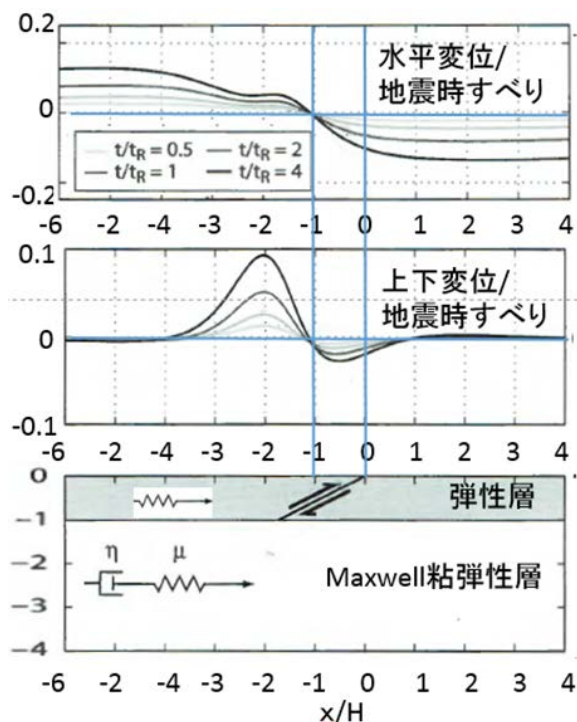


余効変動と粘弾性 —基本的理解—

京都大学大学院理学研究科 平原和朗

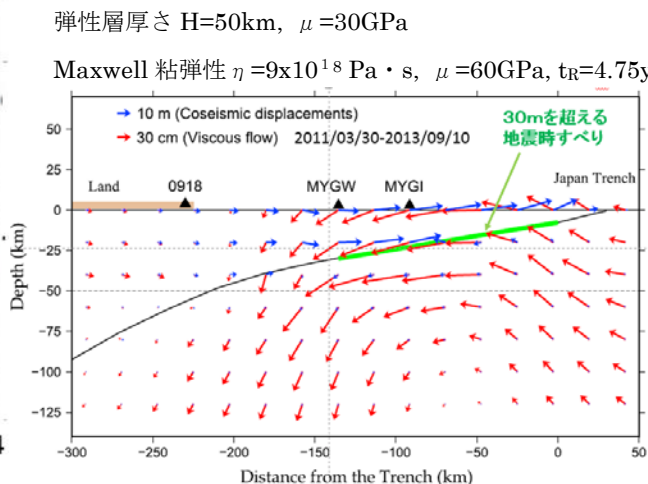
地震後に観測されるゆっくりした地殻変動（余効変動）の発生要因として、1)間隙弾性反発 (poroelastic rebound :PE)、2)余効すべり (afterslip)、3)粘弾性緩和 (viscoelastic relaxation) が挙げられる。1)は、間隙流体を含む多孔質弾性体中で生じる変動で、地震時に圧縮（伸張）された領域では、地震後に間隙流体が流出（流入）し、収縮・沈降（伸張・隆起）する。観測された時定数は、週～月で、変動は流体拡散に支配され、その流体拡散係数は透水係数/流体粘性率に比例する。2)は、岩石の摩擦則である速度状態依存則を考えると、震源域（速度弱化域 $a \cdot b < 0$ ）で生じた地震時すべりにより震源域延長部（速度強化域 $a \cdot b > 0$ ）で励起される地震後のゆっくりすべりによる変動である。観測されている時定数は、月～年であり、対数時間依存性を示す。3)は、地殻下部や上部マントルの粘弾性層に地震時応力により励起された流動により引き起こされる地震後に観測される広域変動である。観測された時定数は、年～数十年である。

東北地方太平洋沖地震では、断層および断層周辺の多孔質弾性体構造（間隙率分布や透水率構造等）が不明で、また時定数が短く変動が断層周辺に限られることもあり、1)については研究が少なく、主として2)と3)に関する研究が行われている。ここでは、海底で観測された大すべり域直上での地震時変動とは逆向きの西向き余効変動に関連して、粘弾性媒質中での流動について、弾性層と Maxwell 粘弾性（バネとダッシュポットの直列モデル）層から成る2層成層モデルを示す。左下図は、Segall(2010)の教科書に載っている、厚さ H の弾性層中での逆断層すべりによる地表での4時刻 ($t/t_R = 0.5, 1, 2, 4$; $t_R = \eta$ 粘性率/ μ 剛性率)での地殻変動を表す。断層直上で断層すべりによる地震時変動と逆向きの変動が現れているのが分かる。右下図は、Yamagiwa et al.(2015)により推定された、弾性・粘弾性2層構造モデルによる、東北地方太平洋沖地震時（青矢印）と余効変動（赤矢印）を2次元断面に投影したものである。粘弾性層に励起された流動により断層直上で地震時変動と逆向きの変動が生じていることが分かる。



Segall(2011) Fig.6.21 を改変

弾性層厚さ $H=50\text{km}$, $\mu=30\text{GPa}$
 Maxwell 粘弾性 $\eta=9 \times 10^{18} \text{ Pa} \cdot \text{s}$, $\mu=60\text{GPa}$, $t_R=4.75\text{yr}$



Yamagiwa et al.(2015) Fig.4 を改変