

2003 年十勝沖地震の余効変動の特徴と粘弾性構造の推定
 Characteristics of Postseismic Deformation following the 2003 Tokachi-oki Earthquake and
 Estimation of the Viscoelastic Structure in Hokkaido

○伊東 優治・西村 卓也

○Yuji ITOH, Takuya NISHIMURA

Postseismic deformation following the 2003 Tokachi-oki earthquake ($M_w=8.0$) has been observed by GNSS. It is mainly caused by afterslip and viscoelastic relaxation. We analyze the postseismic deformation of the Tokachi-oki earthquake from 2nd to 7th year and evaluate the effects of both mechanisms. We model afterslip as logarithmic function and estimate a time decaying constant. For the viscoelastic relaxation, we assume the two-layered model, which consists of an elastic layer overlying a viscoelastic half-space and estimate the thickness of the elastic layer and the viscosity of the viscoelastic half-space. The estimated time constant, thickness, and viscosity are 0.115 year, 50 km, 2×10^{19} Pa·s, respectively. Our study suggests that afterslip plays the dominant role at most stations in the 2nd year and is still sustained near the coseismic source area even in the 7th year, and that the viscoelastic relaxation plays the dominant role at the stations far from the source area in the 7th year.

1. はじめに

2003 年十勝沖地震 ($M_w=8.0$) は 2003 年 9 月 26 日に千島海溝で発生したプレート境界型地震で、余効変動が国土地理院による GNSS 連続観測システム (GEONET) 等によって観測されてきた [例えば [1]]. その主な原因は余効すべりと粘弾性緩和である。余効すべりは本震のすべり域とその周囲で起きる非地震性すべりで、本震で解放されたプレート間固着の回復過程を反映しているため、分布を正確に推定することが重要である。その際、観測値に含まれる粘弾性緩和が系統誤差となるため除去する必要がある。しかし、2003 年十勝沖地震について粘弾性緩和を考慮して余効変動を解析し、粘弾性構造を推定した先行研究はないため、本研究では余効すべりと粘弾性緩和の両者を考慮して余効変動をモデリングし、粘弾性構造を推定する。

2. データ解析

道内にある 81 点の GEONET 観測点でのデータを使用した。なお、北海道南西部のデータは、1993 年北海道南西沖地震 ($M_w=7.8$) や有珠山の活動の影響を受けていたため使用しない。最初に 1999 年 3 月 1 日～2003 年 9 月 1 日の線形トレンドを定常的な地殻変動と仮定し、本震後へ外挿して除去した。次に、周辺で発生した地震のうち地殻変動が GEONET で観測されている 2004 年釧路沖地震 ($M_w=7.0$, $M_w=6.7$), 2006 年千島列島沖地震 ($M_w=7.8$),

2007, 8, 9 年十勝沖地震 ($M_w=6.0$, $M_w=6.8$, $M_w=6.4$) による本震の変動を除去した。その際、2004 年、2006 年の地震はそれぞれ [2], [3] によるモデル計算値を用いて除去し、後の 3 つは本震の前後 10 日間ずつの座標値の平均値の差を変動量としてオフセット補正した。その後、2004 年 9 月 26 日～2010 年 9 月 26 日 (本震発生後 2～7 年目) の期間で水平成分は 1 年毎、上下成分は 2 年毎に年周・半年周変動を考慮して折れ線近似を行い、余効変動の速度を計算した。

3. モデリング

余効すべりによる、時刻 t の観測点 \mathbf{x} での変動 $\mathbf{U}(\mathbf{x}, t)$ を次の式 (1) でモデリングした。

$$\mathbf{U}(\mathbf{x}, t) = A \times \mathbf{u}(\mathbf{x}) \times \ln \left(1 + \frac{t}{B} \right) \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{u}(\mathbf{x})$ は本震直後から 4 ヶ月間の余効すべりによる観測点 \mathbf{x} の変位で、すべり分布は [2] の手法で事前に推定した。さらに、(1) 式によるモデルが 4 ヶ月間の変動量 $\mathbf{u}(\mathbf{x})$ と調和的になるように式 (2) の拘束条件を与え、時定数 B のみを推定した。

$$A \times \ln \left(1 + \frac{1}{3B} \right) = 1 \quad (2)$$

このモデリングでは、本震発生から 4 ヶ月間の余効すべりの空間分布が 7 年後まで変わらず、すべり量が対数関数で時間変化することを仮定している。粘弾性緩和は、十勝沖地震の本震 [4] と釧路沖

地震の本震[2]によるものを考慮した。厚さ H の弾性層と粘性率 η の半無限粘弾性層からなる水平成層2層構造を仮定し、これらの本震による粘弾性緩和を計算コードPSGRN/PSCMP[5]で計算した。

以上による観測値と計算値を用いて grid search を行い、 B , H , η と平行移動成分を推定した。

4. 結果と考察

$B=0.115$ 年, $H=50\text{km}$, $\eta=2.0 \times 10^{19}\text{Pa} \cdot \text{s}$ が推定された。このうち H , η は先行研究[6]で推定された東北地方前弧の地下構造と調和的である。

本震発生後2年目では、余効すべりの影響が全域で卓越していたことがわかった。7年目では、震源付近では余効すべりの影響が依然として卓越している一方、中央部より北では同程度か粘弾性緩和が卓越していたことがわかった。また、全期間に渡り、釧路沖地震の粘弾性緩和は十勝沖地震の余効変動に比べて非常に小さかった。

余効すべりで7年間に解放された地震モーメント M_0 は $M_w 8.0$ 相当で、本震と同程度であった。

系統的に分布した残差がみられることから、本震直後4ヶ月の余効すべりの分布が1年後以降に変

化したことや、2007, 8, 9年に発生した十勝沖地震の余効変動の影響が残差に含まれていると考えられる。また、2年目の道東地域の残差分布から2004年釧路沖地震の余効すべりがあったと考えられる。

5. 謝辞

本研究では国土地理院による電子基準点の日々の座標値(F3解)を使用いたしました。ここに記して感謝いたします。

6. 参考文献

- [1] Miyazaki et al. [2004], *GRL*, 31(6), L06623
- [2] Nishimura [2009], *EPS*, 61(11), 1203-1214
- [3] Takahashi and Kasahara [2007], *EPS*, 59(10), 1095-1098
- [4] 国土地理院 [2003], <http://www.gsi.go.jp/cais/HENDOU-hendou18.html>
- [5] Wang et al. [2006] *Computers and Geosciences*, 32(4), 527-541
- [6] Diao et al. [2014], *GJI*, 196.1, 218-229

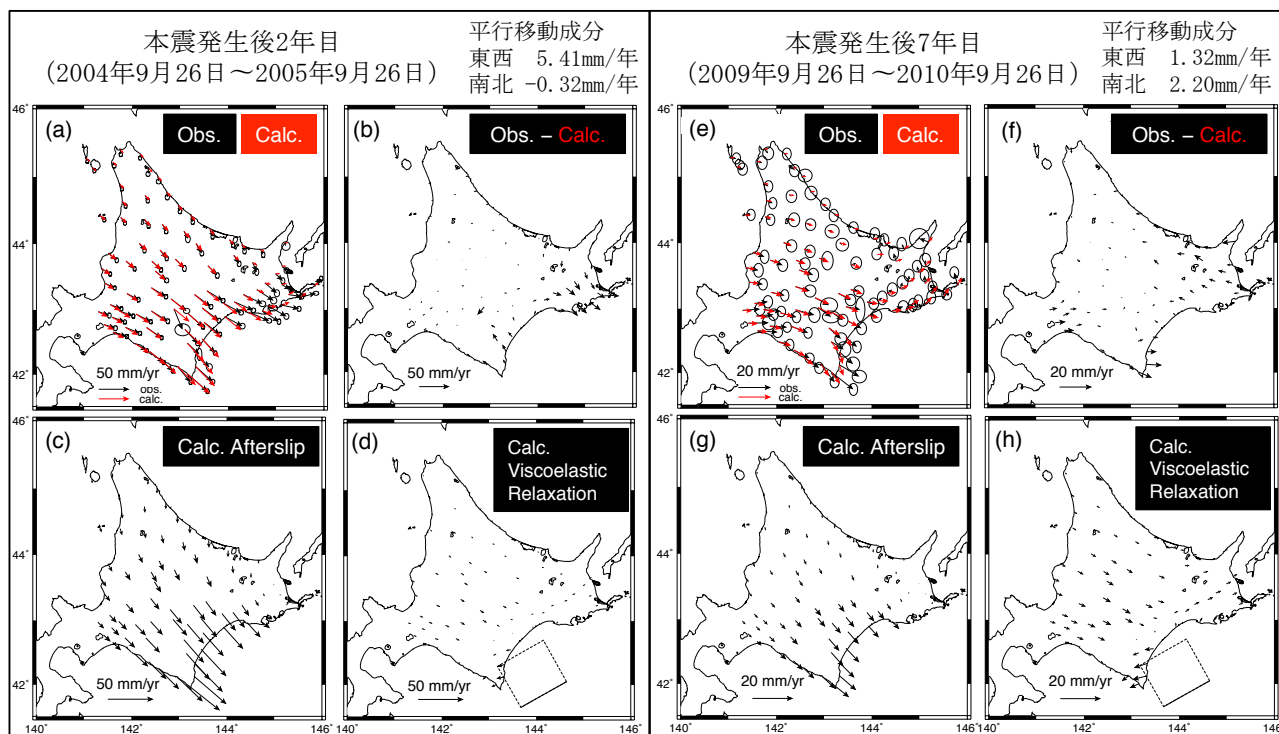


図1: 本研究における余効変動の解析結果。それぞれ、2003年十勝沖地震後、

2年目の(a)観測値と推定結果による計算値、(b)残差、(c)余効すべり及び(d)粘弾性緩和の計算値

7年目の(e)観測値と推定結果による計算値、(f)残差、(g)余効すべり及び(h)粘弾性緩和の計算値

なお、(d), (h)は2004年釧路沖地震の粘弾性緩和を含まず、矩形は2003年十勝沖地震の震源断層モデル[4]を示す。また、2年目と7年目及び上段と下段でベクトルのスケールが違うことに注意。