

# 携帯端末の画像処理による微小オブジェクトの追跡

山口 陽介\*      三浦 元喜†

**概要.** 本研究では、携帯端末上での画像処理によって投球された野球ボールの追跡をおこない、実際の野球場においてリアルタイムに球速を計測するスピードガンアプリケーション iPhoneSG の開発をおこなった。iPhoneSG は投球を横から撮影した動画を使用することを想定しており、真後ろからしか測定ができなかったドップラー方式のスピードガンに比べ、広い範囲での測定をおこなうことが可能となる。また、スマートフォン上で動作するアプリケーションのため、データの共有や機能の追加を簡単におこなうことができる。

## 1 はじめに

本研究では、携帯端末上で、コンピュータビジョンの技術を駆使し、野球のピッチャーが投げたボールの球速を計測するアプリケーション iPhoneSG を開発し、その有効性を検証する。野球ボールは投球全体の画像に対して非常に小さく、その速度は 150km/h にもなる。このような物体を追跡し、その速度の計測、表示という全ての過程をスマートフォン上で実現することに挑戦し、かつ従来型のスピードガンとは違った利用方法、利用形態を利用者に提供することで、野球技術の向上とともに、野球観戦の楽しみを広げることを目指した。

投球されたボールの球速は野球における最も大きな関心ごとのひとつである。日本のプロ野球やアメリカのメジャーリーグで使われるスタジアムには球速を測定するシステムがあり、観客はスコアボードに表示される球速表示を見て、目の前のピッチャーの投げるボールがどのくらい速いのかを知ることができる。球速の測定は、野球観戦の楽しみのひとつであるだけでなく、練習や試合において選手を分析するときの指標のひとつでもある。実際に、ハイスピードカメラやセンサデバイスを用いたり、地下室のような特殊な空間を用いて野球の投球を分析する研究がすでにおこなわれている [1][2]。しかし、高校野球をはじめとするアマチュア野球において、それらの装置は高価であり、球速測定はまだ一般的ではない。プロ野球の試合に使われない野球場ではスピードガンが設置されていることは少なく、市販のスピードガンを手を持って計測するには、測定位置がピッチャーとキャッチャーの延長線上のバックネット裏に制限される。装置自体の価格も高く、誰もが気軽に利用できるものではない。ビデオカメラで撮影した投球動画を持ち帰り、コンピュータを使って解析することも可能だが、球速を「その場で」知ることができない。

Copyright is held by the author(s).

\* 九州工業大学 工学府 先端機能システム工学専攻

† 九州工業大学 基礎科学研究系

近年、スマートフォンは携帯電話としてだけでなく、小型のコンピュータとしても利用できるだけのスペックを持つようになってきている。それに伴い、スマートフォンに実装されるカメラの性能も進化してきている。本研究では、最大フレームレート 240fps での動画撮影が可能な iPhone6 を利用して、アプリケーションの開発をおこなった。

## 2 野球ボールの検出手法

iPhoneSG の野球ボール検出システムは、画像処理ライブラリ OpenCV を利用して開発をおこなった。

### 2.1 動画から静止画の切り出し

本研究では、iPhone6 の標準カメラアプリでも採用されている 120fps, 240fps の 2 種類のフレームレートの動画撮影を利用している。高フレームレートでの撮影中にオンメモリで画像処理をおこなうのに、iPhone6 ではスペック不足であった。そのため投球の撮影と画像処理を同時並行ではおこなわず、投球の撮影後、それを一旦 mp4 ファイルとして iPhone 本体に保存し、そのファイルから毎フレームの静止画を取り出し、処理していく。

### 2.2 背景除去

投球画像から高速で移動している白い野球ボールを取り出すために、画像の中で動きのない背景の除去をおこなう。そのために iPhoneSG では、連続する 2 フレーム間での差分をとる。画素値の変化のない部分は、フレーム間で差分をとると 0 となり、処理後は動いている部分のみの画像が得られる。

### 2.3 ノイズの除去

差分処理後の画像には手ぶれによるノイズが残る。そのノイズを除去するために画像の平滑化をおこなう。iPhoneSG では二値画像の収縮・膨張によってノイズの除去をおこなった。まず差分処理後の画像の二値化をおこない、画像を白と黒の 2 色だけで表

現する。この画像に対して膨張・収縮の操作をおこなっていく。収縮を1回おこなうと、8近傍のひとつでも黒がある注目画素は黒に置き換えられ、画像中の白の部分の面積は小さくなり、手ぶれによって残ったノイズは除去することができる。膨張はその逆で、白の部分の面積を大きくする。今回は収縮を2回おこなった後、膨張を3回おこない、ボール部分を強調した。

## 2.4 ボールの位置座標の取得

強調されたボールの位置座標を取得するために、輪郭抽出をおこなう。黒と白の境目を輪郭と見て、その輪郭の重心座標をボールの位置座標とする。

## 3 野球ボールの位置予測

画像全体からボールを探索するのは時間の無駄であり、CPU、メモリの限られる携帯端末上でリアルタイムな計測をおこなうためには、処理時間の短縮が必要である。そこで iPhoneSG は、野球ボールの特徴を利用して、ボールの探索範囲を限定することで処理時間を短縮する。まず、動きが一定でないピッチャーとバッターは探索範囲から除き、その間を全体の探索範囲に設定する。(図. 1 左上) この探索範囲は野球ボールの特徴を利用することで、さらに狭くすることが可能である。野球ボールは次のような特徴を持つ。

- 白くて丸く、1 フレームに1つだけ存在する。
- 投球画像全体に対して、ボールは非常に小さい。
- 等速直線運動をする。
- マウンドからホームベースの距離、投球の方向は一定である。

このような特徴をふまえて、前章で得られたボールの位置座標を利用し、次のような手順で探索範囲を限定していく。

1. 最初にボールが現れるのは画面の右端なので、その範囲を探索する。(図. 1 右上)
2. 最初のボールの位置が得られたら、そこから少し左にずれた位置にボールは現れるので、その範囲を探索する。(図. 1 左下)
3. 2番目のボールの位置が得られたら、2点の差が得られるので、その差分だけ左にずれた範囲を探索する。(図. 1 右下)

手順1から3にかけて、位置予測の範囲は狭まっていくので、探索範囲も狭くしていくことが可能である。ボールの位置予測をおこなうことで、範囲外での誤検出を防ぐこともできる。



図 1. 探索範囲の推移

## 4 実験と結果の考察

実験は九州工業大学のグラウンドにて、フレームレート 120fps、240fps それぞれ 10 回ずつの計測結果を比較した。比較の対象として、計測時に端末内に保存された動画を研究室に持ち帰り、コマ送り再生してボールを人の目でカウントし、球速の計算をおこなった。その比較結果の誤差に対して t 検定をおこなったところ、フレームレート 120fps と 240fps の間に有意な差があるとは言えなかった。しかし、処理時間には大きな差が出た。計測結果を表 1 に示す。

表 1. 処理時間・誤差の比較結果

フレームレート [fps]	平均処理時間 [秒]	最大処理時間 [秒]	平均誤差 [km/h]	最大誤差 [km/h]
120	3.8	4.9	1.56	3.8
240	24.8	51.5	0.94	1.5

計測結果は実用上十分な精度を持ち、120fps であれば試合中の計測でも対応できるだけの処理時間を達成できた。しかしながら 10 回の計測が成功するまでに天気や光の当たり方、ボール自体の汚れなどの理由からボールの検出がうまくいかないことも多く、ロバスト性を向上していく必要がある。

## 参考文献

- [1] Pitching a baseball - tracking high speed motion with multi-exposure images (2004) by Christian Theobalt, Irene Albrecht, Jrg Haber, Marcus Magnor, Hans-peter Seidel
- [2] A Distributed Wearable, Wireless Sensor System for Evaluating Professional Baseball Pitchers and Batters (2009) by Michael Lapinski, Eric Berkson, Thomas Gill, Mike Reinold, Joseph A. Paradiso