

走行・投球フォームの映像データに基づく解析

名前：鈴木 朝陽 班番号：1班

1. データの取得

1.1 実験方法

本実験では「走行動作」や「投球動作」という運動動作を通じて、人体姿勢推定技術による骨格推定技術を体験することと、プロとの動作の比較による動作解析をすることが目的である。解析するプロの走行フォームにアスリートの動画を採用し、プロの投球フォームに山本投手の動画を採用した。一方、一般人の走行・投球フォームを班員の我々とし、データ取得に挑んだ。実験は3回に分けて行った。

1.2 第1回目の実験方法

第1回目の実験は、走行・投球フォームどちらもデータ取得に挑んだ。各班で撮影の順番を決めておき、走行・投球をする人、撮影をする人の役割分担をした。撮影は基本的には1班→2班→3班…→7班→8班→1班…の順番で実施した。「走行動作」→「投球動作」の順番で撮影を行った。走行動作を撮影する際の配置を図1に、投球動作を撮影する配置を図2に示した。

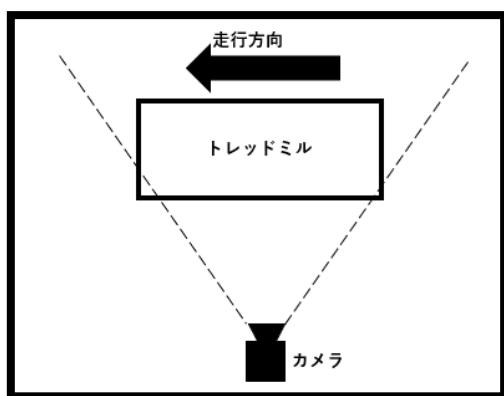


図1 走行動作の撮影

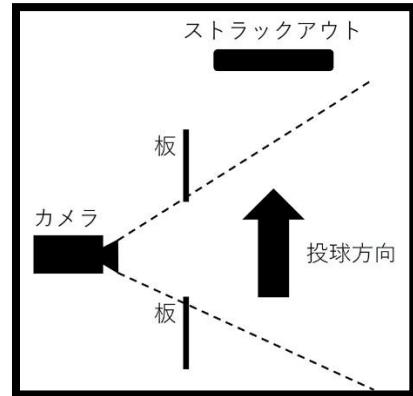


図2 投球動作の撮影

走行動作は各人で走りやすい速度を調整の後、走行動作が安定してから10秒分撮影し、解析の際は1歩行周期(2歩分)を切り出し解析・比較した。また、走行速度の記録を行った。

投球動作は投球動作を練習した後に1回分の撮影を行い、解析の際は足を上げ始めた瞬間からボールが手を離れる瞬間までを切り出し解析・比較した。また、投げた腕の記録を行った。

3組の走行速度と投げた腕の記録を表1に示した。

表1 3組の走行速度と投げた腕の記録

氏名	走行スピード [km/h]	利き腕	班
実験協力者 1	5.0	右	1
実験協力者 2	8.0	右	1
実験協力者 3	10	右	1
自分	6.0	右	1
実験協力者 4	9.5	右	2
実験協力者 5	10	右	2
実験協力者 6	8.0	右	2
実験協力者 7	5.0	右	4
実験協力者 8	7.0	右	4
実験協力者 9	5.0	右	4
実験協力者 10	7.0	右	4
実験協力者 11	7.0	右	4
実験協力者 12	8.6	右	5
実験協力者 13	17	右	5
実験協力者 14	9.	右	5
実験協力者 15	10	右	5
実験協力者 16	8.0	右	6
実験協力者 17	8.0	右	6
実験協力者 18	8.0	右	6
実験協力者 19	11	右	6
実験協力者 20	17	右	7
実験協力者 21	14	右	7
実験協力者 22	13	右	7
実験協力者 23	12	左	7
実験協力者 24	15	右	7
実験協力者 25	5.0	右	8
実験協力者 26	5.5	右	8
実験協力者 27	5.0	右	8

表1を元に3組の走行速度についてヒストグラムを作成し、図3に示した。

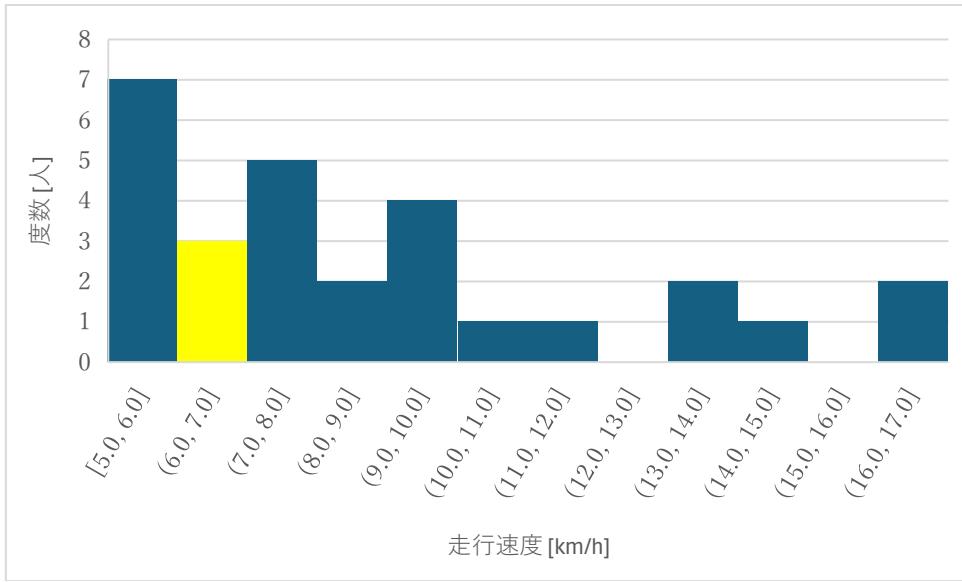


図3 3組の走行速度のヒストグラム

3組の走行速度の平均は約 9.0 [km/h] であったことと図3より、私の 6 [km/h] という走行速度は全体に比べて遅いとわかった。また投球した際の利き腕は全員が右であった。また班員の映像と比較すると、私の走行フォームは比較的腕を振っている傾向にあった。投球フォームは比較的左膝を上げている傾向にあった。

1.3 第2回目の実験方法

第2回目は、第1回目で取得した一般人の走行フォームとプロの走行フォームを解析ツールを用いて比較し、最も改善が見込まれそうな班員を選出した。この際、選ばれた班員は私であった。解析からプロの走行フォームに近づくための仮説を立てた。この仮説を元に選出された班員がもう一度走行フォームのデータ取得に挑んだ。仮説を検証した動画で再度解析を行い、フォームの改善がされたか考察した。

1.4 第3回目の実験方法

第3回目は、同様に第1回目で取得した一般人の投球フォームとプロの投球フォームを解析ツールを用いて比較し、最も改善が見込まれそうな班員を選出した。この際、選ばれた班員は伊藤さんであった。解析からプロの投球フォームに近づくための仮説を立てた。この仮説を元に選出された班員がもう一度投球フォームのデータ取得に挑んだ。仮説を検証した動画で再度解析を行い、フォームの改善がされたか考察した。

1.5 データ取得方法

動画の切り出しについては、AviUtil を利用した。まず動画を開き、撮影した動画が表示されることを確認した。切り出したい開始地点のフレームを決定したらボタン 1 をクリックした。ボタン 1 の図を図4に示した。そこから切り出しの終了地点のフレームが決定し

たらボタン2をクリックした。ボタン2の図を図5に示した。



図4 ボタン1 図5 ボタン2

走行フォームの動画の切り出し開始地点は、左足（カメラ側）がトレッドミルに接地した瞬間に合わせた。そして切り出し終了地点は再度左足がトレッドミルに設置した瞬間に合わせた。投球フォームの開始地点は、足を上げ始めた瞬間とし、終了地点はボールが手から離れる瞬間とした。

選択が完了したら、動画の上で右クリックをし「選択範囲の切り出し」を選択することで動画の切り出しが完了した。切り出しが完了したら、左上のファイルメニューから「プラグイン出力」内の「拡張x264出力」を選択して動画を出力した。ここでの注意点としてファイル名は後々の解析のために、走行動作の場合 : r クラス番号出席番号、投球動作の場合 t クラス番号出席番号のファイル名でデスクトップに保存した。同じくデスクトップ上にある「Analysis.bat」をダブルクリックして起動した。するとファイル選択画面が出てくるので、保存したmp4ファイルを選択して開き、コマンドが立ち上がって処理を開始した。処理が終了すると「なにかキーを押してください」と出力されるので、適当なキー（Enterキーなど）を押して処理を終了させた。最後に、output_ファイル名.mp4というファイルがデスクトップ上に出力され、それをダブルクリックして起動し、骨格推定ができていることを確認した。OpenPoseで処理を行うと output_ファイル名.mp4という解析結果のファイルと同時にファイル名.pklというファイルも出力された。これは各関節の座標情報が格納されたファイルであり、この2つのファイルを manaba 上のファイルアップローダーとデスクトップ上のpklフォルダにアップロードした。

2. プロの走行動作との比較

2.1 プロとの比較結果（走行動作）

プロと比較する観点を股・膝・肘の3点で見た。初めに股について比較した。走行フォームにおいて最も股を開いていた瞬間の1フレーム分析を図6に示した。

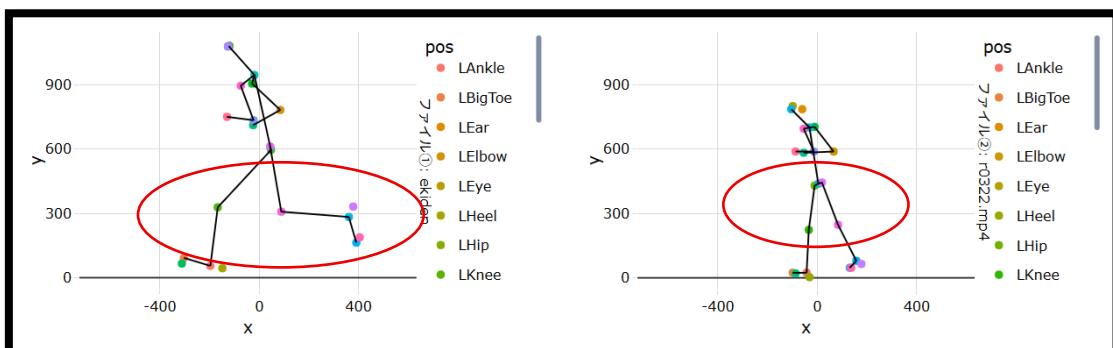


図6 1フレーム分析（2：股）（左図：プロ、右図：自分自身）

図6より、私よりプロの選手のほうが股を開いていることが分かった。実際、数値的に股の開き具合が違うか、私（青線）とプロ（赤線）の右膝一尻一左膝の角度推移分析を行った結果を図7に示した。

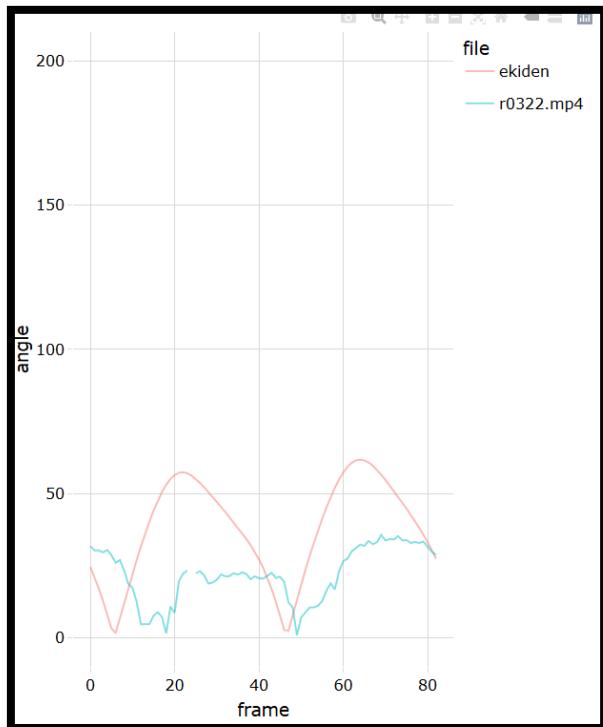


図7 角度推移分析（2.1：股）

図7より、股の角度推移の概形は似ているが、山なりになった際の最高点は圧倒的にプロより私が低いことが分かった。すなわち、私よりプロのほうが大きく股を開いていることが分かった。

次に膝について比較した。走行フォームにおいて最も左膝を曲げていた瞬間の1フレーム分析を図8に示した。

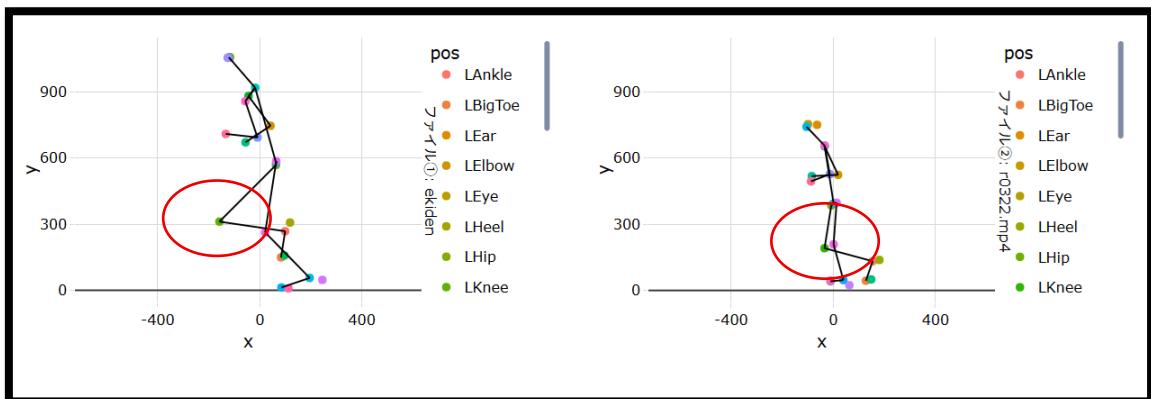


図8 1フレーム分析（2.1：左膝）（左図：プロ、右図：自分自身）

図8より、私よりプロの選手のほうが左膝を曲げていることが分かった。実際、数値的に膝の曲げ具合が違うか、私(青線)とプロ(赤線)の左つま先—左膝—尻の角度推移分析を行った結果を図9に示した。

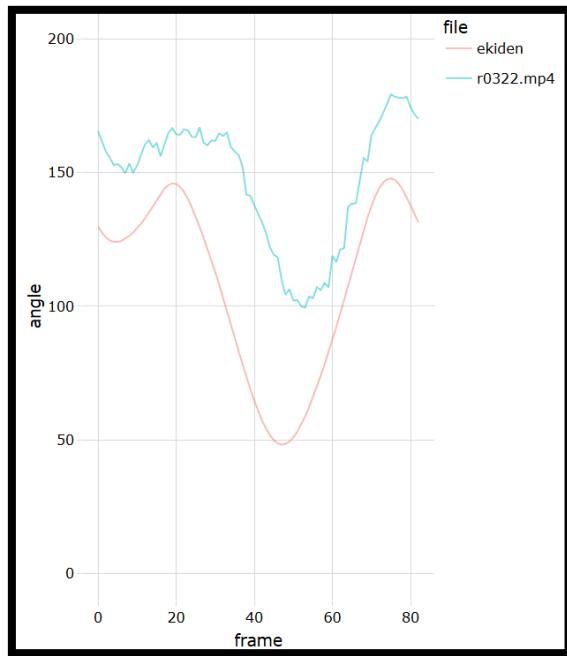


図9 角度推移分析（2.1：左膝）

図9より、私よりプロの左膝の角度はどの時点においても下回っており、最も角度が小さい時点を見るとプロは約20度であるのに対し私は約100度であった。すなわち、私よりプロが良く膝を曲げていることが分かった。

次に肘について比較した。肘について着目した理由は、早く走るために腕を良く振るという教えを受けたことがあるからだ。数値的に肘の曲げ具合が違うか、私(青線)とプロ(赤線)の左肩—左肘—左手首の角度推移分析を行った結果を図10に示した。

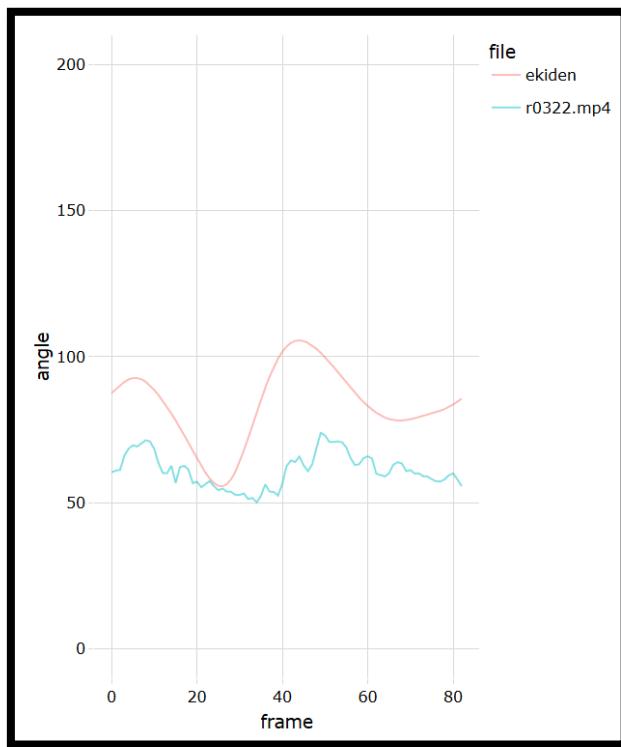


図 10 角度推移分析（2.1：左肘）

図 10 より、左肘の角度推移の概形は似ているが、山なりになった際の最高点は圧倒的にプロより私が低いことが分かった。すなわち、私よりプロはよく肘を曲げ、良く伸ばしていることが分かった。

2.2 仮説 1 の設定（走行動作）

以上のプロとの比較結果から、何を改善すれば最適な走行速度や走りやすさに変化が見られるか仮説を立てた。仮説は、「大股で走ることを意識すると、走行速度や走りやすさが改善するのではないか」とした。大股で走ることを意識することで股の開き具合・膝の曲げ具合、腕の振り具合に改善が期待されると考えた。

2.3 仮説 1 の検証結果・考察

こちらもプロと比較する観点を股・膝・肘の 3 点で見た。まず初めに股について改善されたかを見ていった。仮説 1 を意識した後の私(青線)とプロ(赤線)の右膝一尻一左膝の角度推移分析を行った結果を図 11 に示した。

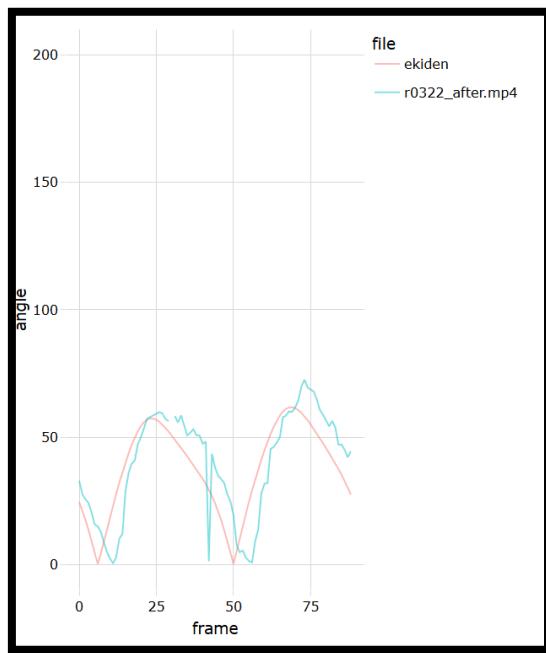


図 11 角度推移分析（仮説 1：股）

図 11 より、私とプロの角度推移の概形がかなり近づき、股の開き具合、すなわち歩幅が改善されたことがわかった。

次に膝について改善されたかを見ていった。仮説 1 を意識した後の私(青線)とプロ(赤線)の左つま先—左膝—尻の角度推移分析を行った結果を図 12 に示した。

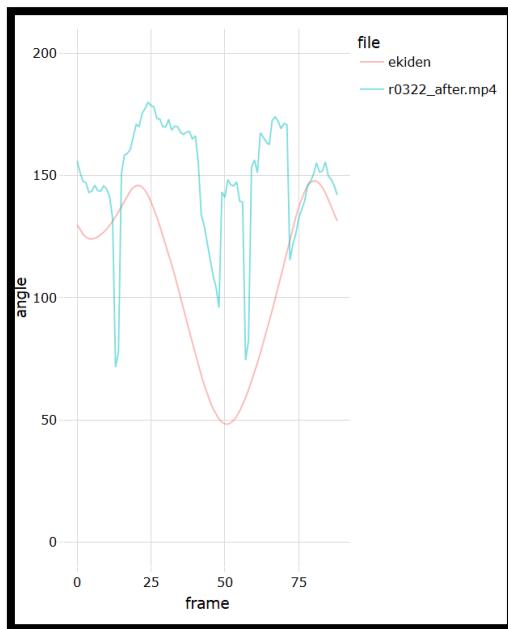


図 12 角度推移分析（仮説 1：左膝）

図 12 より、私の角度推移のグラフの概形にかなりブレが見られる。これは私が第 2 回目で着用していた服装は黒色であったため、OpenPose の機能が正常に認識できていない可能性

を示唆していると考えた。しかし横軸に対して絶対値を取った場合、私とプロの概形が似ると考察した。さらに図 9 と図 12 を比較すると、絶対値を取った場合、図 12 のほうがより鋭角になる瞬間が見られた。したがって仮説を意識している方がよく左膝を曲げていると考察した。

また、肘について改善されたかを見ていった。仮説 1 を意識した後の私(青線)とプロ(赤線)の左肩ー左肘ー左手首の角度推移分析を行った結果を図 13 示した。

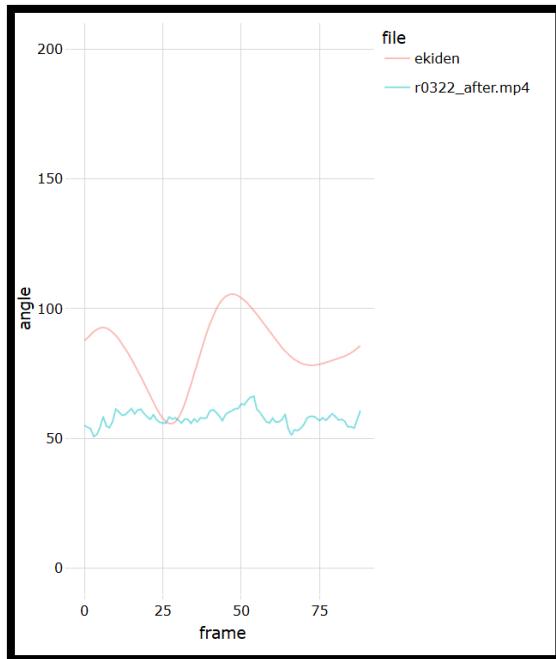


図 13 角度推移分析（仮説 1：左肘）

図 13 より、仮説 1 を意識したことでの左肘の角度推移のグラフがプロの概形に近いと言える結果は得られなかった。これは仮説 1 の「大股で走る」が下半身を意識した動作であったことから肘の改善が見られなかったと考察した。

2.4 仮説 2 の設定(走行動作)

仮説 1 の検証結果を経て、股・膝の角度推移をプロに近づけることが出来たが、肘の角度推移を近づけることは出来なかった。したがって、「大股で走る」ことに加えて上半身の動作である「腕をよく振る」ことを仮説 2 として設定した。

2.5 仮説 2 の検証結果・考察

同様にプロと比較する観点を股・膝・肘の 3 点で見た。まず初めに股について仮説 1 の検証結果より改善されたかを見ていった。仮説 2 を意識した後の私(青線)と仮説 1 を意識した後の私(赤線)の右膝ー尻ー左膝の角度推移分析を行った結果を図 14 に示した。

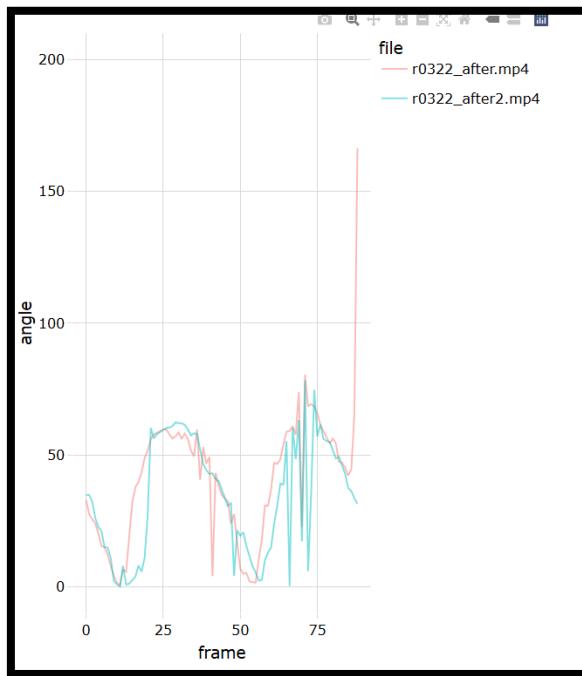


図 14 角度推移分析（仮説 2：股）

図 14 より、仮説 1 と仮説 2 によって股の角度推移に違いは見られなかった。すなわち、大股で走ることに加え腕の振りを追加したとしても、股の開き具合(歩幅)が変わらなかったと考察した。

次に膝について仮説 1 の検証結果より改善されたかを見ていった。仮説 2 を意識した後の私(青線)と仮説 1 を意識した後の私(赤線)の左つま先—左膝—尻の角度推移分析を行った結果を図 15 に示した。

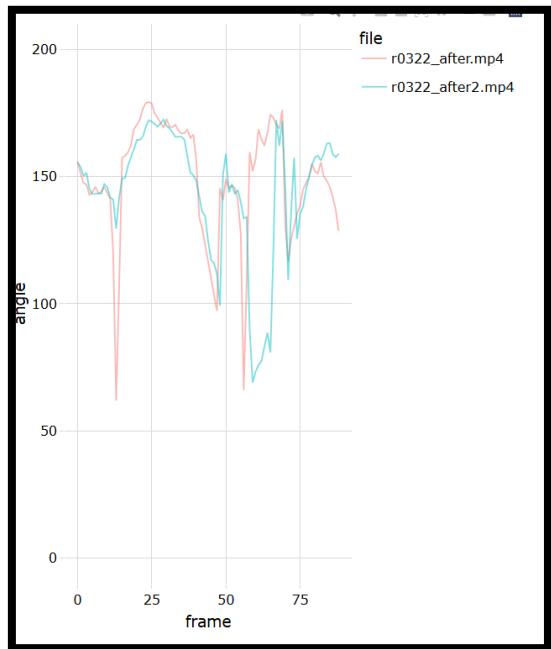


図 15 角度推移分析（仮説 2：左膝）

図 15 より、こちらも股と同様に仮説 1 と仮説 2 によって左膝の角度推移に違いは見られなかった。すなわち、大股で走ることに加え腕の振りを追加したとしても、膝の曲げ具合は変わらなかったと考察した。

最後に仮説 1 によって改善が見られなかった肘について、仮説 2 によって改善されたかを見ていった。仮説 2 を意識した後の私(青線)とプロ(赤線)の左肩—左肘—左手首の角度推移分析を行った結果を図 16 示した。

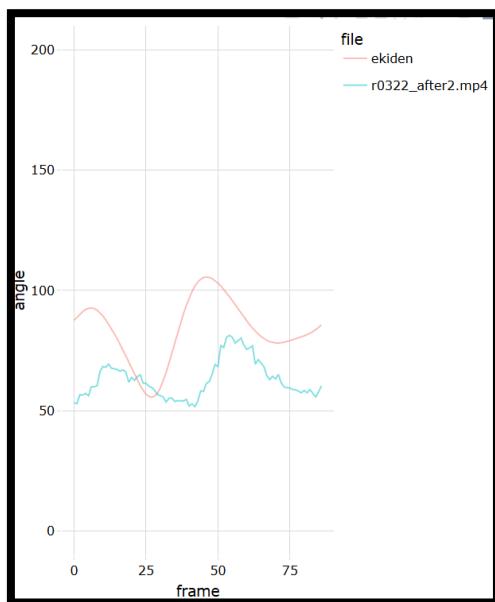


図 16 角度推移分析（仮説 2：左肘）

図 16 より、かなり私とプロの角度推移の概形がかなり近づいた。すなわち「大股で走る」ことに加え、「腕をよく振る」ことを意識すると、プロの肘の曲げ具合に近づくことができると考察した。

以上、仮説の検証結果をまとめると、大股で走ることで股の開き具合・膝の曲げ具合が改善され、よりプロに近い走行フォームになった。さらに腕を大きく振ることで肘の曲げ具合も改善し、プロに近づいた。

2.6 実験協力者としての感想

第1回目の走行速度は6 [km/h]であったのに対し、仮説1の検証時は8 [km/h]、仮説2の検証時は9 [km/h]であった。したがって「大股で走る」と「腕をよく振る」ことで走る際の最適走行速度をあげることが出来ると考察した。

走行速度があがっているにも関わらず、仮説2の検証時は疲労感がなく、第1回目での走行より走りやすさを感じた。

3. プロの投球動作との比較

3.1 プロとの比較結果（投球動作）

プロと比較する観点を体の向き・足の振り上げ・膝・肘の4点で見た。まず初めに、体の向きについて比較した。プロと実験協力者の投球はじめの図を図17に示した。



図 17 体の向き（左図：プロ、右図：実験協力者）

図17より、プロは左足を下げる胸は左側を向いているのに対し、実験協力者は右足のほうを下げる胸の向きは右側を向いていた。プロは左足を上げると同時に腰をひねり、胸を右に向けていた。

次に足の振り上げ・膝について比較した。投球フォームにおいて最も左足を上げていた瞬間の1フレーム分析を図18に示した。

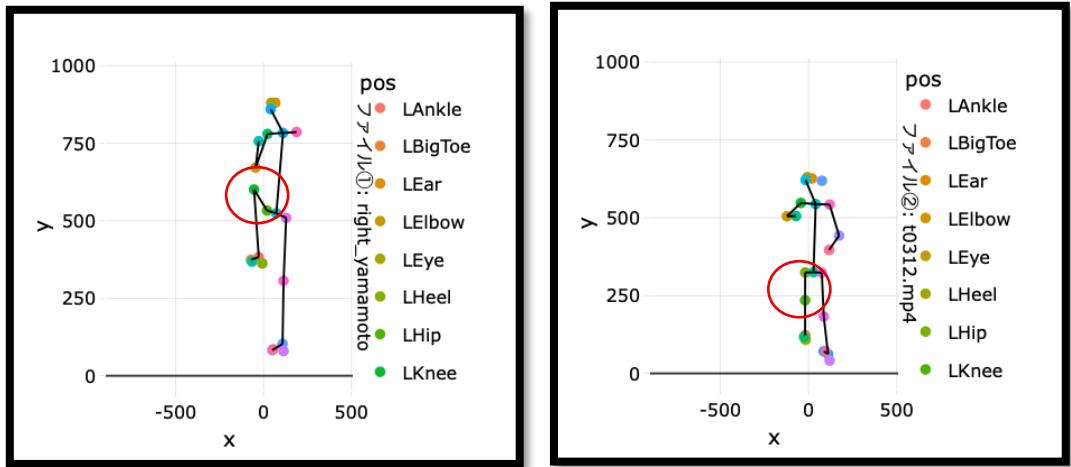


図 18 1 フレーム分析 (3.1 : 足の振り上げ) (左図 : プロ、右図 : 実験協力者)

図 18 より、プロは左足をよく上げ、よく膝を曲げていることが分かった。一方、実験協力者は左足をあまり上げておらず、膝も曲げられていないかった。実際、数値的に足の振り上げ具合が違うか、実験協力者(青線)とプロ(赤線)の左膝ー左尻ー中間尻の角度推移分析を行った結果を図 19 に示した。

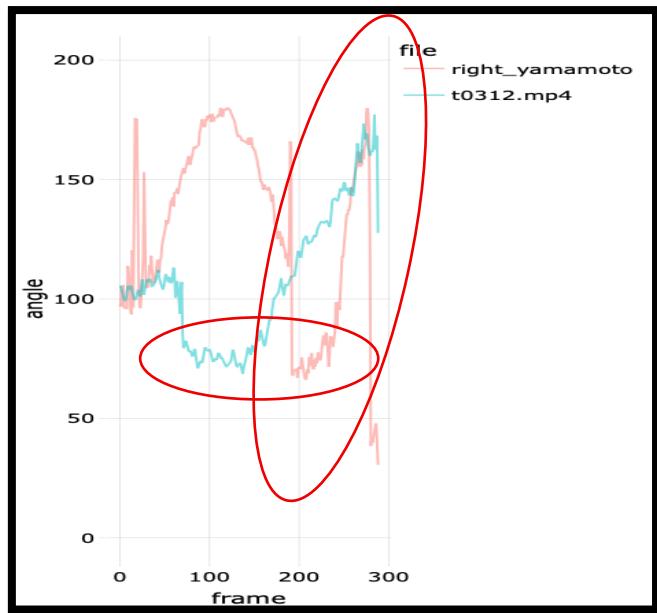


図 19 角度推移分析 (3.1 : 足の振り上げ)

図 19 より、プロ・実験協力者ともに足を振り上げ瞬間鋭角になっており、その後プロは急激に足を伸ばしているのに対し、実験協力者は緩やかに足を伸ばしていた。また実際、数値的に膝の曲げ具合が違うか、実験協力者(青線)とプロ(赤線)の左尻ー左膝ー左かかとの角度推移分析を行った結果を図 20 に示した。

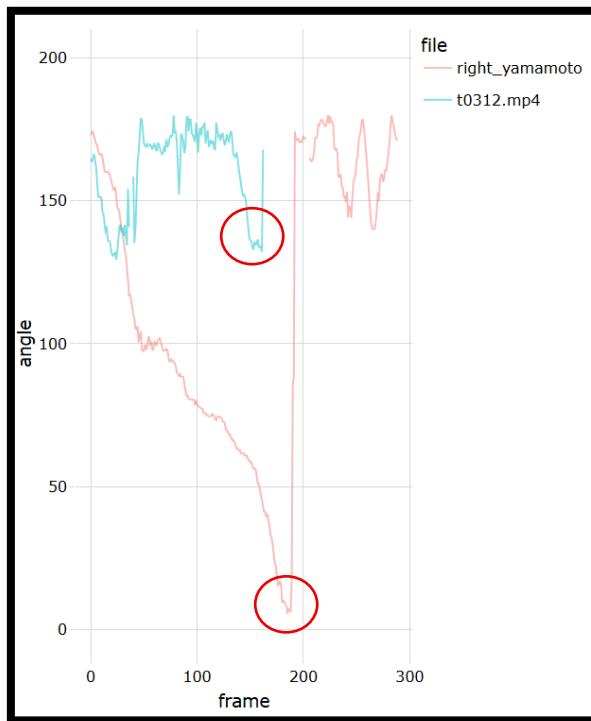


図 20 角度推移分析 (3.1 : 左膝)

図 20 より、プロは足を上げた瞬間膝の曲げ具合が 0 度近くまで曲げていたのに対し、実験協力者は 140 度程度であり曲げられていなかった。

最後に肘について比較した。実験協力者(青線)とプロ(赤線)の右肘の X 軸方向運動量を図 21 に示した。

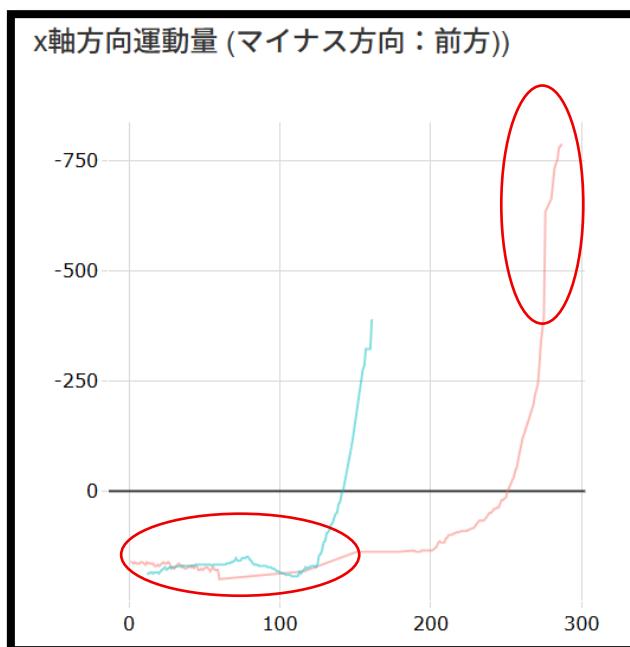


図 21 右肘の X 軸方向運動量(3.1)

図 21 より、プロ・実験協力者とともにプラススタートであり、実験協力者よりプロのほうが X 軸方向運動量が多かった。すなわち、実験協力者よりプロのほうが水平方向の運動量が多いことがわかった。

3.2 仮説 3 の設定（投球動作）

以上のプロとの比較結果から、何を改善すれば最適な投球精度や投げやすさに変化が見られるか仮説を立てた。仮説は、「左膝を上げて曲げ、体をひねることでコントロールが良くなるのではないか」とした。具体的には、投げたい方向に対して左を向いた。左足をよく上げ、膝を曲げそして伸ばした。

3.3 仮説 3 の検証結果・考察

こちらもプロと比較する観点を足の振り上げ・膝・肘・手首の 4 点で見た。まず初めに、足の振り上げについて仮説 3 の検証結果より改善されたかを見ていった。仮説 3 を意識した後の実験協力者(青線)とプロ(赤線)の左膝一左尻一中間尻の角度推移分析を行った結果を図 22 に示した。

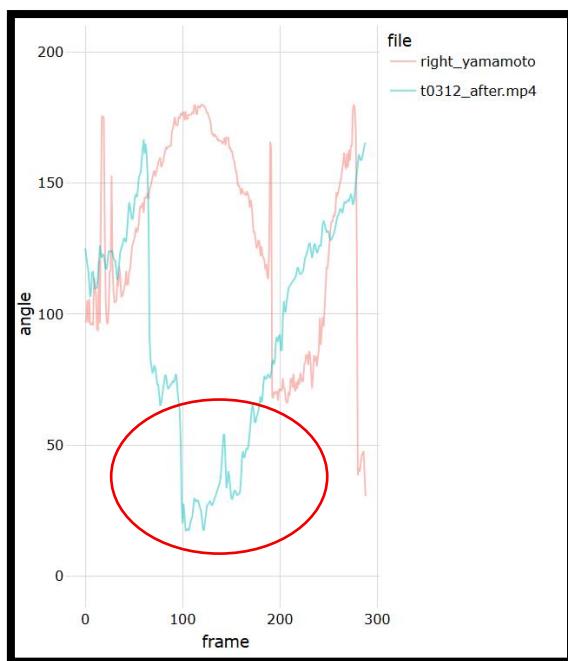


図 22 角度推移分析（仮説 3.3：足の振り上げ）

図 22 より、図 19 と比較しても足の振り上げ具合がプロを超えて鋭角となった。すなわち、よく足が上がっていることが数値的に見て分かった。

次に膝について仮説 3 の検証結果より改善されたかを見ていった。仮説 3 を意識した後の実験協力者(青線)とプロ(赤線)の左尻一左膝一左かかとの角度推移分析を行った結果を図 23 に示した。

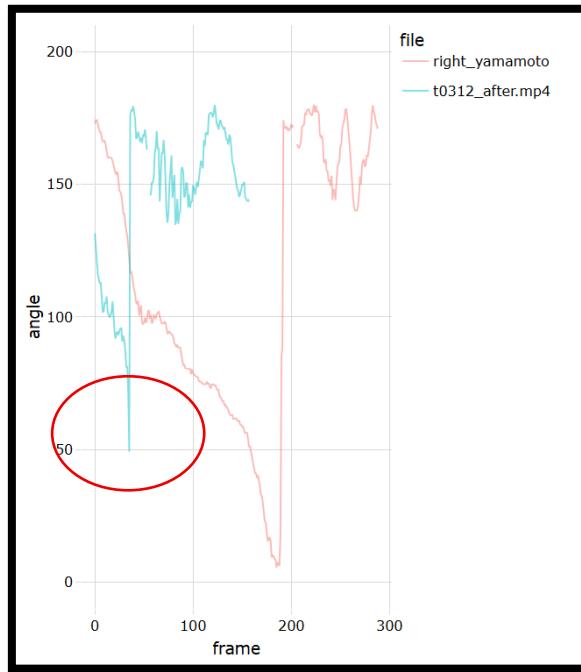


図 23 角度推移分析（仮説 3.3：左膝）

図 23 より、図 20 と比較しても左膝の曲げ具合がプロに近づいて鋭角となった。すなわち、よく膝が曲がっていることが数値的に見てもわかった。

また、肘について仮説 3 の検証結果より改善されたかを見ていった。仮説 3 を意識した後の実験協力者(青線)とプロ(赤線)の右肘の X 軸方向運動量の結果を図 24 に示した。

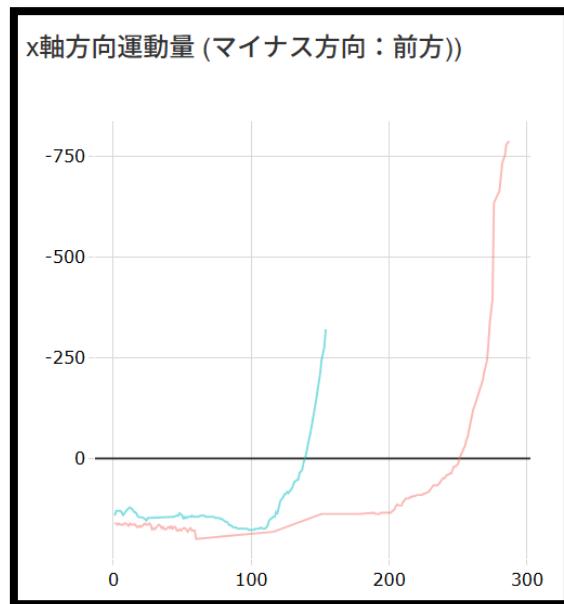


図 24 右肘の X 軸方向運動量（仮説 3）

図 24 より、右肘の X 軸方向運動量に改善は見られなかった。この結果は、仮説は足を上げ

ることと腰をひねることであったため、直接的に足の歩幅等の水平方向の運動量に作用する動作がなかったことからおこった結果であると考察した。

最後に右手首の加速度について比較した。仮説検証前の実験協力者（青線）と仮説検証後の実験協力者（赤線）の右手首の加速度を表した結果を図 25 に示した。

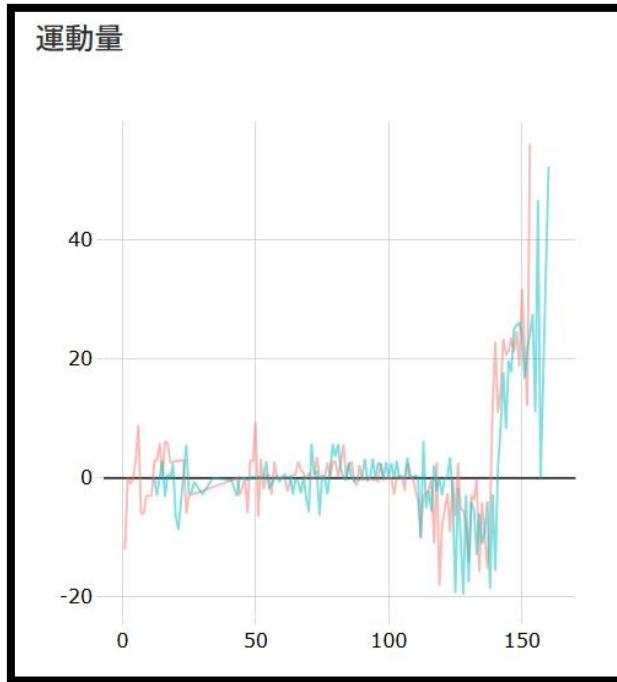


図 25 右手首の加速度（仮説 3）

図 25 より、若干仮説検証前のグラフより仮説検証後のグラフのほうが上回っていた。すなわち、仮説 3 の検証によって球速が上がったと考察した。

以上、仮説の検証結果をまとめると、体の向き・膝の曲げ具合を改善することでプロの足の振り上げ方、投球フォームに近づいた。しかし、下半身のフォームを改善することで肘の X 軸方向運動量に変化は見られず、送球の加速度が上昇した。

3.4 実験協力者としての感想

仮設の検証前は 5 回の投球に対し、1 回フレーム内に入ったことに対し、仮設の検証後は 5 回の投球に対し、3 回フレーム内に入った。仮説の検証後に関しては外した 2 回もフレームに当たるなど非常に命中率が上がったといえた。

また、実験協力者の感想として、2 点挙げられた。1 点目は、腕が自然に早く回ったと感じた点である。その分。腕に疲れを感じ、負荷も感じたという。2 点目は、ボールが壁に当たった音も仮説検証前より強い音に感じた。

3.5 自分自身とプロの比較

自分自身の投球フォームも足の振り上げ・膝・手首の 3 点においてプロと比較した。まず

初めに、足の振り上げについて比較した。私(青線)とプロ(赤線)の左膝一左尻一中間尻の角度推移分析を行った結果を図 26 に示した。

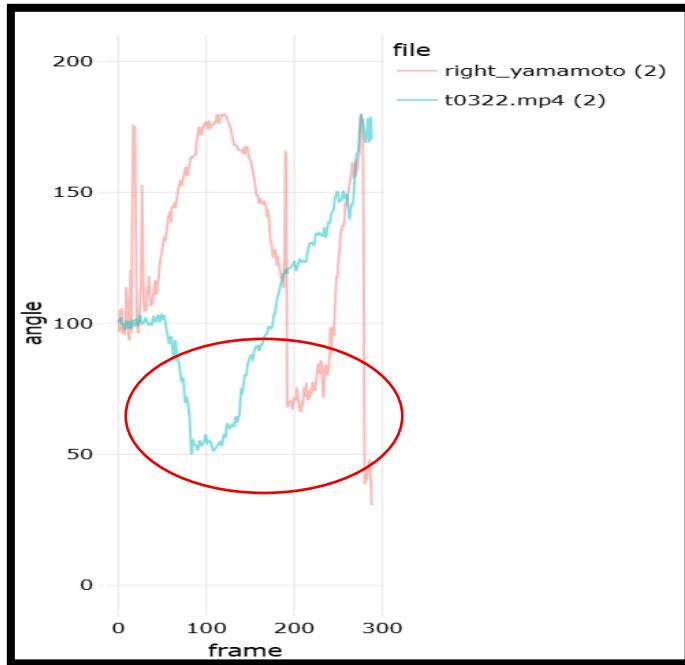


図 26 角度推移分析（足の振り上げ：3.5）

図 26 より、プロより私の方が足を高く上げていたことがわかった。

次に膝について比較した。私(青線)とプロ(赤線)の左尻一左膝一左かかとの角度推移分析を行った結果を図 27 に示した。

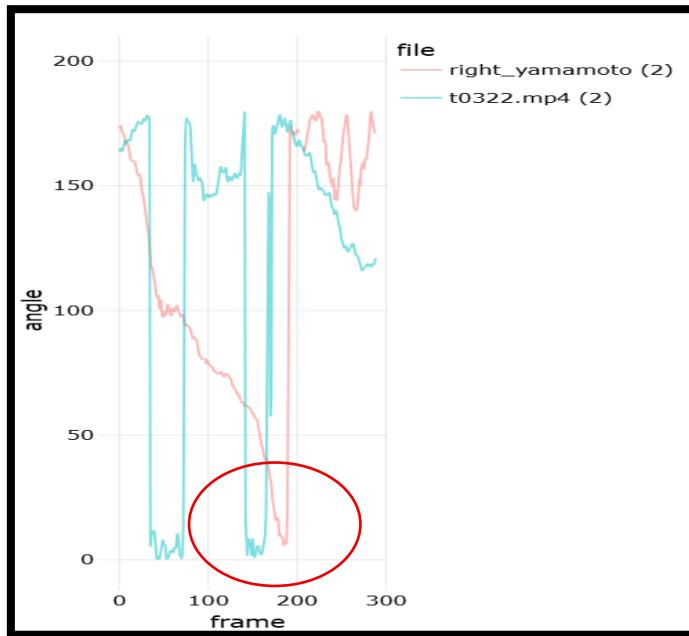


図 27 角度推移分析（左膝：3.5）

図 27 より、プロと同じくらい左膝を曲げていることがわかった。

最後に手首について比較した。私(青線)とプロ(赤線)の右手首の加速度の結果を図 28 に示した。

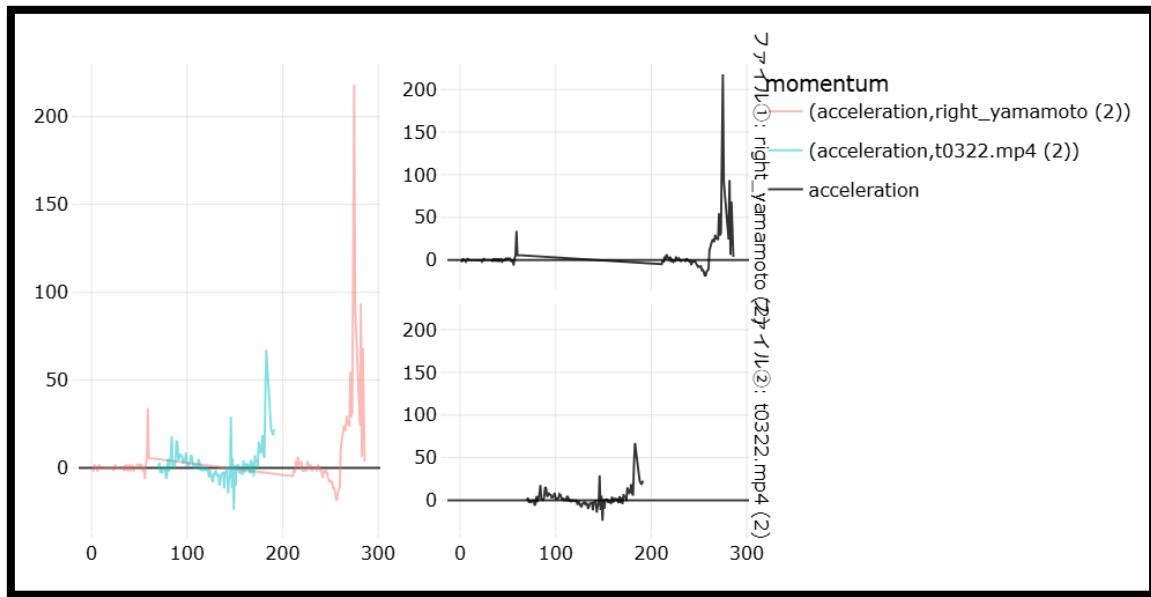


図 28 右手首の加速度 (3.5)

図 28 より、プロのほうが圧倒的に最高加速度が速かった。

以上より、今回仮説で設定した下半身のフォームは、私は意識せずともすでにプロに近い投球フォームであったが、送球の加速度は圧倒的にプロに及んでいなかった。したがって、プロの投球精度・投球フォームに近づくためには上半身の改善が求められるのではないかと考察した。