

長期的SSE発生源における非断層すべり成分の検出および、 これに伴う歪速度変化の検討

光井能麻（東濃地震科学研究所）・伊藤武男（名古屋大学大学院環境学研究科）

1. はじめに

観測技術の向上により、沈み込み帯で各種スロー地震が検出されてきた (e.g., Schwartz and Rokosky, 2007)。これらはいずれも、通常の地震と同様に地殻中の断層運動としてモデル化されているが、スローかつ非定常な現象となる物理的メカニズムは不明である。特に、長期的スロースリップイベント (LSSE) は他のスロー地震と異なり、測地学的データのみによって検出され、地震波の放出が観測されない。したがって、LSSE の発生メカニズムはこれらの特徴を満たすものとして理解されるべきである。

一方、断層の破壊強度の知見から、長期的 SSE を含む深部スロー地震発生域は、温度－圧力条件の深さ依存に伴う脆性－延性遷移域で発生すると示唆されている。この脆性破壊から延性破壊 (延性流動) への遷移に伴い、プレート境界岩における塑性変形の増加が予想され、その変形モードは平面で生じる断層すべりと異なり、体積的な変形モードとして生じ得る。この体積的な変形が断層すべりと異なる変形として顕著に現れる場合、その変形成分は断層すべり面に対して法線方向の成分になると予想される。

そのため本研究は、長期的 SSE の震源モデルとして断層すべりに加えて法線方向の変形成分を仮定し、これらを観測データから検出することを目的として下記の解析を行った。

2. 東海スロースリップの震源モデル推定

長期的 SSE は世界各地で観測されているが、本研究では、それらの観測例の一つである東海 SSE を解析対象とした。観測データとして GEONET の F3 解 (2001-2003 年、3 成分) を用い、各観測点における reference 期間 (1998-2000 年) との変位速度の差を説明する震源モデルを推定した。

従来の研究ではいずれも、断層すべりのみを仮定した震源モデルを用いており (e.g., Ozawa et al., 2002)、本研究で初めて、断層すべり以外の変形を考慮した震源モデルの推定を行う。そのため最初に、断層すべり以外の変形を考慮した際に LSSE 発生源の位置が空間的にどのように推定されるか確認するため、点震源モデル (Okada, 1985) によるグリッドサーチを行い、モーメントテンソル (MT) 全 6 成分を推定した。なお、震源の深さのグリッド間隔は 10km から 50km まで 5km 刻みとし、各解を AIC (Akaike, 1974) の値で比較した。各水平グリッドにおける最適解を図 1 に示す。この結果から、従来の推定震源域が本研究でも周囲の陸域よりも比較的高い尤度で推定されたことを確認した。一方、最適解 (AIC 最小) となったのは沖合の震源グリッド (図 1 (a) 赤四角内グリッド) であった。そのため、各観測点の変位速度の計算値を観測値と比較し、震源域の広がりを表現できるモデルを用いて震源域直上のデータの再現性を改善する必要があることを確認した (図 2)。

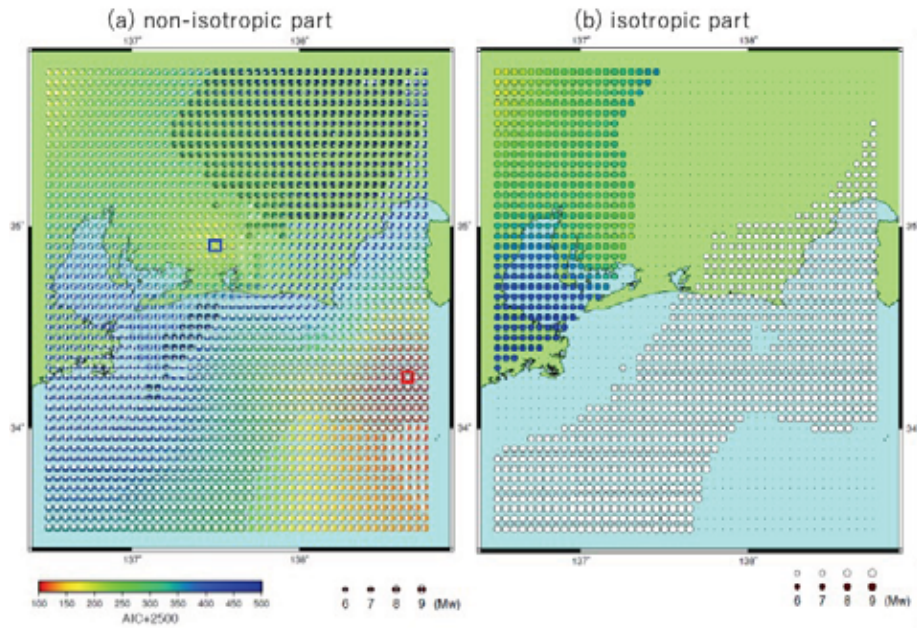


図1. 各グリッドにおける点震源のMT解(色はAIC値)。作図の都合上、各水平グリッドにおいて最適解となる深さの結果を(a)非等方成分(b)等方成分に分けて表示。(a)の赤四角形と青四角形に囲まれた解はそれぞれ、図2の(a)と(b)で示した解に対応する。

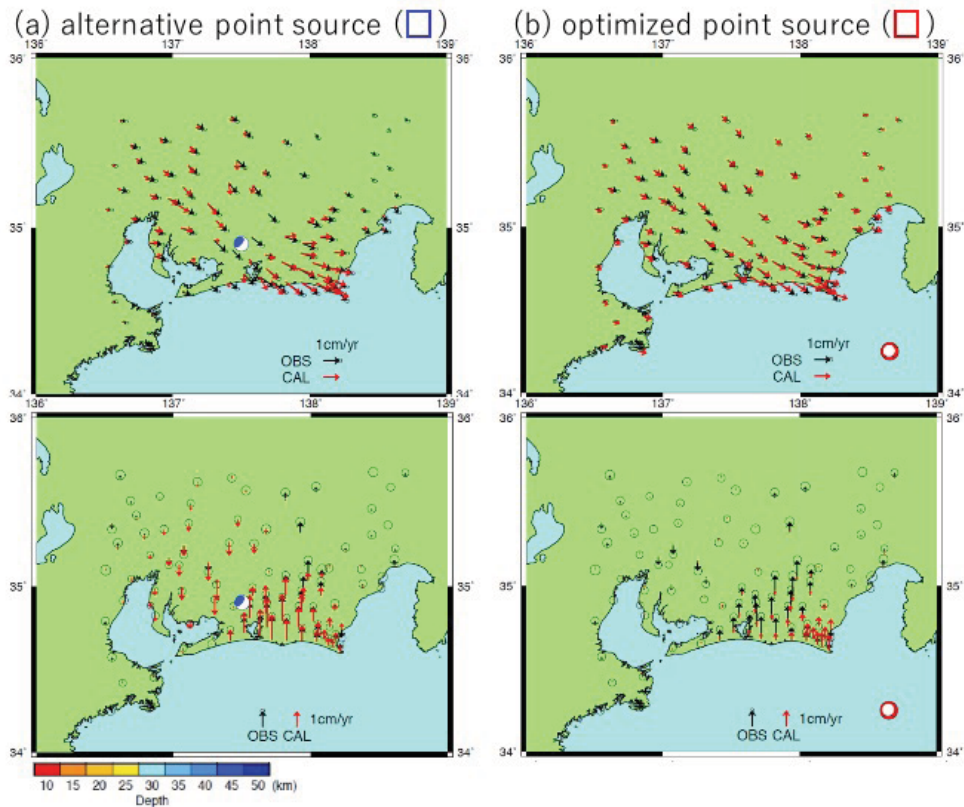


図2. 図1(a)の点震源グリッドのうち陸域(青四角)と沖合(赤四角)の推定モデルによるGEONET各観測点の変位速度の計算値(CAL)ならびに観測値(OBS)。水平成分(上段)ならびに上下成分(下段)を示す。震源球の色は点震源の深さを表す。

点震源モデルの推定結果を踏まえて次に、震源モデルとして矩形断層モデル (Okada, 1985) を用い、断層の変位速度 2 成分 (断層すべり成分・法線成分) をはじめとする断層パラメタを非線形最小二乗法により推定した。推定された断層パラメタを右表に掲載する。この結果に基づくと、断層の変位速度 2 成分の比は断層すべり：法線方向への伸長 = 6 : 1 となる。この結果を断層すべり成分のみ仮定した場合の結果と AIC (Akaike, 1974) で比較したところ、法線成分も推定した場合の方がより良い結果であることが示された。その差は観測点の上下成分の再現性に現れており、特に、断層すべりの方向 (rake) に対して反対側の領域 (本研究では断層に対して北西方向) の観測点で差が大きい (図 3)。

fault length	73.8 km
fault width	74.9 km
tensile dislocation (U_t)	1.6 cm
fault slip (U_s)	9.7 cm
strike	359.3°
dip	7.5°
rake	229.6°
fault centre: longitude	137.5°
latitude	34.9°
depth	32.7 km

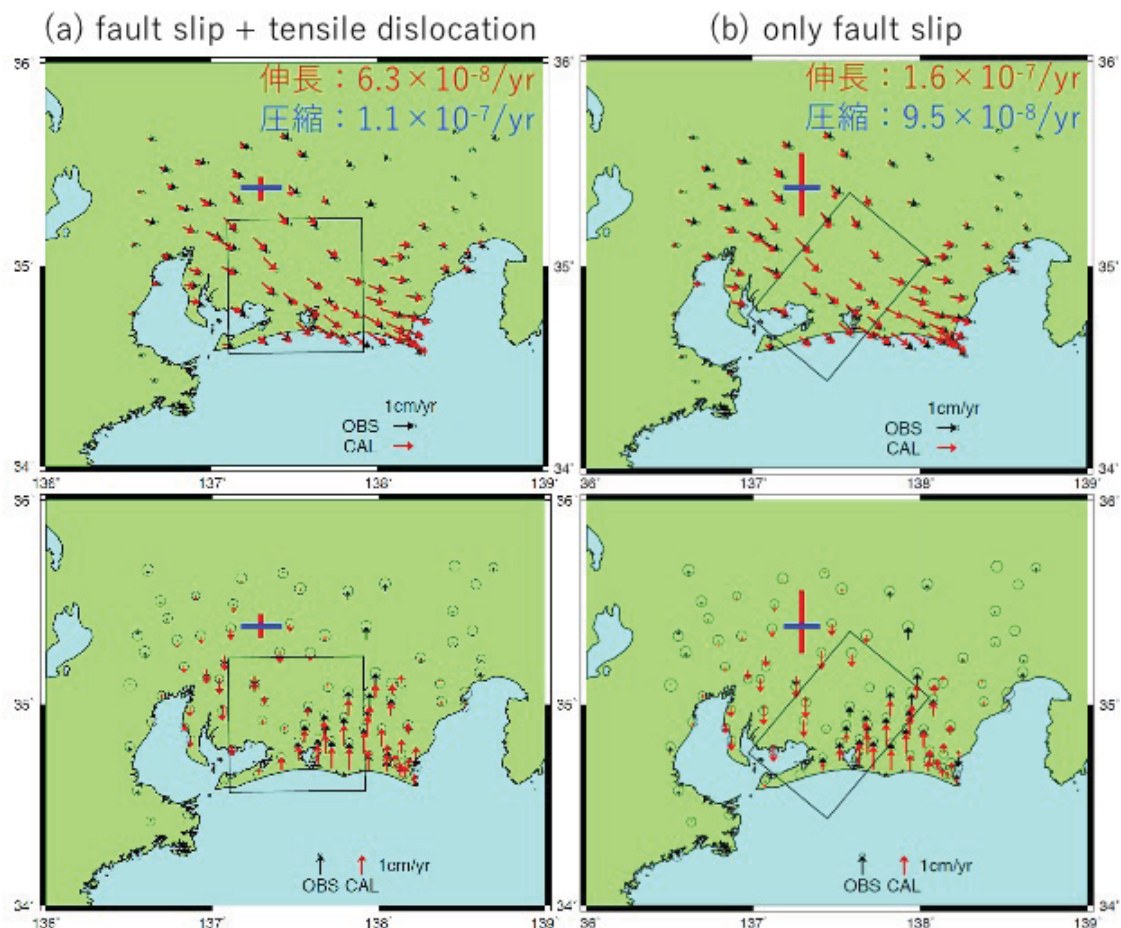


図 3. GEONET 各観測点の変位速度の観測値 (OBS) および矩形断層モデルを用いた推定結果による計算値 (CAL)。それぞれ (a) 断層すべり成分 + 法線成分 (b) 断層すべり成分のみを仮定した。水平成分 (上段) ならびに上下成分 (下段) を示す。(a), (b) それぞれの推定モデルで算出した東濃地震科学研究所ボアホール観測網の歪速度変化を十字で示す。

この両モデルの違いは他の観測データにも現れる可能性が考えられる。例として、上記の両推定結果を用いて、東濃地震科学研究所ボアホール地殻活動観測網付近の地上における水平歪速度を計算したところ、南北方向の伸長速度に違いが現れると示唆された（図3）。

短期的 SSE でもこれと同様の傾向が現れ、かつ、SN 比を考慮すると長期的 SSE より検出しやすいと考えられる。実際に、歪計データを用いた短期的 SSE の解析例はすでに多数あり（e.g., 板場・他、2012）、東海地域で発生する短期的 SSE 震源については、震源の北西に位置する東濃地震科学研究所の観測点を用いることで、より良い震源モデルの推定が期待される。

Akaike, H. (1974) A new look at the statistical model identifications. *IEEE Trans Autom Control* Ac-19, 716–723.

板場智史、松本則夫、北川有一、小泉尚嗣、松澤孝紀、歪・傾斜・地下水統合解析による短期的スロースリップイベントのモニタリング、日本地球惑星連合 2012 年大会、千葉、5 月、2012.

Okada, Y. (1985) Surface deformation due to shear and tensile faults in a half-space. *Bull. Seism. Soc. Am.* 75, 1135–1154.

Ozawa, S. et al. (2002) Detection and monitoring of ongoing aseismic slip in the Tokai region, central Japan. *Science* 298, 1009–1012.

Schwartz, S. Y. and Rokosky (2007) J. M. Slow slip events and seismic tremor at circum-pacific subduction zones. *Rev. Geophys.* 45, RG3004.