非接触式キャリパセンサの導入経験

王子エンジニアリング株式会社 米子事業部 坂 口 浩 昭

Introduction of Non-contact Caliper Sensor

Hiroaki Sakaguchi

Yonago Mill, Oji Engineering Co., Ltd.

Abstract

There has been a large demand of the improvement in the thickness measurement for coated paper for many years. Especially for the higher grade white coated board, the contact caliper sensor is not a best fit due to its marking problem on the coat surface.

The improvement of the contact which physically contacts with paper has been struggled to avoid marking on the paper by changing the contact materials or contact pressure. But they deteriorated measurement accuracy and finally have not become the solution.

In May 2006, upgrade of QCS from Honeywell MXOpen to the latest DaVinci system was done for 3 M/C in Yonago Mill. At that timing, Honeywell had just announced the release of non-contact caliper sensor and we decided to apply this in this upgrade.

Honeywell's non-contact caliper sensor is the technology using laser to measure the thickness without contact and best fit for the sensitive paper surface. The caliper measurements for the grades for which have not been done before due to the marking would bring large benefit and effect.

In this article, the actual application of Honeywell's laser caliper sensor would be reported with measuring data.

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

1. はじめに

従来から、塗工紙における紙厚測定はその測定方式を改善する声が多かった。特に高級白板紙のように塗工表面がデリケートである紙にとって、接触式厚みセンサは紙表面へのキズ入り問題を抱えていた。過去にも、物理的に紙に接触する厚みセンサ接触子の最適化（接触子の材質の見直し等）や、そのセンサ接触圧軽減による紙面へのキズ入り回避に取り組んできたが、結果はセンサ精度と相反するばかりで、それらの解決策にはならなかった。2006年5月に、米子工場3号マシンのBM計をハネウェル社製MXOpenシステムから同社製DaVinciシステムへ更新した。同時期に、ハネウェル社製非接触式厚みセンサ（レーザキャリパセンサ）が発表され、この新センサを採用した。

非接触式キャリパセンサは、レーザ技術を使い、紙の表

面に触れることなく厚みを測定でき、従来は紙へのキズ入りにより使用できなかった銘柄での厚み測定を可能とし、その効果と利益を絶大なものにすると期待できる。

本稿では、ハネウェル社製レーザキャリパセンサの導入経験とその測定状況について紹介する。

2. 3号マシン概要及びBMシステム構成

2.1 3号マシン概要

3号マシンの概要を以下に示す。

- ・生産品目：高級白板紙
- ・ワイヤ幅：3,960 mm
- ・抄速：220～580 m/分

2.2 BMシステム構成

システム構成は、スキャナが7台接続され、オペレータステーション9台である。レーザキャリパセンサは、#5

図 1 BM システム構成

- ・プレスパートスキャナ：ExPress 水分センサ
- ・#0 スキャナ：坪量センサ，水分センサ
- ・#1 スキャナ：坪量センサ，水分センサ，厚みセンサ，カラーセンサ，IR 塗工量センサ
- ・#2 スキャナ：坪量センサ，水分センサ，IR 塗工量センサ
- ・#3 スキャナ：坪量センサ，水分センサ，カラーセンサ，IR 塗工量センサ
- ・#4 スキャナ：坪量センサ，水分センサ，IR 塗工量センサ
- ・#5 スキャナ：坪量センサ，水分センサ，厚みセンサ（レーザ及び接触式），カラーセンサ，IR 塗工量センサ

スキャナ（リール前スキャナ）に設置されている。各スキャナのセンサ構成を図 1 に示す。

3. プリジジョン・レーザキャリパ・センサについて

3.1 センサ測定原理と概要

ここでは、レーザキャリパセンサの測定原理と概要について簡単に説明する。図 2 に示されるように三つのセンサがそれぞれの距離を測定後、紙の厚みを求める。

各レーザを使った測定原理は、図 3 のように三角測量原

理に基づき上下ヘッドそれぞれのレーザセンサによりヘッドから紙までの距離（ L_{top} 、 L_{bot} ）を測定する。レーザキャリパセンサに搭載された Z センサは、上下ヘッド間の距離 Z を測定する。これらの結果より、紙の厚み T_x は、下記の式で表される。

$$T_x = Z - (L_{top} + L_{bot})$$

ここで使用される Z センサは、セラミック素材を使ったその機械構造により温度の影響を受け難くっており、さらにペルチェクーラーにより温度制御がなされている。

図 2 測定原理

図 3 レーザ光を使った三角測量原理

上下レーザスポット位置の違いによる厚み測定誤差を避ける為に、測定位置で紙を水平に保つ為の機構（エアクランプ）を装備している。

このエアクランプ機構は、図4のドームと呼ばれている円盤にある機構である。ドーム上のスリットからエアを吹き出す構造だが、その吹き出しスロットには特別なカーブが施されていて、このカーブがコアンダ効果と呼ばれる現象を発生させ、シート角度を紙に触れることなく水平に確保し測定位置で安定させている（図5）。

このエア機構によりレーザキャリパセンサは、オンラインでも安定した誤差の少ない測定をできる構造になっている。

4. センサ設置

4.1 センサ取付け作業

レーザキャリパセンサは、7本フレーム中の#5 スキャナに設置した。#5 スキャナは、リール前に設置されており、そのセンサヘッドは、6 センサまでが内部搭載可能である。今回レーザキャリパセンサはシステムの設置後の取り付けとなったが、簡単に取り付ける事ができ特別な作業は必要としなかった。

4.2 センサ調整

取り付け後のセンサ調整として、センサアライメントとセンサキャリブレーション及びエアクランプのエア流量調整が行われる。まずセンサアライメントであるが、以下の2点の調整を行う。

- ① 紙厚測定位置での紙が水平に最適な位置決め
- ② 上側及び下側のレーザスポットが測定位置で同一点となるような位置決め

①の調整方法は、オフラインで紙をセンサ上に置きエアクランプ機構が紙を測定している状態でレーザセンサの位置をMD方向とCD方向に移動させ、測定に適切な位置を確認する。ただし、オンラインではこの適切な位置を再調整が必要な場合もある。②の調整方法は片側のセンサの調整位置が決まった後で、もう片方のセンサの位置決めを調整ツールにより測定位置を合わせる。

つぎにセンサキャリブレーションであるが、その目的は絶対値をLVDTにて測定し、相対的なセンサである上下のレーザ及びZセンサの信号を測定可能な状態にすることである。

5. 測定状況の把握

5.1 エアクランプ機構の有効性の確認

最初にエアクランプ圧 15 psi (0.103 MPa) の条件で厚み測定を行った。表示プロファイルは 10 mm/スライスのミニスライスプロファイルである。図6上段に表示されているのはレーザキャリパ(青)と接触式キャリパセンサ(緑)のプロファイルを表示したものである。測定は同時に行い接触式と非接触式が比較できるようにした。結果は、非常に相関の高いプロファイル ($\pm 1.9 \mu\text{m}$ のばらつき) となった。図6下段のプロファイルは、レーザと接触式のスライス毎の差分を表示したプロファイルである。図7は、エ

図4 ドーム

図5 エアクランプ機構の原理

アクランプの効果を確認する為に、エアを止めた状態でレーザと接触式の測定値の比較を行ったプロファイルを表示したものである。上段がその比較プロファイル ($\pm 3.3 \mu\text{m}$ のばらつき) であるが、エアクランプ機構を使った方が、より相関が取れている事がわかり、機構の測定値精度への有効性を確認できた。

しかしながら、テスト段階でひとつの問題が発生した。非接触で紙面を測定位置で安定させるエアクランプ機構であるが、厚紙を抄造時、時折塗工面の塗料がドームに付着し、その後、硬化した付着塗料により紙面にキズをつけてしまう不具合が発生した。

5.2 エアクランプ機構の改善

この対策としてボルテックスタイプのエアクランプ機構(写真1)を変更した。このエアクランプ機構のエアの流れは、写真2に示す。

エアクランプ圧を 10 psi (0.07 Mpa) に設定し、再度テストを実施した。図8は、そのテストにて得た測定プロファイルデータである。前回、キズ入りを発生させてしまったが、接触式と相関があったコアンダタイプのエアクランプ機構を使った測定結果と比較してほぼ同様の相関を確認することができた。また、エアクランプ機構をボルテックスタイプへ変更した後では、紙面へのキズ入りは発生しなかった。

6. 今後の展開

これまでのテストした品種では、非接触式レーザキャリパセンサは接触式キャリパセンサとの高い相関を確認する

図 6 エアクランプ圧 15 psi

図 7 エアクランプ圧 0 psi (エアクランプ機構未使用)

写真 1 ボルトテックスタイプ (エアクランプ機構)

写真 2 ボルトテックスタイプ (エア流れ方向)

図 8 ボルテックスタイプ エアクランプ圧 10 psi

ことができた。エアクランプ機構による紙面へのキズ入りについてはボルテックス式のエアクランプ機構を採用してからは発生していない。

3号マシンで抄造している紙は、塗工表面がデリケートである品種が多く、もはや接触式のキャリパセンサでは品質と製造効率を改善することはほぼ限界であった。今までは接触式では測定できない品種についての調整やグレードチェンジには、多くの時間を費やしていた。しかし、レー

ザキャリパセンサによってグレードチェンジの時間短縮が可能となった。今後も積極的に、レーザキャリパセンサを活用し、品質と製造効率を改善取り組んでいきたいと考えている。

最後になりましたが、レーザキャリパセンサ導入と導入後の改善にご協力をいただいたハネウエルジャパン株式会社の皆様に感謝したい。