

IIJR

Internet
Infrastructure
Review

Sep.2022

Vol. 56

定期観測レポート

ブロードバンドトラフィックレポート ～コロナ禍3年目のトラフィックは 小康状態～

フォーカス・リサーチ

「東京・春・音楽祭」ライブ配信 2022レポート

IIJ

Internet Initiative Japan

Internet Infrastructure Review

September 2022 Vol.56

エグゼクティブサマリ	3
1. 定期観測レポート	4
1.1 概要	4
1.2 データについて	5
1.3 利用者の1日の使用量	6
1.4 ポート別使用量	9
1.5 まとめ	11
2. フォーカス・リサーチ	12
2.1 はじめに	12
2.2 ライブストリーミングの仕様と工夫	12
2.3 ライブストリーミングの構成	14
2.4 おわりに	17
Information	18

エグゼクティブサマリ

2019年末から新型コロナウイルスの感染拡大が始まって、もう3年近くになります。その間に感染拡大予防のための行動制限もあり、仕事から娯楽まで人の生活全般がインターネット上で行われ、世界的にインターネットのトラフィック量の増加が観測されています。多くの国では行動制限が解かれつつありますが、ウイルスの変異は続いており、予断を許さない状態であると認識しています。

また、国際的な民主主義と権威主義の緊張は高まるばかりで、ロシアのウクライナへの軍事侵攻が始まって半年が経過しました。経済安全保障の観点から、インターネットを支える通信インフラに関しても、サプライチェーンリスクの重要性がクローズアップされています。

2020年秋以降に顕在化した世界的な半導体不足は、出口がまだ見えていません。不足に陥った原因は、新型コロナウイルスのまん延、民主主義と権威主義の対立、ウクライナ侵攻など、様々な事象が複合的に影響していると言われています。今年後半からは解消に向かうとの見方もありますが、一部の要因は解消の目途が立っておらず、引き続き状況を注視する必要があると考えています。

このように世界全体が不透明感を増すなか、社会生活を支える基盤であるインターネットの役割はますます大きくなっていると感じています。1960年代から開発が始まったインターネットは、今なお新しい技術開発が進められると共に、利用に関するルール作りやガバナンスの議論が続いています。

2023年にはインターネットに関する2つの重要な会合が日本で開催されることになっています。技術開発のための「IETF 116」が3月に、ガバナンスのための「IGF 2023」が11月もしくは12月に予定されており、インターネットに関わる者として大いに注目しています。

「IIR」は、IJJで研究・開発している幅広い技術を紹介しており、日々のサービス運用から得られる各種データをまとめた「定期観測レポート」と、特定テーマを掘り下げた「フォーカス・リサーチ」から構成されます。

1章の「定期観測レポート」は、IJJの固定ブロードバンドとモバイルのトラフィックに関する定期的な分析です。過去から継続的に分析しているものですが、トラフィックの増加、固定ブロードバンドのPPPoEからIPoEへのシフトが続いていることが数字に現れています。ポート別使用量の分析においては、http(TCP/80)→https(TCP/443)→QUIC(UDP/443)へのシフトが数字から読み取れます。

2章の「フォーカス・リサーチ」では、IJJが協賛している「東京・春・音楽祭」のライブ配信の取り組みについて紹介します。同音楽祭は2005年から開催されていますが、2020年以降は新型コロナウイルスの影響により公演が開催できなくなったり、来場者数を制限するといった措置がとられています。そこで1人でも多くの方に音楽を楽しんでいただけるよう、インターネットでライブストリーミングを行っています。複数の会場から効率的に中継するための仕組みや、視聴者に楽しんでもいただくための工夫など、実際に取り組んだメンバーによるリアルなレポートになっています。

IJJは、このような活動を通してインターネットの安定性を維持しながら、日々、改善・発展させていく努力を行っています。今後も企業活動のインフラとして最大限にご活用いただけるよう、様々なサービスやソリューションを提供し続けてまいります。



島上 純一（しまがみ じゅんいち）

IJJ 常務取締役 CTO。インターネットに魅かれて、1996年9月にIJJ入社。IJJが主導したアジア域内ネットワークA-BoneやIJJのバックボーンネットワークの設計、構築に従事した後、IJJのネットワークサービスを統括。2015年よりCTOとしてネットワーク、クラウド、セキュリティなど技術全般を統括。2017年4月にテレコムサービス協会MVNO委員会の委員長に就任。2021年6月より同協会の副会長に就任。

ブロードバンドトラフィックレポート ～コロナ禍3年目のトラフィックは小康状態～

1.1 概要

このレポートでは、毎年IJが運用しているブロードバンド接続サービスのトラフィックを分析して、その結果を報告しています*1*2*3*4*5。今回も、利用者の1日のトラフィック量やポート別使用量などを基に、この1年間のトラフィック傾向の変化を報告します。コロナ禍も3年目に入りましたが、昨年報告した堅調なトラフィック増加が、伸び率は少し下がったものの継続していて、今のところその傾向に目立った変化は見られません。

図-1は、IJの固定ブロードバンドサービス及びモバイルサービス全体について、月ごとの平均トラフィック量の推移を示したグラフです。トラフィックのIN/OUTはISPから見た方向を表し、INは利用者からのアップロード、OUTは利用者へのダウンロードとなります。トラフィック量の数値は開示できないため、新型コロナウイルス感染拡大前の2020年1月の両サービスのOUTの値を1として正規化しています。

ブロードバンドサービスのトラフィックは、新型コロナウイルスの国内感染が落ち着いてきた昨年秋以降に少し減り、感染が

再度拡大した1月～2月に増えた後、横ばいとなっています。この1年のブロードバンドトラフィック量は、INは13%の増加、OUTは17%の増加となっています。1年前はそれぞれ20%と23%だったので、伸び率は少し下がりました。

ブロードバンドに関しては、IPv6・IPv4のトラフィック量も含めて示しています。IJのブロードバンドにおけるIPv6は、IPv4方式とPPPoE方式があります。2022年6月時点で、IPv4のブロードバンドトラフィック量の全体に占める割合は、INで39%、OUTで41%と、昨年同月よりそれぞれ8ポイントと11ポイント増えていて、全体の4割程がIPv4となっています。コロナ禍で顕著になってきたPPPoEの輻輳を避けて、IPv4へ移行する利用者が増えていて、IPv4の利用拡大が続いています。

モバイルサービスは、コロナ禍で昨年の報告までは横ばいでしたが、その後夏頃から増えました。今年の1月～2月には感染再拡大でまた少し減りましたが、その後は再度増えてきています。モバイルは、この1年で、INは23%、OUTは8%の増加となっています。

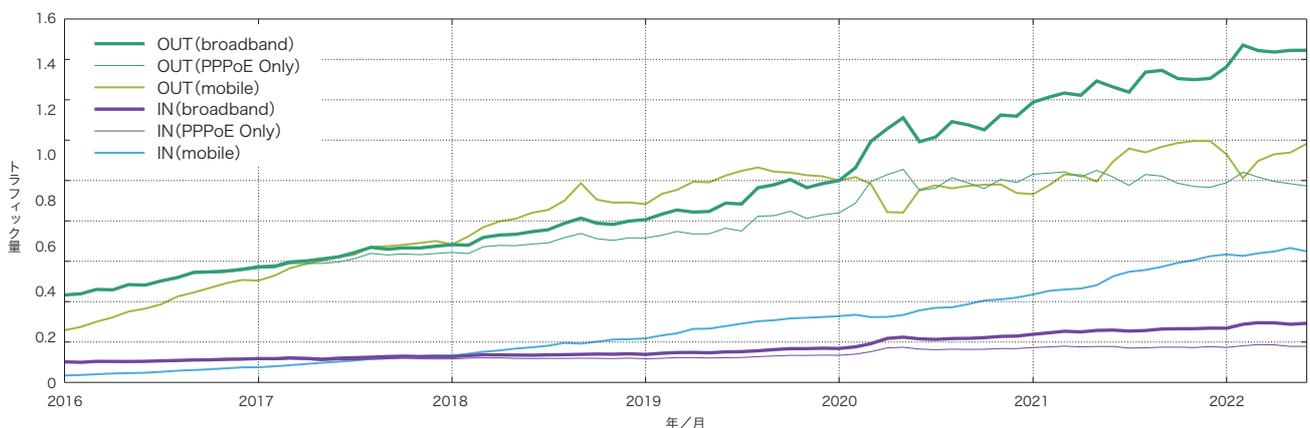


図-1 ブロードバンド及びモバイルの月間トラフィック量の推移

*1 長健二郎. ブロードバンドトラフィックレポート: 2年目に入ったコロナ禍の影響. Internet Infrastructure Review. vol.52. pp4-11. September 2021.
 *2 長健二郎. ブロードバンドトラフィックレポート: 新型コロナウイルス感染拡大の影響. Internet Infrastructure Review. vol.48. pp4-9. September 2020.
 *3 長健二郎. ブロードバンドトラフィックレポート: トラフィック量は緩やかな伸びが継続. Internet Infrastructure Review. vol.44. pp4-9. September 2019.
 *4 長健二郎. ブロードバンドトラフィックレポート: ダウンロードの増加率は2年連続で減少. Internet Infrastructure Review. vol.40. pp4-9. September 2018.
 *5 長健二郎. ブロードバンドトラフィックレポート: トラフィック増加はややペースダウン. Internet Infrastructure Review. vol.36. pp4-9. August 2017.

次に、コロナ禍の平日の時間別ブロードバンドトラフィック量の推移を見ていきます。ここでのトラフィック量はPPPoEとIPoEの合計値です。図-2に以下の7つの週のトラフィックを示します。2020年のコロナ禍の最初の変動を示すため、一斉休校が始まる前の2020年2月25日の週、最初の緊急事態宣言下の2020年4月20日の週、緊急事態解除後の2020年6月22日の週、そして、その後の変化を示すため、ほぼ半年間隔で、2021年1月18日の週と7月5日の週、2022年1月17日の週と7月4日の週を示しています。ここでは、各週の月曜から金曜の各時間の平均トラフィック量を示しています。下側の波線はそれぞれの週のアップロード量ですが、今回もダウンロード量に注目します。

2020年の2月と4月を比較して最初の緊急事態宣言の影響を見ると、昼間のトラフィックが大きく増えている、また夜のピーク時間帯でも増加しています。緊急事態宣言が解除された6月には昼間の増加分が半分以下に減少していますが、ピーク時間帯ではほとんど減っていません。直近2年間の変化では、20時～22時のピーク時間帯に着目するとほぼ一貫して増加していることが分かります。一方で、昼間のトラフィックは2021年、2022年共に1月に大きく増えて、7月にはあまり増えていません。これは、両年共に1月後半には感染が拡大していたため在宅時間が多くなっていたのに対し、7月初めには比較的状況が落ち着いていた影響と考えられます。このように、この2年間の推移を見ると、夜のピーク時間帯では堅調な増加となっている一方で、平日昼間の増加は感染状況に伴う在宅率に影響を受けていると言えます。

1.2 データについて

今回も前回までと同様に、ブロードバンドに関しては、個人及び法人向けのブロードバンド接続サービスについて、ファイバーとDSLによるブロードバンド顧客を収容するルータで、Sampled NetFlowにより収集した調査データを利用しています。モバイルに関しては、個人及び法人向けのモバイルサービスについて、使用量にはアクセスゲートウェイの課金用情報を、使用ポートにはサービス収容ルータでのSampled NetFlowデータを利用しています。

トラフィックは平日と休日で傾向が異なるため、1週間分のトラフィックを解析します。今回は、2022年5月30日～6月5日の1週間分のデータを解析して、前回解析した2021年5月31日～6月6日の1週間分と比較します。

ブロードバンドの集計は契約ごとに行い、一方モバイルでは複数電話番号の契約があるので電話番号ごとの集計となっています。ブロードバンド各利用者の使用量は、利用者に割り当てられたIPアドレスと、観測されたIPアドレスを照合して求めています。また、NetFlowではパケットをサンプリングして統計情報を取得しています。サンプリングレートは、ルータの性能や負荷を考慮して、1/8192程度に設定されています。観測された使用量に、サンプリングレートの逆数を掛けることで全体の使用量を推定しています。なお、IPoEトラフィックはインターネットマルチフィード社のtransixサービスを利用して詳細なデータが取得できていないため、ポート別解析の対象にはなっていません。

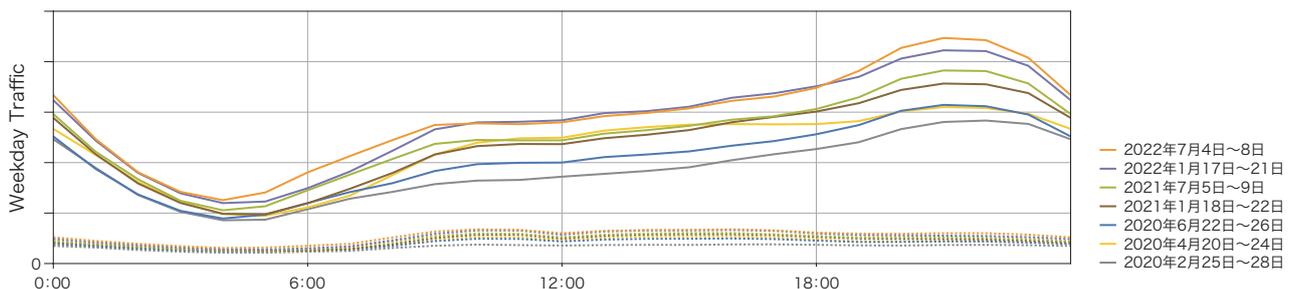


図-2 平日の時間別ブロードバンドトラフィック量の推移

1.3 利用者の1日の使用量

まずは、ブロードバンド及びモバイル利用者の1日の利用量をいくつかの切り口から見ていきます。ここでの1日の利用量は各利用者の1週間分のデータの1日平均です。

2019年のレポートから、利用者の1日の使用量は個人向けサービス利用者のデータのみを使っています。これは、利用形態が多様な法人向けサービスを含めると分布の歪みが大きくなってしまつたため、全体の利用傾向を掴むには個人向けサービス分だけを対象にした方が、より一般性がありかつ分かりやすいと判断したからです。また、今回のレポートからIPoEの利用者のデータも加えています。なお、次章のポート別使用量の解析では区別が難しいため法人向けも含めたデータを使っています。

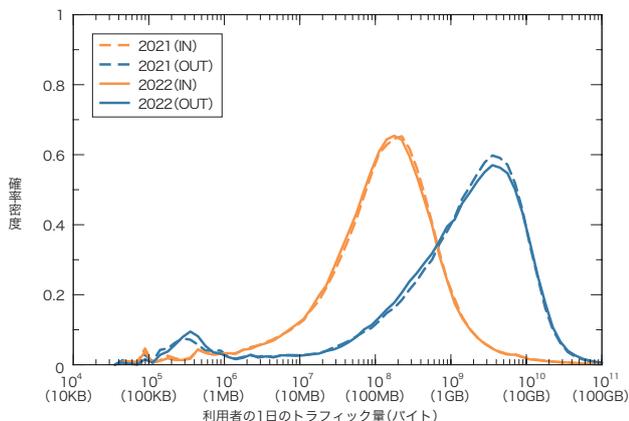


図-3 ブロードバンド (PPPoE)利用者の1日のトラフィック量分布
2021年と2022年の比較

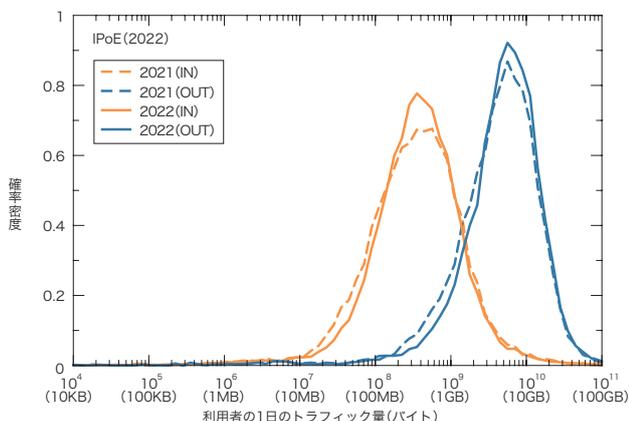


図-4 ブロードバンド (IPoE)利用者の1日のトラフィック量分布
2021年と2022年の比較

図-3、図-4及び図-5は、ブロードバンド (PPPoEとIPoE) とモバイル利用者の1日の平均利用量の分布 (確率密度関数) を示します。アップロード (IN) とダウンロード (OUT) に分け、利用者のトラフィック量をX軸に、その出現確率をY軸に示していて、2021年と2022年を比較しています。X軸はログスケールで、10KB (10^4) から100GB (10^{11}) の範囲を示しています。一部の利用者はグラフの範囲外にありますが、おおむね100GB (10^{11}) までの範囲に分布しています。

図中のINとOUTの各分布は、片対数グラフ上で正規分布となる対数正規分布に近い形をしています。これはリニアなグラフで見ると、左端近くにピークがあり右へなだらかに減少するいわゆるロングテールな分布です。OUTの分布はINの分布より右にずれていて、ダウンロード量がアップロード量より、ひと桁以上大きくなっています。

まず、図-3のブロードバンド (PPPoE) の分布を見ます。2021年と2022年を比較しても、INとOUT共に分布がほとんど変化していません。よく見ると、OUT側で僅かながら分布の山の部分が低くなっていて、その分、分布左側の中程が高くなっていることから、比較的利用量の少ないユーザの割合が若干増えたことが分かります。

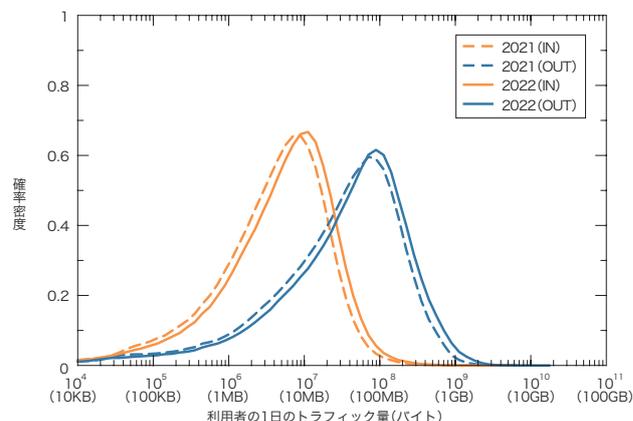


図-5 モバイル利用者の1日のトラフィック量分布
2021年と2022年の比較

図-4のブロードバンド(IPoE)の分布を見ると、PPPoEに比べ分布全体が右側にずれていて、全体としてPPPoEより大幅に利用量が多くなっています。また、分布の幅もPPPoEより狭くほぼ左右対称な形で、分布左側の利用量が少ないユーザ割合が小さい一方、分布右側の利用量の多いユーザについてはそれほど違いがありません。IPoEも昨年との差はあまり見えませんが、分布の山が少し高くなっていて、PPPoEとは逆に最頻出値近辺の割合が増えています。

このように、ブロードバンドはPPPoE、IPoE共に全体の分布はほとんど変わっていません。一方で、PPPoEからIPoEへの移行が進んで、IPoE割合が増えているため、全体のトラフィック量は増えています。

図-5のモバイルの場合は、分布の山が昨年に比べ少し右に移動して、全体の利用量が増えていることが分かります。モバイルの利用量は、ブロードバンドに比べて大幅に少なく、また使用量に制限があるため、分布右側のヘビーユーザの割合が少なくなっています。極端なヘビーユーザも存在しません。外出時のみの利用や、使用量の制限のため、各利用者の日ごとの利用量のばらつきはブロードバンドより大きくなります。

年	IN (MB/day)			OUT (MB/day)		
	平均値	中間値	最頻出値	平均値	中間値	最頻出値
2007	436	5	5	718	59	56
2008	490	6	6	807	75	79
2009	561	6	6	973	91	100
2010	442	7	7	878	111	126
2011	398	9	9	931	144	200
2012	364	11	13	945	176	251
2013	320	13	16	928	208	355
2014	348	21	28	1124	311	501
2015	351	32	45	1399	443	708
2016	361	48	63	1808	726	1000
2017	391	63	79	2285	900	1259
2018	428	66	79	2664	1083	1585
2019	479	75	89	2986	1187	1995
2020	609	122	158	3810	1638	3162
2021	684	136	200	4225	1875	3981
2022	698	130	178	4291	1778	3981

表-1 ブロードバンド(PPPoE)個人利用者の1日のトラフィック量の平均値と最頻出値の推移

表-1は、ブロードバンド(PPPoE)利用者の1日のトラフィック量の平均値と中間値、分布の山の頂点にある最頻出値の推移を示します。分布の山に対して頂点が少しずれている場合は、最頻出値は分布の山の中央に来るように補正しています。分布の最頻出値を2021年と2022年で比較すると、INでは200MBから178MBに減っていて、OUTでは3981MBで変わりません。伸び率で見ると、INで0.9倍、OUTは1倍となっています。一方、平均値はグラフ右側のヘビーユーザの使用量に左右されるため、2022年には、INの平均は698MB、OUTの平均は4291MBと、最頻出値より大きな値になります。2021年には、それぞれ684MBと4225MBでした。

IPoEでは、表-2に示すように、PPPoEより大幅に利用量が多くなっています。これは、比較的使用量が多いユーザからIPoEに移行している、逆にいうと、利用量の少ないユーザの多くはPPPoEに留まっているからだと考えられます。2022年の最頻出値はINで398MB、OUTで6310MB、平均値はINで1007MB、OUTで4935MBです。2021年の最頻出値はINで447MB、OUTで6310MB、平均値はINで1110MB、OUTで7169MBでした。

年	IN (MB/day)			OUT (MB/day)		
	平均値	中間値	最頻出値	平均値	中間値	最頻出値
2021	1110	312	447	7169	4285	6310
2022	1007	336	398	7700	4935	6310

表-2 ブロードバンド(IPoE)個人利用者の1日のトラフィック量の平均値と最頻出値の推移

モバイルでは、表-3に示すように、すべての項目で増加しています。2022年の最頻出値はINで10MB、OUTで89MB、平均値はINで13MB、OUTで114MBです。2021年の最頻出値はINで8MB、OUTで71MB、平均値はINで10MB、OUTで86MBでした。

図-6、図-7及び図-8では、利用者5,000人をランダムに抽出し、利用者ごとのIN/OUT使用量をプロットしています。X軸はOUT(ダウンロード量)、Y軸はIN(アップロード量)で、共にログスケールです。利用者のIN/OUTが同量であれば対角線上にプロットされます。

対角線の下側に対角線に沿って広がるクラスタは、ダウンロード量がひと桁多い一般的なユーザです。ブロードバンド(PPPoE)では、以前は右上の対角線上あたりを中心に薄く広

がるヘビーユーザのクラスタがはっきり分かりましたが、今では識別ができなくなっています。また、各利用者の使用量やIN/OUT比率にも大きなばらつきがあり、多様な利用形態が存在することがうかがえます。IPoEでは、PPPoEに比べ利用者間のばらつきが少なく、利用量の少ないユーザ割合も小さいことが確認できます。モバイルでも、OUTがひと桁多い傾向は同じですが、ブロードバンドに比べて利用量は大幅に少なくなっています。ブロードバンド、モバイル共に、2021年との違いはほとんど分かりません。

利用者間のトラフィック使用量の偏りを見ると、使用量には大きな偏りがあり、結果として全体は一部利用者のトラフィックで占められています。例えば、ブロードバンド上位10%の利用者がOUTの50%、INの78%を占めています。更に、上位1%の利用者がOUTの16%、INの53%を占めています。

年	IN (MB/day)			OUT (MB/day)		
	平均値	中間値	最頻出値	平均値	中間値	最頻出値
2015	6.2	3.2	4.5	49.2	23.5	44.7
2016	7.6	4.1	7.1	66.5	32.7	63.1
2017	9.3	4.9	7.9	79.9	41.2	79.4
2018	10.5	5.4	8.9	83.8	44.3	79.4
2019	11.2	5.9	8.9	84.9	46.4	79.4
2020	10.4	4.5	7.1	79.4	35.1	63.1
2021	9.9	4.7	7.9	85.9	37.9	70.8
2022	12.8	6.0	10.0	113.7	49.2	89.1

表-3 モバイル個人利用者の1日のトラフィック量の平均値と最頻出値

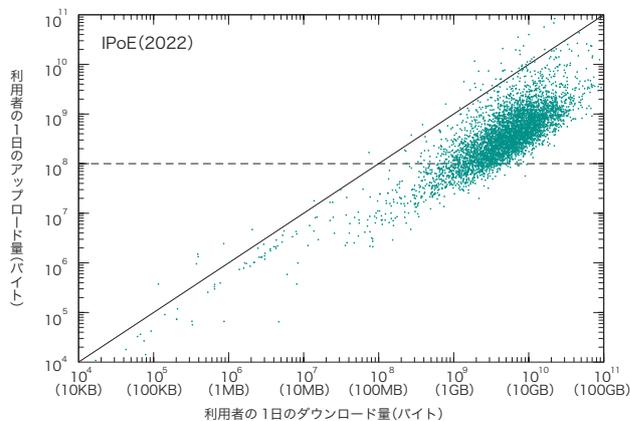


図-7 ブロードバンド (IPoE) 利用者ごとのIN/OUT使用量

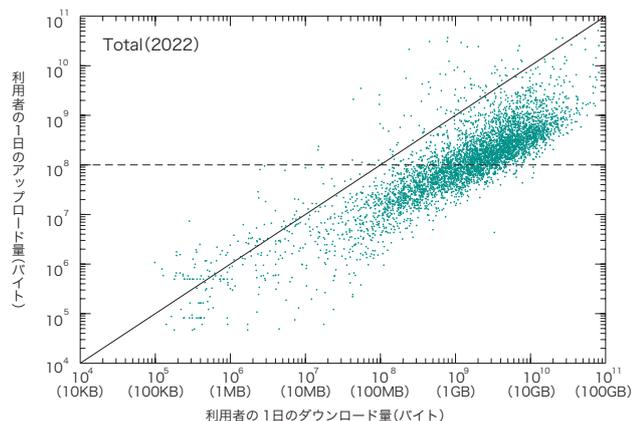


図-6 ブロードバンド (PPPoE) 利用者ごとのIN/OUT使用量

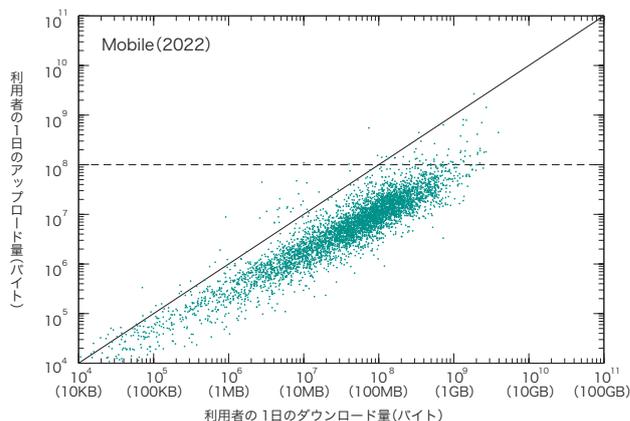


図-8 モバイル利用者ごとのIN/OUT使用量

昨年と比べると、偏りが僅かながら大きくなっています。IPoEは、PPPoEより偏りが小さく、上位10%の利用者がOUTの39%、INの64%を占めていて、更に、上位1%の利用者がOUTの11%、INの36%を占めています。モバイルでは、上位10%の利用者がOUTの50%、INの49%を、上位1%の利用者がOUTの13%、INの16%を占めています。昨年からはOUT側で僅かながら偏りが増えました。

1.4 ポート別使用量

次に、トラフィックの内訳をポート別の使用量から見ていきます。最近では、ポート番号からアプリケーションを特定することは困難です。P2P系アプリケーションには、双方が動的ポートを使うものが多く、また、多くのクライアント・サーバ型アプリケーションがファイアウォールを回避するため、HTTPが使う80番ポートを利用します。大まかに分けると、双方が1024番以上の動的ポートを使っていればP2P系のアプリケーションの可能性が高く、片方が1024番未満のいわゆるウェルノウンポートを使っていれば、クライアント・サーバ型のアプ

リケーションの可能性が高いと言えます。そこで、TCPとUDPで、ソースとデスティネーションのポート番号の小さい方を取り、ポート番号別の使用量を見てみます。

表-4はブロードバンド利用者のポート使用割合について過去5年間の推移を示します。2022年の全体トラフィックの72%はTCPで、昨年とほぼ同じです。HTTPSのTCP443番ポートの割合は、56%で前回から2ポイント増加しました。HTTPのTCP80番ポートの割合は12%から9%に減っています。QUICプロトコルで使われるUDP443番ポートは、16%でほぼ同じです。

減少傾向だったTCPの動的ポートは、6%のままで下げ止まったように見えます。動的ポートでの個別のポート番号の割合は僅かで、最大の31000番でも0.9%となっています。また、Flash Playerが利用する1935番が0.2%ありますが、これら以外のトラフィックは、ほとんどがVPN関連です。

year	2018	2019	2020	2021	2022
protocol port	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
TCP	78.5	81.2	77.2	71.9	71.6
< 1024	68.5	73.3	70.5	65.8	65.4
443(https)	40.7	51.9	52.4	53.5	55.7
80(http)	26.5	20.4	17.2	11.6	8.9
183	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
22(ssh)	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1
993(imaps)	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1
(>= 1024)	10.0	7.9	6.7	6.1	6.2
31000	0.1	0.2	0.4	0.6	0.9
8080	0.3	0.5	0.4	0.4	0.3
1935(rtmp)	0.7	0.3	0.4	0.2	0.2
UDP	16.4	14.1	19.4	24.5	24.3
443(https)	10.0	7.8	10.5	15.9	16.3
4500(nat-t)	0.2	0.3	0.6	0.8	0.8
8801	0.0	0.0	1.1	0.9	0.6
ESP	4.8	4.4	3.2	3.3	3.8
GRE	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
IP-ENCAP	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
ICMP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表-4 ブロードバンド利用者のポート別使用量

表-5はモバイル利用者のポート使用割合です。全体的にはブロードバンドの数字に近い値となっています。これは、スマートフォンでもPCと同様のアプリケーションを使うようになってきたことに加え、ブロードバンドにおけるスマートフォンの利用割合が増えているからだと思えます。

ブロードバンドのデータは、PPPoEだけでIPoEを含まないので、固定ブロードバンド全体の傾向を表しているとは限りません。モバイルでのIPv4とIPv6の違いを見ると、IPv6ではTCP

もUDPも443番ポートの割合がより大きくなっていて、IPoEでも同様の傾向があると考えられます。

図-9は、ブロードバンド全体トラフィックにおける主要ポート利用の週間推移を、2021年と2022年で比較したものです。TCPポートの80番・443番・1024番以上の動的ポート、UDPポート443番の4つに分けてそれぞれの推移を示しています。グラフでは、ピーク時の総トラフィック量を1として正規化して表しています。全体のピークは19時～23時頃です。2021年と比較してもほとんど違いはなく、HTTPからHTTPSへの移行がほぼ一巡したと考えられます。

year	2018	2019	2020	2021	2022
protocol port	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
TCP	76.6	76.9	75.5	70.3	71.6
443(https)	52.8	55.6	50.7	44.4	42.3
80(http)	16.7	10.3	7.4	5.0	4.1
993(imaps)	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
1935(rtmp)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
UDP	19.4	17.3	18.0	23.8	24.4
443(https)	10.6	8.3	9.3	16.3	17.9
4500(nat-t)	4.5	3.0	1.8	3.7	2.7
1701(12tp)	0.0	0.4	0.9	0.0	0.8
8801	0.0	0.0	1.4	0.7	0.3
3480	0.0	0.0	0.4	0.3	0.1
ESP	3.9	5.8	6.4	5.8	3.9
GRE	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0
ICMP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表-5 モバイル利用者のポート別使用量

図-10のモバイルでは、トラフィックの大半を占めるTCP80番ポートと443番ポート、UDP443番ポートについて推移を示します。ここでも、2021年からの変化はほとんど見当たりません。ブロードバンドに比べると、朝から夜中までトラフィックの高い状態が続きます。平日には、朝の通勤時間、昼休み、夕方17時頃～22時頃にかけての3つのピークがあり、ブロードバンドとは利用時間の違いがあることが分かります。

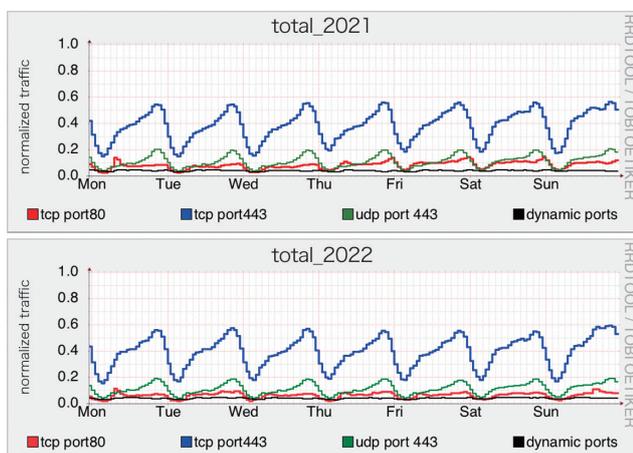


図-9 ブロードバンド利用者のポート利用の週間推移
2021年(上)と2022年(下)

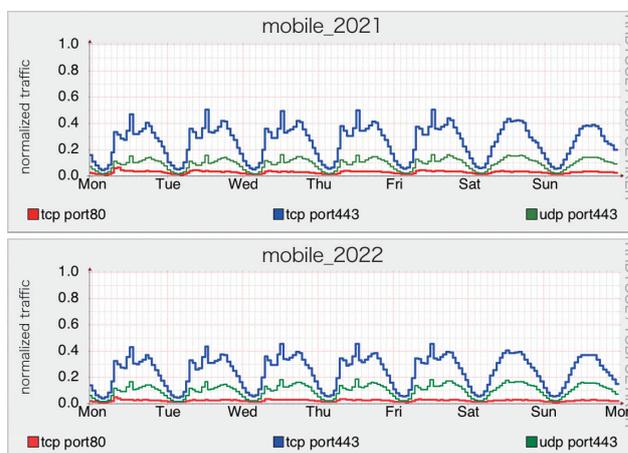


図-10 モバイル利用者のポート利用の週間推移
2021年(上)と2022年(下)

1.5 まとめ

3年目に入ったコロナ禍のこの1年のトラフィック状況をまとめると、昨年報告した傾向が継続していて、大きな変化は見当たりません。ブロードバンドでは、平日昼間のトラフィック量は感染状況による在宅率の影響で変動が見られますが、ピーク時間帯では着実に増えてきています。全体のトラフィック

量は、IPoEへの移行に牽引されて堅調な伸びを示していますが、それ以外の個人ユーザの利用量にはあまり変化は見られません。つまり、オンライン会議や動画視聴が定着してきていることがうかがえる一方で、この1年に限って言えば、ユーザが利用するサービスにもその使い方にも大きな変化はないように思われます。



執筆者：
長 健二郎（ちょう けんじろう）
IJ 技術研究所所長。

「東京・春・音楽祭」ライブ配信2022レポート

2.1 はじめに

「東京・春・音楽祭」は、年に一度、上野に点在するコンサートホールや博物館など様々な施設を会場として行われている国内最大級のクラシック音楽の祭典です。2005年より始まった「東京のオペラの森」を前身とし、2009年より「東京・春・音楽祭」として上野の春を彩ってきました。2019年には全会場で200以上の公演が上演される一大イベントとなっていました。その後のコロナ禍で、2020年は予定された公演の大半が中止となり、わずか14公演を行うにとどまりました。

更に2021年も、感染防止のために人数上限5,000人／収容率50%以下といった制限が出される中で開催となったため、会場での鑑賞を補完する目的で、開催された全14会場56公演のライブストリーミングを実施しました。IJは2021年以前もイベント配信に協力していましたが、2021年から公演を有料で販売・配信する取り組みを実施しています。

今年2022年も2021年と同様に、実施ができた全14会場60公演のライブストリーミングを実施しました。配信会場は10以上あり、およそ1ヵ月にわたる公演期間中は毎日何らかの公演があり、最大で同時時間帯に4公演を配信する日もありました。2021年は多数の公演を同時並行で配信するために、会場となる上野文化会館に多くの機材を持ち込み、仮設の配信センターを設置した上で収録・中継作業を行っていたのですが、今年は配信センターを飯田橋のIJ本社内に構築し、フレッツ網やモバイル網を経由したりリモートオペレーション作業を大幅に増やすことで人的リソースを含む配信コストの削減を試みました。

本稿では、構成の決定プロセスや、活用したIP技術の説明に加え、現地作業の苦労話などを織り交ぜ、ライブストリーミングの舞台裏を紹介します。

2.2 ライブストリーミングの仕様と工夫

2022年は音楽祭の事務局から、ライブストリーミングをもっと気軽に視聴しやすいように、決済方法を増やしつつ、リーズナブルな価格でチケットを販売できるよう配信にかかるコストを下げしてほしいという要請がありました。決済方法については、スマートフォン(iOS/Android)のアプリ内決済に対応することで、ストリーミングチケットを手軽に購入できる体制を整えました。リーズナブルなチケット価格を実現するためには、各所のコスト見直しが必要でした。機材やスタッフの稼働、システム構成など、様々な所でコストを抑えつつ、でもユーザー体験を損なわないよう心がけながらライブストリーミングの仕様を検討しました。

■ 検討その1)機材の最小化

2021年までは各会場に数台のカメラを持ち込み、公演内容に合わせてカメラアングルを切り替えていましたが、2022年は4Kカメラ1台を会場の最後列に設置し引きの映像で全体を映すことに統一しました。それにより会場に持ち込む機材を大幅に減らすことが可能になりました。一方で、視聴者は公演を常に引きの映像で視聴することになります。そこで、演目の見どころに合わせて映像がスイッチングされない点をカバーするために、視聴者が自由に視点を変えることができるよう、プレイヤーにズームと視点移動の機能を実装しました。また、視聴ページには曲目が掲載されていますが、動画を全画面表示にして視聴すると曲目が見えなくなってしまうため、全画面表示の際にも曲目を確認できるようプレイヤーに曲目確認機能を持たせました。

■ 検討その2)現地スタッフの稼働

公演会場は、毎日のように異なる上に、公共の施設となるため、開催期間中といえども配信の機材を常時、設置しておくことは

できません。よって、開演時間前に都度設営をする必要があり、その日の開演時間によっては時間との戦いになることもあります。特に大変なのが会場内の配線です。映像伝送は安定性を重視し有線としているため、大きな会場になると100mものケーブルを敷設することになり、スタッフが複数人で作業する必要がありました。そこで、少しでも現地スタッフの負荷を下げ、カメラのピント合わせや明るさの調整、音声のレベル・LR確認などは現地で実施せず、リモート側で担当することにしました。

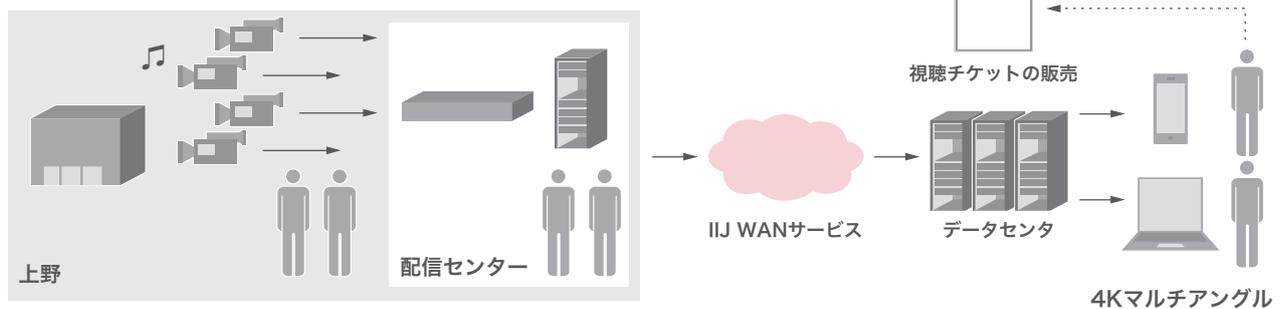
■ 検討その3) リモートプロダクションの導入

2021年までの構成では、配信センターを上野の東京文化会館内に設け、収録・スイッチング・テロップなどを加えた映像を送出する構成で、4つの公演を同時に配信するためには大量の機材を上野に持ち込む必要がありました。2022年は配信セン

ターを飯田橋のIJJ本社内に設けることで、人の移動・機材の輸送・配信センター設営が不要となりました。また、スイッチングを担当するスタッフが上野へ移動する必要がなくなり、コスト削減に加え、スタッフの負荷軽減にもつながりました。離れた場所で作業することになっても問題が生じないよう、スタッフ間の連絡手段や機材の設置・確認手順などをあらかじめ決めておくことや、オペレーション手順を随時アップデートし速やかに共有することなどをルール化することで、リモートプロダクションを導入することができました。

これらの検討をもとに、ストリーミングはライブのみ、アーカイブなし、画角は最大4K(一部2K)、音声はAAC 256kbpsを仕様としました。ストリーミングチケットの価格は、昨年の1,500円~2,500円(税込)に対して比較的手頃な約1,100円(税込)/公演(一部は730円(税込))としました。

■ 2021年の構成



■ 2022年の構成

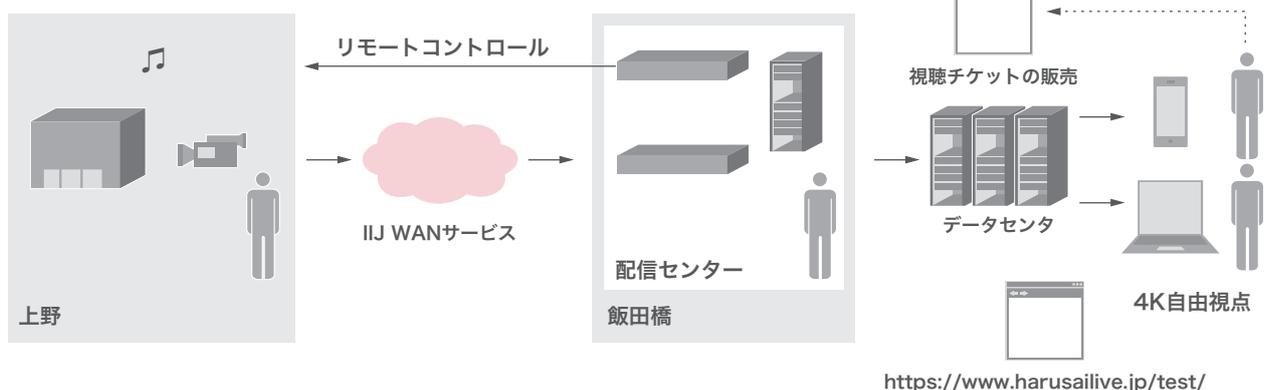


図-1 ライブストリーミング構成比較(2021年/2022年)

2.3 ライブストリーミングの構成

ここからは、ライブストリーミングの構成について説明します。

■ カメラ

Panasonic社の4Kインテグレートカメラ「AW-UE100K」を用いました。会場で公演の妨げにならないサイズであることに加え、リモート操作が可能なPTZ(パン・チルト・ズーム)機能があることが選定した理由です。PTZ機能にジョイスティックを搭載したコントローラ「AW-RP60GJ」を用いることで、カメラの水平・垂直方向の首振りや拡大・縮小に加え、明るさなどの調整が現地から離れた場所(IJ本社)からでもリモートで容易に操作できるため、現地スタッフはカメラや配線などの物理設置に注力でき、現地の稼働を削減することができました。

■ 上野からIJ本社への映像伝送

本線となる4K伝送は、ネットワークの一元管理と統合運用を実現する「IJマルチプロダクトコントローラサービス」(注釈: <https://www.ij.ad.jp/biz/mpc/>)を用い、フレッツ光ネクストIPv6折り返しを利用してL3VPN網を構築しました。VPNアダプタとして利用したIJの高機能ルータ「SEIL/X4」は、電源を入れてケーブルを接続するだけで自身のコンフィグを管理サーバからロードしてくれるため、現地でエンジニアがコンフィグを設定したり、確認する必要がありませんでした。また、コントロールパネルからすべての機器のステータスを一覧できるため、今回のように管理する機器の多いシーンでは大変助かりました。

また、公演前にネットワーク帯域幅を測定したところ、時間帯によって差はありましたが、VPNトンネルでおおむね200Mbps前後の値が出ており映像伝送に利用する帯域としては十分な実効帯域でした。



図-2 カメラとコントローラ



会場後方に設置した三脚とカメラ

1. 会場にて三脚とカメラを設置
2. リモートで水平を確認し、三脚の微調整を会場へ依頼
3. リモートでコントローラを使って画角や明るさを調整
4. 会場より音声LとRの信号をそれぞれ送り、リモートでステレオの左右が合っているかを確認

図-3 会場内の機材設置の流れ



図-4 上野からIJまでの映像伝送イメージ



図-5 LiveUを使った予備線イメージ

予備線として、LiveU(<https://www.liveu.tv/ja>)という映像伝送装置を用いて複数のモバイル事業者の回線を仮想的に束ね、HD画質で伝送しました。LiveUは複数のSIMを電装装置内に挿すことで、複数のモバイル回線を通じてより大きな映像データを伝送することが可能な放送事業者も中継で利用することがあるシステムです。SIMの契約は、会場でまだ5Gが利用できなかったため、従来のLTE契約を用いました。

会場によっては電波の入りが悪かったり、公演中は会場内の携帯電話がジャミングされる場合があるため、LiveUユニットを設置する場所を決めるには、会場ごとの特徴を把握しておく必要がありました。設置場所を試行錯誤した会場もありましたが、おおむね問題なく10~15Mbps程度のビットレートでHD伝送をすることができました。

■ 伝送プロトコル

映像の解像度とフレームレートは、4K30pとしたのですが、非圧縮だと6Gbpsに及ぶため、H.265で約30Mbpsに圧縮し、SRTというプロトコルでIJJ本社へ送りました。

SRTとは、Secure(安全に)Reliable(確実に)Transport(伝送)の略で、インターネット経由で映像を送信することを前提にHaiVison社が2014年に発表した映像伝送プロトコルです。2017年のオープンソース化により様々なベンダーが採用しており、2022年6月時点でSRTアライアンスには500社以上

が参加しています。IJJもメンバーの一員(※)です(※:<https://www.srtalliance.org/>)。UDPベースでレイテンシーを抑えつつ、TCP以上にパケットロスを見逃す機能があり、AES Encryptionを使用した暗号化機能を備えています。帯域が確保されないブロードバンドサービスなどを経由して映像伝送する際の有力なプロトコルの1つとして、今後も多くの機器で採用されていくと思われます。

■ 伝送とバッファ

今回は、実効帯域が200Mbpsの回線であったため、30Mbps程度であればSRTで問題なく伝送することができると考えたのですが、実際に試してみると、数分間隔で耳障りなプチノイズが発生しました。発生時にエラーカウンターは上がっており、原因特定に至らなかったのですが、受信機器のバッファを大きめなサイズに設定することで解消されました。

バッファを大きくすると配信遅延が増えるのですが、今回はコンサート公演というリアルタイム性の低いコンテンツであったため、問題にはなりません。しかし、スポーツなどのライブストリーミングでは低遅延が求められるため、利用する回線の特性に応じて設定値を調整する必要があると考えています。

■ 字幕

オペラ公演は日本語ではなく、「ローエングリッ」はドイツ語、「トゥーランドット」はイタリア語で歌われるため、東京文化



図-6 字幕表示に対応したプレイヤー

会館大ホールの場合は舞台の両袖にあるディスプレイに日本語が表示されます。また、東京文化会館小ホールで行われた歌曲公演では会場に対訳を配布しますが、配信を視聴しているユーザーに向けては字幕を表示させる必要がありました。2021年は字幕を映像に焼き込み配信しましたが、2022年は、図-7の構成で字幕を挿入しました。これにより、公演中でもユーザーが字幕OFF/ONを気軽にできるようになりました。

タイミング良く字幕を表示するためには、歌の進行に合わせて字幕システムを操作する必要があるため、エンジニアスタッフだけでは対応できず、コンテンツを十分に理解した音楽祭関係者に指示を出してもらう必要がありました。その指示に合わせて配信する映像データにリアルタイムで字幕をID3のメタデータとして挿入する仕組みを構築し、現地の舞台袖などで指示出しを受け、リモートで字幕挿入システムを操作する運用体制を整えました。タイミングの指示はリアルタイムで出されますが、伝送される映像には数秒の遅延があるため、字幕挿入システムに遅延分のディレイを入れ、字幕が正しいタイミングで挿入されるようになっています。

■ IJ本社配信センター

上野の各会場から送信されてきた公演の映像を調整し、開演前・休憩中・公演終了のテロップを挟み、エンドユーザが閲覧できるフォーマットにトランスコードして送出するまでを担当していました。写真にあるとおり、スイッチャーなどの機材やディスプレイを並べ、同時に最大で4公演を処理できるよう構築しました。ネットワーク監視ツール(Zabbix)を用い、ネットワークの疎通や、帯域(映像のビットレート)を可視化することで、各会場の状況を容易に把握でき、各会場の通信状況を一望できるため、リモートから現地の様子を知る重要な手段の1つとなりました。

■ コミュニケーションツール

リモートプロダクションを実施する上で重要なのは、離れた場所にいるメンバーとの意思疎通です。ライブイベントの現場ではインカムを利用するのが一般的ですが、今回はSlack(チャットルームツール)を用い、会場ごとにチャンネルを用意しました。テキストを入力する手間は増えるのですが、他会場の進行状況も一望でき、タイムラインも遡れるため対応履

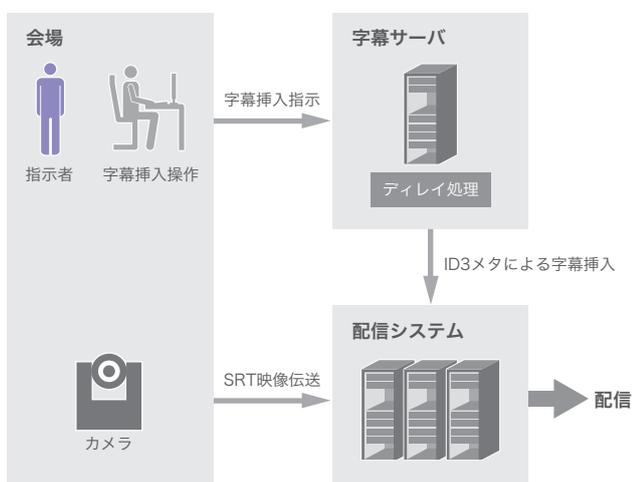


図-7 字幕構成図



図-8 IJ本社配信センター

歴も追いやすく、視認性は非常に良好でした。また、公演当日に決まることが多いアンコールなどの詳細情報を音楽祭事務局から共有してもらうのに、非常に役立ちました。一方で、情報の粒度や、書き込むタイミングなどは個人差がありました。ツールを用いる場合には、利用目的と共に、記述方法をルール化し、周知徹底しておく必要があると再認識しました。

2.4 おわりに

早くも「東京・春・音楽祭 2023」の準備が既に始まっており、リモートプロダクションを更に推し進めるために新たな機材選定やテストを始めています。今年の成果と反省をもとに、より良い配信が提供できるよう、取り組んでいきたいと思えます。

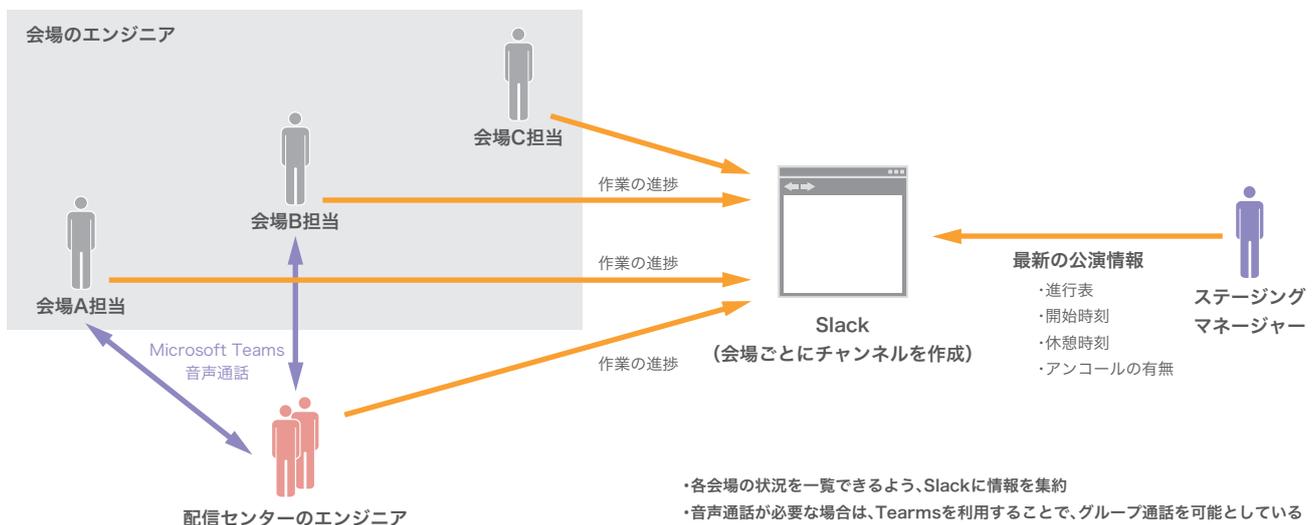


図-9 用途に応じたコミュニケーション手段



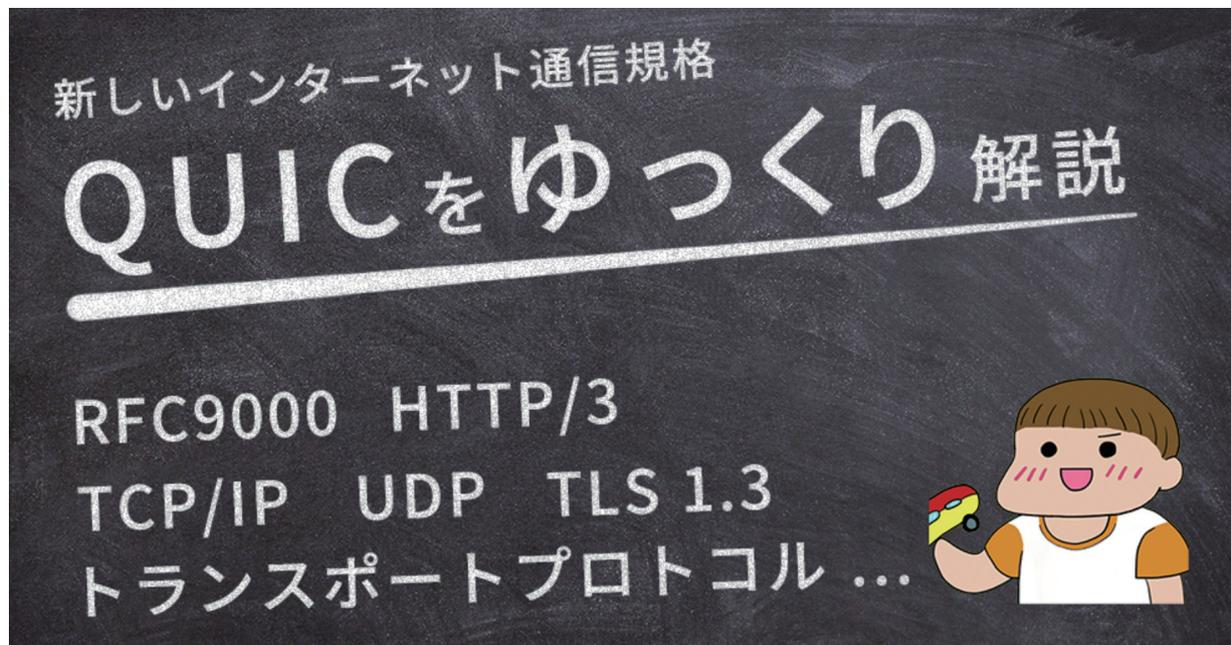
執筆者：
岡田 裕夫 (おかだ ひろお)

IJネットワーク本部 xSPシステムサービス部。
インターネットに魅かれて、2000年4月にIJ入社。営業職を経て、法人向け接続サービスに従事した後、2015年より配信関連のビジネスを担当。有料配信プラットフォームや、スタジオなどの立ち上げに係わっている。



執筆者：
渡辺 文崇 (わたなべ ふみたか)

IJ ネットワーク本部 xSPシステムサービス部 配信ビジネス課。
BSデジタル放送の開局から高度BS放送まで放送サービスのデジタル化・高度化に携わった後、現在は、同時配信やVOD/LIVE配信など、多様化している映像配信のサービス開発と提案を中心とした業務に従事。



■QUICをゆっくり解説 - 新しいインターネット通信規格

2021年5月にRFC9000として仕様が公開されたQUICは、RFCを読みこなせばその全容が掴めますが、膨大かつ実際に実装してみて初めて腑に落ちることもあります。本連載では、実際にQUICを実装した経験を持つ筆者の山本和彦が、経験者目線でQUICを解説しています。

[特集一覧]

No	タイトル
1	QUICをゆっくり解説(1):QUICが標準化されました
2	QUICをゆっくり解説(2):ネゴセよ
3	QUICをゆっくり解説(3):QUICパケットの構造
4	QUICをゆっくり解説(4):ハンドシェイク
5	QUICをゆっくり解説(5):2回目以降のハンドシェイクと0-RTT
6	QUICをゆっくり解説(6):増幅攻撃との戦い
7	QUICをゆっくり解説(7):アプリケーションデータとストリーム
8	QUICをゆっくり解説(8):フロー制御
9	QUICをゆっくり解説(9):コネクションの終了

No	タイトル
10	QUICをゆっくり解説(10):コネクションのマイグレーション
11	QUICをゆっくり解説(11):ヘッダの保護
12	QUICをゆっくり解説(12):確認応答(ACK)
13	QUICをゆっくり解説(13):ロス検知
14	QUICをゆっくり解説(14):輻輳制御
15	QUICをゆっくり解説(15):HTTP/3
16	QUICをゆっくり解説(16):ヘッダ圧縮
17	QUICをゆっくり解説(17):QUICビットとトランスポート・パラメータ
18	QUICをゆっくり解説(18):QUICバージョン2
19	QUICをゆっくり解説(19):バージョン・ネゴシエーション

連載記事はこちらからご覧いただけます
(<https://eng-blog.ij.ad.jp/quic>)。



■ 動画「インターネット・ミニ解説」

最近の技術動向を分かりやすく解説した動画を公開しています。過去のIIRの解説もありますので、ご興味のある方はぜひご覧ください。

2022夏の高校野球～ネット配信やってます



(2022年8月15日 公開)

インターネット・ミニ解説 クラウドとストレージ (Internet Infrastructure Review vol.55)



(2022年6月30日公開)

終了したアクセス解析サービスによるセキュリティ問題



(2022年6月29日公開)

NGINXとはなにか(IIJ開発 LDAP認証モジュール)



(2022年6月14日公開)

「インターネット・ミニ解説」再生リスト



■ IIJ 公式Twitterアカウント@IJJ_ITS

なお、各媒体の記事公開やイベント開催情報は、IIJ公式Twitterアカウント@IJJ_ITSでお知らせしています。ご興味のある方はぜひフォローしてください。

@IJJ_ITS https://twitter.com/IJJ_ITS





Internet Initiative Japan

株式会社インターネットイニシアティブ(IIJ)について

IIJは、1992年、インターネットの研究開発活動に関わっていた技術者が中心となり、日本でインターネットを本格的に普及させようという構想を持って設立されました。

現在は、国内最大級のインターネットバックボーンを運用し、インターネットの基盤を担うと共に、官公庁や金融機関をはじめとしたハイエンドのビジネスユーザに、インターネット接続やシステムインテグレーション、アウトソーシングサービスなど、高品質なシステム環境をトータルに提供しています。

また、サービス開発やインターネットバックボーンの運用を通して蓄積した知見を積極的に発信し、社会基盤としてのインターネットの発展に尽力しています。

本書の著作権は、当社に帰属し、日本の著作権法及び国際条約により保護されています。本書の一部あるいは全部について、著作権者からの許諾を得ずに、いかなる方法においても無断で複製、翻案、公衆送信等することは禁じられています。当社は、本書の内容につき細心の注意を払っていますが、本書に記載されている情報の正確性、有用性につき保証するものではありません。

本冊子の情報は2022年9月時点のものです。

©Internet Initiative Japan Inc. All rights reserved.
IIJ-MKTG019-0056

株式会社インターネットイニシアティブ

〒102-0071 東京都千代田区富士見2-10-2 飯田橋グラン・ブルーム
E-mail: info@ij.ad.jp URL: <https://www.ij.ad.jp>