

外観検査ソフトウェア “MELSOFT VIXIO”

西馬伸一郎*
Shinichiro Nishiuma
木村一仁*
Kazuhiro Kimura
安味大輔*
Daisuke Ammi

Visual Inspection Software "MELSOFT VIXIO"

*名古屋製作所

要 旨

外観検査の自動化では、“ランダムに発生する傷”や“色ムラ”といったルール化困難な不良に対して官能的な検査を実現するために、AIによる画像検査が期待されている。現在、複数のメーカーからAI外観検査を可能にする製品・機能が市場に展開され始めているものの、導入に関しては様々な課題が存在する。

三菱電機では、それらの課題を解決する外観検査ソフトウェア“MELSOFT VIXIO”(メルソフトヴィクシオ)を開発した。

1. ま え が き

現在、製造現場で目視による検査工程は数多く存在している。しかし、世界的な人手不足から目視検査の持続は困難になりつつあり、検査自動化のニーズが高まっている。

このような市場背景の下、当社ではFA現場向けに特化し、カメラ設定・AIモデル設定・検査実施・FA機器連携を一つのソフトウェアに統合し、プログラミングレスでシステムを構築可能な外観検査ソフトウェアMELSOFT VIXIOを開発した(図1)。

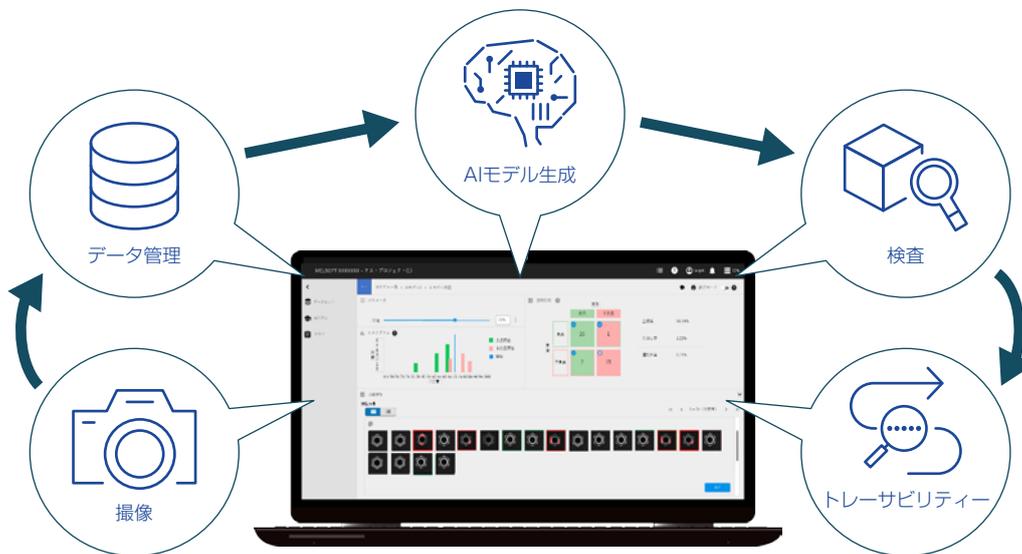


図1 -MELSOFT VIXIO

MELSOFT VIXIOは、生産ライン上での外観検査システムをプログラミングレスで簡単に構築できるソフトウェアである。この製品では、撮像(カメラ設定・撮像指令)、画像データ管理、AIモデル生成、検査実行、トレーサビリティといった、外観検査システム構築に必要な全ての機能をプログラミングレスで設定可能である。さらにAIモデル生成については、業界最速レベルのモデル生成が行える良品学習や、不良品画像1枚からでもモデル生成が可能な異常箇所学習といった、NG画像の収集が難しいFAの現場にマッチしたAIを取りそろえている。

2. 現状の目視検査工程の課題

現在、複数のメーカーからAI外観検査を可能にする製品が展開され始めているが、導入に関して次の課題が存在する。

2.1 連携機器に合わせた作り込みが必要

一般的なAI画像検査ソフトウェアでは、外観検査システムに必要な機能を全て持っている製品は少なく、特に生産現場で制御を担うシーケンサとの通信部分についてはプログラムの作り込みが必要な場合が多い。

カメラ撮像についても、カメラベンダーごとに設定ツールが異なり、検査システム化ではカメラ連携用のSDK(Software Development Kit, ソフトウェア開発キット)を用いたプログラムの作り込みも必要な場合がある。

これらの要因によって、システム構築時に多くの工数が発生するという課題が存在する。

2.2 高精度なAIモデルを効率良く作成するのが困難

外観検査工程にAIを導入する場合、生産現場では高精度な不良品検出能力が求められる。

一般に高精度の画像認識AIを生成するためには大量の画像データ(数百~数千枚)を必要とし、AIモデルの学習も数時間から場合によっては数日かかることが多い。

さらに良品と不良品を判定する分類タスクを実行する場合には、検出対象のクラス(良品, 不良品)に属する画像を、各クラスの枚数になるべく均等になるように用意するのが一般的である。しかし多くの生産ラインでは、不良品の発生は極めて少ないため、学習に使用する不良品画像がそもそも入手困難である。

またAIモデル生成を行うシステムでは、ハイパーパラメーターと言われるAIモデルの構造を定義するパラメーターの値によって精度が大きく変動するため、これらの値を検査内容に応じて調整することがよく行われる。しかしハイパーパラメーターの調整には、高度なAI知識と試行回数が必要で、さらに調整のたびにAIモデルの作成が必要なため、設定作業が非常に煩雑になる。

これらの要因によって、精度の良いAIモデルを効率良く作成することが困難であるという課題が存在する。

2.3 検査結果のトレーサビリティ確保が困難

一般的な外観検査システムでは、検査に使用した画像と、良品・不良品などの検査結果、異常度、検査対象のワークのシリアル番号やロット番号、ワークの生産時の加工条件などは別々に保存されることが一般的である。このような関連するデータが散逸している状況ではトレーサビリティが確保できず、万が一不良品の流出が発生した際の原因究明や対策が困難になるという課題が存在する。

3. MELSOFT VIXIOの特長

3.1 簡単システム構築

“連携機器に合わせた作り込みが必要”という課題に対して、MELSOFT VIXIOでは、低工数でのシステム構築を可能にした。

(1) 産業用カメラの共通規格に対応

MELSOFT VIXIOの開発に当たって、産業用カメラの共通規格であるGenICam^(注1)及びGigE Vision^(注2)に対応した。

GenICamとは、各カメラに対して、インターフェースや実装されている機能にかかわらず、汎用的なプログラミングインターフェースを提供するソフトウェア規格である。この規格に準拠することによって、インターフェースに関係なく統一的なAPI(Application Programming Interface)を使用できる。

GigE Visionとは、産業用カメラとコンピューターを高速かつ信頼性のあるEthernet^(注3)接続で結ぶ規格である。この規格に準拠しているカメラやアプリケーションであれば、異なるベンダーの製品でも相互に接続可能である。

MELSOFT VIXIOでは、これらの共通規格を使用して設定を行う。そのため各カメラベンダーの専用ツールを使用せず、MELSOFT VIXIOだけで撮像設定を完了できる。一般的な外観検査システムとMELSOFT VIXIOのカメラ連携設定の比較を図2に示す。

(2) シーケンサ連携機能の実装

当社シーケンサの主力製品であるMELSEC iQ-R, MELSEC iQ-F, MELSEC-Qシリーズとの連携を、直感的な設定操作だけで実現可能である。

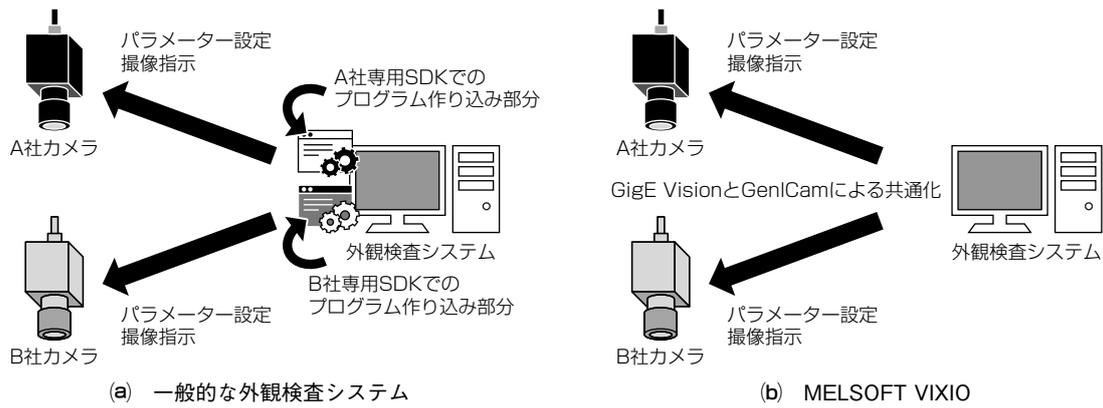


図2-カメラ連携設定の比較

シーケンサからデータを受信し、これを検査開始のトリガーとして使用することや、ロット番号等の工程情報を受け取って検査結果に格納すること、さらに検査完了の通知と、良品・不良品といった検査結果をシーケンサに送信するなどの連携が可能になっている。

(3) Webアプリケーション方式による複数人同時操作の実現

MELSOFT VIXIOは、動作するパソコンにWebサーバーを構築し、Webブラウザから操作画面へアクセスする方式を採用した。これによってAIモデルの作成や検査タスクの設定などの操作を複数人で行うことが可能になる。さらに検査タスクのモニターをタブレットに表示することで、外観検査システムから離れた任意の位置で検査の状況を把握できるようになるなど、従来のWindows^(注4)アプリケーションでは実現が困難なユースケースにも対応可能にした。システム構成を図3に示す。

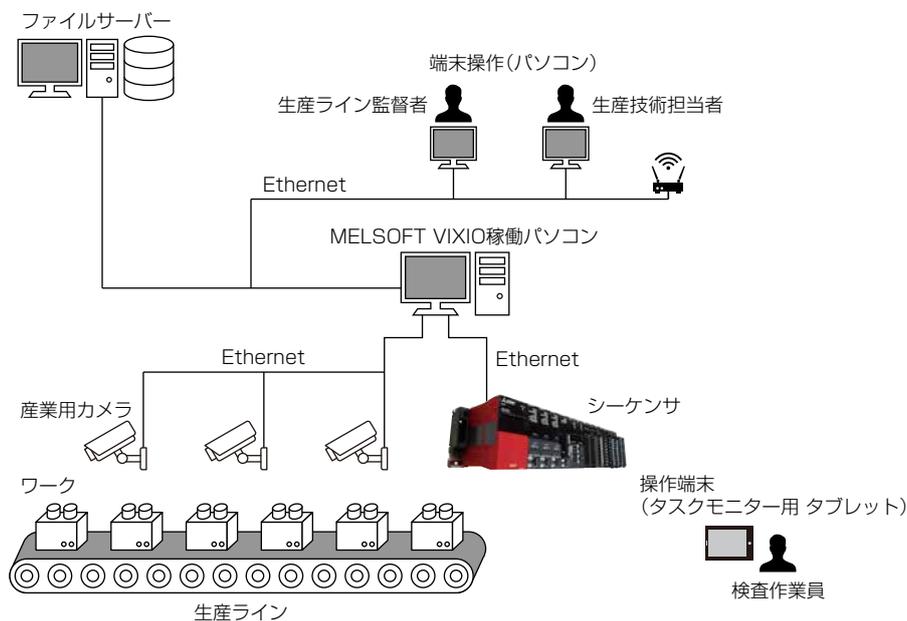


図3-MELSOFT VIXIO運用時のシステム構成

操作画面のデザインに当たっては、製品全体に統一感を持たせるためのデザインガイドラインや、特にユーザビリティを確保したい画面のデザイン例を各画面のデザイン作業前に作成することで、操作性の確保と、洗練されたレイアウトを実現した。

(注1) GenICamは、EMVA(European Machine Vision Association)の登録商標である。
 (注2) GigE Visionは、Association for Advancing Automationの登録商標である。
 (注3) Ethernetは、富士フイルムビジネスイノベーション(株)の登録商標である。
 (注4) Windowsは、Microsoft Corp.の登録商標である。

3.2 高速・高精度AIアルゴリズム搭載

“高精度なAIモデルを効率良く作成するのが困難”という課題に対して、MELSOFT VIXIOでは、検査対象のワークの性質や検出したい不良の発生頻度に応じて選択可能な二つのAIアルゴリズムを用意することで対策を行った。

2.2節に述べたとおり、画像認識AIの学習では、良品・不良品の画像をそれぞれ数百枚から数千枚用意することが一般的である。しかし量産品の生産ラインでは、不良品の発生は極めて少なく、学習に使用する不良品画像がそもそも入手困難である。

そこで、この課題を次のAIアルゴリズムで解決した。

3.2.1 良品学習

良品学習は、良品画像だけを用いて学習を行うアルゴリズムである。良品学習では、学習時間の高速化を図った。一般的にAIの学習(特にディープラーニングを使用したもの)には数時間、場合によっては数日必要なものが多いが、良品学習では独自軽量AIに対して、ハードウェアアーキテクチャーに合わせた最適化や計算順序の工夫を行うことで、非常に高速な学習を可能にした。

さらに一般的なAIの学習や検査実行ではGPU(Graphics Processing Unit)が必須であるため、これも導入のハードルになっていた。良品学習ではCPUだけでの学習及び検査実行を実現した。

結果として学習用の画像が100枚程度の場合には、学習の所要時間が10秒以内という速度性能を実現した。

3.2.2 異常箇所学習

異常箇所学習は、少数の不良品画像を用いて学習を行うアルゴリズムである。不良品画像は最少で1枚あれば学習が実施可能である。

学習に当たっては、事前に学習画像の不良箇所にマーキングを行う必要がある。しかし一般的なAI学習時のマーキングと異なり不良箇所の厳密な領域選択は不要であり、MELSOFT VIXIOでは不良箇所の位置を数点のピクセルで指定するだけでマーキングが完了する。

3.3 検査結果の一元管理

“検査結果のトレーサビリティ確保が困難”という課題に対して、MELSOFT VIXIOでは、検査結果保存機能を用意することで対策を行った(図4)。

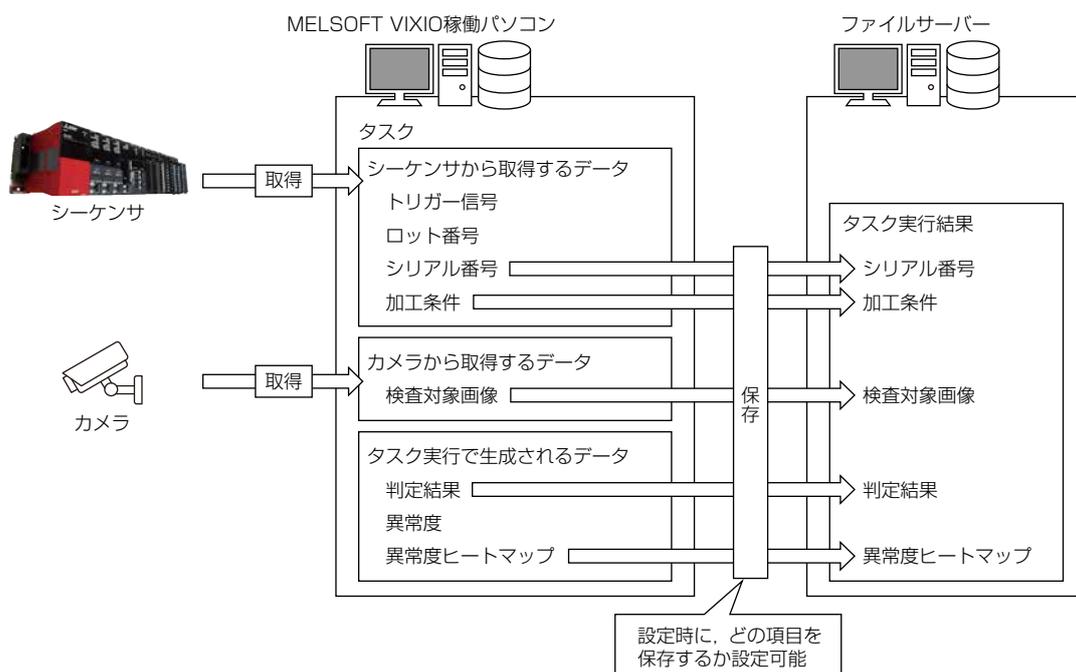


図4-検査結果の保存

この機能では、検査時のタスクで扱うデータを検査結果に簡単にひも付けて、タスクの実行単位(典型的には検査対象のワーク単位)での保存が可能である。検査対象のシリアル番号やロット番号、加工条件などは、検査時に連携するシーケンサから情報を取得する。検査結果保存の設定画面から、保存する対象を選択できるため、トレーサビリティの確保に必要な項目だけを保存可能である。

4. ユースケース

近年急速に普及しているAI外観検査システムではあるが、これをもって従来検査員が行っていた目視検査工程や、既存のルールベース外観検査システムを完全に代替することは難しい。

この章では、MELSOFT VIXIOがターゲットとするユースケースについて述べる。

4.1 ルールベース検査との併用による精度向上

ルールベース検査^(注5)は、検査工程で広く用いられている一方で、色や形状、大きさが想定できない不良(ルール化が難しいもの)に対して誤検出又は見逃しが多く発生するという課題がある。

これに対してMELSOFT VIXIOを併用することで、得意な領域を補完し合い、外観検査工程全体としての精度を向上させることができる。

(注5) 画像処理技術を使用して、指定位置の長さや面積等を求めることによって良否を判定する手法

4.2 目視検査の一次スクリーニング

目視検査工程では、小さな傷やムラなど、NG品の“可能性のあるもの”を目視で仕分けて、その後一次スクリーニングでNGになったものを、品質保証担当が詳細調査するというプロセスを採用することが多い。この一次仕分け工程にMELSOFT VIXIOを導入することで、NG品の可能性のあるもの(いつもと違うもの)の一次スクリーニングが可能になる。これによって一次スクリーニングの工数の削減、及び検査品質の平準化を実現できる。

4.3 目視検査員とのダブルチェック

検査員が目視で検査を行う工程では、検査員の熟練度や、ノウハウの差で見逃しが発生する場合がある。さらに検査時の確認画像が残らないため、不良流出時に画像での再確認ができないといった課題が存在する。

これに対してMELSOFT VIXIOを導入することで、AIによる外観検査を実施し、AIによる判定結果を基にしながら目視でダブルチェックを行うという仕組みが考えられる。これによって不良の見逃しを低減でき、さらに検査結果を画像で全数残せるため検査のトレーサビリティを確保できる。

5. む す び

外観検査システムに必要な機能を一つのパッケージに統合したMELSOFT VIXIOの開発背景、特長、及びその実現に適用した技術について述べた。

MELSOFT VIXIOは外観検査システムの構築にかかる工数の削減を実現するとともに、生産品の品質確保に大きく貢献する。さらに検査工程でのトレーサビリティの確保によって、万が一の不良品流出時の原因分析も容易になる。

今後は総合FA機器メーカーという当社の特色を生かして、シーケンサやGOT(Graphic Operation Terminal)、サーボシステム、ロボットといった他製品との連携を強化していく。

これによって、より簡単に高速・高精度な外観検査システムの構築を可能にし、検査工程の更なる自動化や生産性向上に貢献していく。