

11 - 10 内陸地震予測に関する議論に向けて

Toward a discussion on inland earthquake forecasting

海洋研究開発機構

JAMSTEC

阪神淡路大震災から 30 年を踏まえた他の講演に加えて、令和 6 年能登半島地震の知見にもとづいて、内陸地震の予測に向けて何を知りたいか、何を知る必要があるのか？について議論するための話題提供と議論を受けた補足内容について報告する。

(1) その場所で起こる破壊の最大クラスはどの程度か？

2024 年 1 月 1 日に発生した能登半島地震 (M7.6) では、海岸が数 m 隆起した。これは近年や歴史時代の M7 未満の地震に比べて明らかに大きかったが、低位段丘には過去数千年の間に繰り返し 1m 以上隆起した痕跡が残されていた¹⁾。地質学的な時間スケールで過去に繰り返されてきたことが今回も発生したと考えられる。こうした地質学的時間スケールでの過去の履歴を超える破壊はまだ起きたことがないことを考えれば、内陸活断層や海域活断層を調べる際にも、過去に繰り返してきた中での最大クラスを拘束する情報をどこまで得られるかが重要と思われる。この意味で、「日本海側の海域活断層の長期評価 一兵庫県北方沖～新潟県上越地方沖一 (令和 6 年 8 月版)」, 中でも断層の位置や 1 回のずれ量などの情報が、発生時期に関するまとめの前に公表されたことは、将来起こる可能性のある地震に備えるための情報を提供するという意味で、重要と言える。

(2) 破壊の準備が整っているかどうかは何を調べればわかるのか？

千年オーダーでの再来と思われる地震が発生するにあたり、その規模の破壊が発生するための準備が整っているかどうかは何を調べればわかるのだろうか？準備が整ってから実際にその破壊が起こるまでの間にはどのような過程を経ることになり、その時間スケールが何で決まるのだろうか？

1995 年兵庫県南部地震の前には、1970 年代からの絶対応力の変化の繰り返し測定から、平均応力に対する剪断応力の比が 0.2 程度から 0.6 (すべり破壊限界) に近づいていくことが震源域近傍でのみ観測され (1992 年末 0.5 程度)、地震後には 0.2 以下まで低下していたとされる²⁾。1, 000 年以上の再来間隔の M7 クラスの地震における最後の 20 年程度 (再来間隔の数 % 以内) に、そのような変化が震源域近傍でのみ生じたのだとすると、破壊発生準備が整っていることを知るための指標として、剪断応力比やその変化は有効と言える。しかし、これを検証するような同様の絶対応力測定は近年ほとんど行われていない。また、震源メカニズム等にもとづく応力場の推定はなされているが、破壊前の数十年以内に応力蓄積率が局所的に高くなるかどうかを観測データの解析で検証するような試みは行われていない。一方、破壊の準備が整っているかを地震活動度の静穏化や b 値の低下、潮汐相関等で調べる研究があり、平成 28 年 (2016 年) 熊本地震の前には b 値が低かったことが報告されている³⁾。しかし、令和 6 年能登半島地震では M7.6 の地震の数年前からの群発地震における b 値は全体的に高かった。また、潮汐相関が見られた領域もあったが、M7 クラス地震の震源近傍のクラスタではなく、 b 値が周囲よりさらに高かった⁴⁾。

この活発な群発地震活動は、M7 クラス地震が起きた後から見れば、その破壊に向けた準備過程の最終段階の非弾性変形の集中だった可能性があるが、そのことを検証できないだろうか？松浦・野田⁵⁾は、地殻変動データの弾性・非弾性歪み解析から得られる応力変化⁶⁾が、それとは独立に CMT データから推定される広域応力場⁷⁾と同センスの領域では大地震の発生確率が高まるという

仮説を提案しており、当該領域に適用することで検証できる可能性がある。

(3) それぞれの破壊がなぜその規模で終わったか？最大クラスの破壊の始まり方には特徴があるのか？

能登半島の M7.6 の地震の前にはその破壊開始点付近で活発な地震活動（破壊）が起きていた⁸⁾。この活動を通して、なぜそれまでの破壊では M7 クラスには至らず、M7.6 の地震の破壊はその規模まで達したのか、その破壊の始まり方や場所には何か特徴があるのか？ということが、改めて浮き彫りになった。2022 年 M5.4, 2023 年 M6.5, 1.5 時間ほど前からの群発活動と M5.5 の前震は、いずれも M7.6 の震源や主な破壊をした断層よりも数 km 深く平行な断層（群）に沿った活動と考えられる⁸⁾。これだけ近接した断層での破壊が起こりながら、なぜ 2024 年 1 月 1 日のある破壊だけが M7.6 まで成長したのか、他はそうならなかったのか、今後の詳細なデータ解析とともに、M7.6 の破壊だけでなく、それ以前の破壊も含めた整合性のあるモデルの構築が必要と思われる。

(堀 高峰)

HORI Takane

謝辞

宍倉正展氏・加藤愛太郎氏には、それぞれ予知連重点検討課題ならびに日本地震学会での発表資料を提供頂いた。記して感謝する。

参考文献

- 1) 宍倉・岡村 (2024), 予知連会報, **112**, 516-520.
- 2) 田中・他 (1998), 地殻応力・歪の測定・観測による大地震発生の予測, *地震* **2**, **50** (別冊), 201-208.
- 3) Nanjo et al., (2016), Seismicity prior to the 2016 Kumamoto earthquakes *Earth, Planets and Space*, **68**:187, DOI 10.1186/s40623-016-0558-2.
- 4) Hirose et al., (2024), *Earth, Planets and Space*, **76**:37, <https://doi.org/10.1186/s40623-024-01985-x>.
- 5) 松浦・野田 (2015), GPS データの逆解析と地震の発生予測, *統計数理*, **63**, 1, 105-127.
- 6) Noda and Matsu'ura (2010), Physics-based GPS data inversion to estimate 3-D elastic and inelastic strain fields, *Geophys. J. Inter.*, **182**, 513-530.
- 7) Terakawa and Matsu'ura (2010), The 3-D tectonic stress fields in and around Japan inverted from centroid moment tensor data of seismic events, *Tectonics*, **29**, TC6008, doi:10.1029/2009TC002626.
- 8) 加藤(2024), 群発地震活動と 2024 年 M7.6 能登半島地震の発生, 日本地震学会 2024 年秋季大会.