

スマートフォンカメラを用いた標的射撃映像の特徴点選択手法の提案

小柴春樹† 松本哲志† 佐久間大† 小林正弘†

東海大学 理学研究科数理科学専攻†

防衛大学校 電気情報学群情報工学科†

1. はじめに

近年、多くのスポーツでコンピュータを利用した科学的トレーニングが注目されている。しかし、標的射撃では競技人口が少ないことや射手の動きが非常に微小であり解析に必要な機材の導入コストが高いことから十分に科学的トレーニングが導入されていない。

本研究では、スマートフォンカメラで撮影した標的射撃映像から、競技者の動きを正確に抽出することを目標としている。しかし、動画像から検出される特徴点には、ノイズとなる不要な特徴点が含まれている。このようなノイズの除去に関する研究[1]は数多くあるが、従来手法では射手の小さな動きも除去してしまうため使用できない。

本稿では、標的射撃において動き検出された特徴点から解析に必要な特徴点の多くを失わずにノイズを除去する特徴点選択手法を提案する。

2. 既存研究

標的射撃では、10m先にある±4.5mmの標的を狙うため非常に精密な動作が要求される。したがって、射手の動きを解析するためには、微小な動きを検出する必要がある。既存研究では、光電子システムやフォースプレートを用いた射手の姿勢、ライフルの安定性、射撃精度の関係性の調査[2]やリアルタイムバイオフィードバックの効果が検証されている[3]。これらの研究で用いられている機材は導入コストが高く、設置場所も限られてしまう。また、射手は非常に精密な動作が要求されるため、動き検出にはマーカーなどを用いない画像処理による非接触方式が望ましい。しかし、非接触方式による動き検出手法では、動画像からの動き検出が可能であるが、検出される特徴点には背景などにノイズとなる特徴点も含まれてしまう。そのため、解析するには必要な特徴点のみを選択する必要がある。

本研究では、Shi-Tomasiのコーナー検出と

A video analyzing method for Rifle shooting with a smartphone camera

†Haruki Koshiba, Matsumoto Satoshi, Kobayashi Masahiro,
Graduate School of Science, Tokai University

‡Yutaka Sakuma,
Department of Computer Science, National Defense Academy

Lucas-Kanade法によって動き検出された特徴点において、動画像解析に必要な射手とライフルの特徴点のみを分類するための特徴量抽出手法と特徴量分類手法を提案する[4]。また、抽出された特徴量を提案手法とは異なる教師なし学習手法でも分類して精度比較を行う。

3. 提案手法

図1と図2は、銃の先端の特徴点とノイズから得られる、初期フレームと各フレームの動きベクトルである。これらの波形には、波形の形よりそれぞれ異なる周波数特性を持っていると考えられる。そのため、解析に必要な特徴点選択をするための特徴量抽出を行う。

提案する手法では、検出された各特徴点の波形から特徴量を抽出する特徴量抽出手法を提案する。抽出された特徴量を教師なし学習を用いて分類する特徴量分類手法の提案も行う。

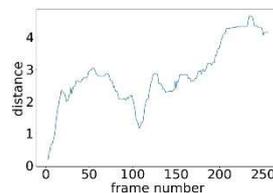


図1 銃の先端の動きベクトル

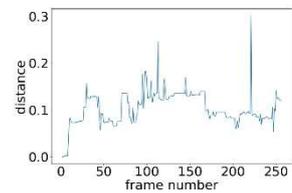


図2 ノイズの動きベクトル

3.1. 特徴量抽出手法

各特徴点から得られる動きベクトル波形から特徴量を抽出する以下の2手法を提案する。

1つ目の手法は、初期フレームと観測された各フレームのx方向とy方向の絶対誤差を特徴量とする。

- I. 各特徴点に対して、初期フレームと観測されたフレーム間の動きベクトル波形の正規化を行う。
- II. 正規化された波形からフレームごとのx方向とy方向の絶対誤差を抽出される特徴量とする。

次に、2つ目の手法では動きベクトル波形からフーリエ変換によって得られる周波数と振幅の2次元データの特徴量とする。

- I. 各特徴点に対して、初期フレームと観測されたフレーム間の動きベクトル波形の正規化を行い、フーリエ変換を用いて周波数ご

表 1 各手法の精度

特徴点分類手法 特徴点抽出手法	K-means		DBSCAN		MeanShift	
	手法 1	手法 2	手法 1	手法 2	手法 1	手法 2
accuracy	0.851	0.857	0.813	0.839	0.785	0.840
precision	0.746	0.726	0.716	0.702	0.635	0.808
recall	0.660	0.721	0.447	0.683	0.417	0.772
specificity	0.920	0.904	0.936	0.897	0.926	0.866
f-value	0.700	0.723	0.550	0.692	0.503	0.789

とのピーク値を計算する。

II. 振幅に閾値を 0.0075 と設定し、閾値以上のピーク値の個数と出現したピークの最大周波数を抽出される特徴量とする。

3.2. 特徴量分類手法

抽出された特徴量を教師なし学習を用いて分類する手法を提案する。本手法では、抽出された特徴量を 2 次元座標として、K-means の初期座標を以下のように設定することで、動画画像解析に必要な特徴点のみを選択する。

- 1) x 方向の最大値と y 方向の最大値を初期座標とする。
- 2) x 方向の最小値と y 方向の最小値を初期座標とする。
- 3) x 方向と y 方向のそれぞれにおいて (1)+(2)/4 の座標を初期座標とする。

これにより分類されたクラスから (2), (3) をノイズとして除去することで、動画画像解析に必要な特徴点のみを抽出する。また、手法 1 によって抽出される特徴量は、分類したい特徴点において最も多く分類されたクラスを用いている。

4. 比較実験

本稿で提案した手法を用いて特徴点選択の実験を行う。実験に使用する動画は、室内の射撃場にて人工照明下で標的射撃を行っている射手を使用する。分類結果を図 3 と図 4 に示す。特徴点分類手法により分類されたクラスの中で赤色と緑色の点がノイズとして分類された特徴点である。また、比較対象として同じく抽出された特徴点から教師なし学習である DBSCAN と MeanShift を用いたノイズを除去する実験を行う。実験により得られた分類結果を手で作成した正解データと比較して精度計算を行ったものを表 1 に示す。

実験結果より、提案した K-means の初期座標を指定した分類手法ではどちらの特徴量抽出手法も他の分類手法よりも全体的に高い精度で分類できていることが分かった。また、手法 2 は手法 1 よりも recall の値が高く、必要な特徴点をよ

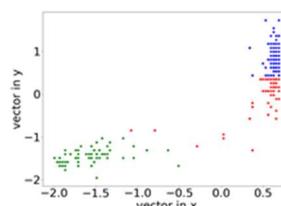


図 3 手法 1 の分類結果

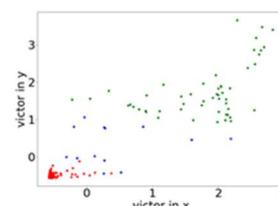


図 4 手法 2 の分類結果

り正しく選択できていることが分かる。一方で、DBSCAN と MeanShift による分類手法において特徴量抽出手法 1 を用いた場合に、再現率が極端に低くなっている。したがって、手法 2 で抽出した特徴量を分類した場合、手法 1 よりも比較的に良い分類結果であると考えられる。

また、分類結果を目視で評価するとライフルの特徴点を含む上半身の分類は高い精度で分類できているが、下半身のほとんどの特徴点はノイズと判断されている。これは、下半身が上半身に比べてかなり動きが小さいことが原因であると考えられる。

5. まとめ

本稿では、特徴点を抽出する際に含まれているノイズを除去することで標的射撃の分析に必要な特徴点を選択する手法を提案した。また、射手への影響を小さくするために画像処理による非接触方式を利用した。実験の結果、フーリエ変換を用いた手法が高い精度で特徴点を分類できていることが分かった。今後は、射手の人数を増やすことによってさまざまな射撃フォームへの対応と高精度化を行う予定である。

参考文献

- [1] Ce Liu, W. T. Freeman, R.Szeliski, and Sing Bing Kang, "Noise estimation from a single image," in 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06), vol. 1, pp. 901-908, June 2006.
- [2] K.Mononen, K.Kontinen, J.Viitasalo and P.Era "Relationships between postural balance, rifle stability and shooting accuracy among novice rifle shooters" in 2007 Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, vol. 17, no. 2, pp. 180-185, 2007.
- [3] David R. Mullineaux, Stacy M. Underwood, Robert Shapiro, John W. Hall, "Real-time biomechanical biofeedback effects on top-level rifle shooters" in 2012 Applied Ergonomics 43 109-114 2012
- [4] Haruki Koshiba, Satoshi Matsumoto, Yasuki Iizuka "A Video Analyzing Method for Competitive Rifle Shooting" in 2020 IIAI AAI 2020