

# 筋力トレーニングを指向した Exergame 向け負荷制御の研究

有菌 拓也<sup>1,a)</sup> 橋爪 崇弘<sup>1,b)</sup> 矢谷 浩司<sup>1,c)</sup>

## 概要 :

筋力トレーニングは健康の増進に寄与することが知られており、トレーニング支援の研究は広く行われてきた。しかしながら、従来の筋力トレーニングは単純な反復運動で構成されているため、ユーザが動機を失いやすい。本研究では、よりユーザに適した運動を設計するための手法として、筋力トレーニングの負荷制御を提案する。この技術によって、ゲームをプレイしながら筋力トレーニングを行えるような、新しい exergame を実現することができると考えられる。本稿では、アクリルを用いて作製したプロトタイプであるダンベル型デバイスについて報告する。このデバイスはウェイトプレート間での水の移動によって重心を移動させることが可能である。最後に今後の研究の展望について論じる。

## Investigating Load Control for Free-weight Exergames

TAKUYA ARIZONO<sup>1,a)</sup> TAKAHIRO HASHIZUME<sup>1,b)</sup> KOJI YATANI<sup>1,c)</sup>

## Abstract:

Free-weight workouts are known to be beneficial to health development, and existing research has investigated its supporting technologies. However, because conventional free-weight workouts consist of repeated exercises, users may easily lost their motivations. In this project, we investigate an approach to control a load for free-weight workout activities in order to design more customized exercises. With this technology, we aim to design a novel exergame in which users can perform workouts while playing a game. In this paper, we report our prototype dumbbell device made with acrylic resin. This device can control the center of mass by transferring water between the weight plates on the two sides. We then discuss our future research directions.

## 1. 背景

習慣的な運動が体力の向上に寄与することは広く知られている。例えば、アメリカ疾病予防管理センターの勧告においては週に 150 分以上の有酸素運動と週に 2 回の筋力トレーニングが推奨されている [1]。同時に、筋力トレーニングはサルコペニアや腰痛の予防にも効果があり、体力向上のみならず健康増進の観点からも重要である。

しかしながら、トレーニング理論に関する知識を持たな

い一般のユーザが効果的なトレーニングを実施することは難しい。特に、筋力トレーニングにおいては適切な負荷の設定が困難である場合が多い。例えば、筋力強化・筋肥大・痩身などの目標に応じた負荷設定を行うための知識が要求される [2]。また、通常の筋力トレーニングは単純な反復運動のみで構成されており、ユーザが動機を失いやすく習慣的な運動につながりにくい。

そこで本研究では、ユーザの目的や身体能力に応じて負荷を調節する適応的な負荷制御システムを提案する。そのシステムの一例として、重心移動が可能なダンベルを作製する。このダンベルは水の入ったアクリル箱をウェイトプレートとして用いる。ポンプによって内部の水を一方のウェイトプレートから他方へ移動させることで重心を移動

<sup>1</sup> 東京大学 大学院工学系研究科 矢谷研究室  
Interactive Intelligent Systems Laboratory,  
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo  
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan

a) arizono@iis-lab.org

b) hashizume@iis-lab.org

c) koji@iis-lab.org

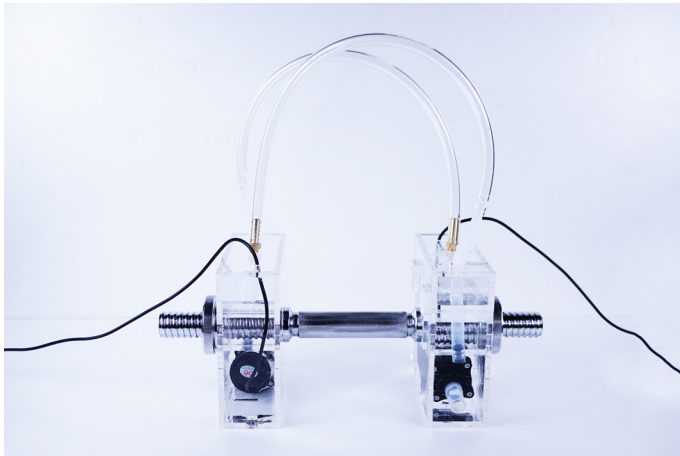


図 1: 作製したダンベルの外観。

Fig. 1 The appearance of dumbbell device.

させる。本稿では現在のプロトタイプであるダンベルの作製とその予備的な実験に関して報告する。

## 2. 関連研究

ユーザの身体能力や目標に適応的な負荷を設定するための研究は、主に身体機能のリハビリテーションを目的として行われてきた。例えば、Octavia らは多発性硬化症患者のリハビリテーション進度に応じて難易度を調節する haptics ゲームを作製した [3]。また、Jezernik らは脊椎損傷者に対して、身体能力に応じて歩行パターンを生成してトレッドミルトレーニングの負荷を調節した [4]。これらの研究は多様な症状を持つ患者それぞれの身体能力や目標に応じたリハビリテーションの提供に成功している。筋力トレーニングにおいても、リハビリテーションと同様に負荷の調節により、ユーザの身体能力や目標に応じた筋力トレーニングの実施が可能であると考えられる。

HCI における筋力トレーニング支援システムの研究は、主にユーザの動きの識別や技能評価、反復回数の上げなどを目的としてきた。Chang らの研究 [5] や Morris らの研究 [6] ではユーザが装着した加速度センサのデータを用いてトレーニング種目の識別と反復回数の上げを行っている。他にも、Velloso らの研究ではユーザの動きを関節の角度や特定部位の動きなどに分割して評価することで、ユーザのトレーニング技能を評価している [7]。これらの研究は、反復回数の上げや技能評価の自動化によるユーザのモチベーション向上に主眼を置いている。これらの研究により、運動の認識や評価のための非常に優れたセンシング技術やアルゴリズムが提案されている。しかしながら、これらの研究では筋力トレーニングにおいて重要な負荷についてのアプローチが不足している。したがって、本研究では筋力トレーニングの負荷調節によるユーザ支援システムを構築する。

ダンベルは筋力トレーニングにおいて広く用いられてい

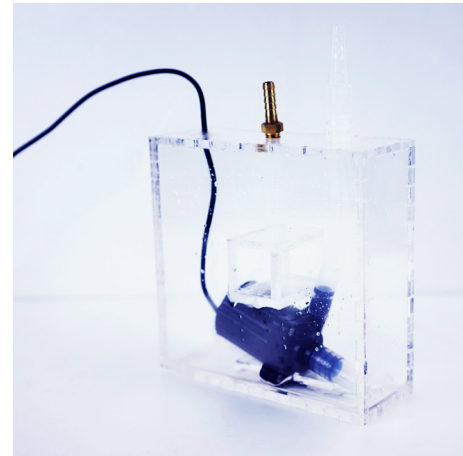


図 2: アクリル製ウェイトプレートの外観。内部にポンプを搭載している。

Fig. 2 The appearance of a weight plate. It has a pump inside.

る器具である。ダンベルは左右にウェイトプレートを装着することで重量を調節している。本研究では、左右のウェイトプレートの重量比を変更することでダンベルの重心を移動させる。Niiyama らは液体金属の移動によって物体の重量や体積を変更する手法を提案している [8]。この手法は本研究においても応用できると考えられる。

## 3. 重心移動機能を備えたダンベル

本研究では、筋力トレーニングを指向するゲームやアプリケーションに利用可能な、負荷を制御できるシステムの構築を目指す。その実装の一例として、内部の水を移動させることにより重心を変更できるダンベルを作製した。このシステムの作製にあたって以下のような要件を定め、それに則って設計を行った。

- (1) 多様なトレーニングについて汎用的に利用可能である。
- (2) 人体に安全な材料を使う。
- (3) 重心移動によって実際にトレーニング負荷の変更が可能である。

現時点でのプロトタイプであるダンベルの外観を図 1 に示す。ダンベルシャフトに後述するアクリル製のウェイトプレートを装着して使用する。アクリル製のウェイトプレートは径 28 mm の一般的なダンベルシャフトに装着することができる。

作製したウェイトプレートの外観を図 2 に示す。このアクリル製ウェイトプレートは底面にポンプを搭載している。ウェイトプレート内部に水を注入することが可能であり、内部の水の量によってウェイトプレートの重量が変化する。上部に接続されたチューブを通じて一方のウェイトプレートから他方のウェイトプレートに水を移動し、それによってダンベルの重心を調整することが可能である。

ウェイトプレートの内部寸法が、縦 150 mm、横 150 mm、奥行き 50 mm となるよう、厚さ 5 mm のアクリル板を用いてウェイトプレートを作製した。中心にはシャフトを通すために、縦 30 mm、横 30 mm の孔を開けている。内部のポンプも合わせたウェイトプレートの重量は 750 g である。水を注入することで 1600 g まで重量を増加させることができる。ポンプは VOVYO Technology の DC40-2470 を用いている。電源として 9 V 形のアルカリ乾電池を用いる場合、ウェイトプレートを満杯にするだけの量の水を一方から他方へ移動させるのに約 40 秒要する。

#### 4. 主観的評価による予備的実験

まず、重量が 2 kg の金属シャフトにアクリル製ウェイトプレートを装着したダンベルを 2 人の実験参加者に利用してもらった。実験参加者がダンベルを (1) 持ち上げる、(2) 回転させる、(3) 静止させるという 3 つの動作をしている最中に、ダンベルの重心を移動させた。結果として、次のような意見を得た。

- 腕の小指側に重心が移動した場合、親指側に重心が移動した場合よりも、重心の移動を感じやすい。
- 腕の小指側に重心が移動した場合に負荷が強くなったように感じる。

次に、より大きな重量での主観的評価のため、上述のダンベルに左右合わせて 5 kg の金属製ウェイトプレートを追加で装着した。このダンベルを同じ実験参加者に利用してもらい、先述の実験と同じ 3 つの動作をしている最中に、ダンベルの重心を移動させた。結果として「ダンベルの重量が大きすぎて重心の移動を感じにくい」という意見を得た。

#### 5. おわりに

本稿では現在までに筋力トレーニング向け適応的負荷調整システムを提案し、またその一例として液体移動による重心移動機能を備えたダンベルを作製した。今後は作製したダンベルを用いた実験を行い、システムの改善やアプリケーションの開発を行う必要がある。

まず、現時点でユーザテストから得られた意見を元に、ダンベルを改良する。具体的には、全体の重量をより小さくし、重心の移動を認識しやすくする必要がある。次に、協力者を募り、上記の改良したダンベルをトレーニングに使用する実験を実施する。この実験は以下の知見を得ることを目的とする。

- (1) ダンベルの重心移動による負荷の変更範囲。
- (2) ダンベルの重心移動によって実現可能なアプリケーションの領域。

- (3) アプリケーションの使用による、ユーザの筋肉の活動の変化およびユーザのモチベーション維持効果。

実験の後、得られた知見を元にユーザのトレーニングを支援するためのアプリケーションを作製する。アプリケーションの一例としては、ダンベルを用いて操作する exergame を想定している。反復動作を行うという筋力トレーニングの特性上、リズムゲームを作成する計画である。

アプリケーション作製後はアプリケーションのユーザテストを行う。アプリケーション使用時の筋肉の活動やユーザの使用感について調査を実施し、その有効性を検証する。最終的には、得られたデータをまとめ、今後の exergame や筋力トレーニング支援アプリケーション作製に寄与する知見を得たい。

#### 参考文献

- [1] Centers for Disease Control and Prevention: How much physical activity do adults need?, <http://www.cdc.gov/physicalactivity/basics/adults/> (accessed 2016-12-26).
- [2] Kraemer, W. J. and Ratamess, N. A.: Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription, *Medicine and science in sports and exercise*, Vol. 36, No. 4, pp. 674–688 (2004).
- [3] Octavia, J. R., Coninx, K. and Feys, P.: As I Am Not You: Accommodating User Diversity Through Adaptive Rehabilitation Training for Multiple Sclerosis Patients, *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference, OzCHI '12*, New York, NY, USA, ACM, pp. 424–432 (2012).
- [4] Jezernik, S., Scharer, R., Colombo, G. and Morari, M.: Adaptive robotic rehabilitation of locomotion: a clinical study in spinally injured individuals, *Spinal Cord*, Vol. 41, No. 12, pp. 657–666 (2003).
- [5] Chang, K.-H., Chen, M. Y. and Canny, J.: Tracking Free-weight Exercises, *Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Computing, UbiComp '07*, Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, pp. 19–37 (2007).
- [6] Morris, D., Saponas, T. S., Guillory, A. and Kelner, I.: RecoFit: Using a Wearable Sensor to Find, Recognize, and Count Repetitive Exercises, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '14*, New York, NY, USA, ACM, pp. 3225–3234 (2014).
- [7] Velloso, E., Bulling, A., Gellersen, H., Ugulino, W. and Fuks, H.: Qualitative Activity Recognition of Weight Lifting Exercises, *Proceedings of the 4th Augmented Human International Conference, AH '13*, New York, NY, USA, ACM, pp. 116–123 (2013).
- [8] Niiyama, R., Yao, L. and Ishii, H.: Weight and Volume Changing Device with Liquid Metal Transfer, *Proceedings of the 8th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction, TEI '14*, New York, NY, USA, ACM, pp. 49–52 (2013).