

硬式野球ボールと指先の摩擦に及ぼすロジン粉末及び粘着物質塗布の影響

Effect of rosin powder and sticky substance application on the friction
between baseball and fingertip

東北大（正）*山口 健 NTT（非）那須 大毅 トロント大（非）政二 慶

Takeshi Yamaguchi*, Daiki Nasu**, Kei Masani***

*Tohoku University, **NTT Communication Science Laboratories, ***University of Toronto

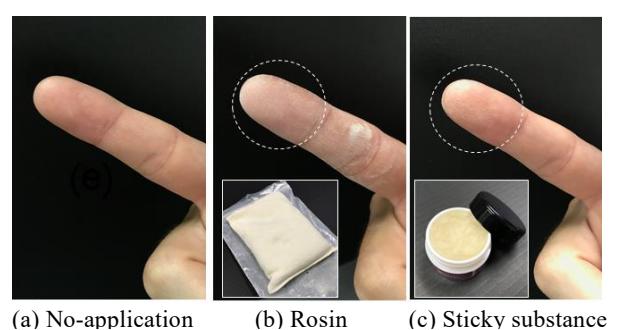
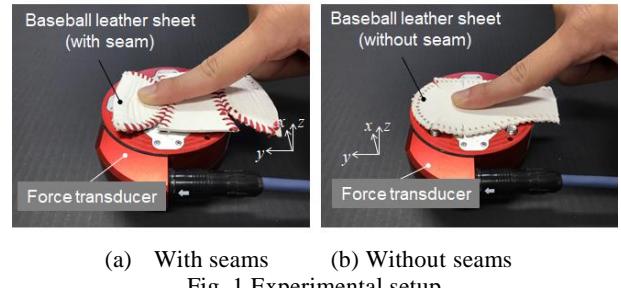
1. 緒言

2021年6月、Major League Baseball (MLB) は、投手による不正使用が疑われる粘着物質の取り締まりを強化した¹⁾。指先とボール間の摩擦の増加により、回転数の増加が期待されるためであるが、粘着物質の使用禁止の厳格化により、リーグ全体における直球の平均回転数が4%減少したという報告もある²⁾。このように、野球のピッチングにおいて指先とボール間の摩擦は回転数などのパフォーマンスに影響を及ぼすと考えられるが、粘着物質の使用により指先とボール間の摩擦係数がどの程度増加するのか、報告はなく不明である。また、MLBにおける公式球はすべりやすく、そのことが粘着物質の使用の原因であるとの指摘もある。また、MLB公式球は日本プロ野球機構（NPB）における公式球に比べてすべりやすいといわれている³⁾が、どの程度すべりやすいのか定量的な比較はなされていない。

本研究では、MLB公式球の皮革部分と指先間の摩擦係数に及ぼす粘着物質ならびに使用が認められているロジン粉末の影響を明らかにするとともに、MLB公式球、NPB公式球と指先間の摩擦係数について比較を行う。

2. 実験方法

本研究の被験者は、9名の健常成人男性（21-44歳）であった。本研究における実験プロトコルは、東北大学大学院工学研究科人を対象とする研究に関する倫理委員会にて事前に承認を得ている。Fig. 1に示されるように、MLB公式球（Solid Baseball MLB Official Match Ball, Rawlings）の皮革部分（シームあり及びシーム無し）を切り取り、3軸力覚センサの上に貼り付け、その上を示指の腹で近位方向（Fig.1の-y方向）にすべらせる摩擦試験を行った。指と皮革間に何もつけない無塗布条件、ロジンバッグ（2ZA-416, ミズノ）に5回示指を押し当て、指の腹全体にロジン粉末を付着させたロジン粉末塗布条件、スポーツ用すべり止めとして用いられているワックス状の粘着物質（iTac2 Pole Fitness Grip-Extra Strength, iTac2 Pty Ltd.）を指の腹全体に塗布した粘着物質塗布条件の3条件で実験を行った（Fig. 2）。投球におけるボールリリース期間における指先とボール間の垂直荷重は0-80Nまで変化するため⁴⁾、本研究では幅広い垂直荷重条件における摩擦係数の測定を行った。被験者には、5水準の垂直荷重のもとで指をすべらせるように指示し、静摩擦係数に相当すると考えられる最大の摩擦係数 μ_{\max} とその時刻における摩擦力 F_y, μ_{\max} と垂直荷重 F_z, μ_{\max} を取り出し、解析に用いた。また、未塗布条件において、MLB公式球、NPB公式球（1BJBH55000, ミズノ）と示指の摩擦係数 μ_{\max} を比較した。



3. 実験結果及び考察

3.1 MLB公式球における摩擦係数に及ぼすロジン粉末・粘着物質塗布の影響

Fig. 3に、シームなしのMLBボール皮革における各被験者の F_y, μ_{\max} と F_z, μ_{\max} の関係を示す。同図において各被験者における切片をゼロとする近似直線の傾きから平均摩擦係数（mean μ_{\max} ）を求めた。Fig. 4に、各条件における平均摩擦係数及び被験者間の平均摩擦係数の変動係数（CV）を示す。未塗布条件に比べ、ロジン粉末塗布条件では平均摩擦係数は、27.0%（シーム有）、23.9%（シーム無）増加し、粘着物質塗布条件では54.9%（シーム有）、61.0%（シームなし）増加した（Fig. 4(a)）。また、未塗布条件では平均摩擦係数の被験者間CVはシームの有無によらず、ロジン粉末塗布条件、粘着物質塗布条件に比べ大きいことが分かる（Fig. 4(b)）。未塗布条件の平均摩擦係数と被験者の指先の水分量の間には、正の相関がみられた（ $r=0.83$, シームあり条件； $r=0.69$, シームなし条件）。このことから、未塗布条件における摩擦係数の個人差は、被験者の指先の水分量の違いに起因すると考えられる。一方、ロジン粉末塗布条件と粘着物質塗布条件では指先水分量の影響が小さく、そのため個人間の摩擦係数の差が小さくなつたと考えられる。

Fig. 5 に、シームなしの MLB ボール皮革における垂直荷重 $F_{z,\mu_{max}}$ と摩擦係数 μ_{max} の関係を示す。Fig. 5(b)より、ロジン粉末は摩擦係数 μ_{max} が被験者や垂直荷重によらず 1.0 付近のほぼ一定の値を示すことが分かる。一方、Fig. 5(c)より、粘着物質塗布条件では、荷重の低下とともに摩擦係数 μ_{max} が増加する傾向が見られ、低荷重においては 3.0 を超える被験者もいることが分かる。ここで、摩擦係数 μ と垂直荷重 F_z の関係は次式で表すことができる。

$$\mu = \mu_0 + \frac{F_c}{F_z} \quad (1)$$

μ_0 はクーロン摩擦係数、 F_c は凝着力であり、Fig. 3 における縦軸の切片に相当する。粘着物質では低荷重における凝着力が高く、その結果、低垂直荷重における摩擦係数が高い値を示したと考えられる。また、このことはボールリリースに近いタイミングでより大きな接線力をボールに加えることができる事を示している。一方、ロジン粉末塗布条件では、低荷重における凝着力が小さいため、摩擦係数が荷重によらず一定の値を示したと考えられる。

3.2 MLB 公式球と NPB 公式球における摩擦係数の比較

Fig. 6 に、シームなしの MLB 公式球、NPB 公式球における摩擦係数と垂直荷重の関係、各条件における平均摩擦係数の比較を示す。同図より、MLB ボールは NPB ボールよりも 16.6% (シーム有), 23.1% (シーム無) 低い平均摩擦係数を示す。また、指先の水分量が多い被験者 (たとえば水色プロットの被験者) では NPB 公式球における無塗布条件の摩擦係数が、分かる。以上の結果より、MLB 公式球は NPB 公式球よりも摩擦係数が 20% 程度低いこと、そして素材あるいは構造の変更により、粘着物質を使用せざるを得ることができる可能性が明らかとなった。

4. 結言

MLB 公式球と指先のすべり摩擦において、ロジン粉末塗布条件下の摩擦係数は、無塗布条件に比べて被験者、荷重によらず安定する一方、粘着物質塗布条件下の摩擦係数は平均で 50% 以上増加し、特に低荷重条件において著しく増加することが分かった。また、MLB 公式球は NPB 公式球よりもおよそ 20% 低い摩擦係数を示すことが分かった。

文献

- 1) A. Castrovince: New guidance on foreign substances announced. <https://www.mlb.com/news/mlb-announces-new-guidance-to-deter-use-of-foreign-substances> (accessed Sept. 27, 2021).
- 2) J. Katz, K. Quealy, & T. Kepner: The pitchers whose spin rates fell most after a crackdown on sticky substances. The New York Times. Published July 19, 2021 (accessed Dec. 15, 2021).
- 3) B. Homer: The scientific differences between Masahiro Tanaka pitching in Japan and Major League Baseball. 2014., <https://www.sporttechie.com/the-scientific-differences-between-masahiro-tanaka-pitching-in-japan-and-the-mlb/>. Published July 6, 2014. (accessed Nov. 11, 2021).
- 4) H. Kinoshita, et al.: Finger forces in fastball baseball pitching. Hum. Mov. Sci. 54, (2017) 172–181.

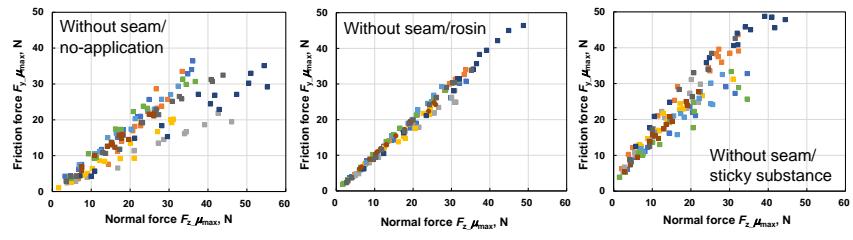


Fig. 3 Relation between normal force and friction force (MLB ball without seams)

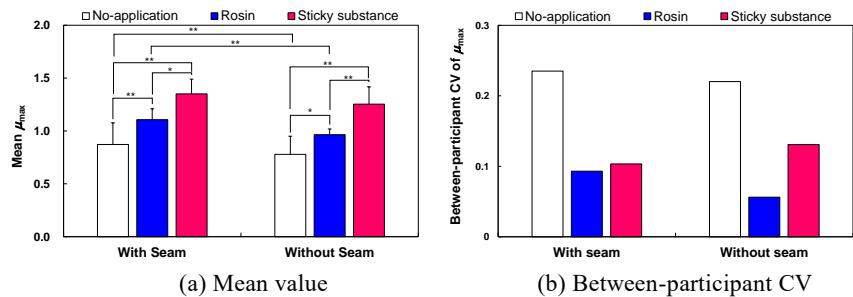


Fig. 4 Mean and between-participant CV of mean μ_{max} , * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

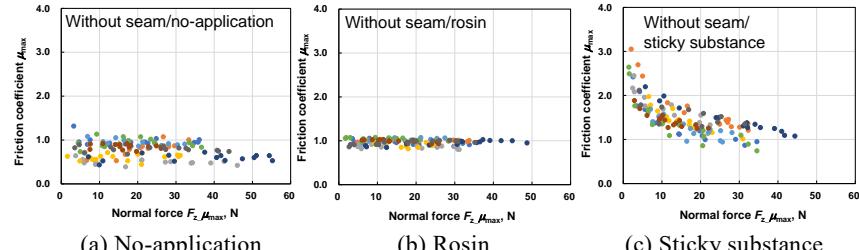


Fig. 5 Relation between normal force and friction coefficient (MLB balls without seams)

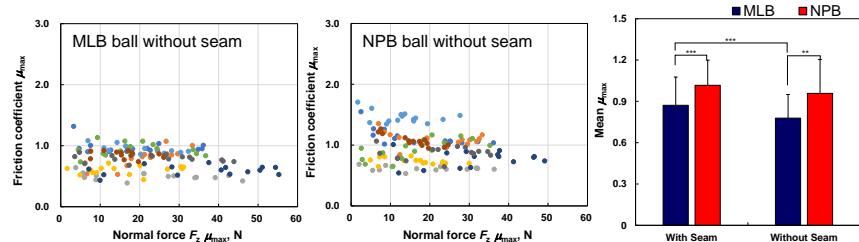


Fig. 6 Comparison of friction coefficient of MLB and NPB balls, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

MLB 公式球における粘着物質塗布条件の摩擦係数 (Fig. 5(c)) よりも高いことも分かる。以上の結果より、MLB 公式球は NPB 公式球よりも摩擦係数が 20% 程度低いこと、そして素材あるいは構造の変更により、粘着物質を使用せざるを得ることができる可能性が明らかとなった。