

微小地震の初期破壊過程 - 南アフリカ金鉱山における地震発生の制御実験 - (24)

The slow initial phase generated by microearthquakes - Semi-controlled Experiment in SA Gold Mine (24)

加藤 愛太郎[1], 小笠原 宏[2], 飯尾 能久[1], 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

Aitaro Kato[1], Hiroshi Ogasawara[2], Yoshihisa Iio[3], International Research Group for Semi-controlled Earthquake Generation Experiment at South African Gold Mine Sumitomo Norihiko

[1] 東大・地震研, [2] 立命大・理工

[1] ERI, Univ. Tokyo, [2] Fac.Sci. Engr., Ritsumeikan Univ., [3] ERI

我々は、地震発生過程の理解を深めるために、南アフリカ金鉱山において誘発地震の震源近傍での観測が行っている。9点の加速度計が設置されており、ダイナミックレンジ 132dB、15kHz サンプリングで観測波形が記録されている。記録された観測波形には初期フェイズが確認されている。今回、観測波形を用いて、Sato and Kanamori (1999) の手法を適用し、初期破壊過程の解析を行った。

地震波の詳しい解析から、メインフェイズの前に小さな振幅の波を伴う地震の例が数多く報告されており、初期フェイズと呼ばれている。そして、その継続時間と地震の大きさに正の相関があることが指摘されている。微小地震の解析により、初期フェイズにはQの効果では説明できない震源の情報が含まれていることがわっている (eg., Iio et al, 1999)。初期フェイズが現れる原因についてはいくつかの考え方があがあるが、本研究では、Sato and Kanamori (1999) のモデルを適用する。このモデルでは、ゆっくりした破壊伝播から高速破壊伝播に遷移する加速ステージで放射される波が、初期フェイズに対応すると考えられている。平松ら(2000)は、このモデルを野島断層の注水実験で得られた微小地震に適用している。彼らの結果によると、一部の地震に関しては、初期クラック長と地震の最終的な大きさとの間には正の相関があることが指摘されている。我々は、南アフリカ金鉱山において、震源距離が近い場所(約 100m)での多点観測を行なっている。記録された波形データのS/N比は非常に良い。したがって、このデータを用いることで初期破壊過程についてより明確な情報が得られることが期待される。

南アフリカ金鉱山では地下 2650m において、採掘中の鉱脈から 50m 下の直線上に分布した 9 観測点で、15kHz のサンプリング、132dB のダイナミックレンジで 3 成分の加速度波形が記録されている。加速度計は、硬岩(先カンブリア代のクォーツアイト; $V_p=5.5-6.0\text{km}$; $Q=200\sim 300$) に掘削された 15m 深のボアホール中に設置されており、site の影響は非常に少ない。加速度計の周波数特性は、1Hz ~ 10kHz の範囲でフラットである。AD 変換の前に、カットオフ周波数 2kHz の 5 次ベッセル型アンチエイリアスフィルターをかけている。

実際、採掘の行われている切り羽の前方では、他の場所に比べ地震活動度が高く、切り羽の移動とともに地震活動度の高い領域も移動していることがわかる。つまり、採掘による応力集中と地震発生の間に、強い因果関係があることを示している。発生している地震のマグニチュードの上限は 3 である。より小さな地震も観測可能であるが、発生数が多すぎるため -2 より小さな地震は収録していないが、震源距離が 200m 以下の範囲で、8 ヶ月間に約 2 万個の地震記録が収録されている。

観測波形としては、観測された加速度波形を一度積分し、バンドパスフィルターをかけたものを用いた。最初に、P 波速度波形の押し引き分布と振幅を用いて、メカニズム解を求めた。求めた断層面に対して、各観測点への射出角とアジマスを決めた。規模の小さな地震に対して、各観測点への射出角とアジマスが求められるということは、震源の近傍において多点観測を行った成果といえる。一方、理論波形としては、Sato and Kanamori (1999) の速度波形に、因果律を満たす Q フィルターと、バンドパスフィルターをかけたものを用いた。なお、解析対象波形として P 波を選んだ。観測波形と理論波形がなるべく一致するように、トリガーファクター、初期クラック長、最終的なサイズと応力降下量を求めた。この際、各観測点への射出角とアジマスを固定して計算を行なった。

マグニチュード - 1.3、震源距離約 100m のイベントに対して解析を行った結果、トリガーファクターは $10^{(-5)}$ と求まり、初期破壊時に破壊が徐々に加速したことがわかる。最終的なサイズと初期クラック長の比は、6 程度に求まった。今後、他のデータも解析し、初期クラック長と最終的なサイズとの関係がイベントサイズにどのように依存しているかを明らかにしていきたい。また、

謝辞：なお本研究のデータ処理の際には、東大地震研究所の中川茂樹氏に協力して頂きました。ここに記して感謝致します。