

イチローの球の軌道を再現するには

3521 武井 健 3533 宮川 優樹 3623 丹羽 祐人

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、球の回転数や大きさ、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。

1. 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球の回転数、大きさ、速さから明らかにすることを目的とした。

2. 回転数についての実験

球の回転が軌道の変化にどう関係するのか調べた。

2-1. 仮説

回転数が大きいほど軌道の変化に影響を与える。

2-2. 使用した道具

- ・ 軟式野球ボール
- ・ カメラ
- ・ 水槽
- ・ 水

2-3. 実験の手順

- ・ 水槽に水を入れる。
- ・ 軟式野球ボールに回転を与え、水面に対して垂直に落とす。
- ・ カメラで回転数の大小による球の軌道の変化を調べる。

2-4. 結果

球の軌道は回転によって変化し、回転数が大きいほど変化も大きくなった。



図1：回転数が大きいときの球の軌道

2-5. 考察

実験を繰り返し、回転数が大きくなるほど軌道の変化も大きくなることが分かった。

また、図1のような軌道になったのは、球の上下に働く圧力の違いから、回転しながら進む物体にその進行方向に対して垂直な方向に力（揚力）が働くからである。

以上より、球の回転数の大小は軌道の変化に影響を与えることが分かった。しかし、回転数を調節するには限界があり、撮影も非常に困難なものとなるので、次からの実験は、回転数による影響はないとして考えることにした。

3. 大きさについての実験

球の大きさが軌道の変化にどう関係するのか調べた。

3-1. 仮説

球が大きいかほど浮き上がるような軌道になる。

3-2. 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

3-3. 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。
- ・カメラで大きさの違いによる球の軌道の変化を調べる。

3-4. 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2のようにイチローの球の軌道を再現できた。



図2：ソフトバレーボールの軌道

3-5. 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

多少曖昧であったために、揚力の具体的な値は分からなかった。

4. 速さについての実験

球の速さが軌道の変化にどう関係するのか調べた。

4-1. 仮説

私たちは球が速いほどより浮き上がる軌道になる。

4-2. 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

4-3. 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3)
- ・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。
- ・実験のデータを理論値と比較し、考察する。
(理論値とは、揚力を考慮しない場合の水平投射の飛距離であり、実験と同じ速さをそれぞれ用い、計算して導出している。)



図3：設置した実験器具

4-4. 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4のように設置した。2つのコーンの間が10mである。



図4：新たな実験器具の設置方法

4-5. 結果

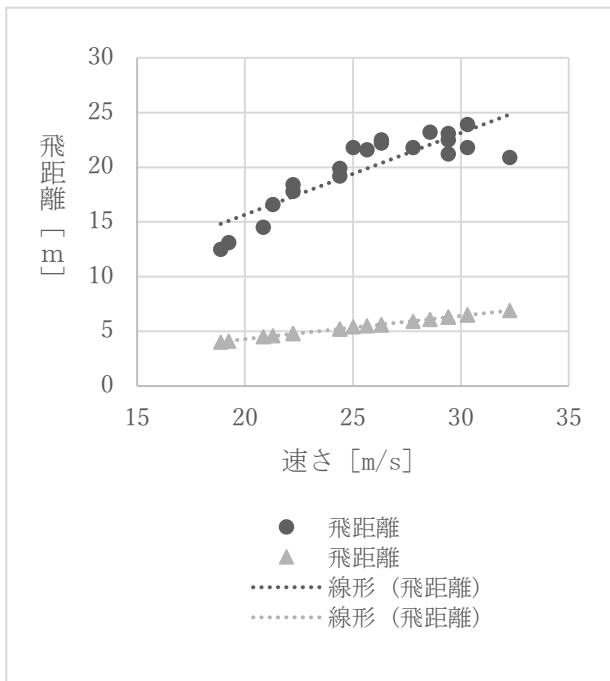


図5：実験のデータ●（上）と理論値△（下）
（理論値は実験と同じ速さをそれぞれ用い、計算して導出している。）

4-6. 考察

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だんだ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。

これらの実験結果から球の回転数、大きさ、速さが軌道に影響を与えることが分かった。

ここからは、イチローの球を再現できる条件を具体的に調べるため、投げられた球の揚力の公式を用いている。

5. 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、非常に複雑なものなので、今回は揚力係数の値を0.4で固定する。
- ・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回転数、断面積（大きさ）、速さを大きくすると揚力も大きくなることが分かる。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 0.145 : 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 $v=43.166$ [m/s] となる。つまり、155.398 [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 $v=14.966$ [m/s] となる。つまり、53.8783 [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。

6. 結論

揚力は球の回転数や大きさ、速さによって変化し、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。

7. 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。

8. 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの先生方に大変お世話になりました。ありがとうございました。

9. 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>