

# ハイパースペクトルイメージング



研究ノート

糸崎 秀夫\*

Hyperspectral imaging

Key Words : Near infrared, Hyperspectral, Imaging

## 1. はじめに

最近、衛星や航空機から撮影された植物の分布画像などを目にするようになった。このようなりモートセンシングに利用されている技術に、ハイパースペクトルイメージングがある。

一般的なカラー写真では、写真の画素一つひとつに対してR、G、B（赤、緑、青）の3色の強度がフィルターを用いて検出されており、各画素は3つの数値で表されている。これに対してハイパースペクトルとは、各画素がスペクトルとしてとらえられ、各画素は100個程度の数値の列で構成されている。RGBよりも格段に多くの情報量が含まれている。いろいろな物質のもつ透過や反射スペクトルは、その物質の情報を表しているのだから、スペクトルを利用すると、それぞれの画素にどのような物質があるかを判別できることになる。したがって、衛星からのハイパースペクトルカメラで撮影したデータを処理すると、地球のいろいろな物質の分布を表すことが可能となる。

## 2. ハイパースペクトルカメラの原理

ハイパースペクトルカメラは、分光器と CCD 受光器から成り立っている。

模式的な構造図を図1(a)に示す。撮影物の一点から出てきた光は、分光器によりスペクトルに分解され、それを CCD の1列のデータとして検出する。CCD は2次元に検知できるため、撮影物の直線上に並んだ点からの光を同時に処理することが可能となる。したがって、撮影物の平面的な情報を得るには、このデータ収集した直線を、直線に垂直な方向に走査する必要がある。これにより、図1(b)に示すような平面的なスペクトルの分布データを収集することができる。

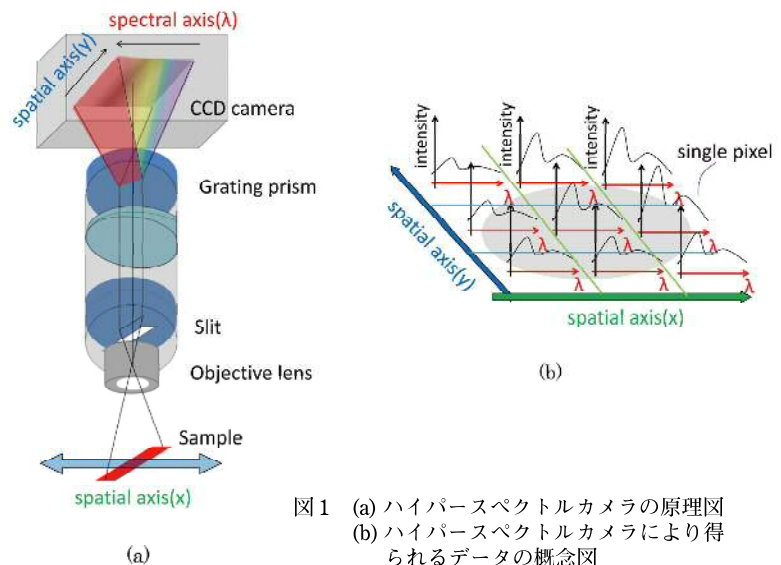


図1 (a) ハイパースペクトルカメラの原理図 (b) ハイパースペクトルカメラにより得られるデータの概念図



\* Hideo ITOZAKI  
1950年10月生  
ノースウェスタン大学材料科学博士課程修了 (1982年)  
現在、大阪大学大学院基礎工学研究科教授 PhD セキュリティセンシング  
超伝導エレクトロニクス 近赤外分光  
TEL : 06-6850-6310  
FAX : 06-6850-6310  
E-mail : itozaki@ee.es.osaka-u.ac.jp

衛星画像など多様に応用が始まっているハイパースペクトルは、その多くが近赤外光領域を用いている。これは、近赤外光が物質によって特徴的なスペクトルを表しているからである。近赤外光は0.8から2ミクロン程度の波長を持つ光である。この領域の光を捉えるには化合物半導体 InGaAs を用いた撮像センサーが一般的に用いられている。この撮像センサーは高価であるため、衛星からの観察や化学分

析などで用いられ始めている。一方可視光に感度を有するSiの撮像センサーは一般的なデジタルカメラに広くもちいられているため、その開発も精力的で、低価格で高性能なものが手に入りやすくなっている。そこで、このSiの撮像センサーを用いて、0.4ミクロン程度の波長を持つ可視光から、赤外光のうち短い波長側の1ミクロン程度までの近赤外光を用いたハイパースペクトルの新しい利用について検討した。

### 3. 可視光・短波長近赤外光ハイパースペクトルイメージングの利用

#### 3.1 植物細胞の観察

ここでは、植物細胞の観察例を紹介する。この場合には図2に示すように光学顕微鏡にハイパースペクトルカメラをとりつけて植物細胞を観察した。

細胞の観察が比較的容易な玉ねぎを試料として、ハイパースペクトルイメージングを検討した。通常の玉ねぎ細胞の光学顕微鏡写真を図3示す。細胞膜がうっすらと観察されているが、細胞核はほとんど見えない。一般的には細胞核を観察するには酢酸カーミンによる染色をおこなう。図4に染色した細胞写真を示す。細胞膜および細胞核が明瞭に観察されるようになる。一方、染色していない玉ねぎ試料をハイパースペクトルカメラで撮影し得られたデータに対して主成分分析を行い、その第一主成分を画像のコントラストとして示した画像を図5に示す。この場合も、明瞭に細胞膜や細胞核が観察できている。

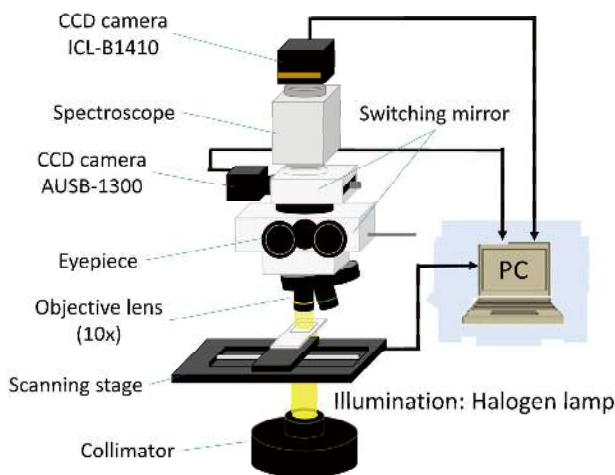


図2 細胞観察を目的として顕微鏡と組み合わせたハイパースペクトルカメラ

それぞれの部位でスペクトルが異なっており、組織の成分の差異が観察されていると考えられる。このように、細胞に染色をすることなく、細胞構造を観察することができる。染色により細胞が死滅するため、染色は用いないほうがよい。ハイパースペクトルを用いれば、生きた細胞の組織や成分分布などを観察する応用が期待される。

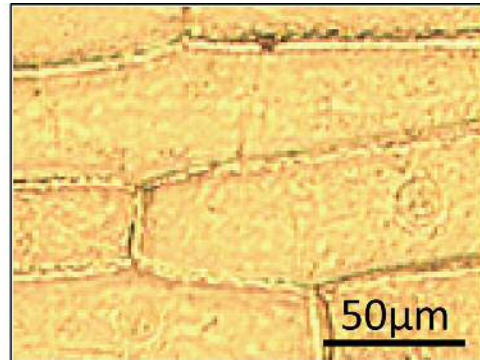


図3 玉ねぎ細胞の光学顕微鏡写真

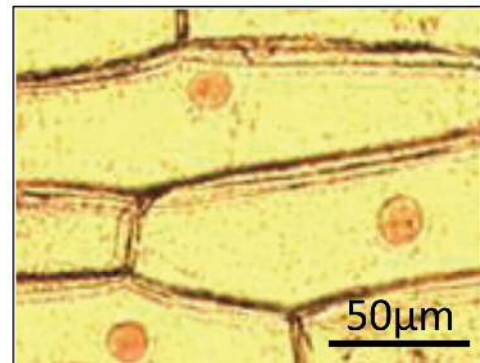


図4 染色した玉ねぎ細胞の光学顕微鏡写真

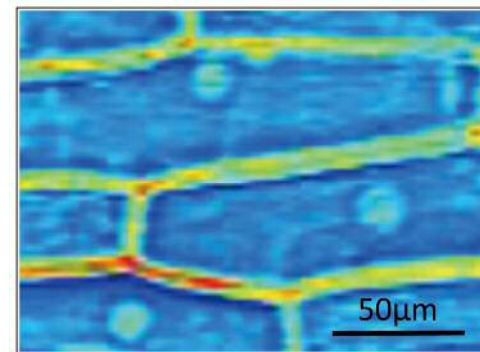


図5 ハイパースペクトルカメラによる玉ねぎ細胞（主成分分析の第一主成分のイメージ）

### 3.2 ハイパースペクトルの多様な応用

上述では細胞の観察例を示したが、ハイパースペクトルは多様な応用が期待されている。その中でも注目すべき応用として、博物館などの所蔵絵画などをできるだけ正確にデータ収集するアーカイブスへの応用がある。現在はデジタルカメラによるデータ収集が行われている。しかしデジタルカメラではR、G、Bを用いており、各画素は3つの数値に情報が集約されている。一見すると人の目には再現性がよいが、ハイパースペクトルとしてより正確に各画素をスペクトルとして保存し、そのスペクトルを再現する印刷物を作れば、撮影時と違う照明を用いても良好な鑑賞が可能となる。また、文化財などに用いられている顔料を特定する研究への利用や、これら顔料の劣化の検討などにも、そのスペクトルによって解析が可能となる。すなわち、顔料などの長期劣化によるスペクトル変化を検討したデータベースを構築しておけば、古くなり劣化した絵画や壁画をハイパースペクトルイメージングし、各画素の顔料を分析して、その劣化状態を判断し、元の色を推定することで、製作当時の色合いをデジタル的に再現することが可能となる。現時点の歴史を感じる色あせた美術品と、製作当時の色鮮やかな色調を持つ再現品を見比べることが可能となる。

また、最近ではデジタルカメラで撮影した画像をプリントしたものがよく使われているが、災害などでデジタル情報がなくなって、劣化したプリントのみが回収されるケースがある。このような場合は、

ソフト的に色調を強調してプリントを再現する方法もあるものの、やはり限界がある。劣化したプリントのハイパースペクトルによりプリント時の状態を推定し、RGBのデジタル情報の復元をすることにより、元の色調を取り戻したプリントも可能となると期待している。

現在すでに、ハイパースペクトルは、砂漠の拡大や海水温の変化、植物分布の変化など地球温暖化による変化の衛星画像の追跡のほか、食物や医薬品の検査、セキュリティ関連の検査などへの適用など、多様な分野において活用が検討され、その実用化が進んでおり、今後上述したようにSi撮像センサーを用いたハイパースペクトルイメージングの応用も進展してゆくと期待している。

### 4. まとめ

以上、ハイパースペクトルの身近な応用の可能性を紹介したが、従来のRGBの3つの数値に圧縮されたデータから、100個以上の数値により表現されるスペクトルを用いる世界へ踏み出すことが可能になってきたのは、高性能なCCD技術の進展と、大量のデータを蓄積分析できるコンピュータ技術の最近の急速な進展の賜物である。今後さらに分解能、高速化などを進め、解析対象に必要なデータベースを構築することにより、多様な分析にこのハイパースペクトルイメージングが活用されることが期待される。

