

# 360度インターネット生放送における スタンプを用いた放送者支援システムの開発

佐藤京<sup>1</sup> 齊藤義仰<sup>1</sup>

**概要**：放送者が可搬式の全方位カメラを用いて移動しながら行う360度インターネット生放送では、放送者はリアルタイムなコミュニケーションを行う際に、視聴者の視聴方向を把握できない。そのため、放送者が見てほしい方向と視聴者が視聴している方向の間で齟齬が生じ、円滑なコミュニケーションが阻害される可能性がある。そこで、この問題を解決するために放送者が見てほしい方向を提示するスタンプ機能の提案と実装を行った。評価実験の結果、視聴者からのレスポンスの速度は向上したが、放送者の見てほしい方向を正確に認識する効果は小さいことが明らかになった。

**キーワード**：360度インターネット生放送、コミュニケーション

## Development of a Broadcaster Support System using Stamps in 360-degree Internet Live Broadcasting

KEI SATO<sup>†1</sup> YOSHIA SAITO<sup>†1</sup>

### 1. はじめに

近年、YouTubeを始めとした様々な動画配信サービスにおいて、周囲360度を一度に撮影できる全方位カメラを用いたライブ動画配信サービスが提供されており、このカメラを用いたインターネット生放送への関心や需要が高まってきている。このインターネット生放送には2つの放送形態がある。1つ目の放送形態は、全方位カメラを固定して行う放送である。全方位カメラを固定する放送形態では、カメラを固定した場所の周囲360度の様子を視聴することができ、その場所の時間経過によって変化する景色等を楽しむことができる。2つ目の放送形態は、放送者が可搬式の全方位カメラを用いて動きながら行う放送である。この放送形態では、放送者は観光地等のエリアで自身の興味に従って動きながら放送を行う。また、放送者自身の興味で動くだけでなく、視聴者からの方向転換や移動を指示するコメントを基にエリア内を探索することもある。

しかし、全方位カメラを用いたインターネット生放送では、視聴者は視聴方向を自由に変更することが可能であるため、通常のWebカメラを用いたインターネット生放送とは異なり、視聴者は視聴方向の変更操作を行う必要がある。そのため、放送者とのリアルタイムなコミュニケーションを行うには、マウス操作とキーボード操作両方をスムーズに行う必要がある。放送を見るに当たって視聴者の負担が大きくなる。また、放送者の向いている方向が分からないため、方向転換や移動を指示するコメントを入力するのが困難である。そのため、放送者と視聴者の間でコミュニケ

ーションエラーが発生する可能性がある。齊藤らのシステム（以下、既存システム）[3]では、視聴者側の問題点を解決するためにスタンプ機能を実装し、視聴者から放送者へのコミュニケーションエラーを低減させた。しかし、このシステムは、放送者の利用も想定するにも関わらず、放送者にも同様の問題が発生することを想定していない。よって、放送者が見てほしい場所やものを指示したときに、視聴者がそれらを見逃す可能性がある。

本研究では、可搬式の全方位カメラを用いたインターネット生放送における放送者の問題点の解決を目的とする。放送者が視聴者に見てほしい場所やものを「注目ポイント」と定義し、放送者が注目ポイントを指示する際の、コミュニケーションエラーを低減させるシステムの提案を行う。解決手法の提案は、先行研究で想定されていないが発生し得る問題点を調査し、有効性が示された手法を組み合わせ、問題点を解決するための手法を提案するという流れで行った。本稿では、本システムの実装と評価結果について報告する。

### 2. 先行研究

ここでは、本研究の土台となっている「360度インターネット生放送におけるスタンプを用いた視聴者用コミュニケーションシステム」について説明をする。

齊藤らの研究[3]では、全方位カメラを用いたインターネット生放送において、視聴者の放送者へのコミュニケーション手段が不足している課題を発見し、その解決を図った。テキストデータだけでは、口語的な表現を補完することが

<sup>1</sup> 岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科  
Graduate School of Software Information Science,  
Iwate Prefectural University.

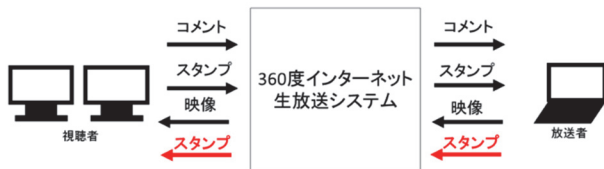


図1 提案システムのモデル

難しく、円滑なコミュニケーションが阻害される。この課題に対し、先行研究では、「Look」と「Go」の2種類のスタンプを利用できるスタンプ機能を実装した、360度インターネット生放送システムを開発し解決を図った。スタンプ機能とは、チャットアプリで利用されるコミュニケーション手段の1つであるスタンプを、インターネット生放送のコミュニケーションにおいて、映像上に画像を表示する機能である。スタンプ機能を用いることで、視聴者は簡易的な操作で、放送者へ視覚的に理解しやすい指示を送ることができ、コミュニケーションが円滑になると述べている。当該システムを用いた評価実験を行ったところ、スタンプを用いた方が、視聴者は放送者とコミュニケーションを取りやすくなるという結果が得られた。この結果から、360度動画インターネット生放送のコミュニケーションにおけるスタンプ機能の有効性が示され、視聴者から放送者へのコミュニケーションが円滑になることが明らかになった。しかし、放送者から視聴者へのコミュニケーションが想定されておらず、放送者が自身の視線に関する情報を各視聴者に伝える手段が不足しており、相互の円滑なコミュニケーションを実現することが難しい。よって、全方位カメラを持ちながら行う放送では、放送者が利用可能な、視聴者へ注目ポイントを指示することができるスタンプ機能が必要となる。

### 3. 提案システム

ここでは、提案システムの概要、提案システムで用いるスタンプ機能のユースケースについて述べる。

#### 3.1 提案システムの概要

前述の問題を解決するために、既存システムをベースに、放送者用スタンプ機能を追加したシステムを提案する。提案システムのモデルを図1に示す。既存システムのスタンプは視聴者から放送者に送られるが、提案システムのスタンプは放送者から視聴者に送られる。コメントと映像の流れについては、既存システムと同様に、映像は放送者から送られ、コメントは視聴者から送られるようになっている。また、提案システムでは全方位カメラとして、RICOHのTHETA S[5]を用いた。THETA Sの映像は1280×720(pixel)のHDサイズになっておりマイクも内蔵されているため、本研究のような360度インターネット生放送での利用に適している。

#### 3.2 スタンプのユースケース

放送者用スタンプのユースケースについて説明をする。

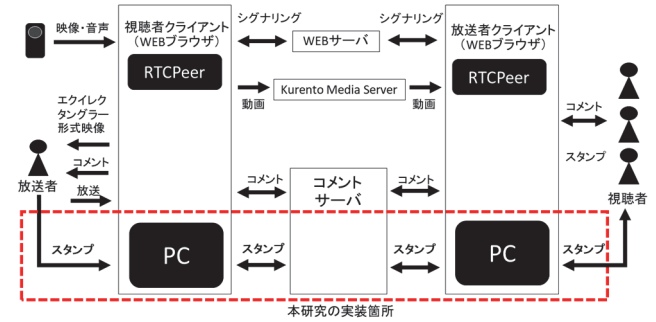


図2 システムアーキテクチャ

放送者用スタンプの用途は、注目ポイントを指示するために用いられる。注目ポイントを指示する際の想定として、指差しなどの簡単なジェスチャや口頭で指示できる注目ポイントは、既存システムでも指示できる。しかし、類似したものが複数並んでいるなどといった注目ポイントは、前述した方法では表現するのが難しい。このようなケースにおいて、放送者用スタンプは視覚的に注目ポイントを視聴者へ伝えることができるため、簡単なジェスチャや口頭での指示より注目ポイントを理解しやすくなることが期待できる。

### 4. 実装

ここでは、提案システムの実装概要、提案システムの放送者用・視聴者用のインタフェースの詳細について述べる。また、提案システムで新たに追加された放送者用スタンプの概要についても述べる。

#### 4.1 実装概要

実装概要について説明をする。提案システムではJavaScriptを用いて実装を行った。動画配信には、HTML5で再生可能なWebRTC技術を採用し、WebRTCの動画配信に対応したKurento Media Server[6]を利用している。スタンプの表示にはThree.js[7]のマテリアルを用いて実装を行い、THETA\_GL[8]を用いて360度動画形式の映像の表示と再生を行っている。提案システムのアーキテクチャを図2に示す。本研究では図2内の下部の点線で囲まれた部分の実装を行った。また、点線で囲まれていない部分は、既存システムと同様のものである。

#### 4.2 放送者用・視聴者用インタフェース

放送者用と視聴者用のインタフェースについて説明をする。まずは、放送者用インタフェースについて説明する。放送者用インタフェースの基本的な機能は、既存システムをベースとしている。本研究では、新たに放送者用スタンプ機能に関する部分が追加された。まず、既存システムがベースとなっている各部分について説明をする。放送者用インタフェースは大きく3つに分けられる。1つ目は動画視聴用ボタンであり、図3の①の部分にあたる。図3の①部分の「Start」のボタンをクリックすることで、放送者はエクイレクタングラー映像の視聴ができる。2つ目は動画



図3 放送者用インタフェース

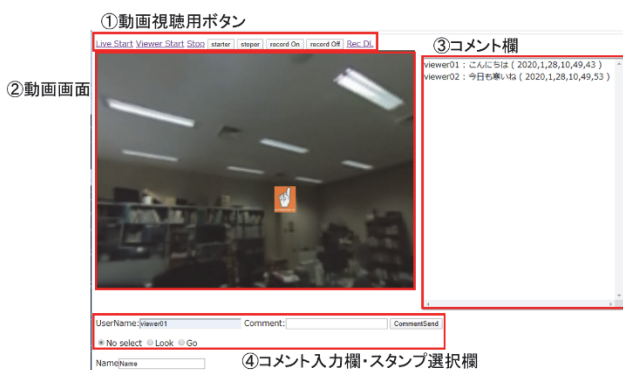


図4 視聴者用インタフェース

画面であり、図3の②にあたる。これは、放送者が撮影している映像がエクイレクタングラー形式で映し出される他、スタンプを各視聴者に送信する際もこの部分を用いる。3つ目はコメント欄であり、図3の③にあたる。これは各視聴者のコメントが表示される部分であり、コメントを送ったユーザネームと実際のコメントが表示される。放送者もコメントを送ることが可能だが、原則として放送者はコメントを送らないよう放送を行う。

次に、提案システムで新たに追加された部分について説明をする。提案システムでは新たに放送者用スタンプ機能が追加されており、図3の④にあたる、コメント入力欄とスタンプ選択欄でスタンプ送信を行う。コメント入力欄については、コメント欄でも述べた通り、原則として放送者がコメントを送ることはできず、評価実験で指示を送るために利用した部分である。スタンプ選択欄は、ラジオボタンで利用するスタンプを選択する部分である。提案システムでは「Attention」と「No select」を実装した。「Attention」を選択すると、注目ポイントを示すためのスタンプである「Attention スタンプ」を送信することができる。Attention スタンプについての説明は4.3で行う。「No select」は、スタンプを用いないときに選択し、システムを起動したときのデフォルトとして選択されているボタンである。

次に視聴者用インタフェースについて説明をする。視聴者用インタフェースは図4に示す。視聴者用インタフェースは主に4つの部分に分けられる。1つ目は動画視聴用ボタンであり、図4の①の部分にあたる。ここのボタンを用い

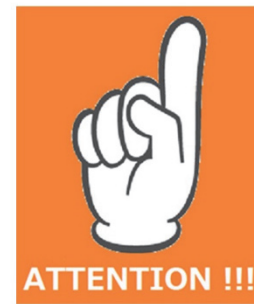


図5 Attention スタンプ

ることで、視聴者は360度動画形式の映像の視聴と録画ができる。2つ目は動画画面であり、図4の②にあたる。これは、放送者が撮影している映像が360度動画形式で映し出される部分である。視聴者はこの動画画面上でマウスをドラッグすることにより、視聴方向を変更できる。また、放送者から送られてきたスタンプは図4のように表示される。3つ目はコメント欄である。この部分では他の視聴者からのコメントが表示される部分であり、図4の画面右側の③にあたる。コメント欄に表示されるコメントには、コメントを送ったユーザネームと、実際のコメントとコメントが送信された日時が表示される。4つ目は、コメント入力欄とスタンプ選択欄である。これは、視聴者がユーザ名やコメントを入力、送信、スタンプの種類を選択するためのラジオボタンがある部分であり、図4の画面下部④にあたる。視聴者は、UserNameの隣のテキストボックスにユーザ名を入力し、Commentの隣のテキストボックスに、放送者へのコメントを入力する。コメントの入力後にCommentSendボタンを押すことで、コメントの送信をすることができる。また、コメント入力欄の下の3つのラジオボタンで、使用するスタンプを選択することができる。本研究の評価実験ではこれらのスタンプは使用しないが、仕様上視聴者から放送者へスタンプを送信することは可能である。

#### 4.3 放送者用スタンプの概要

提案システムでは、放送者用スタンプ機能の実装に伴い、新たに「Attention」というスタンプ（以下、Attentionスタンプ）を追加した。Attentionスタンプは、各視聴者に注目ポイントを示すためのスタンプであり、注目ポイントの近くに表示させることで、視覚的に分かりやすく場所を伝えることができる。図5にAttentionスタンプを示す。

Attentionスタンプの表示方法について説明をする。スタンプを表示させる流れは、放送者が動画画面内をマウスでダブルクリックし、ダブルクリックされた場所の座標を取得し、選択されているラジオボタンによりスタンプの種類を場合分けし、その後各視聴者の動画画面内にスタンプが表示される。その際には、スクリーン上のマウス位置の座標を取得し、そのX,Y座標をエクイレクタングラー形式から360度動画形式に変換し、360度動画形式の映像の該当



する場所に表示させる。座標を変換する際には、エクイレクタングラー形式から取得した X, Y 座標を、三角関数を用いて 360 度動画形式の X, Y, Z 座標を求める。スタンプの場合分けについては、Attention スタンプが送信されているか、されていないかの場合分けとなるが、将来的にスタンプを追加することになっても実装は容易な構成となっている。各視聴者の動画画面内に表示されるスタンプについて、表示時間は 5 秒間になっている。この時間は、既存システムで特に問題が無かったため、既存システムの表示時間から変更はない。

## 5. 評価

実装した放送者用スタンプである Attention スタンプの有効性を明らかにするための評価実験を行った。ここでは、行った評価実験の目的と概要、その結果について述べる。

### 5.1 評価実験の目的

評価実験の目的は、360 度インターネット生放送における放送者用スタンプ機能により、視聴者が注目ポイントを素早く正確に認識しやすくなったかどうかの確認である。放送者用スタンプ機能を用いないシステム（以下、既存システム）と放送者用スタンプ機能を用いるシステム（以下、提案システム）で 360 度インターネット生放送を行い、視聴者が注目ポイントを認識するまでの時間の計測や、アンケートを用いて正確に注目ポイントを認識できていたかどうかについて比較と分析を行う。

### 5.2 評価実験の概要

評価実験は岩手県立大学ソフトウェア情報学部の居室 2 部屋（以下、居室 A と居室 B）にて、2019 年 11 月 22 日、11 月 28 日の計 2 回実施した。実験協力者は 1 回あたり 4 名で、放送者 1 名、視聴者 3 名に分けて実装環境での放送を実施し、注目ポイントやスタンプに関するアンケートを行った。放送時間は 30 分で、放送内容は予め室内に用意した設置物についての言及である。

設置物は注目ポイント別に 2 種類用意し、更に場所によっても設置物を変えるため、計 4 種類用意した。注目ポイントの設定には、注目ポイント X と注目ポイント Y を設定した。注目ポイント X とは指差しなどの簡単なジェスチャで指示できる注目ポイントであり、注目ポイント Y とは 3.2 で示したユースケースのような、類似したものが複数あり、簡単なジェスチャや口頭では指示が難しい注目ポイントである。注目ポイントを 2 種類用意した理由は、スタンプの有無の他に注目ポイントの条件で、評価項目が変化するかどうかを確認するためである。居室 A では、注目ポイント X として「コンピュータグラフィックス教本、ファイル 2 個、段ボール箱」の 3 種類を設置し、注目ポイント Y として「デスクトップ PC4 台、ノート PC10 台」の 2 種類を設置した。居室 B では、注目ポイント X として「プログラミング教本、カレンダー、段ボール箱」の 3 種類を設置

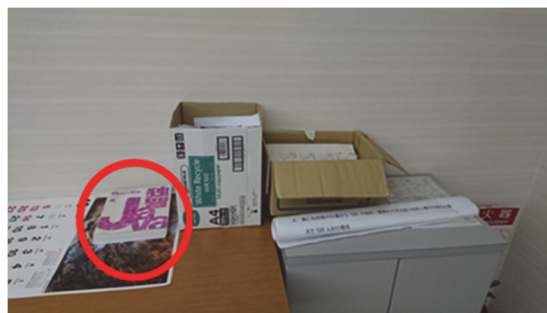


図 6 注目ポイント X の一例

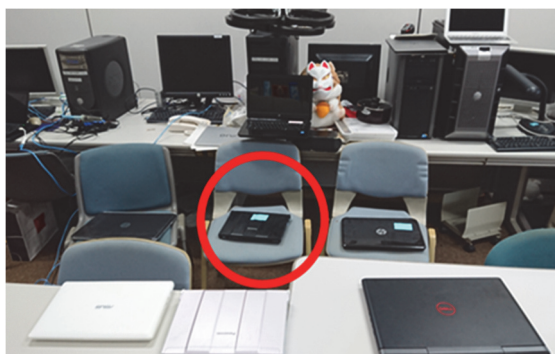


図 7 注目ポイント Y の一例

し、注目ポイント Y として「付箋のついてある段ボール箱 1 個、付箋のついていない段ボール箱 6 個」の 2 種類を設置した。評価実験で用いた注目ポイント X の一例を図 6、注目ポイント Y の一例を図 7 に示す。

評価実験は、システム間の順番の影響をなくすため、評価実験の 1 回目は既存システム、提案システムの順で放送を行い、2 回目は提案システム、既存システムの順で行う。評価実験では、放送者がスタンプを用いる場合と用いない場合における、評価項目の比較を行う。評価項目は 2 種類用意し、視聴者からの応答時間（以下、応答時間）と注目ポイントの正確性（以下、正確性）である。応答時間については、指定した注目ポイントを放送者が指示してから、視聴者全員が注目ポイントを見つけた旨のコメントを送信するまでの時間を計測し、スタンプを用いる場合と用いない場合の時間を比較する。正確性については、放送中に放送者が指示した注目ポイントを、視聴者が正確に認識していたかどうかを、スタンプを用いる場合と用いない場合の正答率を比較する。視聴者が認識していた注目ポイントは、放送終了後のアンケートを用いて確認する。

評価実験の流れを説明する。まず、放送者は放送を開始し映像を全視聴者へ流す。視聴者は、送られてきた映像を視聴しながら評価実験を行う。放送者が予め指定した注目ポイントについて言及し、視聴者がそれを発見した場合その旨のコメントを送信する。1 回の評価実験でこの過程を、既存システムを用いた放送と提案システムを用いた放送で 2 回行う。注目ポイントを視覚的に伝えられるため、正確性の向上と応答時間の短縮が予想される。

表1 両システムにおける応答時間の比較

対象	スタンプ	実験1	実験2	短縮時間の平均
注目ポイント X	有	24 秒	26 秒	64 秒
	無	121 秒	58 秒	
注目ポイント Y	有	13 秒	27 秒	16 秒
	無	21 秒	51 秒	

表2 両システムにおける正確性の比較

対象	スタンプ	実験1の正答率	実験2の正答率	全体平均
注目ポイント X	有	1.00	1.00	1.00
	無	1.00	1.00	1.00
注目ポイント Y	有	0.33	0.66	0.50
	無	1.00	0.33	0.67

### 5.3 評価実験の結果

ここでは評価実験の結果について、応答時間についての結果、正確性についての結果の順で結果を述べる。

表1では、それぞれの実験ごとの応答時間の結果を示す。既存システムと提案システムのそれぞれの応答時間を計測したところ、4件中3件において提案システムの方が応答時間は短かった。また、誘導コメントで指示をする際にスタンプ機能も併用することにより、誘導コメントで指示がしやすくなったという結果も得られた。この結果から、スタンプ機能により放送者と視聴者のコミュニケーションの遅延が、注目ポイント X では平均 64 秒、注目ポイント Y では平均 16 秒短くなることが明らかになった。

表2では、それぞれのシステムごとの正確性のアンケートの結果を示す。アンケートの結果から、既存システムの正答率が 0.67、提案システムの正答率が 0.50 となり、提案システムを用いると正答率が低下してしまう結果となった。この結果より、スタンプを用いても正確性の向上は期待できないことが明らかになった。

## 6. 考察

評価実験の結果から、スタンプを用いることで視聴者からの応答時間は短くなったが、注目ポイントに対する正確性が低下するということが明らかになった。スタンプ機能を使うことの利点として、注目ポイントを視覚的に理解しやすくなるということが挙げられる。しかし、提案システムを用いた場合は、注目ポイントを理解しやすくなるどころか、むしろ注目ポイントを理解しづらくさせてしまった。なぜこのような結果となったか、アンケートの自由記述欄の意見をもとに考察を行った。その結果、正確性が低下した原因として次の2つが考えられる。

1 つ目は、スタンプの仕様が直感的に理解しづらいということである。視聴者から、スタンプが注目ポイントと重なり、見る場所が理解しづらいという意見があった。提案

システムのスタンプは、注目ポイントの近くに表示させることを想定しており、スタンプの仕様が直感的に理解しづらかったと言える。また、注目ポイントを指示する際に、Attention のイラストの指先を見るのか、スタンプ自体が重なった場所を見るのか理解しづらいという意見があった。これらの意見から、現在の Attention スタンプのデザインには直感的な理解のしやすさが不足しており、放送者と視聴者の両者に対してより汎用的なデザインにすべきであるということが分かった。

2 つ目は、放送者が動くときスタンプも表示されていた場所から動いてしまうということである。スタンプは映像そのものではなく、座標情報をもとに Three.js の球体へ貼り付けられているため、映像の移動と同期して同じ注目ポイントを示し続けるということができない。そのため、スタンプが表示されている最中に放送者が動いてしまうと、スタンプもその動きと連動して動いてしまう問題が発生する。評価実験の最中にも、指示をしている途中で放送者が動き、注目ポイントを正しく示せていないことがあった。

### 6.1 今後の課題

今後の課題としては、正確性を向上させるため、適切なスタンプのデザインの提案と、意図しないスタンプの移動を防止する手法の提案が考えられる。本研究の Attention スタンプのデザインは、利用者によって使用方法の認識の違いが発生しやすくなるものである。スタンプのイラストの指先が示している所が注目ポイントなのか、スタンプが重なった所が注目ポイントなのか、現在のデザインでは認識を統一させることができていない。そこで、スタンプのデザインを使用方法が直感的に理解できるものにする必要がある。具体的なデザイン案として、スタンプを枠のみにしたものが有効と考える。このようなデザインならば、利用者がスタンプの枠内に注目ポイントを収めるように使用してくれることが期待できる。

意図しないスタンプの移動を防止する手法について、始めにスタンプの表示方法についての説明をする。本研究での実装では、スタンプを表示するために Three.js の SpriteMaterial を用いて、動画上に表示をしている。このマテリアルを用いることで、視聴者がマウスを用いて動画画面を動かしても常にスタンプが正面を向いて表示されている。この仕様のため、放送者が移動してしまうと、意図せずにスタンプも移動してしまうということが発生する。この課題を解決するために、2種類の手法が考えられる。1 つ目は、スタンプが表示された場所を自動的にキャプチャする手法である。このキャプチャ機能は、スタンプが表示されるタイミングで注目ポイントが表示されている画面をキャプチャし、視聴者が後で画像による注目ポイントの確認ができる機能である。齊藤らの研究[8]において、360 度インターネット生放送におけるキャプチャ機能の提案と実装が行われており、この機能を提案システムに組み込むこと

で解決が可能である。

## 7. まとめ

本研究では、360 度インターネット生放送における放送者の問題の解決を図った。スタンプ機能を用いて、視聴者から放送者へのコミュニケーションが困難という問題を解決した既存の 360 度インターネット生放送システムは、同様に起こり得る放送者の問題を想定していなかった。放送者の問題として、注目ポイントを指示する際に、視聴者がそれを見逃し、コミュニケーションエラーが発生する可能性がある。

この問題を解決するために、本研究では既存システムをベースとした放送者の問題を解決するシステムの提案と開発を行った。先行研究でスタンプを用いたコミュニケーションの有効性が示されていたため、本研究でも放送者側にスタンプ機能の実装を行い、上記の問題点の解決を試みた。具体的な実装については、本研究では、「Attention」というスタンプを実装した。Attention スタンプを用いることにより、放送者は視聴者に対して視覚情報を用いて注目ポイントを伝えることができ、口頭や簡単なジェスチャによる指示よりもコミュニケーションエラーが減少すると考えた。今後の課題として、スタンプのデザインの調整や、注目ポイントの場所をキャプチャし画像によるフィードバックが行える機能の実装が挙げられる。

## 参考文献

- [1] 齊藤義仰, 葛巻葵伊, 八幡恭大, 西岡大: 360 度インターネット生放送におけるスタンプを用いたコミュニケーション支援システムの開発, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル 2019, pp.895 – 900 (2019).
- [2] RICHOTHETA S: 製品紹介, 入手先  
<<https://theta360.com/ja/about/theta/s.html>> (参照 2020-02-08)
- [3] Kurento, available from <<http://www.kurento.org/>> (参照 2020-02-08).
- [4] Three.js, available from <<https://threejs.org/>> (参照 2020-02-08).
- [5] THETA\_GL, available from  
<[https://github.com/mganeko/THETA\\_GL](https://github.com/mganeko/THETA_GL)> (参照 2020-02-08).
- [6] Yoshia S., Yuka Y.: A Communication Support Method with Viewers' POV Capture in 360-degree Internet Live Broadcasting, IWIN2019, pp.23-39 (2019).