

# 福岡工業大学 学術機関リポジトリ

## 硬式野球バットの慣性特性

—金属製新基準モデルおよび従来モデル，木製バットとの比較—

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 福岡工業大学 公開日: 2023-10-02 キーワード (Ja): キーワード (En): moment of inertia, center of mass, hitting, bat swing, new regulation bats, MOI 作成者: 樋口 貴俊 メールアドレス: 所属: 教養力育成センター
URL	<a href="http://hdl.handle.net/11478/0002000023">http://hdl.handle.net/11478/0002000023</a>

# 硬式野球バットの慣性特性 —金属製新基準モデルおよび従来モデル，木製バットとの比較—

樋 口 貴 俊 (教養力育成センター)

## Inertial Properties of Baseball Bats —Comparison among new regulation metal bats, current regulation metal bats, and wood bats—

HIGUCHI Takatoshi (Center for Liberal Arts)

### Abstract

The purpose of this study is to examine inertial properties in baseball metal bats and wood bats. Mass, center of mass, and moment of inertia for rotation about the grip end of the bat ( $I_{\text{grip}}$ ) were measured for 13 new regulation metal bats, 15 current regulation metal bats, and 7 wood bats.  $I_{\text{grip}}$  was determined by using the pendulum method. Although the average mass of wood bats was significantly smaller than mass of metal bats, the average value of  $I_{\text{grip}}$  of wood bats was significantly larger than that of metal bats. This result can be explained by the center of mass in wood bats which was located further than that of metal bats. Meanwhile, no significant difference in inertial properties between the two kinds of metal bats was found.

Keywords: *moment of inertia, center of mass, hitting, bat swing, new regulation bats, MOI.*

### 1. はじめに

野球のバッティングでは，強い打球を守備に阻まれずにできるだけ遠くへ打ち返すことが求められる。そのようなバッティングを実現するためには，大きな運動エネルギーを有した状態のバットの芯を投球に衝突させる必要がある。バットスイングは体軸やグリップエンド付近を軸とした回転運動により運動エネルギーを発生させる (Nathan et al., 2011)。よって，大きな質量がグリップエンドから遠位にあるバットを速く回転させつつ，正確に投球を捉える能力は野球打者の優劣を決める要因の一つと言える。

一般的なバット (全長: 0.84 m 程度) の場合，バットの芯はグリップエンドから約 0.70 m 辺りに位置するのに対し，重心は約 0.58 m 辺りに位置している (Cross, 2011)。よって，先述したような大きな質量がグリップエンドから遠位にあるバットとは，重心がバットの芯により近いバットのことを指す。投球がバットの芯に衝突した場合，重心位置がより衝突部位である芯に近いバットの方がバットの有効質量が大きく，打球速度が高まる (Cross, 2011)。しかし，バットの重心がグリップエンドから遠位になるほど，

グリップエンドまわりの慣性モーメントが大きくなり，バットスイング時のバットの回転速度は小さくなってしまふ (Fleisig et al., 2002)。さらに，慣性モーメントの大きなバットを速くスイングするためにはより大きな力発揮を要するため，バットの操作性が低下する可能性がある (Laughlin et al., 2016, 樋口ら 2013)。このように，バットの質量や重心位置といった慣性特性は，スイングの速度や正確さ，打球速度に影響を及ぼすため，野球打者がバットを選択する際の重要な判断材料となる。しかし，市販のバットの製品情報として公開されている数値はバットの長さや重さのみであり，重心位置や慣性モーメントの値は不明のままバットを使用する打者がほとんどであると推測される。

野球は使用球や競技カテゴリによっても使用できるバットの規格が異なるため，野球打者は競技カテゴリ内でのバット選択が求められ，競技カテゴリ変更時にはバット規格の変化にも対応しなければならない。例えば硬式野球の場合，大学野球以上の競技カテゴリでは木製バットのみが認められているため，高校野球までは金属製バットを使用していた野球打者は高校野球から先の競技カテゴリでは木製バット特有の慣性特性や反発係数に対応する必要がある。金属製バットの反発係数は木製バットよりも大きいため (Crisco et al., 2014)，ほぼ全ての高校野球打者はより高

い打球速度を期待できる金属製バットを使用している。野球競技の現場でも、木製バットの方が好打し難いという認識があり、高校野球までは国内トップレベルと評価されていた野球打者が大学野球や社会人野球、プロ野球といった上位の競技カテゴリで不振に陥った場合、その要因の一つとして木製バットへの不適応を挙げる場合がある。木製バットと金属製バットの違いについて、反発係数の大きさや、高い反発係数となる打撃部位の長さに着目した先行研究はあるが（Nathan et al., 2011）、現行の金属製バットと木製バットの慣性モーメントの違いについては明らかにされておらず、慣性特性の違いが木製バットでのパフォーマンス低下を引き起こす可能性は否定できない。バットの選択においては、重心位置や慣性モーメントの大きさを知ること、将来的に目指す競技カテゴリのバットの慣性特性に近いバットを選択して適応を早めるなどの対策を講じることができる。

本研究では、バットの質量や長さの規格が同じであるが、異なる素材のバットを使用している高校硬式野球打者と大学野球以上の硬式野球競技カテゴリの打者を念頭に、金属製バットと木製バットの慣性特性の違いについて明らかにすることを目的とした。また、硬式用金属製バットの規格は、反発係数を抑えることを目的として、2024年から最大径はより小さく、打球部の厚みはより厚くなるように変更される。新基準では最大径が67 mm から64 mm に減少し、打球部の厚みは約3 mm から4 mm に増大する。単純計算では打球部の短軸断面積は新基準のほうが大きくなり、打球部付近の質量も大きくなることが推測される。そこで、金属製バットにおける規格変更が慣性特性に及ぼす影響についても検討する。

## 2. 方法

### 2.1 分析対象のバット

国内の主要バットメーカー3社から取り寄せることができた硬式用バット（金属製新基準バット13本、金属性従来基準バット15本、木製バット7本、計34本）を分析対象とした。金属製バットのうち、2024年から適用される規格（最大径：64 mm 未満、打球部の厚み：4 mm）を新基準モデル、2023年まで適用される規格（最大径：67 mm 未満、打球部の厚み：3 mm）を従来基準モデルと本研究では表現する。

### 2.2 測定項目と測定方法

バット長および重心位置はバット重心位置測定器（竹井機器工業製）（図1）を用いて計測した。重心位置については、グリップエンドから重心位置までの距離と、バット長に対する重心位置の割合の2つの指標を用いた。

バットの質量は電子てんびん（最小表示：10 mg）を用いて計測した。バットのグリップエンドまわりの慣性モー

メント（ $I_{grip}$ ）は、バット振幅時間測定器（竹井機器工業製）（図2）で計測した振幅時間を用いて、下記の計算式で求めた。

$$I_{grip} = Wh(T/2\pi)^2$$

但し、

W：バットの重量

h：バット重心からグリップエンドの距離

T：振幅時間



図1 バット重心位置測定器の支点でつり合う位置を測定する際の様子



図2 振幅時間測定器を用いて、バットのグリップエンドを固定した状態で、バットの振幅時間を測定する際の様子

### 2.3 統計処理

金属製新基準バットおよび金属製従来基準バットは、それぞれ0.83 mと0.84 mのモデル毎の慣性特性（質量、重心位置、グリップエンドまわりの慣性モーメント）の平均値±標準偏差を代表値とした。木製バットは0.83 mから0.85 mまでのモデルを分けずに慣性特性の平均値±標準偏差を代表値とした。各バットの重心位置および $I_{grip}$ （グリップエンドまわりの慣性モーメント）の比較は一元配置分散分析の後に Tukey 多重比較検定を行い、統計的

有意性の判定水準は  $p < 0.05$  とした。解析ソフトウェアは IBM SPSS 22.0 を用いた。

### 3. 実験結果と考察

#### 3.1 バットの慣性特性

金属製新基準バットの質量、重心位置、 $I_{\text{grip}}$  は、0.83 m モデルで、 $0.915 \pm 0.004$  kg、 $0.513 \pm 0.009$  m、 $0.330 \pm 0.008$  kg m<sup>2</sup>、そして0.84 m モデルで、 $0.917 \pm 0.009$  kg、 $0.512 \pm 0.007$  m、 $0.334 \pm 0.004$  kg m<sup>2</sup>であった。金属製従来基準バットの質量、重心位置、 $I_{\text{grip}}$  は、0.83 m モデルで、 $0.920 \pm 0.007$  kg、 $0.513 \pm 0.006$  m、 $0.335 \pm 0.004$  kg m<sup>2</sup>、そして0.84 m モデルで、 $0.920 \pm 0.006$  kg、 $0.516 \pm 0.008$  m、 $0.340 \pm 0.007$  kg m<sup>2</sup>であった。木製バットの全長、質量、重心位置、 $I_{\text{grip}}$  は、0.840  $\pm$  0.006 m、 $0.877 \pm 0.020$  kg、 $0.568 \pm 0.009$  m、 $0.366 \pm 0.013$  kg m<sup>2</sup>であった。各カテゴリの全てのバットの測定結果は表1から表3に示す。

#### 3.2 バット質量のカテゴリ間の比較

各カテゴリのバットの質量について、金属製バットにおいては、新基準モデルと従来基準モデルの間で有意差は認められなかった。一方で木製バットの質量は、金属製従来基準バットおよび金属製新基準バットよりも有意に低かった ( $F(2, 32) = 40.79$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.692$ ) (図3)。各カテゴリのバットの質量の代表値では、木製バットは金属製バットよりも0.05 kg 程度軽いことが示された。バットの質量は、打者が使用するバットを選択する際の判断基準の一つであり、主要メーカーが提供するオーダー木製バットでは、0.01 kg 単位でバット質量を指定可能となっており、0.05 kg の違いは無視できない。金属製新基準バット

および金属製従来基準バットでは、バット質量は0.900 kg 以上というルールが設けてあるため、バット質量について制限がない木製バットとの間で違いが見られたと考えられる。

#### 3.3 バット重心位置のカテゴリ間の比較

バット重心位置は、バット全長の影響を取り除くため、グリップエンドから重心位置までの距離をバット全長で除した値 (%) を用いた。各カテゴリのバットの重心位置について、金属製バットにおいては、新基準モデルと従来基準モデルの間で有意差は認められなかった。一方で木製バットの重心位置は、金属製従来基準バットおよび金属製新基準バットよりも有意に大きかった ( $F(2, 32) = 138.05$ ,  $p < 0.001$ ,  $\eta^2 = 0.896$ ) (図4)。

各カテゴリのバットの重心位置の代表値では、木製バットは金属製バットよりも0.05 m 程度バットグリップエンドから遠位にあることが示された。バット質量と同様に、バットの重心位置は「バットのバランス」と呼ばれ、打者が使用するバットを選択する際の判断基準の一つであり、主要メーカーにおいても、「ミドルバランス」や「トップバランス」といった表現を用いてバットの差別化をしている。本研究で測定対象となった金属製バットの中には、木製バットよりも重心位置が遠位にあるバットは無かった。金属製バットについては、新基準では打球部の最大径が減少し、厚みが増大する変更がなされ、単純計算では打球部の短軸断面積は増加するはずであるが、重心位置に変化は認められなかった。

#### 3.4 バット慣性モーメントのカテゴリ間の比較

各カテゴリのバットの  $I_{\text{grip}}$  について、木製バットの  $I_{\text{grip}}$  は、金属製従来基準バットおよび金属製新基準バットより

表1. 金属製バット (0.83 m) の慣性特性

規格	モデル	バットID	質量 (kg)	重心位置 (m)	$I_{\text{grip}}$ (kg m <sup>2</sup> )
従来基準	JKONG02, MIZUNO	MO83-1	0.932	0.520	0.342
	VKONGGS, MIZUNO	MO83-2	0.920	0.511	0.332
	VKONG02, MIZUNO	MO83-3	0.922	0.512	0.334
	SKYBEAT31K, SSK	MO83-4	0.918	0.515	0.336
	SKYBEAT31, SSK	MO83-5	0.911	0.519	0.335
	SUPER CONDOR LFII, SSK	MO83-6	0.916	0.503	0.330
新基準	VKONG02, MIZUNO	MN83-1	0.913	0.511	0.329
	VKONGGS, MIZUNO	MN83-2	0.911	0.514	0.330
	IxC1.0, MIZUNO	MN83-3	0.915	0.502	0.322
	BEATFLIGHTST, SSK	MN83-4	0.920	0.524	0.341

表2. 金属製バット (0.84 m) の慣性特性

規格	モデル	バットID	質量 (kg)	重心位置 (m)	$I_{grip}$ (kg m <sup>2</sup> )
従来基準	JKONG02, MIZUNO	MO84-1	0.929	0.531	0.353
	VKONGGS, MIZUNO	MO84-2	0.922	0.519	0.342
	ZETTPOWER 2nd, ZETT	MO84-3	0.916	0.508	0.330
	BIGARCH260Z, ZETT	MO84-4	0.917	0.519	0.333
	CRONOMASTER, SSK	MO84-5	0.916	0.510	0.339
	SKYBEAT31KSF, SSK	MO84-6	0.914	0.515	0.340
	SKYBEAT31KLF, SSK	MO84-7	0.925	0.511	0.341
新基準	lxC1.0, MIZUNO	MN84-1	0.913	0.507	0.329
	VKONGGS, MIZUNO	MN84-2	0.908	0.521	0.337
	VKONG02, MIZUNO	MN84-3	0.903	0.518	0.334
	ZETTPOWER, ZETT	MN84-4	0.919	0.512	0.338
	ZETTPOWERGB, ZETT	MN84-5	0.922	0.510	0.337
	ZETTPOWERHB, ZETT	MN84-6	0.912	0.513	0.334
	BIGBANGSHOTGB, ZETT	MN84-7	0.927	0.499	0.326
	GODAFZ740GB, ZETT	MN84-8	0.934	0.500	0.330
	BIGBANGSHOT, ZETT	MN84-9	0.911	0.516	0.337
	GODAFZ740, ZETT	MN84-10	0.915	0.517	0.334
	SKYFLIGHTST, SSK	MN84-11	0.918	0.515	0.334

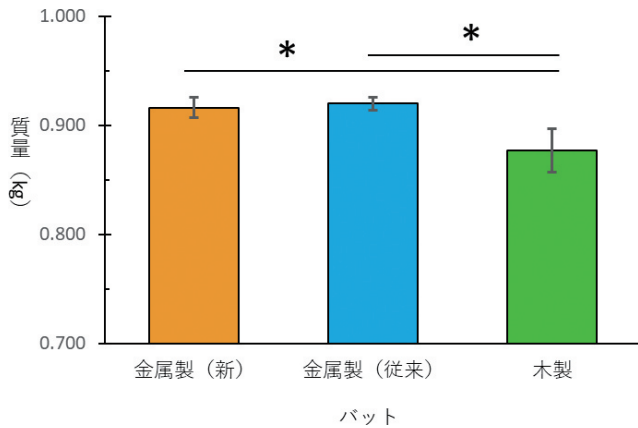
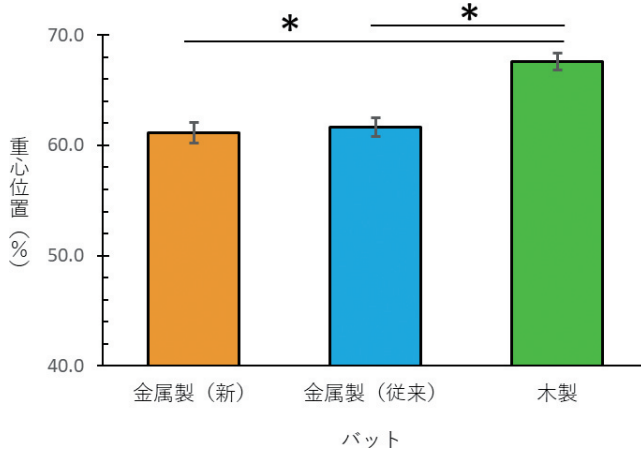
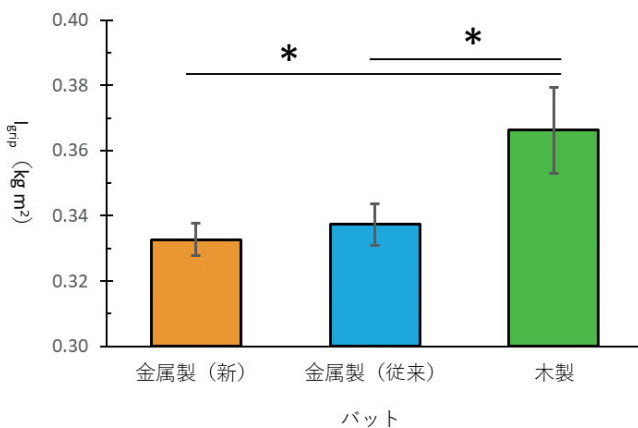
表3. 木製バットの慣性特性

モデル	バットID	質量 (kg)	重心位置 (m)	$I_{grip}$ (kg m <sup>2</sup> )	長さ (m)
TN model, MIZUNO	W-1	0.876	0.559	0.357	0.830
TK model, MIZUNO	W-2	0.846	0.560	0.345	0.835
TO model, MIZUNO	W-3	0.882	0.581	0.379	0.840
MO model, MIZUNO	W-4	0.859	0.565	0.357	0.840
MZP 51, MIZUNO	W-5	0.908	0.562	0.374	0.840
MZM 243, MIZUNO	W-6	0.888	0.569	0.372	0.845
SN model, MIZUNO	W-7	0.881	0.578	0.380	0.850

も有意に大きかった ( $F(2, 32) = 47.21, p < 0.001, \eta^2 = 0.750$ ) (図5)。一方で金属製バットにおいては、新基準モデルと従来基準モデルの間で有意差は認められなかったが、新基準モデルのバットの  $I_{grip}$  の方がより低値に多く分布していた (図6)。

### 3.5 各種バットの慣性特性が打者に及ぼす影響

木製バットの  $I_{grip}$  が金属製バットよりも有意に大きかった要因としては、重心位置が金属製バットよりも遠位にあったことが挙げられる。質量は比較的軽量であった木製バットの  $I_{grip}$  が比較的高値となるほど、木製バットと金属製バットでは重心位置に顕著な違いがあることが示された。バットスイングは体軸やグリップエンド付近を軸とし

図3 各カテゴリのバット質量 (\* $p < 0.05$ )図4 各カテゴリのバット重心位置 (\* $p < 0.05$ )図5 各カテゴリの  $I_{grip}$  (\* $p < 0.05$ )

た回転運動により運動エネルギーを発生させる (Nathan et al., 2011) ことから、木製バットと金属製バットとの間で確認された重心位置の違いは、スイング中の打者の動作や姿勢の制御に影響を及ぼすことが考えられる。

新基準の金属製バットでは、打球の反発係数を抑えるために最大径や厚みの変更がなされているだけでなく、重心

位置や慣性モーメントといった慣性特性においても、数値の増大は認められず、同一条件で投球とバットが衝突した場合、従来基準よりも強い打球が放たれることは期待できない。しかし、新基準の金属製バットでは、従来基準の金属製バットの慣性モーメントの代表値よりも低値のモデルが多く存在していることから、慣性モーメントの減少によるバットの操作性向上やスイング時間の減少により、より正確に投球を捉える確率は上昇するかもしれない。

木製バットに比べ、金属製バットの重心位置や慣性モーメントが低値であることが、金属製バットを使用していた打者が木製バットを使用し始めた際に金属製バット使用時のようなパフォーマンスを発揮できなくなる要因であるとすれば、本研究で確認された新基準の金属製バットの慣性特性の傾向は、木製バットへの適応のハードルを下げることはなく、むしろ、より困難にさせる可能性もあることが示唆された。しかし、新基準の金属製バットの中でも、長尺のものや、重心位置が遠位にあるものを選択することで、木製バットの慣性特性により近いバットで経験を積むことは可能である。異なる慣性特性のバットでの打撃パフォーマンスを比較した先行研究では、打者が感覚的に好むモデルのバットとは異なるバットでより優れた打撃パフォーマンスが発揮されるケースもあることから (城所ら 2018)、バットの長さ、質量、重心位置といった慣性特性を把握した上でバットを選択することは、即時的なパフォーマンスへの影響だけでなく、将来的な木製バットへの適応という観点においても重要といえる。

#### 4. まとめ

本研究では、競技カテゴリによって使用するバットが異なる硬式野球のバットについて、木製バット、新基準と従来基準の金属製バットの慣性特性についての比較検証をした。木製バットは金属製バットに比べ、軽量であるにも関わらず、グリップエンドまわりの慣性モーメントが金属製バットよりも高値を示すほど重心位置がグリップエンドから遠位にあることが明らかとなった。また、新基準と従来基準の金属製バットの慣性特性に統計的有意差は認められず、新基準の金属製バットにおいても、従来基準の金属製バットと同様に木製バットと異なる慣性特性が維持され、木製バットを使用する競技カテゴリを目指す打者は、重心位置がより遠位のバットを選択するなどの工夫が必要であることが示唆された。

#### 参考文献

- 1) Crisco jj, Rainbow MJ, Schwartz JB, and Wilcox BJ. Batting cage performance of wood and nonwood youth baseball bats. Journal of Applied Biomechanics. 30 (2): 237-243. 2014.

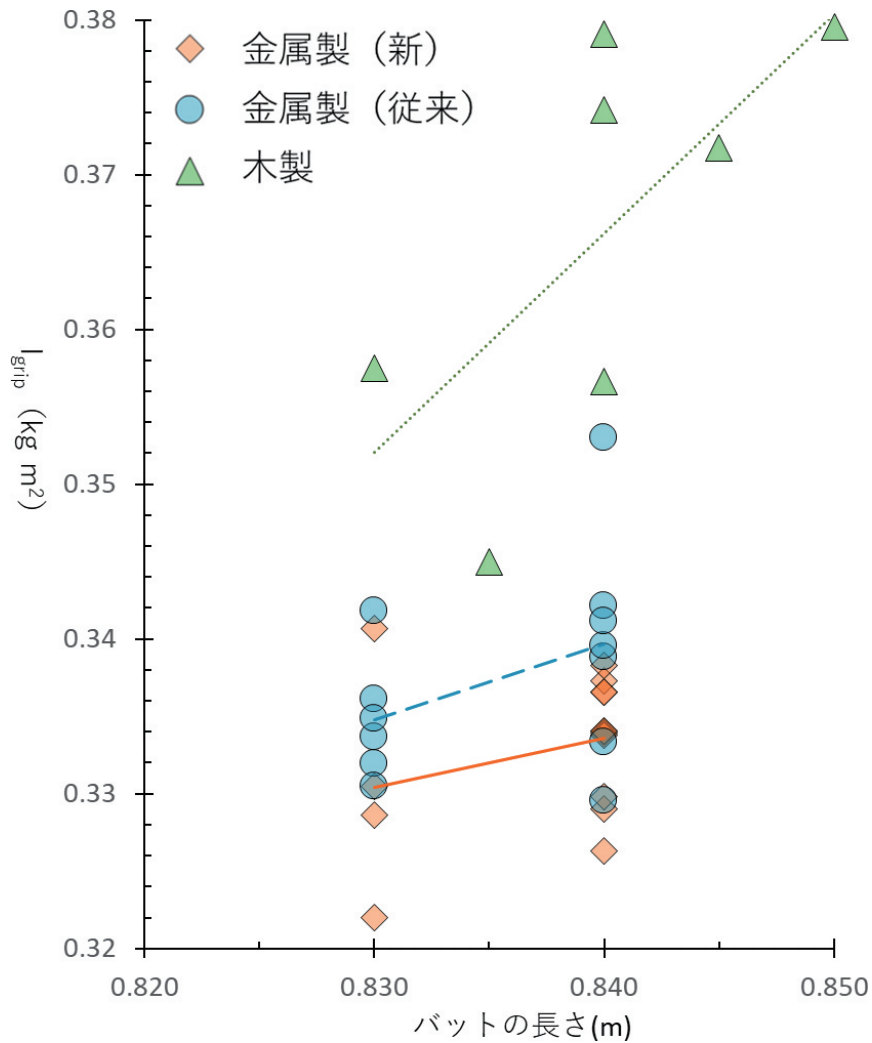


図6 各カテゴリの  $I_{grip}$  の分布

- 2) Cross R. Physics of baseball & softball. Springer Science + Business Media. 2011.
- 3) Fleisig GS, Zheng N, Stodden DF and Andrews JR. Relationship between bat mass properties and bat velocity. Sports Engineering. 5 (1): 1-8. 2002.
- 4) 樋口貴俊, 永見智行, 宮本直和, 彼末一之. 野球打撃前に行う加重したバットでの素振りがバット速度と正確さに及ぼす影響. 東京体育学研究. 4 : 17-22. 2013.
- 5) 城所収二, 園本修也, 赤木亮太. 子供の打撃パフォーマンスを最大に高める最適なバットの慣性モーメントと把持条件. バイオメカニクス研究. 22 (3) : 94-108. 2018.
- 6) Laughlin WA, Fleisig GS, Aune KT and Diffendaffer AZ. The effects of baseball bat mass properties on swing mechanics, ground reaction forces, and swing timing. Sports Biomechanics. 15(1): 36-47. 2016.
- 7) Nathan AM, Crisco JJ, Greenwald RM, Russell DA and Smith LV. A comparative study of baseball bat performance. Sports Engineering. 13 (4): 153-162. 2011.