

## 微小地震の破壊伝播速度：南アフリカ金鉱山での至近距離高サンプリング地震観測から

### Rupture Velocities of Small Earthquakes in a South African Gold Mine: Constraints on Fracture Energy

# 山田 卓司[1], James Mori[1], 川方 裕則[2], 小笠原 宏[3], 井出 哲[4], 吉村 三智頼[5], 南アフリカ金鉱山における半制御地震発生実験国際共同グループ

# Takuji Yamada[1], James Mori[1], Hironori Kawakata[2], Hiroshi Ogasawara[3], Satoshi Ide[4], Michiyori Yoshimura[5], International Research Group for Semi-controlled Earthquake Generation Experiment at South African Gold Mine

[1] 京大・防災研・地震予知, [2] 京大・防災研・巨大災害, [3] 立命大・理工, [4] 東大・理・地惑, [5] 金大・理・地球

[1] RCEP, DPRI, Kyoto Univ., [2] DRS, DPRI, Kyoto Univ., [3] Fac.Sci. Engr., Ritsumeikan Univ., [4] Dept. EPS, Univ. of Tokyo, [5] Earth Sci., Kanazawa Univ

#### 1. はじめに

破壊伝播速度の解析は、破壊エネルギーの推定や地震破壊の開始および停止機構を知る上で重要である。また、微小地震の破壊伝播速度の推定や、地震破壊の開始および停止過程を含めた破壊伝播速度の時空間的变化を詳細に見積もるためには、至近距離・高サンプリングで地震観測をすることが大変重要である。

南アフリカ Mponeng 鉱山（旧称 Western Deep Levels 南鉱山）の地下 2,650m には、金鉱脈下約 50m の運搬坑道沿いに 3 成分加速度計 9 台がボアホール内に設置されており、採掘に伴って切羽の前面に発生する多数の微小地震を至近距離で観測している。1996 年 2-10 月の間に、25,000 以上のイベント（ $M -2.7 \sim 3.3$ ）が約 15kHz という高いサンプリングレートで観測された。これらのイベントの中には震源距離が数十～数百 m のイベントが多数含まれている。これらの中から、観測点配置がよく、サブイベントが明瞭に識別できる波形を選び、 $M1.4$ ,  $1.1$ ,  $0.8$  の 3 イベントに対して破壊伝播速度を決定した。

#### 2. 解析手法

P 波初動の立ち上がりからサブイベントの P 波振幅が極大となるまでの時間差を読み取り、初動の震源に対してサブイベントの相対震源決定を行う。時刻の読み取り精度は  $0.068\text{ms}$  ( $14,970\text{Hz}$ ) である。初動とサブイベントとの距離を、破壊開始時間差で割ることにより、破壊伝播速度を見積もった。サブイベントの震源と時間差は、サーチ間隔が 10cm および 20ms のグリッドサーチにより決定した。

#### 3. 結果と考察

3 イベントについて解析を行った結果、破壊伝播速度は  $2.10 \sim 3.01 \text{ km/s}$  と求められた。これらの値は S 波速度の 55～80%にあたり、中、大規模な自然地震の破壊伝播速度と同程度の値である。

本研究の結果から、南アフリカ金鉱山内での地震による地震放射エネルギーに対する破壊エネルギーの比は特徴的に大きいということはなく、中、大規模自然地震による地震波放射エネルギーと破壊エネルギーの比と同程度であるといえる。一方、地震によるひずみエネルギーの解放は、(1)摩擦エネルギー、(2)地震波放射エネルギー、(3)破壊エネルギーの 3 つに大別される。したがって、南アフリカ金鉱山内での地震の静的応力降下量が中、大規模自然地震のそれと同じであると仮定すると、地震モーメントと破壊エネルギーの比、ひいては地震モーメントと地震波放射エネルギーの比は、南アフリカ金鉱山内の地震でも中、大規模自然地震でも同程度であると考えられる。今後さらに多くのイベントに対して解析を進める予定である。