

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 7日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(c)

研究期間：2010～2012年度

課題番号：22500568

研究課題名（和文） 野球の投球における投球腕の拮抗筋活動がボール速度に及ぼす影響

研究課題名（英文） Effects of antagonism in throwing arm on ball speed in baseball throwing.

研究代表者

小嶋武次 (Kojima Takeji)

東京大学・大学院総合文化研究科・講師

研究者番号：20111437

研究成果の概要（和文）：野球の投球のボールリリース直前に肩関節や肘関節の運動にブレーキをかけると、ボール速度が増すという考えがある。この研究の目的は、そのようなことが起こりうるのかをコンピュータシミュレーションを用いて調べる事である。ヒトの上半身、投球腕とボールからなるモデルをコンピュータ内で作り、それを用いての投球運動中に上述のブレーキをかけたが、ボール速度が増すことはなかった。

研究成果の概要（英文）： The purpose of the present study was to investigate the effects of antagonism in the throwing arm immediately before ball release on the ball speed in baseball throwing using computer simulation of the throwing. The antagonism at the shoulder and elbow joints did not increase the ball speed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2011年度	100,000	30,000	130,000
2012年度	200,000	60,000	260,000
年度			
年度			
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

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：野球、投球速度、拮抗筋活動

1. 研究開始当初の背景

野球のピッチング、テニスのサービスやサッカーのキックなどで、ボールリリースやボールインパクトの直前に体幹近位の運動にブレーキをかけると、ボールや打具の速度が増すという考えがある。

サッカーのキックでは、ボールインパクト直前に蹴り脚の大腿の角速度が減少しつつ下腿の角速度が増加する観察結果から、意図的に股関節の屈曲運動にブレーキをかけることによりボール速度を増加できるという

提言がされた (Plagenhof,1971)。さらに、角運動量の移動を運動連鎖に結びつけ、平面内でのボール投げ動作のような運動では、体幹近位から遠位へと順に関節トルクを発揮して身体セグメントを加速することが望ましく、また、主働筋の活動により各身体セグメントを加速した直後に拮抗筋の活動によりそれを減速させると、そのセグメントの遠位に隣接する身体セグメントを角加速でき、遠位端の速度の増大につながると提言された (Kreighbaum et al.,1996)。しかし、これ

らの提言には、何ら実験的な裏付けは無かった。

実際の運動では、先述したようにサッカーのキックで大腿の角速度の減少と下腿のその増大が観察された。しかし、この事実は必ずしも股関節での伸展トルク発揮によるブレーキングを意味せず、下腿の運動の反作用が大腿に作用した結果とも考えられる。その後、サッカーのバントキックを用いた研究により、ボールインパクト直前に股関節伸展トルクは発揮されていず、大腿の角速度の減少は主に下腿の運動の反作用である事が明らかになった (Putnam,1991)。一方、オーストラリア式フットボールのバントキックでは、股関節でブレーキがかけられているという報告がある (Marshall et al.,1986)。しかし、このブレーキングのボール速度への影響は不明のままである。

ブレーキングの影響については、コンピュータシミュレーションを用いても行われている。肩から先の腕を模した3リンクモデルによる平面内の投球運動のシミュレーション結果 (Herring and Chapman,1992) は、肩と肘関節でのブレーキングがボール速度を約5%増加させることを示した (Herring and Chapman,1992)。しかし、この報告ではブレーキのかけ方がヒトには真似できないほど素早く、ヒトの運動への応用性に欠けていた。私はほぼ同じモデルを用いて、ヒトで妥当と考えられる速さでのブレーキ効果を調べた。その際、Herringらと同様の速さでブレーキをかけるシミュレーションも行ったが、ボール速度の増大は最大で彼らの報告の約1/3であり (Kojima, ISBS Congress, 2008)、この違いの理由は不明である。

ブレーキングにより生じる可能性のあるボール速度の増大は、手中のボールの位置に大きな影響を受ける (Zatsiorsky,2002)。ボールが手関節から離れた位置にあるほど、ボール速度は増大しやすい。Herringらの報告では、ボールは常に指先にあったが、ボールをもう少し手関節に近づけて普通に握られる位置に置くと、ブレーキングはボール速度を増すことは無かった (小嶋,日本体育学会大会,2007)。

2. 研究の目的

野球の投球、テニスのサービスやサッカーのキック等の多くの体肢の運動は、1平面内ではなく、3次元空間内で行われる。そのため、それらの運動でのブレーキング効果を調べるためには、3次元空間内で行われる運動の分析が必要である。ヒトを被験者として実際の運動で意図的に適切なブレーキングを行わせるには、それが可能であっても長期間の集中した練習が欠かせないと考える。また、適切に準じる様々なブレーキングの効果と

の比較などをしようとしても、ヒトが自在にそれらのブレーキングを行うことはとても難しいと考える。コンピュータシミュレーションの手法は、その精度が用いられるモデルの精度に大きく依存するが、様々なブレーキングパターンを容易に生み出せる。本研究の目的は、コンピュータシミュレーションを用いて野球の投球動作における肩関節と肘関節でのブレーキングがボール速度に及ぼす影響を調べることである。

3. 研究の方法

本研究は東京大学・大学院総合文化研究科のヒトを対象とした実験研究に関する倫理審査委員会の承認を得て行われた。

(1) 概要

野球選手の、ボール速度が最大になることを目指したオーバーハンドの投球の動作分析を行うために、モーションキャプチャーシステムを用いて、投球中の身体の運動を捉えた。それらのデータから体幹と投球腕の関節運動と発揮されている力や関節トルクを明らかにし、コンピュータシミュレーションの基礎データとして用いた。

体幹上部、投球腕の上腕、前腕、手とボールからなる数学モデルを作り、先の動作分析により得られた結果をモデルに入力して、投球動作を再現した。その動作について、ボールリリース直前に肩と肘関節での関節トルクを多少変化させ、それらのボール速度への影響を調べた。

(2) 被験者

大学野球部に所属する男子選手11名 (年齢:18.8-21.7歳、身長:1.69-1.84m、身体質量:61.7-79.3kg)を被験者とした。いずれの被験者についても、あらかじめ実験内容を説明し、実験参加への同意書を得た。

(3) 手順

被験者に研究室内でゴム底の運動靴に履き替えてもらい、柔軟体操と投球練習で身体をほぐしてもらった。次いで、スパッツに着替えてもらい、頭、上半身と骨盤及び投球腕に直径15mmの反射球を両面テープを用いて貼り付けた。また、ボールには、半球の反射マーカーを3つ付けた。

被験者に、後ろ足から約3.4m前方にある防球ネットに取り付けられた一辺0.2mの正方形的に向かって、助走をせずに全力で20球の投球を行ってもらった。的の高さは各被験者の立位時の目の高さとし、各投球間には30-90秒間の休みが入った。投球動作中のマーカーの位置を、8台のカメラを用いて500fpsで撮影した。

(4) データ処理

各被験者のボール速度が最大の投球を分析に選んだ。但し、投球中に分析に必要なマーカーの欠落が生じていた場合は、次善の投球を選んだ。次に、撮影システムのアルゴリズムにより誤認されたマーカーの座標の誤りを投球動作のスティックピクチャーに基づき訂正した。そして、各マーカーの3次元座標を4次のバターワース型ローパスフィルター（遮断周波数 50 Hz）を用いて平滑化した。

これらのマーカーの座標に基づき、体幹上部と投球腕の運動、そして体幹上部に体幹下部から作用する力とトルク、及び投球腕の肩、肘、前腕と手の各関節のトルクを求めた。逆動力学による関節トルクの算出には Hof (1992) の式を用い、身体セグメントの慣性特性については阿江ら (1992) が報告した係数を用いた。

(5) シミュレーション

選手の中からボール速度が最大、平均値に近い、最低に該当する3名を選び、逆動力学を用いて得られた結果に基づき、投球のコンピュータシミュレーションを行った。その際に用いたモデルは、体幹上部、上腕、前腕、手とボールからなり、体幹上部と肩、肘、前腕、手の各関節及びボールの自由度はそれぞれ6、3、1、1、2、2とした。このモデルの各セグメントの慣性特性は、阿江ら (1992) の係数によった。このモデルに基づき、AUTOLEV 4 を用いて運動方程式並びにそれを解くプログラムを作った。

次の手続きでモデルの慣性特性を変え、モデルの精度を向上させた。実際の投球動作の分析で得られたボールリリース 20 ms 前の結果を使いモデルの自由度に対応した位置、速度、角度と角速度の初期値を入力し、体幹上部に体幹下部から作用する力とトルク及び投球腕の肩、肘、前腕、手の各関節のトルクの経時変化を 20 ms 間入力した。手の上でボールが転がり始める時刻は、20 ms 後に丁度ボールが指先から離れるように設定した。このようにして得られたモデルの運動と実際の運動の差に基づき、この差が小さくなるよう、試行錯誤によってモデルの身体セグメントの慣性特性を変更した。

この変更後のモデルを用いたシミュレーションの 20ms 間中に、時間を 1 ms ずつずらして、大きさ一定 (1~5 Nm)、時間の長さ 5 ms のトルクを肩関節 (外旋と水平伸展) と肘関節 (屈曲) にさらに加え、加え終わった時点のボール速度への影響を調べた。

4. 研究成果

11 名の被験者の投球実験での最高ボール速度は 104 ~ 120 km/h の範囲にあった。被験者全員が、ボールリリース前 16~20 ms からリリースまで、大きさに違いはあったが、

肘関節屈曲トルクを發揮していた。

肩関節に外旋または水平伸展トルクをさらに加えた場合と肘関節に屈曲トルクをさらに加えた場合のいずれにおいても、ボール速度は増さなかった。

次の3つの事柄が、この理由として考えられる。

ひとつは、各被験者の実験での投球動作中のトルク發揮が最良のものだったことである。そのため、人工的なトルクを加えたことにより最良性が失われ、ボール速度が低下した可能性がある。この点に関しては、さらに人工的に付加するトルクのパターンを変えて調べる必要がある。

次の理由は、握られているボールの位置が手関節から十分に離れていないために、ブレーキ効果によって手関節の角速度が増すとしても、手関節自体の速度が低下するために、ボール速度が増大しないことである (Zatsiorsky, 2002)。これは、平面内での肩から先を用いた投球では、研究代表者によって確認されていることである。本研究のシミュレーションでは手の上をボールが転がり、リリース直前にはボールは指先近くにあったため、その時には前述の事柄は当てはまらない。しかし、3つめの理由として、ボールリリースに近づくほど肘関節の屈伸軸の向きが投球方向に近づくため、肘関節でのブレーキ作用が手関節の角速度を増大させて投球方向にボールを加速させる効率が低下することが考えられる。

今後の研究課題として以下のことが挙げられる。

ひとつは、先述したようにシミュレーションの精度はモデルの精度に大きく依存するので、モデルの精度をさらに高めることである。つまり、より実際の投球に近い運動をするモデルに変えていく必要がある。次に、肩関節と肘関節に人工的なトルクを加え、それがボール速度に及ぼす影響を調べたが、筋への神経信号入力を変えることでトルク發揮を制御する方が、ブレーキ作用がよりヒトの運動のそれに近くなるであろう。これらのことと並行して、人工的に付加したトルクによってボール速度が増大しなかった理由を、モデルの構造と関連づけて明らかにする必要がある。

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)

6. 研究組織

(1) 研究代表者 小嶋武次 (Kojima Takeji)
東京大学・大学院総合文化研究科・講師
研究者番号：20111437

(2)研究分担者
()

研究者番号：

(3)連携研究者 飯野要一 (Iino Yoichi)
東京大学・大学院総合文化研究科・助教
研究者番号：50345063