

運動促進のための開放型空間における 協調型エクサゲームの設計指針

佐藤 彩夏^{1,a)} 横窪 安奈² 椎尾 一郎² 暦本 純一^{1,3}

受付日 2016年1月20日, 採録日 2016年9月6日

概要: 近年, 成人の過体重・肥満の割合の増加や, 子供の体力低下が問題となっている. これらの問題の対策として, 身体運動は有効だが, 運動へのモチベーションがない人が自発的に始めることは困難である. 一方で, チームで協調して行う運動/スポーツは, ソーシャル性が運動のモチベーション向上に効果があることが多数報告されている. しかし, 協調型の運動には, 仲間が必要なため気軽に参加することが難しい. 本研究は, 運動機会創出を目的とし, 人が集まる公共空間などで気軽に参加可能な協調型エクサゲームの設計指針を, 具体的なエクサゲームの実装・実験を通じて述べる. 実験では, 小さい子供でも説明なしにルールが理解できたこと, 来場者が体力や都合に合わせて参加/離脱ができたこと, 複数人でプレイした際に半数以上が初対面の他者ともプレイしていたことなど, 公共空間に合わせた設計がおおむねできていたことが確認された. 一方で, 参加者の70%以上が中学生以下の子供だったことから, 大人が参加しにくかったことや, 周囲の騒音により音のフィードバックが分かりにくかったことなどの課題も明らかとなった.

キーワード: 運動, スポーツ, エクサゲーム, 協調, 開放型空間

Designing Collaborative Exergames in Open Spaces

AYAKA SATO^{1,a)} ANNA YOKOKUBO² ITIRO SHIO² JUN REKIMOTO^{1,3}

Received: January 20, 2016, Accepted: September 6, 2016

Abstract: In recent years, the number of overweight and obesity of adults is increasing, and the Ministry of Education reports that the physical capacity of children is decreasing. It is well known that physical exercise is effective for these problems, however, it is difficult for people without motivations to begin to exercise spontaneously. On the other hand, it is known that exercising with others increases and maintains motivations. In this study, we aim to create exercise opportunities and present the design guidelines for cooperative exergames at public places. The results of experiment held at a public place with using an example of exergame that applied the guideline, showed that the guideline was basically suitable for public places from the following results; young children could understand the rules without explanations, participants could play/withdraw according to the time they have or when they are tired, and more than half participants who met for the first time could play together. On the other hand, several issues were revealed such as; over 70% of participants were children below junior high school which shows that it was not suitable for the adults, and sound feedback was unnoticeable because of the surrounding noise.

Keywords: exercise, sports, exergames, collaboration, open spaces

¹ 東京大学大学院
The University of Tokyo, Bunkyo, Tokyo 113-8654, Japan
² お茶の水女子大学大学院
Ochanomizu University, Bunkyo, Tokyo 112-0012, Japan
³ ソニーコンピュータサイエンス研究所
Sony Computer Science Laboratories, Shinagawa, Tokyo
141-0022, Japan
a) info@ayakasato.com

1. はじめに

1.1 運動の重要性和減少する運動機会

運動やスポーツは, 肥満や生活習慣病といった身体の病気の予防 (1次予防) および治療 (2次予防) に有効であるだけでなく, ストレスやうつ病などの精神疾患の改善にも

効果的である [1]。ワシントン大学健康指標評価研究所の世界肥満実態調査では、世界の成人の過体重・肥満の割合が1980年には男性、女性がそれぞれ29%と30%であったものが、2013年にはそれぞれ37%と38%になったことが報告されている [2]。

文部科学省からは、子供の体力が低下していることが報告されており、その原因として下記があげられている [3]。

1. ゲームなどの室内遊び時間や学校外の学習活動の増加による運動時間の減少
 2. 都市化による空き地などの手軽な遊び場の減少
 3. 少子化や学校外の学習活動などによる運動仲間の減少
- つまり、「スポーツや外遊びに必要な時間・空間・仲間」が減少していることが体力低下の原因となっている。運動不足は肥満や生活習慣病の原因の1つでもあるが、幼少時の肥満は成長してからの肥満に関連することも報告されており [4]、幼少期の運動不足は深刻な問題である。スポーツ振興基本計画では体力の向上策の基盤的施策として「子供が体を動かしたくなる場の充実」、地域におけるスポーツ環境の設備充実策として「スポーツ施設の充実」などを策定している [5]。しかし、公園やスポーツ施設などを増やすためには、場所と多額の費用が必要となる。運動施設が増えたとしても、運動の習慣やモチベーションがない成人が自らそういった場所に赴くことはなかなか難しい。

1.2 協調型運動の効果

一方で、運動へのモチベーションの1つとしては、他者との運動があげられる。ランニングなどの個人種目は自分自身でモチベーションを作る必要があるが、チームで協力し合って取り組む協調型の運動/スポーツ（以下、「協調型運動」と呼ぶ）は、身体活動を通してコミュニケーションが発生するため精神的充足感が得られる。また、身体が鍛えられるだけでなく、他者と関わることで公平、公正な精神や他者との協調を学び、社会において必要とされる行動や知識を育成するといった教育的意義もある [6]。また、こういったソーシャル性が運動のモチベーション向上に効果があることも多数報告されている [7], [8], [9], [10]。しかし、体力がない、運動経験が少ないなど運動能力が低い人にとってチームスポーツへの参加は敷居が高く、気軽に一緒に運動ができる仲間を見つけることも難しい。

1.3 運動促進のためのスマートデバイス

近年、スマートフォンとウェアラブルデバイスを用いて活動量を計測し視覚化するNike+やFitbitなど、運動をサポートする製品が次々に市場に出てきている。これらは、SNSとの連携機能が付いているものも多く、知人の記録と競争することでモチベーション維持を狙っている。このように、運動促進に寄与する製品の市場も広がっており、SNSを活用することでソーシャル性を作っている例もある。

1.4 エクサゲームの研究と製品の普及

スポーツや運動と、情報技術を融合したエクサゲーム [11] と呼ばれる研究もさかんにされている。これらは、センサ入りのデバイスや、ヘッドマウントディスプレイなどのデジタル機器を用いることで、実際に道具やその場所がいなくてもバーチャルに運動を体験することができる。これにより、従来のスポーツより狭い空間や室内でもさまざまな運動を体験することが可能となった。さらに、映像や音などの視聴覚効果で、同じシステムでもユーザ体験を容易に変えられるといった柔軟性もある。研究だけでなく、2006年に発売されたNintendo Wii、ソニーコンピュータエンタテインメントのPlayStation Move、MicrosoftのKinectなどのゲーム機器が登場してからは、一般家庭にもエクサゲームが普及するようになった。

1.5 本研究の目的と方針

上記のように、運動不足は深刻な問題で、運動促進への関心は高まっており、エクサゲームの研究もさかんである。本研究では、運動機会の減少の原因となっている「時間・空間・仲間の減少」と、精神的充実感が得られる一方で参加への敷居が高い「協調型運動」に着目し、協調型運動の機会を創出することを目的としたエクサゲームの設計方針について述べる。「時間・空間・仲間」の三要素を同時に得るためには、人が集まる環境が適していると考えられる。人が集まる環境とは、既存のショッピングモール、科学館などの、誰でも訪れることが可能な公共の場や、展示会場、パーティ会場などの、イベントのために人が集まる場所などを指す。本論文ではこういった場所を「開放型空間」と呼ぶ。開放型空間には場所と人が同時に存在しているため、そこに適したエクサゲームの構築は運動機会の創出につながる。本研究では、従来、運動経験や体力に差があったり、初対面の人同士で一緒に行くことが難しかった協調型の運動を、初対面でも運動能力が異なる人同士でも気軽に参加できるように設計することで運動機会の創出を目指す。具体的には、開放型空間でのエクサゲームに必要な要素の仮説を元に2種類のエクサゲームを実装し、開放型空間でのデモンストレーションおよび評価実験から仮説を検証する。

2. 「開放型空間」における協調型エクサゲームの設計方針

開放型空間に適した協調型エクサゲームの設計方針を立てるために、開放型空間にエクサゲームを設置した際の想定される来場者の状況を整理する。

- 訪れた場所にエクサゲームが設置されていることをあらかじめ認識していない（つまり、運動をするつもりで訪れておらず、遊び方も知らない）。
- 来場者ごとに、参加可能な時間の長さが異なる（買い

物の合間、家族を待っている間、通りがかりのついで、など空き時間の長短に差がある)。

- 来場者ごとに、年齢・身長・体力が異なる。

上記のような状況の来場者が協調型エクサゲームに参加するためには、以下のような特性を持つことが望ましいと考えた。

2.1 参加しやすい設計

エクサゲームが設置されていることを知らずに開放型空間に訪れた来場者は、あらかじめ運動をするモチベーションは持っていない。また、その場で初めてエクサゲームを見るため、ゲームのプレイ方法(以下、「ルール」)もあらかじめ知らない。このような状況の人に参加してもらうためには、「参加できそうだ」と感じてもらう必要がある。そのために、説明をしなくても理解できる分かりやすいルールにすることが重要だと考える。モチベーションを持っていない来場者にとっては、ルールを理解するために説明を聞いたり、文章を読むことは面倒だと感じる要因になると考える。また、参加登録、着替え、何かを身につけるといった、参加のための事前準備をなくすことで、参加の手間を増やさないようにすることも参加しやすくするためには重要だと考える。

2.2 途中参加/離脱可能な設計

来場者の空き時間や、体力はそれぞれ異なるため、ゲームへの参加時間が柔軟になると、それぞれの持ち時間、体力に合わせた参加が可能になると考える。通常の協調型運動では、途中で抜けたり、途中から参加することは困難であり、ゲームを途中で中断してしまったり、参加するために他の人のプレイが終わるまで待つてなくてはならない可能性がある。そこで、ゲームを中断することなく、参加者が任意のタイミングで参加したり、離脱したりできるようにすることで、好きな時間だけ参加できるようになるため、来場者が参加しやすくなることを考える。

2.3 参加者間の身体差が影響しにくい設計

さまざまな年代の人が訪れる可能性がある開放型空間では、参加者間の年齢、身長、体力などに差がある場合がある。そのため、小さな子供でも理解しやすい、あるいは真似しやすい単純な運動(たとえば、足踏み、ジャンプ、など)をルールにすることで、年齢差があっても一緒にプレイしやすくなると思われる。また、身長や力の強さによって差が出るようなルール(たとえば、ジャンプして高いところをタッチすると得点する、強く叩くとより多く得点する、など)も適応しないようにする。

2.4 簡易で頑丈なセンシング

エクサゲームの構成には、各種のセンシングが考えられ

るが、開放型空間では外乱光の影響があるセンサや、頻繁なキャリブレーションが必要なカメラなどを用いた手法は向いていないと考える。そのため、簡易でかつ、大人数が利用しても故障しにくい耐久性の高いセンシング手法でも効果的なエクサゲームを設計することが重要であると考ええる。

3. 協調型エクサゲームの具体例

本章では、設計方針を基に実装した2種類のエクサゲーム「何人何脚!?!」と「大縄オーケストラ」を紹介し、それぞれのシステムの展示会や学会などでのデモンストレーションで観察された様子をもとに加えた改善点を報告する。

3.1 システム1: 何人何脚!?!

「何人何脚!?!」は、二人三脚を拡張した協調型運動システムである(図1)。従来の二人三脚は、2人1組で隣り合った足を紐で結んで走る競技である。前に進むためには二人で息を合わせる必要があるため、「1, 2, 1, 2(イチニイチニ)」の掛け声を掛け合うことが多い。リズムが揃わないと前に進めなかったり、足が引っ張られて転倒することもある。本システムは、参加者の人数は制限せずに、 n 人 $n+1$ 脚(3人の場合3人4脚)のように、人数が増えても体験可能である。今回の実装では、最大4人まで参加可能になっている。また、参加時の手間が増えないように、通常の二人三脚のように隣り合った足を縛らずに、その場で二人三脚の要領(つまり隣り合った他者の足どうしを同時に上げる)で足踏みをする。参加者全員が正しくステップを踏めると目の前のスクリーンに映しだされた映像が再生され、バーチャルにスクリーン上の世界を走る体験ができる。映像の始まりには「START」、終わりには「GOAL」という文字が表示されるが、参加者は映像の位置にかかわらず、つねに参加者が途中で入ったり抜けたりすることが可能で



図1 「何人何脚!?!」のプレイの様子。二人三脚の要領で足踏みをするエクサゲーム

Fig. 1 Play scene of an exergame named “How many legged races!?!”. Players run in place to play.

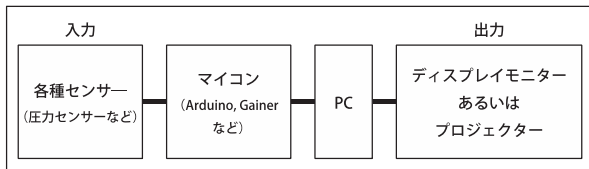


図 2 本研究で実装した 2 つのエクサゲームのシステム構成図。環境依存しにくい、簡易で頑丈なセンシング手法を採用

Fig. 2 The system configuration of exergames that use simple and robust sensing method.

ある。また、参加人数が多いほど難易度も増すが、その分映像が進む速度も早くなる。また、誰かが失敗すると映像は止まるが、再び正しく足踏みを始めると再度映像が進む。

本システムの運動強度は、厚生労働省が運動基準として採用している身体活動の強度を表す単位である METs (安静状態は 1, 歩行状態は 3) [12] で示すと、軽いジョギング (6.4km/時) と同程度の 6.0 METs である。

3.1.1 システム構成

本システムは、プロジェクタ、スクリーン、Gainer*1、テープスイッチ (型番: オジデン, OT-02A-GY)、PC、棚で構成される (図 1)。棚はプレイヤーの背後に設置され、棚の上には PC、Gainer、プロジェクタが収納されている。本システムも、次に説明するエクサゲームも、2 章で述べたとおり、開放型空間に対応しやすいように簡易なシステム構成となっている (図 2)。PC は、試作ではラップトップ (MacBook Pro) を用いたが、画像解析を含まないため計算量が小さい。どのため、ディスプレイ出力が可能なスティック型 PC や小型 PC でも十分構築可能である。また、プロジェクターはディスプレイモニターで対応することも可能である。

3.2 システム 2: 大縄オーケストラ

「大縄オーケストラ」は、大縄跳びとオーケストラの要素を掛け合わせた協調型エクサゲームである (図 3)。ゲーム参加者が、バーチャルな大縄に引っかからないように跳ぶとオーケストラの音が演奏される。参加者が増えるごとにオーケストラの楽器の音が重なり、音楽が壮大になっていく。曲の最後まで縄に引っかからずに跳べると「成功」となる。本システムでは、正面と床の 2 面のスクリーンへのプロジェクションで大縄跳びをバーチャルに表現する。正面スクリーンには大縄を回すキャラクターと大縄、床面には正面の映像からつながっているように回る大縄が投影される。参加者は、床スクリーン上の足型の上でジャンプする。今回実装したシステムの最大参加人数は 3 名だが、設置場所の広さに応じて追加することが可能である。

従来の大縄跳びは、2 人の回し手が 5~8m ほどの長い縄を回し、その間を複数人の跳び手がジャンプする競技で



図 3 「大縄オーケストラ」プレイの様子。投影された縄のタイミングに合わせてジャンプする

Fig. 3 The play scene of an exergame named “The group jump rope orchestra”. Players jump at the right timing to play the game.

ある。同時に跳ぶ人数が増えるほど難易度は増し、多く跳ぶことが難しくなるため、参加者全員で息を合わせる必要がある。大縄跳びの遊び方はいくつかあり、同時に全員が跳ぶ場合、1 人を入れて抜けると次の人が入る場合、縄を 2 本使う場合などがあるが、本システムでは、回す縄は一本、参加者は 1 人ずつあるいは同時に最大 3 人で入り、参加者は自由に入ったり抜けたりすることができる、というルールを採用した。なお、本システムでは画面上のキャラクターが回し手となるため、参加者は全員跳び手となる。以下、跳び手をプレイヤーと呼ぶ。

本システムの運動強度を METs で示すと、縄跳びをゆっくり跳んだ場合と同程度の 8.8 METs である。

3.2.1 システム構成

本システムは、近接プロジェクタ、スクリーン、PC、Arduino、マットスイッチ (マットの下などに敷く耐久性の高いスイッチ、型番: オジデン, OM-CVP623)、棚、スピーカで構成される (図 3)。なお、スクリーンはプロジェクタが投影可能な白い壁と床がある場合は不要であり、スピーカもオプションとなる。足型の下にフットスイッチを埋め込み、プレイヤーごとのジャンプを検出する。フットスイッチの値は Arduino を介して PC に送信される。PC 側のソフトウェアは、ゲーム開発環境の Unity で実装した。Arduino から送信された値を基に、プレイヤーの状態に応じた音と映像をフィードバックする。フィードバックの詳細は、次のとおりである。

*1 ユーザー・インタフェースやメディア・インストールのための環境。http://gainer.cc/



図 4 「大縄オーケストラ」状態ごとの表示映像。(1) 待機状態ではつねに縄が回り続ける (2) プレイヤが三人プレイしている状態 (3) 中央のプレイヤが引っかけた (失敗) 状態。失敗したプレイヤの足元が赤く点灯する。(4) 曲の最後まで飛び終えた状態 (成功)

Fig. 4 Screen scenes of “The group jump rope orchestra”. (1) The virtual rope is twirling all the time. (2) The scene of three players playing. (3) The failure scene of the middle player, where red spotlight lights. (4) The success scene.

3.2.2 プレイヤの体験の流れ

大縄オーケストラのひとつの体験の流れを説明する。

(1) スタンバイ状態 (プレイヤがいない状態)

プレイヤが不在のスタンバイ状態では、スクリーン上の縄はつねに回り続ける。この状態では音楽は流れず、縄が床を通過するたびに「シュッ」という縄に遠心力がかかったような効果音のみが鳴る (図 4-1)。

(2) プレイヤ参加時

プレイヤは任意のタイミングでゲーム空間に入出することができ、参加は 1 人ずつでも、同時に複数人でも可能である。ゲーム空間に入ったプレイヤは、縄に引っかけないように縄が床を通過するたびにジャンプをする。プレイヤが 1 人の場合は 1 つ目の楽器 (例: バイオリン) のみで音楽の演奏が開始する。同時に、正面のスクリーンにはバイオリンのイラスト、床のスクリーンには跳ぶ度に足元に円形のアニメーションが表示される。2 人目の参加者が入るとさらにもう 1 つの楽器 (例: トランペット) の音が重なり、正面と床のスクリーンにイラストとアニメーションが追加される。最大参加人数である 3 人が参加するとすべての音 (たとえば、5 重奏の場合、残りの 3 つの楽器の音) が重なりフルオーケストラが演奏され、背景にもすべての楽器が表示される (図 4-2)。途中でプレイヤが抜けるとそのプレイヤが担当していた楽器のアニメーションと音は消えるが、他のプレイヤはプレイを続けられる。

(3) プレイヤが引っかけたとき

いずれかのプレイヤが縄に引けかかる、つまり縄が床を通過したときに床に足があると、不協和音が鳴って音楽が中断し、床スクリーンは引っかけた人の足元が赤く点灯し、正面スクリーンはキャラクターの残念そうな動きアニメーションが表示される (図 4-3)。引っかけたしばらくすると、再度縄が回り出し、(1) の状態に戻る。

(4) 最後まで演奏を終えたとき

すべてのプレイヤが引けかからずに曲の最後まで演奏ができると拍手の効果音が鳴り、正面スクリーンのキャラクターが喜ぶアニメーションが表示される (図 4-4)。しばらくすると、再度縄が回り出し、(1) の状態に戻る。

3.3 デモの実施と改良

両システムは、国内外の学会や、学会以外での一般の幅広い世代が訪れる開放型空間でのデモンストレーションを実施した。

「何人何脚!？」は、一般の来場者も訪れる大学の展示会^{*2}と、国内学会 [13] でデモ展示を実施した。展示員 (筆者ら) は来場者に「二人三脚の要領で足踏みをする」というルールを説明することがあったが、説明を受けずに参加した来場者の中には、二人三脚の動きではなく、同じ足で足踏みをする例が見られた。足踏みの動き自体は単純だったが、足の左右を間違えると動かないため、ルールが直感的ではなかったことが考えられる。

「大縄オーケストラ」は、一般の来場者も訪れる科学館での展示^{*3}と、国内学会および国際学会 (台湾) [14], [15] でのデモ発表、子供が集まる地域イベントなどでデモを実施した。本システムは、展示会の度にコンテンツ (映像、音楽) の変更や、実装に改良を加えた。具体的には、コンテンツはイベントに合わせてアニメーションのキャラクターを人間、ペンギン、サンタクロースなどに変えたり、音楽の長さや曲を変えたりした。実装は、主にセンシング部分を改良した。はじめは、赤外線センサを用いてジャンプの判定をしたが、設置場所が平らでなかったり、参加者がぶつかってセンサが動くとき動作が安定しないことがあった。次に、センサを追加しなくても容易に参加人数が増やせるように Kinect を用いた実装も行ったが、センシング範囲内にプレイヤ以外の人が入ることがあったり、センサの前に人が立っていることがあったりと、動作が安定しなかった。また、こういったカメラを用いた実装は公共の場ではプライバシーを気にして好まれないこともある。さらに、自作の圧力センサも試したが故障することがあったため、耐久性が高い既成品のマットスイッチを最終的に採用した。

*2 東京大学制作展エクストラ 2010. 開催期間: 2010 年 6 月 10~15 日。

*3 国際バーチャルリアリティコンテスト (IVRC2010). 一般公開日: 2010 年 8 月 24~25 日. <http://ivrc.net/2010/>.

「大縄オーケストラ」はジャンプをする、というシンプルな動きであったため、「何人何脚!?!」のように説明がないと足踏みの左右を間違える、といったことはなかった。そのため、2.1節で述べた「参加しやすい設計」の中の「分かりやすいルール」として、間違えやすい動きをルールに入れないことが重要であることが明らかとなった。

4. 評価実験

開放型空間に適したシステム設計ができたかどうかを探るために、評価実験を実施した。前述したデモでの様子から、「大縄オーケストラ」には「何人何脚!?!」のような動き間違いがなかったため、評価実験は「大縄オーケストラ」で実施することにした。実験では、幅広い世代の人が訪れる開放型空間にシステムを設置し、来場者の行動観察とアンケート調査から、本システムが2章で述べた「参加しやすい設計」、「途中参加/離脱可能な設計」、「参加者間の身体差が影響しにくい設計」になっていたかどうかを検証する。

4.1 実験環境

実験は、2015年12月5日に開催された企業のクリスマスパーティーのイベント会場の一角にて実施した。来場者は、社員、社員に招待された知人・家族が主で、合計来場者数は約400人であった。同会場では、本システムの企画の他に4つの企画が同時に開催され、本システムは会場内にある4.8m×6mの会議室に設置した(図5)。部屋の壁は白かったが、ホワイトボードが設置されており、そのまま壁に投影可能な場所がなかったため、1枚の白いターポリン生地(約1.8m×6m)を会議室の天井から吊るし、床に着いたところから床面に養生テープと両面テープで接着し、正面と床のスクリーンとした。なお、会議室のドアは常時、部屋の内側に開いた状態であった。図3は実験で使用した部屋の写真である。

今回の実験で使用した画面上のエフェクトは、クリスマスパーティーに合わせてサンタ帽をかぶったペンギンのキャラクターが縄を回し、プレイヤーが増えるごとに楽器のアニメーション(左右に約20度ずつ回転する動き)の表示数がペンギンの周りに増えるというものであった。音楽は「天国と地獄」などのクラシック音楽を4曲用意し、アップテンポな部分を切り出して30~50秒に編集したものを使用した。

4.2 実験手法

実験の評価は、アンケート調査と、目視でのビデオ観察を行った。パーティーの最中には、乾杯の挨拶と抽選会があり、これらのイベントの際には会議室内から人が全員出たため、評価の対象とした時間は、乾杯の挨拶の30分後の人の流れが落ち着いた時刻から、抽選会が始まる時刻までの約73分間とした。展示員は、アンケート調査のため

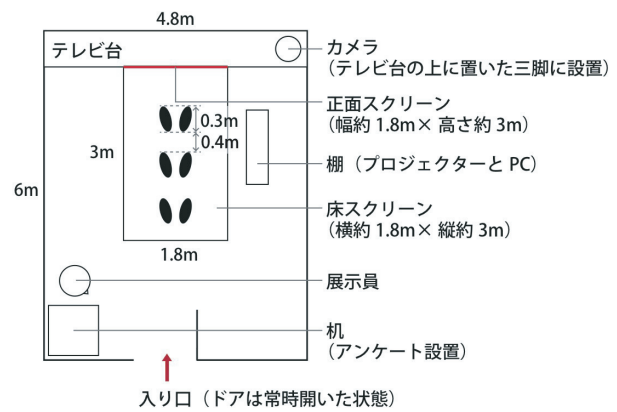


図5 「大縄オーケストラ」の実験を実施した会議室の状況。展示員はいっさいルール説明を行わなかった

Fig. 5 The room environment of the evaluation experiment at a Christmas party.

に室内に常時1~3名いたが、ルール説明はいっさい行わなかった。

アンケート調査は、会議室の出入り口の近くに設置した机にて実施した。アンケートは、会議室に入って「大縄オーケストラ」を体験した人(以下、「体験者」)、会議室に入ったが体験をしなかった人(以下、「見学者」)のそれぞれを対象に、会議室から退室する際にランダムに回答をお願いした。文字が読める人には紙のアンケートに答えてもらい、文字が読めない小さな子供には口頭で質問をして質問者が回答を記録した。質問項目は表1のとおりである。

ビデオは、出入り口とプレイヤーの全員の様子が見える、高い位置に設置した(図5)。ビデオ観察では、入室者全員に目視でタグをつけ、入室時間、プレイ時間、失敗(縄に引っかかったとき)・成功(曲の最後まで跳んだとき)の時間、参加者同士が知人と思われるかどうか(ここでは、同じタイミングで入室した、あるいは室内で会話などのやりとりがあった人を「知人」、それ以外を「他人」と定義)、それ以外の観察されたこと、を記録した。

5. 実験結果

はじめに、実験中の入室者、アンケート回答者、プレイに関する全体の概要を報告する。

ビデオ観察を行った73分間に入室した人は、39グループ(4.2節「実験手法」で定義した「知人」同士を1グループとする)、合計100名であった。これは、イベント全体の来場者数約400人に対して、約25%が参加したことになる。ビデオ観察から、参加者のうち中学生以下と見られる人は48名、大学生以上と見られる大人は52名であった。100人の入室者のうち、体験者は51人で、そのうち、子供は39名であった。

アンケートの回答者は、合計46名(体験者34名、見学者12名)であった。アンケートの回答結果を表2に示す。回答者のうち、体験者は、中高生以下と、20代以上の割合

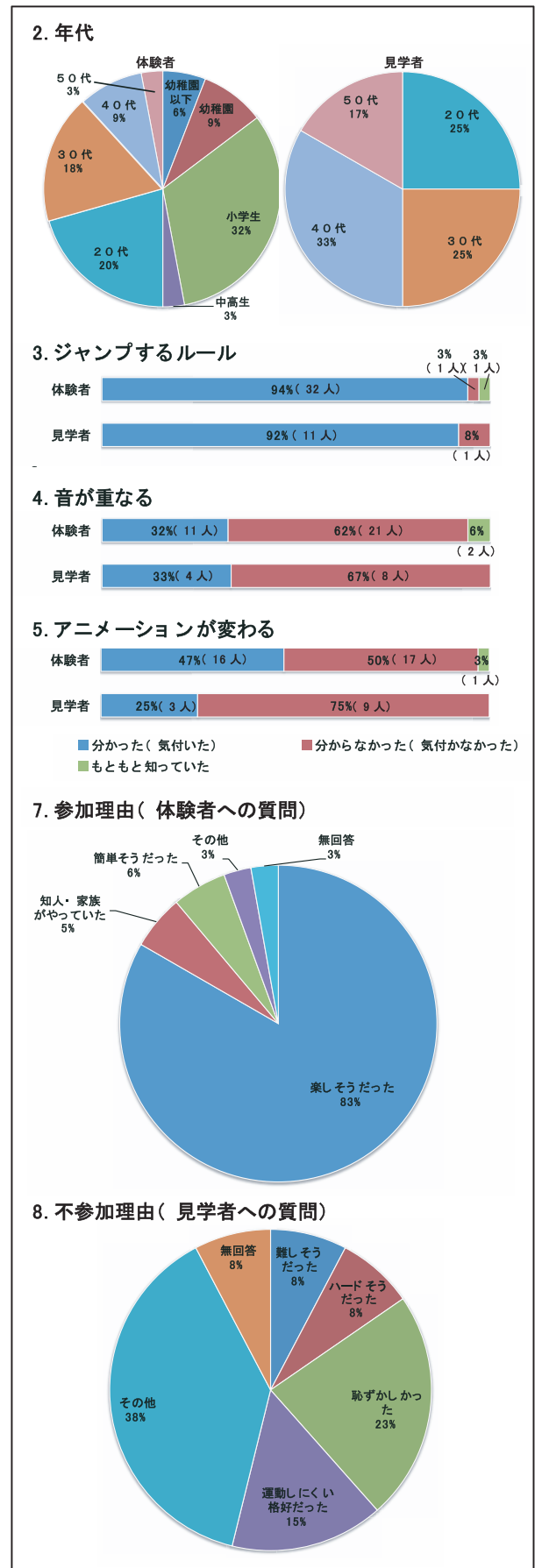
表 1 体験者・見学者へのアンケート項目
Table 1 Questionnaire items for participants.

No.	対象	質問
1	共通	性別を教えてください 【男性/女性】
2	共通	年代を教えてください 【幼稚園未満/幼稚園/小学校/中高生/20代/30代/40代/50代/60代以上】
3	共通	「縄の動きに合わせてジャンプする」というルールが分かりましたか？ 【分かった/分からなかった/もともと知っていた】
4	共通	「参加する人が増えると音が重なっていく」ということが分かりましたか？ 【分かった/分からなかった/もともと知っていた】
5	共通	参加する人が増えるとペンギンの周りに楽器のイラストが増える」ということに気が付きましたか？ 【気が付いた/気が付かなかった/もともと知っていた】
6	体験者のみ	一緒に遊んだ人は知り合いでしたか？ 【全員知らない人だった/知らない人もいた/一人だった/知人(友達、先輩後輩、恋人など)/家族】
7	体験者のみ	なぜ参加しましたか？(当てはまるものすべて) 【楽しそうだったから/簡単そうだったから/知人・家族がやっていたから/その他【自由記入欄】】
8	見学者のみ	なぜ参加しませんでしたか？(当てはまるものすべて) 【難しそうだったから/ハードそうだったから/ルールが分からなかったから/知人がいなかったから/恥ずかしかったから/時間がなかったから/運動しにくい靴・服装だったから/その他【自由記入欄】】

がそれぞれ約半数ずつであった。見学者は全員 20 代以上の大人であった。

プレイの総回数は、1 回の失敗あるいは成功を「プレイ 1 回」と数えると、230 回であった。そのうち失敗は 221 回 (96%)、成功 (曲の最後まで跳べた場合) は 9 回 (4%) であった。1 回の平均プレイ時間は 19 秒で、プレイを始めてから 5 秒程度の短時間で失敗したケースは 37 回 (失敗したうちの約 17%) で、これらを除くと、平均プレイ時間は 28 秒であった。1 人あたりの平均プレイ回数は約 5.2 回で、1 回の失敗で離脱する人が 11 人 (22%)、2 回以上挑戦する人が 40 人 (78%) であった。最もプレイ回数が多かった

表 2 アンケート回答結果
Table 2 The results of the questionnaires.



た体験者は42回で、同体験者はそのうち自分自身での失敗は24回(57%)、他者による失敗は17回、成功は1回であった。

5.1 「参加しやすい設計」に関する結果

本システムの、「縄の動きに合わせてジャンプする」というルールについて、アンケートでは体験者と見学者はともに90%以上の回答者が「分かった」と回答した。なお、体験者で「分からなかった」と回答した人は幼稚園児1人で、その他の幼稚園以下の4名は「分かった」と回答した。この結果から、本システムのルールは小さい子供でもおおむね理解できたといえる。体験者が「入室してからプレイを開始するまでの時間」の平均は60秒で、体験者の約半数の45%が30秒以内にプレイを開始していた。このことから、参加者がルールを理解することに長い時間を要さなかったといえる。

5.2 「途中参加/離脱可能な設計」に関する結果

任意のタイミングで参加/離脱が可能な設計について実験中、次のような場面が観察された。

- プレイ中の参加者が、「疲れた」といいながら離脱し、数分後に再度参加した場面
- プレイ中の参加者が、親に声をかけられて離脱する場面

いずれの場合も、ゲームは中断されず、該当プレイヤーのみが抜けている。このように、体力的に疲れたと感じたり、時間がなくなったりしたときに、ゲームを中断せずに離脱ができており、狙いどおりの結果となった。

5.3 「参加者間の身体差が影響しにくい設計」に関する結果

前述通り、幼稚園児以下を含む94%の参加者がジャンプするというルールを理解できていたことから、参加者間に年齢差があってもプレイが可能であったといえる。

しかしアンケートから、正面スクリーンの楽器のアニメーションが増えるエフェクトについて、体験者のうち「気付いた」と回答した人は47%であった。体験者であっても半数しか気付かなかった原因として、正面スクリーンに最も近いプレイヤーによって、後ろのプレイヤーの視界が遮られたことが考えられる。これにより、身長やプレイの立つ位置によってプレイヤーの体験に差がでることがあることが明らかとなった。

5.4 参加者間の関係性の結果

開放型空間には知人が多く存在しない場合も多いため、このような場所で協調型運動を行うためには、他人と一緒にプレイができるかどうか重要である。以下、ビデオ観察で、4.2節「実験手法」に記述のあるとおり、同時入室者

あるいは室内でコミュニケーションがあった人を「知人」、それ以外を「他人」とし、他人とのプレイ状況を報告する。

1回のプレイでの最大参加人数は、1人の場合が62回(27%)、2人の場合が55回(24%)、3人の場合が113回(49%)で、73%が複数人でのプレイであったことになる。この結果は、1.2節で述べた、従来、参加への敷居が高かった協調型運動の促進を実現したといえる。また、ビデオ観察から、「他人」と同時にプレイしていた回数は91回であった。これは2人以上でのプレイ回数(168回)の54%にあたる。つまり、半数以上の体験者は、家族や知人以外の人との協調型運動をしたことになる。

ビデオ観察では、他者とのプレイ時に以下のような場面が観察された。

- 他人同士の体験者(成人男性)と見学者(女子小学生)がハイタッチする場面
- 見学者が他人である体験者に「おめでとう」と声をかけたり、拍手をする場面

このように、他者同士でもエクサゲームを介してコミュニケーションが生じたことも確認された。1.2節に記述したとおり、運動を通じたコミュニケーションはモチベーション向上に繋がるため、この結果は他人同士でも協調型運動の利点が得られたといえる。

5.5 参加/不参加理由の結果

アンケートで、体験者が参加した理由で最も多かったのは、「楽しそうだった」(83%)であった。「知人・家族がやっていた」という他者がきっかけという回答はわずか5%であった。この結果から、体験者はおおむね自発的に参加したといえる。一方で、見学者が参加しなかった理由にはバラつきがあったが、「恥ずかしかった」(3人、23%)と、「その他」の自由記入欄に「子供を見ていた」(3人、23%)と記入した人が最も多かった。体験者の76%が子供であったという結果を考察すると、大人も子供と一緒に参加したくなる工夫が必要であるといえる。「恥ずかしかった」理由としては、縄に引っかかるとゲームオーバーになる、ということと、子供の参加者が多いから大人が遊ぶのは恥ずかしい、ということが考えられる。また、子供を見ていたことを不参加理由にあげていることから、自身が参加するのではなく、見ることを楽しんでいて、という様子も伺える。不参加理由として、「運動しにくい格好だった」と回答した人が2名おり、いずれも女性だったことから、ヒールの靴やスカートをはいていたことが考えられる。

5.6 音のフィードバックの結果

アンケートの結果、参加が増えるにつれて音が重なるエフェクトについて、体験者と見学者で気付いた人はそれぞれ3割程度であった。音の変化に気付かなかった理由として考えられるのは、会議室を開けた状態で実験を実施し

たことにより、会議室外で流れていた大音量の音楽、会話、食器の音などが混ざり、騒がしい環境であったことである。本エクサゲームは、音がなくても目でプロジェクションされた縄を見てジャンプすることが可能で、音は体験を盛り上げるための効果音として用いているため、プレイ自体は行うことが可能である。このように、開放型空間では、騒がしい場合があるため、音がないと成り立たないルールを設定しないことも重要な要素であることが確認された。

以上の結果から、本システムは小さな子供でもルールが理解できたこと、参加者の都合に合わせてゲームへ途中参加、途中離脱できていたこと、2人以上のプレイ場面では半数以上が他者とプレイしていたことが確認された。一方で、参加者の立つ位置や身長によって画面が見えにくくなったり、周囲が騒がしくて音が聞こえにくくなるなど、筆者らが狙った体験ができていない場合があることが明らかとなった。

6. 議論

6.1 適切な運動時間・継続的な運動について

適切な運動時間について、厚生労働省による「健康づくりのための身体活動基準 2013」では、健康づくりのための身体活動基準を1日3METs（歩行と同等）以上の運動を毎日1時間行うこととしている[16]。また、「健康づくりのための身体活動指針（アクティブガイド）」では、「健康上の問題で日常生活が制限されることなく生活できる期間」である健康寿命をのばすために、ふだんより10分多く毎日からだを動かす、「+10（プラステン）」を推奨している。本研究は、自由に途中参加/離脱ができるため、気軽に運動を体験するためには有効であるが、十分な運動を行うという意味では目的を果たせない場合がある。また、「大縄オーケストラ」は「失敗」すると運動が中断される。長時間の運動を目的とする場合は、運動強度をさげたり、「何人何脚!？」のように「失敗」してもゲームが強制終了しないようにする、といった調整が必要になると考える。

体力づくりや、健康を目的とする場合は、継続的な運動が有効である。スマートデバイスは継続的な利用が続かないことが多数報告されており、原因としてSNSにつなげる機能はあるものの使っている人がおらずソーシャル性がないことや、装着が習慣化されないことがあげられている[17], [18]。ふだん習慣がなくてかつ1人ではモチベーションを保つことが難しい人が継続的にエクサゲームなどを行うためには、学校、家庭、オフィスなどの日常的にいる空間での設置が有効であると考えられる。こういった空間での利用のためには、その場所に合わせた設計を考慮する必要がある。たとえば、オフィス空間では大きな音を出すことが難しいため、音を使わない、あるいは指向性スピーカにして参加者にしか聞こえないようにすることや、家庭であれば設置スペースが小さくて済むようなより簡易なシス

テム構成にすること、などが考えられる。たとえば、「大縄オーケストラ」の場合は、プロジェクタを用いずに、センサとLEDでフィードバックを返す、といった最小限の構成にすることで小さくすることが可能である。さらに、毎日プレイしても飽きないようにコンテンツや難易度を複数用意したり、出入り口などの必ず通る場所に設置するなどの工夫も長期的な実施には重要な要素となると考える。

6.2 適切な難易度設定について

本論文で提案したエクサゲームは、いずれも参加者の身体能力が事前に予測できないため、難易度は参加者全員同じであった。もし設置場所が上記のような毎日通う場所となった場合、RFタグや社員証などを用いて、参加者の年齢や体力、健康診断の結果などに応じて運動強度を設定することも可能になると考える。身体に合わせて難易度を調整する例として、筆者らの先行研究で、参加者の年齢や心拍数に応じて運動強度を動的に変化させるエクサゲーム[19]がある。ただし、心拍計の装着が必要となるため、参加の気軽さとのトレードオフが存在する。

6.3 システムの設置について

開放型空間は、設置可能面積や、壁の色、すなわちプロジェクションのためのスクリーンが必要かどうか、など設置条件が場所によって異なるため、設置のしやすさも考慮すべき要素の1つである。「大縄オーケストラ」は、プロジェクションが2面あるため、壁や床が平らでかつプロジェクションが見えやすい色ではない場合は、スクリーンの設置が必要である。実際に、今回の実験で使用した部屋は、正面の壁が平らではなかったこと、床が濃い色だったため正面と床の2面にスクリーンの設置の必要があった。床面はシートを敷いて床に固定するだけで済むが、正面スクリーンについては、天井から吊る形になり、設置に手間がかかった。また、過去の展示では、2面の壁に突っ張り棒を設置して正面スクリーンを構築したケースや、壁のない場所ではパイプとジョイントを用いて簡易な屋倉を建て、パイプにスクリーンを取り付けたケースがあった。より多くの場所に設置できるようにするためには、設置のしやすさも課題である。「大縄オーケストラ」の場合は正面スクリーンをなくして床面のみに行うことが考えられる。たとえば、先行研究[20], [21]のように、床面への投影だけでも十分にインタラクティブな装置は構築可能である。BaseLase[18]のような、1つの装置で360度にレーザーを投影可能なシステムを用いることでより広い範囲で多くのプレイヤーの参加も可能になるだろう。ただし、正面スクリーンは周囲の観客から見やすく、遠くからもゲームの存在を確認できるため、集客効果が減少する可能性も考えられる。一方で、正面スクリーンをディスプレイに置き換えた場合、スクリーンの設置が不要になり、設置が簡易になる。「大縄オーケス

トラ」の場合、床面がなくなると正面が見えにくくなるため、プレイヤーの向く方向を90度回転して「何人何脚!？」と同様の配置にし、ディスプレイ上にジャンプのタイミングを表示することでプレイは可能であると考えられる。ただし、従来の大縄跳びのような足元に縄が来ることによる「引っかかる」という感覚は得られにくくなり、さらにジャンプのタイミングも縄が来るタイミングが同時ではなくなるため、従来の一体感が失われる可能性があることが考えられる。

6.4 応用について

今回提案したエクサゲームはいずれも足を使う運動であったため、靴や服装により参加しにくいという結果が得られた。本研究の設計方針を、上半身だけの運動でも参加できるようにエクサゲームへと応用させることでより多くの来場者が参加しやすくなる。たとえば、腕を動かしてバーチャルな大玉を転がすといった大玉ころがしをモチーフとしたエクサゲームなどが考えられる。

ゲームのルールについて、シンプルな方が参加はしやすいが、その分運動も単純になる。もう少し複雑な運動を設定したい場合、プレイの様子を動画で流すなど、見るだけで分かる程度のルールであれば応用が可能であると考えられる。ただし、「何人何脚!？」のように参加者の位置によって動きが異なるなど、見たとおりにプレイしたつもりでも正しい動作ができないようなルールは避けたほうが良いと考えられる。

7. まとめ

本研究では、「時間・空間・仲間」が同時に存在する開放型空間における協調型運動を促進し、運動機会を創出することを目的としたエクサゲームの設計指針について述べた。初対面でかつ幅広い世代が訪れる開放型空間では、「参加しやすい設計」、「途中参加/離脱可能な設計」、「参加者間の新大差が影響しにくい設計」、そして、「簡易で頑丈なセンシング」が重要であるという仮説のもと、これらの要素を取り入れた協調型エクサゲームを2つ提案・実装した。評価実験では、未就学児から大人までが説明がなくても参加することができ、これらの設計がおおむね有効であることが確認された。一方で、プレイヤーの立つ位置によって体験が異なる場合があることや、十分な運動という観点からはプレイ時間が短いという課題が明らかとなった。最後に、長期的・長時間の利用のための設計や、参加者に合わせた難易度設定、システムの設置のしやすさとそのトレードオフ、そして今後の応用の可能性について議論した。

参考文献

[1] 厚生労働省：健康日本21「休養・こころの健康」, 入手先 (http://www1.mhlw.go.jp/topics/kenko21_11/b3.html)

- [2] ワシントン大学健康指標評価研究所 (IHME)：世界肥満実態 (GBD) 調査. 入手先 (<http://www.healthdata.org/research-article/global-regional-and-national-prevalence-overweight-and-obesity-children-and-adults>)
- [3] 文部科学省「子供の体力低下の原因」, 入手先 (http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/gijiroku/attach/1344534.htm).
- [4] Cunningham, S.A., Kramer, M.R. and Narayan, K.V.: Incidence of childhood obesity in the united states, *New England Journal of Medicine*, Vol.370, No.5, pp.403-411, PMID: 24476431 (2014).
- [5] 文部科学省「スポーツ振興基本計画」, 入手先 (http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/plan/06031014.htm).
- [6] 久保正秋：意味生成としての「スポーツ運動」体験の時間性, *Taikugaku kenkyu (Japan Journal of Physical Education, Health and Sport Sciences)*, Vol.58, No.1, pp.243-256 (2013).
- [7] Consolvo, S., Everitt, K., Smith, I. and Landay, J.A.: Design requirements for technologies that encourage physical activity, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '06*, pp.457-466, ACM (2006).
- [8] Ishii, H., Wisneski, C., Orbanes, J., Chun, B. and Paradiso, J.: Pingpongplus: Design of an athletic-tangible interface for computer-supported cooperative play, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '99*, pp.394-401, ACM (1999).
- [9] Malinen, S. and Ojala, J.: Applying the heuristic evaluation method in the evaluation of social aspects of an exercise community, *Proc. 2011 Conference on Designing Pleasurable Products and Interfaces, DPPI '11*, pp.15:1-15:8, ACM (2011).
- [10] Mueller, F.F., Edge, D., Vetere, F., Gibbs, M.R., Agamanolis, S., Bongers, B. and Sheridan, J.G.: Designing sports: A framework for exertion games, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '11*, pp.2651-2660, ACM (2011).
- [11] Sinclair, J., Hingston, P. and Masek, M.: Considerations for the design of exergames, *Proc. 5th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques in Australia and Southeast Asia, GRAPHITE '07*, pp.289-295, ACM (2007).
- [12] 国立健康・栄養研究所：改訂版「身体活動のメッツ (METs) 表」, 入手先 (<http://www0.nih.go.jp/eiken/programs/2011mets.pdf>)
- [13] 佐藤彩夏, 横窪安奈, 椎尾一郎：何人何脚!—協調によるコミュニケーション支援システム, 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2011).
- [14] 横窪安奈, 佐藤彩夏, 椎尾一郎：大縄オーケストラ：身体動作と音楽を融合したインタラクティブシステムの提案, *エンタテインメントコンピューティング2010, EC'10* (2010).
- [15] Sato, A., Yokokubo, A. and Siio, I.: The group jump rope orchestra: An interactive system to present a sense of togetherness, *7th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology, ACE'10* (2010).
- [16] 厚生労働省：「健康づくりのための身体活動基準・指針」, 入手先 (http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/kenkou/undou/index.html)
- [17] Harrison, D., Marshall, P., Bianchi-Berthouze, N. and Bird, J.: Activity tracking: barriers, workarounds and customization, *Proc. 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp '15)*, pp.617-621, ACM (2015).

- [18] Lazar, A., Koehler, C., Tanenbaum, J. and Nguyen, D.H.: Why we use and abandon smart devices, *Proc. 2015 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp '15)*, pp.635–646, ACM (2015).
- [19] Sato, A. and Rekimoto, J.: Designable sports field: Sport design by a human in accordance with the physical status of the player, *Proc. 6th Augmented Human International Conference (AH '15)*, pp.129–136, ACM (2015).
- [20] Müller, J., Eberle, D. and Schmidt, C.: BaseLase: An Interactive Focus+Context Laser Floor, *Proc. 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '15)*, pp.3869–3878, ACM (2015).
- [21] Moreno, A., Delden, R., Poppe, R. and Reidsma, R.: Socially Aware Interactive Playground, *IEEE Pervasive Computing*, Vol.12, No.3, pp.40–47 (2013).



暦本 純一 (正会員)

1986年東京工業大学理学部修士課程修了。1994年株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所に勤務。2007年より東京大学大学院情報学環教授(兼ソニーコンピュータサイエンス研究所副所長)。理学博士。日本文化デザイン賞, グッドデザイン賞 best100, 情報処理学会山下記念研究賞, 日本ソフトウェア科学会基礎科学賞, ACM UIST Lasting Impact Award 等を受賞。2007年に ACM SIGCHI Academy に選出される。



佐藤 彩夏 (正会員)

2010年3月慶應義塾大学環境情報学部卒業。2012年3月お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科修士課程修了。2015年3月東京大学大学院学際情報学府博士過程単位取得退学。現在, 株式会社 QUANTUM に勤務。

修士(理学)。



横窪 安奈

2010年3月公立はこだて未来大学システム情報科学部卒業。2012年3月お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科修士課程修了。同年4月キヤノン株式会社入社。現在, お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科博士課程在籍(社会人博士)。

修士(理学)。



椎尾 一郎 (正会員)

1979年名古屋大学理学部物理学科卒業。1984年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了。日本アイ・ビー・エム株式会社東京基礎研究所, 玉川大学工学部教授, ジョージア工科大学客員研究員を経て, 2005年

よりお茶の水女子大学理学部情報科学科教授。実世界指向インタフェース, ユビキタスコンピューティングを中心に研究。情報処理学会, ソフトウェア科学会, ヒューマンインタフェース学会, ACM 各会員。工学博士。