

RoboCup ロボットのための色検出にもとづく物体認識方式

佐藤孝[†]中村克彦[‡][†] 東京電機大学大学院理工学研究科[‡] 東京電機大学理工学部

1 まえがき

RoboCup では、カメラ画像を用いた物体認識が重要である。特に 4 足リーグでは競技に用いるボールやゴールの色、および競技中の照明環境が一定であることがルールで定められているため、一般に色検出処理にもとづいて物体認識が行われる。しかし、実際には外光の影響によって画像から得られる物体の色情報が変化する可能性があり、安定した色検出を行うことが困難な場合がある。

本報告では、色検出に用いるテーブルの範囲を照明環境に合わせて競技中に動的に調整し、簡易な方法で物体を認識する手法について述べる。カメラ画像を用いた物体認識について研究は盛んに行われており、ハフ変換、および形状認識にもとづいて物体認識がなされることが多いが、4 足リーグにおいては競技に用いる AIBO の計算能力が低いため、なるべく計算量の少ない処理で物体の認識を行わなければならない。

2 従来の色検出手法

AIBO の画像は、YCbCr 色空間を用いている。Y, Cb, Cr は、それぞれ輝度、青色差、赤色差をあらわし 0~255 の範囲の値をとる。

色検出には一般にルックアップテーブルを用いる。本報告ではこのテーブルを色検出テーブルと呼ぶ。色検出テーブルでは各色に対して Y, Cb, Cr の値の範囲が示され、ある画素の 3 つの値がテーブルで設定した範囲内であれば、その画素は検出すべき色であると判断される。図 1 は、1000 lx の照明環境において色検出テーブルを作成し色検出処理を行った結果である。(a) は 1000 lx, (b) は 1500 lx においてオレンジ色 (ボール) の色検出処理を行った。図の (a), (b) ともに光が強く当たっている右上、および影になっている左下に未検出の画素がある。特に照明環境が変化した (b) においては未検出の画素が多く存在している。

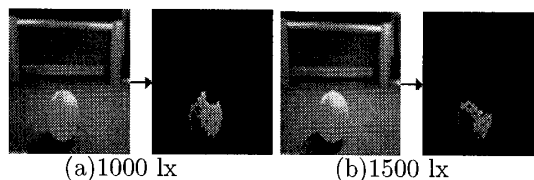


図 1: 固定したテーブルによる色検出結果

3 色検出テーブルの更新

3.1 色検出テーブルの更新方法

適切な色検出を行うため、照明環境の変化に合わせてテーブルを更新する必要がある。テーブルの更新は、もとの画像から物体の色情報を抽出し、その値をテーブルに反映させることで実現する。物体の色情報を抽出するため、画像から物体領域を求める。物体領域は色検出結果をもとに領域拡張を行うことで検出する。領域拡張は次の単純領域拡張法と反復領域拡張法を用いて行う。

単純領域拡張法 次の手順によって、類似した特長量を持つ隣接画素どうしを統合し 1 つの領域とする。

1. 画像をラスタ走査し、色検出処理により検出された画素の 1 つを注目画素とする。
2. 隣接画素との YCbCr 色空間内でのユークリッド距離を求める。
3. 求めた距離が閾値以下である場合、隣接画素を注目画素と同じ領域に含め、隣接画素を新たな注目画素として手順 2 に戻る。
4. 検出されたすべての画素に対し手順 1~3 を行う。

反復領域拡張法 新たに求めた領域内における色情報の変化量をもとにし、単純領域拡張法で用いた閾値の更新を行い、再度領域拡張を行う。この処理により、領域の不必要な拡張を防ぐことができる。閾値には単純領域拡張法で求めた領域の色情報の平均変化量を用いる。

3.2 色検出テーブルの更新条件

領域拡張によって求めた物体領域から色情報を抽出し色検出テーブルを更新する。更新は以下の 3 つの条件を満たしたときのみ行う。

- 領域拡張によって得られた物体の画素数が十分な数であるとき。

Object Recognition Based on Color Detection for Robocup Robot

Takashi Sato[†], Katsuhiko Nakamura[‡]

[†]Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University

[‡]School of Science and Engineering, Tokyo Denki University



図 2: テーブル更新有りの色検出結果 (1000 lx)



図 3: テーブル更新有りの色検出結果 (1500 lx)

- 求めた物体領域において、更新前のテーブルで検出した画素数が未検出画素数より少ない場合。
- 4 で述べる物体認識処理の結果、物体が検出されず画像全体に対して色検出を行う場合。

3.3 テーブル更新結果

照度 1000 lx において色検出テーブルを作成し、照度 1000 lx, 1500 lx において色検出処理を行った結果を図 2, 図 3 に示す。画像は左から、原画像、テーブル更新前の色検出結果、テーブル更新後の色検出結果を表している。テーブル更新前の色検出では未検出画素が多く存在している。それに対してテーブルの更新を行った色検出では、より正確な検出が行われていることがわかる。

3.4 本手法の評価

色検出テーブル更新により、どの程度物体認識が正確に行われるのか検証実験を行った。検証する物体としてボール(オレンジ色)を用いた。実際の試合用のフィールドを用い、照明には蛍光灯を使用した。照度 1000 lx において色検出テーブルを作成し、AIBO を起動した後、照度を変化させボールを認識できる距離を測定した。測定は 10 回行い、平均値を算出した。表 1 に結果を示す。

テーブルを更新することで、照度 1500 lx 以外の条件においてボールを認識できる距離が長くなっている。特に 500 lx, 4000 lx では更新の有無によって距離に大きな差がでている。しかし、照度 1500 lx においては適切なテーブルの更新が行われず認識できる距離が短くなっている。

4 色検出結果にもとづく物体認識

4 足リーグではコンピュータの能力が低いいため、できるだけ簡易な方法で物体を認識することが必要である。AIBO の画像の撮影間隔はおよそ 30 ms から 40 ms であるため、1 フレーム前に撮影した画像での物体位置と現在の画像での物体位置は重なる部分が多い。このため、一度その存在を確認できた物体の認識では、時間的に前の画像の認識結果を用いることでその認識処

表 1: ボール認識距離 (cm)

	更新無し	更新有り
照度 500 lx	165	180
照度 1500 lx	190	180
照度 2000 lx	190	195
照度 3000 lx	180	190
照度 4000 lx	90	125

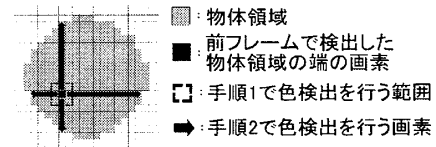


図 4: 物体認識

理を簡略化できる。例としてボールの認識手順を示す。

[物体認識のアルゴリズム (図 4)]

- 1 フレーム前の画像における物体領域の上端, 下端, 左端, 右端の 4 箇所, およびそれらの近傍 8 箇所で行う。
2. 手順 1 でボールの色を検出できた場合, その画素から直線状の各点において色検出を行う。ボールの色を検出できない画素が存在したら処理を終了し, 検出した線の距離を求めて手順 3 に移る。手順 1 でボールの色が検出できなかった場合, 画像全体に色検出処理を施し形状認識を行う。
3. 求めた線の距離が 1 フレーム前で求めた距離の 0.75 倍から 1.25 倍内の値であれば, その箇所に物体があると判断する。値が範囲内に収まらない場合, 画像全体の色検出と形状認識を行う。

5 むすび

本報告では、色検出テーブルの更新方法と色検出を用いた物体認識について述べた。本手法を用いることで照明環境の変化に強く、軽易な物体認識を行うことができた。しかし、テーブルの更新が適切に行われず認識の精度が悪くなる場合があり、改良が必要である。

4 足リーグは、2008 年より 2 足歩行ロボット nao を用いた標準プラットフォームリーグへと変更されることになった。このリーグにおける照明環境や物体の色は 4 足リーグと同様であり、本報告で述べた色検出と物体認識方法は標準プラットフォームリーグでも有効であると考えられる。われわれは本手法を nao の物体認識に応用する予定である。

参考文献

- [1] N Lovell: Illumination Independent Object Recognition, Robocup 2005, LNAI4020, pp.384-395, 2006.