

キャッチャースローイングの 簡易的数理モデル化に関する研究

日大生産工(学部) ○坂本 誠一郎 日大生産工(院) 高橋 亜佑美
日大生産工 見坐地 一人

1. はじめに

昨今、日本のスポーツとして人気の高い野球であるが、投球における障害で悩む選手も多い。選手生命を考える上で、肩やひじの体内負荷を軽減させる研究はとても重要なことといえる。

近年、ピッチャーの投球動作研究はよくされてきている。しかし、ほかの野手とは違い、特殊な投げ方でプレーするキャッチャーの投球動作研究はされていない。また、キャッチャーはボールを捕球してから素早い投球動作を求められるが、素早い投球動作と肩やひじの体内負荷を軽減させることは相反し、これを両立させるためには数値解析が必要である。よって、数値シミュレーションを用いて素早く、さらに、体内負荷の小さい理想的なキャッチャーの投球フォームを確立しなければならない。また、キャッチャースローイングの簡易的数理モデルを構築し、線形加速度法で求めた数値解と、実際の投球動作を測定して求めた実測値を比較することで本数理モデルの妥当性の検証をする。

そこで本論では、研究初期段階としてまず、簡易的数理モデルを考案する。また、検証に必要なキャッチャースローイングの投球時間ごとの肩とひじの角度変化を実測値として測定し、投球における肩とひじの動きの特徴を明らかにする。

2. 運動方程式の考え方

今回の動作解析は、平面座標で行う。一連の投球動作を上腕(肩からひじまで)と前腕(ひじから指先まで)で分割し、それぞれに質点をもたせることで、別々の運動方程式を作成する。

2.1. 腕のモデル

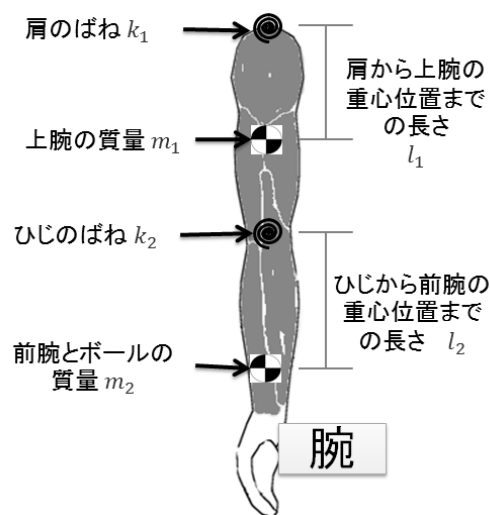


Fig.1 腕のモデル

Fig.1に示すように肩には回転バネ k_1 、ひじには回転バネ k_2 、上腕の質量 m_1 、 m_1 は上腕の重心位置に位置する。前腕とボールの質量 m_2 、 m_2 は前腕の重心位置に位置する。また、肩から上腕の重心位置までの長さを l_1 、ひじから前腕(ボールの質量を含めた)の重心位置までの長さを l_2 とする。

Study on Simple Mathematical Modeling of the Catcher Throwing
Seiichiro SAKAMOTO, Ayumi TAKAHASHI and Kazuhito MISAJI

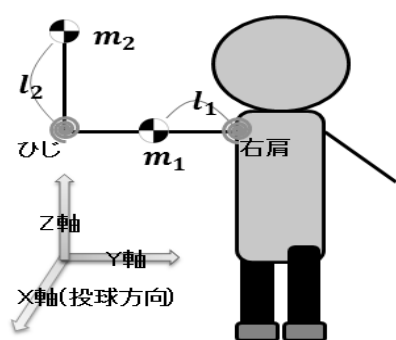


Fig.2 投球者の簡略図

Fig.2, Fig.3から上腕の動きを考える。投球動作において、変化が起こるのは上腕のXY座標のみと考える。この時、前腕とボールの質量 m_2 はひじにあると考えるとFig.4になる。 m_1 と m_2 の重心位置を考えるとFig.5になる。

よって、上腕は (m_1+m_2) を質点とするバネ質点モデルになる。

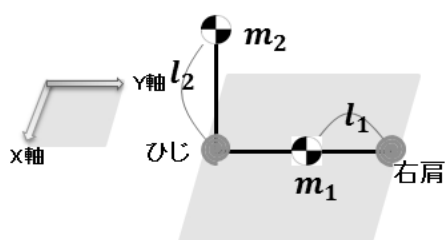


Fig.3 Fig.2の右腕

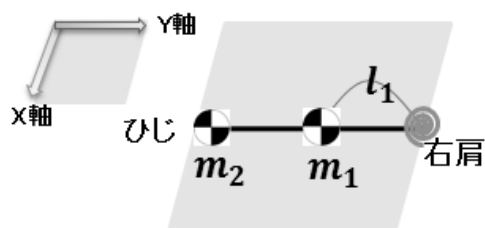


Fig.4 ひじの位置に質量 m_2 が移動した右腕

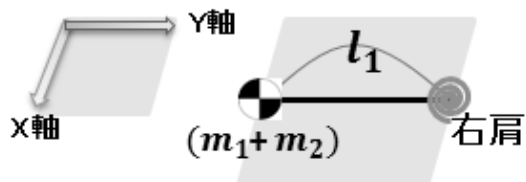


Fig.5 肩のバネ質点モデル

Fig.2から前腕の動きを考える。投球動作において、変化が起こるのは前腕のXZ座標のみと考える。これよりFig.6で表されるように、前腕は m_2 を質点とするバネ質点モデルになる。

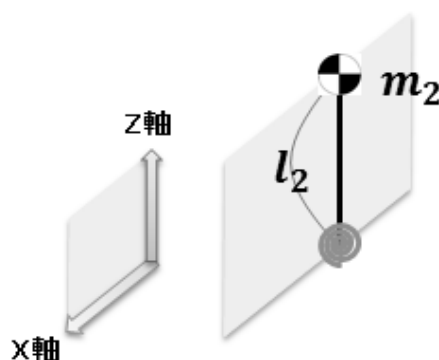


Fig.6 ひじのバネ質点モデル

2.2. 肩の運動方程式

肩の運動方程式は

$$I_1 \ddot{\phi} + k_1 \phi = M_1 \quad (1)$$

(1)の諸量として、角度(肩) ϕ 、角加速度 $\ddot{\phi}$ 、肩に働くモーメント M_1 、回転ばね(肩) k_1 、慣性モーメント $I_1=(m_1+m_2)l_1^2$ 、肩から上腕の重心位置までの長さ l_1 、上腕の質量 m_1 、前腕とボールの質量 m_2 である。

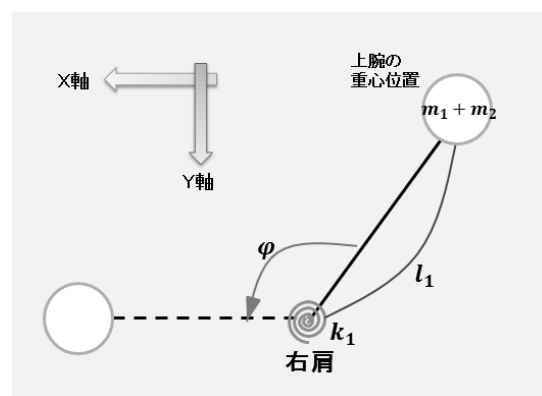


Fig.7 上腕の動き方

上腕の動きはFig.7のように肩を原点としたXY座標の平面座標で表す。

2.3. ひじの運動方程式

ひじの運動方程式は

$$I_2 \ddot{\theta} + k_2 \theta = M_2 \quad (2)$$

(2)の諸量として、角度(ひじ) θ 、角加速度 $\ddot{\theta}$ 、ひじに働くモーメント M_2 、回転ばね(ひじ) k_2 、慣性モーメント $I_2=m_2l_2^2$ 、ひじから前腕(ボールの質量を含めた)の重心位置までの長さ l_2 、前腕とボール

の質量 m_2 である。

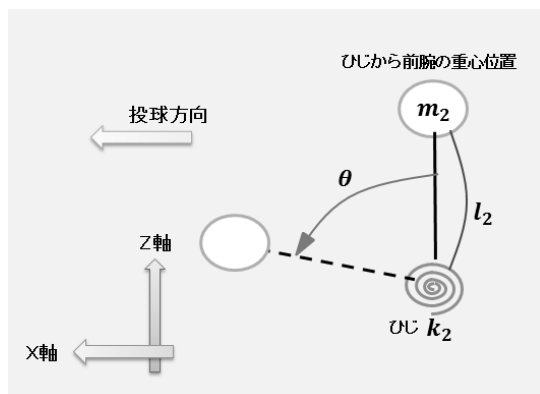


Fig.8 前腕の動き方

前腕の動きはFig.8のようにひじを原点としたXZ座標の平面座標で表す。

3. 解析手法

3.1. 被験者

坂本 誠一郎(野球部)

3.2. 実測値の計測

ディテクト社のハイスピードカメラを用いて被験者の時々刻々と変わる右腕の動きを3次元座標で表し、さきに求めた運動方程式同様、上腕をXY座標、前腕をXZ座標の平面座標から、肩とひじの角度を求める。

撮影方法として、4台のハイスピードカメラで同時撮影した。4台とも1秒間に200コマ撮影できる。また、被験者の投球動作は上腕や前腕に取り付けた反射マーカを撮影することで、上腕や前腕の位置を特定する。そのため、曲げたり、力を入れても形状の変化が少ない骨の上に反射マーカを置く。

解析方法として、3次元座標から上腕の動きを示すXY座標と前腕の動きを示すXZ座標の必要な座標を抽出することで、2次元座標解析を行い、時々刻々の角度変化を求める。

3次元座標の作成は、2つ以上の2次元座標を3角法等を原理とし、カメラ4台分の2次元座標を合わせ、変換することで1つの3次元座標にする。

3.2.1. 投球撮影に必要な準備

はじめに、キャリブレーションスケールの撮影を行う。キャリブレーションスケールとは10個の反射マーカを置いた直方体の鉄柱のことである。キャリブレーションスケールは被験者の投球前に撮影する。撮影したキャリブレーションスケールから原点を決めることをキャリブレーションという。そのため、キャリブレーションスケール撮影後カメラの移動はできない。カメラはキャリブレーションスケールの全体を写し、さらに複数台使う場合、Fig.9のようにキャリブレーションスケールの中心から等しい距離になるようにカメラを配置する。

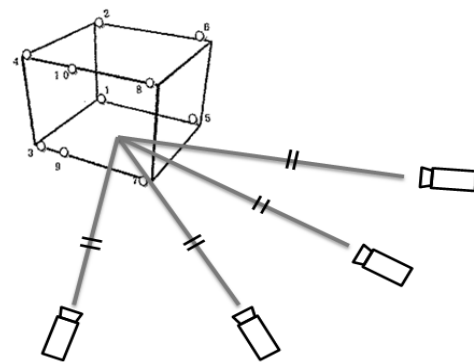


Fig.9 キャリブレーションスケール

3.2.2. 投球撮影

Fig.10のように、被験者の右腕に反射マーカを取り付け、キャリブレーションスケールを撮影した位置に移動し、キャッチャースローイングを実施する。



Fig.10 反射マーカの取り付け



Fig.11 キャッチャースローイングモーション

Fig.11は実際に撮影したキャッチャースローイングである。

3.2.3. 投球解析

解析ソフト(DippMotionPro)を使って被験者の投球を3次元座標として表現。ここから、被験者の上腕の動きをXY座標と前腕の動きをXZ座標の2次元座標に分割し、肩とひじの時々刻々の角度変化を求める。

4. 解析結果

4.1. 実測値の角度 φ , θ

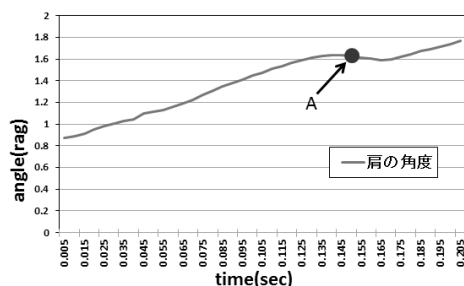


Fig.12 肩の角度変化

4.2. 解析結果

Fig.12から肩の角度変化が時間とともに、増加しているのが分かる。また、点Aは測定開始から0.15秒後のリリースの瞬間を表しており、リリース時は肩の角度変化が止まることがわかった。

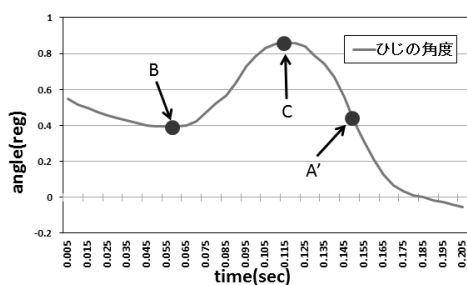


Fig.13 ひじの角度変化

投球方向をプラスとすると、Fig.13から前腕は1度プラス方向に少し傾き(点B), さらに、マイナス方向にのけぞるように傾くことで(点C), めいっばいの反動をつけて投球していることがわかる。

Fig.13からひじをムチのように使っていることがわかった。

点A'はリリースの瞬間で、計測開始から0.15秒である。

5. 結論

1)キャッチャースローイングの簡易的数値モデルの考案ができた。

2)解析結果から、キャッチャースローイングにおける肩とひじの特徴がわかった。

6. 今後の展開

今後は、数値解を求め、実測値と比較して本数値モデルの妥当性を検証する。妥当性を検証できた数値モデルを用いて、さらに、どうしたら体内負荷の小さい投球ができるのか、数値シミュレーション解析を実施したい。

7. 参考文献

山本澄子, 石井慎一郎, 江原義弘: 基礎バイオメカニクス

謝辞

ハイスピードカメラの提供並びに測定方法の指導をディテクト社の菅沼さん, 解析ソフトの提供並びに指導をナックイメージテクノロジー社の染谷さんに頂きました。ご協力に感謝します。