

野球の投球におけるトライボロジー

Tribology in Baseball Pitching

東北大（正）*山口 健

Takeshi Yamaguchi

Tohoku University

1. 緒言

野球の投球において、ボールと指先間の「すべり」は投球パフォーマンスに影響を及ぼす重要な要素と考えられている。しかし、その「すべりやすさ」について、摩擦力や摩擦係数などの物理的指標を用いて定量的に評価・比較された例はほとんどなく、主に投手の感覚に基づいた議論にとどまっている。また、ボールをリリースする過程で指先がボールに対してどの程度すべっているのか、そして、そのすべり距離の違いが投球パフォーマンスにどのような影響を与えるのかなど、未解明な点が多いのが現状である。本講演では、野球の投球におけるトライボロジー研究として我々が取り組んできた、(1) 硬式野球ボールの皮革部分と指先間の摩擦に及ぼすすべり止め剤の影響¹⁾と、(2) 実際の投球における指先とボール間のすべり距離と投球パフォーマンスの関係²⁾に関する研究成果を紹介する。

2. 硬式野球ボールと指先の摩擦に及ぼすすべり止め剤の影響¹⁾

Figure 1 に示すように Major League Baseball (MLB) の公式球から皮革部分 [シーム有 (Fig. 1(a)) 及びシーム無し (Fig. 1(b))] を切り取り、6 軸力覚センサ上に貼り付け、その上に示指の腹を所定の荷重で押し当ててすべらせることで摩擦係数を測定した。指先の条件は、何も付けない条件 (Fig. 1(c)), ロジン粉末塗布条件 (Fig. 1(d)), 粘着物質塗布条件 (Fig. 1(e)) である。

Figure 2 は、9 名の成人男性における摩擦係数と押付け荷重の関係を示したもので、プロットの色は各参加者を示している。なお、押付け荷重の範囲は、直球投球時のボールリリース過程において、指 1 本がボールに加える荷重に相当する。指先に何も付けない場合、摩擦係数は個人の指先の水分量に依存し、水分量の増加とともに増加する傾向が見られた。そのため、Fig. 2(a), (d) に示すように、何も付けない場合の摩擦係数は個人差が大きく、指先の水分量が多い参加者では荷重依存性も顕著であった。一方、ロジン粉末を指先につけた場合 (Fig. 2(b), (e)), 摩擦係数の個人差および荷重依存性は低減され、安定した摩擦係数が得られる。よって、ロジン粉末の使用は投手間の指先の水分量の違いに起因する摩擦係数のばらつきを減少することができる。指先が乾燥している参加者ほど、ロジン粉末の効果は顕著であり、指先の水分量が多い参加者ではロジン粉末の効果は小さく、かえって摩擦係数が低下する場合もあった。また、摩擦係数が荷重に依存しないことから、押付け荷重を制御することによる摩擦力を用意に制御することができると考えられる。使用が禁止されている粘着物質を指先につけた場合 (Fig. 2(c), (f)), 摩擦係数は荷重とともに減少し、特に投球のリリース直前に相当する低荷重時に顕著に増加する傾向が見られた。このことから、粘着物質の使用は、リリース直前まで高い摩擦力を維持することができ、すべりの抑制に加えて、ボールの回転数増加にも効果があると考えられる。

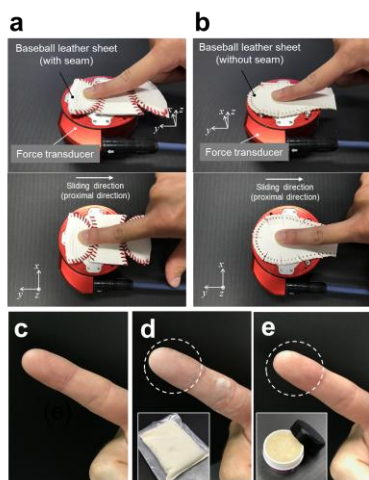


Fig. 1 Experimental setup for friction test between index finger pad and MLB ball leather sheet¹⁾

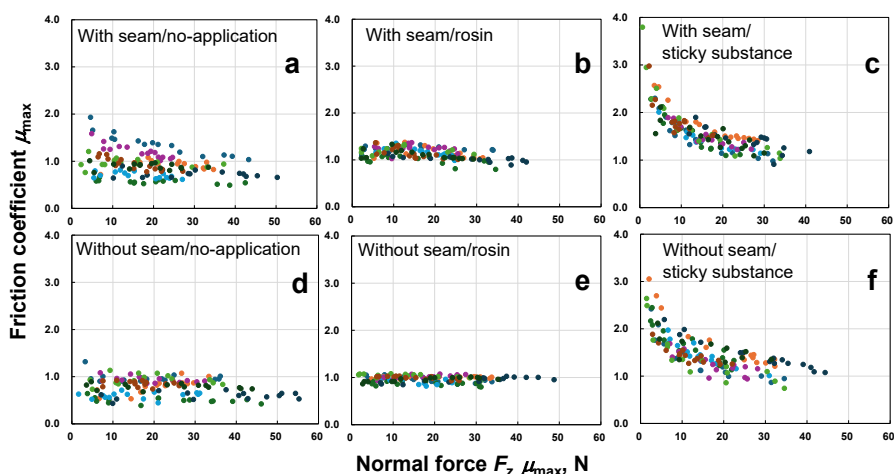


Fig. 2 Relation between friction coefficient and normal force under each application condition for MLB ball. No application with seam (a), rosin application with seam (b), sticky substance application with seam (c), no application without seam (d), rosin application without seam (e), and sticky substance application without seam (f)¹⁾

3. 指先とボール間のすべり距離と投球パフォーマンスの関係²⁾

次に、実際の投球における指先とボール間のすべり距離と投球パフォーマンスとの関係について述べる。高速度カメラを用いて、直球（フォーシーム）投球時のボールリリース過程（親指がボールから離れてからボールがリリースされるまでの約 10 ms）における、ボールの回転数とボール中心に対する指先の動きを計測し、これらのデータから両者のすべり距離を算出した。リリース過程におけるボールの角速度を ω_{ball} [rad], ボール中心に対する指先マーカの相対角速度を ω_{fb} [rad], 両者の角速度差を $\Delta\omega_{\text{fb}}$ とすると、ある時刻 t における指先とボール間のすべり距離 $D_{\text{slip}}(t)$ は以下の式で与えられる。

$$D_{\text{slip}}(t) = R_{\text{ball}} \int_{t_0}^t \Delta\omega_{\text{fb}}(\tau) d\tau, \quad (1)$$

ここで、 R_{ball} はボールの半径 (37 mm), t_0 は -8.0 ms である。

Figure 3 は、異なる 4 種類の摩擦条件における、ボールリリース過程におけるすべり距離の時系列変化である。太線は 6 名の投手の平均値、破線は平均値±標準偏差である。同図より、いずれの条件においても、ボールが親指から離れた直後にわずかなすべりが観察されるが、水で濡らした場合を除き、その後指が縫い目に引っかかることで、すべりが抑制されることが分かる。ロジンや松脂スプレーの使用により、指が縫い目により長く引っかかることから、すべり距離は短くなる傾向が示された。一方、指とボールを水で濡らした条件では、縫い目に指先が引っかかるらず、リリース過程全体ですべりが生じるため、ロジンや松脂スプレーを使用した場合に比べて 2 倍以上の大きなすべり距離（平均で 22 mm）を示す（Fig. 4）。

得られたすべり距離と球速、回転数やボールの到達位置の関係を解析した結果、Fig. 5 に示すように、ボールと指先間のすべり距離の増加とともに、球速、回転数が低下し、ボールがより上方に到達する傾向が見られた。特に、すべり距離の増加により、回転数は著しく減少することが分かる。一方で、すべり距離が投球パフォーマンスに及ぼす影響には個人差が大きいことも示唆された。

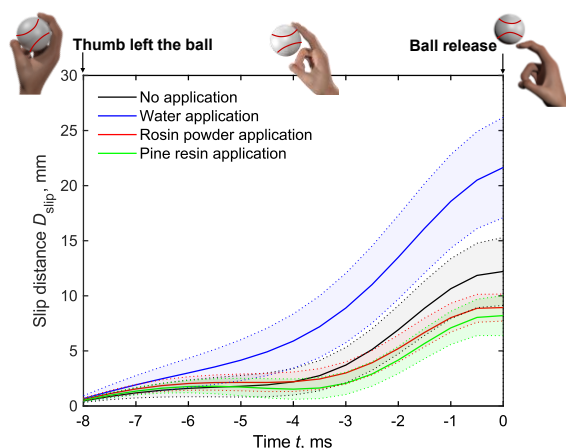


Fig. 3. Time series change in the group mean value of slip distance D_{slip} between index finger and ball under different finger-ball friction conditions²⁾

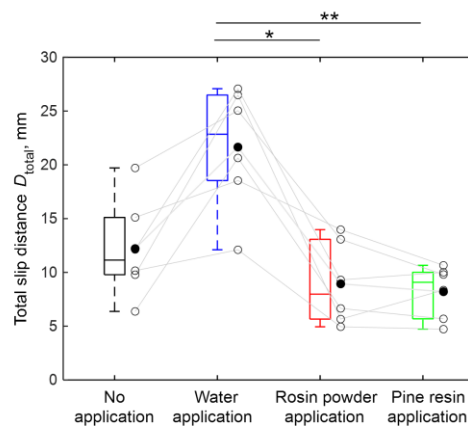


Fig.4 A boxplot of the total slip distance during the ball release process D_{total} for each finger-ball friction condition²⁾

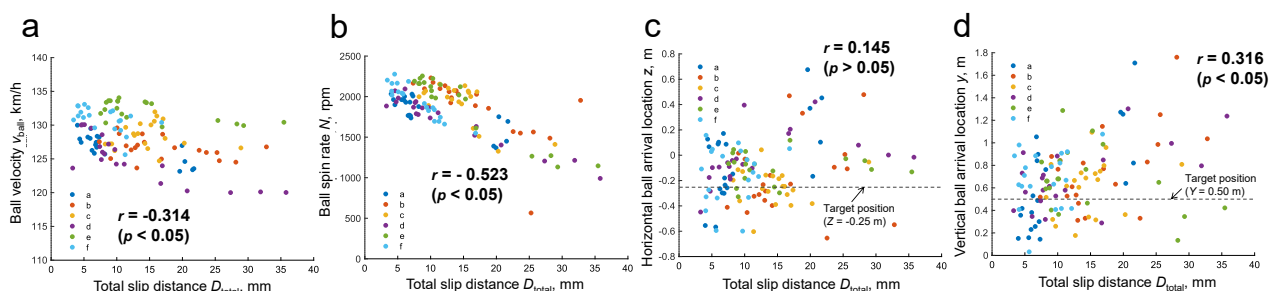


Fig. 4. Relationship between the total slip distance D_{total} and pitching performance measures. (a) ball velocity, (b) ball spin rate, (c) horizontal ball arrival location, and (d) vertical ball arrival location²⁾.

4. 結言

野球の投球における指先とボール間のすべりに着目し、(1) 摩擦試験によるすべり止め剤の効果の定量評価、および (2) 実投球時のすべり距離と投球パフォーマンスの関係について紹介した。これまでの研究から、指先とボールのすべり距離は投球パフォーマンス、特に回転数や制球に大きな影響を与えることが示された。今後は、このような指先とボール間の摩擦の違いが、投球動作にどのような影響を及ぼすのかを明らかにするとともに、競技レベルなどによって適応の仕方がどのように異なるかを明らかにする予定である。

文献

- 1) T. Yamaguchi, D. Nasu & K. Masani: Effect of grip-enhancing agents on sliding friction between a fingertip and a baseball. Commun. Mat. 3 (2022) 92.
- 2) T. Yamaguchi, S. Suzuki, S. Suzuki, T. Nishi, T. Fukuda & D. Nasu: Impact of slip distance between fingertips and ball on baseball pitching performance under different friction conditions, Sci. Rep. 15 (2025) 9514.