

### 3-4 2016年11月22日福島沖地震と2016年12月28日茨城県北部地震に対する2011年東北地方太平洋沖地震後の粘弾性緩和と余効すべりの影響

#### **Effects of Viscoelastic Relaxation and Afterslip following the 2011 Tohoku-oki Earthquake, Japan, on the 2016 Fukushima-oki and the 2016 North Ibaraki Earthquakes**

東京大学地震研究所地震予知研究センター  
Earthquake Research Institute, University of Tokyo

2016年11月22日に $M_w$ 7.0福島沖地震, 2016年12月28日に $M_w$ 5.9の茨城県北部地震が発生した。これらの地震が2011年東北地方太平洋沖地震（以降, 東北沖地震）から5年という間隔において発生したメカニズムは何であろうか。その検証は今後の地震活動予測においても重要である。有限要素法による2011年東北沖地震後の地殻変動モデリング<sup>1,2)</sup>により, 日本列島下の粘性構造と3年間の積算余効すべり分布が得られており, これらを用いて, 周辺域の応力の時間変化を見積もることが可能である。

第1図 a-c) にアセノスフェアの粘弾性緩和による広域的な剪断応力場 (von Mises stress) の時間変化を示す。東北沖地震による応力は時間とともに広がる。茨城県北部地震の震源は5年後には0.2 MPa増加して1 MPaのコンターの内側に入る。一方, 福島沖地震の震源での剪断応力はそれほど変化しない。第1図 d) は3年間の積算余効すべりに対する弾性的な剪断応力場を示す。福島沖地震で0.4 MPa, 茨城県北部地震で0.2 MPa程度の影響が見られる。

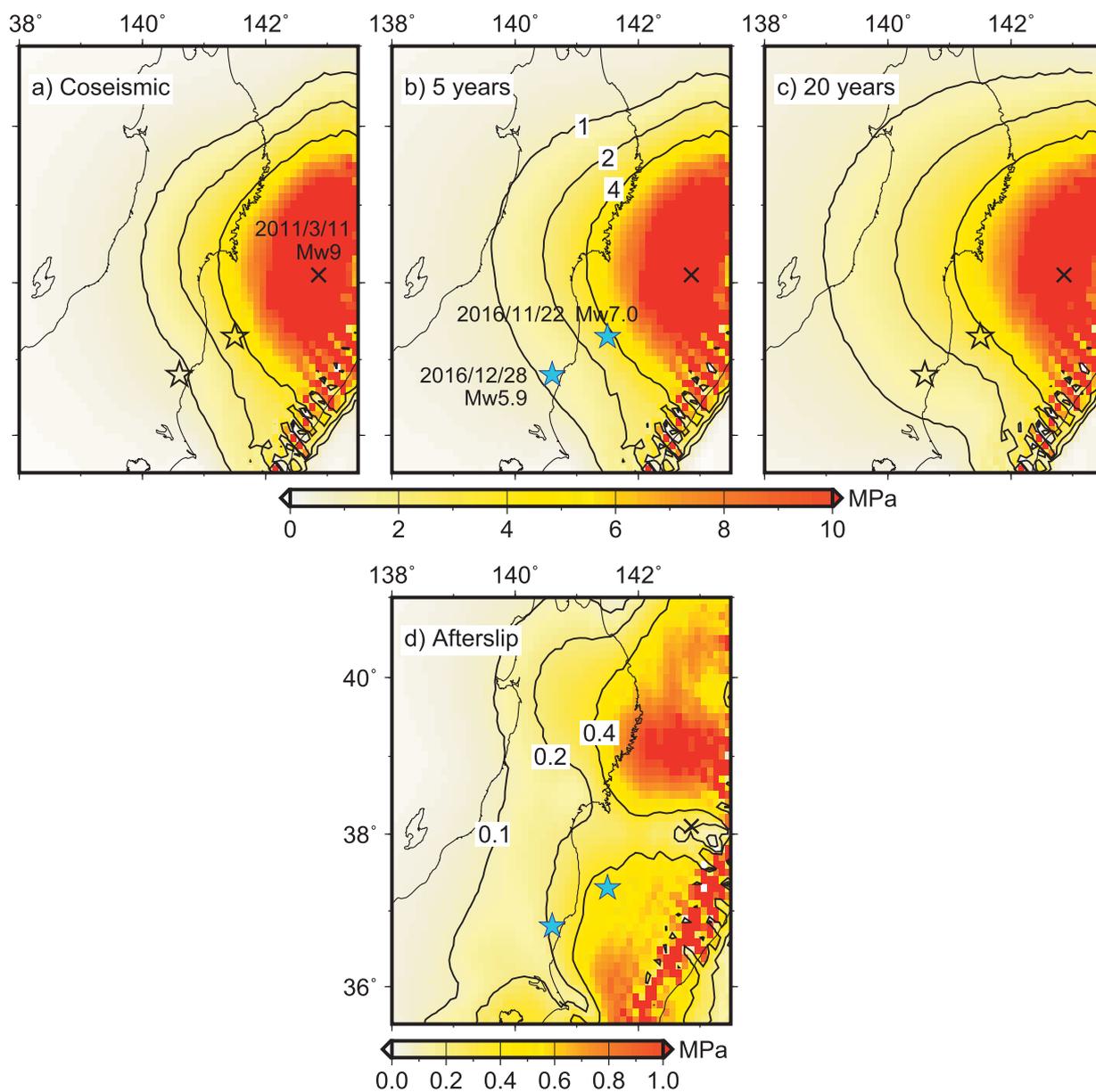
第2図に各震源断層に対する粘弾性緩和による法線応力, 剪断応力, クーロン応力の20年間の時間変化を示した。断層面の走向・傾斜とすべり角はHi-netのメカニズム解による二つの節面のうち余震分布<sup>3,4)</sup>に整合的な面をとり, 福島沖地震は走向 $52.1^\circ$ , 傾斜 $37.6^\circ$ , すべり角 $-86.5^\circ$ , 茨城県北部地震は走向 $317.3^\circ$ , 傾斜 $31.4^\circ$ , すべり角 $-118.8^\circ$ とした。東北沖地震直後(0年)は, いずれの震源断層でもクーロン応力は正となる。しかし, 実際にこの時点では地震は発生せず, さらなる応力増加を要したものと考えられる。その後の粘弾性緩和によるクーロン応力は, 福島沖地震については低下し, 茨城県北部地震では増加する。地震後5年間のクーロン応力の変化量は福島沖地震では $-0.16$  MPa, 茨城県北部地震では $0.11$  MPaとなった。

第1表には3年間の積算余効すべりによる応力計算結果を示す。クーロン応力は, 福島沖地震については $0.29$  MPa, 茨城県北部地震については $0.15$  MPa増加する。一般的に余効すべりは時間とともに減衰しながら継続する。第1図 d) に示した地震後3年間のすべり分布の空間パターンがその後も大きく変化しなければ, 5年後の時点では上記の見積もりより多少増加した値になると考えられる。

粘弾性緩和と余効すべり両効果の和は, 福島沖地震に対し $0.13$  MPa, 茨城県北部地震に対し $0.26$  MPaとなった。したがって, いずれの地震においても, 東北沖地震時に加えて地震後の応力載荷が地震発生を促進したと考えられる。しかし, そのメカニズムは, 福島沖地震では余効すべりが主で, 茨城県北部地震では粘弾性緩和と余効すべりが同程度寄与した。

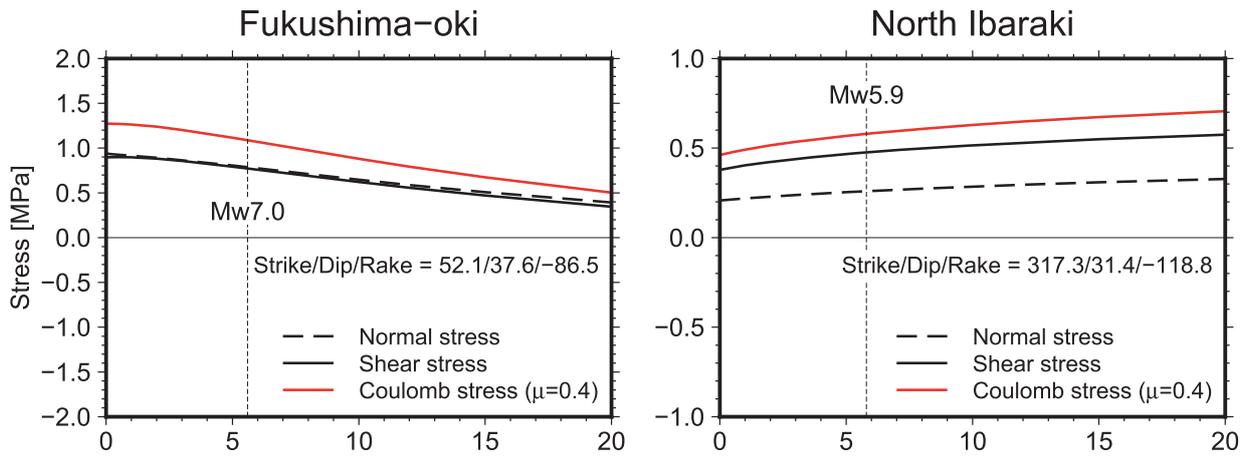
#### 参考文献

- 1) Hashima, A., T. W. Becker, A.M. Freed, H. Sato, and D. A. Okaya (2016), Coseismic deformation due to the 2011 Tohoku-oki earthquake: influence of 3-D elastic structure around Japan, *Earth Planets Space* 68:159, doi:10.1186/s40623-016-0535-9.
- 2) Freed, A. M., A. Hashima, T. W. Becker, D. A. Okaya, H. Sato, and Y. Hatanaka (2017), Resolving depth-dependent subduction zone viscosity and afterslip from postseismic displacements following the 2011 Tohoku-oki, Japan Earthquake, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 459, 279-290.
- 3) 地震本部, 2016年11月の地震活動の評価(平成28年12月9日公表), [http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016\\_11.pdf](http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_11.pdf), (2017年2月15日確認).
- 4) 地震本部, 2016年12月28日茨城県北部の地震の評価(平成29年1月13日公表), [http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/20161228\\_ibaraki\\_2.pdf](http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/20161228_ibaraki_2.pdf), (2017年2月15日確認).



第1図 深さ10 kmにおける剪断応力場 (von Mises stress) . a) 東北沖地震時の応力場, b) 東北沖地震から5年後の粘弾性緩和による応力場, c) 東北沖地震から20年後の粘弾性緩和による応力場, d) 3年間の積算余効すべりによる弾性的応力場.

Fig. 1 Shear stress field (von Mises stress) at the depth of 10 km. a) Coseismic stress field, b) Stress field due to viscoelastic effect at 5 years after the Tohoku-oki earthquake, c) Stress field due to viscoelastic effect at 20 years after the Tohoku-oki earthquake, d) Stress field due to elastic response to the 3-year cumulative afterslip.



第2図 粘弾性緩和による震源断層上の20年の応力変化. 左は2016年福島沖地震, 右は茨城県北部地震. 断層面はHi-netメカニズム解と余震分布による<sup>3,4)</sup>. 摩擦係数は0.4とした.

Fig. 2 20-year change in stress on the fault planes due to viscoelastic effect. Left and right panels are stress on the 2016 Fukushima-oki and the 2016 North Ibaraki earthquakes, respectively. Fault plane for each earthquake based on the Hi-net mechanism solutions and aftershock distributions<sup>3,4)</sup>. Frictional coefficient is set at 0.4.

第1表 3年間の積算余効すべりにより各震源断層にかかる弾性的応力変化

Table 1 Stress change due to elastic response to the 3-year cumulative afterslip.

Stress (MPa)	Fukushima-oki	North Ibaraki
Normal	0.20	0.11
Shear	0.21	0.10
Coulomb	0.29	0.15