

研究報告

野球の投手が投じるストレートのバックspin回転数と 投球の高低が打者の打撃結果に及ぼす影響

—フライ打球とゴロ打球の割合に着目して—

廖 本嵩・中島 大貴・半田 卓也・菊地 啓太・桜井 伸二

Effect of backspin and pitch height of fastball on batted ball results in baseball
— Focusing on ground ball / fly ball ratio —

Penhao LIAO, Hirotaka NAKASHIMA, Takuya HANDA,
Keita KIKUCHI, Shinji SAKURAI

1. はじめに

野球では、投手のパフォーマンスが試合の勝敗に大きな影響を与える。投手は相手の打者を抑えるために数多くの球種を投じるが、プロ野球選手であってもすべての球種を投げるができるわけでない。しかし、ほとんどすべての投手が共通して投じる球種があり、それは直球、すなわちストレートである。そのため、ストレートは相手の攻撃を抑えることができるかを決める重要な球種だと考えられる。

実践現場において、「この投手のストレートは“ノビ”が良い」などと評価する声をよく聞くが、その“ノビ”という言葉は厳密に定義されているわけではない。打者の目線から見ると、“ノビ”が良いストレートは少し上昇しているように感じる。しかし、こういった“ノビ”が良いストレートでも、重力に打ち勝って本当に上向きに上昇しているわけではない。ボールが投手から捕手に到達するまでにボールに揚力が働かず、重力のみの影響を受けた場合と比べると、回転による揚力がボールに働いた場合、

一般にストレートは上方に到達する（永見ら、2013）ため、打者からは上昇したように見えると考えられる。このボールの回転によって飛翔軌道が変化する力は「マグナス力」と呼ばれている。一般にイメージされているストレートのように純粋なバックspinをしながら移動するボールの上下面では、空気の流れが非対称になることで圧力差が生じるため、後流が下向きになり、ボールに上向きのマグナス力が働く。一般的にこのマグナス力の大きさは、ボールの移動速度が大きいほど、また回転数が多いほど大きくなることが明らかになっている。ただし、必ずしもすべてのストレートが純粋なバックspinをしているわけではないという点に注意する必要がある。オーバースロー型の投手が投じたストレートでも、ボールの回転軸は必ずしも水平かつ投球方向に対し垂直の向きというわけではない。マグナス力の大きさや作用する方向は、ボールの回転軸の向きの影響も受けることが明らかになっている（Jinji and Sakurai, 2006）。そのため、ボールに作用するマグナス力や投球されたボールの軌道を考える場合には、ボール

の回転軸の方向を考慮しなければならない。

野球投手が投じたボールの回転やそれが打撃結果に及ぼす影響を調べた先行研究を整理する。神事ら (2014) は、小学校の軟式野球から社会人野球とプロ野球までの各段階の投手が投じたストレートの投球速度と回転数の関係について調べた。そして、投球速度が大きければ大きいほど回転数が多かったことを報告している。この結果から、投球速度に比して回転数 (バックスピン成分) が少ないストレートは、打者にとって平均的な投球よりもボールが沈むように感じるため、ゴロ打球となることが多いと考えられる。一方で、投球速度に比して回転数 (バックスピン成分) が多いストレートは、打者にとってボールが上昇するように感じられるため、フライとなることが多いと考えられる。このように、ストレートの投球速度に対する回転数 (バックスピン成分) は、ゴロやフライなどの打球結果に影響を及ぼしていると仮説を立てることができる。

Higuchi et al. (2013) は、この仮説を検証するために、ピッチングマシンの投球速度を約 130km/h と一定に、回転数 (バックスピン成分) を 1800、2400、3000rpm の3段階に設定し、ランダムに投射される回転数の異なるボールを打者に打撃させる実験を行った。そして、ボールとバットのインパクトの瞬間のボールの中心からバットの長軸の中心線までの上下方向の最短距離を求めた。その結果、1800rpm の時に、ボール中心からバットの長軸の中心線までの距離が最も短く、回転数が増えるにつれて、バットの長軸の中心線から上方にボールが離れていく傾向があったことを報告している。つまり、1800rpm のボールが最もライナー性の打球になりやすく、回転数が増えるのに伴い、フライ性の打球が多くなると考えられる。逆に、1800rpm より回転数が少なくなるのに伴い、ゴロ性の打球が多くなることも考えられる。このように、ストレートの投球速度に対する回転数 (バックスピン成分) の大きさが、フライやゴロになりやすいといった打者の打球結果に影響を及ぼすことが実験的に明らかにされている。

しかし、実際の試合においてのストレートの回転数と打者の打撃結果を調べた研究は少ない。その中で、林ら (2019) は、投手が投じたストレートの投球速度に対する回転数が打者の打撃結果に与える影響を調べた。その結果、回転数が多いと空振りの確率が高まり、フェアゾーンに打ち返されたり、安打を打たれたりする確率が低くなることを報告している。しかし、林ら (2019) の研究では、ボールの回転軸の方向や投球されたボールの高低の位置による影響が考慮されていなかった。上述したように、回転軸の向きが異なれば、回転成分が異なり、マグナス力の作用する大きさや方向が異なる。そのため、実際の試合において投手の投球が打者の打撃結果にどのような影響を与えるかを明らかにするには、投じられたボールの回転数だけでなく、回転軸の向きも考慮しなければならない。また、投球コースが高めになるほど打球の発射角度が大きくなることが報告されている (Baseball Geeks 編集部、2019)。これは、インパクト直前の上下方向のスイングの向きを示すスイング角度が高めのボールを打撃するほど上向き (アッパースイング) になる傾向がある (森下ら、2019) ことに起因すると考えられる。したがって、フライ打球やゴロ打球の比率を検討するには、投手が投じるボールの高低のコースも踏まえて考えなければならない。

そこで本研究の目的は、実際の野球の試合において、投手が投じるストレートの投球速度に対するバックスピンの回転数と投球コース (高めと低め) が、打球結果 (ゴロ打球やフライ打球) へ及ぼす影響を明らかにすることとした。この時、投手の投じるストレートの回転のバックスピン成分は、屋外ブルペンにおける投球から実験的に求め、投手ごとの実際の打球結果に関係する変量に関しては、所属するチームの1年間のすべての試合におけるスコアシートから求めることとした。

2. 方法

2.1. 分析対象者

大学野球1部リーグに所属している硬式野球部のオーバースロー型の投手23名（年齢：20.0 ± 1.0歳、身長：177.5 ± 5.0cm、体重：78.2 ± 6.7kg）を対象とした。そのうち、右投げが16名、左投げが7名であった。

2.2. 実験試技

野球場の屋外ブルペンでストレートの投球速度と回転を計測するための実験を行った。各投手には十分なウォーミングアップを行わせた後に、座位の捕手に向かってストレートを全力で投球させた。1球ごとに5段階評価（5：非常に良い、4：良い、3：普通、2：悪い、1：非常に悪い）で内省を確認した。4あるいは5の評価が得られるまで投球を継続し、その試技を分析対象とした。

2.3. データ収集及び分析

捕手の後方に設置したスピードガン（STALKER sport2、Applied Concepts社製）でリリース直後の投球速度を計測した。そして高速度ビデオカメラ（MEMRECAM MX、ナックイメージテクノロジー社製）を用い、投手がボールをリリースする位置の真後ろから、毎秒1000コマの撮影速度で、各投手のリリース直後のボールが回転する様子を撮影した。なお、実験試技には回転を求めめるためのデジタイズ点を描いたボールを使用した。

続いて、映像分析ソフトウェア（frame dias V、Q'sfix社）を用い、ボールの表面の点およびボールの上下左右の端をデジタイズし、Jinji and Sakurai（2006）の研究を参考にしてボールの回転数および回転軸を求めた。回転軸の方向を考慮してボールの回転を示す一つの方法として、ボールの回転をバックスピン成分、サイドスピン成分とスパイラルスピン成分の3成分に分解する方法がある。それらの回転成分はそれぞれ以下のように説明される。バックスピン成分の回転軸は水平かつ進行方向に対して垂直で

あり、上下へのマグナス力が作用する。サイドスピン成分の回転軸は地面と進行方向の両方に垂直であり、左右のマグナス力が作用する。スパイラルスピン成分の回転軸は進行方向を向き、いわゆるきりもみ回転であるため、マグナス力が作用しない。本研究では、ボールの回転をバックスピン成分、スパイラルスピン成分、サイドスピン成分に分解し、そのうち上下方向の軌道の変化に影響を与えるバックスピン成分のみに焦点を当てた。その後、対象者23名の投手の投球速度からバックスピン成分を推測する回帰式を求め、得られた回帰直線より上に位置する4名の投手を高スピン群（A～D選手）、下に位置する5名の投手を低スピン群（E～I選手）に分類した。後述するスコア分析による高スピン群と低スピン群の比較では、10イニング（30アウトカウント）以上登板した投手を対象としているため、それ以下の登板機会しかなかった14名の投手は各群に含めなかった。

2.4. 試合におけるスコア分析

2.4.1. 打球結果の割合

2020年度に行われた全41試合（春季オープン戦10試合、夏季オープン戦10試合、秋季リーグ戦13試合、強化リーグ戦5試合、紅白戦3試合）のスコアを調べた。なお、新型コロナウイルス感染症流行の影響で、この年に行われた公式戦は、このうち秋季リーグ戦の13試合のみである。

表1に23名の投手の登板機会を示した。（表1）全23名の投手において、ストレートで打者との対戦結果が決まった785打席を抽出し、各打球結果（ゴロ、フライ、ライナー、三振）の割合を算出した。打球結果はゴロ、フライ、ライナー、三振の4種類のみを対象とし、打者がスイングを行っていない四死球とバントは検討対象としないこととした。なお、三振には空振り三振と見逃し三振の2種類がある。そして、ゴロにはゴロのヒット、ゴロのアウトの両方が含まれる。フライとライナーも同様である。

さらに、全41試合のうち10イニング（30アウトカウント）以上に登板している投手9名（A～

表1：分析対象選手の投球イニング数

投手	全41試合における投球回	秋季リーグ戦における投球回	投球コース分析
A	44 2/3	20	○
B	49 2/3	11 1/3	○
C	24	×	×
D	82 1/3	57 1/3	○
E	15 2/3	2 2/3	×
F	14	×	×
G	38 2/3	25 2/3	○
H	12	×	×
I	13	×	×
その他 (14名)	62 1/3	2 2/3	
合計	356 1/3	117	

I選手)のゴロ打球とフライ打球を打たせた比率をそれぞれ示すため、「ゴロ/フライ比率」を求めた。ゴロ/フライ比率とは、ゴロ打球の数をフライ打球の数を除した値である。つまり、1の場合はゴロ打球とフライ打球の数は同じであり、1を上回った場合はゴロ打球が多く、1を下回った場合はフライ打球が多いことを意味する。そして、高スピン群と低スピン群のゴロ/フライ比率の平均値を算出し、両群間で比較した。

2.4.2. 投球の高さ

投球コースが記録されているのは公式戦である秋季リーグ戦だけであったため、投球コースについての分析は2020年度秋季リーグ戦のみとした。秋季リーグ戦13試合のうち、10イニング以上に登板していた4名の投手 (A、B、D、G)の投球コースを調べた。投球コースは、ストライクゾーン高め、真ん中、低めの3つに分割した。そして高めおよび低めのそれぞれの投球に対する打球結果を調べた。

3. 結果

3.1. 各投手の実験でのストレートの投球速度とバックスピン成分

対象者23名の投手の平均球速は134.5 ± 5.5km/hであり、平均のバックスピン成分は1497.9 ± 271.5rpmであった。本研究の実験対象

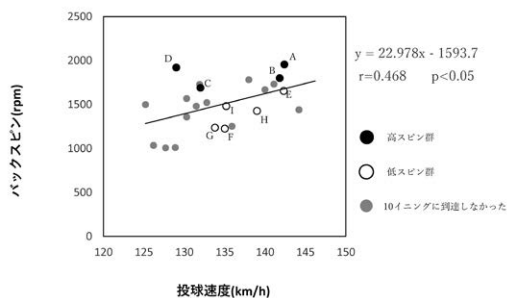


図1：オーバースロー型投手の球速とバックスピンの回転数の関係

者23名の投手の投球速度とバックスピン成分の関係を図1に示した。(図1) 投球速度とバックスピン成分の間には中程度の正の相関が見られ ($r=0.468$)、投球速度が大きければ大きいほどバックスピン成分が多かった。なお、図1において、高スピン群の投手は黒で示し、低スピン群の投手は白で示した。また、全41試合で投球イニング数が10イニング (30アウトカウント) 以下の投手は灰色で示した。

3.2. シーズンを通しての打球結果分析と投球コースと打球結果の関係

対象者23名の2020年度全41試合におけるストレートに対する各打球結果 (ゴロ、フライ、ライナー、三振)の割合を図2に示した。(図2) その結果、ゴロの打球結果が最も多かった。その割合は約48%であったのに対し、フライ打球の割合は約33%であった。対象者23名全体に

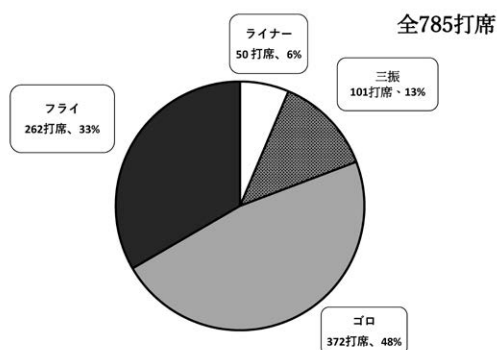


図2：対象者全23名のストレートの打球結果 (アウトもヒットも含まれている)

表2：10イニング以上投げた投手の球速、回転数、ゴロ数、フライ数、ゴロ/フライ比率

選手	球速 (km/h)	回転数 (rpm)	ゴロ数	フライ数	ゴロ/フライ比率	
A	142.4	1956.3	43	62	0.69	
B	141.8	1799.4	61	18	3.39	
高スピン群 (図1：黒丸)	C	132.0	1690.7	37	13	2.85
D	129.0	1921.5	85	58	1.47	
平均	136.3	1842.0	56.5	37.8	2.10	
E	142.3	1655.4	17	11	1.55	
F	135.0	1224.8	17	10	1.70	
低スピン群 (図1：白丸)	G	133.8	1235.8	24	23	1.04
H	139.0	1425.9	14	10	1.40	
I	135.2	1481.4	8	8	1.00	
平均	137.1	1404.7	16.0	12.4	1.34	

おけるゴロ/フライ比率は1.42であり、低スピン群のゴロ/フライ比率は1.34、高スピン群のゴロ/フライ比率は2.10であった。また、表2には投球が10イニング(30アウトカウント)以上の投手9名それぞれのゴロ/フライ比率を示した。(表2)

最後に、2020年度秋季リーグ戦において10イニング(30アウトカウント)以上投じていた4名の投手(A、B、D、G)の高めの投球および低めの投球に対する各打球結果の割合を図3に示した。(図3) 高めの投球はフライ打球となることが多く、低めの投球はゴロ打球となることが多かった。また、4名の投手(A、B、D、G)の各投球コースの割合を表3に示した。(表3)

表3：2020年度秋季リーグ戦に10イニング以上登板した投手の各投球コースの数と割合

選手	高め		真ん中		低め	
	数	割合	数	割合	数	割合
A	35	60.3%	5	8.6%	18	31.0%
B	6	22.2%	14	51.9%	7	25.9%
D	39	40.6%	20	20.8%	37	38.5%
G	18	43.9%	3	7.3%	20	48.8%
平均	24.5	44.1%	10.5	18.9%	20.5	36.9%

4. 考察

4.1. ストレートの球速とバックスピン回転数の関係

神事ら(2014)の研究において、投球速度が大きければ大きいほど回転数が多い傾向があることが明らかにされている。本研究においても、対象者23名の投球速度とバックスピン成分の間には正の相関関係が見られた(図2、 $r=0.468$)。これは神事ら(2014)の先行研究を支持する結果であった。

4.2. バックスピン回転数および投球コースが打球結果に与える影響

バックスピン成分が打球結果に及ぼす影響について考察する。高スピン群、低スピン群ともにゴロ/フライ比率は1を上回った(表2)。Higuchi et al. (2013)の結果から、高スピン群

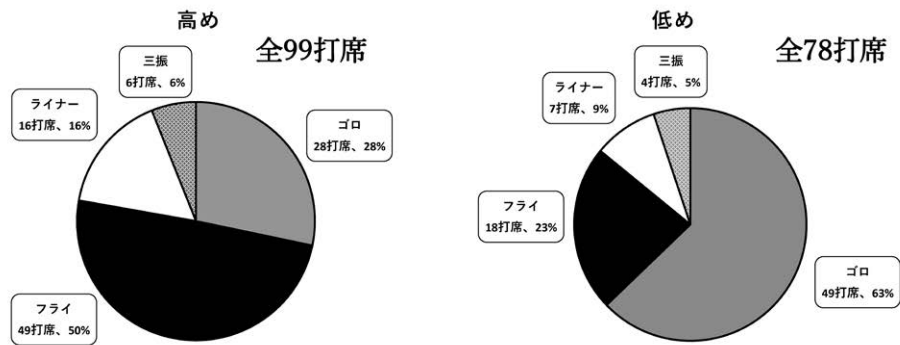


図3：秋リーグ戦に10イニング以上に登板した4名の投手の高め(左)と低め(右)投球に対する打球結果

はゴロ/フライ比率が1を下回り（フライが多くなる）、低spin群はゴロ/フライ比率が1を上回る（ゴロが多くなる）と予想されたが、本研究では予想に反する結果が得られた。Higuchi et al. (2013) の研究では、ピッチングマシンを用い、一定の投球速度で、バックspin回転数が異なるボールをランダムに投じさせた。このように実験的にバッティングを行った場合、打者はストレートのみを打つことができる。しかし、実際の野球の試合では、打者はストレートのみを打つわけではなく、投手が投じる様々な変化球や投球のコース、試合の状況などを対応する必要がある。そのため、本研究の結果は、Higuchi et al. (2013) と異なった結果になったと考えられる。

また、ともに高spin群であるA選手とB選手を詳しく比較してみると、A選手のゴロ/フライ比率は0.69であったのに対し、B選手のゴロ/フライ比率は3.39であった。Baseball Geeks編集部 (2019) は高めの投球コースになるほど打球角度が大きくなることを報告している。そこで、本研究で調べた投球コースと打球結果の関係を見ると、2020年度秋季リーグ戦に出場した全4名（A、B、D、G）の投手の投球コースに対するその打球結果は、高めの場合にはフライ打球が多かったのに対し、低めの場合にはゴロ打球が多かった（図3）。この結果から、投手のゴロ/フライ比率には、投球の高さも大きく影響していると考えられる。最後に、ゴロ/フライ比率を調べた9名の投手の中で唯一ゴロ/フライ比率が1を下回り（フライ打球が多かった、表2）、かつ2020年秋季リーグ戦において4名の投手のうち、高め投球の割合が最も多かった（表3）A選手にインタビューをすると、次のように語っていた。

「現在の野球界はフライボール革命時代になっており、打者は長打を狙うためスイング軌道が少しアッパー気味になっている。私の持ち味は力強いストレートであるため、その長所を活かし、力強い高めのストレートを投じてフライ打球でアウトカウントを打ち取ろうとしている。」

このことから、単に投球速度に比してバックspin成分が多ければフライ打球が多くなるというわけではなく、それに加えて、高めの投球コースに投球することではじめてフライ打球が多くなるのだと考えられる。

5. まとめ

本研究の目的は、実際の野球の試合において、投手が投じるストレートにおける（球速に対する）バックspinの回転数と投球コース（高めと低め）が打球結果へ及ぼす影響を明らかにすることであった。そのために、各投手のストレート投球のバックspin成分を練習場における投球から実験的に求め、試合における実際の打球結果は1年間のスコアシートから調査した。

本研究の結果、個人差はあったものの、高spin群、低spin群に関わらず、ゴロ打球が多いという結果になった。投球コースについて、2020年度秋季リーグ戦に出場した全4名の投手の投球コースを調べると、高めのボールに対する打球結果はフライ打球が多く、低めのボールに対する打球結果はゴロ打球が多いという結果であった。

Higuchi et al. (2013) は、実験条件において、バックspinの回転数が多ければ多いほど、フライ打球が多いと報告している。ただし、実践において投手は打者を打ち取るために高めと低めのボールも投じている。そのため、バックspin回転数が多ければ多いほどフライ打球が多いという結果にはならないことがわかった。ほかにも様々な要因があり、例えば投手の投球コース（特に高めと低め）なども考慮しなければならないと考えられた。よって、実践現場においては、回転数だけでとらわれるのではなく、制球力など選手の能力や特徴などによって適切な配球や投球戦略などを指導する必要があると言えるだろう。

6. 参考文献

Baseball Geeks編集部 (2019) 「新時代の野球デー

- タ論「フライ革命のメカニズム」株式会社カンゼン, pp.176-179
- データスタジアム株式会社(2015)「野球×統計は最強のバッテリーである-セイバーメトリクスとトラッキング」中央公論新社, pp.175-176
- Higuchi T., Morohoshi J., Nagami T., Nakata H., and Kanosue K (2013) The Effect of Fastball Backspin Rate on Baseball Hitting Accuracy. *Journal of Applied Biomechanics*. 29: 279-284
- 林卓史・佐野毅彦(2019) 大学野球におけるストレートのリリース速度と回転速度の効力の検証. *スポーツ産業学研究*. 29, (2) : 137-147.
- 神事努・百武憲一・笠原政志・森美由樹・大西基也(2014) 野球における一流投手の球質. *国際武道大学研究紀要*. 30 : 130-132
- Jinji T., Sakurai S (2006) Direction of spin axis and spin rate of the pinched baseball. *Sports Biomechanics* 5: 197-214
- 川村卓(2019)「回転数と回転軸の傾きが球速に反映」*日刊スポーツ*
<https://www.nikkansports.com/baseball/column/baseballcountry/news/201909060000243.html>
(最終閲覧日2021年1月16日)
- 森下義隆・勝亦陽一・神事努(2019) 空間上の打撃ポイントの違いがバットのスイング特性に及ぼす影響. *体育学研究*. 64:463-474
- 永見智行・樋口貴俊・彼末一之(2013) 野球投手の投球の質的評価—ボールの回転とパフォーマンスの関係—. *体育の科学*. 63, (1) : 47-51
- 高見圭太・宮崎 武・姫野 龍太郎(2009) バックスピンする球体に働く負のマグナス効果～飛翔実験による測定～*ながれ*28:347-356