# 「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、時間の経過と共に低下し、発生4年後から約1年 間では243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(136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。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≧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。



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 M5.0 M6.0 M7.0 M4.0 M5.0 |                  |          |          |      |    |       |          | 最大震度            |     |         |    |     |     |    |    |   |       |
|-------------------------------|------------------|----------|----------|------|----|-------|----------|-----------------|-----|---------|----|-----|-----|----|----|---|-------|
|                               |                  | 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 | P1    |
|                               | 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   |
| 2011年                         | 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    |    | 74    | 9        | 113             | 49  | 14      | 5  | 1   |     |    |    |   | 182   |
|                               | 3月               | 31       | 6        |      |    | 92    | 15       | 42              | 22  | 6       |    | 2   |     |    |    |   | 240   |
|                               | -71              | 46       | 7        | 2    |    |       |          | 118             | 35  | 11      | 2  | 1   | 1   |    |    |   |       |
|                               | 4月               | 71       | 9        | 1    |    | 81    | 10       | 100             | 61  | 13      | 6  | 2   |     |    |    |   | 182   |
| 2年                            | 5月               | 77       | 14       | 2    |    | 93    | 16       | 110             | 45  | 11      | 1  |     |     |    |    |   | 167   |
| 01                            | 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               | 35       | 2        |      |    | 37    | 2        | /0              | 30  | 15      | 1  |     |     |    |    |   | 108   |
|                               |                  | 52       | 6        |      |    | 59    | /        | 92              | 38  | 15      | 4  | - 1 |     |    |    |   | 150   |
|                               |                  | 3/       | 15       | - 1  | 1  | 43    | 17       | 66              | 26  | 10      | 5  |     |     |    |    |   | 104   |
|                               | 12月              | 100      | 10       | I    |    | 183   | 17       | 60              | 20  | 13      | 5  | 1   |     |    |    |   | 105   |
|                               |                  | 40       | 4        |      |    | 50    | 4        | 53              | 28  | 11      | 3  | 2   |     |    |    |   | 93    |
|                               | 2Л               | 39       | 2        |      |    | 41    | Z        | 01              | 18  | 11      | 2  |     |     |    |    |   | 92    |
|                               | 3月               | 17       | 0        |      |    | 23    | 2        | 15              | 11  | 2       | 0  |     |     |    |    |   | 68    |
|                               | 48               | 1/       | 2        | 1    |    | 50    | 0        | 20              | 10  | 0       | 2  |     |     |    |    |   | 01    |
|                               | 4月               | 20       | 0<br>0   | 1    |    | 30    | 9        | 03<br>57        | 19  | 0<br>0  | 1  | - 1 | 1   |    |    |   | 100   |
| 3年                            | <u>5</u><br>6 E  | აი<br>01 | <u> </u> |      |    | 41    | <u> </u> | 37              |     | 0       | 1  |     | - 1 |    |    |   | 75    |
| 201                           | <u>0</u><br>78   | 21       | Q        |      |    | 42    | I<br>    | <u>44</u><br>65 | 20  | 12      | 3  |     |     |    |    |   | 10/   |
|                               | <u>/万</u><br>8日  | <u> </u> | 2        | 1    |    | 42    | 3        | 59              | 20  | 13<br>Q | 5  |     | 1   |    |    |   | 104   |
|                               | 0月               | 23       | 1        |      |    | 24    | 1        | 48              | 22  | 5       | 3  |     | 1   |    |    |   | 79    |
|                               | 10日              | 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    |
|                               | _//              | 6        |          |      |    |       |          | 13              | 8   |         |    |     |     |    |    |   |       |
|                               | 3月               | 15       | 2        |      |    | 23    | 2        | 40              | 10  | 2       |    |     |     |    |    |   | 82    |
|                               | <i>1</i> B       | 30       | <u></u>  |      |    | 34    | 4        | 30              | 22  | 2       | 2  |     |     |    |    |   | 71    |
| ш                             | <u> 4万</u><br>5日 | 22       | 1        |      |    | 23    |          | 40              | 12  | 0       | 1  |     |     |    |    |   | 53    |
| 144                           | 6日               | 17       | .3       |      |    | 20    | 3        | 40              | 13  | 6       | 3  |     |     |    |    |   | 62    |
| 20                            | 7日               | 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    |

| M4.0 M5.0 M6.0 M7.0 |     |       |      |      |    | M4.0  | M5.0 | 最大震度  |       |       |     |    |    |    |    |   |        |  |  |
|---------------------|-----|-------|------|------|----|-------|------|-------|-------|-------|-----|----|----|----|----|---|--------|--|--|
|                     |     | 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 |        |  |  |
|                     | 1月  | 18    | 2    |      |    | 20    | 2    | 39    | 17    | 7     | 1   |    |    |    |    |   | 64     |  |  |
|                     | 2月  | 53    | 8    | 3    |    | 64    | 11   | 39    | 22    | 4     | 2   |    | 1  |    |    |   | 68     |  |  |
|                     | 2 日 | 9     |      |      |    | 20    | 2    | 7     | 5     | 1     |     |    |    |    |    |   | 52     |  |  |
|                     | ۶Л  | 17    | 3    |      |    | 29    | 3    | 24    | 12    | 4     |     |    |    |    |    |   | - 53   |  |  |
|                     | 4月  | 14    | 3    |      |    | 17    | 3    | 34    | 13    | 4     |     |    |    |    |    |   | 51     |  |  |
| 年                   | 5月  | 13    | 2    | 1    |    | 16    | 3    | 32    | 12    | 5     | 1   |    | 1  |    |    |   | 51     |  |  |
| 115                 | 6月  | 20    | 5    |      |    | 25    | 5    | 28    | 14    | 3     |     |    |    |    |    |   | 45     |  |  |
| 2(                  | 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     |  |  |
| ₩                   | 1月  | 18    | 1    |      |    | 19    | 1    | 33    | 12    | 5     | 1   |    |    |    |    |   | 51     |  |  |
| 16                  | 2月  | 12    | 2    |      |    | 14    | 2    | 25    | 14    | 4     | 2   |    |    |    |    |   | 45     |  |  |
| 20                  | 3月  | 3     |      |      |    | 3     | 0    | 8     | 1     |       |     |    |    |    |    |   | 9      |  |  |
|                     | 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  |  |  |
| 合                   | 3   | 408   | 52   | 3    | 1  | 464   | 56   | 599   | 306   | 86    | 27  | 2  | 3  | 0  | 0  | 0 | 1,023  |  |  |
| 計                   | 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

#### 表1-1 つづき



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≧6.0)左)及び時空間分布図(右:AA´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≧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≧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〇、4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 - 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≧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 0.1m 単位。

## 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 | 発生     | 年月日    | 雪山地々   | м   | 最大  | 観測された津波    |            |  |  |  |  |
|----|--------|--------|--------|-----|-----|------------|------------|--|--|--|--|
| ₩1 | 年      | 月日     | 辰天地石   | IVI | 震度  | 最大の高さ      | 検潮所        |  |  |  |  |
| 1  |        | 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 | <b>※</b> 2 | <b>※</b> 2 |  |  |  |  |
| 3  |        | 3月11日  | 茨城県沖   | 7.6 | 6 強 | <b>※2</b>  | <b>※</b> 2 |  |  |  |  |
| 4  |        | 3月11日  | 三陸沖    | 7.5 | 4   | <b>※</b> 2 | <b>※2</b>  |  |  |  |  |
|    |        | 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 | _          | —          |  |  |  |  |
|    | 2011 年 | 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  | _          | —          |  |  |  |  |
| Ø  |        | 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 | —          | —          |  |  |  |  |
|    |        | 3月14日  | 千葉県東方沖 | 6.1 | 5 強 | —          | —          |  |  |  |  |
| 10 | 9019 年 | 5月20日  | 三陸沖    | 6.5 | 3   | 11cm       | 久慈港        |  |  |  |  |
|    | 2012 + | 8月30日  | 宮城県沖   | 5.6 | 5 強 | —          | —          |  |  |  |  |
| 1  |        | 12月7日  | 三陸沖    | 7.3 | 5 弱 | 98cm       | 石巻市鮎川      |  |  |  |  |
|    |        | 5月18日  | 福島県沖   | 6.0 | 5 強 | —          | —          |  |  |  |  |
|    | 2013 在 | 8月4日   | 宮城県沖   | 6.0 | 5 強 | —          | —          |  |  |  |  |
|    | 2010 + | 9月20日  | 福島県浜通り | 5.9 | 5 強 | —          | —          |  |  |  |  |
| 12 |        | 10月26日 | 日 福島県沖 |     | 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 |        | 2月17日  | 三陸沖    | 6.9 | 4   | 27cm       | 久慈港        |  |  |  |  |
|    | 2015 年 | 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。



### (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。
 : 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。



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≧4.0)(上段)、 発震機構(CMT 解)の分布図(深さすべて、M≧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。



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≧4.0) (上段)、発震機構(CMT解)の分布図(深さすべて、M≧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.



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≧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。



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≥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。



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6-2 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≧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≧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≧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≧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. 東北地方太平洋沖地震(M9.0)後の地殻変動(水平)-1ヶ月-基準期間: 2016/01/18 -- 2016/01/24 [F3:最終解] 比較期間: 2016/02/18 -- 2016/02/24 [R3:速報解]



東北地方太平洋沖地震(M9.0)後の地殻変動(上下)ー1ヶ月ー 基準期間: 2016/01/18 -- 2016/01/24 [F3:最終解]

比較期間 : 2016/02/18 -- 2016/02/24 [R3:速報解]



## 成分変化グラフ



### 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動

#### 三隅(950388) -- 山田(950167) 間の成分変位と速度グラフ



#### 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震前後の地殻変動

#### 三隅 (950388) -- 矢本 (960549) 間の成分変位と速度グラフ



※成分変化率は60日間のデータを1日ずつずらして計算(プロットの位置は計算に用いた期間の中間)

#### 沿岸の観測局の変動量の一覧

|                  |                                        | 水平変動量[cm]    |                  |                   |                   |                   |                   |                  |                 | 高さの<br>変動量[cm] |                  |                   |                   |                   |                   |                  |                 |  |  |
|------------------|----------------------------------------|--------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|--|--|
| 観測局名             | 所在地                                    | 本震前後<br>(※1) | 本震翌日から<br>1年後までの | 本震1年後から<br>2年後までの | 本震2年後から<br>3年後までの | 本震3年後から<br>4年後までの | 本震4年後から<br>5年後までの | 本震翌日から<br>5年間の累積 | 本震前から<br>5年間の累積 | 本震前後<br>(※1)   | 本震翌日から<br>1年後までの | 本震1年後から<br>2年後までの | 本震2年後から<br>3年後までの | 本震3年後から<br>4年後までの | 本震4年後から<br>5年後までの | 本震翌日から<br>5年間の累積 | 本震前から<br>5年間の累積 |  |  |
| + · <del>·</del> |                                        |              | 累積(※2)           | 累積(※2)            | 累積(※2)            | 累積(※2)            | 累積(※2)            | (※3)             | (※4)            |                | 累積(※2)           | 累積(※2)            | 累積(※2)            | 累積(※2)            | 累積(※2)            | (※3)             | (※4)            |  |  |
| 東通               | 青森県下北郡東通村大字尻屋                          | 20           | 8                | 2                 | 2                 | 2                 | 1                 | 13               | 31              | 0              | 3                | 1                 | 1                 | 0                 | 0                 | 5                | 6               |  |  |
| 果週2              | 育槑県下北郡東通村大子日棣                          | 27           | 11               | 3                 | 2                 | 2                 | 2                 | 19               | 44              | 1              | 3                | 1                 | 1                 | 1                 | 0                 | 6                | /               |  |  |
| スケ所              | 有箖県上北都六ヶ所村大子尾駿<br>まち県二辺士雄佐             | 34           | 15               | 4                 | 3                 | 2                 | 2                 | 25               | 5/              | 1              | 3                | 1                 | 1                 | 1                 | 0                 | 5                | 6               |  |  |
| Sニ沢              | 育森県二次巾織笠<br>まま県二辺士士町                   | 41           | 19               | 5                 | 3                 | 3                 | 3                 | 31               | /1              | 0              | 2                | 1                 | 1                 | 1                 | 0                 | 3                | 4               |  |  |
| 二次               | 有称県二次巾果町                               | 4/           | 22               | 6                 | 3                 | 3                 | 3                 | 36               | 83              | 0              | 2                | 1                 | 0                 | 1                 | 1                 | 5                | 5               |  |  |
| 八戶               | 有箖泉八尸巾小屮野                              | 58           | 27               | /                 | 4                 | 3                 | 3                 | 43               | 101             | -1             | 1                | 1                 | 0                 | 0                 | 0                 | 2                | 2               |  |  |
| 理巾               | 右于県九戸郡洋野町種巾                            | 65           | 30               | /                 | 4                 | 3                 | 3                 | 46               | 110             | -3             | -2               | 0                 | 1                 | 0                 | 0                 | -1               | -3              |  |  |
| 5 洋野             | 右于県九戸郡洋野町中野                            | /4           | 35               | /                 | 4                 | 4                 | 4                 | 53               | 127             | -4             | -3               | 0                 | 0                 | 0                 | 0                 | -3               | -/              |  |  |
| <u>久</u> 戀       | 右于宗久怒巾于部町<br>山王県王明伊那並供村第146月           | 95           | 44               | 10                | 5                 | 5                 | 5                 | 68               | 103             | -/             | -5               | 1                 | 0                 | 0                 | 1                 | -4               | -10             |  |  |
| ら背代              | 石于朱下闭伊郡音代村弗一地制                         | (**5)        | (**5)            | 11                | 6                 | 0                 | 0                 | (*5)             | 198             | (**5)          | (**5)            | 0                 | U                 | I                 | U                 | (**5)            | -23             |  |  |
| 岩泉]              | 石于県下闭伊郡石永町小本                           | 145          | 61               | 13                | 8                 | /                 | /                 | 94               | 237             | -18            | -12              | 0                 | 1                 | l                 | 1                 | -11              | -28             |  |  |
| 習ら               | 石于宗宮古巾入子津幹石                            | 230          | /5               | 18                | 11                | 9                 | 10                | 121              | 347             | -35            | -11              | 2                 | 2                 | 2                 | 1                 | -3               | -38             |  |  |
| 山田               | 右于県下闭伊郡山田町禰笠                           | 2/3          | 77               | 19                | 12                | 10                | 10                | 126              | 395             | -49            | -8               | 2                 | Z                 | 2                 | 2                 | 0                | -48             |  |  |
| 金石               | 石于泉金石巾甲于町                              | 340          | /4               | 20                | 12                | 10                | 12                | 128              | 467             | -54            | 0                | 4                 | 4                 | 3                 | 3                 | 14               | -41             |  |  |
| ら人脂混             | 石于宗人加波巾二陛町古洪                           | (**5)        | (**5)            | 20                | 12                | 10                | 12                | (**5)            | 509             | (**5)          | (**5)            | 4                 | 4                 | 4                 | 3                 | (**5)            | -53             |  |  |
| 人脂没              | 石于宗入船波巾亦呵可                             | 420          | 08<br>(\VE)      | 20                | 12                | 10                | 12                | 122              | 548             | -/5            | 5<br>(\VE)       | 5<br>F            | 5                 | 5<br>F            | 3                 | 22               | -54             |  |  |
| 5 座削高田<br>気仙辺    | 石于乐座削高田巾小友可                            | (20)         | (20)             | 20                | 12                | 10                | 12                | (200)            | 048<br>E4E      | (3)            | (20)             | о<br>С            | ວ<br>F            | Э<br>Е            | 3                 | (3.3)            | -40             |  |  |
| 気油冶              | 呂城県丸仙沼巾世が陴                             | 420          | /U<br>(X/E)      | 20                | 13                | 10                | 11                | 124              | 040<br>550      | -03            | /<br>(\VE)       | 0                 | 0                 | Э<br>Е            | 4                 | 20<br>(X/F)      | -40             |  |  |
| 5年百              | 吕城宗本口郁本口町/半谷枝丁<br>宮城県大吉郡南二陸町古津川        | (**3)        | (3.3)            | 21                | 13                | 10                | 10                | (3:3)            | 000             | (3.5)          | (3:5)            | 0                 | 0                 | Э<br>Б            | 4<br>F            | (3.3)            | -37             |  |  |
| で洋川              | 呂城宗本ロ都用二隆町芯津川                          | 449          | 08               | 19                | 11                | 10                | 10                | (\\F)            | 509             | -08            |                  | /                 | 0                 |                   |                   | 30               | -34             |  |  |
| 5 日を北上           | 古城県石を巾北上町十二次<br>宮城県石巻古雄勝町系近            | (3.5)        | (3)              | 18                | 11                | 9                 | 9                 | (3.5)            | 099             | (3)            | (※5)             | 8<br>0            | 7                 | 0                 |                   | (3.5)            | -51             |  |  |
| うつる雄勝            | 名观宗句苍巾雄勝叫 <b>条</b> 决<br>官城倡杜鹿郡女川町士字女川近 | (200         | (20)             | 17                | 11                | 9                 | 0                 | (20)             | 605             | (%5)           | (**3)            | 0                 | 7                 | 0                 | 5                 | (20)             | -39             |  |  |
| メ川               | 古城宗社庇御女川町八于女川浜<br>宮城県工業古十字実際近          | 490<br>540   | 60               | 17                | 10                | 9                 | 0<br>7            | 107              | 642             | -107           | 10               | 0<br>0            | 7                 | 0                 | 5                 | 41               | -47             |  |  |
| ドロート             | 古城东石仓中入于可城 <u>供</u><br>它城俱工类古处川近       | (%E)         | (%5)             | 16                | 10                | 0                 | 7                 | (%5)             | 620             | -107           | (%5)             | O                 | 7                 | /<br>             |                   | 44<br>(¾5)       | -04             |  |  |
| 11屁の工業           | 古城东石仑印 <u><u>即</u>川洪<br/>它城间工类古月涟沂</u> | (%5)         | (3)              | 10                | 10                | 0                 | 7                 | (※5)             | 626             | (%5)           | (%5)             | 0<br>0            | 7                 | 6                 | 6                 | (3.5)            | -70             |  |  |
| 5石岩物近            | 古城宋石名市 及波洪<br>京城県 万                    | (35)         | (35)             | 17                | 10                | 8                 | 7                 | (35)             | 610             | (35)           | (35)             | 8                 | 7                 | 6                 | 5                 | (345)            | -48             |  |  |
| 5-12-70点         | 古城宋石乞巾 (A)<br>安城                       | 406          | 66               | 18                | 11                | 9                 | 8                 | 113              | 520             | -50            | 13               | 7                 | 6                 | 5                 | 5                 | 36               | -13             |  |  |
| 利府               | 宮城県宮城郡利府町利府                            | 323          | 69               | 18                | 11                | 9                 | 8                 | 114              | 438             | -29            | 13               | ,<br>5            | 4                 | 3                 | 3                 | 20               | -10             |  |  |
| いたの              | 官城県宮城郡七ヶ近町吉田近                          | (**5)        | (*5)             | 18                | 11                | 9                 | 8                 | (**5)            | 467             | (*5)           | (**5)            | 6                 | 5                 | 4                 | 4                 | (**5)            | -3              |  |  |
| 名取               | 宝城県名取市閖上                               | 317          | 64               | 17                | 11                | (※7)              | (※7)              | (*5)             | (*7)            | -26            | 10               | 5                 | 4                 | (*7)              | (¥7)              | (*5)             | (*7)            |  |  |
| 百理               | 宮城県百理郡百理町                              | 280          | 62               | 16                | 10                | 8                 | 7                 | 102              | 382             | -22            | 6                | 5                 | 3                 | 3                 | 3                 | 19               | -3              |  |  |
| <u>二</u><br>相馬1  | 福島県相馬市中村                               | 278          | 59               | 15                | 9                 | 7                 | ,<br>6            | 95               | 372             | -30            | 6                | 5                 | 4                 | 3                 | 3                 | 20               | -10             |  |  |
| 小高               | 福島県南相馬市小高区蛯沢                           | 261          | (*6)             | (*6)              | 7                 | 6                 | 4                 | 83               | 343             | -55            | (※6)             | (*6)              | 2                 | 3                 | 2                 | 12               | -42             |  |  |
| · 构葉A            | 福島県双葉郡楢葉町下小塙                           | 223          | 48               | 10                | 5                 | 4                 | 3                 | 68               | 290             | -51            | 5                | 3                 | 3                 | 2                 | 3                 | 15               | -36             |  |  |
| いわき              | 福島県いわき市平四ツ波                            | 199          | 56               | 8                 | 4                 | 3                 | 2                 | 72               | 270             | -48            | 7                | 4                 | 3                 | 2                 | 3                 | 18               | -31             |  |  |
| 北茨城              | 茨城県北茨城市磯原町磯原                           | 156          | 38               | 6                 | 2                 | 1                 | 1                 | 48               | 202             | -45            | 3                | 3                 | 2                 | 2                 | 2                 | 13               | -31             |  |  |
| S高萩              | 茨城県高萩市高浜町                              | (※5)         | (※5)             | 5                 | 2                 | 1                 | 1                 | (※5)             | 186             | (※5)           | (※5)             | 2                 | 2                 | 2                 | 1                 | (※5)             | -31             |  |  |
| 日立               | 茨城県日立市金沢町                              | 120          | 28               | 5                 | 2                 | 1                 | 1                 | 34               | 152             | -31            | 4                | 2                 | 2                 | 1                 | 1                 | 11               | -20             |  |  |
| 鉾田               | 茨城県鉾田市柏熊                               | 88           | 27               | 3                 | 1                 | 1                 | 1                 | 31               | 116             | -24            | 8                | 2                 | 2                 | 1                 | 1                 | 13               | -10             |  |  |
| 茨城鹿嶋             | 茨城県鹿嶋市平井                               | 74           | 32               | 3                 | 1                 | 1                 | 1                 | 35               | 106             | -27            | 11               | 2                 | 1                 | 1                 | 1                 | 15               | -11             |  |  |
| 銚子               | 千葉県銚子市東小川町                             | 49           | 42               | 6                 | 2                 | 1                 | 1                 | 50               | 97              | -15            | 11               | 0                 | 1                 | 0                 | 0                 | 11               | -3              |  |  |
| 千葉松尾             | 千葉県山武市松尾町富士見台                          | 33           | 28               | 3                 | 2                 | 0                 | 1                 | 32               | 62              | -10            | 7                | 2                 | 1                 | 0                 | 0                 | 11               | 1               |  |  |
| 長生               | 千葉県長生郡長生村本郷                            | 17           | 20               | 3                 | 2                 | 1                 | 1                 | 23               | 38              | -7             | 6                | 1                 | 0                 | 0                 | 0                 | 6                | 0               |  |  |
| 千葉大原             | 千葉県いすみ市大原                              | 9            | 17               | 1                 | 0                 | 1                 | 1                 | 16               | 24              | -6             | 5                | 2                 | 2                 | 1                 | 1                 | 10               | 4               |  |  |
| 勝浦               | 千葉県勝浦市荒川                               | 8            | 12               | 1                 | 1                 | 2                 | 2                 | 9                | 16              | -5             | 5                | 2                 | 2                 | 1                 | 1                 | 10               | 5               |  |  |
| 鴨川               | 千葉県鴨川市太尾                               | 7            | 7                | 1                 | 2                 | 3                 | 2                 | 6                | 11              | -3             | 4                | 1                 | 1                 | 0                 | 0                 | 7                | 3               |  |  |
| 丸山               | 千葉県南房総市白子                              | 5            | 5                | 2                 | 3                 | 3                 | 3                 | 11               | 11              | -3             | 3                | 1                 | 1                 | 0                 | 0                 | 6                | 3               |  |  |
| 館山               | 千葉県館山市西長田                              | 5            | 4                | 3                 | 4                 | 3                 | 3                 | 13               | 13              | -3             | 3                | 1                 | 1                 | 0                 | 1                 | 5                | 2               |  |  |

#### この変動量は、長崎県の福江観測局を固定局とした場合のものです。

表の見方:M牡鹿観測局の高さを例に取ると、東北地方太平洋沖地震の影響で107cm沈降しましたが、2016年2月現在、地震前と比べて64cmの沈降となっていることを示しています。

(※1)「本震前後」は、2011年3月10日と2011年3月12日を比較したもので、主に本震による変動量を示したものです。(F3解析使用)

(※2)「本震翌日、1、2、3年後から1、2、3、4年後までの累積」は、2011年、2012年、2013年、2014年3月と2012年、2013年、2014年、2015年3月を比較したもの、「本震4年後から5年後までの累積」は2015年2月と2016年2月を 比較したもので、1年ごとの地殻変動量を示したものです。(F3解析使用)

(※3)「本震翌日から5年間の累積」は、2011年3月12日と2016年2月を比較したもので、本震後の変動量を示したものです。(F3解析使用)

(※4)「本震前から5年間の累積」は、2011年2月と2016年2月を比較したもので、本震とその後の動きによる変動量を示したものです。(F3解析使用)

(※5) 2011年3月12日に欠測したため。

(※6) 2012年3月に欠測したため。

(※7) 移転のため、観測局廃止。

# 沿岸の観測局位置図





海底地殻変動観測から見えてきた東北沖地震後の広域余効変動場について

東北大学では、2011年東北地方太平洋沖地震の後、2012年9月に日本海溝沿いに20点のGPS/ 音響測距結合方式の海底地殻変動観測点からなる広域観測網を構築し、同地震に伴う余効変動場を 把握するための観測を、年1-2回の頻度で継続してきた(第1図)。2015年11月までに、およそ 3年間のデータが蓄積され、東北地方太平洋沖の広域余効変動場の様子が明らかになってきた(第) 2図)。推定された各観測点における変位速度の海溝軸に直交する成分を海溝軸に沿う方向に並べ てみると、地震時の最大すべり域である宮城県沖では陸向きに 10 cm/yr 程度、その北側では海溝 向きに5 cm/yr 程度、また、南側では海溝向きに 5-15 cm/yr 程度と、空間的に余効変動のパター ンが大きく異なっていることがよくわかる。これらの特徴は、地震後の粘弾性緩和モデルおよび南 部での余効すべりモデルから予測されるものと概ね調和的であり(第2図の曲線)、また、海上保 安庁による観測結果とも整合する。また、海溝軸よりも海側の観測点(G01)では、太平洋プレー トの通常の運動と粘弾性緩和による変動を合わせた量に相当する 18 cm/yr の変位速度が検出され た(Tomita et al., 2015)。一方で、陸向きの変動が大すべり域より北側にも広がっていることから、 地震時大すべり域が北側に伸びていた可能性や、海溝軸近傍で陸向き変動がやや小さくなっている ことから、海溝軸付近での局所的な余効すべりの可能性が示唆される。このような余効すべり分布 の不均質は、相似地震から推定されたスロースリップの活動分布などと併せて解釈していく必要が ある。また、余効すべりが卓越していると考えられる観測点(G17)の時系列を見ると、変位速度 が減衰する傾向も見られ(第3図)、今後も観測を継続し、変動場推定の確度を上げるとともに、 その時間変化を追う必要がある。



第1図 2012年9月に構築した日本海溝沿いの海底地殻変動観測網の2015年11月までの観測実績(赤丸)。白三角は、データが不十分で変位速度ベクトルの推定に用いなかった観測。



第2図 2015年11月までのおよそ3年間の観測で得られた、余効変動速度の分布図。参考のため、Linuma et al. (2012)による地震時すべり分布とSun and Wang (2015)による地震後1年間の余効すべり分布も記載した。日本海溝に沿った方向の分布の特徴をみるため、得られた変位速度ベクトルの海溝に直交する方向の成分をプロットし、その分布を近似的に滑らかな曲線(黒線)で表した。Sun et al. (2014)の粘弾性モデルによる予測変位速度の分布(青線)も共に示した。



第3図 福島県沖の余効すべりが顕著な観測点の時系列データ(東西・南北成分)。他の観測点同 様赤線で示した直線近似で変位速度を算出しているが、変位速度が減衰する傾向が見られる。



2011 年東北地震前後の地形対比:日本海溝海底地形変動分布

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震(MW 9.0)の震源・津波波源域において、船舶で取得したマルチビーム音響測深データを元に地震前後の海底地形を比較し、海溝軸近傍の変動を調べた。比較にあたっては測深データの精度が鉛直方向に数m、水平方向には20m程度の不確定さがある事を確かめた(Fujiwara et al., 2014)。38°N付近の大きな変動はすでに報告したが(Fujiwara et al., 2011)、さらに38°N周辺の他の側線でも垂直変動を比較したところ、同様な変動は海溝軸横断方向に約3km、海溝軸沿いの方向に約13km程度の範囲に見られた。一方、宮城沖から離れた福島沖(37°25'N)、石巻沖(38°35'N)も地形変動を示すが、変動量は比較的小さい。来年度以降には東北地方太平洋沖地震時に津波を増幅した可能性があるとされる39°30'N付近の地震後の音響測深データを取得し、東北地方太平洋沖地震時に、どのような地形変動があったか検証する予定である。

## 2011 年東北地震の震源域で発生した地震履歴の復元

2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の破壊域で過去にどのような地震が発生してきた か検証するため、ピストンコアラーを用いた海底堆積物の調査を産総研と共同で進めてき た。その結果、海溝に近い深海盆に地震記録(タービダイト)が保存されている事が分か ってきた。採取されたタービダイトの年代を得る事によって過去の地震履歴復元を進める が、調査海域は炭酸塩補償深度より深いため一般的には正確な年代を得るのが難しい。し かし採取した深海堆積物には地磁気永年変化が良く記録されている事が分かり、標準曲線 と比較する事により連続的な高精度年代が得られる事が分かった。この手法により、それ ぞれのコアに含まれる数枚から10枚程度のタービダイトを現在からおよそ9,000年前まで にわたり、年代決定できる見通しがたった。来年度には特に海溝軸において調査を進める。



