

メタレンズを用いたハイパースペクトルカメラの開発

NTT 先端集積デバイス研究所
宮田将司, 小林史英, 橋本俊和
NTT コンピュータ&データサイエンス研究所
曾我部陽光, 白川 稜

1. はじめに

一般的なカメラは、人の目と同様に、光の波長スペクトルを赤・緑・赤 (RGB) のわずか3 バンドに分解して画像として捉えている。本稿では、このようなカメラをカラーカメラと呼ぶこととする。このカラーカメラに対して、光をより多くのバンド数に分解した画像 (スペクトル画像) を取得するカメラはスペクトルカメラと呼ばれており、なかでも数十バンド以上の画像を取得するカメラは特にハイパースペクトルカメラと呼ばれる。物体からの光の波長スペクトルには物体自身の情報がよく反映されていることから、スペクトルカメラは物体の分析や認識において有用である¹⁾。例えば、血液の中で酸素を運搬する役割をもつヘモグロビンは、光吸収の波長依存性 (光吸収スペクトル) が酸素の結合/非結合の状態に応じてわずかに異なるため、スペクトルカメラを用いてこれを撮影することで画像から血中酸素飽和度の推定が可能となる²⁾。その他、農業やリモートセンシング、セキュリティといった幅広い分野での応用が検討されており、機械の新たな目としての役割が期待されている。

一方、現在のところ、スペクトルカメラはカラーカメラのように実社会で広く普及するに至っていない。これは、従来の撮像方式の制約によるところが大きい。これまでに実用化されたスペクトルカメラは、ラインスキャン方式とスナップショット方式に大別できる (図 1)。前者は、可動式のスリットと分光素子を用いて、一回の撮像につき光学像の 1 ラインのみのスペクトル情報を取得する。これをスリットを走査しながら繰り返すことでスペクトル画像を取得する。そのため、一枚のスペクトル画像を取得するために数十秒程度必要となる。また、機械機構が必要なため、カメラの小型化も困難である。後者は、各バンドに対応するバンドパスフィルタを多数集積したイメージセンサを用いて、スナップショット動作 (一回の撮影) でスペクトル画像を取得する。この方式は、ラインスキャン方式の課題を解決する一方で、バンド数の増加にしたがって空間分解能と感度が低下する。このように、従来方式では時間-空間-波長分解能のトレードオフが存在しており、スペクトル情報の取得に伴って時間/空間分解能の犠牲が避けられない。さらに、一般的なカメラの構成に機械機構や分光素子を新たに導入する必要があり、カメラが必然的に複雑化する。以上により、従来のスペクトルカメラは汎用性に乏しい面があり、その活躍の機会の一部の産業用途に限定されている。

そこで筆者らは、メタレンズと呼ばれる微細構造からなる光学レンズ^{3,7)}と圧縮センシングと呼ばれる理論⁸⁾に基づいた画像処理技術を密に融合することで、カラーカメラと同等サイズでありながら性能のトレードオフを緩和したスペクトルカメラの開発を進めている⁹⁻¹²⁾。本スペクトルカメラでは、これまでカメラ大型化やフレームレート・

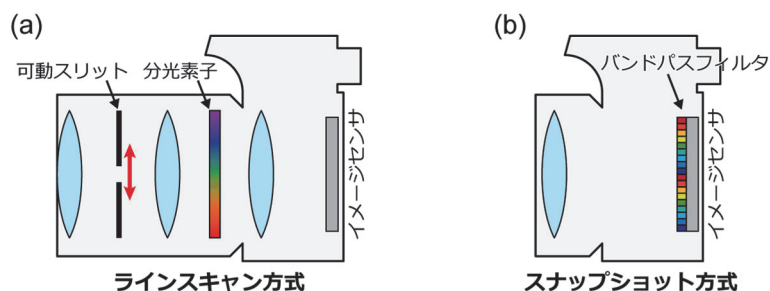


図 1 従来のハイパースペクトルカメラの構成例。