸沖の地震(M7.3、最大震度5弱) 日本海溝付近の太平洋プレート内部で発生。東北地方の太平洋 沿岸で津波を観測(最大は石巻市鮎川の98cm)。この地震の約8 秒前にも、M7クラスと推定される地震が発生した。(図1-7)
- 5:2012 年 3 月 14 日 千葉県東方沖の地震(銚子付近、M6.1、最大 震度 5 強)

陸のプレートの地殻内で発生。震源付近では、東北地方太平洋 沖地震の発生前にはほとんど地震活動が見られなかったが、東 北地方太平洋沖地震の発生後は活発な地震活動(主に正断層型) が見られる。(図1-8)



図1-4 (左)震央分布図(2001年1月1日~2013年3月6日、 深さ0~100km、M≧3.0)、(左下)震央分布図中の青矩形内の断面図 (東西投影)、(上)断面図中の緑楕円内のM-T図

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 1年以内に発生した地震を薄い〇、1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。2011年3月13日~5月30日は未処理のデー タがある。





図1-5 (左) 震央分布図(2001年1月1日~2013年3月6日、 深さすべて、M≧3.0)、(上) 震央分布図中の緑矩形内のM-T図 シンボルの色と形は図1-4と同じ。発震機構はCMT解。2011年3月13日~ 5月30日は未処理のデータがある。

気象庁作成



発震機構(CMT 解)を型で色分けしたものを図1-9に示す。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を「プレート境界型の地震」とした。東北地方太平洋沖地 震の発生前(2001年~2010年の10年間)は発生した地震の多くがプレート境界型だが、東北地方太平洋沖地震 の発生後は他の型(特に正断層型)の地震も多く発生している。

図1-9に表示した地震のうち、「プレート境界型の地震」のみを図1-10に示す。東北地方太平洋沖地震の 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。

図1-9に表示した地震のうち、「プレート境界型の地震」以外について、セントロイドの深さが Naka jima and Hasegawa (2006)^{*1} 及び Naka jima et al. (2009)^{*2} による太平洋プレート上面よりも浅いものを「陸のプレート内の地震」として図1-11に、深いものを「太平洋プレート内の地震」として図1-12に示す(注:関東地方では「陸のプレート内の地震」に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地震が「陸のプレート内の地震」に分類されている可能性がある)。

図1-10、1-11、1-12 を比較すると、プレート境界型の地震とそれ以外の地震、特に正断層型の地震は 相補的に分布しているように見える。

図1-11「陸のプレート内の地震」を見ると、余震域(領域 a)の広い範囲で正断層型の地震が発生しており、 特に福島県から茨城県にかけては陸域でも比較的規模の大きい正断層型の地震が発生している。一方、余震域の 北部では正断層型の地震はあまり見られず、図1-10のようにプレート境界型の地震が多く発生している。な お、図1-11中にも2012年12月7日に三陸沖で発生した M7.3の地震の余震活動が表示されているが、これら の地震は太平洋プレート内で発生した可能性がある。

図1-12「太平洋プレート内の地震」を見ると、余震域のうち比較的陸に近いところでは、正断層型・逆断層型の地震がともに発生している。海溝付近及びその東側では正断層型の地震が多いが、2011年7月10日に三陸沖で発生した M7.3の地震など、余震域の中ほどを中心に横ずれ断層型の地震も見られる。

本震発生から1年間とその後の約1年間を比べると、発生する地震の型に変化は見られず、全体として活動が 低下してきている。



(参考)東北地方太平洋沖地震夜の太平洋クレー ト境界面におけるすべり分布(国土地理院資料) http://mekira.gsi.go.jp/JAPANESE/h23touhoku_ 2years.html

*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.



図 1 - 9 CMT 解の分布図(左:2001年~2010年、中:本震発生から1年間、右:1年後~2013³⁰年2月28日、深さす べて、M≧4.0)と領域 a 内の時空間分布図(2011年3月11日14時46分~2013年2月28日、A-A'投影) 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。



8

Ø

a

-ト内の地震|

а

8.0

7.0

201

ĝ

8

図1-9に表示した地震のうち、「太平洋プレー

O

シンボルの色等は図1-9と同じ。

図 1 -12

a

気象庁作成

2012

(2) 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を比較したものを図2-1に 示す。これらのM8クラスの地震と比べ、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2-4は2004年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年に発生したチリ中部沿岸の地震(Mw8.8)の余震回数と東北地方太平洋沖地震の余震回数を比較したものである。これらM9クラス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が活発であることが分かる。また、2004年のインドネシア、スマトラ北部西方沖の地震の震央周辺(図2-3の緑矩形内)では、この地震の発生後、現在までの約8年間にMw8.5以上の地震が3回発生しており(うち最新の1回は2012年4月に発生)、M9クラスの地震の発生後は広い範囲で長期間にわたって地震活動が活発になると考えられる。



(3) 同じ領域での過去の地震活動との比較

(1) で述べたように、東北地方太平洋沖地震の発生から1年間とその後の1年間を比べると、地震回数は低 下してきている。しかし、同領域における 2001 年から 2010 年の 10 年間に発生した地震の回数は、M4.0 以上の 地震が平均して年に140回程度、震度1以上を観測する地震が300回程度であり(表3-1)、東北地方太平洋 沖地震が発生する前の平均的な回数と比べると、地震活動が活発な状態が続いている。



気象庁作成

1923 年以降に領域 a で発生した M5.0 以上の地震の月別回数(図3-6)を見ると、1ヶ月間に M5.0 以上の地 震が 10 回以上発生する月はこれまでにも時々見られていたが、東北地方太平洋沖地震の発生後はこのように地 震活動が活発な月がより頻繁に見られる。



(左) 図3-4 震央分布図(1923年1月1日~2013年3月6日、 深さすべて、M≧5.0)

東北地方太平洋沖地震以降に発生した地震を濃く表示している。M7.5 以上の 地震に吹き出しをつけた。発震機構は「平成6年(1994年)三陸はるか沖地 震」以降は CMT 解、それ以前は初動解。領域 a の範囲は図1-1と同じ。



気象庁作成

(4) 余震域外の地震活動

東北地方太平洋沖地震の発生後、余震域の外でもいくつかの地域で地震活動の活発化が見られたが、多くの場 所では既に低下している。



図 4 - 1 (左) 震央分布図(2001 年 1 月 1 日~2013 年 3 月 6 日、深さすべて、M≧3.0)、(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)

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+、東北地方太平洋沖地震から1年以内に発生した地震を薄い○、1年後以 降に発生した地震を濃い○で表示している。時空間分布図の右側は 2011 年以降を拡大したもの。2011 年3月 13 日~5月 30 日は未処理の データがある。



図4-22 (左) 晨矢方布図(2001年1月1日~2013年3月8日、ほどりへて、ME3.0)、(石) 晨矢方布図の頃 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。

東北地方太平洋沖地震の発生後に余震域周辺で発生した M6.0以上または最大震度5弱以上を観測した地震を 図4-3と表4-1に示す。このうち2011年4月までに発生した地震及び2012年3月以降に陸域で発生した地 震について、活動の経過を図4-4~4-8に示す。また、山形県と福島県の県境付近で発生している活動につ いて図4-9に示す。この地域では、東北地方太平洋沖地震の発生から1年以上が経過しても、M3.0以上の地 震が月に数回発生するなど、比較的活発な活動が続いている。福島県浜通りから茨城県北部にかけて発生してい る地震活動についても、余震域内の活動であるが、陸域で発生しているため参考に図4-10に示す。

M2.0以上の地震活動を見ると、秋田県内陸北部(1-2)や静岡県東部(4-2)などではかなり低下しているが、 秋田県内陸南部(1-3)や茨城県南部(4-1)、山形県と福島県の県境付近(6-1)では現在も比較的活発な状態が 続いている。



2013 年 図4-3 震央分布図(2001年1月1日~2013年3月 6日、深さすべて、M≧3.0)

シンボルの色と形は図4-1の震央分布図と同じ。表4-1に 掲載した地震に吹き出しをつけた。領域 a の範囲は図 1-1と 同じ。2011年3月13日~5月30日は未処理のデータがある。 2001 01 01 00:00 -- 2013 03 06 24:00



6日、深さ0~60km、M≧2.0) シンボルの色と形は図4-1の震央分布図と同じ。細線は地 震調査研究推進本部による主要活断層帯。2011年3月12日に 発生した M6.4の地震(1-1)、4月1日に発生した震度5強を 観測した地震(1-2)、4月19日に発生した震度5弱を観測し た地震(1-3)の震源周辺の地震活動の経過を右に示す。

表4-1 図4-3の領域 a の外で東北地方太平洋沖地震の発生 後に発生した M6.0 以上または最大震度5弱以上を観測した地震。 2011 年5月7日の福島県会津の地震については、この条件に当てはまらな いが、この地域では比較的活発な活動が続いているため、これまでに発生 した最大の地震を参考として掲載した。

発生日時			震央地名	深さ (km)	М	Mw	最大 震度
2011年	03月11日	15時08分	静岡県伊豆地方注1)	6	4.6		5弱
	03月12日	03時59分	長野県北部 ^{注2)}	8	6.7	6. 3	6強
	03月12日	04時31分	長野県北部 ^{注2)}	1	5.9	5.6	6弱
	03月12日	04時46分	秋田県沖	4	6.4	6. 2	4
	03月12日	05時42分	長野県北部^{注2)}	4	5.3		6弱
	03月12日	23時34分	長野県北部^{注2)}	5	3.7		5弱
	03月15日	22時31分	静岡県東部	14	6.4	6. 0	6強
	03月24日	08時56分	茨城県南部	52	4.8	4.8	5弱
	04月01日	19時49分	秋田県内陸北部	12	5.0	4.9	5強
	04月02日	16時55分	茨城県南部	54	5.0	4. 7	5弱
	04月12日	07時26分	長野県北部	ごく浅い	5.6	5.4	5弱
	04月16日	11時19分	茨城県南部	79	5.9	5.8	5強
	04月17日	00時56分	新潟県中越地方 ^{注2)}	8	4.9	4. 8	5弱
	04月19日	04時14分	秋田県内陸南部	6	4.9	4. 7	5弱
	05月07日	13時34分	福島県会津	8	4.6	4.4	4
	06月02日	11時33分	新潟県中越地方 ^{注2)}	6	4. 7	4.6	5強
	06月30日	08時16分	長野県中部	4	5.4	5.0	5強
	07月15日	21時01分	茨城県南部	66	5.4	5.5	5弱
2012年	01月28日	07時43分	山梨県東部・富士五湖	18	5.4	5. 2	5弱
	02月08日	21時01分	佐渡付近	14	5.7	5.4	5強
	06月06日	04時31分	千葉県東方沖	-	6.3	6. 1	3
	07月10日	12時48分	長野県北部	9	5.2	5. 0	5弱
	02月25日	16時23分	栃木県北部	3	6.3	5.8	5強

毎月の地震活動及び火山活動についての報道発表や地震・火山月報(防災編)等では、 「箱根付近」として資料を作成した。 「長野県・新潟県県境付近」として資料を作成した。 注1) 注2)





図4-5 (左上) 震央分布図(2001年1月1日~2013年3月6日、深さ0~30km、M≧2.0) シンボルの色と形は図4-1の震央分布図と同じ。細線は地震調査研究推進本部による主要活断層帯。2011年3月12日に発生した震度6 強を観測した地震(2-1)、4月12日に発生した震度5弱を観測した地震(2-2)、2012年7月10日に発生した震度5弱を観測した地震(2-3) の震源周辺の地震活動の経過を右上に示す。









図4-7 (左上)震央分布図(2001年1月1日~2013年3月 6日、深さ0~150km、M≧2.0)、(左下)震央分布図中の紫矩形 内の断面図(南北投影)

シンボルの色と形は図4-1の震央分布図と同じ。領域aの範囲は図1-1と同じ。震央分布図中の細線は地震調査研究推進本部による主要活断層 帯。2011年3月24日に発生した震度5弱を観測した地震と4月2日に発 生した震度5弱を観測した地震(4-1)、4月16日に発生した震度5強を 観測した地震(4-2)の震源周辺の地震活動の経過を上に示す。また、よ り広域(矩形 4-3 内)の地震活動の経過を上に示す。2011年3月13日~ 5月30日は未処理のデータがある。



図4-8 (左上) 震央分布図(2001年1月1日~2013年3月6日、深さ0~50km、M≧2.0) シンボルの色と形は図4-1の震央分布図と同じ。細線は地震調査研究推進本部による主要活断層帯。2011年3月11日に発生した震度 5弱を観測した地震(5-1)、3月15日に発生した震度6強を観測した地震(5-2)の震源周辺の地震活動の経過を右上に示す。



(5) 地震回数の比較

回数

日本及びその周辺を図5-1のように東日本を含む領域と西日本を含む領 域に分け、それぞれの領域で発生した 1923 年以降の月別の地震回数を図5-2と5-3に示す。東日本は更に余震域(領域 a) とそれ以外で分けている。 M5.0以上の回数を見ると、東北地方太平洋沖地震の発生前は多い月でも 120 回程度だったが、2011年3月には全国で 500 回を超え、その後も 20 回を超え る月がたびたびあるなど、主に余震域で地震活動が比較的活発な状態が続いて いる。



図5-1 東日本と西日本の範囲



2013年3月は期間に注意。「西日本」は下向きに表示している。25回以上はスケールを変えて表示している。



変えて表示している。