



パーコレーション理論を用いたマルチスケール破壊力学シミュレーション

Multi-scale fracture mechanics simulation using percolation theory

中部大学¹, 高丸研究室² ○(M1C) 北島 貴之¹, 高丸 尚教²

Chubu Univ.¹, Takamaru Lab.² ○(M1C) Takayuki Kitajima¹, Hisanori Takamaru²

E-mail: ep08041@ss.cs.chubu.ac.jp

1 はじめに

現在, 破壊力学のシミュレーションを, パーコレーションを用いてマルチスケールで行っている細かな研究は少なく, 現在見つけられるのは最初からミクロやナノスケールで結晶構造を作成し, 粒界が破壊される様子を 2 次元で捉えたり, 3 次元で物体の外部を透過して内部にひびが進む様子を描写するなどの 1 つのスケールですでに力が加わった状態でシミュレーションを行うものだけである.

本研究では, 多階層型破壊力学シミュレーション・コード開発及び, 可視化ツール開発を行う. 特徴として, 破壊が進行して行く際のひび割れに対してパーコレーション概念を導入し, 階層間スケール分離を施す. 粒界内部では, バネモデルを使用している.

2 多粒界結晶構造生成のアルゴリズムについて

本研究では試験物体を形作る多結晶構造の作成と, き裂が進展していく様子をパーコレーション・モデルで正方形格子を用いてシミュレーションしている. 格子は 2 次元配列で用意している. 粒界の拡張は Neumann 近接モデルより, 上下左右のセルに伝播するものとしている.

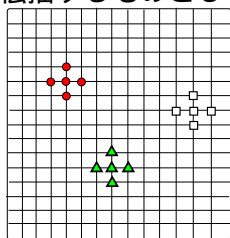


図 1: Expansion of the grain boundary

離散ポロノイ図を用いることで複数の粒界を生成する. 例えば図 2 のように粒界サイズが細かな場合が破壊されやすい物質に, 図 3 のように粒界サイズが大きな場合が破壊されにくい物質に対応している.

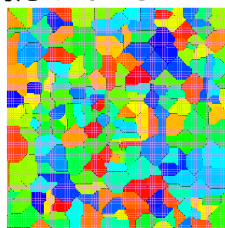


図 2: Seeds 200

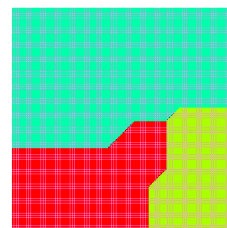


図 3: Seeds 3

3 メゾスケール

試験物体に物体が衝突した際の, メゾスケールにおける粒子の制御方程式にフックの法則を利用する. 両端の質点は 1 つバネの復元力, 中間の質点は 2 つのバネの復元力を合成することによって得られる. 実際のシミュレーションではこれを 2 次元化, 3 次元化して用いる.

4 まとめ

本研究では, ミクロスケールでパーコレーション理論を用いて, 多結晶構造生成のアルゴリズムを実装することができた. 今後は現在開発中のメゾスケール対応の 3 次元バネモデルをマクロとミクロの 2 層モデルに組み込み, 単にバネが一定値以上伸びたので結晶が破壊されるという従来のモデルの欠点を補う, 3 階層型モデルの構築へとこのモデルを深化させる.