

携帯端末付属カメラを用いた低品質画像の カラーセグメンテーションに関する基礎検討 A Basic Study of the Color Image Segmentation for low quality Images

鈴木 裕紀† 磯 俊樹† 磯田 佳徳† 杉村 利明†
Hiroki Suzuki Toshiki Iso Yoshinori Isoda Toshiaki Sugimura

1. はじめに

現実世界のオブジェクトからそれに関連する情報やサービスを発見・提供するユビキタスサービスを実現する上で、そのオブジェクトが何であるかを認識することは重要である。通常、オブジェクトを認識するにはバーコード等のIDタグを利用することが多い。しかし、専用リーダが必要であるため、モバイル環境下での利用には必ずしも適していない。そこで、モバイル環境下で手軽にオブジェクト認識するために、近年、携帯端末機に搭載されるようになったカメラを外界情報センサの一つとして着目し、そこから得られる画像情報に基づいてオブジェクトを認識する技術の検討を進めている。しかし、現状の携帯端末付属カメラでは、空間解像度をはじめとする画像品質に限界があるため、細かいパターンを識別することが困難などの問題がある。従って、IDタグを用いてオブジェクト認識する場合、IDタグを表現する特徴の選定やその抽出方式について検討する必要がある。ここでは、その表現する特徴の一つとして色情報を取り上げ、IDタグの特徴表現として用いる色の選択とカラーセグメンテーション(色分離)について基礎検討を行った結果を報告する。

2. 色情報に基づくIDタグ(カラーマーカー)

IDタグを表現する特徴として、バーコードに代表される幾何学形状情報(線幅の粗密や2次元パターン)と、カラーバーコード^[1]に代表される色情報がある。IDタグに色情報を用いる場合、絶対的な色に情報をもたせる方法と相対的な色の関係に情報をもたせる方法がある。ユビキタスサービスで利用されるIDタグの適用環境を考えると、照明条件が様々に変動する可能性があり、さらに携帯端末付属カメラの性能を考慮すると、絶対的な色情報を用いて識別するよりも相対的な色の関係をもとに識別する方が現実的である。そこで、今回は、カラーマーカーを例にとって、相対的な色の関係が分析しやすい色の選択について検討する。そして、その結果に基づいて生成されたカラーマーカーを実際にカラーセグメンテーション(色分離)することで、その有効性を検証する。

3. 色分離可能な色の選択

ここでは、最初に携帯端末付属カメラの色特性を評価し、機種に依存せず安定に撮影できる色の領域を調べる。次に照明変動に対しても安定な色の特徴表現が可能な表色モデルについて比較検討する。最後に、携帯端末付属カメラの色分解能を調べることで、カラーマーカーに適した色を選択する。

3.1 色分離可能な色領域の評価

† (株)NTTドコモ マルチメディア研究所

色歪みの影響が少ない安定した色の領域を調べるために、図1(a)に示す141色の色票モデルを同一照明条件下で携帯電話機やPDAに付属している3つのカメラを用いて撮影する。撮影画像上の各色について他の140色との差異ベクトルをRGB空間で定義し、色票モデルでの差異ベクトルとの内積で逆転現象の生起を判定する。

図1(b)に各色について逆転が生じた割合を色票モデル上にマッピングした結果を示す。色票モデルの黄色付近の領域では、逆転現象の割合は約1.6%になっているが、シアンからマゼンタの領域は約5%と相対的に不安定な領域となっている。

3.2 色歪みにロバストな表色モデルの評価

照明変動に対して安定した色の表現が可能な表色モデルを検討するために、原画像と撮影画像における代表色(6色)の色歪みを評価することで、RGB表色モデルと4種類のHSI表色モデル^[2]を比較した。なお、色歪みの指標は原画像と撮影画像における2色間距離の平均値の比を用いる。

表1に示す通り、HSIの6角錐表色モデルがいずれの照明条件下でも他のモデルに比べて色歪みが小さいことが分かる。

3.3 色分離可能な色の評価

3.1, 3.2節をふまえ、モバイル環境下でロバストな色分離が可能な色の条件を調べる。まず、想定される利用シーンを考慮して撮影した6種類の画像(図2参照)を用意し、原画像における各色ごとの2色間距離との違いを分析する。なお、ここではHSIの6角錐表色モデルを用いる。

色相に関して210度(青)から300度(マゼンタ)の間を避けた色では色関係の逆転現象は起こらなかった。特に、0度(赤)から90度(黄緑)までの色では、色相差が30度であっても、逆転現象は起こらなかった。

以上、本章の結論をまとめると、色分離の誤識別を避けるための色選択条件は次の通りである。

- ① シアンからマゼンタの近傍色は複数選択不可
- ② 色分離の際には、色歪みにロバストなHSI(6角錐モデル)を利用
- ③ 黄色では色相差が30度となる色、マゼンタでは60度より大きくなる色を選択

4. 基礎的な色分離方法の検討

3章で得られた色選択条件に基づき生成したカラーマーカーを対象として、実際に色分離を試みる。はじめに、背景を分離するための色情報の条件を調べる。次に、色分離するための尺度として、色相の大小関係に基づく相対基準が撮影画像に対しても有効であることを実際に検証する。最後に、多様な照明条件に対するロバストな色分離方式の一検討として、色補正による色分離の可能性についても検

討する。なお、カラーマーカーの背景は白とし、表現に用いる色は6色(色相が0度, 30度, 60度, 90度, 180度, 210度, 300度)とする。

4.1 背景分離するための色情報の評価

カラーマーカー撮影画像の色分離にあたって、色と背景を分離するための色情報に関する条件を調べる。まず、6種類の照明条件下で撮影したカラーマーカー画像を構成する色のうち、彩度が最も低くなる色を調べる。次に彩度を0.2刻みで変化させた新たな色票モデルを対象とし、上記とは異なる照明条件下で撮影した画像について、背景分離を試みた。ここでは、先の調査で求めた最小の彩度値をもとに決定した値を用いて閾値処理することで色と背景を分離した。

図3に示すように、閾値が彩度0.3の場合、色相の値によっては正しく色領域を抽出できないが、閾値が彩度0.2の場合、色相によらず安定に色領域が抽出できている。

4.2 色分離するための相対基準の評価

相対基準に基づく色分離尺度の有効性を検証するため、実際の撮影画像を色相の大小関係に基づき色分離し、色味を特徴量とする絶対基準(表2(a))に基づいて色分離した場合と比較する。

表2(b), (c)に示すように、色相の場合は色歪みに対して各色の相対的な関係は変わらず、安定な色分離が行えたのに対し、色味は緑, 青, マゼンタの値が影響を受け、安定した色分離ができなかった。

4.3 色歪み補正を加えた色分離方法

色分離の性能向上に対する“色歪み逆変換フィルタ”の有効性を、色歪み補正効果の度合いで評価する。まず、3.2節で用いられた複数の照明条件下で撮影された色票画像を用いて、色歪み特性の逆変換フィルタをニューラルネットで構築する。入力データは撮影画像における各色の色相と彩度とし、教師データは原画像における各色の色相と彩度として、3層のニューラルネットを構築する。なお、学習則はバックプロパゲーションを用いた。次に、撮影画像と同じ照明条件を選択し、この条件の色歪み特性の逆変換フィルタを用いて色歪み補正をかける。補正前後の撮影画像に対して、2色間の差異ベクトルと色票画像の差異ベクトルとの差を色分離の指標とする。なお、補正をかける撮影画像として、6つの照明条件下での2種類のカラーマーカー画像12枚を用いる。

実験の結果、12枚中8枚で補正後の色歪みが減少した。この結果の一部を表3に示す。

以上、本章の結論をまとめると次の通りになる。

- ① カラーマーカー画像中の背景と色を分離するための彩度の閾値は0.2以下が有効
- ② 色相の大小関係に基づく色分離のための相対基準は色味に基づく絶対基準より色歪みに対しロバスト
- ③ 色歪み特性の逆変換フィルタによる色歪み補正は、色分離の性能向上に対する可能性有

4. おわりに

IDタグとしてカラーマーカーを例に取り、色分離可能な色選択条件と、その色分離方法に関する基礎検討について述べた。今後は、ロバストな色分離方式の確立を目指し、

効果的な色歪み特性の逆変換フィルタなど照明条件の影響を補正する方法について検討する。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なご協力を頂きました、(株)構造計画研究所 千種氏に深謝いたします。

参考文献

- [1] 武田 哲也, “カラーバーコードと画像解析を用いた情報配信・提示”, <http://www433.elec.ryukoku.ac.jp/~takeda/Lab/ColorBar/>
- [2] 高木幹雄, 下田陽久 監 “画像処理ハンドブック”, 東京大学出版, pp.485-491, 1991

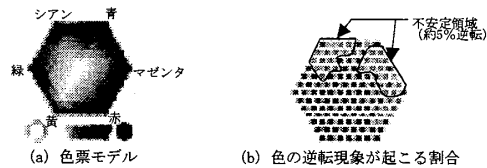


図1: 色分離可能な色領域の評価

表1: 各表色モデルでの2色間の平均距離の比

表色モデル	RGB	HSI	HSI	HSI	HSI	
		6角錐	双6角錐	Hayden	Raines	
平均距離比	照明1	0.703	0.717	0.690	0.650	0.167
	照明2	0.404	0.562	0.442	0.501	0.065

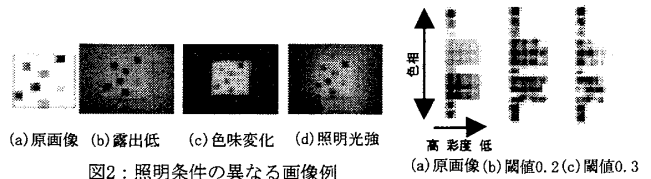


図2: 照明条件の異なる画像例

図3: 彩度による背景分離

表2: 色分離するための相対基準の評価

(a) 色味の定義

R 味	M 味	C 味	Y 味	B 味	G 味
$2 \cdot r - g - b$	$r + b - 2 \cdot g$	$g + b - 2 \cdot r$	$r + g - 2 \cdot b$	$2 \cdot b - g - r$	$2 \cdot g - r - b$

注: (r, g, b)はRGB表色モデルで表現した撮影画像上の色

(b) 色味による色分離

色	原画像のRGB値	撮影画像のRGB値	R味	M味	C味	Y味	B味	G味	判定
赤	254, 0, 0	150, 38, 41	221	115	-221	106	-106	-115	○
マゼンタ	255, 0, 255	149, 63, 96	139	119	-169	20	-20	-119	×
シアン	1, 255, 255	91, 129, 144	-91	-23	-91	-68	-68	23	○
黄	255, 255, 1	170, 179, 78	83	-110	-83	193	-193	110	○
青	0, 0, 254	103, 114, 142	-50	17	-50	-67	-67	-17	○
緑	0, 255, 1	89, 115, 85	-22	-56	22	34	-34	-56	○
判定			○	○	○	○	×	×	△

注: 行方向と列方向で判定

(c) 色相の大小関係による色分離

色	原画像の色相	撮影画像の色相	順位	順位
赤	0.0	1	358.4	1
マゼンタ	300.0	2	334.0	2
シアン	180.0	4	197.0	4
黄	60.0	6	65.3	6
青	240.0	3	223.1	3
緑	72.0	6	112.0	5

注: 色相が358.4の色を赤とする

表3: 色歪み補正結果

照明条件	露出低	露出中低	標準露出	露出高	色味変化	照明光強
補正前	0.7181	0.8238	0.8162	0.7832	0.8215	0.8116
補正後	0.6880	0.8237	0.7964	0.7257	0.7896	0.8723