

航空計測技術を活用した富士山大沢崩れにおける開口亀裂の自動抽出

国土交通省 中部地方整備局 富士砂防事務所 村松弘一, 田中僚, 上野諒平*
 アジア航測株式会社 臼杵伸浩, ○江口友章, 西村直記, 滝川正則, 大鋸朋生, 木場啓太
 芝浦工業大学 中川雅史
 (*現 国土交通省 中部地方整備局 天竜川上流河川事務所)

1. はじめに

富士山大沢崩れの標高 3,300m 以上の溶岩層には、凍結融解作用等により生成されたと考えられる幅 10~50cm の開口亀裂が無数に存在する。開口亀裂は、源頭部における斜面崩壊の要因の一つとなっており、亀裂の分布状況や亀裂の進展状況等を定量的に把握することが重要である。このような背景のもと富士砂防事務所は、デジタル航空カメラ画像の目視判読及び現地調査によって、開口亀裂の分布や変遷を調査してきた。しかし、標高 3,300m 以上の高標高域で、開口亀裂が存在する地表面と大沢崩れ最深部との落差が約 150m ある急崖地において安全に調査を実施できる開口亀裂は限られており、全ての開口亀裂を把握できている訳ではない。

これをふまえ西村ら (2018) ¹⁾、江口ら (2020) ²⁾は、空間情報技術と、トンネル点検で実用化されている画像処理解析によるコンクリートひび割れの自動抽出技術を融合することで、開口亀裂を安全かつ広域的に自動抽出する技術を開発した。しかし、この自動抽出アルゴリズムは Canny フィルタで抽出した膨大な開口亀裂候補を砂防学的な知見で分類する方法であり、的中率は良いものの条件設定が複雑で作業手順が多いことが課題であった。

そこで本研究では、より少ない条件設定および手順で開口亀裂を自動抽出できるように、過年度に開発した技術を改良するとともに、その技術を適用して大沢崩れに存在する開口亀裂をスクリーニングすることを目的とした。

2. 使用するデジタル航空カメラ画像

開口亀裂の自動抽出に用いたデジタル航空カメラ画像は、令和元年 10 月 1 日に撮影したデジタル航空カメラ画像 (撮影高度約 4,240m, 対地高度約 1,340m, 地上画素寸法 5.5cm/pixel) 99 枚である。これらの画像情報の他、ステレオマッチング処理によって生成した点群データ (4,381,624 点) も自動抽出処理に用いた。

3. 開口亀裂の自動抽出方法

3.1. 自動抽出アルゴリズム

本研究で改良した開口亀裂の自動抽出アルゴリズムの説明図を図 1 および図 2 に示す。

まず、7 画素×7 画素のオペレータとその四隅に 2 画素×2 画素のサブブロックを準備する。オペレータの中心画素が開口亀裂であるか否かの判断は、図 1 に示した演算式をもとに、オペレータの四隅に配置したサブブロックの輝度情報 (2×2 画素の輝度値の中央値) を用いて行う。具体的には、中心画素の輝度値 (0-255 : 0 が黒で、255 が白) が 120 より小さく、かつ対角にある [1] と [4], [2] と [3] の輝度値が近似し、かつ中心画素の輝度値が [1] や [4], [2] や [3] よりも小さい場合に、中心画素が開口亀裂であると判断した。この処理を 1 画素ずつずらしながら全画素に適用することで、全域の開口亀裂の候補を自動抽出した。次に、開口亀裂は連続性が高く一定の長さ・幅があるものと考え、任意画素数以上が連結して上記の条件に合致するものだけを抽出した。予備実験により、閾値とする連結画素数は 25 画素とした。

なお、Canny フィルタでは誤抽出されることが多かった大沢崩れの縁辺部や、その影領域の境界線、不連続な地形情報が改良後の自動抽出アルゴリズムでは抽出されなくなっており、従来手法に比べて、条件設定の複雑さ

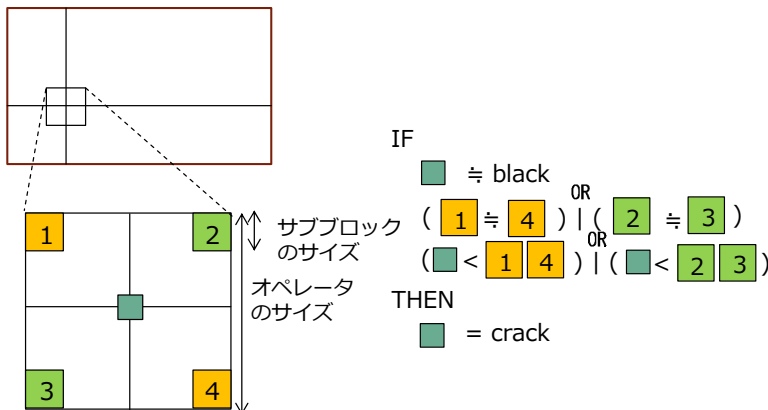


図 1 開口亀裂の自動抽出アルゴリズム

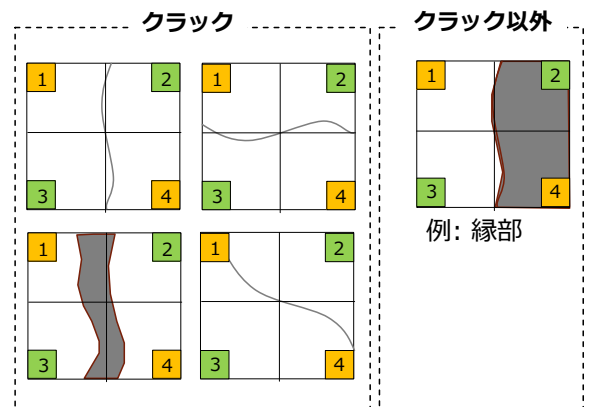


図 2 開口亀裂の自動抽出における提案手法の効果

や作業手順の多さが解消された。しかし、溶岩の流下過程で生じる溶岩表面の圧縮性のしわ等の小規模な段差地形は依然として誤抽出されることから、次の分類作業でそれらを除去することとした。

3.2. 開口亀裂の分類

開口亀裂の自動抽出ならびに分類の結果例を図3に示す。1)~3)のステップが、デジタル航空カメラ画像から開口亀裂候補を自動抽出した結果である。1)でデジタル航空カメラ画像をグレースケール化し、2)で輝度補正をしたうえで、3)で新たに開発した自動抽出アルゴリズムを適用している。

次に、4)~8)のステップが、誤抽出された小規模な段差地形を除去する処理である。4)の標高データはステレオマッチング処理で生成した点群データであり、この標高データを用いて5)で小規模な段差地形を自動抽出する。具体的には、図1に示した開口亀裂を自動抽出するためのアルゴリズムにおいて、「輝度値」を「標高」の情報に置き換えた処理を行う。これにより周囲との標高差(段差)がある地点を、画像処理によって抽出することができる。6)のステップでは、段差地形として抽出した点群データを画像化し、sobelフィルタによって抽出した地形起伏のエッジ(地形が作る影)に膨張処理(モホロジー処理の一種)を適用し、その結果をマスクとしている。7)で、そのマスク内に含まれるエッジを削除して、8)の開口亀裂の最終抽出結果を得る。

4. 結果および課題

画像解析により抽出した開口亀裂が、現地調査で把握した開口亀裂を概ね網羅していることが確認された。また、既往手法と比較して、地形起伏のエッジ部を誤抽出することが少なく、開口亀裂の分類作業の観点では、従来手法よりも改善できたと言える。今後は、現地調査により今回の自動抽出結果の検証を行い、必要に応じてアルゴリズムやパラメータの調整を行う必要がある。

参考文献

- 1) 西村直記, 臼杵伸浩, 江口友章, 勝又善明, 滝川正則, 中川雅史, 井草流星(2018): 空中写真を用いた多視点ステレオによる開口亀裂の自動抽出, 平成30年度砂防学会研究発表会概要集, p.549-550
- 2) 江口友章, 臼杵伸浩, 西村直記, 勝又善明, 加藤仁志, 荒木孝宏, 山田裕介, 中川雅史(2020): 高解像度デジタル空中写真を用いた多視点ステレオによる開口亀裂の自動抽出, 砂防学会誌, Vol.72, No.6, p.29-34

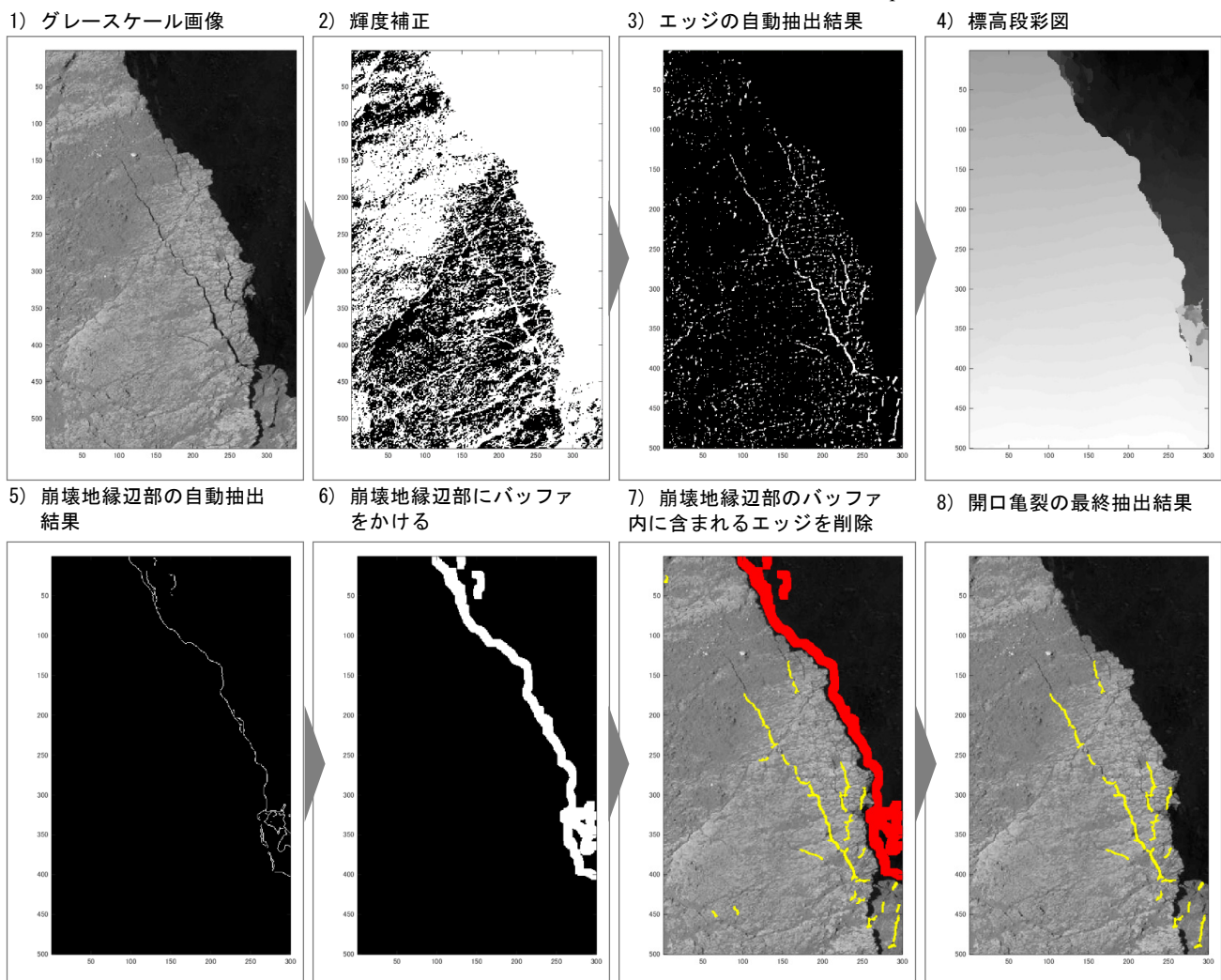


図3 開口亀裂の自動抽出結果例