

2017 年度修士学位論文  
野球競技におけるバットスイング  
パフォーマンスと体幹筋形態の  
関係に関する研究

立命館大学大学院  
スポーツ健康科学研究科  
スポーツ健康科学専攻 博士課程前期課程 2 回生  
6232160010-2  
土金 諒

# 野球競技におけるバットスイング パフォーマンスと体幹筋形態の 関係に関する研究

立命館大学大学院スポーツ健康科学研究科 博士課程前期課程 2 回生 土金 諒

## 要旨

キーワード：野球、バットスイング速度、体幹筋形態、体幹部キネマティクスの変数、非対称性、共分散構造分析

### 【背景・目的】

野球競技は、相手チームより多くの得点を記録して勝つことを目的とするスポーツであるため、得点を獲得するための打撃能力を向上させることが必要不可欠である。とりわけ、バットスイング速度を大きくすることは、様々な有益な効果を生むこと、またバットスイング動作では体幹部を大きく回旋させることから、バットスイング速度と体幹部の筋力および体幹部の動作との関連が多く示されてきた。しかしながら、体幹部の筋力発揮に必要な体幹筋形態、とりわけ、筋体積のような三次元的な筋形態とバットスイング速度との関係は明らかにされておらず、さらに、このような体幹筋の筋形態がバットスイング動作中にどのように作用し、バットスイング速度に影響を及ぼすのか明らかではない。本研究の目的は、バットスイング速度に及ぼす体幹筋形態の影響について、体幹部キネマティクスの変数との関係性を踏まえ検討することであった。

### 【方法】

被験者は大学野球選手 42 名であった。ウォームアップと練習を十分に行なった後、ティーバッティングを最大 10 回行わせ、三次元動作解析システムを用いて、バットに先端および体幹部に貼付した赤外線反射マーカークの三次元座標を取得した。この三次元座標によりバットスイング速度および体幹部キネマティクスの変数を算出した。バットスイングのインパクト時点からバットスイング速度の鉛直成分が最小になった時点までをダウン・

スイング局面、その時点からインパクト時点までをレベル・スイング局面とし、それぞれの局面について、体幹部キネマティクスの変数の最大値および最小値を算出した。なお、解析に用いた試技は、バットスイング速度が一番大きかった1試技のみとした。

体幹筋の筋形態は磁気共鳴画像システム（MRI）により、腹直筋、腹斜筋群、大腰筋、多裂筋および脊柱起立筋の断層画像を10.00mm間隔で取得した。各体幹筋に関して、第1腰椎および第2腰椎の椎間板（L1/L2）から第5腰椎および第1仙骨（L5/S1）の椎間板までを測定範囲とし、筋横断面積の合計値を筋体積として評価した。また、非対称性の評価にはVerschuerの平均百分率偏差を用いた。

### 【結果・考察】

ダウン・スイング局面において、①腹斜筋群および脊柱起立筋の筋体積は、バットスイング速度を生成するための、体幹部の回旋動作に関与する。②腹斜筋群踏出足側筋体積は、体幹部の捻転の生成に関与することが示唆された。

また、レベル・スイング局面において、③腹斜筋群の軸足側および脊柱起立筋の踏出足側筋体積が体幹部の捻転の維持に寄与する。④腹斜筋群の軸足側および踏出足側筋体積と脊柱起立筋の軸足側筋体積が、体幹部の側屈に作用する。⑤脊柱起立筋の筋体積が骨盤部の前屈に寄与することが示唆された。

さらに、バットスイング速度の生成にはダウン・スイング局面での体幹部の回旋動作がより重要である可能性が示唆された。

### 【結論】

腹斜筋群および脊柱起立筋の筋量の大きさがバットスイング中における体幹部の三次元的動きに作用し、その結果大きなバットスイング速度が生成されることが示唆された。

# The Relationship between Trunk Muscle Morphology and Bat Swing Performance in Baseball

6232160010-2 Ryo Tsuchikane

## Abstract

Keywords: Baseball, bat swing speed, trunk muscle morphology, asymmetry, trunk kinematics, covariance structure analysis

## Background & Objective:

The baseball game aims at getting more scores than the opponent, so that players train to improve their batting skill. In particular, bat swing speed is one of the main determinants of hitting performance. In light that the bat swing is a movement accompanying trunk rotation, many studies have shown the correlation among bat swing speed, muscle strength of the trunk, and rotational movement of the trunk. However, it is still unclear that the relationship between three-dimensional muscle morphology (i.e., muscle volume) and the bat swing speed. Furthermore, it is also unclear how such the trunk muscle morphology affects the bat swing motion. The present dissertation examines the relationship between the batter's muscle volume of the trunk and his bat swing speed in relation to the trunk kinematics.

## Methods:

Forty-two collegiate baseball players participated in the experiment. After sufficient warm-up and practice, participants completed at most ten hits of a ball on the tee. 500-Hz infrared cameras were utilized to measure three-dimensional coordinates of the reflective markers attached on the tip of a wood bat and a total of eight points on the trunk, by which the bat swing speed and the trunk kinematics were identified. Based on these variables, the maximum and the minimum values in

each swing phase (down-swing phase and level-swing phase) were calculated. In addition, the trial with the fastest bat swing speed was used for the analyses.

As an index of muscle morphology, the trunk muscle volume were measured using a 1.5-T magnetic resonance imaging (MRI). The volumes of the rectus abdominis (RA), the abdominal wall (AW), the psoas major (PM), the multifidus lumborum (ML), and the erector spinae (ES) were measured. Tomographic images of each muscle were acquired at intervals of 10.00 mm. Measurement ranges were from the L1/L2 vertebral level to the L5/S1 vertebral level. The sum of cross-sectional areas for each targeting muscle was evaluated as the muscle volume.

### **Results & Discussion:**

In the down-swing phase, the muscle volumes of the AW and the ES on both the sides determined the rotation of the trunk, which then determined the bat swing speed. The muscle volume of the AW on the stride-foot side was involved in the twist rotation of the trunk.

In the level-swing phase, the muscle volume of the ES on the stride foot side contribute to keeping the trunk rotationally twisted. The muscle volumes of the AW on both the sides and the ES on the stride-foot side affected the lateral bending of the trunk segment. The muscle volume of the ES on both the sides contributed to the anteflexion of the pelvic segment.

Furthermore, the results suggest that the trunk rotation in the down-swing phase be more important than that in the level-swing phase to generate high bat swing speed.

### **Conclusion:**

In conclusion, the bat swing speed was determined by the three-dimensional movement of the trunk during the bat swing, for which the muscle volumes of the AW and the ES involved.

# 目次

<b>第1章 緒論</b> .....	<b>- 1 -</b>
1-1 研究背景.....	- 1 -
1-1-1 野球競技における打撃動作の研究.....	- 1 -
1-1-2 バットスイングと体幹筋の関係.....	- 3 -
1-1-3 野球選手の筋非対称性 .....	- 4 -
1-2 研究目的.....	- 5 -
1-3 本論文の構成 .....	- 5 -
<b>第2章 バットスイング速度に関連する体幹筋の形態的因子</b> .....	<b>- 6 -</b>
2-1 本章の目的.....	- 6 -
2-2 方法 .....	- 6 -
2-2-1 被験者 .....	- 6 -
2-2-2 実験試技.....	- 6 -
2-2-3 データ取得.....	- 7 -
2-2-4 データ解析 .....	- 8 -
2-2-5 統計処理.....	- 9 -
2-3 結果 .....	- 10 -
2-3-1 体幹筋体積の大きさおよび非対称性 .....	- 10 -
2-3-2 バットスイング速度に関連する体幹筋の形態的因子 .....	- 11 -
2-4 考察 .....	- 14 -
<b>第3章 バットスイング動作中における体幹部のキネマティクス</b> .....	<b>- 17 -</b>
3-1 本章の目的.....	- 17 -
3-2 方法 .....	- 17 -
3-2-1 被験者 .....	- 17 -
3-2-2 実験試技.....	- 17 -
3-2-3 データ取得.....	- 17 -
3-2-4 データ解析 .....	- 17 -
3-2-5 統計処理.....	- 23 -
3-3 結果 .....	- 24 -

3-3-1 ダウン・スイング局面における骨盤・胸部および体幹仮想関節の角度、角速度および角加速度.....	- 30 -
3-3-2 レベル・スイング局面における骨盤・胸部および体幹仮想関節の角度、角速度および角加速度.....	- 34 -
3-3-3 バットスイング速度に関連するダウン・スイング局面における体幹部のキネマティック的因子.....	- 38 -
3-3-4 バットスイング速度に関連するレベル・スイング局面における体幹部のキネマティック的因子.....	- 42 -
3-4 考察.....	- 46 -
3-4-1 バットスイング速度とダウン・スイング局面における体幹部のキネマティック的因子との関係に関する考察.....	- 46 -
3-4-2 バットスイング速度とレベル・スイング局面における体幹部のキネマティック的因子との関係に関する考察.....	- 47 -
<b>第4章 総合討論.....</b>	<b>- 48 -</b>
4-1 方法.....	- 48 -
4-1-1 統計処理.....	- 48 -
4-2 結果.....	- 49 -
4-2-1 ダウン・スイング局面でのバットスイング速度と体幹筋形態および体幹部キネマティックの関係.....	- 49 -
4-2-1 レベル・スイング局面でのバットスイング速度と体幹筋形態および体幹部キネマティックの関係.....	- 50 -
4-3 本章のまとめ.....	- 50 -
<b>第5章 結論.....</b>	<b>- 52 -</b>
引用文献.....	- 53 -
研究報告一覧.....	- 56 -

# 第 1 章 緒論

## 1-1 研究背景

### 1-1-1 野球競技における打撃動作の研究

野球は、相手チームより多くの得点を記録して、勝つことを目的とするスポーツである（公認野球規則 1.02）。この得点を多く獲得するために、野球選手の打撃能力を向上させることが非常に重要な戦略となる。一般的に打撃課題の成功とは、打者がヒットを打つことであり、個々の打者がヒットを打つ確率を以下に示す打率という指標を用いて表している。

$$\text{打率} = \text{安打数} \div \text{打数} \quad (1)$$

打率が高い打者ほど、優秀な打者とされており、実際に Race (1961) は、Major League Baseball (MLB) において、打席数が 220 打席以上で、かつ打率が 2 割 7 分 5 厘以上の打者を優れた打者と定義している。日本プロ野球においても、2017 年度の選手成績ではセントラル・リーグおよびパシフィック・リーグ共に、打率が 2 割 9 分を超える打者が打率ランキングの上位 10 位に位置している (NPB.jp 日本野球機構、2017)。このように、打率は、個々の選手の打撃能力を測る上で一般的に用いられている有用な指標である。高い打率、つまり優れた打撃パフォーマンスを発揮するための打撃動作の要因に着目した研究は多くなされており、近年では、単一の打撃課題だけではなく、様々な課題条件下におけるキネティクスおよびキネマティクスの研究が報告されている。

阿江ら (2014) は、大学野球選手 23 名を対象に、3 種類のボール位置（高め、真中、低め）に設定された、打点高の異なるティー打撃を行わせ、その際の左右上肢のキネティクスの分析を行った。その結果、異なる打点高への対応として、ダウン・スイング局面（スイング開始時点からバットスイング速度の鉛直成分が最小となる時点までの局面）では、

- ① バレル（バット・ヘッド）・ノブ（グリップエンド）の両側肩関節の屈曲伸展トルクがバットを鉛直方向に変位させることに寄与する。
- ② バレル側の肩関節内外転およびバレル・ノブ両側肘関節の屈曲伸展トルクが、関節角度を調整あるいは維持することで、身体の近くにバットを留め、バットの操作を行いやすくする。



以上のことが示されている。一方、レベル・スイング局面（ダウン・スイング局面終了時点からインパクト時点までの局面）では、

- ① 打点高が低いほど、バレル・ノブ両側肩関節の内外転トルク、およびバレル側の肩関節の内外旋トルクがバットの長軸方向への力の生成に大きく寄与する。
- ② ノブ側（グリップエンド側）の上肢関節トルクおよびバレル側の手関節トルクは、打点高が低いほどバットスイング速度の獲得に寄与する。

以上の結果が示されている。さらに、左右の上肢関節では、打点高が低いほど、関節トルク、関節トルクパワーおよび関節トルクによる総仕事量が大きくなるため、他の打点高と比較して打撃の対応が困難となることを示唆している。

また、阿江ら（2015）は、同様の条件で、体幹部のキネティクスの分析を行っている。その結果、

- ① 上胴および下胴セグメントより設定した体幹仮想関節の前後屈トルクは、打点高が低いほど、大きくなり、上胴の姿勢を維持する。
- ② 体幹仮想関節の左右回旋トルクは、主にレベル・スイング局面において打点高の違いにより、左回旋トルクおよびその正のトルクパワーの大きさを変化させる必要がある。
- ③ 体幹仮想関節の左右回旋トルクは、打点高によらず、バットスイング速度の生成に寄与する。
- ④ 体幹仮想関節の関節に作用する力については、打点高の違いによらず、バットスイングを安定して行うための身体の支持に寄与する。

以上の結果が認められている。

さらに、高木ら（2008）は、大学野球選手 29 名を対象に、異なる投球速度条件における打撃動作に関するキネマティクスの検討を行っている。その結果、投球速度が大きい条件下（125km/h）では、身体重心の並進移動距離が小さくなるとともに、上胴部およびバットの回転動作範囲を小さくすることによって、打撃の正確性を高めていることが示唆された。さらに、体幹部の捻り角度および捻り戻しの角速度の最大値には異なる投球速度条件による有意な差は認められなかったため、これらの動作は投球速度に関わらず、バットスイングに必要な動作であることが示唆されている。

上記のように、バットスイング動作中におけるキネティクスおよびキネマティクスの研究は数多くなされており、様々な条件下における最適なバットスイングの方略が示されて

いる。

### 1-1-2 バットスイングと体幹筋の関係

前項で示した打率を向上させる要因の一つに、バットスイング速度を大きくすることが挙げられる (DeRenne et al., 1996)。バットスイング速度を大きくすることは、判断時間の延長やバットスイング時間の短縮、打球速度の向上といった様々な有益な効果を生むことが報告されている (Szymanski et al., 2009)。また、同様の研究において、Szymanski et al. (2009) はバットスイング速度を向上させるために必要な筋力の要因をレビュー論文としてまとめており、この論文によって以下の知見が得られている。

- ① 握力とバットスイング速度との関係性はその有無が散見される。
- ② 上肢および下肢の筋力とバットスイング速度の間においてもその関係性の有無が散見される。
- ③ 体幹回旋筋力とバットスイング速度の間にはいずれの研究報告においても関係性が認められる。

上述した結果について、握力および上肢・下肢の筋力とバットスイング速度の関係において、異なる結果が散見されたのは、被験者特性の違いによる影響が考えられる。実際、Szymanski et al. (2009) は、バットスイング速度に対するレジスタンストレーニングプログラムの効果を最大にするには、トレーニング経験および年齢を考慮しなければならないと提言している。一方で、体幹回旋筋力とバットスイング速度には被験者の特性に関わらずその関係性が認められるという、一致した見解が得られていることから、体幹部は、バットスイング速度を大きくするために重要であることが考えられる。また、バットスイング速度は、体幹回旋筋力のような筋力との関係性のみならず、体幹回旋角速度のようなキネマティクスの変数との関係性も報告されている。

Inkster et al. (2011) は、Australian Major League の一部および二部リーグに所属する野球選手 20 名を対象に、指導者が設定した評価指標およびシーズン中の打率に基づき、各被験者を上位群 (10 名) と下位群 (10 名) に分け、各群のバットスイング中におけるキネマティクスの変数の比較検討を行った。その結果、上位群は下位群よりも、

- ① インパクト時におけるバットスイング速度が有意に大きい。
- ② 左右上前腸骨棘を接合するセグメントの回旋角速度が大きい傾向にある。

ことが認められている。

また、Escamilla et al. (2009) は、若年野球選手 12 名 (年齢  $14.7 \pm 2.4$  歳) および青

年野球選手 12 名（年齢  $22.2 \pm 2.3$  歳）を対象に、バットスイング中におけるキネマティクスの変数の比較検討を行った。その結果、青年選手は若年選手よりも

① インパクト時におけるバットスイング速度が有意に大きい。

② 上胴回旋角速度の最大値が有意に大きく、最大値となるタイミングも有意に遅い。

以上の結果が認められている。上記 2 つの研究より、バットスイング速度は、体幹部の筋力のみならず、角運動量においても影響を受けることが考えられる。一方で、このような筋発揮や運動量の生成は、筋の収縮によって引き起こされること、また、筋力は筋量と密接な関係性が認められることから (Fukunaga et al., 2001)、バットスイング速度も同様に筋量と関連することが考えられる。さらに、大学野球選手を対象にバットスイング速度と超音波法を用いて算出した体幹筋の筋厚の関係性について検討を行った報告によると、体幹腹側部に位置する腹斜筋群と、背部に位置する多裂筋の筋厚がバットスイング速度と関連することが認められている (Tsuchikane et al., 2017)。しかしながら、バッティング動作中において、体幹部は三次元的な複雑な動きを伴うため (Welch et al., 1995)、筋厚のような一次元的な筋形態評価では、バットスイングパフォーマンスとの関係性を完全に解明できないことが考えられる。さらに、野球選手を対象とした筋形態学的研究に関しては、筋厚によって筋形態評価を行なった研究はいくつか散見されている一方で (長谷川と小野, 2012 ; 長谷川と船津, 2013 ; 勝亦ら, 2007)、筋体積によって筋形態を評価した研究は著者の知る限り存在しない。

### 1-1-3 野球選手の筋非対称性

野球競技を始めとして、多くの競技種目において、上肢、下肢および体幹部の筋形態に左右非対称性が生じることが報告されている (村松ら, 2010 ; 長谷川と船津, 2013)。

村松ら (2010) は男女高校スポーツ選手 102 名を対象に磁気共鳴画像システム (以下 ; MRI) を用いて算出した体幹筋群の筋横断面積における利き側 - 非利き側間の差を検討した。その結果、男女ともにバドミントン、バレーボールおよび陸上投擲といった体幹部の回旋動作を伴う競技種目において、体幹筋の利き側と非利き側との間に非対称性が認められることを報告している。

また、長谷川と船津 (2013) は、投動作および打動作を伴うスポーツを行う男子大学スポーツ選手 45 名 (野球投手 15 名、テニス選手 15 名、野球打者 15 名) および投動作や打動作を伴わない陸上競技選手 15 名を対象に全身 11 部位の筋厚測定を行い、利き側と非利き側の筋厚を比較した。その結果、野球投手、野球打者およびテニス選手の体幹下

部の筋厚において側腹筋（内腹斜筋）に非対称性が認められるが、一方で、上肢や体幹上部の筋厚の非対称性には、投動作や打動作におけるスイング様式による特異性が見られることを示唆している。

しかしながら、前項で述べたように、野球選手を対象として、非対称性を含めた筋体積における体幹部の筋形態を評価した研究はない。さらに、筋体積の非対称性がバットスイング速度のようなバットスイングパフォーマンスに及ぼす影響についても明らかにされていない。

## 1-2 研究目的

上述したように、野球競技における、バットスイングパフォーマンスと三次元的な体幹筋形態との関係は明らかにはされておらず、また、このような体幹筋の筋形態がバットスイング動作中にどのような作用を起し、バットスイング速度に影響を及ぼすのか明らかではない。したがって、本研究の目的は、バットスイング速度に及ぼす体幹筋形態の影響について、体幹部キネマティクスの変数との関係性を踏まえ検討することであった。

## 1-3 本論文の構成

第1章では、これまでの研究報告から、明らかとなっている打撃動作中における体幹部を含む全身の動作方略に関して記載した。また、打撃によって生成されるバットスイング速度に対する体幹筋の重要性を示した。さらに、野球選手を含め、様々な競技経験者に生じる筋量の非対称性に関して、明らかになっていること、明らかになっていないことを提示し、本研究の目的を記載した。第2章では、バットスイング速度に影響を及ぼす体幹筋の筋形態について検討を行った。第3章では、バットスイング動作中における体幹部キネマティクスの変数を明らかにし、バットスイング速度との関係性を示した。第4章では、体幹筋形態および体幹部キネマティクス変数からバットスイング速度を説明する共分散構造分析を行った。最後に、第5章において本研究の結論を記載した。

## 第2章 バットスイング速度に関連する体幹筋の形態的因子

### 2-1 本章の目的

本章では、バットスイング速度と体幹筋における筋体積および非対称性との関係を明らかにすることを目的とした。

### 2-2 方法

#### 2-2-1 被験者

被験者は、大学男子野球選手 42 名を対象とした。なお、被験者の特性は下記の表 2-1 に記した。実験に先立ち、被験者に対して本研究の目的および実験方法についての十分な説明を行い、実験参加の同意を得た。また、本研究は、「人を対象とする医学系研究倫理審査委員会」の承認を得た上で実施された（承認番号；BKC-人医-2015-018）。

表 2-1 被験者の身体特性

被験者 [n = 42]			
平均値 ± 標準偏差			
年齢 [歳]	19.9 ± 0.9	投球方向 [右 / 左]	40 / 2
身長 [cm]	174.5 ± 4.5	打席方向 [右 / 左]	14 / 28
身体質量 [kg]	72.3 ± 5.5	投打方向 [同 / 異]	16 / 26
競技年数 [年]	12.5 ± 2.1		

#### 2-2-2 実験試技

被験者には、バッティング用ティー台上に置かれた硬式野球ボール（ビクトリー高校試合球，ミズノ，重量 142g）を硬式用木製バット（グローバルエリート，ミズノ，全長 84cm，重量 900g）を用い、センター方向に設置されたネットに向けて最大努力で打つ試技を最大 10 回行わせた。各試技間には 20 秒程度の休息時間を設け、被験者が常に最大努力で打撃

を行えるようにした。ボールのコースは、ストライクゾーン中心とし、高さは被験者が打撃姿勢をとった際の上前腸骨棘の位置を基準に決定した。また、各試技の打撃位置がずれないように、床面の軸足かかと部分にテープで印を付け、試技前に印に軸足かかとを合わせるよう指示した。



図 2-1 実験に使用したバット



図 2-2 実験風景

体幹筋の筋形態は、1.5T の MRI (Signa HDxt, GE Medical Systems) を用いて測定した。被験者をベッドの上で仰向けに横たわせ、両膝を完全に伸展させ、両足首を 0 度に固定した状態で測定を行った。

### 2-2-3 データ取得

バットスイング速度のデータ取得には三次元動作計測システム (Cortex, Motion Analysis, サンプルング周波数 500Hz) を用い、バット先端に取り付けた赤外線反射マー

カーの位置座標より算出した。

MRI による筋横断画像については、ボディーコイルを用いて T1 強調画像を取得した。この際、スライス厚は 10.00mm、スライス間隔は 10.00mm で撮影を行い、また、反復時間は 600ms、反響時間は 7.6ms、撮影範囲は 480mm、マトリックスサイズは 512×256 であった。

#### 2-2-4 データ解析

バットスイング速度はバットがボールを打撃する直前 1 コマの線速度を算出した。なお、インパクト時において、ボールを打撃した際の衝撃により、バットに貼付した赤外線反射マーカーの変位が著しく変化するため、平滑化処理を行っていない位置座標データを用いた (Dowling et al., 2016)。施行した全試技のうち、バットスイング速度の値が最大となる 1 試技を解析に使用した。

$$V_i = \sqrt{(V_{xi} - V_{xi-1})^2 + (V_{yi} - V_{yi-1})^2 + (V_{zi} - V_{zi-1})^2} / \Delta t \quad (2)$$

i ; インパクトフレーム

$V_i$  ; バット先端速度 [m/s]

$V_{xi}, V_{yi}, V_{zi}$  ; 各軸方向のバット先端速度 [m/s]

t ; 時間 [s]

MRI により得られた診断画像から、画像分析ソフトウェア (OsiriX Version 5.6, Pixmeo) を用いて各体幹筋の筋横断面積を算出した (図 2-3)。算出された筋横断面積の測定対象筋は腹直筋、腹斜筋群、大腰筋、多裂筋および脊柱起立筋であり、いずれの筋も左右両部位の測定を行った。測定範囲は第 1 腰椎と第 2 腰椎の椎間板 (L1/L2) から第 5 腰椎と第 1 仙骨の椎間板 (L5/S1) であった。撮像画像のスライス厚が 10.00mm であることから、各筋横断面積を厚さ 10.00mm の筋体積とみなし、各層ごとの筋横断面積を合計することによって筋体積を算出した。

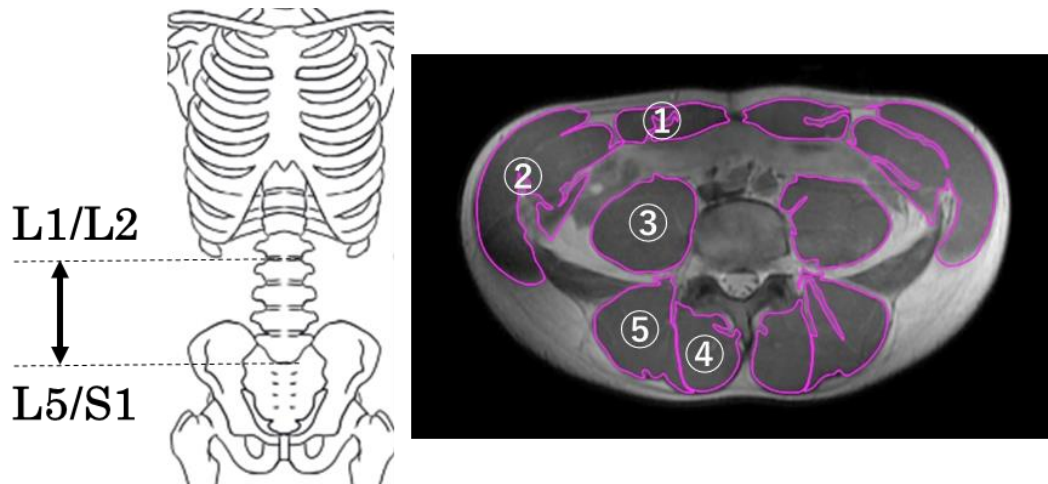


図 2-3 体幹筋の測定範囲および L4/L5 位置における測定対象筋画像

①腹直筋、②腹斜筋群、③大腰筋、④多裂筋、⑤脊柱起立筋

筋体積の非対称性は Verschuier の平均百分率偏差を用いて評価を行なった。なお、下記の式にある軸足側筋体積とは右打者の場合右側に位置する筋の体積を、踏出足側筋体積とは右打者の場合左側に位置する筋の体積を示している。

$$\text{非対称性} = \frac{\text{軸足側筋体積} - \text{踏出足側筋体積}}{\text{軸足側筋体積} + \text{踏出足側筋体積}} \times 100 [\%] \quad (3)$$

### 2-2-5 統計処理

すべての統計解析は統計解析ソフト (SPSS Statistics 24, IBM) を用いて行なった。各測定項目は、全て平均値 ± 標準偏差で示した。軸足側と踏出足側の筋体積の比較には対応のある t 検定を用いた。また、バットスイング速度と体幹筋の形態との関連を示すため、ピアソンの積率相関係数を求めた。いずれも、統計的な有意水準は  $p < 0.05$  とした。



## 2-3 結果

### 2-3-1 体幹筋体積の大きさおよび非対称性

各体幹筋の筋体積および非対称性を表 2-2 に示した。脊柱起立筋の筋体積において、軸足側の方が踏出足側よりも有意に大きい値を示した ( $p < 0.05$ , 表 2-2, 図 2-4)。

表 2-2 各体幹筋の筋体積および左右非対称性

	軸足側 [cm <sup>3</sup> ]	踏出足側 [cm <sup>3</sup> ]	非対称性 [%]	p 値
腹直筋	117.0 ± 19.8	116.7 ± 19.4	0.12 ± 3.72	0.801
腹斜筋群	374.1 ± 46.4	379.8 ± 50.1	-0.75 ± 3.12	0.121
大腰筋	211.6 ± 28.1	210.1 ± 31.9	0.46 ± 4.42	0.628
多裂筋	93.1 ± 17.2	92.1 ± 16.5	0.55 ± 2.60	0.141
脊柱起立筋	253.0 ± 39.4	246.9 ± 40.7	1.32 ± 2.64	<b>0.003*</b>

平均値 ± 標準偏差

\* $p < 0.05$

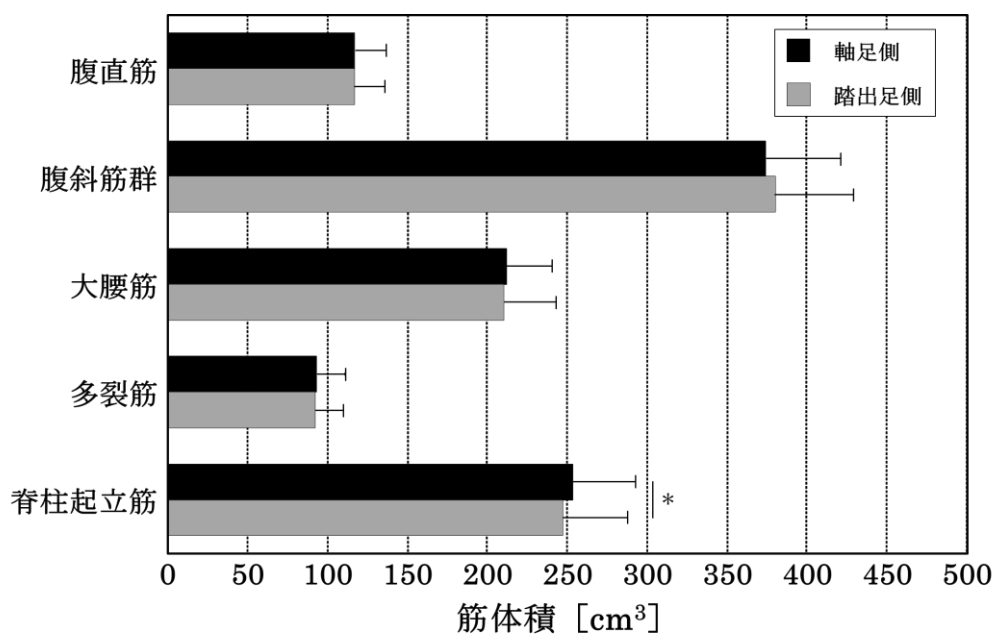


図 2-4 各体幹筋の筋体積の左右比較

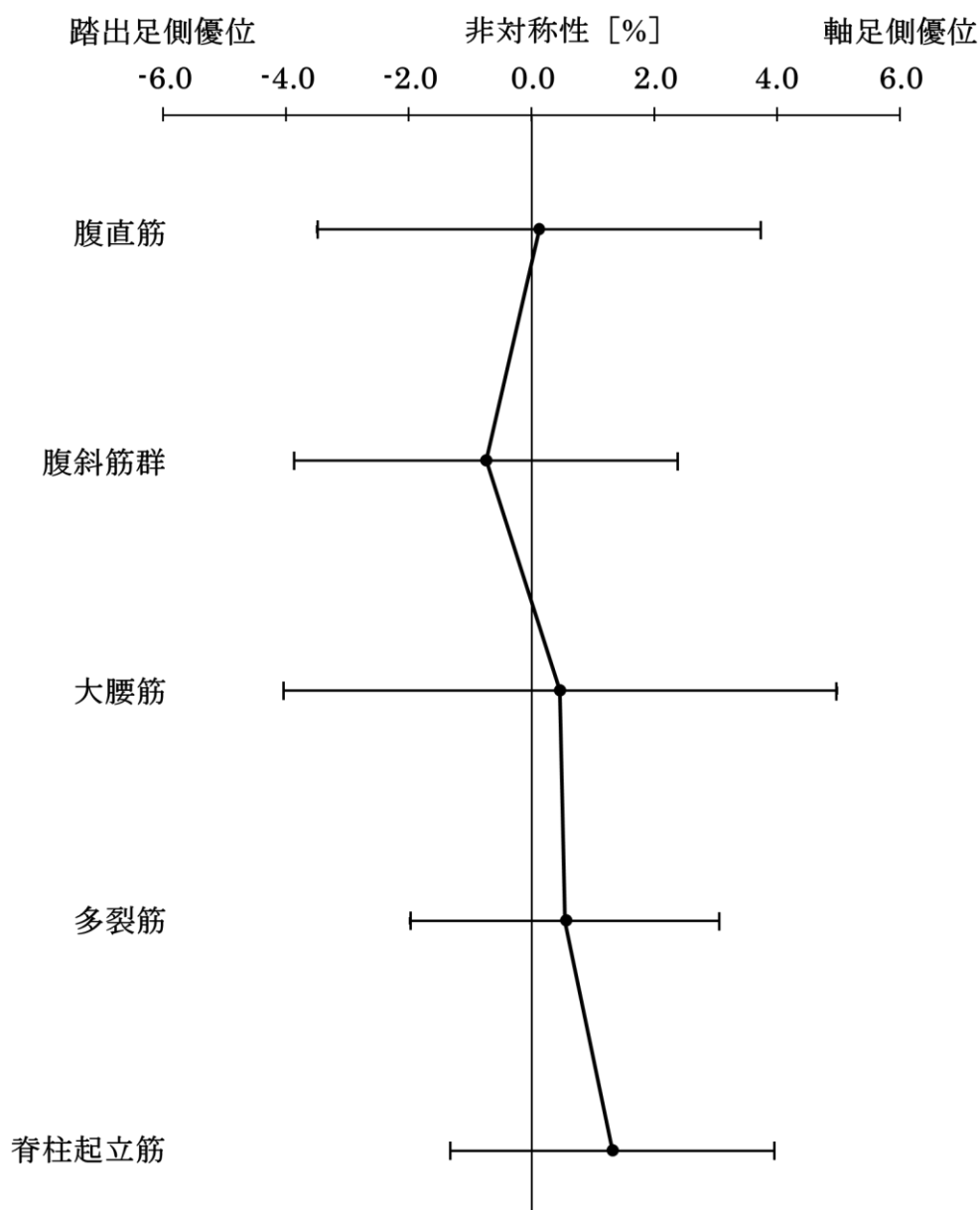


図 2-5 各体幹筋の非対称性

### 2-3-2 バットスイング速度に関連する体幹筋の形態的因子

本研究における全被験者のバットスイング速度の平均値は  $34.6 \pm 2.0\text{m/s}$  であった。バットスイング速度と各体幹筋の筋体積および非対称性との関係を表 2-3 に示した。バットスイング速度と腹斜筋群筋体積の軸足側 ( $r=0.337, p<0.05$ ) および踏出足側 ( $r=0.333, p<0.05$ ) において有意な正の相関関係が認められた (表 2-3, 図 2-6)。さらに、バットスイング速度と脊柱起立筋筋体積の軸足側 ( $r=0.339, p<0.05$ ) および踏出足側 ( $r=0.355, p<0.05$ ) において有意な正の相関関係が認められた (表 2-3, 図 2-7)。一方、バットス

ング速度と各体幹筋の非対称性との間に有意な相関関係は認められなかった（表 2-3）。

表 2-3 バットスイング速度と体幹筋形態との相関関係

	軸足側		踏出足側		非対称性	
	r 値	p 値	r 値	p 値	r 値	p 値
腹直筋	0.269	0.085	0.272	0.081	0.005	0.974
腹斜筋群	0.337	<b>0.029*</b>	0.333	<b>0.031*</b>	0.018	0.909
大腰筋	0.077	0.627	-0.012	0.942	0.121	0.444
多裂筋	0.131	0.407	0.101	0.523	0.170	0.282
脊柱起立筋	0.339	<b>0.028*</b>	0.355	<b>0.021*</b>	-0.129	0.415

\*p<0.05

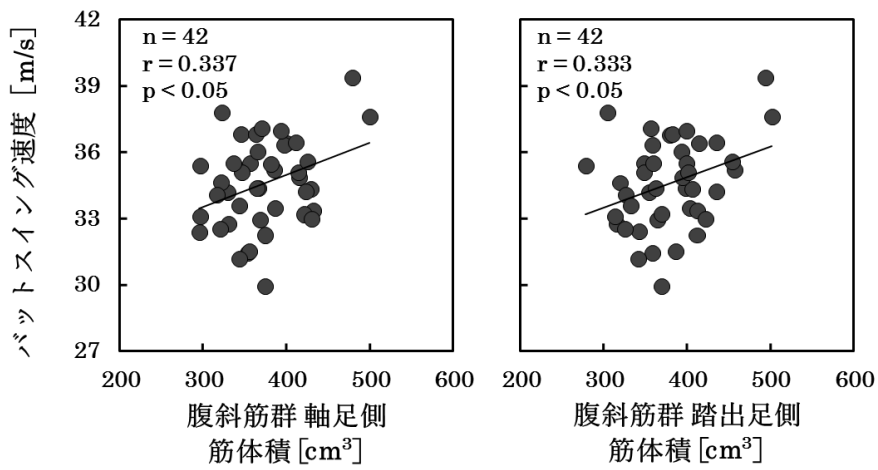


図 2-6 バットスイング速度と腹斜筋群との相関関係

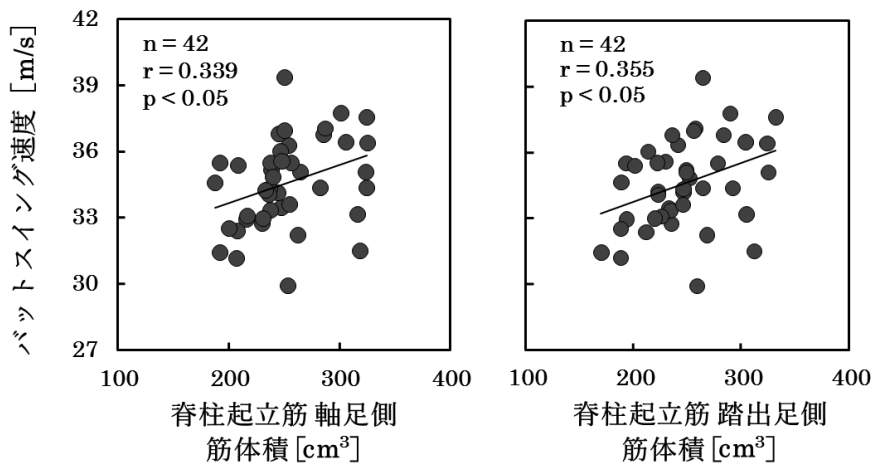


図 2-7 バットスイング速度と脊柱起立筋との相関関係

## 2-4 考察

本章の目的は、バットスイング速度と体幹筋における筋体積および非対称性との関係を明らかにすることであった。大学男子野球選手 42 名を対象とし、最大努力でのティー打撃によって計測したバットスイング速度と MRI によって算出した体幹筋の筋体積との関係性を検討した。その結果、脊柱起立筋の筋体積において、軸足側の方が踏出足側よりも大きな値を示した (表 2-2, 図 2-4)。また、バットスイング速度と腹斜筋群筋体積の軸足側および踏出足側において有意な正の相関関係が認められた (表 3, 図 7)。さらに、バットスイング速度と脊柱起立筋筋体積の軸足側および踏出足側において有意な正の相関関係が認められた (表 2-3, 図 2-7)。一方、バットスイング速度と測定を行った全ての体幹筋の非対称性との間に有意な相関関係は認められなかった (表 2-3)。

本章で得られた一つ目の結果として、大学野球選手の脊柱起立筋の筋体積において、左右非対称性が認められたことが挙げられる。Masuda et al. (2006) は、体幹部を右側へ側屈させた際、右側の脊柱起立筋の筋活動が左側よりも有意に大きいことを報告している。右打者の場合、バットスイング動作は右側屈を伴う運動であることから (Welch et al., 1995)、脊柱起立筋の軸足側の筋活動量が大きくなり、結果として非対称的な筋肥大を引き起こしたことが考えられる。一方で、野球選手を対象とした筋厚による筋形態の評価を行った研究では、腹斜筋群 (内腹斜筋) において非利き側 (本研究における踏出足側) が利き側 (本研究における軸足側) よりも有意に大きいことを報告している (長谷川と船津, 2013)。同様に他の先行研究においても、大学野球選手における腹斜筋群および多裂筋の筋厚は利き側よりも非利き側が有意に大きいことを報告している (Tsuchikane et al., 2017)。さらに、村松ら (2010) は、陸上投擲、バレーボールおよびバドミントンといった片側方向に繰り返し体幹を回旋させる競技の選手において特定の体幹筋の筋横断面積が非利き側優位に発達することを報告している。本研究の結果は、上記のいずれの研究とも一致しなかった。この結果の齟齬が生じた要因の一つとして、筋形態評価方法の違いが影響したことが考えられる。つまり、本研究の結果は、筋厚や筋横断面積で生じる非対称性が、筋体積による評価では打ち消される、もしくは逆転する可能性を示唆するものであった。もう一つの要因として本研究における被験者特性が考えられる。本研究の対象者である大学野球選手は、右投げ右打ちのように、投打の回旋方向が同一である被験者と投打の回旋方向が異なる被験者が混在していた (表 2-1)。とりわけ、投打の回旋方向が異なる被験者が多いことから (42 名中 26 名)、体幹筋における非対称性が減衰したものと考えられ

る。一方で、本研究における大学野球選手の筋体積の合計値は、同範囲で体幹筋の筋体積を算出している村松ら（2010）の値と比較して、陸上投擲および柔道を除く全ての競技において大きかった（表 2-3）。これらのことから、大学野球選手は体幹筋の非対称性を打ち消しながら、筋を大きく発達させている可能性が示唆された。

表 2-3 体幹筋体積の合計値比較（村松ら, 2010 を参考に作成）

	体幹筋合計値 [cm <sup>3</sup> ]		
高校陸上短距離	2010	±	279
高校陸上長距離	1564	±	116
高校陸上投擲	2487	±	309
高校バレーボール	1852	±	138
高校バドミントン	1841	±	237
高校ボート	1800	±	204
高校カヌー	1743	±	186
高校柔道	2287	±	360
大学野球（本研究）	2094	±	214

平均値 ± 標準偏差

本章で得られた二つ目の結果として、バットスイング速度と腹斜筋群の軸足側および踏出足側の筋体積、また、脊柱起立筋の軸足側および踏出足側の筋体積との間に有意な正の相関関係が認められた。バットスイング動作中における筋電図学的研究では、左右両側の外腹斜筋および脊柱起立筋がバットスイング開始時点からフォロースルーまでを通じて高い筋活動を示すことを報告している（Shaffer et al., 1993）。また、野球におけるバットスイング動作と同様に、体幹部の回旋を伴うゴルフスイング動作中において、外腹斜筋および脊柱起立筋に高い筋活動が生じることから（Marta et al., 2012）、野球やゴルフのスイング動作のように体幹を回旋させる動作において腹斜筋群および脊柱起立筋が寄与するこ

とが示唆された。腹斜筋群の主要な機能は、体幹の回旋であり、脊柱起立筋の主要な機能は、体幹の姿勢保持および回旋である。したがって、腹斜筋群および脊柱起立筋が肥大することによって、体幹の回旋力そのものも大きくなり、バットスイング速度を増大させたことが考えられる。本研究で定義した腹斜筋群は、外腹斜筋、内腹斜筋および腹横筋から構成されており、外腹斜筋はその筋自身とは反対方向の体幹回旋時に活動し、内腹斜筋は同方向に体幹が回旋する際に活動する (Urquhart & Hodges, 2005)。つまり、右打者の場合、バッティング動作は体幹の左回旋を伴う運動となり、軸足側の外腹斜筋および踏出足側の内腹斜筋が活動する。また、前述したようにバットスイング動作においては両側方向の腹斜筋群および脊柱起立筋が動員されることから (Shaffer et al., 1993)、大きなバットスイング速度の獲得には、片側の筋のみならず、両側の筋の発達が重要であると考えられる。

また、本章では Verschuier の平均百分率偏差を用いて各体幹筋における筋体積の非対称性の評価を行い、バットスイング速度との関係を明らかにした。その結果、いずれの体幹筋の非対称性においても、バットスイング速度との間に有意な相関関係は認められなかった。この結果は、先行研究の報告と一致するものであった (Tsuchikane et al., 2017)。また、長谷川と小野 (2012) は、体幹筋厚の非対称性と投球速度との間に関連が認められなかったことを報告している。これらのことから、野球選手における体幹筋の非対称性は、パフォーマンスに影響を及ぼさないことが示唆された。

## 第3章 バットスイング動作中における体幹部キネマティクスの変数

### 3-1 本章の目的

本章では、バットスイング動作中における体幹部キネマティクスの変数とバットスイング速度との関係を明らかにすることを目的とした。

### 3-2 方法

#### 3-2-1 被験者

被験者は、第2章と同様、大学男子野球選手42名を対象とした。実験に先立ち、被験者に対して本研究の目的および実験方法についての十分な説明を行い、実験参加の同意を得た。また、本研究は、「人を対象とする医学系研究倫理審査委員会」の承認を得た上で実施された（承認番号；BKC-人医-2015-018）。

#### 3-2-2 実験試技

実験試技については、第2章にてバットスイング速度を測定した実験試技と同様の課題を行なった。

#### 3-2-3 データ取得

三次元動作計測システム（サンプリング周波数500Hz）を用い、体幹部に貼付した赤外線反射マーカの位置座標を取得した（図3-1）。

#### 3-2-4 データ解析

体幹部キネマティクスの変数の解析には、第2章で算出したバットスイング速度の値が最大となる1試技を用いた。三次元動作計測システムによって取得された体幹部の三次元座標は、Well & Winter（1980）の方法を用いて決定した最適遮断周波数（4.0-22Hz）を有する位相ずれのない四次のバターワース型ローパスフィルタを用いて平滑化処理を行った。その後、動作解析用ソフトウェア（Visual 3D Version5, C-Motion）を用いてグローバル座標系に対する骨盤セグメント、胸部セグメント、および体幹仮想関節（骨盤セグメントに対する胸部セグメント）の三次元角度データを算出した。この際、左打者の角度データは変換を行うことで、右打者と同様になるように処理をした。グローバル座標系は、右打者から左打者へ向かう方向をX軸の正、ホームベースから投手へ向かう方向をY軸の正、鉛直上向き方向をZ軸の正とそれぞれ定義した（図3-2）。なお、各セグメントならば



に関節座標系の回転順序は国際バイオメカニクス学会（ISB）の推奨に基づいて行い、Z→X→Y軸の順とした。さらに、上記の方法によって算出した角度（下記 $\theta$ ）から、それぞれのセグメントならびに体幹仮想関節における角速度（下記 $\omega$ ）および角加速度（下記 $\alpha$ ）を算出した。

$$\omega_{Xi} = (\theta_{Xi+2} - \theta_{Xi}) / 2\Delta t \quad (4)$$

$$\omega_{Yi} = (\theta_{Yi+2} - \theta_{Yi}) / 2\Delta t \quad (5)$$

$$\omega_{Zi} = (\theta_{Zi+2} - \theta_{Zi}) / 2\Delta t \quad (6)$$

$$\alpha_{Xi} = (\omega_{Xi+2} - \omega_{Xi}) / 2\Delta t \quad (7)$$

$$\alpha_{Yi} = (\omega_{Yi+2} - \omega_{Yi}) / 2\Delta t \quad (8)$$

$$\alpha_{Zi} = (\omega_{Zi+2} - \omega_{Zi}) / 2\Delta t \quad (9)$$

i ; フレーム数

$\theta_{Xi}, \theta_{Yi}, \theta_{Zi}$  ; フレーム i 時点における角度 [deg]

$\omega_{Xi}, \omega_{Yi}, \omega_{Zi}$  ; フレーム i 時点における角速度 [deg/s]

$\alpha_{Xi}, \alpha_{Yi}, \alpha_{Zi}$  ; フレーム i 時点における角加速度 [deg/s<sup>2</sup>]

t ; 時間 [s]

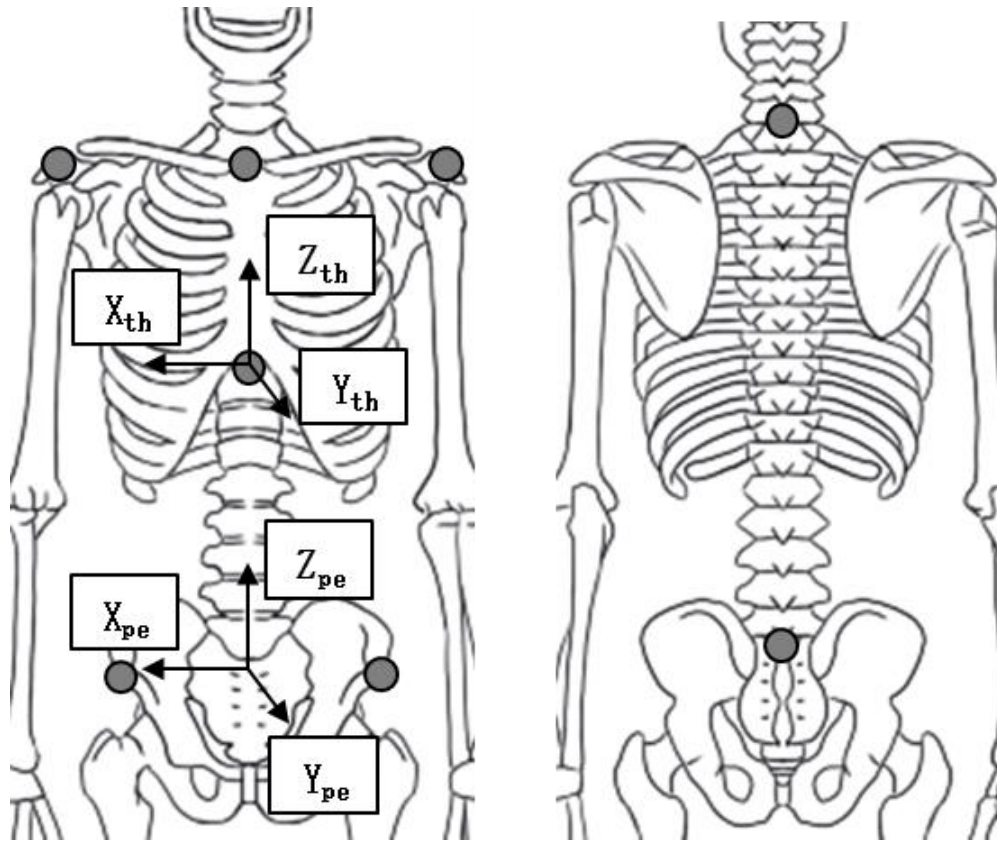


図 3-1 体幹部キネマティクスの変数の算出に用いたマーカーセットと  
骨盤および胸部セグメントのローカル座標系

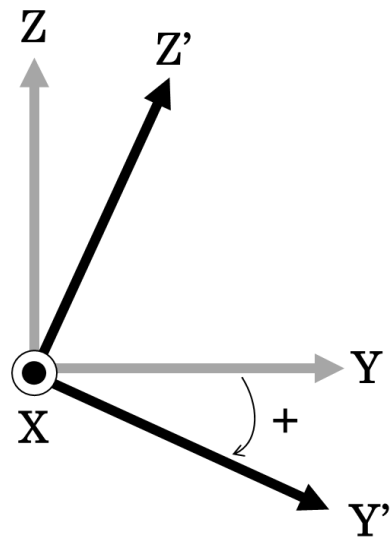
$X_{pe}$ ,  $Y_{pe}$ ,  $Z_{pe}$  ; 胸部セグメントのローカル座標系

$X_{th}$ ,  $Y_{th}$ ,  $Z_{th}$  ; 胸部セグメントのローカル座標系

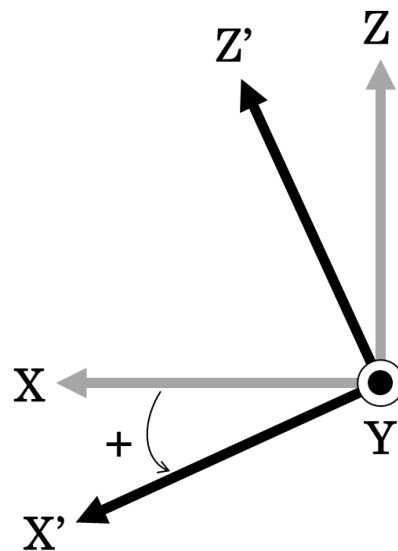


図 3-2 グローバル座標系の定義

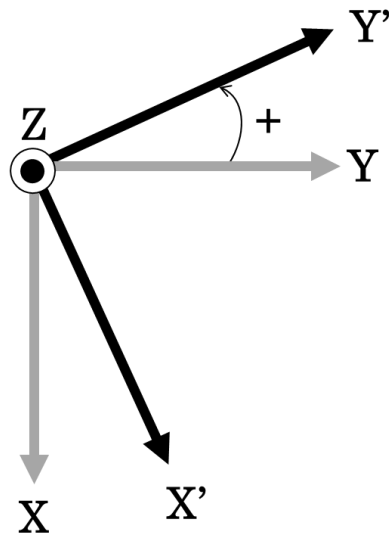
なお、体幹部キネマティクスの変数に関して、前後屈における正の値は前屈、側屈における正の値は右側屈、回旋における正の値は左回旋を表している（図 3-3）。



(a) 前屈 (+) / 後屈 (-) 角度  
矢状面から見た角度



(b) 右側屈 (+) / 左側屈 (-) 角度  
前額面から見た角度



(c) 左回旋 (+) / 右回旋 (-) 角度  
水平面から見た角度

図 3-3 各セグメントおよび体幹仮想関節の角度定義

解析範囲の定義は、阿江ら (2014, 2015) と同様、スイング開始時点から、ボールインパクトまでの時点とした。スイング開始時点は、バット先端とグリップエンドに貼付した赤外線反射マーカの線速度の総和が 3m/s を超えた時点とし、インパクト時点は、第 2 章と同様に、平滑化処理を行っていないバット先端の赤外線反射マーカから算出されたバット先端の線速度が急激に減少する 1 コマ前の時点とした (阿江ら, 2014)。さらに、スイング開始時点から、バットスイング速度の鉛直方向成分が最小となる時点までをダウン・スイング局面とし、この時点からインパクトまでの時点を、レベル・スイング局面と定義し、局面分けを行った。

解析範囲は、スイング時間からインパクトまでの時間を 100% として、三次のスプライン関数を用いた内挿補間により規格化を行った。図 3-4 には規格化を行った体幹部キネマティクスの変数の典型グラフを示した。なお、スイング開始時点からバットスイング速度の鉛直方向成分が最小となる時点 (ダウン・スイング局面) までに要する規格化時間の平均値は  $83.2 \pm 3.8\%$  であった。

骨盤、胸部セグメントおよび体幹仮想関節の角速度および角加速度、また全データの規格化時間は、技術計算言語 (MATLAB 2007b, Mathworks) を用いて算出した。

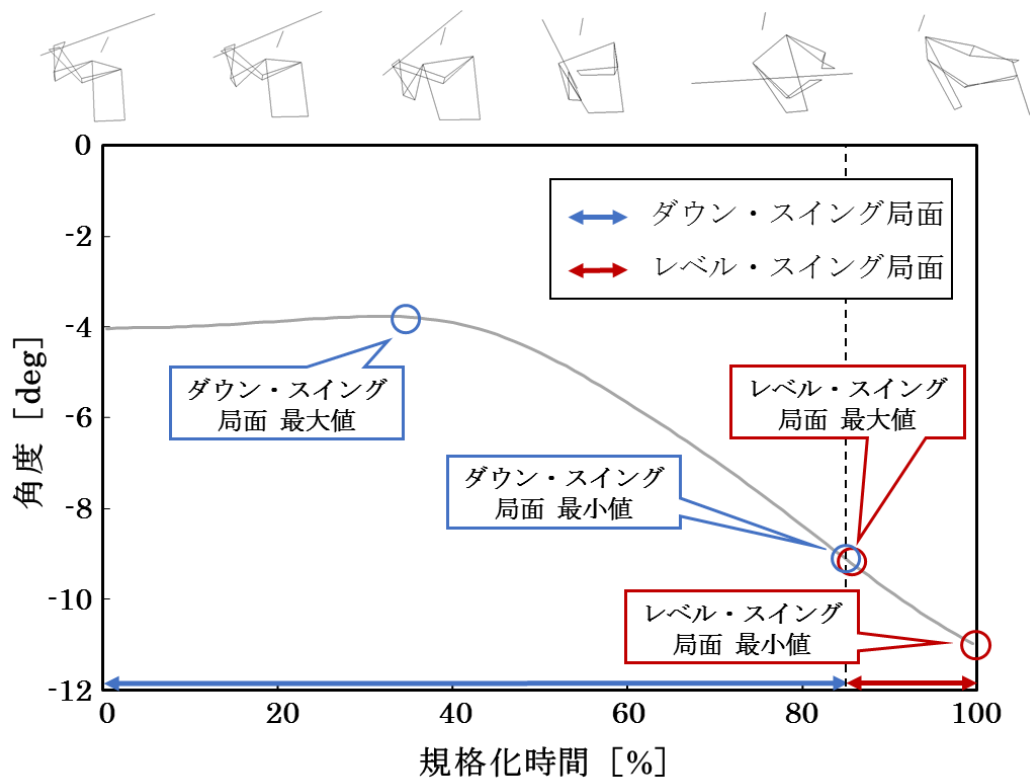


図 3-4 体幹部キネマティクスの変数の典型グラフ (例; 骨盤前後屈の角度変位)

0%; スイング開始時点

100%; インパクト時点

局面の切り替わり平均値;  $83.2 \pm 3.8\%$

### 3-2-5 統計処理

すべての統計解析は統計解析ソフト (SPSS Statistics 24, IBM) を用いて行なった。各測定項目は、全て平均値  $\pm$  標準偏差で示した。バットスイング速度と体幹部キネマティクス変数との関連を示すため、ピアソンの積率相関係数を求めた。統計的な有意水準は  $p < 0.05$  とした。

### 3-3 結果

局面ごとの結果を提示するのに先立ち、全被験者の体幹部キネマティクスの変数を規格化時間ごとに平均化したグラフを示した（図 3-5, 6, 7）。

図 3-5 には、各セグメントおよび体幹仮想関節の角度変位を示した。まず前後屈角度について、骨盤セグメントでは、スイング開始から 70%付近で前屈角度から後屈角度への変化が確認された。胸部セグメントでは、スイング開始から 90%付近で前屈角度から後屈角度への変化が確認された。一方、体幹仮想関節ではスイング開始から前屈角度のみが確認された。次に左右側屈角度について、骨盤セグメントでは、スイング開始から右側屈角度のみが確認された。胸部セグメントおよび体幹仮想関節では、スイング開始から 50%付近で左側屈角度から右側屈角度への変化が確認された。最後に、左右回旋角度について、骨盤セグメントは、スイング開始から 50%付近まで右回旋角度を示した後に、インパクトにかけて左回旋角度へと増大していた。胸部セグメントは、スイング開始から 60%付近まで右回旋角度を示した後に、インパクトにかけて左回旋角度へと増大していた。一方、体幹仮想関節は、スイング開始からインパクト直前まで右回旋角度を示した後に、インパクト付近で左回旋角度が増大していた。

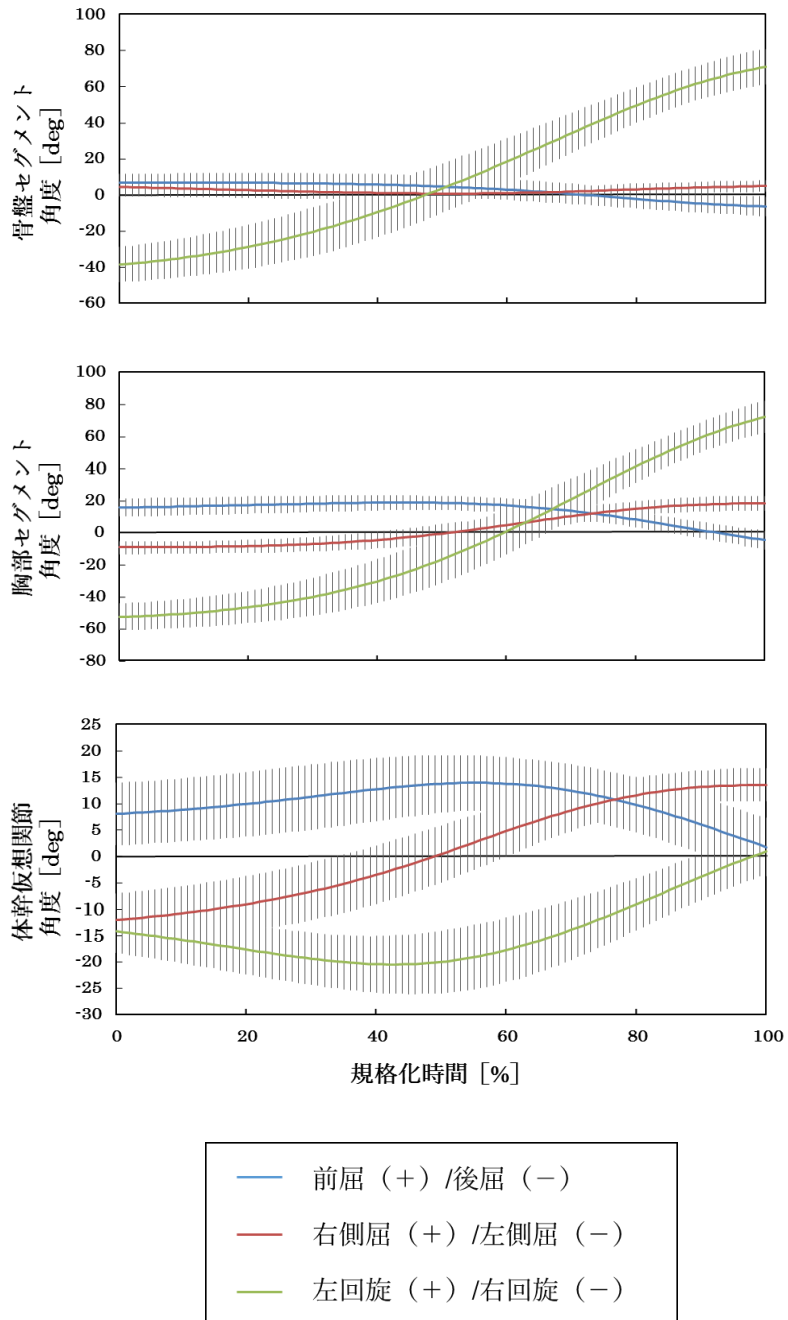


図 3-5 規格化時間ごとの体幹部角度



図 3-6 には、各セグメントおよび体幹仮想関節の角速度変化を示した。まず前後屈角速度について、骨盤セグメントは、スイング開始から 10%付近まで前屈方向への角速度を示し、その後インパクトまで後屈方向へと向かう角速度が確認された。胸部セグメントでは、スイング開始から 40%付近で前屈方向への角速度から後屈方向への角速度へと変化していた。体幹仮想関節ではスイング開始から 60%付近で前屈方向への角速度から後屈方向への角速度へと変化していた。次に左右側屈角速度について、骨盤セグメントでは、スイング開始から 50%付近で左側屈角速度から右側屈角速度への変化が確認された。胸部セグメントおよび体幹仮想関節では、スイング開始からインパクトにかけて右側屈角速度のみが認められた。最後に、左右回旋角速度について、骨盤および胸部セグメントは、スイング開始からインパクトまで、一貫して左回旋方向への角速度を示した。一方、体幹仮想関節では、スイング開始から 40%付近まで右回旋角速度を示した後に、左回旋角速度が増大していた。

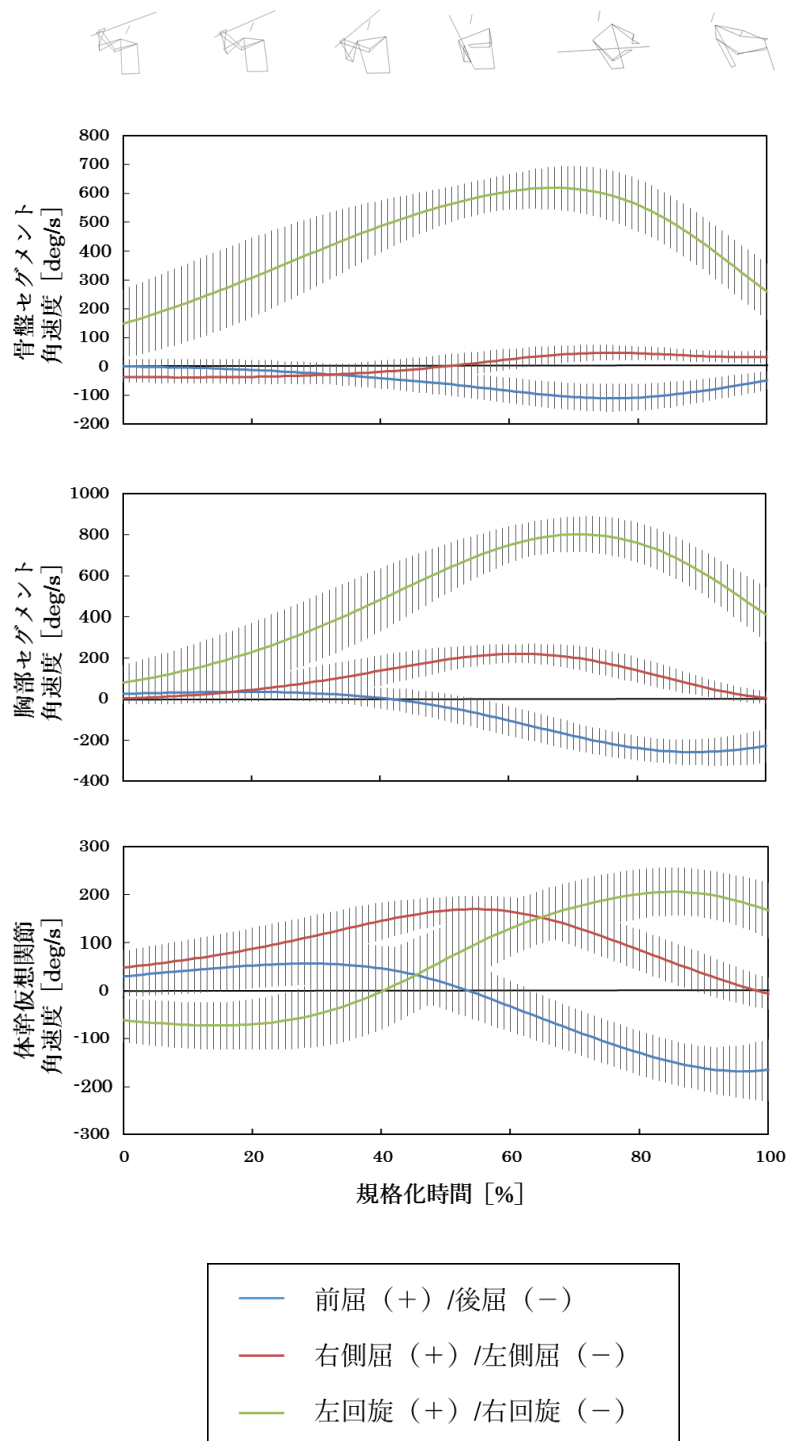


図 3-6 規格化時間ごとの体幹部角速度

図 3-7 には、各セグメントおよび体幹仮想関節の角加速度変化を示した。まず前後屈角加速度について、骨盤セグメントは、スイング開始から 80%付近まで後屈方向への角加速度を示し、その後インパクトまで前屈方向へと向かう角加速度が確認された。胸部セグメントでは、スイング開始から 90%付近で後屈方向への角加速度から前屈方向への角加速度へと変化していた。体幹仮想関節ではスイング開始から 20%付近で前屈方向への角加速度から後屈方向への角加速度へと変化するが、その後インパクト直前で再び前屈方向への角加速度が確認された。次に左右側屈角加速度について、骨盤セグメントでは、スイング開始直後に左側屈角加速度から右側屈角加速度への変化が認められ、インパクトから 80%付近で右側屈角加速度から左側屈角加速度への変化が確認された。さらに、インパクト直後において、再び左側屈角加速度から右側屈角加速度への変化が認められた。胸部セグメントおよび体幹仮想関節は、スイング開始から 60%付近で右側屈方向への角加速度を示し、その後インパクトまで左側屈方向への角加速度が認められた。最後に、左右回旋角加速度について、骨盤および胸部セグメントでは、スイング開始から 70%付近で左回旋方向への角加速度から右回旋方向への角加速度へと変化していた。一方、体幹仮想関節では、スイング開始から 10%付近まで右回旋角加速度を示した後に、スイング開始から 80%付近まで左回旋角加速度を示し、その後インパクトまで右回旋角加速度が増大していた。

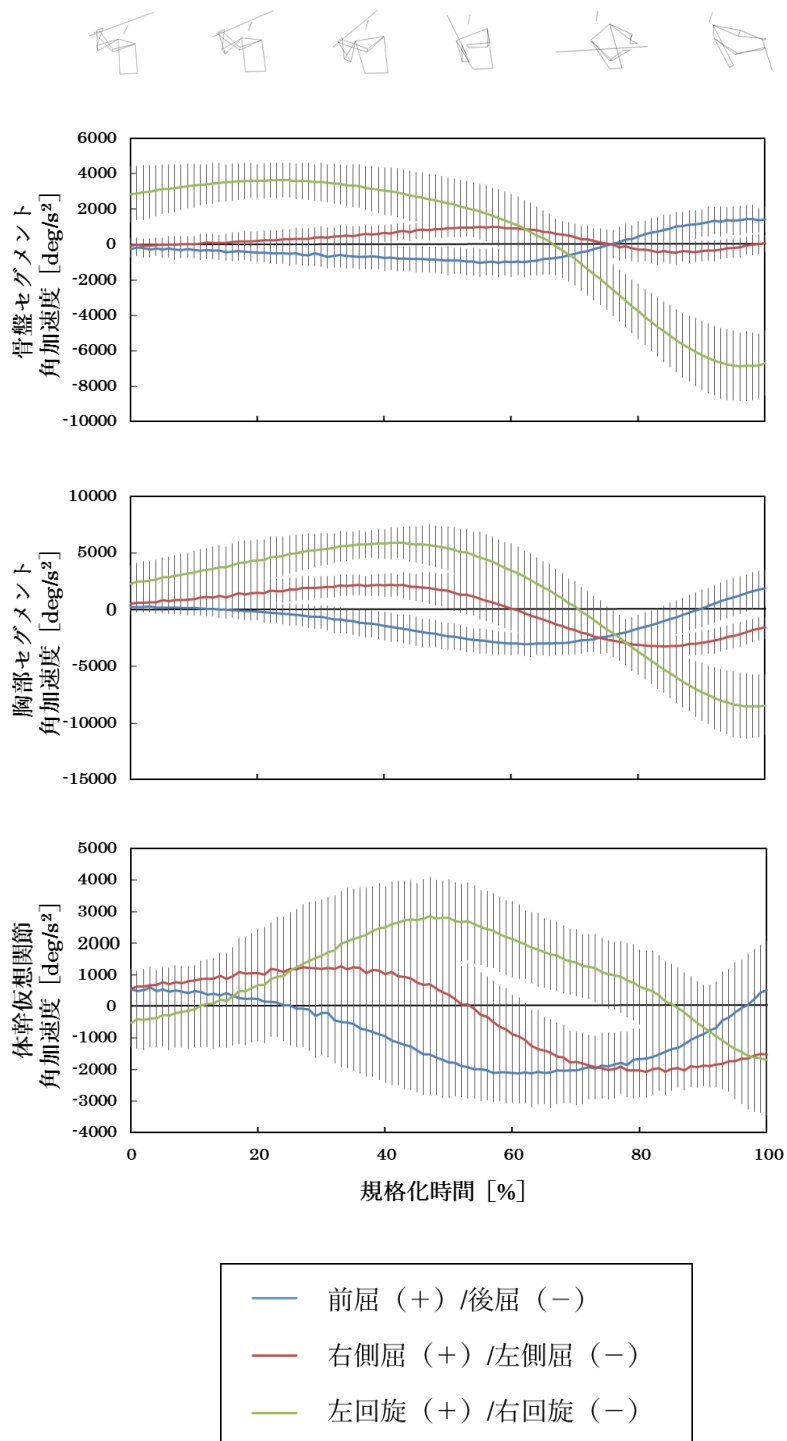


図 3-7 規格化時間ごとの体幹部角加速度

### 3-3-1 ダウン・スイング局面における骨盤・胸部および体幹仮想関節の角度、角速度および角加速度

ダウン・スイング局面における体幹部の角度（表 3-1）、角速度（表 3-2）および角加速度（表 3-3）の最大・最小値とその時点での規格化時間を算出した。

表 3-1 ダウン・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節角度の  
最大値と最小値およびそのタイミング

		角度 [deg]					
		(タイミング [%])					
		ダウン・スイング局面					
		最大値			最小値		
骨盤	前後屈	7.9	±	5.2	-2.9	±	5.1
		(17.8	±	18.3)	(82.2	±	3.8)
	側屈	5.7	±	4.0	0.0	±	3.1
		(36.7	±	41.0)	(46.0	±	17.2)
	回旋	53.7	±	9.2	-38.6	±	9.6
		(82.2	±	3.8)	(0.5	±	2.2)
胸部	前後屈	19.7	±	4.5	6.5	±	4.6
		(42.8	±	14.7)	(80.3	±	13.2)
	側屈	16.1	±	4.5	-9.7	±	3.8
		(82.2	±	3.8)	(9.1	±	12.4)
	回旋	46.6	±	8.6	-52.6	±	8.3
		(82.2	±	3.8)	(1.9	±	4.7)
体幹仮想 関節	前後屈	14.8	±	5.0	6.4	±	5.3
		(50.3	±	15.7)	(35.4	±	38.8)
	側屈	12.3	±	3.2	-12.0	±	5.0
		(82.1	±	3.8)	(0.0	±	0.2)
	回旋	-7.4	±	3.7	-21.5	±	5.8
		(74.1	±	24.6)	(40.4	±	10.8)

平均値 ± 標準偏差

表 3-2 ダウン・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節角速度の  
最大値と最小値およびそのタイミング

		角速度 [deg/s] (タイミング [%])					
		ダウン・スイング局面					
		最大値			最小値		
骨盤	前後屈	7.5	±	27.2	-115.5	±	48.9
		(11.5	±	15.9)	(71.4	±	14.8)
	側屈	56.0	±	25.9	-48.2	±	24.4
		(74.5	±	8.0)	(15.4	±	15.5)
	回旋	634.3	±	62.8	149.7	±	117.7
		(65.2	±	8.3)	(0.0	±	0.0)
胸部	前後屈	50.3	±	27.6	-251.1	±	58.2
		(22.1	±	15.5)	(81.7	±	3.9)
	側屈	242.9	±	50.5	2.4	±	26.0
		(59.3	±	8.4)	(5.8	±	17.1)
	回旋	820.6	±	77.4	80.1	±	86.8
		(69.8	±	6.2)	(0.0	±	0.2)
体幹仮想 関節	前後屈	82.1	±	45.2	-142.7	±	33.7
		(28.5	±	14.8)	(81.5	±	4.3)
	側屈	185.1	±	26.9	33.5	±	23.3
		(53.3	±	10.3)	(23.3	±	37.1)
	回旋	211.8	±	48.2	-99.1	±	47.2
		(80.0	±	5.4)	(17.9	±	13.1)

平均値 ± 標準偏差

表 3-3 ダウン・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節角加速度の  
最大値と最小値およびそのタイミング

		角加速度 [deg/s <sup>2</sup> ] (タイミング [%])					
		ダウン・スイング局面					
		最大値			最小値		
骨盤	前後屈	990.9	±	657.6	-1652.9	±	620.8
		(59.6	±	31.4)	(48.0	±	20.8)
	側屈	1519.3	±	413.7	-798.8	±	492.6
		(50.7	±	13.2)	(51.3	±	33.4)
	回旋	4682.7	±	806.0	-4582.4	±	1483.8
		(21.7	±	15.9)	(82.0	±	3.8)
胸部	前後屈	580.6	±	496.7	-3763.4	±	920.4
		(15.4	±	24.5)	(61.2	±	10.8)
	側屈	3363.9	±	749.2	-3645.5	±	989.4
		(37.8	±	12.7)	(78.9	±	5.2)
	回旋	7118.2	±	1170.3	-4776.8	±	1554.7
		(38.9	±	12.7)	(82.1	±	3.8)
体幹仮想 関節	前後屈	1313.3	±	701.2	-3273.1	±	811.9
		(16.8	±	13.2)	(62.2	±	16.2)
	側屈	2146.4	±	503.2	-2688.3	±	741.6
		(33.9	±	13.4)	(75.3	±	6.6)
	回旋	3896.3	±	1133.2	-1094.7	±	833.1
		(48.6	±	14.5)	(22.1	±	28.7)

平均値 ± 標準偏差



### 3-3-2 レベル・スイング局面における骨盤・胸部および体幹仮想関節の角度、角速度および角加速度

レベル・スイング局面における体幹部の角度（表 3-4）、角速度（表 3-5）および角加速度（表 3-6）の最大・最小値とその時点での規格化時間を算出した。

表 3-4 レベル・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節角度の  
最大値と最小値およびそのタイミング

		角度 [deg]					
		(タイミング [%])					
		レベル・スイング局面					
		最大値			最小値		
骨盤	前後屈	-3.1	±	5.1	-6.2	±	5.3
		(83.2	±	3.8)	(100.0	±	0.2)
	側屈	5.1	±	3.2	3.6	±	3.1
		(99.2	±	3.6)	(84.0	±	5.1)
	回旋	71.3	±	9.9	55.1	±	9.2
		(100.0	±	0.0)	(83.2	±	3.8)
胸部	前後屈	5.9	±	4.9	-4.5	±	5.7
		(83.2	±	3.8)	(100.0	±	0.0)
	側屈	18.7	±	4.5	16.3	±	4.5
		(97.5	±	4.8)	(85.0	±	6.1)
	回旋	72.3	±	10.1	48.5	±	8.7
		(100.0	±	0.0)	(83.2	±	3.8)
体幹仮想 関節	前後屈	8.6	±	5.2	1.8	±	5.5
		(83.2	±	3.8)	(100.0	±	0.0)
	側屈	13.9	±	3.0	12.3	±	3.1
		(95.2	±	6.0)	(87.3	±	7.9)
	回旋	1.0	±	4.4	-7.1	±	4.1
		(100.0	±	0.0)	(83.2	±	3.8)

平均値 ± 標準偏差

表 3-5 レベル・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節角速度の  
最大値と最小値およびそのタイミング

		角速度 [deg/s] (タイミング [%])					
		レベル・スイング局面					
		最大値			最小値		
骨盤	前後屈	-46.9	±	32.2	-100.4	±	42.3
		(99.5	±	2.8)	(83.9	±	4.7)
	側屈	47.1	±	21.5	28.3	±	19.3
		(89.1	±	8.5)	(93.2	±	7.3)
	回旋	519.8	±	88.0	258.8	±	96.3
		(83.2	±	3.8)	(100.0	±	0.0)
胸部	前後屈	-219.7	±	77.9	-267.5	±	62.0
		(94.3	±	8.3)	(89.4	±	5.2)
	側屈	111.3	±	47.8	6.9	±	30.7
		(83.2	±	3.8)	(99.9	±	0.7)
	回旋	724.8	±	99.1	412.0	±	131.7
		(83.2	±	3.8)	(100.0	±	0.0)
体幹仮想 関節	前後屈	-132.3	±	48.6	-182.3	±	45.1
		(88.4	±	8.5)	(94.7	±	6.2)
	側屈	66.3	±	37.0	-7.6	±	33.4
		(83.5	±	4.6)	(99.8	±	1.2)
	回旋	215.9	±	45.3	162.9	±	56.7
		(87.1	±	6.6)	(97.2	±	5.9)

平均値 ± 標準偏差

表 3-6 レベル・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節角加速度の  
最大値と最小値およびそのタイミング

		角加速度 [deg/s <sup>2</sup> ] (タイミング [%])					
		レベル・スイング局面					
		最大値			最小値		
骨盤	前後屈	1741.6	±	753.4	695.6	±	726.4
		(95.2	±	4.5)	(86.5	±	6.5)
	側屈	273.1	±	496.8	-698.9	±	595.4
		(95.4	±	6.4)	(87.8	±	5.3)
	回旋	-4716.6	±	1513.8	-7202.0	±	1999.6
		(85.5	±	7.0)	(96.1	±	3.6)
胸部	前後屈	2002.6	±	1624.8	-1176.2	±	1332.4
		(99.1	±	2.7)	(84.0	±	4.3)
	側屈	-1447.4	±	938.6	-3625.0	±	1076.2
		(99.0	±	2.3)	(85.4	±	4.2)
	回旋	-5104.0	±	1706.2	-8852.2	±	2851.7
		(85.7	±	6.9)	(96.7	±	3.9)
体幹仮想 関節	前後屈	759.5	±	1470.7	-1842.6	±	1238.7
		(97.9	±	4.3)	(85.5	±	5.4)
	側屈	-1046.9	±	784.5	-2584.4	±	655.2
		(93.7	±	6.4)	(87.8	±	6.0)
	回旋	367.4	±	1053.2	-1968.9	±	1733.3
		(86.9	±	7.0)	(96.3	±	5.3)

平均値 ± 標準偏差

### 3-3-3 バットスイング速度に関連するダウン・スイング局面における体幹部のキネマティクスの因子

バットスイング速度とダウン・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節のキネマティクスの変数との関係を表 3-7,8,9 に示した。バットスイング速度と体幹仮想関節における回旋角度の最大値 ( $r = -0.408$ ,  $p < 0.05$ ) において有意な負の相関関係が認められた (表 3-7, 図 3-8)。また、バットスイング速度と骨盤セグメントにおける回旋角速度の最大値 ( $r = 0.357$ ,  $p < 0.05$ ) において有意な正の相関関係が認められた (表 3-8, 図 3-9)。

表 3-7 バットスイング速度とダウン・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節角度の最大値と最小値との相関関係

		角度			
		ダウン・スイング局面			
		最大値		最小値	
		r 値	p 値	r 値	p 値
骨盤	前後屈	0.043	0.787	-0.116	0.464
	側屈	0.254	0.105	0.240	0.125
	回旋	0.149	0.347	-0.274	0.079
胸部	前後屈	0.089	0.573	-0.155	0.326
	側屈	0.225	0.152	0.063	0.694
	回旋	-0.023	0.886	-0.283	0.069
体幹仮想 関節	前後屈	-0.024	0.882	-0.123	0.438
	側屈	0.066	0.679	-0.083	0.602
	回旋	-0.408	<b>0.007*</b>	-0.227	0.148

\* $p < 0.05$

表 3-8 バットスイング速度とダウン・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想  
関節角速度の最大値と最小値との相関関係

		角速度			
		ダウン・スイング局面			
		最大値		最小値	
		r 値	p 値	r 値	p 値
骨盤	前後屈	0.058	0.713	-0.213	0.175
	側屈	-0.100	0.527	-0.096	0.544
	回旋	0.357	<b>0.020*</b>	0.073	0.647
胸部	前後屈	0.169	0.286	-0.226	0.150
	側屈	0.153	0.334	-0.203	0.196
	回旋	0.235	0.134	-0.022	0.888
体幹仮想 関節	前後屈	0.043	0.787	-0.073	0.645
	側屈	0.056	0.726	0.204	0.196
	回旋	0.056	0.726	-0.299	0.054

\*p < 0.05

表 3-9 バットスイング速度とダウン・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想  
関節角加速度の最大値と最小値との相関関係

		角加速度			
		ダウン・スイング局面			
		最大値		最小値	
		r 値	p 値	r 値	p 値
骨盤	前後屈	0.301	0.053	-0.143	0.367
	側屈	-0.046	0.770	-0.142	0.369
	回旋	0.138	0.382	-0.295	0.058
胸部	前後屈	-0.007	0.964	-0.135	0.395
	側屈	0.128	0.418	-0.104	0.513
	回旋	0.140	0.377	-0.302	0.052
体幹仮想 関節	前後屈	-0.060	0.705	-0.033	0.834
	側屈	0.003	0.986	0.134	0.399
	回旋	0.057	0.721	-0.195	0.216

\*p < 0.05

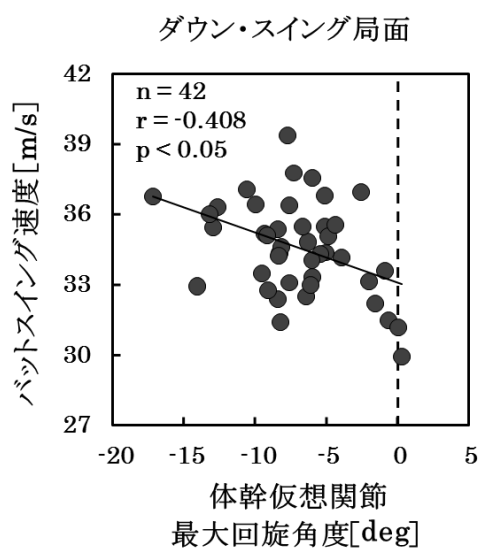


図 3-8 バットスイング速度と体幹仮想関節回旋角度の最大値との相関関係

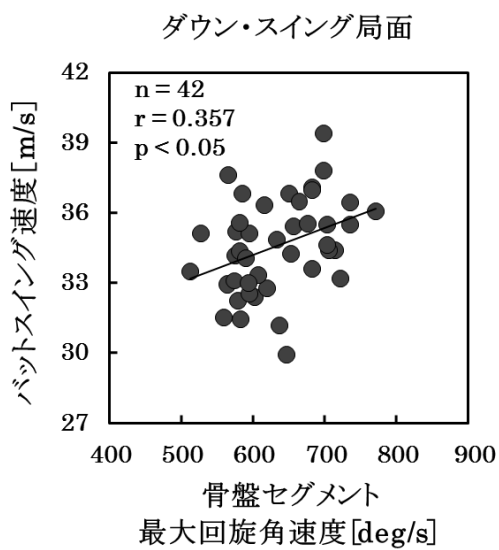


図 3-9 バットスイング速度と骨盤セグメント回旋角速度の最大値との相関関係



### 3-3-4 バットスイング速度に関連するレベル・スイング局面における体幹部のキネマティクスの因子

バットスイング速度とレベル・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節のキネマティクスの変数との関係を表 3-10,11,12 に示した。バットスイング速度と体幹仮想関節における回旋角度の最大値 ( $r = -0.390, p < 0.05$ ) および最小値 ( $r = -0.411, p < 0.05$ ) において有意な負の相関関係が認められた (表 3-10, 図 3-10)。また、バットスイング速度と体幹仮想関節における側屈角速度の最小値 ( $r = 0.319, p < 0.05$ ) において有意な正の相関関係が認められた (表 3-11, 図 3-11)。さらに、バットスイング速度と骨盤セグメントにおける前後屈角加速度の最大値 ( $r = 0.340, p < 0.05$ ) および最小値 ( $r = 0.430, p < 0.05$ ) において有意な正の相関関係が認められた (表 3-12, 図 3-12)。

表 3-10 バットスイング速度とレベル・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節角度の最大値と最小値との相関関係

		角度			
		レベル・スイング局面			
		最大値		最小値	
		r 値	p 値	r 値	p 値
骨盤	前後屈	-0.119	0.453	-0.131	0.407
	側屈	0.111	0.482	0.195	0.217
	回旋	0.128	0.421	0.147	0.354
胸部	前後屈	-0.152	0.336	-0.165	0.295
	側屈	0.246	0.116	0.234	0.135
	回旋	-0.041	0.796	-0.025	0.875
体幹仮想 関節	前後屈	-0.063	0.692	-0.069	0.664
	側屈	0.153	0.333	0.105	0.508
	回旋	-0.390	<b>0.011*</b>	-0.411	<b>0.007*</b>

\*p < 0.05

表 3-11 バットスイング速度とレベル・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節角速度の最大値と最小値との相関関係

		角速度			
		レベル・スイング局面			
		最大値		最小値	
		r 値	p 値	r 値	p 値
骨盤	前後屈	0.108	0.496	-0.204	0.196
	側屈	-0.289	0.064	-0.302	0.052
	回旋	0.071	0.657	-0.029	0.855
胸部	前後屈	-0.042	0.793	-0.148	0.349
	側屈	0.086	0.586	0.222	0.159
	回旋	0.050	0.756	-0.022	0.888
体幹仮想 関節	前後屈	-0.014	0.929	-0.107	0.501
	側屈	0.192	0.222	0.319	<b>0.039*</b>
	回旋	0.035	0.824	0.020	0.899

\*p < 0.05

表 3-12 バットスイング速度とレベル・スイング局面における骨盤、胸部および体幹仮想関節角加速度の最大値と最小値との相関関係

		角加速度			
		レベル・スイング局面			
		最大値		最小値	
		r 値	p 値	r 値	p 値
骨盤	前後屈	0.340	<b>0.028*</b>	0.430	<b>0.005*</b>
	側屈	0.103	0.518	-0.053	0.737
	回旋	-0.271	0.083	-0.101	0.525
胸部	前後屈	0.119	0.454	0.162	0.306
	側屈	0.099	0.532	-0.037	0.818
	回旋	-0.268	0.087	-0.019	0.903
体幹仮想 関節	前後屈	0.013	0.932	-0.055	0.729
	側屈	0.057	0.719	0.089	0.573
	回旋	-0.049	0.757	0.051	0.747

\*p < 0.05

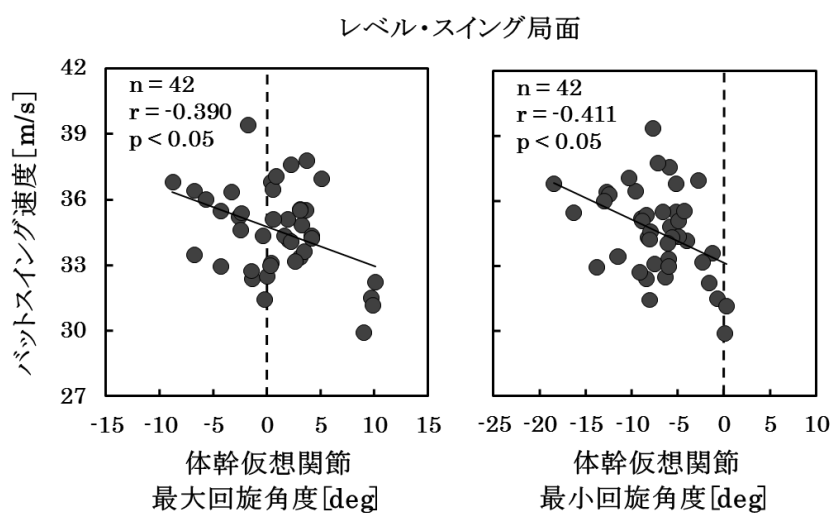


図 3-10 バットスイング速度と体幹仮想関節回旋角度との相関関係

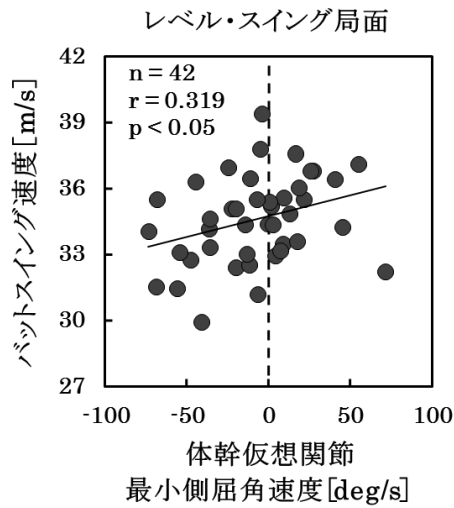


図 3-11 バットスイング速度と体幹仮想関節側屈角速度の最小値との相関関係

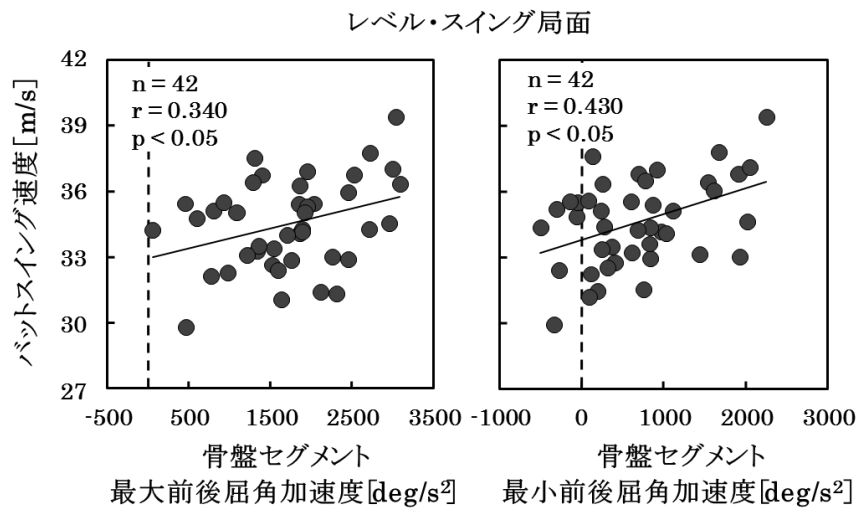


図 3-12 バットスイング速度と骨盤セグメント前後屈角加速度との相関関係

### 3-4 考察

本章の目的は、バットスイング速度とバットスイング動作中における体幹部キネマティクスの変数との関係を明らかにすることであった。その結果、ダウン・スイング局面において、バットスイング速度と体幹仮想関節における回旋角度の最大値において有意な負の相関関係が認められた(表 3-7, 図 3-8)。また、バットスイング速度と骨盤セグメントにおける回旋角速度の最大値において有意な正の相関関係が認められた(表 3-8, 図 3-9)。一方で、レベル・スイング局面において、バットスイング速度と体幹仮想関節における回旋角度の最大値および最小値において有意な負の相関関係が認められた(表 3-10, 図 3-10)。また、バットスイング速度と体幹仮想関節における側屈角速度の最小値において有意な正の相関関係が認められた(表 3-11, 図 3-11)。さらに、バットスイング速度と骨盤セグメントにおける前後屈角加速度の最大値および最小値において有意な正の相関関係が認められた(表 3-12, 図 3-12)。

#### 3-4-1 バットスイング速度とダウン・スイング局面における体幹部のキネマティクスの因子との関係に関する考察

本章で得られた結果として、ダウン・スイング局面において、バットスイング速度と体幹仮想関節の回旋角度における最大値との間に有意な負の相関関係が認められた。これは、骨盤セグメントと胸部セグメントの回旋角度の差が負の方向(右回旋方向)に大きいほど、バットスイング速度が大きくなることを意味する。高木ら(2008)は、体幹部の捻転が異なる投球速度条件において差がなかったことから、これらの動作は投球速度に関わらず、バットスイングに必要な動作であることが示唆されている。本研究の結果は、これを支持するものとなった。したがって、バットスイング動作中における体幹部の捻転がバットスイング速度の生成に影響することが示された。また、野球経験者と未経験者におけるバットスイング中における体幹部キネマティクスの変数を明らかにした研究では、経験者は未経験者と比較して、スイング活動を通じて生じる体幹部の捻転角度の変位が有意に大きいことが報告されている(Nakata et al., 2014)。本研究の結果を踏まえると、バットスイング動作の前期から後期にかけて、体幹部の右回旋方向への捻転を維持することが、バットスイング速度の獲得に貢献していることが示唆された。

一方、バットスイング速度と骨盤セグメントにおける回旋角速度の最大値において有意な正の相関関係が認められた。体幹部、とりわけ骨盤の角運動量がバットスイング速度に影響を及ぼすことは、本研究とは異なる競技レベルを対象とした先行研究でも多く報告さ

れており (Escamilla et al., 2009 ; Nakata et al., 2014 ; 宮西と櫻井, 2009)、本研究の結果はこれらの先行研究の報告と一致するものであった。したがって、野球打撃においては、競技者のレベルにかかわらず、骨盤部の角運動量が重要であることが示された。

### 3-4-2 バットスイング速度とレベル・スイング局面における体幹部のキネマティクスの因子との関係に関する考察

レベル・スイング局面において、バットスイング速度と体幹仮想関節における回旋角度の最大値および最小値において有意な負の相関関係が認められた。前項でも述べたように、体幹仮想関節における回旋角度は、体幹部の捻転を表している。この体幹部の捻転は、体幹部の角速度を減少させ、末端のバット先端部の角速度を増大させるための、角運動量の伝達に基づくものであると考えられる (阿江と藤井, 2002)。また、レベル・スイング局面における体幹仮想関節の回旋角度の最大値は全被験者がインパクト時点で生じていた。このことから、ダウン・スイング局面で生成した右回旋方向への捻転を、インパクト時点まで持続し続けることによって、体幹部で生じた角速度を減少させ、バットスイング速度の生成に必要な角速度を増加させることが示された。

一方、バットスイング速度と体幹仮想関節における側屈角速度の最小値において有意な正の相関関係が認められた。この最小値が認められた規格化時間のタイミングは、被験者 42 名のうち 39 名がインパクト時点によるものであった ( $99.8 \pm 1.2\%$ )。このことから、インパクト直前において、体幹部を右方向へ側屈させることによって、バットスイング速度を増大させることが示唆された。

また、バットスイング速度と骨盤セグメントにおける前後屈角加速度の最大値および最小値において有意な正の相関関係が認められた。阿江ら (2015) は、体幹部の前後屈運動が、インパクトに近づくにつれて大きくなるバットの向心力に抵抗するための上胴の姿勢維持に働くことを考察している。一般的に、向心力は、回転運動における回転半径に反比例し、回転物体の平均速度の 2 乗に比例する。さらに、バットのグリップ方向への力 (向心力) はバットスイング後期に向けて増大し、また、バットスイング後期において、その値とバットスイング速度との間に有意な正の相関関係が認められる (Horiuchi & Sakurai, 2016)。したがって、バットスイング速度が大きいほど、バットの向心力も大きくなり、それによって骨盤セグメントの前屈方向への角加速度が増加した可能性が示された。

## 第4章 総合討論

第2章では、バットスイング速度と体幹筋の筋形態との関連を明らかにした。その結果、腹斜筋群の軸足側および踏出足側の筋体積との間に有意な正の相関関係が認められた。また、バットスイング速度と脊柱起立筋の軸足側および踏出足側の筋体積にも同様に有意な正の相関関係が認められた。第3章では、バットスイング速度と体幹部キネマティクスの変数について検討を行った。その結果、ダウン・スイング局面では体幹仮想関節の最大回旋角度との間に有意な負の相関関係が認められ、また、バットスイング速度と骨盤セグメントの最大回旋角速度との間に有意な正の相関関係が認められた。一方、レベル・スイング局面では、バットスイング速度と体幹仮想関節の最大および最小回旋角度との間に有意な負の相関関係が認められ、また、バットスイング速度と体幹仮想関節の最小側屈角速度との間に有意な正の相関関係が認められた。さらに、バットスイング速度と骨盤セグメントの最大および最小前後屈角加速度との間に有意な正の相関関係が認められた。

本章では、第2章と第3章によって得られた結果を基に、体幹筋形態および体幹部キネマティクスの変数からバットスイング速度を説明するための共分散構造分析を用いた検討を行う。

### 4-1 方法

#### 4-1-1 統計処理

第2章および第3章にて、バットスイング速度と相関関係が認められた変数を用いて、ダウン・スイングおよびレベル・スイングのそれぞれの局面で一般化最小二乗法による共分散構造分析を行った。各モデルの当てはまりは、Goodness of Fit Index (GFI)、Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI ; 修正適合度指標) および Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) によって評価した。一般的に、GFI および AGFI は値が1に近いほど、RMSEA は値が小さいほどモデルの当てはまりが良いことを示す。

## 4-2 結果

### 4-2-1 ダウン・スイング局面でのバットスイング速度と体幹筋形態および体幹部キネマティクスの変数の関係

ダウン・スイング局面における共分散構造分析の結果を、図 4-1 に示した。このモデルにおいて、体幹筋形態および体幹部キネマティクスの変数における変数はすべて選択された。モデルの GFI は 0.931、AGFI は 0.783 であり、RMSEA は 0.052 であったため、このモデルの適合度は高いことが示された。

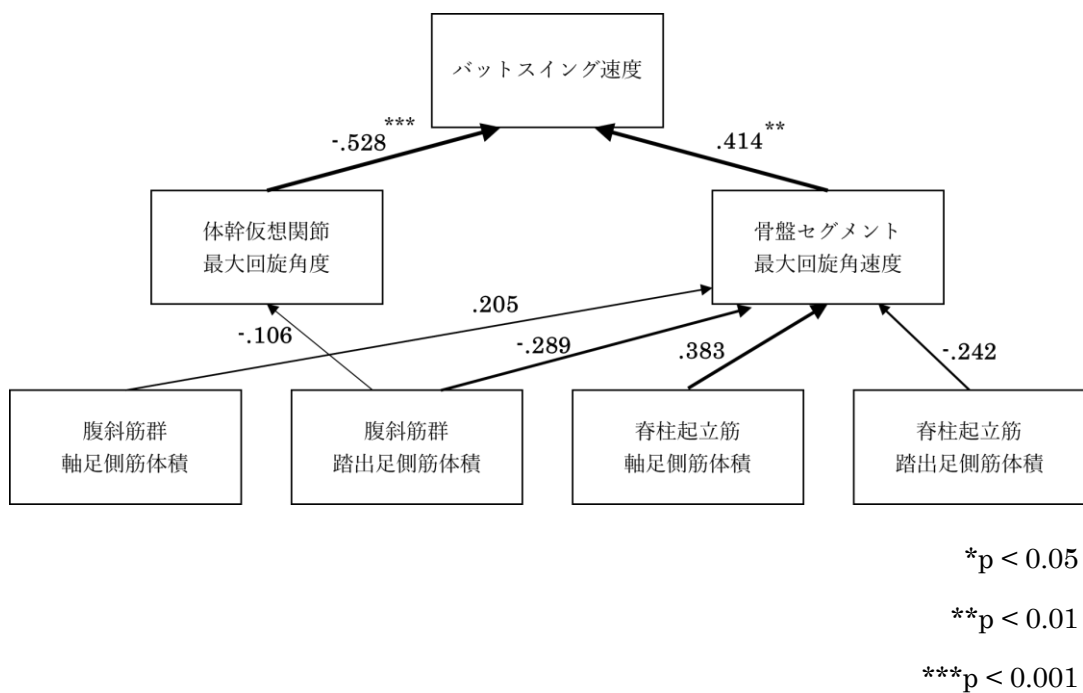


図 4-1 ダウン・スイング局面での共分散構造分析による

バットスイング速度生成の因果モデル

数値は標準解を示した。

→ ; 直接効果、矢印の大きさは標準解の大きさを示した。

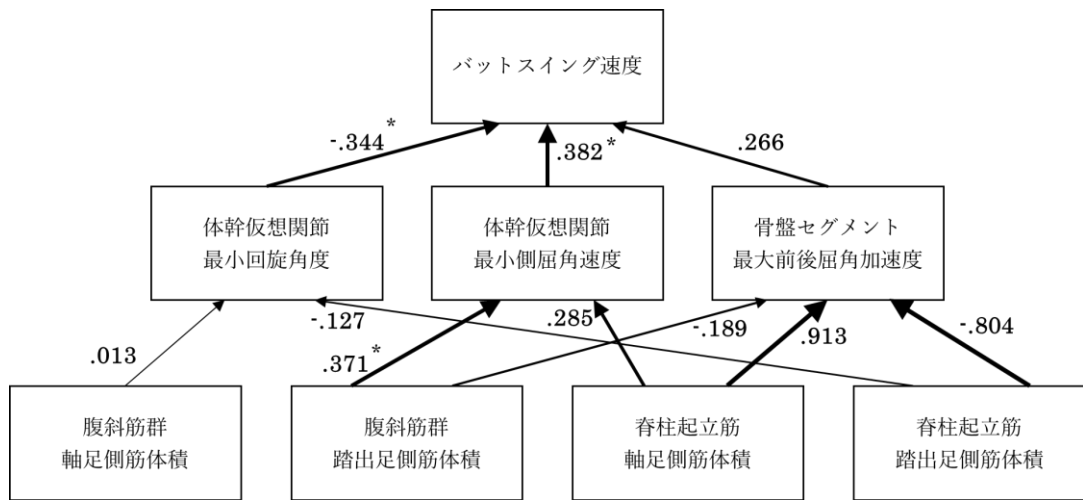
誤差変数および各筋体積間の双方向矢印は視認性を

高くするため省略した。



#### 4-2-1 レベル・スイング局面でのバットスイング速度と体幹筋形態および体幹部キネマティクスの変数の関係

レベル・スイング局面における共分散構造分析の結果を、図 4-2 に示した。このモデルにおいて、体幹仮想関節最大回旋角度および骨盤セグメント最小前後屈角加速度の変数が除外された。モデルの GFI は 0.920、AGFI は 0.760 であり、RMSEA は 0.047 であったため、このモデルの適合度は高いことが示された。



\* $p < 0.05$

\*\* $p < 0.01$

\*\*\* $p < 0.001$

図 4-2 レベル・スイング局面での共分散構造分析による  
バットスイング速度生成の因果モデル

#### 4-3 本章のまとめ

本章では、各局面において共分散構造分析を用いた検討を行い、バットスイング速度を生成するための因果モデルを明らかにした。その結果、ダウン・スイング局面において、

- ① 腹斜筋群および脊柱起立筋の筋体積は、骨盤セグメントの回旋角速度に貢献する。
- ② 腹斜筋群踏出足側筋体積は、体幹部の捻転（骨盤セグメントと胸部セグメントの回旋角度の差）の生成に関与する。

以上のことが示唆された。

また、レベル・スイング局面においては、

- ① 脊柱起立筋の踏出足側筋体積が体幹部の捻転維持に寄与する。
- ② 腹斜筋群の踏出足側筋体積と脊柱起立筋の軸足側筋体積は、体幹部の側屈に作用する。
- ③ 脊柱起立筋の筋体積は骨盤部の前屈に大きく作用する。

以上のことが示唆された。

また、上記の結果に加え、スイング時間に占める割合を考慮すると、ダウン・スイング局面はスイング時間全体の約 80%であることから、バットスイング速度の生成には、腹斜筋群および脊柱起立筋の筋体積によって生み出されるダウン・スイング局面での体幹部の回旋動作がより重要である可能性が示唆された。

## 第5章 結論

本研究の目的は、バットスイング速度に及ぼす体幹筋形態の影響について、体幹部キネマティクスの変数との関係性を踏まえ検討することであった。

まず、バットスイング速度に影響を及ぼす体幹筋形態について検討した結果、腹斜筋群および脊柱起立筋は、バットスイング速度の生成に影響する形態的因子であることが示唆された。

次に、バットスイング速度と体幹部キネマティクスの変数の関係を検討した。その結果、ダウン・スイング局面において、体幹部の捻転動作および回旋速度がバットスイング速度の生成に貢献することが示された。また、レベル・スイング局面において、体幹部の捻転、側屈、前屈といった三次元動作がバットスイング速度と関連することが示唆された。

さらに、上記の結果を踏まえ、体幹筋形態および体幹部キネマティクスの変数からバットスイング速度を説明する共分散構造分析を行った。その結果、ダウン・スイング局面において、腹斜筋群および脊柱起立筋の筋体積が体幹部の回旋動作に寄与し、腹斜筋群踏出足側筋体積が体幹部の捻転の生成に関与することが示された。また、レベル・スイング局面において、腹斜筋群および脊柱起立筋の筋体積が体幹部の前後屈、左右側屈および捻転動作に影響することが示唆された。

以上のことから、腹斜筋群および脊柱起立筋の筋体積の大きさがバットスイング中における体幹部の三次元的動作に影響を及ぼし、その結果大きなバットスイング速度が生成されることが示唆された。

## 引用文献

- 阿江通良と藤井範久 (2002) バイオメカニクス 20 講. 朝倉書店, 東京 : 83-88.
- 阿江数通, 小池関也, & 川村卓 (2014). 打点高の異なる野球ティー打撃動作における左右  
上肢のキネティクスの分析. *体育学研究*, 59(2), 431-452.
- 阿江数通, 小池関也, & 川村卓 (2015). 打点高の異なる野球ティー打撃動作における体幹  
のキネティクスの分析. *体育学研究*, 60(2), 635-649.
- DeRenne, C., Hetzler, R. K., Buxton, B. P., & Ho, K. W. (1996). Effects of Training  
Frequency on Strength Maintenance in Pubescent Baseball Players. *The Journal of  
Strength & Conditioning Research*, 10(1), 8-14.
- Dowling, B., & Fleisig, G. S. (2016). Kinematic comparison of baseball batting off of a  
tee among various competition levels. *Sports Biomechanics*, 15(3), 255-269.
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., DeRenne, C., Taylor, M. K., Moorman III, C. T., Imamura,  
R., ... & Andrews, J. R. (2009). A comparison of age level on baseball hitting kinematics.  
*Journal of Applied Biomechanics*, 25(3), 210-218.
- Fukunaga, T., Miyatani, M., Tachi, M., Kouzaki, M., Kawakami, Y., & Kanehisa, H.  
(2001). Muscle volume is a major determinant of joint torque in humans. *Acta  
Physiologica*, 172(4), 249-255.
- 長谷川伸と小野高志 (2012). 野球投手の筋厚の非対称性とボールスピードの関係. *体力科  
学*, 61(2), 227-235.
- 長谷川伸と船津京太郎 (2013). 投動作, 打動作を伴う競技者の筋厚における一側優位性.  
*体力科学*, 62(3), 227-235.
- Horiuchi, G., & Sakurai, S. (2016). Kinetic Analyses on Increase of Bat Head Speed in  
Baseball Batting. *International Journal of Sport and Health Science*, 14, 94-101.
- Inkster, B., Murphy, A., Bower, R., & Watsford, M. (2010). Differences in the kinematics  
of the baseball swing between hitters of varying skill. *Journal of Science and Medicine  
in Sport*, 12, 12-13.
- 勝亦陽一, 高井洋平, 太田めぐみ, 佐久間淳, 川上泰雄, & 福永哲夫 (2007). 大学野球選手  
にみられる筋量および筋量分布の特徴が投球スピードに与える影響. *スポーツ科学研究*,  
4, 75-84.

- Marta, S., Silva, L., Castro, M. A., Pezarat-Correia, P., & Cabri, J. (2012). Electromyography variables during the golf swing: a literature review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(6), 803-813.
- Masuda, T., Miyamoto, K., & Shimizu, K. (2006). Intramuscular hemodynamics in bilateral erector spinae muscles in symmetrical and asymmetrical postures with and without loading. *Clinical Biomechanics*, 21(3), 245-253.
- 宮西智久と櫻井直樹 (2009). 野球の投・打動作の体幹捻転研究—SSC 理論に着目して—. *バイオメカニクス研究*, 13(3), 149-169.
- 村松正隆, 星川佳広, 飯田朝美, 井伊希美, & 中嶋由晴 (2010). 高校生スポーツ選手の体幹筋群の筋サイズ—性差と競技種目差の検討—. *体育学研究*, 55(2), 577-590.
- Nakata, H., Miura, A., Yoshie, M., Higuchi, T., & Kudo, K. (2014). Differences in trunk rotation during baseball batting between skilled players and unskilled novices. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 3(4), 457-466.
- NPB.jp 日本野球機構 (2017). 2017 年度 公式戦成績 | NPB.jp 日本野球機構 <http://npb.jp/bis/2017/stats/> (閲覧日: 2017 年 12 月 27 日).
- Race, D. E. (1961). A cinematographic and mechanical analysis of the external movements involved in hitting a baseball effectively. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 32(3), 394-404.
- Shaffer, B., Jobe, F. W., Pink, M., & Perry, J. (1993). Baseball batting. An electromyographic study. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, (292), 285-293.
- Szymanski, D. J., DeRenne, C., & Spaniol, F. J. (2009). Contributing factors for increased bat swing velocity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1338-1352.
- 高木斗希夫, 藤井範久, 小池関也, & 阿江通良 (2010). 異なる投球速度に対する野球の打撃動作に関する 下肢および体幹部のキネティック的研究. *バイオメカニクス学会誌*, 34(3), 216-224.
- Tsuchikane, R., Higuchi, T., Suga, T., Wachi, M., Misaki, J., Tanaka, D., ... & Isaka, T. (2017). Relationships between bat swing speed and muscle thickness and asymmetry in collegiate baseball players. *Sports*, 5(2), 33.
- Urquhart, D. M., Hodges, P. W., Allen, T. J., & Story, I. H. (2005). Abdominal muscle

- recruitment during a range of voluntary exercises. *Manual Therapy*, 10(2), 144-153.
- Welch, C. M., Banks, S. A., Cook, F. F., & Draovitch, P. (1995). Hitting a baseball: A biomechanical description. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 22(5), 193-201.
- Wells, R. P., & Winter, D. A. (1980). Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. *Human Locomotion*, 1, 92-93.

## 研究報告一覧

### 【学術誌】

- Tsuchikane, R.**, Higuchi, T., Suga, T., Wachi, M., Misaki, J., Tanaka, D., ... & Isaka, T. (2017). Relationships between bat swing speed and muscle thickness and asymmetry in collegiate baseball players. *Sports*, 5(2), 33.
- Morimoto, A., Suga, T., Tottori, N., Wachi, M., Misaki, J., **Tsuchikane, R.**, & Isaka, (2017). Association between hand muscle thickness and whole-body skeletal muscle mass in healthy adults: a pilot study. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(9), 1644-1648.
- Tottori, N., Suga, T., Miyake, Y., **Tsuchikane, R.**, Otsuka, M., Nagano, A., ... & Isaka, T. (2017). Hip Flexor and Knee Extensor Muscularity Are Associated with Sprint Performance in Sprint-Trained Preadolescent Boys. *Pediatric Exercise Science*, 1-9.
- Wachi, M., Suga, T., Higuchi, T., Misaki, J., **Tsuchikane, R.**, Tanaka, D., ... & Isaka, T. (2017). Applicability of ultrasonography for evaluating trunk muscle size: a pilot study. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(2), 245-249.
- Wachi, M., Suga, T., Higuchi, T., Misaki, J., **Tsuchikane, R.**, Tanaka, D., ... & Isaka, T. (2017). Applicability of ultrasonography for evaluating trunk muscles size in athletes: a study focused on baseball batters. *Journal of Physical Therapy Science*, 29(9), 1534-1538.

### 【学会発表】

- 土金 諒**, 樋口貴俊, 菅 唯志, 和智道生, 御前 純, 田中大智, 三宅悠斗, 伊坂忠夫.  
大学野球選手におけるスイング速度と体幹筋の関連. 第70回日本体力医学会大会, 和歌山, 2015年9月. 口頭発表
- 土金 諒**, 樋口貴俊, 菅 唯志, 和智道生, 御前 純, 田中大智, 三宅悠斗, 伊坂忠夫.  
野球選手におけるバットスイング速度と体幹筋厚の関連—高校野球選手と大学野球選手の比較—. 第24回日本バイオメカニクス学会大会, 滋賀, 2016年9月. 口頭発表

土金 諒, 樋口貴俊, 菅 唯志, 田中大智, 三宅悠斗, 伊坂忠夫. 中学生期野球選手におけるバットスイング速度と体幹筋厚の関連. 第 29 回日本トレーニング科学会大会, 神奈川県, 2016 年 10 月. ポスター発表

土金 諒, 樋口貴俊, 菅 唯志, 御前 純, 伊坂忠夫. 野球選手のバットスイング速度に及ぼす体幹筋形態の影響. 日本野球科学研究会第 5 回大会, 兵庫, 2017 年 12 月. ポスター発表



## 謝辞

本修士論文の執筆にあたり、いつも丁寧かつ熱心なご指導をいただきました指導教員の伊坂忠夫教授に心より感謝申し上げます。

また、修士論文執筆にあたり、ご指導いただきました、副査の種子田穰教授、塩澤成弘准教授にお礼申し上げます。

学部生時より、投稿論文執筆に関する多くのアドバイスをいただき、また、MRI の測定をしていただきました菅唯志先生、同じく学部生時より、実験計画ならびに投稿論文執筆を通じて、多くのご指導を賜りました樋口貴俊先生（現：福岡工業大学）、修士論文の統計手法から英文の校正に至るまでご教授いただきました研究員の正田悠先生、MRI 画像の解析方法についてご教授いただき、また、数多くの測定にご協力いただいたスポーツ健康科学研究科博士後期課程の和智道生さん、実験計画を始め、学部生時より大変お世話になりましたスポーツ健康科学研究科博士前期課程 2016 年度修了生の御前純さんにもこの場をお借りして感謝の意を表します。最後に、ともに切磋琢磨し合った伊坂研究室の院生の皆さん、そして長時間の研究にも関わらず被験者として引き受けてくださった龍谷大学硬式野球部ならびに立命館大学硬式野球部の皆様に心から御礼申し上げます。