

注目 しています... その技術!

近赤外ハイパースペクトルカメラでの食品検査の可能性

柳 沢 理 人

株式会社アイ・アール・システム

1. 緒 言

近赤外領域（700～2000 nm 程度）の光は官能基による吸収を含む領域であり、化学の分野においても物質の推定に利用される。近赤外分光測定は特定の官能基の推定や定量が可能な特性を生かし、食品の検査において糖度の推定や、病気に侵された農作物の判別など広く利用されている。しかし既存の赤外分光装置は1試料ごとの測定であり、大量の試料を迅速に測定するには使いづらさもあると考えられる。

そこで近年では2次的に分光測定が可能なハイパースペクトルイメージング（Hyperspectral Imaging : HSI）が注目を集めている。これは写真のような2次元画像を提供するとともに分光情報も1画素毎に測定することが可能な技術である。画像中の1画素ごとにスペクトルデータを格納しているため、スペクトル形状の変化を画像中でマッピングすることも可能であり、測定対象が大量にあっても1つずつ測定するような手間からは解放される。また細かい測定対象であっても、異なるスペクトルをもつ物体の位置が可視化されるので、原料受け入れ時の異物検査にも利用が期待されている。

今回は弊社で取り扱っている ClydeHSI の HSI 製品（図1）を実例を交えて紹介する。

2. 理 論

一般に分光測定には3つの方法がある。

1つめは入射光を透過、反射させ光測定器の前で分光

し光強度を測定する方法。2つめは入射させる光の波長を時間的に変化させ透過、反射させ、それぞれのタイミングでの光強度を測定する方法。そして最後にフーリエ変換を使用した分光方法である。

ClydeHSI の HSI は1つめの白色光源（ハロゲンランプ）を用いる手法を用いて分光している。これは1つめの方法のみ瞬時に分光測定が可能であり、多点を時間差なく測定するには最適な手法であると考えられる。

ClydeHSI の HSI はプッシュブルーム方式を採用している。これは通常の写真のようにシャッターを押すと瞬時に写真が撮れるといったものではなく、測定に際しては測定対象またはカメラ自体が動き、スキャンをする必要がある。これは分光と2次元画像を同時に取得するために必要であり、その原理を図2に示す。

図2に示すように HSI の測定においては一度シャッターを切ったタイミングでは、 x 方向には1画素分のデータしか取得ができない。しかし反射してきた光を分光することで y 方向と波長（ λ ）方向の二次元データが取得される（1ラインの測定結果）。この1ラインごとの測定を測定対象またはカメラを動かしていくことで、 x 方向のデータを並べていき、測定したい領域を満たすことで、最終的には図中に示したような x , y , λ の三次元データとなる。分光スペクトルは λ 方向の1次元データであるので、この三次元データから画素毎の分光スペクトルを呼び出すことが可能となる。

つまり HSI は全ての波長で撮影した白黒写真を重ねたようなデータを取得することが可能であり、 λ 方向



図1 コンパクトタイプのハイパースペクトルイメージングシステム [i]

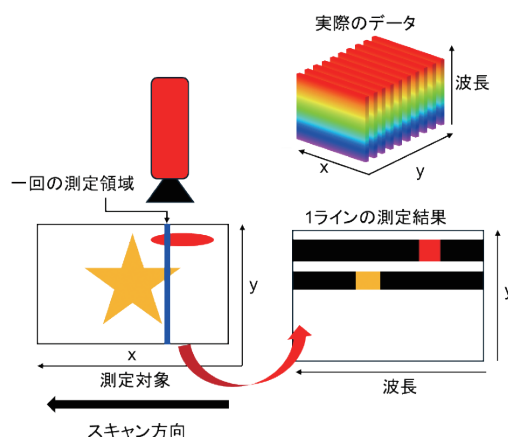


図2 ハイパースペクトルイメージング測定の模式図

の一次元データ、 xy 平面、どちらのデータも呼び出すことが可能となっている。

3. 実 例

実際に弊社所有のデモ機を用いて5種類のサプリメント（サプリメント A～E）を混在させたサンプルを測定した。その結果を図3～5に示す。

HSI のデータは1画素ごとにスペクトルデータを有しているの、分析にはそれに対応したソフトウェアが必要となる。

ClydeHSI が提供している計測から分析までを行うことができるソフトウェア“SpectraSENS”を用いて本測定および解析を行った。

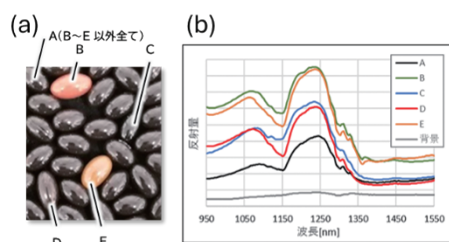


図3 異製品を混入させたサプリメント
(a)可視画像、(b)反射スペクトル

図3ではサンプルの可視画像（図3 a）および、A～Eのカプセル上の画素のスペクトル（図3 b）を示す。先に説明したようにHSIは撮像した画像上の任意の領域の反射スペクトルを出力することが可能である。

図3aにおいてC、Dは目視では黒色のためAとの差がわからない。これを近赤外領域で測定した2次元画像を図4に示す。

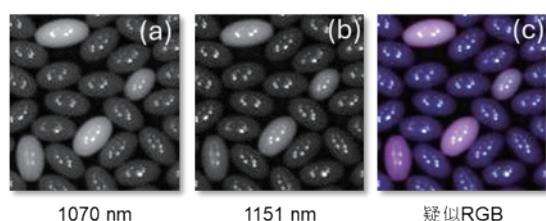


図4 分光画像(a)、(b)各波長におけるグレースケール、
(c)疑似RGB画像

先述のように全ての写真で白黒写真を撮影することが可能であるため、特異な反射をもつ1070 nmと1151 nmではAよりもC、Dが明るく見えることがわかる。（図4 a,b）また赤外領域でも特定の波長にRGBを割り当てることでカラー写真にすることも可能であり（図4 c）、C、Dの違いも可視化することを可能にしている。

さらに“SpectraSENS”には赤外線分光分析でよく利用される微分や主成分分析（PCA）などの機能も搭載されており、撮影したデータに対してそれらの処理を簡便に行うことが可能である。図5には図3、4で使用

した測定データにPCAを行った結果を示す。図5aではPCA分析におけるスキャットプロットを示した。このプロット中の範囲を指定して二次元画像側に色付けを行ったものが図5bである。異なるスペクトルをもつものは異なる製品といえるので、分光学的に異物の検出が可能となる。

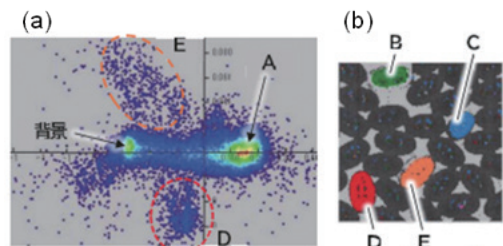


図5 主成分分析のスキャットプロットとマスク付き画像

4. 結 言

HSIの技術自体は古くから存在していたが、3次元データを扱う都合上データ容量が大きく、パソコンの処理速度がHSI技術に追いついていなかった。しかし近年パソコンのスペックの向上はめざましく、通常のノートパソコンでもハイパースペクトルのデータを処理することが可能になってきた。そのため今後実際に社会での応用例が増えていくことが期待される。

今回は赤外領域にフォーカスして本記事を書かせていただいたが、カメラの選択によっては可視光の測定も可能である。そのためHSIの応用先は特定の用途に絞ったものではなく、先述の食品の異物、傷んだ部位、糖度などの検査を始めとして美術品の分析や、廃プラスチックの仕分けなど、1つの装置に様々な可能性を秘めたものであると思われる。日本国内では未だ導入事例は少ないが、世界では様々な研究機関などで導入が進んでおり、実際の工場で使用されている事例も存在する。

ClydeHSIのHSIは世界各地で使用されており、会社の持つ知見も豊富である。またClydeHSIのシステムはカメラ、コンベア、光源、解析ソフトまで一括で販売しており、購入後すぐにでも使用できることが特色の1つである。また測定対象によってはコンベアに限らず、カメラを動かすシステムも多数販売している。

本稿が少しでも日本国内におけるHSIへの関心の向上に寄与し、様々な用途への応用が検討されれば幸いである。

5. 謝 辞

本原稿を執筆するにあたりClydeHSI社のHSIのデモ測定画面および外観の掲載を許諾いただいたClydeHSI社の皆様に感謝申し上げます。

参 考 U R L

i) <https://www.clydehsi.com/> (Dec. 3, 2024)