

# 高精度カメラによる、高難易度の自動車分野の外観検査への挑戦

コニカミノルタ(株) 産業光学システム事業本部 センシング事業部 販売部 販売企画グループ 主任 宇田川 純一 氏に聞く

## 1. 外観検査ビジネス参入の背景

コニカミノルタでは早くから、光や色を測る計測機器やセンシングの技術を蓄積、多くの採用実績を持つが、さらにビジネスの領域を広げる目的から、2015年に、ディスプレイ検査市場でカスタマイズ化した統合検査システムを開発・提供する米国 Radiant Vision Systems社(図1)を子会社化した。同社の高分解能イメージング輝度計は高精細ディスプレイのインライン検査などに導入されているほか、ムラや欠陥などを画像処理によって高速に検出し、また、システムに組み込むための自由度の高いインターフェイスを持つソフトウェアに強みがある。そして3年前からは、両社の技術・ノウハウの統合によるシナジー効果によって新しい分野でのビジネス創出を目指して、外観検査というイメージングソ

リューションビジネスに参入している。

外観検査の難易度を考えると食品や医薬品、化粧品といった分野は比較的参入しやすく他社も手掛けている「レッドオーシャン」と思われる。これに対し自動車や高性能ディスプレイ、ICTなどの分野はチャレンジングな課題が多く参入が難しい「ブルーオーシャン」と考える。こうしたハードルが高く他社が参入しにくい、他社で成功しなかった外観検査の案件に果敢にチャレンジし、難しい課題の解決によってビジネスを拡大していくという方向性を決めた。

外観検査システムの主要技術である Radiant Vision Systems社製の高分解能のイメージング二次元輝度計(以下、高精度カメラ)は高品質のデータを確実に取得できるという優位性に加え、カメラ単体ではなく

照明のノウハウや画像処理技術などのトータルソリューションによって、マシンビジョンカメラでは検出が難しい極小の傷や微細な汚れ等を熟練不要で検出できる。このことは、顧客価値の一つと言える。

難易度が高い課題は課題解決までは多くの工数(時間)とコストもかかる。プロジェクトの各段階で課題解決の実現可能性を検証す

るPoC(Proof of Concept:概念実証)を繰り返し行い、ユーザーとともに実現可能性に関する判断を行いながらステップを踏んで課題解決に向け取り組んでいる。

## 2. 外観検査システムの構成

外観検査システムは主に、高精度カメラ、照明系、外観検査ソフトウェアで構成される(図2)。

### 2.1 高精度カメラ

Radiant Vision Systems製「ProMetric Y (PMY) シリーズ」は人の目に近い感度を持つタイプもある高精度カメラで、高冷却機能による低ノイズを実現、高コントラスト性能と併せて極微細な欠陥も検出できる。また、高いコントラスト分解能12bit(4096)により、識別しにくい欠陥も検出可能なほか、最大2900万画素(6576×4384)という高分解能により微小な欠陥も検出できる。最近では4300万画素(8040×5360)のモデルも登場した。また、目の感度に近いフィルター(目視相関フィルター)あるいはIR感度タイプも選択できる。

外観検査で引き合いに出されることの多いマシンビジョンカメラと比較すると、当高精度カメラは計測機器であるため、高い信頼性と安心感が得られる(表1)。また、マシンビジョンカメラではレンズを別途選択する必要がありレンズに関する深い知識が求められるが、当高精度カメラはカメラ



図1 Radiant Vision Systems社

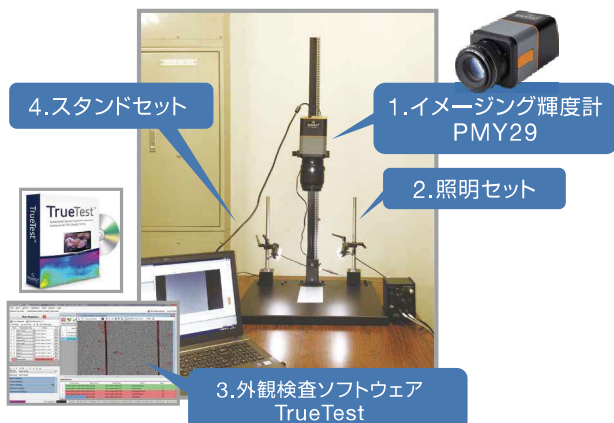


図2 外観検査システムの主な構成

表1 高精度カメラとマシンビジョンカメラの比較

項目	PMYシリーズ	マシンビジョンカメラ	お客様価値
1 計測器	○	×	計測器としての信頼性/安心感
2 カメラ&レンズによる品質保証	○あり: カメラ&レンズ装着後のキャリブレーション実施	×なし: カメラとレンズは別メーカーが殆ど	●誰でも簡単に高精度 ●複数台数使用時の安定した画像品質
3 クリアな画像と測定エリアのムラ補正	○高: キャリブレーション実施	×低: 画像の中心と端で輝度ムラ可能性有り	●欠陥が測定範囲のどこにあってもクリアな画像
4 広範囲明暗画像取得	○高ダイナミックレンジ: ワイドな明暗スケール画像データ取得	×白飛びあり: 仕様による	白飛びなし
5 実テストによる被写界深度	○深い被写界深度 テストでは±10mm程度 (PMY16/50mmレンズ/240x160mm/0.05mm)の場合	?: レンズ仕様による	測定サンプルが一部反った状態でもOK

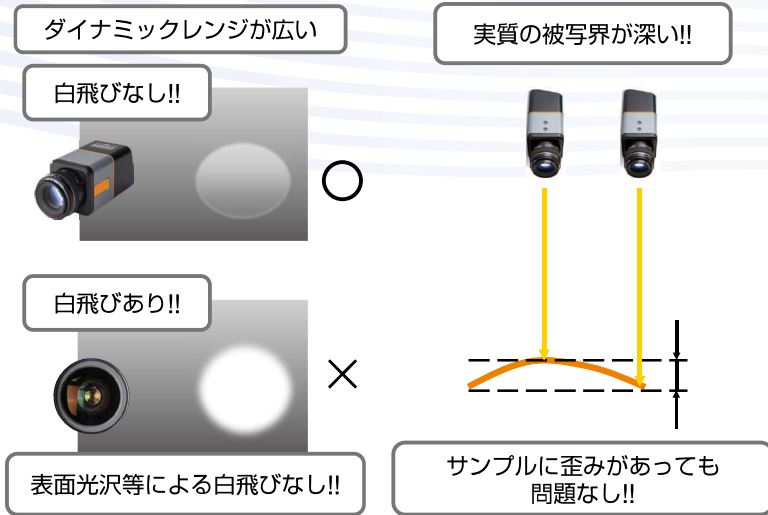


図3 高ダイナミックレンジ、深い被写界深度による優位性

と専用レンズのセットでキャリブレーションが実施済みのため、誰でも簡単に高精度画像が得られ、複数台使用時でも安定した画像品質が得られる。キャリブレーションされていることから取得画像の全ての範囲で均一でムラなく、かつクリアな画像データが取得できる。また、ペルチェ素子による冷却を行うことにより、ノイズの少ない画像の取得が可能となる。光学的な専門用語であるMTF特性と呼ばれる曲線が理想(MTF性能曲線図でCONTRASTが1に近い)に近い。さらに、広いダイナミックレンジ(明暗差の領域が広い)を持つため、明暗差の激しい場面での明るい部分の白飛び等の起こる可能性は非常に低い(図3)。

## 2.2 照明系

外観検査システムにおいては、画像処理の前に、検出したい欠陥に対して最適な照明系を探すことが重要となる。

照明系はサンプルに応じて、明視野、暗視野、パターン照明等が選択可能で、例えば、高光沢サンプルの凹凸・キズを検出する際はパターン照明が、低光沢・一般サンプルの凹凸・キズを検出する際は暗視野照明などが選択される(図4)。

## 2.3 外観検査ソフトウェア

外観検査で用いられるソフトウェアとしては、「外観検査ソフトウェア」のほか、「カメラ制御ソフトウェア」、「パターン照明専用ソフトウェア」などがある。

パターン照明専用ソフトウェアとしては、高光沢面のキズや歪み検出などに最適な「PM-Inspect」などが用いられている。

外観検査ソフトウェアは、欠陥の種類や、各種照明系と組み合わせることで取得した画像データから、様々なアルゴリズムを活用して欠陥を検出するもので、高度な画像解析により欠陥を発見し定量化できる自動外



図4 照明系の選択例

観検査ソフトウェア「TrueTest™」などが用いられている(図5)。

## 3. 自動車における外観検査での優位性

当社の外観検査の対象となる難易度の高い分野としては、先述のとおり、部品、材料、加工、塗装に至るまで裾野が広く、自動化の要求が高い自動車業界をターゲットに据えている。自動車業界では早くからグローバル展開している一方で、高品質が要求される作業は日本国内に回帰している。外観検査もその一つで、単純作業と見られがちだがOK/NGを判断するスキルが必要であり、誰もが安定して行える作業ではない。

しかし自動車の製造工程で自動化設備が導入されていく中で、検査工程のみ熟練者を増やして対応するわけにはいかず、外観検査装置を導入しての自動化の検討が進んできている。こうした中で、熟練の目視と近似した感度を持ち誰でもOK/NGの判断が可能となる、当社の外観検査システムへの関心が高まってきている。

外観検査のアプリケーションとしては自動車では高機能金属材料や塗装、フィルムなどがあるが、いずれも競合他社の参入が難しいハードルの高い、自動化が前提となるアプリケーションと言える。

### 3.1 セパレータの外観検査

高機能金属材料では例えば、燃料電池車(FCV)や電気自動車(EV)のセパレータ等がある(図6)。セパレータの外観検査では微細な様々な欠陥検出が要求される。

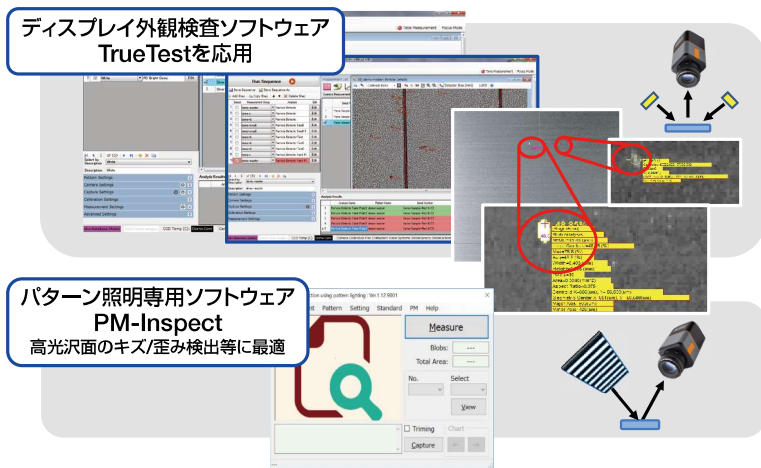


図5 画像処理技術

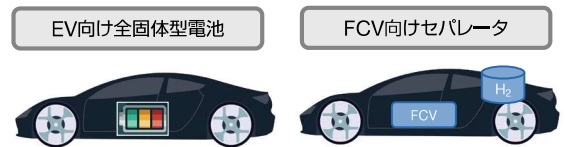


図6 高機能金属材料のアプリケーション例

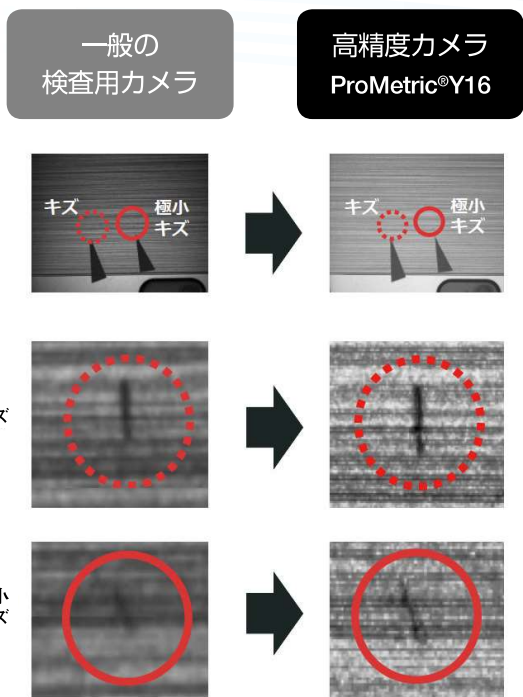


図7 高機能金属材料における極小キズの自動検出の例

高機能金属材料で極小キズの自動検出を実現した例(図7)では、一般の検査用カメラで検出できなかった極小キズについて、欠陥部位の背景コントラスト比の影響なくクリアな画像が得られている。こうした検出能力の高い、高品質な検査画像が得られたのは、高精細ディスプレイの輝度ムラなどの画質評価で実績の多い高解像度・高コントラスト分解能の高精度カメラと専用レンズのセットでキャリブレーションが実施されていることによるものだ。

### 3.2 塗装コーティング・高機能フィルムの外観検査

自動車の塗装コーティング関連では軽量化(燃費改善・電費改善)を目的に樹脂材料を母材としたうえでメタリック感を付与するための塗装コーティングが施される例も増えてきている。広い表面積の中にある微細なブツ(凹凸)欠陥を検出したいというニーズがある。

また、フィルム関連では自動車のセンターインフォメーションディスプレイ(CID)やメータークラスターパネル(MCP)、ヘッドアップディスプレイ(HUD)用など、成形性や反射防止(AR)性能に優れた各種機能性フィルムがあり、微細ブツ欠陥や異物、ピンホール、微細なキズなどを検出したいというニーズが強い。

メタリック塗装コーティングや光沢フィルムの場合、表面に光沢があることから通常照明ではブツ欠陥は認識できない。これに対し当社では、高精度カメラに、パターン照明+専用画像処理技術を組み合わせパターン線画像の複数画像合成を生成することで、たとえば54mm×18mの測定エリア内の30μmといった微細なブツ欠陥が強調され、認識・検出することを可能にしている。

また、一般にラインに組み込んでの外観検査への要望も少なくない。こうした例でマシンビジョンカメラを複数台使用して検査しようとすると、各カメラのレンズの選択やチューニングだけでなく、各カメラのために必要となる複数台の照明のチューニングなど、多大な時間と手間がかかる。

これに対し、当社のダイナミックレンジが広く再現性の高い高精度カメラでは、カメラと専用レンズがセットでキャリブレーション実施済みのため、複数台使用時でも各種条件を取り決めることにより、簡易的な設定のみで安定した信頼性の高い画像が得られる。複数ラインでも同様の再現性の高い計測を実現できる。

## 4. ディープラーニングと高精度カメラを組み合わせた外観検査

人工知能(AI)の実装手法の一つとして深層学習(ディープラーニング)の技術が進

展し実用化してきている。外観検査においても、自動化の一環として、高精度カメラとディープラーニングとの組み合わせ技術(図8)が目目されてきている。

外観検査において人の目のように不具合を認識しOK/NGの判断を可能にするには、OK/NGのしきい値ともなる、クリアで再現性の高い画像の取得が必要となる。先述のとおり当社の高精度カメラは、明暗差の大きい対象や段差のある対象などでも、計測オペレーターの個体差なく、“均一でノイズの少ないクリアな画像を安定して取得できる”ため、AIによる良否の判断を安定して行える可能性がある。

このディープラーニングとの組み合わせ技術も自動車分野での要求が強いが、ディープラーニングに限らず、自動車分野では要求される各種ソリューションのレベルが高い。当社は他社の参入が難しい、このブルーオーシャンに対し、ディープラーニングといった先進技術も組み入れたイメージングテクノロジーを発展させ、課題解決挑戦し続けていく。イメージングシステム、センシングシステムのリーディングカンパニーとして、顧客に対し、効率の良い計測を安心・安定して行え、高信頼性のデータを取得できるという高付加価値を提供することで顧客価値の向上に努めていきたい。

2020年1月29日~31日に東京都江東区の東京ビッグサイトで開催される「3次元表面加飾技術展」の当社ブースでは、ここで紹介した外観検査システムを含む最新のイメージングテクノロジー、センシングテクノロジーを紹介する。ぜひ会場に足を運んでいただき、最新の計測技術に触れていただきたい。

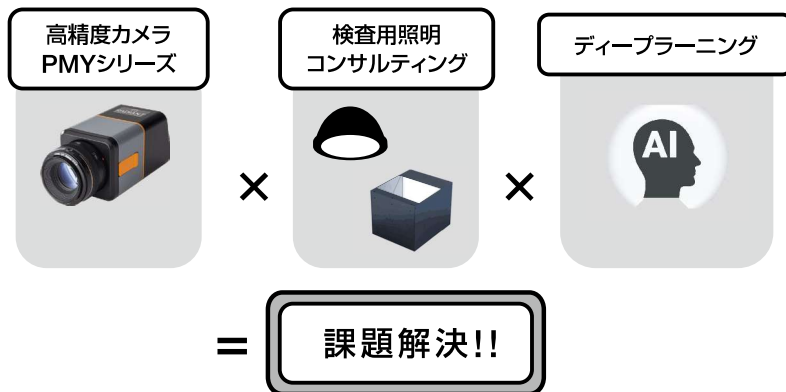


図8 高精度カメラとディープラーニングとの組み合わせ技術