

アラスカ沈み込み帯における短期的スロースリップイベントの系統的検出 Systematic Detection of Short-Term Slow Slip Events in the Alaska Subduction Zone

○岡田悠太郎・西村卓也

○Yutaro OKADA, Takuya NISHIMURA

In the Alaska subduction zone, where the Pacific plate and the Yakutat microplate subduct beneath the North America plate, GNSS data has contributed to the modeling of crustal deformations. However, only several short-term slow slip events (S-SSEs) have been detected in this region because the large noise of GNSS data makes the S-SSE detection difficult. In this study, we carefully reduced the long- and short-term noises of GNSS data and attempted to detect S-SSEs systematically. We successfully detect 57 S-SSEs during the 14-year analysis period. Most of the events are detected at the down dip extension of the rupture area of the 1964 Great Alaska earthquake, especially in the region where the Yakutat microplate subducts. We suggest that the Yakutat microplate relates to the S-SSE activity as similar to other kinds of slow earthquakes.

1. はじめに

スロー地震は通常の地震と比べ断層がゆっくりとすべる現象であり、世界各地のプレート沈み込み帯で観測されている (Obara & Kato, 2016)。スロースリップイベント (SSE) は GNSS などの測地観測機器を用いて観測されるスロー地震であり、数か月間から数年間継続する長期的 SSE (L-SSE) と数日間から数週間継続する短期的 SSE (S-SSE) に大別される。またいくつかの地域では、Episodic Tremor and Slip (ETS) と呼ばれる SSE とスロー地震の一種であるテクトニック微動 (Obara, 2002) の時空間的な同期現象が観測されている (Rogers & Dragert, 2003)。

北アメリカプレートの下に太平洋プレートとヤクタットマイクロプレートが沈み込む北米のアラスカ沈み込み帯では、複数の L-SSE が発生したことが先行研究によって報告されている (Ohta et al., 2006; Wei et al., 2012) (図 1)。一方、個別の S-SSE として検出されたイベントは 1 例のみであるが、微動活動や微動に同期する累積地表変位から実際には多くの S-SSE がこの地域で発生している可能性が示唆されている (Wech, 2016; Rousset et al., 2019)。そこで本研究では、アラスカ沈み込み帯における S-SSE の活動様式の解明を目的として、GNSS データを用いた S-SSE の系統的検出を行った。

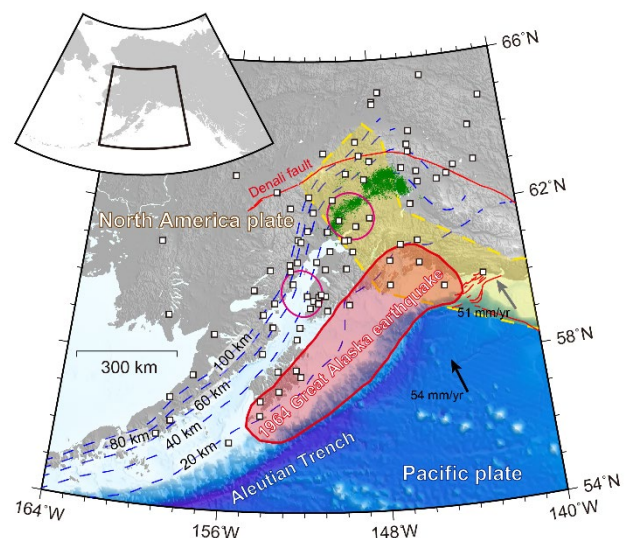


図 1 テクトニックセッティングと GNSS 観測局の分布。 青破線はプレート境界面の等深線 (Hayes, 2018) を、赤線は主要な活断層 (U.S. Geological Survey & Alaska Department of Natural Resources, 2021) を、赤色と黄色の図形はそれぞれ 1964 年アラスカ地震の破壊域 (Christensen & Beck, 1994) とヤクタットマイクロプレート (Eberhart-Phillips et al., 2006) を、桃色の丸は L-SSE (Ohta et al., 2006; Wei et al., 2012) を、緑の点はテクトニック微動 (Wech, 2016) を、白い正方形は GNSS 観測局を示す。また黒色と灰色の矢印はそれぞれ太平洋プレート (Plattner et al., 2007) とヤクタットマイクロプレート (Elliott et al., 2010) の北アメリカプレートに対する相対運動を示す。

2. データと検出手法

本研究ではアメリカのアラスカ州に設置された 86 点の GNSS 観測局の、2007 年 4 月から 2021 年 3 月までの期間の日座標値を解析に使用した (Blewitt et al., 2018) (図 1)。S-SSE の検出を行う前の事前処理として、観測局の保守等による人為オフセットと地震に起因する地表変位の補正を行った。続いて GNSS 座標時系列の季節変動成分を STL (Seasonal-Trend decomposition procedure based on Loess: Cleveland et al., 1990) を用いて抽出・除去した。最後に全ての観測局に共通する誤差である共通誤差成分を空間フィルター (Wdowski et al., 1997) を用いて除去した。

本研究では Okada et al. (accepted) で提案された手法を改良して S-SSE の検出を行った。初めに 181 日間の座標値と SSE の時間発展を模したテンプレート時系列との間の相関係数を計算する。この処理を時間窓を移動して、全観測局の水平成分に適用する。次に相関係数のアンサンブル加重平均を、プレート境界面上に仮定した矩形小断層ごとに計算する (Rousset et al., 2017; Okada et al., accepted)。加重平均の際の重みには、仮定した小断層から期待される変位を用いた (Okada, 1992)。続いて加重平均の時空間的なピークを抽出することで、S-SSE の候補となる地表変位イベントを検出する。その後、候補イベントの矩形断層モデルと継続期間を推定する (Matsu'ura & Hasegawa, 1987; Okada et al., accepted)。最後に、断層モデルと継続期間の推定結果を基に、地表変位イベントが S-SSE かどうかを判別する。本研究では候補イベントを S-SSE の可能性の高い Class1 SSE と、S-SSE の可能性がある Class2 SSE に分類した。

3. 結果と考察

本研究では 14 年間で 57 個の S-SSE の検出に成功した (図 2)。ほとんどの S-SSE は 1964 年に発生した M 9.2 アラスカ地震の破壊域 (Christensen & Beck, 1994) の深部延長に対応する深さ 40 km 付近で検出された (図 2)。少数の S-SSE がコディアック島やキナイ半島で検出された一方で、多くの S-SSE はヤクタットマイクロプレートが沈み込んでいる地域で検出された (図 2)。このことはアラスカ中南部の S-SSE の活動は、テクトニック微動や L-SSE と同じくヤクタットマイクロプレート

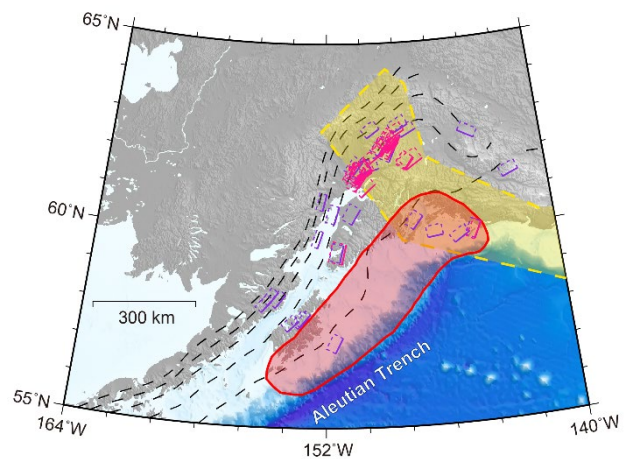


図 2 検出した S-SSE の分布。桃色と紫色の長方形はそれぞれ Class1 SSE と Class2 SSE の断層モデルを示す。また黒破線はプレート境界面の等深線 (Hayes, 2018) を、赤色と黄色の図形はそれぞれ 1964 年アラスカ地震の破壊域 (Christensen & Beck, 1994) とヤクタットマイクロプレート (Eberhart-Phillips et al., 2006) を示す。

の沈み込みと相関があることを示唆している (Wech, 2016; Li et al., 2018)。また検出された S-SSE の規模は M_w 6.2 から M_w 6.7 程度、継続期間は 1 日間から 60 日程度であった。更にアラスカ中南部で発生した S-SSE の内 14 イベントが、微動活動 (Wech, 2016) と時空間的に同期していた。これはアラスカ中南部の S-SSE は、九州を除く南海沈み込み帯 (e.g., Obara et al., 2004) やカスケディア沈み込み帯 (e.g., Rogers & Dragert, 2003) で発生する S-SSE と同じく ETS 型のイベントであることを示唆する。講演会では上記の解析結果に加えて、S-SSE と微動の活動の時空間変化について報告する。

謝辞

本研究で使用したテクトニック微動のカタログはアメリカ地質調査所の Aaron Wech 博士に提供頂いたものである。本研究はネバダ大学リノ校のネバダ測地研究室によって解析された GNSS 日座標値を使用した。またこれらの座標値は UNAVCO、アラスカ大学フェアバンクス校、アメリカ沿岸警備隊、アラスカ火山観測所、アメリカ連邦航空局、アメリカ海洋大気庁により設置された GNSS 観測局のデータを解析したものである。ここに記して感謝する。