

# CoreMoni- $\alpha$ : 効果的な体幹トレーニングのための リアルタイムフィードバックシステム

佐藤 圭翼<sup>†1</sup>      ロペズ ギヨーム<sup>†2</sup>  
青山学院大学      青山学院大学

## 1. はじめに

2019 年末に流行し始めた新型コロナウイルスの影響は 3 年たった今でも爪痕を残している [1]. スポーツ庁は「感染症対策による活動制限・運動不足の長期化による影響」として「体力の低下」「腰痛・肩こり」「生活習慣病の発症・悪化」を事例に挙げている [2]. また, 明治安田生命保険相互会社が 2021 年に 5640 人の男女を対象に実施した健康に関するアンケート調査 [3] の結果, 3 人に 2 人が covid-19 の影響でストレスを感じていると回答し, 4 人に 1 人の体重が増加していることが分かった. さらに, コロナ禍による健康意識の変化についてのアンケートの結果, 40% 以上の人々が「健康意識が高まった」と回答した. 以上のことから, COVID-19 の流行を機に人々は健康に意識を持ち始めたと推測できる.

健康な身体を維持するためには, ランニングや筋力トレーニングといった日常的な運動が有効であると考えられている [4]. フィットネスクラブの動向報告 [5] によると, 2022 年 4 月の利用者数合計は 1700 万人を超えており, 多くの人々が定期的に運動をしていることが分かる.

自宅で過ごす時間が増えたことから, 屋内で一人で簡単に始められる体幹トレーニングに注目が集まっている [6]. 体幹トレーニングはスポーツ動作に求められる能力 [7] 向上だけでなく, 日常生活においても重要な役割を果たしている. 体幹とは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 [8]. 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, 動作の要であり, 筋力が低下すれば起き上がることが困難になるなど, 体幹強度は身体の健康にとっても重要である. 体幹トレーニングはスポーツ選手を筆頭に一般の人々にも浸透し始め, 注目されている [9].

本研究の目的は, 体幹トレーニングを支援するシステムを構築し, トレーニングを通して人々の健康維持に貢献す

ることである. 一人で行うトレーニングは自分の姿勢を客観的に俯瞰し, 正しい姿勢で行うことは難しく, 監視の目がないことから継続性に欠けると考えられる. このような課題を解決するため, リアルタイムフィードバック機能を搭載した, 体幹トレーニング支援システム「CoreMoni- $\alpha$ 」を提案し, その有効性を検証する.

## 2. 関連研究

### 2.1. カメラ画像を用いたトレーニング支援手法

綿谷らはカメラの画像を用いた体幹トレーニングの姿勢支援手法を提案した [10]. 彼らは画像から姿勢推定を行い, トレーニングの目標姿勢と現在の姿勢の 3 次元モデルを生成し, 重畳表示した. さらに, 目標姿勢と現在の姿勢の違いを把握しやすくするために, 身体の各部位 10 箇所にマーカを表示し, 誤差に応じて 4 段階に色変化させた. これらの情報を 2 視点でユーザへ視覚的フィードバックをすることで, 姿勢補正の支援を行った.

有効性評価の結果, 姿勢の把握しやすさを向上させるうえで有効な手法であると考えられた. しかし, 視覚的フィードバックの更新速度が遅く, 目標姿勢に対して現在の姿勢がどのくらい異なっているかを認識するのは困難であった. また, トレーニング中に視線を変えて画面を見なければならぬという問題点もあった.

### 2.2. 深度センサを用いたトレーニング支援手法

村田らは安価な装置を開発することを目的とし, 深度カメラを有する Kinect を利用し, 運動を支援するシステムを構築した [11]. 彼らは Kinect を用いて前屈, 身体の傾き, 身体のねじれ具合を計測する 3 種類のアプリケーションを開発した.

結果として, 数度の誤差範囲で計測することができ, 身体のゆがみを比較的安価で, 高度なノウハウを必要としない装置を開発することができた. しかし, 性能と利用勝手を向上させていく必要がある.

CoreMoni- $\alpha$   
Real-Time Feedback System for Efficient Core Training

<sup>†1</sup> Keisuke Sato, Aoyama Gakuin University

<sup>†2</sup> Guillaume Lopez, Aoyama Gakuin University

### 2.3. ウェアラブルデバイスを用いた種目認識手法

高田らは、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を提案した [12].

彼らは、身体にウェアラブルデバイスを装着し、ウェアラブルデバイス内に搭載された慣性センサを用いてトレーニング中の姿勢情報を取得し、得られる加速度やジャイロデータをもとに、機械学習によって体幹トレーニング種目を自動認識できるようにした。

結果として、機械学習手法として Random Forest を用いた場合で、F 値：99.7% と高精度に認識することに成功した。さらに、片方の手首およびベルト位置にデバイスを装着するだけでも F 値：94.1% の精度で認識できることを確認した。認識精度の向上、トレーニング中か否かのセグメンテーション化の検討などが今後の課題としてあげられる。

### 2.4. 音楽によるフィードバックを用いたトレーニング支援手法

神野らは、森田らの研究 [13] に基づきシステムのフィードバック方法を改善した。彼らは体幹トレーニングにおける効果的な姿勢促進システム「CoreMoni」を提案した [14]. 「CoreMoni」は森田らが開発したシステムに改良を加えたものになっている。森田らのフィードバックが画像の切り替えのみであったのに対し、神野らは音楽の周波数の変化によってフィードバックを与えている。

実験の結果、画像のみによるフィードバックに比べて音楽と画像を組み合わせたフィードバック方法は有効であることがわかった。しかしながら、音楽がトレーニングの妨げになっていることや姿勢の判定結果に違和感を感じる部分がある。

## 3. CoreMoni-αの概要

### 3.1. CoreMoni-αの構成

今回私は、効果的な体幹トレーニングのリアルタイムフィードバックシステム「CoreMoni-α」を提案する。CoreMoni-αは体幹トレーニングを自主的に行うための指導者としての役割を担い、ユーザーの体幹トレーニングを支援するものである。本システムは500円玉くらいの大きさのウェアラブルデバイス(図1)とスマートフォンを使用している。ウェアラブルデバイスには「movesense (SUUNTO 社製) [15]」というデバイスを用いている。ユーザーごとのキャリブレーションとして、movesense から1秒間に13個の加速度データを取得し、その一つ一つをあらかじめ定義した閾値と比較し、姿勢の良し悪しを判断している。ウェアラブルデバイスとスマートフォンはBluetooth通信で接続している。



図1 ウェアラブル IMU Movesense ([15] より引用)  
Figure 1 Wearable IMU Movesense (Quoted from [15])

また、CoreMoni αでは体幹トレーニング中の「姿勢」を支援対象とし、より効果的な支援につながるよう搭載する機能に留意した。メインメニューを作成し、そこからトレーニング種目を選べるようにした。デザインや使いやすさにも工夫を施し、従来型システム「CoreMoni」との差別化を図った。姿勢判定においては、より精度の高い判定ができるアルゴリズムを実装し、フィードバックにおいては、骨格画像による姿勢の画像切り替えによるものとその画像と連動して「HIGH」「GOOD」「LOW」の3種類のテキストをリアルタイムに表示するという2種類のフィードバックを用意した。トレーニングを行う画面においては、トレーニング種目ごとにトレーニング方法と本システムの使い方、アドバイス等を明記した。

図2にCoreMoni-αの構成図を示す。ユーザーは腰に加速度センサを装着する。ユーザーはスマートフォンの画面に表示された自分の現在の姿勢を俯瞰して見ることで、姿勢を正すことができるだろう(図3)。

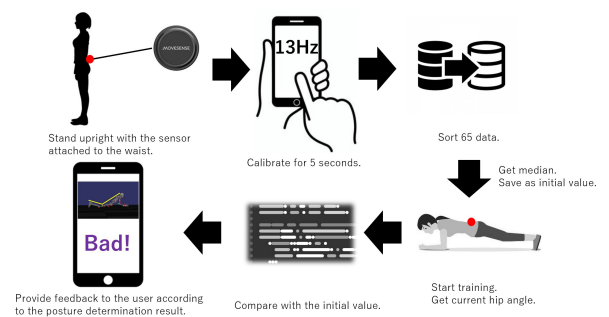


図2 CoreMoni-αの構成  
Figure 2 Configuration of CoreMoni-α

### 3.2. 装着位置と閾値の検討

加速度センサの装着位置に関してだが、森田らの実験 [16] を参考にし、腰に選定した。

閾値に関してだが、「Azure Kinect DK (Microsoft 社製) [17]」を用いて、インストラクター指導の下、腰の位置が高い時・良い時・低い時の姿勢を保ち、その時の骨格画

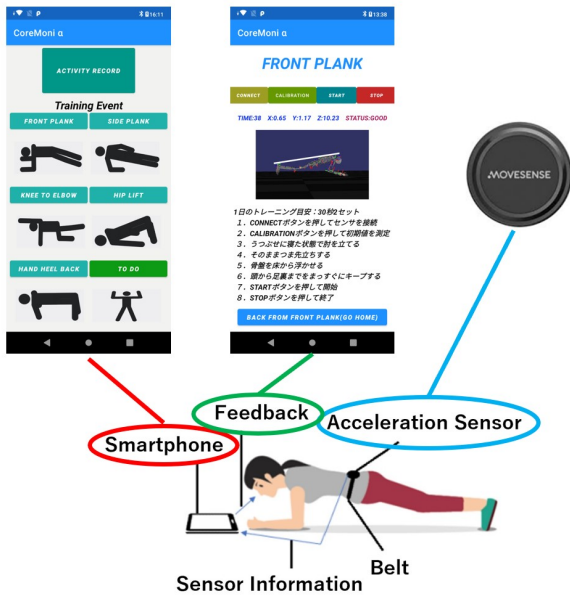


図3 CoreMoni-αの使い方  
Figure 3 How to use CoreMoni-α

像と床と腰のなす角をもとに閾値を決定した。調査の結果、 $13.5^\circ$  以上  $20^\circ$  以下を良い姿勢と定義した。

本システムでは、床に対して垂直方向に直立した状態でキャリブレーションを行うことを前提としている。そのため、キャリブレーション時の角度を  $a^\circ$ 、トレーニング中の角度を  $b^\circ$  としたとき、閾値は次のようになる。

< HIGH >

$$b^\circ - a^\circ < 13.5^\circ - 90^\circ \text{ i.e. } b^\circ - a^\circ < -76.5^\circ \quad (1)$$

< GOOD >

$$13.5^\circ - 90^\circ \leq b^\circ - a^\circ \leq 20^\circ - 90^\circ \text{ i.e. } -76.5^\circ \leq b^\circ - a^\circ \leq -70^\circ \quad (2)$$

< LOW >

$$20^\circ - 90^\circ < b^\circ - a^\circ \text{ i.e. } -70^\circ < b^\circ - a^\circ \quad (3)$$

### 3.3. 姿勢判定手法

姿勢判定手法は3段階に分かれており、第1段階目は「キャリブレーション」である。キャリブレーションを行うことにより、各ユーザに応じた初期値を生成することが可能であるため、ユーザに依存する可能性を低減させることができるだろう。絶対的な基準を設けず相対的な基準を設けることは、ユーザを限定することなく、汎用性の観点から有効となるだろう。加速度センサのサンプリング数を 13Hz に設定しているため、1秒間に13個のデータが取得可能である。また、キャリブレーションの実行時間を5秒に設定し

ている。そのため、キャリブレーションを行うことで65個のサンプリングデータを取得することが可能である。初期値の選定においては外れ値が存在することを考慮して、中央値を用いている。すなわち、昇順に並べ変えたデータの33個目の値を用いている。その加速度を角度に変換し、初期値に設定している。

$$\text{median in calibration} = (65 \text{ sampled data sorted} \div 2) + 1 \quad (4)$$

第2段階目は「トレーニング中の角度の取得」である。Y軸方向の加速度とZ軸方向の加速度の値のアーктンジェントを求め、求めたラジアンを度に変換し、角度を算出している。0.077秒に1回の更新が行われるため、トレーニング中の角度をほぼリアルタイムに算出することが可能である。

$$\text{angle} = \arctan(Y \text{ axis acc value} \div Z \text{ axis acc value}) \quad (5)$$

第3段階目は「ずれの算出」である。姿勢判定を行う際は式5と式4の差を求めることで実現可能である。トレーニング中の角度がキャリブレーション時の角度に対して  $13.5^\circ$  以上  $20^\circ$  以下の範囲(相対的な角度)に収まるとき、正しい姿勢と判定する。しかし、キャリブレーションは床に対して垂直方向に直立して行うことを前提としているため、 $\pi/2$ ラジアンを考慮しなければならない。

以上のようなアルゴリズムを用いて、体幹トレーニング中の姿勢の良し悪しを判定している。

## 4. 有効性検証とユーザビリティ評価の実験

「CoreMoni-α」の有効性検証とユーザビリティ評価を行うために実験を行った。被験者は20代の男女20名で構成されており、システム無し・従来型システム有り・新型システム有りの3種類の実験を行った。トレーニング時間はそれぞれ30秒で、トレーニングの合間には十分な休憩をとっている。分析手法としては、正しい姿勢を保持できた割合と System Usability Scale Facts (SUS)、フィードバックに関するアンケート、従来型と新型の比較に関するアンケートの計4つである。

## 5. 実験結果と考察

実験の結果、システムの有無による正しい姿勢を保持できた時間の割合に関して18名の数値が向上した。従来型システムとの比較実験においては14名の数値が向上した。また、従来型と新型システムのSUSスコアを比較すると、18名の数値が向上した。スコアごとのSUSの比較結果を表1に示す。さらに、フィードバックに関するアンケートの結果、新型システムに対しては肯定的な意見が多く見られた。

表1 スコア別に見た SUS の評価結果  
Table1 SUS values aggregated by score

Score	Grade	Adjective Rating	Conventional System	New system
>80.3	A	Excellent	0	8
68-80.3	B	Good	1	5
68	C	Okay	0	0
51-68	D	Poor	6	6
<51	E	Awful	13	1

最後に、システムを総合して従来型と新型システムのどちらが有効であるか問いた結果、被験者の 95% が新型システムと回答した。

## 6. おわりに

本研究の結果から、有効性の検証、従来型システムに対する優位性を確認することができた。姿勢判定精度の向上に関しては、アルゴリズムの改善や正しい姿勢の再定義、閾値の再検討が要因となった。アプリケーションにおける UX の改良においては、シンプルなデザインやトレーニング方法の明記、ボタンを押した際のユーザに対するアクションが要因であると考えられる。また、フィードバック方法の改善においては、3次元骨格画像の画像切り替えとテキストによるフィードバックが要因であると考えられる。

今後の展望として、ユーザのトレーニングの妨げにならない範囲でのフィードバック方法の追加、ウェアラブルデバイス装着位置の明示化、トレーニングの長期的な支援につなげるコンテンツの実装があげられる。

**謝辞** 本研究は JSPS 科研費 JP22K11998 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] : 新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の対応について | 内閣官房新型コロナウイルス等感染症対策推進室, <https://corona.go.jp/dashboard/>. (Accessed on 06/28/2022).
- [2] : 新型コロナウイルス感染対策 スポーツ・運動の留意点と、運動事例について:スポーツ庁, [https://www.mext.go.jp/sports/b\\_menu/sports/mcatetop05/jsa\\_00010.html](https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/sports/mcatetop05/jsa_00010.html). (Accessed on 06/28/2022).
- [3] : 20210906\_01.pdf, [https://www.meijiyasuda.co.jp/profile/news/release/2021/pdf/20210906\\_01.pdf](https://www.meijiyasuda.co.jp/profile/news/release/2021/pdf/20210906_01.pdf). (Accessed on 06/28/2022).
- [4] : CP-BL\_user, [https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21\\_02.pdf](https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_02.pdf). (Accessed on 06/28/2022).
- [5] : hv58\_02j.pdf, [https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/tokusabido/sanko/pdf/hv58\\_02j.pdf](https://www.meti.go.jp/statistics/tyo/tokusabido/sanko/pdf/hv58_02j.pdf). (Accessed on 06/28/2022).
- [6] 谷本道哉体幹トレーニングの流行の背景と効果に関する考察, 理学療法-臨床・研究・教育, Vol. 27, No. 1, pp. 3-9 (2020).
- [7] 鈴木雄貴, 桜井伸二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, No. 32, pp. 31-36 (2018).
- [8] 藤本鎮也, 吉田一也, 佐藤慎一郎, 秋山純和体幹と理学療法, 理学療法-臨床・研究・教育, Vol. 20, No. 1, pp. 7-14 (2013).
- [9] 高田将志, 中村優吾, 藤本まなど, 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), Vol. 2018, No. 20, pp. 1-8 (2018).
- [10] 綿谷惇史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).
- [11] 村田嘉利, 永澤修平, 鈴木彰真ほか KINECT を用いた体幹のリハビリテーション支援システム, 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, Vol. 2014, pp. 553-559 (2014).
- [12] 高田将志, 中村優吾, 藤本まなど, 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), Vol. 2018, No. 20, pp. 1-8 (2018).
- [13] 森田大喜, 元川錦, 横窪安奈, ロベズギョーム加速度センサを用いた体幹トレーニング支援システム, 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, Vol. 2021, No. 1, pp. 1326-1331 (2021).
- [14] : ウェアラブル環境情報システム研究室 — 青山学院大学理工学部 情報テクノロジー学科, <http://www.wil.it.aoyama.ac.jp/thesis.html>. (Accessed on 07/20/2022).
- [15] : Wearable sensor — Movesense, <https://www.movesense.com/>. (Accessed on 09/29/2022).
- [16] 森田大喜, 元川錦, 横窪安奈, ロベズギョーム加速度センサを用いた体幹トレーニング支援システム, 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, Vol. 2021, No. 1, pp. 1326-1331 (2021).
- [17] : Azure Kinect DK - AI モデルの開発 — Microsoft Azure, <https://azure.microsoft.com/ja-jp/products/kinect-dk/>. (Accessed on 10/01/2022).