

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：32509

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24700692

研究課題名(和文) 投球におけるスナップ動作のメカニズム解明とその役割の同定

研究課題名(英文) Identification of the roles of wrist snap in baseball pitching

研究代表者

神事 努 (Jinji, Tsutomu)

国際武道大学・体育学部・助教

研究者番号：20387616

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円、(間接経費) 930,000円

研究成果の概要(和文)：ボールリリース直前において背屈方向の筋トルクが発現していた。つまり、手関節回りの筋トルクは、手セグメントのエネルギーの生成にほとんど寄与しておらず、むしろ手セグメントのエネルギーを吸収していた。このことから、手関節回りの筋トルクは、ボール速度増大へ貢献していないことが明らかになった。一方で、手セグメントのエネルギー増大には、内力の伝達による貢献が大きく、投球腕の近位の運動が重要であることが明らかになった。また、この背屈方向の筋トルクが最大になる時刻と、ボールに作用する合モーメントが最大になる時刻がほぼ一致しており、手関節回りの筋トルクがボールに回転を与える役割を担っている可能性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Some studies have reported that movements of forearm and wrist has several rolls to perform a baseball pitching. However dynamical mechanism are still unclear. As a step toward understanding the rolls of forearm and hand in baseball pitching, we investigated how non-muscular forces of the each link generates, absorbs, and transfers mechanical energy in order to produce maximum velocity. The mechanical energy of the hand was supplied the non-muscular force, which is governed by the centrifugal force of the forearm. However, the muscle torque of the wrist absorbs the mechanical energy of the hand. It is concluded that only the wrist cannot generate a high ball velocity. The wrist, therefore, is equipped with a self-defense mechanism and provides a relatively stable base for extrinsic finger control. It is also thought that the wrist joint have a roll to apply spin a ball. The wrist joint may contribute to the rotational velocity and not the translational velocity of a ball.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学・スポーツ科学

キーワード：投球 スナップ エネルギー マルチボディダイナミクス ボールスピン

1. 研究開始当初の背景

(1) キネマティクス分析によるスナップ動作の定義

Atwater(1979)、Vaughn(1985)、Elliott and Grove(1986)によって定性的に報告されてきた上肢末端部の運動を、Sakurai et al.(1993)は前腕に小ポールを取り付けることで定量的に記述した。直球投球時における、ボールリリース前後の局面では前腕の回外、手関節の背屈および橈屈運動が次第に増大してピークを示した直後に急転し、回内、掌屈、尺屈運動がほぼ同時に急激に生じていたことが報告されている。宮西(2000)は、前腕の回外から回内と、手関節の背屈・橈屈から掌屈・尺屈による一連の運動を、投動作におけるスナップ動作と定義した。なお、スナップ動作は非常に高速な運動であり、ボールリリース時の掌屈の角速度は $4000^{\circ}/s$ 以上にも及ぶことが報告されている(神事と桜井2008)。

(2) スナップ動作の役割

これまでの研究や指導書では、スナップ動作の役割について以下の4つが挙げられている。

ボールを加速させる(植屋ら1969、宮西ら1997)

ボールに回転を与える(Jordan 1988、Bennett 1999)

肘関節後方部の障害を予防する(Atwater 1979)

リリースのタイミングや投射方向をコントロールする(Hirashima et al. 2003、神事と桜井2008)

(3) スナップ動作と手関節回りの筋トルク

指導書でみられる「スナップを効かせる」という言葉は、手首回りの筋力を使った動作を想像させる。しかし、実際には、リリース付近の手関節回りの関節トルクは5Nm前後と肩関節トルクと比較すると非常に小さい(宮西2000、Fleisig et al. 2006)。さらに、ボールリリース直前での背屈トルクの発現が認められ、手関節回りの筋トルクは、スナップ動作の速度を減速させるように働いていることが明らかになっている。

(4) 高速なスナップ動作を生成する要因

前腕の長軸回りの慣性モーメントは、他の2軸よりも小さいために回旋しやすく、手部の重量は500gほどしかいないため、スナップ動作は高速な運動を生成しやすい。さらに、近位から末端部に向かって運動エネルギーが順次伝達されるように見える、いわゆる「むち運動」によって高速な運動がなされるメカニズムを、金子ら(1983)は説明している。しかし、これらは定性的な説明であったり、あくまで現象をとらえて運動の連鎖を推定したものであり、スナップ動作の高速な運動を数理的に説明したものではない。そこで

Hirashima et al. (2008)は、マルチボディダイナミクスを用いて、筋トルクだけではなく、遠心力やコリオリ力といった運動依存項の関節角速度に対する感度分析を行った。そして、高速なスナップ動作は、筋トルクによるものではなく、運動依存項による貢献が大きかったことを報告し、「むち運動」の説明を行っている。

(5) スナップ動作に関するこれまでの研究の問題点と不足している点

現在まで行われてきたスナップ動作に関する研究の多くは、250Hzのサンプリング周波数で動作を記録している。しかし、このサンプリング周波数で記録したデータは、変位や速度の時間変化を時間微分する際の微小時間が大きいために、高速なスナップ動作を十分に記録できない(神事と桜井2008)。つまり、現在まで行われてきたスナップ動作に関する研究のデータの信頼性は低く、重要な現象を計測できていない可能性が高い。

また、Hirashima et al. (2008)は、スナップ動作の角速度増大のメカニズムを明らかにしているが、運動依存項の関節角速度に対する感度分析を行っただけであり、エネルギーフローや、ボールの回転、関節への力学的負荷に焦点を当てていない。技術指導やトレーニングへ結びつけるためには、もう一步踏み込んだマルチボディダイナミクス解析が必要になると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、マルチボディダイナミクス解析によって、スナップ動作が高速かつ複雑に動いているメカニズムを明らかにし、スナップ動作がどのような役割を担っているのかを同定することが本研究の目的とする。

3. 研究の方法

被験者

大学の野球部に所属する、右投げオーバーストハンド投法の投手2名を対象とした。被験者には研究目的、実験方法、安全性について説明を行い、実験参加の同意を得た。

データ採取と処理

光学式3次元自動動作分析装置VICON MX(Oxford Metrics Inc.)を使用し、反射マーカの画像信号の3次元座標を構築した。記録には専用カメラ12台を使用し、サンプリング周波数は1kHzに設定した。試技はすべて室内で行った。

被験者には十分なウォーミングを行かせた後、正規の高さで作成された移動式ピッチングマウンド上から、18.44m離れた的に向かって最大努力で直球を8球投球した。これら投球のうち、最もボール速度が大きかった試技を、分析の対象とした。

国際バイオメカニクス学会が推奨する身体セグメント座標系と関節座標系を定義す

るために、第7 頸椎棘突起 (C7)、第8 胸椎棘突起 (T8)、頸切痕 (IJ)、剣状突起 (PX)、投球腕の肩峰 (AC)、投球腕の肩関節前部 (ASH)、投球腕の肩関節後部 (PSH)、投球腕の肘関節内側上顆 (EM)、投球腕の肘関節外側上顆 (EL)、投球腕の橈骨茎状突起 (RS)、投球腕の尺骨茎状突起 (US)、投球腕の第3 中手骨遠位部 (HD)、第3 指骨遠位部 (FT) に反射マーカを貼付した (図1)。また、ボール表面上にも4点反射マーカを取り付けた。このとき、FTとボール表面には、6mmの半球型の反射マーカを、それ以外には直径14mmの球形の反射マーカを用いた。

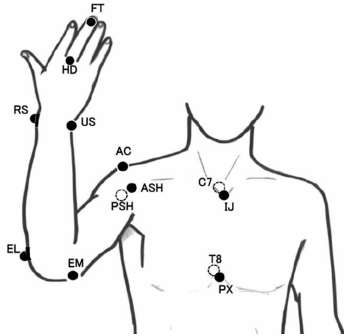


図1. 反射マーカの貼付位置

投球動作のマルチボディダイナミクス前腕部と手部のみから構成される2リンクの二重振り子モデルを採用した。また、座標系の定義、二重振り子モデルの運動学、ダイナミクスについては、Jinji et al. (2012) の手法を用いた。

4. 研究成果

背屈方向の筋トルクの発揮

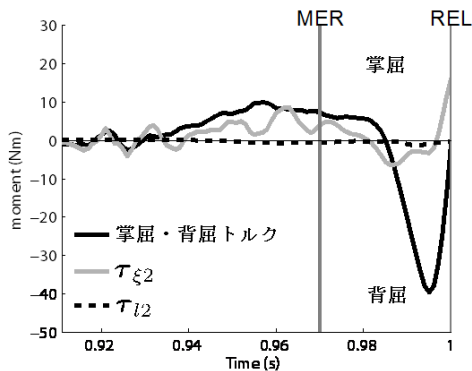


図2. 手関節の筋トルク

手関節回りの掌屈トルクのピークは9.9Nmであり、0.957sに発現していた。肩関節最大外旋 (MER) 後、背屈トルクが急増し、0.995sにそのピークを示した (Max: -39.5Nm)。ボールリリース (REL) 直前に、手部の回転を減速させるトルク生成が生じていた。

指導書で見られる「スナップを効かせる」という言葉は、手首回りの筋力を使い、掌

屈させる動作を想像させる。しかしながら、本研究ではボールリリース直前での背屈方向の筋トルクの発現が認められた。

ボールリリース直前の背屈方向の筋トルクは、手関節の高速な動きを抑える作用がある。手関節の動きを抑えることは、外在指屈筋の筋長の変化を減少させ、指の制御を単純化させることにつながる。つまり、手関節の筋トルクには、ボールリリースのタイミングや投射方向の制御させる役割があることが推察された。

手セグメントへ流入するエネルギー

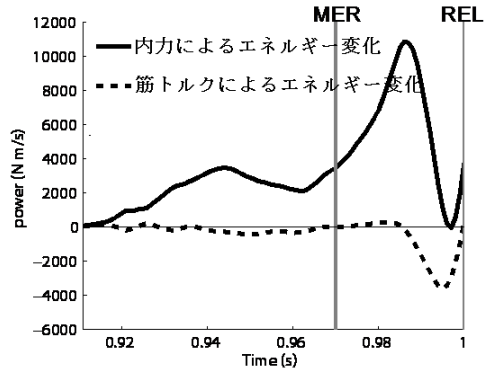


図3. 手セグメントへ流入するエネルギーの内訳

手セグメントに流入するエネルギーは、内力によるエネルギー伝達の割合が大きく、MER後から前腕を介して、手セグメントへ流入していた。一方、手セグメントに作用する手関節の筋トルクは、エネルギーの生成にほとんど寄与せず、むしろ手セグメントから吸収する役割を果たしていた。

手関節回りの筋トルクは、ボール速度増大への貢献しないことが明らかになった。一方で、手セグメントのエネルギー増大は、求心加速度が支配的な内力の伝達によるものであった。ボール速度には、肩関節の内旋等の遠位の運動が、ボールのエネルギー増大には重要であることが明らかになった。

手関節の筋トルクとボールの回転トルクの関係

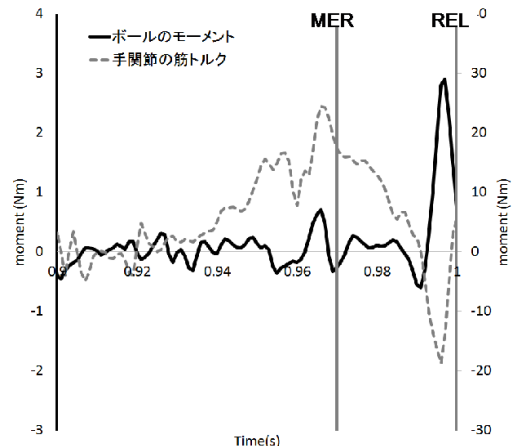


図4. 手関節の筋トルクとボールのモーメント

背屈方向の筋トルクが最大になる時刻と、ボールに作用する合モーメントが最大になる時刻がほぼ一致していた。このことから、リリース直前にこの筋トルクを発現させることによって、ボールに加えている力の方向は変化し、そしてその力の作用線がボールの重心からずれることで、ボールに回転運動を生じさせている可能性が示唆された。よって、手関節回りの筋トルクは、ボールに回転を与える役割も担っていると考えられる。

まとめ

本研究では、リンク間のエネルギーの流れを明らかにすることで、スナップ動作のメカニズムについて述べた。手関節の筋トルクは、ボール速度の増大に貢献しておらず、内力の伝達によって加速していることが明らかになった。手関節の筋トルクのボール速度増大への貢献は棄却された一方で、背屈トルクの役割は、ボールのコントロールやボールスピンへ貢献している可能性が示唆された。しかし、ボールの問題を扱っておらず、不明な点も多い。ボールの回転への発生機序については、本研究で行ったマルチボディダイナミクス解析で明らかにできる可能性が高い。今後は身体のボールスピンへの貢献について研究を行っていきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

Jinji, T., Ohta, K., Ozaki, H.. Multi-body power analysis of the baseball pitching based on a double pendulum. *Procedia Engineering* 34, 784–789

Ozaki, H., Ohta, K., Jinji, T.. Multi-body power analysis of kicking motion based on a double pendulum. *Procedia Engineering* 34, 218–223

[学会発表](計 6 件)

神事 努. ボールのキレとノビの分析. 第8回つくば野球研究会, 2013年11月30日, 筑波.

神事 努. 投球動作解析による投球フォーム及びボールの評価. 第39回日本整形外科スポーツ医学会学術集会, 2013年9月13~14日, 愛知.

神事 努. 投球動作解析におけるサンプリング周波数とデータ平滑化手法の検討. 日本バイオメカニクス学会第22回大会, 2012年9月11日~13日, 北翔大学.

神事 努. プロ野球投手のボールスピン

の特徴. 日本野球科学研究会第1回大会, 2012年8月27日, びわこ成蹊大学.

神事 努. 投球障害の発生メカニズムを再考する. スポーツフォーラム 21, 2013年1月13日, 横浜.

Jinji, T.. Multi-body power analysis of the baseball pitching based on a double pendulum. 9th Conference of the International Sports Engineering Association (ISEA), July 9-13, 2012 in Lowell, Massachusetts, U.S.A..