

# 360度インターネット生放送における視聴者 POV の分析

高田真也<sup>1</sup> 西岡大<sup>1</sup> 齊藤義仰<sup>1</sup>

**概要:** 近年、インターネット生放送サービスが普及し、多くのユーザが利用するようになった。また、新たな放送形式として、全方位カメラに対応した 360 度インターネット生放送も登場してきている。360 度インターネット生放送において視聴者は、自身の興味や関心に合わせて自由に視聴方向を変更することができる。一方で、360 度インターネット生放送では視聴者の視聴している方向を放送者が把握することができないという問題がある。視聴している方向は視聴者の興味や関心、話題の中心を示す情報であり、把握できない場合、円滑なコミュニケーションが阻害されてしまう可能性がある。本研究では、視聴者の視聴方向である POV(Point Of View)を用いて視聴者の興味や関心が向けられている方向を抽出するアルゴリズムについて提案する。

## Analysis of Viewer POV in 360-degree Internet Live Broadcasting

MASAYA TAKADA<sup>1</sup> DAI NISHIOKA<sup>1</sup> YOSHIA SAITO<sup>1</sup>

### 1. はじめに

YouTube をはじめとしてインターネット生放送サービスは様々な Web サイトで提供されており、多くのユーザによって利用されている。インターネット生放送において、放送者は視聴者とリアルタイムなコミュニケーションを楽しむことができ、その結果を放送にフィードバックすることが可能である。YouTube では全方位カメラに対応した 360 度インターネット生放送サービスと呼ばれるサービスも提供されており、一般ユーザでも全方位カメラを用いた放送を利用できるようになった。360 度インターネット生放送サービスとは、全方位カメラによって撮影された全地球映像を放送および視聴できる放送サービスであり、視聴者は自身の興味に合わせて POV を周囲 360 度自由に変更することができる。POV とは Point Of View の略称で、視聴者が視聴している方向を示す。

360 度インターネット生放送では、放送者は視聴者の POV を確認する方法がないため、視聴者の興味関心が把握できないという問題がある。従来のインターネット生放送では、単一のレンズのみを持った Web カメラが用いられているため、単一のレンズが矩形の撮影範囲を示している。そのため、放送者は感覚的に視聴者の視聴している映像を把握することができた。それに対し、360 度インターネット生放送では、魚眼レンズや複数のレンズを搭載した全方位カメラを用いるため、視聴者の視聴している範囲がどこなのか放送者は把握できなくなった。これまでも対面型コミュニケーションにおいてコミュニケーション相手の注視情報や視線情報が担う役割については多く論じられており[1][2]、遠隔コミュニケーションについてもそれらの情報を提示する手法について研究がなされている[3]。その中で、

コミュニケーション相手の注視情報は相手の興味や関心、話題の中心を示すということが明らかにされている。つまり、360 度インターネット生放送において、視聴者の POV は視聴者が全方位映像の中で何を見ているのかを示す情報であると同時に視聴者の興味や関心を示す情報でもある。

本研究では視聴者 POV を用いた、視聴者の 360 度インターネット生放送における視聴行動の抽出手法について検討する。本稿では、視聴者 POV の分析から得られた視聴行動に関する特性と、POV を分析するためのアルゴリズムについて述べる。

### 2. ユースケース

我々はこれまで放送者に対して球体状のヒートマップを用いて視聴者の POV を可視化して提示する手法を検討してきた[3]。しかし、これまでの検討では、室内で全方位カメラを固定したユースケースのみを想定しており、屋外で可搬式の全方位カメラを用いた 360 度インターネット生放送については検討できていなかった。360 度インターネット生放送は従来の放送形態と比較して撮影範囲が広く、より多くの情報を視聴者に提供できるという特徴がある。そのため、観光地の紹介やイベントの中継など、空間全体の情報を提供する目的で利用されることが想定される。具体的なユースケースとしては、放送者が観光地に赴いて散策しながら観光地の紹介を行う放送が考えられる。この場合、放送者は全方位カメラをマウンタなどで身体に固定するか、スタビライザーを用いて手に持つことが考えられる。

放送者が移動しながら放送を行った場合、視聴者が興味を持ったものが、放送者によって話題されることなく通り過ぎてしまう可能性がある。また、視聴者がコメントにより指摘したとしても、放送者はどの方向に存在するものな

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

のかを口語的表現のコメントだけで判断するしかなく、指摘を理解することは困難である。これまでの固定式の全方位カメラを用いた検討において、我々は放送者の視野角に存在しない物体についての指摘やコメントは理解されづらいことを明らかにした。また、それらの物体に対する指摘やコメントは方向情報とともに提示することで、正確な理解を支援することができることも分かっている。そのため、放送者の視野角外の方向に対する視聴者の興味や関心を放送者に提示するためには、事前に POV から視聴者の視聴行動を分析する必要がある。視聴者が POV 向けている方向を事前に分析することで、放送者が気づかず話題にできなかったものについても気づかせることができるようになり、視聴者の興味や関心を満たすことができるようになる。本研究では、可搬式全方位カメラを用いた 360 度インターネット生放送において、放送者の視野角外に存在する物体に対して向けられた視聴者 POV を検出し分析するアルゴリズムについて検討する。

### 3. 関連研究

360 度動画や 360 度インターネット生放送における、視聴者の視聴方向分析に関する研究や事例は複数存在する。ここでは、研究の関連する研究や事例を挙げ、本研究の必要性和新規性について述べる。

VRCHL[4]は、株式会社ジョリーグッドが開発している 360° VR のコンテンツ解析とユーザ行動のパターン解析を人工知能によって行うという取り組みである。視聴中の 360 度動画のリアルタイム解析を動画にオーバーレイ表示することが出来、人物や物体、話語、雰囲気、シーン構成、ストーリーなどの様々な動画の構成要素を認識することが出来る。当該システムはビジネスに活用される VR コンテンツについて、視聴者のニーズ分析やより質の高い 360 度動画の作成を支援することが目的とされている。そのため、当該システムでは、一般ユーザが利用する全方位カメラを用いたインターネット生放送への利用は想定されていない。

Yen-Chen Lin らが行った 360 度動画における視聴方向の補正に関する研究[5]では、視聴者の視聴方向を 360 度動画の主となるストーリーの方向に補正する手法について検討している。当該研究では視聴者の視聴方向を補正するために自動補正機能とアノテーションを用いたガイドの 2 パターンを実装、評価している。その中で、視聴者の視聴行動には複数の目的およびパターンが存在することを明らかにしており、より質の高い視聴体験を提供するためには、視聴者の視聴方向を分析する必要があることを強調している。

360 度動画および 360 度インターネット生放送サービスを提供する YouTube では、投稿した 360 度動画のヒートマップ分析機能を提供しており[6]、投稿された 360 度動画全体の分析結果[7]についても公開している。分析結果では、視聴者の POV が動画再生中にどこに向けられるのかを分析している。2017 年 6 月に YouTube では提供している 360 度動画サービスにヒートマップを用いたオンデマンド動画解析ツールが実装された。解析ツールを用いた初期調査を実施した結果、動画の正面方向を中心とした 90 度の範囲に視聴者の POV が動画再生時間のうち 75%もの間向けられていることが明らかにされた。また、人気のある 360 度

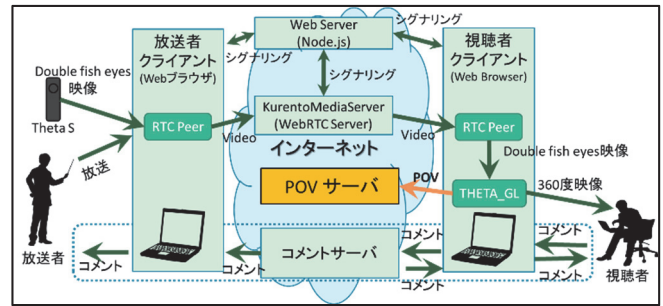


図 1: システムの構成

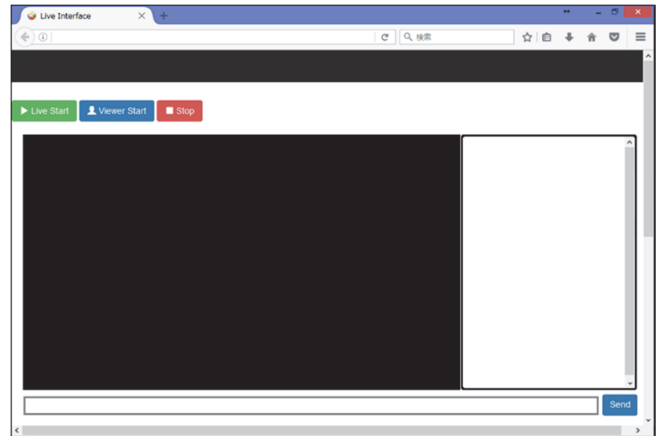


図 2: システムのインターフェース

動画でも 360 度全範囲を視聴したユーザは全体の 20%程度であるということも述べられている。

これまでに挙げた研究や事例は 360 度動画において、より質の高い視聴体験を実現するために視聴方向の分析が必要であるということを示している。一方で、オンデマンドの 360 度動画を対象にしており、蓄積されたデータを基に視聴者の視聴対象や視聴方向の変更予測などを実現している。360 度インターネット生放送における利用は想定されおらず、リアルタイムな分析手法を検討することは新規性があると言える。

### 4. インターネット生放送システム

本研究で用いたインターネット生放送システムは WebRTC および Three.js を用いて実装したものである。2016 年に Google が提供する Chrome ブラウザを始めとして[8]複数のブラウザで Flashplayer のサポートが廃止されることになり、インターネット生放送サービスでも HTML5 に対応した新方式が提供されるようになったためである[9][10]。WebRTC は HTML5 に対応しており、映像と音声の配信やファイル共有など、リアルタイムコミュニケーションに必要な機能が Web ブラウザで簡単に利用できる。本システムにおいて映像の配信には WebRTC の映像配信に対応している KurentoMediaServer[11]を利用した。また、配信映像を 360 度動画として再生させるために、Theta\_GL[12]というライブラリを使用した。THETA\_GL は RICOH 社が販売する全方位カメラ THETA S で撮影したエクイレクタングラー形式の映像を、360 度動画として Web ブラウザ上で再生できる。再生には Three.js による WebGL の描画を用いている。

再生する映像のソースを WebRTC サーバから取得することでインターネット生放送にも対応できる。図 1 にシステムの構成を、図 2 にシステムのインターフェースを示す。

WebGL の 3D 空間上では球体オブジェクトとカメラを配置している。球体の内側球面にはエクイレクタングラー形式の映像をマッピングしており、球体の中心点にカメラの位置を設定している。視聴者の POV は球表面の極座標系  $(\theta, \phi, r)$  によって管理されており、カメラが中心からどの方向に向けられているのかを確認できる。システムは Web ブラウザを通して利用することができ、視聴者が Web ページにアクセスした時点で視聴者を識別するための ID が割り振られ、放送の視聴準備が行われる。視聴者クライアントでは、映像を視聴している間、100 ミリ秒ごとに視聴者の POV を取得し、視聴者の ID と時刻データを付加した上で POV サーバへと送信する。送信された POV データはリスト化され、POV サーバ内に保存される。

## 5. 仮説の設定

我々は関連研究で明らかにされた結果を基に 360 度インターネット生放送における視聴者 POV の変化に関する 3 つの仮説を立てた。1 つ目の仮説は「通常時、視聴者の POV は放送者の進行方向に向けられる」である。オンデマンドの 360 度動画の場合、動画投稿者による編集が加えられているため、投稿者の意図した被写体が頻繁に映る基準方向が明示的である。そのため視聴者は基準方向を主に視聴している。それに対し、360 度インターネット生放送では、リアルタイムな映像であるため編集が不可能で、明示的な動画の基準方向を設定することができない。そのため、放送者の進行方向が動画の基準方向として視聴者に理解されるのではないかと考えた。2 つ目の仮説は「基準方向以外の方向に視聴者の POV が向けられた場合、興味や関心を持って意図的に POV を変化させている」である。360 度インターネット生放送において、視聴者は自身の興味や関心をもとに POV 操作を行うことができる。関連研究にもあるように、視聴者は基準となる方向を 75% 程度の間視聴しており、基準方向以外の方向を視聴する場合、その視聴者の興味や関心がその方向に向けられていると考えられます。3 つ目の仮説は「基準方向以外を視聴している視聴者の興味や関心が満たされると、再び POV が基準方向に戻る」である。視聴者が基準方向以外の方向を視聴して、興味や関心が満たされるか、興味や関心の対象が見えなくなった場合、基準方向以外を視聴する必要なくなるため基準方向の視聴に戻ることが考えられる。

以上のことから 360 度インターネット生放送において、通常時には視聴者の POV は放送者の進行方向に向けられており、興味や関心の対象が見つかり基準方向を外れる。その後、興味や関心を失うか、対象物が見えなくなると視聴者の POV は放送者の進行方向に再び向けられると考えられる。

## 6. 実験

仮説の検証を行うため放送実験を実施した。放送実験の目的は、先に述べた仮説の検証および分析アルゴリズム作成に必要なデータの収集である。今回の放送実験では



図 3：実験 1 回目における放送者の進行ルート



図 4：実験 2 回目における放送者の進行ルート

実験協力者として 6 名が参加し、各回 3 名の協力者が視聴者を担当して 2 回実施した。放送者は 2 回ともに同じ研究メンバー 1 名が担当した。放送場所は白鳥の飛来地や桜の名所としても有名な岩手県盛岡市高松にある高松ノ池周辺である。池の周囲を右回り左回りそれぞれ 1 回ずつ、30 分で移動しながら放送を行った。放送者の取ったルートについて、1 回目の放送実験を図 3 に、2 回目の放送実験を図 4 に示す。今回、全方位カメラはリュックに一脚を固定した上で専用のマウンタを介して設置した。放送者は全方位カメラを固定したリュックを背負って放送するため、視聴者の視聴する映像は放送者の後方上部を中心としたものになっている。実験協力者には 360 度インターネット生放送のテスト放送を実施すると伝え、放送を視聴してもらった。実験中は 100 ミリ秒ごとに視聴者の POV を取得し、サーバ内に保存しており、放送後に POV ログを分析することで仮説の検証を実施する。

POV ログは 30 分の放送で 18,000 件/1 人取得できるため、2 回の放送で 1,080,000 件のデータが収集できた。分析の結果、1 回目の放送では放送者の進行方向を中心とした 90 度の範囲に視聴者の POV が 75.89% の時間向けられており、2 回目の放送でも、同様の範囲に 80.33% の時間向けられているということが確認できた。このことから、仮説 1 のように通常時は視聴者の POV が放送者の進行方向を中心とした 90 度の範囲に向けられていることが確認できた。以降本研究では放送者の進行方向を中心とした 90 度の範囲を正面範囲と呼ぶこととした。図 5 にエクイレクタングラー方式の映像における正面範囲の模式図を示す。この結果は YouTube によって公開されている分析結果[7]と近い値であるため、収集したデータを基にデータ分析を進めることにした。また、POV が正面範囲から外れた際に、視聴者の興味や関心を惹くような対象が POV の方向に存在

しているケースが複数確認することができたことから、仮説2についても成り立つことが確認できた。分析を進めた結果、POVが正面範囲から外れた場合、平均11.41秒後に正面範囲へとPOVが戻ることも確認できた。このことから、仮説3についても成り立つことが確認できた。

## 7. アルゴリズムの検討

3つの仮説を検証したことにより、POVが正面範囲以外の方向に向けられた場合、視聴者が自身の興味や関心に合わせて意図的にPOVを変更している可能性があることが分かった。そこで、正面範囲以外の方向を視聴する視聴者POVの検出アルゴリズムを開発した。

仮説検証のために行った放送実験によって収集したデータをもとに、視聴者の状態の分類、および検知に用いるバッファサイズを決定した。視聴者の状態は正面範囲を視聴している「通常状態」、正面範囲から正面範囲外へとPOVを変化させる「範囲外視聴開始状態」、正面範囲外を視聴し続けている「範囲外視聴状態」、正面方向へと戻る「範囲外視聴終了状態」の4つの状態に分類した。通常状態は正面範囲の中のみで視聴者のPOVが変化している状態で、視聴者は放送時間中最も長い時間この状態であることが予想される。アルゴリズムでは範囲外視聴の開始状態と終了状態をトリガーとして範囲外視聴状態にあるPOVを検知して分析を行う。以上のことを踏まえて作成したアルゴリズムのフローチャートを図6に示す。フローチャートで使用する変数と条件式について、図7に示す。

作成したアルゴリズムではまず、進行方向を0~360の水平方向の角度座標として取得する。その後、最新のPOVデータから10件分のデータをもとに4つの状態のうち、どれに該当するかを条件式によって判断する。ただし、POVデータは100ミリ秒毎に取得しているため、即座に状態を遷移してしまうと誤検出の割合が高くなることが予想される。そのため、10件分(1秒分)の状態遷移の入力データが入力されるまで状態を遷移しないこととした。また、状態が遷移した場合現在までに入力されたデータについては入力回数をリセットする。今回、1秒間の継続入力で状態を遷移すると設定したのはリアルタイム性の担保と誤検出の防止を検討した結果である。これにより、正面範囲の境界線付近にPOVを向けて視聴している際に、正面範囲外に出たとしてもすぐ戻った場合には検知対象から外れるため、誤検出を抑止することができる。一方で、視聴者が範囲外視聴を開始してから1秒後から検知可能になるため、1秒未満の範囲外視聴については検知が不可能である。ただし、データ分析の結果、範囲外視聴は平均11.41秒行われていることが確認されているため、検出後10秒程度の通知が可能であると考えられる。

また、放送者の進行方向について、全方位カメラの特性上、設置や固定がどのように行われるかが確定的でない。そのため、放送のたびに進行方向が異なることが予測される。本アルゴリズムを実装する際には、全方位カメラに搭載された加速度センサなどを用いて進行方向を取得、補正する必要が考えられる。

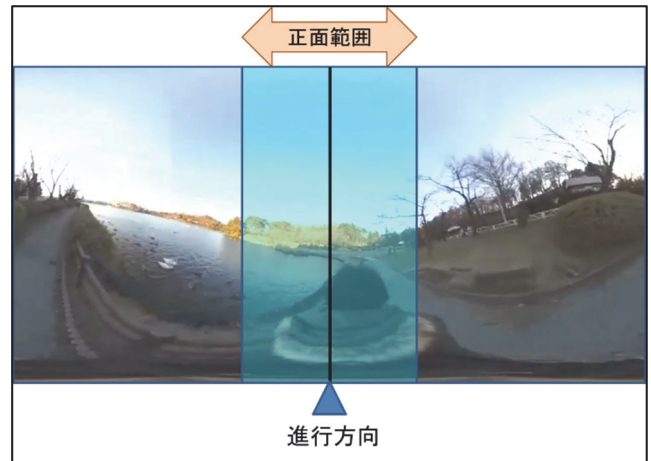


図5: エクイレクタングラー映像における正面範囲

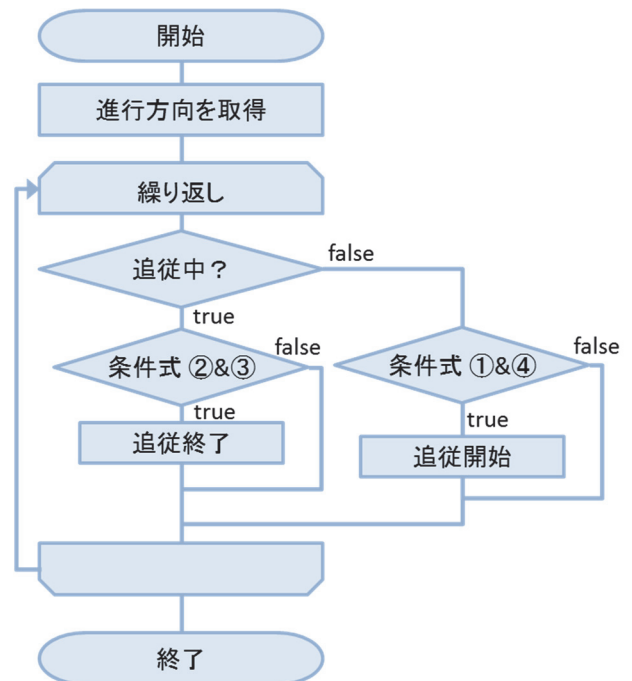


図6: 作成したフローチャート

変数

$\phi_i = \{\phi_{i1}, \phi_{i2} \dots \phi_{in}\}$  視聴者 POV の水平方向極座標  
 $\theta_i = \{\theta_{i1}, \theta_{i2} \dots \theta_{in}\}$  視聴者 POV の垂直方向極座標  
 forward = [進行方向の $\phi$ 座標]

条件式①

$forward - 45 < \phi_{(i-9)} < forward + 45$

条件式②

$\phi_{(i-9)} < forward - 45 \parallel forward + 45 < \phi_{(i-9)}$

条件式③

$forward - 45 < \phi_{(i)} < forward + 45$

条件式④

$\phi_{(i)} < forward - 45 \parallel forward + 45 < \phi_{(i)}$

図7: 各変数と条件式

## 8. アルゴリズムの適用と分析

作成したアルゴリズムを放送実験で収集したデータに対して適用し、正面範囲以外の方向を視聴している POV を正しく検知できているかを検証した。その結果、1 回目の放送では 73 件、2 回目の放送では 95 件、合計 168 件の範囲外視聴を検知することができた。

さらに、検知できた各データについて、録画データと照らし合わせ、視聴の対象が何なのかを確認した。その結果、視聴の対象が明らかに確認することができたものが 149 件 (88.69%) で、視聴の対象が確認できなかったものが 19 件 (11.30%) あることが分かった。このことから、POV を正面範囲外に向けられた POV は何かを視聴するために操作されているということが確認できた。また、視聴対象を生放送の中で話題に取り上げるなど、コミュニケーションに対して活用可能かという観点で 149 件のデータを 2 つのグループに分類することにした。分類の結果、コミュニケーションに活用可能なものが 76 件 (51.00%)、活用が困難なものが 73 件 (48.99%) 確認することができた。コミュニケーションに対して活用可能かという点においては、2 つの分類に有意差を確認することができなかった。

コミュニケーションに活用可能なものをグループ A、活用が困難なものをグループ B、視聴対象が確認できなかったものをグループ C として分類する。各放送における 3 分類の件数とその追従対象を表 1 に示す。A として分類されたものでは、池のほとりに建てられた小さな社や、飛来した鴨の着水などを視聴しているものが見られた。B として類されたものでは、池の外周に停められた自動車に対して注目したものや、正面範囲の境界線付近にいる鳥の群れに注目したものなどが見られた。C と分類されたものとしては、放送を開始した直後や開けた場所に着いた際に周囲を見渡すという場合や、360 度インターネット生放送に慣れていなかったため動作確認を行ったことが予想される場合などが見られた。

各グループのデータについて、範囲外視聴の継続時間について確認したところ、A は 9.76 秒、B は 12.09 秒、C は 15.36 秒となった。標準偏差については、A が 7.89、B が 23.37、C が 23.27 となった。ただし、B と C については範囲外視聴の継続時間が 100 秒を超えるデータがそれぞれ 1 件存在しており、極端な外れ値が含まれていると考えられる。これらの外れ値を取り除いた場合の範囲外視聴の継続時間は A が 9.76 秒、B が 9.73 秒、C が 10.44 秒となり、それぞれの継続時間について大きな違いは見られなかった。外れ値と思われるデータを除いた場合の標準偏差は A が 7.89、B が 12.13、C が 10.54 となった。外れ値として考えられるデータは、正面範囲外で 100 秒以上 POV の操作を停止していたことが分かった。これは視聴者が POV の操作をしている途中でコメント入力操作を行うために POV 操作を停止し、放置したことによって発生したことが追加で実施した聞き取り調査により分かった。この結果から、視聴者の範囲外視聴は 10 秒前後で終了することが分かった。

## 9. 考察とアルゴリズムの改良

今回作成したアルゴリズムでは、放送者の正面範囲外の

表 1：各放送における分類と視聴対象

放送	A 視聴対象○ 話題性○	B 視聴対象○ 話題性×	C 視聴対象×
放送 1回目	35件(20.83%)	29件(17.26%)	9件(5.35%)
	手漕ぎボート池のほとりの社特徴的な建物	すれ違った通行人遠ざかる鴨の群れ対岸にいる白鳥	見直し動作確認
放送 2回目	41件(24.40%)	44件(26.19%)	10件(5.95%)
	鴨の着水ビニールハウス池を撮影する人	歩道脇の樹木駐車場の自動車夕日	見直し無意味な動作

表 2：アルゴリズム改良後の分類と視聴対象

放送	A 視聴対象○ 話題性○	B 視聴対象○ 話題性×	C 視聴対象×
放送 1回目	32件(25.19%)	20件(15.74%)	5件(3.93%)
	手漕ぎボート池のほとりの社特徴的な建物	遠ざかる鴨の群れ対岸にいる白鳥	見直し動作確認
放送 2回目	38件(29.92%)	24件(18.89%)	8件(6.29%)
	ビニールハウス池を撮影する人	駐車場の自動車夕日	見直し無意味な動作

対象に向けられた視聴者の POV を検出した。アルゴリズムによって検出されたデータのうち、視聴の対象が推測可能なものは 168 件中 149 件 (88.69%) のデータである。しかし、コミュニケーションに活用できるかを考慮した場合、コミュニケーションに対して有用だと分類されたグループ A のデータは 149 件中 76 件の 51.00% に留まった。

追従対象の推測ができなかったグループ C に分類された 19 件のデータに関しては、周囲の状況を確認するための見渡し操作や 360 度インターネット生放送の動作確認などを行うために正面範囲以外の方向に POV が向けられていることが分かった。また、視聴の対象は分かるものの、コミュニケーションに活用しづらいと判断されたグループ B では、正面範囲の境界線付近を視聴していて誤検出されたものが多かった。今回設定した進行方向を中心とした ±45 度という正面範囲の設定に関して再検討する必要がある。

POV は視聴者の視聴している映像の中心がどの方向に向けられているかを示す情報であるため、視聴対象が画面の端に映っている状態で視聴者が視聴していると、正面範囲から POV が外れていたとしても正面範囲に存在するものを視聴している可能性がある。また、放送実験で使用した 360 度インターネット生放送システムではカメラの画角が 35 度に設定されている。そのため、正面範囲の映像が完全に見えなくなるには進行方向を中心とした ±62.5 度以上の範囲に POV を向ける必要がある。このことから、進行方向を中心とした ±60 度の 120 度範囲を正面方向として再定

義しデータの分析を再度実施することにした。

その結果、127 件のデータが範囲外視聴として検出され、127 件のうちグループ A とグループ B に分類されたデータは合計 114 件(89.76%)、グループ C に分類されたデータが 13 件(10.23%)となった。114 件のデータのうちグループ A に分類されたデータは 70 件(61.40%)、グループ B に分類されたデータが 44 件(38.59%)となった。アルゴリズムの改良により、グループ A に分類されるデータの割合が 1 割程度向上することが確認できた。正面範囲の範囲を拡大したことにより、正面範囲の境界線付近を視聴していた 41 件のデータが範囲外視聴の検出対象から外れた。検出対象から外れたデータのうち 35 件がグループ B またはグループ C に分類されていたもので、放送者の横方向に存在する白鳥や鴨、池を視聴しているものや、すれ違った通行人、歩道脇に生えている樹木などに向けられた POV ログを検出対象から外すことができた。一方で、グループ A に分類されるデータについても 6 件検出対象外となってしまった。検出対象から除外されたものとしては、池の管理事務所の建物やブルーシートで覆われたスワンボート、カメラを携えた通行人、飛来した鴨の着水などがあつた。これらが検出対象から外れた理由としては、放送者が立ち止まっていたために、POV を大きく動かさなくても視聴することができたことや、動きが早く視聴対象を追従することを諦めたことなどが考えられる。このことから、放送者が立ち止まっている際や、動作の早い視聴対象については改良したアルゴリズムで検出しづらい可能性がある。

今回データを分析する中で誤検出されたものは、①正面範囲境界付近を視聴しており、ごく短い時間正面範囲外に POV が移動したものの、②範囲外視聴の途中で POV の操作を停止させ放置したもの、③見直し動作などの想定外の動作を行ったものの 3 パターンが存在した。それぞれのパターンへの対策を検討する必要がある。①への対策は今回、正面範囲の境界線設定を変更し、解決を図った。今回設定した進行方向±60度の範囲に変更することで、誤検出の排除が可能になった。また、他の対策手法としては正面範囲からの距離に基づいてデータの重み付けを行うという方法も考えられる。②への対策として、POV 移動量によるフィルターが考えられる。範囲外視聴を行っている間、視聴者の POV 移動量を求めて一定時間以上 POV の操作を停止させているデータについては検出対象から除外する方法が考えられる。③への対策として、POV の操作方向によるフィルターが考えられる。POV ログをベクトルデータに変換し、内積を求めることで POV がどの程度蛇行して進んでいるのかを分析することができ、視聴対象が存在する POV 動作なのかどうかを求めることができるのではないかと考えられる。今後はアルゴリズムの修正を進めた上で、検出されたデータを放送者に提示する方法やその影響について検討を進める。

## 10. まとめ

本研究では、360 度インターネット生放送において視聴者が放送者の進行方向以外の方向に存在する物体を視聴していることを検出し、コミュニケーション支援に活用する方法を検討した。視聴者の POV を用いた検出アルゴリズムの作成と検証を実施し、88.68%の精度で視聴者が何かに興味を向けていることを検出することができるようになった。さらにアルゴリズムの改良を行い、コミュニケーションに活用可能なデータの割合を増加させることに成功した。今後はアルゴリズムの改良を進め、検出結果を放送者に対して提示する手法やその影響に関して調査を実施する。

## 参考文献

- [1] Roel Vertegaal, “The GAZE groupware system: mediating joint attention in multiparty communication and collaboration”, CHI '99 Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems, pp.294-301(1999).
- [2] David M. Grayson, Andrew F. Monk, “Are you looking at me? Eye contact and desktop video conferencing”, ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI) Volume 10 Issue 3, September 2003, pp.221-243(2003).
- [3] 高田真也, 西岡大, 齊藤義仰: 全方位カメラを用いたインターネット生放送における視線ヒートマップの開発, 分散協調とモバイルシンポジウム 2017 論文集, pp.1081-1088(2017).
- [4] VRCHHEL, <https://vrchel.com/>, (2019 年 5 月参照).
- [5] Yen-Chen Lin, Yung-Ju Chang, Hou-Ning Hu, Hsien-Tzu Cheng, Chi-Wen Huang, Min Sun, “Tell Me Where to Look: Investigating Ways for Assisting Focus in 360° Video”, CHI '17 Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 2535-2545(2017).
- [6] 360° 動画のヒートマップレポート, <https://support.google.com/youtube/answer/7407544/>, (2019 年 5 月参照).
- [7] YouTube Creator Blog: Hot and Cold: Heatmaps in VR, <https://youtube-creators.googleblog.com/2017/06/hot-and-cold-heatmaps-in-vr.html>, (2019 年 5 月参照).
- [8] Intent to implement: HTML5 by Default, [https://groups.google.com/a/chromium.org/forum/#!searchin/chromium-dev/HTML5%20by%20default/chromium-dev/0wWoRRhTA\\_E/\\_E3j4f40AAJ](https://groups.google.com/a/chromium.org/forum/#!searchin/chromium-dev/HTML5%20by%20default/chromium-dev/0wWoRRhTA_E/_E3j4f40AAJ), (2019 年 5 月参照).
- [9] YouTube Engineering and Developers Blog: YouTube now defaults to HTML5 <video>, [https://youtube-eng.googleblog.com/2015/01/youtube-now-defaults-to-html5\\_27.html](https://youtube-eng.googleblog.com/2015/01/youtube-now-defaults-to-html5_27.html), (2019 年 5 月参照).
- [10] 「動画視聴ページ HTML5 版 (β)」提供開始のお知らせ - ニコニコインフォ, <http://blog.niconico.jp/niconews/ni064261.html>, (2019 年 5 月参照).
- [11] Kurento, <http://www.kurento.org/>, (2019 年 5 月参照).
- [12] Theta\_GL, 2016, [https://github.com/mganeko/THETA\\_GL](https://github.com/mganeko/THETA_GL), (2019 年 5 月参照).