

# 論文要旨

## 研究背景

野球のバッティングにおいて、インパクト時のバットヘッドスピード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。そのため、野球のバッティングに関する先行研究では、インパクト時のバットヘッドスピードに関連する動作について検討されてきた。野球のバッティングに関するキネマティック的研究では、膝関節角度や体幹の回旋角速度および捻転角速度、バットグリップ側の肩関節角度、肘関節の伸展角速度などがインパクト時のバットヘッドスピードの増大に対して重要な動作であると考察されている。しかしながら、上述するキネマティックの変数は、連続したバッティング動作の一部に過ぎず、バットヘッドを加速させる直接的要因ではない。

近年における野球のバットスイングの力学的分析を行った研究からは、バット長軸方向への力とバットヘッドスピードの大きさに関連があることが報告されている（阿江ほか、2013；森下ほか、2015）。このバット長軸方向への力によるバットの加速メカニズムは2つに大別できる。1つはバット長軸方向への力によってスイング中におけるバットの曲率半径が短縮することでバットが加速されるメカニズム、もう1つはバット長軸方向への力によってバットへ力学的エネルギーが流入することでバットの速度が増大するメカニズムである。しかしながら、どちらのメカニズムによってバットが加速されるかについては先行研究では言及されていない。

指導現場では、下肢の動作について重要視されることが多い。野球のバッティングに関する指導書の記述を抽出した研究においても、指導における意識の対象は身体部位では下肢についての表出数が最も多かったと報告されている（金堀ほか、2012）。野球のバッティングにおけるキネマティック的研究（Escamilla et al., 2009）からは、関節角速度あるいはセグメント回転速度のピークが膝、腰、上腕、肘の順に出現し、その大きさも漸増していたことから、エネルギーが下肢から体幹、上肢、バットへと順次伝達されることが大きなバットヘッドスピードの獲得に貢献していると考察されている。しかしながら、野球のバッティングにおける下肢や体幹の力学的エネルギーの流れについて定量化した研究は見当たらない。

以上より、1. バットヘッドの加速メカニズムについてバットの運動学および力学的観点から明らかにすること、2. 下肢および体幹における力学的エネルギーの流れの定量化することを研究課題として設定した。そして、これらの研究課題について検討することで、野球のバッティングにおけるバットヘッドの加速メカニズムを明らかにすることを本論文の目的とした。

## 研究1 バットヘッドスピードの増大に関連するバットのダイナミクス

99名の男子アマチュア野球選手の最大努力によるバッティング動作をモーションキャプチャーシステムによって記録し、バットの運動学および力学的変数について分析した。

バットスイングの中盤から、バットグリップに対して両手部によってトルクが発揮され、バットへ回転エネルギーが流入していた。しかしながら、グリップトルクによるバットの回転パワーとインパクト時のバットヘッドスピードとの間に有意な相関関係は認められなかった。また、インパクト付近において、このトルクの発揮が減衰していた。これは、インパクト付近において、バットが高速で回転していたことから、手関節周辺の骨格筋における力-速度関係によって発揮できるトルクが減少したためであると考えられる。また、バットスイングの後半において、バットの長軸方向へ発揮される力が急増し、バットへ並進エネルギーが流入していた。そして、同局面において、インパクト時のバットヘッドスピードとバット長

軸方向へ発揮される力およびグリップ力によるバットの並進パワーとの間に有意な相関関係が認められた。これらのことから、バットスイング中盤からインパクト直前までの局面では回転エネルギーが、バットスイング後半からインパクトまでの局面では並進エネルギーがバットへ流入することによって、バットヘッドが加速されると考えられる。

また、バットの長軸方向へ発揮される力は、バットヘッドスピードの平方と極めて高い相関関係にあった。加えて、バットヘッドの加速度の変化に関わらず、曲率半径は単調増加していた。これらの結果から、バットの長軸方向へ発揮される力は、バットの遠心力に対してある割合で抗する程度に発揮されており、バットヘッドの曲率半径を小さくするほど発揮されていないことが示唆された。

## 研究2 下肢および体幹における力学的エネルギーの流れの定量化

79名の男子アマチュア野球選手の最大努力によるバッティング動作をモーションキャプチャーシステムによって記録し、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によって計測した。逆動力学演算によって左右の下肢関節および体幹関節（体幹部を上下に分割する仮想関節）に作用する関節力および関節トルクを算出した。加えて、関節トルクによる力学的仕事を各関節で発生・吸収された力学的エネルギーの指標として算出した。また、セグメントに作用する関節力および関節トルクによる力学的仕事をセグメントを流入出した力学的エネルギーの指標として算出した。

投手側足部の接地から骨盤回旋角速度が最大に達するまでの局面において、左右の股関節で生成された力学的エネルギーが顕著に大きく、生成された力学的エネルギーは左右の股関節トルクによって下胸部へ流入していた。さらに、力学的エネルギーは、体幹関節トルクによって下胸部から体幹関節へ流出していた。骨盤回旋角速度が最大に達してからインパクトするまでの局面において、体幹関節トルクによって力学的エネルギーが生成され、上胸部へ流入していた。加えて、同局面においてバットの力学的エネルギーが急増していた。これに対して、分析範囲を通して、体幹部（上胸部および下胸部）の力学的エネルギーの変化は小さかった。以上のことから、野球のバッティング動作において、左右の股関節は力学的エネルギーの発生源、体幹は力学的エネルギーの伝達経路としての役割を果たしていることが推察された。加えて、体幹部へ流入した力学的エネルギーは、体幹部で留まることなく一気に左右の上肢へ伝達されていたと考えられる。

## 研究3 バットヘッドスピードに関連する股関節のダイナミクス

研究2の結果より、野球のバッティング動作では、左右の股関節が力学的エネルギーの発生源であることが示唆された。この力学的エネルギーの生成に関連する股関節のダイナミクスが明らかになれば、バッティング動作に関するコーチングや筋力トレーニングに対する示唆など、指導現場にとって有用な知見の獲得につながることが予想される。そこで、研究3では、野球のバッティング動作中において力学的エネルギーの生成に関連する左右の股関節のダイナミクスを記述し、インパクト時のバットヘッドスピードとの関係について検討することを目的とした。

98名の男子アマチュア野球選手の最大努力によるバッティング動作をモーションキャプチャーシステムによって記録し、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によって計測した。研究2と同様に、逆動力学演算によって左右の下肢関節に作用する関節力および関節トルクを算出した。加えて、左右の股関節トルクによる力学的仕事を、左右の股関節で発生・吸収された力学的エネルギーの指標として算出した。

投手側足部の接地から骨盤回旋角速度が最大に達するまでの局面において、投手側の股関節では屈曲ト

ルクおよび内転トルクによる力学的エネルギーの生成が大きかったが、インパクト時のバットヘッドスピードとの間に有意な相関関係は認められなかった。捕手側の股関節では伸展トルクによる力学的エネルギーの生成が大きく、インパクト時のバットヘッドスピードとの間に有意な相関関係が認められた。

骨盤回旋角速度が最大に達してからインパクトするまでの局面において、投手側の股関節では伸展トルクによる力学的エネルギーの生成が大きく、インパクト時のバットヘッドスピードとの間に有意な相関関係が認められた。同局面ではバットヘッドスピードが急激に増大することから、投手側の股関節の伸展トルクによる力学的仕事は、バットの遠心力に抗することで打撃姿勢を維持するために発揮されていたと考えられる。捕手側の股関節では、投手側足部の接地から骨盤回旋角速度が最大に達するまでの局面と比較して、力学的エネルギーの生成は小さく、いずれの関節トルクによる力学的仕事についてもインパクト時のバットヘッドスピードとの間に有意な相関関係は認められなかった。そのため、インパクト直前での捕手側の股関節における力学的エネルギー生成としての役割は小さいことが推察される。

## 総括

野球のバッティング動作では、投手側の足部が接地してから骨盤の回旋角速度が最大に達するまでの局面において、投手側の股関節では屈曲トルクおよび内転トルク、捕手側の股関節では伸展トルクによって主に力学的エネルギーが生成され、左右それぞれの股関節トルクによって下胴部へ流入、さらに体幹関節トルクによって下胴部から体幹関節へ流出することが明らかになった。さらに、骨盤の回旋角速度が最大に達してからインパクトするまでの局面において、体幹関節トルクによって生成された力学的エネルギーが上胴部へ流入し、上肢を介してバットへ伝達させることによってバットヘッドが加速することが示唆された。また、バットへ力学的エネルギーが流入する際には、グリップに作用するトルクによって回転の運動エネルギーが流入した後、グリップに作用する力によって並進の運動エネルギーがバットへ流入することが明らかになった。