

続々と登場するSWIRイメージングのアプリケーション

クリス・マクルーン

物質は、異なる光波長において異なる動作を示す。SWIRイメージングは、ただ波長が異なるだけで可視光イメージングに似ており、その目的は、コントラストを明らかにすることにある。

SWIRイメージングは、非可視光イメージングの一種である。SWIRは短波赤外(shortwave infrared)の頭字語で、人間の可視域のすぐ外側の、900nm ~ 2300nmの光波長域のことである。SWIR光はシリコンを透過するため、SWIRイメージングのセンサには通常、InGaAs(インジウム・ガリウム・ヒ素)ベースの検出器が用いられる。「SWIR波長はシリコンを透過するので、シリコンでSWIRセンサを作成することはできない」と、加テレダインダルサ社(Teledyne DALSA)のセールス&アプリケーションサポート

マネージャーを務めるグレン・アハーン氏(Glen Ahearn)は述べた。「センサの基本的な性質の1つは、入射光子をシリコンウエハの一部の層で吸収し、電子に変換して、その電荷をセンサ上の各ピクセルウェルに蓄えることである。光を吸収して電荷に変換し、その電荷を蓄えるには、光がそこを通り抜けてしまっただけではいけない。SWIR光がシリコンを透過するのであれば、シリコンでSWIRセンサを作成することはできない。シリコンが可視光を吸収するように、InGaAsはSWIR光を吸収する材料で、SWIR光を電荷に変換す

る。電荷は蓄えられ、適切な時に読み出される」(アハーン氏)。

上記の違いがあり、扱う光波長が異なることを除けば、SWIRイメージングは、基本構成要素は同じという点において、可視光イメージングに似ている。基本構成要素は、照明、カメラ、レンズ、周辺機器である。

用途に応じた選択

アハーン氏は、すべてのマシンビジョンアプリケーションに1つの共通点があり、それは、何かを検出または測定するにはコントラストが必要という

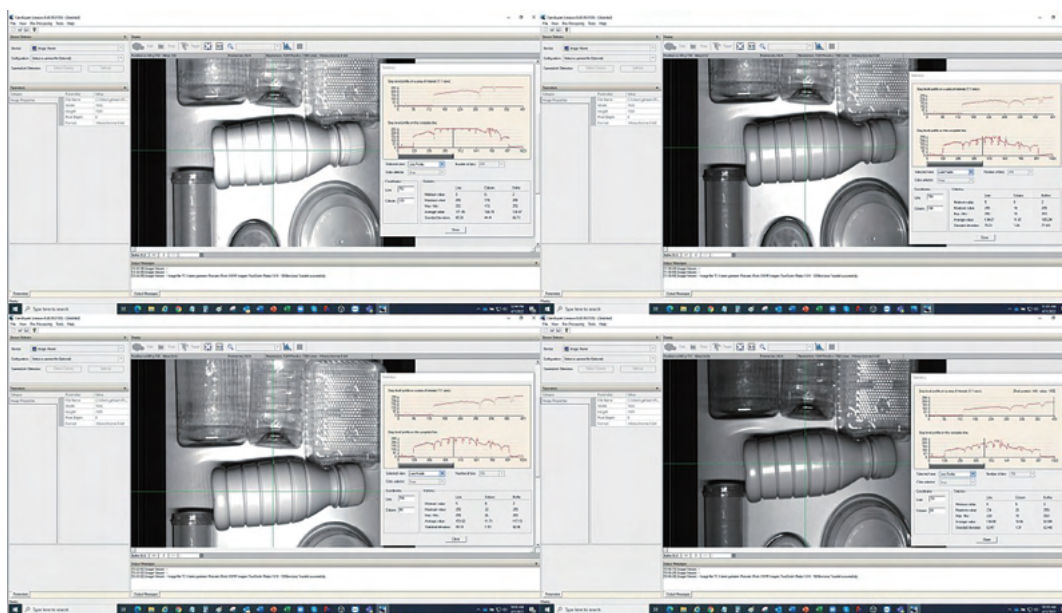


図1 異なる波長でイメージングしたプラスチックの例。(提供:テレダインダルサ社)

ことだと説明した。「対象物が可視光を十分に反射して、可視光で良好なコントラストを生成する場合がある。今日のほとんどのマシンビジョンアプリケーションが可視光であるため、それ以外の方法をわざわざ利用する理由はない。SWIRで何ができるのかというと、対象物によっては、可視光イメージングよりも高いコントラストが得られるということだ」と同氏は述べた。

物質は、異なる光波長において異なる動作を示す。SWIRイメージングは、ただ波長が異なるだけで可視光イメージングに似ており、その目的は、コントラストを明らかにすることにある。アハーン氏は、可視光だけでは必要なコントラストが得られないという場合は、SWIR光がその解決策かもしれないと述べた。「『かもしれない』と言ったのは、SWIR光に対する地球上のすべての物質のすべての異なる反応を誰もが理解しているわけではないと思うからだ」と同氏は付け加えた。

SWIRの新しいアプリケーション

アハーン氏によると、リサイクルはSWIRに非常に適したアプリケーションだという。すべてのプラスチックがリサイクル可能というわけではない。そのため、リサイクル施設では、搬入されるプラスチックの種類を識別して分別する手段が必要である。プラスチックを識別するための1つの方法は、ほとんどのプラスチックに記載されている、樹脂識別コード番号を含む三角形のマークを確認することである。1～7の番号は、それぞれ異なるプラスチックの種類を表している。リサイクル可能なプラスチックを区別して、適切なラインに送らなければならない。さまざまな種類のプラスチックをちらりと目視するだけで、三角マークを見つけて番号

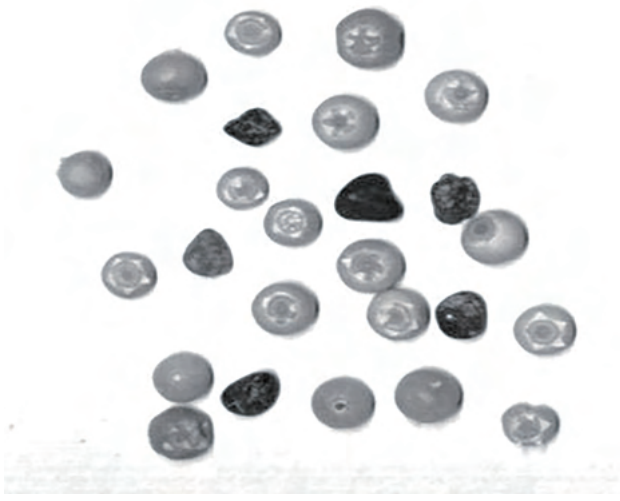


図2 SWIR Application Labが提供したこの画像は、水に吸収される波長域に、水に吸収されないその他の複数のSWIR波長域を組み合わせることにより、ブルーベリーとそれ以外の物質を区別するための優れたコントラストが得られたことを示している。(提供:テレデザインダルサ社)

を読み取るのは難しい。マシンビジョンアプリケーションは、三角マークの位置を特定して番号を読み取ることができるが、アハーン氏によると、三角マークは非常に小さく、位置もまちまちであるため、その処理は効率的に行えるものでは決してないという。「他の何かで隠されている可能性もあるので、プラスチックの表面全体を確認できるソリューションのほうが、はるかに確実である」と同氏は述べた。

SWIR光は、1つのソリューションである。リサイクル施設で、例えば1200、1300、1500nmという異なるSWIR光波長ですべてのプラスチックのイメージングを行い、その情報を融合すれば、3Dデータセットが得られると、アハーン氏は述べた。「ちなみにそれを行うと、それは、マルチスペクトル/ハイパースペクトルイメージングと呼ばれる処理になる」と同氏は付け加えた。2D画像には、水平と垂直の次元が含まれており、3つめの次元は波長である。「データキューブを構築してそれを使用することにより、プラスチックのさまざまな種類を区別する

ことができる。種類ごとにシグネチャ(特徴)があるためだ。例えば、プラスチック1は、ある波長が高く別の波長が低く、プラスチック2はその逆で、プラスチック3は、そのどちらとも異なるという場合がある。このように複数の波長を使用してそうしたシグネチャを確認することにより、プラスチックの種類を見分けることができる。それによってリサイクル業者は、プラスチックを分別して異なるビンに分け、リサイクルを行うことができる」とアハーン氏は述べた。ビジョンシステムはプラスチックの分別を行い、機械システムに情報を伝達する。機械システムは各プラスチックを、適切なコンテナに続く異なる傾斜台に流す。

別のアプリケーションとしては、食品検査がある。水は、約1450nmのSWIR光を吸収する。例えば、水分量の高い果物をカメラで撮影すると、果物の水分が光を吸収するために、反射してカメラに返ってくる光子はほとんどない。SWIRイメージングにおいて、水分量の高い物質は、同じ視野内にある水分量が高くない他の物質と比べ

て、非常に暗く現れる。アハーン氏によると、食品や農業の分野において、数多くの方法でこれを利用することができるという。

1つは、小枝、石、葉、枝など、収穫時にベルトコンベア上に紛れる、農産業に携わる一部の人々がくずと呼ぶものを、食品と区別することである。果物と石では含まれる水分量が異なるため、コントラストが生じる。「ほぼ白とほぼ黒の物体として現れるため、非常に簡単にコントラストを検出して、水分量に基づく分別を行うことができる」とアハーン氏は述べた。

もう1つの新しいアプリケーションが、特に医薬品を対象とした、化学分析である。例えば固形錠剤は、錠剤製造装置によって成形される。製薬会社は錠剤を成形するときに、有効成分に加えて、不活性成分を充填剤として錠剤に含める必要がある。有効化学物質がバッチ全体に均等に分布するのが理想だが、実際には、すべての成分を混合する時に問題が生じる可能性がある。つまり、錠剤を成形する前の顆粒を入れる大型容器の中で、混合物が適切な状態で分散されない可能性がある。そうすると、中には有効成分を含まない錠剤も製造されてしまうことになりかねない。裸眼では、有効成分も充填剤も同じに見える場合が多い。しかし、SWIR光の下では、それらの化学物質が異なる反応を示す可能性がある。

他の用途と同様に、SWIR光が有効かどうかは検査対象物によるが、一般的に、SWIR光の下で有効成分と充填剤が異なって見える可能性は高いと、アハーン氏は言う。「ここでも、重要なのはコントラストである。それは、黄色く塗られた領域の中で青色の線を探す処理になぞらえることができる。黄色く塗られた大きな領域の中に何本

かの青色の線があれば、簡単に見つけられる。しかし、充填剤も化学物質も白色ならば、両者がどれだけ十分に混ざっているかはわからない。SWIRは、容器の中の物質が均等に混合しているかどうかの判断を支援し、バックエンドで錠剤を成形する時に、すべての錠剤の有効成分と充填剤の含有量が同一になるようにするための技術である」と同氏は述べた。

個々の錠剤の中の成分分布を考察する場合も、これが重要である。一部の錠剤は、2分の1量を服用できるように、半分に割ることが可能である。しかし、成分が均等に分布していなければ、すべての有効成分を一度に服用してしまったり、有効成分を全く服用できなくなったりする可能性がある。

最後に、シリコンを透過できるSWIR光は、ソーラーパネル検査に非常に有効である。ソーラーパネルは、半導体材料(シリコン)でほぼ構成されているため、半導体材料を透過するSWIR光を利用して、シリコンに覆われた欠陥を確認することができる。「ガラス窓のようにシリコンの向こう側を見通して、亀裂や欠陥を確認することができる」とアハーン氏は述べた。

SWIR Application Lab

SWIRは、イメージングに利用される新しい技術で、「何が解明されていないかがまだわからない状態にある。すべてのアプリケーションが、処理の内容、扱う物質、処理の目的に依存する。ビジョン検査には、『これにはこれが適用できる』と言えるような、絶対的なものがほとんど存在せず、すべてがアプリケーションに非常に特化している」とアハーン氏は述べた。そこでテレダイナマル社は、SWIR Application Lab (<https://bit.ly/>

3KZr4dZ)という施設を、米国マサチューセッツ州に設立した。この施設には、カメラ、照明、カメラの下で物体を動かすための機械的な移送機構があり、SWIR光が自分のアプリケーションに適しているかどうかを、潜在顧客が確認できるように支援する。「業界としてわれわれはまだ、SWIRの利用方法を学んでいる段階にあるため、このサービスを当社の潜在顧客に提供している。サンプルを送付してもらい、目的を説明してもらった上で、この施設にある設備を利用してそのサンプルをスキャンし、画像を生成して、その結果を報告書にまとめて提供している」とアハーン氏は述べた。

テレダイナマル社は、SWIR光が対象アプリケーションに有効かどうかを潜在顧客が判断するために役立つと考えられる複数の波長を選択し、画像、その画像を生成するために使用した波長、結果を含む報告書を提供する。「それは、試してみなければ結果がわからない類のものである。私は、どのようなものについても実験によって実証することが非常に重要だと思っている。移送機構や机の上に物体を置いて、画像を取得し、実際のマシンビジョンアプリケーションと同じ条件の下で、それがどのように見えるかを確認したいと思う。それこそが、このような種類の処理について知識を得ることのできる、唯一の手段である」とアハーン氏は述べた。同氏によると、同施設の設立以来、数多くのスキャンを実行して、非常に興味深い結果を得ているという。「それは、可視光で解決できない多数の問題の解決に、SWIRが有望であることを示している」と同氏は述べた。

SWIR Application Labの詳細については、bit.ly/3KZr4dZを参照してほしい。