

H-050

条件付確率場を用いた顕微鏡画像からのアスベスト検出 Asbestos detection from microscope images using Conditional Random Field

森口 慶崇†
Yoshitaka Moriguchi

堀田 一弘†
Kazuhiro Hotta

高橋 治久†
Haruhisa Takahasi

1. はじめに

2005年にアスベストを使用した資材などを製造していた会社の従業員、またその家族が多数亡くなっていたことが報道され、アスベストによる人体への影響の問題が社会的に広く認知されるようになった。アスベストの使用状況の確認と撤去作業の需要が急速に高まった。しかし、JIS A1481で定められているアスベスト含有の判定には専門家による目視での識別作業が必要となり、1日に行える検査数も限られている。この人手によるアスベスト定性分析は分散染色法と呼ばれる。

分散染色法は、アスベストの持つ特異な分散特性(光の波長によるアスベストの屈折率の違い)を利用して行う。具体的には1つの標本で3種類の異なる屈折率をもつ分散染色液に浸して偏光板を取り付けた位相差顕微鏡で観察し、分散色の変化によりアスベストとそれ以外の繊維や鉱物との識別を行う。

人間は偏光板を調整しながら観察するが、本論文では偏光板の角度を2種類に設定した位相差顕微鏡画像(以下、2枚の画像)を用いてアスベストの検出を行う。このとき、2枚の画像の間には偏光板を回転させた影響からズレが生じる。従って、この2枚の画像の間で同じ粒子同士を対応付ける必要がある。本論文では、画像の色情報(RGBの輝度値)を用いて画像間の距離を計算し、最も距離が小さくなるようにズレを修正する。但し、2枚の画像でアスベストの色が変化しているため、輝度値を用いて距離を計算する際にできるだけアスベストの影響を排除したい。そこで、画像全体で距離を計算せずに画像内で複数の局所的な領域を抽出して距離を計算した。この局所的な領域を決定するためにScale Invariant Feature Transform (SIFT) [1]を用いた。SIFTは画像中から特長的な領域を抽出する手法である。検出した局所領域を用いて2枚の画像間の距離を計算し、ズレを修正した。

このように2枚の画像間で各画素の対応付けができると、2枚の画像間で色が大きく変化している画素の領域を抽出することができる。この色の変化が大きい画素の領域にアスベスト粒子が含まれていると考え、2枚の色情報を基にアスベストか否かを識別する。識別器としてSupport Vector Machine(SVM)[2]を用いた。だが、単純に画素毎にSVMを適用しただけでは、周辺の画素との関係を考慮していないために1つのアスベスト粒子を2つであると識別してしまったり、アスベスト以外

の粒子をアスベストであると誤識別してしまうことがある。これを改善するために近傍の画素との関係を考慮したConditional Random Field(CRF)[3]を用いた。CRFを用いることによりSVMだけを用いた場合に比べ、アスベスト粒子を高精度に検出することができた。

2. 画像間のマッチング

異なる偏光で撮影した顕微鏡画像間のズレを修正するためのマッチングについて述べる。1標本に対して、

画像1 角度 θ_1 に偏光板を設定した位相差顕微鏡の画像

画像2 角度 θ_2 に偏光板を設定した位相差顕微鏡の画像

のような2枚の画像が得られる。この2枚の画像を用いてアスベストを検出する。図1と図2に画像1と画像2の例を示す。画像1と2の間で色が変化している細長い粒子がアスベスト粒子である。2枚の画像の間には偏光板を回転させたことによる画像全体の位置のズレが生じている。このズレを修正し、画像1, 2の粒子を対応付けるために画像のマッチングを行う。画像1と2から分かるように、アスベストは色が変化している。そのため、アスベスト粒子上ではズレを正しく修正した時、逆に距離が大きくなってしまいうまく修正できない。そこで、画像1から特徴点を検出し、その周辺の局所領域を用いて距離を計算する。特徴点の検出にはSIFTを用いる。SIFTを用いることにより、粒子上の画素を特徴点として検出できる。つまり、粒子周辺の局所領域の色情報を用いてマッチングを行うことになる。ただし、アスベスト粒子上にも多くの特徴点が発見されてしまうため、特徴点同士の距離がある値以上となるように特徴点を選択する。これにより同じ粒子上の特徴点を選択されることを防ぎ、仮にアスベスト粒子上の特徴点

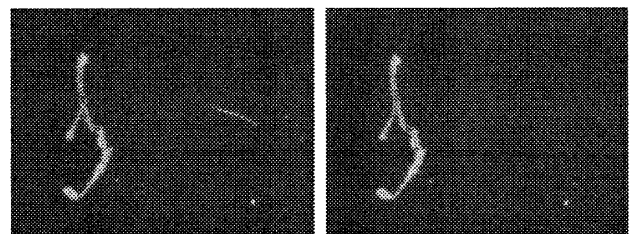


図1: 画像1の例

図2: 画像2の例

†電気通信大学, The University of Electro-Communications

が選択されてしまっても、複数の特徴点のうちの1つにとどまるようにする。これらの特徴点を基にマッチングを行い、画素レベルで対応付けを行ったあと、画像1と2の輝度値の差分画像を作成する。この差分画像では画像1と画像2の色の変化が大きいほどその値が大きくなる。つまり、このような場所にアスベストが含まれていると考えられる。この差分画像を2値化し、輝度値が一定以上の画素に対してアスベストか否かの識別を行う。

3. アスベスト検出

アスベスト検出のための入力特徴として識別対象画素とその8近傍の色情報、さらに8近傍での各色の平均値を用いる。検出器をSVMで学習し、各画素毎に識別を行う。しかし、近傍との関係を考慮していないため、1つの粒子内でアスベストだと識別される部分とそれ以外の粒子と識別される部分に分かれてしまうことがある。また、その他の粒子でアスベストに似た色の画素の誤識別も発生する。これらの誤識別を削減するために各画素でのSVMの出力値を基に、周辺との関係を入れたCRF[3]を用いて、アスベストか否かの最終的な識別を行う。

4. 実験結果

実験では画像1と2を1つの組とした20組(合計40枚)の画像を用いた。まず、画像1と2のマッチングの結果について述べる。ここでは、提案手法により実験に用いた全ての画像で位置のズレを修正することができた。

次に、SVMを用いて識別した結果及びCRFを用いて識別した結果について述べる。9組18枚の画像をSVMの学習に用いた。また、残りの11組22枚の画像を評価用画像とした。訓練画像及び評価用画像に対する識別結果を表1に示す。まず、表1の各項目について説明する。表1の各項目にある矢印の意味は、SVMを用いて識別した結果→CRFを用いて識別した結果である。アスベスト数は、画像中に存在する実際のアスベストの数である。次に、検出したアスベスト数は、画素が連結した領域を1つの粒子として数えたときのアスベストの数である。例えば、図3ではアスベストであると識別した画素が2つの連結した領域に分かれているので検出したアスベスト数は2となる。また、誤識別1はアスベスト以外の粒子をアスベストであると誤識別した数、誤識別2は図3に示すような1つのアスベスト粒子を1つの連結した領域として検出できなかった数、

表1の結果から、CRFを用いることにより誤識別1が完全になくなったことがわかる。検出したアスベストの粒子の数は実際に存在するアスベストの数と一致し、誤識別2も削減できた。誤識別2を削減できた例を図3,4に示す。図3のSVMによる結果では1つのアスベスト粒子が2つの連結した領域に分断されているが、CRFで近傍との関係を用いることにより、分断された2つの領

域を1つの領域として検出することができた。しかし、CRFでも改善できない場合もある。それは、SVMの段階でアスベスト粒子上の一部の領域しか検出できない場合である。この場合には近傍の関係を用いてもアスベスト粒子全体の領域を正しく検出することはできない。これは今後の課題である。

	訓練画像	評価用画像
正しいアスベスト数	13	16
検出したアスベスト数	24→13	27→16
誤識別1	6→0	6→0
誤識別2	5→1	5→2

表1: CRFによる識別結果

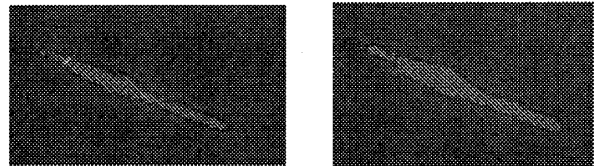


図3: SVMによる識別結果 図4: CRFによる識別結果

5. おわりに

本論文では、位相差顕微鏡画像からのアスベスト検出法を提案した。提案手法では、分散染色法に従い同じ標本に対して異なる偏光をかけた2枚の画像を用いた。まず、2枚の画像間に存在するズレを修正し、画像の色情報を用いて各画素ごとにアスベストとそれ以外の粒子の識別を行った。更に、近傍との関係を考慮したCRFを用いて最終的なアスベストの検出を行った。これにより高精度なアスベスト検出を実現できた。

本論文では局所的な色情報だけを用いているが、今後は形状情報も利用してさらなる精度の向上を目指す。

謝辞 本研究は、環境省廃棄物処理等科学研究費補助金(研究番号: K1920)により実施されたものである。

参考文献

- [1] Lowe, D.G., "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," *International Journal of Computer Vision*, Vol.60(2), pp.91-110, 2004.
- [2] Cristianini, N., Shawe-Taylor, J. 著, 大北剛 訳, "サポートベクターマシン入門," 共立出版, 2005.
- [3] Lafferty, J., McCallum, A., Pereira, F., "Conditional random fields: Probabilistic models for segmenting and labeling sequence data," *Proc. International Conference on Machine Learning*, pp.282-289, 2001.