

既知の色の対象を用いた色認識のロバスト化

中央大学 ○菊地敏文, 中央大学 梅田和昇, 東京大学 上田隆一, 中央大学 大隅久, 東京大学 新井民夫

Improvement of Color Recognition Using Colored Objects

Chuo Univ. Toshifumi Kikuchi, Chuo Univ. Kazunori Umeda, Univ. of Tokyo Ryuichi Ueda,

Chuo Univ. Hisashi Osumi, Univ. of Tokyo Tamio Arai

In robot vision, it is important to recognize a specific color region from a color image. However, color distribution by a camera changes according to the change of lighting. Therefore, robust color recognition is difficult. In this paper, Improvement Color recognition is improved by using a robust color space for the change of lighting and renewing the color recognition table. The evaluation of this method is performed by the color recognition experiments.

1. 序論

現在, 家庭やオフィスで作業を行う自律移動ロボットの需要が伸びている. 自律移動ロボットはセンシング, 行動計画, 協調動作など複数のタスクを実時間で同時に実行することが求められる. ロボットは外界の情報をセンシングする場合, カメラから得られる画像情報を用いることが一般的である. 多くの物体は色がついており, 色情報は物体の認識を行うための有用な手がかりとなる. しかし, 画像から観測する色情報は照明条件に伴って変化をするため, 安定した物体の抽出は困難である. これに対し光源色の推定などの研究が盛んに行われている¹⁾.

本研究では, 簡便かつ照明変化に強い色空間を用い, 色識別用のテーブルを更新することで, 既知の色のついた物体を安定に抽出する手法を提案し, 実験によりその有用性の検証をおこなう. また, プラットフォームは, RoboCup²⁾を取り上げる.

2. RoboCup - 4 足ロボットリーグ -

RoboCup はロボットによるサッカー競技を通して, ロボット工学の技術向上を目指す世界的な大会である. 本研究では, その1部門である RoboCup 4 足ロボットリーグを題材に色認識のロバスト化を図る. ERS-7 (AIBO) を共通のハードウェアとして用いており, ハードの改造が許されていないためソフトウェアの違いのみで優劣を競う. ERS-7 の鼻先には CMOS カメラが搭載されており, このカメラで画像を取得する. このカメラのパラメータを Table 1 に示す. また, カメラの画像データの色空間は YCrCb を用いている.

試合環境は, Fig.1 に示す 4200[mm] × 2700[mm] の大きさのサッカーフィールドである. 自律的な行動を支援するためフィールド上の主要な物体は色で塗り分けられている. 主なものとして, ボール, ゴール, フィールド, ロボット, ランドマークなどがある. ランドマークは高さ 390[mm] で, 各 2 色によって別の組み合わせで塗り分けられている. ボールは, 直径 84[mm] である. ゴールとロボットは, 敵味方を認識できるように塗り分けられている. 各物体の色を Table 2 に示す. 各物体が塗り分けられているために, 色認識が自己位置やボールなどの位置の計測結果に大きく影響する.



Fig. 1 Field of RoboCup 4 Legged League

Table 1 ERS-7 Camera Parameter

CMOS	1/4 [inch]
Pixels	208×160 [pixel]
Angle of View	H : 56.9 [deg] V : 45.2 [deg]
Lens	F : 2.8 f = 3.27 [mm]
White Balance	5000 [K]
Frame Rate	30 [FPS]
Shutter Speed	1/100 [s]

Table 2 Colors of Objects

Ball	Orange
Goal	Sky Blue, Yellow
Field	Green, White
Robot	Red, Dark Blue
Landmark	Pink-Sky Blue, Pink-Yellow

3. カメラキャリブレーション

カメラキャリブレーションは, 物体を正確に測定するために欠かせない. カメラの γ 値やレンズの周辺減光を測定することで, 色情報をより安定に得ることができる.

3.1 内部パラメータ

MVTec 社製画像処理ソフト HALCON を用いて内部パラメータを求めた. 実機カメラで専用のキャリブレーションターゲットを撮影し, キャリブレーションを実行した. 求められる内部パラメータは, 焦点距離, 素子のサイズ, 画像中心, 歪の大きさを表す係数 κ である. 測定結果を Table 3 に示す.

Table 3 Result of Camera Calibration

focal length [mm]	Elements Size [mm]		Center of Image [pixel]		κ [1/m ²]
	x	y	x	y	
3.279	1.603×10 ³	1.600×10 ³	101.5	83.8	-4683

3.2 γ 値の測定

入力の輝度値 I_{in} と出力の輝度値 I_{out} には, 次式によって表される非線形の関係がある.

$$I_{out} = a I_{in}^{\gamma} \quad (1)$$

γ 値の測定は, 輝度値の既知であるカラーチャートなどを実機カメラで撮影し, 実際の画像での輝度値と比較することによって行う. 本研究では Kodak 社製の Gray Scale を撮影し, その画像の輝度値を調べることで, γ 値の測定を行った結果, $\gamma = 0.99$ を得た. 測定誤差を考慮すると $\gamma = 1$, すなわち入出力の関係が線形であるといえる.

3.3 周辺減光の測定

周辺減光とは, 画像の周辺部で輝度が低下する現象である. 理論的には, 光軸に対してある角度で入射した光線がつくる像の明るさは, その傾斜角の \cos^4 に比例した値で低下する.

本研究では, 白い画用紙をカメラと平行に設置し撮像することで, 計測を行った. 画像の 1 行分の輝度変化を Fig.2 に示す. \cos^2 に近似して周辺減光が起こっていることがわかった.

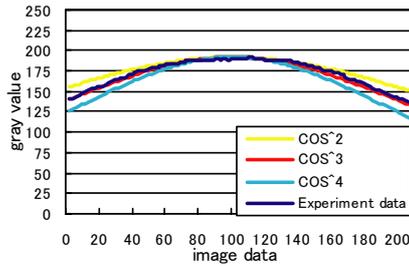


Fig. 2 limb darkening

4. 色識別テーブルのロバスト化

4.1 色識別テーブル

実時間画像処理では、色ラベリングに基づいてカラー画像から物体領域を抽出して物体を認識する方法が広く用いられている。色空間での閾値処理や、画素の色情報と色の名前を対応づけるルックアップテーブルを用いた認識手法などがある。本研究では、このルックアップテーブルを色識別テーブルと呼び、このテーブルを用いた色識別を対象とする。この手法は、少ない計算量で高精度の色識別ができるという利点がある。

4.2 画像の入力モデル

カメラによって物体を撮影したときに計測される画素値 I_c は、式(2)のように表すことができる。

$$I_c = \int_{\Omega} R_c(\lambda) L_c(\lambda) S_c(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

ここで、 $R_c(\lambda)$ は物体のリフレクタンス、 $L_c(\lambda)$ は光源のスペクトル、 $S_c(\lambda)$ はセンサ応答の伝達関数をそれぞれ表し、添え字 c はセンサの種類を表す。また、積分範囲 Ω は可視領域である。

このときセンサが狭い周波数領域に対してのみ応答すると仮定すると、式(2)は式(3)のように表すことができる。

$$I_c = R_c L_c \quad (3)$$

以上から、同一の物体を認識している場合、計測される物体の画素値は、物体のリフレクタンスは変化しないので、理想的には光源の変化のみによって決定される。

4.3 輝度値 Y で割った色空間

カメラからの出力である Y , Cr , Cb の Cr , Cb は色差を表している。輝度 Y の変化に比例して色差である Cr/Cb も変化する。そのため色認識が不安定になりやすい。そこで、輝度の変化を考慮して、輝度で色差を割った色空間を用いる。Fig.3 は光量を変化させた場合(b: 明, d: 暗)に、ピンク, 黄, 緑の Kodak 社製カラーチャートの画素値を $Cr-Cb$ 空間と輝度値で割った空間でそれぞれプロットしたものである。輝度で割ることによって、分布の移動が少なくなり、輝度変化による影響が少なくなっていることがわかる。色空間を使って、色識別テーブルを作成する。

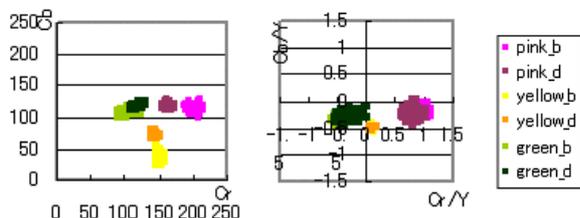


Fig. 3 Color Distributions of Cr-Cb Space and Cr/Y-Cb/Y Space

4.4 色識別テーブルの更新

4.2 節で示したように、光源が変化すると計測される画素値は変化してしまう。そこで、色識別テーブルを更新することによって対応する。手順を以下に示す。

- (1) 実機カメラによって対象を撮影し、基準となるテーブルを作成
- (2) 光源が変化したときに、基準テーブルの平均、共分散行列を用いて、各画素値に対しマハラノビス距離を計算
- (3) マハラノビス距離の短いもので新しいクラスタを形成
- (4) (3)で得られたクラスタの平均ベクトルと元のテーブル

平均ベクトルから、移動のための係数決定

- (5) 得られた係数を用いて基準テーブルを移動し、新しいテーブルを作成

この手順を認識すべき色それぞれに対して行い、色識別テーブルの更新を行う。

5. 色識別実験

本手法の有効性を確認するために、色識別実験を行った。カメラは ERS-7 搭載のものを用い、実験環境は RoboCup 4 足ロボットリーグのフィールドを使用した。光源としては、市販の蛍光灯を用い、1200[lx]と 800[lx]になるように調整した。基準となる色識別テーブルは、事前に 1200[lx]下で撮影した画像 3 枚を用い作成した。また、本手法の比較用の従来手法として、YCrCb の画素値に対して色ラベルを 1 つ指定した色識別テーブルを用いた。テーブルの作成には本手法のテーブルと同一の画像から作成した。これらの条件でフィールド上の物体を色識別テーブルによって識別する。色抽出画像を Fig.4(a)-(i)に示す。

(a)はテーブル作成に用いた画像の 1 枚である。(b)と(c)両方とも正解に色識別ができていていることがわかる。(d)は照明を 800[lx]にしたものである。従来手法の(e)はランドマークが抽出できていないのに対し、本手法を用いた(f)では色識別が正確に行われている。以上より従来手法と本手法を比べると、本手法のほうが光源を変化させても、色識別ができていくことがわかる。これに対し、(g)の画像では、(h)が正確に色識別ができていないのは(e)と同様であるが、(i)の画像においてもオレンジ色のボールが認識できず、また左下の黄色のランドマークがオレンジ色と誤認識を起こしてしまっている。これはテーブルを更新するときに、オレンジ色のクラスタが黄色の画素値のほうに移動し、誤ったテーブルが作成されてしまったためであると考えられる。

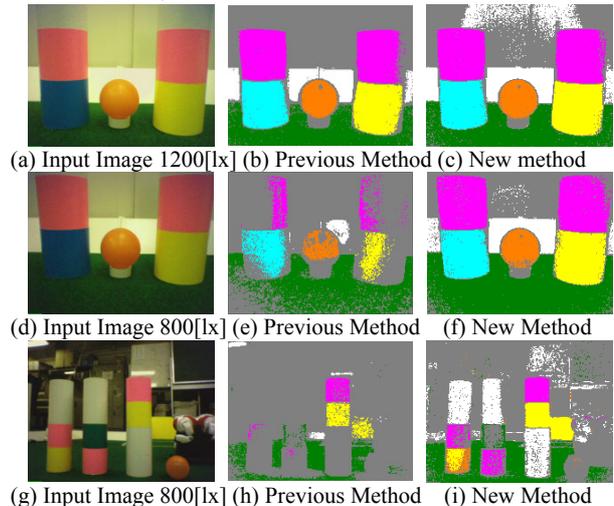


Fig. 4 Input Images and Color Detected Images

6. 結論

本研究では、輝度成分で色差成分を割った色空間を使い、色識別テーブルを更新することによって、光源変化に強い色識別の手法を提案した。また、色識別実験より、本手法のほうがロバストに認識が行えるが、誤認識を起こす場合があることがわかった。

参考文献

- 1) 川上玲, タン・ロビタントウイ, 池内克史, “光源環境の変化を利用した物体の色推定”, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2004), pp. II-169-174, 2004.
- 2) 浅田稔, 北野弘明, “ロボカップ戦略: 研究プロジェクトとしての意義と価値”, 日本ロボット学会誌, Vol. 18, No. 8, pp. 1081-1084, 2000.