

1. はじめに

塗装は防錆と美観の付与のために行われるが、防錆技術の進歩により錆はほとんど問題にならなくなった。近年はユーザの個性化、ニーズの多様化に伴い塗装外観（アピランス、見え）が自動車の商品力の重要な要素になりつつある。塗装外観には色、光沢、平滑性（ゆず肌）、メタリック感、深み感、といった質感と、ぶつ、でこ、へこ、たれ、はじき、といった欠陥があるが、光沢と平滑性の計測・検査については既に様々な雑誌や書籍で解説されている¹⁾のでここでは取り上げないことにする。

欠陥は検査対象がはっきりしており、大部分が凹凸欠陥であるため一括して検査できるのに対し、質感は対応する物理量が異なるため一括して扱うことができない。本稿ではまず欠陥検査について欠陥の特徴と検査の自動化の現状を紹介し、ついで質感計測について各質感ごとに記述する。

2. 塗膜構造と光学特性

塗膜は大きくソリッド塗膜とメタリック系塗膜に分けられ、それぞれ異なった光学特性を示す。ソリッド塗膜の上塗り層はエナメル（バインダ）に顔料粒子（ TiO_2 などの金属酸化物が多い）を分散させたもので、Fig. 1(a)のような反射光分布を示す²⁾。すなわち、ソリッド塗膜からの反射光は鏡面反射光、層内拡散反射光および表皮拡散反射光から成る。鏡面反射光は塗膜表面での正反射光で、入射光のスペクトルと同じ（塗膜の色と無関係）である。層内拡散反射光は顔料粒子での散乱、

吸収を受けた光が再び塗膜表面から出てくる光で、入射光のスペクトルと異なり塗膜の色を示す。表皮拡散反射光は塗膜表面粗さに基づく乱反射光で、入射光のスペクトルと同じである。拡散反射光は、半球方向に一樣に反射される光であるため、正反射方向の強度は層内拡散反射光の最も多い白色顔料（ TiO_2 ）を含んだ塗膜でも、鏡面反射光の 10^{-3} 程度である。メタリック系塗膜の上塗り層はクリア層とベース層から成り、ベース層に顔料の他に鱗片状の光輝材（アルミフレーク、マイカフ

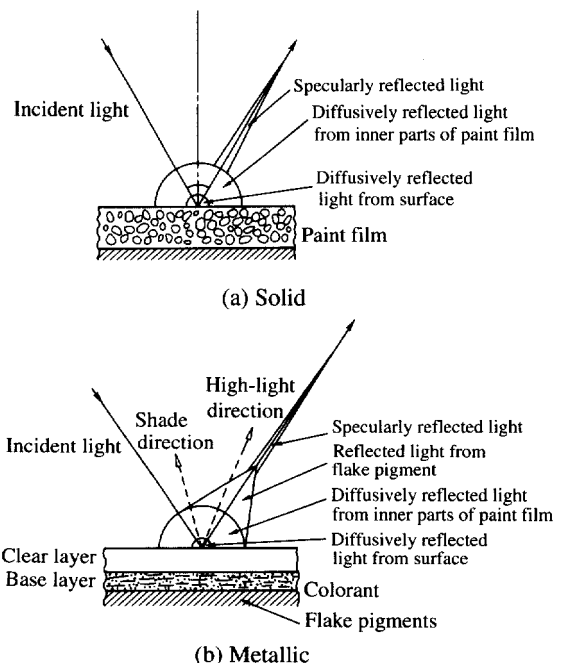


Fig. 1 Distribution of reflection on painted surfaces; (a) solid, (b) metallic.

キーワード 自動車, 塗装外観, 検査, 欠陥, 色, すり傷, メタリック感, 肉持ち感, 深み感

レークなど)を含むため、前記ソリッド塗膜の場合の反射光に光輝材の配向状態により方向性を持った反射光が加わる(Fig. 1(b))。

塗装外観検査、特に質感計測の自動化を図るためには、塗膜の光学特性を十分に考慮する必要がある。

3. 欠陥検査

塗装ボディの欠陥検査は欠陥の種類が多く、その発生部位が定まらない(塗装ボディ全面の検査が必要な)ため、現在でも目視検査が主流である。しかし、目視検査ではどうしても欠陥の見落としや誤検査が避けられず、市場に出た場合ユーザのクレームの対象になりやすい。さらに、最近是人件費が高くなり、難しいがために最後まで残された検査工程も自動化・省力化を図っていく必要がある。

3.1 欠陥

塗装欠陥は多種・多様で数10種にもおよぶが、塗装技術や工程管理の進歩により欠陥の発生頻度は少なくなっており、最も発生頻度の高いぶつでも車1台あたり1件程度と言われている。いま、 1mm^2 のぶつが1個発生したとすると、塗装ボディの全面積が約 10m^2 (10^7mm^2)であるので、欠陥の面積率が 0.1ppm と見積もられ、非常に希薄な欠陥検査であることがわかる。また、自動車の生産タクトは1台/min程度であり、高速($10^7\text{mm}^2/\text{min}$)検査が必要になる。さらに、被検査対象である塗装ボディの形状が複雑で、目視検査の場合でもいろいろな角度、方向から見ないと欠陥が見えないことがあり、この点も自動化を遅らせている一因である。

塗装外観検査は塗装工程での検査と完成検査、車両監査での検査と計3回行われる。完成検査、車両監査では塗装検査の他にボディ、モール、バンパの建て付け検査や室内検査、エンジンルーム内検査なども行われ、塗装検査だけ自動化してもメリットが少ない。塗装検査の自動化は塗装工程に限るべきであろう。

3.2 塗装欠陥検査の自動化

塗装欠陥検査の特徴は前述のように、多種・多様な欠陥検査、希薄な欠陥検査、複雑な形状面に発生した欠陥の検査、高速欠陥検査、であり、現在でも目視検査が主流である。しかし、最近、方式の異なる2種類の自動検査装置が開発

され、一部の生産ラインで実用されつつある。

3.2.1 スリットパターン投影式検査装置³⁾

欠陥検出はスリットパターンを塗装面に投影し、その像をCCDカメラで撮像して行われる。すなわち、スリットパターンを画像処理して、パターンのゆがみから欠陥を検出するものである。開発された検査装置はFig. 2に示すように、欠陥を検出するセンサをスタンドで支持し、コンベア上を流れる塗装ボディのルーフの一部を検査するシステムである。スリットパターンの照明光源としてキセノンフラッシュランプを用い、かつ、カメラレンズの絞りと画像信号取り込み時におけるA/D変換のゲイン・オフセットの調整により、塗色の影響を取り除いている。Table 1に現場評価実験結果を示す。良品を不良とした過剰率が 0.09% 、不良品を良とした見逃し率が 0% で、実用性の高い検査装置であることがわかる。

3.2.2 スリット光投影式検査装置⁴⁾

欠陥検出の原理は前述のスリットパターン投影方式と同じであるが、この装置ではHe-Neレーザ

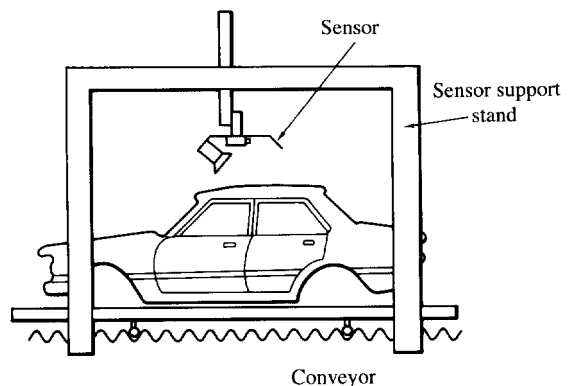


Fig. 2 Situation of evaluation tests at inspection station.

Table 1 Results of evaluation test.

	Judgment on the system		Total
	OK	NG	
Acceptable portions	18183	16	18199
Rejective portions	0	29	29
Total	18183	45	18228

光を塗装面に照射し、反射光を拡散スクリーンに投影してCCDカメラで撮像しており、センサの構成が大きく異なる(Fig. 3)。すなわち、スリットパターン投影方式は2次元パターン処理であるのに対し、スリット光投影方式は1次元パターン処理である。スリット像を直接CCDカメラで撮像するのではなく、一度スクリーンに投影してから撮像することにより、曲面の影響を除いている。開発された装置はセンサユニット（インスペクタ）をロボットに持たせ、コンベア上を流れる塗装ボディの全面を検査するシステムである。Fig. 4は月産15000～20000台程度の生産ラインへの導入例で、側面検査用に追従装置および多関節形ロボット各2台、上面検査用に天つり形トラッキングロボット1台を使用し、インスペクタが側面用ロボ

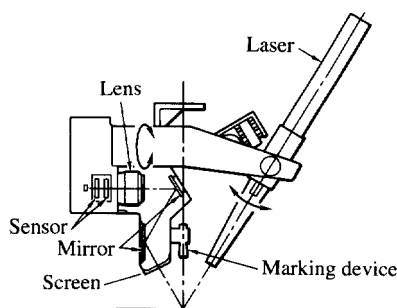


Fig. 3 Inspector.

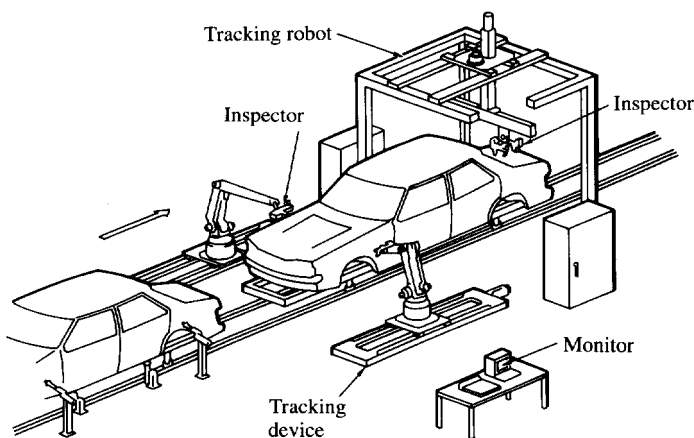


Fig. 4 Example of inspection line.

ットに各1台、上面用ロボットに2台の計4台使用されている。本構成によりラインタクト約1分で7種類以上が混流するコンベア上のボディ全面を検査している。

4. 質感計測

最近、研究・開発が活発な質感はすり傷性、色、メタリック感、肉持ち感、深み感であるが、その背景には自動車のカラートレンドの変化や感性品質に対する世の中の関心の高まりなどがある。

4.1 すり傷性の計測

近年、自動車用上塗り塗膜はホワイトで代表される淡色系に代わって、レッドやブルーなどの濃色系が増加しつつある。濃色系は塗膜表面の汚れや傷が目立ちやすい色であることが経験的に知られており、すり傷性の計測と耐すり傷性向上塗料の開発が必要になってきた。

これまですり傷性の評価は目視で行われていたが、すり傷はもともと微細な引っかき傷であるため、観察条件に依存し、判定が難しい。最近、すり傷を付ける前後の明度差や明度コントラストで評価する方法が開発され、一部で実用化されつつある。

4.1.1 すり傷の見えのモデル⁵⁾

簡単のために、Fig. 5に示すように鏡面に近いソリッド塗膜にすり傷が付いた場合を仮定すると、すり傷のない部位 (Fig. 5の左) からの反射光は鏡面反射光と層内拡散反射光だけから成り、すり傷のある部位からの反射光はそれにすり傷による表皮拡散反射光が加わる。層内拡散反射光強度を I_{id} 、表皮拡散反射光強度を I_{sd} とすると、鏡面反射光が入らない角度から塗膜を見た場合、すり傷のない部位からは I_{id} の、すり傷のある部位からは $I_{id} + I_{sd}$ の強度の光が眼に入射する。すり傷は白いすじ状に見えるが、これは黒板に書かれた白い文字や図を見るのと同じで、すり傷が文字や図に、すり傷のない部位が黒板 (地) に、それぞれ対応すると考えられる。文字や図は

コントラストが高いほどよく見え（視認性が高く）、すり傷の見えも同じと考えられる。すり傷の見えにコントラストの概念を導入すると、すり傷のコントラスト C は式(1)のように表される。

$$C = [(I_{id} + I_{sd}) - I_{id}] / [(I_{id} + I_{sd}) + I_{id}] \quad (1)$$

すり傷発生後（すり傷部位）の明度を L_a 、すり傷発生前（すり傷のない部位）の明度を L_b とすると、式(1)は次のようになる。

$$C = \Delta L / (L_a + L_b) \quad (1')$$

ここで、 $\Delta L = L_a - L_b$ である。

4. 1. 2 明度差法⁶⁾

明度差法は式(1)'の分子 ΔL ですり傷性を計測するものである。試料として色を無彩色系、レッド系、ブルー系の3種類を選び、それぞれ明度を3水準変化させた合計9枚の塗板を用い、洗車機によるすり傷発生前後の明度を測定してFig. 6のような結果を得ている。縦軸の官能評価点は5点法による15名のパネラの平均点である。横軸の明度差はすり傷発生前後の明度を色差計で0度入射、10度受光の条件で測定して求めたものである。この図から明度差はすり傷性の官能評価点と高い相関（相関係数 $R = 0.95$ ）があることがわかる。

4. 1. 3 明度コントラスト法⁵⁾

明度コントラスト法は前記すり傷性のモデルによって導き出された式(1)'ですり傷性を計測するものである。試料として塗料をソリッド、色を無彩色に固定し、明度だけを変化させた7対（I群試料）、塗料をメタリック、色を無彩色に固定し、明度だけを変化させた6対（II群試料）、塗料と色を変化させた6対（III群試料）を用い、自動洗車機によるすり傷発生前後の明度を測定し、Fig. 7、Table 2のような結果を得ている。明度は0度入射、

20度受光で測定された。図は一例としてI群試料での結果を示したもので、横軸の目視評価は塗装専門家1名の5点法による評価点である。縦軸は明度コントラストの対数値 $\log C$ と、比較のための明度差の対数値 $\log \Delta L$ である。Fig. 7とTable 2からソリッドで無彩色の試料の場合は明度コントラストの方が明度差より若干目視評価との相関が高いだけで、共に目視評価との相関が高く、相関係数の値も高度に有意で、大差がないことがわかる。しかし、II、IIIあるいは全試料の場合は明らかに明度コントラストの方が明度差より目視評価との相関が高いことがわかる。

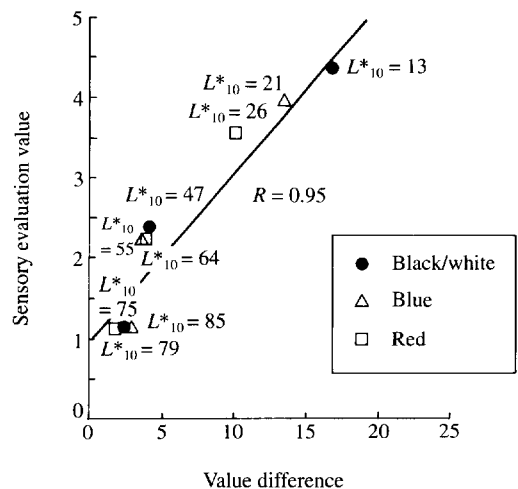


Fig. 6 Correlation between value difference and sensory evaluation value;
 L^*_{10} : value at 10° receiving angle.

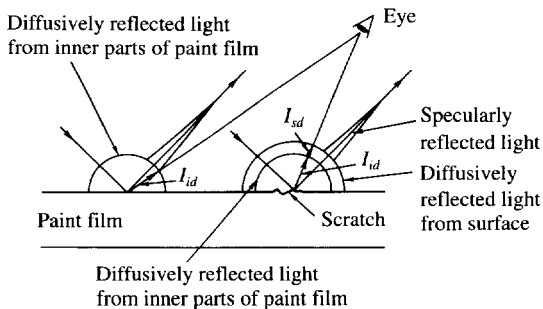


Fig. 5 Model of scratch appearance.

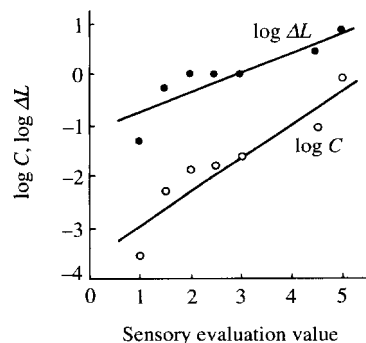


Fig. 7 Correlation between value contrast C , value

Table 2 Comparison of correlation factor between value contrast and value difference.

Sample group	log C	log ΔL
I (Solid, non colored)	0.932**	0.881**
II (Metallic, non colored)	0.941**	0.841
III (Solid, metallic, mica, colored)	0.744	-0.236
I + II + III	0.797**	0.549

** 1 % significant

4.2 色の測定

2章で述べたように、塗膜の光学特性がソリッドとメタリック系で異なることから、色の測定法、測定機も両者で異なる。

4.2.1 ソリッド塗膜の測色⁷⁾

ソリッド塗膜では色の情報を有している層内拡散反射光分布が等方性であるので、通常の測色計で測定することができる。測色計には分光測色計と測色色差計がある。分光測色計は対象の分光反射率 $\rho(\lambda)$ を測定して、照明光の分光分布 $P(\lambda)$ とスペクトル3刺激値 $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ から式(2)を使って計算で3刺激値 X , Y , Z を求めるものである。

$$\begin{aligned} X &= \int P(\lambda)x(\lambda)\rho(\lambda)d\lambda \\ Y &= \int P(\lambda)y(\lambda)\rho(\lambda)d\lambda \\ Z &= \int P(\lambda)z(\lambda)\rho(\lambda)d\lambda \end{aligned} \quad (2)$$

測色色差計は3刺激値 X , Y , Z を直接測定するもので、その原理は人間が対象（試料）を見て色を知覚する過程と類似している(Fig. 8)。眼球に相当する積分球は試料からの拡散反射光を集めて受光器に導く役目を持ち、網膜にあるスペクトル3刺激値 $x(\lambda)$, $y(\lambda)$, $z(\lambda)$ の感度特性を有する3種類の視細胞に相当するものを色フィルタとフォトダイオードを組み合わせた受光器に置き換え、視神経を通じて大脳に伝達された刺激量は受光器により生じた出力に比例し、これが増幅器を経て X , Y , Z 値として表示される。

測色色差計は前述のように測色原理が人間の眼に似ており、小型でハンディな製品が多く、現場での使用に向いている。しかし、光源による条件等色（メタメリズム）を示す塗膜があるので注意が必要である。2種類の塗膜が自然日光の下では色が同じに見えても、白熱電球の照明下では違う色に見える場合がある。このように特定の光源下で色が一致しても、光源が変わると等色がずれる現象を光源による条件等色という。条件等色は顔料の種類の違い、すなわち、2種類の塗膜の分光反射率の違いによって起こるものである。したがって、このような塗膜の色を測定する場合は分光測色計を使う必要がある。

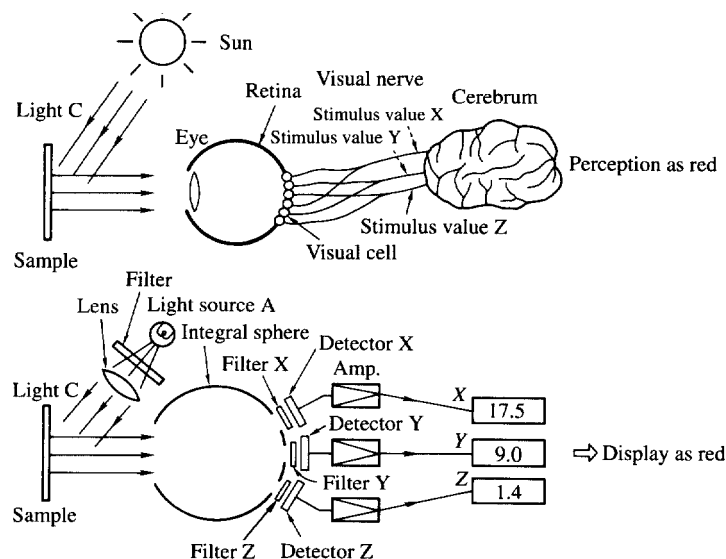


Fig. 8 Principle of color perception and color difference meter.

4.2.2 メタリック系塗膜の測色

メタリック系塗膜は2章で述べたように、ベース層に光輝材を含むため、その層内拡散反射光分布は異方性を示す。したがって、入射角、受光角が異なると色が違って見える現象、すなわち、幾何学的メタメリズムを示す。このようなメタリック系塗膜の測色には入射角、受光角が変えられる変角分光光度計が使われる。現在、Fig. 9に示す角度条件で分光反射率 $\rho(\lambda)$ を測定して式(2)から3刺激値 X, Y, Z を求めることが提案されている⁸⁾。

変角分光光度計は現場での使用に適していないため、これまでは目視による評価が主流であったが、最近、現場で利用できるハンディな測色色差計が開発された⁹⁾。照明・受光光学系として、-35度照明、2角度（ハイライト方向の25度、シェード方向の-95度）受光方式を採用している。

4.3 メタリック感の計測

メタリック感は塗膜中のアルミニウムフレークが光って見えることによる感覚で、キラキラ感、スパークル感、あるいは光輝感とも言われる。

計測法としては顕微光沢計で塗膜を走査して、反射光強度曲線を解析する方法が提案されたが、あまり普及していない。最近、レーザ式メタリック感測定器（ALCOPE）が開発され、徐々に普及しつつある。

顕微光沢計は試料面に特定の方向から光を入射させ、その反射光を対物レンズで受けて試料面の拡大像を作り、その像面上をスリット付きの受光器で走査して受光量を記録するものである。メタリック感の代用特性としてはFig. 10に示すような反射光強度曲線において、各ピークの山の高さ h 、谷の高さの平均値 l 、山と山の間隔の平均値 p を用いて

$$B = (D/p) \log(h/l) \quad (3)$$

と定義される B を用いる¹⁰⁾。ここで、 D は視距離で、一般に250mmとする。下塗りの色やアルミニウムフレークの寸法、混入量を変化させた33枚の塗板について目視によるメタリック感と式(3)による B 値を調べ、照明角度30度、受光角度16度するとき相関係数0.79を得ている。なお、このときの対物レンズの倍率は $\times 10$ 、受光器のスリットは $0.2 \times 1.0\text{mm}^2$ （走査方向は0.2mm）であり、空間分解能は走査方向が0.02mm、走査と直交方向が0.1mmである¹¹⁾。

レーザ式メタリック感測定器（ALCOPE）¹²⁾はレーザビームを45度で入射させ、クリア層表面での鏡面反射光を除いて最大光強度が得られる受光角-35度での信号出力 iv から

$$IV = K1 \times iv \quad (4)$$

により与えられる IV 値をメタリック感の代用特性とするものである。ここで、 $K1$ は係数である。 IV

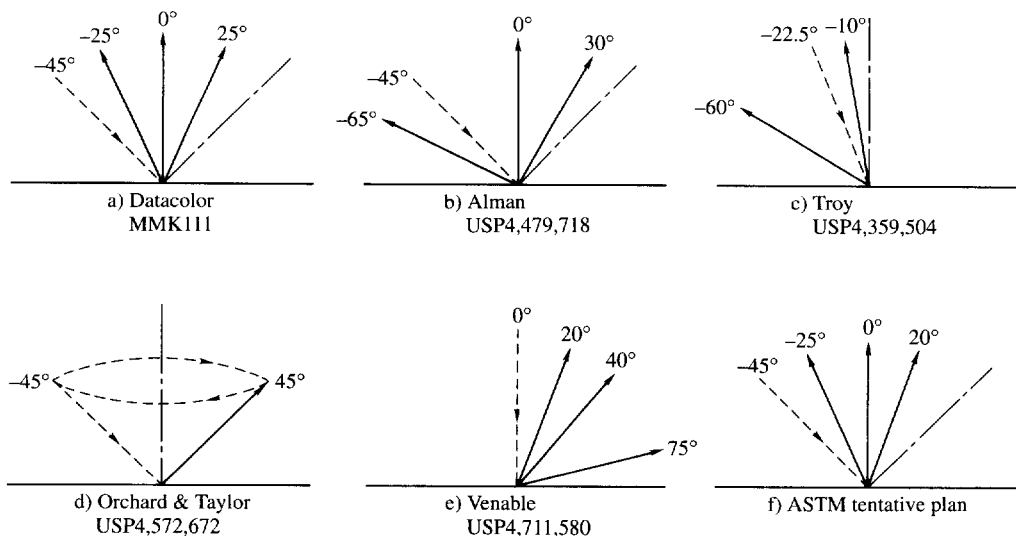


Fig. 9 Multi-angle colorimetry of metallic paint coatings.

値と目視評価との相関性をFig. 11に示す。目視評価は熟練者による一対比較法によって数値化されたもので、IV値と高い相関があることがわかる。

4.4 肉持ち感の計測

塗膜を見たときぼったりと厚く、やわらかく感じる場合肉持ち感があると表現される。最近、3次元粗さ計による表面粗さ波長をフーリエ変換したパワースペクトルで、肉持ち感を計量化する試みがなされている¹³⁾。黒色塗装試料を用い、一対比較法による肉持ち感評価点とパワー値(表面粗さ波長の振幅)の関係を調べた結果をFig. 12に示す。肉持ち感はパワー値と高い相関関係があり、ほぼパワー値で計量化できそうである。また、左側の塗装関係者と右側の一般ユーザでは、感じ方に顕著な差があることがわかる。すなわち、塗装関係者の肉持ち感が中波のパワー値に反比例するのに対し、一般ユーザの肉持ち感は長波のパワー値に正比例するという興味深い結果が得られている。しかし、これらは黒色塗装試料を使って、表面粗さと肉持ち感の関係を調べた結果であり、今

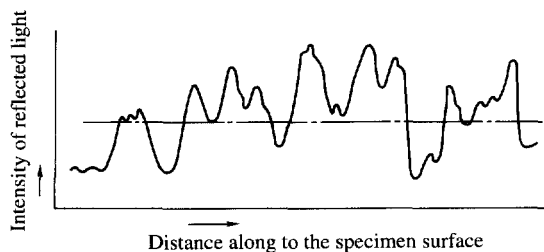


Fig. 10 Example of recorded curve by "Micro Lustermeter".

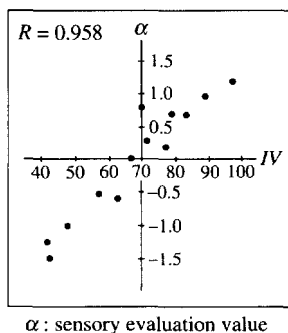


Fig. 11 Correlation between IV and sensory evaluation value.

後は色を変えた試料を使って色や光学特性との関係も調べる必要がある。

4.5 深み感の計測

美術品や工芸品の塗装の良さを表すのに "深みのある" という表現がしばしば使われる。最近、深み感を官能検査によって数量化し、物理量との関係を調べたり、巨視的な見え、微視的な見えに分けて解析、計量化することが行われている。

4.5.1 深み感の意味^{14, 15)}

深み感が工学的に扱える質感であるかを確認するために、深み感の意味構造や識別性などが調べられた。Fig. 13は多数のメタリック系塗板を使って意味弁別法による官能検査を行い、さらに因子分析を行って得られたメタリック系塗膜の意味空間構造である。これから評価用語 "深い" が彩度および明度と関係し、形状とはあまり関係しないこと、"吸い込まれそうな" を別にすれば、他の評価用語と区別されていることがわかる。Fig. 14は一対比較法による官能検査データを統計処理して得られた深み感尺度図で、これから試料55を除くと95%信頼区間の重なりがなく、有意差があることがわかる。すなわち、深み感は有意に識別できる質感であると言える。Fig. 15は塗料・塗装のエキスパートがどのように深み感を感じているかを調査した結果で、これから深み感は色と奥行き感で判断されていることがわかる。このことから、深み感の知覚過程はFig. 16のようであると考えられる。すなわち、人間は塗装面を見た場合色の見えから色を、光輝材の見えから奥行き感を感じ、さらに、色と奥行き感が複合されて深み感を感じていると考えられる。

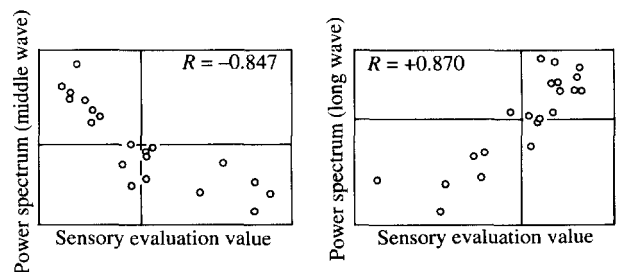


Fig. 12 Correlation between power spectrum and sensory evaluation value;
Left: paint expert, right: general user.

4.5.2 深み感と色の関係¹⁴⁾

深み感の大きい試料 (Fig. 14の試料26) と小さい試料 (Fig. 14の試料27) の変角分光反射率曲線をFig. 17に示す。曲線は波長 λ が460nm付近で最大となり、600nm付近で最小となるが、深み感が大きくなると最小値が下がる傾向が見られる。そこで、つぎに示す反射率曲線の特性値を説明変数

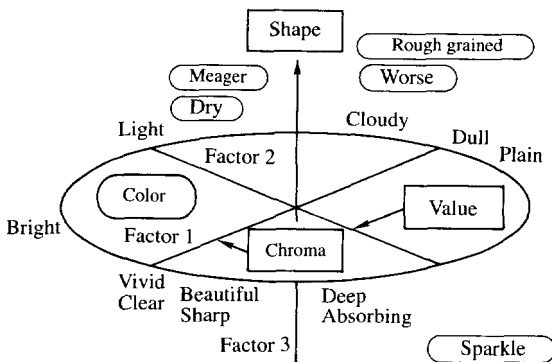


Fig. 13 Semantic space structure of metallic paint coatings;
○: Evaluation term doesn't concern with color.

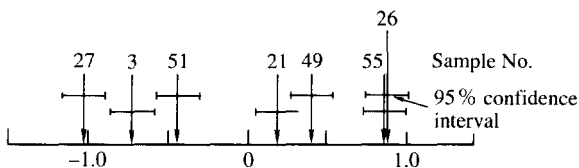


Fig. 14 Deepness intervals for metallic paint samples.

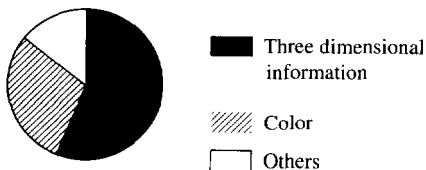


Fig. 15 Factors of deepness.

として重回帰分析を行い、Table 3のような結果を得ている。

最大値 ($\theta_r = 15^\circ, \lambda = 460\text{nm}$):A

最小値 ($\theta_r = 15^\circ, \lambda = 600\text{nm}$):B

シャープさ: $(A-B)/(A+B)$

角度依存性: $(A'-A)/(A'+A)$

ただし、 A' は $\theta_r = 25^\circ, \lambda = 460\text{nm}$ での最大値、 θ_r は受光角である。Table 3から最小値が減少すると、あるいは最大値が減少し、シャープさが増大すると、深み感が大きくなることがわかる。一方、試料の中央部を人工太陽灯で45度方向から照明し、正反射方向をはずした-35度方向からカラー写真撮影し、ハイライト部とシェード部の色を色彩色差計で測定し、つぎのような結果を得ている。すなわち、ハイライト部、シェード部の明度 L^* 、色度 a^*, b^* 、彩度 C^* と各部の差 $\Delta L^*, \Delta a^*, \Delta b^*, \Delta C^*$ を説明変数とする重回帰分析を行った結果、ハイライト部の明度が低く、ハイライト部とシェ

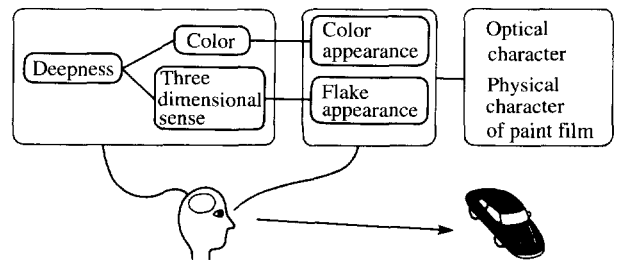


Fig. 16 Perception process of deepness.

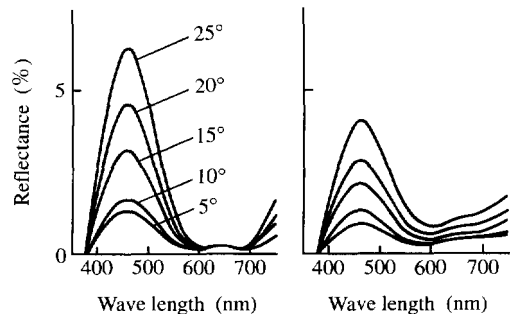


Fig. 17 Goniospectral reflectance for samples No. 26 (high deepness) and No. 27 (low deepness);
Left: No. 26, right: No. 27.

ード部の彩度差が大きいほど深み感が大きくなることがわかった。

4.5.3 奥行き感と光輝材の関係¹⁶⁾

塗膜中の光輝材はFig. 18に模式的に示すようにに大小様々な大きさに見え、それが2次元の平面であっても奥行きを感じる。それは、近くのもののは大きく、遠くのものは小さく見えるという経験則に基づいている。Fig. 18のように物体が奥行きをもって一様に存在する場合、観察点から ℓ の位置にある物体の見えの面積 S_l と個数 N_l は、 $S_l \propto 1/\ell^2$ 、 $N_l \propto \ell^2$ であり、観察範囲Aに占める面積率($S_l \times N_l$)/Aは ℓ によらず一定になる。すなわち、面積率が一定に近いほど奥行きを感じると考えられる。また、観察される物体の面積の最大値を $S_{\max}$ 、最小値を $S_{\min}$ とすると、 $S_{\max} - S_{\min}$ が大きいほど奥行きを感じると考えられる。そこで、光輝材の見えから計算した「面積率の変化量」と「面積の差」を奥行き感の評価値として用い、Fig. 19のような結果を得ている。これは色をグレーに固定し、光

輝材の見えを変化させた12枚の試料について一対比較法による奥行き感評価値と前述の2つの評価値の関係を調べたものである。各試料は左上から右下にかけて奥行き感評価値の小さいものから大きいものの順にならんでいることがわかる。すなわち、奥行き感は光輝材の「面積率の変化量」と「面積の差」で定量化できることがわかる。

5. おわりに

欠陥検査と質感計測について今後の展望も含めてまとめることにする。

欠陥は発生しないようにできれば検査する必要がなくなる。しかし、今後の技術の進歩により、でこ、へこ、たれ、はじきなどは発生しないようにできるかもしれないが、ぶつの発生を防ぐことは難しいと思われる。ぶつを発生しないようにするためには、塗装ラインを半導体IC工場並のクリーンルームにする必要があるが、それは経済的に成り立たないと予想される。欠陥の発生が防止できない限り検査しなければならないが、自動車の

Table 3 Multiple regression analysis.

Factor	Standard regression coefficient	
Maximum	—	-0.5882**
Minimum	-0.962**	—
Sharpness	—	0.584**
Angle dependency	—	—
Multiple correlation coefficient	0.962	0.997

** 1% significant

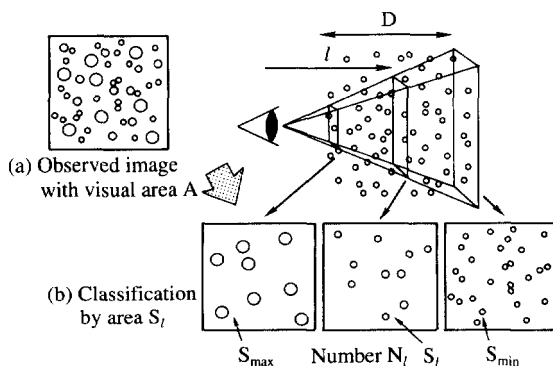


Fig. 18 Perspective model.

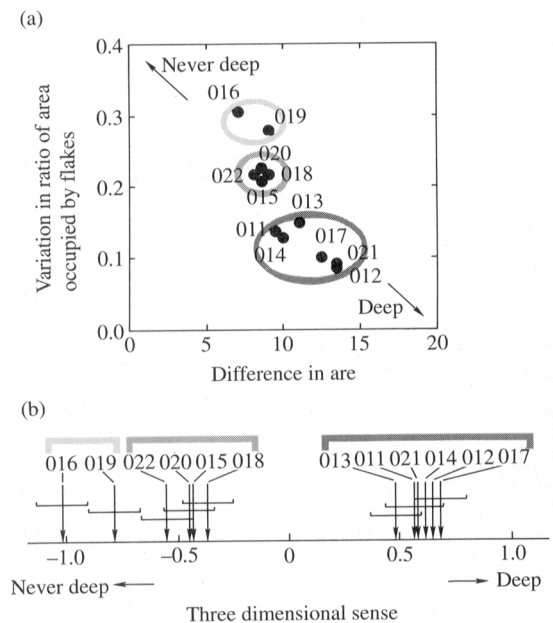


Fig. 19 Example of analyzed results (a) and sensory evaluation results (b).

塗装欠陥検査の特徴は 多種・多様な欠陥検査, 希薄な欠陥検査, 複雑な形状物体に発生した欠陥の検査, 高速欠陥検査, であり, 完全な自動検査は技術的には可能でも経済的には難しいと予想される。将来, ぶつ以外の欠陥の発生が抑えられ, ぶつだけを, たとえば, つきやすい部位に限定して検査すれば良い状況になれば, 自動検査化が進むものと予想される。

質感の計測は欠陥検査という性格よりも質感向上塗料・塗装技術の開発に必要なものである。しかし, 質感向上技術が開発され, それが号口化された場合は質感レベルの管理のためにも必要になってくる。質感のうち光沢と平滑性は古くから取り上げられ, その計測技術も進み, すでに多数の解説があるので割愛した。本報ではすり傷性, 色, メタリック感, 肉持ち感, 深み感の計測を取り上げたが, いずれもまだ, いくつかの課題を抱えており, 今後の研究の進展が待たれる。たとえば, すり傷性は, すり傷発生前後の明度差や明度コントラストで計測されているが, まだ, 目視との相関が十分ではなく, 今後は色相コントラストや彩度コントラストの併用も検討する必要がある。

メタリック系塗膜の測色は変角分光光度計で行われるが, 現場では目視評価が主流であった。最近, -35度照明, 2角度受光方式の測色色差計が開発されたので, 今後は現場でも計器による測定が行われるようになると思われる。

光輝材がアルミフレークのときのメタリック感レーザ式メタリック感測定器で測定しても問題がないだろう。しかし, 光輝材がマイカやMIO (Micaceous Iron Oxide) のときのキラキラ感まで評価できるかは疑問である。アルミは可視域でほぼ一定の反射率を有しているので, 単色光のレーザを照射するレーザ式メタリック感測定器で問題ないが, マイカやMIOによるキラキラ感は白色光で照明したときの干渉で起きるものであり, レーザ式メタリック感測定器では測定できないだろう。今後, 白色光で照明するキラキラ感測定器の開発をする必要がある。

肉持ち感と深み感の計測のうち, 深み感の計測はかなり進んだが, これからは肉持ち感の計測の進展が待たれるところである。

参 考 文 献

- 1) 松田守弘: "自動車塗装品質の計測", 計測と制御, 23-3(1984), 312
- 2) 森田操: "塗膜鮮映性の評価法", 鉄と鋼, 77-7(1991), 217
- 3) Masato, M: "Development of Automatic Coating Defect Sensor by Image Processing", Proc. Conf. 22th Int. Symp. on Automotive Technology and Automation, (1990), 125, ISATA
- 4) 西山徹, 窪田弥: "塗装表面検査視覚ロボットの開発", 日本機械学会論文集(C編), 53-490(1987), 1287
- 5) 松田守弘, 久保田毅: "塗膜のスリ傷性評価法", 塗装工学, 27-9(1992), 434
- 6) 山中雅彦, 浅輪達治: "塗膜の傷付き評価法の開発", 自動車技術, 42-11(1988), 1420
- 7) 茶木清: "色の測定", 色材, 57-10(1984), 558
- 8) 馬場護郎: "メタリックとパールマイカペイントの測色", 色材, 63-9(1990), 541
- 9) 服部寛, ほか5名: "メタリック塗装の測色方法", 第9回色彩工学コンファレンス予稿集, (1992), 11
- 10) 分田槌男, ほか11名: "メタリック感の計測方法", 色材, 43-8(1970), 376
- 11) 沢路雅夫: "つやの質についての一考察", 応用物理, 29-11(1960), 789
- 12) 竹内徹, 寺沢秀夫: "メタリック塗膜の定量的評価および測定装置について", 第10回塗料・塗装技術総合研究発表会要旨集, (1992), 42, 日本塗装技術協会
- 13) 田畑洋, ほか4名: "自動車の塗膜質感評価方法", 自動車技術, 44-4(1990), 16
- 14) 服部寛, ほか5名: "塗膜深み感の解析", 塗装工学, 28-5(1993), 168
- 15) 服部寛, ほか6名: "自動車の塗装における深み感の定量化とその形成因子", 自動車技術会学術講演会前刷集, (1992), 149
- 16) 鈴木敬明, ほか5名: "塗装深み感の解析II", 第11回塗料・塗装技術総合研究発表会要旨集, (1993), 51

著 者 紹 介



松田守弘 Morihiro Matsuda

生年: 1941年。

所属: システム2部。

分野: 光応用計測。

学会等: 応用物理学会, 日本光学会, 計測自動制御学会, 日本塗装技術協会, The International Society for Optical Engineering 会員。
1988年日本塗装技術協会「技術賞」受賞。
1990年モエヘネシ・ルイヴィトン国際科学賞「優秀賞」受賞
工学博士。