

## 野球の投球運動における反復法を用いた スピードトレーニングの適正投球数

森本 吉謙、宮西 智久

The proper number of pitches for speed training by using the repetition method in baseball pitching  
MORIMOTO Yoshikata, MIYANISHI Tomohisa

The purpose of this study was to investigate the proper number of pitches for speed training by using the repetition method in baseball pitching. Seventeen college baseball players (eleven pitchers, six fielders) were required to pitch the ball 100 times as fast as possible. The ball speed (initial velocity) of each trial was measured using the speed radar gun. The speed radar gun was placed at distance of 22.0m from the subject (the center height was 1.6m) on the extension of the pitcher's plate and the home base. As the result, in the range from 45 to 71 pitches, thirteen subjects showed "the inflection point of the ball speed" that means the beginning of decline tendency in the ball speed with increasing the number of pitches. In each group of the pitchers and the fielders, the subject who can exert the higher ball speed tended to reach that point earlier. However, the fielders group reached that point in earlier or similar number of pitches, even if the ball speed was lower than the pitchers group.

These results suggest that the number of pitches before reaching the inflection point might to be the proper number for speed training in baseball pitching and that number might depend on the ball speed level and the usual training condition of the players.

Key words: Baseball, Pitching, Repetition method, Speed training, Proper number of pitches

### I. 緒言

運動スピードの養成を主目的とするトレーニング方法は、関連する個々の体力的、技術的要素を取り出して分習的に行うものと、スピード増大を目指す運動そのものを用いて全習的に行うものとに大別される（ザチオルスキー、1972）。前者のように技術的、体力的側面からトレーニングを遂行する場合には、課題となる局面を取り出して集中的な反復がなされたり、全習的な運動では懸けられない負荷が懸けられたりする。一方、後者においては、全面

的な身体の準備段階を経ていること、およびその運動の技術的な熟練をある程度獲得していることを前提として、最大努力（全力）の下で自己の最大スピードの発揮が目指される（村木、1994；杉林、2003）。また、トレーニングを遂行する際の基本的な方法には、反復法（repetition method）が一般に用いられる（マトベイエフ、1985；Bompa、1999；ボンパ、2007）。反復法によるスピードトレーニングでは、運動毎にほぼ完全回復できる休息を挟み、毎回の運動で最大またはそれに極めて近いスピードを発揮することが要件となる。しかし、実質的には毎回の

休息で完全には回復しないため、反復数が増すにつれていずれはスピードの低下が生じる。スピード養成の観点からいえば、その状態からさらに運動を反復する直接的な意義は乏しい（オゾーリン・ホメンコフ, 1978）。したがって、トレーニング実施においては、初期のスピード水準を維持し得る反復数を適宜検討しておく必要がある（村木, 1994）。

野球の投球運動において、反復数（投球数）とボールスピードの関係を検討した研究はこれまでもいくつかみられる。後藤ら（2000）は、大学生投手を対象に直球と変化球を組み合わせた15球の投球を1セットとして9セット、合計135球の投球において、投球数の増加がボールスピードに与える影響を検討している。それによると、各セット内でのボールスピードの平均値は、4セット目（46から60球）で1セット目に対して有意な低下が認められている。また、柳澤ら（2000）は、高校生投手を対象に、直球30球を1セットとして4セット、合計120球の投球を行わせた結果、2セット目（31から60球）のボールスピードの平均値に、1セット目に対する有意な低下が認められたと報告している。これらの研究ではセット単位で傾向を捉えているのに対して、森本ら（2000）は、高校生投手を対象に、柳澤ら（2000）と同様の実験プロトコルで示された結果を1球単位で検討している。それによると、ボールスピードの低下はセット内では示されず、セット（30球）毎に階段状に生じる傾向にあったという。

これらの報告から、スピードトレーニングとしての要件である「初期のスピード水準を維持

し得る」投球数を大まかに捉えると、およそ30から45球と考えられる。しかし、これらの研究では、試合場面を想定したため、あるいはセット間に諸測定を行うためなどの理由から、いずれもセット形式での投球が行われている。一方、日常的なトレーニング場面においては、セット形式で投球することは稀であり、投手の投球練習に代表されるように、一般にレペティション形式が用いられる。そのため、これらで示された投球数とボールスピードの関係がトレーニング場面に適用できるとは限らない。

そこで本研究では、全力投球をレペティション形式で行うことによる投球数とボールスピードの関係を明らかにし、スピードトレーニングとしての適正投球数について検討することを目的とした。

## II. 方法

### 1. 被験者

大学硬式野球部に所属する男子17名（投手11名、野手6名）を被験者とした。Table1に、被験者の身体特性および本実験中に測定されたボールスピードの最大値を平均値と標準偏差で示した。全ての被験者に本研究の主旨、内容および危険性について予め説明し、実験参加の同意を得た。

### 2. 実験試技

実験試技は、18.44m先に位置する防球ネット（幅3.5m×高さ4.0m）に向けて、20秒間隔での100球の全力投球とした。被験者には、毎

Table 1 The physical characteristic of the subject and the maximum ball speed measured in this experiment.

	Height (cm)	Weight (kg)	Age (yr)	Maximum ball speed (km/h)
All (n=17)	177.3 ± 4.7	73.4 ± 8.2	21.4 ± 1.1	128.1 ± 6.1
Pitcher (n=11)	178.5 ± 4.5	72.5 ± 7.0	21.3 ± 1.3	131.2 ± 5.2
Fielder (n=6)	175.7 ± 4.6	75.2 ± 10.6	21.5 ± 0.5	122.5 ± 2.2

Values are mean ± SD.

回の投球で可能な限り大きなボールスピードを発揮するように指示をした。なお、助走を用いないことを除いて、windアップの有無などの投球条件は規定しなかったが、全ての投球において一貫した条件で投球することを被験者に求めた。また、被験者は実験試技の前に、ジョギング、ストレッチおよびキャッチボールを含んだ十分なウォーミングアップを行った。ここでのキャッチボールは平地にて10分間行い、疲労を伴わず実験試技の際に全力投球できる程度のものとした。

### 3. 測定方法および測定項目

投球の開始位置と防球ネットの両下端の中点を結んだ線分の延長線上で、被験者からの距離22.0m、高さ（レンズ中心高）1.6mの地点にスピードガン（Decatur Electronics社製、PSK-DSP）を設置し、各投球のボールスピード（初速）を測定した。なお、このように投球方向の延長線上に同機種のスピードガンを設置することで、得られた値は画像分析から求めたリリース時のボールスピードと極めて近似することが明らかにされている（森本ら、2007）。

### 4. 統計処理

投球数とボールスピードとの間で被験者毎に折線回帰分析を行い、残差平方の和が最小となる組み合わせで2本の回帰直線を求めた。また、投球数とボールスピードの相関については、ピアソンの積率相関係数とその有意性（危険率5%未満）を求めた。

## III. 結果

Fig.1は、100球の投球におけるボールスピードの変化を、本実験中に測定された最大値を100%とした相対値で示したものである。ここでは、被験者1名の結果を典型例として示した。概観すると、ボールスピードは細かな変動を伴いながらも、およそ50から60球の範囲までは初期の水準を維持しており、それ以降では投球

数の増加に伴って低下する傾向にあった。折線回帰分析により、残差平方の和が最小となる2本の回帰直線の組み合わせを求めた結果、60球までと61球以降の間で変曲点が得られ、各回帰直線の傾きは60球までが0.0074であったのに対して、61球以降では-0.0423と負の傾きを示した。また、60球までにおいては、投球数とボールスピードの間に相関関係は認められなかったが、61球以降では有意な負の相関が認められた ( $r=-0.57$ ,  $p<0.01$ )。

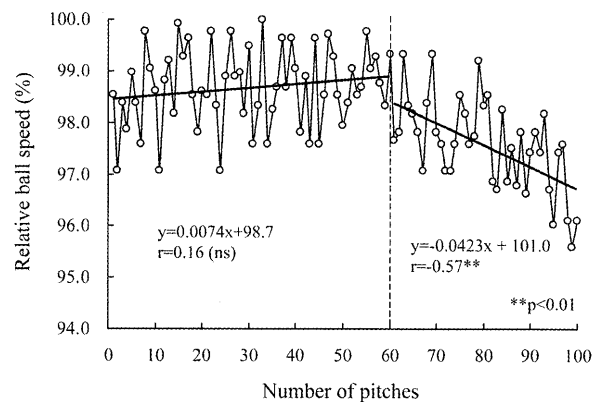


Fig.1 Change of the relative ball speed to the maximum value as 100 % (typical example of the subject who showed the decline tendency of the ball speed). Two regression lines were drawn in the pattern that residual sum of squares was minimized.

Fig.2は、折線回帰分析により求めた2本の回帰直線の内、変曲点後のものを被験者13名についてそれぞれ示したものである。これらの変曲点前の回帰直線は、いずれの場合も Fig.1に示した被験者と同様の傾向にあり、内1名のみ投球数とボールスピードの間でわずかな負の相関が認められた ( $r=-0.27$ ,  $p<0.05$ ) が、その他の被験者では認められなかった。一方、変曲点後の回帰直線は、いずれの場合も投球数とボールスピードの間に有意な負の相関が認められた ( $r=-0.51$  から  $-0.75$ ,  $p<0.01$ )。

なお、Fig.2に示されていない4名の被験者については、いずれも変曲点後の回帰直線において負の相関が認められなかった。Fig.3にそ

の典型例となる被験者1名の結果を示した。図に示されるように、ボールスピードに低下傾向はみられず、他と同様に2本の回帰直線を求めてもそれが局面を分割しているとはいえなかった。したがって、これらの被験者については変曲点を持たないものとした。

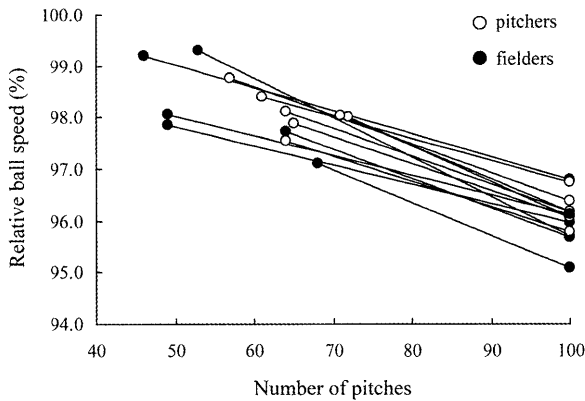


Fig.2 The regression line on the right side in each subject who showed the decline tendency of the ball speed (n=13).

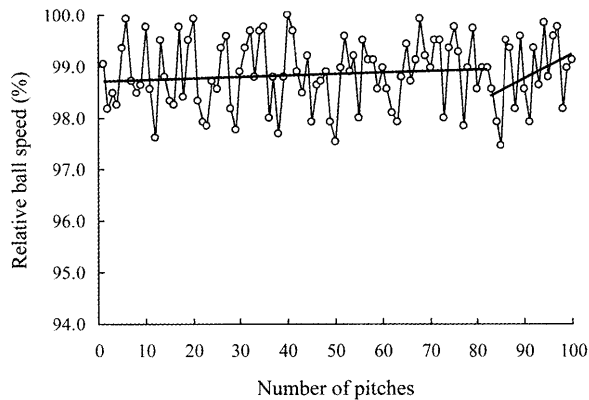


Fig.3 Change of the relative ball speed to the maximum value as 100 % (typical example of the subject who didn't show the decline tendency of the ball speed).

Fig.4 は、各被験者の1から10球までのボールスピードの平均値と変曲点の関係を示したものである。ボールスピードの平均値にはその標準偏差を併せて示した。なお、参考として、変曲点が示されなかった被験者4名のボールスピードの平均値と標準偏差を横軸（変曲

点)のプロットエリア外に示した。全体的傾向として、野手群のボールスピードは投手群と比べて小さく、中でも投手群と同等な投球数で変曲点が示された2名は、野手群内でもボールスピードが最下位およびそれに次ぐ順位であった ( $117.3 \pm 1.2\text{km/h}$  および  $118.9 \pm 1.7\text{km/h}$ )。また、変曲点が示されなかった4名の投手におけるボールスピードの平均値は、121.7から124.4km/hの範囲にあり、投手群の中では比較的ボールスピードが小さかった。

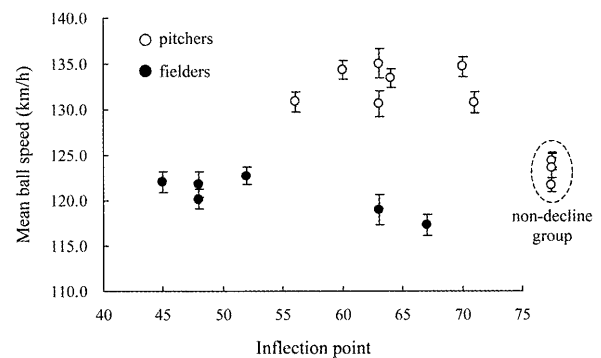


Fig.4 Relationship between the mean ball speed and the inflection point.

#### IV. 考察

##### 1. 投球数とボールスピードの関係

本研究では、野球の投球運動において、全力投球をレペティション形式で行うことによる投球数とボールスピードの関係を検討した。折線回帰分析を行った結果、17名中13名において、2本の回帰直線の内、変曲点後の回帰直線を求めたボールスピードで投球数との間に有意な負の相関が認められた (Fig.1 および Fig.2)。一方、変曲点前の回帰直線は、13名中1名のみ投球数とボールスピードの間でわずかな負の相関が認められた ( $r=-0.27$ ,  $p<0.05$ ) が、その他の被験者では両者の間に相関関係は認められなかった。これらのことから、野球の投球運動における全力投球の反復には、ある投球数に達するとそれまでのスピード水準を維持するこ

とが困難となり、それ以降では投球数の増加に伴ってボールスピードが低下傾向を示す「ボールスピードの変曲点」が存在すると考えられる。ザチオルスキー（1972）は、運動の反復に伴う疲労について、しばらくの間はそれまでと同じように運動を続けることができる「調整可能な疲労」と、さらに運動を続けることによってそれができなくなる「調整不能な疲労」の2つの段階があると述べている。本研究で示された変曲点は、この2つの段階の境界になるものと考えられる。また、運動スピードの養成を主目的としたレペティション形式でのスピードトレーニングにおいては、初期のスピード水準を維持し得る反復数の範囲で遂行する必要がある（オゾーリン・ホメンコフ、1978；村木、1994）ことから、この変曲点に関する知見は、全力投球の反復によるスピードトレーニングの適正投球数に対する一つの指標となり得るものと考えられる。

投球数の増加に伴うボールスピードの低下について、平野（2002）は、投球の反復が身体諸機能へ及ぼす影響を検討したこれまでの研究を概説し、その要因を検討している。それによると、投球に伴う血中乳酸の変化については、70球後の4 mM弱をピークにその後低下した（平野、1994）、100球まで1 mM前後であった（山本ら、1994）、あるいは120球まで2 mMに至らず顕著な増加はなかった（柳澤ら、2000）などの報告から、血中乳酸の蓄積によって筋が活動不全となりボールスピードが低下するとは考え難いとしている。一方、安部・平野（1994）によると、150球の投球後には筋損傷の指標であるクレアチンフォスフォキナーゼ（CPK）の増加が認められており、粕谷ら（2000）は、CPKに加えて、150球の投球により血中の乳酸脱水素酵素（LDH）およびミオグロビン濃度も上昇したと報告している。また、柳澤ら（2000）によると、90球後には肩内外旋筋力および握力に低下が認められたという。さらに、投球の増加に伴う利き（投球）腕と非利き腕の血流量の変化を検討した Bast et al.（1996）によれば、

利き腕の動脈血流量は40球後に安静時の56%増のピークを示したものの、その後は直線的な低下を示し、100球後には14%増であったと報告している。それに対して、非利き腕ではウォームアップ後に安静時の10%増のピークを示し、そこから100球後には30%減まで低下したと報告している。この結果から、投球の筋活動を維持するために利き腕に血液が確保されるが、それでも投球を続けると血流量を十分に確保できなくなり、末梢循環に異常をきたす可能性が述べられている。これらのことから、平野（2002）は、投球数の増加に伴うボールスピードの低下は、投球による筋腱の構造的な損傷、あるいは末梢の循環不全がその要因となるのではないかと結論付けている。本研究で示されたボールスピード低下の要因もこれらに準ずる可能性も考えられる。しかし、変曲点を迎える以前とそれ以降の投球において、筋腱の損傷や末梢循環の状態がどのように異なるのか、初期のボールスピード水準を維持できなくなる閾値の類があるのかについては、今後の検討課題として残された。

## 2. 変曲点を迎える投球数の個別性

ボールスピードの変曲点を迎える投球数は、45から71球の範囲となり（Fig.2）、また、変曲点が示されない場合もあるように（Fig.3）、被験者によってばらつきがみられた。先行研究（山本ら、1994）においても、100球の投球の中で5名の被験者にはボールスピードの低下が認められたが、1名には認められなかったとある。そこでは、測定項目である血中乳酸濃度、心拍数および主観的運動強度（以下RPE）の内、RPEにのみ差がみられ、ボールスピードが低下しなかった被験者ではRPEの上昇が認められなかったと報告している。

こうした投球数の増加に伴うボールスピードの変化様相に対する個人差（個別性）は、本研究の結果においては先ず投手と野手で大別できると考えられる。変曲点は、投手群の方が野手群よりも比較的遅く示される傾向にあり、また、

変曲点が示されなかった4名の被験者はいずれも投手であった。一般に、投手は日常的にレペティション形式での反復投球を行っているのに対して、野手はそうしたトレーニング内容が比較的少ない。これらのことから、変曲点を迎える投球数は、普段のトレーニング状態、すなわち日常的な反復投球の有無の違いと関係して、一種の適応現象（竹宮，1998）から個人差が生じた可能性が考えられる。

ただし、投手群と同等な投球数で変曲点を迎える野手も2名みられた（63球および67球）。この2名の野手については、他の被験者と比べて発揮するボールスピードが比較的小さいという特徴があった。そこで、ボールスピード水準が変曲点に及ぼす影響を検討するために、各被験者において疲労の影響がほぼないと考えられる1から10球までのボールスピードの平均値を取り上げ、変曲点との対応関係をみた。Fig4に示した通り、全体的に野手群は投手群と比べてボールスピードが比較的小さいという傾向にあり、さらに変曲点が投手群と同等な投球数で示された2名は、野手群内でもボールスピードの平均値が最下位およびそれに次ぐ順位という結果であった。また、変曲点が示されなかった4名の投手をみると、ボールスピードの平均値が121.7から124.4km/hの範囲にあり、投手群の中では比較的ボールスピードが小さい被験者であった。これらのことから、ボールスピードが大きい者ほど変曲点を早く迎える可能性が考えられる。すなわち、大きなボールスピードを発揮する代償として、ボールスピード低下の要因となる筋腱の損傷や末梢の循環不全（平野，2000）の程度が著しくなり、比較的少ない投球数で変曲点が示される可能性が考えられる。このことは、変曲点の異なる被験者において、投球数の増加に伴う筋腱の損傷や末梢循環の状態を検証することでさらに明らかとなると思われる。

上述のことから、変曲点を迎える投球数の個別性をまとめると、まず日常的な反復投球の有無といった普段のトレーニング状態に依存し、

さらに同程度のトレーニング状態にある場合においては、発揮するボールスピードの水準（大小）と関係して、変曲点を迎える投球数に差が生じる可能性が考えられた。

#### IV. まとめ

本研究の目的は、野球の投球運動において、全力投球をレペティション形式で行うことによる投球数とボールスピードの関係を明らかにし、スピードトレーニングとしての適正投球数について検討することであった。大学の硬式野球部員17名（投手11名、野手6名）を被験者として、連続した100球の全力投球におけるボールスピードの分析を行った。その結果、以下のことが明らかとなった。

1) 投球数45から71球の範囲において、被験者17名中13名にボールスピードが低下傾向を示し始める「ボールスピードの変曲点」が認められた。

2) 野手群は投手群と比べて、より少ないあるいは同程度の投球数で変曲点を迎える傾向にあった。

3) 投手、野手の各群内では、発揮するボールスピードが大きいほど変曲点を早く迎える傾向にあった。

これらの知見は、トレーニングの実践面に対して以下のような示唆を与えるものである。

1) 反復法を用いてボールスピードの増大を目指す際には、本研究で示された変曲点を迎える以前の投球数（およそ40から70球）が適正な反復回数を目安となると考えられる。

2) また、投球数を決定する場合には、普段のトレーニング状態（日常的な反復投球の有無）および個人のボールスピード水準を考慮に入れる必要があると考えられる。

#### 参考文献

安部美恵子，平野裕一（1994）投球後の回復過程における血液性状。第6回トレーニング科学研究会

- 抄録集：34.
- Bast, S.C., Perry, J.R., Poppiti, R., Vangness, C.T. and Weaver, F.A. (1996) Upper extremity blood flow in collegiate and high school baseball pitchers. *American Journal of Sports Medicine* 24: 847-851.
- Bompa, T.O. (1999) *Periodization: Theory and methodology of training* (4<sup>th</sup> ed.). Human Kinetics: Champaign, pp.367-375.
- ボンパ：尾縣貢，青山清英監訳（2006）競技力向上のトレーニング戦略－ピリオダイゼーションの理論と実際－. 大修館書店：東京， pp.276-281.
- 後藤実，谷口有子，山本正嘉，百武憲一，岩井美樹，成澤三雄（2000）野球投手におけるボールスピードの低下と筋力，全身持久力との関係. *トレーニング科学* 12：103-110.
- 平野裕一（1994）「アメリカと日本」東京大学公開講座. 東京大学出版会：東京， pp.277-298.
- 平野裕一（2002）トレーニングによるからだの適応－スポーツ生理学トピックス－. 杏林書院：東京， pp.6-9.
- 粕谷優子，光田博充，高橋裕子，薄井澄誉子，平野裕一，樋口満（2000）茶カテキン摂取が運動時酸化ストレスに及ぼす影響. *体力科学* 49：931.
- マトバイエフ：江上毅訳（1985）ソビエトスポーツ・トレーニングの原理. 白帝社：東京， pp.236-240.
- 森本吉謙，村木征人，伊藤浩志（2000）最大努力（全力）投球時における球速の周期的変動. *日本体育学会第51回大会号*：575.
- 森本吉謙，宮西智久，川口鉄二（2007）スピードガン計測におけるボールスピードの信頼性. *仙台大学紀要* 38：10-15.
- 村木征人（1994）スポーツ・トレーニング理論. ブックハウスHD：東京， pp.120-122.
- オゾーリン，ホメンコフ：小野耕三訳（1978）訓練の科学的・方法論的原理. ホメンコフ編 陸上競技トレーナー用教科書. ベースボール・マガジン社：東京， pp.35-46.
- 杉林考法，村木征人，伊藤浩志（2003）全力疾走反復条件下におけるパフォーマンス動態. *スポーツ方法学研究* 16：27-38.
- 竹宮隆（1998）運動適応について. 竹宮隆，石河利寛編 運動適応の科学－トレーニングの科学的アプローチ－. 杏林書院：東京， pp.1-6.
- 山本正嘉，井上哲朗，竹越達哉，岩井美樹（1994）野球のピッチングにおける運動強度と疲労－La, HR, RPE, ボールスピードおよびコントロールとの関連から－. *体力科学* 43：232.
- 柳澤修，宮永豊，白木仁，下条仁士，向井直樹，佃文子，新津守，坂井悠二（2000）高校生投手の投球数増加が身体諸機能に及ぼす影響－いわゆる100球肩の検証－. *臨床スポーツ医学* 17：735-739.
- ザチオルスキー：江上毅訳（1972）スポーツマンと体力. ベースボールマガジン社：東京， pp.116-118.