

## マルチスペクトル画像位置合わせのための符号化照明パターンの開発 Development of a Coded Illumination Pattern for Multispectral Image Matching

本間 稔規<sup>†</sup>      飯島 俊匡<sup>†</sup>      岡崎 伸哉<sup>†</sup>  
Toshinori Honma    Toshimasa Iijima    Shin'ya Okazaki

### 1. はじめに

人毛などの低密度・非金属の食品混入異物を検出するための多眼式分光イメージングカメラの開発を進めている[1]。複数のスペクトル画像を取得するため、カメラは単体で多眼構造とし、さらに複数台構成を可能とした。取得する複数のスペクトル画像には視差が生じるため、計測対象の任意の点の正確なスペクトルデータを求めるには画素レベルでの位置合わせが不可欠である。このマッチング処理では計測対象表面上のテクスチャなどの特徴量を利用するが、それがない場合は何らかの手段によりテクスチャを付与する必要がある。また、正確なスペクトルデータを取得するには分光放射特性が既知の光源を用いて計測対象を照明する必要がある。本報では、計測対象上の任意の点の画素位置合わせとスペクトルデータ取得を同時に処理することを目的とした、プロジェクタによるランダム符号化照明パターンを提案する。

### 2. 多眼式分光イメージングカメラ

開発中の多眼構造の分光イメージングカメラ (図1左) では、撮像素子として2つのCMOSイメージセンサを搭載し、各イメージセンサに4つの結像レンズとバンドパスフィルタを組み合わせた鏡筒 (図1右) を備えている。このモジュール単体で8バンドのスペクトル画像を取得することができる。この基本構成を1つのモジュールとし、複数モジュールを組み合わせる構造であるため、さらに多くの波長のマルチスペクトル画像を取得することが可能である。

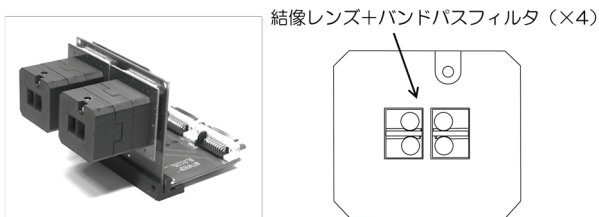


図1 多眼式分光イメージングカメラとその鏡筒部の概略図

### 3. 符号化照明パターン

本分光イメージングカメラによる食品混入異物検査は、スペクトルデータを解析することにより行う。本分光イメージングカメラで取得する複数のスペクトル画像には視差があるため、正確なスペクトルデータの取得には計測した各スペクトル画像について視差に応じて対応画素を一致させる必要がある。視差を求めるには計測対象のテクスチャ

などの特徴を用いるが、必ずしも全ての食品にテクスチャがあるとは限らない。そこで、プロジェクタを用いてランダムに符号化したパターン光を照射することにより計測対象の食品表面にテクスチャを付与し、スペクトルデータを取得するための照明としての機能と同時に視差のある複数のスペクトル画像の位置合わせの機能を実現する。具体的な符号化照明パターンを図2に示す。符号化照明パターンは8ビットの階調を持ち、縦方向・横方向の複数の格子線および格子線により囲まれるグリッドにより構成される。各格子線の輝度値  $I_L$  は一定値  $I_2$  以上を有し ( $I_2 \leq I_L < 255$ )、かつ乱数により符号化されている。また、各グリッド内では、いくつかの画素をまとめてブロックとし、そのブロックはそれぞれ一定範囲の輝度値  $I_G$  ( $I_1 \leq I_G < I_2$ ) を有し、かつ乱数により符号化されている。このように縦方向・横方向それぞれの格子線はランダムパターンによって一意の特徴を持つことから、符号化照明パターンを撮像した複数のスペクトル画像間において格子線単位で特定することが可能である。また、各グリッドについても同様に特定することが可能である。

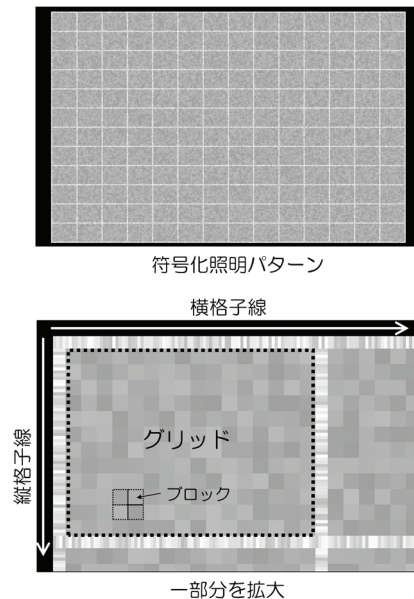


図2 開発した符号化照明パターン

### 4. 照明パターンの性能評価

この符号化照明パターンを実際のシステムに適用する場合には、計測対象の分光反射率のばらつきやイメージセンサの感度のばらつきなどにより、撮像される照明パターンは照射時のパターンに比較し S/N が低下することが予想される。このような条件においても頑健な位置合わせを行うために、分光イメージングカメラで計測したスペクトル画像に微分処理を施す。微分処理には、縦横両方向の Sobel オペレータを用いた。

<sup>†</sup> 北海道立総合研究機構 産業技術研究本部 工業試験場,  
Industrial Research Institute, Industrial Technology  
Research Department, Hokkaido Research Organization

#### 4.1 評価実験の条件設定

評価実験では次の条件を設定した。

- ・計測対象にはテクスチャがない。
- ・平面の計測対象を対象とし、符号化照明パターンの幾何形状は変形しない。
- ・テンプレートマッチングとして正規化差分二乗和を用い、評価値は、1 が最大とするために 1 から正規化差分二乗和を減じたものを用いる。
- ・マッチング処理を行うテンプレートは、縦 (15 通り)、横 (13 通り) の各格子線部分、およびグリッド部分 (168 通り) とする (図 3)。
- ・マッチング処理は照射時の各画素の輝度値を 100% とし、1% 単位で輝度値を変化させて評価する。図 4 に 100%、75%、50%、25% のパターン例を示す。
- ・マッチング処理は同じ輝度値のパターン同士を対象とする。一方のパターンの一部をテンプレートとし、他方から最も一致する座標を求める。
- ・微分処理の有無の 2 通りで評価する。

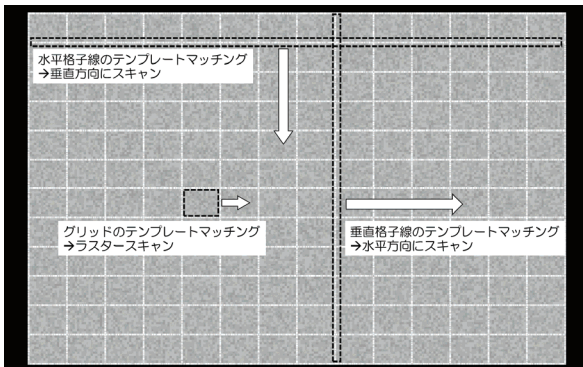


図 3 符号化パターンのテンプレートマッチング

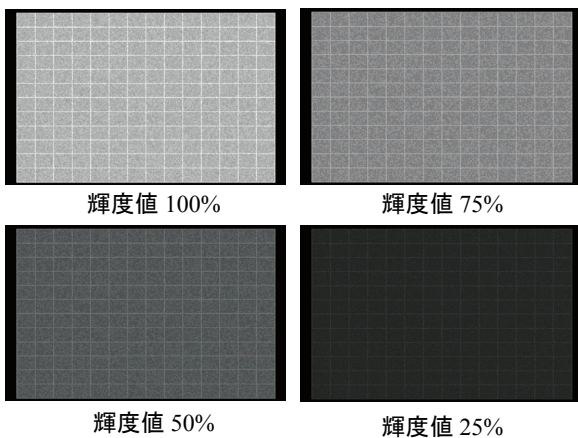


図 4 評価用に符号化パターンの輝度値を変化させた例

#### 4.2 結果

例として図 5 に輝度値 100% (左) と 25% (右) の微分処理結果を示す。これより、輝度値の変化によらず、ほぼ同じ出力が得られることがわかる。また、図 6 に符号化照明パターンの輝度値に対する各テンプレートの評価値を示す。この結果において、座標が一致した場合のみその評価値を示し、座標が一致しない場合は評価値を 0 としている。これより、今回用いた符号化照明パターンでは、微分処理

を行った場合は縦、横の各格子線、各格子のそれぞれにおいて、照射時の輝度値の 3% 以上の値で位置合わせが可能であった。一方、微分処理を行わない場合は、横格子線で 53%、縦格子線で 60%、グリッドで 90% の輝度値がなければ位置合わせができなかった。以上より、符号化照明パターンと微分処理を加えることで頑健な位置合わせが可能であることがわかった。

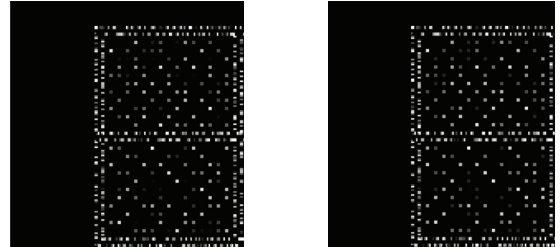


図 5 符号化照明パターンの微分処理結果の例 (左: 輝度値 100% 右: 輝度値 25%)

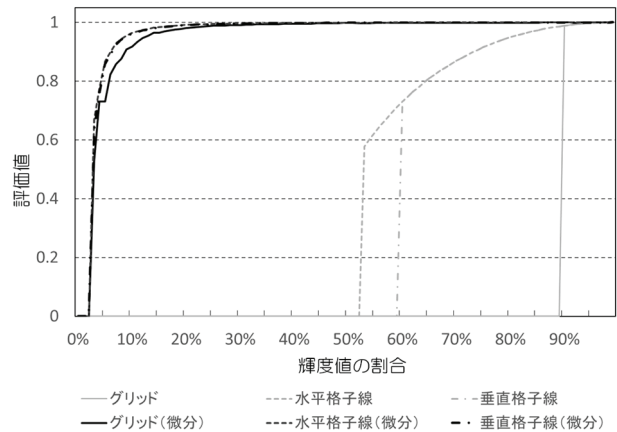


図 6 変化した輝度値に対するパターンマッチング評価値

#### 5. おわりに

視差のある複数のスペクトル画像の位置合わせ機能を実現するための符号化照明パターンを提案した。基本的な性能評価を行い、輝度値が小さい条件においても位置合わせが可能であることを示した。実際の計測対象とする食品では表面性状や形状は多様であり、また各スペクトル画像においても計測対象の分光反射特性により輝度値にばらつきが生じることが考えられる。今後は、これらの条件を加えてさらに評価・改良を進め、性能向上を図る。

#### 謝辞

本研究の一部は国立研究開発法人科学技術振興機構 (JST) の研究成果展開事業「地域産学バリュープログラム」の支援によって行われた。

#### 参考文献

- [1] 本間稔規 他, “食品混入異物検査のための多眼式分光イメージングセンサの開発”, 第 33 回近赤外フォーラム講演要旨集, p141, (2017).