

# センサバスケットボールによる運動情報 フィードバックの即時的効果 ——フリースローにおけるバックスピン数のばらつきの場合——

## Immediate effects of kinematic feedback by sensor basketball ——Variability of backspin during free-throw——

飯 田 祥 明

Yoshiaki IDA

### Abstract

Many useful tools to acquire sports movement data have been produced along with the scientific development. However, the effects of feedbacks by the tools have not been investigated in scientific detail. The present study aimed to reveal the effects of the feedback information using sensor basketball, and examined how the provisions of amount of back-spin influence on variability of rotational speed during free-throws.

Six basketball players were requested “to perform constant back spin as possible”, and they executed 10 free-throws under the feedback: FB condition and the normal: NM conditions, respectively. Then, the rotational speeds of the ball were measured by the sensor ball (94ifty, InfoMotion Sports Technology<sup>®</sup>).

As the results, the CV (coefficient of variation) of the back spin decreased statically in the FB condition. In addition, the change ratios of the CV (FB/NM) showed negative correlations with the success rate and averaged back spin in the NM condition.

These results suggest that the feedback information by the sensor ball enables to decrease the variation of back spin immediately, and the effects are greater in skilled players.

### I. 緒言

近年の科学技術の進歩に伴い、低コストで簡便にスポーツの運動データを取得できるツールが数多く開発されている。運動強度を数値化できる加速度センサを搭載した端末<sup>1)</sup>、各種スウィング動作の特性を分析するデバイス<sup>2)</sup>、深度から人間の姿勢をキャプチャできるセンサ<sup>3)</sup>などがその一例である。これらのツールの普及によって、これまで時間とコストが制限となり困難であったスポー

ツ現場でのデータ測定が比較的容易に実施できるようになってきている。

低コストで簡易にスポーツの現場で運動データを取得できるメリットは大きく2つあると考えられる。1つには研究分析用のデータ測定を短時間で数多く取得できる点である。バイオメカニクス分野で用いられるモーションキャプチャシステムのような高額で準備・実施に時間がかかる装置の場合、実験をおこなうことができるチームや場所が限定される。それゆえ、大規模なサンプル数を用いた研究は難しいのが現状であるが、簡便なモーションセンサを用いることによって計測に高額な予算を費やすのが難しく、長時間の測定をおこなうことができなかったチームや指導者が分析・研究に算入することが期待できる。

もう1点のメリットは実際のスポーツ指導に活用できるという点である。スポーツ指導においては、できる限りタイムラグがなく選手の運動について指摘をすることが重要であると考えられており<sup>4-9)</sup>、その場で客観的な運動結果をフィードバックできるツールはスポーツの指導に非常に有益であると推測される。

簡便かつ即時的に運動情報をフィードバックできるツールの代表例として挙げられるのが、近年開発されたのがセンサバスケットボール (94fifty) である (図1)。このボールには加速度センサが内蔵されており、バスケットボールのシュートにおけるボールのバックスピン回転数、入射角 (リングに接触または通過する直前の角度)、ボール保持時間やドリブルにおける強さ (衝撃)、バウンド回数などの運動情報を取得することができる。特にシュートのバックスピン回転数と入射角は両者ともにシュートの可否に影響を及ぼす要素であることが明らかにされており<sup>10-14)</sup>、バスケットボールの指導や動作分析にとって非常に有益な情報である。さらに、データの取得にはタブレット端末やスマートフォンのアプリケーションを使用するため、大掛かりな装置はおろか PC すらも必要としない点も利点の1つである。また、先行研究においては、センサボールの信頼性の検証も進んでいる<sup>4, 15)</sup>。

これまでに様々なスポーツ動作において運動情報フィードバックの効果についての研究がなされており、パフォーマンス向上に貢献するという例も多い<sup>4, 15)</sup>。一方で、センサボールを用いてシュートへのフィードバックをおこなった際の運動への効果については確かめられていない。バスケットボールのシュートに限らず、多くのスポーツ動作は単体の練習ではなく複数回の練習を経て技術の



図1 94FiTy とアプリケーション表示画面

定着・向上を目指す。しかしながら長期的な運動学習も単体の練習による Try & Error の繰り返しであり、フィードバックツールの影響を検証するにあたって、まずフィードバックによって選手の運動特性が即時的に変化するかどうかを確かめておく必要がある。

測定ツールによる運動フィードバック効果の検討を進めるためには、適切なフィードバック項目とパフォーマンス評価方法を選択する必要がある。真の値に近いことはフィードバック情報において必要条件であり、まず各測定項目の信頼性を考慮するべきであろう。岩見ら<sup>15)</sup>はセンサボールで測定した入射角およびバックspin回転数を高速度ビデオカメラにおけるものと比較するために、ICC（級内相関係数）を算出し、バックspin回転数において 0.99 という非常に高い ICC を示したことを報告している。ゴールドスタンダードとされる高速ビデオカメラによる計測と非常に高い一致度を示したこの結果から、センサボールで測定したバックspin回転数が信頼性の高いフィードバック情報になることを示唆している。

次にパフォーマンス評価方法であるが、まず 1 つに理想値を設定してそれにどれだけ近づけられるかを評価する方法が挙げられる。例えば、本研究で使用するセンサボールのアプリケーションにおいては、バックspin回転数は 130-150 回（1 分あたり）が理想値であると表記されている。しかしながら、これは科学的なコンセンサスが得られた数値ではなく、また、理想値と各選手が通常行っているシュート動作における回転数がどれだけ乖離しているかによって、運動学習に求められる要素が大きく異なってしまうという問題点がある。評価方法として 2 つめに挙げられるのが、運動の安定性である。クローズドスキルであるバスケットボールのフリースローにおいては動作の再現性や安定性が重要であるとされており、パフォーマンスレベルが高いほどボールの到達位置の前後成分が小さいことが報告されている<sup>16)</sup>。また、シュートを繰り返し打たせた際、熟練者では各関節の角速度最大値およびその出現時点に変容がみられず再現性が高いシュートを遂行できることが示唆されている<sup>17)</sup>。これらの知見は、シュートによるボール運動のばらつきを小さくするように運動学習を進めることがシューティングパフォーマンスの向上につながることを示唆している。

そこで本研究では、センサボールによる運動情報フィードバックの効果を明らかにするため、その足掛かりとしてバックspin数のフィードバックの付加がフリースローのボール回転数安定性に対して即時的にどのように影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。本研究では、バックspin回転数のフィードバックによって回転数のばらつきが小さくなると仮説を立てた。

## Ⅱ. 方法

### (1) 被験者

被験者は大学のバスケットボール部に所属する競技経験 9 年以上の健康な男子 6 名（年齢：19.5 ± 0.8 歳，体重：68.0 ± 8.6kg，身長：173.5 ± 3.8cm，競技経験：11.0 ± 2.4 年）であった。なお本研究は南山大学の人を対象とする倫理審査委員会の承認のもと、被験者の自筆署名による実験参加同意を得て実施された。

### (2) 使用ボール

本研究では、公式と同じサイズの 7 号型加速度センサ内蔵バスケットボール（94fifty, InfoMotion Sports Technology 社，以下「センサボール」とする）を用い、実験をおこなった。このボールは人工皮革製で公式検定球と同等のサイズ（周経 76cm，重量 610g）のため、公式球と大差の無い使

用感を実現しているとされている<sup>15)</sup>。ボール内部には9軸センサ（加速度、ジャイロ、地磁気）が内蔵されている。

### (3) データ取得

データの取得にはiPhone7（Apple社）を使用し、端末にダウンロードされた専用アプリケーション（94FiFty）を用いてフリースロー時のバックスピン回転数（rpm: rotation per minute, 回転 / 分）を記録した。また、シュートの成功 / 失敗は目視により確認し、記録した。

### (4) 実験プロトコル

本研究では被験者にFB（Feedback）条件およびNM（Normal）条件の2条件でフリースロー（ボードに正対し、リング中心から4.4m離れた地点からのシュート）を各10本ずつ課した。両条件において被験者には「シュートを成功かつ回転数をできるだけ一定に」するよう指示をおこない、FB条件では回転数を試行毎に提示した。また、順序による影響を軽減するため、各条件の実施順はランダム化した。

### (5) 分析・統計

各測定値は平均±標準偏差で表す。被験者毎に各条件の回転数の平均値、標準偏差、変動係数およびシュート成功率を算出し、それぞれの条件間比較には対応のあるt検定を用いた。また、SPSS 24.0（SPSS社）を用い、回転数時系列データの自己相関を算出した。変数間の相関関係はピアソンの相関係数を算出することで検討した。有意水準は $p < 0.05$ とした。

## Ⅲ. 結果

図2-①～⑥が全被験者の回転数時系列データである。次の段落からフィードバックの影響について結果を示していく。

図3に各条件の回転数平均値を示す。各条件の回転数平均値は、FB条件で $128.8 \pm 27.8$ rpm, NM条件で $128.2 \pm 28.2$ rpmであり、条件間に有意な差は認められなかった。また、シュート成功率はFB条件で $58.3 \pm 14.7\%$ , NM条件で $56.7 \pm 12.1\%$ であり、条件間に有意な差は認められなかった。

図4に各条件の回転数標準偏差を示す。各条件の回転数標準偏差は、FB条件で $6.1 \pm 2.0$ rpm, NM条件で $7.8 \pm 2.9$ rpmであり、NM条件が大きい傾向であったが、統計的有意水準には達しなかった（ $P = 0.07$ ）。

図5に各条件における回転数の変動係数を示す。各条件の回転数変動係数は、FB条件で $0.05 \pm 0.02$ , NM条件で $0.06 \pm 0.02$ であり、NM条件において有意に大きかった（ $P < 0.05$ ）。

表1に全被験者の各条件における回転数の時系列データ（10試行）で算出した自己相関係数を示す。全被験者、両条件で自己相関係数は負を示したが、統計的有意水準に達したのは被験者⑤のFB条件のみであった。

さらに習熟度がフィードバック効果に及ぼす影響を明らかにするため、変数間の相関関係についても分析を実施した。本研究ではNM条件の成功率および回転数平均値を習熟度の指標として仮定し、回転数の変動係数変化率（FB条件/NM条件）との相関関係を検討した。その結果、NM条件のシュート成功率は回転数の変動係数変化率との間に有意な負の相関関係（ $r = -0.886, P < 0.05$ ）を示した（図6）。さらに、NM条件のシュート回転数平均値も回転数の変動係数変化率との間に有意な負の相関関係（ $r = -0.959, P < 0.01$ ）を示した（図7）。

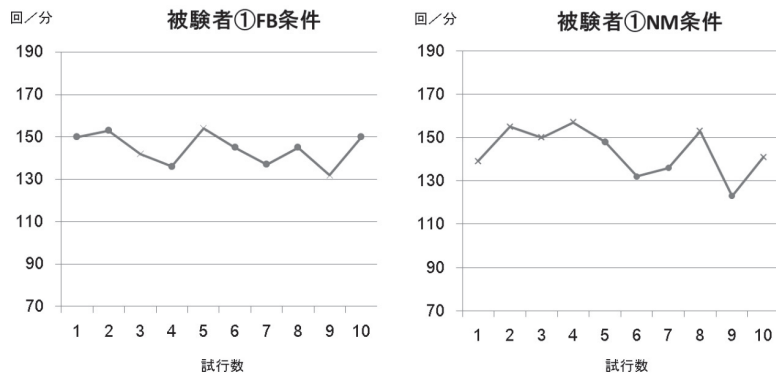


図 2-① 被験者①のボール回転数時系列データ

●マーカは成功, ×マーカは失敗を表す

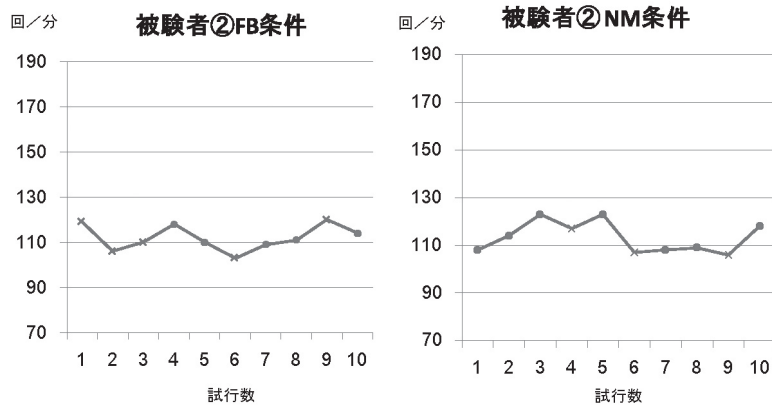


図 2-② 被験者②のボール回転数時系列データ

●マーカは成功, ×マーカは失敗を表す

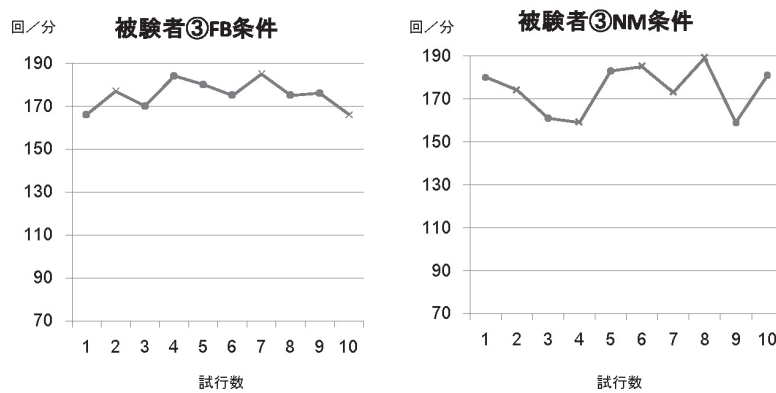


図 2-③ 被験者③のボール回転数時系列データ

●マーカは成功, ×マーカは失敗を表す

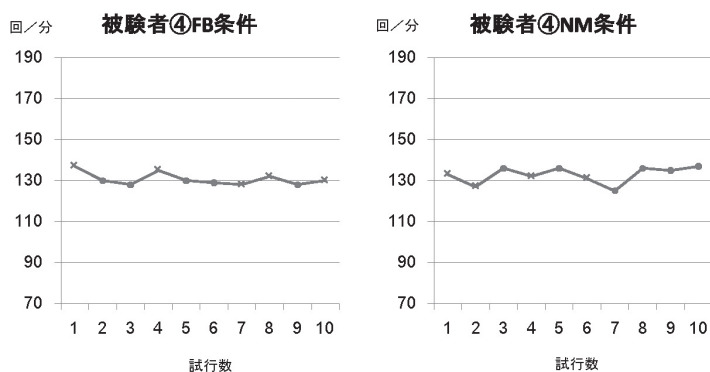


図 2-④ 被験者④のボール回転数時系列データ

●マーカは成功, ×マーカは失敗を表す

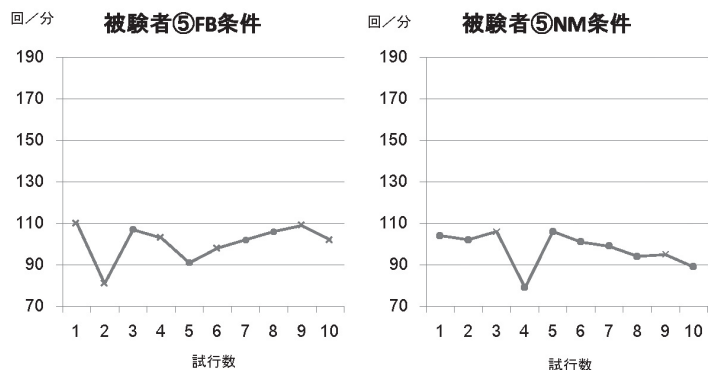


図 2-⑤ 被験者⑤のボール回転数時系列データ

●マーカは成功, ×マーカは失敗を表す

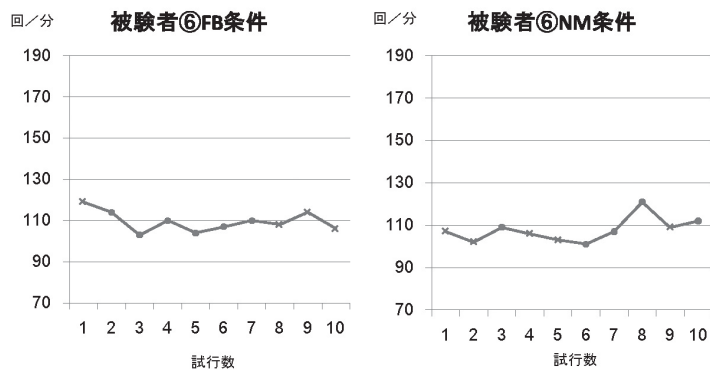


図 2-⑥ 被験者⑥のボール回転数時系列データ

●マーカは成功, ×マーカは失敗を表す

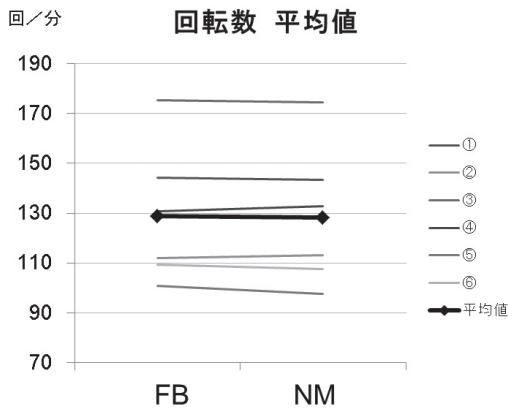


図3 各条件のバックspin回転数 (各被験者および平均値)

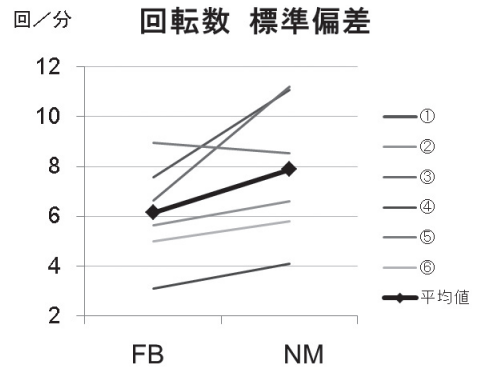


図4 各条件のバックspin回転数標準偏差 (各被験者および平均値)

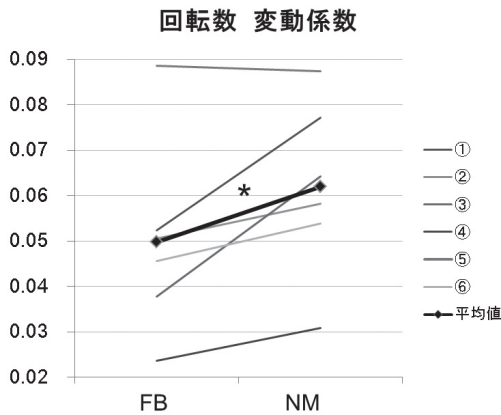


図5 各条件のバックspin回転数変動係数 (各被験者および平均値) \*:  $P < 0.05$

表1 全被験者のボール回転数における1次の自己相関係数

被験者	FB条件	NM条件
①	-0.489	-0.476
②	-0.303	-0.168
③	-0.486	-0.538
④	-0.535	-0.371
⑤	-0.638*	-0.462
⑥	-0.371	-0.422

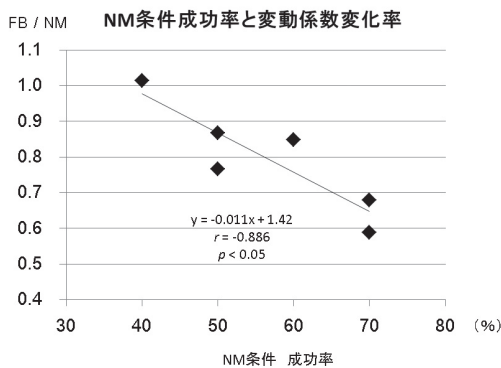


図6 NM条件のシュート成功率と回転数の変動係数の変化率 (FB条件/NM条件) との相関関係

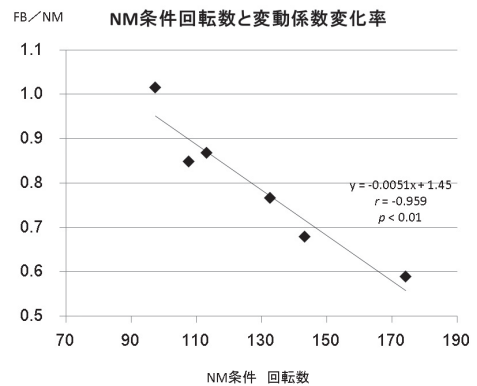


図7 NM条件のボール回転数と回転数の変動係数の変化率 (FB条件/NM条件) との相関関係



#### IV. 考察

FB 条件と NM 条件におけるシュート成功率およびボール回転数に有意な差は認められなかった (図 2, 図 3)。この結果はセンサボールによるボール回転数のフィードバックがフリースローの成功率とバックスピン数の絶対値には影響を及ぼさなかったことを意味している。バスケットボールのシュートにおけるバックスピンは、ボールがリングに接触した際の跳ね返りを軽減する効果があるとされる<sup>14)</sup>。しかしながら、本研究では「ボール回転数を増加させる」指示ではなく、「ボール回転数を一定にする」指示が与えられていたため、シュート成功率や回転数そのものはフィードバックによる変化が生じなかったものと推察される。本研究では、情報の信頼性を優先してバックスピン数のフィードバックを実施したが、シュート成功率の向上を狙った場合は入射角の方がフィードバックとして適している可能性がある。また、バックスピン数はボードにボールを当ててシュート成功を狙う「バンクショット」の成功率に特に関わるとされている<sup>10)</sup>。今回の実験では直接リングインを狙うフリースローを実施したが、バックスピン数のフィードバックはバンクショットの成功率の向上に適していると推測される。

ボール回転数の標準偏差は FB 条件において減少する傾向、同変数の変動係数は有意な減少を示した (図 4, 図 5)。この結果は、センサボールによるフィードバックによってバックスピン数のばらつきが小さくなり、運動の安定性が向上したことを示唆しており、本研究の仮説を支持するものである。一般的に運動の安定性・再現性の向上は運動学習の 1 つの要素とされているが、バスケットボールのシュートにおいても習熟を示す 1 つの要素であると示唆されている<sup>17)</sup>。センサボールによるフィードバックを用いた長期的な練習の効果は今後検討していく必要があるが、少なくとも本研究によってバックスピン数のばらつきを即時的に小さくする効果があることが確認できた。

バックスピン数のばらつきが低下した機序を検討するため、本研究では各条件 10 試行の回転数時系列データをもとに 1 次の自己相関係数を算出した (表 1)。その数値は全条件、全被験者において負の値を示し、被験者が条件を問わず 1 つ前の試行に対し相反的な調整をおこなっているものと推測された。しかしながら、フィードバックの有無によって明確な差は認められず、ばらつきが低下した機序を明らかにするには至らなかった。この点は今後の研究でより詳細な分析が求められるであろう。

さらに、本研究では動作の習熟度とフィードバック効果の関係を探るため、NM 条件の成功率および回転数平均値と回転数の変動係数の変化率との相関関係を検討した。その結果、NM 条件のシュート成功率とシュート回転数平均値は回転数の変動係数変化率との間に有意な負の相関関係 (図 6, 図 7) を示した。これらの結果は、通常の動作条件においてシュート成功率が高い選手とボールの回転数が高い選手は、フィードバックによって回転数のばらつきがより小さくなる傾向にあることを示した。つまり、習熟度の高い選手ほどフィードバックによる動作安定効果が高くなる傾向が示唆されたとも言い換えることができるであろう。特にバックスピン数は回転数の変動係数の変化率との間に  $r = 0.95$  を超える強い相関関係を示していた。バックスピン数には手関節の瞬間的な屈曲いわゆる「スナップ動作」が重要であるとされている<sup>18)</sup>。高いバックスピン数を記録した選手はこの「スナップ動作」が非常に習熟していると考えられ、フィードバック情報に応じて精度が高い回転数の調整が可能であったものと推察される。



## V. まとめ

本研究はセンサボールによるバックスピン数のフィードバックがフリースローに対してどのような即時の影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とし、FB（フィードバック有）条件とNM（フィードバック無）条件で回転数平均値、回転数のバラつき、シュート成功率の比較をおこなった。

その結果、

- (1) 回転数の平均値とシュート成功率は条件間で有意な差は認められなかった。
- (2) 回転数の変動係数はFB条件で有意に小さかった。
- (3) NM条件のシュート成功率およびボール回転数は、回転数の変動係数変化率（FB/NM）との間に有意な負の相関関係を示した。

以上のことからセンサボールによるフィードバックを付加することで即時的にバックスピン数のばらつきが小さくなるという仮説が支持され、さらにフィードバックの効果は習熟度の高い選手においてより顕著であると示唆された。

## 謝辞

本研究は2017年度南山大学パッへ研究奨励金I-A-2の研究助成を受けています。  
実験に協力してくださった選手の皆様に感謝の意を表します。

## 注

- 1) 近藤亜希子, 土岐仁, 千葉遥, 廣瀬圭. ウェアラブルセンサシステムを用いた身体パラメータ推定に関する研究. シンポジウム: スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクス講演論文集. 2016: A-12.
- 2) 清水雄一. ウェアラブル: “動き” の可視化システムの開発 (野球編). 繊維製品消費科学. 2016; 57(10): 734-7.
- 3) Galna B, Barry G, Jackson D, Mhiripiri D, Olivier P, Rochester L. Accuracy of the Microsoft Kinect sensor for measuring movement in people with Parkinson's disease. Gait & Posture. 2014; 39(4): 1062-8.
- 4) Abdelrasoul E, Mahmoud I, Stergiou P, Katz L. The Accuracy of a Real Time Sensor in an Instrumented Basketball. Procedia Engineering. 2015; 112: 202-6.
- 5) Yamaoka K, Uehara M, Shima T, Tamura Y. Feedback of Flying Disc Throw with Kinect and its Evaluation. Procedia Computer Science. 2013; 22: 912-20.
- 6) Prapavessis H, McNair PJ, Anderson K, Hohepa M. Decreasing landing forces in children: the effect of instructions. J Orthop Sports Phys Ther. 2003; 33: 204-7.
- 7) Prapavessis H, McNair PJ. Effects of instruction in jumping technique and experience jumping on ground reaction forces. J Orthop Sports Phys Ther. 1999; 29(6): 352-6. Epub 1999/06/17. PubMed PMID: 10370919.
- 8) Onate JA, Guskiewicz KM, Sullivan RJ. Augmented feedback reduces jump landing forces. J Orthop Sports Phys Ther. 2001; 31: 511-7.
- 9) Iida Y, Kanehisa H, Inaba Y, Nakazawa K. Short-term landing training attenuates landing impact and improves jump

- height in landing-to-jump movement. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association*. 2013; 27(6): 1560–7. Epub 2013/05/24. doi: 10.1519/JSC.0b013e318271276e. PubMed PMID: 23698078.
- 10) Brancazio PJ. Physics of basketball. *American Journal of Physics*. 1981; 49(4): 356–65.
- 11) Hamilton GR, Reinschmidt C. Optimal trajectory for the basketball free throw. *Journal of sports sciences*. 1997; 15(5): 491–504.
- 12) Tran CM, Silverberg LM. Optimal release conditions for the free throw in men's basketball. *Journal of sports sciences*. 2008; 26(11): 1147–55.
- 13) Okubo H, Hubbard M. Dynamics of the basketball shot with application to the free throw. *Journal of sports sciences*. 2006; 24(12): 1303–14.
- 14) 谷釜尋徳, 金子元彦, 中山修一, 中瀬雄三, 亀本佳世子, 北澤太野, 佐野昌行, 千葉直樹, 門岡晋, 岩見雅人, 内山治樹, 飯田祥明, 稲葉優希, 藤井慶輔, 佐良土茂樹, 小谷究, 網野友雄. バスケットボール学入門: 流通経済大学出版会; 2017.
- 15) 岩見雅人, 藤井慶輔, 伊藤穰. センサバスケットボールを用いたシュートのバックสปิน回転数と入射角の計測精度検証. *バスケットボール研究*. 2016(2): 33–9.
- 16) 元安陽一, 栗原俊之, 勝亦陽一, 金久博昭, 倉石平, 川上泰雄, 福永哲夫, 矢内利政. パフォーマンスレベルからみたバスケットボールのフリースローにおけるボール到達位置. *スポーツ科学研究*. 2011; 8: 155–65.
- 17) 山田洋, 國友亮祐, 長尾秀行, 小山孟志, 小河原慶太, 陸川章. 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 (第2報) 疲労後のバスケットボール3ポイント・ジャンプシュート動作の評価. *東海大学スポーツ医科学雑誌*. 2013(25): 21–8.
- 18) Okubo H, Hubbard M. Comparison of Shooting Arm Motions in Basketball. *Procedia Engineering*. 2016;147:133–8. doi: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.202>.