

添付資料 過去の
けた硬式テニスボールは無回転の放物軌道よりも下に下がる。しかしソフトテニスボールは上がる軌道になるときがあるのでどうしてその現象が起こるかを研究する。自作した装置を使い回転している硬式テニスボールとソフトテニスボールの周囲の空気の流れや風速を調べ比較した。結果現象が起こる条件にはボールの回転数と周囲の風速が関係していることがわかった

There is a phenomenon where under the influence of top spin hard tennis balls generally go down while soft tennis balls often rise. This research examines how the deformation of the ball effects the flow of air around the ball. We recreated the effect with a motor, made a wind tunnel, and then measured the wind speed around the tennis ball. When hard tennis balls were spun at 56rps and 90rps, the wind speed under the tennis ball was 1m/s faster than over the balls. But with soft tennis balls, wind speed over the balls was 0.5m/s than under at 56rps. When the number of revolutions was raised, the difference increased and at 90rps, the difference was close to 1m/s. Therefore, we think deformation of the ball and rotation number are related to the phenomenon.

【研究動機・目的】

班員の1人が小学生の時硬式テニスを1年間していた。その時は遅いボールでも早いボールでも順回転をかけて打つと必ず下に下がっていた。中学生になり、ソフトテニスを始めた時、ほかの人が打つボールの中には不思議な軌道を描いているものがあつた。彼も練習し、順回転のボールを打てるようになったが何回も打っているうちに不思議な軌道になるときがあつた。それは本来順回転ならばボールの軌道は下に下がっていくものとなるはずなのに関わらず上に上がってしまうというものだった。そこで、硬式では起こらなかったこの現象がどうして起こるのか不思議に思い研究することにした。

実際にソフトテニスをしている人に聞いてみるとこの現象が起こって困っている人は多いようだ。よってこの現象の理由が分かることでソフトボールをしている人々がより楽しくプレイでき、選手の実力向上にもつながるのではないかと考える

【仮説】

通常順回転をかけたボールが下に下がる軌道を描くことは、ベルヌーイの定理より下側の風

速が上側の風速が大きくなることで下向きの力が働くということでは証明されている。しかし、ソフトテニスボールには硬式テニスボールと違い特有の軟らかさがある。そこで私達は回転をしたときにソフトテニスボールが変形するためボールの周囲の空気の流れが変わるため力の向きが変わるのではないかと考える。

【実験器具】

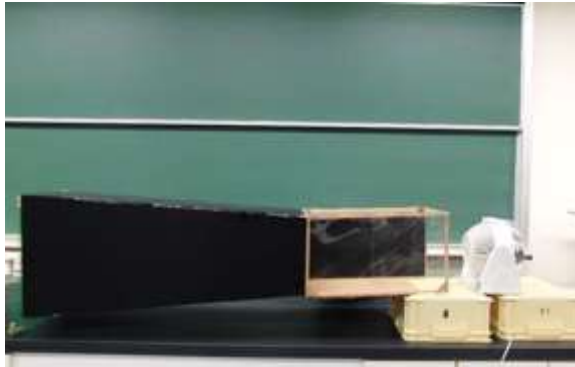
ソフトテニスボール、硬式テニスボール、風洞装置、ハイスピードカメラ、霧発生装置、線香、モーター、電源装置、風速計、送風機、スタンド



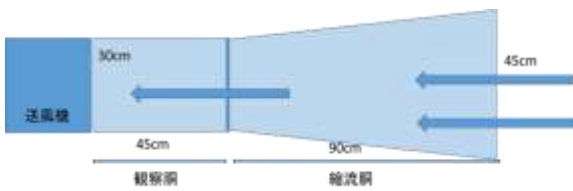
【実験準備】

私たちは実験の中で気流の変化を確認したい

と考えた。そこでまず風洞装置を自作することにした。



自作した風洞装置



風洞装置内の気流を整えるために短く切ったストローをつなげフィルターの代わりとした。また、周囲の空気を可視化するために風洞装置内に流す煙は霧発生装置と線香の煙で検討し霧発生装置の煙では量が多すぎて見にくくなってしまうという理由から線香を採用した。

【実験方法】

(実験 1)現象の確認

まず実際にソフトテニスボールが実際に上に上がるという現象が起こるということを確認した。ソフトテニスボールと硬式テニスボールを実際に打ってハイスピードカメラで撮影した。さらに確認したボールの形状を、モーターの軸をソフトテニスボールの空気入れ用の穴に差し込みモーターを回転させることで再現した。

(実験 2)気流の変化確認

風洞装置内に煙を流し、順回転をしているソフトテニスボールの周囲の空気の様子を上側と下側に設置し可視化して観察した。可視化したものをハイスピードカメラで撮影をした。

(実験 3)回転数の測定

ボールの回転をよりわかりやすくするため線を入れた。次に実際に上に上がる現象が起きているときのボールと、起っていないときボールをそれぞれ 50 回ずつ打ち、それをハイスピードカメラで撮影した。さらにその動画をコマ送りにして全ての回転数を測定した。

(実験 4)ボールの変形

ボールの縦と横を定義し、ソフトテニスボールが回転することによる形状の変化が現象関係しているのかを観察する。ソフトテニスボールを各電圧で回転させ、ソフトテニスボールの縦横の長さを計測した

(実験 5)風速の計測

ソフトテニスボールと硬式テニスボールをそれぞれ回転させ、上下の風速を風速計で、5 秒ごとに 12 回計測し、その平均をとってグラフ化した。その時、ボールと風速計の間の距離を 1 cm にした。

【結果と考察】





順回転をしているソフトテニスボール 順回転のボールの通常の軌道(A)と上に上がる軌道(B)

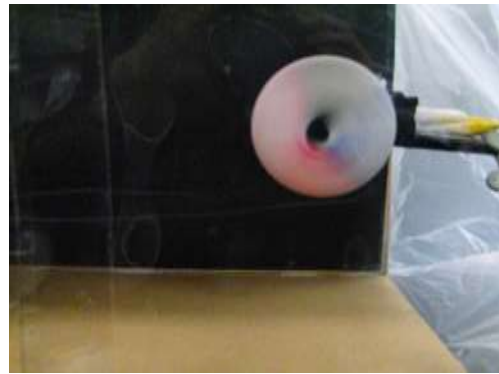
実際に順回転でソフトテニスボールを打つことで、上に上がる軌道を描くことが確認できた。また、ハイスピードカメラでそれを撮影し順回転をしているときのボールの形状が分かった。

実験 1 結果



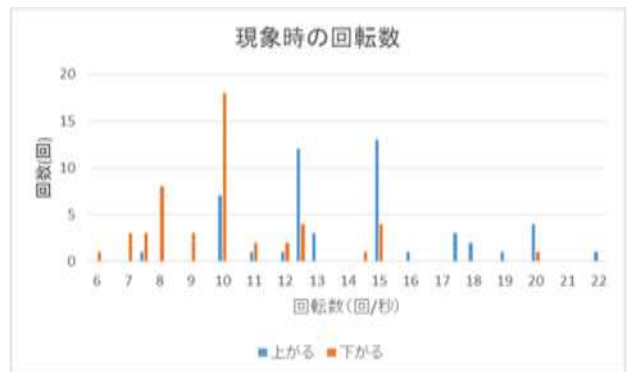
再現したソフトテニスボール 撮影で確認したボールの形状を、モーターを用いることで再現した

実験 2 結果



煙で可視化した上側の空気の流れ(上)と下側の空気の流れ(下)

線香の煙を見てみると上側の煙は巻き上げられていることが分かった。さらに下側の煙も上向きに流れていくということが分かった。これら2つのことから上に上がる現象が起きているときのソフトテニスボールの周囲の空気の流れは全体的に上向きになっていることがわかる。これではボールの進行方向は下向きとなってしまう現象は起こらない。私たちは現象の起こる原因はほかにあると考え次の実験に移った。

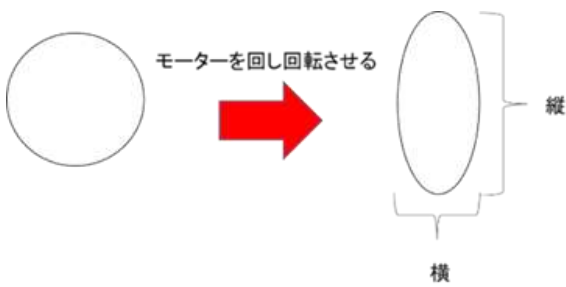


実験 3 結果

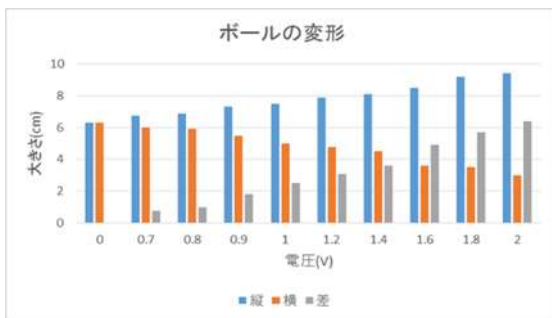
ソフトテニスボールの回転数

上に上がる現象が起きているときの方が起きていないときより、回転数が多いことがわかった。平均の値を見てみると起きているときの回転数は毎秒約 14.2 回起きていないときは毎秒約 10.2 回となり毎秒約 4 回の差が出ていることがわかった。このことから現象が起きるのには回転数が関係していることが分かった。

実験4 結果



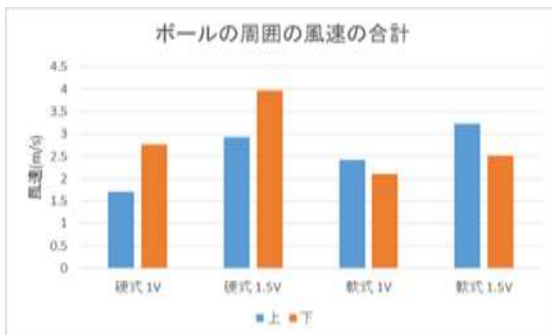
ボールの縦横について



ボールの変形について

回転数が上がるとボールの縦が大きくなり横が小さくなることが分かった。

実験5 結果



ボールの上側、下側でそれぞれ風速を計測した。硬式テニスボールでは常に下側の風速が大きくなっているということがわかった、さらに軟式テニスボールでは下側の風速は上側よりも小さくなっている。また軟式テニスボールモーターの電圧が1Vのときは上下の風速の差が小さいことから逆転し、硬式テニスボールと同じ軌道になるときがあるのではないかと考えられる。

7まとめ

実験5より上に上がる現象が起きるための条件には回転数が増えることと、周囲の風速が大きくなることと関係しているとわかる。

さらに実験4の結果から回転数の増加からボールの形状の変化も関係しているとわかる。追加実験として具体的な回転数や風速の数値を測定し詳しく条件を特定することがあげられる。

【コメント】

部活動中に不思議に思った現象をとらえ、自分たちのオリジナルな研究としているところが良かった。流体力学はやはり高校生には程度が高いが、知っている知識の中で、よく議論し、考えていた。実験器具を作るのに時間がかかったが、今後本校で活用できるものもあるため、後輩のために道を作ってくれた研究でもある。

【参考文献】

[http://hamakazuchan.la.coocan.jp/tennis/\(1\)force%20on%20tennis%20ball.pdf](http://hamakazuchan.la.coocan.jp/tennis/(1)force%20on%20tennis%20ball.pdf)
ベルヌーイの定理について