

(続紙 1)

京都大学	博士 (理学)	氏名	坂 上 啓
論文題目	20年間の高時間分解能GNSSデータに基づく東海地方の長期及び短期スロースリップの時空間発展に関する研究		
(論文内容の要旨)			
<p>沈み込み帯の地震発生域周辺では、測地観測によってスロースリップイベント (SSE) と呼ばれる非地震性のゆっくりとした断層すべりが観測されている。南海トラフ沈み込み帯の東端部にあたる東海地方においては、GNSS連続観測等の地殻変動観測により数ヶ月以上の時定数を持つ長期的SSEと数日から1週間程度の時定数を持つ短期的SSEが発生していることが知られてきた。東海地方のSSEに関する先行研究では、長期的SSEの解析はGNSS、短期的SSEの解析は傾斜計・歪計のデータが用いられることが多く、すべり域の推定においても個々の研究で異なった手法が用いられており、長期間にわたって同一の手法で解析されてこなかった。本研究では、1997年から2017年に観測された複数機関のGNSSデータを独自に統合して解析し、東海地方の21年間の地殻変動の時空間分布を明らかにすることが試みられた。具体的には、観測されたGNSS時系列から東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動などの東海地方の沈み込み帯のプレート間相互作用以外に起因する地殻変動を補正し、モンテカルロ混合カルマンフィルター (MCKMF) を用いてプレート間すべりの時空間発展を推定した。</p> <p>その結果、2000年9月から2005年12月と2013年1月から2015年9月の2つの期間に長期的SSEによるすべりが推定された。これらの長期的SSEは、すべりの開始地点は浜名湖西方の深さ20-25km付近であったが、その後の時間発展は大きく異なっていた。前者のSSEは、開始後1年間で約6cmすべった後、すべり域の中心が北東方向に約40km移動してさらに数年間継続したのに対し、後者のSSEは、開始後約2年半で6cm程すべったところで終息し、すべり域の移動は見られなかった。また、2つの長期的SSEの間の期間において、SSE発生領域周辺のすべり速度が最初にSSE以前の期間と異なっていたこともわかった。これら長期的SSEのすべりに加えて、長期的SSEよりやや深部の領域において数日から1ヶ月程度の期間で、すべり速度が15-40cm/年へと加速する現象が推定された。このすべり速度の加速は、深部低周波微動・地震と同期しており、走向方向へすべり域が移動するのに伴って微動・地震の震央も移動していることから短期的SSEに対応するものと考えられる。先行研究で推定された1999年以前の固着率も考慮して長期的SSEが発生していない期間を含めて21年間のすべりの収支を考察すると、2013年からの長期的SSEは、すべり速度がプレート間相対運動と同程度のひずみを蓄積も解放もしないイベントであったと解釈され、2000年から2005年の長期的SSEによって解放されたひずみと2005年から2013年まで蓄積された歪みの収支が、2013年からの長期的SSEのすべり速度を含む規模とすべり域に影響したと考えられる。このことは、SSE発生期間中だけでなく、非発生時のひずみの収支を調べることで、将来発生するSSEの規模や発生領域の予測につながる可能性を示唆するものである。</p>			

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

GNSS 等の測地観測技術の進展や観測網の拡充によって、断層帯において SSE に代表されるようなさまざまな時定数を持つすべり現象や固着のゆらぎが観測されるようになったが、地震を含めた断層帯の多様なすべり現象の詳細な時間発展や相互作用、イベント間も含めた 10 年以上の長期間にわたるすべりや固着の時間発展は十分理解されていない。先行研究では SSE の時定数によって異なる観測機器や解析方法が用いられることが一般的であったため、イベント同士の比較が難しいという問題点があった。本論文では、世界中の沈み込み帯と比較しても非常に稠密な GNSS 観測網が長期間稼働している東海地方を対象に、複数機関の GNSS データの統合解析を行い、東海地方の沈み込み帯以外で発生した地震・火山現象に伴う地殻変動を丁寧に補正することによって、21 年間にわたって連続的なプレート間すべりの時空間発展を推定した。すべりの時空間発展の推定には、時間方向の平滑化度合いを可変とする手法 (MCKMF) を用いることで、多くの先行研究に比べて高い時間分解能ですべりの変化を検出することに成功しており、特に規模や継続時間が大きく異なる長期的 SSE と短期的 SSE のすべりの時空間発展を同一の解析の中で推定できたことは、高く評価できる。推定された結果は、断層帯の固着域の下限付近のすべり速度は単に SSE、非 SSE 期といった期間に分けられるものではなく、断層帯が完全固着している状態からプレート間相対運動速度を大きく超える速度ですべている状態まで、さまざまに時間変化していることを示しており、断層帯におけるすべり特性を解明する上でも重要な知見を提供するものである。本研究で提案された非 SSE 期における固着度の違いやそれまでのプレート間すべりの収支が次の SSE のすべりの規模やすべり分布に影響する可能性については、2 つの事例のみに基づく仮説ではあるものの、断層帯での多様なすべり現象に対する予測可能性という観点から見て、今後のさらなる事例解析によって検証されるべき重要な問題を提起したと評価できる。

本論文では、MCKMF を用いた先行研究に比べて解析期間を大幅に延長して、21 年もの長期間におけるすべりの時空間発展を連続的に推定できることを示したことや、実際の観測点配置に基づく模擬データを用いた解像度テストを行うことによって、すべりの検知能力や誤差、時間分解能についても明らかにしたことに加え、観測点の新設などによって観測値がない期間が含まれるデータセットに適用する場合に非現実的なすべりが推定されてしまう可能性があることを初めて指摘した。これら点についても、本論文は今後の地殻変動解析研究に対して一石を投じたものと評価できる。よって、本論文は博士 (理学) の学位論文として価値あるものと認める。また、令和 2 年 12 月 15 日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

要旨公表可能日： 年 月 日以降