

サッカー試合映像でのボール抽出の検討

山内俊明¹・遠藤重樹²・関 靖夫¹

¹ 情報工学科

² 日本テクノウェイブ(株)

A Study of Ball Extraction in Soccer Match Video

Tosiaki YAMANOUCHI¹⁾, Shigeki ENDO²⁾, Yasuo SEKI¹⁾

Abstract

The purpose of this research is to identify the place of ball in soccer match game video. As a first step, we tested a simple image recognition algorithm that exploited color and shape of balls. First of all, color distribution of balls in color space was investigated. The results showed that these distribution could be approximated with the rectangle in the red and green two dimensions color space that normalized by brightness. After edge detection (by Sobel filter), outline recognition and detection of circles by hough transform were carried out. Although experiment was carried out about 4 kinds of balls, only ball was not able to be extracted. To extract ball precisely, more detailed color information of ball would be necessary.

Key Words: soccer ball, color space, outline recognition, hough transform

1. まえがき

1993年にプロサッカーリーグとしてJリーグが発足して以来、日本でもサッカーというスポーツが市民権を得るようになった。さらに、日本選手の海外クラブチームへの移籍なども手伝って、国内リーグだけでなく海外リーグのテレビ中継も行われるようになってきた。今後はBSデジタル放送でも中継されることが予想されるが、その場合には付加価値を高めるため従来の単なる中継とは次元の異なるサービスが提供されと考えられる。本研究ではその一助として、スポットシーンの自動抽出を目的としたサッカー試合映像からのボール抽出の検討を行った。具体的には、サッカーボールの色とその形状に着目して、画像認識の分野でよく使われる単純なアルゴリズムによるボール抽出の可能性を検討した。

2. サッカーボールの抽出

2.1 二値化

まず Sobel フィルタをカラー画像の各ピクセルの RGB 成分に適用し、その結果の二乗和の平方根を当該ピクセルのエッジ強度とした。このエッジ強度に対して閾値を設け、二値化を行った。この閾値は、画像内のエッジ強度の最大値に対する割合として与えた。

2.2 輪郭線抽出

図形画素あるいは背景画素がその連結成分の境界点を、お互いに8連結または4連結で連結された画素列によって構成された閉曲線として求める処理を、輪郭線追跡または境界線追跡と呼ぶ。輪郭線追跡によって求めた2値画像中の連結成分の輪郭線からは、その連結成分の幾何学的特徴である総画素数(面積)、周囲長、形状、および他の連結成分との包含関係などの情報を得ることができる。このため輪郭線追跡は2値画像の認識に欠かすことのできない重要な処理である。

ここで、図形画素の連結成分の8連結の輪郭線を求めるアルゴリズムについて述べる。

【アルゴリズム 輪郭線追跡(8-連結)】

(ステップ1) 画像上をラスタ走査し、まだ追跡済みのマークのついていない境界点 a_0 を探す。これが見つかったら、1本の輪郭線の追跡を開始する。上記の境界点が存在しないとき、アルゴリズムを終了する。

(ステップ2) a_0 の8-近傍において、左に隣接する0-画から始めて反時計まわりに順に、画素の値を調べる(図1)。このとき、

(I) a_0 の8-近傍がすべて0-画素のときは、 a_0

は孤立点であるとして、1本の輪郭線の追跡を終える。
このとき、ステップ1へ戻って画像上のラスタ走査を続け、次の輪郭線の処理へ進む。

(Ⅱ) それ以外のとき、最初に当たった1画素(a_1 とする)を次の境界画素として追跡を進める。

(ステップ3) a_1 の8-近傍において、 a_0 の次の画素から反時計まわりに1画素を探し、これを a_2 と置く。
以下同様にして、 a_3, a_4, \dots を求めていく。ここである m において、 $a_{m+1} = a_1, a_m = a_0$ となったら1本の輪郭線追跡を終了する(図2)。このとき、

a_0, a_1, \dots, a_{m-1} が1本の輪郭線をなす。なお、輪郭の途中に各 a_i には追跡済みのマークをつけておく。

再び、ステップ1へ戻って次の輪郭線の処理に進む。

このアルゴリズムで追跡される輪郭線は、各連結成分の外側の輪郭線と内側(孔)の輪郭線があり、外側の場合は反時計まわりに、内側の場合は時計まわりに追跡される。したがって、輪郭線の本数は(連結成分の個数+孔の個数)に等しい。

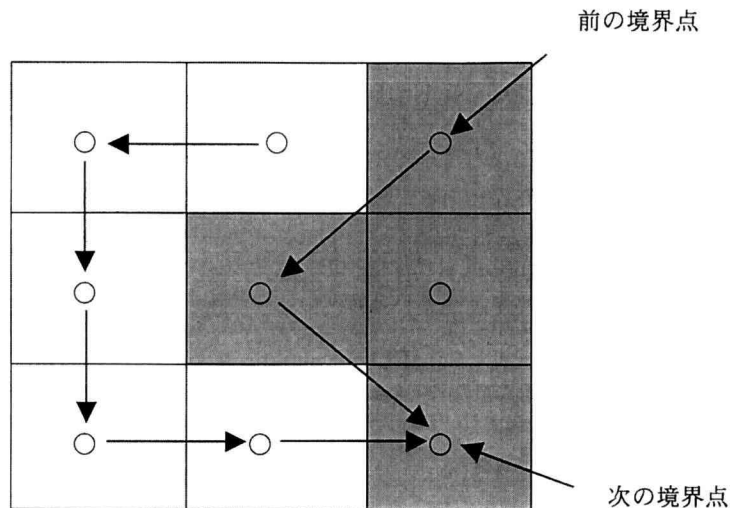


図1 輪郭線抽出における次の画素の見つけ方

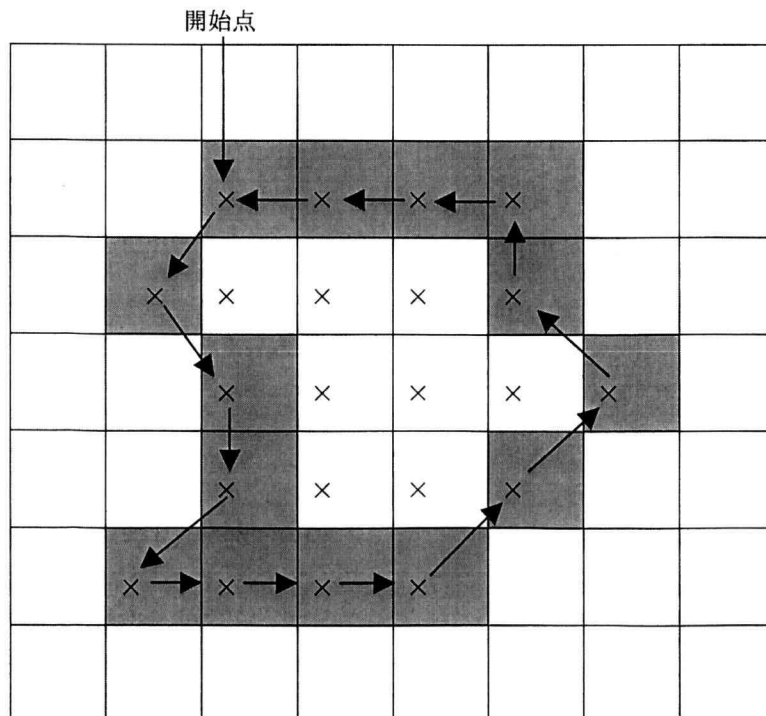


図2 輪郭線追跡の例

2.3 円形ハフ変換

ハフ変換は,

$$f(a_1, a_2, \dots, a_n, x, y) = 0$$

のような関数で記述された任意の曲線の検出用として, 容易に一般化できる。ここで a_1, a_2, \dots, a_n は曲線のパラメータである。パラメータの数だけパラメータ空間の次元を用意すればよい。したがって検出すべき曲線を円,

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$$

とすれば, パラメータ a, b (中心座標), r (半径) を求めれば円を検出することができる。

ここで, 輪郭線追跡で得られた点データ (3 点) を利用した円形ハフ変換についてもう少し具体的に説明する。それぞれの点を $(x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2)$ とおき, (x_0, y_0) と (x_1, y_1) の中点を (x_3, y_3) , (x_1, y_1) と (x_2, y_2) の中点を (x_4, y_4) とおく。中心は (cx, cy) とする。

それぞれの中点は,

$$x_3 = \frac{x_0 + x_1}{2}, \quad y_3 = \frac{y_0 + y_1}{2}$$

$$x_4 = \frac{x_1 + x_2}{2}, \quad y_4 = \frac{y_1 + y_2}{2}$$

となる。

ここで, 直線 l_1 は

$$X = x_3 + t(y_1 - y_0)$$

$$Y = y_3 - t(x_1 - x_0)$$

直線 l_2 は

$$X = x_4 + u(y_2 - y_1)$$

$$Y = y_4 - u(x_2 - x_1)$$

である。これを連立方程式として解く。

$$x_3 + t(y_1 - y_0) = x_4 + t(y_2 - y_1)$$

$$y_3 - u(x_1 - x_0) = y_4 - u(x_2 - x_1)$$

整理すると,

$$\{(x_3 - x_4)(x_2 - x_1) + (y_3 - y_4)(y_2 - y_1)\} + t\{(y_1 - y_0)(x_2 - x_1) - (x_1 - x_0)(y_2 - y_1)\} = 0$$

$X_i \equiv (y_1 - y_0)(x_2 - x_1) - (x_1 - x_0)(y_2 - y_1)$ のとき,

$X_i = 0$ であれば交点なし

$X_i \neq 0$ であれば

$$t = -\frac{(x_3 - x_4)(x_2 - x_1) + (y_3 - y_4)(y_2 - y_1)}{(y_1 - y_0)(x_2 - x_1) - (x_1 - x_0)(y_2 - y_1)}$$

となる。

交点 (cx, cy) は,

$$cx = x_3 + t(y_1 - y_0)$$

$$cy = y_3 - t(x_1 - x_0)$$

これで中心は求められる。

半径は中心 (cx, cy) と (x_0, y_0) との 2 点間の距離なので

$$cr = \sqrt{(x_0 - cx)^2 + (y_0 - cy)^2}$$

で求めることができる。

ここで求めた中心, 半径を円形ハフ変換に利用する。

2.4 抽出した円の絞込み

上述の方法によって抽出された複数の円に対し, 以下の 2 つの方法により絞込みを行う。

(1) 元画像の円周にあたるピクセルのエッジ強度の平均値を算出し, この値が閾値未満の円は削除する。

(2) 元画像の円内にあたるピクセルが, 予め定めておいたボールの色空間内の色を含む割合を算出し, この値が閾値未満の円は削除する。ボールの色空間の定義方法については次章の実験の項で述べる。

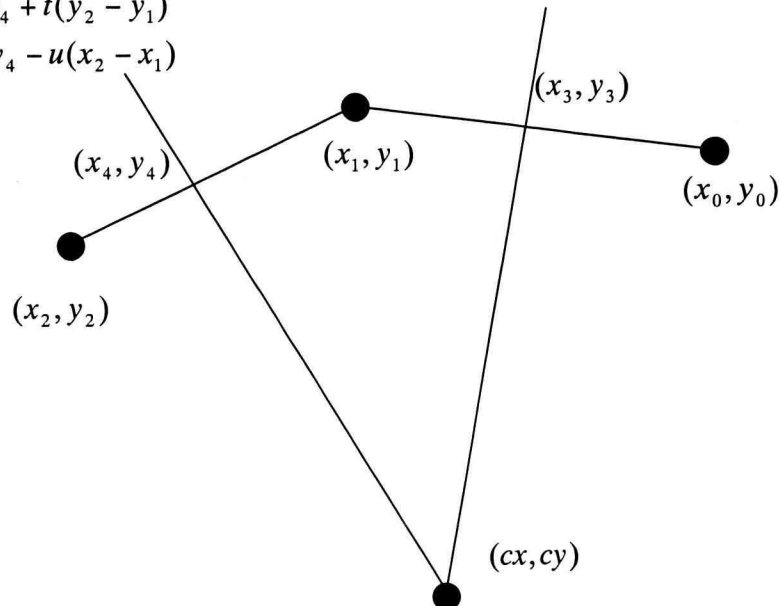
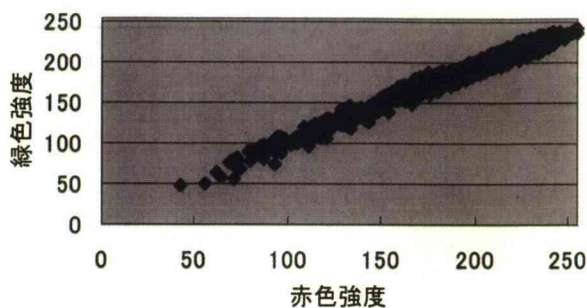


図3 3点を通る円の中心座標と半径

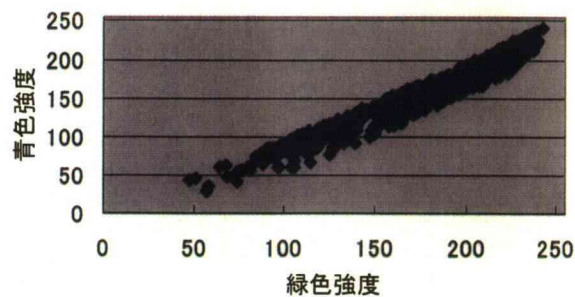
3. 実験と考察

3.1 サッカーボールが色空間上に占める領域の検討

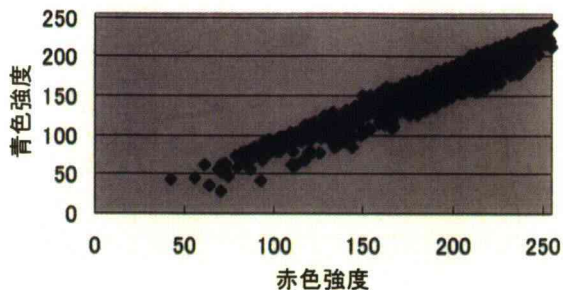
実際にサッカーボールがどのような色を含んでいるかを調べるために、サッカー雑誌2誌¹⁾からイメージスキャナーで画像を取り込んだ。そして、ボール内部だけを矩形領域として切り取り、4種類のサッカーボール画像を作成した(図4)。最初に、RGBの三次元色空間上の色分布を調べた。図5にボール(a)の色分布をR-G、G-B、R-Bの各二次元空間上にプロットしたものを示す。いずれも、右上がりの楕円形状となっているが、この形状は他のボール画像にも共通するものであった。そこで、輝度で正規化したR-G空間上での色分布を調べてみた(図6)。すぐわかるように、ボールの個体差はあるものの非常にコンパクトな分布形状を示し、矩形領域として近似できることがわかった。



(a) R-G空間上の色分布



(b) G-B空間上の色分布



(c) R-B空間上の色分布

図5 ボール(a)のRGB空間上の色分布

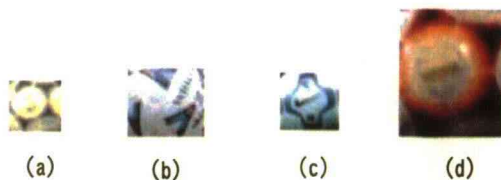
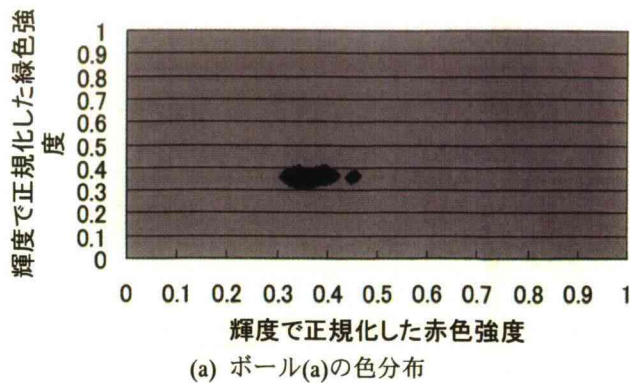


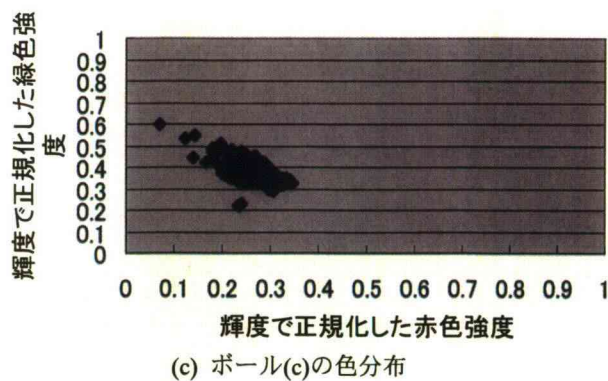
図4 解析対象のサッカーボール画像



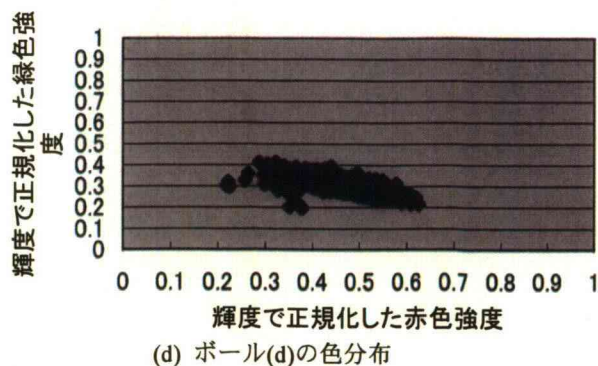
(a) ボール(a)の色分布



(b) ボール(b)の色分布



(c) ボール(c)の色分布



(d) ボール(d)の色分布

図6 4種類のボールの正規化したR-G空間上の色分布

3.2 サッカーボールの抽出

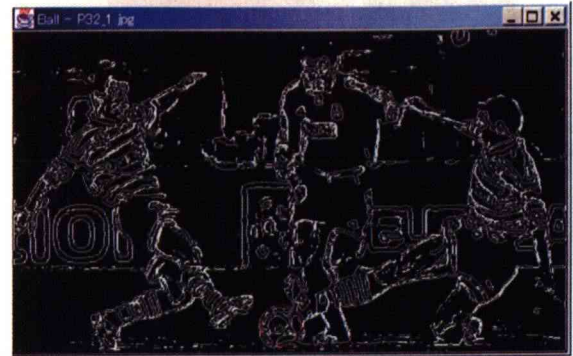
前章で述べた手法を用いて、実際にサッカーボールの抽出を試みた。対象は、前節でボールの色空間の検討に使用した画像である。抽出結果を元画像と対比して図7～図10に示す。また、処理の際に与えたパラメータの値を表1に、検出した円の絞込みに用いたボールの色空間パラメータを表2に示す。

表1 処理の際に与えたパラメータ

	二値化の閾値	絞込み(1)の閾値	絞込み(2)の閾値
(a)	0.1	最大値の 50%	99%
(b)	0.19	最大値の 50%	99%
(c)	0.15	最大値の 50%	99%
(d)	0.1	最大値の 50%	90%



(a) 現画像

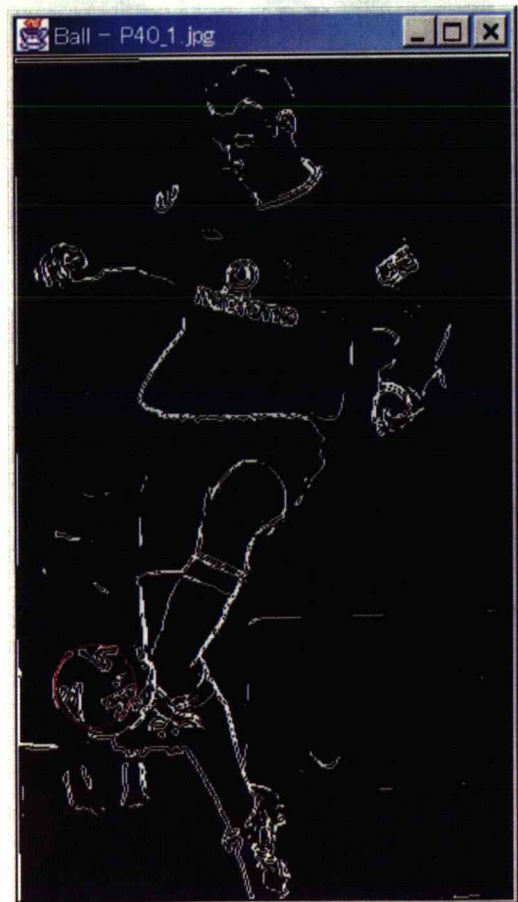


(b) ボールの検出画像

図7 ボール(a)が含まれる画像の抽出結果

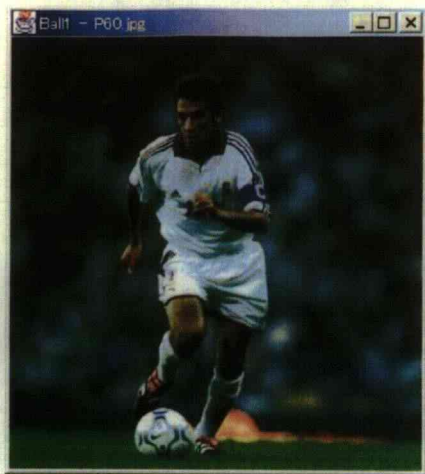


(a) 現画像

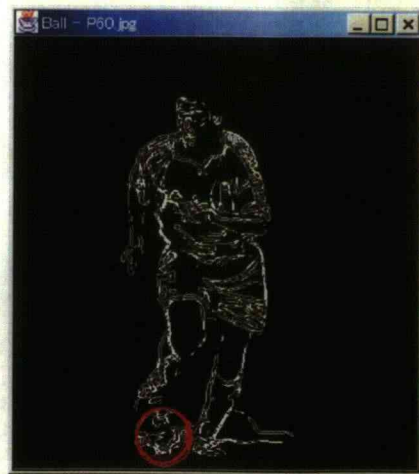


(b) ボールの検出画像

図8 ボール(b)が含まれる画像の抽出結果



(a) 現画像

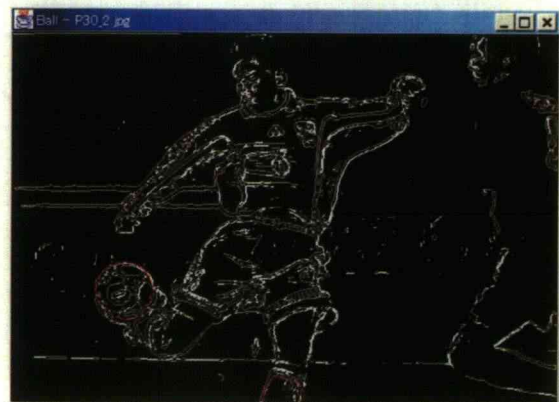


(b) ボールの検出画像

図9 ボール(c)が含まれる画像の抽出結果



(a) 現画像



(b) ボールの検出画像

図10 ボール(d)が含まれる画像の抽出結果

表2 二値化の閾値関数として用いた
矩形領域のパラメータ

	正規化した赤色	正規化した緑色
(a)	0.3~0.47	0.3~0.4
(b)	0.1~0.4	0.3~0.55
(c)	0.05~0.35	0.2~0.65
(d)	0.2~0.65	0.15~0.45

上記のいずれの結果においても、ボールが存在する場所に円を検出することはできた。しかし、正確にボールの位置に円を一つだけ抽出することはできなかった。この原因としては、円の絞込みの際に用いたボールの色情報が十分ではなかったことが考えられる。

4. むすび

本研究の目的は、サッカー試合映像中のボールの場所を特定することである。その第一段階として、ボールの色と形状を利用した簡単な画像認識アルゴリズムを検討した。まず、色空間内におけるボールの色分布を調べた。

その結果、輝度で正規化した R-G 空間内の矩形ではほぼ近似できることがわかった。具体的な処理手順として、Sobel フィルタによるエッジ検出・輪郭線抽出・ハフ変換による円の検出を行った後、円の絞込みを2種類の方法で行った。まず第一に円周に相当するピクセルのエッジ強度の平均値を算出し、設定した閾値よりも小さい円は除外した。次に、前述の色空間の矩形内の色が円内に含まれる割合を算出し、やはり設定した閾値よりも小さい円を除いた。4種類のボールについて実験を行ったが、ボールのみを正確な場所に抽出することはできなかった。今後より正確な抽出を実現するためには、ボールのより詳細な色情報を利用する必要があると考えられる。

参考文献

- [1] “速報 シドニー五輪 2000 激闘の記録”，学研（2000）。
- [2] “ワールドサッカーマガジン”，2000 年 11 月号，ベースボールマガジン社（2000）。