

野球バットの打撃性能評価システムの製作とバット支持方法の選択

著者	香川 博之, 米山 猛, 那須 英彰, 五十嵐 重人, 北川 雄二郎, 高橋 昌也, 佐藤 一孝
雑誌名	日本機械学会論文集C編 = Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers. C
巻	77
号	783
ページ	4218-4227
発行年	2011-11-25
URL	http://hdl.handle.net/2297/48405

doi: 10.1299/kikaic.77.4218

野球バットの打撃性能評価システムの製作とバット支持方法の選択*

香川博之^{*1}, 米山猛^{*1}, 那須英彰^{*2}, 五十嵐重人^{*2},
北川雄二郎^{*2}, 高橋昌也^{*3}, 佐藤一孝^{*4}

Development of the Evaluating System on Hitting Performance and Choice of Clamping Methods for Baseball Bats

Hiroyuki KAGAWA^{*1}, Takeshi YONEYAMA, Hideaki NASU,
Shigeto IGARASHI, Yujiro KITAGAWA, Masaya TAKAHASHI,
and Kazutaka SATO

^{*1} Kanazawa Univ. School of Mechanical Engineering
Kakuma-machi, Kanazawa, Ishikawa, 920-1192 Japan

Many studies on baseball bats have been carried out in the world. And a lot of useful knowledge for development of bats, e.g., coefficient of restitution, trampoline effect and so on, have been obtained. However, effect of clamping conditions on hitting performance has not been clarified yet. Therefore, we have developed an evaluation system for coefficient of restitution on baseball bats using three kinds of clamping devices for bats, that is, “rigid clamp”, “rotating-free clamp”, and “free support”. In this paper, the evaluating system and some examples of experimental results have been reported. We concluded that differences in clamping method of metal baseball bat scarcely affected evaluating results of coefficient of restitution on hitting. The rotating-free clamp is well suited to the system from the viewpoint of the simplicity of experimental operation and adequacy of the data.

Key Words : Baseball bat, Coefficient of Restitution, Center of Percussion, Moment, Evaluation system, Clamping method

1. 緒 言

野球に限らずボールを打撃するスポーツでは、用具のスイートスポットと呼ばれる領域で打撃すると効率よくボールが打ち返されると表現されるが、種目によってはその位置の定義があいまいで、選手の感覚的な表現である場合も見受けられる。高木⁽¹⁾は、野球バットのように剛性の高い用具の場合には、打撃中心（撃心）において打撃を行うと用具を握る手に衝撃が伝わりにくく、打撃力が大きいことを説明している。また、Adair⁽²⁾は、野球バットの固有振動の節で打撃を行うことでバットの振動が起こらず、しびれ難いことや、ボールのもつエネルギーがバットに振動に吸収されず打撃効率がよいことを説明している。撃心の位置はバットの握り位置（バット支持位置）により変化するが、通常の握り位置と考えられるグリップのほぼ中央を握った場合の撃心位置について、市販されているいくつかの野球バットについてしらべたところ、振動の節と非常に近い位置になっており、経験的に形状が最適化されてきたものと思われる。

目的に応じたよりよい野球バットを開発するためには、これまで開発してきた実際の野球バットの打撃性能を評価・分類し、形状や材料などとの関係を明らかにする必要がある。打撃特性に関して、これまでに鳴尾ら⁽³⁾、田中ら⁽⁴⁾、西川ら⁽⁵⁾など多くの研究があり、様々な評価システムが構築されてバット開発に必要で有用なデータが蓄積されている。また、打撃時の反発係数に影響を与えるといわれるトランポリン効果については、秦ら⁽⁶⁾、

* 原稿受付 2011年05月31日

^{*1} 正員, 金沢大学 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

^{*2} 元金沢大学大学院, ^{*3} 正員, 住友軽金属工業, ^{*4} 住軽テクノ恵那,

E-mail: kagawa@t.kanazawa-u.ac.jp

Nathan ら⁽⁷⁾、本江ら⁽⁸⁾などにより詳細に検討がなされており、野球バットやゴルフクラブの打撃具の剛性と反発係数の関係などが議論されている。著者ら⁽⁹⁾も、金属製野球バット開発の現場で使用するために、打撃性能評価システムの開発を独自に行ってきた。前述の先行研究などで構築された評価システムは、打撃時のバットの支持方法も様々であり、打撃性能に影響を与えるのかについて、まだ明確にわかっていない。そこで、本研究では開発した評価システムにより、市販の金属製野球バットを使い、3種類の支持方法について打撃試験を行った。反発係数に対する支持方法の影響を実験的にしらべ、評価システムに適した支持方法について検討を行った。

2. 評価システムの概要

評価システムは、ピッチング装置、球速測定装置、バッティング装置から構成され、図1に示すように配置した。これにより、球速測定装置で投球速度および打球速度を計測することができる。

ピッチング装置には、硬式および軟式ボールに対応した市販の2ローター回転式ピッチングマシンを採用し、左右のローター回転速度を一致させ、ボールの回転速度を無視できるようにした。球速測定装置には、ボールの通り道を左右から挟むように配置した樹脂板に、11組のレーザ光センサが図2に示すように取り付けられている。ピッチング装置から発射されたボールは図の左方から入り、1組のトリガ用センサに反応した瞬間から球速測定装置は測定を開始する。ボールが右方へ進むに連れ順番に2組の速度検出用センサを通過する。バットとの衝突後、打球は左方に進み2組のセンサを投球とは逆の順番で通過する。各センサの通過時間はパーソナルコンピュータに記録される。各センサはボール進行方向に対して0.1[m]間隔で取り付けられており、2組のセンサ間を通過する時間から投球速度および打球速度の区間平均を算出できる。また、打球が投球方向に対して上下に反れる場合を想定して、バットの打撃点を中心として水平面から放射状に 0° 、 $\pm 7.5^\circ$ 、 $\pm 15^\circ$ の計5方向に速度検出用センサを配置した。球速測定精度については、毎秒20,000コマの高速ビデオカメラを用い、ほぼ妥当であることを確認した。

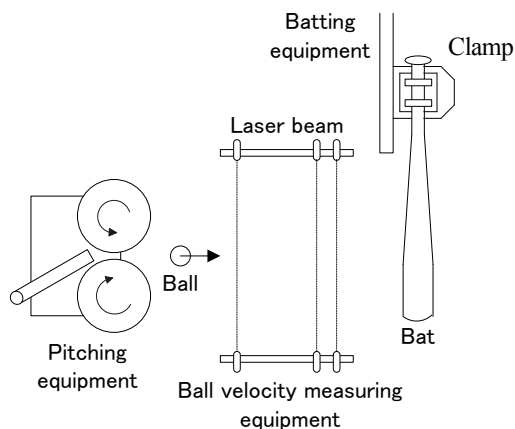


Fig.1 Evaluation system for baseball bats

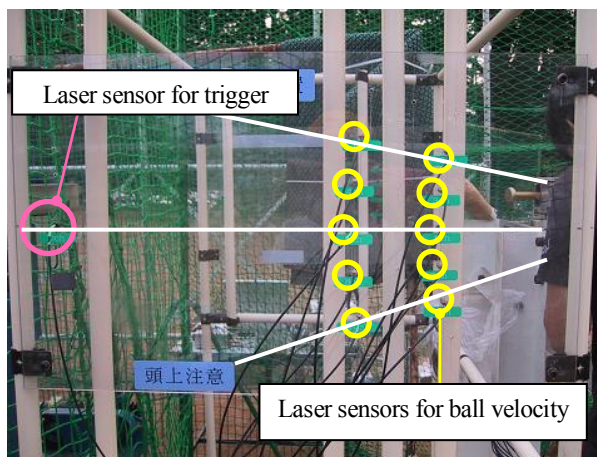


Fig.2 Alignment of laser sensors in the ball velocity measuring equipment

バッティング装置には、図3に示すような回転自由支持、完全固定支持、および完全自由支持の3種類のバット支持具を取付けられるようになっており、実験により使い分けることができる。ここで、A点は代表的な握り位置（回転中心）とし、ASTM⁽¹⁰⁾の実験に合わせバットのグリップ端から152[mm]の位置に決めた。G点はバットの重心点、B点は打撃点で、AB間の距離をRと定義した。B点は実際にはバット表面に位置するが、図では便宜的に中心軸上に描いた。どの支持方法の場合にも、装置には静止しているバット表面近傍に10組のレーザ光センサが取り付けられており、バットの長手方向に10[mm]間隔で並べることで、打撃時のボール位置Rを検出できるようになっている。

回転自由支持 (Rotating-free clamp) とは、バットの握り部を回転軸に固定することで打撃時に支持位置を中心に自由に回転できるようにした支持方法である。これは回転軸にバットが完全に固定されていることを除き、ASTM⁽¹⁰⁾とほぼ同様の支持方法になっている。なお、打撃点が撃心に一致する場合には、理論的にはバット支持部に力が作用せず、後述の完全自由支持と等価になる。支持具の回転軸には図4に示すような遮蔽板が取り付けられており、光センサ上を通過する時間により、打撃後のバットの回転速度 ω_1 を測定することができる。

完全固定支持 (Rigid clamp) とは、バットの握り部が完全に固定されており、打撃時にバットが回転しない支持方法である。バット支持部には、打撃により大きなモーメントや力が作用する。打撃点が撃心に一致する場合には、バットを剛体棒と仮定すれば理論的にはモーメントのみが作用することになる。支持具には作用するモーメントを評価するために、トルク計が取付けられている。

完全自由支持 (Free support) とは、図5に示すように台にバットを水平に置くだけの構造であり、打撃によりバットは後方へ自由に飛んでいく。これは鳴尾ら⁽³⁾と同様の支持方法になっているが、バット重心の速度および回転速度の測定に、コストや処理作業低減を考慮して、高速度カメラではなくレーザ光センサを使っている。センサ位置を変えられるようになっており、打撃直後のバットの重心、先端、グリップ部の速度を測定し、バット重心の速度 V_G および回転速度 ω_G を算出できる。

なお、回転自由支持と完全自由支持については、バットの握り部をA点から $\pm 50[\text{mm}]$ の位置で固定している。

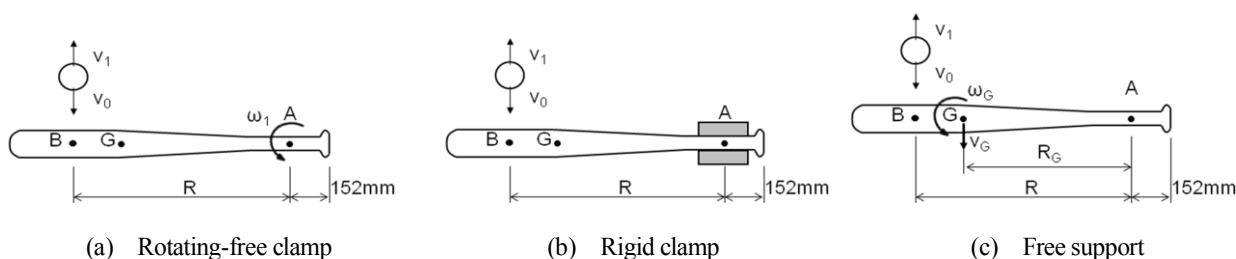


Fig.3 Types of clamping methods

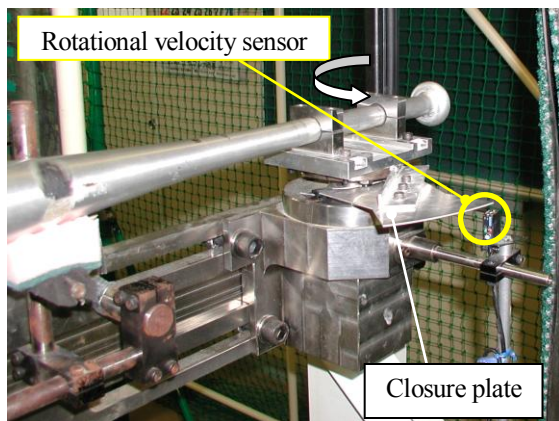


Fig.4 Rotation-free clamp device

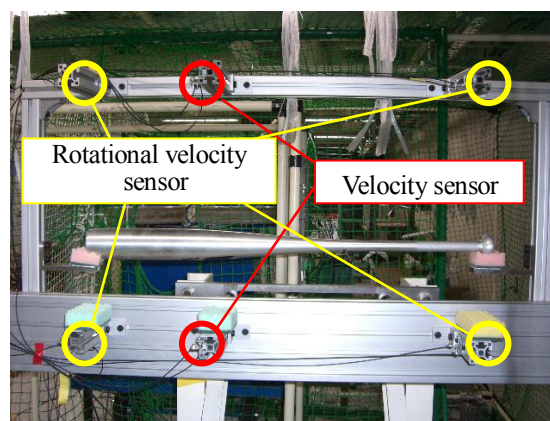


Fig.5 Free support device

3. 反発係数の算出方法

3・1 回転自由支持の場合

図3(a)に示すように、水平面上で回転自由支持された質量 M 、回転軸まわりの慣性モーメント I のバットに対して、回転軸から距離 R の位置で打撃実験を行う場合について考える。バットとボールの反発係数 e は、打球速度 v_0 、打球速度 v_1 および打撃後のバットの回転速度 ω_1 から次式により求められる。

$$e = \frac{v_1 + R\omega_1}{v_0} \quad (1)$$

また、ボールの質量を m とすると、打撃位置 R は角運動量保存則から次式のように算出される。

$$R = \frac{I\omega_1}{m(v_0 + v_1)} \quad (2)$$

実験では打撃位置 R についても実測しており、式(2)で算出された値と大きく異なる場合には、不良データとして除外することで、反発係数の評価精度を高めることができる。

3・2 完全固定支持の場合

図3 (b) に示すように、完全に固定支持されたバットに対して打撃を行う場合について考える。反発係数 e は式(1)および(2)より ω_1 を消去すると、次式が得られる。なお、本研究ではトルク計の中心軸が A 点に一致し、打撃位置 R を実際の握り部固定端からではなく A 点から重心 G までの距離としてデータを整理する。

野球における通常の打撃では、バットには長い周期のしなり変形を生じるが、特に硬式ボールの場合にはバットとボールの接触時間は非常に短く、しなり変形がほとんど生じていない状態でボールが跳ね返される⁽¹¹⁾。本研究では、衝突の瞬間には回転自由支持のようにバットが回転する場合とほとんど変わらず、見かけ上、式(2)が成立するものと仮定した。ただし、バットが剛体でしなり変形を生じない場合、すなわち剛体壁と見なせる場合には式(2)が成立せず、式(3)を使うと実際の反発係数よりも大きく評価されることになる。

$$e = \frac{\frac{mR^2}{I}(v_0 + v_1) + v_1}{v_0} \quad (3)$$

3・3 完全自由支持の場合

図3 (c) に示すように、バットを全く拘束せず、自由運動できるように打撃を行うと、バットの重心が速度 V_G および回転速度 ω_G で運動することになる。したがって、反発係数 e は次式により求められる。

$$e = \frac{v_1 + V_G + (R - R_G)\omega_G}{v_0} \quad (4)$$

ここで、 AG 間の距離を R_G とすると、角運動量保存則から打撃位置 R が次式のように算出される。したがって、回転自由支持の場合と同様に、打撃位置 R の実測値と比較することで不良データを除外し、評価精度を高めることができる。

$$R = \frac{(I - MR_G^2)\omega_G}{m(v_0 + v_1)} + R_G \quad (5)$$

4. 実験方法

本研究には、表1に示すような2種類の市販の硬式野球用アルミニウム製バットを用いた。装置への取り付けを考慮してグリップの滑り止めテープを取除いたため、バットの重量 M が規定値 (0.9[kg]) よりわずかに小さくなっている。打撃には2種類のボールを使用した。直径はどちらも 0.071[m] で、硬式野球ボールの重量 m は 0.150[kg]、軟式野球ボールの重量 m は 0.136[kg] であった。なお、本実験では軟式ボールの場合にも硬式バットを使って打撃を行った。

投球速度は、速度の影響についてしらべるために、ピッチング装置で投球可能な最高速度、打球計測が可能な最低速度、およびその中間速度の3段階に変えた。硬式および軟式ボールでは、投球可能な最高速度が異なるため、設定値は一致していない。また、実際の試合では、打者は撃心位置 R_c 近傍で打撃を行っていると考えられるが、バットの打撃位置の影響についてしらべるために、打撃位置 R を幅広く変えた。

実験では投球速度 v_0 および打球速度 v_1 、打撃位置 R の他に、回転自由支持では打撃後のバットの回転速度 ω_1 を、完全固定支持では支持部に作用したモーメント T を、完全自由支持では打撃後のバット重心の速度 V_G およ

び回転速度 ω_G を測定した。さらに、毎秒 20,000 コマの高速度ビデオカメラによりボールの変形の観察および接触時間の測定を行った。

Table 1 Properties of baseball bats used for experiments

Type	Bat 1	Bat 2
Entire length, L [m]	0.842	0.840
Weight, M [kg]	0.899	0.896
Moment of inertia on pivot, I [kg m ²]	0.181	0.171
Distance between pivot and center of mass, R _G [m]	0.379	0.361
Distance between pivot and center of percussion, R _C [m]	0.531	0.529

5. 実験結果と考察

5・1 打撃位置と評価データ

回転自由支持および完全自由支持の場合について、打撃位置 R のセンサによる実測値と式(2)および式(5)による評価値を比較した。多少のばらつきはあるものの両者はほぼ一致しており、本評価法が妥当であることを示していた。本来は両者が完全に一致すべきであるが、打球方向が左右にそれて打球速度測定値に誤差が生じる場合があることや打撃位置検出センサの間隔が 10[mm]であることなどから、本研究では以後、回転自由支持および完全自由支持の場合については、 ± 20 [mm]以内の実験結果のみを評価に使うことにした。

5・2 硬式ボールの場合

硬式ボールを使って反発係数 e の評価を行った。例として、バット 1 について長手方向の反発係数分布を図 6 に示す。横軸は、代表的な握り位置 (図 3 の A 点) から打撃位置の距離 R であり、数値が大きいほどバット先端側になる。また、図中の実線および破線は、撃心および重心の位置をそれぞれ示したものである。なお、打球速度 v_0 の平均は、回転自由支持、完全固定支持、および完全自由支持について、それぞれ 46.6[m/s] (168[km/h])、46.5[m/s] (168[km/h])、および 41.8[m/s] (150[km/h]) であった。また、完全固定支持については、打撃時にバットが損傷しやすかったため、ここでは撃心位置でのみ実験を行った。

打撃位置の違いによる反発係数分布は、回転自由支持と完全自由支持のどちらの場合についても、撃心 (実線) の近傍で最大になり、それより遠ざかるにしたがって小さくなった。また、撃心よりもグリップに近づくにつれて、回転自由支持の反発係数が完全自由支持のものより徐々に小さくなる傾向にあった。この撃心は、バットを剛体と仮定すると理論的には打撃時に代表的な握り位置に力が作用しない場所になる。しかも、そこが振動的な節に近い場所になるようにバットが作られているため、打者は撃心近傍で打撃を行い、大きな反発力を得るだ

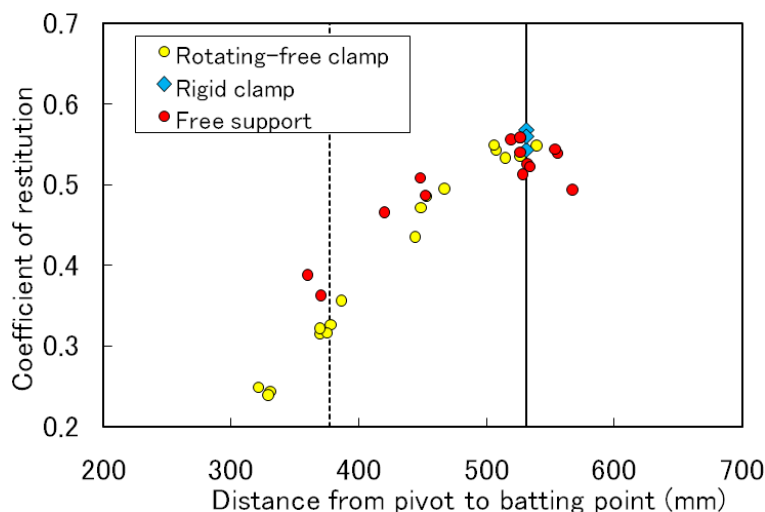


Fig.6 Distribution of the coefficient of restitution along the longitudinal direction of Bat 1 in case of hard ball

けではなく、衝撃力や振動によるしびれを感じないようにしているものと考えられる。

撃心近傍の反発係数は、完全固定支持を含め、支持方法によらずほぼ一致した。以上より、硬式ボールを使って撃心近傍で打撃を行う場合には、バットの支持方法は反発係数にほとんど影響しないことを意味している。また、グリップに近づくにつれて支持方法の影響が大きくなることを示唆している。

ボールとバットの接触時間は、正確に測定することは困難であったが、高速度カメラで観察する限り、1[ms]程度であった。したがって、バットの材料内を伝播する音速がおおよそ 1000[m/s]以上になれば、撃心位置でボールを打撃した衝撃がバットのグリップ方向へ伝播し、グリップエンドで反射して戻ってきたときに、ボールとバットがまだ接触していることになる。言い換えれば、ボールの接触時間が衝撃の伝播時間よりも長くなり、バット支持の影響が反発係数に表れる可能性がある。文献⁽¹²⁾によればアルミニウムの音速が 4900[m/s]以下とあり、ヤング率と密度からバット材内を伝播する音速を概算しても 5000[m/s]程度となり、バット支持の影響が考えられる範囲にある。しかし、上記のように実験では支持方法による差がほとんどなかった。コアをもつ硬式ボール特有の構造から実質的な接触時間が観察した接触時間よりも短い可能性もあるが、その原因については今後の課題である。

次に、投球速度の影響についてしらべた。撃心近傍で打撃を行った結果を図 7 に示す。完全自由支持については、低速ではバットが打撃後に下方に飛ばされ評価が難しいため、高速領域についてのみ実験を行った。

本研究の範囲では、どの速度についても支持方法が反発係数にほとんど影響しなかった。また、投球速度が大きくなるにしたがって、反発係数がやや小さくなることがわかる。完全固定支持の場合、データのばらつきが若干大きいですが、これは他の支持方法のように打撃位置によって評価に使うデータを選択せずに、全データを用いたことなどが影響しているものと考えられる。

以上の結果は、バット 2 についても同様であった。

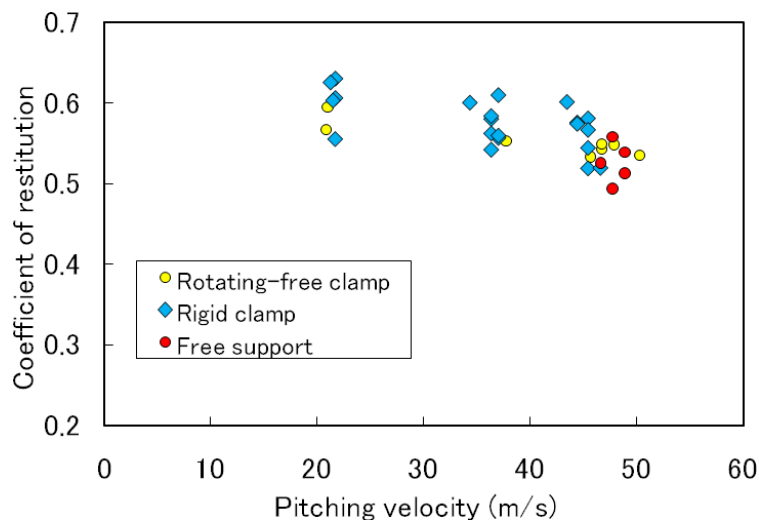


Fig.7 Relationship between pitching velocity and coefficient of restitution at the center of percussion of Bat 1 in case of hard ball

5・3 軟式ボールの場合

軟式ボールを使って硬式ボールと同様に反発係数 e の評価を行った。なお、軟式ボールは、ピッチングマシンで投球できる最大速度が小さく実験が難しいことから完全自由支持については実験を行わなかった。

例として、バット 2 について長手方向の反発係数分布を図 8 に示す。平均投球速度は、回転自由支持および完全固定支持について、それぞれ 25.8[m/s] (93[km/h]) および 24.9[m/s] (90[km/h]) であった。図より回転自由支持の場合には、打撃位置によらずほぼ一定値になった。バット先端ほど反発係数がごくわずかに小さくなっていくが、これは神田ら⁽¹³⁾の FEM 解析の結果と傾向が一致している。高速ビデオカメラによる観察によると軟式ボールは打撃時に大きく変形し、初期の球が円板状につぶれてバット表面にへばりつくようになっていた。そのため、本研究の範囲では反発係数はボールの変形が支配的であり、バット自体の変形の影響が小さかったものと考えられる。

えられる。このことは、軟式ボールの場合、打者にとって硬式ボールほど打撃位置が重要ではないことを示している。

さらに、投球速度の影響についてしらべるために、軟式ボールを撃心近傍で打撃した結果を図9に示す。これより、投球速度の増加にともない反発係数が大きく減少することがわかる。これは、軟式ボールの方が硬式ボールよりもボール自体の変形が大きく、投球速度の増加にともないエネルギー損失の大きさが大きいためと考えられる。また、完全支持の方が回転自由支持よりもやや大きい値になった。高速度カメラで観察したところ、ボールとバットの接触時間は4.5~5.5[ms]と硬式ボールに比べて大きく、回転自由支持の場合にはボールがバットに接触してまだ大きく変形しているときにバットが後方へ回転していく様子がわかることから、軟式ボールの場合には接触時間が長く支持方法の違いが影響したものと考えられる。これについては、観察に限界があるため、コンピュータシミュレーションなどにより詳細に検討する予定である。

以上の結果は、バット1についても同様であった。

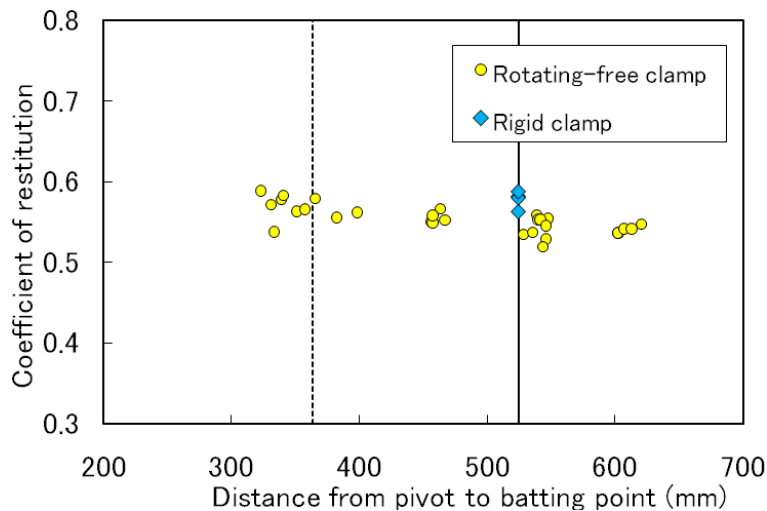


Fig.8 Distribution of the coefficient of restitution along the longitudinal direction of Bat 2 in case of rubber ball

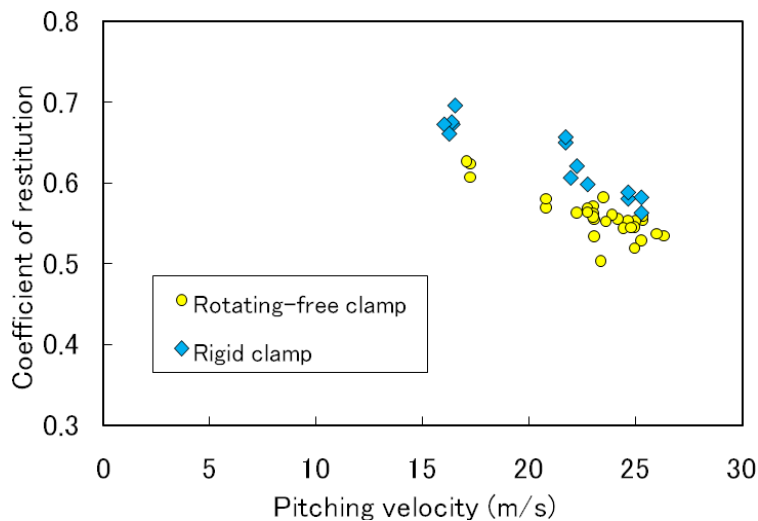


Fig.9 Relationship between pitching velocity and coefficient of restitution at the center of percussion of Bat 2 in case of rubber ball

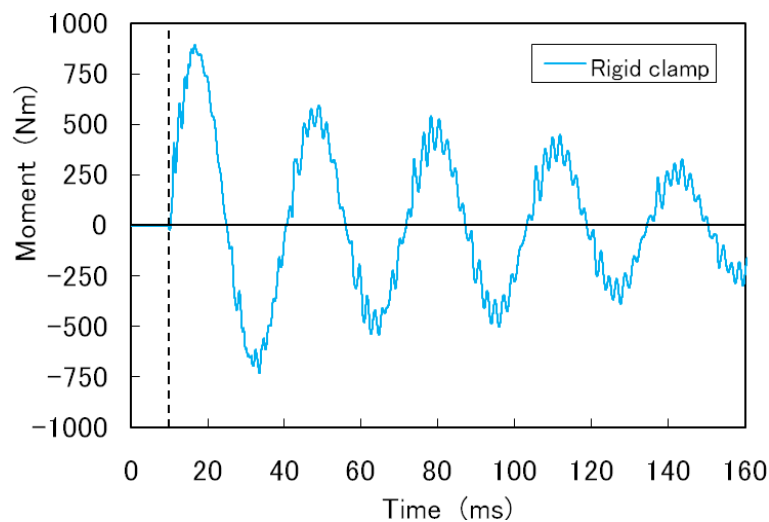
5・4 完全固定支持の場合に作用するモーメント

完全固定支持の場合に、バット支持部に取り付けられているトルク計で測定した打撃後のモーメント変化を示す。例として、バット2に対して、硬式ボールを速度22.7[m/s] (81.8[km/h]) および軟式ボールを25.3[m/s]

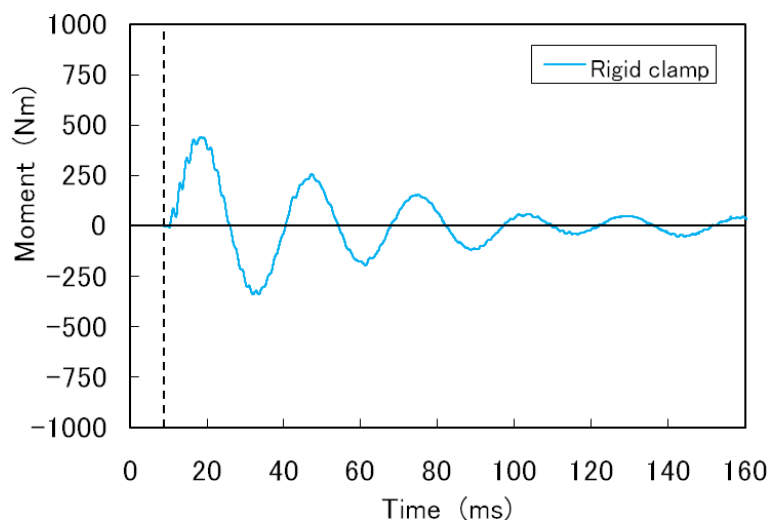
(90.9[km/h])で投球したものを図10(a)および(b)にそれぞれ示した。縦軸は、回転自由支持の場合の回転軸Aに相当する位置回りのモーメントTであり、バットを後方に回転させる方向が正值になっている。横軸は、投球されたボールが球速測定装置のトリガセンサを通過してからの時間を示している。また、図中の破線はバットとボールが衝突した時間を示している。

硬式ボールの場合については、支持部には打撃直後から後方のモーメントが作用し、バットのほぼ1次モード固有振動数で減衰しながら振動することがわかる。また、高次の振動も観察され、1次モードが減衰するに従って目立ってくる。本研究の範囲では、この傾向は他の場合についても同様であった。前述のようにバットとの接触時間が1[ms]程度であるため、このトルクTがほとんど作用していない内に離れていることを示しており、支持の影響が小さかったことを裏付けている。また、打者の手には、ボールを打ち返した後で衝撃を感じる事が考えられる。

軟式ボールの場合についても、硬式ボールと同様であったが、打撃直後の高次の振動が硬式ボールよりも目立たなかった。トルクのパワースペクトルを示すと図11のようになり、この例では軟式ボールの場合には高次成分はほとんどないことがわかる。また、硬式ボールの場合にも同様であるが、約40[Hz]の最も大きな振動成分は、バットの握り部を固定した片持ちはりの固有振動にほぼなっており、回転自由支持や完全自由支持とは異なり、



(a) in case of hard ball ($v_0=22.7$ [m/s])



(b) in case of rubber ball ($v_0=25.3$ [m/s])

Fig.10 Moment of clamping device at the pivot A of Bat 2

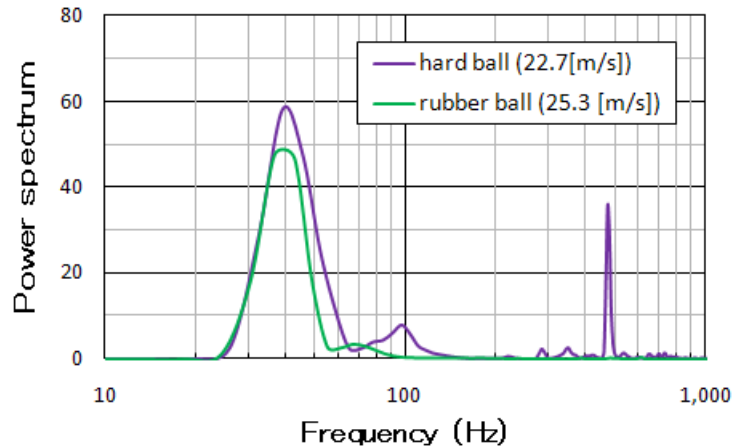


Fig.11 Power spectrum of the moment of clamping device at the pivot A of Bat 2

打撃後のバット回転を拘束したことにより生じるものと考えられる。接触時間については、約 5[ms]と硬式ボールより 5 倍程度も長く、バットと接触している間にトルクが上昇している。今後、接触時間と反発係数の関係についてしらべる必要があると考えられる。

5・5 支持方法と評価の容易性

最後に、本研究で実験を行った 3 通りの支持方法の、長所や短所についてまとめる。

バットの取り付けについては、完全固定支持および回転自由支持は、六角レンチを使い治具でバットを固定するだけでよく、一旦固定すれば評価実験が終わるまで繰り返し実験を行うことができる。なお、後者は打撃ごとにバットの回転位置を初期位置に戻す必要があるが、手間はほとんどかからない。完全自由支持は、治具で固定する必要がなくバットを台に載せるだけでよいが、打撃ごとにバットが飛ぶため、それを回収し台の上に正確に載せ直す必要がある。

各センサ測定については、完全固定支持および回転自由支持では、打撃位置 R を変えるときに、固定軸および回転軸をそれぞれスライドさせるだけでよい。これに対して、完全自由支持では、バット重心の速度および回転速度を測定するセンサの位置を打撃位置により調整する必要があり、打撃位置だけではなく投球速度の条件を変更するたびに非常に多くの手間がかかる。また、打撃後のバットが重力の影響で後方だけではなく下方にも飛び、投球速度が小さい場合には本装置ではバット速度測定を行うことができないという欠点がある。

実験によるバットの損傷については、完全固定支持では、固定部に大きなモーメントや打撃力が作用するため、投球速度が大きい場合には取り付け位置で塑性変形を生じることがある。回転自由支持では、モーメントは作用せず、撃心位置で打撃する限り打撃力も作用しないため、損傷を生じにくい。完全自由支持では、固定部がなく打撃による損傷を生じにくい、飛んで行ったバットが装置やその周辺に衝突する可能性があるため、それによる損傷には工夫が必要になる。

データの妥当性については、回転自由支持および完全自由支持では、3 章で説明したように打撃位置 R のセンサによる実測値と式(2)および式(5)による評価値を比較することで検証できる。これに対して、完全固定支持では本研究の範囲では検証方法はない。また、バットとボールの接触時間が長い場合には、バットの回転が拘束されているために打球速度が大きくなり、角運動量保存則が成立しない可能性がある。その場合、反発係数が大きく評価される危険性がある。

以上から、バットの損傷が少なく、測定に手間がかからない、しかもデータの妥当性を検証できることから、本研究では回転自由支持が打撃性能評価試験に適していると考え、以後の評価に使用することにした。実際に評価実験を行ったところ、他の支持方法と比較して回転自由支持の場合が短時間に効率よく多くのデータを収集できることを確認した。

6. まとめ

本研究では、野球バットの打撃性能評価システムを開発し、打撃時の反発係数評価を行った。また、バット支持方法の影響について実験的にしらべた。本実験の範囲では、主に以下の結論が得られた。

- (1) 硬式ボールの場合、反発係数は撃心近傍で最大になり、撃心より離れるにしたがって減少した。打者は振動節近傍でもある撃心で打撃を行い、大きな反発力を得るだけではなく、衝撃力や振動によるしびれを感じないようにしているものと考えられる。これに対して、軟式ボールの場合、打撃位置によらずほぼ一定になり、打者にとって硬式ボールほど打撃位置が重要ではないものと思われる。
- (2) 撃心において打撃を行ったところ、投球速度が大きくなるにしたがって反発係数が減少した。特に軟式ボールの場合には顕著であった。これは、軟式ボールの方が硬式ボールよりもボール自体の変形が大きく、投球速度の増加にともないエネルギー損失の大きさが大きいためと考えられる。
- (3) 撃心において打撃を行ったところ、反発係数はバット支持方法の違いで、硬式ボールについてはほとんど差がなかった。これに対して、軟式ボールについては完全固定支持の方が回転自由支持に対してやや大きくなった。硬式ボールの場合、打撃時のバットとの接触時間が非常に短く、支持部の影響がほとんどなかったものと思われる。
- (4) 各支持方法の長所や短所について整理した。バットの損傷が少なく、測定に手間がかからない、しかもデータの妥当性を検証できることから、本打撃性能評価システムにおいては回転自由支持が適していると考えられる。

文 献

- (1) 高木隆司, “スポーツの力学”, 講談社, (1983).
- (2) Adair, R., “ベースボールの物理学”, 紀伊国屋書店, (1996).
- (3) 鳴尾丈司, 宮沢一敏, 佐藤文宣, “FRP バットの打撃時のしびれに関する研究”, 日本機械学会シンポジウム講演論文集, No. 920-55 (1992), pp. 187-191.
- (4) 田中皓一, 増田泰亮, 児玉斎, “硬式野球バットと球の高速衝撃”, 日本機械学会論文集 A 編, Vol. 58, No. 556 (1992), pp. 2365-2369.
- (5) 西川範浩, 西脇剛史, 森貞樹, “バットの力学的特性が反発特性に及ぼす影響”, 日本機械学会ジョイント・シンポジウム講演論文集, No. 940-59 (1994), pp.21-25.
- (6) 秦秀敏, 宇津野秀夫, 松久寛, “ボールの反撥を考慮した金属バットの振動モード解析”, 日本機械学会ジョイント・シンポジウム講演論文集, No. 04-26 (2004), pp. 89-94.
- (7) Nathan, A. M., Russell, D. A., Smith, L. V., “The Physics of the Trampoline Effect in Baseball and Softball Bats”, *Proceeding of the 5th International Conference on Sports Engineering*, Vol. 2, (2004), pp. 38-44.
- (8) 本江哲行, 岩田佳雄, 小松崎俊彦, 三枝宏, 佐藤秀紀, “ゴルフボールと弾性支持された板の衝突特性”, 日本機械学会ジョイント・シンポジウム講演論文集, No. 04-26 (2004), pp.162-167.
- (9) 那須英彰, 香川博之, 高橋昌也, 米山猛, 五十嵐重人, 佐藤一孝, “金属製野球バット用反発係数評価システムの開発”, 日本機械学会ジョイント・シンポジウム講演論文集, No. 05-16 (2005), pp.9-13.
- (10) ASTM, “Standard Test Method for Measuring Baseball Bat Performance Factor1”, F1881, (1998), pp.1-4.
- (11) 仁村亮介, 香川博之, 米山猛, 高橋昌也, “金属製野球バット打撃性能試験における支持方法の影響に関する数値解析”, 日本機械学会 2011 年度年次大会 (発表予定) .
- (12) 日本アルミニウム協会, “アルミハンドブック”, 住友軽金属工業, (2002), p. 26.
- (13) 神田芳文, 鳴尾丈司, 御園和則, “軟式野球ボールとバットの衝突シミュレーション”, 日本機械学会ジョイント・シンポジウム講演論文集, No. 04-26 (2004), pp. 95-99.