

360 度インターネット生放送における MR を用いた放送者支援システムの提案

佐藤京¹ 齊藤義仰¹

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。この問題点は、スタンプを用いた 360 度インターネット生放送システムにより解決された。しかし、新たな問題点として、スタンプがずれることにより、放送者と視聴者の中で認識の齟齬が発生することがある。また、位置関係の把握が困難であるということ、視聴者からのコメント・スタンプの確認に手間がかかるという問題点がある。本稿では、360 度インターネット生放送における放送者への効果的な位置関係の把握を実現するために、MR を用いた放送者支援システムの提案を行う。MR を用いてスタンプを現実空間上に表示・固定することで、効果的な位置関係の把握と円滑なコミュニケーションが期待できる。

A Study on a Broadcaster Support System using MR in 360-degree Internet Live Broadcasting

KEI SATO¹ YOSHIA SAITO¹

1. はじめに

近年、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いる。2015 年には、動画配信サービスの最大手である YouTube が、全方位撮影に対応したオンデマンド動画投稿やライブストリーミング機能を提供している[1]。これらの映像形式は 360 度動画や 360 度インターネット生放送と呼ばれ、視聴者が自身の興味に合わせて視聴方向を変更できる映像形式である。これらのサービスは、Twitter[2]や bilibili[3]などでも提供されており、全方位カメラを用いた映像媒体への需要や関心が高まってきている。360 度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放送する定点放送である。この放送形態では、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、放送者は視聴者の視聴方向を把握できない。そのため、放送者と視聴者の中でコミュニケーションの齟齬（以下、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[4]では、視聴者側の問題点を解決するためにイラストによるコミュニケーション手段であるスタンプ機能を実装した。その結果、視聴者から放送者へのコミュニケーションは円滑化した。しかし、コミュニケーションエラーにつながる問題点が、新たに 2 つ見つかった。1 つ目は、放送者が動くとき視聴者が指し示した場所からスタンプがずれてしまい、両者に認識の齟齬が発生してしまうという問題点である。2 つ目は、生放送中はノート PC で視聴者からのコメント・スタンプを確認する必要があるため、確認に手間がかかると同時に、周囲への注意が散漫になり危険性が高くなるという問題点である。また、エクイレクタングラー形式の映像上に表示されるスタンプは平面の 2D のスタンプであるため、周囲の位置関係が分かりづらく得られる情報量が少ないという問題も考えられる。

本研究では、既存システムから考えられる 360 度インターネット生放送の問題点に対して、MR（複合現実）を用いて現実空間にスタンプを表示・固定する手法を提案した。既存システムをベースとし、透過型 HMD の MR デバイスを組み合わせることで、視聴者からのコメント・スタンプを現実空間に重ねて表示・固定させることができる。そのため、放送者は視聴者からのコメント・スタンプを確認し意図を理解するのが容易になり、コミュニケーションの円

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

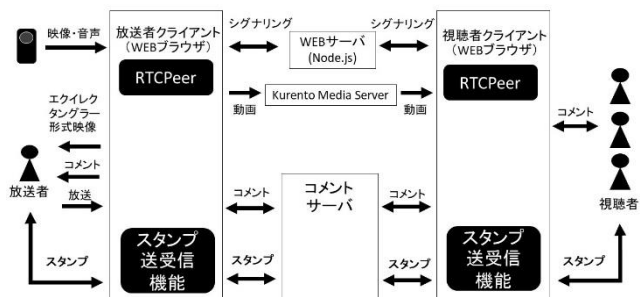


図1 既存システムの構成

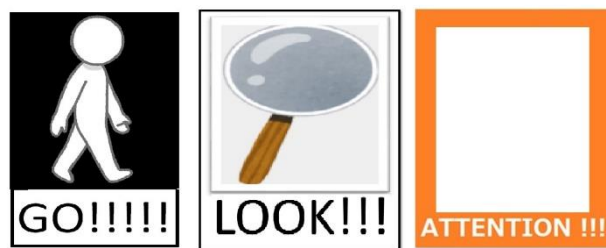


図2 既存システムで用いるスタンプ

滑化が期待できる。

本稿では、提案システムの概要と実装について報告を行う。2章では、本研究の土台となっている、スタンプを用いた360度インターネット生放送システム（以下、既存システム）について説明する。3章では、解決手法の提案について、MRの有効性と提案手法の概要について説明する。4章では、提案システムの概要と実装について説明する。5章では、今後の展望として、提案システムの評価実験の概要と視聴者支援システムの必要性について説明する。6章では、本稿のまとめを説明する。

2. 先行研究

ここでは、本研究の土台となっている既存システムについて、概要と評価実験の結果を述べる。

既存システムの動画配信には、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[5]を用いている。既存システムでは、全方位カメラとして、RICO社のTHETA S[6]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。THETA Sから取得した映像は、放送者側ではエクイレクタングラー形式で再生され、視聴者側では360度形式で再生される。360度形式の映像再生については、THETA_GL[7]ライブラリを用いることで、THETA Sから取得した映像をWebブラウザ上で再生している。360度形式の映像の座標は、THETA_GLの3D空間上に球体オブジェクトとカメラを設置することで取得している。球体オブジェクトの表面を緯度経度のようにx,y軸の座標を取得する。球体の中心に設置されたカメラからの距離をz軸の座標を取得する。球体の内側表面にマッピングされた360度形式の映像と、球体の中心にカメラを設置することで、360度形式の映像を実現している。放送者と視聴者が場所を指し示す際に用いるスタンプは、コメントサーバでそれぞれの映像形式に対応した座標に変換され表示される。コメントについても同様に、コメントサーバを介して、それぞれのクライアントに送信される。既存システムの構成を図1に示す。

齊藤らの研究では、360度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。齊藤らの研究ではユースケースとして、屋外における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を想定している。コメントのような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、齊藤らは、「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追加した既存システムを開発した。スタンプ機能とは、LINE[8]などの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、既存システムの映像上に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可能となり、コミュニケーションの円滑化が期待できる。既存システムで用いるスタンプを図2に示す。既存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、新たにコミュニケーションエラーにつながる問題点を発見した。1つ目の問題点は、放送者の移動に伴い、スタンプが指し示していた場所からずれてしまい、放送者と視聴者の間で認識の齟齬が発生することである。スタンプはTHETA_GLによって構成された球体オブジェクトの座標に固定される。そのため、映像自体が更新されても、球体オブジェクトの座標は更新されずに、スタンプも映像とは異なる場所に表示されてしまう。2つ目の問題点は、生放送中はノートPCを用いて視聴者からのコメント・スタンプを確認する必要があるということである。そのため、確認に手間がかかるということと、周囲への注意が散漫になるということである。また、この他に考えられる問題点として、想定された位置にスタンプが表示された場合も、奥行きや他の物体との位置関係を正確に把握することは難しいというものがある。3次元空間の物体を2次元の情報で指し示す場合、得られる情報量が少なく、この場合もコミュニケーションエラーが発生する可能性がある。実際にエクイレクタングラ



図3 映像上に表示されるスタンプ

一形式の映像上にスタンプが表示されている様子を図3に示す。これらの問題点に対して、スタンプを固定して表示させる仕組みと、視聴者からのコメント・スタンプと周囲の様子を同時に確認できる解決手法が必要である。

3. 解決手法の提案

ここでは、本研究の解決手法について述べる。2章で挙げた問題点を解決するために、本研究ではMRを用いて現実空間上にスタンプを固定させ、放送者に対する位置関係の把握を効果的にする手法を提案する。

MRとは、現実空間上にバーチャルな仮想オブジェクトを表示し相互作用をもたらすことができる技術である。近年、ARやVRに続く新たなXR技術として注目されており、実際に利用されているケースや、新たな環境を構築するため利用が提案されているケースが増えている。もともとXR技術は、現実空間上に3Dオブジェクトを表示し、遠隔による指示や説明を効果的に行うことができることが示されている。Ohanら[9]は、ARとVRを用いたリモートガイドシステムの実装と評価を行い、3Dオブジェクトを用いた遠隔の指示が有効であると示した。実際に現場で作業をするエンジニアと、遠隔で映像を確認しながら指示を送る専門家間で利用されるユースケースを想定している。遠隔にいる専門家が、現場の物理オブジェクトと同じ仮想レプリカを用意し、どのような操作をすればいいか、実際に作業を行って見せる。現場のエンジニアは、専門家の仮想レプリカを表示し作業内容を共有することで、作業内容を視覚的に理解することができる。複雑な作業が必要となるケースでは、音声情報や文字情報よりも理解がしやすく、音声情報よりも作業を円滑に行うことができるという結果が得られた。実際に利用されているケースとして、コミュニケーションビジネスアヴェニュー社が提供しているMRによるリモートサポート[10]がある。現場のエンジニアと遠隔にいる専門家の映像を、MRを用いて映像を共有することによって、その場に専門家がいないようなサポートをエンジニアに対して行うことができる。このように、XRによる3Dオブジェクトを用いることで、現実空間上にそれぞれの作業現場にあるオブジェクトを表示し共有するこ



図4 MRで表示・固定されたスタンプのイメージ

とが可能となる。そのため、音声情報やテキストデータよりも正確に情報が伝わりやすくなり、遠隔による作業でも適切に指示を送ることができることが分かる。

また、MRを用いて仮想オブジェクトの表示・共有を行うことにより、リモートユーザ間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ている。Gun[11]らは、1対1で360度ライブ映像を共有する、MRリモートコラボレーションシステムの開発を行った。このシステムの非言語コミュニケーションの手段として、互いの手のジェスチャを仮想オブジェクトとして、MRデバイスを通し現実空間上に表示した。その結果、ジェスチャの仮想オブジェクトは、互いの意図の伝達や焦点の理解が容易になったと述べている。このことから、仮想オブジェクトを表示・共有することにより、リモートユーザ間のコミュニケーションが円滑になることが分かる。このように、MRを用いることにより、遠隔の指示が必要になるコミュニケーションにおいて、リモートユーザ間の齟齬を低減させることが期待できる。

本研究では、エクイレクタングラー形式の映像上ではなく、現実空間上にスタンプを表示・固定させることで、放送者に対する位置関係の把握させる効果的な手法になると考えた。MRを用いて現実空間上に3Dオブジェクト形式のスタンプを表示させることで、放送者はスタンプで指し示した場所を視覚的に理解しやすくなり、得られる情報量も変化する。既存システムのように、エクイレクタングラー形式の映像でスタンプが指し示した場所を探す場合、奥行や周囲の物体との位置関係の情報量が不足する。しかし、現実空間上に3Dオブジェクト形式のスタンプを表示させることで、得られる情報量が多くなることが期待できる。また、透過型HMDのMRデバイスを通してスタンプを確認するため、既存システムのようにエクイレクタングラー形式の映像上でスタンプを確認した後に、現実空間上で対応する場所を探す手間を省略できる。提案システムでは、スタンプの他に視聴者からのコメントもMRを用いて現実空間上に表示・固定させることができ、より放送者への効果的な位置関係の把握が期待できる。MRで表示・固定されたスタンプのイメージを図4に示す。

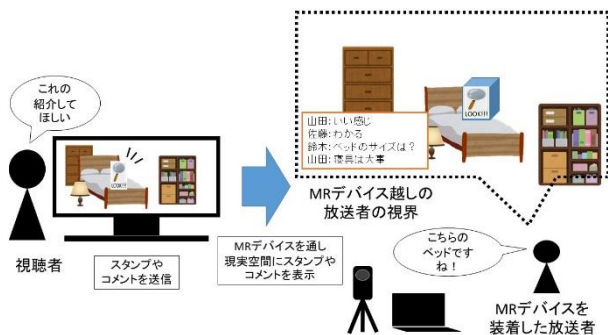


図 5 ユースケースのモデル

4. 提案システムの実装

ここでは、提案システムのユースケースと、MR を用いて現実空間上にスタンプを表示・固定させる MR スタンプ機能の概要と実装について述べる。

先行研究では、可搬式の全方位カメラを用いた、屋外における 360 度インターネット生放送をユースケースとして想定していた。しかし、本研究では全方位カメラを任意の位置に固定した、屋内における 360 度インターネット生放送を想定している。このようにユースケースを変更した理由は、MR デバイスを用いた本研究のファーストステップとして、屋内における生放送で提案システムの有効性を確かめるためである。将来的には、可搬式の全方位カメラを用いた屋外における 360 度インターネット生放送を想定している。ユースケースのモデルを図 5 に示す。放送内容は、ショールームの紹介や展示会などの、屋内で放送者が展示物を紹介する生放送を想定している。実際に全方位カメラを展示物の紹介に多く用いられており [12][13]、部屋の中心に全方位カメラを設置し、放送者が視聴者に対して設置してある展示物の紹介を行う。視聴者は、自分が見たい場所にある展示物に対して視聴方向を変更することが可能であり、生放送であるためリアルタイムに放送者や展示物に対してコメント・スタンプを送ることができる。この際、視聴者からの反応をコメントなどのテキストデータに依存した場合、放送者にコメントの意図が伝わらない可能性があり、コミュニケーションエラーを引き起こす。また、エクイレクタングル形式の映像上に 2D のスタンプを表示させる場合も、その度に映像を確認する必要があり、円滑なコミュニケーションが阻害される。提案システムを用いることで、放送者は視聴者からのコメント・スタンプを、MR デバイス越しに確認することができ、円滑なコミュニケーションが期待できる。

MR スタンプ機能は、既存システムのコメントサーバに送られてきたスタンプに関する情報をもとに、現実空間に対応するように表示させる機能である。コメントやスタンプを送受信する際の通信は、WebSocket を用いている。コメントサーバに送られてくるスタンプの情報は 2 種類あり、

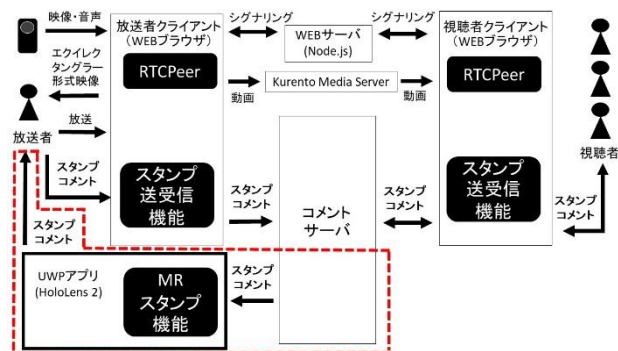


図 6 提案システムの構成

360 度形式の映像に対応した (x, y, z) の座標の情報と、送られてきたスタンプの種類の情報である。送られてきた座標の情報を現実空間の座標に変換し、3D オブジェクト形式のスタンプを表示させる。提案システムでは MR デバイスとして、Microsoft 社の HoloLens 2 [14] を用いる。HoloLens 2 には SLAM と空間マッピング機能が搭載されている。SLAM とは、自身の位置特定と周辺地形の地図作成を同時に行う技術であり、自身の位置情報から周囲の状況を把握することができる。また、空間マッピング機能により、屋内であれば周囲の空間をスキャンし記憶しておくことができるため、より正確な周辺地形の把握をリアルタイムに行うことが可能である。この 2 つの機能により、360 度形式の映像の座標に対応した現実空間の場所にスタンプを表示・固定させることができる。HoloLens 2 が存在する座標を原点 $(0, 0, 0)$ と設定し、視聴者から送られてきたスタンプの座標の値を変換することで、適切な場所にスタンプの表示・固定を行う。これにより、放送者が移動しても、それに応じて HoloLens 2 の原点も移動するため、現実空間上の対応する座標にスタンプを表示・固定することが可能である。これらの処理を行うアプリケーションは、UWP (Universal Windows Platform) 形式として HoloLens 2 内に保存されている。提案システムの構成を図 6 に示す。本研究では、図 6 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。

MR スタンプ機能は、Unity を用いて実装を行った。スタンプを適切な座標へ表示するための座標の変換手法として、Unity の衝突判定を用いた。視聴者はスタンプで指し示す場所を選択する場合、机や床に置いてある、もしくは壁に張られたり掛けられたりしている現実のオブジェクトを選択する。つまり、スタンプを表示させる場所には、必ず現実のオブジェクトが存在している。そのため、Unity の衝突判定を用いて現実のオブジェクトに衝突するまで座標を延長し、表示する座標を取得できる。取得した座標にスタンプを表示することで、送られてきた座標を現実空間の座標に変換する手法を実現できる。また、HoloLens 2 の機能である空間マッピング機能では、空間をマッピングする際に、

メッシュ化して空間のマッピングを行う。Unity の衝突判定はオブジェクトに与えられたメッシュに衝突したかどうかを判定するため、マッピングされた空間をそのまま利用することができる。衝突判定を延長させる方向の取得は、送られてきたスタンプの(x, y, z)座標を用いて求める。コメントサーバに送られてくるスタンプの座標と現実空間上の座標は異なるため、現実空間上で直接示すには利用できない。しかし、この値から現実のオブジェクトが存在する方向ベクトルを求めることはできるため、方向ベクトルを求めた後に衝突判定を延長させる。衝突判定の延長は、現実のオブジェクトに衝突するまで行い、衝突した場合はその座標に取得する。その後、コメントサーバから送られてきたスタンプの座標の値を、取得した座標の値に更新し表示を行う。この手法を用いることで、本研究のユースケースを想定する場合、高い確率で視聴者が望んでいる場所にスタンプを表示させることが期待できる。しかし、スタンプを表示した後に、放送者が移動すると HoloLens2 の原点も移動し、現実空間上の座標全体が更新されてしまう。MR で表示したスタンプの位置を固定する必要があるため、World Anchor を用いて位置の固定を行う。World Anchor は、Unity で用いられる HoloLens 用のライブラリであり、現実世界の物理的な位置に 3D オブジェクトの位置を保存する機能を持つ。現実空間上に表示させたスタンプの物理的な位置を保存することで、HoloLens 2 の原点が更新されても影響を受けずに、表示された場所に固定し続けることができる。コメントの表示・固定については、Unity のカメラにコメント欄を貼り付けることで、放送者の動きに影響されず常に、一定の場所にコメントが表示され続ける。これらの仮想オブジェクトの情報はリアルタイムに更新されるため、視聴者の数が多い場合、スタンプが過剰に表示されたりコメントの更新速度が速く読めなくなったりする可能性がある。そのため、本研究でも先行研究と同様に視聴者を少人数に絞り、放送者を含め同時に生放送に参加する人数を 10 人以下に設定している。

5. 今後の展望

今後は実装した提案システムと既存システムを比較し、MR を用いたスタンプによる指示の有効性を検証するための評価実験を行う。評価実験では、放送者 1 名と視聴者 3 名程度に協力してもらい、全方位カメラを定位置に固定した屋内での 360 度インターネット生放送を実施する。視聴者には、放送者に対して予め指定された場所へ誘導する作業を与える。指定された場所を発見した視聴者は、その場所にスタンプを送信し、放送者の誘導を行う。放送者には、HoloLens 2 を装着してもらい、視聴者から送られてきたスタンプをもとに、指定された場所を探し当ててもらい作業を与える。視聴者からスタンプが送られてくると、HoloLens 2 を通じて現実空間の対応する場所にスタンプが



図 7 評価実験中の放送者の様子

表示される。放送者は表示されたスタンプをもとに、どこがスタンプを用いて指し示した場所なのかを判断してもらう。評価実験における放送者の様子を図 7 に示す。提案システムと既存システムで同じ作業を実施してもらい、既存システムに比べ提案システムがどれくらい正確に、短い時間で放送者を誘導できたか検証する。2D のスタンプを用いる既存システムに比べ、3D のスタンプを用いる提案システムの方が、得られる情報量は多くなりスタンプによる指示は有効であると思われる。実験終了後には、放送者と視聴者の両者に、提案システムの使いやすさや誘導のしやすさについてのアンケートに回答してもらい、評価実験後には、アンケートと実験協力者から得られた意見をもとに、提案システムにおける問題点の調査と改善を行う。

また、今回は MR を用いた放送者支援システムの提案を行ったが、放送者もスタンプを視聴者へ送ることができるため、視聴者へのスタンプの確認に関する支援も必要である。本研究では、放送者は HoloLens 2 を用いてスタンプの確認を行えるようになったが、視聴者は先行研究と同様に PC の画面で 360 度形式の映像上でスタンプの確認を行うことになる。視聴者の見ている映像に映っていない方向にスタンプが表示された場合、スタンプを探すために画面を操作する必要があり、放送者からの反応に遅延が生じる可能性がある。そのため、視聴者がスタンプを確認するための支援が必要となる。解決手法として、視聴者も MR を用いて 360 度形式の映像を表示するという手法を考えている。MR を用いて 360 度形式の映像を表示することにより、PC の画面よりも映像に対する没入感が向上し、スタンプの確認が容易になると思われる。また、MR を用いることにより、空間の奥行きも把握できるため、スタンプと 360 度形式の映像における物体との位置関係を把握できる。MR のみでは、背後にスタンプが表示された場合、発見することが困難なので、立体音響との組み合わせも考えている。関連研究として、Gun ら[15]は、全方位カメラの映像を遠隔のユーザが装着している MR デバイス上に映し出すリモートコラボレーションシステムの提案・開発を行っている。全方位カメラで放送を行っていない側のユーザが、MR デバイ

ス上で 360 度形式の映像を表示することができ、PC 画面
上のみのコラボレーションよりも充実した体験ができると
述べている。本研究においても、360 度形式の映像を
HoloLens 2 上で映し出すことで、視聴者もスタンプの確認
が容易になり、より円滑なコミュニケーションが期待でき
る。

6. まとめ

本研究では、360 度インターネット生放送において、MR
を用いた放送者の位置関係の把握に関する支援を目的とす
るシステムの提案と実装を行った。既存システムの課題で
ある、放送者に対する、視聴者からのコメント・スタンプ
の効果的な位置関係の把握に関する手法について、MR を
用いて現実空間上にスタンプを固定する手法を提案した。
視聴者から送られてくるスタンプを現実空間上に表示する
ことで、既存システムよりもスタンプの把握が容易になり、
効果的な位置関係の把握が実現できる。今後は提案システ
ムを用いて、MR スタンプ機能の有効性を検証するための
評価実験を行う。評価実験後には、アンケートと実験協力
者の意見をもとに、提案システムの改善を実施する。

謝辞

本研究は JSPS 科研費の JP20K11794 の助成を受けたもので
す。

参考文献

- [1] YouTube, available from <<https://www.youtube.com/>> (参照 2021-04-21).
- [2] Twitter, available from <<https://twitter.com/home>> (参照 2021-04-21).
- [3] bilibili, available from <<https://www.bilibili.com/>> (参照 2021-04-21).
- [4] 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
(DICOMO2019), pp.895 – 900 (2019).
- [5] Kurento, available from <<http://www.kurento.org/>> (参照 2020-02-08).
- [6] RICHOTHETA S : 製品紹介, 入手先
<<https://theta360.com/ja/about/theta/s.html>> (参照 2021-04-21).
- [7] THETA_GL, available from
<https://github.com/mganeko/THETA_GL> (参照 2021-04-21).
- [8] LINE, available from <<https://line.me/ja/>> (参照 2021-04-21).
- [9] Ohan, O. Carmine, E. Mengu, S. et al.: Virtual Replicas for
Remote Assistance in Virtual and Augment Reality, Proc. UIST'15, pp.
405-415 (2015).
- [10] 株式会社コミュニケーションビジネスアヴェニュー : MR(複
合現実)によるリモートサービス, 入手先 <[https://cba-
japan.com/solution/mr-customer-support/](https://cba-japan.com/solution/mr-customer-support/)> (参照 2012-04-21).
- [11] Gun, A. L. Theophilus, T. Seungwon, K. et al.: Mixed Reality
Collaboration through Sharing a Live Panorama, Proc. SA'17, pp.1-4
(2017).
- [12] じゃらん : シェトラン沖縄サンマリーナリゾートの 360° ギ
ャラリー・パノラマビュー, 入手先
<[https://www.jalan.net/yad314623/360/?screenId=UWW3001&yadNo=](https://www.jalan.net/yad314623/360/?screenId=UWW3001&yadNo=314623&adultNum=2&contHideFlg=1&dateUndecided=1&smlCd=470802&distCd=01)

- <[314623&adultNum=2&contHideFlg=1&dateUndecided=1&smlCd=470802&distCd=01](https://www.jalan.net/yad314623/360/?screenId=UWW3001&yadNo=314623&adultNum=2&contHideFlg=1&dateUndecided=1&smlCd=470802&distCd=01)> (参照 2021-04-26).
- [13] ITOKI : 大阪ショールーム | ショールーム, 入手先 <
<https://cs.itoki.jp/showroom/osaka/>> (参照 2021-04-26).
- [14] HoloLens 2 – 概要, 機能, 仕様 | Microsoft HoloLens, 入手先
<<https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens/hardware>> (参照 2021-04-18).
- [15] Gun, A. L. Theophilus, T. Seungwon, K. et al.: SharedSphere: MR
Collaboration through Shared Live Panorama, Proc. SA'17, pp.1-2
(2017).