

A2-2 ニューラルネットワークを用いた照明推定による色補正手法に関する研究

福井大学大学院 工学研究科 知能システム工学専攻 進化ロボット研究室
傍島 俊輔 (指導教員：前田 陽一郎)

1. 緒言

RoboCup サッカーロボットなどの動的環境下で物体抽出を行う場合、高速な認識が必要となり計算量の多い処理は困難である。このため、処理が単純かつ精度良く物体を認識できる色による対象抽出が比較的良く使用される。しかし、色の情報は照明条件や物体の材質など様々な要因により変化する。このため、色認識で一般的に使用される閾値を利用した手法では、照明条件が少し変化しただけでも十分な認識ができなくなる。また、実際に閾値処理を行うには、色情報の各要素ごとに閾値の範囲を定めなければならない。この閾値を設定することは困難であり熟練者でも時間を浪費する。そのため、照明条件の変化による対象の色変化を抑えることは非常に重要である。

この照明条件の変化に対応するためにさまざまな研究がなされてきた。一般には、光学的なモデルを用いることが多いが、これらの手法では分光測定装置が必要となり、装置に依存する [1, 2]。さらに、光源の位置など物理的制約条件を課すため、数学的に複雑になりやすく解が不安定になるという問題がある。この他にもニューラルネットワーク (NN) を利用して、顔領域を検出するのにふさわしい閾値を求める手法 [3] や、遺伝的アルゴリズム (GA) を用いて閾値を自動的に決定する手法 [4, 5] などもある。しかし、これらの従来手法は任意の色のみを対象としているため汎用性に乏しく、対象色以外の認識を行なうには別途学習等を行なう必要がある。

これらのことから、本研究では装置に依存せず実用性に配慮し、比較的安価なデジタルカメラのみを使用すること、任意の色のみを対象とせず汎用性があること、閾値の設定が環境ごとに行う必要性がないこと、などを実現する色補正手法を提案する。本手法の有用性を検証するために、RoboCup 中型サッカーロボットリーグを模擬した環境にて、様々な照明条件で対象の抽出実験を行った結果について報告する。

2. NN を用いた照明色の色補正手法

照明条件が変化したとき通常の閾値処理の色抽出では、対象物の抽出率の低下や対象以外を抽出して精度が落ちる。図 1 は研究室のミニチュアサッカーフィールドにて全周が撮影できる全方位カメラを使用して撮影した画像である。図 1(a) は画像左上のオレンジ色のサッカーボールを抽出した画像であり、抽出点は黒い点で表わされている。そして、図 1(b) は照明条件を変動した環境で撮影した画像にて図 1(a) で使用した閾値で色抽出を行った結果である。図 1(a) のようにボール以外のゴールなどを抽出しており抽出率が低下していることがわかる。

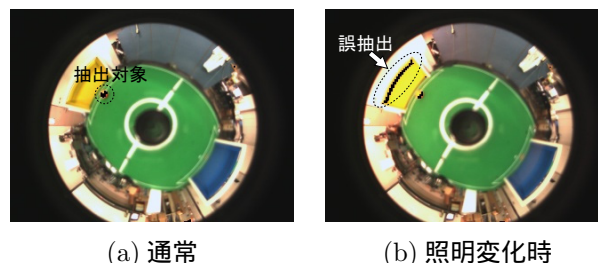


図 1: 照明変化による色抽出の様子 (抽出点を黒点で表示)

この例よりわかるように、照明条件が変化した場合に閾値や色情報を補正する処理が必要となる。閾値を照明条件ごとに学習及び調整する手法は、対象色が決まっている場合には有効であるが、対象色が不定の場合には、未知の対象色ごとに調整をしなければならず汎用性に乏しい。そこで、本研究では閾値ではなく画像全体の色を基準となる照明条件下で得られた色に近づくように補正する手法を提案する。この基準となる照明条件のことを本研究では「基準環境」と呼ぶ。

2.1 照明色推定法

色を補正するにあたり、照明 (光源) 色の推定は重要であり、本研究ではデジタルカメラで撮影された画像のみから照明色推定を行うことを考える。照明色を推定するにあたり、通常の照明条件下で白色と認識される物体 (白色物体) は照明の色により大きな影響を受け、照明の色味に白色物体の色は偏る。逆に考えれば、物体の反射特性による白色物体の色は、照明色に極めて近い色になる。つまり、画像中から白色物体を発見できれば大まかな照明色を推定できる。ここで問題なのが、例えば照明色が黄色光ならば白色物体は見かけの色が黄色味を帯びる。しかし照明が局所的ではなく、全体的に影響を及ぼしている場合には、白色物体の色は変化しても画像中において輝度は高いはずである。

そこで、まず画像中の輝度の高い画素を見つけ、輝度の高い画素の RGB 値の平均を算出し、これを白色物体とみなす。本研究ではこの RGB 値の平均を「基準白色」と呼ぶ。ただし、輝度の高い画素が 100 画素未満ならばこの処理は中断し、輝度の高さの基準を下げ、基準白色が 100 画素以上になるまで繰り返し処理を行う。

2.2 照明色の影響を分離学習する 4 層 NN

ここでは文献 [6] で使用されている NN を参考に色補正を行う 4 層の階層型 NN (BP 法) を作成した。(図 2 参照)。ただし、結合方式は完全結合ではなく入力層と中間層第 1 層は、画素の色情報部分と照明色部分に分離している。中間層第 1 層では補正を行わず、入力

画素と照明との関連性を学習し、第2層で補正を行う構成とした。ただし、平均輝度 Y_{ave} のユニットのみ中間層第1層と全結合している。中間層のユニットの個数は、第1層では入力情報の構成上7個、第2層はいくつかの数で実験を行なった。

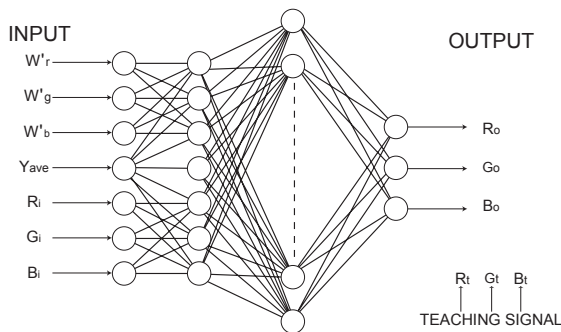


図2: 照明色の影響を分離学習する4層 NN

2.3 学習データ

本手法では均等に色の変化を学習できるように、24bitのRGB値を50程度ずつ変えて色の割合が同程度になるような77色のカラーテーブル(図3(a))を用意した。さらに中間色のオレンジ色を中央に配置し、周りに類似色を配置した抽出用カラーテーブル(図3(b))を用意した。また、この抽出用カラーテーブルはカラーテーブルに使用されていない色を使用している。実際の学習には、このカラーテーブルを印刷して撮影したものを使用する。また、エッジのような部分では、数画素ずれただけで色がまったく異なるため、カラーテーブルを撮影した画像にマスク(図4参照)をかけて、エッジとなる部分を取り除いた。黒のマスクをかけた画素の情報は取得せず、マスクのかかっていない部分の色情報を正確に取得できるようにした。さらにカラーテーブルは平面であるため、カラーテーブルのみを撮影すれば影が発生することなく、局所的な照明条件の変化を抑えることができる。

次に、NNに対する基準白色の入力方法だが、基準環境との照明色の違いを明確にするために基準環境と入力画像環境の差分を入力データとした。基準環境の基準白色を W_0 とし、その他の画像の基準白色を W_i とすると、NNに与える照明色のデータを $W' = W_i - W_0$ とし、この W' を基準白色誤差と呼ぶ。

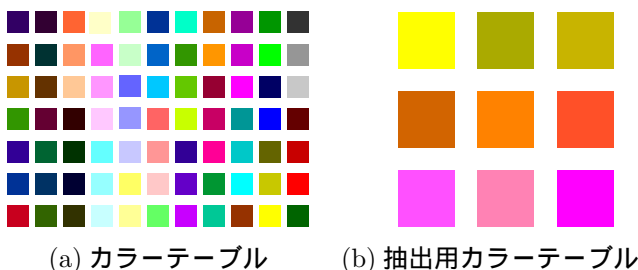


図3: カラーテーブル

2.4 色補正における処理手順

本手法の処理手順を図5のフローチャートに示す。また各処理について以下に説明する。

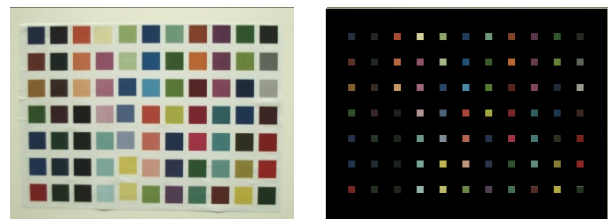


図4: マスク

● 事前学習

Step1: 学習データ作成

基準環境と異なる照明条件にて撮影された学習用画像から学習データセットを作成する。学習データには対象画素のRGB値 (R_i, G_i, B_i) 、画像から推定された基準白色誤差のRGB値 (W'_r, W'_g, W'_b) 、画像全体の平均輝度 Y_{ave} の7つと、教師信号となる基準環境での対象のRGB値 (R_t, G_t, B_t) の3つの計10データを画素毎にデータセットを作成する。また、これらのデータセットは0~1に正規化して使用する。

Step2: 照明による色変化の学習

学習データを入力層、中間層2層、出力層の4層型NNでBP法を用いて学習を行う。

Step3: 終了判定

教師信号と出力との二乗平均誤差が0.01以下ならば学習を終了する。0.01より大きければStep2の学習を繰り返し行う。ただし、学習が終了しない場合は300000回の繰り返しで終了するように設定した。

● 補正処理(学習後)

Step1: 未知画像取得

未知の環境で撮影された画像の色情報を取得する。

Step2: 照明色の推定

画像から照明色を推定するため、基準白色を算出する。

Step3: 学習完了のNNを利用した色補正

7つの入力画素情報を0~1に正規化し入力する。出力された値も0から1なので255倍し、補正された色として画素の色情報に使用する。

Step4: 色抽出処理

事前に基準環境にて設定しておいた閾値を用いて補正画像から色抽出を行い、物体を認識する。

3. 実環境による色抽出実験

提案手法を検証するためにデジタルカメラで撮影した画像に対して照明色変化の補正処理を行った。色補正の性能を評価するためいくつかの対象の色抽出実験を行った。

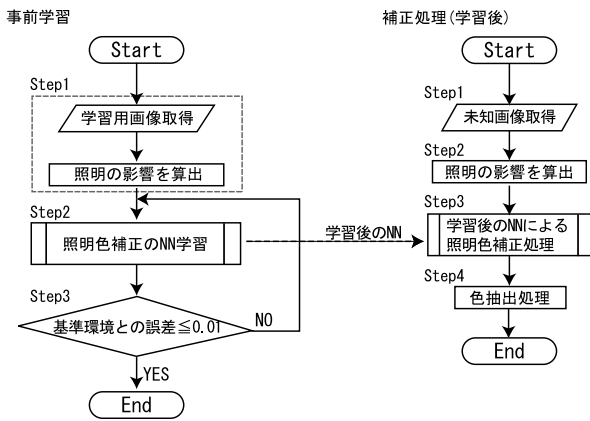


図 5: NN による照明色補正の処理手順

3.1 実験方法

図 3 のカラーテーブルをホワイトペーパーに印刷し、印刷されたカラーテーブルを撮影した画像 (320×240pixel) を使用した。図 6(a) は夜間の研究室で撮影されたカラーテーブルで、照明条件は研究室上部の蛍光灯のみである。この撮影時の環境を基準環境とし、撮影した画像を基準画像とした。またこの基準画像は NN の教師信号として利用する。なお、デジタルカメラは一般に照明条件により自動的に色味や露光などを調整するが、本手法ではカメラパラメータは全て固定して撮影した。

図 6(b) は基準画像と同じ基準環境にて撮影された抽出用カラーテーブルで、これにより色抽出に用いる閾値を設定する。図 6(b) もカラーテーブルと同じ場所に配置し撮影を行った。色補正性能を検証するために色抽出に使用した抽出用画像が図 6(c),(d) で、基準環境にハロゲンランプ 2 台を追加した環境で撮影した。

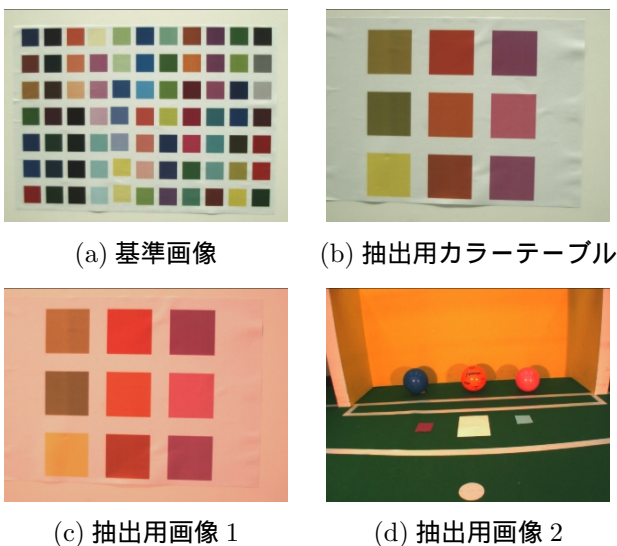


図 6: 基準画像と抽出用画像

学習に使用した画像を図 7 に示す。図 7(a)~(c) はハロゲンランプや自然光を追加した環境にて撮影した画像である。これは実環境において想定範囲の照明変化 (想定環境) といえる。図 7(d)~(f) は基準環境とは

大きく異なり照明が色合いを持っているような照明条件 (想定外環境) で撮影した。照明条件の変化にはプロジェクターを使用し、PC で作成した異なる色を正面から照射した。実際には図 7(a)~(c) と同様の画像が残り 3 枚、図 7(d)~(f) と同様の画像が残り 3 枚を学習では使用している。

事前学習に使用した画像を以下のように変えて実験を行なった。

- 実験 A : 図 7(a)~(c) を含む想定環境画像 6 枚
- 実験 B : 図 7(d)~(f) を含む想定外環境画像 6 枚
- 実験 C : 図 7(a)~(f) の 6 枚

NN の構成は実験 A~C においてすべて同じで、中間層第 1 層のユニット数は 7、第 2 層は 14 とした。また、抽出用画像 1 の中央のオレンジの四角および、抽出用画像 2 のオレンジボールを抽出対象として色補正を行った後、色抽出を行なった。



図 7: 学習用画像

3.2 実験結果

実験における色補正結果を図 8、補正後に行った色抽出結果を図 9 に示す。実験 A において、例えば抽出用画像 1 の座標 (140,120) の画素の RGB 値は補正前が (R234,G79,B49) だが、補正後には (R192,G91,B45) となり基準画像の RGB 値 (R157,G76,B41) に近づいており、正しく補正できていることがわかる。補正の精度が良好であったため、色抽出の精度も比較的良好な結果であった。

実験 B では、同画素の RGB 値は (R220,G187,B170) と基準画像と大きく異なり、補正及び抽出精度は低かった。実験 C の RGB 値は (R218,G70,B44) と実験 A と比べれば R の誤差は大きい。ただし、抽出用画像 2 で

は基準画像のRGB値が(R215,G62,B31)であり、補正前の画素(R255,G72,B27)であるのに対し、補正後の画素では(R198,G68,B36)となり比較的良好な補正といえる。実験Bと実験Cではやはり実験Cの方が結果がよく、想定された環境を学習データに含んでいれば対応可能であることがわかった。よって、実環境において本手法を使用する場合には、あらゆる照明条件の変化を想定する必要があり、これは本手法における色抽出精度の向上には不可欠である。

4. 結言

本研究では、照明変動による色の変化に対応するためNNを用いて画像の色補正を行う手法を提案した。実環境で撮影した画像を用いた実験の結果、補正により閾値設定を環境ごとに行う必要がなくなり、照明変化に対して良好な抽出が行なえることが確認できた。しかしながら、対象とする環境で想定していない照明変化が起こった場合、本手法では対応ができなかった。よって、NNの学習の際には様々な照明条件を事前学習する必要があるが、本手法で用いたNN学習には非常に時間がかかるため、照明条件の変化を網羅することは難しい。そのため今後はNNの学習の高速化、さらなる改良手法の検討、学習データの厳選、などが必要であると思われる。

参考文献

[1] L.T.Maloney and B.A.Wandell, "Color constancy: a method for recovering surface spectral reflectance," *Journal Optical Society America A*, Vol.3, No.1, pp.29-33 (1986)

[2] M.D'Zmura and G.Iverson, "Color constancy. 1: Basic theory of two-stage linear recovery of spectral descriptions for lights and surfaces," *Journal Optical Society America A*, Vol.10, No.10, pp.2148-2165 (1993)

[3] 福田善彦, 満倉靖恵, 福見稔, "ニューラルネット学習に基づいた閾値決定法による高速顔領域探索," 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.101, No.615, pp.163-169 (2002)

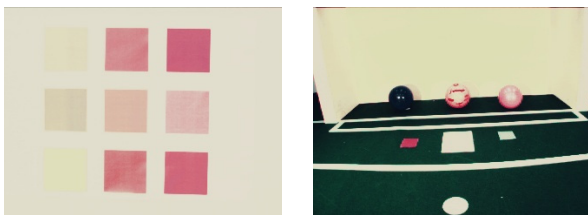
[4] S.Yoshimori and Y.Mitsukura, et al., "License Plate Detection System by Using Threshold Function and Improved Template Matching Method," *Annual Meeting North American Fuzzy Information Process Society*, Vol.1, pp.357-362 (2004)

[5] 前田陽一郎, 石川雅史, "遺伝的アルゴリズムを用いた色抽出のための閾値調整手法," 日本知能情報フuzzy学会誌, Vol.19, No.5, pp.514-523 (2007)

[6] 矢田紀子, 長尾智晴, 内川恵二, "ニューラルネットワークによる照明変化を考慮したカテゴリカル色知覚モデル," 映像情報メディア学会誌, Vol.59, No.12, pp.1809-1815 (2005)



(a) 実験 A の補正結果



(b) 実験 B の補正結果



(c) 実験 C の補正結果

図 8: 色補正結果



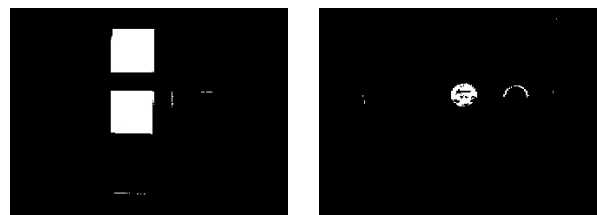
(a) 補正なしでの抽出結果



(b) 実験 A の抽出結果



(c) 実験 B の抽出結果



(d) 実験 C の抽出結果

図 9: 色抽出結果