Imec 社ハイパースペクトルカメラ

Hyperspectral imaging

【ハイパースペクトルカメラとは】

ハイパースペクトルイメージングは光の3原色(RGB)で構成されるカメラよりも多くの波長を取得および解析することで、従来のカメラでは困難であった測定対象物の微細な色の差異を検出及び可視化できる技術です。さらに、多変量解析を行うことで対象物の同定や定量を視覚的に測定することも可能です。

厳密な定義はされていませんが、一般的には取得波長数がRGBに数色程度を加えたものをマルチスペクトルカメラ、それ以上をハイパースペクトルカメラと呼ばれています。また、ある1点のみの分光スペクトルを測定できる分光器に対して、2次元の分光スペクトルを測定できることから、分光イメージングとも呼ばれています。
従来のハイパースペクトルカメラは主に研究用途に使用されていましたが、大型かつ高価になり、計算機の性能も十分とも言えず、使用できる分野が限られていました。現在では測定手法やコンピュータの発展により、図9のように、産業用途を含め様々な分野で使用され始めています。

【ハイパースペクトル画像の取得方法】

ハイパースペクトル画像を取得するには、像の位置座標を x, y、波長をλとすると、(x, y, λ) の 3 次元から構成される情報量を取得します。これはハイパースペクトルキューブと呼ばれ、取得できる方法が複数存在します．(図 1) この取得方法には古典的な方法ですが、測定対象物の各 1 点の分光スペクトルをファイバープローブなどで x および y 軸を走査して得る方式 (ポイントスキャン)、測定対象物またはハイパースペクトルカメラ本体を捜査するラインスキャン方式、液晶チューナブルフィルタ等を用いて、各透過波長の画像を取得する波長スキャン方式があります。さらに近年では、対象物を動かすことなしに、従来のカメラのようにハイパースペクトルキューブを一括で取得できるスナップショット型も製品化されてきています。それぞれの方式は測定時間、波長数および装置の大きさなどによって、使い分けられています。例えば、ラインスキャン方式は波長数や画素数を多く取得できますが、回折格子などの分散素子が必要であることや、測定対象物を動かすため、移動ステージやベルトコンベヤーを使用する必要があり、装置が大型になるなどの短所があります．また、ハイパースペクトル画像の取得には、広帯域の波長からなるスペクトルを取得する必要があるため、照明には広帯域な光源が必須になります。一般的に、屋外での仕様には、太陽光が使用され、屋内ではハロゲンランプが主に利用されています．現在では 350nm ～ 1200nm までの広帯域 LED 光源も市販され、さらなる利便性の向上が期待されています。

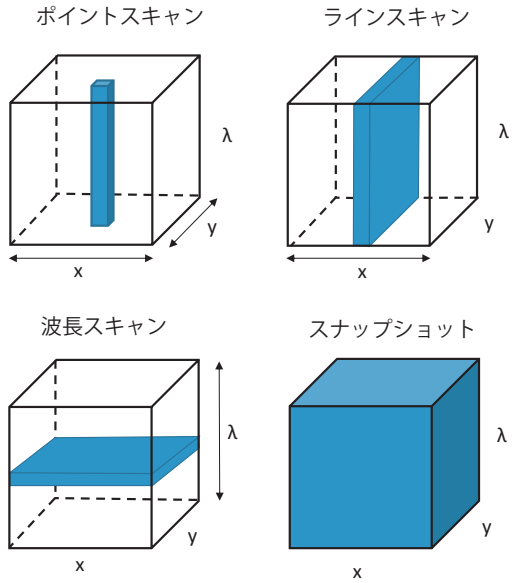


図 1　ハイパースペクトルキューブ

【Imec のハイパースペクトルカメラの特徴】

従来のハイパースペクトルカメラは図 1 のように複数の光学系を必要としたため、構成が複雑で大型化と高価でした。Imec では優れた半導体プロセス技術により、CMOS 上に直接に各取得波長のダイクロイックフィルターを空間的に施すことで、回折格子を使用することなくハイパースペクトル画像を取得することが可能です。このため、従来のハイパースペクトルカメラよりも小型でお求めやすい価格で提供することができ、さらには他社にはない仕様を実現します。また、C マウントに対応しており、レンズの選択も可能で、顕微鏡などのアプリケーションにも有用です。

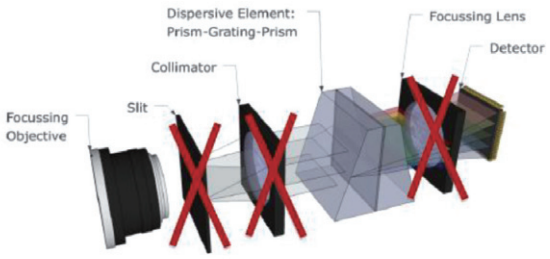


図2 従来型のハイパースペクトルカメラの構成

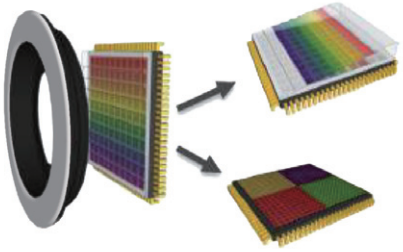


図3　Imecの方式

Imec のハイパースペクトルカメラの波長域は大きく分けると Si 撮像素子に感度をもつ可視及び近赤外 (470nm ～ 900nm)、InGaAs に感度をもつ短波長赤外 (1100nm ～ 1700nm) からなり、測定対象物の吸収が強い領域をもつハイパースペクトルカメラを選択することが一般的です。人間の目で分類したい対象物の間に差を認識することができれば、それは可視域のハイパースペクトルカメラでも分類できることを意味するといってほぼ間違えはないです。もしできなければ、近赤外又は短波長赤外域のハイパースペクトルカメラで分類できる可能性も十分にあります。

【ソフトウェア】

Imec のソフトウェアは非常に扱いやすく、瞬時に分類を行うことができます。(図 4) 取得されたハイパースペクトル画像上にポインタを合わせるだけで、画面右上にその画素の分光スペクトルを確認することができます。
データ取得手順は下記のようになります。

1. 視野、波長数及び画素数等の初期設定を行う。
2. ホワイトターゲットを用いて照明のスペクトル強度を取得する。
3. ハイパースペクトルキューブを取得
4. ソフトウェアで分類

上記 4 の分類方法は、中央のハイパースペクトル画像上で、マウスで範囲を指定するだけで、その箇所と同様の性質を持つ物質を抽出することができます。

また、ハイパースペクトルカメラは 1 画素ごとの分光スペクトルを取得するため、情報量は膨大なものとなります。例えば画素数 1M 画素のハイパースペクトルカメラの場合において、1 画素の分光情報が 1k バイトとすると、1MB x 1kB で合計 1G バイトにもなります。近年の撮像素子の高性能化と PC の処理能力の大きな向上もハイパースペクトルカメラの汎用化に大きく貢献していると言えます。Imec のハイパースペクトルカメラは最高 6M 画素と、市販されている中で最とも大きい画素数を誇っております。

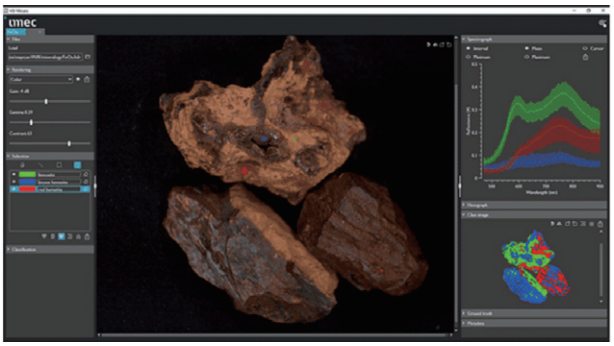


図4　ソフトウェア

中央：HS画像　　右上：ある画素上の分光スペクトル
右下：分類画像

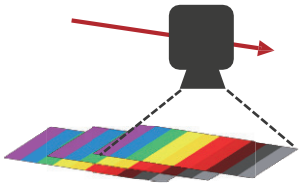
HS 画像上をカーソルで囲み、その同程度の波長を右下で分類表示することができます。中央付近の 3 色の箇所はその痕跡です。

【Imec の製品群】

Imec では下記の 4 種類のハイパースペクトルカメラを製造しております。

1. ラインスキャン方式 (プッシュブルーム)

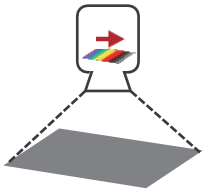
測定対象物又はカメラを動かす必要がある従来から存在する典型的な方式です。



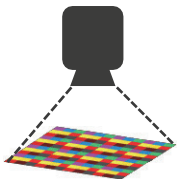
2. スナップスキャン方式

カメラ内部にある撮像素子を高精度、高分解能で掃引することで、ハイパースペクトル画像を取得できる Imec 独自の方式です。撮像素子上には最大 150 波長からなるバンドパスフィルタが短冊状に施されています。業界最高峰の 6M 画素となります。

3. スナップショットモザイク方式

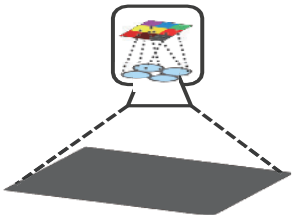


1 画素の中に複数 (最大 32 色) のフィルターが施された撮像デバイスを使用した方式です。駆動部分がないため撮影時間が短く、動画の生成も可能です。



4. スナップショットタイル方式

マイクロレンズアレイによって分割された画像ごとにバンドパスフィルターを配置し、波長ごとの画像を一回で取得します。こちらもスナップショットモザイク方式と同様に動画の生成が可能です。



【応用例】

ハイパースペクトルカメラの応用例は多岐にわたり、これからも適用範囲が拡大されることが予想されます。弊社では御要望のアプリケーションに対して、最適なハイパースペクトルカメラを提案致します。
下記にハイパースペクトルカメラを用いた応用例を示します。

1. 工業
   - プラスチックの選別
   - 車体の塗装検査
   - フィルム及びウエハー等の膜厚測定
   - 噛み込み検査
2. 食品
   - 野菜、果実、魚介及び肉類等の鮮度計測
   - 果物の糖度分布の可視化
   - 農産物の生育モニタリング
   - 不純物混入計測
3. 医療
   - 病理学
   - 皮膚の疾患計測
   - 錠剤の混入防止
   - 肌の水分量、かさつきの測定
4. その他
   - 絵画の分析
   - 飲酒後。飲酒前の判別
   - 偽造通貨、証明書の判定
   - 麻薬、血痕検出
   - 木材の水分含有量測定

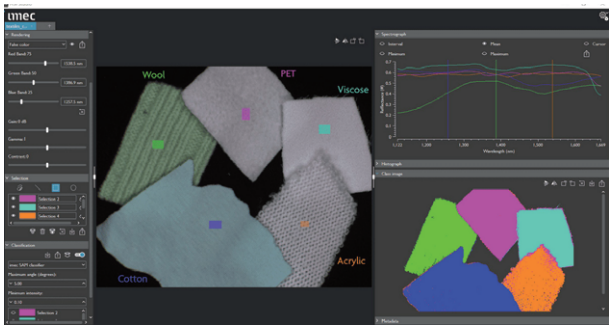
【具体例】

・植物の生育観察

近年、ハイパースペクトルカメラの軽量化が進んだことから、ドローンに搭載しやすくなり、農業や森林への生育観察への応用が多くなってきています。Imec のハイパー（マルチ）スペクトルカメラの 1 機種は最小 32g と業界最軽量の重量をもちます。また、最近発売された双眼のハイパースペクトルカメラは、それぞれの眼に可視域、短波長赤外域のハイパースペクトル画像センサーを搭載することで、今までにないスナップショット型の広い波長域をカバーするハイパースペクトルカメラを実現しました。

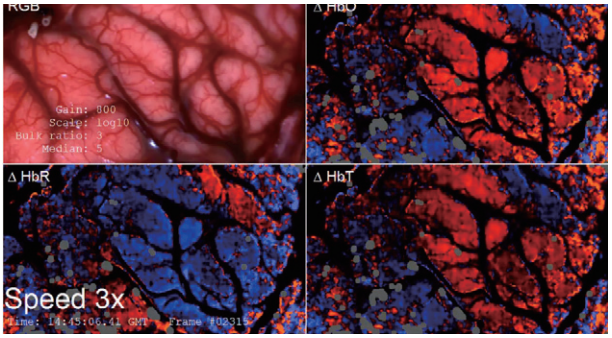
・マシンビジョン

従来のマシンビジョンカメラは対象物の形状や寸法で合否判定等を行っていましたが、スペクトルという『色』を取り入れることで、任意の形状でも分類が可能になります。例えば産業廃棄物におけるソーティングはその機能を十分生かした応用例と言えます。従来の 3 原色を用いたマシンビジョン用カメラも存在しますが、分類には十分ではありませんでした。
Imec のハイパースペクトルカメラは下の写真のように、僅かなスペクトルの差異をもつ物質でも、高い精度で分類を行うことができ、製造ライン上の合否判定等に有力です。



・医療

ハイパースペクトルカメラは医療用途にも有力となります。特に対象物を動かす必要のないスナップショット型のハイパースペクトルカメラは、人体の観察に適しております。下の図は Imec のスナップショット型のハイパースペクトルカメラで取得した人の脳のヘモグロビンを可視化した写真です。



Courtesy of Polytechnique Montreal.
図 6　人の脳におけるヘモグロビン濃度の可視化

また、近年では非染色で細胞の器官を繊細に分類できることが報告されており、病理学への応用も期待されている。Imec のハイパースペクトルカメラは C マウントに対応しているため、顕微鏡への搭載も可能です。

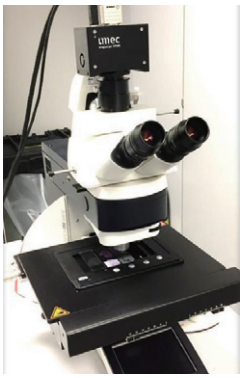


図 7　顕微鏡に搭載された HS カメラ

【新商品】

1. スナップショット型 SWIR 領域ハイパースペクトルカメラ

上記のスナップショットモザイクタイプです。波長数は 16 種類と限られますが、小型及び軽量で動画も取得することができます。

2. モバイルタイプスナップ可視域スキャンハイパースペクトルカメラ

コントローラが不要なハイパースペクトルカメラのため、野外で有効です。

3. UAV 用ハイパースペクトルカメラ

2 眼の 1 つを可視域、もう 1 つを短波長赤外にすることで、広い波長域を実現したハイパースペクトルカメラです。nVIDIA Jetson GPU を使用し、DJI Matrice 600 などのジンバルインターフェイスを介した無線及び有線の両方を備えた強力な組込みコンピューティングプラットフォームによってサポートされています。

図5　UAV用ハイパースペクトルカメラ

【PerClass Mira】

Imec とは別の分類ソフトウェア PerClass Mira(オランダ) を使用することで、より多機能な分類を行うことができます。1 例として、視野の中の異なる検量線用サンプルを測定することで、容易に検量線を得ることができます。

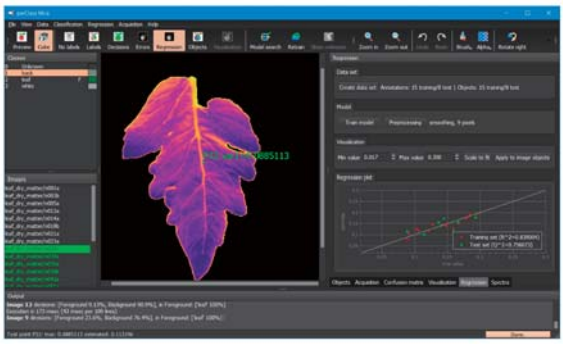


図 8　検量線を用いた可視化

著者：商品開発室　小見和久

カンタム・ウシカタ株式会社
KANTUM USHIKATA
〒224-0053 神奈川県横浜市都筑区池辺町4666
Tel:045-345-0002　Fax:045-345-0012
www.kantum.co.jp E-mail:info@kantum.co.jp