

## 野球中継における投球シーンからのボール座標抽出手法の提案

Proposal of ball coordinates extraction technique  
from pitching scene in baseball relay阿部洋介<sup>†</sup>  
Yosuke Abe岩崎遼<sup>†</sup>  
Ryo Iwasaki山下毅<sup>†</sup>  
Tsuyoshi Yamashita

## 1. はじめに

近年のDVDレコーダやTV録画に対応したPCの普及に伴い、映像を自宅でアーカイブするという楽しみ方をするユーザの数は増加している。そしてその映像を整理するために、映像に対するメタデータの付加の必要性が高まっている。アーカイブの対象となる映像の中でも、特に球技スポーツというものは人気が高い。球技スポーツは放映される量が多く、かつ似たような映像が多い。ゆえに、球技スポーツの映像にとってインデキシングのためのメタデータ付加の重要性は非常に高いといえる。球技スポーツにメタデータを付加する際に、重要な手がかりとなるのがボールの動きである。ボールの軌道を検出することができれば、野球であれば投手の投球の内容をメタデータとして付加できる。また、サッカーであればプレイがパスであったかシュートであったかなどのメタデータを付加する手がかりになる。ボールの動きに着目したメタデータ付加のための研究は他にもあるが、リアルタイムでの座標抽出に成功している例はまだない。そこで本研究では将来的にリアルタイムでの抽出を考え、球技スポーツの映像、とくに野球の投球が行われる映像中からボールを抽出するための効率的な手法を提案する。

## 2. ボール抽出の手順

次のフローチャートに従って、動いているボールの座標を抽出する。

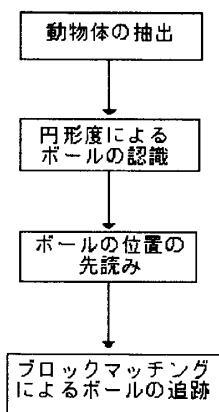


図1: フローチャート

## 3. ブロックマッチングによるボールの追跡

円形度処理によってボールを発見したら、その後はブロックマッチング法を用いることでボールを追跡することができる。ところが、ブロックマッチング法は一般に計算量が非常に大きい。

そこで本研究では、次のフレームのボールの位置を予測する「先読み処理」を行った。この「先読み処理」によって、ブロックマッチングにおける探索範囲を小さくすることができ、高速化につながった。また、探索範囲を限定することによって誤検出を少なくでき、精度の向上にもつながっている。

## 4. 先読み処理

ボールの位置の先読みのために、ボールの軌跡を多項式によって近似したい。Lagrangeの方式では、サンプル点が増えるたびに高次の多項式を最初から算出する必要がある。しかし本研究においては、サンプル点は時間とともに増加するのみなので、既知のサンプル点は共通する。これを利用することによって、計算を効率的にすることを考えた。

また、ボールは基本的に放物線運動をするものと考えられる。よって、2次の多項式で近似すれば最も効率がよいだろう。

そこで時系列的に最も新しい3つのサンプル点から、2次の近似多項式を求めて先読みに用いる。

この考え方による先読みの手法を数式で表す。フレーム $k$ におけるボールの座標を $(r_{x,k}, r_{y,k})$ とし、フレーム $k$ でのボールの速度ベクトルを $(v_{x,k}, v_{y,k})$ とすると、速度ベクトルは座標の差分から求められる。

$$v_{x,k} = r_{x,k} - r_{x,k-1}$$

$$v_{y,k} = r_{y,k} - r_{y,k-1}$$

また、ボールの加速度ベクトル $(a_{x,k}, a_{y,k})$ も次式で求められる。

$$a_{x,k} = v_{x,k} - v_{x,k-1}$$

$$a_{y,k} = v_{y,k} - v_{y,k-1}$$

これらを用いれば、フレーム $k$ 、 $k-1$ 、 $k-2$ の座標からフレーム $k+1$ の座標 $(r_{x,k+1}, r_{y,k+1})$ が予測できる。すなわち、

$$\begin{aligned} r_{x,k+1} &= r_{x,k} + v_{x,k} + a_{x,k} \\ &= r_{x,k} + (r_{x,k} - r_{x,k-1}) + (v_{x,k} - v_{x,k-1}) \\ &= r_{x,k} + (r_{x,k} - r_{x,k-1}) + \\ &\quad \{(r_{x,k} - r_{x,k-1}) - (r_{x,k-1} - r_{x,k-2})\} \end{aligned}$$

<sup>†</sup>早稲田大学理工学研究所 情報ネットワーク専攻 算研究室  
{abe,iwasaki,yamage}@kake.info.waseda.ac.jp

$y$  についても同様である。

$k+1$  フレームの画像では求めた  $(r_{x,k+1}, r_{y,k+1})$  の周辺にボールがあると予測できるので、 $(r_{x,k+1}, r_{y,k+1})$  の周辺の小さな領域でのみブロックマッチングを行えばよい。

なお、この計算法は Lagrange の多項式における Neville の算法を応用したものである。

## 5. 実験結果

本手法を用いて、野球映像からボールの座標を抽出した。実験に使った映像は、TV中継をMPEG録画し1フレームを1/30秒にしたものである。実際の座標と抽出した座標、そしてその誤差を表1に示す。表中のフレームとは、ボールがピッチャーの手を離れたフレームを1フレーム目としたものである。また、抽出したボールの軌道を表す画像を図1に示す。

表1: 実験結果

フレーム	実際		先読み		誤差	
	x	y	x	y	x	y
1	133	138	-	-	-	-
2	138	137	-	-	-	-
3	142	136	-	-	-	-
4	147	135	145	135	-2	0
5	152	133	153	134	1	1
6	157	130	157	130	0	0
7	163	127	162	126	-1	-1
8	168	124	170	124	2	0
9	173	120	172	121	-1	1
10	179	116	178	115	-1	-1
11	185	111	186	112	1	1

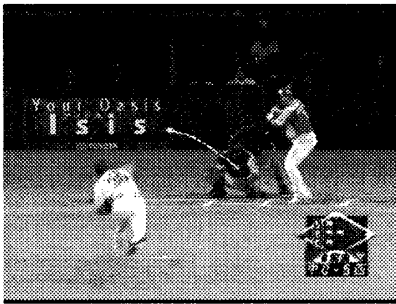


図2: 抽出したボールの軌跡

## 6. 本手法の利点

### 6.1 精度

表1からわかるように、 $xy$  方向ともに2pixelまでに誤差が収まっている。表として掲載した以外の投球映像に対しても、概ね誤差の範囲はこの程度で収まっていた。この後にブロックマッチングを行うことを考えると、十分な精度を確保できているといえる。

### 6.2 計算速度

本手法による予測には、既知のサンプル点のうちの最新の3つを用いている。ここで連続した2回の予測について考えると、予測に用いるサンプル点のうち2つの点が共通している。Lagrangeの方式をそのまま用いたならば、共通点が2点存在しているにもかかわらず、その都度補間多項式を一から算出しないおさなくてはならない。これでは無駄な計算が生じる。

本手法ではNevilleの算法を取り入れることで、この問題を解決している。Nevilleの算法ではサンプル点が増えるたびに、それまでの計算結果を用いて逐次的に補間多項式を高次のものへと変化させていくことができる。故にLagrangeの算法をそのまま用いたときのように、無駄な計算が生じたりはしない。しかし、Nevilleの算法を用いると補間多項式がどんどん高次のものになっていく。高次の補間多項式はボールの軌道予測には適さない。そこで本手法ではNevilleの算法において、計算を2次までで打ち切るようにした。

また、他の近似法としては、最小二乗法が考えられる。だがこの手法も予測する度に近似直線を一から計算しないおさなくてはならない。Lagrangeの方式と同様にこれは計算量を増加させる。

仮に最新の既知の3点だけを用い、2次曲線に近似する最小二乗法を行ったとしても、その結果はLagrangeでの近似とまったく同じ結果になる。したがって、計算量の面から考えて最小二乗法を用いるメリットは少ない。

また、本手法の精度を考慮すると、ブロックマッチングを行う範囲は予測して求めた点を中心とした $5 \times 5$ の範囲で充分となる。この狭い範囲のみでブロックマッチングを行えばよいことになるので、計算速度は向上する。

## 7. まとめ

本手法による予測は、少ない計算量で十分な精度の予測を可能にする。故に、予測にかかる計算量と、ブロックマッチングにかかる計算量の両方を少なくすることができる。

このことにより、野球中継映像からリアルタイムでボールの座標を抽出し、メタデータとして付加しながらの配信に近づくことができる。

## 8. 今後の課題

本手法は予測に必要なサンプル点が最低三つ必要である。故に、ピッチャーがリリースした直後、サンプル点が三つ集まるまでの予測が課題である。この課題の解決法としては、以前の投球のデータを保持しておいて利用する方法を考えている。

## 参考文献

- [1] 高橋正樹、三須俊彦、蓼沼眞、三角和浩、八木伸行、野球投球軌跡作画装置“B-Motion”の開発・運用報告、2004
- [2] 星守、小野令美、吉田利信、入門数値計算、1999