

無回転ボールの初速度と変化パターン Effect on initial velocity on a no-spin ball in volleyball

児玉 拓巳 橋本 拓海 藤田 将晃
KODAMA Takumi, HASHIMOTO Takumi, FUJITA Masahiro

1 研究目的

バレーボールやサッカーボールは無回転で打つことで不規則な変化をすることが知られている。私たちはその現象に興味を持ち、どのような条件が無回転ボールの不規則な変化に影響を与えるのかを調べ、バレーボールのプレーに活かせるデータをとることを研究目的とした。風洞実験やピンポン球を使って正確に変数を制御して解析する方法も考えたが、プレーに活かすデータをとるため実際にバレーボールを使用し実験した。

2 先行研究

- ・サッカーのナックルボールにおける非定常流体力 (筑波大学 浅井教授)
- ・Analysis of the swing motion on knuckling shot in soccer (筑波大学 浅井教授)
- ・Flow structure of knuckling effect in footballs (筑波大学 浅井教授)

無回転ボールについては、筑波大学の浅井教授がサッカーボールを用いてボールの縫い目や蹴り方と変化の関係を調べられていたがバレーボールについての研究はなかった。またカルマン渦やベルヌーイの定理が関係していることがわかった。

3 予備実験

私たちが特に関係していると考えたカルマン渦の再現を行った。浅底の水槽に水を張り墨汁を垂らし、墨汁を指で動かしカルマン渦の様子を可視化できるようにした。指を動かす早さは、適当な早さとより早いものの2パターンで行った。



図 1



図 2

図 1 は、指を適当な早さで動かした時の様子である。綺麗な渦ができています。

図 2 は、指をより早く動かした時の様子である。図 1 のように綺麗な渦ができず墨が水面に広がった。このことからカルマン渦ができる条件にあう適当な早さが存在していることが分かった。

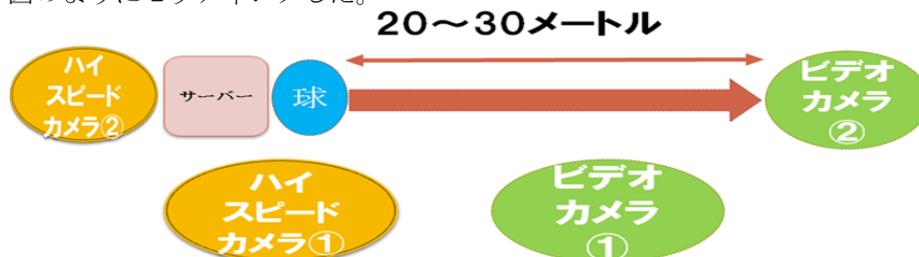
4 仮説

予備実験よりカルマン渦ができる条件に速度が関係していると仮説をたて、無回転ボールの変化を生むのに適当な速さが存在すると考えた。

またボールの縫い目のどこを打つかと変化パターンにも相関があると考えた。

5 実験方法

体育館にて下図のようにセッティングした。



・ビデオカメラ①

ボールの軌道が全て見える位置に設置し、ボールの伸びと落ちの変化を撮影する。



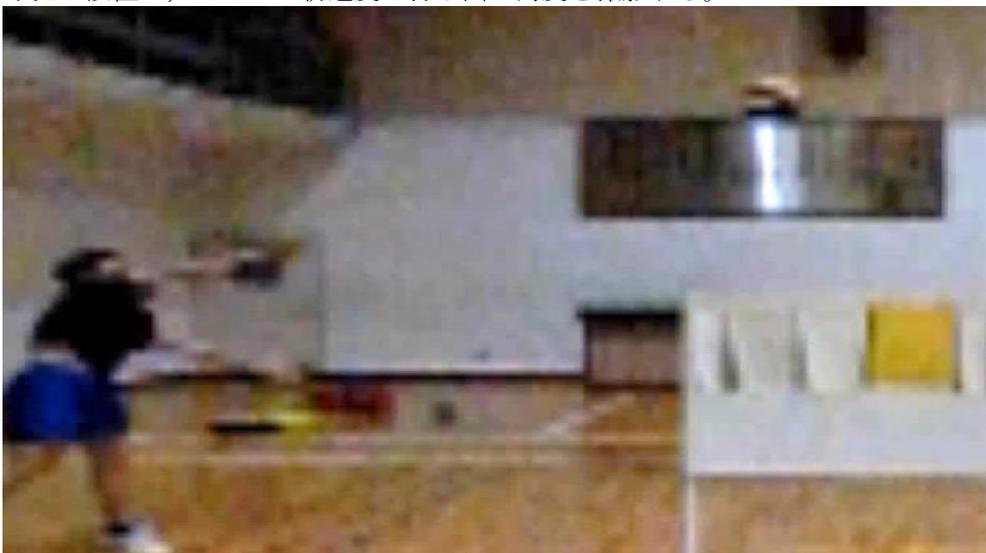
・ビデオカメラ②

ボールの着地点に設置し、ボールの左右のブレを撮影する。

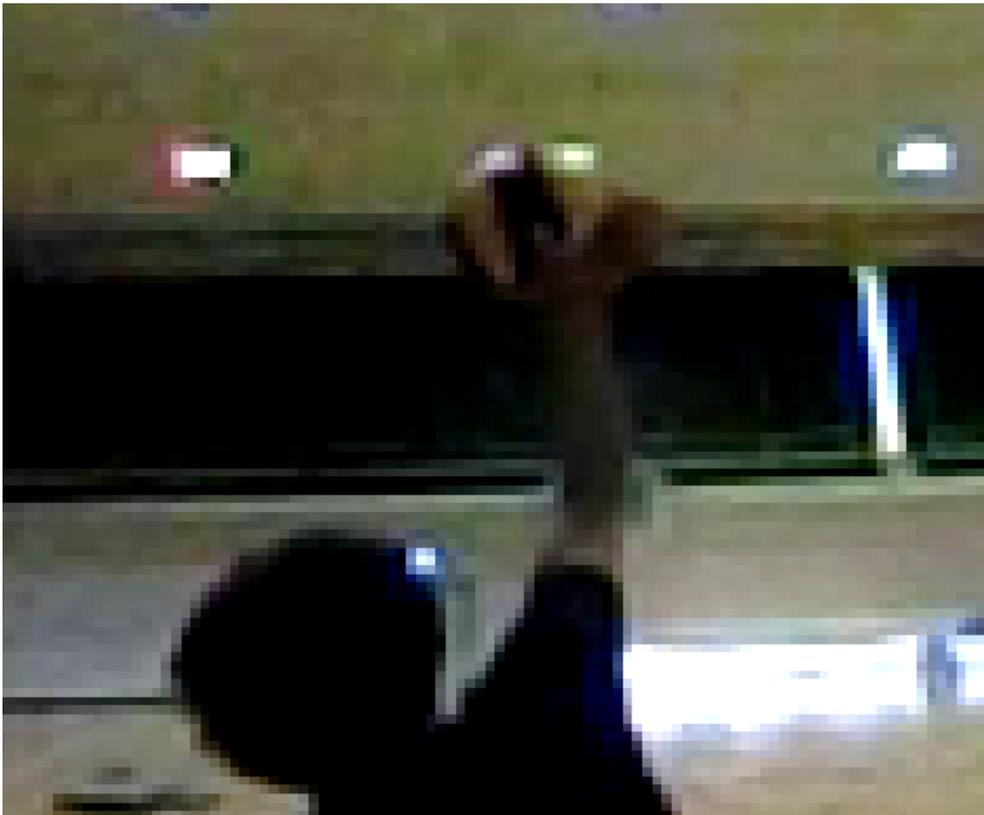


・ハイスピードカメラ①

サーバーの手元に設置し、ボールの初速度と打ち出し角度を撮影する。



- ・ハイスピードカメラ②
サーバーの背後に設置し、ボールの打ち出した面を撮影する。



6 解析方法

<無回転ボールの定義>

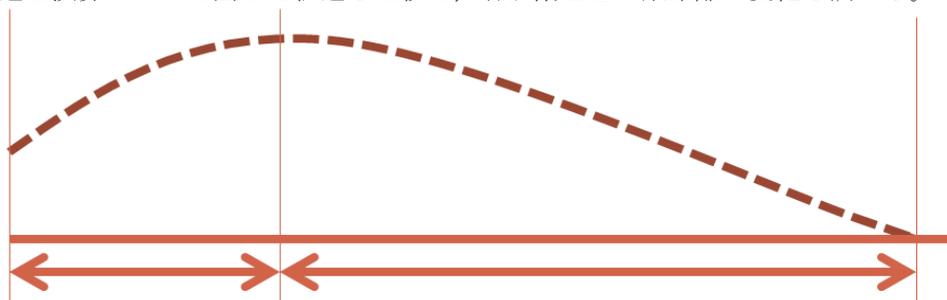
1コマ 1/480 秒のハイスピードカメラで 24 コマとり、その間にボールの回転が半回転以内のものを無回転ボールと定義した。

<初速度の求め方>

ハイスピードの動画を 1/480 秒でコマ送りし、ボールが手に触れてから 3 コマ後から測定を始め、24 コマとることで初速度を調べる。3 コマ後から測定を始めた理由は、2 コマではボールが手から離れてなくて、ボールが変形しているように見えるからだ。24 コマとる理由は、 $24/480=1/20$ 秒となり調べやすくなるからだ。

<ボールの伸びと落ちの解析 ビデオカメラ①>

- ① 撮影した動画を 1/60 でコマ送りし、パソコンの画面上にビニールをつけ、軌道をプロットする。
- ② ボールの軌道を、打ち始めてから最高点までの第一段階と、最高点から着地点までの第二段階に分ける。
- ③ 同じ初速度、打ち出し角度の軌道を演算ソフトで出し、同じように段階分けをする。
- ④ 実際の軌道と演算ソフトで出した軌道を比較し、各段階ごとに飛距離の変化を調べる。



第一段階

第二段階

<式>

第一段階

$$x = m/k \times \log |(kt/m) - C1| + C2$$

$$C1 = -1/v \cos \theta$$

$$C2 = m/k \times \log(v \cos \theta)$$

$$y = \sqrt{mg/k} \times \log |\cos \sqrt{ky/m}(t - C3)| + C5$$

$$C3 = \sqrt{m/kg} \times \tan^{-1}(\sqrt{k/mg} \times v \times \sin \theta)$$

第二段階

$$x = m/k \times \log |(kt/m) - C1| + C2$$

$$y = \sqrt{mg/k} \times t + m/k \times \log |1 - e^{-2\sqrt{k/m}(t - C4)}| + C6$$

$$C5 = -\sqrt{mg/k} \times \log |\cos \sqrt{kg/m} \times C3|$$

$$t - C4 = 1/2 \sqrt{m/kg} \times \log |v - \sqrt{mg/k}/v + \sqrt{mg/k}|$$

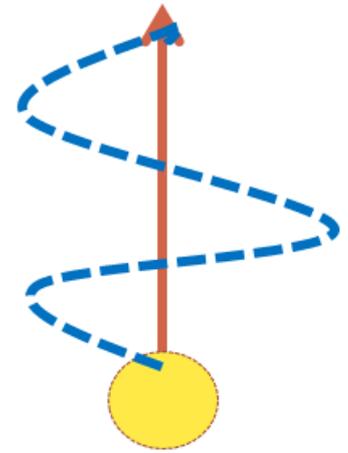
k : 粘性係数 $C1, C2, C3, C4, C5, C6$: 積分定数 v : 初速度 θ : 打ち出し角度

m : ボールの質量 t : 打ち始めてからの時間

<左右のブレの解析 ビデオカメラ②>

私達ははじめ、ボールが打ち出した方向から左右にぶれた距離を調べようとした。しかし、ボールがビデオカメラから離れた位置でぶれたとき、ビデオカメラの映像上では正確な距離を調べられないため断念した。

そこで、打ち出した方向を軸とし、左右に動く順番を調べた。



7 実験結果

ビデオカメラ①での解析は式を演算ソフトで表示することが難しかったため、現在解析を進めている。

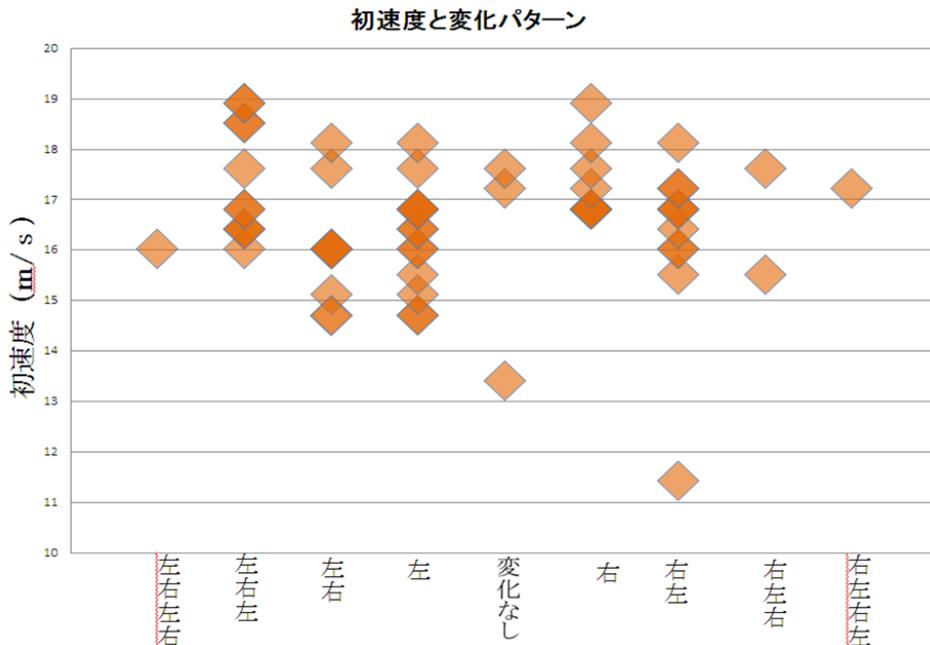
ボールの縫い目とボールの変化パターンには相関は見られなかったなので縫い目を考慮せずグラフを作った。

変化パターン：左 左に曲がり落ちたもの

右 右に曲がり落ちたもの

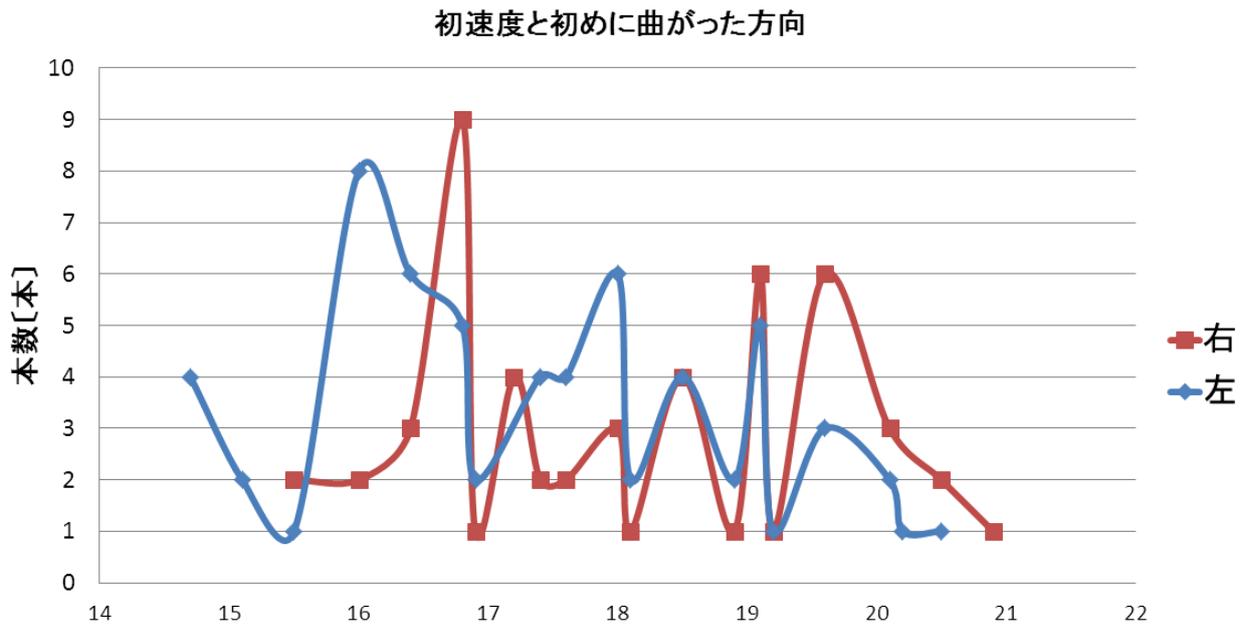
左右 左に曲がり次に右に曲がり落ちたもの

<グラフ①>



このグラフから、初速度と初めに曲がった方向には関係がありそうだったので、さらにデータを増やしグラフを作った。

<グラフ②>



グラフ①より、変化なしのパターンは極端に少なく、無回転で打つとほとんどのボールが変化していることがわかった。グラフ②より、初速度が 16m/s 付近でははじめに左に曲がり、17m/s 付近では右へ曲がる傾向がみられた。また、全体としては左から曲がる変化が多かった。

8 考察

今回の実験では、ボールの縫い目と変化パターンに相関は見られなかったが、サッカーにおける先行研究やバレーボールプレイヤーとしての経験則から相関があると考えられるため今後は実験データを増やし解析を進めたい。

また全体的に左から曲がる変化が多いのは、無回転ボールを打った人が右利きであることが関係していると考えられる。この仮説を確かめるには、左利きのバレーボールプレイヤーに無回転ボールを打ってもらって実験を行う必要がある。

9 結論

バレーの試合で打つ範囲の初速度と変化パターンには何らかの関係がある。また、この度の課題研究の成果として、変化パターンと初速度やボールの縫い目との関係を調べるための実験方法のひとつを確立することができた。