

検査現場の多様なニーズに対応する マルチセンサ三次元測定機と最新動向

■ はじめに

本稿では弊社が日本総代理店を務める米国OGP (QVI社) 製マルチセンサ三次元測定機スマートスコープ (第1図) を中心に、開発の経緯や検査現場での運用実績、最新動向を紹介する。



(第1図) 米国 OGP (QVI 社) 製マルチセンサ三次元測定機スマートスコープ ZIP250S

■ マルチセンサ三次元測定機とは

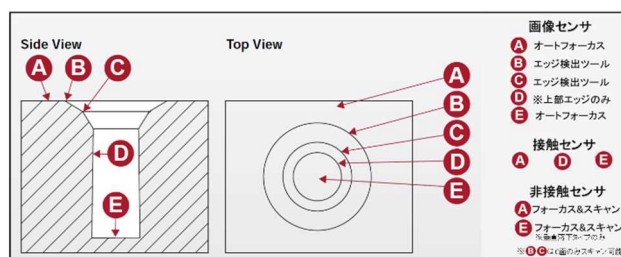
モノづくりにおける製品の評価・保証において、特に部品に関しては寸法による管理や判断が多く用いられることは説明するまでも無いことだが、これらに用いられる機器については非常に多くの種類が存在する。物差し・ゲージに始まり、ノギス、マイクロメータ、ハイトゲージ、投影機、工具顕微鏡、三次元測定機、CT、3Dスキャナなど、その用途に合わせて多くの種類の測定機器が生み出されてきた。

本稿で紹介する「マルチセンサ測定機」は座標測定を行う「三次元測定機」に類する設備である。

基本構造としてはXYZの3軸を有し、ステージの移動量と搭載された測定センサにより検出された点を座標として取得。これを演算することで円・直線など形状として算出し、幅や深さなどの距離測定も行う。搭載される測定センサは測定原理により様々な種類が各社よりリリースされている。「マルチセンサ」という名称に馴染みが無いかも

しれないが、画像測定機、ビデオ測定機、非接触測定機などと言い換えると、既に所有されている企業・団体も多いのではないだろうか。マルチセンサ測定機の多くは、これらの自動測定機に様々な測定センサを追加搭載したものを指す。

簡単な使用例を下図にて紹介する (第2図)。画像センサによる測定はB・C部のようなエッジ部分とA部のような表面が中心となる。作動距離に余裕があればD部のような底の深さも測定可能である。D部のような垂直な壁面は接触センサが最も得意とするところである。画像センサでも測定可能なA・E部をより高精度に、より高速に測定したい場合は非接触センサを使用することが多い。マルチセンサ測定最大のメリットは、これら測定対象に合わせて最適な測定センサを併用して一つの製品評価に用いることが可能な点である。



(第2図) 測定センサの対象図

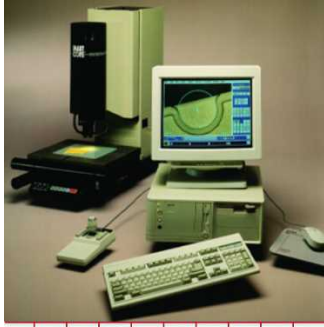
■ マルチセンサ測定機の黎明期と米国OGP

米国OGP (Optical Gaging Products / QVI社) (第3図) は、1945年にニューヨーク州ロチェスターにて創業し、1967年にビデオ画像から自動でエッジ検出を行う測定機 Model 875を開発。



(第3図) 米国 OGP (QVI) 社本社社屋

その後も自動測定が可能な機種などを発表し、1991年には現在のOGP主力製品であるスマートスコープ (SmartScope) シリーズの初代モデル (第4図) が登場する。



1991

SmartScope Launched

(第4図) 初代スマートスコープ (1991~)

現在ではマルチセンサ測定機の中心的存在として認知されるようになったスマートスコープシリーズだが、マルチセンサ測定の源流は遡ること1986年に発表されたIQ2000 (第5図) にある。



1986

Intelligent Qualifier 2000

(第5図) IQ2000 (1986~)

IQ2000の詳細は割愛するが、現在の主流と同じく画像センサを標準とし、接触式プローブとレーザーフォーカスをオプションとして設定していた。日本国内では純国産の画像測定機が発売されるよりも以前にマルチセンサ測定機を既に開発・提供するに至った理由は、IQ2000の前に発売された画像測定機のユーザー達からの自動化を望む声に他ならない。

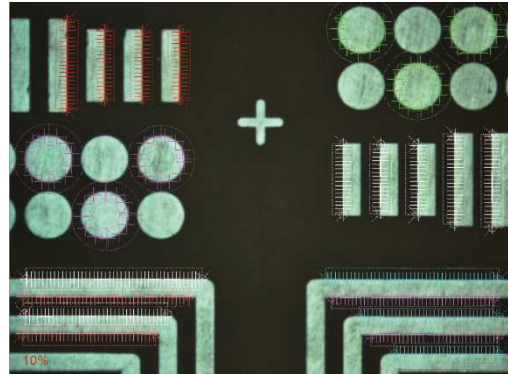
■ マルチセンサ測定機の発展期

現在は多くの測定機メーカーから販売されているマルチセンサ測定機だが、おそらく各社に共通

するコンセプトは以下の2つであろう。

- (1) 自動測定が可能
- (2) 主たる測定センサに加え、それと異なる測定原理からなる別センサを搭載し、連携して利用できる

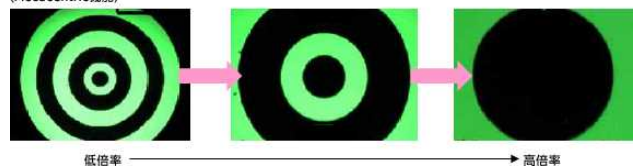
(1) に関しては測定時間の短縮が大きな割合を占めた。視野内での多点検出も今でこそ当たり前になった技術だが、自動測定時間の短縮に貢献した要因の一つだ (第6図)。



(第6図) 形状ファインダによる多点検出

顕微鏡や投影機を祖先に持つ画像測定機は、画像の中心に各軸のスケールから得られた座標を据えることで測定を行う。直線、円、円弧、面などの形状を測定する際には2点以上の座標を得る必要があり、ステージを移動しなければならなかった。これがCCDやCMOSカメラの登場により、視野内でのエッジ検出が多点で行えるようになり、視野内に収まる形状であれば瞬時に測定が可能となった。その反面、視野内で発生するレンズの収差と倍率の誤差をいかに補正するかが大きなポイントと言える。なおスマートスコープのズームレンズには、倍率変更時に自動的に倍率補正を行うアキュセントリック (Accucentric) 機構を標準で搭載している。ズームレンズ内に内蔵された同心円チャートを用いて倍率変更時に自動的に測定することで、リアルタイムでの倍率を導き出し、倍率の補正を行い、視野内測定の精度向上に貢献している (第7図)。

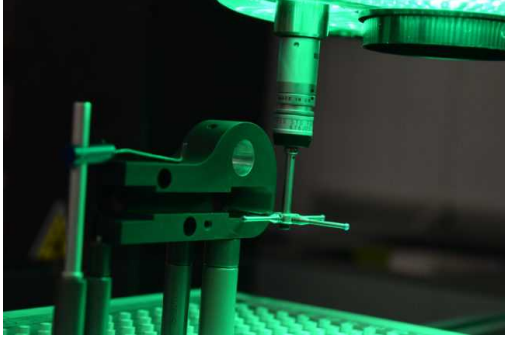
(Accucentric機能)



(第7図) 自動倍率補正機能

(2) に関しては、非常に多くの種類の測定センサが誕生した。大きくは接触式と非接触式に分けられる。

接触式では接触式三次元測定機に用いられてきたものと同様のタッチトリガー式やスキニング式である(第8図)。



(第8図) 自動倍率補正機能

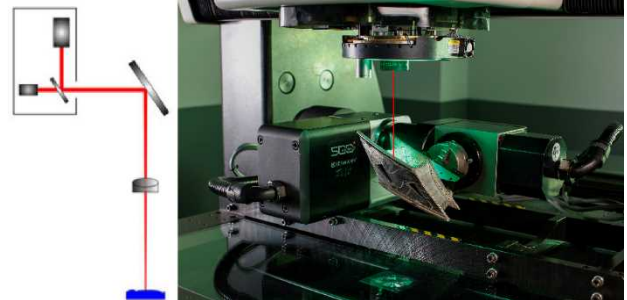
これらは専門メーカーから高精度なプローブが供給されることによって、搭載の幅を広げた。また多様なスタイラスの組み合わせにより、様々なサンプル、形状に対応する。一般的な画像センサは上からの俯瞰で測定を行うため、エッジの下に続く垂直な壁面へのアプローチが求められるサンプルには必須となる。チェンジラックを併用することで検出部の自動着脱も可能にし、自動測定中のスタイラス変更だけでなく画像測定から接触測定へのスムーズな移行も可能にした。接触センサ搭載によるメリットは、画像センサでは測定できなかった箇所を測定できるようになる「対応力の強化」である。

非接触式では、主に高さに関する測定をフォローすることが多い。画像センサでもオートフォーカス機能を有するため高さの測定は可能だが、非接触に類するセンサはこれを速さと精度で上回るものが多い。

代表的なものはレーザーであるが、これも反射型や拡散型、垂直同軸型やトライアングル型など様々なバリエーションがあり、レーザー以外にも共焦点方式のホワイトライトセンサーなどがある。画像フォーカスの上位機能として使用されることが多い。画像フォーカスは表面性状の影響を受けやすく、それでありながら対象の表面にコントラストが必要となるが、非接触センサ系は透明や鏡面などでも高さ測定を可能にする。さらに変位計としての機能を持つ場合は測定機の各軸と同期した動きで3Dスキャンまで行うものもある。代

表的な運用としては、画像測定で算出した座標系にて断面スキャンを行い、断面寸法(角度や距離など)を測定することでコントレーサの工程を短縮するなどがある。

スマートスコープでは、オプションとして搭載可能なすべての非接触センサ系でフォーカスとスキャンの両方が可能であり、特にVantage(バンテージ)とSPの2シリーズで搭載可能なTelestar-TTL Laser(第9図)は光学系と同軸でありながら60mm以上の長い作動距離を確保しつつ、75度の傾斜でもスキャン可能な競争力の高いレーザーとなっている。



(第9図) TeleStar Plus TTL Laser

■ マルチセンサ測定機の円熟期

各社から供給されるマルチセンサ測定機は、群雄割拠と言える状況になったが、近年ではメーカー毎の「個性」と呼べるような、開発の方向性を前面に押し出した機種が増えてきた。自動測定のスループット向上を目指し、より生産現場に近い運用を意識するメーカーや、得意とする業種・業界を絞り、そこに特化した開発を行うメーカー。主センサを自社が得意とする接触式とし画像を補助センサとして使うものなどである。

この各社の方向性と、ユーザーの望む運用が合致すれば、導入後の効果はより大きなものとなるだろう。ちなみにスマートスコープではユーザビリティ(使いやすさ)を強く意識した開発がなされている。対象物とのクリアランスを一定に保つズームレンズや、検出原理の違う3種の接触センサ。精度と機能によって5種の中から選べるレーザーセンサ。これら測定センサを搭載する測定機本体は精度とサイズから30以上の機種があり、ユーザーにとって「本当に最適な1台」を選びやすくなっている。後述する検査現場でのニーズでは、弊社ユーザーの非常に多岐にわたる業種と運用方法をいくつかを紹介する。

工程種別	課題	問題点	解決例
試作・開発・解析	検証の再現	評価の信頼性	自動測定による高い繰り返し精度で、信頼性を担保。
	操作の習熟	専属OPによる使用ではない	操作性の高い測定ソフトウェアで解消。
	結果の見やすさ	数値だけでは判りづらい	形状評価などで・形状・位置・サイズ・姿勢など、傾向を理解しやすく。
受入検査	多品種少量	種数が多く、検査標準化に難	測定プログラム作成により、それ自身が検査標準となる。
	検査の滞り	測定機使用中は新たなプログラムを作れない	オフライン版測定ソフトウェアを別PCで用意し、CADモデルから事前に測定プログラムを作成。
	測定の再現性	受入品の微小な変化や傾向の違いに気づけない	自動測定による高い繰り返し精度で、変化を見逃さない。
工程間検査	段取り換え	複数の測定機を跨ぐ (例)顕微鏡→ハイトゲージコントレーサ	マルチセンサー測定であれば段取り換えを少なくし連続測定。ステージ・軸は共通なので機差が少なく、信頼性も向上。
	タクトタイム	NG発生に即座に気づけず、不良のまま生産を継続	自動測定により測定時間が劇的に早く、変化への気づきも早い。
	検具からの脱却	製品ごとに専用の検査機器・器具を用意 またそれら機器・器具の管理	1台の測定機で、並行生産中の品物も測定可能。
出荷検査	処理速度	検査員のマンパワー不足 現場稼働時間の制限	自動測定によるタクト短縮。製品を複数並べ連続測定。パレットなどで位置決めすれば、専門検査員以外でも自動測定を可能に。
	測定の再現性	リピート品の検査ノウハウが残っていない	自動測定プログラムさえ残っていれば、それ自身が検査標準となる。 場所・倍率・光量・検出方法などの測定条件の再現が簡単に。

(表 1) 検査現場の課題とマルチセンサ測定機による改善

■ 検査現場ニーズへの対応

まずは生産プロセスにおける代表的な検査業務を4つカテゴリに別け、それぞれの代表的な課題を表にまとめた(第1表)。カテゴリ毎に事例を交えて紹介していく。

● 試作・開発・解析

マルチセンサ測定機は自動測定機能を有するため、測定のボリュームが大きい場合のメリットに着目されがちだが、このカテゴリでも十分に能力を発揮する。

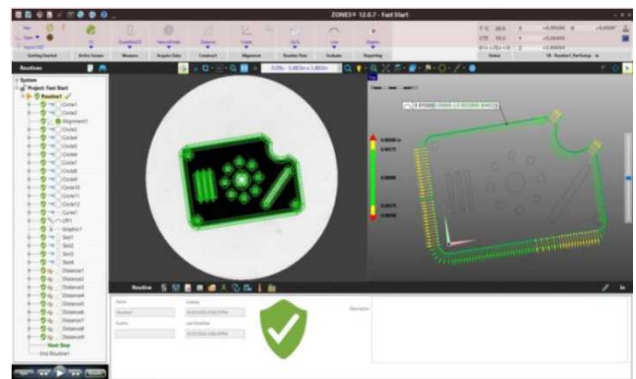
最適な加工条件を探る過程では出来たものを計測することで確認を行うが、その計測の信頼性が低ければ、その判断基準も安定感を得られない。

ここで求められるのは検証の再現力ではないだろうか。最適とされる加工条件に1度の検証で到達出来れば良いが、複数回のテストを経ることで辿り着くものだとすれば、マルチセンサ測定機の自動測定による繰り返し精度は、マニュアル測定や測定機を跨いで行う検証に比べはるかに高い安定感を得られる。また追加検証を行うにしても、前回作成した測定プログラムを呼び出すだけで当時の流れを迅速に再現できる。

開発段階での計測・検証は開発部門が実施することも多く、日常的に測定機を使用する部門に比べると操作の習熟が進んでいない場合が多い。この場合、測定ソフトウェアの操作性の如何では現場での浸透にも影響が出てくる。

先日導入に至ったユーザーでは、最適な公差の設定にスマートスコープを使用していた。ASSY前の部品を事前に測定したうえで組み立て。その動作検証を行い、規格値からどの程度の乖離までは問題ない動作を得られるかをトレースした。

また解析については「なぜ?なに?」を他者と共有することが多く、指標が数値のみだとイメージを共有が難しいこともある。しかしながらCADデータと検出した点群データを重ね、偏差を表示する「形状評価」であれば、数値の持つ意味をグラフィックの力を借りて分かり易くすることができる(第10図)。20年以上前から順送金型業界では日常的に行われてきた。いわゆる金型検定と呼ばれるプロセスの一つである。基本的には新規品の立ち上げ時の話であるが、解析に至っては劣化・損耗の状況を時系列ごとで解析し、その金型の寿命の限界を知ることも可能である。



(第 10 図) 輪郭形状の評価画面

● 受入検査

受入点数やサプライヤー側の検査能力にもよるが、多品種少量のイメージが強い受入検査。一般的には抜取り検査なので検査数はそれほど多くないにせよ、一日で数十種類の受け入れを行う場合もあり、工数が掛かりやすい工程である。また受入する品物も定期的に続いているものであれば良いが、納品の間隔が長いものだと検査員は都度検査手順を確認しながらとなるため、更に時間と手間がかかる。また前回対応した作業者が継続して当たれないこともあるだろう。ここにマルチセンサ測定機の活用が見いだせる。一度作成した測定プログラムは、そのまま検査標準としてその後も活用できるためだ。前回の作業でなくとも自動測定の開始指示だけで運用が可能となる。

検査の項目によっては測定機器を跨ぐ項目だとしても、形状ごとに適したセンサを使用できるので連続したフローの中で検査が行える。さらには前回の測定結果との比較も容易なので、例えば久々の受け入れ品でその間に金型の修繕が行われているようなダイキャスト品などは、変化点があっても容易に導き出せる。

また先述の解析でも紹介した形状評価などをサプライヤーと共有することで、ただのOK/NGだけでなく、修正の方向を分かり易くすることで早急な改善にもつながる。

● 工程間検査

次工程に不良を持ち込まないことを目的とした検査だが、量産過程での経時変化にも注視すべきである。経時変化の要因は様々で、温度の変化や切削工具の交換など、累積・統計化することで変化に気付くものも多い。その僅かな変化に気付きつつ、不良のまま生産を継続することの無いように検査は速やかに行われるべきである。

マルチセンサ測定機の複数センサによる測定段取りの削減は、即効性の点で効果が高い。旋盤加工業を例として、加工オペレーターによるノギス・マイクロ測定、さらにはコントレーサーによる断面形状測定を専門の検査員に依頼して行っていたとする。マルチセンサ測定機導入後であれば、加工オペレーターがワークを測定機へセットし、ノギス・マイクロによる測定箇所を画像による自動測定で実施し、さらにレーザー変位計による断面形状測定まで連続して行うことが出来る。専門的な測定機の運用知識が無くても、大幅な工

数削減と加工オペレーターへ現在のワーク状況をすぐに伝えることにもつながる。

自動測定による測定時間の短縮と繰り返し精度の安定。4つの検査カテゴリで最も導入効果が期待できる工程だ。弊社の販売実績でも、頭一つ抜けて多く、また生産量と生産ラインが増えるにしたがって、増設に転じやすい傾向もある。

また珍しいケースとしては、取引先との出荷検査項目取り決めにより、当て具・検具などのような指定機材での評価を行うケースで、その当て具・検具の摩耗を定期的に測定し、マスターとしての使用継続の可否を判断する、といったものもあった。その際は当て具・検具を実際に使用する前に測定しておき、新品時の測定結果を規格値として残しておくことが必要になる。

● 出荷検査

90年代から2000年代前半にかけてはもっとも目立った導入要因であったが、供給が十分に達したのか、出荷検査を単一目的とした導入は少なくなった。以前は検査人員削減からのコストメリット享受というのが導入に向けた王道であったが、最近では逆にマンパワーの不足を補うために使用されている感が多い。専用パレットや治具などに製品を多数並べて行う高効率自動測定は、測定時間の短縮に大いに貢献するものであり、さらにはパレットチェンジャーやロボットによる測定物の載せ替えなど、測定の無人化を推し進める傾向は強まっている

出荷検査はこれまでの4つの検査カテゴリの中でもFAI (First Article Inspection / 初回製品検査) などで最も多くの測定項目に対応する場面があるが、初回の自動測定プログラム作成時に最も多い測定項目の設定を行っておけば、量産安定後の検査項目の簡略化や公差変更にも測定プログラムを編集するだけで容易に対応することが出来る。

■ おわりに

複数の測定センサの搭載により、多様な測定物に対応し、高精度・高効率な検査・測定を可能にするマルチセンサ測定機。併用することにより得られる多くのメリットが、生産性や品質の向上の一助となれば幸いである。