

博士学位論文審査報告書

大学名	早稲田大学		
研究科名	スポーツ科学研究科		
申請者氏名	森下 義隆		
学位の種類	博士（スポーツ科学）		
論文題目	野球打撃におけるバットを加速させるスイング技術 Swing Techniques to Accelerate the Bat-head in Baseball Hitting		
論文審査員	主査 早稲田大学教授 矢内 利政	Ph.D. (University of Iowa)	
	副査 早稲田大学教授 彼末 一之	工学博士・医学博士（大阪大学）	
	副査 早稲田大学教授 土屋 純	博士（人間科学）（早稲田大学）	
	副査 国立スポーツ科学センター副センター長 平野 裕一		

本学位論文は、野球の打撃動作において、打者がどのようにしてバットを加速させているかを力学原理に則って分析し、そのメカニズムを明らかにしたものである。本論文は、バットを高速にスイングさせるために重要な動作を検討した研究の現状と問題点をまとめた緒論（第1章）、問題点を解決するための2つの研究（第2章、第3章）、および総括論議と結論（第4章、第5章）で構成されている。

第1章 緒言

野球の打者に要求される主たる課題の1つは、得点を獲得するためにヒットやホームランとなるような痛烈な打球を放つことである。このような打球を放つためには、投手から投げられたボールをバットの先端部（バットヘッド）で「強く」、かつ「正確」に当たるという打撃技術が求められる。打者にとってバットヘッドの速度（ヘッドスピード）を増加させることは、ボールを強くインパクトすることに繋がるため、高速な打球を放つ可能性が高められる。また、スイング開始からインパクトまでのバットの移動距離が一定の場合、ヘッド速度の増加はスイング時間を短縮し、投球軌道を見極める決断時間を延長することができるため、インパクトの正確性を高めるという波及効果も期待できる。これらのことから、先行研究では、バットのヘッドスピードの増加と関連のある身体運動やバットに作用する力の効果が数多く検討されてきた。しかしながら、バットの運動に対してそれを生み出す要因となるキネマティックおよびキネティックなパラメータがどの程度貢献しているかは定量化されていなかった。そのため、バットの加速や方位変化を生み出すために重要な身体運動が特定されておらず、現場での指導やトレーニングに活用されるような知見を得るには至っていない。そこで本学位論文は、関節運動が生み出し得るバットのヘッドスピード、および打者の全身運動によってもたらされる力がバットのヘッドスピードと方位変化に与える効果を、熟練した打者の打撃動作から明らかにすることを目的として実験を行うこととした。

第2章 バットのヘッドスピードに対する体幹および上肢のキネマティック的貢献

本章では、身体中枢（体幹）から末端（バット）までの運動連鎖を生じさせる各関節の回転運動が生み出し得るヘッドスピードを定量化し、インパクト直前のヘッドスピードを増加

させるために重要なキネマティクスの要因について検討を行った。大学野球選手 17 名にティー打撃（静止球打撃）を行わせた。その動作を光学式モーションキャプチャシステム（500Hz）で記録し、骨盤の並進・回転運動および骨盤以遠の各関節運動が生み出し得るヘッドスピードを Springs et al. (1994) の方法を応用して算出した。その結果、スイング局面前半では体幹の関節運動、後半では手関節の回転運動がヘッドスピードの大部分を生じさせていることが示された。また、インパクト直前のヘッドスピードに対して手関節の回転運動が生み出し得るヘッドスピードの貢献が最も大きく、続いて下腕関節と骨盤の回転運動、上腕関節、骨盤の並進運動の順に貢献が大きいことが示された。一方で、肩関節の回転運動は唯一、インパクト直前のヘッドスピードに対して負の貢献を示した。また、インパクト直前のヘッドスピードを増大させるためには、踏出し足が完全に接地するまでは肩関節の回転速度を極力小さくし、その直後から下腕関節の回転速度（体幹の捻り戻しの角速度）を大きくすることにより身体の角運動量を増大させ、ヘッドスピードを急増させることが重要であることが示された。この研究は、国内の学術雑誌に掲載された（森下義隆，平野裕一，矢内利政：2013 野球のバッティングにおけるバットヘッド速度に対する体幹および上肢のキネマティクスの貢献。バイオメカニクス研究，17 巻 4 号，170-180 頁）。

第 3 章 バットの運動が生み出されるメカニズム

本章では、両手-バット間に作用する力がバットのヘッドスピードと方位変化に与える効果を打球方向別に明らかにした。

第 1 節では、センター方向へ打球を放った際のバットの運動をもたらず力系に着目した。第 2 章と同様のデータを用いて、逆力学演算によって打者の両手がバットに加えた力-偶力系を求めた。そして、力-偶力系を構成する各成分（合力，重力，偶力，合力のモーメント，ジャイロ効果）の積分値（力積・角力積）に起因するヘッドスピード及びバット角度をニュートン・オイラーの運動方程式に基づいて算出することにより各成分の貢献度を定量化した。その結果、インパクト時のヘッドスピードは、打者がバットの長軸に沿ってグリップエンド方向に加える合力が全体の 70%を生み出しており、偶力が 25%を生み出していることが明らかになった。また、バットを水平面上に投影した角度は、両手部が加えた力のモーメントによるブレーキ効果を上回る偶力の貢献によって生み出されていたが、バットの鉛直方向への傾斜角は、両手部が加えた力のモーメントが原動力となって生み出されていることが示された。この研究は、国内の学術雑誌に掲載されることが確定している（森下義隆，平野裕一，矢内利政：2015 野球打撃におけるインパクト時のバットのヘッドスピードと方位を決定する力学的要因。バイオメカニクス研究，印刷中）。

第 2 節では、左右方向へ打球を打ち分ける際のバットスイングがどのような力によって生み出されているのかを明らかにした。大学野球選手と社会人野球選手 26 名に、ピッチングマシンから投げられるボールに対して、「引っ張り」と「流し打ち」を行わせた。指定した方向に打球が放たれ、被験者自身の自己評価が高かった試技を分析対象として、前節と同様のパラメータを算出した。算出したパラメータを両試技で比較した結果、インパクト時のヘッドスピードは両試技とも打者がバットの長軸に沿ってグリップエンド方向に加える力が約 70%を生み出していたが、残りのヘッドスピードを生み出していた成分が試技間で異なっていることが明らかになった。この違いは打者がバットに加える力の方向が両試技で異なっていたことに起因していた。すなわち、流し打ちではこの力がバットの回転を減速させる方向にモーメントを発生させていたため、バットの打撃面を流し打ち方向へ向けることができた一方で、ヘッドスピードを減速させる効果ももたらすこととなった。これらの結果から、

左右方向への打球の打ち分けは、両手部がバットに加える力の向きを調整することによって行われていることが示唆された。

第4章 総括論議

各章の研究結果から、打球方向に係わらずバットのヘッドスピードは、打者が両手部を介してバットの長軸に沿ってグリップエンド方向に加えた力の力積によってその大半が生み出されていることが示された。このグリップエンド方向への力は、打者の身体の回転に伴ってバットが移動する際の曲線軌道がバットの長軸方向と一致し続けたために、拘束力としてバットに作用したものと考えられた。指導の現場では、インパクト中に打撃方向に『バットでボールを押し込む（バット長軸に対して垂直方向へバットを押し）』ようにスイングすることで鋭い打球を放つことができると考えられてきた。しかし、本研究の結果から、バットをグリップエンド方向に加える力（バット長軸の方向へバットを引く力）が増加するように、スイングの開始から体幹を高速に回転させるための練習を行うことが重要であることが示唆された。また、インパクトの正確性に関わるバットの方位変化については、バットの水平面上の角度は、両手部が加えた力のモーメントによるブレーキ効果を上回る偶力の角力積によって生み出されており、バットの下方への傾斜は力のモーメントの角力積が原動力となって生み出されていることが明らかとなった。さらに、両手部がバットに加える力の方向を微調整することにより左右方向への打ち分けが可能になることが示された。

本論文の評価

本研究は、野球の打撃動作において、打者がどのようにしてバットを加速させているかを力学原理に則って分析し、そのメカニズムを明らかにしたものである。打者は投手から投げられたボールをバットの芯で強く、かつ正確に衝突させる技術が求められるが、それがどのような力を、どのようなタイミングで、どの方向へ打者が加えることによって実現するかを明らかにした本研究の学術的意義は、バイオメカニクス研究として極めて価値が高い。また、打者は状況に応じて左右方向に打球を打ち分けるといふ打撃技術を用いるが、それを可能にするために打者がバットの回転運動をどのようにコントロールしているかも明らかにした。バットの加速技術やバットコントロールのからくりを解明したことで、打撃技術に関する基礎的知見が深まった。この知見は、野球やソフトボールにおけるパフォーマンスを向上のための大きな原動力になるものと考えられる。研究成果は当該分野において高く評価されている学術誌に掲載されるなど、申請者の今後の研究上の活躍が大いに期待できる。

上記のような評価を得て、本審査委員会は、森下義隆氏の学位申請論文が博士（スポーツ科学）の学位を授与するに十分値するものと認める。

学術論文

- 森下義隆, 平野裕一, 矢内利政: 2013 野球のバッティングにおけるバットヘッド速度に対する体幹および上肢のキネマティクスの貢献. バイオメカニクス研究, 17巻4号, 170-180頁
- 森下義隆, 平野裕一, 矢内利政: 2015 野球打撃におけるインパクト時のバットのヘッドスピードと方位を決定する力学的要因. バイオメカニクス研究, 印刷中

以 上