

## 効果的な遠隔プレゼンテーションのための全方位視聴機能

戸羽俊介<sup>†</sup> 橋本浩二<sup>†</sup>

**概要:** 全方位映像を用いる遠隔プレゼンテーションには、発表者は聴衆がどこから見ているかを把握し、聴衆は発表者をあらゆる方向から見るための環境を必要とする。本研究では、聴衆が発表者と発表する対象物をどこからでも容易に見ることができ、発表者が聴衆の位置を把握することができ、発表者・聴衆が共に全方向のコミュニケーションを可能にする効果的なプレゼンテーションシステムを提案する。システムは、全方位プレゼンテーション機能、中継機能、全方位視聴機能の3つから構成される。本稿では、全方位から発表者の映像を視聴可能、かつ、発表者側の複数の映像を容易に切り替えることができる全方位視聴機能について述べる。プロトタイプシステムを用いた評価実験では、発表者側のカメラ数が4台の場合における、発表者とのコミュニケーションの向上、発表者と発表する対象物の位置を把握し易さ、発表者をあらゆる方向から見易くなることを示した。

### Omnidirectional Viewing Functions for Realizing Effective Communication on Remote Presentation

SHUNSUKE TOBA<sup>†</sup> KOJI HASHIMOTO<sup>†</sup>

#### 1. はじめに

今日では手軽にテレビ会議システムやビデオ会議システム等を利用することができるようになった[1]。会議において利用する資料を会議参加者と共有することができる機能も実現されている。また、物理的に存在する対象物を通信者同士で共有したい場合は、撮影したい対象物にカメラを向けることで共有することができる。さらに、物理的に存在する対象物をあらゆる方向から見ることができ、全方位の遠隔プレゼンテーションを行うことも可能である。しかし、その中で、特に制作物の発表においては、発表者は聴衆がどこから見ているか把握することが困難である。例えば発表者が発表する対象物の左側面について説明している場合に、聴衆が発表する対象物の左側面を見ているか把握することができず、本来の発表者と聴衆が互いに同じ環境にいるプレゼンテーションとは違いが生まれる可能性が考えられる。他の問題として、聴衆は制作物をあらゆる方向から見るための環境を整えることが困難である。また、遠隔のスポーツの指導[2]では、指導を受ける人は、指導者をあらゆる方向から見ることが困難である。既存のテレビ会議システムを利用すると発表者の映像は1方向からしか見えない場合や、複数の方向から指導を受ける人が見ることができるようになるために、複数台のカメラやPCを用意する必要がある。指導者側でも、指導を受ける人がどの位置から見ているか把握することが困難である。現状のシステムでは、指導者の複数方向の映像がある場合に、指導を受ける人がどの方向から指導者の映像を見ているか把握できず、指導者が見て欲しい方向の映像を、指導を受ける人に視聴されているか把握することができない。

このような問題に対し効果的な全方位遠隔プレゼンテーションシステムが期待されている。そこで本研究では、聴衆が発表者と発表する対象物をどこからでも容易に見ることができ、発表者が聴衆の位置を把握することができ、発表者・聴衆が共に全方向のコミュニケーションを可能にする効果的なプレゼンテーションシステムを提案する。提案するシステムは、プレゼンテーション機能と中継側の中継機能と聴衆側の全方位視聴機能の3つの機能で構成される。全方位プレゼンテーション機能では、聴衆の位置を把握しながらプレゼンテーションを行うことができる。中継機能では、発表者側の映像や聴衆側の映像を必要に応じてミキシングや画像処理を行うことができる。全方位視聴機能では、発表者の映像を全方位から視聴可能、かつ、発表者側の複数の映像を容易に切り替えることができる。本稿では、3つの機能の中で、全方位視聴機能について述べる。

以下、2章では既存研究/既存技術について述べる。3章では、提案するシステムの概要や構成、4章では、提案手法について述べる。5章では、プロトタイプシステムの実装について述べ、6章ではその評価実験の結果を示し、7章では本論文をまとめる。

#### 2. 既存研究/既存技術

以前より、全方位の映像通信を行うシステムが提案されている。文献[3]では、没入型ディスプレイとその中に配置されたカメラを用い、切り取った利用者の映像を切り替えながら共有することで、高臨場感のコミュニケーションを可能にした。しかし、通信者が増えるごとに共有没入空間を用意する必要があり、複数人での通信は手間や費用がかかる。また、没入型ディスプレイと多数のカメラを用意する必要があり、通信者が移動を伴い相手と通信する場合の利用は想定していない。

近年の全方位の映像通信を行うシステムとして文献[4]

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

では、通信者はスマートグラスをかけ、全方位をカメラで囲まれた環境を用意し全方位映像を用いたシステムで互いをあらゆる方向から見ることを可能にした。しかし、文献[3]と同様に通信者が増えるごとに全方位でカメラに囲まれた環境を用意する必要がある。通信するためには多くの手間がかかる。また、環境ごと移動しながら全方位の映像通信をすることは困難である。他に、スマートグラスを装着することによる動作を伴う場合や、顔が隠れてしまうことを避けたい場合は違和感を覚える可能性がある。

上記の問題に対して、容易に全方位の映像通信を行える環境を整えることができ、通信者が移動を伴うことも考慮し、発表者がスマートグラスを装着せずに通信できるシステムが必要であると考えられる。

### 3. システム概要

関連研究を踏まえ、この章では提案する全方位遠隔プレゼンテーションシステムの概要について述べる。提案システムはプレゼンテーション機能と中継側の中継機能と聴衆側の全方位視聴機能の3つの機能で構成される。全方位プレゼンテーション機能では、聴衆の位置を把握しながらプレゼンテーションを行うために、発表者の周囲には聴衆を表示するための複数のスクリーンを用意し、複数のビデオカメラで発表者を囲み撮影し発表者の映像を送信する。中継機能では、発表者側と聴衆側の映像を管理するために、発表者側から受信した映像と聴衆側から受信した映像のミキシング処理や画像処理を行い、適切に発表者側と聴衆側に映像をストリーミングする。全方位視聴機能では、発表者の映像を全方位から視聴可能かつ、発表者側の複数の映像を容易に切り替えるために、聴衆はスマートグラスを装着する。また、聴衆は全天球カメラを囲むようにして位置し、スマートグラスで全天球カメラを認識すると、全天球カメラの位置に発表者を投影する。

これらの3つの機能で、下記のA)~D)を考慮した全方位映像通信を実現する。

- A) 発表者と聴取が互いの位置を把握
- B) 発表者と聴衆が1対N
- C) 聴衆が移動を伴う場合
- D) 発表者がスマートグラスを装着することが困難な場合

A)の全方位映像通信では、発表者と聴取が互いの位置を把握することができるため、実際に発表者と聴衆が同会場にいるかのような体験を提供することができる。発表者が聴衆の位置を把握することは、発表者が発表する対象物について聴衆がどのあたりに興味を持っているのかを把握することができる。さらに、聴衆を説明したい方向へと移動するように発表者が促すことができる。他に、聴衆が発表者の位置を把握することは、発表者が発表する対象物のどこについて発表しているかを理解しやすくなる。

B)の全方位映像通信では、聴衆が複数になる場合においては聴衆が容易にプレゼンテーションを視聴できると考えている。既存技術を用いて、発表者と聴取が互いの位置を把握しながら通信するためには、発表者と聴衆の両方が没入型ディスプレイと多数のカメラや、スマートグラスと多数のカメラを用意する必要がある。これをより簡単に実現するために、聴衆では全天球カメラとスマー

トグラスのみを利用する。これにより、容易に発表者の映像を視聴できると考えている。

C)の全方位映像通信では、例えば聴衆が新幹線や車の中におり移動を伴う場合でも全方位の映像通信が可能になると考えている。提案システムでは、聴衆は、全天球カメラとスマートグラスを用意しインターネットを利用できる環境があれば全方位の映像通信をすることができるようになる。

D)の全方位映像通信では、発表者がスマートグラスを装着することによる問題を解決できると考えている。例えば発表者が遠隔のスポーツの指導を行う場合は、指導者が実際の動きを、指導を受ける側に見せることが考えられる。もしも発表者がスマートグラスを装着している場合だと激しい動作をする場合にスマートグラスがズレたり、スマートグラスが外れたり、従来の動作よりも違和感を感じたり等の問題を起こす可能性がある。また、発表者の顔を視聴者に見せたい場合にスマートグラスを装着していると聴衆に発表者の表情が見えづらくなる可能性がある。このような問題に対し、複数のスクリーンを発表者側の周囲に配置することによりスマートグラスを装着せずとも聴衆を視聴可能にする。

#### 3. 1. システム構成

提案システムを説明するために、展示会での利用を想定し、提案システムを利用した場合とそうでない場合を比較しながらシステム構成を述べる。図1は提案システム非利用時の概要図である。

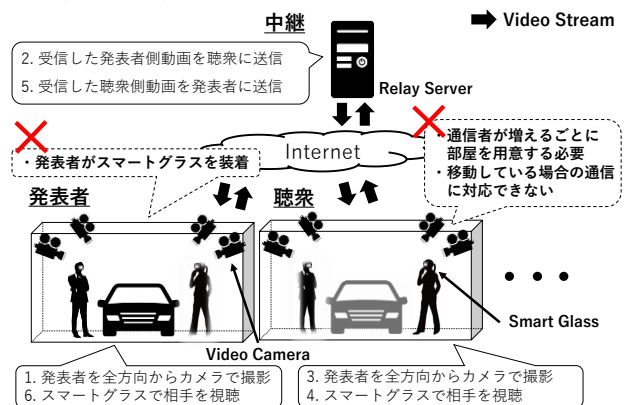


図1: システム概要図 提案システム非利用時

システムは発表者と中継と聴衆の3つの地点に分かれている。初めに、左下の発表者側からVideo Cameraを利用し撮影した映像を、中継を通して聴衆側の聴衆が装着しているスマートグラスに投影する。聴衆側も、Video Cameraで撮影した映像を、中継を通して、発表者側の発表者が装着しているスマートグラスに投影する。このシステム構成では、発表者がスマートグラスを装着する必要があり、聴衆側の通信者が増えるごとにVideo Cameraで囲まれた部屋を用意しなければならない。用意した部屋から聴衆が移動しても通信することは困難である。

それに対し提案システムを図2に示す。提案システムでは、発表者はスマートグラスを装着しなくても聴衆の映像を視聴できるように発表者の周囲にスクリーンを配置する。聴衆では、全天球カメラを中心に発表者の映像を視聴する。これにより、発表者の周囲のスクリーンに全天球カメラを囲んでいる聴衆の映像が表示されるよう

になり、発表者の顔をそのまま聴衆側に送りたい場合や、動作を伴う場合でも違和感なく全方位の映像通信ができるようになる。発表者の前のスクリーンには聴衆側の全

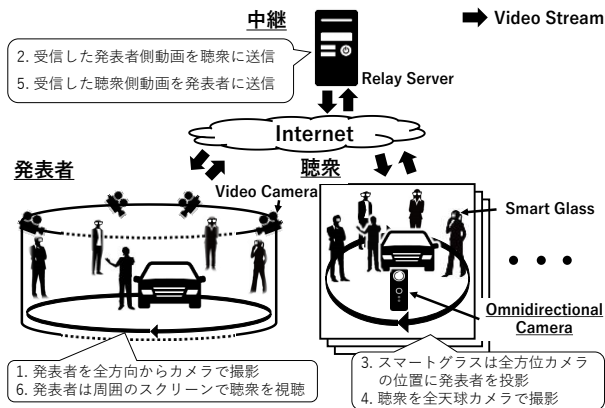


図 2：システム概要図 提案システム利用時

天球カメラの前の映像が表示される。聴衆が全天球カメラの左にいる場合は、発表者の左にスクリーンに聴衆が表示される。また、聴衆は聴衆のスマートグラスが全天球カメラを捉え認識した位置に発表者の映像を全天球カメラの位置に投影するので、聴衆が全天球カメラの前に居たら発表者の前のカメラの映像を視聴することができ、全天球カメラの右側に居たら発表者の右側のカメラの映像を視聴することができる。これにより、例えば聴衆が車の中に居ても、新幹線に居ても全天球カメラとスマートグラスを用意し、インターネットに接続できる環境さえあれば、発表者の展示を容易に視聴できるようになる。

### 3. 2. システムアーキテクチャ

図 3 は提案システムのアーキテクチャを示している。

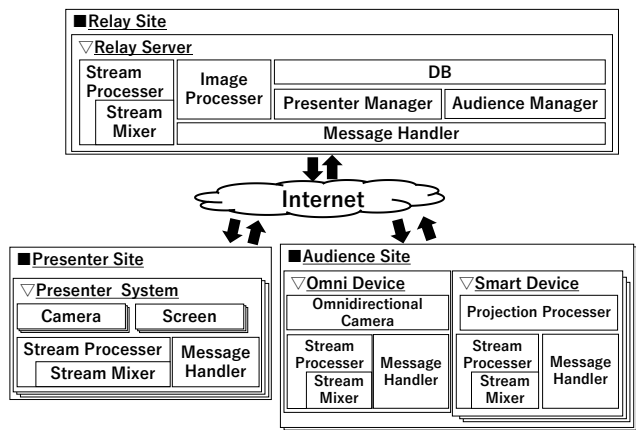


図 3：システムアーキテクチャ

本システムは、発表者側の Presenter Site、中継側の Relay Site、聴衆側の Audience Site の 3 つの地点から構成される。Presenter Site では Camera と Screen を複数接続可能な Presenter System を、必要に応じて複数台連携させる。Relay Site では発表者と聴衆を管理する Presenter Manager、Audience Manager、画像を処理する Image Processor と DB で構成される。Audience Site では、Projection Processor で聴衆各々の位置により発表

者の映像を切り替える Smart Device と一台の Omnidirectional Camera を接続する Omni Device で構成される。さらに各システムとデバイスは共通機能としてビデオストリームを処理する Stream Processor とメッセージの処理を行う Message Handler で各地点と通信する。

### 4. 全方位視聴機能

全方位視聴機能では、発表者の複数の映像を容易に切り替え視聴し、Omnidirectional Camera の位置に発表者や対象物を投影するために、Smart Device 内で Audience Site の領域分割、Smart Device の現在領域計算、Smart Device の領域移動に伴う映像切り替え、Viewer の設置、Viewer の操作の 5 つの処理を行う。

#### (1) Audience Site の領域分割

Presenter Site の各カメラの映像を視聴する Audience Site では Omnidirectional Camera を中心に領域を分割する必要がある。Presenter Site の Video Camera 数(カメラ数)に応じた Audience Site の分割領域を作成する。Smart Device では、Omnidirectional Camera の位置を中心点とした  $-\pi \sim \pi$  の範囲をカメラ数で分割した領域 (Div) を求める。カメラ数が 4 台の場合における Audience Site の分割領域 Div1~Div4 を図 4 に示す。

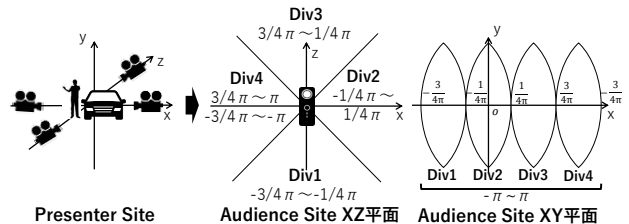


図 4：Audience Site の領域分割

#### (2) Smart Device の現在領域の計算

上記 (1) で求めた Div から聴衆の各々がそれぞれの Div<sub>n</sub> に存在しているかを求める必要がある。そのために、Projection Processor で、聴衆側の xy 平面と xz 平面の  $-\pi \sim \pi$  の範囲のラジアン (Ur) と Smart Device のデカルト座標 (x, y, z) を基に、Smart Device の Div<sub>n</sub> を求める。発表側のカメラ数が 4 台の場合の聴衆のある一人が (0, 0, -10) にいる場合における現在領域の計算を図 5 に示す。

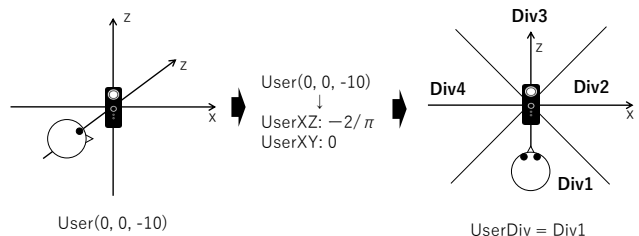


図 5：Smart Device の現在領域の計算

#### (3) Smart Device の領域移動に伴う映像切り替え

上記 (2) で求めた Div<sub>n</sub> を利用し、Div<sub>n</sub> に応じた発表者の映像を Relay Server から Smart Device に送信する。一方、聴衆が Div の境界線上に存在する場合は、聴衆各々の僅かな動作で映像が頻りに切り替わる可能性があるため、それを抑制するための幅 (w) を設けることにした。Omnidirectional Camera を中心とした円の  $2\pi$  をカメ

ラ数で割りラジアン( $\alpha$ )を求める.  $\alpha 1$ ~カメラ数の方向に  $w$  を作成する.  $w$  を Smart Device が超えたら Relay Server に Div $n$  を送信する. その後に, 現在領域に対応した映像を Viewer に表示する. 発表者側のカメラ数が4台の場合における一台の Smart Device が Div1 から Div2 に領域移動をする様子を図6に示す.

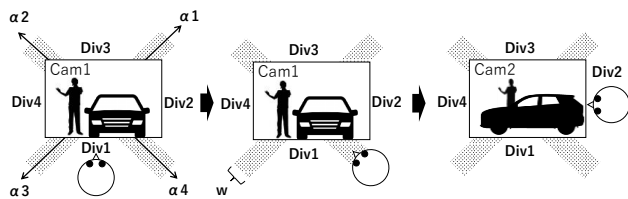


図6: Smart Device の領域移動に伴う映像切り替え

#### (4) Smart Device 内に Viewer の設置

Stream Processor で受信した発表者の映像を Smart Device の画面上に投影する領域を作成するために, Viewer の設置を行う. プレゼンテーションを視聴するために, 聴衆各々は初めに Omnidirectional Camera を Smart Device で認識させる. 認識した Omnidirectional Camera の位置を中心点とし仮想的な Viewer を設置する. そのイメージを図7に示す.

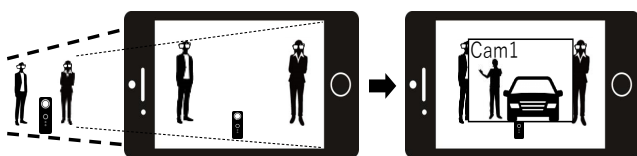


図7: Smart Device 内に Viewer の設置

#### (5) Viewer の動作

Smart Device の画面上に設置した Viewer を聴衆がどの位置にいながらでも視聴できるようにするために Viewer を常に聴衆の各々に向けるようにする. Smart Device の位置と中心点から  $x$  軸とのラジアン( $Xr$ )を求める.  $Xr$  が0になるように Viewer の  $y$  座標を回転させる. 発表者側のカメラ数が4台の場合における, Viewer の動作を図8に示す.

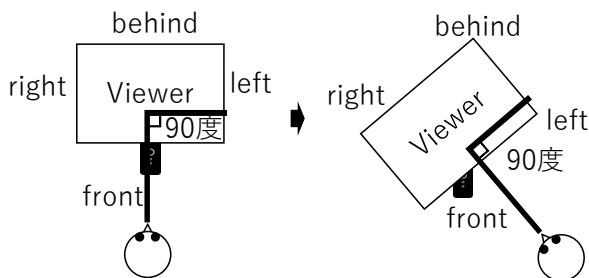


図8: Viewer の動作

### 5. プロトタイプシステム

4章で述べた全方位視聴機能の評価するためにプロトタイプシステムを実装した. この章ではプロトタイプシステムについて述べる.

全方位遠隔プレゼンテーションシステムのプロトタイプシステムを図9に示す.

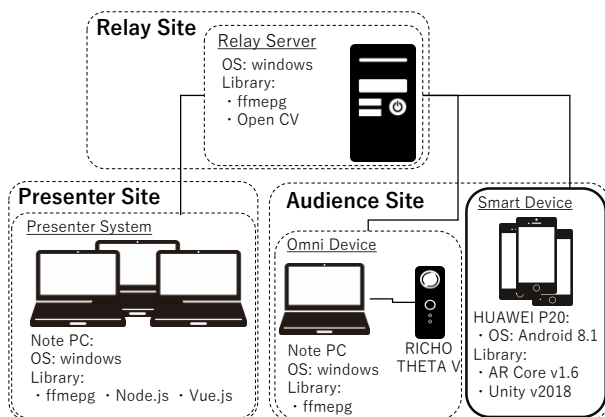


図9: プロトタイプシステム

図9で示す通り, 全方位視聴機能を実装する Smart Device には Android OS 8.1 の Huawei の P20[5] を端末として利用した. Projection Processor には, P20 上に統合開発環境を内蔵したゲームエンジンである Unity[6], および拡張現実を利用したアプリケーションを容易に作成できるライブラリである Google の AR Core[7] を用いた. Smart Device 内で Audience Site の領域分割, Smart Device の現在領域計算, Smart Device の領域移動に伴う映像切り替えをするために Unity の座標系を用いて C# でプログラミングを行なった. また, 現実空間上の Omnidirectional Camera の位置に, Viewer を設置するために AR Core で特徴点に基づく平面の検出を行なった. 発表者の映像には 1920x1080pixels の発表者と発表する対象物を映した4つの映像を利用した.

発表者側のカメラの数が4台の場合における, 全方位視聴機能の利用イメージを図10に示す. Presenter Site のカメラは発表者を中心に, 正面, 左, 後ろ, 右に設置されている. 図10の左上の画像は, Omnidirectional Camera の正面(Div1)に聴衆のある一人が位置している場合である. この場合は Presenter Site の正面カメラの映像を見ることができる. 対して, 図10の右下の画像では, Omnidirectional Camera の左側(Div2)に聴衆のある一人が移動した場合であり, Presenter Site の左側のカメラの映像を見ることができる.



図10: 全方位視聴機能の利用イメージ



## 6. 評価実験

全方位視聴機能の有効性を検証するために 2 つの評価実験を行う。一つ目が全天球カメラを中心点として、中心点からの半径に基づく領域移動に伴う映像切り替えの幅の調査、2つ目に機能の比較実験を行い、全方位のプレゼンテーションで提案システムが有効的かどうかを調査する。機能の比較実験では、全方位視聴機能を機能①とし、既存のテレビ会議システム等のユーザインタフェースを真似た機能を機能②とする。機能①のイメージを図 11 に示す。機能②を図 12 に示す。機能②では、Skype[8] やハンアウト[9]等のテレビ会議システムのユーザインタフェースを参考に、Presenter Site の複数の映像を Smart Device の画面右下の領域に表示している。表示した複数の映像はクリックまたはタップすることで視聴したい映像を切り替えることができる。

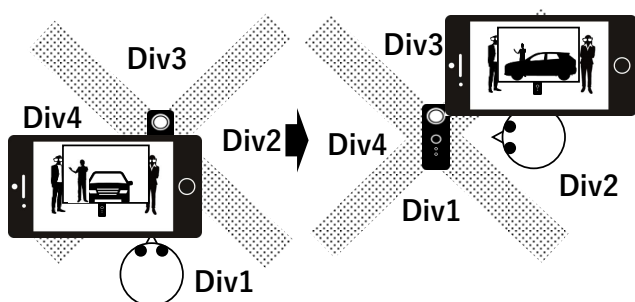


図 11：機能① 全方位視聴機能

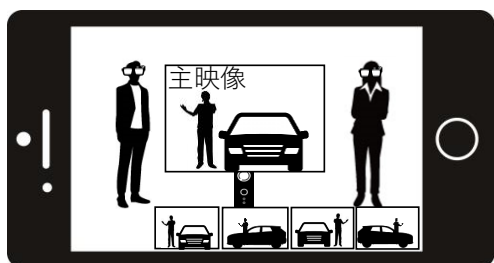


図 12：機能② 既存のテレビ会議システムの類似ユーザインタフェース

聴衆の Smart Device に表示する映像は、発表者の前、左、後ろ、右のカメラ 4 台のあらかじめ撮影した映像を用いた。実験は 20 代の男性 14 名を被験者とし、アンケートによる評価を行なった。

評価実験では、車の展示会を想定し、新車の紹介を行うというシナリオを適用した。聴衆は、紹介の映像を機能①か②で視聴する。

### 6. 1. 映像切り替えの幅の調査

聴衆が Div の境界線上に存在する場合、聴衆各々の僅かな動作で映像が頻りに切り替わる可能性があるため、それを抑制するための幅(w)の調査を行う。映像切り替え時に不快感がなく映像が切り替わるかどうかと映像切り替えのタイミングが許容できる範囲かどうかを調査する。中心点からの Smart Device の位置を半径(r)とし、50cm, 100cm, 150cm, 200cm, 250cm の半径に対して、領域線上の幅(w)としたときの、0cm, 10cm, 20cm, 30cm, 40cm, 50cm の計 25 の条件で実験を行った。評価は 5 段階評価

で、5 を切り替わりやすいで、4 をやや切り替わりやすい、3 をどちらでもない、2 をやや切り替わり難い、1 を切り替わり難いとする。

領域移動に伴う映像切り替えの幅の平均評価結果(w を横軸)を図 13 に示す。領域移動に伴う映像切り替えの幅の平均評価結果(r を横軸)を図 14 に示す。

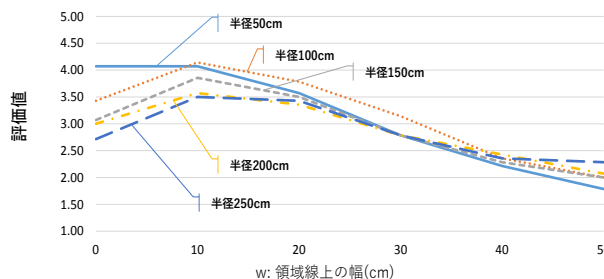


図 13：領域移動に伴う映像切り替えの幅の平均評価結果 (幅を横軸)

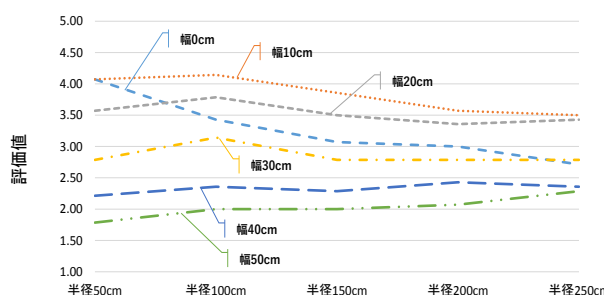


図 14：領域移動に伴う映像切り替えの幅の平均評価結果 (半径を横軸)

評価実験より、半径 50~250cm のときは、幅が 10cm の時に最もスムーズに映像が切り替わり易いと感じるという結果になった。領域線上に聴衆各々がいる時に、聴衆各々の少しの挙動で発生した映像切り替えを防止するには 10cm の幅があると良いことを確認することができた。

また、半径が大きくなり幅も大きくなるに連れて、各幅の傾きが正の値になることを確認することができた。しかし、傾きが正の値になる幅 50cm においては評価の値が 2.5 を下回り、スムーズな映像の切り替えには悪影響な状態が続いている。だが、半径が 250cm に近づくにつれて評価が高くなることが示された。

他にも、幅を 20cm より増大させると映像がスムーズに切り替わり難いと感じやすくなることを確認した。聴衆各々の移動する距離が増大し、映像を切り替えたい時に切り替えられなくなるため、映像のスムーズな切り替えに悪影響をもたらすと考えられる。

### 6. 2. 機能①と機能②の比較調査実験

全方位視聴機能の有効性を評価するために、領域移動に伴う映像切り替えの調査の評価項目を 5 つ設定した。

1. 会場にいる感：聴衆が実際に展示会場にいると感じるかどうか確かめる。
2. 全方向から発表者をみやすい：聴衆があらゆる方向から発表者を見やすいかどうか確かめる。

3. 発表者の位置を把握：
 

聴衆が発表者の位置を把握しやすいかどうかを確かめる。
4. 発表者の話が分かる：
 

聴衆が説明員(発表者)の話が分かりやすく伝わるかどうか確かめる。
5. 聴衆側に発表者がいる感：
 

聴衆が実際に発表された対象物が視聴者側(聴取側)にあるように見えるかどうか確かめる。

それぞれ5段階で評価実験を行なった。5をあてはまる、4をややあてはまる、3をどちらでもない、2をややあてはまる、1をあてはまらないとした。機能①全方位視聴機能と機能②既存のテレビ会議システムの類似ユーザインタフェースの平均評価結果を図15に示す。評価実験より、機能①は、全体的に評価が高い結果になることが確認できた。機能①では聴衆が実際に Omnidirectional Camera の中心として回り、発表者の映像を切り替え見ることができるためそれぞれの評価項目が高くなったと考えることができる。

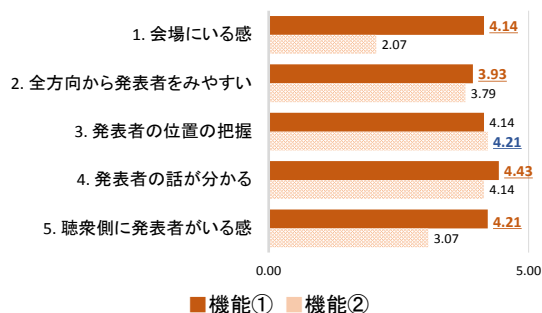


図15：機能①と機能②の平均評価結果

また、Omnidirectional Camera の位置に発表者と発表する対象物の映像を表示したため、「会場にいる感」と「聴衆側に発表者がいる感」が高くなったと考えることができる。このことから発表者とのコミュニケーションの向上に期待でき、発表者と発表する対象物の位置を把握することができ、発表者をあらゆる方向から見易いと考えることができる。他に、機能①の「発表者の話が分かる」が4.43と高い値になった。発表者が車の前を説明しているときは実際に聴衆も Omnidirectional Camera の前に移動をすることで、より発表者の話の内容を聴衆が理解できたと考えることができる。

しかし、機能①の方は機能②よりも発表者の位置を把握し難いという結果になった。機能②では、発表者の4方向の映像が Smart Device の画面右下の常に見ることができるため、機能①よりも評価が高いと考えられる。また、機能②では、「会場にいる感」と「聴衆側に発表者がいる感」が低い値になった。聴衆が移動することなく発表者の映像を切り替えることができるため、「会場にいる感」と「聴衆側に発表者がいる感」が低い値になったと考えることができる。

今回の実験では、発表者側のカメラ数を4台にしていたため、機能②では Smart Device 内に4つの映像を表示することができた。しかし、カメラ数が4台よりも増やしていくに連れて、Smart Device 内に増やした分の発表者側の映像を表示することは困難になり、視聴したい映

像を聴衆各々が探す手間が増える。カメラ数が4台だと視聴したい映像を探す手間がかからないため、結果として、機能②では、「全方向から発表者をみやすい」、「発表者の位置を把握」、「発表者の話が分かる」といった評価項目の数値が機能①よりも高まったと可能性がある。このことから、カメラ数を4台よりも増やした時には、機能①を利用することにより、聴衆各々は Omnidirectional Camera の周りを移動するだけで、視聴したい映像を直感的に切り替えることができると考えられる。そのため、カメラ数を4台よりも増やした時の機能①では、「全方向から発表者をみやすい」、「発表者の位置を把握」、「発表者の話が分かる」の評価が高くなると予想できる。

## 7. まとめと今後の課題

本研究では、遠隔プレゼンテーションの実現に向けた全方位視聴機能の提案を行った。全方向から発表者の映像を視聴可能、かつ、発表者側の複数の映像を容易に切り替えることができる機能を設計・実装し、プロトタイプシステムにて全方位視聴機能の検証を行った。全方位視聴機能を利用することにより、発表者側のカメラ数が4台の場合における、発表者とのコミュニケーションの向上が期待でき、発表者と発表する対象物の位置を把握することができ、発表者をあらゆる方向から見易くなるということが評価実験を通して確認できた。さらに、領域線の上に10cmの幅を設けるときの最もスムーズな映像の切り替え可能となることを確認した。

今後の課題として、まず、全方位視聴機能で発表者側のカメラ数を変更して評価実験を行う。また、全方位プレゼンテーション機能と中継機能の設計・実装を行う。その後、それらの機能と全方位視聴機能の統合を行う。ライブ映像を用いた全方位遠隔プレゼンテーションシステムの提案の評価と有効性の検証も行う予定である。

## 参考文献

- [1] 「イノベーションの対応状況調査」【企業調査】「イノベーションへの対応に向けた働き方のあり方等に関する調査」【労働者調査】、独立行政法人労働政策研究・研修機構、入手先 <https://www.jil.go.jp/press/documents/20170710.pdf>。(参照日 2019-05-10)
- [2] アスリートアンバサダー-Cisco、入手先 [https://www.cisco.com/c/m/ja\\_jp/about/athletes-ambassadors.html](https://www.cisco.com/c/m/ja_jp/about/athletes-ambassadors.html)。(参照日 2019-5-10)
- [3] 小木哲郎, 山田敏郎, 玉川憲, 廣瀬通孝, 共有没入空間におけるビデオアバタを用いた位置関係の表現, 電子情報通信学会論文誌, D-11, Vol.J82-D-11, No.10, pp.1826-1834, 1999年10月。
- [4] Holoportation - Microsoft Research, 入手先 <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/holoportation-3/>。(参照日 2019-05-10)
- [5] HUAWEIP20 スマートフォン|携帯電話|HUAWEI Japan, 入手先 <https://consumer.huawei.com/jp/phones/p20/>。(参照日 2019-05-10)
- [6] Unity, 入手先 <https://unity3d.com/jp>。(参照日 2019-05-10)
- [7] AR Core-Google Developer, 入手先 <https://developers.google.com/ar/>。(参照日 2019-05-10)
- [8] Skype無料通話とチャット用のコミュニケーションツール, 入手先 <https://www.skype.com/ja/>。(参照日 2019-05-10)
- [9] Google ハングアウト, 入手先 <https://hangouts.google.com/>。(参照日 2019-05-10)