

野球のバッティングにおける上肢セグメントの運動

Kinematic analysis of upper limb segments in baseball batting

身体運動科学研究領域

5010A090-5 谷中 拓哉

指導教員：矢内 利政 教授

第1章 緒言

野球のバッティングにおいて、バットの回転運動は、グリップエンドを中心とするバットの長軸そのものの回転(スイング)とバットの長軸周りの回転(ローリング)によって構成されている。スイングの速度(スイング角速度)が大きくなることによって、打球の初速が大きくなり、ローリングの速度(ローリング角速度)が大きくなることで、打球の運動エネルギーが大きくなること(城所ら 2011)が報告されている。これらの角速度を大きくすることにより、ヒットやホームランとなり得る速い打球・遠くへ飛ぶ打球を打つことができると考えられる。

バットの回転運動を生み出すために、バットを保持している上肢の役割は重要であると考えられるが、バッティング中の上肢の詳細な運動については明らかとなっていない。そこで本研究では、まず第2章で前腕回旋角度を計測するための方法論の妥当性の検証をし、第3章ではバッティング中の上肢の関節運動、セグメントの運動を明らかにし、第1節においてスイングを生み出す上肢の運動がムチ運動であるか否かを検討し、第2節ではローリングを生み出す上肢の関節運動を検討することを目的とした。

第2章 前腕角度計測方法の妥当性検証

【方法】

健康な成人男性 4 名(24.0±1.0 歳、171.9±3.6cm、67.3±4.1kg)を対象に、前腕の回外回内運動を行わせた。被験者の手関節の動きを制限するために手関節をギプスで固定し、ギプス上に固定された棒の角度変化をビデオカメラで撮影し、その値を真値として電磁ゴニオメータの妥当性検証を行った。被験者の前腕にセンサを貼付し、動作中の前腕回外回内角度を算出した。試技は前腕中間位(0°)を基準とし、10°ずつ回外回内を行う(-50°~ 30°)試技①と周期を変化させて(1Hz、2Hz、3Hz、4Hz、最大努力下)前腕の回外回内を行う試技②を行った。それぞれの試技において、基準の肢位と各肢位との差を前腕回外回内角度変化量として算出した。また試技②において、前腕最大回外位となる時刻を記録した。ビデオカメラの映像から 2DLT 法によって算出された値と電磁ゴニオメータによって算出された値からそれぞれの試技における角度の誤差、時刻の誤差を RMS エラーとして算出した。

【結果】

試技①において、各肢位での角度変化量の RMS エラーは中間位から回外回内していくほど大きくなったが、3°未満であった。また試技②においてまた最大回外位となる時刻の RMS エラーは最大 20.4ms であった。

【考察】

本章の目的は電磁ゴニオメータによる前腕角度計測方法の妥当性検証であった。角度の誤差は周期を速くするほど大きくなるという傾向はみられなかったものの、動作の可動域が大きい被験者ほど、誤差が大きいという結果であった。前腕回外回内における角度の誤差は周期による影響はなく、その可動域が影響することが示唆された。また前腕が最大回外位となる時間の誤差においても周期が速くなるほど誤差が大きくなるという結果はみられなかった。これはセンサに作用する力がセンサを貼付した位置の皮膚を移動させるほど大きいものではなかったためだと考えられる。これらより本研究で用いた計測方法はわずかな誤差は含むものの、前腕の詳細な運動の計測が可能であると考えられる。

第3章 野球のバッティングにおける 左右上肢セグメントの運動運動

3-1 スイングを生み出す上肢の運動

【目的】

バットを打者の遠位部とすると、いかに遠位部であるバットを加速させるかが重要である。野球のピッチングやテニスのサーブも同様に手部やラケットといった遠位部を加速させる運動であり、これらの運動はムチ運動と称されている。このムチ運動の特徴は遠位遅延と遠位速度加算というキネマティックの特徴と運動依存力の貢献が大きいというキネマティックの特徴が挙げられる。バッティングにおいても下肢、体幹、上肢の順で運動し、バットを加速させていると報告されているものの(Welch et al 1995)、投手(引手)側のみを対象としており、バットを両手で保持することによる閉リンク機構は考慮されておらず、バッティングがムチ運動のキネマティックの特徴を有するかは定かではない。

打者を水平面に投影するとスイングを生み出すために胸郭回旋、肩関節水平内外転、肘関節伸展するように観察され、胸郭、上腕、前腕の順に

速度が大きくなっていくと考えられる。そこで本節ではスイングを生み出す上肢の運動がムチ運動のキネマティック的特徴を有するか否かを検討することを目的とした。

【方法】

被験者は東京六大学野球リーグに所属する選手 15 名(19.9±1.4 歳、174.3±2.6cm、71.8±4.3kg)であった。各被験者にはピッチングマシンから投げられた硬式ボールを全力でセンター方向(センターラインを中心に左右各 15° の範囲)に打つように指示し、センター方向に飛翔し、かつ被験者の自己評価が高かった試技を分析対象とした。上肢とバットの動きの計測には電磁ゴニオメータを用いた。収集されたデータからオイラー角を用いて胸郭の回旋角度、肩関節水平内外転角度、肘関節伸展角度を算出した。分析区間をインパクトの 300ms 前からインパクトまでとし、得られた角度の経時変化より各関節の角度変化量、各関節運動開始のタイムラグを算出した。また各セグメントの静止座標系に対する方位変化から各セグメントの角速度を算出し、胸郭の長軸周りの角速度、上腕、前腕の長軸の角速度、スイング角速度の最大値と最大値が出現する時刻のタイムラグを算出した。

【結果と考察】

関節運動において、肩関節、肘関節ともに押手側の角度変化量が大きかった($p<0.05$)。また引手側の肩関節は水平内転位、肘関節は伸展位であり、角度の経時変化はほぼ一定であったことから、引手側では肩関節水平内転位、肘関節伸展位を保持したまま胸郭と一体となってスイングを行っていることが示された。また押手側では肩関節内転、肩関節外旋を組み合わせた肩関節水平内転を行っており、肘関節においては、グリップエンドを投手側へ移動させるために引手側よりもそれぞれの角度変化量が大きかったと考えられる。引手側では胸郭回旋、肩関節水平外転、肘関節伸展それぞれの関節運動開始の間にタイムラグがみられ($p<0.05$)、押手側では肩関節水平内転開始と肘関節伸展開始にタイムラグがみられた($p<0.05$)。これらより両上肢の運動として、近位部から遠位部へ運動を開始する遠位遅延がみられた。

セグメント角速度では引手側では胸郭長軸周りの角速度が上腕長軸の角速度よりも大きくなっていたが($p<0.05$)、最大値出現の時刻にタイムラグはみられなかった。また上腕長軸の角速度と前腕長軸の角速度の最大値の出現にタイムラグがみられたものの($p<0.05$)、角速度の大きさは同じであった。これより引手側では遠位速度加算がみられなかった。また押手側では胸郭長軸周りの角速度の最大値よりも上腕長軸の角速度の最大値が先に出現し($p<0.05$)、またその大きさは同じであった。上腕長軸の角速度と前腕長軸の角速度の最大値の出現にタイムラグがみられたものの($p<0.05$)、上腕長軸の角速度と前腕長軸の角速度の最大値は同じであった。これより、押手側にお

いても遠位速度加算はみられなかった。

【まとめ】

上肢の関節運動において遠位遅延はみられたものの、セグメントの角速度において遠位速度加算はみられなかった。これらより野球のバッティングにおける上半身の運動はムチ運動のキネマティック的特徴の全てを有するものではないことが明らかとなった。

3-2 ローリングを生み出す運動

【目的】

バッティングにおいてインパクト前に引手側前腕回外、押手側前腕回内というリストターンという運動がみられることが報告されている(川村 2001)。この運動はローリングと同じ方向の運動であり、このリストターンを含む上肢の回旋運動によってローリングは生み出されていると考えられる。そこで本節ではセグメントの長軸周りの運動に着目し、ローリングを生み出す要因を検討することを目的とした。

【方法】

実験セッティングは 3-1 と同様であった。電磁ゴニオメータによって収集されたデータからオイラー角を用いて肩関節内外旋角度、前腕回外回内角度を算出した。得られた角度の経時変化より各関節運動の可動域を算出した。

【結果と考察】

引手側においてリストターンを構成する前腕回外がみられた。上腕、前腕の長軸がバットの長軸と平行になった場合、ローリングの方向と肩関節外旋や前腕回外の方向が一致することから引手側の肩関節外旋や前腕回外といった上肢の回旋運動がローリングに関連していることが示唆された。

押手側ではインパクト直前に肩関節が内旋するものの、前腕が回内するのはインパクト後であり、インパクトに向けて前腕は回外していた。これより両前腕共に回外しており、その角度変化量も引手よりも押手の方が有意に大きかった($p<0.05$)。これよりバッティングではバットを介しているにも関わらず、引手前腕回外、押手前腕回内といった協調運動をしないことが示された。

押手側の肩関節の運動により、押手側の上腕が下垂位となり、前腕が回外することにより、押手側の肘関節屈曲伸展軸がバットの長軸と平行に近づき、その状態から肘関節を伸展することによってバットが長軸周りに回転する。さらに手関節が背屈することにより、さらにバットは長軸周りに回転する。これらより押手側では上肢の左右軸まわりの運動がバットのローリングを生み出していると考えられる。

【まとめ】

引手側の上肢の回旋運動(肩関節外旋、前腕回外)と押手側の上肢の左右軸まわりの運動(肘関節伸展、手関節背屈)がローリングを生み出すことが示された。