

## 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	谷中 拓哉
学位の種類	博士（スポーツ科学）
論文題目	野球の打撃におけるバットのローリング：そのメカニズム，個人差および増大方法 The rolling of the bat in baseball batting: The mechanism of rolling, individual variability in speed and an approach for improving speed
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 医学博士・工学博士（大阪大学） 副査 国立スポーツ科学センター副センター長 平野 裕一

本論文は第1章から第6章までの本論と結論および文献から構成されている。

### 第1章 緒言

野球の打撃では、野手の間を抜ける速い打球や野手の頭を超えるような飛距離の大きい打球を打つことが求められる。このような打球の特徴として、高い打球速度と高い回転数が挙げられる。特に打球の回転については、打球がバックスピン方向に回転するとマグヌス効果の影響によって鉛直上向きの揚力がボールに作用するため、打球の飛距離が伸びるとされている (Nathan 2008)。野球の打撃において打球の回転に影響を及ぼし得るバット運動の一つとして、「ローリング」と呼ばれる投手方向へ転がる（トップスピン方向の）バット長軸まわりの回転が挙げられる。高い回転速度でローリングするバットによるボールインパクトは、打球の回転数を高め打球の運動エネルギーを増大させること（城所ら 2011）、打球の飛距離を伸ばすこと (Sawicki et al. 2003)、同じ飛距離の打球でも低い弾道で飛翔させること (志村ら 2012) が報告されており、ローリング角速度を高めることによって、打者のパフォーマンスは向上するものと期待できる。先行研究では、ローリング角速度を高めようとする動作は不自然な動作となってしまう、バットのヘッドスピードやその軌道を阻害してしまう可能性がある懸念されている (Sawicki et al. 2003)。しかしながら、ローリングがどのように生じ、どのようにすれば大きくできるのかは解明されていないため、この懸念が妥当であるか疑問である。そこで本学位論文では、野球の打撃においてバットのローリングが発生するメカニズムを機能解剖学および力学的なアプローチで明らかにすることに加え、ローリング角速度の高い打者の特徴を明らかにすることによって、ローリング角速度を高めるためのスイング方法を提案することを目的とした。

### 第2章 野球の打撃における上肢の捻り運動

バットのローリングを生じさせる上肢の運動を機能解剖学的に考えると、バット長軸と左

右前腕長軸を一直線に近づけた状態で、リストターン（引手前腕回外と押手前腕回内の協調運動）をすることと推察できる。実際に現場ではそのように考えられている。しかしながらインパクト時のバットと両前腕の肢位を観察すると、リストターンを生じさせるような肢位になっておらず、インパクト前のローリングがリストターンによって生じているかは疑問である。そこで、第2章では、大学野球選手15名がマシン打撃をしている際の上肢の運動を計測し、両前腕の長軸まわりの運動を分析した。その結果、インパクト直前の引手にはリストターンを構成する前腕回外がみられたものの、押手にはリストターンを構成する前腕回内はみられず、逆に回外が観察された。押手の前腕が回内するのはインパクト後であった。これらの結果は、インパクト前からインパクトにかけてのローリングがリストターンによって生じるものではないことを示すものである。

### 第3章 野球の打撃におけるバットのローリング発生メカニズム

バットがローリングする原理を力学的に考えると、打者が直接バット長軸まわりに作用させるモーメントによる角運動量の変化（メカニズム1）とバットの角運動量ベクトルに対してバット長軸の向きが変化することによる角運動量の変化（メカニズム2）がある。第3章では、大学野球選手15とプロ野球選手1名がマシン打撃をしている際のバットの運動を計測し、ローリングが発生するメカニズムを分析した。その結果、メカニズム1に起因する角速度がバックスピン方向を示し、メカニズム2に起因する角速度がトップスピン方向を示していた。これらの結果は、バットのローリング（トップスピン）は、メカニズム2、つまりバットの角運動量ベクトルに対してバット長軸の向きが90°以上を保つような角速度を有しているために生じていることが明らかとなった。また、打者が直接バット長軸まわりに作用させるモーメントが要因であるメカニズム1は、ローリング角速度の増大を抑制するはたらきを有することが明らかになった。この研究は、国内の学術雑誌に掲載された（谷中拓哉，城所収二，近田彰治，矢内利政（2014）：野球のバッティングにおけるバットのローリング発生メカニズム。バイオメカニクス研究18（2）：53-62）。

### 第4章 野球の打撃におけるローリング角速度の個人差の力学的要因

ローリング角速度は、インパクト直前に1700°/sまで達する打者もいれば20°/sにも満たない打者も存在するほど個人間差が大きい。ローリング角速度の大きさは第3章で明らかになったように、2つのメカニズムによって決定するため、ローリング角速度の個人差も2つのメカニズムの個人差によって生じていると考えられる。そこで、第4章ではローリング角速度の大きさとローリングを生じさせる2つのメカニズムとの関連を調べた。両打ち打者1名を含むプロ野球選手28名にマシン打撃を行わせた。その結果、ローリング角速度の個人差はメカニズム1、すなわち打者がバット長軸まわりの作用させるモーメントの大きさによって生じており、メカニズム1に起因するローリング抑制作用の小さい打者が大きなローリング角速度を獲得していることが明らかとなった。野球の打撃では、バット長軸まわりには、引手と押手によって相反するモーメントが作用しており、引手がローリング抑制作用を有すること（阿江ら2013）が報告されている。また、引手の前腕はインパクトに向けて回内トルクを發揮していること（阿江ら2014）も明らかとなっている。この引手の前腕回内トルクはバット長軸まわりにはローリング抑制作用を有するため、引手の回内トルクを小さくすることが重要であると示唆された。引手の回内トルクはバットヘッドを下げる働きも有するため、バットヘッドの上げ下げをコントロールすることによって、引手前腕の回内トルクも変化させることができると考えられる。ローリングが速い打者と遅い打者を比較すると、ロ

ローリングが速い打者はインパクトに向けてバットヘッドを下げる方向へのバット鉛直角速度の減速が大きかった。これはバットヘッドを上げる方向へのモーメントが大きいことを示しており、このモーメントを大きくするには引手前腕の回内トルクを小さくする、もしくは回外トルクを発揮する必要がある。すなわち、ローリングを高めるためには、インパクト前にバットヘッド下げる方向へのバット鉛直角速度の減速を大きくするべく、インパクトの50ms前までにバットヘッドを下げる方向へのバット鉛直角速度を大きくすること（つまり、バットヘッドを急激に倒すこと）が重要であることが示唆された。

## 第5章 ローリングを高めるためのスイング

第4章で得られた「バットヘッドを急激に倒す」ようにスイングすることによって、実際にローリング角速度が高まるのかを第5章では実践した。野球経験者10名にティー打撃行わせた。通常のスイングと「バットヘッドを急激に倒す」という教示を与えたスイングをそれぞれ行わせた。その結果、各条件の平均値では、教示を与えることによってローリング角速度が大きくなっていった。各被験者についてみると、教示によってローリング角速度が300°/s以上大きくなった打者（4名）とほぼ変化しなかった打者（6名）が観察された。教示通りにスイングが実施されていたかを検証すると、バットヘッドを急激に倒すようなスイングをしている打者はローリング角速度が大きくなっていった。ローリング角速度が変化しなかった打者は、教示を与えていてもスイングの軌道に違いがみられなかった。これらの結果より、「バットヘッドを急激に倒す」ようにスイングすることによってローリング角速度は高まることが示された。

## 第6章 総括論議

本学位論文をまとめると、バットのローリングを生じさせ得ると考えられたリストターンという動作は、インパクト前には生じておらず、リストターンはインパクト前のローリングの原動力ではないことが示された。また、バットのローリングは、リストターンのような打者によるバット長軸まわりのモーメントではなく、バットの角運動量ベクトルに対してバット長軸の向きが90°以上を保つような角速度を有することによって生じていることが明らかとなった。一方で、大きなローリングの回転速度を獲得する打者は、バット長軸まわりに作用させるローリング抑制作用のモーメントが小さいことが示された。ローリング抑制作用のモーメントを小さくするために、「バットヘッドを急激に倒すようにスイングする（つまり、バットヘッドを高いスピードで下げるようにスイングすること）」という教示を与えることの有効性が示された。これらの結果は、従来考えられていたリストターンを行うのではなく、バットヘッドを高いスピードで下げるようにスイングした後に、その運動をインパクト直前に減速させることがローリングを高めるためには重要であることを示すものである。

### 本論文の評価

本研究は、野球における打撃中に観察されてきたバットのローリングに着目し、その発生メカニズムや個人差が生じる要因に加え、パフォーマンス向上のための実践研究までを包括的にまとめた研究である。ローリングの発生メカニズムについて力学原理を応用して定量的に検証し、機能解剖学的には解明することのできなかつた『からくり』を力学的に明らかにしたことは極めて学術的価値の高い成果である。また、個人差が生じる原因について分析した上で、その結果を発展させ、ローリング速度の向上のための方策を提案し、その効果を検証したことは、スポーツ科学における実践研究として意義深いものとして十分に評価できるものである。これらの知見は、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、本審査委員会は谷中拓哉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。

原著論文

○谷中拓哉，城所収二，近田彰治，矢内利政（2014）：野球のバッティングにおけるバットのローリング発生メカニズム．バイオメカニクス研究18（2）：53-62

以 上