

粘弾性緩和の影響を考慮した 2003 年十勝沖地震以降のプレート間すべりの時空間変化の推定
 Estimation of Spatiotemporal Distribution of Interplate Slip
 Following the 2003 Tokachi-oki Earthquake Considering Viscoelastic Relaxation

○伊東優治・西村卓也

○Yuji ITOH, Takuya NISHIMURA

We estimated an spatiotemporal interplate slip following the 2003 Tokachi-oki earthquake ($M_w = 8.0$) including afterslip and small earthquakes as well as the coseismic slip simultaneously by using seven and half years long GNSS data. We included a viscoelastic response of interplate slip in the estimation of the slip. We also estimated distribution of interplate coupling before the 2003 event. The preliminary result shows that large postseismic slip occurred in the up-dip and down-dip extensions of the coseismic slip region. It is inferred that most of the accumulated slip deficit since the 1952 Tokachi-oki earthquake was released by the postseismic slip in the up-dip region and that in the down-dip region was significantly released by postseismic slip, too. Although the elastic displacement at stations in northern and southwestern Hokkaido was very small in the first year, they were moved by viscoelastic relaxation in the following period.

1. はじめに

2003 年十勝沖地震 (M_w 8.0, 図 1) は千島海溝で発生したプレート境界型地震で, 国土地理院による GNSS 観測システム GEONET によって余効変動が観測されてきた[例えば[1]]. 地震後の期間には, 2004 年釧路沖地震 (M_w 7.1, M_w 6.9), 2008 年, 2009 年十勝沖地震 (M_w 6.8, M_w 6.4) といった $M6\sim7$ 級の地震が発生した (図 1). 本研究では, 2011 年 3 月の東北沖地震の直前までの約 7 年半の間の GEONET の観測データから, 粘弾性緩和の影響を考慮して 2003 年十勝沖地震, 2004 年, 2008 年, 2009 年の地震の地震時すべりと余効すべりを含むプレート間すべりの時空間変化を推定した.

2. データ解析

北海道内全域の GEONET 観測点のうち 153 点での F3 解を使用した. 北海道南西部の観測点を中心に 1993 年北海道南西沖地震の余効変動が観測されており, 粘弾性緩和でモデル化されている[2]ため, 最初に地下構造モデル[2]と地震時すべりモデル[3]を用いて粘弾性緩和を計算し, 観測データから除去した. 次に 1998 年 3 月 1 日~2003 年 9 月 1 日の線形トレンドを定常変動速度と仮定し, 本震後へ外挿して除去した. その際, 2000 年の有珠山の火山活動と 2000 年根室半島沖地震に伴う変位が見られた点ではステップ関数で変位をモデル化し, 変位量も同時に推定した. 153 点のうち 42 点は

2002 年度に新設されたため定常変動速度を推定できなかった. そこで推定できた 111 点における定常変動速度を内挿[4]して定常変動速度を得た.

その後, 2003 年の地震後 2~7 年目のデータを, 年周・半年周変動, 2004 年, 2008 年, 2009 年の地震と 2006 年中千島地震 ($M_w = 7.8$) による地震時変位を考慮して折れ線近似し, 得られた年周・半年周変動と地震時変位を近似した期間の前後へ外挿して除去した. その際, これらの地震の地震時変位を表す各項を考慮するかどうかを観測点毎に震源距離に基づき決定した. 最後に, 残った時系列データを 1 ヶ月ごとに中央値をとることでダウンサンプリングした.

3. プレート間すべりのモデル化

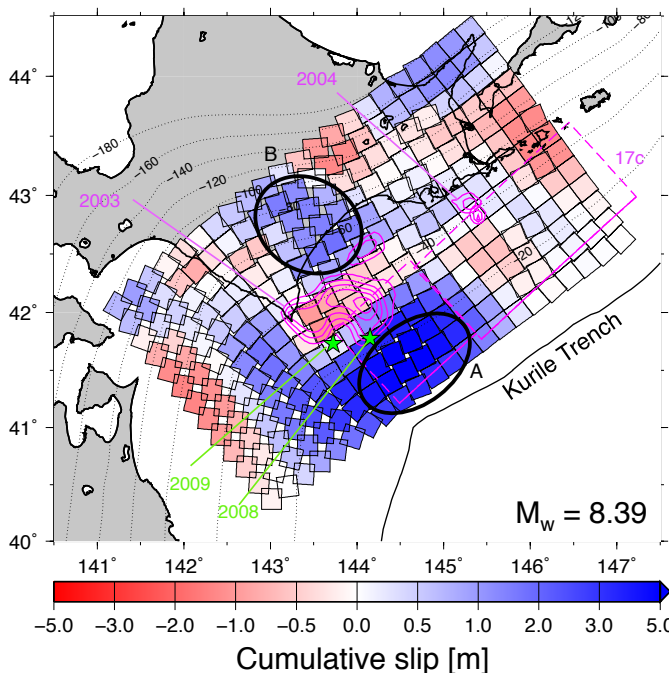
2003 年, 2008 年, 2009 年十勝沖地震, 2004 年釧路沖地震による地震時すべり, 2003 年十勝沖地震発生~2011 年東北沖地震の直前までの余効すべりを含むプレート間すべりと, それらによる粘弾性緩和の影響を考慮して時系列データをモデル化した. このうち, 2004 年, 2008 年, 2009 年の地震の地震時すべりの推定には, データ解析の際に推定した変動量を用いた. 地震時すべり以外のプレート間すべりは, 1~6 ヶ月ごとにモデル化した. 粘弾性構造には水平成層構造[5]を仮定し, PSGRN/PSCMP[6]を用いてグリーン関数を計算した.

先験情報として時間方向、空間方向になめらかなすべり分布を仮定した。ただし、一般に地震時すべりと余効すべりの分布は空間的に相補的である[例えば[1]]ことから、地震後のプレート間すべりの分布のみに時間方向の拘束をかけた。これらの2つの先験情報の重みは試行錯誤して決定した。

上記のモデル化と並行して、地震間のプレート間固着を推定した。データ解析の際に除去した定常変動速度を地震前のプレート間固着による弾性応答に起因すると仮定し、[7]の方法で推定した。

4. 結果、考察

推定された2003年十勝沖地震、2004年釧路沖地震の地震時すべりは地震波形インバージョンから得られた分布と調和的であった。推定された地震後のプレート間すべりの空間分布は地震時すべりと相補的で、2003年十勝沖地震の地震時すべり領域の浅部と深部にすべりが集中した。地震後にすべりが集中した浅部側(図1領域A)は、17世紀の千島海溝連動型大地震の津波の波源であるとされている[例えば[8]]が、今回の結果から1952年十勝沖地震の直後からプレート間が完全に固着していたとしても蓄積したすべり遅れをすべて解消する量のすべりが地震後に起きた可能性があることがわかった。また、深部側(図1領域B)の領域には地震間の期間に固着が見られていたが、固着率が時間変化しないと仮定すると、地震後のすべりによって約20~30年分のすべり遅れが解消した可能性があることがわかった。地下の温度構造及び岩石実験からは深部の領域では震源核形成が起こりにくいと考えられることから、大地震後の非



地震性すべりは、すべり遅れの解消の重要なプロセスの一つであると考えられる。ただ、現在の推定結果は先験情報の寄与を試行錯誤的に与えたものであり、すべり量やマグニチュード等のより定量的な議論は今後の課題である。

地震後の地表変位の計算値のうち、プレート間すべりによる弾性応答及び、弾性応答と粘弾性応答の和を比較したところ、地震直後の1年ではほとんどの変動が弾性応答に起因したことがわかった(図2a)。一方で、約7年半の累積地表変位には粘弾性緩和の影響が顕著にみられた。中でも地震直後の1年の変位が小さかった北部及び南西部の観測点では変位量に粘弾性緩和の影響が時間的に遅れて効いてきたことがわかった(図2b)。

5. 謝辞

本研究では国土地理院による GEONET 日々の座標値(F3 解)、気象庁による一元化震源、防災科学技術研究所による F-net モーメントテンソル解を使用しました。山中佳子博士(名古屋大学)には過去の地震のすべり分布のデータを、宮崎真一博士(京都大学)にはプレート境界面のデータを提供していただきました。

6. 参考文献

- [1] Miyazaki et al. [2004], *GRL*, 31(6), L06623, [2] Ueda et al. [2003], *JGR*, 108(B3), 2151, [3] Tanioka et al. [1995], *GRL*, 22, 9-12, [4] Shen et al. [1996], *JGR*, 101, 27957-27980, [5] Itoh and Nishimura [2016], *EPS*, 68, 156, [6] Wang et al. [2006], *Comput Geosci*, 32, 527-541, [7] Nishimura [2009], *EPS*, 61, 1203-1214, [8] Satake et al. [2008], *EPS*, 60, 935-935

図1(左):

地震後のプレート間すべり積算分布。ピンク色の矩形は17世紀の地震の震源断層モデル[8]。

図2(右):

弾性応答(青矢印)と弾性+粘弾性応答(赤矢印)の計算値。(a)最初の1年間の変位、(b)累積変位

