

インターネットライブ配信における聴衆の存在感伝達のための実験的検討 Experimental Investigation on Presence Transmission of the Audience in Live Stream Broadcasting

鈴木 慶†
Kei Suzuki

伊瀬 一貴†
Kazuki Ise

吉村 宏紀†
Hiroki Yoshimura

松村 寿枝‡
Toshie Matsumura

清水 忠昭†
Tadaaki Shimizu

1. はじめに

近年、Ustream やニコニコ生放送といったライブビデオストリーミングサービスが普及し、インターネット接続された PC とマイク、ウェブカメラさえあれば、誰もがライブ配信を行えるようになった。今日では企業のカンファレンスや就職説明会等もライブ配信されており、ライブ配信に触れる機会が増えている。一般的な講演では、話者は聴衆の雰囲気を感じとりながら話を進めていく。ライブ配信において、話者(配信者)はカメラに向かって話す必要があるため、聴衆(視聴者)の雰囲気や存在感を感じにくく、話をしにくいといった問題がある。従来の存在感の伝達に関する研究には、「一般的な講演中に視聴者から話者に送られる拍手に着目し、ライブ配信時の話者の近くに設置した拍手マシンを通して、擬似的な拍手で話者へ存在感を伝達する研究[1]」、「人間に近い容姿のアンドロイド・ロボットを遠隔操作することによって話者に存在感を伝達する研究[2]」等がある。しかしこれらの研究では、拍手マシンやアンドロイド・ロボットといった特別な装置が必要であり、一般に使用することは難しい。さらにライブ配信の場合、配信者が一人なのに対し視聴者が複数人存在するため、比較的簡単な装置であっても視聴者と同じ数の装置を用意することは困難である。

本研究では一般のライブ配信者に視聴者の存在感を伝達し、話をしやすくするシステムの構築を目指す。そのために存在感の伝達要素を単純化した比較実験システムを複数用意し、それらと比較、話者が視聴者の存在感を感じ、最も話をしやすくする要素を明らかにする。

2. 存在感の伝達

本研究では特別な装置を必要としない、ソフトウェアで存在感を伝達するシステムを実験的に考案する。ソフトウェアとして存在感を伝達するにあたり、次の2つの課題が挙げられる。

課題1: 視聴者の存在感として何をどう伝達するのか

課題2: 配信者へ提示する存在感の表現方法をどうするか

配信者に視聴者の存在感を感じさせる要素は多々考えられる。中でも場の盛り上がりは、視聴者の存在を強く伝える要素である。場全体の盛り上がりは一人ひとりの気分の高揚(テンション)の総和として考えることができる。

この考えに基づき、本研究では各視聴者のテンションを配信者に伝達することを存在感の伝達とする。

提案システムは、伝達部と表現部の2つの部分から成り、伝達部と表現部それぞれが課題1, 2を解決する。提案システムの流れを図1に示す。

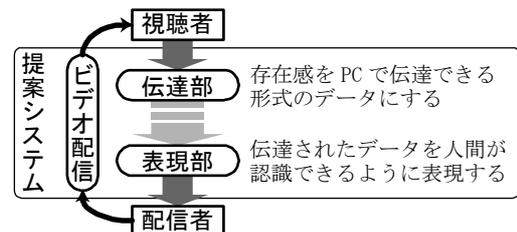


図1. 提案システムの流れ

3. 提案システム

3.1 伝達部

伝達部とは視聴者の存在感を PC で伝達できる形式のデータとして、配信者に送信する部分である。ライブ配信においては視聴者が複数いるため、視聴者を撮影した映像やマイクからの音声をそのまま配信者に伝達することができない。したがって提案システムでは、視聴者が能動的に現在のテンションを選ぶことによって、配信者への存在感の伝達を行うこととした。テンションには「高い・やや高い・普通・やや低い・低い」の5段階の評価を用いる。つまり伝達部は、この5段階の評価値をデータとして表現部に送信する。比較実験システムには、テンションの選択方法が異なる3種類の伝達部を設定した。

伝達部1 ラジオボタンを用いた方法

伝達部1は、ラジオボタンにより段階的な選択操作をすることで、視聴者が自分のテンションを明確に表現できることを意図して設定した。このラジオボタンを用いた存在感の伝達方法を伝達部1とする。

伝達部1の実行画面を図2に示す。視聴者は自分のテンションに応じたラジオボタンを選択することによりテンションを配信者に伝える。ラジオボタンには「高=高い」、「やや高=やや高い」、「中=普通」、「やや低=やや低い」、「低=低い」のようにテンションを示すラベルが直接付されている。



図2. 伝達部1の実行画面

† 鳥取大学大学院工学研究科情報エレクトロニクス専攻
‡ 奈良工業高等専門学校情報工学科

伝達部 2 クリックの頻度を用いた方法

伝達部 2 はボタンの連打という直感的な頻度操作を行うことで、自分のテンションを単純に選択するよりも、より直感的にテンションの上昇を伝えられることを意図して設定した。このクリックの頻度を用いた存在感の伝達方法を伝達部 2 とする。



図 3. 伝達部 2 の実行画面

伝達部 2 の実行画面を図 3 に示す。視聴者は自分のテンションに応じてボタンを連打することによりテンションを配信者に伝える。クリック頻度とテンションの対応付けは「0 回/秒=普通」, 「1~3 回/秒=やや高い」, 「4 回~/秒=高い」とした。この方法ではプラス評価のみを用い、「やや低い・低い」のマイナス評価を行わない。これはクリックしなかった場合に必ずしもマイナス評価であるとは限らないからである。クリックしない状態をマイナスと評価してしまうと、視聴者がライブ配信を普通だと感じていてもマイナス評価されてしまい、配信者にマイナス評価の視聴者が多いと誤認識させてしまう恐れがあるからである。

伝達部 3 スライダーを用いた方法

伝達部 3 は、伝達部 1 のように自分のテンションを明確に伝えるよりも、連続的にテンションを選択できたほうが、視聴者が抵抗感なくテンションを伝えられることを意図して設定した。このスライダーを用いて存在感を伝達する方法を伝達部 3 とする。

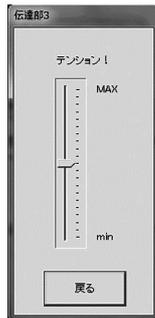


図 4. 伝達部 3 の実行画面

伝達部 3 の実行画面を図 4 に示す。視聴者はスライダーを上下に操作することで、対応付けられたテンションを配信者に伝える。スライダーを上にするほどテンションが高く、下にするほどテンションが低くなるように設定した。

以上、比較実験システムにおける、視聴者のテンションを伝達する 3 種類の伝達部を表 1 にまとめる。

表 1. 伝達部のまとめ

	実装方式	意図した操作性
伝達部 1	ラジオボタン	段階的な選択操作
伝達部 2	クリックの頻度	直感的な頻度操作
伝達部 3	スライダー	意図的な指示操作

3. 2 表現部

表現部とは伝達部から送信されたデータを、配信者が存在感として認識できるように表現する部分である。提案システムでは視聴者一人ひとりからデータを受信するため、視聴者の人数分のデータを受信することになる。視聴者の人数が増えると、一人ひとりのデータを配信者が認識できる形で表現することが難しいため、一人ひとりのデータを視聴者全体としてまとめ、配信者が視聴者全体の存在感として認識できる形で表現する。比較実験システムには、存

在感の表現方法が異なる 3 種類の表現部を設定した。

表現部 1 デフォルメされた顔画像を用いた方法

表現部 1 は、人間の感覚系の中で最も多くの情報を得られるのは視覚である[3]ため、存在感を表現するには視覚的な作用が有効であり、更に人間の顔に近い方が、話者がより人間らしい存在感を感じられることを意図して設定した。このデフォルメされた色付き顔画像を用いる方法を表現部 1 とする。

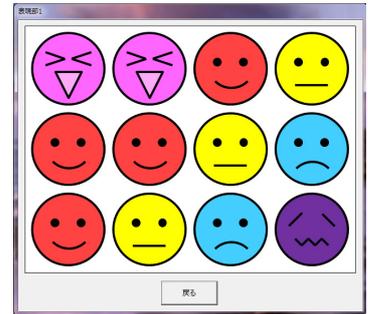


図 5. 表現部 1 の実行画面

表現部 1 の実行画面を図 5 に示す。12 個の顔画像は視聴者個別のテンションを表しているのではなく、視聴者全体のテンションを割合で表示している。顔画像とテンションの対応は「笑い顔(強): ピンク=高い」, 「笑い顔(弱): 赤=やや高い」, 「平常(黄)=普通」, 「不満顔(弱): 青=やや低い」, 「不満顔(強): 紫=低い」と設定している。顔画像の表示箇所は色ごとに優先順位があり、左上から右下に向かって「ピンク→赤→黄→青→紫」の順で表示している。これによって同じ顔画像が近くに固まり、配信者にとって見やすくなっている。顔画像の色と表情を変化させることで、受信したテンションを存在感として表現する。

表現部 2 色の変化のみを用いた方法

表現部 2 は、存在感を表現するにはデフォルメされた顔の画像を使用するよりも、色の変化だけを用いた方が場全体の雰囲気として話者に存在感が伝わることを意図して設定した。色の変化を用いる理由は表現部 1 と同様、視覚的な作用が有効であると考えたからである。この色の変化のみを用いる方法を、表現部 2 とする。表現部 2 では、比較実験システムの画面全体の色を変化させることで、受信したテンションを存在感として表現する。図色は大きく分けて 7 種類で、テンションとの対応付けは「ピンク(テンション高)>赤>黄>緑>水色>青>藍色(テンション低)」である。視聴者一人ひとりの細かなテンションはわからないが、場全体の雰囲気を感じることができると考えられる。

表現部 3 音高の変化を用いた方法

表現部 3 は、音高の変化は耳から自然に入ってくるため、話者が場全体の存在感を感じつつ話に集中できることを意図して設定した。また表現部 1,2 のように、存在感を感じるために PC の画面を見るという行為が不自然であり、配信者が話に集中できないと考えた。この音高の変化を用いる方法を、表現部 3 とする。表現部 3 では、ヘッドホンで音を鳴らし、その音の高さを変化させることで受信したテンションを存在感として表現する。音には周波数の異なる 5 種類の正弦波を用いる。全ての正弦波は、サンプリングレート 44100Hz、ビットレート 16bit、ステレオの音源であり、

周波数は高い音から 660Hz, 521.5Hz, 440Hz, 347.7Hz, 293.3Hz である。これらの周波数には、楽器のチューニングに用いられる周波数 440Hz の音を真中として、ピタゴラス音律における前後 2 音ずつの周波数を用いている。周波数とテンションとの対応付けは「660Hz=高い」、「521.5Hz=やや高い」、「440Hz=普通」、「347.7Hz=やや低い」、「293.3Hz=低い」である。

以上、比較実験システムにおける、視聴者のテンションを表現する 3 種類の表現部を表 2 にまとめる。

表 2. 表現部のまとめ

	表現方法	意図した存在感の表現
表現部 1	視覚的	人間らしい存在感
表現部 2	視覚的	視覚的な場全体の雰囲気
表現部 3	聴覚的	聴覚的な場全体の雰囲気

4. ライブビデオストリーミングの実装

ライブビデオストリーミングには Adobe HTTP Dynamic Streaming を使用し、HTTP ベースでストリーミング配信を行う。サーバには Adobe Flash Media Server を使用し、プライベートな LAN で実装する。配信者は Adobe Flash Media Live Encoder を用いて、リアルタイムでサーバにストリーミングを行う。図 6 に視聴画面、図 7 に配信画面を示す。



図 6. 視聴画面

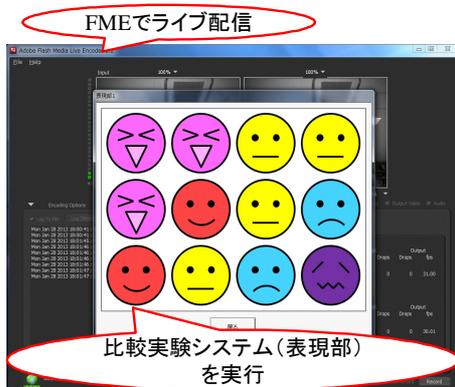


図 7. 配信画面

5. 評価実験

5.1 実験方法

比較実験システムによって配信者がどの程度存在感を

感じ、話をしやすくなったかの評価実験を行った。被験者は 20 代の男女 11 名であり、実験中は常に視聴者が 8~10 人いる状態で行った。被験者は 1 分程度のライブ配信を、「比較実験システムの組み合わせを変更したすべての場合」と「比較実験システムを使わない場合」の計 10 回行う。組み合わせの順序はカウンターバランスをとる。配信内容は、配信者の好きなことを主題とするフリートークである。配信者は配信前に予めトーク内容を書いた原稿を用意し、それを読みながら配信を行う。視聴者は配信者の話に共感を覚えたり面白いと感じた場合に高いテンションを選択し、逆に反感を覚えたり面白くないと感じた場合に低いテンションを選択する。

被験者は配信者・視聴者ともに経験し、すべてのライブ配信後に配信者用と視聴者用のアンケートに答える。アンケート項目は文献[2]を参考に設定し、各伝達部・表現部ごとに 7 段階で評価した。伝達部の評価項目は「話しやすさ」「視聴者の存在感」「安心感」「満足感」「システムの自然さ」の 5 項目、表現部の評価項目は「操作しやすさ」「存在感を送る楽しさ」「安心感」「満足感」「システムの自然さ」の 5 項目で、自由記述の欄も設けた。実験の流れを図 8 に示す。

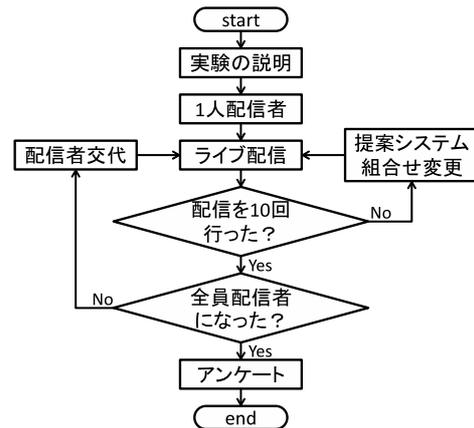


図 8. 評価実験の流れ図

5.2 実験結果と考察

図 9 に配信者用アンケート、図 10 に視聴者用アンケート項目の平均と標準偏差を含むグラフを示す。各項目では 7 が最も評価が良いことを示している。多重比較の結果、有意水準 5% で有意差が確認された項目同士について項目ごとに棒グラフ上の括弧で示す。

1) 配信者用アンケートの結果

配信者用アンケートの分散分析結果を以下に列挙する。

「話しやすさ」の項目において有意な差が確認されなかった ($F(3, 40) = 1.740, p=0.174$)。

「視聴者の存在感」の項目において有意な差が確認された ($F(3, 40) = 16.865, p<0.001$)。Bonferroni 法による多重比較の結果、表現部 1 は表現部 2、表現部 3、システム無しよりも有意に強く、表現部 2 は表現部 3、システム無しよりも有意に強く存在感を感じる事が示された ($1>2, p<0.01$;

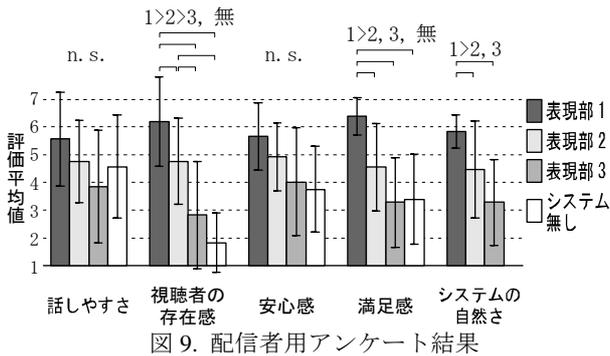


図9. 配信者用アンケート結果

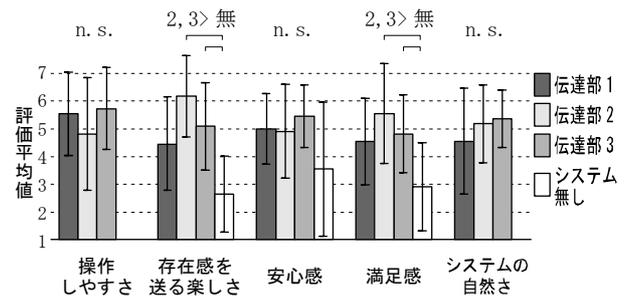


図10. 視聴者用アンケート結果

1>3, $p<0.01$; 1>無, $p<0.001$; 2>3, $p<0.05$; 2>無, $p<0.001$).

「安心感」の項目において有意な差が確認された($F(3, 40) = 3.661, p<0.05$). しかし、Bonferroni法による多重比較の結果、表現部ごとの有意な差は確認されなかった。

「満足感」の項目において有意な差が確認された($F(3, 40) = 11.127, p<0.001$). Bonferroni法による多重比較の結果、表現部1は表現部2, 表現部3, システム無しよりも有意に高く満足感を得ることが示された(1>2, $p<0.05$; 1>3, $p<0.01$; 1>無, $p<0.01$).

「システムの自然さ」の項目において有意な差が確認された($F(2, 30) = 9.146, p<0.001$). Bonferroni法による多重比較の結果、表現部1は表現部2, 表現部3よりも有意に自然であることが示された(1>2, $p<0.05$; 1>3, $p<0.001$).

視聴者の存在感の項目について、表現部1と2で強い存在感が得られたという結果から「視覚的な表現方法」が視聴者の存在感を表現することに適していると言える。また表現部2に比べて表現部1の方が視聴者の存在感を感じられることから、デフォルメされた顔画像のような「人間であると感じられる図案的要素」が有効であるといえる。また満足感の項目について有意差が見られ、表現部1が最も高く満足感を得られるという結果になった。逆に表現部3についてはシステム無しよりも低い満足度となったことから、聴覚的な表現は配信者に不満を与えているといえる。

これらの結果から存在感の表現方法としては、視覚的なもので人間であると感じられる要素をもった方法が有効であり、表現部3のような聴覚的な表現は耳障りとなり、配信者が話をしにくくなると考えられる。

2) 視聴者用アンケートの結果

視聴者用アンケートの分散分析結果を以下に列挙する。

「操作しやすさ」の項目において有意な差が確認されなかった($F(2, 30) = 0.882, p=0.424$).

「存在感を送る楽しさ」の項目において有意な差が確認された($F(3, 40) = 10.349, p<0.001$). Bonferroni法による多重比較の結果、表現部2はシステム無しよりも有意に強く、表現部3はシステム無しよりも有意に強く楽しいと感じることが示された(2>無, $p<0.01$; 3>無, $p<0.01$).

「安心感」の項目において有意な差が確認されなかった($F(3, 40) = 2.563, p=0.068$).

「満足感」の項目において有意な差が確認された($F(3, 40) = 5.348, p<0.01$). Bonferroni法による多重比較の結果、

表現部2はシステム無しよりも有意に高く、表現部3はシステム無しよりも有意に高く満足感を得ることが示された(2>無, $p<0.05$; 3>無, $p<0.05$).

「システムの自然さ」の項目において有意な差が確認されなかった($F(2, 30) = 0.910, p=0.413$).

存在感を送る楽しさの項目について、伝達部2と3が強い楽しさを感じるという結果となった。特に伝達部2については、伝達部1やシステム無しより強い楽しさが得られ、ボタンを連打するという能動的ではあるが直感的な操作が伝達システムに有効であるといえる。また満足感の項目についても有意差がみられ、伝達部2と3がシステム無しより満足度を得られる結果となった。

これらの結果から総合的に判断すると、伝達部1のように明確にテンションを選択し伝達する方法よりも、伝達部2のように直感的に操作し明確にはテンションを選択しない方法が存在感の伝達に適していると考えられる。しかし提案した伝達部2は「操作しやすさ」や「安心感」といった項目で他の伝達部よりも低い評価であったため、改良の余地があると考えられる。

6. まとめ

本研究ではライブ配信における配信者に視聴者の存在感を伝達、配信者が話をしやすくするシステムの構築を目指し、単純化した比較実験システムを構築して実験的考察を行った。

実験の結果

- 1) 視覚的な要素
- 2) 人間であると感じられる図案的な要素

が視聴者の存在感伝達システムに必要な伝達要素であると導き出した。

参考文献

- [1]高橋征資, 公文悠人他, “ライブビデオストリーミングにおける拍手マシンの用いた拍手の遠隔伝送”, 映像情報メディア学会誌, Vol. 66, No. 2, pp. J39-J45, 2012
- [2]坂本大介, 神田崇行 他, “遠距離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”, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 12, pp. 3729-3738, 2007
- [3]河本康太郎, “カラー表現による可視化技術”, フジ・テクノシステム, p. 159-163, 1996