最新のストリーク筋検出技術

株式会社ヒューテック 開発部 杉 野 欣 伸

The Latest Technology of Detecting Streaky Flaws

Yoshinobu Sugino

Research and Development Dept., Futec Inc.

As has been the case, many requirements are made to the inspection system. Even more diversified requirements are seen because of its possible versatile applications. There are some industries in which, a short while back, it was thought to be hard to apply automatic inspection, but now because of more increased competition, some kind of automatic inspection would be a most effective means to be apart from the other competitors. The competition is not only among domestic but world-wide and is by all means intensifying.

As to the overall performance, there are two critical points in focus. The first is how to most effectively utilize the flaw data for the improvement of product quality and production yield. The inspection system was once regarded as a simple sensor, but the times have changed now and is required to provide an opportunity to becoming more competitive position in the market. The collected data is thought to be even more valuable if it were shared among operators via network. It would be further processed, like SQC analysis, to bring in more benefit.

The second is, needless to say, the sensitivity itself. Market is going to require defects detected which were used to be not required before. The more sensitive means, more data is gathered.

It is crucial to make the system more efficient in handling vast flaw data along with improved sensitivity. On top, how to most effectively share that flaw data internally in order to achieve the better result.

Here I describe briefly about how we can achieve the afore-mentioned balanced performance.

分類：V₃ 紙パルプ工程計器およびセンサ，V₁ 計装・制御システム一般

1. はじめに

今までもそうであったようにこれからも検査システムへの要求は多種多様であり、要求の数もますます増えていくと思われる。また、従来検査システムを必要としていなかった業界へも拡がりを見せており、気が付けば周辺のどの業界も最新の検査システムが林立し

ているという状態になりかねません。この状態は、日本の製造業が他と差別化をして生き残るために許しては通れないものと判断します。この環境下、各業界においてお客様から検査システムに求められる要求内容としては、大きく下記の2点がクローズアップされている。一つは検査システムのデータの有効利用です。過去に遡ってみると、検査システムは検査機であり単

なるセンサーに置き替わるものとして利用されていた。しかし、お客様の製品の品質が急速に高くなっていくという環境のなか、検出したデータをどのように利用すれば品質保証が十分になされ、かつ生産の効率が上がるか、さらには品質の向上に繋がるかが模索され始めている。ネットワークによるデータの加工・共用化がデータの有効利用の兆しである。また、もう一つクローズアップされているのは当然ながら検出性能であり、簡単にいえば従来の検査機で検出できなかったものも検出するということである。この検出性能が向上することは前述のデータの加工・共用化にも大きく影響がありバランスのとれた検査システムには不可欠である。本報ではこの検出性能を向上させるための技術を記述する。

2. 紙パ業界が品質・歩留まり向上に抱える課題と求められる技術

紙パルプ業界の原反から一般消費者までの生産の流れにおける位置はかなり上流の業界ということになる。この場合、当然ながら下流の工程ほど製品の付加価値が高くなるわけで、クレームを起こした場合の保証も場合によっては大きなダメージとなる。また、下流業界の品質に関する動向も影響する。例えば様々な市場における検査機の比率が高くなってきているということも、それら市場がどのような検査機を使用しているのかということも影響するだろうし、下流大手メーカーの品質トラブルも当然大きく影響する。この下流の業界の品質動向は景気によっても大きく左右される。どの業界も不景気なときほど検査の人員を投入し、歩留りをあげようとする。このため品質保証のレベルが厳しくなってくる。

これとは別に、工程の条件による不利な点も上げられる。紙パ業界は大きなマシンで早く巻いて生産効率を上げているが、下流の工程はラインスピードが遅く、検査幅も狭いため、安価で高性能な検査が実現しやすい。現状弊社が納入している例を表1に提示する。

以上のような品質保証上の条件を抱え、具体的には

下記のような具体的品質トラブルがある。当然これらは検査機メーカーの目で判断した物のみである。

- (1) 穴
- (2) 汚れ
- (3) 虫
- (4) しわ
- (5) 耳破れ
- (6) スジ

これらが代表的な欠陥であるが、検出困難な欠陥といえば6番目のスジである。すじ状の欠点は、抄紙ラインではしわ、塗工ラインではドクターブレードに起因する塗工すじが問題となる。以前は長いすじが問題視されていたが、最近では使用目的にもよるが、印刷用、プリンター用の塗工紙であれば短いスジでもNGとなる。中にはシャープで細いスジ、少し太めの輪郭が不鮮明なスジ、そして斜めのスジもある。

3. 上記課題解決に対する、弊社技術の対応

上記スジに関する課題の解決には複数技術のバランスのとれた向上が同時に求められる。これらは全てが揃って最大限の効果が得られる。それらを下記に列記する。

3.1 スジ検出に適合した光学系

基本的に検査システムは正常な部分の光学的特性と異常な部分の光学的特性の差が大きくなるように光学系を組む。このように考えると抄紙面は光を拡散反射させる特性を持っているのに対し、塗装面は、鏡面反射と拡散反射の中間的な図1のような反射配光曲線になっていると考えられる。

従って抄紙面上のスジ(しわ)は、表面の光学的特性は良品部分と全く同じであり、見る方向によって見えたり、見えなかったりする欠点である。しわの凹凸部による反射光線の角度の変化を捕らえる方式が用いられるが変化量は少なく、検出の処理が重要になる。塗工面の塗工ムラによるスジは表面の光沢の度合に応じて、正反射の成分の大きさが変化するが、微塗工紙の場合その変化の小さな場合が多くやはり検出の処理

表 1 検出性能の業界差

	無地メーカー		印刷メーカー
ラインスピード	600 m/min	900 m/min	100 m/min～200 m/min
幅分解能	0.2 mm	0.2 mm	0.1 mm
流れ分解能 2,000 bit カメラ	0.6 mm	0.9 mm	—
流れ分可能 4,000 bit カメラ	1.20 mm	1.80 mm	0.4 mm

図 1 抄紙面（左図）と塗工面（右図）の反射配光曲線

が重要になる。ただし、表面が更に鏡面に近いコート紙では大きな変化が得られる場合が多い。

また特殊な例であるが凹凸性の欠陥に対しては指向性の強い光源によって反射角度の変化を強調させたり、塗工の材質に依存するが、光の波長域によって変化を大きくさせる場合もある。

3.2 レンズの性能

光のはいる順番でいえば、光学系の次に、検出に影響がでるのはレンズである。このレンズの性能を決める数値で重要なのが、まず、空間周波数である。これは、ミリ何本と表現されているが簡単にいうと1mmの間隔で何本の線が認識できるかである。すなわちこの数値が大きいほどより高精度の検査が可能になる。その他に周辺光量、収差といわれるものは、空間周波数も同様であるがレンズの中心から端部までの性能差を表している。もちろん性能差が小さなものほど高精度の検査に向いている。ただし、高性能のレンズは高精度の検査に検査に向いているが最終的には検出とコストのバランスになる。

3.3 カメラの性能

カメラにはCCDの一個のセルの縦横比が1:1のもの、縦の方が長いものがある。前者は微小欠点には強いが、コントラストの低いスジの検出には弱く、後者はコントラストの低いスジには強いが、微小欠陥には弱いという特徴を持つ。ただし、最近では検出部の性能も向上してきており前者のCCDでもコントラストの低いスジが検出しやすくなっている。この場合、効いてくるのがカメラの駆動クロックである。言い換えれば流れ方向の分解能であり、同じスジを検出する場合でも早いほうがたくさんスキャンすることになる。スジには濃度むらがありたくさんスキャンした方が検出する可能性が高くなるのは当然である。短いスジは更にいうまでもない。

3.4 検出部の性能

ビデオ信号を処理する検出部は複数の要素が含まれる。検出の前処理から検出の後処理まで含み、やはりどの

部分が欠けても検出性能に大きく影響する。

3.4.1 調 光

まず、検出性能を維持するには、常にCCDに適正な光量を与えることが肝要である。確かに処理部にレベルの補正機能を有しているが、光量不足によるコントラスト低減はカメラで生じるためレベル補正機能では補えないものである。従って、大きなレベル補正は調光機能にて行い、レベルの微調を行うのが下記レベル補正である。

3.4.2 補 正

入力されたビデオそのままでは、精度の高い検出はできず、レベル補正、シェーディング補正により有効視野内を同一レベルに均一にする必要がある。検査機のタイプによってはスレッシュホールドレベルを地合のレベルにあわせるものもある。

3.4.3 複数の検出系

単一の検出系だけでは不規則な形状、濃度分布パターンの多種多様な欠陥を高い確率で検出することはできない。そこで人が認知すると思える有効な複数の検出系を並列にして処理する必要がある。これら検出系の代表的なものを下記に列記し、その中でスジの検出技術を示す。

1) エッジ強調

この検出系は基本的に、地合信号の中の、コントラストのある程度以上の微小な欠点を検出するのに有効な検出系である。ただし、使用方法によってはスジの検出にも非常に有効になる場合がある。例えばコントラストの低い短いスジ、斜めのスジにおいて、部分的にしか検出できなくても後処理のつながり処理を入れることにより微小異物とは判定せずにスジとして判定することができる（図2）。

2) 薄汚れ強調

この検出系は基本的にある一定面積のコントラストが低い汚れを検出するのに有効な検出系である。前述したように塗工のスジにはシャープなものもあるが輪郭が不明確なものもある。この場合当強調処理にて不

図 2 斜めのスジの検出

図 3 不鮮明なスジの検出

図 4 細いスジの検出

明確な輪郭を浮き立たせ、縦横比からスジであると判定させることができる。もちろん断続的なものもつながり処理で検出しやすくなっている（図3）。

3) スジ強調

この検出系は名前の通り、基本的にある一定の長さの以上のコントラストが低い細いスジを検出するのに有効な検出系である（図4）。

3.4.4 検出部の処理速度

微細な信号、コントラストの低い細いスジを検出する場合、重要なのが信号処理部の速度である。簡単にいえばCCDのセル一個一個を間引きせずに処理できるかどうかである。カメラが40 MHzで駆動する場合は処理側も同じ周波数で駆動させる必要があります。これは信号を受け検出・計測し、結果をソフトに渡すまでである。

3.5 処理能力

上記4項目の技術向上を満足した高精度の外観検査システムを導入すると、確かに検出目的とする有害な微細欠点は検出できるが、それに伴い、微細な無害欠点までも検出されるようになる。そのため、その後の処理が従来通りであれば、処理が追いつかず画像がたくさん抜けたり、最悪の場合は検出さえ抜けることになる。また、画像の表示能力が速いだけでは、いたずらに検出数を増加させ次工程の効率を落とすか、感度を故意に落とし検査機の性能を十分発揮させないまま致命傷の欠点の流出というリスクを負ってしまう。この対策として検出データを細分化（弁別）し、更に保

証用のデータと管理用のデータとに分ける必要性がある。この結果、高感度でも使用でき検査機の性能を100%生かすことになる（図5）。さらに地合すれすれにスレッシュレベルを設定することも可能となりこれもやはりスジの検出性能を向上させることになる。

4. 「MaxEye. P」の概要

4.1 「MaxEye. P」の機能・特徴

当システムは、各欠点に対し、コントラスト・欠点サイズ以外にも信号レベルのピーク値や欠点の形状データといった欠点の特徴データをもとに弁別を行うことで、有害・無害欠点の区別が容易にしかもリアルタイムに行えるようになった。もちろん扱うデータ量が膨大になるので画像処理能力も著しく向上しています。また、当システムでは100種の欠点種別・欠点クラスのそれぞれに対し、欠点の重要度が設定でき、それぞれの設定により検査データを出力できるため、製造中に使用するデータ・品質管理部門で使用するデータ、品質保証部門で使用するデータ、さらには次工程例えばリワインダーで使用するデータと切り替えることが可能となった（図6）。

その他にも、100品種の欠点データを設定するためのアシスト機能、カメラ診断機能、自己診断機能と従来の検査機にはなかった機能が標準搭載され、納入後のメンテナンスも容易である。

図5 弁別処理の必要性

図 6 工程支援ツール

5. おわりに

動向の激しい産業界において、検査機導入に当たり、どの期間で、何がしたいか、そしてそれがどのような効果をあげるかが肝要である。従って、我々検査機メーカーも上流、下流の検査スペック、市場動向を睨み

ながら、コンサルティング的な内容を含む製品作り、提案をしていく必要性がでてきている。そのためには、導入担当者の方々と我々サプライヤー側のさらなる協力が不可欠であり、そこで潜在化している要望を顕在化し、更に次世代の検査機を生み、産業界に貢献していくものと確信している。

検査システム「iSシリーズ」を低価格で提供すべく開発された検査システムである。「iSシリーズ」はデジタル画像処理により、同じ検査面を異なる角度の2つのカメラで検査し、その2つの欠陥画像から得られた約80種の特徴パラメータにより欠陥を細かく分類でき、さらに金属表面の薄いスクラッチ（ひっかき疵）を検出するためのストリーク検出アルゴリズムも有している。

「スマート・ビュー」はこれらの機能を継承し、完全デジタル処理による高精度検出と豊富な特徴量による欠陥の分類機能が特長である。

本稿では、ストリーク検出機能に焦点をあて、「スマート・ビュー ICN」の機能を紹介する。

(本文 60 ページ)

最新のストリーク筋検出技術

東芝 IT ソリューション株式会社 画像処理応用機器部 藤田 稔

ストリーク・筋欠陥は、細長いといった形状的特徴を有するが、非常に低コントラストの欠陥である場合が多い。そこで、欠陥の空間周波数（幅、長さ）注目し、ストリーク・筋に最適化された複数の欠陥検出回路を具備した検査装置 M 9000 を開発した。本検査装置によれば、最適な条件のもとで地合との S/N 比で 0.25~0.5 程度の低コントラストの欠陥が検出可能となる。複数の検出回路をストリーク筋に割り当てることができるので、幅広い形状的特徴を持つ欠陥を検出することができる。

これら複数の欠陥検出回路から出力される欠陥データを連結統合することができる。連結統合することにより、ストリーク筋欠陥の実体を表現するより正確な特徴量を抽出することが可能になる。この特徴量を用いて欠陥種類自動判別が実現される。

検出精度が非常に高い検査では、画像入力、前処理および調整サポートツールに、特別な配慮が欠かせない。カメラごと、画素ごとの感度のばらつきを補正する機能、時間的な入力画像の明るさを一定に保つ機能など備えられている。また欠陥検出回路ごとにビジュアルに表現される、ピークトレンドグラフは検査装置が本来持つ性能を発揮するうえで非常に有用な機能である。

(本文 64 ページ)

最新のストリーク筋検出技術

株式会社ヒューテック 開発部 杉野 欣伸

今までもそうであったようにこれからも検査システムへの要求は多種多様であり、要求の数もますます増えていくと思われる。また、従来検査システムを必要としていなかった業界へも拡がりを見せており、気が付けば周辺のどの業界も最新の検査システムが林立しているという状態になりかねない。この状態は、日本の製造業が他と差別化をして生き残るためにさけては通れないものと判断する。この環境下、各業界においてお客様から検査システムに求められる要求内容としては、大きく下記の2点がクローズアップされている。一つは検査システムのデータの有効利用です。過去に遡ってみると、検査システムは検査機であり単なるセンサーに置き替わる物として、利用されていた。しかし、お客様の製品の品質が急速に高くなっていくという環境のなか、検出したデータをどのように利用すれば品質保証が十分になされ、かつ生産の効率が上がるか、さらには品質の向上に繋がるかが模索され始めている。ネットワークによるデータの加工・共用化がデータの有効利用の兆しである。また、もう一つクローズアップされているのは当然ながら検出性能であり、簡単にいえば従来の検査機で検出できなかったものも検出するということである。この検出性能が向上することは前述のデータの加工・共用化にも大きく影響がありバランスのとれた検査システムには不可欠である。今回はこの検出性能を向上させるための技術について述べる。

(本文 70 ページ)