



バットの慣性モーメントと力学的特性

柳田, 泰義
野村, 治夫
前田, 正登
宮垣, 盛男

(Citation)

神戸大学医療技術短期大学部紀要, 9:131-139

(Issue Date)

1993

(Resource Type)

departmental bulletin paper

(Version)

Version of Record

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.24546/80070244>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/80070244>



バットの慣性モーメントと力学的特性

柳 田 泰 義¹, 野 村 治 夫²,
前 田 正 登², 宮 垣 盛 男³

緒 言

打具を用いる球技において, 打球の運動は打具と球との相互作用によって決まることはよく知られている。打具を用いる球技のうち, 最も普及している野球については, 打者の反応時間や動作時間を測定したり, 打撃のフォームを筋電図やシネカメラなどを用いて分析するなど, 古くからさまざまな研究がなされてきた^{1~16)}。

Heald¹⁾はゴルフクラブの swing weight を簡単に推定できる方法をバットにも応用して, バットの swing weight と慣性モーメントとの直線関係を見いだした。そして選手の力に合った, しかも最大飛距離を出すのに最適な, バットの swing weight の範囲を明らかにした。

Brody²⁾はアルミ製のソフトボールバットを用いて, 最適な打撃位置を算出して, ボール速度の変化と打撃の方法の関係によって, また重いバットほど最適な打撃位置がバットの先端にあると報告している。

打球の飛距離や打球の速度を決定するバットの要素は, バットのように回転するものはその重さだけでなく, 長さと同様に重さの質量分布によっても影響する。定性的にはバットの重心位置とその回りの慣性モーメントによって説明できる。しかしながらバットのような複雑な剛体の慣性モーメントは簡単には測定できない。

本研究ではバットの静力学的な物理量のうち, バットのスイング速度などを左右する回転運動

体にとって最も重要な慣性モーメントを実験的に求める方法を検討した。そしてこの方法を用いて, 本製とアルミ製の材質の異なるバットの慣性モーメントを測定し, 重心位置とともに, 最適な「打撃の中心点」について検討し考察を加えた。

方 法

剛体の運動は, その物体の一点(通常はその物体の重心)の並進運動と, その点のまわりの回転運動にわけて考察される。剛体の回転運動は, それらに働く力のモーメントと, 回転軸のまわりの慣性モーメントがわかれば, 数式で記述することができる。物体の慣性モーメントは, 物体の回転しにくさを表す量で, それは回転軸の位置と, 質量分布によって決まる。

物体を n 個の微小部分にわけ, i 番目の微小部分の質量を m_i , その部分の回転軸からの距離を r_i とすれば, この物体の回転軸のまわりの慣性モーメント I は

$$I = \sum_{i=1}^n m_i \cdot r_i^2 \quad \cdots \cdots \cdots (1)$$

で与えられる。

このように剛体の形と, 質量分布が数式で表現できる場合には, 慣性モーメントは計算によって求めることができる。しかしバットのようにその形状や構造特性が異なる物体は, 計算によ

1. 神戸大学医療技術短期大学部
School of Allied Medical Sciences, Kobe University
2. 神戸大学発達科学部
Faculty of Human Development, Kobe University
3. 姫路獨協大学
College of Liberal Arts, Himeji-Dokkyo University

る方法は困難である。本研究は振動法によってバットの慣性モーメントを実験的に求めた。

1. 振動法による慣性モーメントの測定

剛体の重心から h の距離の点 O を水平軸で支え、その支点の回りに微小振動をさせるとき、剛体の水平軸のまわりの慣性モーメントを I 、質量を M とすると、振動周期 T は

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{Mgh}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

で与えられる。ここに g は重力の加速度である。また、重心を通る軸のまわりの慣性モーメントを I_G 、質量を M とすれば、重心からの距離 h の点を通る水平軸のまわりの慣性モーメント I は

$$I = I_G + Mh^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

で与えられる。それ故に剛体の質量と重心の位置および支点のまわりの微小振動の周期を測定すれば、支点のまわりの慣性モーメントを知ることができ、あらゆる点を通る水平軸のまわりの慣性モーメントを求めることが可能となる。この方法を振動法と呼ぶ。

2. 測定に用いたバットの種類

振動法による慣性モーメントの測定に使用したバットを表1に示す。軟式用の木製バット4本・アルミ製バット2本、硬式用の木製バット1本・アルミ製バット2本。合計9本のバットについて測定した。

3. バット支持具

図1に示したような、摩擦の少ない軽量のバット支持具を作成した。バット支持具の本体は外径74.8mm、肉厚5.0mm、高さ8.5mmのジュラルミン環に焼き入れしたナイフエッジを取り付けたものでその質量は30.6gである。バットは直径4mmのネジで環の中央部に2方から固定した。この支持具のナイフエッジのまわりの慣性モーメントは計算によって求めることができ、その値は $2.81 \times 10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ である。バットの慣性モーメントは $(4 \sim 7) \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ であるので支持具を取り付けた影響は無視でき

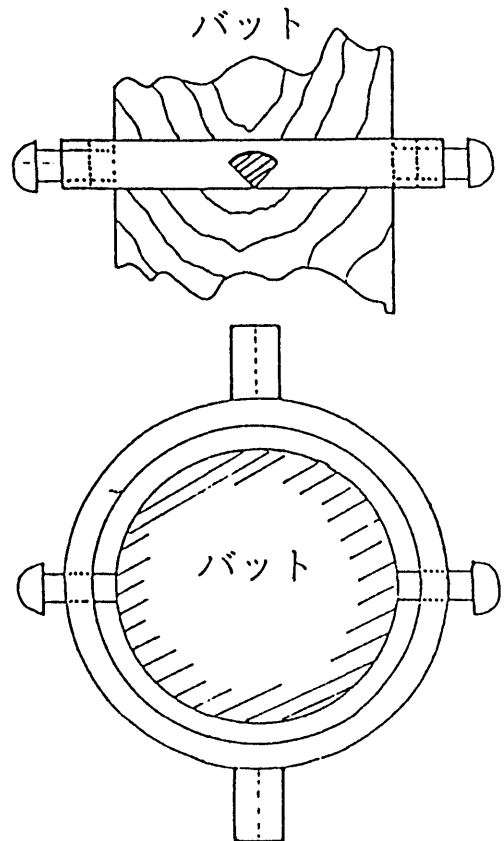


図1 バットの慣性モーメント測定のために考案した、振動法によるバット支持具

る。

支持具を取り付けたバットをガラスを貼った水平台の上で振動させると、振幅が 5° 以内のとき30分以上も振動が続き、空気の抵抗と支点の摩擦の影響は無視することができる。微小振動の周期は50周期を $1/10$ 秒の精度で測定した。

結 果

本研究で作製したバット支持具を用いて支点の位置を変えて、支点を通るバットの長軸に垂直な軸のまわりの慣性モーメントを、軟式野球本製バット2について測定した結果を図2に示

す。ここで横軸はバットの太い先端からの距離を示し、またGは重心の位置を示す。図2の測定点は(3)式で与えられた放物線上に分布している。各バットの諸元と測定結果を表1に示す。

バットの慣性モーメントは、長さが等しくても、質量と慣性モーメントの間には相関はない。長さや重心の位置が等しいバット2とバット3において、バットの外形(半分)は図3の結果になり、バット2は全体に太く、質量も110g大きいにもかかわらず慣性モーメントは小さい。野球のバットは木製、アルミ製ともに材質が一樣であるために³⁾、相対的にバット2に比べてバット3は重心から離れた所に質量が分布することになる。すなわち慣性モーメントは質量よりも、質量分布の違いによって影響を受ける結果になった。

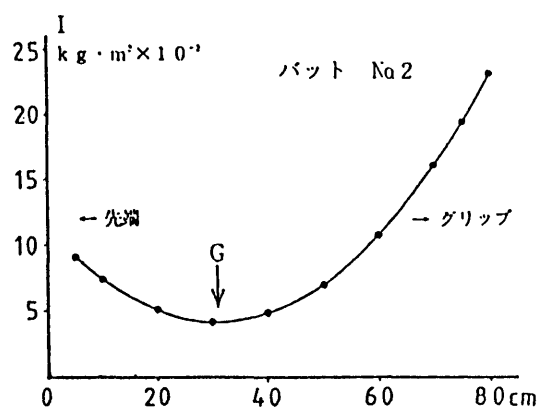


図2 支点を通るバットの長軸に垂直な軸のまわりの慣性モーメント結果
(軟式野球用木製バット：長さ84.5cm：質量758g：重心周りの慣性モーメント4.09kg・m²×10⁻²)

表1 軟式野球、硬式野球用の木製バット、アルミ製バットの特徴

N o	バットの種類	材質	長さ L (c m)	質量 M (g)	重心 (バット先端 からの長さ) G (c m)	重心周りの 慣性モーメント I G (K g · m² × 1 0⁻²)
1	軟式野球	木	8 6 . 2	7 2 7	3 1 . 5	4 . 5 5
2	軟式野球	木	8 4 . 5	7 5 8	3 0 . 4	4 . 0 9
3	軟式野球	木	8 4 . 7	6 4 8	3 0 . 4	4 . 5 0
4	軟式野球	木	8 5 . 3	7 3 5	3 1 . 4	4 . 5 0
5	軟式野球	アルミ	8 4 . 9	8 0 5	3 4 . 9	5 . 9 9
6	軟式野球	アルミ	8 4 . 9	8 0 3	3 5 . 2	5 . 9 2
7	硬式野球	木	8 5 . 2	9 5 9	2 8 . 4	4 . 9 6
8	硬式野球	アルミ	8 3 . 9	8 8 5	3 2 . 7	6 . 1 9
9	硬式野球	アルミ	8 3 . 8	8 8 2	3 3 . 0	6 . 2 5

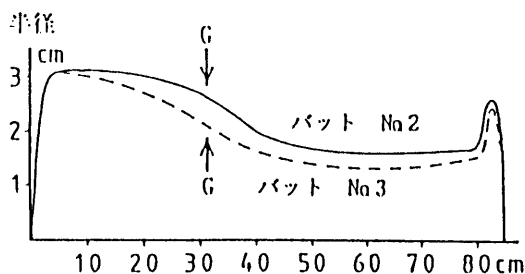


図3 長さや重心位置が等しいが、慣性モーメントが異なるバットの外形比較

(軟式野球用: No. 2 = $4.09 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \times 10^{-2}$;
No. 3 = $4.50 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \times 10^{-2}$)

考 察

測定したバットの重心の周りの慣性モーメントと質量の関係を図4に示す。図4からアルミ製バットの慣性モーメントは(平均 = $6.088 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$)、木製バットの慣性モーメントは(平均 = $4.520 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$)であり、アルミ

製バットが大きいことが明らかになった。このことからアルミ製バットは相対的に重心から離れた所に多くの質量が分布していることが考えられる。

図5はバットの重心の位置(バットの全長に対する太い先端から重心までの距離の比)と質量(kg)の関係を表す。硬式用、および軟式用バットのいずれにおいても木製バットは太い先端近くに重心があり、アルミ製バットは木製バットよりも約4.5%程度バットの中心寄りにあった。

ここで図6に示したように、バットの一点Aに撃力Pが加えられると、次の瞬間に重心の反対側のグリップ点Bを中心とする回転運動が始まる。重心を通りバットの軸に垂直な慣性モーメントを I_G 、質量をM、 $GA = x$ 、 $GB = h$ とすると、

$$xh = I_G / M \quad \dots\dots\dots (4)$$

の関係が成り立つ。この点Bが撃力の中心としていわゆる「打撃の中心点」と呼ばれている。

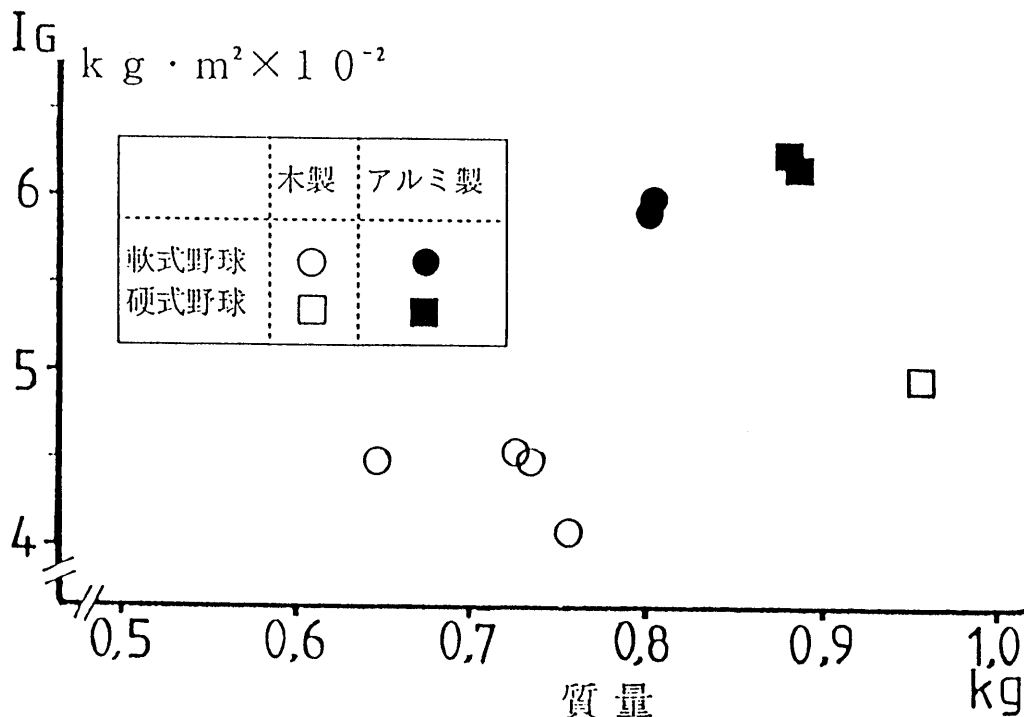


図4 木製バットとアルミ製バットの重心周りの慣性モーメント(I)と質量(kg)との関係

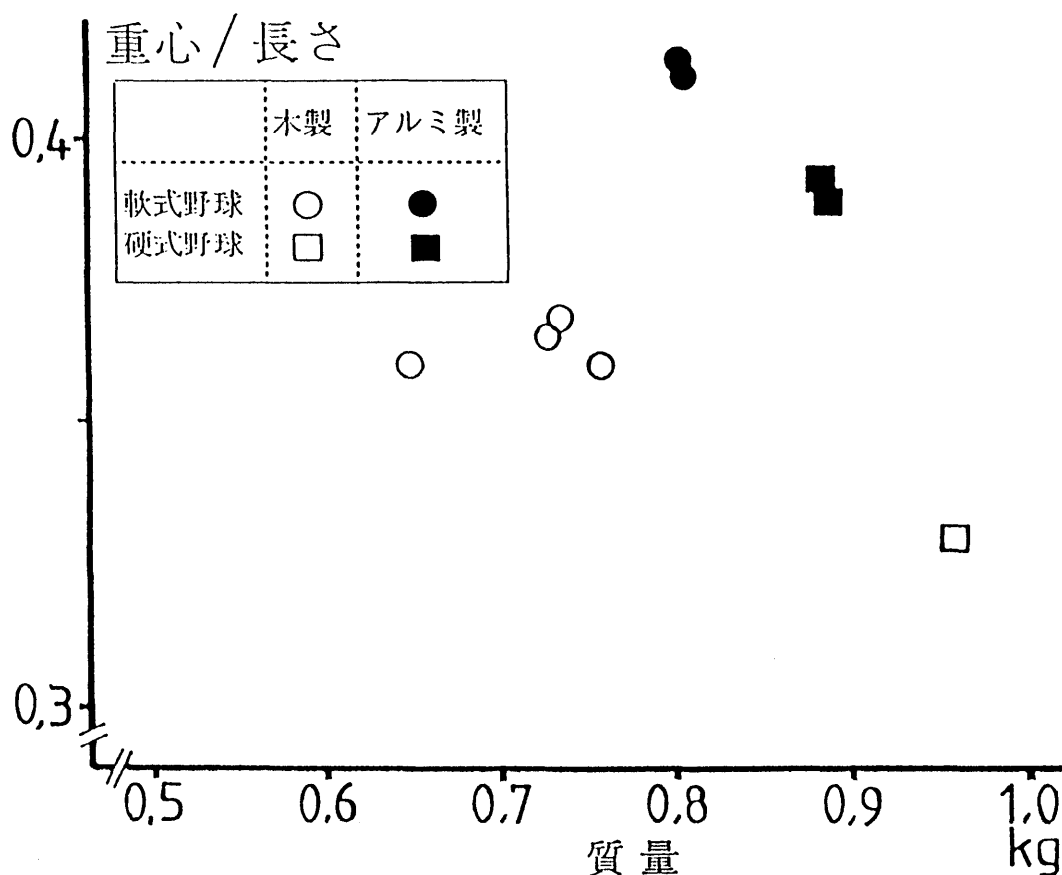


図5 木製バットとアルミ製バットの重心の位置（バットの全長に対する太い先端から重心までの距離の比）と質量（kg）との関係

また、AB間の距離は次のようにも表せる。

$$\overline{AB} = \frac{I_G + Mx^2}{Mx} \quad \dots\dots\dots (5)$$

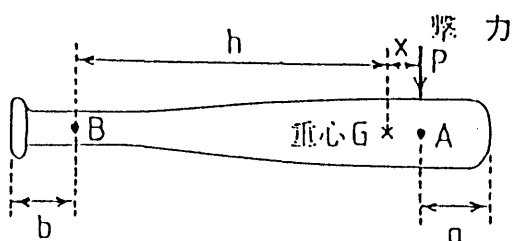


図6 バットの諸定義

一般に打撃時にバットを通じて手に伝わる「手ごたえ」が最も心地よい打撃点をスイート・スポットと呼んでいるが、「打撃の中心点」とは理論的には合致したものではない⁴⁾。しかしながら、実際のバッティングにおいては、スイート・スポットは最適な打撃点あるいはそれに準ずる打球速度を生み出す部分に含まれ、同一に扱う場合が多いようである。

(4) 式、または(5) 式から、打撃の中心となるグリップの位置 (b) を変化させた場合の打撃点 (a) を求め、これを図7 (軟式野球バット)、図8 (硬式野球バット) に示した。グリップの位置はバットの細い先端からの距離

(b)を示し、打撃点はバットの太い先端からの距離(a)を示す。いずれもアルミ製バットが広い「打撃の中心点」があることを示した。これはアルミ製バットの方が木製バットよりも相対的に重心の位置がグリップエンドに近く、また重心のまわりの慣性モーメントが大きいといった結果によるものである。

F. O. BRYANT⁵⁾らは6人の優れた大学野球選手を対象に、ピッチング・マシンからの投球ボールを木製バットとアルミ製バットによって打たせた場合、それぞれのべ180回の打撃で、木製バットで平均142.62km/h (39.62 m/sec)、アルミ製バットでは平均148.81km/h (41.34m/sec)の打撃速度であった。さらにバットを垂直に吊るし、ボールを振り子式にバットに当てて、グリップで受ける力を測定した。これらの実験の結果から、アルミ製バットは木製のバットに比較して打撃速度は1.72m/sec速く、また「打撃の中心点」もアルミ製バットの場合、バットの先端約18cmから24cmに渡って6cmの間存在することを示し、木製バットにおいては先端から約21cmの所に、非常に狭い範囲で認められたと報告している。アルミ製バットの特徴は、中空であること、材質が一樣であることによって、重心の回りが広い「打撃の中心点」で覆われている事が打球の速度に影響していると報告している。

我々は経験的にボールがバットに当たった時ののはね返りが打撃の中心では大きくなり、その位置からバットの両端にはずれるにしたがって、はね返りが小さくなることを知っている⁶⁾。しかしながら、理論的に最適な打撃位置を示す場合には、バットの質量と慣性モーメント、ボールの質量、投球速度、そしてバットのスイング速度の関数となって複雑なものとなる⁴⁾。

バットに対するボールのはね返り速度は、アルミ製バットの場合、グリップをしっかりと握らないと、木製に比較してその効果がないとの報告⁷⁾があるが、しっかりと握れない微力な人でもアルミ製バットの「打撃の中心点」の広さによる効果は大きいと考えられる。

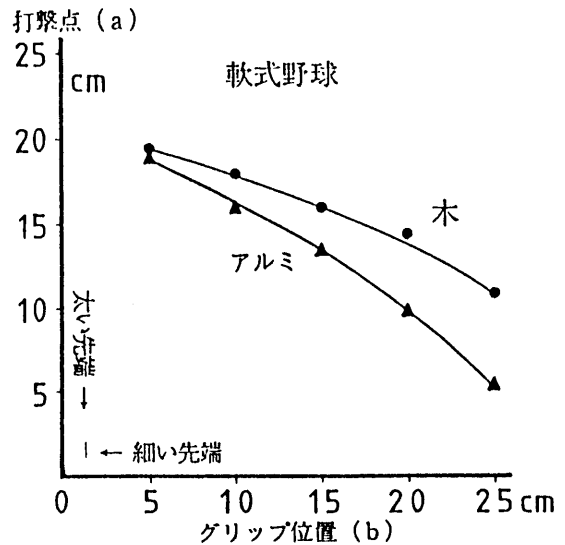


図7 軟式野球用バットにおいて、打撃の中心となるグリップの位置(末端からの距離b)を変化させた場合の、打撃点(先端からの距離a)の位置との関係

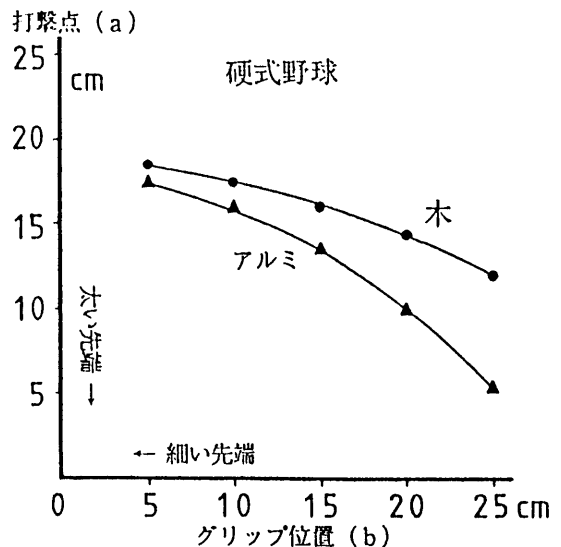


図8 硬式野球用バットにおいて、打撃の中心となるグリップの位置(末端からの距離b)を変化させた場合の、打撃点(先端からの距離a)の位置との比較

高速で飛来する投手の投げたボールに対して、バットによる狭い範囲に正確なミートを要求することは、かなり熟練の必要な技術と言える。わずかなミートのズレがあってもヒット性の打球を期待できるのは、明らかにアルミ製バットが有利である。

ま と め

野球のバットの静力学的な物理量のうち、バットのスイング速度などを左右する回転運動体にとって最も重要な慣性モーメントを実験的に求める方法を検討した。そして、この方法を用いて、木製バットとアルミ製バットの慣性モーメントを測定し、重心位置とともに、バットの「打撃の中心点」について検討した。

その結果、次のことが明らかになった。

1. バットの慣性モーメントは、アルミ製バットでは、 $\text{平均値}=6.088 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ であり、木製バットでは $\text{平均値}=4.520 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ であった。
2. バットの慣性モーメントは、質量の分布の影響を受けた。
3. バットの質量分布は、木製バットではその重心に集中していたが、アルミ製バットでは、木製バットよりも重心から離れた点にも質量が分布していた。
4. バットの重心位置は、木製バットの場合先端から平均35.7% (SD=1.38)の部分にあり、アルミ製バットは木製バットに比較してやや中心近くの平均40.2% (SD=1.21%) にあった。
5. これらのことから、アルミ製バットは木製バットと比較して、幅の広い「打撃の中心点」を有しており、このことは打者にとって有利な条件となる。

本研究において貴重な資料をご提供いただいた、アシックススポーツ工学研究所に対して感謝申し上げます。

参考文献

1. Heald J: A swing weight for baseball bats. THE ATHLETIC JOURNAL 55: 70, 1974
2. Brody H: The sweet spot of a baseball bat. Am J Phys 54: 640, 1986
3. 平野 裕一: スポーツ科学ライブラリー 7 「打つ科学」, 大修館書店, 1981, P.86
4. 古福 康郎: バットの力学的性質から見たバッティングの科学, Jpn J Sports Sci 4: 723, 1985
5. Bryant FO, Burkett LN, Chen SS, et al: Dynamic and performance characteristics of baseball bats. The Research Quarterly 48: 505, 1977
6. アシックススポーツ工学研究所内部資料, バットの反発係数, 1993
7. Weyrich AS, Messier SP, Ruhman BS, et al: Effects of bat composition, grip firmness, and impact location on post impact ball velocity. Med Sci Sports Exerc 21: 199, 1989
8. 平野 裕一, 宮下 充正: 野球の打撃の研究, 日本体育学会第29回大会号, 1978, P.327
9. 重田 定正, 石河 利寛, 広田 公一他: 野球のバッティングに関する研究 体育学研究 2: 9, 1956
10. 宮崎 義恵, 羽鳥 好夫: 野球の打撃動作に関する分析的研究—特に投球速度との関係について 東京体育学研究 6: 83, 1979
11. 津島 直樹, 小竹 一壽: 野球におけるバッティングの分析的研究 東京学芸大学 5: 14, 1978
12. 小林 一敏, 大島 義晴: 王選手の打撃動作 体育の科学 29: 539, 1979
13. McCORD B: The physics in hitting. THE ATHLETIC JOURNAL 60: 42, 1969
14. 山本 唯博, 阿部 泰人: 野球のバット・スイングにおけるトルクの測定 東京体育学研究 5: 25, 1978
15. 平野 裕一: バットスイングの分析 体育の科

学 29 : 543, 1979

16. 下平 雄 : バッティングに就いての研究 (バットの力学) 体育学研究 V : 116, 1954

Inertia Moment and Dynamic Characteristics of Baseball Bats

Yasuyoshi Yanagida¹, Haruo Nomura², Masato Maeda²,
and Morio Miyagaki³

ABSTRACT: Inertia moment of baseball bats was measured by the physical pendulum method (i.e. oscilator). Nine bats (four alminum baseball bats and five wooden baseball ones) were used in the experiment. The result of this experiment showed that: 1) The average of inertia moment of alminum baseball bats was $6.088 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, while that of wooden baseball ones was $4.520 \times 10^{-2} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$; 2) it became obvious that inertia moment of a bat is influenced by the distribution of mass; 3) the distribution of mass of a wooden baseball bat is concentrated in the center of gravity, while the distribution of mass of an alminum baseball bat is dispersed, separated from the center of gravity; 4) the center of gravity of a wooden baseball bat is situated near the bat head (35.7% distant from the distal end of the bat), while the center of gravity of an alminum baseball bat is 40.2% distant from the distal end of the bat; 5) the center of percussion of an alminum baseball bat is dispersed over a wide range of a bat, compared with that of a wooden baseball one.

Key words: Inertia moment,
Baseball bats,
Distribution of mass,
Center of percussion,
Center of gravity.

1. School of Allied Medical Sciences, Kobe University
2. Faculty of Human Development, Kobe University
3. College of Liberal Arts, Himeji-Dokkyo University