

「ふく」現象の解明

～ふく現象と回転数の関係について～

D組 渡辺 匠真 小野 克月 照井 秀

武田 涼真 菅原 幹太 斉藤 流生

1. 研究の動機と目的

卓球やソフトテニスでは通常、ボールにトップスピンをかけてボールを沈ませる。しかし、ソフトテニスではトップスピンをかけているにもかかわらずプレイヤーの意図に関係なく飛距離が伸びてしまう「ふく」現象というものがあり、このような現象がなぜ起こってしまうのか疑問に思ったため研究を始めた。

「ふく」現象とはプレイヤーの意図にかかわらず飛距離が伸びてしまう現象であり、雨の日やコートが濡れているときに起きやすいとされる。

高橋 (2014) によると、水の有無にかかわらず乾いたボールと濡れたボールのどちらもふいた。また、乾いたボールと濡れたボールのどちらの条件でもふいた時の方が回転数が大きいことが明らかにされている。

以上のことから、ふく現象に水の有無は関係ないのではないか。ふく現象は回転数の変化によっておこるのではないかと仮説を立てた。

2. 研究方法

今回はふく現象の回転数のみに着目して考えるため、テニスボールを打った時の回転数の記録から「ふく」現象と回転数の関係を明らかにする。さらに、ボールをモーターに固定し形状の変化も見えていく。

3. 研究内容と結果

実験1 ボールの回転数とふく現象の関係

実験1 では実際にボールを打った時の回転数について調べる。

CASIO EXILIM EX-F1のハイスピードカメラを使い1200fpsで、打った時のボールの動きを撮り、そこからVBOOSTERというアプリを利用し、撮影した動画をさらに0.1倍速にして回転数を計測する。このときボールに十字のマーカーを入れる。二台のカメラでネット付近のボールの軌道と全体を撮り、ふいたかどうか、その時どのような動きをしたかを確認する。試行回数は60回とする。

S=スロー時の1回転の秒数

$$S \times 0.1 \times 10 \times \frac{1}{1200} = t$$

$$\frac{1}{t} = 1\text{秒あたりの回転数}$$

図1 回転数を求める式

実験結果

表1 実際の回転数一覧

ふいた	ふかない	26.32	28.57	
27.27	30.76	28.67	27.77	
37.49	21.40	34.48	35.71	※回転数を調べられたものは52回
37.49	20.33	33.33	34.18	
50	21.05	41.66	50.63	
47.61	36.36	51.00	35.71	ふいた回数
31.25	35.29	34.48	27.77	14回
50.00	28.57	24.69	26.66	ふかなかった回数
37.03	29.41	37.03	41.66	
35.71	26.32	38.46		38回
52.63	27.03	37.68		
51.00	33.33	34.48		
47.61	27.03	40.00		
35.71	22.73	28.57		
37.38	17.86	38.46		

表2 回転数のグラフ (ふいたもの)

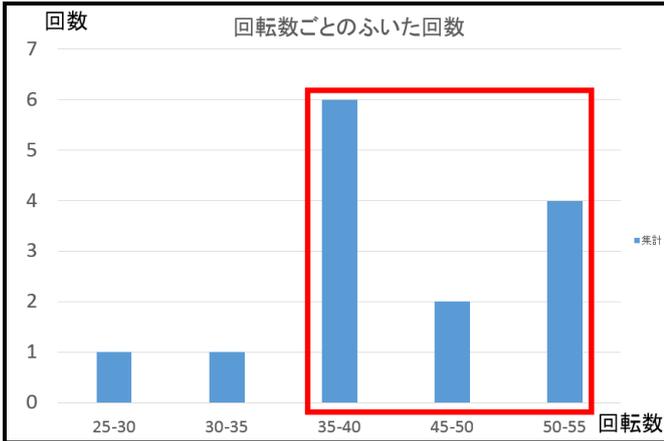


表3 回転数 (ふかなかったもの)

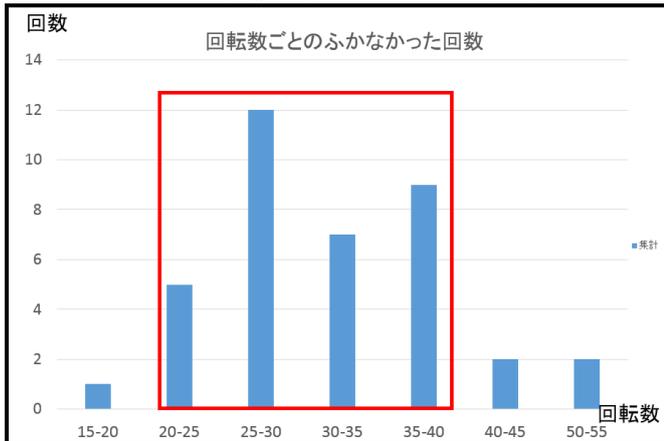


表4 実際に打ったときの回転数

	回転数の最大	回転数の最小	回転数の平均
ふいた球	52.63	27.27	41.30
ふかない球	51.00	17.86	31.99

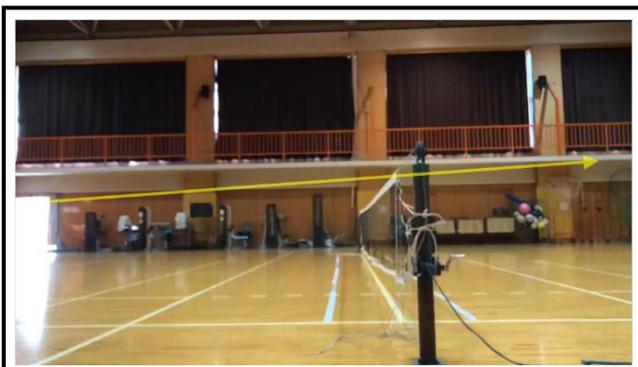


図2 ボールの軌道 (ふいたもの)



図3 ボールの軌道 (ふかなかったもの)

実験1の反省として、ふいたかどうか打った人の感覚になってしまう点、できるだけ打つ人には同じように打ってもらったが、誤差が出てしまう点、回転数を計測する機材がないため目算になってしまう点があげられた。しかし、試行回数が少ないため今回は出てきた数値を使って考えていく。

実験1からは、平均を見ると考察のとおりふいたボールの方が回転数が大きかったこと(表4参照)、ふいた時のボールのネット付近の軌道がふかなかったものより上がっていたことがわかった。(表5、6参照)しかし、最大値で見た場合ほぼ同じ値である上、グラフの値を見てもふいた回転数とふかなかった回転数で値が重なっているところがあるため何故ふかなかったものがあるのか分からなかった。(表2、3参照)

実験1だけではふく現象を説明できないことが分かった。そのため、回転数の影響を受けやすいボールの形の変化についても調べることにした。

実験2 回転数によるボールの形状の変化
 実験2では、回転数によるボールの変化について調べる。発泡スチロール板にモーター(RS-380PH)を貼り付け固定し、モーターに十字線が入ったテニスボールを刺して回転数操作盤(TOMIX N-600)を1から10目盛りまで変化させる。回転数ごとのボールの形を調べ、そこから断面積を計算する。

表5 回転数と断面積の関係

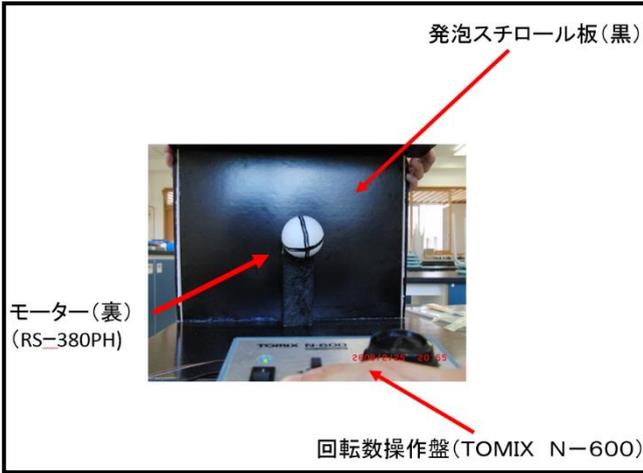


図4 実験器具画像

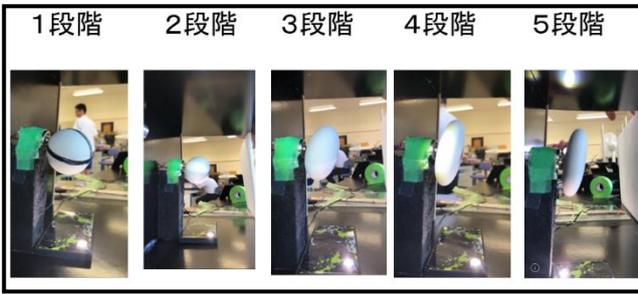


図5 実験中のボールの変化（1～5段階）

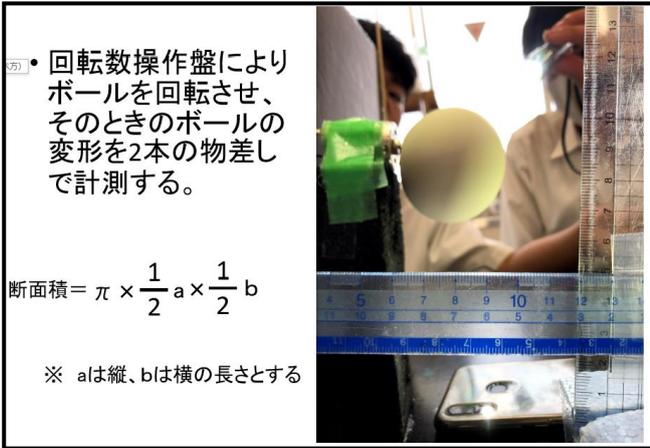


図6 ボールの断面積の計測方法

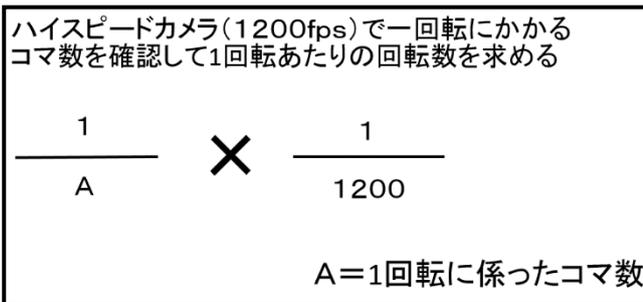
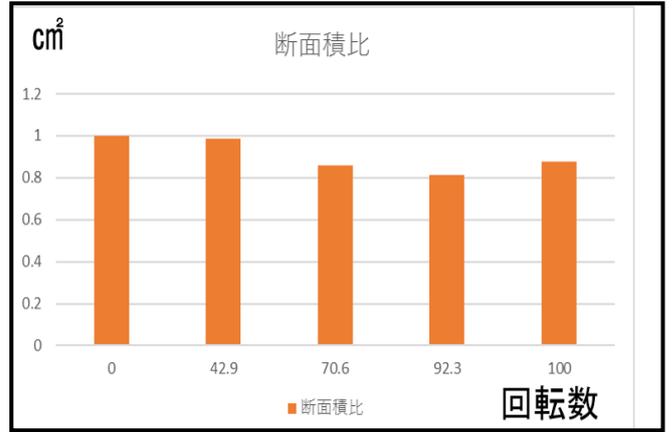


図7 ボールの回転数の計算方法と式



各断面積から空気抵抗にはおもに慣性抵抗と粘性抵抗のふたつがあるが、今回の実験結果より、ボールが速く、粘性の小さな流体となったため、慣性抵抗の影響が大きいと考えられる。

実験2の反省として固定する点が片軸のみだとぶれてしまう点、回転数を上げていくと空回りして止まってしまふ点があげられた。

実験2から回転数が大きくなるほどボールが縦に伸び、横に縮んだこと、ボールがある一定の回転数から急激に変化したこと(図5参照)、回転数が大きくなるほど断面積が元の1よりも小さくなっていることが分かった。(表5参照)

4. 考察とまとめ

実験1よりふいたボールのほうが回転数は多い傾向にある。実験2より回転数が大きくなるとボールに変形が生じ、断面積が減少することで慣性抵抗の大きさが減少している。以上のことより回転数が増加すると、慣性抵抗が減少することで、ボールがあまり減速しなくなるために、ふく現象が起きていると考えた。

結論として、今回の研究では、回転数のみで考えてきたためふく現象の完全な解明には至らなかったが、ふく現象は回転数が大きくなったことによりボールの形が変化することによって発生する可能性が高いといえる。

5. 今後の課題

今回は回転数のみで考えてきたため、他のふく要因であるボールの速度や表面の状態などについても調べていきたい。そこから空気抵抗やマグナス効果の影響も調べていきたい。さらに、水の有無は、ふく現象自体には関係ないがふく現象が起きる確率には関係してくるため、ふく現象がどのくらいの確率で起こるものなのかも調べていきたい。テニスでふく現象が解明できた場合、野球などのふかせることによって有利になる他のスポーツにも流用することができるかもしれないため研究を進めていきたい。

6. 引用、参考文献

高橋 佑貴子（2014）「ソフトテニスの打球における特異的な挙動のメカニズムの分析」早稲田大学スポーツ科学部卒業研究要旨集

https://www.waseda.jp/tokorozawa/kg/doc/20_ronbun/2014/1K10C241.pdf