

BGMの再生速度変化を用いた 体幹トレーニング支援システム

山本 鷹人^{1,a)} 北原 鉄朗^{1,b)}

概要：本稿では、体幹トレーニング（プランク・フロントブリッジ）の支援システムを提案する。本システムでは、Web カメラを用いてユーザの体幹トレーニングの姿勢の良し悪しを判断し、BGM（background music）の再生速度の変化を用いてユーザに姿勢の変化を知らせる。ユーザは、その変化を聴くことにより自分のトレーニング姿勢の良し悪しを判断することができる。本システムの有用性を示すため、「BGMの再生速度変化による支援（提案手法）」と「音声による支援」、「再生速度に変化のないBGMが流れている状態で音声による支援」の3つの条件で比較実験を行った。その結果、被験者5名全員が「BGMの再生速度変化による支援」が正しい姿勢の維持に最も必要であると答えた。

1. はじめに

近年健康志向ブームとなり、アスリートや各年齢層向けトレーニング支援の研究 [1-4] が多数行われている。多数あるトレーニングの中でも、体幹トレーニングは取りつきやすい。

体幹とは、身体の四肢と頭部を除いた重量約 48%を占める非常に大きな部位であり、四肢間の運動連結やバランスに関して重要な役割を果たしている。そのため、体幹筋の働きを重視したトレーニング方法をスポーツ選手が行っており、その重要性が一般の方にも注目されるようになっている [5]。そして、この体幹を鍛える体幹トレーニングは、Worldwide Survey of Fitness Trends のフィットネス流行予測において、2007 年から 2010 年まで、トップ 5 にランクインしており、2010 年以降もずっとランクインしている [6]。このことから、体幹トレーニングが世界的に注目されていると言える。

この体幹トレーニングは個人で行うことができ、一人が横になれるほどのスペースがあればトレーニングができる。また、トレーニングに特別な機器を用いないことから、実用的かつ簡単なトレーニング手法である。その効果を最大限に発揮するには、正しい姿勢を保つことが極めて重要である。正しくない姿勢でトレーニングを行うと怪我につながる可能性がある。しかしながら、個人がトレーニング中の姿勢を把握するのは難しい。そのため、鏡やカメラで

撮影した映像を通じて姿勢を把握する方法があるが、把握した姿勢が正しいかどうかを判断することも難しく、視線を鏡やカメラ映像に向けることにより体が回転してしまい、いい姿勢とは程遠くなってしまうこともある。

トレーニングにおいてユーザが姿勢の良し悪しを把握するのを支援する研究として、綿谷らのもの [7]、高久らのもの [8]、岡本らのもの [9] がある。

綿谷らの研究 [7] では、ユーザの姿勢を 3D モデルで表示し、同時に正しい姿勢も同様の 3D モデルで表示することで、ユーザが 2 視点から姿勢を見比べて姿勢の良し悪しを判断できるようになっている。この研究は、ユーザ自ら姿勢の比較ができるが、3D モデルの生成の精度が必ずしも十分ではないのに加え、パソコンの画面を見る必要があるという問題点がある。

高久らのシステム [8] は腹筋動作を行う際に、Kinect でユーザの骨格を取得し、ユーザの動作に合わせて注意事項を画面に表示するとともに、ゲーム画面のキャラクターと動作をリンクさせることでゲーミフィケーション的な要素を取り入れたシステムである。この研究では、ゲーミフィケーションの導入などの工夫がなされているものの、Kinect を 70cm の高さから 10 度の角度で見下ろす形で設置する必要があり、画面に表示されている注意点やゲーム画面を確認するため画面を見る必要があるという問題点がある。

岡本らの研究 [9] では、Kinect でユーザの骨格を取得し、陸上競技のハードルまたぎの支援を行った。この研究では、画面上に身体情報、足の高さを意識させる情報が表示されており、ユーザは足の高さを意識させる表示を意識しハードルまたぎの動作を行う。Kinect に全身を映すには 2m 近

¹ 日本大学文理学部情報科学科

^{a)} yamamoto@kthrlab.jp

^{b)} kitahara@chs.nihon-u.ac.jp

く Kinect から離れなくてはならないため広いスペースが必要なこと、パソコンの画面を見て情報を得るため上半身が前傾に、頭が下を向きやすくなってしまふことが、問題点としてあげられる。

この他にも、フィットネスを取り入れたゲーム [10,11] が市販化されているがいずれも画面を見るのが前提である。

このように、既存の研究や市販のゲームはいずれも画面を見ることを前提としている。画面を見ることは、それ自体が姿勢に影響を与え、ディスプレイの設置位置によっては画面を見ることが正しい姿勢が両立しない場合もありうる。そのため、画面を見なくても姿勢の良し悪しに気づくことのできる提示方法が望まれる。

本研究では、BGM の再生速度の変化を用いることで、画面を見ずに姿勢の良し悪しに気づけるシステムを提案する。帆苅ら [12] は、ジョギングのペースを一定に保つために、ジョギングのペースに合わせて音楽の再生速度を変化させるシステムを提案した。本研究でもこの考えと同様に、頭の位置から腰の正しい位置を推定し、ユーザの腰の位置がそこから大きく外れたら BGM の再生速度を極端に速くしたり遅くしたりする。これにより、画面を見ることなく、腰が上がりすぎていたり下がりすぎていることに気づけるので、画面を見ることによって姿勢が不自然になることが解消されるとを期待する。また、パソコンに Web カメラとスピーカーをつなげるだけで使用できるため、特別な機器を購入する必要がないというメリットもある。

2. システムの概要

本稿で提案するシステムは、体幹トレーニング中のユーザの姿を Web カメラで取り込み、その画像に基づいてユーザの姿勢の良し悪しを判定し、ユーザにフィードバックする。このシステムには、次の 2 つの機能が必要である。

- ユーザの姿勢（特に腰の位置）が適切かどうかを判定する機能。
- ユーザの姿勢が適切でないときにそれをユーザに知らせる機能。

ここで重要となるのは 2 つ目である。1 章で述べたように、既存のトレーニングシステムでは、ユーザが画面を見る前提で設計されていた。しかし、ディスプレイの設置位置などによっては画面を見ること自体が姿勢に悪影響を与える場合がある。そのため、画面を見ずにユーザが姿勢の良し悪しを知れることが肝要である。

画面に頼らず姿勢の良し悪しをユーザに知らせる 1 つの方法が、音声合成を用いることである。しかし、BGM を聴きながらトレーニングする場合は、必ずしもわかりやすいとは限らない。体幹トレーニングは比較的単調であるため、飽きずに続けるために BGM を聴きながらでも有効な手段が望ましい。

本研究では、BGM 自体に変化をつけることで、BGM が

なっている状態でも姿勢の良し悪しをユーザに伝えることができる。腰の位置が基準の位置よりも高い場合は BGM を 1.5 倍速で再生し、基準の位置より低い場合は BGM を 0.7 倍速で再生する。帆苅ら [12] も、ジョギング中の BGM の再生速度をジョギングのペースに合わせて変化させることで、ジョギングのペースの一定化を促すシステムを提案し実際に数名の被験者においてジョギングのペースの変動が削減させたとの結果を得ている。本研究においても同様に、BGM を本来の再生速度で楽しみたいという気持ちが、正しい腰の位置を維持するよう促すことを期待する。

2.1 システムの起動

本システムを起動すると、メニュー画面(図 1)に遷移する。メニュー画面では、主に BGM の選択と時間の設定を行う。BGM は歌詞のあるものと歌詞のないもので 2 つから選択できる。その後、システムを使う時間を入力する。入力の単位は秒で、初めからテキストボックスの中には 240 が入力されている。選択と入力終了したら、「プレイ」をクリックすることで次の状態に遷移する。「出口」をクリックするとシステムは終了する。

2.2 メニューからの遷移後

メニュー画面から遷移すると、Web カメラの映像が画面に映る。ユーザは、Web カメラに全身が映るように横になる。体幹トレーニングする場所が決まったら、自身の腰から頭の順にマウスクリックによりマーカーをつける。マーカーがつくと、体幹トレーニングの支援が始まる(図 2)。トレーニング中は BGM が流れ、頭に付けたマーカーの位置から腰の正しい位置を推定する。姿勢の良し悪しの判断は、頭の位置より 22pixel 腰の位置が高くなると姿勢が高いと判断し、頭の位置より 55pixel 腰の位置が低くなると姿勢が低いと判断する。腰の位置が高いと判断した場合には BGM の再生速度を 1.5 倍速で再生し、腰の位置が低いと判断した場合には BGM の再生速度を 0.7 倍速で再生する。以後、この変化が繰り返される。

2.3 終了条件

体幹トレーニングの支援が終了する条件は 2 つある。1 つ目は、メニュー画面で入力した時間を計測時間が超えた場合である。ユーザが、自分が設定した時間正しい体幹トレーニングの姿勢を維持しようとしたことから達成感が持てることを期待する。2 つ目は、正しくない体幹トレーニングの姿勢を 4 秒間継続した場合である。1 章で書いたように、体幹トレーニングは正しくない姿勢で行くと怪我の原因になる可能性がある。2 つ目の終了条件は、怪我予防に重点をおいた条件となっている。

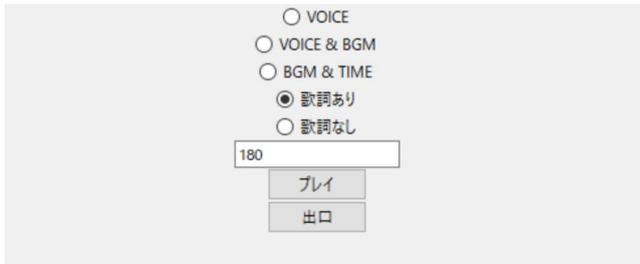


図 1 メニュー



図 2 体幹トレーニング支援
全体の計測時間は28秒です。
良い姿勢だった時間は13秒です。

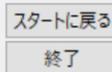


図 3 結果

2.4 体幹トレーニング支援システムからの遷移後

体幹トレーニングの支援システムが終了すると、結果画面(図3)に遷移する。結果画面では、システムの始まりから終わりまでの時間と、ユーザが正しいトレーニング姿勢を保てた時間を表示する。体幹トレーニングは、主に体の内側の筋肉が鍛えられるため体が大きくなるといった変化が見えにくい種目である。そこでトレーニング成果がわかりやすくなるように、実際にかかった時間と良い姿勢だった時間を表示している。

「スタートに戻る」をクリックすると、メニュー画面に遷移し、再び体幹トレーニングの支援を使うことができる。「終了」をクリックするとシステムは終了する。

3. 実験 1

本システムによる姿勢の正しさの妥当性を検証するため、普段運動しない人とする人(共に男性、21歳)に本システムを試してもらった。その時のスクリーンショットを5名の普段から筋力トレーニングをする人に確認してもらった。

その結果を表1に示す。167枚中正しい姿勢と判断した写真(131枚)の内5人中5人が128枚の写真を正しく判断できていた。また、正しくないと判断した写真(33枚)

表 1 姿勢の正誤

	システムが正しいと判断(131枚)	システムが正しくないと判断(33枚)
5人中5人が正しいと判断	128	0
5人中4人が正しいと判断	2	0
5人中3人が正しいと判断	0	0
5人中2人が正しいと判断	1	1
5人中1人が正しいと判断	0	1
5人中0人が正しいと判断	0	31

の内5人中0人が31枚の写真を正しく判断していたこと、また確認した人の内4人以上が同じ写真を指摘することはなく正しく支援が行えていると言える。

4. 実験 2

本システムの有用性を示すため、以下の実験を行った。提案手法(以下、BGM変化条件)の他、画面を見なくてもいい方法の代表例として合成音声による支援(以下、音声条件)、また、BGMを聴きながらトレーニングする人もいることから、BGM(再生速度変化なし)を再生しながら音声にて提示する方法(以下、BGM+音声条件)の3条件で実験を行い、比較した。

4.1 人数・場所・時間

被験者は、学生5名(21~22歳、男性3名、女性2名、身長155~175cm)に全条件順不同で実験を行った。各システム体験後アンケートを取り、各条件と結果を比較した。場所は、実験環境をそろえるため第一著者の自宅駐車場(2.3m×3.9m×2.4m)とした。時間は説明に10分、アンケートの回答時間はおおよそ5分、各条件間のインターバルを1時間とり、各条件最長4分に設定しているため、システムを使う時間は、合計して最長12分とした。

4.2 実験手順・環境

システムを使う前に各被験者に同様の説明を行うため、あらかじめ原稿を作り説明した。内容は、各条件間のインターバルは1時間とること、インターバル中にアンケートを書いてもらい書き終われば自由時間であること、今回参考にした画像[13]を基に体幹トレーニングの注意点(膝を曲げないこと、目線の方向)を理解すること、姿勢はBGMや音声の指示に従うこと、再生される音源6パターンを聞いてもらうこと、最後にシステムの使い方(Webカメラを離す距離感やマウスクリックする箇所の順番)である。

実際の様子を図4に示す。実験は晴れた日に行い、ス



図 4 実験風景

ピーカー (Z130, logicool) はパソコンを挟むよう頭の奥に設置した。Web カメラ (BSW200MBK, BUFFALO) は被験者に対して左側 (47~50cm) に設置した。

4.3 使用した音源

BGM 変化条件および BGM+音声条件では、歌詞のないものだと再生速度の変化に気づけない場合があるため、歌詞のあるサザンオールスターズの『勝手にシンドバッド』を用いた。この楽曲は全員の被験者が知っていた。

音声条件および BGM+音声条件では、正しい姿勢だった場合「いい感じです」と繰り返し再生する。姿勢が高くなった場合は「腰が高いです」、姿勢が低くなった場合は「腰が低いです」と繰り返し再生する。それぞれ女性の合成音声で作成しており、声による聞き取りにくさを削減している。音声ファイルの作成にはテキストーク [14] を用いた。

4.4 アンケート内容

アンケート内容は主に使ってみての感想、楽しさや、使いやすさを 5 段階で問う、次の 8 つの質問である。

- Q1 姿勢の良し悪しは判断できましたか。
- Q2 本システムは使いやすかったですか。
- Q3 BGM の再生速度の変化はわかりやすかったですか (BGM 変化条件のみ)。
- Q4 BGM の再生速度の変化は良い姿勢の維持に必要なだと思いますか (BGM 変化条件のみ)。
- Q5 音声での支援は良い姿勢の維持に必要なだと思いますか (音声条件のみ)。
- Q6 音声での支援と BGM の両方とも良い姿勢の維持に必要なだと思いますか (BGM+音声条件のみ)。
- Q7 本システムを使っていて楽しいと感じましたか。
- Q8 本システムを使って体幹トレーニングを毎日継続できるとは思いますか。

表 2 被験者の運動頻度

被験者	週に 1 回以下	週に 1 回以上 3 回未満	週に 3 回以上 7 回未満
1		○	
2			○
3			○
4	○		
5		○	

表 3 良い姿勢を何秒間維持できたか

被験者	BGM 変化条件	音声条件	BGM+音声条件
1	90 秒中 68 秒	70 秒中 50 秒	63 秒中 38 秒
2	132 秒中 91 秒	188 秒中 174 秒	137 秒中 115 秒
3	138 秒中 116 秒	122 秒中 108 秒	197 秒中 177 秒
4	120 秒中 98 秒	98 秒中 51 秒	113 秒中 87 秒
5	97 秒中 83 秒	72 秒中 65 秒	70 秒中 58 秒

表 4 姿勢の良し悪しの判断 (Q2)

被験者	BGM 変化条件	音声条件	BGM+音声条件
1	5	5	5
2	5	5	5
3	4	3	3
4	5	3	3
5	5	5	5
平均	4.8	4.2	4.2
標準偏差	0.4	0.98	0.98

4.5 実験結果・考察

以下、実験後のアンケート結果を表 4~11 に示し、考察を行う。被験者 5 名の運動頻度は表 2 の通りであり、被験者が正しい姿勢を保てた時間を表 3 に示す。

4.5.1 姿勢の良し悪しは判断できましたか (Q1)

Q1 の実験結果を表 4 に示す。全条件において 4 以上の評価が多いことから 3 条件全てで正しい姿勢を保つ支援ができ、正しくフィードバックできていることがわかる。また 3 条件の中でも BGM 変化条件は、平均値が一番高く標準偏差の値の小さいことから最も姿勢の良し悪しの判断がしやすかったことがわかる。一方、音声条件と BGM+音声条件では、3 以下の評価が 2 件ずつあった。この 2 つの条件では、「やかましく聴くのがつかれる」や「音が重なってわかりづらい」といった意見があり、姿勢の良し悪しの判断をしにくくさせたのではないかと考えられる。

4.5.2 本システムは使いやすかったか (Q2)

Q2 の実験結果を表 5 に示す。5 以上の評価が半数以上ということから、本システムが使いやすかったことがわかった。一方、3 以下の評価を 5 件得ている。これは、本システムのクリックされた特徴点を追従する機能の誤認識による誤った特徴点の追従が原因であると考えられた。実際に被験者実験中、誤認識による誤った点の追従により何度もやり直しを行うことがあった。

4.5.3 BGM の再生速度の変化はわかりやすかったか (BGM 変化条件) (Q3)

Q3 の実験結果を表 6 に示す。5 の評価が 4 件であるこ

表 5 本システムは使いやすかったか (Q2)

被験者	BGM 変化条件	音声条件	BGM+音声条件
1	5	5	5
2	3	5	3
3	4	3	3
4	5	5	2
5	4	5	5
平均	4.2	4.6	3.6
標準偏差	0.84	0.89	1.34

表 6 BGM の変化のわかりやすさ (Q3)・各システムの必要性 (Q4,Q5,Q6)

被験者	Q3 BGM 変化条件	Q4 BGM 変化条件	Q5 音声条件	Q6 BGM 音声条件
1	5	5	3	2
2	5	4	1	2
3	5	5	3	4
4	3	5	1	1
5	5	4	2	2
平均	4.6	4.6	2.0	2.2
標準偏差	0.89	0.55	1.0	1.10

とから、BGM の再生速度の変化の度合いが適切であったことがわかる。しかし、被験者 3 は 3 の評価を回答したことから、必ずしもわかりやすいとは限らないことがわかる。一方、被験者 3 は Q4 にて評価を 5 にしていることから、使用した BGM を知ってはいたが楽曲全体はうる覚えであったことなどの要因が考えられた。

4.5.4 それぞれのシステムは姿勢維持に必要なだと思いますか (Q4, Q5, Q6)

Q4, Q5, Q6 の実験結果を表 6 に示す。BGM 変化条件の平均値が一番高く、標準偏差の値が小さいことから、3 条件の中で正しい姿勢を保つことに最も適していることが分かった。また各被験者ごとに結果を見ると、BGM 変化条件に全員一番高い評価をしていることから、他の条件より正しい姿勢を保つことに対して適当であることが分かった。一方、音声条件は、繰り返し同じことを言われることによるやかましさが 3 以下の評価を集める要因になったと考えられた。また、BGM+音声条件では BGM を流すことにより、音声のやかましさを解消することはできたが、音声が聞き取りにくくなり被験者 3 を除いて 2 以下に評価が集まる結果になったと考えられる。実際、Q4~Q6 の回答理由(表 7, 8, 9)を見ると、音声条件では音声がやかましく、BGM+音声条件では音声が分かりにくいという意見が複数あったことが分かる。

4.5.5 本システムを使っていて楽しいと感じましたか (Q7)

Q7 の実験結果を表 10 に示す。BGM 変化条件の評価が被験者 2 を除いて 4 以上の評価を得られていることから、

表 7 Q4 に関する意見

被験者	意見
1	きつくなった時知らせてくれるからわかりやすい。
2	3 つの中では 1 番気にならずに使えた。
3	目を閉じていても良い悪いがわかって、やかましくない。
4	意見なし
5	必ず必要とは思わない。

表 8 Q5 に関する意見

被験者	意見
1	BGM の方が楽しかった。
2	ずっと同じことを繰り返すからやかましかった。
3	ずっと同じことを言われてやかましい。
4	やかましい、聴くのが疲れる。
5	感情がなくてやる気がでない。

表 9 Q6 に関する意見

被験者	意見
1	聞き取りにくかった。
2	BGM はあってもいいが音声はいらない。
3	意見なし。
4	音が重なってわかりづらい。
5	BGM が大きくて、指示が変わっていたのに気づけなかった。

表 10 本システムを使って楽しいと感じたか (Q7)

被験者	BGM 変化条件	音声条件	BGM + 音声条件
1	5	3	3
2	2	1	2
3	4	3	4
4	4	1	1
5	4	1	3
平均	3.8	1.8	2.6
標準偏差	1.10	1.10	1.14

自分の姿勢に合わせて BGM の再生速度が変化するというのは体験したことがなく、その目新しさが楽しさにつながる要因になったのではないかと考えられる。被験者 2 は、3 番目に BGM 変化条件を使ったことや 2 回続けて BGM の流れる条件を使ったことにより、評価 2 と低い結果となったと考えられる。また、本実験では、インターバル中に何をするか制限しなかったため、インターバル中の過ごし方に楽しさが影響されたのではないかと考えられる。

4.5.6 本システムを使って体幹トレーニングを毎日継続できると感じますか (Q8)

Q8 の実験結果を表 11 に示す。BGM 変化条件が唯一 4 以上の評価を得たが、標準偏差の値からばらつきのある結果であることがわかる。他の 2 条件も標準偏差の値は BGM 変化条件よりも小さいが、平均値が低く良い結果といえるものではなかった。本システムは、毎日トレーニングを継続するための工夫は行っていないため、今後ゲーミフィケーション等の工夫を加える必要があることを示唆できるアン

表 11 本システムを使って毎日体幹トレーニングを継続できるか (Q8)

被験者	BGM 変化条件	音声条件	BGM+音声条件
1	4	3	3
2	1	1	2
3	4	3	3
4	2	1	1
5	2	1	2
平均	2.6	1.8	2.2
標準偏差	1.34	1.10	0.84

表 12 BGM 条件の自由記述

被験者	意見
1	音楽が数種類あったらもっといい。
2	クリックしたとことズレるのを何とかしてほしい。
3	意見なし。
4	意見なし。
5	色々な曲で試してみたい。

表 13 音声条件の自由記述

被験者	意見
1	意見なし。
2	最初が変化がなくて楽しくない。
3	意見なし。
4	意見なし。
5	がんばれ とか 記録更新とか言ってくれたい。

ケート結果となった。

4.5.7 自由記述欄

自由記述欄の意見を表 12, 表 13, 表 14 に示す。

BGM 変化条件の自由記述欄には、「他の楽曲で試してみたい」といった意見が 2 名から得られた。4.5.5 節で述べた通り、自分の姿勢に合わせて BGM の再生速度が変化するという目新しさから「他の楽曲で試してみたい」という意見が得られたと考えられる。

音声条件の自由記述欄には、楽しむことや改良案の意見を得られた。楽しむことに関しては、正しい姿勢の間は再生される内容が変わらないことに対して楽しくないとの意見であった。改良案に関しては、再生される内容に関して「がんばれ」や「記録更新」といった内容を加えてほしいとの意見だった。

BGM+音声条件の自由記述欄には、BGM 条件と同様の意見を得られた。BGM を音声と同時に流すことにより音声のやかましさをおさえることができたが、BGM の音量が大きく音声の指示が聞こえにくかったため、BGM に落ち着いたものを使いたいことからこのような意見が得られたと考えられる。

5. おわりに

本研究では、正しい姿勢を維持するのが難しい体幹トレーニングを Web カメラと BGM の再生速度変化で支援する手法を提案した。被験者実験を行い、BGM 変化条件と音声条件、BGM+音声条件の比較を行った。その結果、BGM

表 14 BGM+音声条件の自由記述

被験者	意見
1	意見なし。
2	BGM 変えられたらいい。
3	音楽を数種類あったらもっといい。
4	意見なし。
5	意見なし。

変化条件が「姿勢の良し悪しの判断のしやすさ」、「支援の必要性」において平均 4 以上の高評価を得ることができた。この結果から、BGM の再生速度を変化させる支援は、体幹トレーニングの正しい姿勢を保つことに適当であったことがわかった。今後は、さらに被験者を増やすこと、体幹トレーニングを楽しむ工夫や毎日継続するための工夫を行いたい。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 17H00749 から支援を受けた。

参考文献

- [1] 西村拓一, 吉田康行, 西村悟史, 大久保賢子, 鴻巣久枝, 長尾知香, 今泉一哉, 三輪洋靖, 中嶋香奈子, 福田賢一郎: 楽しく動作の質を向上する健康増進コミュニティ支援技術, 情報処理学会研究報告, Vol.2016-GN-98 No.10 (2016).
- [2] 城田隆介, 上原旭陽, 土屋雅人: ペットボトルを使用した筋力トレーニング支援機器のデザイン研究, 日本デザイン学会, 第 65 回春季研究発表大会, A9-06 (2018).
- [3] 木村聡貴, 持田岳美, 井尻哲也, 柏野牧夫: 情報科学でスポーツパフォーマンス向上を支援する, 電子情報通信学会通信ソサイエティマガジン, 10 巻, 1 号 (2016).
- [4] 竹野鉄昭, 金城一樹, 関田有佑: トップアスリートのメンタルトレーニングを応用した学習支援プログラムの開発, 上越教育大学研究紀要, 37 巻, 2 号 (2018).
- [5] 藤本鎮也, 吉田一也, 佐藤慎一郎, 秋山純和: 体幹と理学療法, 社会法人 埼玉県理学療法士会, 20 巻, 1 号 (2013).
- [6] T.R.Walter, "WORLDWIDE SURVEY OF FITNESS TRENDS FOR 2018: The CREP Edition," ACSM's Health & Fitness Journal, Volume 21 - Issue 6 pages 10-19 (2017).
- [7] 綿谷惇史, 宮田一乗: カメラ画像を用いた体幹トレーニングの姿勢支援手法の提案, 研究報告コンピュータビジョンとイメージメディア (CVIM), 2019-CVIT-216 巻, 14 号, (2019).
- [8] 高久大輔, 中島克人: Kinect を用いた筋力トレーニング支援システム, 情報処理学会第 77 回全国大会, PP. 2-437-2-438 (2015).
- [9] 岡本勝, 磯村智将, 松原行宏: 姿勢推定手法を活用したリアルタイム運動訓練支援環境, 第 30 回人工知能学会全国大会, 1C4-OS-13a-1, (2016).
- [10] NINTENDO SWITCH: リングフィットアドベンチャー, 入手先 <<https://www.nintendo.co.jp/ring/index.html>>.
- [11] NINTENDO: Wii Fit Plus, 入手先 <<https://www.nintendo.co.jp/wii/rfpj/training/index.html>>.
- [12] 帆苅隼佑, 長安達也, 北原鉄朗: ジョギングのペースに再生速度を同期させるスマートフォン用音楽プレイヤー, 第 75 回全国大会講演論文集, 2103 巻, 1 号 (2013).
- [13] 体幹トレーニングの「プランク」の正しいやり方と NG 例, 入手先 <<https://allabout.co.jp/gm/gc/469033/>>.
- [14] 無料のテキスト読み上げソフト-テキストトーク, 入手先 <<https://www.chopli.123net.jp/texttalk/>>.