

12-11 第190回地震予知連絡会 重点検討課題「本震のすべり分布について」概要 Summary of intensive discussion subject “Slip distribution of the mainshock”

佐竹 健治（東京大学地震研究所）

Kenji Satake (Earthquake Research Institute, University of Tokyo)

1. はじめに

第190回地震予知連絡会では、3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に関して提出された資料を5つのトピックに分けてレビューした。本稿は、最初のトピックである本震のすべり分布についてのレビューの概要を述べる。

2. 地震波から推定したすべり分布

2.1 遠地実体波のインバージョン

遠地（外国）で記録された地震波のインバージョンによる結果は気象庁と名古屋大学から提出された（第1図）。気象庁は破壊開始から160秒間に3つの破壊があったとしており、名古屋大学は120秒まで調べた中で、主な破壊は100秒程度で終了したことは共通している。すべりの空間分布について、気象庁は震源のすぐ南東側で最大のすべり（約30m）があったとしたが、名古屋大学では震源の北東・南東方向の海溝付近に大きなすべりを求めている。モーメントマグニチュード M_w はそれぞれ9.0, 8.9であった。

2.2 近地強震記録のインバージョン

近地（日本国内）で記録された強震波形のインバージョン結果は気象庁（気象研）と防災科研から提出された（第1図）。気象研は、最初の60秒程度は破壊が震源から広がり、60秒以降は海溝軸に近い断層浅部で南北方向に伝播したこと、震源過程は約170秒、最大すべりは約30 m, $M_w=9.0$ であったことを示した。防災科研は破壊開始から約20—50秒及び60—90秒に、震源の東側の浅部のほぼ同じ領域で大きなすべりが発生したこと、最大すべりが25 m, $M_w=9.0$ であったことを示した。

2.3 短周期波源のイメージング

気象庁（気象研）はK-NET, KiK-netのデータを用い、温泉地学研究所・地震研はMeSo-netのデータを用いて、バックプロジェクション法によって短周期波源をイメージングした。気象研の結果は3つの系列からなり、系列1（15—55秒）は震央から東へ、系列2（35—100秒）は海溝軸から西へ、系列3（100—140秒）は福島・茨城沖から内陸へ向かって短周期の波源が移動していく様子を示している。温泉地学研究所・地震研も同様な短周期波源の移動を示しているが、強度分布を周期で分解すると、より長周期（10秒以上）の波源がより海溝近くに推定された。すなわち、短周期の波が断層面の深部から、長周期の波は浅部から出たことを示している。

3. 地殻変動データから推定したすべり分布

3.1 陸域のGPSデータのインバージョンによるすべり分布

国土地理院による GPS 連続観測は、地震後 1 日間に水平方向に最大 5.4 m、上下方向で最大 1.1m の変動があったことを示した。このデータを使って、国土地理院、東北大学、東大地震研究所からすべり分布が提出された（第 2 図）。これらのモデルは、断層面（プレート上面）の深さや傾斜角が異なるため、最大すべり量は 24 – 35 m とばらつくが、最大すべりが本震のやや東側、海溝軸からある陸側に位置することは共通している。Mw は 8.9 – 9.0 となっている。

3.2 陸域の GPS 及び海域の GPS/A データのインバージョンによるすべり分布

海上保安庁による GPS/A 測定によれば、宮城沖は水平方向に約 15 m、24 m 移動、上下方向には陸側で 0.7 m 沈降、海溝側で約 3 m 隆起したこと、福島沖では水平方向に約 5 m、上下方向には約 0.9 m 隆起したことが明らかとなった。また、東北大学は、震源の東側の海溝軸付近で約 5 m の隆起があったことを報告している。

陸域での GPS にこれらの海域の地殻変動を加えたインバージョンによるすべり量分布が国土地理院・海上保安庁、名古屋大学から提出された（第 2 図）。最大すべり量は 54 – 60 m で、陸上の GPS だけを使ったものよりも海溝側に位置している。

3.3 その他の地殻変動データによるすべり量分布

SAR データを使ったすべり量分布が防災科研から、南海地震震源域周辺で観測された歪ステップを用いたすべり量分布が産総研から提出された。陸上や海域の地殻変動データに比べると分解能は劣るものの、基本的には震源付近に大きなすべりを持つ分布が得られている。

4. 津波データから推定したすべり分布

海底の水圧計、沿岸の波浪計・検潮所などで記録された津波波形を用いた結果が気象庁（気象研）、防災科研、東大、北大・他から提出された。気象研は津波の初動とピークの到達時刻から逆伝播図を作成して波源域の大きさ（約 550 km）とピークの位置（震源の東方）を推定した。防災科研は、断層を仮定せず、海底の地殻変動量が 6 m 程度であることを推定した。東大から提出された二つのモデルは、傾斜角の違いにより最大すべり量は 30 – 57 m と異なるものの、ともに震源東方の海溝軸付近に最大のすべり量が推定されている。北大・他のモデルは津波に加えて陸上の GPS も使って、最大 30 m のすべりを震源東方に推定した。

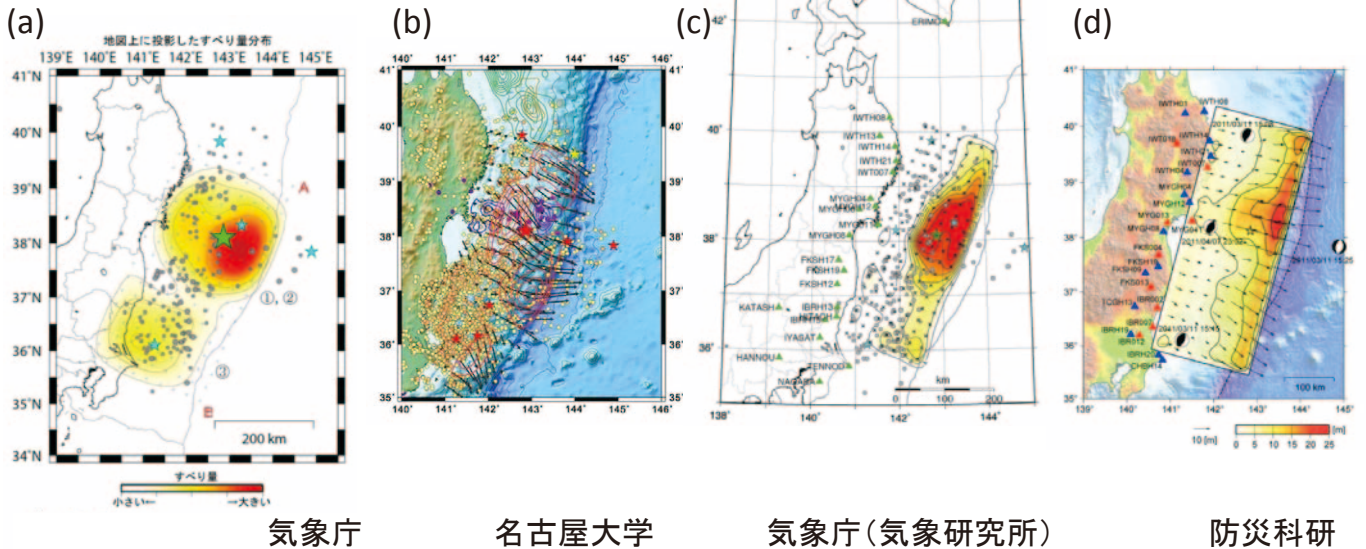
5. まとめ

地震波・地殻変動・津波から推定された本震の震源過程は以下のようにまとめられた。

- (1) 断層運動の継続時間は最大 3 分程度で、最初の 2 分程度は震源域（宮城沖・三陸南部沖）で、その後、南（福島沖・茨城沖）へ広がった。
- (2) 震源の東方の海溝軸付近で、25 – 35 m 程度の最大すべりが発生した。
- (3) 宮城沖における海溝付近の海底は最大 6-8 m 程度隆起して津波を発生した。これを断層面上に投影してすべり量を推定するには、傾斜角の仮定が大きく影響する。
- (4) 福島・茨城県沖では、海溝軸付近では大きな地殻変動や断層面上のすべりはなかった。
- (5) モーメントマグニチュード Mw は 9.0 程度であった。

遠地実体波の解析

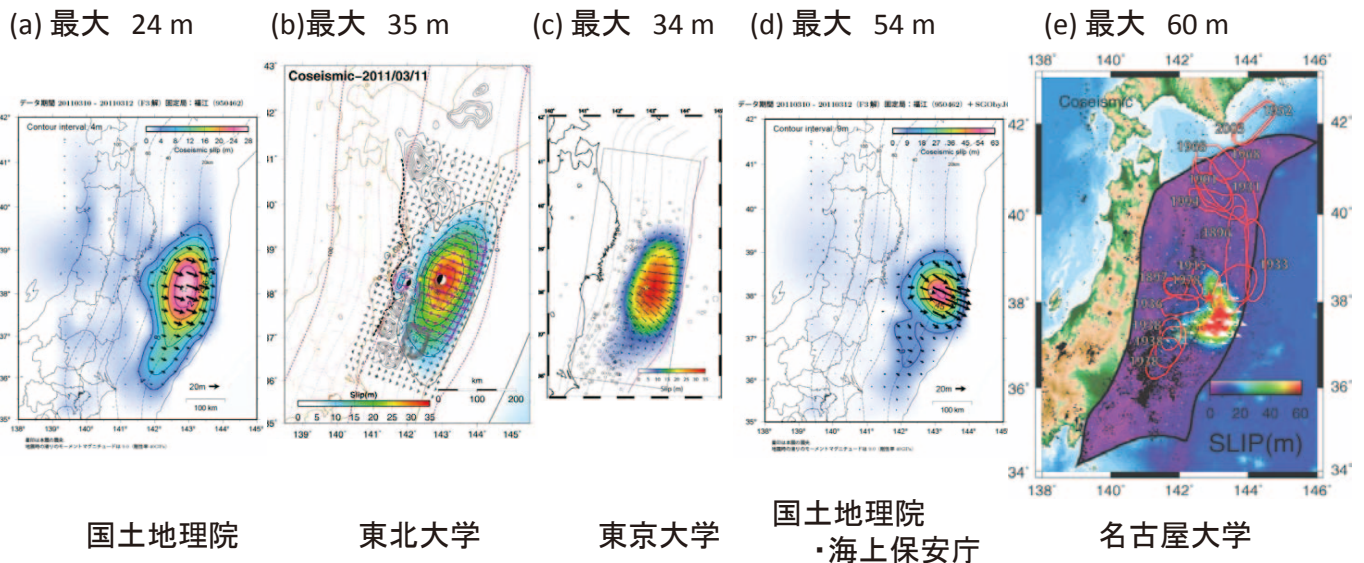
近地強震記録の解析



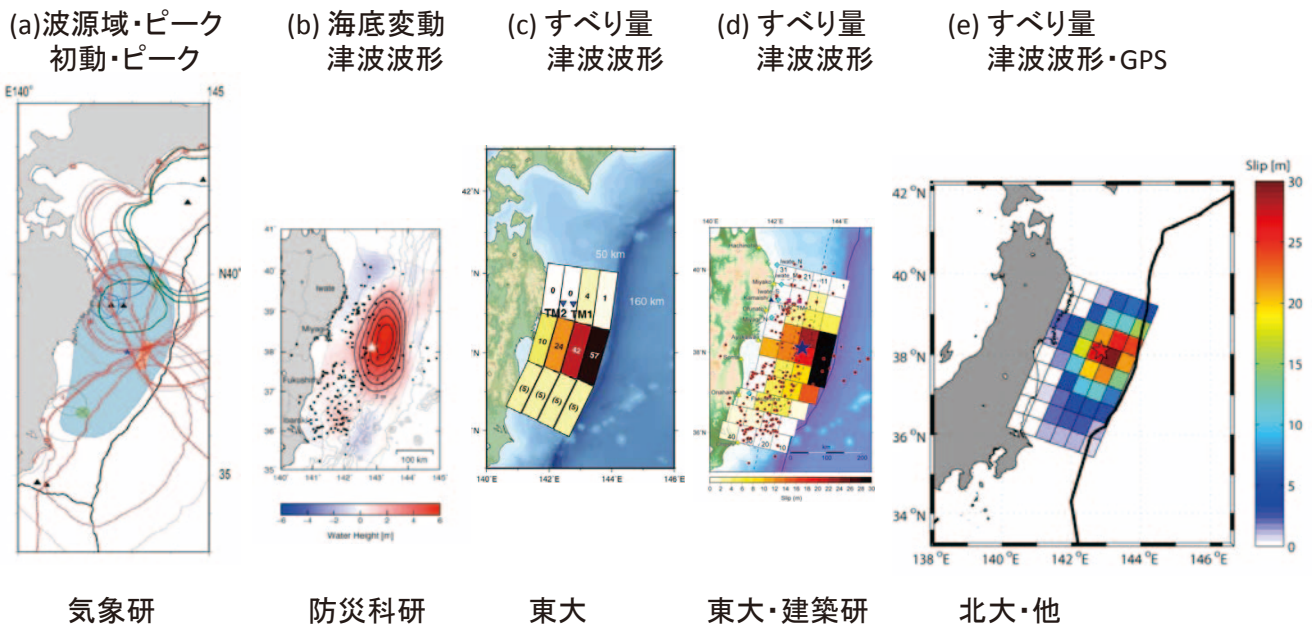
第1図. 地震波データのインバージョンによるすべり量分布. (a) 気象庁と(b) 名古屋大学は遠地実体波解析によるモデル, (c) 気象庁(気象研)と(d) 防災科研は近地強震記録の解析によるモデル.
Figure 1. Slip distributions obtained from seismic waveform data. (a) Japan Meteorological Agency and (b) Nagoya University by teleseismic body wave inversion, (c) Meteorological Research Institute and (d) National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention by inversion of near-field strong-motion records.

陸上GPSデータのインバージョン

陸上GPS・海底GPS/Aデータ



第2図. 地殻変動データのインバージョンによるすべり量分布. (a) 国土地理院, (b) 東北大学, (c) 東京大学は陸上のGPSデータを用いた結果, (d) 国土地理院・海上保安庁, (e) 名古屋大学は陸上のGPS及び海域のGPS/Aデータを用いた結果.
Figure 2. Slip distributions obtained from geodetic data. (a) Geospatial Information Authority of Japan, (b) Tohoku University and (c) University of Tokyo used land GPS data only, while (d) Geospatial Information Authority of Japan and Japan Coast Guard and (e) Nagoya University used both land GPS and marine GPS/A data.



第3図. 津波データから求めたすべり量分布. (a) 気象庁（気象研）は津波初動とピークから逆伝播図を用いて波源域とピークを推定, (b) 防災科研は津波波形から海底地殻変動を直接推定, (c) 東大, (d) 東大・建築研は津波波形から断層面上のすべり量を推定, (e) 北大・他は津波波形と陸上GPSデータから断層面上のすべり量を推定した.

Figure 3. Slip distributions obtained from tsunami data. (a) Meteorological Research Institute estimated the tsunami source area and its peak from arrival times of tsunami first motion and peak, (b) National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention directly estimated the seafloor deformation from tsunami waveforms, (c) University of Tokyo and (d) University of Tokyo and Building Research Institute estimated the slip on fault from tsunami waveforms, and (e) Hokkaido University and other institutes estimated the slip on fault from tsunami waveforms and land GPS data.