ファイバープロパティーズ/多次元ファイバー特性*

—紙の品質について—

BTG Pulp and Paper Sensors AB ○バーティル オルソン
 スペクトリス株式会社 BTG 事業部 前 川 卓 彌

Fiber Properties—Paper Quality

—Multidimensional Fiber Characterization—

○Bertil Olsson

BTG Pulp and Paper Sensors AB

Takuya Maekawa

Spectris Co., Ltd. BTG Division

バーティル オルソン

This paper deals with the methods of characterizing fiber properties in order to get defined paper properties. The reasons for on-line real time measurement will be discussed as well as the advantage of pulp characterizing methods based on single fiber properties compared with traditional laboratory measurement on a hand sheet. Discussions of some applications involving on-line fiber analyses. A completely new on-line measuring system, based on the state-of-the-art today, will be presented. By combining knowledge from next generation analyzers and use of new tools for control applications a supervisory control system for optimization of fiber quality will be presented. This contributes to an added value from both lower production cost and more stable quality. Some typical applications set up by using this new analyzer in combination with adopted control package will be presented.

分類：V₂ 紙パルプ工程制御システム，V₃ 紙パルプ工程計器およびセンサ，Q₄ パルプ品質試験法

1. はじめに

紙は、専門性の高い材料に進歩してきた。少し例を挙げても、ティッシュペーパー、板紙、新聞など実にさまざまな機能があることが分かる。

機能の多様性は、さまざまな構造や組成の紙を設計することによって生まれる。このためには製紙メーカーが明瞭に定義され、よく知られた特性をもつパルプ繊維を利用できなければならない。長さ、幅、厚さ、カール、キックなどのパラメータは、さまざまな紙品質にそれぞれ特殊な機能を付与するために重要な繊維特性である。これらの繊維特性のなかには基本的に樹木の中ですでに形成されているものもあるし、製紙工場で加工したときに作られる性質もある。

それでも繊維自体は、樹木の段階から最終的に使用される印刷機などの段階まで同じ繊維であることに変わりはない。しかし、この工程を経るうちに繊維特性は変化していき、各段階で最適な結果が得られるようにそれぞれの仕様が設定される。このとき繊維の特性変化に対する要求や必要条件は、製品の流れとは逆にエンドユーザ側から林業家の方向に向いている。

必要条件や要求は、対象とするインタフェースによってまったく異なる。成功の鍵は、個々のインタフェースで両者が共通の言語を使用することである。インタフェースの例を図1に示す。

多次元繊維分析と従来のラボ手法を組み合わせることで製品品質を予測する新しい可能性が出てきた（図2）。これまでにない革新的なパルプや紙の品質指標に道が開けてきたのである。品質指標は管理戦略の設定に利用し、エネルギー消費量を制限要素として繊維特性を最適化することができる。

*平成18年度年次大会講演（講演 No. B 9）

図 1 樹木の段階からエンドユーザまで同じ繊維だが、繊維に対する要求はエンドユーザから樹木側に逆行

2. 繊維分析装置 MorfiTrac

非常に強力で信頼性の高い測定技術を利用した頑丈でフレキシブルなパルプ分析装置である。このアナライザはモジュール化されており、メンテナンスが容易に行えると共にお客様のニーズに合わせた適応化が簡単に行えるようになっている（図3）。設置方法も簡単で、通信やインタロ

ック用の配線は不要である。通信およびインタロック機能はすべて、工場で使用されている標準的なネットワークを利用した OPC プロトコルで行うことが出来る。なお、もちろん配線によるインタロックは可能である。図4に配置の基本を示す。

この MorfiTrac はパルプサンプルを手動で扱えるだけでなく、8箇所からの自動サンプルも可能である。手動サンプリングも、特殊オプションの「ルーレット」（“The carousel”：図5）を使用して「半自動化」することができる。アナライザとサンプル点の距離は最大 100 m まで試験済みで、アナライザとルーレットの距離は最大 5 m まで可能である（図6）。

図 3 MorfiTrac キャビネット

図 2 工程管理、市場のパルプ仕様、紙品質管理のための繊維分析

図 4 配置の基本

図 5 手動サンプリング用のルーレット

図 6 サンプル操作の基本

図 7 MorfiTrac の内部

図 8 カメラモジュール

MorfiTrac は標準部品で構成されており、可動部品が少ないためメンテナンスは簡単である（図 7）。

MorfiTrac は $1,300 \times 1,040$ ピクセルのカメラシステムによる新規設計であり、1 ピクセルはソフトウェア解像度の 4 マイクロメートルに相当する（図 8）。 $1.5 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ のフローギャップは通常の毛細管系とは大きく異なる。セルが大きいことでかなりサイズの大きなエレメントを分析でき、サンプルの準備に時間がかかることもない。セルをこのように大きくすることで得られる別の重要なポイントは、セルの詰まりという問題がほとんど発生しないことである。

繊維測定では、長さ、幅、外周、カールなど 3,000 以上のオブジェクトが 4 マイクロメートルのソフトウェア解像度で分析される。分析結果は平均値および分布で表される。さらに、オブジェクトごとに結果を別のファイルにエクスポートすることができる。これにより、これまでにない繊維測定の評価の可能性が開ける。

繊維長さの分布は通常、長さに重みをかけて表示するが、他のあらゆる分布も可能である。このカメラシステムでは、他のアナライザに比べて小径の粒子について詳しい情報が得られる。フィルタ機能を使用する代わりに、すべてのデ

ータを保存して繊維特性に関するより完全な情報を確保している（図 9）。

2.1 MorfiTrac 機能の仕様

- ① 分析時間：2 分
- ② 測定特性：
 - ・各種方法による長さ加重
 - ・平均幅
 - ・幅の分布
 - ・長さ分布の 3D 表示
 - ・長繊維と短繊維の比率
 - ・粗度
 - ・カールの平均と分布は 5 種類から設定可能
 - ・キंकの平均角度、キंक繊維の％、破断繊維の％、マイクロフィブリル化の％
 - ・シャイプの平均長と幅、長さ分布計算、10 種類から設定可能な長さ加重または面積加重、幅分布、グ

図 9 針葉樹、広葉樹材の二次元グラフ

図 10 2 種類のサンプラ設置方法：主配管に直接設置、バイパス配管に設置

- ・ ラム当たりの合計面積，面積分布
- ・ 導管の平均長さ と面積，グラム当たりの合計面積
- ・ 微細成分がそれ以外のすべての成分に占める面積率 %，微細成分の長さ と面積の重み付け

2.2 サンプルングシステム

MorfiTrac サンプラは長寿命の無故障動作設計である。管理体積希釈をサンプラで直接実施する（図 10）。

3. アプリケーション

生産ラインにおいて重要な品質特性を監視，管理するには，正確な測定を自動的に高速で実施する優れた分析装置が必要である。MorfiTrac を用いた制御戦略として，BTG APC システムを採用することで MPC（Model predictive control：モデル予測制御）にもとづく高度な管理が行える。

TMP 制御（図 11）の主な目的は

- ・ ろ水度（フリーネス）のばらつきを最小限に抑える

- ・ 長繊維成分の低下を防ぐ
 - ・ 最大限の生産量を確保し，比エネルギーを低減させる
- である。

結果は，この種の制御により最小限のエネルギー消費で一定のろ水度が維持できることを示している。

以下の推移グラフ（図 12）は，制御システムが最小限のエネルギーでどのように一定のろ水度を維持しているかを示すと同時に，最大限の生産量を確保する様子を表している。

この次世代繊維分析装置は，もちろん他の用途にも利用できる。図 13 に調成分野の一例を挙げる。

4. ま と め

現代の製紙業において繊維品質に対する要求や測定管理方法は，製造工程のどの部分にとっても非常に重要である。制御性に対する要求を満たすにはオンラインのリアルタイム結果が必要であり，これは工程フローの全体に適用可能

図 11 TMP プロセス制御の基本構成

図 12 エネルギー・ろ水度・生産量

図 13 MorfiTrac を利用した調成制御の構成例

である。

次世代繊維分析装置, MorfiTrac の機能をまとめると以下の通りである。

- ・ 原材料の変化の監視
- ・ 漂白時の繊維変形の監視
- ・ 市場でのパルプ品質の指定
- ・ 諸特性の純化
- ・ 調成時の混合繊維の管理
- ・ リサイクル作業時の混合繊維の品質管理