

## 地面反力からみた野球のティーバッティング技術

小 田 伸 午<sup>1)</sup> 森 谷 敏 夫<sup>1)</sup> 田 口 貞 善<sup>1)</sup>  
松 本 珠 希<sup>1)</sup> 見 正 富美子<sup>2)</sup>

### Tee-batting skills in relation to ground reaction forces

Shingo Oda<sup>1</sup>, Toshio Moritani<sup>1</sup>, Sadayoshi Taguchi<sup>1</sup>,  
Tamaki Matsumoto<sup>1</sup> and Humiko Mimasa<sup>2</sup>

#### Abstract

The purpose of this study was to investigate tee-batting skills in relation to ground reaction forces. Eighteen batters tried seven swings on the force platform recording three-dimensional kinetic data. A video camera (60 fps) was used to measure ball velocity and swing velocity. The following results were obtained.

1) A statistically significant correlation was observed between the swing velocity and the swing time.

2) Statistically significant correlations were observed between the swing velocity and the anteroposterior forces during backward swing phase, the mean power calculated from the anteroposterior force during forward swing phase.

3) Statistically significant correlations were obtained between the swing velocity, the ball velocity and the mediolateral distance of the CG of the body from the starting position during backward swing phase.

4) The swing velocity and the ball velocity significantly correlated with the mediolateral distance of the CG of the body between the starting phase and the impact phase.

5) Coefficient of variations (cv) of the vertical forces during backward swing phase and the mean power calculated from the vertical force significantly correlated with cv of the swing velocity. CV of the vertical power of the CG of the body significantly correlated with cv of the ball velocity.

These findings suggest that the batter should move the body toward the opposite side of the ball and the anterior direction just before the starting phase of the forward swing to obtain the high swing velocity. The result also suggests that the batter should control the vertical movement during backward and forward swing to obtain the high reproducibility of batting.

**Key words: baseball, batting, ground reaction forces**

(Japan J. Phys. Educ., 36: 255-262, December, 1991.)

キーワード：野球, バッティング, 地面反力

#### 結 言

野球の打撃力向上のために、ティーバッティ

ングを練習に取り入れているチームは非常に多い。目的は、一定条件の静止したボールを、より強く、しかも正確に（打球の速度と方向の再現性が高い）打てるようにすることであろう。強く打つためには、打者は地面反力を利用して

1) 京都大学教養部保健体育教室  
〒606 京都市左京区吉田二本松町

2) 光華女子短期大学家政科  
〒615 京都市右京区西京極葛野38

1. Laboratory of Applied Physiology, College of Liberal Arts and Sciences, Kyoto University, Nihonmatsu-cho, Sakyo-ku, Kyoto (606)

2. Department of Home Science, Koka Women's Junior College, Kadono 38, Nishikyogoku, Ukyo-ku, Kyoto (615)

得られる身体の運動量を打具に伝えているものと考えられる。したがって、打撃動作中の地面反力を測定すれば、打者の打撃技術を評価することができる。

従来、野球の打撃動作の地面反力を測定した研究には、平野ら<sup>6)</sup>の打球方向の身体重心変位を検討したものや、Mason<sup>7)</sup>の軸足と踏み出し足のそれぞれの地面反力を測定した研究などがみられる。しかし、野球の打撃動作における地面反力を測定した先行研究は、いずれもピッチングマシンか投手によって放たれたボールを打った場合のものである。投球されたボールに対する打撃では、ボールの条件が毎回異なるので、それによって打撃動作も影響を受けるものと思われる。そこで、打者の打撃動作自体の技術を検討するには、ボールの条件が一定であるティーバッティングにおける打撃動作を検討することが適切と思われる。

そこで本研究では、大学野球リーグに所属するチームの野球選手を対象に、ティーバッティング動作における前後、左右、上下方向の地面反力を測定し、そこから算出される各種変数およびその変動係数と、打球速度、スイング速度、インパクト比（スイング速度に対する打球速度の比）およびそれらの変動係数との相関係数を求め、地面反力からみた打撃技術について検討することを目的とした。

## 方 法

### (1) 被験者

本研究に参加した被験者は、関西学生野球リーグに所属するチームの野球選手 18 名であった。被験者の競技年数は 4—9 年であった。被験者の身体的特徴を表 1 に示す。被験者には、

表 1. 被験者の身体的特徴

| n  | 年齢(歳)    | 体重(kg*)  | 身長(cm)    |
|----|----------|----------|-----------|
| 18 | 20.5±0.9 | 69.2±6.9 | 173.1±5.3 |

平均±標準偏差

\*重力単位

事前に本研究の目的と手順を説明し、測定参加の同意を得た。

### (2) ティーバッティング

各被験者は、木製バット(長さ 84.5 cm, 質量 940 g)を使用し、フォース・プラットフォーム(竹井機器製)の上に両足で立ち、7 試行のティーバッティングを行った。その際、被験者には日常の練習時と同様のティーバッティングを実施するよう留意させた。なお、フォース・プラットフォームの大きさは 80×80 cm で、打撃動作を行ううえで、ほとんどの選手にとっては支障はなかったが、大きく前足を踏み込んで打つ選手は若干の制限を受けた。フォース・プラットフォームの固有振動数は 100 Hz 以上であった。ティーアップしたボールは、前後、左右の位置を一定とし、高さは各被験者が構えた姿勢でボールの中心が大転子の高さにくるように調節した。

### (3) 地面反力の測定

フォース・プラットフォームから導出された X, Y, Z 方向(図 1 参照)の地面反力のアナログ信号は、A/D 変換器(13 ビット, サンプルングタイム 4 ms)とコンピュータを使用し、オンラインでサンプルングした。バットにストレインゲージを貼り、インパクトの瞬間のトリガー信号として同様にサンプルングした。データ採取時間は 4 秒とし、その間に、静止した構えからフォロースイングまでの全動作が入るようにした。サンプルングしたデータをコンピュータ演算処理により、次の各変数とその変動係数を算出した。

a)  $F_{xb}/m$ ,  $F_{yb}/m$ ,  $F_{zb}/m$ :  $F_{xb}/m$  とは、インパクト前の X 軸方向の地面反力が正の向きにピークになった時点の値(図 1 参照)を各打者の身体質量(衣服、打具を含む)で除した値である。 $F_b$  の  $b$  とは backward の意味で、 $F_b$  は打者がバックスイングをした時の各地面反力のピーク値を指している。

b)  $F_{xf}/m$ ,  $F_{yf}/m$ ,  $F_{zf}/m$ : フォワード(forward)スイング時の各方向の地面反力のピーク値を身体質量でみた値(図 1 参照)。

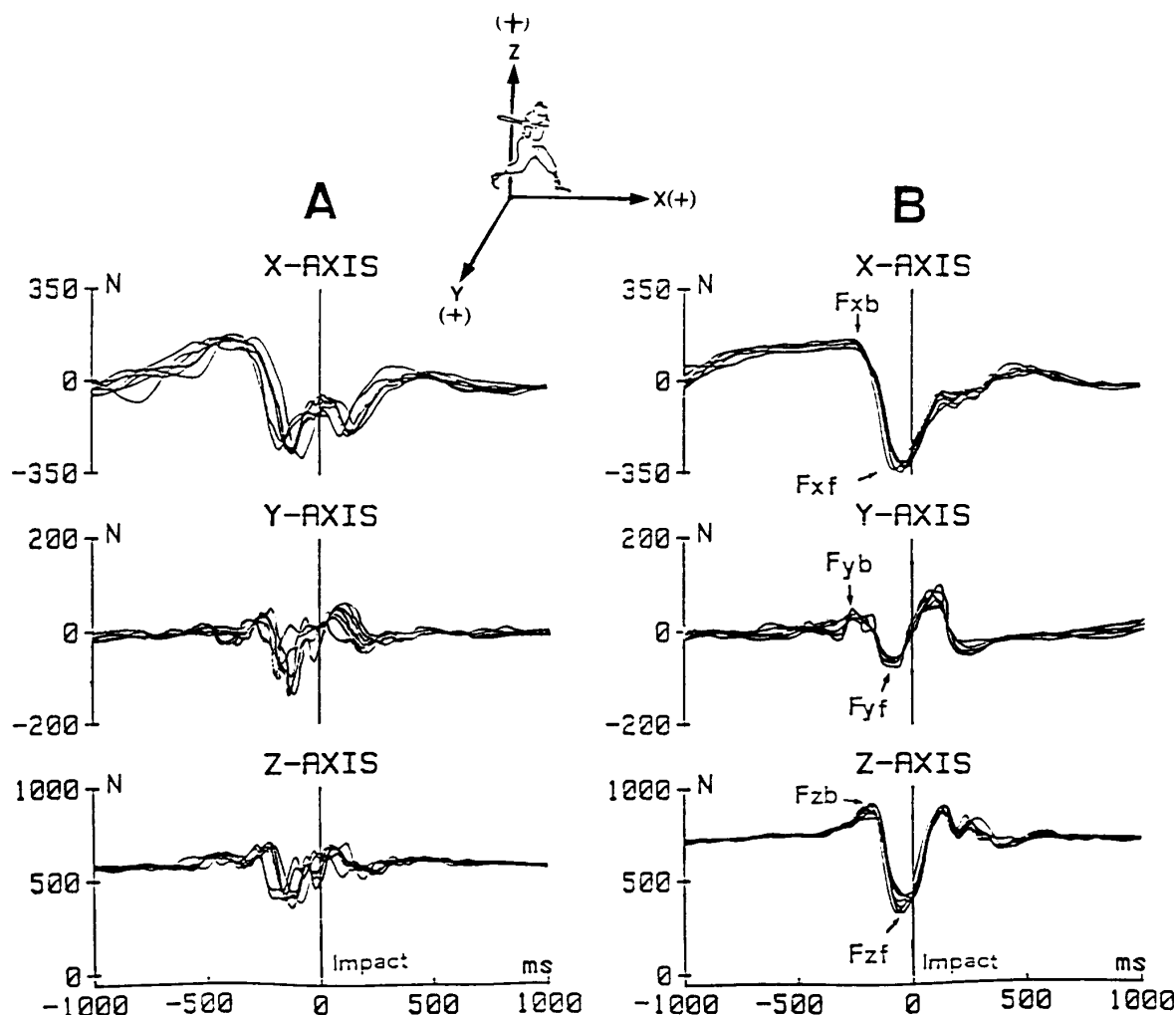


図1. 3方向の地面反力-時間曲線の重ね書き。X軸方向では打球方向へ、Y軸方向では右(腹側)へ、Z軸方向では重力と反対方向へ身体重心を加速させる向きを正(+)として示した。

c)  $\bar{P}_x$ ,  $\bar{P}_y$ ,  $\bar{P}_z$ : 地面反力の各方向分力の重心に対する平均パワーを、インパクト前 250 ms からインパクトまでの区間について算出した。平均パワーの区間は平野ら<sup>6)</sup>の打具のフォワードスイング開始がインパクトの平均 280 ms 前であったという報告によった。

例えば、地面反力の Z 方向分力の重心に対する平均パワーを  $\bar{P}_z$  とすると、

$$\bar{P}_z = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} f_z(t) \cdot v_z(t) \cdot dt$$

ただし、積分範囲は、 $t_1$  から  $t_2$  まで、ここで、

$$v_z(t) = \frac{1}{m} \int_{t_1}^t f_z(t) \cdot dt - g \cdot t$$

積分は静止状態 ( $t=0$ ) から時刻  $t$  までである。

ただし、 $t_1$ : インパクト前 250 ms の時点、 $t_2$  はインパクトの時点、 $m$ : 身体質量(衣服、打具を含む)、 $g$ : 重力加速度

d)  $T_s$  (スイングタイム): スイングタイムは、バックスイングからフォワードスイングへの切り替え時点からインパクトまでの時間とした(図2参照)。切り替え時点は、X軸方向の地面反力曲線が急速に負の方向へ向かう時点とした(VTR 画像から判断すると、X軸方向の地面反力曲線が急速に負の方向へ向かう時点は、打具のフォワードスイング開始時点と一致していた)。

e)  $V_{x\max}$ : X軸方向の身体重心移動速度の最大値(正の値)とした(図2参照)。なお、Y、

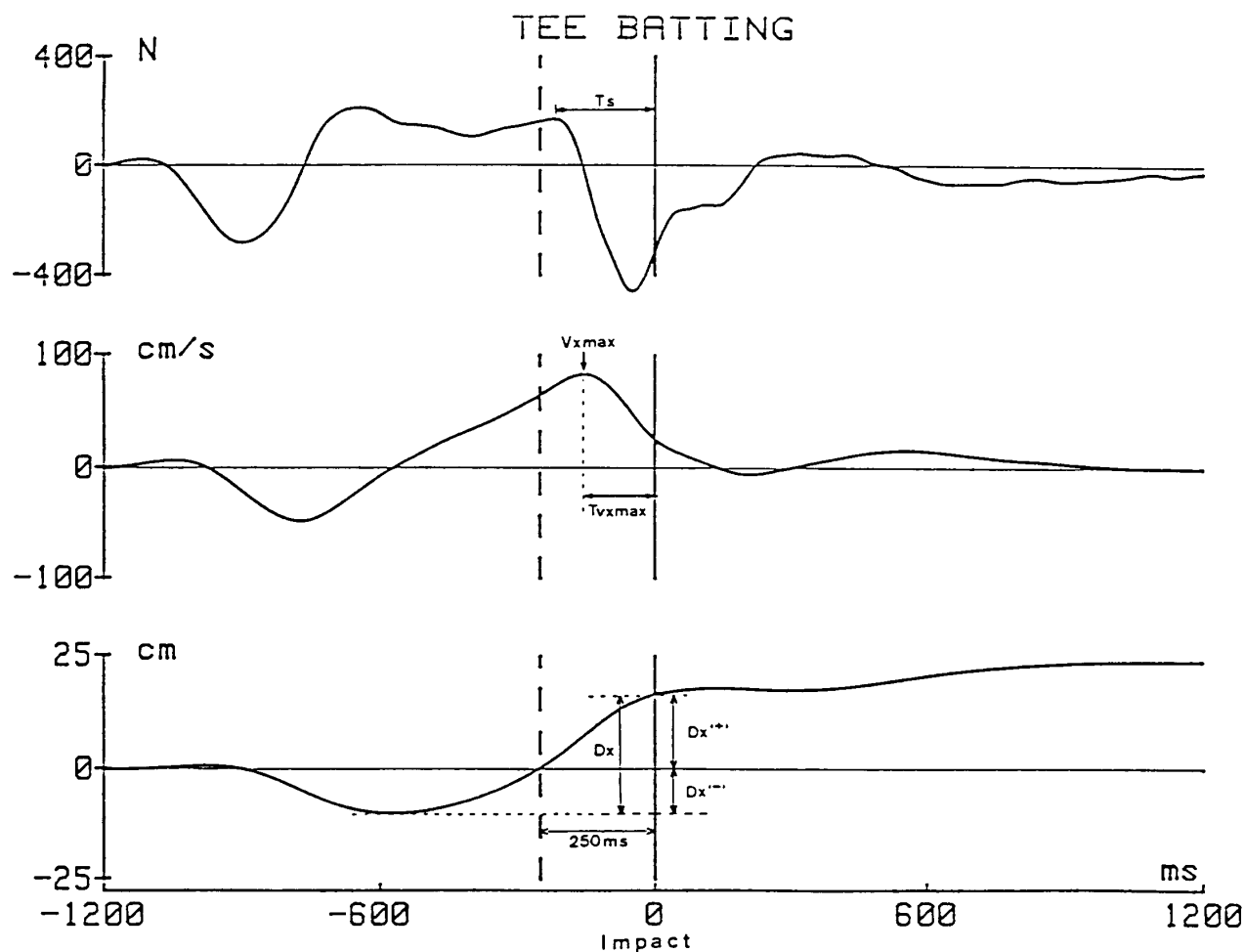


図2. X軸方向の地面反力-時間曲線の1例(上段), 速度-時間曲線(中段), 変位-時間曲線(下段), 地面反力は打球方向へ身体重心を加速させる向きを正(+)として示した。

Z軸方向の身体重心移動速度に関しては, 被験者によって最大値がインパクト前とインパクト後の両方に現れる者に分かれたため省略した。

f)  $T_{v_{xmax}}$ :  $V_{xmax}$ の時点からインパクトまでの時間とした(図2参照)。

g)  $D_x/1$ ,  $D_y/1$ ,  $D_z/1$ : 3方向におけるインパクト前の身体重心変位(打具を含む)の最大幅を求め, 各打者の身長(1)で除した値(図2参照), すなわち, インパクト前におけるバックスイングからフォワードスイングにおける身体重心の最大移動幅の身長に対する比である。

h)  $Dx^{(+)}$  (%),  $Dx^{(-)}$  (%): X軸方向の身体重心変位を正と負の成分に分け,  $Dx$ に対する百分率を求めた(図2参照)。身体重心は, 最初に静止して構えた位置がゼロで, そこからバックスイング期に身体を打球方向と反対の向きに

移動させ, ただちに切り替えして身体を打球方向に移動させ, 最初の構えた位置を通過してさらにボールの方向に移動してインパクトが生じる(図2参照)。 $Dx^{(-)}$  (%)とは, 打者が最初の構えた位置からバックスイング期に打球と反対方向に移動した身体重心変位の  $Dx$  に対する百分率を意味する。 $Dx^{(+)}$  (%)は, ゼロの位置からインパクト時までの身体重心変位の  $Dx$  に対する百分率である。なお, Y, Z軸方向に関しては, インパクト前の動作中において, 身体重心変位が正の方向と負の方向に分けられる打者と分けられない打者とがみられ, 一定傾向が得られなかったため省略した。

#### (4) 打球速度とスイング速度の測定

バッティング動作開始姿勢の前頭面に90度になるようにレンズの光軸を位置させたビデ

オ・カメラ (60 fps) で、ティーバッティング動作を撮影した。被験者からカメラまでの距離は 15 m とした。撮影した画像をコンピュータ画像計測システムにより、インパクト後 1/60 秒間の打球速度 ( $V_b$ ) とインパクト前 1/60 秒間のバットヘッドのスイング速度 ( $V_s$ ) を求めた。インパクトの瞬間が画像にとらえていない場合には、スイング速度については、バットが最もボールに近くなった画像とその 1 コマ前の 1/60 秒間の速度を求めた。また、打球速度についても、インパクト後の最初の画像から次の画像までの 1/60 秒間の速度を求めた。また、スキルの一指標として、インパクト比 ( $Iratio; V_b/V_s$ ) を求めた。

### (5) 統計的处理

打球速度、スイング速度、インパクト比と地面反力から得られた各種変数およびその変動係数との相関関係を求めその有意性について検討した。また、上記 3 変数の変動係数と各種変数およびその変動係数との相関関係を求め、その有意性についても検討した。有意水準は 5 % 水

準をもって有意とした。

## 結 果

図 1 は 2 名の打者における地面反力曲線の重ね書き (7 試行分) である。他の打者の地面反力曲線も同様のパターンを示した。図 1 の B のほうが A に比較して地面反力曲線の再現性が高いことがわかる。また、図 2 は X 軸方向の地面反力曲線、速度曲線、変位曲線の 1 例を示したものである。表 2 に各種変数の平均値と標準偏差を示した。表 3 に各変数の変動係数の平均値と標準偏差を示した。表 4 に  $V_s$ 、 $V_b$ 、 $Iratio$  の 3 変数と有意な相関関係が認められた地面反力各種変数 (変動係数関係の項目も含む) と相関関係の値を示した。表 5 には  $V_s$ 、 $V_b$ 、 $Iratio$  の変動係数と地面反力各種変数 (変動係数の項目も含む) との間において有意な相関関係の認められた項目を示した。

表 2.  $V_s$ 、 $V_b$ 、 $Iratio$  および地面反力各種変数

| 平均±SD (n=18×7=126)   |            |
|----------------------|------------|
| $V_s$ (m/s)          | 29.4±2.4   |
| $V_b$ (m/s)          | 30.3±2.4   |
| $Iratio$             | 1.02±0.07  |
| $F_{xb}/m$ (N/kg)    | 2.6±0.7    |
| $F_{yb}/m$ (N/kg)    | 0.85±0.24  |
| $F_{zb}/m$ (N/kg)    | 8.2±0.9    |
| $F_{xf}/m$ (N/kg)    | 5.3±1.0    |
| $F_{yf}/m$ (N/kg)    | 1.8±0.6    |
| $F_{zf}/m$ (N/kg)    | 14.7±1.5   |
| $\bar{P}_x$ (w)      | 146.7±36.5 |
| $\bar{P}_y$ (w)      | 4.1±2.5    |
| $\bar{P}_z$ (w)      | 283.8±81.1 |
| $T_s$ (ms)           | 278±47     |
| $V_{x\max}$ (cm/s)   | 96.6±12.1  |
| $T_{V_{x\max}}$ (ms) | 162±37     |
| $D_x/l$ (cm/m)       | 13.6±1.8   |
| $D_y/l$ (cm/m)       | 1.3±0.5    |
| $D_z/l$ (cm/m)       | 3.6±1.1    |
| $D_x^{(+)}(\%)$      | 56.3±17.2  |
| $D_x^{(-)}(\%)$      | 44.0±18.2  |

表 3. 各変数の変動係数 (%)

| 平均±SD (n=18)    |           |
|-----------------|-----------|
| $V_s$           | 4.0±1.4   |
| $V_b$           | 5.2±2.1   |
| $Iratio$        | 5.8±2.2   |
| $F_{xb}/m$      | 8.6±2.7   |
| $F_{yb}/m$      | 26.3±10.9 |
| $F_{zb}/m$      | 2.6±1.6   |
| $F_{xf}/m$      | 6.3±2.7   |
| $F_{yf}/m$      | 16.2±5.3  |
| $F_{zf}/m$      | 2.7±1.2   |
| $\bar{P}_x$     | 14.1±4.3  |
| $\bar{P}_y$     | 37.1±17.2 |
| $\bar{P}_z$     | 12.3±4.8  |
| $T_s$           | 9.4±4.6   |
| $V_{x\max}$     | 9.3±3.3   |
| $T_{V_{x\max}}$ | 8.6±4.1   |
| $D_x/l$         | 7.7±1.9   |
| $D_y/l$         | 29.8±14.2 |
| $D_z/l$         | 12.9±7.5  |
| $D_x^{(+)}(\%)$ | 18.5±10.2 |
| $D_x^{(-)}(\%)$ | 16.4±8.5  |

表4.  $V_s$ ,  $V_b$ , Iratio と有意な相関関係が得られた地面反力各種変数

|        |       |        |                 |                 |                 |                 |
|--------|-------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| $V_s$  | $V_b$ | $T_s$  | $F_y b/m$       | $\bar{P}_y$     | $D_x^{(+)}(\%)$ | $D_x^{(-)}(\%)$ |
| r      | 0.56  | -0.48  | 0.61            | 0.53            | -0.55           | 0.58            |
| $V_b$  | $V_s$ | Iratio | $D_x^{(+)}(\%)$ | $D_x^{(-)}(\%)$ |                 |                 |
| r      | 0.56  | 0.48   | -0.53           | 0.54            |                 |                 |
| Iratio | $V_b$ |        |                 |                 |                 |                 |
| r      | 0.48  |        |                 |                 |                 |                 |

$p < 0.05 \quad 0.47 \leq r < 0.59$   
 $p < 0.01 \quad 0.59 \leq r$

表5.  $V_s$ ,  $V_b$ , Iratio の変動係数 (cv) との間において有意な相関関係の得られた項目 ( $p < 0.05$ )

|               |                 |             |            |
|---------------|-----------------|-------------|------------|
| $V_s(cv)$     |                 | $V_b(cv)$   | Iratio(cv) |
| $F_z b/m(cv)$ | $\bar{P}_z(cv)$ | $\bar{P}_z$ | ナシ         |
| $r$           | 0.52            | 0.49        | 0.54       |

$p < 0.05 \quad 0.47 \leq r < 0.59$   
 $p < 0.01 \quad 0.59 \leq r$

## 考 察

### (1) 強く打つ

野球においては、投手の投げたボールをより強く打つことが重要である。ティーバッティングの場合、打具とボールの衝突後のボール速度は、打具がボールに作用するときの速度によって左右される。本研究では、打球速度 ( $V_b$ ) とスイング速度 ( $V_s$ ) の間には有意な相関関係が認められた (表4)。

スイング速度 ( $V_s$ ) とスイングタイム ( $T_s$ ) の間には、有意な負の相関関係が認められた。実際のバッティングにおいて、スイングタイムが短いことは、ボールが投手の手から放たれてから決断までの時間が長くとれるので、ミートポイントの予測の正確性につながる<sup>3)</sup>。従来の報告<sup>1)</sup>によれば、大リーグの有名な打者は、平均的な打者に比較してスイングタイムが短いという。したがって、好打者の条件として、スイングタイムが短く、しかも、スイング速度が速いことが挙げられる。

先行研究<sup>4,6-9)</sup>で報告されているように、打者

は体重移動を有効に利用して打具のスイング速度を獲得し、それをボール速度に変換させようとしている。本研究においても、スイング速度 ( $V_s$ ) とバックスイング時の Y 軸方向の地面反力ピーク値 ( $F_y b/m$ ) および平均パワー ( $\bar{P}_y$ ) との間に有意な相関関係が認められた (表4)。打者はバックスイング期には、構えた姿勢から身体を打球方向と反対に移動させ、この時に打具を引く動作を行い、それからフォワードスイングに移行する。先行研究<sup>3)</sup>によると、打者はバックスイング期に、わずかに身体をスイングと反対方向に回転させ、この時に身体重心を打者の前面に加速させる地面反力が観察されるという。今回の画像からは、Y 軸方向の動きについては定量化できないが、バックスイング期の最後 (フォワードスイング期の直前) に身体をスイングと反対方向に回転させる動きが観察された。この動きの現れる時は、Y 軸方向の地面反力のピーク値 ( $F_y b$ ) が出現する時と時間的に一致しており、先行研究<sup>3)</sup>を支持する結果となった。平野・町永<sup>5)</sup>は、筋の前伸長が筋の弾性および収縮要素に与える影響<sup>2)</sup>を基に、打具をテイクバックすることで、振る動作に参加する筋群が引き伸ばされ、力強いスイングが可能であると考察している。本研究の打者も、スイング速度が高い者は、バックスイング期に身体をスイングと反対方向に回転させ、フォワードスイングに参加させる筋群を巧みに引き伸ばしていたものと推察される。この点に関しては、打者の真上からの動作分析が検討課題として残された。なお、 $F_y b/m$  と  $\bar{P}_y$  の間には有意 ( $r =$

0.66,  $p < 0.01$ )な相関関係が認められた。そこで、 $F_y b/m$ の影響を消去したスイング速度と $\bar{P}_y$ の間の偏相関を求めると、 $r = 0.37$  (ns)となり、スイング速度と平均パワー( $\bar{P}_y$ )の間の有意な相関関係(表4)は、バックスイング時のY軸方向の地面反力ピーク値( $F_y b/m$ )に影響されていたものと考えられる。

一方、 $F_y b/m$ および $\bar{P}_y$ は、打球速度( $V_b$ )との間では有意な相関関係は認められなかった。バットのスイング速度は、運動量としてボールに伝えられるが、その際、打具のどの部分に当たるかなどの伝達のスキルが介在している。今回、打球速度と伝達のスキルの指標として算出したインパクト比の間には有意な相関関係がみられた。したがって、Y軸方向のバックスイング時のピーク値( $F_y b/m$ )および平均パワー( $\bar{P}_y$ )とスイング速度( $V_s$ )の間には有意な相関関係がみられても、スイング速度を打球速度に変換するスキルの高低により、打球速度( $V_s$ )との間には有意な相関関係がみられなかったものと推察される。

$V_s$ および $V_b$ と、 $D_x^{(+)}(\%)$ との間には負の、 $D_x^{(-)}(\%)$ との間には正の相関関係が認められた(表4)。バックスイング期において、打球と反対方向の身体重心移動距離の全移動幅に対する割合が大きい打者はスイング速度および打球速度が大きい。身体重心を打球と反対方向に移動させるのは、フォワードスイング時に身体重心を打球方向に加速させるための準備動作であり、加えて、打具を打球方向と反対に引くことで、スイングに参加する筋群を引き伸ばす効果をもたらす働きと解釈できる。また、フォワードスイング期において、最初の構えた位置からインパクト時の位置までの身体重心移動距離の全移動幅に対する割合が大きい打者は、スイング速度および打球速度が小さい。インパクト時の打具のグリップエンドの位置とセットされたボールの位置の間の水平距離と $D_x^{(+)}(\%)$ の間には有意( $p < 0.05$ )な負の相関関係が認められた。さらに、インパクト時の打具のグリップエンドの位置とセットされたボールの位置の間

の水平距離と、スイング速度および打球速度との間には、 $r = 0.68$  ( $p < 0.01$ ),  $r = 0.66$  ( $p < 0.01$ )の有意な正の相関関係が認められた。インパクト直前では打具のグリップエンドの並進速度が低くなり、打具のヘッドの並進速度が急速に高くなる<sup>3)</sup>という。すなわち、インパクトの直前では、打具の回転運動の角速度が急速に高まるものと推察される。最初の構えた位置からインパクト時の位置までの身体重心移動距離の全移動幅に対する割合が大きい打者は、インパクト時に、打具のグリップエンドとボールの水平距離がつまってしまうため、打具の回転が腕の回転に遅れ、ヘッドの速度が上がりきらないうちにインパクトが生じてしまうものと推察される。

## (2) 正確に打つ

ティーバッティングではボールを強く打つことだけでなく、球を正確に打つことが要求される。ボーリングの投球動作中のボール軌跡を観察した報告<sup>10)</sup>によれば、平均スコアの高い者ほど軌跡のばらつきが小さかったという。そこで、打撃の正確性を示す指標として、スイング速度、打球速度およびインパクト比の7試行分の変動係数(cv)を求め、各種変数およびその変動係数との相関関係について検討した。打球速度の変動係数と有意な相関関係が認められたのは、平均パワー( $\bar{P}_z$ )のみであり、X、Z軸方向の変数との間には有意な相関関係は認められなかった(表5)。また、スイング速度の変動係数と有意な相関関係が認められたのは、バックスイング時のZ軸方向の地面反力のピーク値( $F_z b/m$ )と平均パワー( $\bar{P}_z$ )であり、ここでもX、Y軸方向の変数においては認められなかった。打撃の正確性はいずれも身体の上方向(Z軸方向)のコントロールに関係していることが示唆された。

## 要 約

本研究は、大学野球リーグに所属するチームの野球選手18名を対象に、ティーバッティングにおける前後、左右、上下方向の地面反力から各種変数とその変動係数を算出し、打球速度、

スイング速度、インパクト比およびそれらの変動係数との相関関係を求め、地面反力からみた打撃技術について検討することを目的とした。その結果、以下の点が明らかにされた。

1) スイング速度とスイングタイムの間には有意な負の相関関係が認められた。

2) スイング速度とバックスイング期の Y 軸方向の地面反力ピーク値および地面反力の Y 軸方向分力の重心に対する平均パワーの間に有意な相関関係が認められた。

3) スイング速度と打球速度は、バックスイング期における打球と反対方向への身体重心移動距離の身体重心総移動幅にたいする割合と有意な相関関係が認められた。

4) スイング速度と打球速度は、フォワードスイング期の身体重心移動距離のうち最初に構えていた重心位置より球に近い部分の総移動幅に対する割合と有意な負の相関関係が認められた。

5) スイング速度の変動係数とバックスイング期の Z 軸方向の地面反力ピーク値および、地面反力の Z 方向分力の重心に対する平均パワーのそれぞれの変動係数との間に有意な相関関係が認められた。また、打球速度の変動係数と地面反力の Z 方向分力の重心に対する平均パワーとの間に有意な相関関係が認められた。

以上の結果より、速いスイング速度（打球速度）を獲得するには、バックスイング期の最後（フォワードスイングの直前）に、身体重心を打球方向と反対でしかも腹の方向に移動しておく必要があることが示唆された。また、正確な打撃のためには、身体の上方向の調節が関与す

ることが示唆された。

## 文献 (References)

- 1) Breen, J.L. (1967) What makes a good hitter? *Journal of Health, Physical Education, Recreation* 38: 36—39.
- 2) Cavagna, G.A. and Citterio, G. (1974) Effect of stretching on the elastic characteristics and contractile component of the frog striated muscle. *J. Physiol.* 239: 1—14.
- 3) 平野裕一 (1984) バットによる打の動作. *Jpn. J. Sports Sci.* 3: 199—208.
- 4) 平野裕一 (1988) 地面反力からみた打撃の特性. 第 9 回日本バイオメカニクス学会大会論集. 杏林書院: 東京, pp. 46—51.
- 5) 平野裕一・町永智丈 (1990) 野球の打撃中の身体重心移動様式. *バイオメカニクス研究'90*, メディカスプレス: 東京, pp. 226—228.
- 6) 平野裕一・友末亮三・宮下充正 (1989) 地面反力と把握力からみたテニス, 野球, ゴルフにおける打撃技術の比較. *Jpn. J. Sports Sci.* 8: 243—248.
- 7) Mason, B.R. (1987) Ground reaction forces of elite Australian baseball batters. In: Jonsson, B. (Eds.) *Biomechanics X-B. Human Kinetic Publishers Inc, Illinois*. pp. 749—752.
- 8) Messier, S.P. and Owen, M.G. (1986) The mechanics of batting: Analysis of ground reaction forces and selected lower extremity kinematics. *Res. Quart. Exerc. Sport* 56: 138—143.
- 9) Messier, S.P. and Owen, M.G. (1986) Mechanics of batting: Effect of stride technique on ground reaction forces and bat velocities. *Res. Quart. Exerc. Sport* 57: 329—333.
- 10) 村瀬 豊・宮下充正 (1973) ボウリングのキネシオロジー. *体育の科学* 23: 654—659.

(平成 2 年 10 月 1 日受付)