

# MUKI<sup>2</sup>:筋電図と眼電位を利用した 筋力トレーニング支援システムの提案

菅野 邦幸<sup>\*1</sup> 王丸 潤之介<sup>\*1</sup> 大門 亮哉<sup>\*1</sup> 南林 優作<sup>\*1</sup>  
ZHANG MINRUI<sup>\*2</sup> LU YONGJIANG<sup>\*2</sup> 伊藤 雄一<sup>\*2</sup>

**MUKI<sup>2</sup>:Proposal for a Workout Supporting System Using EMG and EOG**

Kuniyuki Kanno<sup>\*1</sup>, Junnosuke Omaru<sup>\*1</sup>, Ryoya Daimon<sup>\*1</sup>, Yusaku Minamibayashi<sup>\*1</sup>,  
Zhang Minrui<sup>\*2</sup>, Lu Yongjiang<sup>\*2</sup>, and Yuichi Itoh<sup>\*2</sup>

**Abstract** – The demand for strength training at gyms has increased with the growing awareness of health. However, beginners often find it difficult to maintain proper form, and a lack of focus can reduce training effectiveness and increase the risk of injury. This study proposes a support system using BITalino electromyography (EMG) and electrooculogram (EOG) sensors to monitor muscle activity and mental concentration in real time while training in front of a mirror. The system analyzes muscle activation during arm curls and side raises and detects events where the gaze shifts away from the mirror. It provides some audio feedback during training and visualizes muscle activity and eye movement after training to help users improve their form and concentration. By combining physiological and mental monitoring in real time and providing post-training feedback, the system aims to support safer and more effective strength training. This approach promotes better awareness, correct technique, and sustainable workout habits.

**Keywords** : Workout, Muscle Sensing, Distracting Thoughts, EMG, EOG

## 1. はじめに

近年、健康志向の高まりや運動不足解消のニーズに伴い、フィットネスジムの需要は着実に増加している。特に若年層を中心に、筋力トレーニング（筋トレ）への関心が高まっており、個人のペースでトレーニングができるジム利用者も年々増加傾向にある。また、ジムでの筋トレを効率よく、かつ安全に行うためには、正しいフォームや身体への負荷に対する理解が不可欠である。一般的には、インストラクタの指導を受けることでこれらが担保されるが、すべての利用者が常に指導を受けられるわけではない。特に、筋トレ初心者には、自身のフォームや筋肉の使い方が正しいのかどうか判断が難しく、誤った筋トレが怪我やトレーニング効果の低下につながる可能性もある。また、筋トレを継続するためにはモチベーションの維持も重要な課題となる。

本体験では、鏡を用いて自己の身体の動きを確認しながら筋トレを行う。これは、自己の動作を視覚的に確認することによって、正しいフォームを維持し、筋

トレの効果を高めるためである。しかし、体験中にユーザが外的要因に気を取られ、鏡から視線を逸らすと、精神的な分散が生じ、トレーニングに対する集中力が低下する可能性がある。そのため、本体験では筋トレに対する注意が散漫になる視線の逸脱を「邪念」として定義する。

さらに本企画では、BITalinoの生体センサを活用し、筋トレ中の筋肉の活動量や邪念の有無をリアルタイムに可視化・フィードバックするシステムの開発を目指す。具体的には、筋電図（EMG）センサを用いて各部位の筋活動を取得し、さらに、眼電位（EOG）センサによって視線の動きを取得し、筋トレ中の邪念を検出することで、よりの確で効果的な筋トレを支援する。本システムを用いることでユーザは、自身のトレーニング内容を客観的に把握し、必要な部位に対してより意識的に負荷をかけることが可能となる。また、リアルタイム音声によるフォーム指導や邪念可視化フィードバックは、筋トレ効果の向上が期待できる。本体験では、参加者はEMGセンサとEOGセンサを装着し、アームカールおよびサイドレイズを各2セット実施する。運動中には筋活動および集中度のリアルタイムフィードバックを提示し、各セット終了後には使用筋肉の割合や邪念の有無を提示することで、適切なフォームの習得や意識づけの向上を促す。本企画を

\*1: 青山学院大学大学院 理工学研究科

\*2: 青山学院大学 理工学部

\*1: Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

\*2: School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

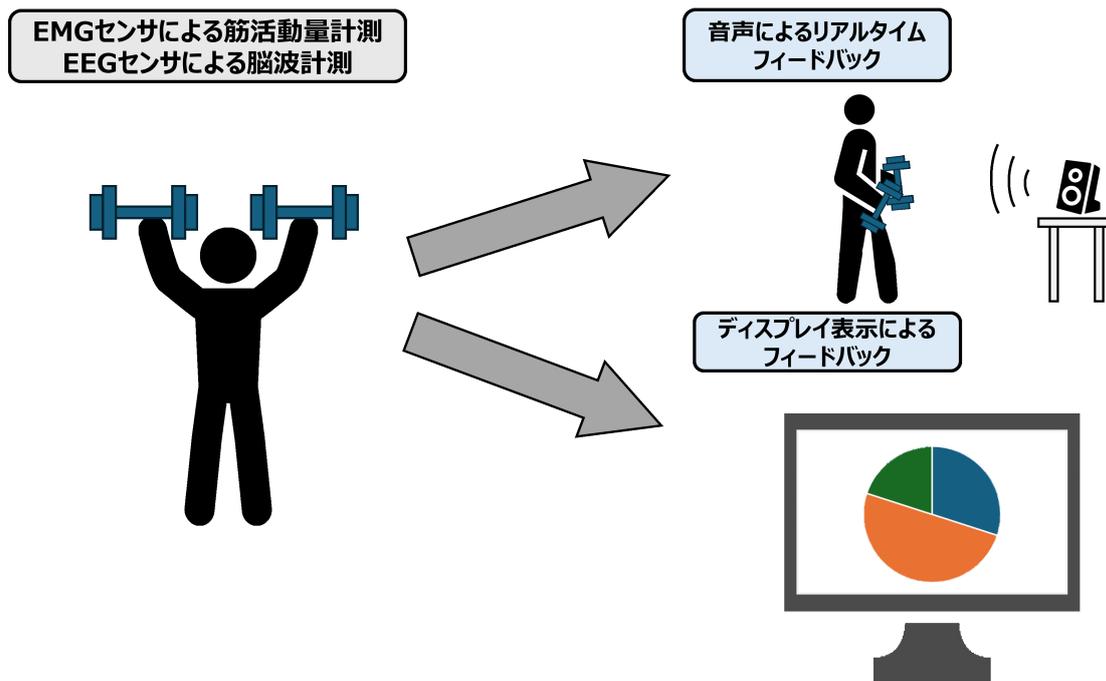


図1 体験イメージ図

通じて、BITalino センサを活用した初心者でも安全かつ効果的に筋トレができる新しい支援システムの可能性を提示する。

## 2. 関連研究

### 2.1 筋力・筋機能の評価

これまでにも、生体センサを用いた筋力や筋機能の評価は多く行われてきた。評価に用いられる指標としてEMG が広く知られているが、EMG 単体での筋力評価には限界があるとされている<sup>[1]</sup>。

そこで近年では、EMG 以外のデータを用いた筋力・筋機能の評価が進められている。Fukuhara らは、EMG と筋音図 (MMG) を組み合わせることで、運動中の筋機能の評価するのに有用な新しい指標を確立している<sup>[2]</sup>。また Yang らは、超音波データを収集し、そのデータを用いた深層学習モデルを構築することで、筋力を評価する手法を提案している<sup>[3]</sup>。

以上のことから、EMG に加え、別の指標を組み合わせることで、高精度な筋力評価が可能になると考えた。

### 2.2 眼電位による人の状態評価

EOG センサにより取得したデータから、視線方向を分類できることが明らかになっている<sup>[5]</sup>。これを利用して、視線方向から人の状態を推定する研究が行われている。Chien らは、運転中のドライバーの視線から眠気検出を行い、80%以上の精度で検知可能であることを示した<sup>[4]</sup>。このことより、視線方向から人の状態を推定可能であることが考えられる。そこで本企画では、視線の動きを EOG センサで取得することで、ユーザ

の筋トレへの取り組みを評価し、筋トレ効果の向上を目指す。

### 2.3 筋トレ支援システム

筋トレ中のユーザを支援するシステムに関する研究もこれまでにいくつか行われている。田邊らは、ビデオカメラでトレーニングの様子を撮影し、それをサンプル画像と比較することで、正しいフォームでトレーニングが行えているかをフィードバックするシステムを提案している<sup>[9]</sup>。Noteboom らは、1回の動作で筋肉にかかる負荷とその回数から、実施したトレーニングの筋肉負荷を計算し、筋肉ごとに色分けしてボディマップとしてフィードバックするアプリケーションを開発している<sup>[10]</sup>。

以上のように、筋トレ中にその効果をフィードバックするシステムはいくつか存在しているが、各筋肉への負荷を1動作ごとに計算し、それをフィードバックするようなシステムは提案されていない。

そこで本企画では、EMG と EOG を用いて、筋トレ中の邪念を検出しながら各筋肉への動作ごとの負荷を計算し、筋トレ中のユーザにフィードバックするシステムを提案する。

## 3. 実装計画

本企画では、EMG センサと EOG センサを体の各部位に取り付けることで、筋トレ中の各筋肉への負荷の大きさの測定や邪念の検出を行い、フィードバックする筋トレ支援システムを提案する。

本体験では、アームカールとサイドレイズを行う。

EMG センサを取り付ける部位はこれらの種目から上腕二頭筋、前腕部、三角筋、僧帽筋の4か所とし、各部位に加わっている負荷の大きさを取得する。その後、それぞれの筋肉群の活動レベルを標準化することで、筋トレ中の各部位の使用割合を算出する。

また、EOG センサから取得した視線データを用いて、鏡を見ているかどうかを判断し、筋トレ中の邪念を検出する。

本体験でのフィードバックとして、リアルタイム音声での指導と、筋トレ終了後に筋肉の活動レベルの可視化を実施する。リアルタイム音声でのフィードバックでは、特定の筋肉の使用割合が閾値を下回った場合に、その筋肉を動かすよう指導する音声を流す。また、邪念を検出した場合には、邪念を捨て筋トレに集中するよう指導する音声を流す。筋トレ終了後のフィードバックでは、各部位の使用割合を可視化し、正解データとの乖離をディスプレイ上に投影することで、次のセットの筋トレ効果を向上させるための正しい取り組み方をユーザに対して提示する。また、邪念の有無も提示することで、次のセットでより集中できるようフィードバックを与える。これらにより、筋トレ効果の向上を目指す。

#### 4. 体験プラン

##### 4.1 体験シナリオ

本企画では、EMG センサと EOG センサを用いて、図 1 に示す体験を提供する。各体験の手順は以下の通りである。まず、ユーザは EMG センサを上腕二頭筋、前腕部、三角筋、僧帽筋の4か所に、EOG センサを頭部に取り付ける。その後、ユーザに適した重さのダンベルを両手に持ち、ユーザが筋トレを行う。トレーニングでは、10回1セットとして、アームカール、サイドレイズの順に、2セットずつ行う。筋トレ中は、EMG センサで取得した筋活動と EOG センサで取得した眼電位から、筋トレ効果を測定し、これを最大化するような指導の音声を、スピーカーを用いてリアルタイムにフィードバックする。各セット終了後には、該当セットにおける各筋肉の使用割合と邪念の有無をディスプレイに表示し、ユーザにフィードバックを与える。

##### 4.2 フロアプラン

フロアプランを図2に示す。2m×2mのスペースを想定し、テーブルの上にフィードバックで使用するディスプレイを配置する。ユーザは鏡の前に立ち、ダンベルを用いた筋トレを行う。鏡の左右には、音声フィードバックを行うためのスピーカーを使用する。ダンベルを扱うため、周囲の安全を考慮し、上記の大きさのスペースを想定している。さらに、安全面を考慮して、

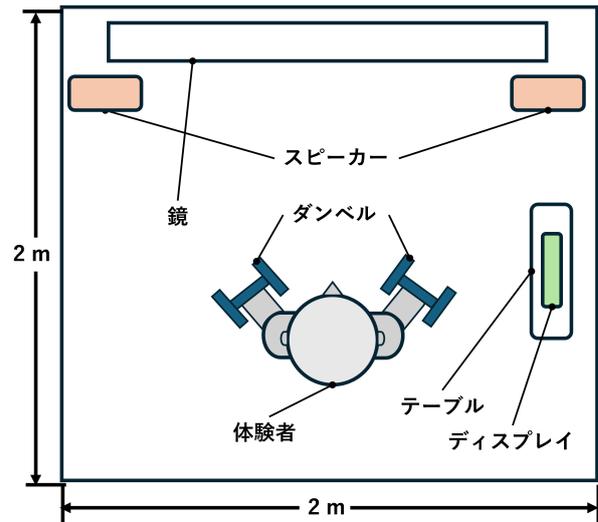


図2 フロアプラン

本体験は1名ずつ行うことを想定している。

#### 参考文献

- [1] Ibitoye, M. O., Hamzaid, N. A., Zuniga, J. M., Wahab, A. K. A.: Mechanomyography and muscle function assessment: A review of current state and prospects; *Clinical Biomechanics*, **Vol.29**, No.6, pp.691-704 (2014).
- [2] Fukuhara, S., Kawashima, T., Oka, H.: Indices reflecting muscle contraction performance during exercise based on a combined electromyography and mechanomyography approach; *Scientific Reports* 11, No.1, 21208 (2021).
- [3] Yang, X., Zhang, B., Liu, Y., Lv, Q., Guo, J.: Automatic quantitative assessment of muscle strength based on deep learning and ultrasound; *Ultrasonic Imaging*, **Vol.46**, pp.211-219 (2024).
- [4] Chieh, Thum Chia, et al. "Development of vehicle driver drowsiness detection system using electrooculogram (EOG)." 2005 1st International Conference on Computers, Communications, Signal Processing with Special Track on Biomedical Engineering. IEEE (2005).
- [5] Mahmood, Hassanein Riyadh, et al. "Eye Movement Classification using Feature Engineering and Ensemble Machine Learning." *Engineering, Technology Applied Science Research* 14.6 (2024): 18509-18517.
- [6] Velnath, R., Prabhu, V., Krishnakumar, S.: Analysis of EEG signal for the estimation of concentration level of humans; *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **Vol.1084**, No.1 (2021).
- [7] Aziz, F. A. A., Shapiai, M. I., Setiawan, N. A., Mitsukura, Y.: Classification of Human Concentration in EEG Signals using Hilbert Huang Transform; *International Journal of Simulation-Systems, Science & Technology* 18, No.1 (2017).
- [8] Wong, A. B., Tu, D., Huang, Z., Chen, X., Wang, L., Wu, K.: Muscle-Mind: towards the Strength Training Monitoring via the Neuro-Muscular Connection Sensing; *Proceedings of the 19th ACM*

Conference on Embedded Networked Sensor Systems, pp.371–372 (2021).

- [9] 田邊, 高塚, 椋木: 運動過程をフィードバックする筋力トレーニング支援システム; 電気関係学会九州支部連合大会講演論文集, pp.228–229 (2021).
- [10] Noteboom, L., Nijs, A., Beek, P. J., van der Helm, F. C., Hoozemans, M. J.: A Muscle Load Feedback Application for Strength Training: A Proof-of-Concept Study; Sports, **Vol.11**, No.9 (2023).