

ハフ変換による岩盤の亀裂抽出に関する研究

(株)大鉄工業 ○ 松見 栄作
鳥取大学 正会員 藤村 尚

1. はじめに

トンネル掘削などの工事において、地山の安定性を評価し予測することは安全面だけでなく作業効率が向上し、経済的施工につながる。現在、切羽の前方探査法として発破による弾性波を使う方法、水平ボーリングで予測する方法などがあるが費用、作業工程に与える影響が大きいという問題もある。また、現場の技術者の見た目だけの判断は偏った予測を行う危険性もある。そこで本研究では、トンネルの現場で亀裂を簡単に抽出できる簡便な調査法の 1 つとして、ハフ変換を用いた客観的かつ迅速な亀裂抽出法について述べる。

2. ハフ変換

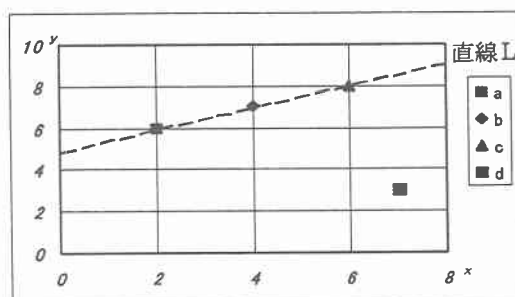
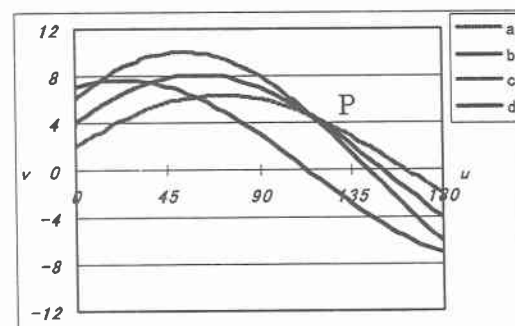
ハフ変換とは画像中の線を抽出する手法である。この手法は元の画像とは別の座標系であらわされる平面に変換して処理が行われ、点線のように線が途中で途切れていても直線として抽出できるという特徴がある。

ハフ変換の原理を以下に述べる。図 1 に示すように原画像として背景が白、点または線が黒の xy 平面と、それとは別の uv 座標系で表される uv 平面を考える。まず、原画像を走査し黒画素があったら、黒画素の座標 (x_i, y_i) を式 $(v = x_i \cdot \cos u + y_i \cdot \sin u)$ に代入し曲線を uv 平面 $(0 \leq u \leq 179)$ に描き(図 2)、この処理を原画像中の黒画素すべてに対して行う。

次に uv 平面において交点を求め、その交点座標 (u_i, v_i) を式 $(v_i = x \cdot \cos u_i + y \cdot \sin u_i)$ に代入した直線式を xy 平面に描画することによって直線を抽出する。そこで交点を求めるにあたり最大頻度、しきい値という値を用いる。最大頻度とは一つの交点で交差する曲線の最大値である。例えば図 2 では P 点において 3 つの曲線が交差しているのが最大なので最大頻度は 3 ということになる。しきい値とは、より正確な直線を抽出するための値であり uv 平面においてしきい値より値の小さい交点は交点とみなさない。図 2 においてしきい値を 3 以上に設定すると P 点だけが交点とみなされ逆変換される。つまり他の 3 つの交点は無視され 1 つの直線 L だけが抽出されることになる。

3. 解析について

今回、室内実験として解析はすべてデジタルカメラから撮った画像からハフ変換を実施して亀裂の抽出を行った。コンクリートブロックなどを供試体として亀裂抽出を行った。その解析例を以下に示す。まず、小さな亀裂を判断させるため 1 つの画像を分割してそれぞれの画像について亀裂の抽出をおこなった。図-3-1 は原画像を分割しないで亀裂を抽出したもので、小さな亀裂は抽出されにくいことがわかる。図-3-2 は原画像を 4 分割して抽出を行った結果である。分割数を増やせば小さな亀裂を判断し易いが、亀裂のつながりが不明確になる。分割の有無は、どれくらいの大きさの亀裂抽出を目的としているかによって使い分ける必要がる。図-3-3 はコンクリートブロックの亀裂を立体的に示したものであり、亀裂の卓越して

図 1 - xy 平面図 2 - uv 平面

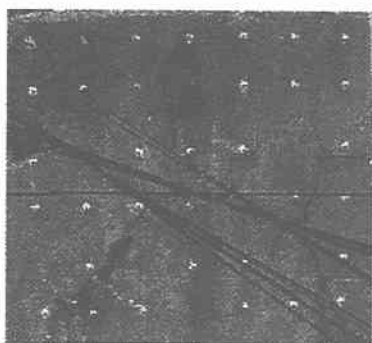


図-3-1 分割無

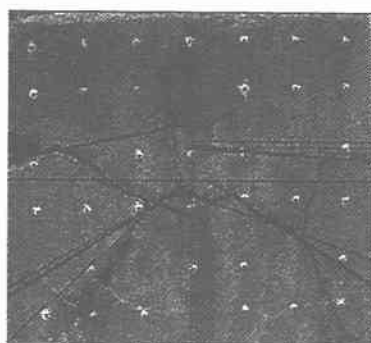


図-3-2 四分割

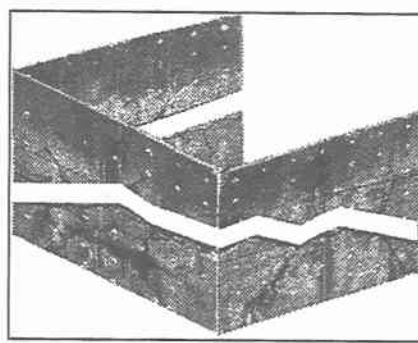


図-3-3 立体図

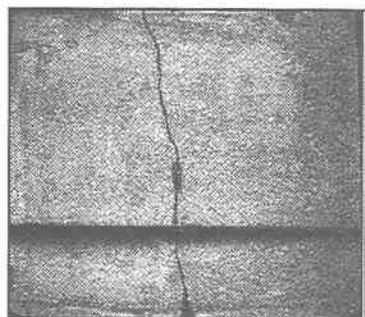


図-4-1 原画像

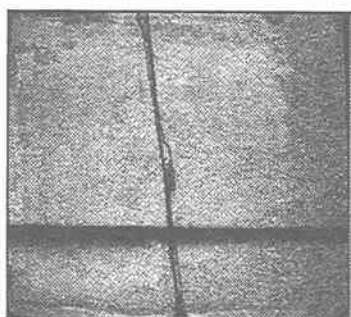


図-4-2 抽出結果(色)

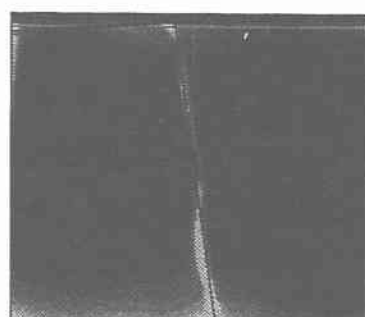


図-4-3 抽出結果(熱)

いる方向が明確に表せる。

ハフ変換は画像の色だけで亀裂を判断するので、さらに熱の情報を与え直線抽出を行った。亀裂ではない直線を描いた画像(図-4-1)から亀裂を抽出したところ、色のみで判断した直線(図-4-2)が、熱で判断すると抽出されていない(図-4-3)。この二つの情報を比較することでより正確な亀裂の抽出が行える。

事例としてトンネル切羽の連続画像に適応することを試みた。図-5-2は図-5-1の約2.5メートル前方の画像である。双方を比較すると亀裂が左方向に変化しているのがわかる。

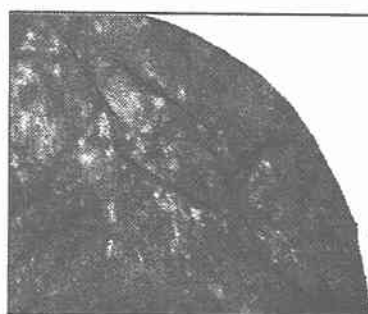


図-5-1 切羽(手前)



図-5-2 切羽(奥)

4. まとめ

本研究のまとめとして、ハフ変換による岩盤の亀裂抽出への見通しが得られた。

- ・ 室内実験、実地盤ともに、亀裂解析を自動化するにはしきい値を最大頻度の90%程度に設定するのが適している。
- ・ 1枚の画像から多くの亀裂を抽出する場合は、全体の画像からの直線抽出、画像を分割した直線抽出を行い比較することによってより信頼度の高い結果が得られる。

しかし、目的に応じて分割の有無を考慮するのがよい。なお、切羽の亀裂解析については分割位置や教師データの採り方について問題が残った。