

熟練野球選手の打撃動作に関するバイオメカニクス的研究 ～バットの動きに着目して～

川村 卓¹⁾, 功力靖雄²⁾, 阿江通良³⁾

A biomechanical study on batting motion of skilled baseball players

Takashi Kawamura, Yasuo Kunugi, Michiyoshi Ae

Many baseball coaches want to know what differences are found in batting techniques among skilled players.

The purpose of this study was to analyze the batting motion of the skilled baseball players. Subjects were five semi-professional (SP) and five university level baseball players (UP). Subjects were performed T-batting, i.e. hitting a ball on a tee, to obtain the maximum ball velocity by hitting the ball. A trial in which the highest ball velocity was obtained was selected for each subject to analyze the batting motion by a three dimensional motion analysis technique

Although no significant difference in the bat velocity was found between both groups, the ball velocity of SP was greater than that of UP ($p < 0.05$). This was caused by the fact that the impact pattern of SP was closer to a direct impact than that of UP. This can be inferred by the difference in the impact angle between both groups. The impact angle was defined as the angle between two velocity vectors of a bat and a ball just before impact. The impact angle of SP was greater than that of UP ($p < 0.05$). The force acting on the bat showed a similar pattern in the typical subjects from both groups. But the moment acting on the bat for the subject of SP has two peaks. The moment about the vertical axis first increased and decreased during the forward swing phase, and then increased again just before impact.

These results indicate that the motion of the bat for SP was fairly flat during the late stage of forward swing phase, and that the skilled players of SP could hit a ball in a direct impact manner.

Key words : baseball, batting motion, skilled player, impact, force, moment

1. はじめに

これまでの野球の打撃に関する研究の多く

は、打具であるバットの力学的特性についてのものであり、バットの動きあるいは打撃動作については少ない。

-
- 1) 北海道浜頓別高等学校
 - 2) 筑波大学体育センター
 - 3) 筑波大学体育科学系

Hay³⁾は野球のバッティングにおける力学的諸要因を考慮して、バットでボールをヒットしたときの理論式を考え出した。そして、速

い打球、飛距離のある打球を打つためには、投手の投げるスピードボールを重いバットで早く振って打つのがよいとしている。浅見²⁾は、野球の打撃動作の課題は、バットのどの部分をどのような角度でボールにぶつけるかということにあり、手首などの末端部分の関節の動きが最も重要な役割を果たすと述べている。また、野球の打撃を指導する現場でも、バットをどのように動かすかということが最も大きな関心事の1つである。

打撃動作を理解し、その効果的な指導法を導き出すためには、一つには、優れた打者がどのようにバットを動かして打撃を行なっているかを分析することが役立つと考えられる。さらに、これまで多くの研究で行われてきている未熟練者と熟練者の比較のみでなく、経験を積んだ熟練者における打撃動作の優劣を研究することは、より有効な打撃動作を明らかにするために意義のあることであろう。

そこで、本研究では、三次元 DLT 法を用いて、野球の打撃に熟練した社会人および大学野球選手の打撃中のバットの動きをバイオメカニクス的に比較することにより、打撃動作の指導法への基礎的示唆を得ることを目的とした。

2. 研究方法

2.1 実験

実験は、大学野球選手および社会人を対象とし、二度に分けて行った。図1は実験機器の設定を示したものである。なお、実験時におけるカメラの配置は、両実験ともほぼ同じであった。

実験1の被験者は大学野球選手5名(身長 175.4 ± 4.2 cm, 体重 74.4 ± 5.2 kg)であった。被験者の所属するチームは関東主要リーグの一部に所属していた。被験者は、レギュラーもしくは準レギュラーの実力を持ち、野球経験年数が8年以上の熟練者であった。なお、被験者は5名全員右打者であった。

実験2の被験者は社会人野球選手5名(身長 173.6 ± 1.7 cm, 体重 74.2 ± 2.9 kg)であった。被験者の所属する社会人野球チームは全国大会において優勝経験を有する一流チームであった。被験者は、チームにおいてレギュラーもしくは準レギュラーの実力を持ち、野球経験年数が13年以上の熟練者であった。なお、1名(T.W)のみが左打者で、他の4名は右打者であった。

実験試技には、野球の打撃練習に行われるティー打撃を選んだ。ティーの高さは被験者のベルトの高さに、コースはベースのほぼ中

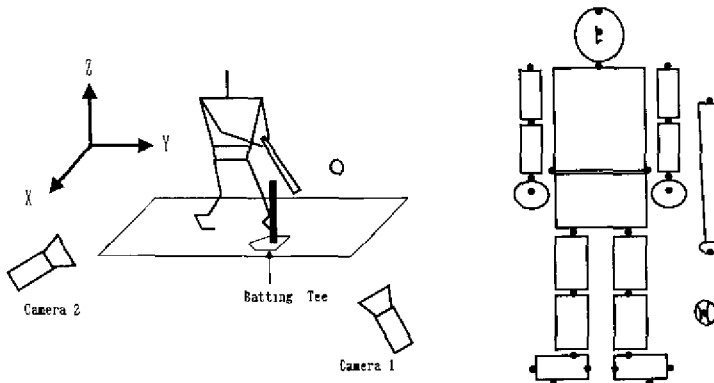


図1 実験機器の設定とデジタイズポイント

央部にあわせた。被験者には通常の打撃動作でセンター返しするように指示した。試技の回数は原則的に3回としたが、被験者の希望によりそれ以上行った被験者もいた。後のデジタル処理をできるだけ正確に行うために、被験者には分析点に黒いビニールテープと半球形の発泡スチロールを利用したマークを貼りつけて試技を行わせた。なお、図1に、被験者およびバット、ボールの分析点を示した。

実験1での撮影には2台の高速度カメラ(ナック社製 HSV-200)を用い、較正点および試技全般の撮影を行った。高速度カメラの撮影速度は毎秒200コマで露出時間は1/2500秒であった。撮影範囲から各カメラまでの距離は約30mで、カメラ間の距離は約20mであった。カメラの同期は発光ダイオードを利用した同期装置(電機計測販売社製)を各カメラに写しこみ、発光の瞬間を基準にして行った。

実験2での撮影には2台の高速度カメラ(ナック社製 MEMRECAM C²)を用いて較正点および試技全般の撮影を行った。高速度カメラの撮影速度は毎秒200コマで露出時間は1/1000秒であった。高速度カメラの同期については高速度カメラ内蔵のフェイズ・ロックシステムを用いて行った。

2.2 実験データの処理

分析試技には、実験試技の中からボール速度が最も大きかったものを選択した。選択した試技はほとんどの被験者において内省報告が最も良かったものと一致していた。

固定した基準座標系は右手系で、打球方向に対して左右方向をX、打球方向をY、鉛直方向をZとした(図1)。得られたビデオテープから画像分析システム(Frame-DIAS, 電機計測器販売社製)を用いて、較正点、身体各部位などの座標を読み取り、DLT法により三次元座標を算出した。

得られた身体各部位、バットおよびボールの三次元座標は Wells and Winter⁹⁾の方法に

基づいて、各分析点ごとに最適遮断周波数を決定し、パワース型デジタルフィルタを用いて平滑化した。遮断周波数の平均値はX, Y, Z成分いずれも5~7 Hzの範囲であった。なお、データを平滑化する場合に、インパクト前後のデータが丸みをおびることになり、インパクト特有の急峻な変化をとらえられなくなる可能性がある。そこで本研究では、バットの並進速度を算出する際にインパクトを基準にしてデータを分け、2つのデータを個々に平滑化したものを合成し、平滑化の影響が少なくなるようにした。このようにして得られた身体各部位の三次元座標から阿江ら¹⁰⁾の身体部分係数を用いて身体各部分の重心を算出した。

2.3 測定項目とその算出法

(1) 打撃動作の局面区分

本研究では、被験者のバットの動きから、打撃動作を以下のように区分した(図2)。

- ・バックスイング局面(BP) — 「構え」の状態から、Y軸方向の左手の速度が重心速度より大きくなるまでをバックスイング局面とした。
- ・フォワードスイング局面(FS) — バックスイング終了時からインパクトまでをフォワードスイング局面とした。
- ・フォロースルー局面(FT) — インパクトから動作終了までをフォロースルー局面とした。

(2) バット速度およびボール速度

インパクト1コマ前のバットヘッドの合成速度をバット速度とし、インパクト1コマ後のボールの合成速度をボール速度とした。

(3) 打撃速度の変換指数

バットの速度がいかにボールの速度へ変換されたかを見るために、先に得られたボール速度をバット速度で除し、それを打撃速度の変換指数とした。

(4) インパクト角

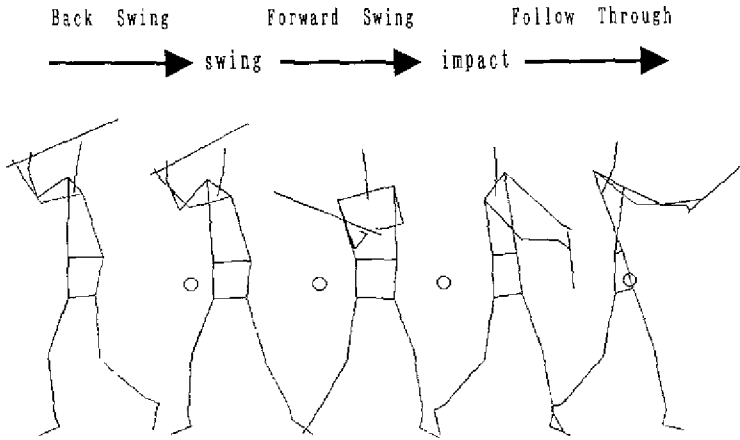


図2 野球の打撃の局面構造

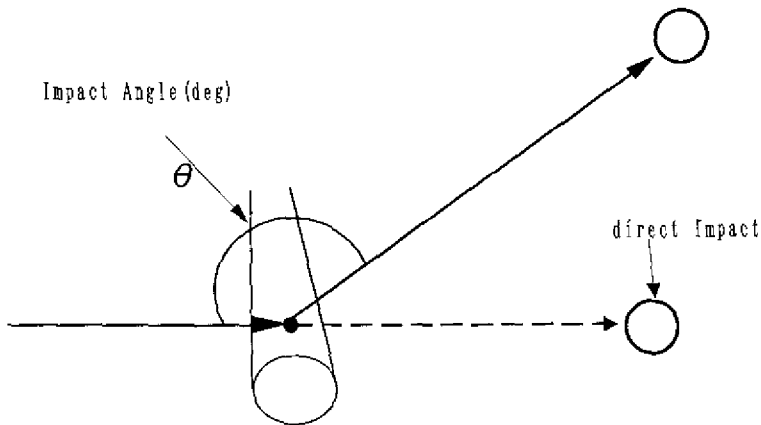


図3 インパクト角の定義

インパクトにおけるバットの速度ベクトルとボールの速度ベクトルの成す角度をインパクト角とした(図3)。

(5) バットの並進速度および角速度

並進速度を X, Y, Z 方向にそれぞれ時系列データとして算出した。また、グリップの中心とヘッドの中心を結ぶ線分を静止座標系の ZX, XY, YZ 平面に投影し、投影した線分と X, Y, Z 軸それぞれの成す角度を算出し、その角度を時間で微分して角速度を求め時系列

データとして示した。

(6) バットに作用する力と有効モーメント
本研究では、バットに作用する力および有効モーメントを、以下の並進および回転の運動方程式を用いて算出した(図4)。

$$F_{bat} - F_{ball} - m_{bat}g = m_{bat}a \text{ より}$$

$$F_{bat} = m_{bat}a + F_{ball} + m_{bat}g \quad \{1\}$$

$$M_{bat} = \frac{dL_{bat}}{dt} \quad \{2\}$$

ここで g は重力加速度、 a はバットの重心の

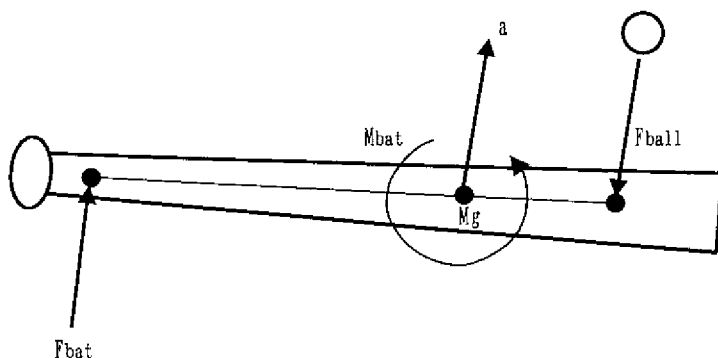


図4 バットの力と有効モーメントの定義

加速度, F_{bat} はグリップに作用した力, F_{ball} はボールが衝突したときの力, M_{bat} はバットの重心回りの有効モーメントを示している。

ただし, バットとボールが接触している場合を除けば, バットに作用した力は重力と両手によって発揮された力 F_{bat} となり, 有効モーメント M_{bat} は打者が発揮したモーメントを示すことになる。

これらの運動方程式に画像分析によって得られた三次元座標データを代入し, バットに作用する力と有効モーメントを算出した。なお, バットの密度は一樣と仮定し, 実測したバットの重心を通る横軸まわりの慣性モーメントは, 実験1では $0.061479\text{kg}\cdot\text{m}^2$, 実験2では $0.055374\text{kg}\cdot\text{m}^2$ であった。

また, 重心回りの有効モーメント M_{bat} は静止座標系におけるバットの各軸まわりの角運動量を式{3a~c}によって算出し, 角運動量を時間で微分することによって算出した。

$$L_{batx} = A\omega_x + F\omega_y + E\omega_z \quad \{3a\}$$

$$L_{baty} = F\omega_x + B\omega_y + D\omega_z \quad \{3b\}$$

$$L_{batz} = E\omega_x + D\omega_y + C\omega_z \quad \{3c\}$$

ここで, ω は静止座標系における各軸まわりの角速度, A~Fはバットの静止座標系における慣性テンソルを示している。A~Fは以下の式で表される。

$$A = I(1 - l_3^2) + I_z l_3^2$$

$$B = I(1 - m_3^2) + I_z m_3^2$$

$$C = I(1 - n_3^2) + I_z n_3^2$$

$$D = (I_z - I) m_3 n_3$$

$$E = (I_z - I) l_3 n_3$$

$$F = (I_z - I) l_3 m_3$$

ここで, Iはバットの長軸に垂直な軸まわりの慣性モーメント, $I_z (=0$ と仮定)は長軸まわりの慣性モーメント, l, m, n はバットの方向余弦を示している。

2 4 統計処理

本研究では, 社会人野球選手と大学野球選手間におけるバット速度, ボール速度, 打撃速度の変換指数およびインパクト角について統計処理を行った。統計処理には一元配置分散分析を用いた。また, 打撃速度の変換指数とインパクト角の相関関係を調べるため, ピアソンの相関係数を算出した。これらの統計処理の有意性水準は5%とした。

3. 結果

3.1 バットとボールのインパクトについて

(1) バット速度およびボール速度

表1は, バットのヘッド速度, ボール速度およびそれらの速度比(ボール速度/バット速

表1 被験者のバット速度とボール速度およびその変換指数

| <社会人> | | | |
|-------|------------|-------------|--------------|
| | Bat V(m/s) | Ball V(m/s) | Ball V/Bat V |
| H. H | 37.24 | 40.82 | 1.0961 |
| Y. T | 30.46 | 36.29 | 1.1914 |
| H. W | 34.45 | 38.14 | 1.1071 |
| K. T | 34.99 | 37.41 | 1.0692 |
| T. W | 34.44 | 38.67 | 1.1228 |
| Mean | 34.32 | 38.27* | 1.1173 |
| S. D | 2.44 | 1.68 | 0.0458 |
| <大学生> | | | |
| Y. M | 36.25 | 36.93 | 1.0188 |
| M. U | 34.48 | 29.55 | 0.8527 |
| M. F | 34.71 | 31.22 | 0.8995 |
| D. T | 36.23 | 38.79 | 1.0715 |
| H. I | 31.21 | 34.60 | 1.1086 |
| Mean | 34.58 | 34.22 | 0.9902 |
| S. D | 2.06 | 3.85 | 0.1102 |
| Mean | 34.45 | 36.24 | 1.05 |
| S. D | 2.13 | 3.52 | 0.10 |

* $p < 0.05$

度、以後、打撃速度の変換指数という)を示している。

バット速度は、社会人の H. H が最も大きく (37.24m/s)、大学生 H. I が最も小さかった (31.21m/s)。ボール速度は、社会人の H. H が最も高く (40.82m/s)、大学生 M. U が最も低かった (29.55m/s)。大学生と社会人を比較すると (社会人 34.32m/s、大学生 34.58m/s)、バット速度では有意差がなかったが、ボール速度では有意差 (社会人 38.27m/s、大学生 34.22m/s、 $p < 0.05$) があった。

打撃速度の変換指数を見ると、社会人

(1.12±0.05)の方が、大学生 (0.99±0.11) よりも大きな値を示していた。特に、大学生 M. U、M. F は、バットのヘッド速度が社会人と同等であるにもかかわらず (M. U 34.48 m/s、M. F 34.71m/s)、ボール速度が小さく (M. U 29.55m/s、M. F 31.22m/s)、打撃速度の変換指数は1よりも小さな値を示していた。

(2) インパクト角

表2は、各被験者のインパクト角を示したものである。インパクト角が180°に近いほど、

表2 インパクト角

| Impact Angle(deg) | |
|-------------------|---------|
| <社会人> | |
| H. H | 159.5 |
| Y. T | 167.3 |
| H. W | 165.7 |
| K. T | 168.6 |
| T. W | 163.1 |
| MEAN | 165.3 * |
| S. D | 4.0 |
| <大学生> | |
| Y. M | 154.9 |
| M. U | 147.9 |
| M. F | 152.9 |
| D. T | 164.9 |
| H. I | 161.7 |
| Mean | 156.5 |
| S. D | 6.8 |

* p < 0.05

直衝突(Direct impact)に近く、バットの速度が効果的にボールに伝わっていると評価できる。

これを見ると、K. T (168.6°) が最も大きく、M. U (147.9°) が最も小さかった。そして、社会人の方が大きく、大学生との間には有意差があった (p<0.05)。

図5は、インパクト角と打撃速度の変換指数との関係を示したもので、両者間に高い相関関係 (r=0.86, p<0.05) が見られた。

3.2 バットの動きと速度

ここでは、バット速度が社会人の平均に近かった社会人 K. T と大学生の平均に近かった大学生 M. F を典型例として示す。

図6は、社会人 K. T (上) と大学生 M. F (下) の側面からみたバットの動きを示したものである。K. T は、M. F に比べてインパクトまでのバットヘッドの動きが大きかった。さらに、フォワードスイング局面において、K. T は水平面に対して比較的平行に動いていたのに対して、M. F は比較的上下軸の負の方向にバットのヘッドが移動していた。

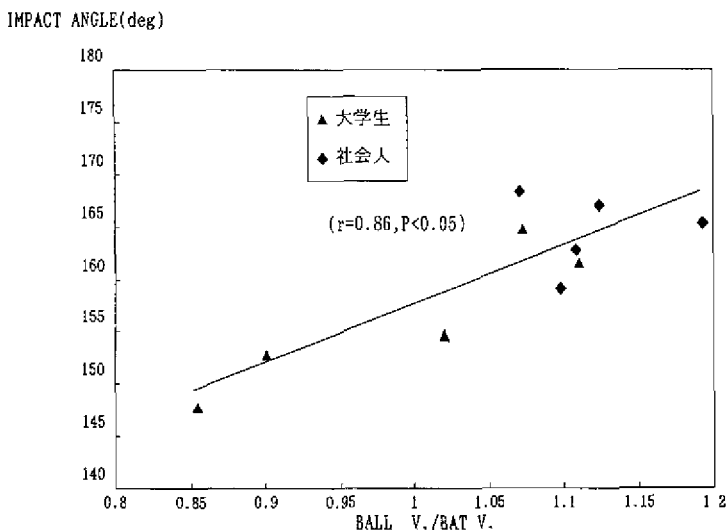


図5 打撃速度変換指数とインパクト角の関係

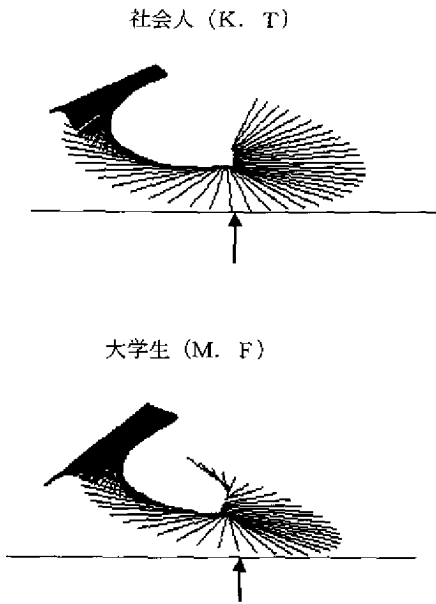


図6 YZ平面におけるバットの動き
(矢印はインパクトのコマを示す。)

図7は、社会人 K. T (上) と大学生 M. F (下) のバットの重心の並進速度 (左列) と角速度 (右列) を示したものである。なお、方向は X 軸方向を左右方向, Y 軸方向を前後方向, Z 軸方向を上下方向とする。

並進速度の変化パターンについては両者とも類似しており、フォワードスイングに入ると、左右方向の正の値が大きくなり、その後、それが最大に達すると、同時に前後方向の正と上下方向の負の値が大きくなり、インパクトを迎えていた。最大速度では K. T と M. F は、ほぼ同じであった。

角速度はいずれも最大値がインパクト前に現れていた。最大値では M. F の方が、K. T に比べて、約 5 rad/s 大きかった。

3.3 バットに作用する力と有効モーメント

図8は、社会人 K. T (上) と大学生 M. F (下) のバットに作用した力 (左列) と有効モーメント (右列) を示したものである。な

お、方向は X 軸方向を左右方向, Y 軸方向を前後方向, Z 軸方向を上下方向とする。

バットに作用した力の変化パターンは、両者とも類似していた。フォワードスイング前半に右方向 (構えたときつま先が向く方向) に大きくなり、その後、打球方向への力が大きくなって、徐々に上向きの力が大きくなってインパクトを迎えている。その中でも打球方向の力をもっとも大きかった。しかし、インパクトに着目すると、K. T は前方向の力を保ったままインパクトを迎えていたのに対して、M. F は負の力となってからインパクトを迎えていた。力の最大値について見ると、K. T (252N) と M. F (248N) はほぼ同じであった。

有効モーメントの大きさには著しい相違はみられなかったが、その変化パターンは、K. T と M. F で異なる傾向を示していた。K. T では、フォワードスイングの前半で上下軸まわりの有効モーメントが最大値を迎え、その後いったん減少してからインパクト前に再び上昇し、減少しながらインパクトを迎えていた。一方、M. F では、フォワードスイングの前半で上下軸まわりのモーメントが増大し、一旦増大が弱まるが K. T のような減少は見られず、その後インパクト前に最大値を迎えている。また、K. T では上下軸まわりのモーメントがインパクト時において正であったが、M. F ではすでに負の値を示していた。

4. 考 察

4.1 インパクト角について

これまで、野球の打撃動作に関する先行研究では、ボール速度を増大させるには、バット速度を大きくすることが重要であると考えられてきた²⁷⁾。本研究では、表1に示したように、社会人と大学生ではバット速度に差がなかったにもかかわらず、ボール速度に差が見られた。

打撃をボールとバットの衝突と考えると、

両者の重心の速度ベクトルが直線上にある場合にバットの衝撃力を有効にボールに伝えることができるので、ボール速度を獲得するには、より直衝突に近いことが望ましいと考えられる。

表2に示したように、インパクト角は、社会人のほうが大学生に比べて大きく、180°に近かった。インパクト角が180°に近いということは、社会人が直衝突により近い打撃を行っていたと考えられ、そのため社会人は大学生よりボール速度を大きくできたと考えられる。また、図5に示したように、インパクト角と打撃速度の交換指数には、高い正の相関関係が見られた。これらのことより、社会人は大学生に比べ、効果的な打撃をしていたと考えられる。

4.2 バットの動きについて

(1) バットのキネマティクス

図6に示したように、K. TはM. Fに比べ、バットをフォワードスイング局面前半でより水平に向ける動きが大きかった。これは、バットの前後方向の速度を大きくするために、水平面でバットが平行に動くまでの時間を早くしたためと推察される。K. Tのフォワードスイング局面の早い時期にバットを水平にする動きは、実際の投手の投球を打つ場合を考えると、バットの並進運動を大きくし、飛んでくるボールとバットのインパクト時の誤差を少なくすることに役立つ。すなわち、ボールを点で捉えるのではなく、線で捉える動きにつながり、より効果的で誤差の少ないインパクトができると推察される。

戸苜⁹⁾は、サッカーのキックで熟練者の足先を調べたところ直線移動範囲が大きかったと報告している。打具は異なるが、熟練者には並進的な動きを大きくすることが報告されている。平野⁸⁾は、打撃後のボールの方向に制約がある打撃動作について、方向を一定にしたのであれば、インパクト近くでは、打撃点

が並進運動になった方がよいと述べている。なぜならば、並進運動になれば、打撃点の進む方向が定まり、ボールの動きから生じるインパクトの時間的な誤差も多少は補償されるからであると述べている。

McIntyre et al⁷⁾は、野球の打撃動作の画像分析を行い、バットの角速度を算出した。これによると、角速度はインパクトする前に、最大値になり、インパクトするときには小さくなっていったと報告している。本研究でもインパクト前に上下軸まわりのバットの角速度が小さくなる傾向が見られた(図7)。バットの角速度を小さくし、バットの並進運動を優位にすることにより、インパクト時での誤差を小さくしていたと考えられる。

バットの動きを生み出す身体の動作について、平野⁸⁾は、野球の打撃動作の画像分析を行い、両手で打具を握る野球の打撃では両肘を屈曲した状態から伸展させていることを報告している。そして、肘を伸ばしたままでは、バットの操作性は低く、インパクトで許される誤差時間も多くなるからであると述べている。野球の打撃がハンマー投げのような体幹を軸とした回転運動だけであるのならば、上肢は伸展させたままでよいはずである。しかし、スイング中に両肘関節を伸展させることはバットを押し出す動きにつながり、体の回転によるバットの回転とともに並進運動も生じさせると考えられる。同様に本研究でも、肘関節を伸展させるなどの上肢の動作がバットの前後方向における正の速度を増大させたと推察される。また、吉福¹⁰⁾は、打撃位置と打球速度の関係を並進的打撃(並進速度25m/s、回転速度35rad/s)と回転的打撃(並進速度20m/s、回転速度55rad/s)に分けて比較し、並進的打撃の方が打球速度が大きかったと述べている。そして、バットという打具の特性を考えた場合にも、並進運動を大きくした場合の方が大きな打球速度が獲得できると述べている。

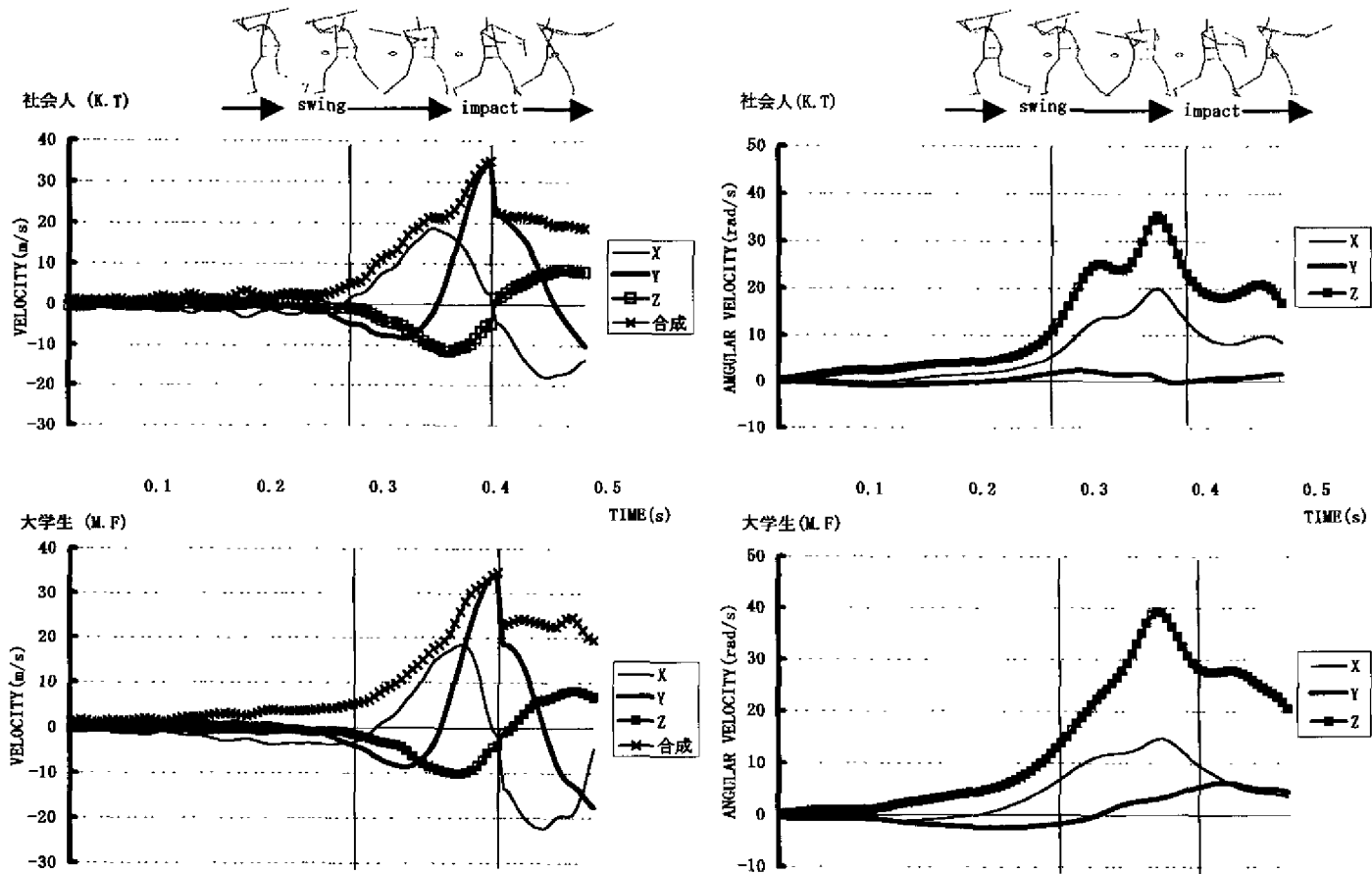


図7 バットの並進速度および角速度 (典型例)

本研究において、M. FはK. Tに比べ、上下軸まわりの角速度が 5 rad/s ほど大きかった(図7)。しかし、最終的なバットの打球方向へのバット速度には変わりがなかった。つまり、K. TはM. Fより並進的なスイングをしていたと考えられる。

このことと先述したボール速度とインパクト角の関係を考察すると、K. TはM. Fよりもバットを水平に向ける動きを早く起こすことにより、水平面でバットを大きく動かすことができ、回転運動だけでなく、打球方向への並進運動の要素が大きなスイングができたと考えられる。その結果、ボールまでの誤差が少なく、直衝突に近いインパクトが可能となり、ボール速度を増大することができたと考えられる。

(2) バットのキネティクス

手からバットに作用する力は、K. Tではインパクト付近で前後方向の力が正であったのに対して、M. Fでは負であった(図8)。これは、先に述べたようなK. Tにおける上肢とバットの動きから考えると、インパクトにおいても力を打球方向に加えており、インパクトでの誤差を少なくしようとする動きから生じていたと推察される。

有効モーメントの変化パターンは、K. Tでは、フォワードスイング局面前半においてM. Fよりも上下軸まわりの最大値の出現が早かった。これは、K. Tがバットを立てた状態から、水平に向ける動作がM. Fより早かったためと考えられる。

平野⁹⁾は、バッティングでのトルクを算出し、インパクト前0.1秒で約 13 Nm 、インパクト直前で約 80 Nm になったと報告している。実験条件が異なるので、そのまま比較することはできないが、K. Tの有効モーメントではインパクト前0.1秒とインパクト直前において同様の大きさを示していた。

方と有効モーメントの関係について着目す

ると、フォワードスイングの前半にバットの右方向(構えたときのつま先方向)への力が大きくなり、同時に上下軸まわりのモーメントが最大になっている。つまり、スイングの前半は体側にあったバットが上肢とともに体幹の前方向に離れていき、それとともに体幹の回転も起こるため、バットの回転が生じ、結果的にモーメントが増大したと推察される。その後、K. Tにおいてモーメントが減少していったのは、体幹の回転が抑制されたことによると推察される。そして、体幹の回転が抑制された後、バットは体幹の前方で上肢の動作によりスイングされるが、このとき、先に述べたような肘関節の伸展が行われることにより打球方向への力が大きくなったと推察される。さらに、K. Tでは一旦減少した上下軸まわりのモーメントがインパクト前に再び増大している。これは打球方向への力が最大値を迎えた直後に増大していることを考えても、並進運動が肘関節の伸展などでなされた後、手首の関節を中心としてバットの回転運動が生じたためと推察される。つまり、図8に見られたフォワードスイングにおける有効モーメントの2つのピークは、第1が体幹の回転運動によるもの、第2がバットそのものの回転運動によるものを示すと推察される。

一方、M. Fでは、モーメントがあまり減少しなかったのは、体幹の回転の抑制が十分ではなく、そのままバットの回転運動が大きくなってしまったためと推察される。フォワードスイング局面で並進運動が小さかったことでインパクトがより斜め衝突状態になり、大きなボール速度を獲得できなかったと推察される。このように、これらバットの並進的な方とモーメントにおける組み合わせの相違がインパクトに影響を及ぼし、最終的にK. TとM. Fの打撃速度変換指数の差を生じたと推察される。

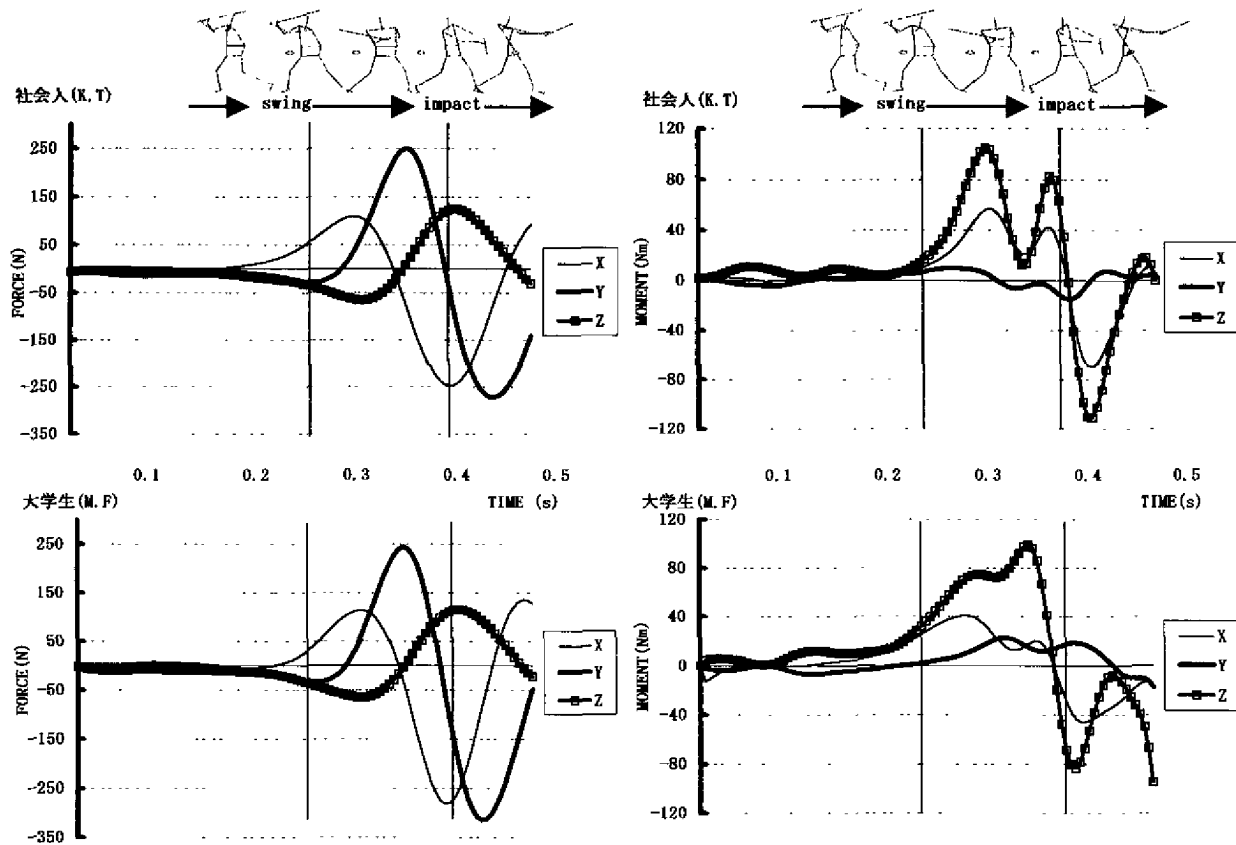


図8 バットの力と有効モーメント (典型例)

5. ま と め

本研究では、三次元 DLT 法を用いて、野球の打撃に熟練した社会人および大学野球選手の打撃中のバットの動きをバイオメカニクスの比較することにより、打撃動作の指導法への基礎的示唆を得ることを目的とした。

本研究で得られた知見をまとめると、以下のようになる。

- ① 社会人と大学生の間には、バット速度に有意差はなかったが、ボール速度では社会人の方が有意に大きかった ($p < 0.05$)。また、インパクト角は社会人の方が有意に大きく ($p < 0.05$)、インパクト角と打撃速度の変換指数には高い相関関係が見られた ($r = 0.86, p < 0.05$)。これらにより、ボール速度の獲得には直衝突により近い打撃をすることが重要であると推察された。
- ② フォワードスイング局面におけるバットの動きは、社会人の方が早く水平面に向き、大きく動いていた。また、インパクト直前において、社会人および大学生ともにバットの上下軸まわりの角速度が減少していた。これらの動きはバットの並進運動を大きくし、ボールとバットのインパクト時の誤差を少なくすることに役立つと推察された。
- ③ バットの力と有効モーメントの関係は、ボール速度の大きな選手では、フォワードスイング局面前半では上下軸まわりのモーメントが大きくなり、次に、打球方向への力が増大して最大値を迎えた後、再び上下軸まわりのモーメントが増大する傾向が見られた。これらは、体幹の回転がバットの回転運動を、つづく肘関節伸展を中心とした上肢の動作がバットの回転運動を生じたためと推察された。

以上のことから、効果的な打撃をするには、

バットの回転運動と並進運動を組み合わせ、バット速度の獲得と誤差の少ないインパクトを行うことが重要であると考えられる。これまで、先行研究や指導の現場では、バット速度獲得が最終的なボール速度への獲得に貢献することが強調されてきた。しかし、本研究で得られた結果から、今後はこれらに加えて、いかに直衝突に近いインパクトの動作を行うかが強調されるべきであろう。また、これらの運動を行うための上肢、下肢の効果的な動作を追究していくことも課題である。

参考文献

- 1) 阿江通良, 湯海 鵬, 横井孝志: 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定, バイオメカニクス11, 東京大学出版会, 23-33, 1992.
- 2) 浅見俊雄: 打つ動作について. Jpn. J. Sports Sci. 3(3): 187, 1984.
- 3) Hay, J. G.: The Biomechanics of Sports Techniques, 2nd ed. Prentice-Hall, 1978.
- 4) 平野裕一: バットスイングの分析. 体育の科学 29(8): 543-545, 1984.
- 5) 平野裕一: バットによる打の動作. Jpn. J. Sports Sci. 3(3): 199-208, 1984
- 6) 平野裕一: 打つ科学. スポーツ科学ライブラリー・7, 大修館書店, pp48, 1992.
- 7) McIntyre, D. R and E. W. Pfautsch: A kinematic analysis of the baseball batting swing involved in opposite-field and same-field and hitting. Res. Quart. for Exerc and Sport 53(3):206-213, 1982.
- 8) 戸荻晴彦: サッカーのバイオメカニクス—インステップキックの研究レビュー 1—. Jpn. J. Sports Sci. 1(1): 73-75, 1982.
- 9) Wells, R. P. and Winter, D. A.: Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits, Human Locomotion I, 1,

92-93, 1980.

10) 吉福康郎：バットの力学的性質からみた

バッティングの科学. Jpn. J. Sports Sci.

4(10) : 723-728, 1985.