

## 論文

ライブビデオストリーミングにおける拍手マシンを用いた  
拍手の遠隔伝送Remote Hand Clapping Transmission Using Hand Clapping Machines  
on Live Video Streaming学生会員 高橋 征資<sup>†</sup>, 公文 悠人<sup>†</sup>, 竹田 周平<sup>†</sup>, 稲見 昌彦<sup>†</sup>Masato Takahashi<sup>†</sup>, Yuto Kumon<sup>†</sup>, Shuhey Takeda<sup>†</sup> and Masahiko Inami<sup>†</sup>

**Abstract** We propose a remote transmission system of hand clapping from the audience to the performer on live video streaming. This system consists of a collection system for a clapping button and hand clapping machines. The collection system for these buttons is to count the number of clicks they receive on the related website. The hand clapping machine is a mechanical device that imitates hand clapping and works by increasing the number of the clicks to produce a clapping sound and the physical movements of hands at the shooting location. This system is intended to reproduce the simple presence of the audience at the shooting location by transmitting movement and sound of hand clapping in real-time. We consider and evaluate this system by observing the behavior and the evaluation of the performer and audience at performances where this system is used.

キーワード：遠隔存在感, モーションメディア, ライブビデオストリーミング, 拍手

## 1. ま え が き

掌を叩き合わせることで音を生成する行為である拍手は、地域や文化によって様々な作法が存在する。人々はこの手を叩く行為を宗教様式、音楽表現、感情提示の手段などに広く利用してきた。中でも我々は拍手の感情提示としての用法に着目した。拍手は一般的に、情報の受け手側が送り手側に、提供内容に対する評価を送る行為として用いられる。送り手は得られる拍手からおおよその内容の達成度合いを把握する。

SNS やブログ等のウェブサービスにおいて、情報の受け手が送り手に評価を送るシステムに、web 拍手<sup>1)</sup> や「いいね！」ボタン<sup>2)</sup>がある。web 拍手はウェブサイトの提供者に対する応援メッセージをボタン一つで伝えるコミュニケーションツールである。情報の受け手はウェブサイト上のボタンを通し、匿名で好意や声援の意思を伝達する。「いいね！」ボタンも同様に、Facebook の登録名義でウェブ上の様々なコンテンツに対し、肯定的な評価を送るシステム

である。

また近年、USTREAM<sup>3)</sup> やニコニコ生放送<sup>4)</sup>等のライブビデオストリーミングサービスが注目を集めている。ライブビデオストリーミングサービスとは、ウェブカメラで撮影した映像と音声をストリーミング配信用のデータに順次エンコードし、リアルタイムに配信する機能を有するウェブサービスである。これにより、インターネットに接続されたPCとウェブカメラを所有するすべてのユーザのライブ配信が可能となった。既存のライブビデオストリーミングサービスにおいて、送り手は配信時の視聴者数の表示機能や、テキストベースのコミュニケーションを行うチャットシステムを利用し、視聴者からの評価をリアルタイムに得る。送り手はまず視聴者数を確認することで、視聴者の存在を認識する。チャットシステムでは、チャット欄に表示されるテキストを読み取るか、音声合成によるテキスト読み上げツールを使用することで、視聴者からのフィードバックをリアルタイムに得る。また興味深い現象として、既存のライブビデオストリーミングサービスのチャット欄において、視聴者が拍手の擬音であるパチパチパチにちなみ「88888」というコメントで配信内容に賛美を送る風習がある。送り手はこのコメントから拍手をする人数、コメントの長さを読み取り、配信内容のおおよその達成度合いを把握する。これらのシステムは、送り手が常にPCに向き合い会話する形式では十分に機能する。しかしながら、音楽

2011年6月30日受付, 2011年10月12日再受付, 2012年1月12日採録

<sup>†</sup>慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科  
(〒223-8526 横浜市港北区日吉 4-1-1, TEL 045-564-2517)

<sup>†</sup>Graduate School of Media Design, Keio University  
(4-1-1, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-city, Kanagawa 223-8526, Japan)

や演劇等の配信では、送り手が視聴者の存在を把握するのは困難である。

近年、遠隔存在感に関する研究が人間の存在感への研究へと発展している<sup>5)</sup>。これらの研究では、人間の存在感を効果的に伝える容姿と動作を備えたデザインのロボットを遠隔操作することで、送り手の存在感を受け手の身近に構築することを目的とする。一方で、モーションメディアと呼ばれる、ロボットに代表される実体の動作を一つのメディアとして捉える概念が存在する。この考えでは、ロボット等の実体の動作をメディア、ロボット自体をそのメディアを人間に出力するプレイヤーと捉える。このように、ロボットの動作や質感は、遠隔操作する人間の存在感の再現に深く関わると判断される。

以上の動向を踏まえ、筆者らはライブビデオストリーミングにおいて、視聴者が撮影現場にフィジカルな拍手を遠隔伝送するシステムを提案する。本システムは、拍手ボタン集計システムと拍手マシンから成る。拍手ボタン集計システムでは、筆者らが用意したウェブページ上に配置された拍手ボタンがクリックされた回数を集計する。拍手マシンは、人間の拍手を模倣した機械装置であり、拍手ボタンのクリック数の増加に応じて動作し、撮影現場にフィジカルな手の動作と拍手音を生成する。本システムは、この手法により視聴者の存在感を撮影現場に簡易的に再現することを目的とする。本論文では、お笑いイベントでの展示から本システムの利用調査を行い、送り手や視聴者・出演者のコメントや行動を観察することで、本システムを評価・考察する。

## 2. 関連研究

本システムの関連研究として、遠隔存在感に関する研究を挙げる。その例として、Geminoid HI-1<sup>6)</sup> や Telenoid<sup>7)</sup> が挙げられる。Geminoid HI-1 は人間に近い容姿、質感を有する、人間の存在感を伝達する遠隔操作型アンドロイド・ロボットである。Geminoid HI-1 を通して伝わる人間の存在感は、ビデオ会議システムを使用した場合の人間の存在感を上回ることが確認されている。Telenoid は、人の存在感を効果的に伝えうるデザインを採用した小型の遠隔操作型アンドロイドである。人の存在感を効果的に伝える見かけと動作を備えたデザイン、柔らかく安心感を与える外装からなる。いずれも遠隔操作者の存在感の提示を意図に開発されている。

モーションメディアに関する研究例として、RobotPHONE<sup>8)</sup> が挙げられる。RobotPHONE は、遠隔地に置かれた複数のロボットの動作を同期させることにより、ロボットを介してコミュニケーションを行うシステムである。ロボットを入出力装置として捉え、全身で 11 自由度を持つ人形型のロボットを用いて、その動作を遠隔に伝え合う。またその他の例として、うなずきロボット InterRobot<sup>9)</sup> が挙げられる。InterRobot は、発話音声に基づいて頷きや身

振り、手振りなどのコミュニケーション動作を生成し、話し手と聞き手の機能を有する音声駆動型身体的インタラクティブロボットである。InterRobot は iRT(インタラティブロボットテクノロジー)と呼ばれる、音声からコミュニケーションのベースとなる身体動作を生成する技術を組込んだインタラクティブロボットである。同様の技術をベースに開発された玩具にペコッパ<sup>10)</sup> がある。ペコッパは、話し手の会話の音声に応じ、お辞儀のジェスチャーで相槌を打つ草型玩具である。アクチュエータにバイオメタルを用いることで、柔らかな動作を実現している。

本システムでは、ライブビデオストリーミングにおいて、フィジカルな拍手を遠隔伝送することで、視聴者の存在感を撮影現場に簡易的に再現する。本システムの特徴として以下の 4 点が挙げられる。

- 筆者の手を型取り造形した人間の腕部の容姿
- 軟質ウレタン樹脂で成形した腕部の柔軟性を有する質感
- 柔軟性を有する手指部が叩き合わさることで生成される生音響
- 少数の拍手マシンを介した複数の視聴者の存在感提示

本システムでは、拍手の遠隔伝送に主眼を置く。故に、人間の腕部のみを模倣した容姿の拍手マシンを用いる。また、拍手マシンの腕部は、筆者の手を型取り、軟質ウレタン樹脂で成形することで人間の存在感、柔軟性を有する質感を再現する。また従来の遠隔存在感の研究では容姿や質感に着目したロボットを用いることが多いが、本システムでは、柔軟性を有する手指部が叩き合わさることで生成される生音響を存在感の一つの要素とする。拍手のような微分不可能な要素を多く含むインパルスは、物理シミュレーション等の手法を用いたモデル化が極めて困難である。この問題に対し、本システムでは物理ベースレンダリングの観点から、フィジカルな拍手を用いる手法を選択した。

## 3. 拍手に関する知見

筆者らは拍手の様々な作法の中から、拍手の感情提示手法としての用途に着目する。感情提示手法としての拍手の知見の深化にあたり、その音響、感情提示に影響する拍手の構成要素について述べる。

### 3.1 拍手の音響

音響工学から見た拍手の知見として、拍手音の振幅スペクトルの解析から、その音響パターンを分類した研究<sup>11)</sup> が挙げられる。この研究では、様々な被験者の拍手から、その振幅スペクトルの主成分分析を行い、代表的な四つのスペクトルパターンを抽出した。このパターンは被験者の性別、年齢等の個体差に依存せず、両手の叩き合わせ方にのみ依存する傾向にあることが報告されている。このことから、筆者の手腕を忠実に再現した拍手マシンが生成する音響は、任意の視聴者の拍手の代替を担うと考えられる。また、デジタル技術による拍手音の生成に関する研究では、仮想空間の場の構築を目的とした、実拍手誘導型自動拍手

表 1 被験者実験による OOI の測定結果  
OOI Obtained from Measurements.

	自然状態	熱狂状態	退屈状態
OOI の平均値	403 ms	323 ms	612 ms
OOI の最小値	316 ms	232 ms	362 ms
OOI の最大値	610 ms	547 ms	829 ms
シーケンス内 OOI の標準偏差	25 ms	21 ms	29 ms

システム<sup>12)</sup>や拍手音の分析、合成、操作システム<sup>13)</sup>が挙げられるが、フィジカルな拍手音を生成する機械装置を用いた研究は見られない。

### 3.2 感情提示に影響する拍手の構成要素

拍手は一般的に情報の受け手側から送り手側に、提供内容に対する評価や感情を送る行為として用いられる。情報の受け手が拍手を行う理由は、喜び・感動(44.0%)、称賛・励まし(35.4%)、形式的な理由(9.1%)に分類されるという調査報告がある<sup>14)</sup>。このように、情報の受け手は、拍手により自身の感情を送り手に伝え、送り手は得られる拍手から、その内容の達成度合いを把握する。拍手の構成要素として以下の四つが考えられる。

1. 拍手音の大きさ
2. 拍手の速度(ピッチ)
3. 拍手の継続時間
4. 拍手音の音色

この中でも、拍手の速度に関連する拍手と拍手の時間間隔は OOI(onset to onset intervals) と呼ばれ、拍手する人間の感情とこの時間間隔に相関関係が見られるという研究報告がある<sup>13)</sup>。この報告では、複数の被験者に対し、自然な状態、熱狂した状態、退屈な状態を意識した状況で拍手を行ってもらうことで、それぞれの感情と OOI の相関関係を検証した。その結果を表 1 に示す。

この研究報告から、擬似的な拍手を用い各感情提示を行うには、OOI 300ms 程度を実現する必要があることが伺える。

本システムは、web 拍手や「いいね！」ボタンのように、ボタン一つで機能する簡易的なシステムであり、拍手音の大きさや音色は操作対象としない。拍手マシンの生成する拍手の速度、継続時間は、視聴者のクリック数に依存する。

## 4. 設計・開発

本システムの全体構成を図 1 に示す。視聴者は既存のライブビデオストリーミングを利用し、PC や携帯電話等のデバイスのウェブブラウザ上で、遠隔地で撮影される映像をリアルタイムに視聴する。視聴者が配信内容に対する肯定的な評価を撮影現場に伝送する場合、ライブビデオストリーミングの傍ら、筆者らが用意したウェブサイトアクセスし、そのサイト上の拍手ボタンをクリックする。拍手ボタンのクリック数の増加に応じ、拍手マシンが動作しフィジカルな手の動作や拍手音を撮影現場に生成する。また同

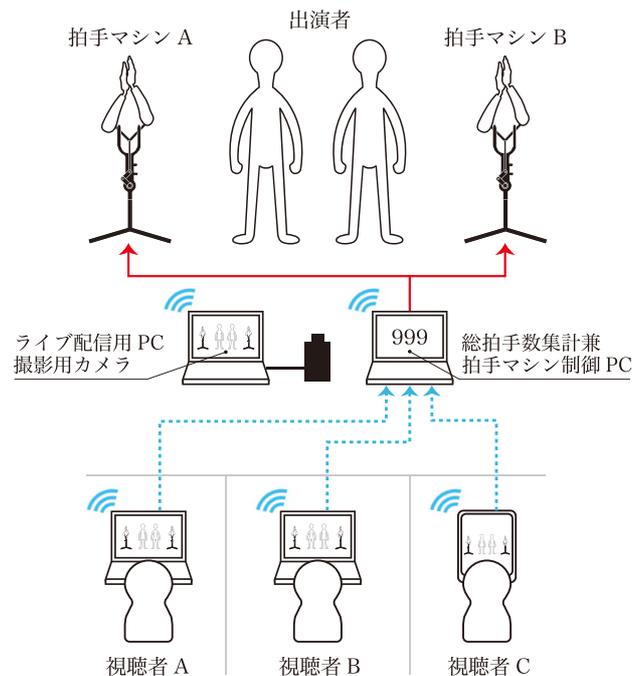


図 1 本システムの全体構成  
Overall configuration of this system.

時に拍手ボタンのクリック数が、拍手ボタン集計システムにて集計される。本システムでは以上の手法を用い、ライブビデオストリーミングにおける視聴者の配信内容に対する評価を、従来の数値評価に加え、フィジカルな拍手の動作と拍手音で伝送し、視聴者の存在感を撮影現場に擬似的に再現する。

### 4.1 拍手ボタン集計システム

拍手ボタン集計システムでは、ウェブページ上に配置された拍手ボタンがクリックされた回数を集計する。そのシステムを図 2 に示す。本システムは、php ファイルと txt ファイルからなる。視聴者は、各々のデバイスのウェブブラウザから php ファイルにアクセスする。php ファイルは、これまでの総拍手数表示、拍手ボタンで構成される。アクセスの際、txt ファイルに記入された現在までの集計数  $n$  を読み込み、総拍手数としてウェブページ上に表示する。拍手ボタンがクリックされた際、 $n$  に 1 を加えた数を txt ファイルに書き込む。これにより複数のユーザの拍手ボタンのクリック数を集計する。また、拍手マシン制御ソフトウェアである maxpat ファイルでは、0.1 秒毎に txt ファイル中の  $n$  の値を読み込み、その増加数をリアルタイムに取得する。

### 4.2 拍手マシン設計・開発

拍手マシンは、人間の拍手を模倣し、フィジカルな手の動作や拍手音を生成する空圧駆動型の機械装置である。拍手マシンの制御には、制御ソフトウェアを作動させる PC、PC から出力される電気信号を、拍手マシンに備わる電磁弁開閉用の電気信号に変換する操作インタフェースを要する。そのシステムを図 3 に示す。次項では、拍手マシンの本体制作、制御方法について述べる。

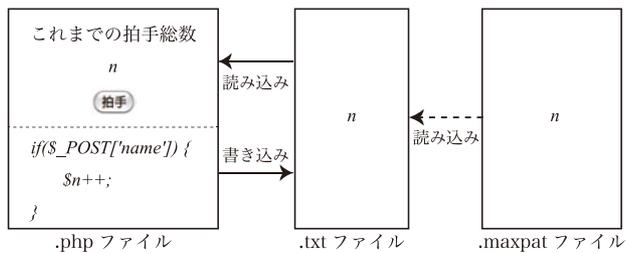


図 2 拍手ボタン集計システム図  
Diagram of collection system for clapping button.

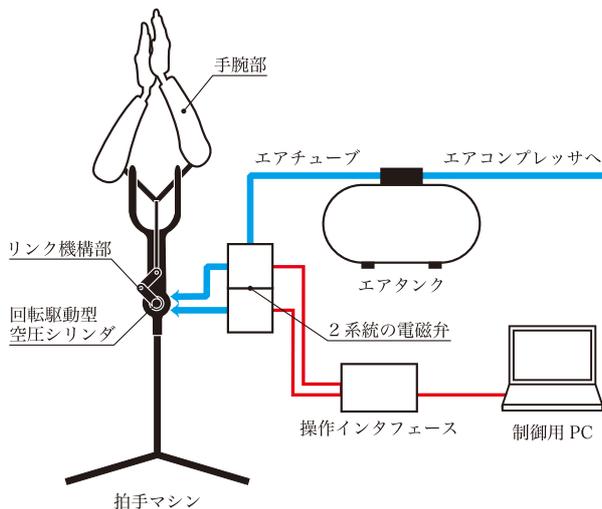


図 3 拍手マシンのシステム図  
System diagram of the hand clapping machine.

### (1) 本体制作

拍手マシンは、図 4 に示した容姿の人間の拍手を模倣した機械装置である。図 3 に示した以下の 4 部分で構成される。

- 2 系統の電磁弁
- 回転駆動型空圧シリンダ部
- シリンダの回転運動を直動運動に変換するリンク機構部
- 筆者の腕部を型取りウレタン樹脂にて成形した手腕部

拍手マシンの動作にあたり、まずエアタンクにエアチューブで接続された 2 系統の電磁弁の開閉制御から、回転駆動型空圧シリンダに圧縮空気が送られる。回転駆動型空圧シリンダは 2 系統のポートを備え、各内部気圧差に応じて揺動角度  $100^\circ$  の範囲で回転動作する。この回転運動を、リンク機構部により約 10cm の直動運動に変換する。この直動運動を手腕部の開閉運動に変換することで、両手指が叩き合わされ拍手音を生成する。使用圧力は 0.5MPa に設定する。この場合、本拍手マシンが生成する拍手の OOI の最小値は約 200ms となる。長時間の連続動作は、エアタンクの複数接続やエアコンプレッサを用いた圧縮空気の連続供給にて対応する。

手腕部は、手指部と前腕部からなる。それぞれ筆者である高橋の身体部位を型取り成形し、内部に骨となる金属部品を埋め込む。それぞれメス型の制作手順を以下に示す。

1. 高橋の手指と前腕をアルジネート印象材で型取る。



図 4 拍手マシンの外観  
Appearance of hand clapping machines.

2. 型に石膏を流し込み手指部と前腕部の原型を作成する。
  3. 原型をシリコン樹脂で型取りメス型を作成する。手指部は、メス型作成後に以下の手順を踏む。
  4. 手指の骨を模した形状のアルミ部品を鋳造する。
  5. メス型にアルミ部品を浮かせた状態で配置する。
  6. メス型に超軟質ウレタン樹脂を流し込み成形する。
  7. コート剤を用い表面処理を施す。
- 前腕部は、メス型作成後に以下の手順を踏む。
4. 炭素鋼の丸棒に曲げ加工を施す。
  5. メス型に加工後の丸棒を浮かせた状態で配置する。
  6. メス型に軟質発砲ウレタン樹脂を流し込み成形する。
  7. コート剤を用い表面処理を施す。

拍手マシンは、両手腕部が動作し手指部が叩き合わさることで拍手音を生成する。そのため、手指部は人間の皮膚の柔らかさと同程度の柔軟性を有する超軟質ウレタン樹脂を用いる。これにより、視覚的な質感を確保すると共に、有機的な拍手音の生成を実現する。前腕部には軟質発砲ウレタン樹脂を用いる。これにより視覚的な質感の確保に加え軽量化を図る。それぞれの樹脂は肌色の顔料を混合し成形し、コート剤を用い表面処理を施す。手指部と前腕部の接続部には、6mm 厚程度のカーボン FRP を用いる。この素材は、適度なしなやかさを有し、手指部が叩き合わさる際の衝撃を緩和することを意図に選定した。

拍手マシンの手指部は、図 4 のように各指を真直ぐに伸ばした形状で成形した。また両手指部が叩き合わされる際、片方の手指部が 5cm 程度上下にずれるよう設計した。本拍手マシンでは、この手の形状や位置による一種類の拍手音を生成する。なお、これは拍手音の音響パターンを分類した研究<sup>11)</sup>における P3 にあたる。

### (2) 制御方法

拍手マシンの制御にあたり、制御用 PC と操作インタフェースを要する。制御用 PC では、図 5 の拍手マシン制御ソフトウェアである maxpat ファイルを作動させる。開発環境は Cycling'74 Max/MSP を使用した。操作インタ

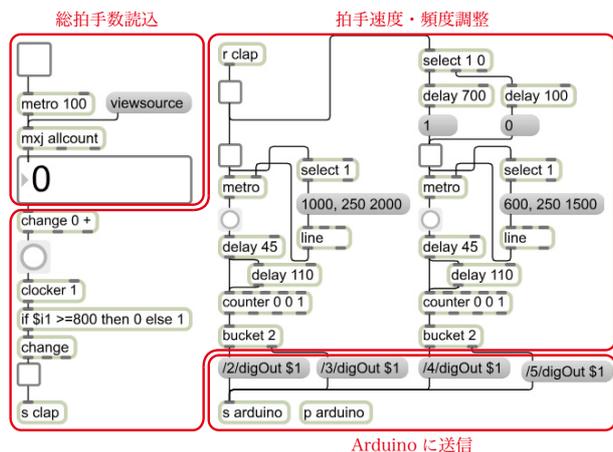


図 5 拍手マシン制御ソフトウェア  
Control software for hand clapping machines.

フェースは、図 3 に示した、PC から出力される電気信号を拍手マシンに備わる電磁弁開閉用の電気信号に変換する装置である。このインタフェースは、内部にソフトウェアの処理結果に応じ、電気信号を出力する Arduino, Arduino の出力する 5V の電気信号で、電磁弁開閉用の 12V の電気信号をスイッチングするリレー回路群を備える。

本ソフトウェアでは、インターネット接続を介し 0.1 秒毎に、図 2 の txt ファイル中の現在までの総拍手数  $n$  の値を読み込む。これにより  $n$  の増加数をリアルタイムに取得し、この値に応じて拍手マシンを動作させる。各拍手マシンが生成する拍手の OOI の最小値は約 200ms であるが、表 1 を参考に、本ソフトウェア内で最小閾値を 250ms に設定した。本ソフトウェアでは、 $n$  の増加を感知した際、2 体の拍手マシンを動作させると同時に、 $n$  が 1 増加した際の時間間隔  $t$ (ms) を計測する。この  $t$  に応じて 2 体の拍手マシンの動作継続時間を制御する。 $t$  の値が 800ms を連続して下回る際に、拍手マシンの動作を継続させる。800ms 以上時間間隔が空く場合、疎らな拍手となる。この閾値は筆者が経験的に設定した数値であり、クリック数の増加傾向に応じて調整可能なものとする。継続動作の際、一方の拍手マシンは 2000ms かけて OOI を 1000ms から 250ms に変移する。もう一方の拍手マシンは、散発的な拍手生成を意図に 700ms 遅れて動作し、1500ms かけて OOI を 600ms から 250ms に変移する。以上の手法で拍手マシンを動作させることで、フィジカルな拍手の動作と拍手音を撮影現場に生成する。

## 5. 評価・考察

### 5.1 音響評価

筆者の拍手音と拍手マシンの拍手音それぞれの周波数スペクトル画像を図 6 に示す。本画像は各拍手音の周波数特性の信号強度の時間変化を色で示したものである。録音は、小規模録音スタジオにて、各音源から 10cm 程度離れた位置にダイナミックマイク SHURE SM57 を設置し

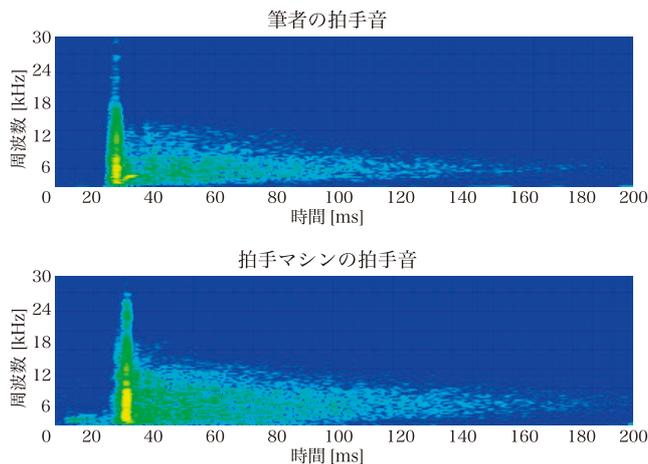


図 6 筆者・拍手マシンの拍手音の周波数スペクトル  
Frequency spectrum of the clapping sound: the author and the hand clapping machine.

た環境で行った。筆者の拍手は拍手マシンと同様、掌を上下に 5cm 程度ずらした位置で、拍手を行う際の一般的な強度で掌同士を叩き合わせ生成した。この画像から、それぞれ通常の可聴域である 20-20kHz 周辺に周波数特性の酷似性が見て取れる。一方、拍手マシンの拍手音の周波数スペクトルでは、0ms から拍手の瞬間まで 0-5kHz 周辺に微弱な信号が見られる。この信号は拍手マシンを動作させる際の回転駆動型空圧シリンダの動作音であることが予測される。

### 5.2 展示評価

本システムの利用調査として、本システムを用いた展示から、出演者や視聴者の評価や行動観察をもとに評価・考察を行う。本システムは、表参道ヒルズにて行われた吉本興業主催のお笑いイベント Smile Bazar<sup>15)</sup> のデジタルコンテンツブースの展示企画の一つに用いられた。Smile Bazar では、体験型アトラクションの展示やお笑いセミナーが多数行われ、ライブビデオストリーミングサービスにて各ブースの様子が終日ライブ配信された。展示期間は、2011 年 4 月 29 日から 5 月 8 日の 10 日間で、開場から閉場まで 1 日 10 時間程度運営された。期間中の展示来場者数は、27,822 名であった。

本システムを用いた展示の様子を図 7 に示す。本展示では、2.5m 四方のガラス張りの小屋に 2 名の出演者 (お笑い芸人) が立ち、本イベントの来場者やライブ配信の視聴者から募ったギャグを数分置きに実演する形式のアトラクションである。展示の様子は、USTREAM を利用し常時リアルタイムに配信され、遠隔の視聴者は各々の所有するデバイスを通して本展示を視聴する。配信される映像には、出演する出演者、小屋、拍手マシンを含めたブース全体が映し出される。拍手マシンは、小屋の両脇に 1 体ずつ、計 2 体配置された。エアタンク、制御用 PC、操作インタフェースは拍手マシンを配置した台の内部に収納した。長時間の連続動作となるため、ブースから 2m 程度離れた場所にエ



図 7 展示の様子  
Appearance of the exhibition.

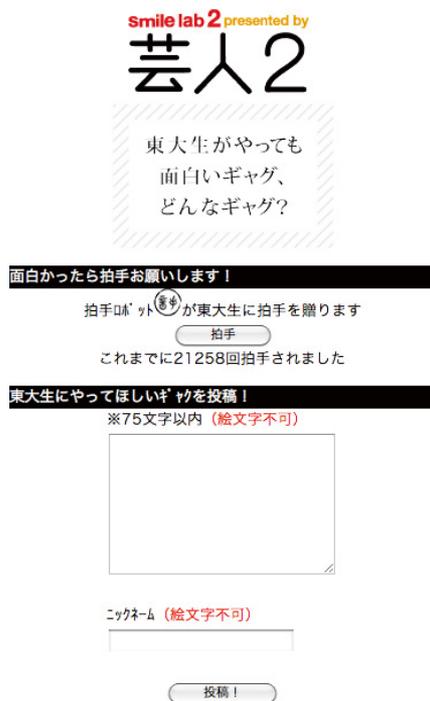


図 8 展示期間中使用したウェブページ  
Web page that are used during the exhibition.

エアコンプレッサを配置し、エアタンクに常時圧縮空気を供給した。来場者や視聴者は各々の携帯電話、PC等のデバイスを用い、展示ブース、USTREAMの配信ページに提示されたQRコードやURLを通して図8のサイトにアクセスし、このサイトに配置された拍手ボタンをクリックすることで、拍手マシンによる拍手の動作と拍手音を展示ブースに伝送する。また、ギャグの投稿もこのサイト上で行う。期間中、USTREAMの視聴者数は35,954名、拍手ボタンのクリック数は21,258回であった。展示期間中のトラブルとして、一体の拍手マシンの手指部と腕部を接続するカーボンFRP部品の破損が一度、エアコンプレッサのオーバーヒートによる動作停止が一度見られた。

展示期間中、ギャグを提供する出演者は、拍手マシンの動作と音声に頻繁に反応やコメントを示した。特に出演者は、

展示ブース前に来場者がなく、遠隔の視聴者のみが視聴する場面において、拍手マシンに強い関心を示した。拍手マシンが激しく動作した際、「みんな見てくれていますね」「動いていますね」「いい音してますね」「このギャグはよかったですね」といったコメントが得られた。また拍手マシンが動作しない際、「このギャグは動きませんね」「誰も見てくれていないようです」といった喪失感を現すコメントが得られた。このように出演者は拍手マシンの動作と音声に留意する様子が見られた。これらの反応から、遠隔の視聴者のみの場面において、出演者が拍手マシンの操作と音声を通じて、自身の提供内容に対して拍手で評価を送る人物の存在を感知していたことが伺える。一方、来場者が目の前にいる場面では、出演者は来場者に視線を向け、拍手マシンに留意する頻度が減っていたように見えた。これは、目の前の人間の表情に気を配ることが優先されることによる影響であると考えられる。しかしながら、拍手マシンを動作した際、出演者から「拍手マシンも動いていますよ」「拍手マシンの拍手は巻き起こってますね」といった発言が見られたことから、出演者にとって拍手マシンの動作と音声の評価対象となる一視聴者としての存在感を有していたことが伺える。また、出演者から来場者に拍手マシンの存在を説明し、来場者が携帯電話等のデバイスを用い拍手マシンを操作する様子も見られた。その際の来場者は驚く、笑顔を見せるといった反応を見せ、自身の所有するデバイスで拍手マシンを操作する行為や、拍手マシンの容姿、動作、音声に対し楽しさや喜びの感情を提示した。遠隔の視聴者からは、「ウェブサイトから操作する感覚が楽しい」「無意味に連打したくなる」「拍手と同じ音が出る」「反応が遅い」といったコメントを受けた。このコメントから、本システムは視聴者に現地にいる感覚を与えるものではなく、ボタン一つで手軽に出演者に応援を示す機能として用いられたようである。反応の遅れは、ライブビデオストリーミングの遅延によるもので、遠隔の視聴者は3秒程度送れた映像と音声を視聴する。そのため配信映像では、拍手ボタンのクリックから3秒程度送れて拍手マシンが動作したように感じられる。

図9に5月8日の17:30-18:00における毎分クリック数のグラフを示す。このグラフから、ギャグの提供時間は不明であるが、拍手数が極端に少ない時間と頻繁な時間が見られることから、来場者や視聴者の提供内容に対する評価、または無意味に連打した視聴者の存在が読み取れる。1分間に20回程度拍手ボタンのクリックが収集された時間帯は最高速度であるOOI250msで動作した可能性が高いと見られる。筆者が現場で観測した時間帯では、ギャグの提供直後に拍手が集中している様子が度々視認されたことから、筆者らが意図した用途で本システムを利用した視聴者の存在が少なからず見受けられた。

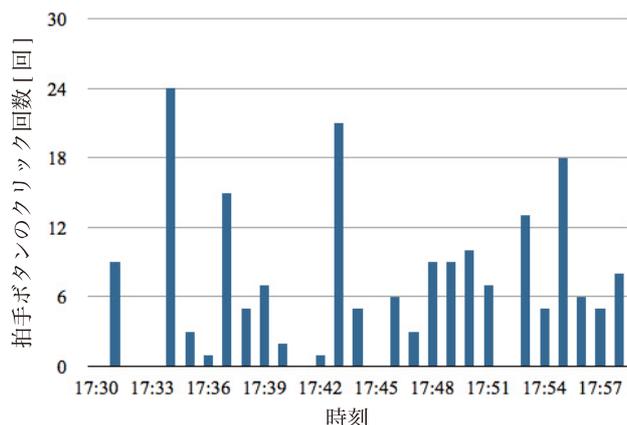


図 9 毎分クリック数 (2011 年 5 月 8 日)  
Clicks per minute (08 May 2011).

## 6. む す び

本論文では、ライブビデオストリーミングにおける拍手マシンを用いた拍手の遠隔伝送システムについて述べ、本システムを用いた展示から評価・考察を行った。その結果、ライブビデオストリーミングにおいて、出演者が拍手マシンの動作と拍手音を通じて、視聴者の存在を感知する様子が観察された。本システムの目的である、配信現場における視聴者の存在感や感情の簡易的な再現は、おおよそ達成できたと考える。問題点として、ライブビデオストリーミングによる映像と音声の遅延問題が確認された。この点に関しては、ライブビデオストリーミングの技術的に遅延を解消するのは困難であることから、拍手ボタンを備えるウェブサイトで、クリック後にカウントダウンのアニメーションを表示されるなど、ユーザにストレスを感じさせない情報提示が必要であると考えられる。一方で現状、本システムを導入するには、拍手マシン等の特別な設備を用意する必要があり、費用や手間を要する。この点に関しては、本稿で述べた研究成果を基に、小型の拍手マシンを用いたシステムの開発を検討している。また、本システムの展開として、多数の拍手マシンを用いた存在感や感情の提示に関する検証、拍手マシンの叩き方操作による多彩な拍手音響生成、拍手ボタンのクリックの増加数に対する多数の拍手マシンの制御方法の再検討を視野に入れた研究開発を進める次第である。

## 〔文 献〕

- 1) web 拍手: <http://www.webclap.com/>
- 2) 「いいね！」ボタン: <http://www.facebook.com/>
- 3) USTREAM: <http://www.ustream.tv/>
- 4) ニコニコ生放送: <http://live.nicovideo.jp/>
- 5) 坂本 大介, 神田 崇行, 小野 哲雄, 石黒 浩, 萩田 紀博: “遠隔存在感メディアとしてのアンドロイド・ロボットの可能性”, 情処学論, **48**, 12, pp.3729-3738 (2007)
- 6) Becker-Asano, C., Ogawa, K., Nishio, S. and Ishiguro, H.: “Exploring the uncanny valley with Geminoid HI-1 in a real-world application”, IADIS International Conference Interfaces and Human Computer Interaction, pp.121-128 (2010)
- 7) Telenoid: <http://www.irc.atr.jp/Geminoid/Telenoid-overview.html>
- 8) 稲見 昌彦, 関口 大陸, 川上 直樹, 館 章: “RobotPHONE による物体

- 共有型コミュニケーション”, 情処学研報, HI, ヒューマンインタフェース研究会報告, 2001, 87, pp.147-150 (2001)
- 9) 渡辺 富夫: “うなぎロボット InterRobot”, 日本ロボット学誌, **24**, 6, pp.692-695 (2006)
- 10) ペコッぱ: <http://www.segatoys.co.jp/pekoppa/>
- 11) B. H. Repp: “The sound of two hands clapping: An exploratory study”, J. Acoust. Soc. Amer., 81, 4, pp.1100-1109 (1987)
- 12) 西村 竜一, 宮里 勉: “仮想的集団による拍手音の合成”, 信学技報, MVE, マルチメディア・仮想環境基礎, **98**, 684, pp.17-24 (1999)
- 13) Leevi Peltola, Cumhuri Erkut, Perry R. Cook, Vesa Valimaki: “Synthesis of Hand Clapping Sounds”, IEEE Transactions on Audio, Speech, and Language Processing, 15, 3, pp.1021-1029 (2007)
- 14) 久野 和宏: “拍手 (拍手) のこと”, 信学技報, **92**, 71, pp.53-60 (1992)
- 15) 吉本興業 Presents Smile Bazar: <http://www.smilebazar.com/>



たかはし まさと  
**高橋 征資** 2009 年, 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修了。同年より, 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科博士課程に在学中。日本学術振興会特別研究員 (DC1)。IPA 未踏 IT 人材発掘・育成事業スーパークリエータ。エンタテインメントコンピューティングに関する研究に従事。学生会員。



くもん ゆうと  
**公文 悠人** 2011 年, 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科修了。IPA 未踏 IT 人材発掘・育成事業スーパークリエータ。



たけだ しゅうへい  
**竹田 周平** 2011 年, 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科修了。IPA 未踏 IT 人材発掘・育成事業スーパークリエータ。



いなみ まさひこ  
**稲見 昌彦** 1999 年, 東京大学大学院工学研究科博士課程修了。博士 (工学)。東京大学リサーチ・アソシエイト, 同大学助手, 電気通信大学講師, 同大学助教授, JST さきがけ研究者, MIT コンピュータ科学・人工知能研究所客員科学者, 電気通信大学知能機械工学科教授を経て, 現在慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科教授。ロボット, パーチャルリアリティ等インタラクティブ技術に関する研究に従事。