

スポーツ指導のためのビデオ映像処理

簗 俊市郎† 斎藤 隆文‡ 田中 秀幸††

スポーツ動作を指導する際に、ビデオ映像解析をもとにした動作解析システムを利用することは非常に有用である。しかし資金・時間両面でのコストが高いため、多くの選手は撮影したビデオ映像を有効に活用することができず、VTRの持つ基本的な機能を利用することしかできない。そこで本研究では、動作の状態を把握しやすい映像・画像を手軽に作成する手法を提案する。本研究で実装したシステムは汎用性を高めるためにコストダウンと解析精度のトレードオフを考慮して作成し、もとの画像では表示できない動作の重要な着眼点の表示や特徴的な姿勢によるシーンの分類を用いて、より動作を把握しやすい静止画や動画の生成を試みた。

Video Image Processing for Sports Coaching

Shun-ichiro TAKAMURA† Takafumi SAITO‡ Hideyuki TANAKA††

When sports coaches guide players, it is very helpful to use a motion analysis system based on video image analysis. However, most players cannot use such systems because they are expensive and time consuming. We made a low-cost system which enables for players to grasp their state of operation clearly. Our system can classify the posture and create comprehensible still and video images.

1 背景

家庭用ビデオカメラの普及にとまなない、スポーツの動作をVTRでチェックすることは非常に身近なものになった。ビデオ映像を用いた動作解析はスポーツの技術水準向上に有効な手段であり、解析システムの精度も非常に高い。しかし、それらのシステムは価格や手間の両面でコストが高いため、多くの選手はVTRを鑑賞することでしか動作を解析できない。

2 目的

そこで、本研究ではPCを利用してビデオ映像の解析を行い、動作の把握に効果的な画像を作成する。コストを高くすると精密な結果が得られるのは当然であるが、本研究は撮影を含めて手軽に画像を生成する手法を提案し、汎用性の向上を狙う。そのためのシステ

ムを『計算機によるスポーツ指導支援システム (Computer Assisted Coaching System in Sports)』と命名し、実装する。また、今回は対象動作を野球の投球動作に絞って実装を試みた。

3 概要

CACSSは以下のような条件で構成される。多くのユーザが設定しやすい条件設定と解析精度のトレードオフを考慮し実験を重ねた結果、以下の条件設定が良好であることがわかった。

撮影機器：家庭用ビデオカメラ (DV 推奨)

解析機器：PC

撮影場所：室内

背景条件：動物体情報が少なく、単色に近い壁面

照明条件：室内蛍光等

服装条件：上下半身が異なる色で単色に近い服装

対象動作：野球の投球動作

CACSSでは次のように処理が行われる。

- (1) 撮影条件を設定し、動画を撮影する。
- (2) PCに転送しAVI形式で格納する。
- (3) AVIを30[frame/s]で分割し、24bitBMPシーケンスを作成する。
- (4) 人物領域を抽出する。

† 東京農工大学 工学研究科 電子情報工学専攻
Division of Electronic and Information Engineering, Graduate
School of Technology, Tokyo University of Agriculture and
Technology

bomb@vc.base.tuat.ac.jp

‡ 東京農工大学 大学院生物システム応用科学研究所
Graduate School of Bio-Applications and Systems Engineering,
Tokyo University of Agriculture and Technology

txsaito@cc.tuat.ac.jp

†† 東京農工大学 工学部 情報コミュニケーション工学科
Department of Computer, Information and Communication
Sciences, Faculty of Technology, Tokyo
University of Agriculture and Technology
tanahide@cc.tuat.ac.jp

(5) (4)のデータを用いて動作を解析し,表示する。

上記のCACSSの処理プロセスは,(1)~(3)・(4)・(5)の3つの処理手順に大別することができる。以下にそれらの手順について述べる。

4 撮影~シーケンス作成

まず,3章で述べた条件で撮影を行う。この条件で撮影を行った画像は背景の動物体情報が非常に少ない。そのため,人物領域抽出も容易に行うことができる。今回は図1のように青色の布で背景を設営して撮影を行った。この場合,色相情報を用いて背景情報を削除することで人物領域を抽出するため,背景色や人物の服装は色相情報が重複しないように配色する必要がある。撮影する際のカメラの設定条件は以下のとおり。

- (1) 動作がフレーム内に収まるようにズームを設定する(配置位置は図2を参照)
- (2) 露出は固定する。
- (3) シャッタースピードは撮影された画像の明るさが落ちない(60~90[frame/sec])程度に設定する。

上記条件のもとで,撮影DVデータをIEEEボード経由でPCにAVIファイルとして格納する。その後,24bitのBMPに分割・シーケンスを作成した後で人物領域抽出を行う。

5 人物領域抽出

動作解析の段階では手間を減らすために画像処理を極力自動で行う。そのため,理想とするのは図3のように,人物領域内外にノイズが存在しない人物領域画像である。しかし,人物と背景の境界に沿って完璧に抽出することは難しい。そこで,CACSSでは一旦領域抽出を行った後に,意図的にノイズを削除・補間することで解析データを作成する。

5.1 人物領域抽出手法

今回は図1で示した環境で撮影を行った。今回の場合シアンの色相をモデルとして与え,モデルの値に近い画素を背景情報として削除した。削除とする色相の値は環境によって変化するため,自動的に抽出することは難しい。しかし,値の設定は複数の候補値と実行結果を並列表示し,ユーザに選択させることで,煩雑な数値の設定を大幅に省略することができる。一つの撮影環境では頻繁に設定を変える必要はないため,一つの環境につき1度の設定という非常に少ない時間で抽出は可能となる

5.2 ノイズ除去

5.1節の処理を終えた段階で発生したノイズは,領域の内側と外側に発生したものによって,対処法を変えて自動的に処理する。まず,4近傍領域拡張法を用いて人物領域の数と画素数を格納する。その結果,最大画素をもつ領域は人物領域であるが,それ以外は領域外ノイズと判断することができる。次に,背景領域の数と画素数を算出し,画素数の少ない領域を人物領域として補間する。その結果,図3のような画像を生成することができる。

6 人物領域の解析と表示

次に,抽出された人物領域を用いて解析と表示を行う。動作を把握しやすい表示には次のような表示方法が考えられる。

- (1) 特定部位の追跡表示
- (2) 投球の姿勢別分類
- (3) 複数の動作の同期表示

以下にこれらの表示方法について述べる。

6.1 特定部位の追跡表示

多くの場合,指導者や選手は動作の特定部位に着目して動画を観察し,評価の材料に用いる。しかし,観察すると同時に前のフレームの特定部位情報が消えてしまうため,時間変移の様子を把握することは難しい。そこで,本研究では投球動作を評価する際に効果的な部位の位置情報を追跡し,軌跡として静止画で表示する。

6.1.1 仮重心情報の軌跡表示

図6.1のように,上下半身の服装の境界線と体の正中線との境界を仮重心点と呼称する(図4)。6.2で行うステージ分類にあわせて手法を変化させることで,この情報は自動的に抽出することができる。この仮重心点を追跡表示することで,ユーザは体重移動のスムーズさを把握することができる(図5)。軌跡表示を行うとき,全てのフレーム画像を重ね合わせると逆に動作を把握しづらい。そこでステージ分類の代表的なフレームを自動的に選択し,時系列にしたがって彩度を増加させながら重ね書きすることで,より動作を把握しやすい画像を生成することができる。

6.1.2 手先の軌跡表示

図6は抽出された人物領域を黒・白・赤・青・緑・黄・シアン・マゼンダ・の原色に標本化した表示で

ある。まず、ユーザがこの図から手先の領域の色情報を選択し、重心を算出する。その後、選択された色領域を追跡することで、各フレームの手先の重心を算出する。算出された重心を含むフレームは6・1・2項と同様の手法で描画する(図7)。

6・2 投球のステージ分類

6・1節で述べたように、ビデオ映像は1画面に一つのフレームしか表示することができない。その点、静止画は複数のフレームを一括して表示できるため、動作を全体的に把握することができる。しかし、一つの投球動作は平均100枚前後のフレームで構成されているため、フレームの分類と整理が必要となる。そこで本研究ではJobeらによって定義された投球動作のステージ分類[2]を利用し、シーケンスを各ステージごとに分類して表示する。Jobeらは野球選手の投球動作を5つのステージに分類したが、本研究ではそれをもとに6つのステージに分類する。CACSSは仮重心点座標や各測定値の時間変移を利用し、全てのフレームを6つのステージに自動的に分類することができる(図8, 図9)。

6・3 複数の動作の並列表示

選手が動作を習得する際、自分の動作だけでなく他の動作と比較して観察する方が効果は大きい。また、ある程度の技術水準に達している選手の場合、不調の際には好調時の動作と並列表示することで不調の原因を見つけ出すこともできる。

6・3・1 動画の同期表示

しかし、動画として並列表示する場合、投球開始時で同期を取って表示しても、比較したい姿勢が異なる場合がある。そのため、ユーザは動作の特徴を直感的に把握しにくい。そこで6・2節の姿勢の分類表示(図8)を利用する。投球動作は個人差があるため、ステージによっては意図的にゆったりとした動作とる場合がある。しかし、速球を投げる場合、アクセラレーション期に限っては全力で加速を行う。そのため、並列表示を行うには、ステージ5の開始地点で同期をとると比較しやすい動画を作成することができる。CACSSは自動的に同期をとるフレームを取得し、表示を行うことができる。

6・3・2 ステージ分類の並列表示

動画での並列表示は、動作の流れを追う意味でも非常に有効な手段である。しかし、1か所での同期しかとることができないため、動作を通して同じステージの姿勢を比べることはできない。そこで、ス

テージ分類したフレームを並列表示することで、動作の比較がより容易になる。また、静止画は固定のレートで分割・作成されているため、各ステージのフレーム数で速度を把握することができる(図10)。

6・3・3 軌跡の同期表示

6・1節で抽出した仮重心や手先の軌跡も同期表示することができる。ただし、これらの情報は四肢の長さによって変化するため単純に比較することはできない。仮重心情報の場合は足の先~仮重心点の高さ、手先の情報の場合は手の長さを基準にして拡大・縮小比を算出する(図11, 12)。

7 考察

図10の並列表示では被験者ステージ4の先頭フレームが欠落している(赤色部)。これは、ステージ3の始めのフレーム数と一致したフレームをあらわしており、左足が着地する前にバックスイングが最大幅となったために起こった現象である。本来、バックスイングは足がついてから最大幅をとるべき動作であるため、動作の欠陥が明確に表示されていることがわかる。また被験者ステージ4のフレーム数の多さは投球の際に腕の加速が遅いことに起因する。

図11の仮重心の軌跡を比較すると、模範動作のほうがより前方に体重移動し、なだらかに下降している点から下半身の安定性が確認できる。

図12の手先の軌跡表示を並列表示した画像では、被験者の投球時のバックスイングが模範動作よりも大きい。この結果だけではその傾向が良いか悪いかを判断することは難しい。しかし、図10の考察と連携して考えると、バックスイングの大きさが球速に生かされていないことがわかる。その点から、バックスイングを小さくすることで投球動作が改善されることが予想される。

8 まとめ

本研究で提案した手法により、手軽なシステムでも十分動作水準の向上に有効な情報を提示することができた。今後は、より汎用性を高めるためにさまざまな撮影環境に対処する必要がある。その場合、動的な背景に対しては、松山らの提案した背景差分法[3,7]等や境田らの手法[8]を用いることで十分実装が可能であると考えられる。また、現在インタレース画像の分割は可能であるが、そのフレーム間を補間することでより腕の振り等の高速動作解析精度を高める必要がある。



図1 撮影環境

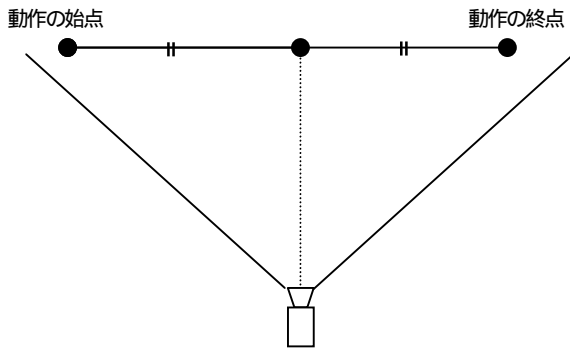


図2 カメラの配置位置

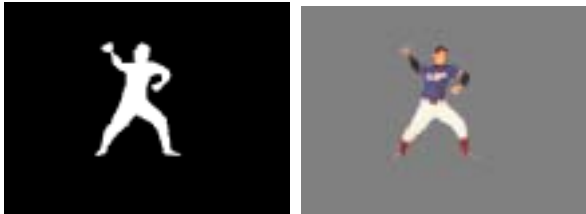


図3 理想とされる人物領域抽出



図4 仮重心点の算出



図5 仮重心点の軌跡



図6 投球腕の手先の領域

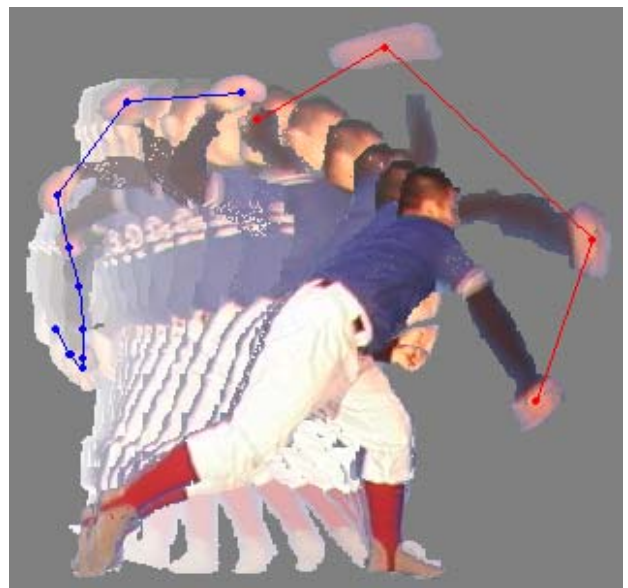
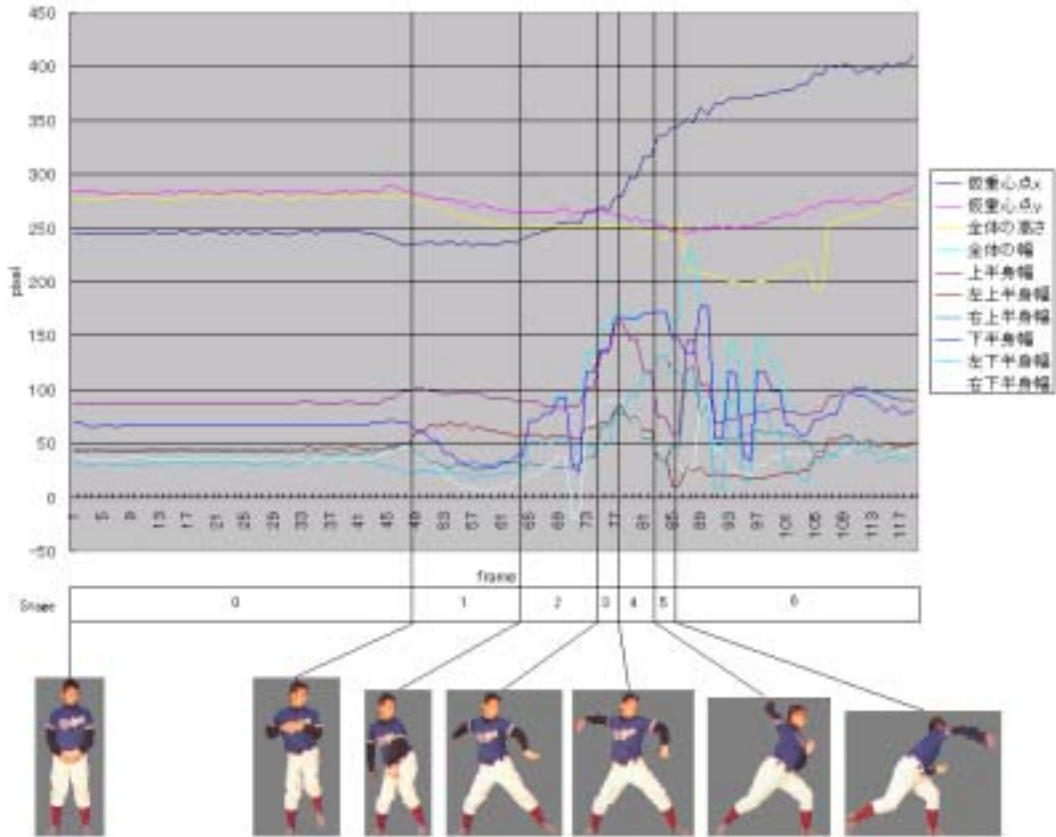


図7 手先の軌跡表示
(青:動作バックスイング 赤:フォロースルー)

遊見者A動作解析



Takamura による ステージ分類	Jobe らによる ステージ分類	判断基準
0		
1	第1期 ワインドアップ	動作の開始～ボールを持つ手が反対の手から離れるまで
2	第2期 アーリーコッキング	ステージ1終了～投球方向の足が着地するまで
3	第3期 レイトコッキング	ステージ2終了～バックスイングの幅が最大になるまで
4	第3期 レイトコッキング	ステージ3終了～投球腕の方関節が最大外旋するまで
5	第4期 アクセラレーション	ステージ4終了～ボールリリースまで
6	第5期 フォロースルー	ステージ5終了～投球動作終了まで

図8 各領域測定値の時間変移と投球動作のステージ分類

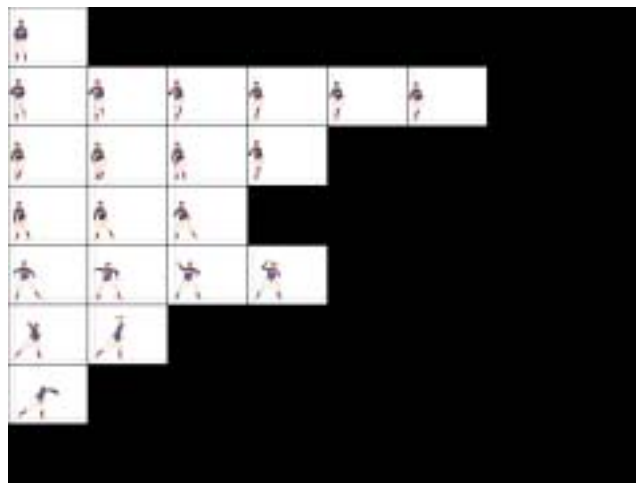


図9 シーケンスのステージ分類表示
(上からステージ0～6)

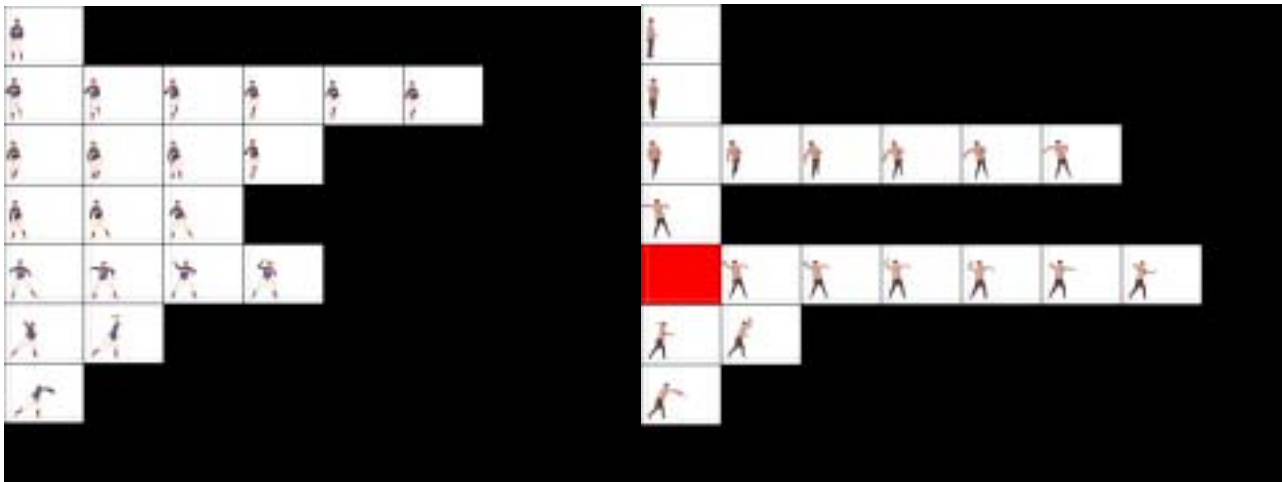


図 10 ステージ分類の並列表示
(右：模範動作 左：被験者 赤色部：動作によるフレーム抽出失敗部)



図 11 仮重心の軌跡の並列表示
(緑：被験者 赤：模範動作)

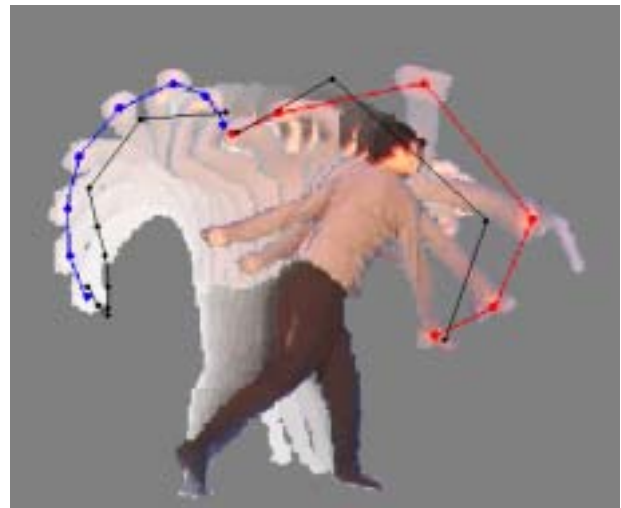


図 12 手先の軌跡の並列表示
(青および赤：被験者 黒：模範動作)

参考文献

- [1] 桜井伸二, 高槻先歩, 宮下充正: “投げる科学”, 大修館書店 (1991) .
 [2] Jobe, F. W., R. S. Kvitne : “ 米国プロ野球選手の肩関節とひじ関節の障害 , Jap. J.Sports Sci. , 9 , pp429 - 442 (1990) .
 [3] 松山隆司, 和田俊和, 波部斉, 棚橋和也 : 照明変化に頑健な背景差分, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J84-D-II, No.10, pp.2201-2211 (2001-10) .
 [4] 中井宏章: 事後確率を用いた移動物体検出手法, 情処研報, SIG-CV90-1 (1994) .
 [5] L.Davis: Visual Surveillance and Monitoring,

Proc.of VSAM Workshop (1997-11) .

- [6] W.E.L. Grimson ,C. Stau.er ,R. Romano and L. Lee : Using adaptive tracking to classify and monitor activities in site, Proc. CVPR ,pp. 22-29 (1998) .
 [7] 波部斉, 大矢崇, 松山隆司: 動的環境における頑健な背景差分の実現法, 画像の認識・理解シンポジウム MIRU'98, Vol.I, pp.467-472 (1998-7) .
 [8] 境田慎一, 苗村昌秀, 金次保明: 背景差分法と時空間watershedによる領域成長法を併用した動画像オブジェクトの抽出:電子情報通信学会論文誌D- , Vol.J84-D- , No.12 , pp.2541-2555 (2001) .