

特別寄稿

ディープラーニングの応用と展開

次世代の高度なシート材表面検査に“業界初”のチャレンジ

文◎古田俊治

フロンティアシステム 代表取締役

「欠点を流出させない」は当たり前として

当社は1990年11月の創業以来、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お客様の要求に応じて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お客様の要求に応じていく、その姿勢は変わらない。

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、そのほかにも操作性とメンテナンス、コストパフォーマンスに優れていたことは今でも自信を持っている。

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」を発表、そしてこのたび、創業時のZDシリーズの後継機として「ZD-CF」（以下、CF）と「ZD-CFAI」（以下、CFAI）を市場に提供する準備が整った。

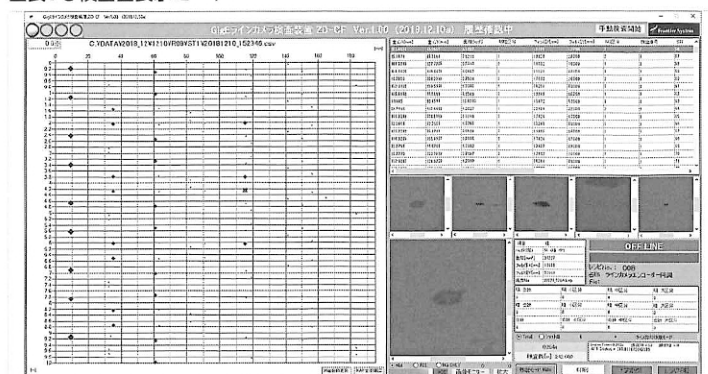
CF（写真1）は、カメラをGig-Eラインカメラのモノクロとカラーに対応し、カメラの解像度としては12Kまで対応していることだ、検査能力だけでなくコストパフォーマンスにおいても優れている。

一方でCFAIは、コグネックス社の「VisionPro ViDi」（以下、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AI機能を充実させた。この機能は、シート材検査という特定の市場においては業界初（2019年8月当社調べ）ではないだろうか。

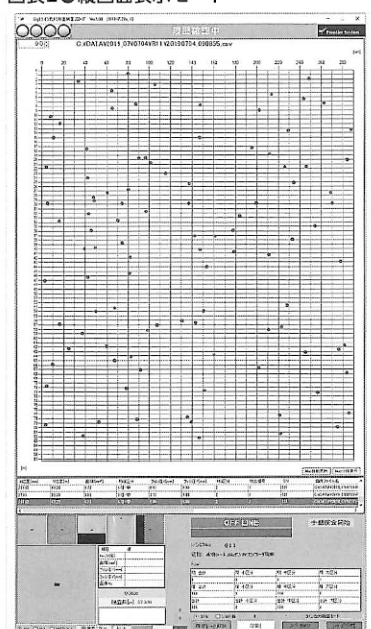


CF検査装置制御盤

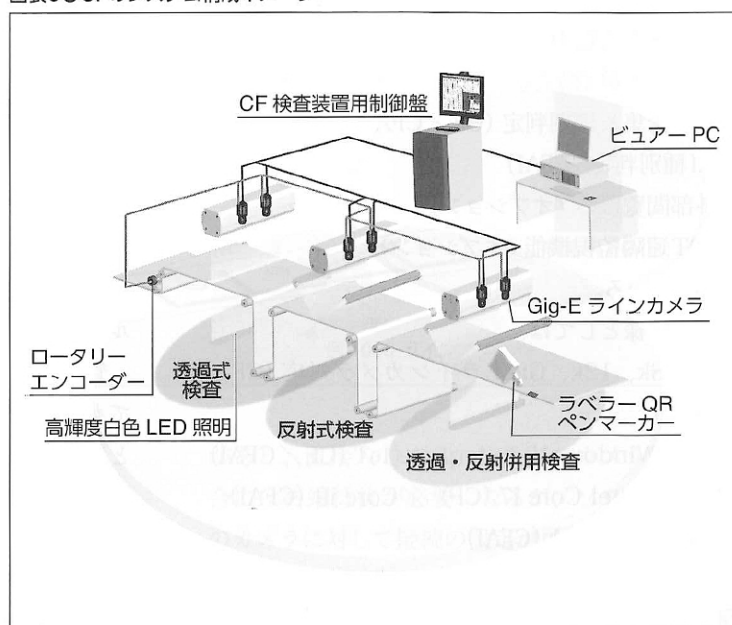
図表1●横画面表示モード



図表2●縦画面表示モード



図表3●CFのシステム構成イメージ



より大きくMAP情報を表示

CF検査装置の画像処理は、コグネックス社の「VisionPro ViDi」を採用し、シート材検査に特化した独自のユーザーインターフェース（以下、UI）と独自の画像処理によるシステムを開発した。

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」欠点が発生したかの状況がリアルタイムに分かるような画面として、MAP表現には今までとは異なり“横画面MAP表示”を

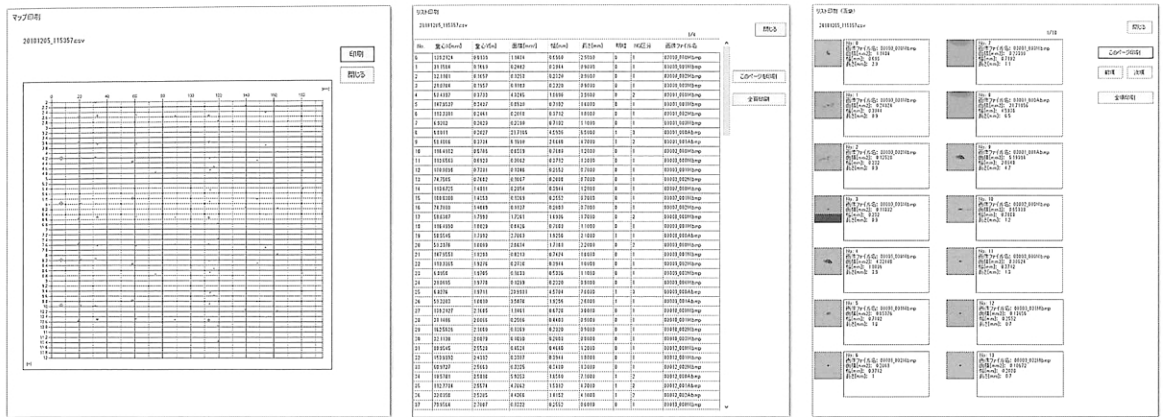
遠くからでもよく見えるように“縦画面MAP表示”にも対応した。縦マップ画面表示によって、画面一面に、より大きくMAP情報を表示することができた（図表1、2）。

CFとCFAIの機能および仕様について列挙する。

まず機能については、

- ①検査領域自動設定（CF／CFAI）
- ②波形モニター（CF／CFAI）
- ③リアルタイムモニター（CF／CFAI）
- ④欠点大きさ判定（CF／CFAI）

図表4 ● 左からマップ印刷、リスト印刷(データ)、リスト印刷(画像)



- ⑤各データ閲覧 (CF / CFAI)
 - ⑥マップ表示 (横表示 / 縦表示) (CF / CFAI)
 - ⑦欠点密集 & 周期判定 (CF / CFAI)
 - ⑧AI 種別判定 (CFAI)
 - ⑨外部閲覧機能 (オプション)
 - ⑩IOT 遠隔監視機能 (オプション)
- となっている。

次に仕様としては、

- ①4k、8k、12k、Gig-Eラインカメラ対応 (CF / CFAI)
- ②OS : Windows10 Enterprise IoT (CF / CFAI)
- ③CPU : intel Core i7 (CF) / Core i9 (CFAI)
- ④GPU : NVIDIA (CFAI)

- ⑤SSD : 256GB (CF / CFAI)
- ⑥AI : コグネックス社「ViDi」(CFAI)

図表3はCFのシステム構成だ。参考までに説明すると、CF検査装置用の制御盤に、それぞれの光学系により検出する対象欠陥が異なる場合のシステムである。ラインはエンコーダのパルスと同期を取り、それぞれの光学系で検出した欠点にラベルもしくはペンによりマーキングする。

管理用としてビューアPCを設置し検査中であっても、現在の検査状況や履歴データを復元することにより過去の検査状況を確認することが可能となる。必要な情報はプリントアウトして品質管理に使用する(図表4)。

2



Gig-Eラインカメラ本体

4つのメリットと1つのデメリット

Gig-Eラインカメラ(写真2)の特徴について、メリットとデメリットの両面から解説したい。

メリットとしては、まずケーブル長が長い(最大100m※)ことが挙げられる。LANケーブルを最大100mまで配線できるため、これまでラインカメラが配置できなかった場所や環境で使用可能となっている。

次に、複数台接続のコストが安い点だ。LANポートを増やすだけで、複数台接続を容易に実現可能となっている。

続いて、フレームグラバが不要。PCとカメラを、LANケーブルで直接接続することが可能であるため、専用の画像入力ボードが不要となり、圧倒的に安価なシステム構築が可能となっている。

このほか、2K・4K・8K・12Kのラインカメラにより、エリアカメラに比べて高分解能による検査が可能になっている点も挙げておきたい。

一方でデメリットとしては、データ転送速度がカメラリンクに比べて低いことが挙げられる。

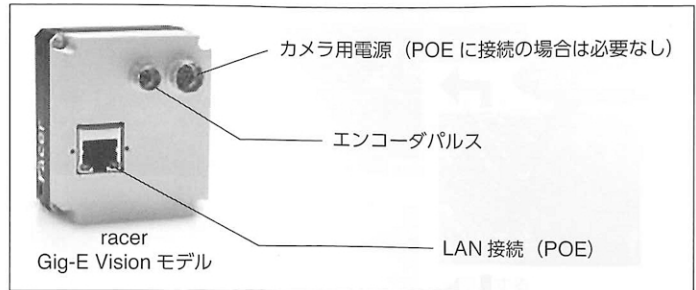
ただし、シート材市場において生産される高速のラインがどれほどあるかを調査しても割合としては低く、低速で毎分20m、中速でも毎分100m前後と、あえて区切ると低速もしくは中速の生産ラインがほとんどであり、このデメリットが検査に影響を与えることはない。高速ラインは当社のXGシリーズもしくはNFシリーズで対応は十分可能である。

当社は、お客さまの要求される内容によって提案するシステムを変えることが可能であり、今までの30年間の経験やノウハウがここに生きてくる。

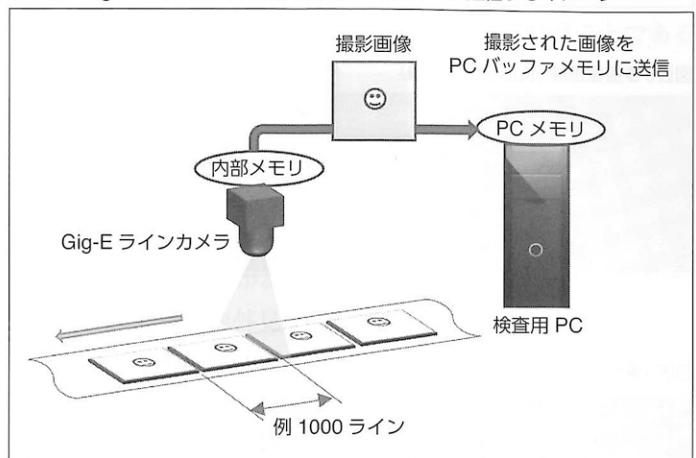
Gig-Eラインカメラ(図表5)は、カメラの内部メモリとPCのメインメモリにそれぞれリングバッファを持っている。1ライン取り込むごとにPCへデータを送信しているわけではなく、より安定した動作を実現するために、取り込んだ画像をいったんカメラの内部メモリに蓄えて、一定ライン数の取り込みが完了するごとに1枚の画像として順次PC側のバッファへ送信している。

ラインとの同期は、エンコーダのパルスで行う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

図表5●Gig-Eラインカメラ接続例



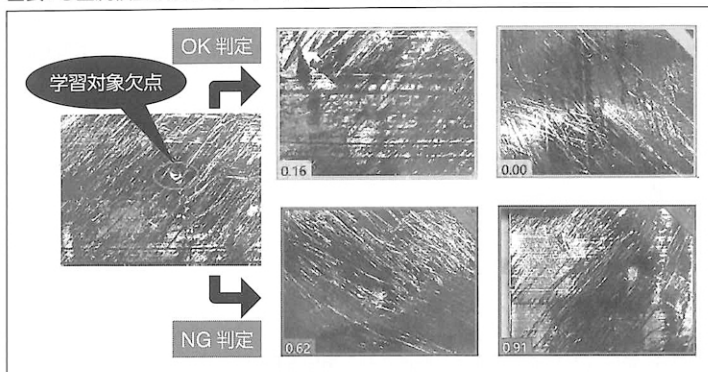
図表6●Gig-Eラインカメラで撮像された画像をPCに送信するイメージ



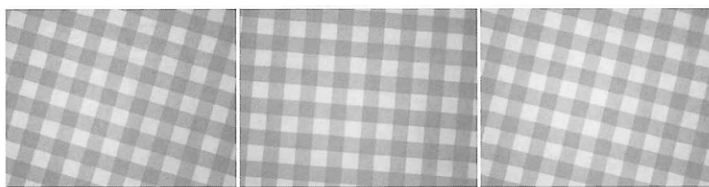
があり、直接入力する。複数台のカメラ接続の場合には終端抵抗が必要になるが、ソフト側で終端のカメラに対して接続の設定が可能となる。

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Gig-E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1000px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後、カメラからPCへの画像転送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。画像入力ボードの機能をGig-E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(図表6)。

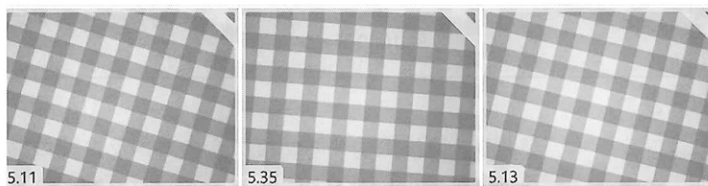
図表7●金属検査におけるディープラーニング学習例



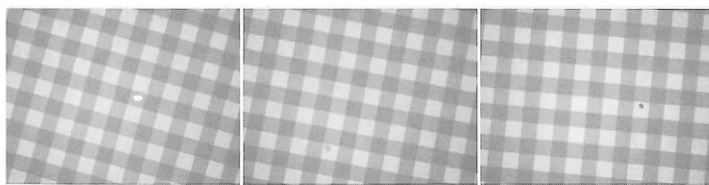
図表8●撮像画像 (良品データ収集)



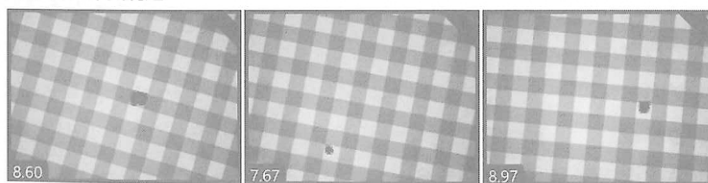
図表9●良品画像学習



図表10●不良品撮像画像



図表11●不良判定



ディープラーニングの検査と目視の検査

CF検査装置にコグネックス社のViDiを搭載することで、ディープラーニングによりリアルタイムに種別判別することが可能となった。ディープラーニングとは聞きな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、実はさまざま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、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ViDiというソフトウェアは、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。

図表7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参考例である。

外観上の変動についてはある程

図表12●ディープラーニングとほかの検査方法との比較

 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
<p>より一貫している 毎日24時間動作し、全てのライン、全てのシフト およびすべての工場で同じレベルの品質を維持</p>	<p>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</p>
<p>より信頼できる 設定された許容差の範囲外の欠陥を全て特定</p>	<p>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</p>
<p>より高速 ミリ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</p>	<p>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</p>

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ViDiを使用した検査装置の学習については、図表8～11を使って説明する。

ディープラーニングViDiの学習方法としては、①良品のみを学習させる方法と、②良品と不良品の両方を学習させる方法——の2つがある。

例としては、①の良品のみを学習する方法にて実施したものである。図表8は良品をいろいろな角度から撮像して、図表9は良品として学習させた。その後図表10の不良品を撮像させた結果、図表11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。

ただし人間と異なり、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ということである(図表12)。

「人間の視覚が最善の選択」を生かす

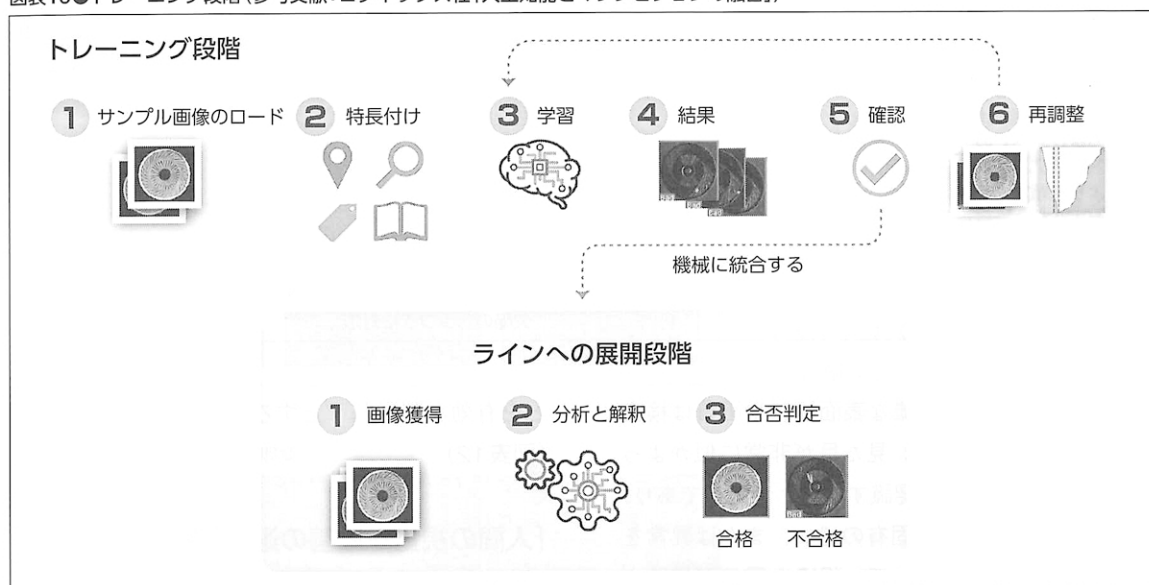
人間の目視による検査は、品質に影響を及ぼす可能性がある素材のバラツキを認識することや、微妙な外見上、および機能的な欠陥を識別することに長けている。情報の処理速度には限界があるものの、人間には“概念化”と“視覚化”に関する独特の能力が備わっており、先例から学習することに優れ、微妙な異常を見つけた場合、その中で重要なものを識別できる能力がある。

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。

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。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

図表13 ● トレーニング段階 (参考文献: コグネックス社「人工知能とマシンビジョンの融合」)



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、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。図表13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、どちらかがほかより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シリーズ検査装置である。



当社は、システムインテグレータとしてシート材専門の検査装置のシステム開発を30年間手掛けてきた。お客さまの立場に立って何が必要なのか

を常に考えてハード面、ソフト面共に安心して末永く使っていただけるシステムの提案を心掛けている。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、検査装置の能力や光学系の蓄積(ノウハウ)、現場対応力(短時間での現場復旧)、日常のサポートであり、これらがすべてバランスよ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。

今月号の本誌で紹介した次世代シート材検査装置「ZD-CF」および「ZD-CFAI」は、まだ当社ウェブサイトに掲載が間に合っていない可能性があるが、問い合わせいただければ当社の営業担当よりご説明させていただくことができる。まずはウェブサイト (<https://www.frontier-s.co.jp/>) から問い合わせしていただきたい。



※)エンコーダ接続、IO接続によりケーブル長さが制限される場合がある