

キーワード

フライドポテト、コーティング（衣）の品質、目視検査、3D ビジュアル検査アナライザー、ビジュアルアナライザー、色分析

アプリケーションのベネフィット

- 迅速かつ客観的なコーティング品質評価
- 良品と不良品の確実な判別
- 非破壊・自動検査

目的

Farm Frites 社は、フライドポテトのコーティングが十分に視認でき、かつ均一に施されているかを客観的に評価するための測定システムの導入を目指しています。本プロジェクトの目的は、許容可能なコーティング品質と不良なコーティング品質を確実に判別できる、堅牢かつ自動化された評価手法を確立することです。本研究では、3D ビジュアル検査アナライザー IRIS 3D を用いてフライドポテトのコーティング品質をスキャンし、定量的に評価する手法を提案します。



IRIS 3D

IRIS 3D (図 1) は、製品の的外観品質管理を目的として開発されたスタンドアロン型デバイスです。マルチスペクトル 3D スキャナーを用いてサンプルを上面からスキャンし、製品の 3D 形状、近赤外 (NIR) データ、および色情報を取得します。これらのデータをもとに、寸法、体積、高さプロファイル、焼き色、光沢など、製品の主要パラメータを算出します。さらに、搭載された機械学習モジュールにより、製品ごとの基準値や許容範囲を学習し、新しいサンプルをそれらの基準と比較評価することが可能です。本モジュールは、各パラメータの閾値を自動的に推定できるようトレーニングされています。解析結果は装置端末上に詳細に表示され、取得したすべてのデータは、端末上で動作する Web アプリケーションを通じて評価・エクスポートすることができます。



図 1: 3D ビジュアル検査アナライザー IRIS 3D

サンプル

典型的な生産ばらつきを代表する合計 16 個のサンプルを分析しました (図 2) :

- 望ましいコーティングが施されたサンプル 8 個 (G01~G08)
- 望ましくないコーティングが施されたサンプル 8 個 (B01~B08)。

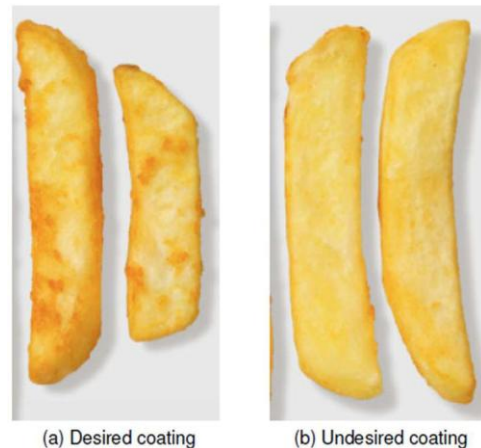


図 2: 望ましいコーティング外観 (a) と望ましくないコーティング外観 (b) の例

測定方法

各サンプルは IRIS 3D システムを用いてスキャンし、3D データおよびカラーデータを取得しました。解析では、コーティング品質と関連する定量的な特徴量の抽出に重点を置きました。なお、本システムは製品を上面からスキャンする方式であるため、製品側面のデータは取得されません (図 3)。

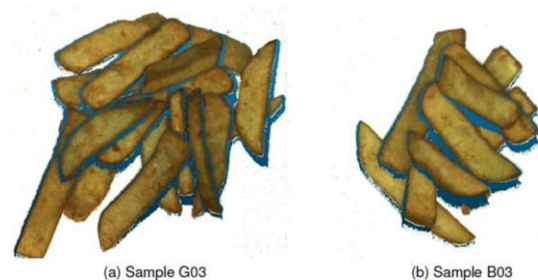


図 3: 3D スキャン、上面図

良品 (OK) および不良品 (NOK) の 3D スキャン画像は、一見するとよく似ていますが、表面色、特に明度の違いが、両者を識別するうえで重要な特徴であることが確認されました。

データ処理

1. 高さによる抽出

最初のステップでは、高さの閾値を用いて製品を背景から分離しました。具体的には、高さ 16 mm 以下のすべての点を除去することで、フライドポテト部分を抽出しています。取得された高さマップを図 4 に示します。

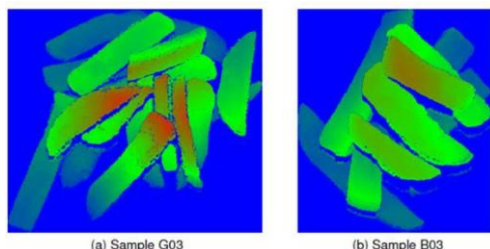


図 4: 高さフィルタを使用して抽出したフライドポテトのデータ。高さは色分けされています（青→緑→赤の順）。

2. 表面勾配によるフィルタリング

次に、表面の傾斜を計算することで、エッジ部や急峻な領域を除去しました。表面の傾斜角が 60° を超える領域を解析対象から除外しています（図 5）。この処理により、暗いエッジ部分に起因するバイアスを防止し、解析対象をコーティング評価に適した領域のみに限定することが可能となります。

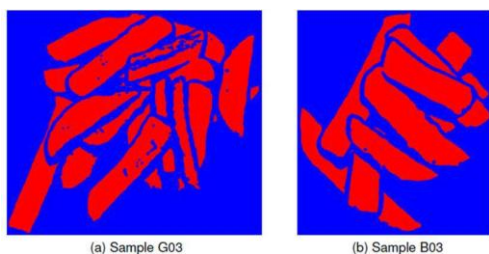


図 5: エッジと急峻面除去後の色ノイズ計算用マスク

3. 明度の算出

RGB カラーデータは $L^*a^*b^*$ カラー空間へ変換し、明度成分（L 値）を抽出しました（図 6）。このパラメータは、表面全体における明るさの変動を表しています。

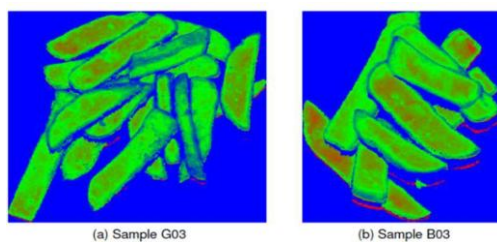


図 6: 明度（L）マップ、色分け表示（青→緑→赤の順）

4. カラーノイズの計算

カラーノイズは、隣接するピクセル間の明度レベルの差として算出されました。ノイズレベルが高いほど、コーティングの外観のぼらつきが大きいことを示しています。バイアスを避けるため、計算では有効な領域（エッジと急勾配の領域を除く）のみを考慮しました（図 7）。

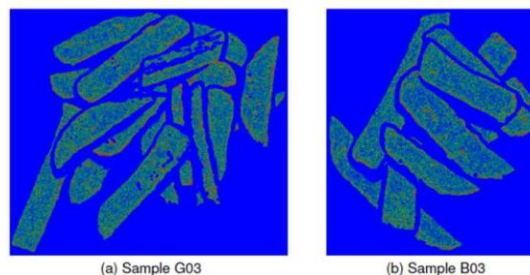


図 7: カラーノイズマップ

5. コーティング品質指数（CI）

コーティング品質指数（CI）は、有効表面全体におけるカラーノイズ値の総和（図 7）を、以下のパラメータで正規化することによって算出しました。

- 有効ピクセル数
- サンプルの平均明度

各サンプルの CI 値を表 1 および箱ひげ図（図 8）に示します。

表 1: CI コーティング品質指標の概要

サンプル	グレード	CI指数値
G01	OK	3.428
G02	OK	3.408
G03	OK	3.390
G04	OK	3.418
G05	OK	3.475
G06	OK	3.457
G07	OK	3.447
G08	OK	3.437
B01	NOK	2.987
B02	NOK	2.953
B03	NOK	2.961
B04	NOK	3.006
B05	NOK	3.012
B06	NOK	2.999
B07	NOK	3.005
B08	NOK	2.995

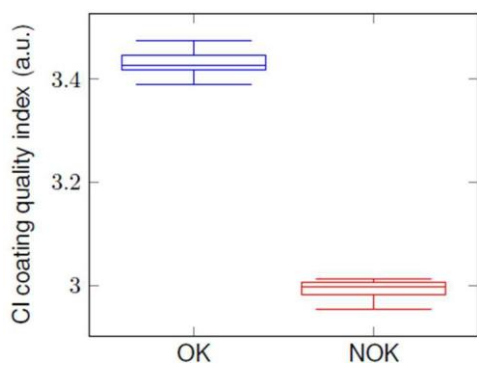


図 8: サンプルグレード別の CI 値

全サンプルの CI 値は、良品と不良品を明確に区別しています。

- 良品サンプル : CI \approx 3.39~3.48
- 不良品サンプル : CI \approx 2.95~3.01

各グループ内では、値は一貫しており、高い再現性が確認されました。良品と不良品の間には明確な差が認められるため、信頼性の高い分類が可能です。

考察

分析の結果、コーティング品質は主として表面の明度変動と相関していることが明らかになりました。コーティング状態が良好なフライドポテトでは、「カラーノイズ」が大きく見られ、これはコーティング表面の質感や視認性の高さを反映しています。本手法における重要なポイントは、結果に偏りを与える可能性のあるエッジ部や急峻な表面を解析対象から除外することです。そのため、3D データとカラーデータを組み合わせて使用することが不可欠となります。純粋な 2D 解析だけでは、評価に適した領域を確実に抽出することができないためです。

結論

本研究により、3D ビジュアル検査アナライザー「IRIS 3D」が、フライドポテトのコーティング品質を効果的に定量化できることが確認されました。

- コーティング品質指数 (CI) は、堅牢かつ客観的な評価指標として有効です。
- 良品と不良品を明確に識別することができます。
- 本手法は、産業用途への導入およびリアルタイム品質管理への適用に適しています。

総じて、本アプローチは、生産現場におけるコーティング品質の自動かつ高信頼・高再現性の検査を可能にするものです。

本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。 2026 年 5 月