

海底圧力計と陸上 GNSS データに基づく 2003 年十勝沖地震後のプレート間すべりの推定
 Spatiotemporal Distribution of Interplate Slip Following the 2003 Tokachi-oki Earthquake
 Deduced from Ocean Bottom Pressure Gauges and Onland GNSS data

○伊東優治・西村卓也・有吉慶介・松本浩幸

○Yuji ITOH, Takuya NISHIMURA, Keisuke ARIYOSHI, Hiroyuki MATSUMOTO

We estimated an spatiotemporal interplate slip following the 2003 Tokachi-oki earthquake ($M_w = 8.0$) as well as the coseismic slip simultaneously by using approximately 7.5 years long ocean bottom pressure gauges (OBP) and GNSS data. The temporal evolution of the estimated postseismic slip can be explained with logarithmic function with one decay constant. Postseismic interplate coupling had not fully recovered to the preseismic status even after approximately 7.5 years. The estimated spatial distribution of the co- and post-seismic slip of this event and the coseismic slip of the 1973 Nemuro-oki earthquake ($M_w = 7.8$) and the tsunamigenic event in the 17th century (M_9 class) are complementary to each other. By assigning larger weight for OBP data, the estimated postseismic slip in the offshore side of OBPs are reduced, which supports the spatial complement distribution of the postseismic slip and the 17C event.

1. はじめに：2003 年十勝沖地震 ($M_w 8.0$) は千島海溝で発生したプレート境界型地震で、主に GNSS データから地震前・地震時・地震後の地殻変動モデルが提案されてきた[例えば Ito et al., 2000; Miyazaki et al., 2004]。また、地震時すべり領域の近くには 1999 年 7 月より海洋研究開発機構による 2 点の海底圧力計 (OBP) が設置され (図 1a)、地震前・地震時・地震後の圧力変化が連続観測されてきた[例えば Inazu & Hino, 2011]。本研究では、陸上 GNSS と OBP のデータを用いて地震前・地震時と地震後約 7.5 年間の地殻変動のモデル化を行った。その結果に基づき、地震後すべりの時間発展の特徴とプレート間固着の回復過程や、地震時すべり・地震後のプレート間すべり・過去の $M_8\sim 9$ 級地震のすべり分布の関係について議論を行う。

2. データ解析：モデル化に使用する陸上 GNSS のデータセットは Itoh & Nishimura [2017, JpGU-AGU] と同じもののため、本予稿では OBP データの解析について説明する。最初に 2002 年 1 月以降の 1 時間サンプリングのデータに含まれる潮汐成分を BAYTAP-08[Tamura & Agnew, 2008] を使用して除去し、除去後のデータを 1 日毎に平均してダウンサンプリングした。一般に OBP データには並行観測された温度データと相関を持つ成分が含まれることが知られており[Baba et al., 2006]、本研究でも相関がみられたため、地震前のデータ

から両者の比例計数を推定して相関成分を除去した。次に、除去後のデータのうち地震前のデータの線形トレンドと季節成分を推定し、これらの成分を地震後へ外挿して除去した。このとき使用するデータが観測開始より約 2.5 年間経過したものであることから時間的に非線形な機器ドリフトの影響は十分に小さく[Inazu & Hino, 2011]、線形成分のみである仮定した。最後に、地震後のデータの 1 ヶ月毎の中央値をとることでダウンサンプリングした。これらのデータセットのうち 1~6 ヶ月毎に取り出した圧力値を実際のモデル化に用いる。

3. モデル・推定方法：本研究では 2003 年、2008 年 ($M_w 6.8$)、2009 年十勝沖地震 ($M_w 6.4$) と 2004 年釧路沖地震 ($M_w 7.0, 6.7$) の地震時すべり及びこれらの地震後のプレート間すべりによる弾性・粘弾性応答と、GNSS データの全点共通の並進成分からなる地震時変位・余効変動モデルを構築した。弾性・粘性のパラメータは Itoh & Nishimura [2016] による水平成層構造のものを使用し、グリーン関数の計算には PSGRN/PSCMP [Wang et al., 2006] を用いた。先験情報として地震時すべり分布が滑らかであることと、地震後のすべりの時空間変化が滑らかであることを仮定した。また、OBP データの重みは、モデル計算値のフィッティングの程度を参考にして試行錯誤的に決定した。

4. 結果・考察：推定された2003年十勝沖地震後のすべり分布は地震時すべりの分布と相補的であったほか、1973年根室半島沖地震 (M_w 7.8) のすべり分布[Yamanaka 2005]や、大津波を伴った17世紀のM9級地震の大すべり域[Ioki & Tanioka, 2016]とも相補的であった(図1a)。なお、ここでは余効すべりに加え潜在的に含まれる余震によるすべりの合計を地震後のすべりと呼んでいる。

推定された地震後の各小断層でのすべりの時間変化を対数関数 $a \log(1+t/b)$ でモデル化[Marone et al., 1991]し、振幅 a と時定数 b を推定した。その結果、図1aに示す小断層でのすべりの時間発展は上記の対数関数で説明された(図1b)。推定された時定数の空間分布は地震時すべりの領域の浅部延長側では短く、深部延長側では長いという特徴がある(図1c)。地表で観測された余効変動の時間変化を一つの時定数のみで近似・予測することの難しさはTobita (2016)等で示されているが、これは異なる時定数のすべりによる変位の重ね合わせ(と粘弾性緩和の合計)が観測されているためであることが本研究で確認された。さらに小断層AやBではすべり速度が完全には減衰していないことから、約7.5年後でもプレート間固着が地震前の状態へ完全には戻っていなかった領域があると考えられる。

OBPデータの重みは1倍から100倍までを試した上で、16倍のものを選択した。小さな重みを用いた場合OBPデータの地震後の累積変位を説明

できなかった。一方で、大きな重みを用いるとOBPデータのばらつきを過剰に説明した。また、OBPデータの重みを上げることで、地震後のすべり分布のうち、OBPの設置位置より海溝側(プレート境界の浅部延長側)でのすべりが減少した。海溝側ですべりがあると、OBP観測点では沈降が生じることが期待される[Okada, 1992]。しかし、OBPで隆起が観測されたため、データを説明するために浅部のすべりが減少したと考えられる。

5. まとめ：2003年十勝沖地震の余効変動をGNSSデータとOBPデータを用いてモデル化した。その結果、推定された地震後のすべりは過去の大地震のすべり域と相補的であった。また、地震後7.5年後の時点でプレート間固着状態は地震前の状態へは回復していなかったことがわかった。

6. 謝辞：本研究では国土地理院によるGEONET F3解、気象庁による一元化震源を使用しました。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数値データを提供していただきました。本研究で用いたプレート境界モデル[Iwasaki et al., 2015]は、国土地理院の”数値地図250mメッシュ(標高)”，日本海洋データセンターによる500mメッシュ海底地形データ(J-EGG500, http://www.jodc.go.jp/data_set/jodc/jegg_intro_j.html)及びGeographic Information Network of Alaska(アラスカ大学)の地形・水深データ[Lindquist et al., 2004]から作成したものです。本研究は科研費JP17J00173の助成を受けたものです。

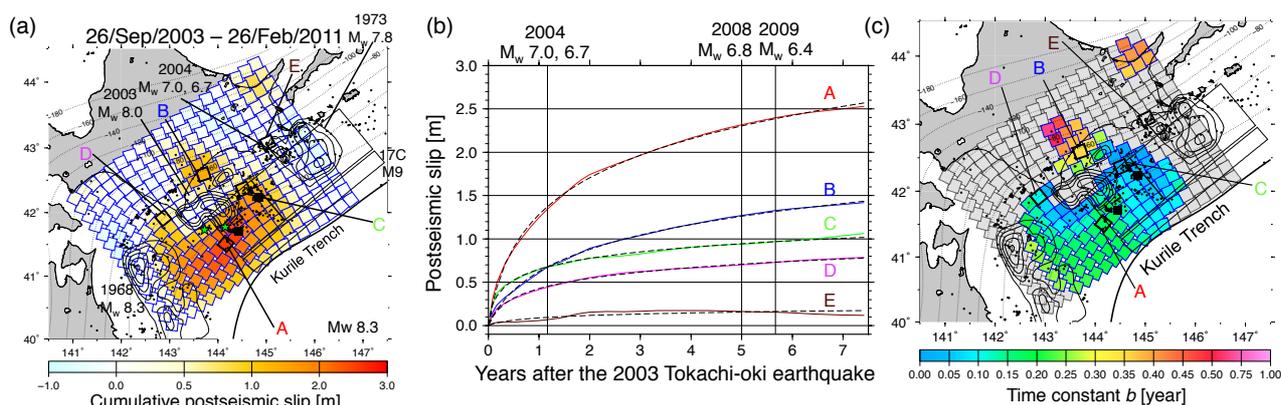


Figure 1 (a) Cumulative postseismic slip distribution for approximately 7.5 years. Slip distribution and fault model of past large earthquakes are indicated with solid contour and rectangles, respectively. The solid dots indicate earthquakes ($M_{JMA} \geq 4.0$) along the plate boundary in the postseismic period. The solid squares indicate the location of OBPs. (b) Temporal evolution of postseismic slip at the subfaults A to E. The colored solid lines and overlapping broken lines indicate postseismic slip obtained by inversion and logarithmic function fit to them, respectively. (c) Spatial distribution of time constant b . The color in the subfaults indicates time constant. We plot time constants at subfaults where the estimated cumulative postseismic slip for approximately 7.5 years are larger than 0.5 m and grayish subfaults are eliminated ones with this criterion.