

卓球のトップスピン・フォアハンドドライブにおける威力指数を 高めるための方略 —中級者1名を対象とした事例的検討—

福留 慶汰^{**}・清水 悠^{***}

Strategies to Enhance the Ball Power Index in Table Tennis Forehand Topspin Drives: A Case Study of an Intermediate Player

Keita Fukutome · Yutaka Shimizu

要 旨

本研究では、卓球中級者1名のトップスピン・フォアハンドドライブを対象に、スピード意識と回転意識で打球した場合におけるボールの威力指数（並進成分と回転成分の運動エネルギーの和）を事例的に検討し、中級者が競技力を向上するための示唆を得ることを目的とした。被験者には、スピード意識と回転意識でトップスピン・フォアハンドドライブを15試技ずつ全力で実施させ、ターゲットエリアに入った各5試技を分析した。ボールスピード、回転量、威力指数、ラケット角度および打点高を比較した結果、スピードを意識した打球では、回転を意識した打球よりも威力指数が大きくなった一方で、トップスピンの回転量が減少し、ラケット角度が小さく、打点高が高くなる動作の特徴が認められた。これらの結果から、中級者においては、威力の向上のみならず、打球の安定性や対戦相手に与える影響を考慮し、回転を含めた打球戦略を構築する必要性が示唆された。

The purpose of this case study was to examine the ball power index—defined as the sum of translational and rotational kinetic energy—during topspin forehand drives performed by a single intermediate table tennis player under speed-focused and spin-focused conditions, and to provide practical implications for performance enhancement in intermediate players. The participant performed 15 maximal-effort topspin forehand drives under each condition, and five successful trials within a predefined target area were analyzed. Ball speed, spin rate, power index, racket angle, and impact height were calculated and compared between conditions. The results showed that speed-focused strokes produced a greater power index than spin-focused strokes; however, they were also characterized by a reduced topspin rate, a smaller racket angle, and a higher impact height. These findings suggest that, for an intermediate player, improving stroke performance requires not only increasing ball power but also considering stroke stability and the effects of spin on the opponent, thereby highlighting the importance of developing hitting strategies that appropriately integrate both speed and spin.

【キーワード：バイオメカニクス、映像分析、ボールスピード、回転量、力学的エネルギー】

1. 背景・目的

卓球の基本的な打法として、利き手（ラケット

ハンド）側に来たボールを打つフォアハンドストロークと、その反対側に来たボールを打つバックハンドストロークが挙げられる。これらの基本的な打法を応用したものがドライブであり、ボール

*京都大学 医学部 人間健康科学科 **島根大学 GSC 受講生 ***島根大学 人間科学部

に大きなトップスピン回転やスピードを意図的に与える攻撃的な打法である（宮崎ら，2024）。このうち，本研究がテーマとしている「フォアハンドドライブ」は，主に3つの場面で使われるとされている（小木と渡辺，2016）。1つ目は，3球目攻撃を行う場合で，自分のサービスから返球されたボールを攻撃的に打ち返す時に用いられる。2つ目は，カット打法から放たれたバックスピン回転のボールを浮かせる場合で，バックスピン回転をトップスピン回転に変える時に用いられる。3つ目は，トップスピン回転とスピードを伴った強いボールを打つ場合で，ラリー中の大きな得点源として用いられる。このように，トップスピン・フォアハンドドライブは，試合で最も頻繁に使用され，得点に結びつきやすい攻撃的かつ威力のある打法である（Malagoli et al., 2018）。そのため，卓球の初心者や中級者は，日頃のトレーニングの中で，「威力のある」トップスピン・フォアハンドドライブが打てるようになることが上級者になるために必要不可欠であると考えられる。

ここで，2022年にESNテクノロジー社によって「SPINSIGHT」という打球の回転量やスピードなどを瞬時に測定するアプリが公開され，プロ選手だけでなく一般の選手の間でも打球の特性を可視化できるようになっている。近年では，「威力王」と称されたタマス社（Butterfly）の宣伝企画で，一流選手が打球したボールのスピードと回転量をもとに，ボールの威力を定量化する試みがある。これは，ボールのスピード（並進成分）と回転量（回転成分）における運動エネルギーの和を「威力指数」として，タマス社が独自に定義したものである。例えば，ボールスピード80km/h，回転量149rpmの場合には威力指数99cJとなるし，ボールスピード79km/h，回転量154rpmの場合にも同様に威力指数99cJとなる。このように，並進と回転の運動エネルギーの和という観点から，ボールの威力を定量化すること，さらには，その威力がスピードによるものなのか，回転量によるものなのかを示すことは，卓球選手がトップスピン・フォアハンドドライブの技術を向上させるために，重要なフィードバック指標になり得ると考えられる。特に，まだ一流選手ではない初・中級者の場合には，一流選手と比べてトレーニングの経験値が浅いため，ボールスピードを高めるトレーニングを優先すべきか，それとも，回転量を高めるトレーニングを優先すべきかを判断することが難しいことが予想される。

本研究の目的は，卓球中級者1名のトップスピン・フォアハンドドライブを対象に，スピード意識と回転意識で打球した場合におけるボールの威力指数を事例的に検討することで，中級者が競技力を向上するための示唆を得ることとした。

2. 方法

2-1. 被験者

被験者は，Y高校の卓球部に所属する1名の男子部員であった（利き手：右，身長：168cm，体重：53kg，年齢：17歳）。使用したラケットはアウトター型（タマス社製，Butterfly）であり，ラバーはハイテンション裏ソフトラバー特厚（タマス社製，Butterfly）を貼付した。本研究の事例選手は，卓球歴が5年以上，かつ，県高校総体シングルベスト16の競技力を有している選手であり，競技歴と戦績から「中級者」と定義した。

2-2. データ収集

被験者には，「スピード意識」と「回転意識」のトップスピン・フォアハンドドライブをそれぞれ6本×3セットほど全力で打球させた。その際，補助者から球出しされた緩やかなトップスピンのボールを返球する際に，50cm×50cmのターゲットエリアを狙わせた（図1）。被験者の主観的内省が4以上（とても悪い：1～とても良い：5），かつ，ターゲットエリアに入った成功試技を5試技ずつ選定した。

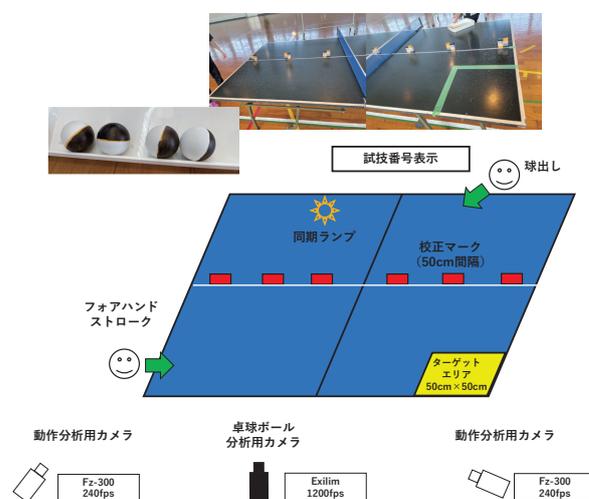


図1 実験設定図

1) ボールスピード，回転量および威力指数

ボールの挙動は，ハイスピードカメラ1台（Exilim Ex-F1 pro，Casio社製，1200fps）を用いて撮影し，ボールスピード（並進運動エネルギー： $1/2mv^2$ ），回転量（回転運動エネルギー： $1/2 I\omega^2$ ）および威力指数（並進と回転運動エネルギーの和： $1/2mv^2 + 1/2 I\omega^2$ ）を5試技ずつ算出した。ここで，ボールの質量（m）は，計量器（KJ-222，タニタ社製）を用いて計量した2.8gを採用した。ボールのスピード（v）は，卓球台の上に50cm間隔に設置した校正マークをもとに

1mの通過に要したコマ数から平均スピードとして算出した(図2)。慣性モーメント(I)は、球殻の厚さを考慮しないモデル($\frac{2}{3}mr^2$)から算出した。ボールの半径(r)は、ノギス(マルチン式人体測定器、竹井機器社製)を用いて計測した直径の半分20mmを採用した。ボールの回転数(n)は、1回転あたりに要したコマ数を映像分析より取得した(図2)。角速度(ω)は、 $2\pi n$ から算出した。



図2 1m通過と1回転あたりに要したコマ数の読み取り

なお、本研究では、ボールのスピードや回転数を映像から精度よく取得するために、白色と黒色が組み合わさった2色ボールを用いた。1mの通過および1回転あたりに要したコマ数は、Quick Time Player ver.7.7.9 (Apple社製)を用いて、1/1200s (0.0008秒相当)で読み取った。

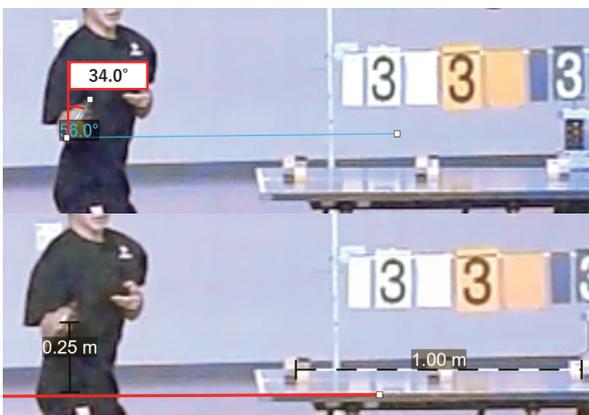


図3 動画分析ソフトを用いたラケット角度と打点高の算出方法

2) ラケット角度と打点高

動画分析ソフト(Dartfish社製)を用いて、イ

ンパクト時のラケット角度および打点高を算出した(図3)。ただし、ラケット角度は、分析ソフト内で、ラケット面が卓球台と水平な状態が 90° 、垂直な状態が 0° として算出されるが、城所ほか(2018)の定義と統一するために、データ取得後にラケット面が台に垂直の状態を 0° 、台に水平の状態を 90° となるように変換した。打点高は、卓球台に設置した校正マーク間の1mをもとに基準値を設定し、インパクト時点における卓球台の上面からラケット中心までの距離と定義した。

3. 結果

表1は、ボールスピード、回転量、威力指数、ラケット角度および打点高における5試技の平均値および標準偏差を示したものである。

ボールスピードでは、スピード意識： 76.4 ± 2.5 km/h、回転意識： 66.1 ± 4.3 km/hであり、スピードを意識して打球した方が、ボールスピードが大きかった。回転量では、スピード意識： 123.2 ± 10.3 rps、回転意識： 136.7 ± 7.5 rpsであり、回転を意識して打球した方が、回転量が大きかった。威力指数では、スピード意識： 85.6 ± 3.7 cJ、回転意識： 74.9 ± 4.3 cJであり、スピードを意識して打球した方が、威力指数が大きかった。ラケット角度では、スピード意識： $25.8 \pm 3.1^\circ$ 、回転意識： $27.7 \pm 1.7^\circ$ であり、スピードを意識して打球した方がラケットの角度が小さい、すなわち、ラケット面が卓球台に対してより垂直であった。打点高では、スピード意識： 0.31 ± 0.08 m、回転意識： 0.16 ± 0.06 mであり、スピードを意識して打球した方が、打点高が高かった。

4. 考察

本研究が事例とした卓球中級者の場合、スピードを意識した打球(85.6 ± 3.7 cJ)の方が回転を意識した打球(74.9 ± 4.3 cJ)よりも威力が大きいたことが明らかとなった(表1)。また、スピードを意識した打球ではボールスピードが大きく、回転を意識した打球では回転量が大きくなるというトレードオフの関係にあった。本研究の結果より、中級者が「威力のある」トップスピン・フォアハンドドライブを打ちたい場合には、よりスピードを意識すべきであることが示唆された。スピードを意識した打球の動作的特徴としては、ラケット角度が小さい、すなわち、ボールの打球方向に対してラケット面が垂直に近い傾向にあるとともに、打点高が比較的高くなることが挙げられた。城所ら(2018)は、一流競技者10名のトップスピン・フォアハンドドライブを分析した結果、ラケット面が過度に開閉せず、進行方向

表1 ボールスピード、回転量、威力指数、ラケット角度および打点高

		スピード km/h	回転量 rps	威力指数 cJ	ラケット角度 deg	打点高 m
スピード意識		77.1	109.1	81.8	24.0	0.41
		72.0	133.3	82.2	27.5	0.23
		77.1	120.0	85.5	21.2	0.34
		77.1	133.3	90.5	28.5	0.24
		78.5	120.0	87.9	27.6	0.34
回転意識		60.0	150.0	72.1	27.0	0.10
		65.5	133.3	72.5	27.9	0.18
		65.5	133.3	72.5	28.5	0.23
		72.0	133.3	82.2	25.4	0.19
		67.5	133.3	75.4	29.9	0.11
スピード意識	平均±偏差	76.4±2.5	123.2±10.3	85.6±3.7	25.8±3.1	0.31±0.08
回転意識	平均±偏差	66.1±4.3	136.7±7.5	74.9±4.3	27.7±1.7	0.16±0.06

に対して比較的垂直に近い状態で高速にインパクトを迎えることが、高い初速度の獲得に寄与すると報告している。そのため、本研究が対象とした中級者の事例においても、同様の力学的原理が打球結果に反映された可能性を示唆している。すなわち、スピードを意識した打球では、意図的または無意識的にラケット面を立てることで、ボールを「押し出す」ようなインパクト様式が形成され、インパクト時のエネルギー損失の低減および進行方向への効率的な力伝達につながっており、結果として高い威力指数が得られた可能性が示唆される。

しかし、ラケット面を立てることは、相手コート内へ適切に返球することが難しくなるリスクを伴う可能性がある。ラケット面が垂直に近い状態でボールと直衝突した場合、高いボール初速度の獲得に寄与するが、回転量が小さくなるため、打球後のボールは直線的な軌道を描きやすい(図4)。一方、回転を意識したトップスピン・フォアハンドドライブでは、ラケットを下から上へ振り上げるブラッシング動作により、ボールにトップスピン回転を付与することで、弧を描くような打球軌道を形成しながら返球することが強調される(城所ほか, 2018)。本研究において、スピードを意識した打球では、トップスピンの回転量が減少する傾向が認められており、その結果、打球が相手コート内に収まらないリスクが高まる可能性があるため、実践においては注意が必要であると考えられる。

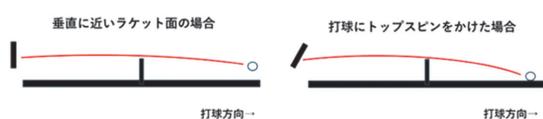


図4 異なる打球の軌道のイメージ図

他方、トップスピン量の多いボールは、バウンド後の球質にも大きな影響を及ぼす。上島(2014)は、ボールの回転数が4000rpm(約66.7rps)を超える場合、バウンドを通じて回転数が21.7%減少する一方で、水平方向の速度が7.2%増大することを報告している。これは、卓球台との接触時に生じる摩擦力によって、ボールの回転エネルギーの一部が並進運動エネルギーへと変換されるためである。その結果、強いトップスピンの付与されたボールは、回転の少ないボールと比較して、バウンド後に推進速度が増大するとともに、より低い弾道を描きやすくなると考えられる。また、Kidokoro et al. (2025)は、卓球ラリー中のボール挙動を分析し、トップスピン回転数が110rpsを超える場合、対戦相手に到達するまでの時間が有意に短縮されることを報告している。この知見は、高いトップスピン回転が、バウンド後の推進速度を高めるだけでなく、対戦相手に与えられる反応時間を直接的に制限することを示している。さらに、城所ら(2018)が示したインパクト局面における回転生成の重要性と併せて考えると、回転を意識した打球では、初速度やバウンド前の威力指数が必ずしも高くなくとも、対戦相手の準備時間を短縮するという競技的優位性を有する可能性がある。すなわち、バウンド後の挙動や対戦相手側の時間的制約を含めた場合、回転量の多い打球は、初速度のみから評価される「威力」とは異なる側面の優位性を有すると考えられる。本研究では、ボールの「威力」をバウンド前のボール挙動に基づいて定義しているため、バウンド後の速度変化や弾道特性を含めた対戦相手の主観的な「威力」の知覚とは、必ずしも一致しない可能性がある。今後は、バウンド後のボール挙動を含めて統合的に評価することで、卓球における「威力」の多面的理解が可能になる

と考えられる。さらに、単に威力を出そうと過度にスピードを意識して打つと、特に打点高の高さから、対戦相手にボールの軌道や球質が予測されやすくなることも戦術的なデメリットになり得ると推察されるため、注意が必要となるだろう。

このように、スピードを意識することで打球の威力指数を向上させることは可能であるが、返球の安定性が低下することや、球質が対戦相手に予測されやすくなるといった、実際の競技場面ににおける問題点を伴う可能性がある。ここで、卓球台におけるクロス方向への打球は、ストレート方向への打球と比較して飛距離が約 39.6cm 長くなるため、ボールがコート内に収まる可能性が高いと考えられる。そのため、威力の向上と返球の安定性の両立を図るうえでは、スピードを意識した打球を、よりクロス方向への打球に応用することが有効であると示唆される。また、本研究では、スピードを意識した打球では回転量が小さくなり、回転を意識した打球ではボールスピードが小さくなる傾向が認められた。この点に関して、城所ほか (2018) および Kidokoro et al. (2025) の知見を踏まえると、ボールスピードと回転量の双方を高い水準で発揮するためには、打球時の短期的な意識操作に依存するのではなく、ラケットスピードそのものを高めることを目的とした長期的トレーニングが重要であると考えられる。

5. 結論

本研究では、卓球中級者 1 名のトップスピン・フォアハンドドライブを対象に、スピード意識と回転意識で打球した場合におけるボールの威力指数を事例的に検討した。その結果、スピードを意識した打球では、ラケット角度が小さく、打点高が高くなる傾向を伴いながら、回転を意識した打球よりも威力指数が大きくなることが示された。一方で、スピードを意識した打球はトップスピンの回転量が低下する傾向にあり、返球の安定性の低下や、バウンド後に「低く速く伸びる」球質を形成しにくくなる可能性、さらに対戦相手に打球軌道や球質が予測されやすくなるといった競技上のデメリットを伴うことが示唆された。中級者においては、単にスピードあるいは回転のいずれかを強調するのではなく、スピードを意識した打球をクロス方向へ応用するなど戦術的条件を考慮するとともに、短期的な意識操作に依存せず、長期的視点に立ってスイングスピードの向上を目的としたトレーニングを継続的に行うことが重要であると考えられる。

謝辞

本研究は、2023-2024 年度の「島根大学グローバルサイエンスキャンパス (GSC) 事業」として遂行されました。本活動をサポートしてくださった島根大学の松田みゆき先生、山本達之先生および関係者の皆様に厚くお礼を申し上げます。

参考文献

- 上島慶 (2014) 卓球競技における競技力向上のための技術および戦術に関する研究. 新潟大学大学院博士論文.
- 城所収二, 稲葉優希, 吉田和人, 山田耕司, 尾崎宏樹 (2018) 異なる打撃局面における一流卓球競技のフォアハンドトップスピンストロークの特徴: 初速度の大きなインパクトを生み出すインパクト. バイオメカニクス研究, 22(4), 152-166.
- Kidokoro, S., Inaba, Y., Yoshida, K., Yamada, K. and Ozaki, H. A. (2025) Topspin rate exceeding 110 rps reduces the ball time of arrival to the opponent: a table tennis rally study. *Sports Biomechanics*, 24(3), 778-794.
- Malagoli Lanzoni, I., Bartolomei, S., Di Michele, R. and Fantozzi, S. (2018) A kinematic comparison between long-line and cross-court top spin forehand in competitive table tennis players. *Journal of Sports Sciences*, 36, 1-7.
- 宮崎孝一郎, 大庭昌昭, 佐藤悠樹, 和久井健吾, 牛山幸彦 (2024) 男子大学生卓球選手のフォアハンドドライブに関する実践知. *アプライドスポーツサイエンス*, 49-63.
- 小木智映子, 渡辺輝也 (2016) 初心者を対象とした卓球におけるフォアハンドドライブの新しい段階的指導法の開発. *スポーツパフォーマンス研究*, 8, 284-301.