

ZD-CF検査システムによるディープラーニングの特徴とその有用性

フロンティアシステム(株)
代表取締役
古田 俊治

1. はじめに

本年から始まった「働き方改革」により働き方が大きく変わろうとしている。多くの企業においては労働時間短縮への対応により残業時間が制限され、業務の効率化がより求められるようになった。企業は知恵と工夫を生かして省人化、省力化を推し進め生産性向上と品質向上を高めていくことは大切なことである。検査装置はその1つのツールにしか過ぎないが、素材の生産と品質向上の可能性を追求していくうえで素材の検査が欠かせない。素材は、原料からあらゆる条件によって市場が求めている機能を最大限に発揮できる製品として完成されなければならない。

検査装置の役割は、素材の欠点を人間の目の代わりにカメラにより検査して不具合や欠陥を検出することにある。検査されたその情報は、欠点の内容や発生した条件が分かると欠点を発生させないように環境や設備での対応が可能となり、機能性向上、生産コストをダウンさせることが可能となる。

現在では、あらゆる分野において「AI (Artificial Intelligence)」という言葉がいろんな場面で聞かれることが多くなった。人材不足、働き方改革による労働時間の短縮などにより企業は労働力の確保のために、人の代わりに「AI」が機能す

ることで足りない労働力を補い、経済発展の基盤となることが期待されるようになった。

人間の目の代わりに仕事を補っていく例としては自動車の自動運転も実用化に手が届くまでになった。検査装置の市場においても同じである。画像処理および光学系の技術が進化し、カメラの種類も高分解能、高速性、インターフェースも変わり選択肢が増えてきた。

人間が考える機能としてディープラーニング（深層学習）が期待されるようになった。

当社は、AIの機能としてディープラーニングを搭載した検査装置を市場に出していく準備ができた。当初は、欠点を流出させないことをコンセプトとしてZDシリーズ「Zero Defect」のシステムを開発した。素材シートの欠点を確実に検出し外部へ流出させないことは当たり前のことであり、その他にも操作性、メンテナンス性、コストパフォーマンスに優れていた。

その後は、高速ラインに対応したNFシリーズ、マルチ検査に対応したKEシリーズ、そしてこの度、創業時のZDシリーズの後継機としてZD-CF（以下CF、写真1）とディープラーニングを搭載した検査装置ZD-CFAI（以下CFAI）を市場に提供する準備が整った。

CFはカメラをGig-Eラインカメラのモノクロとカラーに対応し、カメラの解像度としては12Kまで対応している。検査能力だけでなくコストパフォーマンスに

おいても優れている。

CFAIは、コグネックス社の「VisionPro ViDi」を搭載しディープラーニングによる種別判別と通常の二値化では検出できない欠点を学習させることにより検出が可能となる。

2. ZD-CF 検査システム

シート材検査におけるロールtoロールには「いつ、どこに、どのような」欠点が発生した状況がリアルタイムに分かるような画面として、マップ表現には今までとは異なり横画面マップ表示を採用。さらに、遠くからでもよく見えるように



写真1 ZD-CF検査装置制御盤

問い合わせ

✉ furuta@frontier-s.co.jp

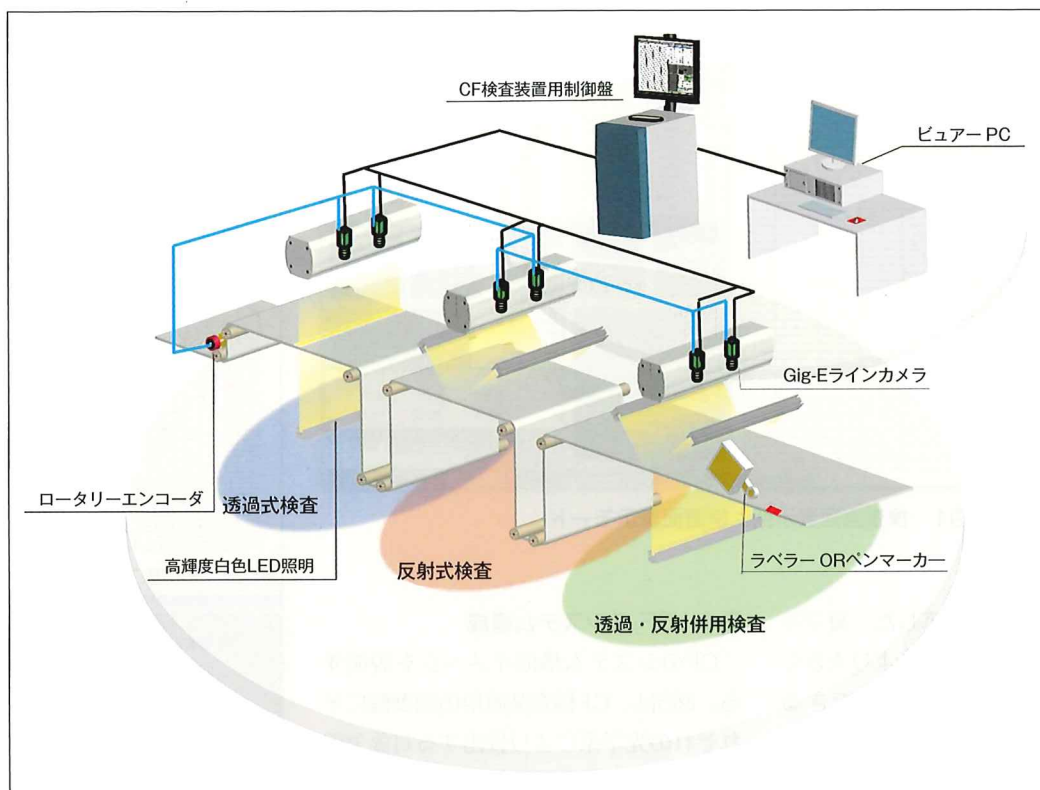


図3 CFのシステム構成イメージ

This is a screenshot of a 'マップ印刷' (Map Print) interface. It displays a grid with columns labeled '1' through '100' and rows labeled '1' through '100'. Red and blue markers are scattered across the grid, indicating specific data points or defects. There are buttons for '印刷' (Print) and '閉じる' (Close) on the right side.

図4 マップ印刷

This is a screenshot of a 'リスト印刷 (データ)' (List Print (Data)) interface. It shows a table with the following columns: No., 重心(X[mm]), 重心(Y[mm]), 面積(mm²), 幅(mm), 高さ(mm), 傾斜, 傾斜分, and 面積(μm²). The table contains 17 rows of numerical data. There are buttons for '印刷' (Print) and '閉じる' (Close) on the right side.

図5 リスト印刷 (データ)

This is a screenshot of a 'リスト印刷 (画像)' (List Print (Image)) interface. It displays a grid of image thumbnails, each with associated data including 'No.', '面積(μm²)', '傾斜', and '傾斜分'. There are buttons for '印刷' (Print) and '閉じる' (Close) on the right side.

図6 リスト印刷 (画像)

するために、取り込んだ画像をいったんカメラの内部メモリに蓄えて一定ライン数の取り込みが完了すると、1枚の画像として順次PC側のバッファへ送信している。

ラインとの同期は、カメラリンクなどは画像ボードにエンコーダのパルスを入力して同期を取るが、Gig-Eラインカメラ

の場合はカメラ本体にRS422の入力用のコネクタがあり、直接入力する。複数台のカメラ接続の場合には終端抵抗が必要になるがソフト側で終端のカメラに対して接続の設定が可能となる。接続例を図7に示す。

例えば1回の取り込みライン数を1000ラインと設定した場合、1000ライ

ン分の画像取り込みは、GigEラインカメラ内部だけで完了しカメラの内部メモリに蓄えられた高さ1000ライン分の画像データが、順次PCに転送されていく。転送中も1001ライン目以降の取り込みはラインセンサ上で実施され、画像取り込みはカメラ内部だけで取りこぼしなく実施したのち、カメラからPCへの画像転送

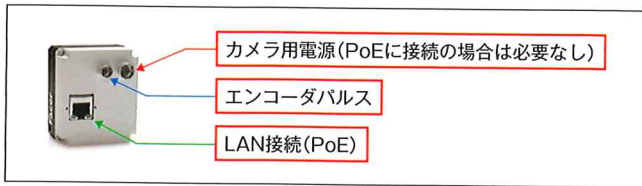


図7 Gig-Eラインカメラ接続例

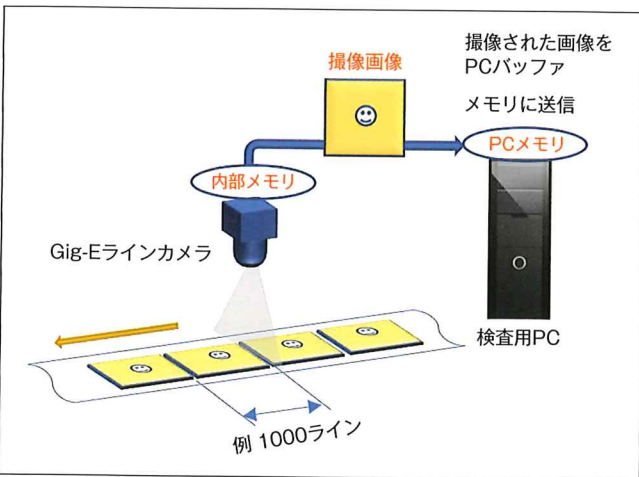


図8 画像転送の仕組み

はリングバッファを使用してデータ損失することなく確実に転送される仕組みが完成されている(図8)。

画像入力ボードの機能をGigEラインカメラ自身が内蔵することで、画像取り込みの安定性を実現している。

3. ディープラーニングの検査と目視の検査

ディープラーニングとは聞き慣れない言葉であるが「人工知能」(以下AI)という言葉はよく聞かれるのではないだろうか。ディープラーニングは、AIの一部であり、また機械学習の1種である。機械学習の種類(アルゴリズム/手法)は実は様々なものが存在するが、その中の1グループがディープラーニングである。

ディープラーニングとは突き詰めると、経験から学習する人間にとっては自然にできることをロボットや機械に教えることであり、並列処理が可能で高速処理できるCPUやGPUなどのハードウェアによって、人間の脳の神経細胞網を模

倣(ニューロンモデル)すること、すなわち、生物工学的で多層的な「深層」ニューラルネットワークの実装が実現可能になった。

ディープラーニングに基づいたソフトウェアは、従来のマシンビジョンソリューションよりも効果的に、判断による検査、分類を実現することができる。

図9は、金属の断面の打痕部分を学習させて打痕部分のみを検査することが可能な例である。外観上の変動についてはある程度許容するものの、複雑な表面性状や画質は検査上の深刻な問題となる。見た目が非常に似かよった素材の変動や偏差を認識することが困難であり、ユーザーがどのように固有の違い、または異常を理解し分類するかによって、相違や異常が排除されたり、されなかったりする。製造者のニーズによっては、外観上の異常は排除の原因とならない場合がある。これらの欠陥は既存の検査装置のシステムでは識別が難しい。

ディープラーニングを使用した検査装置の学習について別の参考画像を使って説明する。

ディープラーニングの学習方法として

打痕部分は自動的に赤くマーキングされ欠点と判定される。

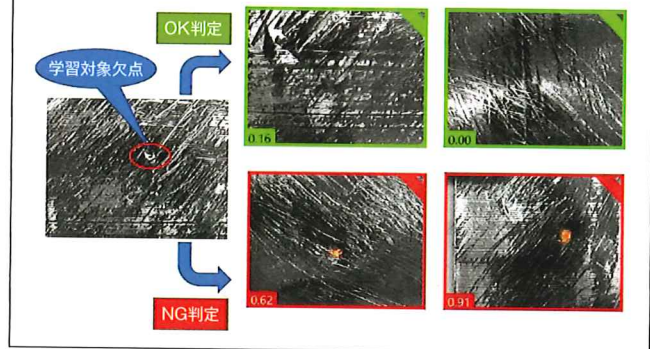


図9 金属検査におけるディープラーニング学習例

2つの方法がある。
①良品のみを学習させる方法
②良品と不良品の両方を学習させる方法
例は、①の良品のみを学習する方法にて実施したものである。図10は良品を色々な角度から撮像して図11は良品として学習させた。その後図12の不良品を撮像させた結果、図13の不良として結果を出すことが可能である。②の不良品も学習させる場合は、不良の種類を学習させることにより不良の種類分けをすることも可能となる。

ただし、人間と同様、完璧ではない。ディープラーニングに完璧を求めてしまうと判断をする精度が落ちてしまう可能性が高くなる。不思議であるが、学習させる材料が要求される限度を超えると、あいまいさがなくなり従来の画像処理で行う判別と変わらなくなる。ここで必要なことは、あいまいであることを有効な判断基準とするべきである。

4. ディープラーニングによる種別判別

ディープラーニングにより学習された欠点はそれぞれの特徴データをもとに種別を判断し分けることができる。

図14~17の画像はフィルム検査における欠点を特徴別に学習させたあと、検出した別の画像を種別分けさせた画像である。表記されているスコアの数値は判

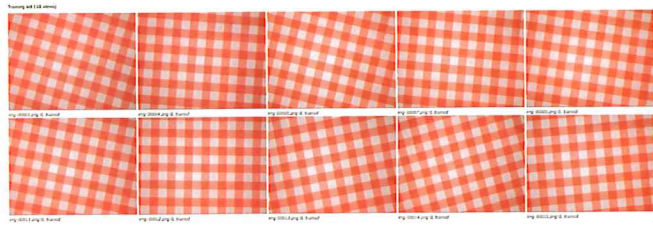


図10 撮像画像（良品データ収集）

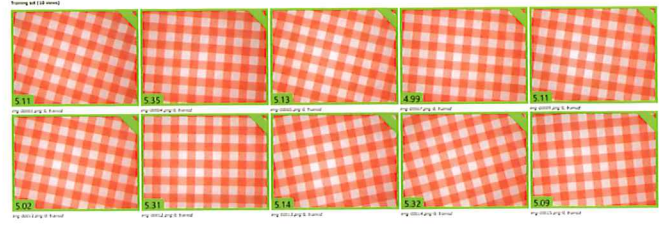


図11 良品画像学習

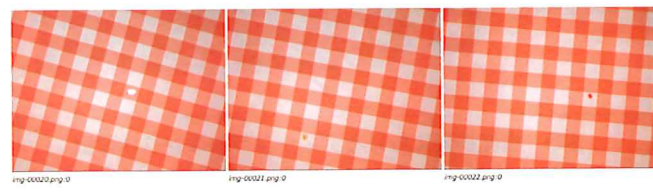


図12 不良品撮像画像

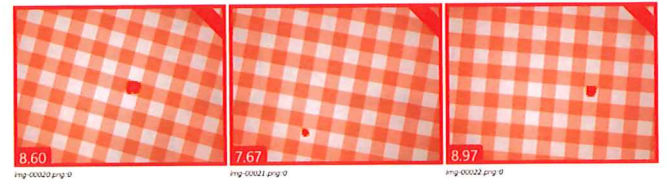


図13 不良判定



図14 ゲル判別（スコア0.99999）



図15 虫判別（スコア0.99942）

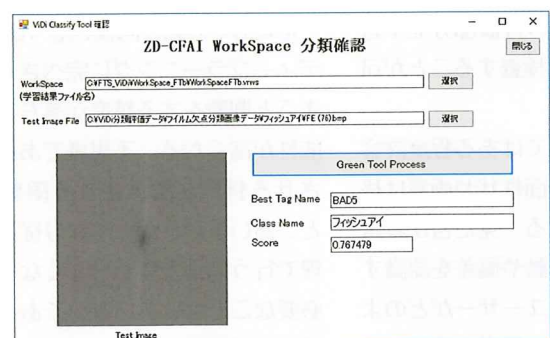


図16 フィッシュアイ判別（スコア0.767479）



図17 ピンホール判別（スコア1.0000）

別における認識率を表しており1.0000が100%の認識となる。

分類分けされた欠点はマップ上にマークの形状や色で分けることが可能となる(図18)。

検査されたシートのどの部分にどのような欠点があるか一目で分かるようになり、品質管理における様々な判断の材料

となることは間違いない。

5. ディープラーニングと他の検査方法との比較

人間の目視による検査は、品質に影響を及ぼす可能性がある素材のバラツキを認識することや、微妙な外見上、および機能的な欠陥を識別することに長けてい

る。情報の処理速度には限界があるものの、人間には概念化と視覚化に関する独特の能力が備わっており先例から学習することに優れ、微妙な異常を見つけた場合、その中で重要なものを識別できる能力がある。つまり、複雑で非構造的なものにおける定性的な判断が必要とされる場合、特に微妙な異常や予測不能な欠陥

欠陥クラス分類

Index No.	Class Name	Class Code	Class Note	マーカーの色	線の色	マーカー形状	マーカーサイズ
1	BAD1	NG1	ゲル			Square	5
2	BAD2	NG2	しわ			Triangle	5
3	BAD3	NG3	ずじ			Circle	5
4	BAD4	NG4	ピンホール			Cross	5
5	BAD5	NG5	フィッシュアイ			Star 4	5
6	BAD6	NG6	異物			Star 5	5
7	BAD7	NG7	汚れ			Star 6	5
8	BAD8	NG8	黒点			Star 10	5
9	BAD9	NG9	虫			Square	10
10	BAD10	NG10	その他			Circle	5
11	END	END	登録END			None	1
12						None	0

図18 分類された欠点をマップ上に表示

人間の目視検査と比較して、ディープラーニングは	従来のマシンビジョンと比較して、ディープラーニングは
より一貫している 毎日24時間動作し、すべてのライン、すべてのソフトおよびすべての工場で同じレベルの品質を維持	解決困難な用途のために設計 古典的なルールに基づくアルゴリズムでは不可能または困難な、複雑な検査、分類および識別用途を解決
より信頼できる 設定された許容差の範囲外の欠陥をすべて特定	設定が容易 アプリケーションを容易に設定できるため、実証実験や展開を迅速化
より高速 ミリ秒単位で欠陥を特定できるため、高速用途を支援し、スループットを改善	バラツキを許容 目標値からの許容偏差の評価を必要とする欠陥のバラツキに対応

出典：コグネックス社HP

「ファクトリーオートメーションのためのディープラーニング 人工知能とマシンビジョンの融合」

https://www.cognex.com/ja-jp/resources/white-papers-articles/whitepaperandarticlemain?event=2f4036b3-8746-4f1f-b7b7-f6be37e2645c&cm_campid=2581adfc-e24e-e811-911b-00505693004d

図19 ディープラーニングと他の検査方法との比較

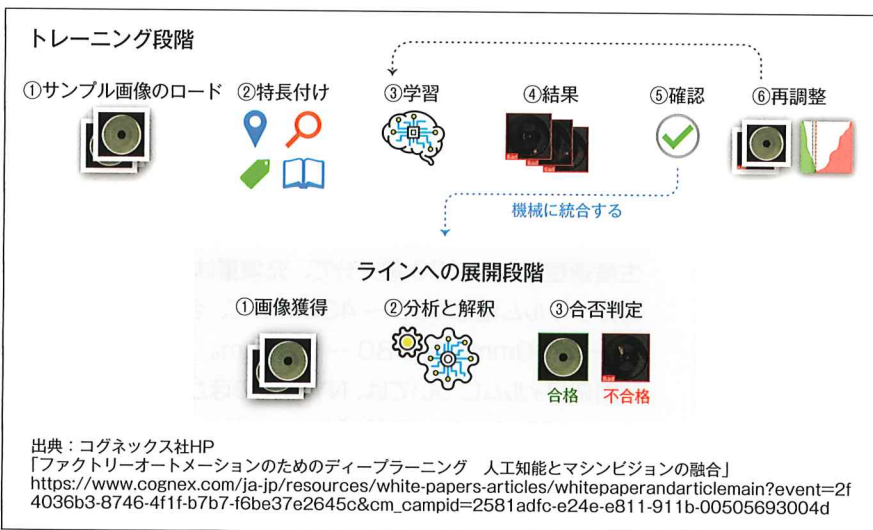


図20 学習方法

がある場合には、多くの場合、人間の視覚が最善の選択となる（図19）。

この人間の持っている目視検査における利点を最大限に生かすことができるのが、ディープラーニング技術を画像処理技術と融合したコグネックス社のVisionPro ViDiの特徴である。VisionPro

ViDiは人間の検査員のように、素材の既知の特長や異常、分類を示すラベル付けされた画像により学習を行う。

複数の形状を持つ欠陥に対しては、有意ではあるが許容範囲内のバラツキなど、対象物の通常の外見を学習するように特徴付けをして学習モードで自身のト

レーニングを行う。このような代表的な学習した画像に基づき、ソフトウェアは基準モデルを作成する。学習モデルが予想通りの動作を行うまで、パラメータの調整、結果の確認、改善の実施という一定の過程を繰り返す必要がある。この間、VisionPro ViDiは、新たな画像セットからデータを抽出し、素材異常の抽出および分類を行う。図20のような進め方でトレーニングを行い、システムは明瞭な欠陥を認識することを学習する。

ディープラーニングに基づく画像分析と従来の検査装置における画像処理技術はお互いに補い合う技術であり、重なり合う部分もあれば、どちらかが他よりも優れている場合もある。また、用途によっては両方の技術が必要となる。このバランスを考えて両方のメリットを生かしカスタマイズできるノウハウを持っているのが当社のZD-CF検査システムである。

6. おわりに

当社は、創業以来ラインカメラを使用したシート材検査装置のシステム開発を中心にユーザーの要求に応じカスタマイズされた装置を提供してきた。現在においてもシステムインテグレータとして誠実に顧客の要求に応じていく姿勢は変わらない。検査装置としてAIを導入するのは、今までできなかったことができるようになる可能性を秘めているからである。これから導入される企業が増えていくのも事実である。検査装置システムを導入する場合、メーカーを選択する判断として大切なことは検査装置の能力、光学系の蓄積（ノウハウ）、現場対応力（短時間での現場復旧）、日常のサポートこれらをすべてバランス良く持っていることが必要であると思う。

そういう意味では当社も十分に選択肢の一社として加えていただきたい。まずはホームページ（https://www.frontier-s.co.jp）から問い合わせさせていただきたい。