

3-2 東北地方太平洋沖地震後の宮城県気仙沼市沖 M6 クラスの繰り返し地震 M6 class Recurrent Earthquakes off Kesenuma, Miyagi Prefecture after the 2011 Tohoku Earthquake

気象庁

Japan Meteorological Agency

概要 2012年6月18日宮城県沖の地震(M6.2)とその近傍のプレート境界で2002年以降に発生したM6.0以上の地震(M6.1~M6.4)について、震源過程解析によるすべり量分布の比較および波形相関解析を行った。その結果、2011年東北地方太平洋沖地震後に発生した3回の地震のすべり量の大きい領域がほぼ重なっており、すべり量の積算は最大約1mであった。これは、定常的なプレート間の相対速度から予想されるすべり量よりも明らかに大きい。周辺における東北地方太平洋沖地震後の小規模繰り返し地震から求めた積算すべり量と概ね整合する。このようにわずか1年3カ月の間にM6クラスの繰り返し地震が3回起きたのは、東北地方太平洋沖地震の余効すべりの影響と考えられる。

1. はじめに

2012年6月18日に宮城県沖でM6.2の地震(第1図の⑤)が太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した¹⁾。この地震の近傍では、1997年10月~2011年東北地方太平洋沖地震発生前までは、2002年のM6.3の地震(第1図の①)の他は、M3クラスの地震が年に数回発生する程度であった。また、1923年1月以降でみると、元々M6以上の地震が10数年に1回程度の頻度で発生していた。ところが、2011年東北地方太平洋沖地震後は地震活動が活発化し、M6クラスの地震が4回(第1図の②, ③, ④, ⑤)発生した。これらM6クラスの地震の震源の位置はほぼ同じであり、同じ場所が繰り返し破壊された可能性がある。そこで、ここではM6クラスの地震(第1図の①~⑤)の震源過程解析を行いすべり量分布を比較し、特定の場所における繰り返しすべりの有無を調べた。また、周辺の小規模繰り返し地震から求めた積算すべり量との関係から、東北地方太平洋沖地震の余効すべりによる影響を調べた。

2. M6クラスのすべり量分布の比較および波形相関

震源過程解析によるすべり量分布の推定に用いた地震は、2012年6月18日宮城県沖の地震(M6.2)とその近傍のプレート境界で発生したM6.0以上の地震である(第1図の①~⑤)。波形データは防災科学技術研究所のK-NETおよびKiK-netの加速度波形を速度波形に変換後、0.05~0.2Hzのバンドパスフィルターを通した。解析に用いた波形例を第2図に示す。初期破壊開始点は、一元化震源による震央、深さはプレート境界(Nakajima and Hasegawa, 2006²⁾)の40kmとした。断層面は、気象庁CMT解のプレート境界に整合的な節面とし、断層面全体を7×7個、大きさ5×5kmの小断層に分割した。解析の際には全ての地震で同じパラメータを設定した。各小断層のすべり量を求めるインバージョンの際には、multiple time window法を用い、時空間のすべり量が滑らかになるように拘束し、すべり角をCMT解のすべり角±45°に収める拘束を与えた。解析の結果(第1図)、①, ③, ④, ⑤の破壊域は重なる部分がある。最大すべり量は、④が0.5mで、その他はどれも0.3m前後である。特に、東北地方太平洋沖地震後に発生した③, ④, ⑤は、すべり量の大きい領域が重なって

おり、これらのすべり量の積算は最大 1m 程度である。

すべり量分布の重なるの妥当性を調べるために、①～⑤の地震について波形相関解析を行った。解析には震源過程解析と同じ観測点の加速度波形を用い、0.05～0.2Hz の帯域でコヒーレンスを計算した。解析の結果（表 1）、①と②はどの地震と比較してもコヒーレンス値（中央値）は 0.7～0.9 未満で波形は似ていない。一方、③と④は 0.986、④と⑤は 0.981 となり、波形が極めてよく似た相似地震である。また、③と⑤は 0.930 と若干コヒーレンス値が低いものの、両者の波形はよく似ているといえる。このように③、④、⑤の波形相関が高いことは、震源過程解析により求めたこれらのすべり量の大きい領域が重なることと整合する。

3. M6 クラスのすべり領域周辺の積算すべり

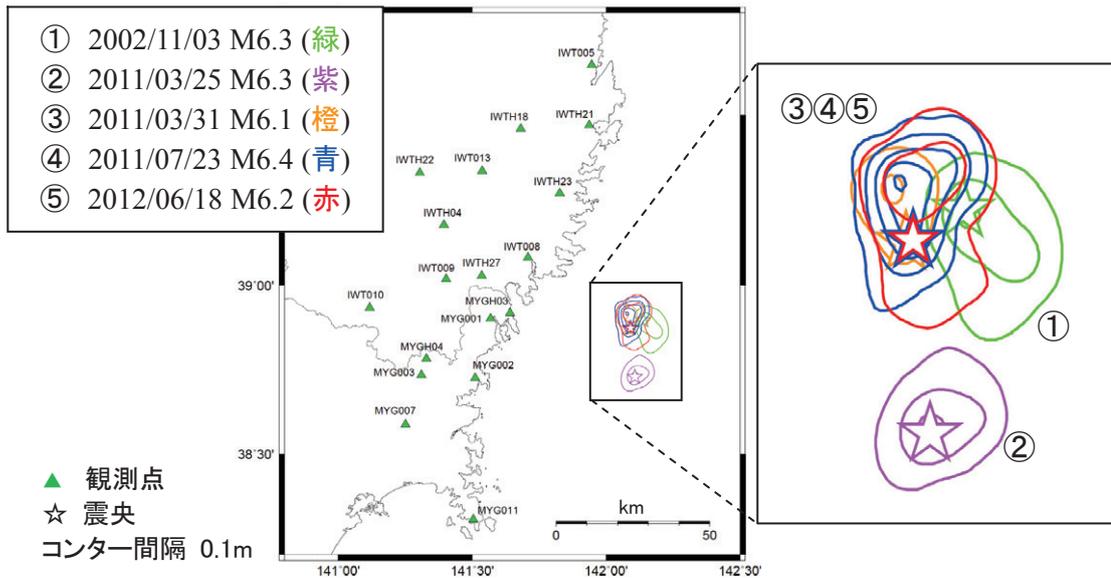
上記の解析に用いた①～⑤の地震周辺の積算すべり量を求めるために、第 3 図矩形内における 2011 年 3 月 11 日以降の M3.0 以上の地震について波形相関解析を行い、小規模繰り返し地震のグループを検出した。解析には高感度地震観測点の速度波形を用い、M に応じた帯域（溜瀧・他, 2011³⁾）でコヒーレンスを計算し、コヒーレンス値が 0.95 以上となった場合に繰り返し地震と見なした。グループ化をする際にはクラスター分析を用いた。Mw は M（本報告中の M は Mj である）と同じとし、Mw からすべり量への換算を Nadeau and Johnson (1998)⁴⁾によるスケーリング則を用いて行った。本解析により、①～⑤の地震周辺で多数の繰り返し地震が検出された（第 3 図）。その積算すべり量は、ばらつきは大きいものの 0.5～2.7m 程度と求まり、上述の震源過程解析結果および国土地理院(2012)⁵⁾の GPS データ解析によるこの付近の 2011 年 3 月 11 日 18 時から 2012 年 6 月 26 日 18 時までの余効すべり量 3.2m と概ね整合する。

謝辞 解析には独立行政法人防災科学技術研究所（K-NET, KiK-net, Hi-net）、東北大学、気象庁の波形データを使用しました。

（岩切一宏・溜瀧功史・川添安之・中村雅基）

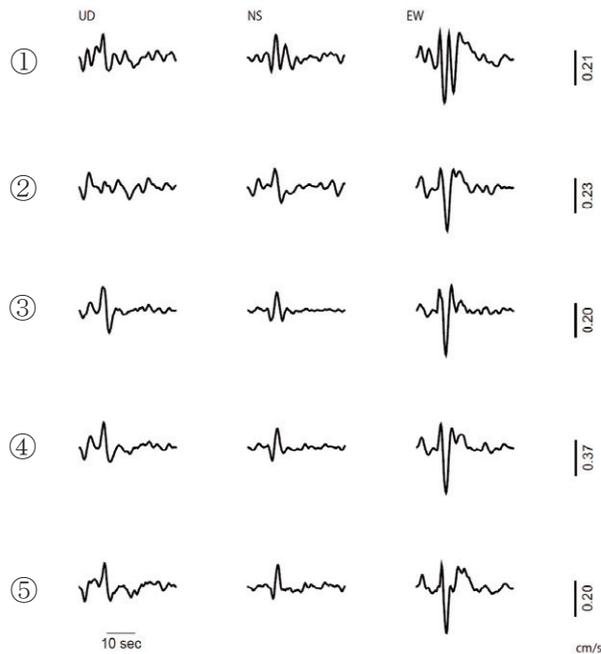
参考文献

- 1) 気象庁仙台管区気象台 (2012), 東北地方とその周辺の地震活動 (2012 年 5 月～10 月), 地震予知連絡会会報, 89 (本巻).
- 2) 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.
- 3) 溜瀧功史・中村雅基・山田安之 (2011), 全国を対象とした客観的な相似地震の抽出, 日本地球惑星科学連合 2011 年度連合大会, SSS026-P02.
- 4) Nadeau, R. M. and L. R. Johnson (1998), Seismological studies at Parkfield VI: Moment release rates and estimates of source parameters for small repeating earthquakes, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 88, 790-814.
- 5) 国土地理院 (2012), 電子基準点 (GPS 連続観測点) データ解析による地震後の変動と滑り分布モデル (暫定), <http://www.gsi.go.jp/cais/topic110314-index.html>.



第 1 図 近地強震波形から求めた①～⑤の地震のすべり量分布. カラーのコンター (コンター間隔 0.1m) はすべり量分布, カラーの星印は①～⑤の地震の震央, 緑三角はすべり量分布および表 1 のコヒーレンス値の算出に用いた K-NET および KiK-net の観測点を示す.

Fig. 1. Slip distributions of the ①-⑤ earthquakes, as estimated from regional strong motion data. Color contours (contour interval 0.1 m), the slip distributions; color stars, the epicenters of the ①-⑤ earthquakes; and green triangles, the seismic stations in K-NET and KiK-net that are used in the estimation of the slip distributions and the waveform coherence in Table 1.



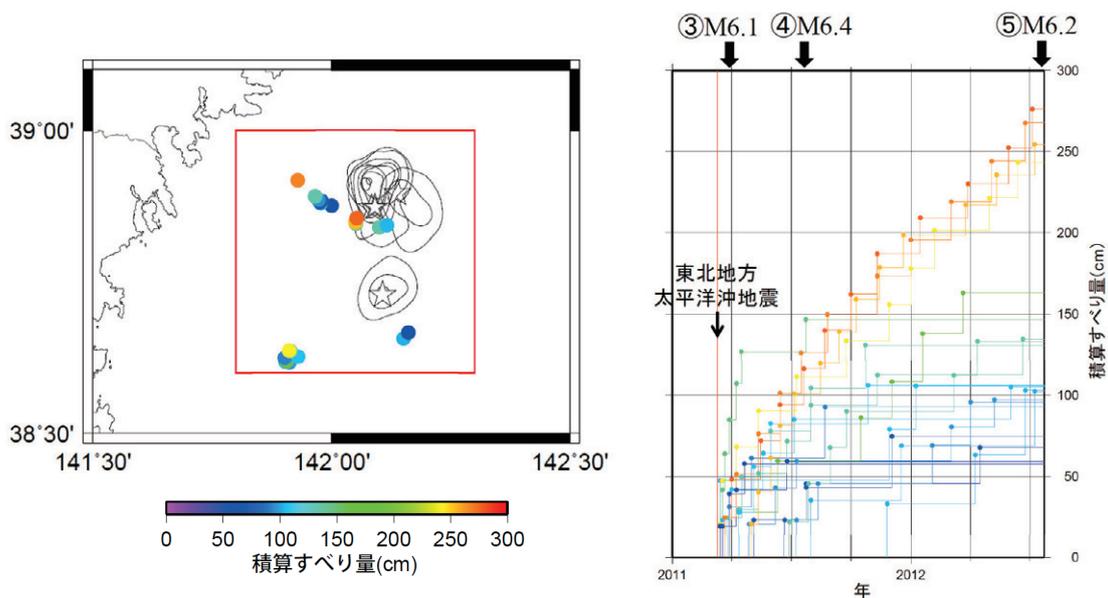
第 2 図 IWTH27 観測点における①～⑤の地震の速度波形. 観測された加速度波形を速度波形に変換し, 0.05～0.2Hz のバンドパスフィルターを通してある.

Fig. 2. Velocity waveforms of the ①-⑤ earthquakes at station IWTH27. Observed accelerograms were integrated to velocity, then the data were band-pass filtered between 0.05 and 0.2 Hz.

表 1 ①～⑤の地震間のコヒーレンス値.

Table 1 Waveform coherence among the ①-⑤ earthquakes.

	①	②	③	④	⑤
①		0.797	0.796	0.807	0.855
②			0.887	0.896	0.854
③				0.986	0.930
④					0.981
⑤					



第 3 図 2011 年東北地方太平洋沖地震以降の小規模繰り返し地震の積算すべり量の (左) 空間分布および (右) 時系列. 赤矩形は小規模繰り返し地震を検出した範囲を示す. 灰色コンターと星印は図 1 に示した①～⑤の地震のすべり量分布と震央を示す.

Fig. 3. (left) Spatial distribution and (right) time series of cumulative slips of small recurrent earthquakes after the 2011 Tohoku Earthquake. Red rectangle denotes the detection area for the small recurrent earthquakes. The coseismic slip distributions and epicenters of the ①–⑤ earthquakes denoted by gray contours and stars, respectively, are the same as described in Fig. 1.