

九州内陸における応力不均質と地震活動について

松本聡・千蔵ひろみ・宮崎真大・清水洋・中元真美・山下裕亮（九州大学）

大倉敬宏・安部祐希・井上寛之・吉川慎（京都大学）

九州内陸では横ずれ型の発生メカニズムをもつ地震が卓越しており、活断層である日奈久断層付近や2005年福岡県西方沖地震（M7）震源域において高い地震活動度を示している。一方、大分県別府湾から長崎県島原半島にかけての別府島原地溝帯と呼ばれる地域において、過去の規模の大きな地震の多くが発生しており、微小な地震活動も活発である(図1)。この地域では正断層型の発震機構解も見られる。また、阿蘇や霧島、桜島など活発な活火山があることから、これらと地震活動の相互作用が地震発生場を理解する上で重要な課題となっている。本研究では九州での地震活動特性を理解するために地殻内応力場を詳細に調べ、空間的特徴や違いと地震活動の関連を議論する。

本研究では精度向上させる観測点配置を検討し、京都大学と共同で2009年11月から計35点の観測点を展開してデータを取得した。このデータを九州地域の九州大学・京都大学のルーチン観測・臨時観測、防災科学技術研究所 Hi-net、気象庁によるデータとともに処理を行った。

解析した地震は2000年1月から2011年8月までの深さ20km以浅に発生した地震を用い、震源はSaiga *et al.* (2010) による3次元速度構造を用いて震源の再決定を行った。発震機構解はP波初動極性を用いて決定し、このうち、精度の良い1889個を選んだ。福岡県西方沖地震震源域についてはMatsumoto *et al.* (2012)のデータを用いた。

応力場は微小地震の発震機構解をもちいて応力テンソルインバージョンを行って推定した。緯度・経度方向に0.2°のグリッドを設定し、グリッド内の応力を一様とした。インバージョンによって得られた空間分布の特徴は、福岡県西方沖地震震源域や日奈久断層周辺に比べ、別府島原地溝帯のうち阿蘇西部や霧島などで最大主圧縮応力(σ_1)と中間主圧縮応力(σ_2)が近い値を取ることが明らかになった。これはこの地域で正断層型の地震が発生していることを示す応力場である。

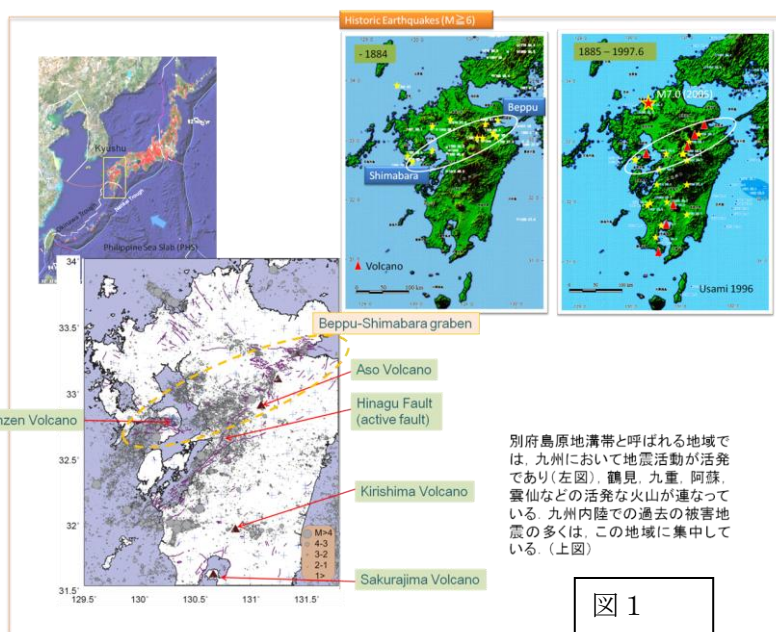


図1

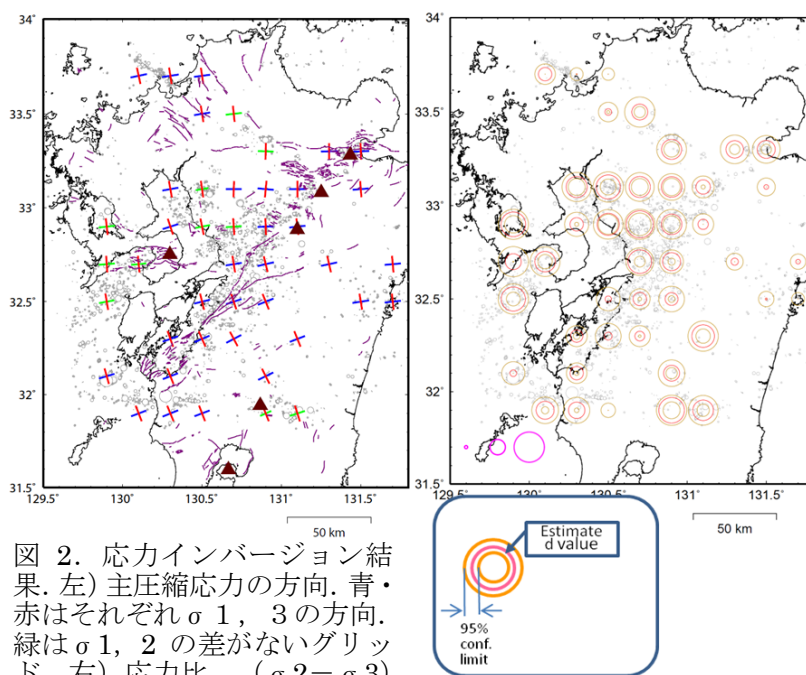


図2. 応力インバージョン結果. 左) 主圧縮応力の方向. 青・赤はそれぞれ σ_1 , σ_3 の方向. 緑は σ_1 , σ_2 の差がないグリッド. 右) 応力比 $(\sigma_2 - \sigma_3) / (\sigma_1 - \sigma_3)$ の分布

また、主応力の方向は地溝帯周辺で向きが変化していることが明らかになった。これは媒質中に非弾性変形をおこす物質が存在している可能性を示唆している。

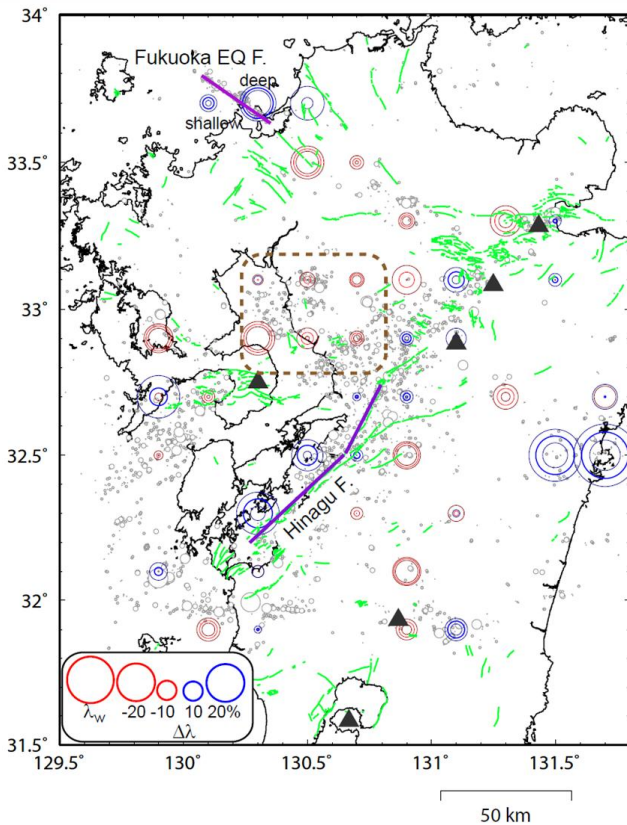


図 3. 間隙水圧比 λ の分布。赤が低水圧、青が高水圧を示す。薄い円は標準誤差の範囲を示している。灰色は微小地震の震央。緑線は活断層を示す。

次に、断層の破壊はクーロン・ナビエの破壊基準によると仮定し、地殻の強度を低下させる間隙水圧の空間分布について検討した。ここでは Terakawa *et al.* (2010) の方法を用い、グリッドごとの間隙水圧の推定を行った。彼らの方法は、ある応力場の中での発震機構解の違いが間隙水圧の変化であると見なして、間隙水圧を推定する。ここでは、グリッドごとの平均間隙水圧と静水圧の差 ΔP を求め、静岩圧に対する静水圧比 λ を求めた。図 3 に結果を示す。大局的傾向として、別府島原地溝帯西部では λ は小さく、福岡西方沖地震や日奈久断層周辺では大きくなっている。すなわち、地震活動の活発な活断層地域では高間隙水圧であることを示している。

一方、地震発生層の厚さを見積るために微小地震発生域下限を推定した。D90 (90%の地震が発生する深さ下限) の傾向は別府地域で 8 km 程度と浅く、熊本地域では 15 km 以上となった。断層地域でも同様に厚く求まった。別府島原地溝帯内で比較すると、東部から西部にかけて厚くなっている。この結果は、最大主圧縮 σ_1 が西に行く小さくなる傾向を、地震発生層の厚さの違いで説明できることを示唆する。すなわち、ほぼ東西の圧縮力は発生層が厚くなることで応力の低下を呈していると考えられる。

参考文献：

Matsumoto, S., K. Uehira, T. Matsushima, and H. Shimizu, 2012: Modeling heterogeneous deviatoric stress field around the hypocentral area of the 2005 Fukuoka earthquake (M7.0) by spatially distributed moment tensors, *J. GEOPHYS. RES.*, VOL. 117, B03303, doi:10.1029/2011JB008687

Saiga, A., S. Matsumoto, K. Uehira, T. Matsushima, and H. Shimizu, 2010: Velocity structure in the crust beneath the Kyushu area, *Earth Planets Space*, Vol. 62, No.5, 449-462.

Terakawa, T., A. Zoporowski, B. Galvan, and S. A. Miller, 2010: High pressure fluid at hypo-central depths in the L'Aquila region inferred from earthquake focal mechanisms, *Geology*, 38 (11), 995-998, doi:10.1130/G31457.1.