11-3 GNSS観測から推定される短期的SSEの断層モデル Fault Model of the Short-Term SSE Estimated by GNSS Observation

国土地理院 Geospatial Information Authority of Japan

[GNSS観測から推定される短期的SSEの断層モデル]

第1~6図は,フィリピン海プレートが沈み込む相模トラフおよび南海トラフ沿いに発生する短期 的SSEに伴う地殻変動をGNSSデータを用いて検出し、断層モデルを推定した結果である. 短期的 SSEに伴う地殻変動の検出については、以下のような手順で行った.まず、観測点毎にGEONET F3 解の水平成分から合成したプレートの沈み込み方向成分の時系列180日分を1日ずつずらしながら、 期間の中央にステップを含むものと含まない1次関数で近似して,2つの関数のどちらがより良い近 似であるかをAICを用いて評価した.次にSSEに伴う変動の中心となる候補点を低周波地震の震源 などを参考に設定し、候補点の周辺の観測点のAICの差の平均をとり、候補点周辺で有意にプレー ト相対運動と反対方向の変動があると認められた日付に対して,ステップ付一次関数の近似から得 られたステップ量から地殻変動ベクトル(水平,上下成分)を算出した.そして,地殻変動ベクトル をデータとして矩形断層を仮定した非線形インバージョン(Matsu'ura and Hasegawa, 1987)を行い, 断層モデルの推定を行った. 断層モデルの推定では, 気象研究所の弘瀬研究官によるフィリピン海 プレート上面の等深線に整合するように、深さ、走向、傾斜は断層の水平位置から与えられるもの とし、断層中央の緯度、経度、長さ、幅、滑り角、滑り量と変位ベクトルの並進成分(GNSSデー タに含まれる系統誤差とみなす)を推定パラメータとした.推定された断層モデルについて、ベク トル並進成分のみを推定したモデルに対する自乗残差和から断層パラメータも同時に推定したモ デルの自乗残差和を差し引き,その差が100以上のものをカテゴリーAのSSE,30以上のものをカテ ゴリーBのSSEとして認定し、それ以外のものはSSEとは認定しなかった.また、地震等のイベン トに伴うと考えられる変動もSSEから除外した.なお、ここでSSEと認定しているものの中には、 GNSSデータのノイズ等により偶然断層モデルで説明されるような変動パターンが生じたものを SSEとして誤認しているものがあることに注意する必要がある.このような手順で相模トラフおよ び南海トラフ沿いを3領域(九州~四国西部,四国西部~東海,東海~房総)に分割し、それぞれ の領域から得られたSSEの履歴を総合した結果が本資料である.解析期間は,1996年6月19日から 2012年10月7日までに発生したSSEとした.データに含まれる系統誤差とみなす)を推定パラメー タとした. 推定された断層モデルについて、ベクトル並進成分のみを推定したモデルに対する自乗 残差和から断層パラメータも同時に推定したモデルの自乗残差和を差し引き,その差が100以上の ものをカテゴリーAのSSE, 30以上のものをカテゴリーBのSSEイベントとして認定し,それ以外の ものはSSEとは認定しなかった.また、地震等のイベントに伴うと考えられる変動もSSEから除外 した.なお、ここでSSEと認定しているものの中には、GNSSデータのノイズ等により偶然断層モ デルで説明されるような変動パターンが生じたものをSSEとして誤認しているものがあることに 注意する必要がある.このような手順で相模トラフおよび南海トラフ沿いを3領域(九州~四国西 部、四国西部~東海、東海~房総)に分割し、それぞれの領域から得られたSSEの履歴を総合した 結果が本資料である.解析期間は、1996年6月19日から2012年10月7日までに発生したSSEとした. なお、相模地区と東海地区の東部のみ、畑中(2004)による基線解析結果を利用し、1994年7月24日

から2012年10月7日までのSSEを対象とした

第1図は、相模トラフおよび南海トラフ沿いのカテゴリーA、カテゴリーBのSSEの断層モデルを全て表示したものである。南海トラフ沿いの低周波地震の発生領域に沿って、短期的SSEが多数発生していることがわかる。また、プレート境界付近で低周波地震の発生していない相模トラフや日向灘でも短期的SSEの発生が見られる。これらの領域では、深部低周波地震の発生する深さ30~40kmよりも浅部で発生する短期的SSEも見られ、群発的な地震活動と同期して発生しているものもある。

第2図は、短期的SSEの発生領域、発生時期、滑り量の分布を示したものである.豊後水道より東側では 経度方向、南側では緯度方向に投影している.GNSSや傾斜計により、1996年、2002年、2007年、2011年 に房総半島沖でSSEが発生したことが知られているが、これらのSSEの滑り量は他のイベントに比べて非常 に大きい.また、2007年4月14日頃には、房総半島の沖合でこれらのSSEに匹敵する規模のSSEが発生して いたと推定される.南海トラフ沿いに発生するSSEは、四国中・西部や伊勢湾付近で発生するSSEで滑り量 が大きい傾向がある.日向灘で発生するSSEは四国にくらべて頻度は少ないが、1回あたりの滑り量は四国 中・西部と同程度である.

第3図は、地区別のモーメントマグニチュードの頻度分布である.地域毎にSSEの発生規模および頻度は 異なっていることがわかる.全地区を合わせると、モーメントマグニチュード6.5を超えるSSEは、相模地 区以外では発生していない.地区毎にGNSS観測によるSSE検出限界が異なるため、得られた頻度分布が実 際の発生頻度分布を示しているとは限らないが、検出限界がそれほど変わらない四国中・西部と四国東部を 比べると四国中・西部の方がより大きなSSEが多く発生していることがわかる.

第4図は、地区毎のSSEによるモーメント解放量の時間変化を表したものである.四国中・西部地区などでは、約16年間ほぼ一定速度でモーメントが増加しているが、相模地区などでは、大規模なSSEの発生に伴って階段状に増加する傾向がある.

第5,6図は、8個のSSEについて、GNSS観測による水平、上下変位量、断層モデルの位置、モデルによって計算された水平、上下変位量を比較したものである.イベントの番号は、第2図の図に示したものと同じものである.2011年10月29日頃に発生した房総半島沖のSSE(イベント②)を除くと、どのイベントもノイズレベルと同程度の変動しか検出されていないが、変動の大局的なパターンはモデルにより再現されていることがわかる.

GNSS観測から推定される短期的SSEの断層モデル(1)

断層モデル分布図



第1図 (1) 断層モデル分布図

Fig. 1 (1) Fault model distribution.



GNSS観測から推定される短期的SSEの断層モデル(2)

第2図 (2)時空間分布図

Fig. 2 (2) Temporal and spatial distribution.

地区別頻度分布



・イベント数はカテゴリーAとBを合わせた各地区毎のSSEの発生数で、括弧内はカテゴリーAのSSEのみの発生数である

第3図 (3) 地区別頻度分布

Fig. 3 (3) Frequency distribution of Mw in each district.

累積モーメント



・地区毎の短期的SSEによるモーメント解放量の積算を表す。
・実線は全てのSSE, 点線はカテゴリーAのみのモーメントを積算したもの。

第4図 (4) 累積モーメント Fig. 4 (4) Time series of cumulative moment.







第6図 (6) イベントの例 Fig. 6 (6) Examples of crustal deformation of detected Short-term SSE.