

氏 名	やま だ たく じ 山 田 卓 司
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2888 号
学位授与の日付	平成 17 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	理学研究科地球惑星科学専攻
学位論文題目	Rupture Speed and Apparent Stress of Small Earthquakes (微小地震の破壊伝播速度と見かけ応力)
論文調査委員	(主 査) 教授 Mori James Jiro 助教授 中西 一郎 教授 竹本 修三

論 文 内 容 の 要 旨

微小地震の震源パラメータは、地震のスケー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、 $0.0 < M^L < 1.4$ 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 0.71-29MPa 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 地震の見かけ応力を推定したところ、0.05-1MPa 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。

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、本研究の結果は、微小地震と大地震の破壊伝播速度が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 ($0.8 < M^L < 1.4$) 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、 $10^1 - 10^3 \text{ J/m}^2$ と求められた。

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。

パラメータの値が同じであることは、大規模地震と小規模地震の動的破壊過程に重要な違いがあることを意味している。例えば、地震の規模によって D_c が増すことを意味する。また、摩擦の大きさは、おそらく物質的特性ではなく、動的特性によることを意味している。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

申請者の研究は、南アフリカの地下深い金鉱山で記録された微小地震 ($M1 \sim M2$) の震源パラメータを決定するというものである。

この研究は微小地震の震源パラメータを非常に正確に決定した研究のひとつとして新しい結果をもたらした。このことを可能にしたのは、30m から 200m という震源距離の近さと、15kHz という高サンプリングレートでの観測によるところが大きい。多くの地震の記録では、震源距離はキロメートル単位、サンプリングは 100Hz 程度という場合が多いからである。

このようなデータを使って、申請者は静的応力降下量、見かけ応力、放射エネルギーの値を決定した。これらは地震のス

ケーリング則を決めるために重要なパラメータであり、申請者の推定値は十分に信頼できるものである。一般に、これらの値は大きい地震ではかなり正確に決められるが、小さい地震ではやはり信頼性に欠くものが多い。そのため、微小地震から大きい地震まで、エネルギーの地震規模に対する依存性ははっきりしていなかった。

申請者が決定したもうひとつの重要なパラメータは破壊伝播速度である。破壊伝播速度は推定がむずかしく、特に、微小地震については信頼できる破壊伝播速度の推定値はほとんどなかった。この研究で、申請者は波形インバージョンを使って時空間的すべり分布を決定し、あわせて破壊伝播速度を決定した。申請者は5つの微小地震の破壊伝播速度が2.5km/sec、あるいはそれ以上であることを明らかにした。

静的応力降下量、見かけ応力、放射エネルギー、そして破壊伝播速度の値を総合して、申請者は、微小地震の地震波放射効率は大地震とほぼ同じであるという重要な結果を導いた。つまり、微小地震は大地震とほぼ同じ割合で地震波エネルギーを出しているということである。これは、微小地震の放射効率は大地震よりも小さいとしていた最近の研究とは異なる結論である。

また、微小地震と大地震の放射効率が似た値であるということは、小規模地震と大規模地震の間には、地震の動的破壊過程について重要な違いがあることを意味する。申請者の研究は、地震のスケーリング則に関しても、重要な示唆を与えている。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値があるものと認める。論文の内容および地球物理学の学識に関する試問を行った結果、合格と認めた。