

測色の歴史と発展(7)

前号より続く

5.2 色の測定方法の経緯

前号までで、色が見えるための3要素の内、①眼(2.1項)②光(4.2項)について述べた。③対象物については、その表面状態や加工方法によって色の感じ方に影響を与える。色を測定するためには、そのような対象物の特性を考慮する必要がある。

5.2.1 対象物の色の見え方

対象物表面の反射・透過特性は、加工状態により目には異なったように見える。例えば、対象物の光沢である。あらゆる物質は光沢の有無により、図33のように、反射光の分布が異なる。一般に高光沢の表面をもつ試料は正反射光方向に強く反射する。このため、試料の色を見ようとする際に正反射光が目に入るので、眩しくて色を判断することが難しい。逆に、光沢のない試料はこの影響がない。人の目に大きく作用するため、光沢の有無は、製品の開発や拡販にとって重要な要素の1つとなっている。

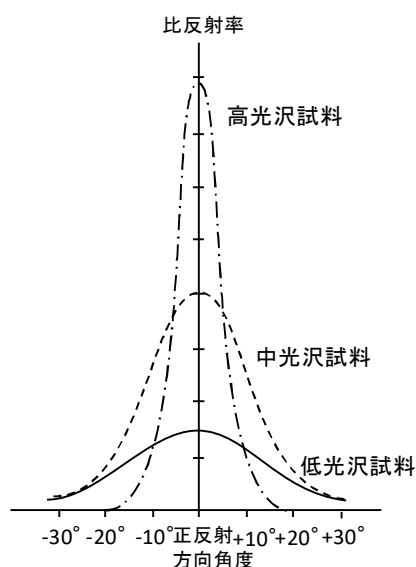


図33 光沢の有無による正反射方向の反射光の分布

また、光沢感是对象物を見る角度により異なって見える。光は、試料の持っている屈折率により、その反射量が変化する。屈折率が大きければ、反射量も多くな

る。日常生活で試料を見る時に、法線方向から90°方向へ傾けていくとだんだん反射光が多くなり、眩しくなることから良く経験することである。図34のように、屈折率が1.500から1.700のガラスを、入射角度と受光角度を20°から90°の方向へ角度を傾けていくと反射光は徐々に大きくなり、角度が90°に近くなると全反射されるようになる。

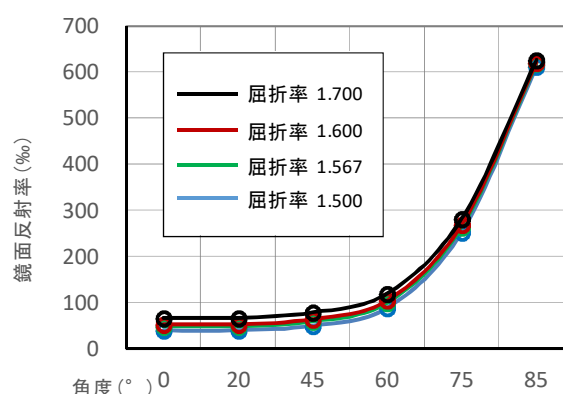


図34 屈折率と鏡面反射率

塗装面の場合、単層構造でなく、一般に重ね塗りされている。ソリッド塗装鋼板を例にすると、通常鋼板素地に前処理を行った後に、下塗り・中塗り・上塗りの工程を行っている。図35はその模式図である。

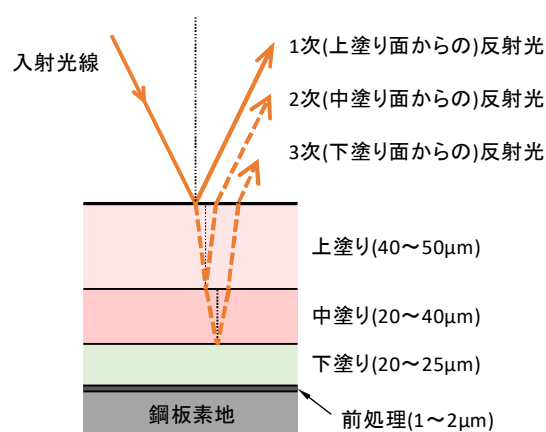


図35 ソリッド塗装の断面図

従って、上塗り面から入射した光は表面反射すると共に内部に吸収され中塗り面で反射・吸収されることになる。さらに下塗り面においても同様に反射・吸収される。人の眼には、これらの混じった光が入り込み、

色として感じることになる。

塗装方法として、①ソリッド塗装の他に、②メタリック塗装、③パール塗装などがあるが、メタリック塗装やパール塗装は塗膜の中にアルミ片または雲母の微粒子を粉末を加えて塗装するので、塗膜の内部反射が加わり、キラキラ輝き、高級感が生まれ、また見る角度により異なった色に見えることがある(図 36)。

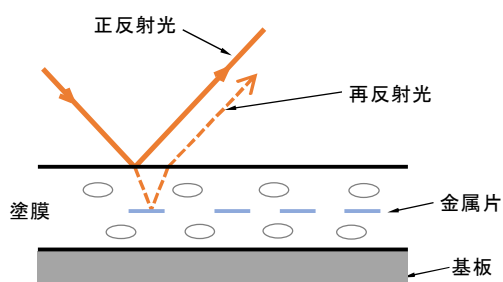


図 36 メタリック塗装の断面図²²⁾

陽極酸化皮膜も入射した光が陽極酸化皮膜からの反射を含めた複合反射光になる(図 37)ので、複雑な効果を目に与える。このように、人の目に映る色は対象物の特性により異なって見える。

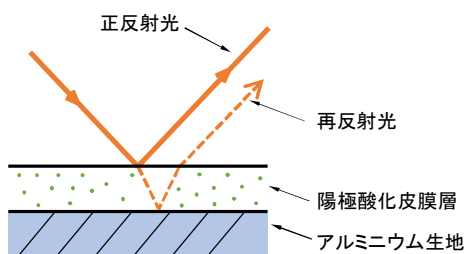


図 37 陽極酸化皮膜の断面図²²⁾

5.2.2 CIE の動向と JIS Z 8722:2009 の照射受光条件の経緯²³⁾

前号で、1931 年の CIE 勧告にて近代測色学の基礎をなす反射表面の測定および透過を測定するための照明及び観測の条件を記述したが、その後の色彩学の進歩と製品のカラフル化による販売促進により、前述の照明・受光条件では、視感と測色値が一致しない問題が発生してきた。試料の色は、周囲の状況、製作方法、人による差により変化する。同じ対象物でも朝焼けの下で見た色と昼間太陽の当たっている時に見た色は異なって見える(照明による差)ように、光源を含む、対

象物の持つ特性、照射・受光の条件などの諸問題が提起され、CIE では様々な検討が行われた。1959 年 CIE 第 14 回では、反射率の標準を酸化マグネシウムから“完全拡散面”を終局的に採用し、CIE1931 標準観測者の等色関数について、360~830nm の波長範囲で 1nm 間隔の新しい表を公表した。この表は後の 1986 年に正式発行された。1963 年には、測色用の光として色温度が約 6500K の光 D65 を規定していたが、D65 以外の昼光を必要とするときのため、4000~25000K 迄の任意の色温度に対する標準の公式と数表(「4.2 光の定義」参照)を勧告した。1964 年には、10°視野に基づく $X_{10}Y_{10}Z_{10}$ 系を補助表色系として正式に採用した。1975 年 CIE 第 18 回で、CIE $U^*V^*W^*$ 空間の改善である CIE1976 $L^*u^*v^*$ 色空間(CIE LUV 空間)と、アダムス・ニッカーソン空間(ASTM 1970)に対して近似する CIE 1976 $L^*a^*b^*$ 色空間(CIE LAB 空間)の、2 つの新しい色空間と関連の色差式を承認した。

これらの流れをふまえて、色彩の測定方法の JIS も大幅に改正され、2000 年には JIS Z 8722:2000 (色の測定方法-反射及び透過物体色)として発行された。色彩分野 JIS の国際整合に当たり、本規格は当時の関連する国際規格として先行していた ISO 7724-1(Paints and varnishes -Colorimetry- Part1: Principles), ISO 7724-2 (Part2: Colour measurement)、ISO/CIE 10526(CIE standard illuminants for colorimetry)及び ISO/CIE 10527(CIE standard colorimetric observers)を対象にした。なお、ISO 7724-1、ISO 7724-2 は 2013 年、ISO 10526 と ISO 10527 は 2007 年に廃止され、ISO 11664 シリーズに改正されている。ISO 7724-1、ISO 7724-2 は、もともとペイント及びワニスといった反射物体色を対象にしているが、JIS 改正では透過物体色も対象として加え、また、1964 $X_{10}Y_{10}Z_{10}$ 系とともに 2 度視野である CIE 1931 XYZ 系も加えた。これは、塗料分野だけでなく広い産業分野での利用を考慮して、CIE Publication No.15:1986 との整合もとるように規定を作成したためである。反射測定の照明及び受光の

幾何学的条件としては、a)45-n、b)n-45、c)d-n、D-n、d)n-d、n-D、透過測定の場合及び受光の幾何学的条件としては、e)n-n、f)n-D、n-d、g)D-n、d-n、h)D-Dが規定された。個々で条件記号に「0」を用いずに「n」(normal の略)としたのは、照明光の方向が試料の法線方向と一致すると、受光または入射の開口が光トラップと同様の効果を与え、開口部の奥にあるレンズ面の反射などでその性能が左右されるので、試料の法線方向と一致しない方が望ましいと考えられたためである。その後、CIE は 2004 年に、CIE Publication No.15:1986 を大幅に改正した No.15:2004 を発行したため、2009 年に JIS Z 8722:2009 として改定し、CIE No.15:2004 と整合を図るとともに照射及び受光の条件を詳細に追加した。また三刺激値を計算する重係数の作成に必要な等色関数、相対分光分布に CIE 規定の 5nm 毎のデータを使用し、照明光には JIS Z 8716 規定の蛍光ランプ D65 を追加した。

試料に対する照明光及び観測の条件を次に記す。

5.2.3 JIS Z 8722:2009 反射試料に対する照明及び観測の条件

1-1) 幾何条件 a ($45^\circ x : 0^\circ$)

試料面の法線に対して、 $45 \pm 2^\circ$ の角をなす光線束で試料を照射し、試料の法線となす角度が 10° 以下の方向の反射光を受光する (図 38)。照射及び受光光線束には、それぞれの中心線に対し 8° 以上の傾きを持つ光線が含まれてはならない。また、受光の方向は、試料の法線と一致しないことが望ましい。この条件は表面形状や方向性を強調するとき用いられる。

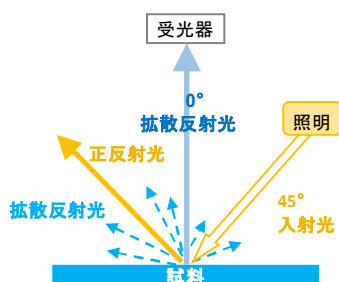


図 38 幾何条件 a ($45^\circ x : 0^\circ$)

1-2) 幾何条件 a ($45^\circ c : 0^\circ$)

試料面の法線に対して、 $45 \pm 2^\circ$ の角をなす複数の小さな光源で試料を照射し、試料の法線となす角度が 10° 以下の方向の反射光を受光する (図 39)。照射及び受光光線束には、それぞれの中心線に対し 8° 以上の傾きを持つ光線が含まれてはならない。また、受光の方向は、試料の法線と一致しないことが望ましい。この条件は表面形状や方向性の影響を最小にすることが可能である。

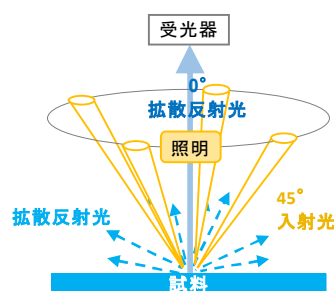


図 39 幾何条件 a ($45^\circ c : 0^\circ$)

1-3) 幾何条件 a ($45^\circ a : 0^\circ$)

試料面の法線に対して、 $45 \pm 2^\circ$ の角をなすリング状の光源で試料を照射し、試料の法線となす角度が 10° 以下の方向の反射光を受光する (図 40)。照射及び受光光線束には、それぞれの中心線に対し 8° 以上の傾きを持つ光線が含まれてはならない。また、受光の方向は、試料の法線と一致しないことが望ましい。この条件は表面形状や方向性の影響を最小にすることが可能である。

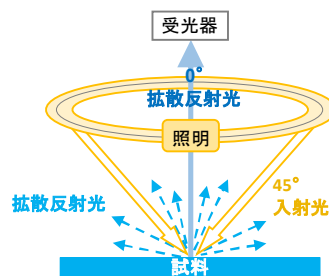


図 40 幾何条件 a ($45^\circ a : 0^\circ$)

2-1) 幾何条件 b ($0^\circ : 45^\circ x$)

試料面の法線に対して光軸となす角度が 10° を超えない一つの光線束で試料を照射し、試料面の法線となす角度が $45 \pm 2^\circ$ の方向の反射光を一つの受光

器で受光する（図 41）。照射及び受光光線束には、それぞれの中心線に対し 8°以上の傾きを持つ光線が含まれてはならない。幾何条件 a ($45^\circ \times : 0^\circ$) の逆。

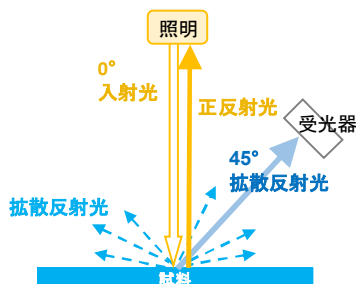


図 41 幾何条件 b ($0^\circ : 45^\circ \times$)

2-2) 幾何条件 b ($0^\circ : 45^\circ \times$)

試料面の法線に対して光軸がなす角度が 10° を超えない一つの光線束で試料を照射し、試料面の法線とのなす角度が $45 \pm 2^\circ$ の方向の反射光を複数の受光器で受光する（図 42）。照射及び受光光線束には、それぞれの中心線に対し 8°以上の傾きを持つ光線が含まれてはならない。幾何条件 a ($45^\circ \times : 0^\circ$) の逆。

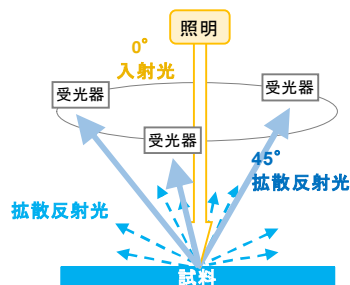


図 42 幾何条件 b ($0^\circ : 45^\circ \times$)

2-3) 幾何条件 b ($0^\circ : 45^\circ \times$)

試料面の法線に対して光軸がなす角度が 10° を超えない一つの光線束で試料を照射し、試料面の法線とのなす角度が $45 \pm 2^\circ$ の方向の反射光を複数の受光器で受光する（図 43）。照射及び受光光線束には、それぞれの中心線に対し 8°以上の傾きを持つ光線が含まれてはならない。幾何条件 a ($45^\circ \times : 0^\circ$) の逆。

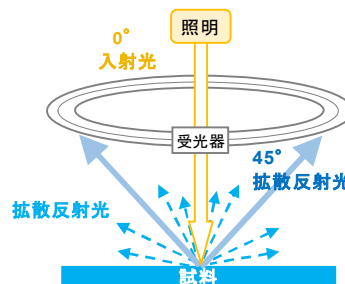


図 43 幾何条件 b ($0^\circ : 45^\circ \times$)

3-1) 幾何条件 c ($d_i : 8^\circ$)

試料をあらゆる方向から均等に照射し、試料からの鏡面反射成分を含む試料面の法線とのなす角 10° 以下(例 8°)の反射光を受光する（図 44）。受光光線束には、中心線に対し 5° 以上の傾きを持つ光線が含まれてはならない。また、受光の方向は、試料の法線と一致しないことが望ましい。

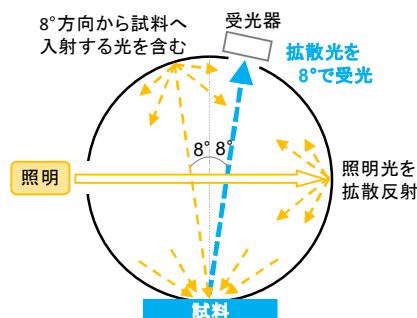


図 44 幾何条件 c ($d_i : 8^\circ$)

(次号へ続く)

【参考文献】

- 22) スガ試験機(株) 技術資料
- 23) JIS Z 8722:2009 色の測定方法—反射及び透過物体色