

スイングスピードが大きい打者の形態的特徴

谷中 拓哉¹⁾ 森田 達貴²⁾ 岡田 純一³⁾

Yanaka Takuya¹, Morita Tatsuki², Okada Junichi³: Morphological characteristics of the hitter to acquire high swing speed

和文抄録：

スポーツ選手のセグメント長や周径囲といった形態的な特徴は、長らく行なってきたスポーツに適応することが知られている。本研究の目的は、野球選手の形態的特徴とスイングスピードの関連を明らかにし、スイングスピードが大きい打者の形態的な特徴を示すことであった。大学準硬式野球部に所属する選手30名を対象とし、ティー打撃および身体の特徴計測を行った。その結果、左右の上腕長とスイングスピードとの間に有意な正の相関関係がみられた ($p < 0.05$)。また周径囲では、左右の上腕囲とボトムハンド（右打者の左腕側）側の前腕とスイングスピードとの間に有意な正の相関関係がみられた ($p < 0.05$)。相関関係がみられた形態的特徴を独立変数とする重回帰分析では、ボトムハンド側の上腕長および上腕囲が選択された。これらより、上腕の長さや太さがスイングスピードの大きさに関与することが示唆された。

Key words: batting, segment length, grith, multiple regression analysis

キーワード: バッティング, セグメント長, 周径囲, 重回帰分析

1. はじめに

様々なスポーツで活躍する選手の体格やいわゆる「見た目」は、専門とするスポーツによってそれぞれ異なる（池田ほか, 2016；設楽ほか, 2017；設楽・勝亦, 2018；Santos, et al., 2014）。それは、各スポーツによって求められる動作や運動様式、トレーニング内容が異なるからであり、そのスポーツを長年行うことによって、身体組成や身体形態（身体的特徴）が適応するためである。このように専門とする競技に合わせて身体的特徴がみられることから、実際に選手の身体的特徴か

ら競技パフォーマンスを予測・評価する取り組みも行われている（Akca, 2014；Anup, et al., 2014；Claessens, et al., 1999）。身体的特徴に関連づけて競技パフォーマンスを評価することによって、よりパフォーマンスの高い選手の身体的特徴を把握することができ、その競技に適した身体的特徴を獲得するためのトレーニングや練習を検討する際の一助となると考えられる。

得点の数が多いチームが勝利する野球において、攻撃の大半を占める打撃が重要であることは言うまでもない。得点につながるヒットやホームランは、野手の間を抜けるような打球速度が大き

1) 横浜商科大学商学部

〒230-8577 神奈川県横浜市鶴見区東寺尾4-11-1

2) 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島2-579-15

3) 早稲田大学スポーツ科学学術院

〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島2-579-15

1. Faculty of commerce, Yokohama College of Commerce
4-11-1 Higashiterao, Tsurumi-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa, 230-8577, Japan

2. Graduate School of Sport Sciences, Waseda University
2-579-15 Mikajima, Tokorozawa, Saitama, 359-1192,
Japan

3. Faculty of Sport Sciences, Waseda University
2-579-15 Mikajima, Tokorozawa, Saitama, 359-1192,
Japan

いことや外野手を越えるような飛距離が長いことが特徴である。このような大きな速度を有する打球を放つために打者が行うことは、インパクトまでにできるだけバットを加速させ、大きなスイングスピードを獲得することである（平野，1992；Sawicki & Hubbard, 2003）。先述したように、身体的特徴は競技の特性を反映することから、野球選手にとって大きいスイングスピードを獲得できるような身体的特徴を把握することは重要である。

野球選手の身体的特徴については、競技レベルの異なる大学生間に周径囲などに差が見られること（Dhaliwal & Singh, 2014）が報告されている。また、Hoffman, et al. (2009) の報告では、Major League Baseball の下部のマイナー選手から、メジャー選手になるにつれて、除脂肪量が大きくなっており、どのカテゴリの選手においても除脂肪量が大きい選手ほど、シーズンの中でホームランの数が多く、高い打率を収めていたとされている。さらに、日本のプロ野球において安打を放った経験の有無をもとに選手を2つの群に分けた研究では、上肢長や大腿囲に差があることが報告されている（中山，2011）。これらの先行研究では、打撃内容との関連が調べられているが、実際の試合のデータ（打率や安打数）を用いているため、パフォーマンスの指標として一貫性のあるものではない。笠原ほか（2012）は除脂肪量や体重が大きい打者ほど、スイングスピードが大きいことを報告している。これは身体組成に関連したものだけの言及であり、セグメント長や周径囲を含め、詳細に身体的特徴について検討したものは見られない。特に打撃動作では、一方向へのスイングを行うために、左右の上肢や下肢が非対称の運動を行う（阿江ほか，2014；川村ほか，2008；田子ほか，2006；高木ほか，2010）。このことから、同一部位でも左右で筋の発達具合が異なることも示されており（長谷川・船津，2013），同一部位でも左右で関連がみられる部位とみられない部位が存在する可能性がある。そのため、左右を含めた全身的な特徴について検討する必要がある。

スイングスピードと身体的特徴の関連を詳細に調べることで、大きなスイングスピードを獲得す

る打者がどのような身体的特徴を有しているのかを示すことが可能となり、スイングスピード向上のためのトレーニングや練習への指針を作成することができるものと考えられる。本研究では、野球選手の身体組成や身体形態といった身体的特徴とスイングスピードとの関係を明らかにすることを目的とした。セグメント長や周径囲の計測は、メジャーで計測可能なことから指導現場でも比較的实施しやすいものである。本研究の結果は、スイングスピードを計測する機器がない状況において、各選手のスイングスピードを把握するための基礎的な資料になり得ると考えられる。

II. 方法

1. 対象者

東京六大学準硬式野球連盟に所属する大学準硬式野球選手30名（年齢：20.6 ± 1.3 歳，身長：173.2 ± 5.0 cm，体重：70.8 ± 9.9 kg）を対象とした。すべての対象者が6年以上の競技歴を有しており、ポジションの内訳は、4名が捕手，14名が内野手，12名が外野手であり、投打の特性の内訳は右投右打が17名，左投左打が2名，右投左打が11名であった。また，測定を実施した年度のチーム成績は，秋季リーグ優勝および全国選抜大会優勝であった。実験を行うにあたって，参加者には実験の目的や主旨，内容を十分に説明したうえで実験参加の同意を得た。なお，本研究は早稲田大学の人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の承認を得た（承認番号：2019-267）。

2. データ収集

2.1 スイングスピードの計測

対象者には，十分なウォーミングアップを行わせた後に，5試技のティー打撃を行わせた。ボールが移動することによる時間的および空間的な制約を排除し，各対象者が全力でスイングできるように本研究ではティー打撃を用いた。ティー打撃に用いたティー台は，高さ・コースともに各対象者のストライクゾーンの真ん中となる位置になるように，対象者自身に任意に設置させた。硬式用

金属バット (2TH20431, ミズノ社製, 83 cm, 900 g) を用いて, ティー台に設置された硬式ボールをセンター方向へ全力で打撃するよう対象者には指示をした. 各打者の各試技におけるスイング中のバットの運動を, 3次元的な運動を計測することができるセンサ (1GJMC00100, セイコーエプソン社製) を用いて 1000 Hz で計測した. 専用の取り付けアタッチメントを用いて, バットのグリップエンドにセンサを装着した. このセンサには, 3軸の加速度計, 3軸の角速度計, 3軸の広レンジ加速度計が搭載されており, これによって計測されたデータは, Bluetooth を介した無線通信によってスマートフォン内の分析専用アプリケーションソフト (Swing Tracer, ミズノ社製) に取り込まれた. スイング中に計測されたセンサのデータをアプリケーション内で計算すること注) によって, バットのスイング開始からボールとバットのインパクトまでのバットの運動を提示するものである (清水ほか, 2015). なお, このアプリケーションではバットの長さをあらかじめ登録しておくことで, バットヘッドの運動を算出することができる. 算出されたバットヘッドの移動距離を時間微分することによってバットヘッドのスピードが算出される. 本研究では, バットとボールのインパクト直前のバットヘッドスピードをスイングスピードとして定義した.

2.2 身体形態計測

本研究では, 身体組成や身体形態を身体的特徴として表し, それぞれの測定を行った. 各測定項目は, 身長, 体重, 体脂肪率, 除脂肪量, セグメント長, 周径囲であった. 対象者が立位の状態でこれらの測定を行った. なお, 身長, 体重, 体脂肪率および除脂肪量を基本的体格として定義し, 身長については 0.1 cm 単位で, 体重および除脂肪量は 0.1 kg 単位で, 体脂肪率は 0.1 % 単位で計測をした. 四肢のセグメント長や周径囲については左右ともに測定を行い, 上肢については打席に立った際に投手側となる腕を BH (Bottom-Hand), 捕手側となる腕を TH (Top-Hand) とし, 下肢については投手側となる脚を LL (Lead-Leg), 捕手

側となる脚を PL (Pivot-Leg) とした. 右打者の場合, 左腕が BH, 右腕が TH となり, 左脚が LL, 右脚が PL となる.

身体組成の測定には, 体成分分析装置 (Inbody 720, バイオスペース社製) を用いた. 対象者には測定前にアルコール綿で掌と足裏の汚れをふき取り, Inbody 上に乗り測定するように指示をした. この測定では手足の 8 点から微弱な電流を流し, その抵抗値から体脂肪率を推定した. また, 推定された体脂肪率と計測された体重から除脂肪量を算出した.

各セグメント長の計測には, マルチン式人体測定器を用いた (保志, 1989). 測定を行う前に, 各セグメントの端となるランドマークの位置に水性ペンで印をつけた. 左右の上肢長は, 肩峰から橈骨形状突起までの距離とし, 前腕長は, 橈骨頭から橈骨形状突起までの距離とした. 上腕長は, 上肢長と前腕長の差として算出した. 次に左右の下肢長は, 上前腸骨棘から脛骨外顆までの距離とし, 下腿長は膝窩皺から脛骨外顆までの距離とした. 大腿長は下肢長と下腿長の差として算出した. なお, これらの距離を 0.1 cm 単位で計測した.

周径囲の計測では, 布製のメジャーを用いた (川上, 2000; 長坂, 2017). 各測定において, メジャーが測定部位に食い込むことで, 測定値が過小評価されないように十分に留意した. 胸囲は, 最大呼気時に肩甲骨下角の直下, 乳頭の直上を通る周径を測定した. 上腕囲については, 上腕下垂位にさせた際の上腕最大周径となる位置を測定した. 前腕囲では, 上肢を下垂位の状態にし, 最大周径となる位置を測定した. 腹囲は, 軽度呼気した際に測定を行った. 臍部の 1~2 cm 上部をメジャーが水平になるように測定した. 臀囲の測定は対象者を腰幅で立たせた状態で行い, 最大周径となる位置でメジャーが水平になるように測定した. 大腿囲の測定では対象者を両足の踵間を 10 cm 離れた状態で, 両足均等に荷重がかかるように立たせた. その際に臀部の真下である最大周径囲を大腿骨に直交するようにメジャーをあてがった. 下腿囲の測定も大腿囲の測定時と同様に対象者を立たせ, 腓腹部の最大周径囲を脛骨に直交す

るようにメジャーをあてがった。上述したセグメント長や周径囲において、測定者の測定再現性を確認するために、同一被験者1名のセグメント長と周径囲の測定をそれぞれ5回ずつ行った。その際に、セグメント長の測定における変動係数は0.2-1.2%，周径囲の測定における変動係数は0.2-0.5%であった。

3. 統計処理

スイングスピードは5試技の中で最も大きい値を各対象者の代表値とした。左右の各セグメントの長さや周径囲の比較には、対応のないt検定を用いた。また、t検定の効果量(ES)としてCohen's dを算出した。t検定におけるESは0.2が小さい、0.5が中程度、0.8が大きいとされている(Cohen, 1977)。スイングスピードと身長、体重、除脂肪量、体脂肪率との関連をピアソンの積率相関係数(r)を用いて示した。また、体重、除脂肪量、体脂肪率については、身長を制御変数としてスイングスピードとの偏相関係数(r_{height})を算出した。セグメント長についてはスイングスピードとの関連をピアソンの積率相関係数(r)を用いて示した。周径囲については、セグメント長が長いほど周径囲が大きくなるというようにセグメント長の影響を受ける可能性があるため、それぞれのセグメント長を制御変数として、スイングスピードと周径囲の偏相関係数を算出した(r_{length})。なお、胸囲や腹囲、臀囲については、身長を制御変数として用いた。セグメント長や周径囲によってスイングスピードを予測できるのかを検討するために、基本的体格を除いた項目の中で有意な相関関係が見られた項目を独立変数、スイングスピードを従属変数としたステップワイズの重回帰分析を行った。選択された独立変数に多重共線性が生じていないか判断するために、変動インフレーション(VIF)が10以下であることを確認した(出村, 2007)。その結果、本研究で得られたVIFは1.125以下であった。また、選択された独立変数の貢献度を、各独立変数の標準化偏回帰係数とスイングスピードとの相関係数との積として算出した。すべての統計分析は専用ソフト(SPSS

Statistics 25, IBM社製)を用いて行い、有意水準は5%とした。なお、本研究では相関係数、t値、p値およびESを小数第2位まで記すこととする。

III. 結果

1. スイングスピードと基本的体格との関係

30名の打者のスイングスピードの平均値および標準偏差は、130.5 ± 8.9 km/hであった。最大値は151.4 km/hであり、最小値は110.3 km/hであった。基本的体格は、体脂肪率以外の項目で、スイングスピードとの有意な正の相関関係が見られた(身長:r=0.43, p=0.02;体重:r=0.42, p=0.02;除脂肪量:r=0.51, p=0.00;体脂肪率:r=0.17, p=0.37)。身長を制御変数とした場合、体重($r_{\text{height}}=0.23$, p=0.23)、除脂肪量($r_{\text{height}}=0.34$, p=0.70)および体脂肪率($r_{\text{height}}=0.06$, p=0.75)について有意な相関関係はみられなかった。

2. セグメント長とスイングスピード

左右のセグメント長の平均値および標準偏差をTable 1に示す。各部位でセグメント長の左右差はみられなかった(上腕長:t=0.37, p=0.71, ES=0.10, 前腕長:t=-0.26, p=0.79, ES=-0.07, 大腿長:t=0.20, p=0.84, ES=0.05, 下腿長:t=0.12, p=0.90, ES=0.03)。スイングスピードと有意な正の相関関係がみられた項目は、上腕長TH(r=0.40, p<0.05)および上腕長BH(r=0.51, p<0.01)であった。その他の項目についてはスイングスピードとの関連がみられなかった。

3. 周径囲とスイングスピード

左右それぞれのセグメントの周径囲における平均値および標準偏差をTable 2に示す。各部位で周径囲の左右差はみられなかった(上腕囲:t=0.27, p=0.79, ES=0.07, 前腕囲:t=-0.33, p=0.74, ES=-0.09, 大腿囲:t=-0.04, p=0.97, ES=-0.01, 下腿囲:t=0.22, p=0.83, ES=0.06)。各セグメント長を制御変数とした際にスイングスピードと有意な正の相関関係がみられた項目は、前腕囲BH($r_{\text{length}}=0.44$, p<0.05)、上腕囲TH(r_{length}

Table 1 Mean value and standard deviation of congenital factors. Correlation coefficient (r) between each parameter and swing speed before ball impact. TH: top hand, BH: bottom hand, PL: pivot leg, LL: lead leg.

	side	unit	Mean ± SD	(Max-min)	r	p	
Upper Arm Length	TH	cm	31.7 ± 1.3	(34.6 - 29.2)	0.40	0.03	*
	BH	cm	31.5 ± 1.3	(33.6 - 28.7)	0.51	0.00	*
Forearm Length	TH	cm	24.4 ± 1.7	(27.7 - 21.1)	0.09	0.65	n.s.
	BH	cm	24.5 ± 1.7	(27.8 - 21.7)	0.08	0.67	n.s.
Thigh Length	PL	cm	49.5 ± 2.5	(55.3 - 43.9)	0.32	0.09	n.s.
	LL	cm	49.3 ± 2.5	(54.7 - 45.3)	0.22	0.23	n.s.
Shank Length	PL	cm	40.0 ± 2.2	(43.8 - 34.5)	0.21	0.26	n.s.
	LL	cm	40.0 ± 2.1	(44.1 - 36.7)	0.32	0.09	n.s.

* p < 0.05 n.s. : no significant

Table 2 Mean value and standard deviation of acquired factors. Partial correlation coefficient (r_{length}) between each parameter and swing speed before ball impact. CV: control variable, TH: top hand, BH: bottom hand, UL: upper arm length, FL: forearm length, PL: pivot leg, LL: lead leg, TL: thigh length, SL: shank length.

	side	unit	Mean ± SD	(Max-min)	r_{length}	p	CV
Chest Girth		cm	92.3 ± 6.4	(109.4 - 79.5)	0.28	0.15	n.s.
Abdominal Girth		cm	79.6 ± 8.1	(104.2 - 66.2)	0.06	0.75	n.s.
Hip Girth		cm	93.8 ± 4.8	(106.8 - 86.5)	0.16	0.42	n.s.
Upper Arm Girth	TH	cm	29.7 ± 2.9	(36.1 - 24.6)	0.42	0.02	*
	BH	cm	29.5 ± 2.7	(35.5 - 23.8)	0.47	0.01	*
Forearm Girth	TH	cm	26.6 ± 1.5	(29.8 - 23.3)	0.30	0.12	n.s.
	BH	cm	26.7 ± 1.4	(30.0 - 24.4)	0.44	0.02	*
Thigh Girth	PL	cm	56.3 ± 4.1	(67.0 - 49.4)	0.19	0.34	n.s.
	LL	cm	56.4 ± 4.1	(67.1 - 49.3)	0.31	0.10	n.s.
Shank Girth	PL	cm	37.9 ± 2.3	(43.9 - 34.1)	0.37	0.05	n.s.
	LL	cm	37.7 ± 2.2	(43.7 - 34.1)	0.32	0.09	n.s.

* p < 0.05 n.s. : no significant

= 0.42, p < 0.01), 上腕囲BH($r_{\text{length}} = 0.47$, p < 0.01)であった。その他の項目についてはスイングスピードとの関連がみられなかった。

4. セグメント長および周径囲を用いた重回帰分析
各要素について有意な相関関係が見られた項目を独立変数とした重回帰分析の結果、上腕囲BH

と上腕長BHを独立変数とした有意な回帰式が得られた ($Y = 1.41X_b$ (: 上腕囲BH) + 2.48 X_a (: 上腕長BH) + 10.68, F = 5.44, p < 0.05)。この際の決定係数は $R^2 = 0.42$ であり、推定値の標準誤差は、7.0 km/hであった (Table 3)。

Table 3 The results of multiple regression models. BH: bottom hand.

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	
	B	SE	β	r
Constant	10.68	31.94		
Upper Arm Girth BH	1.41	0.51	0.43	0.55
Upper Arm Length BH	2.48	1.07	0.36	0.51
SEE	7.03			
R ²	0.42			

IV. 考察

本研究の目的は、野球選手の身体組成や身体形態といった身体的特徴とスイングスピードとの関係を明らかにすることであった。その結果、セグメント長では左右の上腕長が、周径囲では左右の上腕囲およびボトムハンド側の前腕囲が、スイングスピードとの間に正の相関関係が見られた ($p < 0.05$)。また、スイングスピードを予測するために、ボトムハンド側の上腕長や上腕囲を独立変数とする有意な回帰式が得られた ($p < 0.05$)。これらの結果について、打撃動作や先行研究をもとに考察していくこととする。

1. スイングスピードと各項目の関連

基本的体格では、体脂肪率を除く項目でスイングスピードとの間に有意な正の相関関係がみられた (身長: $r = 0.43$, $p = 0.02$; 体重: $r = 0.42$, $p = 0.02$; 除脂肪量: $r = 0.51$, $p = 0.00$; 体脂肪率: $r = 0.17$, $p = 0.37$)。これらの結果は、プロ野球選手や高校野球選手の中でも、身長が大きい打者ほどスイングスピードが大きいという報告 (中山, 2011) や大学野球選手のうち、体重や除脂肪量が多い選手が大きなスイングスピードを獲得しているという報告 (笠原ほか, 2012) と同様の結果であった。身長や体重、除脂肪量は互いに関連が見られる項目であるため、身長が大きい対象者ほど、体重や除脂肪量が多かった。身長を制御変数とすると、体重や除脂肪量とスイングスピードの関連はみられなかった。これは、身長が同じであった場合、体重や除脂肪量の多さとスイングス

ピードの大きさには一定の傾向が示されなかったことを表し、体重や除脂肪量の多少は身長の影響を受けていたものと考えられる。すなわち、身長が大きくなれば体重や除脂肪量も多くなり、結果として大きなスイングスピードを獲得できるものと思われる。

セグメント長の中では、両上腕長 (TH: $r = 0.40$, BH: $r = 0.51$) において、スイングスピードとの間に有意な正の相関関係がみられた。これは両上腕が長い対象者ほどスイングスピードが大きいことを示している。スイング中の肩関節の動きは、左右それぞれで水平内外転や挙上、回旋が異なる組み合わせで複雑な運動となるものの (阿江ほか, 2014; 川村ほか, 2008; 田子ほか, 2006), 上腕の遠位端が大きく加速されることで、結果的にスイングスピードの増大につながるものと考えられる。スイング動作は、下肢からの運動が体幹、上肢、バットへと伝達され、効率よくバットを加速させる運動である (Miyanishi, 2005; Shaffer, et al., 1993; Welch, et al., 1995)。そのため、下肢によって生じた運動をまずは効率よく、上肢へ伝達するための肩関節の役割は大きいものと考えられる。実際に体幹と上腕をつなぐ肩関節では、下肢からの力学的エネルギーを増大させて上肢へ伝達するために大きな関節トルクを発揮する必要がある。上肢の中では大きな関節トルクが発揮されている (阿江ほか, 2014)。この肩関節において、関節角速度が同じであると仮定すると、上腕長の長い打者の方が、肩関節からの上腕遠位端までの距離が長くなり、上腕の遠位端をより加速させることができる。一方、下肢の長さやスイングス

ピードとの間に関連は見られなかった。スイング中のバットおよび下肢の運動に着目すると、バットはほぼ水平面上の運動であるのに対して (Miyanishi, 2005), 下肢, 特に股関節は屈曲伸展, 内外転といった水平面とは異なる面上での運動が主となり, 内外旋よりも大きな関節トルクが発揮されている (堀内ほか, 2018; 高木ほか, 2010)。このように運動の方向がバットと下肢で異なるために, 大腿長や下腿長との間に関連がみられなかったものと考えられる。

周径囲では, 各セグメントの長さを制御変数とした場合に, 両上腕囲および前腕囲BHにスイングスピードとの有意な正の相関関係がみられた。これらは上腕長や前腕長が同じである場合に, 両上腕やBH側の前腕が太い打者ほどスイングスピードが大きいことを示している。また, 大腿部や下腿部といった, 下肢の太さとは関連がみられなかったため, スイングスピードには上肢の太さが重要であることを示唆する結果であった。各周径囲の要素となる筋は, 上腕では主に上腕二頭筋や上腕三頭筋, 前腕では手根伸筋群や屈筋群となる。つまり, これらの筋が発達していることがスイングスピードを大きくするうえでは重要であると考えられる。長谷川・船津 (2013) の報告では, 打者におけるBH側の上腕背部筋厚が, TH側と比較して厚いことが示されている。さらに, Inkster, et al. (2011) は成績の良い打者ほどBH側の肘関節の伸展速度が大きいことを報告しており, 打撃において肘関節伸展の重要性を説いている。一般的に上腕背部の筋 (上腕三頭筋) が大きければ, より速く肘関節を伸展させることが可能となる。そのため, 上腕三頭筋が大きい打者はスイング中にも素早く肘関節を伸展できる可能性があり, BH側の上腕囲とスイングスピードとの間に関連がみられたものと考えられる。また, TH側の肘関節伸展速度は, 打撃成績の良し悪しによって打者間に違いが見られないものの, 打者全体としてBH側よりも大きな値が示されている (Inkster, et al., 2011)。TH側では, 高速度な肘関節伸展が観察されており, これがスイングスピード獲得に貢献しているとする, スイングスピー

ドを高めるうえでは, TH側の上腕三頭筋も重要な役割を果たすものと推察される。前腕部の筋は, 主に手関節の運動に貢献する。スイング中の手関節トルクによってなされる力学的仕事は, TH側よりもBH側の方が大きいことが示されている (阿江ほか, 2014)。また手部によってバットに作用させる力はBH側の方がTH側よりも大きい (阿江ほか, 2013)。最終的に手関節や手部によって発揮されたトルクや力によってバットが加速するため, 大きな関節トルクを発揮するBH側の前腕の筋が発達し, 前腕囲とスイングスピードとの間に関連が見られたものと考えられる。さらに前腕にはバットを把持するための筋も存在する。体力的要素からスイングスピードを予測する試みでは, スイングスピードの説明変数としてBH側の握力が選択されている (村田, 1998)。大きなスイングスピードを獲得する打者ほど, バットを把持するための大きな力が必要となり, その結果把持のための前腕の筋が発達し, これも前腕囲とスイングスピードに関連がみられた一つの要因であると推察される。

2. スイングスピードの予測

形態計測においてスイングスピードと関連の見られた項目 (両上腕長, 両上腕囲, 前腕囲BH) を独立変数として, スイングスピードを従属変数とする重回帰分析を行なった場合, 上腕囲BHと上腕長BHが選択され, 各打者のスイングスピードのばらつきの42%を説明することが示された。BH側上腕長と上腕囲によって, スイングスピードのばらつきをある程度説明することができることを示唆しており, 上腕長が長く, 上腕囲が太い打者ほど大きなスイングスピードを獲得していることを示している。Singh (2018) はソフトボール選手を対象にソフトボールに関わるパフォーマンステスト (打撃, 走塁, 守備, 投球) を行い, それらの結果を予測する回帰式を示した。その際にも, 上腕長や上腕囲が選択されており, 決定係数は低いものの, 本研究の結果と類似するものであった。また, 上腕長および上腕囲がともにBH側が選択された理由として, バットの運動方向と

の関連が考えられる。先述のようにバットの回転運動は、ほぼ水平面上の運動であると考えられる (Miyanishi, 2005)。スイング中のBH側の上肢では、肩関節外転運動が観察されており (阿江ら, 2014)、これは上腕長軸と体幹が直角に近づくような「脇を開く」動作となる。その状態で水平外転や肘関節の伸展を行えば、上腕長軸の運動は水平面上の運動に近づくこととなる。一方で、TH側ではスイング開始とともに肩関節の内転が観察されている (阿江ら, 2014)。この肩関節内転は、いわゆる「脇を締める」ような動作となるため、TH側の上腕長軸は体幹部と平行に近づく。この時にバットと同じように水平面上の運動となるのは、肩関節の内旋である。

肩関節の内旋は上腕長軸周りの回転となるため、上腕長の影響を受けない。また、肩関節内旋は大胸筋や広背筋といった体幹部の筋活動によって生じるため、上腕部の筋の関与はBH側と比較すると小さいものと考えられる。このような運動の方向の違いや関与する筋の違いによって、TH側とBH側の相関係数に差が生じ、結果的にBH側が選ばれたものと推察される。トレーニングの観点から考えると、単相関の結果や重回帰分析の結果から、上腕囲、前腕囲といった上肢の周径囲とスイングスピードとの関連がみられたため、上肢の筋を大きくすることがスイングスピードを大きくするうえでは重要であると示唆される。また、選手評価の視点から考えると、上腕長や上腕囲は各打者のスイングスピード予測に貢献することが期待できよう。

本研究で得られた結果は、個人間でのセグメント長や周径囲とスイングスピードとの関係を明らかにしたものである。スイングスピードと関連のあった上腕囲や前腕囲については、それらを大きくすればスイングスピードが向上する可能性はあるが、本研究の結果からはその因果関係までは言及はできない。横断的なデータによる検討という点が本研究の限界であり、個人内での変化を明らかにするような縦断的な測定を行なうことで周径囲の変化とスイングスピードの変化の関連が明らかとなるだろう。この縦断的なデータ取得および

検討については今後の課題としていきたい。

V. まとめ

本研究の目的は、野球選手の身体組成や身体形態といった身体的特徴とスイングスピードとの関係を明らかにし、スイングスピードの大きい打者の特徴を示すことであった。その結果、セグメント長では左右の上腕長が長い選手ほど、周径囲では左右の上腕囲およびボトムハンド側の前腕囲が太い選手ほど、大きなスイングスピードを獲得していた。また、スイングスピードを予測するために、ボトムハンド側の上腕長や上腕囲を独立変数とする有意な回帰式が得られた。また、下肢に関する項目では、スイングスピードとの関連が見られなかった。

注釈 (清水ら, 2015)

スイングトレーサのアプリケーション内では、まず、構えた状態 (初期姿勢座標系) でのバットの加速度と角速度を計測する。その後、初期座標系のZ軸が重力方向に合致するように、座標変換が行なわれる (重力座標系)。そして、重力座標系にて算出されたグリップエンドの位置ベクトルと重力座標系に座標変換したバットヘッドの位置ベクトルから、重力座標系におけるバットヘッド速度ベクトルを算出した。インパクト時のバットヘッド速度ベクトルの向きを基準として、重力座標系のX軸との角度の差分を算出し、この角度差の分、重力座標系を座標変換し、静止座標系を定義している。静止座標系から見たグリップエンドの加速度ベクトルを積分することで、グリップエンドの速度ベクトルを算出し、さらにその速度ベクトルを積分することによってグリップエンドの位置ベクトルを算出している。そしてグリップエンドの位置ベクトル、重力座標系から静止座標系へ変換する際の回転行列およびグリップエンドからみたバットヘッドの位置ベクトルを用いて、静止座標系におけるバットヘッドの位置ベクトルを算出した。このバットヘッドの位置ベクトルを時間微分することによって、スイングスピードを算出している。

参考文献

- 阿江数通・小池関也・川村卓 (2013) 打点高の異なる野球ティー打撃動作における左右各手のキネティクスの研究. *バイオメカニクス研究*, 17 (1): 2-14.
- 阿江数通・小池関也・川村卓 (2014) 打点高の異なる野球ティー打撃動作における左右上肢のキネティクスの分析. *体育学研究*, 59: 431-452.
- Akca, F. (2014) Prediction of rowing ergometer performance from functional anaerobic power, strength and anthropometric components. *Journal of human kinetics*, 41: 133-142.
- Anup, A., Nahida, P., Islam, R. N. & Kitab, A. (2014) Importance of anthropometric characteristics in athletic performance from the perspective of bangladeshi national level athlete's performance and body type. *American journal of sports science and medicine*, 2(4): 123-127.
- Cohen, J. (2013) *Statistical power analysis for the behavioural sciences*. Academic press, Elsevier: Amsterdam, pp. 19-74.
- Claessens, A. L., Lefevre, J., Beunen, G. & Malina, R. M. (1999) The contribution of anthropometric characteristics to performance scores in elite female gymnasts. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 39(4): 355-360.
- 出村慎一 (2007) *健康・スポーツ科学のためのSPSSによる統計解析入門*. 杏林書院: 東京, pp. 111-115.
- Dhaliwal, G. S. & Singh, N. (2014) A comparative study of anthropometric characteristics between inter-university and inter-college male baseball players. *Research journal of physical education sciences*, 2(11): 9-11.
- 長谷川伸・船津京太郎 (2013) 投動作, 打動作を伴う競技者の筋厚における一側性有意. *体力科学*, 62 (3): 227-235.
- 平野裕一 (1992) *打つ科学*. 大修館書店: 東京, pp. 8-14.
- Hoffman, J. R., Vazques, J., Pichardo, N. & Tenenbaum, G. (2009) Anthropometric and performance comparisons in professional baseball players. *Journal of strength & conditioning research*, 23(8): 2173-2178.
- 堀内元・中島大貴・桜井伸二 (2018) 野球のバッティングにおける股関節のダイナミクス. *体育学研究*, 63: 695-705.
- 保志宏 (1989) *生体の線計測法*. てらぺいあ: 東京, pp. 136-281.
- 池田達昭・設楽佳世・平野裕一 (2016) 五輪選手の身長および体肢長における競技特性と年齢別形態評価基準値の作成. *Japanese journal of elite sports support*, 8(2): 63-77.
- Inkster, B., Murphy, A., Bower, R. & Watsford, M. (2011) Differences in the kinematics of the baseball swing between hitters of varying skill. *Medicine & science in sports & exercise*, 43(6): 1050-1054.
- 笠原政志・山本利春・岩井美樹・百武憲一・森実由紀 (2012) 大学野球選手のバットスイングスピードに影響を及ぼす因子. *ストレングスアンドコンディショニングジャーナル*, 19 (6): 14-18.
- 川上泰雄 (2000) 体格・身体組成を測る. 東京大学身体運動科学研究室編, *教養としてのスポーツ・身体運動*, 東京大学出版: 東京, pp.180-181.
- 川村卓・島田一志・高橋佳三・森本吉謙・小池関也・阿江通良 (2008) 野球の打撃における上肢の動作に関するキネマティクスの研究: ヘッドスピード上位群と下位群のスイング局面の比較. *体育学研究*, 53: 423-438.
- Miyanishi, T. (2005) Transfer of angular momentum in the baseball batting. *ASB annual meeting*: 891.
- 村田厚生 (1998) 野球のスイング時のバットのヘッドスピードに及ぼす要因の検討. *人間工学*, 34 (3): 151-155.
- 長坂聡子 (2017) アスリートの形態計測. 早稲田大学スポーツ栄養研究所編, *アスリートの栄養アセスメント*, 第一出版: 東京, pp.7-24.
- 中山悌一 (2011) プロ野球選手のデータ分析. *ブックハウスHD*, 東京, pp. 180-186.
- Sánchez-Andrés, A. & Mesa M. S. (1994) Heritabili-

- ties of morphological and body composition characteristics in a Spanish population. *Anthropologischer Anzeiger*, 52: 341-349.
- Santos, D. A., Dawson, J. A., Matias, C. N., Rocha, P. M., Minderico, C. S., Allison, D. B., Sardinha, L. B. & Silva, A. M. (2014) Reference values for body composition and anthropometric measurements in athletes. *PLoSone*, 9(5): 1-11.
- 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.
- Shaffer, B., Jobe, F. W., Pink, M. & Perry J. (1993) Baseball batting: an electromyographic study. *Clinical orthopaedics and related research*, 292: 285-293.
- 清水雄一・鳴尾丈司・柴田翔平・矢内利政 (2015) 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. *スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2015講演論文集*, No.15-21 : A-21.
- 設楽佳世・勝亦陽一・熊川大介・池田達昭・平野裕一 (2017) ジュニアアスリートにおける筋横断面積の年齢差および競技種目差：シニアアスリートとの比較から. *体力科学*, 66 (1) : 87-100.
- 設楽佳世・勝亦陽一 (2018) トップアスリートにおける形態および身体組成の競技種目差. *トレーニング科学*, 29 (4) : 295-303.
- Singh, M. (2018) Association of anthropometric characteristics and body composition with the performance among male softball players. *European journal of physical education and sport science*, 4(3): 13-31.
- 田子孝仁・阿江通良・藤井範久・小池関也・高橋佳三・川村卓 (2006) 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) : 4-10.
- 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.
- Welch, C. M., Banks, S. A. & Cook, F. F., Draovitch P. (1995) Hitting a baseball: A biomechanical description. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 22(5): 193-201.

(2021年11月24日受付)
(2022年2月3日受理)