

卓球ラバーの摩擦特性とその評価手法について

Friction Characteristics of Table Tennis Rubbers and Their Evaluation Methods

株式会社タマス（正）*山田 敬

Kei Yamada

Tamasu Co., Ltd.

1. はじめに

卓球において回転の制御はプレーの質を左右する重要な要素であり、その制御にはラバーとボール間の摩擦が大きく関与している。卓球ラバーには、ボールに強い回転をかけるために使用される高摩擦な「裏ソフトラバー」のほか、回転の影響を受けにくくするために摩擦を極端に抑えた「アンチラバー」と呼ばれる特殊なラバーも存在する。このように、摩擦特性の異なる多様なラバーが競技の中で使い分けられている。中でも、高摩擦ラバーは打球時の滑りを抑え、回転の付与やコントロール性を向上させることから、さらなる摩擦性能の向上が求められている。本発表では、卓球ラバーの摩擦特性を評価する測定手法と、それに基づく摩擦関連の実験的検討について報告する。

2. 実験方法

2.1 摩擦試験

Figure 1に示すように、一般的な卓球ラバーは、表面のゴム層（シート）とその下に配置されたスポンジ層からなる二層構造を有する。本実験では、摩擦試験機（トライボギア TYPE 14-DR, 新東科学株式会社製）を用いて、卓球ボールをラバーのシート表面上に滑らせた際の動摩擦係数を測定した。試験片として、基準品として用いる通常配合のシート（配合 A）および、摩擦特性の向上が見込まれる改良配合のシート（配合 B）を用意し、それぞれに同一のスポンジを組み合わせたラバーを作製した。Table 1に示すように、荷重は一定ですべり速度を3段階に変化させ、サンプル上で測定球を5 cm 移動させた際の動摩擦係数を測定した。各配合2個体の試料に対してそれぞれ2回ずつ測定を行い、得られた値の平均を算出した。

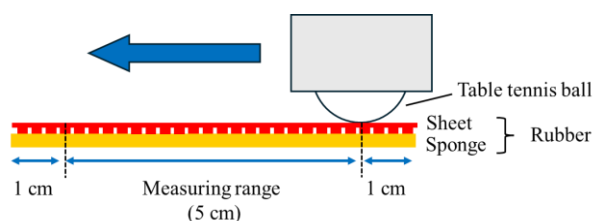


Fig. 1 Schematic diagram of friction measurement

Table 1 Friction measurement conditions

Sample	A (Reference sample), B (Comparison sample)
Load, N	9.77
Sliding speed, $\mu\text{m/s}$	167, 1667, 16667

2.2 ボール衝突試験

アクリル板に固定した卓球ラバーに対して、卓球ボールを所定の角度で衝突させ、跳ね返ったボールの角度を高速カメラにより測定した。接触点においては、ボールの接線方向の運動を抑制する向きに摩擦力が働くため、摩擦力が大きいほど接線方向の速度成分がより減少し、跳ね返り角度が小さくなる傾向があると考えられる。このとき、入射角度が小さいほど、ボールの速度の接線方向成分が大きくなるため、摩擦力の影響が跳ね返り角度により顕著に現れる。そこで、本実験では、入射角度を 15° に設定し、各種ラバーの跳ね返り角度を比較することで、摩擦特性の違いを評価した。その際、発射ボールの荷重および速度については、実際の打球時の条件と一致するように設定した。試験片としては、動摩擦係数測定と同様に、異なる配合 A, B のシートにそれぞれ同一のスポンジを組み合わせたラバーを使用した。さらに、シートの表面粗さがボールの滑りにくさに与える影響を調べるため、Table 2に示すように、表面粗さの異なるフィルムを用いて加硫した3種類のシートを作製し、それぞれに同一のスポンジを貼り合わせてラバーとした上で、同様に入射角度 15° の条件で跳ね返り角度の測定を行った。

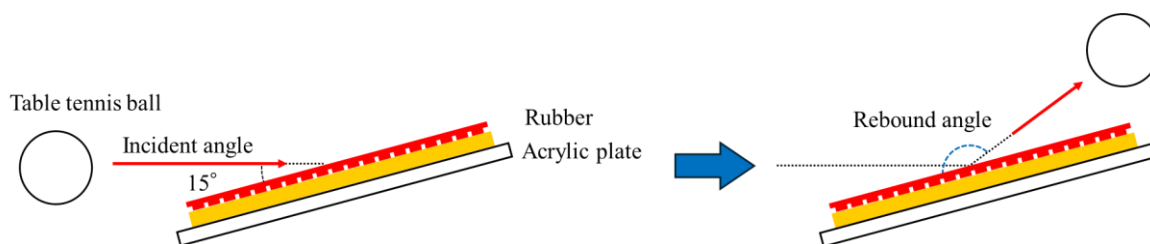


Fig. 2 Schematic diagram of ball impact test

Table 2 Samples of surface roughness modification

Sample	Arithmetic mean roughness (Ra), μm	Gloss value, Gs (60°)
C	1.13	0.7
D	0.53	6.0
E	0.40	46.0

3. 実験結果

Figure 3 の摩擦試験機による測定結果からは、すべり速度が小さいとサンプル A の方が動摩擦係数が大きい、すべり速度が大きくなるとサンプル A, B で動摩擦係数が同程度であることが確認された。一方, Fig. 4 に示すボール衝突試験の結果からは、サンプル B の方が跳ね返り角度が小さくなり、摩擦力が大きいことが示唆された。これらの結果より、摩擦試験機によって測定された動摩擦係数と、実際の打球時に発現する摩擦との間には明確な乖離があることが示された。また、ラバーの種類を知らせずに人が実際に打球するブラインド試打においても、サンプル B の方が「滑りにくい」と評価されたことから、摩擦の大小についてはボール衝突試験の結果と一致していた。また, Fig. 5 に示すように、シートの表面粗さを変化させると、ボール衝突試験における跳ね返り角度が変化することも確認された。

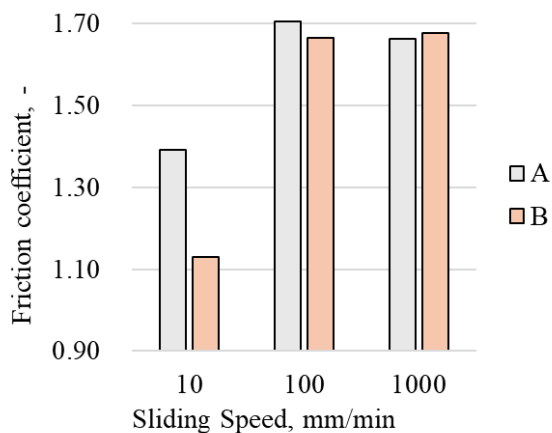


Fig. 3 Dynamic friction coefficient of each sample

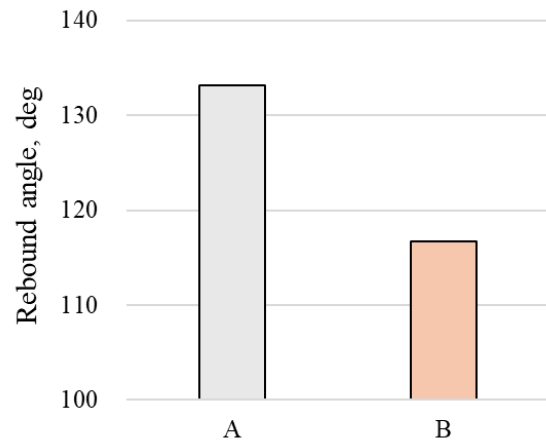


Fig. 4 Effect of rubber formulation on rebound angle

4. 考察

実際の打球時には、約 25 N の高荷重および約 25 m/s の高速度下で急激な変形が生じるため、摩擦試験条件とは大きく異なる環境下で摩擦が作用している。その結果、摩擦試験とボール衝突試験における摩擦の大小に差が生じたと考えられる。一方、試打評価とボール衝突試験の摩擦の大小が一致していたことから、現時点では、ボール衝突試験における跳ね返り角度の測定が、実際の競技環境に近い条件下で摩擦挙動を評価できているといえる。また、ラバーの表面粗さや表面の微細構造がラバーの滑りにくさに影響を与えていることが明らかになり、それらを最適化することでより滑りにくいラバーの開発が可能であることが示唆された。

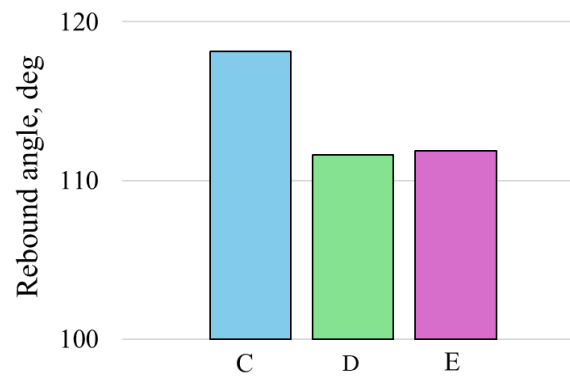


Fig. 5 Effect of surface roughness on rebound angle

5. おわりに

卓球ラバーにおいて、摩擦の高いラバーは打球時の滑りを抑えられるという利点があり、試打においても高く評価されている。これを踏まえ、現在はゴムの配合、粒の形状や配置、表面の微細形状などの最適化を通じて、高摩擦ラバーの開発を進めている。今後は、摩擦をさらに高めるための表面形状の最適化に加え、摩擦に関連する課題として湿気によるスリップの影響にも着目し、湿気に強いラバーの設計・開発にも取り組んでいきたいと考えている。また、現状では、ラバー表面の摩擦評価には、摩擦試験機による動摩擦係数ではなく、ボール発射機を用いてラバーにボールを衝突させた際の跳ね返り角度を指標として用いている。卓球のプレー時には高荷重・高速度下で急激な変形が生じることを踏まえると、このような試験方法によって得られる跳ね返り角度は、実際の競技環境における摩擦挙動をよりの確に反映する妥当な指標であると考えられる。しかし、跳ね返り角度は物性値とは言い難く、定量的な摩擦評価手法としては改善の余地があるため、今後、より適切な評価手法の検討も進めていきたいと考えている。