

マシンビジョンの基礎知識

第2回

マシンビジョン開発の事例

FAビジョン(株)
丸地三郎

マシンビジョンのアプリケーションを開発する事は、単に画像処理のソフトウェアを作るだけでなく、対象ワークに合ったカメラ・レンズ照明、そして機構・治具・制御システム等の開発を含む総合的なものになる。発生する課題その一つ一つを、多方面から検討し、着実にクリアして、初めて成功する。そのような開発事例を、私どもで行ったドリルの刃先外観検査システムを例に、マシンビジョンの関連技術がどのように結びつくか示しつつ、紹介する。

ドリルの外観検査について

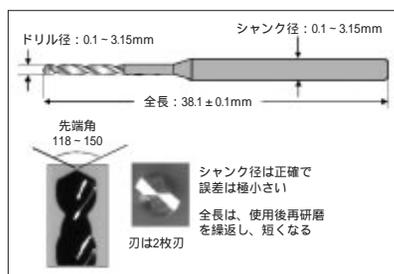
対象は、プリント基板の穴あけ用に使用されるNCドリリングマシンに装着される微小径のドリルである。このドリルは使い捨てではなく、一定回数使用後は再研磨される。新品と再研磨品の両方について検査が行われる。従来は、顕微鏡による目視検査が行われていた。

自動化の話があり、最終的には、全自動検査することが目標だったが、まず、ワークハンドリングは手動で、検査は自動との考えでスタートした。

対象となるドリルと検査の要望

直径は0.1～3.15mm

刃は2枚、「形状はだいたい同じ」

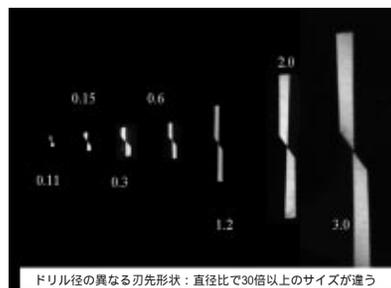


第1図 ドリルの形状

先端角度は118～150度

軸部分(シャンク)は直径3.175mm

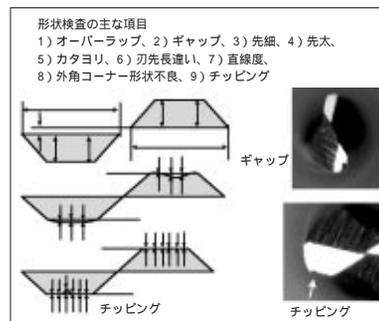
全長は新品で38.1 ± 0.1mm、再研磨品では37.6mmまで良品



第2図

検査の内容

検査内容は、切り刃長違いなどの形状と、最小1μの精度で検出するカケ、チッピングなど9項目。従来手法は顕微鏡で、刃先を上から見て、目視検査するが、各項目の長さ計測は目視検査ではできず、抜き取りで計測機により測定していた。



第3図

課題: 1本ずつのドリル検査の課題

まず1本のドリルが画像処理で検査可能かが問題

だった。難しいといわれる画像処理の問題が山積の課題だった。

- 対象物の大小のサイズ差は30倍以上
- キラキラ反射する金属面
- 立体形状
- 形状が一定しない
- 1つでもギブアップするような課題だった。

これをどのように解決したか？

サイズ

使用頻度の高い0.1～0.65mmに限定し、ズーム顕微鏡を改造して利用することで対処。光学倍率は、4.5倍から18倍で対応。

金属面

鏡面状の刃先の平面性に注目し、逆にそこだけが、明瞭に写る照明を採用した。

立体

目視検査の手法を見習って、ドリルを垂直にする事、カメラと照明の軸と揃えることで、問題を単純化して対処。

また、刃先角度が変わる事には、リング状照明の角度、距離と光束の幅で対応した。難関は、焦点深度。刃の先端の最も高いところから、刃の外周部分の低いところまでの差が大きく、ボケてしまう。通常の高倍率の顕微鏡レンズでは、焦点深度（被写界深度）が浅く使えなかった。そこで、焦点深度の深いズームレンズを探し、倍率を高めて対処した。

しかし、焦点深度の余裕が無く、課題を残した。

不安定な画像

画像は上記のような条件では最適ではない。左右の刃の先端から外角部分まで一様な明るさとは限らないので、濃淡のレベルを利用したグレースケール処理が不可避だった。

多様な形状

「刃の形状はだいたい同じ」だったが、(第2図を参照) 各々の形状が異なるため、モデルが必要なサーチは使用できない。そこで、「リバーCADの考え方」で、画像から認識した形状を評価して、CAD

で馴染みの点・直線・円弧で近似し形状を便宜的に作成。この作成された形状データを元に、形状の検査を行った。基準とするライン自体に形状不良の欠陥を持つワークでは、一



第4図

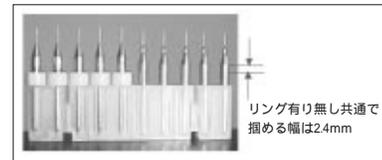
筋縄では決められず、何段階かに渡り形状検出を行い、望む幾何学形状の決定を行った。

ワークのハンドリング

.....

ハンドリング手動の場合、ドリルは10本スタンドに収容したまま、即ち、ドリルを取り出さずに検査することが、危険防止上、必須だった。(ドリルの刃先は縫い針と同じ、指に刺さると危険)

このハンドリングに課せられた条件がきびしい。



第5図 10本スタンドとリング有りとなしとのドリル

刃先の位置

これは、高い拡大率のため、視野と焦点深度が問題だった。要求される精度は、高い垂直性、XY：20μ以内、Z（高さ）：2μ以内。

リング：ドリル

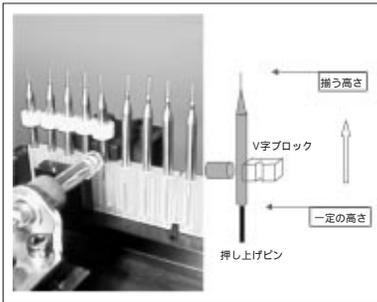
これには、NCドリルマシンのセット高さ調整用のリングが使われる。検査の為にリングをはずす事や位置を変えることは不可である。リング付きとリング無し（新品）の両方の対応が必要だった。

人の手・簡易機構

人の手ではこの位置精度でワークを置くことは困難と判断し、10本スタンドのハンドリングの人手で、その後の位置決めは、簡易機構を製作することで開発の検討を行った。高さを検出するためにセンサーを検討したが、形状の一定しない先端形状をμ単位で感知するものは探せなかった。また、リングの付いたドリルを1本ずつ所定の位置にセットする機構は、高価な見積もりとなり、ギブアップに近かった。

条件の見直し

スタンド内のドリルは、再研磨回数が同一で、高さは数μ程度の差でほぼ統一されていることがやっと判明。10本を均一な条件で置ければ、必要な焦点深度に収まることが判り、高さが違う場合は、照明とカメラ・レンズ位置を手動で調整すれば可能と判明。そこで、スタンドの下にある穴から、揃えた10本のピンで押し上げる治具を製作。リングの上だった位置にV字ブロックに押し当てる方法が取れることに思い付き、ハンドリングの問題を解消した。



第6図 押し上げピンとV字クランプ

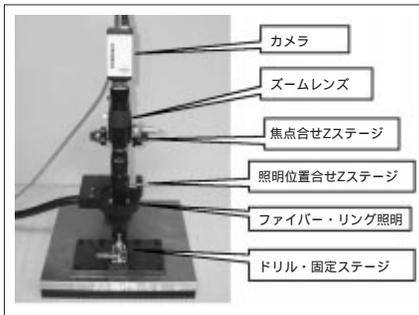
これで、所期の画像が取れ、形状も検出する方法も確立し、計測・検査のソフトウェアとGUIを開発に取り組むことができた。

マニユアル・ハンドリング検査機の完成

10本スタンドを、約30秒で、自動検査するシステムができ、実際に使用開始してもらった。

ワークと処理の目的に合わせて、カメラ・レンズ・照明系を決め、ワーク保持と位置を固め、それに適切なハンドリング方式を考え作ることまでがマシンビジョンの開発である。

その各々の技術は、検査・計測できる画像を取る目的で開発され、いわゆる画像処理のソフトウェアは、その条件が揃って、実質的な開発スタートができるものであった。やっと完成である。



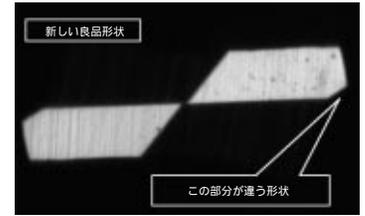
第7図 マニユアル・ハンドリングの検査機・撮像部分

その後の課題

予想以上に大きな問題が発生した。それは、ドリルの形状が、他メーカーのドリルでは、大きく違っていた事である。再研磨業者では、単一メーカーの製品だけではなく、別メーカーのドリルも取り扱っている。再研磨のお客様である基板メーカーでは、複数のメーカーのドリルを使用している為である。従って、再研磨の用途に、検査機を使用する場合は、ほぼ、全メ

ーカのドリルに対応することが必須と判明した。

どうやって、全メーカーのドリルを借り出せるか？ ドリルの実物が無ければ、当社の検査機用の画像が取れず、評価もソフトの改修もできない。



第8図

そこで、1件ずつ対応することにした。

発生ベースで、ユーザで新しい刃形が見つかったら、直ちにプログラムを改善し、その都度対応した。ベンチマーク・テストでサンプル提供を受けたドリルの刃先に対しても、プログラム対応を重ねた。約2年続けることで、実質的な意味でほぼ全メーカーのドリルに対応した。

このように、直ちに対応する事は、今までの言語で記述する画像処理システムでは、とても手間がかかりできないことだったが、表計算方式の開発では、スピーディに開発・改修ができた。

これで、マニユアル・ハンドリングの自動検査機が完成である。ワーク自体の多様性に対応できるまで、画像処理ソフトウェアを仕上げることができた。

全自動機の開発

引き続いて、全自動機の開発を行った。

- 全自動で、1回の無人運転1時間で1000本以上の検査と振り分けを行う。
- 対応ドリルは、径が0.1～3.15mm(サイズの追加、)全メーカーのドリルに対応。
- 検査・計測内容に、全長計測が追加。
- 不良品とドリル長不足は、区別して振り分け。

全自動化の課題と解決策

対応ドリル・サイズの拡大

検査ステージを、細径用と太径用の2ステージを採用。

高さ計測

横からのカメラで、ドリルの側面の画像を取り、高さ計測を行うこととした。2ステージある為、カメラは合計4台となった。

画像処理の高速化

3秒/本を実現する為には、ワークのセット、検査、排出、不良処理などの機械的動作の時間が必要

なため、画像処理の時間は、高さ検出の為には0.1秒。上方からの刃先計測・欠陥検査は0.2秒。カメラは4台の接続が必要。

機構の開発

自動ハンドリング機構をロボット・エンジニアリング会社と共同開発し、制御系を合わせ開発した。

全自動機の新課題

横カメラによる高さ計測が新しい問題となった。ドリルの回転向きが変わる為、ドリル先端の画像が多様な形状になること。しかも、刃先を上方より見るための照明がドリルの回転角度によっては、先端で反射し、形状認識が更に困難になった。上からの照明を一時的に止めることができないため、ソフトウェアの工夫で対処した。

ソフトウェアは、C++言語を使用するプログラム開発環境で新規に開発した。勿論、その形状認識や計測・検査のアルゴリズムと仕様は、マニュアル・ハンドリング機で培ったものを継承した。



第9図

自動機の完成

新規の画像処理ソフトウェアを開発し、操作画面や、データ記録、多軸の自動機の機構と制御部分とのインターフェイスを加え、全自動の検査機を完成させた。



第10図

この一連のシステム開発のポイント

- 困難な金属、立体物、サイズ違い、これに対応した、密接な相互関係を持つ、光学系、照明、認識ソフトウェアを開発したこと。
- ワークのハンドリング方法のアイデア。
- 対話型表計算方式の開発環境の柔軟性を活用し、全メーカーの刃先形状に対応できたこと。
- 約2年間かけて開発した仕様・アルゴリズムを、全自動機のために、別の高速画像処理システムに移植できたこと。

まとめと関連技術に関して

マシンビジョンの開発には、画像処理プログラムだけでなく、画像の撮像に関わるレンズ・照明・カメラ、それらの取り付け治具（XYステージを含む）など、関連技術必要である。その上で、ワークハンドリング、ロボットやNC機器など動作にまつわる機構と制御そしてセンサーが密接に結びつく。

これらの技術を、縦横に駆使して初めて、システムとして完成することができる。

この事例のように、開発途中では、適切な画像が取れず、断念しそうな状況が何回も起きるが、ワークの性質（利用頻度、プライオリティ、並び方、ハンドリング方式）を「考え」、「分析」して、その上でパズルを解くように関連技術を組み合わせ、問題解決を図る努力が重要と再認識した。

ドキュメンテーションに触れなかったが、要求仕様書をまとめることで、客先・ユーザ、開発者の間で目的・条件を確認しながら開発を進めることができる。ドキュメンテーションは、関連技術をつなぎ合わせるための最も重要な技術である。

次回は関連技術について説明する。

【筆者紹介】

丸地三郎

FAビジョン(株)

〒337-0043 埼玉県さいたま市見沼区中川68-1

TEL : 048-682-4192 FAX : 048-682-4191

E-mail : smaruchi@fa-vision.com

URL : <http://www.fa-vision.com>