

野球における指導者の主観的評価による 打者のスイング特性

蔭山 雅洋^{1,a)} 山本 雄平² 田中 成典³ 柴田 翔平⁴ 鳴尾 丈司^{1,4}

受付日 2020年4月20日, 採録日 2020年11月5日

概要: 近年では, センサ技術や IT 技術の発展により計測装置の小型化が進んだため, バッティング直後に, スイングの特徴を把握できるようになった. しかし, アマチュア野球選手の指導現場では, いまだに, 科学的なデータに基づいた指導方法は確立されていない. その原因として, これまで我が国の野球において, 合理的な指導と非合理的な指導が混在していることに加えて, スイングの計測装置によって算出された数値に対する解釈が現場では難しいことが考えられる. そこで, 本研究では, 経験豊富な指導者の主観的評価によって分類された打者の打撃タイプ別あるいは競技レベル別におけるスイング特性を明らかにし, 測定値によって打者の打撃タイプの判別方法について提案する.

キーワード: スイング計測装置, センシングデータ, スイング特性, 主成分分析, 判別分析

Swing Characteristics of Batter for Subjective Evaluation of Coach in Baseball

MASAHIRO KAGEYAMA^{1,a)} YUHEI YAMAMOTO² SHIGENORI TANAKA³ SHOHEI SHIBATA⁴
TAKESHI NARUO^{1,4}

Received: April 20, 2020, Accepted: November 5, 2020

Abstract: In recent years, we became able to measurement data of the bat swing just after baseball batting, because measurement devices have been downsized by the development of a sensor technology and the IT technology. However, a coaching method based on such scientific data has not yet been established in amateur baseball clubs because of the mixture of rational and practical instruction and the difficulty of the interpretation from calculated numerical values. Therefore, the purpose of this study is to examine the characteristics of a batter's swing using an evaluation from baseball coach with a lot of experience when assessing batting skills. Finally, its practically and effectively is verified through this present finding.

Keywords: swing measurement device, sensing data, swing characteristics, principal component analysis, discriminant analysis

¹ 関西大学先端科学技術推進機構
Organization for Research and Development of Innovative
Science and Technology, Kansai University, Suita, Osaka
564-8680, Japan

² 大阪工業大学情報科学部
Faculty of Information Science and Technology, Osaka Insti-
tute of Technology, Hirakata, Osaka 573-0196, Japan

³ 関西大学総合情報学部
Faculty of Informatics, Kansai University, Takatsuki, Osaka
569-1095, Japan

⁴ ミズノ株式会社グローバル研究開発部
Global Research and Development Department, Mizuno
Corporation, Osaka 559-0034, Japan

a) kagemasa0425@gmail.com

1. はじめに

野球では本塁打が多い選手 (パワーヒッター) や安打が多い選手 (アベレージヒッター), 三振が少ない選手, 打撃よりも守備を優先する選手など, 様々な打撃タイプの打者 [1] が存在する. 野球の打者は, 投手が投じたボールを守備者に阻まれないように打ち返すことが求められる. そのため, 打者は投手からリリースされたボールに対して強く, あるいは巧みに打ち返すことが求められる. 野球ではホームランを放つことはそのまま得点を意味し, 長打 (二

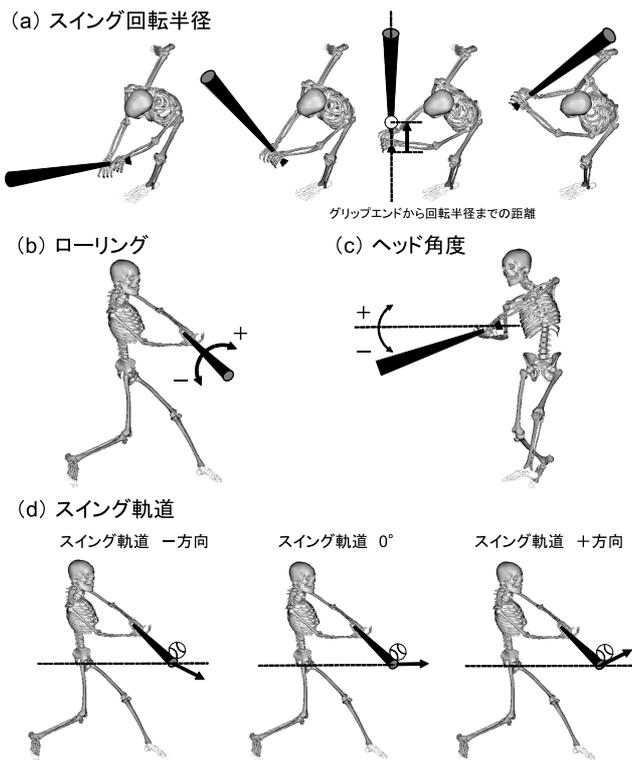


図 1 スイング回転半径 (a), ローリング (b), ヘッド角度 (c) とスイング軌道 (d) のイメージ

Fig. 1 Image of rolling angular velocity (a), bat radius of rotation (b), horizontal bat angle (c) and vertical bat angle (d).

塁打や三塁打)は走者をより進塁させることができる。この打球を遠くに飛ばす能力(長打力)は、得点力に結び付く可能性が高い[2]。したがって、長打力のある選手を多く育成することがチームの勝利につながるといえる。しかし、アマチュア野球では、1チームに長打力のある選手をそろえることは困難な場合が多い。それゆえに、野球では、長打力のある選手を育成することが重要であるものの、チーム内に長打力が少ない場合やチームの戦術によっては様々な打撃タイプの打者を育成する必要がある。

打球の飛距離と運動エネルギー(打球速度)を決定する打球の特性およびそれらを生み出すインパクトを含むスイングの特性を検討した研究[3]によると、フリーバッティングにおいて打球飛距離を大きくするにはヘッドスピードを高め、大きなスイング角度(後述する、本研究におけるスイング軌道の定義と同様、図1(d))でインパクトさせることが重要であり、打球の運動エネルギーを高めるにはヘッドスピードとスイング角度を増大させるとともに大きなローリング角速度(バットの長軸回りの回転数、図1(b))を持たせたバットでインパクトを迎えることが重要であるとされている。さらに、打球の飛距離を最大化するには、約9degの上向きでインパクトすることが重要[4]であることも報告されている。これにより、飛距離を伸ばすには、スイング軌道を9degに近づけることが理想といえる。

ただし、ヘッドスピードが低い打者の場合では、理想的なスイング軌道である9degでボールをインパクトし、飛距離が最大になっても、外野手の頭を超える打球にならない場合が起きる。その場合、打者はスイング軌道を変更することによって、打球形態を変えることが予想される。打撃成績からスイングの特徴を検討した研究[5]によると、飛距離は出ないがヒットが多いアベレージヒッターの選手はスイングのコンパクトさの指標であるスイング回転半径(バットヘッドがキャッチャー方向を向いた際のバットのグリップエンドから回転中心までの距離、図1(a))が大きく、レベルスイング(スイング軌道が0度付近、バットヘッドの速度ベクトルと水平面のなす角度)でボールをインパクトし、ホームランが多いパワーヒッターの選手はスイング回転半径が小さいことに加えてヘッドスピードが高く、アッパースイング(スイング軌道が上向きに10-15度)でボールをインパクトしていることが報告されている。したがって、打者は打撃タイプに応じてスイング特性が異なる可能性が考えられる。

近年では、センサ技術やIT技術の発展により、計測装置の小型化が進み、バッティング直後に、スイングの結果を即時にフィードバックできる計測装置が開発[6]されている。この計測装置では、取得された計測データから打者のバットスイングの特徴を計測することが可能となる。平成25年に文部科学省が報告した運動部活動での指導のガイドライン[7]では、指導者が効果的な指導を行うには、自身の経験に頼るだけでなく、スポーツ医科学の研究の成果を積極的に習得し、活用することが重要であるとされている。しかしながら、アマチュア野球選手の指導現場では、いまだに、科学的なデータに基づいた指導方法は確立されていない。その原因として、これまで我が国の野球において、合理的な指導と非合理的な指導が混在[8]していることに加えて、スイングの計測装置によって算出された数値に対する解釈が現場では難しいことが考えられる。これらのことから、経験豊富な指導者の主観的評価によって分類された打者の打撃タイプを基に、計測装置によるスイングデータを比較することで、打撃タイプにおけるスイング特性が明確になる。また競技レベル別にスイング特性を明らかにすることで、「なぜ、レギュラーになれないのか」と感覚的にとらえられていた課題を具体化できる。さらには、指導者が不足の状況あるいは経験豊富な指導者が不在の場合でも、スイング計測装置を用いることで客観的なデータにより経験豊富な指導者と同等の分類が可能となる。以上のことから、指導者と選手との感覚的な差異を客観的に理解することができれば、スイングの特徴の解釈が容易になり、トレーニングや練習の方法を検討するうえで非常に有益な知見になると考えた。

そこで本研究の目的は、経験豊富な指導者の主観的評価によって分類された打者の打撃タイプ別あるいは競技レベ

ル別におけるスイング特性を明らかにすることに加え、測定値によって打者の打撃タイプをどの程度判別できるか検討することである。

2. 検証方法

2.1 対象者

対象者は、関西学生野球連盟に所属し、明治神宮野球大会で準優勝した経験を持つ硬式野球部に所属する部員113名（年齢：19.4 ± 0.4 yrs, 身長：174.1 ± 6.2 cm, 体重：73.3 ± 8.4 kg）であった。対象者には、事前に本研究の目的や測定内容、測定時の危険性について説明し、実験参加の同意を得た。

2.2 打撃タイプおよび能力に対する指導者の評価

対象となる打者のスイングの特徴を熟知していることは重要である。そこで、対象となる大学生が所属する硬式野球部に専属の指導者として5年以上の指導経験を持つ指導者（以下、「チーム指導者」）2名（監督1名、コーチ1名）が対象者の「打撃タイプ」を分類した。なお、チーム指導者（表1）は競技レベルの高い野球部の指導経験を持ち、明治神宮野球大会で準優勝に導いた実績を持つ者であった。

分類方法は、Baseball LAB 編集部 [1] を参考にした。Baseball LAB 編集部は、過去30年の年度別の打者の打撃成績（単打、二塁打、三塁打、本塁打、三振、四球、死球、犠打、犠飛、盗塁、併殺打、三振以外の凡打）を基に分けており、打者の「打撃タイプ」を以下のような5タイプに分類している。本研究では、チーム指導者に5タイプを詳細に説明し、主観的な評価によって分類してもらった。

A. ミートタイプ（以下、「Aタイプ」）

三振が少なく、三振以外の凡打は多い。ミート力が高いだけでなく、単打狙いや早打ちの打者も多い。

B. パワータイプ（以下、「Bタイプ」）

本塁打が多い一方で、三振も多い。単打や三振以外の凡打は少なく、パワフルなスイングの打者が目立つ。

C. スピードタイプ（以下、「Cタイプ」）

盗塁や単打、三塁打の多さが特徴。俊足の選手が多く集まっており、併殺打は少ない。

D. バランスタイプ（以下、「Dタイプ」）

打撃成績に大きな穴がない。二塁打、本塁打、四球はやや多めで、他の4タイプには当てはまらない打者が集まる。

表1 指導者の主な指導歴

Table 1 Main instruction career of the coach.

	監督	コーチ
指導年数	15年	25年
高校	なし	選抜高等学校野球大会 出場
大学	明治神宮野球大会 準優勝	明治神宮野球大会 準優勝
社会人	都市対抗野球大会 優勝	社会人野球日本選手権 出場

E. ディフェンスタイプ（以下、「Eタイプ」）

犠打が多く、本塁打や四球は少ない。打力よりも守備力を期待される打者や、捕手が多く集まる。

またチーム指導者には、全対象者を競技レベル別に3つのグループに分類してもらった。1軍はリーグ戦に出場する選手、2軍はリーグ戦に出場する可能性がある選手、3軍はリーグ戦に出場する可能性がない選手とした。本研究では、2名の指導者の意見をすり合わせたなかで打撃タイプおよび競技レベルを決定した。なお、最終決定までのプロセスで両指導者の見解が大きくずれることはなかった。

2.3 実験

2.3.1 実験手順

実験は、最大努力によるティー打撃を5回とした。測定に先立ち、被検者にはストレッチを含むウォームアップを十分に行わせた後、打撃練習を行わせた。打撃するボールは、硬式球を使用し、被検者が構えた姿勢でのボールの中心が大転子の高さと同じ高さになるようにティー台（ジョー・H・タナー社製）を測定者が設定し、打撃位置は被検者がセンター方向へ打ちやすい地点とした。本研究では、対象者に強い打球を打てたかどうかを試技ごとに5段階で回答させ、評価点が3以上の試技を最低5試技収集し、その平均を代表値とした。ボールをインパクトする位置は、高さ以外は被検者がセンター方向へ打ちやすい任意の地点とした。バットを握る位置は、バットのグリップエンドに最も近い位置とした。試技はすべて同一の硬式用木製バット（ミズノ社製、長さ：84 cm, 質量：900 g）を使用した。

2.3.2 データ収集・処理

本研究では、慣性センサユニット（セイコーエプソン社製）、アタッチメントおよびスマートフォンのアプリケーションから構成されるスイング解析装置（MIZUNO Swing Tracer, ミズノ社製）を用い、後述する8つのパラメータを計測した。この装置は、加速度センサおよびジャイロセンサを搭載した慣性センサ（1GJMC00100, セイコーエプソン社製）をバットグリップエンドに装着することでスイング動作時のバット3次元挙動を算出することができる。そのため、専用の取り付け用アタッチメントを用いて慣性センサを装着した。スイング中のバットの3次元運動は、サンプリング周波数1,000 Hzで計測された。計測されたデータは、Bluetoothを用いた無線通信によってスマートフォン内の専用分析アプリケーション（Swing Tracer, Mizuno 社製）に取り込まれた。

慣性センサ内には3軸の加速度計、3軸の角速度計および3軸の高レンジ加速度計を搭載しており、スイング中に計測されたそれぞれのパラメータをアプリケーション内で計算することによりスイング開始からボールインパクトまでのバットの運動を提示するシステム [6] である。アプリケーション内では事前に使用するバットの長さを登録する

ことによって、バットヘッドおよびセンサ（グリップエンド）の位置座標が取得され、8つのパラメータが計測される。ボールのインパクトは、合成の加速度が急激に変化した時点を微分値から同定されている。

2.3.3 スイング計測装置から得られるスイングの8項目

本研究で使用した計測装置は、バットスイングの特徴を定量的に示すことが可能となっている。8つのパラメータは、「スイング時間」、「ヘッドスピード (max)」、「ヘッドスピード (インパクト時)」、「インパクト加速度」、「ローリング (図 1 (b))」、「スイング回転半径 (図 1 (a))」、「ヘッド角度 (図 1 (c))」、「スイング軌道 (図 1 (d))」の名称で定義されている。野球ではスイングのコンパクトさを構成する要素として、時間的なものと空間的なものが存在 [9] する。そのため、本研究ではスイングのコンパクトさは、スイング時間の短さとスイング回転半径の大きさに分けて評価した。

スイング解析装置による測定値に関しては、光学式モーションキャプチャーシステムを用いた精度検証の実験より、ヘッドスピードおよびスイング軌道では妥当性および再現性が高く、その他の測定値に関しては再現性が高い [10] と報告されている。またバットの挙動を検討した研究 [6] では、スイング解析装置で計測されたバットの挙動は、指導や練習を行ううえで実用に足る精度を有すると報告されている。このことから、スイング解析装置による計測値は、野球の指導現場において使用できる測定精度と判断した。

2.4 統計処理

基本統計量は平均値 ± 標準偏差 (SD) により示した。スイング計測装置から得られるスイング特性における打撃タイプあるいは競技レベル間の比較を行うため、一元配置の分散分析 (対応なし) をそれぞれ行った。Levene の検定を用いて等分散性を確認し、等分散性が認められた (F 値が有意であった) 場合には、有意性が認められた項目について Tukey HSD 法により多重比較検定を行った。また等分散性が認められなかった (F 値が有意でなかった) 場合には、Welch の検定による有意性を確認後、事後検定として Games-Howell 法により多重比較検定を行った。

複数の要因を集約して総合的に評価するため、主成分分析を行った。検定にともない、各主成分の固有値、寄与率、各変数の因子負荷量、主成分得点を算出した。主成分の有意性は、固有値が 1 以上 ($p < 0.05$) であることを条件とした。因子負荷量は各主成分との相関係数を表すため、サンプル数で 5% 有意水準が満たされる値を、当該主成分の分散を表す変数と評価した。変数の単位の影響を取り除くため、全対象者の平均値と標準偏差を用いて、8項目から得られるスイング特性のうちヘッドスピード (max) を除く 7つの変数それぞれを標準化した。ヘッドスピードの項目は、最大値とインパクト時の値が計測される。放たれた打球の速度や角度はインパクト直前のスイングに影響する

ことから、インパクト時のヘッドスピードのみを採用した。測定値はヘッドスピード、ローリング、スイング回転半径では大きいほど優れているが、スイング時間やインパクト加速度 (絶対値) では小さいほど優れているため、標準化する場合には大きいほど優れているように変更した。またヘッド角度およびスイング軌道の大きさでは、打者の優劣は決定されないため、因子負荷量の正負の持つ意味はその都度考慮した。

本研究では、計測されたデータから打撃タイプがどの程度の確率で判別できるか、どのような分類方法が妥当であるかを検討するために、打撃タイプのグループが 2つの場合には判別分析を、3つ以上の場合には正準判別分析を行った。目的変数 (打撃タイプのグループ) と説明変数 (ヘッドスピード (max) を除く 7変数と体格 (身長, 体重)) との関係を調べ、判別関数を作成した後に、説明変数からどの目的変数に属するかを判別した。本研究では、算出した判別関数によってどの程度の確率で正しく判別できたか、判別確率を確認し、その値が最大になるように、説明変数から打撃タイプ 5タイプの判別が可能か、複数の打撃タイプから判別が可能かを検討し、提案手法を作成した。なお、主成分分析および判別分析、正準判別分析を行う場合には、インパクト加速度の変数は絶対値を用いた。

本研究では、いずれの検定においても有意確率を 5% 未満とした。すべての検定は、統計処理ソフト IBM SPSS Statistics 23 (IBM 社製) を用いた。

3. 結果

3.1 打撃タイプおよび競技レベルの割合

図 2 に、打撃タイプおよび競技レベル別の割合を示した。全対象者における打撃タイプは、A タイプが 72 名 (全対象者の 63.7%)、B タイプが 25 名 (全対象者の 22.1%)、C タイプが 9 名 (全対象者の 8.0%)、D タイプ 3 名 (全対象者の 2.7%)、E タイプが 4 名 (全対象者の 3.5%) であった。また競技レベル別で分類すると、1 軍レベルは 32 名 (全対象者の 28.3%)、2 軍レベルは 45 名 (全対象者の 39.8%)、3 軍レベルは 36 名 (全対象者の 31.9%) であった。打撃タイプ別に競技レベルを見ると、A タイプは 1 軍が 16 名 (全

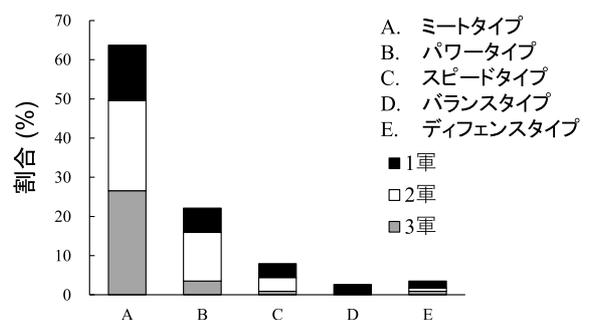


図 2 打撃タイプおよび競技レベル別の割合

Fig. 2 The ratio of batting type and competitive ability.

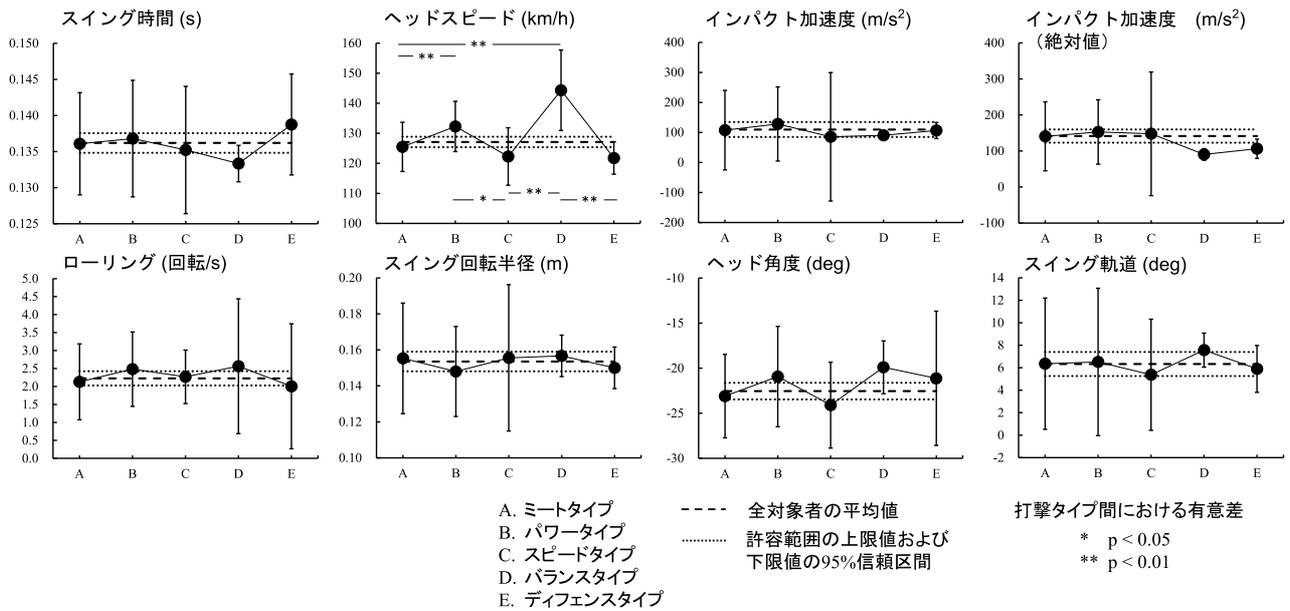


図3 打撃タイプから見た打者のスイング特性

Fig. 3 Swing Characteristics of Batter in each batting type.

対象者の14.2%), 2軍が26名(全対象者の23.0%), 3軍が30名(全対象者の26.5%), Bタイプは1軍が7名(全対象者の6.2%), 2軍が14名(全対象者の12.4%), 3軍が4名(全対象者の3.5%), Cタイプが1軍と2軍が4名(全対象者の3.5%), 3軍が1名(0.9%), Dタイプは1軍のみに3名(2.7%), Eタイプは1軍が2名(全対象者の1.8%), 2軍と3軍が1名(全対象者の0.9%)であった。

3.2 打撃タイプ・競技レベルの違いにおけるスイング特性

全対象者におけるスイングデータは、スイング時間が 0.136 ± 0.007 s, ヘッドスピードが 127.1 ± 9.3 km/h, インパクト加速度が 109.8 ± 133.4 m/s², ローリングが 2.23 ± 1.07 回転/s, スイング回転半径が 0.15 ± 0.03 m, ヘッド角度が -22.5 ± 5.0 deg, スイング軌道が 6.3 ± 5.7 degであった。

図3に示すように、打者の打撃タイプ別にスイングデータを検討すると、Dタイプのヘッドスピードが最も大きく、続いてB, A, C, Eタイプの順であり、DタイプはA, C, Eタイプよりも有意に大きかった($p < 0.05$)。そして、BタイプはAおよびCタイプよりも有意に大きかった($p < 0.05$)。なお、ヘッドスピード以外の測定値には、タイプ間の有意な差が認められなかった。

打撃タイプにおけるインパクト加速度、スイング回転半径は、すべての打撃タイプが全対象者から求めた95%信頼区間の範囲であった。スイング時間では、A, B, Cタイプは95%信頼区間の範囲であったが、Dタイプは下限値よりも短く、Eタイプは上限値よりも長かった。インパクト加速度(絶対値)では、A, B, Cタイプは95%信頼区間の範囲であったが、DおよびEタイプは下限値よりも小さかつ

た。ローリングでは、A, C, Eタイプは全対象者から求めた95%信頼区間の範囲であったが、BおよびDタイプの平均値は上限値よりも大きかった。ヘッド角度では、Aタイプは95%信頼区間の範囲であったが、B, DおよびEタイプは上限値よりも大きく、Cタイプは下限値よりも小さかった。スイング軌道では、Dタイプ以外は95%信頼区間の範囲であったが、Dタイプは上限値よりも大きかった。

図4に示すように、競技レベル別で打者のスイングを検討すると、ヘッドスピードは競技レベル間に有意差が認められ($p < 0.05$)、1軍が3軍よりも有意に高く($p < 0.01$)、2軍が3軍よりも有意に高かった($p < 0.05$)。なお、ヘッドスピード以外の測定値は、競技レベル間に有意な差がなかった。このことから、競技レベルにはヘッドスピードが影響していることを示すものといえる。

3.3 主成分分析

表2に、打撃タイプ別に複数の要因を集約して総合的に評価するため、スイング7変数(以下、「スイングデータのみ」とスイング7変数と体格(身長, 体重)データ(以下、「スイングと体格データ」)を基に、全対象者と競技レベル別のそれぞれから主成分分析を行った結果を示した。なお、本研究において体格の要因を含めて検討した理由は、体格が打撃タイプに影響を及ぼすかを調べるためである。

まず、全対象者を対象に打撃タイプを検討すると、スイングデータのみでは2つの主成分に、スイングと体格では3つに集約され、寄与率は前者では83.9%、後者では97.2%であった。スイングデータのみにおいては、第1主成分ではスイングスピードとスイング軌道が正の負荷量、第2主成分ではスイング回転半径が正の負荷量であった。

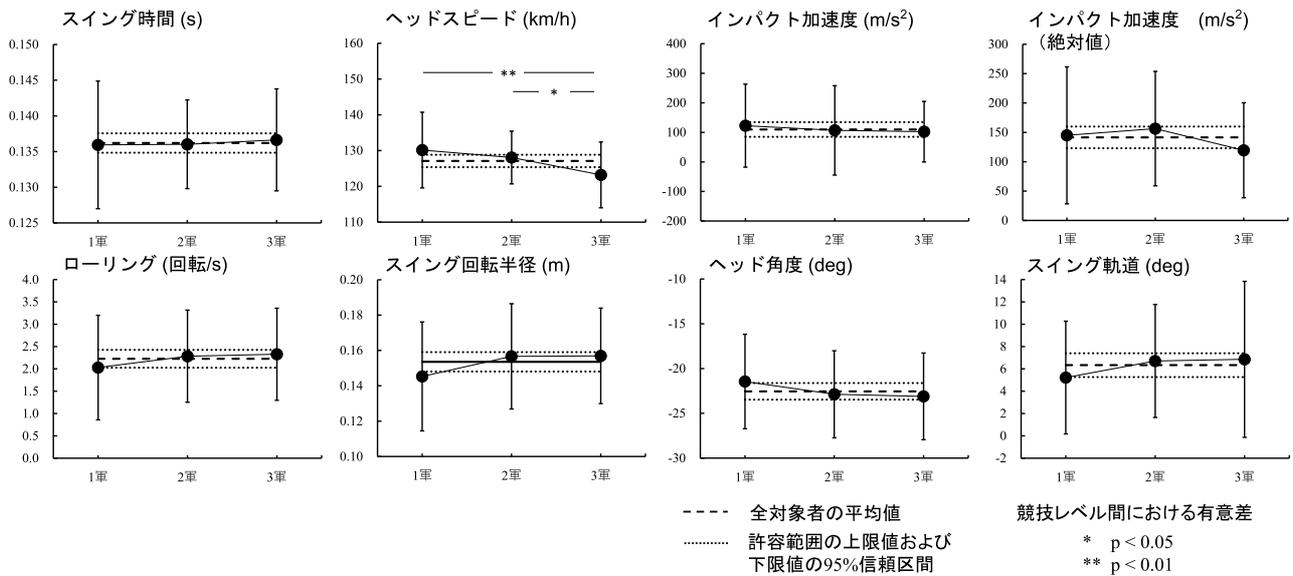


図 4 競技レベルから見た打者のスイング特性
 Fig. 4 Swing Characteristics of Batter in each competitive ability.

表 2 主成分分析の結果
 Table 2 Result of principal component analysis.

	成分	初期の固有値			スイング時間	ヘッドスピード	インパクト加速度 (絶対値)	ローリング	スイング回転半径	ヘッド角度	スイング軌道	身長	体重
		合計	寄与率 (%)	累積寄与率 (%)									
全対象者からみた打撃タイプ	スイングデータのみ	1	4.09	58.4	58.4	0.735	0.987	0.601	0.770	0.516	0.690	0.937	
		2	1.79	25.5	83.9	0.666	-0.041	-0.442	0.192	0.734	-0.719	-0.229	
	スイング + 体格データ	1	5.40	60.0	60.0	0.638	0.993	0.442	0.850	0.355	0.736	0.939	0.850
		2	1.88	20.8	80.9	0.758	0.066	-0.084	0.119	0.895	-0.580	-0.074	-0.316
		3	1.47	16.3	97.2	-0.041	0.075	0.887	-0.410	0.196	0.341	0.262	-0.405
	競技レベルからみた打撃タイプ	スイングデータのみ	1	2.63	37.5	37.5	-0.257	0.380	0.323	-0.568	-0.783	0.957	0.680
2			1.92	27.4	64.9	0.726	0.764	-0.612	0.361	-0.061	-0.117	0.533	
3			1.11	15.9	80.8	0.552	0.190	0.331	-0.545	0.544	0.203	-0.169	
スイング + 体格データ		1	3.56	39.6	39.6	0.571	0.820	-0.590	0.416	-0.177	-0.050	0.488	0.934
		2	2.69	29.8	69.4	-0.293	0.335	0.364	-0.596	-0.768	0.964	0.648	-0.200
		3	1.14	12.7	82.0	0.667	0.270	0.221	-0.495	0.531	0.169	-0.064	-0.105

有意 (p > 0.05) でない項目 有意 (p < 0.05) な項目 有意 (p < 0.01) な項目

スイングと体格データにおいては、第1主成分ではヘッドスピード、スイング軌道、体重が正の負荷量、第2主成分ではスイング回転半径が正の負荷量、第3主成分ではインパクト加速度（絶対値）が正の負荷量であった。

次に、競技レベル別に打撃タイプを検討すると、スイングデータのみ、スイングと体格データともに3つに集約され、寄与率は前者では80.8%、後者では82.0%であった。スイングデータのみにおいては、第1主成分ではヘッド角度とスイング軌道が正の負荷量、ローリングとスイング回転半径が負の負荷量、第2主成分ではスイング時間、ヘッドスピード、スイング軌道が正の負荷量、インパクト加速度（絶対値）が負の負荷量、第3主成分ではスイング時間とスイング回転半径が正の負荷量、ローリングが負の負荷量であった。スイングと体格データにおいては、第1主成分ではスイング時間、ヘッドスピード、身長、体重が正の

負荷量、インパクト加速度（絶対値）が負の負荷量、第2主成分ではヘッド角度とスイング軌道が正の負荷量、ローリングとスイング回転半径が負の負荷量、第3主成分ではスイング時間とスイング回転半径が正の負荷量、ローリングが負の負荷量であった。

図5に、抽出した第1および第2主成分における主成分得点を示した。まず、打撃タイプの分析結果を確認すると、スイングデータのみとスイングと体格データでは、どちらにおいても第1主成分（X軸）の正側にはDタイプ、負側にはCとEタイプが位置し、第2主成分（Y軸）の正側にはAとCタイプ、負側にはEタイプが位置した。また体格を考慮すると、第2主成分の正側にはDタイプが、負側にはBタイプが位置した。

次に、競技レベルで打撃タイプの分析結果を確認すると、スイングデータのみにおいては、第1主成分の正側には1

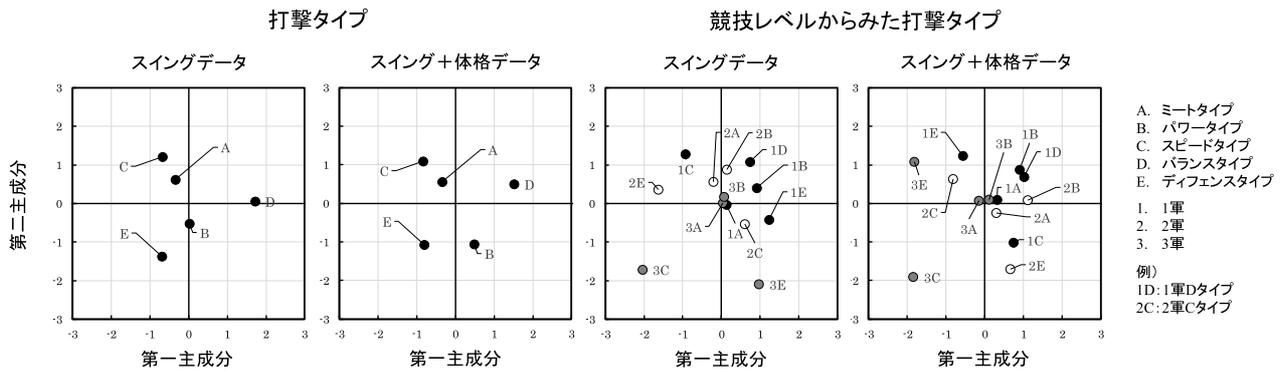


図5 第1および第2主成分における主成分得点
Fig. 5 Principal component score in first and second.

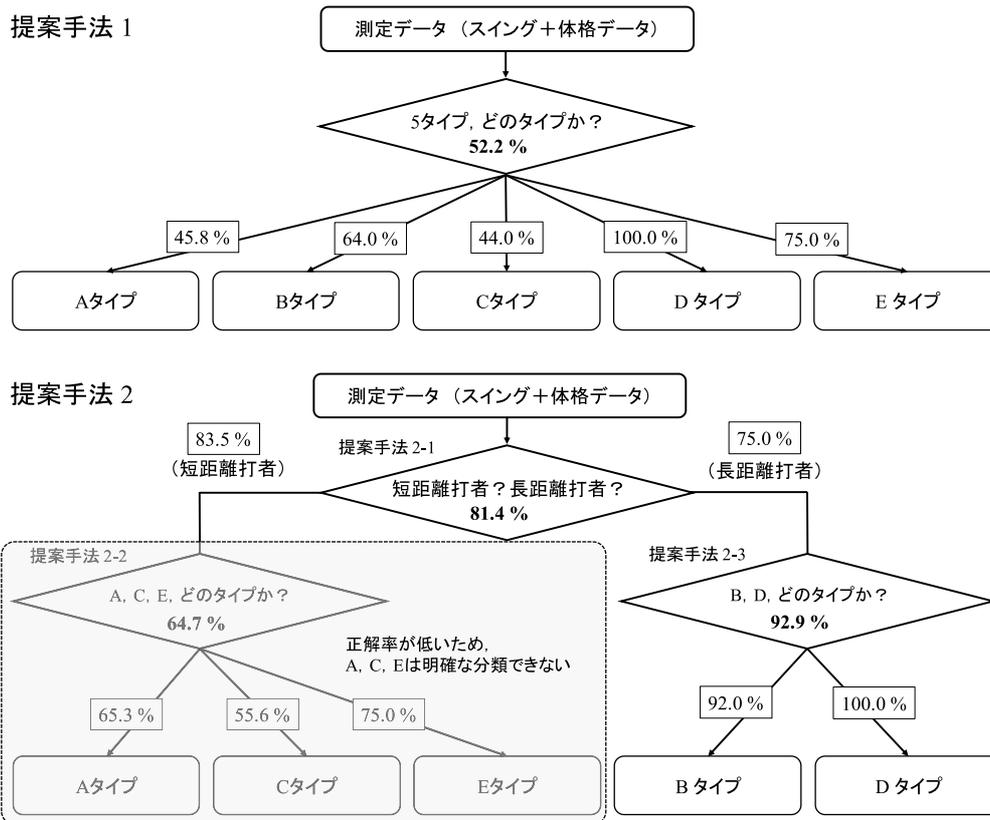


図6 提案手法
Fig. 6 The proposal technique classifying each batting type.

軍のB, D, Eタイプ, 2軍のCタイプ, 3軍のEタイプが、負側には1軍のCタイプ, 2軍のEタイプ, 3軍のCタイプが位置した。第2主成分の正側には1軍のCとDタイプと2軍のAとBタイプが、負側には3軍のCとEタイプが位置した。スイングと体格データにおいては、第1主成分の正側には1軍のB, C, Dタイプ, 2軍のBとEタイプが、負側には1軍のEタイプ, 2軍のCタイプ, 3軍のCとEタイプが位置した。第2主成分の正側には1軍のB, D, Eタイプが2軍のCタイプ, 3軍のEタイプが、負側には1軍のCタイプ, 2軍のEタイプ, 3軍のCタイプが位置した。

3.4 スイングデータによる打撃タイプの分類および提案手法

計測されたデータから打撃タイプがどの程度の確率で判別できるか、どのような分類方法が妥当であるかを検討するために、まず、提案手法1 (図6上)として、打撃タイプ5タイプの判別が可能か、スイング7変数と体格(身長, 体重)を考慮した9変数をそれぞれ検討した(図6)。その結果、スイングデータのみでは37.2%, スイングと体格データでは52.2%であった。そのため、次に、提案手法2 (図6下)として、打球の飛距離に着目し、長距離打者あるいは短距離打者かどちらかのタイプか判別した(提案手法2-1)。なお、打者の打撃タイプに鑑み、BとDタイプを

表 3 得られた判別モデル

Table 3 Discrimination model classifying each batting type.

○短距離打者と長距離打者を分類する場合 (提案手法2-1)	
短距離打者 (A, C, Eタイプ)	$4758.038 X_1 + 3.333 X_2 - 0.084 X_3 + 7.677 X_4 + 773.728 X_5 - 3.236 X_6 - 1.841 X_7 + 7.449 X_8 - 3.386 X_9 - 1153.470$
長距離打者 (B, Dタイプ)	$4686.256 X_1 + 3.480 X_2 - 0.090 X_3 + 8.248 X_4 + 777.467 X_5 - 3.150 X_6 - 1.882 X_7 + 7.355 X_8 - 3.134 X_9 - 1164.394$
○長距離打者を2つに分類する場合 (提案手法2-3)	
Bタイプ	$140132.167 X_1 + 172.650 X_2 - 8.551 X_3 + 552.860 X_4 + 13905.168 X_5 - 50.476 X_6 + 77.209 X_7 - 22983.476$
Dタイプ	$142593.871 X_1 + 178.727 X_2 - 9.801 X_3 + 612.879 X_4 + 14605.959 X_5 - 48.946 X_6 + 74.407 X_7 - 24251.967$
X_1 : スイング時間, X_2 : ヘッドスピード, X_3 : インパクト加速度 (絶対値), X_4 : ローリング, X_5 : スイング回転半径, X_6 : ヘッド角度, X_7 : スイング軌道, X_8 : 身長, X_9 : 体重	

長距離打者, それ以外を短距離打者とした. その結果, スイングデータのみでは 71.7%, スイングと体格データでは 81.4%であった. そのため, 分類した打撃タイプ別に, それぞれ検討した. 短距離打者から A, C, E タイプを判別した結果 (図 6 左下, 提案手法 2-2), スイングデータのみでは 44.7%, スイングと体格データでは 64.7%であった. 一方で, 長距離打者から B と D タイプを判別した結果 (図 6 右下, 提案手法 2-3), スイングデータのみでは 85.7%, スイングと体格データでは 92.9%であった. これらの結果より, 判別した確率が低い提案手法 2-2 を除き, 提案手法 2 (図 6 下) を作成した.

また本研究では, 対象者 113 名のデータをトレーニングデータ (訓練データ) とテストデータ (検証データ) を分離して交差検証により評価した. ただし, 本研究では各打撃タイプの割合が異なるため, トレーニングデータをランダムに抽出した場合に, 人数が少ない打撃タイプが抽出されない可能性がある. そのため, 各集団から最低 1 名をランダムに抽出した. したがって, トレーニングデータでは, A タイプを 22 名, B タイプを 8 名, C タイプを 3 名, D および E タイプを 1 名の合計 35 名 (全対象者の 31.0%) 抽出し, テストデータでは残りのデータを用いて評価した. 交差検証を 10 回実施した結果, テストデータの判別は, 提案手法 2-1 では $78.2 \pm 2.6\%$, 提案手法 2-3 では $77.9 \pm 7.7\%$ 一致した. そして, 得られた各係数を平均した判別式 (表 3) を作成した. なお, 提案手法 2-3 では, 身長と体重は, 許容度検定で不合格の変数として選択されたため, 判別式の係数から排除された.

さらに, 得られたモデルに測定値 (表 3) を代入し, どの程度一致するか検討した. 判別する場合には, 表 3 に示したそれぞれの式に代入し, 最も大きい値となる式がその選手の打撃タイプとなる. 表 3 によって分類された打撃タイプの正答数を表 4 に示した. 元データ 113 名のうち, 80.5%相当となる 91 名が一致した. その内訳は, 短距離打者では 85 名のうち 85.9%相当となる 73 名が, 長距離打者では 28 名のうち 64.3%相当となる 18 名が一致し, B タイプでは 16 名 (64.0%), D タイプでは 2 名 (66.7%) が一致

表 4 判別分析によって分類された打撃タイプの結果

Table 4 Result of batting type classified by discrimination model.

	人数	判別されたデータ			正例	負例
		A, C, E	B	D		
元データ						
A, C, E	85	73	10	2	73	12
B	25	6	16	3	16	9
D	3	0	1	2	2	1
合計	113	79	27	7	91	22

した.

4. 考察

4.1 打撃タイプにおけるスイング特性の違い

図 3 に示すように, 各打撃タイプのスイングの特徴をまとめると, B および D タイプは, 他のタイプと比べて, ヘッドスピードが大きく, その他の項目は測定値に差が見られなかった. ヘッドスピード以外の測定値に差が見られなかった原因には, タイプ間の差が大きく出にくいことと D および E タイプの対象者が少なかったことに加え, 競技能力の差がある 1 軍, 2 軍, 3 軍すべてのデータを用いて分析したことが影響した可能性が考えられる. そのため, 本研究では, ヘッドスピード以外の測定値は, 全対象者から求めた 95%信頼区間の範囲を基に, 各打撃タイプのスイングの特徴について検討した. その結果 (図 3), B および D タイプは, ローリングおよびヘッド角度が下向き方向に小さく, さらに D タイプは他のタイプよりも, スイング時間が短く, かつスイング軌道が大きかった. 上述したように, ヘッドスピードの大きさは, 打球の飛距離や速度に関連 [3], [11] する. したがって, B および D タイプは, 他の選手よりも長打 (二塁打, 本塁打) を多く放つため, ヘッドスピードに差が見られたと考えられる.

また図 3 に示すように, スイング軌道は, A, B, C タイプではばらつきが大きいものの, D タイプでは $7.5 \pm 1.3 \text{ deg}$ であり, 全体の平均値よりも上向きであった. 長打力には, ヘッドスピード以外に, ボールインパクト直前の (上向きの) スイング軌道も重要 [3] となる. そして, スイ

ング軌道が約 9 deg の上向きでインパクトすることで、飛距離が最大化 [4] されるとの報告がある。これにより、飛距離を伸ばすには、スイング軌道を 9 deg に近づけることが重要であると考えられる。このことをふまえると、D タイプの選手は他の打撃タイプの打者よりも最大飛距離を生み出す最適なバットスイングに近似していたと考えられる。一方で、A, B, C タイプのスイング軌道のばらつきが大きいので、打球の飛距離が最大化されるスイングになっている選手となっていない選手が混在していることが考えられる。打球の飛距離には本パラメータの中では、ヘッドスピードとスイング軌道が関係しているため、A, B, C タイプの各群内において、様々なタイプが存在すると思われる。具体的に述べると、各群内において、ヘッドスピードに対して、適切なスイング軌道になっている者となっていない者が混在している可能性が考えられる。

さらに、図 3 で分かるように、D タイプはすべての選手が平均値よりも大きなヘッドスピードと上向きのスイング軌道に加えて、スイング時間が短かった。野球の投手が投じるストレートのボール速度は競技レベルが上がるにつれて大きく [12], [13] になり、対応するべき球種数は増加し、その質（ボールの回転数、軸）[14], [15] や変化量 [16] も高くなる。このような厳しい時間的な制約および複雑な環境変動を含む状況では、打者はボール軌跡初期までの限られた情報に基づいて球種・コース・到達時間を予測してスイングを開始する必要 [17], [18] がある。そのため、打者は、できる限りスイング時間を短くし、スイング開始前に得られる情報量を増大させることが正確な打撃に必要 [19] となる。よって、D タイプの打者は、投手が投じる速いボールや質の高いボールに対応するために、他の打撃タイプの打者よりもきわめて短い時間スイングの中で、打球が最大の飛距離になるように大きなヘッドスピードと上向きのスイング軌道でインパクトしていると考えられる。D タイプは、「打撃成績に大きな穴がない。二塁打、本塁打、四球はやや多めで、他の 4 タイプにはあてはまらない打者が集まる」とあるように、すべて選手が 1 軍であり、主力であった。したがって、本研究の結果より、試合において重要な役割を果たしている D タイプのスイング特性として、スイング時間の短さ、ヘッドスピードの大きさ、理想的なスイング軌道の 3 つの変数すべてが他のタイプよりも優れていると考えられる。一方で、ヘッドスピードが高い B タイプの選手は、スイング時間が長いあるいは最大の飛距離となるようなスイング軌道になっていない可能性が考えられる。

図 3 に示すように、下向きのヘッド角度は B, D, E タイプが小さく、C タイプは下向きに大きかった。流し打ちのインパクトメカニズムを分析した研究 [20] によると、バット長軸が水平面と平行でない場合、ヘッド角度とボールの下部を打撃することの相互作用によって、バットの打撃面を流し打ち方向に向けなくても流し打ちが可能であること

が報告されている。また水平バット角が一定の場合、ヘッド角度が下向きに大きく、ボールの下部への打撃位置が低いほど流し打ち方向に打球が放たれる [20] ことが示されている。そして、打球を打ち分けるためのスイング軌道は打球方向によって異なっており、打者はスイング局面（スイング開始時点からボールインパクト時点）の前半からグリップエンドに対するバットヘッドの高さを調整することによって打ち分け [21] を可能にしていたと述べられている。これらの先行研究より、ヘッドが下向きへ下がっているほど左右方向への角度が付きやすいと考えられる。つまり、打球は、下向きのヘッド角度が小さいほど引っ張り打ち方向に、大きいほど流し打ち方向へ放たれることを意味する。本研究では、センター方向への打球となるように打撃させたが、B, D, E タイプは引っ張り方向へ、C タイプは流し方向へ打球を放ちやすくするためのスイングになっていた可能性が考えられる。

複数の要因を集約して総合的に評価するために、主成分分析を行った。その結果（図 5, 表 2）、因子負荷量は、第 1 主成分ではヘッドスピードとスイング軌道の 2 変数が大きく、体格を考慮した場合においても同様の結果であったことから、この主成分は飛距離に集約された。第 2 主成分ではスイング回転半径が大きいことから、この主成分はスイングのコンパクトさを意味する。そして、主成分得点は、前者では D, B, A, E, C タイプの順に、後者では C, A, D, B, E の順に大きかった。つまり、本研究の結果は、飛距離に影響するヘッドスピードとスイング軌道、とボールを正確に打撃するために必要なコンパクトなスイングが考慮されていることを意味する。したがって、Baseball LAB 編集部 [1] が報告した打撃結果を考慮すると、本研究の結果は、長距離打者や短距離打者を反映した長打力を説明したものと示唆される。

4.2 競技能力におけるスイング特性の違い

図 4 に示すように、ヘッドスピードは、1 軍と 2 軍の選手が 3 軍よりも有意に大きかった。このことは、ヘッドスピードは、競技レベルを表す指標として重要であることを意味する。上述した先行知見 [3], [11] をふまえると、競技レベルによるヘッドスピードの差異は、大きな打球速度や飛距離を反映したものと考えられる。しかしながら、1 軍と 2 軍では差異は認められなかった（図 4）。今回の実験条件では、投球（飛来）されたボールを打撃していないため、試合時のような動作を反映したのとはいい難い。プロ野球選手 27 名を対象に、ティー打撃とピッチングマシンから投げられるボールを打撃するフリー打撃を行わせ、両条件におけるバットのスイングパラメータを比較した研究 [22] によると、ティー打撃時におけるインパクト時のヘッドスピードはフリー打撃よりも高いことが報告されている。また、このような結果は、大学生を対象とした研究 [23] でも

報告されている。これらの先行研究より、本研究で実施したティー打撃ではフリー打撃や試合場面とは異なり、自らのタイミングで打撃できるため、本研究における1軍と2軍とではスイングデータに違いが見られなかったと考えられる。

そこで、まず、打撃タイプにおけるスイング特性を総合的に検討するため、主成分分析を行った結果(表2)、寄与率の高いスイングと体格データの因子負荷量は、第1主成分ではヘッドスピード、スイング軌道、体重が正方向に、第2主成分ではスイング回転半径が正方向に位置していたことから、第1象限に位置するDタイプはこれらの因子が大きく影響していると解釈できる。つまり、Dタイプは、打球速度や飛距離に関連するスイングや空間的なスイングのコンパクトさに優れているスイングであると解釈できる。一方で、EタイプはDタイプと対極に位置するため、どちらにおいても劣るスイングであるといえる。またBタイプは、打球速度や飛距離に関連するスイングに優れているものの、コンパクトさに劣るスイング、CとAタイプは、コンパクトさに優れているものの、打球速度や飛距離に関連するスイングに劣るスイングであると解釈できる。

次に、競技レベルから打撃タイプにおけるスイング特性を総合的に検討した結果(表2)、スイングデータのみを因子負荷量は、第1主成分ではローリングとスイング回転半径の変数が負方向に、ヘッド角度とスイング軌道の変数が正方向に位置していたことから、打球速度を高めるスイングやコンパクトさには劣るものの、引っ張り打ち方向や飛距離に大きく影響しているスイング特性であると解釈できる。一方で、第2主成分ではスイング時間やヘッドスピードの変数が正方向に、インパクト加速度の変数が負方向に位置していたことから、打球速度や飛距離に関連するスイング特性であると解釈できる。さらに、体格を考慮すると、第1主成分では上述した打球速度や飛距離に関連するスイング、第2主成分では打球速度を高めるスイングやコンパクトさには劣るものの、引っ張り打ち方向の打球や飛距離に大きく影響するスイング特性であると解釈できる。また体格を考慮した場合には、第1主成分(X軸)と第2主成分(Y軸)が異なるため、スイングデータのみ第2象限と体格を考慮した場合の第4象限に位置する競技レベル別からみた打撃タイプはおおむね一致する。これらの寄与率(表2)は、前者では80.8%、後者では82.0%であったことから、総合的に検討することで、競技レベル別に打者のスイング特性を分類できたといえる。

寄与率が高いスイングと体格データから算出された主成分得点から打撃タイプを競技レベル別(図5)で見ると、Aタイプでは中心(0, 0)に位置し、1軍と2軍の選手は第1主成分が正方向、3軍選手は負方向であった。Bタイプでは第1象限に位置するものの、1軍の選手は第1、第2主成分ともに正方向、2軍の選手は第1主成分が正方向、第2

主成分ではおおむね中心、3軍の選手はいずれも中心に位置する。Cタイプでは1軍の選手は正方向、2軍と3軍は負方向に位置した。Dタイプでは第1、第2主成分ともに正方向に位置する。Eタイプでは2軍の選手は第1主成分では正方向、1軍と3軍の選手は負方向に位置するものの、第2主成分では1軍と3軍の選手は正方向に、2軍の選手は負の方向に位置する。これらのことをふまえると、試合において重要な役割を果たしているDタイプではいずれも主成分得点が高いため、どちらも重要になるものの、A、BとCタイプは第1主成分(ボールを正確に打撃するためのスイングの時間的なコンパクトさや打球速度や飛距離に関連するヘッドスピード)、Eタイプは第2主成分(引っ張り打ち方向の打球や打球角度に大きく影響するスイング特性)により競技レベルが決定していると考えられる。

4.3 経験豊富な指導者が打者の競技レベル・打撃タイプを判断する要因

経験豊富な指導者が分類した競技レベル能力あるいは打撃タイプを基に、打者のスイング特性を分析した結果(図5、表2)、競技レベルでは、ボールを正確に打撃するためのスイングの時間的なコンパクトさ(スイング時間)と打球速度・飛距離に影響するヘッドスピードに違いがみられた。また打撃タイプ(図5、表2)では飛距離に影響するヘッドスピードやスイング軌道とともに、スイングの空間的なコンパクトさに違いがみられ、それぞれの打撃タイプにおいてスイング特性を分類することができた。上述したように、野球の投手が投じるストレートのボール速度は競技レベルが上がるにつれて大きく[12]、[13]なり、対応するべき球種数は増加し、その質(ボールの回転数、軸)[14]、[15]や変化量[16]も高くなる厳しい時間的な制約と複雑な環境変動を含む状況では、打者はボール軌跡初期までの限られた情報に基づいて球種・コース・到達時間を予測してスイングを開始する必要[17]、[18]がある。このようなことから、経験豊富な指導者は、できる限りスイング時間を短くし、スイング開始前に得られる情報量を増やし、正確な打撃や大きな打球速度・飛距離を放つことができる選手を評価していると示唆される。つまり、本研究のチーム指導者は、競技レベルではボールを正確に打撃するためのスイングの時間的なコンパクトさとともに、打球速度や飛距離に影響するスイングの速さが、打撃タイプではスイングの速さに加え、スイングの空間的なコンパクトさを評価していると考えられる。

4.4 スイングデータによる打撃タイプの分類・手法の提案

本研究では、スイングデータと体格から、打撃タイプを8割程度判別できるモデル(図6、表3、表4)を構築した。指導者が優れた打者を評価する際の着眼点を検討した研究[24]によると、大学野球の日本代表チーム監督の実績

のある第三評価者の分類は、16名中14名(87.5%)が実験の映像すなわち打撃動作の観察のみでチーム指導者の意見と一致したことが報告されている。このことから、他の指導者が分類した場合においても本研究の分類方法との差異は大きくないことが予想されるため、本研究のチーム指導者における打撃タイプの分類はおおむね一致すると考えられる。したがって、今後、選手は計測データから短距離打者あるいは長距離打者の判別、さらには長距離打者からBとDタイプの判別が可能になる。また経験豊富な指導者が求める選手のスイングタイプとスイングのデータから得られるタイプが一致しているかを確認することが可能になる。ただし、スイングデータと体格から、短距離打者ではBタイプが10名、Dタイプが2名、Bタイプでは短距離打者が6名、Dタイプが3名判別され、チーム指導者の評価と一致しなかった。このことは、本研究で採用したティーバッティングと投手から投げられたボールを打撃する条件において、打撃タイプとスイングデータが一致しなかったため異なった可能性が考えられる。上述したように、時間的な制約および複雑な環境変動を含む状況では、打者はボール軌跡初期までの限られた情報に基づいて球種・コース・到達時間を予測してスイングを開始する必要[17],[18]がある。先行研究[22]では、ティー打撃時におけるインパクト時のヘッドスピードはフリー打撃よりも高いとされている。そのため、短距離打者で、BタイプとDタイプと判断された選手は、ティーバッティングでは大きな飛距離が望める打撃タイプであるものの、投手から放たれたボールでは意図的にヘッドスピードを低下させてスイングしている可能性が考えられる。特に、BタイプでDタイプと判断された選手においては、投手が投げるボールに対応できていないと推察される。一方で、Bタイプで短距離打者と判断された選手は、スイング特性以上にボールを飛ばす能力が低い可能性が考えられる。

さらに、本研究の結果は、中高生の野球選手が打撃タイプを理解し、打撃パフォーマンスを目指すうえで有益な情報となる。先行研究[10]では、本研究で使用したスイング計測装置を用いることで、小学生から社会人あるいはプロ野球選手のスイングデータの基準値が示され、それぞれのカテゴリに応じた評価が可能になることが報告されている。先行知見で示された大学生(123.3 ± 8.3 km/h)を基に、長距離打者と短距離打者のヘッドスピードを偏差値として示すと、長距離打者は63.0(Bタイプは61.3, Dタイプは75.3)、短距離打者は51.8であり、ヘッドスピードのデータからおおむね判断することができるため、その他の変数を考慮することで、集団に応じた打撃タイプを確認することが可能になると考えられる。

以上のことから、今後は、計測したデータに基づき、打撃タイプを8割程度把握できるため、指導者が不足の状況あるいは経験豊富な指導者が不在の場合でもスイング計測

装置を用いることで客観的なデータにより経験豊富な指導者と同等の分類が可能となり、選手自身が今どのような打撃タイプの動きをしているかを判別することで、それらの特徴を理解しながら練習やトレーニングが実施できると示唆される。ただし、2割程度は経験豊富な指導者の考える打撃タイプとスイング特性が一致していないため、投球されたボール打撃を実施することで、それらのギャップを埋めることにつながると思われる。

4.5 本研究のリミテーションおよび今後の課題・展望

本研究では、短距離打者(A, C, Eタイプ)を計測データに基づき判別することができなかった。このことは、Cタイプでは疾走能力、Eタイプでは守備能力といったチーム指導者の主観が入っていたことが影響した可能性がある。よって、今後、短距離打者の打撃タイプを詳細に分類するには、試合中の疾走能力や守備の指標を含むことでより明確になる可能性がある。具体的に述べると、前者では盗塁や内野安打の割合、後者ではポジション別に、守備率(守備機会に対して失策する確率)やUltimate Zone Rating(UZR, 同じ守備機会を同じ守備位置の野手と比較して、どれだけ失点を防いだかを表す守備の評価指標)などを考慮する必要があるといえる。

本研究では、試合場面の成績など詳細に分析できなかったため、大学生における打者の打撃成績と打撃タイプの関連性を明らかにすることができなかった。本研究で参考にしたBaseball LAB編集部[1]は、年間150打席以上出場した選手を対象に、過去30年の年度別の打者の打撃成績(単打, 二塁打, 三塁打, 本塁打, 三振, 四球, 死球, 犠打, 犠飛, 盗塁, 併殺打, 三振以外の凡打)から、打者の「打撃タイプ」を5タイプに分類している。大学野球の試合は、春と秋に開催されるリーグ戦では他の5チームと対戦し、各チームと2~3試合行われるが、打席に立つ割合が多い選手は1軍選手であった。そのため、打撃成績とスイング特性との関係を明らかにするには対象が1チームのみでなく、複数チームを対象にする必要がある。

さらに、指導者の主観的评价によって振り分けた選手の打撃動作を検討した研究[24]によると、指導者は打者のヘッドスピードや打撃結果、体格などの項目よりも投手との時間的要因、いわゆるタイミングやそれにもなう動作を評価していると報告されている。このことを考慮すると、ピッチングマシンや投手から放たれたボールのコース別や緩急差での条件では、打撃タイプによってスイング特性が異なる可能性がある。それゆえに、今後は、より試合場面を想定したスイングデータさらには打球特性を計測することで、実際の練習場面(ティーバッティング時)と試合場面(投手が投じたボール打撃時)のスイング特性の違いが明らかになるとともに、チーム指導者が考える打撃タイプの判別確率が高まると思われる。

本研究では、打者のスイングの特徴を熟知していたチーム指導者の評価により、スイングデータの特徴を抽出した。本研究のチーム指導者（表1）は競技レベルの高い野球部の指導経験を持ち、明治神宮野球大会で準優勝に導いた実績を持つ者であったが、選手の特徴を熟知した指導者に限られた選出では、傾向の偏った選考になることが危惧される。そのため、今後は野球部の選手をまったく知らない第三評価者で、かつ本研究の指導者よりも野球の打撃を熟知した指導者（たとえば、プロ野球の監督あるいは打撃コーチ）が評価をし、選手のスイングの特徴を知る必要がある。また指導実績の異なる指導者が評価した際や競技能力が異なる選手を対象とした場合のスイング特性を明らかにすることができれば、指導実績のない指導者が選手を評価する基準や競技能力の違いによる打撃タイプの割合を明らかにすることができ、得られたデータに対して、どのような指導を実施すべきかを判断することが可能になるといえるだろう。ただし、本研究のチーム指導者と同等な指導実績を持つ指導者間では、一部の打撃タイプの分類方法と異なる可能性がある。本研究の結果と異なる場合は、指導者が考える戦術面の相違であるとも考えられるため、指導者の着眼点の深みを探るうえで興味深いものになると期待される。今後は、本研究のチーム指導者と同等な指導実績を持つ指導者を複数調査するとともに、戦術面などを考慮することで、経験豊富な指導者間における打撃タイプの分類方法の共通点や相違点が明確になるとと思われる。

5. まとめ

本研究では、経験豊富な指導者の主観的評価によって分類された打者の打撃タイプ別あるいは競技レベル別におけるスイング特性を明らかにすることに加え、測定値によって打者の打撃タイプをどの程度判別できるか検討することであった。

本研究によって得られた知見は以下のとおりである。

- 全対象者における打者の打撃タイプ別では、Aタイプが72名（全対象者の63.7%）、Bタイプが25名（全対象者の22.1%）、Cタイプが9名（全対象者の8.0%）、Dタイプ3名（全対象者の2.7%）、Eタイプが4名（全対象者の3.5%）に分類することができ、競技レベル別では1軍レベルは32名（全対象者の28.3%）、2軍レベルは45名（全対象者の39.8%）、3軍レベルは36名（全対象者の31.9%）であった。
- 競技レベル別のスイング特性の違いは、ヘッドスピードのみであり、1軍と2軍の選手は、3軍よりもヘッドスピードが大きかった。
- 打撃タイプ別における打者のスイングの特徴として、以下の可能性が示された。
 - 1) Aタイプは、全対象者のうちの平均的であること
 - 2) Bタイプは、ヘッドスピードが優れているものの、

スイング時間が長いあるいは適切なスイング軌道になっている者となっていない者が混在すること

- 3) Cタイプは、ヘッドスピードが小さく、下向きのヘッド角度が大きいこと
 - 4) Dタイプは、ヘッドスピードとスイング時間が優れて、適切なスイング軌道になっていること
 - 5) Eタイプは、ヘッドスピードが小さく、かつスイング時間が長く、下向きのヘッド角度が小さいこと
- スイングデータと体格から、打撃タイプを8割程度判別できるモデルを構築することができた。

以上のことから、本研究の判別モデルを用いることで、経験豊富な指導者が考える打撃タイプを判別することが可能となり、打撃タイプに応じた指導方法やトレーニングを検討するうえで有益な知見になることが示唆された。

謝辞 本研究を取りまとめるにあたり、関西大学野球部の選手、監督とコーチ陣ら多大なるご尽力を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- [1] Baseball LAB 編集部：打者の「タイプ」とは？, Baseball LAB, 入手先 (<http://www.baseball-lab.jp/column/entry/1/>) (参照 2019-06-28).
- [2] データスタジアム社：野球 × 統計は最強のバッテリーである, 中公新書ラクレ, pp.64-71 (2015).
- [3] 城所収二, 若原 卓, 矢内利政：野球のバッティングにおける打球飛距離と打球の運動エネルギーに影響を及ぼすスイング特性, バイオメカニクス研究, Vol.15, No.3, pp.78-86, 日本バイオメカニクス学会 (2011).
- [4] Sawicki, G.S., Hubbard, M. and Stronge, W.J.: How to hit home runs: Optimum baseball bat swing parameters for maximum range trajectories, *American Journal of Physics*, Vol.71, No.11, pp.1152-1162, American Association of Physics Teachers (2003).
- [5] 蔭山雅洋：バットスイング動作の指導およびトレーニング方法開発のための評価システムの検討—センシングデータを活用した野球教室およびアスリートサポートの取り組みを基に, 鹿屋体育大学学術研究紀要, Vol.55, pp.5-7, 鹿屋体育大学 (2017).
- [6] 清水雄一, 鳴尾丈司, 柴田翔平, 矢内利政：慣性センサを用いた野球スイングにおけるバット挙動の計測, スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集, Vol.15, No.21, pp.A-21-1-A-21-9, 日本機械学会 (2015).
- [7] 文部科学省：運動部活動での指導のガイドライン, 入手先 (http://www.mext.go.jp/sports/b.menu/sports/mcatetop04/list/_icsFiles/afiedfile/2016/07/01/1372445.1.pdf) (参照 2018-03-21).
- [8] 金堀哲也, 川村 卓, 松尾知之, 朝岡正雄, 山田幸雄, 會田宏：我が国の指導書からみた野球の打撃指導における指導者の着眼点—動作局面における指導対象部位に着目して, コーチング学研究, Vol.25, No.2, pp.149-156, 日本コーチング学会 (2012).
- [9] 城所収二, 園本修也, 赤木亮太：子供の打撃パフォーマンスを最大に高める最適なバットの慣性モーメントと把持条件, バイオメカニクス研究, Vol.22, No.3, pp.94-108, 日本バイオメカニクス学会 (2018).
- [10] 蔭山雅洋, 中島 一, 中本浩揮, 藤井雅文, 前田 明：発達段階の異なる野球選手およびプロ野球選手のバットスイングの特徴, 野球科学研究, Vol.2, pp.57-76, 日本野球

- 科学研究会 (2018).
- [11] Adair, R.K.: The physics of baseball (3rd ed.), Harper-Collins (2002).
- [12] Fleisig, G.S., Barrentine, S.W., Zheng, N., Escamilla, R.F. and Andrews, J.R.: Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development, *Journal of Biomechanics*, Vol.32, No.12, pp.1371-1375, University of Michigan Highway Safety Research Institute (1999).
- [13] Kageyama, M., Sugiyama, T., Kanehisa, H. and Maeda, A.: Difference between adolescent and collegiate baseball pitchers in the kinematics and kinetics of the lower limbs and trunk during pitching motion, *Journal of Sports Science and Medicine*, Vol.14, No.2, pp.246-255, Uludağ Üniversitesi Department of Sports Medicine (2015).
- [14] Jinji, T. and Sakurai, S.: Direction of spin axis and spin rate of the pitched baseball, *Sports Biomechanics*, Vol.5, No.2, pp.197-214, International Society for the Biomechanics of Sport (2006).
- [15] Nagami, T., Morohoshi, J., Higuchi, T., Nakata, H., Naito, S. and Kanosue, K.: The spin on fastballs thrown by elite baseball pitchers, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, Vol.43, No.12, pp.2321-2327, American College of Sports Medicine (2017).
- [16] Jinji, T., Sakurai, S. and Hirano, Y.: Factors determining the spin axis of a pitched fastball in baseball, *Journal of Sports Sciences*, Vol.29, No.7, pp.761-767, Society of Sports Sciences (2011).
- [17] 中本浩揮, 杉原隆, 及川 研: 知覚トレーニングが初級打者の予測とパフォーマンスに与える効果, *体育学研究*, Vol.50, No.5, pp.581-591, 日本体育学会 (2005).
- [18] Takeuchi, T. and Inomata, K.: Visual search strategies and decision making in baseball batting, *Perceptual and Motor Skills*, Vol.64, pp.1191-1197, Perceptual and Motor Skills (2009).
- [19] Schmidt, R.A., Lee, T., Winstein, C., Wulf, G. and Zelaznik, H.: *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis 6th Edition*, p.236, Human Kinetics (2017).
- [20] 城所取二, 矢内利政: 野球における『流し打ち』を可能にするもう一つのインパクトメカニズム, *体育学研究*, Vol.60, No.1, pp.103-115, 日本体育学会 (2015).
- [21] 森下義隆, 矢内利政: バットスイング軌道からみた左右方向への打球の打ち分け技術, *体育学研究*, Vol.63, No.1, pp.237-250, 日本体育学会 (2018).
- [22] 森下義隆: 野球打撃におけるバットを加速させるスイング技術, 早稲田大学スポーツ科学研究科博士論文, 早稲田大学 (2016).
- [23] 阿江数通, 小池関也, 藤井範久, 阿江通良, 川村 卓, 金堀哲也: 野球の打撃動作における打撃条件の違いが上肢のキネマティクスに及ぼす影響: ティーおよび飛来球打撃条件による比較, *体育学研究*, Vol.62, No.2, pp.559-574, 日本体育学会 (2017).
- [24] 金堀哲也, 山田幸雄, 會田 宏, 島田一志, 川村 卓: 野球の打撃における指導者の主観的評価に対するキネマティクスの研究: 下肢および体幹部に着目して, *体育学研究*, Vol.59, No.1, pp.133-147, 日本体育学会 (2014).



蔭山 雅洋

1986年生。2015年鹿屋体育大学大学院体育学研究科体育学専攻博士後期課程修了。博士(体育学)。2015年、鹿屋体育大学プロジェクト研究員、2016年、同大学特任助教、2017年から関西大学先端科学技術推進機構特別任命助教および日本スポーツ振興センター(国立スポーツ科学センタースポーツ科学部)。バイオメカニクス、トレーニング科学に関連する研究に従事。



山本 雄平 (正会員)

1986年生。2015年関西大学大学院総合情報学研究科総合情報学専攻博士課程後期課程修了。博士(情報学)。2015年、関西大学先端科学技術推進機構特別任命助教、2018年、同特別任命准教授、2019年から大阪工業大学情報科学部特任講師。Webマイニング、自然言語処理、スポーツ情報学に関連する研究に従事。



田中 成典 (正会員)

1963年生。1988年関西大学大学院工学研究科土木工学専攻博士課程前期課程修了。博士(工学)。現在、関西大学総合情報学部教授および関西大学先端科学技術推進機構社会空間情報科学研究センター長。2018年 Intelligent Style 株式会社取締役会長。2016年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞「科学技術振興部門」受賞。2019年度国土交通省 i-Construction 大賞「優秀賞」受賞。



柴田 翔平

1988年生。2018年東京大学大学院総合文化研究科博士後期課程修了。博士(学術)。現在、ミズノ株式会社グローバル研究開発部。バイオメカニクス、センサデータ解析に関連する研究に従事。



鳴尾 丈司

1963年生。1986年大阪大学工学部精密工学科卒業。博士(工学)。現在、ミズノ株式会社グローバル研究開発部主任研究員および関西大学先端科学推進機構特別任命教授。スポーツ用具の研究開発、スポーツに関わるデータ分析

の研究に従事。