

# INSTRUMENT

計測システム事業部

## 【事例集】見えない光で観る



## 見えない光で観る

## ImSpectorによる二次元分光測定

## 見えない光

光には、380nmより短い波長の紫外光と380nm～800nmの波長の可視光と800nmより長い波長の赤外光があります。この赤外光はさらに、800nm～2500nmの波長領域を近赤外光といい、それより長い波長の光を中・遠赤外光といいます。人間の目は可視光というわずかな波長範囲の光にしか感覚がなく、それ以外の波長の光は見ることができません。しかしながら、この紫外光や近赤外光には、対象物の物性に依存する反射や吸収が起こっており、その変化を測定することで、人間の目には見えない特性を可視化することができるようになります。

## 2次元分光測定

人間の目に見えない物質の特徴量を可視化するには、目で見たのと同じような表現、即ち、2次元的な画像として可視化、表現することが非常に重要になります。このため、紫外分光、近赤外分光における2次元分光測定技術は、この見えない光を用いた測定に新しい世界を開く重要かつ不可欠なものとなります。

## 2次元分光の世界を開く ImSpector

ImSpectorを用いた2次元分光技術について説明します。図は2次元分光器ImSpectorの構造図です。線状領域の対象物からの光は、プリズムとグレーティングで構成されるPGPと称する光学素子を通過することにより、分光され再び2次元受光素子上に結像されて線状領域の分光が可能となります。このPGPと受光器であるカメラをそれぞれの波長域に応じて選択することで、不可視波長領域の200～380nmおよび800～2500nmの2次元分光が可能となります。

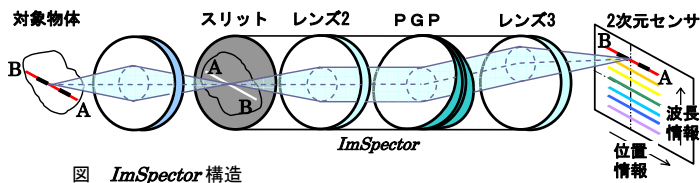


図 ImSpector 構造

## インクを観る

## 人の目に見える波長で観る印刷物

図2は、印刷物の一部を油性のサインペンで塗りつぶし、通常のデジタルカメラで撮影した画像です。A、B、C、Dそれぞれ異なるメーカーのサインペンを使用しています。デジタルカメラの画像は分光的には可視光領域の画像が得られます。図3は可視光域から短波長近赤外域に感度のあるイメージング分光器を用いて測定し、可視光の波長域から色彩計算されたカラー画像です。可視光域から計算される色彩画像は図2の画像とほとんど変わりません。

## 使われているインクのスペクトル

図5は図3のA、B、C、Dの塗りつぶした点の分光反射率です。図5から680nm以下の可視光領域ではA、B、C、Dにあまり差がないにもかかわらず、700nm以上で分光反射率が大きく違っているのがわかります。

## 人の目に見えない波長で観る印刷物

図4は分光画像から、800nmの波長だけを抽出した特定波長画像です。800nmの波長では、A、Cの部分は黒いままですが、B、Dは消えて透けてしまいます。塗りつぶしたつもりが、この波長では塗りつぶしたことになる結果になります。目視では一見同じ黒に見えるでも、メーカーによって使われているインクが異なるので、このような違いができてきます。イメージング分光器では、測定された2次元の分光画像から、波長をスキャンしながら画像を観ることで、特徴のある波長を容易に抽出し、可視化することができます。

このような2次元分光技術は、文化財などに用いられた顔料の同定や、隠れた文字の復元などの応用に使われています。



図2 デジタルカメラ画像

図3 イメージング分光RGB画像

図4 800nm特定波長画像

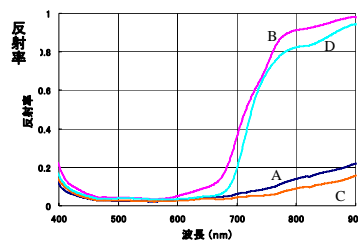


図5 塗りつぶし部の分光反射率

## プラスチックを観る

## 可視光で見るプラスチック

図6は、白い色の材料の上に置かれた4種類の透明なプラスチックの破片を通常のデジタルカメラで撮影した画像です。透明なプラスチックなので、人間の目と同じようにこの画像からは、プラスチックの種類を判別することは出来ません。

## プラスチックの分光反射率

900～1700nmの近赤外光に感度のあるイメージング分光器を用いて、このプラスチックの近赤外におけるスペクトルを測定してみます。図8が測定結果で、図6の①、②、③、④の各プラスチックに対応してその分光反射率を表示しています。この4つのプラスチックはそれぞれ少しずつ異なるスペクトルを持っていることがわかります。

## 近赤外光でみるプラスチック

図8に示すように、4つのプラスチックでスペクトルに差が大きいと思われる波長を3つ選んで、その波長の強度に対応して、カラー表示に使うRGBを与えてカラー表示してみます。即ち、この例ではR、G、Bに1640、1375、1205nmのスペクトル強度を与えます。イメージング分光器による測定では図6の各ピクセルに対して分光反射率の情報が得られるので、カラー画像化が可能になります。結果を図7に示します。4つのプラスチックに色がついて見えます。実は、プラスチック①はポリスチレン、②はポリエチレン、③はポリエチレンテレフタレート、④は塩化ビニールです。人間の目が近赤外光を観ることが出来たとすれば、このように色が付いて見えたかも知れません。このような技術は、ごみ処理の廃プラスチックの分別などに利用されています。

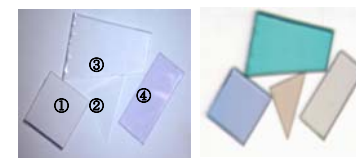


図6 デジタルカメラ画像

図7 近赤外光で観た画像

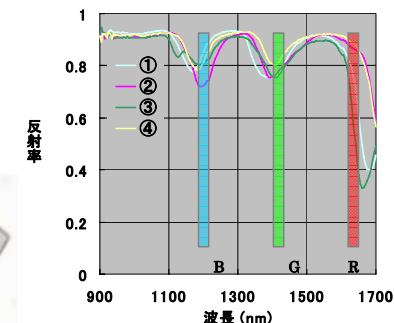


図8 プラスチックの分光反射率

## 錠剤を観る

## 可視光で見る錠剤

図9は風邪薬など市販されている錠剤から白色をした7個を選び、通常のデジタルカメラで撮影した画像です。7個のうち2個は同じ種類の薬で、他は全て異なります。形の異なるものは容易に区別が付きませんが、形と色が同じ4つは区別が付きません。

## 錠剤の分光反射率

900～1700nmに感度のあるイメージング分光器を用いて、7つの錠剤の分光スペクトルを測定してみます。

図12にその結果を示しますが、図9のA～Gの各錠剤に対応して、スペクトルが少しずつ異なっていることがわかります。

## 近赤外光で観る錠剤

イメージング分光器から得られたデータを処理してRGBを計算し、カラー画像化してみます。主成分分析技術を応用して、7つの錠剤のスペクトルから複数の主成分を抽出し、各ピクセルのスペクトルデータから主成分の大きさを求めRGBの値とします。主成分分析は多くのデータからその群の特徴量（主成分）を複数抽出する統計的手法で、対象物の特徴付けを数値計算により自動的に行なうことができます。図10は抽出した主成分から3つを選び、その大きさをそれぞれR、G、Bとした場合の画像で、図11は他の3つの主成分を使った場合です。7つの錠剤にそれぞれ特有の色がついて表示され、BとCが同じ錠剤であり、他は互いに異なった錠剤であることがわかります。このような違いは、錠剤の薬効成分だけでなく、使われている糖衣や生地の分光特性によるものと思われます。このような技術の応用としては、錠剤などの製造工程での異材検査が考えられます。

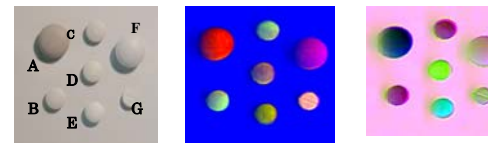


図9 デジタルカメラ画像

図10 近赤外で観た画像1

図11 近赤外で観た画像2

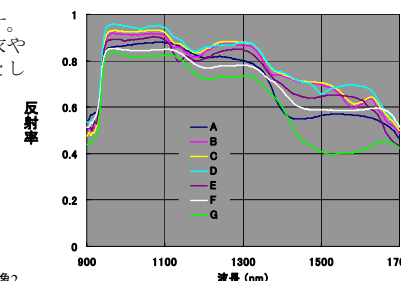


図12 錠剤の分光反射率