

＜基本計画書＞

集積電子デバイスによる大容量映像の非圧縮低電力無線伝送技術の研究開発

1. 目的

2018年12月に8Kの実用放送が始まり、今後は8K等の高精細度映像の普及が加速していくものと考えられる。高精細度映像の利用はテレビ放送に限らず、医療現場における早期診断、早期治療やヘッドセットディスプレイ、e-sports等多くの分野への応用が期待されているが、映像伝送インターフェイスが有線であることによる制約が存在する。また、特に医療分野やヘッドセットディスプレイへの応用では、自由な動きを制限しないという観点から無線化の要求は高い。高精細度映像はデータ量が膨大になるため、これをマイクロ波などで無線伝送する場合には必ずデータ圧縮する必要があり、データ圧縮に伴う遅延や消費電力の増大が問題となる。このような問題を解消するには超高精細度映像のような大容量映像を非圧縮で無線伝送する技術が必要である。これを実現するためには現在周波数割当がされておらず、広い帯域を確保できる275GHz以上の周波数帯を含む高周波数帯を用いて、超高精細度映像を圧縮処理の大きな負荷をかけずに、低消費電力で無線伝送することが可能な無線伝送システムの研究開発が必要になる。これらの技術を用いることにより8K等の高精細度映像機器およびコンテンツの普及を進めることで、国民が享受する情報通信の価値を高めるとともに、我が国の産業振興を図る。

2. 政策的位置付け

- ・ 未来投資戦略2018（平成30年6月15日閣議決定）

「第2 具体的政策 I 「Society 5.0」の実現に向けて今後取り組む重点分野と、変革の牽引力となる「フラッグシップ・プロジェクト」等 [1] 「生活」「産業」が変わる 2. 次世代ヘルスケア・システムの構築 (3) 新たに講ずべき具体的施策 iv) 先進的医薬品・医療機器等の創出、ヘルスケア産業の構造転換 ②AI等の技術活用」において、「8K等高精細映像技術の内視鏡や診断支援システム等への応用の実用化に向けた研究を行う。」旨、記載されている。

「第2 具体的政策 II 経済構造革新への基盤づくり [1] データ駆動型社会の共通インフラの整備 1. 基盤システム・技術への投資促進 (3) 新たに講ずべき具体的施策 iii) 新たな技術・ビジネスへの対応 ⑥4K・8Kの推進」において、「4K・8K放送や高度映像配信サービスの提供を推進するとともに、4K・8KとAI・IoTを組み合わせた医療分野等での活用拡大に取り組む。」旨、記載されている。

- ・ 世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画（平成30年6月15日閣議決定）

「第2部 官民データ活用推進基本計画 II 施策集 II - (6) 利用の機会等の

格差の是正【官民データ基本法第14条関係】 ○[No. 6-5] 4K・8K等の高度な映像・配信技術の利用機会の均等」において、「2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けて、全国の様々な場所で4K・8K等の視聴が可能となるよう、平成29年11月に取りまとめた「4K・8K放送に関する周知・広報計画(アクションプラン)」(平成29年11月4K・8K放送推進連絡協議会)に沿った具体的取組を実施するとともに放送のネット同時配信に係る実証及びケーブルテレビネットワークの光化への支援を進めるほか、スタジアム等の集客機能・利便性向上のため高速無線LANや高度な映像技術等を活用するなど、官民連携で必要な対策を推進。これらの対策によって、4K・8Kの視聴世帯の増加。」旨、記載されている。

「第2部 官民データ活用推進基本計画 II 施策集 II- (6) 利用の機会等の格差の是正【官民データ基本法第14条関係】 ○[No. 9-5] 8K等高精細映像技術の医療応用の推進」において、「8K等高精細技術を活用した医療機器等の医療上の有用性等の検証を行うとともに、高精細映像データの更なる利活用に向けた具体的方策と課題の検討・検証等を実施。平成30年度末までに、8K内視鏡システムの試作機を使用した人への臨床試験を20例以上実施し、医療上の有用性を検証するとともに、今後の普及を見据えた計画を策定する予定。また、平成31年度までに内視鏡診断支援システムの試作機を開発し、平成31年度以降も8K技術の医療応用の更なる取組を推進予定。これらの取組を通じて、安全な手術等による根治性や治療後のQOLを向上。」旨、記載されている。

3. 目標

8K等の超高精細度映像(データレート48Gbit/s)を低遅延、低消費電力で無線伝送する需要に向けて、集積回路とビーム制御可能なアンテナシステムによって映像データを非圧縮で伝送する無線通信技術の研究開発を実施する。従来のマイクロ波やミリ波では不可能な広い帯域を確保できる可能性がある、未割当周波数帯を含む高周波数帯を用いて50Gbit/s程度の伝送速度を実現し、これにより大容量映像のデータを非圧縮で伝送することで、圧縮・伸張に要する電力を削減しつつ1ms程度の低遅延を実現する。これを将来普及可能なコストと性能で実現するためには、無線回路、デジタルおよびアナログ信号処理回路を集積化することが必須である。本研究開発は2021年度までにアンテナシステム、8Kインターフェイス、無線信号処理の各要素技術を確立し、2022年度に映像伝送実験を行う。確立された要素技術から技術基準策定を行い、2025年度までに次世代映像システムへの適用を目指し周波数の有効利用に資する。本研究開発により、このような需要への対応をマイクロ波やミリ波で行った場合の周波数ひっ迫の深刻化を回避するとともに、未利用周波数帯である高い周波数帯の利用促進を図る。

4. 研究開発内容

(1) 概要

275GHz 以上の未割当周波数帯は現在 ITU-R において割当ての検討が行なわれている段階であり、具体的な用途はこれから決まる周波数帯である。したがって用途によっては広い周波数帯域を確保できる可能性が高い。この観点から、本課題では 8K 高精細度映像を低遅延で無線伝送する技術を確立する。8K 高精細・高分解映像はより美しい映像を視聴できるという以上に医療分野やバーチャルリアリティ等の分野などで大きな意味を持ち、実際に内視鏡手術などの臨床手術などに活用され始めている。しかしながらこれらの応用では有線であることのデメリットも大きく、今後の発展のためには高精細度映像の無線伝送技術の確立が必須である。これらを実現する技術として従来のマイクロ波や現在開発中のミリ波を用いた場合、周波数帯幅が制限されることからデータ量が 10 分の 1 以下になるような情報の圧縮が必須であるが、この圧縮率を低遅延で実現するのは難しく、かつ大きな電力が必要となる。数 10GHz の周波数帯幅が確保できる可能性のある当該周波数帯では、非圧縮で大容量データを伝送可能であることから、情報圧縮・伸張のための電力は不要である。したがって消費電力を低減しつつ低遅延を実現できる技術として、当該周波数帯を用いた高精細度映像無線伝送技術は早急に確立しなければならない技術である。また、この周波数帯には 60GHz のミリ波帯に比べると大気による減衰が 4dB/km と小さい領域が存在するため（60GHz 帯では 17dB/km 程度）、高周波数帯としては比較的長距離の伝播が可能となる。さらに周波数が高くなるため波長が短くなり、アンテナなどを作製する際にはハードウェアの小型化も実現できる周波数帯である。したがって大容量無線伝送を小型のデバイスで実現できる。本研究開発終了後に速やかな社会実装を実現するため、研究開発で得られた成果は ITU-R および IEEE での技術検討活動に順次入力する。ITU-R では、WRC-2019 の議題 1.15 で 275GHz から 450GHz における能動業務利用に関する検討が実施される予定であり、様々なユースケースに対する技術要件やこの周波数帯の電波伝搬特性などが研究されている。WRC-2019 では能動業務のための特定 (Identify) は行われるが、より本格的な周波数割り当てである分配 (allocation) については更に次回の WRC に向けて議論される見込みであり、本研究開発成果に基づいて情報提供を行う。

(2) 技術課題および到達目標

技術課題

ア 未割当周波数帯を含む高周波数帯における非圧縮低電力無線伝送技術の研究開発

当該周波数帯を用いて、非圧縮で大容量映像データの伝送を可能とする無線伝送技術を開発する。広い周波数帯域幅を用いることで、情報圧縮・伸張を不要とし、そのための電力を削減することで、電力を低減しつつ低遅延を実現する。システムの構成としては以下に述べるようにベースバンド処理技術、アレイアンテナ等によるビーム制御技術、RF フロントエンド高性能化技

術が含まれることが想定されるが、全体として最適な性能となるようにそれぞれの技術の機能、性能、境界条件を検討することも技術課題に含まれる。

① ベースバンド処理技術の研究開発

無線部分で高速伝送が実現できたとしても、これを高精細度映像機器に接続（入出力）するためのインターフェイス部分であるベースバンドの処理技術については、ミリ波帯における帯域幅数 GHz のデータ伝送用のチップは開発されているが、本研究開発における周波数帯で想定しているような帯域幅数十 GHz に対応した映像伝送用チップはこれまで実現されていない。本研究では従来有線接続によって実現されてきた信号処理技術を応用するなどして当該周波数帯用のベースバンド処理用のチップを開発する必要がある。

② ビーム制御技術の研究開発

超薄型映像表示装置や可搬医療機器では、筐体が非常に薄型や小型であることと、映像機器間の位置関係が不定であることが想定される。このため、移動した場合にも無線通信が確保でき、小型筐体に実装可能なアンテナシステムを開発する必要がある。（ただし、本件の対象では、送受信機が高速で移動するわけではないので、高速の物体を追尾するような機構を実装することは想定していない。）

③ RF フロントエンド高性能化技術の研究開発

当該周波数帯における RF フロントエンドについて、低消費電力化や周辺回路の集積化などが実用化のために必要である。この周波数帯の無線信号処理の基本回路は、これまでいくつかの研究機関から報告があるが、本提案で想定するシステムに導入するには消費電力が大きい、複数の外部装置が必要になるなどの課題が残っている。これらの課題を解決するため、この周波数帯の RF フロントエンドの低消費電力化や周辺回路の集積化など、実用化に供するための高性能化を図る必要がある。

イ 未割当周波数帯を含む高周波数帯の無線による高精細度映像伝送技術の研究開発

実際の高精細度映像の無線伝送では、映像送信機器および映像表示機器とトランシーバとのインターフェイスが必要である。無線伝送部分でのデータ圧縮は行わず、低遅延に大容量映像の伝送を行えるようにする。これにより高精細・高解像度映像の適用範囲、操作性、設置性を飛躍的に向上させることで市場での優位性を確立する。

到達目標

ア 未割当周波数帯を含む高周波数帯における非圧縮低電力無線伝送技術の研究開発

全体として当該周波数帯を用いて 50Gbit/s 程度のデータ伝送速度を得られるシステムを構築し、非圧縮で大容量映像データの無線伝送を可能とする技術を開発する。システムの構成として想定されるベースバンド処理技術、アレイアンテナ等によるビーム制御技術、RF フロントエンド高性能化技術の目標を以下に示すが、全体として最適な性能とするためにそれぞれの技術の機能、性能、境界条件を最適化する。

① ベースバンド処理技術の研究開発

低遅延性を確保しつつ十分な低消費電力性能を持つ、ベースバンド集積回路を開発する。ここでは、無線部分による信号劣化の補正及びデジタルデータの処理を、低遅延かつ実装可能な消費電力に抑える技術を開発する必要がある。この際、コスト競争力にも配慮しつつ回路の設計等を行なう。さらにイコライザやクロックデータリカバリー等のアナログ／デジタル信号の切り分けを効率よく行なえる回路設計指針を得るため、回路シミュレーションと回路試作を繰り返すことにより必要なパラメータを抽出し、素子の最適化を進め、伝送に必要な 50Gbit/s 程度の処理速度を達成する。

② ビーム制御技術の研究開発

既に高周波数帯の単一アンテナについては多層誘電体と金属を組み合わせた平面アンテナが提案されているがビーム方向制御などの機能は達成されていない。本課題ではビーム方向制御が可能となるアンテナシステムの実現を目指す。映像機器間の位置関係が変化しても無線通信が確保できるよう、角度 10 度程度でビーム方向制御（ビームステアリング）が可能な構造を実現する。また、これを用いて小型筐体に搭載できる、当該周波数帯に対応した、小型・薄型な送受信システム用のアンテナシステムを実現する。

③ RF フロントエンド高性能化技術の研究開発

ビームステアリングに必要な回路を内蔵し、当該周波数帯の無線信号を送受信できる集積回路を開発する。「イ 未割当周波数帯を含む高周波数帯の無線による高精細度映像伝送の実証実験」に必要な 0dBm 以上の送信電力を実現する。また、この部分での消費電力を抑える技術を開発する必要がある。さらに、コスト競争力を高めるために、部品点数削減可能な集積化技術を開発する。増幅器の消費電力を抑える、ミキサの変換効率を高めるなどにより、低消費電力化を実現するための回路設計指針を得るため、回路シミュレーションと試作を繰り返すことによりシステム

全体の最適化を進める。

イ 未割当周波数帯を含む高周波数帯の無線による高精細度映像伝送技術の研究開発

アで開発した技術を統合し、大容量映像の無線伝送の実証実験を行う。また、それに必要な映像送信機器および映像表示機器とトランシーバとのインターフェイスを作製する。伝送部分での圧縮処理は行わず、非圧縮伝送を伝送距離 5m 以上、誤り率 10^{-4} 以下、伝送速度 50Gbit/s 程度、遅延時間 1ms 以下で実現し、既存の圧縮無線伝送システムと比較した優位性を示す。また、角度 10 度程度のビーム制御が実現可能であることを示すとともに送受信装置の構成を最適化し、トランシーバ単体の消費電力を 25W 以下に抑える。

なお、上記の目標を達成するに当たっての年度毎の目標については、以下の例を想定している。

<2019 年度>

ア 未割当周波数帯を含む高周波数帯における非圧縮低電力無線伝送技術の研究開発

- ・ ベースバンド回路の基本部分（直並列変換、波形整形回路）の検討を行い、設計・試作品を用いた評価または既存品を用いた評価を行う。
- ・ ビーム制御実現に必要な構成要素を設計し、電磁界シミュレーションにより特性を評価する。さらに、この周波数帯で入力特性、損失、指向性を測定するための評価装置を構築する。
- ・ 実証実験に必要な回路の要求仕様について検討を行う。また、所望の機能と性能を実現しつつ RF フロントエンドを低消費電力化するための、トランシーバのフロントエンド部を構成する要素回路の試作を行う。

イ 未割当周波数帯を含む高周波数帯の無線による高精細度映像伝送技術の研究開発

- ・ 映像伝送系のシステムおよびインターフェイス設計のための方式検討を行う。

<2020 年度>

ア 未割当周波数帯を含む高周波数帯における非圧縮低電力無線伝送技術の研究開発

- ・ 試作したベースバンド回路のブラッシュアップを行う。FPGA 等を用いてプログラミングによるデジタル部の検討及びデモを実施する。
- ・ ビーム制御の構成要素を試作し、その特性を測定により評価する。必

要な性能が得られるように改良設計を進める。

- ・ 前年度に試作した RF フロントエンドの要素回路の評価を行い、RF フロントエンドを集積化したチップの試作と特性評価を行う。

イ 未割当周波数帯を含む高周波数帯の無線による高精細度映像伝送技術の研究開発

- ・ 映像伝送系の基本伝送システムおよびインターフェースの確認実験を行う。

<2021 年度>

ア 未割当周波数帯を含む高周波数帯における非圧縮低電力無線伝送技術の研究開発

- ・ 無線伝送の最適化、顧客使用状況を想定したシステム仕様を決定する。波形整形回路やビーム制御機能を含む回路の設計・試作を行う。
- ・ ビーム制御の構成要素を組み合わせて接続し、バラック構成で、アンテナシステムを構成する。また、その特性を測定により評価する。
- ・ RF フロントエンド回路の搬送波発生回路を試作し特性評価を行う。

イ 未割当周波数帯を含む高周波数帯の無線による高精細度映像伝送技術の研究開発

- ・ 最終年度に向けての予備実験として、ビーム制御技術を含めた伝送実験を行う。

<2022 年度>

ア 未割当周波数帯を含む高周波数帯における非圧縮低電力無線伝送技術の研究開発

- ・ ベースバンド部および無線システムの評価を行う。実証実験システムに組み入れ、ベースバンド機能を実証する。
- ・ ビーム制御の構成要素を一体化してモジュール構成とするための設計をし、試作してその特性を評価する。
- ・ この周波数帯の搬送波発生回路を RF フロントエンド回路に集積化・試作し、特性評価を行う。

イ 未割当周波数帯を含む高周波数帯の無線による高精細度映像伝送技術の研究開発

- ・ 課題アで開発した各技術を統合し、映像伝送実験を実施する。

5. 実施期間

2019 年度から 2022 年度までの 4 年間

6. その他

(1) 成果の普及展開に向けた取組等

① 国際標準化等への取組

国際競争力の強化を実現するためには、本研究開発の成果を研究期間中及び終了後、速やかに関連する国際標準化規格・機関・団体へ提案を実施することが重要である。このため、研究開発の進捗に合わせて、国際標準への提案活動を行うものとする。なお、提案を想定する国際標準規格・機関・団体及び具体的な標準化活動の計画を策定した上で、提案書に記載すること。

② 実用化への取組

研究開発期間終了後も引き続き取り組む予定の「本研究開発で確立した技術の普及啓発活動」及び2025年度までの実用化・製品展開等を実現するために必要な取組を図ることとし、その活動計画・実施方策については、提案書に必ず具体的に記載すること。

③ 研究開発成果の情報発信

本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に総務省が別途指定する成果発表会等の場において研究開発の進捗状況や成果についての説明を行うこと。

(2) 提案および研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めること。また、従来技術との差異を明確にした上で、技術課題及び目標達成に向けた研究方法、実施計画及び年度目標について具体的かつ実効性のある提案を行うこと。

研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。

なお、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について、研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。

(3) 特記事項

それぞれの課題は全体目標に密接に関わるため、課題間連系は密に行うこと。