女子野球選手のバットスイングと選球の意思決定： 熟練度による差異とプレッシャー下での変化

三森 裕希子¹⁾ 田中 美吏¹⁾ 柄木田 健太²⁾

Yukiko Mitsumori¹, Yoshifumi Tanaka¹, Kenta Karakida²: Female baseball players' bat swing and decision making of batting eye: Differences of skill level and changes under pressure

和文抄録：

近年、女子野球の関心が高まり、女子野球選手のパフォーマンスを調べる研究が開始されているが、報告数は少ない。本研究では、大学女子軟式野球選手の野球型スポーツの経験者と初心者を対象に、打撃時のバットのキネマティクス及び選球の2つの側面から、競技レベル別の打撃力の特徴を明らかにすることを第1の目的とした。さらに、プレッシャー下でのそれらの変化を抽出することを第2の目的とした。試合を想定した低プレッシャー条件と高プレッシャー条件での打撃課題を実施した。両条件での経験者の打率は3割前後、初心者の打率は1割台であり有意差が認められた。さらに、経験者は初心者よりも打点、ヘッドスピード、スイング回転半径が有意に大きかった。スイング時間も経験者は初心者よりも有意に短かった。また、経験者と初心者に関わらず、ヘッドスピードは高プレッシャー条件では低プレッシャー条件よりも速かった。高プレッシャー条件では低プレッシャー条件よりもローリングが小さくなり、スイング角度は大きくなった。スイング回転半径については、初心者のみ高プレッシャー条件では低プレッシャー条件よりも回転半径が大きかった。しかし、選球の意思決定に初心者と経験者、ならびに低プレッシャー条件と高プレッシャー条件の差はみられなかった。本研究の結果から、女子野球において打撃力を向上させるためには回転半径が大きくスピードが速いスイングを身に付けることが求められ、プレッシャー下でもそのスイングを維持することが重要であると提案できる。

Key words: skill level, batting, kinematics, decision making, signal detection theory

キーワード: スキルレベル, 打撃, キネマティクス, 意思決定, 信号検出理論

1. 序論

野球のチームパフォーマンスは、投手力、打撃力、守備力、走塁力で構成される。2008年から2015年の全国高等学校野球選手権大会で実施された全390試合の記録を用いた分析によると、投手力、打撃力、守備力の中において打撃力がチームの勝利に最も影響する(末木, 2017)。この研

究における打撃力の指標には、出塁率と長打率を加算した値のOPS (On-base Plus Slugging) が用いられているが、打撃力の機序となるバットのキネマティクスについても、小学生から大学生さらにはプロ野球選手を対象に、発育段階および競技レベル別の特徴が報告されている(蔭山ほか, 2018)。

これらの研究では主に男子選手を対象としてい

1) 武庫川女子大学 健康・スポーツ科学部

〒663-8558 兵庫県西宮市池開町6-46

2) 国立スポーツ科学センター

〒115-0056 東京都北区西が丘3-15-1

1. School of Health and Sports Sciences, Mukogawa Women's University

6-46 Ikebirakicho, Nishinomiya, Hyogo 663-8558, Japan

2. Japan Institute of Sports Sciences

3-15-1 Nishigaoka, Kita, Tokyo 115-0056, Japan

るが、本邦では2009年に女子プロ野球機構が創設されて以来、女子野球への関心が高まり、女子野球の選手数やチーム数は年々増加している。したがって、男子選手のみならず女子選手も対象に、投手力、打撃力、守備力、走塁力について発育段階や競技レベル別の特徴を把握することが急務である。北山・八木(2021)では女子軟式野球選手を対象に、遠投、球速、塁間走、ベースランニング1周について競技経験年数別の比較が行われている。このように女子野球選手のパフォーマンスを調べる研究が開始されているが、報告数は極めて限られており、さらには打撃力に関する報告は見当たらない。

そこで本研究では、大学女子軟式野球選手を対象とする。全日本大学女子野球連盟に加盟している大学は32校であり、競技人口の多い他のスポーツ種目に比べると規模は小さい。そして、多くのチームで大学入学以前に野球型スポーツ(野球もしくはソフトボール)の経験がある選手と野球型スポーツの経験がない選手が混在しながら練習や試合を行っている。野球型スポーツの経験がある選手と経験がない選手の打撃力の差異について、打撃時のバットのキネマティクスに関する諸指標の比較を行うことで明らかにし、経験のない選手が打撃力を高めるために求められるバットスイングの特徴を把握できると考えた。

男子野球選手では、体重が多いほど長打率が高くなり(筒井ほか, 2011)、身長が高くなるほど投球のスピードが速くなる(勝亦, 2019)。よって、野球のパフォーマンスに対しては形態的特徴が関与すると考えられるが、女子野球選手の身長、体重、四肢長や除脂肪量は一般成人女性と同程度であり、女子野球選手の形態的特徴は一般成人女性と比較して優れているわけではない(茂木ほか, 2020)。また、女子野球選手の走力(50m走、ベースランニング)、投力(投球速度、遠投距離)、打力(スイングスピード)には、競技経験年数が影響することも明らかにされている(飯沼・鳥居, 2019)。これらの研究結果を鑑みると、女子野球選手は男子野球選手と比してパフォーマンスに対して形態的特徴が及ぼす影響が少なく、経験年数

の多さに伴う技術的要素が強く影響すると推測される。そこで本研究では女子野球選手に特化して、野球型スポーツの経験がある選手と経験がない選手の打撃力の差異について検討することとした。

さらに本研究では、打撃力の1つの側面であるストライクとボールの選球にも着目する。選球によって打者が四球を増やすことは、上記のOPSの構成要素である出塁率を高めることに寄与する。出塁率から打率を引いた値のIsoD(Isolated Discipline)や1打席あたりの四球率を表すBB%が打者の選球力を反映する指標として活用されているように、ストライクゾーンへの投球に対するバッティングのスキルとともに、ボールゾーンへの投球にはスイングせずに選球する意思決定のスキルも打者には求められる。Gray(2010)は、バッティング・シミュレーターを用いてストライクゾーンはスイングし、ボールゾーンはスイングしない課題を実施させ、大学男子野球選手は非大学野球選手に比べて選球力が高いことを報告している。さらに、大学男子野球選手の中でもこの課題の選球力が高い選手は、後のリーグ戦における打率が高く、安打数や四球数が多く、三振数が少なかった。本研究では、大学女子軟式野球選手を対象に、ストライクゾーンはスイングし、ボールゾーンはスイングしない意思決定のスキルについて、野球型スポーツの経験がある選手と経験がない選手との比較を行う。

また本研究では、打撃時のバットのキネマティクスや選球に対する心理的なプレッシャーの影響も検討する。プレッシャーとは「高いパフォーマンスを発揮することの重要性を高める因子」と定義されており(Baumeister, 1984)、野球の試合場面ではプレッシャーがある中で打撃力の発揮が求められる。そして、様々なスポーツ種目の動作や意思決定に対するプレッシャーの影響を調べる研究が実施されている。

野球における打撃や投球の動作についても調べられており、打撃に関してはスイング時間内におけるリード脚のステップ時間の割合について、ヒット数によって賞金が獲得できるプレッシャー

下では非プレッシャー下に比べてその値の試行間の変動性が増加し、ボールを打撃するタイミングの誤差も増大することが示されている (Gray, 2004)。投球に関しても、プレッシャー下では投球時のリード脚の接地位置について試行間での変動性が増加し、コントロールが悪化することも確認されている (Gray, et al., 2017)。これらの研究では大学男子野球選手を対象としているが、女子野球選手を対象とした研究は見当たらず、さらには打撃時のバットのキネマティクスに関する各指標に対するプレッシャーの影響を調べている研究も見当たらない。加えて、プレッシャー下での熟練者と初心者の比較はゴルフバッティングの動作に関しては行われているが (Tanaka and Sekiya, 2010)、打撃時のバットのキネマティクスに対するプレッシャーの影響については競技レベル別の比較が行われていない。

スポーツ時の意思決定に対するプレッシャーの影響については以下の3つの研究報告がある。Spittle, et al. (2010)は、バスケットボールのシュートとパスとドリブルの選択について、試合の残り時間が短く、得点差が小さい状況ではパスの選択率が増えるが、試合の残り時間が長く得点差が大きい状況ではよりシュートの選択率が増えることを示している。また、高プレッシャー条件と低プレッシャー条件の2つの条件で、サッカーのペナルティキック場面を想定したシミュレーション課題を行った実験では、高プレッシャー条件の方がボールを蹴る方向を決定するまでの時間が長かった (Navarro, et al., 2012)。さらに、ハンドボールの攻撃時の映像を静止した後に出来る限り早く次のプレーの選択肢を口頭で回答する課題では、プレッシャー条件では非プレッシャー条件に比べて回答が遅くなり、回答の質も低下した (Laborde, et al., 2014)。これらの研究結果から、プレッシャーがスポーツ時の意思決定に影響を及ぼすことが明らかにされているが、野球における意思決定を対象とした研究は見当たらない。

以上より、本研究では大学女子軟式野球選手の中で野球型スポーツの経験がある選手と経験がない選手を対象に、打撃時のバットのキネマティク

ス及びストライクとボールの選球について競技レベル別の差異を調べることを第1の目的とした。さらに、野球型スポーツの経験がある選手と経験がない選手におけるバットのキネマティクス及びストライクとボールの選球に対するプレッシャーの影響を調べることを第2の目的とした。打撃時のバットのキネマティクス及びストライクとボールの選球の2つの側面から、女子野球選手の競技レベル別の打撃力の特徴を明らかにし、プレッシャー下でのそれらの変化までを抽出することを狙いとした。

第1の目的に対しては、女子野球選手における投力や走力 (北山・八木, 2021) と同様に、プレッシャーの高低に関わらずバットのキネマティクスと選球の両方において経験者は初心者よりも優れた打撃力を有すると仮説を立てた。さらに、プレッシャー下では運動学習の前段階への後退が生じることが指摘されている (Masters, 1992)。そこで第2の目的に対しては、プレッシャー下では経験者と初心者ともに、打撃力の低下に繋がるバットのキネマティクスと選球が生じると仮説を立てた。

II. 方法

1. 実験対象者

対象者は女子軟式野球に取り組む大学生16名 (平均年齢 20.06 ± 0.56 歳)であった。その内、大学入学以前に野球型スポーツの経験がある選手8名を経験者群とした。経験者群の8名における実験日までの野球型スポーツ (野球とソフトボール) の平均経験年数は 9.13 ± 2.57 年であった。大学入学以前に野球型スポーツの経験がない選手8名 (大学入学後から実験日までの野球の平均経験年数 2.25 ± 0.43 年) を初心者群とした。初心者8名の大学入学以前の経験スポーツは、バスケットボール、バレーボール、テニス、陸上競技、水泳であった。なお、本研究は第4回武庫川女子大学研究倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号19-71)。

2. 実験環境

実験参加者が所属する大学の野球部が使用するグラウンドで実験を実施した。グラウンドは、全日本大学女子野球選手権大会実施要項に従い、塁間距離25m、投手プレート・本塁距離17mに設定し、本塁・一塁間と本塁・三塁間にのみ白線でファウルラインを引いた。本実験ではピッチングマシンからの投球に対してバッティングを行うため、安全に配慮し本塁後方に防球ネットを配置した。なお、実験環境の統一を図るため、守備者、ランナーは置かなかった。

3. 実験手続

試合を想定した低プレッシャー条件と高プレッシャー条件での打撃をそれぞれ1日ずつ実施させ、計2日の実験を実施した。実験では、実験参加者4名を1グループとした。各実験参加者に実際の試合を想定した高プレッシャー条件と低プレッシャー条件の2条件で、それぞれ15打席、合計30打席のバッティング課題を行わせ、打撃パフォーマンスを打撃成績、バットのキネマティクス、ストライクとボールの選球の3つに分け、評価を行った。1日の実験の所要時間は1グループにつき約60分であった。

はじめに、研究説明を書面や口頭で行い、実験参加の同意を得た。実験実施前に表1に示した低プレッシャー条件および高プレッシャー条件の試合場面^{注1)}を説明し、各打席でその場面をイメージするよう教示した。さらに、高プレッシャー条件でのみ、観客を8~14名配置した。

両プレッシャー条件において、バットにミズノ社製のSwing Tracerを装着し、投球に対して自分のフォームで打撃を行うように教示した。本実験では、投球速度の変化やコントロールの乱れを最

小限にするため、投球は全てミズノ社製のピッチングマシンで行い、球種は全てストレート、球速は約100km/hに設定した。対象者ごとにストライクとボールの球数は異なったが、実験全体におけるストライク率は約82%であった。各打席のボールカウントを3ボール2ストライクと設定したため、投球に対してフェアゾーンへの安打、凡打、もしくは三振だった場合はその打席を終了、ファウルだった場合は打席を継続、四球だった場合は全15打席が終了後、その打席をやり直しとした。

4名の実験参加者が順番に打撃課題を行った。自分の打席が終了した後、他の3名の打席が終了して再び打席が回ってくるまでの間を休憩時間とし、直前に行った試行についての主観的な緊張の程度と試合状況のイメージ度を視覚的アナログ尺度(VAS: Visual Analogue Scale)に記入させた。各対象者の全打席のボールカウント、フェアゾーンへのヒッティングの場合の打球の位置、スイングの有無をスコアシートに記録した。また、打球や対象者の打撃フォームを事後的に確認するために、2台のビデオカメラを用いてグラウンド全体と対象者の動作を撮影した。

4. 測定項目

1) 打撃成績

ストライク及びボールの判定や打球の評価は、打者の後方に設置した防球ネットの外側から筆頭著者1名と実験には参加していない軟式野球に取り組む大学生女子1名(大学入学前に6年間のソフトボール経験有り)の2名で行った。判定の難しい投球や打球に対しては、試行後すぐに2名による相談をし決定した。また、実験後に筆頭著者のみでスコアシートおよびビデオカメラの映像による判定の確認を行い、対象者の各条件における

表1 本実験で用いた各条件設定における教示内容

条件設定	イニング	アウトカウント	ランナー	点差	ボールカウント
低プレッシャー (Low Pressure:LP)	1回	1アウト	2・3塁	1点差負け	3-2
高プレッシャー (High Pressure:HP) (最終回)	7回	1アウト	2・3塁	1点差負け	3-2

打点と打率を算出した。本実験における打点は、打撃されたボールが内野手の頭上をライナーで越えるヒット、内野手の守備範囲以外（一二塁間、二遊間、三遊間）をゴロやライナーで通過するヒット、および外野定位置より後方へのフライアウトの場合に1点とした。さらに、レフト線やライト線、左中間や右中間を高速で通過する長打の場合2点とした。外野手の頭上を大きく超える長打やフェンスオーバーの本塁打は本実験では出現しなかった。また、本実験における打率は打数(四球を除く全15打席)と外野への安打のみを用いて算出した。

2) バットのキネマティクス

バットのグリップエンドに装着した Swing Tracer によって得られたスイング時間、最大ヘッドスピード、インパクト時のヘッドスピード、インパクト加速度、ローリング、スイング回転半径、ヘッド角度、スイング軌道の8項目を評価した。なお、それぞれの項目の概要を表2にまとめた。インパクト加速度は投球されたボールに対して振り遅れた場合にプラスの値を示す。また、ヘッド角度はスイングの軌道面を反映するため、基本的にマイナスの値となり、マイナスの値が大きいほどインパクト時にバットヘッドが大きく下へ傾いていたことを示す。

3) ストライクとボールの選球の意思決定

各試行においてストライクゾーンの投球に対してスイングする・しない、およびボールゾーンの投球に対してスイングする・しないといった選球に関する意思決定について信号検出理論 (Green

and Swets, 1966) を用いて評価した。各参加者のスコアシートから、各条件におけるストライクコースにスイングした数 (Hit)、ストライクをスイングしなかった数 (False Alarm)、ボールコースにスイングした数 (Miss)、ボールコースにスイングしなかった数 (Correct Rejection) を算出した。これらの数にはファールになったときのスイングも含めた。Hit, False Alarm, Miss, Correct Rejection の数から信号検出力 (d') と反応バイアス (c) を算出した^{注2)}。

d' は数値が大きいほど Hit や Correct Rejection の割合が多く、意思決定の選択感度が高いことを意味し、本実験においてはストライクゾーンをスイングし、ボールゾーンをスイングしないという選球に関する正確な意思決定が出来ていたことを表す。反対に、数値が小さいほど Hit や Correct Rejection の割合が小さく、ストライクゾーンをスイングせずに、ボールゾーンをスイングするという選球に関する正確な意思決定が出来ていなかったことを表す。 c は0を基準にマイナスの値が大きいほど Miss の割合が多く、ボールコースをスイングする意思決定が多かったことを表す。一方でプラスの値が大きいほど False Alarm の割合が大きく、ストライクコースを見逃す意思決定が多かったことを表す。

4) 主観的な緊張度と試合状況のイメージ度

各試行終了後、直前に行った試行に対する主観的な緊張度と試合状況のイメージ度を、それぞれ VAS の 10cm の直線上に記録させた。低プレッシャー条件と高プレッシャー条件の 15 試行にお

表2 Swing Tracerによって測定される8項目

測定項目	単位	概要
スイング時間	秒	振り始めからインパクトまでの時間
ヘッドスピード (MAX)	km/h	振り始めからインパクトまでの最大速度
ヘッドスピード (インパクト)	km/h	インパクト時のヘッドスピード
インパクト加速度	m/sec ²	インパクト時のヘッドの加速度
ローリング	回転/sec	インパクト時の手首の回旋に伴うバットの回転量
スイング回転半径	m	グリップエンドからスイングの回転中心までの距離
ヘッド角度	°	インパクト時のバットの傾き
スイング軌道	°	インパクト時にヘッドが向かっている方向

ける平均値を算出することで、両条件で各実験参加者が感じた主観的な緊張度と試合状況のイメージ度として評価した。10cmの直線の左端から直線上に記入した線までの距離 (cm) を求め、その値を緊張度とイメージ度の得点とした。

5. 統計分析

上記の打撃成績、バットのキネマティクス、ストライクとボールの選球の意思決定、主観的な緊張度とイメージ度の各指標について、群 (2: 経験者と初心者) × 条件 (2: 低プレッシャーと高プレッシャー) の2要因分散分析を行った。群は実験参加者間要因であり、条件は実験参加者内要因であった。2要因分散分析の有意水準は5%未満とした。データ分析は統計解析ソフトSPSS ver.21を使用した。

III. 結果

本研究で取り扱った打撃成績、バットのキネマティクス、選球の意思決定およびVASの全14指標について、初心者と経験者の各条件における平

表3 高プレッシャー条件と低プレッシャー条件の各指標の平均値 (標準偏差) と2要因分散分析の結果

測定項目	単位	初心者		経験者		主効果			
		LP	HP	LP	HP	群	条件	交互作用	
・ 打撃成績									
打率		0.10 (0.09)	0.17 (0.09)	0.31 (0.07)	0.27 (0.05)	35.30 (Nov<Exp)	**	0.16 N.S.	2.96 N.S.
打点		2.25 (2.05)	3.13 (1.36)	8.00 (2.06)	7.00 (2.55)	41.88 (Nov<Exp)	**	0.01 N.S.	1.36 N.S.
・ バットスイング									
スイング時間(秒)	秒	0.15 (0.01)	0.15 (0.01)	0.13 (0.01)	0.14 (0.01)	5.07 (Nov>Exp)	*	0.95 N.S.	0.62 N.S.
ヘッドスピード(MAX)	km/h	85.99 (4.48)	87.81 (5.60)	96.69 (7.07)	100.24 (6.68)	14.25 (Nov<Exp)	**	6.94 (LP<HP)	* N.S.
ヘッドスピード(インパクト)	km/h	85.81 (4.54)	87.55 (5.68)	96.51 (6.96)	100.17 (6.72)	14.47 (Nov<Exp)	**	6.93 (LP<HP)	* N.S.
インパクト加速度	m/sec ²	1.04 (38.87)	15.41 (42.65)	43.95 (36.60)	58.73 (71.99)	4.59 N.S.		0.71 N.S.	0.00 N.S.
ローリング	回転/sec	1.79 (0.43)	1.63 (0.53)	1.87 (0.31)	1.37 (0.55)	0.19 N.S.		7.52 (LP>HP)	* N.S.
スイング回転半径	m	0.09 (0.05)	0.11 (0.04)	0.17 (0.04)	0.15 (0.04)	7.78 (Nov<Exp)	*	0.30 N.S.	10.27 (Nov-LP<HP)
ヘッド角度	°	-19.52 (6.30)	-16.25 (5.46)	-23.02 (6.38)	-18.34 (5.23)	1.08 N.S.		6.08 (LP>HP)	* N.S.
スイング軌道	°	5.21 (9.60)	4.16 (5.44)	0.08 (3.95)	2.60 (3.70)	1.19 N.S.		0.39 N.S.	2.26 N.S.
・ 意思決定									
信号検出力(d')		1.24 (0.37)	1.32 (0.74)	1.63 (0.67)	1.35 (0.61)	0.75 N.S.		0.18 N.S.	0.62 N.S.
反応バイアス(c)		-1.26 (0.30)	-1.19 (0.50)	-0.99 (0.45)	-1.06 (0.45)	1.22 N.S.		0.00 N.S.	0.21 N.S.
・ VAS									
主観的緊張度		3.82 (1.95)	4.22 (1.94)	3.43 (1.81)	4.19 (1.14)	0.01 N.S.		0.01 N.S.	0.01 N.S.
イメージ度		4.84 (1.80)	4.97 (1.92)	4.71 (1.66)	4.69 (1.36)	0.06 N.S.		0.04 N.S.	0.08 N.S.

*p<.05, **p<.01, LP: 低プレッシャー条件, HP: 高プレッシャー条件, 右3列は群の主効果・条件の主効果・群と条件の交互作用のF値を表す

均値と標準偏差, ならびに2要因分散分析の結果を表3にまとめた. 各対象者の打撃成績とバットのキネマティクスの10指標については, 低プレッシャー条件と高プレッシャー条件別に15打席の平均値を文末の資料1と資料2に示した.

打撃成績については, 打率 ($F(1,14) = 35.30, p < .01$) および打点 ($F(1,14) = 41.88, p < .01$) の両指標において群の主効果が認められ, 両指標において初心者よりも経験者の方が良い成績を示した. これらの指標に条件の主効果と交互作用は見られなかった.

バットのキネマティクスについては, スイング回転半径に交互作用が認められた ($F(1,14) = 10.27, p < .01$). 多重比較を行った結果, 初心者群が高プレッシャー条件において低プレッシャー条件よりもスイング回転半径が有意に大きかった ($p < .01$). その他のSwing Tracerによって計測されたバットのキネマティクスに関する各指標に交互作用は認められなかった. スイング時間 ($F(1,14) = 5.07, p < .01$), 最大ヘッドスピード ($F(1,14) = 14.25, p < .01$), インパクトヘッドスピード ($F(1,14) = 14.47, p < .01$), スイング回転半径 ($F(1,14) = 7.78, p < .01$) には群の主効果が認められた. 条件に関わらず経験者は初心者よりもスイング時間が短く, 最大ヘッドスピードとインパクトヘッドスピードが速く, スイング回転半径が大きかった. さらに, 最大ヘッドスピード ($F(1,14) = 6.94, p < .05$), インパクトヘッドスピード ($F(1,14) = 6.93, p < .05$), ローリング ($F(1,14) = 7.52, p < .05$), ヘッド角度 ($F(1,14) = 6.08, p < .05$) には条件の主効果が認められた. 群に関わらず高プレッシャー条件では低プレッシャー条件よりも最大ヘッドスピードとインパクトヘッドスピードが速く, ローリングが小さく, ヘッド角度が地面と並行に近くなった.

選球の意思決定の指標である信号検出力 (d') と反応バイアス (c), さらにはVASを用いて測定した主観的緊張度とイメージ度には, 交互作用, 群の主効果, 条件の主効果のいずれも認められなかった.

IV. 考察

本研究の第1の目的は, 大学女子軟式野球選手の中で野球型スポーツの経験がある選手と経験がない選手を対象に, 打撃時のバットのキネマティクス及びストライクとボールの選球について競技レベル別の差異を調べ, 経験のない選手が打撃力を高めるために求められることを提案することであった. 打撃成績に関しては, 経験者群が初心者群よりも有意に打率が高く, 打点も多かった. 打率の平均値を見ると, 経験者においては3割前後であり, 初心者においては1割台であった. 初心者のヒット数の少なさに伴い, 打点に関しても初心者は経験者よりも1死2・3塁の状況での15打数で約5点少なかった. 本研究では日常の練習環境にてピッチングマシンを使用し, 球種をストレートに限定して打撃課題を実施させたが, 投手を相手に球速の変動や球種の数が増える試合場面での打撃成績を初心者が高めるためには, 練習環境でピッチングマシンから投げられるストレートに対して経験者が打つことができる約3割の打率に近づける必要性が本研究の結果から提案できる.

打撃成績の機序となる打撃時のバットのキネマティクスについては, スイング開始からボールがバットに当たるまでのスイング時間が経験者よりも初心者群は有意に長く, 最大およびインパクト時のヘッドスピードに関しても初心者は経験者よりも有意に遅かった. 打者は投手が投じるボールの軌跡初期までの限られた情報に基づいて球種, コース, 到達時間などを瞬時に予測してスイングを開始する (田中・関矢, 2010). そのため, 打者はできる限りスイング速度を速くし, スイング時間を短くすることでスイング開始前に得られる情報量をより多くすることが求められる (Schmidt, et al., 2017). 野球の熟練者と初心者における打者の球種, コースに関する予測を検討した研究では, ボールが投げられてから特定の時点での予測の正確性は, 熟練者の方が初心者に比べ高いことが示されている (Paull and Glencross, 1997). 本実験の初心者は経験者と比較してスイ

ングを開始するタイミングが早かったため、正確なコース予測を行うための適切な情報処理を行うことができず、上述の打撃成績の差に繋がったと考えられる。

次に、スイング前半部分のコンパクトさを意味するスイング回転半径に関しては、初心者が経験者よりも有意に小さかった。大学男子野球選手を対象に、グリップ位置がバットスイングに及ぼす影響を検討した研究では、バットを短く持った時の方が長く持った時よりも回転半径が小さくなり、それによって慣性モーメントが小さくなるため、バットコントロールも容易になることが報告されている(川端・伊藤, 2012)。本実験に参加した初心者は、日頃から、打撃に必要な筋力不足やバットコントロールの未熟さを補うためにグリップを短く持つことを指導されており、実験中の打席内でもグリップを短く持って打撃をしている選手が多くみられた。また、本研究の打撃課題におけるボールカウントは3ボール2ストライクであり、初心者は空振りを避け、バットにボールが当たるようにスイングする方略を取ることで回転半径が小さくなった可能性も考えられる。以上より、女子軟式野球において野球型スポーツの経験が少ない初心者が打撃力を向上させるためには、回転半径を小さくせずに、速いヘッドスピードのバッティングを出来るようにし、投球後にスイングを開始するタイミングを遅らせることが必要である。

続いて、信号検出理論を用いて評価した選球の意思決定については、ストライクゾーンをスイングし、ボールゾーンをスイングしない意思決定の正確性を表す信号検出力 (d') に群間の差はみられなかった。さらに、ボールゾーンをスイングし、ストライクを見逃す意思決定の反応バイアス (c) にも群間の差はみられなかった。Gray (2010) では、男子大学野球選手は大学で野球に取り組んでいない野球経験者に比べて上記の d' の値が大きく、選球の意思決定の精度が高いことを示しているが、本研究ではこのような結果は得られなかった。上記の通り打撃時のバットのキネマティクスについては様々な指標に初心者と経験者の差がみ

られたが、ピッチングマシンから投げられるストリートに対する選球に関しては初心者と経験者の差はなく、女子野球の初心者は選球力を高めることよりも先ずバットスイングの強化を優先することが望ましいと考えられる。

本研究の第2の目的は、大学女子野球選手の初心者と経験者の打撃時のバットのキネマティクス及びストライクとボールの選球に対するプレッシャーの影響を調べることであった。打撃成績の指標である打率や打点に低プレッシャー条件と高プレッシャー条件の差はなかったが、バットのキネマティクスに関しては高プレッシャー条件では低プレッシャー条件に比べて、群に関わらず最大およびインパクトのヘッドスピードが速くなり、ローリングが小さくなり、下に傾いていたヘッド角度が地面と並行に近くなるスイングの変化が生じた。ヘッドスピードの増加やヘッド角度の減少は、フライでアウトになることを避けるために、強いライナーやゴロの打球を打ちたい意識が働いたことが原因と考えられる。つまり、低プレッシャー条件から高プレッシャー条件にかけてのバットスイングの変化は、プレッシャー状況によって誘発される運動方略の変化に起因した可能性がある。また、ローリングについては、大きいほど打球の回転数が大きくなり、打球の飛距離が伸びること (Sawicki, et al., 2003)、同じ飛距離の打球でも低い弾道で飛翔すること (志村ほか, 2012) が報告されている。よって本研究における高プレッシャー条件でローリングの小ささは、打球の飛距離や速さに対して負の効果があったと推測される。プレッシャーのかかった状況で強い打球を生み出すためには、ヘッド角度を上げず、ローリングも減少させない中でヘッドスピードを増加させることが求められる。

これらの指標に加えて、初心者においては低プレッシャー条件から高プレッシャー条件にかけてスイング回転半径が大きくなった。したがって、初心者においては低プレッシャー条件から高プレッシャー条件にかけてヘッドスピードとスイング回転半径の増加が生じた。プレッシャー下で打撃成績の向上はみられなかったものの、経験者の

スイング回転半径とは差がない効果的なバッティングが生じていたと考えられる。一方で、中学生から大学生にかけてスイング回転半径は小さくなるという報告もある(蔭山ほか, 2018)。したがって、高プレッシャー条件でのスイング回転半径の増加は、ドアスイングと称されるバットのヘッドが遠回りをする、打撃に対して負の効果を持つスイングであったという解釈も考えられる。

プレッシャー下における野球の打撃動作に関する先行研究では、スイング時間内におけるリード足のステップ時間の割合について試行間の変動性がプレッシャー下では増加することが示されている(Gray, 2004)。そして本研究の結果から、打撃動作とともにバットのキネマティクスにおけるヘッドスピード、ローリング、スイング回転半径の4指標に対してもプレッシャーが影響するという知見が加わった。今後は、プレッシャー下でのゴルフパッティングについてバッティング動作とパター運動の両面から調べている研究のように、打撃動作とバットのキネマティクスの両方を同一実験内で測定する研究に発展させることが望まれる。プレッシャー下でのゴルフパッティングに関しては、バックスイング期のパターや腕の運動の変位、速度、時間が減少し(Hasegawa, et al., 2013; 長谷川ほか, 2011; 田中・関矢, 2006; Tanaka and Sekiya, 2010; Tanaka and Sekiya, 2011)、ダウンスイング期のパターの運動加速度が増加する(Cooke, et al., 2011; Cooke, et al., 2010; Moore, et al., 2012; Tanaka and Sekiya, 2011)ことが明らかになっている。野球の打撃に関しても、これらの研究のように打撃動作の局面別の分析や、さらには打撃動作とバットのキネマティクスの関係も含めた分析を行うことでプレッシャーが打撃に及ぼす影響について詳細な機序を把握できると考えられる。

また本研究では、ストライクとボールの選球の意思決定にプレッシャーが及ぼす影響も検討したが、信号検出力(d')と反応バイアス(c)の両指標において低プレッシャー条件と高プレッシャー条件の差はみられなかった。つまり、ピッチングマシンから投げられるストレートに対する

選球に対してはプレッシャーの影響はなく、意思決定の認知スキルよりも打撃動作やバットスイングの運動スキルの方がプレッシャーの影響を受けやすいことを本研究の結果は示唆している。しかしながら、本研究ではボールやアウトカウント、球種、球速を限定した中で選球の意思決定を測定しているため、今後の研究では本研究とは異なるボールやアウトカウントの状況や、球速の変動や球種の数が増える実践場面に近い認知的負荷が大きい状況を設定したうえで選球に対するプレッシャーの影響を調べる必要がある。

最後に、低プレッシャー条件と高プレッシャー条件における緊張度と各条件で設定した試合状況のイメージ度を確認するために、VASを用いて主観的な緊張度とイメージ度を本研究では測定した。イメージ度に関しては全実験参加者の平均値が両条件において最大10点のなかで約5点であり、ある程度試合状況のイメージは出来ていたものの、十分なイメージを描けているとは言えない結果であった。主観的な緊張度に関しても両条件において最大10点の中で約4点であり、条件間の差はみられなかった。高プレッシャー条件では試合状況を最終回である7回裏とし、さらに観客も配置したが、実験環境や実験時間を考慮し、グラウンド上に守備者やランナーが置かれてなく、投球もピッチングマシンからのものであり、実際の試合のような臨場感を再現することができなかったことが、高い緊張度やイメージ度が生じなかった原因と考えられる。しかし、VASによる主観的な緊張度と試合のイメージ度に統計的な有意差は認められなかったものの、今回の実験では計測できなかった何らかの心理的及び生理的な変化が生じていた可能性があり、それがバットのキネマティクスに影響を与えたものと推測される。今後の研究では、より高い緊張度やイメージ度を作り出して実験を行うことが求められる。また、状態不安や心拍を測定することで、プレッシャー下での心理面と生理面のストレス反応を本研究以上に精緻に測定することも行う必要があると考えられる。

V. まとめ

本研究では、大学女子軟式野球を対象とし、大学に入学以前に野球型スポーツの経験がある選手と経験がない選手の打撃時のバットのキネマティクス及びストライクとボールの選球について比較を行うことが第1目的であり、バットのキネマティクス及びストライクとボールの選球に対するプレッシャーの影響を調べるのが第2目的であった。野球型スポーツの経験者8名と初心者8名が実験に参加し、試合を想定した高プレッシャー条件と低プレッシャー条件での打撃成績、バットのキネマティクス、選球の意思決定の3つの観点から評価を行った。その結果、打撃成績に関しては、打点、打率ともに経験者の方が初心者よりも高く、経験者の打率は3割前後、初心者の打率は1割台であった。Swing Tracerを用いて測定したバットのキネマティクスに関する各指標の結果から、初心者は経験者よりもスイング時間が長く、最大およびインパクト時のヘッドスピードが遅く、スイング回転半径が小さかった。初心者と経験者ともに高プレッシャー条件では低プレッシャー条件に比べて、最大およびインパクト時のヘッドスピードが速くなり、ローリングが小さくなり、下向きであったヘッド角度も地面と並行に近くなった。低プレッシャー条件では打球角度を上げるためのスイングを実施していたが、高プレッシャー条件ではライナーやゴロの速い打球を打つことを意識したため、このようなスイングの変化が生じたと考えられる。初心者の高プレッシャー条件においては低プレッシャー条件よりもスイング回転半径が大きくなった。ストライクとボールの選球の意思決定の正確性や、ストライクゾーンをスイングしない、もしくはボールコースをスイングする意思決定のバイアスに初心者と経験者、ならびに低プレッシャー条件と高プレッシャー条件の差はみられなかった。これらの結果より、大学女子野球において野球型スポーツの経験がある選手は、プレッシャーがかかる重要な試合でも安定したバッティングをできるようにする必要があり、野球型スポーツの経験がない選手は

打撃力を高めるために回転半径が大きくスピードが速いスイングを身に付けることが重要であると考えられる。

付記

本研究は、日本学術振興会 (JSPS) 科研費 (研究種目: 基盤研究 (C), 課題番号: 20K11379) の助成を受けて行った。

注記

注1) 各条件でランナーを2・3塁と設定した理由は、凡打や三振の場合は点数が入らず、安打および犠牲フライの場合は同点もしくは逆転の可能性のある状況としたかったためである。1アウトに設定した理由は、仮に7回2アウトで凡打や三振の場合にはチームの負けになるため、それを避けるために打撃のパフォーマンスが変わる可能性が考えられたためである。つまり、その場合、プレッシャーによるパフォーマンスの変化を抽出するという本研究の目的とは異なり、7回2アウトという状況に伴うパフォーマンスの変化を抽出することも含まれるため、それを避けるためにそのような打撃方略の変化が起きにくい1アウトと設定した。

注2) Cañal-Bruland and Schmidt (2009), 菊政・國部 (2018), 菊政・國部 (2020) を参照し、まずHit率 ((Hitの試行数 + 0.5) / (Hitの試行数 + Missの試行数 + 1)) をzスコア化したz(H) と、FA率 ((FAの試行数 + 0.5) / (CRの試行数 + FAの試行数 + 1)) をzスコア化したz(FA) を求めた。そして、 $z(H) - z(FA)$ をd'とし、 $-0.5(z(H) + z(FA))$ をcとした。

文献

- Baumeister, R.F. (1984) Choking under pressure: Self-consciousness and paradoxical effects of incentives on skillful performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 46(3): 610-620.
- Cañal-Bruland, R. & Schmidt, M. (2009) Response

- bias in judging deceptive movements. *Acta Psychologica*, 130(3): 235-240.
- Cooke, A., Kavussanu, M., McIntyre, D., Boardley, I.D., & Ring, C. (2011) Effects of competitive pressure on expert performance: Underlying psychological, physiological, and kinematic mechanisms. *Psychophysiology*, 48(8): 1146-1156.
- Cooke, A., Kavussanu, M., McIntyre, D., & Ring, C. (2010) Psychological, muscular and kinematic factors mediate performance under pressure. *Psychophysiology*, 47(6): 1109-1118.
- Gray, R. (2004) Attending to the execution of a complex sensorimotor skill: Expertise differences, choking and slumps. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 10(1): 42-54.
- Gray, R. (2010) Expert baseball batters have greater sensitivity in making swing decisions. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(3): 373-378.
- Gray, R., Anders, O., & Tim, W. (2017) Ironic and reinvestment effects in baseball pitching: How information about an opponent can influence performance under pressure. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 39(1): 3-12.
- Green, D.M. & Swets, J.A. (1966) *Signal detection theory and psychophysics*, Wiley: New York.
- Hasegawa, Y., Koyama, S., & Inomata, K. (2013) Perceived distance during golf putting. *Human Movement Science*, 32(6): 1226-1238.
- 長谷川弓子・矢野野都・小山哲・猪俣公宏 (2011) プレッシャー下のゴルフバッティングパフォーマンス: 不安の強度とバッティング距離の影響. *スポーツ心理学研究*, 38(2): 85-98.
- 飯沼素子・鳥居昭久 (2019) 女子軟式野球選手の基本的競技能力調査報告. *スポーツパフォーマンス研究*, 11: 339-360.
- 蔭山雅洋・中島一・中本浩揮・藤井雅文・前田明 (2018) 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*, 2: 57-76.
- 勝亦陽一 (2019) 成長期野球選手における投球障害と身体発育因子の関係. *トレーニング科学*, 30(4): 213-220.
- 川端浩一・伊藤章 (2012) グリップ位置と投球速度の違いが野球のバットスイングに及ぼす影響. *体育学研究*, 57(2): 557-565.
- 菊政俊平・國部雅大 (2018) 野球の捕手におけるプレー指示場面での状況判断および視覚探索に関する方略. *スポーツ心理学研究*, 45(1): 27-41.
- 菊政俊平・國部雅大 (2020) 試合状況に関する情報が野球の捕手におけるプレー指示場面での状況判断に及ぼす影響. *体育学研究*, 65: 237-252.
- 北山和志・八木久仁子 (2021) 女子軟式野球選手を対象とした基礎能力調査: 遠投・球速・塁間走・ベースランニングより. *野球科学研究*, 5: 1-11.
- Laborde, S., Raab, M., & Kinrade, N.P. (2014) Is the ability to keep your mind sharp under pressure reflected in your heart? Evidence for the neurophysiological bases of decision reinvestment. *Biological Psychology*, 100: 34-42.
- Masters, R.S.W. (1992) Knowledge, knerves and know-how: The role of explicit versus implicit knowledge in the breakdown of a complex motor skill under pressure. *British Journal of Psychology*, 83(3): 343-358.
- 茂木康嘉・大塚俊・谷中拓哉 (2020) 女子野球選手における形態的・体力的特徴. *尚美学園大学スポーツマネジメント研究紀要*, 1: 57-66.
- Moore, L.J., Vine, S.J., Cooke, A., Ring, C., & Wilson, M.R. (2012) Quiet eye training expedites motor learning and aids performance under heightened anxiety: The roles of response programming and external attention. *Psychophysiology*, 49(7): 1005-1015.
- Navarro, M., Miyamoto, N., van der Kamp, J., Morya, E., Ranvaud, R., & Savelsbergh, G.J.P. (2012) The effects of high pressure on the point of no return in simulated penalty kicks. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(1): 83-101.
- Paull, G. & Glencross, D. (1997) Expert perception and decision making in baseball. *International Journal of Sport Psychology*, 28(1): 35-56.
- Sawicki, G.S., Hubbard, M., & Stronge, W.J. (2003)

- How to hit home runs: Optimum baseball bat swing parameters for maximum range trajectories. *American Journal of Physics*, 71(11): 1152-1162.
- Schmidt, R.A., Lee, T., Winstein, C., Wulf, G., & Zelaznik, H.N. (2017) Motor control and learning: A behavioral emphasis, 6th edition, Human Kinetics: Champaign.
- 志村芽衣・宮澤隆・矢内利政 (2012) スイング角度およびローリング角速度が打球特性に及ぼす影響：野球のインパクトシミュレーション. *バイオメカニクス研究*, 16(3) : 138-147.
- Spittle, M., Kremer, P., & McNeil, D.G. (2010) Game situation information in video-based perceptual decision making: The influence of criticality of decisions. *Physical Education and Sport*, 8(1): 37-46.
- 末木新 (2017) 高校野球における試合の勝敗に影響を与える要因：投手力・打撃力・守備力の比較. *体育学研究*, 62(1) : 289-295.
- 田中美吏・関矢寛史 (2006) 一過性心理的ストレスがゴルフパッティングに及ぼす影響. *スポーツ心理学研究*, 33(2) : 1-18.
- Tanaka, Y. & Sekiya, H. (2010) The influence of audience and monetary reward on the putting kinematics of expert and novice golfers. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81(4): 416-424.
- Tanaka, Y. & Sekiya, H. (2011) The influence of monetary reward and punishment on psychological, physiological, behavioral, and performance aspects of a golf putting task. *Human Movement Science*, 30(6): 1115-1128.
- 田中ゆふ・関矢寛史 (2010) 投球予測における顕在的・潜在的知覚トレーニングの効果. *体育学研究*, 55(2) : 499-511.
- 筒井大助・船渡和男・高橋流星 (2011) 野球競技におけるバッティング内容の比較とそれへの体格の影響. *トレーニング科学*, 23(1) : 45-54.

資料1 低プレッシャー条件における各実験対象者の打撃成績及び打撃時のバットのキネマティクスの指標 (15打席の平均値)

	打撃成績			バットスイング (Swing Tracer)							
	打点	打率	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)	インパクト加速度	ローリング	スイング回転半径	ヘッド角度	スイング軌道	
経験者	A	5	.200	0.12	87.76	87.76	98.14	1.61	0.22	-22.60	-0.07
	B	9	.333	0.13	103.90	103.90	36.48	1.98	0.19	-26.93	-3.89
	C	6	.333	0.13	93.25	92.92	34.82	1.96	0.15	-27.74	-3.02
	D	9	.267	0.13	85.13	85.13	80.32	2.26	0.24	-22.50	-2.30
	E	9	.333	0.15	103.51	103.51	40.47	1.74	0.13	-31.66	5.54
	F	7	.267	0.12	104.43	103.51	12.70	1.58	0.15	-14.47	-4.70
	G	12	.467	0.14	95.15	95.15	-23.40	2.35	0.13	-26.56	3.62
	H	7	.267	0.14	100.38	100.21	72.11	1.43	0.15	-11.72	5.43
	I	6	.267	0.15	94.96	94.96	37.00	1.86	0.02	-13.86	-4.51
初心者	J	1	.067	0.14	85.72	85.58	-78.38	1.59	0.05	-16.49	6.34
	K	0	.000	0.14	78.74	78.74	19.21	1.80	0.11	-30.46	-5.59
	L	3	.133	0.14	83.89	83.89	40.53	2.36	0.11	-11.18	4.56
	M	1	.070	0.15	83.05	82.98	-5.33	1.88	0.17	-22.02	-0.03
	N	1	.000	0.17	89.50	89.50	-38.17	2.22	0.02	-15.75	22.48
	O	1	.067	0.16	84.95	83.73	0.50	1.81	0.09	-27.62	18.32
	P	5	.200	0.13	87.08	87.08	32.95	0.83	0.15	-18.79	0.06

資料2 高プレッシャー条件における各実験対象者の打撃成績及び打撃時のバットのキネマティクスの指標 (15打席の平均値)

	打撃成績			バットスイング (Swing Tracer)							
	打点	打率	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)	インパクト加速度	ローリング	スイング回転半径	ヘッド角度	スイング軌道	
経験者	A	6	.333	0.13	96.25	96.25	84.74	1.06	0.18	-19.35	6.02
	B	9	.267	0.13	109.42	109.42	60.77	1.38	0.17	-23.94	0.77
	C	5	.267	0.14	106.35	106.29	189.15	0.43	0.09	-16.13	-1.03
	D	4	.200	0.13	87.44	87.34	75.30	2.17	0.23	-26.40	-3.45
	E	9	.200	0.15	100.58	100.58	99.58	1.05	0.13	-14.05	6.53
	F	12	.333	0.12	106.61	106.61	43.84	1.05	0.17	-10.05	1.80
	G	5	.267	0.13	96.70	96.66	-15.32	1.85	0.14	-22.23	2.24
	H	6	.267	0.16	98.59	98.21	-68.25	1.94	0.13	-14.55	7.96
	I	3	.133	0.14	96.65	96.65	40.84	1.34	0.07	-15.11	-4.99
初心者	J	6	.333	0.13	89.80	88.86	47.00	1.85	0.07	-7.36	3.37
	K	3	.133	0.16	79.92	79.51	32.53	1.94	0.11	-25.65	3.54
	L	1	.000	0.15	85.21	85.21	32.57	2.57	0.12	-18.01	3.13
	M	3	.200	0.15	82.20	82.13	8.17	1.21	0.17	-18.46	4.80
	N	2	.133	0.17	95.68	95.68	-43.20	1.64	0.07	-9.00	13.98
	O	3	.200	0.16	85.23	84.69	-62.55	1.80	0.10	-17.40	9.88
	P	4	.200	0.13	87.75	87.63	67.91	0.67	0.18	-19.04	-0.46

(2021年12月17日受付)
(2022年10月2日受理)