オンライン表面繊維配向計の開発

日本製紙株式会社 中央研究所 ○福岡和彦, 畑野昭夫^{*1}, 阿部裕司, 竹内伸夫^{*2}

Development of On-line System for Measuring Fiber Orientation on Paper Surface

Kazuhiko Fukuoka, Akio Hatano^{*1}, Yuji Abe
and Nobuo Takeuchi^{*2}

Central Research Laboratory, ^{*1}Goutsu Mill,

^{*2}Fushiki Mill, Nippon Paper Industries Co., Ltd.

福岡和彦

It is known that fiber orientation is related to runnability of paper web, curling of paper, dimensional stability and so on. For producing paper with proper fiber orientation it is important to measure and control it in the papermaking process.

We developed the on-line sensor system to measure fiber orientation on paper surface and succeeded in measuring fiber orientation of paper running on paper machine.

1. はじめに

繊維配向は、紙の力学的特性や寸法安定性を決定する重要因子であり、カールなどの製品の走行性、作業性に関する現象（紙ぐせ）に深く関与する。特に、情報用紙等の抄造においては、繊維配向の管理が最重要項目の一つであり、この繊維配向をオンラインで計測し制御することの意義は大きい。しかしながら、現在まで、繊維配向のオンライン計測が実用化されたという報告はない。

我々は、既に、紙表面の繊維配向測定法を開発しているが¹⁾、さらに、抄紙機上でこの表裏の繊維配向を計測することができるオンライン表面繊維配向計を開発した²⁾。現在、このシステムは、実機抄紙機に設置しており、品質管理に不可欠な計測機器として活用されている。本報告では、システムの概要と計測事例について述べる。

2. 測定原理

紙面に対して、垂直に光を入射した場合、図1に示したように、繊維の側面による反射が存在する。入射光軸を中心として試料を360°回転させて得られた反射光の強度分布は、繊維配向性を反映したものであり、次式により配向の強さを表す配向指数、配向の方向を表す配向角が算出される。

$$F(\theta) = C \{1 + \eta \cos 2(\theta - \alpha)\}$$

ここで、F；反射光強度、C；反射光強度分布の平均値、 θ ；試料の回転角度、 η ；配向指数、 α ；配向角である。

オンライン表面繊維配向計は、投光部および受光部に可動部をもたない固定された光学配置を用いている。紙面に対して偏光特性をもたない光（ランダム偏光）を垂直に入射し、紙面で反射した光強度分布を複数個の受光部において同時に測定する（図2）。この方法により、光が照射された同一ヶ所において反射光の強度分布が測定されるため、抄紙工程中などの走行する紙の繊維配向を正確に捕らえることができる。

^{*1}江津工場, ^{*2}伏木工場

図 1 測定原理

図 2 投受光部の光学配置

3. オンライン繊維配向計システムの構成

3.1 センサーの構成

センサーは、投受光部を配置した光学系と反射光の強度信号を処理する電子回路系の2層の構造とした(写真1)。投光部には、半導体レーザー(出力30 mW, 円偏光, 入射スポット径10 mm)を用いており、紙面に対して光が垂直に入射するように配置している。受光部では、偏光子とシリコンフォトダイオード(SPD)を組み合わせており、受光角度 50° の位置で10組を等間隔に配置した。外形寸法は、 $200 \times 200 \times 280$ mmと小型化を実現することができた。

電子回路は、SPDで電気信号に変換された反射光

写真 1 センサー

強度を処理する増幅回路とA/D変換回路、これらの処理を制御するCPUで構成した(図3)。各回路は、10個のSPDにそれぞれ接続され、同時に処理が行われる。そして、デジタル信号化した反射光強度は、一時メモリに蓄積された後、システム制御装置に送信される。

3.2 システム構成とオンライン計測法

オンライン表面繊維配向計システムは、小松島工場1号マシンに設置した。F面およびW面センサーは、リールエンド直前のBM計上部および下部ヘッドに

写真 2 BM計に外付けしたセンサー

図3 電子回路の概要

自製の治具により外付けし（写真2）、センサーと紙のパスラインの間隔は9mmとした。センサーは、十数メートルの通信ケーブルと電源ケーブルで中央操作室に設置したシステム制御装置と接続されており、それらのケーブルはBM計フレームと平行に特設したメッセンジャーワイヤー上を移動するようにした。

システム制御装置は、パソコン、ディスプレイ、ビデオプリンタで構成した（写真3）。パソコンでは、センサーから送信されてくる反射光強度分布から、配向指数および配向角を演算し、幅方向や流れ方向のプロファイルをディスプレイに表示する。したがって、中央操作室で、繊維配向をリアルタイムで監視することができる。また、ディスプレイに表示される幅方向や流れ方向のプロファイル（グラフ）画面は、必要に応じてビデオプリンタに出力でき、数値データも、フロッピーディスクに記録することができる。

幅方向の走査方法は、約3mの紙幅に対して、ドライブ側(DS)からテンダー側(TS)へ走査を開始し、F面センサーに内蔵した光電スイッチにより紙端を検出後、100mm間隔で合計30ヶ所（幅方向No.1～30）において測定を行う（図4）。各測定ヶ所では、500 μ 秒間隔で100点測定し、その平均値がセンサーのメモリに一時保存される。センサーがTSからDSへ戻る間に、メモリに保存されていた幅方向30点分の反射光の強度分布データが順にシステム制御装置に送信され、処理結果（配向指数、配向角）が表示される。

写真3 システム制御装置

幅方向測定点数、幅方向測定間隔、測定回数、測定間隔は、システム制御装置のパソコンで設定し、測定条件としてセンサーCPUに送信される。したがって、幅方向走査測定は、これらの条件に基づいてセンサーCPUの制御により行われる。

図4 幅方向の走査方法

4. オンライン計測結果

4.1 流れ方向の経時変化

安定操業中に、オンライン測定を実施した結果を図5に示す。

配向指数および配向角は、フェルト面 (F面)、ワイヤー面 (W面) とともに安定した数値を示しており、F面はW面と比較して若干変動が大きいですが、これは、長網式抄紙機ではF面がW面より配向性がばらつきやすいことを表している。

また、13:40ごろF面の配向指数が上昇し、再び元のレベルに戻るといった変化が見られた。この時間に、抄速が670 m/min から 700 m/min へ変更されており、配向計は抄速の変更に伴った配向性の変動をオンラインで捕らえたと言える。

4.2 J/W 変更テスト

J/W 変更テスト (99%~103%) を実施し、表裏繊維配向のオンライン測定を行った。

図6に示したように、J/W 変更に伴った配向性の変化を連続的に捕らえていることがわかる。特に、W面配向指数は、J/W が101%と100%の間に最小値が存在することを読み取ることができる。

4.3 紙粉の影響

抄紙工程中に発生する紙粉が、光学ウィンドウに付着し、入射光を妨げる可能性がある。そこで、紙粉の付着状態の確認と配向測定値への影響について調査した。

図7は、24時間オンライン計測した配向角 (全幅方向の平均値) の経時変化を示したものである。F面配向角は、12:00 から19時間以上を経て、 -5.5° から 0.5° と 6° ほど徐々に上昇した。12:00に光学ウィンドウを確認したところ、紙粉の付着は見られなかったが、翌朝8時には、光学ウィンドウ全面に紙粉が付着していた。

紙粉は、光学ウィンドウに徐々に付着するため、受光部で測定される反射光の強度分布に影響し、配向角

図 5 繊維配向性の経時変化 (全幅方向平均)

図 6 J/W 変更時の配向性の変化

の値が変化したものと思われる。この問題については、光学ウィンドウをセンサーシャーシより若干突出させて紙粉が付着しにくい構造としたこと、および、BM 計メンテナンスと並行して定期的な紙粉の拭き取り作業を行うことにより、紙粉の付着および配向測定値への影響が軽減され、問題ないレベルに達していることを確認している。

5. ま と め

抄紙工程中の紙表面の繊維配向をリアルタイムで計測可能なオンライン表面繊維配向計システムを開発した。

本センサーは、反射光の強度分布より、紙表面の繊維配向を計測するものであり、オンライン計測に適した光学系を採用し、投受光部および電子回路（信号処

図 7 紙粉の影響

理回路)を内蔵している。センサーをBM計上部および下部ヘッドに外付けして、幅方向での走査測定が可能なシステムを構築し、実機においてオンライン計測を実施した結果、抄造条件の変更に伴った繊維配向性の変化挙動をリアルタイムで捕らえることができた。

現在、このシステムは実機抄紙機に設置されており、繊維配向のリアルタイム管理に活用されている。また、この技術を基本として、横河電機とBM計搭載型のオンライン表面繊維配向センサーの共同開発を進めて

きたが、このたび完成させることができた。このBM計搭載型配向計は当社2工場に導入済みであり、順調に稼働していることを報告してまとめとする。

参考文献：

- (1) 阿部裕司，轟英伸，竹内伸夫，坂本祥：紙パルプ技術協会誌 第49巻(5)，849-860 (1995)
- (2) 福岡和彦，畑野昭夫，阿部裕司，竹内伸夫：第63回紙パルプ研究発表会 講演要旨集，66-69 (1996)