

ボッシュ社、インジェクターノズル上のコードを読み取るビジョンシステムを導入

リンダ・ウィルソン

新しい光学文字認識(Optical Character Recognition: OCR)および光学文字照合(Optical Character Verification: OCV)システムは、誤拒否率(False Rejection Rate: FRR)の低下につながった。

ボッシュ・グループは2023年、ディーゼルエンジンに使用されるインジェクターノズルに刻印されたシリアルコードを確認するためのマシンビジョンシステムを構築し、ブラジルのクリティバにある自社工場に導入した。これによって、スマートカメラベースのシステムが置き換えられた。

独ボッシュ社(Bosch)が世界中で販売しているインジェクターノズルは、エンジンの燃焼室にディーゼル燃料を移送するために使われる、一般的な部品である。

ボッシュ社の生産プロセスは高度に自動化されている。ノズルの製造工程の開始時に、製造する特定の部品をオペレーターが選択して、そのコンポーネントを自動製造システムに供給する。すると、システムによってノズルの製造とパッケージングが行われる。

これには、ノズル上にシリアルナンバーを刻印する処理が含まれる。しかし、円筒形の表面にレーザーで刻印された小さな文字を読み取れる画像を撮影するのは、難しい場合がある。金属によっては、文字とその周囲の金属の間のコントラストが小さい場合があり、数値情報の撮影と読み取りの課題はさらに増幅する。

ボッシュ社の古い光学文字認識(OCR)および光学文字照合(OCV)システムは、その処理に対応しておらず、誤拒否の発生があまりにも多かった。

そこでボッシュ社は、ブラジルのシステムインテグレーターであるルミビジョン社(LumiVision)に、新しいビジョンシステムによってこの結果を改善することを委託した。

「古いシステムの拒否率は非常に不安定で、製造する製品によって3%~10%の間だった」と、ルミビジョン社の技術ディレクターを務めるアドリアーノ・ヘブリング氏(Adriano Hebling)は述べた。

画質と撮影速度の改善

ルミビジョン社のチームは、既存の文字読み取り/照合プロセスを分析した後、古いシステムは、1日あたり7000部品という製造速度についていくための十分な速度が出せていなかったと結論づけた。加えて、スマートカメラの画像の解像度は、信頼性の高いコード読み取りを実現できるほど高くなかった。

古いビジョンシステムが設置されていたステーションでは、独クーカ社(KUKA)製の産業用ロボットアームが、一度に2個のノズルを取り上げて、回転プラットフォームに配置していた。プラットフォームには、プラットフォーム上で回転する金属ノズルの画像を撮影するためのカメラと照明が設置されていた。ロボットはその後旋回して、円筒形の白いプラスチック輸送チュー



図1 ブラジルのクリティバにあるボッシュ社の工場では、産業用ロボットアームが、インジェクターノズルを取り上げて、プラットフォーム上に配置する。これによって、ノズルに刻印されたコードの画像をビジョンシステムで撮影することが可能になる(本稿写真はすべてゼブラ・テクノロジーズ社提供)

ブにノズルを落としていた。

ルミビジョン社は、この基本プロセスと、同じ動きを連続的に繰り返すようにプログラムされたロボットに変更を加えなかった。しかしエンジニアらは、プラットフォームの機械システムをアップグレードし、サーボモータを使用する、より良い回転制御を加えた。また、新しいビジョンシステムを設計して実装した。

新しいビジョンシステムは、富士フイルムの16mmの「Fujinon」レンズを搭載する、加テレダインダルサ社(Teledyne DALSA)のエリアスキャンGigEカメラ「Genie Nano M2020」3台で構成されている。

3.2メガピクセルのカメラ3台のうちの2台は、ノズル上の数値コードの画像を撮影する。ロボットは一度に2個のノズルを取り上げるため、2台のカメラはそれぞれ1つのノズルに向けられている。

ロボットがノズルをプラスチック輸送シリンダに配置した後、3台目のカメラが、プラスチック容器の外側に貼り付けられたバーコードラベルの画像

を撮影する。

同チームが、ラインスキャンカメラではなくエリアスキャンカメラを選択したのは、コストと複雑さを最小限に抑えるためだったと、米ゼブラ・テクノロジーズ社 (Zebra Technologies) の戦略的アカウントマネージャーを務めるジョージ・チャン・ディアス氏 (Jorge Chang Diaz) は述べた。一度に1行のピクセルからの情報を取得するラインスキャンカメラには通常、カメラの動作をトリガするためのエンコードが必要で、アプリケーションの複雑さが増す。また、エリアスキャンカメラよりも高額になる傾向がある。

カメラに加えて適切な照明が、さまざまな金属と、製造時に金属に施された表面処理の影響を最小限に抑えるために重要となる。「背景の金属とその上の刻印の間のコントラストには、かなりのばらつきがある」とヘブリング氏は述べた。設定を絶えず調整することなくそのばらつきに対応するために、ルミビジョン社のエンジニアらは、コントラストが最大限になるように照明モジュールを配置した。

ルミビジョン社の2つの照明モジュールによって、各カメラの撮影対象が照らされる。拡散光を照射する寸法90×20mmの「Line-Light Slim」は、プラットフォームを上から下向きに照らすように配置され、寸法65×65mmの「Back-Light Slim」は、プラットフォームを下から上向きに照らす。

画像の処理と数値情報の認識／照合のための自動化ステップを開発するために、ルミビジョン社は、ゼブラ・テクノロジーズ社の「Aurora Design Assistant」を使用した。これは、開発者が一般的なマシンビジョンアプリケーションをコーディングなしで構築することのできる、フローチャートペー

スの開発環境である。

ルミビジョン社のエンジニアらは、Aurora Design Assistantを使用して、画像に含まれる数値データを解読するための独特の画像処理手法を開発した。各カメラは、ノズル上の数値情報の画像を連続的に撮影し、画像中央の縞模様をつなぎ合わせて、平らに広げられた画像を作成する。これにより、Aurora Design Assistantの「String Reader」モジュールによる数値情報の認識と読み取りが可能となる。このモジュールは、傾いたラインや湾曲したラインなど、その特徴に基づいて文字を読み取る。

「38fpsの速度は当初、不十分のように思われたが、このカメラによって画像あたり2064×1544ピクセルから2064×50ピクセルのフレームを、非常に高速に取得することができた。ゼブラ社のシステムを使用することにより、画像を並べて組み合わせて、2000×4400ピクセルの画像を1.2秒で十分に形成することができた」とヘブリング氏は述べた。

古いシステムは、1枚の画像の取得に2秒を要していた。

画像取得／識別／照合プロセスの結果はその後、製造工程全体を制御する、工場の中央PLCに送信される。

新しいビジョンシステムは、米インテル社 (Intel) の「Core i7」を搭載し、ゼブラ社のConcord PoEフレームグラバを装備する産業用PC上で動作する。PC内部で動作するZebra Indio I/Oカードは、カメラ、ロボットコントローラ、工場のPLCに対する、イーサネットを介した直接インターフェースを提供する。

ゼブラ社のAurora Design Assistantは、画像処理からコード照合までのビジョンプロセス全体を統括する。「1セットのソフトウェアを装備する1



図2 新しいビジョンシステムは、ゼブラ・テクノロジーズ社のConcord PoEフレームグラバを装備する産業用PC上で動作する

台のコンピュータ、1台のPLCに、すべてが搭載されている」とディアス氏は説明した。

ルミビジョンのエンジニアらは、Aurora Design Assistantを使用して、ウェブベースのユーザーインターフェースも設計した。このインターフェースを使用することにより、1人の機械運轉者によって、ビジョンシステム全体を管理することができる。

新しいマシンビジョンシステムを設計した後、その実装には4週間もかからなかった。「ただし、必要なすべての製品ファミリーを製造して、微調整を行い、システムの生産性を確保するために、さらなる時間が実装後に必要だった」と、ヘブリング氏は説明した。

新しいマシンビジョンシステムによる結果

新しいシステムを実装した後、ボッシュ社は、3～10%の誤拒否率を0.5～3%に改善するという目標を達成したと、ヘブリング氏は述べた。

工場管理者らは既に、インジェクターノズルの表面欠陥を検出するために、さらに2台のカメラを追加することなど、このシステムの次のステップを評価している。このプロジェクトに関与したボッシュ社のビジョンシステム設計者であるモイゼス・サンタナ氏 (Moises Santana) は、「類似のビジョンシステムを使用して将来のプロジェクトを開発したいと考えている」と述べた。