

CoreMoni: 体幹トレーニングにおける 効果的な姿勢促進システム

神野 亜美¹ 佐藤 圭翼¹ 横窪 安奈¹ ロペズ ギヨーム¹

概要: 現在, 新型コロナウイルスの流行により, 自宅で体を動かす時間が増えている [1]. 簡単に始められるトレーニングの一つに体幹トレーニングがある. これまで, 機械学習手法による体幹トレーニングの種目認識の高精度化や [8], カメラ画像を用いた体幹トレーニングの姿勢支援 [3] は研究されてきたが, 視覚的フィードバックの更新速度が遅いなど, 実際のトレーニング支援には至っていない. 本研究では, 指導者の有無に関わらずトレーニング環境を構築し, コロナ禍における健康増進のサポートをすることを目的として, 加速度センサを用いた体幹トレーニング支援システム「CoreMoni」を提案し, その有効性を示す. 20代の男女10名を被験者とし, CoreMoniの有無に分け, フロントプランクとサイドプランクの2種目を行った. 実験終了後, SUSとフィードバックに関する内容のアンケートに回答してもらい, CoreMoniのユーザビリティ評価を行った. t検定の結果, フロントプランク・サイドプランクの両種目において有意差が見られ, アンケート結果からも CoreMoniは優れたユーザビリティであることが示された. 今後の展望として, トレーニング種目, フィードバック音源, トレーニング後のフィードバック機能, 計測するデータ指標等を追加することで, より範囲の広い効果的支援を目指していく.

CoreMoni: Effective Posture Promotion System for Core Training Self-monitoring

AMI JINNO¹ KEISUKE SATO¹ ANNA YOKOKUBO¹ GUILLAUME LOPEZ¹

1. はじめに

現在, 新型コロナウイルス感染拡大(以下, コロナ禍)対策のために自宅で過ごす時間が増えている. 健康に関するアンケート調査 [1] では, コロナ禍を機に, 45.1%の人々が健康への意識が高まったと回答した. また, 3割以上の人が, 運動を心掛けるようになったという. このようなことから, コロナ禍において人々の健康に対する意識が高くなっていることが考えられる.

健康を維持するためには, ランニングや, 筋力トレーニングなど日常的に体を動かすことが推奨されている [4]. 健康を維持するためのエクササイズや, 筋力トレーニングへの関心も高まっており, 体を動かすためのフィットネスクラブ (FC) などの施設が多く設立されている. 2015年から2019年の5年間では, FC施設の数 は 4,661軒から

6,188軒に増えている [5] が, 新型コロナウイルスの影響もあり, FCや複数人で行う運動・スポーツを中断する人が多くなっている [4].

このような状況において, 健康増進のために行っている運動・スポーツとして, 密にならないウォーキングや, 室内において個人で手軽に行うことができる体幹トレーニングに注目が集まっている.

「体幹」とは図1に示すように身体の四股と頭部を除いた部分で, 身体重量の約48%を占めており, 体幹に含まれる筋肉群は「体幹筋」と総称されている [6]. 体幹は運動における四股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, 体幹の筋力が低下すれば, 起き上がれなくなるなど, 日常生活において体幹は重要なものである. また, 体幹筋を鍛え, 体幹部が安定することで, 多くのスポーツで広く求められるパワー発揮能力, スピード, 俊敏性, バランス能力等が向上すると考えられている [7]. そのため, 体幹トレーニングをいち早くスポーツ選手が応

¹ 青山学院大学
Aoyama Gakuin University



図 1 体幹の部位

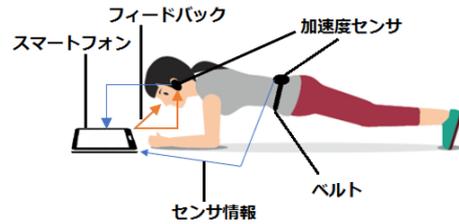


図 2 CoreMoni の構成図

用しており、その重要性が一般の人々にも浸透し始め、注目されている [8].

一人で行う体幹トレーニングには欠点がある。自宅一人でやる場合、監視の目がないため、トレーニングを途中でやめてしまったり、正しい姿勢でトレーニングを行うことが困難になる可能性がある。結果として、FC などにおいてパーソナルトレーナーの指導の下で行うトレーニングと比較して、個人で行うトレーニングではその効果が著しく低下することが考えられる [9].

本研究では、これらの問題を解決するため、2つの加速度センサのデータからリアルタイムで体幹トレーニングの状態を評価する「CoreMoni」を提案する。

2. 関連研究

先行研究として、ウェアラブルデバイスによる種目認識手法 [8] やカメラ画像による体幹トレーニングの姿勢支援 [3]、加速度センサを用いた体幹トレーニング支援 [10]、Kinect を用いた体幹トレーニング支援 [11] があげられる。

高田らが提案したウェアラブルデバイスによる種目認識手法は、身体に装着した加速度センサからデータを取得し、機械学習によって種目を高精度で認識するというものである。綿谷らが提案したカメラ画像による体幹トレーニングの姿勢支援は、単一のカメラのみを用いてカメラ画像から姿勢推定を行い、推定結果から2視点でユーザへ視覚的フィードバックを行うシステムである。村田らが提案した Kinect を用いた体幹トレーニング支援は前屈状態、身体の傾き、身体のねじれ具合を容易に測定できるというものである。

しかしながら、これらの先行研究には課題がある。体幹トレーニング支援に関する先行研究では、パーソナルトレーナーが介在しない状況においても効果的なトレーニングを行うことを目標としていた。高田らの研究ではウェアラブルセンサを用いて体幹トレーニングにおける種目認識を行う [8] 領域までとなっており、トレーニングを支援するには至っていない。また綿谷らの研究では、各ユーザによる実際のトレーニング環境構築の難しさ、フィードバックの更新速度の遅さが課題として挙げられる。



図 3 Movesense ([12] より引用)

そこで本研究では、ユーザが室内でより簡単にトレーニングを行うことができるシステムを開発した。体幹トレーニング中のユーザの「姿勢」に対してリアルタイムフィードバックを行うことにより、個人で行う室内トレーニングの支援につながると考えられる。

3. 姿勢支援システム

体幹トレーニング支援システム「CoreMoni」の概要について述べる。「CoreMoni」では体幹トレーニング中の「姿勢」を支援対象とし、体幹トレーニング中に「正しい姿勢」を促すフィードバックをリアルタイムで与えることで、個人で行う体幹トレーニングを効果的に支援することを目指した。

3.1 CoreMoni の概要

図 2 に CoreMoni の構成図を示す。被験者の腰と耳の2箇所に加速度センサを装着、取得した加速度データをスマートフォンに送信、アプリケーション内に加速度値と、加速度をもとに計算した角度を表示する。また、その加速度の値と角度の値をもとにフィードバック内容が決定される。

CoreMoni は2つのセンサを利用している。1つ目は図 3 に示す SUUNTO 社の Movesense[12] である。Movesense はエクササイズ用に最適化されたウェアラブルセンサである。重さは 9.4g と小型軽量でありながら耐久性に優れているため、スポーツやその他のあらゆる動きを測定する上で理想的なデバイスである。機能として、9軸 IMU による加速度データ、ジャイロデータ、磁力データ、そして心拍数の取得が可能となっている。また、データの送信は Bluetooth 通信で行っている。



図 4 eSense ([13] より引用)



図 5 装着位置を考慮していない場合

2 つ目は、図 4 に示す Nokia Bell Labs が開発した eSense[13] である。eSense はイヤホン型のウェアラブルデバイスであり、6 軸 IMU による加速度センサやジャイロセンサ、マイクなどが搭載されている。また通常のイヤホンと同様に、Bluetooth を使用して様々なデバイスとペアリングし音楽を流すことができる。

3.2 加速度センサの装着数と位置の検討

先ほども述べたとおり、森田らは加速度センサを背中、腰、足首に装着し姿勢の上げ下げを行った結果、腰に装着した加速度の y 軸のみが大きく変化したことから、装着位置を腰に決定していた。そこで、森田らの実験結果を利用し、腰に加速度センサを装着することにした。ここで、フロントプランクは腰の背中側、サイドプランクは体側に装着することにした。

3.3 閾値の検討

Kinect を用いて骨格情報から角度を計算した結果、「良い姿勢」の体の角度の閾値は、床の平面に対して 5° 以上 15° 未満が適切であると判断した。しかし、図 5 で示すように、加速度センサの装着位置のずれによって、加速度センサは良い姿勢の角度を保てていても、実際には明らかに腰が高くなっている場合があった。

そこで、腰の装着位置がずれていたたり、反り腰や猫背の人でも正しく評価が行えるように、CoreMoni では実際に体幹トレーニングを行う直前にセンサ装着位置の角度を初期値として取得する事にした。初期値は、両種目とも直立した状態で取得し、その時の加速度の中央値と、実際の体幹トレーニング中の腰の角度の差分を求める事で上記の問題を解決した。

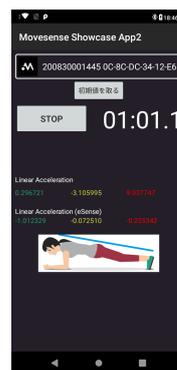


図 6 フロントプランクの画面

3.4 フィードバック方法

CoreMoni では体幹トレーニング中の「姿勢」に対し、音楽と画像の同時切り替えによるフィードバックを用意した。正しい姿勢の時、腰が下がっている時、腰が上がっている時のそれぞれにおいて、音楽のキーを変化させることで、現在の姿勢がどうなっているかフィードバックを与えた。さらに、それぞれの姿勢に応じて図 6 を表示し切り替えることでフィードバックを行った。なお、音楽の切り替えと画像の切り替えは同時に行われる。

4. 体幹トレーニング支援システムの評価実験

本章では評価実験の詳細について述べる。4.1 節では実験目的について、4.2 節では実験方法について、4.3 節では実験手順について、4.4 節では分析方法について述べる。

4.1 実験目的

本実験の目的は以下の 2 つである。

- (1) CoreMoni の有無により、体幹トレーニングの効果が上がるかどうかの検証を行うことによって CoreMoni の有効性を検証する。
- (2) 音楽の切り替えによるフィードバックの有無により、体幹トレーニングのモチベーションにどのように影響したかどうかを検証する。

4.2 実験方法

本実験の条件について述べる。被験者は 20 代の男女 10 名で行った。うち、運動経験が今現在もあるものが 4 人、過去に習慣的にあった者が 5 人、全くない者が 1 人である。フロントプランクとサイドプランクは体幹トレーニングの種目の中でも最も代表的な姿勢であるため、今回の研究対象とする体幹トレーニング種目は、「フロントプランク」と「サイドプランク」の 2 つとした。また、実験の順番が実験結果に影響しないよう、被験者を A 群 (5 名) と B 群 (5 名) に分けた。さらに、体幹トレーニングの疲労が実験結果に影響しないように、それぞれの種目は別日に行い、各

パターンの間に3分以上の休憩を入れながら実施した。なお、フィットネスクラブのレシオボディデザインによると体幹トレーニングの実施時間は30秒～1分を目安に行うべきと述べられているため、トレーニング時間は1分で行った[14]。

4.3 実験手順

本節ではフロントプランクについてのみ述べる。実験手順は以下の通りである。

- (1) 実験監督者は実験の説明（アプリケーションの使い方など）を行う
- (2) 腰に加速度センサを装着する
- (3) 耳に加速度センサを装着する
- (4) CoreMoni を使ってもらい使い方に慣れる
- (5) CoreMoni（有/無）でフロントプランクを1分間行う
- (6) 有りの場合、SUS アンケートに回答する
- (7) 3分間以上休憩する
- (8) CoreMoni（画像のみ）でフロントプランクを1分間行う
- (9) 3分間以上休憩する
- (10) CoreMoni（手順5で行わなかった方）でフロントプランクを1分間行う
- (11) 有りの場合、SUS アンケートに回答する
- (12) アプリケーションに関する事後アンケートに回答する

4.4 分析方法

CoreMoniの有効性を検証する為、CoreMoniを使用した場合と使用していない場合のそれぞれにおいて、正しい姿勢を保つことが出来た時間の比較を行った。さらに、有意水準5%で片側検定のt検定[16]を行った。また、アンケートについては2種類用意した。1つ目のアンケートでは、System Usability Scale Facts (SUS) (4.4.1項)を用い、CoreMoniのユーザビリティの評価を行った。2つ目のアンケートでは、フィードバック方法についてのアンケートを行った。

4.4.1 System Usability Scale Facts (SUS)

SUSはJohn Brookeにより1986年に開発された、ユーザビリティの受け止められ方について測定するためのアンケート方法である[15]。質問は10問であり、奇数番号はポジティブな質問、偶数番号はネガティブな質問となっておりそれらを交互に繰り返すように設定される。ユーザは各設問にどの程度同意するかによって1点（全く同意しない）から5点（完全に同意する）で順位付けを行う。

5. 実験結果

本章では実験結果について述べる。5.1節では、CoreMoniの有無による正しい姿勢時間の比較について述べ、5.2節では、アンケートによる評価結果について述べる。

表1 フロントプランク中に正しい姿勢を保てた割合

被験者番号	CoreMoni 無 (%)	CoreMoni 有 (%)
1	30.9	69.3
2	4.2	82.0
3	98.2	30.3
4	79.4	99.5
5	0.2	100.0
6	80.3	84.4
7	26.7	49.8
8	9.5	42.3
9	33.3	96.7
10	53.5	57.4

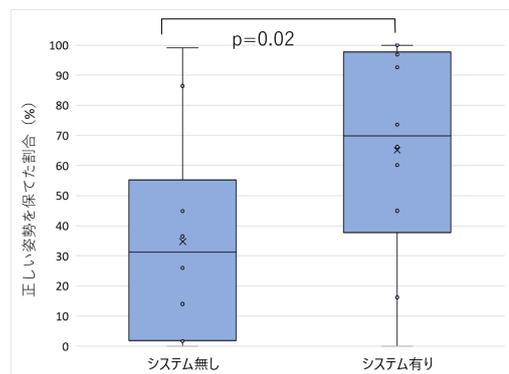


図7 フロントプランクのCoreMoniの有無による正しい姿勢時間の平均値の比較

5.1 CoreMoniの有無による正しい姿勢時間の比較

4.2節で説明した実験で取得したデータから、CoreMoni有り（音楽と画像のフィードバック）で正しい姿勢を保てた時間と、CoreMoni無しで正しい姿勢を保てた時間を種目ごとにそれぞれ抽出し、比較を行った。

本稿では、フロントプランクの結果を表1に示す。被験者10名のうち9名がCoreMoniを使用すると正しい姿勢を保つ時間が増えた。対応のあるt検定を行った結果を図7に示す。p < 0.05となり有意差がみられた。

また、CoreMoniのFB方法を画像のみにして行ってもらったときとシステム無しの時の正しい姿勢を保てた割合の比較をした結果を表2に示す。結果として画像のみのフィードバックではシステム無しと比較して10人中3人が向上した。

5.2 アンケートによる評価結果

本実験では、CoreMoniを使用して体幹トレーニングを行ってもらった被験者10名に、4.4節で紹介した2種類のアンケートを実施した。

5.2.1 SUSによるアンケート結果

SUSを用いたアンケートの結果、10人中8人がSUSの平均スコアである68点を超過しており、10人の平均スコアは84.75点であった。この結果を4.4.1項で述べたSUSス

表 2 フロントプランク中に正しい姿勢を保てた割合

被験者番号	CoreMoni 無 (%)	画像の FB 有り (%)
1	30.9	3.5
2	4.2	1.0
3	98.2	75.0
4	79.4	67.3
5	0.2	97.8
6	80.3	74.4
7	26.7	52.5
8	9.5	52.4
9	33.3	0.1
10	53.5	0.0

コアにおけるガイドラインにそって評価すると、CoreMoni は非常に優れたユーザビリティであることが示された。

5.2.2 フィードバック方法についてのアンケート結果

フィードバック方法について、アンケート結果を示す。7つの項目について「音楽+画像の切り替え」のフィードバックが「画像のみ」のフィードバックと比べどのような印象を受けたかを質問した結果、「楽しく体幹が出来る」「面白みがある」「やる気が出る」「もう少し長く頑張れそうと思う」「発展性があると思う」という項目に対しては9割以上の人がとても当てはまる、または当てはまると回答した。

「現在の姿勢が分かりづらい」という項目に対しては全く当てはまらない、または当てはまらないに回答した人が8割、当てはまるに回答した人が1割、どちらでもないに回答した人が1割だった。

しかし、「達成感がある」という項目に対しては9割の人が全く当てはまらない、または当てはまらなると回答し、1割の人が当てはまるに回答した。

6. 考察

検証の結果、有意差が見られたため、本システムは有効であると考えられる。また、SUSの平均スコアが84.75点であったことから、優れたユーザビリティであることが分かった。しかしながら、フィードバック方法に関して、「やる気が出る」といった高い評価が得られた一方、「達成感」を感じた被験者は少なかった。これはトレーニング時間が1分と短かったからであると考えられる。

7. おわりに

本研究では、コロナ禍における人々の健康増進への取り組みに着目し、指導者やトレーナーがいない状況での室内トレーニングを支援するシステム「CoreMoni」を提案した。CoreMoniの有効性を検証し、評価した結果、CoreMoniは非常に優れたユーザビリティであることが示された。

今後の展望として、トレーニング種目の追加、フィード

バック音源の追加、トレーニング後のフィードバック機能の追加、計測するデータ指標の追加などが挙げられる。

8. 謝辞

本研究はJSPS科研費JP22K11998の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 明治安田生命, 明治安田生命「健康」に関するアンケート調査を実施!, https://www.meijiyasuda.co.jp/profile/news/release/2020/pdf/20200902_01.pdf. (参照 2022-01-14).
- [2] 高田将志, 中村優吾, 藤本まなと, 荒川豊, 安本慶一ほか, 体幹トレーニング支援に向けたウェアラブルデバイスによる種目認識手法の提案, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 2018(20):1-8, 2018. (参照 2022-01-26).
- [3] 綿谷 惇史, 宮田 一乗ほか, 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, 2019 <https://dSPACE.jaist.ac.jp/dSPACE/bitstream/10119/15832/5/paper.pdf>. (参照 2022-01-26).
- [4] 健康日本 21(第2次)の推進に関する参考資料 https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_02.pdf. (参照 2022-1-14)
- [5] 日本のクラブ業界のトレンド 2019年版, 株式会社クラブビジネスジャパン, https://fitness.ismcdn.jp/common/files/data/pdf/trend_2019_sample.pdf (参照 2022-1-13)
- [6] 体幹と理学療法, 理学療法-臨床・研究・教育, 藤本鎮也 吉田一也 佐藤慎一郎 秋山純和, 理学療法-臨床・研究・教育
- [7] 体幹トレーニングが体幹の安定性とジャンプパフォーマンスに与える影響の検討, 中京大学体育研究所紀要= Bulletin of Research Institute of Health and Sport Sciences, Chukyo University, 鈴木雄貴 桜井伸二
- [8] 体幹トレーニング支援に向けたウェアラブルデバイスによる種目認識手法の提案, 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), 高田将志 中村優吾 藤本まなと 荒川豊 安本慶一
- [9] Habituation: a model phenomenon for the study of neuronal substrates of behavior, Psychological review, Thompson, Richard F and Spencer, William A
- [10] 加速度センサを用いた体幹トレーニング支援システム, 森田大喜 元川錦 横窪安奈, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2021 論文集
- [11] KINECTを用いた体幹のリハビリテーション支援システム, 村田嘉利 永澤修平 鈴木彰真, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2014 論文集
- [12] Movesense, <https://www.movesense.com/>, (参照 2022-1-13)
- [13] eSense, <https://www.esense.io/>, (参照 2022-1-13)
- [14] 体幹は毎日している? 効果やおすすめメニューを7個紹介!, <https://retio-bodydesign.jp/columns/article/taikan-mainichi/>, (参照 2022-1-23)
- [15] 10 Things to Know About the System Usability Scale (SUS), <https://measuringu.com/10-things-sus/>, (参照 2021-9-6)
- [16] 使える! 統計検定・機械学習 — I — 2 群間の有意差検定, 高木 英行, システム/制御/情報