

## アスペリティ周囲の応力集中と破壊過程

## Stress concentration at the perimeter of asperity and its effect on rupture process

# 加藤 尚之 [1]

# Naoyuki Kato[1]

[1] 東大・地震研

[1] ERI, Univ. Tokyo

プレート境界面上のアスペリティでは、周囲の非地震性すべりにより応力集中していると考えられる。アスペリティの破壊による地震発生を理解するために、円形アスペリティの周囲における応力集中について考える。アスペリティの破壊力学的な解析については、Sammis and Rice (2001), Johnson and Nadeau (2002), Chen and Sammis (2003) 等の研究があるが、ここでは安定すべり域での摩擦特性（速度強化）を考慮して、地震時すべりの広がりなどについて異なる仮定をしているために、結果は先行研究とは異なる。均質弾性体中の平面断層上に半径  $r$  のアスペリティが存在し、アスペリティでは完全に固着し、その周囲では一定の摩擦で安定すべりしているモデルを考える。外部からの荷重による断層での平均的なすべり速度を  $V_{pl}$  とすると、安定すべりが始まってからの時間  $t$  における応力拡大係数は  $K$  は  $V_{pl} t r^{-1/2}$  に比例する。応力拡大係数が臨界値  $K_c$  に達したときにアスペリティの破壊（地震）が発生するとする。この時間を  $T_r$  とし、アスペリティ遠方でのすべり量を  $u = V_{pl} T_r$  とすると、アスペリティでの地震性すべり量は  $u$  と一致すると考えられる。アスペリティの周囲で摩擦応力一定の場合、地震性すべりはアスペリティの周囲に広がっていくが、実際にはここでの摩擦特性は速度強化であり、地震性すべりは発生せず、余効すべりが発生する。従って、アスペリティ破壊による地震モーメントは、剛性率を  $G$  とすると、 $M_0 = G u \pi r^2$  となる。臨界応力拡大係数  $K_c$  を用いると、 $M_0$  は  $r^{5/2} K_c$  に比例し、円形クラックモデルを仮定した応力降下量は  $r^{-1/2} K_c$  に比例、 $T_r$  は  $r^{1/2} K_c / V_{pl}$  に比例する。 $K_c$  がアスペリティの大きさに依存しないとすると、応力降下量は  $M_0^{-1/5}$ 、 $T_r$  は  $M_0^{1/5}$  に比例する。これらは、応力降下量が地震の規模によらず一定となる通常の地震に対する経験則とは異なるが、Nadeau and Johnson (1998) が California の小繰り返し地震について得た関係と近いものとなる。Nadeau and Johnson (1998) の関係を用いると、破壊エネルギーは  $10^7 \text{ J/m}^2$  と推定される。一方、 $K_c$  がアスペリティの大きさに依存することを許し、応力降下量が地震の規模によらず一定になるものとする、破壊エネルギーは  $M_0^{1/3}$  に比例することになる。

このモデルでは、アスペリティの縁での応力集中が破壊を支配しており、アスペリティの内側に入るほど歪エネルギーが蓄積されていないことから、以上のような関係が得られる。アスペリティの縁での応力集中は、その曲率半径に依存する。アスペリティの形状が円形ではなく不規則である場合、曲率半径が小さい場所で局所的に大きな応力集中が生じる。この場合、アスペリティ（速度弱化的摩擦特性をもつ領域）内で強度や摩擦特性が一様であっても、アスペリティの一部だけが破壊される可能性がある。これは数値シミュレーションで確認できる。