

姿勢推定を用いた野球選手と学生の投球動作の比較解析

西大和学園高等学校 2年 伊藤凌太郎 黒谷優人 渡部総一郎



1. 研究の背景

近年、メジャーリーグではスタットキャストという技術によってプレイ中の選手の位置や球速が解析されている^[1]。

しかし

選手の細かい動作の解析は現状されておらず、投球動作も同様である。

野球の練習において試合や練習の動画を撮ってプロ選手の動作を参考とすることで、効果的に練習が行えることが現在分かっている^[2]。

しかし

練習者が目視で選手と自分の動作の違いを定量的に把握することは難しく、その指導には熟練した指導者が必要である^[3]。

2. 研究の目的

私たちは、実際に現役の野球選手の投球動作を撮影し、動画内の関節の座標を取得し解析することで、動画を見比べるよりも正確かつ定量的に投球動作の違いを把握し、自身の投球に現れる癖などを把握する手助けにできると考えた。

本研究では**姿勢推定技術**を用いて選手の投球動作と被験者の投球動作をそれぞれ分析し、両者の動作の**不一致度**を求めた。投球動作の不一致度を数値化することで、投球時の体の各部位の向きや位置などを加味した**投球練習の定量的な指標を作成することを目的とした**。

3. 予備知識

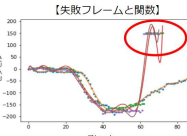
Google Colaboratory

ブラウザから直接Pythonを記述、実行できるサービスであり、Googleドライブ上でコードの記述や実行、共有ができる。また、Pythonの開発環境を構築せずに利用でき、さらにGPUやTPUといったハードウェア機能を無料で使用できる。



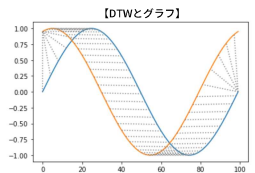
OpenPose

機械学習を用いて画像・動画内の四肢と関節の方向と位置を推定し、つなぎ合わせることで骨格推定を行う技術である。センサーが不要という特徴があり^[4]、費用が抑えられるほか、選手の負担を軽減できるといった利点がある。しかし、OpenPoseは動画のみで骨格推定するという特性上、画角や解像度の問題で骨格推定できないフレーム(ここでは**推定失敗フレーム**と呼ぶ)が存在してしまう。この推定失敗フレームは存在すると後に多項式回帰で関節を求める際に適切な関節が求められなくなる(右図)。本実験では、**推定失敗フレームは一つ前のフレームの値を引き継ぐ**ことでその補間を行った。



DTW

DTWとは、動的時間伸縮法(Dynamic Time Warping)の略称である。時系列データ同士の距離・類似度を求める際に使われる手法であり、波形の距離を求めるユークリッド距離やマンハッタン距離とは異なり、DTWは2つの時系列グラフの各点の距離(誤差の絶対値)を総当たりで求めるもので、**2つのグラフの最短距離を見つける**ことができる^[5]。本研究では、Pythonのfastdtwを用いた。これは本計算量が $O(n^2)$ であるDTWを $O(n)$ にしたものである。左図は正弦波とその位相をずらしたものの間でfastdtwの結果である。



4. 実験手法

Step1 姿勢推定処理

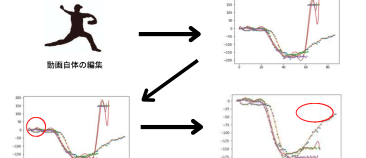
OpenPoseを用いて選手と被験者の投球動画における関節の動きをキャプチャし、画像の垂直方向・水平方向と時間(フレーム)の二次元データをそれぞれ取得した。今回は投球者からおよそ4メートル離れたところからiPhone12で撮影した動画を使用した。



※選手は全員右投げ
約4m
撮影機材: iPhone12

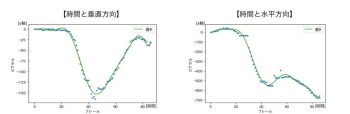
Step2 データの前処理

- 各動画の投げ始めのタイミングを揃えた
- 姿勢推定後のデータの整理、時系列化
- 後に2つの関節を比較するため投げ始め時の座標に後の座標を固定
- 推定失敗フレームを除去



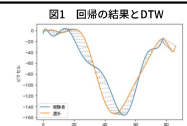
Step3 投球動作を関数化

Numpy搭載のnumpy.polyfit関数を使用して多項式回帰を行い時間軸と垂直方向、水平方向の関節の動きをデータの点群をなぞるような関数を数式化した。本実験では10次元での多項式回帰を行った。



Step4 選手と被験者の不一致度を求める

選手と被験者の投球動作の違いを数値として評価するためにDTWを用いて回帰式の不一致度を求めた。出力された体の各部位の不一致度の大きさの和を取り、被験者と選手との違いを出力した。不一致度は選手の各回の投球動作と被験者の投球動作を関節ごとに全て求め、その中央値を不一致度とした。



5. 実験結果

区分	選手A	選手B	選手C	選手D	選手E	選手F						
肩	1055	861	1583	1459	2223	803	2098	964	2936	859	1409	1484
肘	1472	630	1181	1416	2099	866	805	1868	1413	1153	1962	1079
手首	2382	579	2181	1377	2955	949	1097	827	1214	1223	3413	1312
肘	2007	2478	3323	2852	3611	4706	2043	2904	1532	3481	4907	3289
手首	4035	5092	4083	6674	4542	7560	3190	5783	2553	7192	5893	6545
肘	1308	646	1183	1726	2025	896	959	884	2437	1081	1001	1045
手首	2056	1433	1636	1747	1809	3339	6620	3056	3536	2036	3007	1563
肘	2083	2185	1913	2857	3294	5476	6316	8216	2173	8876	1051	1396
手首	822	535	878	1069	1709	710	1152	557	845	1960	1966	1190
肘	1518	659	1282	1133	2025	645	1251	548	978	1165	2713	1888
手首	1585	3910	1960	4287	2553	967	1701	1419	1037	1799	3355	6326
肘	2064	3933	1935	4243	2179	2382	1479	1936	1532	2403	4232	7435
手首	762	509	688	1082	1378	830	867	714	868	1234	1517	1486
肘	786	1987	849	1114	2473	2196	906	1202	1057	2726	1668	1651
手首	2775	2012	1653	2006	8978	2668	2732	1784	2136	2327	3724	2824

表1 各選手と被験者の不一致度

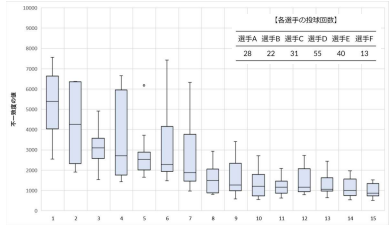


図1 関節ごとの不一致度の箱ひげ図
1:右手首 2:左手首 3:右肘 4:左肘 5:左定肘 6:右定肘 7:右膝 8:右肘 9:右腕 10:右腰 11:首 12:左膝 13:左肘 14:腰 15:左腕

選手と被験者の投球動作の回帰結果とDTWの結果の例は4.実験手法のSTEP4の図1に示す通りである。図1において横軸は時間、縦軸は水平方向である。

各選手の回帰曲線と被験者の回帰曲線の不一致度の値は表1の通りとなった(小数第一位を四捨五入した)。この表は各選手について左が水平方向、右が垂直方向となっている。表の値が大きければ選手と被験者の投球動作の差が大きいのということになる。また、表1を各関節について6人の選手の不一致度を図1の箱ひげ図に示した。図1は各関節の不一致度の中央値を降順に並べた。

図1より各関節の不一致度の中央値が小さいのは左腰・腰・左肩・左膝・首・右膝・右腰であり、比較的胴体に近い関節となっており、これらの関節の動きは今回の被験者と選手間で大きな差が生まれなかったことが分かる。

また、他の選手より不一致度が大きく現れた選手Fについて、選手Fと被験者のグラフを比較したとき、図2のように平行移動に似た形をとっていた。

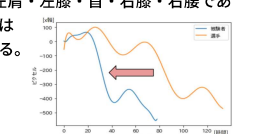


図2 選手Fと被験者のグラフ

6. 考察・結論

①不一致度の中央値が大きい関節として手首・肘・足首といった関節が挙がった。これは、胴体部分からさらに1つやそれ以上の関節を経ることによってズレが蓄積されて投球動作の結果がばらつくからであると考えた。この結果を踏まえると手首や足首に注目して指導を行うことが効果的であると考える。

②図1において比較的不一致度が小さい関節(鼻以降の関節)ではそれより不一致度が大きい関節に比べて不一致度の四分位範囲が小さい傾向にあった。これは、どの投球をとっても不一致度が小さくなることを意味し、**不一致度が小さい関節は選手によらずおおむね同じ不一致度をとるのだ**と言える。したがって、これらの関節は指導を行わなくても選手と似た動きを取ることができる。

③図2のように選手と被験者のグラフが平行移動に似た位置関係になっているのは、選手によって球を投げる前に「ためる」選手がいるからだと考えた。「ため」が生じると、球を投げ始めるタイミングがずれてしまい、他のグラフより右側に位置する。これより、**投げ始める時間がグラフの形状と同様に不一致度に関与すると考え、数値とグラフを組み合わせることでより効果的な指標になると考えた**。

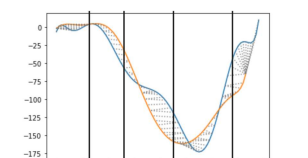
以上から、本実験の選手と被験者の投球動作を比較し、被験者の投球に現れる選手との違いを見つけれられたことから、その不一致度を数値化するという手法が定量的な投球動作の指標を求める手法の一つとして与えられた。

7. 今後の展望

本実験では関節ごとの不一致度の大きさを投球動作の全体の動きから求めた。その結果、一連の投球動作の中でいつ差が生まれたのかについては読み取ることができなかった。

このことから右図のように**投球動作を段階に分けて不一致度を求める**ことで投球動作のどの段階について動作を修正する必要があるかを明らかにする必要がある。

また、被験者と選手を比較する際、被験者の動画は1つしか用いなかったことから被験者に現れる癖を適切に表現できなかった。これは複数の動画を用いて選手と比較することで改善が見込める。



このように投球動作をフェーズ(例えば構えから足を上げるまで、足を上げてから手が最高点に到達するまで)に分けることで求めた不一致度の説明力が高まると考えた。

8. 謝辞・参考文献

この研究を行うにあたり、

選手の投球動画の撮影の許可を下された徳島インディゴソックス球団様、研究のアドバイスを下された奈良先端科学技術大学院大学の作村諭一先生、指導して下さった西大和学園の先生、TAの方々に厚く御礼を申し上げます。

(以下参考文献)

- [1]スポーツ情報処理の研究開発動向映像情報メディア年報2018シリーズ(最終回) 渡辺 裕
- [2]寺井 宏文,立正 伸,映像フィードバックを用いた練習がバッティング技術に与える影響
- [3]松尾 知之,平野 裕一,川村 卓,投球動作指導における着眼点の分類と指導者間の意見の共通性
- [4]Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, Yaser Sheikh.OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields.arxiv.2018. https://arxiv.org/abs/1812.08008
- [5]長谷川 雄大,藤田 悟,体操競技における自動採点のための骨格推定
- [6]DTW(Dynamic Time Warping)動的時間伸縮法".S-Analysis.