

## ストレストリガリング研究からみた大地震の破壊パターン：破壊開始点・アスペリティ・連動予測への応用

### Rupture nucleation and propagation of a large earthquake reviewed from stress triggering studies

# 遠田 晋次 [1]

# Shinji Toda[1]

[1] 産総研 活断層研究センター

[1] Active Fault Research Center, GSJ/AIST

1992年に南カリフォルニアで発生したランダース地震を契機として、1つの大地震が近傍の断層運動を促進・抑制するという、いわゆるストレストリガリング（地震の応力誘発）研究が盛んに行われてきた。ある断層への近傍地震の影響を見積もる際に、当初は断層面全体のクーロン破壊応力変化を評価する考え方が主流であった。その場合、すなわち1つの活断層全体を1つの固着単位として評価していたわけである。しかし実際は、大地震は小破壊からなだれ式に大破壊へと成長していく（カスケード過程）。1つの断層がそのまま1つの固着単位につながるわけではない。また、0.1 bar程度の微小応力変化に地震活動が影響されるように、応力変化と地震活動は非線形的な関係にもある。その後、地震核形成と応力変動の関係が実際の地震活動の立場から議論されるようになると（例えば、Dieterich, 1994）、トリガリング研究でも破壊開始点とアスペリティを別々に扱うようになってきた（例えば、Stein et al., 1997）。つまり、近傍地震の影響は評価する断層面にかかる応力変化の最大値、もしくは誘発地震活動が最も高い部分が鍵となるわけで、その部分が近い将来の破壊開始点になる可能性をひめている。

実際に、最近発生した双子地震（例えば、1992年ランダース地震と1999年ヘクターメイン地震、1997年3月と5月の鹿児島県北西部地震、1999年トルコイズミット地震とデュズジェ地震、2002年アラスカニナーナ地震とデナリ地震）では、誘発された後者の地震は、前者によって微小地震活動が高まった地域を破壊開始点としている。言い換えると、最初の地震によって誘発された地震の1つが、静穏で固着していた断層区間まで進展していき、最終的に大規模な地震へとつながっている。

強震動予測の高精度化には破壊開始点やアスペリティの位置が重要である。これまでは活断層の分岐形態等（例えば中田他, 1998）を用いた予測手法が一部で用いられてきている。しかし、双子地震にみられるような破壊過程が通常の地震にも適用可能であると考え、大地震の震源は微小地震地震活動が高い地点であり、固着状態が良く普段微小地震が少ない地域、いわゆる空白域、へ破壊が進展していくと予想される。定常的に地震活動が高い地域は、言い換えれば、過去の周辺応力履歴によって応力レベルが高くなっているところにあたるのかもしれない（例えばステップ・屈曲など断層不連続部）。つまり、活断層沿いの地震活動密度が高い部分が将来の破壊開始点になる可能性が高く、新しい破壊開始点予測手法として使える可能性がある。一方で、地震空白域の議論は古くから行われてきたが、空白域の概念はアスペリティの部分に適用されるべきである。破壊開始点では高応力状態に裏付けされた地震活動が必要である。全く地震が発生していない地域からは大地震は始まらないと考える。まさに『火のないところに煙はたたない』なのであろう。

さらに、連動型地震の条件は、セグメント境界だけではなく隣接断層の高応力状態も関係している。最初の本震まで含めて広域で応力レベルが高いことが条件である。すなわち、長期にわたって広域に蓄積された歪みが、1つの大地震をきっかけとして連鎖的に解放されていく構図である。事例として、南海トラフ沿いのプレート境界地震と西南日本内陸の地震活動の活動期・静穏期などが挙げられる。また、古地震調査から明らかにされた事例は、1586年天正地震、1596年慶長地震、1606年慶長南海地震にいたる一連の被害地震であらう。この間、おそらく阿寺断層系、御母衣断層系、養老-伊勢湾断層系、六甲-淡路断層系、中央構造線断層系などが連鎖的に活動したといわれている。

本セッションで注目される巨大地震の動的連動性については、上記静的連動の時間短縮版とみて良いのではないだろうか。すなわち、静的連動では次の地震を誘発するためのカスケード過程が必要であったのに対して、巨大地震に見られる連動では新しい誘発過程（別なカスケード過程）を必要としない破壊の連鎖とみることができる。おそらく誘発過程をを必要としない状態にまで断層系が成熟しているのであろう。