

## 12 - 6 CSEP 日本版クーロンモデル

### Coulomb stress transfer model for the CSEP Japan seismicity forecast

遠田晋次 (京都大学防災研究所)

Shinji Toda (Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University)

エネスク・ボグダン (防災科学技術研究所)

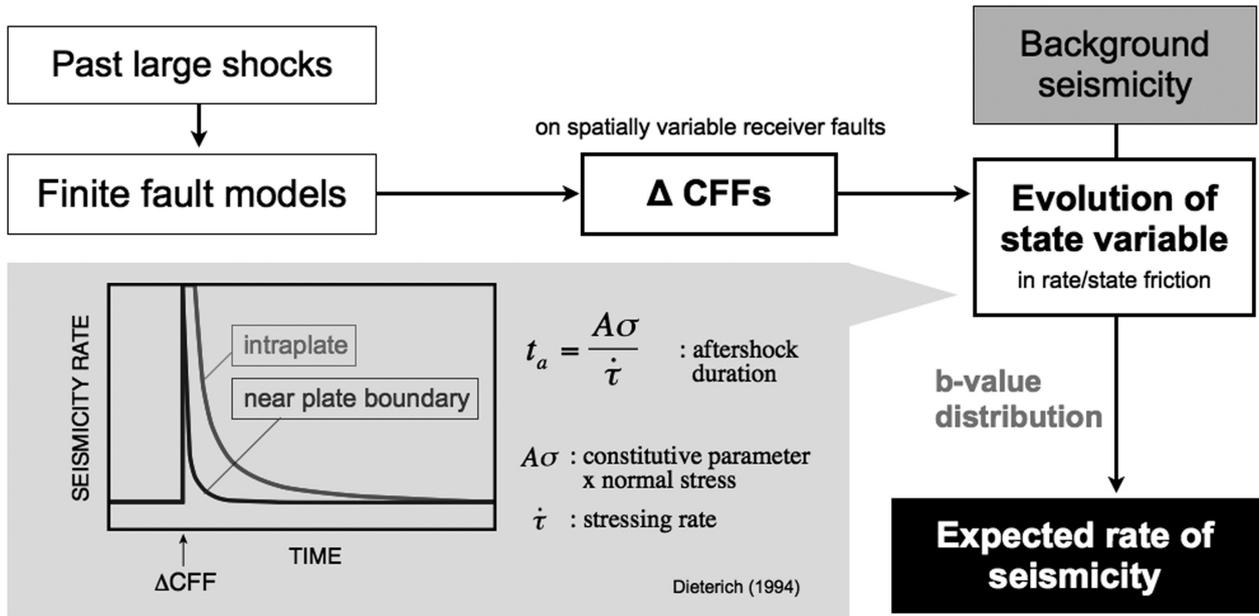
Bogdan Enescu (National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention)

1992年のカリフォルニア、ランダース地震が契機となり、大地震前後の静的クーロン応力変化 ( $\Delta$ CFF) と地震活動変化との相関が多数報告されてきた。特に、 $\Delta$ CFF 増加がわずか 0.01-0.1MPa 程度であっても地震活動が鋭敏に反応することや、震源断層外 (オフフォルト) でも余震の大森・宇津則が認められるといった特徴が示された。これらの応力に対する地震活動の非線形応答と時間依存性を説明するために、速度・状態依存摩擦構成則を取り入れる考え方が提案された<sup>1)</sup>。それによると、 $\Delta$ CFF は常時地震活動 (background seismicity) を増幅し、地域特有の応力速度に反比例して余震活動を継続させる。この摩擦構成則の採用により、過去の大地震の時空間的影響を評価し、今後を予測することが可能となった。著者らは、Toda et al. (2005)<sup>2)</sup>により提案されたアルゴリズムを、日本列島の地震発生予測検証実験 (Collaboratory for the Study of Earthquake Prediction, CSEP Japan<sup>3)</sup>) に適用した (第1図)。モデル計算には、個々の地震による  $\Delta$ CFF 空間分布、摩擦構成則パラメータ、常時地震活動、応力蓄積速度など、複数のパラメータが必要となる。本研究では、1891年の濃尾地震 (M8.0) 以降の過去120年間の M6.5 以上の地震を震源断層として、個々の  $\Delta$ CFF を計算した。 $\Delta$ CFF を解く断層面とすべりの向き (レシーバ断層) は、防災科学技術研究所の F-net データと活断層情報を用いて線形補間を施し格子データを作成した。各格子点の共役な両節面で  $\Delta$ CFF を解き、その最大値を採用した。また、計算深度は 0-15km とし、得られた最大の  $\Delta$ CFF 値を採用した。応力変化の影響の時間依存性を再現するため、採用した  $\Delta$ CFF には時間情報も付されている。常時地震活動は、1998年以降の気象庁一元化データに除群アルゴリズム<sup>4)</sup>を適用して求めた。余震継続時間については、プレート境界からの距離に比例させ、最大値を120年とした。得られた今後1年間の予測では、近年発生した内陸地殻内地震 (2008年岩手宮城内陸地震など) の周辺域で確率値が高く見積もられた (第2図)。

当モデルは CSEP Japan に適応される初めての物理モデルと統計モデルのハイブリッドモデルであり、現在、CSEP Japan の日本列島内陸の1年および3年予測クラスへモデルを提出中である。当モデルは、確率論的クラスターモデルと異なり、有限矩形断層に伴う余震の拡がりや、応力減少 (stress shadow<sup>5)</sup>) に関連した地震活動の低下 (1923年関東地震による北関東や1964年新潟地震による新潟県北部) も再現・予測できることに特徴がある。逆に、自由パラメータ数増加とその適正值の設定、定常時の応力蓄積過程の再現、中規模地震の影響などが今後の課題である。

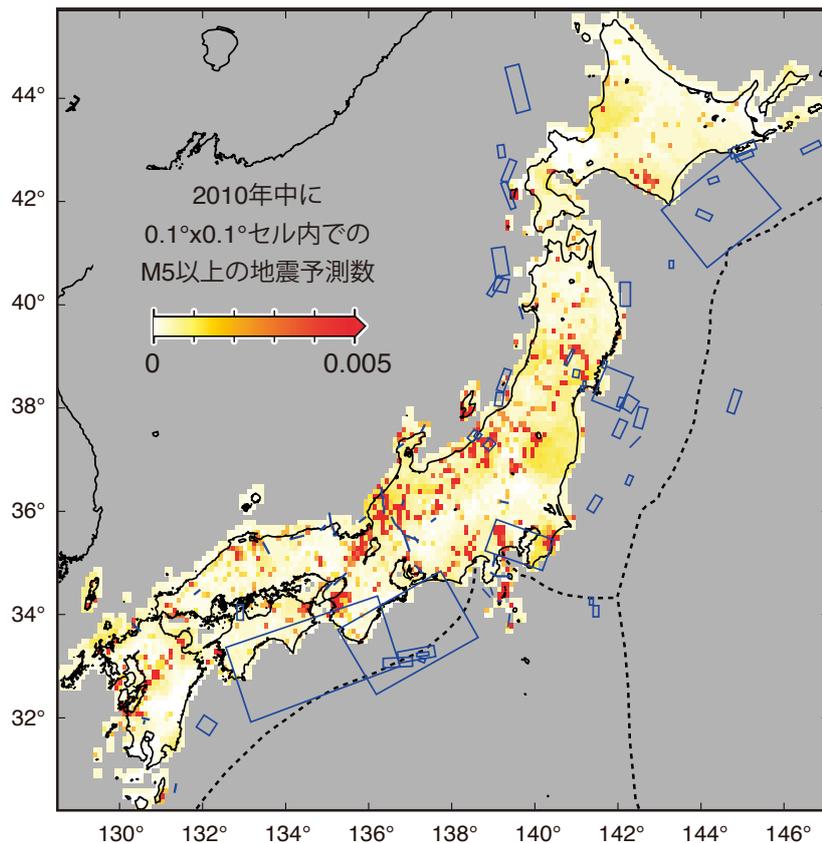
## 参 考 文 献

- 1) Dieterich, J. H., 1994, A constitutive law for rate of earthquake production and its application to earthquake clustering, *J. Geophys. Res.*, 99, 2601-2618.
- 2) Toda, S., R. S. Stein, K. Richards-Dinger, and S. B. Bozkurt, 2005, Forecasting the evolution of seismicity in southern California: Animations built on earthquake stress transfer, *J. Geophys. Res.*, 110, B05S16, doi:10.1029/2004JB003415.
- 3) 楠城一嘉・平田 直・鶴岡 弘（地震活動評価に基づく地震発生予測研究グループ）, 2009, 地震発生予測検証実験に関する公募, *日本地震学会ニュースレター*, 20 (6), 7-10.
- 4) Marsan, D., and O. Lengline, 2008, Extending earthquakes' reach through cascading, *Science*, 319, 1076-1079.
- 5) Harris, R. A., and R. W. Simpson, 1996, In the shadow of 1857—the effect of the great Ft. Tejon earthquake on subsequent earthquakes in southern California, *Geophys. Res. Letts.*, 23, 229-232.



第1図 摩擦構成則を考慮した応力伝播モデルによる地震活動予測の概念フロー図

Fig. 1 Conceptual flow of our Coulomb stress transfer model incorporating rate and state dependent friction.



第2図 2010年中に0.1° x 0.1° x 深さ0-30kmに予測されるM5.0以上の地震数。青矩形および線は1891年以降の主要な震源断層の地表投影。

Fig. 2 Expected number of  $M \geq 5$  earthquakes in 2010 reproduced by our method. Blue rectangles and lines are surface projections of the source fault models of large earthquakes since 1891 used for our Coulomb computation.