



競技スポーツ選手における“巧みさ”の 評価に関するバイオメカニクス的研究 —バスケットボールジャンプシュート動作の評価—

山田 洋 (体育学部体育学科) 長尾秀行 (東海大学大学院総合理工学研究科)
國友亮佑 (東海大学大学院体育学研究科) 小山孟志 (体育学部競技スポーツ学科)
宮崎彰吾 (体育学部体育学科) 小河原慶太 (体育学部体育学科)
陸川 章 (体育学部競技スポーツ学科)

Study of Biomechanics about Evaluation of “Skill” in a Competition Athlete
– Evaluation of Basketball Jump Shot Movement –

Hiroshi YAMADA,
Hideyuki NAGAO, Ryousuke KUNITOMO, Takeshi KOYAMA,
Shogo MIYAZAKI, Keita OGAWARA and Akira RIKUKAWA



Abstract

The purpose of this study is to examine “skill” in a competition athlete by technique of biomechanics. The subject was one experienced hand (A domestic top student basketball player), beginner one person (a physical education undergraduate without basketball experience). Their forms during jump shot were recorded by using four video cameras. A physical composition center of gravity, an angle / angular velocity of a lower leg joint were calculated by using three-dimensional DLT method. The amount of best jump at the time of jump shot was larger in an experienced hand in comparison than a beginner. The experienced hand released a ball at the best point in time of a jump. Each articular angular velocity maximum in superior limb and lower limb were larger in an experienced hand than in a beginner. The maximum of each arthrosis angle in an experienced hand developed in order of superior limb from lower limb. These meant “kinetic conduction”, and it was thought that it was a characteristic of “skill” of an experienced hand. These results suggest that kinematics data obtained from video camera are useful as the index of motor skills and coaching.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 24, 19-25, 2012)

I. 緒 言

スポーツ基本法（平成23年法律第78号）（条

文）には、「スポーツ選手の不断の努力は、人間の可能性の極限を追求する有意義な営みであり、こうした努力に基づく国際競技大会における日本人選手の活躍は、国民に誇りと喜び、夢と感動を

与え、国民のスポーツへの関心を高めるものである。これらを通じて、スポーツは、我が国社会に活力を生み出し、国民経済の発展に広く寄与するものである。また、スポーツの国際的な交流や貢献が、国際相互理解を促進し、国際平和に大きく貢献するなど、スポーツは、我が国の国際的地位の向上にも極めて重要な役割を果たすものである」¹⁾とある。社会情勢が世界的に不安定であり、国民全体がスポーツにさらなる力を求めている昨今、競技スポーツを支える「科学」の使命はますます重要であると思われる。

競技スポーツ選手の「動き」は美しく、巧みであるとよくいわれる。しかしながら、その「動き」を“美しさ”や“巧みさ”の観点から評価しようという試み、そしてそれを後生に残していこうという営みは、「強さ」・「速さ」等に着目した研究と比較すると数少なく、これからの体育・スポーツ科学における最重要研究課題のひとつであるといえる。

「巧みさ」や「スキル」に関する研究は、古くから行われており、急速随意運動に際し、運動のために生ずる筋活動電位に先行して出現する筋活動消失（動作前サイレントピリオド）とその機能的意義を分析する手法²⁾、各種時系列データのバラツキ（標準偏差）から再現性を調べる手法³⁾、投擲種目による的中率を調べる手法⁴⁾等が報告されている。このように「巧みさ」や「スキル」に関する研究は、様々な手法で行われているが、運動学的な観点から、マイネル⁵⁾は「巧みな運動では、それぞれの四肢や関節に明らかな順次性が認められる」と述べ、これを“運動伝導”と定義している。

このような経緯をふまえ、本研究の目的は、競技スポーツ選手における“巧みさ”を、バイオメカニクスの手法により定量化すること、および得られた知見のデータベース化とスポーツ現場へのフィードバックを検討することであった。今回は、マイネルの考えに従い、“運動伝導”の観点から、国内トップレベルのバスケットボール選手のジャンプシュート動作を対象として、測定・検

討を行った。

Ⅱ. 方 法

1. 被験者

被験者は健康な男性2名であった。そのうち一名は東海大学バスケットボール部に所属する選手（年齢21歳、身長184cm、体重82kg）であり、バスケットボール暦10年、学生日本代表選手のバスケットボールに習熟した熟練者であった。一方、もう一人は、バスケットボール競技暦を有していない体育学部学生（年齢22歳、身長172cm、体重67kg）であり、体育会硬式テニス部に所属し、バスケットボールは授業で実施する程度の未熟練者であった。測定は東海大学15号館共同実験室で実施した。選手およびコーチには予め実験の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。なお、本研究は、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得た上で実施されたものである。

2. 運動課題・測定

被験者は全身タイツを着用し、身体測定点に反射マーカーを付けた。反射マーカーの貼付位置は阿江⁶⁾の方法に従った。デジタルビデオカメラ（EXILIM EX-F1、CASIO 社製）を4台用いて撮影した（図1）。撮影条件は、300fps、シャッター速度1msであった。被験者にはフリースローラインからの2ポイントジャンプシュートを、各々の任意のシュートフォームで行わせた。また、被験者には本試技を行う前に十分に練習をさせ、本試技を行う際には、可能な限り普段通りにジャンプシュートを行う様に促した。

3. 解析

得られた映像データをオフラインで処理・解析した。映像解析処理ソフト（Frame DiasIV、DKH 社製）を用いて、記録した3次元DLT法によりマーカーの3次元実空間位置座標を算出し

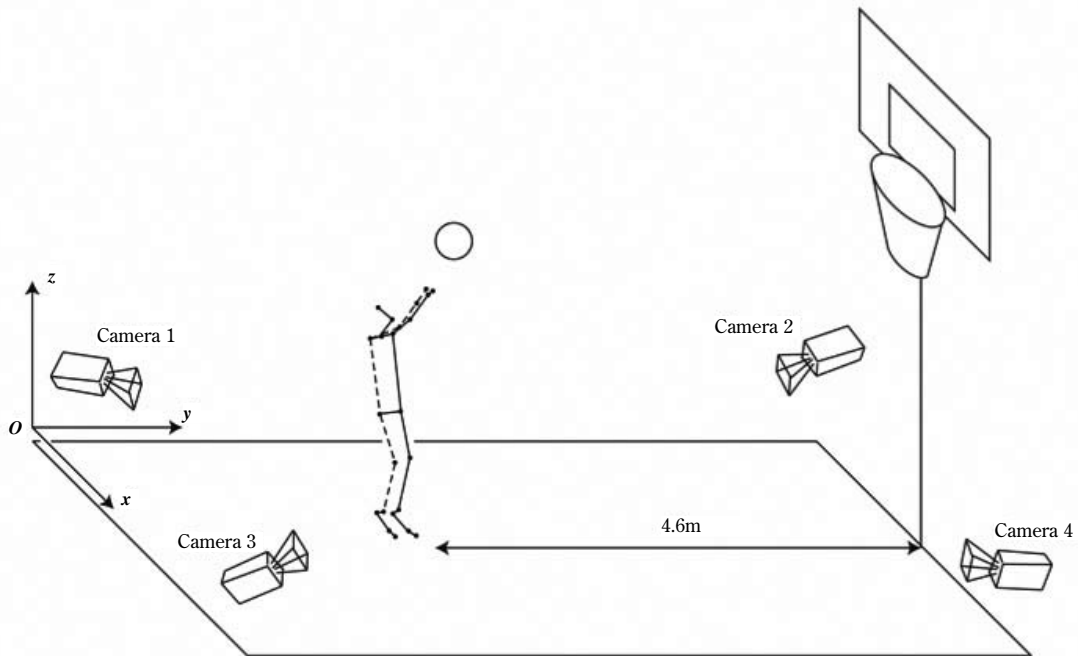


図1 測定風景
Fig. 1 Measurement conditions

た。算出した座標より、阿江⁶⁾の身体部分慣性係数を用いて身体合成重心の座標を算出した。また、足関節角度、膝関節角度、股関節角度、肩関節屈曲伸展角度（以下肩関節角度）、肘関節角度、および手関節掌屈背屈角度（以下手関節角度）を算出した。さらに関節角度より、各関節角速度を算出した。関節角速度は、伸展に対する値を正とした（手関節は掌屈を正とした）。なお、下肢の関節角度は左右の標点の座標から仮想の midpoint の座標をもとめ、それらを結んだベクトルより算出した（図2）。分析の対象は各被験者1試技であった。

解析範囲は、映像解析より算出した合成重心の鉛直成分より、その値が最小値を示した時点から、シュートを終えて着地するまでとした。上記の解析範囲で時間を規格化した（図3）。解析範囲内における、身体合成重心、各関節の角速度の変化様態を、熟練者と未熟練者間で定性的に比較・検討した。

Ⅲ．結果および考察

1. ボールリリースのタイミング

図4は、熟練者および未熟練者のシュート時の合成重心鉛直方向変位を規格化時間（%）で表示している。熟練者は59%の時点で最高点0.53mに達し、ボールのリリースは63.3%の時点であった。それに対し、未熟練者は、63.1%の時点で最高点0.23mに達し、ボールのリリースは46.0%の時点であった。バスケットボールの指導書⁷⁾によれば、ジャンプシュートは「ジャンプをしてのシュートであり、ジャンプは高ければ高いほど、有利である。ディフェンスが接近している状態でも、相手とのジャンプ力に差があれば、空間（3次元）においてノーマーク状態になる」とされている。また、「ジャンプがほぼ頂点に達した時に、腕や肘の伸展と手首のスナップをきかせてシュートする」ともされている。今回、熟練者の最高到達点が高かったこと、および最高点付近でリリースしていたことは、これに合致しており、熟

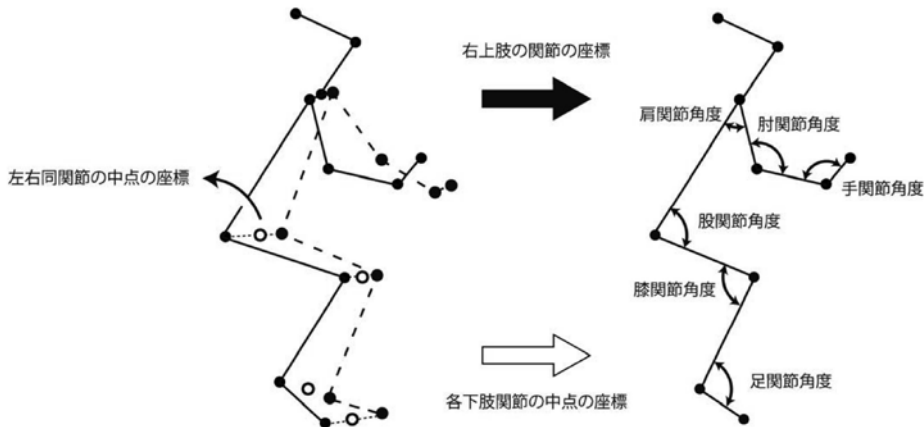


図2 関節角度定義
Fig. 2 Definition of joint angle

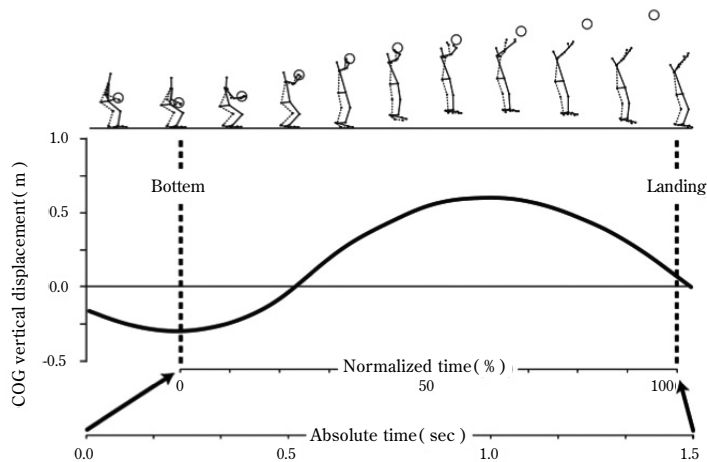


図3 シュート動作時の時間軸の規格化
Fig. 3 Time normalization during shot motion

練したジャンプシュートであった根拠のひとつであった。

2. 各関節の変化様態

図5にジャンプシュート時の各関節の各角度変化の時系列データを示した。全体を通じてみると、上段の熟練者の波形が、下段の未熟練者の波形と比較して、振幅が大きい様子がみてとれる。また、熟練者は、未熟練者としてリリース時点が遅い様子もわかる。図6にジャンプシュート時の各関節の角速度最大値を示した。肘関節を除く全ての関節において、熟練者が未熟練者よりも大きな値を示した。脚部（足・膝・股関節角度）にお

ける熟練者の角速度が未熟練者と比較して大きな値を示したことは、上述したジャンプ高の獲得に大きく貢献しており、熟練者の特徴のひとつであると考えられる。

図7にジャンプシュート時の各関節の角速度最大値の出現時点を示した。熟練者は、下肢関節における角速度最大値出現後に、上肢の関節角度最大値が出現しはじめ、最後に手関節のそれが出現した。しかし、未熟練者は、熟練者にみられた様な下肢から上肢への順次的な伝導は見取れない。この“運動伝導”に関してマイネル⁵⁾は、槍投げ・砲丸投げ・水泳を例として、「よい動きでは、胴体—大腿—下腿—足といった順次性が肉眼

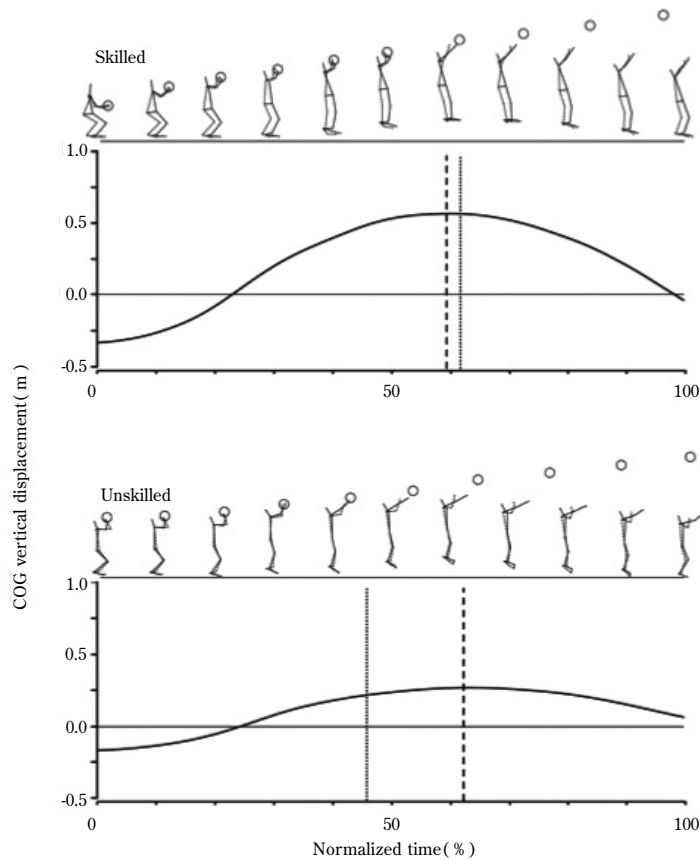


図4 身体合成重心の垂直変位、およびシュート時のリリースの時期。破線はそれぞれリリース、および最高点を示す。
Fig. 4 Vertical displacement of COG, Release timing and Reaches highest point timing Dot line shows the timing of release, Dashed line shows the timing of highest point.

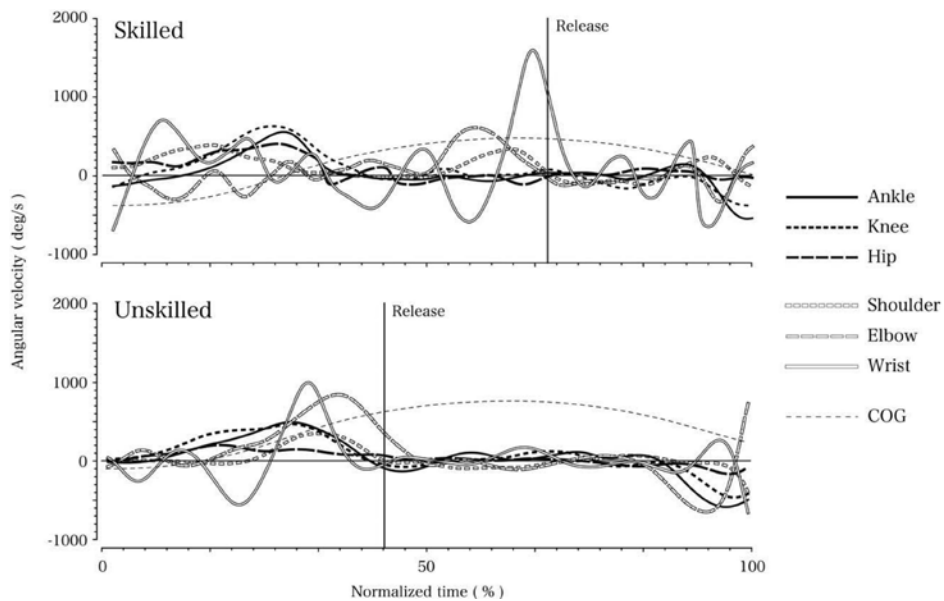


図5 関節角速度の変化。縦線はリリースを示す。
Fig. 5 Change of joint angular velocity. The vertical line shows release timing.

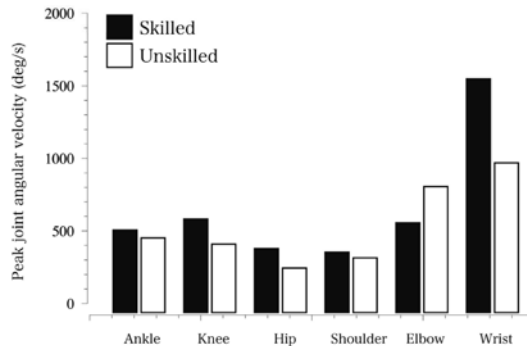


図6 各関節における関節角速度最大値
Fig. 6 Peak value of joint angular velocity

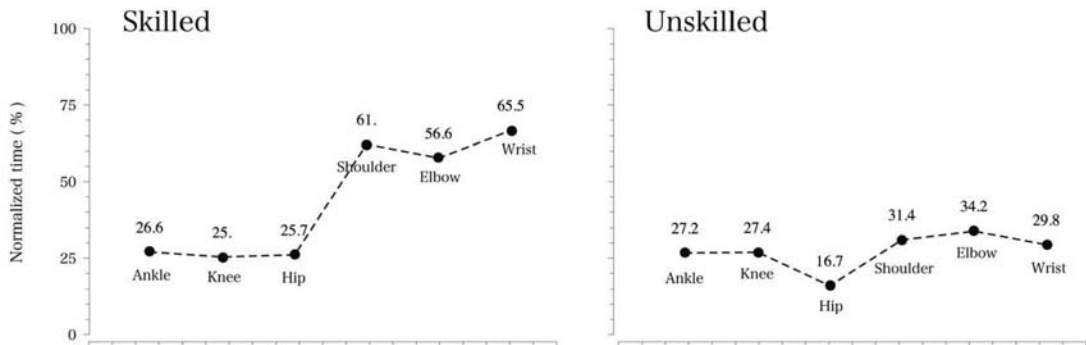


図7 各関節における角速度の最大値出現時点
Fig. 7 Timing of peak joint angular velocity appearance in normalized time

でも見る事ができ、ある部分から他の部分への運動伝導の印象は特に鮮やかである」と述べている。バスケットボールの研究において、陸川ら⁸⁾は、2次元映像解析を用いて大学バスケットボール選手のフリースロー動作時の「巧みさ」を調べ、フリースローが得意な選手はシュート時に、足関節→膝関節→股関節が、次いで肩関節→肘関節→手関節が順次性をもってタイミングよく伸展してボールをリリースすることを報告している。本研究は、ジャンプシュートを対象として同様の結果を得ることができ、熟練した選手の「巧みさ」の一部を評価できたと考える。

3. 今後のスキル研究について

先に述べたように、スポーツにおいて「巧みさ」は重要である。高等学校の教科書「保健体育」⁹⁾においても、熟練した動作の特徴について記載されており、熟練者プレイの特徴として、

1. 動作がスムーズでまとまっている、2. 動作がすばやい、3. 正確でタイミングがよい、4. できばえが安定している、の4点を挙げている。この「巧みさ」について、福永¹⁰⁾は、「テニスやサッカー等の球技スポーツを授業で指導する場合の興味の中心は、テニスやサッカーを上手になることである。ボールにラケットや足をフィットさせられるようになれば、授業が楽しくなり、スポーツをエンジョイすることが出来るようになる。いわゆるスキルの科学研究が要求されている」と述べている。このように、スキルの研究は、学校体育レベルにおいても、学術レベルにおいても最重要研究課題であるといえる。

繰り返しになるが、現代社会におけるスポーツの役割は極めて大きい。とりわけ、競技スポーツ選手の活躍は、日本全国民の興味・関心の的であることに間違いはない。それにも関わらず、スポーツ選手における動作の「巧みさ」に関して、バ

イオメカニクスの手法により定量化を試みた研究はほとんどみられなかった。なぜならば、これまでのバイオメカニクスの研究分野においては、そのパフォーマンスを、いかに「速く」、「強く」、「長く」するかという点に焦点があてられていたからである。これらを鑑みると、本研究の観点は、学術的にみて極めて新規性・独創性に富んでおり、学術的にも実践的にも大いに意義があるといえる。

本研究では、“運動伝導”の観点から、国内トップレベルのバスケットボール選手のジャンプシュート動作を対象として測定・検討を行い、一例ではあるが、競技スポーツ選手における“巧みさ”を、バイオメカニクスの手法により定量化することができた。今後、得られた知見のデータベース化、およびそのスポーツ現場へのフィードバックにより、現存の競技スポーツ選手のパフォーマンス向上にも直結するだけでなく、後生にむけての“ワザの伝承”にも繋がっていくであろうことが期待される。

IV. まとめ

本研究の目的は、競技スポーツ選手における“巧みさ”をバイオメカニクスの手法により評価することであった。バスケットボールのジャンプシュートを対象とした。被験者は、熟練者1名（バスケットボール選手）、未熟練者1名（バスケットボール経験のない体育学部学生）であった。ジャンプシュート時のフォームを4台のビデオカメラで撮影した。三次元 DLT 法を用いて、身体合成重心、下肢関節の角度・角速度を算出した。ジャンプシュート時の最高跳躍高は、未熟練者と比較して熟練者において大きかった。熟練者は、

最高到達点付近でリリースをしていた。下肢および上肢における各関節の角速度最大値は、未熟練者と比較して熟練者において大きかった。熟練者の各関節角度の最大値は、下肢から上肢の順序で出現した。これらは「運動の伝導」を意味しており、熟練者の“巧みさ”の特徴であると考えられた。これらの結果は、映像により取得された kinematics データが、運動技能およびコーチングの評価指標として有用であることを示唆していた。

引用・参考文献

- 1) 文部科学省 HP：スポーツの振興，スポーツ基本法，スポーツ基本法（平成23年法律第78号）（条文），<http://www.mext.go.jp/>，2011.
- 2) 川発清典：身体運動における巧みさの科学，杏林書院，pp1，1982.
- 3) 村瀬豊，宮下充正：ボーリングのキネシオロジー，体育の科学，23，654-659，1973.
- 4) 大道等：動きを測る，大修館書店，pp139-192，1973.
- 5) Kurt Meinel，金子明友：スポーツ運動学，大修館書店，pp146-252，1981.
- 6) 阿江通良：日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数，Japanese Journal of Sports Sciences，15，155-162，1996.
- 7) 財団法人日本バスケットボール協会：バスケットボール指導教本，大修館書店，pp69，2006.
- 8) 陸川章，山田洋，加藤達郎，植村隆志：大学男子バスケットボール選手におけるフリースロー・シュート技能の評価，東海大学体育学部紀要，35，7-12，2005.
- 9) 高石昌弘他：運動技能の構造と運動の学び方，最新保健体育，50，大修館書店，pp125，2008.
- 10) 福永哲夫：身体教養の提案，東京大学教養学部報，454，pp2，2002.