

1 1 - 4 地震トリガリング研究の地震予知への展開

Recent Progress in Earthquake Triggering Study and Possible Applications to Earthquake Prediction

(独)産業技術総合研究所 活断層研究センター

遠田晋次

Active Fault Research Center, Geological Survey of Japan, AIST

Shinji Toda

1. はじめに

最近、被害地震直後に開かれる各種臨時委員会でクーロン応力変化 (ΔCFS) 分布図が気象庁等から提出されていると聞く。ディスロケーションコード (Okada, 1992) に基づく ΔCFS 計算プログラムが公開されていることもあり、地震直後に ΔCFS を計算することは、インバージョン断層モデル同様、ある種のルーチン化した作業となりつつある。しかし微小応力変化への地震活動の応答は単純ではない。地域性や断層固有の癖などがあり、物性・初期応力状態・活動履歴など他のパラメータにも影響されているとみられる。したがって、事後の地震活動を評価・予測するには ΔCFS 分布図以上の深い“読み”が必要である。その意味で、地震予知予測への実用化には、さらに一步踏み込んだ解析と考察が必要である。

ここでは、最近の地震を例に静的地震トリガリング研究の進展・研究課題を紹介し、著者の考える地震予知予測への展開過程を示したい。

2. 90年代以降の研究の進展と課題

地震トリガリングの本格的な研究は、1992年の南カリフォルニアランダース地震を皮切りにスタートした。観測精度向上やディスロケーションモデル・断層モデルの進展により、その後、世界各地で地震活動と応力変化との正の相関が報告されてきた。また、応力増加と地震活発化だけでなく、応力減少と静穏化(ストレスシャドウ)の関係も議論されてきた。一部で、非相関や反論を掲げる論文、統計的検証が不十分だとする論文もあるが、おおむね両者の相関は受け入れられている。

そのなかで、メカニズムに関して以下の問題点が浮上している。

1) 微小応力ステップと地震活動の鋭敏性

ΔCFS 絶対値 0.1bar (0.01MPa)以上で地震活動に変化がみられる。大気圧以下の変動によって地震活動が劇的に変化するメカニズムとは。

2) 地震活動の時間遅れ応答

ランダース地震 - ヘクターメイン地震, イズミット地震 - デュズジェ地震, 鹿児島県北西部地震などの双子地震での後発地震発生までの時間遅れの理由。広義の余震活動減衰の時系列と応力変動効果の継続時間。

最近は上記2つの研究課題を中心にトリガリング研究が進展しているといっても過言ではない。応力変化と地震活動をつなぐモデルとして摩擦構成則, 応力腐食, セルラーオートマタなどによる検討が行われている。

3. 中長期地震予知への展開

以上のような研究課題の解決をはかる一方で、地震予知・予測への応用をはかる研究も行われている。以下は主として著者が取り組んでいる課題である。

1) 長期確率予測への導入

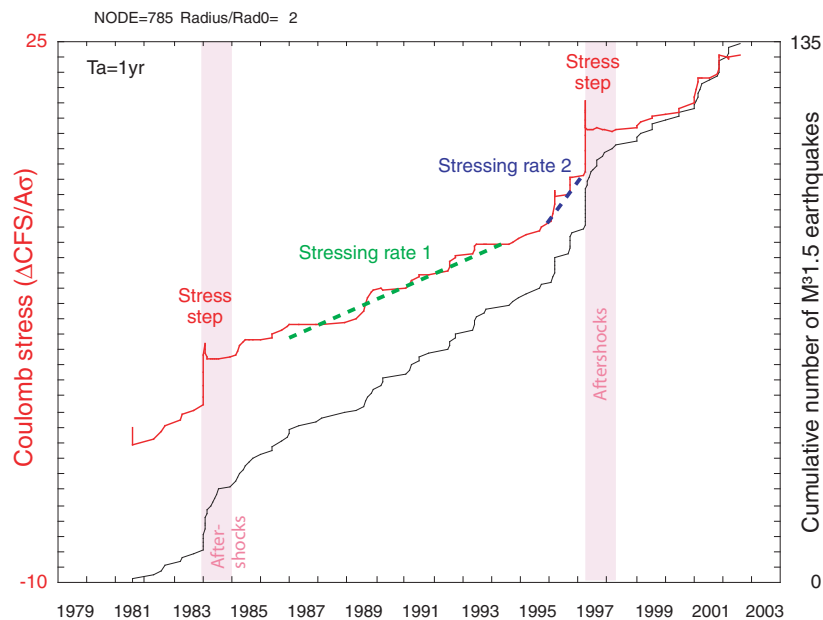
古地震・地質データをベースにした長期地震発生確率に最近の応力変動の影響を加味する試み.

2) パターンの認識と連鎖地震予知

統計的手法だけでなく、連鎖パターンを見抜くことが連鎖地震予知へつながる。双子地震では、最初の地震の余震域が拡大した地点で次の地震が発生する傾向がある。本震に加えて、中規模余震による局地的な応力変化の影響も重要である。

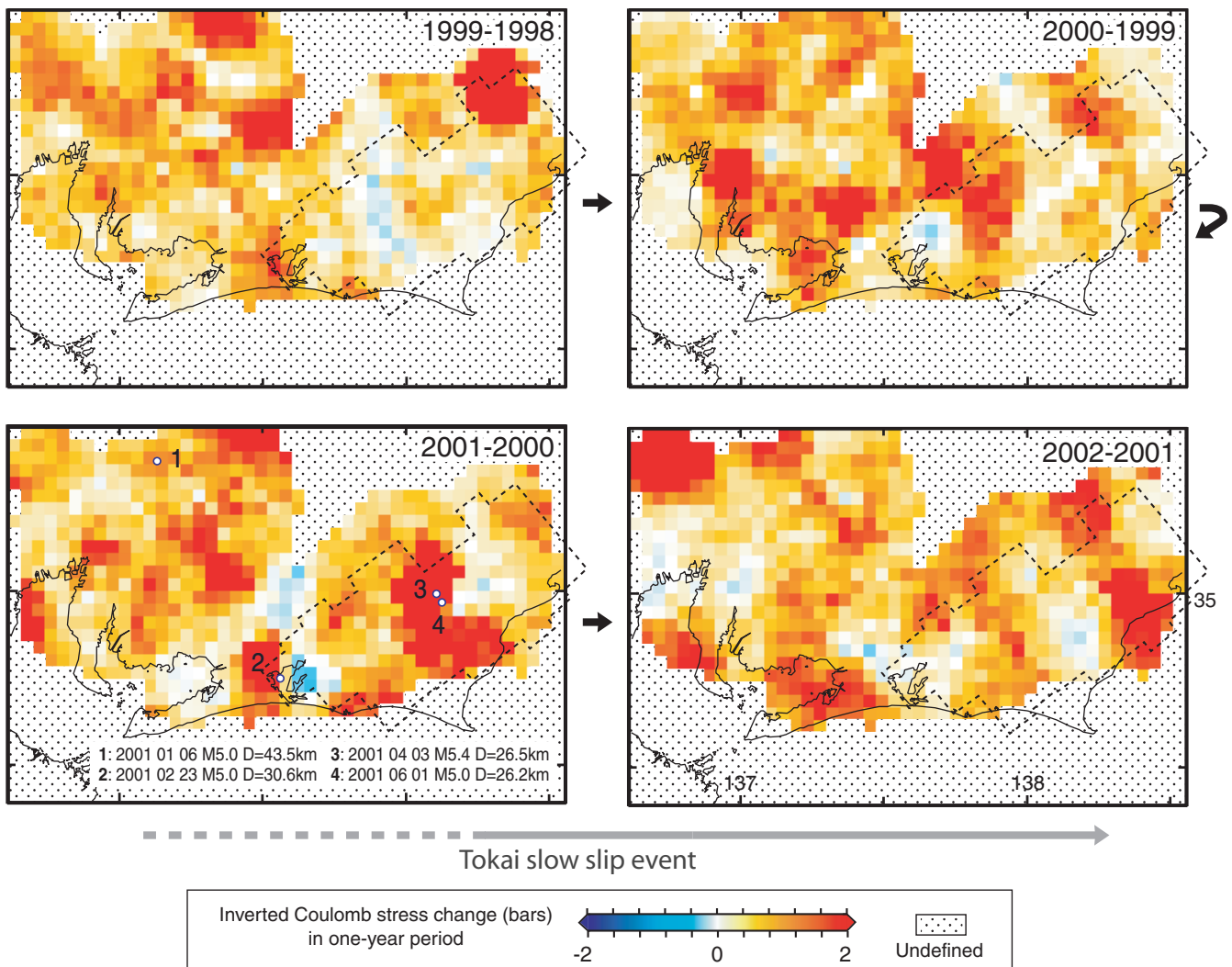
3) 大地震の前駆的活動のモニタリング

応力変動（応力ステップ、蓄積速度の変化）に微小地震が反応するのであれば、逆に微小地震活動の時系列を用いてローカルな応力状態を推定することも可能と考える。これにより、プレスリップなど前駆的活動に伴う応力時空間変動をモニターできるかもしれない。第1図にその手法の概要、第2図に東海地域での試みを示した。



第1図 微小地震活動時系列からクローン応力へ逆算した例。黒実線がある地点での地震積算曲線。赤実線が推定されたクローン応力（バルク中）の時系列を示す。速度・状態摩擦構成則を介して近傍の中規模地震による応力ステップや応力速度の変化を再現できる。（遠田・松村，2004）

Fig.1 An example of Coulomb stress time series at a sub-region in subducting slab in the Tokai region, which is inversely estimated from micro-seismicity using Dieterich et al. (2000) approach. Black line indicates cumulative number of earthquakes, whereas red line means Coulomb stress accumulation. Stress steps due to moderate shocks nearby and changes in loading rates can be inverted from the seismicity to evaluate stress conditions in and around the source region of the Tokai earthquake (Toda and Matsumura, 2004).



第2図 スラブ内 (20<D£80km) 微小地震活動から推定された1年あたりのクローン応力増分マップ. GPSで検知される前の2000年 (1999年後半) から浜名湖周辺ではスリップに関係した応力減少がみられる. またスローイベントによる周辺地域への応力伝播によりM5級の地震が2001年に複数発生している. 同様の現象は1980年前半と1987-1989年頃にもみられる. (遠田・松村, 2004)

Fig.2 Maps of inverted Coulomb stress changes in one-year period using NIED earthquake catalog in the subducting Philippine Sea slab. Preceding the slow slip event in 2000s detected at the surface by GPS network, we find stress shadow related to such slow movement in a region under Lake Hamana. Stress transfer associated with the slow slip event as well might have triggered several M5 shocks. This technique allows us to estimate the same slow slip events in early and late 1980s.