

## バスケットボールのシュート動作の 運動学的パラメータによる評価に関する基礎的検討

村上 肇\* 小泉昌幸\*\* 伊藤建一\*\*\*

(平成11年10月29日受理)

Fundamental study on evaluation of kinematic parameters during  
the shooting motion during the basketball-play

Hajime MURAKAMI\* Masayuki KOIZUMI\*\* Ken-ichi ITOH\*\*\*

Although the shooting motion of the basketball-play is very important, the coaching of the shooting is very difficult. Because the traditional coaching method has been performed with a quantitative approach. In order to develop an effective coaching, we would apply the biomedical engineering technique to the sports sciences. In this study, we evaluated the kinematic parameters during the free throw motion as one sample of the shooting motions. The body acceleration and the finger pressure were measured and calculated as the three-dimensional body displacement, and the intensity and the duration time of the ball acceleration, respectively. As the results, the rightward and forward displacement of the body and the duration time of the ball acceleration were significantly different between the two groups, successful samples and faulty ones of the free throw. We analyzed the results as follows: (1) the less rightward displacement of the body implied the more stable body which was the origin of the shooting extremity, (2) the more forward displacement of the body implied the more strong shooting, (3) the less duration time of the ball acceleration implied the more accurate shooting.

Key words: kinematics, basketball-play, free throw, body displacement, finger pressure

### 1. はじめに

バスケットボール競技におけるシュートは、試合の勝敗を決定する直接的な要因である<sup>1)</sup>。すなわちシュート動作は、攻撃における最も重要な技術である。シュートの最終的な成否はシューターのある種の「カン」によって決定することから、シュート動作の指導は重要であるにもかかわらず、困難な領域である<sup>2)</sup>。またシュート動作は種々の環境要因（ディフェンスの有無・ディフェンスとの相対的位置・ゴールとの相対的位置・等）の影響を受

---

\* 情報電子工学科 助教授

\*\* 一般教養（体育学） 助教授

\*\*\* 情報電子工学科 助手

け、フォームが変動する。したがってシュートの指導のためには、それらの条件を統制しながら定量的に検討できることが望ましい。そこでバスケットボールのシュートフォームを、生体情報工学的手法によって計測・解析し、シュート動作の指導についての基礎的な知見を得ることは重要であると言える。本研究ではその第一段階として、極度に統制されたシュート動作としてフリースロー動作に着目した。そして動作中のプレイヤーの体幹加速度と、ボールに対する中指指腹接触圧を計測した。そしてシュートの成功/失敗と、それら生体情報との関連を解析し、体幹の左右方向・前後方向の移動量やボールへの加圧時間がシュート成功と関与していることを明らかにしたので、報告する。

## 2. 理論

フリースローは、本研究の観点では「シュートのバリエーションの一つ」という位置付けであるが、女子で得点の約 1/3 から 1/4, 男子では 1/4 から 1/5 の得点源となるもので、その成否は勝敗に大きな影響をもつ<sup>3)</sup>。フリースローは、ゴールリングとプレイヤーの位置が明確に規定されており、その間にはディフェンスは存在しない。したがってフリースローの成功/失敗は、ボールが手を離れた時点での速度ベクトルと、ゴールまでの相対位置にのみ依存する、純粋に物理学的な課題である。

フリースローは上肢のみならず下肢・体幹を含む全身運動である。本研究では、下肢や体幹により、肩峰を基準とする上肢に推進力を与え、上肢では肩や肘の関節の運動によって加速すると共に、手関節・手指によってボールの方向を微調整しているものと仮定する。これに基づくと、フリースローは主にボールの加速を担う運動器とシュート方向の調整を担う運動器との協調で達成されると考えられる。このうち後者は、フリースローラインの前に立つ位置や、さまざまな状況を調整するための微妙な制御を行っているものと思われる。これは運動制御課題として興味深い研究対象であるが、その反面、実験条件の統制が困難であり、また実際の試合中の解析にまで状況を広げると、定量的な評価は非常に困難になるものと思われる。そこでバスケットボール競技のシュート解析の第一段階として、ボールの加速に関連するパラメータについて解析する。本研究では、フリースロー動作を評価するために測定する生体情報として、体幹腰部の3次元加速度と、主に動作のトリガ時刻計測のために中指指腹の接触圧を計測することとした。

スポーツ分野での生体情報計測としては、18世紀の連続写真解析をはじめとして、今日までに各種の画像解析の手法がよく用いられている<sup>4)</sup>。画像計測法は被験者は無拘束となるものの、測定機器と被験者の間の見通しが確保されねばならない。本研究では将来、一般的な試合を想定した実験条件の下での解析を行う予定であり、被験者と他のプレイヤーが交錯するような条件下での画像計測法の適用は容易ではない。そこで前述の生体情報について有線計測することとした。将来的には生体情報の無線伝送装置(メディカルテレメータ)を用いることを予定しており、無拘束計測が可能である。

## 3. 実験方法

実験方法としては、体幹腰部に3軸加速度センサ(ワコー, 5K-34)を、利き手(右手)の中指指腹に接触圧センサ(電機計測販売, S100)を設置した。但し、圧センサの出力は実際の圧力に対して非線形特性を有しており、精確な校正を実施していないことから、得

られる信号は任意単位として扱った。これらはサンプリング周波数 200Hz でパーソナルコンピュータに取り込まれた。

被験者は 20 歳男性で、大学のバスケットボール部に所属している。実験者が合図を出した後、自由なタイミングでフリースローを実行し、合計 35 試行実施した。

圧センサからの出力は、ボールを放つ際に三角波状に信号が出た。そこで、圧信号が消失した時点をボールが手から離れた時刻とし、その直前 0.5 秒間を切り出し、そのデータについて解析した。加速度データについては、サンプリング後に 2 階時間積分を施し、体幹の 3 次元変位量として評価した。また圧データについては、三角波の高さ（振幅）と底辺（持続時間）を評価した。

#### 4. 実験結果

各試行が成功であったか失敗であったかを Table 1 に示す。どちらかというとな失敗が前半に集中する傾向となった。また測定結果から求めた運動学的パラメータの成功例、失敗例を Fig. 1, Fig. 2 に示す。さらに、それぞれのパラメータの平均と標準偏差、そして成功と失敗に関して t 検定を行った結果を Table 2 に示す。フリースローが成功した場合と失敗した場合とで、体幹の上下方向の変位や、加圧振幅には有意差は認められなかった。一方、体幹の左右方向・前後方向の変位や、加圧時間には、有意な差が検出された。すなわち、失敗例に比べて成功例では、体幹があまり右に動かず、より前に動き、またボールを

Table 1 Results of the free throw

Number	1 . . . 5 . . . . 10 . . . . 15 . . . . 20 . . . . 25 . . . . 30 . . . . 35
Result	××××× × × ×× ×

×:Fault      The blank means that the trial was succesful.

Table 2 The relation between the results of the free throw and the kinematic parameters

	B. D. Leftward[m]	B. D. Upward[m]	B. D. Forward[m]	F. P. Intensity	F. P. Duration[s]
Successful trials (n=25)					
Average (Std Dev)	-0.155 (0.027)	0.435 (0.039)	0.449 (0.023)	3.218 (0.507)	32.4 (5.12)
Faulty trials (n=10)					
Average (Std Dev)	-0.177 (0.028)	0.413 (0.026)	0.426 (0.016)	3.409 (0.515)	36.5 (4.5)
Result of t-test	*	n. s.	**	n. s.	*

B. D. : Body Displacement      F. P. : Finger Pressure

\*: p<0.05      \*\*: p<0.01      n. s. : not significant

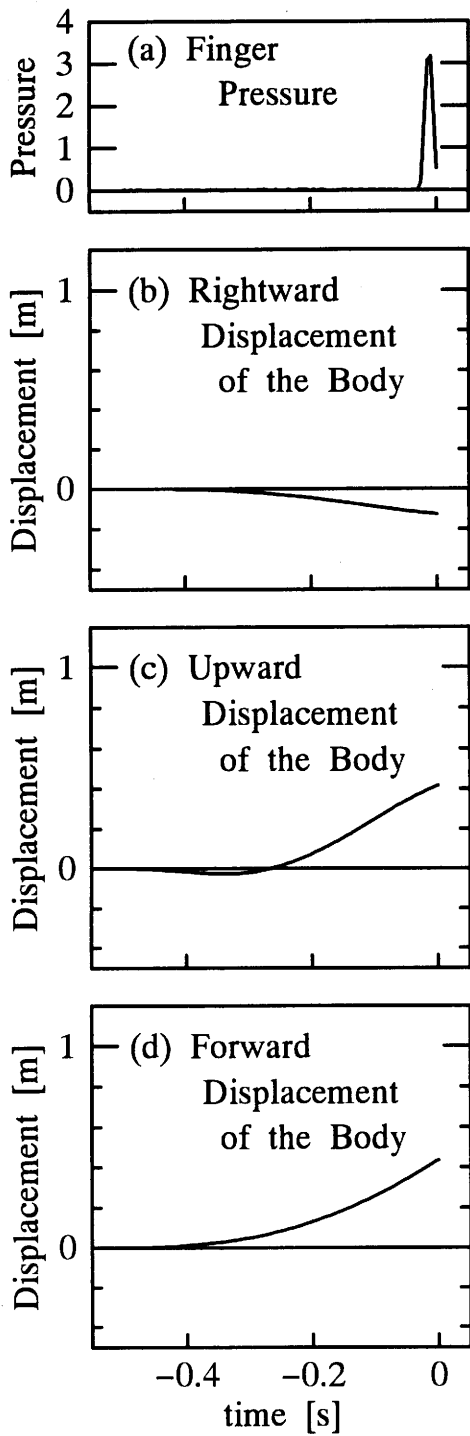


Fig.1 Data of a successful free throw (34th trial)

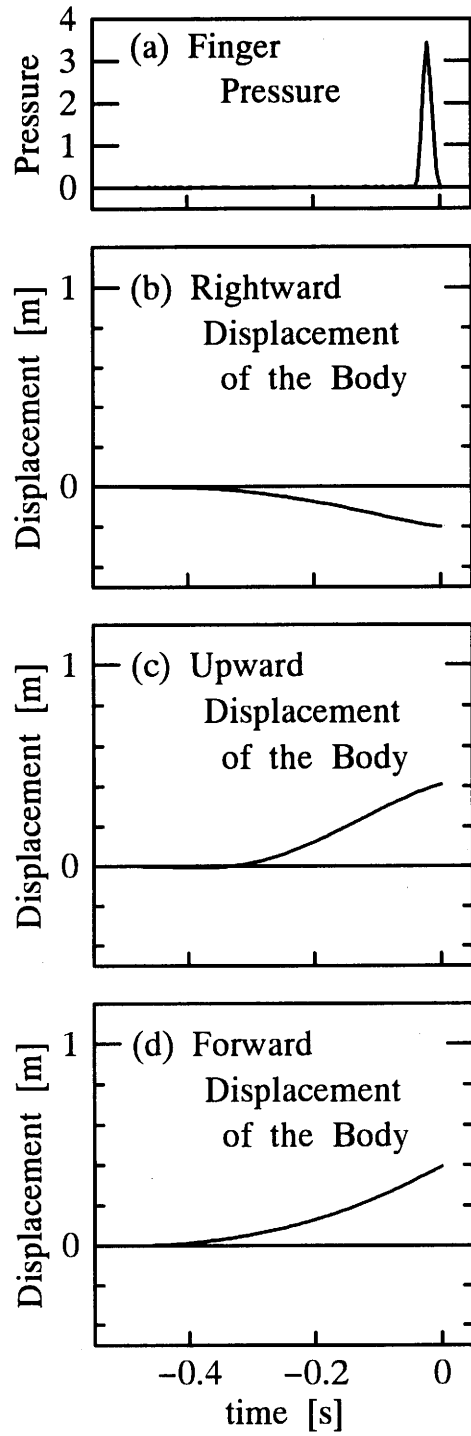


Fig.2 Data of a faulty free throw (3rd trial)

押す時間がより短いと言える。

## 5. 考察

### 5. 1. 失敗から成功への時間的推移

被験者はバスケットボール部員であり、フリースローには慣れている。但し今回のように、各種測定機器を身体に装着してのシュートの経験はない。また実験直前でのフリースロー練習も充分には実施していないため、自己とゴールとの距離感をつかんでいないと思われる。これらの要因は、フリースローが失敗する方向に作用するが、試行が進むにつれて克服されていく。したがって、試行前半に失敗例が集中したものの、第10試行以降に高い成功率を示したものと考えられる。

### 5. 2. 体幹の変位

今回の結果では、成功例は失敗例に比べて右変位が小さいことが分かった。このことは体幹の左右の安定性を示唆しているものと思われる。体幹の安定は、上肢運動の原点であるところの肩峰の不動性につながる。被験者がシュートを放つ際に、利き手である右腕を前に押し出すことから、体幹が右方向にずれやすくなり、その変位が大きいくほど体幹が不安定になり、結果的に上肢の運動に悪影響を及ぼして、シュートの失敗につながるであろう。但し今回の加速度測定では、右方向の変位が単純な並進運動であるか、体軸回りの回転運動であるかの弁別はできていない。

体幹の前方向変位については、成功例はより大きい値を示した。これは、上肢をより前に押し出そうとしていることと関連している可能性がある。ところで体幹の上方向変位と前方向変位は、合成することによって矢状面での肩峰の軌道を決定する。変位の平均値から計算した肩の軌跡の仰角は、成功例・失敗例いずれも44[deg]程度であり、有意差は認められなかった。したがって、前方向変位がシュートの成功/失敗に与える機序は、明らかではない。

### 5. 3. ボールの加圧

ボールに対する指の接触圧は、指がボールを押す力を反映しており、ボールの質量が一定であることから運動方程式により、ボールの加速度を反映するものと思われる。そしてその時間積分値は、ボールの初速度となる。Fig. 1, Fig. 2に示したような圧データ波形を三角波と近似するならば、その時間積分値は三角形の面積となり、それは加圧振幅と加圧時間に比例する。振幅について有意差は認められず、時間について失敗例の方が有意に大きかったことから、失敗例の方が時間積分値が大きく、ボール初速度が大きかったものと思われる。

一般に動作の速さと正確性にはトレード・オフの関係があり、運動学における基本原理の一つとして「運動時間は運動の困難度指標に比例する」というFittsの法則がよく知られている<sup>5)</sup>。この現象は、ボールの的当てについても確認されている<sup>6)</sup>。フリースローも同じ「目標狙準課題」であることから、その知見を今回の結果に当てはめれば、速度が大きくなっていったことから運動制御の精度が低下し、シュートの失敗につながったものと解釈できる。第3章で述べたように圧センサの出力は圧力値に非線形であり、厳密な定量評価

はできないが、定性的にはこのような現象が現れたと解釈できる。

## 6. 結論

本研究では、バスケットボールのフリースロー動作において、体幹の変位とボールの加圧に着目し、解析した。その結果、体幹の右方向変位・上方向変位、ボール加圧時間について有意差が観測された。その結果について運動学的観点から解釈し、シュート動作最適化に関する基礎的な検討を行った。

本研究を推進することにより、従来は定性的になりがちであったバスケットボールのシュート動作の技能獲得の指導について、定量的な評価指標を導入でき、指導の効率が向上する。また、本研究で計測したデータ系列はシュートのフォームを記述したものであり、どのような条件下でシューターが動作を調整したかを詳細に解析することもできる。それにより、シューターが動作遂行時にどのような環境情報を認識するか、逆にディフェンスがシューターに与えるどのような要因が影響を及ぼすか、について明らかにできるものと思われる。

なお、本研究の一部は、学内共同研究費によった。記して感謝する。

## 参考文献

- 1) 吉井四郎：私の信じたバスケットボール，大修館書店，東京，1994，p. 245
- 2) 吉井四郎：バスケットボール全書1－コーチングの理論と実際－，大修館書店，東京，1990，p. 301
- 3) 吉井四郎：バスケットボールのコーチング・基礎技術編，大修館書店，東京，1989，p. 235
- 4) 中村隆一・斎藤宏：基礎運動学第4版，医歯薬出版，東京，1992，pp. 2-14
- 5) リチャード・A・シュミット（調枝孝治・監訳）：運動学習とパフォーマンス，大修館書店，東京，1997，pp. 108-124
- 6) 大築立志：「たくみ」の科学，朝倉書店，東京，1988，pp. 45-52