

15 画像処理による繊維長計測技術の開発

佐野 誠、佐川洋行

Development of the fiber length measurement by the image processing

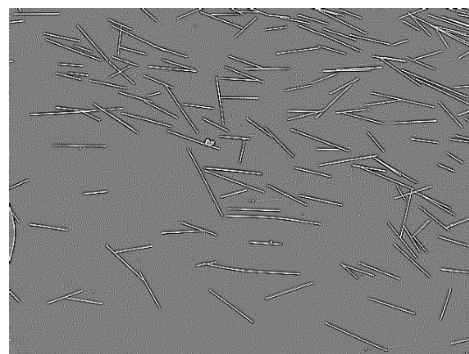
SANO Makoto and SAGAWA Hiroyuki

The strength properties of glass fiber reinforced composite materials are affected by fiber density, fiber length and fiber orientation. Therefore, image processing for automatically measuring fiber density, fiber length, and fiber orientation using images taken with a microscope or the like is required at material development sites. Here, we report the development of a system for determining the fiber length distribution.

キーワード：画像処理、繊維長計測

1 緒 言

繊維長を自動計測する画像処理システムが材料開発の現場で求められている。マイクロスコープ等を使って撮影した画像から繊維長を計測し、効率的に繊維長分布を求めるには画像処理技術を利用した繊維長計測が有効である。ここでは、画像の前処理方法、繊維（線分の両端）の識別方法、長さの計測方法について報告する。



2 繊維長計測アルゴリズム画像の前処理

図1の画像を例に前処理方法（図2）を説明する。初めに原画像（サンプル①）を二次微分によりエッジ抽出を行う。次に固定閾値により二値化する。更に孤立点除去処理によりノイズを除去し、最後に細線化処理を行い1画素程度の幅に細線化する。本前処理では背景を白画素、繊維候補を黒画素として処理をした。

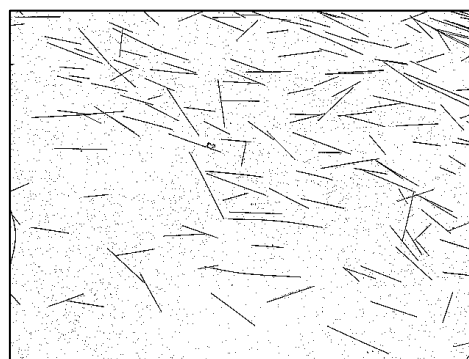


図1 対象の原画像（サンプル①）

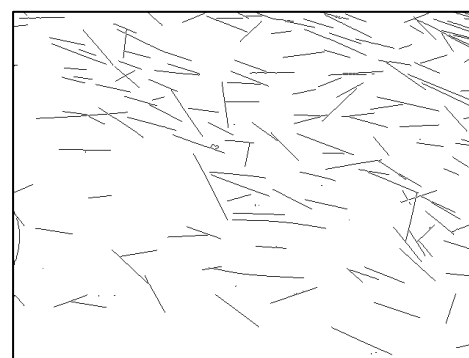


図2 前処理（上から二次微分、二値化、細線化）

3 計測アルゴリズム

本計測アルゴリズムでは、縦線方向検出と横線方向検出の2パターンに分けて線分追跡をする仕様とした。処理内容は縦線方向も横線方向も同様の処理を行うので、ここでは縦線方向検出のアルゴリズムで説明する。

- ① 原画像を水平方向にスキャンし、黒画素が見つければそれを注目画素とする。
- ② 注目画素に**図3(a)**の縦線候補フィルタを掛け、フィルタ値が1で、かつ、原画像が黒画素であれば新たな注目画素とする。これを繰り返し、画素数 N_1 以上縦線方向に画素が連続して存在する場合、縦線候補とする。その際、連続する線分の開始点と N_1 番目の画素との傾きを求める。**図4**の場合、傾きを A とすると、 $A=M_1/N_1$ とする。
- ③ 検出された縦線候補に対して、傾き A に対応した縦線追跡フィルタ（縦×横の画素数： $N_2 \times M_2$ ）を設定し、設定した範囲に黒画素が N_3 個以上あった場合に線分が存在すると判定する。
- ④ 縦線追跡フィルタ内での縦線の傾きが、②で求めた傾き A と比較して、差が閾値 TH_1 以下の場合に縦線登録する。 TH_1 より大きい場合は異なる線分と判断して①に戻る。
- ⑤ 縦線追跡フィルタを $N_4\%$ オーバーラップさせながらフィルタを移動させ、③、④を繰り返す。
- ⑥ ③の縦線追跡フィルタの設定により黒画素が N_3 個未満のとき、線の終端まで追跡したと判断して縦線追跡を終了する。
- ⑦ 縦線登録した黒画素は探索済みとして、以降の縦線探索の候補からは除外し、①に戻ってスキャンを再開する。原画像全体をスキャンし終わるまで①から⑦を繰り返す。

横線方向の線分探索はスキャンを垂直方向に行い、注目画素に**図3(b)**の横線候補フィルタを掛けることで探索候補を求める。アルゴリズムは縦線方向の線分探索と同様に、縦線を横線と読み替えて②から⑦を実行する。

0	0	0
1	●	1
1	1	1

0	1	1
0	●	1
0	1	1

(a) 縦線 (b) 横線
図3 線候補フィルタ

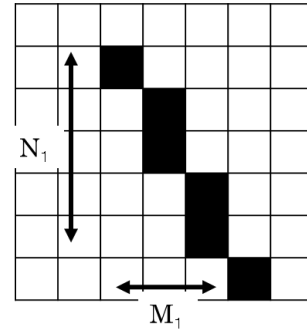


図4 縦線方向の線分の傾き

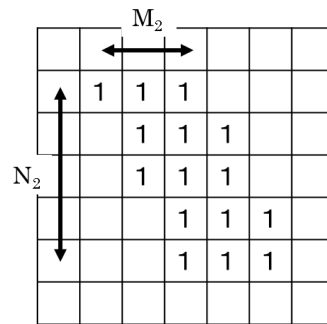


図5 縦線追跡フィルタの例

縦線方向の線分探索と横線方向の線分探索を実施した結果、斜め方向（45度、135度付近、**図4**で $N_1 \doteq M_1$ となる場合）の線分については、同一の繊維を重複してカウントする可能性がある。重複していることを確認した場合、どちらか線分が長い方を残し、短い方を縦線登録あるいは横線登録から除外することで重複計測を回避する。

4 実験

2枚の画像（サンプル①、サンプル②）を用いて手動計測と自動計測との繊維長並びに繊維数について比較を行った。**図1**の画像（サンプル①）を対象とした処理結果を**図6**に示す。これは計測処理した後、線分近似（繊維の始点と終端を直線で結ぶ。）で描画した画像である。また、もう1枚の対象画像（サンプル②）を**図7**に、その処理結果の画像を**図8**に示す。繊維本数、平均繊維長、最小繊維長及び最大繊維長について手動計測と自動計測を比較した結果を**表1**と**表2**に示す。

求めた繊維長を短い順にソートして並べたグラフを**図9**、**図10**に示す。グラフから手動計測と自動計測

の一致度を求める。一致度はグラフの共通部分 / (共通部分 + 差異部分) として求めた。図1の画像(サンプル①)に対しては93.6%、図7の画像(サンプル②)に対しては89.5%の一致度となった。

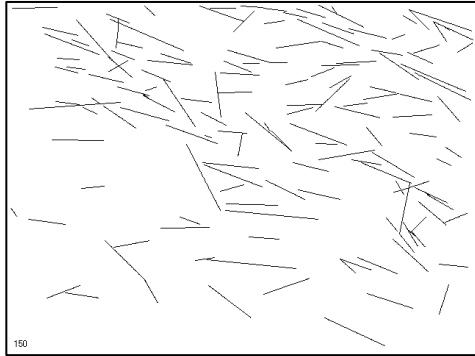


図6 サンプル①の計測結果(線分近似)

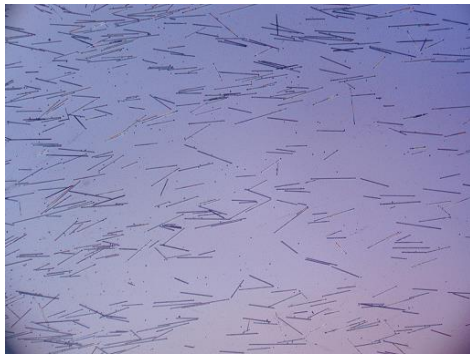


図7 計測対象画像(サンプル②)

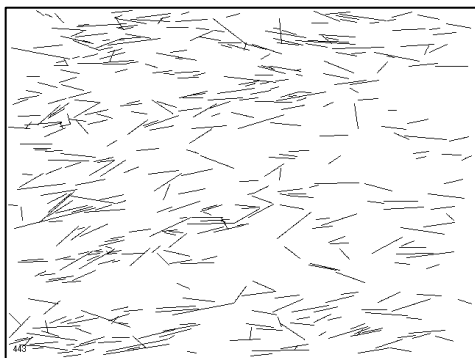


図8 サンプル②の計測結果(線分近似)

表1 サンプル①の計測比較

	自動計測	手動計測	自動/手動
繊維本数[本]	150	140	1.071
平均繊維長[mm]	0.630	0.668	0.943
最小繊維長[mm]	0.105	0.211	0.498
最大繊維長[mm]	1.719	1.737	0.990

表2 サンプル②の計測比較

	自動計測	手動計測	自動/手動
繊維本数[本]	443	426	1.040
平均繊維長[mm]	0.411	0.447	0.919
最小繊維長[mm]	0.076	0.066	1.152
最大繊維長[mm]	1.530	1.492	1.025

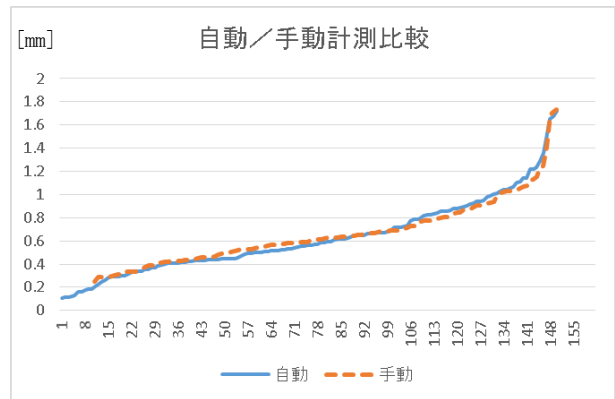


図9 サンプル①の繊維長比較

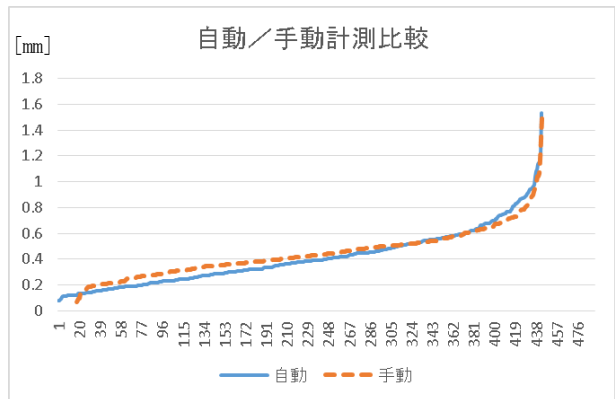


図10 サンプル②の繊維長比較

5 考 察

自動計測の場合、繊維が交差している箇所では、1本の繊維を別々の繊維と判定して分離する可能性がある。その影響もあり、手動計測と比べて自動計測の方が計数した繊維本数が多く、また、全繊維を対象とした平均繊維長は短くなっている。

また、今回開発した計測アルゴリズムは、設定するパラメータ数が多く、主なものでも画像の前処理では二値化のための閾値や孤立点除去処理のサイズや個数、また、計測アルゴリズムでは線追跡フィルタのサイズやフィルタ内の黒画素の個数、追跡線の傾きの差の閾

値などがあり、パラメータの設定次第で結果に影響を与えることも分かった。より適切なパラメータを求めるための手法を検討する必要がある。

さらに、画像の前処理によって得られる細線化画像の精度が、判定結果に大きく影響することも分かっている。原画像に適した画像の前処理を検討することが重要になる。

6 結 言

撮像した2枚の画像サンプルで、繊維長及び繊維本数について手動計測と自動計測との比較を行った。その結果、自動計測では手動計測と比較して、本数は7%程度多く計数し、平均繊維長では8%程度短く計測していることが確認できた。

また、求めた繊維長を短い順にソートして並べ、手動計測と自動計測の結果をグラフ上で比較してその一致度を求めた。その結果、9割前後の一致度であることが確認できた。