

## マルチカラーの測色の標準化

財団法人 日本塗料検査協会  
技術顧問 吉田豊彦

はじめに

当協会は経済産業省の新規産業支援型国際標準開発事業の一つとして「マルチカラーの測色の標準化」を受託して平成12年～14年にわたって研究してきた。(12年度、13年度は(株)日本化学工業協会との連携) その結果を受けて本年度は(財)日本規格協会の基準認証フォローアップ委員会として作業を進めている。その全貌を記すには本誌の紙面ではたりないが、成果の一部を紹介する。

マルチカラーとは

マルチカラーとは、メタリックやパールのような光学的に非等方性の反射特性を示す物体の色をさす。正確にはgonioapparent color、anisotropic colorと呼ぶ。マルチカラーという言葉は標準用語ではない俗語であるが、プロジェクトの名称として使用したので本稿でも表題として用いた。

これらに用いられているアルミニウムフレークやパール顔料のように特殊な光学的効果を与える顔料は光輝性顔料とかEffect pigmentなどと呼ぶことがある。そのような顔料を含まない、光学的に等方性の顔料を使用した塗料の色はソリッドカラーと呼ぶ。

ノンリーフィングタイプのアルミニウムフレークを用いたメタリック塗料が登場したのは1950年代中頃であったが(日本で湿式ボールミル法によるアルミニウムペーパーストが作られるようになったのは1957年<sup>2)</sup>)、ソリッドカラーに比較してゴージャスな感じがすることから高級車などに用いられるようになった。1980年代には、雲母に酸化チタンをコーティングしたパールマイカが用いられるようになった。(1981年クラウン<sup>3)</sup>) 真珠様の塗料はずっと以前から作られてはいたが、真珠様顔料としては太刀魚のグアニン結晶(正確にはグアニンとヒポキサンチンの混晶)、塩基性炭酸鉛などで、主に工芸用として用いられる程度であった。パールマイカの出現によって工業原料として用いることが可能になり、自動車用塗料に用いられるようになった。メタリックやパールはそ

の高い意匠性の故に大いにシェアをのびし、1987年にはアメリカの乗用車の80%がメタリック<sup>4)</sup>、1991年にはメタリックとパールの合計で全世界の自動車の69%<sup>5)</sup>をしめるに至っている。さらに、マニキュアや口紅などの化粧品、紙幣を始めとする高級印刷、携帯電話などにも使われている。

ソリッドカラーでは拡散反射の色は観察角度が変わっても同じである。メタリックやパールでは照明や観察の角度が違えば明るさや色が違って見える。この現象は、gonioapparent、flip-flopなどと呼ばれる。メタリックやパールの光学特性はソリッドカラーのように一つの照射と受光の条件で規定することはできない。次節に記すようにメタリックの測色についてはASTM規格もあるが、メタリック、パールに共通して使用できる測色と評価の方法はまだない。

ゴニオアパレントな色の測定に関する規格

ノンリーフィングタイプのアルミニウム粉によるいわゆるメタリックペイントのフロップ性は塗膜中のアルミフレークの配向による輝度の変化が主効果となる。フロップ効果を評価するには図1<sup>6)</sup>に例示するように、複数の照明-受光の条件で比較しなければならないが、Alman<sup>7,8)</sup>は図1のb)のような条件で測定したL\*を(1)式によって計算したFlopが官能評価の結果とよく相関するという報告をしている。

$$\text{Flop} = 2.69 (L_1^* - L_3^*)^{1.11} / L_2^{*0.86} \quad (1)$$

ASTMではE12 (Color and appearance) で、メタリックペイントの見えの計測方法について検討し、

ASTM E 2194-03 Standard Practice for Multiangle Color Measurement of Metal Flake Pigmented Materials

として制定した。これでは図2<sup>1)</sup>のような幾何条件を推奨している。図2の角度はaspecularすなわち鏡面光

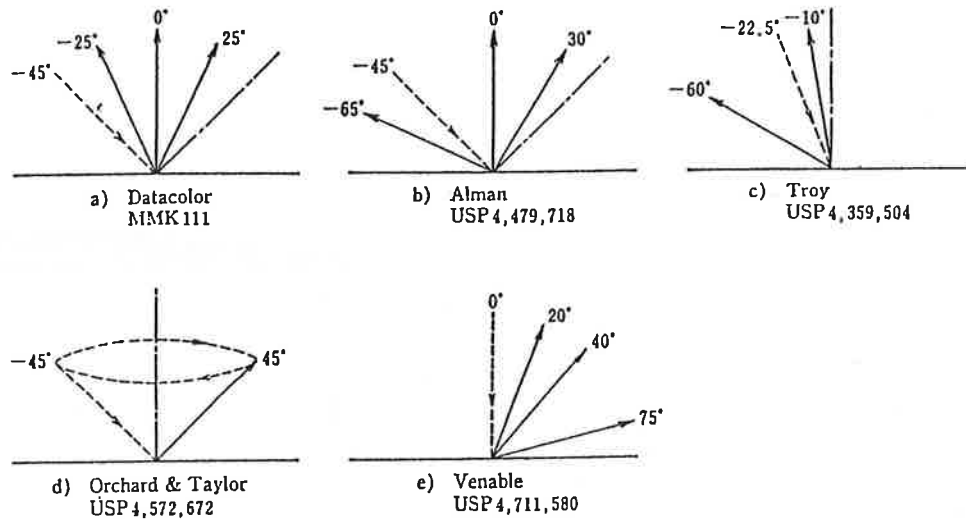


図1 メタリックの変角測定

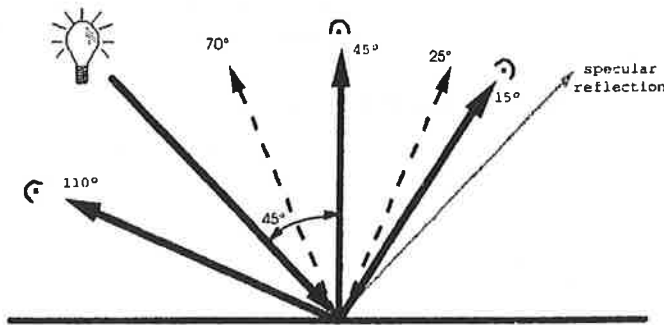


図2 ASTM E 2194-03が推奨する角度

沢方向からの角度が記入されているが、内容は図1b)と同じである。この規格は測定方法について記しているが、Flop valueの算出については触れていない。

一方、DINには

DIN 6175-2 Tolerance for automotive paints - Part 2: goniochromatic paints

がある。(原題はもちろんドイツ語であるが、ここには英訳を記した。)これはゴニオアパレントな二つの試料の色差を管理する方法である。測色は標準板及び試料を

入射角 45° 観測角 25°、45°、75°、110°

または 入射角 -25°、0°、30°、65° 観測角 45°の各条件でそれぞれ測定して、標準板と試料の色差を求める。色差の算出にあたっては色差の構成成分に乗ずる係数を、塗料の受け入れ検査用と、塗装されたものの検査用とで別々に定めてある。このことからわかるようにこの規格は標準品と試料の色差を管理するための規格であって、ゴニオアパレントな特質を知るためのものではない。

表1 試料

		エフェクト顔料	着色顔料
メタリック	シルバー	Fine Medium fine Medium Coarse Extra coarse	
	ブルー	Fine Medium fine Medium Coarse Extra coarse	シアニンブルー シアニンブルー シアニンブルー シアニンブルー シアニンブルー
	レッド	Fine Medium fine Medium Coarse Extra coarse	マルーン マルーン マルーン マルーン マルーン
パール	シルバー パール	Fine Medium Coarse	
	干渉 パール	Gold Red Blue Green	
	着色 パール	Russet Gold Infinet Silver Gray M10	

試料と測定

メタリックとパールの代表的なものとして表1のような試料を作製した。

測色は、(株)村上色彩技術研究所製、変角分光測色システムGCMS-3Bを用い、試料を $-45^\circ$  から白色光で照射し、受光角を $-70^\circ$  から $70^\circ$  まで $5^\circ$  おきに変えて分光ラジアンスファクターを測定した。図3は測定結果の1例(干渉パールブルー、中塗り:白)である。

ビヒクルは上塗り:アクリルメラミン

硬化条件:  $140^\circ\text{C}$ , 30分

中塗り: ポリエステルメラミン

(メタリック用: ライトグレー、  
パール用: 白、黒)

### 解析

#### 1. 明度フロップ

表2には図3に示したような測定値を、受光角の設定条件を変数とする分散共分散行列に基づく主成分分析を行った結果の例を示した。シルバーメタリックでは第1主成分だけがきいていて、これはアルミニウム顔料からの反射光による。干渉パールでは第2主成分がある。この場合の第1主成分は干渉光、第2主成分は中塗り表面の拡散光である。各波長での主成分得点は図4のようになる。

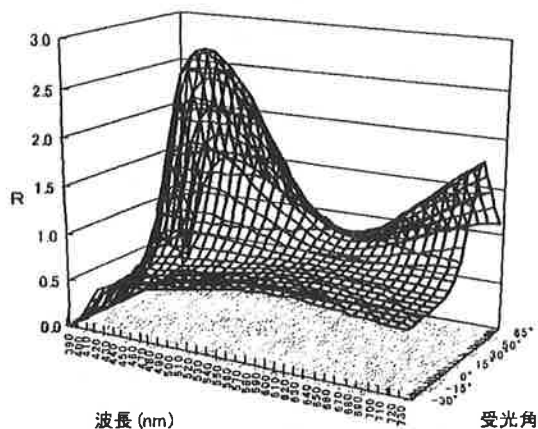


図3 干渉パール(ブルー)の変角分光ラジアンスファクター

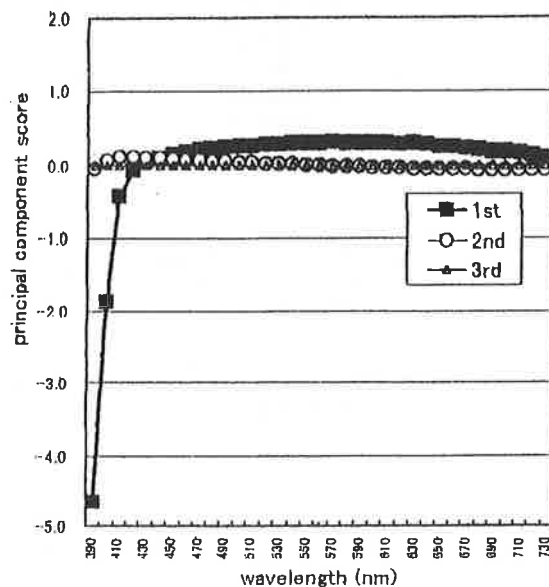


図4 主成分得点(シルバーメタリック)

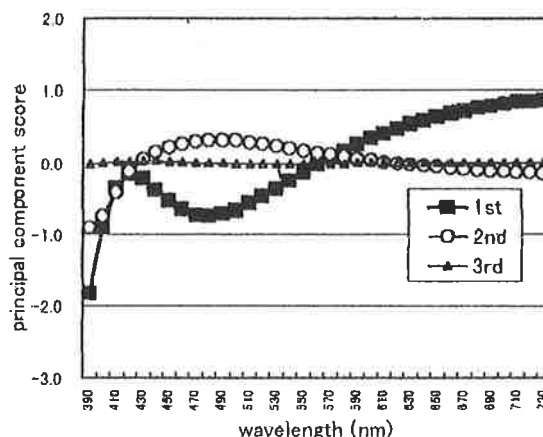


図5 主成分得点(干渉パール 赤)

表2 固有値、寄与率

	干渉パールブルー		干渉パールレッド		シルバーメタリック	
	固有値	寄与率	固有値	寄与率	固有値	寄与率
第1主成分	1.7808	85.17%	0.4281	85.20%	0.8013	99.60%
第2主成分	0.3032	14.50%	0.0742	14.80%	0.0033	0.40%

干渉パール・レッドの固有ベクトルの0°~35°での変化は図6のようになる。

これは指数関数として近似できるので、

$$y = ae^{bx} \quad (y : \text{固有ベクトル}, x : \text{受光角})$$

としたときのbの値(すなわちlog yとxとの傾き)と(1)式で求めたフロップ値を比較すると、シルバーメタリックについては、200bがほぼAlmanのフロップ値に相当する。そこでbを明度フロップと定義する。

## 2. 色質フロップ

分光反射率係数を受光角0°から35°まで5°間隔で測定しているので5°ごとにどれだけΔchが変化するかを調べその最大のものを色質フロップとする。

$$\Delta ch = \{(a^*_1 - a^*_2)^2 + (b^*_1 - b^*_2)^2\}^{1/2}$$

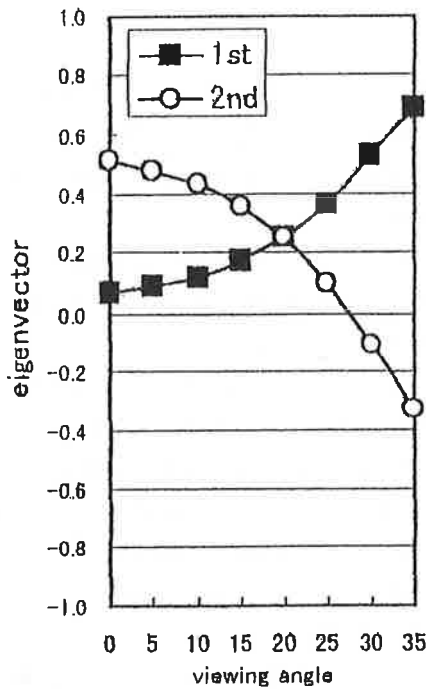


図6 固有ベクトルと観測角 (干渉パール 赤)

## 3. 複合フロップ

明度フロップと色質フロップから(2)式によって複合フロップ値(Composite flop value)を求める。

$$CFV = 1 \cdot K_L \cdot F_L + c \cdot K_c \cdot F_c \quad (3)$$

ここにCFV : 複合フロップ値(1 : c)

$F_L$  : 明度フロップ、 $F_c$  : 色質フロップ

1、c : 明度フロップと色質フロップの重みをあらわす係数

$K_L$ 、 $K_c$  : 正規化係数

正規化係数と重み係数は、メタリックについてのフロップ値が(1)式によって求めた値と同等の尺度になるようにすると $K_L=200$ 、 $K_c=0.5$ 、 $C=1$ である。

図7はシルバーメタリック及び着色メタリックについての(1)式による値と、(3)式による値、図8は市販されているメタリック及びメタリック+パールについて測定した例である。

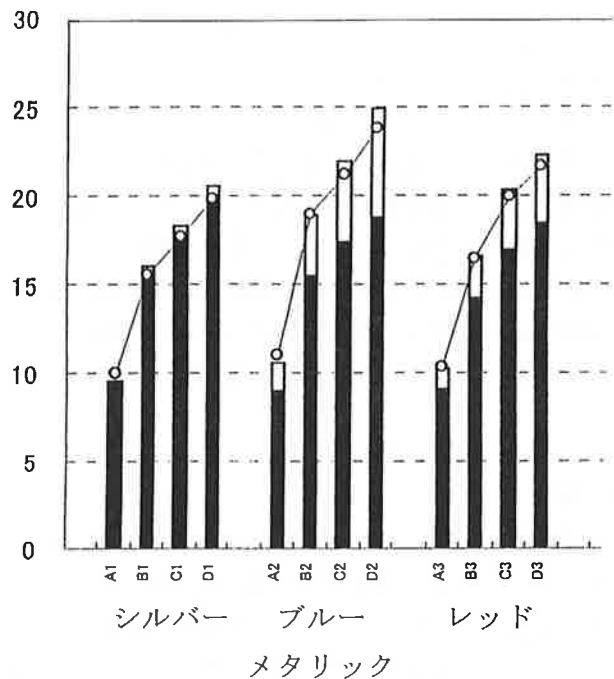


図7 フロップ値(明度、色質、複合)とAlmanのFlop

○ Alman's flop

黒色部分 明度フロップ部分

白色部分 色質フロップ部分

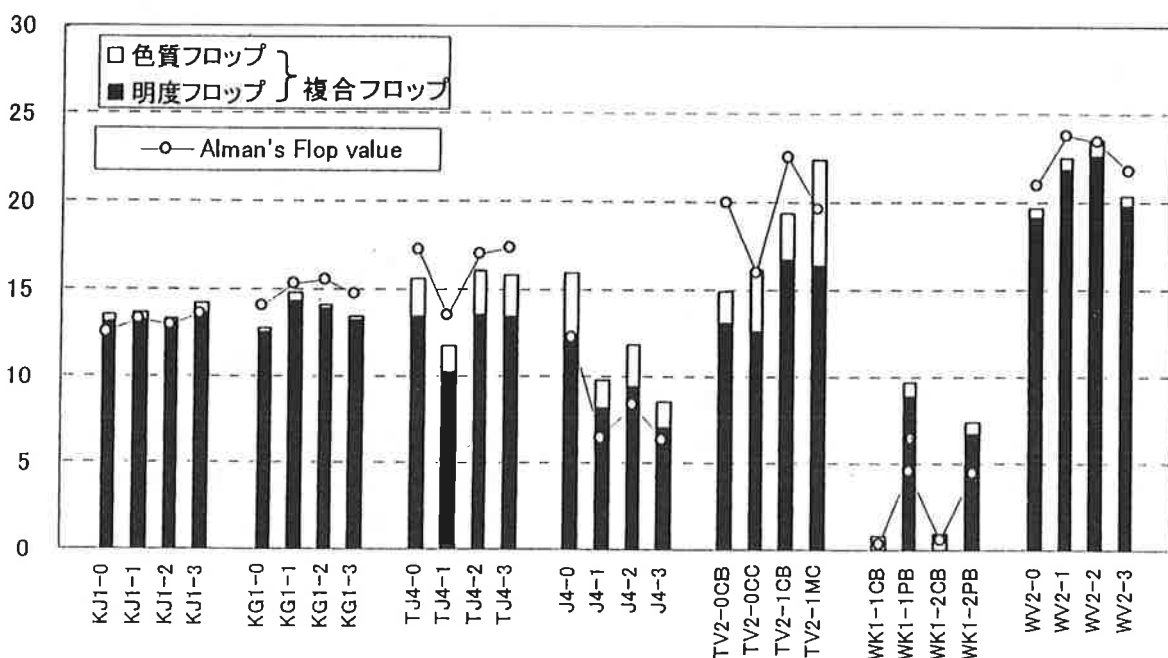


図8 市販品の複合フロップ値

あとがき

この研究のために、馬場護郎氏（村上色彩技術研究所）を委員長とし、学会、業界の多数の委員による委員会を組織し、その協力を得て、調査、試料作成、測定、官能検査、解析など行った。その結果は調査結果、データ共に膨大なもので、その全てを記すことは本誌の紙面では到底できないので、本稿ではその一部だけを紹介した。ご協力頂いた委員の方々に深い感謝を捧げる。

引用文献

- 1) 日本色彩学会編：“新編 色彩科学ハンドブック [第2版]” p730、東京大学出版会(1998)
- 2) 本田道夫：“塗料用アルミニウム顔料の概要—アルミニウムペーストを中心として”、色材、39、[10] pp504(1966)
- 3) 新田勝久：“自動車塗料用パール顔料とその動向”、色材、69、[6] pp396(1996)
- 4) C. S. McCamy: "Observation and Measurement of the Appearance of Metallic Materials, Part 1: Macro Appearance", Color Res. Appl., 21, [4] pp292(1996)
- 5) S. Teaney, I. Denne: "Color Formulations with Iridin/Afflair Pigments for Automotive Coatings", Kontakte(1992) [2] pp3
- 6) G. Roesler: "Colorimetric characterization and comparison of metallic paints", Polymers Paint Colour Journal, 181, [4282] pp230(May 1, 1991)
- 7) David H. Alman: "Directional color measurement of metallic flake finishes", 1987 Inter-society color council, Williamsburg Conference (Feb. 8-11, 1987)
- 8) David H. Alman: "Three Directional Measurements for Characterization of a Surface Containing Metallic Particles", U. S. Patent No. 4, 479, 718 (Oct. 30, 1984)