

実投球ボールの画像解析における陰影の影響低減法について Reducing Shadow Problems for Image Analysis of Pitched Ball

渡辺光[†] 子安大士[†] 前川仁[†] 永見智行[‡] 彼末一之[‡]

Hikaru Watanabe Hiroshi Koyasu Hitoshi Maekawa Tomoyuki Nagami Kazuyuki Kanosue

1. はじめに

近年、スポーツにおいて画像処理技術を利用している場面が多く見られる。例えばテニスでは Hawk-Eye[7] という審判補助システムが導入されていたり、水泳やゴルフといったさまざまなスポーツで動作解析をフォームチェックに活用している。

野球において、メジャーリーグベースボールでは UIS[5] という投球のストライクとボールを判定するシステムや、Pitch f/x[6] というボールの球速などを求めるシステムが導入されているといった例がある。また、実際の投球シーンからボールの回転を解析することが求められており、これには神事ら [2] や井上ら [3] による研究などがあるが、長時間の解析ができないといった課題がある。ボールの回転はリリースからキャッチされるまでに増加することがあるという報告があり [4]、その変化を観察するためにも長時間の解析をできることが望ましい。

そのため我々は高速度カメラで撮影した実際の投球からボールの挙動を解析をする研究をこれまで行ってきた [1]。しかし、ボール上に生じる陰影がボール領域や縫い目等の表面上の特徴の抽出の妨げになるといった問題がある。本論文ではこの陰影による影響を低減する手法を提案し、ボールの回転を解析する。

2. ボールの回転検出手法

2.1. ボール領域の抽出

ボールの回転を計測するためには、画像内のボールが存在する領域に注目する必要がある。そのため、まず画像内のボール領域を円検出手法を用いて抽出する。しかしボール上に生じる陰影により、円と認識しづらくなる問題がある。本論文ではボール上の陰影に対してロバストにボール領域を検出する手法を提案する。

本研究ではカメラを固定して投球シーンを撮影することを想定しているため、背景差分により得られる領域の輪郭の一部がボールの輪郭と一致する。その背景差分領域の輪郭を基に従来法では LMedS により円検出をすることでボール領域を得ていたが、LMedS の破綻点は 0.5 であり、ボール上に生じる陰影が強くこの値を切ると円の検出ができなくなる。そこで LMedS と同じロバスト推定である RANSAC の投票判定に背景差分領域の輪郭ではなく、原画像の勾配方向を用いる。陰影が生じていてもボールの輪郭部分の勾配方向はボール中心に向かっていていると考えられるため、検出した円の円周の法線方向との比較による評価をすることができる。具体的には以下の処理により円検出をする。

1. 背景差分により得られた最大領域の輪郭点からラン

ダムに輪郭点を取り出し、最小二乗法により円の推定を行う。

2. 円周上の画素の勾配方向と法線方向を比較し、その角度差が一定以内なら投票を行う。

3. 円の推定を繰り返し行い、投票率が一番高かった結果をボール領域とする。

この処理により得られたボール領域の輪郭を図 1 に白で示す。

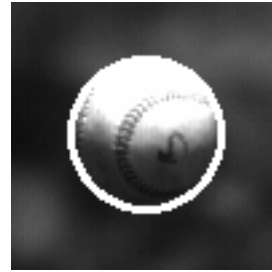


図 1: ボール領域の抽出結果。

2.2. ボール上の特徴パターンの抽出

ボールの回転を求めるには、ボール上の特徴パターンである縫い目や公認マークがフレーム間でどのように動いたかを知る必要があるため、前述のボール領域からこれらを抽出する。特徴パターンの境界は周囲との輝度差があるので、Canny のエッジ抽出手法によりその位置を得ることができる。しかし陰影によりその輝度差が小さくなり抽出されない部分があることや、陰影自体が輝度の変化をしているためその変化を抽出してしまうといった問題がある。そこでボール上の陰影に合わせた特徴パターンを抽出する手法を提案する。

まずボール領域の情報を基に各フレーム毎にボールを内接する正方形領域を抽出する。この複数枚の画像を全てを同一サイズに変換し、各画素毎にメディアンを取ることによってボールの陰影を表す陰影パターン画像を作成する。次に陰影パターン画像の勾配変化の大きさにより半影領域を抽出し、残りの領域を輝度値により陰影領域と被証明領域 2 つの領域に分割することで 3 領域に分割する。分割された領域毎に陰影の強さは異なるため、各領域ごとに Canny エッジ抽出を行うことで、陰影の影響を低減した特徴パターンの抽出ができる。この処理により得られた特徴パターンが図 2 である。

[†] 埼玉大学大学院理工学研究科

[‡] 早稲田大学スポーツ科学学術院



図 2: 陰影パターン画像 (左) と分割した各領域 (中央), 特徴パターンの抽出結果 (右)。

3. 実験

野球経験のある大学生の投球を投手後方に設置したカメラ [1000fps] により撮影し, 投球の解析を行った。撮影日時は 2009/05/28(晴), 場所は早稲田大学所沢キャンパスの実験用規格マウンドである。

3.1. ボール領域の抽出

ボール領域の抽出精度を調べるために, 目視によるものと比較を行った結果が図 3 である。目視によるものに近い値を取っているが, 半径長の遷移にばらつきがある。

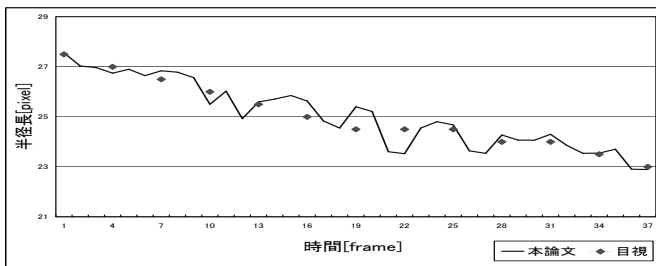


図 3: 検出したボール領域の半径長の推移。

3.2. ボール表面の特徴抽出

図 4 に抽出した表面特徴の従来法との比較を示す。従来法と比べて未抽出・誤抽出した特徴が減っており, 陰影の影響が低減できていることが確認できた。しかし, 依然として特徴の未抽出・誤抽出部分が見られる。



図 4: 原画像 (左) と, 従来法 (中央) と本論文 (右) の特徴抽出結果。

3.3. ボールの回転解析

提案手法により得られたボール領域と縫い目位置の情報に基づきボールの回転解析を行い, 得られた回転軸の方向余弦 (x 成分) を図 5 に示す。後半において大きなばらつきが見られる。これにはフレームが進むことによる解

像度の低下などの影響もあるが, 縫い目の遷移情報が正しく取れていないことが考えられる。フレーム間の位置合わせ手法に回転情報による評価を組み込むなどより適した手法の検討が必要である。

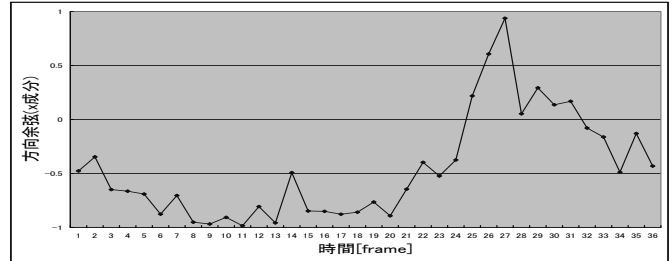


図 5: 回転軸の方向余弦 (x 成分)。

4. まとめ

本論文では, 実投球動画画像からボールの回転を求める弊害になるボール上に生じる陰影を低減する手法を提案した。画像内のボール検出とボール領域内の特徴抽出の両方において提案手法により, 陰影による影響を低減できていることを確認した。しかし, 陰影の影響を依然として受けている部分もあった。

今後の課題としては, より精度の高い特徴抽出法や縫い目位置のフレーム間対応付けの手法の検討, また解像度の低下等の問題に対応するために複数台のカメラの統合や望遠レンズの使用といった撮影環境の検討が必要である。

参考文献

- [1] 沼田, 氏原, 子安, 前川, 永見, 彼末: “実投球ボールの軌道推定と回転の解析”, 第 8 回科学技術フォーラム (FIT2009) 講演論文集, pp.193-194, 2009.
- [2] 神事, 桜井, 清水, 鈴木: “発育期の野球投手におけるボールスピンの特徴”, 中京大学体育学論叢, 49-1, pp.21-27, 2008.
- [3] 井上, 植松, 斎藤: “高速度カメラを用いた野球ボールの回転速度推定システム”, 第 16 回画像センシングシンポジウム (SSII2010), IS2-22, pp.1-7, 2010.
- [4] 溝田, 久羽, 大原, 岡島: “フォークボールの不思議?”, 日本風工学会誌, 第 70 号, pp.27-38, 1997.
- [5] Inc QuesTec. UIS(umpire information system): http://www.questec.com/q2001/prod_uis_qanimation.htm
- [6] Pitch f/x: <http://www.sportvision.com/base-pitchfx.html>
- [7] Hawk-Eye Innovations: <http://www.hawkeyeinnovations.co.uk/>