

野球打撃前に行う加重したバットでの素振りが バット速度と正確さに及ぼす影響

Effect of dry-swings with a weighted bat on the bat velocity and accuracy in baseball hitting

樋口 貴俊（早稲田大学大学院スポーツ科学研究科）
永見 智行（早稲田大学スポーツ科学学術院）
宮本 直和（早稲田大学スポーツ科学学術院）
彼末 一之（早稲田大学スポーツ科学学術院）

キーワード：バットスイング速度，打撃正確性，ウォームアップ，ティーバッティング
Key Words: bat swing speed, hitting accuracy, warm-up, batting tee

抄録

野球打者の中には打席に入る直前に通常のバットよりも加重したバットで素振りをする者がいるが，そのようなウォームアップ法がバットスイング速度とバットスイングの正確性に及ぼす影響は明らかではない．そこで，本研究では野球打者が行う加重したバットでの素振りがバット速度と正確性に及ぼす影響を明らかにし，そのウォームアップ法の有効性を検証すること目的とした．大学野球選手24名の1) 通常バットでの素振り，もしくは，2) 加重したバットでの素振り，を行う前後のティー打撃（各5球）の様子を記録した．その結果，加重したバットでの素振りの後の打撃では1球目及び2球目の打撃においてウォームアップ前に比べ有意にバットスイング速度が低かった（1球目：98.6 ± 1.7%，2球目：99.1 ± 1.6%， $p < 0.01$ ）．一方で，打撃正確性を評価するインパクト位置及びバット角度はウォームアップの種類及びウォームアップの前後による違いはみられなかった．よって加重バットでの素振りは直後の打撃パフォーマンス低下をもたらす可能性がある．

1. 緒言

多くの野球打者は，守備に阻まれずにできるだけ遠くへ投球を打ち返すことによって得点を目指す．そのような打球を打つためには，バットスイングの速さと正確さが求められる．バットスイング速度の増加は，より高い打球速度と飛距離の増加をもたらす（Adair, 2002）．さら

に，バットスイング速度の増加，すなわちバットスイングに要する時間の短縮は，打者が打つという判断を下すまでの時間の延長を意味している（Szymanski et al., 2009）．一方，野球打撃の正確さに関しては，バットが持つ運動エネルギーをボールへ効率よく伝えるためにバットの「芯」にボールを当てる技術や，相手守備のいない所へボールを打つ技術などさまざまな解釈がある．本研究では，高い打球速度を生み出すために芯の近くでボールを捕らえる能力が打撃の正確さを規定するものとする．つまり，毎回同じインパクト位置で打球を打ち続けられる打撃を正確性の高い打撃とする．

野球の試合では，各イニングの先頭打者や代打選手を除く全ての打者はネクストバッタースークルと呼ばれる円で描かれた場所で前の打者が打席を終えるのを待たなければならない．打者はサークル内で準備運動，相手投手の観察や集中力を高める行動などを行う．バットスイング速度やインパクト位置のわずかな違いが結果を大きく左右する野球打撃において，適切な打撃前ウォームアップ法を行うことは重要であるが，多くの打者が行っているウォームアップ法の一つとして加重したバットでの素振りがある．加重したバットでの素振りによるウォームアップに関する先行研究によると，打者は，加重したバットでの素振りの後に通常のバットを振ると，バットを軽く感じ，バットスイング速度が上昇しているように感じる（Otsuji and Kinoshita, 2002）．しかし，実際には，加重したバットでの素振りの後の通常のバットでのスイングは，引手側の肘関節と手関節の動きのタイミングが変化し（Southard and Groomer, 2003），スイング速度が低下する

(DeRenne et al., 1992; Montoya et al., 2008) ことが報告されている。しかしながら、これらスイング速度の低下は、加重したバットでの素振り後、どの程度持続するのか不明である。一方、そのような動作の変化がインパクトの正確性やバットスイングの再現性に影響を及ぼすかはまだ明らかにはされていない。他の打撃系スポーツにおいて、打撃前に筋収縮を行わせた場合のその後の打撃正確性を検証した研究では、テニス熟練者が短時間・高強度の筋収縮を行うとサーブの成功率が低下するという報告がある (Davey et al., 2002)。これを踏まえると、野球の打撃においても、直前に高強度の運動 (加重したバットによる素振り) を行うことがその後の打撃正確性を低下させることが予想されるが、この点については明らかになっていない。

そこで本研究では、打撃パフォーマンスに大きく関与すると推測されるバットスイング速度とインパクトの正確性が、加重したバットでの素振りをを用いたウォームアップ法によりどの程度変化し、それがどの程度持続するのかを検討することを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

野球経験年数が8年以上の大学野球部部員24名 (21 ± 2 歳, 175 ± 5 cm, 72 ± 8 kg, 平均値 ± 標準偏差値) を被験者とした。被験者には事前に本研究の目的、測定内容、想定されるリスクについて書面と口頭での説明を行い、書面にて同意を得た上で測定を行った。本研究は責任著者の所属機関の「人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認を得た後に実施された。

2. ティー打撃課題

本研究での測定として以下の手順で被験者に課題を行わせた (Figure 1)。

1. 各々が必要と思う準備運動やストレッチを行う。
2. 打席に入り実際に打つ姿勢をとり、前方のステップ足が接地した時の臍部と同じ高さにボールが位置するようにティー台 (2ZA775, ミズノ社製) を測定者が調節する。
3. 練習として、20球以上のティー打撃を低強度から徐々に強度を上げながら行う。使用するバットは4種類の硬式用木製バット (2TW10655 / イチロー型 / 84cm / 900g, 2TW10655 / 小久保型 / 85cm / 900g, 2TW10658 / 小笠原型 / 84cm / 900g, 2TW10655 / 二岡型 / 83cm / 900g, ミズノ社製) の中から各被験者が1本を選択する。
4. 全力で打てるようになった後、実測前の予行練習

として実戦同様の強度のスイングでのティー打撃5球を15秒間のインターバルで行う。

5. 休憩として、4分間の座位安静とその後に1分間の立位安静 (バットスイング以外の動作は許可) で待機する。
6. 打撃前ウォームアップを行う前の実測定としてティー打撃5球を15秒間のインターバルで行う。
7. 手順5と同様の休憩をとる。
8. 打撃前ウォームアップとしてティー打撃で用いたバットでの素振り5回 (SBS), もしくは、そのバットに重りを付けて素振り5回 (WBS) を行う。WBSでは、バット用重り (680g; Pow'r Wrap Bat Weights, Grand Enterprises West社製) を各被験者が使用するバットに取り付ける。
9. 1分間の立位安静 (バットスイング以外の動作は許可) で待機した後、打席に入る。
10. 打撃前ウォームアップを行った後の実測定としてティー打撃5球を15秒間のインターバルで行う。
11. 手順5と同様の休憩をとる。
12. 手順6と同様に打撃ウォームアップを行う前の実測定としてティー打撃5球を15秒間のインターバルで行う。
13. 手順5と同様の休憩をとる。

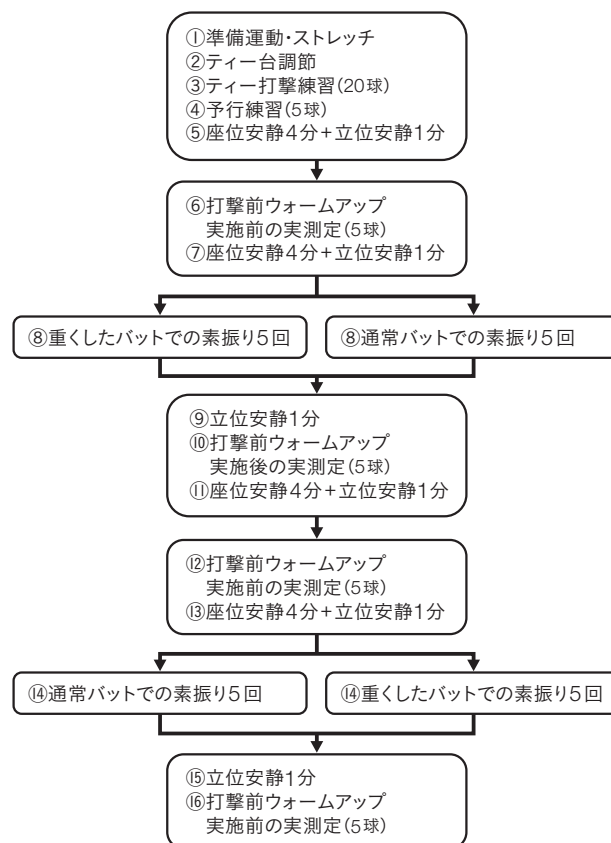


Figure 1. Experimental procedure

14. 手順8とは逆の順番で打撃前ウォームアップ法を行う。
15. 1分間の立位安静（バットスイング以外の動作は許可）で待機した後、打席に入る。
16. 手順10と同様に打撃前ウォームアップを行った後の実測定としてティー打撃5球を15秒間のインターバルで行う。

3. バット速度とインパクト位置の測定

本実験では2台の高速度ビデオカメラ（撮影速度：1000 fps、露光時間：1/10000 sec; Trouble Shooter, Fastec Imaging 社製）を同期し、インパクト前後約0.3秒のボールおよびバットの様子を撮影した（Figure 2）。一台はホームベースから投球方向に対し垂直に、もう一台捕手側約6 mの位置に設置した。バットのヘッド先端、およびバットヘッド先端からグリップ方向へ45.0 cmの位置にテープを巻き付け、解析の際のバット位置の目印とした。Adair (2002) によると、約84cmの木製バットの場合、バット先端から15.2 cmの位置でボールとバットが衝突した際に打球飛距離が最大になる。Cross (1998) や Crisco et al (2001) はバット先端の1次振動モードの節と2次振動モードの節の間（バット先端から102 mm～178 mm）で、ボールが当たった時に振動が比較的小さい部分を Sweet Area と定義している。本研究ではバット先端から15 cmの位置をバットの芯と定義した。

2台の高速度ビデオカメラから得た打撃中のバットヘッドおよびグリップの位置とボール中心の位置を一人の検

者が動作解析ソフト Frame Dias IV (DKH社製) を用いデジタル化した。デジタル化区間はインパクトの前5フレーム（5ミリ秒間）とした。インパクトは撮影された画像において最初にボールが動いたフレームの1フレーム前の時点と定義した。計測点の3次元座標値の算出は、各カメラの映像から得られた鉛直・水平をあらわす計測点と放射状に配置した64か所の較正点の2次元座標値を用い、DLT法（Direct Linear Transformation method）を用いて行った。空間（Global）座標系は右手系で、ホームベースの頂点を原点とし、センター方向を Y_{global} 軸（センターに向かって+）、水平面で Y_{global} 方向に対して直交する方向を X_{global} 軸（右打者：1塁側に向かって+、左打者：3塁側に向かって+）、さらに鉛直上方向を Z_{global} 軸とした（Figure 3）。較正点の実測3次元座標と推定値との平均誤差は、静止座標系のX, Y, Z軸とも3mm以下であった。バットスイング速度はインパクト前5フレームの各フレーム間におけるバット先端の移動速度（Global-XYZ軸方向の合成速度）の平均値とした。デジタル化区間が短かったため、デジタルフィルターによる平滑化は行わなかった。打撃正確性の分析では、インパクト時におけるボール中心とバットの芯の位置を算出した。インパクト位置の分布を示すために、バットの芯を原点とし、バットのグリップからヘッドの先端部分を通過する軸（ X_{bat} 軸）と、上向きに X_{bat} 軸と直行する軸（ Z_{bat} 軸）で構成されるBat-XZ座標系（Figure 3）にボール中心の位置を投影した。

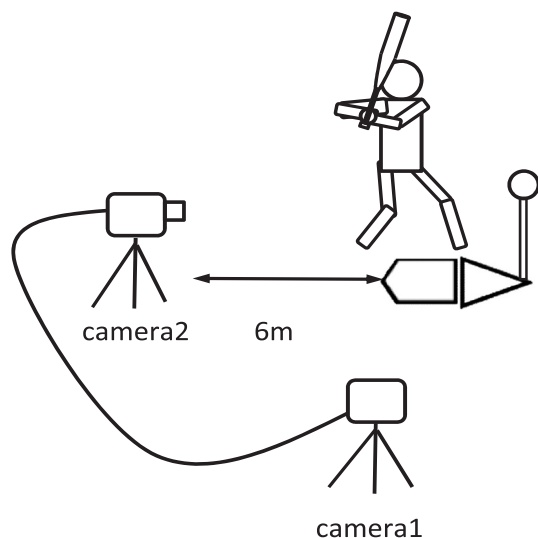


Figure 2. Experimental settings

Two synchronized high-speed video cameras were placed 1) 6 m away from home plate at a right angle to the line between the center of the pitching rubber and the center of home plate, and 2) 6 m behind home plate to provide a rear view of the hitting movement.

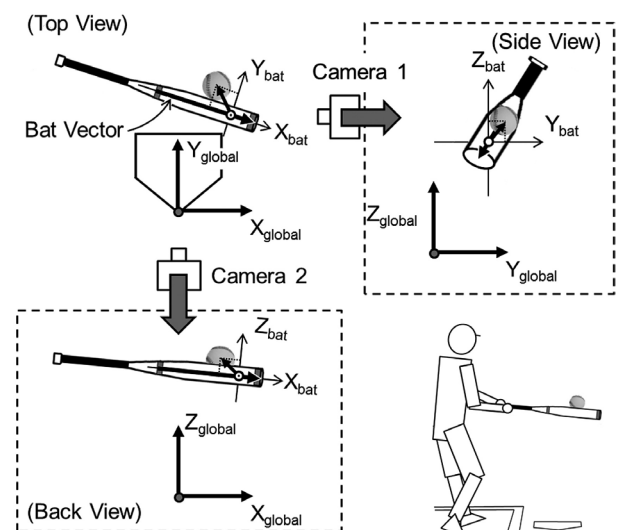


Figure 3. Illustrations of the moment of ball-bat impact

Illustrations of the moment of ball-bat impact (right-bottom) from the top view (left-top), side view (right-top), and back view (left-bottom) with Global-XYZ coordinate system and Bat-XYZ coordinate system.

4. 統計処理

バットスイング速度を打撃前ウォームアップ実施前後で比較するために、打撃前ウォームアップ実施前のティー打撃5球の平均速度に対する打撃前ウォームアップ実施後の速度の変化率を算出した。各打撃におけるバットスイング速度はインパクト前5ミリ秒間における1ミリ秒ごとのバット先端の合成移動速度の平均値とした。そして、打撃前ウォームアップ実施前のティー打撃5球の平均値に対する打撃前ウォームアップ実施後の各打撃でのバットスイング速度の変化率を算出した。打撃前ウォームアップ実施前後でのバットスイング速度の変化についてWilcoxon 検定を行い、危険率5%未満をもって統計的に有意とした。

各条件下でのティー打撃1球ごとのインパクト時のバットの芯からボール中心までの距離及び X_{bat} 成分の距離、 Z_{bat} 成分の距離の平均値の有意差を分散分析で検証した。

インパクト位置は各被験者がウォームアップを実施する前後のティー打撃5球におけるインパクトの平均位置と標準偏差値の有意差を分散分析で検証し、Post-hoc検定として対応のあるt検定を用い、Bonferroni補正の有意水準で検討した。

III. 結果

全被験者の各ウォームアップ法実施前のティー打撃5球のバットスイング速度の平均値 $\pm$ 標準偏差値は、SBS実施前では 33.5 ± 1.7 m/s、WBS実施前では 33.5 ± 1.7 m/sで、条件間に有意な差はみられなかった。SBS実施

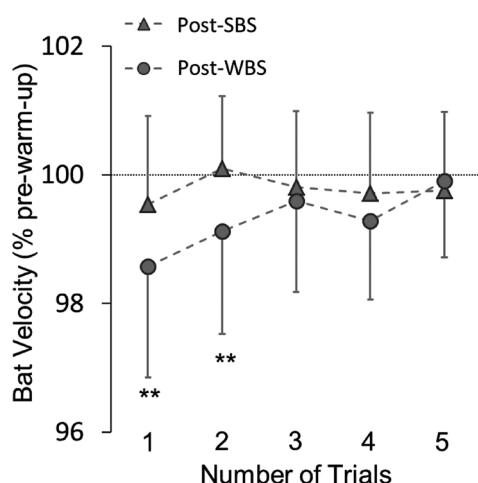


Figure 4. Change rate of bat velocity

Change rate of bat velocity following pre-batting warm-up (5 standard bat swing: SBS or 5 weighted bat swings: WBS) in the 1st to 5th post-warm-up tee batting trials. (**: 100% pre-warm-up $p < 0.01$)

後のティー打撃の1球目から5球目までのバットスイング速度変化率の平均値 $\pm$ 標準偏差値は、 $99.5 \pm 1.4\%$, $100.0 \pm 1.1\%$, $99.8 \pm 1.2\%$, $99.7 \pm 1.3\%$, $99.7 \pm 1.2\%$ pre- SBSであり、いずれも有意差はなかった。一方、WBS実施後のティー打撃の1球目から5球目までのバットスイング速度変化率の平均値 $\pm$ 標準偏差値は $98.6 \pm 1.7\%$, $99.1 \pm 1.6\%$, $99.6 \pm 1.4\%$, $99.3 \pm 1.2\%$, $99.9 \pm 1.2\%$ pre- WBSで、1球目 ($p < 0.01$) 及び2球目 ($p < 0.01$) において有意差が認められた (Figure 4)。

各条件下でのティー打撃1球ごとのインパクト時のバットの芯からボール中心までの距離及び X_{bat} 成分の距離、 Z_{bat} 成分の距離の平均値をFigure 5に示した。いずれの数値においても統計的な有意差は認められなかった。

全被験者のSBS実施前後及びWBS実施前後のティー打撃5球のインパクト位置の分布をFigure 6に示す。SBS実施前後のインパクト位置 (平均値 $\pm$ 標準偏差値) はpre-SBS (X_{bat} , Z_{bat}) = (20.0 ± 18.4 mm, 6.9 ± 7.1 mm) で、

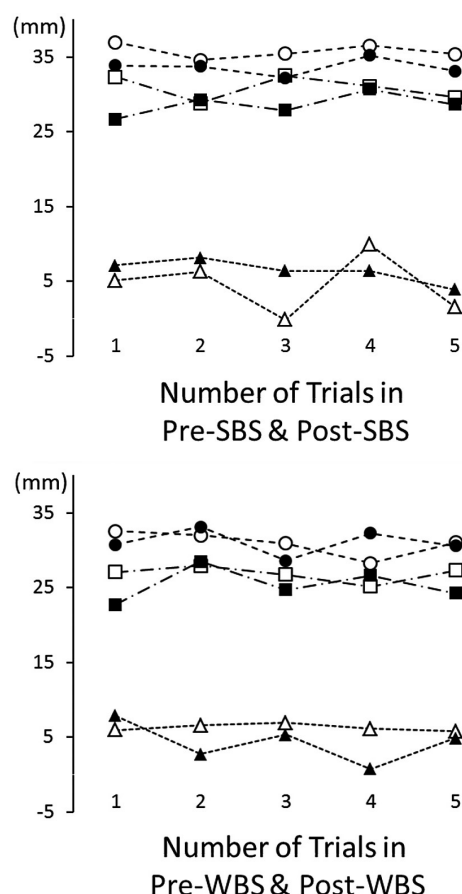


Figure 5. Trial-by-trial change of distance between ball and bat
Absolute distance (○/●), X_{bat} distance (□/■), and Z_{bat} distance (△/▲) at the moment of ball-bat contact in each trial (Top figure: Pre-SBS (white markers) vs. Post-SBS (black markers). Bottom figure: Pre-WBS (white markers) vs. Post-WBS (black markers).

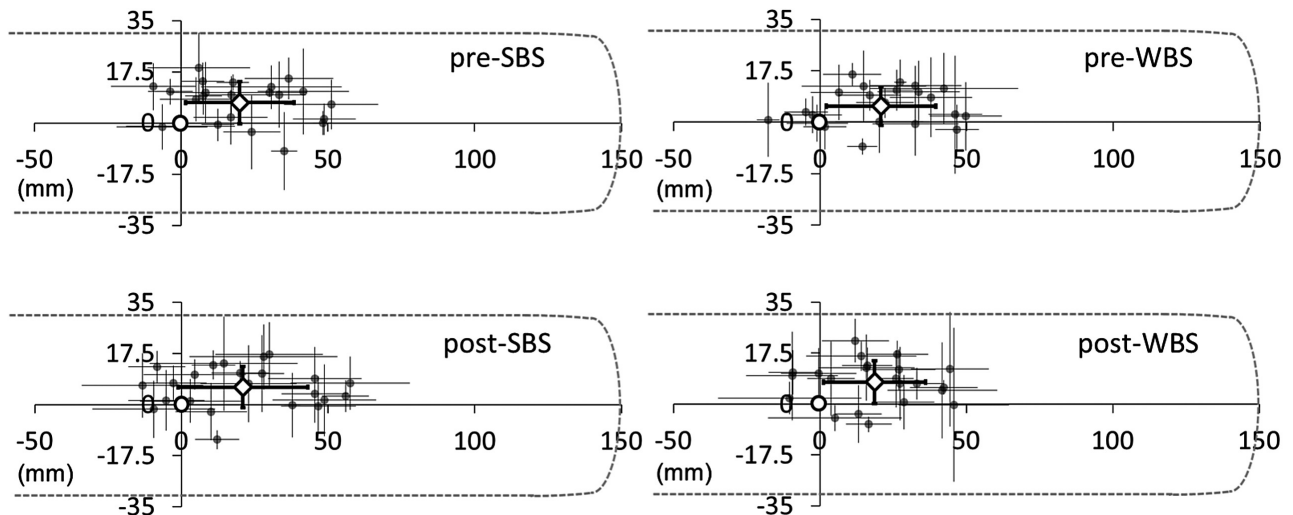


Figure 6. Locations of ball center at the moment of ball-bat impact

Average locations with standard deviation of each subject's (gray circle) and all subjects' (white square) ball-bat impact in 5 trials of each tee batting task before the pre-batting warm-up (top figures) and after the pre-batting warm-up (bottom figures). White circle (○) indicates the sweet spot of the bat which was set as a point 150 mm towards bat grip from the top of the bat. Dashed line represents the approximate shape of the bat.

post-SBS (X_{bat}, Z_{bat}) = (21.0 ± 22.1 mm, 6.0 ± 7.1 mm) であった。WBS実施前後のインパクト位置はpre-WBS (X_{bat}, Z_{bat}) = (20.8 ± 18.7 mm, 5.4 ± 6.4 mm) で、post-WBS (X_{bat}, Z_{bat}) = (18.7 ± 17.4 mm, 7.5 ± 7.3 mm) であった。いずれの測定項目においても統計的に有意な差はなかった。

IV. 考察

本研究では、野球打者が打席に入る直前に行う加重したバットでの素振りがバットスイング速度とインパクトの正確性に及ぼす影響を同時に検証した。先行研究では、加重したバット (1565 g) での素振り後の5回の素振りの平均バットスイング速度は通常のバット (893 g) もしくは軽いバット (272 g) での素振り後の5回の素振りの平均バットスイング速度よりも低くなると報告されている (Montoya et al., 2009)。しかしながら、素振りによる影響の経時的変化、すなわち、素振り後のバットスイング速度の1球ずつの変化については明らかになっていない。また、インパクト位置の正確性や再現性についても調べられていない。そこで本研究では、加重したバットでの素振りの後のティー打撃1球ずつのバットスイング速度とインパクトの正確性を検証した。その結果、加重したバットでの素振りの後のバットスイング速度は、加重したバットでの素振りの後のティー打撃1球目及び2球目においてのみ有意に低下した。この結果から、加重したバットでの素振りがバットスイング速度に及ぼす効果はバットスイングを繰り返すことと時間経過によって薄れていくことが示

唆された。DeRenne et al. (1992) は、652 gから1758 gまでの13種類の重量のバットを用いた打撃前ウォームアップ法がバットスイング速度に及ぼす効果を、高校野球選手を対象に検証した結果、バットの重量が実際に打撃で用いるバットの重量から逸脱するほどに直後の通常のバットでのバットスイング速度が低下すると報告した。加重したバットと通常のバットでの素振り時の両側の上腕二頭筋と上腕三頭筋の表面筋電図を記録した調査 (Kauffman and Greenisen, 1973) では、すべての4つの筋において加重したバットを振る際の筋活動電位は通常のバットを振る際よりも大きく、また上腕二頭筋における上昇率は上腕三頭筋における上昇率よりも高いことが報告された。よってKauffman and Greenisen (1973) はバットを速く振るためには重要でないと考えられる上腕二頭筋のウォームアップ効果がバットスイング速度を低下させたと考察した。また、Welch et al. (1995) はプロ野球選手の打撃動作を解析した結果、バットスイングは投手方向への体重移動から始まり、体重の123%に相当する力が投手側の足部で発揮され、その力が体幹部を回転させる力となり、骨盤・肩・バットの順番で最大角速度が発揮されていくことを確認した。加重したバットでの素振りは骨盤・肩・バットの角速度発揮のタイミングにズレを生じさせる可能性があり、バットスイング速度を低下させる原因のひとつとも考えられる。

本研究ではバットスイング速度と同じく打撃パフォーマンスを大きく左右する打撃正確性も検証した。WBS実施後のバットスイング速度に関してはティー打撃1球目および2球目にのみバットスイング速度が低下するという順

序性がみられたが、正確さの指標となるインパクト位置に関しては違いがみられなかった。その理由として、すべての被験者のインパクト位置がバットの芯を中心としてばらついていただけではなく被験者各々でバット先端寄りやグリップ寄りにインパクト位置が偏っていたために全体的なインパクト位置の変化や傾向がみられなかった可能性がある。先行研究では加重したバットでの素振りが打者の引手側の肘関節と手関節の動作を変化させることが報告されている (Southard and Groomer, 2003) が、そのような変化がボールとバットのインパクトに影響を及ぼすかは明らかにされてこなかった。Adair (2002) によると、安打性の打球を打つためにはバット長軸方向において芯から ± 5 cm の範囲でボールの下約 1 cm から 2 cm を打つ必要がある。今回の測定ではほとんどの被験者がその条件を満たすインパクト位置で打撃を行っていた。さらに、打撃前ウォームアップ法実施前後においてインパクト位置の有意な違いはみられなかった。よって、加重したバットでの素振りの後にバットスイング動作は変化する (Southard and Groomer, 2003) が、インパクト位置は変化しないということが示唆された。その理由として、打者は普段から加重したバットを打撃前に使用しているため、バットスイング動作が変化した状態でも正確なインパクトができるように既に訓練されていることが考えられる。

また、本研究ではバットスイングの特徴を検証するために静止したボールを打つ課題を採用したが、実際の打球を打つ際には適切なタイミングでバットとボールを衝突させるための時間的な正確さも要求される。先行研究では、加重したバットでの素振りの後に通常のバットを振ると、バット重量が低下しバットスイング速度が上昇したと感ずるようになることが報告されており (Otsuji and Kinoshita, 2002)、その感覚的な変化が時間的な正確さに及ぼす影響も今後明らかにしていく必要がある。

V. 要約

本研究では、野球打撃前ウォームアップとして打者が行う加重したバットでの素振りが直後の打撃時のバットスイング速度とインパクトの正確性に及ぼす影響を検証するため、大学野球選手が打撃前ウォームアップ実施前後に行ったティー打撃の結果を比較した。加重したバットでの素振りの後のティー打撃 1 球目及び 2 球目においてバットスイング速度は低下したが、インパクト位置に変化はみられなかった。以上の結果から、加重バットでの素振りは直後の打撃パフォーマンス低下をもたらす可能性がある。

VI. 文献

- Adair RK. (2002) The physics of baseball (3rd ed.). New York: HarperCollins.
- Crisco JJ, Greenwald RM, Blume JD, Penna LH. (2002) Batting Performance of wood and metal baseball bats. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(10), 1675-1684.
- Cross R. (1998) The sweet spot of a baseball bat. *American Journal of Physics*. 66(9), 771-779.
- Davey PR, Thorpe RD, Williams C. (2002) Fatigue decreases skilled tennis performance. *J Sport Sci* 20: 311-318.
- DeRenne C, Ho KW, Hetzler RK, Chai DX. (1992) Effects of warm up with various weighted implements on baseball swing velocity. *J Strength Cond Res*, 6(4): 214-218.
- Kauffman IB, Greenisen MC. (1973) An EMG analysis of the validity of warm up with a weighted baseball bat. In: Mechanics and Sports. Bleustein J. L. (Ed.), Paper presented at: The Winter Annual Meeting of the American Society of Mechanical Engineers; November 11-15, Detroit, MI. pp. 247-250.
- Montoya BS, Brown LE, Coburn JW, Zinder SM. (2009) *J Strength Cond Res*. 23(5): 1566-1569.
- Otsuji T, Kinoshita H. (2002) After-effects of using a weighted bat on subsequent swing velocity and batters' perceptions of swing velocity and heaviness. *Percept Motor Skill* 94(1): 119-126.
- Southard D, Groomer L. (2003) Warm-up with baseball bats of varying moments of inertia: Effect on bat velocity and swing pattern. *Res Q Exercise Sport* 74(3): 270-276.
- Szymanski DJ, DeRenne C, Spaniol FJ. (2009) Contributing factors for increased bat swing velocity. *J Strength Cond Res* 23(4): 1338-1352.
- Welch CM, Banks SA, Cook FF, Draovitch P. (1995) Hitting a baseball: A biomechanical description. *J Orthop Sports Phys Ther*. 22(5): 193-201.

連絡責任者

住所：〒359-1192 埼玉県所沢市三ヶ島 2-579-15

早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

氏名：樋口貴俊

電話：04-2947-6826

E-mail：t-higuchi@fuji.waseda.jp