

鉱山地震の震源パラメータのスケーリング

The scaling of source parameters of mining earthquakes.

吉村 三智頼[1]; 古本 宗充[2]; 平松 良浩[3]

Michiyori Yoshimura[1]; Muneyoshi Furumoto[2]; Yoshihiro Hiramatsu[3]

[1] 金大・自然・環境; [2] 金大・自然; [3] 金大・院・自然科学

[1] Earth Sci., Kanazawa Univ; [2] Natural Sci. and Tec., Kanazawa Univ.; [3] Natural Sci., Kanazawa Univ.

<http://hakusan.s.kanazawa-u.ac.jp>

震源パラメータでのスケーリングは、震源過程を理解する上で重要な手掛かりとなる。特にコーナー周波数 f_c と地震モーメント M_0 とのスケーリングはたくさんの報告がされている。Aki (1967)では、大地震の震源スペクトルを用いて、地震モーメントは、コーナー周波数の3乗に反比例することが報告されている。一方で、小地震ではこのスケーリングは破綻するとしばしば議論されているが、近年、南カルフォルニアのサンドレアス断層 (Abercrombie, 1995)や野島断層(Hiramatsu, 2002)や南アフリカ金鉱山(Ogasawara et al, 2001)で高感度なボアホール観測から、小地震はそのスケーリングは破綻しないと報告されている。そこで、私たちは金鉱山での近距離かつ高精度な観測による小地震データを用い、 M_0 と f_c との関係を詳細に解析し、考察する。

南アフリカ共和国 Carletonville に位置する Mponeng 鉱山の地下 2650m、先カンブリア代の quartzite の岩盤(ヤング率 70GPa)内の 200m の範囲に3成分ボアホール加速度計を9箇所埋設し、ダイナミックレンジ 120dB、最大 15kHz サンプリング、特性が 2kHz までフラットな収録システムで観測した。1996年2月から10月の間で、マグニチュード-2.7 から 3.3、震源距離数 m から 3.2km の地震、約 25,000 個の波形記録を収録した。その中から、S/N 比が高いデータ ($10^8 \sim$ 地震モーメント $\sim 10^{12}$ Nm) を 126 個選び解析した。

震源位置は、 $V_p=6.1$ km/s、 $V_s=3.6$ km/s とし無限媒質を仮定して決めた。私たちは震源スペクトルとして Λ^2 モデル (Brune, 1970) を仮定する。最初にサイトの影響と震源とを分け、バンドパスフィルター (10 ~ 1000Hz) をかけインバージョンにより Q 値を求める。次にその Q 値を用い、バンドパスフィルター (50 ~ 300Hz) をかけ、モーメントテンソルインバージョンを行う。武尾(1985)の非弾性減衰を考慮した離散的波数積分法を用いたグリーン関数を用いる。最後に、求めた Q 値と radiation pattern を用いて、バンドパスフィルター (10 ~ 1000Hz) をかけ、Brune model で P-, SV-, SH-波に対してコーナー周波数、ストレスドロップを求める。また、Ide and Beroza(2001)の手法により、apparent stress を求める。

Q 値はこの研究では重要なパラメータである。なぜなら、Q のローパスフィルターの影響により、震源パラメータの値が大きく影響される。例えば、Q 値を低く設定すると f_c や M_0 は大きく見積もられてしまう。本研究では Q 値と radiation pattern を求めてインバージョンを行っている。Q を一定、radiation pattern を平均値を用いた粗い仮定と、詳細に行った仮定による誤差は、 f_c では $\sim 40\%$ 、 M_0 では $\sim 200\%$ 、 D_s では $\sim 250\%$ であった。これらの詳細な仮定は、細かい震源の研究を議論する上で重要である。

本研究では、 $10^8 \sim M_0 \sim 10^{11}$ の範囲で $40 \sim f_c \sim 500$ Hz であった。この結果は M_0 が f_c の3乗に反比例することと調和的である。これは先行研究である鉱山地震を用いた Ogasawara et al, 2001、自然地震を用いた Abercrombie, 1995、Hiramatsu et al, 2002 と同じく、本研究は小地震でのスケーリングの破綻がなかった。また $10^8 \sim M_0 \sim 10^{11}$ の範囲でストレスドロップと apparent stress は 0.1 ~ 10MPa であった。他の研究者と比べて apparent stress は一定であり、これは鉱山地震と自然地震には違いはないことを示唆している。