

# ステレオビジョンによる飛球の飛跡観測

7B-2

村井祐一 梶田修一郎 加藤高清 諸角 建 野田健一

拓殖大学工学部情報工学科

## 1. まえがき

移動物体を発見したり、動きのパターンや形状の時間的変化を調べるために、テレビカメラにより連続して撮られた画像を高速に解析する技術が進んできている。この技術を利用して野球のピッチャーが投げるボール像を2台のテレビカメラで観測し、ボール位置変化の精密計測、ボールのバッター平面到達位置の予測、ロボット捕球、ロボット打球等の高度処理を行うシステムの構築が可能と考えられるようになった。また飛球の速度計測や、ストライク・ボールの判定などは既に実用化されているが、本研究ではより高度な機能を持つ詳細飛行軌跡の観測システムをステレオビジョン方式を基に構築し、最終的にはロボットキャッチャーに捕球させたり、ロボットバッターに打球させることをめざしている。

## 2. 飛跡解析の課題

第一に、解析処理に不要な背景像や雑音を消去するために、カメラで撮られた処理対象画像が入力される毎に入力像と背景像との差分をとる<sup>1)</sup>。二番目にボールの像から、その中心点の座標を決定する。三番目に三角測量の原理を用いてボールの空間位置を決定する。四番目にボール位置データから、ボールのバッター平面への到達位置を予測する<sup>2)</sup>。五番目にバッター平面へ到達するボールを自動捕球または自動打球する。本論文ではこの中で三番目の処理課題を中心としている。

理論検討を行い、さらに実験によりピッチャーの打球を2台のテレビカメラで撮影し、ボールがピッチャーの手を離れてからキャッチャーが捕球するまでの撮り像中の7点で空間位置計測を行い、リアルタイム処理への足がかりを掴んだ。ピッチャー、バッター、ステレオビジョンカメラおよび飛行中のボールの各時刻

における位置を示した上面図を図1に、側面図を図2に示す。

## 3. 両眼視観測データよりボールの空間位置決定

ボールは飛行中に重力や空気抵抗により次第に落下する。ボールはピッチャーから回転が与えられるので、ボールと空気との摩擦によって飛行方向は横方向にも曲げられる。飛行中のボールの空間位置、すなわち飛跡を任意に仮定したときに、ステレオビジョンカメラで得られるボール像の位置を取得するプログラムを作成した。その飛跡は例えば2、または3次代数式で仮定してもよいし、数値データで与えてもよい。ボールの飛跡を仮定したときに、テレビ画面上に表れるボール軌跡座標値が取得できるので、三角測量原理によってボールの空間位置を決定するプログラム、ボールの時々刻々の空間位置からボールの到達位置を予測するプログラム等も整備した。

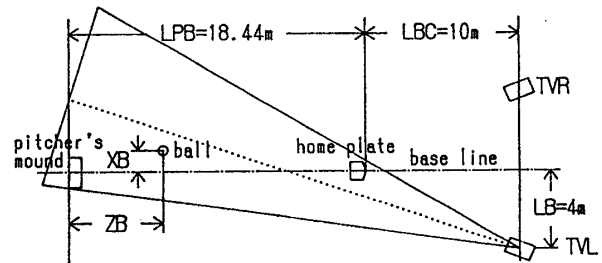


図1 投手・打者・カメラ・ボール等の上面図

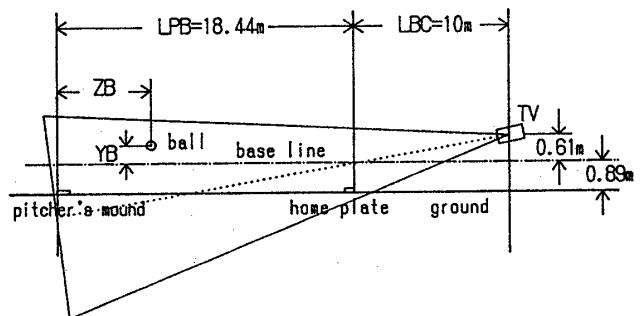


図2 投手・打者・カメラ・ボール等の側面図

4. ボール像からボール空間位置決定の実験

前節の理論を使い、TV上のボール像からボール位置を決定する実験を行った。図1および2のようにピッチャーとホームプレートを結ぶ線の延長線上10mの位置に、その線と直角方向に各々4m離れて2台のテレビカメラを地上1.5mの高さに設置し、投球をそれぞれVTRに撮像した。図3の○印は両カメラで観測されたボールの画面上の位置、×印はピッチャー側およびバッター側の基準点の観測位置である。ストライクゾーンは打者によって異なるが、ここではその中心を仮に地上890mmと決め、ピッチャー平面とバッター平面を結ぶ地上890mmの線を基準線とした。図4は連続する約25枚のフレーム中、7組の対応する左右フレーム上のボール座標を読み取り、ボールの空間位置を三角測量法によって決定した結果である。図4上はボールの飛行に伴う左右方向の、図4下は上下方向の基準線からの移動量を計測した結果である。図4の×印は基準線とピッチャー平面との交点、および基準線とバッター平面との交点である。○印が観測された7ボール点である。

5. 主要な計測結果

本実験により取得された図4の飛球空間位置の精度の検証は次のように行った。質点運動理論によれば、ボールの飛跡は空気抵抗を無視すれば放物線、即ち2次曲線になるはずである。そこで、図4下の7観測点に最も適合する2次代数式を最小2乗法により求め、その曲線を同図に描き込んだ。その曲線がピッチャー平面と交わる高さは基準線の966mm上、すなわち地上1856mmであった。筆者中の一人の投球時におけるボールの高さを計測したところ1910mmであり、測定誤差は50mmであったことになる。ボールの最高到達点は基準線上1502mm、それからバッター平面到達点までの落差は1200mm、落差等からボールの速度は80.4km/hと計算された。測定精度に関し、7観測データの2次曲線からの標準偏差は9.0mmであった。図4上についても最小2乗法により最適2次曲線を求めて描き込んだ。本実験でのピッチャーは右投げであり、ボールはキャッチャー側から見て左に到達していることがわかる。ピッチャーの手を離れた時のボールのx方向位置とバッター平面へ到達した時のx方向位置を結んだ直線か

らの、曲線の最大変移量は95mmであった。測定精度に関し、7観測点の標準偏差は3.7mmであった。2つの標準偏差は本方法の測定精度を示唆する値であり、かなり良好な値と思われるが、本方法をロボット捕球やロボット打球にまで適用するのに十分な値であるか否かは今後の検討課題である。

6. むすび

野球のピッチャーが投球するボールをステレオビジョンカメラで撮影し、三角測量の原理を用いて空間位置の検出を行うアルゴリズムについて、理論検討を行い、シミュレーションで技術条件を明らかにした。さらに投球両眼視撮影実験を行い、ピッチャーの手を離れてからキャッチャーが捕球するまでのテレビ像中7点での空間位置計測を行い、ボールの“球筋”を4~9mmの精度で計測することができた。またボールの飛跡予測のアルゴリズム<sup>2)</sup>と組み合わせることで、より精度の向上が計れると考えられる。この実験は実時間観測ではなかったが、次ステップに必要な諸技術条件を得ることができた。

文献

- 1) 梶田他, '92信学会大会
- 2) 加藤他, '92信学会大会

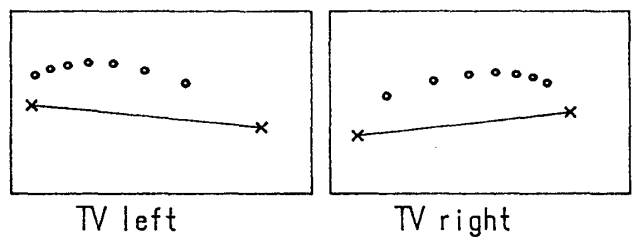


図3 観測されたボールの位置

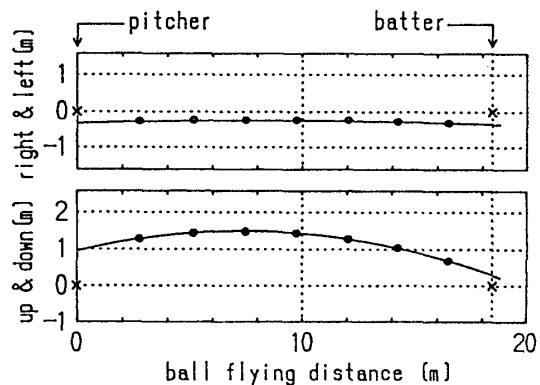


図4 両眼視テレビ像から求めたボール空間位置