

注目 しています...その技術!

近赤外ハイパースペクトラルイメージングを用いた食品の検査

館 花 一 人

株式会社アイ・アール・システム

1. は じ め に

近年、食品の安全性や品質を管理することの重要性はますます増加している。その中で、非破壊で迅速な計測が行える方法として、近赤外線分光分析が広く用いられている。

しかし通常の近赤外分光の取得データは、試料の一部分の値、または全体を平均化した値となる。そのため、空間情報や分布を得ることは難しかった。

ハイパースペクトラルイメージング (Hyperspectral Imaging, 略して HSI) を用いると、これまでの分光情報に加えて空間情報も取得できる。それにより食品の成分分布が推測でき、選別、異物の検出などに対して有効な手段となる。さらに、食品のおいしさの評価につながる研究もなされている。ここでは、ハイパースペクトラルイメージングの概要と測定例を紹介する。

2. ハイパースペクトラルイメージング (HSI) について

ハイパースペクトラルイメージングシステムは、分光と画像が融合した装置である。研究分野では以前から使用されてきたが、近年は産業用途でのインライン検査への利用が拡大している。

カラーカメラ、分光器、HSI の比較を Table 1 に示す。通常のカラーカメラでは、ピクセルごとに RGB の 3 つの色 (波長帯) の情報を有している。これに対して HSI は、ピクセルごとに数 100 波長の分光データ (スペクトル) をもつ。それにより、カラーカメラよりも

正確な色情報が取得できる。さらに分光データを解析することによって、被写体内部の成分の推測が可能である。そのような成分によるスペクトルの違いは可視の波長帯よりも近赤外の波長帯に現れることが多く、食品業界において近赤外分光が広く使用されている。分光器でもスペクトルは取得できるが、測定エリアは試料の一部または全体を平均化した値となる。そのため、空間情報や分布を得ることは難しい。

ハイパースペクトラルイメージングを用いると、分光による成分の推測と、画像による空間情報の両方が得られる。それにより、測定対象物の成分の分布を推測することが可能となる。

食品において、製品と異物では異なる成分であることが多いので、肉眼や通常のカメラではわからない異物の検出が可能になる。また、水分や脂質など近赤外分光で検査が行われている内容は、HSI を用いてその分布を取得することで、より進んだ品質管理が可能になる。

HSI のデータ取得にはいくつかのやり方があるが、プッシュブルームとよばれる方式が多く用いられている (Fig. 1)。これは、ラインスキャンカメラのように、

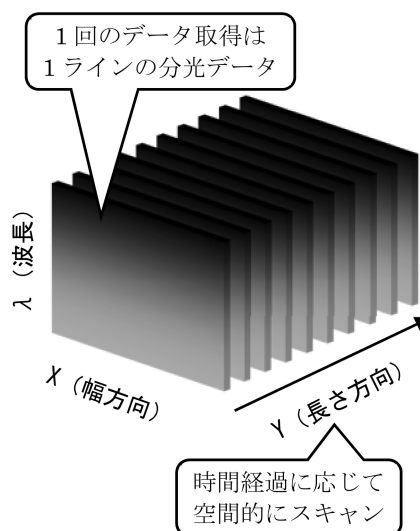


Fig. 1 プッシュブルーム

Table 1 機器の比較

	カラーカメラ	分光器	HSI
取得データ	RGB 3 色の画像	スポットの分光データ	数100波長の画像 画素ごとの分光データ
空間情報	○	×	○
波長情報	×	○	○

被写体（またはカメラ）をスキャンすることで画像を生成する。製造ラインなどでコンベヤ上を製品が搬送される場合には、このプッシュブルーム式が適している。

3. 測定例

3.1 使用機器

今回の測定に使用した、ClydeHSI社の装置HyperionHSIの外観をFig. 2に示す。スペクトルカメラ、光源、スキャナなどのハードウェアと、機器設定、データ取得、データ解析が行えるソフトウェアspectraSENS (Fig. 3) を含む一体型のターンキーシステムである。

3.2 食塩、砂糖、小麦粉、片栗粉

食塩、砂糖、小麦粉、片栗粉などの近赤外反射スペクトルをFig. 4に示す。食塩と砂糖の波形は大きく異なり、近赤外線画像を用いるとFig. 5のように明らかに判別できる。一方、小麦粉と片栗粉のスペクトルではそこまで大きな違いはみられない。ここで、小麦粉および片栗粉の各画素に対して、1100 nmの反

射の大きさを横軸に、1400 nmの反射の大きさを縦軸にプロットしたものがFig. 6である。このグラフをみると、小麦粉と片栗粉が特定の領域に分布している。つまり、2つの波長の反射がこれらの領域にあれば、小麦粉または片栗粉であると推測できる。このような分析を行うことで、成分の推測や製品の選別が可能になる。

3.2 同系色のサプリメントの識別

市販のソフトカプセル入りのサプリメント（1種類）に、同系色の11粒（4種類）の異種製品を混入したサンプルを用意した。Fig. 7に5種類のサプリメントのスペクトルを示す。サプリメントの種類によって異なる波形が得られている。Fig. 8aの可視画像では、他と比



Fig. 2 HyperionHSI 装置外観

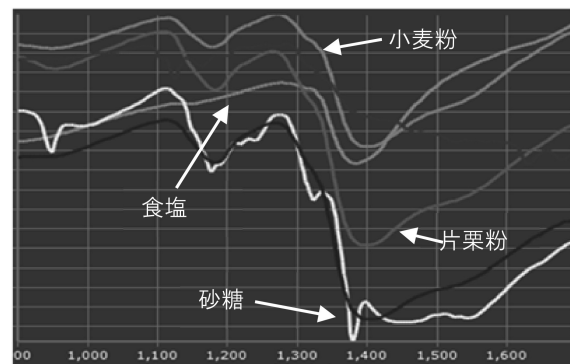


Fig. 4 近赤外反射スペクトル

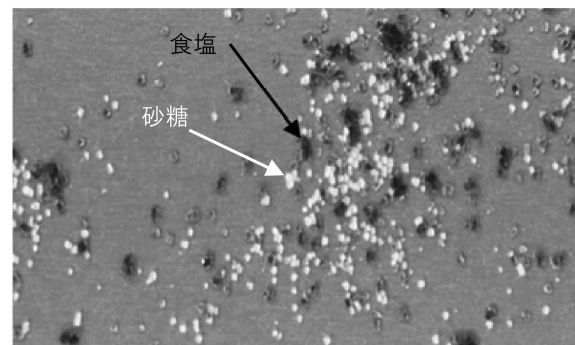


Fig. 5 食塩と砂糖の近赤外画像（黒い粒：食塩，白い粒：砂糖）



Fig. 3 spectraSENS ソフトウェア

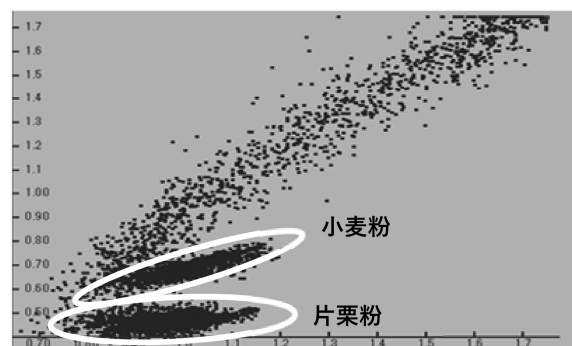


Fig. 6 スキャットプロット（小麦粉，片栗粉）

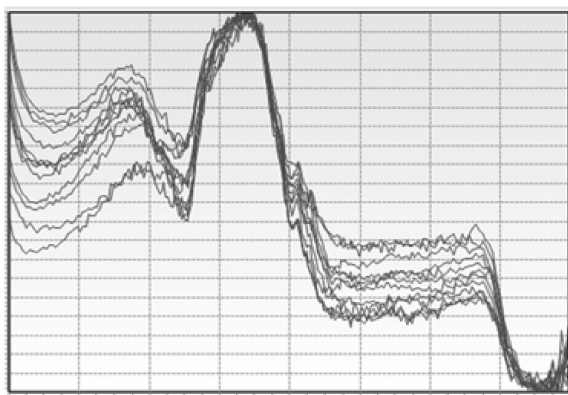
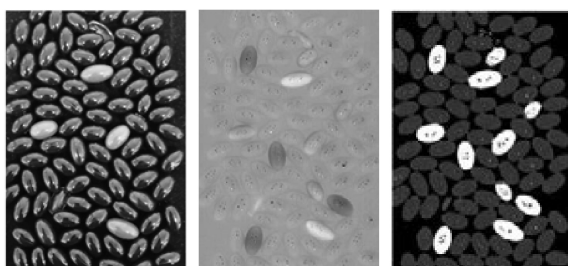


Fig. 7 サプリメントのスペクトル



a. 可視画像 b. PCA 画像 c. マスク付き画像

Fig. 8 サプリメントの測定結果

べて白っぽい色のサプリが4粒みえるが、残りの7粒は判別が困難である。前述のように HSI では画素ごとに分光データをもっている。各画素の分光データに対して主成分分析 (PCA) を行い、各主成分の大きさごとに色付けした画像が Fig. 8 b である。成分の違いにより、可視では見分けにくい異製品も確認できる。さらに、PCA データを元に Fig. 6 のようなスカッタープロットを行い、近い特性の画素に対してマスクを付けた画像が Fig. 8 c である。11 粒の異製品を明確に確認できている。このデータを排出装置に組み合わせれば、ラインでの自動選別も可能になる。

4. お わ り に

異物検出や通常の品質管理はもちろん、おいしさを評価する手段としても、食品業界で近赤外ハイパースペクトルイメージングの重要性は増していくと考えられる。しかし、何が測れるかわからない、操作が大変そう、分析が難しそう、などの理由で躊躇しているユーザも多いと思われる。(株)アイ・アール・システムでは、波長 400-1000 nm と 900-1700 nm のデモ機を所有している。サンプル測定が可能なので、まずは気軽にお試しいただきたい。