

# 南アフリカ金鉱山内で起きた微小地震の見かけ応力と破壊伝播速度

## Apparent stress and rupture speed of small earthquakes in a South African gold mine

# 山田 卓司[1]; Mori James[1]; 井出 哲[2]; 川方 裕則[3]; 飯尾 能久[4]; 小笠原 宏[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 住友則彦[6]

# Takuji Yamada[1]; James Mori[1]; Satoshi Ide[2]; Hironori Kawakata[3]; Yoshihisa Iio[4]; Hiroshi Ogasawara[5]; Sumitomo Norihiko International Research Group for Semi-controlled Earthquake Generation Experiment at South African Gold Mine[6]

[1] 京大・防災研・地震予知; [2] 東大・理・地惑; [3] 京大・防災研・巨大災害; [4] 京大・防災研; [5] 立命大・理工; [6] -

[1] RCEP, DPRI, Kyoto Univ.; [2] Dept. EPS, Univ. of Tokyo; [3] DRS, DPRI, Kyoto Univ.; [4] DPRI; [5] RitsumeiUniv.; [6] -

微小地震の震源パラメータは、地震のスケールリング則を明らかにし、微小地震と大地震の動的破壊過程の違いを明らかにする上で重要である。しかし、微小地震の高周波成分の観測が困難なため、微小地震の震源パラメータを精度良く決定することは困難である。この問題を克服するため、本研究では南アフリカ金鉱山内において、至近距離高サンプリングレートで観測された微小地震の波形データを解析した。

本研究では、 $M=0.0-1.4$  の 28 地震（震源距離 200m 以下）について静的応力降下量の解析を行った。その結果、静的応力降下量は  $0.71-29$  MPa と見積もられた。この値は大地震の静的応力降下量とほぼ同じである。次に、これら 28 イベントの見かけ応力を計算したところ、 $0.05-1$  MPa と求められた。これらの値もまた、大地震の見かけ応力とほぼ同じ値である (Figure 1)。

地震放射効率は破壊エネルギーと地震波放射エネルギーの和に占める地震波放射エネルギーの割合として定義される。静的応力降下量も見かけ応力ともに微小地震と大地震で違いが見られなかったことから、微小地震の地震波放射効率は大地震のそれと同じであることが示唆される。過去の研究から、地震波放射効率は破壊伝播速度の単調増加関数として表されることが分かっているため、静的応力降下量および見かけ応力の解析結果は、微小地震と大地震の破壊伝播速度はほぼ同じであることを示唆している。

このことを確かめるため、静的応力降下量および見かけ応力を解析した 28 地震のうち、規模の大きい 5 地震 ( $M=0.8-1.4$ ) について波形インバージョンを行い、破壊伝播速度を推定した。その結果、5 地震とも破壊伝播速度が S 波速度の 65% 以上であり、大地震の破壊伝播速度とほぼ同じ値であることが明らかになった。また、計算された見かけ応力と地震波放射効率から破壊エネルギーを見積もったところ、 $10^1-10^3$  J/m<sup>2</sup> と求められた。これらの値は岩石実験から求められる破壊エネルギーの値と同じオーダーであり、破壊エネルギーが地震規模に依存することを明確に示している。

本研究より、微小地震の震源パラメータ（静的応力降下量、見かけ応力、破壊伝播速度、および地震波放射効率）は大地震のそれらと同じ値を持つことが明らかになった。この結果は、微小地震の動的破壊過程は、大地震のそれと大差なく、ほぼ同じであることを示している。

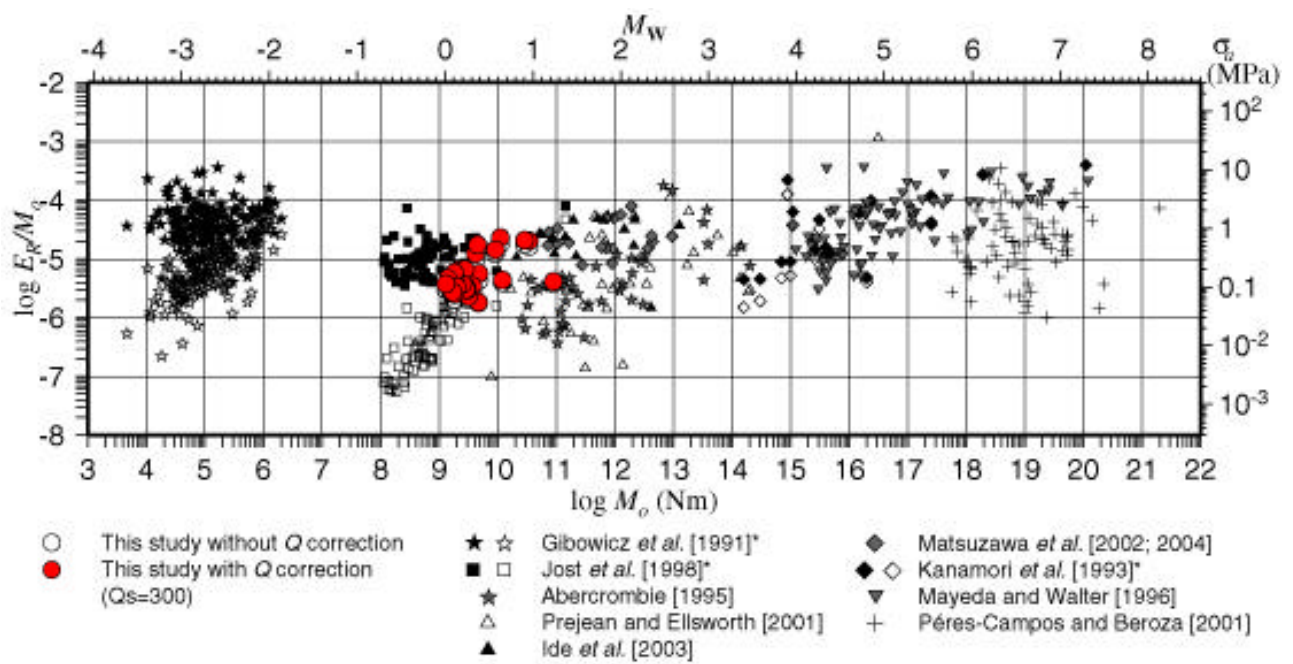


Figure 1.: Ratio of radiated energy to seismic moment plotted as a function of seismic moment. Red and open circles indicate radiated seismic energies with and without  $Q$  correction for the 28 events analyzed in this study. Red circles are almost superposed on the open symbols because for the very close hypocentral distances  $Q$  corrections do not significantly change the estimates of radiated energies if  $Q$  values are several hundreds. For Gibowicz *et al.* [1991], Kanamori *et al.* [1993], and Jost *et al.* [1998], open symbols are their original results, and solid symbols are results corrected by Ide and Beroza [2001].