

## 野球のピッチング動作における踏み出し脚の運動が ボール初速度に与える影響

神事努\* 望月知徳\* 湯浅景元\*\*

How the Stepping Leg's Motion is Related to the Initial Velocity,  
While Practice pitching

Tsutomu JINJI, Tomonori MOCHIZUKI and Kagemoto YUASA

### Abstract

This study deals with how stepping leg and waist motion are related to initial velocity, while practicing baseball pitching.

Six pitchers belonging to the university baseball team did the actual pitching for this study and were filmed using the direct linear transformation method of three-dimensional (3D) videography.

Several factors determine the initial velocity. Toyoshima<sup>4)</sup> mentions that the sharp rotation of the waist is one of the big factors.

Moreover, the importance of the lower limbs is frequently mentioned on the actual coaching scene. The results of this study are mentioned below.

1. The waist changes its motion from advance to rotating 0.1 sec before the foot lands on the ground, and the right trochanter major speeds up by slowing down the left trochanter major while the waist rotates sharply.
2. It is possible to speed up the waist angular velocity by fixing the joints of the knee and the legs when the foot is landing.

### I. はじめに

投げるとは、「手に持っている物体に、持っている手によって速度を与えて空中に放す動作」と定義されている<sup>1)</sup>。物体に直接速度を与えるのは手である。しかし、肘関節の伸展のみによる投球では、全身を使った投げと比べてボールの初速が42.6%しか出ないという報告<sup>2)</sup>があり、投げは手だけでは行われていないことがわかる。

野球の投球動作では、windアップによって位置エネルギーを蓄え、脚を踏み出すことによってそれを運動エネルギーに変換させる。そして、着地で並進運動を回転運動に変え、体幹、上腕、前腕、手に順次エネルギーを伝えることでボールを加速させる。身体全体を使って物体に速度を与えているのである。

本研究では、野球の投球動作における、並進運動が回転運動に変わるときの身体の動きに注目し、速い球を投げるための踏み出し脚と腰の

\*大学院生, \*\*教授

関係について明らかにすることを目的とした。

## Ⅱ. 研究方法

### A. 実験 三次元での投球動作撮影

被験者は、大学の硬式野球部に所属する男子6名(身長 $1.77 \pm 0.04$ m、体重 $70.2 \pm 4.1$ kg、競技歴 $10.7 \pm 1$ 年)であった(表1)。守備位置はすべて投手であった。これらの投手のうち2名は左投手(被験者4,5)であり、他の4名は右投手であった。また、1名はサイドハンド(被験者6)、その他の5名はオーバーハンドと呼ばれる投手であった。被験者には、十分なw-up後、硬式野球ボール(重量0.144kg)を平らな地上面から捕球体勢の捕手に向かって、全力で投げるように指示し5回投げさせた。投球距離は18.44mであった。

表1 各被験者のボール初速度と身体特性

| 被験者 | ボールの初速度             | 身長    | 体重   | 競技歴 |
|-----|---------------------|-------|------|-----|
| 1   | A 36.6m/s B 37.3m/s | 1.78m | 71kg | 12年 |
| 2   | A 35.6m/s B 34.9m/s | 1.71m | 63kg | 11年 |
| 3   | A 34.1m/s B 33.8m/s | 1.78m | 73kg | 11年 |
| 4*  | A 34.0m/s B 34.1m/s | 1.81m | 75kg | 10年 |
| 5*  | A 35.0m/s B 34.9m/s | 1.74m | 70kg | 9年  |
| 6*  | A 34.5m/s B 34.4m/s | 1.81m | 69kg | 11年 |

\*4と5は左投手、6はサイドハンド投法

身体各部位の計測点は、踏み出し脚の膝関節角度、足関節角度算出(図1)のため、また腰と肩の速度算出のため、膝・足関節、爪先、踵、左右の大転子点、肩峰点であった。それぞれの計測点には黒色の粘着テープを貼付した。

投球動作の撮影は、2台のデジタルビデオカメラ(DCR-VX2000SONY社製)を用いて毎秒60フィールド、露出時間1/100秒で行った。2台のビデオカメラは投球方向に対して右斜め前方17mおよび左斜め前方17mに地点に設置した後(図2)、各カメラの画角を撮影範囲(幅2m×奥行き3m×高さ2m)が十分入るように調整した。試技の撮影後に較正器(高さ2m

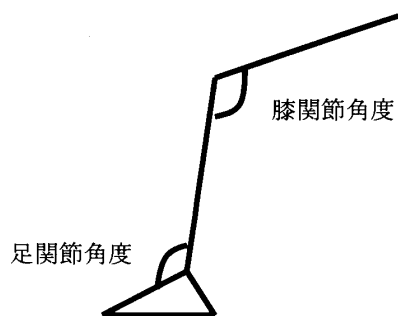


図1 踏み出し脚の各関節角度の定義

で4個の較正点を取り付けたポール)を撮影範囲内の12ヶ所の地点に鉛直に立てて撮影した。

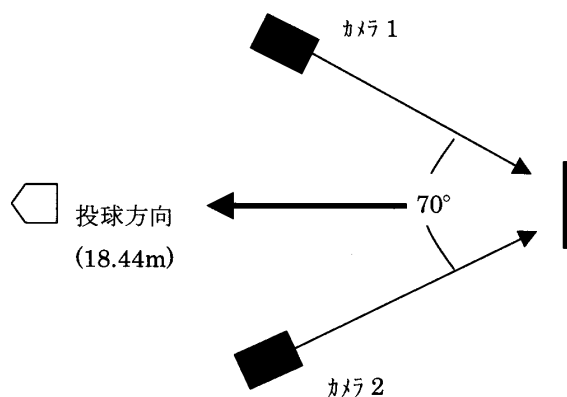


図2 実験場面の模式図

### B. データ処理

2台のデジタルビデオカメラから得た投球動作と較正器の2次元画像をVHSビデオテープに録画し(AG-7400 Panasonic社製)、その画像をVTR(AG-5710 Panasonic社製)からPC(DELLE Dimension 4100)のディスプレイモニター上で再生、停止し、ソフトウェアFrame-DIAS(ディケイエイチ社製)を使用して身体各部位の計測点と較正点の座標を読み取った。計測点のデジタル区間は踏み出し脚が最も高い地点からリリース後5コマとした。また、各被験者5回の投球のうち、リリース直後のボール速度の大きい2回の投球の膝関節角度と足関節角度、左右の大転子点と肩峰点の速度を算出した。

計測点の3次元座標の算出はDLT法を用いた。較正点の実測3次元座標と推定値との平均誤差は、X軸方向(投球方向に対して左右方向)

が17mm、Y軸方向（投球方向）が11mm、Z方向が10mmであった。

### Ⅲ. 結果

図3-1から図8-1は足着地の0.3秒前から0.2秒後の、左右の大転子と肩峰の速度である。いずれもの図もX方向とY方向の合成速度（被験者を上から見たときの速度）である。また、図3-2から図8-2は足着地からリリースまでの踏み出し脚の膝関節と足関節の角度である。

すべての被験者において、足着地約0.1前から腰の回転（右大転子の速度増加）が見られた。そして、被験者1、2、3はその右大転子の速度が大きくなる地点と左大転子の速度が小さくなる地点がほぼ一致していた。被験者4、5、6は、右大転子（左投手は左大転子）のほうが早いタイミングで速度の増大がみられ、その後左大転子の減速が行われていた。被験者1、2、3とは異なり、そのタイミングは一致して

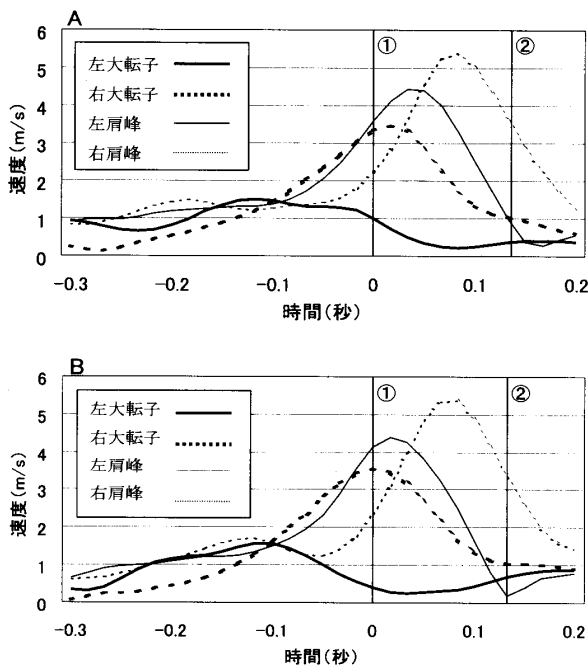


図3-1 被験者1の左右の大転子点と肩峰点のX方向とY方向の合成速度  
①—足着地時 ②—リリース時

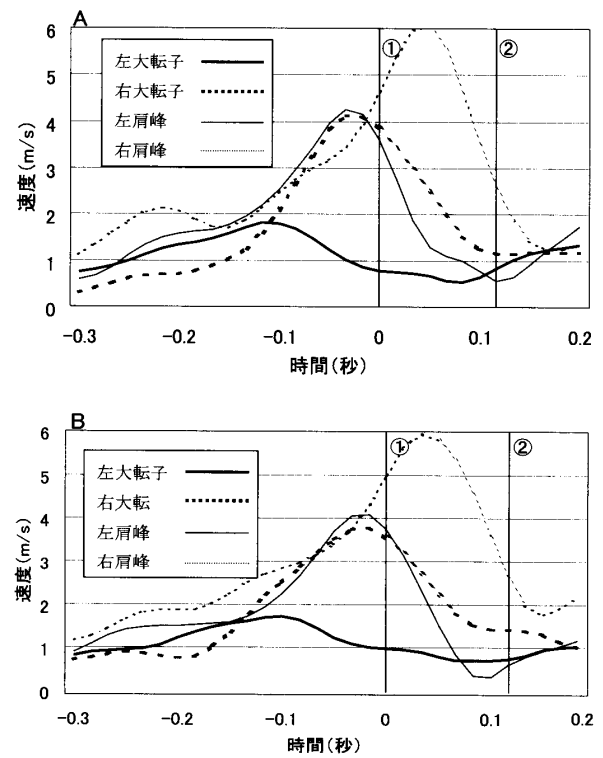


図4-1 被験者2の左右の大転子点と肩峰点のX方向とY方向の合成速度  
①—足着地時 ②—リリース時

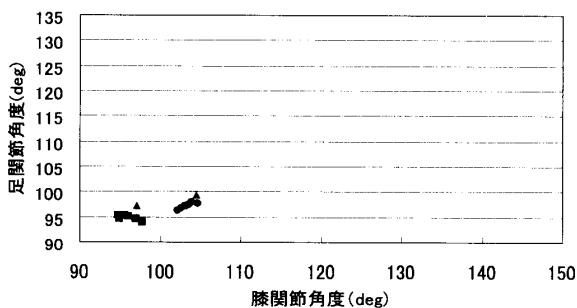


図3-2 被験者1の足着地からリリースまでの踏み出し脚の膝関節と足関節の角度  
●—A、■—B、▲—足着地時

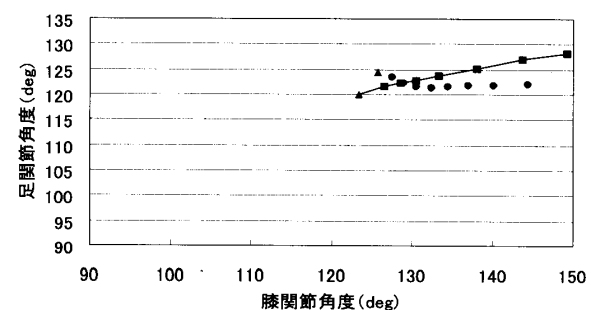


図4-2 被験者2の足着地からリリースまでの踏み出し脚の膝関節と足関節の角度  
●—A、■—B、▲—足着地時

いなかった。

次に、膝関節と足関節の角度を被験者1、2、3で比較してみた。被験者1は2回の投球共に、膝・足関節は約100°前後で固定されている。被験者2の足着地時とリリース時の差を見ると、Aの膝関節は14.45°伸展し、足関節は2.4°背屈している。Bでは膝関節が25.87°の伸展し、足関節は9.3°底屈している。同様に、被験者3の足着地時とリリース時の差を見てみると、Aの膝関節は、3.5°屈曲し、足関節は10.8°背

屈している。Bでは膝関節が9.4°屈曲し、足関節は9.2°背屈している。この3名のうち、被験者3だけが着地後の膝関節の屈曲と足関節の背屈が著しい。つまり、踏み出し脚が投球方向に対して流れていたといえる。被験者1、2はそれが見られなかった。

被験者4、5、6についても膝・足関節の足着地時とリリース時の角度差を比較してみた。すると、膝関節はどれも18°前後で屈曲していた。しかし、被験者4の足関節は被験者5、6

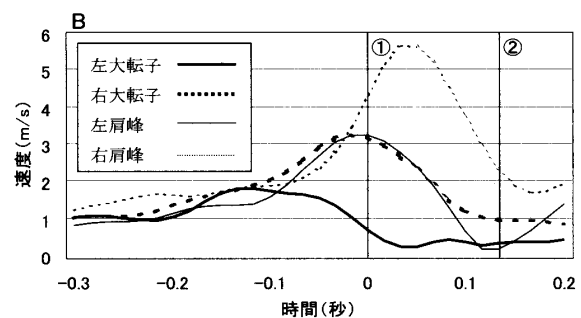
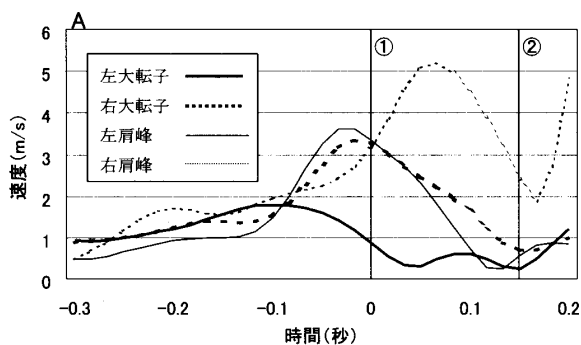


図5-1 被験者3の左右の大転子点と肩峰点のX方向とY方向の合成速度  
(①-足着地時 ②-リリース時)

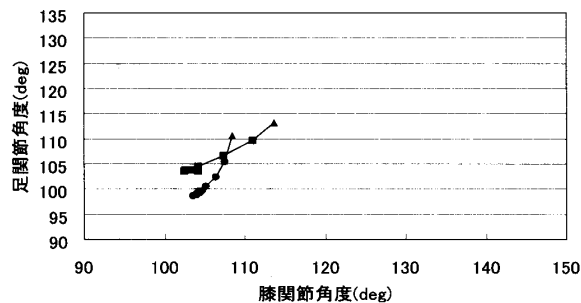


図5-2 被験者3の足着地からリリースまでの踏み出し脚の膝関節と足関節の角度  
(●-A、■-B、▲-足着地時)

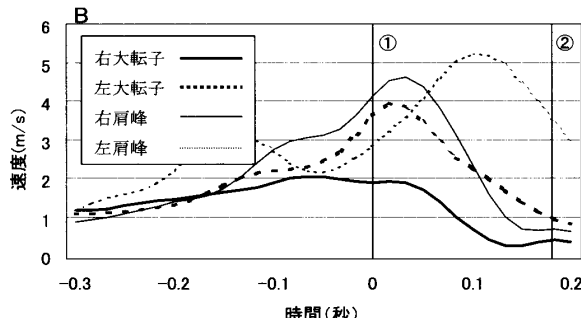
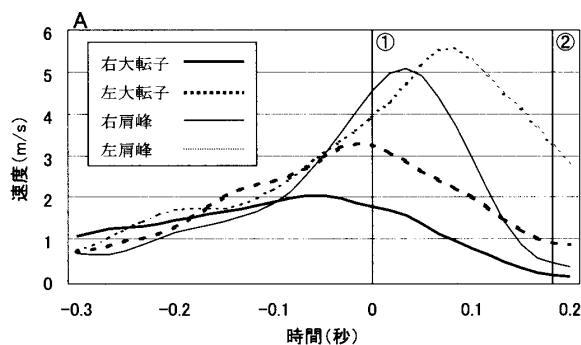


図6-1 被験者4(左投手)の左右の大転子点と肩峰点のX方向とY方向の合成速度  
(①-足着地時 ②-リリース時)

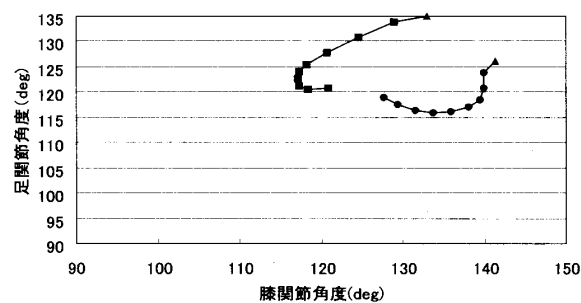


図6-2 被験者4(左投手)の足着地からリリースまでの踏み出し脚の膝関節と足関節の角度  
(●-A、■-B、▲-足着地時)

と比べて背屈が大きかった。つまり、被験者4、5、6は膝の屈曲によって身体の沈み込みが起きていたと考えられ、しかも被験者4は沈み込みと、踏み出し脚の投球方向に対する流れの両方が生じていたといえる。

#### IV. 考察

本研究においてボール初速度の速かった被験者1（初速 A36.6m/s B37.3m/s）と被験者2

(A35.6m/s B34.9m/s)は足着地の約0.1秒前に左大転子の速度の減少と右大転子の増加がほぼ同時にみられた。吉福<sup>3)</sup>は並進運動を回転運動に変える原理を図10のような簡単なモデルで説明している。Aを右大転子、Bを左大転子とすると、Bの速度が小さいほど、Aの速度は大きくなる。被験者1、2は右大転子の速度を上げるために、左大転子の減速が起きていたと推測される。すなわち、並進運動から回転運動へと効率の良く変換がなされ、ボールの初速度にも

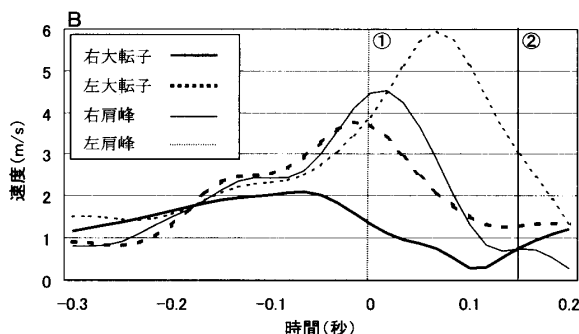
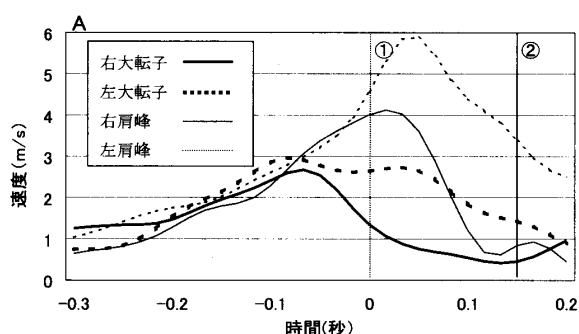


図7-1 被験者5(左投手)の左右の大転子点と肩峰点のX方向とY方向の合成速度  
(①—足着地時 ②—リリース時)

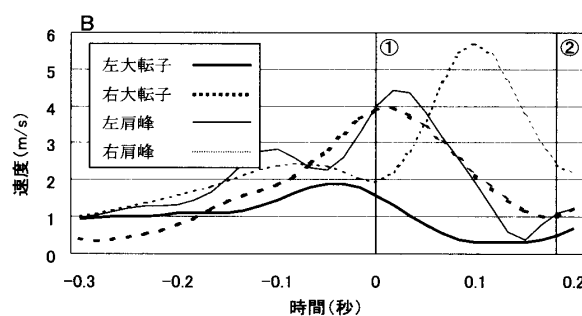
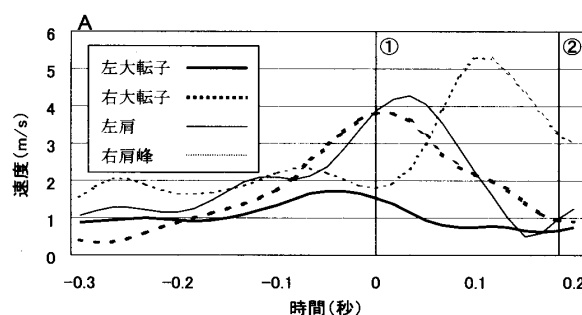


図8-1 被験者6の左右の大転子点と肩峰点のX方向とY方向の合成速度  
(①—足着地時 ②—リリース時)

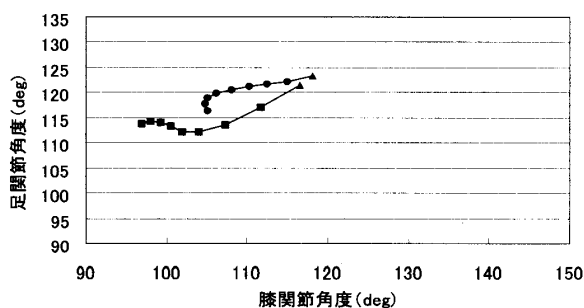


図7-2 被験者5(左投手)の足着地からリリースまでの踏み出し脚の膝関節と足関節の角度  
(●—A、■—B、▲—足着地時)

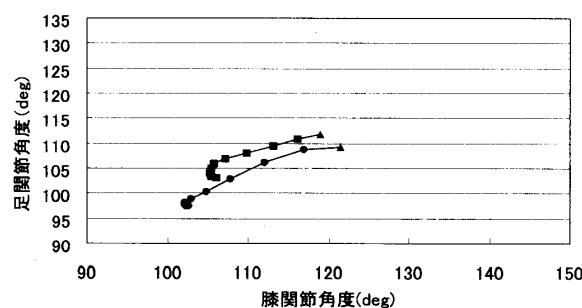


図8-2 被験者6の足着地からリリースまでの踏み出し脚の膝関節と足関節の角度  
(●—A、■—B、▲—足着地時)

影響が出たと考えられる。

被験者3 (A34.1m/s B33.8m/s) も足着地前の腰の運動は被験者1,2と似ているが、ボール初速度は遅い傾向にある。それは、着地後の踏み出し脚の投球方向に対する流れが影響していたと考えられる。踏み出し脚の運動は、左大転子に直接的に結びつく。踏み出し脚が流れることによって、左大転子も流れてしまうということである。図10で説明すると、P(B)を軸とした回転運動の途中でP(B)が動いてしまい、腰の並進運動が起きてしまう。よって、Aの速度は大きくなる。被験者1は足着地後の踏み出し脚、つまり左大転子の固定によって、効率よく回転運動を行っていると考えられる。被験者2においても、投球方向に対する左大転子の流れはなく、むしろ投球方向とは逆向きに運動をしている。ただし、図2-1を見ると、右大転子点の速度が足着地前にピークになっていることから、足着地時には腰の回転運動が終わりに近づいていたと考えられ、左大転子の速度を小さくする役割はあまり大きくないという解釈もできる。

被験者4 (A34.0m/s B34.1m/s)、5 (A35.0m/s B34.9m/s)、6 (A34.5m/s

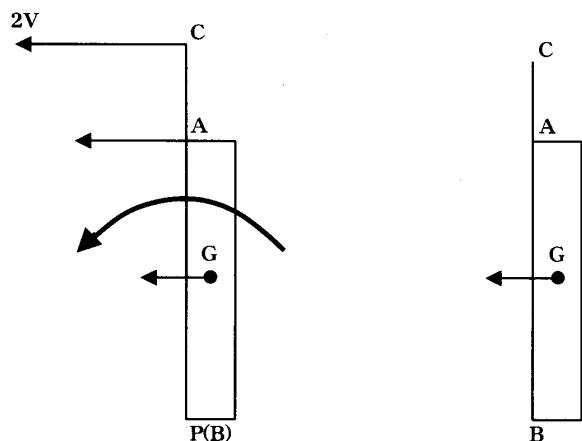


図9 ステップ動作により前進の並進運動を回転運動に変える (吉福 1982)

右図から左図に変わる。吉福はAを肩、Bを足の先、Cを手、GをCG、Pを着地点 (側方からの視点) としているが、本研究では、Aを右大転子、Bを左大転子 (上方からの視点) とした。

B34.4m/s) は膝関節角度の屈曲が大きく、固定されていない。しかも、被験者4は足関節の背屈も大きく、投球方向に対して流れも発生している。よって、特に被験者4は腰の回転の速度が上がらず、ボール初速度にも影響すると考えられる。

## V. 結論

本研究では、踏み出し脚と腰の動きの関係について、またそれによってボール初速度にどう影響するのかについて実験、分析を行った。投運動は大変複雑であるため、ボール初速度を決定する要因は数多く挙げられる。豊島<sup>4)</sup>は、腰の鋭い回転運動がボール初速度の決定に大きく関わっていることを述べている。また、実際の指導の現場においても下肢の重要性は盛んに言われていることであり、ボール初速度への影響が大きいと考えられる。今回の研究結果を以下にまとめた。

<TS3> ①足着地の約0.1秒前から腰は並進運動から回転運動へ変わりはじめ、左大転子の速度を小さくすることで右大転子の速度を上げ、腰の鋭い回転を行っている。

②足着地時に踏み出し脚の膝・足関節を固定することによって、左大転子も固定され、回転運動が発生している腰により大きな回転速度を与えることができる。

## 引用文献

- 1) FOMAT' 88:「投」研究の視点—FOMAT88による運動学事始[9]角田レポートをめぐって, 新体育48: 968-972, 1978.
- 2) Toyoshima, S., T. Hoshikwa, M. Miyashita and Oguri: Contribution of the body parts to throwing Performance. In R. C. Nelson and C. A. Morehouse (Eds.), Biomechanics IV, University Park Press, Baltimore, pp169-174, 1974.
- 3) 吉福康郎: 投げる—物体にパワーを注入する, Jpn. J. Sports Sci. 1: 85-90, 1982.

- 4) 豊島進太郎：ボール投げと体幹の捻り，  
育の科学30：478-482, 1980.