

画像処理によるガラスカレットの色識別

橋本 基* 佐々木 貴紀**

Color Identification of Glass Chips by Image Processing

Hajime HASHIMOTO* Takanori SASAKI**

Abstract: It is necessary to classify the color to recycle the glass chips. In this report, a method identifying the color of glass chips by the hue and the chroma calculated from a color image was proposed. Experiments were carried out with eight kinds of glass samples. When the chroma was large and the hue was obviously different, it was possible to identify the color of the glass chips.

Key words: glass chips, color identification, recycle, image processing

1. 背景

日本では、現在年間 200 万トンを超えるガラス廃材が排出されている。容器包装リサイクル法の施行により、事業者は製造量などに応じてリサイクルの義務が課せられるようになった。そこで回収した空きビンを経済資源として再利用できるよう破碎機にかけられ、ガラスカレット(破碎ビーズ)が作られる。ガラスカレットは 1mm から 8mm くらいまでの大きさである。主な用途は駐車場や看板、建築用材やアスファルトなどである⁽¹⁾。しかし、ガラスカレットは製作する時、ビール瓶などのさまざまな色のガラス瓶が同じところで粉碎されているので、ガラスカレットは様々な色が混ざることがある。色が混ざったガラスカレットは再利用できずに埋め立てられているのが現状である⁽²⁾。現在埋め立て処分場の残余年数は約6年余りで、年間処分量は減っているが新規処分場の数も減っているため、更なる削減が必要である。よって、ガラスカレットの色を分別し再利用できるものを増やす必要がある。

本研究では、ガラスカレットの色を画像処理の技術を用いて識別できるような方法を開発することを目的とする。色の識別方法にはいくつかの種類がある。画像データは光の三原色である RGB(赤緑青)の輝度値として取り込まれているため、最も簡単なのは RGB 値を用いることである。しかし輝度は、照明の影響を直接受けるという問題がある。そこで今回は、輝度情報を除いた色度情報(色相と

彩度)のみを用いた。また、色判別に適した撮影条件についても検討した。

2. 色の識別方法

2.1 色の計算式⁽³⁾

画像の各画素の三原色データ(R,G,B)を図1のような三次元色空間内の色ベクトル F の座標として考える。

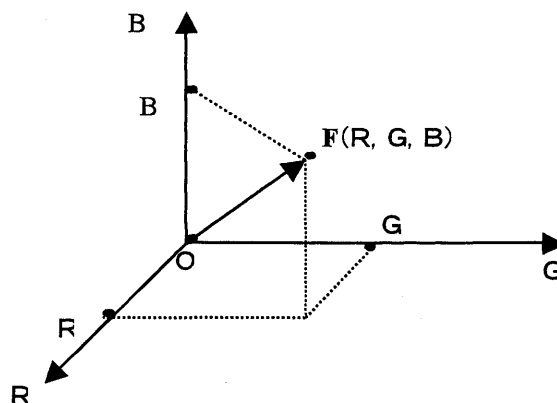


図1 RGBのベクトル空間

図1のベクトル F の長さが輝度 I である。色ベクトルの方向は色度、すなわち色相と彩度を表している。輝度 I は次式で表せる。

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

(2006年11月24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生産システム工学専攻

今、 $T=R+G+B$ とし、 $r = \frac{R}{T}, g = \frac{G}{T}, b = \frac{B}{T}$ として改

めて (r, g, b) を色ベクトル P の要素とし、図2に示す。 P 点は三つの座標平面で囲まれる三角形の中に存在する。

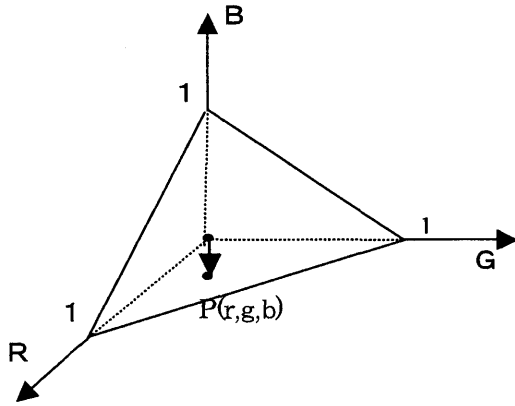


図2 規格化した色ベクトル

図2において $r+g+b=1$ の平面と、三つの座標平面で囲まれる三角形に注目し、その三角形を図3に示す。

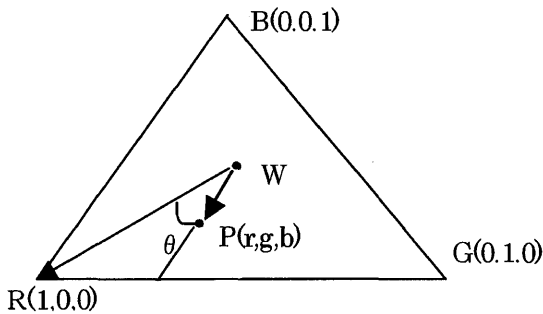


図3 色相と彩度

図3において三角形の重心 W は白色を表し、辺に近づくほど彩度が大きくなる。任意の点 P で表される色の色相は WR と WP のなす角度で示される。色相 θ と彩度 S の式を次式に示す。

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

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

ここで、 $\min(r,g,b)$ は、 r,g,b の値の中で最小のものを取ることを意味する。

2. 2 結果の表示方法

彩度と色相を用いた色相図を図4に示す。理想的な結果は、

異なる色のガラスカレットの色相図が重ならないことである。そのためには、ある色のガラスカレットの色相図は、彩度はできるだけ大きく(中心から離れる)、そしてその分布(広がり)はなるべく小さいものが多い。

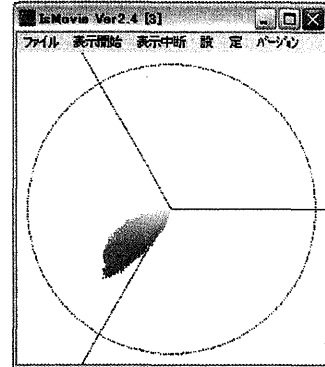


図4 色相図

3. 実験方法

今回用いたガラスカレットは、透明、水色、青色、灰色、黄土色、茶色、濃い黄緑色、緑色の8色である(図5)。

結果に影響する撮影条件は、背景の色、照明方法、およびカメラのパラメータである。ガラスが透明であるため、背景の色によりガラスの見え方が異なる。今回は背景に白を用いた。照明も当て方や数によりガラスの見え方が異なる。透過と反射による照明がある(図6)。カメラのパラメータも絞りやピントより影響を受ける。よって、今回はこれらを変化させ実験を行った。調べたパラメータを表1に示す。

表1 撮影条件

背景		白 (プラスチック)
照明	数	1, 2
	当て方	透過、反射
カメラ	絞り	4, 8, 16
	ピント	くっきり、ぼかし

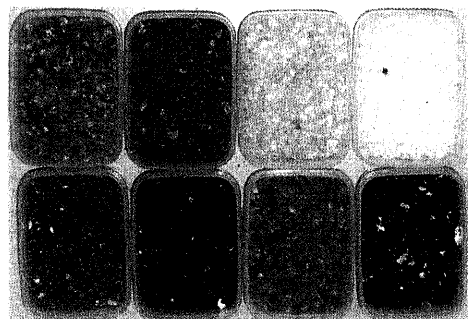


図5 実験に用いた8色のガラスカレット

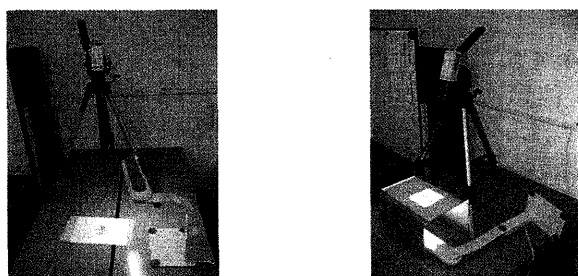


図6 反射光と透過光の撮影風景

4. 結果

4.1 照明方法による違い

青色のガラスについて、反射光と透過光によるガラスの写真と色相図を図7に示す。(a)が反射光で、(b)が透過光である。その他の撮影条件は、カメラの焦点距離69mm、絞り8、ピント合、1灯とした。透過光では反射光に比べて光が強いので、写真で同じ明るさになるように調整した。

まず、ガラスカレットの写真を反射光と透過光で比べてみると透過光の方が光が通過してより透明に見える。色相図を見てみると透過光の方が反射光よりも色相の範囲が大きいことが分かる。彩度はそのままで色相だけ狭くなっているため結果は反射光の方が良いと言える。同様に彩度の小さい水色の場合を図8に示す。透過光ではほぼ中心に分布しており、無色(白)と区別できない。これに対

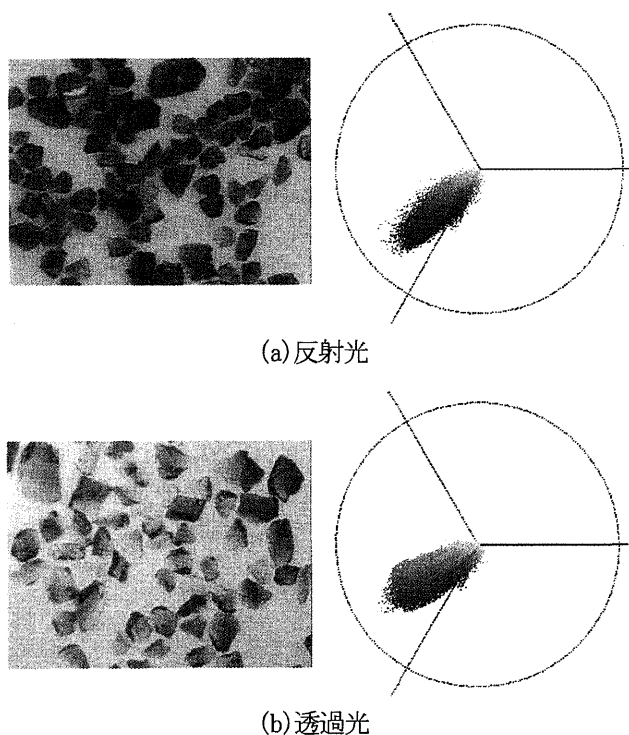


図7 青色の反射光と透過光の写真と色相図

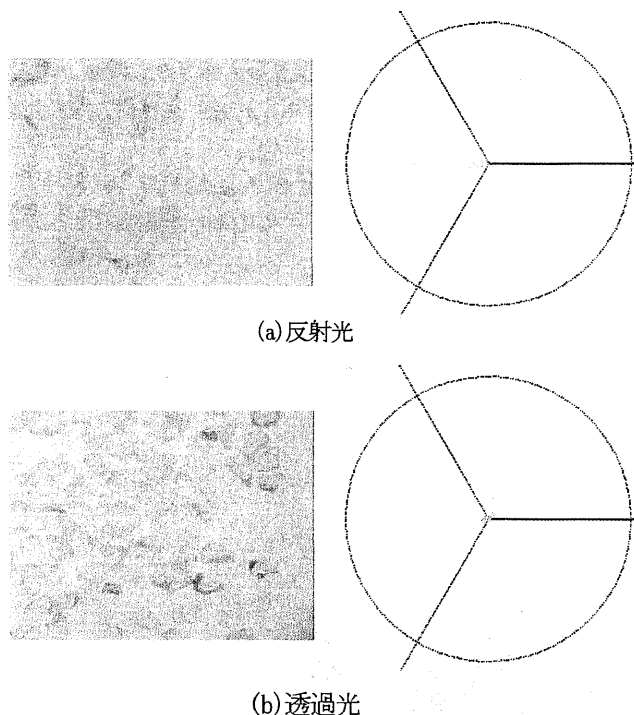


図8 水色の反射光と透過光の写真と色相図

して反射光では中心より左側に分布しており、水色であることがわかる。よって、彩度の大きい場合も小さい場合も反射光のほうが良い結果が得られると言える。

4.2 照明の数による違い

図9に2灯の時のガラスの写真と色相図を示す。その他の撮影条件は、反射光、カメラの焦点距離69mm、絞り8、ピント合とした。1灯の場合は、図7(a)に示されている。

1灯の場合では照明の当て方により影ができその影響が色相図にも影響すると考え、照明を2灯にすることにより影が少なくなり良い結果が得られると考え実験を行った。しかし、1灯と2灯の時の色相図を比べてみると、ほとんど差のなかった。これにより影の影響はないと考えられる。また、1灯で行ったほうが装置が簡単になり安価にできるので、良いと言える。

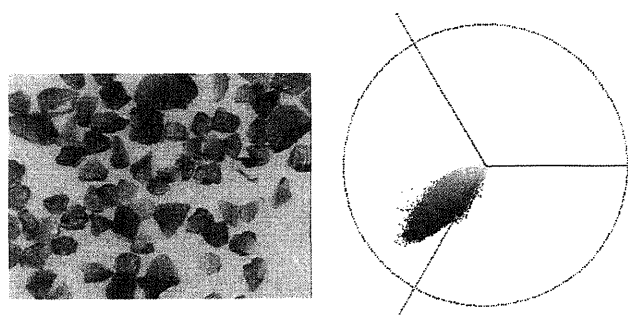


図9 2灯の時の写真と色相図

4.3 絞りによる違い

図10にカメラの絞りを変えたときのガラスの写真と色相図を示す。その他の撮影条件は、反射光、1灯、カメラの焦点距離 69mm、ピント合、である。

絞りは閉じると暗くなり開くと明るくなる。絞り 16、8、4 の色相図を比較すると、絞り 8 が中心から最も離れたところに分布しており、最も良いといえる。絞り 16 (絞りを閉じた) 場合、撮影した写真が黒く見え、彩度が小さくなっている。逆に、絞り 4 (絞りを開いた) 場合、写真は白っぽくなりやはり彩度が小さくなっている。絞りは照明の強さに依存する。照明によって最適な値に調整する必要がある。

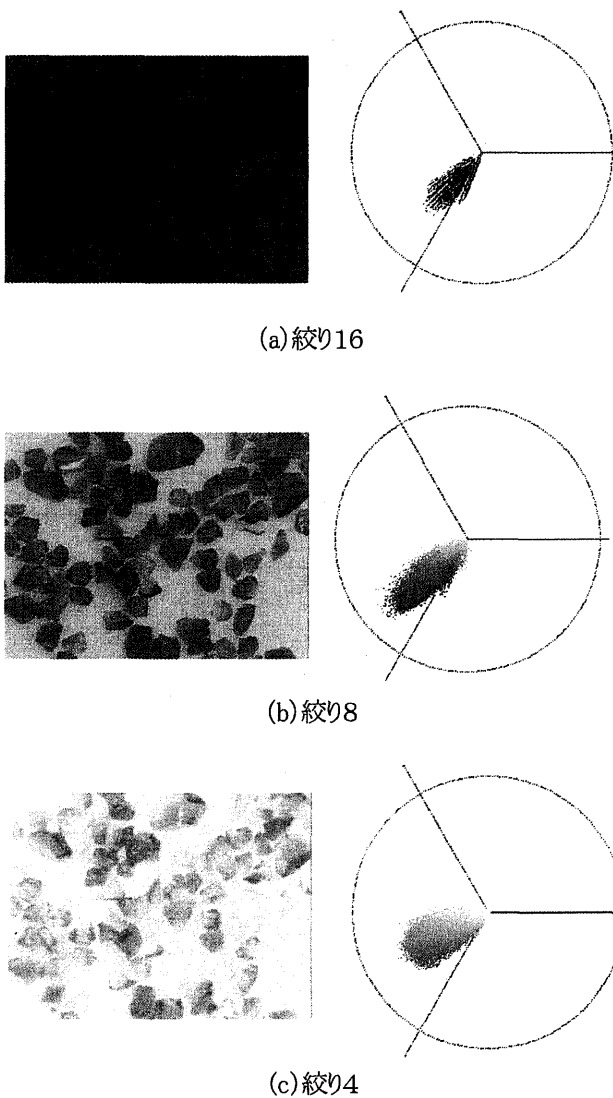


図10 絞りの異なるガラスの写真と色相図

4.4 ピントによる違い

図11に、ピントの合っていない時の写真と色相図を示す。ピントの合っている場合は、図7(a)に示す。その他の撮影条件は、絞り 8、反射光、1灯、カメラの焦点距離 69 mm である。

ピントを変化させると輪郭や細部に変化が出る。まず、ピントがはっきりしている場合の色相図を見てみると、連続的な青色の分布の周囲に飛び飛びに点があることがわかる。すなわち、異なる色の点があることを示している。次にピントの合っていない時の色相図を見てみると、1つの連続した分布にまとまっている。よって、色相図が小さくまとまっているピントの合っていない時のほうが良いと言える。ピントをはっきりさせた際の結果がよくなかった原因は、照明光がガラスに当たって反射したり、屈折するためと考えられる。そのために、部分的に異なった色として見えると考えられる。ピントが合っていない状態、すなわちボケた状態にすることで空間的に平滑化され、均一に近い色として見ると考えられる。

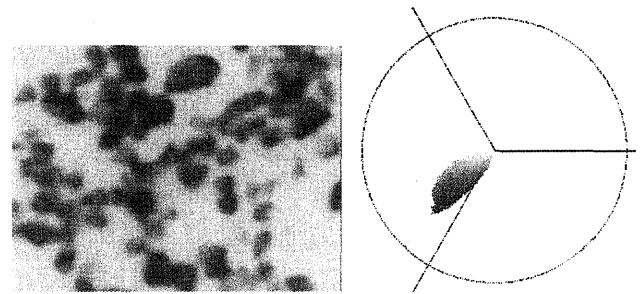


図11 ピントの合っていない時の写真と色相図

4.5 8色のガラスカレットでの比較

もっとも結果の良かった条件、カメラの焦点距離 69mm、絞り 8、ピントぼけ、1灯、反射光での写真を図12に色相図を図13に示す。

8色のガラスカレットの色相図を比較してみると、青色や茶色、緑色といった明らかに色相の異なる色については識別できることが分かる。しかし、茶色と黄色といったような色相の似ているものについては明確に区別することはできなかった。また、透明と水色も彩度が小さいので色相図での違いはわずかで区別することは難しい。

5.まとめ

ガラスカレットの色判別を行うための撮影条件について検討した。照明方法は反射がよく、カメラのパラメータ(絞り、ピント)にはそれぞれ適した値があることがわかった。色相と彩度を用いて8色のガラスカレットで実験を行った結果、色相が大きく異なる場合は色を判別することはでき

た。しかし、色相が近いものや彩度が小さいものは判別できなかった。色相と彩度の色相図からガラスカレットの色判別を行うことは難しいと思われる。今後は、色相、彩度の分布の特徴や、輝度などその他の情報を取り入れた方法を検討して行きたい。

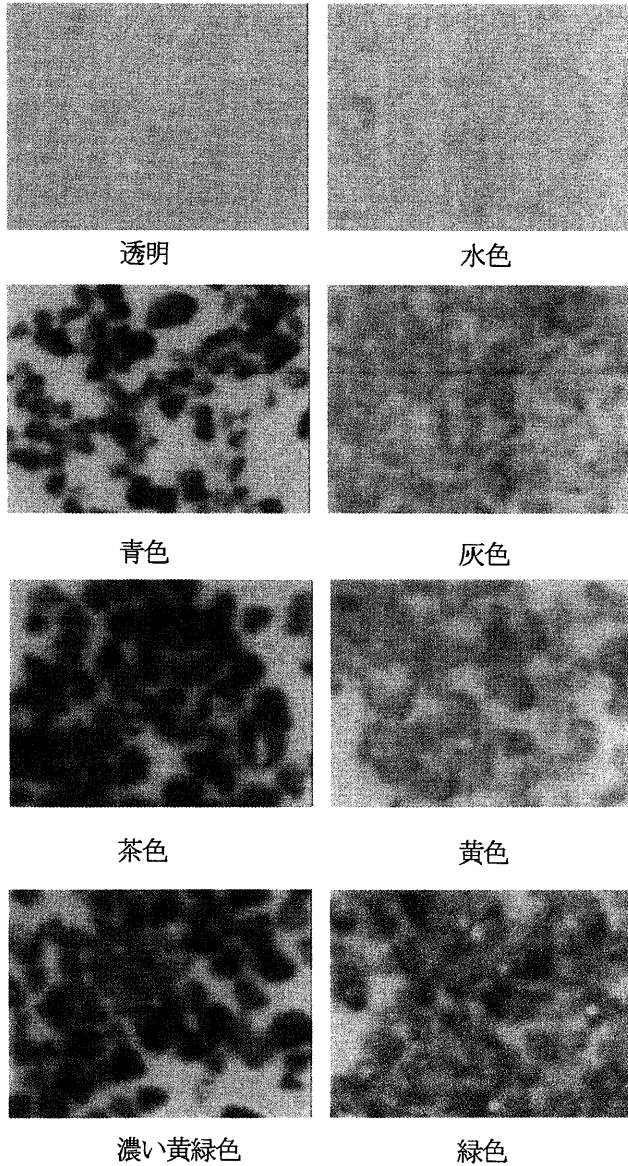


図12 最も良い条件でのガラスの写真

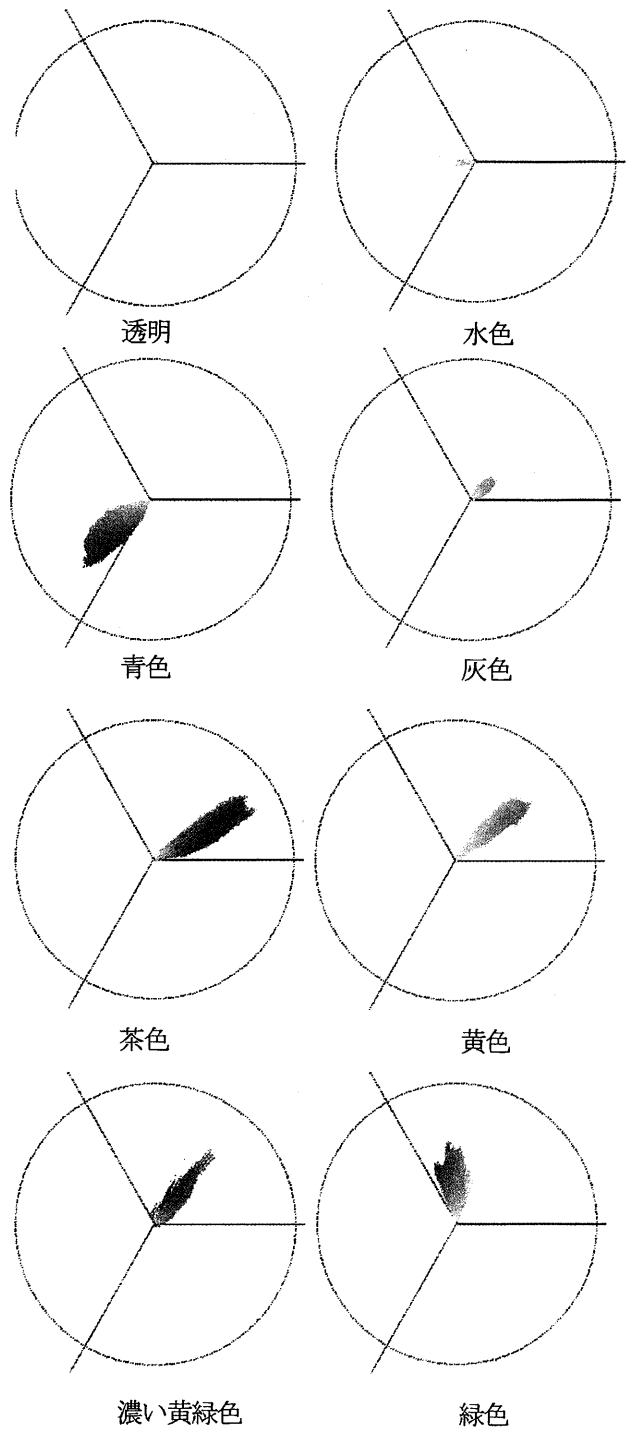


図13 最も良い条件での色相図

参考文献

(1) 村田徳治著,リサイクル技術の実際,111-112,1993年

(2) 吉村七朗著,リサイクル社会が始まった, 111-115,1990年

(3) 白井良明著,コンピュータビジョン,108-117,1980年