

# 車両塗装での金属フレークの 特徴付けで工業応用されるOCT計測

多くの車は、金属的で輝かしい光沢を出す塗装でコーティングされている。光沢の特徴は、塗装で使われる金属フレークや雲母片の分布や特性によって決まる。最近の車のほとんどは、電気塗装、下塗り、下地塗り、クリアコートという4層のコーティングがなされており、下地塗りにフレークが含まれている。塗装には多くのパラメータがあり、スプレーノズルのタイプ、スプレーのスピードとパターン、空気圧、塗装面からノズルまでの距離など関係する。自動コーティング処理を微調整するために、自動車エンジニアには、下塗り層のフレークの方向や深さを経験的に特徴付けできることが必要とされる。

そこで、光コヒーレンストモグラフィ(OCT)をもとにした計測アプローチは、自動車産業に対して、これまでイメージングが困難だった金属フレークを自動分析する実用的な方法をもたらすことができる<sup>(1)</sup>。

フレークのサイズ、重量、形状、そして塗装の粘性は、フレークの方向に影響を与える。自動車産業では現在、品質保証(QA)チェックにおいて、車の塗装を検査するために超音波イメージングを用いている。超音波装置は扱いやすいが、最近の車の塗装で多く使われている金属フレークを効率よく描写できない。さらに、超音波装置は試料と接触する必要がある。これは、塗装業務を止めずにインラインでモニタリングするのに超音波は使えないことを意味する。

英リバプール大(University of Liverpool)で開発された新しいアプローチで

は、塗装内の金属フレークを非接触的に特徴付けるために、時間領域フルフィールド(FF)OCTシステムが使われている。特徴付けできるものには、サイズ(直径は平均約 $10\mu\text{m}$ 、厚さは平均約 $1\mu\text{m}$ )・数・方向がある。

プロジェクトの研究チームリーダーで、同大のヤオチュン・シェン教授(Yaochun Shen)は、「塗装工程は、製造プロセスにおけるボトルネックである」と話す。「塗装したものが要件に満たない場合、化学的に除去して、車を完全に作り直す。これには、時間と費用がかかるだけでなく、化学系廃棄物を排出して環境問題にも関わる」。

## 高解像度OCT プラスアルゴリズム

フレークをイメージングするために、研究者は、極めて小さいフレークを区別できる非常に高い方位・空間解像度と、各フレークの位置と方向を見る高い深さ解像度をもつ、3DのFF-OCT装置をデザインした。1つの3D OCTイメージには数千のフレークが含まれているが、膨大であるために手作業で計測できないので、試料内の各フレークを自動で同定、イメージングするアルゴリズムが開発された(図1)。

このシステムでは、中心波長が850nm、帯域幅が80nmの赤外線LEDからの光が分割され、デバイスの心臓部となる干渉計を作り出す。サンプルアームとリファレンスアームからの光の間で干渉することで発生する干渉縞(距離が違えば光源のコヒーレンス長が影響する)は、OCTシステムの



図1 車の塗装の3D OCTイメージをキャプチャした後、金属フレークが自動的に「抽出」され、ソフトウェアのアルゴリズムを通じて計測される。塗装された車のパネルの一部である $2.25\text{mm} \times 1.4\text{mm}$ から抽出された数千のフレークをイメージングした。(提供: リバプール大のブライアン・ウィリアムズ氏 [Bryan Williams])

CMOS画像検出器で確認できる。これは、毎秒100フレームのイメージングレートで動作する。

収集とデータ処理の手順は、FF-OCTシステムによるデータ収集、コンボリューション処理、ヒルベルト変換、下塗りの単離、3Dセグメンテーションとラベリング、フレークのサイズ・数・方向などの特徴の決定である。

自動車の5種類の塗装サンプル(銀2種類、青1種類、黒2種類)で技術を試験したところ、OCTシステムは、金属フレークがある下地層を含む、車の塗装の外側2層を精度よくイメージングすることが示された。

研究者は、車の塗装サンプルにおけるアプローチを証明したものの、インラインのモニタリングで用いて、塗装処理中に起きる問題を検出できる技術となるように、さらなる開発を続けると述べている。(John Wallace)

### 参考文献

- (1) J. Zhang et al., Opt. Express (2017); doi:10.1364/oe.25.018614.