



5Gによる感覚の伝送とUXへの期待



ソニー株式会社
コーポレートテクノロジー
戦略部門
統括部長

おおぎし ゆうこ
大岸 裕子



ソニー株式会社
R&Dセンター
統合技術開発フィールド
Tokyo Laboratory 08
統括部長

やまもと かずゆき
山本 一幸

1. はじめに

昨今、移动通信システムとして第5世代（5G）は各国で導入が進んでいる。1900年代初めに防衛・特殊産業用として始まった無線通信は、その後市民の重要な連絡用として発展し、第3・第4世代（3G・4G）の頃には人々の共感目的の連絡用として普及し、コミュニケーションライフスタイルを変えた。

さらに2000年代に入って、5Gでは4K・8K・VRなどの大量の映像データや物と物との通信を支える基盤として産業界を変えるものと期待され、単なる通信基盤としてだけでなく生活基盤・社会基盤として進化が見込まれている。ここまでそのビット単価は、特殊産業用途の頃から比べると一兆分の一程度ほどにまで下がってきており、さらにそれを下回る時代、つまりBeyond 5Gの時代になるとテレプレゼンスやテレイグジスタンスといったような、社会を変えるシステムとして普通に人々に使われるようになって見込める。

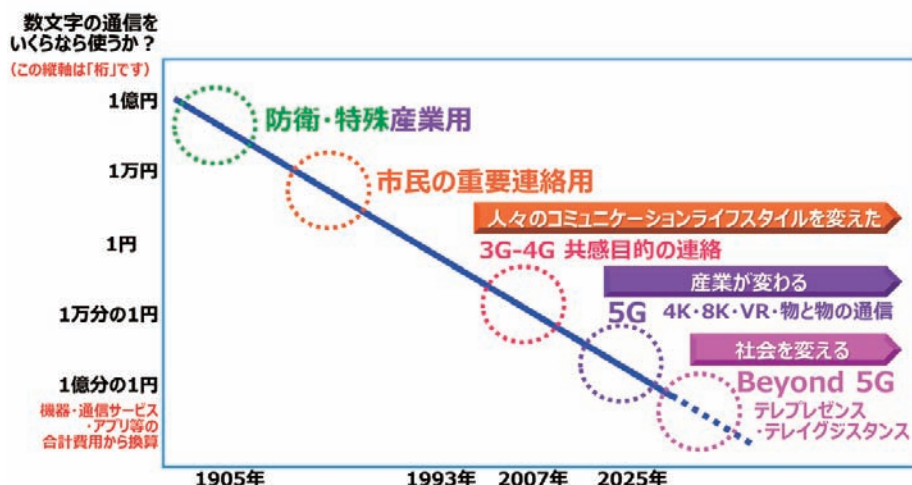
当社においても、この5Gの時代に向けての様々な用途について研究開発を行ってきた。主に主力事業であるエンタテインメントや各種インダストリー向けの「遠隔化」に関する要素技術とその応用技術の研究開発をベースとして様々な実証実験を行ってきており、その成果物をこれまでも発表してきた。究極のリアリティやリアルタイムの追求において実現してきた「遠隔化」技術を、来たるBeyond 5Gの時代に向けてさらに発展させることによって、様々な社会課題の解決に貢献できると考えている。

遠隔化が直接貢献する社会課題解決としては大きく4つに分類され则认为している。

1つ目はエネルギー消費。移動するための資源・時間・体力などが「遠隔化」技術の発展により人が行くより低消費となり、さらに、移動が不要な社会が実現すると都市化集中などの問題解消にもつながると考えられる。

2つ目は気候変動。世界中の高温・低温・豪雨・強風などの環境に出なくても、作業自体が快適な屋内などの環境

無線通信は、いくらになったら何に使われるか？



■図1. ビット単価のグラフ



で実施できる。

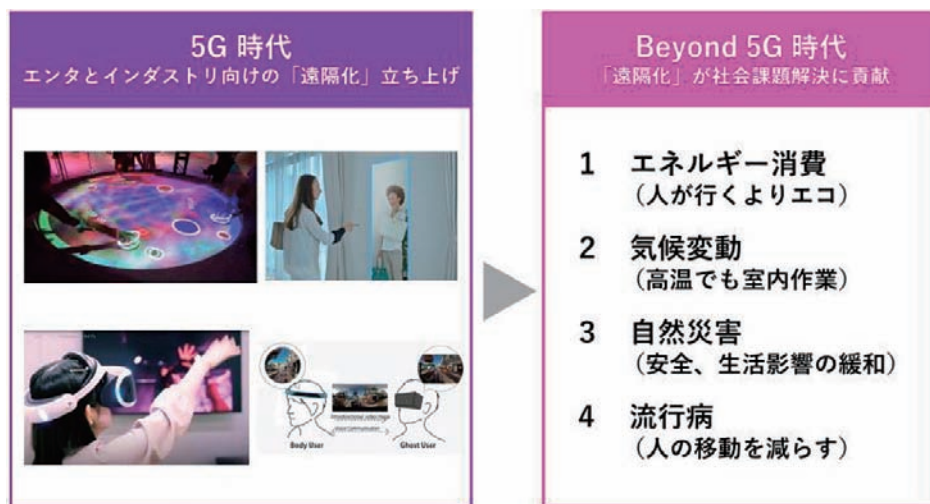
3つ目は自然災害からの安全な社会・生活影響の緩和。災害件数や被害者数は、1970年代から2000年代で3倍以上に増加しているというデータがある。危険な場所でのテレオペレーション、不要不急な外出の低減への寄与だけでなく、人が行くことのできないエクストリームな環境での仮想体験を実現することも期待できる。

最後は、まさにいま現実我々がさらされている流行病。人の移動を減らすことによって感染症の蔓延の中にあっても生活を維持するための問題を解消できるであろうということも見込まれる。

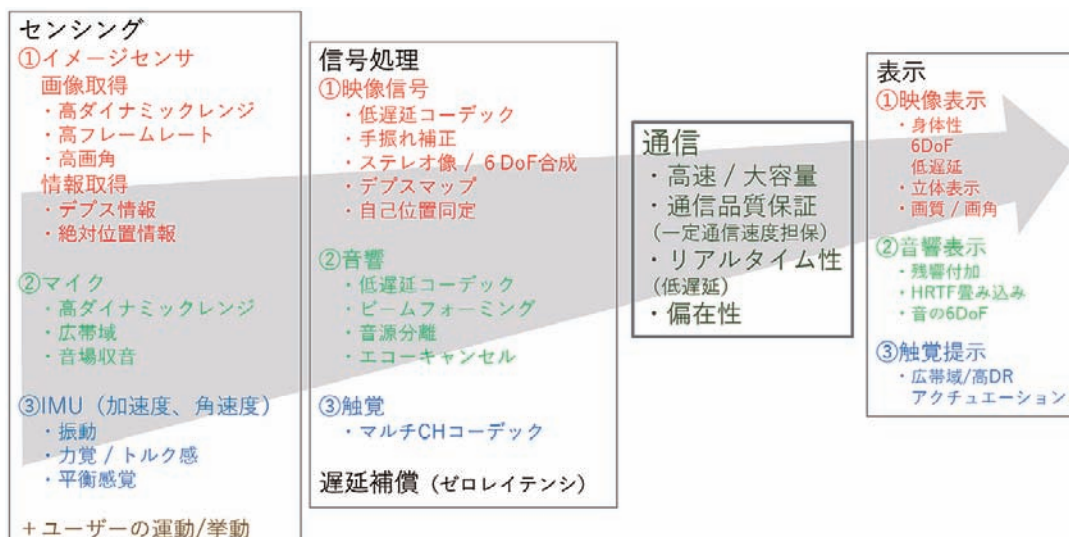
本稿では、5G/Beyond 5Gを含めた無線通信技術を想定したUX提案と実証実験による検証、それを実現する重要要素技術を紹介する。

2. 遠隔化技術を支える技術

テレプレゼンス・テレイグジスタンスに代表される「遠隔化」を実現するためには、環境や情報をセンシングし、そのデータを信号処理し、通信においてそれを伝送し、さらに、人や物体に映像・音響・触覚などという形で表示・提示するというプロセスが必要となる。それぞれの段階において必要な要素技術を図3にまとめた。センシングにおいては、イ



■図2. 5G時代からBeyond 5G時代



人の知覚に足るリッチな情報量を6Gのバンド幅で足る圧縮をして届ける

■図3. テレプレゼンス・テレイグジスタンスを実現する技術



メージセンサなどのセンサデバイスを用いて、画像や位置情報などの視覚情報だけでなく、マルチマイクからの音響データ、IMU（慣性計測装置）による触力覚データを取得する。さらに、これらのデータに適切な信号処理を付与するだけでなく、次工程の通信伝送環境のもとで十分に伝送できるだけの圧縮などを施す。通信の段階では5Gなど技術の発展により、大容量なデータを高速・高品質・高信頼な形で伝送し、さらに、送られたデータを人の知覚や直感的に理解可能な認識に対して必要にして十分な情報として映像・音響・触覚という形で表示・提示する。

ここでは、ユーザーの“知覚の拡張”と“直感的な理解”を実現する、当社で開発中の要素技術を紹介する。

2.1 3D映像技術：ポリュメトリック

最初に映像に関する撮像～表示の事例を紹介する。

人は6自由度環境の中で視覚を得ることによって環境を直感的に理解しているが、現在の2D撮像～提示ではその情報が失われてしまう。

そこで、我々は、対象物を取り囲むようにセットされた複数のカメラで撮像し、さらに画像処理技術を用いて3Dの空間画像として合成し、そのまま3Dデータとして伝送・表示するという技術を開発している。



■図4. ポリュメトリック

ここでは、空間を3次元的に取り込むことで、今までできなかったカメラワークや物理制約を受けない映像表現を実現し、ユーザーが期待する6自由度環境の再現が可能となった。また、滑らかな服の表現など高品位な再現性により、必要な映像情報を損なわせることなくユーザーに提示できる^[1]。

2.2 立体音響技術：360 Reality Audio

こうした臨場感を持った空間表示は、視覚だけではなく聴覚にとっても重要な知覚手段であり、立体音響技術もユーザーの直感的認知に極めて重要となる。

当社では、臨場感のある音場の再現のためにObject Audio技術をベースとした録音、再生の信号処理技術を開発し、MPEG-H 3D Audioに準拠した音楽配信Formatを定義することで、リスナーに没入感のある立体的な音場を実現する新たな音楽体験「360 Reality Audio」を提供している。

ここでは、クリエイターは複数の音源を全天球上の任意の角度に配置することが可能で、再生時にはこれを忠実に再現することで、あたかもその場で聞いているような没入感を体験できる^[2]。

2.3 広帯域・高ダイナミックレンジ触覚提示

人の持つ五感のうち3つ目の重要な感覚として、触覚を上げることができる。

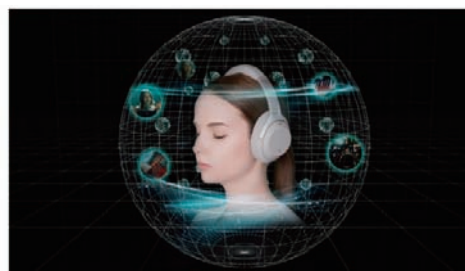
触覚は視覚聴覚に対するユーザーの意識を阻害することなく周囲の環境情報をユーザーに提示できるとともに、視覚聴覚との相互作用（クロスモーダル効果）によって、これらの感覚の情報を強化することも可能となる。

当社では、オーディオ技術を活用した広帯域、高ダイナミックレンジ、マルチチャンネルで触覚を提示するリアル感の高いHaptics技術を開発した。

本技術は全身に対する触覚提示から手のひらだけに提示するものまで様々な提示形態を実現することができるが、



■図5. 360 Reality Audio





本稿では全身に対する触覚提示の事例を紹介する。ここで紹介するのは、ユーザーが着用するベストの複数個所にてVCM (Voice Coil Motor) により広帯域かつ高ダイナミックレンジの振動を映像や音響と同期して与え、仮想的に豊かな触覚を再現する技術であり、映像音響だけよりもさらにイマーシブな体感を付与することができるものである。

人の感覚である五感のうち、没入感やリアリティ感に寄与度の高い視覚・聴覚・触覚という3つの感覚をセンシング・伝送後に再現して付与する技術は、既に実用段階として進んでいる^[3]。



■図6. Haptics技術

2.4 出力デバイスとゼロレイテンシでの情報提示

リアリティのある体感を再現するために、3つの感覚を与えると同時に大切なことは、取得した情報をいかに正しく表現するかである。

ここでは、上述したポリュメトリック映像を含む3D映像情報を高い実在感をもって表示する2種類の映像デバイスを紹介する。

1つ目は、グラスレスで画像を3D視するライトフィールドボックスである。本デバイスは、ボックス上のディスプレイに実在感のある3Dのバーチャルな画像を再現し、ユーザー

はどの角度からも視点にあった画像を見ることができる^[4]。

2つ目は光学シースルーのARグラスである^[5]。

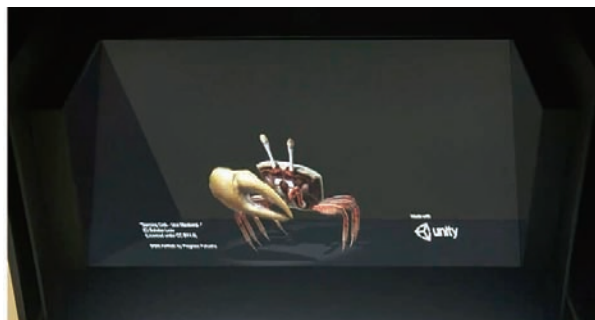
AR表示とは、実空間内の場所や物に対して仮想物体を重畳表示することにより、付加された情報の直観的な理解を可能にする技術である。ユーザーの視点が動いたときに、重畳対象となる実物体と仮想物体の間で少しでもずれが生じると、とたんに仮想物の実在感が失われ、直観的な理解が困難になる。この重畳ずれが生じる主な原因は、視点位置の測位誤差と、センシング・測位から仮想物の描画・表示にいたるまでの一連の処理による遅延である。

そのためARグラスでは、イメージセンサとIMUを併用した測位で高精度かつ低遅延に行うとともに、仮想物の描画結果に対して、描画処理中の視点位置の変化に応じた画像変形を表示直前に行うことにより、見かけ上、遅延なく重畳表示を行うことを可能にしている。この技術を遅延補償という。

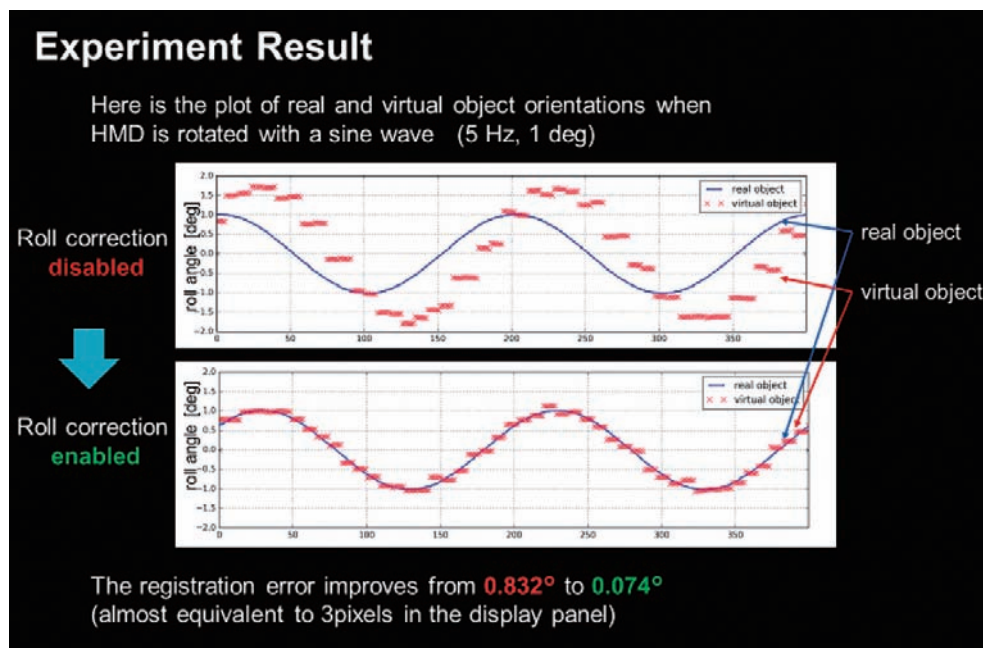
実物体と仮想物体の表示位置を時系列グラフにした実験データを示す。遅延補償なしの場合は、実物体の位置に対して、仮想物体が処理遅延の分遅れて追従しているが、遅延補償ありの場合は、実物体と仮想物体の位置がほぼ



■図8. 光学シースルー ARグラス



■図7. ライトフィールドボックス



■ 図9. ARグラス実験結果

重なったグラフとなっており、人にとって自然と感ずる程度までの一致を図れるようになる^[6]。

3. UX実証実験事例

ここまで説明した要素技術を統合したアプリケーションとして、いくつかの応用事例について実証実験を行ってきた。

当社は、このような要素技術を研究開発するとともに、これらを組み合わせたアプリケーションにより、どのようなユーザーエクスペリエンスが得られるかをプロトタイプング試作と評価を繰り返し、必要な要件や仕様を定めていくという実験を行ってきた。その事例をいくつか紹介する。

最初に仮想現実(XR)遠隔ライブ体験について紹介する。

ここでは、各種技術の開発者と、音楽、ゲームなどエンタテインメント領域の専門家及びアーティストでチームを組み、音楽ライブを遠隔地からでも体験できるXRエンタテインメントのプロトタイプングと実証実験を実施した。

プロトタイプングを通じて、開発中のXR技術の進展だけではなく、コンテンツ制作に関わるノウハウ(例えば1人のシンガーと5人組のバンドでは撮り方や表現の仕方も違うことや、ゲーム的な要素の付加とその達成感によってライブに参加するユーザーの一体感を醸成するなど)の獲得や、XRならではの新しい体験価値の発見(ファンにとってアーティストは実は遠すぎて、いるかいないか実体感が薄いと感ずられていたが、仮想とはいえ同じ空間を共有したり、

その中で自分に目を合わせてくれる体験などを行うことでむしろ実体感を感じられたという逆説的な気付き)などの知見を得ることができた^[7]。



■ 図10. 仮想現実(XR)遠隔ライブ体験

次の開発事例としてJackIn Headを紹介する。JackIn Headとは、Body User (360度全周囲を撮影・伝送可能なウェアラブルカメラの装着者)とGhost User (遠隔地点にてHMDやスクリーンで映像を見る他者)が、Body Userが送る映像や双方向の音声などを通じてコミュニケーションを行うシステムである。このシステムを使用することにより、旅行の同時体験やリモートアシスタントから、特殊体験のリアルタイム配信、スポーツ観戦のエンタテインメント、プロフェッショナルトレーニングや、専門知識を要する災害や医療協調作業などのアプリケーションが可能になると考えている^[8]。



■図11. JackIn

次に、“あたかも同じ空間にいるかのような自然なコミュニケーション”を狙った「テレプレゼンス システム」の開発及び実証実験の事例を紹介する。本システムは、4K縦型ディスプレイで遠隔地の映像をリアルタイムで表示するとともに、高音質化技術やエコーキャンセル技術を活用することで、遠隔地にいるユーザー同士が、同じ場所にいるような自然な会話を実現している。

様々な実証実験の中から、遠隔の画像でリアルなコミュニケーションの感覚を実現するためには視線とカメラ軸を一致させることが重要であることを明らかにすることができ

たり、手によるコミュニケーションの重要性、明示的な目的を持たない環境の映像や環境音の伝送にも場を共有しているような一体感を与えることができることなどを抽出することができた^[9]。

次に、プロジェクションを用いたARアプリケーションの事例を2件紹介する。

両者とも、前述したARグラスのように、ユーザーの動作からプロジェクションまでのレイテンシを極限まで下げるようなシステム構成と予測アルゴリズムを用いることで、ユーザーの操作や動作に対する描画レイテンシを実質的にゼロとしている。

Doodle PenというARアプリケーションは、デジタルペンを使って環境中の任意の場所に文字や画をバーチャルに描くことができる技術を応用したものであるが、ペンを持ったユーザーの動きと実際に映し出される文字や画像の間のレイテンシや位置ずれを極限まで詰めることによって、ユーザーは機器の操作を忘れ、コンテンツ作成に集中することができる^[10]。

また、A(i)R HOCKEYというプロトタイプでは、上記に



■図13. Doodle Pen



■図12. 窓



■図14. A(i)R HOCKEY



加え、さらにHaptics技術を統合した応用で、レイテンシのないプロジェクションに加え、バーチャルなパックをプレイヤーが本当に打っているかのような触感も含めた体感ができ、ゲームを続けるうちにユーザーは何がリアルで何がバーチャルなのか認知できなくなってくるという新しい体験を可能としている^[11]。

プロジェクションの事例として、先述したARグラスの事例においてもセンシングの工夫、情報処理の高速化、予測アルゴリズムによってレイテンシを極限まで詰めてクオリティを上げることができる。

ここでは、レイテンシを最小化することで体験の質を上げた事例を挙げたが、実証実験の繰り返しによってネットワーク要件も把握できてきている。

前述したARグラスでは、複数のユーザーが常時通信をしながら同じ重量物を共有してインタラクションを行うという実証実験を、屋内だけではなく屋外での使用も想定して行っている。屋内での使用であればWi-Fiレベルでもカバーされるが、屋外になると統制空間であっても環境画像情報などのデータ授受が非常に増えることから通信量が大幅に増え、5Gの能力が必要になり、場所を限定しない非統制空間の場合ではこのような情報のやりとりが極端に増えるため、さらに広い帯域をもつ通信が必要となることが分かっている。

4. おわりに

5Gは、従来の通信基盤から生活基盤へと進化してきたが、Beyond 5G以降になるとさらに社会基盤を支える中核的な機能としての進化が期待されている。感性に直結する情報をデジタル化しそれを低遅延で伝送することは重要な

キーとなり、特にサイバー空間と現実世界（フィジカル空間）とを一体化させ、人や物のセンシングから通信を経てフィードバックを得るというシステムの中で、超高速・大容量、超低遅延、超多数同時接続といった通信進化の実現により、さらにAI技術も駆使して人や業界の多様性を持つニーズに応えることができると期待される。今後も「遠隔化」向けの要素技術とその応用技術としての実証実験を行い、五感の重要要素である映像+音響、さらには触覚まで含めて究極のリアリティやリアルタイムを追求してユーザーの期待を超える体験価値を実現させたいと考えている。人に寄り添った「遠隔化」技術を、来たる Beyond 5Gの時代に向けてさらに発展させ、様々な社会課題の解決に貢献していきたい。

【参考URL】

- [1] https://www.sony.co.jp/SonyInfo/technology/activities/SonyTechnologyDay2019_demo2/
- [2] <https://www.sony.com/electronics/360-reality-audio>
- [3] <https://www.youtube.com/watch?v=DMY4LB-4-24>
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=VIPEckQ9wnk&feature=youtu.be>
- [5] <https://www.sony.net/SonyInfo/design/stories/ghostbusters/?ui-ux>
- [6] <https://doi.org/10.1002/sdtp.12923>
- [7] <https://www.youtube.com/watch?v=Dmo5Hq4ROBk>
- [8] <https://www.sonycs.jp/project/2373/>
- [9] https://sre-ai-partners.co.jp/news_20190612-01.html
- [10] <https://www.youtube.com/watch?v=qE6tAoaPhyo&feature=youtu.be&list=PL7tWrqXC5RzO4yWWjd814dC7si4-rgaih&t=239>
- [11] <https://www.sony.net/SonyInfo/design/stories/AiRhockey/?ui-ux>

お知らせ

総務省は「電波の日」及び「情報通信月間」に当たり、毎年6月1日、電波利用または情報通信の発展に貢献した個人及び団体、デジタルコンテンツの今後の創作活動が期待される方々へ表彰を行います。昨今の情勢から、今年はその表彰式典は取りやめとなりましたが、下記URLにて受賞者が発表されましたのでご案内いたします。

https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin10_02000054.html