

アプリケーションノート

繊維状粒子分析のためのフローイメージング顕微鏡

概要

繊維状粒子の分析は、これまでの方法には多くの問題がありました。レーザ回折、Coulter Countersなどの体積測定ベースの方法では、導き出される測定値は等価球面直径(ESD)だけであり、これは明らかに繊維状粒子の形状を適切に表すものではありませんでした(図1参照)。このため、繊維状粒子の長さおよび幅を正確に測定する方法は、従来の光学顕微鏡が用いられてきました。フローイメージング顕微鏡は、作業者が手動で測定する代わりにコンピュータを使用することで、このプロセスを大幅に高速化することができます。図2に、工業用繊維のFlowCamによる分析の結果を示します。

直線状の繊維粒子を計測することは比較的簡単ですが、繊維が曲がっていると計測は複雑になります。また多くの場合、曲がった繊維の形状を定量化することは、最終製品の性能にとってとても重要です。画像解析ソフトウェアVisual Spreadsheetを備えたFlowCamでは、繊維の曲がり具合を、繊維の長さおよび幅と共に高速に測定することができます。

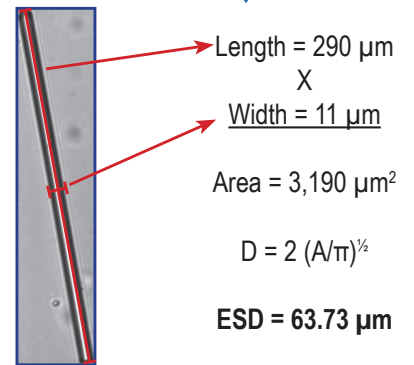


図1. 面積ベースの手法で繊維のESDを計算すると290μm x 11μmのファイバは直径≒64μmと認識されてしまいます。

方法

FlowCamを用いて、アセトン中に懸濁したセルロース繊維のサンプルを分析しました。多くの粒子画像解析システムは、後述するFeret径に基づく長さ及び幅の測定技術を使用しています(Feret法)。

Feret径は、キャリパーを使用する場合と同様に、粒子の輪郭によって作られた2つの接線間の距離に基づいて計測されるため、一般にはキャリパー長とも呼ばれています(図3を参照)。

FlowCamとVisual Spreadsheetは単純なFeret法だけでなく、測地線の長さ(Geodesic Length)と測地線の幅(Geodesic Thickness)を求めるGeodesic法も行うことができます。

図3及び図4は、特定の繊維状粒子画像(図2に示す実験結果の中の粒子画#523)について、これら2つの手法による計算結果を示したものです。

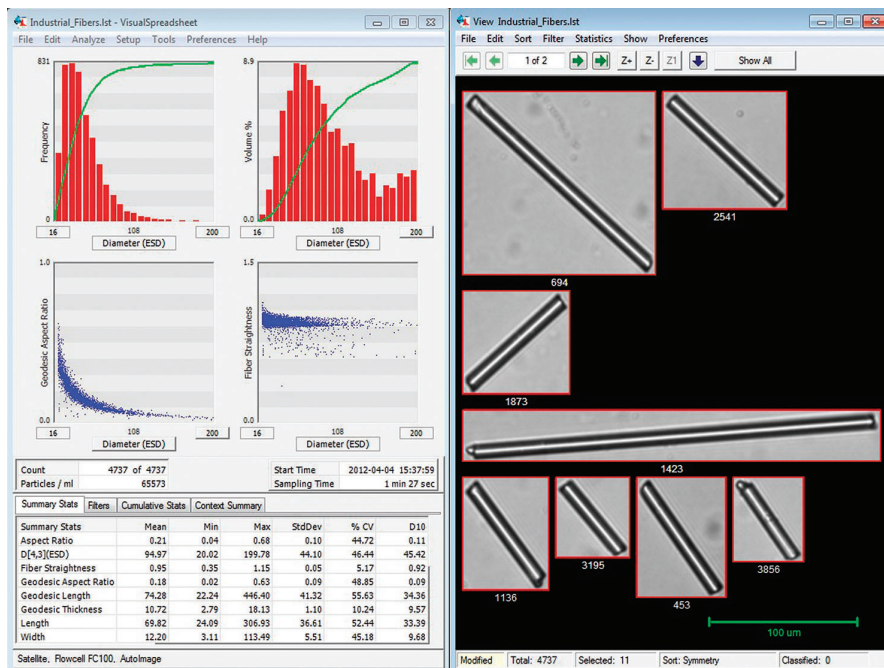


図2. 工業用繊維のFlowCam解析のスクリーンショット

アプリケーションノート(裏面へ続く)

アプリケーションノート

繊維状粒子解析のためのフローイング顕微鏡

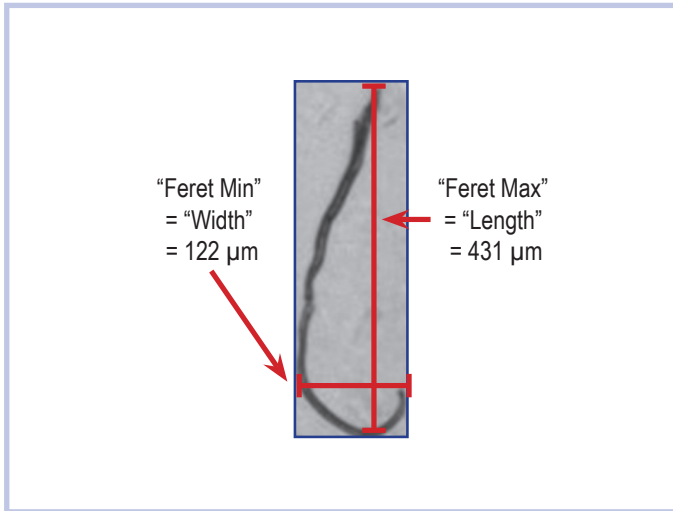


図3. Feret法による長さと呼

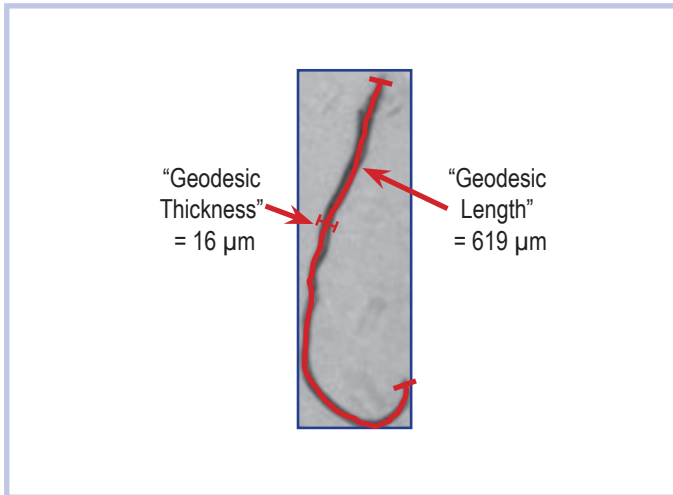


図4. Geodesic法によるの長さと呼(図3との差異に注目されたい)

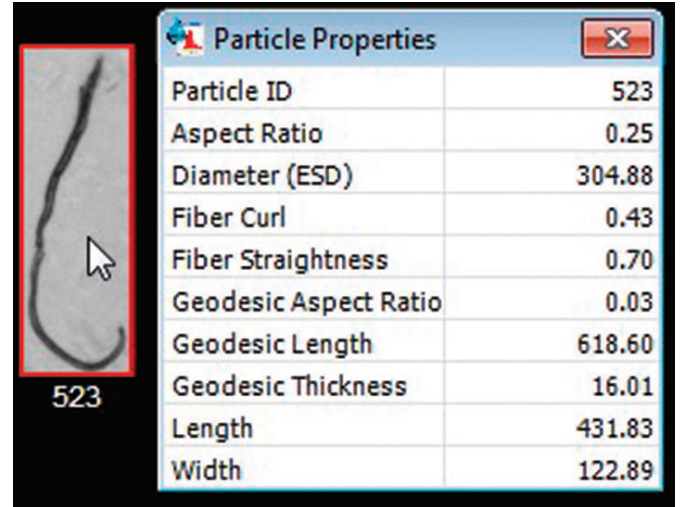


図5. 曲線状の繊維状粒子像及び算出された長さと呼 (Feret法およびGeodesic法を用いて測定した)

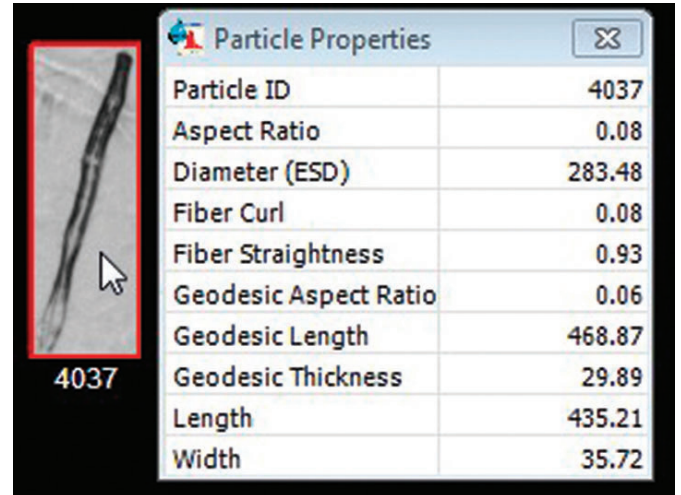


図6. 直線状の繊維状粒子像及び算出された長さと呼 (Feret法およびGeodesic法を用いて測定した)像

図5は、VisualSpreadsheetによって計算されたFeret法に基づく計算結果とGeodesic法に基づく計算結果を示しています。(図2の実験の繊維状粒子#523の画像を示しています。)ここで、“Length”と“Width”はFeret法に基づく計算結果を示しています。

図5から分かりますように、VisualSpreadsheetは、繊維を定量化する2つの計算値(繊維の曲がり具合“Fiber Curl”と真直度“Fiber Straightness”)を算出することができます。繊維の真直度は、Feret法の長さ“Length”を“Geodesic Length”で割った値として定義されます。完全に直線のファイバは1の真直度を示すようになり、真直度の値がゼロに近づくにつれて複雑な曲がり具合が増加します。

一方繊維の曲がり具合“Fiber Curl”は、“Geodesic Length”をFeret法の長さ“Length”長さで割った値から1を引いた値として定義されます。この値がゼロの場合は完全に真っ直ぐな繊維を示し、繊維が曲がっているほど数字が大きくなります。図6の直線状の繊維状粒子の測定値と、図5の曲線状の繊維状粒子の測定値を比較します。曲線状の繊維状粒子は直線状の繊維状粒子と比較しますと、より高い「繊維曲がり具合“Fiber Curl”」と低い「繊維の真直度“Fiber Straightness”」を示しました。また、直線状の繊維状粒子では、2つの異なる方法で測定した幅と長さが近い値が示されました。

アプリケーションノート

繊維状粒子分析のためのフローイメージング顕微鏡

結果

VisualSpreadsheetのフィルタ機能を使用して、計測完了時にサンプル全体について繊維状粒子の曲がり具合、真直度を自動的に測定して分類することができます。

Count	10239 of 10239	Start Time	2012-04-03 09:26:36	
Particles / ml	12010	Sampling Time	23 sec	
Filter	Count	Count %	Volume %	P/ML
Fiber Straightness <0.75	4764	46.53	50.36	5588
Fiber Straightness >0.75	5475	53.47	49.64	6422

図7. 図2の実験で得られた繊維状粒子画像を真直度で分類した結果

例えば図2の実験2から得られた繊維状粒子の測定データに対して、真直度の0.75を超えるものを選択するフィルタをかけた結果を図7に示しました。53.47%の繊維状粒子がこの条件に該当しました

最後に、図8では、図2の実験データの中でこの要件を満たす繊維状粒子画像を示しています。VisualSpreadsheetでは各粒子画像を選択するだけで、粒子の詳細な情報を表示することができます。

VisualSpreadsheetを搭載したFlowCamは、繊維状粒子の特徴量を迅速に計測することができます。ここに示した例では、23秒で10,000を超える繊維を自動的に分析し、従来の方よりもずっと高い統計的信頼性を有するデータを生成することができました。

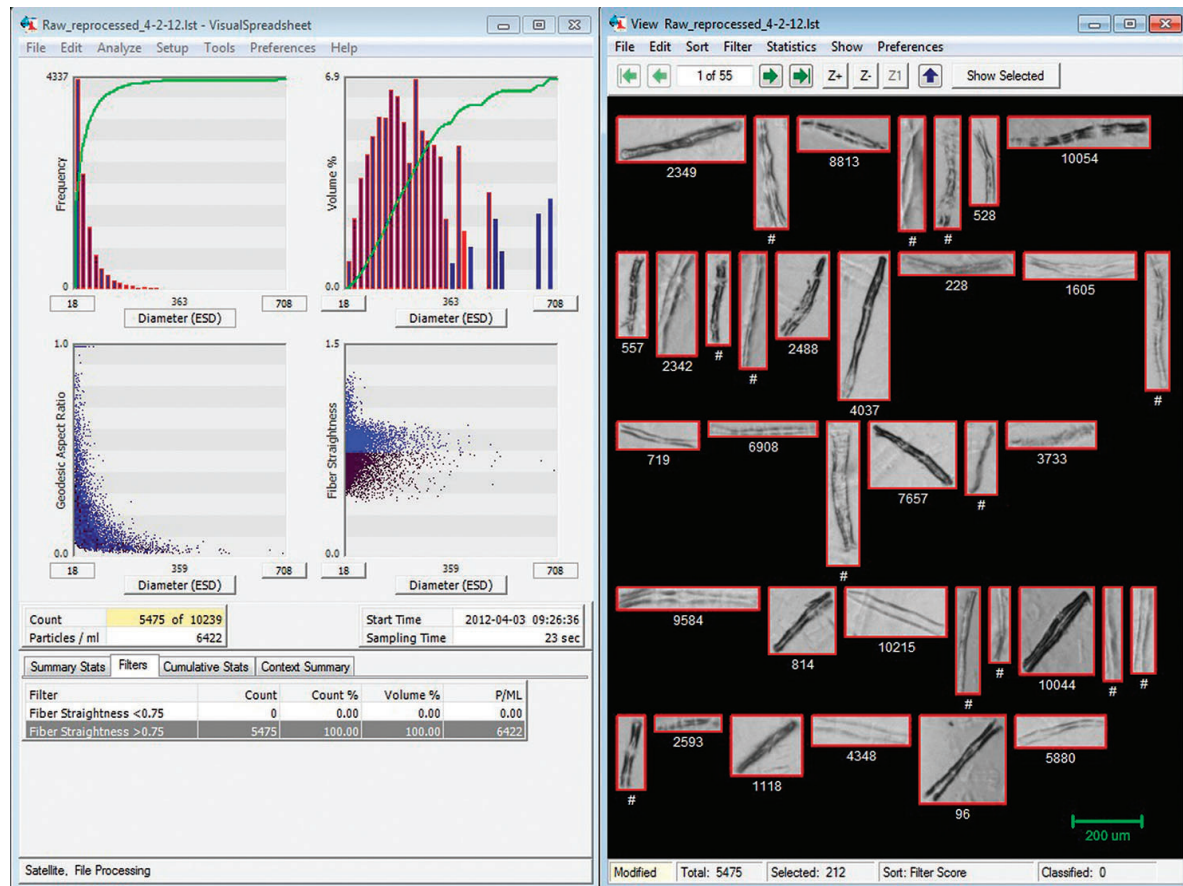


図8. 繊維状粒子のFlowCamによる解析のスクリーンショット
右側の画像は繊維の真直度>0.75の画像を表している