

# 着色プラスチックの色ムラ評価法

橋本 基\* 綿谷 祐一\*\*

## The uneven coloring evaluating method of a coloring plastic

Hajime HASHIMOTO\* Yuichi WATAYA\*\*

**Abstract:** The coloring plastic product is produced with the injection molding machine. However, uneven coloring may arise. So, the method of evaluating uneven coloring quantitatively is required. The purpose of this research is developing a method of detecting and evaluating the uneven coloring of the coloring plastic using the image processing technique. In this paper, we propose a method of analyzing the uneven coloring of the coloring plastic from the variance values of luminosity, saturation and hue of light.

**Key words:** Image Processing, Uneven Coloring, Coloring Plastic

### 1. 緒 言

これまで、着色プラスチック成形品を作るには、すでに着色されているプラスチック原料を使用していた。しかし、その方法では各色毎のプラスチック原料の在庫が必要であり、無駄なコストが生じてしまう。そこで現在では、着色プラスチック成形品を作る際、着色と成形加工を同時に行うマスターパッチ法を用いることで低コスト化を実現している。マスターパッチ法は無色のプラスチック原料と着色剤を用い、射出成形機で混合して成形加工を行う方法である<sup>1)</sup>。また、マスターパッチ法では着色と成形加工を同時に行うので、納品期間の短縮も可能となる。その反面、マスターパッチ法を用いて射出成形機で成形された着色プラスチックには、色ムラが生じる場合がある。これは射出成形機内の温度や圧力が原因と考えられる。

これまで着色プラスチック成形品の色ムラの評価は、目視検査によって行われてきた。しかし、目視検査では、検査精度の均一化や過去のデータとの比較をすることができない等、問題点があった。

本研究では、画像処理の手法を用いて着色プラスチックの色ムラを検出し、定量的に評価する方法を開発することを目的とする。

(2003年12月1日受理)

\*宇部工業高等専門学校 電気工学科

\*\*宇部工業高等専門学校 専攻科 生産システム工学専攻

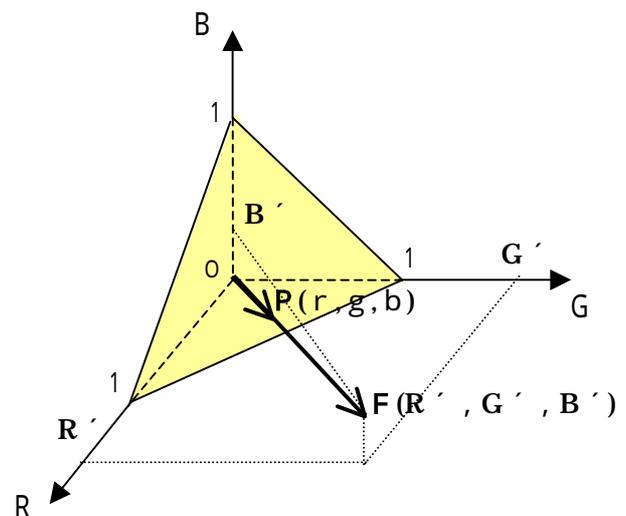


Fig1 . 色ベクトル

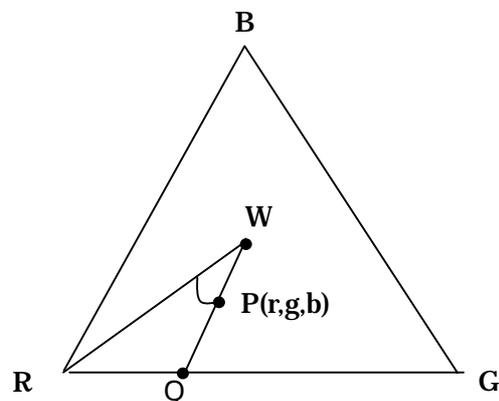


Fig2 . 色相と彩度

## 2. 原理<sup>2)</sup>

色とは、光が網膜に入射したときに起こる視感覚のひとつであるが、このような感覚を起こす光や、その光を生ずる物体の性質も色ということがある。色感覚には、色相、彩度および輝度の三つの属性がある。色相は、赤、緑、青というような色の種類で、彩度は色の鮮やかさ、輝度は色の明るさをあらわす。光には赤、緑、青の光の三原色があり、これらを加法混合することによって種々の色を作ることができる。

取り込んだ画像の、光の三原色の輝度データ( $R'$ ,  $G'$ ,  $B'$ )から得られる Fig1 のような色ベクトルを  $F$  とする。色ベクトル  $F$  の大きさが輝度  $I$  であり、式(1)で与えられる。

$$I = \sqrt{R'^2 + G'^2 + B'^2} \quad (1)$$

つぎに、 $T=R+G+B$ として $r=R/T$ ,  $g=G/T$ ,  $b=B/T$ を成分とするベクトル $P$ を考える。ベクトル $P$ の取り得る点の集合が Fig1の網掛け斜線の正三角形である。これは $R+G+B=1$ の平面と三つの座標平面で囲まれる。Fig1の網掛けの正三角形を抜き出してFig2に示す。Fig2のRGBにより成る正三角形の重心は $r = g = b = 1/3$ で白色に対応し、辺に近づくほど彩度が大きくなる。任意の点 $P$ であらわされる色の色相は、赤色を基準にとると $WR$ と $WP$ のなす角度 $\theta$ で定義され、彩度は、 $WP$ と三角形の辺の交点を $Q$ とすれば、 $WP/WQ$ で定義される。点 $P$ が $(r, g, b)$ であるから、その色相と彩度は次のようにして求められる。まず色相 $\theta$ は、Fig2の様に任意の点 $P(r, g, b)$ がある時、二つのベクトル $WR(WRr, WRg, WRb)$ と $WP(WPr, WPg, WPb)$ の内積から求められる。Fig2の各座標値から、

$$\begin{cases} \vec{WP} = (r - \frac{1}{3}, g - \frac{1}{3}, b - \frac{1}{3}) \\ \vec{WR} = (\frac{2}{3}, -\frac{1}{3}, -\frac{1}{3}) \end{cases}$$

である。内積の定義が

$$|\vec{WR}| \cdot |\vec{WP}| \cos \theta = WRr \cdot WPr + WRg \cdot WPg + WRb \cdot WPb$$

であることを用いると、

$$\theta_1 = \cos^{-1} \frac{2r-g-b}{\sqrt{6} \sqrt{(r-\frac{1}{3})^2 + (g-\frac{1}{3})^2 + (b-\frac{1}{3})^2}}$$

を得る。ただし、 $0 \leq \theta_1 \leq \pi$ である。

よって、色相 $\theta$ は次式で与えられる。

$$\theta = \begin{cases} \theta_1 (g \geq b) \\ 2\pi - \theta_1 (g < b) \end{cases} \quad 2$$

また、彩度 $S$ は定義より、

$$S = 1 - 3\min(r, g, b) \quad 3$$

の形で与えられる。ここで、 $\min(r, g, b)$ は括弧内の最小値をとることを意味する。式(2)によって色相、式(3)によって彩度が求まる。以上のような原理により、輝度、色相、彩度を定量的に表現できる。

色ムラとは色のばらつきなので、輝度、色相、彩度の三つの要素について、分散値を求めて解析する。

## 3. 画像の取り込みと前処理

### 3.1 画像の取り込み

撮影風景を Fig 3 に示す。サンプルの材質はポリプロピレン樹脂、サイズは 30cm×30cm、厚さ 5mm である。撮影時は、映り込みを除くために周囲の



Fig 3 . 撮影風景



Fig4 . 撮影したサンプルの画像

照明として CCD カメラで取り込んだ。照明光は斜めから照射して、直接反射光がカメラへ入らないようにした。

撮影したサンプル画像の 1 つを Fig4 に示す。中央下部に横に伸びた帯状の色ムラがある。しかし色ムラは非常にわずかな変化のため、この画像からはよくわからない。実際では、よく見るとわかる程度である。

### 3.2 照明の照射方法による影響の除去

Fig5 に本研究での照明の照射方法による輝度の影響を示す。照明 (蛍光灯) をサンプルの片側から照射し、その反射光を TV カメラによってパソコンに取り込んだ。そのため、照明からの距離が大きくなるにつれ、輝度は減衰する特性曲線を持っている。その近似曲線を最小 2 乗法によって求め、各画素の輝度の値と近似曲線の差を輝度のムラとした。ただし、Fig5 は R、G、B の 1 成分について表している。カラー画像の場合は輝度曲線が、光の三原色の 3 つある。実際の青色のプラスチックについて、ある横軸方向の 1 ラインの輝度曲線を見る。Fig6 は元の輝度曲線から輝度曲線の近似曲線を引いて、画像の中央の輝度値を加えた曲線である。青色のプラスチックなので全範囲にわたって青色の輝度の値が高いことがわかる。輝度の値が他に比べて高い、あるいは低い部分が色ムラの部分にあたる。しかし、後で述べる雑音のため、それほど明確にはわからない。また、左右両端の付近の画素は輝度に異常値が生じている。これはカメラまたは取り込みボードの歪のためであり、実際の解析では左右両端の 5 画素を除去した。

最小 2 乗法によって照射方法による影響を除去した画像を、Fig7 に示す。右側から光を照射したために、Fig4 では右側が明るく、左側が暗い画像であったが、Fig7 ではそれが補正されている。Fig7 は照明の影響除去をした後、コントラスト強調と明るさ調整をして色ムラ部分をわかりやすく表示したサンプル画像の例である。色ムラよりも変化の大きい照明の影響が補正されて、縞模様などの色ムラ部分がかなり見えるようになっている。しかし、少しわかりづらいが、画像全体にざらざらとした不鮮明さがある。

### 3.3 画像の雑音除去

CCD カメラで画像を取り込んだので、CCD による電子雑音や画像取り込みボードによる量子化誤差が生じる。色ムラは非常にわずかな色の变化なので、このような雑音を除く必要がある。

電子雑音や量子化誤差による雑音は白色雑音である。白色雑音とはパワースペクトル密度がすべての周波数において一

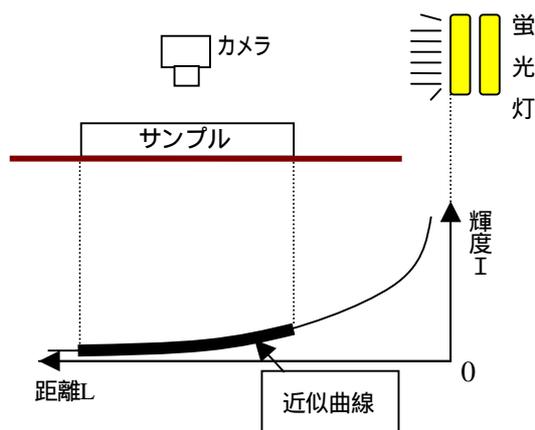


Fig5 . 照射方法による影響

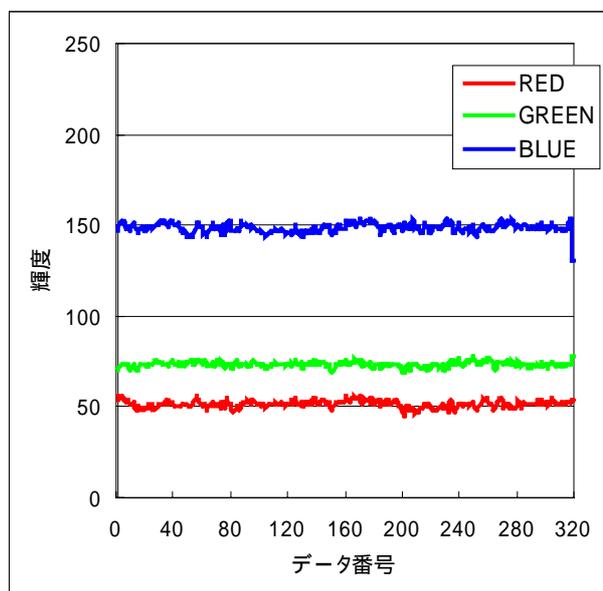


Fig6. 1 ラインの輝度分布



Fig7 . 照明の影響を除いた後の画像

定であるような不規則信号である<sup>3)</sup>。白色雑音は時間関数としては全くランダムな無相関雑音である。したがって、時間的な加算平均処理を行うことで雑音を除去することができる。加算平均処理とは、全く同等な条件下で撮影された画像データを複数枚重ね合わせて雑音を除去するという処理である。

重ね合わせる枚数を変化させて加算平均処理の結果得られる画像を見比べると、100枚加算平均した時点で、ほぼ完全に白色雑音が除去されたと判断できた。Fig8に100枚の画像で加算平均処理をした後の画像を示す。この画像もFig7と同様、コントラスト強調と明るさ調整をして色ムラ部分をわかりやすく表示している。雑音が無くなり、画像全体が鮮明になって、Fig7では見えなかった細部の色ムラ部分もはっきり見えるようになった。



Fig8 . 100枚加算平均処理した画像

#### 4 . 解析結果

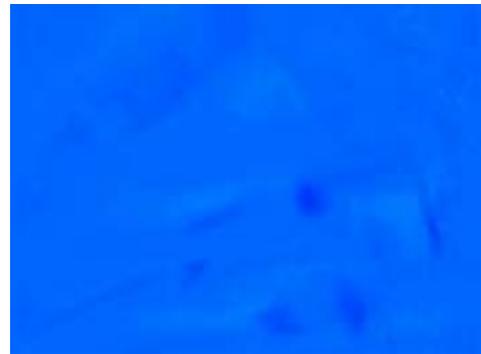
Fig9は、解析に用いた青色のプラスチックサンプルの例である。両者とも前処理(照明の影響の除去、雑音の除去)後、同じパラメータでコントラスト強調を行っている。不良品では、色ムラの部分は青色が濃い部分(暗い部分)や薄い部分(明るい部分)として見える。色ムラは、実物ではよく見るとわかる程度である。目視により良品、不良品と判断したサンプルを各5例ずつ取り込み解析した。

解析結果をFig10~12に示す。それぞれ横軸はデータ番号で、1~5は目視で不良品(色ムラあり)と判断されたもの、6~10は良品(色ムラなし)と判断されたものである。また、縦軸は輝度、彩度、色相の分散値である。分散値は画面全体の平均を取ったものである。Fig10は輝度の結果である。この結果を見ると、不良品では分散値が大きく、良品では小さい傾向にある。しかし両者の分布は一部重なっており、明確に区別はできない。Fig11の彩度の結果も輝度と同様の傾向である。一方、Fig12の色相では良品と不良品の分散値に差

は無く分布が全体的に重なっており、区別できないことがわかる。

輝度と彩度ではサンプルによって値が異なることがわかったが、目視での良品、不良品の判別結果と一致していない。その原因について検討するため、輝度と彩度の分散値について詳しく調べた。Fig13は、輝度と彩度の分散について擬似カラー表示したものである。それぞれについて、画面全体の分散値の平均値を基準とし、基準以上を灰色、基準の2倍以上、5倍以上、10倍以上をそれぞれ青色、緑色、赤色で示した。データ番号1~5は目視で不良品と判断されたものであ

(A) 不良品



(B) 良品



Fig9 . プラスチックサンプル

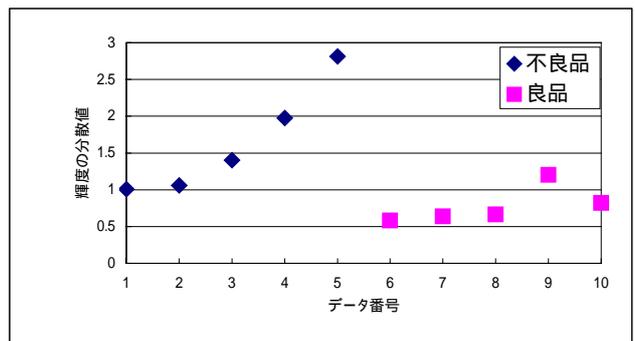


Fig10. 輝度の解析結果

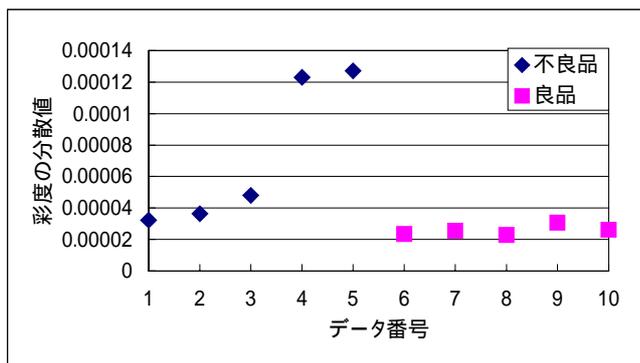


Fig11. 彩度の解析結果

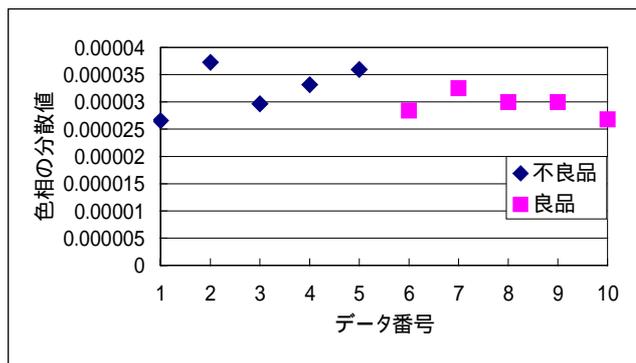
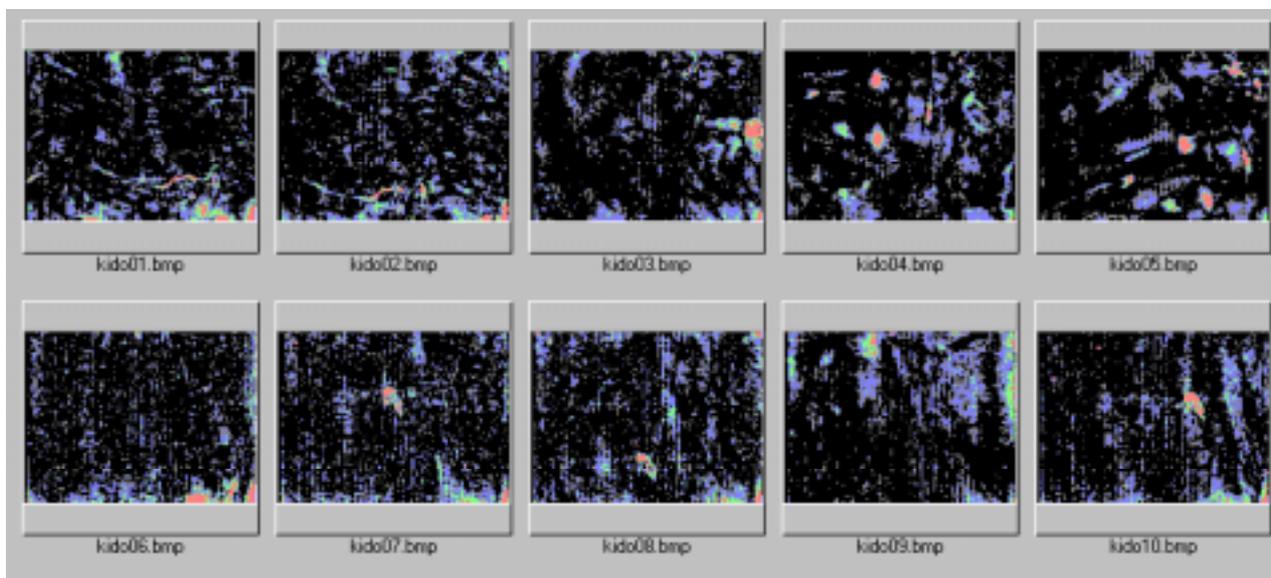


Fig12. 色相の解析結果

A 輝度



B 彩度

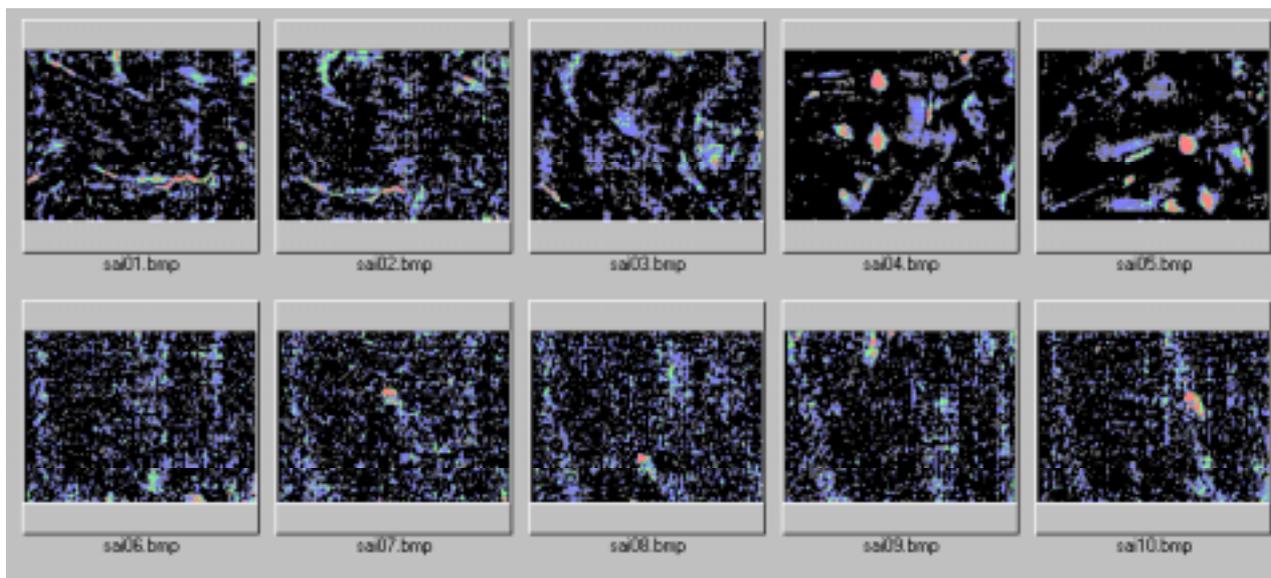


Fig13 . 輝度と彩度の擬似カラー表示

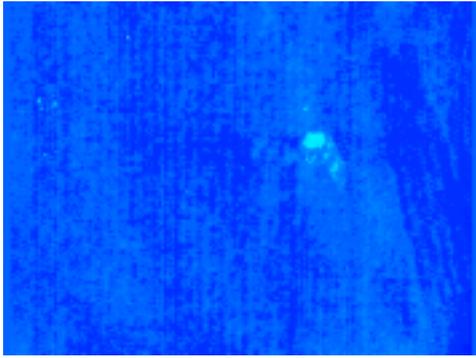


Fig14 . コントラスト強調画像 (データ番号 10)

る。データ番号 6～10 は、目視で良品と判断されたものである。不良品では、擬似カラー表示で赤色の部分が目視による色ムラ部分とほぼ一致した。しかし目視では良品でも、データ番号 10 のように赤い部分があるものもわかる。このサンプルの元画像をコントラスト強調したものを Fig14 に示す。中央少し右に、周囲と色の異なる部分があることが確認できる。この部分が解析結果で赤色に表示された部分と一致する。この部分はプラスチックサンプルを見ても目視では見えなかった。

灰色のプラスチックサンプルでも同様の解析を行った。青色サンプルと同様、サンプルによって輝度と彩度の値に差が

あったが、色相では差がなかった。

## 5.まとめ

画像処理によって着色プラスチックの色ムラを解析する方法について検討した。色ムラを定量的に評価する方法として、輝度、彩度、色相の分散値について検討した。青色と灰色のプラスチックサンプルで解析を行った結果、輝度と彩度の分散値が有効であることがわかった。また画像処理により、目視では見えないわずかな色ムラも検出できることがわかった。

これまでの研究で、輝度と彩度の分散値によって色ムラの数値化は可能になった。良品、不良品の判別を行うためにはこれらの数値と色ムラの程度の関係性を求め、色ムラの判別基準を決定することが今後の課題である。

## 文 献

- 1) 日精樹脂インジェクション研究会：知りたい射出成形，ジャパンマシニスト社，pp15，201-202，1996
- 2) 白井 良明：コンピュータビジョン，昭晃堂，pp108-112，1980
- 3) 南 茂夫：波形データ処理，CQ 出版株式会社，pp69-83，1986