

世界初の段ボール段山不良画像検査装置の開発

Development of the World's First Defective Flute Image Inspection System for Corrugated Cardboard



竹本 衆一^{*1}
Shuichi Takemoto

水谷 英生^{*2}
Hideki Mizutani

山田 昌弘^{*3}
Masahiro Yamada

豊原 尚^{*4}
Takashi Toyohara

三菱重工機械システム株式会社(以下、当社)では、世界で初めて画像処理技術を使った段ボール用の段山不良画像検査装置を開発し、製品化に成功した。お客様からの段山成型不良の混入を確実に防止したいとのニーズに応えるべく画像処理技術を利用したことで、安定してかつ高精度に段山成型不良の検出を行うことが可能となった。本検査装置導入で、段山成型不良の強度不足段ボールによるジャムアップが減少し、さらに、この不良段ボールが後工程へ混入することによる回収作業や生産やり直しもなくなることで、コルゲータでの段ボールシートの生産性が大きく改善された。現在、お客様からは、段ボール業界初の画期的な検査装置として好評であり、既に国内外のお客様9工場に導入いただき、順調に稼働中である。

1. はじめに

段ボール業界では、多品種・小ロット、短納期のオーダーが増えてきた。一方、段ボールシートを生産するコルゲータにおいては、段ボールの中芯と呼ばれる波状の段山成型不良により強度不足の段ボールが発生した場合、コルゲータ最終工程であるスタッカの搬送ベルト上にて段ボールシートが折れ曲がり、後続シートが玉突き状態となって、ジャムアップが発生、復旧のためにマシンが長時間停止となることがある。さらに、この強度不足の段山成型不良品が後工程へ混入することにより回収作業や生産やり直しが発生し、コルゲータでの段ボールシートの生産性も大きく悪化していた。以上の背景より、お客様からの段山成型不良の製品への混入を確実に防止したいとのニーズが大きい。当社ではこのニーズに応えるべく画像処理技術を利用して安定してかつ高精度に段山不良の検出を行う段山不良画像検査装置を世界で初めて開発し、製品化に成功した。

2. コルゲータに於ける段山成型不良発生について

コルゲータでは、[図1](#)に示すような段ボール製造工程で段ボールシートが製造され、まずは、シングルフェーサの段ロールにて中芯の段山を成形、その後、加圧ベルトで中芯の段山とライナを接着することで片面段ボールが作られる。このシングルフェーサでの片面段ボールを作成する工程において、段山成型時と接着時に段ロール加圧不足、熱量不足、糊不足等の各種要因で段山成型不良が発生する。[図2](#)は段成形不良発生の例であり、糊の接着ができないことで中芯の段山が流れて段山成型不良となり段山高さに変化する様子を示している。

*1 三菱重工機械システム(株)印刷紙工機械事業本部技術部 チーム長

*2 三菱重工機械システム(株)印刷紙工機械事業本部技術部 主席技師

*3 三菱重工工業(株) ICT ソリューション本部 CIS 部 主席チーム統括

*4 三菱重工工業(株) ICT ソリューション本部 CIS 部 主席研究員

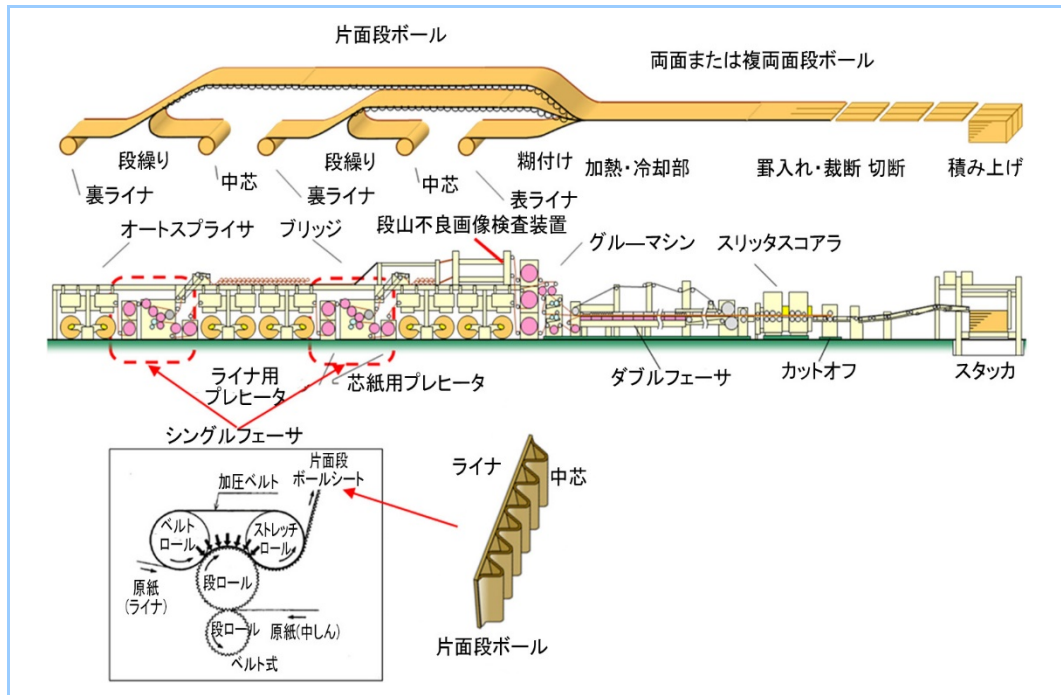


図1 コルゲータの段ボール製造工程

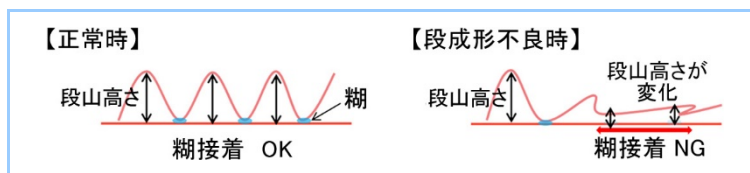


図2 段成形不良発生の例

3. 段山不良画像検査装置の概要

3.1 本装置の設置箇所

片面の段ボール(片段シート)が出来上がった後で中芯側の面をカメラで画像を撮影して検査を行うため、[図3](#)の装置設置箇所に示すように、シングルフェーサ後のグルーマシン手前のブリッジ上の位置へカメラと照明が設置される。不良シートが検出されると、不良、走行位置を追跡して後工程のスタッカ前の不良除去装置にて自動的に除去されるようになっている。また、[図4](#)はカメラや照明の装置取付け図であり、最大で2段重ねの段ボールシートまでが製造可能な代表的なコルゲータラインにおける取付け例を示している。[図5](#)は実際の装置の写真を示す。

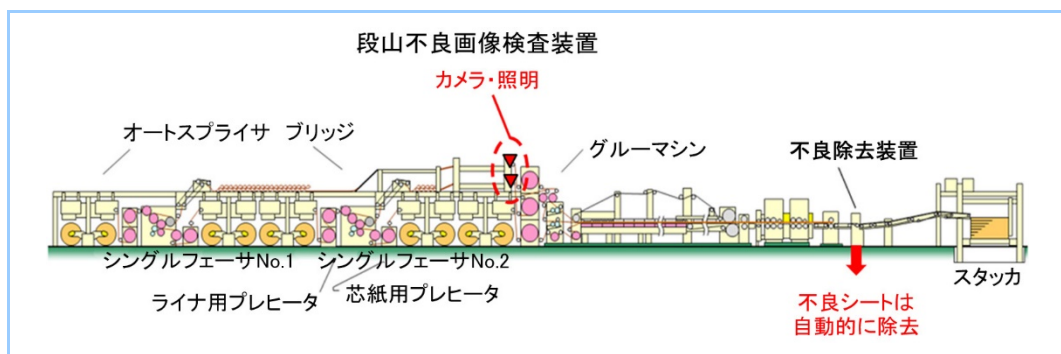


図3 装置設置箇所

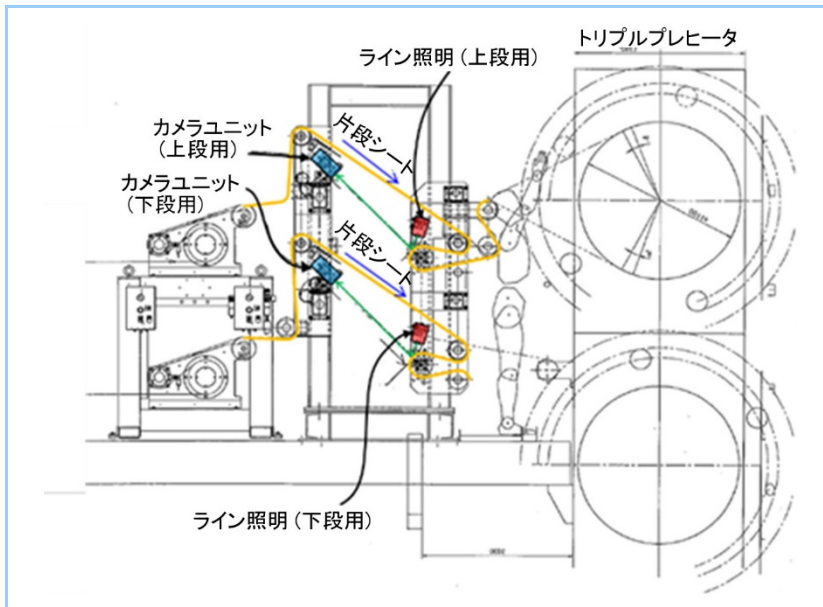


図4 装置取付け図

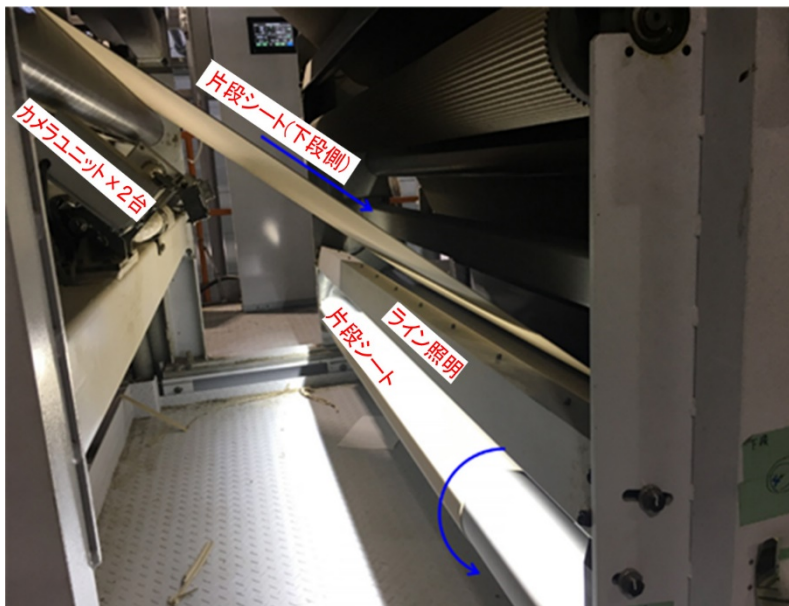


図5 実際の装置の写真

3.2 システム構成

本検査装置は、図6のシステム構成図に示すように、カメラ・照明以外に、画像処理装置が収納される制御盤やスタッカ部に設置するオペレータ用の不良画像表示モニタ等の機器で構成されている。不良検知時には、警告ランプにより各所のオペレータに警告点灯と警報音ブザーで知らせるだけでなく、スタッカエリアに設置されている不良画像表示用モニタに不良箇所の撮像画像が瞬時に表示される。尚、不良検出時に不良検出信号はコルゲータ生産管理装置へ瞬時に出力し、コルゲータ生産管理装置側で不良シートの走行位置を追跡して、不良除去装置の位置への到達タイミングで不良除去を行う。

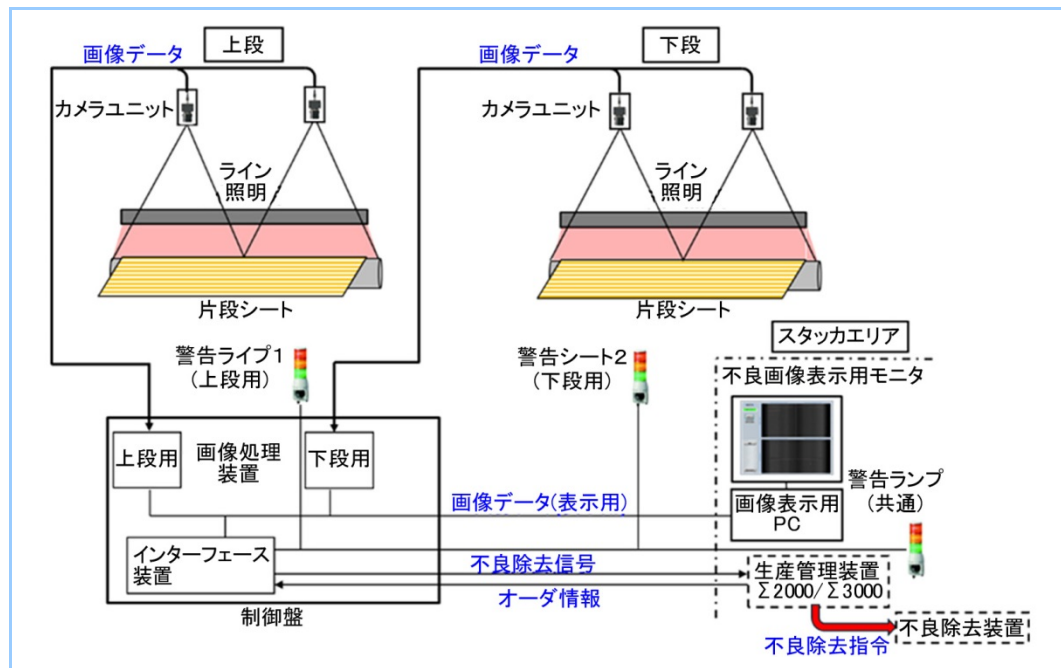


図6 システム構成図

4. 段山不良画像検査装置の特長

4.1 画像処理方式による安定・高精度検査

図7の計測原理図に示すように、段山成型不良による段山高さ変化を、ライン照明を片面段ボールに対して斜めから照射することで生成される明暗部画像データの明部幅(明部の長さ)、暗部幅(暗部の長さ)変化で検出することを基本原理としている。画像処理にて各段山の明部幅、暗部幅の境界を白黒エッジ抽出し、エッジ間の距離計測を実施して、計測値が基準値に対して許容範囲外であれば、その段山箇所を不良と判断する。ただし、この不良判断に使用する基準値については、段山高さが違う段ボールシートの厚み種別ごと(A段, B段, C段, E段)に基本基準値とその許容範囲を記憶しているが、厚み種別は同じでも紙種による計測値変動があるため、許容幅を広く設定する必要がある、高精度検査の課題となっていた。図8に示すように、紙種変更タイミングで段山計測値のばらつき量の大小に応じて、基準値の許容範囲の上限値と下限値を自動的に最適値に設定するオートチューニングを実施した。このオートチューニングによる学習で高精度かつ安定した検査が可能となった。

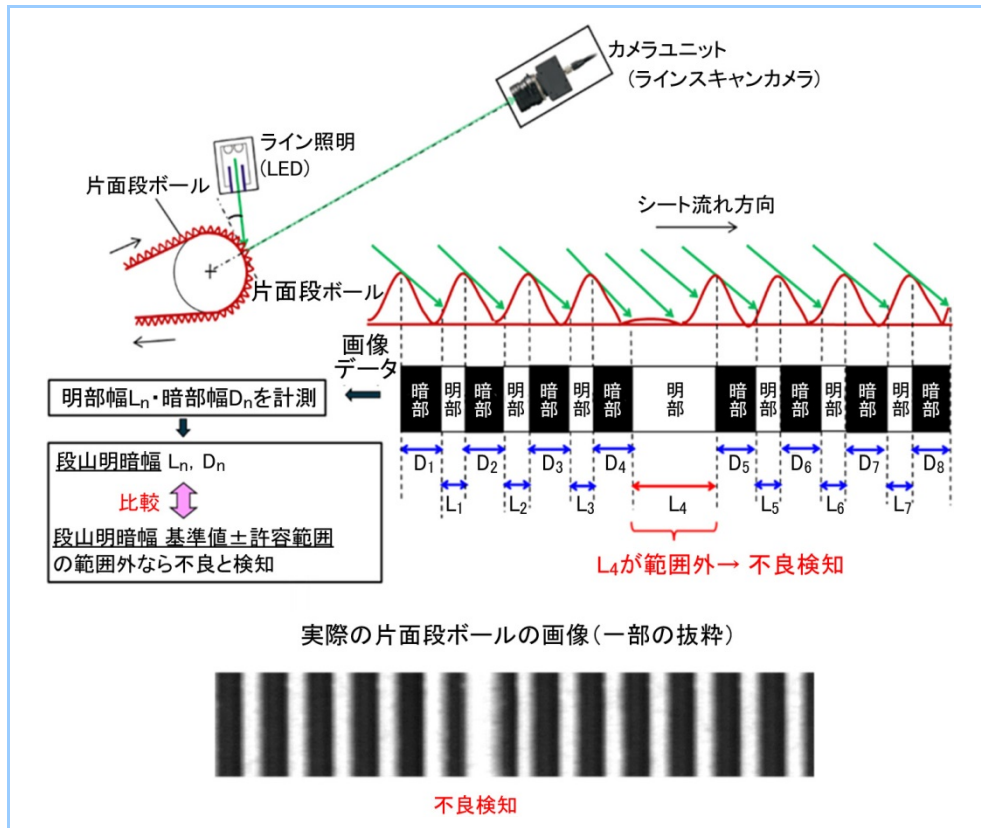


図7 計測原理図

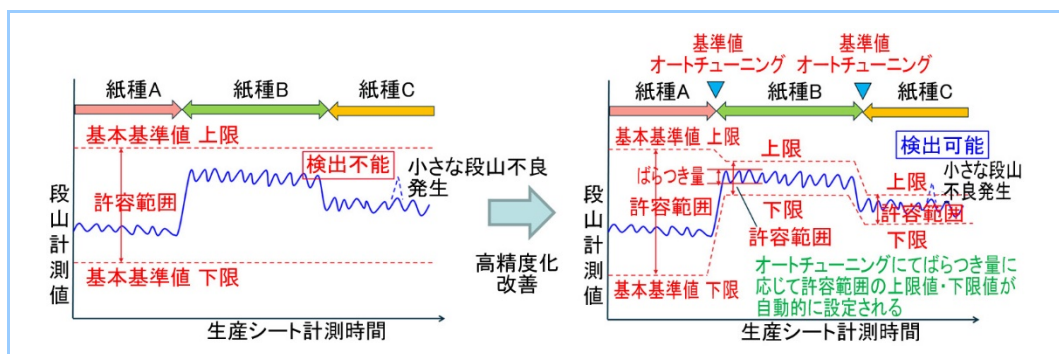


図8 基準値のオートチューニング概念図

4.2 段山不良の見える化

お客様から、段山不良の状態を見える化することにより、不良の発生原因を明確にして、機械のメンテナンスや再発防止に繋がりたいとのニーズがあり、本検査装置の画像処理方式を生かして、不良画像をモニタ画面に表示する機能も開発した。まず、図9に示すように、段山不良検出時、不良画像表示用モニタ画面にリアルタイムで不良シートの画像と段山不良検出箇所を強調表示することで、どんな不良がどこで発生したのか瞬時にオペレータが判断可能となった。また、図10に示すように、過去に発生した段山不良画像も履歴として保存するようにした。後で不良履歴リストより発生日時の不良画像を呼び出して表示することができるため、運転中にすぐに確認できなかった場合でも、不良種類、発生箇所を把握して、機械のメンテナンスへフィードバックすることで再発防止へ繋げることが可能である。

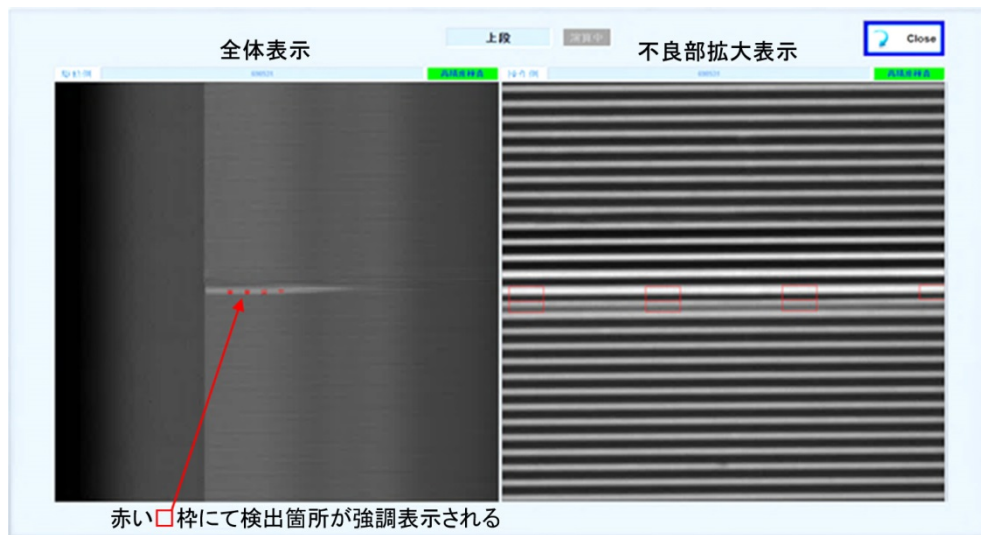


図9 リアルタイムの不良画像表示

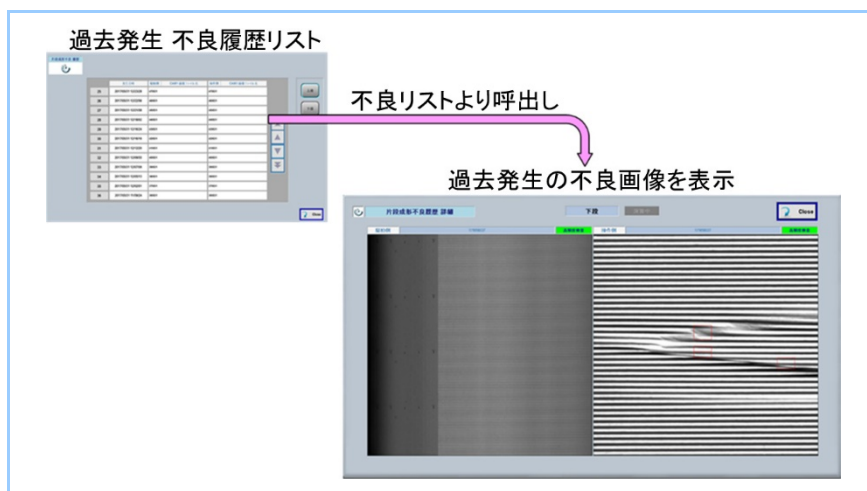


図10 過去発生の不良画像の履歴表示

5. 実際の不良検出事例

お客様の工場にて実際に検出された代表的な不良事例を図11に示す。図の左側が不良として検出された画像であり、右側が実際に不良除去された不良段ボールの写真を示す。機械の各種条件のセッティング不良による段山不良シートが検出されている。

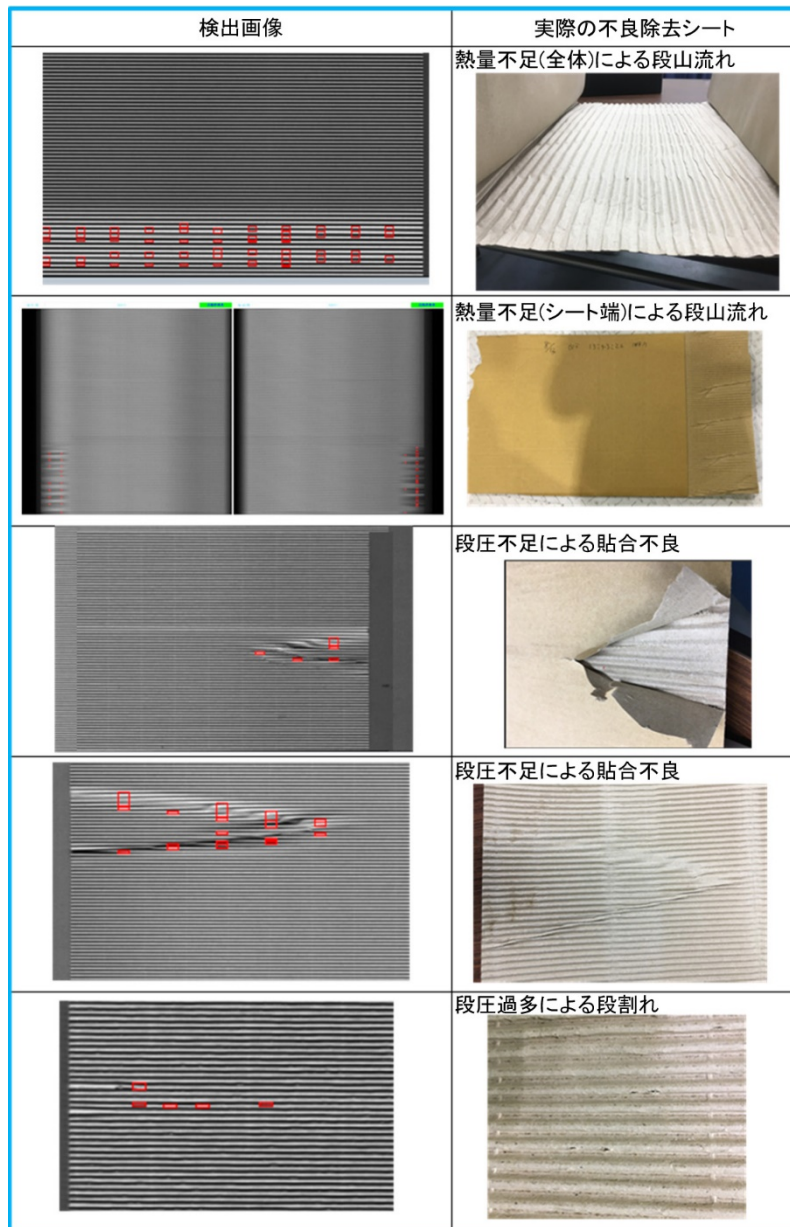


図 11 実際の不良検出事例

6. まとめ

本段山不良画像検査装置は、画像処理技術を利用することで安定、かつ高精度に段山成型不良の検出が可能であるが、初号機納入時は、性能改善だけではなく、お客様の使う立場からの意見も多数取り入れ、機能追加や操作性の向上等の改善を行ってきた。その結果、完成度の高い製品となった。導入いただいたお客様からは、本検査装置導入で、段山成型不良の強度不足段ボールによるジャムアップが減少し、さらに、不良段ボールが後工程へ混入することによる回収作業や生産やり直しもなくなることで、コルゲータでの段ボールシートの生産性が大きく改善されたと高い評価を得ている。また、段ボール業界では業界初の画期的な検査装置として多数の引合いも頂いている。現在、既に国内外のお客様9工場に導入いただき、順調に稼働中である。今後も段ボール生産現場のお客様のニーズに応えた新製品を開発していく。

参考文献

- (1) 三菱重工カメラ式片段成型不良検知装置のご紹介, 全国段ボール工業連合会 段ボールセミナー '17 発表要旨集 p.45~47