

# 自分撮りによる競創を取り入れた トランポリン運動の促進システム

福地 健太郎<sup>1,a)</sup> 助台 良之 大野 悠人<sup>1</sup> 三輪 聡哉<sup>1</sup> 大場 洋哉<sup>1</sup>

受付日 2016年8月5日, 採録日 2017年2月9日

**概要:** 我々はトランポリン運動を題材に, カメラによる自分撮りの機能を付加することで運動を促進するシステムを開発した. この研究は既存のものごとに娯楽システムに見られる特性を付加する「エンタテインメント化 (entertainization)」の一環であり, 提案システムでは, 人が持つ, 楽しい・面白い写真を撮って人に見せたいという自己表現欲求をくすぐることで競争的創造状態を作り出し, 自発的な運動への参加を促すことを狙っている. 今回実装したシステムでは, トランポリンで跳んでいる状態の写真を自動で撮影するために測距センサをトランポリンに設置し, 跳躍間隔から頂点到達時間を推測する手法を開発した. また実際の展示に供し, 提案手法が有効に働くことを確認した. また提案手法を拡張したコンテンツの事例についてもあわせて報告する.

**キーワード:** 健康促進, エンタテインメント化, センシング, セルフポートレート, 競創

## An Entertainment System Using Trampoline with Self-portrait Photo System that Motivates Competitive Creation

KENTARO FUKUCHI<sup>1,a)</sup> YOSHIYUKI SUKEDAI YUTO OHNO<sup>1</sup> SATOYA MIWA<sup>1</sup> HIROYA Ooba<sup>1</sup>

Received: August 5, 2016, Accepted: February 9, 2017

**Abstract:** We developed a novel training system using a trampoline with an automated self-portrait photo system, which encourages the users to take their self-portrait images to entertain their selves and others. This system implements the idea of “entertainization”, encouraging the users to participate and continue less enthusiastic events voluntarily, by adding entertaining and attractive elements. This system is designed to appeal to the users to take an entertaining self-portrait image and participate the trampoline exercise voluntarily. The system employs a range sensor to estimate the time at the peak of the user’s jump. We exhibited our system at several events and found the system worked as expected. We also describe a method to improve the estimation process and a case study from a new content using the system.

**Keywords:** wellness system, entertainization, sensing, self portrait, competitive creation

### 1. 研究概要

教育や運動療法においては, それを受ける者が課題に自発的に取り組むことが望ましいが, 最初の数回の体験で面白さを発見できないと以降の自発的継続にまで結びつかないことが多い. 本研究はその動機づけの手法として, エンタテインメントの手法に学び, エンタテインメントを成立

させる要素を対象に取り入れるための指針を作り上げることを目的としている. 我々はその一環としてトランポリン運動を対象に, 「自己表現欲求」を利用者から引き出し, 参加者たちによる競争的な創造の輪を作り出すことにより自発的な参加を促す手法を実装し, 展示を行ってきた. 具体的にはトランポリンによる跳躍中の様子を撮影する「自分撮り」ができるシステムを設計し, 撮影された写真を参加者同士で見られるような展示を行った (図 1) [22], [31]. 提案システムでは参加者がそれぞれの創意を盛り込んだ跳躍写真を撮影できるよう, 跳躍の頂点付近で自動的にシャッ

<sup>1</sup> 明治大学  
Meiji University, Nakano, Tokyo 164-8582, Japan  
<sup>a)</sup> kentaro@fukuchi.org



図 1 「中野セントラルパーク夏祭」での提案システムの屋外展示風景  
 Fig. 1 Exhibition at “Nakano Central Park Summer Fest.”

タを切る機構をトランポリン直下に設置した測距センサにより実装した。

2013年に実施した展示期間中に撮影された660枚の写真を対象に分析した結果、参加者間での写真を媒介にした競争的創造状態が導かれていたことが分かった。またこのとき、4時間の展示中はつねに参加者が途切れず、高い人気を得られており、提案する枠組みが自発的な継続に寄与している可能性が示された。

## 2. 参加の動機づけへの自己表現欲求の利用

問題解決の仕組みにゲームの要素を加味することで対象者の積極的な参加を促す、「ゲーミフィケーション gamification」に関する研究や実践例が近年では多数報告されている。これは多くの人々が夢中になって遊ぶゲームから主要な構成要素を抽出し、それを既存の領域に取り込むことにより、あたかもゲームを遊ぶように、あるいは実際にゲームを遊ぶことにより、課題に取り組ませる仕掛けを施すものである。

ゲームの設計においては、プレイヤーによる継続的なプレイをいかに成立させるかに焦点が置かれている場合が多く、ゲーミフィケーションの手法もそれに倣い「いかに継続的に参加し続けさせるか」を目指した設計指針が提案されている。McGonigalがあげるゲーミフィケーションの要素のうち、「ゴール」「フィードバック」は中長期的な継続プレイをさせるための目標や報酬体系の設計が主眼であり[11]、サイトウの「ゲームニクス」では、継続的なプレイを前提とした「段階的フィードバック」をその中核の1つに据えている[17]。

一方で、動機づけの最初期段階では、継続のためよりもまずとにかく体験してもらうための設計が必要になる。しかし中長期的なプレイに対する報酬体系は、この場合にはなじまない。短期的、可能であれば瞬時にその価値が体験できるフィードバックが必要となる。

そこで我々は、ゲームに限らない既存のエンタテインメントに視野を広げ、そこで培われた知見を応用する「エン

タテインメント化 entertainization」を研究している。エンタテインメント作品は体験の初期段階で参加したいという動機を体験者に与えるための工夫が凝らされる。たとえば著者らはこれまでにリアルタイム動画像処理技術を利用してカメラ映像の動きを反映した映像効果を瞬時に生成するソフトウェアを開発し、舞台演出や街頭広告に応用してきており[3], [21]、そこから人を瞬時に魅きつけるための手法について考察を重ねてきている[20]。

今回はその一環として、人が持つ「自己表現欲求」に着目し、運動へ人を促すための機構設計にその欲求を結びつけることを試みた。人の表現欲求は根源的に強いものがあり、自分の表現が他の人に認められていることに強い喜びを感じ、それがまた他の人の表現欲求を駆り立てる様子はこれまでの我々の展示でもよく見られた。我々はこのような状況を「競争的創造（競創）」と呼び、こうした状況を作り出す手法に着目して研究を進めている。

表現欲求を利用する利点は、競争を複雑化することにある。たとえば物理的な運動の速さや高さといった量をスコア化してしまうと競争が単純化し、体格勝負になってしまい、体格差や年齢差を超えた競創を引き起こしにくい。一方、表現の内容を競争の軸とすると、各自の体力や状況に応じたそれぞれの創意工夫を引き出すことができる。

## 3. トランポリンによる跳躍写真を利用した競争的創造状態への誘導

本研究では、自己表現欲求を主軸に据えたシステムが動機づけへ利用できることを示すことを目指す。今回は動機づけの対象としてトランポリン運動を採用し、トランポリンで跳躍中の自分の姿を撮影する「自分撮り写真」によって、自己表現欲求を満たすことを狙った。後述するように跳躍中の写真は独特の魅力があり、トランポリン運動中の自己表現として向いているためである。

システムの設計にあたって、まず要求事項の検討を行った。著者らが所属する大学の学生から参加者を募り、カメラで記録を録りながらトランポリン運動を行った結果、トランポリン運動は初心者にとっては想像するほど簡単ではなく、また体験者が複雑な操作を跳躍中にするのは困難であることを発見した。そのため、跳躍中には体験者に何も持たせず、また複雑な動作を最初から求めない、という原則を設けた。また、トランポリン運動中にポーズをつけて写真を撮ることを面白がり、また相互にポーズを批評しあう場面がセッション中によく観察されたことから、競創の題材として、跳躍中の写真（以下「跳躍写真」）の撮影を採用することとした。

観察から得られた知見に基づき、以下の設計指針を定めた。

- (1) 跳躍に工夫を施すことでよりいっそう楽しめそうだと体験者が思えること

(2) 傍で眺めていて、ただ跳ぶだけでも楽しそうだと傍観者が思えること

(3) システム側からは複雑な操作を明示的に要求せず、体験者が自分の力量にあわせて目標を定められること

ここで、著者らは前述のリアルタイム映像システムでの経験から、(1)を達成するために、その場にいる他の傍観者の存在を利用することを考えた。すなわち、体験者が傍観者に見られていることを意識し、より傍観者を楽しませようと自発的に工夫をしようとする状況を作り出すことである。そこで、跳躍している体験者の姿を写真としてその場の全員に見せることによって、体験者は自分の写真で周囲を楽しませられることを知り、より楽しませたいという意識を持つよう誘導することを狙った。これにより、(1)に加え、(2)が体験者によって達成される。システムは跳躍写真を撮影することに徹することで、(3)もまた体験者自身により達成される。

自分撮り写真および跳躍写真については、それぞれこれまでに多数の事例があり、本研究ではそうした先行事例を参照している。以下に我々が特に着目した事例を紹介する。

### 3.1 自分撮り写真

写真家による自画像（セルフポートレート）は長い歴史があり、その意義を、撮影者と被写体との関係を変化させるものとして研究したものがあある [13]。一方でプロの写真家ではない人々によるもっと気軽な「自分撮り写真」は自己表現欲求の発露として、特に「プリント倶楽部」（アトラス、1995）に代表される写真シール機や、ソーシャルネットワークサービス（SNS）の普及とともに広範に行われるようになった。英語圏ではこうした自分撮り写真は“selfie”と呼ばれ、米国の若者の91%が自分撮り写真をSNSにアップロードしているという調査結果もあり [1]、2013年にはOxford English Dictionaryの“Word of the year”に選出された [10]。これらの事例が示すように、自分撮り写真は広く認知された写真の楽しみ方であり、また工夫の余地が広い。

Souzaらは2012年から2014年にかけてInstagramに投稿された写真を対象にselfieの調査をしており、3年間で投稿数が900倍に増えたこと、またselfieは他の写真に比べて他ユーザの関心を得やすいことを報告している [14]。

### 3.2 跳躍中の人物写真

跳躍している最中の人物写真に独特の魅力を発見した写真家たちにより、跳躍写真は様々な試みがこれまでになされている。Philippe Halsmanは各界の著名人を跳ばせた写真を多数発表している。Halsmanは跳躍中の被写体が思わずさげすみその人の内面に注目していた [5]。青山裕企は無名のサラリーマンらによる跳躍写真を撮っており [30]、被写体の魅力を引き出すために跳躍を利用している。インタビューで青山は「(自由に跳んでもらうと) その人らしさ

が出てくるんです。(中略) 跳んでいると、どんどんテンションが上がるんですよ。面白くなっちゃう。」と語っている [26]。林ナツミは自分撮りでの跳躍写真を発表している [18]。これは跳躍の躍動感よりも浮遊感の演出に焦点をあてたものであるが、普通の自分撮り写真とは異なった強い印象を与えることを跳躍により狙っている。

跳躍写真の独特の魅力を異なる角度からとらえたものに、小野法師丸がトランポリンを使って撮影した自分撮りの跳躍写真の作品群がある [25]。これは跳躍写真の魅力を過剰に引き出すことで違和感を与え、読者の笑いを誘うことを狙っているものだが、トランポリンを使うことで跳躍の高さを稼ぎ、またカメラをローアングルにすることで、あわせて躍動感を向上させている。

本研究ではこれらを参考に、トランポリンで跳躍中の自分撮り写真の面白さを体験者に見せることで自己表現欲求を引き出し、トランポリン運動への自発的な参加を誘引する仕組みを設計した。

### 3.3 トランポリン運動の有効性

トランポリン運動の有効性については、平衡感覚のトレーニングや筋力の増加などの効果が多く報告されており、リハビリテーションにも利用されることが多い [4], [12], [15]。トランポリンを利用した運動は平地上で行う同等の運動に比べて、運動量は同等もしくは増加する一方で、主観評価においては楽な運動であることとらえられる傾向があることが報告されている [23]。加えて横山らは、平衡感覚の育成においてトランポリン運動が有意に働いたとしている [19]。

ただし、トランポリンによる跳躍は大きな運動をとまなうものであり、その危険性についても報告が多い。たとえばKlimekらは子供を対象にした調査を行い、複数人が同一のトランポリン上で跳躍している際に骨折に至る事故リスクが高くなることを報告している [9]。

## 4. 提案システム

### 4.1 設計方針

トランポリンで跳躍写真を自分撮りする際、跳躍中に自分でシャッターを切るのは2つの点で難しい。1つはポーズをとりながらの跳躍中にシャッター操作をする余裕が体験者がないこと、もう1つは仮にシャッター操作が自分でできたとしても、思ったタイミングで撮れないことである。そこで、本システムでは最適なシャッタータイミングをシステムが推定してシャッターを自動で切るように設計した。そのために、トランポリン上での跳躍動作をセンサで検出することとした。またこのとき、体験者が自らポーズをとりやすくするよう、準備動作として、一定の時間間隔で跳躍を続けてもらい、規定回数目の跳躍中にシャッターを切ることとした。

撮影した写真は、トランポリンの傍らに設置した写真履

歴表示用ディスプレイに提示する。撮影終了後に、体験者はトランポリンを降りて撮影された写真を見るためにディスプレイへ移動するよう促すことによって、順番を待っていた次の体験者へスムーズに交代できる導線を作ることを狙っている。写真履歴表示用ディスプレイは直前に撮影された写真以外にも、他の体験者の写真もあわせて表示する。撮影された自分撮り写真を楽しむ以外にも、他の体験者との写真の比較を楽しんだり、さらに面白い写真を撮影するために再度挑戦しようという気にさせることを狙う。

シャッタータイミングに関しては、カメラを使った動画像認識や、KINECTなどの深度センサなどを利用して体験者の位置を計測して求める方法があるが、屋外での展示を含めた様々な環境でのシステムの利用を前提とするため、設置の制約や手間、および環境光や通行人を含む外乱の影響を考慮し、体験者の跳躍運動を直にとらえられるトランポリン本体へのセンサ設置により解決を図る。

これら以外に、リアルタイム動画像処理や効果音により、通りすがりの人を競創へと誘導する工夫をしている。詳細は文献 [31] を参照されたい。

## 4.2 シャッタータイミングの設定

3章で設定した条件を満たすためには、体験者が気軽に楽しめることと、体験者が跳躍姿勢に創意工夫を凝らせるようにすることを、両立させなければならない。そのため、体験者には何もセンサを装着させず、トランポリンに組み込んだセンサによって得られた情報からシャッタータイミングを決定する必要がある。このとき、体験者が期待するシャッタータイミングがいつであるか、またそのタイミングをセンサ情報からどう推定するかが問題となる。

### 4.2.1 適切なシャッタータイミングの計測

まず、体験者自身が適切と思うシャッタータイミングを計測する実験を行った。被験者にはトランポリンでしばらく飛んだ後に好きなときにジャンプ中にポーズをとってもらった。被験者の様子はビデオカメラで撮影し、ジャンプ終了後に連続したフレームの中から一番良いと思うフレームを被験者に選ばせた。その結果、頂点到達時から1~2フレーム後までの写真が選択される傾向が見られたため、頂点到達時刻にシャッターを切ることを仮の目標として設定した。

### 4.2.2 シャッタータイミングの推定

すでに述べたように、体験者の身体が頂点に到達した瞬間を光学的手段で直接計測する手法は本システムではとれないため、トランポリンに設置したセンサにより跳躍状態を推定し、頂点到達時刻を推定するという手法をとることにした。具体的には、トランポリン膜の下に測距センサを設置して膜の沈み込みの深さを計測し、その変化から推定することとした。以下の計測では、膜中心部の直下に測距センサを1つ設置し、その値を使用している。

体験者がトランポリンで跳躍を続けている間はほぼ一定間隔で跳躍が行われると仮定し、跳躍が検出されてからそれまでの跳躍周期の半分の時間が経過すると頂点に到達するものとして算出することとした。跳躍の検出については、測距センサの値から、トランポリンの膜部分があらかじめ定められた閾値よりも沈み込んだときに跳躍開始と判断し、次にそれが計測されるまでの経過時間を跳躍間隔としている。この閾値は体験者の体重に応じて調整が必要であるが、予備実験では一律の閾値でもおおむね期待どおりに動作した。ただし、後述するように体重の軽い体験者の場合は調整が必要となる。

### 4.2.3 評価実験

測距センサによる頂点到達時刻の推定精度を評価するため、また適切なシャッタータイミングを設定するための指標を得るための評価実験を実施した。本実験では大学生・大学院生からなる8名の被験者を対象に提案システムを使用して跳躍写真を撮影してもらった。比較のために、手には押しボタン式スイッチを持ちながら跳んでもらい、本人がシャッタータイミングだと思った時点でスイッチを押してもらった。また写真撮影後に、USBカメラで撮影した、推定タイミングの前後4フレームを含む9フレーム分<sup>\*1</sup>の写真の提示し、その中から最も気に入った写真を1枚選択してもらった。また、実験後に実験実施者が目視で被験者の頭頂が頂点に最も近づいたフレームを選択し、それを真の頂点到達時刻とした。跳躍検出のための閾値は全被験者間で同じ値を使った。

図2に結果を示す。縦軸には、被験者がスイッチを押した時刻・提案手法による推定頂点到達時刻・被験者が選択したフレームの時刻のそれぞれについての、真の頂点到達時刻からの差を示した。

その結果、提案手法による頂点到達時刻の推定は、おおむね50ミリ秒以内の誤差に抑えられることが示された。また、被験者自身によるスイッチ押下は総じて早く、そのままではシャッタータイミングの決定に適さないことが分かった。一方で被験者が選んだフレームは被験者の頭部がジャンプの頂点に到達したときのものか、そこから1~2フレーム遅れた写真を選ぶことが分かった。選んだ理由について回答を求めると、ポーズがよく写っていることを理由にあげる者が多かった。足を縮めたり広げたりするポーズをとる者が多く、そうしたポーズが完成するのが、頭頂が跳躍の頂点に到達した後になる傾向があることが影響していると思われる。また、髪や衣服がふわりと浮き上がって見えて面白いため、遅めの写真の方が良いと回答した被験者がいた。

被験者が選択したタイミングの、提案手法による推定時刻からの差は約50ミリ秒以内に収まった。被験者の選択

<sup>\*1</sup> フレームレートは30fpsに設定。すなわち、1フレームにつき約33ミリ秒程度の経過時間を要する。

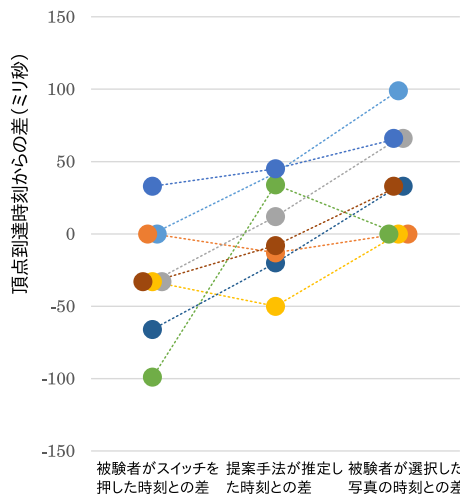


図 2 シャッタタイミング推定手法の評価実験結果. 各被験者についてそれぞれのシャッタタイミングの, 頂点到達時刻からの差を示している. グラフを見やすくするために各被験者のデータを便宜的に線につないである

Fig. 2 Time differences from the peak time of the jump.

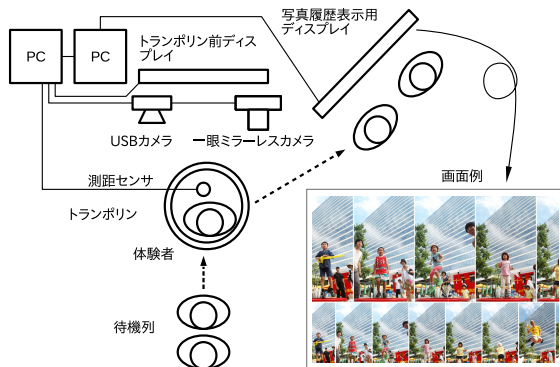


図 3 システム構成図

Fig. 3 System overview.

した写真が撮影されたタイミングと真の頂点到達時刻との差のは 0~100 ミリ秒に分布しており, 被験者の好みの個人差は少なくともこの範囲に分布することを考慮して, 50 ミリ秒の誤差は許容範囲と判断した.

以上を考慮して, シャッタタイミングは提案手法による推定頂点到達時刻から 1 フレーム後の, 33 ミリ秒後に設定した. 実際の実装については次節で述べる.

### 4.3 実装

我々は提案手法に基づいた展示用システムを構築した. システム構成図を図 3 に示す. 実際の展示の様子は図 1 に示した. トランポリンは 1 人用 (直径 103 cm・高さ 22.5 cm) のものを使用した. トランポリンの中心部直下の地面には, 測距センサ (GP2Y0A21YK) を上向きに設置し, Arduino を利用して膜までの距離を秒 30 回程度の頻度で計測し, シリアル通信で PC へ送信している.

PC 上で走るソフトウェアはセンサ値から跳躍状況を分析し, 跳躍のタイミングで効果音を再生し, また跳躍回数



図 4 展示で撮影された写真例

Fig. 4 Sample photos from the exhibitions.

に応じてシナリオを進行させ, トランポリン前のディスプレイにメッセージを表示するとともに写真の撮影を行う. また, USB カメラからの映像は左右を反転させ同じディスプレイに提示する. 体験者は主にこのディスプレイを見ながら跳躍をし, 画面からの合図にあわせてポーズをとる.

最終的な写真は, デジタル一眼ミラーレスカメラにより撮影する. 写真撮影に USB カメラではなくデジタル一眼カメラを使用するメリットとして, 高解像度で写真が撮影できること, シャッタスピードや露出などが細かく設定できまた交換レンズや各種フィルタが使用できるため撮影条件に対して柔軟に対応できること, があげられる. 本システムではデジタル一眼カメラとして SONY NEX-5R または Nikon D40 を使用した. カメラは文献 [25] に倣い, ローアングルで設置した. 撮影時には, 本体の機構上自然に出るシャッタ音に重ねて, 録音されたシャッタ音を音量を大きくして再生し, あわせてデジタルカメラ内蔵のフラッシュを使用することで, 写真が撮影されたことを体験者に視覚・聴覚の両方で明確に提示する.

撮影された写真は, 脇に設けた写真履歴表示用ディスプレイに, 過去の写真と並べて提示する (図 3 右下参照). 現在の実装では最大 30 枚まで過去にさかのぼって表示するようにしている. 現段階では未実装だが, 将来的にはタッチ操作などに応じて, 写真の閲覧操作や, 表示されている写真をダウンロードするための URL を QR コードで提示するなど, 撮影された写真に対する種々の操作をここで実行できるようにすることを検討している.

使用する高解像度カメラの制御には gPhoto2\*2 を使用した. また, NEX-5R の制御は無線 LAN 接続で, D40 の制御は USB 接続でそれぞれ行った. 前者と後者では PC 側からシャッタ信号を送ってから実際にシャッタが切られるまでにかかる時間が異なり, 前者の方が長い, これについてはそれぞれの経過時間を事前に計測し, 設定したシャッタタイミングからその時間を引いたタイミングで信号を発行するように調整している.

図 4 に, 撮影された写真例を示す. これらの写真については次章で詳しく説明する.

\*2 <http://gphoto.sourceforge.net>

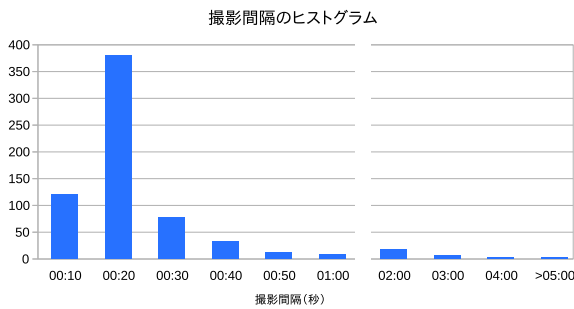


図 5 中野セントラルパークでの展示での、撮影間隔のヒストグラム。1分間までは10秒間隔で、以降は1分間隔で頻度を算出している

Fig. 5 Histogram of the shooting interval.

## 5. 展示事例

我々はこれまでに様々な場所で提案システムを展示してきており、いずれも好評を博し、多くの参加者を得た。ここでは多くの子供が参加した2013年の展示事例についてその分析結果を報告する。

### 5.1 体験者数および撮影回数の分析

2013年8月24日に、東京都中野区の中野セントラルパークで開催された地域交流型イベント「中野セントラルパーク夏祭」で、提案システムの公開展示を行った。4時間の展示で合計で660枚の写真を撮影することができた。展示期間中は主に家族連れで来た幼稚園～小学生程度の年齢の子供を中心に、展示されていたシステムを繰り返し楽しむ姿が見られた。展示開始直後こそ体験者はそれほど現れなかったが、次第に人気を呼び始め、開始30分ほど経過したころから行列ができるようになり、終始体験者が絶えない状況が展示終了まで続いた。写真の撮影時刻をもとに、撮影間隔の集計をした結果を図5に示す。最短の撮影間隔は10秒で、最頻値は12秒であった。全体を見て10～20秒間隔の撮影にピークがあることから、ほぼ絶え間なく体験者が訪れていたことが裏付けられる。

撮影された写真に写っている体験者をすべて目視で分析し、それぞれの体験者が何枚の写真を撮影したかを集計した結果を表1に示す。写真を撮影したのは計93名で、そのうち複数回撮影しているのは61名、うち14名は1人で10回以上撮影していた。また上位3名はそれぞれ70回以上撮影をしていたことが分かった。

### 5.2 写真の分析

撮影された写真から、本研究が狙った競創状態がどのように現れたかを分析した。

図6は連続した3名の体験者の跳躍を示している。左端の体験者が写真に示したポーズをとる以前の30分間ほどは、両手両足を広げて直上へ跳ぶようなポーズの撮影が続

表 1 体験者別撮影回数の集計結果

Table 1 Numbers of photos taken per person.

撮影回数	人数	撮影回数	人数
1	32	10～19	2
2	20	20～29	4
3	11	30～39	3
4	5	40～49	2
5	5	50～59	0
6	4	60～69	0
7	2	70～79	1
8	0	80～89	2
9	0		



図 6 展示事例1：ポーズの伝播発展の例。左端の子のポーズに触発され、足を曲げて跳躍するポーズが続いている。加えて両手を上げつつ前へと跳ぶ工夫が加わっている

Fig. 6 Case 1: propagation of poses.



図 7 展示事例2：トランポリンの後ろでポーズをとった例。役割分担が自然発生している

Fig. 7 Case 2: couple shoot.

いたが、このポーズに触発された他の体験者も両足を曲げたポーズをとるようになった。また直上に跳ぶのではなくシャッタタイミングで前に飛び出す試みがしばらく続いた。

図7は跳躍中の体験者の後ろに並んだ者がポーズをとった例である。先に年長の者が背後でポーズをとった写真を見た体験者は、年長者と交代した後に、両手を上げてポーズをとっている。また年長の体験者はそれを意識して、背後の者が写るように足を大きく広げて跳躍している。

図8は集中的な競創状態が発生した例である。写真の2名はほぼ交互に撮影を繰り返し、ポーズを変えながら競いあうように跳躍していた。このセッションでは両名あわせて50枚近い写真を残している。



図 8 展示事例 3：集中的な競創状態の例

Fig. 8 Case 3: posing battle.

このように、体験者間で影響を与えあうような状況が数多く観察され、競創状態を作り出すという提案システムの目的は達成されたことが示された。

### 5.3 体験者の行動

体験者の導線は著者らの想定どおり、トランポリンで写真撮影を終えると閲覧用ディスプレイまで移動し、結果を確認する体験者が多かったが、その直後にまた行列に並びなおし、体験を繰り返す姿が多く観察された。一方、撮影された写真は短時間だがトランポリン前に設置したディスプレイにも表示されたため、それを確認するやすぐに行列の最後尾に並びなおす体験者も多かった。

提案システムを楽しむ子供を観察していると、体験した際に何を楽しむかのポイントが年齢によって少しずつ異なっていたように思われた。幼稚園程度の年齢の子供は単純に跳躍する際や写真撮影時に再生される効果音に合わせて跳躍する行為そのものを楽しんでいるようだった。一方、小学校高学年ぐらいの年齢の子供の場合は、他の子供よりも面白いポーズ・写真を撮影しようと競い合うように跳躍する子供が多かった。また、トランポリンで面白いポーズ・写真を撮影しようとする工夫の中で、2~3名で同時にトランポリンに乗って跳躍をする子供たちや、図 6 のように前に飛び出してクローズアップ写真を撮影しようとする子供など、システム設計時には想定していなかった楽しみ方を行う子供が多く見られた。こうした行為は子供たちの間で伝わり、真似をする様子が多く観察された。

### 5.4 観察された問題点

著者らは事前に、10 歳程度の児童を下限として跳躍検出のための閾値を設定していたが、実際には 7~8 歳ほどと見られる児童の参加が多く、なかには 3~4 歳程度の児童による参加が何度かあった。こうした参加者は体重が想定以上に軽かったため膜の沈み込みが規定の閾値に届かず、そのままではシステムがうまく跳躍期間を検出できなかったため、著者らが目視で閾値を調整する必要があった。この問題点については後述する。

提案システムを複数人で跳んだときの跳躍判定については、そもそも想定していなかった行為であったが、問題な

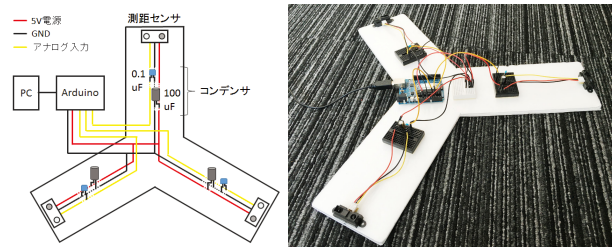


図 9 新しく設計したセンサボード

Fig. 9 New sensor board and its layout.

く動作した。ただし、複数人で跳んだ場合にどのタイミングでシャッターを切るべきか、またそれをどう推定すべきかについては明らかでない。また、複数人での跳躍には安全性の観点から問題があるため [9]、推奨はされない。

その他、ハイヒールやサンダルなどの履物を着用したまま飛ばうとした者があったり、スカートが跳躍中にめくってしまうなど、一般的にトランポリン運動には適していない服装での跳躍があった。これは提案システムと関係なくトランポリン運動全般にあてはまるものではあるが、提案システムの場合は通りすがりの人へトランポリン運動を促そうとするものであり、トランポリン運動の準備を期待することはできず、注意が必要であることが分かった。

加えて、提案システムでは跳躍中の写真が残ってしまうため、跳躍した本人にとっては不本意で公開されたくない写真を撮影してしまうという問題があることが分かった。

## 6. システムの改良

### 6.1 センサボードの改良

これまでの、測距センサ 1 つによる計測は、中心からずれた地点での跳躍が原因で、同一人物の同程度の強さの跳躍であっても計測値にばらつきが生じるという問題があった。そのため、先行研究 [29] を参考に測距センサの数を増やし、それらの平均値を採用するという手法をとった。ただし先行研究と異なり運動の向きへの計測については必要としないため、装置をシンプルにすることを目的にセンサ数を 3 個とした。図 9 にセンサボードの概要を示す。

### 6.2 跳躍状態推定手法の改良

展示を通じて判明した問題点のうち、閾値調整を手動で行う必要が生じた点について改良を行った。

4.2.2 項で述べたように、提案システムでは測距センサから得られた膜の高さが閾値を下回ったときに跳躍動作の開始と見なしている。そのため、体重が軽い体験者の場合に閾値まで膜が沈みこまず、計測を誤ることがあるのが原因である。同様に体重が想定より重い体験者の場合は、跳躍していない状態でも閾値を割り込むため、やはり誤検出をしてしまう場合がある。

これを解決するため、閾値の自動調節手法を開発した。

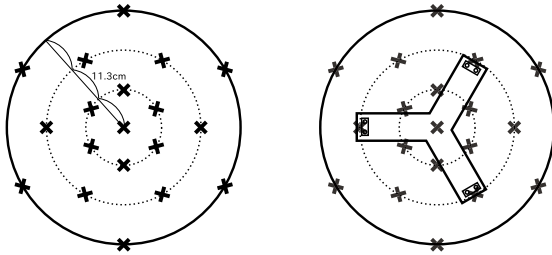


図 10 センサ評価実験での跳躍位置と、改良版センサボードのセンサ配置位置

Fig. 10 Jump points of the trampoline and the sensor layout.

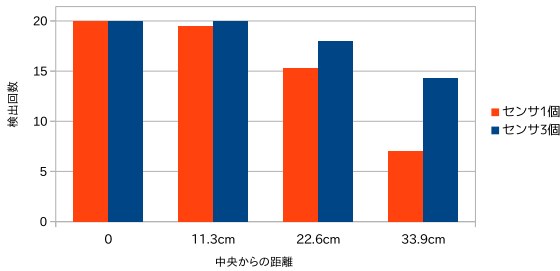


図 11 センサ評価実験の結果

Fig. 11 Accuracy as a function of distance.

手法の概要を述べる．まず測距センサについて，トランポリンに体験者が乗っていない際の値，および膜が最大限に沈んだ際の値を，とりうる値の範囲として計測する．このとき，後者については今回は体重 50~60 Kg 程度の学生数名にできるだけ高く飛んでもらい，そのうちの最小値（最も沈み込んだ際の値）を採用した．

次に，体験者がトランポリンに乗って静止した状態で約 1.6 秒間（100 フレーム），測距センサの値を計測する．この値と，先に計測した範囲の最小値の間に，求めるべき閾値が存在する．静止状態の値を  $d_{still}$ ，先に計測した最小値を  $d_{min}$  とおいた際に，求める閾値  $d_{threshold}$  は，今回の実装では複数名の被験者の跳躍データを基に以下に定めた．

$$d_{threshold} = \frac{1}{5}(3d_{still} + 2d_{min})$$

### 6.3 新センサボードの評価実験

改良したセンサボードの性能を評価する実験を行った．本実験では直径 68cm のトランポリンの膜上に，図 10 に示すように 11.3cm 間隔の同心円を描き，各円周上に 6 カ所ずつ，また膜中心の 1 カ所の計 19 カ所にバツ印をテープで示し，それらの場所での跳躍をどれほどの精度で検出できるかを試験した．

跳躍したのは著者のうちの 1 名で，体重は 50 kg である．前節で示した手法を用い，トランポリンの中心で静止し閾値調整をした後，被験者は下を見ながら目標とする印の直上で 20 回跳躍し，そのうち何回を検出できるかを測定した．

結果を図 11 に示す．グラフには中心からの距離ごとに検出回数の平均値を示している．その結果，センサ数を増

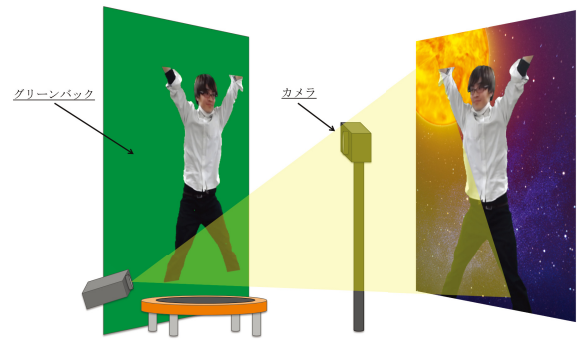


図 12 新システム構成図．グリーンバックを使用して体験者を抽出しを背景 CG に重畳表示する

Fig. 12 Overview of the new trampoline system.

やすことで中心から 11.3 cm 外れた箇所までは正しく計測でき，またそれより外側でもセンサ 1 個のものに比べて精度が向上していることが示された．

中心から 22.6 cm 以上外れた場所では精度が向上しているものの跳躍の取りこぼしがまだ生じている．普通にトランポリンを跳ぶ際には，これらの箇所ではバネの力を借りて跳躍できないため，実際の運用上は問題ない．なお，本来の目的である，体重の軽い子供を対象とした実験は未実施で，実施を検討している．

### 6.4 コンテンツの展開

前述のシステムを，インタラクティブ広告に詳しいデザイナー・プロデューサーに体験してもらったところ，基本的には好評であったが，実際のインタラクティブ広告コンテンツとして発展させるうえでの挑戦課題として，跳躍すること自体，またその自分撮り写真を撮影することに対して意味づけをすることができないか，という点を指摘された．そのうえで一案として，背景を実際にカメラがとらえたものではなく，跳躍にあわせて変化するものに置き換えることができないかという提案を受けた．

そこでその提案を実現するコンテンツを実装するためにシステムに一部改変を加えた．図 12 に，新たに作成したシステムの概要図を示す．新システムではグリーンバックによる背景合成を導入している．背景としては，スクリーンの長さの約 8.5 倍となる縦長の画像を用意し，跳躍に合わせて上にスクロールするように設計した．背景画像は地上から始まり，空を通過して宇宙空間にまでたどり着き，最後に宇宙飛行士が体験者の写真を撮影する，という構成にした．

閾値の自動調整の導入において，体験開始時に体験者をしばらくトランポリンに乗った状態で静止させておく必要がある．しかしこれまでの展示体験から，画面上での文字による提示や誘導員による口頭指示だけではこれを行わせるのは難しいことが予想されたため，グリーンバック合成を利用した新たな手順を設計した．

具体的には，体験者がトランポリンに乗った直後には，グ



リーンバックを抜いて抽出された体験者画像を背景に合成する際に、体験者を半透明にして合成する。また測距センサの値から体験者の静止状態を検知し、静止状態が長くなるにつれ透明度を調整し、約 1.6 秒間の静止が認められた後には透明度を 0 にしてはっきりと目視できるよう合成し、その後に通常の手順を開始する、というものである。これにより、体験者は自分がシステムに認識されているか否かの状態を把握することができ、静止を保つよう誘導される。

上記コンテンツおよびインタラクション手法について、主に大人を対象とした展示会において試験運用した。体験者を半透明合成する誘導手法についてはおおむね我々の期待どおりに動作した。半透明状態のままジャンプをする者は少なく、ほとんどの体験者がすぐに静止するようになった。しかし、静止を促すメッセージの表示を省いたところ、自分が半透明に表示されているのを確認するやすぐにトランポリンを降りてから再度乗ることを試したり、1.6 秒間経過する前に半透明状態からの解除方法を説明員にすぐ尋ねる者も見られたため、メッセージ表示は併用することとした。

加えて、コンテンツに対する反応としては、上へと跳びあがっていく面白さについてのコメントがあった一方で、「宇宙でどのようなポーズをとって写真を撮ればいいのか分からない」といった否定的なコメントもあった。背景画像が加わったことで、撮影された写真にも背景に関連した意味が付加されてしまい、結果として撮影されたポーズの解釈の幅が狭まる場合があったのではないかと我々は考えている。また、ジャンプの強さに応じて上昇幅を変化させたため、頂上に早く着くことを目指すという、自己表現欲求とは異なる目的をそこに見出した体験者がいたようである。これが体験にどのような影響を及ぼすかについてはさらなる実証実験による検証が必要である。

## 7. 議論

総じて、体験者は積極的に様々なポーズによる跳躍写真を撮影した。同じ体験者が様々なポーズを試しながら何度も跳んでおり、著者らの狙いは達成された。また、複数人で連れ立って閲覧用ディスプレイの前で談笑し、次の挑戦課題を自主的に決めて再度列に並ぶ姿が幾度も観察され、自己表現欲求を刺激し競創状態を作り出すという著者らの狙いが成功していることを示唆している。加えて、「良い写真を撮影する」という目的を掲げたことは、高さや滞空時間といったゲーミフィケーション的な目標に比べると、年齢差や体格による優劣が生じにくく、広い客層にまたがった競創状態を導くことができた。

これまでの事例はいずれも 1 日のみの展示であったため、短期的な動機づけという目標の達成は観察されたが、継続的な参加を競創が促せるかどうかについては今後の運用実験が必要である。参加者がつねに多くいれば、誰かが新しい工夫を投入することで競創状態を継続できると我々

は期待しているが、一方ですぐに飽きがる状況も想像に難くない。

また、競創がエスカレートすれば、無茶な跳躍を試みて危険行為に及ぶことが考えられる。これまでの事例でいえば、我々が想定していなかった複数人での跳躍は、トランポリンの破損や、体験者同士の衝突を招きうる。またポーズの面白さを狙うあまり、シャッタタイミングで無理な姿勢をとったりトランポリンの外へ飛び出したりする者が出たが、これは着地姿勢を不安定化するなどの可能性があり、極端な逸脱は看過すべきではない。また、危険行為ではないにしても、熱中するあまりスカートがめくれるなど、撮影された跳躍写真が本人の望まないものになる可能性がある。

提案システムで実際に自分撮り写真を SNS を通じて公開する、という場面を想定した場合には、様々な課題が考えられる。Svelander らの調査によれば、自分撮り写真はつねに自分が撮りたい、そして投稿したいときに自分の都合のみによって投稿されるというのではなく、タイムライン上の投稿状況や自分の投稿頻度、他ユーザからのフィードバックなど、社会的複合的要因によって調整される [16]。その過程で、投稿写真の単調さは他ユーザの飽きを招くため敬遠される傾向がある。現行システムの場合、ポーズに変化をつけることはできてもその背景は変化がなく、写真の主題も同一のため、長期にわたって写真に新鮮さを保つことは難しい。一方で、他ユーザからのフィードバックに動機づけられることは期待できる。継続的な変化を一覧できるようにしたり、他ユーザによる跳躍写真との比較閲覧を可能とするなど、見せ方についても工夫が求められるだろう。

## 8. 関連研究

藤枝らはトランポリン上での歩行状態や跳躍運動を検出するために、我々と同様に測距センサを膜直下に設置したシステムを提案している [28]。藤枝らは跳躍量を大・小の 2 種類で区別する手法を提案しているが、その判定結果を得るのは着地後であるため、コンテンツに跳躍の内容が反映されるまでのタイムラグがある [27]。提案手法では跳躍量が一定であるという制約下で現在の跳躍状態を推測する点が異なる。また、森らは測距センサを 4 個用いることで、トランポリン上でのバランス運動においてユーザの重心位置の検出を行っている [29]。

熊山らはトランポリン側面からのビデオカメラ映像により膜の沈み込み量を解析する手法を提案しており、高い精度で跳躍時間を推定できることを報告している [24]。対象としているトランポリンは競技用の大きいもので、我々が使用しているミニトランポリンに同手法が適用できるかどうかは不明である。

Karoff らはトランポリン本体に、LED とスピーカ、モーションセンサからなるデバイスを付加し、それを利用したゲームを提案している [7]。プロトタイプを用いた評価と

して、被験者はゲームを楽しんだもののすぐに飽きてしまい、通常のトランポリン遊びに戻ってしまったことを報告している [8].

Kajastila らは RGB-D カメラ (ASUS Xtion Pro) を用いて、跳躍中のユーザの姿勢を追跡し、高さ情報および跳躍中のユーザの姿を利用したゲームによるエクササイズを提案している [6]. RGB-D カメラによる跳躍状態の計測が、室内で統制のとれた環境下では可能であることが示されているが、提案システムが想定している、外乱の多い環境で同手法が適用できるかどうか不明である.

Bonsignore らは STEM 教育のためのツールとして、日常で見られる科学的な出来事や発見を写真や動画に撮って記録・共有するためのタブレット用アプリケーションを開発しているが、同アプリケーションを使って自分撮りを行う様子が幾度も観察されたことを報告している [2]. 自分撮りによる表現行為が、運動支援だけでなく STEM 教育のような場面においても機能する可能性を示唆している. なお、同アプリケーションは手持ちのタブレット端末での使用が想定されているが、科学実験の様子を記録する場合には手がふさがることも多いため、我々の提案システムのように固定カメラと遠隔シャッター装置を組み合わせることで撮影の手間を軽減できる可能性がある.

## 9. まとめと今後の課題

既存のものごとにしよさの要素を追加することにより自発的な参加と継続を促すことを目指したエンタテインメント化の研究の一環として、トランポリン運動を題材に、カメラによる自分撮りの機能を付加したシステムを開発した. 自分撮りおよびその写真を他の参加者のものと並べて提示することで、自己表現欲求を高め、体験者を引きつけるという、著者らのこれまでの経験から導き出されたエンタテインメント化の手法は、提案システムで効果的に働くことが、実証実験により示された.

今後の課題としては、より良い写真を撮影する動機づけの一環として、撮影した写真を印刷したりデジタルデータとして持ち帰ったりすることができる仕組みを加えることを検討したい.

現在、提案システムを運動療法の現場へ応用することに取り組んでいる. その一環として、運動療法への参加に消極的な児童向けに、中長期的な継続の促進まで含めたシステムの改良を検討している. 加えてすでに確立している他の運動療法への適用を図っている. これらの取り組みから、本研究が提案する競創状態を付加するために必要な要素の確立を狙っている.

謝辞 本研究は JSPS 科研費 26730106 および株式会社ネイキッドの研究助成を受けたものである.

## 参考文献

- [1] BBC News Magazine: Self-portraits and social media: The rise of the 'selfie', available from <http://www.bbc.co.uk/news/magazine-22511650> (2013).
- [2] Bonsignore, E., Ahn, J., Clegg, T., Yip, J.C., Pauw, D., Gubbels, M., Lewittes, B. and Rhodes, E.: Selfies for Science: Collaborative Configurations Around ScienceKit, *Proc. CSCW Companion '14*, pp.133–136, ACM (online), DOI: 10.1145/2556420.2556482 (2014).
- [3] Fukuchi, K., Mertens, S. and Tannenbaum, E.: EfficTV: A Real-Time Software Video Effect Processor for Entertainment, *Entertainment Computing - ICEC2004*, Lecture Notes in Computer Science, Vol.3166, pp.602–605, Springer (2004).
- [4] Hahn, J., Shin, S. and Lee, W.: The effect of modified trampoline training on balance, gait, and falls efficacy of stroke patients, *Journal of Physical Therapy Science*, Vol.27, No.11, pp.3351–3354 (online), DOI: 10.1589/jpts.27.3351 (2015).
- [5] Halsman, P.: *Philippe Halsman's Jump Book*, Harry N. Abrams (1959).
- [6] Kajastila, R., Holsti, L. and Hämäläinen, P.: Empowering the Exercise: A Body-Controlled Trampoline Training Game, *Journal of Computer Science in Sport*, Vol.13, No.1, pp.6–23 (2014).
- [7] Karoff, H.S., Elbæk, L. and Hansen, S.R.: Development of Intelligent Play Practice for Trampolines, *Proc. 11th International Conference on Interaction Design and Children, IDC '12*, pp.208–211, ACM (online), DOI: 10.1145/2307096.2307127 (2012).
- [8] Karoff, H.S., Elbæk, L. and Hansen, S.R.: The Interactive Trampoline – Safety and Enjoyment, *Journal of Advanced Computer Science*, Vol.3, No.6, pp.287–293 (2013).
- [9] Klimek, P.M., Juen, D., Stranzinger, E., Wolf, R. and Slongo, T.: Trampoline related injuries in children: risk factors and radiographic findings, *World Journal of Pediatrics*, Vol.9, No.2, pp.169–174 (online), DOI: 10.1007/s12519-013-0416-2 (2013).
- [10] Mack, E.: Smile for the dictionary: 'Selfie' is 2013 word of the year (2013), available from <http://cnet.co/1fQMfKT>.
- [11] McGonigal, J.: *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change the World*, Penguin Books (2011).
- [12] Miklitsch, C., Krewer, C., Freivogel, S. and Steube, D.: Effects of a predefined mini-trampoline training programme on balance, mobility and activities of daily living after stroke: A randomized controlled pilot study, *Journal of Clinical Rehabilitation*, Vol.27, No.10, pp.939–947 (2013).
- [13] Sobieszek, R.A. and Irmas, D.: *The Camera I: Photographic Self-Portraits from the Audrey and Sydney Irmas Collection*, Harry N Abrams (1994).
- [14] Souza, F., de Las Casas, D., Flores, V., Youn, S., Cha, M., Quercia, D. and Almeida, V.: Dawn of the Selfie Era: The Whos, Wheres, and Hows of Selfies on Instagram, *Proc. COSN '15*, pp.221–231, ACM (online), DOI: 10.1145/2817946.2817948 (2015).
- [15] Sukkeaw, W., Kritpet, T. and Bunyaratavej, N.: A Comparison between the Effects of Aerobic Dance Training on Mini-Trampoline and Hard Wooden Surface on Bone Resorption, Health-Related Physical Fitness, Balance, and Foot Plantar Pressure in Thai Working Women, *Journal of the Medical Association of Thailand*, Vol.98, No.9,

- pp.58-64 (2015).
- [16] Svelander, A. and Wiberg, M.: The Practice of Selfies, *Interactions*, Vol.22, No.4, pp.34-38 (online), DOI: 10.1145/2770886 (2015).
- [17] サイトウアキヒロ: ゲームニクスとは何か—日本発, 世界基準のものづくり法則, 幻冬舎 (2007).
- [18] 林ナツミ: 本日の浮遊 Today's Levitation, 青幻舎 (2012).
- [19] 横山 健, 奥田千恵, 福島 基, 南谷直利, 安土武志, 山本博男: ミニ・トランポリンを利用したエアロビック・ダンスのトレーニング効果, 日本体育学会大会号, No.40, p.845 (1989).
- [20] 福地健太郎: 「魅せる」インタフェースについての考察, 情報処理学会研究報告, Vol.2007, No.99, pp.27-32 (2007).
- [21] 福地健太郎, Tannenbaum, E.: EfficTV: メガデモ技術のリアルタイムビデオオブジェクトへの応用, エンタテインメントコンピューティング 2003 論文集, pp.94-99 (2003).
- [22] 福地健太郎, 助台良之, 大野悠人: 競創による動機づけ: 自分撮りによるトランポリン運動の促進システムの事例, 第 22 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2014) 論文集, pp.115-120 (2014).
- [23] 三浦孝仁, 鈴木俊哉, 松本美和子, 宅野栄子: ミニ・トランポリンを用いたエアロビック・ジャンプ運動法の検討, 体力科学, Vol.35, No.6, p.561 (1986).
- [24] 熊山彩子, 山田昌尚: トランポリン競技における跳躍高に対するベッド沈み込み距離の画像解析, 情報処理学会第 74 回全国大会講演論文集, Vol.2012, No.1, pp.425-427 (2012).
- [25] 小野法師丸: デイリーポータル Z 「トランポリンでウザい!」, 入手先 (<http://portal.nifty.com/kiji/130603160803.1.htm>).
- [26] 新刊 JP: 跳ばずにいられない!!—ソラリーマンジャパン・ツアー~インタビュー (2012), 入手先 (<http://www.sinkan.jp/special/solarman/interview.html>).
- [27] 藤枝知行, 森 博志, 白鳥和人, 星野准一: マルチセンサ方式によるトランポリンインタフェース, 情報処理学会研究報告, No.2008-EC-011, pp.1-6 (2008).
- [28] 藤枝知行, 白鳥和人, 森 博志, 星野准一: トランポリンを利用した運動支援エンタテインメントシステム, 信学技報, Vol.108, No.127, pp.31-35 (2008).
- [29] 森 博志, 白鳥和人, 星野准一: トランポリンインタフェースを用いたウェルネスエンタテインメントシステム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.15, No.3, pp.369-378 (2010).
- [30] 青山裕企: ソラリーマン—働くって何なんだ?!, ピエブックス (2010).
- [31] 助台良之, 大野悠人, 福地健太郎: 自己表現欲求の動機づけへの応用: トランポリン運動を題材とした自分撮りシステムの事例, 情報処理学会研究報告, Vol.2014-EC-31, No.66, pp.1-6 (2014).



福地 健太郎 (正会員)

明治大学総合数理学部准教授。2004年東京工業大学大学院情報理工学研究科博士後期課程単位取得退学。博士(理学)。電気通信大学大学院情報システム学研究科助教, 独立行政法人科学技術振興機構 ERATO 五十嵐プロジェクト研究員, 明治大学理工学部特任准教授を経て,

2013年より現職。



助台 良之 (正会員)

1972年生。1995年大阪工業大学電子工学科卒業。1997年同大学大学院電気工学専攻博士前期課程修了。2000年株式会社パイケーキ入社。イベント展示用システム等, センサデバイス, ネットワークを活用したシステム設計・開発に従事。

計・開発に従事。



大野 悠人

1990年生。2015年明治大学理工学部情報科学科卒業。



三輪 聡哉 (学生会員)

1994年生。2013年明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科入学。2015年山下記念賞受賞。2016年第24回学生対抗バーチャルリアリティコンテストにて日本 VR 学会賞受賞。



大場 洋哉

1995年生。2014年明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科入学。2016年第24回学生対抗バーチャルリアリティコンテストにて日本 VR 学会賞受賞。