

メタリックカラー塗膜の光学的特性

塗料原料研究所 富士研究室

石嶋 静夫・三浦 智治

東原 光朗・児玉 正三

〔要 旨〕

メタリックカラー塗膜の光学的特性におよぼすアルミニウム顔料と着色顔料との交互作用について検討した。光学的特性については、市販の代表的なアルミニウム顔料および着色顔料を用い、とくに、メタリックカラー塗膜特有のスパークリング効果、メタメリズム（色の方向性）および色あし（色相と彩度の変化）について検討し、以下の事実を確めた。

- (1) 本実験で用いたメタリックカラー塗膜のうちで、スパークリング効果および彩度とも高い値を示したものは、モリブデートレッド（ $\frac{3}{4}$ ＝着色顔料/アルミニウム顔料、以下同じ）、フタロシアニンブルー（ $\frac{1}{2}$ ）、透明酸化鉄（ $\frac{3}{4}$ ）、キナクリドンレッド（ $\frac{3}{4}$ ）、透明ベンズイミダゾロン（ $\frac{1}{2}$ ）およびフタロシアニングリーン（ $\frac{1}{2}$ ）である。
- (2) 変角分光器を用いて測定したメタリックカラー塗膜の分光反射率は、投射角が小さくなるほど大きい値を示す。得られた分光反射率曲線より求めた L^* 値の投射角依存性は、メタリックシルバー塗膜が最も大きく、次いでメタリックカラー塗膜であり、ソリッドカラー塗膜およびホワイト塗膜は極めて小さい。
- (3) 各種着色顔料をアルミニウム顔料で希釈したときの色あしは、酸化チタン顔料で希釈した場合とほぼ類似の挙動を示すが、特異なものとして例えばフタロシアニンブルー、フタロシアニングリーン、およびインダンスレンブルーは、最高彩度を示す点があられ、すぐれたメタリック感を示す。

1. 緒 言

近年、多くの美粧効果を必要とする部分、たとえば、自動車車体の外装、家庭用電気製品の外装などに、いわゆるメタリック塗装が施されることが多くなった。このメタリック塗装とはラッカー、メラミン、アクリル樹脂などのワニスにノンリーフィングタイプのアルミニウムペーストまたは黄銅粉を5～10%混合したメタリック塗料を吹き付け塗装することで、これらの金属粉が塗膜中に分散配向し独得の輝きを発するものである¹⁾。

アルミニウム顔料を含むメタリックカラー塗膜は、通常のソリッドカラー塗膜の場合に比べて、特異な光学的特性を示すため定量的な色彩学的取扱いが困難とされている。そのため、これまで着色顔料を含むメタリックカラー塗膜の光学的特性についての研究は十分とは言えない。

キラキラと輝いた、いわゆるスパークリング効果を伴う塗膜の反射特性は、メタリック感の一要素であるが、その測定方法については分田²⁾らの報告があり、また幾何学的メタメリズム、すなわち色の方向性については岡崎³⁾らの測定方法がある。また、メタリックカラー塗膜の測色方法については須賀⁴⁾らの研究がある。しかしこれらの研究は何れも光学的特性と視感との一致性のみを追究したものであり、アルミニウム顔料と着色顔料との交互作用については言及されていない。

メタリックカラー塗膜の視覚的品質は光学的特性によって決定され、そのパラメーターの追究は必然的に塗膜形成要素、とくにアルミニウム顔料と着色顔料の交互作用に視点が移されるであろう。

本報では市販の代表的なアルミニウム顔料と着色顔料を用い、メタリックカラー塗膜特有のスパークリング効果、メタメリズムおよび色あしなどの光学的特性におよぼす影響について検討し、一部知見が得られたので、その結果について述べる。

2. 試料および測定方法

2.1 供試顔料

- (1) アルミニウム顔料
旭化成アルミペーストMG-21(超高輝度タイプ)
旭化成アルミペーストMA-50(高白度タイプ)
MG-21およびMA-50の代表的な特性を表1に示す。

表1. 供試アルミペーストの品質特性

特性 試験法	加熱残分 (%)	平均粒子径 (μm)	ふるい残分 (%)	アセトン可溶分 (%)
品 種	JIS K 5910	DIN 4190	JIS K 5910 (44 μm)	JIS K 5910
MG-21	71	24	0.05	1
MA-50	65	17	0.05	1

- (2) 着色顔料

キナクリドンレッド
ペリレンレッド
モリブデートレッド
ウォッチャンレッド
アンダンスロンレッド
透明酸化鉄赤
ベンズイミダゾロンオレンジ
イソインドリノンイエロー
アンストラピリミジンイエロー
フラバンスロンイエロー
透明酸化鉄黄
フタロシアニングリーン
フタロシアニンブルー
インダンスレンブルー
ペリレンブラウン

- (3) 白色顔料

酸化チタン

2.2 塗装試料の作製

- (1) メタリック塗料配合

着色顔料/アルミペースト 15重量部
(固形分100%換算)
アクリルメラミン樹脂 (= ㉔) 100重量部
(固形分100%換算)
希釈用溶剤 150重量部

注) メタリックカラーの配合は、すべて、アルミペーストとしてMG-21/MA-50=㉔(固形分比)混合物を用いた。着色顔料の配合量は、MG-21/MA-50 1に対して3、1、0.2の割合で変化させた(以下、配合比は、それぞれ㉔、㉔、㉔で示す)。

(2) 塗装

供試メタリック塗料を、希釈用溶剤を用いて一定の粘度にし、ブリキ板に吹付け塗装した。メタリック塗膜は2コート1ベーク方式で、ソリッドカラー塗膜は1コート1ベーク(メラミンアルキッド塗料)方式で作成した。

2.3 光学的特性の測定

メタリック塗膜の特徴的な光学的特性である、スパークリング効果、メタメリズムおよび色あしを中心に測定した。測定項目とその測定法または使用機器は次の通りである。

- (1) スパークリング効果および光沢度
スパークリング効果
自記顕微光沢計JSL-12(レイシン社)
光沢度
デジタル変角光沢計UGV-4D(スガ試験機)
- (2) メタメリズム
変角分光器CMS-1000型(村上色彩研)
- (3) 色特性
日立カラーアナライザー307型(日立製作所)を用い、分光分布曲線を測定し、彩度および色あしを求めた。

3. 測定結果および考察

3.1 スパークリング効果および光沢度

- (1) スパークリング効果
顕微光沢計を用い、投射角30°、受光角10°で、試料面を左から右へ連続的に移動(4mm/分)させて得られる、反射強度の変化を測定した。代表的な測定例を図1に示す。

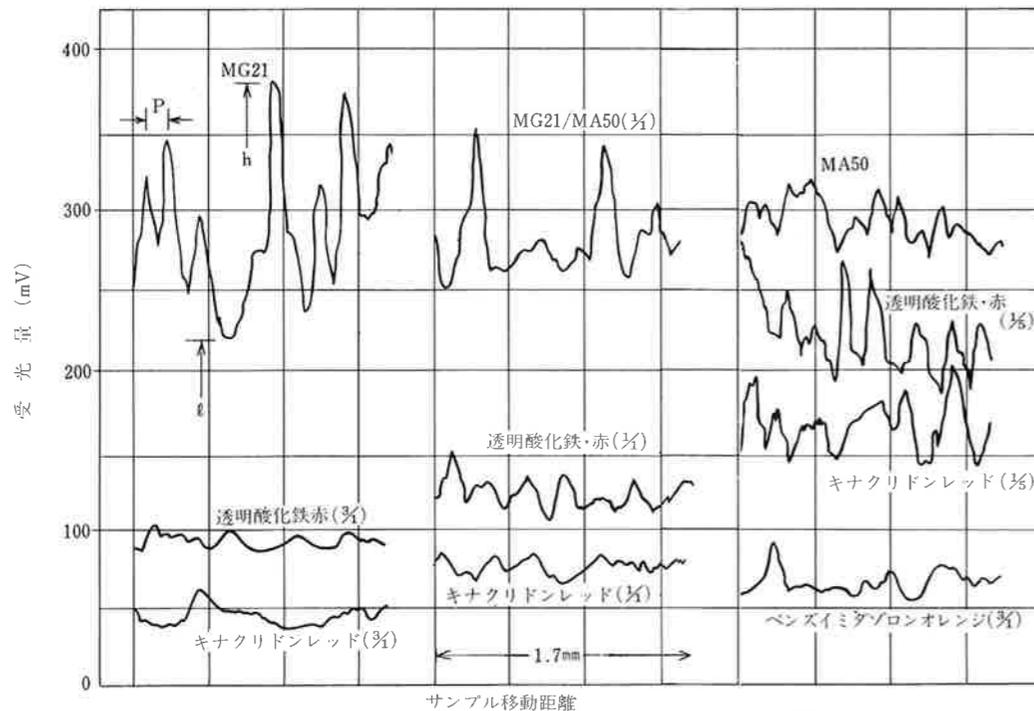


図1. 顕微光沢計によるスパークリング効果の比較

スパークリング効果の指標としてのL値は、反射曲線の山(h), 谷(ℓ), およびピッチ数(p)を用いて、次の関係式で表わされている^{2),5)}

$$L = \frac{1}{p} \log \frac{h}{\ell}$$

すなわち、近似的にh/ℓの大きいものはスパークリング効果が強く、逆にh/ℓの小さいものは白味が強いといえる。

MG-21およびMA-50を用いたメタリックシルバー塗膜は、その反射強度の平均レベルにおいてほとんど差がないが、試料面の移動にともなう反射強度の変化に大きな差があり、MG-21はスパークリング効果にすぐれており、一方MA-50は白度においてすぐれていることを示している。MG-21とMA-50を併用したものは両者の中間的な特性を示す。このように、MGシリーズ(超高輝度タイプ)とMAシリーズ(高白度タイプ)の併用は、スパークリング効果と白さのバランスを調節する手法として効果的である。図1の曲線より算出したメタリックシルバー塗膜のスパークリング効果の指標としてのL値を、他の光学的特性と共に表2に示す。

表2. メタリックシルバー塗膜の光学的特性

アルミペーストの種類	スパークリング効果(L値)	光沢(60°-60°)	測 色 値		
			L*	a*	b*
MG-21	0.018	109	71.7	-0.5	-1.2
MG-21/MA-50(㉔)	0.014	101	73.6	-0.4	0.0
MA-50	0.008	99	78.5	-0.6	-0.2
(酸化チタン)	0.000	91	94.2	-1.7	2.8

メタリックカラー塗膜のスパークリング効果は、その反射曲線の一例を図1に示したように、用いた着色顔料の種類および量により大きく左右される。各種着色顔料を用いたメタリックカラー塗膜について得た反射曲線から、log h/ℓを算出し(pの読みとりが困難なためlog h/ℓを採用)、彩度とともに図2に示した。図2の結果から次のことがわかった。すなわち、

(a) 彩度が大きくて、かつスパークリング効果のすぐれたものは、モリブデートレッド(㉔)、フタロシアニンブルー(㉔)、透明酸化鉄(㉔)、キナクリドンレッド(㉔)、透明ベンズイミダゾロン(㉔)、およびフタロシアニングリーン(㉔)であり、これ等の塗膜は目視的には深味のあるメタリック感を呈す。

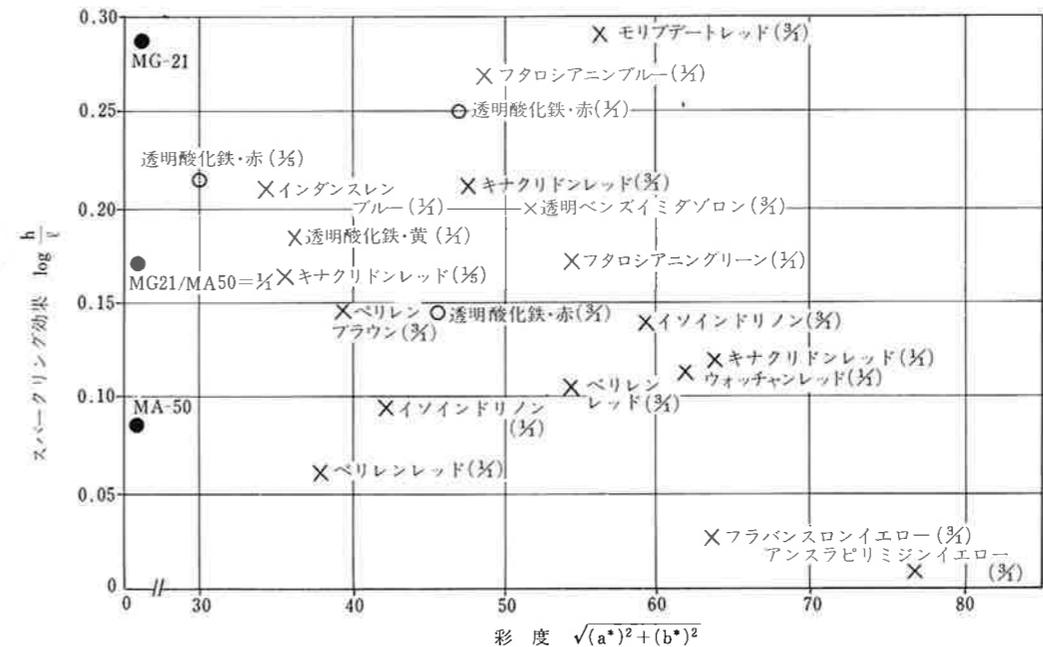


図2. スパークリング効果と彩度

(b) スパークリング効果の劣るものとして、ベリレンレッド(1/1), フラバンスロンイエロー(1/1)およびアンストラピリミジンイエロー(3/1)があり、これらは着色顔料の着色力と隠ぺい力とが大きいためであり、目視的にはメタリック感が得られにくい。

(c) 一般に、透明酸化鉄赤のソリッドカラー塗膜は、明度と彩度が低目であるが、メタリックカラー塗膜では、透明酸化鉄赤(1/1)のようにスパークリング効果と彩度のバランスのとれたものとなり、目視的にはメタリック感が良好である。したがって、メタリック感のすぐれたメタリックカラー塗膜を得るためには、透明性のある着色顔料を用いることが望ましい。

(2) 光沢度

メタリックシルバー塗膜の光沢度(60°-60°)を表2に示した(p. 5)。平均粒子径の大きいMG-21の方が、平均粒子径の小さいMA-50より高い光沢度を示す。

メタリックカラー塗膜の光沢度は94~97で、用いた着色顔料の種類および量により若干の差が認められる。

3.2 メタメリズム

メタリック塗膜の色相やメタリック感を見る角度により大きく変化(metamerism)する。このような特性を、視覚評価により、白いか黒いか、あるいはメタリック感があるかないかと判断している。メタメリズムを光学的に測定する試みはいろいろなされている^{6), 7), 8)}。ここでは、変角分光器を用いて、投射角25°から70°の範囲で変化させ、受光角零における拡散光を測定することにより評価した。

反射率曲線の一例として、キナクリドンレッドを用いたメタリックカラー塗膜の測定結果を図3に示す。投射角が小さくなるほど反射率が大きくなる(明度L*値が大きくなる)。

各種メタリック塗膜について、同じようにして測定した反射率曲線から、各角度ごとのL*値(CIE1976年)を求めた結

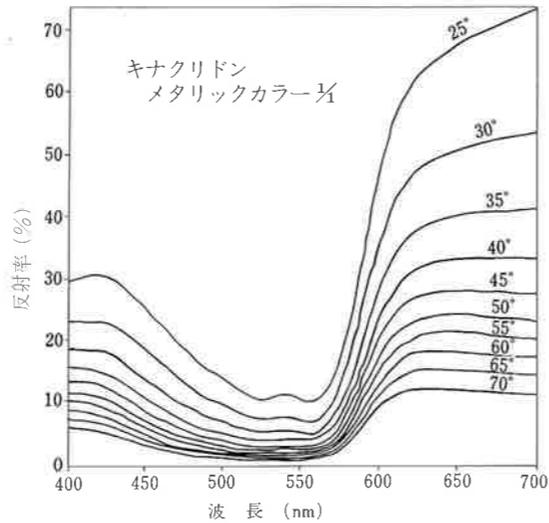


図3. 変角分光器による測色例

果を図4に示す。

L*値の変化率は、メタリックシルバー塗膜が最も大きく、次いでメタリックカラー塗膜であり、ソリッドの濃色あるいはホワイト塗膜ではほとんど変化しない。

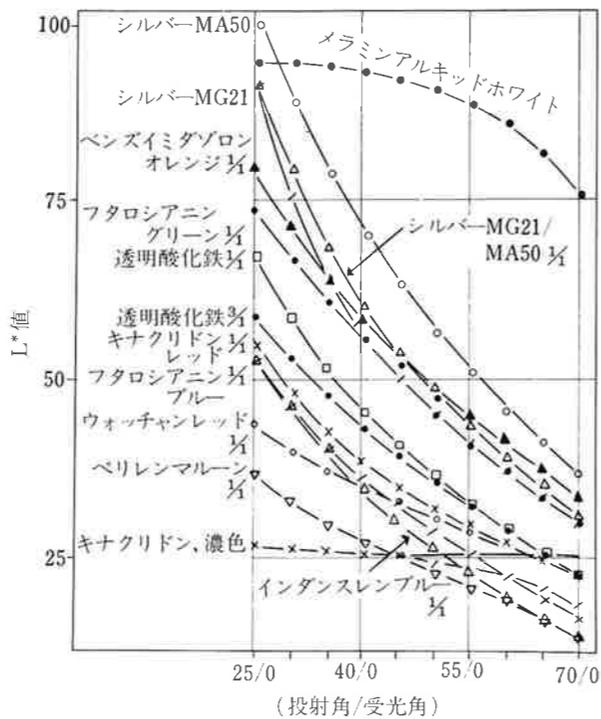


図4. 変角分光器によるメタメリズム

3.3 色特性

(1) 彩度

数種のメタリックカラー塗膜について、JIS Z 8721の三属性およびCIE表示法(1976年)のa*, b*より彩度を求めた結果を図5にプロットした。実験の範囲内で、両者のあいだにかなりよい相関が認められる。各種メタリックカラー塗膜のCIE表示法による彩度を図2(p. 5)に示した。

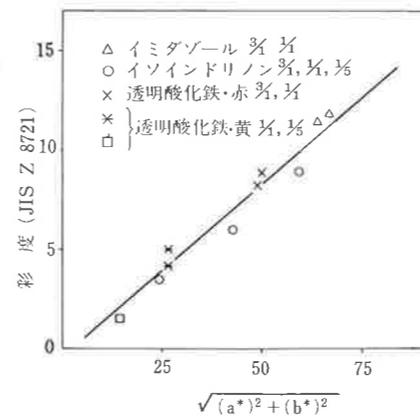


図5. メタリックカラーの彩度

(2) 色あし

着色顔料を、アルミペーストで希釈したときのメタリックカラー塗膜の色あし(色相と彩度の変化)を図6に、また、酸化チタンで希釈したソリッドカラー塗膜の色あしを図7に示す。

着色顔料をアルミペーストあるいは酸化チタンで希釈するとき、着色顔料単独の特性から予測できない色相および彩度を示すことがある。メタリックシルバー塗膜の明度は7以上と大きい、彩度は零に近い。従って、メタリックカラー塗膜の彩度は、着色顔料の濃色に対して低下するのが一般的と予想されるが、一部の着色顔料、例えば、フタロシアニンブルー、フタロシアニングリーン、インダンスレンブルーなどは、アルミニウム顔料で希釈することにより、最高彩

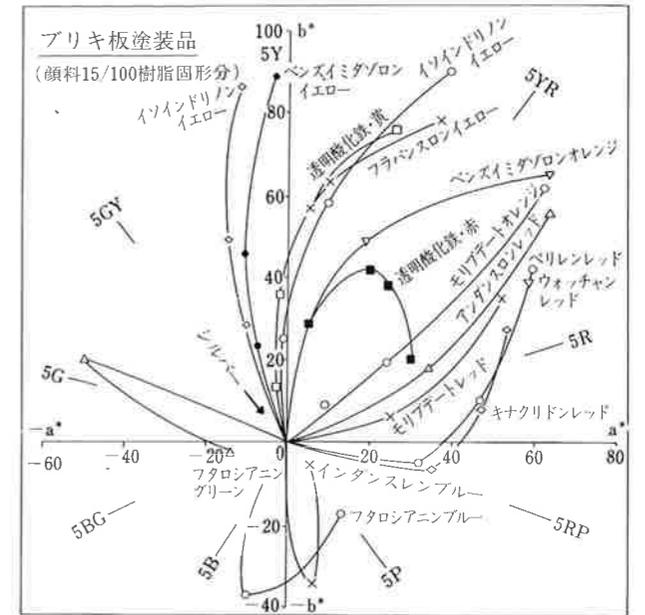


図6. メタリックカラー塗膜の色相と彩度の変化

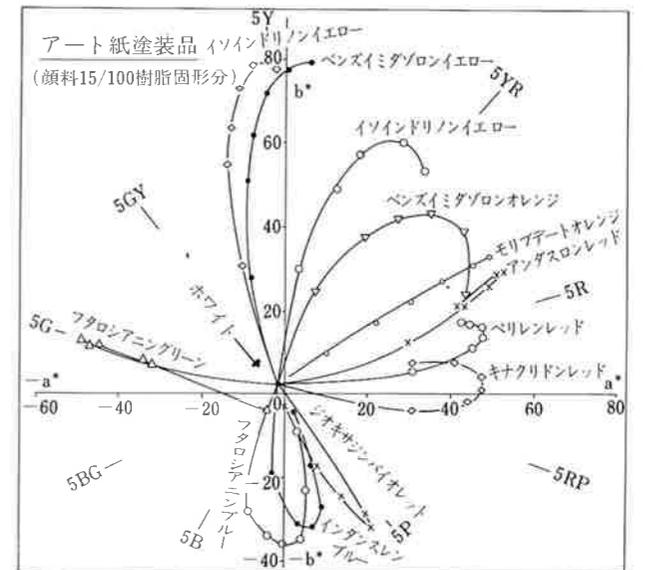


図7. ソリッドカラー塗膜の色相と彩度の変化

度を示す点があられ、すぐれたメタリック感を示す。

(3) 分光分布曲線

供試メタリックカラー塗膜の分光分布曲線を図8に示す。

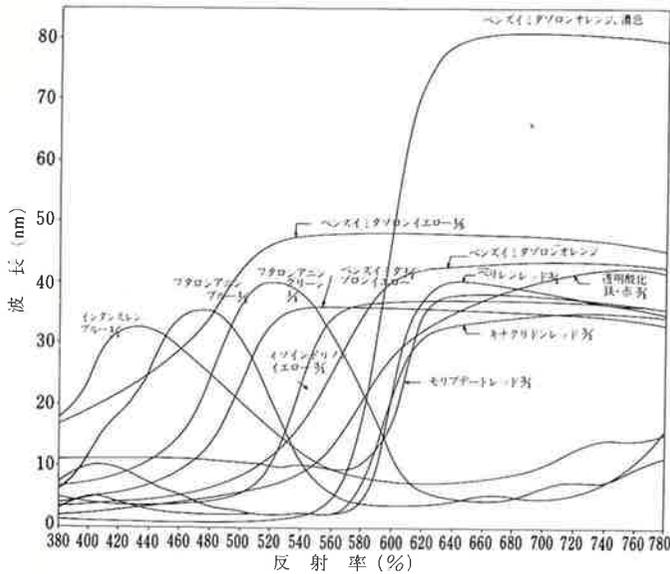


図 8. メタリックカラー塗膜の分光分布曲線

4. まとめ

メタリックカラー塗膜の光学的特性におよぼすアルミニウム顔料と着色顔料との交互作用について検討した。光学的特性については、市販の代表的なアルミニウム顔料および着色顔料を用い、とくにメタリックカラー塗膜特有のスパークリング効果、メタメリズムおよび色あしについて検討し、以下の事実を確かめた。

- (1) 本実験で用いたメタリックカラー塗膜のうちで、スパークリング効果および彩度とも高い値を示したものは、モリブデートレッド(⅓)、フタロシアニンブルー(⅓)、透明酸化鉄(⅓)、キナクリドンレッド(⅓)、透明ベンズイミダゾロン(⅓)およびフタロシアニングリーン(⅓)である。
- (2) 変角分光器を用いて測定したメタリックカラー塗膜の分光反射率は、投射角が小さくなるほど大きい値を示す。得られた分光反射率曲線より求めた L^* 値の投射角依存性は、メタリックシルバー塗膜が最も大きく、次いでメタリックカラー塗膜であり、ソリッドカラー塗膜およびホワイト塗膜は極めて小さい。

- (3) 各種着色顔料をアルミニウム顔料で希釈したときの色あしは、酸化チタン顔料で希釈した場合とほぼ類似の挙動を示すが、特異なものとして例えばフタロシアニンブルー、フタロシアニングリーンおよびインダンスレンブルーは、最高彩度を示す点があられ、すぐれたメタリック感を示す。

5. おわりに

本文ではメタリックカラー塗膜の光学的特性におよぼすアルミニウム顔料と着色顔料との交互作用について述べた。本文で明らかな通り、メタリックカラー塗膜の光学的特性については十分に定量的な議論ができず、メタリックカラー塗膜の特徴的な現象を述べたに過ぎない。今後さらに検討を進めることが必要と考える。

本文が、いささかでも皆様のご参考になれば幸いである。

6. 参考文献

- 1) 実用塗装・塗料用語辞典編集委員会編：実用塗装・塗料用語辞典，日本塗装技術協会（1976）p. 274
- 2) 分田他：色材協会誌，43（8）376-383（1970）
- 3) 岡崎他：島津評論，95-104（昭和48年9日）
- 4) S. SUGA et al：Proceedings of Tenth World Congress on Metal Finishing, Kyoto, Japan Oct. 12-17, 1980 p. 349-352
- 5) 沢路：応用物理 29（11）789-795（1960）
- 6) 湊他：色材夏期セミナー29-30（1979）
- 7) Ruth M. Johnston；Color Engineering, 5 42-47（1967）
- 8) Eugene Allen；Color Engineering, 6（6）38-43（1968）