

INSTRUMENT

計測システム事業部

【事例集】人を測る



人を測る

画像計測がおもしろい

人を測るといっても、いろいろなことが考えられます。例えば、身長、体重などの身体的特徴から、胃や心臓のような内臓器官の状態、あるいは心理学的な心の中の状態まで、人の目で確認できるものから、どんな器具を使っても現状では推測の域を越えることのできないようなものまであります。とはいえ、人は古くから己を含め、人を定量的に測るための器具の開発、工夫を続けています。特に、近年では、健康管理、健康増進の気運の高まりにより、日頃は数字に縁のない人達も、定量的な測定に目を向けるようになってきています。

最近になって、非接触、高速測定の特長をもつ画像技術をベースにした「人を測る」装置の開発、製品化がおこなわれています。

例えば、顔かたち、皮膚の状態、目の状態などの外から観察のできる部位の測定や、近赤外波長を用いた皮膚直下の測定などです。製品あるいは技術は、イメージング分光器という2次元分光器（商品名 **ImSpector**）による測定機器、スリット光走査と画像処理により高速の3次元の形状測定を可能にした3次元形状測定機（商品名 **TRiDY**）です。

今回は、イメージング分光器について説明します。分光というのは、光を空間的周期である波長に分け、物質との相互関係によって変化する光強度、光エネルギーなどから物質の特徴を調べる技術です。従来の分光装置は、測定対象物の点の分光データを扱うものがほとんどであり、空間的な分光情報の採取、処理は困難でした。イメージング分光というのは、2次元空間の分光データを測定し、従来の点分光で抽出することのできなかった情報を得ることができる高度な分光測定技術です。

図1は弊社製品である **ImSpector** の内部構造です。対象物からの光は、レンズで結像され、その結像面に置かれたスリットにより分光器に光が導かれます。このレンズで投影された領域が対象

面での測定領域となり、それは線状の領域となることがわかります。分光は、プリズム-グレーティング（透過型の回折格子）-プリズム（PGP）で構成される特殊な光学素子で行われ、再びレンズにより2次元の撮像素子に結像されます。2次元の撮像素子上では、一方の軸が波長軸、そしてもう一方の軸が対象面の空間軸として分光画像が得られます。この状態で対象物と分光器が相対的に移動することによって、2次元領域の分光データを採取することができます。

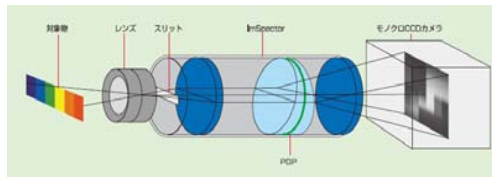


図1 ImSpector内部構造

人の顔はどう見える

分光測定技術は、その測定された光の波長から対象の特徴を抽出する技術ですが、その中に分光測色技術というものがあります。「分光して色を測る」即ち、光の波長の強さを定量的に数値化する技術です。人の目は色のわずかな差を見つけ出す能力は非常に優れていて、これを機械化することは到底無理なことです。しかしながら、色の違いを表現する（特に数値化して）ことは苦手で、例えば果物のオレンジと橙を見て色の違いはと尋ねられると、オレンジはオレンジ色で橙は橙色と禅問答のような答えが返ってきます。分光測色技術では、色を定量的に表現するものとして、波長の強度から3つの要素を計算し、これを3次元の空間座標上に配列する（表色系と呼びます）ことにより色を定量的に表現しています。そして2つの色の差（色差）は、空間的な距離として定量的に計算されます。

さて、人の外側の測定ということになりますと、わかりやすいのが顔や皮膚の色の測定です。顔の色の測定は、例えば、シミなどの色素の沈着部に対して、化粧水やファンデーションなどの化粧品の効果を表示するためにカラーカメラの画像がよく使われています。しかしながら、カラーカメラは実は映した画像が鮮やかにくっきりと見えるようなフィルターと呼ばれるものがかかっています。また、照明する光源の影響を受けて、その種類により皮膚の色も違って見えます。

図2は、2次元分光器 **ImSpector** を用いて、皮膚のメラニン色素が沈着した箇所と健全な箇所とのスペクトルを測定したものです。写真では色の差が良く分かりませんが、図のようなスペクトル分析では差が歴然とし、健全部の反射率がメラニン沈着部より高く明るい色彩であることを示すとともに、相対的な変化は、赤味に影響する長い波長よりも黄色味に影響する500nm付近の反射率の変化が大きいです。2次元分光器 **ImSpector** は平面上に画像化された分光画像から任意の点あるいは領域のスペクトルを抽出することができ、たとえ小さなシミでも、その領域のスペクトルを抽出し測定することができます。また、測定されるスペクトルは、基準白色面を用いることにより光源の種類やスペクトル

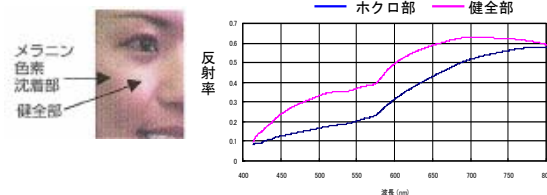


図2 皮膚の分光測定

静脈を見る

生体認証技術

静脈といえば、銀行カードの不正使用防止のための本人認証技術として注目されています。静脈は皮膚直下にあること、血圧が低いために壁が薄く光を照射することにより、反射あるいは透過により透けて見ることができます。手や足の甲などにある静脈は、よく見ると緑色の筋になって見えます。これは、血液中のヘモグロビンが酸素を放出しスペクトルが変化して相対的に青成分が強くなるからです。ヘモグロビンは900nm～1100nmの近赤外波長領域でも強い吸収があります。これを利用して、手のひらの静脈パターンを抽出して、あらかじめ登録されたパターンと照合するものです。静脈は胎内で定まったあと大きさが変化する以外そのパターンは生涯不変であるため、信頼性の高い生体情報として実用化されています。このような生体情報の解析にはパターンという形状情報と分光情報が同時に測定、解析されることが不可欠で、その2つの情報を同時に測定できるイメージング分光技術は効率的な評価技術として注目されています。

予防医療への適用

図3はイメージング分光器を用いて足の甲の分光測定を行なった画像です。図3は分光測定結果から、460nm～660nmの分光範囲で、ヘモグロビン酸素飽和度をマッピングし、白黒画像化したものです。ヘモグロビン酸素飽和度は、ヘモグロビンにより運ばれた酸素がどの程度消費されたかを示す非常に重要な指標として用いられます。図ではヘモグロビン酸素飽和度が高いほど白色の強さとして表示されています。足の甲では、動脈は毛細血管となっているため足全体に白い部分が広がり、静脈の部分が暗く表現されていることがわかります。

図4は測定された分光結果から、酸素飽和度を可視化するために特徴量を擬似カラー化処理したものです。この図では酸素飽和度が高いほど赤く表現されています。

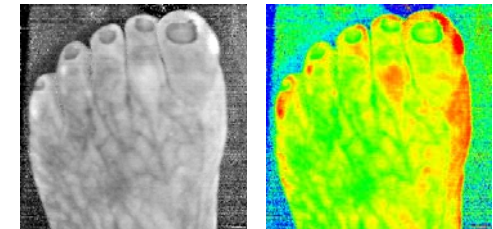


図3 イメージング分光器によるヘモグロビン酸素飽和度測定結果 図4 ヘモグロビン酸素飽和度測定結果の擬似カラー化

細胞を測る

細胞を観る

今回は人の微小な領域で、細胞の特徴を測る話です。一般的に、細胞の観察は顕微鏡画像による観察を行いますが、識別を容易にするために、細胞に色素を与えて染色することが行われます。さらに、染色した後で、わずかな色彩の違いから特徴を抽出するために顕微鏡下での分光測定を行います。

癌細胞をイメージング分光器で観る

写真は2次元分光顕微鏡です。この顕微鏡は、微細領域の全面的分光情報を容易に短時間で得ることのできる顕微鏡です。図はラットの癌細胞をヘマトキシリン・エオシン法で染色した2次元分光画像です。図5は分光スペクトルからRGBを算出し、カラー表示した組織の全体図で、図6はそれぞれの点における分光スペクトルです。細胞核の領域、細胞質の領域などの色彩がわかりやすく観察でき、定量的な情報として解析することができます。

糖尿病診断

この2次元分光撮像技術はさらに高感度な受光器を用いることにより、糖尿病の検査に必要なとなる造影剤を不要にした、人体に影響を与えない観察法の確立も期待されています。

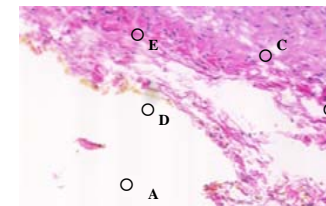


図5 染色したラットの癌組織の分光画像（擬似カラー化）



写真 分光顕微鏡外観写真

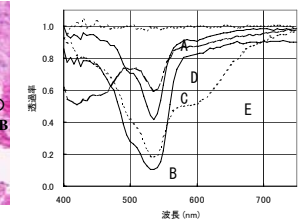


図6 各点の分光透過率