

分散染色法によるアスベスト定性分析作業支援のための 偏光顕微鏡画像管理システムの開発

Development of a Polarized Microscopic Image Management System for Supporting Asbestos Qualitative Analysis utilizing Dispersion Staining

○正 川端 邦明 (理研) 山崎 宏和 (埼玉大)
坪田 悠吾 (理研) 三島 健稔 (埼玉大)
堀田 一弘 (電通大) 正 浅間 一 (東大)
正 溝口 博 (東理大) 高橋 治久 (電通大)

Kuniaki KAWABATA, RIKEN, kuniakik@riken.jp

Hirokazu YAMAZAKI, Saitama Univ.

Yugo TSUBOTA, RIKEN

Taketoshi MISHIMA, Saitama Univ.

Kazuhiro HOTTA, The Univ. of Elect. Comm.

Hajime ASAMA, The Univ. of Tokyo

Hiroshi MIZOGUCHI, Tokyo Univ. of Science

Haruhisa TAKAHASHI, The Univ. of Elect. Comm.

This paper describes to develop an automated polarized microscopic imaging system for supporting asbestos qualitative analysis. Dispersion staining is a visual observation method and it is done as that the experts count all particles in the view of the microscope and also the number of the fibrous asbestos fibres. For supporting this work, we are developing an automated system to ease the experts' burden for efficient observation. The system takes the images by the microscope with automated polarizer and registers them on the database via on-line process. A prototype system is developed and the experimental result is also discussed.

Key Words: Asbestos, Microscopic Observation system, Qualitative analysis, Automated microscopic system

1. 緒言

近年、建築物に用いられていたアスベストによる健康被害が大きな社会問題になっている^[1]。アスベスト分析作業においては、まず、建材から採取した試料中にアスベスト繊維が有害な程度含まれているか否かを調査する定性分析が実施される。このうち、目視による定性分析として、試料を特定の屈折率をもった浸液に浸し、偏光照射時に発生する分散色を指標としてアスベスト繊維検出を行う分散染色法が採用されている^[2]。この手法では、顕微鏡視野内の建材等の粒子数を計数した際に、3つの浸液に浸した観察試料各々から1000以上の粒子を数え、つまり、3試料から3000以上の粒子を計数した中に4本以上の有害アスベスト繊維(アスペクト比3.0以上)が確認された場合にアスベスト含有であると判定される^[2]。しかしながら、顕微鏡を用いた目視による高精度な判定は作業者に負担がかかり、非効率的であることが指摘されている。そこで、分散染色法によるアスベスト分析作業の支援技術開発は急務である。これまで、アスベストの目視分析支援に関する研究開発は行われている^{[3][4][5][6]}が、これらは気中で採取されたアスベスト繊維を対象としており、基本的な測定原理は近いが、JIS規格によって建材中のものと、観察手順、基準が異なっている。

そこで本稿では、建材中に含まれるアスベストの分散染色法による分析支援実現のための基盤となる、計算機を用いて顕微鏡画像の自動取得・保持・閲覧を可能とする顕微鏡画像管理システムについて報告する。

2. システム要件

JIS規格により定められた公定法¹⁾を参考にする、分散染色法を用いた定性分析支援のためのシステムとしての機能要件は、少なくとも以下のものが必要である。

- 観察対象位置の自動検出
- 指定範囲内で偏光角度を変化させた顕微鏡画像を自動撮像
- 撮像条件等との整合を保って顕微鏡画像の自動保存・管理
- モニタ上での撮像結果・検索結果の呼び出し・閲覧

それぞれは、観察対象試料がスライドガラス上の定点にセットされないことや、偏光による分散色変化検出を利用して観察する必要があること、公定法では観察後にデータが保存されないために計数結果と観察した対象の整合確認がとれないこと、撮像条件から関係性を持った形式で閲覧することで正確な判断のための情報提示が必要、等に対応している。また、顕微鏡の接眼レンズ越しではなくモニタ上での閲覧が可能になることにより、判定作業の肉体的負担の軽減が期待できる。

3. 偏光顕微鏡画像管理システム

我々は、前述の機能要件を満たすべく顕微鏡画像管理システムとしてFig.1のようなシステム設計を行った。この管理システムは、顕微鏡画像取得部および管理エージェント・データベース部、閲覧用GUI(Graphical User Interface)部により構成されている。以下に各部について記載する。

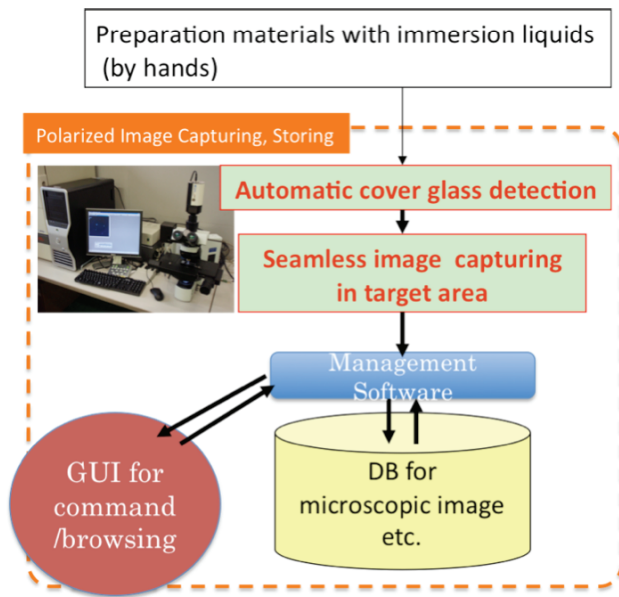


Figure 1: System configuration of microscopic image management system

3.1 顕微鏡画像取得部

顕微鏡画像取得部には、既に独自試作した自動顕微鏡撮像装置^[7]を改良したものを用いる。この撮像装置は、位相差分散顕微鏡（OLYMPUS社BX61、×10接眼レンズ、×40および×10対物レンズ装着）、撮像カメラ（QImaging社Retiga 4000R）、観察対象（スライドガラスおよびカバーガラス、浸液によりセットされる）を移動するXYZ ステージ、偏光板角度制御の各ユニットから構成されており、全てが計算機により同期制御され、撮像対象領域内を×400（×10接眼レンズおよび×40対物レンズ）で複数の局所領域（0.379mm角）画像により撮像可能となっている。ここで、XYZ ステージは機械的な原点を持ち、108mm×67mmの動作範囲内で指定撮像位置に±1μmの精度で制御可能である。また、偏光板角度についてはステップモータにより分解能1°で0°~180°の範囲で制御可能であり、本装置では偏光板角度を0°、45°、90°、135°の4点に制御して撮像することが可能となっている。偏光板角度は撮影前に任意に組み合わせ選択・指定可能となっている。この装置による取得画像は、Multi-TIFF形式36bit-colorもしくは24bit-colorとして取得可能である。撮像条件等の情報は、撮像された画像ファイル名に含むことで、画像と情報についての整合を維持することとした。

ここで、分析現場では観察対象試料は作業員により人手で準備されるが、通常、スライドガラス上のどここの位置に試料をセットし、カバーガラス（本システムの場合、角形22mm角）を被せるかについては、一定ではない。そこで、撮影開始時に顕微鏡装置のCCDカメラ（×10対物レンズに自動交換し、×100で撮像）を用いて、プレパラート上のカバーガラス位置を検出する機能を実装した。解析の結果より、スライドガラスとカバーガラスが重なるエッジ部分に赤成分が多く含まれることに着目し、閾値を設定することでカバーガラスのエッジ部分を検出することとした（Fig. 2）。これにより、カバーガラスが角形であることから、縦エッジと横エッジを検出することで、カバーガラスの位置を推定できる。この機能を実装したことで、観察対象試料を顕微鏡にセットするのみで、指定撮像領域をシームレスに自動撮像可能となった。

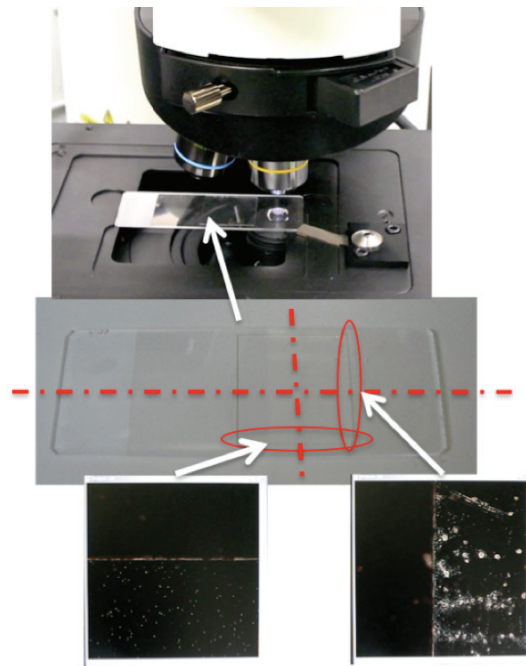


Figure 2: Target area (cover glass) detection based on image processing

3.2 管理エージェント・データベース部

管理エージェント・データベース部は、顕微鏡画像取得部から得られた画像を保存・管理するソフトウェアエージェントにより構成される。管理エージェントは、オンラインで画像取得部による画像データの追加・更新をモニタリングし、追加・更新が確認された場合に撮像条件等のデータとともに顕微鏡画像をデータベースに登録する。ここでは、撮像条件等の付加情報としては、暫定的に①試料ID（取得日時、浸液の種類）、②撮像領域中の位置座標（x, y）、③偏光板角度、④画像ファイル名を登録することとした。これらの情報に基づいて、後述するGUIから管理エージェントを通じて、撮像位置、偏光角度等に基づいて検索が可能になる。

3.3 閲覧用GUI部

閲覧用GUI部は、オペレータからの入力された撮像条件等のデータを管理エージェントへ転送し、この情報に基づいて該当する試料に関する顕微鏡装置で自動撮像された画像を呼び出し、部分領域画像や部分領域画像から構成される俯瞰画像をモニタ上に提示する役割を担う。

このような構成要素によりシステムを構成し連携させることで、管理エージェント・データベースを中心とした顕微鏡画像の取得・保持・閲覧機能が計算機により実現可能になる。

具体的に試作したシステムは、顕微鏡制御を担当する計算機（OS:Windows Xp x64 Edition）とデータベース管理を担当する計算機（OS:Windows Xp x32 Edition）をEthernet(TCP/IP)経由により接続することで構築した。データベース管理計算機上には、データベースソフトウェアであるMySQLを導入し、管理エージェント・ソフトウェアおよび閲覧GUI等の基本的な機能を開発し、実装している。

4. 機能検証実験

Fig. 3 は試作システムを用いて行った一連の実験の様子を示している。図は上から、管理エージェントが顕微鏡画像の追加をオンラインでモニタリングしている様子、画像の追加を確認してオンラインで追加画像を取得してデータベースに情報登録している様子、データベースに登録された画像の一部を閲覧している様子（図中右側モニタ上において、右ウィンドウが周辺9 視野の画像を俯瞰提示、左ウィンドウが俯瞰提示内赤枠領域の局所画像を提示）を示している。

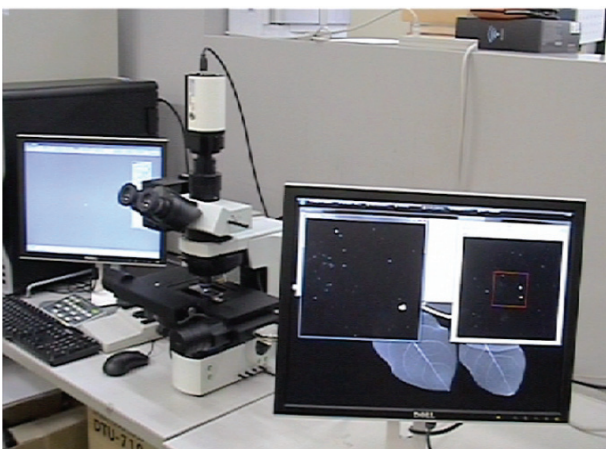
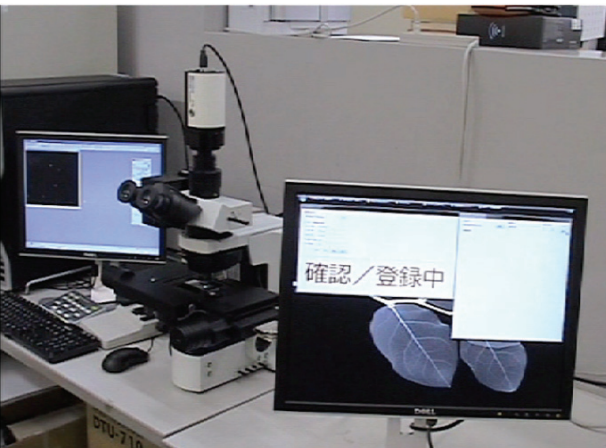
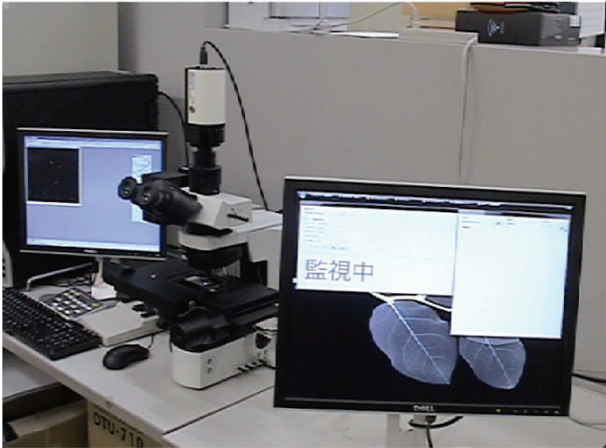


Figure 3: Overview of an experiment of capturing, storing and browsing microscopic image

ここで、Fig. 4は本実験によりデータベースに自動登録・保持されたデータリストの一部を示している。試料IDと撮像位置、偏光板の角度、画像ファイル名が登録されていることが確認できる。テーブル中のx_coord, y_coordは画像取得位置を示しており、整数値によってマトリクス様の表記を採用している。また、particle, asbestosは計数結果のための項目で、今回は使用していない。取得・保存された画像データは、このテーブル内のデータを利用して必要な際に必要な条件で検索可能であり、判定後の判定根拠提示等に活用することができる。

さらに、分析現場のインタビューにより、1つの試料を観察する際には、200~300視野を選択して1000以上の粒子を計数することで計数根拠の偏りをなくすという知見があることから、

これにより、前述したシステム要件を満たした顕微鏡画像管理システムとして連動し、機能することが実証された。実験により、開発システムを用いて225視野（15×15）を0°, 45°, 135°の偏光角度（各地点3回撮像）で撮像したところ、約30分程度の時間を要することが分かった。今後は、撮像データ閲覧機能の実装とともに、分析作業支援の効果についても評価していく必要がある。

ID	x_coord	y_coord	angle	particle	asbestos	filename	
296	20081028	0	0	0	<NULL>	<NULL>	20081028_0000_00.tif
297	20081028	0	0	45	<NULL>	<NULL>	20081028_0000_45.tif
298	20081028	0	0	90	<NULL>	<NULL>	20081028_0000_90.tif
299	20081028	0	1	0	<NULL>	<NULL>	20081028_0001_00.tif
300	20081028	0	1	45	<NULL>	<NULL>	20081028_0001_45.tif
301	20081028	0	1	90	<NULL>	<NULL>	20081028_0001_90.tif
302	20081028	0	2	0	<NULL>	<NULL>	20081028_0002_00.tif
303	20081028	0	2	45	<NULL>	<NULL>	20081028_0002_45.tif
304	20081028	0	2	90	<NULL>	<NULL>	20081028_0002_90.tif
305	20081028	1	0	0	<NULL>	<NULL>	20081028_0100_00.tif
306	20081028	1	0	45	<NULL>	<NULL>	20081028_0100_45.tif
307	20081028	1	0	90	<NULL>	<NULL>	20081028_0100_90.tif
308	20081028	1	1	0	<NULL>	<NULL>	20081028_0101_00.tif
309	20081028	1	1	45	<NULL>	<NULL>	20081028_0101_45.tif
310	20081028	1	1	90	<NULL>	<NULL>	20081028_0101_90.tif
311	20081028	1	2	0	<NULL>	<NULL>	20081028_0102_00.tif
312	20081028	1	2	45	<NULL>	<NULL>	20081028_0102_45.tif
313	20081028	1	2	90	<NULL>	<NULL>	20081028_0102_90.tif
314	20081028	2	0	0	<NULL>	<NULL>	20081028_0200_00.tif
315	20081028	2	0	45	<NULL>	<NULL>	20081028_0200_45.tif
316	20081028	2	0	90	<NULL>	<NULL>	20081028_0200_90.tif
317	20081028	2	1	0	<NULL>	<NULL>	20081028_0201_00.tif
318	20081028	2	1	45	<NULL>	<NULL>	20081028_0201_45.tif
319	20081028	2	1	90	<NULL>	<NULL>	20081028_0201_90.tif
320	20081028	2	2	0	<NULL>	<NULL>	20081028_0202_00.tif
321	20081028	2	2	45	<NULL>	<NULL>	20081028_0202_45.tif
322	20081028	2	2	90	<NULL>	<NULL>	20081028_0202_90.tif

Figure 4: An example of stored data

5. 結言

本稿では、分散染色法による建材中アスベストの定性分析作業支援のために顕微鏡画像の取得・保持・閲覧を支援する顕微鏡画像管理システムの開発について報告を行った。JISに定められた公定法に基づいて、システムの機能要件について抽出し、システムの試作を行うとともに機能検証実験を行った。偏光顕微鏡画像の自動撮像・保存機能を計算機により各部の同期をとって制御することで実現し、取得画像を撮像条件等の情報と整合させた形式でデータベースにオンライン登録する機能を実現した。

今後は、別途開発中の画像処理を用いた粒子およびアスベスト計数手法^{[8][9]}を導入し、観察評価支援情報を提示する機能を実装することで、より高機能な作業支援を実現していく予定である。

謝 辞

本研究の一部は、環境省廃棄物処理等科学研究費補助金（課題番号：K1920, K2061）および竹田理化工業株式会社の支援を受けて実施されたものである。また、(財)建材試験センターにおいて貴重なコメントをいただいた。ここに記して謝意を表する。

文 献

- [1] Furuo S., Nagakura F., Natori Y., & Nakachi S., (2001) Japanese Situation on Asbestos Issues and BANJAN's Activities, *Asbestos Taisakujouhou*, No.29-3, 42-63
- [2] JIS (Japanese Industrial Standard) A 1481: 2006(J) (2006) Determination of asbestos in building material products
- [3] Baron P. A., & Shulman, S. A. (1987) Evaluation of the Magiscan image analyzer for asbestos fiber counting, *Am Ind Hyg Assoc J*, 48(1), 39-46
- [4] Kenny L. C., Asbestos fibre counting by image analysis – the performance of the Manchester asbestos program on Magiscan, *Ann Occup Hyg*, 28(4), 401-415
- [5] Inoue Y, Kaga A, and Yamaguchi K., (1998) Development of an automatic system for counting asbestos fibers using image processing, *Particul Sci Technol*, 16(4), 263-279
- [6] Inoue Y, Kaga A, and Yamaguchi K., (1999) Cross-check between automatic counting system and visual counting facilities of asbestos fibers, *J. Aerosol Res Jpn*, 14(2), 129-137
- [7] 川端邦明, 森下壮一郎, 竹村 裕, 堀田一弘, 三島健稔, 浅間 一, 溝口 博: ロボティクス・メカトロニクス講演会'08 講演論文集 2P1-A24, (2008)
- [8] K. Ishizu, H. Takemura, K. Kawabata, H. Asama, T. Mishima, H. Mizoguchi: "Image Processing of Particle Detection for Asbestos Qualitative Analysis Support Method -- Particle Counting System Based on Classification of Background Area--", *Proceedings of International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision*, pp868-873, 2008
- [9] 森口, 堀田, 高橋: "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", FIT2008 (第7回情報科学技術フォーラム) 予稿集・第3分冊, H-050, 173-174, 2008