

2004年釧路沖の地震以降の北海道東部の地殻変動と余効すべり Crustal Deformation and Afterslip in Eastern Hokkaido since the Occurrence of 2004 Kushiro-Oki Earthquake

地理地殻活動研究センター 水藤 尚・小沢慎三郎

Geography and Crustal Dynamics Research Center Hisashi SUITO and Shinzaburo OZAWA

要 旨

2003年十勝沖地震の余効変動が進行する中で、2004年11月・12月に釧路沖でM7クラスの地震が発生し、引き続いて余効変動が観測された。本稿では地震後の地殻変動を解析し、プレート境界面上でのすべりの時空間変化を推定した。その結果、2004年釧路沖の地震に伴う余効すべりは、地震後9ヶ月程度ではほぼ終息したが、2003年十勝沖地震に伴う余効すべりは、依然として継続していることが分かった。この間釧路沖では、Mw7.1、十勝沖では、Mw7.5に相当する地震のエネルギーが余効すべりによって解放された。

1. はじめに

2003年9月に発生した十勝沖地震(M8.0)は地震時に大きな地殻変動が観測された。その直後からGPS連続観測によって北海道の広い領域で余効的な地殻変動が検出された。これらの地殻変動から、震源域周辺を取り囲むような領域で進行する余効すべりが推定されている(Ozawa et al., 2004; Miyazaki et al., 2004)。さらにMurakami et al. (2006)によって、この余効的な地殻変動の時空間変化から、北海道東部の深部領域においてすべりが誘発されているとの指摘がされ、その経過を見守っている中で、2004年11月29日、12月6日に釧路沖を震源とするM7クラスの地震が相次いで発生した。2004年に釧路沖で発生した2つの地震は2003年十勝沖地震(M8クラス)に比べるとひとまわり小さな地震(M7クラス)であった。しかし、十勝沖地震の震源領域からその周辺を取り囲むように発生した余効すべり、続いて隣接する深部領域でのすべり、そして地震発生という一連の現象を考えると、引き続き隣接領域でのすべりの誘発や地震発生が危惧され、地殻変動の様子を注意深く監視していく必要がある。本稿では、2004年12月6日の釧路沖の地震以降の北海道東部での地殻変動およびプレート境界面上でのすべり分布の時空間変化の様子をGPS連続観測結果に基づいて報告する。

2. 解析方法

解析にはGEONETの81観測点の2004年12月から2006年9月までの東西・南北・上下変動成分を使用した。定常的な地殻変動からのずれをより明瞭にする

ために、地殻活動が比較的穏やかであった1998年1月から2000年1月までを定常状態とみなして、平均的な地殻変動速度、年周および半年周成分を推定した(図-1)。そして全期間のデータから取り除いて、定常的な地殻変動からのずれ量(以下、「非定常地殻変動」という。)を求めた。上下成分に関しては、2003年のアンテナ交換に伴い年周成分の位相および振幅が以前と異なっていることが明瞭なため、年周および半年周成分を取り除いていない。

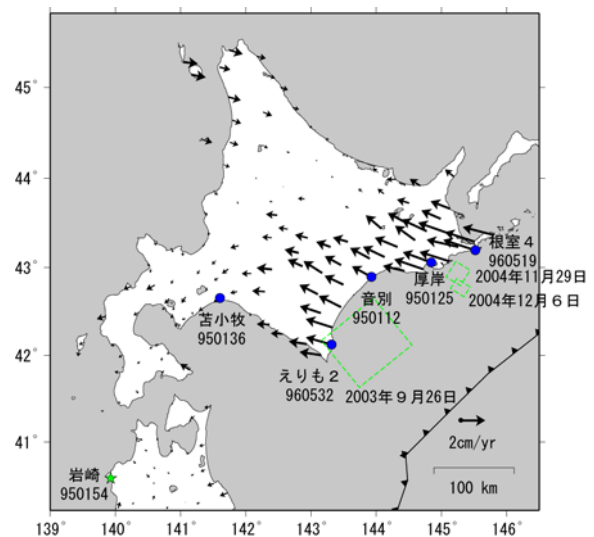


図-1 岩崎(950154)観測点に対する1998年1月から2000年1月までの変動速度。矩形領域は2003年十勝沖地震、2004年釧路沖の地震の断層面の地表への投影面を表す。青丸は図-3に示す時系列の観測点の位置。

続いて非定常地殻変動の結果に対して時間依存インバージョンに基づいたカルマンフィルターを使用して(Segall and Matthews, 1997)、プレート境界面上のすべりの時間・空間変化を推定した。GPS観測における水平と上下の誤差を考慮して、地殻変動時系列の東西・南北・上下成分の誤差の重みは1:1:3としている。北海道における太平洋プレートのプレート境界面の形状はKatsumata et al. (2003)の結果に基づいて設定した。

また、2005年8月16日に発生した宮城県沖の地震によって固定点の岩崎(950154)観測点に数mmの変動が生じた。岩崎観測点の変動量は以下のよう

に補正した。宮城県沖の地震の影響がほとんどないと考えられる猿払 (950101), 上松 (950274), マキノ (950318) を固定点として地震時の変動量を求めその平均値を補正量とした。補正量は, 東西 1.39mm, 南北-1.38mm (東および北が+方向)。

3. 非正常地殻変動および推定すべり分布

3.1 非正常地殻変動

非正常地殻変動の空間変化を3ヶ月ごとに, 図-2 (a) ~ (e) は2003年十勝沖地震以降2004年釧路沖の地震まで, (f) ~ (l) は2004年釧路沖の地震以降最新までの3ヶ月ごとの非正常地殻変動を图示している。2003年十勝沖地震発生直後の3ヶ月で, えりも岬周辺では, 南東方向に15cmほどの変位が観測されている。北海道全域ではほぼ南東方向の変位が観測されているが, 北海道東部根室付近では, 北東方向の変位が観測されているのが特徴である (図-2a)。大きさは徐々に小さくなっているものの, その特徴は2004年釧路沖の地震発生前まで続いている (図-2b-e)。2004年釧路沖の地震発生後を見ると (図-2f), えりも岬周辺に比べて, 釧路周辺の南東方向の変位および根室周辺の北東方向の変位が

大きくなっているのが分かる。この観測結果から十勝沖周辺で余効変動が継続しているとともに, 釧路沖での地震発生後その周辺でも新たに余効変動が観測されていると考えられる。

しかしながら, その後の数ヶ月を見ると, えりも岬周辺での南東方向の変位は徐々に小さくはなっているものの継続していることが見えるが, 釧路・根室周辺の変位は, 2004年釧路沖の地震発生後6~9ヶ月程度でほとんどなくなっているように見える (図-2g, h)。最新の3ヶ月間を見ると2003年十勝沖地震後や2004年釧路沖の地震発生後に比べると, かなり小さくなっているものの, えりも岬周辺でいまだ南東方向の変位が観測されている。

十勝沖地震の震源域に近い観測点の時系列, 苫小牧 (950136), えりも2 (960532), 音別 (950112) (図-3) を見ると, 十勝沖地震の余効変動がこの期間を通して進行しているのがわかる。いっぽうで, 釧路沖の地震の震源領域に近い観測点厚岸 (950125), 根室4 (960519) (図-3) では, 2004年釧路沖の地震発生直後の数ヶ月間は急激な変化が見られるが, それ以降は徐々にゆるやかになり, 2005年終わりごろからほとんど変化がなくなってきている。

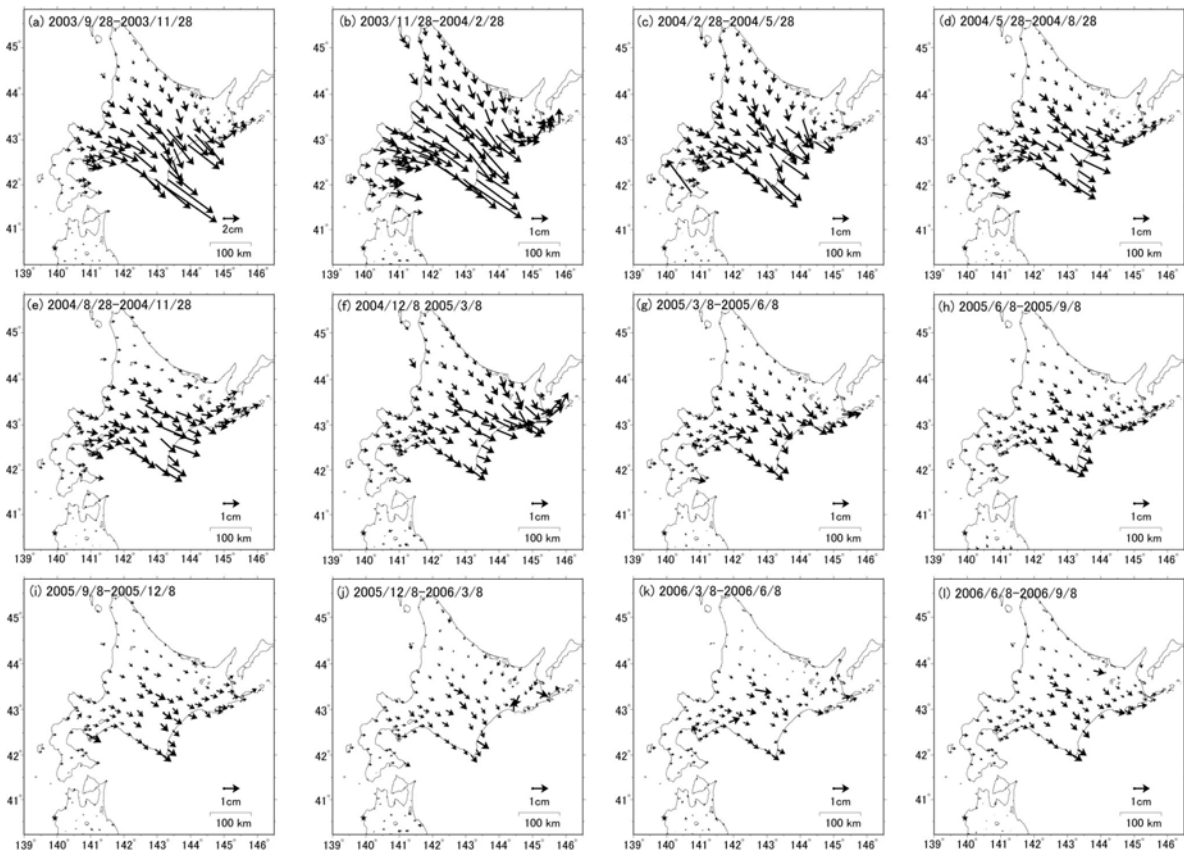
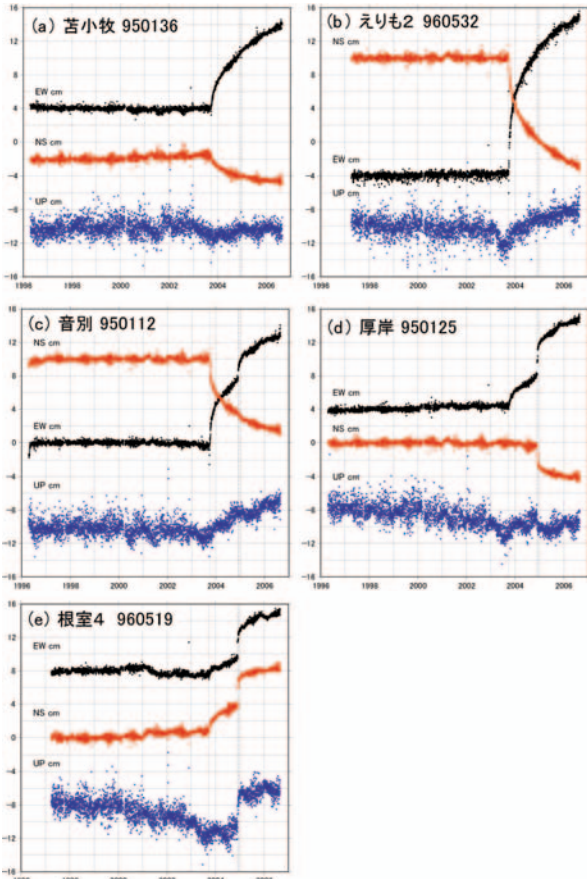


図-2 2003年十勝沖地震以降, 3ヶ月ごとの非正常地殻水平変動。ただし, 2004年11月29日から12月7日までは, 2004年釧路沖の地震の影響が含まれるため除いている。★は固定点の岩崎観測点。(a)のみスケールが異なる。

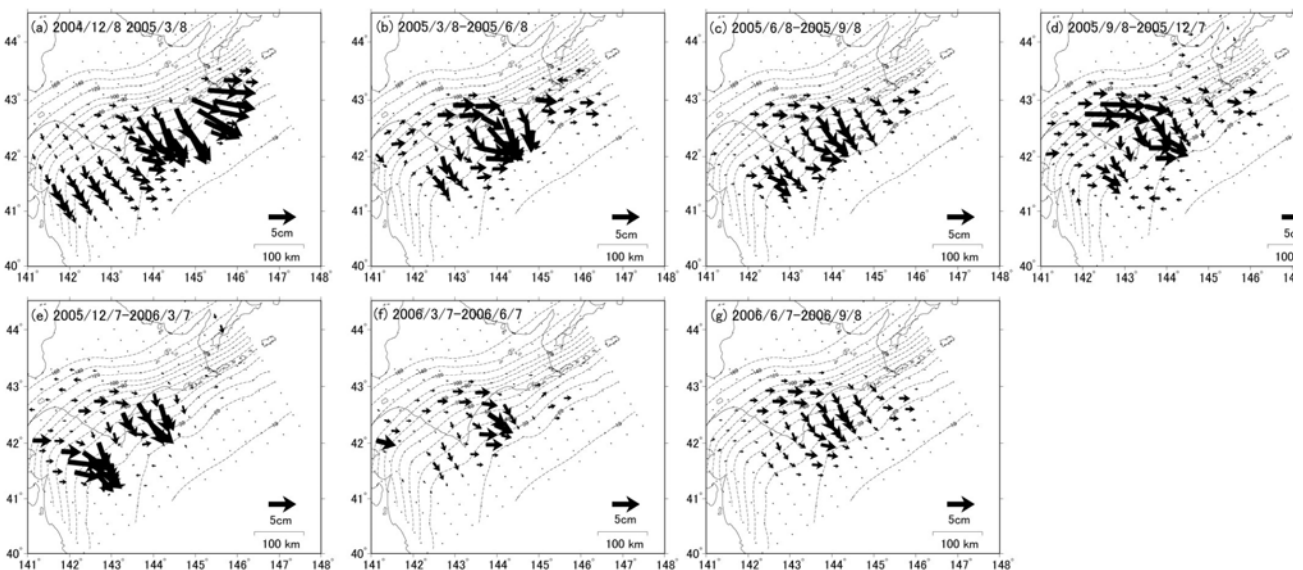


図一三 非正常地殻変動の時系列。点線は、2003年9月26日十勝沖地震および2004年11月29日釧路沖の地震の発生日時。2003年9月26日の十勝沖地震の地震時の変動は取り除いている。(a) 苫小牧。(b) えりも2。(c) 音別。(d) 厚岸。(e) 根室4。

3. 2 推定すべり分布

次にこれらの定常的な地殻変動からのずれ量を基にしたインバージョン解析によるプレート境界面の推定すべり分布を見る。図一四は、推定したすべり分布を3ヶ月ごとに見たものである。2004年釧路沖の地震発生後3ヶ月間でえりも岬から釧路・根室沖に至るおよそ300kmの領域で南東から南南東方向に6~10cmのすべりが推定された(図一四a)。すべりの中心は釧路沖にある。2003年十勝沖地震直後には、地震時のすべり領域を取り囲むように余効すべりが発生していたが(Ozawa et al., 2004; Miyazaki et al., 2004), 2004年の釧路沖の地震の余効すべりは、地震時のすべり領域を含めた震源域全体ですべりが発生している。本震自体がM7クラスで1まわり小さいため震源域、余効すべりの領域も小さく、それほど分解能はないと考えられる。

その後の3ヶ月を見ると、十勝沖の震源域を囲む領域と、根室から厚岸沖に数cmのすべりがあるのがわかる(図一四b)。本震直後のすべり分布と比べると根室から釧路沖あたりでのすべりが急激に減少している。その後、釧路沖でのすべりはさらに減少して、十勝沖周辺のすべりが支配的となってきたのが分かる。2005年秋ごろから(図一四d, e)日高周辺の深部領域および浦河沖ですべりが大きくなり、新たなすべりの進行を心配したが、現在はおさまっている。地震直後に見られた釧路・根室沖でのすべりは、地震後9ヶ月程度で終息したと考えられる。いっぽうで最新の3ヶ月を見ると(図一四g), 2003年十勝沖地震の余効すべりは、徐々に小さくなってきているものの現在も継続していると考えられる。



図一四 2004年釧路沖の地震以降3ヶ月ごとのプレート境界面上での推定すべり分布。点線はプレート境界面の等深線。

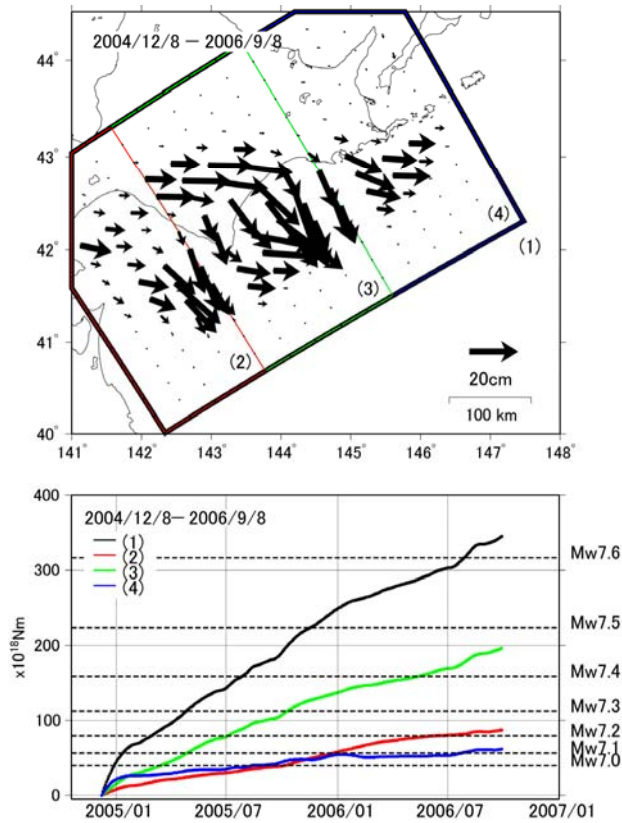


図-5 (上段) 2004年釧路沖の地震以降累積の推定すべり分布。(下段) 推定モーメントの時間変化。それぞれの線は上段の図の範囲(1)領域全体、(2)浦河沖、(3)十勝沖、(4)釧路沖でのモーメント量。

図-5は、推定モーメントの時間変化図である。解析領域全体、浦河沖、十勝沖、釧路沖領域と4パターン示してある。モーメントの計算に用いた剛性率は30GPaとしている。釧路沖領域で2004年釧路沖の地震以降に解放された推定モーメントは、2006年9月までに、Mw7.1程度で、地震時に解放したモーメント量とほぼ同等である。2004年釧路沖の地震による余効すべりはすでに終息したと考えられるが、2003年十勝沖地震の余効すべりは、小さいながら継続中であると考えられ、今後も継続して監視していく必要があると思われる。

参考文献

- Katsumata, K., N. Wada and M. Kasahara (2003): Newly imaged shape of the deep seismic zone within the subducting Pacific plate beneath the Hokkaido corner, Japan-Kurile arc-arc junction, *Journal of Geophysical Research*, 108, 2565, doi:10.1029/2002JB002175.
- Miyazaki, S., P. Segall, J. Fukuda and T. Kato (2004): Space time distribution of afterslip following the 2003 Tokachi-oki earthquake: Implications for variations in fault zone frictional properties, *Geophysical Research Letters*, 31, L06623, doi:10.1029/2003GL019410.
- Murakami, M., H. Suito, S. Ozawa and M. Kaidzu (2006): Earthquake triggering by migrating slow slip initiated by M8 earthquake along Kuril Trench, Japan, *Geophysical Research Letters*, 33, L09306, doi:10.1029/2006GL025967.
- Ozawa, S., M. Kaidzu, M. Murakami, T. Imakiire and Y. Hatanaka (2004): Coseismic and postseismic crustal deformation after the M8 Tokachi-oki earthquake in Japan, *Earth Planets Space*, 56, 675-680.
- Segall, P. and M. Matthews (1997): Time dependent inversion of geodetic data, *Journal of Geophysical Research*, 102, 22, 391-22, 409.