

1. 担当 PM

稲見 昌彦（東京大学 先端科学技術研究センター 教授）

2. クリエータ氏名

栗本 知輝（東京大学大学院学際情報学府 先端表現情報学コース）

黒木 琢央（東京大学大学院新領域創成科学研究科 人間環境学専攻）

松田 響生（東京大学大学院新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻）

3. 委託金支払額

2,736,000 円

4. テーマ名

VR と電動トレーニング機器を用いた筋力トレーニングシステム

5. 関連 Web サイト

リリースサイト：<https://home.trave-project.com/>

6. テーマ概要

近年、筋力トレーニング（以降、筋トレ）の健康的価値が認識されてきたことや、フィットネス市場が拡大してきたことに伴い、筋トレを行う人が増加している。それに伴って、筋トレを行うためのツールも拡充しつつある。その中でも電動トレーニング機器は、多様で豊富なデータを取得できる点や、トレーニング中に負荷をリアルタイムで調整できる点に強みを持ち、急速に広がりつつある。このような特徴により、電動トレーニング機器は従来の金属製の重りに比べて、他の情報技術と多様で密な連携をすることができる。この連携によって電動トレーニング機器は、新しいトレーニング体験・価値を生み出すポテンシャルを秘めているが、現在の訴求ポイントは、トレーニングデータが自動記録される点や、負荷調整によりトレーニングの補助をする点など、一部に止まっており、そのポテンシャルを十分に発揮しているとは言い難い。

一方、近年技術的進歩が進み、筋トレへの応用を期待できる情報技術として、VR（Virtual Reality）が挙げられる。VR 空間では、クロスモーダル効果をはじめとする錯覚効果を生成したり、物理世界では実現できない体験を作ったりす

ることができる。こうした現象や体験を筋トレに応用することは、新しい効果や体験の創出に寄与すると考えられる。

本プロジェクトでは、独自の電動トレーニング機器に VR 技術を連携させることで、トレーニングにおける新しい効果や楽しさを生み出すことを目指した。トレーニングデータに基づいて VR の錯覚効果を提供して挙上支援をしたり、VR 空間と連動して負荷を変えたりして、これまでにないトレーニング支援や楽しいトレーニング体験を実現し、筋力トレーニングに対する「辛い」「つまらない」といったネガティブなイメージを刷新することを目指した。

7. 採択理由

デジタル技術を用いたトレーニングシステムは過去の未踏事業でも数多く提案されているが、本システムは、VR を用いた錯覚により、筋トレの効果を向上させようとしている点に新規性がある。独自の電動トレーニング機器も興味深い。

情報化が進むことによる身体性の喪失が懸念されている中で、VR を積極的にトレーニングに活用する「Physical eSports」という新たな分野への展開を期待し採択とした。

8. 開発目標

筋トレを実践する人々が急増しているものの、筋トレ体験には単調さや辛さなどの課題が存在する。筋トレは主に視覚、聴覚、力覚を通じて体験されるものであるため、VR と筋トレデバイスを組み合わせることで、情報技術を利用してこれらの感覚に介入し、筋トレ体験を刷新できる。有酸素運動や体幹トレーニングの分野では、このようなシステムが大きな注目を集めているが、高負荷の筋トレに対応した VR と連携するデバイスはまだ数が限られている。

本プロジェクトは、VR と連携して高負荷の筋トレを実現できるシステムの開発と、新しい筋トレ体験を提供するデモアプリケーション（以降、デモアプリ）の開発を目的とした。提案されるシステムでは、VR 空間で楽しく高負荷の筋トレができるだけでなく、従来の筋トレの課題に対して視覚・聴覚・力覚に介入することにより、新しいアプローチの筋トレ体験が可能となる。デモアプリを通じてこのような体験を具現化し、システムの大きな潜在力を示すことを目標とした。さらに、開発ツールを整備し公開することで、多くの開発者がこの分野を開拓できる状況を実現することを目標とした。

9. 進捗概要

本システムの全体像を図 1 に示す。本システムは、自作したデバイス、それを有名なゲームエンジンである Unity から操作するための API、これらを用いた VR アプリケーション（以降、VR アプリ）から構成される。



図 1 : システムの全体像のイメージ図

本デバイスの内部を図 2 に示す。

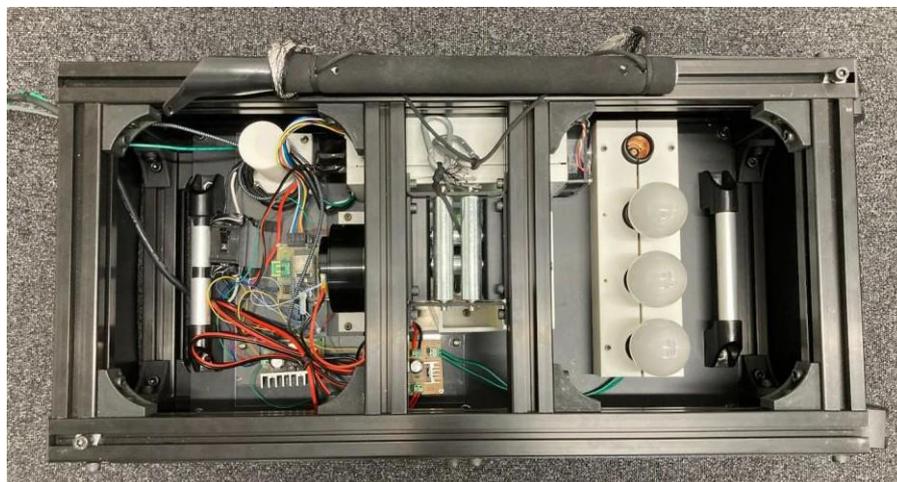


図 2 : デバイスの内部の外観

モーターにはプーリーが接続され、そのプーリーに巻き付けられたケーブルが、中央にある 4 本のローラー機構から外に伸びている。そして、このケーブルが筋トレ用のハンドルに接続されている。モーターがケーブルを引っ張るのに抗ってハンドルを引き上げることで、筋トレができる仕組みである。様々な向き・体勢で使用することで、色々な筋トレ種目が実施可能である。また、図 3 に示すように、Meta Quest2 の延長グリップに穴をあけてケーブルを通したものをハンドルとして使い、またそのホルダーを取り付けることで、本デバイスおよびハンドルの位置情報を VR アプリから取得できるようにしている。



図 3 : ハンドルおよびマシンをトラッキングするための機構

本デバイスの回路構成を図 4 に示す。本デバイスでは、パワードスーツ等で使われるような高出力のモーターを採用している。本プロジェクトでは安全のため出力負荷を制限しているが、最大で 70kg 以上の負荷を出力可能である。また、ハンドルを挙上する際は回生電力が発生するため、それを電球によって消費している。そして、制御用のマイコンを用いて、CAN 通信を通して、VR アプリからモーターへの指令を素早く安全に反映している。

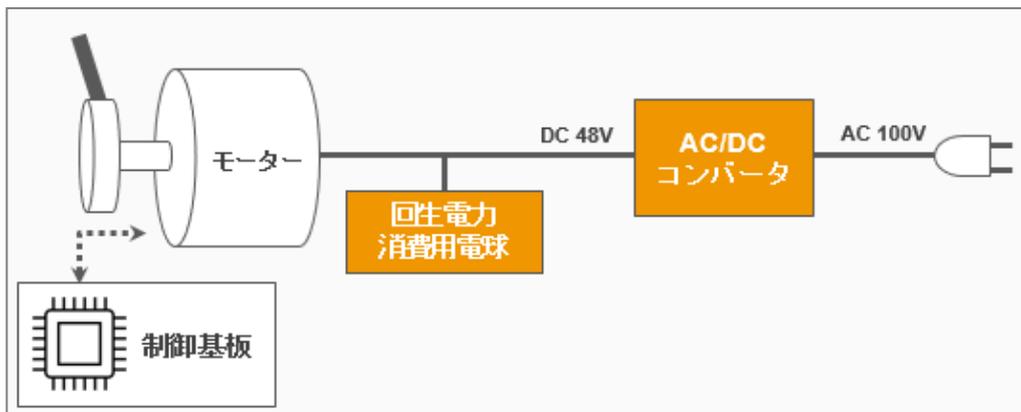


図 4 : 本デバイスの回路構成

本プロジェクトでは、本デバイスを用いた VR 開発をサポートするための Unity Asset を開発してリリースした。これにより Unity 上から、GUI または簡単なスクリプトインターフェースを通して、デバイスを制御することが可能である。

本プロジェクトでは、本システムを活用して筋トレの視覚・聴覚・力覚体験を拡張し、筋トレの課題を解決するようなデモアプリを、3 つ公開した。

1 つ目は、釣りをモチーフにしたデモアプリである (図 5)。VR 空間での大きな力覚演出を筋トレに取り入れることで、負荷そのものを楽しみを加えて、单调さの解決に寄与する。本アプリでは、現実空間ではハンドルを挙上して腕の筋ト

レをしているが、VR 空間では、釣竿を使って魚を釣り上げているような体験をする。本アプリには、魚が針を突く感触、魚が暴れる感触、大物が竿を強力に引っ張る演出など、複数の力覚演出を実装している。加えて、ユーザの筋力を自動測定して適切な負荷を設定する、挙上中に自動で動的に負荷を調整するなど、電動トレーニング機器特有の性質を活かした筋トレ支援機能を実装している。さらに、美しい景観、自然な魚の動き、直感的にわかりやすい操作も実現している。



図 5 : 釣りをモチーフにしたデモアプリのプレイ画面

2 つ目は、VR 空間で生起される錯覚効果を利用して筋トレ効果を向上させるデモアプリである (図 6)。本アプリでは、挙上動作をガイドする移動壁が右方向から左方向に向かって流れていくため、その移動壁に当たらないように所持していくスティックを操作する。本アプリには 2 つの錯覚効果を用いている。1 つ目は、プロテウス効果というものである。リアルタイムで姿勢推定をして、筋肉質なアバターを生成して自身の体と感じてもらうことで、挙上回数の向上を狙うことができる。2 つ目は、Pseudo-Haptics 効果である。VR 空間での腕の動きを実際よりも大きくすることで、疑似力覚が生じて重量を軽く感じることができる。



図 6 : VR 空間での錯覚効果を用いたデモアプリのプレイ画面

3 つ目は、異なる種目・筋力・場所同士での合同トレーニングを実現するデモアプリである (図 7)。本デモアプリでは、通信機能付きの握力計を制作した。握力計側のユーザは、現実空間では握力計を握っていて、VR 空間では魔法の杖

を握りビームを出しているように見える。そして、デバイス側に握力値を送信し、デバイスはそれに応じた負荷を出力する。一方で、筋トレデバイス側のユーザは、大きなカブを引っ張っているように見える。そして、筋トレマシン側からは握力計側にハンドルの位置情報を送信し、握力計側はそれに応じてビームの衝突位置を変動させる。このようにして、異なる種目間の協調を実現している。また、デバイスの出力の大きさを、ユーザ間の筋力差に応じて調整することで、異なる筋力間の協調を実現している。そして、遠隔通信を行い異なる場所間での協調を実現している。このように、現実では異なる種目やデバイス・筋力・場所で筋トレをしているが、本システムを通して、相手が同じ種目・同等の筋力・同じ場所で共に筋トレしているような体験が実現する。



図 7：異なる種目・筋力・場所同士での合同トレーニングを実現するデモアプリのプレイ画面

本システムおよびデモアプリは、従来の VR とトレーニングの連携システムと 3 つの点で異なる。まず、1 つ目の違いは、本システムが高負荷の筋トレを対象としていることである。従来のシステムは有酸素運動や体幹トレーニングが中心であったが、本システムにより高負荷の筋トレでも技術とエンターテイメントを取り入れることが可能になった。2 つ目の違いは、筋トレの楽しさや成果向上に対する新しいアプローチを提案していることである。従来のシステムはゲーム化やトレーニングメニューのパーソナライズが主流だったが、本システムとデモアプリは筋トレの視覚・聴覚・力覚体験を拡張するアプローチにより課題を解決できることを示している。3 つ目の違いは、設計図の公開や API の整備・配布により、他の開発者も簡便に VR と連携した高負荷の筋トレアプリを開発できるようにしていることである。

10. プロジェクト評価

本システムを利用することで、家で筋トレを行う人とジムで筋トレを行う人の両方が、筋トレの楽しさ、成果、モチベーション等を向上させることができるようになるだろう。デモアプリが示す力覚的楽しさ、VR の錯覚効果による支援、異なる種目・筋力・場所間での合同トレーニングに加え、視覚・聴覚・力覚に連携して介入できる様々な効用をトレーニーに提供できる。さらに、第三者向けの開発環境の整備により、VR と連携した高負荷の筋トレに関する研究・開発が促

進されよう。また、筋トレだけでなく、VR と高出力の力覚連携システムのプラットフォームとして、VR 領域全体に対する研究・開発に大きく貢献できると判断する。

11. 今後の課題

クリエイターらは本システムの活用を推進するために、2つの方向性を検討している。第一の方向性は、システムの一部または全体を公開し、筋トレをはじめとした VR および高出力の力覚体験の開発プラットフォームとして成長させることである。第二の方向性は、ビジネスへの展開であり、システムおよびデモアプリケーションをフィットネス関係者、VR 関係者、エンターテインメント関係者に売り込むことを検討している。これにより、製品またはその一部として社会で利用されることが期待されよう。