

平成 30 年 6 月 15 日現在

機関番号：12102

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2016～2017

課題番号：16H06651

研究課題名(和文) 野球における初期姿勢の違いを考慮したスウィング動作のシミュレーション解析

研究課題名(英文) Simulation analysis of the swing motion considering the difference in the initial configuration in baseball batting

研究代表者

阿江 数通 (AE, Kazumichi)

筑波大学・スポーツR&Dコア・研究員

研究者番号：30781538

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、野球の打撃動作における上半身の初期姿勢の違いがスウィング動作に及ぼす影響を明らかにするために、標準動作モデルを用いたバット・上半身のシミュレーションモデル(関節角度入力)を構築した。被験者10名によるティー打撃動作における標準動作モデルを作成し、シミュレーションモデル(angle-driven)の構築を行った。最適化計算では、バット・ヘッド移動距離最小、初期バット傾斜角最大、初期バット傾斜角最小を実行した。その結果、バレル側(バット・ヘッド側)では、肩関節の屈曲伸展、手関節の撓尺屈、ノブ側(グリップエンド側)では、肩関節の内外転角において、実測値に対して大きな差がみられた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop a computer simulation model of the upper body (angle-driven) with the standard motion model to explore the effect on the swing motion by changing its initial configuration in baseball batting. A standard motion model included 10 participants in baseball tee batting was created, and then an upper body computer simulation model (angle-driven) with the created one was developed. The optimization procedures were carried out as follows: 1) minimum distance of the bat-head, 2) maximum angle of the bat longitudinal axis, and 3) minimum angle of the bat longitudinal axis. For the upper limbs, the angles of the shoulder flexion/extension and wrist radius/ulnar flexion of the barrel-side, and that of the shoulder flexion/extension of the knob-side showed large differences with the measured motion.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：野球打撃 シミュレーション 最適化計算 関節角度

1. 研究開始当初の背景

人間の動作では、仮に同様な力が発揮できる場合においてもフォームの違いがその後の動作に大きく影響を与える。特に野球打撃といった複雑な動作では、意図的に動作を変化させ易い、初期の構えの改善によってパフォーマンス（例：バット・ヘッドスピードの増大、有効性の高いスウィングなど）を向上させることができれば、指導現場において大きな価値があると考えられる。

バイオメカニクスにおけるシミュレーション手法には、仮説検証や具体的な動作改善点を提示できる大きな利点がある。その一方で、特定の選手のみを対象、複雑な動作に適應不可、そして計算時間が膨大などといった問題点もある。このため、野球打撃のように三次元的に複雑な動作に対してもシミュレーションを行うことができること、より多くの選手に対しても適應可能な知見を獲得することは、競技力の向上に加えて、体育・スポーツに関する研究の発展にも大きく寄与できると考えられる。

2. 研究の目的

関節角度入力によるシミュレーション手法を用いて、野球の打撃動作における初期姿勢の違いがスウィング動作に及ぼす影響を明らかにし、パフォーマンスの向上に寄与し、指導現場において役立つ知見を獲得する。

3. 研究の方法

(1) 被験者

硬式野球部員（首都大学野球リーグ1部所属するチームのレギュラー）の10名を被験者とした（年齢：19.1歳、身長：1.75m、体重：73.0kg、競技歴：10.9年、右打：5名、左打：5名）。各被験者には予め実験の目的および試技内容の説明を行い、協力への同意を得てから実験を行った。なお、筑波大学研究倫理委員会の承認を得ている。

(2) データ収集および処理

被験者は、十分な準備運動を行った後、ボールコースを真中に設定されたティー打撃を行った。その際、バットおよび身体に複数の反射マーカーを貼付し、光学式3次元自動動作分析装置（VICON-MX, Vicon Motion Systems社製）を用いて各マーカーの3次元座標を計測した。

VICON-MXによって計測し、ラベリング作業を行って取得したバットおよび身体各座標データを用いて、バイオメカニクスのパラメーターであるバットや身体各関節の角度といったキネマティクスデータを算出した。

(3) シミュレーションモデル

本研究では、10名の被験者からなる標準動作モデル（Ae et al., 2007）を作成し、同モデルを用いた角度入力によるシミュレーションモデルを構築した。

①標準動作モデル

まず取得したバットおよび身体各部分の3次元座標から各被験者の身体重心を算出する。つぎに身体重心を基準点として、被験者の身長および動作局面の経過時間によって3次元座標を規格化する。最後に3次元座標データを平均する。

②シミュレーションモデル (angle-driven)

まず標準動作モデルにおいて、剛体リンクモデル化したバットおよび身体各セグメントから、オイラー角によって関節角度を算出する。つぎに関節角度を入力値として基準点、すなわち計測値をそのまま利用する点（上下胴の中間点）から各セグメントの長さ情報をもとに、各セグメントの姿勢を再算出する（図1）。

なお、シミュレーションモデルにおける動作時間については、全被験者の平均時間である0.203秒を用いた。

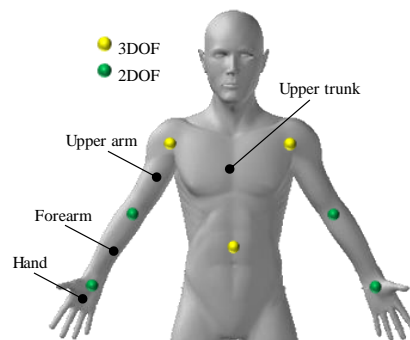


図1 シミュレーションモデル (上半身)

(4) 最適化計算

最適化計算において、打撃動作を大きく変化させる、および打撃パフォーマンスの向上に寄与する最適な動作を探索するために、初期姿勢を変化させた。本研究では、ヒトが変化させうる関節角とするため、およびデータの精度を考慮するために、入力値を関節角速度として、同角速度を一階積分することによって、関節角を算出した。具体的には、図2に示すように、変化させた関節角速度の初期値をスプライン関数によって補間し時系列データを作成した（Fujii & Hubbard, 2002; Hiley & Yeadon, 2013）。

本研究では、スウィング開始から各関節軸における次の変曲点（※図2白点）までにかけて、焼きなまし法（SA）を用いて、以下の3つを目的関数として最適化計算を行った。

- ・パターン1：バット・ヘッド距離が最小
- ・パターン2：バット長軸傾斜角が最大
- ・パターン3：バット長軸傾斜角が最小

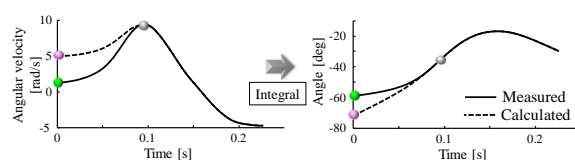


図2 時系列データ作成方法 (角速度→角度)

4. 研究成果

表1に、計測値および最適化計算によって得られた計算値（パターン1, 2, 3）のバット・ヘッド移動距離、バット長軸傾斜角、およびその差（割合）を示す。

その結果、パターン1では、バット・ヘッド移動距離は、1.72 mから1.66 mへとおよそ3%減少し、バット長軸傾斜角は、28.2度から26.4度となり、およそ7%減少した。パターン2では、バット長軸傾斜角は、37.0度となり、およそ24%増大した。パターン3では、バット長軸傾斜角は、11.5度となり、およそ60%減少した。

表1 計測値と計算値のバットパラメーター

	Initial bat angle		Bat-head distance	
	Angle [deg]	Difference [%]	Distance [m]	Difference [%]
Measured	28.2	—	1.72	—
Pattern 1	26.4	-6.8	1.66	-3.2
Pattern 2	37.0	23.8	—	—
Pattern 3	11.5	-59.2	—	—

表2に、上半身の全関節角（体幹部を含む）の初期値の差に対する各関節角の初期値の差（割合）を示す。

バレル側（バット・ヘッド）上肢について、パターン1から3ともに、肩関節の屈曲伸展角、手関節の橈尺屈角に大きな差がみられた。また、パターン2では、肩関節の内外旋角の差も大きかった。

ノブ側（グリップエンド）上肢について、パターン1から3ともに、他の関節軸と比較して肩関節の内転外転角の差が顕著に大きかった。

表2 上半身の全関節角の初期値の差に対する各関節角の初期値の差（割合）

	Shoulder			Elbow		Wrist	
	Flex/Ext	Add/Abd	Int/Ext	Flex/Ext	Pro/Sup	Palm/Dors	Rad/Uln
Barrel-side							
Pattern 1	15.7	8.3	4.5	0.1	3.0	1.1	17.9
Pattern 2	16.3	7.9	11.5	0.2	1.2	0.1	14.3
Pattern 3	12.2	7.2	8.9	0.4	3.6	3.7	13.5
Knob-side							
Pattern 1	1.8	19.1	6.1	0.2	2.3	0.3	0.6
Pattern 2	3.7	10.2	6.5	4.0	4.6	0.9	0.3
Pattern 3	1.8	15.9	5.2	3.5	5.5	1.8	0.4

図3に、表1の各関節角の初期値の差において顕著な値がみられた3つの関節角の時系列データのうち、計測値ならびにパターン2および3について示す。

バレル側の肩関節の屈曲伸展角について、パターン2では、計測値よりも屈曲角が大きくなり、パターン3では、屈曲角が小さかった（図3(a)）。ノブ側の肩関節の内転外転角について、パターン2では、計測値よりも屈曲角が小さくなり、パターン3では、屈曲角が大きかった（図3(b)）。バレル側の手関節の橈尺屈角について、パターン2では、計測値よりも橈尺屈角が小さくなり、パターン3では、橈尺屈角が大きかった（図3(c)）。

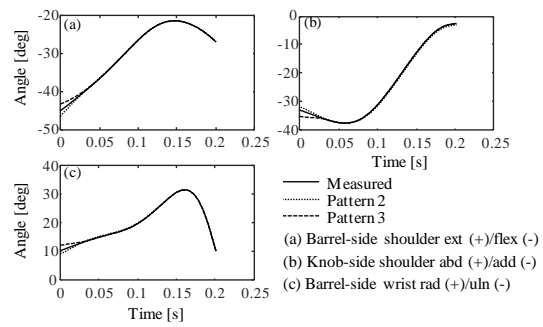


図3 計測値に対して顕著な差がみられた関節角の時系列データ（パターン2, 3）

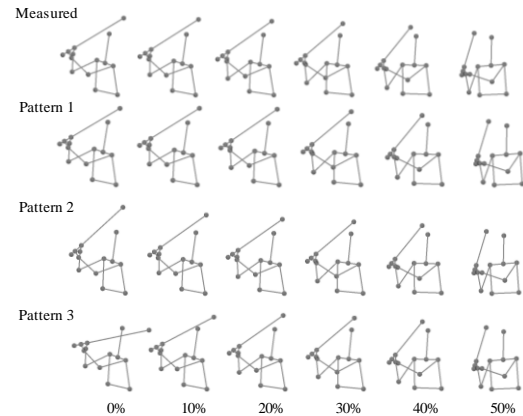


図4 規格化時間10%毎の計測値と計算値（パターン1-3）のスティックピックチャー

図4に、規格化時間の0%から50%までの計測値（標準動作モデル）、および計算値（パターン1から3）のスティックピックチャーを示す。その結果、計測値と比較して、特にバット長軸傾斜角を変化させたパターン2および3は、バット姿勢の違いを主として視覚的に顕著な差がみられた。

ここからは、各パターンに対して上半身の各関節が及ぼす影響について考察していく。パターン1について、バレル側の肩関節の屈曲伸展角の差は15.7%、内外転角の差は19.1%と顕著に大きかった。しかし、バット・ヘッド移動距離、およびバット長軸傾斜角の差は小さく（表1, 2）、スティックピックチャーにおいても顕著な差はみられなかった（図4）。したがって、上半身の初期関節角を変化させるのみでは、スウィング前半におけるバット・ヘッドの移動距離を大きく変化（減少）させることは難しいと考えられる。その一方で、計測値と計算値の差が小さかったことは、計測値（標準動作）のスウィング軌道は、現状としてほぼ最適なものであることが示唆される。

パターン2について、バット長軸傾斜角はおよそ10度増加していることから（表2）、スティックピックチャーにおいても、計測値と比較してバットを含む初期姿勢の変化が顕著であった（図4）。したがって、バットをより上方に起こした構えに変化させるためには、主にバレル側の肩関節屈曲角を増加、お

よびバレル側の手関節撓屈角を減少させることが有効であると考えられる。

パターン3について、バット長軸傾斜角はおよそ17度減少し(表2)、パターン2と同様に、スティックピクチャーにおいても計測値と比較して初期姿勢の変化が顕著であった(図4)。したがって、バットをより下方に倒した構えに変化させるためには、主にバレル側の肩関節屈曲角を減少、ノブ側の肩関節内転角を増加、およびバレル側の手関節撓屈角を増加させることが有効であると考えられる。

本研究では、上半身の関節角の初期値のみを変化させる条件について検討し、主にバット姿勢の変化について言及している。このため、初期姿勢に加えて、その後の関節動作を変化させることによって、本研究において得られた結果よりも、顕著に動作が変化する可能性を有している。また、特にバットの起し倒しが、その後のバット・ヘッドの軌道やスピードなどといった打撃パフォーマンスに及ぼす具体的な影響や作用については言及できていない。このため、今後、これらを明らかにすることができれば、初期姿勢やその後のスウィング動作に関して、直接的に指導へに活用できる知見が獲得できると示唆される。

以上のことから、本研究によって得られた成果をまとめると以下の①から④となる。

- ① 標準動作モデルを用いた関節角入力によるシミュレーションモデル(angle-driven)は、複雑な動作に対してシミュレーションを行うこと、および複数の選手(対象者)へも適応できる知見を獲得することに有効である。
- ② 上半身の関節角の初期値の変化のみでは、スウィング前半におけるバット・ヘッド移動距離を大幅に変化(減少)させることには有効ではない。
- ③ 上半身の関節角の初期値の変化では、バット長軸の起し倒しにおいて、およそ25度の範囲において変化させることができる。
- ④ バット長軸の起し倒しには、主にバレル側(バット・ヘッド)の肩関節の屈曲伸展、手関節の撓尺屈、およびノブ側(グリップエンド)の肩関節の内外転の動作が寄与する。

<参考文献>

- Ae M., Muraki Y., Koyama H. and Fujii N. Bulletin of Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba, 30, 5-12, 2007.
- Fujii N. and Hubbard M. Journal of Applied Biomechanics, 18(2), 135-154, 2002.
- Hiley M. J. and Yeadon M. R. Human Movement Sciences, 32, 181-191, 2013.

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)

- ① 阿江数通, 小池関也, 藤井範久, 阿江通良, 川村卓, 金堀哲也: 野球の打撃動作における打撃条件の違いが上肢のキネマティクスに及ぼす影響: ティーおよび飛来球打撃条件による比較. 体育学研究, 62 (2), 559-574, 2017. 査読あり
- ② Kazumichi Ae, Sekiya Koike, Norihisa Fujii, Michiyoshi Ae, and Takashi Kawamura: Kinetic analysis of the lower limbs in baseball tee batting. Sports Biomechanics, 16 (3), 283-296, 2017. 査読あり

[学会発表] (計2件)

- ① 阿江数通, 小池関也: 野球打撃動作におけるバットの振り出し姿勢の違いがスウィング動作に及ぼす影響. 第68回日本体育学会大会, 2017年9月10日, 静岡大学(静岡県・静岡市)
- ② Kazumichi Ae, Sekiya Koike, Norihisa Fujii, and Michiyoshi Ae: A simulation analysis on effects of the upper body motion on bat-head speed in baseball batting. The 35th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports, 2017.6.16, Cologne (Germany)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

阿江数通 (AE KAZUMICHI)

筑波大学・スポーツ R&D コア・研究員

研究者番号: 30781538