

バレーボールの試合映像からのボール領域抽出に関する研究

生産システム工学専攻 中井 英介

Study on Ball Area Extraction from Game Image of Volleyball

Eisuke Nakai

Advanced Course of Production System Engineering, Toba National College of Maritime Technology

Abstract

Recently, there have been a lot of engineering researches in the sports field. Volleyball is a sport which can collect game data during a game, and the coach can give advice. In these days, analysis software called “Scouting System”, which can be analyzed by a computer, is developed. And it is also difficult for beginners to use software which is required for professional knowledge. I thought, therefore, about how to input the volleyball’s event data mechanically.

In this paper, I’ll state about the methods for extracting the ball area from the game images by using Image Processing. If we can extract the ball, we can analyze its orbit and can be used to analyze the volleyball event. There are four steps to extract the ball as follows: (1)To extract movement areas. (2)To delete unnecessary areas by Labeling Processing. (3) To extract the ball areas by using a template matching by histogram. (4) To search back and forth.

In this experiment, we used 222 still frames taken by home video camera. As a result, I succeeded to extract about 70% of the ball area.

Keywords: Ball Area Extraction, Frame Difference, Background Difference, Template Matching, Hue and Saturation Histogram

1. はじめに

近年のスポーツ分野において、用具の開発、動作の分析、試合における戦術の組み立てなど、工学的なアプローチとの連携による研究が行われている。バレーボール競技は、他のスポーツ競技とは異なり試合中にアナリストと呼ばれる人が試合データ収集や相手チームの分析を行い監督等にアドバイスを送ることが認められている。以前はデータ収集や分析は手作業で行われてきたが、近年はコンピュータで行うスカウティングシステムと呼ばれるソフトウェアが利用されている。コンピュータを用いることにより瞬時にデータの解析を行うことが可能で、より高度な分析が可能になった。

現在市販されているスカウティングシステムの中でも、(有)バレーボール・アンリミテッドが販売する“Data Volley”[1]は、ナショナルチームをはじめ多くのトップレベルのチームが使用している。このソフトウェアはデータ入力操作をキーボードで行い、プレーや位置に応じた記号を入力する必要がある。そのためタッチタイプができることを前提としており、初心者が利用するのは困難である。また価格も高価であるため、中高生などの一般的なチームが利用するのは難しい。そのほかにも“TouchVolley”[2]や(株)ミカサより発売されている“VSCT”[3]などがある。これらは DataVolley に比べると初心者でも利用しやすく直感的に操作することができるが、DataVolley と同様にデータ入力操

作を手入力で行っている。そのため、入力者の主観や誤入力によるミスが発生する可能性がある。そこで私は自動でイベントデータ入力ができないかと考えた。

本稿では、スカウティングシステムにおける自動イベントデータ入力を目的とし、画像処理を用いて対象画像からボール候補を抽出する手法について述べる。

2. 試合映像からのボール位置抽出の流れ

画像からボール位置を抽出することができれば、ボール軌道は放物線運動で近似できる。ボールに急な変化が起こったとき(軌道が変わったとき)にレシーブやブロック等のイベントが発生したと考えられる。そこでイベントデータ抽出の第一段階として、画像処理技術を利用し、ボール位置の抽出を行う。

ボール位置の抽出を行う流れを図 2.1 に示す。ボール位置の抽出の流れは大きく分けて4つの処理から成る。まずバレーボールは試合中選手やボールはたえず動いているため、差分処理による移動領域の抽出を行う(第4章にて説明)。差分処理による移動領域の抽出は「2 視点からの映像を利用したサッカーボール追跡手法」[4]で用いられているフレーム間差分処理と背景差分を利用する。フレーム間差分と背景差分はどちらも移動領域を抽出するための手法であるが、今回の実験画像においては2つの手法を併用して移動領域抽出を行う。次に抽出された移動候補領域に対して、ラベ

リング処理を行い選手等のボールと関係がない不要領域の削除を行う(第5章にて説明)。次に、残った候補領域に対してボール領域抽出を行う。ボール領域抽出は2段階に分け、まず色相・彩度ヒストグラムによるテンプレートマッチングを行い相関が強い領域をボールとして抽出する。次に、テンプレートマッチングによって抽出されたボール領域を基点とし、探索範囲を限定した前後フレーム探索を行いボール位置の決定を行う(第6章にて説明)。

抽出されたボール領域を平面画像の2次元座標から実空間における3次元座標への変換を行い、放物線近似を行えば自動的にイベント入力が行えると考えている。

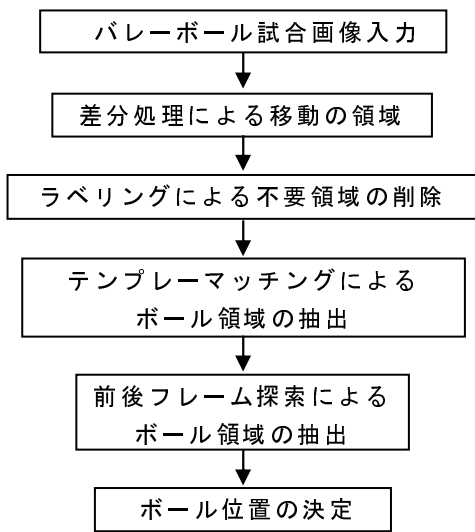


図 2.1 ボール位置抽出の流れ

3. 実験対象画像

3.1. 実験概要

今回の実験で使用した画像は、家庭用デジタルカメラ「CASIO EX-FX1」で撮影した高速度動画(300fps)を5フレーム間隔でJPEG形式の静止画データに変換したものを使用した。今回使用した機材は家庭用であるため従来の高速度カメラに比べ非常に安価に購入することができる。なお静止画データの解像度は、512×384(pixel)。総画像数は、222枚(約3秒間の動画)である。図3.1に使用した対象画像例を示す。今回の実験において高速度カメラを利用した理由は、以前より行ってきた実験で使用した実験機材(家庭用ビデオカメラ SONY HDR-SR8, 解像度 1440×1080(pixel))では、図3.2の様にボールが画像中で伸びてしまう等、うまく撮影できない画像が多かった。これは、カメラが約30fpsのフレームレートでしか映像を撮影する事ができず、ボールの球速が速い場合、カメラがボールの速度に追いつかなかつたために生じてしまった。そこで解決策として高速度カメラを使用した。高速度カ

メラを利用することにより従来のカメラに比べ約10倍のフレームレートで映像の撮影が行えるため球速の速いボールであってもうまく画像中に現れるようになった。ただし、機材の性能により従来機材の様な高解像度での映像の撮影を行うことが出来ない。そのため、コート全域を撮影しようとするともボール領域の画素数が小さくなってしまい、ボール領域を抽出するのが困難である。そこで、本実験ではコート全体を撮影するのではなく、コート的一部分を撮影した画像を使用し実験を行った。



図 3.1 対象画像例

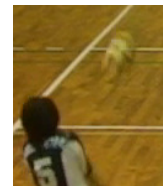


図 3.2 従来カメラでの画像

3.2. フリッカ対策

今回実験に使用した高速度カメラは、映像を300fpsで撮影することができる。高速度映像は電子シャッターを利用し撮影を行っているため、撮影した際にフリッカ[5]と呼ばれる照明の点滅が起こり画像の明るさがフレームによって異なってしまった(図3.3(a), (b))。これは、蛍光灯や水銀灯等の照明を利用している場合、必ず生じる現象であるため未然に防ぐことは難しい。そこで、照明は120Hzで点滅しておりカメラのフレームレートが300fpsであることを利用し対策を講じる。すなわちカメラで撮影した映像は5フレーム毎に照明が同じ明るさになっていることから、JPEG画像を切り出す際に5フレーム間隔で1枚の画像を生成することにより同じ明るさを持つ画像を取得する。



(a) 画像例 1



(b) 画像例 2

図 3.3 明るさが異なる画像

3.3. 正解領域入力

実験では、図2.1で示した処理から抽出したボール候補領域と予め手動で入力しておいた正解領域を比較して評価を行う。正解領域は、実験画像1枚1枚を人間の目視によって、ボールと判断される場所を予め座標情報としてXML形式で登録しておく(図3.4)。記録される内容は、正解領域を入力した画像名、正解領

域の x 座標, y 座標, そしてスパイクやブロックなどのイベント記録である。

```
<image>
  <imageName>C:\Users\NAKAI\Desktop\IMG05300000281.jpg</imageName>
  <BallPosition x="185" y="22" Event="0"/>
</image>
```

図 3.4 正解領域の XML による記述例

4. 差分処理による移動領域の抽出

4.1. 移動領域抽出の検討

はじめに, 入力された試合映像からボールや選手等の移動領域のみを抽出する手法を検討する. 今回の実験では, フレーム間差分による移動領域抽出と, 背景差分による移動領域抽出の 2 パターンの移動領域抽出を行う.

フレーム間差分はフレーム時刻が異なる 3 枚の画像から複数の画像処理手法を組み合わせ移動物体領域の抽出を行う手法であり, 実験対象画像以外の背景画像等の画像を別に用意することなく移動物体抽出を行うことができる. 一方, 背景差分は実験対象画像と同じアングルで撮影した, 選手やボール等の動体領域が存在しない背景画像を用意し, 注目フレームの画像との差分処理を行う事で移動領域の抽出を行う手法である. 背景差分は, フレーム間差分に比べ比較的簡単な処理で移動領域の抽出を行うことができる.

本章ではまずそれぞれの移動領域抽出に利用される手法の差分処理, 論理処理の説明を行った後, フレーム間差分, 背景差分の具体的な処理について説明を行っていく.

4.2. 差分処理

本稿における差分処理[5]とは, 2 枚の画像の同じ位置にある画素同士の絶対値の引き算を行うことである. これにより, 同じアングルで連続撮影された画像における動体部分を検出できる. ここで, 画像の位置 (x, y) の時刻 t における画素の値を $f_t(x, y)$, 時刻 $t - 1$ における注目画素の値を $f_{t-1}(x, y)$ として差分処理 $f_{Diff}(x, y)$ を式 (4.1) に示す.

$$f_{Diff}(x, y) = |f_t(x, y) - f_{t-1}(x, y)| \cdot \dots \quad (4.1)$$

これにより動いてない領域は画素値が零 (黒) となり, 動きのある領域は画素値が大きくなる.

図 4.1 に元画像 (a), (b) の差分をとった差分画像 (c) を示す. 差分画像 (c) は, 画像 (a) と画像 (b) を比べ, 変化のあったすべての領域が出力されていることがわかる. 今回実験で利用した画像は 1 秒当たり約 60 枚であった. 時間的にあまり近い画像だと差が現れにくいため, 4 フレーム前の画像と差分を行っている.

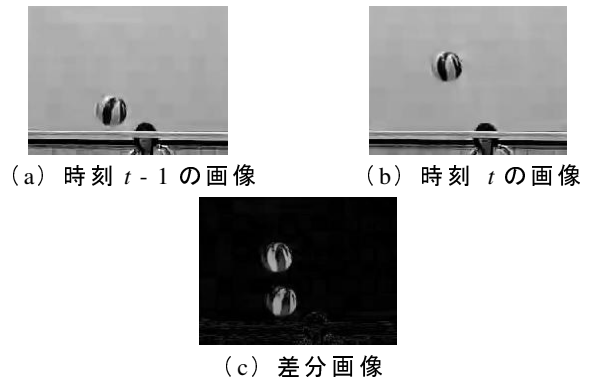


図 4.1 画像間の差分処理

4.3. 論理積処理

論理積処理[5]とは, 2 枚の画像の同じ位置にある画素同士の論理積をとることである. これにより 2 枚の画像の共通する領域のみを抽出することができる. 画像の位置 (x, y) の時刻 t における画素の値を $f_t(x, y)$, 時刻 $t - 1$ における注目画素の値を $f_{t-1}(x, y)$ として論理積処理 $f_{AND}(x, y)$ を式 (4.2) に示す. この式により共通する領域は画素として表れ, そうでない部分は画素値が零 (黒) となる. 論理積処理を行うことにより注目したフレームでの移動領域の抽出を行うことができる.

$$f_{And}(x, y) = f_t(x, y) \text{ And } f_{t-1}(x, y) \cdot \dots \quad (4.2)$$

図 4.2 に差分処理を行った画像 (a), (b) から論理積処理を適用した結果 (c) を示す.

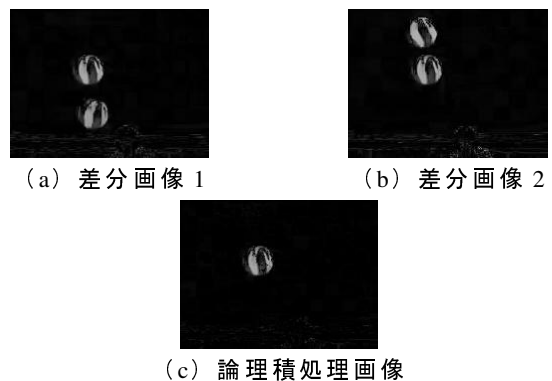


図 4.2 画像間の論理積処理

4.4. フレーム間差分による移動領域の抽出

図 4.3 にフレーム間差分による移動領域の抽出を行うために考えた画像処理の流れを示す. 注目する時刻を t , 一時刻前のフレームを $t - 1$, 一時刻後のフレームを $t + 1$ とし, 3 枚の画像によって時刻 t における移動物体の抽出を行う. まず, 3 枚の画像それぞれにグレースケール処理を行い, グレースケール画像[6]を生成する. グレースケール画像とは, 各画素の濃淡 (明

暗)の強さの値のみによって表現される画像で、濃淡をどれだけ細かい階調で表すかによって濃淡の滑らかさが決まる。移動領域抽出においては、画像はカラーである必要がない。そこで、処理の簡略化のために、グレースケール処理を施した。次にそれらの画像に対し、差分処理を行い画素間の引き算を行う。次に生成された2枚の差分画像を利用し論理積処理を行い注目フレーム t における移動領域を抽出する。生成した論理積画像には、最後にノイズ除去の処理である平滑化フィルタ [6] を施し、画像中から対象領域と非対象領域を分けるために2値化処理 [6] を施す。

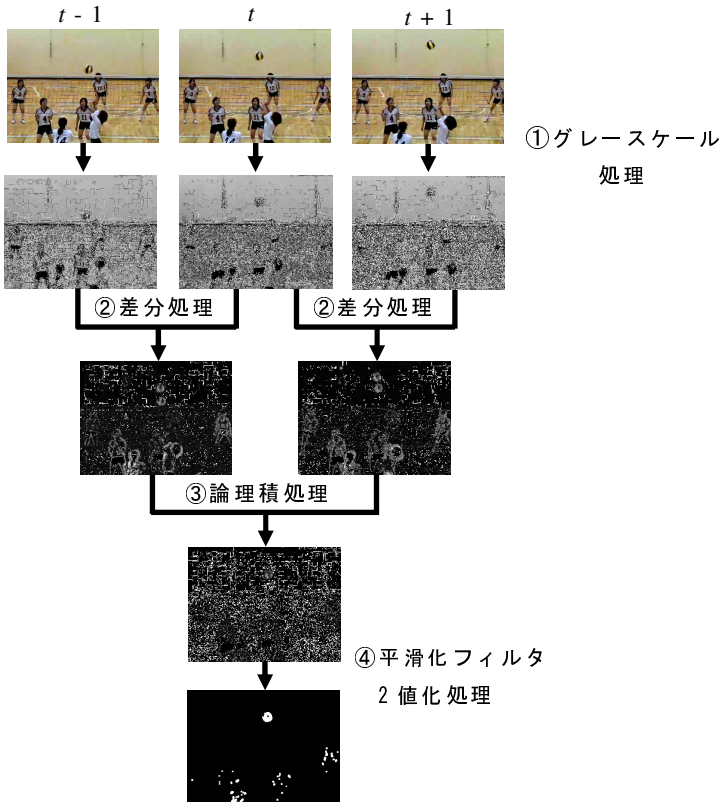


図 4.3 フレーム間差分の流れ

4.5. 背景差分による移動領域の抽出

背景差分による移動領域抽出とは、予め用意した背景画像と注目領域との差分を求めることにより移動領域の抽出を処理のことである。図 4.4 に背景差分による移動領域抽出の流れを示す。注目する時刻を t とし、予め用意した背景画像との差分をとり移動領域の抽出を行う。まずフレーム間差分と同様、グレースケール処理を対象画像、背景画像それぞれに施す。次にその2枚の画像を利用し、差分処理を施す。最後に差分処理を施した画像に対し、平滑化フィルタ、2値化処理を施し移動領域を抽出する。

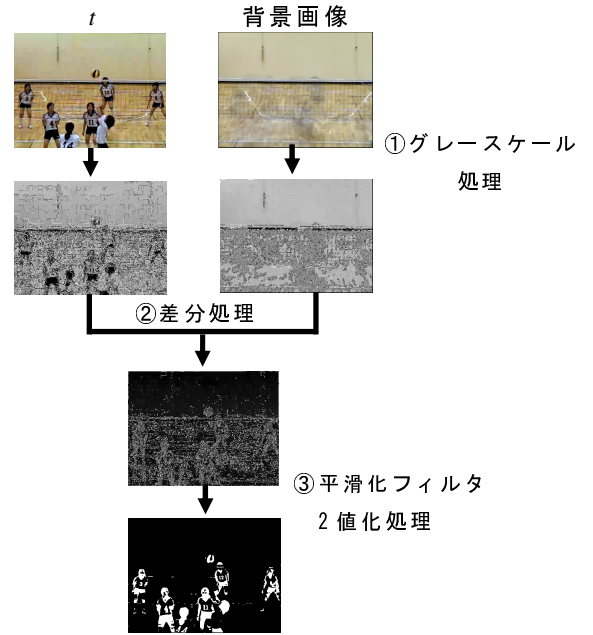


図 4.4 背景差分の流れ

背景差分による移動領域抽出を行うには予め背景画像を用意しておく必要がある。しかし今回使用した実験対象画像に選手やボール等の動体領域が写り込んでいない背景画像は存在しなかった。

そこで本実験では、複数枚の画像の平均値をとり作成した平均画像を背景画像として背景差分を行った。図 4.5 に作成した平均画像を示す。平均画像とは同じアングルから撮影された複数枚の対象画像から各画素値の RGB 各要素の平均値を取った画像である。平均画像は各画素値の平均値を取っているため、使用した画像枚数は多ければ多いほど選手やボール等の動体部分の画素値が薄くなるので画像として現れなくなり背景領域が濃くなっていく。このように作成した平均画像を背景画像として利用する。



図 4.5 作成した平均画像

5. ラベリングによる不要領域の削除

第 4 章の処理を行った結果、出力される移動領域抽出画像の一部を図 5.1 (a) に示す。この画像には選手など移動した物体すべてが抽出されていることがわかる。そのために不要な領域を除去する必要がある。本稿では画像中の各領域に対してラベリング処理 [6] を行い、移動領域の高さ、幅が明らかに大きい領域と小

小さい領域を候補領域から排除した。ラベリング処理を行うことで画像中の対象物の数を数えたり、それぞれの領域の面積（画素数）、高さ、幅を計測したりすることが可能になる。

具体的には高さ、幅が 80pixel 以上または 20pixel 以下は明らかにボール領域ではないと判断し、不要領域として候補領域から排除した。

移動領域抽出画像（図 5.1 (a)）から不要領域の排除を行った例を図 5.1 (b) に示す。図 5.1 (a) では、上部にボール領域が存在し下部付近にボール領域ではない小さい領域が存在している。そのため図 5.1 (b) の様に不要領域の除去を行う。この処理を行うことにより次処理で評価を行う領域を少なくすることができ、処理時間を短縮することができる。



(a) 移動領域抽出画像 (b) 不要領域削除画像

図 5.1 不要領域削除画像

6. ボール領域の抽出

6.1. ボール領域抽出の流れ

5 章までの処理によって得られる画像では、移動した領域（選手、ボール等）が出力されてしまう。そこで、移動した領域の中からボールのみを抽出する手法を考える。本実験ではボール候補領域抽出を 2 段階に分け処理を行う。

まず、第一段階として現在のバレーボールはカラーボールの使用が一般的である。そこで、カラー画像を用いた色相・彩度ヒストグラム[6]によるテンプレートマッチング[6]を行う。この手法を利用する理由として通常のテンプレートマッチングは、テンプレート画像と一致している領域を見つけ出す画像処理手法である。しかし、バレーボールは試合中ほとんどの場合、ボールは回転しているため常に同じ向きを向いていることなく、テンプレート画像と同じ領域を見つけ出すことは困難である。そこでボールの向きや領域の大きさに左右されることのない色相・彩度ヒストグラムによるテンプレートマッチングが有効であると考えた。

次に、第二段階である前後フレーム探索を行う。先程までに説明した処理を行えば正しくボール位置を決定することはできる。しかし移動領域抽出の時点では正しくボール領域が抽出されているにも関わらず、テンプレートマッチングを行う際に相関値が閾値としていた値よりわずかに低く、結果として取り逃してしまった領域が多く見られた。そこで、範囲を限定した前

後フレーム探索を行う。以上の手法を組み合わせボール領域の決定を行う。各処理の詳細な説明は、次節以降で行う。

6.2. テンプレートマッチングによるボール領域の抽出

ヒストグラムとは濃度などの値に対して、画像中におけるその値を持った画素の数を求めたものである。ヒストグラムは横軸に値、縦軸に画素数（あるいは生起確率）をとった棒グラフで表現される。それは、その画像がどのような値を持った画素から成り立っているのかの情報を集約したものであり、デジタル画像処理において、処理が安易でしかも非常に有用な手段の 1 つになっている。本実験では、色相と彩度の値を利用しヒストグラムを作成した。色相は色の違いを表し、彩度は色の鮮やかさを表す。

テンプレートマッチングとは対象画像の中からあるパターンを見つけ出す手法の一つである。パターンを見つけるためにテンプレートと呼ばれる画像を用意し、その対象領域との類似度を計算して、類似度が高い場所を出力する。今回は色相・彩度ヒストグラムの相関を用いたテンプレートマッチングを利用する。あらかじめ 20 枚のテンプレート画像(図 6.1)を用意し、色相と彩度のヒストグラムをそれぞれ作成し、その平均値を取ったヒストグラム（図 6.2）をテンプレート用のヒストグラムとした。

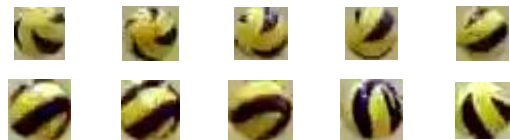
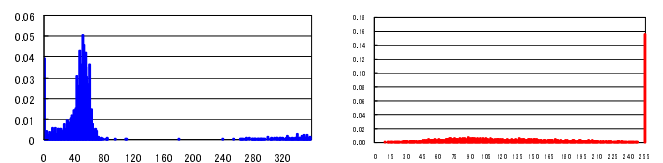


図 6.1 テンプレート画像例



(a) 色相ヒストグラム (b) 彩度ヒストグラム

図 6.2 テンプレート用平均ヒストグラム

移動領域抽出処理によって抽出された領域とテンプレート画像のヒストグラムの相関値[7]は式 (6.1) を用いて求める。式 (6.1) で x_i は候補領域の値、 \bar{x} は候補領域の平均値、 y_i はテンプレート画像の値、 \bar{y} はテンプレート画像の平均値を示している。相関値は -1~1 の値をとり、相関値が 1 に近づくほど相関が強くなる。本実験では、色相ヒストグラムの相関値と彩度ヒスト

グラムの特異値の平均を候補領域の特異値とした。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \dots (6.1)$$

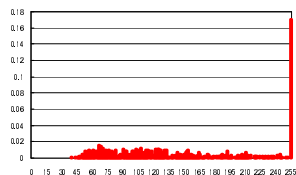
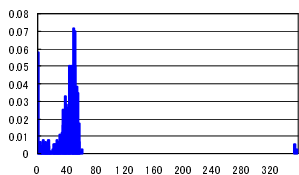
6.3. テンプレートマッチングを行った例

テンプレートマッチングを行った例として移動領域を抽出した結果、図 6.3 (a) のボール領域と図 6.4 (a) の選手領域 (背中) の 2 箇所の領域が抽出されたとする。各候補領域の色相ヒストグラムを図 6.3 (b)、図 6.4 (b)、彩度ヒストグラムを図 6.3 (c)、図 6.4 (c) に示す。それぞれのヒストグラムを図 6.2 の平均ヒストグラムと比較してみると、候補領域 1 は色相・彩度ヒストグラム共に類似していることがわかる。しかし、候補領域 2 については目視によって各ヒストグラムを比較しても関連性がないと判断できる。

また式 6.1 を用いて相関値を計算した結果、候補領域 1 は、色相ヒストグラムが 0.79、彩度ヒストグラムが 0.97。候補領域 2 は、色相ヒストグラムが 0.18、彩度ヒストグラムが 0.30 という値であった。したがって 2 箇所の領域がボール候補領域として抽出された場合、候補領域 1 をボール位置と決定することができる。



(a) 候補領域 1



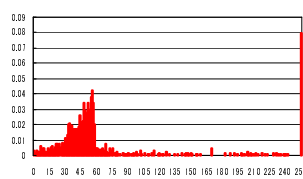
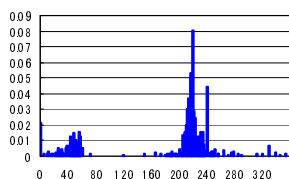
(b) 色相ヒストグラム

(c) 彩度ヒストグラム

図 6.3 候補領域 1



(a) 候補領域 2



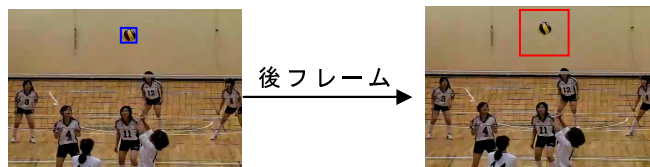
(b) 色相ヒストグラム

(c) 彩度ヒストグラム

図 6.4 候補領域 2

6.4. 前後フレーム探索によるボール領域の抽出

図 6.5 に前後フレーム探索の流れを示す。図 6.5 (a) の矩形部分が前処理により決定したボール候補領域である。次にその画像の後フレームに着目しボール探索を行う (図 6.5 (b))。そのとき、ボールは前後フレーム間で著しく動くことは考えられない。そこでボールの探索範囲を限定した。具体的には前フレームで抽出したボールの外枠から上下左右それぞれ 30pixel 広げた範囲を探索する。矩形が探索範囲である。探索範囲が決定したらその領域内の探索を行う。探索方法は 6.3 節でも利用した色相・彩度ヒストグラムを利用したテンプレートマッチングを利用し、相関値が最大かつ一定の閾値以上の領域をボール位置として決定した。この処理を前フレームにも同様に行った。



(a) 注目領域 t

(b) 後フレーム $t+1$

図 6.5 前後探索処理の流れ

7. 評価実験

7.1. 実験概要

本実験では、まず移動領域抽出をフレーム間差分と背景差分の 2 種類の手法に分けそれぞれの抽出結果に対し色相・彩度ヒストグラムによるテンプレートマッチングを行った。次に、それぞれから抽出されたボール候補領域の結果を併用し、前後フレーム探索を行う。

なお実験条件として抽出手法の第一段階である色相・彩度ヒストグラムによるテンプレートマッチングでは相関値がある閾値以上の領域をボール候補領域と決定している。また前後フレーム探索を行う条件は前フレームを評価した際に相関値が 0.85 以上あれば次フレームの探索を行う様にしており、相関値が 0.85 を下回れば前後フレーム探索を終了する。

7.2. 評価方法

正解領域の数 (人間が目視入力した領域)、ボール候補領域の数 (画像処理により抽出された候補)、および抽出成功領域 (正解領域とボール候補領域を比較して成功と判断される領域) の数から、適合率、再現率を求めることで評価を行う。適合率、再現率は式 (7.1)、式 (7.2) によってそれぞれ求められるが、それぞれの数は、すべての実験画像における総数を利用する。

$$\text{適合率} = \frac{\text{抽出成功領域の総数}}{\text{ボール候補領域の総数}} \dots (7.1)$$

$$\text{再現率} = \frac{\text{抽出成功領域の総数}}{\text{正解領域の総数}} \dots (7.2)$$

適合率は抽出されたボール候補領域の中で成功の占める割合を示し、抽出されたボール候補領域がどれだけ正確であったかを知ることができる。100%に近づくほど正確に抽出できていることを示し、正確性の指標である。一方、再現率は抽出成功領域の総数を正解領域の総数で割ったものであり、どれだけボール領域を抽出することができたかを示す。100%に近づくほど多くのボール領域を抽出できたことを示し、網羅性の指標である。

7.3. 実験の結果

まず、フレーム間差分、背景差分を用いて移動領域を抽出し、色相・彩度ヒストグラムを用いたテンプレートマッチングによるボール領域の抽出を行った。色相・彩度ヒストグラムを用いたテンプレートマッチングでボール領域と決定するための相関値の閾値は、フレーム間差分では0.8以上、背景差分では0.85以上とする。背景差分のテンプレートマッチングによる相関値の閾値をフレーム間差分の閾値である0.8より高い0.85にした理由は、事前実験により相関値をこれ以上低くすると図7.1に示すようなボールではない領域が多く発生する事が確認されたためである。矩形領域が事前実験により抽出されたボール候補領域である。



(a) 領域1 (b) 領域2

図 7.1 誤抽出領域の一例

このような領域が誤って抽出されてしまった原因は、フレーム間差分では前後フレームで差分処理を行う際に±4フレームで行っているため、移動速度がボールに比べ遅い選手は移動領域の画像として大きく現れないことが多く候補領域の除外となっている。しかし背景差分処理では、移動物体のすべてを抽出してしまうため選手等の領域も多く抽出されてしまっている。図7.2は同じ実験画像をフレーム間差分(a)、背景差分(b)を用いて移動領域抽出した結果の違いである。



(a) フレーム間差分 (b) 背景差分

図 7.2 移動領域抽出の違い

これらの理由より本実験では閾値をそれぞれ異なる値にした。実験の結果を表7.1に示す。

表 7.1 テンプレートマッチングによる抽出結果

移動領域手法	フレーム間差分	背景差分
実験画像	222 枚	
正解領域	154 個	
ボール候補領域	81	40
抽出成功領域	81	40
適合率	100%	100%
再現率	52.6%	26.0%

表7.1よりどちらの結果も適合率100%得ることができた。適合率100%とは抽出した領域がすべてボールであったことを意味する。本認識処理系においては、最終目的がボール軌道の抽出であるため、適合率が100%である意義が大きい。ボールでない領域が含まれるとボール軌道の近似の際に悪影響が出る恐れがある。再現率は低かったとしてもボールの動きは放物線で近似できると考える。

ここで抽出に失敗した原因としては、相関値が低かったことや、ボール領域が分離してしまったケースが見受けられた(図7.3)。



図 7.3 分離してしまったボール領域

さらに精度を上げるために、フレーム間差分と背景差分の結果を併用し前後フレーム探索を行う。表7.1のフレーム間差分と背景差分のボール候補領域の総数を併用すると同じフレームに対する候補領域も存在するため88箇所のボール領域の抽出に成功していることがわかった。その88箇所のボール候補領域を基点とし、前後フレーム探索を行う。表7.2に両差分処理結果を併用した後に前後フレーム探索を行った結果を示す。

表 7.2 前後フレーム探索による抽出結果

実験画像数	222 枚
正解領域	154 個
ボール候補領域	108
抽出成功領域	108
適合率	100%
再現率	70.1%

表 7.2 より, 適合率は同様の 100%を得ることができ, 再現率も 70.1%と非常に高い値を得ることができた. 再現率は前後フレーム探索を行う事で, 前処理までの移動領域の抽出手法にフレーム間差分を利用した場合の結果と比べても, 20%近く向上している.

8. おわりに

今回の研究では, 複数の画像処理手法を組み合わせ, ボール領域の抽出を行った. 実験の結果, ボールの抽出率は適合率 100%, 再現率 70.1%と非常に高い値を得ることができた. これは本手法を利用しボール領域の抽出を行えば, 誤りがなくボール抽出が出来ることを示している. 再現率に関しては, 本研究で提案した画像処理手法の利用目的は平面画像の 2 次元座標からの 3 次元座標への変換であるため放物線近似を行う事が出来さえすればよい. したがって正解領域であるボール領域すべてを抽出する必要はなく 70%程度ボール領域が抽出されていれば十分であると考ええる.

今後の課題としては, 今回の実験で得た結果を利用し 3 次元位置の推定を行う. またイベント抽出手法についての検討も行いたいと考えている.

参考文献

- [1] (有) バレーボール・アンリミテッド「バレーボール・アンリミテッド」
<http://unlimited.volleyball.ne.jp/>
(2010 年 1 月 25 日)
- [2] 梶原 修平:バレーボールのスカウティングシステム”TouchVolley”の開発, バレーボール研究, Vol.9, pp25-30, (2007)
- [3] (株) ミカサ「【ミカサ】 デジタルカタログ」
<http://www.mikasasports.co.jp/catalog/fbook.html>
(2010 年 1 月 25 日)
- [4] 石井 規弘, 北原 格, 亀田 能成, 大田 友一: 2 視点からの映像を利用したサッカーボール追跡手法, MIRU2007, pp1035-1040, (2007)
- [5] 奥富 正敏ら, 『デジタル画像処理』, CG-ARTS 協会, (初版: 2004 年 7 月)
- [6] 田村 秀行, 『コンピュータ画像処理』, オーム社 (初版: 2002 年 12 月)
- [7] 高遠 節夫, 斉藤 斉, 『新訂 確率統計』, 大日本図書 (初版: 2005 年 11 月)