

ハイパースペクトルカメラを用いた材質判別技術

Material Discrimination Technique Using Hyperspectral Camera

1. はじめに

分光分析は、物体からの反射光あるいは透過光のスペクトルに基づいて、対象の化学的・物理的特徴を計測する手法としてさまざまな分野で利用されてきた。しかし、多くの装置は1点の点分光であるため、広い面積の計測やインラインにおける全数検査に適用することが困難であった。

このような課題に対応するために、JFE テクノリサーチではイメージング分光器「*ImSpector*」とモノクロエリアカメラを組み合わせたハイパースペクトルカメラを用いることにより、2次元領域の各点の分光データを測定できる装置を開発した。計測可能な波長範囲は、可視光（380～800 nm）から、近赤外領域（1000～2500 nm）までである。その中でも近赤外領域では、対象の物性に依存した反射、吸収スペクトルが得られるため、成分分析（定性および定量評価）が可能である。またエネルギーの低い電磁波であるため、試料を損傷することなく非破壊検査として計測できる。

ハイパースペクトルカメラは、これらの特徴を活かして、さまざまな用途の計測、検査に適用できる装置である。

2. イメージング分光器

イメージング分光器 *ImSpector* は、プリズムでホログラム回折格子を挟み込む構造をもつ PGP（プリズム/グレーティング/プリズム）エレメントにより実現される透過光学系の分光器で、モノクロエリアカメラと組み合わせられる（図1）。

レンズの合焦点位置にあるスリットにより線状となった光は、PGPを透過してスリットと垂直方向に分光され、2次元

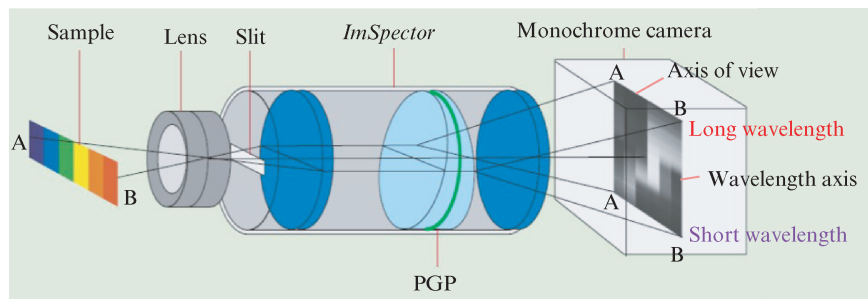
の情報となる。この2次元の情報は、*ImSpector* 後方のモノクロエリアカメラにより、画像データとして撮像されコンピュータに取り込まれる。カメラの画像データのうち、スリットに平行な軸は空間情報、垂直の軸は波長情報となり、カメラの画素数に応じて同時多点分光ができる。

ハイパースペクトルカメラの線状の視野領域と垂直な方向に、対象物またはハイパースペクトルカメラを相対的に移動させ、連続的にハイパースペクトルデータを採取することにより、2次元空間の連続的な分光情報が得られる。

3. 近赤外ハイパースペクトルカメラの応用

3.1 包装内の食品の測定

食品業界では、「食の安全」が重要なため、成分分析や異物検査が求められる。食品には水分や脂質など近赤外領域で情報が得られる成分が多く含まれているため、近赤外分光が有効である。また、近赤外光は樹脂などを透過するため、目視で確認できない包装内部も測定できる。図2は、樹脂製の袋内にある複数の種類の食品を測定し、多変量解析を用いて内容物を判別した結果である。具体的には、包装を透過して取得した内容部の反射スペクトルに対して主成分分析を行い、主成分得点の分散の違いから内容物の種類を判別したものである。目視で困難な内容物の検査を2次元領域測定することで高速で全数検査できることから、パッケージングされた後の出荷前に異物混入を検査できる。また、食材の入荷時も異物混入が課題であるが、食材は自然環境で大量に収穫、搬送するため、異物、例えば果実では葉や枝などを収穫時に完全に除去することは困難である。この場合も、近赤外ハイパースペクトルカメラを用いて入荷

図1 *ImSpector* の原理Fig. 1 Principle of *ImSpector*

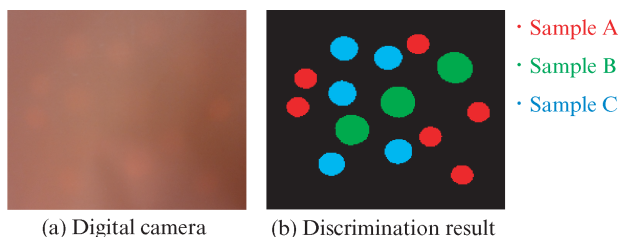


図2 包装内部の食品サンプル判別
Fig. 2 Discrimination of food sample in a bag

後の製造ラインで原料検査を行い、異物を排除できる。

3.2 樹脂製品の測定

樹脂製品はリサイクル処理されることが多く、その際は種類ごとに処理が異なるため、樹脂の種類を判別する必要がある。現在リサイクル処理では人の手により仕分け作業が行われることも多いため、高速に対象を判別する装置による省人化が求められている。図3は4種類（アクリル、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリプロピレン（PP）、ポリ塩化ビニル）の樹脂片を測定した結果である。可視光ではどれも透明に見えるが、近赤外領域では組成成分の差を捉え、多変量解析などを用いたアルゴリズムにより、種類を判別できる。リサイクル工程ではベルトコンベア上を大量のサンプルが流れるが、ハイパースペクトルカメラを用いることにより、処理量を減らすことなく検査できる。また、有機物は近赤外領域に特徴を持つ場合が多いため、ハイパースペクトルカメラは、樹脂製品に限らずその他のインライン検査装置にも応用できる。

4. おわりに

近年、あらゆる業界で高品質が求められる中で、前述のように近赤外領域の分光分析を2次元で高速に行えるハイパースペクトルカメラを用いた装置を導入することにより、検査対象の状態や異物をインラインで検査（図4）でき、よ

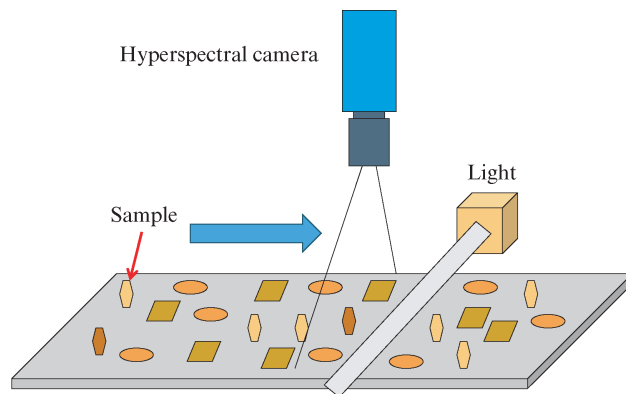


図4 インライン装置イメージ図
Fig. 4 Image of in-line inspection system

り高品質な状態を保てるようになる。

当社では長年培ってきたハイパースペクトルカメラに関する技術と知識を駆使し、お客様の問題解決に必要な装置を提案してきた。ハイパースペクトルカメラを用いた装置のハード構築からソフトウェア作成までを一貫して当社で行っているため、お客様のニーズに合わせて装置をカスタマイズし、インライン装置から研究開発用の実験装置まで幅広くご提供できる。

近赤外領域のハイパースペクトルカメラには、検査に関わるさまざまな問題を解決する力があることから、今後これらの装置の需要は増加すると考えられる。本稿によって近赤外ハイパースペクトルカメラにご興味を持っていただければ幸いである。また、本稿では近赤外ハイパースペクトルを中心にご紹介したが、当社では可視光領域を含めた幅広い波長帯域のハイパースペクトルカメラを用いた装置を開発している。これら技術を用いてさまざまな業界の生産、検査技術の発展に貢献していきたい。

〈問い合わせ先〉
JFE テクノリサーチ 営業本部
TEL: 0120-643-777
ホームページ: <https://www.jfe-tec.co.jp>

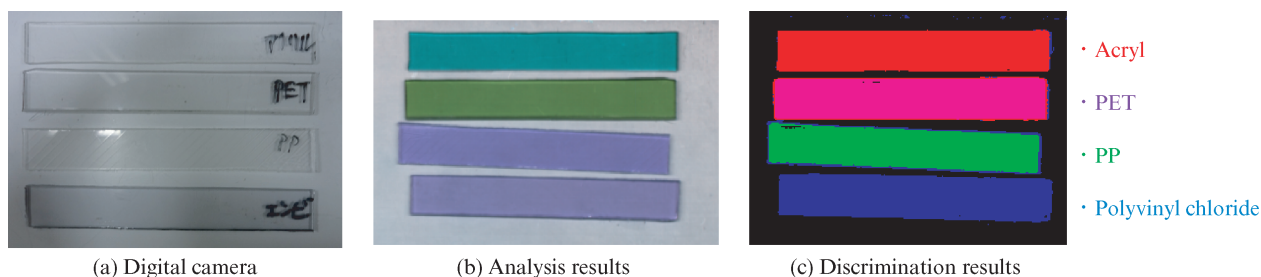


図3 樹脂片の判別
Fig. 3 Discrimination of plastics