

2012年後半から2013年にかけて道北で発生したスロー地震

北海道大学 理学部地球科学科 宇宙測地学研究室 4年 池田将平

1. 概要

通常の地震がプレート境界でたまつた歪みが急に解放されるのに対し、スロー地震は長期間(数日から数か月)かけて解放される現象である。スロー地震は従来、房総沖や沖縄トラフなどの海域では発見されていたが内陸部での発見された報告はなかった。しかし、今回内陸部で道北で幌延、中頓別間の基線長(以下基線長と略す)が縮まりスロー地震が発見された(図1参照)。さらに、断層とすべり量を推定して歪みのたまり具合を割り出し、開始時期と終了時期についての考察を行なった。

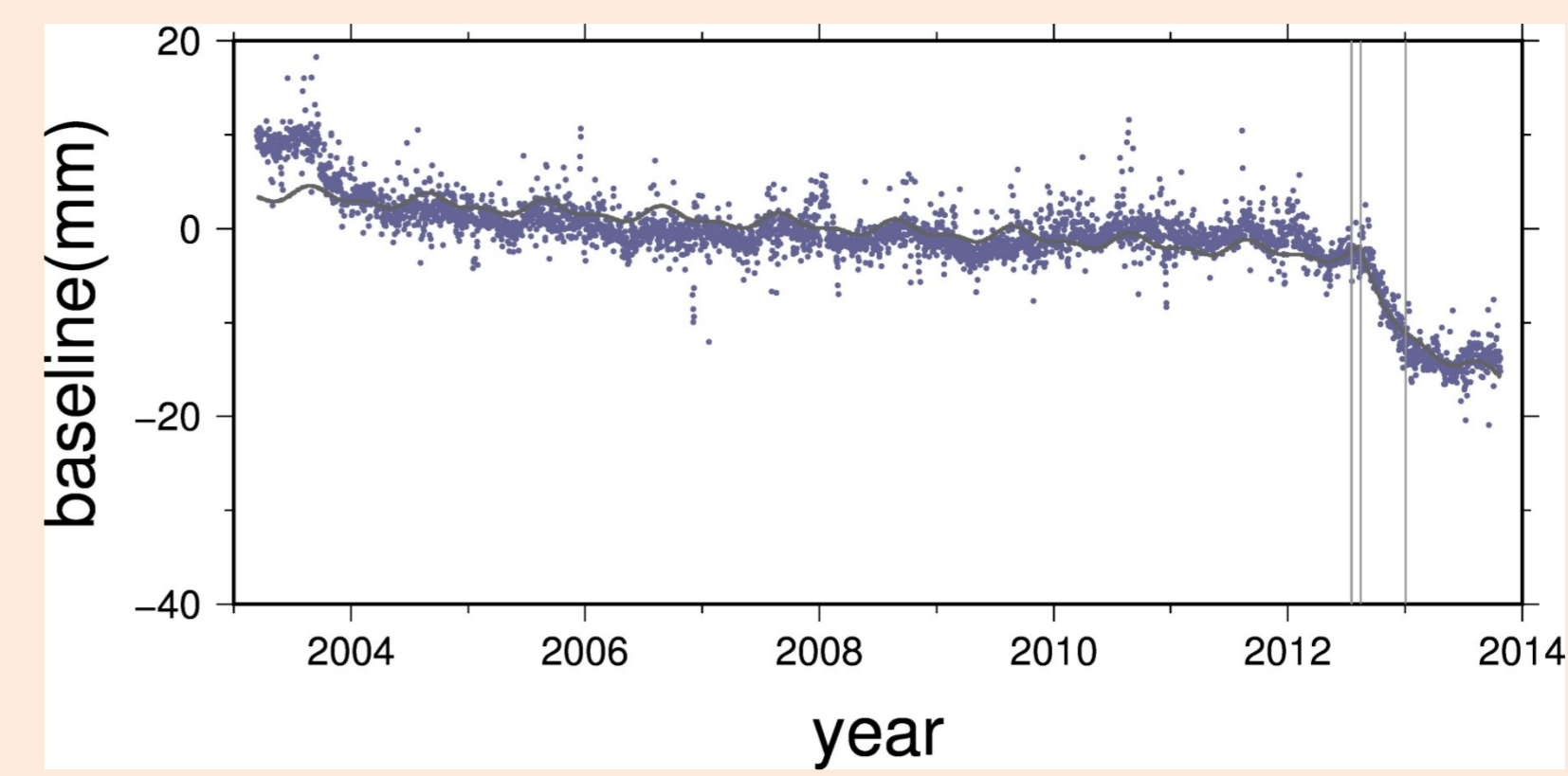


図1 幌延-中頓別間の基線長の変化(mm)。積雪等による季節変動は除いておらず、2012.165年から時定数0.1年で対数関数で近似。近傍で発生した地震の日時(表1)を縦線で示す。

2. 観測方法

国土地理院が運用するGEONET観測点のうち、今回の現象が見られた場所に近い天塩(北緯44.8925度, 東経141.7414度), 幌延(北緯44.9161度, 東経142.0217度), 中頓別(北緯44.9906度, 東経142.2922度), 枝幸(北緯45.0024度, 東経142.5371度)を主な観測点とした。またスロー地震の影響を受けない基準点として利尻(北緯45.1377度, 東経141.1671度)の観測点を用いた。測位解は国土地理院のウェブからダウンロードしたF3解(Nakagawa et al., 2009)を用いた。

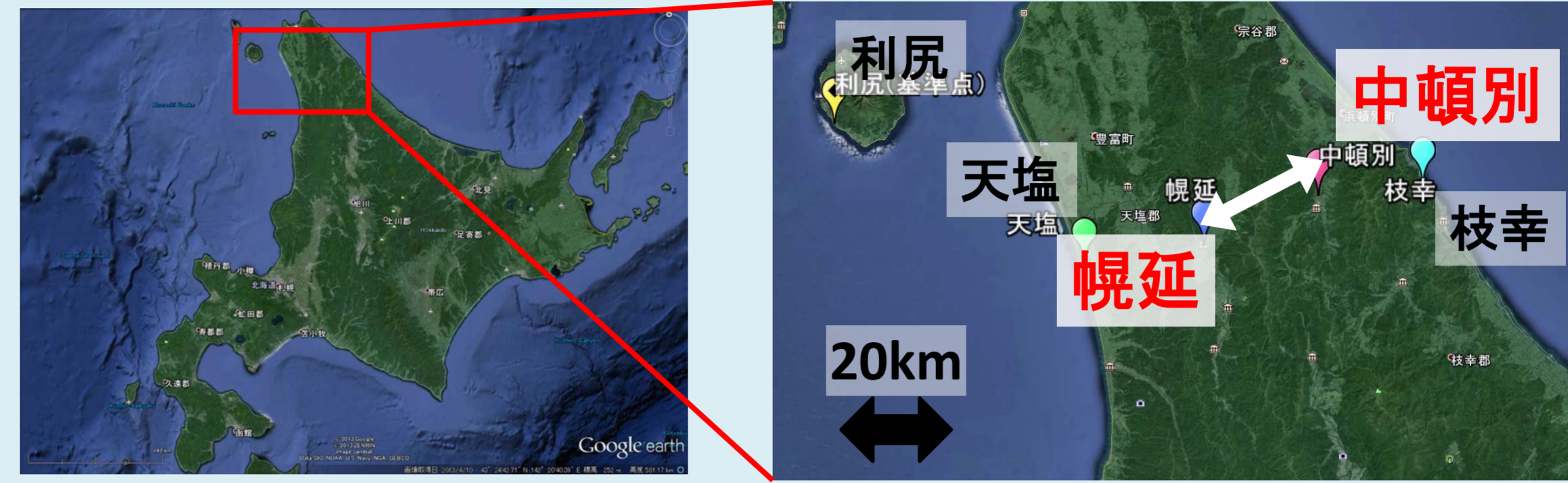


図2 本研究で使用したGEONET観測点の位置関係(Google Earthより)矢印にあたる幌延、中頓別間の基線長の変化を調べた。

3. 断層の推定

断層の緯度、経度、断層中央部の深さ(以下深さと表記)、走向、断層の傾き、すべり量、すべりの向きをパラメーターとする。

推定方法はグリッドサーチ法を用いた。まず、断層パラメーターをOkada(1992)による半無限弾性体を仮定し計算上の地表変動と実際の変動を視覚的に比較し、大まかに推定した。その後それぞれRMSをとり、最適な断層パラメーターを一つずつ推定した。深さとすべり量、走向とすべりの向きは相関するので深さ、すべりの向きを固定し、もう一方をそれぞれ動かした。

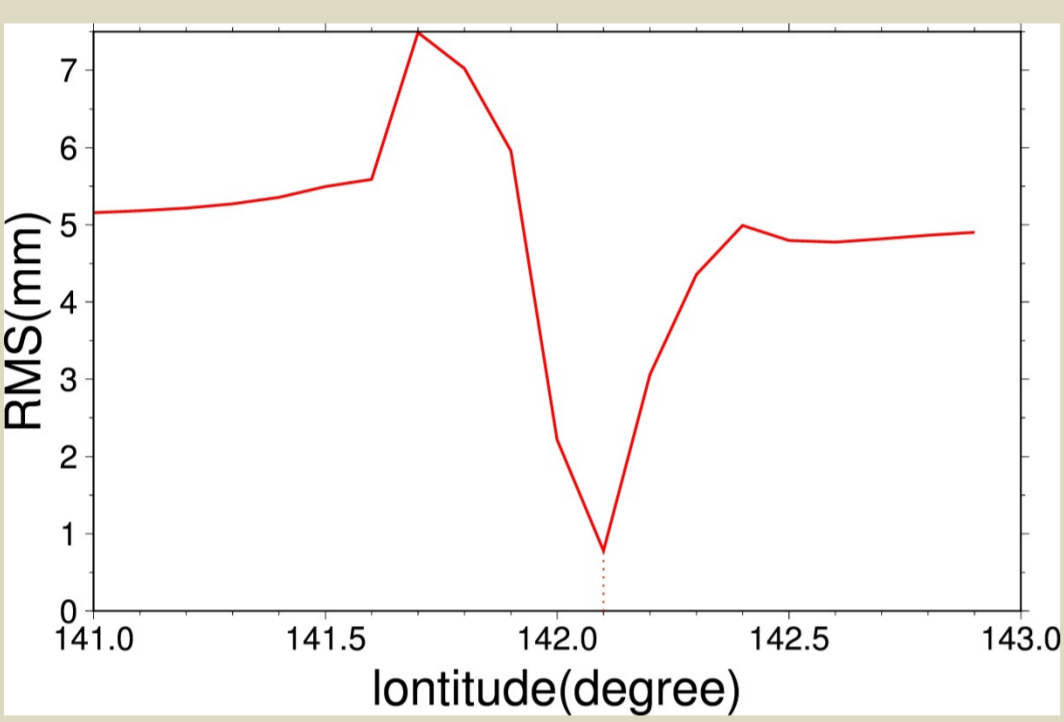


図3 経度とRMS

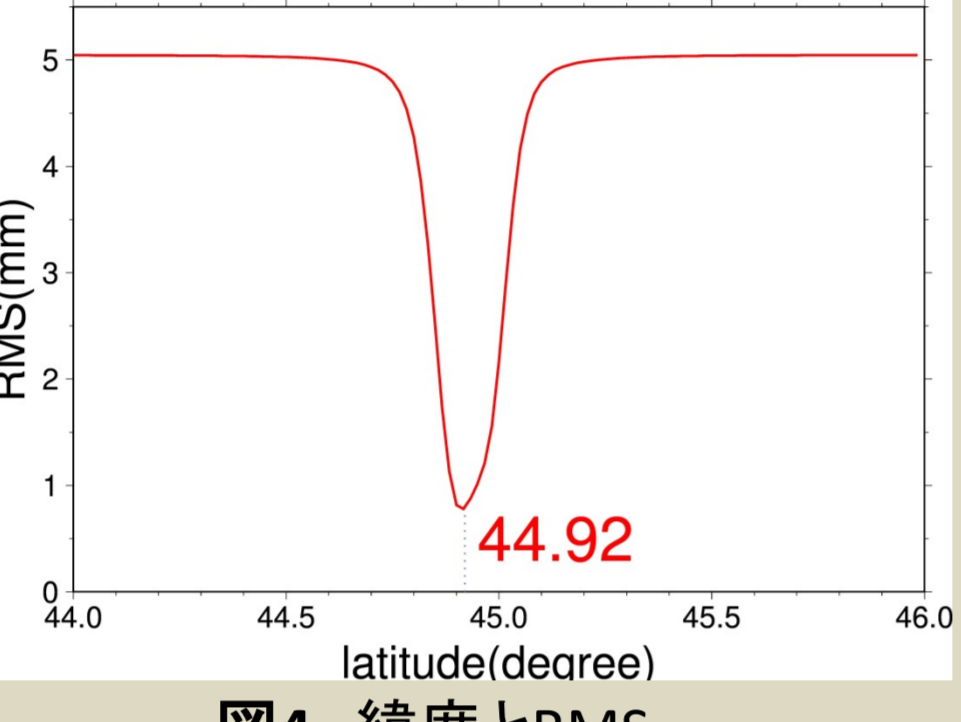


図4 緯度とRMS

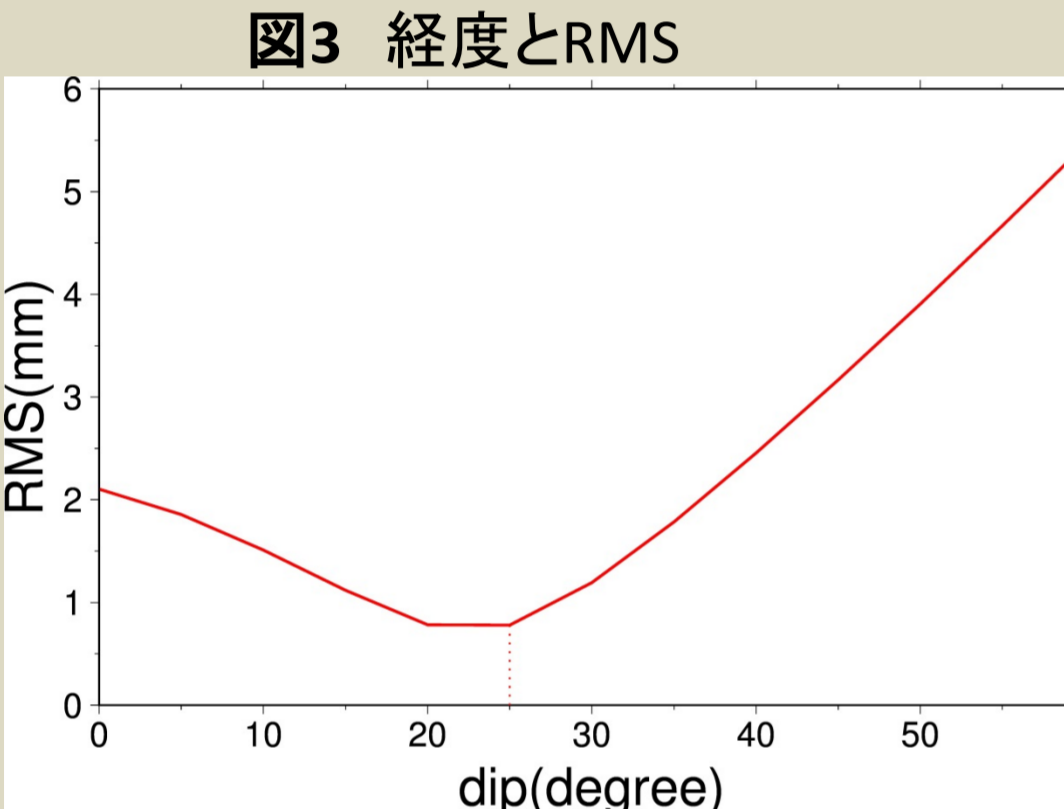
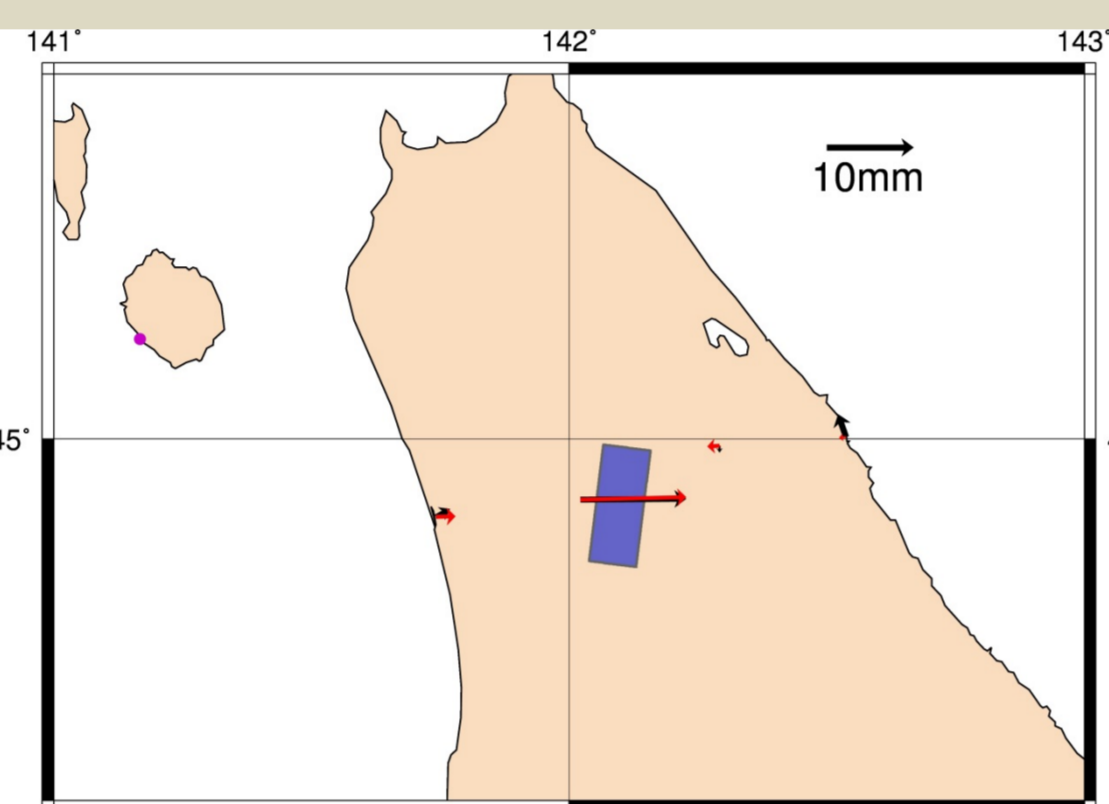


図5 傾きとRMS

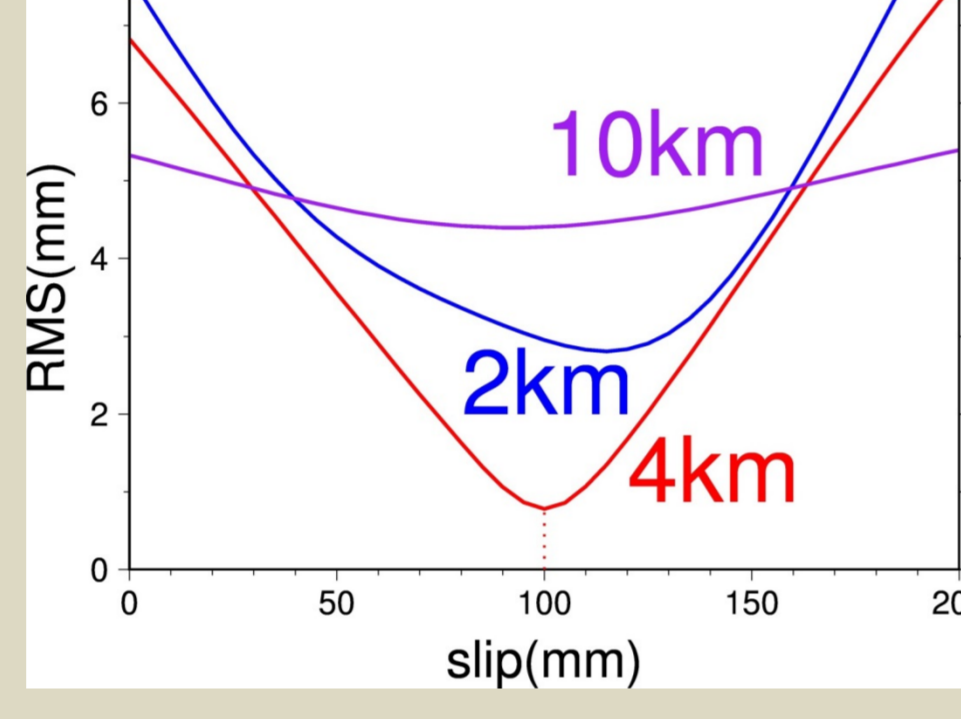


図6 すべり量とRMS(深さ固定)

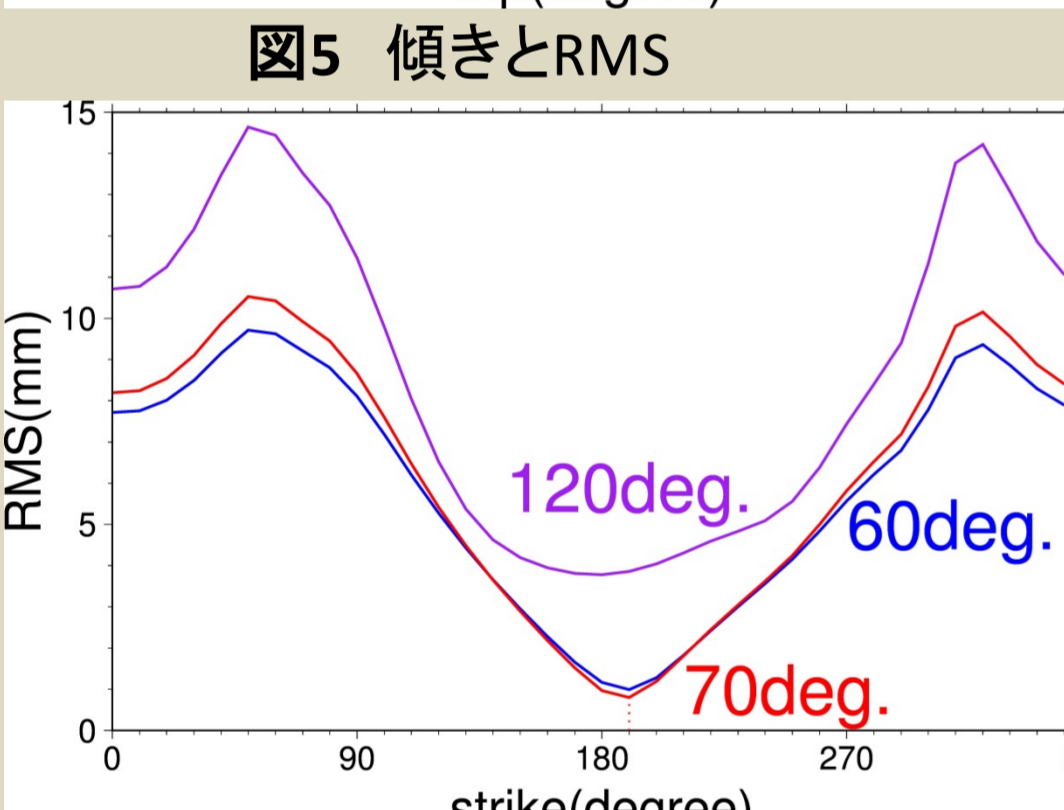


図7 走向とRMS(すべりの向き一定)

図3~7より断層の最適なパラメーターは緯度:44.92度 経度:142.10度 傾き:25度 深さ:4km すべり量100mm 走向:187度 すべりの向き:70度 断層の長さ:-8~+10km 幅:-4~+4kmであった。

また、半端な値については描画した際に最も動きが大きい幌延の矢印の重なり具合が良いところを選んだ。

なお、モーメントマグニチュードは5.9であった。

4. 地震活動について

表1 スロー地震が起きた時期に付近で発生した地震の概要

日時	マグニチュード	東経	北緯	深さ
2012/7/15	M4.2	142.157	44.830	0km
2012/7/16	M4.3	142.148	44.835	0km
2012/7/18	M4.1	142.147	44.832	0km
2012/7/18	M4.1	142.150	44.835	0km
2012/8/14	M7.3	145.882	49.183	654km
2013/1/3	M4.8	141.840	44.833	24km

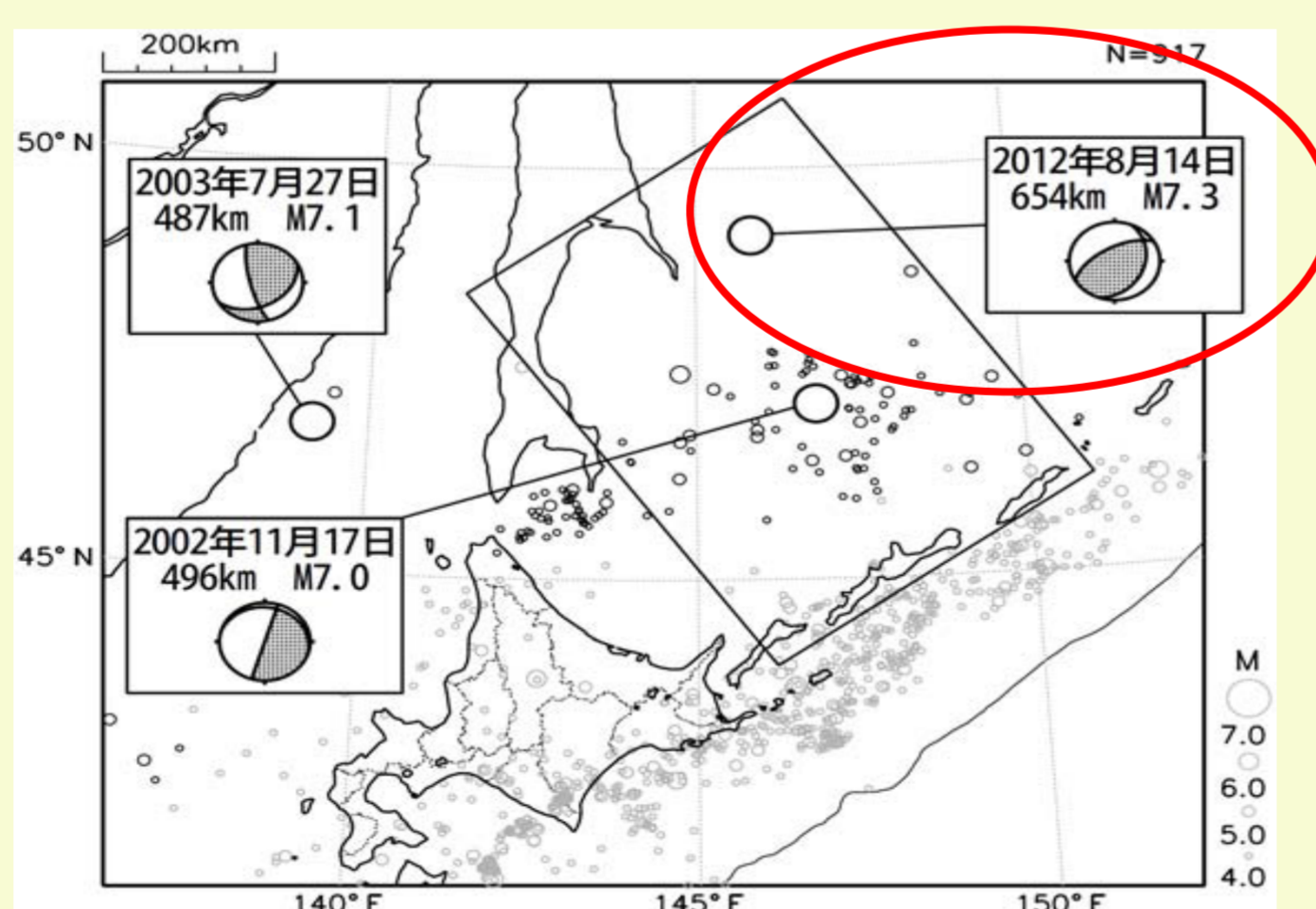


図10 8月14日のオホーツク海南部の地震の震央位置と震源球 気象庁の地震・火山月報の2012年8月号より 最大震度は太平洋側を中心に震度3、発生場所付近では震度2であった。

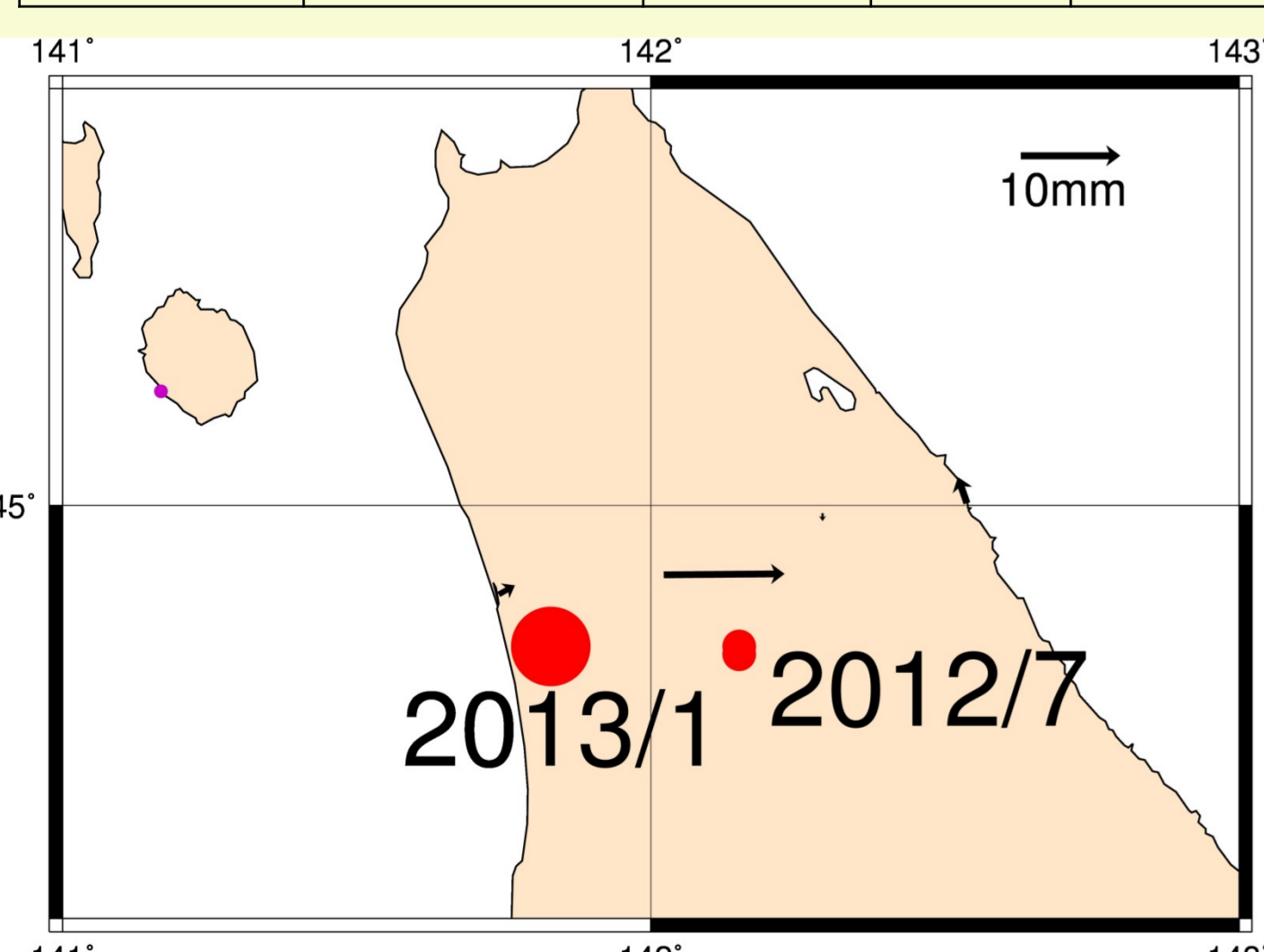


図11 スロー地震による四つのGPS観測点の動きと道北の内陸地震の震央位置。丸の大きさはマグニチュードを示している。

スロー地震発生場所付近では7月がいずれも震度4、1月は震度3であった。

6. 結論

本研究により内陸部でのスロー地震をとらえることができた。そして、このスロー地震のすべり量がこの地域のブロック境界の動きの約10年分であった。2002年に始まったGPS観測開始以前にも同様のスロー地震が起こっていた可能性がある。開始時期は8月のオホーツク海南部の地震の地震動の動的なトリガーによって引き起こされたと思われる。しかし終了は1/3の地震で終わったと考えられるが因果関係は今後調べる必要がある。

5. 開始時期の推定

今まで対数関数で基線長変化を近似していたが開始と終了の折れ曲がりが見えていたので直線を組み合わせた折れ線と考えた。まず、適する開始時期(2012.62年)を設定し終了時期を動かして最小の残差を出し、最適な終了時期(2013.08年)を求めた。その後、2013.08年を終了時期とし、開始時期を動かして、最適な開始時期を求めた。その結果、2012.64年であり最初の2012.62年と大きく差が生じなかったため推定を終了した。なおスロー地震前と後での基線長変化の度合いは一定とした。

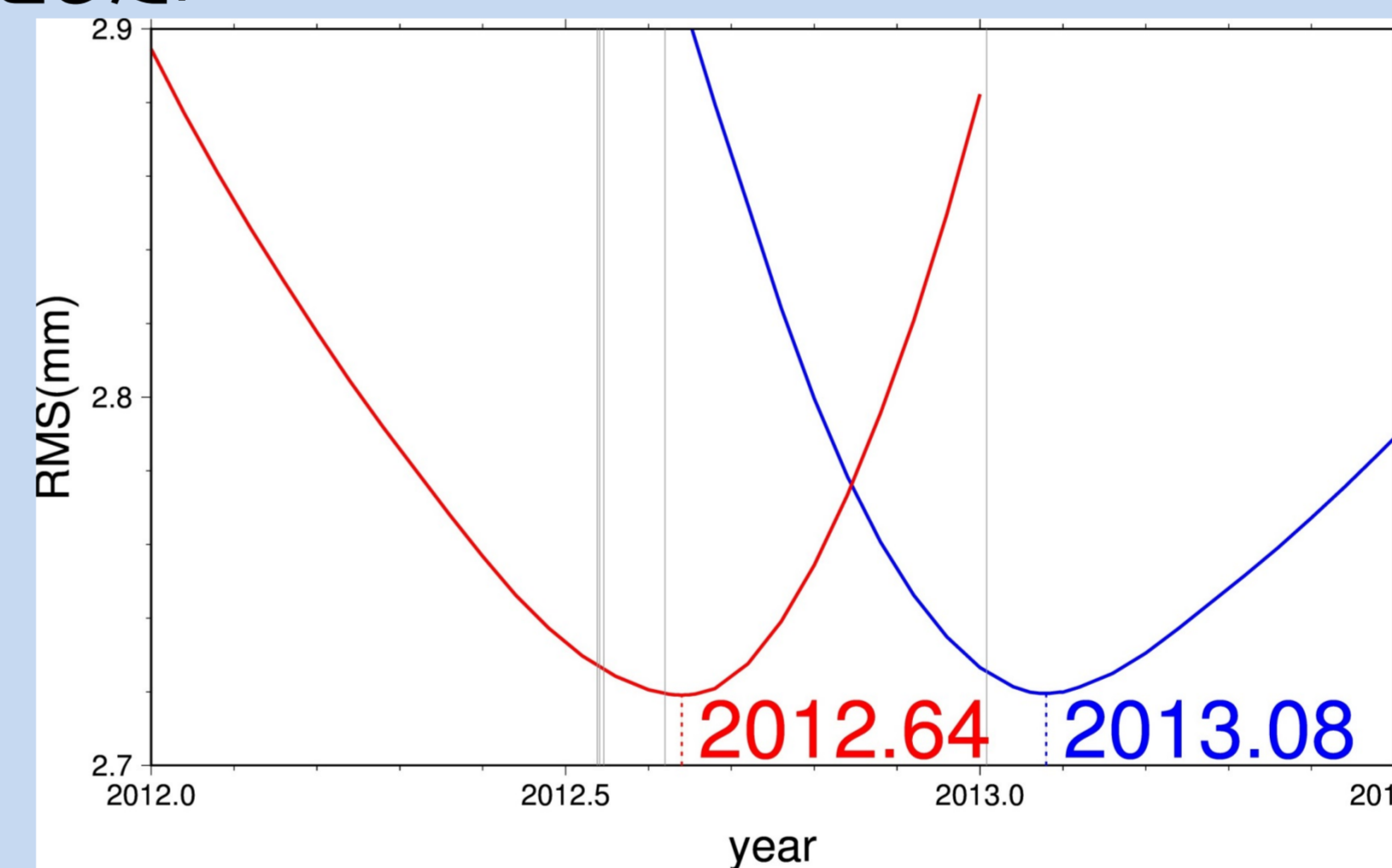


図12 開始時期(赤)と終了時期(青)とRMSのグラフ。軸中の縦線は表1の群発地震の発生日を示す。

RMSが最小となる時期は開始時期が2012.64年(2012年8月21日ごろ) 終了時期が2013.08年(2013年1月29日ごろ)であった。

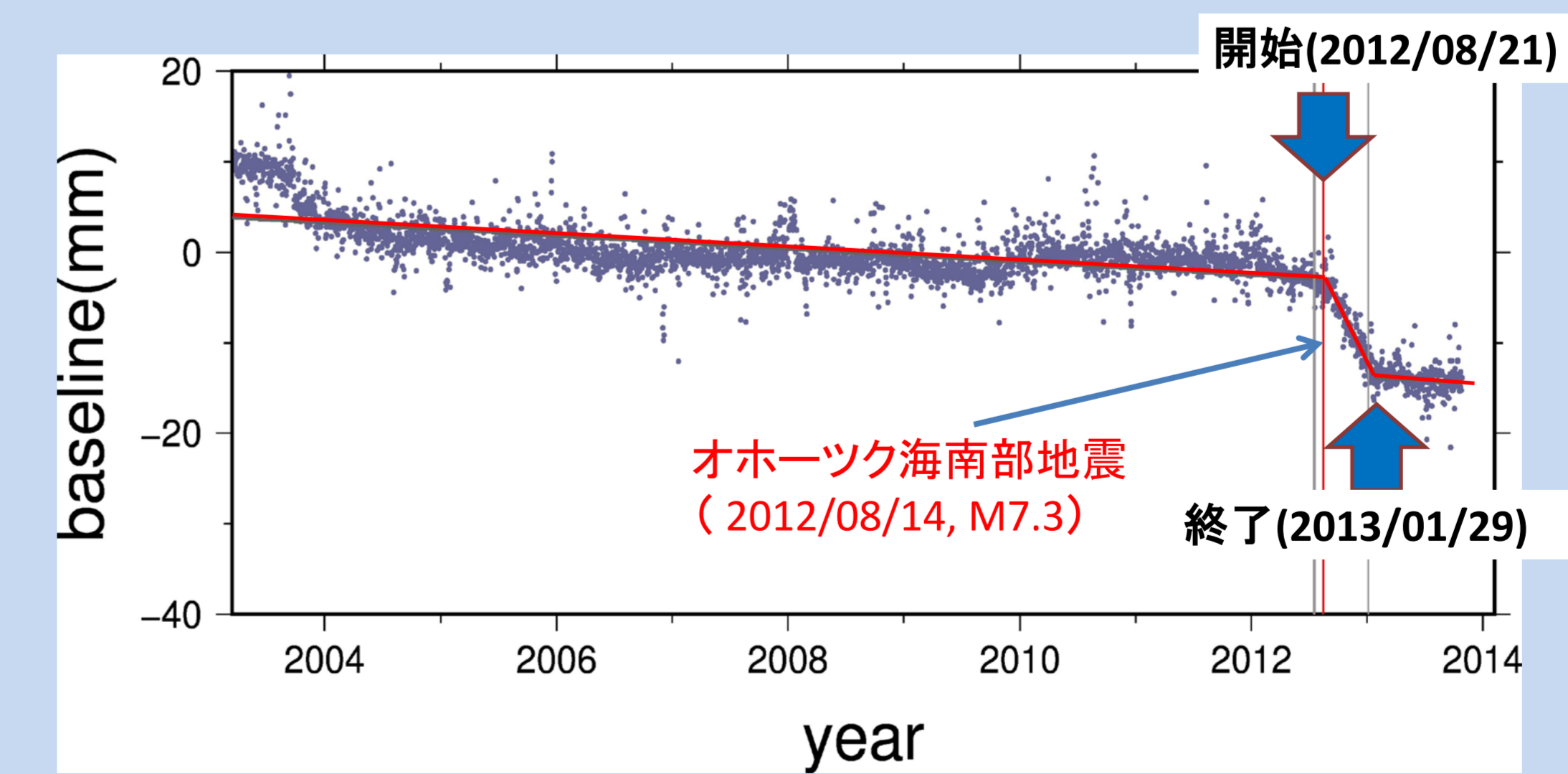


図13 季節変動除去後の幌延-中頓別間の基線長変化(mm)と最適化によって求められたスロー地震の開始時期と終了時期。軸中の縦線は表1の地震の発生日を示す。

この結果、今回のスロー地震は2012年7月の群発地震ではなく2012年オホーツク海南部の深発地震の地震動による動的なトリガーで引き起こされたと思われる。たまたまいた歪みが2012年7月の群発地震によって断層面が揺さぶられ、8月の深発地震の地震動で完全に固着面をはがしたと考えられる。そして、2013年1月の地震によってさらに応力変化が加わり変動がさらに進むと考えられたが、終了したという結果になった。

参考文献

- Loveless and Meade, Geodetic imaging of plate motions, slip rates, and partitioning of deformation in Japan, JGR, 2010.
- Okada, Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space, BSSA, 1992.
- 気象庁 地震・火山月報 2012年8月号 (http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/gaikyo/monthly201208.pdf)
- Nakagawa et al., Development and validation of GEONET new analysis strategy (Version 4), JGSI, 2009.