フリースロー初心者のための BF 型セット・フォーム習得支援 RT の開発

河田 俊^{*1}, 安田 和弘^{*2}, 岩田 浩康^{*3}

Development of the assist RT to acquire set-form and evaluation by free throw beginners

Suguru KAWATA^{*1}, Kazuhiro YASUDA^{*2} and Hiroyasu IWATA^{*3}^{*1,*3} Waseda Univ. Dept. of Modern Mechanical Engineering
3-4-1 Okubo, Shinjyuku-ku, Tokyo 169-8555, Japan^{*2} Waseda Research Institute for Science and Engineering
3-4-1 Okubo, Shinjyuku-ku, Tokyo 169-8555, Japan

Received: 1 November 2016; Revised: 18 January 2017; Accepted: 8 June 2017

Abstract

Acquiring one's own form is an important technique for excelling in any competitive sport. Most basketball players spend a significant amount of time in acquiring the ideal form in order to improve their basketball skills. Although basketball is one of the most popular sports in the world, there are only few devices that aid in improving a player's skills. In the research involving the development of a skill-support device for basketball, it is important to learn the ideal form to acquire a physical posture of set-form. Therefore, we developed a device for reforming the set-form using auditory biofeedback. The proposed device measures the shoulder angle of a player in real time (50 Hz) and generates a sound on the basis of the measured angle to inform the ideal posture. If the set-form posture is not ideal, the device uses this sound to inform the player that they must modify their posture. The player then changes their shoulder angle and if the posture becomes ideal, the device mutes the sound. Several seconds after the sound stops, the device indicates the player to shoot. According to our study for testing the efficacy of this device, the BF-training group obtained 20% higher success rate than the control group. Moreover, the BF-training group had a more stable form than the control one.

Key words : Basketball, Auditory biofeedback, Set form, Motor learning

1. 緒 言

競技スポーツにおいてフォームの獲得は重要な技能であり、熟練者は初心者に比べて美しく、巧みなフォームにより高い技能を獲得している。熟練者のフォームにおける“美しさ”や“巧みさ”に関する研究は、フラクタル次元を用いて熟練者と初心者における卓球のフォームにおける巧みさの比較を試みたもの（鈴木, 山本, 2013）や映像フィードバックを用いた練習により野球のバッティング技術の巧みさに与える影響を検証したもの（寺井, 立, 2011）など、さまざまな競技分野において行われている。それは全世界で約 4 億 5000 万人の競技人口があり、世界的にも親しまれているバスケットボールにおいても同様である。

バスケットボールにおけるフォームでは基礎技術としてフリースロー動作が重要である（Johnny et al., 2015 : 陸川他, 2005）。フリースローにおける熟練者と初心者のフォームを比較すると、成功率が高い熟練者は下肢から上肢へ運動の伝達が行われる運動連鎖が十分に行われていることが示されている。また、成功率が低い熟練者は運動連鎖が適切に遂行できなかった際に、手首で勢いをつけてボールを飛ばそうとする“手打ち動作”を行う傾向があり、これが成功率を低下させる 1 つの要因として報告されている（鈴木他, 2014）。

また、シュートの安定性に関する研究では、熟練者のような安定したフォームを獲得するためには、シュート時の関節角度の再現性が高く、シュート後は身体各部位の速度変化が早期に安定へと収束することが知られている（鈴木他, 2014）。元安らは、競技経験年数が 10 年以上（以下 ELT, N=10）10 年未満（以下 REC, N=10）お

No.16-00515 [DOI:10.1299/transjsme.16-00515], J-STAGE Advance Publication date : 21 June, 2017

^{*1} 早稲田大学創造理工学研究科 総合機械工学専攻（〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1）^{*2} 早稲田大学理工学術院 総合研究所理工学研究所^{*3} 正員, 早稲田大学創造理工学研究科 総合機械工学専攻

E-mail of corresponding author: jubi@waseda.jp

Fig.1 Four main action of free throw.

Fig. 2 Set-form assist device.

よび競技経験無し（以下 UEX, N=10）の 3 群を対象として、ショット成功率とボールのリングに対する到達位置の前後成分および左右成分を分析した。その結果、UEX はボール到達位置の偏りと前後左右方向のばらつきを小さくすること、REC は前後左右のばらつき、特に左右方向のばらつきを小さくすること、ELT は前後方向の飛距離の調整により、ばらつきの前後成分をさらに収束させることが課題であることを明らかにした。

以上の先行研究の知見から、熟練者のフォームにおける高度なスキルの特徴としては下肢から上肢への力の伝達が滑らかに行われる運動連鎖ができており、シュートフォームにおける関節角度や速度のばらつきが小さく安定していることが分かる。このスキルにより弾道も安定し、高いシュート成功率を維持しており、高度な技能を習得していることが推察される。

フォーム修正のためのデバイスとして、バスケットボールにおいてはマーカを使用せずモーションキャプチャ可能である Kinect を用いて初心者のシュートフォームを熟練者のシュートフォームのモデルに近づけるための学習支援システムの構築を行った研究がおこなわれている（山中，妻鳥，2013）。本デバイスでは Kinect の前でシュートを打ち、フォームを取得したのちに熟練者の理想モデルと異なる箇所を文字情報により提示するフィードバックを採用している。さらに村上らは、バランス Wii Board の上でシュートを打たせることでシュート中の重心の軌跡を取得、表示させることで熟練者との違いから改善すべき手法について文字情報でアドバイスを提示する学習支援システムを提案している（村上他，2013）。しかし、これらのシステムは複数の装置を利用した大掛かりな装置であるため準備に手間がかかり、簡便にトレーニングを行えるものではない。また、文字情報によるフィードバックであるため体性感覚に働きかけるような直感的なフィードバックができておらず、運動を行った後にフィードバックをしているため運動時の身体感覚とフィードバック情報とを結びつけるのが困難であり、運動学習効果が低いことが推察される。さらに、バスケットボール初心者に対してシステムを適用させバスケットボール技能を有効に向上させることを未だ証明できていない。

本稿ではバスケットボールの中でも重要なスキルであるといわれているフリースロー技能に着目し、初心者のフリースロー技能を向上させる装置設計手法を提案する。フリースローを構成する主な 4 つの動作（図 1）のうち、初心者のフリースロー技能向上のポイントはセット・フォームにおける体姿勢であることが知られている。また、フリースロー時のセット・フォームの肩関節矢状面角度においてフリースロー成功率の高い（80%）熟練者は角度の分散が小さく、フリースロー成功率の低い（10%）初心者は角度の分散が熟練者より大きいことが報告されている（安松谷他，2011）。以上のことより、安定したセット・フォームでフリースローを打つことでフリースロー軌道が安定し、高いシュート成功率を得ることが可能であることが示唆されているが、セット・フォームのばらつきを抑えるような装置を開発した研究はなされていない。そこで、セット・フォームの安定化を企図した装置の開発を行い、その有効性とフリースロー成功率の変化について検証したので報告する。

2. フリースロー習得支援 RT の概要

作成した装置の概要図を図 2 に示す。本装置はバスケットボール初心者を対象にセット・フォームにおける肩関節周りの角度に着目し、なかでも矢状面と前額面における角度のばらつきを減少させることで安定したセット・フォームを獲得させる。

2・1 BF 方法

本研究では、聴覚 BF により容易にトレーニング可能な小型ウェアラブルデバイスの製作を検討した。振動等の体性感覚を用いた BF では、装着するデバイスの大きさや重量が視覚 BF や聴覚 BF に比べてフリースロー動作

Fig. 3 We define Φ as frontal plane angle,
 θ as sagittal plane angle.

Fig.4 BF-training program

を阻害する可能性が高いことが予測され、不適切だと考えた。加えて運動学習の観点から、一般的に、視覚よりも聴覚は運動学習効果が高いことが報告されており、荷重移動課題において視覚と聴覚による BF を与えた効果を比較した研究では聴覚の方が、学習効果が高いことが示唆されている（長谷川他，2015）。そのため、本研究ではセット・フォームのばらつきを抑える BF 手法として聴覚 BF を用いることとした。

肩関節の前額面の角度を Φ 、矢状面の角度を θ とし（図 3）、これらの角度がフリースローを打つたびに一定の範囲内に入るような帯域幅フィードバックを設けることでセット・フォームの安定化を図り、運動学習強化とフィードバック依存の低減を狙った。帯域幅フィードバックの基準となる角度と角度幅は熟練者 2 名のフリースロー成功時におけるセット・フォームを基に算出し、前額面の基準角度を 100 度、矢状面の基準角度を 130 度とし、帯域幅をそれぞれ ± 5 度と設定した。

2・2 システム構成

装置は 3 軸の加速度センサと 2 軸の角速度センサを併用することで作成した角度センサ（13×7×4 cm、重量 60 g）とピエゾスピーカーと Bluetooth モジュールを搭載したマイコン（Arduino Uno）を内包したショルダーポーチ（23×14×8 cm、重量 295 g）で構成されている。角度センサとマイコン間のケーブルはケーブルカバーで覆われており、フリースロー動作を阻害させないようにケーブルを取り回した。角度センサは 3 次元磁気計測装置として Liberty(Polhemus 社)を用いることで本試験において必要となる 30°～150°の角度内においては角度誤差が 1 % 以内に収めるよう角度補正係数を設けた。角度センサを利き腕上腕中部にマジックベルトで固定し、矢状面と前額面の肩関節角度をリアルタイム（50 Hz）に計測した角度情報を基に聴覚 BF での支援を行う。また、装置はタブレットと Bluetooth で接続されており操作はタブレットで行うことが可能である。タブレット側では装着者の角度情報がリアルタイムで表示されており、現在のセット・フォームにおける対姿勢を確認可能なシステムとした（図 2）。

2・3 トレーニングプログラム

トレーニングの際にはフィードバック依存減少のためにまず装着者にセットの体姿勢を自己決定させた後に、装置がセットの体姿勢を自動で判定し、その状態に基づいた制御を実行する。理想的な体姿勢であった場合は聴覚 BF が行われず、装着者にセット・フォームが理想的であることを知らせ、シュートを打たせる。理想的でなかった場合は聴覚 BF を基に前額面、矢状面の順に肩関節を動かしていくことで体姿勢の修正を行わせる。その際に前額面の聴覚 BF は音階における低いドの音（262 Hz）、矢状面の聴覚 BF は音階における高いシの音（494 Hz）をそれぞれ異なる音として BF することにより装着者がその時に修正すべき内容を誤認識することがないようにした。このトレーニングプログラムを繰り返し行うことで装着者は意図せずとも自然に理想的なセット・フォームを獲得できるようにした（図 4）。

3. 即時効果検証試験

3・1 試験対象

バスケットボール初心者 14 名を介入群 7 名（年齢：21.3±1.8 歳，身長：172.4±5.4 cm）とコントロール群 7 名（年齢：21.6±1.5 歳，身長：173.7±6.9 cm）に分類し評価試験を行った．参加者には書面にて研究内容の説明を行い，研究参加前に紙面にて同意を得た．また，本臨床試験の手順は早稲田大学倫理審査委員会より承認を得たうえで実施した（承認番号 2014-203）．

3・2 試験デザイン

フリースローラインよりゴールリングの中心までの距離 4.3 m，高さ 3.05 m の公式バスケットゴールへフリースローを行うことを基本課題とし，Pre-Post デザインにて試験を行った．Pre と Post ではフリースローを 15 本行い，介入中は 10 本ずつ行った．その際，各施行に対して 3 分程度の休憩を設けたが Post は NoDelay と Delay の二つを設け，その間は 30 分間の休憩を設けた．また，介入群・コントロール群ともに装置を装着し，介入群へ BF を付与した．

3・3 評価項目・手法

フリースロー技能評価指標としてゴール率とニアゴール率の評価を行った．ゴール率はリングに触れてゴールしたものも含み，リングに当たったがゴールしなかったものをリング率としリング率とゴール率の合計をニアゴール率とした．セット・フォームのばらつき評価指標として，セット・フォーム時における肩関節角度の平均値に対する最大角度と最小角度の差分のより大きい値を角度幅とし，その大きさを矢状面と前額面において評価した．評価の手法としては，セット・フォーム習得支援 RT により搭載されている角度センサにより計測を行った．また，介入群については Pre と Post 時のセット・フォーム時の矢状面における肩関節角度も同様にセット・フォーム習得支援装置により計測・評価を行った．

フリースロー技能評価とセット・フォームのばらつき評価は装置による短期的な学習効果をみるために，両群ともに 30 分の休憩後に行った Delay での結果を Post の結果とした．今回の試験においては Post の結果と Pre の結果の差分値を群間比較（マン・ホイットニーの U 検定）し，フリースロー成功率の上昇率とセット・フォームばらつきの減少率が装置による介入の影響を評価することに重きを置いた．また，各群での初期状態である Pre-test において群間で被験者の能力に差がないことを示すためにマン・ホイットニーの U 検定を用いて評価を行った．

装置による BF 依存減少効果と短期的な学習効果の評価指標として介入期間中に介入群において聴覚 BF 支援がない状態でも理想的なセット・フォームを再現できた割合，すなわち聴覚 BF 支援が行われなかった割合を介入初期，中期，後期で比較評価した（フリードマン検定）．

全ての統計評価にはエクセル統計 2012(ver1.1.6)を用い，有意水準は 5%とした．

また，実験後に VAS（Visual Analog Scale）形式のアンケート（表 1）に答えてもらうことで被験者が装置を用いたトレーニングに対してどのように感じたか内観評価を行ってもらった．アンケートには装置の使用感やパフォーマンスの変化についての項目を設けた．

Table 1 Questionnaire contents

Question number	Question matters
Question①	Did the device disturb you make a shot?
Question②	Did you feel that the form of the free throw became better after the experiment?
Question③	Did you feel that the free throw skills became better after the experiment?

Fig.5 The x-axis is the test phase. The y-axis is the goal rate and near goal rate. The triangle marker shows the result of BF-training group. The X-marker shows the result of control group. The background filled zone shows intervention period.

Fig.6 The y-axis is the difference of near goal rate between Pre and Post. The Red bar shows the result of BF-Training group. The Blue bar shows the result of Control group.

4. 試験結果・考察

4・1 フリースロー技能

試験結果を図 5,6 に示す. ゴール率は介入群, コントロール群ともに Pre-Post 比較において傾向の変化は見られなかった. しかしニアゴール率について, コントロール群はフリースロー回数の増加に伴い一時的にニアゴール率の向上がみられたが, 最終的な Pre-Post 比較において上昇傾向はみられなかった. 一方で介入群は, Pre ではコントロール群よりもニアゴール率は低かったが, 介入で大きく向上し BF 支援の行われていない Post においてもニアゴール率の維持, 向上がみられた. Post—Pre の差分値を群間比較した結果, コントロール群と比較すると約 30%有意な向上を確認した. また, 群間の Pre 同士の結果を統計的に比較した結果, Pre-test における被験者の能力に差がないことも認められた. 以上の結果から, 装置を用いた支援により短期的な学習効果が認められ, フリースロー技能が向上する可能性が唆された.

ニアゴール率の向上に対してゴール率の向上が見られなかった原因として本装置ではフリースローにおける構えの姿勢であるセット・フォームの支援を行ったが, フリースローを行う際には構えた後の投げの動作であるリリース・フォームも重要となる. しかし, 本装置ではリリース・フォームに関する支援を行っておらず, フリースロー動作全体の支援としては十分ではなかったため, ゴール率が向上せずニアゴール率の向上にとどまったの

Fig.7 The y-axis shows angular width of frontal plane and sagittal plane. The BF-training group has a more stable form than the control one. The thick horizontal line shows the angular width value which the device defines as ideal value.

Fig.8 The y-axis shows angular width of frontal plane and sagittal plane. The BF-Training group more decrease angle bond than the control one.

だと推察される．そのため今後は弾道の観点から解析することにより装置による介入支援の限界について調査をしていく必要がある．

4・2 セット・フォームのばらつき

セット・フォームのばらつきについて、コントロール群はセット・フォームにおけるばらつきの減少がみられなかったのに対して、介入群は目標としていた角度幅 5 度には及ばなかったが、前額面・矢状面ともに減少し目標角度に近い値へと減少した．また、Post—Pre の差分値を群間比較した結果、コントロール群と比較すると介入群は前額面・矢状面ともに 10° ～20° 有意な減少が確認された．群間の Pre 同士の結果を統計的に比較した結果、Pre-test における被験者の能力に差がないことも認められ、比較的短期間で 30% 以上有意にばらつきを低減できたことから、装置による介入の有用性が高いと考えられる．

セット・フォームのばらつきが抑えられた原因として、フリースローを行う際には通常では使用されていない感覚である聴覚を用いて BF を行ったことと、リアルタイムに体性感覚に働きかける即時的フィードバックが有効に働いたことが影響していると考えられる．しかし、聴覚 BF が振動など他の自己受容覚を用いた BF に比べての有効性や即時的なフィードバックが遅延フィードバックに対する効果の差など、それぞれの手法がセット・フォームのばらつき抑制に与えた影響については検証が不十分であるため、今後追加の検証実験が必要である．また、短期的な学習効果が確認された原因としては、帯域幅フィードバックを導入したことにより、技能向上に伴い BF の回数が減少し、BF に依存せずとも自らの意志で適切なセット・フォームを再現可能になったことが推察される．このことは、介入が進むにともなって支援が必要だった回数（聴覚 BF が行われた回数）が減少していき、介入初期と後期では約 30% 減少したことからも妥当と判断した（図 9）．そのため、今後は長期介入を行うことで角度のばらつきをより抑えられるかどうかについて検討していく必要がある．

Fig.9 The y-axis is the rate of BF assist in each intervention phase. The number of times which the BF-Training group needs auditory BF is less and less as the phase advances.

Fig.10 The y-axis is the VAS scale. If it is higher and higher, many people agree with the question matter. If it is lower and lower, many people disagree with the question.

Fig.11 The x-axis is the test phase. Y-axis is the sagittal plane angle and frontal plane angle. The thick horizontal line shows the value which the device gave wearer to imitate.

VAS 形式によるアンケートの結果 (図 10) では、装置の使用感については、装置を着用した両群ともに低い値を示していることから装置によるシュート動作への阻害影響は小さく、ウェアラブルデバイスとしての装置の必要条件是満たしているといえるであろう。また、シュートフォームやフリースローの結果に対しては介入群がより高い値を示していることからトレーニングにより技能向上を感じた被験者が多かったことが推測される。以上のことから、装置によるトレーニングの有効性は被験者の内観評価においても認められている。

また、Post における介入群のセット・フォーム角度は装置が与えた目標角度と近い角度に収束する傾向に見られた被験者も存在したが (図 11)、中には目標角度 ± 5 度を超えて全く異なる角度で収束する被験者も同様に存在した。これは個々人における筋力や骨格などの違いからシュートを打つのに最適となるフォームが当然異なるため、基本的なセット・フォームの体姿勢の運動イメージを獲得し、それをもとに自分自身にとって適切なフォームを獲得した結果であると考えられる。しかし、どの被験者においてもニアゴール率は向上する傾向が見られたことから、フリースロー技能向上には熟練者と全く同様のフォームでフリースローを打つことよりも個々人に適したフォームでフリースローを打つことのほうが重要であり、本装置を使うことで個々人のフォーム獲得を促す、すなわち‘型’の習得を支援することができたのではないかと考えられる。今後の支援手法の提案として、理想的なフォームの運動イメージが獲得できていない介入初期は熟練者のフォームをもとに目標角度を設定し、技能の向上 (ゴール率、ニアゴール率の向上) に従い装置が個々人の適切となる目標角度を学習し、それに合わせて目標角度を自動で変更していく支援を行うことで、より効果的な技能向上が見込めることが考えられる。

スポーツ現場において、本装置は特に初心者がフリースロースキルを短い時間で習得する際の導入としての活用が期待される。また、今後機器の精度向上を図ることで中級・上級者のスキルアップのシステムとしての活用および他の競技においても着目する関節パラメータを変更することで競技に応じたフォーム獲得支援が可能になるかもしれない。例えば競技ダーツにおいてダーツを投げる際の肘の角度の曲げ具合を適切角度となるように調整することで投フォームを改善させる装置へと応用することが可能であると考えられる。さらに、本システムではデータ記録が可能のため、例えばパフォーマンスデータを視覚化することで指導者・競技者のトレーニングに活用することも期待できる。

5. 結言

本研究では初心者のフリースロー技能向上のために音による帯域幅フィードバックを利用したセット・フォーム習得支援装置を開発し、学習効率を高めるための訓練プログラムを構築した。フリースロー初心者 14 名を対象に効果検証を行ったところゴール率は介入群、コントロール群ともに向上が確認されなかったが、ニアゴール率は介入群がコントロールに比べて 20% 有意に向上する結果となった。また、介入群においては前額面、矢状面ともにセット・フォームの安定性、再現性が確認され、各々が安定したフォームを獲得したことから、フリースロー技能向上には熟練者のフォームを模倣させることで各々のフォームを獲得することが可能となることが示唆された。本試験では、ゴール率を向上させるには至らなかったため今後は弾道の解析をすることでゴール率が向上しなかった原因の調査を進めていく必要がある。

謝辞

本研究は早稲田大学アクティブエイジング研究所の支援を受けて実施されました。また、試験に協力いただいた皆様ならびに研究にご協力いただきました倉石平氏に謝意を表します。

文献

- Alexandra, C., Anne-Helene, O. and Frack, M., Visual perspective and feedback guidance for VR free throw Training, IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.35, Issue5 (2015), pp.55-65.
- 長谷川直哉, 萬井太規, 武田賢太, 佐久間萌, 笠原敏史, 浅賀忠義, 視覚フィードバックと聴覚フィードバックによる動的バランスの学習効果の違い, 理学療法学, Vol.42, No.6 (2015), pp.474-479.
- 穂苅真樹, 土岐仁, 斎藤剛, バスケットボール・シュートにおける上肢の三次元運動解析, ジョイント・シンポジウム講演論文集: シンポジウム スポーツ工学シンポジウム: ヒューマンダイナミクス(2006), pp.23-26.

- Johnny, P., Giuseppe, A., Gian, M. M., Francesco, C., Stefano, V and Luca, P. A., Metabolic optimization of the basketball free throw, *Journal of Sports Science*, Vol.33, No.14 (2015), pp.1454-1458.
- 河田俊, 安田和弘, 岩田浩康, フリースロー技能向上のための BF 型セット・フォーム強制デバイスの開発, *Robomech*, 1P2-H09 (2015).
- 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見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*, Vol.8 (2011), pp.155-165.
- 村上剛, 山口勝己, 中山功一, バランス Wii ボードを用いたフリースローのスキル学習支援システムの開発, *教育システム情報学会学生研究発表* (2013).
- 日本文化出版株式会社, 月刊バスケットボール 8月号臨時増刊〜入れば良いな——. フリースロー百発百中〜. (2000).
- 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: 東海大学対伊集学部紀要, Vol.35 (2005), pp.7-12.
- Schmidt, A., Movement pattern recognition in basketball free-throw shooting, *Human Movement Science*, Vol.31 (2012), pp.360-382.
- Schmit, A. R., *MOTOR LEARNING & PERFORMANCE*, 大修館書店 (2003).
- 鈴木啓央, 山本裕二, フラクタル次元からみた切替打球動作の巧みさ, *スポーツ心理学研究*, Vol.40, No.2 (2013), pp.91-108.
- 鈴木克真, 飯谷健太, 梅原優太, 青木悠佑, バスケットボールにおけるシュート時の全身協調動作解析, *ロボティクス・メカトロニクス講演会*, No.14-2, 3P1-N05 (2014).
- 寺井宏文, 立正伸, 映像フィードバックを用いた練習がバッティング技術に与える影響, *スポーツパフォーマンス研究*, Vol.3 (2011), pp.138-152.
- 山中佑亮, 妻鳥貴彦, バスケットボールのフリースローにおけるシュートフォームの学習支援システムの構築, *電子情報通信学会*, Vol.113, No.482 (2014), pp.113-118.
- 安松谷亮宏, 曾我真人, 瀧寛和, バスケットボールのフリースロー時の熟練者と初心者の全身フォーム比較分析 学習支援環境の設計, *情報処理学会インタラクション*, No.2INH-2 (2011).

Reference

- Alexandra, C., Anne-Helene, O. and Frack, M., Visual perspective and feedback guidance for VR free throw Training, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.35, Issue5 (2015), pp.55-65.
- Hasegawa, N., Mani, H., Takeda, K., Sakuma, M., Kawahara, S. and Asaka, T., Different effects of motor learning between visual and auditory feedback exercises in dynamic postural balance, *Physical Therapy Research*, Vol.42, No.6 (2015), pp.474~479 (in Japanese).
- Hokari, M., Doki, H. and Saito, T., Three-dimensional motion analysis of upper limb in basketball shot, *symposium on sports engineering: symposium on human dynamics* (2016), pp.23-26 (in Japanese).
- Johnny, P., Giuseppe, A., Gian, M. M., Francesco, C., Stefano, V and Luca, P. A., Metabolic optimization of the basketball free throw, *Journal of Sports Science*, Vol.33, No.14 (2015), pp.1454-1458.
- Kawata, S., Yasuda, K. and Iwata, H., The device for free throw to improve technique by reforming set-form, *Robomech* (2015), 1P2-H09 (in Japanese).
- Motoyasu, Y., Kurihara, S., Katumata, Y., Kanehisa, H., Kuraishi, O., Kawakami, Y., Fukunaga, T. and Yanai, T., Ball arrival position in basketball free throw from performance level, *Sport Science Research*, Vol.8 (2011), pp.155-165 (in Japanese).
- Murakami, T., Yamaguchi, K. and Nakayama, K., Development of the skill learning support system of free throw using Wii Balance Board, *Japanese Society for Information and Systems in Education* (2013) (in Japanese).
- NIHONBUNKA Publishing Co., Ltd., An extra issue of august number of monthly basketball journal, ~Hairebaiina~, *Furi-suro-hyappatuhyakuchuu* (2000), (in Japanese).

- Rikukawa, A., Yamada, H., Kato, T. and Uemura, T., Evaluation for shot skill of free throw in male college basketball players, Bulletin School of Physical Education Tokai University, Vol.35 (2005), pp.7-12 (in Japanese).
- Schmidt, A., Movement pattern recognition in basketball free-throw shooting, Human Movement Science, Vol.31 (2012), pp.360-382.
- Schmit, A.R., MOTOR LEARNING & PERFORMANCE, TAISHUKAN Publishing Co., Ltd. (2003).
- Suzuki, H. and Yamamoto, Y., Dexterity of switched hitting movement using fractal dimension analysis, Japanese Journal of Sports Psychology, Vol.40, No.2 (2013), pp.91-108 (in Japanese).
- Suzuki, K., Iitani, K., Umehara, Y. and Aoki, Y., Whole-body cooperative motion analysis of basketball shoot motion, Proceeding of the JSME Conference on Robotics and Mechatronics, No.14-2, 3P1-N05 (2014) (in Japanese).
- Terai, T. and Tachi, M., Effects of practice using video feedback on batting technique, Research Journal of Sports Performance, Vol.3 (2011), pp.138-152 (in Japanese).
- Yamanaka, Y. and Mendori, T., Development of learning support system for basketball shoot from the free throw, The Institute of Electronics Information and Communication Engineers, Vol.113, No.482 (2014), pp.113-118 (in Japanese).
- Yasumatuya, A., Soga, M. and Taki, H., Whole body form analysis of basketball shoot comparing an expert with novices and design of a learning support environment, Information Processing Society of Japan interaction, No.2INH-2 (2011) (in Japanese).