

12 - 10 地震発生履歴・応力変動を考慮した内陸地震発生予測

Long-term forecasting of inland earthquakes considering seismic history and stress transfer

遠田 晋次 (東北大学災害科学国際研究所)

Shinji Toda (International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University)

内陸活断層によって大地震が引き起こされると、その周辺域へ応力が伝播される。これにより、震源断層沿いだけでなく、周辺（オフフォルト）でも余震活動が広がる。このような広域余震活動や連鎖大地震を適確に評価するため、1990年代より周辺断層へのクーロン応力変化（Coulomb stress change, Δ CFF, Δ CFS）を見積もる手法¹⁾が提案され、その後約30年間の事例研究によって一定の有用性が確認されてきた。一方、応力—地震応答は非線形であり、オフフォルト余震にも大森—宇津則が確認されるなど、時間変化についても多様な変化がある。そのため、応力変化を地震活動に「翻訳」するモデルや物理パラメータの抽出が重要となっていた。そのなかでも、多数の研究で支持されてきたのが速度および状態依存摩擦則（rate and state friction）²⁾である。特に、同摩擦則から導かれ立証された^{例え³⁾}「地震後の余震継続期間は震源断層の活動間隔に比例し、歪速度に反比例する」ことは、中長期評価の観点から重要である。活断層への歪速度が遅い日本列島内陸の場合、応力変化の影響は数十年以上におよぶとみられる^{例え⁴⁾}。そのため、内陸地震の評価にあたっては、過去の大地震発生履歴と応力伝播史が地震活動を予測する上できわめて重要となる。

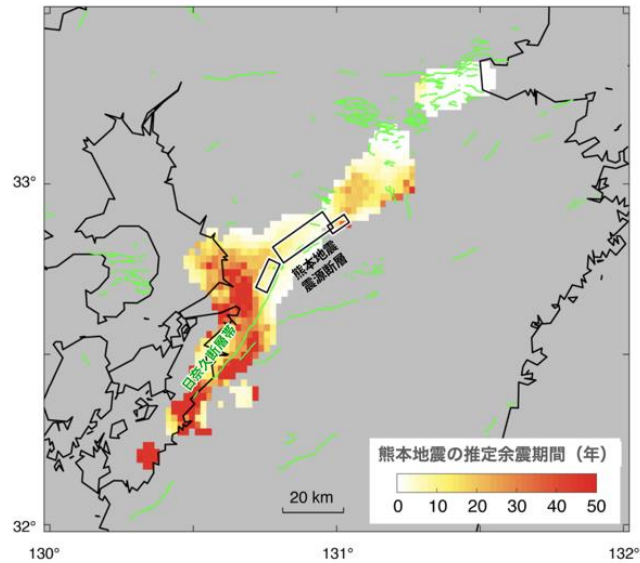
本発表では、まず、これらの理論的背景と応力—地震応答を活断層の確率評価へ適応する考え方⁵⁾を説明した。次に、活断層間における地震連鎖について、最初の大地震の応力伝播の影響を受けて活発化した活動域が破壊開始点となりやすいことなどを、2011年4月11日福島県浜通りの地震や2002年デナリ断層地震などを事例に示した。最後に、震源データの質量に優れる熊本地震に関連する地震活動について、熊本地震前約15年間、本震後6年間の震源データをもとに解析した結果を示した。熊本地震の震源域での余震期間は短く常時地震活動レベルに戻るのに7年程度であること、熊本市、有明海南部、八代市、八代海などオフフォルト域では数十年と長期にわたること（図1）、これに伴って日奈久断層帯など周辺活断層の確率も一時的に上昇する可能性があること、などを指摘した。一方で、震源の南北の地域では、応力低下に対応した地震活動静穏化も顕著に認められ（図2）、同地域の活断層は今後地震発生確率が下がることが考えられる。

参考文献

- 1) King G.C.P. et al. (1994) Static stress changes and the triggering of earthquakes, *Bull. seism. Soc. Am.*, **84**, 935–953.
- 2) Dieterich, J. H. (1994) A constitutive law for the rate of earthquake production and its application to earthquake clustering. *J. Geophys. Res.* **99**, 2601-2618.
- 3) Stein, S. and M. Liu (2009) Long aftershock sequences within continents and implications for earthquake hazard assessment, *Nature* **462**, 87-89.
- 4) Toda, S., and R. S. Stein (2018) Why aftershock duration matters for probabilistic seismic hazard assessment. *Bull. Seismol. Soc. Amer.*, **108**, 1414-1426.
- 5) Stein et al. (1997) Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress

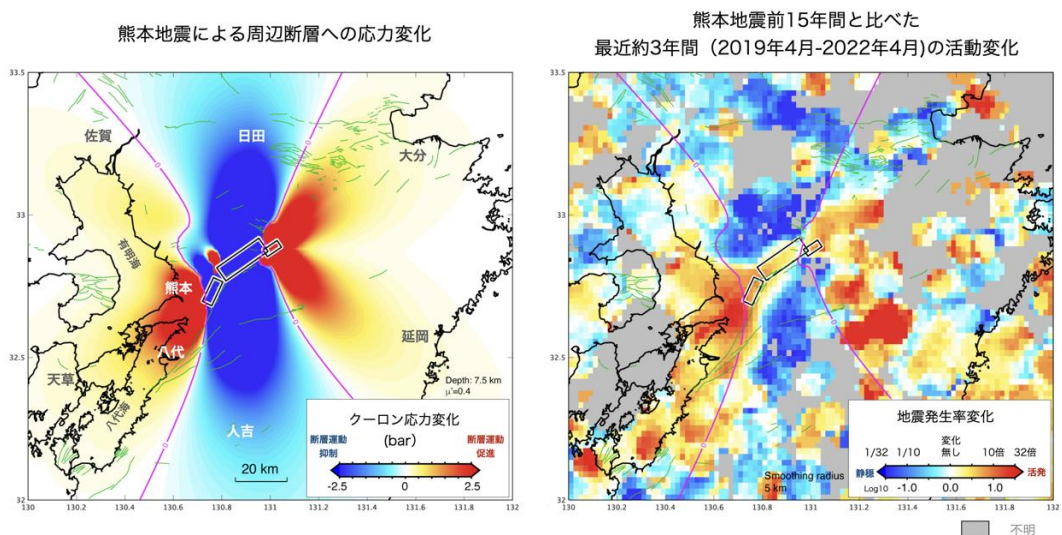
triggering, *Geophys. J. Int.*, **128**, 594-604.

- 6) 国土地理院 (2016) 平成 28 年熊本地震に関する情報, <http://www.gsi.go.jp/BOUSAI/H27-kumamoto-earthquake-index.html>.



第 1 図 熊本地震の広義の余震の推定継続期間.

Fig. 1 Estimated aftershock duration of the 2016 Kumamoto earthquake.



第 2 図 熊本地震によるクーロン応力変化 (左) と同地震前後の地震発生率変化 (右, 最近 3 年間). 震源断層は国土地理院 (2016)⁶⁾ を使用. 地震活動解析は気象庁一元化震源の深さ 20km 以浅の M0.5 以上の地震を用いた.

Fig. 2 Static Coulomb stress change due to the Kumamoto earthquake (left) and seismicity rate change of the recent three years to the background period (2001/01/01-2016/04/14) (right). For stress calculation, we used GSI finite fault model⁶⁾. For seismicity analysis, we used JMA hypocenters (depth ≤ 20 km and $M \geq 0.5$).