ニューラルネットによる欠陥種別判別* —欠点種別自動判別システムの開発—

熊本テクノポリス財団電子応用機械技術研究所 小山 善文

オムロン株式会社 松本 辰夫, 荻野 健次

The Pattern-Based Fault Classification System for the Web Inspection Process Using a Neural Network

○Yoshifumi Oyama

Kumamoto Technopolis Foundation AERC.

Tatuo Matumoto and Kenji Ogino

OMRON Corporation

小山善文

Recently, the need for an automatic pattern-based fault classification system for the web inspection process has become apparent.

We at Omron and Kumamoto Technopolis Foundation AERC have taken on this task. One of the benefits of this system is that the initial defining of fault patterns is extremely simple. Furthermore, this system makes it possible to maintain a small image database.

This paper will describe the structure of this automatic classification system and the selected samples tests.

Keywords : Fault Classification, Image Processing, Neural Network, Easy Operation

1. はじめに

近年のシート検査では、検査システムにより検出したシート表面上に発生する穴や異物などの欠点を、自動的に録画する欠点自動録画システムが普及してきている。この欠点自動録画システムは、欠点を撮影して静止画で表示し、さらに録画機能も持つ。欠点の発生状況をビジュアル化することで、欠点原因の追求と適切な処置が可能となってきた。ところが、現状のシステムでは、自動で検出した欠点の種別を判別するまでには至っていない。検査工程のより高度なシステム化を目指すためにも、種別判別に対する自動化の要

求が強まっている。

我々は、欠点の種別を自動的に判別するシステムの開発に取り組んできた。特に、作業者の負担をなるべく軽減する目的で、欠点種別の登録作業が容易な自動判別システムの開発に取り組んでいる。この種別判別システムは、効率的なデータ蓄積においても効果を持つ。

本稿では、主に、欠点種別自動判別のシステム構成について報告する。

2. 欠点について

表1は、紙パルプ業界における欠点についての名称とその説明を、「紙パルプ用語集」より引用したものを示す。シート検査における欠点はその数が多く、ま

*平成9年度年次大会講演（講演No.B2-32）

表 1 欠点の種類「紙パルプ用語集」より

欠 点 名	説 明
ロール焼け	カレンダーまたはスーパーカレンダーを通過した紙が黒く透明化すること
目 玉	ロール焼けした箇所
あばた	抄紙機の乾燥円筒上で急激に乾燥されるとできる
ふくれ	フェルトの状態が悪く、フェルトと湿紙の間に空気が残っている場合及びすき合わせ板紙の接着不十分の場合に起こる
カレンダーロール粕	カレンダーロールに付いた粕。ギラギラした斑点を発生させる
カレンダー斑点	艶斑点あるいは凹凸の斑点で、カレンダーロールの付着物が原因で現われ、透明なものと黒ずんだものがある。
黒筋（くろすじ）	カレンダーストリーク。カレンダーにて進行方向に沿って生じる連続黒点で、水分または圧力が不均一なところに生じる
塗被面のはがれ	コート紙の欠陥で、塗被層のはがれまたはひび割れ
ひび割れ	紙匹が折られた時にできたひび割れ
スライス傷	スライスに固まった紙料により生じる細長い傷
目 玉	スライム、未離解の紙料がカレンダーでつぶされて生じる透明な斑点
泡 傷	抄紙機のワイヤーパートへ流される紙に泡が混じっている時などにできる
穴	ピッチにより金網の目がふさがれたため、または用水中のあらい混濁物が紙料に混入したため生じる
すきむら	すき網上で紙料の水切れが早すぎるため、紙層の構成が均一にならない状態
粕	繊維その他の不純物。紙匹に入って斑点を形成する
はん点	コーテッドペーパーまたは表面サイズ紙などにできる油じみに似た斑点
ストリーク	ブレードコーティング、ドクターコーティングなどにおいて、塗抹面に長い綿状の傷が入ること
巻取りじわ	紙の巻取り面の欠点で、紙の表面にできるしわ

たその名称は特徴的である。しかし、一ライン上で発生する欠点としては、せいぜい 20 種類程度以内と見込まれる。ただし、別工場や別ラインでは、施設の敷設状況や製品物が同一ではないので、発生する欠点も同じとは限らない。システムを開発するにあたっては、多様なラインに対処できる柔軟性のあるシステムが要求される。

3. 判 別 方 法

図 1 は、欠点種別の判別プロセスを示す。

まず、取り込んだ欠点画像に対してノイズ除去、処理範囲設定等の前処理を行う。さらに、欠点無しの場合や密集欠点などの例外処理を行なう。次に、欠点についての特徴量（表 2）を抽出し、この特徴量を 1 次

判別処理ステップに入力し、この 1 次判別処理の出力値と例外処理からの信号により 1 次判別結果を出力する。この判別結果についての信頼性が高い場合には、この結果が最終の判別結果として出力されるが、信頼性が低い場合には、2 次判別処理ステップで判別し、1 次と 2 次とを合わせた結果により種別判別を行なう。

画像前処理では、ノイズ除去や処理範囲設定等の処理に加えて、紙端部の有無を検出する。

特徴量は、欠点画像の形状データと濃淡パターンデータの両方で構成される。形状データは、面積、面積比、円形度、丸さ度、縦横比、伸長度などの形状について数値化した特徴量の組み合わせで構成する。濃淡パターンデータは、欠点画像内の濃度値から得られる、白/黒、濃度平均値、濃度分散、濃度パターン、濃度

図 1 判別構成

表 2 特徴量

形状データ	面積	面積比	円形度	丸さ度	縦横比	伸長度
濃淡パターンデータ	白／黒	濃度平均値	濃度分散	濃度パターン	濃度粗密	

粗密などを数値化したデータの組み合わせで構成する。ここで、伸長度は、形状の細長さを示す尺度とし、濃度パターンは、濃度ヒストグラム上での濃度のばらつき具合を表わし、濃度粗密は、欠点の中心部分と周辺部分の濃度のばらつき具合を示す尺度として定義した特徴量である。これらの各特徴値を最適に組み合わせることで、異なる品種の判別処理にも対応可能としている。

判別処理は、1次と2次の2段階構成による。抽出した各特徴量を入力データとして、ニューラルネットワーク（Neural Network）処理により種別の判別を行なう。Neural Networkについては、近年、特にパターン認識を必要とする分野において、各所で利用されてきている。特に、プラントなどのように最適設定が必要とされるものにおいては、他の認識技術に比べて実用性が高い。1次の判別処理で用いる Neural Network は、誤差逆伝搬法による学習処理を用い、2次判別処理では、相互相関処理による構成である。

1次判別処理で欠点種別が確定しない場合に、2次判別処理に進む。ここでは、1次判別で候補とされたものについてのみ判別処理を行なう。このとき、欠点の背景部分も含めた画像の濃度ヒストグラムを用いて判別を行う。これにより、登録時と実際のライン上での実行時において、欠点の背景の濃度値の影響で欠点の形状が両者間でずれる場合でも対応可能としている。

4. システム構成

図2には、欠点検査における種別判別システムの位置づけを示す。

欠点検出システムからオンラインでデータが入力される場合と、一旦記憶装置に蓄積したデータをバッチ処理で入力する場合のどちらにも対応可能である。また、入力画像は、映像信号とビットマップデータのどちらにも対応可能となっている。出力結果は、上位工程でのデータ管理作業で扱えるように集計データ及び画像データとして出力する。

本システムには、欠点の登録作業を行うデータ登録モード、自動で欠点種別判別を行う自動判別モード、さらに、手動により各種の設定変更や結果についての評価ができる評価モードを持つ。

4.1 データ登録モード

データ登録作業は、基本的には画像を提示し簡単な操作で済むようになっている。

あらかじめ格納された欠点画像データを1枚毎に読み出して、画像処理プロセス、判別処理プロセスをほどこした後、その欠点群におけるデータベースを構築する。この時、欠点画像も登録データとして同時にデータ化する。未登録の欠点の場合には、既存の登録データに追加することも可能である。

図3は、データ登録モードのメニュー画面を示す。

図2 種別判別システムの位置づけ

図3 データ登録モードのメニュー画面

4.2 自動判別モード

既に登録したデータベースを用いて自動判別するモードである。ビデオ信号、またはビットマップデータの欠点画像が取り込まれると処理を開始する。画像取り込みから結果出力までの処理時間は、現在では1画面あたり約0.9秒である。また、判別実行の履歴は常に集計されファイル化される。さらに、この自動判別モードでは、未登録の欠点画像だけを保存して、データ登録時に処理可能とする機能がある。図4は、自動判別モードでの処理画面を示す。イメージは、欠点取

り込みの濃淡画像と2値化画像である。

4.3 評価モード

ここでは、画像2値化レベルの変更や処理範囲の変更など、状況に応じて設定条件を変更して細かな評価を行うときに用いるモードである。また、濃度ヒストグラムも表示でき、最適な判別状態を構築する場合のツールとして活用できる。図5は、評価モードの1例を示す。

図 4 自動判別モードの処理画面

図 5 評価モードの1例

表 3 サンプルデータによる認識テスト結果

欠 点	データ 個 数	認 識 率	
		個数	認識率
虫 (異物付着)	17	16	94%
淡い欠点	10	10	100%
黒 点	5	5	100%
穴	5	5	100%
薄 破 れ	6	4	67%
総 合	43	40	93%

表 4 試作段階における基本性能 (暫定版)

	項 目	性 能
1	認 識 率	約 90%
2	処 理 速 度	認識時: 0.3 秒 学習時: 約 15 秒
3	最 小 検 出 欠点サイズ	0.5 mm□
4	検 査 領 域	512 (W)×512 (H)
5	欠点登録数	MAX 20 個
6	例 外 処 理	・欠点無し・密集・白/黒
7	標 準 機 能	・光照射法自動判定

5. サンプルテスト

本システムの性能評価の実験として, 計 43 個の欠点についてサンプル実験を行なった。種別としては, 虫, 淡い欠点, 黒点, 穴, 薄破れの 5 種類である。各欠点それぞれについて 1 個を登録データとした。判別実行は, 43 個全てについて行なった。その結果を表 3 に示す。トータルで 93% の認識率であった。虫と薄破れが, 他の欠点について認識率が下がる傾向にあるが, 欠点形状の変形度が大きい場合に誤認識している。フィールドでのテストは, 今後の課題である。参考までに, 現在の基本性能を表 4 にまとめる。

6. ま と め

欠点の種別を判別するシステムの開発報告を行なっ

た。この自動欠点種別判別システムにより, 検査工程での作業の効率化に役立つものと信じている。商品化に向けて, フィールドテストを重ねていく考えである。

今後, 紙パルプに限らず, 広く種別判別を要求される分野への適用も考えていく予定である。

参 考 文 献

- (1) “欠点自動録画システムカタログ”, オムロン㈱
- (2) B. widrow, others, “Neural networks: Applications in Industry, Business and Science”, Communications of the ACM, vol.37, no.3, March, 1994.