

青 山 学 院 大 学

理 工 学 研 究 科

理工学専攻 知能情報 コース

修 士 論 文

学 生 番 号 3 5 6 2 3 2 3 3

氏 名 佐 藤 圭 翼

研究指導教員 ロペズ・ギヨーム

W.I.L.-CoreMoni

短期的および長期的な複合支援による体幹トレーニングの
姿勢向上とモチベーション維持効果の検証

佐藤 圭翼

2025/01/31

Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

Title: W.I.L.-CoreMoni

Verification of The Effects of Short-Term and Long-Term Combined Support for Improving Posture and Maintaining Motivation during Core Training

Student Name: Keisuke Sato

ID Number: 35623233

Degree: Master of Engineering

Course: Intelligence and Information

Thesis Advisor: Professor Guillaume Lopez

Abstract

Due to the COVID-19 pandemic, lack of exercise has become a concern. We focused on core training, which can be done alone anytime, anywhere. However, maintaining proper posture during training is challenging, and low motivation often leads to inconsistency.

To address these issues, we developed the **W.I.L.-CoreMoni** system to support posture correction and motivation. The system consists of a coin-sized wearable accelerometer and a smartphone. Users attach the sensor to their waist and train while checking the smartphone screen. The system collects individual baseline values, converts acceleration data into angles, and compares the posture in real-time against predefined thresholds, providing immediate feedback for correction.

Additionally, three long-term feedback features were implemented:

1. **Training History:** Allows users to review past sessions.
2. **Ranking System:** Enables competition with others online.
3. **Reminder Notifications:** Alerts users when they miss training for a certain period.

To evaluate the system, we conducted a one-month experiment with eight participants (ages 20–50) performing front plank exercises. Participants trained at their preferred time and location. They were divided into two groups: Group A received notifications in the first two weeks, while Group B received them in the latter two weeks. Usability (SUS) and motivation surveys were conducted.

Results showed that long-term feedback increased training frequency and consistency while maintaining motivation. The effectiveness of the history, ranking, and notification features was confirmed, demonstrating their role in improving training frequency, stability, and motivation.

For future improvements, we plan to explore alternative sensors for smoother smartphone connectivity. Additionally, in response to user requests, we aim to implement real-time ranking notifications and voice-based feedback to enhance motivation.

理工学専攻修士論文要旨

提出年度：2024年度

提出日：2025年1月31日

専修コース：知能情報コース

学生番号：35623233

学生氏名：佐藤 圭翼

研究指導教員：ロペズ ギヨーム 教授

(論文題目)

W.I.L.-CoreMoni：

短期的および長期的な複合支援による体幹トレーニングの姿勢向上とモチベーション維持効果の検証

(内容の要旨)

新型コロナウイルスの影響により、運動不足の問題を指摘し、一人で手軽に取り組むことのできる体幹トレーニングに注目した。体幹トレーニングは場所を選ばず、好きな時間や場所で取り組むことができる一方、トレーニング中の姿勢が正しいかどうかの判定は難しい。また、モチベーションが維持できないことでトレーニングを継続できず、結果として3日坊主になってしまふなど様々な問題点があげられる。

これらの課題を解決すべく、トレーニング中の姿勢支援およびモチベーションの維持向上を目的として、体幹トレーニング支援システム「W.I.L.-CoreMoni」を構築した。本システムは、加速度を取得することができる500円玉くらいの大きさのウェアラブルデバイスとスマートフォンで構成されている。ユーザは加速度センサを腰に装着し、スマートフォンの画面を見ながらトレーニングを行う。その際、本システムがユーザによって異なる基準値（初期値）を取得したのち、独自のアルゴリズムによって、取得した加速度を角度に変換し、トレーニング中の暫定値と比較後、あらかじめ定義した閾値との判定結果によってユーザにリアルタイムにフィードバックを与える、姿勢改善を促すというものである。

また、モチベーション維持を目的とした長期的なフィードバック機能を3つ実装した。

- ① 「トレーニング履歴閲覧機能」：これまでのトレーニングデータを閲覧する仕組みを提供
- ② 「ランキング機能」：同じトレーニングに取り組む人とオンライン上で競争することを提供
- ③ 「3日坊主防止通知機能」：一定期間トレーニングに取り組んでいない際に、自動的に通知

本システムの有効性を評価するため実験を行った。20~50代の男女8名を被験者とし、1か月の間、体幹トレーニングの種目のひとつである「フロントプランク」の姿勢でトレーニングに取り組んでもらった。実験の実施時間と場所は各被験者の任意とした。被験者には内密に、2つのグループに分割し、Group Aは最初の2週間、通知機能を有効にし、Group Bは後半の2週間、通知機能を有効にした。各被験者には、システムの使いやすさを評価するSUSアンケートと、継続性・モチベーションに関するアンケートを用意した。

実験の結果、長期的なフィードバックによって継続頻度が向上し、安定した頻度でトレーニングに取り組めていたことが分かった。同時に、被験者のモチベーションが高かったという結果を得ることができた。したがって、長期的なフィードバックにおいて期待通りの結果を得ることができたと結論付けることができる。特に長期的なフィードバックの主要機能である「履歴閲覧機能」「競争機能」「通知機能」の有効性が実証された。3要素間に機能の優劣はあるものの、結果として「継続頻度の向上」「安定したトレーニング継続回数」「モチベーションの維持・向上」の3点すべての有効性を実証することができた。

今後の展望として、加速度センサとスマートフォンの接続がスムーズになるよう、センサの種類を変更することを検討していきたい。また、「リアルタイムで順位の変動を知らせてほしい」という被験者からの意見を反映させるため、ランキングが変動した際に通知が発動するような仕組みや音声によるマルチフィードバックについても検討し、実現に向けて「W.I.L.-CoreMoni」の更改をしたい。

目 次

第1章 序論	3
1.1 研究背景	3
1.1.1 新型コロナウイルスが人々の生活へ与えた影響	3
1.1.2 体幹トレーニングの重要性	3
1.1.3 体幹トレーニングの認知度	4
1.1.4 モチベーション維持における心理的側面	6
1.2 研究目的	7
1.3 本論文の構成	8
第2章 先行研究とその課題および本研究の優位性	9
2.1 先行研究	9
2.1.1 カメラ画像を用いたトレーニング支援手法	9
2.1.2 ウェアラブルデバイスを用いた体幹トレーニングの種目識別手法	10
2.1.3 習慣化するための支援手法	12
2.1.4 モチベーションの維持・制御手法	13
2.2 先行研究の課題と本研究の優位性	13
第3章 W.I.L.-CoreMoni の全体像、概要および使用方法	14
3.1 W.I.L.-CoreMoni の全体像	14
3.2 W.I.L.-CoreMoni の概要	15
3.2.1 センシング機能 -短期的フィードバック-	15
3.2.2 骨格画像等表示機能 -短期的フィードバック-	28
3.2.3 トレーニングスタッツ閲覧機能 -長期的フィードバック-	30
3.2.4 他者とのランキング機能 -長期的フィードバック-	30
3.2.5 3日坊主防止リマインダ機能 -長期的フィードバック-	31
3.3 W.I.L.-CoreMoni におけるデータの流れ	32
3.4 W.I.L.-CoreMoni の使い方	33
第4章 スコアリングによるモチベーション維持の検証（予備実験）	40
4.1 予備実験の目的	40
4.2 予備実験の方法	40
4.3 予備実験の手順	40
4.4 予備実験の分析方法	41
4.4.1 トレーニングスタッツ	41
4.4.2 SUS アンケート	41
4.5 実験結果	42
4.5.1 実験前と実験後での正しい姿勢を維持できた時間の比較結果	42
4.5.2 SUS スコア	43
4.5.3 体幹トレーニングをおこなった頻度・継続性	45
4.6 考察・課題・今後の展望	49

第5章 スコアリング並びにリマインドによるモチベーション維持の検証（本実験）	50
5.1 本実験の目的	50
5.2 本実験の方法	50
5.3 本実験の手順	50
5.4 本実験の分析方法	51
5.4.1 トレーニングの継続性	51
5.4.2 SUS アンケート	51
5.4.3 モチベーションに関する主観評価アンケート	51
5.4.4 道具性期待理論によるモチベーション評価	52
5.5 本実験の結果と考察	53
5.5.1 トレーニングの継続頻度	53
5.5.2 短期的および長期的フィードバックにおけるSUSスコア	55
5.5.3 モチベーション維持に関する主観アンケート結果	56
5.5.4 道具性期待理論に基づくモチベーション状態の評価	58
第6章 本研究の結論および今後の展望	59
謝辞	60
参考文献	61
付録	64
付録 A	64
付録 B	66
付録 C	81

第1章 序論

本章では序論として、研究背景および研究目的について論じる。第1.1節では研究背景について述べ、第1.2節では研究目的について述べる。第1.3節では本論文の構成について述べる。

1.1 研究背景

本節では研究背景として、第1.1.1項で新型コロナウイルスが人々の生活に与えた影響について、第1.1.2項で体幹トレーニングの重要性について、第1.1.3項で体幹トレーニングの認知度について、第1.1.4項でモチベーション維持における心理的側面について論じる。

1.1.1 新型コロナウイルスが人々の生活へ与えた影響

2019年末に流行し始めた新型コロナウイルス（以下COVID-19）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いえる。

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。

1.1.2 体幹トレーニングの重要性

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向上だけでなく[7]、日常生活においても重要な役割を果たしている。「体幹」とは図1.1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[8]。体幹は運動について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。そのため体幹は動作の要であり、全ての生活動作において最も重要な身体の部位である。体幹の筋力が低下すれば起き上がる事が困難になり、体幹に異常運動を呈すれば座位などの姿勢保持が著しく困難になるなど、体幹強度は身体の健康にとても重要である。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。



図 1.1: 体幹の部位

1.1.3 体幹トレーニングの認知度

近年、体幹トレーニングは注目を集めているが、認知度を調査するケーススタディはまだ行われていない。そこで、体幹トレーニングがどの程度認知されているか調査を行った。「体幹トレーニングに関するアンケート」と題した調査を実施した。図 1.2 は調査に使用した質問項目のスクリーンショットである。質問は「体幹トレーニングをご存知ですか？」と「ご存じの体幹トレーニングの種目にチェックを入れてください.」という簡単な 2 つの質問である。候補となった種目 [9] は、体幹トレーニングの主要エクササイズである「フロントプランク [10]」、「サイドプランク [11]」、「ニー・トゥ・エルボー [12]」である。20 代から 40 代の男女 82 名が回答した。

調査結果によると、「体幹トレーニングをご存知ですか？」という質問に対して、回答者の 97.6% が「はい」と回答した。知っている種目の回答率は、「フロントプランク」が 100 %、「サイドプランク」が 93.8 %、「ニー・トゥ・エルボー」が 85.2 % でした。図 1.3 と図 1.4 にそれぞれの詳細を示す。

Questionnaire about trunk training

It will be over in 1 minute, so please answer.

Do you know core training? (Those who answered "Don't know" to this question do not need to answer any further.)

- know
- do not know

Please check the ones you know.

- front plank



- side plank



- knee to elbow



図 1.2: 体幹トレーニングの認知度アンケートの質問項目

Do you know core training? (Those who answered "Don't know" to this question do not need to answer further.)
82 answers

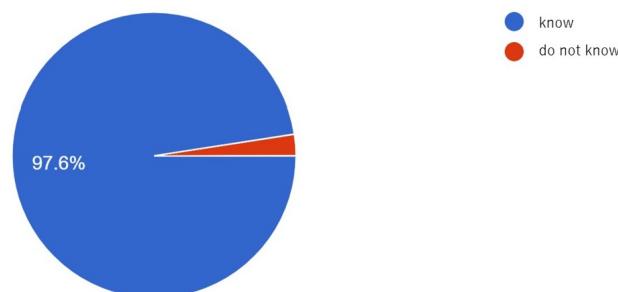


図 1.3: 体幹トレーニングの認知度アンケート結果

Please check the ones you know.

81 answers

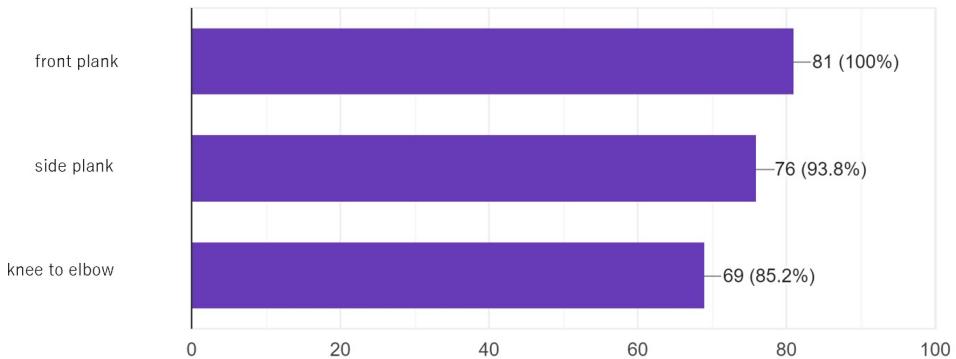


図 1.4: 種目の認知度アンケート結果

これらの結果から、体幹トレーニングの認知度は十分であると結論付けることができる。

1.1.4 モチベーション維持における心理的側面

なにかを継続する際、モチベーションや目標がないと頑張れないと感じるのは私たちだけではないはずだ。人間が行動を継続するとき、「動機づけ」という概念が重要となる。動機づけとは、行動を始発させ、目標に向かって維持・調整する過程や機能のことである [13]。

動機づけには外発的動機付けと内発的動機付けの2種類がある [14]。外発的動機付けとは、外部からの評価や報酬、また賞罰などが要因となって行動を起こす動機付けである。外部から得られるポジティブな要因や評価や罰といった恐れの気持ちも要因となることが特徴である一方、内発的動機付けとは、物事に対する興味や関心によって行動を起こし、達成感や満足感を得たいという、人の内心に沸き起こった意欲から起こる動機づけである。好奇心や探求心が根本にあり、損得への関係がない欲求が特徴である。

内発的動機付けからの行動には「承認」が重要であり、人間の欲求は5段階のピラミッドのように構成されている（図1.5）。低層階の欲求が満たされると、より高次の階層の欲求を求めるようになる。上層階である第4、第5階層が内発的なものであり、下層階の第1、第2、第3階層が外発的なものである。第1階層は生理的欲求と呼ばれ、生きていくための必要な基本的な本能的な欲求である。第2階層は安全欲求と呼ばれ、危機を回避したい、安全安心に生活がしたいという欲求である。第3階層は社会的欲求と呼ばれ、集団やグループに属したい、仲間が欲しいという欲求である。第4階層は承認欲求と呼ばれ、認められたいと感じたり、尊敬されたいと感じる欲求である。最後の第5階層は自己実現欲求と呼ばれ、自分自身の力を發揮し、あるべき姿の自分になりたいと感じる欲求である。これらはマズローの欲求段階説と呼ばれている。



図 1.5: マズローの欲求段階説

1.2 研究目的

本研究の目的は、一人で行うトレーニング（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し、ウェルビーイング実現に近づけることである。体幹トレーニングを行うにあたって、いくつか課題がある。体幹トレーニングは一人で気軽に始められるものの、自分の姿勢を客観的に俯瞰し、正しい姿勢を維持することは容易ではない。また、監視の目がないことからトレーニングを継続して行うことを途中でやめてしまう可能性も考えられる。

実際、日本におけるフィットネス継続率は低迷している。スポーツジムを利用する人々の継続率に関するデータは、利用者のモチベーションや生活スタイルを反映しており、日本フィットネス産業協会によると、国内のジムの月間退会率は約4~5%であり、年間を通して見るとほぼ半数の会員が入れ替わるそうだ[15]。

また、アメリカの研究では、フィットネスジム利用者の継続率は、開始から3ヶ月後で37%，1年後にはわずか4%未満に減少すると報告されている。100人がジムに入会しても、1年後には4人しか継続していない結果となる[16]。忙しくて時間が取れない、成果が感じられないといった理由が多いが、「エクササイズが単調で飽きてしまうこともある」と考えられている。会員の歩留まりが上がれば、ロスは減ると考えられる。「国内市场の大部分は（運動器具やプール、スタジオをそろえた）総合型ジムが支えているものの、そこで応えきれていないニーズを（娯楽型が）ひろっている」と指摘する。

このような課題を解決するため、本研究では加速度センサを活用し、短期的フィードバックと長期的フィードバックを兼ね備えた、体幹トレーニング支援システムである「W.I.L.-CoreMoni」を提案する。トレーニングを楽しみながら継続できるよう、時間がない人でも手軽に利用でき、自身のトレーニング成果を可視化するなど、いくつかの仕掛けを実装した。本システムの開発を通して、システムの有効性の検証およびシステムがトレーニングの継続にどのくらい貢献できるのかを評価することを目標とし、本研究に取り組んだ。

また、モチベーション評価を行うにあたって2つのことに留意する。1点目はトレーニング種目である。フロントプランクやサイドプランクなど、様々な種目を利用できるようシステムの開発に尽力したが、システム上の挙動が安定しているフロントプランクに着目した。2点目は動機づけについてである。前項で動機づけには外発的動機付けと内発的動機付けがあると述べたが、今回は内発的動機付けに着目する。なぜなら、アンダーマイニング効果が存在するからだ[17]。アンダーマイニング効果とは、内発的動機付けによる行動に対して、外発的動機付けである「外的報酬」を与えた場合、かえってその人の意欲を低下させてしまう現象のことである。もともとは内発的動機付けによる行動していたはずなのに、報酬を得た結果、報酬や評価そのものが目的となってしまう状態をさす。アンダーマイニング効果を防ぐためには、相手の努力や行動を褒め、「やらされている」と感じさせない言動を心がけることが大切である。内発的動機付けは、興味・関心や達成感・満足感を得たい気持ちが原動力となる。そういった原動力から成る行動は、高い集中力や質を保った業務を続けることができ、やりがいを感じやすいメリットが期待できる。

さらに、内発的動機付けは外発的動機付けに比べ、より個人の特性やライフスタイルに適応させができるため、有効性をはかることができるのではないかと仮定した。そのため、内発的動機付けに焦点を置き、本研究に取り組んだ。

本研究の目的は大きく分けると以下の通り：

1. 短期的フィードバックの有効性を検証する。
2. 長期的フィードバックの有効性を検証する。

1.3 本論文の構成

本論文の構成は以下の通りである。

- 第1章 序論（研究背景や研究目的、本論文の構成）
- 第2章 関連研究および先行研究との差異
- 第3章 W.I.L.-CoreMoni の全体像、概要および使用方法
- 第4章 スコアリングによるモチベーション維持の検証（予備実験）
- 第5章 スコアリング並びにリマインドによるモチベーション維持の検証（本実験）
- 第6章 本研究の結論および今後の展望
- 謝辞
- 参考文献
- 付録 A～C

第2章 先行研究とその課題および本研究の優位性

本章ではいくつかの先行研究と本研究の優位性について論じる。第2.1節では先行研究について、第2.2節では先行研究の課題と本研究の優位性について論じる。

2.1 先行研究

2.1.1 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[18]。従来のトレーニング支援手法は、姿勢推定を行ったのちにユーザへフィードバックを与え、正しい姿勢でのトレーニングを促すというものであった[19][20]。しかしながら、それらの姿勢推定には深度カメラや複数台のカメラを必要とするため、コストがかかるという問題点があげられた。また、ユーザへの視覚的フィードバックが1視点および骨格情報のみを示している2次元骨格画像であるため、トレーニング時の姿勢把握が難しいという問題があった。

そこで彼らは、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、重畠表示した。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。提案手法としては、単一のRGBカメラのみを用いて、カメラ画像から姿勢推定を行い、推定結果に基づいて3次元モデルを生成し、2視点でユーザへ視覚的フィードバックを行うというものである。

結果として、アンケートによる有効性評価を行ったところ、3次元モデルを用いてフィードバックを行うことは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。

しかしこの研究では、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ないという問題点もあった。今後の展望として、Head Mounted Display (HMD) の利用などが考えられている。

一方、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[21]を利用し、運動を支援するシステムを構築した[22]。少子高齢化が進むに従い、リハビリテーションを必要とする人が増加する可能性があり、運動を客観的に評価することが推奨されている。長期間にわたってリハビリテーションを続けるためには、当事者である患者のやる気を維持し、医療従事者が現状について正しく認識できる必要がある。腕や足の関節の角度の測定は分度器や定規を当てるなどして計測可能であるが、身体が傾いた状態、さらにそれにねじれが加わった状態を分度器や定規で測定するのは高度なノウハウが必要といわれている。

リハビリテーションやスポーツの場で患者や選手の身体の動きを詳細に計測できる機器にVICON[23]がある。VICONは身体の関節運動を動的な情報として記録可能である一方で、非常に高価であることから、導入可能な施設は限られ、自宅での自主訓練には不向きであると考えられる。この問題を解決するため、村田らは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。今後の展望としては、性能と利用勝手を向上させていくとある。

2.1.2 ウェアラブルデバイスを用いた体幹トレーニングの種目識別手法

高田らは、体幹トレーニング支援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ている[24]。日本は高齢化社会から高齢社会へと転換し、今後は事態が深刻化する恐れがある。副次的な被害としては、経済成長の弱体化・社会保障の負担増大などがあげられる。これらの問題を解決するためには、日常的なトレーニングが有効であると考えられている。体力がつくことで自立した生活や健康寿命の延び、労働者として社会に貢献できるなどの利点がある。これらのことから、健康寿命を延伸させ、要支援・要介護状態にならないための取り組みを推進させることは非常に重要であると考えられている。

個人で行うことのできる体幹トレーニングは、パーソナルトレーナーの下で行うトレーニングに比べ、効果的なトレーニングを行うことができないという問題がある。そこで高田らは、身体にウェアラブルデバイス（図2.1）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。提案手法として、Step0からStep3までの構成（図2.2）が紹介されている。Step0で身体に取り付けられた少数のウェアラブルデバイス内に搭載されたセンサから体幹トレーニング中の姿勢情報を取得し、Step1でセンサから得られるデータをもとに機械学習を用いて学習器を構築し、その学習器によって体幹トレーニング種目の自動認識を行う。Step2で認識された種目に対してQuality of Training評価を行い、Step3で評価結果から個々にあった運動支援をデバイスを介して行い、人間のパーソナルトレーナーを人工知能的なエージェントに置き換えるというものである。

結果として、機械学習手法としてRandom Forest(RF)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。したがって、本システムの有効性を確認することができた。

今後の展望として、装着部位として足首などを考慮した追加デバイスによる認識精度の向上、トレーニング中か否かのセグメンテーション化の検討があげられる。

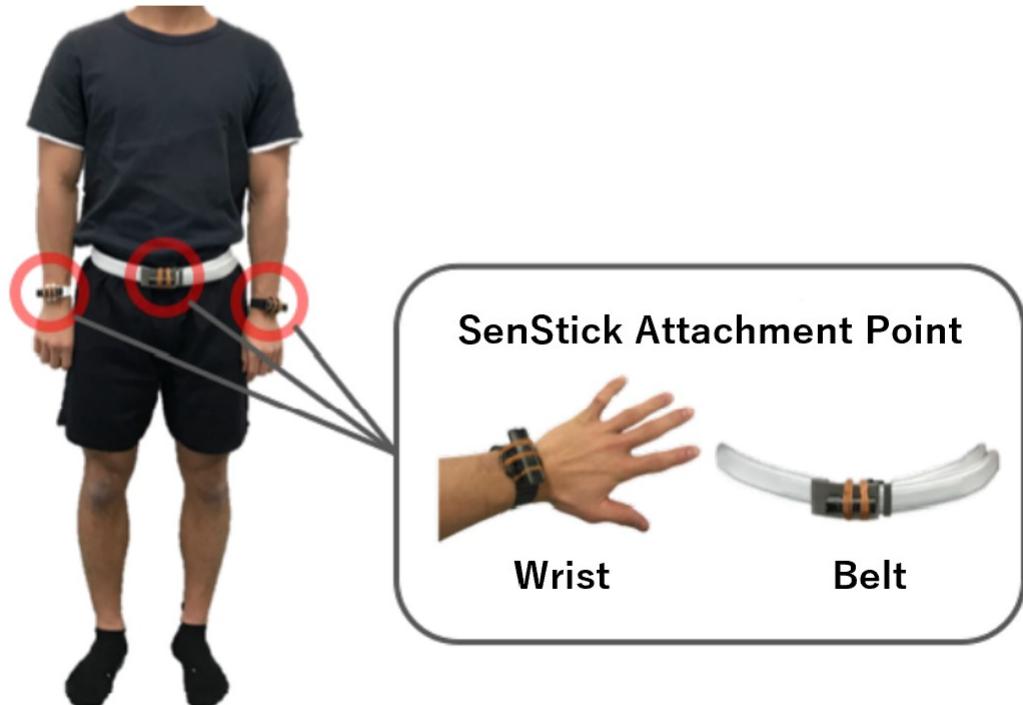


図2.1: ウェアラブルデバイスを使用した種目識別手法

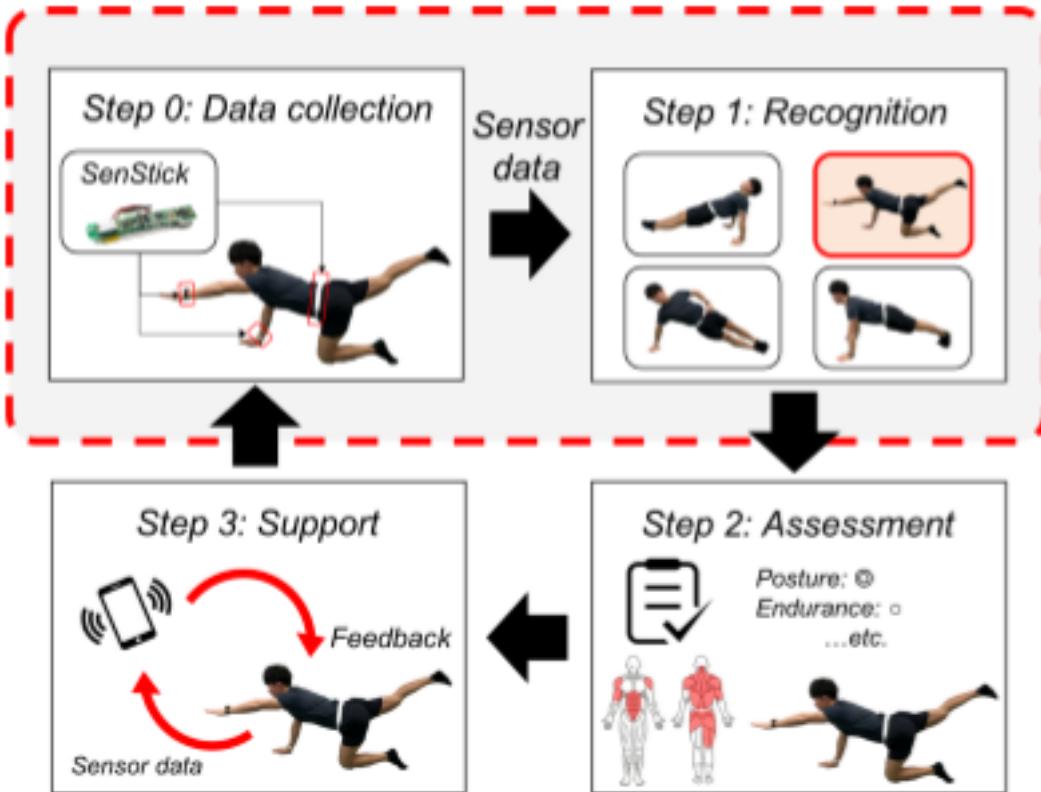


図 2.2: 高田らの実験における装置操作手順の説明

David Barbado らは、図 2.3 に示すような様々な体幹トレーニングの強度を定量化するために、スマートフォン内の加速度センサの信頼性を分析し、骨盤につけた加速度データが体幹構造の安定性や全身の姿勢制御をどの程度表しているかを分析した [25]. 体幹トレーニングについて、これまで運動パフォーマンスの向上や筋骨格系損傷の予防に大きく利用されているものの、トレーニングの強度を定量化する方法はない. David らはこれらの問題を解決するため、トレーニングの強度を定量化した. スマートフォンの加速度計と 2 つのプラットフォームを使用し、骨盤の平均直線加速度と圧力中心の変位の平均速度を測定した. そこから得られた結果として、クラス内相関関係、測定標準誤差により評価した. 実験の結果、ほとんどの体幹トレーニング種目において骨盤加速度は中程度から高い信頼性スコアが得られ、圧心変位は低から中程度であることが示された. スマートフォンの加速度計は体幹トレーニング強度を定量化するために信頼できるデバイスであると認識できた. 今後の展望として、体幹トレーニングにおける安定性の状態を特定したり、トレーニングの改善に直接役立てることなどがあげられる.

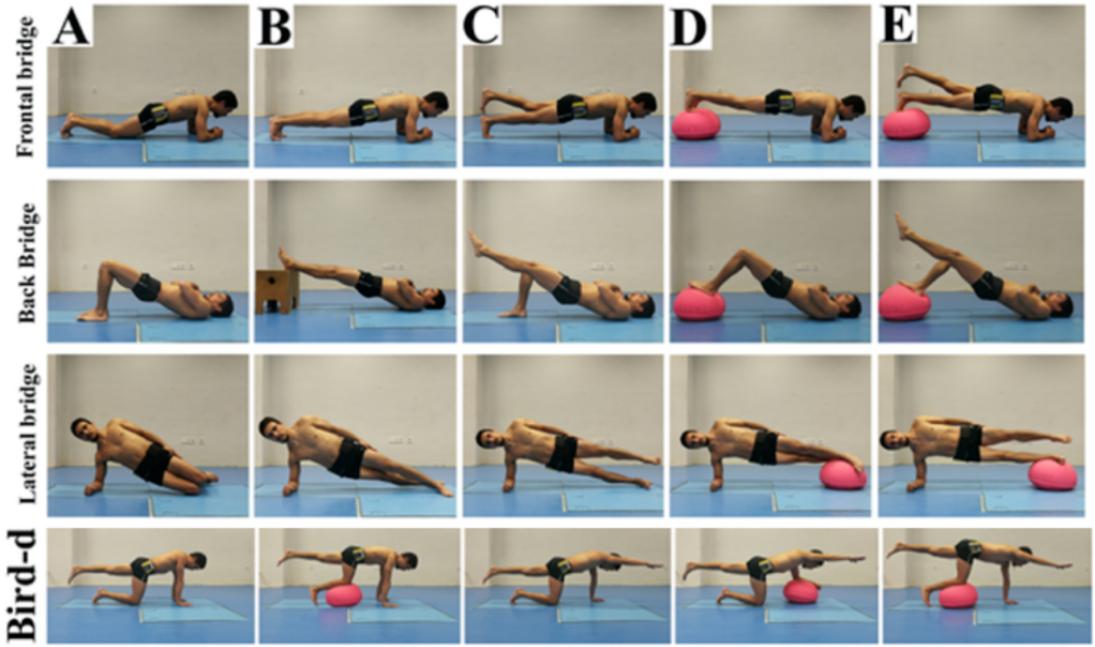


図 2.3: David Barbado らの実験

森田らは加速度センサを用いた体幹トレーニング支援システムを開発した [26]。新型コロナウイルスの影響により、多くの人が自宅で過ごすようになった。そんな中、一人で気軽に始めることのできる「体幹トレーニング」に注目が集まっている。しかし、スポーツジムなどにおいてパーソナルトレーナーの指導のもとで行うトレーニングと比較して、個人で行う体幹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。この問題を解決するため、森田らは加速度センサを用いて体幹トレーニングを支援するシステムを実装した。提案手法はセンサを身体に装着し、センサから得られたデータをもとにスマートフォンを介してフィードバックを行うというものである。また、フィードバックは画像の切り替えによって行っている。評価実験の結果、アプリケーションの使用感と画像の切り替えによるフィードバックのアンケートにおいて、78 %の被験者が適切であったと回答した。そのため、本システムは非常に優れたユーザビリティであることが示された。しかしながら、フィードバックが画像であるがゆえに、ユーザが下に向いてしまうことで姿勢が悪くなる場面があった。そのため、画像の切り替えに加え、新たなフィードバック方法を検討しなければならない。

2.1.3 習慣化するための支援手法

濱谷らは、ソーシャルネットワーキングサービスでの繋がりを通じて、仲間との関わりを通じた習慣化支援技術について検討を行った [27]。具体的には、健康的な行動の目標を立て、仲間から応援を受けることにより目標達成が支援されること、さらに、応援を受ける仲間との親密さに応じて、同じ応援1回でも目標達成後押しに対する効果が異なるという仮説を検証した。実際に大学生 504 人の約 3ヶ月間にわたる歩数データ、歩数目標宣言データを取得し評価を行った結果、目標宣言を行うこと自体に歩数を増加させる効果があること、目標宣言に対して応援を受けることで歩数が増加すること、および応援を受ける相手との過去のコミュニケーション履歴に応じて、歩数の増加効果の大きさに差異があることが示唆された。しかし、応援する機能なしによるユーザの長期的なトレーニング支援や他者との競争機能は用意されていない。また、個人のデータを閲覧するといった過去の個人データ振り返る機能には焦点を置いていない。

2.1.4 モチベーションの維持・制御手法

大手通信キャリア NTT ドコモ [28] が提供する d ヘルスケアは、毎日の歩数と体重の記録がポイントに変換される健康促進システムである [29]. このシステムは、ユーザーの健康維持に対するモチベーションを高めるための手法として、外発的な報酬を提供する。歩数や体重の記録により得られるポイントは、商品やサービスと交換でき、健康的なライフスタイルを維持するための動機付けとなる。しかし、一部のユーザーからは、外発的な報酬だけではなく、内発的な動機づけも重要との意見が出ている。内発的な動機づけとは、自己達成感や自己満足など、個人の内面からくる動機づけのことを指す。この考え方に基づくと、健康維持のための行動は、自分自身が健康でいたいという欲求から自然と起こるものであり、外部からの報酬だけに頼るのではなく、自己の内面からの動機づけを高める支援も重要になる。この観点から、今後の健康促進システムの開発においては、ユーザーの内発的な動機づけを高める要素を取り入れることが求められると考える。具体的には、自己達成感を得るための目標設定機能や、自己満足感を得るためのフィードバック機能などが考えられる。これらの機能を取り入れることで、ユーザー自身が健康維持のための行動を自然ととるようになり、より持続的な健康促進が期待できる。

双見らは、心理的影響を考慮した競争情報を用いたモチベーション制御手法を提案した [30]. まず日常の運動モチベーション向上を対象とし、競争においてモチベーションに影響する要因である、努力量に対する競争結果、競争相手との成績差、競争参加人数の 3 点による心理的影響への配慮をシステム設計に内包させた競争システムを開発した。提案システムでは活動量計から得た歩数を基にして、モチベーションに良い効果を与えるように補正された競争結果がフィードバックされるというものである。プロトタイプシステムを用いた評価実験では、合計 82 名の 6 週間にわたる 3 種類の実験を通して提示情報による歩数への効果を測定し、提案手法の有効性を確認した。

2.2 先行研究の課題と本研究の優位性

先行研究として第 2.1 節で述べたようなものがあげられる。それらに共通してみられる課題としてひとつあげられるのが、トレーニングの支援として効果的なものであるのかどうかということである。特に長期的なフィードバック方法についてはもう少し検討しなければならない。

本研究では加速度センサを用いて姿勢判定を行うことを前提として、姿勢判定方法およびフィードバック方法に着目し、システムの新規作成・有効性の検証を行った。画像の切り替えによるフィードバックだけでなく、テキスト表示によるフィードバックも追加した。さらに、長期的なトレーニング支援につなげる機能として、これまでの自分のトレーニングデータを閲覧できる機能や遠隔地にいる他者との競争機能、push 通知によるリマインド機能などを実装し、「W.I.L.-CoreMoni」を開発した。さらに、複数種目のトレーニングに対応できるよう、システムの機能拡張にも努めた。

本研究の優位性は、短期性と長期性の両方を兼ね備えたフィードバック機能である。これにより、短期間・長期間、一気通貫して体幹トレーニングに取り組むことができるだろう。

長期的なトレーニング支援においては、金銭やポイントの付与といった外発的な要因による動機づけではなく、本人のやる気やモチベーション維持などの内発的動機付けに着目した。エーテンラボ株式会社がリリースした「みんチャレ [31]」は、読書の習慣化や体重の減少など同じ目標を目指すユーザが匿名で 5 人集まり、チームで報告を行ったり、挑戦が途切れる日が続くとチームを脱退させられるなどの仕掛けにより習慣化を高める支援を行っている。しかし、個人間での競争や個人のトレーニングスコアを動機づけの種としてモチベーションを維持・向上させる研究は未だ行われていない。

本研究では、個人のトレーニングデータを閲覧する機能や他者との競争、リマインド機能を実装し、内発的動機付けに着目し、長期的なトレーニング支援の実現に努めた。本論文では、システムの有効性検証および本システムがトレーニングのモチベーション維持・向上にどのように貢献したかを論じる。

第3章 W.I.L.-CoreMoni の全体像、概要および使用方法

本章では、提案手法として本研究で開発したシステム「W.I.L.-CoreMoni」について詳しく論じる。第3.1節で W.I.L.-CoreMoni の全体図、第3.2節で W.I.L.-CoreMoni の概要（DB、機能、閾値値などについて）を、第3.3節で W.I.L.-CoreMoni におけるデータの流れについて、第3.4節で W.I.L.-CoreMoni の使い方について述べる。

3.1 W.I.L.-CoreMoni の全体像

提案システムの全体図を説明すると共に本研究の立ち位置を俯瞰する。図3.1に本研究で提案予定の体幹トレーニング支援システム「W.I.L.-CoreMoni」の全体概要図を示す。本システムの概要を大枠と細部に分けて見ていく。

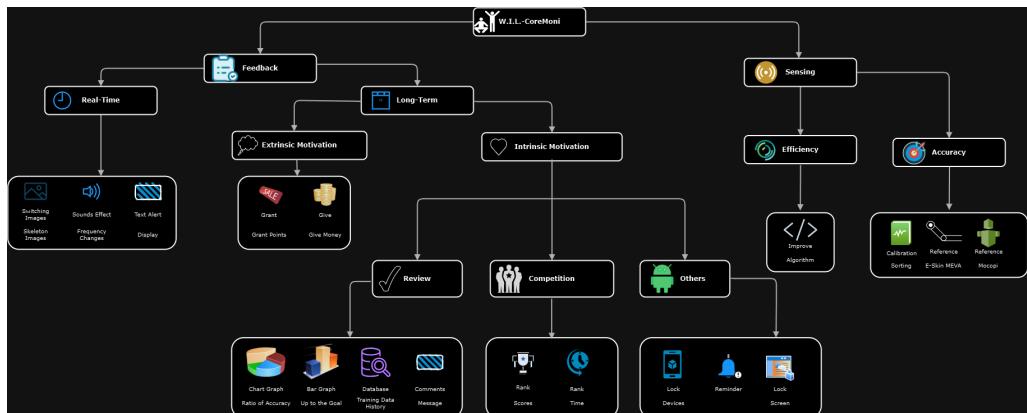


図 3.1: W.I.L.-CoreMoni の全体概要

図3.2に機能の大枠を示す。「W.I.L.-CoreMoni」は体幹トレーニング時のユーザの姿勢情報を取得する「センシング機能」とユーザに行動支援を提供する「フィードバック」の2つに分けて考えることができる。本研究においてはフィードバックの手法に焦点を置いているため、これに関して説明する。

以前、短期性に焦点を置いた研究を行った（黄色枠線）。今回は長期性に焦点を置き研究を行った（赤色枠線）。この背景として、ユーザのトレーニング後の支援不足の解消があげられる。短期性のフィードバック機能を備えたシステムは、トレーニング時には有効であったものの、トレーニングを継続する動機づけにはつながらなかった。

今回、長期性に重視したと述べたが、システムの機能としては短期的フィードバックと長期的フィードバックの両方を備えている。長期的フィードバックのフィードバック手法を考える材料として、外発的動機付けと内発的動機付けの2つが存在する[14]。第2.2節でも先述したように、本研究においては内発的動機付けに焦点を当てて研究した。

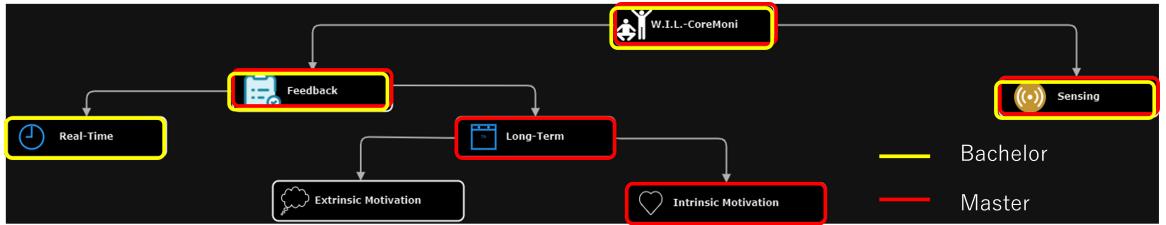


図 3.2: W.I.L.-CoreMoni の機能の大枠

図 3.3 に細部を示す。今回の研究においては内発的動機付けに焦点を置いているため、内発的動機付けのコンテンツを紹介する。第 1.1.4 項で論じた内発的動機付けであるが、本動機付けを促進する機能として、トレーニングの振り返り機能（以下、トレーニングスタッツ）やオンライン上でのほかのユーザとの競争（以下、ランキング）、通知機能などがあげられると考え、これらの機能を実装した（緑色枠線）。詳細については次章以降に論じる。

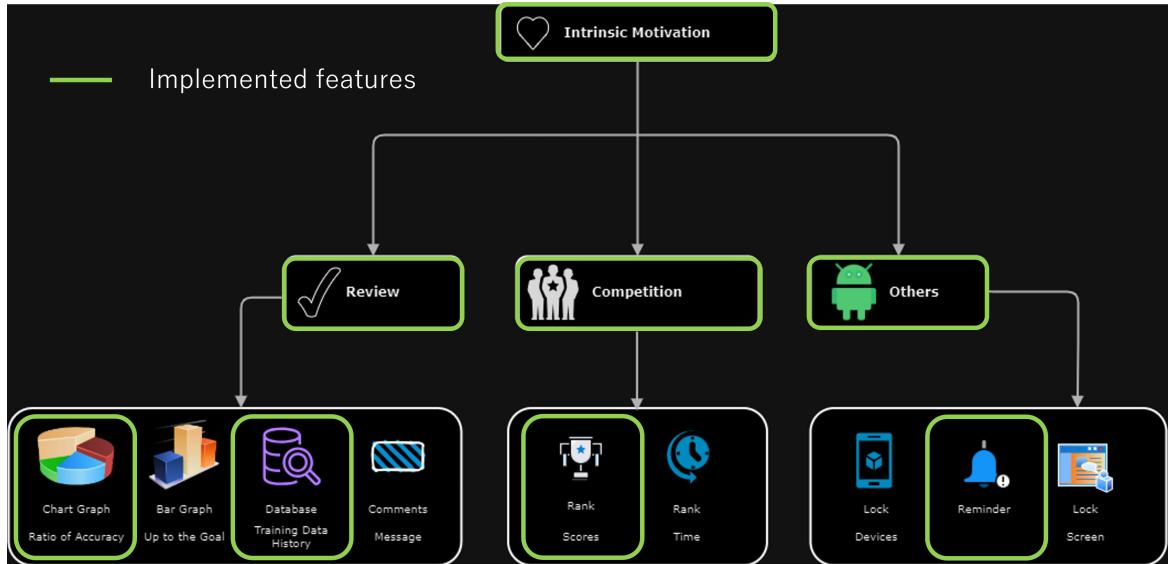


図 3.3: W.I.L.-CoreMoni の機能の細部

3.2 W.I.L-CoreMoni の概要

本節ではシステムの概要について論じる。第 3.2.1 項で短期的フィードバックであるセンシング機能について、第 3.2.2 項で骨格画像等表示機能について、第 3.2.3 項で長期的フィードバック機能であるトレーニングスタッツ閲覧機能について、第 3.2.4 項で他者とのランキング機能について、第 3.2.5 項で 3 日坊主防止リマインダ機能について論じる。

3.2.1 センシング機能 -短期的フィードバック-

本項では、提案システムにおける短期的フィードバックであるセンシング機能について述べる。W.I.L.-CoreMoni は体幹トレーニングを自律的に行う上で重要な姿勢監督の役割を担い、ユーザ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 3.4）とスマートフォン（図 3.5）を使用したものである。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である「movesense (SUUNTO 社製) [32]」というデバイスを用いてい

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 と小型軽量であり違和感なく装着することが可能である。耐久性にも優れているため、スポーツなどのシーンで利用できる。プロスポーツで使用されるウェアラブルセンサと比較して安価であるため、私たちのような一般ユーザにも購入しやすい。

本システムは、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 3.4: ウェアラブル IMU “Movesense” ([32] より引用)



図 3.5: スマートフォン “ASUS X01AD”

また、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[26]」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。

さらに、上級者向けに X 軸、Y 軸、Z 軸方向の加速度の値も表示できるようにした。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 3.6 にシステムの構成図を示す。ユーザは腰に加速度センサを装着する。ユーザ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 3.7)。

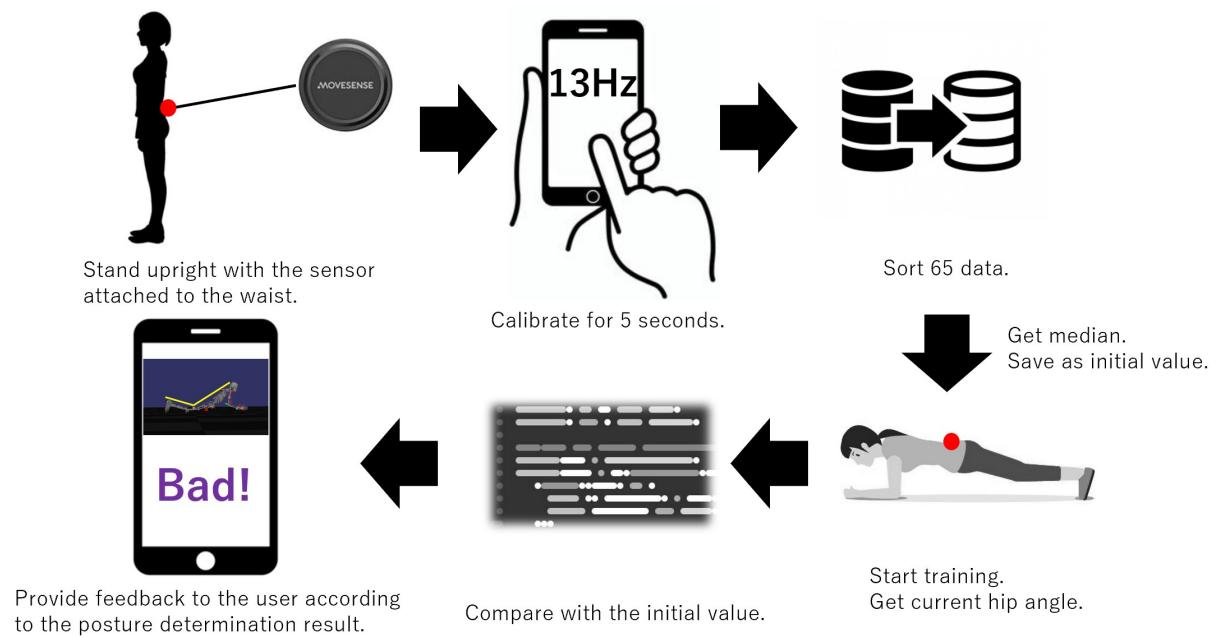


図 3.6: W.I.L.-CoreMoni の構成図

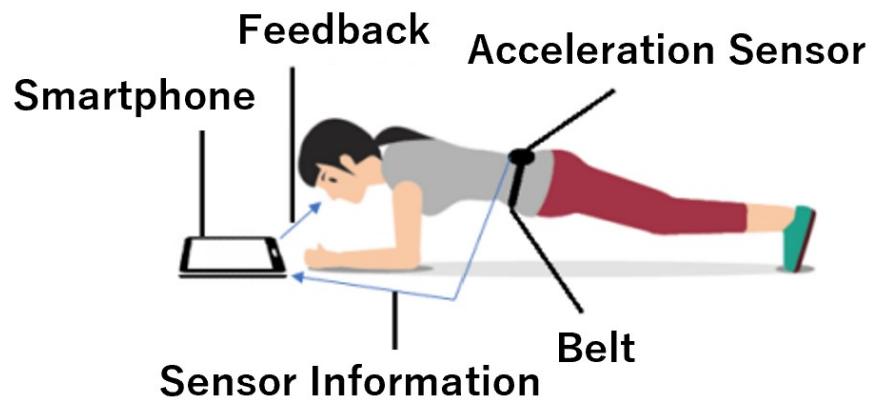


図 3.7: トレーニング中のデバイスの使用方法

加速度センサの装着位置に関してだが、森田らの実験 [26] を参考にした。加速度センサを背中、腰、足首の3点に装着し、0秒～15秒を正しい姿勢、15秒～30秒を腰が低い姿勢、30秒～45秒を腰が高い姿勢、45秒～60秒を連続的に変化のある姿勢として、1分間の体幹トレーニング（フロントプランク）を行ってもらった。

その結果、背中と足首に装着したセンサでは、加速度の値があまり変化しなかった（図3.8、図3.9）。しかし、腰に装着したセンサでは加速度の変化が見られた（図3.10）。特にY軸に大きな変化があることが分かる。以上の結果から、加速度センサの装着位置は腰に選定した。

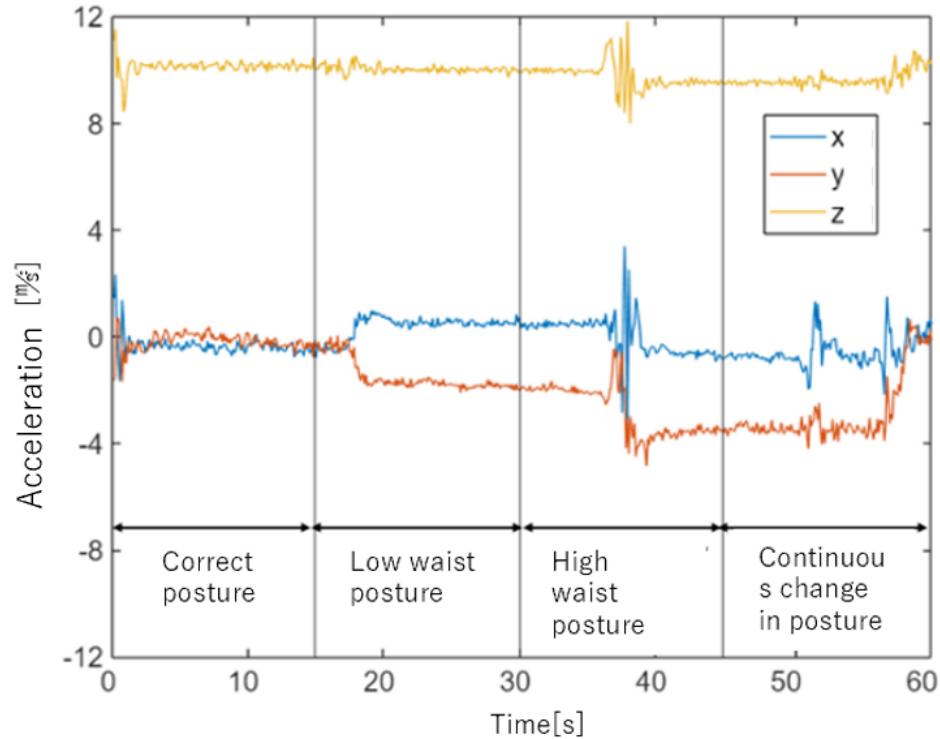


図3.8: 背中の加速度の変化

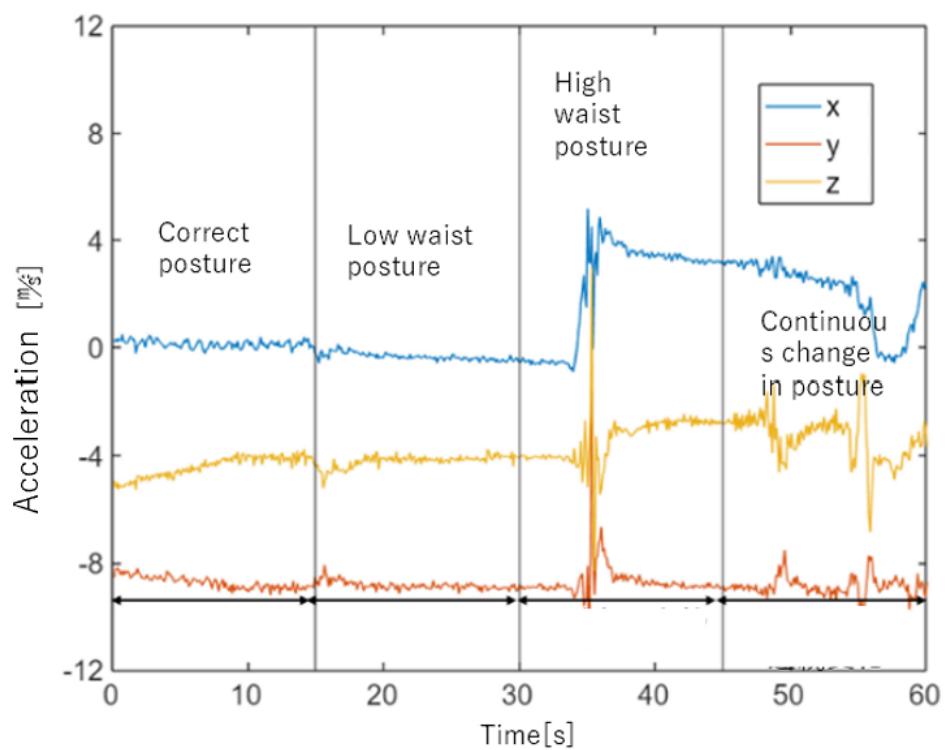


図 3.9: 足首の加速度の変化

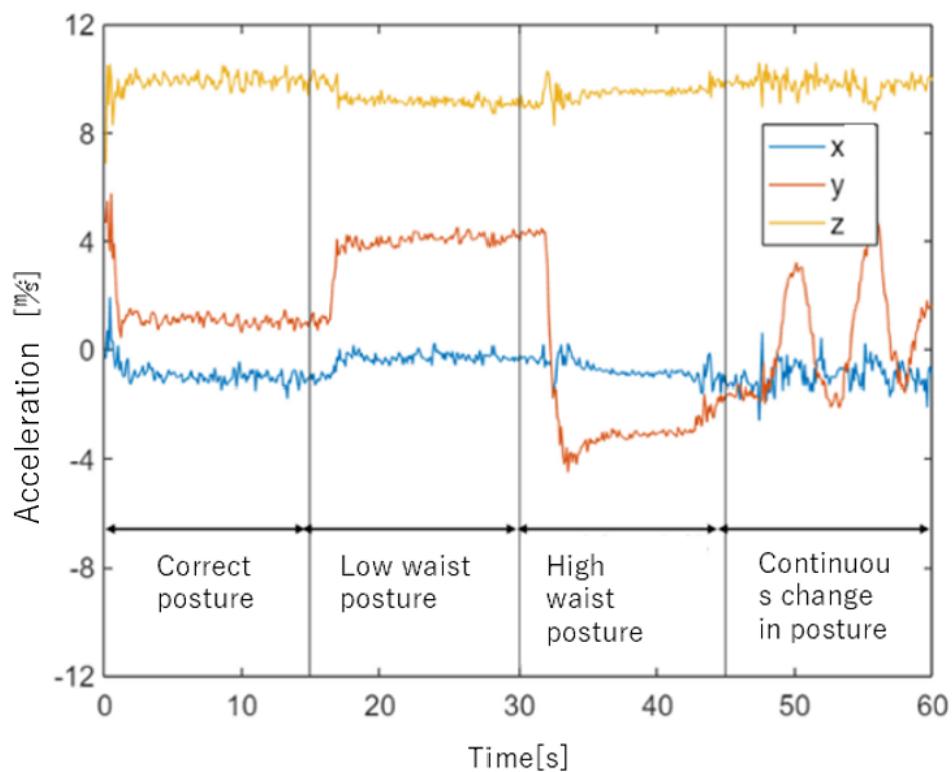


図 3.10: 腰の加速度の変化

続いて、姿勢判定の原理となる閾値について論じる。まずははじめに、movesenseにおける加速度センサの仕組みについて説明する。図 3.11 に示すように加速度は X 軸、Y 軸、Z 軸の 3 軸に分けて考えることができる。実験および調査の結果、正面に向かって左方向が X 軸（赤色矢印）、下方向が Y 軸方向（黄色矢印）、円盤の裏側方向が Z 軸（緑色矢印）となることが分かった。

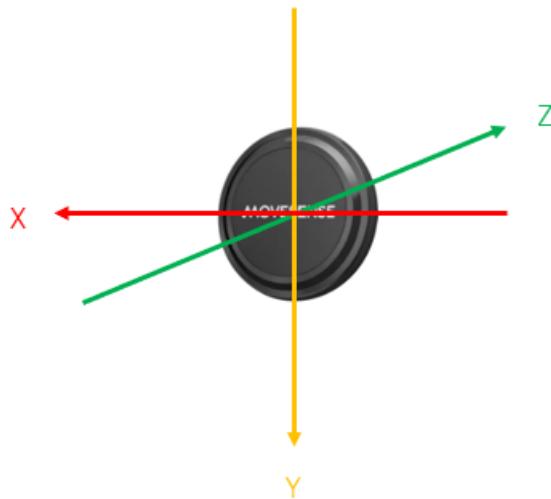


図 3.11: movesense における加速度の方向

次に、腰の高さによって加速度の値がどのように変化するのかを説明する。腰の位置が高くなればなるほど、Y 軸方向の加速度の値は小さくなり、Z 軸方向の加速度の値は緩やかに小さくなる。また、腰の位置が低くなればなるほど、Y 軸方向の加速度の値は大きくなり、Z 軸方向の加速度の値は緩やかに小さくなる。腰の位置が良いとされるときは腰の位置が高いとき・低い時の X 軸方向の加速度の値と同様、特に大きな変化はない。整理したものを図 3.12 に示す。

When the waist is high, the change in each acceleration

x-axis acceleration	y-axis acceleration	z-axis acceleration
No big change	The higher the waist, the smaller the value	The higher the waist, the more slowly the value decreases

When the waist is low, the change in each acceleration

x-axis acceleration	y-axis acceleration	z-axis acceleration
No big change	The lower the waist, the higher the value	The lower the waist, the more slowly the value decreases

When the waist position is good, the change in acceleration

x-axis acceleration	y-axis acceleration	z-axis acceleration
No big change	No big change	No big change

図 3.12: 3 軸加速度の変化の様子

さて、閾値の決定方法に関して説明する。「Azure Kinect DK (Microsoft 社製) [21]」(図 3.13) 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、その時の骨格画像（順に図 3.14、図 3.15、図 3.16）と床と腰のなす角をもとに閾値を決定した。調査の結果、床と腰のなす角はそれぞれ図 3.17 のようになった。グラフ（図 3.17）を見ると、腰の位置が高いとされるとき、 13.5° よりも小さい値をとっていることが分かる。

また、腰の位置が低いとされるとき、 20° よりも大きい値をとっている。以上のことから、 13.5° 以上 20° 以下を良い姿勢と定義した。良い姿勢の許容角度を表した模式図を図 3.18 に記す。

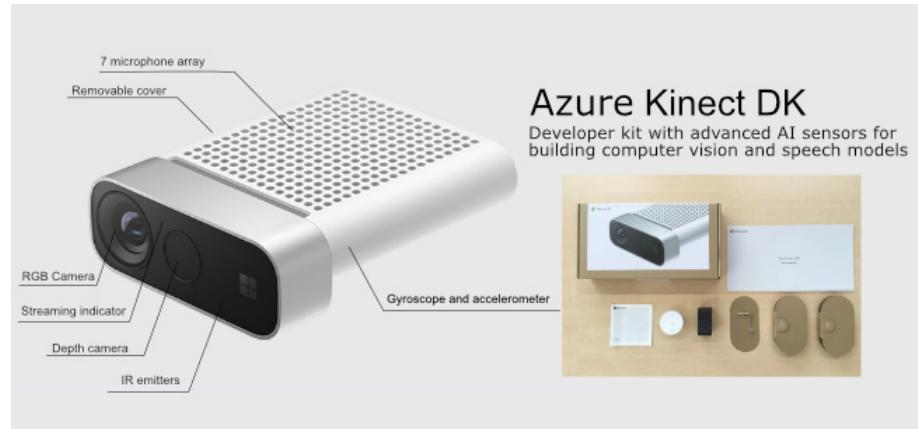


図 3.13: Azure Kinect DK

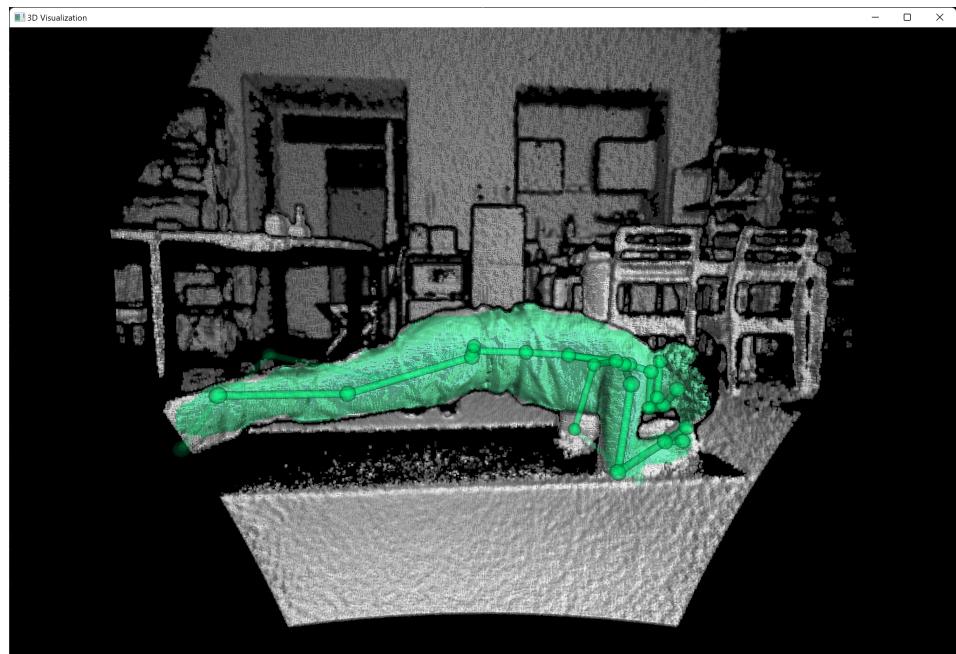


図 3.14: 腰の位置が高い時の Kinect 骨格画像

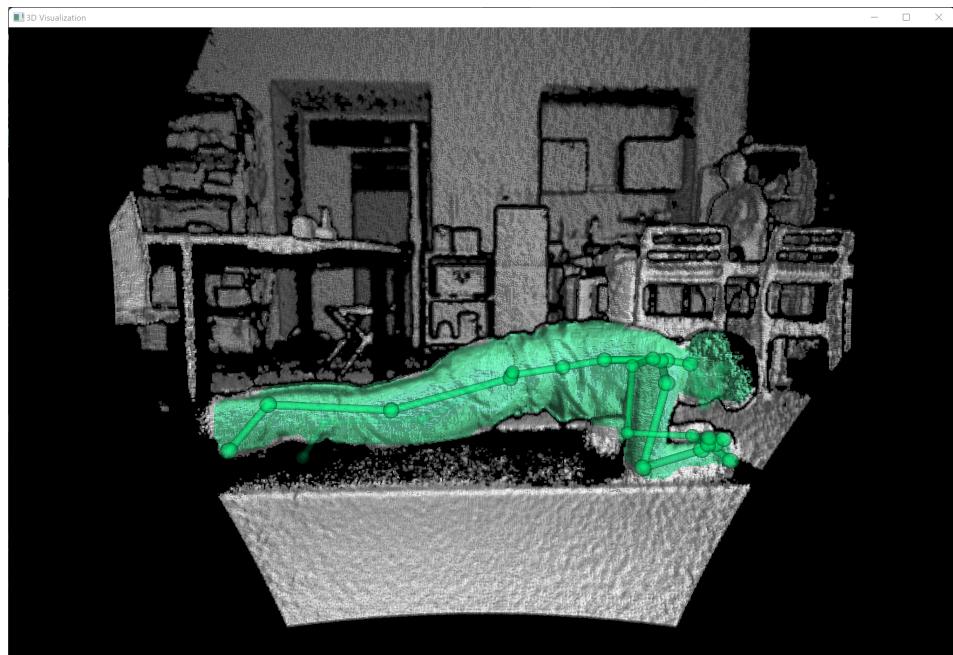


図 3.15: 腰の位置が良い時の Kinect 骨格画像

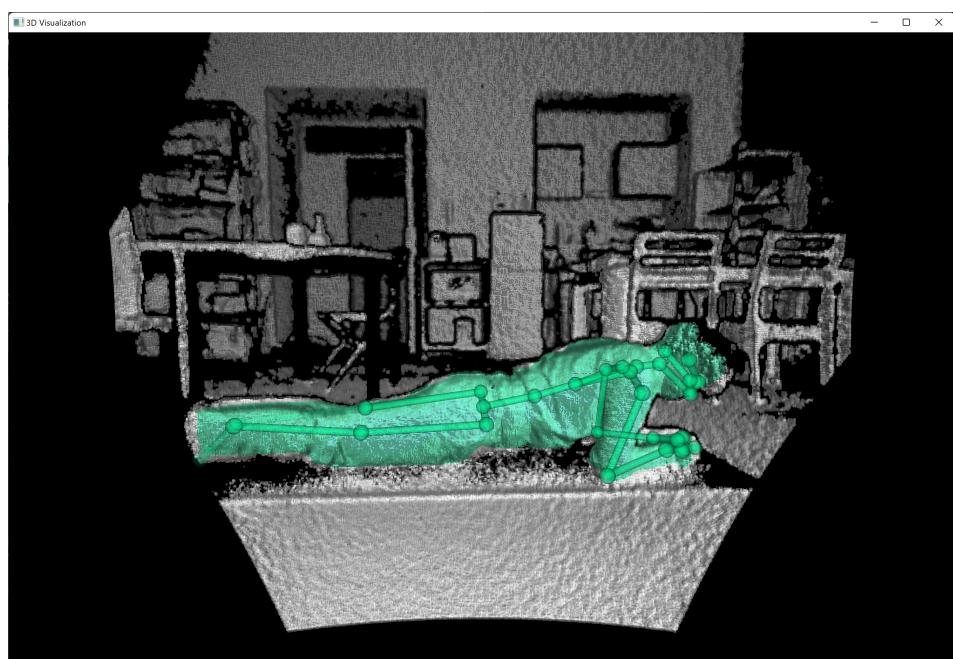


図 3.16: 腰の位置が低い時の Kinect 骨格画像

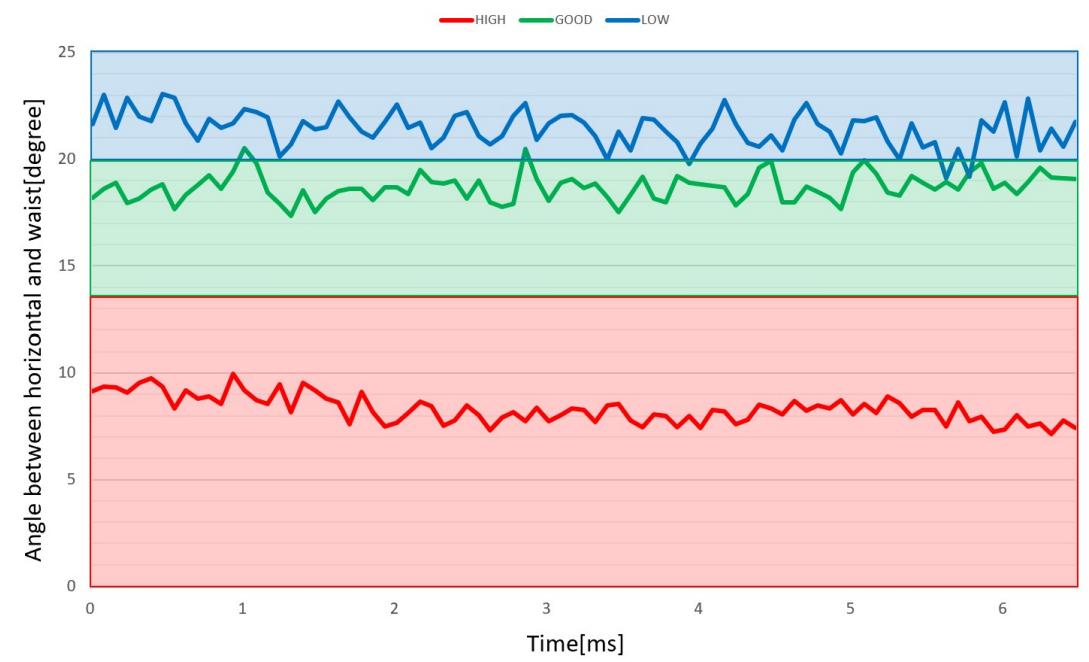


図 3.17: 腰の位置と角度の関係性

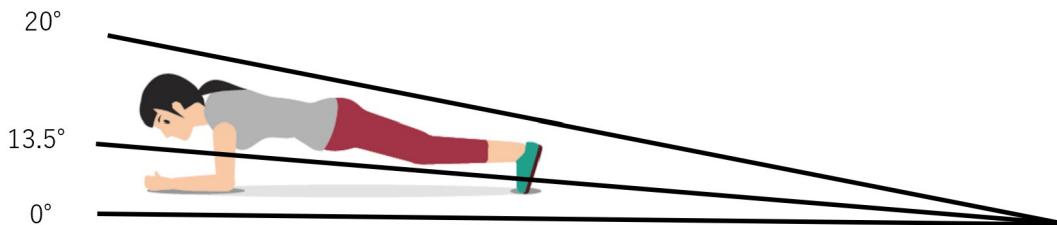


図 3.18: 模式図

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° 、トレーニング中の角度を b° としたとき、閾値は次のようになる。

< HIGH >

$$b^\circ - a^\circ < 13.5^\circ - 90^\circ \text{ i.e. } b^\circ - a^\circ < -76.5^\circ \quad (3.1)$$

< GOOD >

$$13.5^\circ - 90^\circ \leq b^\circ - a^\circ \leq 20^\circ - 90^\circ \text{ i.e. } -76.5^\circ \leq b^\circ - a^\circ \leq -70^\circ \quad (3.2)$$

< LOW >

$$20^\circ - 90^\circ < b^\circ - a^\circ \text{ i.e. } -70^\circ < b^\circ - a^\circ \quad (3.3)$$

腰の位置が高い時、低い時、良い時の3姿勢それぞれにおいて具体的な数値を用いて図で説明する。

- 腰の位置が高い時

キャリブレーション時とトレーニング中のX軸方向、Y軸方向、Z軸方向の加速度の値が表3.1のようになるとき、角度は表3.2に記した通りになる。

表3.1: x,y,z軸の加速度の値

	x-axis acceleration	y-axis acceleration	z-axis acceleration
Calibration Value(a)	0	9.52	0.10
Current Value(b)	0	-2.40	9.63

表3.2: 角度

	Arctan(y/z)	degree
Calibration Value(a)	95.2	89°
Current Value(b)	-0.25	-14°

このとき、キャリブレーション時とトレーニング中の角度を図で表すと、図3.19のようになる。数値を閾値判定の式に当てはめると、図中左下のようになり、判定は「HIGH」となる。

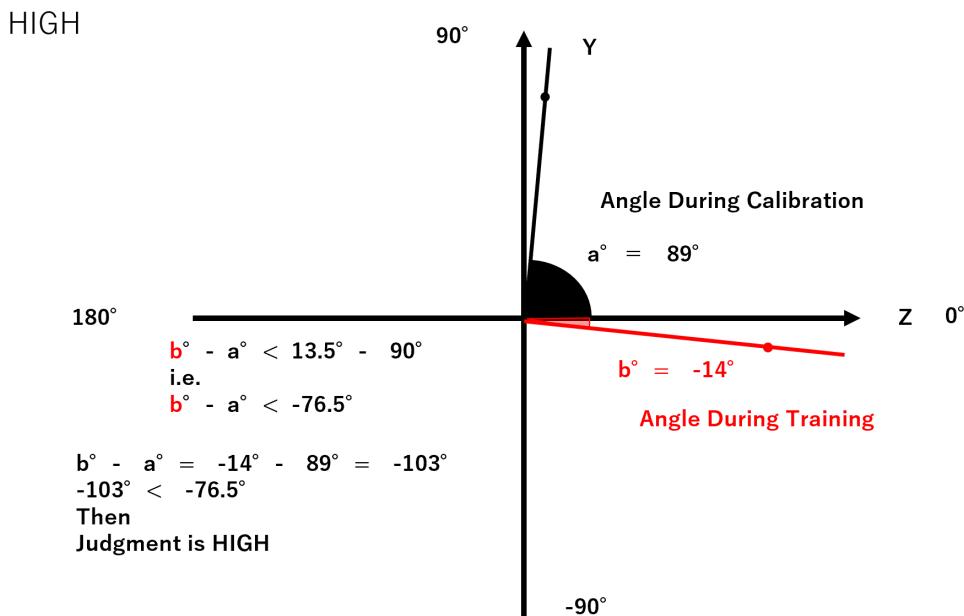


図3.19: 加速度から算出された角度のグラフ画像

- 腰の位置が低い時

キャリブレーション時とトレーニング中の X 軸方向, Y 軸方向, Z 軸方向の加速度の値が表 3.3 のようになるとき, 角度は表 3.4 に記した通りになる.

表 3.3: x,y,z 軸の加速度の値

	x-axis acceleration	y-axis acceleration	z-axis acceleration
Calibration Value(a)	0	9.52	0.10
Current Value(b)	0	4.04	9.25

表 3.4: 角度

	Arctan(y/z)	degree
Calibration Value(a)	95.2	89°
Current Value(b)	0.44	24°

このとき, キャリブレーション時とトレーニング中の角度を図で表すと, 図 3.20 のようになる. 数値を閾値判定の式に当てはめると, 図中左下のようになり, 判定は「LOW」となる.

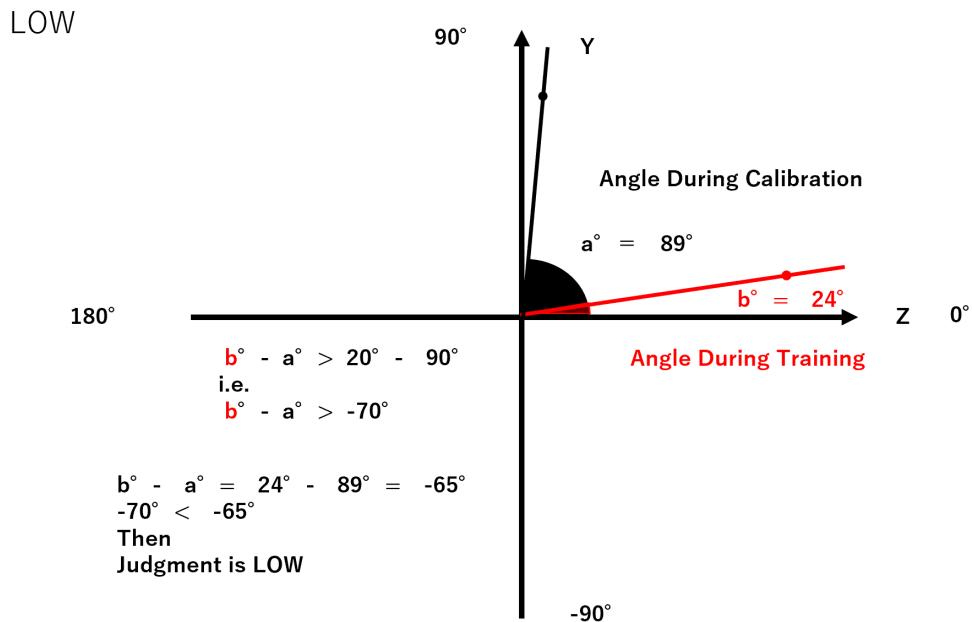


図 3.20: 加速度から算出された角度のグラフ画像

- 腰の位置が良い時

キャリブレーション時とトレーニング中の X 軸方向, Y 軸方向, Z 軸方向の加速度の値が表 3.5 のようになるとき, 角度は表 3.6 に記した通りになる.

表 3.5: x,y,z 軸の加速度の値

	x-axis acceleration	y-axis acceleration	z-axis acceleration
Calibration Value(a)	0	9.52	0.10
Current Value(b)	0	3.36	9.79

表 3.6: 角度

	Arctan(y/z)	degree
Calibration Value(a)	95.2	89°
Current Value(b)	0.34	19°

このとき, キャリブレーション時とトレーニング中の角度を図で表すと, 図 3.21 のようになる. 数値を閾値判定の式に当てはめると, 図中左下のようになり, 判定は「GOOD」となる.

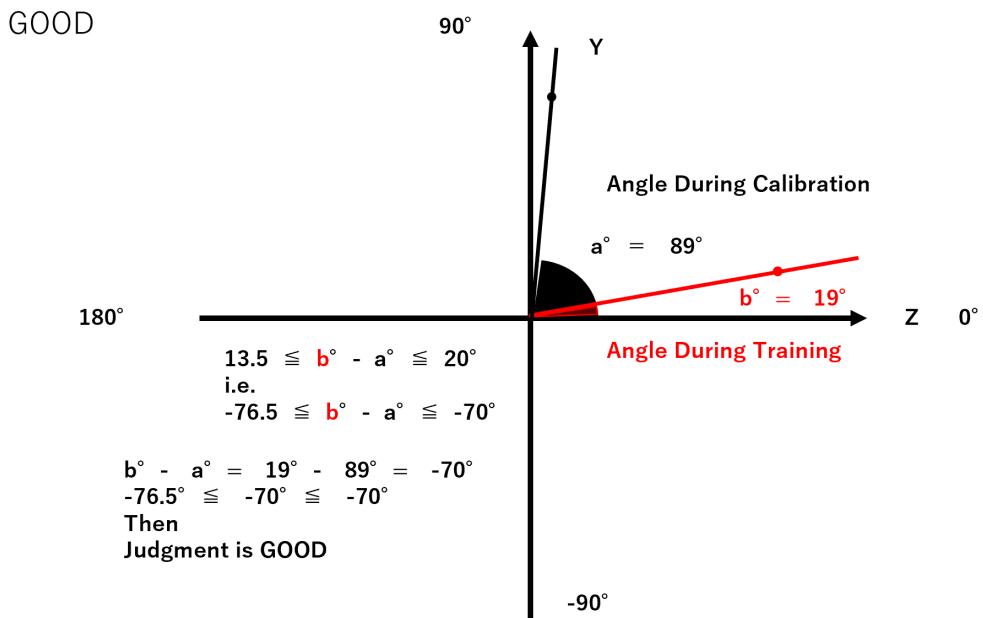


図 3.21: 加速度から算出された角度のグラフ画像

なお、フロントプランクの姿勢において意識すべきことは以下のとおりである。

1. 体全体を足から首筋まで、まっすぐ伸ばす。
2. 腰を落とさない。
3. 腰を上げすぎない。
4. 肩を丸めない。
5. 顔を下げない、上げない。
6. 両肘は、両肩の真下に来るようとする。
7. 両腕は、前方にまっすぐ伸ばす。

上記の番号に対応したものを図 3.22 に示す。

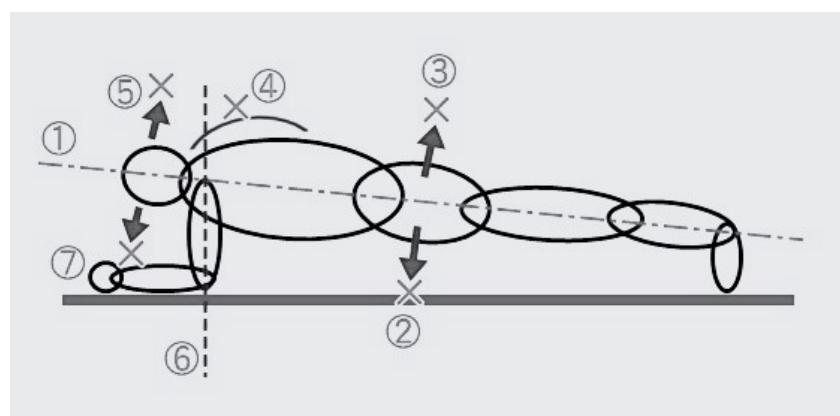


図 3.22: フロントプランクの姿勢において意識すべきこと

サイドプランクにおいても同様の手順を踏み、実装を行った。注意すべき点としては、フロントプランクが1つのセンサを装着するのに対し、サイドプランクでは2つのセンサを装着することである。しかし、本研究の実験においてはフロントプランクでの評価としたいため、サイドプランクにおける詳細の論述は省略する。図 3.23 にサイドプランクの正しい姿勢時の骨格を掲載し、説明完了とする。

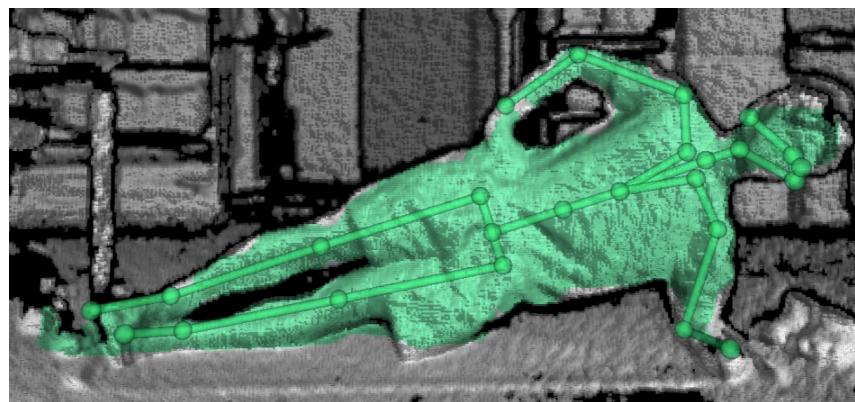


図 3.23: サイドプランク姿勢における Kinect 骨格画像

3.2.2 骨格画像等表示機能 -短期的フィードバック-

本項では、提案システムにおける短期的フィードバックである骨格画像表示機能について論じる。まず、姿勢判定の手法であるが、大きく3段階に分かれている。

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(式3.4)。その加速度を角度に変換(変換方法は前述)し、初期値に設定している。

$$\text{median in calibration} = (65 \text{ sampled data sorted } \div 2) + 1 \quad (3.4)$$

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クトアンジェントを求め、求まったラジアンを度に変換し、角度を算出している(式3.5)。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。

$$\text{angle during training} = \arctan(Y \text{ axis acceleration value } \div Z \text{ axis acceleration value}) \quad (3.5)$$

第3段階目は「ずれの算出」である。第1段階で基準値、第2段階で暫定値を求める方法を説明した。姿勢判定を行う際は式3.5と式3.4の差を求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5°以上15°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、π/2ラジアンを考慮しなければならない。そのため、それぞれ90°を引いて下記に示される式3.6、式3.7、式3.8のようになる。

$$\text{high waist position} : (\text{angle during training} - \text{median in calibration}) < -76.5^\circ \quad (3.6)$$

$$\text{good waist position} : -76.5^\circ \leq (\text{angle during training} - \text{median in calibration}) \leq -70.0^\circ \quad (3.7)$$

$$\text{low waist position} : -70.0^\circ < (\text{angle during training} - \text{median in calibration}) \quad (3.8)$$

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を判定し、トレーニングの支援につなげている。

ここからは、具体的なフィードバック方法について紹介する。フィードバック要素としては、骨格画像をリアルタイムに表示するものと文字によって姿勢の状態変化を表示するものの2種類を作成した。

従来型システムにおいて、イヤホンから音楽を流し、腰の高さによって音楽の周波数を変化させるフィードバック方法があった[26]。しかしながら、今回この機能は排除した。音楽を聴きながらトレーニングを行うことは、集中力が高まる一方で筋肉の合成を阻害する可能性がある[33]。男性においては、音楽を聴くことでテストステロン[34]の分泌が抑えられるという研究結果が出ている。テストステロンは筋肉の合成には欠かせない男性ホルモンである。しかしながら、女性の場合は逆に、音楽を聴くことでテストステロン値が上がるという結果が出ている。老若男女問わず誰でも使いやすいシステムを目指すため、音楽によるフィードバックについては見直しが必要であると考え、音楽によるフィードバック機能を排除し、システムを作成し直した。

まず、画像によるフィードバック方法について説明する。腰の位置が高い・良い・低い3種類の画像をリアルタイムに切り替える仕組みになっている。使用している画像は骨格画像となっており、腰の位置が高いとき、低いときの代表例と良い姿勢の3つを「e-skin MEVA[35]」で撮影したものを使用している。そのため、従来型システム[26]のように腰が高い・低いを伝えるだけでなく、どのように腰が高いのかを視覚的に認識することが可能である。

次に、文字による姿勢の状態表示について説明する。トレーニング中の腰の位置に応じて「HIGH」「GOOD」「LOW」の文字を表示するというものである。一見シンプルなシステムに見えるかもしれないが、五感のうちの一つである視覚は人間の情報判断において87%の割合を占めている[36]。また、数値的に加速度の値を見たい上級者向けに、X軸、Y軸、Z軸方向の加速度の値をリアルタイムに表示できるようにした。これにより、姿勢の良し悪しだけを見たい一般ユーザだけでなく、数値的なデータを客観的に見たい専門家まで幅広いカテゴリーの人々に使っていただけるだろう。

最後に、腰の位置（姿勢の良し悪し）に応じたスマートフォン上のフィードバック画面の例を図3.24、図3.25、図3.26に示す。

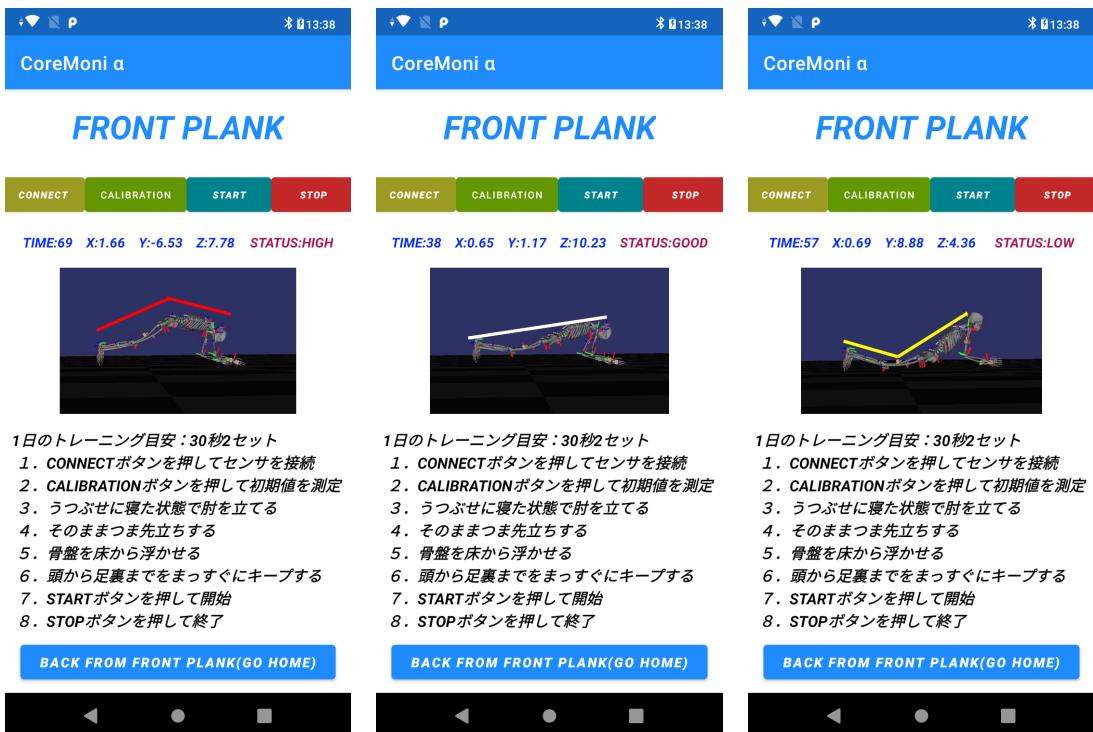


図 3.24: 腰の位置が高い時

図 3.25: 腰の位置が良い時

図 3.26: 腰の位置が低い時

3.2.3 トレーニングスタッツ閲覧機能 -長期的フィードバック-

本項では、長期的フィードバック機能の一つである「トレーニングスタッツ閲覧機能」について論じる。本機能は自身のトレーニング時の姿勢の良し悪し判定結果の割合を閲覧できる機能である。(図 3.27 中央右) 本機能を実装した目的は、ユーザのモチベーション維持を促進するためである。自身のトレーニングスタッツを振り返ることのできるこの機能だが、加速度センサから得られた腰の角度の値をトレーニングセッションごとに Firebase ([37]) に送信し、アプリケーション上から Firebase に格納された情報を参照することで本機能を実現している。

また、データの保存方法だが、トレーニングを実施する画面に「データベースへ保存する」専用ボタンがあり、それを押下することで Firebase にデータを送信することができる。そのボタンの詳細は 3.4 節で詳しく述べる。

3.2.4 他者とのランキング機能 -長期的フィードバック-

本項では、長期的フィードバック機能の一つである「他者とのランキング機能」について論じる。本機能は、同じアプリケーションを使用して体幹トレーニングを行っている人たちとオンライン上で対戦できるというものである。(図 3.27 左下) 本機能を実装した目的は、ユーザの競争心を刺激し、モチベーション向上を促進するためである。同じ体幹トレーニングを行っている他のユーザと自分のスコアを比較できるこの機能だが、Firebase に送信された個人データをトレーニングセッションごとに Firebase 上でソートを行い、順位を表示することで本機能を実現している。

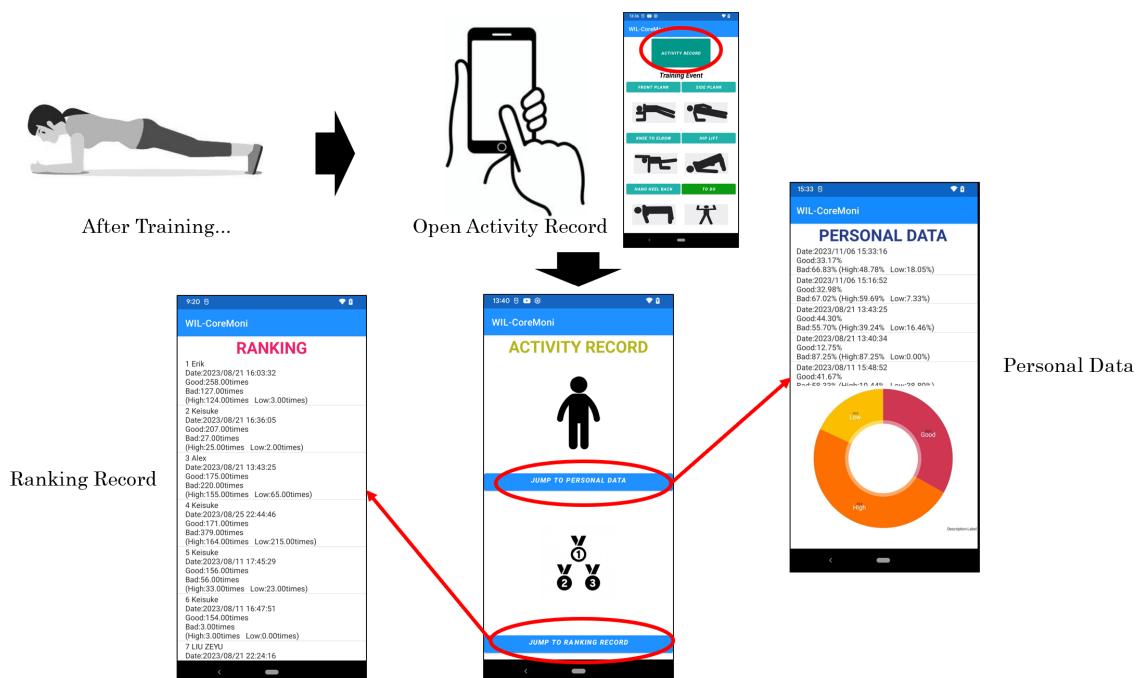


図 3.27: 長期的フィードバック（個人データ&ランキング）の概要図

3.2.5 3日坊主防止リマインダ機能 -長期的フィードバック-

本項では、長期的フィードバック機能の一つである「3日坊主防止リマインダ機能」について論じる。本機能は、体幹トレーニングを3日間怠けた場合、そのユーザに対して「そろそろ体幹トレーニングに取り組みましょう！」という通知を発行するというものである。3日間トレーニングを怠った場合に通知する仕組みを考案したが、これはフィットネスジムを利用している人の多くが、週2回の頻度で通っているからである[38]。参照したデータによると、通っている頻度は「週2回程度」「週1回程度」「週3~4回程度」の順に多いそうだ。

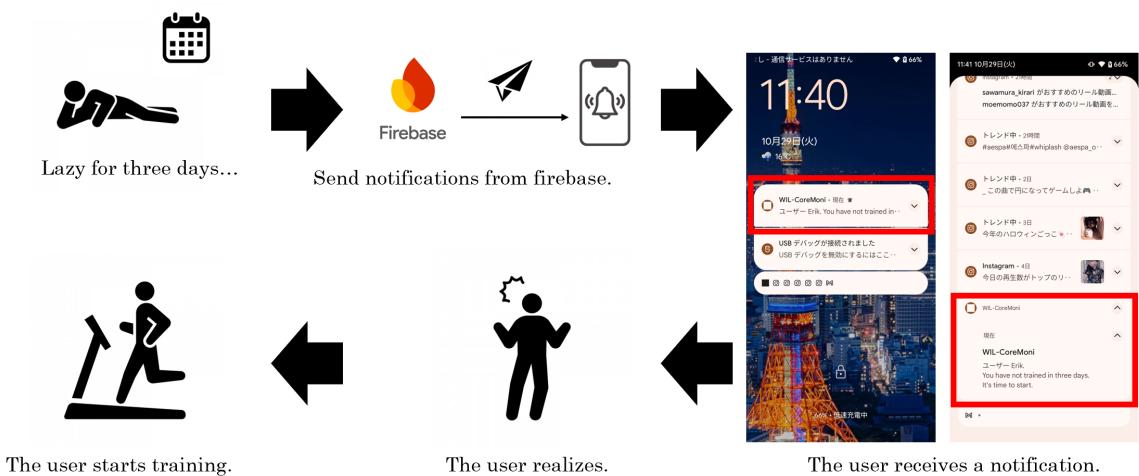


図 3.28: 長期的フィードバック（通知機能）の概要図

3.3 W.I.L.-CoreMoni におけるデータの流れ

本節では、提案システム「W.I.L.-CoreMoni」のデータの流れについて図 3.29 に沿って論じる。ユーザは加速度センサである movesense を装着し、トレーニングを行う。movesense より、X,Y,Z 軸方向の加速度の値を取得する。取得された加速度の値は Bluetooth で接続されているスマートフォンに送信され、スマートフォンに搭載されている自作アプリケーション内で角度に変換処理される。処理された角度のデータは、短期的フィードバックとして、姿勢判定処理されたのちに、ユーザに直接フィードバックとして提供される。

同時に、Firebase へもデータが送信される。Firebase ではトレーニング種目やトレーニングセッション、ユーザ情報などが格納されている。オンライン上で管理されているこれらの情報も、ランキング機能や自身のトレーニングスタッツ閲覧機能、通知機能の要素として、長期的フィードバックに活用されている。小さな加速度センサから得られた情報はマルチフィードバックとして、形を変えてユーザに還元されている構図となる。

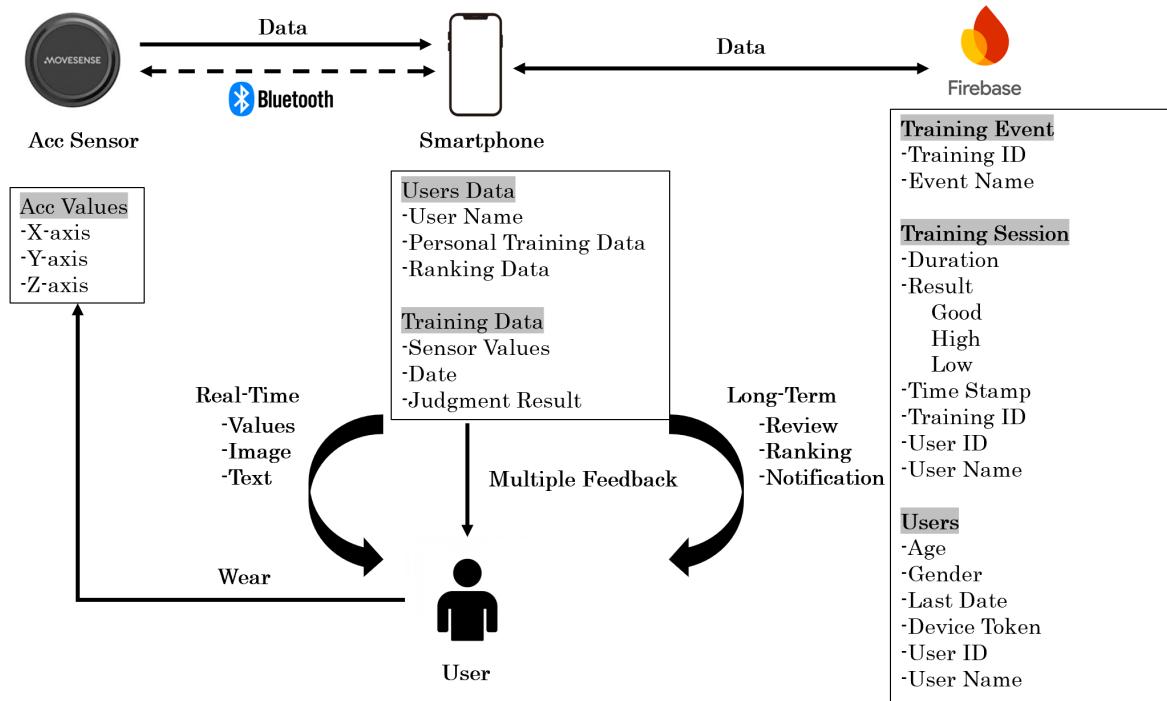


図 3.29: W.I.L.-CoreMoni におけるデータフロー

3.4 W.I.L.-CoreMoni の使い方

本節では、W.I.L.-CoreMoni の使い方について論じる。先にトレーニング時の利用手順について、次にトレーニング後の利用手順について論じる。

トレーニング時のアプリケーションの利用手順は以下の通りである。

1. W.I.L.-CoreMoni のアプリケーションを押下（図 3.30）
2. アプリケーションが起動する（図 3.31）
3. ログイン可能なユーザが一覧表示される（図 3.32）
4. 自身の名前を選択し、スタートボタンを押下（図 3.33）
5. ログインが完了する（図 3.34）
6. トレーニングメニューを選択する（図 3.35）
7. 位置情報へのアクセスを許可する（図 3.36）
8. デバイス検出・接続を許可する（図 3.37）
9. 再度、位置情報へのアクセスを許可する（図 3.38）
10. Connect ボタンを押下し、デバイスを接続する（図 3.39）
11. スキャン開始（図 3.40）
12. 接続試行（図 3.41）
13. センサの特定（図 3.42）
14. 接続完了（図 3.43）
15. キャリブレーションボタン押下（図 3.44）
16. キャリブレーションの開始（図 3.45）
17. 5秒後、キャリブレーション終了（図 3.46）
18. スタートボタン押下（図 3.47）
19. トレーニング&計測開始（図 3.48）
20. ストップボタン押下（図 3.49）
21. トレーニング&計測終了（図 3.50）
22. 画面下部のボタンを押下し、トレーニングデータをデータベースへアップロードする（図 3.51）

また、図 3.30～図 3.51 に前述した手順ごとのアプリケーションの画面を示す。



図 3.30: アプリケーション選択

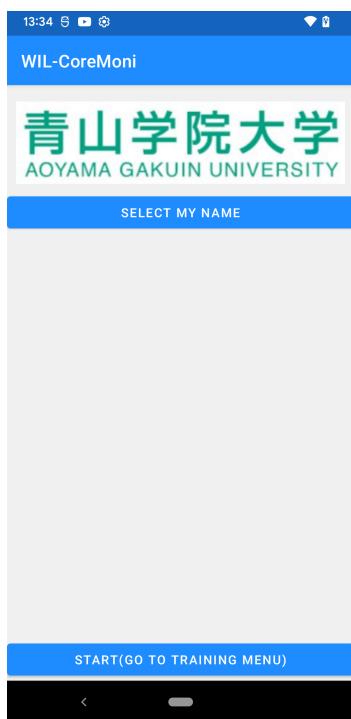


図 3.31: アプリケーション起動



図 3.32: ユーザの一覧表示



図 3.33: ログインユーザの選択



図 3.34: ログイン完了

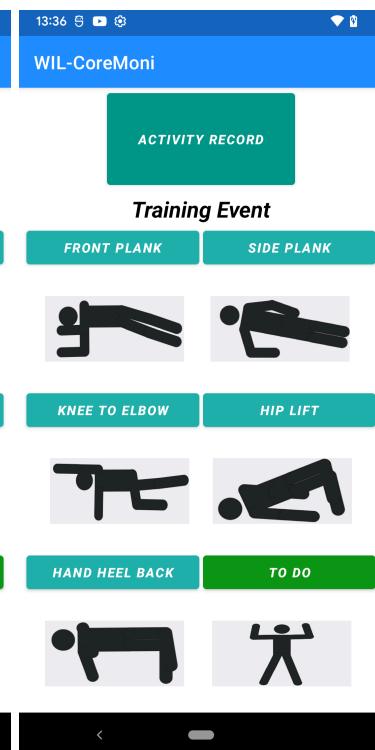


図 3.35: トレーニングメニュー

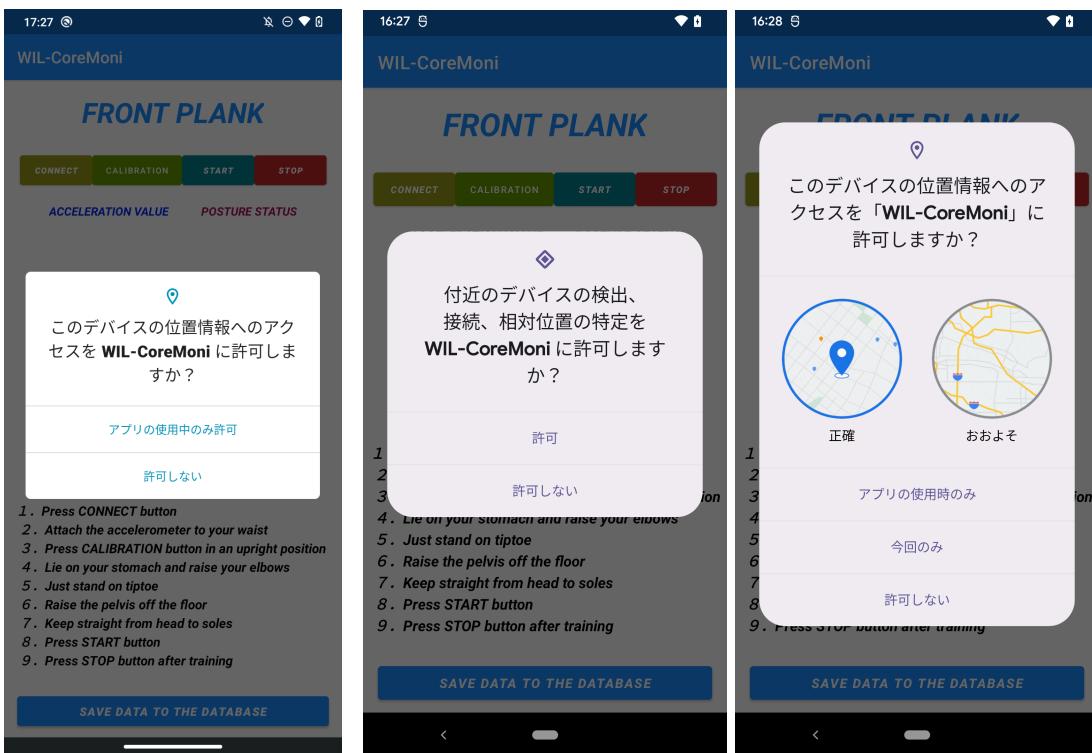


図 3.36: 位置情報の許可

図 3.37: デバイス接続の許可

図 3.38: 位置情報の再許可

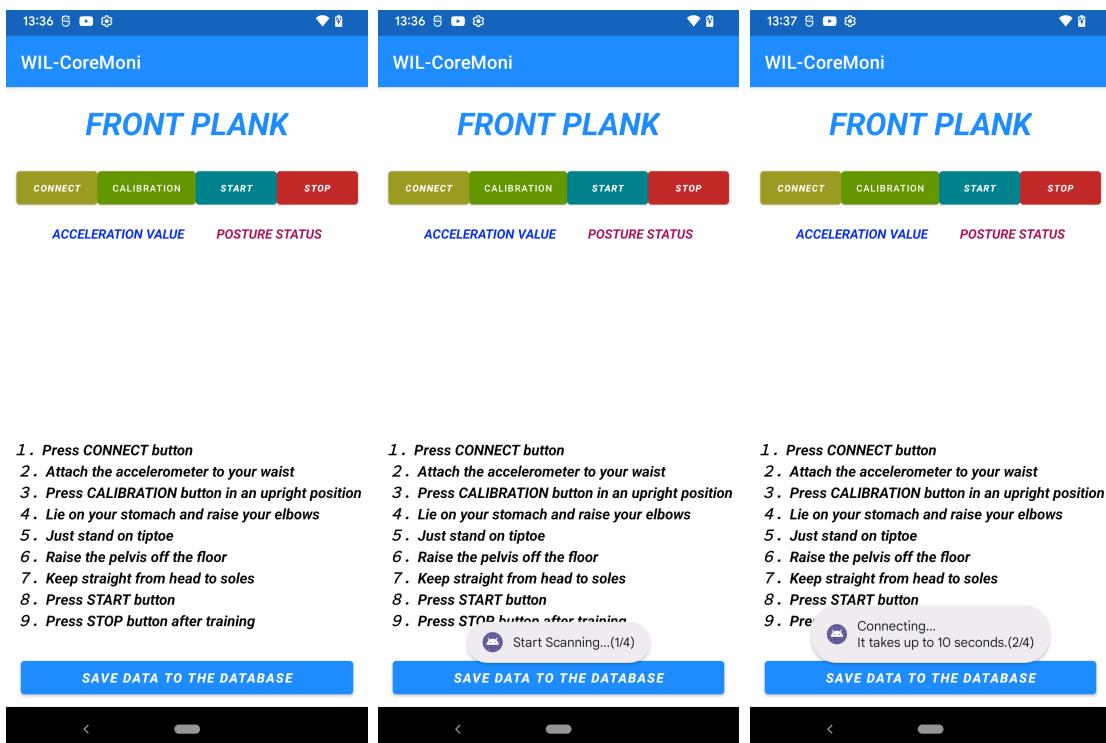


図 3.39: デバイスの接続

図 3.40: スキャン開始

図 3.41: 接続試行

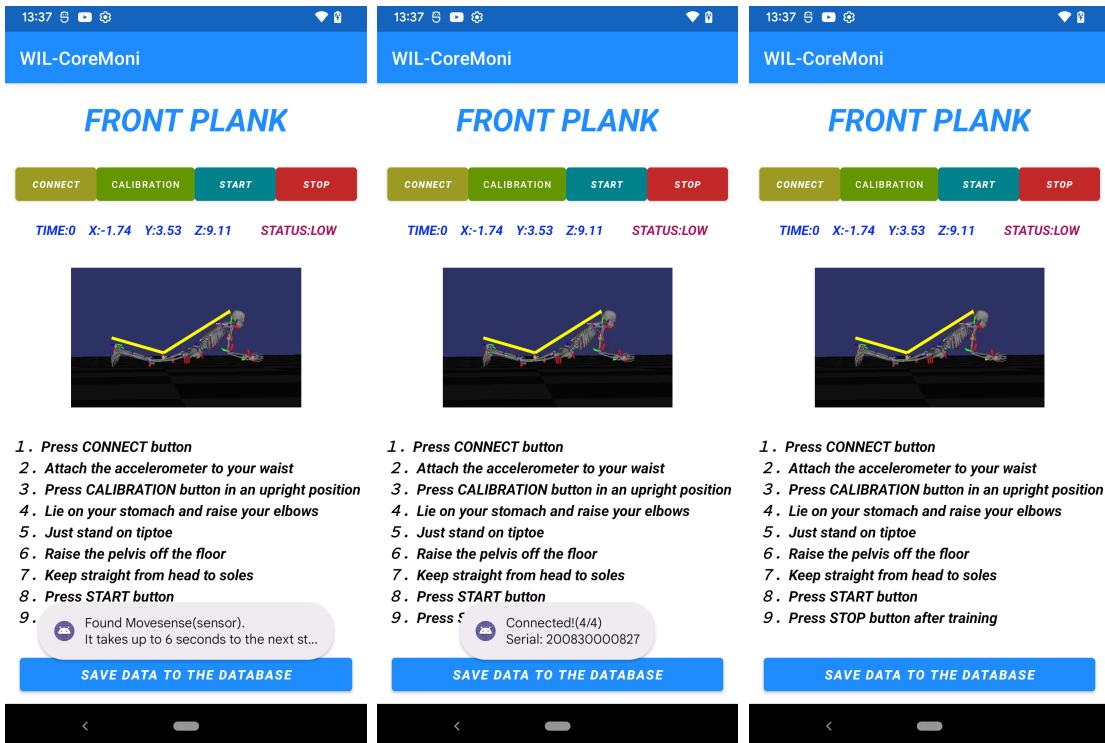


図 3.42: センサの特定

図 3.43: 接続完了

図 3.44: キャリブレーション

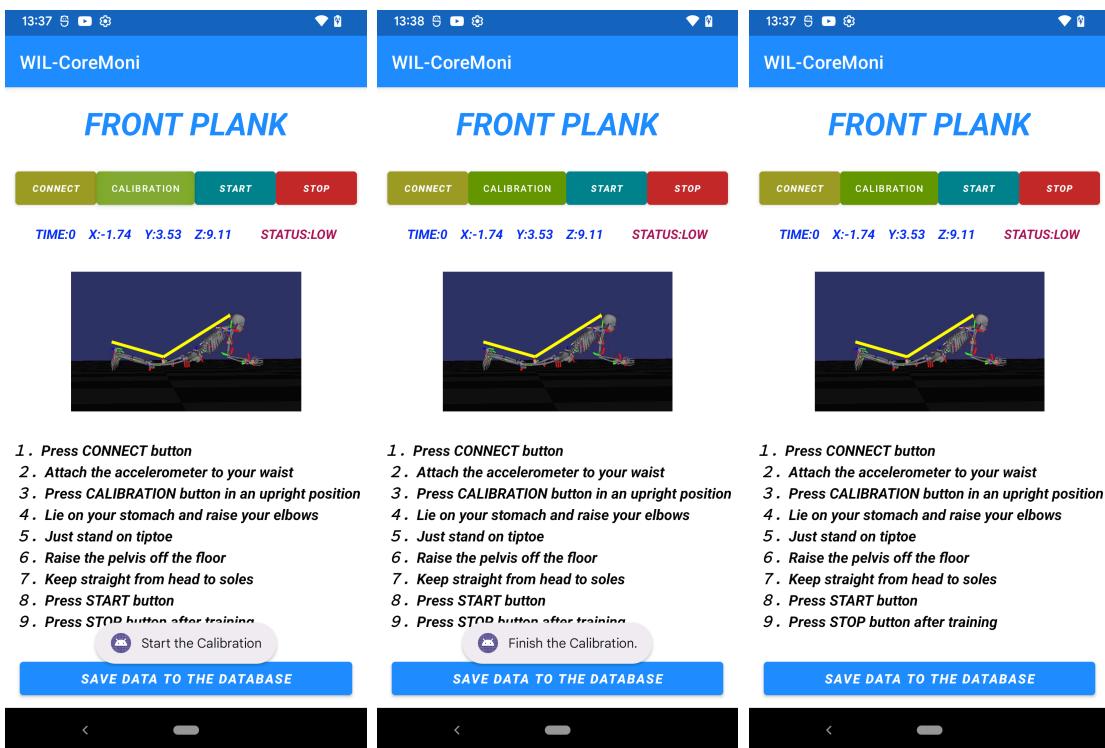


図 3.45: キャリブレーション開始

図 3.46: キャリブレーション終了

図 3.47: スタートボタン押下

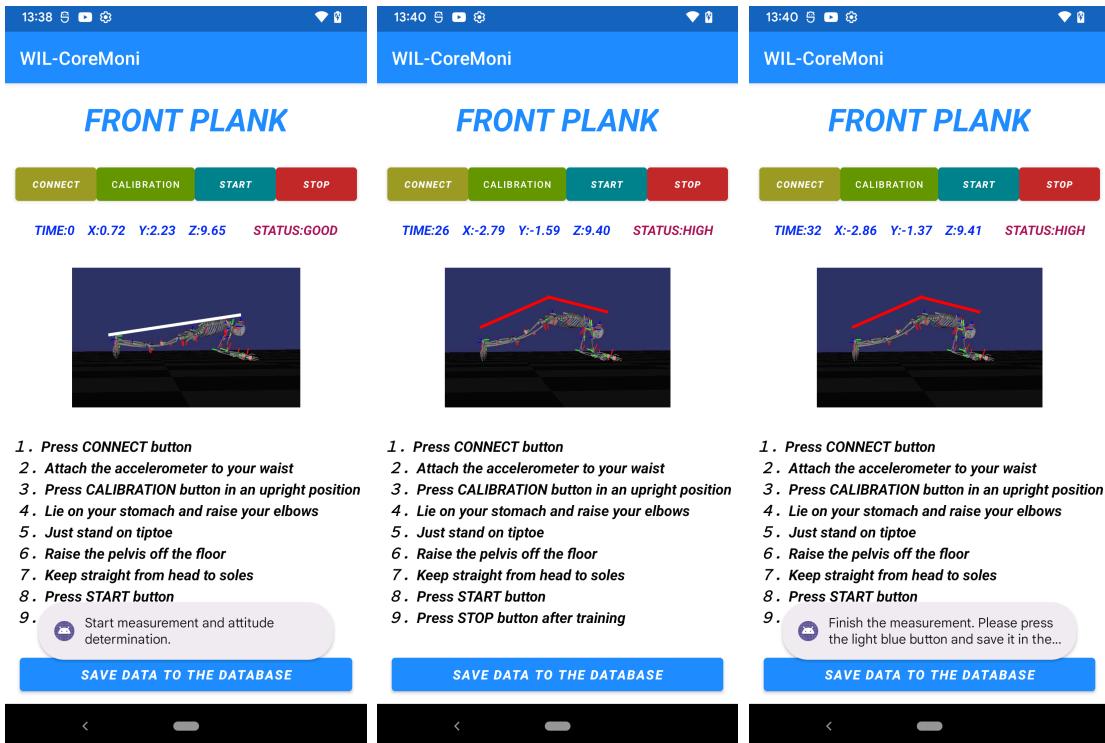


図 3.48: 計測開始

図 3.49: ストップボタン押下

図 3.50: 計測終了

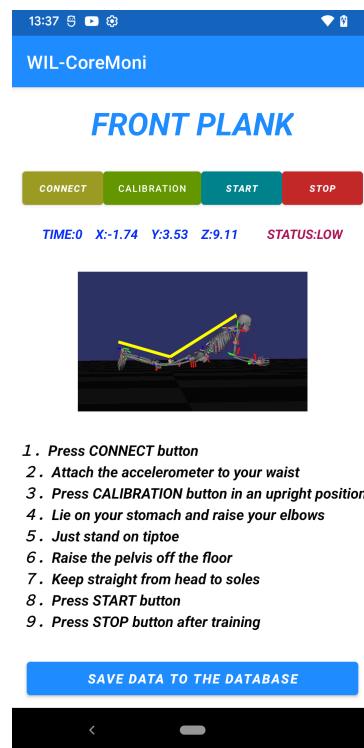


図 3.51: データベースへ格納

次にトレーニング後のアプリケーションの利用手順について論じる。トレーニング後のアプリケーションの利用手順は以下の通りである。

1. Activity Record ボタンを押下（図 3.52）
2. 閲覧したいコンテンツを選択（図 3.53）
3. 個人データの表示（図 3.54）
4. ランキングの表示（図 3.55）
5. 3日間トレーニングを怠けた際のロック画面に表示された通知（図 3.56）
6. 3日間トレーニングを怠けた際のコントロールセンターに表示された通知（図 3.57）
7. 3日間トレーニングを怠けた際のアプリケーションアイコンに表示された通知（図 3.58）

また、図 3.52～図 3.58 に手順ごとのアプリケーションの画面を示す。

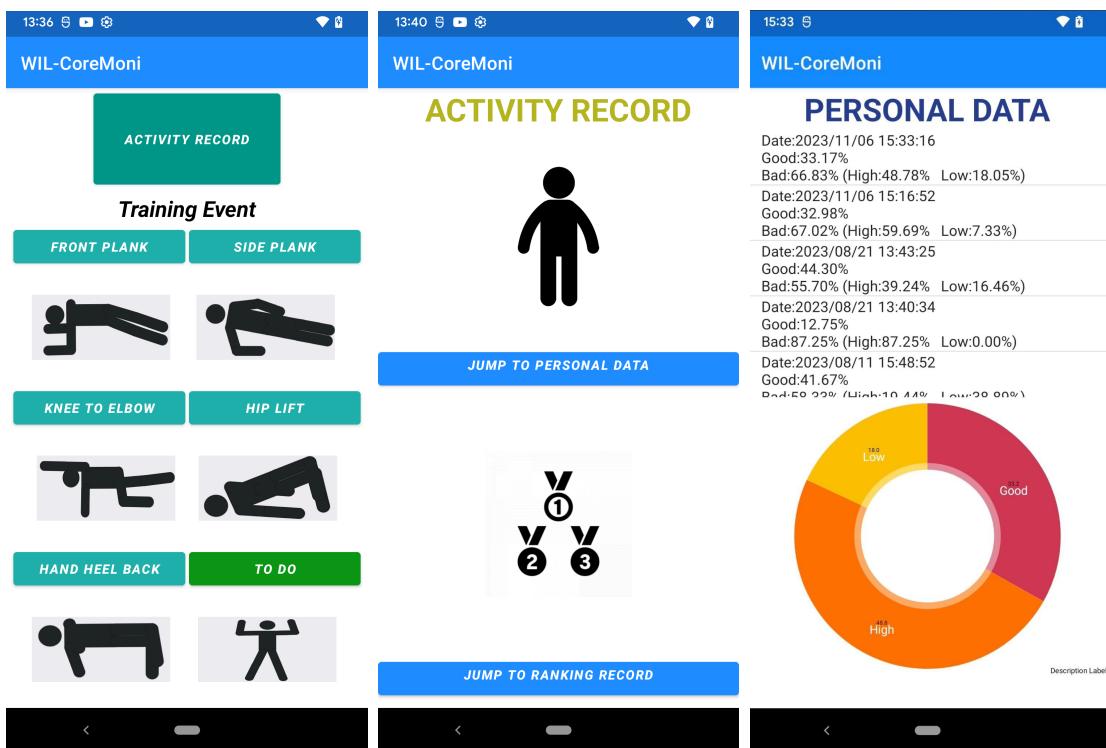


図 3.52: Activity Record

図 3.53: コンテンツ選択

図 3.54: 個人データ表示



図 3.55: ランキング表示



図 3.56: 通知（ロック画面）

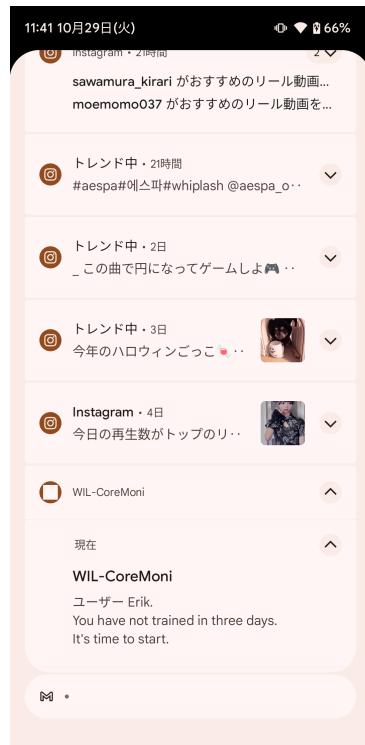


図 3.57: 通知
(コントロールセンター)

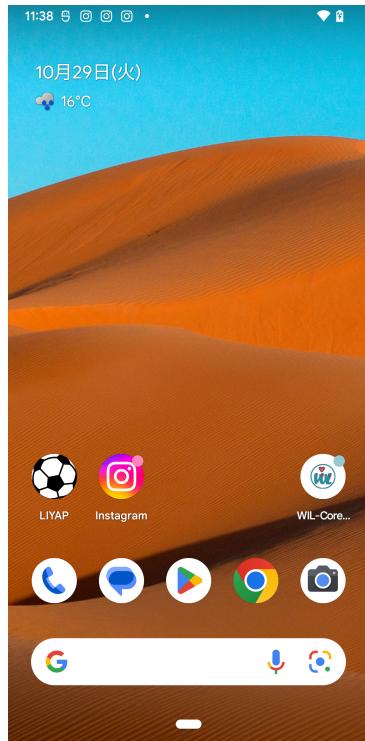


図 3.58: 通知
(アプリケーションアイコン)

第4章 スコアリングによるモチベーション維持の検証（予備実験）

本章では、自身のトレーニングスタッツ閲覧機能およびランキング機能を搭載したシステム（以下、スコアリングと呼ぶ）を利用した場合とシステムを利用しなかった場合を比較した予備実験について論じる。第4.1節では予備実験の目的について、第4.2節では予備実験の方法について、第4.3節では予備実験の手順について、第4.4節では予備実験の分析方法について、第4.5節では予備実験の結果について、第4.6節では考察や課題および今後の展望について述べる。

4.1 予備実験の目的

本実験の目的は、スコアリング機能の有効性検証である。大きくまとめると以下の4つとなる。

1. スコアリング機能の有無により、体幹トレーニングに及ぼす影響を調査し、スコアリング機能の有効性を検証すること。
2. 本システムを使用することでトレーニングの継続を促すことができるのかを検証すること。
3. システムなしとありを比較し、2カ月後の姿勢変化を観察すること。
4. システムのユーザビリティについて評価すること。

4.2 予備実験の方法

本実験の条件について論じる。被験者は20代-50代の男女19人（男性14人、女性5人）を行った。うち、現在も運動経験があるものが5人、過去に習慣的にあったものが12人、まったく運動したことのない人が2人である。トレーニングの種目は予備調査で一番認知度の高かった「フロントプランク」とした。実験期間は2カ月間とし、実験の実施時間と場所は各被験者の任意とした。2つのグループに分割した。GroupAはシステムを使用する群であり、GroupBはシステムを使用しない群である。各被験者には、実験が開始される前と後に、2か月後の成果を評価するための参考値としてトレーニング時の腰の角度を計測した。また、システムの使いやすさを評価するためのSUSアンケートや継続に関するアンケートなどを用意した。なお、本実験にあたっては謝礼の存在を明らかにしないものとした。

4.3 予備実験の手順

実験手順は以下のとおりである。

< A グループ >

1. 被験者に対する実験の説明。
2. 同意書の記入（運動経験などの個人データ収集）。
3. 実験キットの送付。

4. 実験前データの取得（実験監督者同伴）.
 5. 実験開始（2か月間）
 6. 実験後データの取得（実験監督者同伴）
 7. アンケート記入
 8. 実験キットの返送
-

< B グループ >

1. 被験者に対する実験の説明.
2. 同意書の記入（運動経験などの個人データ収集）.
3. 実験前データの取得（実験監督者同伴）.
4. 実験開始（2か月間）
5. 実験後データの取得（実験監督者同伴）
6. アンケート記入

4.4 予備実験の分析方法

4.4.1 トレーニングスタッツ

実験前と実験後に取得したスコアを比較し、2か月間の「体幹トレーニングにおける正しい姿勢を保持できた割合」の変化を観察する。また、2か月間を通して体幹トレーニングを何セッション継続することができたのかを分析する。

4.4.2 SUS アンケート

SUS アンケートは System Usability Scale の略で、ジョン・ブルック (John Brooke) により 1986 年に開発され、システムの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に最も広く利用されている質問票である [39][40]。このスケールは、1（まったくそう思わない）から 5（まったくそう思う）の 10 の記述から成り立っている。奇数項目の設問は肯定的な質問であり、偶数番号の設問は否定的な質問である。集計方法は、奇数番号の設問に対しては回答番号から 1 を引く。偶数番号の設問に対しては、5 から回答番号を引く。そして、合計スコアに 2.5 をかけて 0 から 100 までのスケールに変換する。各スコアに対する評価の指標を図 4.1 に示す。

モチベーションに関する主観評価アンケート

トレーニングを継続できた理由や継続できなかった理由を問う設問を用意した。今後もトレーニングを継続するためにどのようなサポートが必要であるかということも尋ねた。また、システムを使用せずに 2 か月間トレーニングをしたグループ B の被験者に対しては、支援システムを使用してみたいかどうかを尋ねた。このように、被験者の主観評価を問うアンケートを複数個用意した。

Grade	SUS	Percentile	Adjective
A+	84.1-100	96-100	Best Imaginable
A	80.8-84.0	90-95	Excellent
A-	78.9-80.7	85-89	
B+	77.2-78.8	80-84	
B	74.1 – 77.1	70 – 79	
B-	72.6 – 74.0	65 – 69	
C+	71.1 – 72.5	60 – 64	Good
C	65.0 – 71.0	41 – 59	
C-	62.7 – 64.9	35 – 40	
D	51.7 – 62.6	15 – 34	OK
F	25.1 – 51.6	2 – 14	Poor
F	0-25	0-1.9	Worst Imaginable

図 4.1: SUS スコア指標 ([39][40] から引用)

4.5 実験結果

4.5.1 実験前と実験後での正しい姿勢を維持できた時間の比較結果

本節では、2か月間のトレーニング成果を検証するために、システムを使用したグループと使用しなかったグループそれぞれの、正しい姿勢を維持できた割合を比較する。また、システムの姿勢判定における”Good”の割合で算出した。本計測は実験前と2か月後である実験後の計2回おこなった。なお、システムの有無によるバイアスを無くすために、本計測においては、両グループともシステムを使用せずに計測した。

表4.1は2か月間、体幹トレーニング支援システムを使用したグループの実験前と実験後のGoodの割合である。9人中5人の割合が増加していることが分かる。Goodのカウント回数が少なく、割合が高いスコアが出ていることは、ブレずに正しい姿勢でトレーニングをすることができているということが言えるだろう。一方で、表4.2は体幹トレーニング支援システムを使用しなかったグループの実験前後のGoodの割合であるが、10人中8人の割合が増加していることが分かる。センサの装着位置によって判定は異なってしまうため、一概には言えないが、本システムは2か月間のトレーニングをするにあたっては、体幹トレーニング支援システムの有無によって、その後のユーザのトレーニング時の姿勢に影響を及ぼすとは考えにくいと結論付ける。なお、カッコ内の数値は姿勢判定においてGoodの判定がなされた回数を示している。

表 4.1: GroupA の実験前後データ

UserID	実験前データ	実験後データ
1	3.95% (16)	5.26% (20)
2	2.3% (9)	0.26% (1)
3	0.26% (1)	96.72% (383)
4	22.51% (86)	24.55% (110)
5	75.13% (287)	3.17% (12)
6	90.16% (0)	0% (348)
7	0.26% (1)	86.2% (331)
8	23.6% (93)	39.1% (156)
9	84.95% (333)	47.47% (188)

表 4.2: GroupB の実験前後データ

UserID	実験前データ	実験後データ
1	1.31% (5)	53.79% (213)
2	13.7% (53)	97.4% (374)
3	0% (0)	0.26% (1)
4	0.26% (1)	1.04% (4)
5	0% (0)	100% (1)
6	19.35% (83)	1.51% (6)
7	0.26% (1)	0% (0)
8	0.52% (2)	3.05% (12)
9	0.25% (1)	0.76% (3)
10	0% (0)	79.76% (331)

4.5.2 SUS スコア

本節では SUS スコアの結果について考察する。スコアは表 4.3 のとおりであり、スコア指標は図 4.1 のとおりである。

平均スコアは 67.5 ポイントとなり、C スコアであった。あまり期待していた結果ではないものの、Good の評価となったため、本システムのユーザビリティは有効であると結論付けることができる。

表 4.3: 得点データ

UserID	Score
1	52.5
2	70
3	80
4	67.5
5	57.5
6	77.5
7	80
8	57.5
9	65

4.5.3 体幹トレーニングをおこなった頻度・継続性

本節では継続性の観点からシステムの有効性を評価した結果を述べる。本実験はシステムを使用する GroupA とシステムを使用しない GroupB の 2 つのグループで行った。GroupA と GroupB の継続性を見る。図 4.2 と図 4.3 は 2か月間の間に行なった体幹トレーニングの継続頻度を示している。

また、週あたりの取り組み日数が 3 日以上を示す、赤系色の割合が多ければ多いほど期待通りの結果であることを事前に提示しておく。

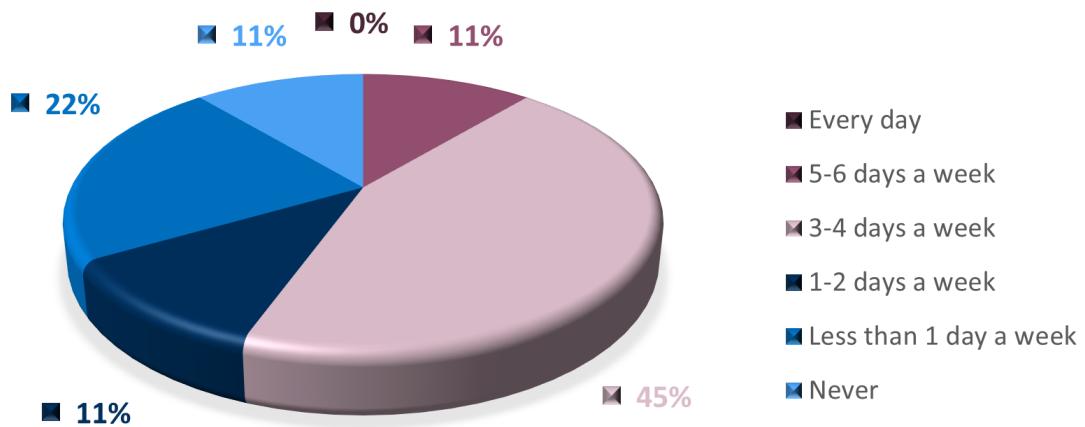


図 4.2: 体幹トレーニングの継続頻度 (GroupA)

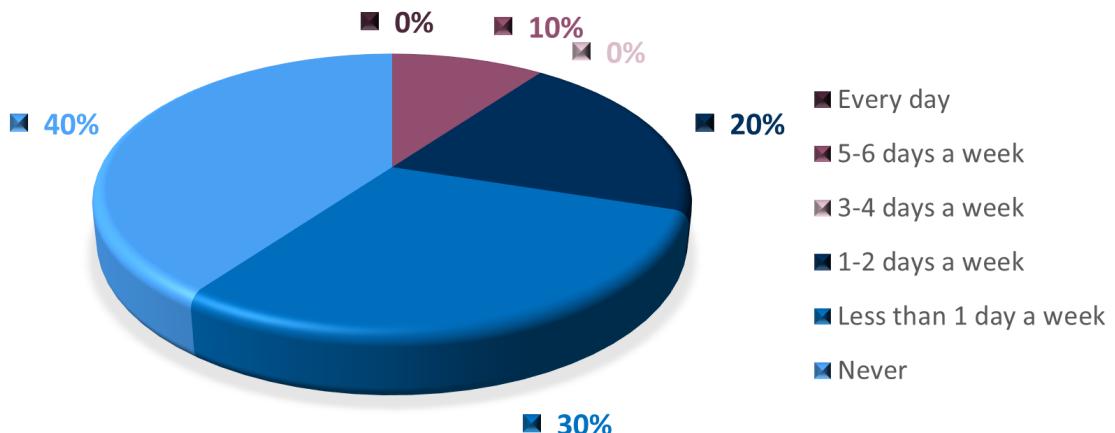


図 4.3: 体幹トレーニングの継続頻度 (GroupB)

これらの円グラフを見ていこう。まずは GroupA について論じる。図 4.2 は継続回数を継続日数で換算した割合を示している。週 3,4 日以上取り組んだ割合は 56%，週に 1 日より少ない割合は 33% となった。このことから、GroupA の被験者の半数以上が週 3,4 日継続できたことがわかった（赤系色）。一方、図 4.3 は GroupB の結果を示している。GroupB では、週 3,4 日以上取り組んだ割合は 0% であった。また、継続頻度が週に 1 日より少ない割合は 70% となっている。このことから、理想とする継続頻度である週 3,4 日の割合が半数以上となった GroupA の有効性が検証された。GroupA はシステムを使用したグループであるため、本システムはモチベーションや継続の動機づけにポジティブな結果をもたらしていることが分かった。

次に、トレーニングを継続する際に、システム上のどのような機能が動機づけに起因したかについて調査したアンケート結果を見ていこう。図4.4のアンケート結果によると、「自身のトレーニング結果を閲覧できる」「オンラインによる対戦機能」と回答された割合がそれぞれ55.6%となった。そのため、システムによる継続の有効性が検証されたと考えることができる。しかし、「トレーニングを忘れないためのリマインダ機能が欲しい」「ランキングの変動がなかった」という声も上がった。今後、これらの要素を検討しなければならないと感じた。

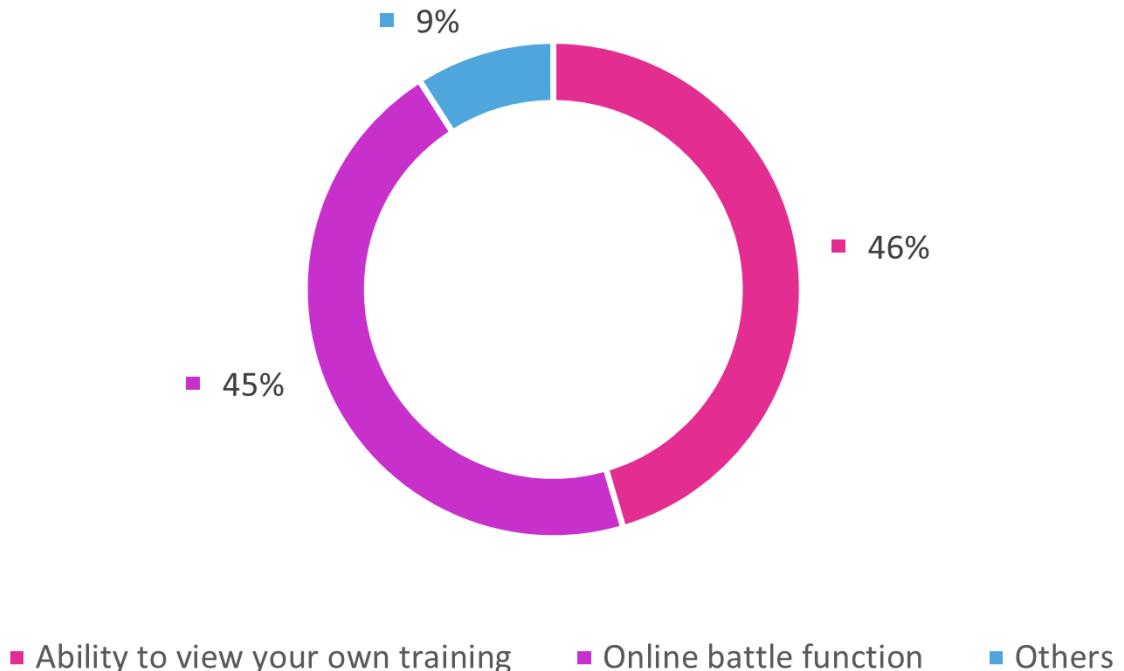


図4.4: どのような機能が動機づけに起因したか

最後に、そのほかに実施したアンケート結果を掲載する。今後も体幹トレーニングを継続したい感じるご回答したのは、GroupAが77.8%，GroupBが30%となった（図4.5, 4.6）。この2カ月で健康的な体になった・スタイルが良くなったと感じると回答したのは、GroupAが44.5%，GroupBが0%となった（図4.7, 4.8）。

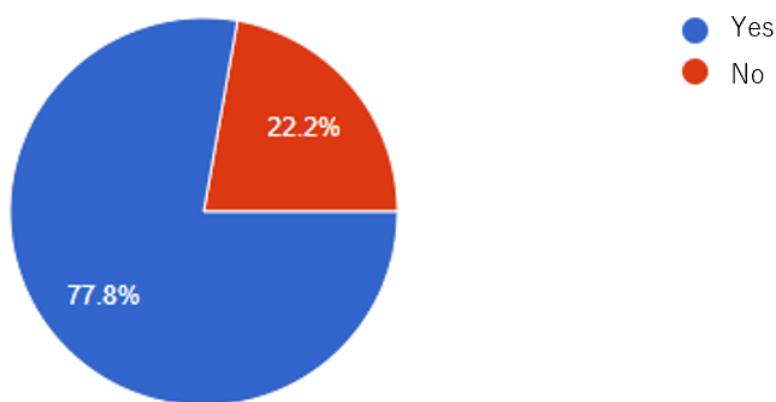


図4.5: 今後も体幹トレーニングを継続したいか (GroupA)

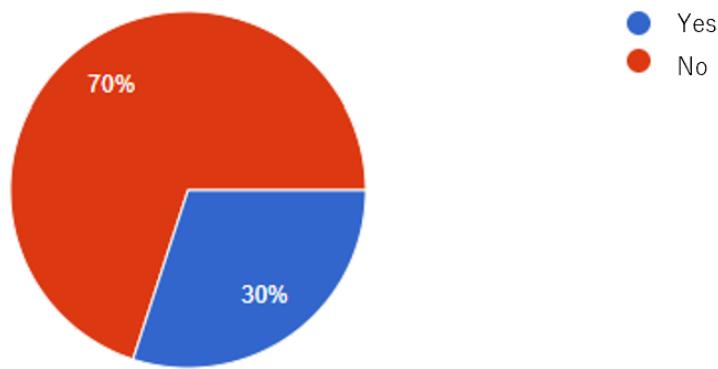


図 4.6: 今後も体幹トレーニングを継続したいか (GroupB)

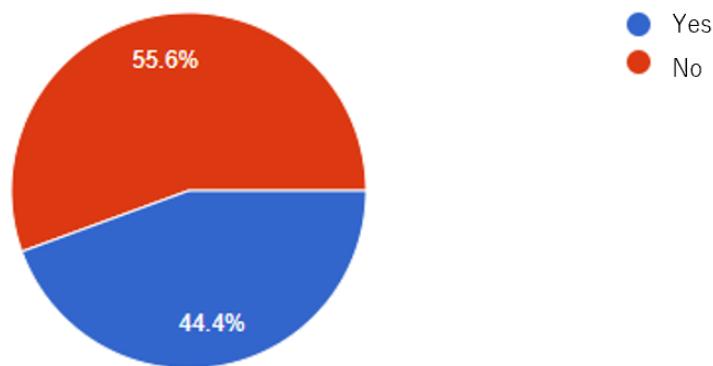


図 4.7: この 2 カ月で健康的な体になった・スタイルが良くなったと感じるか (GroupA)

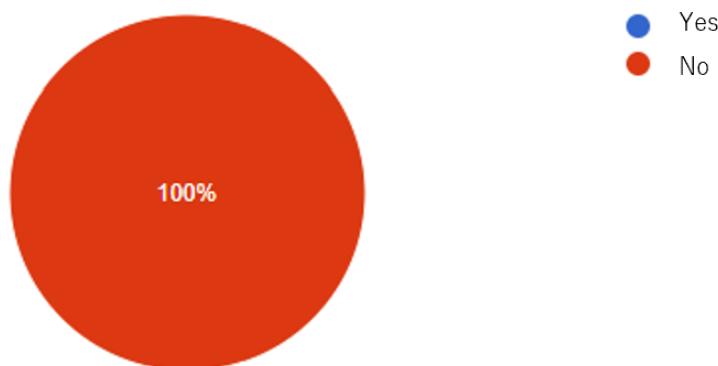


図 4.8: この 2 カ月で健康的な体になった・スタイルが良くなったと感じるか (GroupB)

システムを使用しなかった被験者らに「体幹トレーニング支援システム」を使用してみたいか尋ねたところ、70%が「使ってみたい」と回答した（図4.9）。彼らが本システムを使用した際にどのような結果が得られるか興味がある。

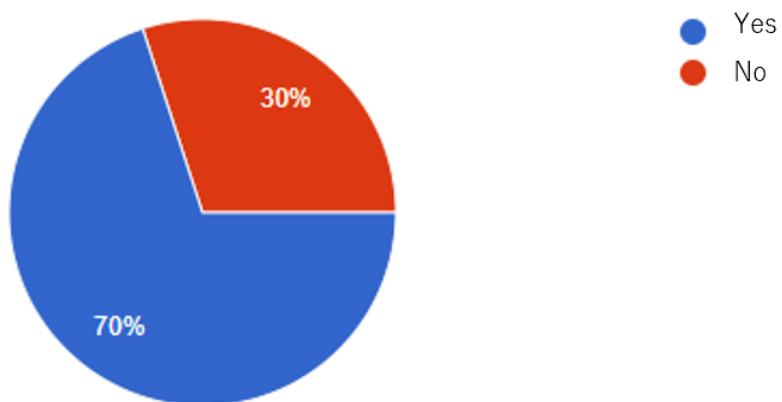


図4.9: 本システムを使用してみたいか (GroupB)

4.6 考察・課題・今後の展望

本予備実験では、スコアリング機能を搭載した体幹トレーニング支援システムの開発および効果検証を行った。本システムは、トレーニング中の姿勢を視覚的にフィードバックすることで、適切な姿勢の維持をサポートする。また、競争心を掻き立てるランキング機能や個人の成果を確認できるデータ閲覧機能を実装し、ユーザのモチベーション向上に寄与することを目指した。実験には19名の被験者を対象に、本システムを使用したトレーニングと、システムを使用しない通常のトレーニングを行った。その結果、本システムを使用したトレーニングの方が、体幹の安定性と筋力が向上したことが確認された。また、被験者の自己評価によれば、システムの使用はトレーニングのモチベーション向上に寄与したという結果が得られた。以上の結果から、スコアリング機能を搭載した体幹トレーニング支援システムは、体幹トレーニングの効果向上とモチベーション維持に寄与する可能性が示された。

しかし、今回の予備実験で課題が3つほど見つかった。1つ目は、デバイス装着位置のより詳細な選定である。正しい姿勢でトレーニングを行えていたとしても、センサの装着位置によって若干のずれが生じてしまう。しかしながら、ヘその位置にベルトを装着することで問題は解消された。そのため、次の実験では装着位置の説明を、実演を通して行いたい。

2つ目はモチベーション維持のためのコンテンツ拡張である。今回実装した、ランキング機能とトレーニング振り返り機能だけでは完全であるとは言えない。第4.5.3節でも述べたが、トレーニングを忘れないようナリマインド機能があるとより良いと感じた。

3つ目は被験者の選定である。今回の実験で募集した被験者は無作為に選んだ。そのため、属性もばらばらであり、正しい評価実験を行っていない。そのため、そもそもエクササイズに関心がないがゆえに、継続できないことも考えられる。

今後の展望として、2か月の期間におけるリタイアのタイミングと被験者の属性などの解析を詳細に行い、モチベーショングラフの作成を行いたい。今後は、さらなる機能の追加やシステムの改善を行い、より効果的な体幹トレーニング支援を目指す。具体的には、より効果的なモチベーション維持のため、通知機能を実装することも考えている。さらに、今回募集した被験者は、無作為であるため、体幹トレーニングをしたいと考えている人ではない。トレーニングをしているがなかなか続かない人たちをターゲットにし、より詳細な研究を行いたい。そのため、被験者の選出も慎重に行いたいと考えている。

第5章 スコアリング並びにリマインドによるモチベーション維持の検証（本実験）

本章ではスコアリング並びにリマインドによるモチベーション維持の検証について論じる。4章でも述べた通りだが、予備実験では自身のトレーニングスタッフとランキング機能のみだった。予備実験の結果を受け、トレーニングを忘れないようなリマインド機能を実装し、本機能の有効性を検証した。第5.1節では本実験の目的について、第5.2節では本実験の方法について、第5.3節では本実験の手順について、第5.4節では本実験の分析方法について、第5.5節では本実験の結果および考察について述べる。

5.1 本実験の目的

本実験の目的は、リマインド機能の有効性検証である。大きくまとめると以下の3つとなる。

1. リマインド機能の有無により、体幹トレーニングに及ぼす影響を調査し、リマインド機能の有効性を検証すること。
2. 本システムを使用することでトレーニングの継続を促すことができるのかを検証すること。
3. システムのユーザビリティについて評価すること。

5.2 本実験の方法

本実験の条件について論じる。本実験は20代から50代の被験者8名で実施した。トレーニングの種目は予備調査で一番認知度の高かった「フロントプランク」とした。実験期間は2024年11月1日から2024年11月30日の1か月間とし、実験の実施時間と場所は各被験者の任意とした。被験者には内密に2つのグループに分割した。GroupAは最初の2週間通知がある群であり、GroupBは後半の2週間に通知がある群である。各被験者には、システムの使いやすさを評価するためのSUSアンケートや継続性・モチベーションに関するアンケートなどを用意した。

5.3 本実験の手順

実験手順は以下のとおりである。

< A グループ >

1. 被験者に対する実験の説明。
2. 同意書の記入（運動経験などの個人データ収集）。
3. 実験キットの送付。
4. 実験開始（1か月間：前半通知あり、後半通知なし）
5. アンケート記入
6. 実験キットの返送

< B グループ>

1. 被験者に対する実験の説明.
2. 同意書の記入（運動経験などの個人データ収集）.
3. 実験キットの送付.
4. 実験開始（1か月間：前半通知なし，後半通知あり）
5. アンケート記入
6. 実験キットの返送

5.4 本実験の分析方法

5.4.1 トレーニングの継続性

1か月間にトレーニングをどのくらい継続できたのかを Firebase[37] の firestore[41] を参照することで解析する。1か月間に取り組んだ日数と安定した継続頻度になっているかを検証する。

5.4.2 SUS アンケート

前節で述べた通りの方法で解析を行う。また、SUS アンケートの質問文の例を掲示する。

<質問文>

1. このシステムをもっと頻繁に使用したい.
2. このシステムは必要以上に複雑である.
3. このシステムはシンプルで使いやすい.
4. このシステムを使用するには技術的なサポートが必要.
5. システムがスムーズに機能し、うまく統合されている.
6. イレギュラーなことが多い.
7. このシステムはほとんどの人がすぐに習得できる.
8. このシステムは手間がかかる.
9. このシステムの操作に自身がある.
10. このシステムを使い始めるまでは学ぶことがたくさんある.

5.4.3 モチベーションに関する主観評価アンケート

トレーニングを継続できた理由や継続できなかった理由を問う設問を用意した。提案システムに実装した機能である3要素について、トレーニングを継続できた要因になっているかを問うこととした。1つ目は自身のトレーニングスコア、2つ目はランキング、3つ目は3日坊主防止プッシュ通知である。また、今後もトレーニングを継続するためにどのようなサポートが必要であるかということも尋ねた。

5.4.4 道具性期待理論によるモチベーション評価

ユーザのトレーニング中のモチベーションを定量化するために、道具性期待理論 [42] を用いてモチベーションを数値化する。道具性期待理論 (Expectancy Theory) とは心理学や経営学において、動機付けを説明するための理論である。主にビクター・ブルームが提唱したもので、特に仕事や職場における人間の行動を理解する際に用いられる。この理論は、人が目標に向かって行動する動機を、次の3つの要因の掛け合せとして説明できる。

1つ目は「期待 (Expectancy)」である。努力をすれば成果が得られるという信念や確度の程度が定義となる。例えば、「一生懸命勉強すれば試験に合格できる」と思えるかどうかなどがあげられる。影響を受ける要因としては、技術や知識、過去の成功体験などである。

2つ目は「道具性 (Instrumentality)」である。その成果が望む報酬や結果に結びつくと信じる度合いが定義である。例えば、「試験に合格すればよい仕事に就ける」という認識などがあげられる。影響を与える要因としては、報酬体系の透明性、上司や組織の公平性などである。

3つ目は「誘意性 (Valence)」である。得られる報酬や結果の価値や魅力が定義である。例えば、「良い仕事に就くことに価値を感じるかどうか」などがあげられる。影響を与える要因としては、個人の価値観や目標、欲求などである。

これら3つの要素を用いることで、動機づけは次の理論式 5.1 で定量化することが可能である。

各要因のパラメータは 0.0 (設問に対して否定) から 1.0 (設問に対して肯定) までの間とし、算出した。

$$Motivation = Expectancy \times Instrumentality \times Valence \quad (5.1)$$

5.5 本実験の結果と考察

5.5.1 トレーニングの継続頻度

本項では1か月間で体幹トレーニングに取り組んだ頻度について論じる。表5.1は通知機能が有効だった期間（半月）におけるユーザごとの平均インターバル日数・分散および標準偏差を示している。平均インターバル日数というのは、トレーニング実施後、次にもう一度体幹トレーニングに取り組むまでの所要日数を意味している。いわゆる休息期間と認識していただければ幸いた。

被験者は次のトレーニングに取り組むまでに平均して3日ほどかかっている。すなわち、週に3～4日ほど体幹トレーニングに取り組んだことがわかる。また、標準偏差に注目すると値が小さく、安定した頻度でトレーニングに取組めていたと推測できる。

表 5.1: 通知機能有効期間におけるユーザごとの平均インターバル日数・分散および標準偏差

UserID	Average	Variance	Standard deviation
1	3.5	2.3	1.5
2	2.0	0.0	0.0
3	2.2	0.1	0.4
4	2.0	—	—
5	2.5	0.3	0.5
6	2.3	0.2	0.5
7	7.5	6.3	2.5
8	2.3	0.6	0.7
Average	3.0	—	—

一方で、表5.2は通知機能が無効だった期間（半月）におけるユーザごとの平均インターバル日数・分散および標準偏差を示している。

被験者は次のトレーニングに取り組むまでに平均して8日ほどかかっている。すなわち、週に1日も体幹トレーニングに取り組まなかった割合が高かったことがわかる。また、被験者3, 7, 8に注目してもらいたい。彼らは次のトレーニングに取り組むまでに約16日間の休息期間を設けていたことがわかる。すなわち、安定した頻度でトレーニングに取組むことができておらず、低頻度かつ不安定な継続頻度であったと推測できる。

表 5.2: 通知機能無効期間におけるユーザごとの平均インターバル日数・分散および標準偏差

UserID	Average	Variance	Standard deviation
1	5.0	13	3.6
2	2.5	0.3	0.5
3	16	—	—
4	2.4	0.2	0.5
5	3.8	1.2	1.1
6	4.7	1.6	1.3
7	16	—	—
8	16	—	—
Average	8.3	—	—

表 5.3 は通知機能が有効時と無効時の両者における、被験者が次のトレーニングに取り組むまでの平均インターバル日数を比較した表である。

全体的に、通知機能が有効であった期間のインターバル日数は少ない印象である。その一方で通知機能が無効であった期間のインターバル日数は比較的多い印象である。

また、被験者 7においては両期間とも継続頻度が低い。これは被験者がたまたま繁忙期であったことが要因である。しかしながら、通知機能が有効な期間の方が無効な期間に比べて継続頻度が高くなっていたため、良い結果を得ることができたと考察できる。

表 5.3: 通知機能有効・無効別の次回トレーニングまでの平均インターバル日数

User ID	The notification enabled	The notification disabled
1	3.5	5.0
2	2.0	2.5
3	2.2	16
4	2.0	2.4
5	2.5	3.8
6	2.3	4.7
7	7.5	16
8	2.3	16
Average	3.0	8.3

表 5.4 は通知機能が有効時・無効時の標準偏差を比較した表である。また、カッコ内の数字はトレーニングの継続回数を表している。

通知機能が有効であるときの標準偏差を見ると、0に近い値が散見される。一般的に、標準偏差は値が0に近ければ近いほど平均値との差が小さく、データのばらつきが非常に小さいと判断できる。先ほども述べたが、これは被験者が安定した継続頻度でトレーニングに取り組むことができた結果であると推測できる。

また、継続回数（体幹トレーニングに取り組んだ回数）が多ければ多いほど、同時に標準偏差の値も0に近くなっていることから、通知機能によって安定した継続頻度・回数で体幹トレーニングに取り組めていたことがわかる。

一方で通知機能が無効であるときの標準偏差を見ると 3.6 という大きな値が見られる。これはデータのばらつきが比較的大きいと判断できる。このことから、通知機能が無効の時、被験者の体幹トレーニングの継続頻度は低頻度かつ不安定であると結論付けることができる。

表 5.4: 通知機能有効・無効ごとの標準偏差比較による頻度安定性評価

User ID	The notification enabled	The notification disabled
1	1.5(4)	3.6(3)
2	0.0(3)	0.5(4)
3	0.4(6)	—(1)
4	—(1)	0.5(5)
5	0.5(4)	1.1(4)
6	0.5(6)	1.3(3)
7	2.5(2)	—(1)
8	0.7(6)	—(1)

結論として、通知機能が無効であった期間に比べて通知機能が有効であった期間の方が被験者の体幹トレーニングの継続頻度が高く、安定した頻度であったため、期待していた「安定した継続頻度の実現」および「本システムの有効性」を検証することができた。

5.5.2 短期的および長期的フィードバックにおける SUS スコア

本項では、本実験の SUS スコアの結果について論じる。表 5.5 は短期的フィードバック機能に対する SUS スコアの結果である。8名の被験者のうち、6名の被験者がグレード C 以上となった。平均スコアは、74.1 ポイントであった。

また、表 5.6 は短期的フィードバック機能に対する SUS スコアの結果である。8名の被験者のうち、6名の被験者がグレード C 以上となった。平均スコアは、76.0 ポイントであった。

以上のことから、本システムにおける短期的、長期的の両フィードバックユーザビリティは有効であることが分かった。しかし、一部の被験者においては、極度に低いユーザビリティであることも事実である。

被験者 1, 3, 5, 6, 7, 8 は短期的フィードバックおよび長期的フィードバックの両方に対し、高いスコアを提示した。一方で、被験者 2, 4 は両フィードバックのユーザビリティに対し、D や F といった低めのスコアを提示した。彼らはシステムを使ってトレーニングすることが煩わしいと感想を残していたため、システムを使用してトレーニングを行うこと自体に抵抗があったと考える。

全体として、良い結果を得ることができたと結論付ける。

表 5.5: 短期的フィードバックにおける SUS スコア

UserID	Score	Grade
1	95.0	A+
2	12.5	F
3	95.0	A+
4	47.5	F
5	82.5	A
6	75.0	B
7	90.0	A+
8	95.0	A+
Average	74.1	B

表 5.6: 長期的フィードバックにおける SUS スコア

UserID	Score	Grade
1	95.0	A+
2	12.5	F
3	95.0	A+
4	52.5	D
5	94.0	A+
6	70.0	C
7	92.5	A+
8	95.0	A+
Average	75.8	B+

5.5.3 モチベーション維持に関する主観アンケート結果

本項ではモチベーション維持に関する主観アンケート結果について論じる。図 5.1 は、今回の実験にて使用したアプリケーションの機能について効果的であったものはどの機能であったかを尋ねたアンケート結果である。本アンケートでは、システムの使いやすさなどではなく、モチベーション維持に関する機能について、その機能がモチベーションを維持する上で効果的であったか・有効であったかを調査した。

調査の結果、他者との競争（ランキング）機能が 87.5% と高く、次いで通知（3日坊主防止）機能が 62.5% となり最後に自身のトレーニングスコア閲覧機能が 25% となった。他者との競争（ランキング）機能はランキングがリアルタイムに変動するため、ほかの人に順位を抜かされないように、ランキングを日々チェックすると同時にトレーニングを続けるよう習慣づけることが可能であったためこのような結果になったと考えられる。通知（3日坊主防止）機能はユーザの意志に関係なく 3 日間トレーニングを行っていなかった場合、自動的に通知が送信される仕組みであるため、受動的なフィードバックとなり、ユーザにとって有効的なフィードバックとなったと考える。自身のトレーニングスコア閲覧機能に関して、本機能が最下位となったのは他の 2 機能と異なり、自発的な意思がないと受け取ることのできないフィードバックであるからだと考える。自身のトレーニングスコアは、自分から確認しようという意思がなければ閲覧できない。そのため、このような結果になったと考えられる。

What factors influenced you to continue training? (Multiple choices possible) - Your own score history - Competing with others (ranking function) ...on (preventing you from giving up after three days)

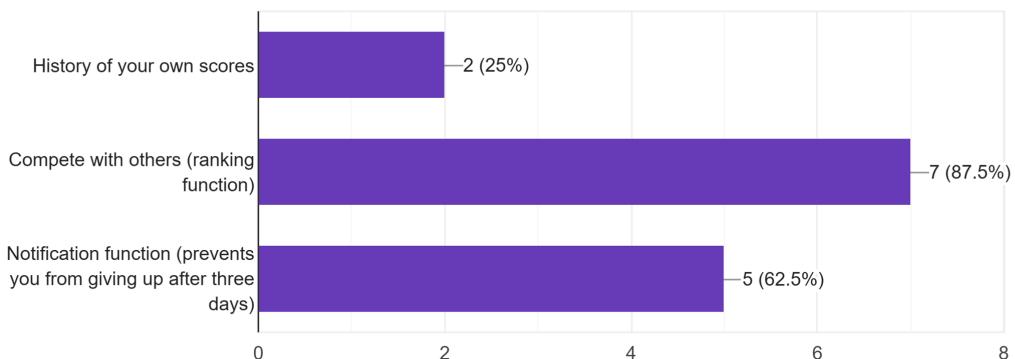


図 5.1: どの機能が特に効果的だったかを尋ねたアンケート結果

次に本実験の焦点である通知機能がどのくらい有効であったかを調査した結果について論じる。図 5.2 は通知機能が有効であったか否かを尋ねたアンケートの結果である。アンケート調査の結果、被験者の 75% が「有効である」と回答した。一方で、被験者の 25% は「有効でない」と回答した。トレーニングの継続性が見られなかったユーザが含まれていたため、前提としてモチベーションが向上しなかったがゆえにシステムは有効ではないと結論付けたと考える。

最後に、トレーニング実施中の身体的コンディションについて調査した結果を掲載する。図 5.3 はトレーニング中のフィジカルコンディションについて尋ねた結果である。被験者全員が「良い」または「普通」と回答したため、本実験に身体的な悪影響はなかったものと考えられる。

I understand that you are notified if you miss a certain period of training, but do you think that notification is effective?

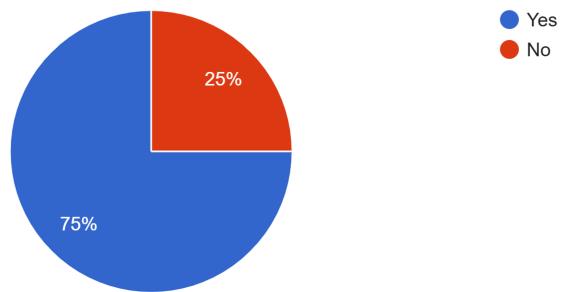


図 5.2: 通知機能が効果的だったかを尋ねたアンケート結果

On average, how was your physical condition when you trained?

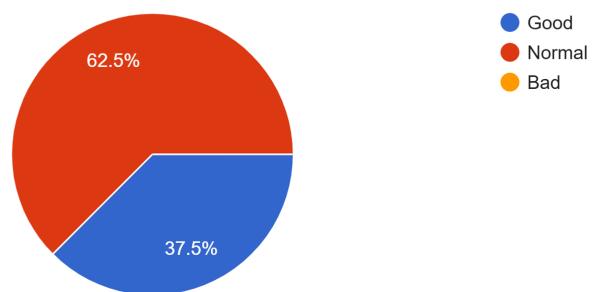


図 5.3: トレーニング中のフィジカルコンディションを尋ねたアンケート結果

5.5.4 道具性期待理論に基づくモチベーション状態の評価

道具性期待理論を検証するためのアンケートを集計し、期待値、道具性、誘意性について数値を算出し、モチベーション状態を数値化した。本項ではこれらの結果について論じる。

トレーニングの実施に関係なく、普段の運動（体幹トレーニング）に対するモチベーションを数値化した。その結果を表 5.7 に示す。次にトレーニング時における体幹トレーニングに対するモチベーションを数値化した。その結果を表 5.8 に示す。

まず、表 5.7 から見ていく。数値が 1 に近ければ近いほどモチベーションが高くなるのだが、0.5 未満の数値が目立つ。平均値は 0.378 であり、お世辞にもモチベーションが高いとは言えない。しかし、表 5.8 をみると、0.5 や 1 といった 1 に近いまたは等しい数値が散見された。また、平均値も 0.561 となっており、本システムを活用することでモチベーションが相対的に向上したといえるだろう。

その一方で、一部のユーザにおいてはモチベーションが下がってしまった。被験者 4 は継続性が低かったユーザである。本実験において、当該被験者のモチベーションが著しく低かったことが原因として考えることができる。

表 5.7: 日常生活におけるユーザの体幹トレーニングに対するモチベーション

UserID	Value
1	0.252
2	0.648
3	0.420
4	0.500
5	0.288
6	0.126
7	0.648
8	0.140
Average	0.378

表 5.8: トレーニング実施時におけるユーザの体幹トレーニングに対するモチベーション

UserID	Value
1	0.392
2	0.648
3	1.000
4	0.024
5	0.576
6	0.196
7	0.648
8	1.000
Average	0.561

第6章 本研究の結論および今後の展望

本章では本研究の結論および今後の展望について論じる。新型コロナウイルスの影響による健康被害に着目し、運動不足や生活習慣病について議論した。健康な身体を維持するためには日常的な運動が必要であり、人々が自主的に運動を継続することを心掛けることが重要である。

一人で簡単に行うことのできるトレーニングに、体幹トレーニングというインナーマッスルを鍛えるトレーニング方法がある。このトレーニングは、スポーツ動作に求められる能力向上だけでなく、立つ・座る・歩く動作など、日常生活においても重要な役割を果たしている筋力を鍛えることができる。

しかしながら、指導者なしでは正しい姿勢でトレーニングが行えていなかったり、監督者がいないことで怠けてしまうなどの懸念点がある。これらの懸念点を解消するため、私は体幹トレーニングにおけるユーザ向け支援システムを提案した。本システムはウェアラブルデバイスとスマートフォンの2つのデバイスで構成されており、この2つがあれば誰でも簡単に使用することが可能である。今回は、フロントプランクという体幹トレーニングの種目を実験対象とした。

本システムは、加速度を取得することができる500円玉くらいの大きさのウェアラブルデバイスを腰に装着し、スマートフォンの画面を見ながらトレーニングを行う。その際、システムがユーザによって異なる基準値を取得したのち、独自のアルゴリズムによって、取得した加速度を角度に変換し、トレーニング中の暫定値と比較後、あらかじめ定義した閾値との判定結果によってユーザにリアルタイムにフィードバックを与える、姿勢改善を促すというものである。また、モチベーション維持を目的とした長期的フィードバックも実装し、自身のトレーニング履歴閲覧機能をはじめ、ランキング機能による競争や3日坊主防止のためのリマインド通知機能などを組み込み、本研究の対象機能とした。

本実験では、20代から50代の男女8名で実施した、トレーニングの種目は予備実験の時と同様、「フロントプランク」とした。実験期間は2024年11月1日から2024年11月30日の1か月間で行い、実験の実施時間と場所は各被験者の任意とした。被験者には内密に2つのグループに分割し、GroupAは最初の2週間、通知が有効となる群であり、GroupBは後半の2週間に通知が有効になる群である。各被験者には、システムの使いやすさを評価するためのSUSアンケートや継続性・モチベーションに関するアンケートなどを用意した。

本実験の結果、前章でも述べた通り、長期的フィードバックにおいて期待通りの結果を得ることができた。特に長期的フィードバックの主要機能である「通知機能」「競争機能」「履歴閲覧機能」の有効性が検証された。3要素間に優劣の差はあるものの、結果として「継続頻度の向上」「安定したトレーニング継続回数」「モチベーションの維持・向上」の3点すべてにおいて期待通りもしくはそれ以上の結果を得ることができた。

本研究の目的に対する結論は以下の通り：

1. 短期的フィードバックの有効性を検証することができた。
2. 長期的フィードバックの有効性を検証することができた。

最後に、今後の展望について述べる。被験者に対し、トレーニングに取り組むうえで困難だったことはなにかを尋ねたところ、「加速度センサとスマートフォンの接続がうまくできない」という回答が散見された。本課題を解決すべく、別のセンサを用いてシステムを実装していくことも視野に、今後検討していきたい。

また、将来的にどのような機能があったらよいかを尋ねた結果、「ランキング変動時に通知がくるようにしてほしい」「目標の継続時間を達成したらポジティブなフィードバックを返してほしい」「音声によるフィードバックがあればさらにいい」といった声があがった。本課題を解決すべく、さまざまなフィードバックの組み合わせを試行し、より良いシステムを構築していけたらと感じている。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K11998 の助成を受けたものです。本研究を進めるにあたって、大学 3 年次から現在にかけて約 4 年間ご指導頂いた、青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科 教授 Guillaume Lopez 先生に深く感謝申し上げます。研究の方針や問題解決にあたってご指導いただいたこと、学業面と私生活両面でのアドバイスをしてくださったこと、心から感謝しております。

さらに、事務手続きや研究室整備、展示会等のアシスタントを行ってくださった研究補助員の大熊ちひろさまにも深く感謝申し上げます。

最後に、日々お互いに意見し合った同期の皆さま、頼ってくれた後輩の大学院 1 年生・大学 4 年生、ラボワーク参加の 3 年生の皆さんに感謝いたします。特に同期の平井氏にはシステムの開発面で多くのアドバイスを頂きました。感謝いたします。

2025 年 1 月 31 日

佐藤圭翼

参考文献

- [1] 新型コロナウイルス感染症対策 全国の感染者数 内閣官房. <https://www.caicm.go.jp/index.html>. (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. (Accessed on 06/28/2022).
- [3] 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/2021/pdf/20210906_01.pdf. (Accessed on 06/28/2022).
- [4] 次期国民健康づくり運動プラン策定専門委員会厚生科学審議会地域保健健康増進栄養部会. 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. (Accessed on 06/28/2022).
- [5] 経済産業省. フィットネスクラブの動向. 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] 体幹を鍛えるための10種のトレーニングメニュー【プロが教える筋トレ】 — oricon news. <https://www.oricon.co.jp/special/58258/>. (Accessed on 06/12/2024).
- [10] 木場克己. Dvdで鍛える プロトレーナー木場克己の体幹パフォーマンスアップメソッド. pp. 72–73, 4 2012.
- [11] 木場克己. Dvdで鍛える プロトレーナー木場克己の体幹パフォーマンスアップメソッド. pp. 74–75, 4 2012.
- [12] 木場克己. Dvdで鍛える プロトレーナー木場克己の体幹パフォーマンスアップメソッド. pp. 92–93, 4 2012.
- [13] 鈴木未紗. やる気を高めるには「承認」～内発的動機付け・マズローの欲求段階説より考える～ — habi*do (ハビドゥ). <https://habi-do.com/blog/intrinsic-motivation-approval/>. (Accessed on 11/30/2023).
- [14] 株式会社 LAFOOL. ビジネスにおいてやる気を引き出す動機付けとは？効果的な方法を紹介 - well-being workers. <https://survey.lafool.jp/mindfulness/column/0028.html>. (Accessed on 11/30/2023).

- [15] 産経新聞. 【今週の注目記事】長続きしないフィットネスジム、楽しければ…まるでディスコ、娯楽型が急増 (3/3 ページ) - 産経ニュース. <https://www.sankei.com/article/20180929-SIISHCV7ARKYBIY0XLXKPEMDAI/3/>. (Accessed on 06/12/2024).
- [16] 24時間フィットネスジム VERUS. スポーツジムの継続率ってどれくらい? 続けるためのコツも紹介 — verus-ヴェルス — 栃木県宇都宮市 24時間 365日営業フィットネスジム. <https://verus-gym.com/column/retention-rate/>. (Accessed on 06/12/2024).
- [17] 株式会社カオナビ. アンダーマイニング効果とは? 例、エンハンシング効果 - カオナビ人事用語集. https://www.kaonavi.jp/dictionary/undermining_koka/. (Accessed on 06/12/2024).
- [18] 細谷惇史. 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. <https://dspace.jaist.ac.jp/dspace/bitstream/10119/15832/5/paper.pdf>, 03 2019. (Accessed on 07/10/2024).
- [19] 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. https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=164408&item_no=1&page_id=13&block_id=8, 03 2015. (Accessed on 07/10/2024).
- [20] 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. https://www.jstage.jst.go.jp/article/pjsai/JSAI2016/0/JSAI2016_1C40S13a1/_pdf/-char/ja, 2016. (Accessed on 07/10/2024).
- [21] Microsoft. Azure kinect. <https://www.microsoft.com/ja-jp/d/azure-kinect-dk/8pp5vxmd9nhq?activetab=pivot:%E6%A6%82%E8%A6%81tab>. (Accessed on 07/10/2024).
- [22] 村田嘉利 永澤修平鈴木彰真. Kinect を用いた体幹のリハビリテーション支援システム. https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=104949&item_no=1&page_id=13&block_id=8, 07 2014. (Accessed on 07/10/2024).
- [23] Inter Reha. Vicon — モーションキャプチャ — 三次元動作分析システム. <http://www.vicon.jp/>. (Accessed on 07/10/2024).
- [24] 高田将志 中村優吾 藤本まなと 荒川豊安本慶一. 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. https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=186775&item_no=1&page_id=13&block_id=8, 03 2018. (Accessed on 07/10/2024).
- [25] Amaya Prat-Luri María Pilar García-Vaquero Francisco J. Vera-Garcia David Barbado, Belen Irles-Vidal. Training intensity quantification of core stability exercises based on a smartphone accelerometer — plos one. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0208262>, 12 2018. (Accessed on 07/10/2024).
- [26] 森田大喜. 加速度センサを用いた体幹トレーニング支援システム. http://www.wil.it.aoyama.ac.jp/abstract/DaikiMORITA_a.pdf, 01 2021. (Accessed on 07/10/2024).
- [27] 濱谷尚志 落合桂一 山田涉 檜山聰 白井拓也荒川豊. 目標宣言共有型プラットフォームを用いたソーシャルナッジの量的質的効果の評価. https://ipsj-bti.github.io/proceedings/202303/pdf/bti03_05.pdf, 03 2023. (Accessed on 07/10/2024).
- [28] エヌ・ティ・ティ・ドコモ. <https://www.nttdocomo.ne.jp/>. (Accessed on 07/10/2024).
- [29] d ヘルスケア | 毎日の歩数が d ポイントに! <https://health.nttdocomo.ne.jp/>. (Accessed on 07/10/2024).

- [30] 双見京介 寺田努塚本昌彦. 心理的影響を考慮した競争情報フィードバックによるモチベーション制御手法. https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/?action=pages_view_main&active_action=repository_view_main_item_detail&item_id=190072&item_no=1&page_id=13&block_id=8, 06 2017. (Accessed on 07/10/2024).
- [31] みんチャレ - 三日坊主防止アプリ — みんチャレは専門家監修のもとに作成された、5人1組で続ける「習慣化アプリ」です. <https://minchalle.com/>. (Accessed on 07/10/2024).
- [32] Wearable sensor — movesense. <https://www.movesense.com/>. (Accessed on 09/29/2022).
- [33] Is background music during training counterproductive?! how music affects muscle training — compare recommended gyms! sports gym fan club (fanclub) (in japanese). <https://sportsgym-fc.com/music/>. (Accessed on 07/20/2022).
- [34] About testosterone | daito pharmaceutical industry co., ltd. (in japanese). <https://www.daito-p.co.jp/reference/testosterone.html>. (Accessed on 07/20/2022).
- [35] motion capture suit 「e-skin meva」 — imu sensor welfare equipment creact of manufacturing. <https://www.creact.co.jp/item/measure/mocap/meva/meva-top>. (Accessed on 10/02/2022).
- [36] red cross sendai (in japanese). <http://www.sendai.jrc.or.jp/info/sendai/no85/04.html>. (Accessed on 10/02/2022).
- [37] Firebase. <https://firebase.google.com/?hl=ja>. (Accessed on 11/02/2024).
- [38] スポーツジムの継続率ってどれくらい? 続けるためのコツも紹介. <https://verus-gym.com/column/retention-rate/>. (Accessed on 11/11/2024).
- [39] System usability scale - wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/System_usability_scale. (Accessed on 11/18/2022).
- [40] The system usability scale: Past, present, and future. https://www.researchgate.net/publication/324116412_The_System_Usability_Scale_Past_Present_and_Future. (Accessed on 01/14/2025).
- [41] firestore. <https://firebase.google.com/docs/firestore?hl=ja>. (Accessed on 12/12/2024).
- [42] 職務モティベーションに関する期待理論. https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjesp1971/14/2/14_2_147/_pdf. (Accessed on 12/12/2024).

付録

付録 A 本研究に関する論文誌投稿および学会発表の実績

- 国際論文誌・国際ジャーナル

May 27th, 2024

Keisuke Sato, Guillaume Lopez

“Effect of Real-Time Feedback on Posture Improvement during Core Training”

International Journal of Activity and Behavior Computing

URL https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijabc/2024/1/2024_15/_article/-char/en

June 16th, 2024

Keisuke Sato, Guillaume Lopez

CoreMoni- α : Consideration of Long-Term Feedback Methods in Core Training

International Journal of Activity and Behavior Computing

URL https://www.jstage.jst.go.jp/article/ijabc/2024/2/2024_28/_article/-char/en

- 査読有り

2022年10月

Ami Jinno, Keisuke Sato, Anna Yokokubo, Guillaume Lopez

“Real-Time Feedback System for Efficient Core Training”

The International Conference on Activity and Behavior computing 2022 @University of East London

2023年9月

Keisuke Sato, Guillaume Lopez

“Effect of Real-Time Feedback on Posture Improvement during Core Training”

The International Conference on Activity and Behavior computing 2023 @Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz Kaiserslautern

2023年10月

Keisuke Sato, Guillaume Lopez

“Influence of Feedback Modality in Core Training Support System”

The International Conference on Informatics, Electronics & Vision 2023 @University of East London

2024年5月

Keisuke Sato, Guillaume Lopez

“CoreMoni- α : Consideration of Long-Term Feedback Methods in Core Training”

The International Conference on Activity and Behavior Computing 2024 @ Kitakyusyu & Nakatsu

- 査読無し

2022 年 7 月

神野亜美, 佐藤圭翼, 横窪安奈, ロペズギョーム
“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”
一般社団法人 情報処理学会 マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム 2022 @Online

2023 年 3 月

佐藤圭翼, ロペズギョーム
“CoreMoni-α: 効果的な体幹トレーニングのための短期的フィードバックシステム”
一般社団法人 情報処理学会 行動変容学研究 G 研究会 2023 @九州大学

2023 年 7 月

佐藤圭翼, ロペズギョーム
“CoreMoni-α: 効果的な体幹トレーニングのための短期的フィードバックシステム”
情報処理学会 マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム 2023 @富山国際会議場

2024 年 6 月

佐藤圭翼, ロペズギョーム
“CoreMoni-α: Consideration of Long-Term Feedback Methods in Core Training”
一般社団法人 情報処理学会 マルチメディア、分散、協調とモバイルシンポジウム 2024 @花巻温泉

付録 B 本研究の実験に使用した研究同意書

図 6.5 から図 6.10 までは予備実験の、図 6.11 から図 6.14 までは本実験の研究同意書である。

研究説明書・実験参加に関する同意書/Research Manual/Consent Form for Experimental Participation

この説明書は、「**身体的運動認識システムのデータ収集**」実験へのご協力ををお願いするため、当該研究について説明したもので。本実験は青山学院大学の「人を対象とする研究」に関する研究倫理審査委員会承認番号**相20-10**の一環として行われています。この研究への協力をお断りになってしまっても、授業・業務に関する評価には何ら関係はなく、他にも何ら不利益を受けることはございません。また、協力に同意された場合でも自由意志でいつでもこれを撤回できます。同意書に署名する前に、この研究説明書を熟読下さい。わからないことがございましたら担当者にいつでも質問していただければと思います。

This manual explains the research in order to ask for your cooperation in the "data collection of the physical movement recognition system" experiment. This experiment is being conducted as part of Aoyama Gakuin University's research ethics review committee approval number phase 20-10 for "research involving human subjects". Even if you refuse to cooperate with this research, it has nothing to do with the evaluation of your classes and work, and you will not suffer any other disadvantages. In addition, even if you agree to cooperate, you can withdraw this at any time of your own free will. Please read this study statement carefully before signing the consent form. If you have any questions, please feel free to ask the person in charge.

1. 研究目的と意義/Purpose of this research

2019年末に流行し始めた新型コロナウイルスの影響は4年たった今でも爪痕を残している。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。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。フィットネスクラブの動向報告によると、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。体幹トレーニングはスポーツ動作に求められる能力向上だけでなく、日常生活においても重要な役割を果たしている。体幹とは身体の四肢と頭部を除いた

図 6.1: 予備実験の同意書 (1/10)

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。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。

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、正しい姿勢で行なうことは難しく、監視の目がないことから継続性に欠けると考えられる。本実験では、「体幹トレーニング」を通して人々の健康意識を促進し、行動変容の観察およびトレーニング支援システムの有効性検証を目的とし、様々なウェアラブルデバイスから得られる人間の身体的運動を定量化するための指針および手法を確立させることを目指す。特に、スマートフォンなどの身近なデバイスに搭載されているセンサを用いて、筋力トレーニング、格闘技、球技など多岐に渡る運動を認識し、スキル向上、運動促進や健康促進、エンターテイメントに応用するための知見を得ることを目的としている。

The impact of the new coronavirus, which began to spread at the end of 2019, is still leaving its mark three years later. The Japan Sports Agency cites "decline in physical fitness", "back pain/stiff shoulders", and "onset/worsening of lifestyle-related diseases" as examples of "effects of prolonged activity restrictions and lack of exercise due to measures against infectious diseases". In addition, as a result of a questionnaire survey on health conducted by Meiji Yasuda Life Insurance Company targeting 5,640 men and women in 2021, two out of three responded that they felt stressed due to the effects of COVID-19. It was found that one person was gaining weight. Furthermore, as a result of a questionnaire about changes in health awareness due to the corona disaster, more than 40% of people answered that they had increased their health awareness. From the above, it can be inferred that the COVID-19 epidemic has made people more conscious of their health.

In order to maintain a healthy body, daily exercise such as running and strength training is considered effective. According to a fitness club trend report, the total number of users in April 2022 exceeded 17 million, indicating that many people exercise regularly.

With more time spent at home, core training that can be easily started indoors by oneself is attracting attention. Core training plays an important role not only in improving the abilities required for sports movements, but also in daily life. The core is the part of the body excluding the four legs and the head, which accounts for about 48% of the body weight, and the muscle group included in the core is collectively called the core muscle . The core plays an important role in connection and balance between the four legs in movement. Therefore, core strength is very important for physical health, as it is the cornerstone of movement, and it becomes difficult to stand up if muscle strength declines. Core training has begun to spread to the general public, starting with athletes, and is attracting attention. The purpose of this research is to build a system that supports core training and contribute to people's health maintenance through training. It is difficult to observe one's own posture objectively in training performed by oneself, and it is difficult to perform training in the correct posture. In this experiment, we will promote people's health awareness through

図 6.2: 予備実験の同意書 (2/10)

"core training", observe behavioral changes and verify the effectiveness of training support systems, and quantify human physical exercise obtained from various wearable devices. We aim to establish guidelines and methods for In particular, we will use sensors installed in familiar devices such as smartphones to recognize a wide variety of exercises such as strength training, martial arts, and ball games, and to improve skills, promote exercise and health, and apply knowledge to entertainment. intended to obtain.

2. 実験の方法/Experimental method

本実験は2つのグループに分けて行われる。グループの割り当てについては後日連絡する。

Aグループはシステムを使用し、Bグループはシステムを使用しない対照実験とする。

Aグループの方々は配布するスマートフォンと加速度センサを使用し、実験を行っていただく。

システムの使用方法については、別に公開する説明動画および説明資料をご覧いただきたい。

体幹トレーニングにおける「フロントプランク」の姿勢を実験対象種目とする。

運動期間は2か月間であり、1日あたり30秒を数セット実施していただく。

This experiment is divided into two groups. Group assignments will be communicated at a later date.

Group A will use the system and Group B will be the control experiment without the system.

People in Group A will use the smartphones and accelerometers provided to conduct experiments.

For information on how to use the system, please see the explanation video and explanation materials that will be released separately.

The "front plank" posture in core training is the subject of the experiment.

Exercise term is 2 months, and you can perform several sets of 30 seconds per day.

—実験の流れ (Aグループの方たち)

①同意書の署名 (本入力フォーム)

図 6.3: 予備実験の同意書 (3/10)

②事前調査票の記入（運動経験の有無や性別などの個人データを入力 後日配布）

③実験説明資料の閲覧（デモ動画およびpdf資料 後日配布）

④デバイスの配布

⑤実験開始

約2カ月間

⑥実験終了

⑦アンケート記入

— Experiment flow(Group A)

① Signature of consent form (this input form)

② Fill out a preliminary survey form (enter personal data such as exercise experience and gender; distribute at a later date)

③ Browse experiment explanation materials (demonstration videos and pdf materials to be distributed at a later date)

④ Device distribution

⑤ Start experiment

About 2 months

⑥ End of experiment

⑦ Fill out the questionnaire

—実験の流れ（Bグループの方たち）

①同意書の署名（本入力フォーム）

②事前調査票の記入（運動経験の有無や性別などの個人データを入力 後日配布）

③実験説明資料の閲覧（デモ動画およびpdf資料 後日配布）

④実験開始

約2カ月間（実験開始時と終了時のみセンサで姿勢の良し悪しを記録）

図 6.4: 予備実験の同意書（4/10）

- ⑤実験終了
- ⑥アンケート記入
 - Experiment flow(Group B)
 - ① Signature of consent form (this input form)
 - ② Fill out a preliminary survey form (enter personal data such as exercise experience and gender; distribute at a later date)
 - ③ Browse experiment explanation materials (demonstration videos and pdf materials to be distributed at a later date)
 - ④ Start experiment

About 2 months(The sensor records good or bad posture only at the start and end of the experiment.)
 - ⑤ End of experiment
 - ⑥ Fill out the questionnaire

3. 研究実施者/Researcher

本実験は、以下のうちいずれかのものが実施する。

研究責任者：ロペズ ギヨーム（青山学院大学理工学部 教授）

実験責任者：佐藤 圭翼（青山学院大学大学院 工学研究科 修士1年）

実験担当者：佐藤 圭翼（青山学院大学大学院 工学研究科 修士1年）

装置設置者：（上記同様）

This experiment is conducted by one of the following.

Research Director: Lopez Guillaume (Professor, Faculty of Science and Technology, Aoyama Gakuin University)

Principal Investigator: Keisuke Sato (1st year master's student, Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University)

Person in charge of the experiment: Keisuke Sato (1st year master's student, Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University)

Device installer: (same as above)

図 6.5: 予備実験の同意書 (5/10)

4. 実験スケジュールおよび実施場所/Schedule and place

- 実施期間

2023年10月～2023年12月

任意の時間帯 1セットあたり30秒間 セット数は任意とする。

- 実施場所

自宅など各人の任意の場所（国内外問わず）

- Implementation period

October 2023 to December 2023

Arbitrary time period 30 seconds per set The number of sets is arbitrary.

- Place of implementation

Each person's arbitrary place such as home (regardless of domestic and overseas)

5. 参加に対する謝金の払いの有無について/Regarding the presence or absence of payment of honorarium for participation

本実験への参加は任意であり、今回の実験においては謝金の支払いはなし。

Participation in this experiment is voluntary, and no reward is paid in this experiment.

6. 実験参加によって予想される不利益と危険性/Expected Disadvantages and Risks of Participating in Experiments

本実験は非侵襲・非介入で実施し、一般的な生活に伴う行動を著しく超えた負荷を対象者に課すことはない。なお参加に先立ち、健康な状態であること（当日の体温が正常範囲

図 6.6: 予備実験の同意書 (6/10)

内) を参加の条件とする。実験に参加することで生じると予想される不利益は、筋肉疲労が考えられる。なお、健康状態に不安がある方、実験中に極度の疲労を感じた方は申し出て頂ければ、実験を中止する。体調不良の発生や疲労による影響を緩和するため適度な休憩を挟むことを可能とする。実験中に体調不良が生じた場合、ご相談の上、実験の継続が困難と判断した場合、直ちに実験を中止する。

本実験を通して発生した健康被害に対する特別な保障はない。

This experiment is non-invasive and non-interventional, and does not impose a load significantly exceeding the behavior associated with general life on the subject. In addition, prior to participation, it is a condition of participation that you are in a healthy condition (body temperature on the day is within the normal range). A possible disadvantage of participation in the study is muscle fatigue. If you are concerned about your health or feel extremely tired during the experiment, please let us know and we will stop the experiment. To make it possible to take an appropriate break in order to alleviate the effects of the occurrence of poor physical condition and fatigue. If you feel unwell during the experiment, consult with us and if it is judged that it is difficult to continue the experiment, immediately stop the experiment.

There is no special guarantee for health damage caused through this experiment.

6. 個人情報の管理と研究成果のフィードバックおよび公表/Management of personal information and feedback and disclosure of research results

この実験によって得られた情報は研究開発データとして使用させていただく。データは実験責任者により厳重に管理される。統計的に処理された統計結果の一部は、学会、青山学院大学内にて公表する場合がある。論文等の外部に発信する場合には、個人名は番号で管理され（匿名加工情報）、データから個人が特定できる形での公表は行わない。

実験中、撮影をする場合があるが、論文などに画像を利用する際は、後ろ姿もしくは顔に匿名化加工をし、掲載する。

The information obtained from this experiment will be used as research and development data. Data are strictly controlled by the principal investigator. Some statistically processed statistical results may be published at academic societies and within Aoyama Gakuin University. When disseminating externally, such as papers, individual names are managed by numbers (anonymously processed information), and are not published in a form that allows individuals to be identified from the data.

Photographs may be taken during the experiment, but when using the images for papers, etc., the back view or face will be anonymized and posted.

図 6.7: 予備実験の同意書 (7/10)

7. インフォームドコンセント（研究協力の任意性および撤回の自由について） /Informed consent

「インフォームドコンセント」とは、実験に参加して頂く前に「実験の内容等について事前に充分説明を受け、理解納得した上で実験への参加に同意する」ということである。今回の実験の場合にもインフォームドコンセントが必要となる。実験中であってもいつでも実験中止を実験者に求めることができ、実験者は直ちに実験を中止する。その場合、実験結果などの情報は廃棄され、それ以降は研究目的に用いられることはない。

回答後に回答を撤回したい場合は、実験者責任者にその意思を伝え、実験者担当者はその回答をそれ以降の研究目的には使用しない。この実験による研究の進展や成果について、質問があればいつでも受け付ける。

“Informed consent” means that “I agree to participate in the experiment after receiving a sufficient explanation of the contents of the experiment, etc., and understanding and consenting to it” before participating in the experiment. Informed consent is required for this experiment as well. The experimenter can be asked to stop the experiment at any time even during the experiment, and the experimenter will immediately stop the experiment. In that case, information such as experimental results will be discarded and will not be used for research purposes thereafter.

If you wish to withdraw your answer after answering, please inform the experimenter-in-charge, and the experimenter-in-charge will not use the answer for further research purposes. We welcome any questions you may have regarding the progress and results of this experiment.

8. 実験参加への同意/Consent to Participate in Experiments

以上、ご説明した内容で、

□
本実験に参加してもよい

□
研究実施者に限り個人特定されてもよい

の2点に同意頂ける方は、下記入力フォームへ記入を行い、実験者へ提出願います。

何かご不明な点がございましたら、いつでも研究実施者へご質問下さい。本研究の目的、方法等を十分理解し納得した上で、実験へのご協力をよろしくお願ひ申し上げます。

As explained above,

- I can participate in this experiment

図 6.8: 予備実験の同意書 (8/10)

- Only research participants may be identified

If you agree with the above two points, please fill in the following input form and submit it to the experimenter.

If you have any questions, please ask the researcher at any time. We ask for your cooperation in the experiment after fully understanding the purpose and method of this research.

9. 実験に関する連絡先/Contact information for experiments

実験責任者/Principal Investigator

佐藤 圭翼/KEISUKE SATO

e-mail : ksato@wil-aoyama.jp / Tel : 042-759-6373

青山学院大学/Aoyama Gakuin University

c5623233@aoyama.jp [アカウントを切り替える](#)



共有なし

* 必須の質問です

本実験参加に/To this experiment *

同意する/Agree

同意しない/Disagree

氏名（フルネーム） /FirstName LastName *

回答を入力

図 6.9: 予備実験の同意書 (9/10)

本実験参加に/To this experiment *

同意する/Agree

同意しない/Disagree

氏名（フルネーム） /FirstName LastName *

回答を入力

連絡可能なメールアドレス/Your e-mail *

回答を入力

署名日/Date of submission *

日付

年 /月/日

送信

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このフォームは 青山学院大学 内部で作成されました。
Does this form look suspicious? [レポート](#)

Google フォーム

フォームをクリア

図 6.10: 予備実験の同意書 (10/10)

研究説明書・実験参加に関する同意書

こちらの説明書は、「**身体的運動認識システムのデータ収集**」実験へのご協力をお願いするため、当該研究について説明です。本実験は青山学院大学の「人を対象とする研究」に関する研究倫理審査委員会承認番号**相20-10**です。当研究実験への協力をお断りになつても、授業・業務に関する評価には何ら関係はなく、他にも何ら不利益を受けることはありません。また、協力に同意された場合でも自由意志でいつでも等実験を撤回できます。同意書に署名する前に、この研究説明書をご一読ください。わからないことがございましたら担当者にご質問が可能です。

1. 研究目的と意義/Purpose of this research

2019年末に流行し始めた新型コロナウイルスの影響は、4年経過した現在でも多大なる影響が残っている。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」を事例を挙げている。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判明した。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「健康意識が高まつた」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。フィットネスクラブの動向報告によると、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実施している。

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されている。体幹トレーニングはスポーツ動作に求められる能力向上だけでなく、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。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。

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。一人で実施する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。

本実験では、「体幹トレーニング」を通して人々の健康意識を促進し、行動変容の観察およびトレーニング支援システムの有効性検証を目的とし、様々なウェアラブルデバイスから得られる人間の身体的運動を定量化するための指針および手法を確立させることを目

図 6.11: 本実験の同意書 (1/5)

指す。特に、スマートフォンなどの身近なデバイスに搭載されているセンサを用いて、筋力トレーニング、格闘技、球技など多岐に渡る運動を認識し、スキル向上、運動促進や健康促進、エンターテイメントに応用するための知見を得ることが目的である。

2. 実験の方法/Experimental method

—実験の流れ（Aグループの方たち）

- ①同意書の署名（本入力フォーム）
- ②事前調査票の記入（運動経験の有無や性別などの個人データを入力 後日配布）
- ③実験の説明（専用slackにて実施）
- ④デバイスの配布
- ⑤実験開始
約1ヶ月間
- ⑥実験終了
- ⑦アンケート記入
- ⑧謝礼支払い手続き書類サイン

3. 研究実施者/Researcher

本実験は、以下のうちいずれかのものが実施する。

研究責任者：ロペズ ギヨーム（青山学院大学理工学部 教授）

実験責任者：佐藤 圭翼（青山学院大学大学院 理工学研究科 修士2年）

実験担当者：佐藤 圭翼（青山学院大学大学院 理工学研究科 修士2年）

装置設置者：（上記同様）

4. 実験スケジュールおよび実施場所/Schedule and place

—実施期間

2024年10月末～2024年11月末

任意の時間帯 1セットあたり30秒間 セット数は任意とする。

—実施場所

自宅など各人の任意の場所（国内外問わず）

5 参加に対する謝金の払いの有無について/Regarding the presence or absence of

図 6.12: 本実験の同意書 (2/5)

5. 参加に対する謝金の払いの有無について/Regarding the presence or absence of payment of honorarium for participation

本実験への参加は任意である。本実験は謝金有

6. 実験参加によって予想される不利益と危険性/Expected Disadvantages and Risks of Participating in Experiments

本実験は非侵襲・非介入で実施し、一般的な生活に伴う行動を著しく超えた負荷を対象者に実施はしない。参加には、健康な状態であること（当日の体温が正常範囲内）を参加の条件とします。実験に参加することで生じると予想される不利益は、筋肉疲労が考えられています。なお、健康状態に不安がある方、実験中に極度の疲労を感じた方は申し出があれば、実験を中止します。体調不良の発生や疲労による影響を緩和するため適度な休憩を挟むことを許可します。実験中に体調不良が生じた場合、ご相談の上、実験の継続が困難と判断した場合、直ちに実験を中止します。

本実験を通して発生した健康被害に対する特別な保障はない。

*これは良く確認した方が良いです。通常であれば学内の保険適応が有ります。保証が無い実験は倫理的に許可されません。

6. 個人情報の管理と研究成果のフィードバックおよび公表/Management of personal information and feedback and disclosure of research results

この実験によって得られた情報は研究開発データとして使用させて頂きます。データは実験責任者により厳重に管理されます。統計的に処理された統計結果の一部は、学会、青山学院大学内にて公表する場合があります。論文等の外部に発信する場合には、個人名は番号で管理され（匿名加工情報）、データから個人が特定できる形での公表はしません。

実験中、撮影をする場合がありますが、論文などに画像を利用する際は、背面・顔に匿名化加工をし、掲載することをご承諾頂くことを許可頂くことを実験の参加条件と致しますことをご了承ください。

7. インフォームドコンセント（研究協力の任意性および撤回の自由について）/Informed consent

「インフォームドコンセント」とは、実験に参加して頂く前に「実験の内容等について事前に充分説明を受け、理解納得した上で実験への参加に同意する」ことです。今回の実験の場合にもインフォームドコンセントが必要となります。実験中いつでも実験中止を実験者に求めることができ、実験者は直ちに実験を中止ができます。その場合、実験結果などの情報は廃棄され、それ以降は研究目的に用いられることはございません。

本実験回答後に、回答を撤回したい場合は、実験者責任者にその意思を伝えることで撤回ができます。撤回後実験者担当者は撤回者の意志を尊重し、回答を以降の研究目的には使用しません。本実験による研究の進展や成果について、質問があればいつでも受け付けます。

図 6.13: 本実験の同意書 (3/5)

8. 実験参加への同意/Consent to Participate in Experiments

以上、ご説明した内容で、

- 本実験に参加してもよい
- 研究実施者に限り個人特定されてもよい

の2点に同意頂ける方は、下記入力フォームへ記入を行い、実験者へ提出願います。

本実験について何かご不明な点がございましたら、いつでも研究実施者へご質問下さい。本研究の目的、方法等を十分理解し納得した上で、実験へのご協力をよろしくお願ひ致します。

9. 実験に関する連絡先/Contact information for experiments

実験責任者/Principal Investigator

佐藤 圭翼/KEISUKE SATO

e-mail : ksato@wil-aoyama.jp / Tel : 042-759-6373

青山学院大学/Aoyama Gakuin University

[misuchiru.fan01110002@gmail.com アカウントを切り替える](#)



共有なし

* 必須の質問です

実験に参加することを *

- 同意する
- 同意しない

氏名 *

回答を入力

図 6.14: 本実験の同意書 (4/5)

9. 実験に関する連絡先/Contact information for experiments

実験責任者/Principal Investigator

佐藤 圭翼/KEISUKE SATO

e-mail : ksato@wil-aoyama.jp / Tel : 042-759-6373

青山学院大学/Aoyama Gakuin University

misuchiru.fan01110002@gmail.com アカウントを切り替える



✉ 共有なし

* 必須の質問です

実験に参加することを *

同意する

同意しない

氏名 *

回答を入力

送信

フォームをクリア

Google フォームでパスワードを送信しないでください。

このコンテンツは Google が作成または承認したものではありません。 - [利用規約](#) - [プライバシーポリシー](#)

Does this form look suspicious? [レポート](#)

Google フォーム

図 6.15: 本実験の同意書 (5/5)

付録C 質疑応答内容

Q. (工藤) 本実験において、想定では毎日続けるのが良いということなのか。

A. (佐藤) いいえ。本研究においては、文献調査のもと、3日に1回行えていれば可としている。

Q. (工藤) 三日坊主の防止ではなく、24時間やっていなかったら通知するようなシステムの方が良いのではないか。

A. (佐藤) 健康の観点から、毎日続けることが必ずしも良いとは断定できない。疲労骨折などの副次的な悪影響が考えられる。また、将来的にシステムを使わずにトレーニングを続けるようになってもらうことが目標であるため、強制的に頻繁にトレーニング催促を行うことで、かえってモチベーションが低下してしまい、本末転倒になってしまう可能性が懸念される。

Q. (工藤) 結果として、続くようになっているのか。

A. (佐藤) はい。しかしながら、一部の被験者においては続かなかった。この被験者は最後のアンケート記述で「そもそもシステムを使ってトレーニングを続けることが煩雑である」と述べたため、そもそもシステムを使用すること自体に抵抗があったと考えられる。

Q. (工藤) 「姿勢推定+3日坊主防止機能を備えたトレーニングアプリケーションを使って被験者実験をした」という研究だと捉えているが、その認識で合っているか？その場合、技術的な新規性はどこにあたるのか？姿勢推定を使ったトレーニングアプリケーション研究は結構ありそうだが、紹介されていた関連研究以外を踏まえて、研究自体の新規性を改めて論じてほしい。

A. (佐藤) 本研究に取り組むまでは、世の中にたくさんあると感じていた。しかし、調査していく中で、何かの要素（姿勢判定）が完璧であっても、別の要素（フィードバック）になんらかの課題が生じている関連研究が散見された。本研究の新規性は主に4つの観点から考えることができる。1点目はリアルタイムの姿勢判定およびリアルタイムフィードバックである。体幹トレーニングに限らず、トレーニングの姿勢の良し悪し判定をリアルタイムに行い、即時にユーザにフィードバックを与えるシステムは存在しない。2点目は通知のタイミングである。24時間に1回のタイミングやランキング変動時にユーザに通知を送信する機能はすでに存在しているが、72時間のタイミングで通知を送る体幹トレーニング支援システムはない认识到している。3つ目は短期的・長期的フィードバックの両方を搭載している点である。短期的フィードバックや長期的フィードバックの単体システムは存在するものの複合的なシステムは散見されない。4つ目は特殊なアルゴリズムにより、加速度センサひとつで角度を算出し、姿勢判定につなげている点である。

Q.(Dürst) Do people learn the best posture for your training after some time, or is it necessary to use your system for years because it is easily possible to fall back into a bad posture? For a front plank, did you only check the position of the hip? I'd assume even if the hip is positioned correctly, the back could be in a bad position and should be corrected.

A.(Sato) The former is correct. The goal of this research is to be able to continue training in the correct posture without using the system in a few years. You're right. In the future, I would like to equip multiple sensors to make the system more accurate.