

# 野球の投球動作に及ぼす指先-ボール間摩擦の影響に関する研究

## A Study on the Effect of Finger-ball Friction on Baseball Pitching motion

東北大（学）\*鈴木 紳之介 東北大（正）西 駿明 山口 健

Shinnosuke Suzuki, Toshiaki Nishi, Takeshi Yamaguchi

Tohoku University

### 1. 緒言

野球の投球では、ボールの回転を指先で繊細に操作しながらボールの軌道をコントロールする高度な運動制御が要求される。汗や雨で指先やボールが濡れた場合など、投手は指先とボール間の摩擦条件の変化に対応する必要がある。しかし、これまでは選手の主観的な感覚に基づく議論にとどまり、指先とボール間の摩擦の変化に対する適応方法と競技レベルによる違いなどについては理解が進んでいないのが現状である。本稿では、筆者らの研究グループが進めている、指先摩擦条件の違いが投球パフォーマンスと投動作に及ぼす影響と競技レベルによる適応の違いに関する研究<sup>1)</sup>について紹介する。

### 2. 実験・解析方法

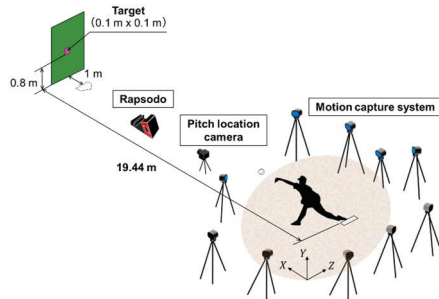
実験には、元社会人野球投手 A と元 NPB 所属のプロ野球投手 B（1 軍で 10 数年にわたって活躍）が参加した。投手 A は右投げのオーバーハンスロー、投手 B は左投げのスリークォーターである。実験は屋内マウンド（NTT コミュニケーション科学基礎研究所内）で行われ、参加者には、マウンドから 19.44 m 離れた位置に設置した 0.1 m 四方の標的（左右打者に対する中心）を狙って投球を行うよう指示を行った（Fig. 1(a)）。球種は直球（フォーシーム）とし、投球速度は各実験参加者における最大速度の 90 %（投手 A : 115 km/h, 投手 B : 120 km/h）となるように指示を行った。

ボールは硬式野球ボール（1BJBH104001P, ミズノ株式会社）を用いた。指先とボール間の摩擦条件は、低摩擦条件を想定した水塗布条件、高摩擦条件を想定したロジン粉末（2ZA-416, ミズノ株式会社）塗布条件の 2 種類とした。同一条件下での試行回数は 5 回とし、塗布条件についてランダムな順序で実験を行った。摩擦試験における指先とボール間の平均摩擦係数は、投手 A では水塗布条件で  $0.917 \pm 0.032$ , ロジン粉末塗布条件で  $1.20 \pm 0.022$ 。投手 B では水塗布条件で  $0.736 \pm 0.090$ , ロジン粉末塗布条件で  $0.845 \pm 0.011$  であった。

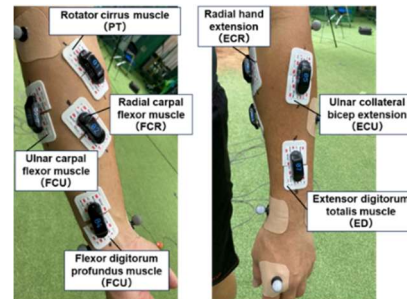
弾道測定分析機（Rapsodo PITCHING 2.0, Rapsodo LLC）を用いてリリース時の球速と回転数、標的を録画したカメラから到達位置を計測した。また、3 次元動作解析システム（OptiTrack, Acuity Inc.）を用いて、第 3 中手骨に貼り付けたマーカーの並進速度  $v_{hand}$ 、同マーカーの移動軌跡の曲率半径（投球半径） $R$  を求めた<sup>2)</sup>。

小型ワイヤレス筋電センサ（Pico EMG, Cometa Systems）を用いて、投球動作中の前腕の屈筋群及び伸筋群の全 7 筋（Fig. 1(b)）の表面筋電位を計測し、ノイズの除去を目的にカットオフ周波数 20 Hz, 450 Hz の 4 次のバンドパスパワースディジタルフィルタ処理を施した。そのデータに二乗平均平方根（Root mean square : RMS）法を用いて整流・平滑化処理を行い、RMS 波形を得た。さらに最大随意収縮（Maximal voluntary contraction : MVC）の筋電位より、RMS を規格化した %MVC の時系列変化を求める。その後、規格化積分筋電位（%IEMG）を算出した。解析区間については、肩関節の最大外旋（Maximum external rotation : MER）（-0.038 s）からボールリリース（0 s）までの加速期とした。

また、各指標の摩擦条件間の差を、対応のある t 検定（有意水準 5 %）により検定した。



(a) Schematic of pitching experiment



(b) Location of small wireless myoelectric sensors attached to each muscle group

Fig. 1 Experiment details

### 3. 実験結果

投手 A ではロジン粉末塗布条件と比較して水塗布条件で球速が 5.1 % 低下 ( $p < 0.01$ ) (Fig. 2(a)), 回転数が 39 % 減少 ( $p < 0.01$ ) (Fig. 2(b)), 的からの距離が 49 % (0.22 m) 増加した ( $p = 0.47$ ) (Fig. 2(c)). 手の速度は水塗布条件で肩の最大外旋 (MER) 時刻で 4.8 % ( $p = 0.12$ ), ボールリリース (BR) 時刻で 7 % ( $p = 0.06$ ) 低下した (Fig. 3(a)). ま

た、投球半径は水塗布条件で MER 時刻で大きい傾向があり ( $p=0.06$ ) Fig. 4(a)), 各前腕筋群の%IEMG に条件間の差は見られなかった (Fig. 5(a)). 一方、投手 B では球速・到達位置に条件間の差は見られず ( $p>0.05$ ) (Fig. 2(a), (c)), 回転数のみ水塗布条件で 30 %減少した ( $p<0.01$ ) (Fig. 2(b)). また、手の速度や投球半径には条件間の差は見られなかった (Fig. 3(b), Fig. 4(b)). いずれの筋群の%IEMG においても水塗布で増加する傾向が見られ、特に橈側手根伸筋 (ECR) で有意に増加した (Fig. 5(b)).

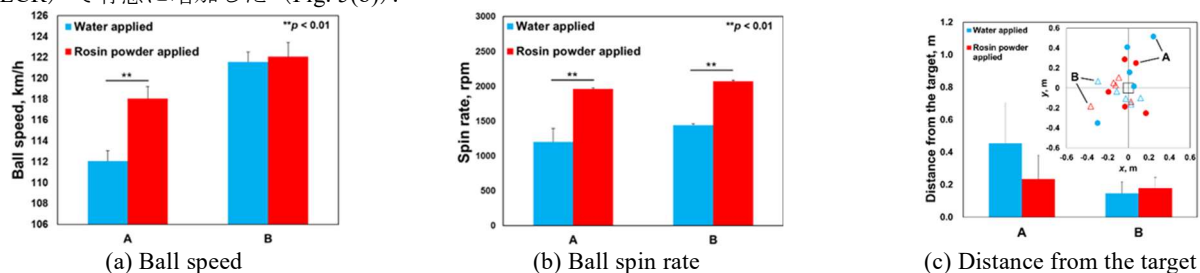


Fig. 2 Results of pitching performance under each finger-ball friction condition

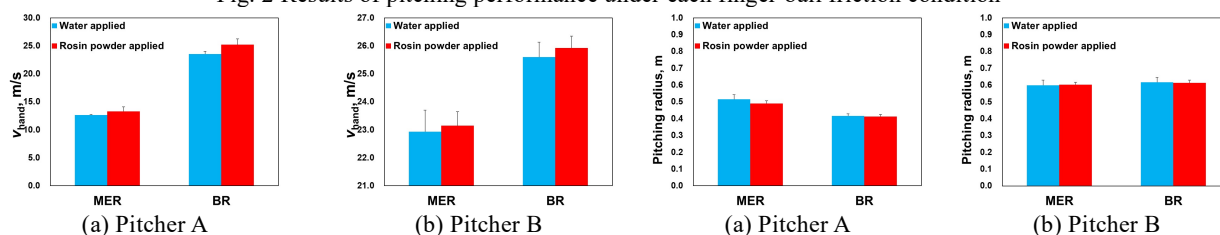


Fig. 3 Group means of hand velocity for each participant

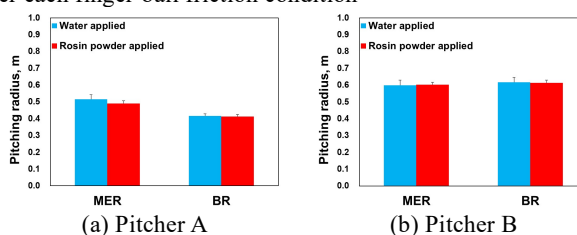


Fig. 4 Group means of pitching radius for each participant

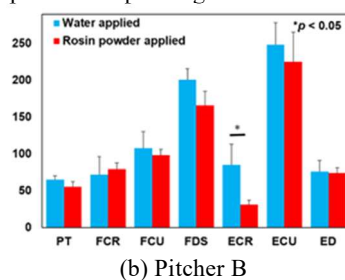
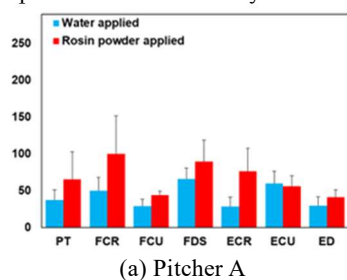


Fig. 5 %IEMG of each muscle group under each friction condition

#### 4. 考察

実験の結果、指先摩擦条件による投球パフォーマンスへの影響が投手によって異なることが分かった。投手 A では水塗布条件において球速、回転数、ボールコントロールがロジン粉末塗布条件に比べて低下したのに対して、投手 B では水塗布条件において回転数のみが低下した。また、投手 A では加速域における遠心力が低下するように手先速度を遅くするとともに投球半径を増加させるような上肢運動を行っていたのに対して、投手 B では指先摩擦条件による上肢運動への影響は見られなかった。さらに、筋活動解析の結果、投手 A では指先摩擦条件によって筋活動量に差はないが、投手 B ではいずれの筋群においても水塗布条件で増加する傾向が見られ、特に橈側手根伸筋 (ECR) で有意に増加した。以上のことから、2 名の投手において、水塗布条件において指先とボール間のすべりを抑制し、パフォーマンスを一定に保つための戦略が異なることが示唆される。すなわち投手 A は上肢の運動を変化させることで遠心力を制御し、ボールのすべりを抑制しようとしたと考えられるが、結果的に球速、回転数は低下し、コントロールは悪化した。一方、投手 B は指先摩擦条件によらず、ボールの把持力を増加させ、上肢の運動を一定に保つことで、ボール回転数は低下したものの球速とコントロールを一定に保つことに成功した。

#### 5. 結言

本稿では、2 名の投手に対して指先とボール間の摩擦条件を変えた投球実験を行い、指先とボール間の摩擦条件が、投球パフォーマンス、上肢の運動、前腕の筋活動に及ぼす影響について紹介した。競技レベルの違いにより、指先摩擦条件の違いに対して、上肢運動を変化させる場合と、上肢運動を変化させずに前腕の筋活動の調整により、投球パフォーマンスを維持しようとする場合が見られた。競技レベルの高い投手 B では後者の戦略を選択し、球速、制球の一定に保つことに成功している。今後、実験参加者を増やすことで、競技レベルや個人による適応方法の違いについてさらに明らかにしていく予定である。

#### 文献

- 1) 鈴木他：野球の直球投球における前腕筋群の筋活動に及ぼす指先とボール間の摩擦の影響，日本機械学会 スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス部門講演会 2024 (2024), U00046.
- 2) Takeshi Yamaguchi, et al.: Effect of finger-ball friction on upper limb movement during fastball pitching in baseball, Scientific Reports, accepted.