



テニスにおけるボールの回転とバウンド後の伸びの関係

小林悠奈, 小松孝達郎, 中島由佳, 中原弘樹, 指導教諭 勝家康太郎先生

伊那北高校 理数科 課題研究 物理4班

緒言

テニスではいかんにして相手のミスを誘うようなボールを打つかが日々議論されている。ミスを誘うショットの一つとしてボールにトップスピがかかったショットがあげられる。このショットはバウンド後に速度が上がり、伸びるショットとして知られているがまだ科学的なデータにより考察されていない。

➡ 1バウンド目までの飛距離を D_1 , そこから2バウンド目までの飛距離を D_2 とし,本研究では $\frac{D_2}{D_1}$ を“伸び”と定義する。

目的

回転数 R , 初速度 v , 打ち出し角度 θ を測定し特に回転数と伸びとの定量的な関係を明らかにする。

空気抵抗, 摩擦, 回転数などを無視した時の

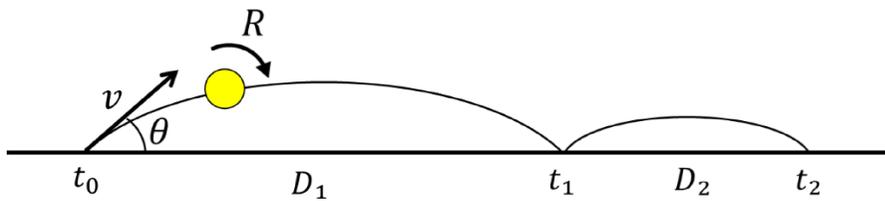
$\frac{D_2}{D_1}$ (伸び)の理論値 (e : 反発係数)

$$t_1 = \frac{2v \sin \theta}{g}, \quad t_2 - t_1 = \frac{2e v \sin \theta}{g}$$

$$D_1 = v \cos \theta t_1 = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g}$$

$$D_2 = v \cos \theta (t_2 - t_1) = \frac{ev^2 \sin 2\theta}{g}$$

よって $\frac{D_2}{D_1} = e$ が成り立つ。



➡ 伸びは理想的な場面では初速度と打ち出し角度に影響を受けない。実際の放物運動で高回転域のボールでは回転数が大きくなることによって伸びがどうなるのかを調べたい。

考察

・①, ③より, $R \rightarrow \frac{D_2}{D_1}$ 大

しかし, 対照実験ができていないため定量的な考察はできなかった。

・②, ④より,

I, θ と $\frac{D_2}{D_1}$ 負の相関あり II, v と $\frac{D_2}{D_1}$ 正の相関あり
III, IとIIの両方。

・⑤の要因として,

空気抵抗, バウンド時の摩擦, 南からの向かい風などによる減速を考慮していないためと考えられる。

今後の課題

仮説: θ 大 \rightarrow 摩擦大, 伸び小

実験方法:

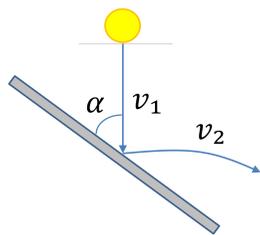
・実験室でボールを板に自由落下させる。

・バウンド前後の速さの変化を見る。

このとき板の傾きに相当する

入射角 $\alpha \rightarrow$ 打ち出し角度 θ に相当

v_2/v_1 を摩擦による影響と見なす。



結論

- 1.実際のテニスのような高回転域の放物運動で, 回転数が大きくなるとバウンド後の伸びが大きくなる。
初速度と打ち出し角度にも原因不明の相関があったため定量的な回転数と伸びの関係はわからなかった。
- 2.理論的なボールの運動とは異なり, 打ち出し角度や初速度によってもバウンド後の伸びは変化する。
- 3.今後の実験により 2の原因を探ることが課題である。

仮説と実験手順

仮説1: 回転数や摩擦, 空気抵抗を考えず計算すると θ, v は無関係

仮説2: R が大きいほど $\frac{D_2}{D_1}$ が e より大きくなる $\rightarrow R$ と $\frac{D_2}{D_1}$ に正の相関

無回転 $\frac{D_2}{D_1} = e$ 回転あり $\frac{D_2}{D_1} > e$



実験: 伊那北高校ソフトテニス部のテニスコートで行った。

1, ボールをトスし, 一定の打点でコートに打ち込む。

2, ハイスピードカメラ(カシオZR1000: 1000fps)でボールの初速度, 打ち出し角度, 回転数を撮影する。

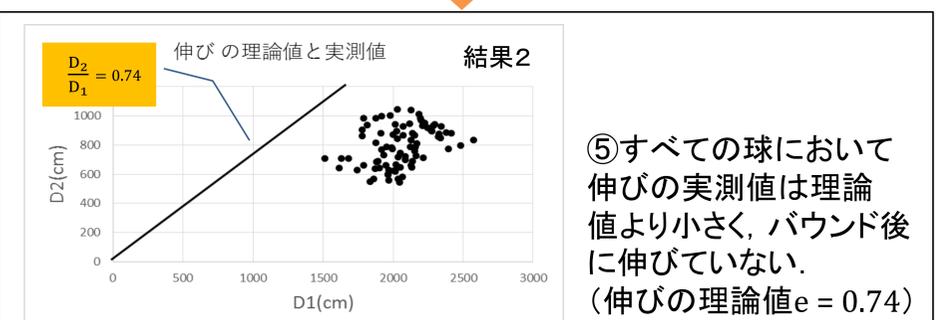
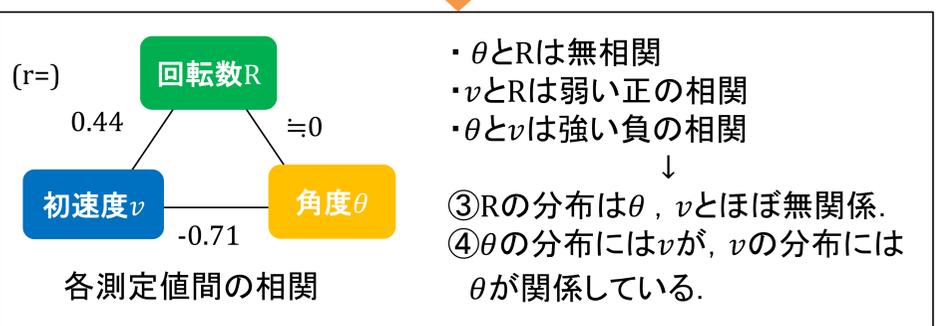
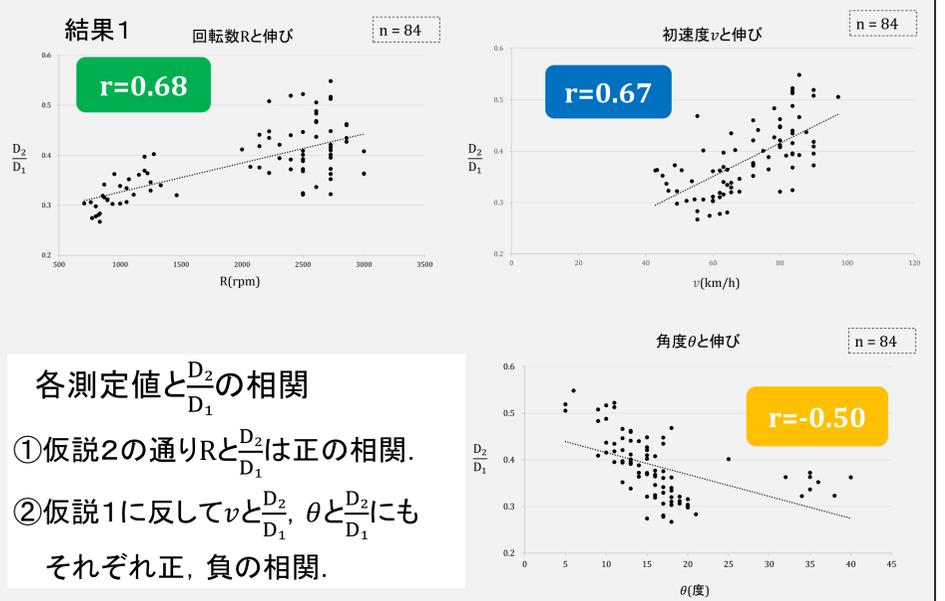
3, 撮影データをパソコンに取り入れ動画解析ソフトkinoveaを用いてスロー再生し, 上記の物理量を計算する。



反発係数の測定

ボールを10球自由落下させ $e = \sqrt{\frac{h_2}{h_1}}$ を用いて反発係数の平均を求めた。
 $e = 0.74$

実験結果



以上から

回転数大

初速度大

打ち出し角度小

ボールの伸びが大きくなる