

大型製品の寸法検査をDX ～寸法検査の課題と解決策～

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、日本企業の品質データ偽装問題が多発しており、寸法検査もこれに含まれるケースが多くあります。この原因の1つとして、多くの企業でいまだにコンベックスやノギスといった昔ながらの測定器を使う、人手による検査に頼っている現状があげられます。ここでは、高性能素材の寸法検査における課題と、その解決策について、触れてまいります。

2. 高性能素材の寸法検査における課題

コンベックスやノギスでの寸法検査は作業工程で大まかに3つに分けることができます。それぞれの工程における課題を以下に記載いたします。

工程① 対象物の測定箇所計測工具をあてる

工程② 計測工具の指示値を読み取る

工程③ 読み取った指示値を成績書に転記する

工程①では、計測工具をあてる際の少しの位置ズレが計測誤差につながってしまいます。また、計測工具の使い方にも人それぞれの癖があり、担当者間でバラつきが生じる原因となり、そのバラつきも計測誤差に計上されます。

次に工程②で生じる計測誤差について考察します。アナログ式ノギスの場合、検査担当者がバーニアスケールを斜めから見てしまうなど、検査担当者毎に読み取る値がバラつく可能性があります。また、コンベックスの場合は、そもそも JIS1 級品であったとしても 1m で ± 0.3 ($\pm 0.2+0.1 \times 1m$) mm の許容差が許されており、指示値にそれだけの誤差が内包されていると考える必要があります。

工程③では、転記ミス、転記漏れといったヒューマンエラーが生じる可能性があります。また、誤ったデータを記載した場合、それが故意ではなかったとしても、データを偽装したことになるため、最悪の場合、企業

の信用問題に発展する可能性もあります。

このように、寸法検査1つをとりあげても課題が多く存在しますが、寸法検査をデジタルトランスフォーメーション（以下、DX）することにより、上記の課題の多くは解決できます。続いて、寸法検査における代表的な DX 手法を説明いたします。

3. 寸法検査の DX 手法

寸法検査の DX 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、カメラが対象物を移動させ、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なく、メカトロニクスの知識も要求されます。

両者の特徴を図1に示します。

	移動機構なし	移動機構あり
測定精度目安	±1μm～±100μm	±5μm～±100μm
繰り返し精度目安	±0.5μm～±10μm	±5μm～±20μm
最大測定範囲目安	100mm角程度	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	30万画素～500万画素
移動機構分解能目安	-	0.1μm～10μm程度

図1 寸法検査のDX手法比較

続いて、2章で述べた課題に対して、どのようにDXできるかを、移動機構ありの手法をもとに説明してまいります。

まず、計測工具をあてる位置のずれに相当するものは、上記手法では画像中の対象物から測定点を抽出することに該当します。この際、人が測定点を画像から選んでいては、同様にずれが生じてしまいますが、測定したい箇所の特徴を画像処理にて自動で検出する方法を用いれば、担当者が変わったとしても検出位置にずれは生じません。ここで言う位置の特徴とは、例えば、“角”、“円の中心”、“特定位置の直線”、“特定位置のエッジ”といったものを言います。上記のような点はすべて画像処理にて自動的に画像から算出可能です。このような特徴がある測定箇所を画像処理にて自動検出した例を図2に示します。

次に、指示値を読み取る際に生じる誤差については、1点目と2点目の位置検出精度、および、移動量の検出精度に依存します。1/2点目の位置検出精度は、カメラとレンズの分解能、および、画像処理の際のサブピクセル処理分割数にて決まります。カメラとレンズの分解能とは、カメラの画素数とレンズの分解能を合

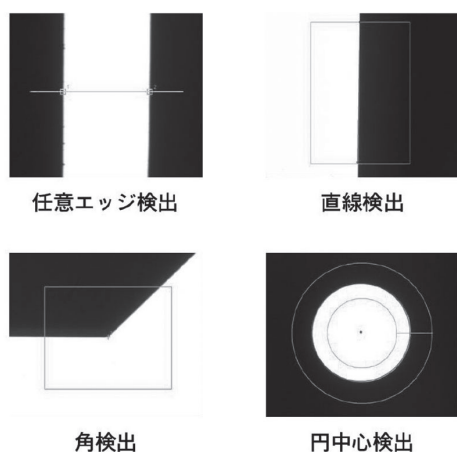


図2 エッジ検出画像処理例

わせたもので、例えば、1画素10μmのカメラと、光学倍率1倍で分解能10μm以下のテレセントリックレンズを組み合わせた場合、理想的には10μmの分解能となります。次に、画像処理のサブピクセル処理とは、エッジ検出時に行われる補間処理のことを指します。本来、画像データは画素ピッチより細かい刻みでデータを持ってません。しかし、画像処理において、図3に示すように、隣接画素間の輝度変化量から、隣接画素の間の輝度値を補間する技術が確立されています。そのため、1画素よりも細かいピッチで1/2点目の位置を検出することが可能となります。この処理をサブピクセル処理と言います。サブピクセル処理にて細かく分割できれば高精度にエッジの位置座標検出が可能となります。ただし、あくまで補間処理であるため、隣接画素から予測できないような局所的な変化については追従できません。

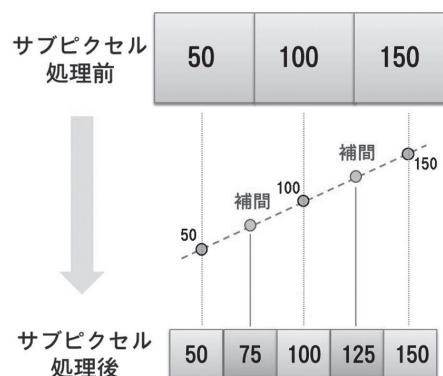


図3 サブピクセル処理（バイリニア補間）

カメラ・レンズの分解能は、12x9mmの視野を200万画素で撮影した場合で、約7.5μm程度で、さらに、サブピクセル処理にてそれを分割することから、数μm程度の読み取り誤差になると考えられます。ノギスを用いた場合は、バーニアスケールの刻みから細かくとも20μm程度となり、DXによる計測誤差低減の効果は大きいことがわかります。

最後に成績書への転記については、DXにより転記の必要がなくなるため、リスクは大幅に低減できます。しかし、ここに別のリスクが生じる可能性があります。市場に流通している汎用の検査装置の場合、その検査装置独自のフォーマットで成績書が出力されることが多く、企業固有のフォーマットに変換するために、担当者が手入力でデータを転記する、もしくは、別ソフトウェア等を活用して自動で入力させる場合があると思われませんが、そこに悪意のある者がつけ込むリスクが生じてしまいます。データインテグリティで定義され

項目	意味
帰属性	データの所有者・責任者が明確であること
判読性	データが判読でき、理解できること
同時性	データの生成と記録が同時であること
原本性	データが原本であること
正確性	データが正確であること
完全性	データにすべてが含まれていること
一貫性	データが一貫して矛盾がないこと
永続性	データが永続的であること
可用性	データが必要なときに利用できること

図4 データインテグリティの定義

ている、データの完全性、一貫性を高めるには、検査装置から企業固有のフォーマットに合わせた形で直接成績書が出力できることが最も望ましいと考えられます。

4. 寸法検査の DX 手順

ここからは、寸法検査のより具体的な DX について、事例を交えて説明させていただきます。事例は DX が比較的進んでいない大型製品を前提にしたもので紹介させていただきます。

4-1. 光学機器

一番最初に検討しなければならないことは、測定対象物の測定したい箇所のエッジが、画像処理にて正確に認識できるような画像が取得できるかどうかを確認することです。

人が目視で確認するとあからさまにわかるようなものでも、機械が正しく認識できるかどうかはわからないので、必ず光学機器の購入前に、テスト撮影を実施します。このとき、寸法検査に使用するレンズは、テレセントリック光学系を用いるのが一般的です。その理由は、一般的な光学系の場合は、レンズと対象物の位置関係が変わると見え方が異なってしまいことと、1画素の大きさも変わってしまうためです。テレセントリック光学系はレンズと対象物の位置関係が多少ずれても、ピントのずれが起こるが、被写体上の1画素の大きさはずれにくく、図5に示すような高さのある製品でも正確に撮影できることが特徴です。

また、対象物のライティングも非常に重要な要素です。ライティングでは、明視野、暗視野といった2種の観察法があります。レンズに対して同軸でライティングする手法を明視野で、対象物で正反射した光がレンズに届くので、全体的に明るい画像になります。

一方、正反射成分の光がレンズに届かない角度でライティングする手法が暗視野と言います。局所的な凹凸部分のみ明るく見える画像になります。どちらの観察法

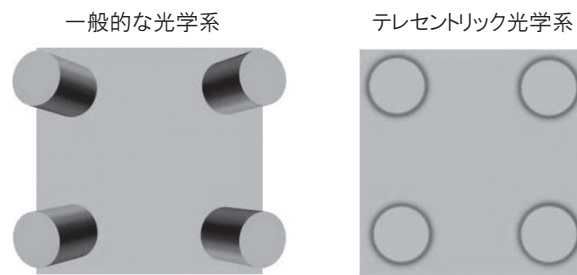


図5 光学系比較イメージ

が対象物のエッジを検出するのに適しているか、テスト撮影時に確認する必要があります。

弊社の寸法検査装置では、明視野、暗視野のどちらの観察法にも対応できるように、同軸系照明と斜め光照明の両方を標準で搭載しております。

4-2. 移動機構

大型の製品の寸法検査を行う際に最も重要になるのが移動機構の設計です。移動機構ありの構成の場合、移動機構の位置決め精度、繰り返し精度が測定誤差に直結してしまいます。代表的な移動機構の構成としては、ボールねじアクチュエータとサーボモーターの組み合わせ、または、リニアモーターがあげられます。ボールねじアクチュエータとリニアモーターを比較すると、リニアモーターの方が物理的な接触が少ない構造なので、位置決め精度、繰り返し精度は高く、最高速度も速いが、コストも上がってしまいます。また、大型化でもリニアモーターの方が優れています。

弊社では、大型ステージの実績として、リニアモーターでは、最大4mまでの製品に対応した実績がございます。そのような大型ステージを使用する場合は、設計段階での考慮はもちろんのこと、さらに、位置決めの固体調整を実施します。そのためにはサブミクロン精度で位置を検出できるレーザー測長器を使用する必要があります。弊社では、キャリブレーション込みで移動機構の位置決め精度は、4mで±20μm以内を実現いたしました。

4-3. ソフトウェア

システム構成が決まりましたら、エッジ検出のために必要な画像処理について検討します。ただし、多くの寸法検査装置メーカーで画像処理については同種の機能があらかじめ実装されていますので、寸法検査用の画像処理が追加になるケースは少ないと思います。特殊な箇所を画像処理で検出する際は、実空間上に存在しない点を画像処理で作り出す機能も存在するので、工夫次第で様々なエッジ検出が可能です。

また、課題のところで述べさせていただいたように、近年ではデータインテグリティの対応が重要性を増し

ています。データ改ざんを事前に防ぐためには、人が介入する隙を与えないに越したことはなく、作業効率の観点からも、検査装置から、検査完了と同時に、すべてのデータが記録された、転記の必要のない形の成績書がでてくることが求められます。

弊社の場合、寸法検査装置のみならずシステムインテグレーターとして、多種多様なシステムを開発してきた実績が豊富にございますので、お客様の望む形でデータを残せるよう、ソフトウェアのカスタマイズ対応も実施しております。

5. 弊社の寸法検査装置ラインナップ紹介

5-1. GS-HB6040 (580x400mm)

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、200 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。



5-2. GS2-HLS6560 (650 × 600mm)

GS2-HLS6560 は GS-HB6040 に比べて、カメラの高さ調整が電動で行えること、そして XY 軸にリニアモーターを採用したことで、超高速で高精度が可能な製品です。

リニアモーターの採用により高精度な位置決めが可能となり、また、最大速度 1,000mm/sec の移動を可能とします。この速度は、ワークを移動させるタイプのステージでは実現困難なスピードです。したがって、大量のワークを自動で測定したいお客様には最適なソリューションとなり得ます。



5-3. GS-HLS40045 (4000 × 450mm)

先の説明で少し触れた 4 m まで測定できる超大型の二次元寸法検査装置です。下軸にリニアモーターを採用し、4m で $\pm 20\mu\text{m}$ 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 $\pm 100\mu\text{m}$ 以内と、超大型装置に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 DX に適した製品となっております。



6. おわりに

ここまで、寸法検査の課題から、DX による解決策、および DX の手順について説明させていただきました。特に、大型の高機能素材の寸法検査でお困りの方がおられましたら、参考にしていただければ幸いです。DX により、多くの課題は解決できると思いますが、いざ DX するにしてもどのように始めたらよいかわからない、相談に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。御社に最適な寸法検査をご提案させていただきます。

【問い合わせ先】

株式会社中央電機計器製作所 営業本部
〒534 - 0013 大阪府都島区内代町 2 - 7 - 12
TEL : 06-6953-2366 FAX : 06-6953-2414
URL : <https://www.e-cew.co.jp/>