

イチローの球の軌道を再現するには

2521 武井健 2623 丹羽祐人 2634 宮川優樹 2640 William Flynn Williams

要旨

私たちは、レーザービームと呼ばれるイチローの投げる球の軌道を自分たちで再現することは可能であるかどうか結論づけることを目的とした。それを達成するために、球の大きさや速さなどが球の軌道にどのような影響を与えるのか実験して調べた。また、投げられた球の揚力の公式を用いて、どのような条件であればイチローの投げる球を再現できるのか吟味し、自分たちでも条件次第で彼の球を投げられることが分かった。

目的

日本で最も活躍した野球選手の一人であるイチロー。彼はレーザービームと呼ばれる、重力に逆らって上に浮き上がるような軌道の球を投げるが、私たちは自分たちでもその球の軌道を再現することが可能であるか疑問に思った。そこで、私たちはイチローの球の軌道を再現できる条件を明らかにすることを目的とした。

実験1

この実験では球が浮き上がる原因の一つだと考える球の大きさが、軌道の変化にどのような影響を与えるのか調べた。

仮説

私たちは球の大きさに注目した。過去にドッジボールをしていたとき、投げているソフトバレーボールの軌道が多少ではあるが上に浮くようなものであったからだ。この経験から球が大きければ投げられた球は浮き上がるような軌道になると考えた。

使用した道具

- ・ソフトバレーボール（大きい球）
- ・ソフトテニスボール（小さい球）
- ・カメラ

実験の手順

- ・2つの球を可能な限り同じくらいの速さで投げる。この時に球の軌道をカメラで撮影する。
- ・映像を見て2つの球の軌道を確認し、球の大きさの違いによる軌道の相違点を調べる。

結果

ソフトテニスボールは浮き上がることなく沈んでいく軌道であった。それとは対照的に、ソフトバレーボールは重力に逆らって浮き上がるような軌道であり、図1のようにイチローの球の軌道を再現できた。



図1：ソフトバレーボールの軌道

考察

結果から、大きな球は小さな球に比べて浮きやすいことが考えられる。

しかし、この実験は球の投げ方にばらつきがあ

る、球が完全に同じ速さでないなど、実験方法が曖昧であったために、大きな球の揚力はどのくらいなのか具体的な値は分からなかった。

そこで、具体的な数値や再現できる条件を調べるために投げられた球の揚力の公式（以下：揚力の公式）を用いることにした。それは次の実験にも関係があるので、イチローの球再現への吟味（25 - 3, 4）にまとめてある。

実験 2

この実験では球が浮き上がるもう一つの原因だと考える球の速さが軌道の変化にどのような影響を与えるのか調べた。

仮説

私たちは球の速さに着目し、球が速いほどより高く浮き上がる軌道になる、つまり、球の揚力が大きくなると考えた。球の滞空時間が長くなり、飛距離も伸びるので、揚力の大小は飛距離の大小で判断することにした。

使用した道具

- ・軟式野球ボール
- ・ピッチングマシン
- ・メジャー
- ・コーン
- ・いす
- ・物差し
- ・筆記用具
- ・カメラ
- ・ガムテープ

実験の手順

- ・図 2 のようにピッチングマシンの前にいすを置き、その上に物差しをガムテープで貼り付けたコーンを置く。（図 2）
- ・ピッチングマシンで球を 20 球、それぞれ速さを変えて水平投射し、それをカメラで撮影、飛距離を記録する。この時の速さ（初速度）は物差しの長さとその通過した時間の商から求める。
- ・速さと飛距離から球の速さと軌道の関係を調べる。



図 2：設置した実験器具

結果

この方法では、速さを求めるために用いる物差しが小さすぎて、映像から正確な速さ（初速度）を求めることができなかった。

そこで、分かりやすいように球が 10m を何秒で通り過ぎるのかを調べ、それから速さを求めることにした。そのため、実験器具も図 3 のように設置した。2 つのコーンの間が 10m である。



図 3：新たな実験器具の設置方法

結果 (2)

	秒速 [m/s]	移動距離 [m]
1	19.231	13.1
2	18.868	12.5
3	21.277	16.6
4	20.833	14.5
5	22.222	17.8
6	22.222	18.4
7	24.390	19.2

8	24.390	19.9
9	25.000	21.8
10	25.641	21.6
11	26.316	22.5
12	26.316	22.2
13	27.777	21.8
14	28.571	23.2
15	29.412	23.1
16	29.412	22.5
17	30.303	23.9
18	29.412	21.2
19	30.303	21.8
20	32.258	20.9

図4：実験のデータ

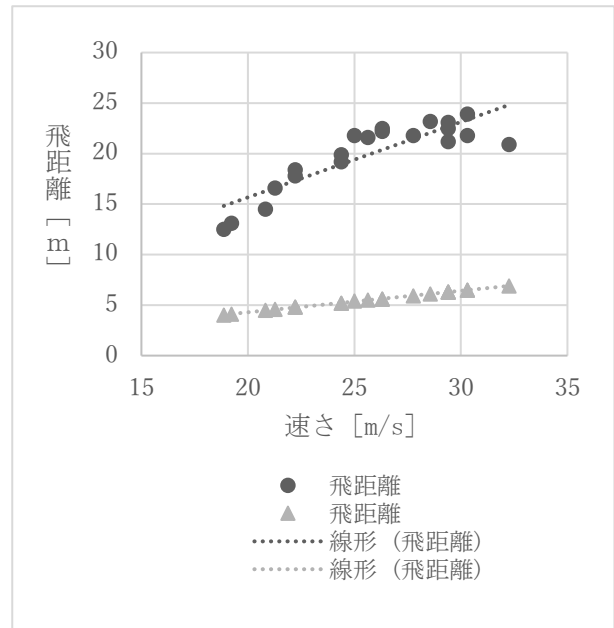


図6：実験のデータ●（上）と理論値△（下）

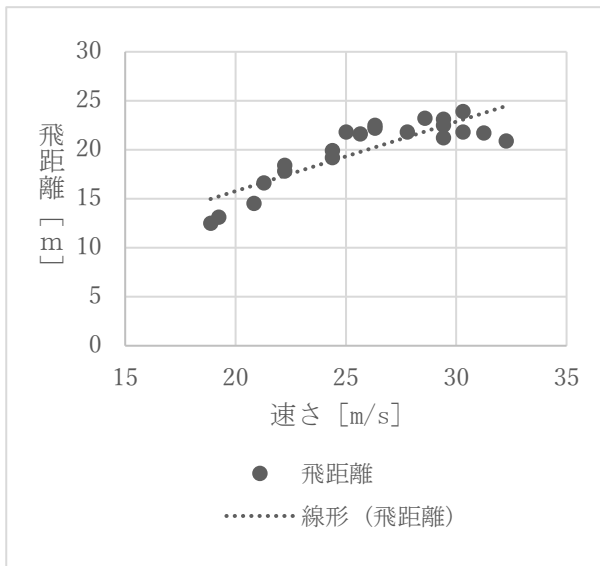


図5：速さと移動距離の関係

考察

図5から飛距離が伸びていると分かるので、球の速さが大きくなるほど揚力も大きくなっていくと考えられる。

さらに考察を深めるため、実験のデータと理論値を比較することにした。理論値は揚力を考慮せずに球の水平投射を考えたものである。図4のそれぞれの速さで計算して理論値を求めた。それを表したのが次の図6である。

このグラフから、実験のデータの近似曲線の傾きのほうが急であり、2つの飛距離の差が、速さが大きくなるにつれてどんどん大きくなっていることが分かる。このことから、揚力は一定ではなく、球が速いほど大きくなるものだと考えられる。

実験2を以上のように考察したが、速さのほかに軌道に影響を与えているものはなかったのか疑問に思った。実験1の考察も含め、これらのことを揚力の公式で明らかにするとともに、イチローの球の軌道を再現できる条件を調べていく。

イチローの球再現への吟味

揚力の公式は以下のとおりである。

$$F_L = \frac{1}{2} \cdot C_L \cdot \rho \cdot A \cdot V^2$$

F_L ：球に働く揚力 [N]

C_L ：揚力係数

ρ ：空気密度 [kg/m³]

A ：球の断面積 [m²]

V ：球の移動速度 [m/s]

- ・揚力係数は球の回転数や速さなどによって変化する。実験2で球が速いほど揚力が大きいと考察したが、回転数の増加も揚力が大きくなった原因の一つだと考えられる。しかし、揚力係数の求め方は非常に複雑であるため今回は一定の値とする。イチローの揚力係数の値を0.4、私たちの揚力係数の値を0.15とする。(イチローの回転数が圧倒的に多いことを考慮)
- ・場所を恵那高校、気温を20度とすると、空気密度の大きさは計算して1.1648[kg/m³]となる。
- ・重力加速度の大きさを9.8[m/s²]とする。

実験結果にあったが、この公式からでも球の断面積(大きさ)、球の速度を大きくすると揚力も大きくなるのが分かる。また、揚力が球の重さより大きくなる時に投げられた球は浮き上がる軌道になるといえる。

実際に計算してイチローの球の軌道を再現できる条件を調べていく。最初にイチローの投げる球を定義する。イチローが時速155[km/h]、つまり43.056[m/s]で、質量145[g]、直径74[mm]の硬式野球ボールを投げるとする。球が浮き上がるのを球が上向きに加速すると考え、運動方程式($a = \frac{F-mg}{m}$)に基づくと、イチローと同じ軌道の球を投げるには加速度の分母と分子の比、即ち、質量と揚力と重さの差の比を同じにする必要がある。

定義したイチローの投げる球の重さは1.421[N]、揚力は公式から1.857[N]と分かったので、質量と揚力と重さの差の比は1.421:0.436…①となり、ほかの球でも同様の比になれば再現できるといえる。

- ・軟式野球ボールで再現するとき

質量138[g]、直径72[mm]の軟式野球ボールを投げるとする。速さ v [m/s]とし、揚力の公式と①を用いて速さを求めると $v=33.233$ [m/s]となる。つまり、119.639[km/h]で軟

式野球ボールを投げればイチローの球を再現できるといえる。

- ・ソフトバレーボールで再現するとき

質量200[g]、直径250[mm]のソフトバレーボールを投げるとする。速さ v とし、揚力の公式と①を用いて速さを求めると $v=9.837$ [m/s]となる。つまり、35.413[km/h]でソフトバレーボールを投げればイチローの球を再現できるといえる。

結論

揚力は球の大きさや速さ、回転数によって変化し、それらを工夫することで私たちでもイチローの球の軌道を再現することは可能である。

今後の展望

イチローの球再現への吟味をしたが、今回は揚力係数の正確な値を求めることができなかった。それについて理解を深め、より正確な条件を調べていく。

謝辞

本研究を進めるにあたって、原田先生をはじめとする多くの先生方に変えてお世話になりました。ありがとうございました。

参考文献

木村 康宏 野球の投手が投じる様々な変化球の特徴～移動速度、回転速度、回転軸の向きに着目して～ 早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科 スポーツ科学専攻 身体運動科学研究領域 (最終閲覧日:2019年11月20日)

http://www.waseda.jp/sports/supoken/research/2013_2/5012A017.pdf

ストレートはホップするのか? Res Gestae (最終閲覧日:2019年11月20日)

<https://shintaromori.blogspot.com/2015/06/blog-post.html>