

乾燥亀裂パターンにおける破片サイズ分布の確率モデル

東京大学地震研究所 伊藤伸一

大阪大学大学院理学研究科 湯川諭

夏の暑い日に泥だまりや水田を観察すると、水が干上がってできた乾燥亀裂パターンを見ることができる。物を衝撃で破壊した時の亀裂パターンとは違い、内部の液体の蒸発による内部応力の上昇と破壊による応力の解放が繰り返されるため、亀裂パターンは時間発展し、亀裂パターンの時間発展は乾燥のさせ方に依存する。衝撃破壊では、破壊のパターンを特徴づける統計量として破片のサイズ分布がよく調べられる。しかし乾燥亀裂パターンにおいては、破片サイズ分布はあまり調べられていなかった。

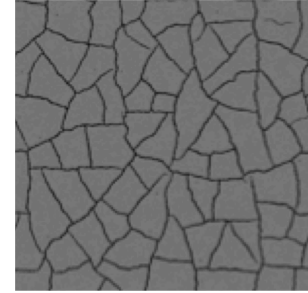


図 1. モデル計算による亀裂パターン

乾燥亀裂パターンにおける破片サイズ分布を調べる為、はじめに我々は弾性体モデルに乾燥起因の時間に依存した内部応力の増加項を導入する事で乾燥収縮する物質をモデル化し、smoothed particle hydrodynamics 法で亀裂パターンの時間発展を数値的に再現した(図 1)。結果として、時間発展で変化する破片サイズ分布はその平均サイズでスケールする事で、時間に依存しない不変分布へ漸近する事が分かった[1]。この性質は一般に動的スケーリング則と呼ばれる。

次に我々は動的スケーリング則の成立原因を理解する為に、破壊過程を簡略化した確率モデルを構築した。その確率モデルは Gibrat の確率過程に乾燥過程を特徴づける破片の寿命を取り入れる事で構築される。そのマスター方程式のスケーリング解析により、一般に乾燥による内部応力増加項の関数形がべき関数であれば、動的スケーリング則が成立する事が示される[2]。

さらに我々は実際の乾燥亀裂パターンと理論の整合性を確かめる為に、炭酸水酸化マグネシウム粉末と純水の混合ペーストの乾燥破壊実験を行なった。インターバル撮影によってパターンの時間発展を得る事で、時間発展する破片サイズ分布を調べた。結果として、動的スケーリング則が観測され、破片サイズ分布の関数形が理論の予測する破片サイズ分布と定性的に一致する事が確認された。

[1] Shin-ichi Ito and Satoshi Yukawa, Physical Review E **90**, 042909 (2014)

[2] Shin-ichi Ito and Satoshi Yukawa, Journal of the Physical Society of Japan **83**, 124005 (2014)