

3-4 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震について The 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

気象庁 地震予知情報課
Earthquake Prediction Information Division, JMA
気象庁 気象研究所
Meteorological Research Institute, JMA

1. 地震の概要

2011年3月11日14時46分に三陸沖の深さ24kmでM9.0(モーメントマグニチュード)の地震(最大震度7)が発生した(第1図)。この地震の発震機構(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。この地震により津波が発生し、東日本の太平洋沿岸各地では非常に高い津波を観測した。この地震と津波により死者15,865人、行方不明者7,016人、負傷者5,866人などの甚大な被害が生じた(7月7日現在、総務省消防庁による)。

この地震の余震活動は活発で、余震域(第1図に示す矩形領域a内)では5月31日までにM7.0以上の地震が5回、M6.0以上の地震が81回、M5.0以上の地震が498回、また震度4以上を観測する地震が169回発生している。

2. 震源断層とその破壊過程

第2図に近地強震波形を用いた断層すべり分布の推定結果を示す。K-NET, KiK-net, 気象庁の23観測点の加速度計の記録を用いてGlobal CMTの速報解から断層面を仮定して解析を行い、次のような結果を得た。主な断層の長さは約450km, 幅は約150km, モーメントマグニチュードは9.0。すべりの大きな領域は、破壊開始点の東から北東側にあり、最大すべり量は約30m。破壊継続時間は約170秒である。

第3図に遠地実体波を用いた震源過程解析の結果を示す。IRISの広帯域地震波形記録から遠地実体波を用いて解析した結果は次のようになった。主な破壊領域は3つ(破壊開始点付近のやや浅い場所に2つと、そこから南南西に200~300kmの場所)であり、主な破壊継続時間は約160秒であった。断層の大きさは長さ約450km, 幅約200km, 最大のすべり量は約30mとなった。モーメントマグニチュードは9.0となった。

第4図に本震および余震の発震機構解を示す。海域で本震前にはほとんどみられなかった正断層の地震が余震には多く見られるようになっていることがわかる。

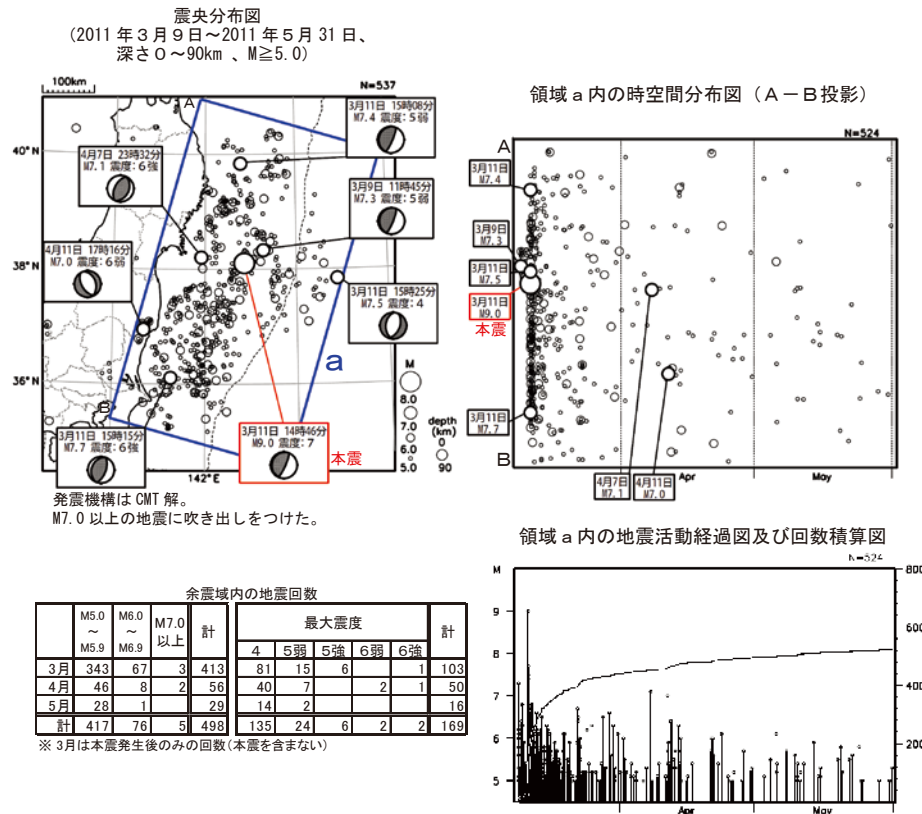
第5図に本震前後の余震域外の地震活動について示した。余震域外においても地震活動が活発になっている領域が見てとれる。

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分に三陸沖の深さ 24km で、M9.0（モーメントマグニチュード）の地震（最大震度 7、「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」と命名）が発生した。この地震の発震機構（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った。この地震が発生する 2 日前には、この地震の震源の北東側で M7.3 の地震（最大震度 5 弱）が発生していた。この地震の発生後、余震域（領域 a）内では、M7.0 を超える地震が発生するなど、地震活動が活発になっている。

領域 a 内で 3 月 9 日以降に発生した M7.0 以上の地震は以下の 7 回である（2011 年 5 月 31 日現在）。

発生日時	震央地名	M	最大震度	発震機構（CMT 解）
3月9日 11時45分	三陸沖	7.3	5 弱	西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
3月11日 14時46分	三陸沖	9.0	7	西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
3月11日 15時08分	岩手県沖	7.4	5 弱	西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
3月11日 15時15分	茨城県沖	7.7	6 強	西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
3月11日 15時25分	三陸沖	7.5	4	西北西－東南東方向に張力軸を持つ正断層型
4月7日 23時32分	宮城県沖	7.1	6 強	西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型
4月11日 17時16分	福島県浜通り	7.0	6 弱	東北東－西南西方向に張力軸を持つ正断層型



第 1 図 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震について
Fig.1 Summary of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

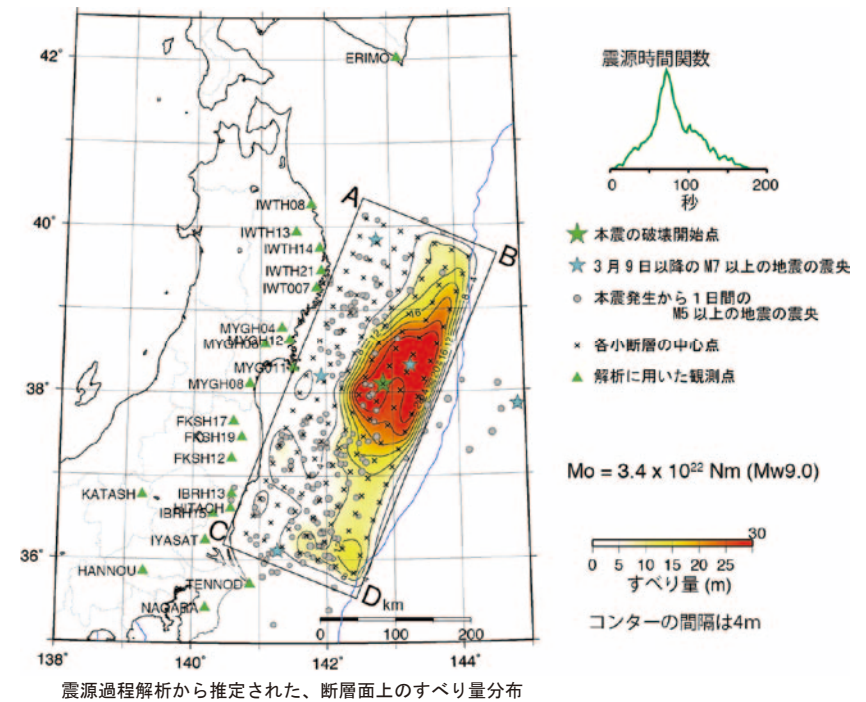
「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の断層すべり分布の推定 — 近地強震波形を用いた解析 —

気象庁気象研究所

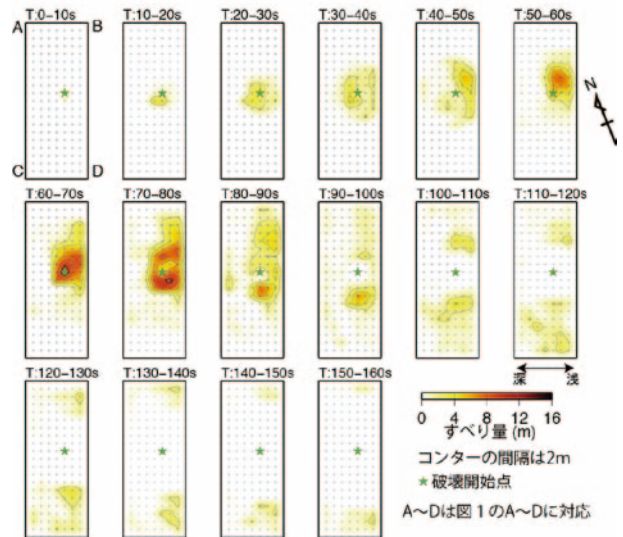
2011 年 3 月 11 日に起きた「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」について、K-NET、KiK-net、気象庁の加速度計の波形を利用して震源過程解析を行った。解析に用いたのは北海道から関東に至る図中▲で示した 23 観測点である。破壊開始点は気象庁の一元化震源（北緯 38.104 度、東経 142.861 度、深さ 23.7km）の値を使った。

破壊した断層面として Global CMT の速報解の太平洋プレートの沈み込みに対応する低角側の節面を用いた（走向 201 度、傾斜 9 度）。小断層のサイズは 25km×25km とした。

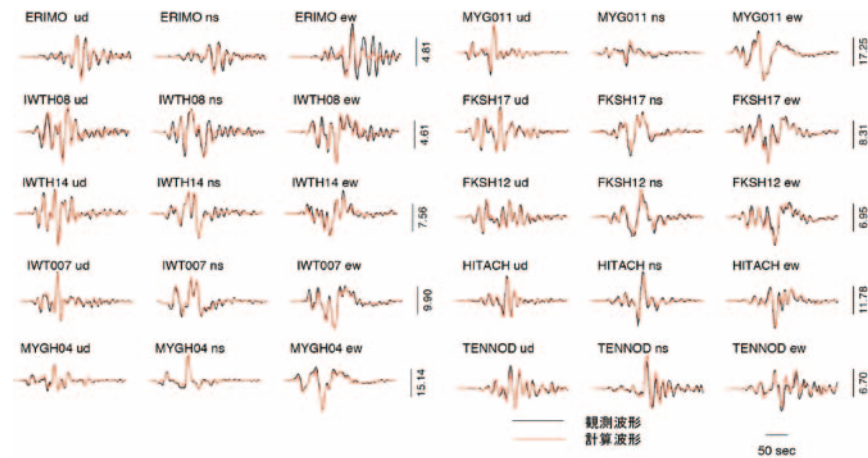
- 主な解析結果は以下に示すとおりである。
- ・ かなりの大きな領域は、破壊開始点の東から北東側（震源よりも浅い部分）にあり、最大すべり量は約 30m。
 - ・ 主な断層の長さは約 450km、幅は約 150km で、モーメントマグニチュード（M_w）は 9.0 となった。
 - ・ 断層の破壊は、破壊開始点付近で徐々に拡大した後（0～60 秒）、南北方向に分かれて進行した。
 - ・ 破壊継続時間は約 170 秒。
 - ・ 大きくすべった領域の周辺で余震が多発している。



第 2 図 「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の断層すべり分布の推定
— 近地強震波形を用いた解析 —
Fig.2 Source rupture process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake : analysis using near-field strong motion seismograms

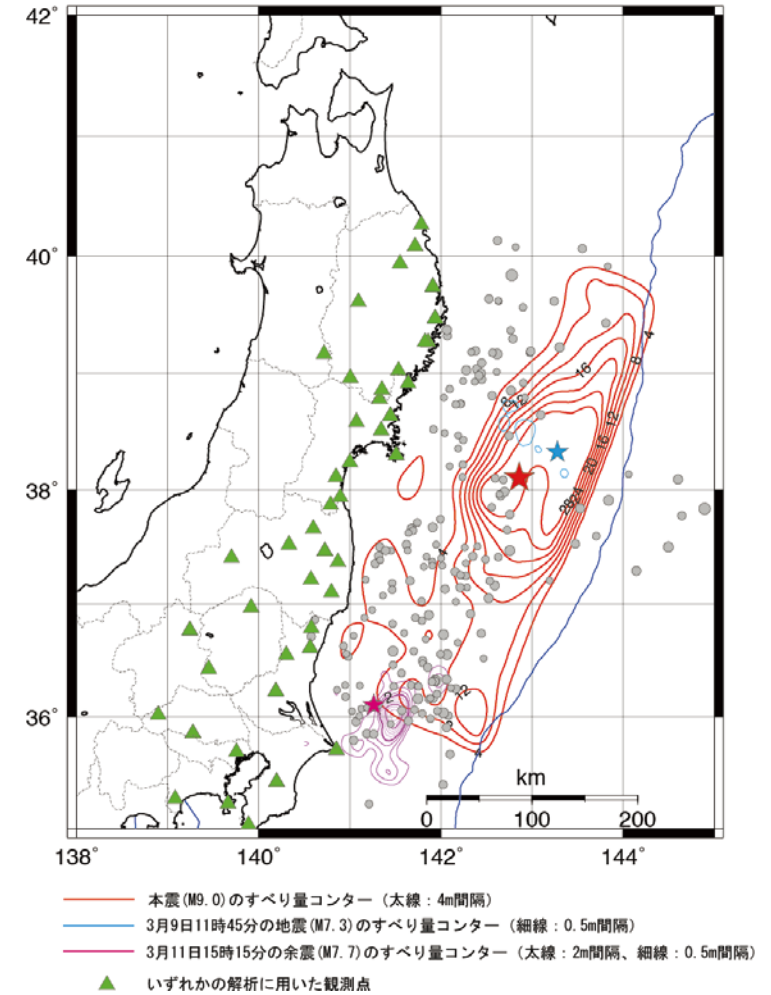


断層面における破壊のスナップショット（破壊開始から10秒毎のすべり量分布）



観測波形と計算波形の比較（速度波形、一部観測点のみ）

観測点は北から南の順で並べてある。波形は速度記録に変換し、100秒～7秒のフィルターをかけた。全体的に波形の一致は非常に良い。



本震と3月9日のM7.3の地震、最大余震のすべり量比較

※ この解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある。

※ 解析には、(独)防災科学技術研究所及び気象庁により観測されたデータを使用した。

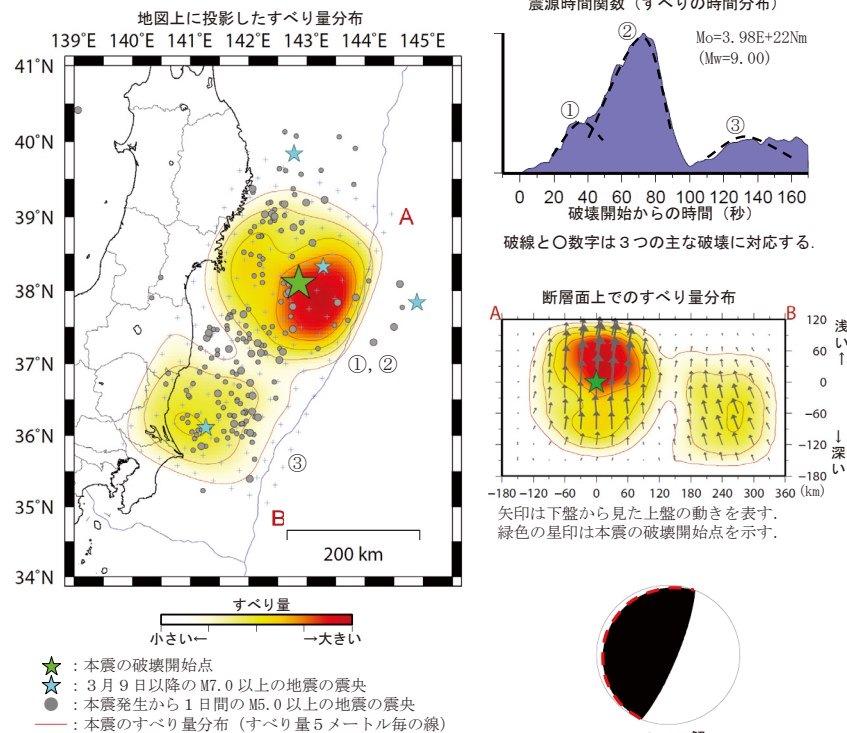
第2図 「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」の断層すべり分布の推定
－ 近地強震波形を用いた解析－

Fig.2 Source rupture process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake : analysis using near-field strong motion seismograms

平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震 - 遠地実体波による震源過程解析 (暫定) -

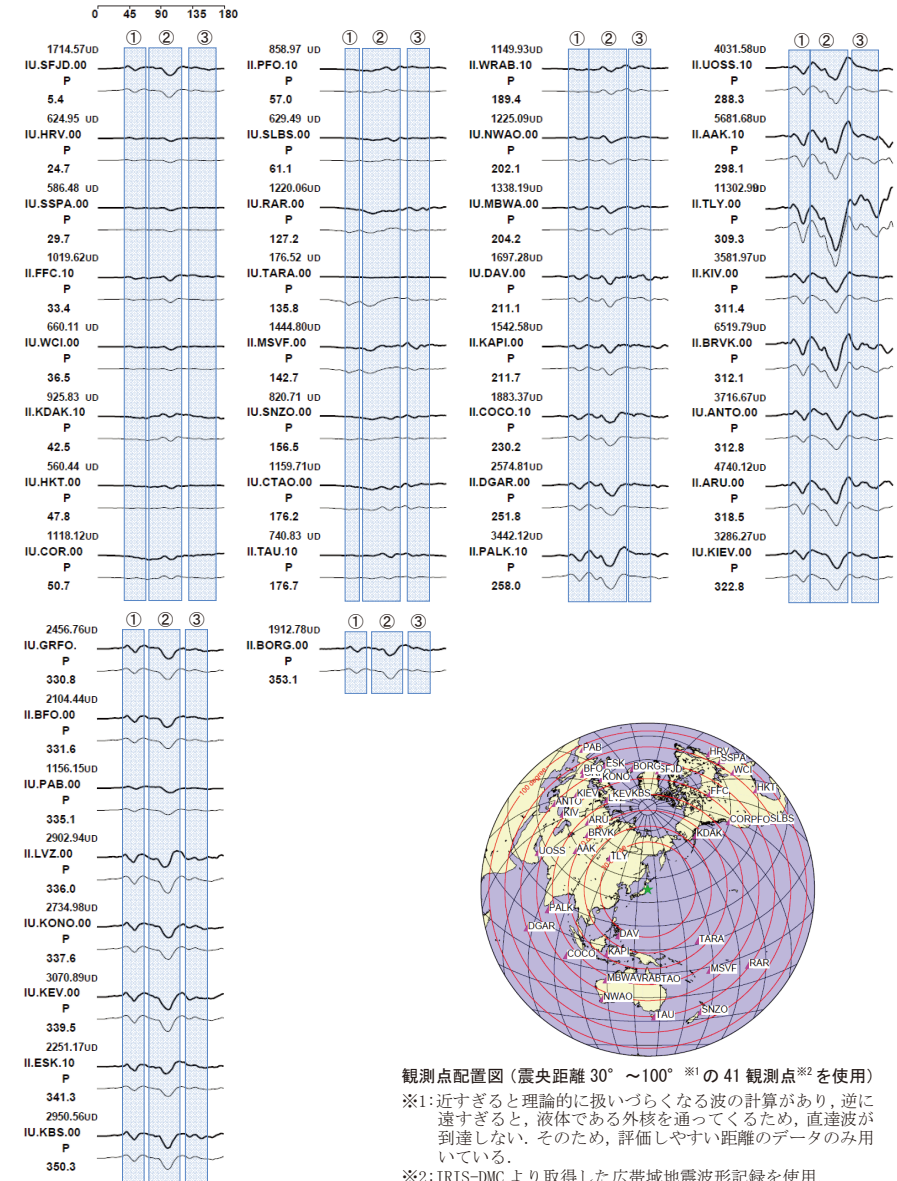
平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震について、米国地震学連合 (IRIS) のデータ管理センター (DMC) より広帯域地震波形記録を取得し、遠地実体波を利用した震源過程解析 (注 1) を行った。
 破壊開始点は気象庁による震源の位置 (N38° 06.2', E142° 51.6', 深さ 24km) とした。

- 主な結果は以下のとおり。
- ・ 主な破壊は 3 つに分けられる (図中の○数字参照)。
 - ・ 主なすべりは初期破壊開始点よりもやや浅い場所と、初期破壊開始点の南南西 200~300km の場所 (最大破壊伝播速度を 1.8km/s と仮定した場合) にあり、主な破壊継続時間は約 160 秒であった。
 - ・ 断層の大きさは長さ約 450km, 幅約 200km, 最大のすべり量は約 30m (剛性率を 30GPa と仮定した場合) であった。
 - ・ モーメントマグニチュードは 9.0 であった。



(注 1) 解析に使用したプログラム
 M. Kikuchi and H. Kanamori, Note on Teleseismic Body-Wave Inversion Program,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/ETAL/KIKUCHI/>
 ※ この解析結果は暫定であり、今後更新する可能性がある。

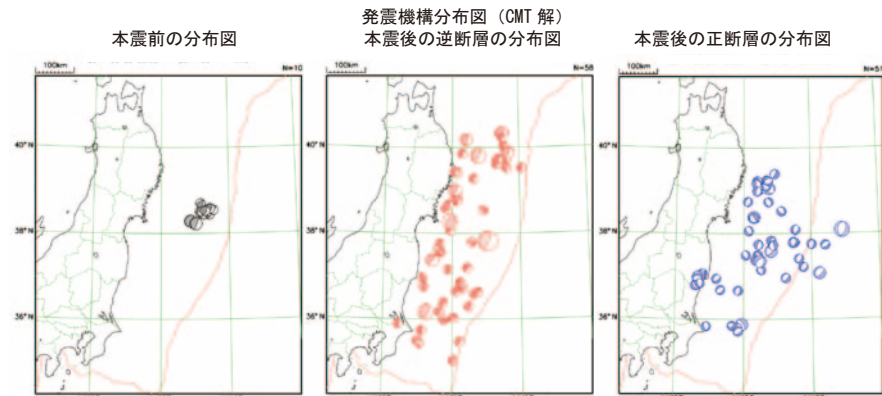
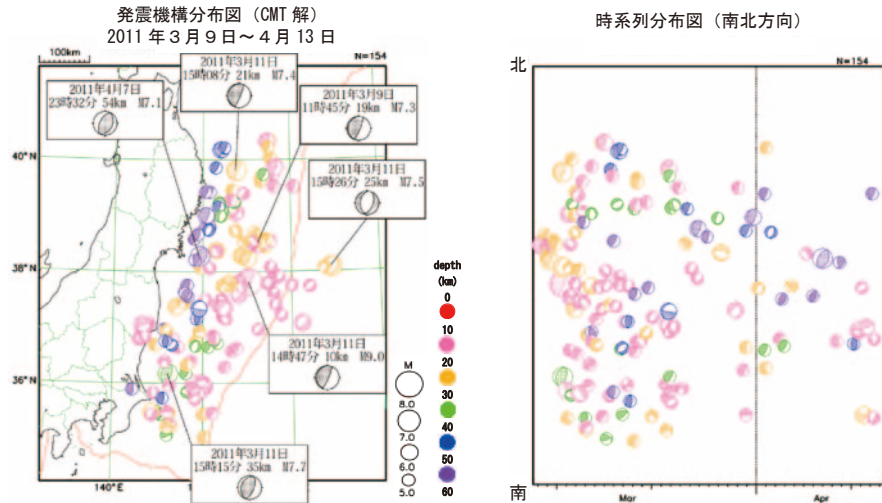
観測波形 (上: 0.002Hz-1.0Hz) と理論波形 (下) の比較
 主な 3 つの破壊に対応する地震波を点線で示した。



第 3 図 平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震
 - 遠地実体波による震源過程解析 -

Fig.3 Source rupture process of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake : analysis using teleseismic body-wave

「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」の発震機構解（速報、CMT 解）



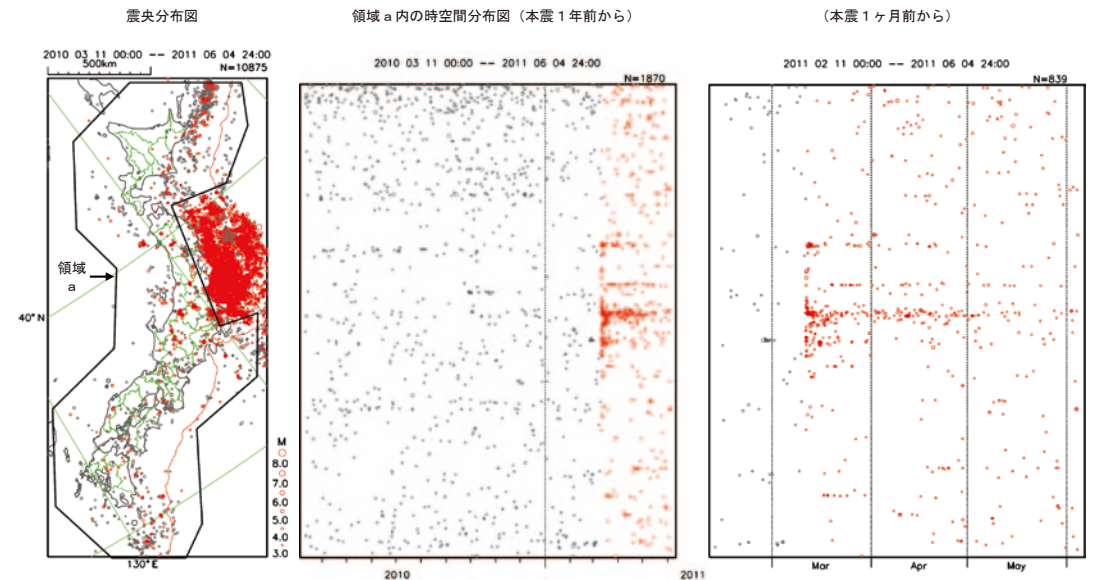
- 本震後は、逆断層（中央下図）の他に、正断層の地震（右下図）も多くみられる。
- 本震と同様な低角逆断層は、岩手県沖や茨城県沖などに多くみられる。
- 正断層の地震は、本震の周辺のほか、海溝軸の東側や、福島県から茨城県にかけての陸寄りの浅い場所にも分布している。

※ 3 月 28 日以降の発震機構解（CMT 解）は速報解であり、今後の解析の結果変更となる場合がある。

第 4 図 発震機構の分布

Fig.4 Centroid moment tensor solutions for aftershocks of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake

「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」前後の地震活動状況（深さ 0～90km、 $M \geq 3.0$ ）



本震発生以降の地震を赤色で示した

第 5 図 余震域外での「平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震」前後の地震活動状況

Fig.5 Seismic activity outside the aftershock area of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake