

汎用パーソナルコンピュータによる飛球の 両眼視飛跡即時観測

4C-1

村井祐一

永森範久

植山奉行

石山幸男

諸角 建

野田健一

拓殖大学工学部 情報工学科

1. まえがき

野球のピッチャーの投げるボールの像を2台のテレビカメラで観測し、ボールの時々刻々の位置の精密計測、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させるシステムについて昨年の全国大会で報告した。処理の即時化のために最も高速化を必要とする部分は背景画像の消去と画面上のボール位置座標の取得であることが分かった。類似の技術開発においては専用のプロセッサを設計製作して実現している例が見られるが、本論文においては処理アルゴリズムの高度化と、最近進歩が著しい汎用プロセッサを持つパソコンの使用によって、リアルタイム処理が可能になってきたことを報告する。

2. 飛跡解析の課題

野球のピッチャーが投げるボールを、例えばキャッチャー後方に設置したステレオテレビカメラで観測し、ボールの時々刻々の空間位置をリアルタイムに計測できれば、そのキャッチャー平面への到着位置が予測でき、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たりすることができることは先に報告した^{1)~5)}。この課題を実現するにはまず第一に、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を入力するごとに入力像と背景像との差分をとった後に処理に供するようにする必要がある。二番目にボールの像から、その中心点の座標を決定する。三番目に両眼視テレビの両像から三角測量の原理により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。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。

3. TV信号即時処理のための走査代替法

昨年発表したステレオビジョンによるボールの空間位置決定アルゴリズムの実験結果より、ボールの位置はある程度正確に取得する事が可能な事がわかっている。よって次の課題として画像解析処理時間の短縮があげられる。前回の実験はリアルタイム処理ではなく、あらかじめ2台のビデオカメラで対象を撮影した後に左右の画像を一枚ずつ対応させボール中心点抽出処理、ボール空間位置計測処理などを行っていた。また解析処理手順も自動化されてはならず、処理の簡略化のため色情報は白黒16階調として処理を行っていた。これらを出る限り自動化し処理速度を向上させるための実験を行ったので図1に示すとともにアルゴリズムの説明を行う。撮影に利用したビデオカメラはNTSC方式のものを使用しているため一枚の画像は1/30sec

で完成するが、これはアナログ信号のためコンピュータ上で処理を行うためにA/D変換を行う必要がある。本実験では画像のA/D変換を高速に行うためのハードウェアとして富士通FM-TOWNS(1386-16MHz)を使用した。このコンピュータはビデオ画像処理を得意としており、オプションのビデオカードを装着する事でコンピュータのVRAM(ビデオメモリ)上に1ピクセルあたり32767色のNTSCカラー画像情報を高速に取り込む事が可能となる。このVRAMに取り込まれた画像データを元に背景画像の消去を行うプログラムやボールの中心点を検出するプログラムを作成した。

まず背景画像を消去するためのプログラムのアルゴリズムを説明する。FM-TOWNSはVRAM(256kB)を2面持っており、それぞれをVRAM1, VRAM2と呼ぶ。本実験ではVRAM1に対し逐次ビデオからA/D変換された画像を取り込み、その画像データと作業領域に取り込んでおいた直前のフレームの画像との色情報の差分を取り、背景像の消去を行った。背景像の消去された画像データはVRAM2に対して逐次転送が行われ、またVRAM2に対する画像データ転送時に転送データの赤, 緑, 青成分の明度を確認し色情報が消えていない部分, すなわち2枚の画像上での色情報の変化が起こった部分の座標を取得し、ボール中心点の検出も同時に行っている。また第2の手法としてあらかじめ作業領域には基本となる背景像を取り込んでおき、VRAM1に取り込まれた画像と作業領域の画像の差分を取り、VRAM2に転送するプログラムの作成も行った。

プログラムの開発当初は1フレーム画像の取り込み、背景消去および中心点検出にかかる時間は約1.1sec程度であり、本研究の目標の処理速度は達成できなかった。このため画像解析を行う範囲の制限を行い、さらに縦, 横ともに1ピクセル毎に飛ばして処理を行うようにプログラムを変更した。また画像解析を行う範囲の制限は処理時間の短縮と共にピッチャー, キャッチャーなど動きが多くボールの中心点検出作業に障害となる可能性のある部分の画像を排除するのにも利用している。この変更で1フレームの処理に必要な時間は0.1secと大幅に短縮する事が出来た。また解析処理を簡略化した事でのボールの中心点検出には大きな誤差は生じなかったので本手法は有効である事がわかった。

現時点のアルゴリズムとハードウェアの性能では完全なリアルタイム処理を行う事は出来ていないが、今後ハードウェアの高速化, アルゴリズムの高度化が進む事での処理時間の短縮は充分期待できると思われる。また本実験中で最も処理時間を要した背景除去に関しては簡単な回路を作成し、今後コンピュータ上にはあらかじめ背景除去が行われた状態の画像を送るようなシステムを現在考案中で、これによりコンピュータ上ではボールの中心点検出作業から処理を行う事が出来るため大幅な処理速度の向上が期待できる。

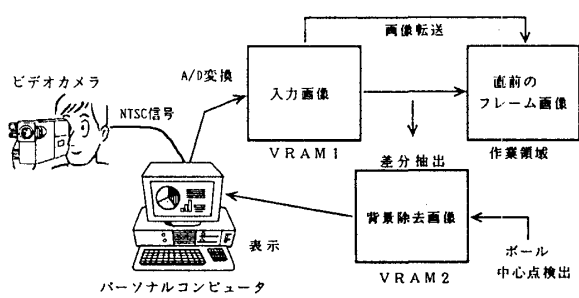
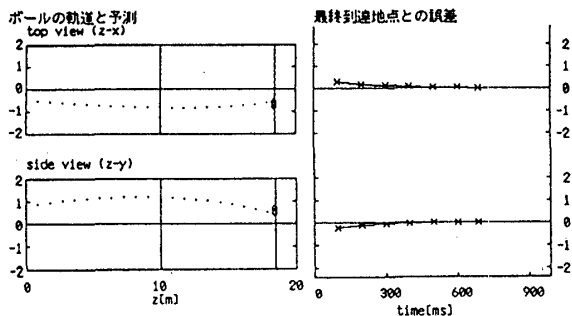


図1 リアルタイム処理システムのアルゴリズム

5. ボールの到達位置予測

ボールを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ためには、ボールがピッチャーの手を離れて飛行中、なるべく早い時期に到達点を予測する必要がある。ある飛跡を飛ぶボールのテレビ画面上の像の軌跡が得られれば、それからボール空間位置が計算でき、その結果からバッター平面への到達点を予測できる。TV像の第1フレームと第2フレームから読み取った2つのボール位置観測データから求めた2つの空間位置を結ぶ線の延長直線がバッター平面と交わる点を第1回目の予測点とする。TV像の第3フレーム上の像から第3のボール位置観測データが求まると、3点に最もよく当てはまる2次代数式から第2回目の予測点が求まる。第4のボール位置観測データが求まると、これまでの4点に最もよく当てはまる3次代数式から第3回目の予測点が求まる。このようにして、観測データが増すにつれて予測点が次々に求められ、しかも次第に予測精度も良くなる。しかし、観測データが増えるにつれて代数式の次数を増やしたのでは計算時間が加速度的に増大する。しかもそこまでしての精度向上は不必要なものである。

そこで観測データが増えても予測計算に使うデータ数は3個または4個の間引きデータに限定するのが実際的である。図2はシミュレーションで求めたボールのバッター平面への到達予測点である。図2の左図ではボールが左から右に飛行し、右図の横軸はボールがバッター平面への到達するに要する時間であり、時間は左から右に経過する。第4回予測点から正確な予測ができてきていることを示す。実際には雑音や、テレビ画面上でピクセル間隔以下のボール移動は読み取れないことに起因する座標読み取り量子化誤差などが避けられず、予測誤差が生ずる筈である。よってシミュレーション上のデータにランダムに誤差



縦軸の単位 [m]
図2 予測実験結果

データを挿入する実験を行ってみたが、ボールがバッター平面に到達する約200ms前には予測誤差は数mm以下になっていた。なお、ボールのバッター平面到達位置予測の処理時間はボールが数cm飛行する時間に過ぎないことがわかっている。

6. 幾何補正

正しい計測を行うためには撮像系の歪の問題を処理しておく必要がある。テレビカメラに平面を正対させ、その上にテストチャートとして9路×11路の正方編目を設ける。99個の交点の像を本実験系のフレームメモリに取り込んで、取り込まれたテレビ画面上のピクセル座標を観察した図を図3に示す。縦線の観測画面上のピクセルで測った長さは、その直線を横においていたときの観測画面上のピクセルで測った長さの0.875倍であった。

このアスペクト比変換歪に対する対策としては、フレームメモリの動作パラメータを変更して偏平化が起らないようにする方法と、アスペクト歪はあるものとして双眼視テレビ画面上のボール座標位置からボールの空間位置を計算する方法がある。本実験では後者を選った。

アスペクト変換歪は直線歪であるが、その他にレンズ収差等があれば、高次の歪が有り得る。しかし、アスペクト変換を直線修正したあとは、座標点位置誤差は平均1ピクセル程度であることが計測されたので、高次歪の補正は行わないこととした。

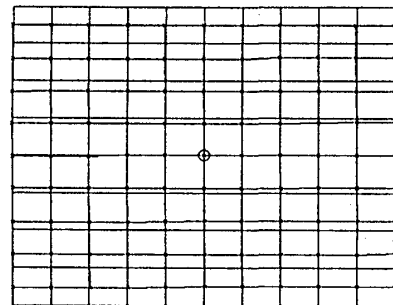


図3 幾何補正実験結果

7. むすび

野球のピッチャーが投球するボールを両眼視テレビ撮影し、三角測量の原理を用いて空間位置の検出を行うためのアルゴリズムについて、理論検討、実験を行い技術条件を明かにし、実時間ロボットキャッチャー及び実時間ロボットバッター等の実現の可能性を確認し、次ステップに必要な諸技術条件を得ることが出来た。

謝辞

ソフトウェアの開発に関して協力を頂いた卒研生の番匠一雅氏に深謝する。

文献

- 1)村井他, 情処学会44回全大7B-2.
- 2)T. Morozumi et al, Proc 1992 IEEE/RSJ Int'l Conf. Intel. Robots& Systems, pp. 378-383.
- 3)諸角他, 画像の認識・理解'92MIRU'92, pp. II-91 ~ II-98.
- 4)榊田他, '92信学会大会 5)加藤他, '92信学会大会