



投球軌道の違いがバットスイングに及ぼす影響 — プロ野球選手1名による事例的研究 —

前田, 正登

(Citation)

体育・スポーツ科学, 18:39-45

(Issue Date)

2009-06

(Resource Type)

journal article

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/90001679>



投球軌道の違いがバットスイングに及ぼす影響

—プロ野球選手1名による事例的研究—

前田 正登¹⁾

Effect of pitch trajectory on batting swing

— A case study in one professional baseball player —

Masato Maeda¹

Abstract

The present study investigated the effects of pitch trajectory on batting swing. Balls of various trajectories were pitched to a professional baseball player and his batting motion was analyzed by the three-dimensional direct linear transformation (DLT) method. Acceleration applied to the bat during the swing was measured by installed accelerometers.

Results were as follows:

- 1) Pitched balls with an inside trajectory had an impact point closer to the pitcher, while balls pitched with an outside trajectory had an impact point closer to the catcher.
- 2) Although the position of the bat at the point of impact changed for different pitch trajectories, there were no significant differences in the position of the waist or shoulder. The motion of the body during the batting swing, excepting the arms, was not affected by differences in pitch trajectory.
- 3) Ball pitched to waist height were hit with a higher bat head speed, resulting in a greater post-impact flight distance.
- 4) Batters appeared to adjust their batting swing to the pitch trajectory just prior to impact.

Key words : batting swing, pitch trajectory, impact position, motion analysis

キーワード：バットスイング、投球軌道、打撃位置、動作分析

緒言

野球の打撃においては、バットでボールを捉える位置、すなわちインパクトポイントは、投球されるボールのコースによって空間的に変わると言われている。例えば、インコースのボールに対しては投手寄りの位置で、アウトコースのボールに対しては捕手寄りの位置でボールをインパクトすることが基本とされる。しかしながら、このように投球コースの違いがバットスイングに及ぼす影響を確認した報告は見当たらない。

村田(1998)は、バットのヘッドスピードに及ぼす要因を体格的要因、体力的要因、バットの重量などからなる11項目の重回帰分析によって検討した結果、バットの重量がヘッドスピードに影響するとした。Fleisig et. al (2002)や前田(2003)も、バットの質量や重心位置がバットのヘッ

ド速度に影響することを報告している。しかし、これらは素振りやティーバッティングなどで行った実験であり、飛来してくるボールを打つスイングを評価しているわけではない。野球の打撃は、前方から飛来してくるボールに対して行われるものであり、「ボールへの対応」を想定していない研究では、バットの諸特性が打撃に及ぼす影響を理解することは困難であろう。飛来してくるボールのコースが変わればスイングとしての「ボールへの対応」も変わらざるを得ないであろうし、スイングが変わるのであればバットとしての要求特性も変わり得るであろう。

平野(1993)は、バットの運動を並進運動と回転運動に分けて、熟練者と未熟練者の打撃動作の違いについて検討し、熟練者はインパクト付近でバットのヘッド速度が急激に大きくなっていること、それはスイングをしながらも当てるといふ動きをしているためであることを報告してい

1) 神戸大学
〒657-8501 神戸市灘区鶴甲3-11

1 Kobe University 3-11, Tsurukabuto, Nada, Kobe,
657-8501

る。また吉福(1985)は、打撃位置と打球速度の関係を並進的バッティングと回転的バッティングに分けて、計算により比較検討している。また、及川らの報告(1996)にもあるように、これらスイングにも様々なタイプがあると考えられ、投球軌道が異なることの影響はスイングタイプによっても異なることが予想される。

本研究では、プロ野球選手、それもレギュラークラスの選手1名を対象に、様々な投球コースのボールを打撃させ、投球軌道の違いがバットスイングに及ぼす影響を検討するものである。

研究方法

1) 被験者

被験者は表1に示すプロ野球選手1名とした。表1に被験者の身長、体重などを示す。なお、被験者には実験内容を十分に説明し、同意を得た上で実験を実施した。

2) 測定に用いたバット

測定には、表2に示すように、被験者本人が実際に使用している木製バット、及びグリップエンドに加速度計を装着した金属製バットを用いた(Maeda, 2004)。

3) 実験方法

被験者には、正規のバッターボックス(1.5m×0.9m)内で、試合と同じように構えさせ、被験者の前方から飛来してくるボール(スポンジ製)を打撃させた。ボールは、ホームベースから5.5m離れた地点から下手投げで投げた。この時、ストライクゾーン全般にボールを散らすために、コースをランダムに投げ分けた。また、トスされるボールの質にできるだけ差異が出ないように本実験を通して同じ者がボールを投げた。また、打撃は木製バットを用いて36球、金属製バットを用いて15球の計51球であった。

被験者の全試技の打撃動作を、同期された2台の高速度ビデオカメラ(FASTCAM-Rabbit, PHOTRON社)を用いて240Hzで撮影・収録した。収録された映像から身体各部及びバットの先端とグリップをデジタル化し、3次元DLT法により各測定点の3次元位置座標を得た。なお、本測定における標準誤差は、x方向(ホームベースの左右方向):0.68cm、y方向(ホームベースの前後方向):0.25cm、z方向(ホームベースの上下方向):0.37cmであった。

また、金属製バットを用いた15の試技については、高速度ビデオカメラで打撃動作を撮影するとともに、バットのグリップエンドに装着された加速度計により、バットに加わる加速度を測定(Maeda, 2004)した(図1参照)。加

表1 被験者

	Height (cm)	Weight (kg)	Age (yrs)	Bats & Throws
Subj. IM	185	83	31	Right

表2 実験に用いたバット

	Length (m)	Weight (kg)	Center of gravity* (m)	Grip* (m)	Moment of inertia§ (kgm ²)	Moment of inertia¶ (kgm ²)
Wooden Bat (personal bat)	0.865	0.871	0.277	0.844	0.045	0.235
Metal Bat (with sensor)	0.830	0.912	0.350	0.809	0.064	0.128

* Distance from head

§ Moment of inertia about center of gravity

¶ Moment of inertia about knob

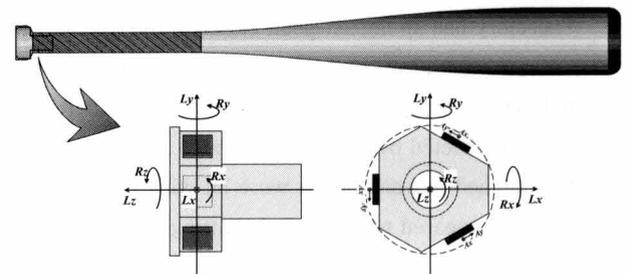


図1 加速度測定用バットの構成

速度測定用バットは市販の金属バットを改造したものであり、グリップエンド部には2軸の測定が可能な小型加速度計(ADX1250, Analog Devices社)が6角形の取り付け台に3個接着され、挿入・固定されている。3つの加速度計により測定された加速度 $Ax_1, Ay_1, Ax_2, Ay_2, Ax_3, Ay_3$ は、各加速度計から原点までの距離を a とすると、①式及び②式より、バットに加わる並進加速度 Lx, Ly, Lz 、及び角加速度 Rx, Ry, Rz に変換される。

$$\begin{bmatrix} Lx \\ Ly \\ Rz \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & a \\ 0 & -1 & a \\ \frac{\sqrt{3}}{2} & \frac{1}{2} & a \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Ay_1 \\ Ay_2 \\ Ay_3 \end{bmatrix} \quad \dots \text{①}$$

$$\begin{bmatrix} Lz \\ Rx \\ Ry \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{\sqrt{3}}{2}a & -\frac{1}{2}a \\ 1 & 0 & a \\ 1 & -\frac{\sqrt{3}}{2}a & -\frac{1}{2}a \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} Ax_1 \\ Ax_2 \\ Ax_3 \end{bmatrix} \quad \dots \text{②}$$

なお、加速度計からの出力は、A/Dコンバータを介して1kHzのサンプリング周波数でコンピュータに接続し収録した。

4) 分析方法・測定項目

撮影された映像から得た3次元座標データは、バターワース型デジタルフィルタにより平滑化した後、全試技について次の5項目を算出した。

- ①インパクト時におけるボールの3次元座標値
- ②インパクト時におけるバットのヘッド部及びグリップ部の3次元座標値
- ③インパクト時における水平面内でのx軸とバットがなす角度（以後、バット角度と表す）
- ④インパクト時における左右のつま先、膝関節中心、大転子点、肩峰及び肘関節中心の3次元座標値
- ⑤インパクト時におけるバットのヘッド部及びグリップ部の速度

また、金属製バットを用いた試技については、上記5項目に加え、スイング中にバットに加わる3方向の並進加速度 (L_x, L_y, L_z) と3方向の角加速度 (R_x, R_y, R_z) を求めた。

結果

1) インパクト時におけるボールの位置とバットの位置

投球されたボールをインパクトした時のボール位置を図2に示す。図2aはxy平面で示したもので、ホームベースの上方から見たものである。図2bはxz平面で示したもので、1塁側ベンチ方向から見たものである。

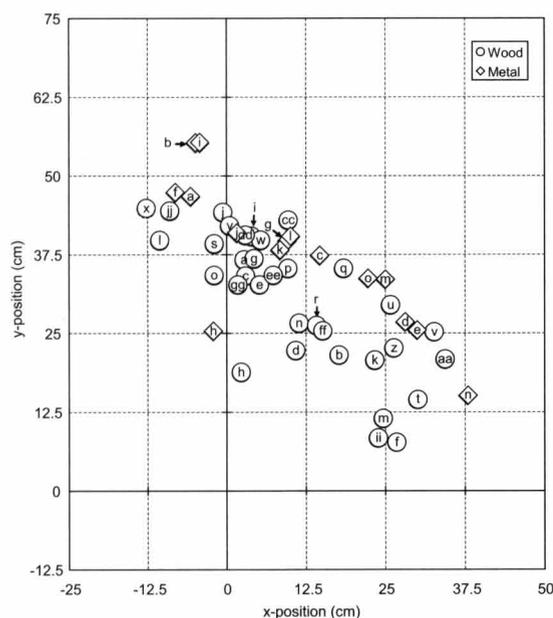


図2a インパクト時におけるボールの位置 (xy 平面)

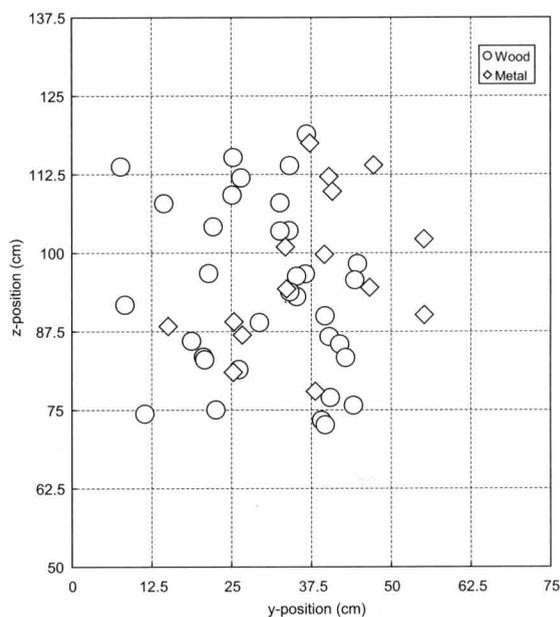


図2b インパクト時におけるボールの位置 (yz 平面)

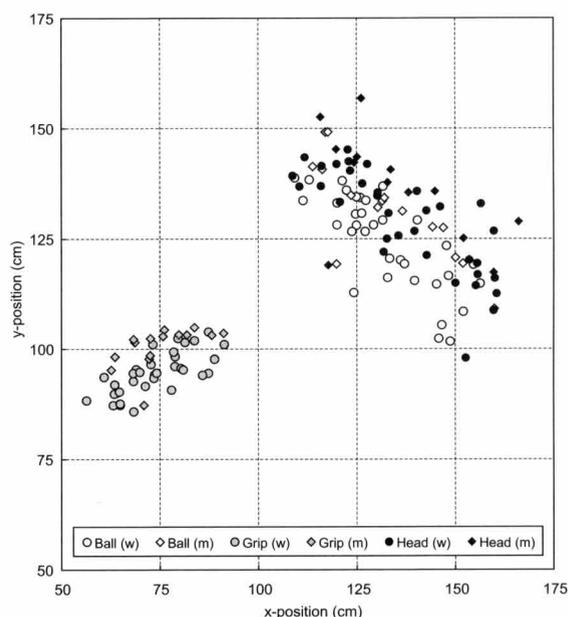


図3 インパクト時のバット位置 (HeadとGrip) とボール位置

図2aに示されるとおり、投球されたボールがインコース寄り(図では左側)であればボールのy座標は大きく(図では上方、ホームベースの前方)、アウトコース寄り(図では右側)であればボールのy座標は小さい(図では下方、ホームベースの後方)ことがわかる。一方、ハイ・ローのように上下のコースの違いに対しては、前後方向の変動が目立った特徴は無い(図2b)。

図3は、図2aのインパクト時のボール位置に加えて、バットのヘッドとグリップ位置も合わせて示したものであ

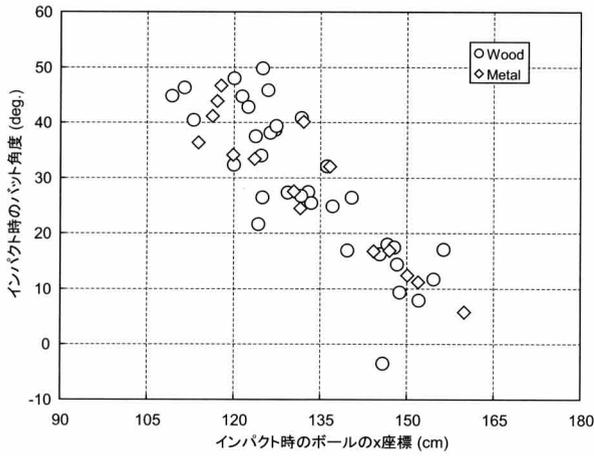


図4a インパクト時のボール位置 (x 座標) とバットの角度

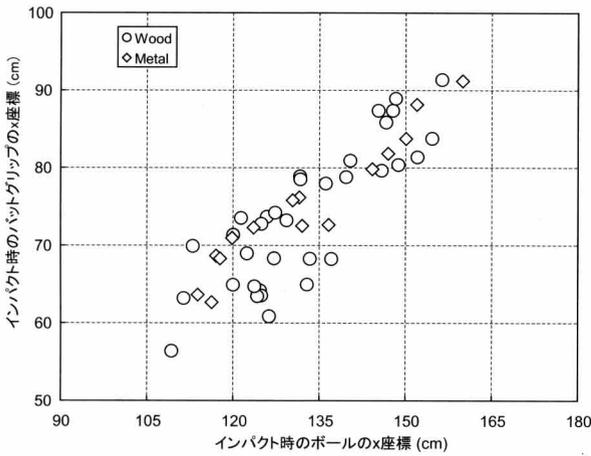


図4b インパクト時のボール位置 (x 座標) とバット位置 (x 座標)

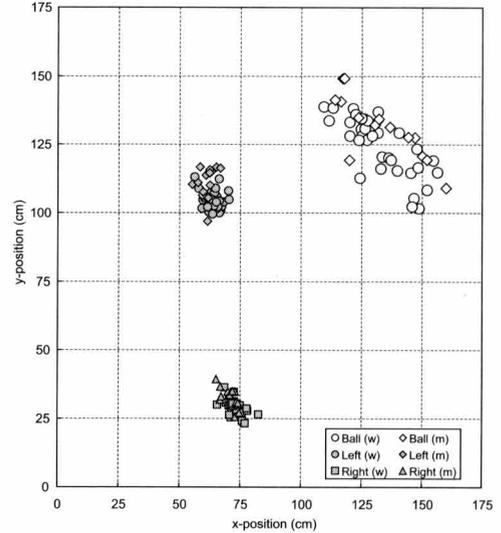


図5a インパクト時のつま先位置とボール位置

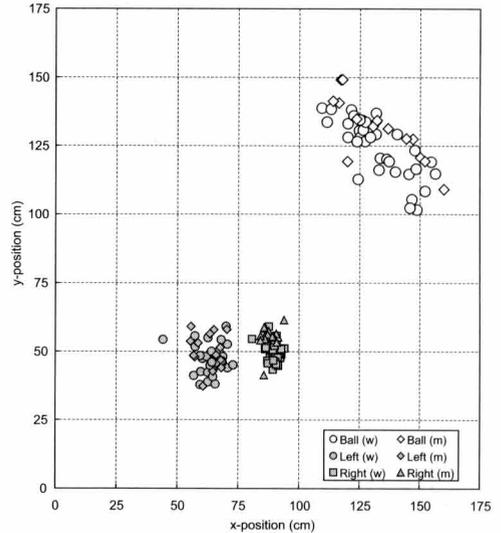


図5b インパクト時の両肩位置とボール位置

る。図中のヘッド位置はボール位置に紛れてわかりにくいものの、グリップ位置は $(x,y) = (75,95)$ 付近を中心に左下から右上に楕円状で分布していることがわかる。

図4aにインパクト時のボールの x 座標とバット角度の関係を、図4bにインパクト時のボールの x 座標とバットグリップの x 座標との関係をそれぞれ示す。これらの図によれば、インパクト時のボールの x 座標が大きいほどバット角度は小さく、グリップの x 座標は大きい傾向である。これらを図3と合わせて考えると、アウトコース寄りのボールほど、バットのヘッドを遅らせてバットごとアウトコース寄りにしてインパクトに至っていること、また逆に、インコース寄りのボールに対しては、バットを打者側へ引き寄せヘッドを大きく回してインパクトを迎えていることがそれぞれわかる。

インパクト時の身体の位置として、インパクト時のボー

ル位置と左右のつま先の位置を図5aに、両肩の位置を図5bにそれぞれ示す。これらの図のように、投球コースがアウトコース・インコースと異なっても脚から胴体、両肩まではほぼ同じ位置でボールをインパクトしており、投球コースの違いによってボールをインパクトする身体の姿勢はほとんど変わっていなかった。

2) インパクト時におけるバットの速度

ボールをインパクトした時のボール位置とバットのヘッド速度との関係を図6に示す。

図6aは、インパクト時におけるボールの x 座標、つまりインコース・アウトコースのような横方向のコースの違いによるバットのヘッド速度への影響を見積もることができる。図6aでは全体的に金属製バットを使用した時の方が木製バットを使用した時よりもヘッド速度が大きいよう

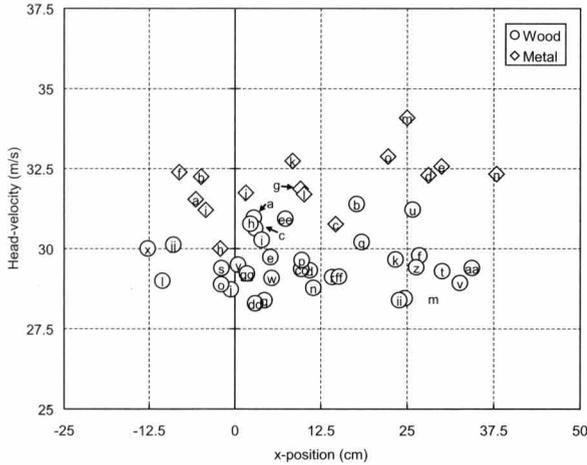


図6a インパクト時のボール位置 (x座標) バットのヘッド速度

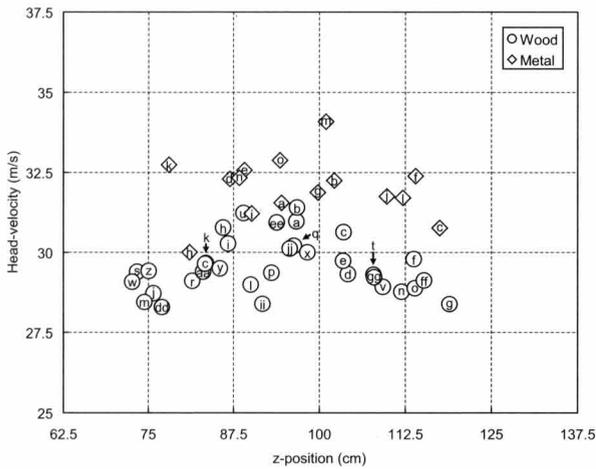


図6b インパクト時のボール位置 (z座標) バットのヘッド速度

であるが、同一バットでは、ボールの x 座標の違いによってヘッド速度が影響を受けているとは認められない。

一方、図 6b はインパクト時におけるボールの z 座標、つまりハイ・ローのように上下のコースの違いによるバットのヘッド速度への影響を見積もることができる。図 6b でも図 6a と同様に使用したバットの種類によりヘッド速度に差はあるものの、いずれのバットを使用した時においてもボールの z 座標が 100cm 付近でヘッド速度が最大となる分布であることがわかる。

3) スイング中にバットに加わった加速度

本研究では、測定に使用した金属製バットには加速度計が取り付けられており、スイング中にバットに加わる加速度（並進加速度 3 軸と角加速度 3 軸）を測定することができる。金属製バットを使用した 15 試技のうちの 3 例を図 7a（図 2a の試技 f）、図 7b（図 2a の試技 g）及び図 7c（図 2a の試技 o）に示す。図では並進加速度 3 軸と角加速

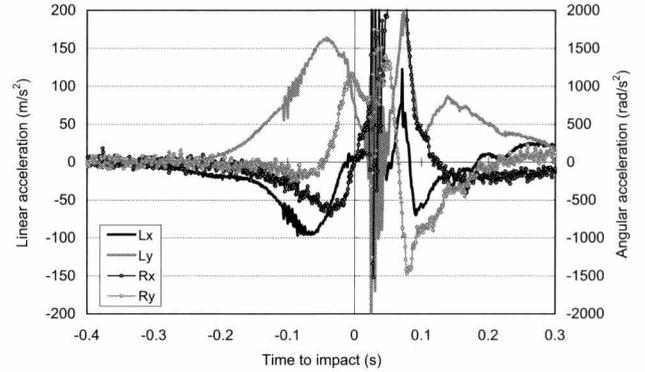


図7a スイング中にバットに加わった加速度（試技 f）

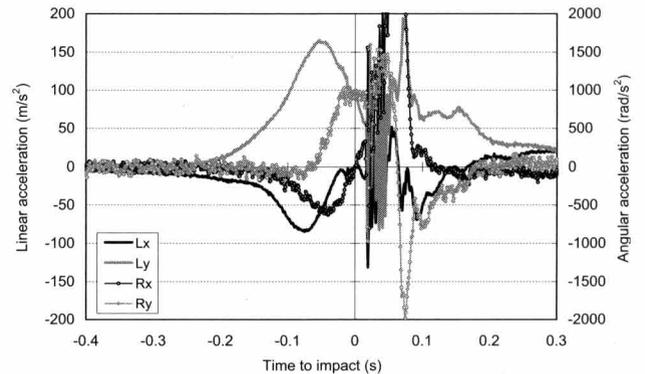


図7b スイング中にバットに加わった加速度（試技 g）

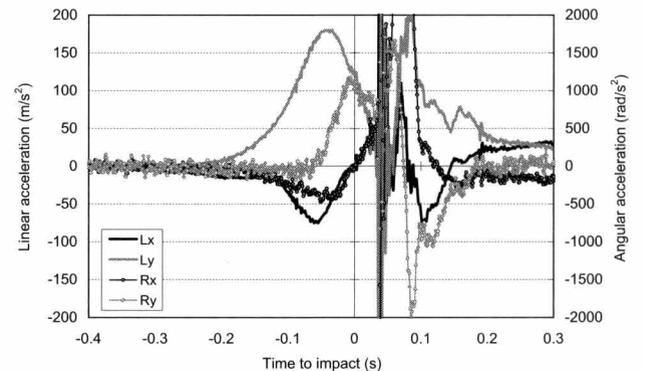


図7c スイング中にバットに加わった加速度（試技 o）

度 3 軸のうち、並進加速度は Lx と Ly 、角加速度は Rx と Ry のみを示している。

図 7a は図 2a でもわかるようにインコースのボールに対する試技であり、図 7b はアウトコース寄りの真ん中のボール、図 7c はアウトコースのボールに対する試技である。これらの図の加速度にはほとんど違いが認められないが、 Rx と Ry 、特にインパクト 0.1 秒前付近の Ry は 3 つのコースで異なる挙動である。

試技 f や試技 g、試技 o において、 Ry はインパクトの 0.2 秒前にはほぼ 0 rad/s^2 であり、インパクト直前にはいずれの試技も最大値に達する変化であるが、インパクトに至

るまでの約0.2秒間の推移は異なる。試技fでは最大値に向かって単調に増加していくわけではなく、一旦、低下した後最大値を経てインパクトに至っているのに対して、試技oでは、最大値に向かってほとんど低下することなく最大値に至っている。また、試技gでは-0.1秒付近でわずかに低下した後インパクト時付近で最大値を維持する挙動である。

考 察

野球における打撃では、インコース寄りの投球に対しては投手に近い位置で、アウトコース寄りの投球に対しては捕手に近い位置でボールをインパクトすることが基本とされる。

本研究においても、図2aのようにボールインパクトの水平面内の位置はインコース寄りの投球に対しては投手に近い位置、アウトコース寄りの投球に対しては捕手に近い位置であった。これらのインパクト時のボール位置に対して、バット位置はインコース寄りの投球に対してはバットを引き寄せかつ角度が大きくしてインパクトに至っており、アウトコース寄りの投球に対してはバットを遠い位置のまま角度を浅くしてインパクトに至っていることがわかった。

これらのように投球コースが変化すると手先を含めたバットの位置もそれに応じて変わっていたが、ボールインパクト時のつま先や腰の位置、両肩の位置にはほとんど差が無く、両腕を除いて、身体の動かし方は投球コースに影響されることは無かった。

また、インパクト時のバットのヘッド速度(図6a)では投球コースがインコース、アウトコースと異なってもヘッド速度に顕著な差は認められず、最終的に打球の飛距離に影響すると考えられているバットのヘッド速度に投球コースのインコース・アウトコースの違いが影響することは無かった。ただし、投球コースの高低による違いについては、図6bでも明らかなように、100cm程度のいわゆる“腰の高さ”の時にヘッド速度が大きく、他の高さの投球を打撃した場合よりも大きな飛距離が得られる可能性が高いことがわかった。

以上のようにインパクト時に注目すると投球コースの違いによって変化するのがボールインパクトの位置だけのように見えるが、図7に見られたように、ボールインパクトまでのバットの操作方法はどの投球コースに対してもすべて同じではなかった。例えば、比較的インコースの投球に対してはインパクトに向けてバットを一旦スイング方向とは逆向きに回転させてヘッドを回すタイミングを遅らせ(図7a)たり、他のコースであってもインパクトに向けて

遅れていたヘッドを回すことによりバットの角加速度を維持(図7b)したりして、投球コースに応じてバットを巧みに操作しながらインパクトに至っているものとみられる。つまり、異なる投球コースのボールに対しては、それぞれの投球コースに応じてバットを操作しながらインパクトに至っているものと推察された。

総 括

本研究では、プロ野球選手1名を対象に、様々なコースの投球を打撃させ、スイングの3次元動作解析及びバットに加わる加速度を分析した結果を元に、投球コースの違いがバットスイングに及ぼす影響を検討した。

その結果、以下のことが明らかになった。

- ①インパクト時の水平面内におけるボール位置はインコース寄りの投球に対しては投手に近い位置、アウトコース寄りの投球に対しては捕手に近い位置であった。
- ②投球コースが変化するとインパクト時のバットの位置もそれに応じて変わっていたが、インパクト時のつま先や腰の位置、両肩の位置にはほとんど差が無く、両腕を除いて、身体の動かし方は投球コースに影響されることは無かった。
- ③投球コースの高低による違いについては、いわゆる“腰の高さ”の時にヘッド速度が高く、他の高さの投球を打撃した場合よりも大きな飛距離が得られる可能性が高いことがわかった。
- ④ボールインパクト直前では、投球コースに応じてバットを操作しながらインパクトに至っているものと推察された。

選手は、極めて短時間のうちに投球コースに応じてバットを操作してバットを望ましい状態にしてインパクトを迎えていることがわかった。

文 献

- Fleisig, G. S., Zheng, N., Stodden, D. F. and Andrews, J. R. (2002) Relationship between bat mass properties and bat velocity. *Sports Engineering*, 5(1) :1-8.
- 平野 裕一 (1993) 当てる打撃と運ぶ打撃. *Japanese Journal of Sports Science*, 12(6) : 340-345.
- Messier, S. P. and Owen, M. G. (1984) Bat dynamics of fast pitch softball batters. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 55(2), 141-145.
- 前田正登 (2003) 野球バットの特性がスイングに及ぼす影響. *スポーツ産業学研究*13(1) : 45-51.
- Maeda, M. (2004) Effects of baseball bat mass and

position of center of gravity on the swings. The Engineering of Sport 5 Volume 1, 142-148.

村田厚生 (1998) 野球のスイング時のバットのヘッドスピードに及ぼす影響. 人間工学34(3) : 151-155.

及川研・大沼徹・平野裕一 (1996) 野球のバットの軌道及びそれに影響する打撃動作の類型化の試み. スポーツ方法学研究, 9(1) : 127-139.

吉福康郎 (1985) バットの力学的性質から見たバッティングの科学. Japanese Journal of Sports Science, 4(10): 723-728.