

12-12 臨時地震観測データを用いて推定した東北日本の応力場 State of stress in NE Japan revealed from dense seismic observation

吉田 圭佑・岡田 知己・長谷川 昭 (東北大学)

Keisuke Yoshida, Tomomi Okada, Akira Hasegawa (Tohoku University)

1. はじめに

地震発生機構の理解・地震の発生予測のためには、地震発生深度の応力状態に関する知識が、第一に重要である。このため、地球内部の応力情報の抽出手法として、地震データを用いた応力テンソルインバージョン法が開発され、現在でも広く使用されている。しかしながら、応力テンソルインバージョン法では、地球内部の主応力軸方向・応力比を推定することが可能であるものの、原理的に応力の大きさに関する情報を得ることができない。

応力の大きさは、地震の破壊条件に直接関係する非常に重要なパラメータである。その推定手法は、現在においても確立していないが、主応力軸・応力比の空間的・時間的な擾乱を利用することにより、原理的に可能であることが分かっている¹⁾。そこで、本研究では、東北日本に展開された臨時地震観測データを用いて、東北日本の主応力軸・応力比の空間変化を検出し、擾乱源の検討に基づいて応力の大きさの推定を行った。

2. 東北日本の応力場の空間的特徴

2011年東北地方太平洋沖地震発生以前の地震のメカニズム解を新たに推定し、応力テンソル・インバージョン法を用いて、東北日本地殻内の主応力軸方向・応力比の空間分布を求めた(第1図)。その結果、東北日本の応力状態は、従来から知られていた特徴(1) 西北西-東南東圧縮の逆断層場の一様な分布の他に、顕著な空間的特徴を持つことが分かった。すなわち、(2) 前弧域においては、必ずしも西北西-東南東圧縮場ではない。北部(北上山地周辺)では南北圧縮場、南部(阿武隈山地周辺)浅部では正断層場が卓越する。(3) 前弧域南部(阿武隈山地周辺)の応力場は深さにより顕著に異なり、浅部では正断層場が卓越するが、深部では逆断層場が卓越する。(4) 島弧・背弧域において、応力型(stress regime)が、地表の標高と相関を持つ。標高が高い山間部下では、横ずれ断層場が卓越し、標高が低い平野部下では、逆断層場が卓越する。

また、近年内陸で発生した大地震、2008年岩手・宮城内陸地震、2011年福島県浜通りの地震震源域の主応力軸方向を詳細に調べた結果、(5) 地震後の震源域の主応力軸方向は顕著な空間不均質性を持ち、そのパターンが最大地震による静的応力のそれと非常によく一致することが分かった。

3. 応力の大きさの推定

特徴(4)は、地形の存在に起因する重力・浮力により説明が可能である。地形に起因する応力を見積もり、数値モデルを用いて特徴(4)の再現を試みたところ、観測された主応力軸・応力比を説明するためには、プレート収束に起因する差応力が20 MPa以下であることが要請されることが分かった。同様に、静的応力変化により特徴(5)を定量的に説明するためには、本震前の震源域の差応力が数10 MPa以下であることが要請されることが分かった。すなわち、特徴(4)、(5)は、東北日本の最大せん断応力の大きさが、通常考えられる岩石強度に比べて、非常に小さいことを示す。

4. 2011 年東北地方太平洋沖地震後に、内陸の主応力軸方向は変化したか？

東北日本海域部上盤・プレート境界近傍においては、2011 年東北地方太平洋沖地震により主応力軸が回転したことが分かっている^{2),3)}。東北日本内陸域においても、秋田県北部に推定された主応力軸方向は、2011 年東北地方太平洋沖地震前後で有意に変化し、地震後の方向が地震時静的応力変化のそれとほぼ一致することが分かった。このことは、2011 年東北地方太平洋沖地震により、秋田県北部の主応力軸が回転した可能性を強く示唆するものであるが、そうであったとした場合、秋田県北部の差応力が元々 1 MPa に満たなかったことになる⁵⁾。

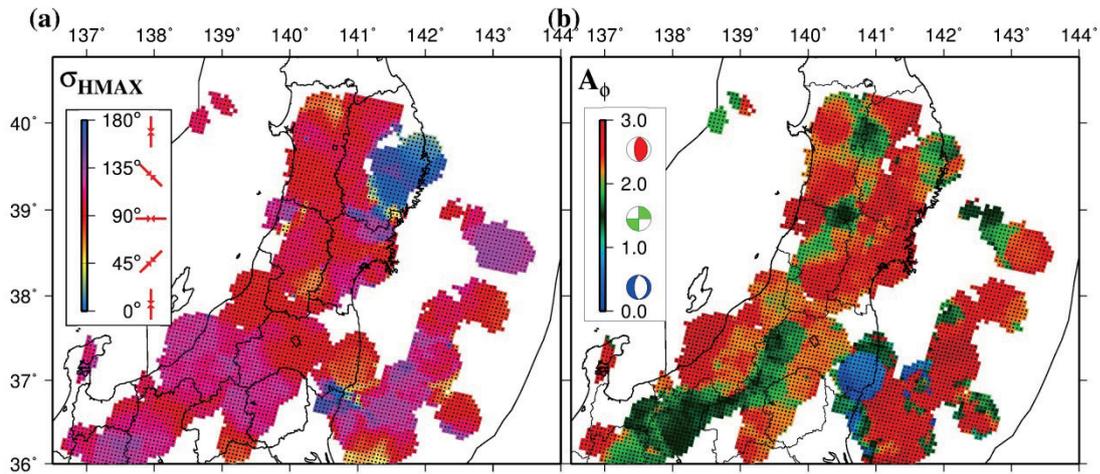
もう一つの可能性として、これらの地域において、広域と異なる主応力軸方向の領域が局所的に分布していた可能性が考えられる。そのような小さなスケールでの応力の不均質は、これらの地域が、1896 年陸羽地震、1914 年秋田仙北地震震源域周辺に位置していることから、前述の特徴 (5)と同様に説明され得るかもしれない。その場合、これらの地域では、それぞれの本震前の差応力がおよそ数 10 MPa 以下であったことが推測されるが、この大きさは 特徴 (4)から推定された東北日本の平均的な差応力の大きさと調和的である。

5. 結論

東北日本に展開された臨時地震観測データを用いた推定により、東北日本地殻内の主応力軸方向の顕著な空間変化が検出された。このことは、東北日本の偏差応力の大きさが非常に小さく、そのために、大地震の静的応力変化・地形の存在などにより、主応力軸方向が簡単に擾乱されてしまうことを意味すると考えられる。

参考文献

- 1) Sonder, L. J., 1990, Effects of density contrasts on the orientation of stresses in the lithosphere: Relation to principal stress directions in the Transverse Ranges, California, *Tectonics*, 9, 231-246.
- 2) Hasegawa, A., Yoshida, K., Okada, T., 2011, Nearly complete stress drop in the 2011 Mw 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space* 63, 703-707.
- 3) Hasegawa, A., Yoshida, K., Asano, Y., Okada, T., Iinuma, T., Ito, Y., 2012, Change in stress field after the 2011 great Tohoku-Oki earthquake, *Earth and Planetary Science Letters*, 355-356, 231-243.
- 4) Yoshida, K., Hasegawa, A., Okada, T., Iinuma, T., Ito, Y., Asano, Y., 2012, Stress before and after the 2011 Great Tohoku-Oki earthquake and induced earth-quakes in inland areas of eastern Japan, *Geophys. Res. Lett.*, 39.



第 1 図 推定した東北日本地殻内の応力方向. (a) 最大水平圧縮方向, (b) 応力型 (stress regime) をカラースケールで示す.

Fig.1 (a) Orientations of the observed σ_{Hmax} measured in degrees clockwise from north. Orientations of σ_{Hmax} are shown by the color scale at left top. (b) Type of stress regimes. Reverse, strike-slip, normal fault types and other stress regime are indicated by red, green, blue and black colors, respectively.