

南アフリカ大深度金鉱山の地質断層上で観測されたRepeating Earthquakeの出現と消失
Emergence and disappearance of repeating earthquakes on a geological fault in a deep gold mine in South Africa

*山口 純弥¹、直井 誠¹、中谷 正生²、森谷 祐一³、Kgarume Thabang⁴、五十嵐 俊博²、村上 理⁵、Masakale Thabang⁶、矢部 康男³、大槻 憲四郎³、川方 裕則⁷、石田 毅¹、Ward Anthony⁸、Durrheim Ray^{4,9}、小笠原 宏⁷
*Junya Yamaguchi¹, Makoto Naoi¹, Masao Nakatani², Moriya Hirokazu³, Thabang Kgarume⁴, Toshihiro Igarashi², Osamu Murakami⁵, Thabang Masakale⁶, Yasuo Yabe³, Kenshiro Otsuki³, Hironori Kawakata⁷, Tsuyoshi Ishida¹, Anthony Ward⁸, Ray Durrheim^{4,9}, Hiroshi Ogasawara⁷

1.京都大学、2.東京大学、3.東北大学、4.CSIR、5.東濃地震科学研究所、6.OHMS、7.立命館大学、8.SeismoGen、9.Wits大学

1. Kyoto University , 2.The University of Tokyo, 3.Tohoku University , 4.CSIR, 5.Tono Research Institute of Earthquake Science, 6.OHMS, 7.Ritsumeikan University, 8.SeismoGen, 9.University of the Witwatersrand, Johannesburg

採掘による応力集中が原因でM 3程度までの誘発地震が多発する南アフリカCooke 4金鉱山地下1 kmにおいて、ある地質断層を取り囲むように、高感度AEセンサ30台、加速度計7台を埋設し、微小破壊 (Acoustic Emission; 以下AE) の観測を行った (Naoi et al. 2014) . Naoi et al. (2015) は、この観測で得られた2ヶ月間のデータを解析し、この断層上で $-5.1 \leq M_w \leq -3.6$ のRepeating earthquakeが発生していることを明らかにした。本研究では解析期間を14ヶ月間に延長し、これらのRepeaterのより長期の挙動を調べた。

まず、同断層沿いで2011年4月7日から2012年5月30日までの約14ヶ月間に発生した5869個のAEに対して波形相関を用いた走時差の再読み取りを行い、Double-Difference法 (Waldhauser and Ellsworth, 2000) を用いて震源を再決定した。得られた再決定震源のうち、面状の分布を示す震源の近似面から3 m以内に震源が求まった3735個のイベントを以降の解析対象とした。これら3735イベントのうち、震源間距離が2 m以内となる全ての震源ペアに対して波形の相互相関係数を計算し、そのとき稼働していた観測点の2割以上で相互相関係数が0.9以上かつ、マグニチュードから推定したイベントの破壊域がよく重なるものをRepeaterペアと認定した。最後に、互いに共通のイベントを持つRepeater ペアをグルーピングした。この解析によって、全部で308個のRepeater groupが見つかり、3735イベント中1328イベント (35.6%) がRepeaterと認定された。最大のgroupは45個の震源で構成されており、非常に多くの繰り返しを確認できた。

得られたrepeater groupには、14ヶ月の間活動を続けたgroup (Type A)もあつたが、観測期間中に新たに活動が始まるgroupや (Type B) , 途中で活動が停止するgroup (Type C) も見つかった。10 m程度の範囲にわたってType B, あるいはType Cしかみられない領域が見つかっており、それぞれ、マクロなslow slipが新しく開始した場所、停止した場所に対応すると考えられる。一方、Type A-Cが、数m程度の狭い領域に混在している場所も存在した。また、このような場所で起こるType Cの複数のGroupで、Mwが時間とともに低下するものがみつけた。このような領域におけるRepeaterの出現は、クリープの進展による断層面上の突起部のかみ合わせが新たに生じたり、摩耗などによって解消する過程といった、不安定なパッチの形成・消失に対応している可能性がある。

キーワード：微小破壊、誘発地震、繰り返し地震

Keywords: Acoustic Emission, Induced Earthquake, Repeating Earthquake