（革新）様式 1-4-2 (2022-1)

令和４年度研究開発成果概要書

採 択 番 号　　03201
研究開発課題名　低コスト・高品質なミリ波・テラヘルツ帯への B5G 対応高周波数移行技術の研究開発

（１）研究開発の目的

B5G で必要となるおよそ 30GHz 以上の周波数帯における高速・大容量通信において電波の逼迫度が深刻な低い周波数領域の信号を高い周波数領域に移行する技術の実現とその成果を利用した既存技術の高性能化に依らない高い周波数領域のデジタル／アナログ変換の実現を目的とする。

（２）研究開発期間

令和３年度から令和５年度（３年間）

（３）受託者

国立大学法人大阪大学 ＜代表研究者＞
三菱電機株式会社

（４）研究開発予算（契約額）

令和３年度から令和４年度までの総額 100 百万円（令和４年度 56 百万円）
※百万円未満切り上げ

（５）研究開発項目と担当

研究開発項目１：光キャリアの広帯域性を用いた低周波-高周波変換
　研究開発項目 1-a）低周波-高周波変換のための光キャリアの検討（国立大学法人大阪大学）
　研究開発項目 1-b）光キャリア重畳信号の低周波-高周波変換の検討（国立大学法人大阪大学）
研究開発項目２：電波/光信号処理インタフェース技術
　研究開発項目 2-a）電波/光/電波メディア変換技術（三菱電機株式会社）
　研究開発項目 2-b）低い周波数領域における超広帯域波形最適化技術（三菱電機株式会社）
研究開発項目３　B5G 対応高周波数移行技術（国立大学法人大阪大学・三菱電機株式会社）

（６）特許出願、外部発表等

		累計（件）	当該年度（件）
特許出願	国内出願	３	３
	外国出願	４	４
外部発表等	研究論文	１	１
	その他研究発表	14	11
	標準化提案・採択	０	０
	プレスリリース・報道	０	０
	展示会	１	１
	受賞・表彰	０	０

（７）具体的な実施内容と成果

研究開発項目１：光キャリアの広帯域性を用いた低周波-高周波変換
　研究開発項目 1-a）低周波-高周波変換のための光キャリアの検討
　本研究開発課題で使用する低周波-高周波変換のための時間伸長用の光キャリアを生成するためのデバイスとして昨年度にカスタム設計を行ったチャープドファイバーブラッググレーティングを実際に試作し、目標である数十ナノ秒以上（約百ナノ秒程度）に時間伸長された時変ス

ペクトル光の光キャリアの発生に成功した。また、試作したデバイスでは、研究開発項目 1-b および研究開発項目 2 との連携においても非常に重要となる信号品質と消費電力を左右するデバイスにおける損失の大幅な低減（既製品に対して１０倍以上の損失低減）にも成功した。

研究開発項目 1-b）光キャリア重畳信号の低周波-高周波変換の検討

本研究開発課題で使用する低周波-高周波変換のための時間圧縮用の分散制御技術の理論検討、および、基礎実験による実現アプローチの最適化の結果として、研究開発項目 1-a で試作を行ったチャープドファイバーブラッググレーティングを時間圧縮デバイスとしても使用することにより、100 倍程度の圧縮比と数百ピコ秒長以下までの時間圧縮に成功した。また、そのバイディレクショナル使用について、研究開発項目 2 との連携においてメガヘルツ級の信号重畳された時変スペクトル光をギガヘルツ級の信号へ変換する際の有用性を確認した。また、重畳信号として QPSK 信号波形を用いた低周波-高周波変換にも成功した。

研究開発項目２：電波/光信号処理インタフェース技術

研究開発項目 2-a）電波/光/電波メディア変換技術

ミリ波、サブミリ波、テラヘルツ波（最大対応周波数 110GHz）に対応したメディア変換装置試作仕様検討を行った。仕様検討では、レベルダイヤ設計からミリ波帯信号をおよそ 7bit の分解能で検出可能であることを示した。本装置の試作を実施し、電気端の変調信号に対する入出力特性を評価した。評価結果として、レベルダイヤ設計値に対して高々1.3dB 程度(1bit 以下)の誤差となり、設計の妥当性を確認した。

研究開発項目 2-b）低い周波数領域における超広帯域波形最適化技術

調達した FPGA および試作歪補償部を用いて、実光源で想定される振幅歪を持つ模擬光源を用いた変調実験を実施した。Sin 波および圧縮後 1.47GHz（キャリア周波数 33GHz）を想定した圧縮前帯域幅 98MHz の QPSK 信号により評価を行い、16QAM 信号においても十分な性能である SNR34dB 以上、EVM 10.07%を実証した。

研究開発項目３：B5G 対応高周波数移行技術

研究開発項目 1 の光キャリアの広帯域性を用いた低周波-高周波変換と研究開発項目 2 の電波/光信号処理インタフェース技術の連携実証系の検討を行った。信号品質改善のための補正を主目的とする研究開発項目２との連携実証系の検討として、補正前の信号品質の確認を中心に必要となる補正の仕様についての絞り込みを行った。その結果、今年度の目標として設定していたギガヘルツ級の QPSK 程度の信号波形であれば、補正無しでも移行自体は十分に可能であることを確認した。また、研究開発項目 1 で試作したキーデバイスであるバイディレクショナル型のチャープドファイバーブラッググレーティングと研究開発項目 2 で構築した評価系を連接し、ミリ波帯において最大 37.7GHz の高周波移行信号の生成に成功した。

（8）今後の研究開発計画

研究開発項目１：光キャリアの広帯域性を用いた低周波-高周波変換

研究開発項目 1-a）電波/光/電波メディア変換技術

本項目の低周波-高周波変換のための光キャリアの実現のために設計・試作したデバイスは、その仕様がこれまでにないものであるために、デバイス間の連結をはじめその使用方法の工夫により低周波 - 高周波変換の高機能化・高性能化に資する様々な機能創出が期待される。研究開発項目 2-a との連接実証の状況に応じて、使用方法の工夫に対応した試作デバイスの改良などを進める。

研究開発項目 1-b）光キャリア重畳信号の低周波-高周波変換の検討

本項目の光キャリア重畳信号の低周波-高周波変換の実現のために設計・試作したデバイスは、その仕様がこれまでにないものであるために、バイディレクショナルな使用を始めとしたその使

用方法の工夫により低周波 - 高周波変換の高機能化・高性能化に資する様々な機能創出が期待される。さらに、研究開発項目３のための連携実験を進めながら、信号重畳に用いる変調デバイスの最適化や研究開発項目 2-a との接続の最適化の状況に応じて、使用方法の工夫に対応した試作デバイスの改良などを進める。

研究開発項目２：電波/光信号処理インタフェース技術

研究開発項目 2-a）電波/光/電波メディア変換技術

2023 年度は、2022 年度に試作したメディア変換装置の改良評価を実施し、将来的なデバイスの進歩も考慮してサブミリ波帯・テラヘルツ帯で 6bit 以上の評価・検出が可能である拡張性を示す。

研究開発項目 2-b）低い周波数領域における超広帯域波形最適化技術

次年度に計画している改良評価では、2022 年度に試作したデジタル回路および改良版の FPGA 実装および評価を完了する。本評価により、テラヘルツ波 200GHz の比帯域 5%の 10GHz 以上の帯域幅へ対応可能とする拡張性を示す。

研究開発項目３：B5G 対応高周波数移行技術

研究開発項目１および２の情報・進捗状況を受託者間会議により整理し、実際の適用信号として 1GHz 以上の帯域幅で 16QAM 信号の要求品質を満足するデジタル多値変調された通信信号を想定し、通信の確立に必要な波形補正をデジタル領域において実施することで通信に必要な信号品質を確保し、 2023 年度の連接実証を実施することを目標とする。