最新のストリーク・筋欠陥検出技術 —NASP-マルチ 500 システムのアルゴリズム—

オムロン株式会社 ビジョンシステム事業部技術部 中 田 雅 博

The Newest Technology of Detecting Streak and Line Fault —Algorithm of NASP-Multi 500 System—

Masahiro Nakata

Technology Development, Vision System Business DIV, OMRON Corporation

The measure that detects the streak fault in our company becomes about ten years. As a trend of those days to the next of the Spot-fault inspection system, we developed technology and products, and we developed the Streak-fault inspection system that combined analog-processing technology and special detection algorithm. In the performance of detecting the streak fault, the improvement was continuously achieved up to now. The feature of the streak fault is long, slender, linear, and that the defective signal is a minute level. So, it is beginning of the measure that we adopted the camera and detection algorithm, which is different from these of detecting the spot fault.

At present, using image-processing technology, we develop the detection algorithm that suited the amount of the features of the streak fault, and have released the products whose detection performance improved. Furthermore, the detection algorithm has evolved by the needs of detecting the scratch fault, the line fault, and the wrinkles fault.

Thus, it is sure that sensor technology has contributed to the base somewhat to the demand or needs of the paper manufacture industry till present.

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

当社におけるストリーク欠陥検出への取り組みは、十数年になる。スポット欠陥検出システムの次に当時のトレンドとして、技術開発・商品開発を行い、アナログ処理技術と特殊な検出アルゴリズムを組み合わせたストリーク欠陥システムを開発した。そして、検出性能面において、現在に至るまで継続的に改善が図られた。

ストリーク欠陥の特徴は、細長く、直線的であり、

そして、欠陥信号が微小レベルである。

それゆえに、スポット欠陥検出とは異なるカメラ・検出アルゴリズムを採用することが取り組みの始まりである。

現在では、画像処理技術全盛の中、その技術を使って、ストリーク欠陥の特徴量にあった検出アルゴリズムをあらたに開発し、検出性能が向上した商品をリリースしている。さらに、スクラッチ欠陥・筋欠陥・しわ欠陥検出のニーズにより、検出アルゴリズムが変化している。

図1 検出部アーキテクチャ (ソリューション BOX)

それらの欠陥の特徴について、共通点は欠陥信号が微小レベルであること。その他の特徴は、スクラッチ欠陥は短いこと、筋欠陥・しわ欠陥は多様な方向で短いことというように、欠陥そのものの特徴がストリーク欠陥の特徴と異なるため、検出アルゴリズムについても対応する必要がでてきた。それを実現したのが、NASP-マルチ500である。

その商品は、お客様の要求やニーズに対して、センシング技術をベースにして多少なりとも寄与できたと確信している。

2. 基本アーキテクチャ (ソリューション BOX)

基本アーキテクチャは、変更可能かつ大規模なゲートアレイをカメラからの信号とダイレクトに接続することにより、そこに実装されるハードウェア言語で記述された各種アルゴリズムが、物理的にロジカルな部分まで変更可能である。よって、アルゴリズムの追加・変更なども永続的に進化し、ご提案できる。

そのソリューションBOXには各種アルゴリズムは、濃欠陥処理・淡欠陥処理・筋欠陥処理を有し、いずれもデジタル画像処理技術を取り入れたものである。図1に検出部アーキテクチャ (ソリューション BOX) を示す。

3. 欠陥特徴と画像処理技術の応用

一般的な画像処理技術をベースに欠陥の特徴量にあった検出アルゴリズムが必要になってきている。つまり、昨今において、画像処理そのものは、PC上で動

作する画像処理アプリケーションソフトが、低価格で販売されており、一般化されているが、その画像処理だけでは、検出することが不可能なケースが多い。それは、欠陥の信号レベルと周辺地合の信号レベルとの差が少ないケースが多いためである。とくに、ストリーク欠陥・筋欠陥・しわ欠陥がそのケースにあたる。その他に淡欠陥などもそのケースに含まれる。それゆえに、欠陥の特徴量にあった効果的な画像処理（フィルタ）を構築しなければならない。

当社においても濃欠陥以外は、一般的な画像処理技術を応用して、さらに独自のデジタル画像処理アルゴリズムを構築している。

4. アルゴリズムの特徴

4.1 ストリーク欠陥検出アルゴリズムの特徴

4.1.1 累積加算処理

直線的であり、欠陥信号が微小レベルであるということから、アナログ回路時代から平均化をアルゴリズムの基本として構築している。図2に示すように、ストリーク欠陥の信号は、周辺の地合の信号レベルと階調的に、ほとんど変わらないため、判定を信号レベルに対するしきい値で弁別すると誤検出する可能性がある信号がほとんどである。その欠陥の信号を流れ方向に累積加算することにより、欠陥信号とランダムノイズ的に発生する地合信号を区別することが容易になる。

つまり、図3と図4を比較すると、明らかに図4の方が「欠陥信号/地合信号 (S/N比)」を改善できる。

図 2 ストリーク欠陥原画像

図 3 ストリーク欠陥・カメラ信号

図 4 ストリーク欠陥・累積加算信号 (256 スキャン累積)

図 5 デジタルフィルタ信号

図 6 輝度累積信号

図 7 原画像とデジタル2次元フィルタ画像

図 8 断続欠陥ラベリング

4.1.2 デジタルフィルタ（微分）処理

前述の手法は、アナログ回路時代のカメラの CCD を低速のクロックで駆動させていたときの考え方をデジタル化したにすぎない。累積加算処理後にデジタル強調処理を加えることにより、さらに信号改善が期待できる(図5)。

4.1.3 輝度累積（ノイズカット）処理

前述のデジタル微分処理後にノイズカットしたデジタル微分信号の輝度累積処理を加えることにより、さ

らに安定した欠陥検出が容易になる。つまり、図2から比べると、格段に判定をしやすい信号が得られ(図6)、検出性能の向上と誤検出のない結果となる。ノイズカット条件は、銘柄ごとに設定され地合の異なる場合に効果的である。

以上の処理を組み合わせることにより、ストリーク欠陥の検出性能の向上と安定した検出が可能となった。独自のデジタル画像処理アルゴリズム構築の成果である。

4.2 筋欠陥検出アルゴリズムの特徴

筋欠陥検出アルゴリズムは、ストリーク欠陥検出アルゴリズムと異なる。その理由は、ストリーク欠陥がブレードコートの歯の折れなどによる極めて直線的であるのに対して、筋欠陥が多様な方向性を持つためである。また、それらの欠陥の検査対象物においても、ストリーク欠陥の検出は、コーターマシーンに導入されているが、筋欠陥検出は、すべての検査ラインに要求があると考ええる。

つまり、欠陥検出という側面から述べると、筋欠陥の特徴は、細く、欠陥信号が微小レベル（低レベル信号）、多様な方向性、そして、あらゆる地合（ノイズ

モード1

図9 欠陥種の変化があっても優先の高い欠陥1本にする場合

成分)の中にあるということである。それゆえに、以下の3つの処理を効果的に組み合わせることにより、あらゆる検査対象物に対応した筋欠陥欠陥検出アルゴリズムを構築している。

- ① ノイズカット・平均化処理 (S/N 比改善) → あらゆる地合に対応
- ② デジタル2次元フィルタ (空間フィルタ) 処理

→ 低レベル信号に対応

- ③ ベクトル強調 (方向性強度判定) 処理 → 多様な方向性に対応

4.2.1 ノイズカット・平均化処理 (S/N 比改善)

ノイズカット・平均化処理については、前述のストリーク欠陥検出処理における累積加算処理と一般的な画像処理技術である平均化空間フィルタにより構築し

5. ストリーク・筋欠陥処理の特徴

5.1 欠陥結合処理

欠陥処理は、スポット欠陥の処理に類似しているが、連続性を判定するアルゴリズムが組み込まれている。ラベリング後、欠陥結合処理を行っている。欠陥の発生位置からその欠陥が連続的に発生しているかを判定している。これは、図8の破線のように、断続的に欠陥が発生する場合があります、欠陥認識において断続的になる。

この断続欠陥を結合し、1本の欠陥として認識して、トータルのストリーク長としてオペレータにシステムは、警報を発する。

5.2 欠陥判定報告処理

ストリーク欠陥の種別管理は、2種類のモードがあり、操業者へ欠陥の発生状況を報告する方法が選択できる。以下の例は、欠陥優先を「明重>明中>明軽>暗重>暗中>暗軽」で設定しすべての欠陥種でマーカ／ブザー／外部表示器出力を有効にした場合の例である。また、マーカ・ブザー・欠陥ステータス情報（画面・欠陥レポートなど利用）・外部表示器につい

ても各々のモードにしたがい機能する。図9に欠陥種の変化があっても優先の高い欠陥1本にする場合を示す。図10に欠陥種の変化があるときに別の欠陥とする場合を示す。

欠陥検出アルゴリズムだけではなく、欠陥情報をどう表現し役立てていただけるかという点で考えられた2種類のモードである。

6. おわりに

欠陥検出アルゴリズムは、検出要求とともに性能・機能が進化してきた。当社においては、スポット欠陥検出から始まり、ストリーク・筋欠陥や本論文では記述していない淡欠陥検出アルゴリズムの開発にも取り組んできた。

また、機能向上として周期欠陥判定や密集欠陥判定などにも取り組み実現した。いずれも検出要求を具体化するためのアルゴリズム開発に取り組んできた成果である。

当社は、今後もお客さまの要求に耳を傾けて、誠意取り組んでいく所存である。

の分散している中操室を各々統合して省力化を実現した。

パワープラントの汽力系と回収ボイラー設備のパルプ系による原動部門の統合は、中操室の集約により工場の負荷変動に対して蒸気・発電バランスの連携を密接にとることができる上、DCS化で集約する事で6名の省力化を実現した。

また、パルプKP部門の統合では、分散していた中操室では電話連絡等による対処のため作業効率面で不十分な所もあったが、こちらも中操室の集約により作業効率の向上と、9名の省力化を実現した。また、自動制御ソフトの導入による操業と品質の安定に加え、サービスライフが切れそうなアナログ計器の保守不安を払拭し、費用の軽減も期待できる。これらの統合工事を限られた期間と予算の中で円滑に実施し、予定通り省力化を達成できたDCS導入による統合化について説明する。

(本文 47 ページ)

最新のストリーク・筋欠陥検出技術 —NASP-マルチ 500 システムのアルゴリズム—

オムロン株式会社 ビジョンシステム事業部技術部 中田 雅博

マルチ 500 システムは、大規模かつフレキシブルなデバイスを採用し、その位置付けをソリューション BOX として、将来にわたり、ご提案可能なアーキテクチャによるプラットフォーム思想をベースに商品化した。そのソリューション BOX には、各種検出アルゴリズムを搭載している。濃欠陥・淡欠陥・筋欠陥などを検出するためにデジタルフィルタ技術を活用したものである。また、ハードロジックが可変可能であるためバージョンアップにより、フィルタのバリエーションを追加する計画である。

機能・性能向上をユーザにかかる負担の軽減にもなると考えている。

ストリーク・筋欠陥検出においては、その特徴をとらえ、フィルタ技術とその組み合わせによるアルゴリズム開発している。つまり、欠陥の特徴にあったフィルタとそのアルゴリズムのマッチングにより検出性能は、左右されることになる。そのアルゴリズムにおいてストリークは、主に累積処理による効果・筋では、2次元デジタルフィルタ・ベクトル強調による効果を利用して欠陥検出性能を向上させている。

さらに、ストリーク欠陥のマーカー・ブザーの2モード切替機能を搭載している。欠陥種の変化を捉えながら設定パターンにより2種の欠陥としてとらえるか、1種の優先順位の高い欠陥としてとらえるかということが可能である。オペレータ画面表示も連動することになる。

本報においては、以上の内容を記述している。今後も紙パルプ業界との対話をしながらより良い商品づくりしていくことがメーカの役目と考え、取り組んでいく所存である。

(本文 53 ページ)

完全デジタル処理によるストリーク検出 —スマート・ビュー ICN 欠陥検査システム—

コグネックス株式会社 サーフェスインスペクションシステム営業部 鈴木 聡

コグネックス (COGNEX) 社 (本社: 米国マサチューセッツ州) の最新のシート向け欠陥検査システム「スマート・ビュー ICN」は一昨年に国内に紹介して以来、不織布、金属 (鉄鋼、アルミ、銅箔など)、フィルムの検査に導入され、製紙においてもライナー、塗工、ソーター、上質紙などの検査においても実績を上げてきた。

「スマート・ビュー ICN」は、旧アイシス・コントロール (Isys Control) 社の鉄鋼・金属向け表面疵