

ハイパースペクトル カメラの展開 ～研究室から市場へ

エバ・ジャパン(株)
高良洋平, 野呂直樹

1 はじめに

近年、新しい画像検査技術として“ハイパースペクトルカメラ”を展示会やweb上で見かけることが多くなり、読者諸氏もその名前は聞いたことがあるのではないだろうか。画像技術はこれまで、4K、8Kといった空間解像度（画素数）の拡大や、3D計測といった空間計測の方向に進展してきたが、ハイパースペクトルカメラはこれらと異なり、通常モノクロもしくはR、G、Bの3色で捉える色情報、即ち光の波長情報を数十から数百波長に拡張することで、従来技術では捉えられなかった対象の特徴を画像計測できるようになることから、画像認識を飛躍的に向上させる技術として大変期待されている。しかし、本技術を実際の産業現場に応用するためには障壁が

多く、基礎研究用途にとどまっていることが多いのが実情ではないだろうか。そこで本論稿では、ハイパースペクトルカメラの展開として、研究室から市場へと活用の場を広げる鍵としてのターゲットスペクトルカメラの紹介と（図1）、そのベースとなるスペクトルイメージングという概念がもたらす産業、人間活動へのインパクトを紹介する。

2 ハイパースペクトルカメラの展開

2.1 データベースとしてのハイパースペクトル

物質は一般に、その物理化学特性（構成原子や分子構造、結晶状態など）に応じて固有の電磁波との相互作用を持つため、ハイパースペクトルカメラを用いて、詳細な分光情報を取得することにより、対象の特性や情報を分析できる。例えば、スペクトルの半値幅を1 nm以下にすると大気吸収線が捉えられ、都市上空のNO₂分布の可視化が可能となる¹⁾（図2）。

これは、通常のAI画像分析があくまで“画像”（空間情報）の特徴抽出を行うのに対し、対象の物理化学特性のデータベースを作ることに相当するため、きわめて効率良く、高精度の画像認識を可能とする。しかし、ハイパースペクトルカメラは通常画像の数十倍の波長データを取得するためデータ量が大きく、また普及するにはコストもかかるため、研究室での活用に限定されてきた面がある。

なお、現在市場には様々なハイパースペクトルカメラ

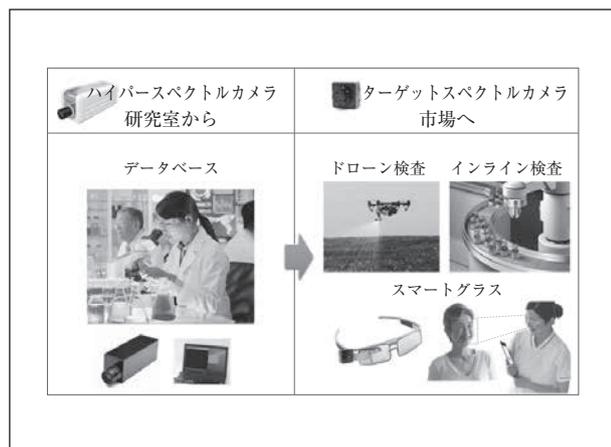


図1 研究室から市場へ

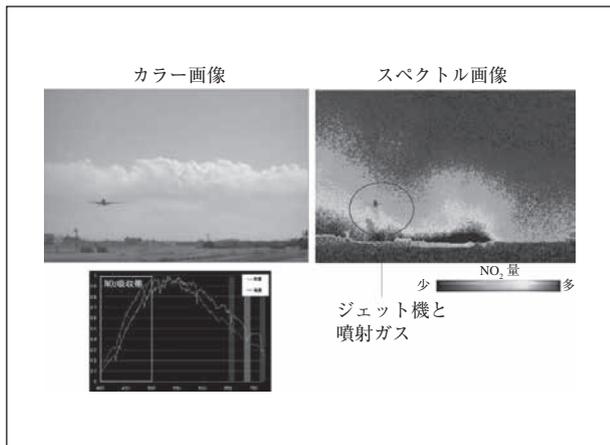


図2 ハイパースペクトルデータ

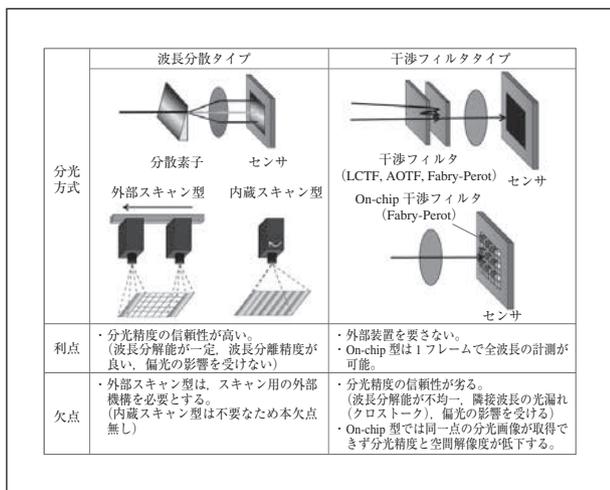


図3 ハイパースペクトルカメラの種類

製品が出ているが、これらは分光方式により大きく回折格子やプリズムをベースとした波長分散タイプと Fabry-Perot などの干渉技術をベースとした干渉フィルタ型に分けられ、簡潔に両者の特徴を述べれば、分光精度の信頼性が高いのが波長分散タイプで、操作性が高いのが干渉フィルタ型と言える²⁾ (図3)。

2.2 ソリューションとしてのターゲットスペクトル

一方、上述のごとく、物質は固有の波長特性を持つため、対象を限定すればその特徴抽出に必要な波長を限定することができる。こうした目的を絞って抽出した分光情報をターゲットスペクトルと呼んでおり、ターゲット

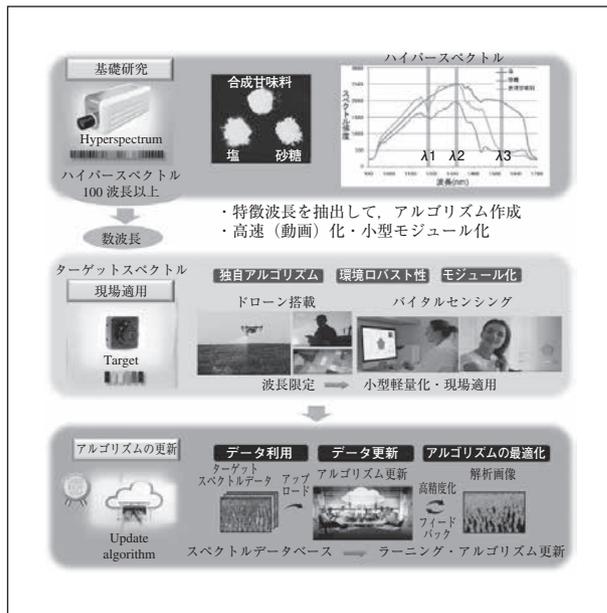


図4 ターゲットスペクトルカメラによるソリューションへの応用

スペクトルに絞ることで、分光装置の簡便化とデータ量の軽量化・リアルタイム処理が可能となり、高速応答やロバスト性、費用対効果の求められる産業現場への応用が可能となる (図4)。これにより、スペクトルカメラの活躍の場は研究室から市場へと拡大していった。

3 スペクトルイメージング

3.1 スペクトルイメージングへの拡張

上述のように、対象の特性を探索しデータベースを構築するハイパースペクトルカメラから、対象の特徴抽出に必要な波長数や現場環境・必要速度などの要求仕様に応じるマルチスペクトル・ターゲットスペクトルカメラまでを柔軟かつ最適に使いこなすことが必要であり、これが、「スペクトルイメージング」への考え方の拡張につながる。

3.2 スペクトルイメージングの本質

スペクトルイメージングの特徴は一言で言えば、「質的な情報を捉えられる画像技術」である。例えば、近年高度化してきているロボットビジョン・マシンビジョン

の画像計測技術の中心は、タテ、ヨコ、奥行き空間情報から物体の形状や位置・距離・方向などを認識する2D・3Dビジョンであるが、スペクトルイメージングはこれに波長と時間計測を加えることで、4D・5Dに次元を拡張する。それにより、認識対象が単なる量から質の対象まで広がるのである。具体的には以下の2点であり、スペクトルのまさにニュートン（物理）的側面と、ゲーテ（心理）的側面を表している。

①物性認識：モノの質的情報

前述のとおり、分光情報が加わることで、対象の化学的特性、構成成分や状態変化といった情報を捉えられるようになり、従来の画像技術では認識できない対象を認識可能とする。これには、エキスパートの経験則（目視）に依存している診断・検査も含まれ、これらの定量化・自動化技術につながる。例えば以下は食肉の鮮度を定量化した例である。これにより生産や品質管理の高度化が可能となる（図5）。

②心理・感覚認識：ヒトの感性情報

空間上のスペクトル分布を人が見ているのと同じ条件で撮影（計測）できるため、人の感じている色味や質感といった質的な情報もデータ化できる。これは、エンドユーザーがどう感じるかといったことが問題となる製品の外観検査や、嗜好品・ブランド品の品質管理などにつながる。以下はポイント計測の分光測色計では評価困難

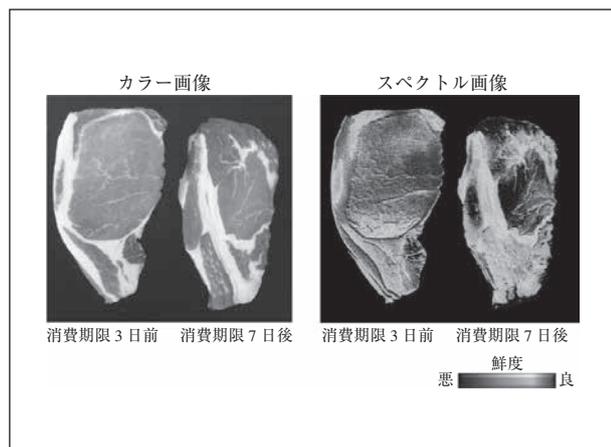


図5 食肉鮮度の可視化

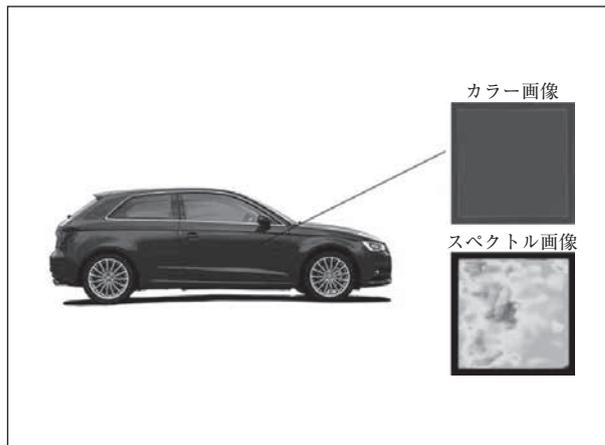


図6 塗装ムラの可視化

な塗装ムラを画像化した例である（図6）。これらはエンドユーザーの関心事を評価し、製品の課題解決、付加価値（顧客提供価値）向上に直結するものであるため、ビジネス展開においてもきわめて重要である。

4 スペクトルイメージングの産業応用

スペクトルイメージングは画像技術であることから産業応用の対象分野は広範である。調査機関による市場調査では、スペクトルイメージングの世界市場の予測成長率は年18%を超え、2030年には9.4兆円規模となると予想されており、北米・ヨーロッパの2大市場に加え、アジア・オセアニアの伸びが予測されている³⁾。産業分野の内訳は、マシンビジョン、食品、農業、医療、生命科学、資源探査、鉱業、環境計測、防衛が挙げられている。日本国内においては海外とは異なり、軍事、資源・環境計測の比率は少ないが、主要産業である自動車、電機業界、化学分野での応用や、インフラ検査、美容、生体計測などの分野での活用が多い。具体的な応用例については、参考文献4)を参照して頂きたい。

5 Real Realityとしてのスペクトルイメージング

スペクトルイメージングは、上記の通り見えないものを可視化し、現実を拡張する画像技術であり、昨今開発が盛んなAR、VR、MRなどのXR（Cross Reality）とあ

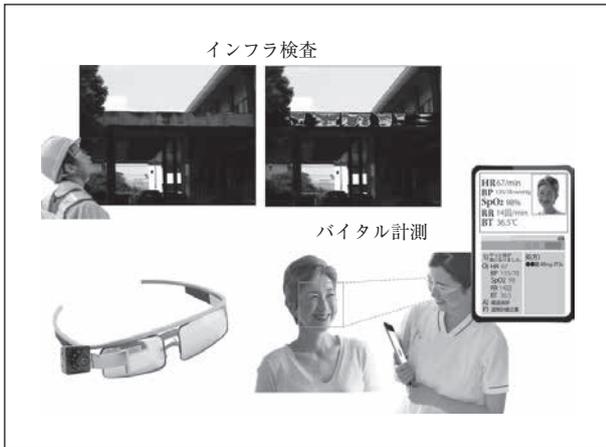


図7 スマートスペクトルグラス™

る意味似た点のある技術でもあるが、決定的な違いを挙げるとすれば、XRは現実空間にデジタルで作成した仮想空間を融合する技術であるのに対し、スペクトルイメージングは“現実”に存在しているが通常不可視な“質的信息”を可視化・画像化して、現実を顕にする、“Real Reality”とでも言うべき技術である。それ故、スペクトルイメージングで得られた画像は、人の現実世界の認識を広げるのに加え、現実の工程カイゼンや診断・治療、補修などの作業に直接フィードバック（反映）することができ、人の創意工夫と価値創造の活動の連鎖を生み出すことができる。

さらに、人の感性や価値を計測しようとする場合、その意味は文脈に依存するため、相手（お客様）の立場に立って考えなければ、何をターゲットに計測・解析すれば良いのか決めることができない。そのため人間の相互理解と共同活動を要求する技術でもある。

これらのことからスペクトルイメージングは、単に技術的に従来の画像技術と異なるだけでなく、新しい人間活動、経済活動をももたらす技術でもあるのである。

なお、最近当社はスマートグラスにスペクトルカメラを搭載したスマートスペクトルグラス™を開発した（図7）。医療現場や施工現場などにおいてハンズフリーで画像検査ができ作業が容易になるため、期待されている。

6 まとめ

スペクトルイメージングは従来の画像技術が対象とする空間情報（2D, 3D）に、新たに波長と時間という2つの異なる次元を加える技術であり、モノの物性と人の感性という通常見えない“質的な”情報を可視化することができる。これにより我々は現実世界において、高度な対象認識、顧客課題への志向性といった新たな認識を得ることで、現場活動の改善や顧客提供価値の創造といった産業・ビジネス活性化をもたらすことができるようになる。

その成功の鍵は、本技術を用いて得られた認識に基づき人が自ら考え、対象を慮ることであり、この技術こそが人の能力を引き出し、AIを超える次世代技術である。

参考文献

- 1) Manago N, Takara Y, Ando F, Noro N, Suzuki M, Irie H, and Kuze H, Visualizing spatial distribution of atmospheric nitrogen dioxide by means of hyperspectral imaging, *Appl Opt*, **57**, 5970-5977, 2018.
- 2) P. J. Lapray, X Wang, J. B. Thomas, P Gouton, Multispectral Filter Arrays: Recent Advances and Practical Implementation, *Sensors*, **14**, 21626-21659, 2014.
- 3) “ハイバースペクトル画像システム市場”
<https://www.panoramadatainsights.jp/industry-report/hyperspectral-imaging-market>
- 4) エバ・ジャパン(株)HP : <https://ebajapan.jp/cases/>

■ Deployment of hyperspectral cameras -From laboratory to market

■ ① Yohei Takara ② Naoki Noro

■ ① EBA JAPAN Co., Ltd., CTO ② EBA JAPAN Co., Ltd., CEO

① タカラ ヨウヘイ

所属：エバ・ジャパン(株) 取締役最高技術責任者

② ノロ ナオキ

所属：エバ・ジャパン(株) 代表取締役