

11 - 4 2016 年熊本地震の背景と現在までの地震活動から見えること

Background of the 2016 Kumamoto Earthquake and the Current State of Seismic Activity

九州大学
Kyushu Univ.

熊本地震の背景と起震断層

熊本地震震源域においては 2000 年に発生した M5 の地震を契機に断層周辺に機動地震観測点を展開し、活動を注視してきた。2016 年の最大前震 (M6.5) 発生直後から、全国の関係大学と協力してさらに地震観測点を増強した。その結果、詳細な震源やメカニズム解を得ることができた。これらを詳しく解析した結果、熊本地震は背景に不均質な応力場を持った地域で発生したこと、本震のすべり特性は応力場と日奈久、布田川断層の形状によって規定されていることが明らかになった¹⁾。このことは、地震活動のある領域で規模の大きな起震断層形状を推定できれば、地震時の複雑なすべりがある程度推定できることを示しており、より高い精度の強震動予測が可能となりうることを示している。また、詳細な震源分布から、複雑な断層形状も明らかになった²⁾。第 1 図は模式的にこれを示したものである。図から、M6.5 や M7.3 の地震は日奈久断層からずれた”枝“のような部分から開始し、日奈久断層や布田川断層に破壊が伝播していったことが読み取れる。この形状と比抵抗構造などとの関連から、破壊開始点についての考察もなされ始めつつある。

本震後の地震活動

熊本地震は日奈久断層の一部ですべりが発生したことが従来までの研究で分かっている。また、地震後の地震活動や地殻変動から、今後の活動に対する示唆が得られてきた。地震活動には第 2 図に示している震源分布となる。図中では熊本地震後の震源分布 (左図) を示している。右図は左図中の黒枠内の震源を、横軸に時間をとってプロットした。図の「破壊域」と記されている範囲が熊本地震によって破壊された位置をおおむね示している。図から本震で破壊されていない領域でも活発な地震活動が続いていて、熊本地震の影響だけではなく、それに続く変動が断層に力を加えている可能性を示している。

b 値と臨界度

断層面の向きによって大きな地震が起りやすい場合とそうでない場合があることが超多点観測のデータ解析から明らかになった³⁾。この特徴をパラメータ M_{stk}/M_0 (ある領域の地震モーメントテンソルの和をスカラーモーメントの和で規格化、臨界度) として抽出した³⁾。臨界度が大きい (1 に近い) 場合は、いったん地震が起こると規模が大きくなる状態であることを意味し、低い場合はそれよりは小さい規模で終わる状態を示す。このように、 M_{stk}/M_0 の値を導入すれば大きな地震の起りやすさを評価できると考えられる。臨界度は物質の変形特性を示すものであり、高ければ大きな地震が起りやすいことを示した。一方、b 値は主に差応力を反映していることが知られていて、この二つを用いることで大地震が起りやすい場所の検出を試みた⁴⁾。その結果、本震の震源付近で低い b 値と高い臨界度であることがわかる。つまり、大きな地震を発生させうる状態であったことが示されている (第 3 図)。地震前ではこういった特性のところはほかにはない (臨界度が

低く、 b 値が小さかったり、臨界度が高いが b 値が大きかったりする領域はほかにもみられる)。このことから、臨界度と b 値を用いた評価が効果的であることが示された。

おわりに

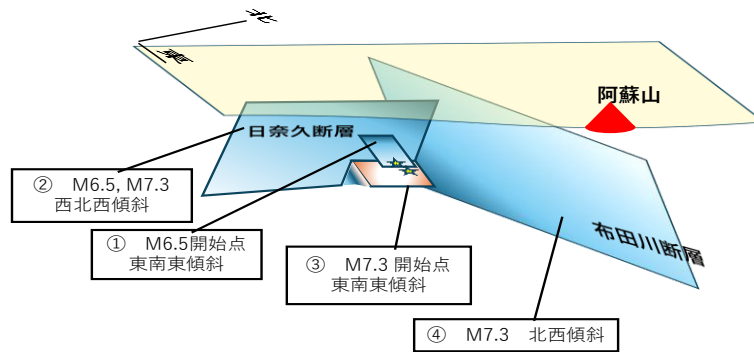
稠密観測により震源域構造や応力状態を詳細に把握することができ、起震断層形状や大地震発生場の特徴が明らかになった。一方、今後の課題としては地震後も断層への応力変化は継続していることを鑑み、長期的な観測・調査が不可欠である。継続的なモニタリングによる変化検出と将来予測精度向上が期待される熊本地域は比較的良好に調査されてきた。結果を見てわかる通り、稠密な観測、調査が大変重要で、これからも観測・調査を継続して変化の検出に取り組む必要がある。

(松本 聡)

MATSUMOTO Satoshi

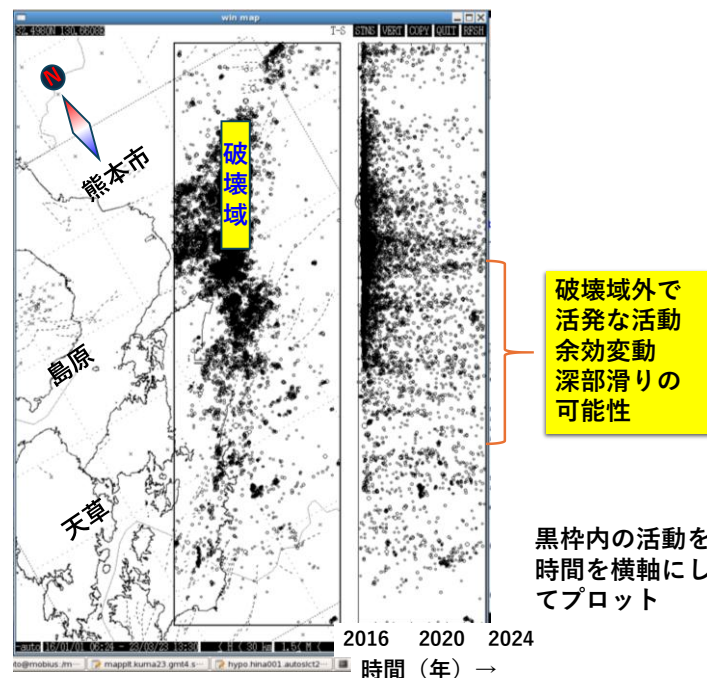
参考文献

- 1) Matsumoto, S., Y. Yamashita, M. Nakamoto, M. Miyazaki, S. Sakai, Y. Iio, H. Shimizu, K. Goto, T. Okada, M. Ohzono, T. Terakawa, M. Kosuga, M. Yoshimi, and Y. Asano, 2018, Prestate of stress and fault behavior during the 2016 Kumamoto Earthquake (M7.3), *Geophys. Res. Lett.*, **45**, doi:10.1002/2017GL075725.
- 2) Mitsuoka, A., A. Shito, S. Matsumoto, Y. Yamashita, M. Nakamoto, S. Sakai, Y. Iio, H. Shimizu, K. Goto, T. Okada, M. Ohzono, Y. Yamanaka, M. Kosuga, M. Yoshimi, and Y. Asano, 2020, Spatiotemporal Change in the Stress State Around the Hypocentral Area of the 2016 Kumamoto Earthquake Sequence, *J. Geophys. Res.*, **125**, 9, doi:10.1029/2019JB018515.
- 3) Matsumoto, S., Iio, Y., Sakai, S. and Kato, A. 2024. Strength dependency of frequency–magnitude distribution in earthquakes and implications for stress state criticality. *Nat Commun* **15**, **4957**, doi:10.1038/s41467-024-49422-7.
- 4) Matsumoto, S. 2025. LARGE earthquake proximity indicated by seismic moment efficiency and frequency-number distribution of small earthquakes. *Scientific Reports* **15**, **17389**. doi:10.1038/s41598-025-01595-x.



第 1 図 余震分布から見た熊本地震の断層形状

Fig. 1 Bird's-eye view of the fault geometry of the 2016 Kumamoto earthquake sequence inferred from the post-mainshock hypocenter distribution.

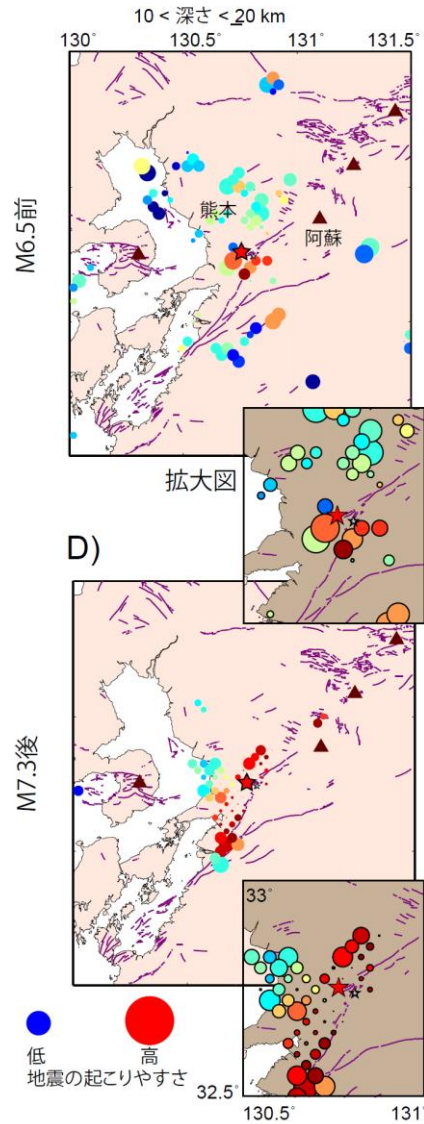


第 2 図 熊本地震後の震源分布（左図）。右図は左図中の黒枠内の震源を、横軸に時間をとってプロットした。

Fig. 2 Epicenter distribution and space-time plot of seismicity.

(Left) Epicenters of earthquakes occurring after the 2016 Kumamoto earthquake mainshock (solid circles). The yellow area indicates the mainshock rupture area.

(Right) Space-time plot of earthquakes within the solid rectangle shown in the left panel.



第 3 図 b 値と地震の臨界度を組み合わせた地震活動の評価. 青→赤で b 値が低く (応力が高い), ●→●で臨界度が高い. 地震前では震源 (★) の周辺で大きな地震の起こりやすさが高い. 地震後は周辺域で高くなっている. (Matsumoto 2025 を改変)

Fig. 3 Spatial distribution of b-values (color) and Mstk/M0 (circle size). The inset in the lower right corner of each panel shows an enlarged view of the hypocentral area of the 2016 Kumamoto earthquake. The upper and lower panels represent data obtained before the M6.5 foreshock and after the mainshock, respectively. The analyzed depth range is 10–20 km. The red star indicates the hypocenter of the mainshock, while the open star in the inset marks the hypocenter of the M6.5 foreshock. Triangles indicate active volcanoes, and purple line segments show active fault traces. Modified from Matsumoto (2025).