

2013 年度修士論文

野球素振り動作の繰り返しが腰部負荷に与える影響

早稲田大学大学院スポーツ科学研究科
スポーツ科学専攻 スポーツ医科学研究領域

5012A059-6

森本 康広

研究指導教員：金岡恒治教授

目次

I. 緒言	4~6
I-1) 野球選手の腰痛について.....	4
I-2) 素振りについて.....	4
I-3) 腰部回旋の研究の現状について.....	5
I-4) 目的.....	5
I-5) 仮説.....	5
I-6) 意義&重要性.....	5,6
II. 実験方法	7~11
II-1) 被験者.....	7
II-2) 機材.....	7
II-3) 素振りセッション.....	8
II-4) 解析項目およびマーカー貼付位置.....	8,9
II-5) 3次元座標系.....	9,10
II-6) 期分け方法.....	10,11
II-7) 統計処理.....	11
III-①. 結果① (高レベル群)	12~16
III-①-1) 回数別による腰部回旋角度.....	12
III-①-2) 回数別による腰部屈曲/伸展角度.....	12,13
III-①-3) 回数別による腰部側屈角度.....	13
III-①-4) 腰部回旋角度.....	14
III-①-5) 腰部屈曲/伸展角度.....	15
III-①-6) 腰部側屈角度.....	16
III-②. 結果 (コントロール群)	17~21
III-②-1) 回数別による腰部回旋角度.....	17
III-②-2) 回数別による腰部屈曲/伸展角度.....	17,18
III-②-3) 回数別による腰部側屈角度.....	18
III-②-4) 腰部回旋角度.....	19

III-②-5)	腰部屈曲/伸展角度	19,20
III-②-6)	腰部側屈角度	20,21
IV.	考察	22~24
IV-1)	新技法による腰部回旋挙動の算出	22
IV-2)	腰部回旋挙動と腰部側屈挙動および腰部障害との関連性	22,23
IV-3)	素振り動作の反復が腰部挙動に与える影響	23
IV-4)	本研究の限界	23,24
V.	結論	25
VI.	謝辞	26~27
VII.	参考文献	28~29

I. 緒言

I-1) 野球選手の腰痛について

腰部の障害は野球選手に多いとされ、他競技の選手との比較において高い割合を示している。吉田ら¹²⁾はある医療機関を受診した思春期時の選手の内、脊椎分離症発症患者の分布は野球選手で 23.7%、サッカー選手で 20.3%、無所属で 7.3%と報告した。また、Hangaiら⁸⁾は、野球選手における腰椎椎間板変性発症のオッズ比は 3.23 と報告し、水泳、バスケットボール、剣道およびサッカーのそれ(各、2.95、1.64、1.41 および 1.24)より高いオッズ比を有していることを示した。さらに、同研究は⁸⁾各競技の選手に対して一生における腰痛発症率を調査し、野球選手における腰痛発症のオッズ比は 7.38 であり、水泳、バスケットボール、剣道およびサッカーのそれ(各、2.76、3.69、4.67 および 2.84)より高いオッズ比を有していることを報告した。これらの調査より、野球選手は腰部障害を有しやすいことが考えられる。

I-2) 素振りについて

野球の現場では、素振りの反復練習は競技力向上に大きく貢献していると考えられている。現役大学野球選手を対象に中学時代の野球環境に関してアンケート調査を実施した奈良ら¹⁰⁾によると、素振り練習を「よくやった」もしくは「まあまあやった」と回答した選手は、部活動出身で 76.9%、硬式クラブ出身で 86.3%であった。その為、中学時の野球環境を問わず、素振りは多くの時間を投じて行われている練習であると考えられる。さらに、中学の野球の試合は 7 イニング制で、各選手は数打席投手と対峙して打撃動作を行う。故に 1 選手が試合を通じて行う打撃動作は少ない。しかし、前述の吉田ら¹²⁾は成長期の野球選手の脊椎分離症発症割合は他競技選手に比べて高い事を示し、Hangaiら⁸⁾は野球選手が他競技選手に比べて腰痛を発症しやすい事を示した。中学の野球環境において、1 試合における打撃動作は数えるほどであるにも関わらず、腰痛を発症する野球選手が多い事から、野球選手の腰痛は練習での打撃動作や投球動作が原因であることが示唆される。

I-3) 腰部回旋の研究の現状について

これまで野球に関する研究は様々存在し、打撃動作中のキネマティクスの研究⁶⁾、バットの力学的特性の解析^{2,3,4,5,9,11)}、投球動作中の肩関節のバイオメカニクスの解析¹⁾等が行われている。しかし、腰部障害が多く、回転運動を求められる野球において、脊椎の回旋に着目した論文はなく、打撃動作における腰部挙動を示した論文はない。これらは腰部回旋を算出する仕組みが確立されていないことが1つの原因であると考えられる。そこで本研究では、筆者が新たに考案した体表マーカーの数を増やして詳細な腰部挙動を解析する方法を用いて、素振り動作中の腰部挙動を検討した。

I-4) 目的

新たに考案した腰部挙動を解析する仕組みを用いて、素振り動作中の腰部挙動を算出することが本研究の主目的である。また、素振り動作の繰り返しによる腰部挙動の変化を検討することが第2の目的である。

I-5) 仮説

本研究で用いる新技法は、3次元的に腰部挙動を算出し、骨盤に対する腰部挙動が明らかになると考えられる。また、第2の目的である素振りの回数と腰部挙動に関しては、競技レベルが高い選手は素振りの回数増加に関わらず腰部挙動は変化せず、対する競技レベルが低い選手は過度の腰部挙動を生じさせると考えられる。

I-6) 意義 & 重要性

本研究により従来求めることが難しいとされてきた動作中の腰部回旋が算出可能であることが明らかとなれば、野球のみならず回旋動作を伴う他競技(テニス、ゴルフ、サッカーのキック等)における動作中の腰部回旋が算出することが可能となる。これは、各競技の動作特

性を深く言及し、指導者に対して指導方法を考える機会を提供するだけでなく、指導者や選手が競技中の動作を改良していく上での資料提供に繋がると考えられる。そうすることで選手の怪我の受傷リスクを軽減しながらパフォーマンスを高めていくことが可能となると考えられる。したがって、本研究の新技法によって腰部回旋を算出することは、間接的に選手のパフォーマンスの向上に資すると考えられる。

また本研究において、素振り動作の繰り返しによる腰部挙動の変化およびレベル別の腰部挙動の相違点を検討することは、野球現場にて数多く行われている素振りの反復動作の有用性と危険性を提唱し、現場の選手や指導者が良い素振り動作もしくは良い打撃動作を考えるきっかけを提供することに繋がると考えられる。

II. 方法

II-1) 被験者

被験者は某大学硬式野球部に所属する現役野球選手 8 名(以下、高レベル群)および過去に野球経験が 5 年以上ある一般人 5 名(以下、コントロール群)であった。被験者特性は表 1 の通りである。コントロール群に属する被験者は、過去の野球経験から打撃動作を問題なく行えるものの、日常的にトレーニングや野球練習を行う習慣を持たない者とした。また、被験者リクルートに際し、検者は重い腰部障害(腰椎椎間板ヘルニア、腰椎分離症、腰椎すべり症、腰椎狭窄症等)の有無、150 回の素振りを行うことが可能であるかを口頭にて被験者本人に確認した。本研究により負の影響を及ぼすと判断した被験者は本研究より除外した。以上の募集要項を満たした者に対して、検者は実験に関する説明を十分に行い、実験参加の了承を得た。尚、本研究は早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理審査委員会の審査・承認を得ている。

表1: 被験者特性 (競技レベル高vs.元野球経験者-コントロール)

	身長	体重	年齢	競技歴
競技レベル高 (n=8)	176.0 ± 6.0	76.5 ± 7.3	19 ± 1	12 ± 3
コントロール (n=5)	174.6 ± 10.3	68.1 ± 12.1	22 ± 4	11 ± 2

II-2) 計測機材

素振りセッションは 2 台の床反力計(Kistler 社製)の上に乗った状態で行い、3次元動作解析システム Motion Analysis(Motion Analysis 社製、以下: MA)にて撮像を行った。MA を 8 台設置し、被験者の素振り動作を撮像した(図 1)。MA による撮像は毎秒 250 フレーム、床反力の検出は毎秒 3750 フレームとした。

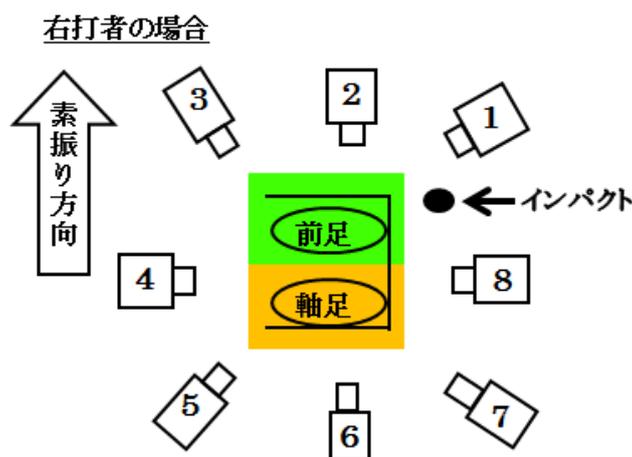


図1: 実験配置図
(Motion Analysis, 被験者位置、床反力)

II-3) 素振りセッション

被験者は、素振り動作を1セットにつき30回、合計で5セット150回を行った。検者は全力で素振りを行うように指示した。実験前の野球従事者からの十分な聞き込み調査の結果、各セット間のインターバルは90秒、素振りのテンポはメトロノームを用いて7秒に統一した。これらの条件は普段練習で行われている方法に一番近い形であると考えられる。また、セット内の1、10、20および30回目のみ、被験者は投手側の足(右打者の場合; 左足)と捕手側の足(右打者の場合; 右足)でそれぞれの床反力の上に乗りながら素振りを行った。それ以外の回数時においては、被験者は床反力計から降り、1m側方の地点で素振りを行った。また、期分けの際に用いるインパクト位置を定義する為、MAを用いて、実験開始前に被験者本人が先端にマーカークが貼付されたバットを自分のインパクト位置で10秒間保持し、その位置の平均座標をインパクト位置とした。

II-4) 解析項目およびマーカーク貼付位置

本研究における解析項目およびマーカーク貼付位置は、以下の通りである(表2、図2)。本実験に使用したマーカークは合計42個であった。本研究にて考案した詳細な腰部挙動を解析する為、検者は被験者の腰椎横突起付近の皮膚上(棘突起直上より外側約2cm)に

体表マーカーを貼付した。また、データ解析の対象は床反力計上で撮像した試技の内、各セット内の 10 および 20 回目のみとし、延べ 10 回分のデータ解析を行った。

表2- 解析項目およびマーカー貼付位置

番号	解析項目	マーカー貼付位置
1	スイングスピード・軌道	バットエンド
2	軸足床反力	なし
3	軸足膝関節屈曲角度	上前腸骨棘, 大転子, 大腿骨内側・外側上顆
4	軸足Q-angle	外果, 内果, 踵骨, 爪先
5	上肢回旋角度 (体幹, 肩) (上記以外)	胸骨柄, 剣状突起, 第10肋骨, 肩峰
6	腰部回旋角度	PSIS, L5, L3, L1, T11 (棘突起より1cm外側)

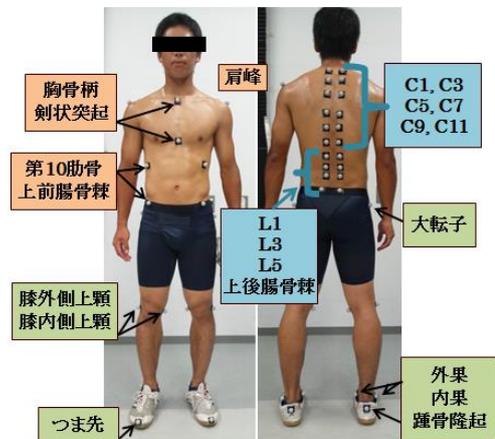


図2: マーカー貼付位置 (前面、背面)

II-5) 3次元座標系

本研究で算出する腰部挙動は、3次元座標系を作成して算出した。3次元座標系の定義は、International Society of Biomechanics(ISB)が定めた関節座標系に沿って行った。骨盤座標系(PSIS)は、両側のマーカーを結んだ軸(投手側から捕手側マーカーに引く)を「Z軸」、両側のマーカーの midpoint と 1 つ上の点(L5)の両側マーカーの midpoint を結んだ軸を「仮の Y 軸」、右手の法則により仮の Y 軸と Z 軸を外積した軸を「X 軸」、さらに同法則により Z 軸と X 軸を外積してできた軸を「Y 軸」として構成した。腰部座標系(L5, L3, L1)も同様の方法により定義した(図 3, 4)。

次に、腰部挙動は、以上により作成した骨盤座標系および腰部座標系を用いて、骨盤に対する腰部の相対的位置をカルダン角にて算出した。カルダン角は 3次元座標系を Z 軸、Y 軸、X 軸の順で回転することで求めることができ、それぞれ屈曲・伸展、回旋、側屈を表す(表 3)。

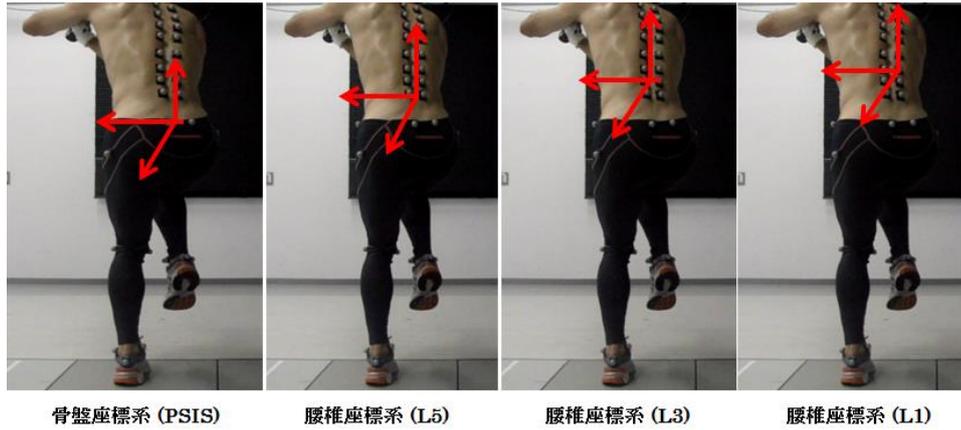


図3: 骨盤および腰部座標系(PSIS, L5, L3, L1ライン)

回転順序	腰椎の動き	定義方法&手順
1	屈曲・伸展	Z (K')の定義 Rt - Lt
2	回旋	Y (J')の定義 K' × I'
3	側屈	X (I')の定義 K' × (Low - High)'

図4: ローカル座標系の定義方法

表3: Z軸, Y軸, X軸順で回転させた時のカルダン角算出方法 (θ : 屈曲伸展, φ : 回旋, ψ : 側屈)

I'	J'	K'
$\cos\theta\cos\varphi$	$-\sin\theta\cos\psi+\cos\theta\sin\varphi\sin\psi$	$\sin\theta\sin\psi+\cos\theta\sin\varphi\cos\psi$
$\sin\theta\cos\varphi$	$\cos\theta\cos\psi+\sin\theta\sin\varphi\sin\psi$	$-\cos\theta\sin\psi+\sin\theta\sin\varphi\cos\psi$
$-\sin\varphi$	$\cos\varphi\sin\psi$	$\cos\varphi\cos\psi$

II-6) 期分け方法

野球の打撃動作は、打者が投手の投球動作にタイミングを合わせる為に投手側の足を挙げる期、同足を下げる期、ボールインパクトまでバットを前方に振る期ならびにボールインパクト後のフォロースルー期で構成されている。本研究は、それぞれの期を準備期、スイング前期、スイング後期ならびにフォロースルー期とした(図5)。定義の詳細は以下の通りである(表4)。

表4: 各期の定義

番号	期	定義
1	準備期	投手側の足に配置した床反力計の合力が0の地点から踵のマーカが垂直方向の最高点に達した地点まで
2	スイング前期	準備期の終了直後から投手側の足の床反力の合計が0より大きく反応した地点まで
3	スイング後期	スイング前期の終了直後からバットインパクト地点まで (バットインパクトは実験前に定義済み)
4	フォロースルー期	フォロースルー期の終了直後からバット先端が最後方に到達した地点まで

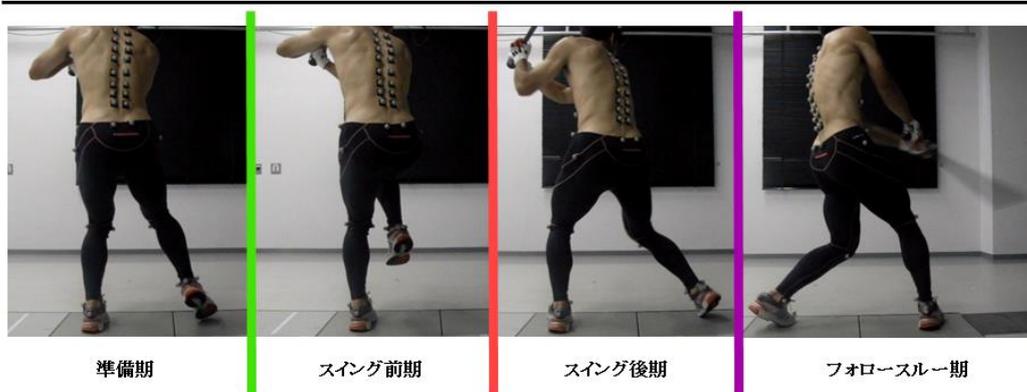


図5: 期分け

II-7) 統計処理

腰部挙動をカルダン角で期別に算出した後、各期を1%ずつ刻み100個毎のデータを検出した。さらに期毎に100個あるデータを4等分し、被験者によって異なる各期のデータ数をPercentileにより同じデータ数に変換した。このデータ処理は統計処理を遂行しやすくする利点がある。

腰部挙動を検討する為に、期別の振り舞いと素振り回数の2要因にて多変量検定を行い、下位検定はBonferroni法を用いた。有意水準は5%とした。

III-①. 結果（高レベル群）解析対象である10, 20, 40, 50, 70, 80, 100, 110, 130 および140回目における各期の腰部角度を比較した結果を以下に示す。また、10回目と100回目の角度変化を各項目についてグラフに示す。

III-①-1) 回数別による腰部回旋角度

解析対象である10, 20, 40, 50, 70, 80, 100, 110, 130 および140回目における各期の腰部回旋角度を比較したが、回数別の腰部回旋角度に有意な差を認めなかった。

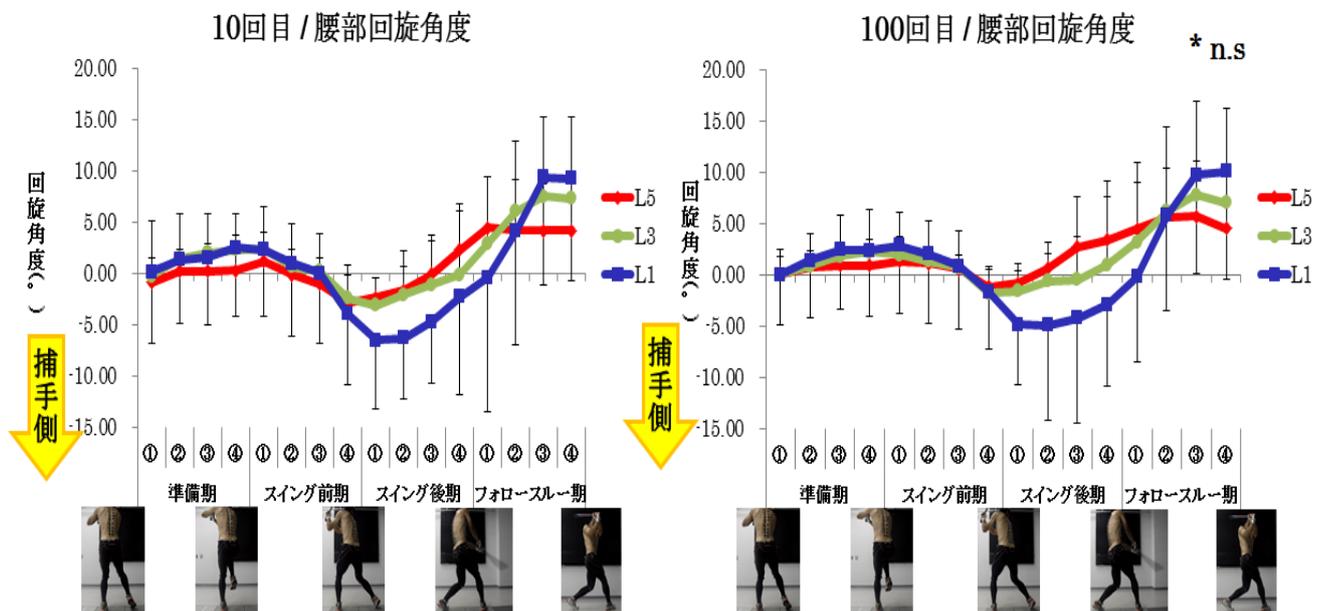


図6: 10および100回目における腰部回旋角度 (L5, L3, L1ライン)

III-①-2) 回数別による腰部屈曲/伸展角度

解析対象である10, 20, 40, 50, 70, 80, 100, 110, 130 および140回目における各期の腰部屈曲/伸展角度を比較したが、回数別の腰部屈曲/伸展角度に有意な差を認めなかった。

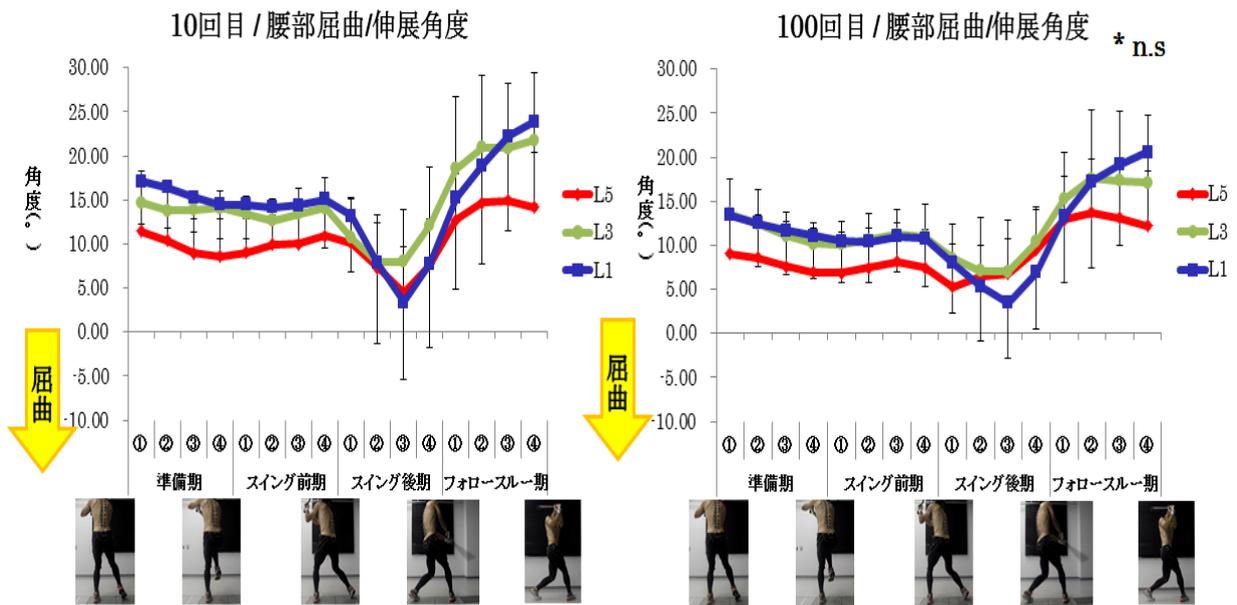


図7: 10および100回目における腰部屈曲/伸展角度 (L5, L3, L1ライン)

III-①-3) 回数別による腰部側屈角度

解析対象である10, 20, 40, 50, 70, 80, 100, 110, 130 および140回目における各期の腰部側屈角度を比較したが、回数別の腰部側屈角度に有意な差を認めなかった。

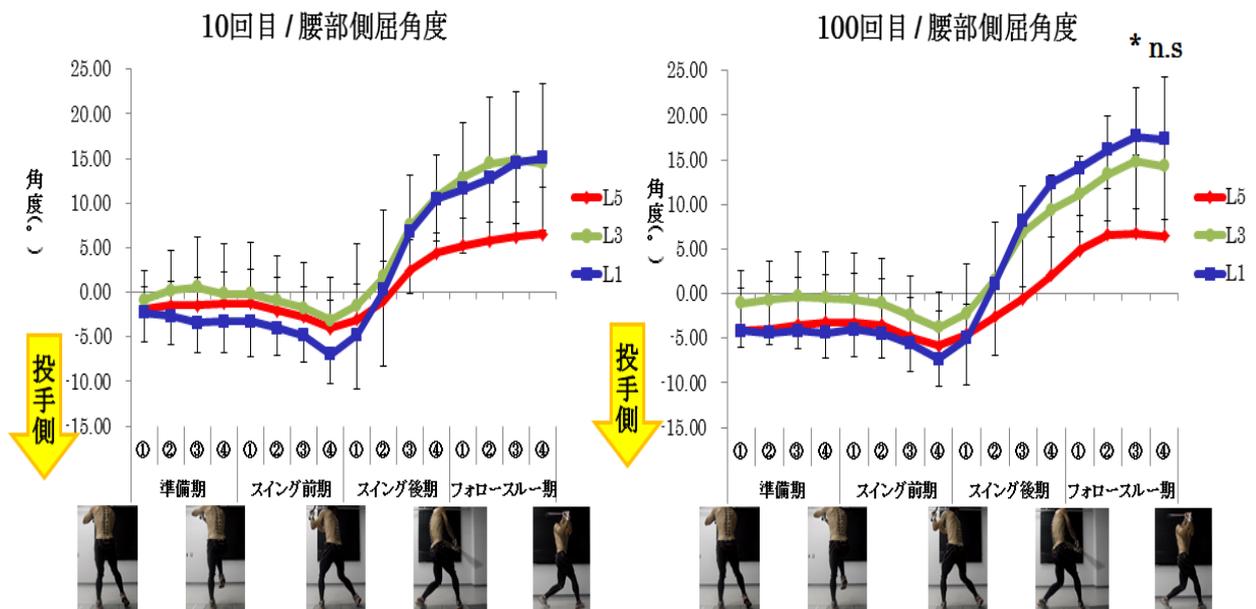


図8: 10および100回目における腰部側屈角度 (L5, L3, L1ライン)

III-①-4) 腰部回旋角度

回数別において角度の変化に有意な差は認めなかった一方で、期内において腰部回旋角度の有意な差は認めた(図 9)。

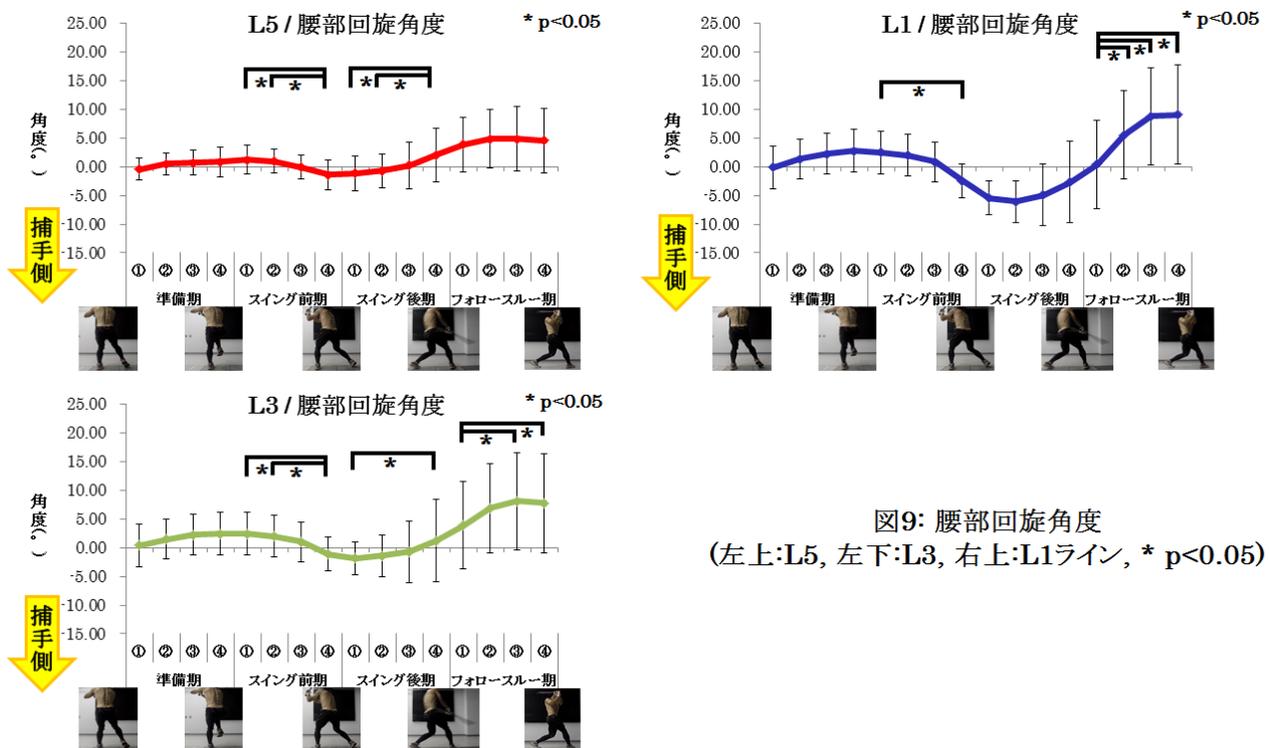


図9: 腰部回旋角度
(左上:L5, 左下:L3, 右上:L1ライン, * $p < 0.05$)

L5 のスイング前期において、76~100%の腰部は 0~25%ならびに 26~50%に比べて有意に捕手側に回旋した($p < 0.05$)。さらに、L5 のスイング後期において、76~100%の腰部は 0~25%ならびに 26~50%に比べて有意に投手側に回旋した($p < 0.05$)。

L3 のスイング前期において、L5 と同様に、76~100%の腰部は 0~25%ならびに 26~50%に比べて有意に捕手側に回旋した($p < 0.05$)。さらに、L3 のスイング後期において、76~100%の腰部は 0~25%に比べて有意に投手側に回旋した($p < 0.05$)。加えて、L3 のフォロースルー期において、51~75%および 76~100%の腰部は 0~25%に比べて有意に投手側に回旋した($p < 0.05$)。

L1 のスイング前期において、76~100%の腰部は 0~25%に比べて有意に捕手側に回旋した($p < 0.05$)。さらに、L1 のフォロースルー期において、26~50%、51~75%および 76~100%の腰部は 0~25%に比べて有意に投手側に回旋した($p < 0.05$)。

III-①-5) 腰部屈曲/伸展角度

回数別において角度の変化に有意な差は認めなかった一方で、腰部回旋角度と同様に、期内において腰部屈曲/伸展角度の有意な差は認めた(図 10)。

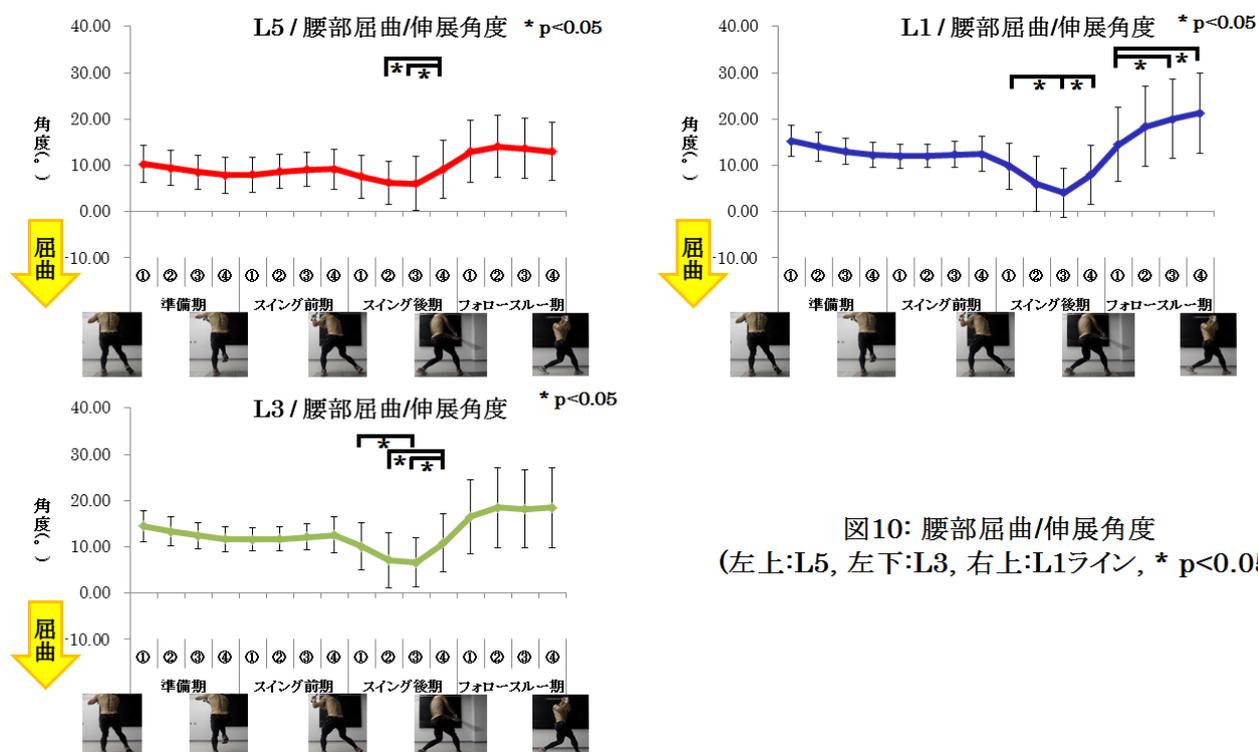


図10: 腰部屈曲/伸展角度 (左上:L5, 左下:L3, 右上:L1ライン, * p<0.05)

L5 のスイング後期において、76~100%の腰部は 26~50%ならびに 51~75%に比べて有意に伸展した($p < 0.05$)。

L3 のスイング後期において、76~100%の腰部は 26~50%ならびに 51~75%に比べて有意に伸展した($p < 0.05$)。また、0~25%の腰部は 51~75%に比べて有意に伸展した($p < 0.05$)。

L1 のスイング後期において、76~100%の腰部および 0~25%は 51~75%に比べて有意に伸展した($p < 0.05$)。さらに、L1 のフォロースルー期において、51~75%および 76~100%の腰部は 0~25%に比べて有意に伸展した($p < 0.05$)。

III-①-6) 腰部側屈角度

回数別において角度の変化に有意な差は認めなかった一方で、腰部回旋および屈曲/伸展角度と同様に、期内において腰部側屈角度の有意な差は認めた(図 11)。

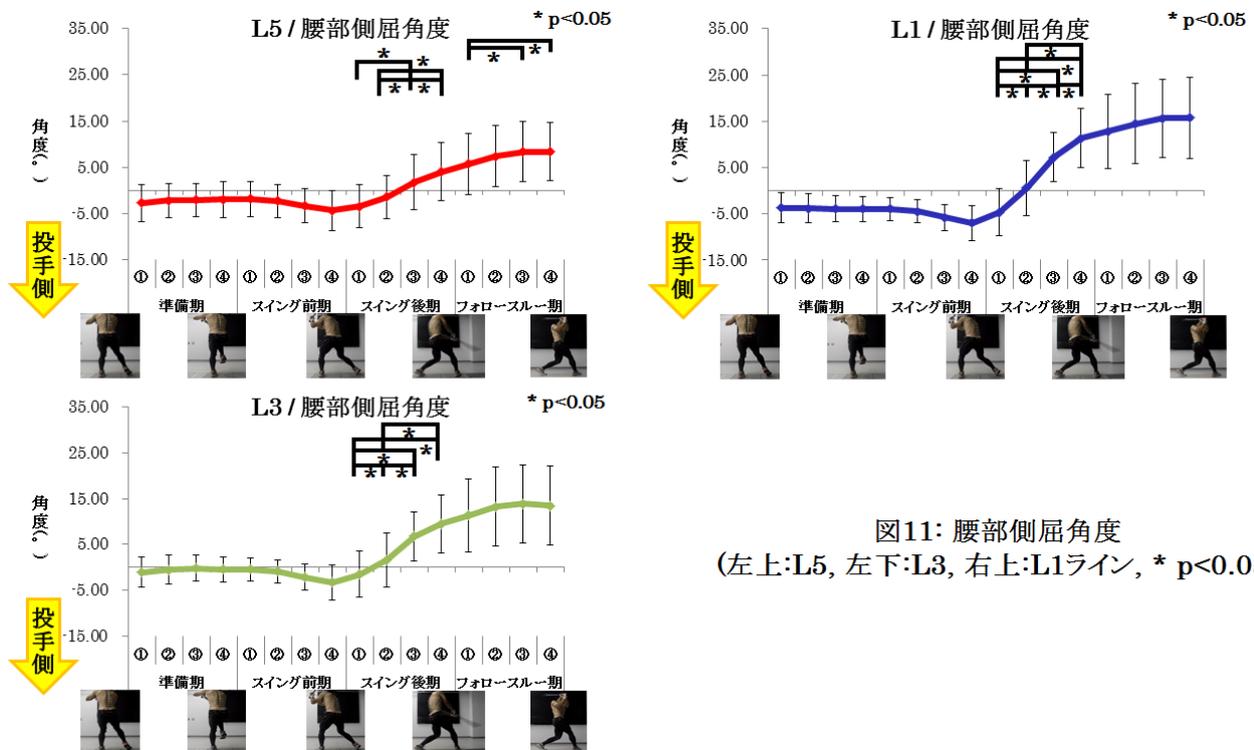


図11: 腰部側屈角度 (左上:L5, 左下:L3, 右上:L1ライン, * p<0.05)

L5 のスイング後期において、76~100%の腰部は 26~50%ならびに 51~75%に比べて有意に捕手側に側屈した(p<0.05)。さらに、L5 のフォロースルー期において、51~75%ならびに 76~100%の腰部は 0~25%に比べて有意に捕手側に側屈した(p<0.05)。

L3 のスイング後期において、0~25%の腰部は 26~50%、51~75%ならびに 76~100%に比べて有意に投手側に側屈した(p<0.05)。さらに、26~50%の腰部は 51~75%および 76~100%に比べて有意に投手側に側屈した(p<0.05)。

L1 のスイング後期において、0~25%の腰部は 26~50%、51~75%ならびに 76~100%に比べて有意に投手側に側屈した(p<0.05)。さらに、26~50%の腰部は 51~75%および 76~100%に比べて有意に投手側に側屈した(p<0.05)。加えて、51~75%の腰部は 76~100%に比べて有意に投手側に側屈した(p<0.05)。

III-②. 結果 (コントロール群) 解析対象である 10, 20, 40, 50, 70, 80, 100, 110, 130 および 140 回目における各期の腰部角度を比較した結果を以下に示す。また、10 回目と 100 回目の角度変化を各項目についてグラフに示す。

III-②-1) 回数別による腰部回旋角度

コントロール群において、解析対象である 10, 20, 40, 50, 70, 80, 100, 110, 130 および 140 回目における各期の腰部回旋角度を比較したが、回数別の腰部回旋角度に角度は有意な差を認めなかった。

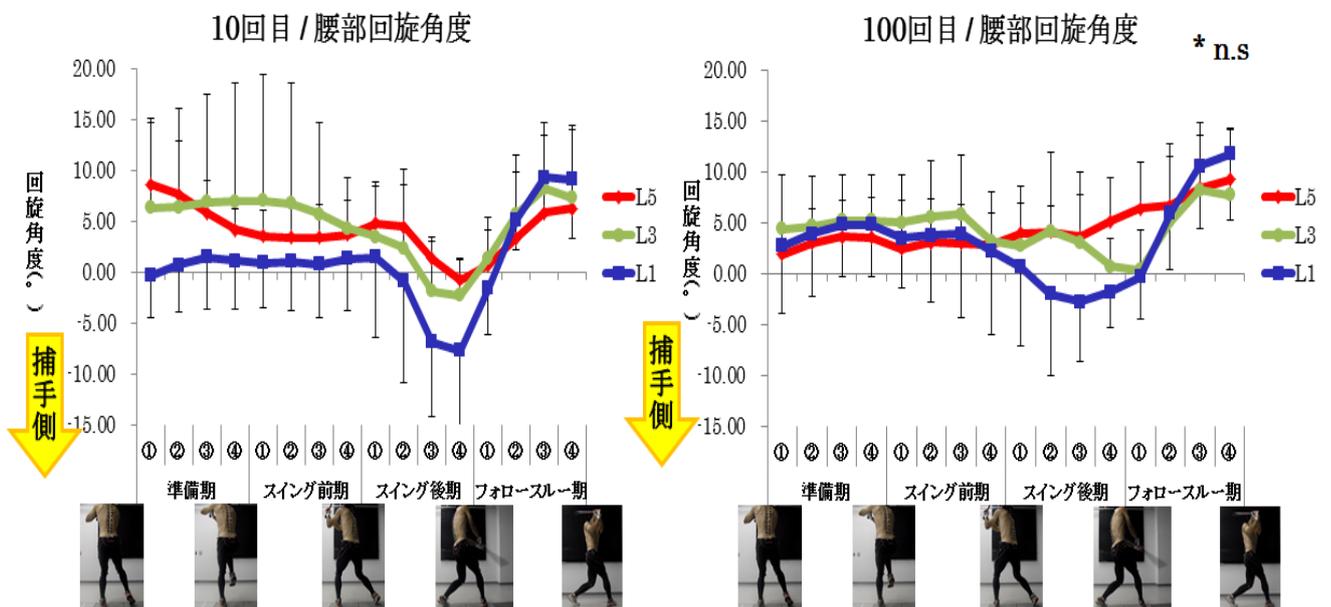


図12: 10および100回目における腰部回旋角度 (L5, L3, L1ライン, コントロール群)

III-②-2) 回数別による腰部屈曲/伸展角度

コントロール群において、解析対象である 10, 20, 40, 50, 70, 80, 100, 110, 130 および 140 回目における各期の腰部屈曲/伸展角度を比較したが、回数別の腰部屈曲/伸展角度に有意な差を認めなかった。

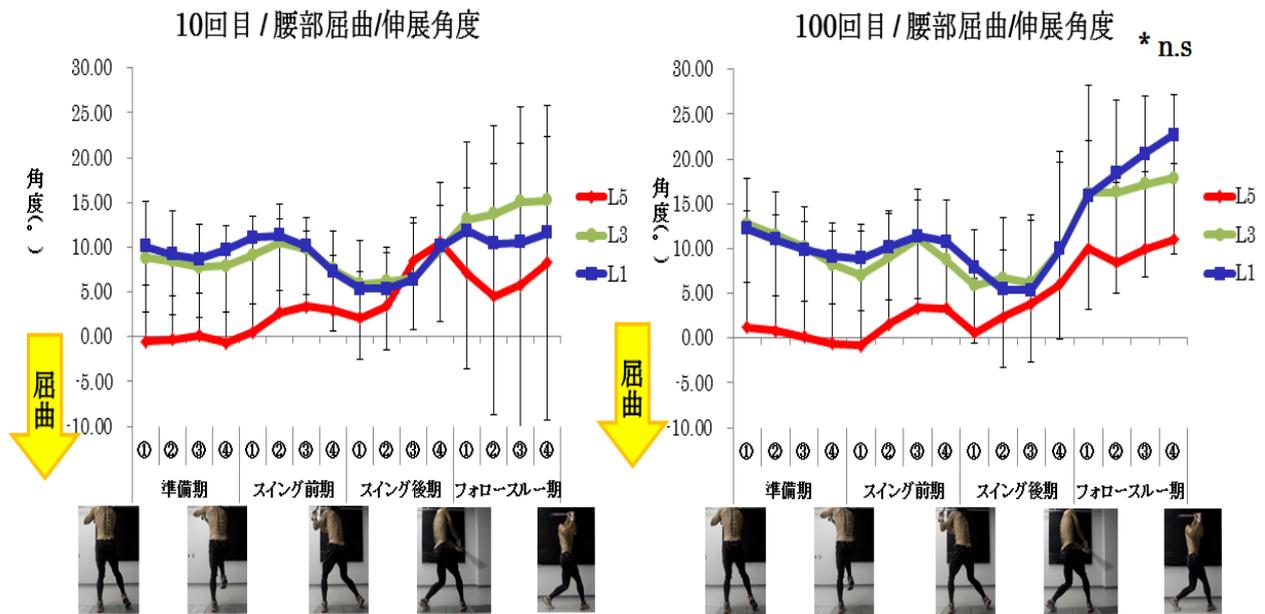


図13: 10および100回目における腰部屈曲/伸展角度 (L5, L3, L1ライン, コントロール群)

III-②-3) 回数別による腰部側屈角度

コントロール群において、解析対象である10, 20, 40, 50, 70, 80, 100, 110, 130 および140 回目における各期の腰部側屈角度を比較したが、回数別の腰部側屈角度に有意な差を認めなかった。

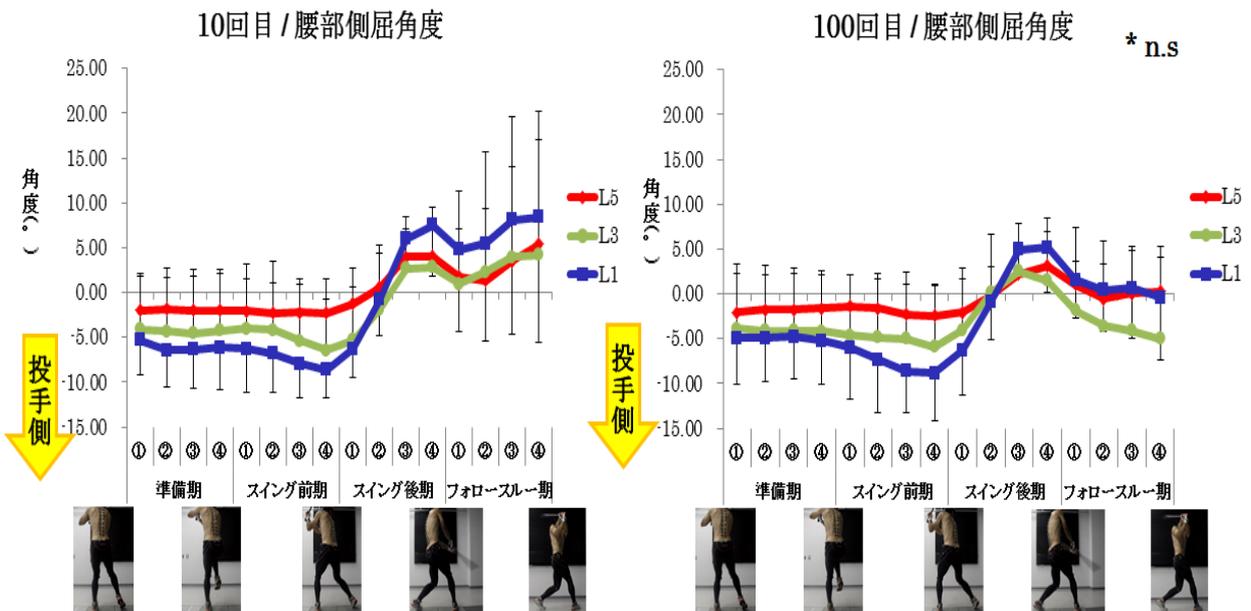


図14: 10および100回目における腰部側屈角度 (L5, L3, L1ライン, コントロール群)

III-②-4) 腰部回旋角度

回数別において角度の変化に有意な差は認めなかった一方で、期内において腰部回旋角度の有意な差は認めた(図 15)。

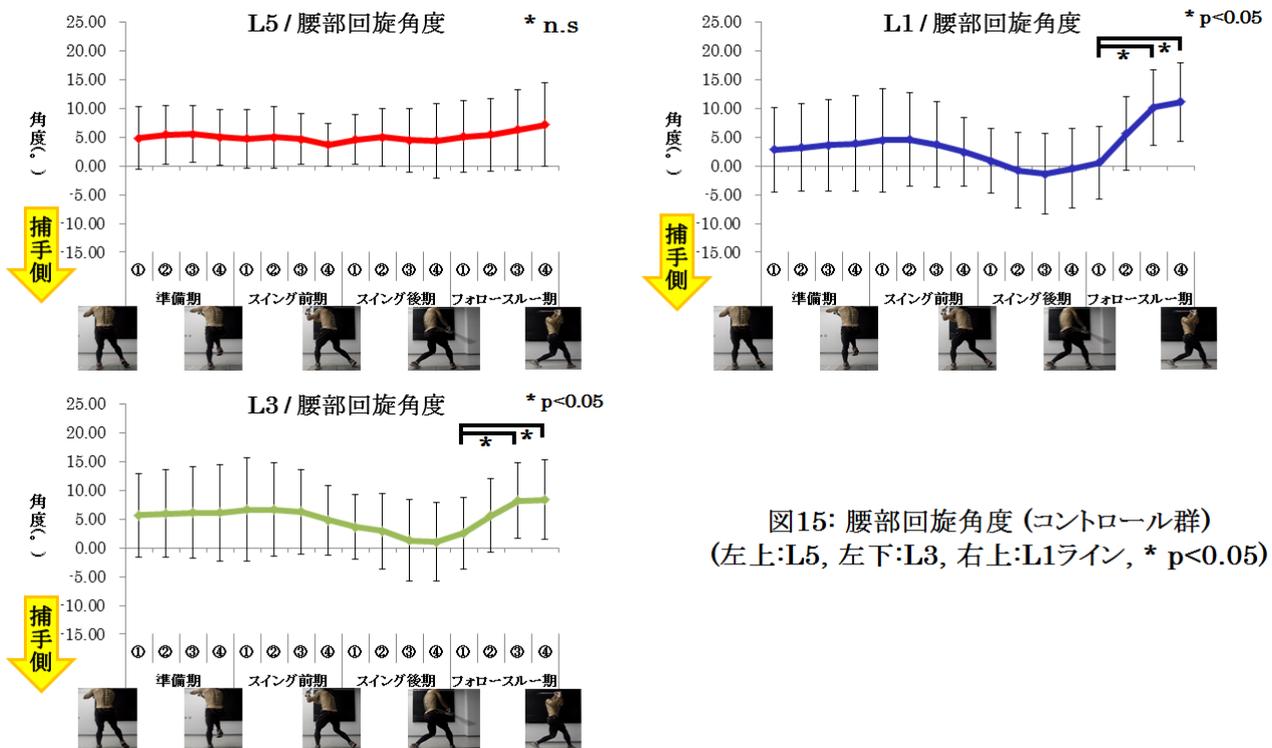


図15: 腰部回旋角度 (コントロール群)
(左上:L5, 左下:L3, 右上:L1ライン, * p<0.05)

L3 のフォロースルー期において、51~75%および 76~100%の腰部は 0~25%に比べて有意に投手側に回旋した(p<0.05)。

L1 のフォロースルー期において、51~75%および 76~100%の腰部は 0~25%に比べて有意に投手側に回旋した(p<0.05)。

III-②-5) 腰部屈曲/伸展角度

回数別において角度の変化に有意な差は認めなかったが、期内における腰部側屈角度の変化も有意な差を認めなかった(図 16)。

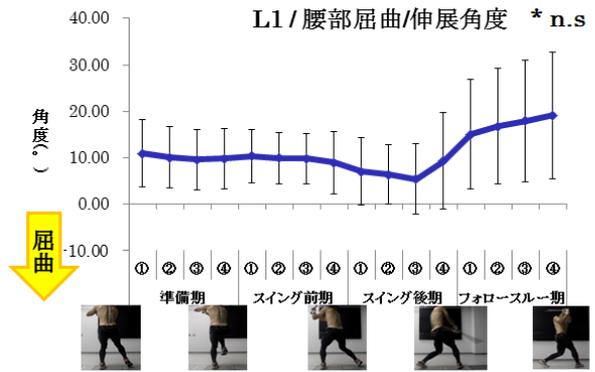
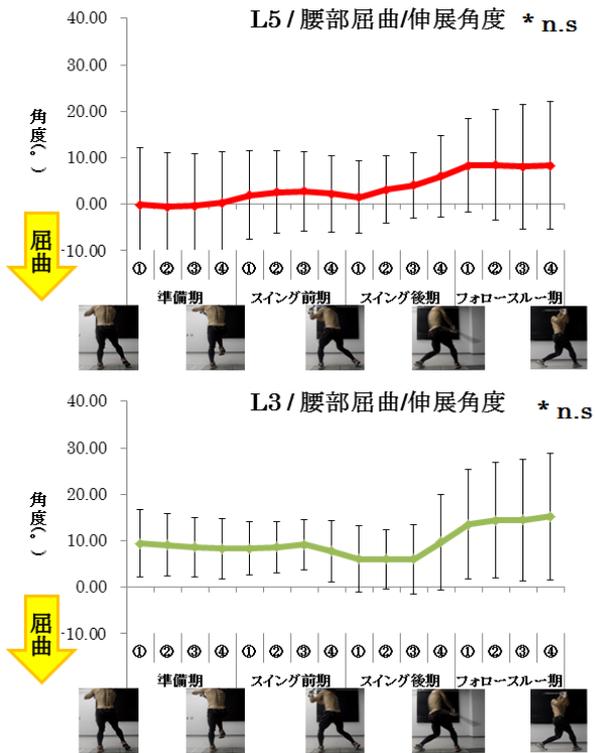


図16: 腰部屈曲/伸展角度 (コントロール群)
(左上:L5, 左下:L3, 右上:L1ライン, * p<0.05)

III-②-6) 腰部側屈角度

回数別において角度の変化に有意な差は認めなかった一方で、腰部回旋角度と同様に、期内において腰部側屈角度の有意な差は認めた(図 17)。

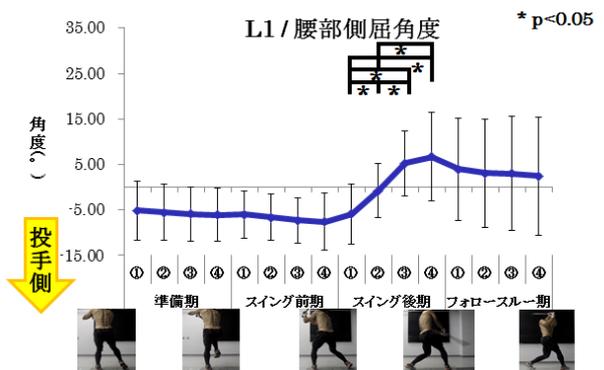
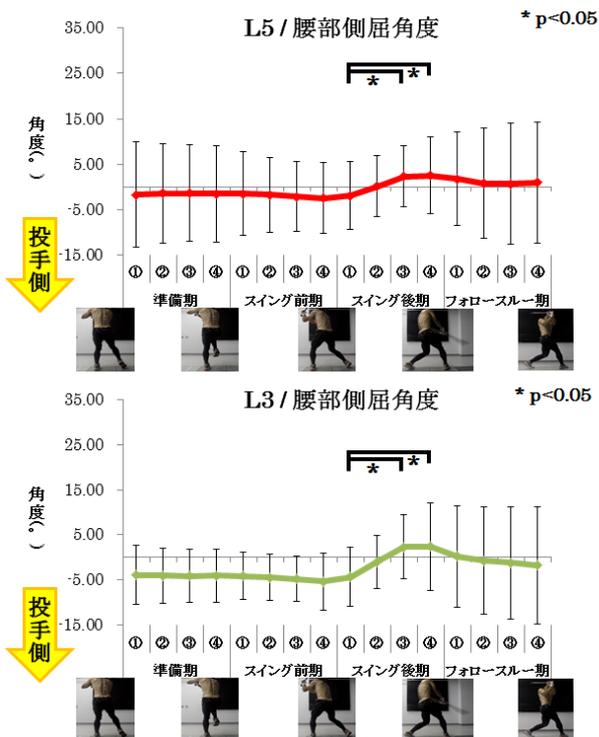


図17: 腰部側屈角度 (コントロール群)
(左上:L5, 左下:L3, 右上:L1ライン, * p<0.05)

L5 のスイング後期において、51~75%ならびに 76~100%の腰部は 0~25%に比べて有意に捕手側に側屈した($p<0.05$)。

L3 のスイング後期において、51~75%ならびに 76~100%の腰部は 0~25%に比べて有意に捕手側に側屈した($p<0.05$)。

L1 のスイング後期において、0~25%の腰部は 26~50%、51~75%ならびに 76~100%に比べて有意に投手側に側屈した($p<0.05$)。さらに、26~50%の腰部は 51~75%および 76~100%に比べて有意に投手側に側屈した($p<0.05$)。

IV. 考察

IV-1) 新技法による腰部回旋挙動の算出

従来の研究では腰部挙動を算出することは難しいとされ、とりわけ動作中の腰部回旋挙動を知る手立てはなかった。また、野球素振り動作における腰部回旋挙動に関する先行研究はない。そこで本研究は新しい試みとして、腰椎横突起付近の皮膚上(棘突起直上より外側約 2cm)に体表マーカーを貼付して腰部挙動を算出した。その結果、本研究に用いた新技法は素振り動作中の腰部回旋挙動を表すことができた(図 6, 7, 8, 12, 13, 14)。

素振り中の腰部はスイング前期(遊脚側の最高到達点から足の床反力が反応するまで)で一旦捕手側に回旋し、スイング後期でインパクト地点に到達するまでに投手側に回旋し、フォロースルー期で最大回旋を行うことが明らかとなった。スイング前期での骨盤に対する腰部の捕手側への回旋は、骨盤が腰部に先行して投手側に回旋していくことで、相対的に腰部が捕手側に回旋され、ねじれの力を生み出していることを示唆している。一方のスイング後期での骨盤に対する腰部の投手方向への回旋は、スイング前期にて腰部が捕手側に回旋しながら生じさせたねじれの力を、遊脚側の下肢を着地させて骨盤回旋運動を止めることで腰部が投手側へ回旋していくことを示唆している。野球の現場において、指導者や選手が「壁を作る」という表現を用い、遊脚側の足を壁にして回旋を行う事を目指していることに対応すると考える。

IV-2) 腰部回旋挙動と腰部側屈挙動および腰部障害との関連性

前述したとおり、素振り動作中の骨盤に対する腰部は、スイング前期で捕手側に回旋、スイング後期で投手側に回旋、さらにフォロースルー期で最大回旋を行う。この動作特性を考慮すると、右打者の場合、骨盤に対する腰部の捕手側への右回旋は右側の腰椎椎間関節での衝突、投手側への左回旋は左側の椎間関節での衝突を引き起こすことが考えられる。

また、図 8 では、腰部はスイング前期で投手側に側屈し、スイング後期からフォロースルー

期にかけて捕手側に側屈することが明らかとなった。腰部回旋挙動と合わせると、素振り動作においてスイング前期の腰部は投手側に側屈しながら捕手側に回旋し、スイング後期の腰部は捕手側に側屈しながら投手側に回旋することを示唆する。動作中の回旋は左右の腰椎椎間関節同士の衝突を生じさせるが、腰部側屈挙動が加わることで椎間関節にかかる圧縮ストレスをより増大させるのではないかと考えられる。Sairyoらは右利きの野球選手は右側の腰椎関節突起間部に疲労骨折が起こりやすい事を報告しており⁷⁾、本研究の結果が示唆した素振り中の腰部挙動が分離症の発生機序を示していると考えられる。

IV-3) 素振り動作の反復が腰部挙動に与える影響

一方で競技レベルの高い群とコントロール群の両群において、素振り回数を増やすことは腰部挙動に有意な影響を及ぼさない(図 6, 7, 8, 12, 13, 14)ことが明らかとなった。本研究は競技レベルが低い選手は素振りの回数が増えるにつれて過度の腰部回旋を生じさせるという仮説を基に立案したが、本研究の結果はその仮説を立証できなかった。本来の腰椎自体の回旋角度は1~2度とされ、1つあたりの腰椎は回旋動作を行いにくい構造を有している。故に競技レベルの高低に関わらず、素振りの回数が増えることにより腰椎回旋角度が大きく変化することが見込めないと考えられる。さらに、本研究の対象であるコントロール群の選手は、現役を退いているものの、高校までの野球経験を有し、さらに高い運動能力を有している本学部の学生であることから、機能面の著しい低下が生じることがなく、それが素振りの反復動作による腰部挙動の有意な変化を生じさせなかった一因であると考えられる。成長期の選手等の非熟練者を被験者とすれば、本研究とは異なる結果が表れる可能性がある。

IV-4) 本研究の限界

本研究に用いた新技法は、素振り動作中の腰部回旋を算出することが可能であることを示したが、本研究のように体表マーカーを腰部皮膚上に貼付する場合、皮膚上マーカーの動きと腰椎自体の動きの関連性を検討する必要がある。脊椎の回旋挙動をCT検査によっ

て解析し、同時に3次元動作解析装置によって皮膚マーカーによる回旋角度を解析した結果を比較することによって、その信頼性を評価することができると考えられるが、実際には両者を同時に計測することは困難である。そのため本研究で用いた解析方法の信頼性を評価されていないところが本研究の限界である。また、本研究は体表マーカーを腰椎横突起付近の皮膚上(棘突起直上より外側約 2cm)に貼付し腰部挙動を解析したが、体表マーカーが腰椎横突起上に貼付されているかを確認する必要がある。体表マーカーを腰椎横突起に貼付した被験者を立位姿勢でレントゲン撮影を行い、腰椎横突起自体と皮膚上に貼付したマーカーとの位置関係を検討することで信頼性を評価することができると考えられる。したがって、体表マーカーの信頼性を評価していないことが第2の本研究の限界である。加えて、各被験者で背部の筋肉の付き方が異なることを考慮すると、立位姿勢の状態ですでに腰椎が回旋している可能性が考えられる。故に、本研究の試技前に、体表マーカーを付けた状態での解剖学的肢位ならびに自動での上肢回旋時の腰椎回旋角度を解析する必要があると考えられる。

V. 結論

本研究より以下の事が明らかとなった。

V-1) 新しく考案した方法を用いて腰部挙動を解析した。

➤ 素振り動作において、投手側の脚を着地するまでは、骨盤が腰部に先行して投手側に回旋する為、腰椎は一旦捕手側に回旋する。

➤ 投手側の脚を着地した後は、腰部が骨盤に対して投手側に回旋する。

V-2) 素振りの反復動作による腰部挙動の変化を認めなかった。

VI. 謝辞

修士論文執筆に際し、多くの方々にご指導を賜り、ご支援くださったことに心から感謝申し上げます。

早稲田大学大学院スポーツ科学学術院教授、金岡恒治先生には、学部時代からの4年間において温かい目で私の成長を見守りながら常に真正面から向き合ってください、研究面での考え方などで多くの助言を頂いたことに感謝申し上げます。また、次年度はパーソナルトレーナー活動をしながらデータ収集を行う予定で、これまで以上に相談に伺うことになると思いますので、今後とも変わらないご支援の程宜しくお願い致します。

早稲田大学大学院スポーツ科学学術院准教授、広瀬統一先生には、学部3年生の時から4年間において、トレーナー活動において多くの助言や考え方を頂いた上、常に研究者やトレーナーとして成長するチャンスを与えて頂きました。また本研究の副査を引き受けて頂き、感謝申し上げます。

早稲田大学大学院スポーツ科学学術院教授、矢内利政先生には、本研究の副査を引き受けて頂いただけでなく、修士課程におけるスポーツバイオメカニクス特論や研究室の勉強会において、「バイオメカニクス」に関して全くの素人であった私に「バイオメカニクス」の奥深さを懇切丁寧に教えて頂き、脊柱研究に関する新しい挑戦を行う私を強烈に後押しして頂きました。この場をお借りして、感謝申し上げます。

また、本研究の被験者を快諾してくれた硬式野球部の選手達、週1回のトレーニング指導を1年間一緒に行い、被験者依頼に快く協力してくれた当研究室学部2年生の押川智貴くんに感謝の意を表明致します。さらに、研究室の同期である神舘盛充くん、西川亜夢子さん、原有美さんならびに後輩・先輩方には、研究面で多くの助言やヒントを頂きました。この場をお借りして感謝申し上げますと共に、今後のご活躍をお祈り致します。

さらにプロテニスプレーヤー・伊藤絵美子氏、社会人アメフト選手・望月俊氏、さとう健康整骨院所長の佐藤友則氏には、私のトレーナー活動や研究活動を精神面で支え、常に叱咤激励をしてくださったことに心より感謝申し上げます。

最後に、25年間の総決算として位置付けた修士論文を完成させるにあたり、わが道を行く私に理解を示し、常に陰ながら支えてくれた祖父母、家族ならびに親戚には心より感謝申し上げます。

私はこれからパーソナルトレーナーおよび研究者としての道を歩むこととなりますが、皆様のご支援を胸に秘めて精進していく所存であります。今後とも何卒宜しくお願い致します。

VII. 参考文献

- 1) Brady L. Tripp, Eric M. Yochem, Timothy L.Uhl: Functional fatigue and upper extremity sensorimotor system acuity in baseball athletes, Hournal of athletic training, 2007; 42(1), 90-98
- 2) BRENDAN INKSTER, ARON MURPHY ROB BOWER and MARK WATSFORD: Differences in the kinematics of the baseball swing between hitters of varying skill, the American college of sports medicine, 2011
- 3) BRIAN S. MONTOYA, LEE E. BROWN. JARED W. COBURN, AND STEVEN M. ZINDER: Effect of warm-up with different weighted bats on normal baseball bat velocity, the Journal of Strength and Conditioning Research, volume 23 number 5, 2009
- 4) G FRANCIS “CISCO” REYES, DENNIS DOLNY: Acute effects of various weighted bat warm-up protocols on bat velocity, the Journal of Strength and Conditioning Research, volume 23 number 7, 2009
- 5) 川村卓, 功力靖雄, 阿江通良: 熟練野球選手の打撃動作に関するバイオメカニクスの研究～バットの動きに着目して～, 大学体育研究, 22:19-32, 2000
- 6) 川村卓, 島田一志, 高橋佳三, 森本吉謙, 小池関也, 阿江通良, 野球の打撃における上肢の動作に関するキネマティクスの研究: ヘッドスピード上位群と下位群のスイング局面の比較, 体育学研究, 53: 423-438, 2008
- 7) Koichi Sairyo, Shinsuke Katoh, Tadanori Sakamaki, Shinji Komatsubara, Kenji Endo, Natsuo Yasui: Three Successive Stress Fractures at the Same Vertebral Level in an Adolescent Baseball Player, The American Journal of Sports Medicine, Vol. 31, No. 4
- 8) Mika Hangai, Koji Kaneoka, Shiro Hinotsu, Ken Shimizu, Yu Okubo, Shumpei Miyakawa, Naoki Mukai, Masataka Sakane, Naoyuki Ochiai:

Lumbar Intervertebral Disk Degeneration in Athletes, The American
Journal of Sports Medicine, Vol.37, No.1

- 9) 永松邦夫, 満園良一: 野球選手におけるウェイトトレーニングが体幹分の動的パワーおよび打球飛距離に及ぼす影響: 久留米大学健康・スポーツ科学センター研究紀要, 第13巻, 第1号, 2005
- 10) 奈良隆章, 川村卓, 島村一志, 坂本幸信: 大学野球選手における中学時代の競技環境の違いが自己の技能に与えた影響について—中学校部活動と硬式クラブの比較から—, スポーツコーチング研究第7巻, 2009
- 11) 沢村省逸, 鎌田安久, 栗林徹, 清水茂幸, 上濱龍也, 黒川國児, 福士宏紀: 野球の投球速度・バットスイング速度に影響をもたらす体力因子, 岩手大学教育学部附属教育実施総合センター研究紀要, 第5号, 53-62, 2006
- 12) 吉田徹: 成長期腰椎分離症の診断と治療, 日本腰痛会誌, 9巻1号, 2003.11