

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	城所収二
学位の種類	博士（スポーツ科学）
論文題目	野球の打撃に求められるインパクト技術 The impact techniques of baseball batting in collegiate players and its implications to performance improvement
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 川上 泰雄 博士（教育学）（東京大学） 副査 早稲田大学教授 彼末 一之 工学博士（大阪大学） 医学博士（大阪大学）

本論文は第1章から第5章までの本論と文献から構成されている。

第1章：緒論

「野球選手は、絶えず応用物理学の実践者である(Watts and Bahill 1990)」とされるように、ボールとバットの衝突は力学の原理に則った現象を生ずる。すなわち、打球の指標となる各要素（打球飛距離、打球速度、打球の運動エネルギー）は、衝突直前のバットのスピードとその方向（スイング特性）と、衝突した瞬間のバットの方位とボールの衝突位置（インパクト位置）によって、そのほとんどが決定される。しかしながら、これらの関係を検討した過去の研究は、バットの構造やボールの反発といった道具の観点からみた衝突特性や、運動量保存則やエネルギー保存則といった力学原理の制約の中で最も妥当と考えられるモデルを用いた数値シミュレーションによって行われたものであり、選手個々の特徴が反映されていない。また、これまで打球の左右方向への打ち分けは、水平面に投影した2次元運動として解釈されてきたが、打者の行うスイング軌道が3次元であることから、正確な衝突メカニズムを明らかにするためには3次元で解析する必要がある。そこで本学位論文では、狙った方向に痛烈な打球を放つために必要なインパクト技術を明らかにすることを主たる目的とし、大学野球選手を対象にしてインパクトを含む衝突前後のボールとバットの運動から打球の飛距離や打球の運動エネルギーの変動要因、ならびに流し打ちを可能にするためのインパクトメカニズムを検証した。

第2章：打球飛距離と打球の運動エネルギーに影響を及ぼすスイング特性

大学野球選手13名に、マシンにより投げられたボールに対してセンター返しを行わせた。打球飛距離60m以上、かつ自己評価の高かった試技を分析対象とし、この時の打撃動作を、打者の側方に設置した高速度カメラと、バットのグリップエンドに装着した角速度センサを用いて記録した。打球の指標とインパクトにおける各変数の相関分析を行った結果、直衝突

(正面衝突)に近いインパクトによって放たれた打球速度が大きく、回転速度の小さな試技ほど飛距離は長く、そのうち打球が低い弾道で放たれた場合において、打球の運動エネルギーは大きかった。そして、打球の指標を従属変数、スイング特性を独立変数としてステップワイズの重回帰分析を行った結果、打球の飛距離を長くするためには、バットのヘッド速度を高め、アップースイングとなるようなスイング軌道でインパクトさせることが重要であると示された。また、打球の運動エネルギーを高めるためには、上記2変数を増加させるとともに、大きなローリング角速度(バットの長軸回りの回転速度)を持たせたバットでインパクトさせることが重要であると示された。なお、本研究は『バイオメカニクス研究』に掲載された(学術論文リスト1)。

第3章：打球の運動エネルギーを決定するスイングとインパクト

大学野球選手10名に、マシンにより投げられたボールに対してセンター返しを50球行わせた。センター方向かつフェアグラウンドに放たれた全ての試技を分析対象とし、この時の打撃動作を、打者の側方および後方に設置した高速度カメラと、バットのグリップエンドに装着した角速度センサを用いて記録した。バットのスイング特性(スピードとその方向)とバットの芯を基準としたインパクト位置(インパクトの正確さ)が打球の運動エネルギーにどのように貢献するのかを、ステップワイズの重回帰分析を用いて被験者内で検討したところ、打球の運動エネルギーの変動を説明する因子は被験者により大きく異なったものの、インパクトパラメータが48~76%と高い確率で貢献していた。すなわち、運動エネルギーの大きな打球を放つためには、バットの芯付近でボールの中心をインパクトするようにスイングすることが最も重要である。また、スイングスピードを抑えることでインパクトの正確さを高めるといった、スピードと正確さとの間にトレードオフの関係があるのかどうかを検証するために、被験者ごとにヘッド速度とインパクトパラメータについて相関分析を行った。その結果、全ての被験者で、両者間にトレードオフの関係はみられず、運動エネルギーの大きな打球を放つことができた試技では、大きな速度を持たせたバットで、芯付近をインパクトさせることができていた。なお、本研究は『バイオメカニクス研究』に掲載された(学術論文リスト2)。

第4章：『流し打ち』動作の打球方向とインパクトの関係

① 流し打ち動作における打球方向を決定するインパクト特性

大学野球選手16名に、マシンにより投げられたボールに対して、流し打ちを行わせた。打球飛距離40m以上を記録した試技を成功試技とし、各被験者につき10試技収集した。この時の打撃動作を3台の高速度カメラで記録し、ボールとバットの3次元座標をDLT法により取得した。全ての打者を右打者とみなせるよう座標を変換して分析した結果、打球の左右角とインパクト時の水平面に投影したバットの方角(水平角)との間には有意な相関関係が認められ($r=-0.40$, $p<0.01$)、バットの打撃面をライト側へ向けたインパクトほど、打球もライト側へ放たれていた。一方で、打撃面をレフト側へ向けたインパクトでも、ライト方向に放たれた打球が存在していた。すなわちこの結果は、流し打ちにおける打球の左右角が、

バットの水平角のみでは説明できないことを示している。そこで、この現象を3次元の衝突モデルを用いて検討した結果、打球の左右角はバットヘッドの下向き傾斜（鉛直角）とバットの上部への衝突（アンダーカット：衝撃線角度）による相互作用の影響も受けることが明らかとなった。

② 流し打ちを可能にする2つのインパクトメカニズム

上記と同様のデータセットを用いて、流し打ちにおける打球の左右角が、バットの水平角に起因する第1メカニズムと、鉛直角と衝撃線角度の相互作用に起因する第2メカニズムによってそれぞれ何度貢献していたのかを算出し、両者の割合（貢献度：%）を調査した。その結果、貢献度はインパクト時の水平角によって変動し、打撃面を 10° 以上ライト側へ向けたインパクトでは、水平角に起因する第1メカニズムの貢献が優位となる傾向がみられた。また、上記を除いたバットの打撃面をセンターからレフト側へ向けたインパクト（全試技の70%）では、第1メカニズムよりも鉛直角と衝撃線角度の相互作用に起因する第2メカニズムの貢献度が大きかった。そして、第1メカニズムが優位となるインパクトほど打球速度が大きく、第2メカニズムが優位となるインパクトほど打球飛距離が長くなる傾向がみられた。

第5章：総括論議

大学野球選手を対象として得られた本研究結果が、より競技レベルの高い野球選手にも一般化できるのかどうか、そして4章の流し打ちの研究から得られたような3次元的なインパクト特性が引っ張りやセンター返しにも反映し得るのかどうかを、プロ・社会人選手を対象にして収集したデータを用いて検証した。その結果、プロや社会人選手においても、正面衝突に近いインパクトによって低い弾道で打球が放たれた場合に、速度の大きな打球が放たれた。また、打撃を短期的なものとして捉えた場合には、ヘッド速度を高めるよりもバットの芯付近でボールの中心をインパクトすることの方が、速度の大きな打球を放つためには重要であることが明らかとなった。そして、バットの打撃面をセンター方向へ向けたインパクトであっても、バットヘッドの下向き傾斜とボールの上部への衝突によってゴロが引っ張り方向へ放たれることが明らかとなった。また、バットの方位が同じインパクトであっても、ゴロやフライといった打球の上下方向の違いによって、引っ張り・センター返し・流し打ち全ての方向へ打球が放たれるインパクトエリアが存在していた。すなわちこの結果は、全ての打球方向で2つのインパクトメカニズムを併用していたことを示すだけでなく、打球の上下方向への打ち分けには、衝撃線角度だけでなく水平角の制御が必要であることを示している。

本論文の評価

大学野球選手の打撃を実施した際のデータを元に、狙った方向に痛烈な打球を放つために必要なインパクト技術を明らかにした本論文は、正確にボールをインパクトすることの重要性を実測値として量的に示しただけではなく、狙った方向に打球を放つための規定因子として、これまでに全く考えられていなかった因子とそのメカニズムを発見した点において、

極めて重要なものである。氏の研究結果は既に複数の学術雑誌に掲載が認められていることに加え、その内の一編については日本バイオメカニクス学会より最優秀論文賞を受賞するなど、本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、本審査委員会は城所収二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

1. 城所収二，若原卓，矢内利政：2011 野球のバッティングにおける打球の飛距離と打球の運動エネルギーに影響を及ぼすスイング特性. バイオメカニクス研究, 15(3), 78 - 86.
2. 城所収二，若原卓，矢内利政：2012 野球のバッティングにおける打球の運動エネルギーを決定するスイングとインパクト. バイオメカニクス研究, 16(4), 220 - 230.

以 上