

速度・状態依存摩擦則に支配された断層上でクラックとアスペリティについて考えながら自発的震源核生成を調べる

Spontaneous earthquake nucleation on a rate- and state fault referring to the 'crack' and 'asperity'

三井 雄太 [1]; 平原 和朗 [2]

Yuta Mitsui[1]; Kazuro Hirahara[2]

[1] 京大・理・地球物理; [2] 京大・理・地球惑星・地球物理

[1] Dept. Geophys., Kyoto Univ.; [2] Geophysics, Grad. School of Sciences, Kyoto Univ.

震源断層の動力学モデルとして、もっとも単純、かつ詳しく研究されてきたのは、クラックモデルであろう。このクラックモデルは、何らかの応力降下様式を規定された領域と、すべりゼロの境界条件を与えられた外側の領域から構成される。具体的な応力降下様式としては、伝統的に、破壊速度一定の仮定や線形のすべり弱化則が用いられてきた (*Madariaga[1976], Day[1982]*)。これらを用いる場合、破壊開始の初期条件として、何らかの『種』を人工的に与える必要があった。

一方、岩石実験から帰納的に導出された速度・状態依存摩擦則を用いることで、我々は、応力蓄積過程から地震の破壊過程、さらには余効すべりに至るまでの一連の地震サイクルのモデル計算を一応行うことができるようになった。本研究では、その地震サイクルの計算システムを用いて、伝統的なクラックモデルでは人工的に与えられていた地震の『種』が自発的に生成される過程を調べる。

具体的なモデル設定としては、*Kato[2004]*に準拠し、3次元全無限均質弾性体の中に2次元断層を設定し、速度強化する領域(パラメータ' $a-b$ 'が正)の中に速度弱化する領域(パラメータ' $a-b$ 'が負)を置く。このような設定をすることにより、速度強化領域に取り囲まれた速度弱化領域で周期的に地震性すべりが起こる、地震サイクルが生まれる。伝統的なクラックモデルとは異なり、この速度強化領域内にも、わずかながら速度弱化領域内の地震性すべりの影響は及んでしまう。そこで、本モデルを擬似クラックモデルと称する。

以下に、擬似クラック内のパラメータ' a/b 'が0.5以上という範囲での、数値実験の結果を述べる。なお、以下の結果は、擬似クラック内における特徴的すべり弱化距離 L が、擬似クラックのスケールに比例して変化する、という仮説 (*Marone and Kilgore[1993]*) に則る限り擬似クラックの空間スケールに全く依存しない。

もし擬似クラックを円形に設定した場合、内部のパラメータが均質かつ十分に計算グリッドが細かく取れているならば、震源核生成は、速度強化領域からの準静的すべりの浸潤後に、擬似クラックの中心付近で発生する。ただし、震源核生成の開始は本当のクラック中心からでなく、その周りを囲むようにして始まる。このような特徴は、いわゆる「アスペリティ」の破壊のモデルの特徴 (*Das and Kostrov[1983]*) と類似している。

速度・状態依存摩擦則の発展則として *aging law* (*Dieterich[1979]*) を採用するか *slip law* (*Ruina[1983]*) を採用するかによって、震源核生成の特徴は異なってくる。

まず、震源核生成の初期、擬似クラックの中心は固着したまま、その周囲の領域のすべり速度が断層戴荷速度を1ケタ上回り始めたときを考える。Aging law の場合、この段階で、後に震源核となる固着領域の大きさに顕著なパラメータ依存性は見られない。一方、slip law の場合、この段階の固着領域の大きさは、パラメータ' $(L/b)*(G/S)$ ' に逆比例する。ここで、' G ' は剛性率、' S ' は有効法線応力を表す。もし' $(L/b)*(G/S)$ ' が0.2を完全に越えると、この定義においてクラック中心の固着領域は、見かけ上存在しなくなる。

さらに震源核生成が進むと、aging law の場合、固着していた擬似クラック中心から高速すべりが始まる。一方、slip law の場合、固着領域周辺の震源核内の狭い領域から、高速すべりが始まる。このように、slip law を用いると aging law に比べて高速すべりの開始が localize するという特徴は、1次元無限断層モデルにおける既存の研究 (*Ampuero and Rubin[2008]*) と調和的である。しかし、上記の' $(L/b)*(G/S)$ ' が0.2を完全に越える場合、slip law の場合でも aging law の場合と同様に幅広い領域で高速すべりが始まる。

また、地震性すべりの速度領域 (1cm/s 以上) に限定し、擬似クラック内のすべり分布を調べると、震源核付近が最大すべり量となる場合もあれば、ならない場合もあった。上に述べたように、本モデルにおける震源核は、その生成開始時において「アスペリティ」的な特徴を持つ。しかし、必ずしも地震性すべりのすべり量が最大の領域とは一致しない。

ただし、この地震性すべり時のすべり量の問題に関しては、通常速度・状態依存摩擦則では記述しきれない急激な弱化を伴う摩擦挙動の影響を大きく受ける問題であるので、現状の結果はかりそめのものであることに注意を要する。

以上について、当日はより詳細な結果を報告する。