バスケットボールにおける シュートフォームの学習支援環境の構築

安松谷　亮宏[†]　　曽我　真人[‡]　　瀧　寛和[‡]

バスケットボールは一試合に行うシュート回数がとても多いスポーツである．そのため，シュートフォームの確立は重要になってくる．本研究ではバスケットボールにおけるシュートフォームの学習支援環境の設計と構築を行う．まず，初心者にシュートフォームを教えるためには，熟練者のシュートフォーム姿における身体各関節の角度を測定することが必要となってくる．そこで，熟練者と初心者のシュートフォームをウェアラブルなモーションキャプチャシステム（IGS-190）で取得し，身体各関節の回転角を比較分析する研究を行った．その結果，初心者は熟練者よりシュートフォームの安定性がなく，足や腕の伸展力を利用していないことが分かった．これ等のデータを基に初心者へ熟練者のシュートフォームを学習させるシステムの設計と構築を行った．

Development of A Learning Support Environment for Basketball Shoot Form

AKIHIRO YASUMATSUYA[†]　　MASATO SOGA[‡]　　HIROKAZU TAKI[‡]

Basketball is a sport that has so many shoots in a game. It is necessary for learners to master an appropriate shoot form. We is designed and developed a learning support environment for basketball shoot form. At the beginning, Instructors need to know every angle at every joint of an expert's body during shooting, in order that they teach the appropriate shoot form of basketball to novice players. Therefore, we analyzed every angle at every joint of an expert basketball player during shooting by using a wearable motion capture system (IGS-190). Simultaneously, we measured novice players' shoot forms, and compared them with the experts' data. As a result of the analysis, we found that novice players had less stable shoot forms than the expert and that novice players did not utilize extension momentum by their legs and arms. We designed and developed a learning environment for novice to master the expert shoot form based on the analysis.

1.　はじめに

バスケットボールは球技の中で最も多くの得点を競い合うスポーツであり，その攻撃はパス，ドリブル，シュートの連動した運動で構成される．特に，シュートは多くの得点を獲得するため，勝敗を決定する運動といっても過言ではない [1]．初心者がシュートフォームを正確に学ぶためには熟練者に指導してもらう必要がある．しかし，バスケットボールの練習の中ではシュート練習が一番多く常に熟練者が指導してくれるとは限らない．また，教本などの二次元の媒体から自分で独学するしかない．その結果，誤ったシュートフォームを体得し改善に時間がかかることが多々ある．これらの問題を解決すべく，本研究では熟練者と初心者におけるシュートフォームの比較分析を行い，さらに初心者が熟練者に近いシュートフォームで学習できるよう学習支援環境の設計と構築を行う．

バスケットボールにおけるシュートフォームの比較分析による関連研究として，ジャイロセンサをシュートする利き腕に４個，上半身に１個装着し，熟練者のシュートフォームを分析した研究 [1]や，最大シュート距離における相対距離からシュート成功率や動作の違いを検討した研究 [2]，シュートフォームのビデオ映像を二次元動作解析した研究 [3]などがある．先行研究 [1]からはシュートを打つ側の腕における三次元動作の分析がされている．先行研究 [2]の結論から，ジャンプなしのセットシュートをさせることが上肢帯の連動を意識させやすい練習方法の一つであるとされている．また、先行研究 [3]からはシュート者の右側から見た二次元動作の分析がされている．このように，バスケットボールにおけるシュートフォームの分析は過去に多く研究されている．しかし，バスケットボールにおけるシュートは，二次元ではなく三次元の観点から動作分析する必要がある．また，シュートを打つ側の片腕だけではなく，シュート時の膝の曲がり具合や，足首の曲がり具合なども重要である．また，シュートフォー

† 和歌山大学大学院　システム工学研究科
Wakayama University Graduate School of Systems Engineering
‡ 和歌山大学　システム工学部
Wakayama University Faculty of Systems Engineering

ムの学習支援環境の構築は行われていない．本研究で設計する学習支援システムでは，学習者へ異常箇所を視覚的に分かるよう表示するシステムである．また初心者が、どのようにすれば熟練者へ近づけるようになるのか，アドバイスを出力している．このシステムを用いることによって，シュートフォームを初心者が一人で正しく学習できることを検証する．

2. 熟練者と初心者における比較分析の実験

2.1 実験目的

この実験では，初心者のスキル学習を支援するために，熟練者におけるバスケットボールのシュートフォームについて，熟練者と初心者のシュートフォームをモーションキャプチャシステムによって三次元の観点から計測し比較分析する．

2.2 モーションキャプチャシステム（IGS-190）

近年，モーションキャプチャシステムは映画やゲームなどにおけるキャラクター再現に多く利用され，その他にもスポーツや医学の分野でも必要とされている．本研究ではモーションキャプチャシステムを熟練者と初心者のバスケットボールにおけるシュートフォームの比較分析と学習支援環境の構築に使用する．

本研究で用いたモーションキャプチャシステムは，英国 Animazoo 社製の IGS-190 である．主な仕様を表 1 に示す．動作を行う人の主要な身体部位（腰，左大腿，左下腿，左足，右大腿，右下腿，右足，背中，左肩，左上腕，左前腕，左手，右肩，右上腕，右前腕，右手，首，頭）に，18 個の超高性能小型ジャイロセンサを装着する．それらから回転データを取得，MPU ボックスで集積して無線で PC へ送信する．ノート PC の IGS-190 付属ソフトウェアに予め被験者のスケルトン情報を入力しておくことで，ジャイロセンサから送られた回転情報データをスケルトンの間接に当てはめ，リアルタイムで身体の動きをキャプチャできる装置である．

表1 IGS-190 の仕様

項目	IGS190
使用センサー	3 軸ジャイロセンサ
関節数	19
センサー精度	0.01°（ジャイロセンサ）
実質精度	0.1°（ジャイロセンサ）

2.3 実験方法

実験場所は風や地盤の影響を受け難い体育館で行った．被験者はバスケットボール 3 年以上の経験者である熟練者 7 名，未経験の初心者 8 名の合計 15 名である．この熟練者と初心者のうち各 1 名ずつ合計 2 名の人が左利きである．各身体パラメータを表 2 に示す．被験者は実験当日までに IGS-190 を使用するにあたって必要なアクター写真撮影とスケルトン情報の入力を済ませておく．実験当日は軽くウォーミングアップを行った後で，モーションキャプチャシステムを身体に装着する．そして，北方向を向いて直立しキャリブレーションを行い，フリースローラインから距離 5.6m，高さ 3.05m の公式バスケットゴールへ直接ボールが入るように，10 本のジャンプなしのセットシュートを行った．また，各被験者の動画保存と BVH ファイルの保存，シュート率の記録も行った．

表2 被験者の身体パラメータ

	身長(cm)	体重(kg)	歳	経験年数（年）
初心者 A	176	61	25	0
初心者 B	170	67	25	0
初心者 C	169	59	24	0
初心者 D	159	54	24	0
初心者 E	176	65	24	0
初心者 F	180	63	25	0
初心者 G	167	53	23	0
初心者 H	166	55	22	0
熟練者①	175	64	24	11
熟練者②	180	68	24	9
熟練者③	182	64	24	6
熟練者④	180	85	24	6
熟練者⑤	176	61	24	3
熟練者⑥	178	65	23	10
熟練者⑦	183	78	23	13

2.4 分析方法

IGS190 により取得したデータは BVH ファイルで保存されているため，後にどのような動きをしたか確認することができる．さらに，BVH ファイルはアスキーファイルとなっており，テキストエディタで開くと身体各関節における回転角データを取得できる．回転角データから角度を算出するには，フリーソフトの BVH ファイル読み込み，表示プログラムを利用した．BVH ファイルにおける身体各関節の回転角データは，腰のボーンにおける回転を中心に次のボーンにおける

回転角データ，さらにそのボーンを中心に次のボーンにおける回転角データとなっており，先端部位の手，足，頭まで計測している．本研究では各回転角データと腰の位置座標から，身体各関節における先端座標（X,Y,Z）を取得する．これらの座標よりベクトル内積(1)を利用して身体各関節が成す角度θを求める．また，角度の変動を把握することにより足と手の伸展するタイミングや身体各関節の先端座標からボール高さを算出し分析する．

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{\vec{\alpha}\cdot\vec{\beta}}{|\alpha||\beta|}\right)\times\frac{180}{\pi} \qquad (1)$$

バスケットボールにおけるシュートフォームで一般的に重要視されている箇所は，シュートセット状態とリリース状態のフォームである．そのため，本研究ではシュートフォームの前述した二カ所の分析を行う．シュートのセット状態では，利き腕側の大腿と下腿が成す角度が最小値になった状態と定義し，リリース状態ではセット状態以降に利き腕の上腕と前腕が成す角度が最大値になった状態と定義する．この二点のフレーム数を基に，熟練者と初心者のセット状態とリリース状態における身体各関節が成す角度を比較分析する．セット状態では身体各関節が成す角度以外に，左右の足の開き具合，左右のお脇の開き具合，左右の大腿の開き具合，胴体の傾き具合，打点の高さを計測する．リリース状態では身体各関節が成す角度以外に，右の上腕の上がり具合，左右のお脇の開き具合，左右のお大腿の開き具合，胴体の傾き具合を計測する．

2.5　実験結果

下記にセット状態とリリース状態において熟練者と初心者に大きく違いが見て取れたシュートフォームにおける身体各関節の角度をグラフで表示する．シュートのセット状態は図 1～図 4 で，リリース状態は図 5～図 6 である．そして，赤色の実線が初心者 A～G のグラフ，青色の実線が熟練者①～⑥のグラフである．図 1～図 3，図 5～図 6 は縦軸が角度を表し，横軸がシュート回数を表している．図 4 において縦軸は，顔の高さを 0 としたボールの位置座標である．セット状態の図 1～図 5 における熟練者と初心者を比べると，10 本分におけるグラフの変動において初心者の方が熟練者より上下に大きく変動しているのが見て取れる．さらに，図 3 では熟練者より角度が大きい初心者が数名いることが分かる．図 4 では，熟練者よりボールの高さが極端に高い人や，極端に低い人がいるのが分かる．リリース状態の図 6，7 でも同様に 初心者の方が熟練者より上下に大きく変動している．そして図 6 では熟練者より角度が小さい初心者が数名いることが分かる．また，図 7 では熟練者より角度が大きい初心者が数名おり，初心者の中の一名は 10 本分におけるグラフの変動が極端に大きい変動を見せている．また，全体的に熟練者同士でグラフを比較すると，大よそ同じような数値で微小に変動している特徴が見て取れる．しかし，初心者同士では同じような特徴点は見て取れない．シュート率は熟練者が平均成功率 71%で，初心者が平均成功率 25%であった．左利きと右利きの初心者同士，熟練者同士には特別な違いは見られなかった．

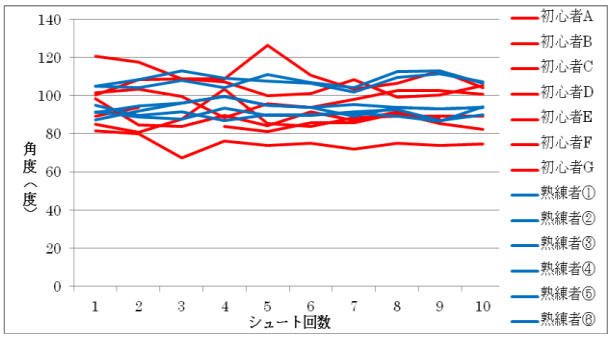

図1　①セット状態の右大腿と下腿が成す角度

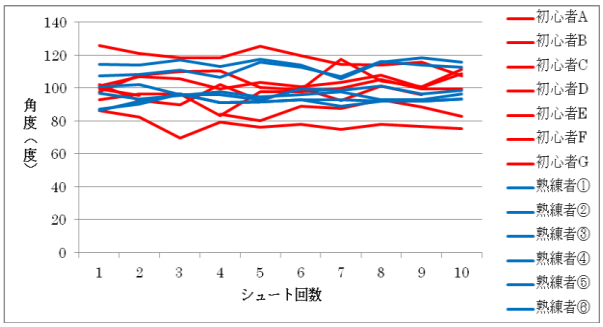

図2　②セット状態の左大腿と下腿が成す角度

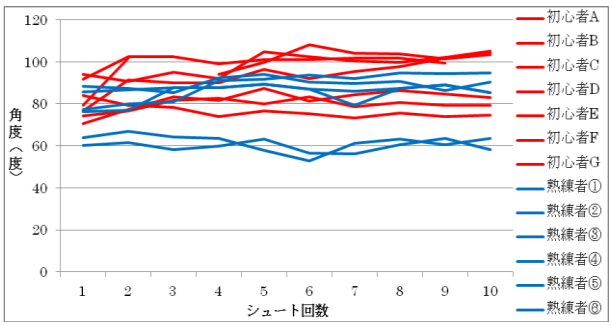

図3　③セット状態での右上腕と前腕が成す角度

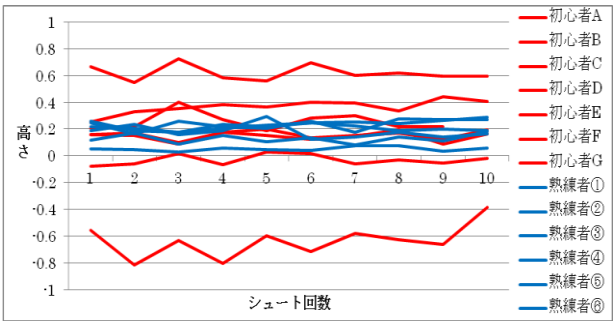

図4 セット状態のボールの高さ

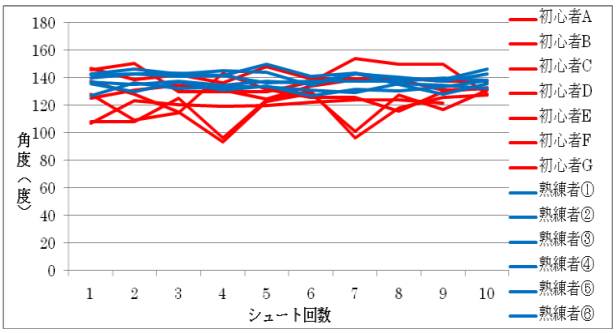

図5 ④リリース状態の右上腕の上がり具合

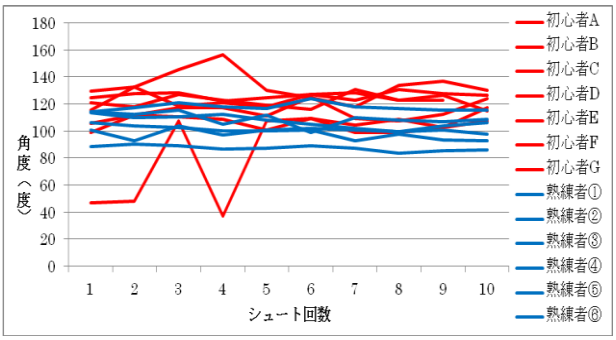

図6 ⑤リリース状態の右脇の開き具合

2.6 考察

結果より全体的に初心者の方が熟練者より上下にグラフが変動しているこが分かった．そのため，すべての身体各関節における角度の分散値を熟練者と初心者で比較したところ，大半の初心者が熟練者より分散値が非常に高い結果になっていた．熟練者と初心者の分散値を表 3 に示す．表 3 の列に示す番号は図 1～図 3，図 5～図 6 に示す番号である．これより，初心者は 10 本分のシュートを打つ間，シュートフォームが安定していないことが分かり，熟練者は非常に安定していることが分かった．シュートフォームを安定させることがシュート率を向上させることにつながると考えられる．図 1,2 では熟練者より角度が大きい初心者は大腿と下腿の伸展力を上手く利用していない可能性が考えられる．バスケットボールのシュートでは，腕の力だけではなく足の伸展力も重要となってくるからである．図 3 では熟練者より角度が大きい初心者は上腕と前腕の伸展力を上手く利用していない可能性が考えられる．図 4 ではグラフから，初心者と熟練者の間に大幅な上下差が生じていた．ボールの高さは一般的に，大人であれば顔の位置より高く上げてシュートを打つ．なぜなら，足と腕の伸展力を上手く利用すれば，顔の位置より高くボールをセットしてもゴールへ届くからである．しかし，初心者の 1 名は非常に低い高さからシュートを打つ傾向が見て取れた．また，無理にボールを高く上げ過ぎるのも良くない．図 5 におけるリリース状態での右上腕は一般的に，高く上方向へ上げるとされている．なぜなら，ボールのリーチを高くし，ゴールへ入りやすくするためである．ここでは熟練者より角度が小さい初心者が多く見られた．初心者は上方向へ投射する練習をする必要がある．また，図 6 におけるリリース状態の右脇の開き具合は一般的に，フォームを安定させるために開きすぎてはいけない．初心者は脇を開き過ぎないよう練習する必要がある．

表3 熟練者と初心者の分散値

	①	②	③	⑤	⑥
初心者 A	22.9	11.0	10.9	100.1	7.3
初心者 B	36.5	32.8	7.1	109.6	935.0
初心者 C	56.3	30.3	59.5	15.0	44.4
初心者 D	17.4	39.6	71.6	191.8	149.1
初心者 E	16.5	42.0	23.8	161.8	19.0
初心者 F	22.2	23.8	11.2	28.0	25.8
初心者 G	15.5	20.1	27.4	21.5	25.4
熟練者①	5.0	5.3	1.7	14.0	21.0
熟練者②	10.1	13.0	16.1	12.1	9.3
熟練者③	4.4	3.5	46.0	7.0	21.9
熟練者④	12.1	13.2	7.2	11.9	3.9
熟練者⑤	7.6	8.4	6.6	12.0	8.3
熟練者⑥	11.9	7.0	25.3	8.6	23.1

3. シュートフォーム学習支援環境

3.1 学習支援環境の構築

本研究で行った熟練者のシュートフォーム分析を繰り返すことにより，測定した熟練者×シュート 10 本のフォームデータが取得できる．これらを用いて熟練者の身体各関節が成す角度を一定範囲で定義し，学習

者へアドバイスとして提示する．学習者は，定義した範囲で自分の適したシュートフォームを習得することが可能である．また，極端に違ったシュートフォーム

シュートフォーム学習支援環境の設計図を図 7 に示す．学習者がモーションキャプチャシステムを着用しシュート練習を行ってもらう．IGS-190 で計測した BVH データを学習支援システムで読み込み，学習者は熟練者のシュートフォームのアドバイスを取得する． これを繰り返し行うことにより，シュート率の向上とフォームの取得を可能にする．学習支援の流れを図 7 に表記する．

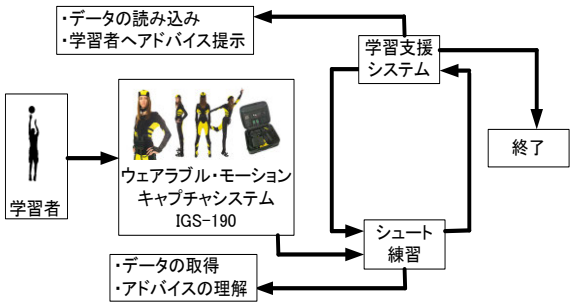

図7 学習支援の流れ

3.2 学習支援システム

学習支援システムでは，一般的にバスケットボールのシュートフォームで重要視されている，シュートセット状態とリリース状態における身体各関節の角度，ボールの高さ，足や腕における伸展のタイミングを支援している．学習者が熟練者のシュートフォームを取得できるように，熟練者で定義した範囲以外のフォームであれば，どの箇所をどのように直せば良いのかアドバイスを出す仕組みになっている．また、シュートフォームを安定させるために，前に打ったシュートフォームとどのように違うのか分かるようグラフを提示し，学習者が再帰性の確認を行えるようにしている．グラフは縦軸が角度で横軸がシュート本数の身体各関節における角度の変動グラフである．また，同時に一本ずつの身体関節におけるアドバイスも表記しており，学習者が学習したい箇所を学べるようになっている．下記の図 8 に学習支援システムの詳細と図 9 に学習支援システム実行画面を示す．図 9 において，画面左上に表示されている人型の絵が学習者のシュートフォームの動画である．例えば大腿と下腿の成す角度が熟練者の定義範囲と大きく違った場合，図 9 のようにアドバイス箇所が赤く表示される．赤く表示された箇所やフォームの再帰性を確認したい場合，学習者が聞き出したい箇所だけグラフとアドバイス文を表示できるようにしている．その画面が青い 3 つの画面で表示されている．

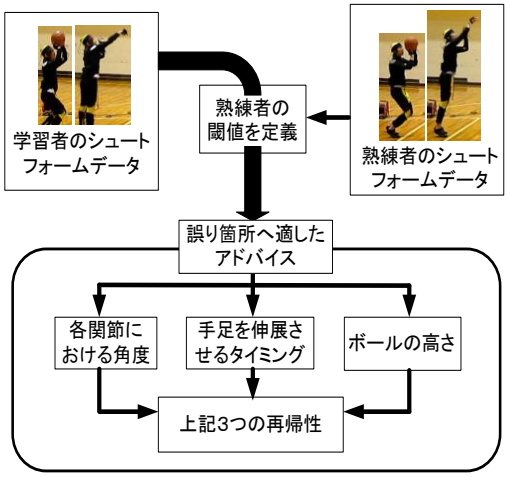

図8 学習支援システム

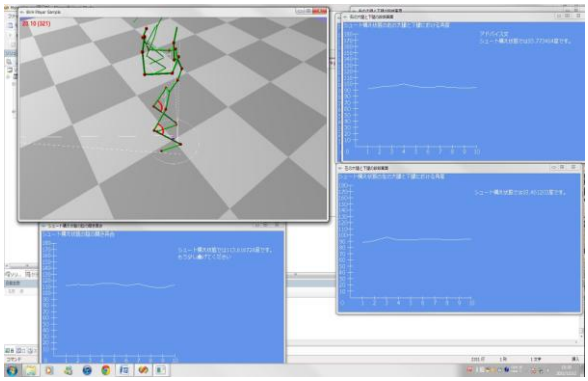

図9 学習支援システム実行画面

4. まとめ

本研究では，モーションキャプチャシステムを利用し，バスケットボールにおける熟練者 7 名と初心者 8 名のシュートフォームデータを一人 10 本分取得した．モーションデータより，それぞれの身体各関節における先端座標を用いて，それらの成す角度を算出した．そして，そのデータを基にし，初心者と熟練者のシュートセット状態とリリース状態における身体各関節の角度を比較分析した．その結果，初心者は 1 本ずつのシュートフォームが不安定で，熟練者より角度の分散値が非常に高い結果が出た．逆に熟練者のシュートフォームは安定していた．シュートフォームを安定させることがシュート率向上の要因の一つだと考えられる．また，10 本中のシュートフォームで様々な身体各関節において，初心者は熟練者より大きい変動幅を持っており，安定した熟練者のシュートフォームへ修正するようアドバイスを促す必要性がある．

そして，学習者が熟練者のシュートフォームを学べる学習支援環境の構築を行った．学習支援環境では学習者が視覚的にどこの身体関節が間違っているのか分かるよう，修正箇所を赤く表示している．また，身体各関節における角度やボールの高さの再帰性を学習者が認識できるよう，グラフとアドバイス文を表示している．このグラフとアドバイス文を学習者が取得することによって，学習者が熟練者のように適切なフォームで安定したシュートが打て，かつシュート率の向上を試みたい.

5. 今後の展望

本研究では熟練者と初心者のバスケットボールにおけるシュートフォームを比較分析することによって，熟練者の特徴点や初心者との違いを明らかにした．その結果より，バスケットボールにおけるシュートフォームの学習支援環境の構築を行った．今後は，シュートフォームの比較分析と学習支援環境の構築の効果を確かめるべく評価実験を行いたい．評価では，IGS-190 を使い学習支援システムを用いた実験群と，教本のみで学習を行う統制群に分けて実験を行う．各それぞれ被験者数名に分け，体育館で被験者には分析実験と同様に，公式ゴールへフリースローラインからセットシュートを練習させる．シュート練習の終了後に実験群，統制群の両方に IGS-190 を装着し，シュートフォームの安定性やシュート成功率の計測テストを行う．評価方法は，練習前のシュート成功率，シュートフォームの安定性と練習後のシュート成功率，シュートフォームの安定性を比較し熟練者に近づいているか評価する．また，被験者からの評価点数も考慮し評価する．

参 考 文 献

1) 穂苅真樹，土岐仁，廣瀬圭，齋藤剛：“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：スポーツ工学シンポジウム：シンポジウム:ヒューマン・ダイナミックス，pp.23-26(2006.11)
2) 福田慎吾，西島吉典：“バスケットボールのシュート成功率を高める要因に関する研究”，大阪教育大学紀要，第Ⅳ部門，第 58 巻，第 2 号，pp.131-140(2010.2)
3) 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”，東海大学紀要体育学部，第 35 巻，pp.7-12(2006.3)
4) 西野友泰，曽我真人，瀧寛和：“熟練者と学習者の視点を統合するスキル動作提示手法の提案”，情報処理学会シンポジウム：インタラクション 2011 論文集，pp303-306(2011.3)
5) 池内泰明/監修：“バスケットボール上達ＢＯＯＫシュートを決める！”，成美堂出版，pp12-25(2002.6)
6) 日下部未来，神林勲：“バスケットボールにおけるアウトサイドシュートに関する一考察”，年報いわみざわ：初等教育・教師教育研究，第 28 巻，pp61-66(2006)
7) 三浦健，図子浩二，被口泰：“バスケットボールにおける長距離シューターの上肢の動作分析”，日本体育学会大会号(54)，pp531 (2003.8)
8) 瀬戸孝幸：“スポーツ健康学科の学生に対応したバスケットボールの技術指導（シュート編）”，大阪産業大学人間環境論集(9)，pp291-297(2010.3)
9) 塚本清彦/監修：“DVD バスケットボールテクニック -1on1 を究める！”，大泉書店，pp48-51(2008.6)
10) 中川恵：“上達する！バスケットボール”，ナツメ社，pp18-23(2005.2)
11) 伊藤恒：“絶対！勝てる，うまくなるバスケットボール”，日本文芸社，p58-61(2005.11)