

## 傾斜台を用いた投球トレーニングが投球速度および投球動作に及ぼす即時的効果 - ある小学野球投手の場合 -

蔭山雅洋<sup>1)</sup>, 鈴木智晴<sup>1)</sup>, 藤井雅文<sup>2)</sup>, 前田明<sup>2)</sup>

1) 鹿屋体育大学大学院

2) 鹿屋体育大学

キーワード: ジュニア期, 技術指導, 投球スピード, 体幹, 下肢

### 【要旨】

本事例の A 選手 (年齢; 11.7 歳, 身長; 156.1 cm, 体重; 40.5 kg) の投球動作は, 踏込脚接地時からボールリリースにかけて腰の回旋の範囲が小さい特徴がみられた. そこで本事例では, 小学野球投手 A 選手の投球動作の改善方法として, 踏込脚接地直前までの腰の開きを抑えるために, 技術指導を行った際の投球練習と傾斜台を使用した投球トレーニングの 2 種類の方略が投球速度および投球動作に及ぼす効果を検証することとした. その結果, Post 測定 I (技術指導の後) では投球速度に変化はなかったものの, Post 測定 II (傾斜台を使用した後) では, 最大速度は 89.0 km/h と 1.0 km/h (1.1 %) 増大し, 平均速度は 2.0 km/h (2.3 %) 増大した. また投球動作は, 傾斜台を使用することで, 改善点である踏込脚接地直前までの腰の開きを抑えられた. そして, 両脚に作用する地面反力は, 軸脚では進行方向の成分の最大値が, 踏込脚では肩関節が最大に外旋した後からボールリリースまでの進行方向とは逆向きの成分が増大した. 以上のことから, 投球速度の増大は, 踏込脚接地時まで骨盤の回旋が抑制されたことによる体幹の回旋動作および捻転動作の改善とともに, 下肢によって生み出されたエネルギーの増大が影響したと考えられる.

よって, 小学野球投手が傾斜台を用いて投球トレーニングを行うことは, 踏込脚接地直前までの腰の開きを抑えるために有効な方法であるとともに, 下肢に作用する地面反力の獲得をもたらすことが示唆された.

スポーツパフォーマンス研究, 7, 42-54, 2015 年, 受付日:2014 年 6 月 25 日, 受理日:2015 年 3 月 21 日

責任著者: 前田明 〒893-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 番地 鹿屋体育大学 amaeda@nifs-k.ac.jp

\*\*\*\*\*

### **Immediate effects on ball speed and pitching motion of pitching training using an inclined board: Elementary school baseball pitcher**

Masahiro Kageyama<sup>1)</sup>, Chiharu Suzuki<sup>1)</sup>, Masafumi Fujii<sup>2)</sup>, Akira Maeda<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Graduate School, National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

<sup>2)</sup> National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: elementary school-age pitcher, technical coaching, ball speed,  
body trunk, legs

**[Abstract]**

When pitching, player A (age: 11.7 years, height: 156.1 cm; weight: 40.5 kg) had a small rotation range of his pelvis from the stride foot making contact with the ground (SFC) to the ball being released (REL). The present study attempted to improve his pitching motion by controlling the rotation of his pelvis just after SFC, using two different training methods: (a) pitching practice with technical coaching, and (b) pitching training using an inclined board. Ball speed and pitching motion were measured. In post measurement I (after practice with technical coaching), the ball speed did not change, whereas at post measurement II (after training with an inclined board), the maximum ball speed was 89.0 km/h, which was an increase of 1.0 km/h (1.1%), and the average ball speed increased by 2.0 km/h (2.3%). Also, after using the inclined board, the pitcher achieved aimed control of his pelvis rotation until he landed on the stride foot. Data from measures of the ground-reaction forces showed that 1) the throwing direction on pivot leg increased, 2) the reverse direction of pitching on stride leg from the maximum rotation of his shoulder to REL increased. These results suggest that the ball speed increased because of the improvement in the trunk rotation, which he achieved by controlling the rotation of his pelvis until SFC, and the twisting motion, as well as increased energy, that was generated by his lower limbs. Training an elementary school pitcher using an inclined board may be an effective method for controlling the rotation of the pitcher's pelvis and generating the ground reaction force on his lower limbs.

## I. 緒言

野球は投手の果たす役割が大きく、投手の能力として、高い投球速度を投げることは、勝敗を左右するうえで重要な要素の一つとなる(功力, 1991, 稲尾・吉村, 2001). そのため、投手の少ない学生野球やアマチュア野球のチームにおいては、勝利を優先するあまり、能力が高い投手を酷使し、投球障害を引き起こさせてしまうことがある. その中でも、成長期にある野球選手は、肘関節や肩関節の投球障害の発生率が高いことが報告されており(越智, 1996; 信原, 2001), 成長期の野球選手の指導には十分な配慮が必要となる. 投球障害が発生する要因は、主として投げ過ぎによるものと未熟な投動作によるものとに大別されることが知られている(伊藤, 2007). このうち、少年野球での投球数や試合数、練習量などといった制限は見直されており、“投げ過ぎ”は改善されている. しかし、未熟な投球動作に関しては検討されているものの、指導現場では実証例が少ないのが現状である.

本事例の A 選手(年齢; 11.7 歳, 身長; 156.1 cm, 体重; 40.5 kg,)は、投球速度の最大速度が 88.0 km/h, 5 球中の平均速度が  $86.0 \pm 1.8$  km/h であった. また投球動作(映像 1)は、踏込脚接地時において腰が回旋している、いわゆる身体が開いている状態になっていることがあげられる(図 7, 表 3 の Pre 測定). これらの特徴は、踏込脚接地時からボールリリースにかけての腰の回旋範囲が小さい投球動作であるため、投球速度を増大するには、これらの動作を改善することが有効であると考えた.

野球の指導現場で用いられる指導方法は、被検者 A 選手では「腰や肩を開かない」または「肩や腰の開きを遅らせる」といった指導(開きとは上胴と下胴が捕手方向に向くことをいう)を用いると考えられる. しかしながら、下胴の開きを遅らせることを強調しすぎると、投球速度が遅い投手のように上胴の回転角速度のスムーズな増加を妨げる可能性がある(高橋ほか 2005)と述べられている. このような技術指導は、小学野球投手では指導者からの改善点が理解できない可能性が考えられる. そのため、本事例では、投球速度を高めるために、踏込脚接地直前までの腰の開きを抑えるように、傾斜台を用いることが有効ではないかと考えた. 軸脚側に傾斜台を置き、投球動作を行う場合、投球動作は軸脚側に体幹が傾きながら、体幹の回旋を抑え、踏込脚の接地とともに体幹の回旋が行われる. このような特徴は、上述したような指導によって行われる弊害を緩和できるのではないかと考えられる.

そこで本事例は、小学野球投手を対象に、踏込脚接地直前までの腰の開きを抑えるために、技術指導を行った際の投球練習と傾斜台を使用した投球トレーニングの 2 種類の方略が投球速度および投球動作に及ぼす効果を検証することとした.

## II. 方法

### 1. 測定手順

本事例の測定は、以下の手順で行った(図 1). 測定に先立ち、被検者にはストレッチを含むウォーミングアップを十分に行わせた後、投球練習を行わせた. 投球練習終了後、休息を挟み、被検者の疲労感がないことを確認した後に、被検者には 10m 先のネットに対して、全力投球を 5 球行わせた. 投球速度は、全力投球 5 球における最大速度および平均速度によって、トレーニングの効果を評価した. また投球動作は、各測定における 5 球の試技を平均し、トレーニング前後を比較した. ボールは、小学生が使用する軟式球(質量: 126.2 - 129.8 g, 直径: 67.5 - 68.5 mm)を使用した.

なお、本研究では Pre 測定前に投球練習として全力投球 5 球を行わせ、教示またはトレーニングを

行わない場合の投球速度の変化を検討した. その結果, Pre 測定前の投球速度は, 最大速度が 88.0 km/h, 平均速度が  $86.2 \pm 1.7$  km/h であった. このことから, 教示またトレーニングがない状態で, 同じ投球数を投げた場合, ウォーミングアップの効果によって同様の変化が起こる可能性が否めないが, ウォーミングアップの効果は可能性が小さいと考えた.



図 1. 実験の手順

測定は光学式三次元動作解析システム (Mac3D, Motion Analysis 社製) の 12 台の専用高速度カメラ Eagle と 2 台のフォースプラットフォーム (Z15907, Kistler 社製) を使用した. 投球速度は, スピードガン (HP-1, Decatur 社製) を用いて計測した. スピードガンは測定誤差が少ない投球方向に配置し (宮西ほか, 2000), 照準を被検者のボールリリース位置に向けて測定を行った.

光学式三次元動作解析システムによる測定では, 身体部位 37 点に反射マーカー (直径 13 mm) を貼付し, 撮影速度毎秒 500 コマ, シャッタースピード毎秒 2000 コマで身体各部位の三次元座標を計測した. 身体部位 37 点は, 頭部 5 点 (頭頂, 頭部前部, 頭部後部, 左右の耳珠点), 上肢 10 点 (左右の肩峰, 肘外側, 手首内果, 手首外果, 第三中手指節関節), 体幹部 6 点 (胸骨上縁, 胸骨下縁, 右肩甲骨下郭, 左右の上前腸骨棘, 仙骨), 下肢 16 点 (左右の大転子, 大腿骨外側上果, 大腿骨内側上果, 外果, 内果, 踵後部, 第三中足骨頭, 第五中足骨頭) とした. 身体各部位の三次元座標は, 三次元分析ソフト (Cortex 3.6.0.1312, Motion Analysis 社製) を用い, 算出した. Mac3D のキャリブレーションによるカメラ 12 台の較正点の実測 3 次元座標値と算出された 3 次元座標値の平均誤差は, 1.0 mm 以下であった. 投球動作中の両脚に作用する地面反力は, フォースプラットフォームにより計測し, 専用アンプを介して, サンプリング周波数 2000 Hz でパーソナルコンピュータに取り込んだ. なお, 三次元座標と地面反力のデータは, 光学式三次元動作解析システムに付属する A/D ボードを介して同期した. 静止座標系は, ピッチャープレートからホームプレートに向かうベクトルを Y 軸, 鉛直方向のベクトルを Z 軸, Y および Z 軸に垂直で三塁方向へ向かうベクトルを X 軸とした.

映像は, 光学式三次元動作解析システムから得られた三次元座標と地面反力のデータから計算される筋骨格モデル動作解析ソフト (nMotion muscular 1.51, nac 社製) を使用し, 作成した.

## 2. トレーニング方法

本事例では, 投球速度を高めるために, 踏込脚接地直前までに腰の開きを抑えるように動作を意識した練習と傾斜台を用いて行うトレーニングの 2 種類の方法を用いることとした (表 1). 動作を意識させた投球練習では, 「腰や肩を開かない」といった動作を改善するために, 踏込脚接地直前まで腰の開きを抑えるように教示し, 10 球の全力投球を行わせた. 一方, 本事例で用いた傾斜台 (図 2) は, 約  $10^\circ$  の傾斜であり, 傾斜台を用いたトレーニングは, 軸脚側に置き, 全力で投球練習を 10 球行った. 傾斜台を用いた際の体幹動作は, 踏込脚が接地するまでに軸側へ傾き, 腰の回旋動作開始を遅らせ

るような特徴であった。このことは、傾斜台を用いることで、踏込脚接地時までには骨盤の回旋が抑制されるのではないかと考えた。なお、傾斜台を使用する場合、体が前方へ傾く可能性があるため、投球トレーニングを行う際は、身体が突っ込まないように指示した。

表 1. 動作を意識した練習と傾斜台を用いて行うトレーニングの教示内容および注意点

	目的	教示内容	注意点	主な変化
・言語による指導	踏込脚接地直前までに腰の開きを抑える	投球速度を高めるために、踏込脚接地直前までの腰の開きを抑え、かつ体幹が軸脚側へ傾くようにする	下胴の開きを遅らせることを強調しすぎると、上胴の回転角速度のスムーズな増加を妨げる可能性がある	特になし
・傾斜台による指導			傾斜台を使用する場合、体が前方へ傾く可能性があるため、投球トレーニングを行う際は、身体が突っ込まないように指示する	

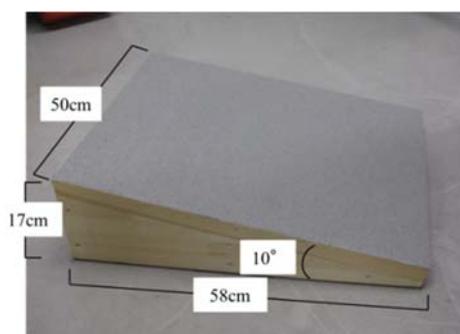


図 2. 傾斜台

### 3. 分析項目

本研究では、軸脚および踏込脚の地面反力と体幹の動作に着目し、分析した。投球動作中に作用する軸脚および踏込脚の地面反力は、進行方向と鉛直方向の成分の大きさが投球速度に影響する (MacWilliams et al., 1998; Kageyama et al., 2014) ことから、これらの成分を分析項目とした。地面反力のデータは、体重で除した値とした。

体幹の動作は、先行研究 (高橋ほか 2005; 蔭山ほか 2014) にならい、上胴、下胴、捻転を定義した (図 3)。上胴の角度は、左肩峰から右肩峰に向かうベクトルを作成し、静止座標系の Y 軸に対する角度とした。下胴の角度は、左上前腸骨棘から右上前腸骨棘に向かうベクトルを作成し、静止座標系の Y 軸に対する角度とした。体幹の捻転角度は、下胴角に対する上胴角の差分 (体幹の捻転角度 = 上胴の角度 - 下胴の角度) から算出した。本研究では、投球方向に回転した際を正の角度、その逆を負の角度と定義した。

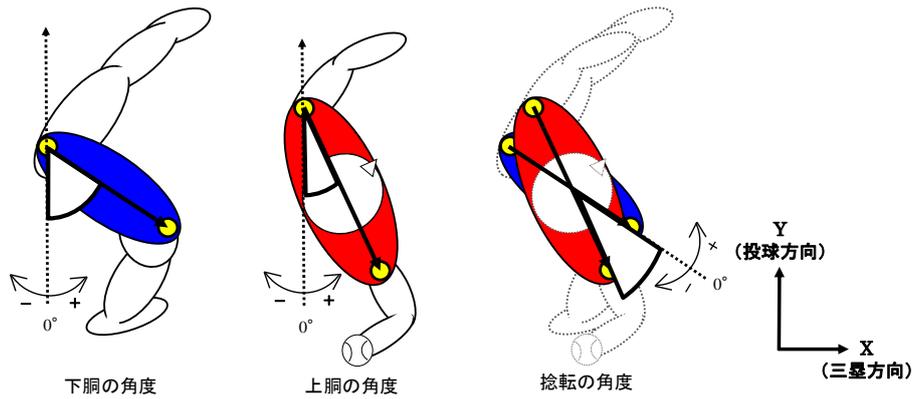


図 3. 体幹の定義

#### 4. 投球動作の局面分け

本研究では, Fleisig et al. (1999) にならい, 投球動作を踏込脚の膝関節が最も高く上がった時点 (以下, MKH), 踏込脚が接地する時点 (以下, SFC), 肩関節の最大外旋位時点 (以下, MER), ボールリリース (以下, REL) の 4 つの時点に分け, 2 つの局面に分けた (図 4). 第一局面は, MKH から SFC までを, 第二局面は SFC から REL までとした. なお, 投球動作中の地面反力は, 軸脚が第一局面に作用し, 踏込脚が第二局面に作用しているため, 第二局面の軸脚の地面反力は分析の対象としなかった. 各局面における地面反力は, 局面毎の所用時間を 100 %とし, 3 次のスプライン関数を用いて規格化した. つまり, 各局面の規格化時間は, MKH が 0 %, SFC が 100 %, REL が 200 %となっている.

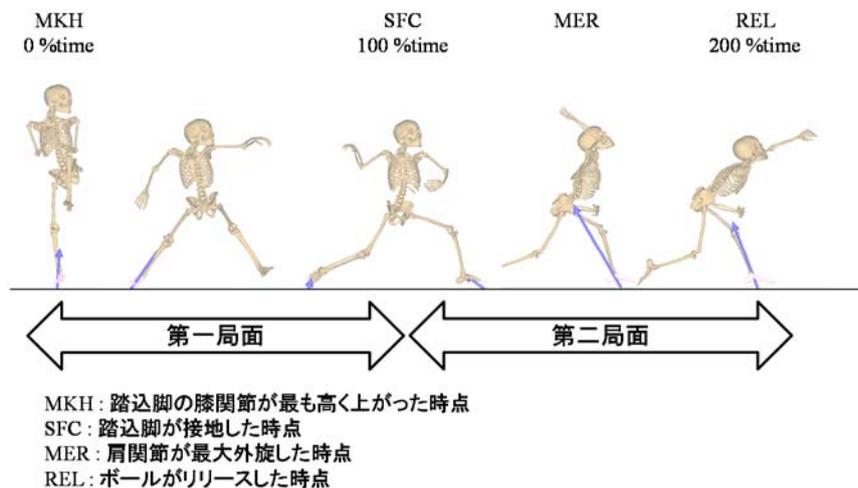


図 4. 投球動作の局面分け

### III. 結果

#### 1. 投球速度の変化

表 2 は, A 選手の投球速度の変化を示したものである. Post 測定 I の最大速度および平均速度は, 88.0 km/h および 86.0 ± 1.8 km/h であり, Pre 測定と変化がなかった. また傾斜台を用いた投球トレーニング後である Post 測定 II では, 最大速度が 89.0 km/h と 1.0 km/h (1.1 %) 増大し, 平均速度は 2.0 km/h (2.3 %) 増大した.

表 2. トレーニング前後における投球速度の変化

	最大速度 (km/h)	平均速度 (km/h)
Pre測定	88.0	86.0 ± 1.8
Post測定 I	88.0	86.0 ± 1.8
Post測定 II	89.0	88.0 ± 0.6

## 2. トレーニング前後における投球動作の変化

図 5 は、各測定において最大速度であった投球動作を示したものである。Post 測定 I (映像 2) の投球動作は、Pre 測定と比べ、変化の特徴は見られなかった。Post 測定 II (映像 3) の投球動作では、Pre 測定や Post 測定 I に比べ、踏込脚接地時までの骨盤の回旋が抑えられた (開かなくなった)。

また詳細なデータについて、図 6 には地面反力の変化を、図 7 には体幹角度の変化を、表 3 には地面反力および体幹角速度の最大値、踏込脚接地時における体幹角度を示した。Post 測定 II における軸脚 Y 成分の地面反力は、Pre 測定および Post 測定 I と比べ増大した (図 6, 表 3)。また Post 測定 II における踏込脚に作用する地面反力 (Y 成分, Z 成分, 合成成分) は、最大値に大きな変化がみられなかったが、MER 後から REL 時にかけての地面反力は、Pre 測定および Post 測定 I よりも高い値であった (図 6, 表 3)。また Post 測定 II における体幹の動作は、Pre 測定および Post 測定 I と比べ、踏込脚接地時までの骨盤の角度が小さくなり、捻転角度が大きくなった (図 7, 表 3)。

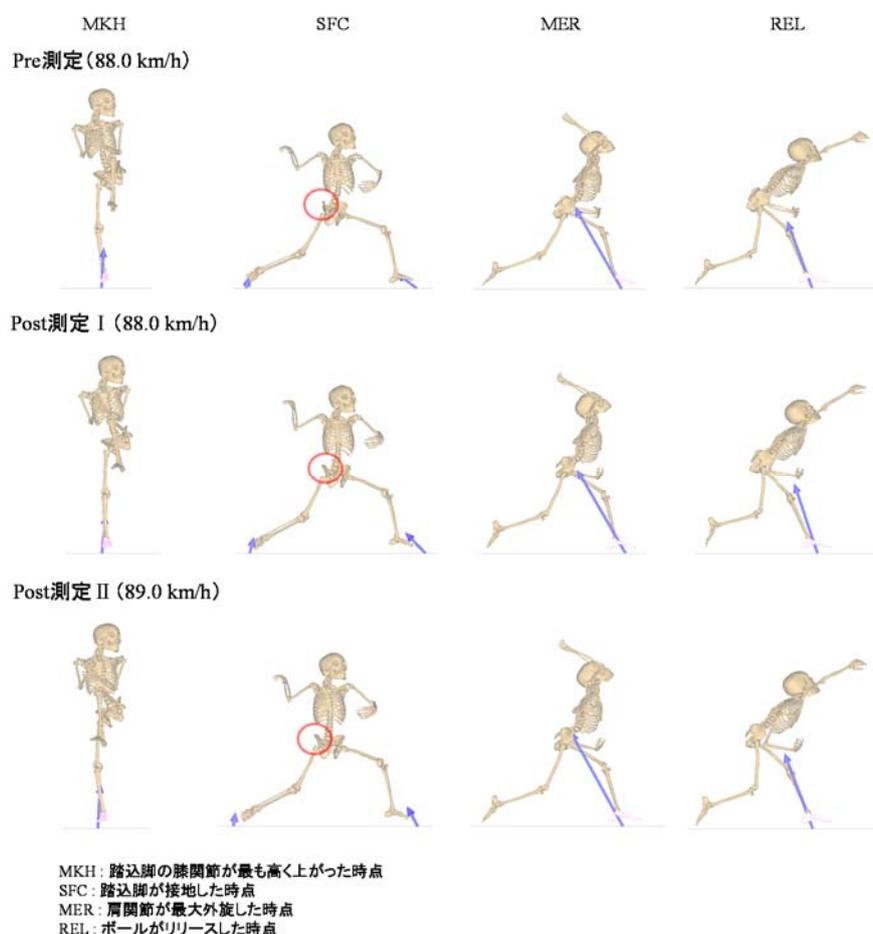


図 5. トレーニング前後における投球動作 (側面)

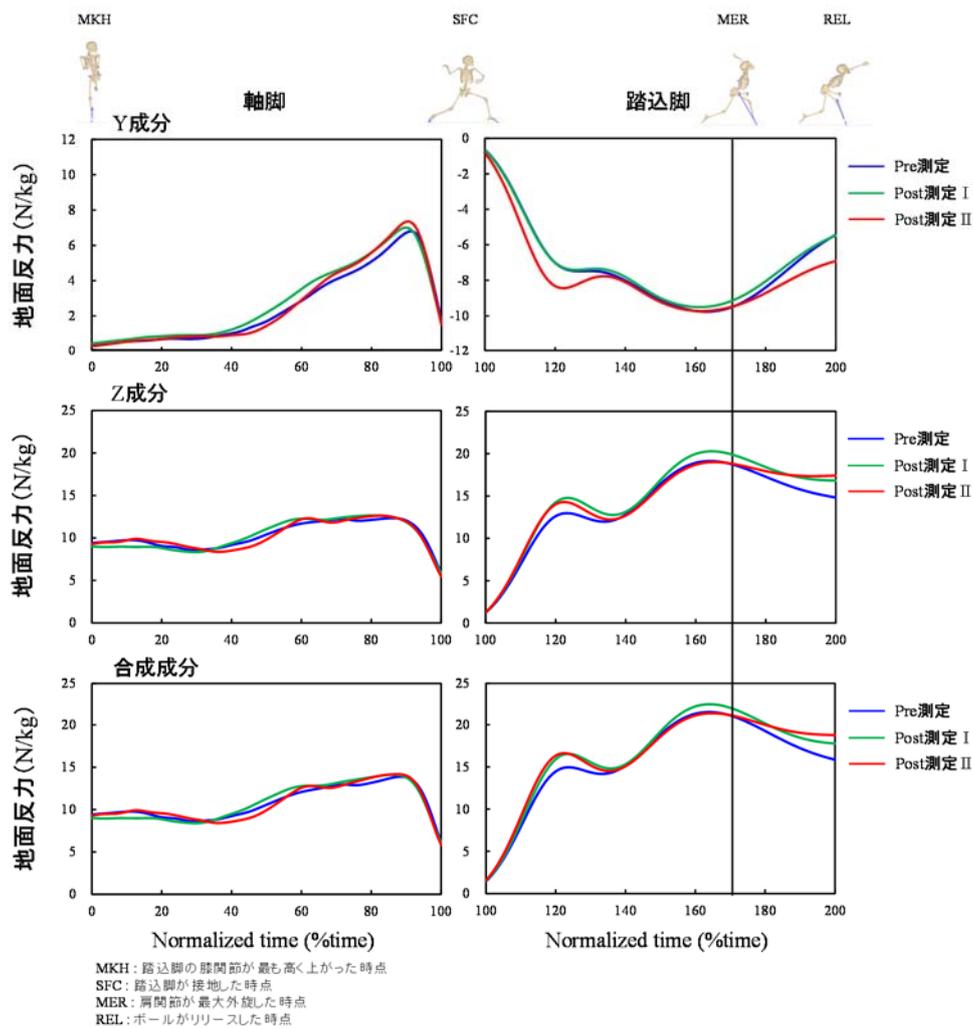


図 6. トレーニング前後における地面反力の変化 (各測定 5 球の平均)

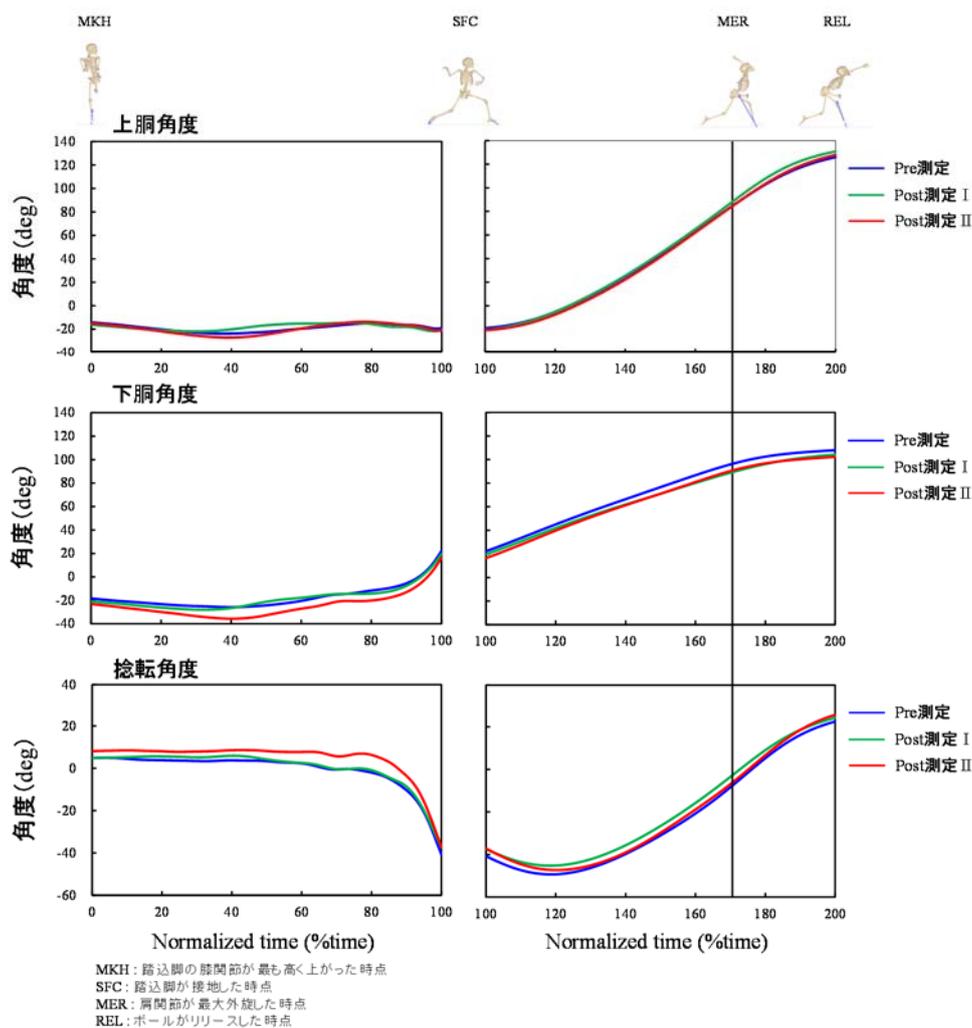


図 7. トレーニング前後における体幹角度の変化 (各測定 5 球の平均)

表 3. トレーニング前後における地面反力および体幹動作の変化

	Pre測定 I	Post測定 I	Post測定 II
<b>地面反力</b>			
<b>軸脚</b>			
Y成分の最大値(N/kg)	6.9 ± 0.7	7.0 ± 0.4	7.4 ± 0.6
Z成分の最大値(N/kg)	12.7 ± 0.2	12.8 ± 0.3	12.9 ± 0.4
合成成分の最大値(N/kg)	14.0 ± 0.6	14.2 ± 0.4	14.4 ± 0.2
<b>踏込脚</b>			
Y成分の最大値(N/kg)	-9.8 ± 0.3	-9.5 ± 0.3	-9.7 ± 0.9
Z成分の最大値(N/kg)	19.2 ± 0.6	20.3 ± 1.6	19.3 ± 1.3
合成成分の最大値(N/kg)	21.5 ± 0.6	22.5 ± 1.3	21.5 ± 1.7
<b>踏込脚接地時における体幹の角度</b>			
上胴角度(deg)	-18.9 ± 3.0	-20.6 ± 3.2	-20.7 ± 1.6
下胴角度(deg)	22.3 ± 3.8	20.6 ± 3.6	16.4 ± 5.0
捻転角度(deg)	-40.7 ± 3.1	-37.4 ± 3.3	-37.1 ± 5.2
<b>体幹の最大角速度</b>			
上胴最大角速度(deg/s)	1136.2 ± 60.9	1227.0 ± 30.9	1137.9 ± 43.4
下胴最大角速度(deg/s)	674.5 ± 30.5	628.8 ± 18.2	645.3 ± 27.0
捻転最大角速度(deg/s)	749.2 ± 100.1	769.1 ± 101.6	740.5 ± 56.5

#### IV. 考察

##### 1. トレーニングプログラムにおける投球速度および投球動作の即時的な効果

本事例の被検者 A 選手は、投手を専門とする野球選手であり、Pre 測定における投球速度は最大速度が 88.0 km/h、平均速度が  $86.0 \pm 1.8$  km/h であった (表 2)。また Post 測定 II の投球速度は、Pre 測定および Post 測定 I よりも即時的に増大した (表 2)。勝亦ほか (2008) によると、10 から 11 歳までの野球選手の投球速度は、 $77.4 \pm 10.8$  km/h であり、A 選手は同年齢の選手よりも高いパフォーマンスを有する選手であったと考えられる。このような選手に対し、投球速度を即時的に増大させたことは、同年齢の選手よりも投球速度が高い小学野球選手にとっても、有効なトレーニングであると考えられる。以下では、投球速度を増大させた投球動作の要因について議論する。

Post 測定 II における両脚に作用する地面反力は、軸脚では進行方向の成分の最大値が、踏込脚では MER 後から REL までの進行方向とは逆向きの成分が増大した (図 6, 表 3)。野球の投球動作において、下肢の動きは投球速度を高めるために重要な役割を持ち (Myers and Gola, 2000; 荒木, 2003; 与田, 2005; 高橋, 2006, Kageyama et al., 2014), 軸脚は体幹などを捕手方向に移動する、いわゆる「体重移動」を生み出すために、そして踏込脚はそれを支えるために重要である (高橋, 2006) と述べられている。また投球動作は、下肢によって生み出された力、エネルギー、速度などがタイミングよく順次に加算・伝達されて末端へ伝わり、体幹を通して末端のエネルギーや速度を大きくできるという運動連鎖の原則が成り立つ (Kreighbaum and Barthels, 1985; 阿江・藤井, 2002)。例えば、投球動作中の下肢に作用する地面反力を計測した研究 (MacWilliams et al., 1998; Kageyama et al., 2014) では、投球動作中に作用する軸脚および踏込脚の地面反力は、進行方向と鉛直方向の成分の大きさが投球速度に影響するとされている。そして、投球速度の高速者と低速者の投球動作中の地面反力を比較した研究 (Kageyama et al., 2014) によると、MER 時から REL 時に踏込脚に作用する地面反力は、高速者が低速者と比較して大きい値を示したと報告されている。これらの先行知見より、下肢に作用する地面反力の大きさは、体幹を通して末端のエネルギーや速度を大きくするための重要な要因であると考えられる。よって、軸脚による進行方向への地面反力の増大とともに、踏込脚による MER 後から REL までの地面反力の増大は、末端部のエネルギーや速度の増大につながるため、投球速度の増大に影響をもたらすと示唆される。

Post 測定 II における A 選手は、踏込脚接地時までには骨盤の回旋が開かなくなり (図 5, 7, 8, 表 3), 第二局面の後半から捻転の正の角度が大きくなった。体幹は、身体セグメントの中で質量が大きく (阿江, 1996), 身体のなかで筋量の占める比率が高い (Abe et al., 2003) ため、身体運動発現のためのエネルギーの発生源であるとともに、下肢のエネルギーを上肢に伝達する重要な役割をもつ (阿江・藤井, 2002) とされている。そして体幹の動作に着目した研究では、加速局面における体幹の回旋動作 (Toyoshima et al., 1974; Fleisig et al., 1999; Escamilla et al., 2001; Matsuo et al., 2001; Stodden et al., 2001) や捻転動作 (宮西・櫻井, 2009; 蔭山ほか, 2014) が投球速度を高めるために重要であると指摘されている。Toyoshima et al. (1974) によると、通常のステップを用いた投動作では、投球速度の約 50 % は、ステップと身体の回転が貢献していると指摘されている。このような先行知見から、投球速度を高めるには、踏込脚接地時からボールリリースにかけて、身体の回転が大きいことが重要であると考えられる。よって、踏込脚接地時までには骨盤の回旋が抑制されたことは、加速局面において

体幹の回旋動作の範囲が大きくなるとともに、体幹の捻転動作が大きくなったことが投球速度の増大に影響したと考えられる。また本事例では、A選手が傾斜台を用いた場合の投球動作は撮影を行っていないが、トレーニング中における体幹の動作は、踏込脚が接地するまでに軸側へ傾き、腰の回旋動作開始を遅らせるような特徴であった。このことは、傾斜台を用いて投球動作を行ったことにより、踏込脚接地時までに骨盤の回旋が抑制されたと推察される。したがって、投球速度の増大は、踏込脚が接地するまでに骨盤の回旋が抑制されたことによる体幹の回旋動作および捻転動作の改善とともに、下肢によって生み出されたエネルギーの増大が影響したと考えられる。

以上のことから、小学野球投手が傾斜台を用いて投球トレーニングを行うことは、踏込脚接地直前までの腰の開きを抑えるために有効な方法であるとともに、下肢に作用する地面反力の獲得をもたらすことが示唆される。

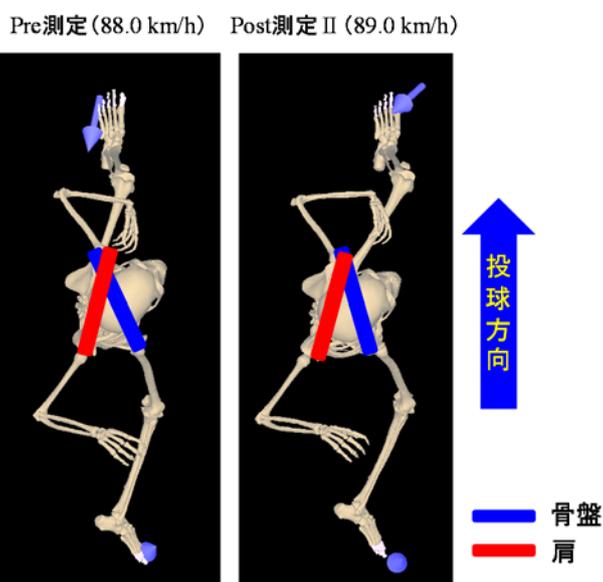


図 8. トレーニング前後における踏込脚接地時の投球動作(上面)

## 2. トレーニング現場への示唆

小学野球投手に傾斜台を用いて投球トレーニングを行うことは、体幹の回旋を改善する有効な方法であると示唆された。一般的に、スポーツ指導の現場では、言葉による指導は簡易に行えるものである。言語による運動技術の説明は、一般に言語教示と言われ、指導者の経験的に、運動技術を客観的に説明する言語教示と、動きのイメージを引き出す主観的な言葉が使われてきた(杉原, 1979)。また言語教示は多くの指導者によって頻繁に使われるが、その有効性については研究が非常に少なく明確ではない(杉原, 2006)。スキーシミュレーターを使用した大学生にスラロームの練習を行わせ、言語教示の効果を調べた研究(Wulf and Weigelt, 1997)によると、言語教示は運動学習を促進するよりはむしろ阻害することが報告されている。本事例のように、“踏込脚接地直前まで腰の開きを抑えるように”と言語教示をした場合、投球動作に変化がなかったことは、技術指導を行う上で難しい問題点であり、技術指導の時間をかける必要があると考えられる。さらに、投動作の発達に着目した研究では、発育期の男子における投動作の改善を目的とした練習効果は、12歳以下において大きく、特に7, 8歳に

において顕著であること（奥野ほか, 1989）が報告されている。このように、踏込脚接地時に腰が回旋している（開いている）ような投球動作は、小学生期に改善することが望ましいと言える。つまり、本事例のように、傾斜台を用いることで、骨盤の回旋動作を遅らせることを即時的に改善できたことは、言語教示による技術指導よりも練習の効果が大きいと考えられる。

そして、13～15歳の発育期の男子では年齢の経過に伴い四肢の筋断面積および筋力が著しく増加する（Kanehisa et al., 1995）。勝亦ほか（2008）によると、12～14歳の発育期における投球速度の発達は、野球競技経験の有無に関わらず、身長が増加および第二次性徴に伴う筋サイズの増加が影響しているとされている。このことから、身体の変化による投球速度の増大は、中学生期が顕著であることから、投球障害の予防とフォーム作りを考えると、小学生期のうちに未熟な投球動作を改善する必要があると考えられる。つまり、小学生期の男子を受け持つ指導者は、今回のようなトレーニングを実践しながら、未熟な投球動作の改善を計ることが重要であると言える。

## 文献

- ・ Abe, T., Kearns, C.T., Fukunaga, T. (2003) : Sex differences in whole body skeletal muscle mass measured by magnetic resonance imaging and its distribution in young Japanese adults. *Br J. Sports Med.* 7 (5): 436-440.
- ・ 阿江通良 (1996) 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数. *J. J. Sports. Science* 15: 155-162.
- ・ 阿江通良, 藤井範久 (2002) スポーツバイオメカニクス20講. 朝倉書店, 東京, pp. 13-14.
- ・ 荒木大輔 (2003) トッププロに学ぶ野球上達テクニックピッチング, 成美堂出版社, 東京.
- ・ Escamilla, R., Fleisig, G., Zheng, N., Barrentine, S., and Andrews, J. (2001) Kinematic comparisons of 1996 Olympic baseball pitchers. *J. Sports Sci.*, 19 (9): 665-676.
- ・ Fleisig, G.S., Barrentine, S.W., Zheng, N., Escamilla, R.F., and Andrews, J.R. (1999) Kinematic and kinetic comparison of baseball pitching among various levels of development. *J. Biomech.* 32 (12): 1371-1375.
- ・ 稲尾和久, 吉村正 (2001) 勝つための投球術 生まれ変わるピッチング, 新生出版社, 東京.
- ・ 伊藤博一 (2007) 野球 真下投げの有効性. *臨床スポーツ医学.* 24 (5): 529-535.
- ・ 蔭山雅洋, 岩本峰明, 杉山敬, 水谷未来, 金久博昭, 前田明 (2014) 大学野球投手における体幹の伸張-短縮サイクル運動および動作が投球速度に与える影響, *体育学研究*, 59(1): 189-201.
- ・ Kageyama, M., Sugiyama, T., Takai, Y., Kanehisa, H., Maeda, A. (2014) Kinematic and kinetic profiles of the lower limbs during baseball pitching in collegiate baseball pitchers. *J. Sports Sci. Med.*, 13, 742-750.
- ・ Kanehisa, H., Murata, S., Tsunoda, N., Fukunaga, T. (1995) Strength and cross-sectional areas of reciprocal muscle groups in the upper arm and thigh during adolescence, *Int. J. Sports Med.*, 16 (1): 54-60.
- ・ 勝亦陽一, 金久博昭, 川上康雄, 福永哲夫 (2008) 野球選手における投球スピードと年齢との関係. *スポーツ科学研究*, 5: 224-234.

- ・ 功力功雄 (1991) アマチュア野球教本 I, ベースボールマガジン社, 東京, pp27.
- ・ Kreighbaum, E., Barthels, K.M. (1985) Biomechanics : A qualitative approach for studying human movement 2nd ed. Burgess Pub. Co., Minneapolis, MN, pp. 585-616.
- ・ MacWilliams, B.A., Choi, T., Perezous, M.K., Chao, E.Y., and McFarland, E.G. (1998) Characteristic ground-reaction force in baseball pitching. Am. J. Sports Med., 26: 66-70.
- ・ Matsuo, T., Escamilla R.F., Fleisig, G.S., Barrentine S.W., and Andrews, J.R (2001) Comparison of kinematic and temporal parameters between different pitch velocity groups. J. Appl. Biomech., 17: 1-13.
- ・ 宮西智久, 向井正剛, 川口鉄二, 関岡康雄 (2000) スピードガンと画像計測によるボールスピードの比較, 仙台大学紀要, 31: 72-77.
- ・ 宮西智久, 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: 149-169.
- ・ Myers, D., Gola, M. (2000) The Louisville Slugger complete book of pitching. McGraw-Hill, New York.
- ・ 信原克哉 (2001) 肩 その機能と臨床 第3版, 医学書院, 東京, pp. 372-424.
- ・ 越智隆弘 (1996) 野球人のための障害予防, メディカルレビュー社, 東京, pp.15-25.
- ・ 奥野暢通, 後藤幸弘, 辻野昭 (1989) 投運動学習の適時期に関する研究-小, 中学生のオーバーハンドスローの練習効果から-, スポーツ教育学研究, 9 (1): 23-35.
- ・ Stodden, D., Fleisig, G., McLean, S., Lyman, S., and Andrews, J. (2001) Relationship of Pelvis and Upper Torso Kinematics to Pitched Baseball Velocity. J. Appl. Biomech., 17: 164-172.
- ・ 杉原隆 (1979) 言語による運動指導の科学 体育科教育, 27 (12), 46-49.
- ・ 杉原隆 (2006) 運動指導の心理学, 大修館, 東京. pp. 76-87.
- ・ 高橋佳三 (2006) 投動作を助ける脚のはたらき, 体育の科学, 56 (3): 174-180.
- ・ 高橋佳三, 阿江通良, 藤井範久, 川村卓, 小池関也, 島田一志 (2005) 球速の異なる野球投手の動作のキネマティクスの比較. バイオメカニクス研究, 9, 36-53.
- ・ Toyoshima, S., Hoshikawa, T., Miyashita, M., Oguri, T. (1974) Contribution of the body parts to throwing performance. Biomechanics VI. University Park press, Baltimore, 169-174.
- ・ Wulf, G., Weigelt, C. (1997) Instructions about physical principles in learning a complex motor skill: to tell or not to tell. Research Quarterly for Exercise and Sport. 68, 362-367.
- ・ 与田剛 (2005) トッププロに学ぶ野球上達テクニックピッチング, 成美堂出版社, 東京.