工業部品検査での ビームプロファイリングの利用

ディック・リーレイ

レーザビーム診断ソフトウエアには意外な利用法がある。例えば、マシンビジョンツールとして製造過程で穴のサイズや形状検査に使える。

マシンビジョン検査システムは、イメージングデバイス、一般的にはカメラだが、これとコンピュータや画像処理ソフトウエアを組み合わせたものだ。画像処理では、ピクセルのカウント、対象物の計測、パタン認識、エッジの検出を行う。レーザビームプロファイリングシステムも、同様の技術の組み合わせに依存している、カメラ、コンピュータ、専用ソフトウエアだ。しかし、一連の独自診断機能があり、国際標準化機構（ISO）規格のビームサイズ、形状、直径計測、それにビームプロファイルの2Dおよび3Dグラフィック画像が含まれる。

先頃、ある成形デバイスの量産メーカーが1つの課題に直面した。同社は、幅も深さも100μm以下となる穴のサイズと形状を計測する必要があった。マシンビジョンアプローチは、デバイスの両サイドから穴の直径や楕円率を計測する点で効果的であった。しかし、その技術は穴の内部の何らかの障害物とその厚さを検出することができなかった。その結果、穴の多くは「良品」とされたが、後の検査で不合格になった。

限界

穴が真円ではなく直径が正確でなかったら、ビジョンシステムはこうした条件を正確に不合格と判定する。しかし、高速検査工程で穴の内部の障害物は十分に検出されず、マシンビジョンシステムの合否判定率は不適切となり、自動化工程のメリットが台無しになってしまう。

決められた分量の物質が、最終アセンブリ中に穴を通過する必要があった。デバイスは、アセンブリが完了するまで検査はできないので、穴のサイズが正しくないことが見つかったデバイス、あるいは一定量の物質が穴を通らないデバイスはどれでも不合格になり、再加工しなければならず、その結果生産性が落ちる。最終アセンブリに先行して、検査で合格と不合格を区別できれば、大幅なコスト削減になる。

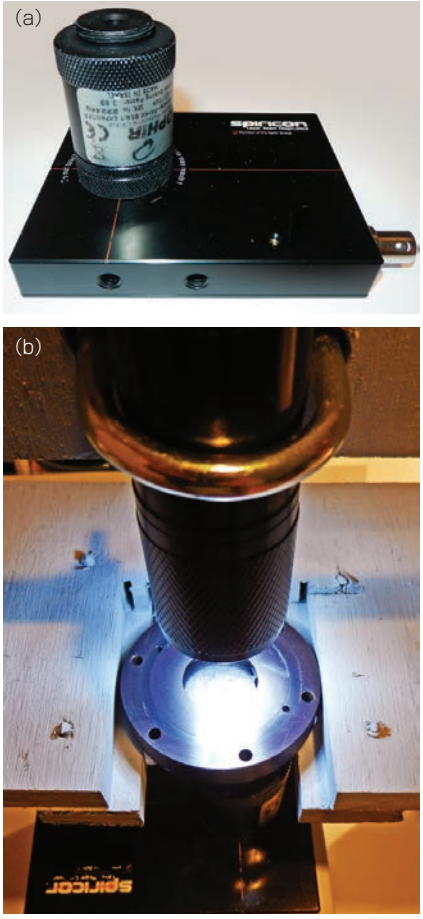

図1　4倍の拡大レンズを持つUSBカメラ（a）を固定組立部（b）とともに用いて成形デバイスの穴のサイズと形状を計測する。固定組立部には、垂直照明があり、検査されるデバイスを照射する。USBカメラと拡大レンズはデバイスの真下にある。穴の直径と深さは＜100μm（写真は、オフィールフォトニクスグループ提供）

穴は、内部に障害物がない正しいサイズのものでなければならなかった。そのメーカーは、穴の両サイドを100μm以下で計測できるビジョンインスペクションシステムをテストした。このアプローチは穴の直径を正確に検出することはできたが、成形過程で穴の内部に生ずる障害物を検出することができなかった。

ビームプロファイリングの利用

そのメーカーは、代替アプローチとして、オフィール・スピリコン社のBeam Gageソフトウエアが走る4.4μmピクセル SP620 USBカメラをテストした。目標は、正しい穴のサイズが検出でき、穴に障害物質がないかどうかを判定することだった。このテストでは、オフィール・スピリコン社に予め検査して合格となっているデバイスと、不合格と判定されたデバイスとが提供された。

提案されたテストでは、固定された光源を用いた。光源はデバイスの上方2インチの検査される穴を覆う位置に

あり、光は穴を通過した後は発散する。カメラはデバイスの真下に設置されており、穴を通過してくる円筒状の光の方を向いている。このコンセプトは、合格サイズの穴からは、光ビームの径は一定で再現性のあるサイズになるという考えに基づいている。大きすぎる穴（これは典型的な不良）では、ビームが広がり、正確な計測をすると不合格として判定される。

このアプローチは、動的テストに近似するものとして提示された。穴を通過する光は、最終組立製品で穴を通過する材料と同じであると見なされる。予め検査して合格となっているデバイスを用いて、中心穴の正しい直径が設定された。これらのディスクは、合格と見なされる数値基準設定に用いられた。これとの比較で不合格デバイスでは、検査により穴の径が大きすぎた。

このセットアップでは、成形部品は表面を下向きに設置し、光が背面から入力するようにした。**図1**は、固定位置の光源、デバイス、デバイスの真下のカメラを示している。

ビームプロファイリングソフトウエアの利用は、デバイスの品質評価がよりよくできる2つの計測が可能であることを実証した。先ず、USBカメラが穴のサイズを静的に計測する（この点はマシンビジョンシステムと同じ）、次にカメラは穴から来る光強度の量を動的に計測できる。

この二重の計測アプローチが、より確実であることが示された。穴からの光量がデバイスの実際的機能に密接に関連しており、実際のデバイスの機能では、穴を通過する一定量のフローは最終組立で取り付けられたときに仕様を満たしていなければならないからだ。

求められる２つの品質評価

この検査法の重要性は、合格するデバイスが両方の計測基準を満たしていなければならない点にある。正しい穴のサイズとその同じ穴を通過してくる光の量、この2つだ。一方、あるいは他方しか仕様を満たしていいなければ不良品となる。

ビームプロファイリングソフトウエアのデータ解析機能を用いると、カメ

LaserFocusWorld JAPAN

e-DMプログラムをご存じですか？

Laser Focus World Japanのe-DMプログラムなら、業種•職種•購買関与製品•担当製品など、ご希望の対象者に限定してメール配信を行うことが可能です。
弊誌読者の皆さまは、レーザー／フォトニクス／オプトエレクトロニクス応用技術／製品の開発、研究、マーケティングなどに携わっている方だけ。光産業に特化した専門誌ならではの広告プログラムです。

こんなご要望にお応えできます。

■既存顧客以外に新製品DMを送りたい
■技術者限定でセミナー告知を行いたい
■人材募集を行いたい
■研究者対象の製品アンケートを実施したい
■製品カタログを送りたい

e-DM 広告掲載料金（税抜）　● データ使用料＋配信料　@100円　＊セグメント１項目につき　＋@10円

お問い合わせ・お申し込みは…
株式会社イーエクスプレス
〒141-0022 東京都品川区東五反田 1-10-7
Tel: 03-6721-9890　Fax: 03-6721-9891
Email: lfwj@lfw-japan.jp

ラは穴を通過してくる光ビームのサイズに基づいてxとyの両方の寸法で、簡単に穴の直径を静的に計測できる。この計測精度は±1%である。この計測の一部は楕円率の計算でもあり、パーセンテージで表示される（100%が真円）。この第2の計測によって、「最小・最大」トレランス標準を設定して真円から外れる穴を不合格とすることができる。例えば、その穴は真円ではないかも知れないが、通過光の量が仕様を満たしているかも知れない。この検査工程では、サイズと量の基準の両方が満たされて製品は合格になる。

ビームプロファイリングソフトウエアは、パワー（mW）で光強度も計測できる。あるいは、この解析で用いられていたように、単なる数値でもよい。この動的アプローチによって、穴を通過する光の強度を測ることで穴のサイズが確定できる。これは、ビームサイズと、計測された光強度の量との直接相関になる。穴が適切な量の光を通さないかも知れない場合でも穴のサイズが仕様を満たしている可能性がある。そのような不合格は、穴の内部の障害物によるものであり、これは穴のサイズにではなく、穴を通過しようとする光の量にのみ影響を与えている。**図2**は、個々の計測からのビームサイズとビーム強度の画像と数値の例である。

説明と結果

図2のパワー／エネルギー部分では、穴を通過する光は「数」の単位で計測される。この計測は絶対値であり、再現性と一貫性がある。この値を実効的なパワーとして計算し、適切な電力の単位で表示することもできる。空間部分では、穴を通過してくるビームに基づいてxとyの両方の寸法に対して穴の径が4シグマ（Σ）測定公式を用いて表示されている。

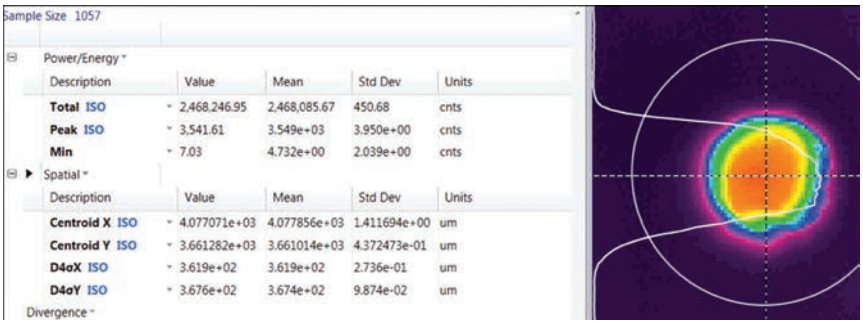

図2　ビーム強度と穴の寸法サンプル計測を示す。穴を通過した後のビームの2D像と1Dスライス。

	Power(ctns)	% Overage	Spacial (im's) X Dimension	% Overage	Spacial (in's) Y Dimension	% Overage
Fixture Disc						
F11	45,200,000	2524%	7.56E-02	498.13%	7.64E-02	493.54%
Good Discs						
G11	1,103,000	55.99%	1.41E-02	103.32%	1.27E-02	81.78%
G21	2,300,000	128.4%	1.57E-02	103.32%	1.73E-02	111.95%
G31	1,970,000	110.0%	1.57E-02	103.71%	1.65E-02	106.27%
Avg:	1,791,000		0.015166667		0.01548	
Bad Discs						
B11	2,878,000	160.7%	1.83E-02	120.53%	1.79E-02	115.37%
B21	3,356,000	187.4%	2.06E-02	135.69%	2.09E-02	134.82%
B31	2,933,000	163.8%	1.96E-02	129.23%	1.97E-02	127.45%
B41	2,691,000	150.3%	1.87E-02	123.16%	1.86E-02	120.41%
B51	2,562,000	143.0%	1.84E-02	121.05%	1.86E-02	120.16%
B61	2,977,000	166.2%	1.85E-02	121.85%	1.87E-02	120.67%
B71	3,156,000	176.2%	1.93E-02	127.32%	1.92E-02	124.10%
B81	2,566,000	143.3%	1.97E-02	129.76%	1.84E-02	118.80%
Avg.	2,889,875	161.36%	0.01912125	126.07%	0.0189975	122.72%

図3　解析チャートは、サンプル数に対する強度と穴の寸法を示している。

実際の計測では、個々のデバイスが計測された。**図3**は、強度の実際の値、ビームの寸法計測の値を示している。合格デバイスの値を用いて平均を計算した。その平均は、不合格デバイスの実測値と比較された。また、平均値との差が、パーセンテージで示されている。12デバイス全体で、強度計測と寸法計測の両方が、事前検査の結果を用いて追跡調査されている。

良品が検出され、例外なく合格になった。これらの良品は穴の直径の合格基準確定に用いられた。xは1.515×10^{-2}、yは1.548×10^{-2}が平均。不合格デバイスは、平均よりもxは26%大きく、yは22%大きいことが計測により分かった。良品は、合格の基準確定に使用された。強度数の平均は1,791,000だった。事前検査で不合格となったデバイスは、計測値が61%大きく、この方法で全て不合格となった。

合格、不合格デバイスのこのサンプルに基づき、動的強度計測と静的ビーム径計測の両方を用いると、これらの2つでかなり大きな差があった。製造環境では、ビームプロファイリングソフトウエアにより最小／最大限界がこの種の計測に基づいて確定でき、製造製品の管理で多様な結果が提供できる。

著者紹介
ディック・リーレイ（Dick Rieley）は、オフィールフォトニクスグループ（Ophir Photonics Group）の中大西洋販売マネージャ。
e-mail：dick.rieley@us.ophiropt.com　URL：www.ophiropt.com/laser-measurement。

LFWJ