

# An Elementary Approach to Angle Analysis of Batting Form - Shoulder Azimuth in Stance Phase -

Yuki KODAMA<sup>\*</sup>, Takamasa MATSUI<sup>\*</sup>, Seitaro BABA<sup>\*</sup> and Hitoshi IMAI<sup>\*</sup>

(Received April 20, 2016)

In the paper, we propose an elementary method to carry out angle analysis of batting form in baseball. We use 2D photos as data and 3D software for angle analysis. The key procedure is reconstruction of 3D data of batting form by using player's photos and the baseball field dimensions. We apply our method to investigate difference in batting form of NPB(Nippon Professional Baseball) and MLB(Major League Baseball) players. Shoulder azimuth in stance phase is estimated numerically. Numerical results suggest different features of batting form among NPB and MLB players.

Key words : baseball, batting form, angle, NPB, MLB

キーワード : 野球, バッティングフォーム, 角度, プロ野球, 大リーグ

## 野球の打撃フォームにおける角度解析への初歩的アプローチ - テイクバック時の肩の方位角 -

児玉祐軌, 松井孝真, 馬場誠太郎, 今井仁司

### 1. はじめに

近年, スポーツを科学的に分析するようになって, 選手は身体的負担を減らしながらもよりよいパフォーマンスができるようになった. 例えば, オリンピック選手のトレーニングにおいて, 様々な科学的分析結果を選手にフィードバックすることは常識である. しかしながら, 日本で行われるスポーツ全てにおいて, このような科学的分析結果が利用されているかというところでもない. 低年齢の子供が活躍する少年団や学校の部活の現場において, 科学的分析結果を選手個人にフィードバックすることはまれであろう. これは危機的状況と考えてもよい. 低年齢の子供たちに対してこそ身体的負担を軽減するために科学的分析結果をフィードバックする必要がある. 残念ではあるが, 設備や指導者不足から, 科学的知識の

ない指導者が精神論を振りかざして昔ながらの指導をしている現場をいまだ数多く見かける. 日本で一番の注目度を集める高校野球でさえ, 投手の身体的負担の軽減を真剣に考えるようになったのはここ数年のことである.

オリンピック選手などに対する本格的な科学分析では, 客観的に議論するために数値化されたデータが中心となる. しかし数値化されたデータをうるためには, 非常に高価な設備とそれを扱える専門家を必要とする. 例えば, 動作を本格的に 3次元 (3D) で分析するにはモーションキャプチャー<sup>1, 2)</sup>を行う必要がある. 被験者の関節などにセンサーやマーカーをとりつけて, 複数のビデオカメラによって 3D 動作を記録する<sup>3)</sup>. 異なる方向にある複数のビデオカメラで撮影した 2次元 (2D) 画像から 3D 動作を再構築するのが DLT(Direct Linear

<sup>\*</sup> Department of Mathematical Sciences, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, Kyoto  
Telephone : +81-774-65-6689, E-mail : himai@mail.doshisha.ac.jp

Transformation) 法<sup>4, 5)</sup>である。これらの手法を用いると高精度の解析が可能であり、非常に科学的なデータがえられる。しかしながら、予算面を除いたとしてもこれらの手法はある意味現実的であるとはいえない。というのも、実際の試合で選手にセンサーやマーカーをとりつけることはできない。また、世界中の様々な選手を分析施設に呼んでデータを集めることも困難である。DLT法ではこのようなハードルは下がるものの、複数カメラの映像の入手や3D動作の再構築に必要な同じ瞬間の画像を用意することは容易ではない。

一方、最近安価に買えるビデオカメラを使って、試合や練習中のフォームチェックを行う指導者が増えてきている。これは、指導者が選手の身体的負担の軽減を指導の一環として考えているということであり、非常に喜ばしいことである。ただし、この程度の分析ではスロー再生やコマ送りによる感覚的な分析が主で、それ以上の分析を行うには困難がある。これでは、本格的な科学的分析結果を、最も必要とされる体ができあがっていない低年齢の子供たちに届けることは不可能である。

本研究はこのような矛盾の解消に少しでも貢献したいとの思いでとりくんだものである。予算として必要なものは、安価な3Dグラフィックソフトとビデオカメラとパソコンである。3Dソフトはフリーのものでもよいかも知れない。作業は、まず、ビデオカメラやネットから動画をとりこんで2Dの素材を用意する。スマホやネットを普段使っている人にとってこの作業は容易である。その後3Dソフトを使って解析するのであるが、それには数学の知識を多少必要とする。ただし、高校数学程度であり作業そのものは簡単である。全ての作業は、マニュアルを読んでソフトを使いこなすときの作業と大差ない。

今回の分析対象は、野球の打撃フォームのある角度とする。大リーグの中継を見ていて、選手のプレースタイルやフォームに違和感を感じることが多い。もちろん選手のほとんどは日本人と体格が全く異なるので、それが第一の違和感であることは間違いない。硬式野球では体格が大きいと有利であることは間違いないが、体格が全てなのであろうか。体格的に劣る日本人でも大リーグで活躍している人は少なからずいる。残念なのは、投手にはそこそこの人数がいてしかも大活躍しているが、野手に関してはそうであるとはいえない。そもそも大リーグで日本人野手が少ない理由はどこにあるのであろうか。

単純に体格の差といってしまうと、投手の場合に当てはまらなくなる。野手は打撃がよくないと使ってもらえない。ということは打撃に違いがあるのであろうか。

そこで、我々が注目したのは打撃フォームである。ご存じのように、大リーグの投手が投げるボールのスピードは150km/hが普通である。一方、日本のプロ野球でこのスピードを投げる投手はほんの一握りしかいない。どのようにしたらこのような速いボールを打てるのであろうかと興味をもってテレビ中継を見てみると、打者の映像に違和感を感じる。その一つの違和感が、打者の背中がよく見えるということである。プロ野球中継では打者の背番号があまり見えないが、大リーグ中継では打者の背中がよく見える。この日米の打者の打撃フォームに関する感覚的な違和感は真実なのであろうか。本研究では、打撃動作の回転運動の始動にあたる打者のテイクバックに注目し、その際の肩の入り具合(方位角)が日米の打者でどれほど異なるのかを調べることにする。



Fig. 1. Batting form.

## 2. 角度解析手法

ここでは、打撃フォームの角度解析のための手法を説明する。数値化するのにはピッチャープレートから打者を見たときの打者の背中の方角である。

まず、必須で用意するものとしては、素材である2Dの動画、野球場の寸法表、3Dグラフィックソフトである。動画から選手の正面画像がえられないときは、どこからか入手することが必要であるがこの作業はそれほど困難なことではない。動画から静止画をうるのはムービープレイヤーのキャプチャ機能で簡単にできる。最悪その機能がなくてもWindowsなどのOSの機能を使えば可能である。3Dグラフィックソフトとしては基本的

に何でもよいが、我々は安価な Shade 3D Basic を用いた。連立方程式を解く作業において、あれば便利なものが数式処理ソフトである。我々はフリーの数式処理ソフトである Maxima を用いた。

動画を素材として用いるために、特別な施設や装置は不要であるし、データ収集に際して被験者である選手を呼んでくる必要はない。そのため、実際の試合での画像解析ができるし、自分で録画したものやネットから入手した動画を使うので世界中の選手の解析ができる。

本研究では解析を簡単に行うため、カメラ位置などを考慮する 3D ソフトの機能は使わない。カメラが被写体から十分離れているので、2D の画像は 3D 直交座標系内の物体の正射影だと仮定する。また、日米の様々な画像の比較をするが、野球場の大きさやカメラ位置は同じであると仮定して解析する。

### 2.1 作業の流れの概要

理解しやすいようにまず最初に作業の全体像を紹介する (Fig.2)。最初に用意するのは素材の動画である。テイクバック時の背中の方角解析をしたいので、動画のプレイヤーにおいて投手がボールをリリースする瞬間で一時停止し、その瞬間の静止画を活用する。動画は通常センター後方バックスクリーンよりややレフト寄りのところで撮影されているため、このままでは打者の背中の方角を知ることはできない。そこで、打者の様子を 3D 化する。2D である静止画から 3D 情報を再構成するために、高校数学程度の数学を用いる。その際必要な情報が、打者の胴の長さや肩幅の比、ピッチャープレートからホームベースまでの距離、バッターボックスの形状である。簡単な計算でえられる 3D 情報を用いて、3D グラフィックソフトで打者の背中の方角を求める。

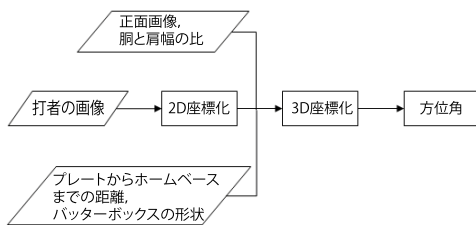


Fig. 2. Workflow.

### 2.2 打者の背中の方角の 2D 情報の読み取り

打者の背中の方角を知るために、両肩と腰の中心を結んでできる T 字に注目する。この T 字のなかの両肩

を結んだ線分の方角角を求める。そのためには 3D 空間内に打者の背中を示す T 字を配置する必要があるが、それを行う最初の作業が 2D 座標の読み取りである。

今回使用した 3D グラフィックソフト Shade 3D Basic では 4 つの窓があり、4 分割された左上が  $xz$  平面、左下が  $xy$  平面、右下が  $yz$  平面、右上が  $xyz$  空間を表す。静止画を  $xy$  平面にテンプレートで読み込みんだ状態が Fig.3 である。次に、両肩、襟元 (両肩の中心)、腰を指定して背中を表す変形 T 字を作る (Fig.4)。このときに表示される座標は、 $(x_1, y_1, 0)$  のように、 $z$  座標は全て 0 となっている。

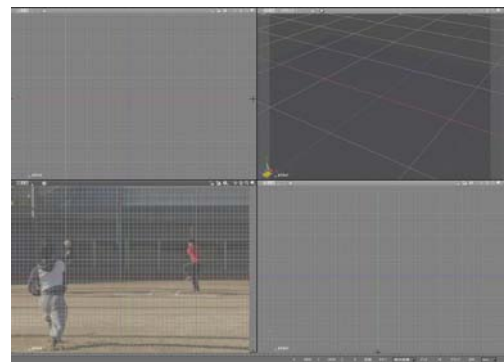


Fig. 3. Loaded image into Shade 3D Basic.



Fig. 4. Creation of a twisted T shape.

### 2.3 3D データの再構築

先に求めた変形 T 字を 3D 空間の T 字に復元する。このときに大切なことは、角度を求めるだけなら 3D 空間内で T 字の線分比が再現できれば十分だということである。そのための作業をここで紹介する。右打者で話を進めていくが左打者に対して同様である。

右打者において、 $xy$  平面上での左肩の座標を  $P_1(x_1, y_1, 0)$  とし、これを基準とする。そして、実際には奥行きをもっているはずの右肩の座標  $P_2(x_2, y_2, z_2)$

を求めていくことにする (Fig.5). なお,  $x_1, x_2, y_1, y_2$  の値は先の作業でえられるため,  $z_2$  を求めることにする.

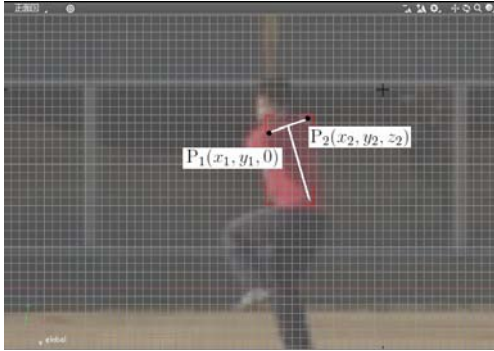


Fig. 5. 3D coordinates of shoulders.

選手の正面からとった画像を入手して, 肩幅  $a$ , 胴の長さ  $b$  を求める. T字の線分比が復元できればよいので, 実寸で求める必要ない. 次に, テイクバック時の画像において肩幅  $a'$ , 胴の長さ  $b'$  とすると,

$$a' = \frac{ab'}{b}$$

が成立する. 簡単のために,  $b'$  の値はこの画像 (Fig.5) の縦の線分の両端点の  $x, y$  座標を用いて求めた.

$$a' = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + z_2^2}$$

であることから,

$$z_2^2 = \left(\frac{ab'}{b}\right)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2$$

右手座標系であるので  $z_2 < 0$  に注意すると,

$$z_2 = -\sqrt{\left(\frac{ab'}{b}\right)^2 - (x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2}$$

以上の作業によって Fig.6 の右上の窓にあるような 3D 空間内の T 字を一度作ることができると, 様々な視点 (角度) からこの T 字を見ることが可能となる.

## 2.4 投手が見ている光景

我々が知りたいことを理解してもらうために, 中継カメラの位置をピッチャープレートとホームベースを結んだセンターライン上におく. この画像が投手から見える打者の姿である. そのために, バッターボックスにおいても 3D データの再構築を行う. この作業に必要な情報は, バッターボックスの寸法であり, それは縦 182.88cm, 横 121.92cm の長方形 (縦横比は 3 : 2) である.

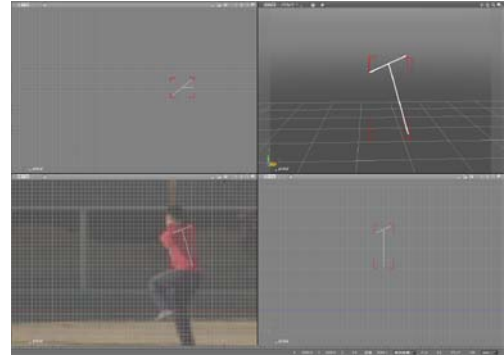


Fig. 6. The reconstructed 3D T shape.

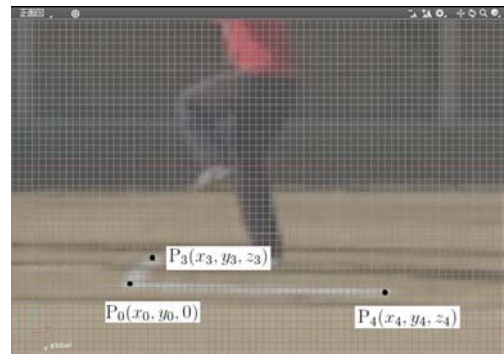


Fig. 7. 3D coordinates of the batter's box.

T 字の奥行き推定のとくと同様にして, Fig.7 のようにバッターボックスにも  $xy$  平面において座標を考える.  $x_0, x_3, x_4, y_0, y_3, y_4$  の値は点を指定するとソフトが返してくれるので,  $z_3, z_4$  を次のように求める. ベクトルの長さを  $\|\cdot\|$ , Fig.7 における点  $P_i (i = 0, 3, 4)$  の位置ベクトルを  $\mathbf{p}_i$  とすると, 縦横比が 3 : 2 より,

$$\|\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_0\| : \|\mathbf{p}_4 - \mathbf{p}_0\| = 3 : 2$$

また, 縦と横の線は垂直であるため,

$$(\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_0) \cdot (\mathbf{p}_4 - \mathbf{p}_0) = 0$$

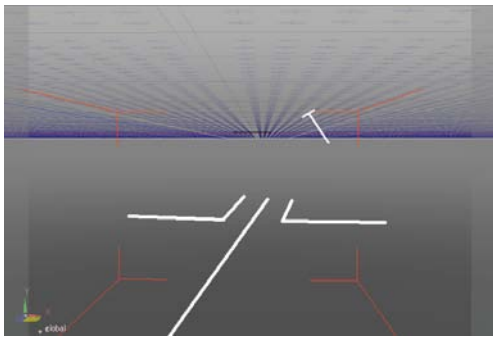
これら 2 式を  $z_3, z_4$  の連立方程式として解く. このために本研究ではフリーの数式処理ソフト Maxima を用いた. もう一方のバッターボックスの位置はホームベースに関して対称であることを利用して作成した. また, 真ん中のラインはピッチャーマウンドとホームベースを結んだ直線である.

この時点では, Fig.7 におけるバッターボックスの点  $P_0$  と Fig. 5 における打者の左肩の点  $P_1$  の  $z$  座標が  $z_1 = 0$  となっている. 打者とバッターボックスの位置関係をもっともらしく見せるために, 打者の T 字を  $z$  軸方

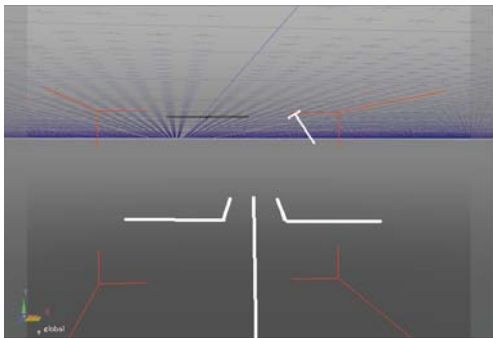


向に平行移動させる。方位角の計算にこの平行移動は寄与しないので、平行移動の数値は打者の立ち位置とバッターボックスの位置関係からおおよその推定値を用いた。

以上の作業により、打者の背中を表す T 字とバッターボックスを 3D 空間内に配置したのが Fig.8(a) である。これができると 3D ソフトの機能を用いて投手から打者を見たときの光景 Fig.8(b) を再現することができる。このときの打者の背中を表す T 字の見え方を方位角として数値化したい。



(a) Original angle



(b) Front view

Fig. 8. Change of the view angle.

### 2.5 肩の入り具合の数値化

肩の入り具合即ち肩の方位角を求める。これまでの作業によって、Fig.9 に示されているように各点の座標が確定している。バッターボックスがのっている平面(地面)に打者の背中を表す T 字を正射影する。このときの Fig.10 に示されている角度  $\theta$  を肩の方位角と定義する。

方位角を求めるために、射影する地面の方程式を求めて、T 字の上部の線分を地面に正射影する。Fig.9 における点  $P_i (i = 0, 1, \dots, 4)$  の位置ベクトルを  $\mathbf{p}_i$  とすると、バッターボックスがのっている平面(地面)の法線ベクトル  $\mathbf{n}$  は外積を用いて、

$$\mathbf{n} = (\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_0) \times (\mathbf{p}_4 - \mathbf{p}_0)$$

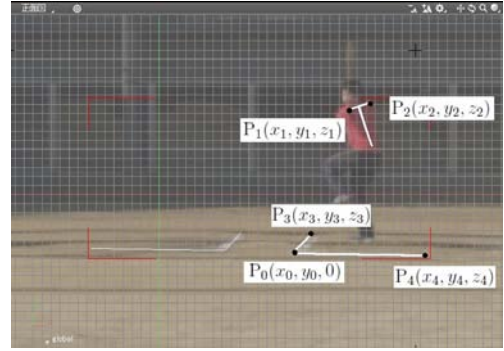


Fig. 9. Reconstructed 3D data.

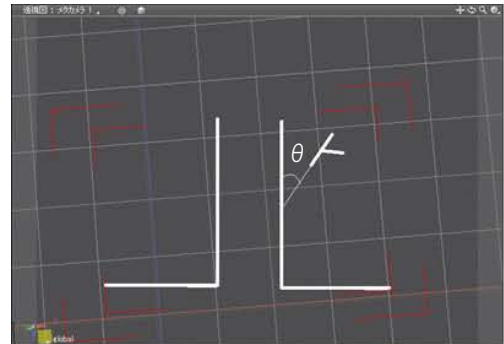


Fig. 10. The batter's box and the T shape from the top.

とかける。従って、平面の方程式は

$$\mathbf{n} \cdot (\mathbf{x} - \mathbf{p}_0) = 0$$

左肩  $\mathbf{p}_1$  からこの平面へ下ろした垂線は  $t$  を実数として

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{p}_1 + t\mathbf{n}$$

$\mathbf{x}(t)$  が平面上にあることから

$$\mathbf{n} \cdot (\mathbf{p}_1 + t\mathbf{n} - \mathbf{p}_0) = 0$$

よって、

$$t = \frac{-\mathbf{n} \cdot (\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_0)}{\|\mathbf{n}\|^2}$$

左肩  $\mathbf{p}_1$  の平面への正射影  $\mathbf{p}'_1$  は

$$\mathbf{p}'_1 = \mathbf{p}_1 - \frac{\mathbf{n} \cdot (\mathbf{p}_1 - \mathbf{p}_0)}{\|\mathbf{n}\|^2} \mathbf{n}$$

同様に、右肩  $\mathbf{p}_2$  の平面への正射影  $\mathbf{p}'_2$  も求める。以上により、肩のラインとバッターボックスを同一平面上にもってこることができたので、方位角  $\theta$  は次を満たす。

$$\cos \theta = \frac{(\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_0) \cdot (\mathbf{p}'_2 - \mathbf{p}'_1)}{\|\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_0\| \|\mathbf{p}'_2 - \mathbf{p}'_1\|}$$

従って,

$$\theta = \arccos \left( \frac{(\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_0) \cdot (\mathbf{p}'_2 - \mathbf{p}'_1)}{\|\mathbf{p}_3 - \mathbf{p}_0\| \|\mathbf{p}'_2 - \mathbf{p}'_1\|} \right)$$

### 3. 分析結果

2015年度のシーズン結果よりNPBとMLBの本塁打の多かった選手5名ずつ、テレビ映像の2Dデータから3Dデータの作成を行い、テイクバック時における肩の入り具合を数値化した。その結果をTable 1に示す。

Table 1. Home runs leaders in 2015<sup>6, 7)</sup>.

選手名	所属球団	リーグ	本塁打(本)	角度(度)
山田 哲人	東京ヤクルト	NPB	38	32
中村 剛也	埼玉西武	NPB	37	23
松田 宣浩	福岡ソフトバンク	NPB	35	31
柳田 悠岐	福岡ソフトバンク	NPB	34	34
中田 翔	日本ハム	NPB	30	25
C. デービス	オリオールズ	MLB	47	42
N. クルーズ	マリナーズ	MLB	44	41
N. アレナド	ロッキーズ	MLB	42	34
B. ハーパー	ナショナルズ	MLB	42	33
J. ドナルドソン	ブルージェイズ	MLB	41	33

その他、MLB選手の長距離バッターであるM. マグワイヤとB. ボンズ、MLBとNPBを両方経験している松井秀喜と青木宣規についても調べた。なお、所属球団は最も良い成績を残した際に在籍していた球団とした。

Table 2. Other famous home run leaders.

選手名	所属球団	リーグ	角度(度)
松井 秀喜	読売	NPB	37
青木 宣規	東京ヤクルト	NPB	35
M. マグワイヤ	カージナルス	MLB	34
B. ボンズ	ジャイアンツ	MLB	23
松井 秀喜	ヤンキース	MLB	37
青木 宣規	ジャイアンツ	MLB	38

以上より、本研究が提案する計算方法では、全体的にMLBの選手のほうが肩の入り具合が若干大きくなっている。また、NPBとMLBの両方を経験している松井はNPBとMLBでのフォームにさほど差がない。一方、青木はMLBにきてから肩の入り具合が大きくなっているかも知れない。この両者は、Table 1のNPBの選手の平均的な肩の入り具合に比べて若干大きいのではないと思われる。

### 4. おわりに

スポーツにおいて、科学的な分析結果を選手にフィードバックすることは、選手の体を守るために必要なことである。しかしながら、科学的な分析を行うには通常は高価な設備と分析を行う専門家を必要とする。これでは、体を守るために格段の注意が必要な子供たちへ科学的な分析結果を届けることはできない。

そこで、本研究では、フォームの角度解析を簡単に低予算で行うための初歩的な手法を開発した。今回は解析対象を野球における打者の打撃フォームに限定し、我々の手法を用いて肩の方位角を調べた。その結果、方位角を数値で求めることができた。また、ありふれた素材である試合の動画を用いて様々な選手の方位角を数値化した結果、日米の打者の打撃フォームにある傾向が見られそうなのがわかった。その傾向とは、大リーグの打者の方がプロ野球の打者より肩の方位角が大きそうである。その理由はある程度想像ついているが、肩の方位角の数値化を簡単に行うことを目標にした今回の我々の解析手法は現時点では非常に荒い評価であり、今回の結果によって何かを断定することは時期尚早であろう。

今後は、簡単でありながらも信頼性を向上させた解析手法を開発して、傾向をより明確に示したい。

### 参考文献

- 1) 石井泰光, 山本正嘉, 関子浩二, “体幹部の鉛直軸回りの回転運動から見た野球の投球とバッティングおよびゴルフのドライバーショットの類似性”, 体育学研究, **55**, 63-79(2010).
- 2) 山本裕二, “打動作における体幹回旋動作の獲得”, 体育学研究, **52**, 351-360(2007).
- 3) D. M. Fortenbaugh, “The Biomechanics of the Baseball Swing”, Open Access Dissertations, University of Miami, Paper 540(2011).
- 4) 池上康男, “写真撮影による運動の3次元解析法”, Japanese Journal of Sports Science, **2**[3], 163-170(1983).
- 5) 橋原孝博, 小村堯, 宮原満男, “3次元映画撮影法の導入に伴う16mm動作解析システムの確立に関する研究”, 広島大学総合科学部紀要 VI, **6**, 33-41(1988).
- 6) 日本野球機構オフィシャルサイト, “成績・記録”, <http://npb.jp/bis/2015/stats/>
- 7) The Official Site of Major League Baseball, “STATS”, <http://mlb.mlb.com/stats/sortable.jsp>