

---

# RICOH Live Streamingサービスによる現場臨場感を支える コミュニケーション体験の提供

Providing a Communication Experience Which Supports On-Site Presence through  
RICOH Live Streaming Service

---

松野 陽一郎\*      森田 健一郎\*  
Yoichiro MATSUNO      Kenichiro MORITA

---

## 要 旨

---

RICOH Live Streamingサービスは、RICOH Smart Integrationが提供するマイクロサービスの1つで、アプリケーションサービスに映像送受信機能として組み込むことができる。アプリケーションサービスの利用者は、WebブラウザやVRヘッドマウントディスプレイを通して、遠隔地から現場空間の360度映像をリアルタイムに見ながら、コミュニケーション体験が可能になる。ハードウェア技術とメディア制御技術をベースに開発した高品質360度映像送受信技術（DMC: Dynamic Media Control技術 + VR技術）により、狭いネットワーク帯域しか利用できない環境から、5Gなど広いネットワーク帯域が利用できる環境まで、幅広いネットワーク環境下で臨場感のあるコミュニケーション体験を提供することができる。様々な業種での利用が進んでおり、特に建設業の現場での遠隔立会や遠隔安全衛生巡回での実証実験を行い、その有効性を確認することができた。

## ABSTRACT

---

The RICOH Live Streaming service is one of the microservices provided by RICOH Smart Integration, which service providers can embed into their application services. End users can experience realistic communication through videos streamed in real time on a web browser or a VR head-mounted display. The high-quality 360-degree video communication technology (DMC: Dynamic Media Control technology + VR technology) was developed on the basis of hardware and media control technologies and can cover a wide range of network environments, from those with limited networks to those with rich networks where 5G can be used. The system is being used in various industries, and we have proven its effectiveness by conducting experiments on remote observation, remote health, and safety patrols at construction sites.

---

\* ワークプレイス基盤開発室 デジタル共創センター  
Workplace Platform Development Department, Digital Co-Creation Center

---

## 1. 背景と目的

---

近年、政府が主導する働き方改革、コロナ禍による新しい働き方の模索など、現在の働き方の見直しや、業務のDX (Digital Transformation) による生産性の向上への取り組みが加速している。各業種ではDXへの取り組みが加速しており、例えば建設業においては遠隔臨場<sup>1)</sup>や安全パトロール、製造業においてはリモート点検支援、小売業では遠隔商談、文教においてはオンライン授業・オンライン遠足などのオンライン化についても新しい取り組みが始まっている。また、オフィスにおいても、働く場所の多様化が進み、在宅ワークが広く普及し、Web会議が日常的に利用される職場が多くなっている<sup>2)</sup>。

一方、技術的なトレンドとしては、5Gの導入が進んでおり、ネットワーク帯域が必要なメディアの活用がますます進んでいくと予想される。また、PCやスマートフォンなどのデバイスの高性能化も進んでおり、Central Processing Unit (CPU) 性能の向上や、多くのPCやスマートフォンにGraphics Processing Unit (GPU) が搭載される状況になりつつある。そのため、高解像度の動画のエンコードやデコードが高速で行いやすくなってきており、インターネット上でより高解像度の映像をライブでやり取りすることが可能になってきている。

前述のようにWeb会議が広く普及してきているが、まだ多くはオフィス同士や在宅者とオフィスをつなぐコミュニケーションとしての活用が一般的であり、建設現場や製造現場でのコミュニケーションの遠隔化に対しては、活用が始まったものの、広範囲な状況の確認や測定器の値の確認が困難、通信環境が不十分な環境の存在など、いくつかの課題がある状態である<sup>3)</sup>。

本サービスでは、建設現場や製造現場など「現場」と「オフィス」を結んで行われる遠隔臨場、遠隔点検と言われる業務で重要となる遠隔コミュニケーションの臨場感についてその向上に取り組む。臨場感の生成起因について、安藤ら<sup>4)</sup>は、時間要素、空間要素、身体要素が寄与していると述べている。本

サービスでは、360度映像による視覚入力が、現場側の空間全体を遠隔側に伝えることによる空間的要素と、遠隔参加者の体の動きと視野を同期することで周囲を自由に見回らせる身体的要素とを高めることに着目した。空間的要素と身体的要素を360度映像により高める先行研究として、複数の360度カメラを組み合わせた3D化による臨場感の向上に取り組む研究<sup>5)</sup>やホログラムを用いる研究<sup>6)</sup>などがある。しかし、これらの研究では、特殊なデバイスを用いる必要があるため、実際の建設や製造などの現場で持ち運びしながら利用することは容易ではない。本サービスでは、建設現場などでの実運用での手軽さを重視し、既存の持ち運びしやすいサイズのカメラを用いることで、実運用性を考慮した。また、360度映像による空間的要素と身体的要素の向上の際の通信量の増大により、臨場感の残りの生成起因である時間的要素へのマイナス要因を低減する工夫を実施した。

---

## 2. サービス概要

---

本サービスは、リコーとパートナー、パートナーとパートナーとの共創を支えるRICOH Smart Integrationプラットフォームが提供するマイクロサービスの1つである。アプリケーションプロバイダーは、本サービスを利用することで、オフィスと様々な現場を、距離を超えてつなぐ、高臨場感のコミュニケーション機能を簡単に自社のアプリケーションに追加することができる。

コンパクトなデザインで一般消費者向け製品でありながら、ワンショットで360度の写真や映像を撮影できる360度カメラのRICOH THETAによる360度のライブ映像や、ウェアラブルカメラ端末やスマートフォンのライブ映像を、複数同時に最大4Kの高解像度で配信することができる。エンドユーザは、WebブラウザやVRヘッドマウントディスプレイから、臨場感のある360度のライブ映像をVR空間上で

没入感ある体験をしながらコミュニケーションすることが可能である (Fig.1)。

PaaS (Platform as a Service) と各クライアント向けのSDKやサンプルプログラムを提供しており、パートナーが簡単に本サービスを利用したアプリケーションを開発、運用することができる。

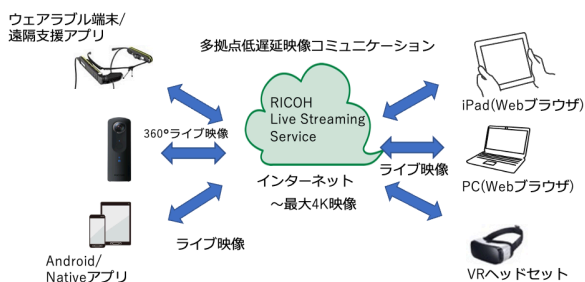


Fig. 1 Service Structure.

### 3. サービスの特長

#### 3-1 複数拠点で臨場感の高い360度や4K映像をリアルタイム共有

本サービスは、WebRTCというW3CおよびIETFで標準化<sup>7,8)</sup>を進めている技術を利用しており、Webブラウザさえあれば特別なアプリケーションをインストールすることなしに、エンドユーザは映像コミュニケーションを実現できる。また、映像配信のアーキテクチャについては、Xhagjikaら<sup>9)</sup>の研究でも分類されているが、本サービスでは、Selective Forwarding Unit (SFU) という映像配信アーキテクチャ (Table 1) を採用し、4節で後述するメディア制御技術を利用することにより、ネットワーク状況に応じて映像品質 (解像度, フレームレート, 圧縮率) などを調整することが可能なため、ネットワーク環境やその変動に合わせてなるべくUXを損ねずになるべく高品質の映像の送受信を低遅延のまま実現している。

また、このSFUの採用によって、複数の異なる映像ソースをそれぞれ異なる制御によって同時に表示することが可能になる。Fig. 2では、人物用のWeb

カメラ映像と高解像度のウェアラブル端末、RICOH THETAの360度映像を送っているが、それぞれの表示方式を変えている例を示している。特に、360度映像は、射影変換により動的に表示領域をスムーズに変えることが可能である。また、Fig. 2の例では、Webカメラ映像は、表示側で小さくワイプ表示しているが、表示サイズも小さく重要度が高くないので、ネットワーク状況が潤沢でない場合に、解像度やフレームレートを下げるなどの制御を行うことで、より重要なコンテンツにネットワークリソースを割り当てるようなことが可能である。

Table 1 Media Streaming Architecture Comparison.

アーキテクチャ	概要	特徴 Pros & Cons
P2P	各端末同士で直接通信する方式	Pros: ・映像品質調整不要 Cons: ・拠点数が増えるとネットワーク負荷大
MCU	サーバで一度映像を合成する方式	Pros: ・ネットワーク負荷が小 ・異なるビデオ会議システムと相互接続性が高い Cons: ・高性能サーバが必須 ・360度自由視点対応不可 ・SFUに比べ遅延増
SFU	受信映像を合成せずそのまま各拠点に送信する方式	Pros: ・高性能サーバ不要 ・ネットワーク負荷中 ・360度自由視点対応可 ・遅延が少ない Cons: ・異なるビデオ会議システムとの接続にGatewayが必要となるため、相互接続性による機能低下とコスト増が発生する

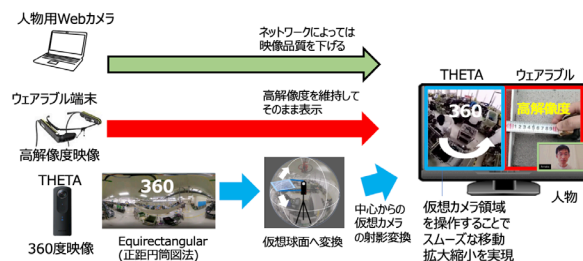


Fig. 2 Mixed control of multiple camera images.

### 3-2 各拠点で360度映像をそれぞれ自由な視点でスムーズに閲覧

#### 従来方式

遠隔操作可能なパン・チルトズーム（PTZ）カメラを設置した場合、遠隔からの操作コマンドを送信してカメラを操作するため、その後映像に反映されるまでに遅延が発生する（Fig. 3）。そのため、直感的なスムーズな操作ができない（操作遅延）という問題があった。また、カメラの映像は、遠隔の参加者が全員同じものを見ることになる（同一映像）。また、同一のカメラを複数人で同時に操作してしまうと、制御が衝突してしまうため、基本的に操作者を1人に絞る必要がある。

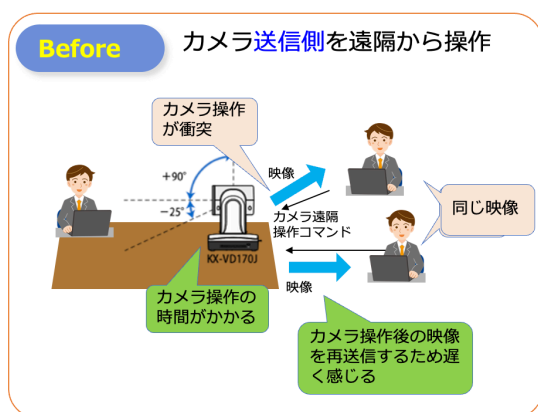


Fig. 3 Remote Control for PTZ Camera.

#### 本サービスの方式

本サービスの方式では、RICOH THETAからの360度映像をすべて受信側へ送るため、複数の受信者がいる場合にも、受信側でそれぞれが好きな領域を表示することができる。また、全体の映像を受信しており、その中から表示領域を受信側で任意に変更できるため、直感的な操作でスムーズに映像を360度見回したり、拡大縮小したりすることができる。VRヘッドマウントディスプレイを利用する場合、360度空間に映像を貼り付けることで、360度カメラのある場所にいるかのような没入感を得ることができる（Fig. 4）。本サービスにより、臨場感を支え

る要素である身体要素におけるインタラクティブ感や没入感といった要素を体験することが可能である。



Fig. 4 Benefits from live 360-degree video.

### 3-3 幅広いネットワーク環境への対応

従来のWeb会議サービスが主に顔が映ることを前提にネットワークのカバー範囲を最適化していることに対し、本サービスは、臨場感を伝えることに重きを置き、幅広いネットワーク環境に対して、空間的要素を高める映像の解像度および360度映像を、時間的要素を損ねる遅延をなるべく少なく提供している。Fig. 5では、従来のオフィス・ホーム向けの会議サービスに比べて本サービスのネットワーク適用範囲が広いことを示している。0.5 Mbps程度のネットワーク帯域しか通信できない環境でも解像度2Kでフレームレートが5 fpsの360度映像を送信することができる。同様に、解像度4Kでフレームレート5 fpsの映像をLTE環境下で送信することができる。また、5G環境などネットワークが潤沢な環境では、4K解像度のなめらかなリアルタイム映像を提供することができる。

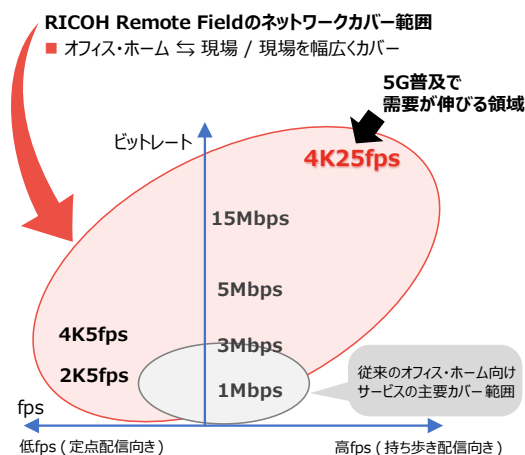


Fig. 5 Network Coverage.

## 4. メディア制御技術

ダイナミックメディア制御（DMC: Dynamic Media Control）技術は、多拠点間での映像コミュニケーションのコミュニケーション品質を様々なネットワーク環境下で最大限引き出す統合的な技術の総称である。例えば、ネットワーク環境が潤沢な拠点が最高の映像を送信した場合、ネットワーク環境の悪い拠点が参加していると、映像の受信に非常に時間がかかってしまったり、音声の通信にもネットワーク帯域を割り当てることができずにコミュニケーションが断絶してしまったりすることがある。DMCでは、各拠点の画面レイアウト（表示拠点数、各表示拠点の解像度やフレームレート等）、表示映像種別（通常カメラ映像、360度映像、資料映像など）、クライアントでの可用帯域推定値、CPU負荷状態などをサーバとリアルタイムに共有し、SFUアーキテクチャ下で映像や音声のフィルタリングをサーバとクライアント間でリアルタイムに制御することで、実際のネットワーク環境に合わせてコミュニケーション品質をなるべく高く保つ技術である。

例を挙げると、一時的なCPU負荷増加を検知し、表示拠点の低減などの制御に加え、カメラ映像や表示コンテンツの特性や利用用途による解像度とフレームレートのバランス調整も行っている。例えば

資料映像のような動きは少ないが文字は読める必要のあるコンテンツ、360度映像のような解像度劣化の影響を受けやすい反面、映像の差分が小さく抑えられる映像など、そのコンテンツの特性や表示拠点ごとのネットワーク状況や表示状況を元に映像のエンコードから制御を行っている。

本サービスでは、SFUアーキテクチャとDMCを組み合わせることで、様々なネットワーク環境であっても、デバイス、ソフトウェア、クラウド間で細かいすり合わせを行うことを可能にし、最適なメディア送受信を実現している。そうすることで、遠隔の参加者の映像や音声、現場の様々なカメラ映像、共有資料など複数のメディアの送受信に対して、時間的要素であるリアルタイム性を維持したまま、高解像度の360度映像による視野の拡大による没入感の向上や、受信した360度映像をそれぞれのアプリケーション上で自由に見回せるインタラクティブ感の提供を可能にし、臨場感の向上を実現している。

## 5. 建設業での仮説検証

国土交通省から遠隔臨場の実施要項<sup>1)</sup>が発行されるなど、遠隔での立会検査についてICT技術の活用が推奨されており、多くの事例がある<sup>8)</sup>。土木建設業の現場での遠隔立会検査および安全衛生巡回業務に対して、本サービスが課題解決できることを検証した。

### 5-1 建設現場の課題

遠隔立会検査および安全衛生巡回を通常のWeb会議システムで施行したところ、以下のような課題があることが分かった。

#### ・手戻りが多く時間がかかる

オフィス側から見える現場の映像の視野が狭く必要な画角で見ることができないため、オフィス側から現場側への撮影位置の指示出しや手戻りが増えることで、現地で実施するより業務の時間が2倍から3倍ほどかかってしまう。

### ・現場作業員のストレス

現場作業員にとっては、遠隔での立会検査や安全衛生巡回を実施できることに大きなメリットはなく、機器の準備や操作のような不慣れな追加業務が増えるなどストレスが増えることから、現場側での導入のモチベーションが高いとは言えない状況であった。

### ・複数企業をまたがるシステムの導入の負荷

通常のWeb会議システムは、アプリケーションのインストールが必要なため、発注者側、受注者側の両方でそれぞれIT部門の許可を得る必要があり、導入の簡単さも課題であるとのことであった。遠隔臨場や安全衛生巡回では、複数の企業をまたがった利用であり、セキュリティを担保した上でだが、導入の簡単さも求められる。

## 5-2 検証

本サービスを活用した遠隔立会向けのサービス<sup>10)</sup>を用いて、実際の立会検査および安全衛生巡回で試行を実施し、効果の検証を行った。この結果、下記の効果を確認できた。

### ・遠隔側の自由視点による手戻り低減

遠隔地にあるオフィス側にいる発注者は、検査現場の360度映像から全体を把握できるようになり、現場作業員に対する指示出しの回数を大きく減らすことができた。また、発注者自らが確認したい箇所を見つけることができるようになり、通常のWeb会議システムでは難しかった空間の把握が行えるようになり、必要な確認を手戻りなく実施することができた。

### ・現場作業と音声コミュニケーションへの集中による負荷低減

現場作業員は、カメラが撮影している方向を気にする必要がほぼなくなったことで、音声によるコミュニケーションに集中し、立会検査や安全衛生巡回そのものに集中することができた。細かい箇所、詳細な映像を必要とするケースでは、ウェアラブルカメラも併用したが、発注者側と現場作業員とのやり取りはスムーズになり、総じてWeb会議システム利用時より検査時間および現場作業員のストレスが

低減できた。機器の準備やネットワークの確認などの作業については、Web会議システムと同様に準備の負荷が課題として残った。

### ・容易に導入できた

PCのWebブラウザやiPadから参加できるので、試行や導入が容易にできた。

以上のように、これまで現場での立会検査や安全衛生巡回を実施していた発注者、および現場でこの対応を行っていた現場作業員双方にWeb会議システムと比較して、本サービスでの効果を実感してもらうことができた。また、発注者側の満足度は概ね高く、本試行以降は、ウェアラブルカメラとTHETAを併用した立会検査や安全衛生巡回は継続的に実施されている。

## 5-3 考察

本サービスでは、従来システムでは断片的であった現場映像に対して、現場空間全体の映像を単に共有するだけでなく、視覚要素である視野の拡大や、身体要素である遠隔側の視野操作のインタラクティブ感による、遠隔地側の発注者の臨場感を向上している。これらの臨場感に寄与する要素を高めることにより、現場作業員が感じている現地の空間を遠隔の発注者は現実により近い形で仮想的に共通のコンテキストとして共有することが可能になっていると考えられる。建設現場のような現地の空間情報自体が重要な業務において、空間全体を共通のコンテキストとして共有することが、コミュニケーションの効率化に効果を発揮するのではないだろうか。

例えば、ウェアラブルカメラ併用時もウェアラブルカメラ映像と360度映像の自由視点を遠隔にいる発注者側では同時に確認できるようになっており、発注者側からの指示が的確になったことが効率化に寄与したと思われる。遠隔にいる発注者は、現場作業員に対し、より空間的な指示を伝えることができるのである。また、以前似たような現場での業務を行った経験があれば、空間を想起しやすく、自分の

感覚からある程度確認すべき場所を当たりづけることが可能になる。

---

## 6. その他の業界での利用

---

oVice社が提供するバーチャルオフィスサービスでは、バーチャルなオフィスだけでなく、リアルなオフィスで働いている人とのハイブリッドワークを支援するため、本サービスを組み合わせたサービスの実証実験を開始している<sup>11)</sup>。

また、山口県の自治体では、地場の酒造の商品を全国に紹介するために、本サービスを利用して酒造の臨場感を伝えながら商談を行うという試行を始めている<sup>12)</sup>。

ローカル5G導入の工場では、工場見学のシステムとして本サービスを導入し、天井にレールを取り付け、360度カメラを走らせることで、臨場感のある工場見学体験を提供している<sup>10)</sup>。

その他にも、広い視野や臨場感が活かせる、遠隔医療、介護現場での遠隔見守り、教育現場での遠隔社会見学、自治体や旅行業界での遠隔観光用途など、様々な業種で様々な用途での実証実験や利用が進んでいる。

---

## 7. 今後の展開

---

本サービスは、現場の臨場感を、距離を超えて伝える技術として、360度のライブ映像を核として多拠点遠隔コミュニケーションを提供している。その際に、現場の360度映像とそれにまつわるコミュニケーションをデジタル情報に変換している。このデジタル情報を活用することで、過去のコミュニケーションを空間情報とともに振り返ることができる。例えば、立会検査の事例では、検査報告書向けの写真について、現場で撮影した360度写真から、良い画角の写真を後から切り出すことができるため、取り漏らしの軽減や写真の品質向上が可能になる。ま

た、立会検査の振り返りでは、遠隔から参加した複数の専門家の視点を録画した映像上から確認しながら振り返ることが可能になり、非熟練者にとって分かりやすく、習熟の機会を高めることができる。専門家の視点の再現も可能になるため、その後の新人教育のコンテンツとしても活用できる。

将来的には、指摘箇所などを蓄積し教師データとすることで、機械学習による重要箇所のリコメンデーションや危険箇所のアラートなど、未来に向けた可能性の示唆や、ロボットに搭載することによる遠隔での立会検査の自動化技術化の貢献などの可能性がある。

---

## 8. おわりに

---

これまでの土木建設業の遠隔臨場、および安全衛生巡回業務には、手戻りが多い、現場作業員のストレスになる、簡単に利用できないといった課題が存在した。これに対し、RICOH Live Streamingサービスを適応することで、臨場感の高い360度映像や高解像度映像のリアルタイム配信技術、現場のネットワーク状況などに適応できるメディア制御技術、VR技術などを利用することができ、上記の課題を解決できることを確認した。また、遠隔地と高い臨場感でコミュニケーションしたいというニーズは建設業に限らず顕在化してきており、適用領域が広がってきており、他の業界への展開も期待できる。

## 参考文献

- 1) 国土交通省: 建設現場における遠隔臨場に関する監督・検査実施要領, <https://www.mlit.go.jp/tec/content/001473625.pdf>, 令和4年3月.
- 2) 濱野和佳, 後藤学: コロナ禍におけるオンラインコミュニケーションツールの利用状況と利用者の受け止め, *INSS JOURNAL*, Vol. 28 2021 R-5.
- 3) 国土交通省 関東地方整備局: 建設現場の遠隔臨場に関するアンケート結果, [https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000840302.pdf](https://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000840302.pdf), 令和4年10月7日.
- 4) 安藤広志: 人が感じる臨場感の知覚認知メカニズムと評価技術, 映像情報メディア学会誌, Vol. 63, No. 12, pp. 1727-1730 (2009).
- 5) 八木龍之介ほか: 遠隔体験の臨場感向上手法に関する研究, 第24回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, 6C-04 (2019).
- 6) 株式会社リコー: RICOH Remote Field, <https://www.ricoh.co.jp/service/remote-field>
- 7) World Wide Web Consortium. (2016, Nov.): WebRTC 1.0: Realtime communication between browsers. Available: <https://www.w3.org/TR/webrtc/>
- 8) The Internet Engineering Task Force. (2016, Nov.): Realtime communication in web-browsers.
- 9) V. Xhagjika, et al.: Load and Video Performance Patterns of a Cloud Based WebRTC Architecture, *2017 17th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID)*, pp. 739-744, IEEE (2017).
- 10) 株式会社リコー: リコー, ローカル5Gを活用したデジタル技術を製造工程に実装, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000085.000043114.html>
- 11) oVice: ハイブリッドワークの最前線を紹介／oVice Fest Spring 2022 【イベントレポート】, <https://ovice.in/ja/blog-ovicefest-spring2022/>
- 12) 山口県: 新たな商談手法「web産地招へいシステム」の運用スタート!～ 県産農林水産物の輸出拡大に向けた新たな仕組みが誕生 ～, <https://www.pref.yamaguchi.lg.jp/press/178181.html>