

RoboCup 標準プラットフォーム・リーグにおける光源の変化に対応する物体認識法

太田 義貴[†] 中村 克彦[‡]

東京電機大学 理工学研究科^{†‡}

1 まえがき

ロボットサッカーの競技会である RoboCup には、市販されている規定のロボットを用いるリーグとして AIBO を用いた四足リーグがあった。スタンダードプラットフォームリーグ (以下 SPL) は製造停止になった AIBO に変わり、二足歩行型ロボット NAO を使用するリーグとして新設された。中村研究室ではこれまで四足リーグに参加していたが、現在は SPL への出場を目指して準備を進めている。

SPL では、AIBO の四足リーグと同様にボールやゴールなどのフィールド上の物体のすべてに色と形が定められている。このため、ロボットは主にカメラ画像からの色検出処理に基づいて物体認識を行う。しかし、リーグのルール改定により認識の助けとなる目印であったランドマークや一定の光源であるという規定等が撤廃された。このため、物体認識は不安定な照明環境下での対応が必要となった。

本研究の目的は SPL のこのような新ルールに対応してロボットのフィールド上の物体を認識する能力を向上させることである。本報告ではフィールドの光源の変化により、色の見え方が変化したカメラ画像に対し、ガンマ補正による色調補正を行うことによって物体認識を可能にする手法について報告する。

2 従来の色検出方式

コンピュータ上において色は一般に 3 要素によって表現される。われわれは画像を $YCrCb$ 色空間を用いて色を表現している。ここで、 Y は輝度、 Cr は赤色差、 Cb は青色差を表し、各値は 0~255 の値をとる。

色検出には色を $YCrCb$ の各値の範囲で表現した色検出テーブル (ルックアップテーブル) を用いる。各画素の値が色検出テーブルの範囲内であれば、検出すべ

き色であると判定される。しかし、この手法をそのまま用いた場合、光源が変化すると同じ色でも色の値が変化し、正確な色検出ができなくなり、正しい物体認識が行えない。

3 色調補正による改良色認識法

光源の変化に強い物体認識を実現するため、本研究ではカメラ画像を光源の変化にあわせてガンマ補正を用いて色調補正することにより、色検出の精度を向上させる方法を用いた。

3.1 ガンマ補正

ガンマ補正はガンマ特性にもとづいて色の各要素の値を調節することによって、表示デバイスの特性にあわせて本来表現されるはずの色を表現する方法である。ガンマ補正では各値が 0~255 の値をとるとき、以下の式にしたがって各要素の修正を行う。ただし、 A は補正前の値、 B は補正後の値、 γ はガンマ特性値 (以下 γ 値) であり、 $\gamma > 0$ の値をとる。

$$B = 255 \left(\frac{A}{255} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad (1)$$

γ 値をフィールドの光源の変化に応じて設定し、ガンマ補正を行うことで、色が変わった画像を理想状態の画像に近づけさせ、色検出の精度の向上を行う。

3.2 光源の変化の観測と γ 値の決定

ガンマ補正を行うのに必要な γ 値の動的な設定を行うには光源がどのように変化したかを識別する必要がある。しかし、ロボットには光源の変化を直接知るためのセンサは搭載されていない。また、出場者から通信によってロボットに情報を与えることは禁止されている。このため、フィールド内のどの位置からでも観測できる芝生の色の变化から光源の変化による各物体の色情報への影響を推定し、 γ 値を決定する方法を採用した。 γ 値の決定は次の手順で行われる。

1. 理想状態での色検出テーブルおよび、色情報の平均値の設定

Object Recognition to Be Independent from Change in Light Source in RoboCup Standard Platform League.

[†]Yoshitaka OOTA, [‡]Katsuhiko NAKAMURA

^{†‡}Tokyo Denki University, Graduate School of Science and Engineering

350-0394 Ishizaka Hatoyama-cho Hiki-gun Saitama-ken Japan

[†]08smk06@ms.dendai.ac.jp [‡]nakamura@k.dendai.ac.jp

基準となる理想状態での画像を取得し、認識したい物体の色情報を抽出する。その結果から、色の各要素の値の平均値および色検出テーブルを設定する。

2. 光源の変化による物体に対する影響の関心の推計
サンプルとして光源を変化させた場合の画像をロボットのカメラによって撮影し、観測対象の芝生の色である緑色の変化と各物体の色の変化の関係を回帰分析により求める。
3. 光源を変化させた場合の芝生の観測と色情報の抽出と光源の変化による影響の推定

光源が変化し、補正を必要とする画像から色情報を抽出する。抽出した色情報から色の各要素の値の平均値を求め、回帰分析によって求めた近似式に代入する。そうすることで、影響が反映された物体の色情報の平均値を求める。

4. γ 値の決定

光源の変化の影響が反映された物体の色情報の平均値を理想状態の物体の色情報の平均値に補正するための γ 値を決定する。 γ 値は式 (1) を式変形することより、以下の式によって求められる。

$$\gamma = \frac{\log\left(\frac{B}{255}\right)}{\log\left(\frac{A}{255}\right)} \quad (2)$$

ただし、 A は基準となる理想状態の平均値、 B は光源が変化した場合の平均値である。

3.3 本手法の評価

本研究で提案した色調補正を行うことでどの程度色検出結果が向上するか検証実験を行った。検証の対象はオレンジ色のボールを用いた。フィールドに設置した光源の距離を調節し、照度を変更させることで光源を変化させ、そのときの画像をロボットのカメラによって撮影した。撮影した画像に対して色調補正を行い、色調補正を行う前と行った後の画像に対して色検出を行った。さらに、各照度時の色検出後の画像から検出された画素数を計測し、色調補正前の画素数を基準とした色調補正後の検出画素数の改善率のグラフを作成した。また、照度の変化に加えて赤いセロファンによって光源の色合いを変化させ同様の実験を行ったが、ここではその結果は省略する。

照度が 2000 lx 時の色検出実行例を図 1 に示す。図の (a) は色調補正前、(b) は色調補正後の画像である。また、各照度時の色検出によって検出された画素数の改善率のグラフを図 2 に示す。図 1 より、検出した画素の領域が広がっていることがわかる。また図 2 より、

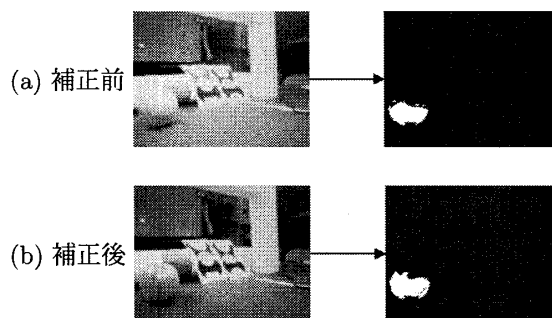


図 1: 照度が 2000 lx に変化した場合の色検出結果

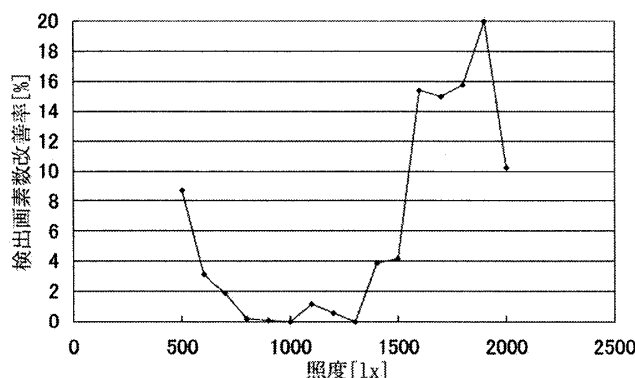


図 2: 照度を変化させたときの色検出画素数改善率

照度 800 lx~1300 lx の間を除いて色検出画素数が上がり、色検出の精度の向上が見られた。また、照度の変化量が増えるごとに改善率の向上が見られた。しかし、照度 2000 lx では 1900 lx のときと比べ、色検出画素数の改善率が下がっている。

4 むすび

本報告では、ガンマ補正を用いた色調補正によって物体認識の精度の向上を行う手法について述べた。本手法によって光源が変化した場合の色検出の精度を向上させることができた。しかし、光源が明るくなりすぎた場合などでは効果が薄い場合があり、改良が必要である。

物体認識には色情報から直線や円などの形の形状の識別を行うことも重要であり、さらにこの方式を Nao に組み込み改良を重ねる必要がある。

参考文献

[1] 安居院 猛, C 言語による画像処理入門, 昭晃堂, 2002
 [2] Team ARAIBO, Technical Report of Team ARAIBO, pp.6-13., 2007