

イメージング分光器を用いた製品

Imaging Spectrograph “ImSpector[®]” Applications

1. はじめに

分光分析は、従来より光応用計測技術の一つとしてさまざまな分野で応用されてきた技術であり、物体表面の光学的な特長量の抽出や分光干渉法による膜厚測定などにも利用されている。しかし、これらの装置はすべて測定領域を数ミリ程度必要とする1点のみの点分光の装置であり、広い面積の分光データを得るためには、精密な移動機構を備えるか、または多数の分光器を並べる必要があった。また、測定時間の制約から、測定点の間隔が広く空かざるを得ないことが多く、データの大きなばらつきを生じたり、詳細データが欠落するという問題と直面していた。この問題を解決するために、2次元領域の連続的な多数点の分光データの採取を可能とする「イメージング分光法」が開発されてきたが、「ImSpector」という分光器の登場により、非常に簡素な測定装置でこの方法が実現できるようになった¹⁾。

本報では、この「ImSpector」を用いた数々の測定機のうち、代表的な製品についての紹介を行う。

2. イメージング分光器

2.1 イメージング分光器の特長

イメージング分光器「ImSpector」(Fig. 1)は、プリズムでホログラム回折格子を挟み込んだ構造を持ったPGP(prism grating prism)エレメントにより実現される透過・直線光学系で、線状領域の連続的な多数の点の分光データを同時に測定できる。

対物レンズの合焦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の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2次元モノクロカメラにより、画像データとしてコンピュータに取り込まれる。これにより、分光データはカメ

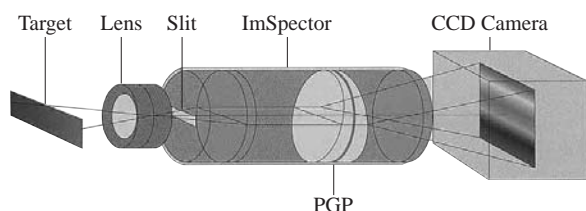


Fig. 1 Basic construction of ImSpector

Table 1 Types of ImSpector

Type	Name	Wavelength(nm)	Resolution(nm)
Ultraviolet	UV4E	200-400	2.0
Visible ray	V8, V8E	380-780	2.0, 6.0
Very near infrared	V10, V10E	400-1 000	2.8, 9.0
Near infrared	N17, N17E	900-1 700	5.0, 12
Short wavelength infrared	N25E	1 000-2 500	8.0

ラの強度信号として扱われることになる。

イメージング分光器のもっとも特長的な使用方法は、この線状領域に垂直な方向に対象物またはイメージング分光器を相対的に移動させ、連続的にイメージング分光データを採取することにより、2次元の連続的な分光情報を得られることである。

2.2 ImSpectorの種類

ImSpectorには、分光できる波長帯によって、Table 1に示す製品を用意しており、測定対象物の特長に合わせて、2次元カメラとともに最適な物を提供できる環境を準備している。

2.3 2次元カメラ

それぞれの分光器には、その波長帯に対応した2次元カメラが必要である。可視光領域以外の波長帯では、現在ではまだカメラにほとんど選択の自由度がなく、空間分解能も限られているが、可視光領域では、カメラの種類が豊富で、その目的に応じて、速度、解像度、感度、安定性などが最適となる物を選択することができる。

3. ImSpectorの応用例

3.1 印刷機内インキ濃度測定装置

印刷物の濃度測定は、人間の目に写る色についての検査であるため、その測定波長帯域が可視光領域に限られる。また、広い面積にさまざまな色が点在し、印刷中は一方向に移動することから、ImSpectorを用いるには最適な対象であるといえる。

Fig. 2に示すように、印刷濃度測定装置は主にImSpectorと線状照明用ファイバと光源とから構成される。紙幅方向の空間分解能は使用する2次元モノクロカメラ

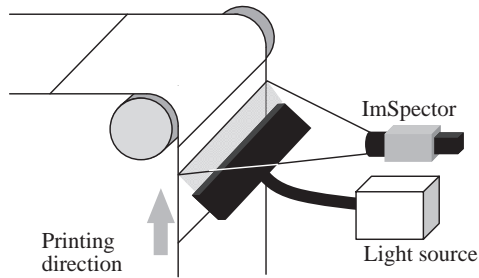


Fig.2 Components of Color detector for printing machine

の画素数により、比較的自由に設定できるため、蛇行補正機能や任意幅の平均など精度向上に必要な後処理を追加することも可能である。

この装置が最も効果的に利用されているのが、新聞インキ試験機である。新聞インキ試験機は、新聞印刷に使用されるインキに数々の試験条件を課して、その際の印刷濃度の変化を検査するための印刷機であるが、本装置を導入する以前は、印刷後に切り出し→濃度測定という作業で多大な時間を要したこと、また、測定できる枚数に限界があることなど、数々の問題点があった^{2,3)}。

本装置を導入後は、印刷濃度は高い空間分解能で、リアルタイムに連続測定でき、印刷濃度の変動はモニタ上のトレンドグラフで読み取ることができるようになった。

測定の精度は、濃度1.00の印刷物に対してその誤差が0.02以下と、卓上濃度計とほぼ同等であった。この測定精度を実現するために、光量モニタによる補正機能や、蛇行補正、空間データの移動平均によるノイズ除去などImSpectorの特長を生かした画像処理技術を数多く取り入れている。

3.2 近赤外錠剤検査装置

錠剤にはさまざまな大きさ、形、色などがある他、表面の刻印や印刷などがあるため、人間が飲用する際、その錠剤が何であるかを識別することは、それほど難しいことではない。

ところが、計数ラインやパッキングラインでは1秒間に数十～数百錠の錠剤が移動するため、人間が識別するのは不可能である。このため、これらのラインには、異なった錠剤が混入することを防ぐために、大きさ、形、色を識別する装置は従来から設置されていたが、大きさ、色、形が同じで中身の異なる錠剤というのが存在するため、これらの錠剤の混入を防ぐためには、ラインを分けるなどの工夫が必要で、スケジューリングの困難や効率の低下が問題となっていた。

錠剤に含まれる成分は、たん白質などの有機物がほとんどであるため、可視光領域ではスペクトルに差がなくても、赤外領域では、大きな差となって現れることも少なくない。このことを利用して、肉眼ではまったく同じに見える錠剤

を近赤外領域の分光データを用いて識別する装置が、近赤外錠剤検査装置である。

装置の構成は、Fig.2に示す印刷濃度測定装置とほぼ同様で、印刷用紙の紙幅方向に錠剤が並び、印刷方向に錠剤が連続的に移動して行き、そこに近赤外の照明を当てて、ImSpectorで測定を行う。

実際の錠剤のスペクトルを測定すると、そのスペクトルは非常に似通っているが、人間が飲用する薬であることから、求められる識別能は、その分布に 5σ 以上の隔たりがある必要がある。

この識別能を実現するために、一種類の錠剤に対し、1万錠の錠剤のスペクトルデータを測定し、平滑化、微分、統計処理など、外乱を除去するためのあらゆる手法を駆使した後、主成分分析技術を用いて主成分の第1、2成分の得点の広がりを探り、その広がりが錠剤ごとに 5σ 以上離れるように主成分分析の抽出波長、処理方法を選定した。

その結果、計数が必要な21種類の錠剤の内、カラーセンサー、形状測定装置で識別できない7種類の錠剤について、すべての組み合わせで識別することが可能になった。

3.3 航空航測用ハイパースペクトルセンサー

前述の二つの例は、ともに測定対象物が移動し、センサーは固定であったが、移動が不可能な対象物の測定には、センサーそのものの移動が必要である。

その最も代表的な例が、地表面の測定である。

地表面の分光測定データを取得する方法は、従来は人工衛星で採取されたデータを用いる以外に方法がなかったが、ImSpectorを用いた、航空航測用ハイパースペクトルセンサーは、セスナやヘリコプターなど比較的的低空を飛行する航空機に搭載し、地表面のハイパースペクトルデータを高分解能で測定でき、また比較的容易に飛行スケジュールが組めるため、タイムリーなデータ採取が可能である。

800 nm～1000 nmの波長帯域には、植生の特徴的な波形が含まれており、植物の同定や、活性度、病気の有無やその進行度までも分かるといわれており、これらのデータは、すでに農業分野で活用されている。

また、環境の変化などをモニタリングすることにも活用が可能であり、汚染の状況や進行度、また対策施行時の効果測定などにも活用できる。

4. おわりに

ImSpectorを用いた計測技術は、まだその応用分野が開拓されきっていないとはいえない状態である。また、今までに価格面や処理速度や重量、大きさなどが原因で導入を断念した分野でも、カメラ技術の進歩や、新しいImSpectorの開発などにより、導入が可能となっている分野もある。

世の中のユーザーの声に耳を傾け、新しい分野への展開

を目指すとともに、分光器周りの新しい機器への対応も進めて行く必要があると考えている。

この記事をご覧になった方々から、新たな分野をご紹介いただけたら幸いである。

参考文献

- 1) 守屋進. イメージング分光器「ImSpector」基本特性とその応用. 光ア

ライアンス. vol. 10, no. 11, 1999, p. 4-9.

- 2) 近藤孝司, 守屋進. 第18回センシングフォーラム. 2001, p. 13-18.
- 3) 近藤孝司. イメージング分光器を用いたインライン印刷濃度監視装置. 月間コンバーテック. 2000.

〈問い合わせ先〉

JFE テクノリサーチ 計測システム事業部 製品開発部

TEL : 043-262-4181

E-mail : isales@jfe-tec.co.jp