

H-043

実投球ボールの軌道推定と回転の解析

Estimation of Trajectory and Spin Analysis of Pitched Ball in Real Scene

沼田 洋行[†]
Hiroyuki Numata氏原 洋輔[†]
Yousuke Ujihara子安 大士[‡]
Hiroshi Koyasu前川 仁[‡]
Hitoshi Maekawa永見 智行[¶]
Tomoyuki Nagami彼末 一之[¶]
Kazuyuki Kanosue

1 まえがき

投手にとって自身の投球を知ることへの要求は切実であり、より良い投球技術の把握・向上という観点からは、実際の投球シーンを用いて解析を行うことが重要である。我々は実際の投球シーンを高速度カメラで撮影し、ボール挙動の解析を行っている [1]。本論文では前法を改善し、より精度の高いボールの回転解析を行い、また同一シーンから軌道推定を行った結果を報告する。

2 実投球ボールの解析

2.1 ボール軌道の推定手法

ボールの軌道は画像上からボールの位置・半径を取得し、実際のボールの位置・半径との関係から推定を行う。実際のボール位置と半径を $(X_0, Y_0, Z_0), R$ 、画像上のボール位置と半径を $(x_0, y_0), r$ 、またカメラ焦点距離を f とすると、その関係は以下の式で表せる。

$$X_0 = R \frac{x_0}{r}, \quad Y_0 = R \frac{y_0}{r}, \quad Z_0 = f \frac{R}{r}$$

上式において、実際のボール半径 R とカメラ焦点距離 f は撮影シーンを通じて一定なので、相対的な軌道が推定できる。

前法 [1] における画像上からのボール検出手法は検出できるフレームが短いといった問題が見られた。そこでボール検出手法について改善を試みた。具体的には、各フレーム毎に背景差分を施し、得られた最大領域の輪郭点から最小二乗法によりボールを検出した。また、外れ値の影響を軽減するため LMedS (Least Median Square) 推定 [5] の手法を用いた。この処理で得られた画像中のボール位置と半径を用いて、ボールの相対的な軌道の推定を行う。

2.2 ボール回転の計測手法

2.2.1 ボール領域の抽出

ボール回転の計測のためには、ボールが存在する領域に注目する必要がある。そこで、まず画像中からボール

領域の抽出を行う。2.1 節の手法により得たボールの中心座標から上下左右 50 [pixel] の領域を抽出する。以下の図 1 がボール領域を抽出した結果である。



図 1: ボール領域の抽出結果

2.2.2 Canny オペレータを用いた特徴点抽出

抽出したボール領域に対し Canny のエッジ抽出手法 [3] を用いて、エッジとして検出された画素を特徴点として扱う。図 2 に得られた特徴点を示す。ボールに塗布したパターンやシームの一部から特徴点を抽出できていることが分かる。



図 2: 特徴点の抽出結果

2.2.3 ICP アルゴリズムによる回転の検出

得られた各フレームの特徴点の対応付けには ICP (Iterative Closest Points) アルゴリズム [4] を用いている。すなわち、反復計算により 2 つのデータ間の点対応の誤差を最小化することで最適な回転行列 \mathbf{R} を求め、回転に関する情報 (回転数, 回転軸を示す単位ベクトル) を得る [1]。本研究では、ICP アルゴリズムでの特徴点の対応による影響を少なくするために、LMedS 推定の手法を用いて外れ値に対して頑強な処理を行う。

3 実験と結果

3.1 撮影環境

本研究では、プロ野球投手による実際の投球シーンを撮影した動画画像を用いた。撮影は投手後方 2.8 [m] から 1000 [fps] の高速度カメラを用いて行った。天候は晴天で、照明条件は太陽光のみである。また、ボールには前述のように、特徴点を容易に抽出できるようパターンを塗布した。なお、実験に用いたプロ野球投手の投球データの解析結果は永見ら [2] によって解説されている。

[†] 埼玉大学大学院理工学研究科数理電子情報系専攻

[‡] 埼玉大学大学院理工学研究科数理電子情報部門

[¶] 早稲田大学スポーツ科学部

3.2 ボール回転の計測結果

ストレートの動画像について処理を行った結果を示す。以下の図3が、本手法により得られたボールの回転軸を描画した結果である。



図 3: 回転軸の計測結果

また、図4にフレーム間の回転角度の計測結果を示す。同図の横軸はフレーム数、縦軸はフレーム間の回転角度である。また同図中には、前法[1]による計測結果も示す。

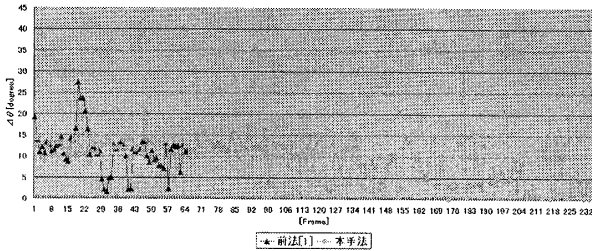


図 4: 回転角度の計測結果

計測結果から、本手法によりボールの回転軸は概ね水平 45 度の傾き、回転速度は 34[rps] 程度という結果を得た。また前法と比較し、長いフレームでより安定した結果を得ることが出来た。しかし、図4を見ると分かる通り、結果の値が不安定になっている箇所も見られ、特に後半のフレームにかけては、特徴点の対応付けが非常に不安定になり値が大きく変動している。これは、フレームが進むにつれて解像度が低下することで、得られる特徴点数が減少し、それに伴って特徴点の対応付けが不安定になったことによると考えられる。

3.3 ボール軌道の推定結果

検出した画像上のボールの位置と半径から、ストレート、カーブ、シュート、シェイクのそれぞれの相対的な軌道を推定した結果を以下に示す。図5が投手側から見た軌道、図6が軌道を横から見た結果である。図6では左から右へボールは飛翔している。

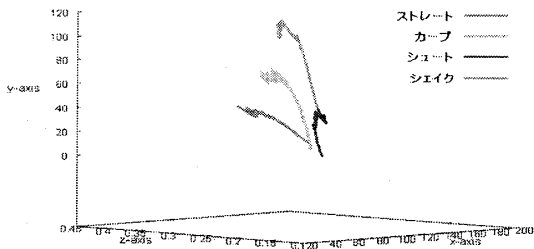


図 5: 投手側から見た軌道の推定結果

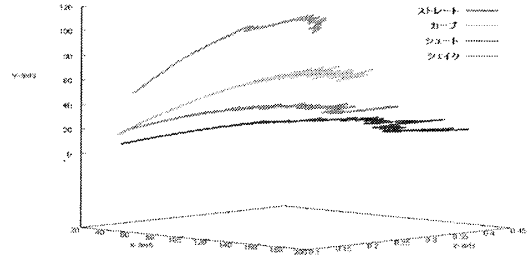


図 6: 横から見た軌道の推定結果

図5、図6からそれぞれの特徴的な軌道を推定できていることが分かる。しかし、いずれの球種も最後までボールの検出が行えずに、軌道の推定が途中までになっている。また、後半のフレームなるにつれ値も不安定になっている。これはボール検出手法や、照明条件から生じた陰影の影響によるボール検出精度の低下によるものと考えられる。

4 まとめ

本論文では、実投球画像からのボールの軌道推定、またボールの回転軸と回転速度という回転に関する情報を取得する手法について述べた。その結果、提案手法を用いることで実際の投球シーンから、相対的な軌道の推定、また回転に関する情報を取得することが出来た。しかし、陰影の影響や画像の解像度により、不安定な結果となることがあった。

今後の課題としては、より精度の高いボール検出手法の検討、また、安定した特徴点の対応付けの検討が必要である。

参考文献

- [1] 氏原, 子安, 前川, 永見, 大室, 彼末: " 動画像を用いた実投球ボールの画像解析", 日本機械学会ジョイントシンポジウム 2008, pp.78-82, 2008.
- [2] 永見, 彼末, 諸星, 大室, 茶川, 勝亦, 氏原, 子安, 前川, 小宮山: " 一人のプロ野球投手が投げる 8 種類の投球のボール回転", 日本機械学会ジョイントシンポジウム 2008, pp.108-111, 2008.
- [3] J.canny: "A Computational Approach to Edge Detection", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 8(6), pp.679-698, 1986.
- [4] Paul J. Besl, Neil D. McKay: "A Method for Registration of 3-D Shapes", IEEE TPAMI 14-2, pp.239-256, 1992.
- [5] R.J.Rousseeuw: "Least median of squares regression", J.American Stat. Assoc., Vol.79, pp.871-880, 1984.