

© 1991 ISIJ

塗膜鮮映性の評価法

解説

森 田

操*

Evaluation Method for Distinctness of Image of Coated Surface

Misao MORITA

1. はじめに

塗膜の主要な機能の一つである美観の付与は、感性の時代といわれる昨今においては、ますます重要となっていきる。

塗装面の感性品質に対する、多様化、高度化する要求に応えるため、最近ではパール顔料を始めとする種々の新しい材料が使用され、新しい意匠性を持った塗装が増大している。

塗装面の外観品質が多様化、高度化するのに伴い、塗装外観の評価尺度も多様化し、さまざまな表現がなされており、それらの心理物理的解析も始まっている^{1)~3)}。しかしながら現状ではそれらの評価は、多分に感覚的、主観的なものが多い。これらの外観品質を、工業的につくりだしていくためには、多様な感覚表現を与える物理的特性を明らかにして、その定量化手法を開発すると共に、そのような物理的特性の発現に寄与する塗料物性、塗装法、塗膜物性を明らかにする必要がある。

本稿では塗膜の外観品質、特に上記心理物理的解析においても、外観評価においても重要な特性であることが明らかになっている鮮映性について、その物理的意味あい、測定法、表面形状との関連等について解説する。

2. 塗膜の鮮映性

2・1 塗膜からの光反射特性

塗膜の外観特性は、対象面からの反射光の分布状態により決まるから、塗膜面からの光反射特性を考えることが重要である⁴⁾⁵⁾。図1にソリッド塗膜面からの光反射特性モデルを示す⁶⁾。ソリッド塗膜の場合、反射光は大きく三つの部分にわけることができる。一は塗膜表面より Fresnel の法則に従って反射する正反射光であり、その強度は塗膜表面材質（通常は塗膜ビヒクル）の屈折率によって決まる。そして、その方向は塗膜表面の凹凸があればその傾きに応じて変動する。二は塗膜表面の、

光の波長オーダーの微細な凹凸による Fresnel の法則に従わない、広い範囲に広がる散乱光である。これは現在の自動車上塗り塗膜のような高い外観品質を持つ塗膜においては、無視しうると考えてよいレベルになっている。三は塗膜内部に進入し、塗膜内部の顔料粒子による波長選択性反射や吸収を受けてスペクトルが変化（着色）する光である。そしてこの光は、ランダムに存在する不定形の顔料粒子によってあらゆる方向に散乱されて塗膜外にでてくる。最近の自動車上塗り塗膜のような高光沢の塗膜はほぼこの光反射モデルに従っている⁵⁾⁷⁾。

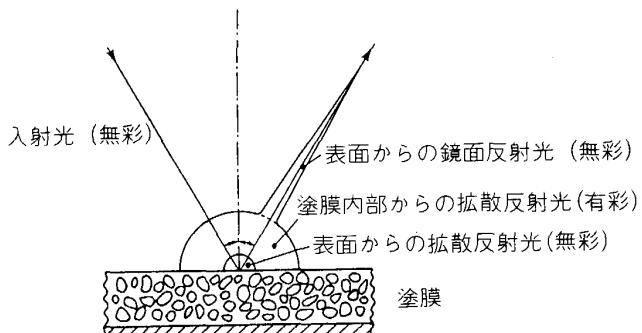


図1 ソリッド塗膜からの光反射特性

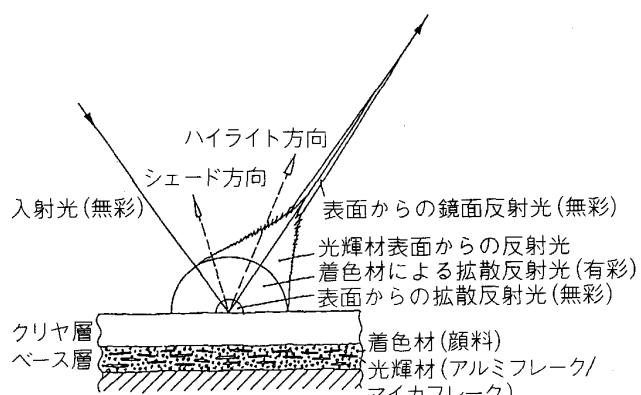


図2 メタリック塗膜からの光反射特性

平成3年1月21日受付 (Received Jan. 21, 1991) (依頼解説)

* 日本ペイント(株)中央研究所第5研究室室長 (Research Center, Nippon Paint Co., Ltd., 19-17 Ikedanakamachi Neyagawa 572)

Key words : painting ; texture ; measurement ; surface analysis ; coated surface ; gloss ; distinctness of image ; image clarity ; surface profile.

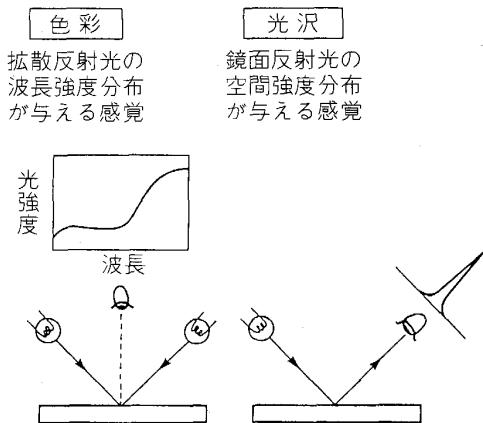


図3 色彩と光沢の評価

図2にメタリック塗膜からの光反射特性を示す^{6)8)~10)}。塗膜表面からの正反射光や散乱光、塗膜内部からの着色散乱光はソリッド塗膜の場合と同様である。それらにアルミフレーク表面で反射されて、アルミフレークの配向状態に応じた分布をもって広がる光が加わっている。従って、ソリッド塗膜の場合と異なり、正反射方向以外の方向でも、観察の方向により、アルミフレーク表面から反射した金属光沢光と、着色拡散光の混合状態が異なるために異なる色に見える。

2.2 色彩と光沢

塗膜外観(Appearance)についても種々の解説があるが^{11)~15)}、塗膜面の外観品質を考える場合、その特性は次の二つに大別できる。

①色彩 光の波長スペクトル分布に基づく特性

②光沢 光の空間強度分布に基づく特性

図3に色彩と光沢の意味合いと観察条件を示す。色彩の場合は塗膜表面からの強い正反射光が入らない状態で評価する必要があるが、光沢の場合は逆に、正反射光も含めた反射光の強度や広がりを評価する必要がある。

2.3 光沢と鮮映性

光沢を評価するためには、反射光の空間的強度分布を評価する必要があるが、これは3次元的に広がっている分布であり、これを特徴づけるためには種々の方法が考えられる。HUNTERは光沢の評価尺度として表1に示す次の6種を提案している¹¹⁾¹²⁾。

①鏡面光沢(Specular gloss)

正反射光の強度(入射角度が比較的小さい場合)を評価。中光沢面に適用。

②シーン(Sheen)

正反射光の強度(入射角度が比較的大きい場合)を評価。低光沢面に適用。

③対比光沢(Contrast gloss)

正反射光強度と拡散反射光強度の比を評価。低光沢面に適用。

④Absence of bloom gloss

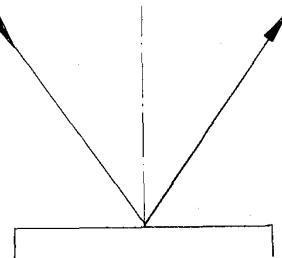


図4 理想的な鏡の光反射特性

正反射方向近傍の反射光の少なさを評価。高~準高光沢面に適用。

⑤像鮮明度光沢(Distinctness of image gloss)

正反射方向近傍の反射光の変化の程度を評価。高光沢面に適用。

⑥表面均一性光沢(Surface-uniformity gloss)

中~高光沢面に適用。

一般的に「物体像が、どれだけ鮮明に、かつ正確に写るか」という概念は、鮮映性、鮮明性、(写)像鮮映性、(写)像鮮明性、写像性などのさまざまな表現がなされているが、本稿では鮮映性という表現で統一することにする。

本文の主題である鮮映性は概念としては、HUNTERの分類では像鮮明度光沢に相当すると考えられる。

2.4 鮮映性と光反射モデルとの関係

鮮映性を前述の定義に従い、表面の「鏡性」(「鏡」としての性能)と考え、理想的な鏡の光反射モデルを考えてみる。

図4に示す理想的な表面鏡の光反射モデルにおいては、反射光は、Fresnelの法則に従う正反射光があるのみで、図1のソリッド塗膜面の光反射モデルとの対比で示せば、鏡面反射光の方向の変動による鏡面反射光の広がりがなくなり、塗膜表面からの広範囲に広がる散乱光と、塗膜内部からの顔料粒子からの散乱光がなくなった状態と言える。

逆に言えば、次の三つが鮮映性低下の原因となる。

①正反射光の広がり

写った像の歪み(Image distortion)の原因となる。ゆず肌と表現される現象がこの典型。

②塗膜表面からの広範囲に広がる拡散反射光

写った像の曇り感(Cloudiness)、ぼけ感(Haze)の原因となる。

③塗膜内部からの広範囲に広がる拡散反射光

写った像の曇り感(Cloudiness)ぼけ感(Haze)に影響するが、この光は顔料を使って色彩を与えるという点で、ゼロにすることはできない。

一般的に黒色塗膜をはじめとする濃色が、白に代表される淡色に比較して高鮮映性を示すのはこの光が少ないためである。

表 1 HUNTER による光沢の分類

Six types of gloss

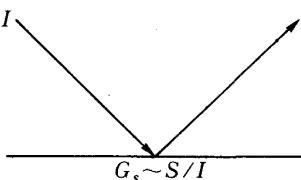
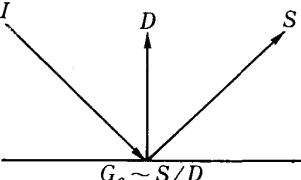
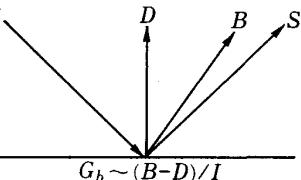
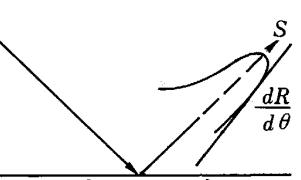
Types of gloss	Visual evaluation	Reflectance function	Types of surfaces
Specular gloss	Shininess, brilliance of highlights		Medium-gloss surfaces of book paper, paint, plastics, etc.
Sheen	Shininess at grazing angles		Low-gloss surfaces of paint, paper, etc.
Contrast gloss or luster	Contrast between specularly reflecting areas and other areas		Low-gloss surfaces of textile fiber, yarn and cloth, newsprint, bond paper, diffuse-finish metals, hair, fur etc.
Absence-of-bloom gloss	Absence of haze, or milky appearance, adjacent to reflected highlights		High- and semigloss surfaces in which reflected highlights may be seen
Distinctness-of-image gloss	Distinctness and sharpness of mirror images		High-gloss surfaces of all types in which mirror images may be seen
Surface-uniformity gloss	Surface uniformity, freedom from visible nonuniformities such as texture	Not a function of reflectance	Medium-to-high-gloss surfaces of all types

図2のメタリック塗膜からの場合は、ソリッドの場合に比較して、塗膜内のアルミ片やマイカ片表面からの強い反射光があり、その反射光がアルミ片やマイカ片の配向状態に応じた分布を示す。従って、メタリックは一般的にソリッドに比べて鮮映性は低下する。

3. 鮮映性の測定法

塗膜面に「物体像が、どれだけ鮮明に、かつ正確に写るか」という概念に基づいた測定法として、何らかの像を塗膜に写して、その像の歪みやぼけの程度を評価する方法があり、ふるくから種々の方法が行われている。

①大きさの異なる文字の像の読み取りによる方法

この方法に属するものとしては、大きさの異なる文字の読み取りによる PJA gloss box 法¹⁶⁾、塗膜面に書いた文字の読み取りが可能となる、文字板と塗膜面との距離により評価する方法¹⁷⁾などがある。

最近よく使われている方法として、大きさの異なる文字の読み取りによる PGD 計¹⁸⁾¹⁹⁾がある。

PGD 計の構成とテストパターンを図5に示す。

②大きさの異なる幾何学的模様の像を読み取る方法

これに属する方法には、大きさの異なる C 形リング (ランドルト 環: Landolt ring) の読み取りによる方法²⁰⁾²¹⁾、細かさの異なるストライプパターンの読み取りによる方法²²⁾、格子パターンを用いる方法^{23)~25)}等

がある。

最近よく使用されているものに、ストライプパターンの像をインスタント写真にとり評価する Tension-meter がある。これは写真を記録として保存しておくことが可

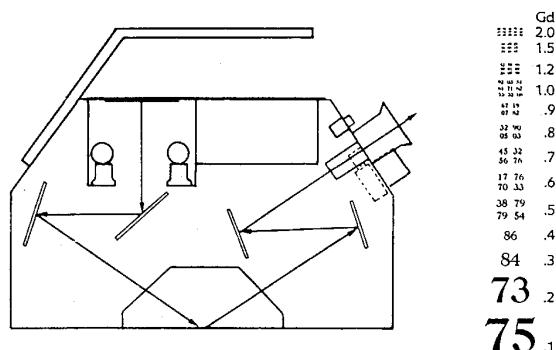


図 5 PGD 計の構成とテストパターン

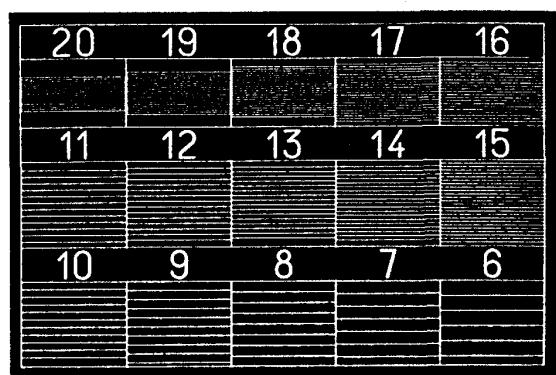
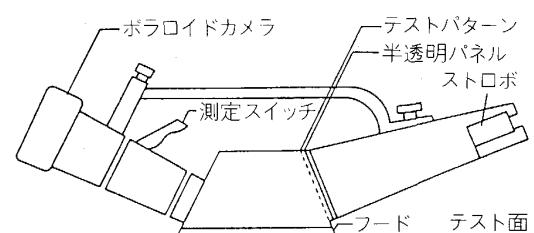


図 6 Tension-meter の構成とテストパターン

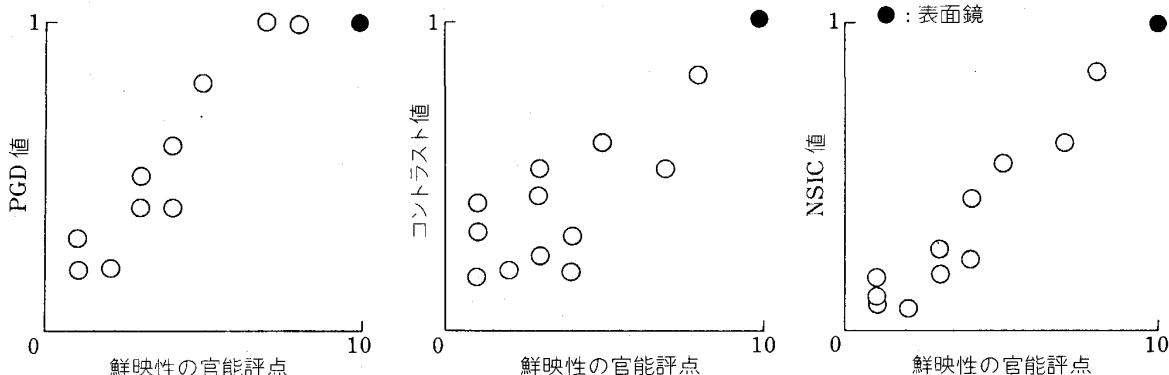


図 7 各種の鮮映性評価法と目視評価との対応(1)

能である。Tension-meter の構成とテストパターンを図 6 に示す。

上述の①、②の方法は、鮮映性の概念に素直に従った簡便な方法であり、一部の方法は現在でも使用されているが、その判定は測定者の目視によっているため、測定者の視力や判定基準の違い、身体的状態等によって左右される主観的なものであるという点で問題がある。また、ぼけやゆず肌による形の歪みのいずれも文字やパターンの識別低下の原因となるため、識別が低下した場合、その低下が、いずれによるものかを区別することは難しい。

PGD 計については、目視評価との対応がいくつか報告されているが、高光沢領域での感度が落ちることが報告されている^{26)~28)}。一例を図 7 の PGD 計のデータに示す。

そこで、鮮映性を物理的な値として測定しようとする試みがなされてきた。

③正反射光強度と正反射方向近傍の反射光強度とで評価する方法

蓮沼らは、正反射方向から 1° ずれた方向の反射光量が高光沢塗膜で目視とよい相関があることを示している²⁹⁾。

また、内田らは受光器の絞りを変えて測定した正反射光強度と、正反射光を含み正反射光近傍の反射光も含んだ光強度との比が目視評価とよく相関することを示している³⁰⁾。

この方法に属する評価法として、比較的早い時期に、試料面による反射を介して結像したスリットの像をアナログ的に微分して求め、スリット像の明部から暗部への最大勾配により、鮮映性を評価する方法が試みられている³¹⁾³²⁾。

また、最近比較的よく使われているものにドリゴン(Dorigon)がある³³⁾³⁴⁾。ドリゴンの測定光学系を図 8 に示す。鮮映度値(Distinctness of image, D/I 値)と、ヘイズ値(Narrow angle haze, H₂ 値)は次式で示される。

$$D/I = 100 (R_s - R_{0.3}) / R_s$$

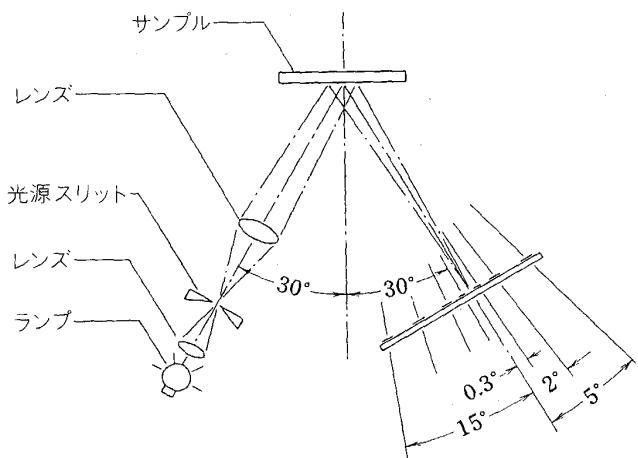


図 8 Dorigon の測定光学系

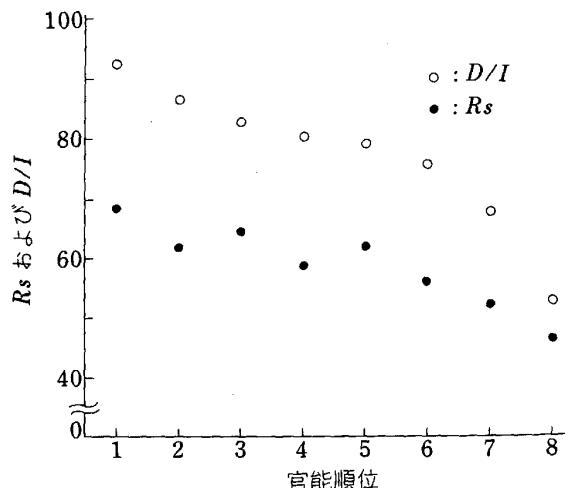


図 9 塗膜の官能順位とドリゴンによる測定値との関係

$$H_2 = 100 (R_2 / R_s)$$

ただし

R_s : 正反射光強度

$R_{0.3}$: 正反射方向から 0.3° ずれた方向の反射光強度

R_2 : 正反射方向から 2° ずれた方向の反射光強度

松田らはドリゴンによる測定値と目視評価結果との関係を報告している³⁵⁾。それを図 9 に示すが、ある程度以上の高光沢面になると、 R_s だけでは優劣がつきにくく、順位相関が悪くなるが、 D/I 値によればそのような問題がなく評価が可能となるとしている。

④ナイフエッジパターン像の明部と暗部の境界部の光量の変化率により評価する方法

松田らは図 10 に示す光学系を用いて、ナイフエッジパターンの像をつくり、像の明部と暗部の境界部の勾配(スロープ)で評価する装置(グロステスター)を開発している^{35)~43)}。図 10 中の測定視野 A_m や浮き上がり量 Δb を、塗膜面のうねりの波長や曲率半径との関係に

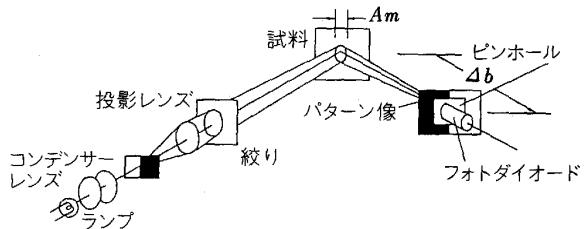


図 10 グロステスター測定原理

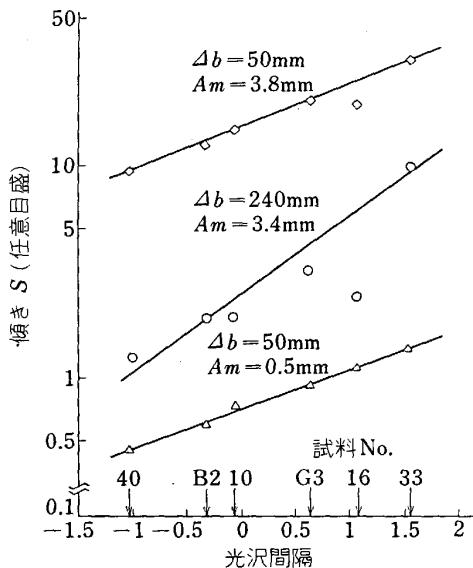


図 11 グロステスター値(スロープ)と光沢官能値との関係

おいて適切に設定することにより、ゆず肌によるうねりの影響を受けることなく、ぼけ感を高感度に検出することができることを報告している。また矩形波格子(ストライプ)パターン像の、コントラストにより評価する方法も同時に検討しているが、像のぼけを検出するのはストライプパターン像のコントラストよりも、ナイフエッジパターン像の勾配のほうが検出感度が高いことも報告している。ストライプパターン像のコントラストは次式で求められる。

$$C = \frac{E_P - E_B}{E_P + E_B} \times 100$$

ただし E_P : 明部の光強度

E_B : 暗部の光強度

図 11 にグロステスター値(スロープ)と光沢官能値との関係を示す。

STAPLETON もこの方法に属する測定器を開発している⁴⁴⁾⁴⁵⁾。図 12 に測定光学系を、図 13 に測定原理を示す。鮮映度は光強度が最大値の 25% から 75% まで上昇する時間(勾配)によって評価される。また同時に、図中の斜線で示す部分の面積が鏡面光沢度とよく対応していることも示しており、鮮映度と鏡面光沢度の同時測定が可能としている。図 14 に、従来の鏡面光沢度と本測定

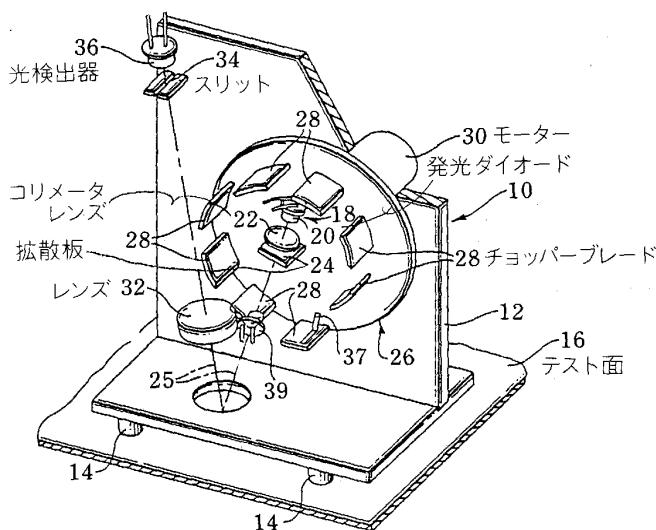


図 12 鮮映度測定光学系

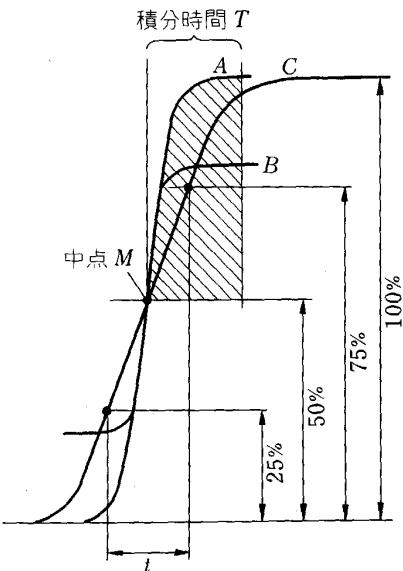


図 13 鮮映度と鏡面光沢度の測定原理

法による鏡面光沢度との関係を示す。図 13において A と B は同等の鮮映度を持ち、C はそれより劣る。また、鏡面光沢度は A が最もよく、B と C はほぼ同程度である。

⑤ストライプパターン像のコントラストにより評価する方法

この方法に属するものとして、図 15 に示す装置が開発されている²²⁾。スリットの像画で光学クシを移動させて光学クシを通過してきた光強度を検出して矩形波パターンを得、その明部と暗部の光強度からコントラストを求めるものである。本方法はアルミニウムやアルミニウム合金の陽極酸化皮膜及びプラスチックの写像性試験方法²⁴⁾⁴⁶⁾として規格化されており、写像性測定機として市販されている。塗膜に適用する場合、ぼけやゆず肌による歪みのいずれもコントラスト低下の原因となるため、コントラストが低下した場合、その低下がいずれの原因によるものかを区別することは難しい。

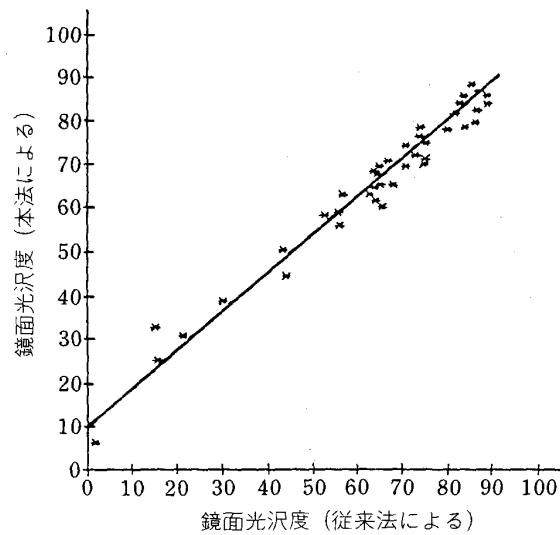


図 14 従来の鏡面光沢度との関係

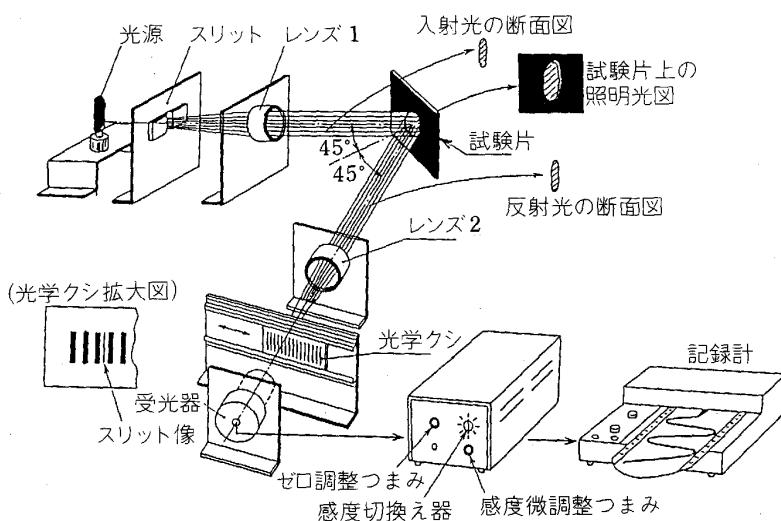


図 15 鮮映度測定原理

⑥ストライプパターン像の波形解析による方法

筆者らは、対象塗膜面による反射を介して結像したストライプパターン像の波形の変化に着目し、それをフーリエ解析することにより、塗膜のぼけとゆず肌を同時に評価する方法を提案し、測定機（NSIC 計）を開発した^{26)~28)47)~51)}。本測定機はスガ試験機(株)により製造販売されており、NSIC は Nippon paint, Suga test instruments, Image Clarity の略称である。

図 16 に NSIC 計の光学系原理図を示す。微細なストライプパターンを、対象塗膜面による反射を介して拡大結像した場合、その結像の光強度分布は、塗膜表面の鮮映性の違いにより、種々の分布を示す。対象面に鏡面光沢の基準板として使用されている黒ガラス板を用いた場合の結像分布を基準分布として考えると、対象塗膜面の鮮映性が低下した場合の結像の光強度分布の変化は、図 17 に示すようになる。このように単純な波形の場合は、鮮映性は大きく次の二つのパラメーターで評価できると考え、これら二つのパラメーターを定量化するために、結像波形をフーリエスペクトル解析し、像のコントラストを代表する NSIC* 値と、像の形の歪みの無さを代表する NSIC 値とを求めている。

[1]像のコントラスト（コントラスト低下）

ぼけの少なさを代表（像のぼけ感を代表）

光強度分布

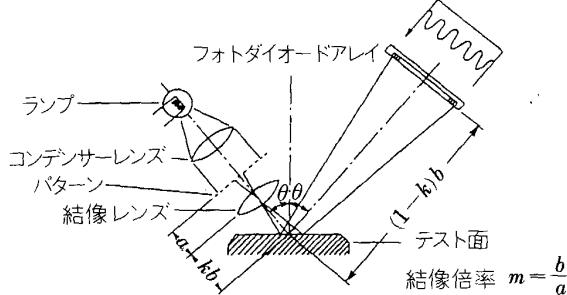


図 16 NSIC 計光学系

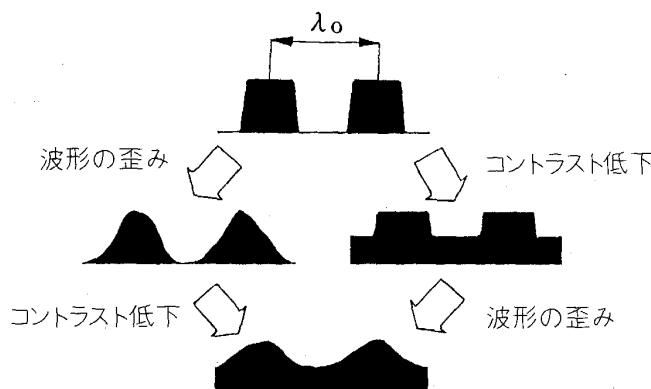


図 17 ストライプパターンの結像波形

NSIC* 値

結像波形のパワースペクトル（DC 成分で基準化）の基本周波数における平方根と、黒ガラス基準板のそれとの比（% 表示）

$$\text{NSIC}^* = \frac{(\sqrt{P} \nu_0)}{(\sqrt{P} \nu_0)_{\text{B.G.}}} \times 100$$

ただし $\nu_0 = 1/\lambda_0$

B. G. : 黒ガラス基準板

[2]像の形の歪みの無さ（形の歪み）

平滑性を代表（ゆず肌を代表）

形の矩形波への近似度（矩形波からの乖離度）

NSIC 値

ベースライン強度を減じた結像波形のパワースペクトル（DC 成分で基準化）の基本周波数とその 3 倍の周波数との和と、黒ガラス基準板のそれとの比（% 表示）

$$\text{NSIC} = \frac{(\sqrt{P} \nu_0 + \sqrt{P_3} \nu_0)}{(\sqrt{P} \nu_0 + \sqrt{P_3} \nu_0)_{\text{B.G.}}} \times 100$$

ただし $\nu_0 = 1/\lambda_0$

B. G. : 黒ガラス基準板

図 18 に NSIC*, NSIC 値による各種塗膜面の 2 次元的評価結果を示す。色によるコントラスト（NSIC* 値）の違い、ソリッドとメタリックの違いなどがよく表れている。

また、筆者らは、「ぼけ感」と「ゆず肌感」との双方の影響をうける測定光学系と、「ゆず肌感」の影響を受けない測定光学系との、2 種類の測定光学系を用い、光学レンズ等の結像性能評価にふるくから用いられている MTF (Modulation Transfer Function: 変調伝達関数) を反射系で測定して、鮮映性を評価する方法を検討し、像の「ぼけ感」と「ゆず肌感」とを分離して解析するのに有効な方法であることを明らかにした⁵²⁾⁵³⁾。

各種の鮮映性の測定法について紹介してきたが、これ

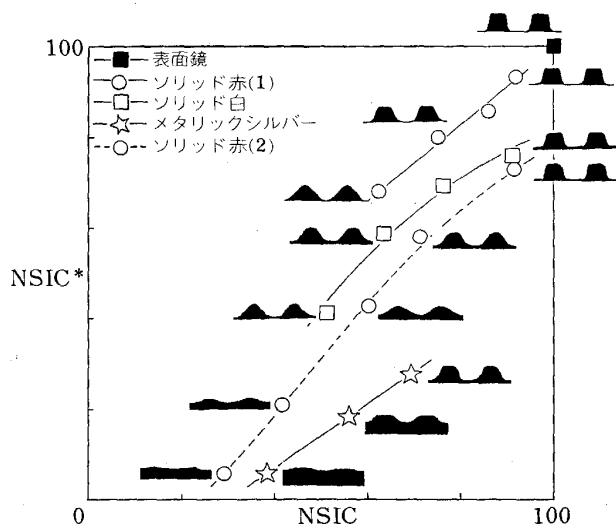


図 18 NSIC*, NSIC 値による 2 次元的評価

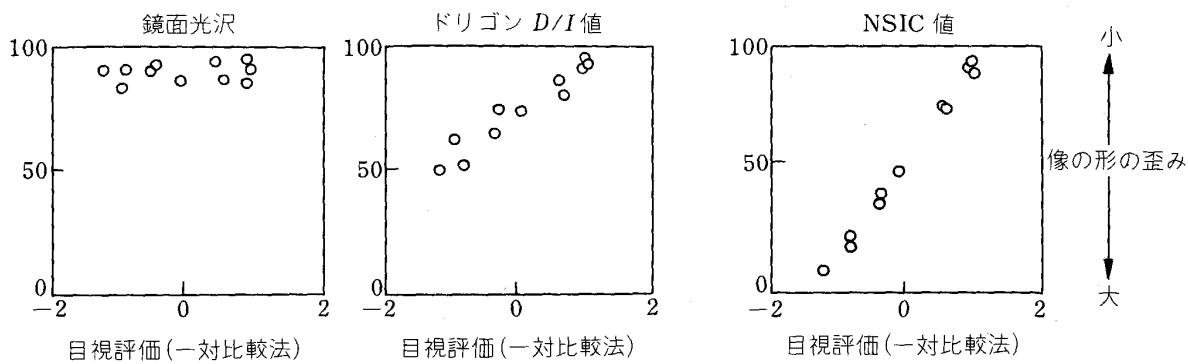


図 19 各種の鮮映性評価法と目視評価との対応(2)

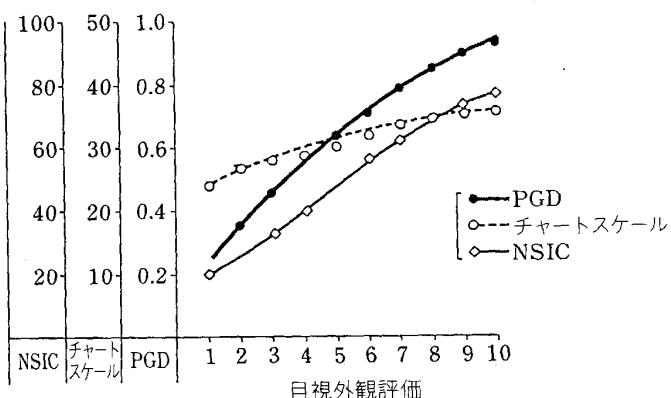


図 20 各種の鮮映性評価法と目視評価との対応(3)

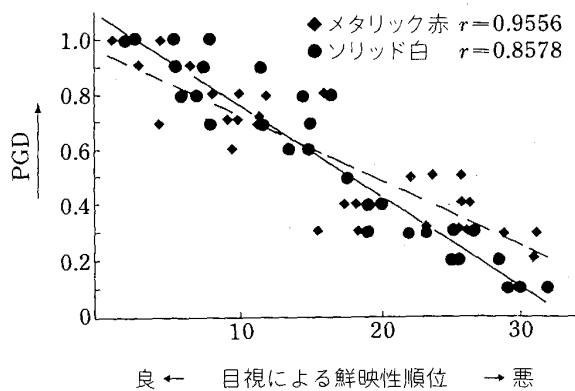


図 21 PGD 値と目視評価との関係

ら各種の測定法について、同一の自動車用上塗り塗膜を試料として比較した一例を、図 7^{26)~28)}、図 19⁵⁴⁾に示す。自動車上塗りのような高度な外観の比較には、従来の鏡面光沢は使用できず、ドリゴンも NSIC 値に比べて感度が十分とは言えない。遠山らも鏡面光沢値、NSIC 値、NSIC* 値と目視評価との関係を検討して、同様のこと報告している⁵⁵⁾。

小松らはストライプパターンを用いる目視評価(チャートスケール)、PGD 計、NSIC 値と目視外観評価との相関性を図 20 のように報告している⁵⁶⁾。

また、田中は、上述した各種の鮮映性評価法のいくつ

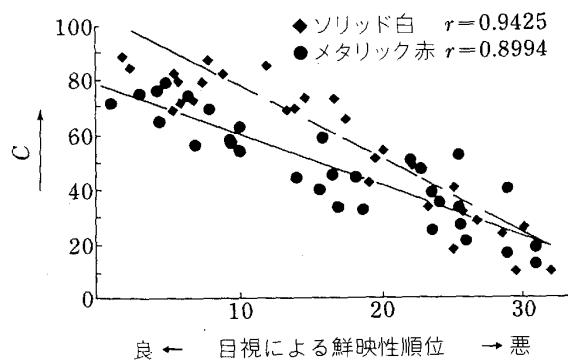


図 22 鮮映度測定機 C 値(スリット 0.5 mm)と目視評価との関係

かについて、目視評価との相関や、各評価法による測定値について比較検討した結果を報告している⁵⁷⁾⁵⁸⁾。図 21 に PGD 値と目視評価値との対応を、図 22 に鮮映度測定機 C 値と目視評価値との対応を示す。

4. 鮮映性と塗膜表面形状との関係

4.1 塗膜表面形状の分類

2.4 項で述べたように、塗膜表面からの正反射光の広がりや拡散反射光の量が鮮映性に影響するが、これらはいずれも塗膜の表面形状に関係している。

表面形状が光反射特性、さらには鮮映性など外観に与える影響は、塗膜面における形状の波長域によって異なっており、表面形状と外観との関係を考える場合にはこのことを考慮する必要がある。さらにそれら表面形状が人に与える感覚や、表面形状の形成される原因をも考慮すれば、次のように分類整理することができる⁵⁹⁾⁶⁰⁾。

①短波長(波長数 10 μm 以下)域

目視では形状認識できず、光沢の低下や、塗膜面に写った物体の像のコントラストの低下のような光学的特性として認識される。

②中波長(波長数 10~数 100 μm)域

乾燥硬化時の樹脂収縮により発生するような、比較的小さい形状で、近くでは形状認識ができ、微小肌、ウジ感、ムジ感のような表現がなされている。

③長波長（波長数 100 μm～数 mm）域

スプレー塗装時のゆず肌に代表される比較的大きな形状で、塗膜面に写った物体の像の形の歪みとしても認識される。

4・2 表面形状の測定法

表面形状の測定法は接触式と非接触式の二つに大別される。接触式はダイヤモンド触針で表面を走査するもので、現在では測定倍率が 10 万倍程度のものが一般的であり、また非接触式には、光切断法、光点変位法等を利用したものがある。塗膜面の測定には、測定範囲と測定倍率の点で、多様な測定が可能な触針式が多く利用されている。

塗膜表面は自由表面として形成されるため、一般に種々の波長の波成分を含んでいる。塗膜外観との関係を考える場合には、4・1 項で述べたように、波長域に分けて評価する必要がある。この意味では、従来の表面形状の評価に用いられている、各種の粗さパラメーター（中心線平均粗さ R_a 、10 点平均粗さ R_z 、2 乗平均粗さ R_{rms} 、2 乗平均平方根粗さ σ 等）や、うねりパラメーター（中心線平均うねり W_a 等）だけでは不十分である。このために、塗膜表面の断面曲線を周波数解析し、断面曲線のパワースペクトルと、塗膜外観との関係が検討されていることが多い。^{1)～3) 59)～62)} 図 23 に塗膜表面断面形状と

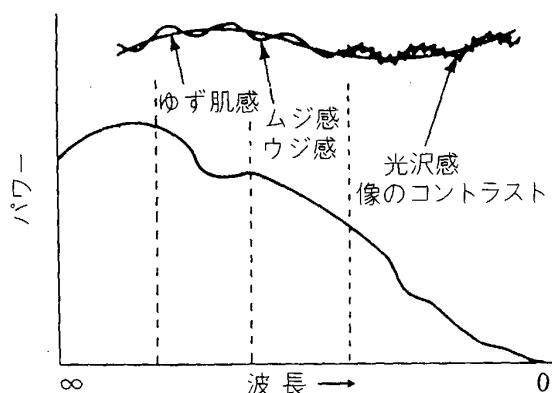
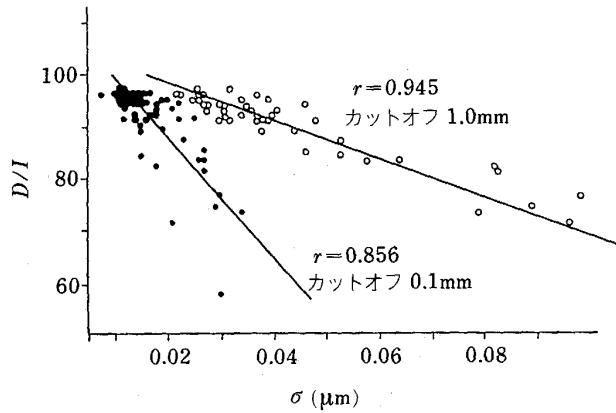


図 23 塗膜表面断面形状とそのパワースペクトル

図 24 表面粗さとドリゴン D/I 値との関係

そのパワースペクトルとの関係を示す^{59) 60)}。

4・3 塗膜表面形状と鮮映性との関係

中道ら⁶³⁾は赤色のソリッド塗膜を試料として、ドリゴンによる鮮映度値 (D/I)、写像性測定機によるコントラスト (C) と、2 乗平均平方根粗さ (σ) との関係を検討している。図 24 に表面粗さとドリゴン D/I 値との関係を、図 25 に表面粗さと写像性測定機 C 値との関係を示す。 D/I 値、 C 値とも、短波長成分のみよりも、中波長成分も含めたほうが鮮映性との相関が高いことを示している。

筆者らは塗色も異なり、ソリッド、メタリックの混在した各種の自動車上塗り塗膜を試料として用い、像のコントラストを代表する NSIC* 値と中心線平均粗さ (R_a)、像の形の歪みの無さを代表する NSIC 値と塗膜断面曲線の波長 1.18～7.68 mm までのパワースペクトル和との関係を検討し、図 26、図 27 の結果を得た⁶⁴⁾。ソリッドにおいては比較的よい相関が得られているが、メタリックにおいては相関は良くない。メタリックにおいては、表面形状以外に塗膜内部からの反射光の影響が大きいことを示していると思われる。

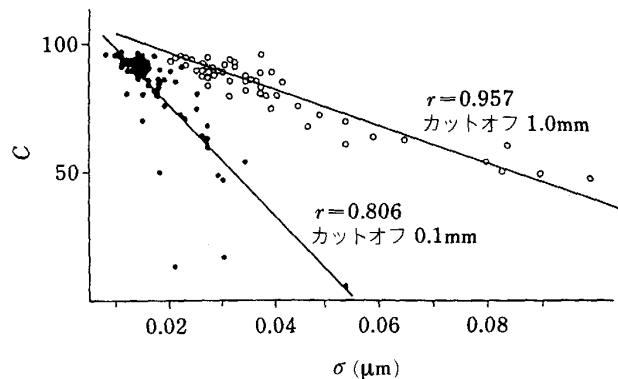
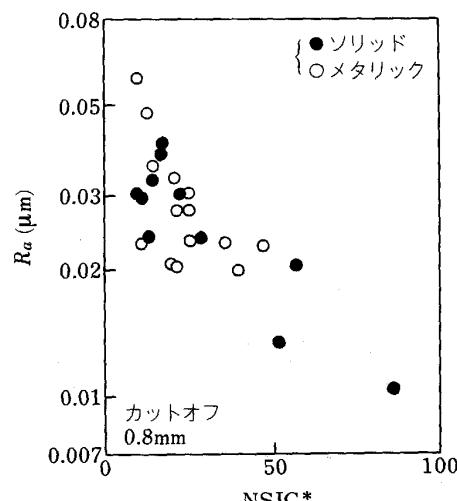
図 25 表面粗さと鮮映性測定機 C 値との関係

図 26 NSIC* 値と表面粗さとの関係

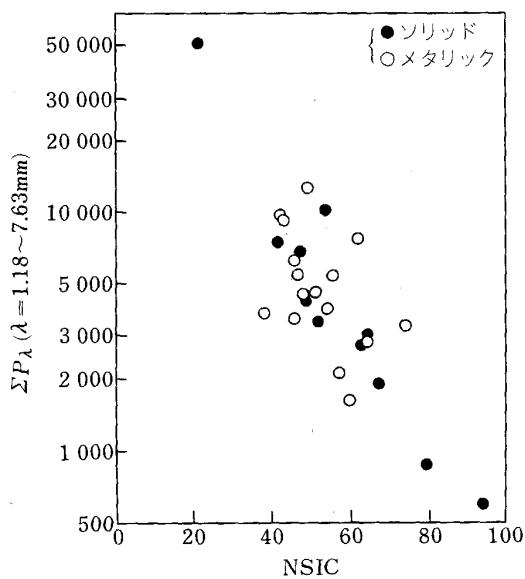


図 27 NSIC 値と塗膜表面断面曲線のパワースペクトル和(相対値)との関係

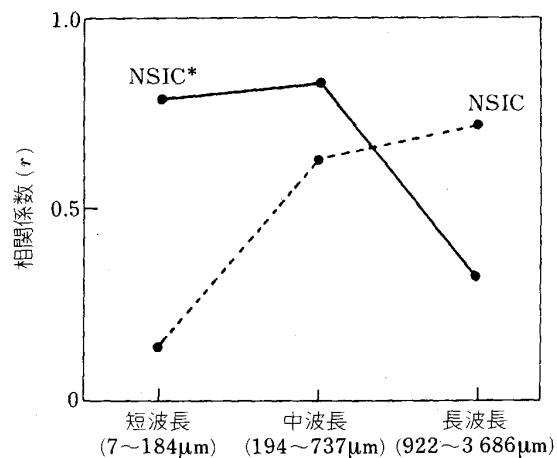


図 28 鮮映性と塗膜表面断面曲線のパワースペクトル和との相関

また筆者らは自動車上塗り用赤色ソリッド塗料をベースとして、艶消し剤配合量や塗装方法を変えて作成した種々の表面形状を持つ塗膜の表面形状を測定し、その断面形状を周波数解析し、各波長域のパワースペクトル和と、NSIC*, NSIC 値との相関を検討し、図 28 の結果を得た⁶⁰⁾。短波長域の粗さは像のコントラストを代表する NSIC* 値への影響が大きいこと、長波長域の形状は像の形の歪みの無さを代表する NSIC 値への影響が大きいこと、また中波長域の形状は NSIC*, NSIC 値双方に影響することをあらわしている。

荒川らは NSIC 計を含む 3 種の測定機の表面形状に対する感度を図 29 のように報告している³⁾。NSIC 計は NSIC*, NSIC の両値を用いることにより、従来の鏡面光沢計では測定できなかった中～長波長以上の測定

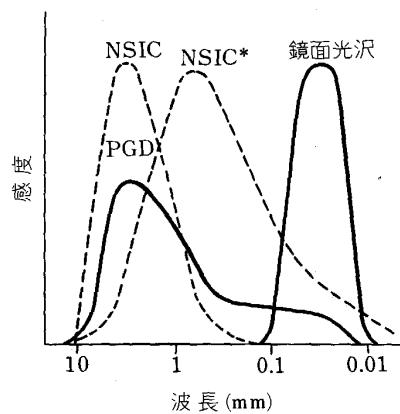


図 29 各種評価装置の表面状波長感度

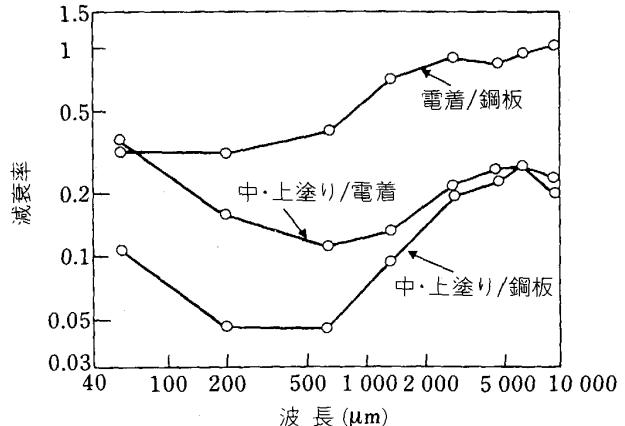


図 30 塗装による表面形状の振幅減衰率

が可能であり、鏡面光沢計と NSIC 計を併用することにより総合的評価が可能であるとしている。

また、遠山らは NSIC 値、NSIC* 値、鏡面光沢値、塗膜断面形状のパワースペクトルの各波長域のスペクトル和と、外観官能評価値との関係を検討し、これら複数の特性値を線形重回帰解析によって合成した評価値を用いることにより、目視評価値との対応のよい評価尺度が得られることを報告している⁵⁵⁾。

中島らは塗装外観に与える鋼板素地の表面形状の影響について検討している⁶⁰⁾⁶⁵⁾⁶⁶⁾。異なる表面形状を持つ 32 種の冷延鋼板とめっき鋼板に化成処理、電着塗装、中塗り塗装、上塗り塗装を施した試料を用いて、各塗装ステージにおいて表面形状を測定し、塗膜表面の断面曲線のパワースペクトルの平方根(振幅に相当)を求め、塗装によるその値の減衰率を 32 種の鋼板の平均値を用いて表示したものが図 30 である。図には、鋼板面に対する電着塗装の平滑化効果、電着面に対する中・上塗りの平滑化効果、これらを総合した平滑化効果が示されている。この塗装系では、電着塗装と中・上塗りでは平滑化効果は異なるが、全塗装系としては 200~700 μm の波長でほぼフラットな平滑化効果を持ち、それより大き

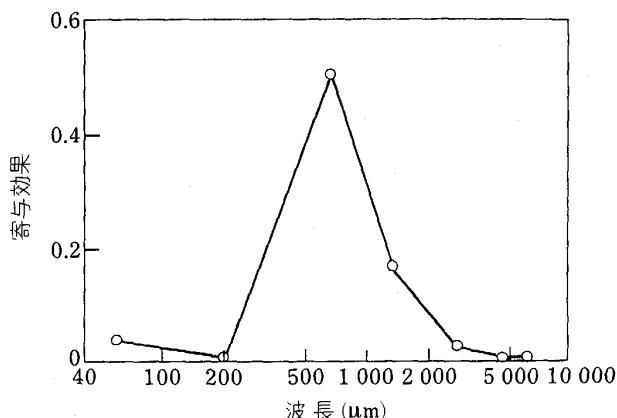


図 31 上塗りの表面形状の鮮映性への寄与効果

な波長では平滑化効果が減少することが認められる。また図 31 に、前述の NSIC 値に対する表面形状の寄与効果の解析結果を示されているが、500~1 000 μm の波長で寄与が極大となることが認められる。これらを総合して、このような塗装系において、優れた外観を得るために NSIC 値への寄与が大きく、かつ塗装による平滑化効果あまり期待できない 500~2 000 μm の波長の形状を鋼板表面で少なくすることが重要であると結論づけている。

角山ら⁶⁷⁾も種々の表面形状を持つ調質圧延鋼板に塗装した場合の、鋼板の表面粗さと塗装面の鮮映性について解析して、鋼板の R_a が小さいほど鮮映性が向上することを明らかにしている。そして、高鮮映性を得るために必要な小さな R_a 値と、プレス加工に必要な粗度とを両立させるための手法として、レーザーダル加工の有用性を明らかにしている。

5. おわりに

塗膜の鮮映性について、塗膜からの光反射特性との関連、その測定法、表面形状との関連を中心に解説した。

昨今の塗装外観の多様化、高度化に伴って、外観の感性品質の評価尺度も多様化しており、外観品質の本質へせまる検討への要求が今後も続くものと思われる。鮮映性に関しても、メタリック塗膜の場合の評価については十分検討されているとは言えない。また「深味感」「透明感」「肉持ち感」などと表現される質感や、「陰影感」「光輝感」などの表現に代表されるメタリック塗膜特有の感覚など、検討は始まったばかりの状態である^{1)~3)6)8)~10)68)}。今後この分野での研究と、それに続く、塗料材料物性や塗装法との関連性の研究が進展することを期待したい。

なお、塗膜の鮮映性の測定法、鮮映性と塗膜表面形状との関係に関しては、本文でも引用したが、中道ら⁶³⁾の優れた解説があるので参考をお奨めする。

文 献

- 田畠 洋, 田中信吾, 吉本照子, 原田宏昭, 橋本光雄: 日産技報 (1989) 26, p. 114
- 田畠 洋, 吉本照子, 田中信吾, 原田宏昭, 橋本光雄: 自動車技術, 44 (1990), p. 16
- 荒川 孝, 原田宏昭, 田中信吾, 橋本光雄: 塗料・塗装技術総合研究発表会要旨集 (1990), p. 29
- 品田 登: 塗装工学, 19 (1984), p. 363
- 森田 操: 色材, 62 (1989), p. 229
- 戸知俊彦, 森田 操, 長島幸則: 塗装工学, 25 (1990), p. 1502
- 森田 操, 中島孝司: 化学工学協会秋季大会予稿 (1987), p. 282
- 戸知俊彦, 森田 操, 長島幸則: 塗料・塗装技術総合研究発表会要旨集 (1989), p. 8
- 森田 操: 日本材料学会腐食防食部門委員会資料, 29 (1990) 154, p. 36
- M. MORITA: Proc. The Third Asian Coating Forum (1990), p. 49
- R. S. HUNTER: The measurement of appearance (1975), p. 68 [John Wiley & Sons Inc., New York]
- J. S. CHRISTIE, Jr.: J. C. T., 51 (1979) 653, p. 64
- 村上静男: 工業塗装 (1973) 5, p. 93
- 馬場護郎: 塗料・塗装技術総合研究発表会要旨集 (1986), p. 68
- 近藤暁弘: 表面, 27 (1989), p. 228
- F. GOODIER: J. O. C. C. A., 47 (1964), p. 867
- DIN 50960
- 川上元郎, 平井敏夫: 色彩研究, 11 (1964), p. 268
- 分田槌男, 磯谷日出男, 川上元郎, 平井敏夫: 色彩研究, 18 (1971), p. 2
- ASTM C540-78
- D. J. HART: J. C. T., 54 (1982) 685, p. 47
- 須賀 薫, 三田村勝昭: 塗装技術, 24 (1985) 7, p. 80
- ASTM D4449-85
- JIS H8686-78
- ISO 2767-73
- 中島孝司, 森田 操: 塗装工学, 20 (1985), p. 50
- 中島孝司: 塗装技術, 24 (1985) 3, p. 125
- M. MORITA and T. NAKAJIMA: Org. Coatings, 8 (1986), p. 397
- 蓮沼 宏, 奈良治郎: 応用物理, 25 (1956), p. 214
- 内田忠敏, 丸尾正剛: 色材, 47 (1974), p. 165
- W. E. K. MIDDLETON and A. G. MUNGALL: Canadian Journal of Technology, 31 (1953), p. 160
- R. S. HUNTER: Official Digest (1964) April, p. 348
- ASTM E430-78
- 大森輝男: 塗装技術, 24 (1985) 7, p. 77
- 松田守弘: 自動車技術, 42 (1988), p. 1424
- M. MATSUTA and T. KUBOTA: J. J. A. P., 20 (1981), p. 1145
- M. MATSUTA and K. KITO: J. J. A. P., 21 (1982), p. 133
- 松田守弘, 鬼頭完爾, 久保田毅: 計測自動制御学会論文集, 18 (1982), p. 471
- 松田守弘: 計測と制御, 23 (1984), p. 312
- 松田守弘, 久保田毅, 鬼頭完爾: 自動車技術, 35 (1981), p. 1266
- 松田守弘: 塗装技術, 24 (1985) 7, p. 86
- 松田守弘: 塗料・塗装技術研究発表会要旨集 (1984), p. 14
- 松田守弘: 塗装工学, 20 (1985), p. 520
- US Patent #4, 527, 898
- US Patent #4, 746, 805
- JIS K7105-81

- 47) 森田 操, 中島孝司: 色材研究発表会要旨 (1983), p. 60
48) 森田 操, 中島孝司: 色材研究発表会要旨 (1984), p. 20
49) 森田 操, 中島孝司: 色材研究発表会要旨 (1985), p. 23
50) 森田 操, 中島孝司: 色材研究発表会要旨 (1986),
 p. 198
51) 森田 操, 中島孝司: 塗料・塗装技術研究発表会要旨集
 (1985), p. 31
52) 森田 操, 中島孝司: 計測自動制御学会学術講演会予稿集
 (1986), p. 471
53) 森田 操, 中島孝司: 塗料・塗装技術研究発表会要旨集
 (1986), p. 51
54) 私信
55) 遠山英俊, 鳴田功三: 自動車技術会学術講演会前刷集
 (1989年10月), p. 387
56) 小松泰典, 高井雅一, 浜中辰彦, 塩沢信雄, 相馬俊夫:
 塗装工学, 22 (1987), p. 156
57) 田中丈之: 色材研究発表会要旨 (1984), p. 18
58) 田中丈之: 塗装工学, 24 (1989), p. 375
59) 桑野浩一, 中島孝司: 色材研究発表会要旨 (1986),
 p. 152
60) 森田 操: 表面技術, 40 (1989), p. 52
61) 桑野浩一, 中島孝司: 色材研究発表会要旨 (1985), p. 21
62) 桑野浩一, 中島孝司: 色材研究発表会要旨 (1985), p. 91
63) 中道敏彦, 河村昌剛: 表面, 27 (1989), p. 302
64) 私信
65) 中島孝司, 吉田佑一, 桑野浩一, 三吉康彦, 生明忠雄:
 色材研究発表会要旨 (1987), p. 202
66) T. NAKAJIMA, Y. YOSHIDA, Y. MIYOSHI and T. AZAMI:
 XIV-th International Conference in Organic Coatings
 Science and Technology (1988), p. 227
67) 角山浩三, 今中 誠, 古川九州男, 岸田 朗, 山田恭裕:
 鉄と鋼, 75 (1989), p. 2090
68) 戸知俊彦, 森田 操, 寺田貞夫: 色材研究発表会要旨
 (1990), p. 154