

M~2 の鉱山地震の発生が見込まれる断層を対象とした 透過弾性波モニタリング –南アフリカ Ezulwini 金鉱山

川方 裕則・吉光 奈奈（立命館大学）・中谷 正生（東京大学）・Joachim Philipp (GMuG)・
土井 一生（立命館大学）・直井 誠（東京大学）・Tony Ward・Gilbert Morema (Seismogen)・
Vlok Visser・Sifiso Khambule・Thabang Masakale (OHMS)・Alex Milev・Ray Durrheim (CSIR)・
Luiz Ribeiro (First Uranium)・Mike Ward (Seismogen)・小笠原 宏（立命館大学）

地震の発生が危惧される断層において透過弾性波をモニターすると、断層の降伏などの地震発生過程に関する重要な情報を得ることができる。室内実験においては、破壊発生に先行して透過弾性波が伝播する速さが低下し（例えば、Yoshimitsu et al., 2009）、減衰が強くなる（Yoshimitsu and Kawakata, 2011）ことが示されている。自然地震断層においては、地震が発生する深度において、断層スケールに対応した波長の波を用いた能動的弾性波透過試験を繰り返しおこなうことは困難であり、計測事例は少ない。南アフリカの金鉱山では、採掘計画と断層の配置を参考にすると、地震の発生が危惧される断層を同定することができる。さらに、地下の坑道からボアホールを掘削できるため、岩盤中に測線を設けることができる。そこで我々は、南アフリカ・イズルウィニ金鉱山において、M~2 程度の地震の発生が予想される断層を対象とした透過弾性波モニタリングを開始した。地下約 1km の 38 レベル坑道からボアホールを掘り、圧電型のトランスミッター（透過弾性波源）を断層の上盤側約 20m の位置に埋設した。受振器には 1Hz から 10kHz の範囲で応答特性が±3dB 以内の 3 成分加速度計を用い、上盤側に 1 点

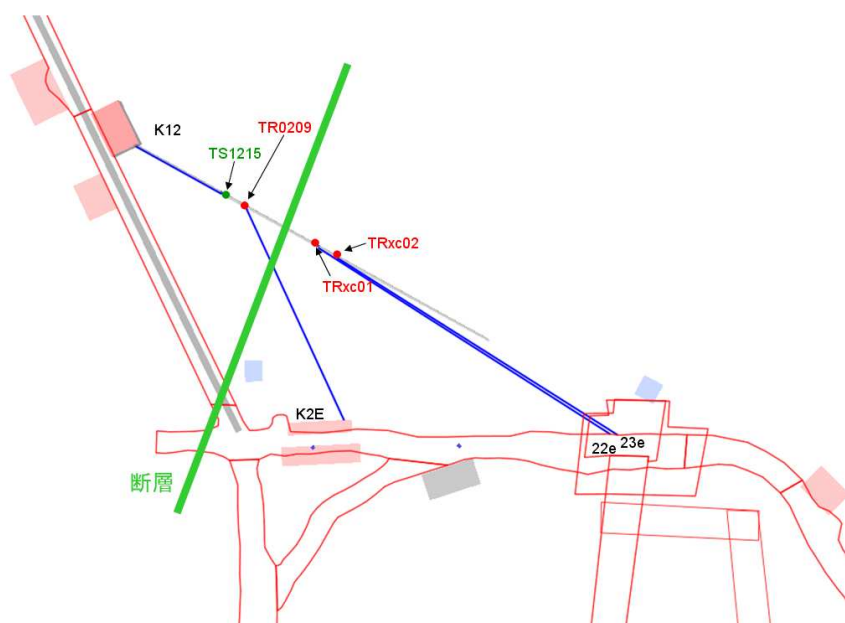


図 1. イズルウィニ金鉱山の計器配置を水平面に投影したもの。赤線で縁取られたものは坑道、薄い赤の矩形は計器埋設用の小部屋 (Cubby)、青線はボアホール、赤点は加速度計、緑点はトランスミッターを各々表している。緑の線は加速度計埋設深度における断層のトレースである。

(TR0209; 断層から約 7m)、下盤側に 2 点 (TRxc01; 断層から約 7m、TRxc02; 断層から約 13m) の 3 台をほぼ一直線上に埋設した(図 1)。測線長は全部で約 33m である。

発破のおこなわれていない毎日深夜 0 時から 10 分間、0.05~0.1 秒間隔で弾性波を透過させ続け、毎日 8000 個以上の波形データを記録している。波形は、近傍に埋設されている AE センサーのものも含め全 16ch 分、400ksps で集録されている。3 台の加速度計で集録された透過弾性波波形記録は、スタック後、測線に平行なラディアル成分と、直交する 2 成分 (トランスバース成分、 Z' 成分) に分解した。スタック前後の波形のスペクトルから信号強度は 3~10kHz で強いと推定されたため、この範囲でバンドパスフィルターを施した (図 2)。下盤側の 2 点では、特に初動部分においてラディアル成分にのみ明瞭な P 波が、残る 2 成分には S 波が卓越して確認されたが、上盤側のトランスミッターに近い点では、明瞭には分離されず、初動到達に遅れてトランスバース成分が大きくなる様子が確認された。これは、近地項、中間項に対応する成分が含まれているためではないかと考えられる。得られた V_p , V_s は断層を含まない部分において約 5850m/s と 3550m/s である。計測は、欠測をとめないながらも継続されており、安定した波形が集録されている。現在のところ、近傍で大きな地震は発生しておらず、波形の変化は見られていない。同じ加速度計を用いて、夜間 1 時間程度の常時微動ノイズ計測と大き目の地震のトリガー観測もおこなわれており、この記録は地震波干渉解析に利用され、本透過弾性波計測の結果との比較検討がなされる (吉光・他, 本集会)。

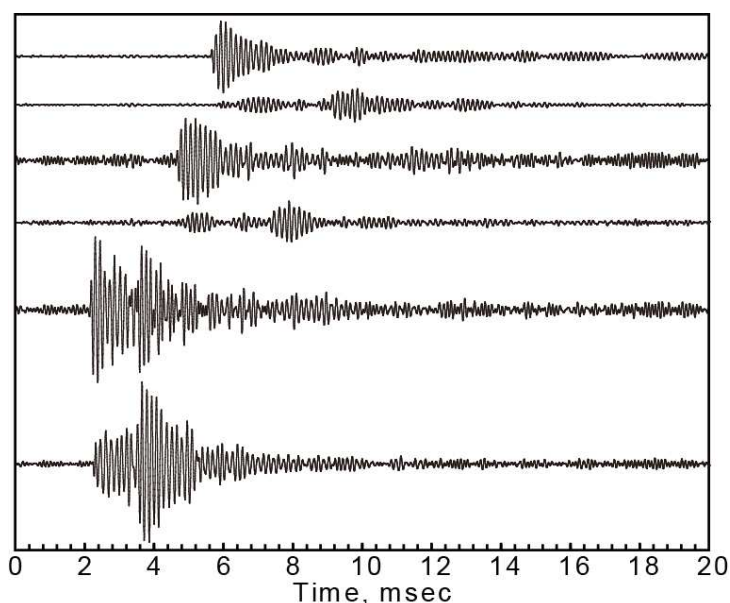


図 2. イズルウィニ金鉱山で集録された透過弾性波 (2011 年 4 月 20 日分)。二つずつラディアル成分とトランスバース成分の対になっており、上から順に TRxc02、TRxc01、TR0209 観測点の記録。0 秒は弾性波放射時刻。

謝辞：本研究は科研費基盤研究 S (21224012)、JST-JICA による地球規模課題対応国際科学技術協力事業 (SATREPS)、文部科学省による「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画」の援助を受けたものである。