

# 大学野球におけるレギュラー打者と非レギュラー打者の インパクトパラメーターに関する事例的研究 — マシン打撃における試技結果および投射コースの比較から —

金堀哲也<sup>1)</sup> 谷川 聡<sup>1)</sup> 島田一志<sup>2)</sup> 内藤 景<sup>3)</sup> 川村 卓<sup>1)</sup>

## A case study on impact parameters of regular batters and non-regular batters in the college baseball: From the comparison of the result of the trial and the pitching course in the batting of the machine

Tetsuya Kanahori<sup>1)</sup>, Satoru Tanigawa<sup>1)</sup>, Kazushi Shimada<sup>2)</sup>, Hikari Naito<sup>3)</sup> and Takashi Kawamura<sup>1)</sup>

### Abstract

The purpose of this case study were to reveal the features all of the batters and the excellent batters by comparing the impact parameters of the regular and non-regular batters in college baseball. Subjects were four members (two regular batters and two non-regular batters) who belong to the college baseball team. The experiments, each player hit a hundred balls thrown by the machine. It took with two high-speed camera (300Hz) to calculate the impact parameters (swing velocity, batted ball velocity, conversion efficiency of the swing velocity and the batted ball velocity, batted ball angle), pitching course and impact position. Result, 1) Success trial was greater batted ball velocity than failure trial in the all batters. 2) Regular batters did not change the swing velocity for any course. 3) All batters hit at close to the pitcher as the inside pitch, and hit at close to the catcher as the outside pitch. 4) The regular batters had much number of success trial when they hit the ball at away from the basic position. From the above results, it is important to have the skill that fast swing for any course, further converted to faster batted ball velocity. Moreover it became the result to support the opinion of the coaching site that it is likely to be success trial to hit faster batted ball. On the other hand, it is need for active in the college baseball that not only the skill to hit at the basic position but also the skill to hit the success trial hit at away from the basic position.

Key words: hitting, impact parameter, impact position, coaching

打撃, インパクトパラメーター, インパクト位置, コーチング

### I. 緒言

川村ほか(2001)は、安打を打つための打撃の課題は、投球に対して速い打球を打つこと、飛距離が大きい打球を打つこと、正確に打つことに大別されるとしている。速い打球を打つことに関して、那須ほか(2011)は、バット先の水平面上の向きが、バットとボールが接触するインパクト直前に打球の向きに合わせていた打者ほど打球速度が大きいことを報告してい

る。飛距離が大きい打球を打つことに関しては、城所ほか(2009)が打球の飛距離に最も密接な関係を持つ打球の特性は、打球の運動エネルギーであると報告しており、より大きな打球の運動エネルギーを生み出すために、打者はアッパースイング気味のスイング軌道で大きなローリング速度を持たせ、投球されたボールに対してバットを正面衝突させるように打撃を行うことが重要であるとしている。これらのことから、安打を放つためには、バットとボールの接触の仕方が鍵を

1) 筑波大学体育系

Faculty of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

2) 金沢星稜大学人間科学部

Faculty of Human Sciences, Kanazawa Seiryō University

3) 福井工業大学スポーツ健康科学部

Faculty of Human and Sports Sciences, Fukui University of Technology

握っているといえる。

打撃の正確性は、投手が投じたボールの軌道上のインパクト予測位置にボールが到達する時刻を予想する時間的正確性と、インパクト予測位置にバットの芯を移動させる空間的正確性によって決定される(小平・矢内, 2014)。時間的正確性について、勝又・川合(1996)は、投球速度の異なる打撃試技において、打者は速い速度の投球に合わせてスイングのための準備を行い、遅い速度の場合はステップした足を踏みしめることで、スイング動作開始時期を調節していることを明らかにしている。また、高木ほか(2010)は、打撃の正確性を低下させないためには、投手方向軸における身体重心移動や重心移動時間を短くして身体の並進運動を制限する必要があると述べている。空間的正確性については、異なる高さについて、田子ほか(2006a)は、上肢および股関節によって高低に対応していること、および上肢に先立って左右股関節の角度変化で調節していると報告している。また、阿江ほか(2010)は、体幹部では、前後屈軸および左右側屈軸における関節トルクや関節トルク仕事を変化させることにより、打点高の違いに対応していると述べている。一方で、異なるコースについて、田子ほか(2006b)は、左上肢を調節することによって内外角コースに対応していると報告しており、前田(2007)は、インパクト時の水平面上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が、両腕を除いて、身体の動かし方は投球コースに影響されなかったとしている。

このように打撃の正確性に着目した研究は、バットとボールの衝突時のパラメーターとバットの動きに関する研究や時間的・空間的正確性に着目した研究がなされてきたものの、個人内で安打や凡打などの試技結果別に比較したものや、競技レベルの異なる打者間で比較したものはほとんどみられない。城所ほか(2012)は、打球の運動エネルギーの打者内変動を説明する主たる要因はインパクトの正確性であるものの、各要因の貢献は打者によって大きく異なる上、ヘッド速度の変動も説明要因となると示唆している。また、実践的側面を鑑みても、篠塚(2009)は、得意なミートポイントを待つのではなく、自分の型を崩されても安打にするのが対応力であると述べていることから、打者間および打者内でのばらつきに着目し、変動するパラメーターを明らかにできれば、現場に則した知見が得られると考える。

そこで本研究は、様々な投球コースに対するインパクトパラメーターに着目し、大学野球のレギュラー打者と非レギュラー打者の特徴を明らかにすることで、野球の打撃に関する研究およびコーチングへの示唆を得ることを目的とする。

## II. 研究方法

### 1. 打者

打者は、S大学野球リーグに所属するT大学硬式野球部の打者4名とした。そのうち2名(打者A, B)は同リーグにおいては打率十傑に入った経験のある打者(以下、レギュラー打者とする)であり、他2名(打者C, D)は同リーグでの出場経験がない打者とした(以下、非レギュラー打者とする)。全4名が左打者であった。表1は、全打者の身体的特徴について示したものである。また、本研究は事例研究であり、対象となる打者の実験前後のパフォーマンスを把握しておくことは結果を考察するにあたり重要になるため、各打者の公式戦における実験前後および通算の打撃成績を表2に示した。

実験を実施するにあたり、事前にT大学の「人を対象とする研究に関する倫理委員会」による承認を得た。また、打者には本研究の目的や実験手順などを事前に説明し、実験参加への書面による同意を得た。

### 2. 実験試技

本研究における実験は、2015年10月(秋季リーグ戦期間中)に実施した。実験設定を図1に示した。打者には十分なウォーミングアップを行わせた後、野球場にて打撃ゲージを設置し、マシン打撃を行わせた。マウンドの投手板から約1.5m前方および地面から1.5mの高さから硬式野球ボールが投射されるようにドラム式マシンを設置した。球種は全て直球とし、全

表1 各打者の身体的特徴

|      |   | 身長<br>(cm) | 体重<br>(kg) | 競技歴<br>(年) |
|------|---|------------|------------|------------|
| L    | A | 177        | 77         | 13         |
|      | B | 176        | 78         | 13         |
| NL   | C | 172        | 71         | 10         |
|      | D | 173        | 75         | 9          |
| MEAN |   | 174.5      | 75.3       | 11.3       |
| SD   |   | 2.4        | 3.1        | 2.1        |

※Lはレギュラー打者、NLは非レギュラーの略記

表2 各打者の公式戦における成績

|   | 2015 春 |    |      | 2015 秋 |    |      | 通算  |    |      |
|---|--------|----|------|--------|----|------|-----|----|------|
|   | 打数     | 安打 | 打率   | 打数     | 安打 | 打率   | 打数  | 安打 | 打率   |
| A | 48     | 20 | .417 | 50     | 20 | .400 | 230 | 73 | .317 |
| B | 47     | 12 | .255 | 42     | 10 | .238 | 238 | 64 | .269 |
| C | 0      | 0  | 0    | 0      | 0  | 0    | 2   | 0  | .000 |
| D | 0      | 0  | 0    | 0      | 0  | 0    | 0   | 0  | .000 |

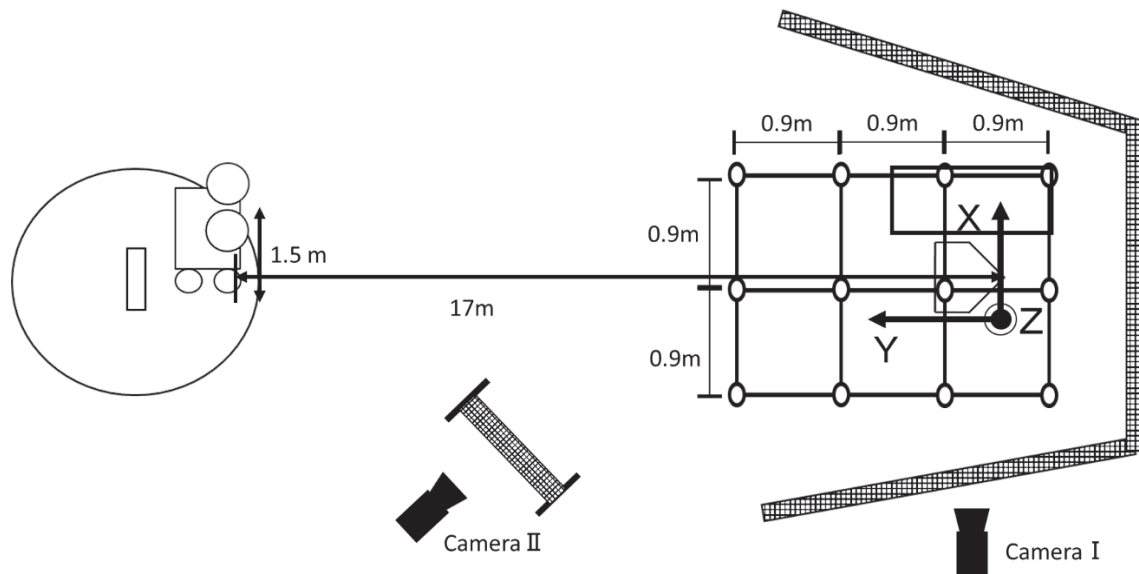


図1 実験設定

投射におけるインパクト直前の球速の平均値は $106.9 \pm 3.2$ km/hであった。投射コースに関しては、なるべくホームベースの真ん中を通るように設定したものの、内角および外角に投射されることも多かったため、実験中に投射コースを変更することはなかった。マシン打撃について、打者に打球方向に関する指示は与えず、試合と同様の意識のもと打つように指示した。試技数は空振りと見逃しはカウントせず、2名の打者が20球ごとに交代して打撃試技を行い、それを5回繰り返す。それぞれ打撃試技が100球に到達するまで行った。実際の試技では空振りの試技は全ての打者になかったため、全ての打者が各セット20回のスイングを行った。なお、マシン打撃は全打者が普段の練習で行っており、測定に先立ち打者には数回の打撃練習を行わせた。バッターボックス内の立ち位置については、軸足となる左足のつま先の位置が全打者で同じ位置(x座標:0.61m, y座標:-0.13m)になるように設定し、試技中に立ち位置を変えないように指示した。バットについては各打者が普段から使用しているもの

(重さ:  $900 \pm 20$ g, 長さ: 0.84m) を使用させた。なお、グリップの握る位置に関しては、全員がボトムハンド(左打者の右手)の小指がグリップエンドに当たる位置(ロンググリップ)で握っていた。

### 3. データ収集

打撃動作およびボールの撮影は、2台の高速度VTRカメラ(CASIO社製, EX-FI, 撮影速度: 毎秒300コマ, シャッタースピード: 1/1000秒)で行った。インパクト位置が撮影できるように、各カメラを図1のように設置した。また、分析点の三次元座標値を算出するため、整地した撮影範囲の地面上にベニヤ板(x軸方向に1.8m, y軸方向に2.4m, z軸方向に0.009m)を敷き、試技の撮影前にキャリブレーションボール(高さ2.3mで4個の較正点を取り付けたボール)をベニヤ板上の12箇所垂直に立て、順に撮影した。試技結果については、同部に所属する野手2名と同部を指導するコーチ1名の計3名で安打および凡打の判断を行い記録した。

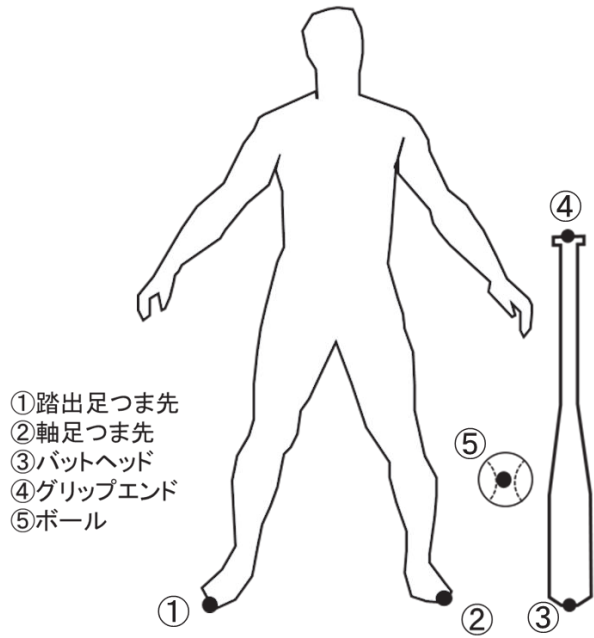


図2 デジタイズポイント

4. 分析

ホームベースの後端を原点とし、水平面上の投手方向に向かうベクトルをy軸、鉛直上向きに向かうベクトルをz軸、y軸とz軸を外積させたベクトルをx軸として静止座標系を定義した(図1)。本研究では、分析試技のVTR画像から、ボールの中心、バットヘッドの中心点、バットのグリップエンドの中心点、両足のつま先の計5点を、VTR動作解析システム(DKH社製, Frame-DIAS IV)を用いて、毎秒300コマで手動デジタイズを行った(図2)。カメラの同期は、バットとボールが接触し、離れた直後と視認できるコマを両カメラで同期し、その時点をインパクトと定義した。計測範囲は、インパクトの前後10コマ(0.06秒)とした。これらの計測点の三次元座標値はDLT法(direct linear transformation method)を用いて算出した(Abdel-Aziz and Karara, 1971; 池上, 1981)。得られた座標値はWells and Winter (1980)の方法により最適遮断周波数(5-30Hz)を決定し、Butterworth digital filterを用いて平滑化した。なお、校正点の実測三次元座標値と計測値との平均誤差はx軸方向、y軸方向、z軸方向すべて0.01m以下であった。

5. 分析項目

インパクトパラメーターとして、インパクト位置(インパクト時のボールの中心点の座標値)およびヘッド速度、打球速度、打球角、インパクト角を算出した。また、打球方向を客観的に評価するために方位

角を算出した。インパクト位置については、インパクト時におけるボールの中心点の座標をインパクト位置としてホームベースの後端を起点に算出した。また、投射コースの判別は、ホームベースを3分割し、インパクト時のボールのx座標の値を用いて各試技のコースを内角、真ん中、外角の3つに分別した。打球方向については、インパクト直後2フレームにおけるボールの中心点の変位におけるベクトルの向きを方位角とし、さらに野球のフェアグラウンドが90度であることから、方位角を30度ごとに区切り、ライト方向、センター方向、レフト方向の3方向を定義した(図3)。ヘッド速度は、インパクト直前3フレームにおけるバットヘッドの中心点の変位を費やした時間で除すことによって算出し、打球速度は、インパクト直後3フレームにおけるボールの中心点の変位から算出した。打球角は打球速度ベクトルと水平面の成す角度とし、方位角は打球速度ベクトルとy軸の成す角度とした(図4)。インパクト角は、川村ほか(2000)の方法に基づき、インパクト直前のバットの速度ベクトルとインパクト直後のボールの速度ベクトルのなす角度とした(図4)。

マシン打撃における試技結果については、野球競技歴が10年以上の3名で安打および凡打の評価を行い、3名の意見が一致した場合に、次の試技へと移行した。なお、安打試技については、単打および長打性の安打試技について区別して評価した。さらに、単打試技の中でもバットの芯でとらえた安打(以下、クリーンヒットとする)と、明らかにバットの芯を外れながらも安打となった試技(以下、テキサスヒットとする)

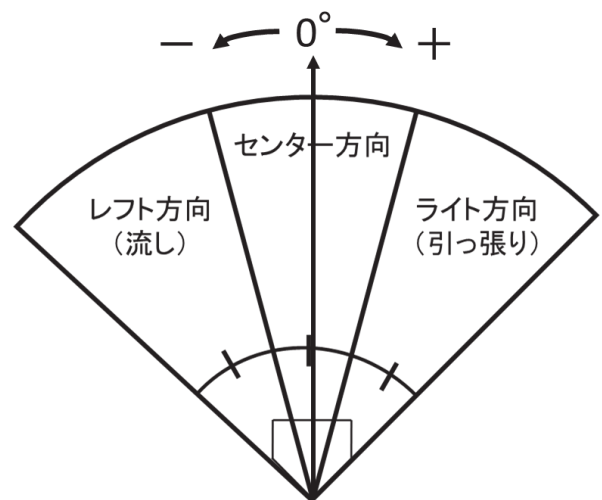


図3 打球方向の定義

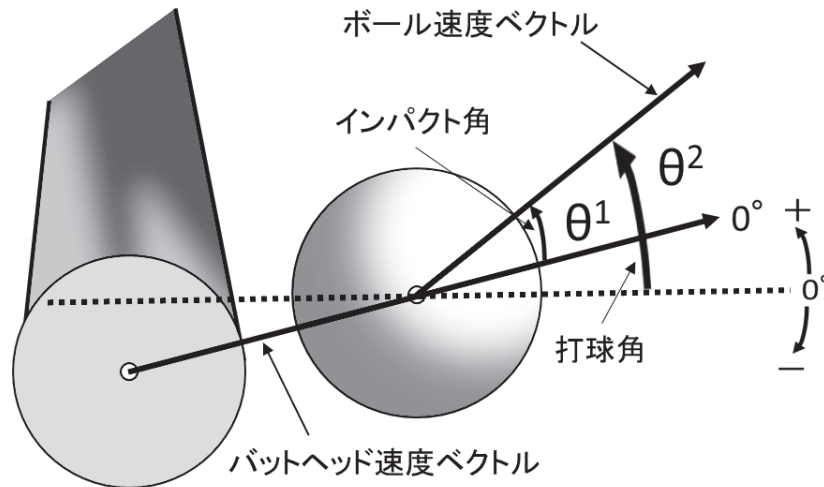


図4 打球角およびインパクト角の定義

について区別して評価した。なお、ファール試技については分析対象から除外した。

### 6. 統計処理

本研究では、各打者内における試技結果別および投射コース別のインパクトパラメーターの差、各打者内におけるセット数の増加に伴うヘッド速度の変化について統計処理を行った。統計処理は、各インパクトパラメーターの差およびセット間のヘッド速度の変化を検定するため、反復測定の一元配置分散分析を用い、有意性水準を1%および5%未満として主効果について有意性を検定した。主効果が有意であったものについては、Tukeyの方法によって多重比較検定を行った。インパクト時のボールのx座標値とy座標値および投射コースと打球方向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1%および5%未満とした。

## III. 結果

各試技における投射コースおよびインパクト位置のばらつきを判定するために、全ての試技におけるインパクト時のボールのx座標値(コース)およびy座標値(前後)、z座標値(高さ)の一元配置分散分析を行った。その結果、F値がx座標値とy座標値では有意であったが、z座標値については有意ではなかったため(表3)、本研究ではインパクト位置について投射コースの違いによって高さの影響はなかったものとみなし、x座標値(コース)とy座標値(前後)の關係に着目して議論を進める。

表3 全試技におけるインパクト位置のばらつき

| 分散分析 |         |      |           |
|------|---------|------|-----------|
| 座標   | F 値     | 有意確立 | different |
| x    | 621.723 | .000 | **        |
| y    | 39.421  | .000 | **        |
| z    | 2.611   | .075 | n.s.      |

\*\* :  $p < 0.01$

### 1. 試技結果について

各セットにおける安打数の推移を図5に、各セットにおけるヘッド速度の変化を表4に示した。すべての打者の各セットにおける安打数の増減について目立った推移はみられなかった。また、各打者の各セットにおけるヘッド速度の変化について一元配置分析を行った結果、すべての打者に主効果が有意でなかった。以上のことから、実験試技の結果について疲労による影響はなかったといえる。表5は、各打者の試技結果について示したものである。各打者の安打数と凡打数についてクロス集計表を用いて $\chi^2$ 検定を行った結果、漸近有意確率は.306であったことから、打者間において安打数に有意な差はみられなかった。

### 2. インパクトパラメーターの比較

表6は、試技結果別にみたインパクトパラメーターについて、安打試技(以下、安打)と凡打試技(以下、凡打)別に表したものである。

試技結果別に各打者のインパクトパラメーターを比較すると、全体として打球速度は凡打よりも安打で有意に大きく、打球角およびインパクト角については全ての打者が凡打よりも安打で有意に小さかった。一方

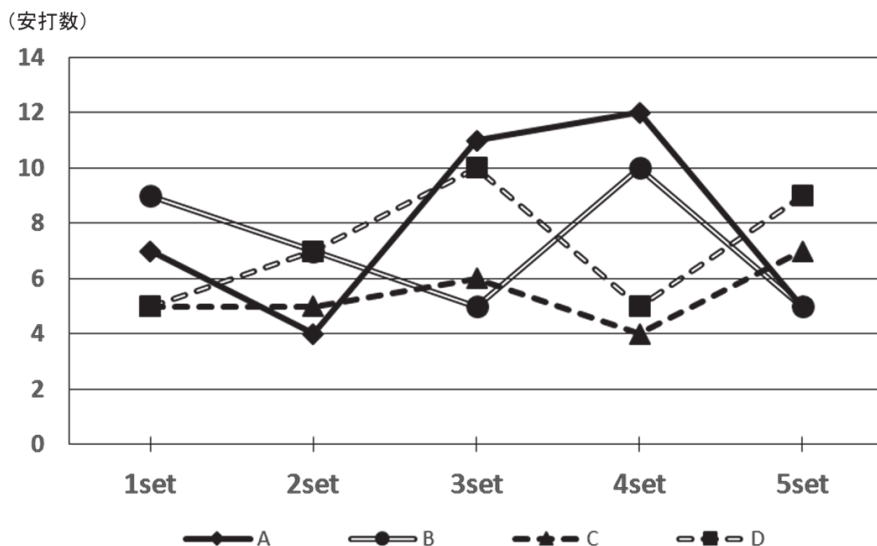


図5 各セット (20試技) における安打数の推移

表4 各セットにおけるヘッド速度の変化

|           | A<br>ヘッド速度 (km/h)<br>MEAN ± SD | B<br>ヘッド速度 (km/h)<br>MEAN ± SD | C<br>ヘッド速度 (km/h)<br>MEAN ± SD | D<br>ヘッド速度 (km/h)<br>MEAN ± SD |
|-----------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1         | 127.3 ± 9.0                    | 121.5 ± 10.2                   | 124.1 ± 12.4                   | 117.6 ± 11.2                   |
| 2         | 124.9 ± 9.1                    | 122.4 ± 9.1                    | 124.5 ± 11.8                   | 116.8 ± 10.5                   |
| 3         | 125.2 ± 8.2                    | 119.8 ± 9.8                    | 119.8 ± 8.6                    | 117.3 ± 8.1                    |
| 4         | 129.4 ± 8.4                    | 116.7 ± 11.9                   | 122.2 ± 8.7                    | 110.4 ± 6.2                    |
| 5         | 123.0 ± 11.1                   | 116.3 ± 9.3                    | 117.3 ± 8.3                    | 113.3 ± 9.7                    |
| F値        | 1.458                          | 1.479                          | 1.798                          | 1.963                          |
| 有意確立      | .221                           | .215                           | .136                           | .107                           |
| different | <i>n.s.</i>                    | <i>n.s.</i>                    | <i>n.s.</i>                    | <i>n.s.</i>                    |

表5 各打者の試技結果

|                 | 選手A  |      |      | 選手B  |      |      | 選手C  |      |      | 選手D  |      |      |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                 | ライト  | センター | レフト  | ライト  | センター | レフト  | ライト  | センター | レフト  | ライト  | センター | レフト  |
| 打球方向            | 44   | 38   | 15   | 22   | 37   | 20   | 31   | 40   | 15   | 16   | 44   | 14   |
| 合計<br>コース       | 合計   |      |      | 合計   |      |      | 合計   |      |      | 合計   |      |      |
|                 | 内    | 中    | 外    | 内    | 中    | 外    | 内    | 中    | 外    | 内    | 中    | 外    |
| 試技数<br>(ファール除外) | 29   | 40   | 28   | 20   | 33   | 26   | 17   | 36   | 33   | 13   | 32   | 29   |
| ファール数           | 3    |      |      | 19   |      |      | 14   |      |      | 21   |      |      |
|                 | 2    | 0    | 1    | 4    | 7    | 8    | 1    | 5    | 8    | 1    | 4    | 16   |
| 安打数             | 39   |      |      | 36   |      |      | 28   |      |      | 33   |      |      |
|                 | 11   | 19   | 9    | 12   | 15   | 9    | 7    | 10   | 11   | 5    | 16   | 12   |
| 長打数             | 8    |      |      | 11   |      |      | 8    |      |      | 2    |      |      |
|                 | 4    | 2    | 2    | 7    | 2    | 2    | 6    | 2    | 0    | 1    | 1    | 0    |
| テキサス<br>ヒット数    | 5    |      |      | 6    |      |      | 1    |      |      | 2    |      |      |
|                 | 2    | 1    | 2    | 4    | 2    | 0    | 0    | 1    | 0    | 0    | 0    | 2    |
| 凡打数             | 58   |      |      | 43   |      |      | 58   |      |      | 41   |      |      |
|                 | 18   | 21   | 19   | 8    | 18   | 17   | 10   | 26   | 22   | 8    | 16   | 17   |
| 打率              | .402 |      |      | .456 |      |      | .326 |      |      | .446 |      |      |
|                 | .379 | .475 | .321 | .600 | .455 | .346 | .412 | .278 | .333 | .385 | .500 | .414 |

表6 試技結果別インパクトパラメーター

|    |    | ヘッド速度 (km/h) |        | 打球速度 (km/h) |        | 打球角 (deg) |        | インパクト角 (deg) |        |
|----|----|--------------|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------------|--------|
|    |    | MEAN         | SD     | MEAN        | SD     | MEAN      | SD     | MEAN         | SD     |
| 全員 | 安打 | 121.3        | ± 9.9  | 141.3       | ± 11.9 | 11.0      | ± 10.6 | 16.0         | ± 6.5  |
|    | 凡打 | 121.7        | ± 10.9 | 133.9       | ± 14.8 | 19.1      | ± 21.2 | 26.2         | ± 17.9 |
| A  | 安打 | 125.9        | ± 8.0  | 146.7       | ± 13.8 | 12.0      | ± 8.9  | 15.9         | ± 6.2  |
|    | 凡打 | 126.2        | ± 10.2 | 141.6       | ± 11.7 | 18.4      | ± 17.2 | 22.7         | ± 10.6 |
| B  | 安打 | 119.5        | ± 10.6 | 141.8       | ± 11.9 | 11.4      | ± 13.2 | 17.1         | ± 7.4  |
|    | 凡打 | 120.2        | ± 10.4 | 137.0       | ± 12.6 | 21.5      | ± 20.5 | 23.8         | ± 18.6 |
| C  | 安打 | 119.7        | ± 12.3 | 138.0       | ± 9.5  | 10.9      | ± 10.6 | 15.5         | ± 5.4  |
|    | 凡打 | 124.0        | ± 8.1  | 129.4       | ± 14.9 | 19.1      | ± 22.1 | 30.1         | ± 21.7 |
| D  | 安打 | 119.2        | ± 7.4  | 137.4       | ± 8.9  | 9.7       | ± 9.7  | 15.4         | ± 6.7  |
|    | 凡打 | 113.0        | ± 11.2 | 126.7       | ± 15.4 | 17.1      | ± 25.7 | 28.4         | ± 18.6 |

\*\* :  $p < 0.01$  \* :  $p < 0.05$

表7 投射コース別インパクトパラメーター

|    |   | ヘッド速度 (km/h) |        | 打球速度 (km/h) |        | 打球角 (deg) |        | インパクト角 (deg) |        |       |        |      |        |      |        |
|----|---|--------------|--------|-------------|--------|-----------|--------|--------------|--------|-------|--------|------|--------|------|--------|
|    |   | MEAN         | SD     | MEAN        | SD     | MEAN      | SD     | MEAN         | SD     |       |        |      |        |      |        |
| 全員 | 内 | 123.5        | ± 9.6  | 135.9       | ± 18.5 | 22.8      | ± 18.9 | 25.6         | ± 16.3 |       |        |      |        |      |        |
|    | 中 | 123.8        | ± 9.4  |             |        |           |        |              |        | 137.9 | ± 12.6 | 15.6 | ± 16.8 | 20.4 | ± 12.3 |
|    | 外 | 117.4        | ± 11.0 |             |        |           |        |              |        |       |        |      |        |      |        |
| A  | 内 | 127.4        | ± 8.0  | 142.4       | ± 16.7 | 19.7      | ± 19.7 | 22.3         | ± 8.0  |       |        |      |        |      |        |
|    | 中 | 127.6        | ± 8.8  |             |        |           |        |              |        | 146.4 | ± 9.4  | 12.4 | ± 12.4 | 16.7 | ± 7.8  |
|    | 外 | 122.3        | ± 10.6 |             |        |           |        |              |        |       |        |      |        |      |        |
| B  | 内 | 122.8        | ± 8.9  | 139.5       | ± 16.8 | 20.6      | ± 16.7 | 22.3         | ± 19.6 |       |        |      |        |      |        |
|    | 中 | 121.7        | ± 11.1 |             |        |           |        |              |        | 140.0 | ± 12.5 | 19.0 | ± 18.5 | 20.2 | ± 14.6 |
|    | 外 | 115.2        | ± 9.4  |             |        |           |        |              |        |       |        |      |        |      |        |
| C  | 内 | 121.2        | ± 9.7  | 128.7       | ± 14.4 | 26.8      | ± 20.3 | 26.2         | ± 16.5 |       |        |      |        |      |        |
|    | 中 | 125.7        | ± 7.3  |             |        |           |        |              |        | 131.8 | ± 12.1 | 15.8 | ± 19.1 | 25.5 | ± 12.4 |
|    | 外 | 120.0        | ± 11.4 |             |        |           |        |              |        |       |        |      |        |      |        |
| D  | 内 | 118.8        | ± 11.7 | 125.1       | ± 23.6 | 27.9      | ± 27.6 | 37.3         | ± 20.5 |       |        |      |        |      |        |
|    | 中 | 118.3        | ± 8.5  |             |        |           |        |              |        | 132.2 | ± 10.7 | 15.5 | ± 16.7 | 19.6 | ± 12.8 |
|    | 外 | 111.6        | ± 9.9  |             |        |           |        |              |        |       |        |      |        |      |        |

\*\* :  $p < 0.01$  \* :  $p < 0.05$

で、打者A, Bについては、ヘッド速度と打球速度において、安打と凡打で有意な差はみられなかった。打球角については、凡打のほうが安打よりも有意に小さかった ( $p < 0.01$ )。打者Cについては、ヘッド速度は安打が凡打よりも有意に小さく ( $p < 0.01$ )、打球速度は安打が凡打よりも有意に大きかった。打者Dについては、ヘッド速度および打球速度が安打は凡打よりも有意に大きく ( $p < 0.05$ )、打球角は凡打のほうが安打よりも有意に小さかった ( $p < 0.05$ )。

表7は、投射コース別に各打者のインパクトパラメーターを比較したものである。全体としてヘッド速

度は、外角では内角および真ん中よりも有意に速度が小さかった ( $p < 0.05$ )。打球角については、内角が真ん中および外角よりも有意に大きく ( $p < 0.05$ )、インパクト角では内角が真ん中よりも有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。打者Aについてみると、投射コースの違いによってほとんどのインパクトパラメーターに有意な差はみられなかったが、インパクト角において真ん中が内角および外角よりも有意に小さかった ( $p < 0.05$ )。打者Bについてみると、ヘッド速度が内角および真ん中よりも外角では有意に小さかった ( $p < 0.05$ )。打者Cは、ヘッド速度が真ん中よりも外角で

は有意に小さく ( $p<0.05$ ), 打球角については内角では外角よりも有意に大きかった ( $p<0.05$ ). 打者Dでは, ヘッド速度が真ん中は外角よりも有意に大きかった ( $p<0.05$ ). 打球角では内角が外角よりも有意に大きく ( $p<0.01$ ), インパクト角については内角が真ん中および外角よりも有意に大きかった ( $p<0.01$ ).

さらに, 安打の中でも単打と長打の違いによるインパクトパラメーターの特徴を明らかにするために, 各打者の単打と長打でのインパクトパラメーターの比較を表8に示した. その結果, 全体では, 打球速度と打球角, インパクト角が長打は単打よりも有意に大きかった. 打者内で比較すると, 打者A, C, Dにおいて

は打球角が単打よりも長打で有意に大きかったものの, その他のインパクトパラメーターに有意な差はみられなかった. 一方で, 打者Bはインパクト角では長打と単打との間に有意な差はなかったものの, ヘッド速度および打球速度, 打球角において長打は単打よりも有意に大きかった ( $p<0.05$ ).

投射コースと打球方向との関係を明らかにするため, インパクト時のボールのx座標 (投射コース) と方位角 (打球方向) の相関関係について表9に示した. その結果, 全ての打者が安打で高い負の相関関係がみられた ( $p<0.01$ ). すなわち, 投射コースが内角になるにつれてライト方向 (引っ張り方向) へ, 外角にな

表8 長打と単打でのインパクトパラメーター

|    |    | ヘッド速度 (km/h)   | 打球速度 (km/h)     | 打球角 (deg)     | インパクト角 (deg) |
|----|----|----------------|-----------------|---------------|--------------|
| 全員 | 長打 | 123.1 ± 8.8    | 146.9 ± 8.7     | 19.0 ± 5.5    | 17.8 ± 5.0   |
|    | 単打 | 120.4 ± 10.4   | 138.8 ± 12.3 ** | 7.3 ± 10.4 ** | 15.2 ± 6.9 * |
| A  | 長打 | 123.6 ± 7.4    | 149.8 ± 9.2     | 18.7 ± 4.6    | 17.5 ± 5.8   |
|    | 単打 | 127.1 ± 8.2    | 144.9 ± 15.7    | 8.3 ± 8.6 **  | 15.0 ± 6.3   |
| B  | 長打 | 123.9 ± 9.7    | 148.7 ± 8.7     | 18.6 ± 6.3    | 18.2 ± 5.3   |
|    | 単打 | 115.5 ± 10.0 * | 135.6 ± 11.1 ** | 4.9 ± 14.4 ** | 16.1 ± 8.9   |
| C  | 長打 | 122.5 ± 9.7    | 141.5 ± 5.0     | 19.7 ± 6.4    | 18.1 ± 3.9   |
|    | 単打 | 118.3 ± 13.3   | 136.3 ± 10.7 ** | 6.7 ± 9.7 **  | 14.3 ± 5.7   |
| D  | 長打 | 117.6 ± 8.7    | 139.2 ± 6.5     | 21.2 ± 2.9    | 16.0 ± 3.7   |
|    | 単打 | 119.3 ± 7.4    | 137.2 ± 9.1     | 8.5 ± 9.4 *   | 15.3 ± 6.9   |

\*\* :  $p<0.01$  \* :  $p<0.05$ 

表9 試技結果別のインパクト位置およびコースと打球方向の相関関係

|      |    | インパクト位置<br>相関係数 (xy : 前後) | コース×打球方向<br>相関係数 |
|------|----|---------------------------|------------------|
| 安打   | 全員 | .492**                    | .640**           |
|      | A  | .559**                    | .783**           |
|      | B  | .495**                    | .485**           |
|      | C  | .573**                    | .651**           |
|      | D  | .538**                    | .690**           |
| 凡打   | 全員 | .374**                    | .359**           |
|      | A  | .572**                    | .763**           |
|      | B  | .512**                    | .064             |
|      | C  | .473**                    | .437**           |
|      | D  | .262                      | .207             |
| クリーン | 全員 | .543**                    | .644**           |
|      | A  | .607**                    | .773**           |
|      | B  | .689**                    | .554**           |
|      | C  | .497**                    | .657**           |
|      | D  | .469**                    | .634**           |

\*\* :  $p<0.01$  \* :  $p<0.05$



るにつれてレフト方向（流し方向）へ打球が飛んでいた。一方、凡打については打者Bと打者Dについては有意な相関関係がみられなかった。

### 3. インパクト位置について

各打者の投射コースの違いに対する前後のインパクト位置を表すx座標とy座標（xy平面）との関係について、試技結果別に表したものを表9に示した。また、各打者の試技結果別のインパクト位置について図6に示した。

xy平面は現場でいう真上からの目線であり、左右・前後のインパクト位置をあらわしている。打者全員のインパクト位置について、x座標の値（コース）とy座標の値（前後）の相関関係をみると、両者間において安打、凡打のすべてにおいて高い正の相関関係がみられた（ $p < 0.01$ ）。すなわち、投射コースが内角寄りになるほど投手寄りでインパクトし、投射コースが外角寄りになるほど捕手寄りでインパクトしていた。各打者のインパクト位置におけるx座標の値とy

座標の値の相関関係をみると、安打において高い正の相関関係がみられた（ $p < 0.01$ ）。また、安打試技の中でも3名の指導者の評価において、テキサスヒットに関しては、同じ安打でも分別すべきという意見があったため、テキサスヒットを除いたクリーンヒットに限定し、各打者のインパクト位置におけるx座標の値とy座標の値の相関関係をみた（表9）。その結果、全ての打者において高い正の相関関係がみられ（ $p < 0.01$ ）、打者A、Bにおいては、安打よりもクリーンヒットにおいて相関係数が大きくなった。

打者間でxy平面におけるインパクト位置の相関係数を比較すると、安打においては全ての打者に大きな差はみられなかったものの、凡打において打者A、Bは打者C、Dよりも高い相関係数を示した。また、打者A、Bは凡打よりも安打において低い相関係数を示したものの、打者C、Dは凡打よりも安打において高い相関係数を示した。一方で、クリーンヒットに限定すると打者A、Bの相関係数は安打よりも高くなった（表9）。

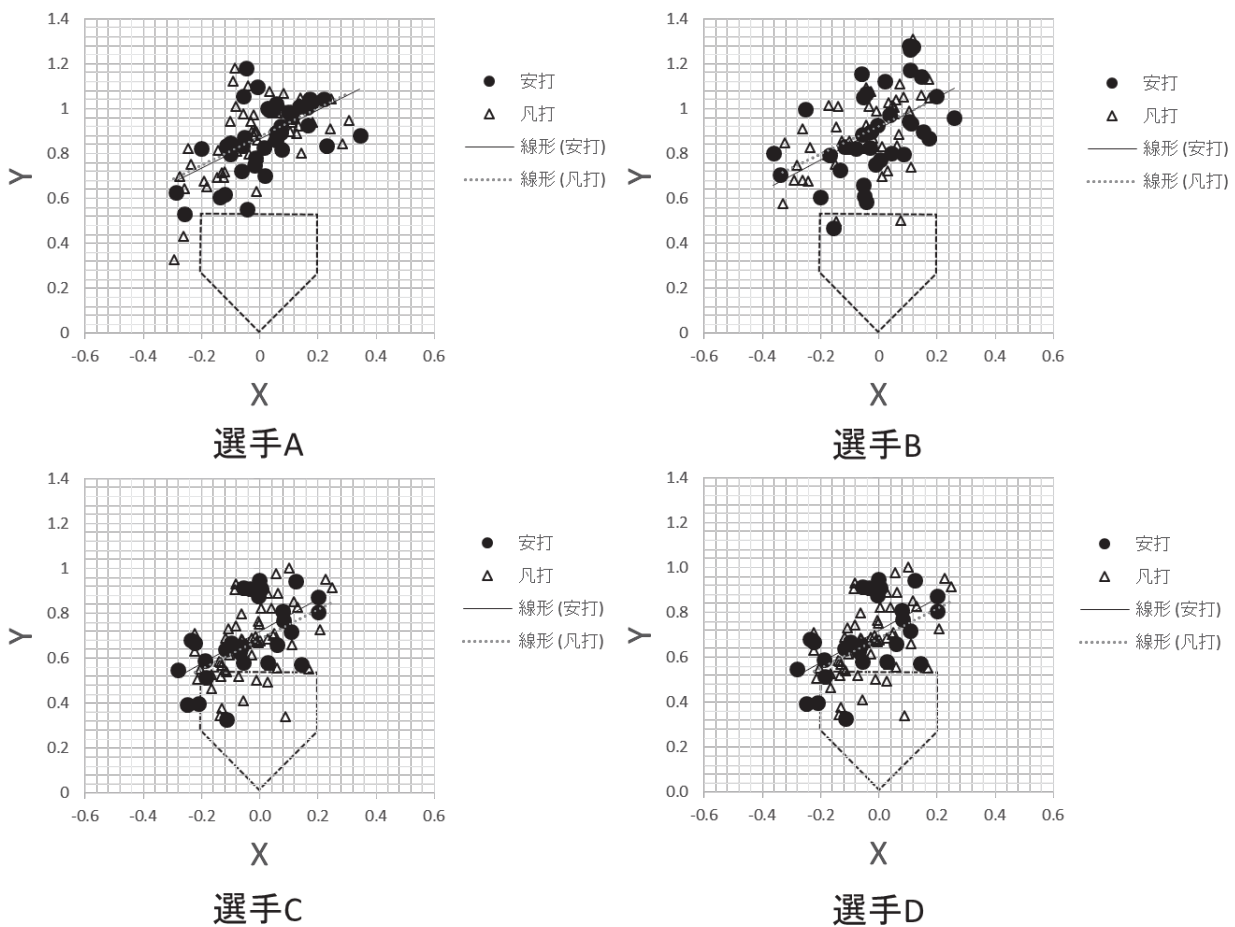


図6 各打者の試技結果別インパクト位置 (xy平面)

## IV. 考 察

### 1. 試技結果からみた特徴

プロ野球では、打者の打率（安打数／打数）が3割を超えれば一流打者と言われている（小宮山ほか，2015）．本研究の被験者はフェール試技を除外した場合，各打者の打率は，打者Aが4割0分2厘，打者Bが4割5分6厘，打者Cが3割2分6厘，打者Dが4割4分6厘であり，打者間の安打数に有意な差はみられなかった（表5）．表2に示したように，非レギュラー打者Dが公式戦で年間を通して4割以上を超える打率を残しているレギュラー打者Aよりもマシン打撃での打率が高いことを踏まえると，直球のみを設定したマシン打撃における打率が高いことがレギュラー打者としての要因とは限らないといえる．

### 2. インパクトパラメーターからみた特徴

#### 2.1. レギュラー打者と非レギュラー打者の特徴

試技結果別にインパクトパラメーターを比較すると，打者全体の特徴として，安打は凡打よりも打球速度が大きかった（表6）．川村ほか（2000）は，速い打球を打つことは安打を打つために重要な一つの要素であると報告しているが，本研究においてもそれと同様の結果となった．さらに，打球角についてみると，打球角では安打は凡打よりも低く，水平に近い角度であり，Robert（1996）の「角度の小さい打球の飛距離は幾分増加する」という報告と一致していた．以上のことから，水平に近い飛び出し角度による低い打球を打つことが打球速度を高め，その結果，安打を打つ確率を向上させているといえよう．

投射コース別のインパクトパラメーターを比較すると，全体としては外角のコースに対するヘッド速度は，内角および真ん中のボールよりも小さかったものの，打球速度においてはコースの違いによって有意な差がみられなかった（表7）．一方で，打球角についてみると，真ん中および外角は内角よりも有意に低く，インパクト角においても真ん中および外角は内角よりも低い値を示していた（表7）．高木ほか（2010）は，「時間的かつ空間的に正確に打撃することが打球速度を大きくする要因である」と指摘しており，前田（2007）は，「打者は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」と報告している．先行研究の結果を踏まえると，本研究における大学野球打者は，外角のコースに対してバットの操作性を高めることでヘッド速度

が低下するものの，インパクト角を抑えて正確性を高め，試技結果に最も影響を及ぼす打球速度を維持しようとしているのではないかと考えられる．

さらに，インパクト位置のx座標（コース）と方位角（打球方向）との相関係数を算出すると，正の相関関係がみられた（表9）．すなわち内角のコースはライト方向へ，外角のコースはレフト方向へ打球が飛ぶ傾向が強く，安打において全ての打者にこの傾向がみられた．一方で，凡打についてみると，すべての打者の相関係数が安打よりも凡打において低くなったことを踏まえると，大島（2008）がいうように，投球コースに逆らわない打撃をすることが重要だという指導現場の意見を支持する結果が得られた．

#### 2.2. レギュラー打者と非レギュラー打者の比較

本項では，大学野球におけるレギュラー打者A，Bと公式戦出場経験のない非レギュラー打者C，Dの特徴について検討していく．

各打者の試技結果別インパクトパラメーターの差についてみると（表6），打者A，Bは安打と凡打でヘッド速度および打球速度に差はみられなかったものの，打者C，Dは安打と凡打でヘッド速度および打球速度に有意な差がみられた．以上のことから，試技結果に関わらず安定したヘッド速度および打球速度を獲得できることが，レギュラー打者の特徴であるといえよう．

次に，各打者のコース別インパクトパラメーターの差についてみると（表7），打者Aは全てのコースでインパクトパラメーターに差はみられなかったものの，打者B，C，Dはヘッド速度が真ん中よりも外角において有意に小さかった．このことは，外角のコースに対してヘッド速度を低下させずに打撃を実施できることが，重要な技術であることが示唆される．また，打球角についてみると，打者A，Bはコース別で差はみられなかったものの，打者C，Dは内角が外角よりも有意に大きかった．また，打者A，Bともに有意な差はなかったものの，内角のコースに対しては打球角が大きくなっていることを踏まえると，内角に対して打球角は大きくなる傾向があるものの，コースの違いに関わらずライナー性の低い打球の確率を上げることが重要な技術となることが示唆される．

### 3. インパクト位置からみた特徴

指導現場においては，異なるコースの投球に対する打撃について，「内角寄りの投球に対して投手に近い

位置、外角寄りの投球に対しては捕手に近い位置が適切なインパクトの位置」(以下、インパクト位置 I) であるといわれており(池田, 2007; 大島, 2008), インパクト位置 I の傾向は前田(2013)の報告にもみられている。本研究においても表 9 に示した通り, インパクト時のボールの x 座標および y 座標の相関関係において, 正の相関関係がみられ, 全ての打者においてインパクト位置 I の傾向がみられたことから, インパクト位置 I は打撃におけるインパクトの基本位置として, 指導現場でも着目すべき点であるといえよう。

インパクト位置 I について打者間の相関係数を比較すると, 安打では全ての打者がインパクト位置 I で打撃している傾向が強かった。一方で, 凡打では打者 A, B は安打よりも相関係数が高くなったものの, 打者 C, D では凡打において相関係数が大幅に低下した。以上のことから, 打者 A, B は試技結果に関わらず安定してインパクト位置 I で打撃できているものの, 打者 C, D はインパクト位置 I からインパクト位置が外れることによって試技結果が左右されていると考えられる。コース(x座標値)と前後(y座標値)において打者が操作できるのは前後についてである。山本(2000)は, 「意識的に早めにタイミングをとり, より前のポイントでボールを捉える必要がある」と述べているように, インパクト位置の前後は指導現場でいう「タイミングを合わせる」という課題と密接な関係があると考えられる。以上のことを踏まえると, レギュラー打者はコースに応じて安定したタイミングでスイングを開始できている, このように安定してタイミングを合わせるための動作について, 今後検討していく必要があるといえる。

また, 打者 A, B がクリーンヒットよりも安打における相関係数が低かった要因として, 表 5 に示したように, 打者 A, B は打者 C, D に比べて, バットの芯でとらえたクリーンヒットではなく, テキサスヒットが多かったことが考えられた。そこで, テキサスヒットを除いたクリーンヒットのみでのインパクト位置 I について相関係数を算出すると, 打者 A, B のほうが打者 C, D よりもインパクト位置 I で打撃する傾向が強くなった(表 9)。以上のことから, 打者 C, D はインパクト位置 I に近いポイントでボールを捉えた場合は安打にできるものの, そうでない場合は凡打が多くなる傾向があることがわかる。一方で, 打者 A, B は試技結果に関わらずインパクト位置 I で打撃を行いつつも, インパクト位置 I とは異なるインパクト位置であっても安打を打つ技術, すなわち対応力を備えてお

り, この対応力を兼ね備えることが重要であると考えられる。

以上のことから, レギュラー打者にみられた基本的な打撃位置にタイミングを合わせることができる技術や, 基本的な打撃位置から外れた状況でも安打にする対応力は, 指導現場において打者を評価するための重要な着眼点と考えられるため, 今後は基本, すなわち研究分野でいう平均値から外れた試技に関する詳細な分析も必要であるといえよう。

## V. 結 論

本研究の目的は, 様々な投射コースに対するインパクト位置およびインパクトパラメーターに着目し, 全ての打者に共通する特徴およびレギュラー打者の特徴を明らかにすることで, 野球の打撃に関する研究およびコーチングへの示唆を得ることとした。

本研究から以下のことが明らかになった。

1. 速い打球を打つことは安打を打つために重要な要素であり, 水平に近い打球を打つことはより安打になりやすいことが示唆された。
2. 各コースに対して一定の速さでスイングでき, なおかつ一定の速さの打球を打てるのが, レギュラー打者の特徴であることが示唆された。
3. 投射コースが内角寄りの投球に対しては投手に近い位置, 外角寄りの投球に対しては捕手に近い位置でインパクトしており, 基本のインパクト位置であることが示唆された。
4. レギュラー打者は, 安定して基本のインパクト位置でインパクトしながらも, 基本のインパクト位置から外れた位置で打撃した場合でも, 安打を打つ技術を兼ね備えていることが示唆された。

以上の結果から, 指導現場では速い打球を打つことが安打につながることを踏まえ, コースに関わらず一定の速いスイングができ, なおかつ, 水平に近い打球角の打撃を目指すことが重要である。また, これらの確率を上げるためには, 様々な投球のコースに対して基本となるインパクト位置で打撃するためのタイミングを合わせる技術を習得させる必要があるといえる。さらに, 大学野球におけるレギュラー打者の特徴として, 様々な投球のコースに対して基本となるインパクト位置で打撃するだけでなく, 基本のインパクト位置から外れたインパクト位置で打撃をした場合でも安打を打てる技術を兼ね備えていることが示唆された。

しかし、本研究の結果を即座に現場に還元するためには、より詳細な身体の動きやバットの軌道などに分析範囲を広げ、レギュラー打者の異なる試技における動作の変化について明らかにする必要がある。また、本研究の結果は、そのような個人内の変化について着目する必要性が高いことを示唆するものであり、今後のコーチングおよび研究の発展と理論構築のための礎となることを期待したい。

## 文 献

- Abdel-Aziz, Y. I., and H.M. Karara (1971) Direct master's thesis: Unibersity of Iowa, Iowa City, IL.
- 阿江数通・小池関也・川村 卓・阿江通良 (2010) 打点高の異なる野球打撃動作における上半身のキネマティクスの分析. 日本機械学会・シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集, 50-55.
- 池田哲雄 (2007) バッティングバイブル: テクニック編. ベースボール・マガジン社: 東京, pp.52-80.
- 池上康男 (1983) 写真撮影による運動の3次元解析法. Jpn. J. sports Sci., 2: 163-170.
- 勝又 宏・川合武司 (1996) 地面反力からみた異なる投球速度に対する野球の打撃動作の特性. 体育学研究, 40, 381-398.
- 川村 卓・功力靖雄・阿江通良 (2000) 熟練野球打者の打撃動作に関するバイオメカニクスの研究: バットの動きに着目して. 大学体育研究, 22, 19-32.
- 川村 卓・島田一志・阿江通良 (2001) 熟練野球打者の打撃動作における両手の動きについて. 大学体育研究, 23, 17-28.
- 城所収二・若原 卓・矢内利政 (2009) フリーバッティングにおけるバット角度と打球飛距離. 日本機械学会・シンポジウム講演論文集, 229-233.
- 城所収二・若原 卓・矢内利政 (2012) 野球のバッティングにおける打球の運動エネルギーを決定するスイングとインパクト. 日本バイオメカニクス学会機関誌16 (4) 220-230.
- 小平信之介・矢内利政 (2014) 野球における振り遅れた打撃のキネマティクスの研究. 日本機械学会・シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集, "B-38-1"-"B-38-9".
- 小宮山悟・勝亦陽一・福永哲夫 (2015) プロ野球球団におけるゲーム分析データの活用事例. スポーツパフォーマンス研究, 7, 346-355.
- 前田正登 (2007) 投球コースの違いがバットスイングに及ぼす影響. 日本機械学会・シンポジウム講演論文集, 103-107.
- 前田正登 (2013) 野球の打撃における投球コースの違いが打撃位置に及ぼす影響. 日本機械学会・シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集, "118-1"-"118-10".
- 那須大毅・松尾知之・森下義隆 (2011) 野球の打撃における水平面上のバット先の向きと打球の関係: 2010年世界大学野球打者権大会を対象として. 日本体育学会予稿集, 148.
- 大島康徳 (2008) 小・中学生のための野球上達法. ベースボール・マガジン社: 東京, pp.10-89.
- Robert K. Adair (1996) ベースボールの物理学. 紀伊國屋書店: 東京, pp.23, 95.
- 篠塚和典 (2009) 6歳からの広角打法: 子供に教えたい野球技術. 毎日コミュニケーションズ: 東京, pp.14-139.
- 田子孝仁・阿江通良・藤井範久・小池関也・高橋佳三・川村 卓 (2006a) 野球における打撃ポイントの高さが打撃動作に及ぼす影響. バイオメカニクス研究, 10 (1): 2-13.
- 田子孝仁・阿江通良・藤井範久・小池関也・川村 卓 (2006b) 野球における内外角の打撃ポイントが打撃動作に及ぼす影響. バイオメカニクス研究, 10 (4): 222-234.
- 高木斗希夫・藤井範久・小池関也・阿江通良 (2010) 異なる投球速度に対する野球の打撃動作に関する下肢および体幹部のキネティクスの研究. バイオメカニクス学会誌, 34 (3): 216-224.
- Wells, R. P. and Winter, D. A. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological sporting gaits. Human Locomotion 1: pp. 92-93.
- 山本清春 (2000) 野球バッティング. 西東社: 東京, pp.47-48.

平成28年5月26日受付

平成29年2月20日受理