

## 育成年代における打球の飛距離に及ぼす打撃能力の検討

### Investigation of hitting ability on distance in developing player

大野 貴弘\*, 山田 健二\*, 上野 裕久\*, 小林 麻紀\*  
山 同 建\*\*, 弓 場 直 樹\*\*\*, 須 藤 明 治\*\*\*\*

Takahiro OHNO\*, Kenji YAMADA\*, Hirohisa UENO\*, Maki KOBAYASHI\*  
Ken SANDO\*\*, Naoki YUMIBA\*\*\* and Akiharu SUDO\*\*\*\*

#### ABSTRACT

This study was examined the relationship between batting ability and distance in baseball developing players. The results revealed that elementary school students use launch angle to produce distance. It was also revealed that high school students hitting tactically with exit velocity and launch angle.

It was thought that elementary school students produce distance by raising launch angle. It was suggested that as their exit velocity improved with growth, they were hitting for extra-base hits while adjusting launch angle.

The relationship between BMI and hitting ability, it was considered that bat speed and exit velocity increase from junior high school onward due to increased muscle mass and improved swing technique, leading to extra-base hits.

These results revealed the characteristics of batting performance by age group. This may have provided knowledge into the coaching of hitting that leads to extra-base hits and on base.

*Key words; Baseball. Exit Velocity, Launch Angle, Distance*

#### I. 緒 言

野球における指導は新しい研究などによる時代の変化によって大きく変容してきている。打撃については、「上から叩くように打つ」というようなダウンスイングを強調する指導がされたり、下からアッパーイングを行いフライのボールを打

つなどの指導などがされたりと様々である<sup>7)</sup>。また、バットやボールなどの道具の変化やデータを収集するための精密機器などが開発されるなど、野球における多くの研究がされているが、指導者の経験によって指導されている背景なども存在している現実もある。

現在のメジャーリーグでは、投球や打撃のトラ

\* 国士舘大学体育学部附属体育研究所  
(Institute of Health, Physical and Sport Science School of Physical Education Kokushikan University)

\*\* 株式会社 Rapsodo Japan (Rapsodo Japan, Co., Ltd.)

\*\*\* 株式会社 ハング (Hang Co., Ltd.)

\*\*\*\* 国士舘大学体育学部 (Faculty of Physical Education, Kokushikan University)

ッキングデータの収集や分析のため、全球場にトラックマンが設置され、ラプソードが全球団に導入されている。トラッキングデータとは、投球の変化量や速度、軌道など、主に投球の質に関する詳細なデータを示し、選手の分析やスカウトなどへの客観的データとしても活用されている。その機器として、日本においてもトラックマンやラプソードが導入され、選手の能力の測定や球速などをはじめ変化球の変化量や打球速度などの収集にも生かされている。トラックマンとは、デンマークのTRACKMAN社が開発した弾道測定機器のことで、野球では、球速や打球角度、リリースポイントや回転数といったデータを高精度に取得することができる。また、ラプソードは、シンガポールのRapsodo社が開発した機器で、トラックマンのデータにボールの回転軸なども知ることができる機器となっている。しかしながら、高価な機器のため高校までの学校やチームなどの導入は難しい問題となっており、選手が自らの能力を知る機会はまだまだ少ない状況である。

そんな中、メジャーリーグでは、「フライボール革命 (fly ball revolution)」と呼ばれる革命が起り、これは、2017年に本塁打の本数が増加し、その要因としてフライボールでの打球が増えたことによるものと考えられている<sup>3)</sup>。飛距離には、打撃能力における打球速度と打球角度が強く関係されるとされ、その中でも、近年のフライボール革命とは、打球角度の重要性が挙げられ、2017年の本塁打の増加についても、飛距離の増加には打球角度の増加が報告されている<sup>1)</sup>。

このフライボール革命の背景には、バレルゾーンと呼ばれる打球速度と打球角度の組み合わせで構成されるゾーンがあり、そのゾーンに入った打球は打率5割、長打率1.500以上とされている<sup>2)</sup>。このバレルゾーンはプロ野球でも注目され広まってきている。バレルゾーンは打球速度が158km/hから出現し、その時の打球角度は26~30°とされており<sup>10)</sup>、初速度が大きく、上向きに約30°で発射された打球が最も飛距離が長くなることが示さ

れている<sup>11)</sup>。この打球速度が速くなることで打球角度の範囲が広がり、打球速度が170km/hになると、おおよそ打球角度は18.5~38.5°に広がると考えられており、このように長打を打つためには打球速度の向上についても重要とされている。

しかしながら、フライボール革命やバレルゾーンといった知識や情報は小学生や高校生までの育成年代において広く浸透しているとはいえず、現場の指導者のかつての経験などをもとにした指導を行っているケースも少なくない。先述のバレルゾーンにおける打球速度に到達している高校生もわずかな選手しかいないことから、打球角度を意識することで長打につなげられるものと推察される。長打率とチームの総得点との間には強い正の相関関係があることも報告されており、長打はチームにとっても重要な要素である<sup>13)</sup>。しかしながら、これらの打球角度などについての検討は少なく、この知見を得ることや実際の打撃能力を知ることが選手の能力の把握につながり、より長打を打つために必要な打撃動作やトレーニングなどに活かせるのではないかと考えられる。

そこで本研究では、小学生から高校生までの野球選手における打撃能力について着目し、飛距離に及ぼす影響について検討を行い、育成年代への打撃指導につながる資料を得ることを目的とした。

## Ⅱ. 方 法

### i. 被験者

本研究の被験者は、小学生から高校生までの全87名を対象とした。小学生14名(小学4年生以上)、中学生21名、高校生52名であった。それぞれの競技レベルは一般的なレベルの選手であった。被験者の身体的特徴についてTable1に示した。被験者の身長は身長計を用いて計測し、体組成はインピーダンス法を用いた体組成計(左右部位別体組成計インナーズキャンデュアル、RD-803L、TANITA社製)を用いて計測をした。この体組成計はスマートフォンのアプリ(Health Planet、

Table 1. Physical characteristics of subjects.

|     | n  | Age<br>(yrs) | BH<br>(cm) | BW<br>(kg) | %fat<br>(%) | BMI<br>(kg/m <sup>2</sup> ) |
|-----|----|--------------|------------|------------|-------------|-----------------------------|
| ES  | 14 | 11.1±0.8     | 138.8±5.4  | 36.9±8.4   | 21.3±9.0    | 19.0±3.4                    |
| JHS | 21 | 13.7±0.5     | 162.3±7.6  | 52.2±9.7   | 14.2±5.7    | 19.7±2.5                    |
| HS  | 52 | 16.6±0.5     | 172.2±6.3  | 68.3±8.5   | 16.1±4.4    | 23.0±2.4                    |

Values are Mean ± S.D..

ES: Elementary school , JHS: Junior high school , HS: High school

BH: Body height , BW: Body weight , BMI: Body mass index

TANITA HEALTH LINK, INC.) を介して、計測を行いアプリ上のデータをPCにて処理を行った。

被験者および保護者、指導者に対し、実験の方法や目的、安全性等について口頭にて説明し、承諾の得られた選手を対象とした。

## ii. Rapsodoによる測定

打撃能力の測定には、Rapsodo Hitting 2.0 (Rapsodo社製) を用いて計測を行った。この機器はホームベースより4.27mの位置にセッティングし、専用モニターをホームベースの鉛直上 (ストライクゾーン) にキャリブレーションすることで、ボールのシーム (縫い目) から打たれたボールの変位についてアルゴリズムによる演算から、打撃能力のデータを算出するものである。本研究では、Rapsodoより得られる打撃能力の中から、打球速度、打球角度、飛距離のバレルゾーンに関連するデータを分析に採用した。

Rapsodoは、機器からのWi-FiでiPadの専用アプリ (Rapsodo Diamond, Rapsodo Pte Ltd.) と接続することで計測を行い、測定後にアップロードクラウド上でデータを管理することができ、そのデータを用いて分析を行った。

## iii. Blastによる測定

打撃能力の測定には、バットのグリップエンドに装着することでバットのスイング速度やパワーなどの計測することができるBlast (Blast Baseball,

ミズノ社製) を用いて計測した。Blastでは全14項目の計測が可能であるが、本研究ではバット速度とパワーを採用した。なお、バット速度とは野球の研究で多く用いられるバットヘッドではなくバットの芯であるスイートスポット (バットヘッドより約15cmの部位) でのスイング速度とされ、このバットのヘッドスピードとBlastのバット速度では、ヘッドスピードに比べて約10~20km/h遅くなるとされている。また、パワーとは「バットの質量 (M) ×ダウンスイング間の平均加速度 (A) ×バット速度 (S)」より算出される値である<sup>9)</sup>。

Blastは、iPadとBluetoothで接続し、専用アプリ (Blast Baseball, Blast Motion, Inc.) を用いることで計測し、測定後にアップロードクラウド上でデータを管理することができ、そのデータを用いて分析を行った。

## iv. 打撃測定

打撃の測定は、置きTを使って測定を行った。置きTはサクゴエ (PUT式 ver.XII, Hang社製) を被験者が打ちやすい高さに調整し、1名につき10球ずつの試技を行った。中学生と高校生は同じ置きTを用いて測定し、小学生には小学生用の置きTを用いて計測した。これらは高さが異なるだけで、仕組みなどは同様のものであった。

被験者に対し、全力でのスイングを行うようにだけ指示をした。本測定では、各選手の最大飛距

離時のデータを採用した。

v. 統計処理

各測定項目の値は、平均値±標準偏差で示した。統計処理はエクセル統計 2010 にて行った。打撃能力における小学生、中学生、高校生の年代の違いにおける比較には、一元配置分散分析を行い、Tukeyの多重比較検定を用いて分析した。また、打撃能力の相関性の検討にはピアソンの単相関分析を行った。いずれも有意水準は危険率 5%をもって有意とした。

Ⅲ. 結 果

1. 年代別打撃能力の比較

小学生から高校生までの選手における打撃能力

の結果をTable2に示した。打球速度、バット速度、パワーの3項目については、高校生が最も高く、小学生が低い結果となり、すべてのグループの間に有意な差が認められた (p<0.05)。また、打球角度については、高校生が最も角度が低く、高校生は小学生と中学生との2グループと有意な差が認められた (p<0.05)。飛距離については、小学生が最も低く、小学生は中学生と高校生との2グループと有意な差が認められた (p<0.05)。

Fig.1に高校生の各打撃能力を100%とした際の中学生、小学生の割合を示した。その結果、小学生では、パワーが特に低く、飛距離が次いで低いことが分かった。打球速度とバット速度は同程度で60%程度であった。中学生も小学生と同様にパワーの割合が低く、打球速度とバット速度は80%程度と同程度であった。

Table 2. Comparison of hitting ability in each group.

|     | Exit Velocity<br>(km/h) | Launch Angle<br>(deg.) | Distance<br>(m) | Bat speed<br>(km/h) | Power<br>(kW) |
|-----|-------------------------|------------------------|-----------------|---------------------|---------------|
| ES  | 76.2±10.2               | 20.9±8.3               | 30.3±10.5       | 69.1±8.0            | 0.5±0.1       |
| JHS | 103.5±10.6 a            | 22.3±7.5               | 55.4±10.5 a     | 84.8±7.6 a          | 1.6±0.4 a     |
| HS  | 131.1±8.1 b,c           | 14.1±5.2 b,c           | 62.1±18.6 c     | 100.6±5.7 b,c       | 3.2±0.5 b,c   |

ES: Elementary school , JHS: Junior high school , HS: High school

Values are Mean ± S.D..

a: ES vs JHS , b: JHS vs HS , c: ES vs HS (p<0.05)

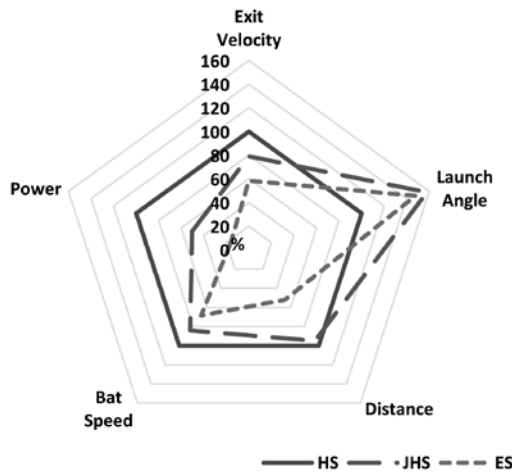


Fig.1. Ratio of hitting ability per HS in ES and JHS.

## 2. 打球速度と打球角度の積と飛距離との関係

打球速度と打球角度の積と飛距離との関係についてFig.2に示した。本研究では、バレルゾーンの観点から、打球速度と打球角度の積を一つの指標として飛距離との関係について検討した。その結果、すべてのグループで正の相関関係が認められた（全被験者 $r=0.773$ ,  $p<0.05$ 、高校生 $r=0.945$ ,  $p<0.05$ 、中学生 $r=0.805$ ,  $p<0.05$ 、小学生 $r=0.963$ ,  $p<0.05$ ）。

## 3. 打球速度とバット速度との関係

打球速度とバット速度との関係についてFig.3に示した。その結果、全被験者の打球速度とバット速度に正の相関関係が認められた（ $r=0.911$ ,  $p<0.05$ ）。

## 4. BMIとバット速度との関係

BMIとバット速度との関係についてFig.4に示した。本研究では、小学生の体型についてもローレル指数ではなくBMIの指標をもってバット速度との関係について評価した。その結果、小学生以外のグループで正の相関関係が認められた（全被験者 $r=0.593$ ,  $p<0.05$ 、高校生 $r=0.438$ ,  $p<0.05$ 、中学生 $r=0.492$ ,  $p<0.05$ ）。

## IV. 考 察

本研究は、小学生から高校生までの年代別に置きTにおける打撃能力から飛距離に及ぼす影響について検討をした。メジャーリーグなどで用いられている打球速度などのトラッキングデータを測定できる機器のラプソードを用いて検討することで、より信頼性の高い評価につながれると考えられる。

年代別の打撃能力において、打球速度とバット速度、パワーに年代別で有意な差が認められた。これは成長による体格の向上

などによる筋力の増加に伴い、打球速度などが向上したものと考えられる。また、飛距離については、小学生が低く、中学生と高校生で有意な差は認められなかった。この要因として、高校生では、打球角度が低かったため飛距離がやや伸びなかったのではないかと考えられ、この背景には、より

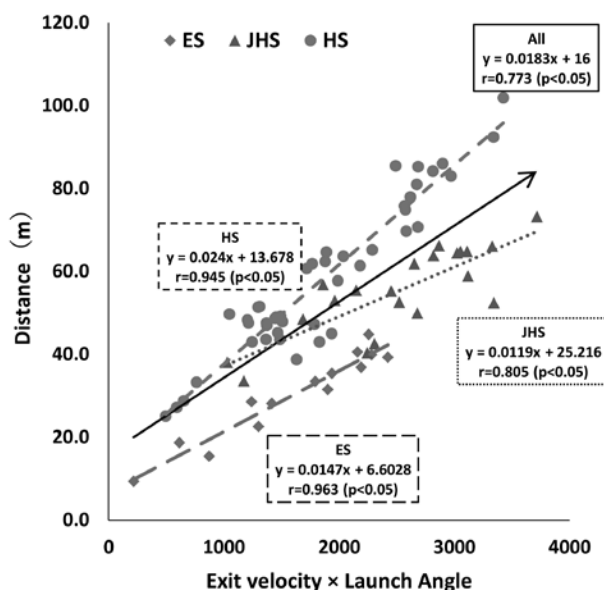


Fig.2. Relationship between Exit velocity times Launch Angle and Distance in each group.

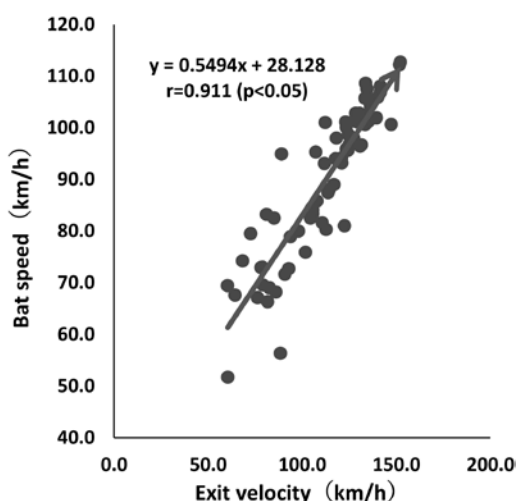


Fig.3. Relationship between Exit Velocity and Bat speed in all subjects.



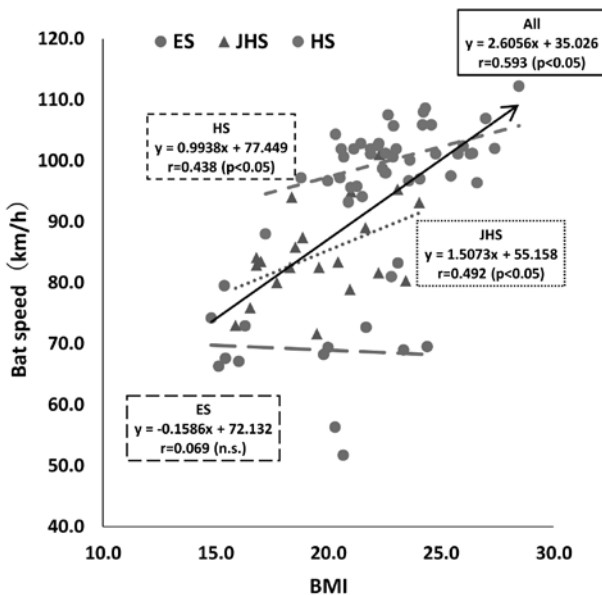


Fig.4. Relationship between Body mass index and Bat speed in each group.

戦術的な打撃を高校になると行っている可能性も考えられる。速い打球を打つことは安打への重要な要素の一つであることも報告されている<sup>6)</sup>。出塁率や長打率を検討した研究では、ライナーや外野フライがもっとも長打につながるとされていることから、ライナーの強い打球を打つことを目指していることも考えられる。標準偏差からも高校生が最もバラつきが大きいことがうかがえ、打球角度を意識する選手や打球速度を意識する選手など多様化してきているものと推察される。

高校生を100%とした際の中学生と小学生の打撃能力の割合についてみると、両グループともにパワーが低いことが明らかになった。この要因として、算出されるパワーはスイングの加速なども含まれることから、第二次性徴における筋肉の発達における筋発揮の影響や素振りなどのスイング技術が熟練したことによるスイング力が向上したことなどが推察される<sup>8)</sup>。打球速度やバット速度では、小学生が60%程度、中学生が80%程度と類似した値であった。これは、バット速度と打球速度が関連していることから、類似した値になっ

たと考えられ、Fig.4における打球速度とバット速度との関係からも打球速度を高めるためには、バット速度いわゆるスイング速度を向上させることが重要であると考えられる。バットに作用する力の最大値が大きい打者ほど、スイングスピードが速いということが示されており<sup>4)</sup>、バット速度を高めることで強い打球につながられるものと考えられる。本研究で用いているバット速度とは、スイートスポットでの値となるため、ヘッドスピードなどでスイング速度を示している論文と比べると平均的に15km/hほど速度が低いことは注意しなければならない。

飛距離と打球速度と打球角度の積との関係について、すべてのグループで正の相関関係が認められた。打球速度と打球角度を合わせて評価することで、長打を打つためにどちらも重要であると評価できるのではないかと考えられる。本研究において、すべてのグループで関係がみられたことから、飛距離を伸ばすためには打球速度や打球角度を意識することが重要であることが推察される。これは、バレルゾーンの数値から考えると、長打のためには打球速度が向上することで打球角度が広がるため、まずは打球速度を意識し、小学生などの速度が十分でない年齢では角度をつけることで長打につながると考えられる。Nathan<sup>12)</sup>の報告では、ストレートを打ち返す際に、ボールの中心から6mm下を19°上向きにスイングすることで飛距離が最大化するとされている。このことから小学生の打球角度が20.9°であったことは、選手がアッパー気味のスイングによって最適な角度で飛距離を出すことができていたのではないかと考えられる。これにより、小学生の打球角度が高校生よりも高くなったのではないかと考えられる。中学生や高校生になると打球速度が向上してくるから、打球角度を調整することでライナーや外野フライなどの打撃につなげ、長打を増やすことに貢献でき

るものと考えられる。年代別の打球速度を理解することで、指導方法や素振りの練習などの有効性が向上するのではないかと考えられる。

小学生から高校生までの選手を対象とする際に、体型についても考慮する必要が出てくる。同じ指標で相対的に評価するためにBMIを用いたが、本来小学生や中学生の第二次性徴が始まる前の学童期ではローレル指数を用いることが望ましい。しかしながら、本研究では、同じ体脂肪計を用いて測定した値を参考にBMIを体格の指標とした。BMIとバット速度との関係についてみると、中学生と高校生で正の相関関係が認められ、小学生には認められなかった。なお、ローレル指数を用いて小学生のみで検討を行ったが、同様に関係性は認められなかった。この中学生以上で関係性が認められた要因として、先述している成長期による筋肉量の増加と体脂肪率の減少などにより、スイングについてのパフォーマンスが向上したものと考えられ、一方の小学生では、筋力ではなくスイングの技術がバット速度に影響を及ぼしているのではないかと考えられた。バレルゾーンの158km/hの打球速度を出すための体型として、除脂肪量が65kg以上必要であると理論上推定されていることから、筋肉量が増加し体脂肪率が減少する成長期からの体の変化は打球速度やバット速度を向上させる要因の一つであることが考えられる。筋肉量の大きさは発揮できる力の大きさに関連することからも、筋量が多ければ大きな力発揮することができることが明らかになっているため<sup>5)</sup>、除脂肪量が増えることは強い打撃につながるために重要であると考えられる。また、素振りの目的には、「スイング力の向上、打撃動作の習得、再現性の向上」といった目的があるとされ、小学生ではこのスイングの再現性が低く、より良いスイングをする練習が重要であると推察される。

以上のことから、飛距離に及ぼす打撃能力について年代別に検討をした結果、小学生では打球速度をカバーするために打球角度を高くしており、

中学生では打球速度も向上し、打球角度を高くすることでより長打を狙っているものと考えられる。高校生では、打球速度が向上してきていることで、ライナーや外野フライなど選手のスイング特性を生かした打球を行っていると考えられた。

現場の指導においては、選手の年代に応じた打撃特性を把握し、長打や出塁率の増加を目指した指導を行っていくことが重要であると考えられた。また、近年のパレルゾーンやフライボール革命により、アッパースイングの傾向が高まっていることより、投手は落ちるタイプの変化球はリスクが高くなる可能性があるといったスイングの変化なども理解することで、より戦術的な指導につながられるのではないかと考えられた。

## V. 総 括

本研究は、小学生から高校生までの育成年代における野球選手を対象に、打撃能力と飛距離との関係について検討を行った。

その結果、小学生では打球角度で飛距離を出すことが明らかになった。高校生では打球速度や打球角度を打ち分けることで打撃をしていることが明らかになった。小学生は打球角度を上げることで飛距離を出しているものと考えられ、身体の成長とともに打球速度が向上していくことで、打球角度を調整しながら飛距離を伸ばす、または長打を狙うような打撃をしていることが考えられた。

BMIの体型との関係から、小学生では体型の影響はバット速度と関係せずにバットのスイング動作の熟練などが影響する可能性が考えられた。中学生以降では筋肉量の増加やスイング技術の向上によりバット速度や打球速度につながり、長打につながるものと考えられた。

以上のことから、年代別での打撃特性が明らかになったことで、より長打や出塁につながる打撃への指導についての知見が得られたのではないかと考えられた。

## 引用・参考文献

- 1) Athlete support science! (online) : フライボール革命って何? (<https://athlete-support-science.com/blogs/hitting-theory/fly-ball-revolution>), 2022.
- 2) Athlete support science! (online) : 長打を打つためにはどうすればいい? (<https://athlete-support-science.com/blogs/hitting-theory/know-how-extra-base-hit>) ,2022.
- 3) Baseball Geeks (online) : フライボール革命は日本人にも可能か? 長打量産に必要なものは? (<https://www.baseballgeeks.jp/batting/>), 2020.
- 4) Crisco, J. J., Osvalds, N. J., Rainbow, M. J. : The kinetics of swinging a baseball bat, *J. Appl. Biomech.*, 34 : 386-391, 2018.
- 5) Fukunaga T., Miyatani M., Tachi M., Kouzaki M., Kawakami Y., Kanehisa H. : Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta physiol. Scand.* 172 : 249-255, 2001.
- 6) 川村卓、功力靖雄、阿江通良 : 熟練野球打者の打撃動作に関するバイオメカニクスの研究～バットの動きに着目して～. *大学体育研究*, 22 : 19-32 (2000).
- 7) 城所収二、若原卓、矢内利政 : 野球のバッティングにおける打球飛距離と打球の運動エネルギーに影響を及ぼすスイング特性. *バイオメカニクス研究*, 15 (3) : 78-86, 2011.
- 8) Maughan R. J., Watson J. S., Weir J. : Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *Journal of physiology*, 338 : 37-49, 1983.
- 9) Mizuno公式オンライン : Blast Baseball スイング測定データ (インパクト) (<https://jpn.mizuno.com/baseball/products/BLAST>).
- 10) MLB.com (online) : Barrel (<https://www.mlb.com/glossary/statcast/barrel>).
- 11) Nathan, A. M. : What new technologies are teaching us about the game of baseball, *Proceedings of the Euromech Physics of Sports Conference*, 2012.
- 12) Nathan, A. M. : Optimizing the Swing, *The Hardball Times*, November 11 (2015).
- 13) 鳥越規央 : 勝てる野球の統計学セイバーメトリクス, 岩波書店, 東京, pp21-42, 2014.