

(7) 具体的な実施内容と成果

研究開発項目1：シームレスアクセス要素技術の研究開発

1-a) アクセス伝送技術に関する研究開発（早稲田大学）

無線伝送技術において、10Gbps 級の伝送に必要な要素技術として、地上伝搬特性を把握するためのモデルの作成と、周波数等化処理と誤り訂正機能(FEC)の詳細設計を完了した。距離 500m 程度の鉄道総研(東京都国分寺市)の実験箇所をモデル化し、シミュレーションにより伝送実験を行い、FEC の効果などを確認した。マルチモード光ファイバー伝送技術において、R4 年度に試作したシングルモードファイバーからマルチモードファイバーへ変換し軸ずれをエミュレートする光結合装置を改良、外部からの機械的な外乱に対する周波数特性の時間変動を測定した。ファイバー長 1020m に対して、軸ずれ 20 μ m の発生に対して伝送容量 10Gbps の安定性を検証した。

1-b) ハイパワーテラヘルツデバイス技術に関する研究開発（三菱電機）

100GHz で 10W の出力を可能とする GaN トランジスタ開発に向け、低抵抗エピタキシャル結晶改良開発を行い、表面ヒロック密度=30 個/cm²、結晶性 XRC=420sec を実現した。高周波動作化に関しては、EB 描画によるゲート長 80nm 以下の短ゲート構造とフィルムレジストを活用した中空構造の基本構造設計と試作を実施し、それぞれの要素技術開発を行った。半導体製造装置および評価装置に関しては、レジスト塗布/現像装置、中空構造形成装置、及び高周波帯用評価装置を導入した。GaN 微細エッチング装置は、低ダメージ性、加工制御性の高さ、及びデモ評価結果から、ALE(Atomic Layer Etching)方式の装置を選定し、装置を発注した。また、高力バレッジ絶縁膜形成装置は、低ダメージ性、カバレッジ性の高さ、及びデモ評価結果から、ALD(Atomic Layer Deposition)方式の装置を選定し、装置を発注した。

1-c) 大容量通信デバイスに関する研究開発（立命館大学）

分配器及び合成器の比較検討については、前年度に一覧表化した候補となる単位分配器・合成器について、2023 年度はトランス型を含めた特性比較を行った。線路分岐、ウィルキンソン型、ハイブリッド型、ラットレース型、トランス型を比較し、仮定した基板と線路の条件ではウィルキンソン型が低い損失と低い電圧定在波比を両立できることを確認した。さらに、1:2 分配を単位分配器とする構成に加えて、一括して 1:N 分配を実現する構成も検討し、反射特性とアイソレーション特性に関する課題を明確化した。また、空間で電力合成を行う場合の移相器精度への要求条件の検討を進めた。仮定した送信アレーアンテナでは、メインローブに対するアンテナ利得の利得低下 0.5dB の条件で許容できる位相誤差は $\pm 30^\circ$ 、サイドローブを -10dB 以下に抑圧する条件で許容できる位相誤差は $\pm 25^\circ$ であることを明らかにし、移相器精度への要求条件を明確化した。

研究開発項目2：シームレスアクセスネットワークに関する研究開発

2-a) 有無線ネットワーク制御に関する研究開発（名古屋工業大学）

光ファイバネットワーク内に大容量固定無線を組み込んだ有無線ネットワーク構成において、ミリ波～テラヘルツ帯固定無線およびその周辺環境のセンシングデータを無線テレメトリデータとして送信する手法とフレームワークについて構築し、無線リンク情報および環境情報の制御ネットワーク内伝送を実現した。また、統合ネットワーク制御を行うためホワイボックススイッチを基盤とするソフトウェア定義ネットワークの構築を開始し、架空空中線接続ミリ波固定無線リンクを含めた有無線ネットワークの構築に着手した。無線区間損失により最大 10Gbps から最小 2Gbps のデータ伝送容量変動を観測し、前年度検討した風雨状況における想定されるリンク品質についての実験的検証を実施した。加えて、無線ネットワーク品質劣化時の有線ネットワークへのオフローディングについて、ToS タグを用いたルーティング制御により実機検証を行った。

2-b) 高信頼通信ネットワークに関する研究開発（電力中央研究所）

電力設備の周辺で広帯域無線の利用を想定すると、テラヘルツ波の電波伝搬路に電線が入る状況が想定されるため、電線の影響を把握する必要がある。2023年度の上期には、電波暗箱を用い100GHzの伝搬路内（距離0.5m）に金属棒を挿入し、それによる追加損失の測定を行った。下期には、NICTテストベット（テラヘルツ帯対応電波暗室）を用い15mの伝送距離で実送電線等を用いた追加損失の測定を実施した。さらに、電線による損失を求める計算にも着手した。電力設備周辺でのテラヘルツ波の利用の際に不可欠な回線設計に活用可能な知見を得ることができた。

また、信頼度（不稼働率）を計算する際の既存の電力用通信ネットワークのモデルを用い複数のシナリオで計算を行い、広帯域無線の効果的な利用形態の定量的な検討に着手した。

光ファイバ給電の特許1件を2023年4月に出願した。IEC 61850（通信プロトコル）、IEC 61970-301（共通情報モデルCIM）の標準化活動を継続的に実施した。

2-c) 鉄道インフラ監視システムに関する研究開発（鉄道総合技術研究所）

鉄道用デジタルメンテナンス基盤における、データ伝送ネットワークでは、公衆網を利用して優先度の等しいデータの伝送を行うネットワークにおいて、通信状況を監視しながら複数の公衆網を切り替える機能について、より切替時間を短縮できるよう前年度の仕様を改良して実機に実装した。その結果、列車の運行に関わるIP非対応の保安装置の情報を、制御情報が求める3秒以内の切替時間で安定的に伝送できることを、室内試験で確認した。また、列車の運行に関わる制御情報とメンテナンスに関わる情報のように、優先度の異なる複数のデータが混在するネットワークで、優先制御機能を実現するための制御コードを策定し、当該機能を検証するためのシミュレーションモデルを構築するとともに、WS等のシミュレーション環境を整備した。さらに、各種データを集約するデータプラットフォームにおいて、高精度画像や動画等の大容量データをサーバで管理するための新たなデータフォーマットを提案し、これをデータサーバに実装した。

(8) 今後の研究開発計画

研究開発項目1：シームレスアクセス要素技術の研究開発

高信頼シームレスアクセスネットワークにおける無線および有線通信とアクセス伝送に関する要素技術、ハイパワーテラヘルツデバイス、大容量通信デバイスの研究開発を行い、システムの要素技術を完成させる。

2024年度に単体機能の試作・検証、2025年度に試作したデバイスを用いた検証を行う。

研究開発項目2：シームレスアクセスネットワークに関する研究開発

高信頼シームレスアクセスネットワークにおける、無線および有線ネットワークの統合制御技術、高信頼ネットワーク技術、監視技術の各システム技術の研究開発を行い、設定したユースケースで機能の実証を行う。

2024年度に単体機能の試作・検証、2025年度にハイパワーテラヘルツ無線通信を用いた検証および鉄道および電力インフラを想定した機能の実証を行う。