



映像通信の進化と当社の役割

Evolution of Video Communication and Sumitomo Electric's Mission

西本 裕明
Hiroaki Nishimoto

近年増加を続ける下りアクセスネットワークトラフィックの65~70%を映像配信トラフィックが占めている。放送サービスのチャンネルあたりの最大所要帯域は、映像の高画質化と映像圧縮技術の高度化が標準化とセットで進んだ結果、20年間あたり、圧縮前が約40倍、圧縮後が国内RF放送において約5倍、IPTVにおいては約20倍のペースで増加してきた。一方、今後の市場の成長は、8K化に加え、360° 3D映像やAI、デジタルツイン技術と組み合わせたXR（クロスリアリティ）^{*1}映像サービスが牽引することが期待されている。この機に、映像通信技術の動向と当社の取り組みを振り返ると共に、クラウドコンピューティングと家庭や職場を結ぶ全光および無線ネットワークに求められる各種Key Indexの内、特に、没入感ある双方向性の3D、XR映像配信サービスの実現に欠かせないMotion-to-Photon遅延と呼ばれる性能に着目し、他の要件への影響について考察する。

Video distribution traffic accounts for 65-70% of the downstream access network traffic, which has continued to grow in recent years. The advancement of video image quality and video compression technologies, coupled with standardization efforts, has led to a substantial increase in maximum required bandwidth per broadcasting channel. Specifically, over the last two decades, the maximum required bandwidth has multiplied by approximately 40 times (pre-compression), and 5 times (post-compression) for domestic radio frequency broadcasting, while IPTV showed the pace of 20 times per 2 decades. Concurrently, the market's future growth is anticipated to be driven not only by the transition to 8K video but also by the integration of Extended Reality (XR) video services that combine 360° 3D video, AI, and digital twin technologies. Taking this opportunity, the author endeavors to reflect on the trends in video communication technology and his company's initiatives. The paper also discusses the various key indexes required for all-optical and wireless networks connecting cloud computing to homes and workplaces, with a particular focus on what is called the Motion-to-Photon latency, which is essential for realizing immersive and interactive 3D and XR video distribution services, and considers its impact on other key indexes.

キーワード：映像配信、3D、XR、全光ネットワーク、Motion-to-Photon

1. 緒言

今日、自由視点360° 3D映像や、これをAI、デジタルツイン技術と組み合わせて社会活動や娯楽を一変させるXR（クロスリアリティ）^{*1}映像の次世代サービスが模索され、IOWN（Innovative Optical and Wireless Network）Global Forum や3GPP（Third Generation Partnership Project）等においてユースケースの議論が始まっている。その実現にはデータセンタに於けるクラウドコンピューティングと実世界の現場を結ぶ通信ネットワークとアプリケーションの、これまでにない、①高速大容量化、②低遅延化、③省電力化、ならびに、レジリエンスとセキュリティーの確保が欠かせない。ブロードバンドインターネット通信のトラフィックの過半を占めてきた映像通信技術の動向と当社の取り組みを振り返り、飛躍の一助としたい。

いる⁽²⁾。この統計にはIPTVやCATV事業者により配信/管理されたIP映像配信トラフィックは含まれない。これを含む例として、世界最大のCATV通信事業者Comcastの場合、2021年の下りPeak Trafficに占める全ての映像配信の割合は71%⁽³⁾と報じられている。このように、映像配信トラフィックは、ネットワークトラフィックの大半を占めている。その映像情報の所要配信帯域は、クラウド/局側で画面生成を行う場合、式(1)で示される。

$$\text{所要帯域 (bps)} = \frac{\text{画素数 (例: 4Kx2K)} \times \text{秒あたりフレーム数 (fps)} \times \text{色深度 (8, 10, 12bit)} \times \text{色数 (3)}}{\text{色差情報の間引き (4:4:4 RGB=1, YCbCr 4:2:2=1.5, YCbCr 4:2:0=2, Dual Green=3)}} \times \text{立体視画面数 (画面角数)} \times \text{圧縮率} \dots (1)$$

2. 映像配信トラフィックの概観

動画配信の世界市場は2021年9兆9,310億円（前年比25%増）、日本は4,614億円（前年比19%増）である⁽¹⁾。2022年上期の世界のインターネット通信トラフィックにおけるYouTube、Netflix等のIP映像配信トラフィックは前年同期の53.7%から約23%増加し65.9%と報告されて

映像のクオリティ（画素数×フレーム数×色深度）アップにより、圧縮前の所要帯域は20年間で約40倍となったが、映像の圧縮技術も進化を続け、表1に示すDe jure標準化された映像圧縮技術の圧縮率は20年あたり、約5倍改善した。この結果、圧縮後の映像情報の最大所要帯域は、図1に示すように、20年あたり、標準化が約20倍、国内RF放送が約5倍、国内IPTVが標準化同様のペースで増加してきた。

表 1 映像圧縮配信技術の変遷
 (*1: 色空間4:2:0の参考値、実用放送とは異なる場合あり、*2: Immersive)

標準規格	ITU-T	H.262	H.264	H.265	H.266
	ISO/IEC	MPEG-2	MPEG-4 AVC	MPEG-5 HEVC	MPEG-I*2 VVC
標準化完了年		1995年	2004年	2013年	2020年
主な用途		デジタル放送、DVD	携帯向け放送、IPTV、BD	4K/8K 放送	360°、3D 没入型放送、HDR
最大解像度		HD	4K	8K	16K/3D
最大フレームレート		30fps	60fps	120fps	120fps
色空間(色情報の間引き)		4:2:0/4:2:2	4:2:0/4:2:2/4:4:4		
色深度		8bit	8~12bit	8~16bit	10~16bit
圧縮比(以下参考例)	非圧縮	約55:1	約110:1	約220:1	約440:1
所要帯域*1 bps	HD 30fps 8bit	0.7G	約14M	約3M	
	4K 60fps 8bit	6.0G		約27M	約14M
	8K 60fps 10bit	31.9G		約145M	約72M
	16K 120fps 10bit	318.5G			約724M

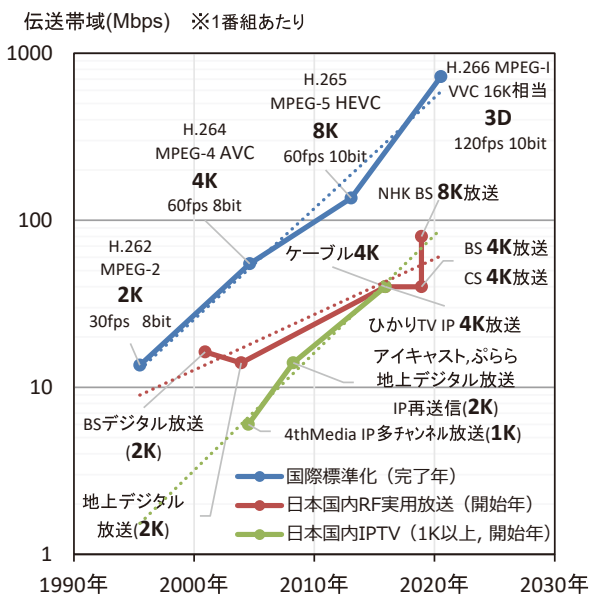


図1 圧縮後の最大映像伝送帯域の成長トレンド

Y年後の国内IPTVの所要帯域の増加は、式(2)で示され、約4.5年で所要帯域が倍増してきた。

$$GRB(\text{Growth Rate of Bandwidth}) \div 2^{(Y/4.5)} \dots\dots\dots (2)$$

そして現在、次世代の3D、XR映像配信に向けた新技術の模索と標準化の活動が始まっている。以下、3章にて当社の映像情報配信技術と市場の変遷を振り返り、4章にて3D、XR映像配信に向けた技術動向について考察する。

3. 当社の映像情報配信技術の振り返り

3-1 源流：生活映像情報システム「Hi-OVIS」

当社の映像情報配信技術への取組は1978年に運用開始した世界初の双方向光CATVシステムHi-OVIS⁽⁴⁾に遡る。通商産業省が支援し、光センターと奈良県生駒市の一般家庭約150戸と6カ所の公共施設を光ファイバーで繋げ、

映像の双方向通信をおこなう世界初の試みで、Video on Demandサービスや、天気や自治体情報、交通情報など現在のデータ放送サービスの先駆けとなる実験がおこなわれた。家庭や施設に専用端末を設置し端末からのリクエスト信号をセンターのコンピュータで処理し映像源の起動と映像交換機を制御して各家庭にサービスを行なった。当社は光ファイバー、光データリンク(光電変換モジュール)、送受信装置、映像交換機など核心となる製品・技術の開発に取り組み、アルビン・トフラーの著書「第三の波、The Third Wave(1980)」にて未来社会の一例として紹介され、1984年には昭和天皇がご視察されるなど高い関心を集めた。その後の各事業および技術者の挑戦姿勢に大きな影響を与えた。また、CATVシステム事業は1999年に当社と(株)東芝の合併で設立された(株)ブロードネットマックスに繋がった。

3-2 インターネットの普及と映像IP配信の草分

1969年から米国防総省高等研究計画局(現在のDARPA)の資金提供により開発されたコンピュータ間を網目状に繋ぐネットワーク「ARPANET」をベースに開発されたインターネットは、1993年には欧州原子核研究機構(CERN)がWorld Wide Web(WWW)の商用利用を解放し、同年イリノイ大学の米国立スーパーコンピュータ応用研究所(NCSA)にて革新的なWebブラウザMosaicが開発され、これがNetscapeや後のInternet Explorerとしてリリースされ、世界に広まった。日本においては1993年に初のインターネットサービスが開始され、普及黎明期にあった1995年1月17日、阪神・淡路大震災が発生した。同震災では通信・放送インフラも被災し、現場の映像情報が、所管官庁・自治体・メディア・被災者に届きにくい状況となった一方、地元の多くの大学、企業、研究機関、個人がインターネットを通じて被災地の画像、安否情報、地震学術情報等を世界に発信。パソコン通信の「地震情報」メニューは震災発生当日開設29時間で総アクセス数が100万件を超え、インターネットの強靱性と利便性が認識された。

当社は、インターネットのインフラを用いた映像配信実現を目指し、震災2年後の1997年、まず、分散多地点の監視力

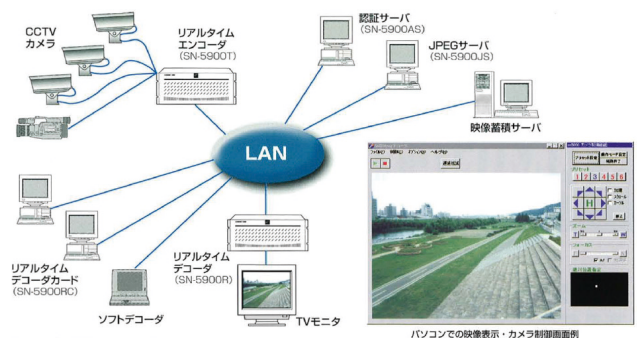


図2 阪神・淡路震災後の国道河川映像監視用MPEG2リアルタイムビデオサービスシステム(住友電工カタログ, 1998.9)

メラ映像を当時の最新の映像圧縮技術であるMPEG2MP@MLを用いて2Mbps～8Mbps（当時のスタジオ品質）に圧縮し、放送用のトランスポートストリームを、拠点間はATM（Asynchronous Transfer Mode）交換技術を用いた光バックボーンLAN（当社Suminet-3700）、拠点内は100Mイーサネット上のVLANを経由して配信し、専用受信端末に加えてWindows-95 PC上のInternet Explorerから選択・操作・視聴するIP映像配信システム「MPEG2リアルタイムビデオサーバシステムSuminet-5900」を開発。1998年、長野オリンピック開催下の道路監視や、淀川、鶴見川の河川監視をはじめ国土交通省の各地の河川・道路監視システムに納入した（図2）。また、震災後の兵庫県内のCATV9局をインターコネクトする実験にも参加した。これらにより当社は、高効率映像圧縮技術、ならびに、インターネットとの親和性に優れたIP映像配信技術の実績を積んだ。

3-3 ブロードバンドアクセス市場への参入と第1世代IP-STBの上市

米国で1995年に規格化されたADSL（Asymmetric DSL）技術を日本の公衆網で普及させるべく、当社は、日本の既存通信方式（ISDN）の動作周期に同期させてADSLの伝送量を変化させるDual Bitmap方式を見出し、この技術を国内他社と共同で日本向けAnnex（付属規定）としてITU-T（International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector）に追加した結果、1999年ADSL国際標準が制定され、当社はブロードバンド加入者網市場に参入した⁽⁵⁾。そして、ADSLの通信速度や料金の面で、日本には世界でも稀に見る激しいサービス競争が生まれ、ブロードバンドが世界に先駆けて普及する状況を迎えた。当社は、後継製品として2000年から集合住宅向けVDSL（Very High Speed DSL）とFTTHの本命GE-PONの開発を進めると共に、ADSLの速度競争（2Mbps⇒8Mbps⇒12Mbps⇒24Mbps）への対応や局舎装置高密度化を進めた。2002年には、通信市場におけるアクセス系ブロードバンド機器（EPON、xDSL、STB）事業を展開する子会社として住友電工ネットワークス株式会社を設立。VDSLは2002年から出荷開始し翌年には70～100Mbps品を投入。GE-PONでは、32～64に分岐された条件の異なる複数の加入者からの上り信号のバースト問題をLANで培った媒体共有制御技術と光部品メーカーとしての知見とアナログICの独自開発で克服。2004年には、IEEE（Institute of Electrical and Electronics Engineer）で1GbpsのGE-PONが標準化され局側装置、宅内装置の納入を開始、翌2005年に出荷が本格化した。

これらと並行して、インターネット上のビデオコンテンツの高精細化、長尺化、圧縮技術の高度化、ボーダーレス化が世界で進んでいた。このころ日本では、2003年にデジタルハイビジョン放送が東京・大阪・名古屋の各局で開始され2006年には全県庁所在地に広がっており、国民性と相まってベストエフォートで帯域を共有するブロードバン

ドインターネットに於いても、国民の求める映像品質レベルは高かった。しかし、インターネット通信の基本をなすTCP/IPにおいては、欠損パケットを再送することでQoS（サービス品質）を維持しており、ゴールデンタイムにおいては、この仕組みが更に帯域を増大させ、更なるパケット欠損を生み、これが映像のフリーズや乱れを生んでいた。また、TCP通信では、パケットが通信ホストの間を往復する時間「ラウンドトリップタイム（RTT）」と通信スループットの積を一定にする制御が導入されており、特に、伝送遅延の大きい遠隔サイトからのコンテンツダウンロードにおいては、パケット欠損がパケットの再送を生み、これがRTTを更に増大させ、ネットワークの実効スループットを著しく低下させる問題が顕在化していた。当時はまだ、サービスクラスに応じてIPパケット廃棄の優先度や受信バッファサイズを変える「優先制御」や、「帯域保証」の仕組みは普及しておらず、欠損パケットを再送以外の方法で再生することがサービス品質の改善に欠かせない状況であった。

当社はこの課題を解決すべく、世界最初の不規則LDPC誤り訂正（FEC）符号であるトルネードコードやLTコードの設計と解析を主導しファイステル暗号の構造分析でも知られるカリフォルニア大学バークレー校・国際コンピューターサイエンス研究所（ICSI）のMichael Luby教授らが1998年に立ち上げたDigital Fountain Inc.にCisco Systems Inc.やソニー（株）とともに出資。2009年に同社がQualcomm, Inc.により買収されるまでの間、多くの指導を仰いだ。

当社は、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）の前身である総務省所管の認可法人：通信・放送機構（TAO）の国プロにおいて、2002年、LTコードを更に改善発展させた当時世界最強のFEC、Raptorコードを搭載したIP-STBを開発。2003年～2004年のNTTレゾナント（株）の前身NTT-BBおよび日本電気（株）と共同で世界初のFEC効果の実証トライアルサービス（図3）⁽⁶⁾を成功させた。

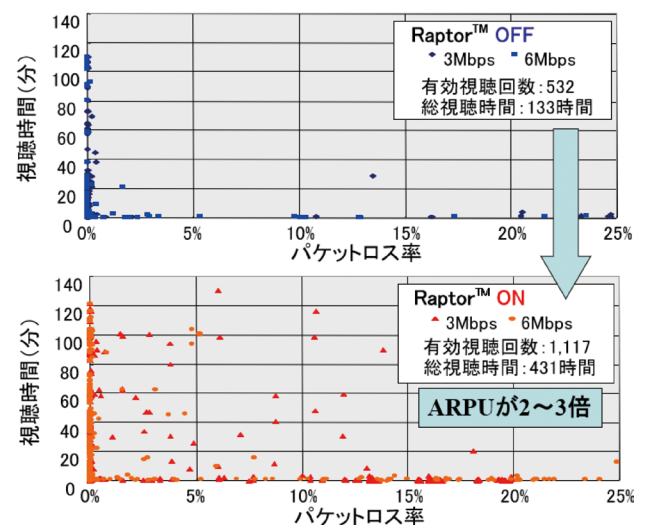


図3 NTT-BBとの2003年 都内IP映像配信フィールドトライアルのブラインドテストにおける視聴時間のパケットロス依存性

その後「オンデマンドTV」(西日本電信電話(株)、伊藤忠商事(株)、スカパーJSAT(株)のJV)の「FTVサービス」向けIPv6マルチキャスト映像配信トライアルを経て、2004年～2005年NTTコミュニケーションズ(株)の「OCNシアター」サービスおよび(株)ぷららネットワークスの「4thMEDIA」サービス向けに商用機の納入を開始した。

2007年には日本電信電話(株)のNGNトライアルに参加すると共に、世界初のフルハイビジョン地デジ放送のIP再送信に対応したIP-STBの開発ならびに、客先による再送信許諾の取得の支援に取組んだ。挑戦的な技術は多岐に及んだが、特に、電波による放送とIPによる再送信の間の遅延時間を2.5秒以下に抑えつつ映像・音声・およびデータの品質を維持する、放送コンテンツの「同一性保証」実現と、コンテンツ保護のために新たに導入されたDRM(Digital Rights Management)の実装には、細心の注意と、異常系試験を含む膨大な試験リソースを投入した。(株)NTTぷららの「ひかりTV」サービス用に、FTTHサービスを展開する東日本電信電話(株)および西日本電信電話(株)向けに2008年春から出荷を開始し、2010年3月迄にNTTグループ向けに約100万台を納入した。以上を図4に示す。

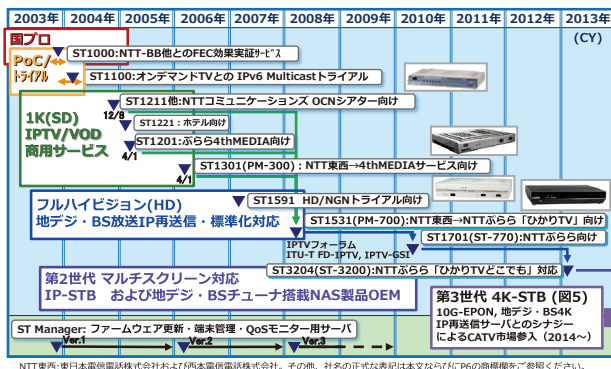


図4 IPTV向けSTB市場の立ち上げ

IPTV標準化においては、一般社団法人IPTVフォーラムに続き、ITU-TのFG IPTV(Focus Group on IPTV)、IPTV-GSI(Global Standards Initiative)においてH.701(Error Recovery), H.721(Terminal Device)他の寄書に貢献。2010年～2011年には日本標準と準拠製品の海外展開を目指し、Geneva, Singapore, Pune, Rio de JaneiroでのITU Interop Eventにて相互接続試験に貢献した。

3-4 第2世代マルチスクリーン対応IP-STBと地デジ・BSチューナ搭載NAS製品の開発供給

2010年から2014年の第2世代IP-STBでは、当社は第1世代IP-STBで実現していたトリプルIPチューナと外付けHDDによる2ch同時裏番組の録画・再生機能を更に発展させ、DLNA(Digital Living Network Alliance)サーバ機

能をIP-STBに搭載することにより、IP-STB経由、家庭内や通勤先等出先から、あらかじめ登録されたスマホ、タブレット等のマルチデバイスによる、TV, VOD(Video on Demand), 録画コンテンツの視聴を可能とする「マルチスクリーン」サービスを実現した。また、リビングの中核的な情報家電として求められる様々な高機能化を進めた。

また、この時期、IP-STBで培ったコンテンツ配信技術を生かしつつ、STBの持つTVモニターへの映像出力を捨てて、地デジ・BSのRFチューナとHDDを内蔵したNAS(Network Attached Server)製品をパートナー向けに開発。その第一ロット約50万台をOEM供給した。

併せて、この時期、日本方式地デジ(ISDB-T)が採用されワールドカップ(2013年)とRio de Janeiroオリンピック(2016年)を控えたブラジルの市場調査(2009年～2011年)を経てIP Hybrid-STBを提案。現地大手通信キャリアOi(Telemar Norte Leste S.A.)向けに、現地仕様のモドルウェア「Ginga」を実装した実証機を試作し親会社Portugal Telecom(Lisbon)での評価を経て2012年4月単独採用を頂いた。この時期身に着けた、家電としての軽快で安定したグラフィカルユーザインタフェース技術と、複数プロジェクトを効率的に進めるための共通プラットフォーム開発技術、RFチューナとCASの技術、世界水準のコスト競争力は、次項に示す当社第3世代4K IP Hybrid-STBの開発とCATV市場参入に活かされた。

3-5 第3世代4K-STB、10G-EPON、地デジBS4K IP再送信サーバの提供

2013年8月、日本のBS4K放送開始(2018年12月)の5年前、当社は研究開発部門に超高精細映像技術グループを設置。従来のH.264/AVC映像圧縮符号化方式に代わるH.265/HEVC方式に対応した4K IP(Hybrid)-STBの実証機開発と、日米の大手通信キャリアおよびCATV MSOへの提案を開始した。2014年10月には、当社は、(株)NTTぷららが「ひかりTV」にて提供開始した世界初の4K60フレーム/秒対応IP映像配信商用サービスに向け、北米映画配給会社の4Kプレミアムコンテンツ・セキュリティ要件にIP-STBとして世界で初めて適合した4K IP-STB「ST-4100」の納入を開始⁽⁷⁾。2016年に投入された後継普及機「ST-3400」にて4K IP-STB国内販売首位を得た。

2016年には、視聴者の急拡大が想定されたYouTubeやNetflixの視聴を可能とするGoogle LLCのAndroid TVに対応。同社よりSTBとして国内初の認定を取得し、6月KDDI(株)の「auひかりTV」に提供開始⁽⁸⁾。これらOTT(Over the Top)と呼ばれる映像Streamingサービスは、ネットワークの利用可能な帯域や遅延に応じて映像が中断しないよう、かつ、できるだけ高品質に再生できるよう、複数のビットレートや解像度のストリームから、受信するストリームを動的に変化させるMPEG-DASH(Dynamic Adaptive Streaming over HTTP, 2012年4月に国際標準化された)を用いることで、世界に普及している。2017年7月にはKDDI(株)を通じ、CATV向けにCATVとIPTVと

Android TVに対応し、音声認識により操作が行えるハイブリッド4K対応「ケーブルプラスSTB」を提供開始。2018年12月にはBS4K放送にも対応した後継機「ケーブルプラスSTB-2」の提供を開始⁽⁹⁾。2019年9月には(株)NTTぷらら向けに従来の「ひかりTV」放送（地上デジタル、BSデジタル、多チャンネル放送）に加え国内初のBS4K放送IP再送信とAndroid TVに対応したIP-STB「StreamCruiser SmartTV 4500（ST-4500）」の提供を開始⁽¹⁰⁾。同2019年12月にはKDDI(株)経由世界4位のCATV事業者であるJ:COM向けにDOCSIS 3.0準拠のケーブルモデムを搭載しAndroid TVアプリに対応したIPハイブリッド4K STB「J:COM LINK XA401」の提供を開始⁽¹¹⁾。2020年2月にはNTTドコモ向けにBS 4K、4K HDR、Dolby Vision、Android TV、ひかりTVに対応した「ドコモテレビターミナル02」の提供を開始⁽¹²⁾した。

これら、**図5**に示す取組みの結果、4K STBの当社国内累計出荷台数は、2020年12月時点で4K VODを視聴可能なモデルが100万台を超え、2021年5月にはBS4K放送とAndroid TVの双方に対応したモデルが100万台を突破⁽¹³⁾。4Kコンテンツの流通と、国内IPTV・CATV市場の拡大に貢献した。また、2022年8月時点で国内事業者向け累計出荷台数は500万台を超えた。自社製ミドルウェア「stbcore」⁽¹⁴⁾を用いた共通プラットフォーム化による開発期間短縮と信頼性実現が上記を可能とした。







提供開始	2014年10月	2016年6月	2018年12月	2019年9月	2019年12月	2020年2月
方式	IP	IP	IP/RF-Hybrid	IP	IP/RF-Hybrid	IP
向先	株式会社NTTぷらら ひかりTV	KDDI株式会社 auひかりTV	KDDI(株)経由 CATV事業者	株式会社NTTぷらら ひかりTV	KDDI(株)経由 J:COM(株)	株式会社NTTドコモ ひかりTV
						
	4K多CH放送, 4K VOD 4K Android TV BS4K放送/再送信					
参考文献	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)

図5 4K放送+4K Android TV対応STB例（2020年当時）

一方、2005年本格的な出荷を開始した1GbpsのGE-PON（2021年10月時点で累計約3,200万回線出荷）から10Gbpsの10G-EPONへのマイグレーションが進まなければ、前記4Kサービスはスケールできない。当社が同時期に上記4KのSTBと共に注力したのが10G-EPONである。当社は、2002年から通信キャリア向けアクセス機器（EPON, xDSL, STB）事業を展開してきた「住友電工ネットワークス(株)」と、1995年から国内CATV市場向け放送・通信機器とエンジニアリング事業を展開してきた「(株)ブロードネットマックス」を2014年に統合。「ネットワーク機器」「STB」「CATVシステム」の3つのポートフォリオのシナジーを追求してきた。当社は10G-EPONの局装置、宅内装置について、まず北米ケーブルラボ（Cable Television

Laboratories, Inc.）での初の認定を受け2015年に北米大手CATV事業者に出荷開始^{(15)、(16)}（**写真1**）。この実績を活かし一般社団法人日本ケーブルラボにおける10G-EPON標準化に貢献。国内通信キャリア、北米CATV、国内CATVの各事業者向け10G-EPON製品に於て、ハードウェア、ソフトウェアの共通化を進めた。（尚、北米向EPON事業は2018年3月に米国ADTRAN, INC.に技術ライセンスと事業移管をおこなった⁽¹⁷⁾。）

また、CATV局向けのBS、地デジ、高度BS、多Ch自主放送のIP（再）放送サーバならびに通信キャリア向けの同IP再送信サーバ（**写真2**）についても自主開発と標準化貢献を行い、10G-EPON、4K IP-STBと組合わせたEnd-Endのソリューションを、各市場に提供している。10G（EPON OLT+ONU）と4K/8K（サーバ+STB）は、この時期当社のブロードバンドアクセス事業の両輪となった。



写真1 10G-EPON局装置
(FSU7100シリーズ)

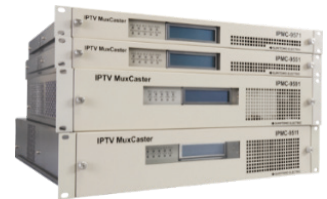


写真2 IP4K/8K放送サーバ
(IPTV MUX Casterシリーズ)

4. 3D, XR映像配信に向けた技術の動向

4K/8Kに続く、今後の動画配信市場の大きな可能性の一つに、急速な市場の成長が期待されるHMD（ヘッドマウントディスプレイ）やXRグラスあるいは3Dフラットパネルディスプレイを表示デバイスに用いた、3D, XR映像配信サービスがある。HMD, XRグラスの国内出荷台数は2022年（見込）の約71万台に対し2027年には約5.5倍に成長すると予測されている⁽¹⁸⁾。

3D映像の表示技術には複数あるが、現在、主流となりつつあるのは、3DOF（Degrees of Freedom）と呼ばれる3つの自由度を持つ目線と頭の向きの情報、あるいは、3DOFに立ち位置の3つの自由度を加えた6DOFと呼ばれる情報に基づき、3次元の空間情報から両眼のディスプレイの表示域に表示すべき2D映像を描画する方法である。3DOF/6DOF情報は、HMDやXRグラスに組み込まれたLiDARや画像センサー等によりリアルタイムに計測される。この情報に基づき3D空間の情報からXR表示域の2D映像を描画する機能は、①ユーザのXRデバイス（ディスプレイやその近傍のBox）で行う方法と、②ネットワーク上のXRサーバで行う方法がありそれぞれ得失があるが、HMDやXRグラスの小型、軽量、低消費電力化を進める点からは

②が期待されている。ここでは②の構成例を、3GPPのTR (Technology Report) ⁽¹⁹⁾ から引用して図6に示す。

ただし、②では、従来の2D映像配信にはない技術要件としてMTP (Motion-to-Photon) 遅延と呼ばれる、顔や視線の移動に対応した映像が表示されるまでの往復遅延時間の極小化が必要となる。XR映像サービスにおいて人の脳の視覚野がCyber酔いを感じることなく没入体験をするためのMTP遅延の許容値は、照明を含め様々な条件により異なり、概ね5ms~20msの間で議論されてきた。前述の3GPPのTRやIOWN Global ForumのAI-Integrated Communications Use Case Release-1 ⁽²⁰⁾ では $\leq 10\text{ms}$ を必要要件に定めている。

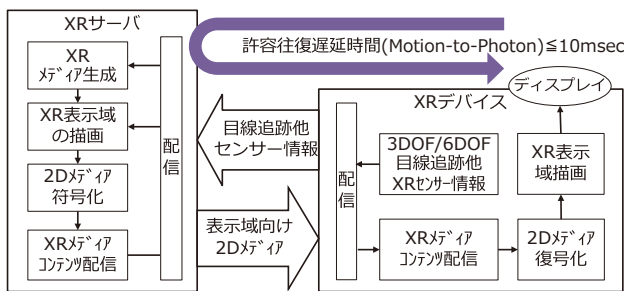


図6 XR配信システムのアーキテクチャ例 (ネットワークにて表示域の描画を行う場合) (参考文献(19)を元に当社にて編集)

5G通信上の各種次世代サービスに求められる遅延時間を前述の3GPP TRから抜粋して図7に示す。3D, XRアプリの許容パケット遅延時間10msは、5Gの各種2D映像サービスの許容遅延に対し桁違いに厳しいことが判る。

MTP遅延 $\leq 10\text{ms}$ を実現するには表1に示した映像圧縮配信技術を強い強度で適用できない点に注意を要す。映像フレーム単位でのバッファや、フレーム間での比較に基づ

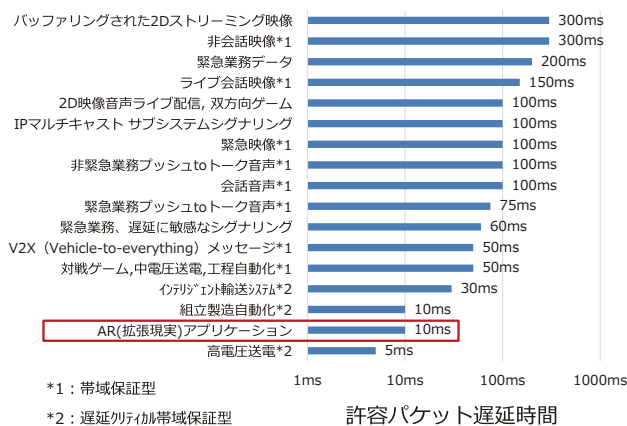


図7 サービス毎の許容パケット遅延時間の例 (参考文献(19)を元に当社にて編集)

く圧縮・伸長を行なうノードにおいてはフレーム長の半分から数倍のオーダーの遅延が発生するためである。1フレーム相当のバッファリングによる遅延は、フレームレートが30fps, 60fps, 120fps, 240fpsの場合、それぞれ、33.3ms, 16.7ms, 8.4ms, 4.2msとなる。フレームレートを上げれば遅延は改善するが、XRサーバのCPU,GPU負荷や消費電力、ネットワークトラフィックも増加する。

5. 結 言

映像コンテンツのクオリティと映像配信技術の進歩に応じた通信トラフィックの成長について俯瞰し、これまでの当社の技術開発と製品化への取り組みについて述べた。今後、視線追従機能付きディスプレイを用いる新たな3D, XR映像配信サービスの成長も期待されており、これら新たなサービスは、図1、式(2)に示した所要伝送帯域の増加を牽引していくと思われる。新サービス実現には遠隔にあるXRサーバとの通信に、非常に小さなMTP遅延と信頼性が要求されており、非圧縮あるいは低圧縮通信を含めた低遅延伝送を実現しなければならない。

今後、全光あるいはB5G/6Gの次世代ネットワークやクラウドAIコンピューティングと組み合わせた情報通信インフラが整備され、3D, XRサービス用の低遅延映像配信技術との組み合わせで、エンターテインメントに限らず、医療、スマートシティ、交通システム、産業分野、他の様々な市場を成長させると期待される。これに対し、当社は、マルチコア光ファイバー、波長可変光デバイス、無線通信デバイス、全光ネットワークと無線ネットワークや既存ネットワーク間の接続装置、小型で低消費電力な通信端末、そして低遅延映像配信端末などの提供により、一翼に貢献していく所存である。

用語集

※1 XR

Cross Reality(クロスリアリティ)または Extended Reality (エクステンデッドリアリティ) とは、VR (仮想現実)・AR (拡張現実)・MR (複合現実)・SR (代替現実) など、現実世界と仮想世界を融合して、新しい体験を作り出す技術の総称。

- ・「IOWN」は、日本電信電話㈱の商標又は登録商標です。
- ・「3GPP」は、European Telecommunications Standards Institute.の登録商標です。
- ・「Android TV」「You TUBE」は、Google LLCの米国及びその他の国における商標または登録商標です。
- ・「Netflix」は、Netflix, Inc.の米国及びその他の国における商標または登録商標です。
- ・「Internet Explorer」「Windows」は、Microsoft Corporationの米国及びその他の国における商標または登録商標です。
- ・「ケーブルプラス」は、KDDI㈱の商標または登録商標です。
- ・「J:COM LINK」は、JCOM㈱の登録商標です。
- ・「ドコモテレビターミナル」は、NTTドコモの商標または登録商標です。
- ・「Dolby Vision」は、米国 Dolby Laboratories, Inc.の米国及びその他の国における商標または登録商標です。
- ・「StreamCruiser」「stbcore」「MUXCaster」は、住友電気工業㈱の登録商標です。
- ・その他、記載されている会社名、製品名、サービス名などは、各社の商標または登録商標です。

- (18) ㈱矢野経済研究所、「プレスリリースNo.2984, XR (VR/AR/MR) 360° 動画対応HMD市場に関する調査 (2021年)」(2022.5.11)
Available: https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/2984
- (19) 3GPP Technical Report (TR) 26.928 Release 18, "Extended Reality (XR) in 5G" (2023.3.23)
Available: <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3534>
- (20) IOWN Global Forum, "AI-Integrated Communications Use Case" (2021.10.21)
Available: https://iowngf.org/wp-content/uploads/formidable/21/IOWN-GF-RD-AIC_Use_Case_1.0.pdf

参 考 文 献

- (1) 総務省、「令和4年版情報通信白書」(2022)
Available: <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r04/>
- (2) Sandvine, "The 2023 Global Internet Phenomena Report" (January 2023)
- (3) Comcast, "Network Report 2021" (2021.4)
Available: https://update.comcast.com/wp-content/uploads/sites/33/dlm_uploads/2022/04/2021-Network-Report-April.pdf
- (4) (財)ニューメディア開発協会(New Media Development Association), 「Hi-OVISプロジェクト総合報告(要約)」(1988.2)
Available: <https://www.nmda.or.jp/nmda/hiovis-report.html>
- (5) 木田 他、「住友電工のコンピュータ通信への取り組み」、SEIテクニカルレビュー第189号, pp.1-7 (2016.7)
- (6) 住友電工、「ブロードバンドコンテンツ配信用の高速パケット欠損補償技術を開発」、電子情報通信学会誌、第8月号, p. 740 (2004)
- (7) 住友電工プレスリリース、「NTTがららのひかりTV-4K VOD商用サービスにセットトップボックスを提供」、(2014.10.3)
Available: https://sei.co.jp/news/press/14/prs094_s.html
- (8) 住友電工プレスリリース、「KDDI㈱のauひかりテレビサービス向け4K対応IPセットトップボックスを提供開始(Android TV™採用)」(2016.6.27)
Available: <https://sei.co.jp/company/press/2016/06/prs058.html>
- (9) 住友電工プレスリリース、「BS4K放送対応セットトップボックスを2019年春より提供開始」(2018.11.27)
Available: <https://sei.co.jp/company/press/2018/11/prs101.html>
- (10) 住友電工プレスリリース、「㈱NTTがららのBS4KデジタルIP再放送サービス向けIPセットトップボックスを提供開始」(2019.9.11)
Available: <https://sei.co.jp/company/press/2019/09/prs068.html>
- (11) 住友電工プレスリリース、「J:COM TV向けセットトップボックスを2019年12月より提供開始」(2019.11.20)
Available: <https://sei.co.jp/company/press/2019/11/prs093.html>
- (12) 住友電工プレスリリース、「㈱NTTドコモ向けにIPセットトップボックスを提供開始」(2020.2.13)
Available: <https://sei.co.jp/company/press/2020/02/prs012.html>
- (13) 住友電工プレスリリース、「BS4K放送対応・Android TV™搭載セットトップボックスの国内累計出荷台数が100万台を突破」(2021.6.1)
Available: <https://sei.co.jp/company/press/2021/06/prs043.html>
- (14) 楠本 他、「次世代IP 再送信装置と4Kテレビ対応STBによる放送システム」、SEIテクニカルレビュー第192号, pp.57-62 (2018.1)
- (15) 清水 他、「1G-EPONの更新と運用コストの低減を狙った10G-EPON局側装置」、SEIテクニカルレビュー第191号, pp.27-31 (2017.7)
- (16) アブラムソン ハワード 他、「北米MSOの次世代アクセスのための分散PONアーキテクチャ」、SEIテクニカルレビュー第192号, pp.63-68 (2018.1)
- (17) 住友電工プレスリリース、「米国の大手通信機器メーカーADTRAN社とアクセスネットワーク機器事業分野で戦略的業務提携を開始」(2018.3.20)
Available: <https://sei.co.jp/company/press/2018/03/prs024.html>

執 筆 者

西本 裕明 : フェロー／特任経営職
 情報通信事業本部 技師長 兼
 新規事業マーケティング部 技師長
 2008年、総務省情報通信審議会専門委員。
 2014年、TTA(一般社団法人電気通信協会)
 より「ICT技術奨励賞」を受賞。

