

遠隔会議ソフトウェアを用いたHD画質での内視鏡ライブ配信の評価

富松, 俊太
九州大学病院国際医療部

吉田, 直久
京都府立医科大学大学院医学研究科消化器内科学

木村, 哲也
京都府立医科大学附属病院医療情報部

工藤, 孔梨子
九州大学病院国際医療部

他

<https://hdl.handle.net/2324/7157422>

出版情報 : Japanese Journal of Telemedicine and Telecare. 17 (2), pp.120-123, 2021-09. Japanese Telemedicine and Telecare Association

バージョン :

権利関係 :



遠隔会議ソフトウェアを用いたHD画質での内視鏡ライブ配信の評価

富松 俊太¹⁾ 吉田 直久²⁾ 木村 哲也³⁾ 工藤 孔梨子¹⁾
上田 真太郎¹⁾ 清水 周次¹⁾ 森山 智彦¹⁾

¹⁾ 九州大学病院国際医療部 ²⁾ 京都府立医科大学大学院医学研究科消化器内科学
³⁾ 京都府立医科大学附属病院医療情報部

Evaluation of live endoscopy transmission with HD resolution through web-conferencing software

Shunta Tomimatsu¹⁾ Naohisa Yoshida²⁾ Tetsuya Kimura³⁾ Kuriko Kudo¹⁾
Shintaro Ueda¹⁾ Shuji Shimizu¹⁾ Tomohiko Moriyama¹⁾

¹⁾ International Medical Department, Kyushu University Hospital

²⁾ Department of Molecular Gastroenterology and Hepatology, Graduate School of Medical Science, Kyoto Prefectural University of Medicine

³⁾ Department of Medical Information, University Hospital, Kyoto Prefectural University of Medicine

要旨

双方向型の内視鏡ライブデモンストレーションにおける課題として、配信環境の設営調整に関する技術的な専門知識の必要性が挙げられる。本研究ではこのような実現性への課題に対して、現在では一般的に利用されている遠隔会議ソフトウェアを用いた内視鏡ライブ配信の映像品質について評価した。内視鏡ライブ配信を行い、パフォーマンスの記録および各個人の端末で視聴していた参加者からのアンケート収集を行った。結果、パフォーマンスは解像度 1280×720 (HD画質) かつフレームレート 29～30fps であり、アンケートでは医療教育目的のデモに十分な品質かという質問について 87% (80/92) が肯定的な回答であった。遠隔会議ソフトウェアの適用は遠隔会議専用端末と比較すると映像品質は劣る一方、配信に関する設営操作の簡易性や導入コスト、ネットワーク使用帯域の低さから内視鏡ライブの配信をおこなう技術的な障壁を引き下げ、配信の普及に寄与すると考えられる。

キーワード: 医療教育、遠隔会議、内視鏡

1. はじめに

インターネットを使って配信施設と遠隔会場をむすび、リアルタイムで質疑をおこなう内視鏡ライブデモンストレーションは教育的価値があるとみなされている。このような内視鏡をふくむ医療映像を遠隔会議システムでライブ配信する場合、高精細かつスムーズであるという要件を満たすシステム選定および設定が必要である¹⁾²⁾。これまでの実施報告では、遠隔会議の専用端末や高度なネットワーク設定の必要があるソフトウェアを用いており、導入に際してエンジニアの協力が不可欠であるとしていた³⁾⁴⁾。またシステムによっては非圧縮映像送信のために 30Mbps もの帯域を使用することから、配信できる施設に限られていた³⁾⁵⁾。近年では影治 (2020)⁶⁾ の試みにて第 5 世代移動通信方式 (5G) を用いて 4K 画質の医療映像をリアルタイムに共有していた。結果、品質および診療向上への寄与に高い評価を得た一方、本件においても設営調整への専門職員の必要性を課題として挙げていた。このような双方向性のある内視鏡ライブを普及させるにあたり、技術障壁の低い配信方法の検討が必要となる。

技術障壁の低い配信方法の一つとして考えられるのが、一般に流通している遠隔会議ソフトウェアである。新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) の感染拡大に伴い急速に普及した遠隔会議ソフトウェアを用いることで、配信の設営や操作の負担、機材の手配等の経済的なコストの軽減

が見込まれる。非圧縮映像や 4K、8K といった高い画質の映像と比較した際の使用帯域の軽減もまた考えられる利点であろう。しかし品質に関する報告は未だにないため、本研究ではこの遠隔会議ソフトウェアでの内視鏡ライブ配信の映像について、パフォーマンスおよび参加者からのアンケートより評価をおこなった。

2. 方法

プログラム概要

調査対象は 2021 年 3 月 6 日におこなわれた第 7 回京都広小路ライブセミナーとした。本セミナーでは京都府立医科大学附属病院からの内視鏡の粘膜下層剥離術 (ESD)

【表 1】参加者の職業内訳 (N=280)

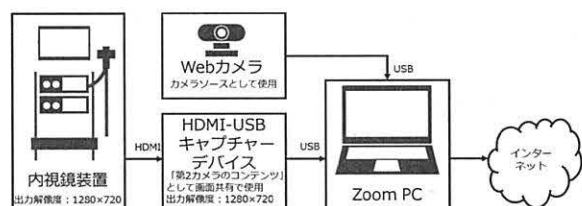
職業	人数	
医師 (内視鏡)	232	(83%)
医師 (内視鏡以外)	13	(5%)
看護師	20	(7%)
臨床工学技士	9	(3%)
その他、未回答	6	(2%)

ライブに加え、スライドを用いた講演および内視鏡録画の再生が実施された。システムは Zoom (San Jose, CA) のウェビナーを用い、17 台の PC 端末が内視鏡室からの配信、司会、講演、モニタリングのためにパネリストとして接続した。参加者 280 名について、職業の内訳を【表 1】に示す。各参加者は各個人の端末 (PC・タブレット・モバイル) より視聴者として接続し、チャットにて質問をおこなえるものとした。

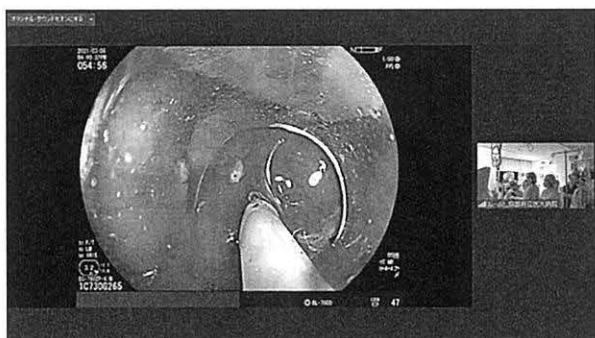
配信準備

映像配信の構成を【図 1】に、配信の様子を【図 2】に示す。Zoom のカメラにて術者の手元を、画面共有にて内視鏡の映像をそれぞれ配信するものとした。カメラは市販の Web カメラで、内視鏡の映像については、富士フィルム株式会社 (東京都) 製高画質内視鏡システム (プロセッサ VP-7000、光源装置 BL-7000 および光源装置 LL-7000) から分配した HDMI 信号を株式会社アイ・オー・データ機器社 (石川県) 製のキャプチャーデバイス (GV-HUVC) にて USB に変換し、配信用の PC に取り込んだ。Zoom 側で画面共有をおこなうにあたり、内視鏡の映像を「第 2 カメラのコンテンツ」として選択し、「全画面ビデオクリップ用に最適化」のオプションをつけた。配信用 PC は有線にて京都府立医科大学附属病院の既設ネットワークより Zoom に接続した。なお術者らが配信時に見ていた内視鏡のオリジナル画像の解像度は 1280×1024 であった。

準備にあたり、京都府立医科大学附属病院と九州大学病院を接続して 2 回のテストを実施した。1 回目が 2020 年 12 月にキャプチャーデバイスの動作確認、2 回目が 2021 年 2 月に京都府立医科大学附属病院の内視鏡室より実際の内視鏡装置とつなぎ込んだ品質確認である。本配信にあたり新規に購入した機器はキャプチャーデバイスのみであり、スピーカーフォンを含む他の機器はすべて京都府立医科大学附属病院が所有しているものを用いた。



【図 1】内視鏡ライブ配信の機器構成



【図 2】内視鏡ライブ配信の様子

収集データ

データは内視鏡ライブ配信のパフォーマンス、参加者のライブ受信に利用したネットワークおよび参加者からのアンケートの 3 種類とした。

パフォーマンスに関しては、Zoom のログより内視鏡ライブ配信の映像について、1 分毎の解像度、フレームレートおよび帯域を取得した。なお短時間の画面共有は開始時に十分なパフォーマンスが出ない可能性から、10 分以上の画面共有がおこなわれた分のデータのみを取り扱うものとした。また解像度についてはキャプチャーデバイスおよび Zoom の仕様上横×縦の比率が 16:9 で固定であるため、本調査では縦方向のみ記録した。

参加者の利用ネットワークについては、Zoom のログより有線接続、無線接続およびモバイル回線の 3 種類について計上をおこなった。なお本セミナーでは参加者が複数端末から接続をおこなえるものとしたため、1 名の参加者から複数のネットワークの種類が確認された場合、それぞれを計上した。

参加者からのアンケートに関しては、内視鏡の映像について【表 2】の項目をウェビナー終了後に匿名でのオンラインアンケートとして参加者へ回答を依頼した。

【表 2】アンケート項目

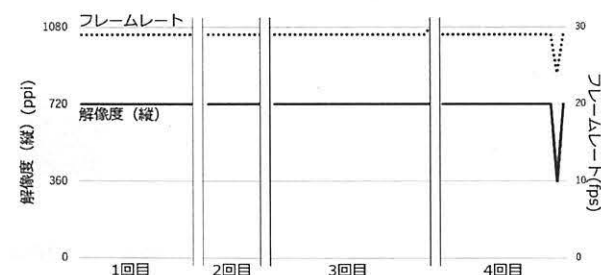
1. 映像の精細さはいかがでしたか？ ☐ 非常に良い ☐ やや良い ☐ あまり良くない ☐ 全く良くない
2. 映像の動きはいかがでしたか？ ☐ 非常にスムーズ ☐ 少しスムーズ ☐ あまりスムーズでない ☐ 全くスムーズでない
3. この映像は医療教育目的のデモに十分な品質と思いますか？ ☐ 非常にそう思う ☐ ややそう思う ☐ あまりそう思わない ☐ 全くそう思わない

3. 結果

内視鏡ライブ配信のパフォーマンス

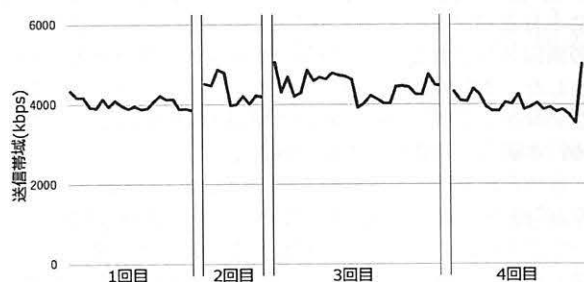
セミナー中の内視鏡ライブ配信、すなわち Zoom での該当 PC からの内視鏡映像の画面共有は計 7 回おこなわれ、そのうち 10 分以上画面共有がおこなわれていたのは 4 回であった。

内視鏡ライブ配信の 1 分毎に記録した解像度およびフレームレートを【図 3】に示す。解像度は 4 回目の 1 分間だけ 640×360 となったが、それ以外は 1280×720 (HD 画質) を記録した。フレームレートについては解像度で 640×360 を記録した時間のみ 24fps となったが、その他の時間帯では 29～30fps であった。



【図 3】内視鏡ライブ配信の解像度およびフレームレート

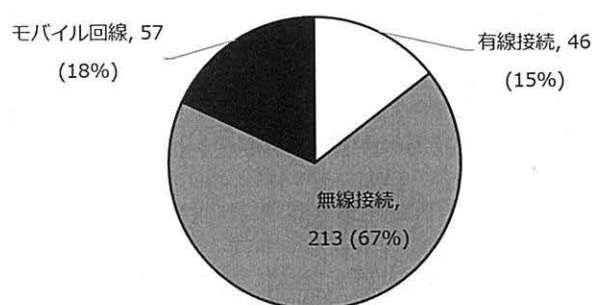
内視鏡ライブ配信の1分毎の使用帯域を【図4】に示す。最低値が3546kbps、最高値が5060kbpsであった。



【図4】内視鏡ライブ配信の使用帯域

ライブ受信に利用したネットワーク

ログから得られた参加者がライブの受信に利用したネットワークの結果を【図5】に示す。無線での接続件数が最も多く(213件、67%)、モバイル回線(57件、18%)、有線接続(46件、15%)と続いた。

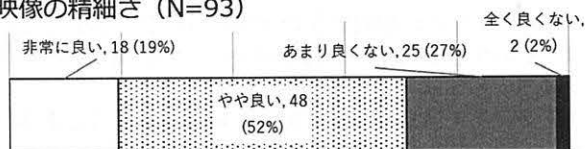


【図5】参加者の利用ネットワーク

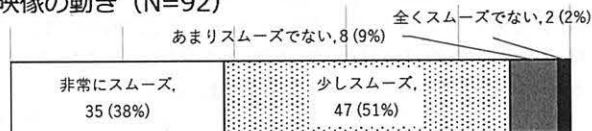
アンケート結果

内視鏡ライブ配信の映像に関するアンケート結果を【図6】に示す。全参加者280名中93名(33%)からの回答があった。肯定的な回答がそれぞれ映像の繊細さで71%(66/93)、映像の動きで89%(82/92)、医療教育目的のデモに十分な品質かについて87%(80/92)となった。

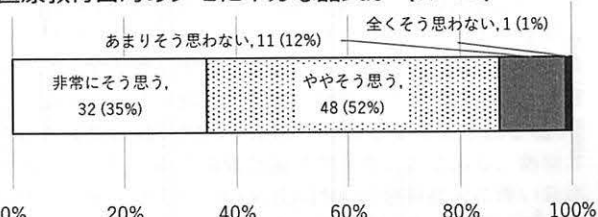
映像の精細さ (N=93)



映像の動き (N=92)



医療教育目的のデモに十分な品質か (N=92)



【図6】アンケート結果

4. 考察

映像通信のパフォーマンスについて

Shimizu ら (2016)³⁾ が2014年の第87回日本消化器内視鏡学会にて内視鏡ライブを行った際、使用したシステムはH.323が7件、DVTS (Digital Video Transport System) が7件であり、映像品質について90%以上のアンケート回答者が肯定的な評価をしていた。映像配信のパフォーマンスとしてはH.323は端末の性能や設定次第ではあるが、DVTSは解像度720×480 (SD画質) かつフレームレートが29.97fpsである。本調査結果のZoomはHD画質かつ29~30fpsと、DVTSよりも高いパフォーマンスであった。2014年と本調査期間である2021年では映像品質への主観的な評価が異なる可能性、映像圧縮の有無など仕様の違いはあるものの、Zoomによる内視鏡ライブ配信は数値として実用に耐えるものである、と考えられる。なお受信帯域については本研究では測定していないが、各参加者にとっては少なくとも本調査結果の送信帯域の最大値である約5Mbpsを恒常的に受信できる帯域が必要とされる。この帯域を確保するにはインフラの整備状況や同一ネットワークにおける別の利用者の利用状況に左右されるものの、DVTSの使用帯域である30Mbpsと比較すると容易に実現可能である。

また使用システムの比較については、配信施設におけるネットワーク設定も重要な点である。前述のH.323やDVTSはインターネットへの接続にあたり配信施設でのグローバルIPアドレスの手配やポート転送の設定を必要としていた。しかし本研究で使用したZoomは医療分野においても通常業務で使われるため、内視鏡ライブ配信にあたり接続に関する事前のネットワーク設定が不要である施設が多いと考えられる⁷⁾⁻¹⁰⁾。技術的に簡単で高品質な映像音声を送受信できる遠隔会議システムによって遠隔医療教育に参加できる施設が増加した、とKudo ら (2017)⁵⁾ が指摘するように、本調査結果は内視鏡ライブの配信を行う技術的な障壁を引き下げ、活動の普及に寄与しうると考えられる。

アンケート結果について

本研究で実施したZoomを用いた内視鏡ライブ配信について、大多数が医療教育目的のデモに十分な品質であると回答した。ただしいずれのアンケート結果においても肯定的な回答のうち「非常に良い」「非常にスムーズ」「非常にそう思う」よりも「やや良い」「少しスムーズ」「ややそう思う」の割合のほうが高かった。また映像の精細さについては3割近くが「あまり良くない」「全く良くない」と回答しており、映像の動きと比較すると品質に否定的な結果となった。影治 (2020)⁶⁾ の報告では4Kでの手術内視鏡の画質を4段階で評価していたが、全て肯定的な評価であったうえ「大変良い」の割合が「良い」を上回っていたことと比較すると、本研究結果は精細さについて主観的な品質劣化が見られたと考えられる。精細さ、すなわち解像度については、本研究結果ではHD画質で配信されていた。内視鏡装置からPCへ映像が問題なく入力されていた前提で、考えられる要因は2つある。ひとつは参加者の属性である。参加者のうち医療従事者が98%を占め、さらにそのうちの大多数が内視鏡医であった。参加者は元の品質での内視鏡映像を見る機会が多く、解像度の低下や遠隔会議を経由した画像圧縮による変化に敏感であったとみなすことができる。このような主観的な品質劣化に関しては、専用端末とソフトウェアでの棲み分けが提案でき

る。すなわちより高品質な配信が求められる場合は遠隔会議専用端末を使用し、大多数が許容できる程度の品質を保ちつつも配信の手軽さを求めるのであれば Zoom を使用することで、目的に応じた実施が可能となる。もうひとつの要因は視聴環境である。参加者が各個人の端末から視聴する体制は、調査期間中も懸念されていた COVID-19 の感染拡大を回避するという観点のみならず、移動の制約からの開放による参加機会の均等化といった利点を有している⁹⁾¹⁰⁾。しかし本研究での参加者の利用ネットワークの結果では、接続の安定性が見込まれる有線接続よりも無線接続やモバイル回線での接続が多かった。各個人が接続の利便性を選択した結果、内視鏡映像を十分なネットワーク条件で受信できていなかった可能性がある。受信品質をコントロールするのであれば、機材やネットワークを整えた講堂や会議室の手配が必要となる。この視聴環境もまた品質と利便性という形での棲み分けという考え方ができるだろう。

制限事項

本調査における制限事項は 2 件挙げられる。

ひとつは内視鏡映像の受信品質についてである。本調査では各個人の端末における受信品質まで評価できていなかった。参加者の端末ごとのパフォーマンスの評価とアンケート結果の関連性に関する評価をおこなうことで、包括的な内視鏡ライブ配信の指針を定めることが見込まれる。あるいは医療教育目的のデモに十分な品質であるかを厳密に評価する場合、条件をそろえた評価が必要となるだろう。また Zoom による内視鏡映像配信についてはさらなる妥当性の検証が必要である。様々な映像素材を用いた評価や、多くの評価者による検証、または同じ被験者を対象とした内視鏡の非圧縮映像や他のシステムとの比較評価が必要とされる。

もうひとつの制限事項は配信の手軽さについてである。内視鏡ライブ配信への遠隔会議ソフトウェアの適用が、遠隔会議専用端末と比較して設定や調整に関する負担を具体的にどの程度軽減するか、別途評価が必要になると考えられる。

5. まとめ

本調査では Zoom を用いた内視鏡ライブ配信の品質について評価をおこなった。アンケートにて参加者の 9 割近くから医療教育目的のデモに十分な品質であるという結果となった。技術的に簡素な構成で参加者の大多数が許容できる品質での配信を実施することができた本調査結果は、内視鏡ライブ配信の普及に貢献しうると考えられる。

利益相反

申告すべき利益相反状況は無い。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP16H02773、JP19K03004、JP20K10321、JP20K03148 の助成を得た。

参考文献

1) Shimizu S, Kudo K, Antoku Y et al. Ten-year experience of remote medical education in Asia.

- Telemed J E Health 2014; 20(11): 1021-1026.
- 2) Minh CD, Shimizu S, Antoku Y et al. Emerging technologies for telemedicine. Korean J Radiol. 2012; 13(Suppl 1): 21-30.
- 3) Shimizu S, Ohtsuka T, Takahata S et al. Remote transmission of live endoscopy over the Internet: Report from the 87th Congress of the Japan Gastroenterological Endoscopy Society. Dig Endosc. 2016; 28(1): 92-97.
- 4) Lee SP, Lee HL, Hahm JS et al. International live endoscopic multichannel demonstration using superfast broadband internet connections. Clin Endosc. 2012; 45(1): 73-77.
- 5) Kudo K, Tomimatsu S, Houkabe Y et al. Five-year technological changes of distant medical education in Asia. J Int Soc Telemed eHealth 2017; 5: e10.
- 6) 影治照喜. 5G による高精細画像を利用した遠隔医療実証実験—地域医療格差解消を目指して—, 日本遠隔医療学会雑誌 2020; 16(2): 137-140.
- 7) Lazaro T, Srinivasan VM, Rahman M et al. Virtual education in neurosurgery during the COVID-19 pandemic. Neurosurg Focus 2020; 49(6): 1-6.
- 8) Tomimatsu S, Kudo K, Moriyama T et al. Technical support for rapid replacement of face-to-face events with online events due to the COVID-19 pandemic: A case study from Kyushu University Hospital. Proc 11th Bienn Conf Asia-Pacific Assoc Med Informatics 2020: 66-70.
- 9) 富松俊太, 工藤孔梨子, 上田真太郎, 他. リアルタイム双方向型オンラインでの学術集会に対する技術支援の実施および参加者からの評価: 日本泌尿器科学会福岡地方会の例. 日本遠隔医療学会雑誌 2020; 16(2): 141-144.
- 10) Kudo K, Ueda S, Shitoh H et al. Participants' evaluation of a virtual academic conference: Report from the 24th Japan Association of Medical Informatics Spring Symposium. Proc 11th Bienn Conf Asia-Pacific Assoc Med Informatics 2020: 71-76.

Keywords : medical education, videoconferencing, endoscopy