

# 筋力トレーニングの リアルタイム視覚フィードバック用拡張現実感システム

## An AR-based Real Time Feedback System of Strength Training

情報工学専攻 19N8100005F 岡 実来

### 1 序論

厚生労働省によると、日本におけるリスク要因別の関連死亡数の第3位が運動不足となっている。また、運動不足を感じると答えた人が8割いる。このことから、運動不足が問題視されている。スポーツ省によると、自宅で運動している人は週3日以上運動を行なっている割合が高いことから、自宅などの身近な場所で気軽に運動できることが運動習慣に繋がってくると考えられる。

自宅で気軽にできる運動の1つに筋力トレーニングがある。筋力トレーニングの効果は死亡率の減少 [1] や睡眠の質の向上 [2], 不安の改善 [3] がある。しかし、筋力トレーニングを適切な方法で行わないと、その効果が望めないだけでなく、怪我に繋がる危険性もあり、筋力トレーニングは正しい姿勢と速さで行わなければならない [4]。したがって、自宅で正しい筋力トレーニングを行える手法の実現が望まれる。

モーションキャプチャを使用して、筋力トレーニング時に取得した体の動きのデータを解析し、ユーザーへのフィードバックができる。この技術を使用する事で、自宅で正しい筋力トレーニングが行えると考えられる。

本研究では、主として筋力トレーニングの正しい動作の理解及び再現させることを目的とする。

### 2 提案システム

#### 2.1 提案システム概要

モーションキャプチャによりユーザーの動作を認識し、ユーザーの動作を表示させることで、リアルタイムで動作を確認でき、ユーザーに動作の改善を促すシステムを提案する。また、提案システムでは、骨格情報を取得できること、開発ソフトウェアで利用できることを考慮し、モーションキャプチャのデバイスとして、Microsoft Kinect for Windows v2 を用いる。これは、過去に一般的な家庭で購入可能な価格で販売されていて、個人での使用が容易であり、本研究が解決すべき課題であ

る気軽に筋力トレーニングが行えることを満たしている。また、筋力トレーニングを行う上で、現実世界が見えて安全であること、ハンズフリーであること、ワイヤレスであること、耳にかける形のデバイスではなく、頭全体を覆う形のデバイスであるため、激しい動きをしても落ちにくいこと、正面が見られない筋力トレーニングを行なっている際でも表示された情報が見られることを考慮し、透過型 HMD である、HoloLens を用いる。提案システムでは、パネルの上にボタンや文字やユーザモデルの映像を配置する。このパネルは現実の物体に重畳表示させる必要はないので、首を動かさなくても見えるように、視野内に収まる最大の大きさに設定する。提案システムでは、腕立て伏せのフィードバックを行う。

#### 2.2 提案システムの流れ

提案システムの手順を以下に示す。

- Step1 設定シーンにおいて、回数とセット数とセット間の休憩時間を選択する。
- Step2 準備シーンにおいて、ユーザがトレーニングの準備を行う。
- Step3 トレーニングシーンにおいて、システムはユーザの動作や時間のカウントダウン、呼吸のタイミング、そのトレーニングのポイントなどを表示する。次のセットがある場合は、Step2 に遷移し、ない場合は、Step5 に遷移する。
- Step4 休憩シーンにおいて、ユーザはセット間の休憩をする。休憩が終わったら、もう一度、Step2 に遷移する。
- Step5 終了確認シーンにおいて、ユーザが終了するか、もう一度トレーニングを行うかを選択する。もう一度トレーニングを行うと選択した場合は、

Step1 に遷移し、終了するを選択した場合は、システムが終了する。

提案システムの流れを図 1 に示す。

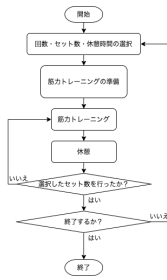


図 1: 提案システムの流れ

## 2.3 設定シーン

設定シーンでは、トレーニングを行う回数とセット数及び、セット間の休憩を HoloLens で選択できる。筋力トレーニングの効果において重要な要素に、疲労困憊になる回数・セット数を行うことと、1~2 分程度、セット間の休憩をとることがある。回数とセット数はユーザの筋力トレーニング経験などから個人差がある。したがって、提案システムでは、回数とセット数はユーザ自身で選択できる。また、最適なセット間休憩も個人差があるため、1 分と 2 分で選択できる。

## 2.4 トレーニングシーン

トレーニングシーンでは、ユーザが表示された情報を HoloLens で見ながら筋力トレーニングを行う。腕立て伏せの正しい方法は、頭と腰と足が一直線を維持しながら、2 秒かけて体を落とし、1 秒かけて体を上げることである [5]。ユーザの姿勢の状態を表す骨格モデルは 25 個の関節が直線で結ばれて表現される。Unity 上にカメラを 2 つ用意する。1 つ目は HoloLens に映し出すパネル用のカメラで、2 つ目はユーザモデルを映し出す映像用のカメラである。ユーザモデルを映し出すカメラで撮られた映像をパネル上に表示する。ユーザはこの骨格モデルを HoloLens で見ながら、自身のトレーニングの姿勢を改善していく。

体の上げ下げに合わせた適切なカウントダウンが表示され、それに合わせて体の上げ下げの矢印と呼吸も表示される。また、動作のポイントとなる説明と筋力

トレーニング中に意識すべき線も表示される。腕立て伏せは、頭と腰と足が一直線になることがポイントであるため、Kinect で認識した頭の位置を始点にし、足の位置を終点とした直線が表示される。これらの映像を HoloLens に表示するために、PC でレンダリングを行い、HoloLens へ映像データを送信する手段を選択する。

## 2.5 休憩シーン

休憩シーンでは、ユーザがトレーニングとトレーニングの間の休憩を行うシーンである。筋力トレーニングの効果において重要な要素に、1, 2 分程度の休憩時間を取ることがある。設定シーンで選択した休憩時間分のカウントダウンが表示される。このシーンでは、カウントダウンが残り 10 秒になると、10 秒間警告音が発生する。ユーザに音で聴覚的に休憩終了を気づかせることで、HoloLens を外して休憩できる。

## 2.6 終了確認シーン

終了確認シーンでは、ユーザが筋力トレーニング終了後に筋力トレーニングを続けるか、終了するかを選択する。ユーザが続けるを選択した場合、設定シーンに遷移する。また、ユーザが終了するを選択した場合、システムは終了する。

## 3 実装

ユーザ実験中の使用風景と提案システムの画面構成を以下に示す。ユーザは図 3 のような映像を HoloLens で見ながらトレーニングを行う。ユーザの全身を Kinect で認識させたいため、Kinect からユーザまでの距離を 1.5m 程度離す必要がある。



図 2: 使用風景



図 3: 画面構成

### 3.1 実験

本研究の実験では、筋力トレーニングの正しいやり方が記載してある書籍 [5] の紙媒体を用いて行った筋力トレーニングと提案システムを用いて行った筋力トレーニングにおいて、正しい姿勢で筋力トレーニングが行えた数と正しい運動スピードとの差を比較し、定量的に評価する。さらに、アンケートでユーザが自身の動作をリアルタイムで確認できたか、筋力トレーニングの動作のポイントを理解できたかどうか、提案システムを利用した筋力トレーニングの効果はあったかなどを聞き、目標を達成するかどうかを定性的に評価する。被験者は大学生及び大学院生 8 名である。

### 3.2 定量評価

定量評価では、紙媒体を用いた筋力トレーニングと提案システムを用いた筋力トレーニングを行い、正しい姿勢で筋力トレーニングが行えた割合とユーザの運動スピードと正しい運動スピードの差の平均を比較する。

腕立て伏せの正しい姿勢はトレーニング中に頭から足まで一直線に保つことである [5]。提案システムは Kinect で認識した頭の位置を視点にし、足の位置を終点とした直線が表示される。筋力トレーニング中に腰の位置が直線上にあるかどうかを判定する。紙媒体を用いて行う筋力トレーニングの場合、提案システムを起動し、Kinect でユーザの姿勢を取得するが、ユーザは HoloLens を着用しないとする。

紙媒体を用いた行った筋力トレーニングの正しい姿勢で行えた回数の割合の平均は 63% であり、提案システムを用いて行った筋力トレーニングの正しい姿勢で行えた回数の割合の平均は 74% である。したがって、提案システムを用いた筋力トレーニングの方正しい姿勢で行えた割合が高いと言える。また、被験者全員が紙媒体を用いた筋力トレーニングよりも提案システムを用いた筋力トレーニングでの正しい姿勢の割合が低くなっていることがなかった。提案システムは正しい姿勢で行うことについて有効ではあるが、ユーザの姿勢の認識の精度を上げることで、正しい姿勢で行える割合がより高くなる。

腕立て伏せの正しい運動スピードは 2 秒かけて体を落とし、1 秒かけて体を上げることである [5]。そのため、1 回の腕立て伏せにかかる時間は 3 秒である。体を落とし始めてから、体上がるまでにかかった時間を測り、正しい運動スピードの 3 秒との差を計測した。

紙媒体を用いて行った筋力トレーニングは正しい運動スピードとの差の平均が 0.609 秒であり、提案システムを用いて行った筋力トレーニングは正しい運動スピードとの差の平均が 0.304 秒である。したがって、提案システムを用いた筋力トレーニングの方が正しい運動スピードとの差が 0.305 秒短いことがわかる。また、被験者全員が提案システムを用いた筋力トレーニングの方が正しい運動スピードに近い運動スピードで行えたこともわかる。したがって、提案システムは正しい運動スピードで行うことについて有効である。

### 3.3 定性評価

定性評価では、被験者に提案システムを体験する前と後にアンケートにて、自身の動作をリアルタイムで確認できたか、筋力トレーニングの動作のポイントを理解できたかどうか、提案システムを利用した筋力トレーニングの効果はあったかなどを聞き、目標を達成したか評価する。結果は以下の表 1 に示す。アンケートは 4 段階評価とし、値が大きいほど肯定的を、小さいほど否定的を表す。

表 1: アンケート結果

質問	1	2	3	4
1 HoloLens の重さが負荷に感じなかったか	0	2	5	1
2 タップ操作は容易にできたか	0	2	5	1
3 HoloLens が改良されたら提案システムは有用だと思うか	0	0	1	7
4 自身のモデルが正しい動きをしていたか	0	2	3	3
5 動作のポイントがわかったか	0	0	3	5
6 自分の姿勢がわかったか	0	0	1	7
7 正しい運動スピードで行えたか	0	0	5	3

#### 3.3.1 HoloLens について

項目 1 や HoloLens に対しての自由記述によると「もっと軽い方がトレーニングしやすい」や「運動のために HoloLens を固定すると少し圧迫感があった」という意見より、HoloLens の締め付け感や重さが課

題である。質問 2 によると、HoloLens のタップ操作が難しいと感じたユーザがいた。タップ操作また、質問 2,3 においてタップ操作が難しいと感じたことと、HoloLens が改良されたら有用性があると思うことに負の相関がある。したがって、タップ操作が難しく感じた人ほど、HoloLens が改良されたら有用性があると思うことがわかる。

### 3.3.2 提案システムの機能性

提案システムの機能性についての自由記述に、「背筋の曲がり具合がよくわかった」や「自身の姿勢の状態が分かりやすかった」などの意見があった。定量評価での紙媒体を用いた筋力トレーニングと提案システムを用いた提案システムで正しい姿勢でできた割合の差と質問 4 の相関係数は 0.741 であり、強い相関が得られた。したがって、ユーザ自身のモデルが正しい動きをしていれば、提案システムの効果があることがわかる。しかし、質問 4 より、自身のモデルが正しい動きをあまりしていなかったと感じたユーザがいた。ユーザの関節が身体の他の部位と重なってしまうと、関節の認識にズレが生じた。

モーションキャプチャを 2 箇所を設置し、2 方向のカメラからユーザの関節の位置をとることが解決策として挙げられる。

### 3.3.3 提案システムの効果

質問 5 から 7 より、提案システムは筋力トレーニングの正しいやり方で行えることがわかる。提案システムについての自由記述の意見で、「トレーニングのバリエーションが増えるともっと良くなる」という意見から、トレーニングの正しいやり方の情報を容易に入力できる方法を考える必要がある。

## 4 結論

本研究では、筋力トレーニングの正しい動作の理解及び再現させることを目的とする。提案システムでは、モーションキャプチャである Kinect でユーザの関節位置を取得し、PC でユーザのモデルやカウントダウンの映像を生成する。生成した映像をユーザがつけている透過型 HMD である HoloLens に送信し、表示する。ユーザはトレーニング中に HoloLens の映像を見

て、ユーザ自身で動作の修正をしながら筋力トレーニングを行う。

定量的な評価では、紙媒体を用いた筋力トレーニングと提案システムを用いた筋力トレーニングで正しい姿勢で筋力トレーニングが行えた回数の割合とユーザの 1 回あたりの運動スピードと正しいやり方での 1 回あたりの運動スピードとの差の平均を比較した。また、定性的な評価では、被験者に提案システムを使用してもらい、評価及び考察を行った。定量的な評価の結果と定性的な評価の結果の両方でユーザは筋力トレーニング中に自身の動作をリアルタイムで確認でき、正しい運動スピードで行えたので、目標を達成したと言える。今後の課題として、入力方法を改善すること、ユーザの関節の認識の精度を上げること、トレーニングの種類を増やすことが挙げられる。

## 参考文献

- [1] Scott J. Dankel, et al. : “Dose-dependent association between muscle-strengthening activities and all-cause mortality: Prospective cohort study among a national sample of adults in the USA”, Archives of Cardiovascular Diseases, pp.626-633, 2016.
- [2] Alley, et al. : “Effects of Resistance Exercise Timing on Sleep Architecture and Nocturnal Blood Pressure”, The Journal of Strength & Conditioning Research, vol.5, pp.1378-1385, 2015.
- [3] Brett R Gordon, et al. : “The Effects of Resistance Exercise Training on Anxiety: A Meta-Analysis and Meta-Regression Analysis of Randomized Controlled Trials”, Sports Medicine, vol.47, pp.2521-2532, 2017.
- [4] “The Squat Exercise in Athletic Conditioning: A Position Statement and Review of The Literature”, SCJ, vol.13, pp.51-58, 1991.
- [5] 坂詰真二 : “1 日 3 分筋力は作れる!!坂詰式正しい「筋トレ」の教科書”, 株式会社カンゼン, 2016.