

バスケットボールのフリースローにおける ボール運動および関節運動の再現性

塩見哲大* 湯浅景元**

Reproducibility of the Kinematical Variables Obtained from Ball and Human Joint Motions in
Basketball Free Throws

Tetsuhiro SHIOMI and Kagemoto YUASA

Abstract

Humans generally experience much difficulty in making the same motions repeatedly. When a person can repeat a series of motions in the right way, we think he or she is well able to reproduce such motions.

The purpose of this study was to investigate the possibly significant correlations between the reproducibility of movements in basketball and the results of free throw shooting performance, and between the reproducibility of the physical joint motions and the results of the shooting performance. The subjects in this study were ten male college basketball players. The movement of the balls and angles of the elbow, knee and shoulder joints were measured. From these data, the coefficient of variations were calculated. The results of this study were as follows :

- (1) In the motion of the ball after its release, the coefficient of variation was lowest for the height of the central part of the ball. The resultant velocity and angle of projection steadily decreased.
- (2) In the latter half of the motions in free throws, the coefficient of variation in elbow joint angles inclined lower.
- (3) In terms of the free throw success rate, the coefficient of variation in knee angular velocity in both groups revealed a characteristic difference.

I. 緒 言

人間は、全く同じ動作を繰り返し行うことが非常に困難であるといわれている。スポーツをはじめ、家庭生活、労働、芸術活動など日常的に行われているあらゆる身体動作の中には、そ

の動作を見ている人が「うまい」、「じょうずだ」、「たくみだ」などと表現する場面がある。大築¹⁾は、その「うまさ」、「じょうずさ」、「たくみさ」を評価する動作の条件の中に“再現性がよい”ことが上げられるとしている。

バスケットボールのシュートのボール運動

*研究生, **教授

表1 被験者のデータと実験時のフリースロー確率

被験者	年齢 (才)	身長 (m)	体重 (kg)	競技歴 (年)	成功率 (%)
1	20	1.72	65	7	70
2	20	1.78	69	8	50
3	22	1.77	78	13	55
4	22	1.82	76	10	80
5	21	1.79	77	8	50
6	20	1.73	62	8	70
7	20	1.69	64	7	40
8	18	1.72	67	3	65
9	19	1.82	72	7	45
10	19	1.71	72	6	50
平均	20.1	1.76	70.2	7.7	57.5
標準偏差 (%)	1.3	0.05	5.7	2.6	13.0

を、空気抵抗を無視した投射体の運動と考えると、ボールの標的への的中は、標的の高さや標的までの距離がわかれば、投げる人間の動作に関する投射速度、投射角度、投射位置の初期条件で決定される。初期条件が揃えば的中するという事は、その条件を与えている人間が、投射直前までに神経系や筋系で様々な調整を行っていると考えられる。

そこで本研究では、バスケットボールの様々なスキルの中でも、ゴールまでの距離や方向、シュートを行う条件が一定で行われるフリースローでの実験を行ない、ボール運動と身体動作を分析した。

ボール運動や身体運動にはどのような特徴が現れるか、再現性という観点から考察しようと試みた。

著者は先に、バスケットボールのフリースローにおけるボール運動と身体動作の再現性について²⁾ 考察しており、今回は分析箇所を増やし、考察しようと試みた。

II. 方法

1) 実験

被験者は、C 大学体育会バスケットボール部に所属する男子10名（年齢 20.1 ± 1.3 才、身長 1.76 ± 0.05 m、体重 70.2 ± 5.7 kg、競技歴 7.7 ± 2.6 年）であった（表1）。全被験者が大学入学以前から、数年以上バスケットボール部に所属しており、現在も継続して練習しているもので

あった。全被験者が右利きであり、利き腕で常にワンハンドシュートを打っているものであった。被験者には十分なウォーミングアップをさせ、分析のためのマーカーを計測点につけてもらい、その状態で任意の回数でフリースローを練習させて、実験状態に慣れてもらった。その後、フリースローを入れるように指示し、20本連続で打たせてフリースロー成功率を記録した。その試技をゴールに向かって右方向からハイスピードシャッターカメラで撮影した。試技間隔は被験者の任意によって決めさせた。試技のうち、ボールがリングに当たらずに通過したもの、リングの内側に当たってはいるが上方に跳ね返らずに通過したものを成功試技とし、リングの上縁に当たり上方に跳ね返ってから再び落ちてきて通過したものや、バックボードに当たってから通過したものを、まったくリングの内

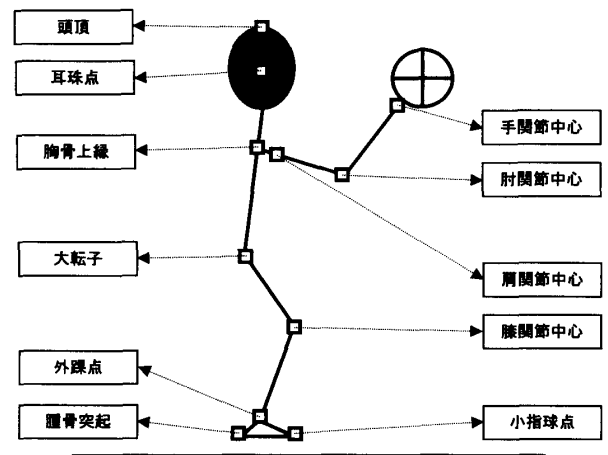


図1 本研究での各測定点の定義

側を通過しなかったものを不成功試技とした。

身体各部位の計測点は、利き手側（全被験者右側）の小指球点、腫骨突起、外踝点、膝関節中心、大転子、胸骨上縁、肩関節中心、肘関節中心、手関節中心、耳珠点、頭頂（図1）であった。各計測点に反射テープを巻いた直径2cmの発泡スチロール球をマーカーとして貼り付けた。

2) 撮影

フリースロー動作の撮影は1台のハイスピードシャッターカメラ（COLOR VIDEO CAMERA DXC-325SONY社製）を用いて毎秒60コマ、シャッタースピード1/500秒で行った。カメラはフリースローラインの中心点と、ゴールの中心から真下に下ろした点とを引いた線に対して垂直方向に、被験者がゴールに向かって右側9.50m、高さ1.50mに設置した（図2）。試技の撮影後に較正器（1m四方で8個の較正点を付けたボール）を撮影範囲内の3ヶ所の地点に鉛直に立てて撮影した。

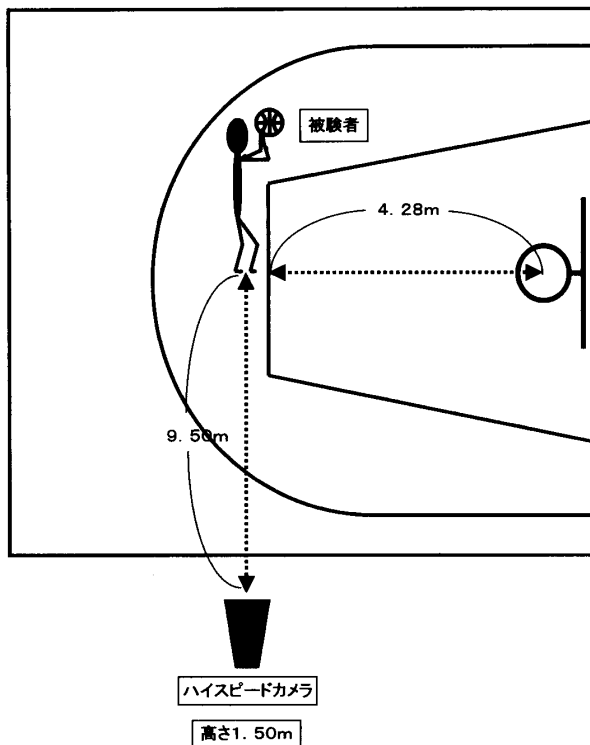


図2 実験概略図

3) データ分析

1台のハイスピードシャッターカメラから得たフリースロー動作と較正器の二次元映像を、VTR (AG-5710Panasonic社製) からPC (DELL 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」(DKH社) を使用して身体各部位の計測点と較正点の座標、ボールの中心座標を読み取った。二次元画像解析によるスティックピクチャーと本研究での座標系x、座標系yを図3に示した。計測点のデジタイズ区間はシュートの構えが完全に出来て、ボールがゴール方向、つまり被験者の前方、または上方に動き始める直前から、

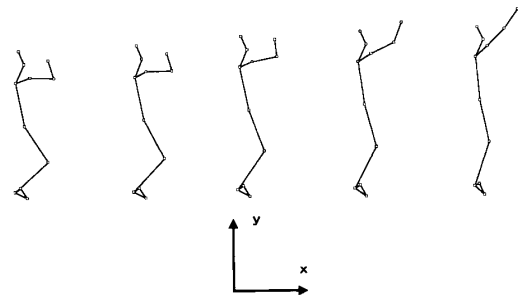


図3 二次元画像解析によるフリースロー動作のスティックピクチャーと本研究での座標系

リリース後3コマまでとした。全被験者の全試技について、全身の計測点とボール中心点をデジタイズした。分析は、ボールについてはボール中心高、投射速度、x軸方向、y軸方向各成分の分解速度、投射角度（図4）のそれぞれ平

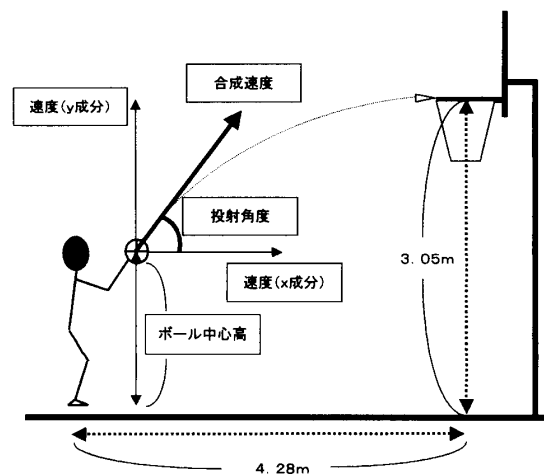


図4 本研究での各測定項目の定義

均、標準偏差を出し、変動係数によってばらつきを調べた。変動係数は以下の式で求めた。

$$\text{変動係数 (\%)} = (\text{標準偏差} \div \text{平均}) \times 100$$

また身体動作は肘関節、膝関節、肩関節の角度、ならびに角速度の変動係数をフリースロー成功率別に分けて、その動作全体を相対時間ごとに比較し、ばらつき具合を再現性という観点から考察した。計測点でいう肘関節中心を支点とし、肩関節中心と肘関節中心を結んだ上腕部と、肘関節中心と手関節中心を結んだ前腕部の成す角を肘関節とし、伸展していく方向を正として相対角で表した。また、膝関節中心を支点とし、大転子と膝関節中心を結んだ大腿部と、膝関節中心と外踝点を結んだ下腿部の成す角を膝関節とし、伸展していく方向を正として相対角で表した。また肩関節は、肩関節中心から真下に垂線を下ろし、その垂線と上腕部が成す角を絶対角で表した (図5)。

フリースロー成功率は65%以上4名と、65%未満6名の二つのグループにわけ、比較して考察した。

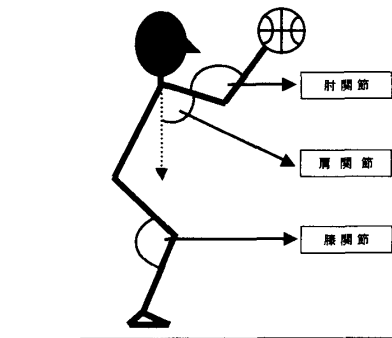


図5 本研究での各関節の定義

Ⅲ. 結果と考察

1) フリースロー成功率別に見たボール運動の各側定項目変動係数の平均

図6は、リリース直後のボール運動の変動係数をフリースロー成功率別に変動係数で表したものである。リリース直後のボール運動を分析してみると、ボール中心高が最も変動係数が低

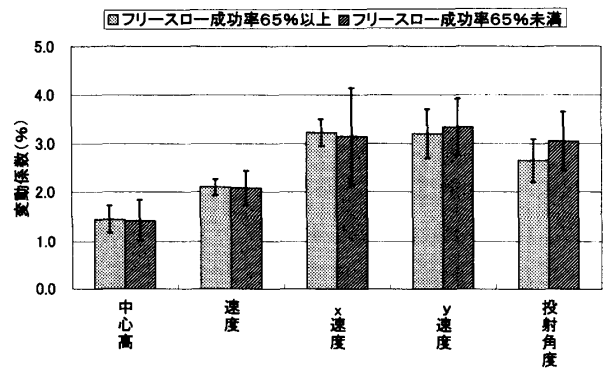


図6 フリースロー成功率別リリース直後のボール運動の変動係数

い。x成分、y成分速度はそれぞれ比較的大きい変動係数ではあるが、二つの成分を合成した合成速度にすると、角度のほうがより変動係数が大きくなる

このことから、リリース直後のボール運動では、ボール中心高の再現性が比較的高く、合成速度、投射角度の順に再現性が低くなるということが示された。フリースローの成功率別で比較すると、両グループ間に顕著な違いは見られなかった。

桜井³⁾によると、フリースローの成功率を高めるために、Mortimer (1951) は投射角が影響を与えやすいと主張し、また洪川 (1975) は初速度が重要であると主張しているのをふまえて、投射角度のズレよりも初速のばらつきが成功率に大きな影響を与えそうであるとしている。本研究の結果では変動係数の低いボール中心高よりも、変動係数の高い投射角度が影響を与えやすいと考えられる。

2) フリースロー成功率別に見た肘関節、膝関節の角度変化

図7～8は各被験者のフリースロー動作開始からボールリリース時までの肘関節、膝関節のそれぞれの角度変化を相対時間で表したものである。フリースロー動作開始時を0%、ボールリリース時を100%として時間ごとに変動係数を比較したものである。

まず肘関節は、フリースロー動作前半は変動係数が2～3%であるが、フリースロー動作後

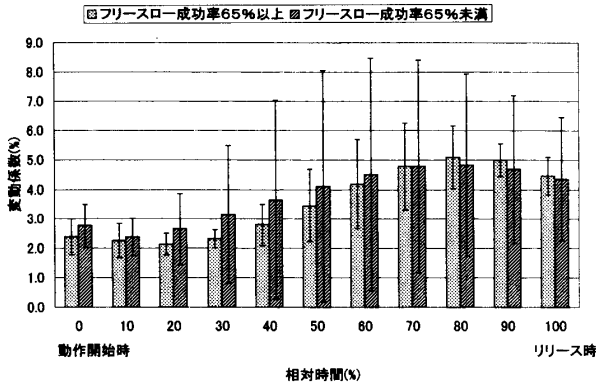


図7 フリースロー成功率別肘関節角度の変動係数

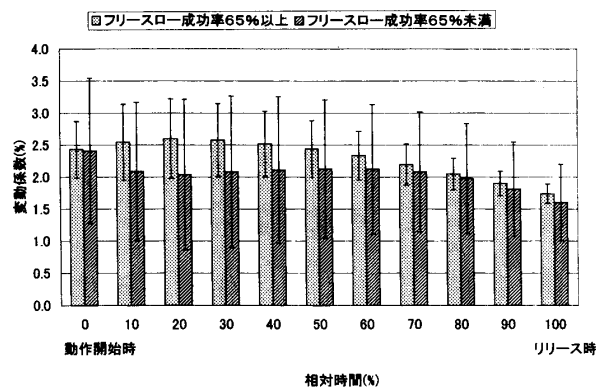


図8 フリースロー成功率別膝関節角度の変動係数

半にかけて徐々に上がっていき、相対時間80%付近では5%前後まで高くなっている。フリースロー成功率別に比較すると、両グループとも非常に似た傾向を表した。両グループ間に顕著な違いは見られないものの、65%未満のグループは変動係数に大きなばらつきが表れた。

次に膝関節は、フリースロー動作開始からボールリリース時までほぼ一定に2%前後の変動係数を示す。わずかにフリースロー成功率65%以上のグループが高いが、それほど大きな差ではない。両グループともほとんど同様の傾向を示すが、肘関節と同じように65%未満のグループのほうが変動係数のばらつきが大きく表れた。

以上のことから、相対時間による角度変化の変動係数の比較では、フリースロー成功率別のグループ間に顕著な差が見られなかった。

3) フリースロー成功率別で見た肘関節、膝関節、肩関節の角速度の変動係数

前回の分析に加え、今回は更に相対時間ごとにおける角速度を比較し考察した。また肩関節を測定関節に加えてフリースロー成功率別に比較した。

図9はフリースロー成功率65%未満のグループの各関節角速度を相対時間で表し、変動係数を比較したものである。いずれの測定項目もフリースロー動作開始時からボールリリースにかけては変動係数が下がっていく傾向があるが、相対時間100%のリリース時にはわずかに変動係数が高くなる。肩関節の角速度は相対時間50%付近で一度上昇するが、その後また変動係数が低くなる。変動係数の変化が比較的大きいのは膝関節である。特に相対時間20%までの間で変動係数が高く、角速度にばらつきが現れていることがわかる。肩関節、肘関節も同様に相対時間20%まででは変動係数が比較的高いが、膝関節の変動係数の半分ほどである。

図10はフリースロー成功率65%以上のグループの各関節角速度を相対時間で表し、変動係数を比較したものである。こちらのグループは膝関節の角速度の変動係数が低く、相対時間50%までは最もばらつきが少ない。肘関節、肩関節の角速度の変動係数は、リリース時に近づくにつれて下がっているが、途中で再び変動係数上がるなど、相対時間によりばらつきがあることが示された。

以上のことから、相対時間による角速度変化

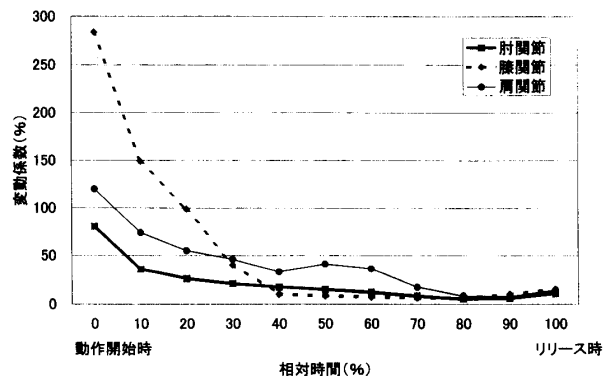


図9 フリースロー成功率65%未満グループの各関節角速度の変動係数

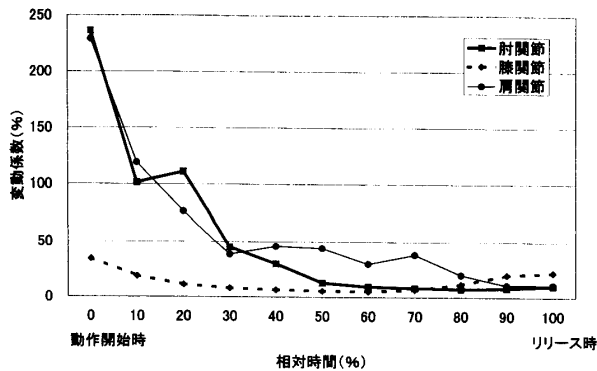


図10 フリースロー成功率65%以上グループの各関節角速度の変動係数

の変動係数の比較では、フリースロー成功率別のグループ間に膝関節の角速度に特徴的な違いが現れた。膝関節の角速度がフリースローの成功率に影響を与える重要な要因の一つであることが推測される。

IV、まとめ

バスケットボールのフリースローにおいて、ボール運動と身体動作にはどのような特徴があるかを、変動係数を用いて再現性という観点から考察した。バスケットボール経験者10名を1台のハイスピードシャッターカメラで撮影し、画像の二次元解析によりボール中心高、ボール運動の各速度（合成、x方向、y方向）、投射角度、肘関節、膝関節の角度、また肘関節、膝関節、肩関節の角速度の分析を行った。その結果をまとめると以下の通りである。

- (1) リリース後のボール運動では、リリース時のボール中心高は再現性が高く、ボール速度、投射角度の順で再現性が低くなる傾向が見られた。
- (2) フリースロー動作後半に肘関節角度の再現性が低くなる傾向が見られた。
- (3) フリースロー成功率別で見ると、両グループ間に膝関節の角速度の変動係数に特徴的な違いが現れた。

謝 辞

本論文の作成にあたり、終始懇切丁寧なご指導、ご校閲を賜りました指導教官の湯浅景元教授に心から感謝いたします。

更に、応用スポーツ科学研究室の神事努氏、望月知徳氏からは多くの貴重なご助言を頂き、また実験、データ分析、論文作成など様々な面でご協力していただきました。中京大学男子バスケットボール部の皆様方には、被験者として度重なる予備実験、実験に参加していただきました。

これらの多くの方々から受けたご指導、ご助言、ご協力に対して、ここに改めて感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 大築立志, 「たくみ」の科学, 現代の体育・スポーツ科学, 朝倉書店, 2-12, 1988.
- 2) 塩見哲大, 「バスケットボールのフリースローにおけるボール運動と身体動作の再現性について」, 中京大学大学院, 修士論文, 2002.
- 3) 桜井伸二, 「投げる科学」, スポーツ科学ライブラリー—5, 大修館書店, 158-172, 1992.