

AE 分布で求められた M2.1 地震の震源断層の 20m 以内に埋設された歪計の歪変化 (2)

Strain changes observed with two Ishii strainmeters within only 20 m from an M2.1 fault located with AEs (2)

桂 泰史 [1]; 小笠原 宏 [2]; 安武 剛太 [3]; 川方 裕則 [4]; 山本 覚仁 [5]; 中谷 正生 [6]; 直井 誠 [7]; 矢部 康男 [8]; 石井 紘 [9]; 飯尾 能久 [10]; JAGUARS 矢部康男 [11]

Taishi Katsura[1]; Hiroshi Ogasawara[2]; Gota Yasutake[3]; Hironori Kawakata[4]; Akihito Yamamoto[5]; Masao Nakatani[6]; Makoto Naoi[7]; Yasuo Yabe[8]; Hiroshi Ishii[9]; Yoshihisa Iio[10]; Yasuo Yabe Japanese-German Underground Acoustic Emission Research in South Africa[11]

[1] 立命館大学・理工; [2] 立命大・理工; [3] 立命・理工・物理; [4] 立命館大・理工; [5] 立命館大・理工; [6] 東大地震研; [7] 東大地震研; [8] 東北大・院理; [9] 東濃地震科研; [10] 京大・防災研; [11] -

[1] Ritsumeikan Univ.; [2] RitsumeiUniv.; [3] Physical, Ritsumeikan Univ.; [4] Ritsumeikan Univ.; [5] Ritsumeikan Univ.; [6] ERI; [7] Tokyo Univ.; [8] RCPEV, Tohoku Univ.; [9] TRIES; [10] DPRI, Kyoto Univ.; [11] -

南アフリカ Mponeng 金鉱山の地下 3.5km 付近の約 90m 四方の領域では、2006 年から石井式 3 成分歪計 1 台 (以下 Sh)、石井式 4 成分歪計 1 台 (以下 Sd) と AE センサー 8 台による同時観測がなされている [中谷 他. 2006]。また、CSIR は 2 台の傾斜計を設置し、観測を行っている [Milev et al. 2009 IASPEI]。この領域には同鉱山で最も地震活動が高い大規模な地質構造体の 1 つである厚さ約 30 m の Pink & Green ダイク (以下 PG) がある。Sd は PG の中央に Sh は PG コンタクトから約 10 m 離れた母岩に約 20m 間隔でそれぞれ埋設した。2007 年 12 月 27 日に M2.1 の地震が発生した。その震源断層が余震的 AE 分布から求められ、鮮やかに描き出された [例えば、Yabe et al. 2008 ASC; Naoi et al. 2008 AGU] (以下 AE 断層)。歪計は AE 断層から 20 m 以内であることがわかった。Katsura et al. (2008 ASC) は 2007 年 3 月-2008 年 8 月の 2 台の歪計の記録を解析し、M2.1 前、M2.1 時、M2.1 後にいずれも 10^{-4} を超える大きな歪変化があったことを報告するとともに、M2.1 の前後の期間をいくつかに分けて、それぞれの期間の歪変化速度の特徴を報告した。M2.1 前は PG 内も母岩も、歪の大きさと主軸方向の変位がほぼ同じ歪であり、弾性率の違いから応力蓄積は PG 内の方が大きいことがわかった。つまり、観測された歪変化は M2.1 が PG コンタクトよりは PG 内部で起こるべきであったことを示していたことを報告した。しかし、断層や薄板状採掘跡がどのように変形したら、観測された歪変化を説明できるかなどは詳しく解析されてはいなかった。

本研究では、まず、M2.1 前の AE 断層上の CFF を考察した。M2.1 前は Sd と Sh がほぼ同じ歪変化を示していたので、PG 内の AE 断層とその近辺もほぼ同じ歪変化をしていたと仮定すれば、AE 断層上の CFF を推定できる。この期間に観測された歪は AE 断層の法線歪成分の伸張が卓越していることから、時間とともに地震がより発生しやすくなっていたことがわかった。

次に、地殻変動解析支援プログラム MICAP-G [内藤・吉川. 1999] により仮定した断層モデルを滑らせ、どのような岩盤変形が起こったときに観測歪記録と合うような歪変化が出るかを調べた。

M2.1 時の歪変化は AE 断層を参考にモデリングを行った。Sh との位置関係に注意しながら、断層サイズ約 80 m × 60 m、dip angle 約 65 ° の 1 枚の正断層における一様なすべり 5 mm を仮定したところ観測記録から推定される歪変化とあう歪変化は出なかった。dip と断層の大きさと形・すべりを固定し、Sh に対する位置を約 10m の範囲で変えてみたが、どこに仮定しても Sh の観測された歪を説明することは出来なかった。そこで、この断層モデルを分割して AE 断層の折れ曲がりや考慮に入れ、シミュレーションを行った。AE 断層主要部に断層サイズ約 60 m × 40 m、dip angle 約 65 ° の 1 枚の正断層を、この断層の歪計に近い mode II 端に断層サイズ約 15m × 40 m、dip angle 約 65 ° の 1 枚の正断層を、mode III 端に断層サイズ約 60m × 15 m、dip angle 約 80 ° の一枚の正断層を、それぞれ仮定して一様なすべり 5 mm を与えた (以下 仮定断層) 結果、M2.1 前と後のトレンドを外挿して推定された地震時の歪変化を説明できた。

M2.1 前の観測された長期的な歪変化の大きさと主軸の向きは薄板状採掘跡の 50 mm/month の閉塞のモデリングにより説明できた。推定された閉塞速度は鉱山の典型的な閉塞速度 [Malan et al. 2003] と矛盾しない大きさであった。M2.1 後の観測された歪変化については、薄板状採掘跡の閉塞や AE 断層上での余効すべりでは説明することはできなかった。M2.1 後は、M2.1 の余効変動域の移動や採掘前線の前進によって応力集中域が移動し、歪変化が起きていることも想像されるが、応力集中域の移動の計算がまだできていないため、本発表までにこの計算を行い、報告したい。

2008 年 8 月-2008 年 12 月の歪記録が新たに得られたため、その変化の概略についても報告する。歪変化については Sh-Ch.1 は M2.1 後から約 1×10^{-4} strain/month で伸張し続けていたが、2008 年 9 月頃から穏やかになった。両歪計の Ch.3 は依然として約 3×10^{-5} strain/month で圧縮され続けている。本発表ではこの期間の観測された歪変化を何によって説明できるかを歪変化のシミュレーションに基づいて比較検討し報告したい。