

Nankai Trough earthquake cycle simulation with deep long-term slow slip event and long-term locked fault segments : discrete cell model

*Kazuro Hirahara^{1,2}

1. Kagawa University, 2. Riken

1. はじめに

南海トラフ巨大地震発生予測および発生履歴の再現を目指して、速度状態依存則に基づく地震サイクルシミュレーションが行われてきた。また、様々なスロー地震と巨大地震の相互作用の重要性が認識され、スロー地震を含むシミュレーションも行われている。しかしながら、現状では依然として複雑な地震発生履歴の再現には至っていない。本講演では、2. に述べるの最近の知見を踏まえ、複雑な南海トラフ地震履歴を作り出す摩擦モデル、及び巨大地震発生サイクル中におけるL-SSEの変動について議論する。

2. 深さ20-30kmにおける深部長期的スロースリップイベント（L-SSE）発生域と長期固着域

L-SSEは南海トラフ巨大地震震源域下部から短期的SSEや深部低周波微動発生域の間の深さ20-30kmで発生しており、豊後水道や東海L-SSEに加えて、南海トラフ全域においての発生様式が明らかにされつつある

(Kobayashi and Tsuyuki, 2019)。最近、Okamura and Shishikura(2020)は、紀伊半島沿岸における隆起生物遺骸群衆高度分布から紀伊半島下深さ20-30km域に400-600年間の長期固着域が存在し、100年程度の繰り返し間隔を持つ各南海トラフ地震セグメントの破壊域に加えて、広域破壊する1707年宝永地震タイプの地震を作り出している可能性を指摘した。この長期固着域は紀伊水道および志摩半島L-SSE領域に挟まれた領域に対応しているように見える。また、赤石山地隆起に関連して赤石山地と駿河湾間の深さ20-30kmにも同様の長期固着域が存在する可能性を指摘している。この深さ20~30kmのプレート境界面ではこの二つの長期固着域以外はL-SSE等により応力が解放されその蓄積レートは小さいと思われる。なお、南海地震震源域の浅部でもスロー地震の発生が報告されているが、本講演では議論に含めない。

3. 離散セル摩擦モデル

速度状態依存則に基づく地震サイクルシミュレーションではプレート境界を臨界セルサイズ以下の小断層セルに分割し計算を行うが、南海トラフ全域を扱うとセル数が多く、また繰り返し間隔が5~20年程度のL-SSEの発生まで含めると時間ステップ数が多くなり、万年に及ぶ計算を多くの摩擦モデルで行うには多大な計算資源を要する。

そこで、試行段階として図1(左)に示したR11-R62の12セルから成る離散セルモデルを用いる。Mitsui and Hirahara (2004)は破壊セグメントに対応する5個のブロックからなるバネブロックモデルを用いて南海トラフ地震サイクルを計算しているが、ここでは通常のセルモデルの延長としての離散セルモデルを用い、準動的近似を用いた計算を行った。まずプレート境界をkm程度の三角小断層セルに分割し、各12セル内で同一すべりを仮定して、各セルの中心におけるすべり応答関数(K_{ij})を作成した。対角項 K_{ii} の大きさは、0.02-0.5MPaの大きさとなり、相互作用を規定する非対角項 K_{ij} は隣接セルで最大0.5 K_{ii} 程度となっている。

摩擦パラメータの設定としては、浅部セルRi1（深さ5-20km）では相互作用無しの繰り返し間隔（フリー間隔と略）を150-200年程度、すべり応答関数 K_{ii} の臨界弾性定数 K_{ciii} に対する比 K_{ii}/K_{ciii} を0.03程度とし、深部セルRi2（深さ20-30km）では、紀伊半島(R42)と赤石山地と駿河湾間(R62)下では、フリー間隔を400年程度、 K_{ii}/K_{ciii} を0.1、それ以外の深部セルRi2ではL-SSEのフリー間隔5-10年、 K_{ii}/K_{ciii} を0.9程度に設定し、20000年のシミュレーションを行った。

4. 結果と議論

図1(右)に19000-20000年における各セルにおけるすべり速度を示す。このように、浅部セルでの地震発生とL-SSEの発生は同期するようになり、L-SSEの繰り返し間隔は倍程度に延び、大きい場合には数年程度のばらつきを示し始める。しかしながら、このすべり応答関数をセル中心で評価した離散セルモデルでは巨大地震セル

同士の相互作用が弱く、地震発生はあまり同期せず、宝永タイプの広域を破壊するような地震は発生していない。

R42とR62以外の深部セルではL-SSEが発生している。浅部巨大地震発生サイクル中における深部L-SSEの活動は、巨大地震の発生予測に重要であるが、これまでの研究では巨大地震サイクル中のL-SSE活動は多様な変動を示している。巨大地震発生後活動が抑えられ、次期地震発生が近づくにつれ発生間隔が短くなり活発化することが示されているが、すべり速度が大きくなるモデルと小さくなるモデルが存在する。この離散セルモデルでも地震後の活動の低下と次期地震発生に向けて活動が活発化する様子が得られたが、単純に速度が増すセル(R12)や各地震間で速度の増減が変動するセル(R22, R32, R52)が見られ複雑である。連続モデルと離散セルモデルは基本的に異なる振舞をすることが知られているため、解釈には注意が必要であるが、L-SSEの活動では興味深い結果が得られた。

しかしながら、現状のモデルでは、期待した各巨大地震セグメントの連動がうまく表せていない。破壊伝播に対応するセル間のKijの大きさを調整する等の検討を要する。

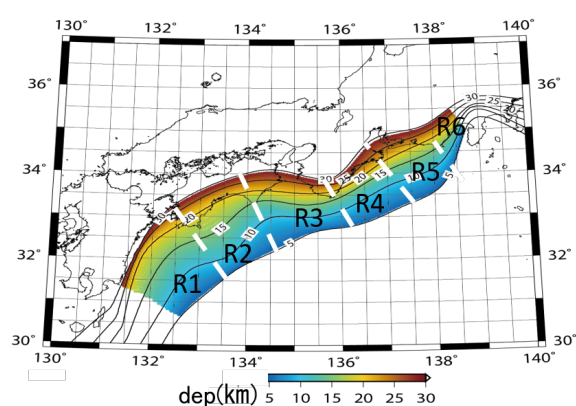


図1(左) 離散セル セルRiは更に深さ5-20kmと20-30kmのRi1とRi2に分割される。

図1(右) シミュレーション結果 19000~20000年での各セルにおける速度 (V:m/s)

