

# ゲーミフィケーションに基づく体操支援システムの提案

姚 舜禹<sup>1,a)</sup> 大井 翔<sup>1,b)</sup> 松村 耕平<sup>1</sup> 野間 春生<sup>1,c)</sup>

**概要:** 近年、国民の運動不足が社会問題である。この原因として、運動の時間が取れない、面白くないので続かないなどの理由がある。これらの問題を解決するために、短時間運動や体操運動の研究が進められている。その1つに世代を超えた家族が同時に行うことで楽しく、短い時間で運動効率の良いロコモ体操として「アクティブ5」がある。本研究では、「アクティブ5」の特徴に合わせて、ユーザが体操を真似することで、リアルタイムにスコアをつけ、スコアによるエフェクトを出すシステムを提案した。Kinectで計測したユーザスケルトンとOpenPoseで分析したビデオの教師スケルトンをリアルタイムで類似度から点数を計算し、点数によるエフェクトを出す。実際に展示ブースや子どもに体験してもらい、体験者がゲーム感覚で楽しく運動することができる可能性があることを確認した。

## 1. はじめに

厚生労働省の平成29年国民健康・栄養調査結果[1]によると、20代と30代の国民は、2割しか運動を実践していない。それに対して、60代以上の国民は4割以上が運動を実践しているが、全体の平均は4割以下であり、運動不足が社会問題である(図1)。その原因として、運動をする時間が取れないことや、面白くないので続かないなどの理由がある。多くの日本企業では、ラジオ体操を毎日の業務開始前の運動として問い入れられていたり、夏休みなどでは子どもに対してラジオ体操会などの運動をする機会もあるが、面白くないと感じる人や、やる気が出ない人もいる。つまり、運動を楽しくさせること、やる気を出すことが課題である。

面白く楽しい運動として、「ジャストダンス」[2]という

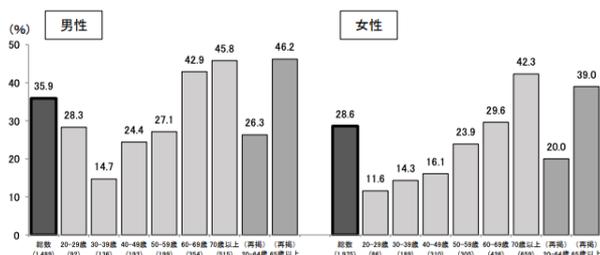


図1 運動習慣のある者の割合(20歳以上、性・年齢階級別)\*1

<sup>1</sup> 立命館大学

Ritsumeikan University

a) is0445hk@ed.ritsumei.ac.jp

b) sho-ooi@fc.ritsumei.ac.jp

c) hanoma@fc.ritsumei.ac.jp

\*1 平成29年「国民健康・栄養調査」の結果、運動習慣のある者の割合(20歳以上、性・年齢階級別)



図2 アクティブ5\*2

画面の人と一緒にダンスすることを通し、点数とエフェクトが出るダンスゲームがある。特殊なカメラか外部デバイスから、ユーザの姿勢を推定し、スコアを計算する。しかし、動作内容は曲に対しての動作であるため、動きが複雑である。

楽しい、簡単なラジオ体操として、「アクティブ5」(図2)というロコモ体操がある。「アクティブ5」は、健康科学の知見を基礎として、子どもから高齢者まで多世代が同時に楽しむことができ、気軽に取り組むことのできる体操である。その特徴として「生涯元気になれる5つの運動」、「三世代と一緒にシンクロできる楽しさ」、「簡単ではないからステップアップと達成感」を持ち、短時間で簡単に運動ができる。

本研究では、「アクティブ5」3つの特徴に合わせて、体操を楽しむことを目的とする。体操を真似することで、リアルタイムでスコアをつけ、ユーザの映像を撮り、スコアの高さにより、ユーザの映像にエフェクトを出すこ

\*2 アクティブ5一般バージョンの図( <http://www.activeforall.jp/active5/> )

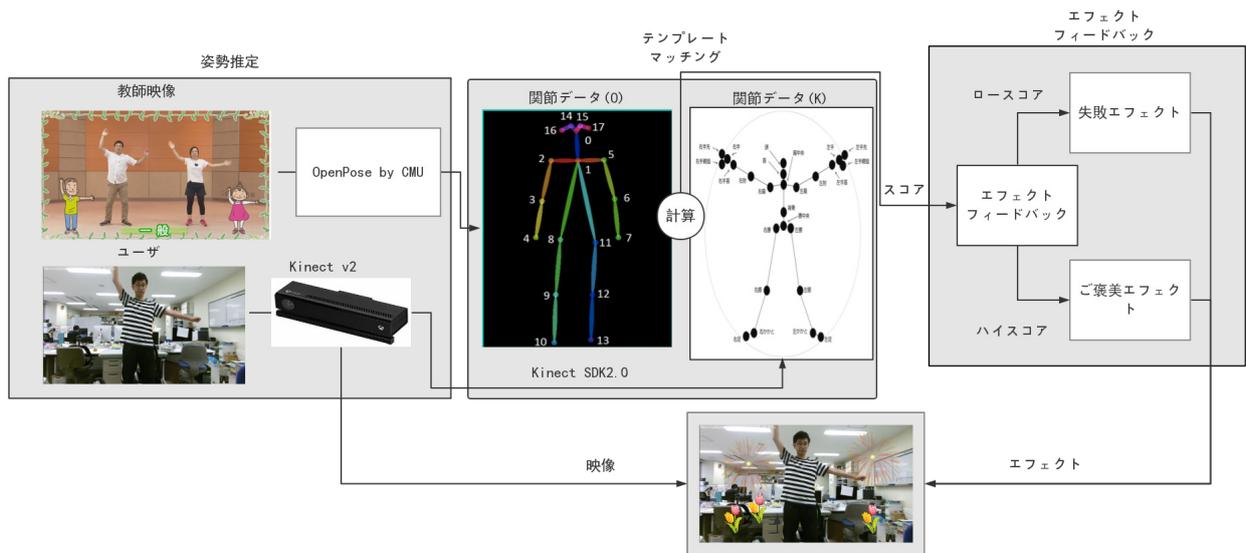


図 3 提案システムの構成\*3

とで楽しく運動のできるシステムを提案した。

## 2. 関連研究

体操のシステムとして、スマートフォンのセンサで動き具合を採点するアプリ「毎朝体操」[3]がある。体操中にスマートフォンを片手に握った状態にしておくと、腕の動き具合を検知し、指定の動作をチェックして、スコアをつける。しかし、画面が見えないため、動作のスコアが低い理由がわからない、動作の改善が難しい。

スマートフォンのセンサ以外、姿勢推定から運動のジェスチャーにスコアをつける方法もある。澁澤 [4] は深度画像センサを用いた拮抗体操支援システムを開発した。拮抗体操に適用ため、関節間の距離や手の位置座標を利用し、手足の開閉動作や突き出し動作を検出する。しかし、スコアの計算にはリズムを強調するため、動作の幅と角度の精度を重視しない。Liu L. ら [5] も Kinect を用いて固定のジェスチャーを真似し、同じジェスチャーをすることでスコアをつけるシステムを提案した。しかし、Liu L. らのシステムはリアルタイムの体操に対応できず、固定のポーズだけ評価している。Qiao S. ら [6] は OpenPose[7] を用いてリアルタイムにジェスチャーにスコアをつけるシステムを提案した。太極拳ビデオの人の動作を真似することで、リアルタイムでスコアをつける。しかし、複雑な計算をするため、遅延と低速度が問題点になる。つまり、太極拳より動きが速いラジオ体操に対応が困難である。

これまでのシステムでは、運動姿勢をセンサで処理することで、スコアを求めることができていたが、固定のジェスチャーのみや動きの遅い運動しか対応できなかった。そこで、本システムでは、OpenPose と Kinect の組み合わせことで、ラジオ体操のような速さの運動も対応でき、スコア

をリアルタイムをフィードバック出るシステムを開発した。

## 3. システム概要

### 3.1 システムデザイン

提案するシステムデザインとして、3種類のポイントがある。はじめに、ユーザはリアルタイムに評価されたスコアを見ることができ、動作の正確性を確認することができる。次に、スコアに応じて「花が咲く」、「火花が打ちあがる」などのエフェクトが表示され、ユーザとシステムがインタラクションする。最後に、他のユーザとスコアを競うことで他人とのインタラクションを可能にする。

### 3.2 システムの構成

本システムの構成を図3に示す。ユーザはRGB-Dカメラの前に立ち、自分自身の映像と教師映像を同時に見ることができる。本システムは主に姿勢推定、テンプレートマッチング、エフェクトフィードバックの三部分から構成される。処理として、ユーザのリアルタイムの映像と教師映像である体操ビデオから骨格情報を得る。それぞれの骨格情報に対して、テンプレートマッチングを行うことで、今の動作のスコア計算する。スコアによる、異なるエフェクトのフィードバックがリアルタイムの映像に出てくる。本実験の機材の配置およびユーザの配置を図4に示す。

### 3.3 姿勢推定

姿勢推定はユーザのスケルトンをリアルタイム的に分析

\*3 KinectSDK2 プレビュー版の骨格データ (<https://www.builddinsider.net/small/kinect2dp/03>) と Openpose 18 key-points (<https://github.com/CMU-Perceptual-Computing-Lab/openpose/blob/master/doc/output.md>) の図を使った

$$n_i = (X_i, Y_i) - (X_{i+1}, Y_{i+1}) \quad (1)$$

式 1 で 13 個肢体のベクトル集合  $P = (n_1, n_2, \dots, n_{13})$  が得られる。  $n_A$  と  $n_B$  は隣の 2 個の肢体のベクトル間のコサイン値を下の式 2 より計算する。

$$\cos \alpha_i = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times B_i)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (A_i)^2} \times \sqrt{\sum_{i=1}^n (B_i)^2}} \quad (2)$$

ユーザの関節データとビデオの教師の関節データを式 1 と式 2 で各自のコサイン値  $\theta_{video} = \{\alpha_{v1}, \alpha_{v2}, \dots, \alpha_{v12}\}$  と  $\theta_{real-time} = \{\alpha_{r1}, \alpha_{r2}, \dots, \alpha_{r12}\}$  を計算する。この 2 つのコサイン値の差値の合計を計算する。

$$\alpha_{sum} = \sum_{i=1}^{12} \alpha_{ri} - \alpha_{ti} \quad (3)$$

しかし体操中において一部の関節があまり動かない時がある。そのような関節の影響を減少するため、よく動く関節に対して式 4 による重み  $\omega_i$  を付与する。

$$\omega_i = \frac{1 - e^{-\frac{\alpha_i}{\alpha_{sum}}}}{\sum_{i=1}^{12} (1 - e^{-\frac{\alpha_i}{\alpha_{sum}}})} \quad (4)$$

各 12 個関節を重みをかけ合わせた合計な  $D$  になる。

$$D = \sum_{i=1}^{12} \alpha_i \cdot \omega_i \quad (5)$$

最後に、下の式 6 による、スコアを計算する。本研究では、  $D_{std}$  は標準偏差値を 60 と与えた。

$$S = \begin{cases} (D_{std} - D) \cdot \frac{100 - S_{std}}{D_{std}} + S_{std} & 0 \leq D \leq D_{std} \\ 0 & D > D_{std} \end{cases} \quad (6)$$

また、人間として、教師映像の教師と同時に動作をするは困難である。そこで、ユーザの動きを前段 15 フレームずつ考慮して、スコアを計算する。

### 3.5 エフェクトのフィードバック

ゲーム開発ツールである Unity3D を用いてエフェクトとリアルタイムな場面を構築する。Kinect v2 Examples with MS-SDK を用いて頭の位置を追跡することにより、落ち物などのエフェクトとインタラクションができる。エフェクトのフィードバックはユーザの点数により、表示される。エフェクトは図 5 (a と b はご褒美エフェクト、c と d は失敗エフェクト) に示す通り、ご褒美のエフェクトと失敗のエフェクトが二種類ある。エフェクトが出る方法として、2 つの方法がある。1) は  $T$  時間の点数の平均点を計算する、ロースコア  $S_{low}$  以下になると失敗のエフェクトが出る、ハイスコア  $S_{high}$  以上になるとご褒美のエフェクトが出る。2) は点数  $S$  が高い標準  $S_{std}$  を超えた場合ご褒美エフェクトが出る。ただし、それぞれのエフェクトはランダムで出現する。

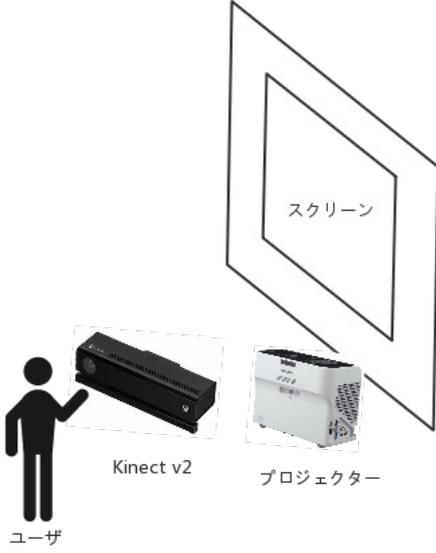


図 4 提案システムの配置図

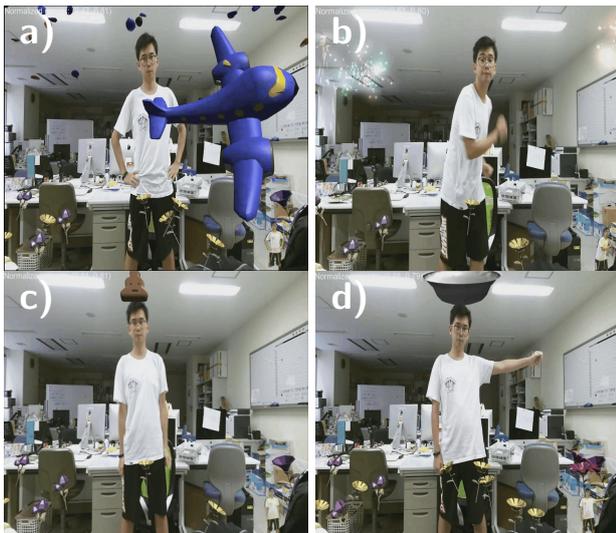
と体操ビデオの教師のスケルトンの分析の二部分がある。教師ビデオの姿勢推定は OpenPose を利用した。OpenPose では 18 カ所の関節位置を推定できる。また、顔、手などの特徴点を求める機能が追加されている。本研究では OpenPose を用いて得られた関節の二次元位置を利用し、Json のフォーマットで、ビデオ各フレームの関節データを保存する。

ユーザの姿勢推定方は RGB-D カメラ (Kinect for Windows v2) とライブラリである Kinect SDK2.0 を使用した。Kinect SDK 2.0 は図 3 の関節データ (K) の所に示すように頭、首などの合計 25 カ所の関節位置をマーカを用いることなくリアルタイムに推定できる。本研究では Kinect SDK 2.0 を用いて得られた関節の三次元位置を利用した。

OpenPose は X 軸と Y 軸のデータだけ得られるため、Kinect SDK2.0 から得られた情報の X 軸と Y 軸のデータだけ使用する。図 3 の関節データ (O) の所に示すように、OpenPose と Kinect v2 の関節種類と数は異なるため、Nose, Neck, RShoulder, RElbow, RWrist, LShoulder, LElbow, LWrist, RHip, RKnee, RAnkle, LHip, LKnee, LAnkle のそれぞれの手法で得られる同じ関節 14 カ所だけを使用した。

### 3.4 テンプレートマッチング

本研究では隣合う 2 つの肢体のコサイン類似度を計算する。最初は肢体のベクトル  $n_i$  を下の式 1 で計算する。  $(X_i, Y_i)$  と  $(X_{i+1}, Y_{i+1})$  は隣の二個の関節の X 座標と Y 座標である。



aとbはご褒美エフェクト，cとdは失敗エフェクト

図5 エフェクトの例

#### 4. 実験・結果・考察

2018年7月24日の茨木市のCOIサイトビジット(図6a)と2018年11月10日の草津市の「健幸フェア」(図6b)で本システムの展示を行った。子どもと大人の数人に対して提案したシステムを体験していただき意見や感想をいただいた。意見として、「エフェクトがあって面白く運動ができる」、「自分自身の動きも見ることできていくよわかる」などの意見が出た。問題点として、一部の子どもが失敗エフェクトにしか興味をしめさず、本来の目的である体操の練習にシステムを利用しないというもあった。また、システム性能の問題点として、Kinect v2はOpenPoseより計測の精度が低く、一部の動作についてKinect v2ではうまく認識できないが、OpenPoseでは認識できるため、結果としてスコアが下がる場面があった。また、エフェクトのフィードバックの判断基準を平均点として利用するため、一部の良い動きするときも失敗エフェクトが出る可能性がある。

#### 5. まとめと今後の課題

本研究では、ラジオ体操を楽しくするを目的として、支援システムを開発した。ユーザが体操する時のジェスチャー



a)COI サイトビジット

b) 草津「健幸フェア」

図6 システム展示の様子

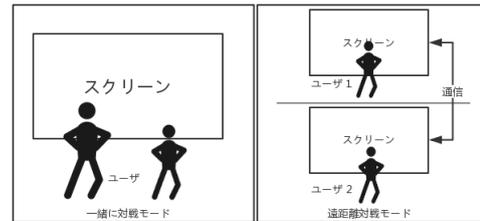


図7 今後の応用課題

をスコアで評価し、スコアの高さにより、自動的にユーザ映像画面にエフェクトが出ることができる。これに対して、面白さを増える。「アクティブ5」の「三世代が一緒にシンクロできる楽しさ」という特徴にをさらに推し進めるために、今後はゲーム的な要素を追加する。例えば1つの画面でプレイヤー二人が同時に体操をして、スコアに低い方に失敗エフェクトを、スコア高い方にご褒美エフェクトをだすといった競争の効果の導入が考えられる。また、競争機能により、子どもたちを誘導することも考えられる。同じパソコンではなく、遠隔対戦機能として、異なるパソコンでシステムを使用することで遠距離でも一緒にラジオ体操ができる(図7)。

謝辞 本研究は国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業「センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム」の支援によって行われた。

#### 参考文献

- [1] 厚生労働省, 平成29年国民健康・栄養調査.
- [2] Just Dance (video game series), Wiki. [https://en.wikipedia.org/wiki/Just\\_Dance\\_\(video\\_game\\_series\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Just_Dance_(video_game_series))
- [3] 「毎朝体操」. <http://maiasa.jp/pc/about/index.html>
- [4] 澁澤 進, Kinect センサを利用した高齢者向けの体操支援システムの開発と社会実装に向けた実践的研究, 電気通信普及財団 研究調査助成報告書 No.32 2017.
- [5] Liu L, Wu X, Wu L, et al, "Static Human Gesture Grading Based on Kinect," in CISP 2012.
- [6] Qiao S, Wang Y, Li J, "Real-Time Human Gesture Grading Based on OpenPose," in CISP-BMEI 2017.
- [7] Cao Z, Simon T, Wei S E, et al, "Realtime Multi-person 2D Pose Estimation Using Part Affinity Fields," in CVPR, vol. 1, p. 7, 2017.