

ネスレ、大人向け栄養補助食品の プラスチックスプーンの検査を自動化

リンダ・ウィルソン

マシンビジョンシステムは、ニューラルネットワークと2Dカメラを使用して、
容器の反射性アルミシールの下に隠れた、透明スプーンを検出する。

環境に配慮するという企業目標の実現に向けて、スイスのネスレヘルスサイエンス社(Nestlé HealthScience)は、大人向け栄養補助食品のボール紙製筒型容器または箱に入っている、計量スプーンの色を(赤または緑色から透明に変更)変更することを決定した。

「色のついたスプーンは、着色色素が原因でリサイクルが非常に難しい」

と、ネスレ社のAI搭載マシンビジョンシステムを設計した、独ジック社(SICK)の戦略的顧客担当国内アカウントマネージャーを務めるクラウス・カイテル氏(Klaus Keitel)は説明した。

しかし、色の変更は、ドイツのオストホーフェンにある、栄養補助食品が生産されている同社工場の自動検査プロセスに、意図せぬ影響を与えた。自

動検査システムは、ボール紙製筒型容器の中のスプーンが存在を、確認できなくなってしまったのだ。

この問題が最初に明らかになった時に工場管理者らは、各シフトで1人の従業員を、プロセスを目視して、スプーンが入っていない容器をラインから取り除く業務に割り当てた。「1時間行うだけで、大変な作業だった」と、同社のオストホーフェン工場で、測定とプロジェクト管理を担当する技術者であるアルマンド・シモーニ氏(Armando Simoni)は述べた。

当然の成り行きとしてネスレ社は、このマシンビジョンシステムを、ディープラーニングアルゴリズムを使用して透明スプーンを検出することができる、ジック社の新しいものに置き換えることを選択した。

自動生産プロセス

製造ラインにおいて、計量スプーンはライン上の20cmの高さから空の筒型容器の中に投入される。スプーンは先端を下に向けて配置されるのだが、そうすることで、生産プロセスが完了した時に、容器の上部近くのアルミシールのすぐ下に持ち手の先がある状態になる。スプーンが存在を確認した後に、粉末食品が充填される。この処理は、1分あたり40~80容器の速度で行われる。

配合と容器のサイズが異なる、約13



図1 ネスレ社のマシンビジョン検査ソリューションは、ジック社のpicoCam2カメラと、ジック社のdStudioで開発したディープラーニングニューラルネットワークで構成される(写真提供:ジック社)

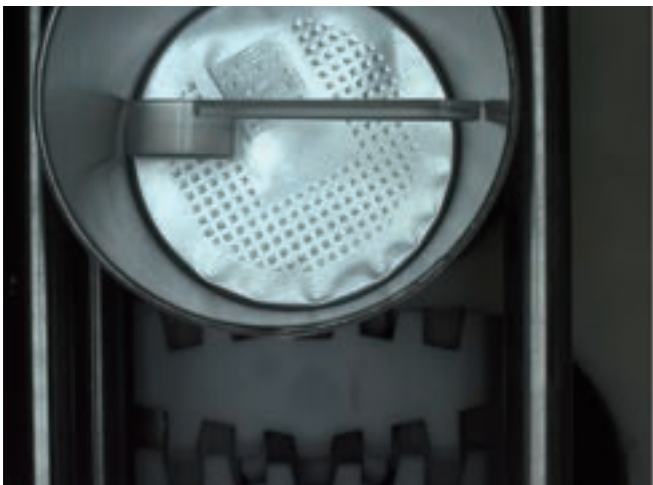
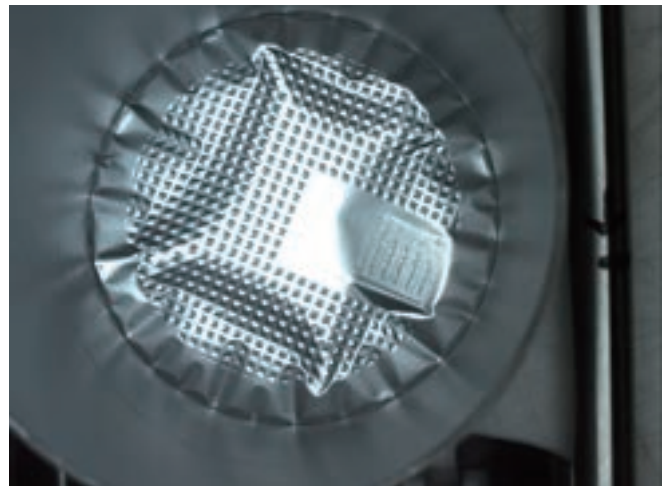
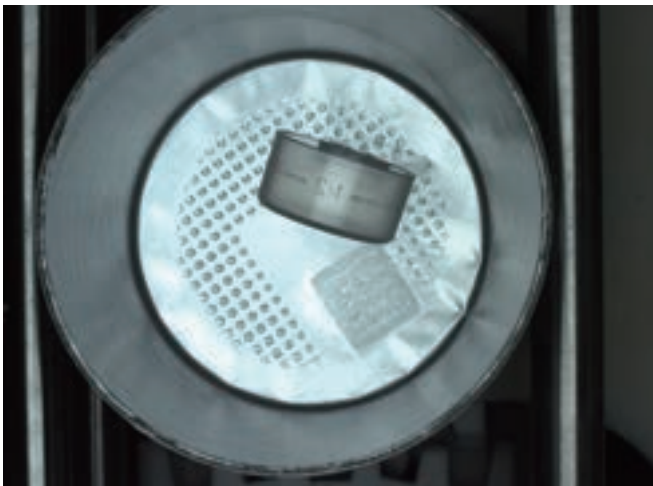
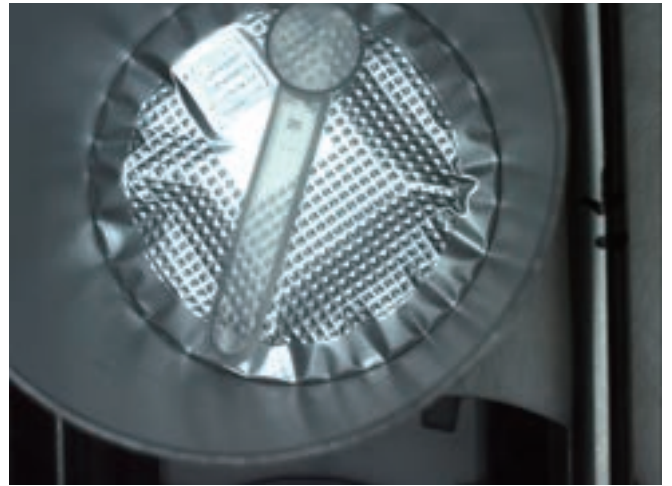


図2 ジック社は、反射性のアルミ表面に重なっているプラスチックスプーンの有無を確認するために、ディープラーニングアルゴリズムのトレーニングを行った

種類の大人向け栄養補助食品が、この工場の1本のラインで、ローテーション方式で生産されている。生産されているブランドは、Optifibre、Resource Dextrine Maltose、Resource Malto-

dextrin、Thicken up Junior、Resource Thicken Up、Resource Espesante などである。

ライン上に配置された古いマシンビジョンカメラシステムは、スプーンが

投入された直後の画像を撮影する。続いて、その画像の中の有色ピクセルをカウントすることにより、スプーンの有無を判定する。このプロセスは、色のついたスプーンに対しては問題なく

機能していた。しかし、透明スプーンではそうはいかなかった。消費者が開封時に剥がす灰色のアルミシールが、透明のプラスチックスプーンに反射して、スプーンが灰色に見えるためである。どちらも表面が灰色になるため、カメラシステムはスプーンとアルミシールを区別できなくなってしまったのである。

「従来のビジョンシステムは、暗いか白いかだけでしかピクセルをカウントできなかった」と、ケイテル氏は説明した。

ディープラーニング搭載の検査システム

ネスレ社がビジョンシステムの入力替えを決断すると、工場管理者らは、多数のマシンビジョン企業に連絡して提案を依頼した。ほとんどの企業が正解率90%の見積もりを出したのに対し、ジック社の営業担当者は、同社のシステムはAI搭載のアルゴリズムを使用することによって99%の正解率を達成すると語ったと、シモーニ氏は述べた。

ケイテル氏によると、ネスレ社のRFP（提案依頼）は、さまざまな理由で難しいものだったという。まず、ネスレ社は、古いスプーンの在庫を使い切りたかったために、有色スプーンと透明スプーンの両方を使用する移行期間を設けていた。2つめに、ネスレ社の工場管理者らは、カメラの設定を調整することなく、製造ライン上の充填容器の種類を切り替えられるようにすることを希望していたと、ケイテル氏は述べた。

ジック社のシステムの設計と試験を行うための作業は、2021年4月に開始した。同システムは、2022年6月から製造工場稼働している。

マシンビジョンの構成要素

透明スプーンが存在を検出できるシステムを設計するために、ジック社は、ディープラーニングアルゴリズムをモノクロの2Dスナップショットカメラ「picoCam2」に組み込んだ。picoCam2は、Cマウントレンズを装備するグローバルシャッター CMOSカメラである。このカメラは、GigEインタフェースに対応し、イーサネットを介してビデオとデータを伝送する。

このシステムをラインの上に設置して、スプーン投入後の筒型容器の画像を撮影できるようにした。ラインは、独プラニスタ・リヒトテック社（planistar Lichttechnik）製の長方形のLEDバックライトで照らされる。

ジック社はアルゴリズムを開発するために、同社製カメラに対応する、同社のディープラーニングソフトウェア「dStudio」を使用した。

この用途向けに開発されたこれらのアルゴリズムを、シモーニ氏は、容器やスプーンの変更に合わせて、必要に応じて変更することができる。

カメラによって画像が撮影されると、アルゴリズムによってスプーンの有無が判定される。この処理はカメラ上で実行され、結果が独シーメンス社（Siemens）製のPLCに送信される。カメラが結果を生成してPLCに送信するまでの時間は、一般的に50ミリ秒程度だと、シモーニ氏は述べた。

PLCは、容器に粉末食品が充填されるステーションの近くの制御キャビネットに配置されている。ジック社製カメラからPLCまでの間は、長さ5mの12線式ケーブルによって接続される。

課題の克服

一般的なディープラーニングアルゴリズムと同様に、実稼働環境における

その性能は、それがどれだけ適切にトレーニングされているかに依存する。

シモーニ氏によると、ネスレ社とジック社は、この新しいマシンビジョンシステムを実装している間に、そのことを痛感したという。このプロジェクトを担当した両社の社員は、1回目のトレーニングの後は、望んでいた結果を得られなかった。2回目のトレーニングでは、さまざまな向きのスプーンの画像を追加した。スプーンの正確な位置は、スプーンが上から落下する時に、筒型容器がその自動機構の下でどれだけ整然と並んでいるかに依存するためである。コンベアの動きは一定であるため、容器の位置はその時々で異なる可能性がある。

同社の社員らは、サイズの異なる容器に対応するために、2つのニューラルネットワークが必要であることにも気づいた。一方のニューラルネットワークは、直径73mmまたは99mmの容器用で、もう一方は、直径140mmの容器用である。

一定期間経過後のシステムアップデート

ネスレ社の工場管理者らは2023年に、スプーンが入っていない容器を製造ラインから除去する自動機構を追加した。当初の設定では、ジック社のシステムは、スプーンのない容器を検出すると、ラインを停止するための信号をPLCに送信していた。スプーンが追加されると、カメラソフトウェアがそれを検出し、ラインを再開するための信号をPLCに送信していた。新しいシステムは、ラインを停止することなく、スプーンが入っていない問題を解決するため、より効率的である。今後も環境に配慮するという企業目標を実現していく。