

Blenderでのテニスボールの軌道シミュレーション

シミュレーションを利用し多面的な視点から「最も効果的なショット」を追求する

山田健太

研究動機

自分がテニス部でテニスボールの軌道について知りたいから
どのような要因で軌道が変わるのか
もっとも効果的な軌道について
ガットの種類による軌道変化

研究目標

ラケットの進入角度の変化によるボールの変化を明らかにする
ボールの軌道の変化を明らかにする(blenderによる軌道可視化)
ボールにおける回転を最大、空気抵抗を最小にする方法を考える
もっとも効果的なボールを定義しシミュレーションをもとに吟味する

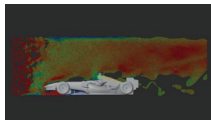
Blenderとは

3DCG制作に必要な機能を網羅したソフトウェア



物理演算機能もその一つです。物理演算とは、現実の物理現象を再現することで、よりリアルな表現を可能にする機能のことです

ソフト内で物理的な物体の動きを計算し物理シミュレーションを可能にする



Blenderでは流体、剛体、クロスシミュレーションを行える

← Blenderでの空力シミュレーション (剛体シミュレーション+流体シミュレーション)

“最も効果的”の定義

テニスにおいて打ち返しにくいボール

→「重いボール」

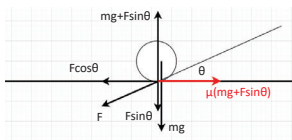
重さ...物体の運動エネルギー(K)

$$K = \frac{1}{2}mv^2 (m:質量 \ v:速度)$$

ボールの質量(m)は一定なのでボールの運動エネルギーが大きい場合というのは、すなわち、ボールの速度(v)が大きい場合

v(速度)に影響を与えるもの

- ①ボールの初速
- ②ボールがバウンドする際の入射角



入射角 θ が小さいほど $\sin\theta$ は小さくなる

摩擦力 $\mu(mg+F\sin\theta)$ は小さくなる

* θ が小さくなるほど $\sin\theta$ は小さくなる ($0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ の時)

- ③ボールの回転

回転数が多いほど速度の減少は抑えられる

研究手法

3DシミュレーションソフトのBlenderを用いる

- ①トップスピン



ラケットをモデリングし打球のシミュレーションを行う

テニスには大きく2種類の回転が存在する

- ②ドロップスピン

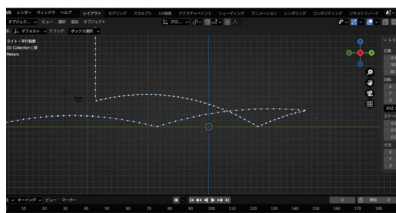


→トップスピン、ドロップスピンの再現

実験結果①

トップスピンでの回転は進行方向へ回転がかかる

一度着地したら着地後にさらに回転がかかりスピードも増す



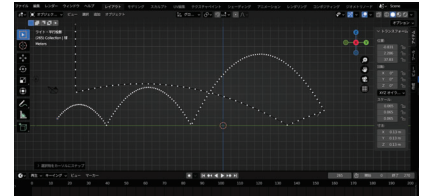
考察①

【トップスピンでのシミュレーション】

上からラケットを進入させることでトップスピンを再現
またラケットの進入角度を深くすればするほどの回転はかかるが、コートには入らない
進行方向に回転がかかる

実験結果②

- 軌道が高くなる
 - 進行方向とは逆回転がかかる
- ↓
- 1バウンドするまでの距離が短くなる



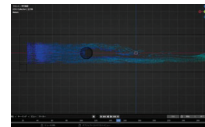
考察②

【ドロップスピンでのシミュレーション】

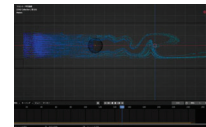
ラケットを下向きに進入させるとドロップを再現できる
またトップスピンとは逆向きの回転がかかっていることが確認できた
トップスピンとは違いボールの軌道は高くなった

実験結果③

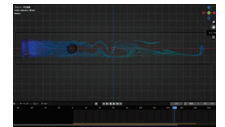
【空気抵抗の計測】



動きなし



トップスピン

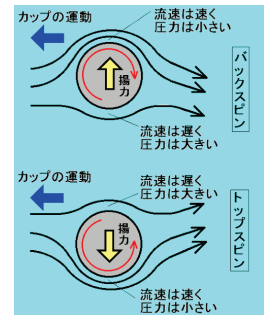


バックスピン

考察③

実際のバックスピンのボールにかかる空気抵抗の動きと今回の実験では結果が異なる

↓
原因究明が必要



結論・今後の展望

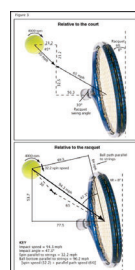
ラケットの縦と横の成分(移動距離)とボールの軌道の変化

ラケット自体に回転を与える

→ラケット進入角度を計算、表にまとめる(xyz軸での三次元での角度計算)

カルマン渦とマグヌス効果

三次元での角度の算出

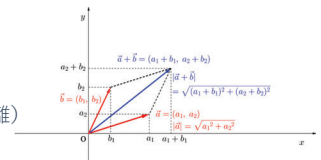


・オイラー角...

オイラー角とは、三次元ユークリッド空間中の2つの直交座標系の関係性を表現する方法の一つ。

オイラー角の算出には行列の知識が必要
→習得の難易度が高い

↓
ラケットの進入角度と二次元での角度算出による軌道の変化を測る



【参考文献】

・「重いボール」の正体 - テニスコーチ平野のBLOG (ih-tennis.jp)

・「Blender3.0」リジッドボディ(剛体)を使ってみよう！【物理演算】 | CGbox