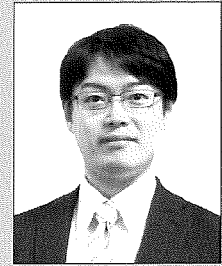


AIを活用した検査工程の自動化・効率化手法

株式会社中央電機計器製作所 研究開発部 畑野 昌洋



1. はじめに

近年、日本のものづくり企業においては、グローバル市場における競争力を確保するため、生産性の向上や、より高レベルな品質管理が求められることが増えてきています。製造・生産工程においては、製造設備の導入による自動化が進んでおりますが、それと比較して検査工程においては、自動化があまり進んでいない現状があります。加えて、労働人口の減少を受けて、検査人材の確保も課題となっており、検査工程の自動化・効率化は多くの企業で急務となっております。

このような背景のもと、本稿では画像処理を用いた自動検査手法の紹介をさせていただきます。検査工程の自動化・効率化検討のきっかけとしていただければ幸いです。

2. 検査工程の分類と各工程の手法

ものづくりにおける検査工程はおおまかには、①寸法検査、②外観検査、③数量検査、④性能検査、⑤機能検査、に分類することができます。

このうち、④と⑤は対象製品ごとに独自の検査手法になるため、汎用的な検査設備ではなく一品一様な検査システムが必要になることが多いと考えます。一方、①、②、③は様々な製品において共通して実施されるものであり、汎用的な検査設備の導入にて自動化・効率化できる可能性があります。

ここでは、自動化・検討化の検討が比較的行いやすい①、②について注目して説明してまいります。

①寸法検査において、従来からの手法ではコンベックスやノギスを活用して、人手で測定する手法が一般的です。その場合、様々な形状の測定に対応できるメリットはありますが、品質管理の課題として、JIS1級品のコンベックスであっても1mで±0.3(±0.2+0.1x1m)mmの許容差があることや、ノギスのパ-

表1 検査工程毎の自動化手法

検査種類	従来手法	自動化手法
寸法検査	人手によるコンベックスやノギスを活用	カメラ・レーザー変位計等と制御ソフトウェアによる自動検査
外観検査	人手による目視検査	カメラと画像処理ソフトウェアによる自動検査
数量検査	人手による目視検査	カメラと画像処理ソフトウェアによる自動検査
性能検査	個別計測器を使い分けて計測	モジュール型計測器に必要なモジュールを組み合わせ、専用ソフトウェアにて一括計測
機能検査	人手で実機を操作し、機能毎に動作確認	テストパターンの印加の自動化と応答の自動取得を組み合わせ、全自動試験

ニアスケールの読み取り値が人によってばらついてしまう可能性が潜んでいます。また、測定箇所毎に人がノギス等をあてなおす必要があるため、効率的な作業とは言い難いと考えられます。

それに対して、カメラを使用した寸法検査の場合、画像内に収まる箇所については、画像処理にて自動的に寸法計測が可能であり、複数箇所も一括して計測することができます。また、1mを超えるような大型のワークの場合は、カメラとロボットを組み合わせることで、画像内のエッジ位置とロボットの移動距離とを足し算することで、寸法計測することが可能です。

次に②外観検査において、こちらは従来から人が目視にて傷、異物、汚れ等の検査をすることが多いと思います。現在も多くの企業が人海戦術で目視検査を実施しているのが現状です。その場合、ニューマンエラーによる見落としが発生するリスクが高いことや、検査のエビデンスが残せないといった課題があります。

外観検査の効率化手法も、寸法検査と同様にカメラと画像処理ソフトウェアの組み合わせで実現できる可能性があります。画像内に対象物が収まるよう光学機器を選定し、撮影された画像に対して、画像処理ソフトウェアにて欠陥を自動抽出できるようにすれば、人手を介さずに検査が実施でき、かつ、エビデンス画像も残せるため、品質管理の観点からも改善がのぞめます。また、画像処理ソフトウェアについて、近年では

AIを活用することでルールベース（欠陥の大きさや形状などの特徴に対して判定ルールを設計者があらかじめ決定しておく）で実現できなかった様々な特徴が複雑にからみあったサンプルに対しても、自動化することができるようになってきました。

このように、寸法検査、外観検査においては自動化・効率化の手法は概ね固まってきております。次からは各検査におけるより具体的なソリューションについて、弊社保有の技術を中心に説明してまいります。

3. 寸法検査の自動化・効率化ソリューション

寸法検査の自動化・効率化手法としては、おおまかには“カメラで対象物の全体を撮影する手法（移動機構なし）”と、“カメラで対象物の一点を撮影し、カメラか対象物を移動させ、もう片方の点を撮影する手法（移動機構あり）”の2種類があげられます。

前者は、画像に写った対象物全容から測定したい箇所2点を画像処理にて検出し、その2点の間に存在する画素数をカウントすることで長さを算出する手法です。対象物の全容を視野に入れる必要があるため、主に小さい対象物に対して有効な手法です。

一方、後者は対象物が1視野に収まらない場合に採用される手法です。まず、対象物の測定したい箇所のうち、1点目だけを視野に入れて撮影します。次に、2点目が視野に収まるように、カメラ、もしくは、対象物を移動させ、2点目付近を撮影します。こうすることで、1点目と2点目の画面内位置座標、および、カメラ、または対象物の移動量の3つのデータが取得されますので、それぞれを合算することで長さを算出することができます。前者の方法に比べて、移動機構が必要となりますが、大型化が比較的容易であり、小型の対象物も測定できるため、幅広い対象物に適応できます。ただし、移動機構が追加されることで、移動機構で生じる誤差が加算されるため、高精度な測定を実現するためには、画像処理の知識だけではなく、メカトロニクスの知識も要求されます。また、近年では、寸法測定に適したスキャナーを活用しての寸法測定ソリューションも存在します。1視野（1画像）に収められる範囲がカメラの場合よりも広いのが特徴ですが、測長精度はメカ部分の位置決め精度に依存するため、要求精度が比較的粗いく、1視野を広く確保したいケースに向いています。それぞれの特徴を表にまとめると下記となります。

弊社では、画像処理技術に加えて、メカトロニクス

表2 寸法検査の自動化手法比較

	移動機構なし	スキャナー型	XY移動機構
視野サイズ	100mm角程度	A3サイズまで	14x10mm程度
測定精度目安	±1um～ ±100um	±50um～ ±200um	±5um～ ±100um
繰り返し精度目安	±0.5um～ ±10um	±20um～ ±100um	±5um～±20um
最大測定範囲目安	100mm角程度	A3サイズ+α	A0サイズ以上も可 (移動機構のストロークに依存)
カメラ画素数目安	500万画素～2000万画素	2000万画素～6000万画素	30万画素～500万画素
移動機構分解能目安	-	40um～80um程度	0.1um～10um程度

の制御実績も豊富であることから、主にカメラと移動機構を組み合わせたソリューションを提案しております。

4. 弊社の寸法検査装置ラインナップ紹介

4-1. GS-HB6040 (570x420mm)

GS-HB6040はラインナップの中で、標準モデルに位置します。ポイントはA3サイズまで測定可能でありながら卓上に設置できるモデルです。一般的な作業机に設置が可能で、場所に制約がある中でもコンパクトに設置して頂けます。XY直交ステージは、精密級ボールねじとアルミ定盤で構成されています。光学系は、320万画素カメラと同軸照明およびリング照明を標準搭載しており、上位機種と同じ構成です。

4-2. GS-HLS40045 (4000 × 450mm)

先の説明で少し触れた4mまで測定できる超大型の二次元寸法装置です。下軸にリニアモーターを採用し、4mで±20umの位置決め精度を実現しております。寸法検査の精度として、位置決め精度、繰り返し精度の両方を加味しても±100um以内と、超大型装置として高精度を実現いたしました。大型の高機能素材の寸法検査の自動化に適した製品となっております。

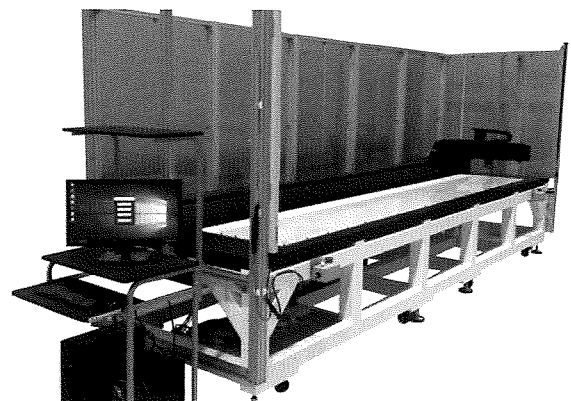


図1 GS-HLS40050 装置写真

ここまでの寸法検査のソリューション、および、弊社の寸法検査装置の紹介でした。続いて、外観検査のソリューションについて説明いたします。

5. 外観検査の自動化・効率化ソリューション

2章にて説明したように、外観検査は目視検査にて実施されている企業が多いと考えます。その理由として、

- ・自動化設備の導入に膨大なコストがかかる
- ・規則性のないワークは技術的に自動化が困難

などがあげられます。

自動化設備の導入には少なからずコストがかかります。しかし、どの作業までを自動化の範囲に含めるかによってそのコストは大きく変わってきます。例えば、搬送系を含めるかどうかによって、設備の費用が倍半分以上かわる可能性があります。搬送系を含めなければ完全自動化はできないと思いますが、そこまでの自動化が必要か、冷静にコスト試算をする必要があります。複数人で検査工程を担当している場合は、無人化ではなく省人化の方がコストメリットを出せる可能性も大いにあるのです。まずは検査部分を省人化することからはじめ、次のステップで搬送系を導入し、完全無人化するなど、段階毎に設備を導入する方法ならばコストが分割されることや、設備導入時のリスクも低減できることから、外観検査自動化のよい取り組み方だと考えます。ただし、外観検査の自動化自体が技術的に難しい場合は、そもそも検査部分の省人化自体もできなくなります。フィルムに不規則なパターンが印字されているワークや、不織布などの規則性のない繊維が重なったものなどは、技術的に難しい例と言えます。そこで注目したいのが、AIを活用した画像処理技術です。AI画像処理技術は驚くペースで進化を続けており、不織布などの不規則なワークの検査でもAI画像処理による検査実績を耳にいたします。

ここからはAI画像処理の説明を行います。AI画像処理と対になるのが、人が機械に対して検査のルールをあらかじめ設定してあげる、ルールベースの画像処理です。両者の違いをまとめると下記となります。

最も大きな違いは、ルールベースでは人が検査ルールである数~数十種の画像処理パラメータを決めるのに対して、AIでは入力画像からワークの特徴を機械が自動で学習し、膨大な数の特徴量（画像処理パラメータ）を決めることです。AIの方がより多くの特徴量を決められることから、ルールベースでは対応できなかった複雑で不規則なワークであっても、自動化できる可能性がでてきます。

表3 ルールベース vs AI 比較表

	ルールベース型 検査システム	エッジAI型 検査システム
欠陥認識手法	ルールベース (決められた特徴量にて認識。規則性のあるものに対応。)	画像から学習 (特徴量を画像から学習。周期性、規則性がないものにも対応。)
検査精度	ルールに依存 (ルール設定者のスキルや対象物の特徴量に依存)	主に学習用データに依存 (検査対象の写りや、学習枚数など)
導入期間	短い	長い
概算コスト	約150万円~	約150万円~
その他特徴	検査対象物の種類ごとに細かなルール調整が必要	画像処理スキルがなくとも学習・検査が可能 (目視検査と同じ感覚)

概算コストについて補足いたします。一般的にはAI画像処理は非常にコストがかかると思われている方が大勢いらっしゃるかもしれませんが、そんなことはありません。AI画像処理技術は、世界的にオープンにされており、日々、新たな論文やソースコードが公表されており、このように進化が激しいAI画像処理に対応するため、大手メーカーは常に最新技術をお客様に届けることを目標に、継続的に開発を行っており、その結果として、ソフトウェアの価格が高額になってしまいがちです。しかし、常に最新の技術である必要はなく、お客様のワークが正しく検査できれば、それ以降のソフトウェアのアップデートは不要であるとも考えられます。そこをご理解いただけるならば、AI画像処理であっても、ルールベースと変わらないコストで導入できる可能性があるのです。汎用性を高めたAI画像処理ソフトウェアよりも、的を絞ったAI画像処理ソフトウェアを選ぶことがコストを抑えるポイントになります。AI画像処理の特徴として、気をつけなければいけないことは、お客様の手で学習用データを用意しなければならないことです。AI画像処理は学習の仕方によって精度の善し悪しが決まると言っても過言ではありません。そのため、お客様が用意する学習データに誤り（良品を不良品とする等）があると、高い検査精度を実現できなくなります。また、学習用データに学習させたい欠陥などが鮮明に写っていないければ、大量の画像を与えたとしても検査精度が向上しないこともございます。

以上のポイントを踏まえて、AI画像処理にて外観検査の自動化を検討される際は、汎用的なAI画像処理ソフトウェアを購入される前に、AI画像処理のカスタム対応が可能な企業で、かつ、光学機器の選定や学習データのサポートも対応可能なシステムインテグレーターに相談されることが自動化の近道だと考えます。

続いて、弊社のAI画像処理システムについて説明させていただきます。

6. 弊社の AI 画像処理ソリューションの紹介

AI 画像処理技術をおおまかに分類すると以下のようになります。

	画像認識 (Alexnet, resnet, EfficientNetなど)	物体検出 (R-CNN, SSD, YOLOなど)	Patch Core
判別イメージ			

図 2 AI 画像処理分類

弊社では上記のうち、“画像認識”、“物体検出”を活用した外観検査ソリューションを提案しております。画像認識とは、撮影された入力画像全体の特徴を AI に学習させる手法です。撮影された画像に対して、ラベルを付けるだけで学習データが用意できるので、学習データの準備が容易というメリットがあります。一方で、ワークの位置がずれたりすると位置ズレも 1 つの特徴として学んでしまうことから、位置決めを正確に行うためのメカと組み合わせることが多く、システムトータルのコストは高くなる可能性があります。以下に画像認識での撮影画像例を示します。

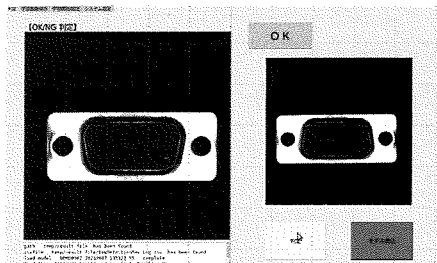


図 3 画像認識による判定結果画像例

物体検出は、入力画像内の一部を抽出し、抽出された部分の特徴を AI に学習させる手法です。下の画像に示すように、コネクタのピン、取付穴、コネクタ外形をそれぞれ別の物体として抽出し、それぞれの特徴量にて判定しています。対象物は画像内のどこかに写っていれば判定できるので、画像認識のように位置決めの制約がありません。したがって、コンベアーに流れてくる物体の外観検査をさせる場合などに有効です。

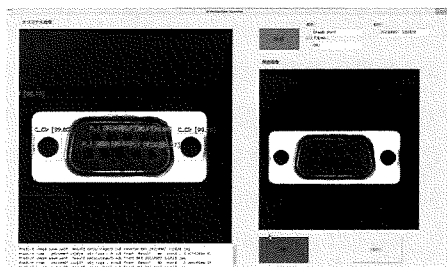


図 4 物体検出による判定結果画像例

また、対象ワークを学習させるのではなく、ワーク上の欠陥そのものを学習させる方法も物体検出ならば可能です。参考までに、偏光板にダミー欠陥を複数つけた場合の検証結果画像を示します。欠陥箇所のみ抽出していることが画像からわかります。

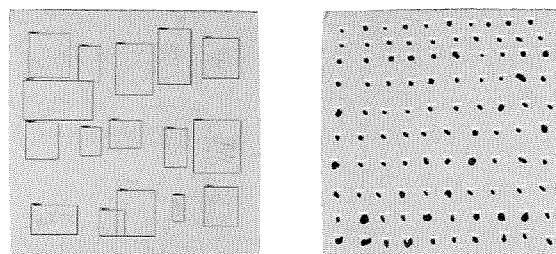


図 5 物体検出による偏光板の外観検査例

このように、弊社では検査対象物に応じて最適な学習方法も併せてご提案させていただいております。AI 画像処理にてどのようにすれば外観検査の自動化ができるのか、具体的な内容が決まっていなくても、弊社にご相談いただければ、光学機器などのハードウェア検討から、外観検査アルゴリズムの検討、サンプル品検証など、お客様と一緒に自動化に向けたステップを 1 つ 1 つ確実に対応させていただきます。どうぞお気軽に御相談ください。

おわりに

ここまで、寸法検査と外観検査の自動化・効率化について説明してまいりました。検査工程の自動化・効率化は生産性向上のために今後一層重要になると考えられます。これをきっかけに御社の検査工程の見直しを考えられてはいかがでしょうか。どのように検討を始めたらいかがかわからない、相談ののってもらいたい等の御要望がございましたら、お気軽に御相談ください。御社に最適なソリューションをご提案させていただきます。最後までお付き合いいただき誠にありがとうございました。

【問い合わせ先】

株式会社中央電機計器製作所 カスタマーサポート
〒534-0013 大阪府都島区内代町 2-7-12
TEL : 06-6953-2366 FAX : 06-6953-2414
HP アドレス : <http://www.e-cew.co.jp/>