

Calibration of AE sensor by wave propagation modeling on a 4-meter-long biaxial friction apparatus

*Kurama Okubo¹, Futoshi Yamashita¹, Fukuyama Eiichi^{2,1}

1. National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, 2. Graduate school of engineering, Kyoto university

せん断応力の載荷によるひずみの蓄積、そして震源核形成から断層面の主破壊に至るまでの素過程の解明を目指し、大型岩石摩擦試験機を用いた室内実験が行われてきた。主破壊の直前に発生するAEイベントを前震とみなし、その統計的な性質についての研究が進められているが、それぞれの前震のすべり分布をはじめとする詳細な震源特性は明らかにされていない。その震源特性を精度よく決定するためには、まず岩石試料に取り付けられたAEセンサのキャリブレーションが必要である (e.g. Kwiatek et al., 2014)。そこで本研究では、ボールドロップ試験で得られた波形データと波動伝播の数値シミュレーションとを用いて、AEセンサのゲインと指向性を推定するための解析を行なった。ボールドロップ試験は、防災科学技術研究所が保有する大型二軸岩石摩擦試験機の下側岩石試料（インド産変はんれい岩、すべり面：長さ4.0 m × 幅0.1 m）を用いて行った。AEセンサの感度は、機器特性に加えて岩石試料との接着状態にも影響されるため、試料に取り付けた状態でのキャリブレーションが必要となる。高さ500 mmから直径3 mmの鉄球を断層面に自由落下させた際の衝撃を震源とし、それにより励起された弾性波を断層面下70 mmに片面あたり16個ずつ（計32個）取り付けたAEセンサ（Olympus V103-RM）を用いて計測した。計測した電気信号はプリアンプ(Physical Acoustics, 2/4/6C)によって40 dB増幅した。断層面の長手方向に沿った32箇所ボールドロップ試験を実施し、それぞれについてP波の初動到達時刻からボールの落下位置を決定した。次に、岩石試料およびそれを支える金属プレート の 3次元数値モデルを作成し、震源決定によって求めたボールドロップ位置とHertzian impact theoryによるボールドロップ震源関数の解析解(Reed 1985; McLaskey and Glaser, 2009)を用いて測定点における速度波形を数値計算により求めた。波動伝播シミュレーションにはOpenSWPC(Maeda et al., 2017)を用いた。グリッドサイズは一辺0.5 mmとし、ボールドロップ震源のコーナー周波数0.1 MHzに対して最小波長あたりのグリッド数が20以上となるようにした。数値シミュレーションではボールドロップ震源が励起する波の最大振幅は一様であるとしたが、鉄球の衝突速度や接触状態により実際の振幅は試行毎に異なると考えられる。また、AEセンサに関する指向性として、設置面の振動方向に対するAEセンサの鉛直成分感度についても検討する必要がある。本研究では、センサ感度に加え、ボールドロップ入力 のばらつきを表す振幅係数、および指数関数型モデルに従うAEセンサの指向性を仮定した振幅補正モデルを提案し、その補正パラメータを用いることで観測波形がよりよく再現されることを確認した。プリアンプを含む感度は 420 ± 140 V/(m/s)、ボールドロップの振幅係数は0.6-2.1と推定された。またAEセンサの指向性については、入射角の増加に伴い最大20%の感度減少が示唆された。本研究ではさらに周波数・位相特性についても検討する。推定されたセンサ特性と岩石試料の数値モデルは、前震の震源特性の推定に活用され、前震によって生じた本震前の断層面のすべり分布を明らかにできると期待される。