

サービスエースをとれるフローターサーブの 軌道と速度の関係を見出す

2509 大江誠路 2619 中久保侃

本実験の目的は、バレーボールのフローターサーブの速度と軌道の関係を見出すことである。事前調査より、ボールの変化に関連する空気抵抗の値は速度に比例することが分かった。よって、ボールの初速が速ければ速い程ボールの軌道変化が大きくなる、という仮説を立てた。実験ではサーブを何本も打ち、回転数が一回転未満かつ速度が計測されたもののみを記録として扱い、軌道を図示した。その結果、速度が速ければ速い程ボールが綺麗な弧を描かずに落下することが分かった。また、速度から空気抵抗を求める式を用いることで、ボールの軌道の変化が速度と比例の関係にあることが分かった。

1. 目的

相手がレシーブしづらい軌道と速度の関係を見出す。

※サービスエースをとれるサーブ

…相手にできる限り近い位置で大きく変化すればするほどレシーブしづらくなるとする。

2. 仮説

ボールの初速が速ければ速い程空気抵抗が大きくなり、ボールの軌道の変化が大きくなる。

理由は、空気抵抗は一般的に速度 V または V の二乗に比例するから。

3. 器具, 場所

- ・カメラ (スマートフォンの機能を使用)
- ・速度測定器 (スマートフォンの機能を使用)
- ※周囲 65~67 cm 質量 260~280 g 直径 21cm
空気圧 0.300~0.325 kg f/cm²
- ・実験場所…恵那高校第2体育館

4. 方法

- ① 器具を配置した。(図1)
- ② スタンディングでサーブを打ち、カメラで撮影した。その中で無回転のサーブのみを分析に用いた。
- ③ 速度, 減速率, 空気抵抗を算出し、カメラで撮影した軌道を図示した。

・空気抵抗を求める式

(Clift and Grauvin より)

$$C_d = 24 / \{Re\} (1 + 0.15Re^{0.687}) + \{0.42\} / \{1 + 4.25 \times 10^3 Re^{-1.16}\}$$

※ $Re < 3 \times 10^5$

$$F = 12 C_d \rho A u^2 \quad (A = \pi d^2 / 4 : \text{球の投影面積})$$

$Re = \rho u d / \mu$: レイノルズ数

ρ : 流体密度

u : 速度 {球と周囲流体との相対速度}

d : 球の直径,

μ : 粘性係数

レイノルズ数とは流体の慣性力 (流体の運動量) と粘性力 (流れを抑制する力) の比を表す無次元であり、流体解析を実施する前に層流・乱流の検討をつけるために利用される。一般的に Re と表記される。

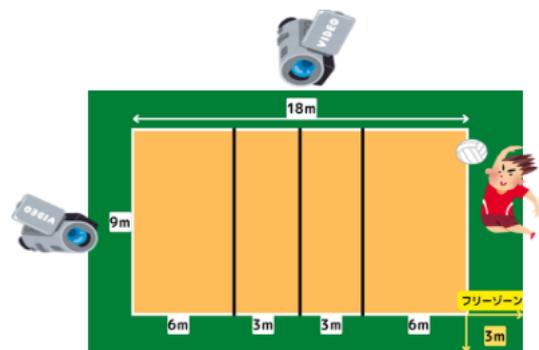


図1 実験模式図

5. 結果

表1 速さと減速率

回数	1	2	3	4	5	6
速さ (km/h)	42.9	54.1	57.7	70.1	63.1	51.6
減速率	×	×	11.4	12.0	9.6	6.6
	7	8	9	10	11	12
	37.1	47.3	54.9	59.6	59.2	49.3
	×	×	7.4	8.6	9.5	×

※減速率…(終速÷初速)×100(%)

×…計測できなかった

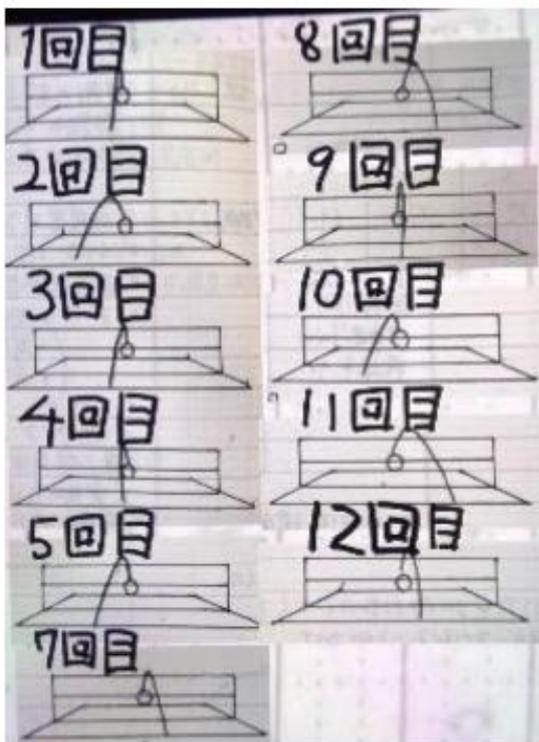


図2 正面から撮影した軌道の様子

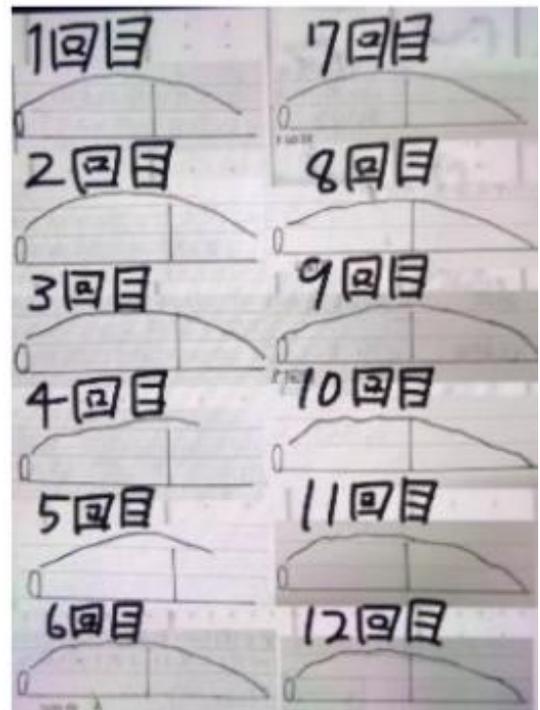


図3 横から撮影した軌道の様子

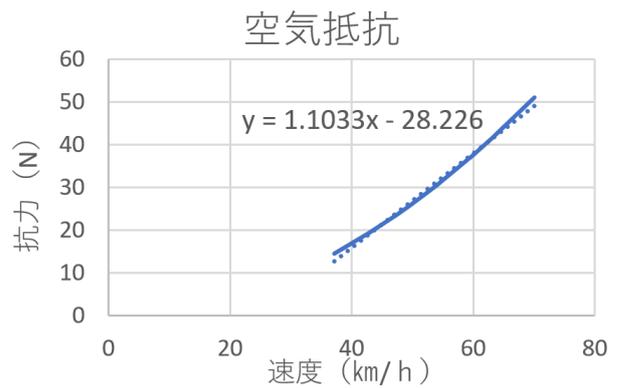


図4 速度と空気抵抗の関係



図5 速度 40 km台のボールの軌道



図6 速度 50 km台のボールの軌道

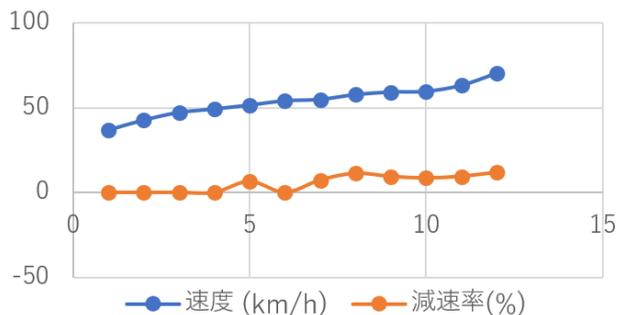


図7 速度と減速率の関係

6. 考察

「ボールの初速が速ければ速い程ボールに加わる空気抵抗が大きくなり、若干上下に不規則に変化する」と考えられる。何故なら、図5と図6を比較すると、速度50km台のボールの軌道の方が速度40km台のボールの軌道より弧に沿わずに鋭く落下しており、軌道の変化を予測しづらいためである。それに加え、図4から初速度が大きければ空気抵抗が大きくなるのが分かる。

よって今回の実験からは仮説は正しかったと言える。ただ、これ以外の速度帯でのボールの軌道と空気抵抗は計測・記録出来ていない上、そもそも実験の試行回数が少なすぎるため、まだ仮説が完全に正しかったとは言えない。

また、ボールの空気抵抗が大きければ減速率も大きくなり、ボールの軌道にも影響を及ぼしやすくなると予想し、実験では減速率も記録した。しかし、図7のように、減速率の結果が正確に出ず、相関を求められなかった。終速が正確に計測されなかったことが原因だと考えられる。

7. 展望

- ① 今回の実験では実験の試行回数が少なく、結果の信頼性に欠けるため、より多くのデータを収集する必要がある。より正確な軌道の変化と初速との関連性を求めていきたい。
- ② バレーボールではモルテン球だけでなくミカサ球も公式試合で使用されるため、両方のボールで実験し、違いを比較する。

- ③ 自分達で直接サーブを打つと、力の大きさや角度等の条件を細かく揃えることが難しい為、発射装置を用いて実験する。
- ④ 次回以降の実験では減速率の結果にもこだわらず、初速度や抵抗力、ボールの軌道変化との関連性を見つけ出す。

8. 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導いただいた佐々木先生を始めとする物理担当の先生に感謝の意を表します。

9. 参考文献

- ・「フローターサーブの飛翔軌道とバレーボールの空力特性」川上悠太郎, 水澤卓斗, 岡永博夫 (https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsmeshd/2017/0/2017_B-23/_article/-char/ja) (最終閲覧日:23年4月19日)
- ・「わかりやすい高校物理の部屋」 (<http://wakariyasui.sakura.ne.jp>) (最終閲覧日:23年5月24日)
- ・「空気抵抗を運動方程式から解析する高校生から味わう理論物理入門」 (<https://manabitimes.jp/physics/1931>) (最終閲覧日:2023年5月25日)
- ・「球体の空気抵抗と抗力定数」 (https://slpr.sakura.ne.jp/qp/supplement_data/drag_coefficient_air/drag_coefficient.pdf) (最終閲覧日:2023年9月13日)
- ・「球の抗力係数の計算/科学技術計算ツール」 (<https://cattech-lab.com/science-tools/sphere-cd/>) (最終閲覧日:2023年9月20日)