



図1 バスラー社のカメラがストーブリ社のロボットの横に取り付けられている。カメラは包装されたパンを撮影して、処理と解析を行う Matrox Design Assistant Xビジョンソフトウェアに3Dデータを送信する(本稿の写真はすべてKINE社とOEM Finland社提供)。

# ビジョンシステムによる ロボットピッキング

クリス・マクルーン

商品の形やサイズがまちまちで、パッケージが透明プラスチックであるためにコントラストが低く部分反射が生じるなどの課題に対し、マシンビジョンを搭載するソリューションが求められた。

フィンランドのある製パン工場では、非効率でミスが生じがちな手作業を置き換える必要があった。その作業は、コンベアを流れてくる包装されたパン商品を取り上げて、搬送用のコンテナに振り分けるというものだった。この製パン業者は、フィンランドでカスタムメイドのターンキー式ロボットソリューションを提供するKINE社に、自動ソリューションの開発を依頼した。このソリューションに求められたのは、食パンやロールパンが入った袋をオンザフライで取り上げるロボットピッキング機能を搭載する、コンベア追跡シ

ステムである。商品の形やサイズがまちまちであることや、パッケージが透明プラスチックであるためにコントラストが低く部分反射が生じることなど、さまざまな課題を克服する必要があったため、光学センサで商品を検出するのは難しかった。KINE社は、マシンビジョンを搭載するソリューションが必要であると、直ちに判断した。

## 処理内容

ベルトコンベア上を流れてくるパン商品を、動くコンベアからオンザフライで取り上げる必要がある。ビジョン

システムにアップグレードする前は、2人の作業員が手作業で、パンのパッケージを取り上げてコンテナに移していた。パンは、包装機から出てきて、作業員がいる回転テーブルに送られてくる。作業員は商品を取り上げてコンテナに移し、その後の搬送に向けてコンテナをパレット上に積み上げる作業を、手作業で行っていた。

KINE社が設計したシステムは、パンのパッケージの位置と向きを特定し、その情報を、商品を取り上げる座標に変換して、ロボットコントローラに送信する。商品は、ロボットによって識

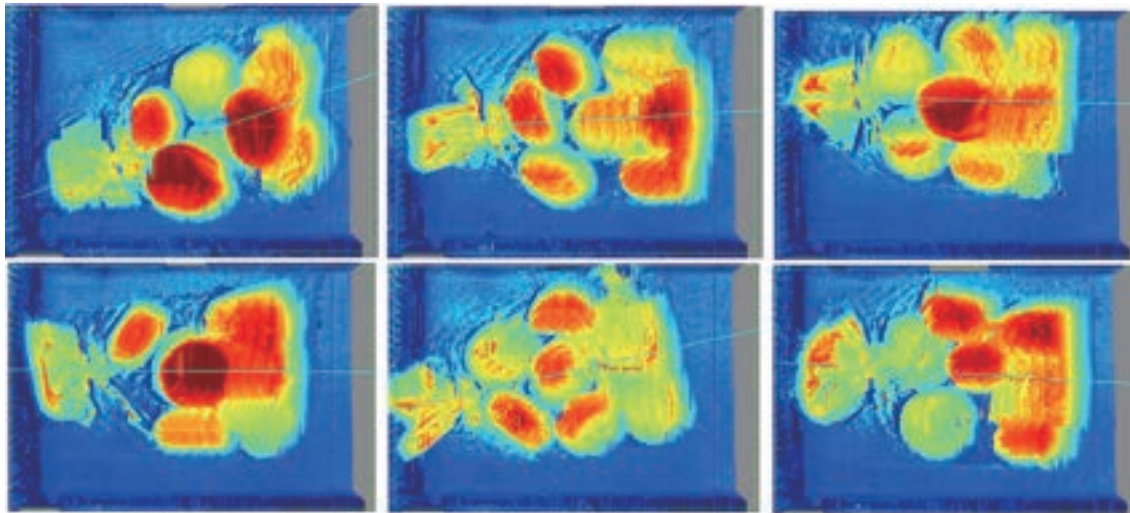


図2 これらの画像に示されているように、プラスチック袋の中のロールパンは向きがバラバラで、平らな面はまったくないため、デプスマップ情報に基づいて正しいピック高さを判断するのは、不可能ではないにしても難しい処理である。Matrox Design Assistant Xのレシピに基づくソリューションは、このような画像を処理するピック&プレース用ビジョンシステムの信頼性の確保に役立つ

別され、取り上げられ、最終顧客に出荷するためのコンテナに配置される。ToF (Time of Flight) カメラによって、半透明または完全に透明なパッケージを「透視」することにより、パン商品の全体的な3D形状を判別することができる。これによってビジョンシステムは、商品が正しいことを確認し、パンやそのパッケージを傷つけることなく正しい位置と角度で商品を取り上げられるように、ロボットの位置と向きを調整することができる。

ビジョンシステムは、商品の位置を特定するために、ToFセンサーによる撮影とビジョンソフトウェアによる位置(XY座標)特定後に商品が移動した距離を補償するための「トラッキング」(追跡)を行う。この距離補償は、ロボットのソフトウェアによって処理される。ロータリーエンコーダによってコンベアの移動/動作を記録/追跡し、位置と角度の情報を実際の距離単位に変換することによって、コンベアをさらに流れた先で商品を正確に取り上げる。

ビジョンシステムは、ソフトウェアベースの3D及び2Dツールを使用して、パン商品(実質的には前景)を背景のコンベアと区別し、その位置と向きを特

定する。パッケージの中に入っているロールパンの数が正しいかどうかといった計数処理は行わない。

### ターンキーシステム

KINE社は、この新しいシステムにマシンビジョンが必要だと判断した時に、フィンランドのOEM Finland Oy社に支援を要請した。OEM Finland Oy社は、欧州で産業製品を供給しており、加マトロックス・イメージング社(Matrox Imaging)の販売パートナーである。マトロックス・イメージング社は最近、米ゼブラ・テクノロジーズ社(Zebra Technologies)に買収されている。

検査システムを起動するために、UDP(User Datagram Protocol)によってビジョンプログラムと通信する加B&R社のPLC「X20CP1585」が、光検出器を介して独バスラー社(Basler AG)の3D ToFカメラ「Blaze 101」をトリガする。カメラは、最大30fpsのリアルタイム測定を行う。ピック&プレースを行うのは、スイスのストーブリ社(Stäubli)のロボット「TS2-60 SCARA」で、TCPを介して、コンベアの追跡とピックを行うストーブ

リ社の「VALtrack」ソフトウェアと通信する。B&R社の産業用パネルPCが、ランタイム環境「Matrox Design Assistant X®」と関連ビジョンプログラムを実行するためのプラットフォームとして機能する。

カメラは、各商品を識別して、それがさまざまな制限値の範囲内に収まっていることを確認し、コンベア上の商品位置の正確な角度を取得し、その情報をロボットに伝えることによって、ロボットがコンベアから正しい商品をピックアップできるようにする。

Matrox Design Assistant Xは、カメラデータの解析を完了し、ビジョンシステムへの中央インタフェースとして機能する。カメラは、30万を超えるXYZ座標を持つ点群として表面を記録する。ソフトウェアは、この点群をデプスマップ(深度マップ)に変換し、2Dビジョンツールがそれを解析して、ロボットのグリッポイントを決定する。ロボットは、繊細なパンやそのパッケージを傷つけることなく、プラスチックの袋を適切につかむ必要がある。

Matrox Design Assistant Xランタイム環境はタッチパネルPC上で使用され、マシンビジョンアプリケーション





図3 オペレータは、この操作ステーションから製造工程全体を管理し、速度とタイミングの定義と調整を行ったり、展開されているMatrox Design Assistant X プロジェクトの「オペレータビュー」にアクセスしたりすることができる

ンの開発はMatrox Design Assistant Xで行われる。別のパン商品の製造、包装、出荷選別を行う場合は、Matrox Design Assistant Xのレシピ（ジョブ処理）を使用することにより、別の商品を処理するようにシステムを切り替える。レシピは、1つのフローチャートで異なる種類のパンの検査ができるように、特定のフローチャート手順を設定するために使用される。これにより、単一のプロジェクトによって、それぞれ固有の特徴を持つさまざまな種類のパンの検査を行うことができる。レシピは、設計時と実行時の両方で、Matrox Design Assistant Xで作成して設定することができる。

ロボットの主な目的は、人間の作業員に代わることである。ロボットそのものはビジョンを持たない。ロボットは、全体的なビジョンシステムの一部であり、システムから供給される情報に基づいて動作する。ロボットとシステムのその他の部分は、包装機の後の製造ラインの最後に設置され、パン商品が製造工程を離れる前の最後の品質管理確認を行う。

ビジョンとMatrox Design Assistant Xの組み合わせは、規格外商品を判別する処理の効率化にも利用されている。例えば、包装されずにコンベアに流れたパン、パッケージに不備があるパン、スライスされていなければならないのにされていないパンは、ロボットには引き渡されず、不良品コンテナに自動的に振り分けられる。

検査システムを通過した後、収集されたパッケージは自動的に積み上げられて搬送用パレットに配置される。

### 実装の課題

このアプリケーションの最大の課題は、ビジョンを使用してパッケージと中身の識別を行うことによって解決されたが、このシステムを実装すること自体が新たな課題となった。例えば、透明パッケージがカメラに映らず、プラスチック袋の中の実際の商品の高さや状態がわからないため、3D情報でピックの高さを判断する方法は選択できなかった。プラスチック袋の総重量（商品と空気を含む）はわかるので、ロボットは、プラスチック袋を傷つける

ことなく適切につかむことができる。Matrox Design Assistant Xによって実現される、レシピに基づくこのソリューションは、単一のプロジェクトを使用して、それぞれ固有の特徴を持つさまざまな種類のパンの検査を行うことができたため、さらに高い信頼性が得られた。

もう1つの課題は、PLCトリガの通信遅延が原因で、同期が難しいことだった。物理的なI/Oを使用してトリガをマシンビジョンに送信することはできなかった。カメラにはI/Oトリガオプションがなく、KINE社はサードパーティのパネルPCを使用していたため、トリガセンサとMatrox Design Assistant Runtimeの間の通信には、PLCとネットワーク通信（ここではUDP）が必要である。ネットワーク通信の部分はリアルタイムではなく、可変遅延が生じる。また、カメラの内部処理とMatrox Runtime/Design Assistantの統合によっても、可変遅延が生じた。カメラの撮影時間は、画像ごとに最大50msの差が生じる。KINE社は、光検出器からのトリガ信号を使用してコンベア上の移動距離を判定することにより、これらの課題を克服した。画像取得を開始するためのカメラトリガにも、同じトリガを使用する。ロボットは、エンコーダを使用してトリガ後のコンベアの動きを追跡し、マシンビジョンソフトウェアは、解析を実行する前に位置と向きを水平移動距離を特定する。

KINE社とその顧客は、最終的なビジョンシステムに大いに満足しており、以前の手作業と比べてミスの発生率は低下し、商品のスループットは向上した。新しいビジョンシステムにより、ロボットは毎分25～30個のパッケージを処理することができる。