

ビデオ会議ツールのトラフィック制御傾向と ネットワーク要件の調査

藤原 晴^{1,a)} 敷田 幹文^{1,b)}

概要: 昨今の社会情勢によりビデオ会議ツールの需要が増加し会社の会議や学校の授業などで利用されている。そんななか急速なビデオ会議の導入に伴い、ネットワーク環境の整っていない利用者がパケットロス等によって円滑なビデオ会議ツールの利用が困難になる。また、ビデオ会議ツールには数多くの種類が存在し帯域要件も示されているが提供元の違いにより指標が統一されていないという課題がある。そこで、本研究では Zoom, Webex, Google Meet のトラフィック量を機能とデータの送受信条件ごとに分析し比較を行うことで各ツールのトラフィック制御傾向の特徴を示した。加えて、帯域制限を行った際の音声データを聞き取り可能であるか調査を行うことで、大規模なツール利用における各ツールの有用性とデータ処理の違いを示した。

Investigating traffic control trends and network requirements for video conferencing tools

Abstract: Due to the recent social situation, the demand for video meeting tools are increasing, and their use in company's meeting and school's lesson are increasing. The rapid introduction of video conferencing tools has made it difficult for users with poor network environments to smoothly use video conferencing tools due to packet loss. Also, although there are various types of video meeting tools, there is the problem that the indicators for efficient tool use are not unified. Therefore, in this study, we showed the characteristics of traffic control tendency of each tool by analyzing and comparing the traffic volume of Zoom and Webex, Google Meet for each transmission, reception terms of data and function. In addition, we investigated to what level the voice data can be discriminated by the user when the bandwidth is limited. As a result, we showed the usefulness of each tool in large-scale tool use and the difference in data processing.

1. はじめに

昨今の社会情勢によりテレワークや遠隔授業が促進されたことによりビデオ会議ツールの需要が高まっている。それに伴い、企業や学校など様々な機関がビデオ会議ツールの利用検討ならびに実利用を行っているが [1], 現在提供されているビデオ会議ツールは Zoom, Cisco Webex Meetings, Google Meet など非常に多くの種類が存在する。それらのツールはそれぞれがユーザのニーズを考慮したうえで機能やトラフィック制御の設計が行われているが、会社の研修やクラス単位の人数が参加する遠隔授業のような大規模でのツール利用やネットワーク環境の整備が不十分なことから

十分な帯域速度が困難となり、ツール利用を行う際に音声、映像品質の低下やパケットロス等によりツールの利用継続が困難となる可能性が考えられる。

このような状況において会議の目的にあわせてうえでトラフィック量を抑えたツール利用が求められている [2]。そのためにはツールのトラフィック制御の傾向を把握しておくことが重要となるが、すべてのツールのトラフィック制御の傾向が同一であるとは限らず同様の利用方法であってもトラフィック量に差が生じる場合がある。従って、各々のツールの特徴を理解しそれぞれに適した利用を行うことが円滑なビデオ会議を行うのに必要とされる。

これらの課題を解決するために、Zoom, Webex, Google Meet のトラフィック量を音声データと映像データの送受信条件ごとに計測することで各ツールのトラフィック制御傾向の分析を行うとともに比較を行う。また、帯域制御に

¹ 高知工科大学
Kochi University of Technology

a) 210364i@ugs.kochi-tech.ac.jp

b) shikida.mikifumi@kochi-tech.ac.jp

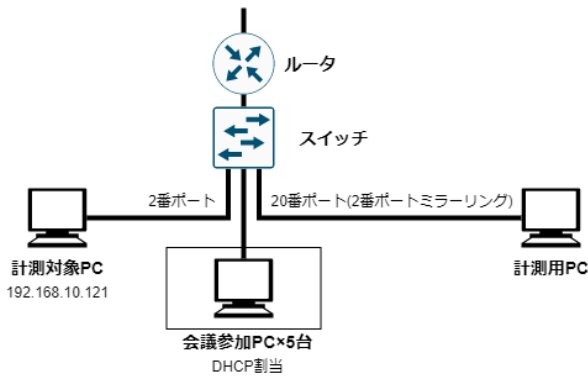


図 1 実験環境ネットワーク構成

表 1 ツールの通信先と応答速度

	通信先	icmp 応答速度	標準偏差
Zoom	198.251.158.7	104.03ms	4.12
Webex	150.253.244.38	15.48ms	5.53
Google Meet	74.125.250.121	9.26ms	0.45

よって劣悪なネットワーク環境の再現を行い帯域幅ごとに音質の調査をおこなうことで各ツールの実用的な利用に必要な帯域幅の調査を行う。これにより、各ツールがトラフィック量を抑えた利用を行うのにどの利用用途が適しているかを示す。

2. 実験環境

2.1 計測利用機器

- 計測対象ノートパソコン
CPU:i5-6200U(2.30GHz/4C4T)
メモリ:8GB
ディスプレイ:15.6 型ワイド 1366 × 768
OS:Windows10 Pro 64bit
備考:同スペックを 6 台使用
- 計測用ノートパソコン
CPU:i5-5200U(2.20GHz)
メモリ:8GB
OS:Windows10 Home 64bit

2.2 ネットワーク構成

ネットワーク構成を図 1 に示す。ビデオ会議を行うノートパソコンの一台を 2 番ポートに接続し 20 番ポートへミラーリングを行い、20 番ポートへ計測用 PC を接続する。

また、各ツール利用時の通信先と応答時間を表 1 に示す。この時、Zoom の通信先のみ ping 応答がなかったため経路中で応答があった最も後半のアドレスの応答時間を示す。

3. 調査内容

3.1 概要

本研究では Zoom, Cisco Webex Meetings, Google Meet の 3 つのビデオ会議ツールを利用しそのトラフィッ

クを Wireshark を用いて分析する。また、スイッチの QoS(Quality of Service) 機能により帯域制御を行い帯域幅ごとの音質をアンケート実施により調査する。

3.2 実験条件

本節では本研究における実験条件について以下に示す。

- トラフィック計測
 - ツールの画面サイズはフルスクリーンに固定
ツールの基本レイアウトの違いや表示画面解像度の確認機能の有無により、各ツール間の解像度統一が困難であるため最もレイアウトの近くなるフルスクリーンに画面サイズを統一し調査を行う。
 - カメラに映す映像はスーツの男性の映像を使用
 - 画面共有のフレーム制限は行わず初期設定で実施
一般的な会議の状況に近づけるためスーツの男性が立って話をしている映像を被写体に統一する。
 - 計測開始はツールの起動から 1 分経過後とする。
ツールにより差はあるが、ツールの起動から 30 秒間程度はセットアップのためのパケットが生じ CPU 利用率も増加するため起動直後の計測は避ける。
 - 計測時間は 1 分に統一する。
- 音質調査
 - 帯域制御は送信側の端末のポートに適用
 - 音質調査に利用する音声は以下の方法でそれぞれ取得した。
Zoom:ツールのレコーディング機能を受信側で利用し取得 Webex, Google Meet:受信側の端末のスピーカー音声を iphone のボイスメモで記録し取得

3.3 実験項目

本節では本研究における実験項目を以下に示す。

トラフィックの分析に際して以下の項目のパケット量およびパケットサイズの計測を行う。

- 音声データのみ受信
- 音声データのみ送信
- 映像データのみ受信
- 映像データのみ送信
- 画面共有データの受信
- 画面共有データの送信

映像データは参加者全員の映像が表示される形式(以下:ギャラリービュー)と発言者が大きく表示される形式(以下:スピーカービュー)ごとに計測を行う。また、映像データは会議参加台数を 2~6 台の場合についても計測を行い、画面共有データは使用データ*1毎に計測を行う。

帯域幅ごとに音声送信を行い受信した音声を録音し。その音声の聞き取りやすさをアンケートにより以下の 5 段

*1 静止画, スーツの男性, 渋谷の人混みの映像

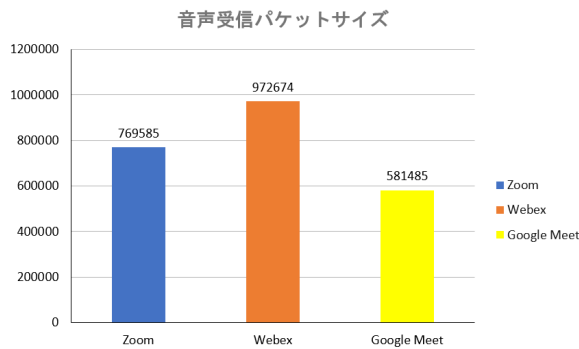


図 2 音声データのみ受信時のトラフィック
音声送信パケットサイズ

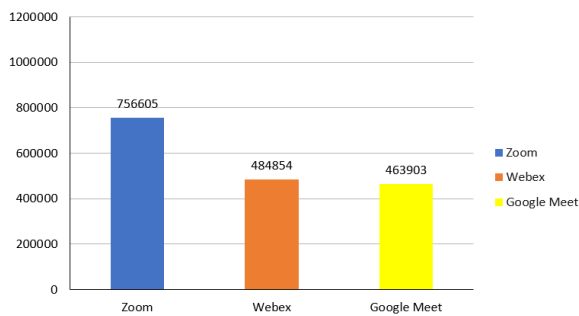


図 3 音声データのみ送信時のトラフィック

階評価で行う。帯域幅は 10kbps, 20kbps, 40kbps, 60kbps, 80kbps, 100kbps とする。

- (1) 単語も聞き取れない
- (2) 一部の単語は聞き取れる
- (3) 一部の文が聞き取れる
- (4) 内容が大まかに理解できる
- (5) 完璧に聞き取れる

4. 調査結果

本章ではトラフィック分析と音質調査の結果を示す。さらに計測結果を用いてツール間の比較を行うことで各ツールのトラフィック制御の傾向を示す。

4.1 音声データの分析

音声データのみを受信した際のトラフィック情報を図 2 に示す。Webex のパケットサイズが最も大きくなっており、次いで Zoom が Google Meet よりもパケットサイズが 200kbyte 程度ほど大きい事がわかる。

次に、音声データのみを送信した際のトラフィック情報を図 3 に示す。Webex と Google Meet のパケットサイズが同等であるのに対し、Zoom は他のツールよりも 300kbyte 程度大きくなっていることがわかる。

4.2 映像データの分析

映像データのトラフィックをスピーカービューとギャ

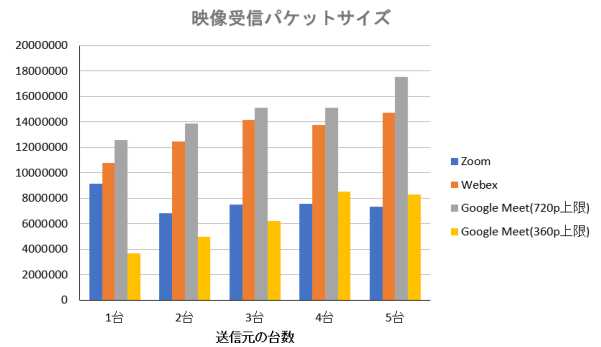


図 4 映像データ (スピーカービュー) のみ受信時のトラフィック
映像送信パケットサイズ

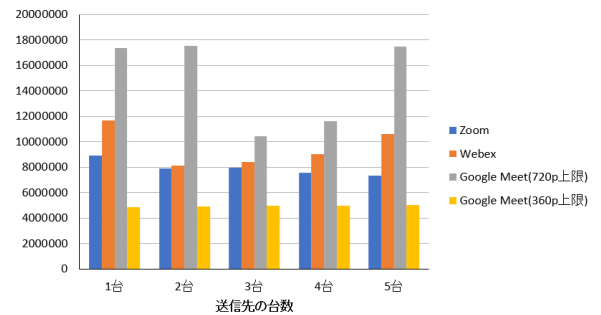


図 5 映像データ (スピーカービュー) のみ送信時のトラフィック

ラリービューごとに示し分析を行う。Zoom 以外のツールは総接続台数が 2 台以下の場合、表示形式がスピーカービューに固定されるためギャラリービューの送信元が 1 台、送信先が 1 台の時点では省略する。

4.2.1 スピーカービューの分析

スピーカービューにおいて映像データのみを受信したトラフィック情報を図 4 に示す。Webex と Google Meet が送信元の台数に比例してパケットサイズが徐々に増加傾向にあるのに対して、Zoom は送信元が 1 台の時点のトラフィックが最も大きくその後大きな変動は見られていないことが伺える。

次に、スピーカービューにおいて映像データのみを送信したトラフィック情報を図 5 に示す。Zoom と送受信解像度の上限を 360p に設定した Google Meet のパケットサイズにはほとんど変動がないこと伺えたが、Webex と送受信解像度上限 720p 設定の Google Meet は Webex が送信先台数 2 台、Google Meet が 3 台の時点で急激にパケットサイズが減少した後に再び増加傾向にあることがわかる。

4.2.2 ギャラリービューの分析

ギャラリービューにおける映像データのみを受信したトラフィック情報を図 6 に示す。Zoom は送信元台数が 3 台になるまでパケットサイズが約 2 倍ずつ増加し 4 台で半分に減少した後、再度増加傾向にあることがわかる。Webex に関して 4 台以上からは減少傾向にあることが伺える。Google Meet は 360p 上限、720 上限のパケットサイズはほぼ同量であり台数に比例して増加傾向にあったが、4 台の時点でのみパケットサイズに差異が見られた。

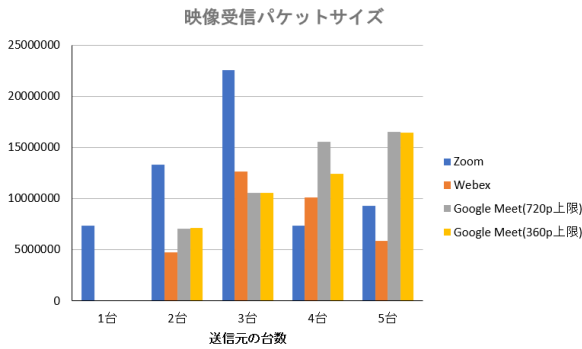


図 6 映像データ (ギャラリービュー) のみ受信時のトラフィック

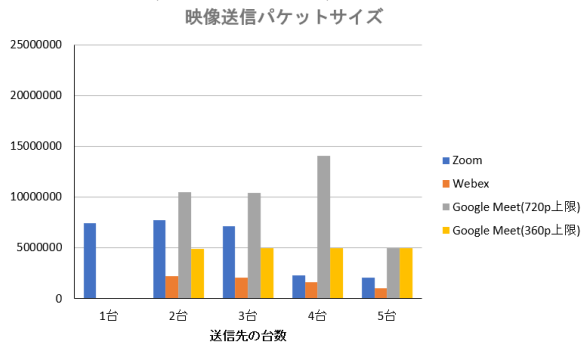


図 7 映像データ (ギャラリービュー) のみ送信時のトラフィック

次に、ギャラリービューにおける映像データのみを送信したトラフィック情報を図 7 に示す。Zoom と Webex のトラフィックは送信先台数に反比例し減少傾向にあるのに対して、Google Meet は 360p 上限の場合にトラフィックの変化はみられなかったが、720p 上限の場合は送信先台数が 2, 3 台の間はパケットサイズが 320p 上限時の 2 倍となっており、4 台の時点で急激にトラフィックが増加した後に 360p 上限時とほぼ同量に減少している事がわかる。

4.3 画面共有データの分析

画面共有においてデータを受信した際のトラフィック情報を図 8 に示す。すべてのツールに共通し静止画から人混みと映像が煩雑になるにつれてパケットサイズが増加しているが Google Meet の画面共有では、スーツ男性と人混みの映像での差異が小さいことが伺える。その反面、静止画を受信した際のパケットサイズは Zoom や Webex より大きい事がわかる。

次に、画面共有においてデータを送信した際のトラフィック情報を図 9 に示す。映像の種類によるパケットサイズの増加傾向は概ね受信時と同様であるが、Google Meet のウィンドウでの共有時においてはパケットサイズでみると映像ごとに差異が見られるがパケット量でみると差異は見られない事がわかる。

そして、Webex はパケット数が静止画を除き増加しているがパケットサイズでみると受信時との差異が他のツールより比較的少ない。これに対し、Zoom は人混みの映像を受

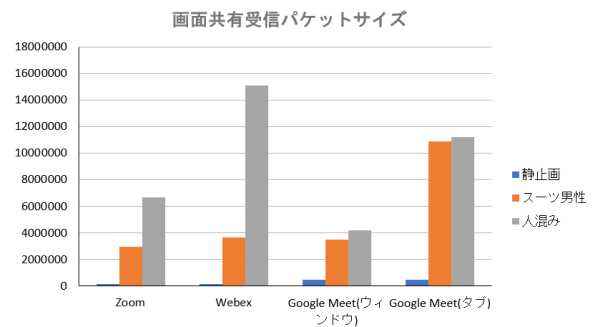


図 8 画面共有データ受信時のトラフィック

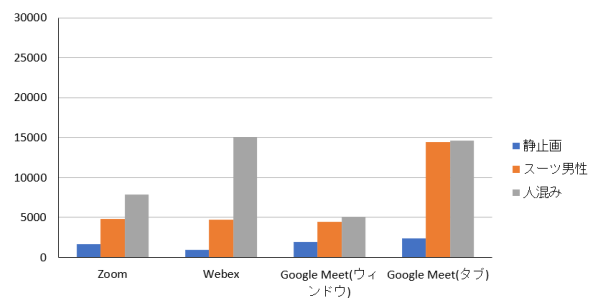


図 9 画面共有データ送信時のトラフィック

信する際のトラフィックが送信時の半分以下となっていることがわかる。また、Google Meet も受信時のトラフィックが送信時よりも小さくなっていることが伺える。

4.4 音質調査結果

各ツールの録音データに対するアンケート調査を実施したところ 7 名からの回答が得られた。アンケート結果を図 10 に示す。Zoom と Google Meet は音声品質は同程度であり帯域幅の数値に比例して音質が向上しているの

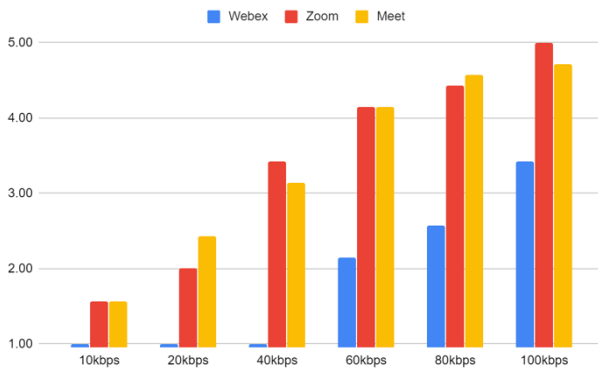


図 10 音質調査結果

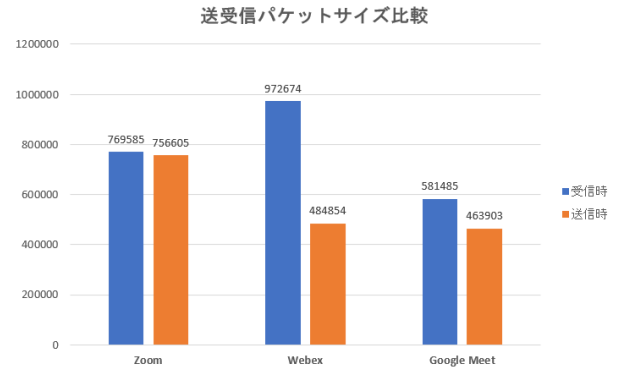


図 12 音声データパケットサイズ差

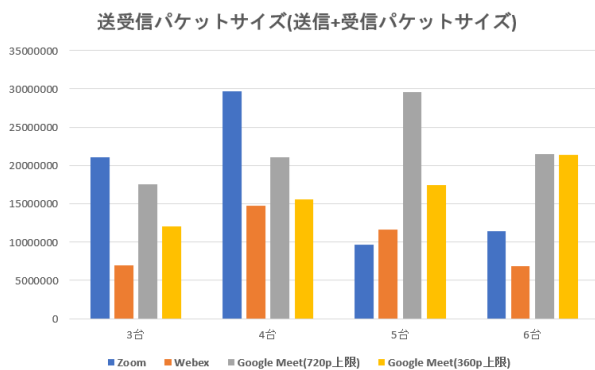


図 11 送受信パケットサイズ

に対して Webex は 40kbps までは音質に変化が見られず 60kbps から徐々に向上し始めている事がわかる。

5. 考察

5.1 大規模なツール利用に向けての考察

図 4, 図 5 より, スピーカービューにおいては解像度の上限を 360p に制限した Google Meet が送信時, 受信時ともにパケットサイズが最も小さいため, 軽量のツール利用を最優先するのであれば解像度の上限を 360p とした Google Meet は有用である。また, 黒板等を用いる遠隔授業のような低解像度では成立しない形態での利用を想定する場合には, Google Meet に次いで送信先が増加した際のパケットサイズの変動が小さい Zoom が有用であると考えられる。

次に, ギャラリービューでのツール利用について考察する。ギャラリービューはスピーカービューとは異なり参加者の多くがビデオをオンにしてディスカッションを行うような形態での利用が想定される。そこで, 接続台数が 3 台上の受信パケットサイズと送信パケットサイズを合算した図 11 を示す。Webex が全体を通してパケットサイズが小さく抑えられており, 最大数の 6 台接続においても最も小さい事がわかる。このことから大人数でのギャラリーモードでのツール利用は Webex が有用であると考えられる。

5.2 画面共有機能における映像処理仕様についての考察

画面共有機能は遠隔授業やオンライン学会発表等でも頻

繁に活用されるビデオ会議ツールにおける有用な機能の 1 つであり, 画面共有におけるトラフィック量は映像の変化量が大きいほど上昇するとされている [3]。これに対し図 8, 図 9 から Google Meet はウィンドウ共有とタブ共有の両方でスーツ男性の映像と人混みの映像のトラフィックに明確な差異が発生していないことがわかる。この結果の要因は Google Meet の映像処理仕様が他のツールと異なるためであると考えられる。つまり, Google Meet は静止画か動画であるかを判別し映像処理を行っており, 映像の変化量を考慮していないと推測される。

また, ウィンドウによる共有を行う際に送信パケット数が種類によって変化せずパケットサイズのみが変化しているのは, ウィンドウで共有する映像は静止画を想定しておりパケット数ある程度固定しているためであると考えられる。従って, Google Meet で動画を共有する際にはウィンドウでの共有ではパケット長による調整では限界があるためタブによる共有を選択することが推奨される。

5.3 音声品質とデータ処理の関係性に関する考察

音質調査の結果, Webex が他のツールよりも比較的大きな帯域幅を必要とすることがわかった。この結果の要因としては各ツールのデータ処理の違いが考えられる。図 12 に音声データの受信時と送信時のパケットサイズを並べて示す。Zoom と Google Meet の差が 150kbyte 以下であるのに対し, Webex は 480kbyte で送信時のパケットサイズと 2 倍程度の差がある。さらに, すべてのツールにおいて送信時と受信時のパケットサイズの差が最も大きくなっている事がわかる。このことから, 送信元端末からデータが送信され受信先の端末に到達する間にサーバー等でデータ処理が行われており, ツールによってその処理の傾向に違いがあると推測される。従って, 映像データのやり取りとは異なり大幅なデータ処理を必要としない音声データのやり取りにおいて比較的複雑なデータ処理を行っていた Webex の音質が低下したと考えられる。

表 2 ツールの主要な通信先

	通信先
Zoom(1 対 1)	192.168.10.6
Zoom(3 台以上)	198.251.158.7
Webex	150.253.244.38
Google Meet	74.125.250.121

5.4 通信先選択についての考察

5.3 節においてデータ処理が行われることにより送信時と受信時にパケットサイズに差が生じていると考察したが、Zoom は他のツールと比較して送信時と受信時の差が小さいことが図 12 より明らかである。これは通信形態の違いによるものであると考えられる。表 2 に主要な通信先を示す。これにより Zoom の 1 対 1 の利用における通信先がプライベートアドレスで直接通信先の端末と通信しているのに対して、他のツールは通信先がグローバルアドレスでありサーバと通信を行っていることがわかる [4][5]。つまり、Zoom はサーバを介さずに通信を行っているためサーバでのデータ処理が発生せず送信時と受信時のパケットサイズに差が発生しないと考えられる。また、Zoom の他の条件での通信先を調査したところ映像データのやり取りにおいても通信先に直接通信相手を指定しているが、画面共有においてはサーバを指定している事に加え、利用台数が 3 台以上になると他のツールと同様にサーバを通信先とすることがわかった [6]。

従って、ビデオ会議の信頼性を確保したい場合は通信経路間の機器の影響を受けづらいことから 1 対 1 での利用を行う際に限られるが Zoom が有用であると考えられる。ただし、ビデオ会議を行っている自宅や職場などの IP アドレスが知られる可能性があるため信頼できる人との間での活用を推奨する。

6. おわりに

本論文では、ビデオ会議ツールの Zoom, Cisco Webex Meetings, Google Meet のトラフィック量を様々な条件で計測することで、トラフィック制御の傾向を分析した。また、帯域制御によって劣悪なネットワーク環境の再現を行い帯域幅ごとに音質の調査をおこなった。その調査結果からビデオ会議ツールを数十人以上の規模で実施する際に、映像送信者が 1 人または少数であることが想定されるスピーカービューは送信先台数によってパケットサイズの変動がすくない Zoom が有用であり、映像送信者が多数であることが想定されるギャラリービューは受信パケットサイズ、送信パケットサイズともに小さく抑えられている Webex が有用であると示した。さらに、音質調査の結果から各ツールのデータ処理の傾向との関連性を示し、そのなかで、Webex と Google Meet とは明らかにデータ処理の違いが有意であった Zoom の通信先を調査した結果、1 対 1 の通信ではサーバを経由せず直接通信相手と通信している

ことを示した。

今回はビデオ会議ツールのトラフィック量に着目し分析を行ったが、利用者が最も目にすることになる画面の解像度はビデオ会議ツールを利用する上で重要な要素の 1 つである。従って、今後はツールの実行条件によって解像度がどのように変化し、トラフィック量にどのような影響を与えるかを調査していきたい。

謝辞

本研究の計測実験におけるセットアップおよび計測を支援してくれた敷田研究室の学生、並びに音質調査に協力してくれた同研究室の学生に感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 緒方 広明: オンライン授業への移行に対する国内外の対応と京大の取り組み, 国立情報学研究所, 第 1 回 4 月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム, 入手先 (https://www.nii.ac.jp/news/upload/20200326-3_Ogata.pdf), (2020,3).
- [2] 大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所: データダイエットへの協力のお祝い: 遠隔授業を主催される先生方へ, 国立情報学研究所, 第 7 回 4 月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム, 入手先 (<https://www.nii.ac.jp/event/other/decs/tips.html>) (2020,5).
- [3] 井上 仁: Zoom を利用したオンライン授業におけるネットワークトラフィック調査, 国立情報学研究所, 第 2 回 4 月からの大学等遠隔授業に関する取組状況共有サイバーシンポジウム, 入手先 (https://www.nii.ac.jp/news/upload/20200403-6_Inoue.pdf), (2020,4).
- [4] Cisco Webex Help Center: How Do I Allow Webex Meetings Traffic on My Network?, 入手先 (<https://help.webex.com/en-us/WBX264/How-Do-I-Allow-Webex-Meetings-Traffic-on-My-Network>) (2020,7).
- [5] G Suite サポート: Meet のビデオ通話用にネットワークを準備する, 入手先 (<https://support.google.com/a/answer/1279090>) (2020,7).
- [6] Zoom ヘルプセンター: Zoom のネットワークファイアウォールまたはプロキシサーバーの設定, 入手先 (<https://support.zoom.us/hc/en-us/articles/201362683>) (2020,7).