

研究報告

ソフトボールのバッティングにおけるストライド長と 外力モーメントの関係

堀内 元¹⁾・平川 穂波²⁾・桜井 伸二²⁾

Relationship between stride length and external moment
in softball batting

Gen HORIUCHI, Honami HIRAKAWA, Shinji SAKURAI

1. 諸 言

ソフトボールのバッティングにおいて、地面反力から得られる外力モーメントは打者のパフォーマンスを評価するうえで重要な指標の1つであるバットヘッドスピードの増大に貢献すると考えられる(宮西, 2006; 堀内・桜井, 2013)。外力モーメントはストライド長と地面反力の外積によって表される物理量であるが、ストライド長を過度に大きくすることは地面反力を減少させ、結果的に外力モーメントを減少させることが指摘されている(矢内, 2007)。言い換えると、上述する2つの変数の間にはトレードオフ関係があることが推察され、外力モーメントを最大化するうえで最適なストライド長が存在すると考えられる。

そこで本研究の目的は、ソフトボールのバッティングにおける適当なストライド長について検討することである。

2. 方 法

2.1. データ収集

大学女子ソフトボール部に所属する学生選手24名(身長: 159.6 ± 4.6 cm, 体重: 57.8 ± 4.5

kg, 年齢: 19.5 ± 0.9 years, 競技歴: 9.5 ± 2.4 years)が本研究の分析対象者であった。全分析対象者のうち、右打ちが7名、左打ちが19名であった。

バット(3点)、分析対象者の解剖学的特徴点(39点)およびボール(6点)に再起反射マーカーを貼付し(Figure 1)、最大努力によるティーバッティングを様々なストライド長で行わせた。ストライド長は打者の脚長(立位時における大転子から外踝までの直線距離)を基準に設定し、脚長の70%、85%、100%、115%、130%の長さとして、軸足から所定の距離に目安のマークをつけた。試技は5段階のストライド長によるバッティングを順不同で行わせた。なお、ティー台の高さは、分析対象者がバッティング姿勢をとった際の上前長骨棘の高さとし、水平面におけるボール位置は分析対象者に任意に決めさせた。

バッティング動作中における再起反射マーカーの軌跡をモーションキャプチャシステム(Vicon MX, Vicon Motion Systems Ltd.)を用いてサンプリング周波数250 Hzで記録した、同時に、両足に作用する地面反力を2台のフォースプレート(9281B, Kistler)を用いてサンプリング周波数1000 Hzで測定した。

¹⁾ 中京大学大学院体育学研究科

²⁾ 中京大学スポーツ科学部

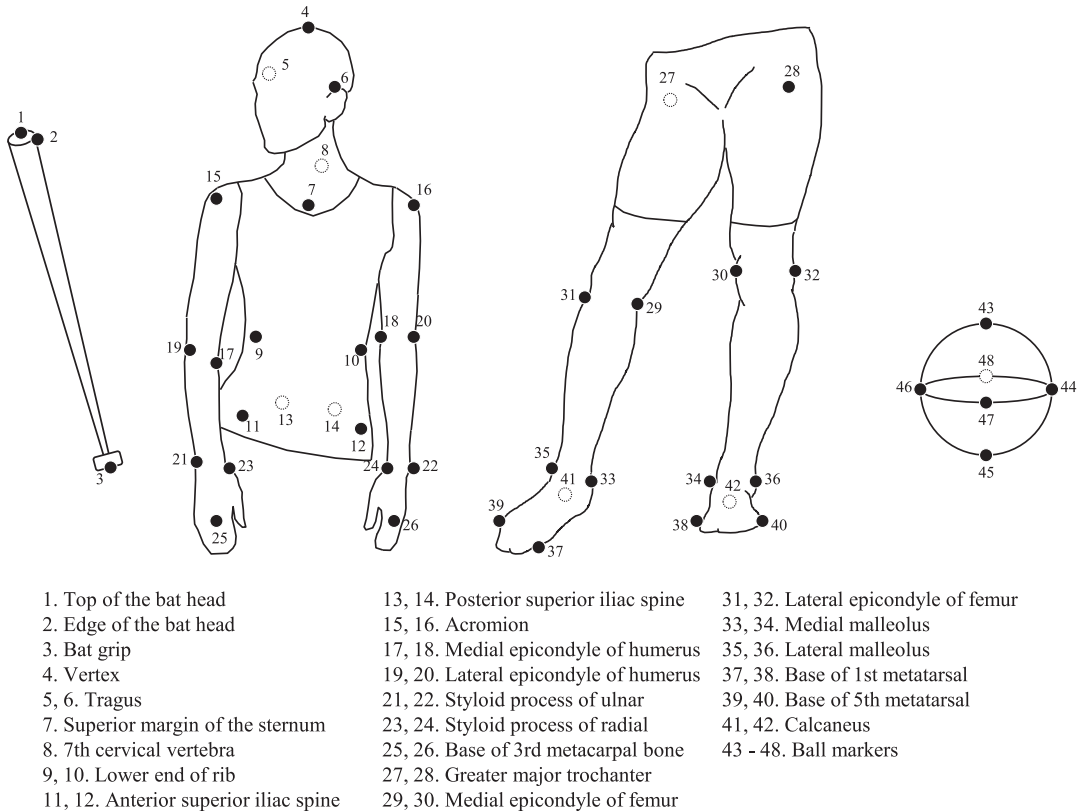


Figure 1 Landmarks of bat, body and ball

以上の条件において、分析対象者の納得いく試技が各ストライド長で3回ずつ得られるまでデータ収集は続けられた。なお、インパクトした際のバットヘッドスピードが最大であった試技を各ストライド長における分析対象とした。そして、左打ちの分析対象者に関しては、左右を反転させ、右打ちの打者としてデータ処理を行った。

2.2. データ分析

2.2.1. 平滑化

再起反射マーカの3次元座標データはButterworth型ローパスデジタルフィルターによって平滑化され、カットオフ周波数（14～17 Hz）はYu et al. (1999)の方法によって決定された。なお、バットとボールがインパクトした際のバットヘッドの急激な減速を考慮して、バットヘッドの先端部および縁部の座標データについては平滑化を行わなかった。

2.2.2. 外力モーメント

水平面において、身体重心位置から足圧中心位置までのベクトルと地面反力の外積成分を身体重心周りにおける外力モーメントとした。バッティング動作中における打者の身体重心位置は、阿江ほか（1992）の身体部分慣性係数を用いて算出された。なお、投手方向への回転を正、捕手方向への回転を負の成分として算出した。投手側の足部接地からインパクトまでの局面において、外力モーメントを時間積分することで、水平面における身体重心周りの角力積を算出した。

2.2.3. バットヘッドスピード

バットヘッドの先端部に貼付した反射マーカの変位を時間微分することで得られる合成速度をバットヘッドスピードとして算出した。

2.3. 統計処理

各ストライド長において、規定したストライド長、水平面における身体重心周りの角力積およびインパクト時のバットヘッドスピードに対して1元配置分散分析(対応あり)を行った。有意水準は1%未満とした。

3. 結果

Table 1は、規定したストライド長の試技における脚長に対する各ストライド長の割合を示している。いずれの試技においても、ストライド長の平均値は、規定したストライド長よりも小さかった。各ストライド長は、試技間において有意差が認められた ($p<0.01$)。

Figure 2は、水平面における身体重心周りの外力モーメントのストライド脚の接地からインパクトまでの変化の典型例を示している。スト

ライド足による外力モーメントは、接地直後から急激に正へ増大し、インパクト前の約0.1秒から急激な減少を示し、インパクト時では概ね0 Nmであった。軸足による外力モーメントは、ストライド足の接地直後は負の値を示していたが、スイング中盤から正へ転じ、インパクト時には概ね0 Nmであった。

Figure 3は、ストライド足の接地からインパクトまでの局面における外力モーメントによる角力積を示している。ストライド足による外力モーメントの角力積(左図は)、いずれのストライド長においてもほとんどが正であった。そして、70%と85%、85%と100%および115%の

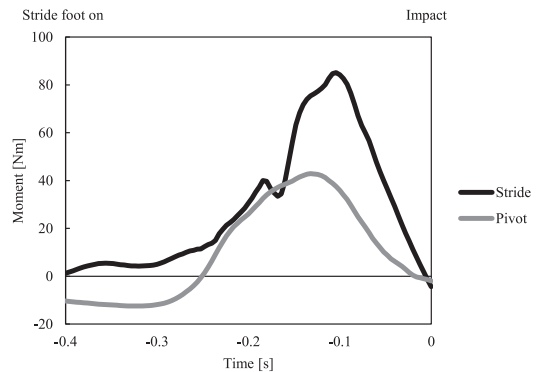


Figure 2 Typical example of the change in external moment by ground reaction forces in the horizontal plane

Table 1 Percentages of stride length at each trial

Defined Value	Stride Length [%]
70%	69.0 ± 3.4
85%	78.6 ± 4.1
100%	90.9 ± 4.0
115%	101.0 ± 4.6
130%	112.1 ± 4.5

*: $p<0.01$

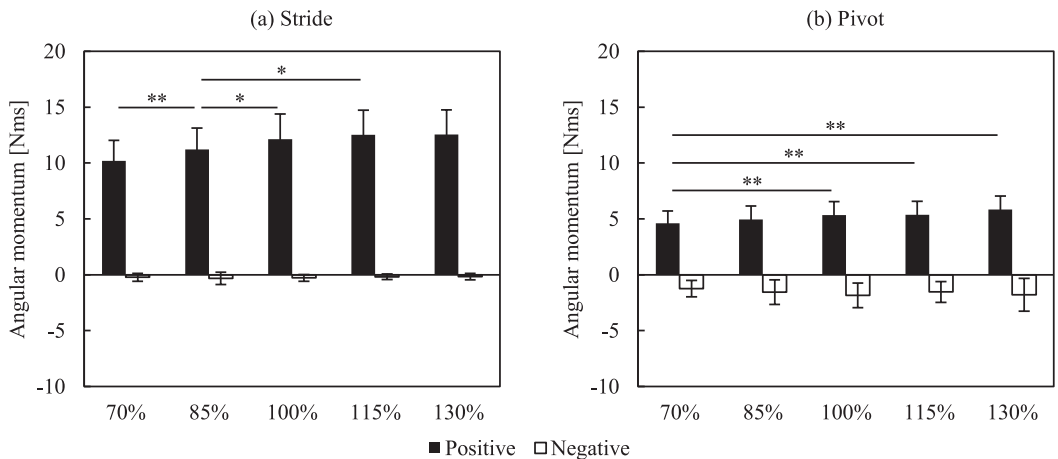


Figure 3 Angular momentum by external moment of each foot
(*, **: Significant differences at $p<0.01$, $p<0.001$, respectively)

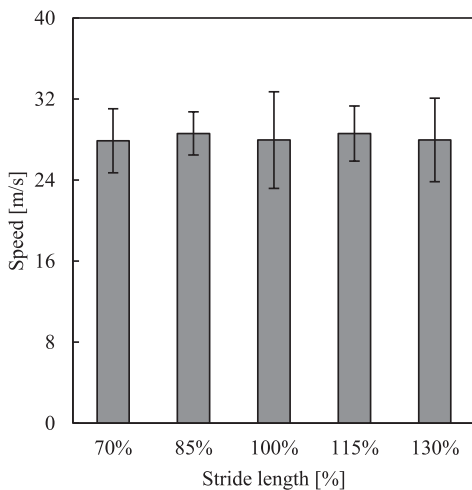


Figure 4 Bat head speed at impact

ストライド長の正の成分において、試技間に有意差が認められた。軸足による外力モーメントの角力積（右図）は、いずれのストライド長においても正の成分のほうが負の成分よりも大きかった。70%と100%、115%および130%のストライド長の正の成分において、試技間に有意差が認められた。

Figure 4は、各試技におけるインパクト時のバットヘッドスピードを示している。いずれのストライド長においてもバットヘッドスピードに有意差は認められなかった。

4. 考 察

4.1. ストライド長と外力モーメント

いずれのストライド長においても、外力モーメントの正の角力積は軸足よりもストライド足の方が大きかった（Figure 3）。この結果は、堀内・桜井（2013）による報告と同様の結果であるといえる。外力モーメントによる正の角運動量は、ストライド足および軸足ともに、ストライド長が大きくなるにつれて大きくなる傾向を示した。しかしながら、ストライド長と地面反力の間にはトレードオフ関係が存在することが予想されるが（矢内, 2007）、ストライド長の変化に伴って外力モーメントによる角力積には

逆U字の関係はみられなかった。これは、規定したストライド長の大きさが関係すると考えられる。本研究では、ストライド長を脚長の70%から130%までを15%ごとに5段階で規定した。しかし、実際のストライド長は、試技間において有意差が認められたものの、全体的に規定したストライド長よりも小さく、70%試技以外は規定したストライド長よりも10%程度小さい結果（平均:69.0~112.1%）であった（Figure 1）。そのため、矢内（2007）が指摘するストライド長と地面反力のトレードオフ関係がみられるストライド長ではなかった可能性が考えられる。

外力モーメントの負の角力積は、いずれのストライド長においても、ストライド足および軸足ともに試技間における有意差は認められなかった（Figure 3）。このことから、ストライド長を大きくしたとしても、水平面において身体重心回りに身体をスイング方向へ回転させることを妨げる成分が増大することはないことが示唆された。

4.2. ストライド長とバットヘッドスピード

ストライド長の変化に伴って外力モーメントの正の角力積の大きさも変化した。インパクト時のバットヘッドスピードに有意差は認められなかった。矢内（2007）は、インパクト時のバットヘッドスピードを最大化させるためには、インパクト時におけるバットの角運動量を最大化させる必要があると述べている。また、堀内・桜井（2013）も、大きなバットヘッドスピードを獲得するためには、身体重心周りの角運動量を増大させ、最終的にバットへ転移させる必要性を述べている。これらのことから、水平面における身体重心周りの角運動量を増大させることは、バットヘッドスピードを増大させるための必要条件であると考えられる。そして、ストライド長が小さい試技では、打者が限られた角運動量を効率的にバットへ転移させるための戦略（例えば、体幹や上肢における効率的な角運動量の転移）を用いてバットヘッドスピードを増大させていることが示唆された。

本研究は2015年度中京大学体育研究所の共同

研究費を得て行われた。

文 献

阿江通良・湯海鵬・横井孝志 (1992) 日本人アスリートの身体部分慣性特性の推定. バイオメカニズム, 11 : 23-33.
堀内元・桜井伸二 (2013) 大きなバットスイングスピードを生み出す身体の回転. 体育の

科学, 63 (7) : 522-526.

宮西智久 (2006) 打動作と体幹・四肢の角運動量－野球のバッティングの場合－. 体育の科学, 56 (3) : 181-186.

矢内利政 (2007) 野球のバッティングにおける重心移動と回転運動－Deterministic model を利用した分析－. バイオメカニクス研究, 11 (3) : 200-212.

