

花崗岩 X 線 CT 画像のヒストグラムに基づく非き裂ピクセル除去処理

山口大学大学院	学生会員	○吉田龍人・上野徳馬
山口大学大学院	正会員	中島伸一郎
京都大学大学院	正会員	岸田潔

1. はじめに

X 線 CT¹⁾は, 室内試験において岩石き裂をその場観察する有効なツールであるが, CT 画像からき裂開口幅分布を, 定量的かつ自動的に測定することは容易ではない. これまでの研究で, エッジ検出²⁾を CT 画像に行うことで, き裂開口幅を精度よく抽出できることが分かっている. 本研究では, エッジ検出を行う前段の処理として, CT 画像の局所領域内のヒストグラムによって非き裂ピクセルを自動除去し, 画像処理効率を向上させる手法の検討を行った.

2. X 線 CT による花崗岩き裂の撮像とき裂の抽出

図-1に示すような, 縦割れき裂を有する花崗岩試料の X線CT画像¹⁾から, き裂部分だけを抽出して開口幅分布を計測するケースを考える. Canny法に基づくエッジ検出³⁾によりき裂部分をエッジとして強調することができるが(図-2), き裂ではないエッジ(鉱物境界やノイズ)も強調されてしまうため, き裂のみを抽出するためには非き裂エッジを除去する必要がある.

非き裂エッジのうち, CT値の空間的なゆらぎによるノイズは, エッジ検出前の段階で, CT値のヒストグラムに基づいて除去可能と考えた. 通常はガウスフィルタ等によるノイズ除去が行われるが, き裂開口幅を正確に抽出するためには処理として適当ではない. そこで本研究では, CT画像全体を16×16pxの小領域に分割し, 小領域内に基準値を超えて低いCT値が存在すれば「き裂を含む小領域」, 存在しなければ「き裂を含まない小領域」と判断し, き裂を含まない小領域はエッジ検出の対象領域としないとする前処理を行うこととした.

3. ヒストグラム処理

き裂を含まない小領域と判断するためのCT値の基準値は, 次のように設定した. まず, 図-3に示す試料全体のCT値のヒストグラムより, CT<85のピークは明らかに空隙(き裂内部あるいは試料外領域)と判断される. 一方, 高密度鉱物に挟まれたき裂や, 低密度鉱物内であっ

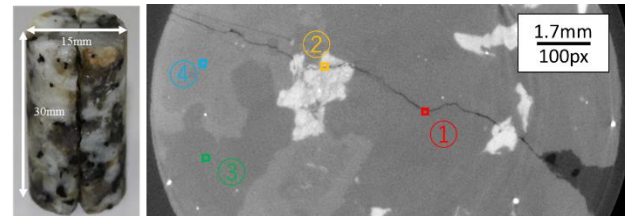


図-1 実験に用いた試料と CT 画像撮影結果



図-2 エッジ検出された試料断面図

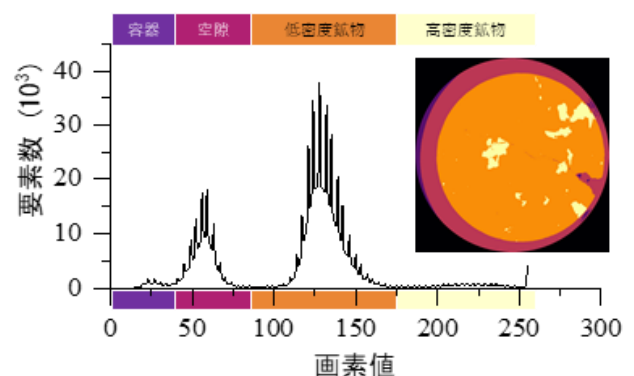


図-3 CT 画像のヒストグラム

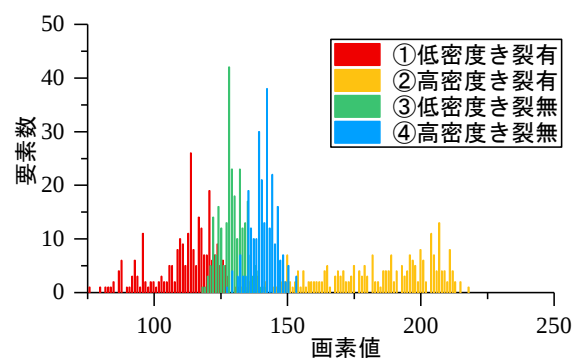


図-4 小領域のヒストグラム分布

キーワード X 線 CT, 画像処理, 花崗岩, ヒストグラム

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 TEL 0836-85-9334

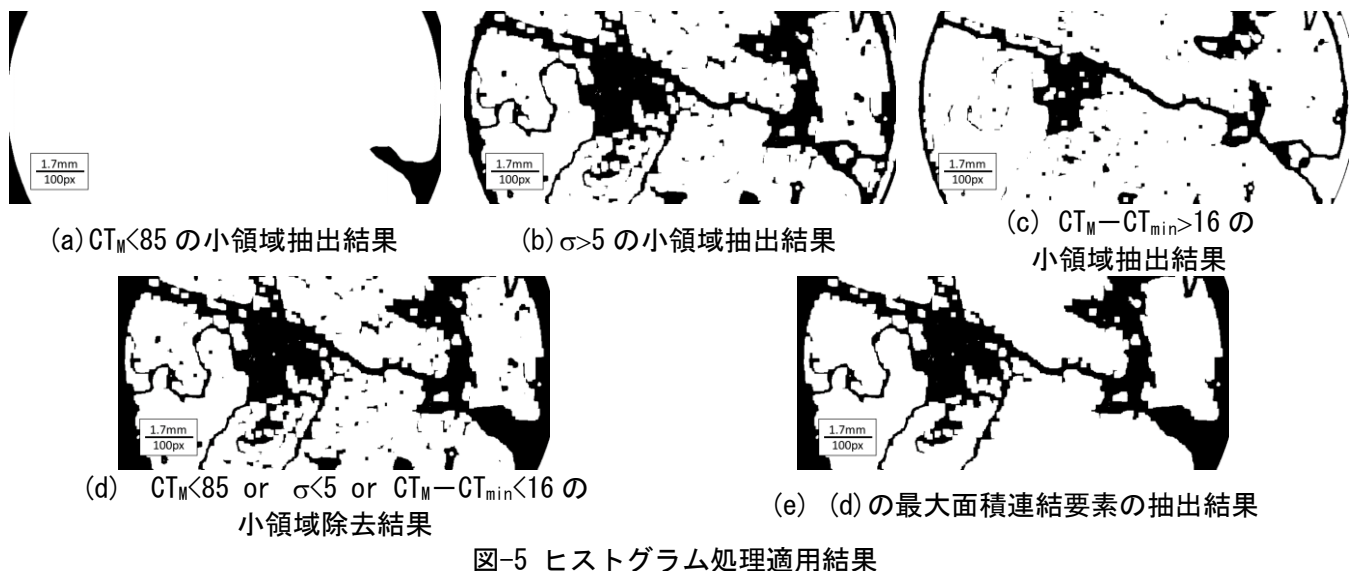


表-1 ヒストグラム処理で
使用したパラメータ

平均値 CT_M	85 以上
標準偏差 σ	5 以下
平均値-最小値 $CT_M - CT_{min}$	16 以下

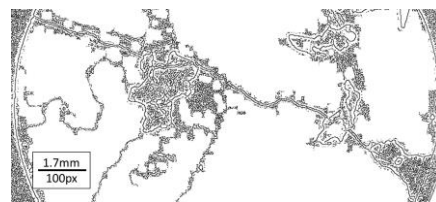


図-6 図-5(e)の黒色ピクセル内に
存在するエッジ画像

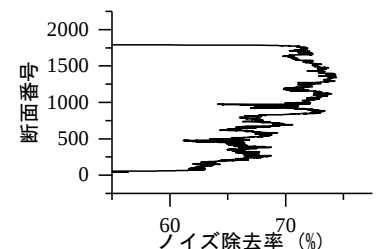


図-7 ノイズ除去率算出結果

ても細いき裂ではCT値が85を超える場合もある。小領域内のCT値ヒストグラムを分析した結果(図-4), き裂を含む小領域では, CT値の平均値と最小値との差 $CT_M - CT_{min}$ が16以上, もしくは, 標準偏差 σ が5以上, という特徴が存在することが明らかとなった。そこで, 表-1に示す基準を設けて「き裂を含まない小領域」を判断することとした。

図-5は, 図-2のCT画像に対して, 表-1に基づいてき裂を含まない領域を除去した結果(白: き裂を含まない, 黒: き裂を含む可能性がある)である。(d)から(e)にかけては, (d)の黒色ピクセルを連結要素ごとに分けたものから, 面積が最大のものだけを取り出している。

最終的には, 図-5(e)の黒領域内に含まれるエッジを残すことで, 図-6に示すようにノイズが大幅に軽減されたエッジ画像を取得することができた。図-7は, 1947枚のCT画像に対して上記のノイズ除去処理を実施したノイズ除去率を示している。図より, 60%以上のノイズを除去することができた。

4. まとめ

本研究では, 花崗岩供試体の X 線 CT 画像にエッジ検出法を適用した結果からき裂のみを抽出する工程の簡易化のために, CT 画像の小領域のヒストグラムに基づいた処理の有用性を検討した。その結果, CT 画像にヒストグラム処理を適用することで, 画像全体のピクセルのうち 60%を越える非き裂ピクセルを自動的に除去できることが分かった。よってヒストグラム処理はエッジ検出法適用後のき裂抽出の省力化を実現する手法であると分かった。

参考文献

- 1) 佐藤晃, 深堀大介, 澤田淳, 菅原勝彦: X 線 CT による不均質材料中の亀裂開口量評価, 資源と素材, Vol. 120, No. 6, 7, pp.365-371, 2004.
- 2) 中島伸一郎, 石川智優, 坂本隆, 岸田潔: X 線画像のエッジ検出による岩石亀裂開口幅の評価, 第 14 回岩の力学国内シンポジウム講演集, 一般社団法人岩の力学連合会, 講演番号 069, 2017.
- 3) Canny, J., A Computational Approach To Edge Detection, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8:679-714, 1986.