

令和元年6月15日現在

機関番号：32614

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01566

研究課題名（和文）セイバートリクスによる野球投手の評価指標のバイオメカニクスの検証

研究課題名（英文）Biomechanical Implications of Sabametrics on Baseball Pitchers Using Tracking Data

研究代表者

神事 努 (Jinji, Tsutomu)

國學院大學・人間開発学部・准教授

研究者番号：20387616

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では野球の構造を整理し、「アウトを取るためにはどのようなボールを投げたら良いのか」ということを明らかにした。速球で空振りアウトを取るためには、球速が高く、揚力の大きなボールを投球することが必要である。揚力を決定している要因の一つである回転速度に関しては、低めに投球したほうが大きくなった。しかし、回転軸の方向は高めのほうが純粋なバックスピンのようになっていた。ゴロもアウトになる確率は高く、ゴロにさせるには揚力が小さなボールを投球する必要があることがわかった。また、低めの投球は、高めに比べて打球が速くなる傾向があるものの打球の角度は小さくなるため、ゴロになりやすいことが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまでの野球に関するバイオメカニクスの研究は、「速いボールを投げるため」の動作に関するものが多かったが、試合において速いボールを投球することの効果については言及していなかった。本研究はこの点に言及する基礎データとなり得るものであり、学術的価値は高いと言えるだろう。また、本研究で明らかになった知見は、指導の現場に有益なものとなる。指導者と選手とのインフォームド・コンセント（十分な説明と合意）の必要性が訴えられている。競技の構造と選手が身につける能力の関係を明らかにした本研究は、スポーツ庁の示した部活動のガイドライン「適切な指導の実施」という側面で社会的意義は大きいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：This research organized the structure of baseball and clarified what kind of fast ball should be thrown to get out. It was necessary to throw a ball with high ball speed and high lift in order to take a swing out with a fast ball. With regard to the rotational speed, which is one of the factors determining the lift, the lower the pitch, the greater the pitch. However, the direction of the rotation axis was closer to pure backspin at higher angles. The probability that the ground ball also got out was high. And it turned out that it is necessary to throw a small lift in order to hit the ground ball. In addition, it was revealed that a lower pitched ball tends to be a ground ball because the pitching angle tends to be smaller although the ball tends to be faster than the higher pitched ball.

研究分野：バイオメカニクス

キーワード：バイオメカニクス ピッチング ボールスピン セイバートリクス トラッキングデータ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

これまでの野球のデータといえば、投手であれば防御率、打者であれば打率や打点のような統計的なデータ(スタッツ)がほとんどであった。アメリカでは1970年代以降、これら統計学的データを基にした野球の構造を理解する取り組みが進み、現在ではセイバートリクス(野球選手評価数理理論)と呼ばれる指標が広く用いられている。

近年、「トラックマン」に代表されるトラッキングデータが注目を浴び、分析には統計学から物理学の知識が必要になった。投球されたボール速度に関してはこれまでもスピードガンによって計測されていたが、トラックマンでは、リリースの位置やボールの回転速度が計測できる。また、ボールがホームベースの地点で何センチ曲がったのかもわかる。つまり、今まで言われていたボールの「伸び」や「キレ」という主観的な表現が、物理学的な根拠を持って表現が可能になった。これらトラックマンは、2014年MLBのポストシーズンで試験的に導入されると、翌15年には全30球場に設置された。

2. 研究の目的

セイバートリクス(野球選手評価数理理論)と呼ばれる統計量によって、野球の投手の能力を評価することが一般的になりつつある。これら統計量は、投手の能力を総合的に評価できる一方で、投球されたボールやフォームに関する力学量とどのように関連しているのかわかっている。そこで、セイバートリクスで扱う統計量が、投球されたボールの速度や回転、フォームなどのバイオメカニクスの変量とどのような関係があるのかを検証することを本研究の目的とした。

3. 研究の方法

MLBが公式に運営するbaseballsavantから、2017年、2018年にMLBで投球された全投球をダウンロードしデータを取得した。2017年、2018年のそれぞれの全投球数はそれぞれ718,886球、718,455球であった。

4. 研究成果

【打者のイベントに対するアウトの確率と失点リスク】

MLBで2017年に投球された全投球から、三振、内野フライ、ゴロ、外野フライ、ライナー、四死球に分類し、これら分類されたイベントごとにアウトになる確率を算出した(表1)。また、打者が1打球ごとに発生する5つのイベントに分類し、それぞれの発生割合、安打割合、長打割合、本塁割合を算出した(表2)。投手は三振を奪えば、ほぼ100%アウトカウントが増える。内野フライに関してもほぼアウトとなる。ゴロは、長打の危険性が低く、75%前後がアウトとなる。外野フライは78%がアウトになるものの、14%が本塁打となるためリスクが高い打球でもある。ライナーを打たれると34%しかアウトにならない。本塁打は即失点となり、四死球も失点のリスクが高い。つまり、投手は奪三振や内野フライを打たせ、本塁打を打たせず、四死球を与えないような投球をすれば良い。また、ライナーはもとより、外野フライよりもゴロを打たせたほうが失点は少なくなるだろう。

表1. 打者のイベントとアウトの確率

イベント	アウト確率(%)
三振	100
内野フライ	98
ゴロ	75
外野フライ	73
ライナー	37
四死球	0

表2. MLB2017年のイベントの種類と成績

イベント	発生割合(%)	安打割合(%)	長打割合(%)	本塁打割合(%)
内野フライ	7	2	0	0
ゴロ	45	25	2	0
外野フライ	22	27	23	18
ライナー	25	63	23	3

【投球された球速と打者イベントの関係】

2017年にMLBで投球された全投球から4シーム256,144球を抽出した。投球された4シームを1km/hごとに区切り、それぞれの球速で空振り、ゴロ、ライナー、外野フライ、ファール、内野フライのイベントに分け発生割合を算出した。ライナーと外野フライは失点リスクの高い打球として、合算して表した(図1)。

空振りは、球速が高まるほど増える傾向が見て取れる。一方でリスクの高いライナー+外野フライは減る傾向にある。このように、4シームの球速は打球に大きく影響を及ぼすことが明らかになった。

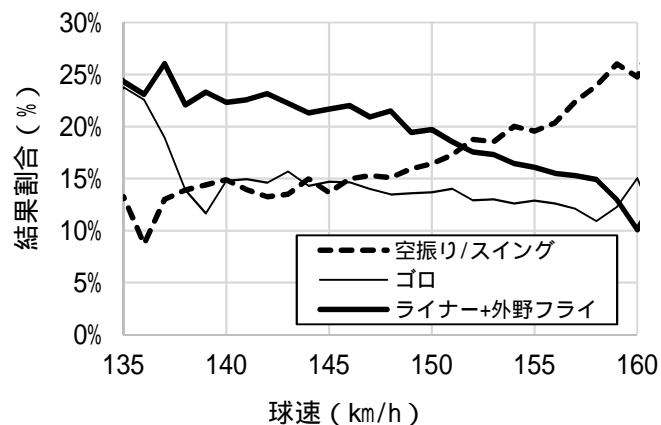


図1. ボール速度と結果割合の関係

【投球されたボールの変化と打者イベントの関係】

抽出した4シームに関して、縦方向のボールの変化 (Induced vertical break) を1cmごとに区切り、それぞれの変化ごとの上記と同様のイベントを算出した。このボールの変化とは、ホームベース上で重力が作用していない軌道からどれくらい逸れたのかを表すものである。変化が大きければ、いわゆる「ホップするようなボール」となる。

縦方向の変化が大きくなると空振り割合が上昇することが明らかになった。また、ゴロ割合に関しては減っていった。打者を打ち取るためには、ボールの変化は、回転数と回転軸の方向が影響していることが明らかになっている¹⁾。空振りは、ボールとバットが接触しないのでリスクが低い。投手は、回転数を高めること、また純粋なバックスピンの投球することが4シームで空振りを奪うためには必要である。また、ゴロ打球に関してもアウトになる確率が高い。よって、ボールの変化が小さい、いわゆる「垂れるボール」を投球する投手に関してもリスクを抑えることができることが明らかになった。

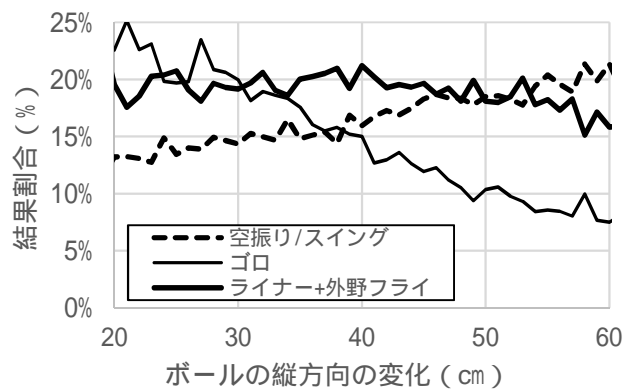


図2. ボールの変化の大きさとの結果割合の関係

【投球されたボールの変化と打者イベントの関係】

2017年の全投球した中から、4シーム全投球256,144球を抽出した。そのうちファールを除く打球となった43,311球を分析の対象とした。対象としたデータを、投球されたボールのホームベース到達時の高さを1cm毎に分割した。そして、ボールの高さ1cm毎に平均打球速度、平均打球角度、平均打球飛距離を算出した。

低めのボールは、打球速度は増大するものの(図3)、打球角度は低下するため(図4)、結果的に打球飛距離は減少することが示された(図5)。

投球コースの違いがバットスイングの特性に及ぼす影響を検討した森下ら²⁾の研究では、低めの打撃はバットヘッドを加速させる時間が長いため、高めの打撃よりも有意にスイング速度が速いと報告している。また、低めの打撃はスイングの角度が小さく、ダウンスイング気味の軌道になりやすい事も併せて報告している。つまり、低めのボールは、スイングの速度が高まりやすいため、打球速度が高まるものの、スイング角度が小さく、ダウンスイング気味になるため打球の角度が小さくなる。その結果、低めのボールは打球飛距離が減少したと予想される。これらの知見から、本研究で得られた打球特性の結果は、スイング特性が大きく影響していると考えられる。

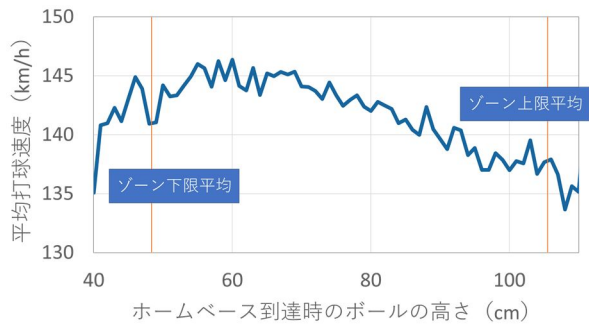


図 3. ボールの高さ と打球速度の関係

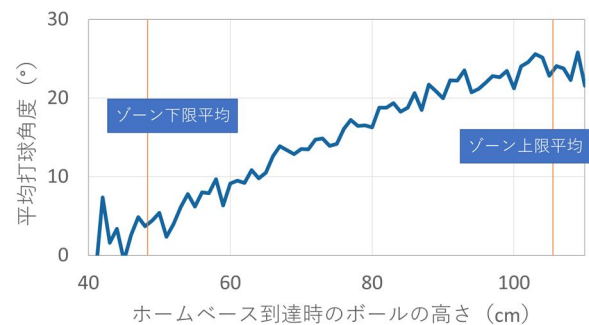


図 4. ボールの高さ と打球角度の関係

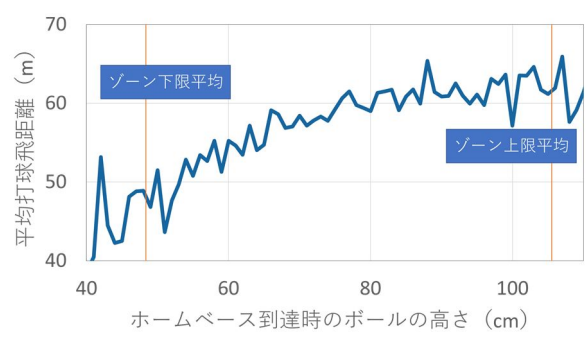


図 5. ボールの高さ と打球飛距離の関係

【打球コースの違いによるボールスピンの変化】

2018年の全投球した中から、4シーム全254,805球を抽出した。そのうちストライクゾーン内に投球された136,910球を分析の対象とした。対象としたデータをホームベース到達時の位置毎に9つのコースに分割し、それらのコース毎に平均球速、平均回転速度、1回転あたりのボール変化量を算出した。

ボールに作用する揚力はボールの回転軸が進行方向と垂直である場合に最大化し、回転軸が進行方向に向くにしたがって小さくなっていく¹⁾。そこで本研究では、ボール1回転あたりのボール変化量を算出し、回転軸の効果を表現した。

ホームベース到達時の位置毎に9つのコースに分割した。左投手のデータは反転した(図6)。

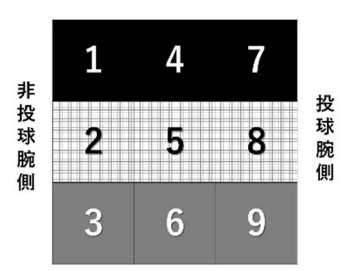


図 6. コースの定義 (左投手は反転)

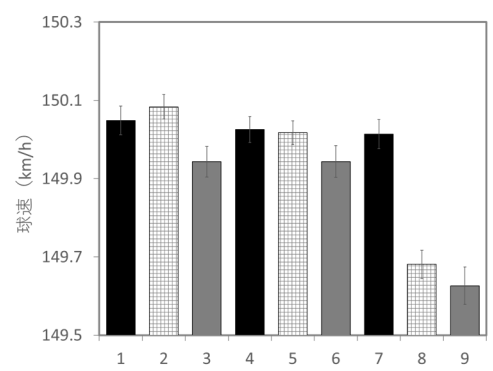


図 7. 各コースと球速の関係

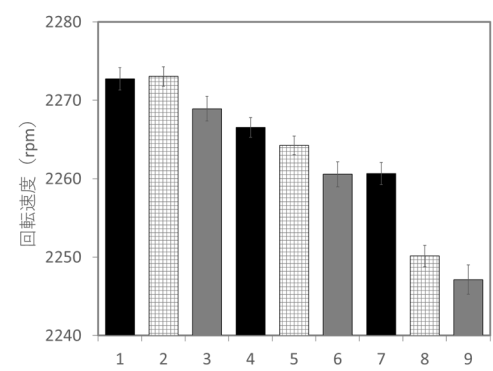


図 8. 各コースと回転速度の関係

非投球腕側のコースに投球したボールは有意に球速が増大していた(図7)。非投球腕側のコースに投球したボールは回転速度が有意に増加していた。また、低めのコースよりも高めのコースの方が回転速度は大きかった(図8)。非投球腕側のコースになるほど1回転あたりのボール変化量は有意に減少していた(図9)。

ボールに作用する揚力は回転軸が進行方向に向くにしたがって小さくなり、その場合結果的にボールの変化量は少なくなる。そのため非投球腕側のコースでは回転軸がボールの進行方向を向いたジャイロ回転で投球していることが推察される。リリース直前の手の向きが回転軸角度を決定することが報告されており³⁾、本研究の結果はそれらが起因していると推察される。それらの結果から、投球するコースによってボールへの回転の与え方は異なることが示唆された。

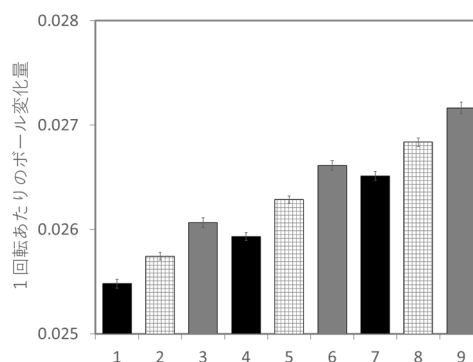


図9. 各コースと回転速度の関係

<引用文献>

- 1) Jinji T. and Sakurai S. (2006): Direction of Spin Axis and Spin Rate of the Pitched Baseball. Sports Biomechanics 5 (2): 197-214.
- 2) 森下ら(2016). 投球コースの違いがバットスイングに及ぼす影響 プロ野球選手と大学野球選手との比較. 野球科学研究会報告集, p126-127
- 3) Jinji T et al. (2011) Factors Determining the Spin Axis of a Pitched Fastball in Baseball. Journal of Sports Science, Volume29, Issue 7 : 761-767.

5. 主な発表論文等

[学会発表](計8件)

1. 球質を数値化することで見えてくる野球の本質: 2015年12月、日本野球科学研究会第3回大会
2. スポーツデータの分析を活用したチームマネージメントの最前線-使われるデータと使われないデータ-: 2015年11月、第28回日本トレーニング科学大会
3. テクノロジー最前線-トラッキングデータの活用-: 2016年12月、スポーツアナリティクスジャパン
4. 野球の構造の理解がもたらしたプロ野球選手の動きの変容: 2017年9月、日本機械学会2017年度年次大会
5. 「低めに集める」は有効な方策なのか: 2017年12月、日本野球科学研究会第5回大会
6. 野球の投球における現場対科学の討論会(パネルディスカッション): 2018年9月、日本機械学会2017年度年次大会
7. 投球コースの違いによるボールスピンの変化 2018年12月、日本野球科学研究会第6回大会
8. 野球におけるデータ活用の5W1H: 2019年3月、日本体育測定評価学会第18回大会

[図書](計2件)

1. 岡田友輔 他、水曜社、プロ野球を統計学と客観分析で考える デルタ・ベースボール・レポート1、2017
2. 岡田友輔 他、水曜社、セイバーメトリクス・レポート5、2016

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名:

ローマ字氏名:

所属研究機関名:

部局名:

職名:

研究者番号(8桁):

(2)研究協力者

研究協力者氏名：森本 峻太

ローマ字氏名：Morimoto Ryota

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。