

2022年6月13日

報道機関 各位

東北大学 災害科学国際研究所

超巨大地震に共通する余震活動 —震源域での静穏化と長期化する周辺地域での活発化—

【発表のポイント】

- 2011年東北地方太平洋沖地震(以下、東北沖地震、マグニチュードM9.0)から約10年の後半5年間の地震活動は、本震前に比べて震源域中心部で静穏化している。その一方で、周辺域で活発な状態が続いている。
- 1960年チリ地震(M9.5)、1964年アラスカ地震(M9.2)、2004年スマトラ沖地震(M9.2)の余震活動も、震源域中心部は数年以内に終わり、逆に縁辺域では数十年にわたって高い活動を保持している。これは、超巨大地震にみられる共通の特徴とみられる。
- このような超巨大地震の余震の時空間パターンは、本震による周辺地殻・断層への応力伝播モデルで説明できる。スケールダウンするとM8、M7地震にも当てはまり、「地震の空白域」を評価する上で重要となる。

【概要】

2011年東北沖地震から10年後の2021年、福島県沖・宮城県沖で大地震が連続発生した。その原因を探るために、東北沖地震の余震活動の広がりや地域毎の減衰傾向を、本震前約13年間と比較して「地震活動度変化」としてマッピングした。その結果、最近5年間の活動は、震源断層の中心部(大きくズレ動いた部分)で本震前よりも顕著に低く、それを取り巻くように青森東方沖～房総半島沖で高い状態が続いていることがわかった。データの質・量ともに落ちるものの、同様の傾向は他の超巨大地震でも認められる。このような時空間パターンは本震による応力伝播モデルで再現でき、中心部の静穏化は百年以上、周辺域の活発化は数十年以上続く。地震活動がきわめて低調なプレート境界地域といえども、先史時代の超巨大地震の名残による静穏化である可能性がある。短期間の歴史記録のみだけでは必ずしも超巨大地震が起きない安全な地域とはいえない。

本研究成果は、2022年6月11日0:00（日本時間）にNature Geoscience誌に掲載されました。

【論文情報】

Shinji Toda, and Ross S. Stein, Central shutdown and surrounding activation of aftershocks from megathrust earthquake stress transfer, *Nature Geoscience*

DOI : 10.1038/s41561-022-00954-x

【謝辞】 本研究の一部は米国立科学財団（National Science Foundation, NSF, 1853246）およびウイリスリサーチネットワーク（Willis Research Network, WTW）の補助を得ました。

【問い合わせ先】

東北大学災害科学国際研究所

教授 遠田晋次

TEL: 022-752-2062 / 022-752-2049（災害研広報室）

Eメール: toda@irides.tohoku.ac.jp

koho-office@irides.tohoku.ac.jp（災害研広報室）

【詳細な説明】

M9を超える地震は「超巨大地震」と定義されます。その超巨大地震は最近100年間に世界の沈み込み帯の5つの地域で発生しました。M9地震のエネルギーはM7地震の約千倍にも達するため、プレート沈み込み帯で生じる歪みを大きく解消する役割を演じます。同時に、超巨大地震の数百年毎の繰り返しのプロセスは、周囲の地震活動や危険度を大きく変動させることとなります。我が国では、南海トラフ沿いの（超）巨大地震が確実に近づいている一方で、昨年2月13日（M7.3）と本年3月16日（M7.4）の福島県沖の地震の続発など、東北では11年経ったいまでも東北沖地震の影響を疑う地震が続発しています。本震直後に周囲で地震が誘発されるメカニズムは解明されてきましたが、余震活動の長期化の仕組みや地域性など不明な点が残されたままでした。

このたび東北大学災害科学国際研究所の遠田晋次教授とテンブラー社ロススタイン博士（米国地質調査所名誉研究員）は、このような疑問を発端とし超巨大地震の理解を深めるために、東北沖地震と他の超巨大地震前後の地震活動を解析し、共通する特徴を抽出することに成功しました。

我々はまず、質・量ともに優れている気象庁一元化震源データを用いて、東北沖地震の本震前後の地震活動を調べました。本震前約13年間と最近5年間（2016年3月11日～2021年3月10日）の地震発生率を比較して、空間平滑フィルターをかけて活動度変化をマッピングしました。その結果、最近の地震活動は、震源断層の中心部（大すべり域）で本震前よりも顕著に低下しており、それを取り巻く青森東方沖～房総半島沖で高い状態が続いていることが明確になりました。この傾向はシンプルな震央プロットでも明瞭です（図1）。これは、本震の大すべり域で解消された歪み（応力）が周辺域の多様な断層群へ伝播したとするモデルで合理的に説明できます。

次に、我々は、前者を震源大すべり域（core）、後者を環状縁辺域（corona）と区分し、両地域での詳細な時系列解析を実施しました。その結果、coreにおける余震活動は約2～3年程度で終息し、その後は東北沖前よりも静穏化していること、coronaでは現在も東北沖地震前よりも活発な状態が続いていて、今後少なくとも20-30年は継続することを突き止めました。さらに、この時系列は、摩擦状態の非線形特性を考慮した応力伝播—地震応答モデルで上手く説明でき、coreでの地震活動静穏化は百年以上継続することがわかりました（図2）。

同様の視点で、1960年チリ地震（M9.5）、1964年アラスカ地震（M9.2）、2004年スマトラ沖地震（M9.2）の余震活動について、既往文献・米国地質調査所の震源カタログを調査しました。その結果、東北沖地震で観測・モデル化した時空間変化と概ね同様の傾向が認められました。これらの長大な震源断層上では地震活動が低調で、震央が抜け落ちた「穴（hole）」のように見え、逆に2010年チリ、マウリ地震（M8.8）、2005年・2012年スマトラ島近海地震（ともに

M8.6) など、その周辺域でその後の大地震が発生しています。このような超巨大地震の震源域の静穏化は、歴史時代に発生した超巨大地震である西暦 1700 年北米カスケード地震（推定 M9）や 1762 年ベンガル湾北部のアラカン地震（推定 M8.8）震源域でも推測されます（図 3）。このことから、主要プレート境界に位置しつつも現在の地震活動が低調な地域では、先史時代の巨大地震の痕跡（震源）を推定できるかもしれません。逆に、地震活動が低調という理由で、巨大地震が起きないとは言えないことにもなります。

超巨大地震の解析で得られた今回の発見は、スケールダウンすると M8、M7 地震にも当てはまると考えます。いわゆる「地震の空白域 (seismic gap)」を評価する上で重要なモデルとなることが期待されます。

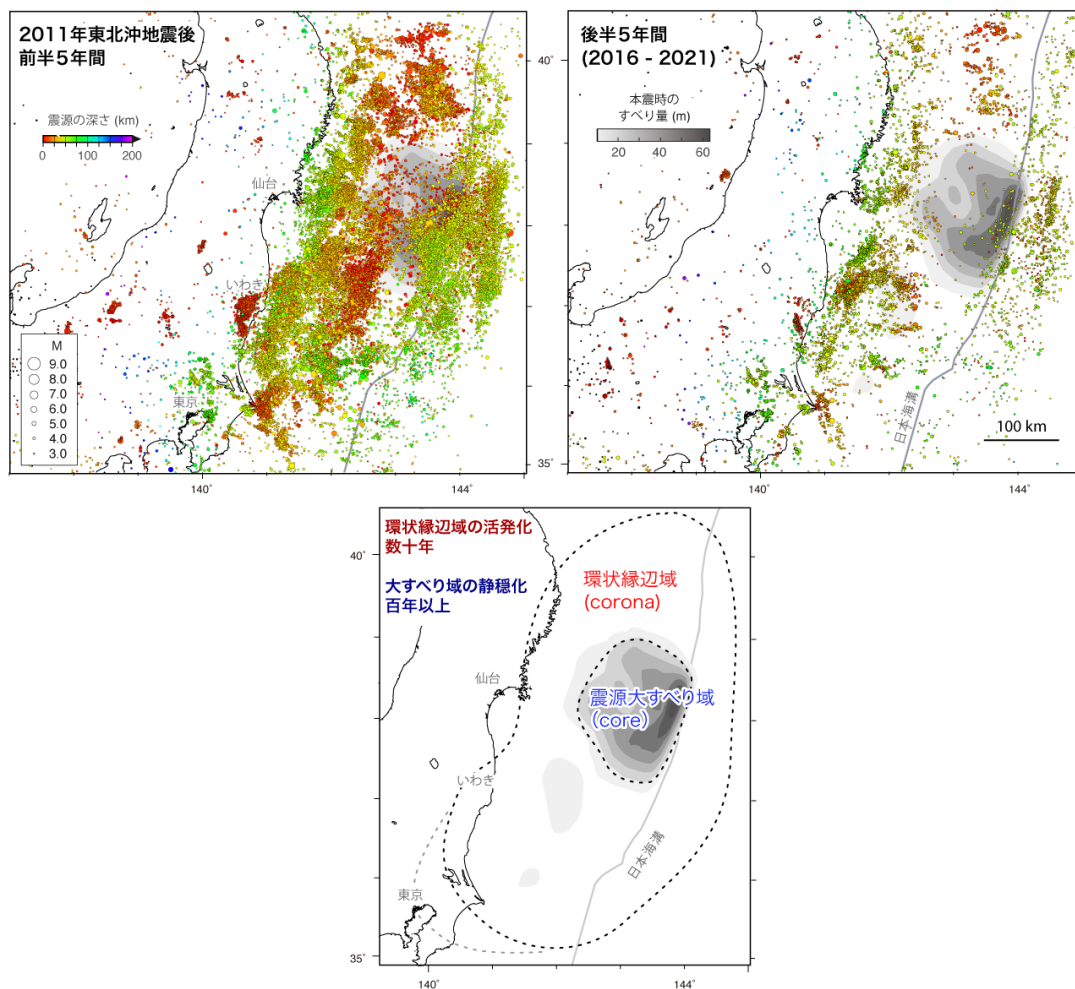


図 1 東北地方太平洋沖地震の余震活動の時空間変化。左：本震後 5 年間，右：最近 5 年間，下：震源大すべり域（コア）とそれを取り巻く環状地震活動域（コロナ）。

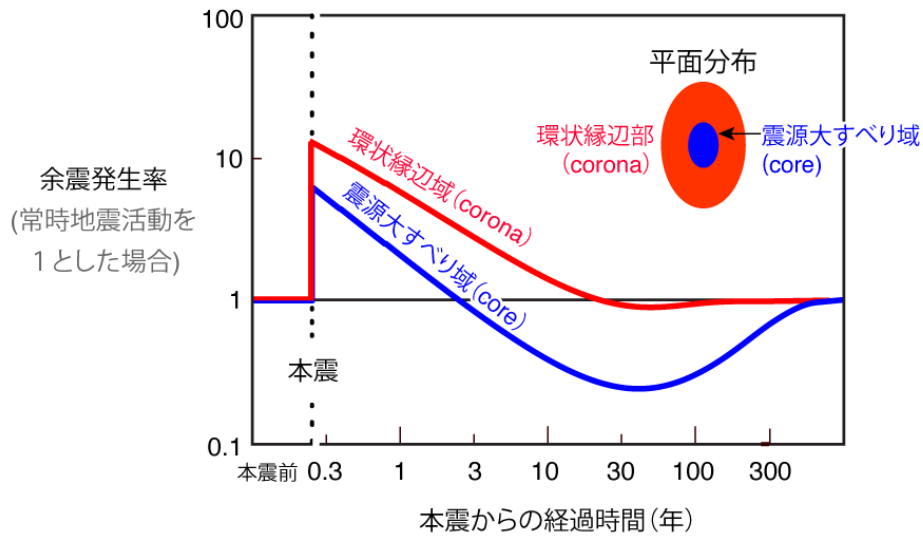


図2 震源大すべり域（コア）と環状地震活動域（コロナ）での地震活動の時間発展モデル。コア（青線）では本震直後に活発な余震活動が生じるが早期に静穏化に転じる。一方で、コロナ（赤）では数十年にわたって定常時よりも活発な地震活動が続く。

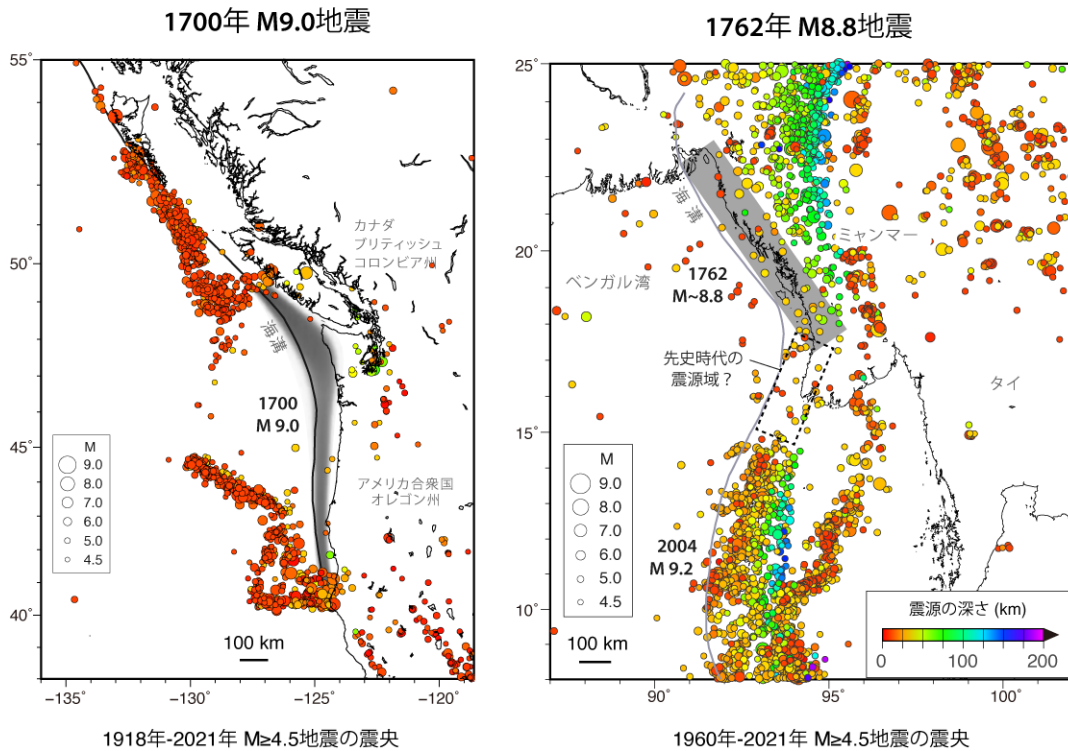


図3 歴史的超巨大地震の震源域での静穏な地震活動。左)北米カスケード沈み込み帯。灰色の部分が生1700年に推定M9地震を起こした震源域。右)ベンガル湾北部の沈み込み帯。灰色の部分が生1762年アラカン地震（推定M8.8）の震源域。