

遠隔臨場を活用した多人数コミュニケーションの実験的報告

可児建設株式会社 ○可児 純子
立命館大学 横山 隆明
株式会社環境風土テクノ 須田 清隆

1. はじめに

新型コロナウイルス感染の先行きが見えない中で、建設業においても接触レス・移動レスによるリスク回避や生産性の視点で遠隔を利用した新しい働き方が求められている。本論文は、遠隔技術の活用によって検証した、多人数の参加の講演会・報告会の運営や施工現場における臨場を要する工事検査などの実施結果を通じて、遠隔臨場の効果や課題について考察し、広く一般化していく上で提案をするものである。論文では講演会での発言権がない聴衆 268 名、発言権を持つパネラー 15 名（5 セッション）により構成、工事検査では受発注者間の臨場共有など運用面での課題や改善策などを利用形態別に整理し考察している。

2. オンライン報告会の目的

本報告会は、国土交通省が公募した令和元年度 P R I S M 活動や政策課題型研究助成の活動成果について、映像の活用のノウハウや有効性などオンラインでの啓発により、社会実装化への議論が深まることを期待して開催するものである。報告会の開催を通じて遠隔臨場技術の比較検証を行っている。

3. 通信環境の選定

検証に使用した通信環境には、インターネットによる開域環境（WEB 会議システム Zoom ウェビナー）の活用を基本としている。ただし、遠隔の山間部にある現場案内には映像の安定性等、臨場面で

の課題も想定され、通信の安定化への方策を検証し、最適な方策を決定する。

4. オンライン報告会開催における課題

オンライン報告会では、報告側 15 名、聴衆側 268 名を予定し、特に報告者・聴衆者共に北海道から九州までの全国各地の職場や自宅からの参加のため、運用面での時間管理が重要になった。そのため、通信障害やシステム障害が発生した場合の対処方法は事務局に集中することが予想され、事前の検証が必要になった。同時に事務局対応をスムーズに行う上で事前のシナリオ策定が必要になり、シナリオに従った事前検証が必須になった。

以下に本報告会開催までの活動内容をまとめている。

表-1 報告会準備実績

活動内容	回数	検討内容
事務局会議	6 回	シナリオ策定、個別会議調整等
予行(個別)	8 回	パネル別予行、現場通信検証
予行(全体)	3 回	運営管理、通信検証

5. 報告会シナリオの策定

報告会のシナリオは講演内容や報告内容などを考慮し、かつ障害時の対応時間を休憩時間として採り入れ 2 時間 30 分で収まるように時間配分している。

5.1 運営計画

オンライン報告会のシナリオに対する検証課

題と内容を表-2 に示す。

表-2 シナリオに対する検証課題と内容

検証内容	時間(分)	実施項目
WEB 会議 1 人	10	開催挨拶
WEB 会議 1 人	20	基調講演
WEB 会議 1 人	25	特別講演
WEB 会議 4 人	30	パネル討論 A
WEB 会議 5 人	30	パネル討論 B
ビデオ会議(WEB 併用)	25	遠隔現場+本社
ビデオ会議(WEB 併用)	10	遠隔現場
WEB 会議 2 人	15	事務報告
WEB 会議 160 人	25	統括討議

5.2 通信環境の検討

通信環境を当初 WEB 会議 (Zoom) (図-1 参照) を設定していたが、試行段階で山間部の現場から送られてくる映像の不安定化が課題になり、発注者における段階検査を目的にした場合に不具合が想定された。そのため、本報告会では通信環境の改善策として非対称通信や帯域推定技術、画像圧縮技術を組み入れているビデオ会議 (HD コム) (図-2 参照) の併用を行っている。

専用端末/パソコンで構成



図-1 ビデオ会議



図-2 WEB 会議システム

WEB 会議とビデオ会議の比較を表-3 にまとめる。

表-3 ビデオ会議と WEB 会議の比較評価

	ビデオ会議	WEB 会議
サービス形態	オンプレミスサービス (宅内設置)	クラウド サービスオンプレミスサービス
利用形態	テレビ/専用端末と、社内イントラ回線を通じて会議を行う	パソコンとインターネット回線を通じて会議を行う
ネットワーク	イントラネット・VPN・インターネット回線	インターネット回線
利用場所	会議室 (参加者: 複数対複数)	自席、会議室 (参加者: 基本 1 対 1)
操作性	リモコン操作	パソコンブラウザ操作
安定性	ハードウェア処理のため一般的に安定	ソフトウェア処理のため安定性に欠ける
品質	高画質、高音質	ビデオ会議の品質確保は困難
マルチデバイス	スマホ、タブレット、パソコン	スマホ、タブレット、パソコン
PCリテラシー	不要	必要
長時間会議	向いている	不向き
提供メーカー	シスコ、ポリコム、ソニー、パナソニックなど	ZOOM、シスコ、フイキューブ、Meeting Plaza など

5.3 映像の安定化のための方策

a. 非対称通信

エンコード帯域を 4Mbps に設定すると HD 解像度で十分な映像品質を確保できるが、一般的な会議システムでは 4Mbps で設定した場合、映像の送受信共に 4Mbps の帯域を使用するため、上り、下り合計 8Mbps 帯域が必要となる。またスマートフォンの画面サイズは通常 6~7 インチ程度のため、スマートフォンに表示する映像が SD 解像度でも実使用上問題はない。

ビデオ会議 (HD コム Live) では、このことに着目し端末側で受信する映像は 256kbps の SD 解像度、送信する映像は 4Mbps の HD 解像度とする非対称通信 (図-3 参照) を行い送信する映像の高画質化を図った。

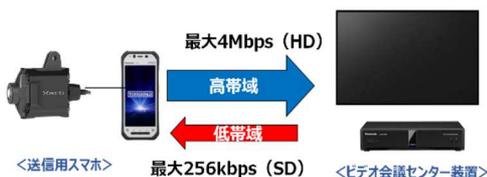


図-3 非対称通信の仕組み

b. 帯域推定技術 (AV-QoS)

ネットワーク環境において、一定の品質の映像を維持するためには通信中の帯域を維持する必要がある。インターネット回線や公衆無線回線は、多数の端末が同じ通信資源を共用しており端末数や使用されるアプリケーションが常に変化するため、各端末が使用可能な帯域幅も変動する。ビデオ会議端末が送信する映像、音声データの送信帯域が使用可能な帯域幅を超過した場合、超過分は遅延したり、損失したりする。これによって映像・音声の乱れや途切れが発生している。これを防止するために、常に狭帯域で送信すると映像・音声品質が常に低くなり、ビデオ会議端末としての優位性が失われる。そこでビデオ会議システム (HD コム Live) では、変動する帯域幅を推定し、映像・音声の帯域幅を動的に調整することで、遅延や損失を抑制する帯域推定技術を採用した図-3 に無線回線を使用した際の帯域変動の例を示す。無線の場合、帯域の変動が急峻(図-4 参照)である。

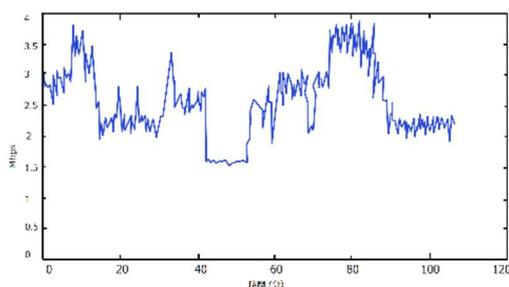


図-4 無線における帯域変動

5.4 現場との中継検証結果

a. WEB 会議方式のみの検証結果

スマートフォンと Zoom との接続だけでの試験では映像に揺れが入り、かつ注目箇所へのフォーカス過程での映像に乱れが生じた。見ている側からは揺れの映像から不快感はぬぐえなかった。

b. ビデオ会議方式のみの検証結果

ジンバル付カメラとタブレット (映像圧縮機能と帯域推定を装備) とビデオ会議 (非対称通信) での映像には揺れが明らかになく、映像が安定していた(画像-1 参照)。



画像-1 メモリまで鮮明に表示

c. 運用結果

オンライン報告会では現場からの遠隔臨場の場合、映像の揺れによる不快感を解消するために WEB 会議システムを基幹システムにし、ビデオ会議を結合させた二つのシステムのハイブリッド化を試行するものとした。その結果、明らかに映像の画質において WEB 会議(画像-2 参照)に比べてビデオ会議(画像-3 参照)を使用した映像の方が画質の鮮明性が高いことが確認されている。



画像-2 WEB 会議 (映像は不鮮明)



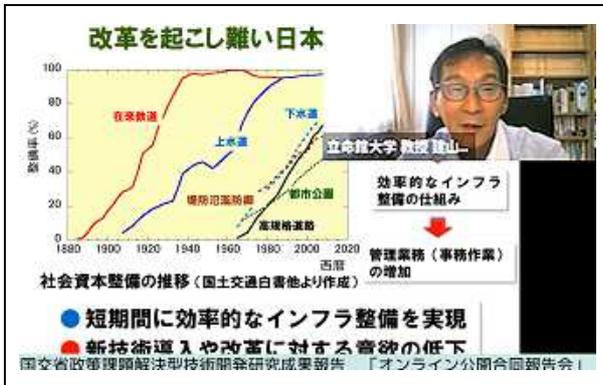
画像-3 ビデオ会議 (映像が鮮明)

6. オンライン報告会

オンライン報告会に関する事後アンケートでは全セッションともに5段階評価の関心度で平均4.2と高い理解が得られた。特に遠隔の現場見学会では、画質、音声の安定感から臨場感が表れたと高い評価に繋がっていた。

6.1 講演会（基調講演）

講演会（基調講演）の様子を画像-4 に示す。



画像-4 WEB 会議一人 spotlight

6.2 遠隔現場見学会

遠隔現場見学会では、北海道天塩の現場と堀口組本社をビデオ会議システムで繋ぎ、WEB 会議システムを通じて聴講者に映像と音声をリアルタイムで送信した。



画像-5 ビデオ会議（WEB 会議併用）



画像-6 ビデオ会議（WEB 会議併用）

7. まとめ

オンライン報告会は、参加申し込み数 268 名、平均聴講率 70%程度あり、常時報告者も含めて 180 人近くが実質参加したことになる。

またオンラインのために全国からの参加となり、特筆すべきは行政 30%、大学 10%、建設業界 40%、他産業 20%と産官学体制が確認されている。ただし行政では WEB 会議に職場のセキュリティの問題で活用を難しくしていた。それらを踏まえてオンライン報告会の特徴を整理した。

- ① 報告会をスムーズに進める上で事前準備とホストの役割の明確化が必要となる。
- ② オンラインでの報告会は、聴講者の出入りが自由のためセッションごとの時間管理が重要になる。
- ③ ビデオ会議を使用する場合 WEB 会議との結合を可能にする仕組みづくりが必要になる。
- ④ 聴講者からの意見や質問はチャットを利用して必要に応じて即応しても、時間制限の中で事後対応も事前告知する必要がある。
- ⑤ 通信環境が厳しい工事現場からの無線伝送には非対称通信や帯域推定技術を持つビデオ会議システムが有効である。