マシンビジョンシステムで、柔軟なボトル検査が可能に

ダン・ナドルニー

スマートカメラを搭載するビジョンシステムは、毎分500本のスピードでボトル検査を行う。

商品の切り替えや成分表の変更に伴うダウンタイムは、食品や飲料のメーカーの収益に影響を与える。どのような商品変更であっても、ビジョンシステムを含めて、装置の多くの部分の変更が往々にして必要で、数時間、数シフト、あるいは数日間、生産が停止する可能性があるためだ。

米国のある大手包装食品メーカーは、瓶入りシロップの生産ラインを拡張した際、正確なラベル検査システムの開発を、米エピック・ビジョン・システムズ社（EPIC Vision Systems）に依頼した。同社は、異なる商品ラベルを毎分500本の速度で検査できるシステムを求めていた。商品ラベルは20種類を超えており、商品の種類は絶えず増え続けている。これを実現するには、商品の種類に応じた変更を簡単かつ確実に行うプロセスが必要だった。

ラベル検査における技術的な課題は、コードデータや図柄を検証する作業と、さまざまな形状やサイズのボトルが存在することである。可変要素が多いため、迅速かつ正確に商品を選択できるようにビジョンシステムを構築する必要があった。

この検査システム（**図1**）は、高速空気圧除去装置を備え、切り替えや成分表の自動管理システム、プログラマブルロジックコントローラ（PLC）、米コグネックス社（Cognex）の2種類の「In-Sight」ビジョンシステム（「In-Sight 5400」と「In-Sight 1400 micro」、それぞれ「In-Sight Explorer」ソフトウエアを搭載）が統合されている。In-Sight 1400 microは、以前のシステムのものを再利用し、In-Sight 5400を生産ラインの反対側に追加した。In-Sight 5400は、「PatMax」ツールによるパターンマッチング能力に優れており、より高速に処理を行うことができるためだ。

コグネックス社のビジョンシステムは、どちらも640×480の標準的な解像度を備え、約15インチ（38cm）の作動距離で動作することにより、ボトル位置のばらつきに対応し、フィーチャに対する十分な被写界深度を確保して焦点を維持する。In-Sight 5400は、約4×3インチ（10×7.6cm）の視野で動作し、ハイアングルのフロント照明でラベルとバーコード上のフィーチャを照らす。これに加えて、米スマート・ビジョン・ライツ社（Smart Vision Lights）のスポットライト「S75 Brick Light」2個を、中心からずれた位置に視野に向けて取り付けて、明るくハイコントラストな画像が得られるようにした。

スポットライトは、表面反射がカメラの画角と画像に干渉しないようにする役割も果たす。In-Sight 1400の視野は、ラベルの図柄の細部に焦点を合わせるためにやや小さくなっている。システムはラベルの図柄を検査して、ラベル配置（位置と角度）と、成分表が現在の商品の種類に合致しているかどうかを確認する。このセンサにも、類似のハイアングルのフロント照明が採用されている。

図1　エピック社のマシンビジョンシステムは、箱詰め前のシロップボトルを毎分500本以上の速度で検査するように設計されている。

ラベル検証

この事例において、ビジョンシステムは20種類を超える感圧（加圧接着）ラベルとスリーブラベルを検査する。コンベアの両側に取り付けられたビジョンセンサによって、オーバル形ボトルの前面と背面の感圧ラベルや、オーバル形ボトルの周囲に巻かれたスリーブラベルを検査し、各ラベルが正しく、正しい位置にあることを確認する。

ラベル検証アルゴリズムは、幾何学パターンマッチングを使用して、ラベルの図柄とバーコードの値が正しいことを確認する。ビジョンシステムは、感圧ラベルを検査して、前面の図柄と背面のバーコードが一致することを確認し、ラベルの位置と角度を測定して、正しく配置されていることを確認する。また、スリーブラベルを検査して、成分表が正しいことを確認するとともに、バーコード位置によって、ボトル形状に対するスリーブラベルの向きが垂直軸と水平軸の両方で正しいことを確認する。

また、ボトルに対するラベル位置を測定して、クライアントが指定した±2mmの範囲内に正しく配置されていることを確認する。これにより、スリーブラベルがボトルの高さ全体を覆い、ボトルのオーバル形の前面と背面に対してよじれていないことが確認される（**図2**）。円筒形ボトルについては、スリーブラベルがボトルの下のほうに縮まっていたり、ボトル形状に対してよじれたりしていないことをビジョン検査システムによって検証することが、クライアントにとって重要である。

バーコードを使用して、フロント照明で照らしたフィーチャからの成分表が正しいことを確認したら、ボトルの側面と底面に対するバーコード位置を測定して、ラベルの位置と配置が正しいことを確認する。ここで使用したのは、バーコード位置を特定するための1次元バーコードリーダーとパターンツール、バーコードの端とボトルの端を正確に特定するためのエッジ検出ツール、コグネックス社のソフトウエアを搭載した数学ツール、ピクセル値とミリメートル単位の商品寸法を変換するための手動校正画像である。

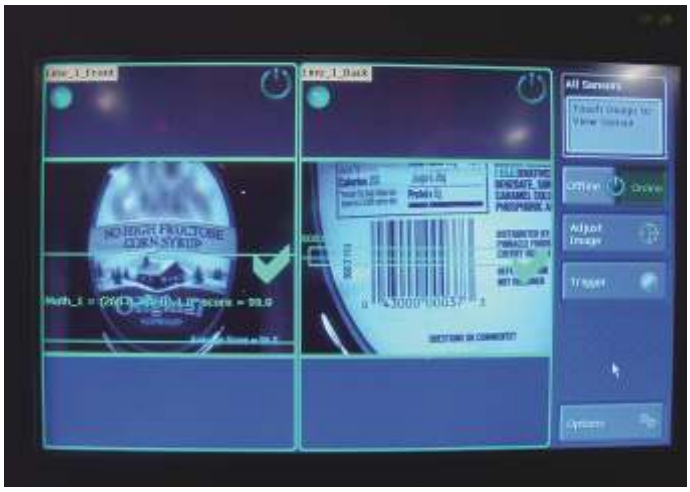

図2　コグネックス社のVisionView HMIにより、オペレータは、プログラム内で各検査のカメラビューを確認することができる。

毎分500本以上の速度での検査

マシンビジョンシステムは、個々のシロップボトルを箱詰め前に検証するために構築された。米アレン・ブラドリー社（Allen Bradley、米ロックウェル・オートメーション社[Rockwell Automation]傘下）のPLCである「Compact Logix」は、コグネックス社の2つのビジョンシステムからの信号を統合して1つの結果を生成する。

不合格追跡ロジックは、コンベアに取り付けられた米ダイナパー社（Dynapar）のインクリメンタルエンコーダ「Hollowshaft」からの信号、独ジック社（SICK）の光電センサによる商品トリガ、カメラ出力を統合する。これによってPLCは、検査中の各ボトルの位置を記録し、ベルトコンベアから不合格ステーションまで移動するボトルを追跡することができる。正しいと検証されたボトルだけが箱詰めされるように、フェイルセーフの不合格判定ロジックが使用される（**図3**）。不合格と判定されたか、カメラによる判定結果が出なかったボトルはすべて、ビジョンステーション後に除去される。

食品生産ラインはウォッシュダウン（強力洗浄）が適用される環境であるため、In-Sight 1400は米APG社の筐体に収容し、In-Sight 5400にはレンズカバーを取り付けることにより、洗浄作業中のIP67の防塵防水性能が確保されている。

PLCとHMIの統合による迅速な切り替え

検査基準は、各ボトルとラベルの種類に対する成分表に基づく。さまざまな種類のラベルとボトルに対応するために、顧客のラインPLCは、統合されているCompactLogix PLCに成分表情報を引き渡す。エンコーダは、下流の不合格ステーションまでの商品位置の追跡も行う。

商品の種類を変更する場合は、シンプルな2工程の手順によってビジョンシステムの切り替えが行われる。まず、In-Sightビジョンシステムのオンボー

図3　マシンビジョンシステムにより、正しいと検証されたボトルだけが箱詰めされて出荷される。

ドメモリから正しいプログラムファイル（.job）が選択される。次に、パッケージサイズに対するカメラの物理的な位置合わせを、オペレータが調整または確認する必要がある。

コグネックス社のHMIである「Vision View」を使用することにより、商品の切り替えをわずか2分で完了することができる。オペレータはVisionView HMIの選択画面から、カメラをオフラインに切り替え、プログラム内の成分表選択ボタンによって、プログラム済みの.jobファイルリストから、該当するファイルを選択する。現在の商品ラベルに対応するファイル名がわかるように、バーコード値の下数ケタが成分表ファイル名の一部として使用されている。正しい成分表を選択したら、オペレータは検査に向けてカメラをオンラインにし、手動ダイアルを正しい番号位置に合わせて、稼働中のカメラとレンズの位置を維持するためにスライドを再固定する。

ボトルサイズが変わる場合は、システムによってカメラの中心線の高さが調整できるようになっている。中心線の位置をあらかじめ定めておき、切り替え作業のこの部分をドキュメント化して操作によって変更することにより、ラベル検証のための正しいボトル領域が、カメラによって必ず撮影されるようになっている。エピック社はこの高さ調整機能を開発するために、米イグス社（Igus）のレール部品を組み合わせて、正しい必要動作範囲に対応する調整スライドと取り付け部品をカスタム構築した。

カメラと照明のすべての部品が、仏ダッソー・システムズ社（Dassault Systèmes）の3次元CAD設計ソフトウエア「SOLIDWORKS」を使用して、カスタム設計土台から構築されている。ビジョン設計のモデル化により、寸法と空間に関する顧客要件に合わせて設計を行い、イメージング部品の配置を常に確実に固定することができた。

システムは、切り替えプロセスがシンプルかつ再現可能になるように設計されているため、オペレータが生産ラインに沿って移動しながら、コンベアベルトの幅を変更し、その他のパッケージサイズ調整を行う最中も、稼働し続けることができる。ほとんどの商品変更に対し、ビジョン切り替えプロセス全体が2分以内に完了する。

新しい種類のラベルである場合は、監督者または訓練を受けた技術オペレータがキースイッチを使用して、プログラムトレーニング機能にアクセスする必要がある。キーは、カメラプログラム内のパターントレーニングを有効化／無効化するI/Oに接続されている。新商品用のプログラムを作成するには、前面ラベルの固有のフィーチャに対する図柄パターンのトレーニングと背面ラベルのUPCコードのトレーニングが必要である。新しいパターンをトレーニングして、商品UPCに対応するファイル名でプログラムを保存するこの処理は、わずか数分で完了する。

成分表情報を受け取るために、ビジョンシステムのPLCは、顧客のラインPLCとIn-Sightビジョンシステムにイーサネットを介して統合されている。現在の商品の成分表コードをラインPLCから受け取ることにより、ビジョンPLCは、現在のボトルサイズとラベル種類に対する正しい検査プログラムが、カメラによって実行されていることを確認するようにプログラムされている。

機械的位置を自動的に変更する部品をシステムで使用することもできるが、そうすると、システム設計やハードウエアのコストが増加してしまう。また、PLCの情報に基づいてカメラのプログラム変更を完全に自動化することも可能だが、そうすると、プログラミングコストが追加されるだけでなく、PLCプログラムコードを追加しなければ新商品が追加できなくなって、操作の柔軟性が低下する。

著者紹介
ダン・ナドルニー（Dan Nadolny）は、米エピック・ビジョン・システムズ社（EPIC Vision Systems）のマシンビジョン部門エンジニアリング担当ディレクター。
URL: www.epicvisionsystems.com

VSDJ