令和4年度研究開発成果概要図（目標・成果と今後の研究計画）

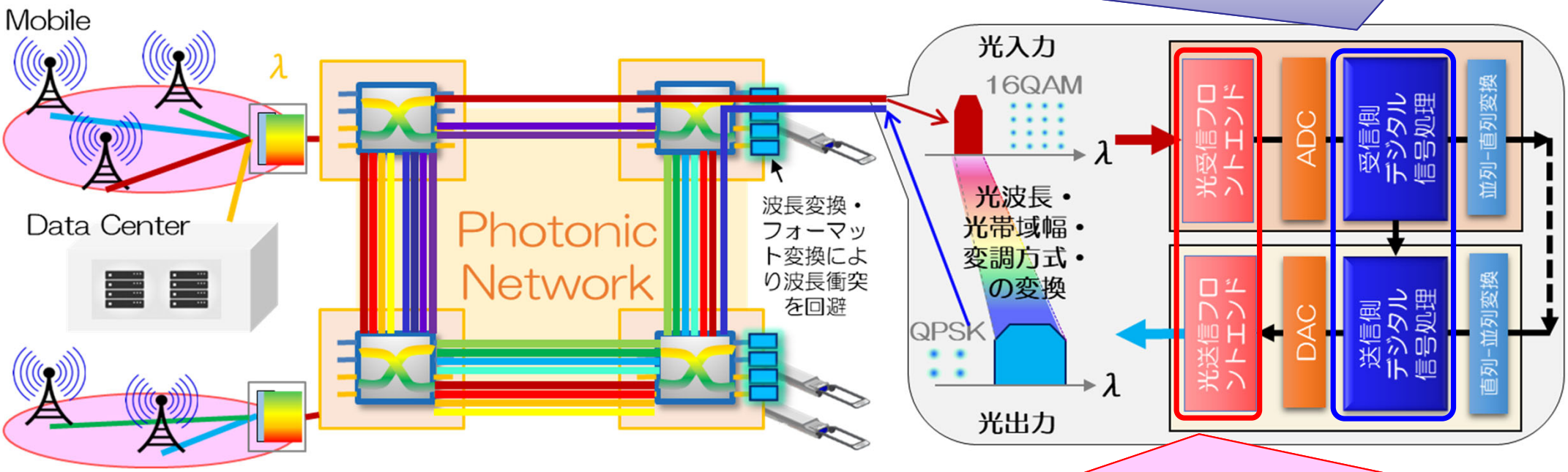
1．研究課題・受託者・研究開発期間・研究開発予算

◆研究開発課題名　Beyond 5G 超高速・大容量ネットワークを実現する小型低電力波長変換・フォーマット変換技術の研究開発
◆副題　大容量光ネットワークの利用効率向上に向けた小型低電力波長変換・フォーマット変換技術の研究開発
◆受託者　日本電信電話（株）、三菱電機（株）、日本電気（株）、富士通（株）
◆研究開発期間　令和4年度～令和8年度（5年間）
◆研究開発予算（契約額）　令和4年度4,000百万円

2．研究開発の目標

B5G時代における超高速・大容量光ネットワークにおいて、光信号の波長リソースの有効活用を可能とする小型低電力波長変換・フォーマット変換技術の実現を目指し、1）小型波長変換・フォーマット変換用低電力デジタル信号処理技術、及び2）小型波長変換・フォーマット変換用フロントエンド技術を確立する。

研究開発項目1）小型波長変換・フォーマット変換用低電力デジタル信号処理技術の研究開発：日本電信電話（NTT）、三菱電機、日本電気（NEC）、富士通



研究開発項目2）小型波長変換・フォーマット変換用フロントエンド技術の研究開発：NTT、NEC

３．研究開発の成果　※「成果」中の下線部は当初計画からの上積みを表す

研究開発項目1　小型波長変換・フォーマット変換用低電力デジタル信号処理技術の研究開発

研究開発項目1-a　小型波長変換・フォーマット変換向けチャネル推定・統合最適化技術（日本電信電話株式会社）

【目標】チャネル推定技術および統合最適化技術の課題抽出を行う。機能構成･実現方式を検討し、適用アルゴリズムおよび全体機能仕様･ブロック構成の基本検討を完了する。

【成果】チャネル推定技術の検討では、チャネル応答特性の推定対象を明確化し、その方式検討および基本評価を完了した。統合最適化技術の検討では、電力と性能のトレードオフ緩和策の創出・全体最適化検討を進め、電力・性能目標を達成可能な基本アルゴリズムを見出し、基本設計方針を策定した。また、全体機能仕様・ブロック構成の基本検討を完了した。加えて、来年度の予定である全体性能評価環境の構築に向けて、機能モデルの統合設計に着手した。（**達成度110%**）

研究開発項目1-b　小型波長変換・フォーマット変換向け符号化技術（三菱電機株式会社）

【目標】波長変換・フォーマット変換用デジタル信号処理に求められる符号化・復号技術の機能抽出と要求仕様を検討し、低電力適応レート可変誤り訂正符号化方式のアルゴリズム基本方式検討を完了する。

【成果】符号化技術の検討では、小型波長変換・フォーマット変換向けに求められる機能抽出を実施し、確率整形符号化技術と誤り訂正符号化技術の複数方式について性能と消費電力の比較評価を行った。それらにより選定した方式について復号処理アルゴリズムならびにパラメータの選定評価を実施し、アルゴリズムの基本方式検討を完了した。
また、来年度検討を予定している機能モデル設計に着手した。（**達成度110%**）

研究開発項目1-c　小型波長変換・フォーマット変換向け波形歪み補償信号処理技術（日本電気株式会社）

【目標】小型・低電力で波長変換およびフォーマット変換を実現するための、波形歪み補償デジタル信号処理の設計に必要な課題抽出を行うとともに、適用する構成及びアルゴリズムの基本検討を完了する。

【成果】波形歪み補償デジタル信号処理で必要とする補償要素を評価するプロトタイプ構築と定量評価を完了した。また、短距離用、長距離用の補償回路合成試行を実施し課題抽出を進めた。方式課題および回路設計での課題を抽出了し、構成･アルゴリズムの基本検討を完了した。また、来年度実施予定の機能モデルの設計に着手した。（**達成度 110%**）

研究開発項目1-d　小型波長変換・フォーマット変換向け低電力偏波制御信号処理技術（富士通株式会社）

【目標】小型波長変換およびフォーマット変換を実現する偏波制御信号処理技術の課題抽出を実施し、アルゴリズムおよび回路アーキテクチャ、回路構成の基本検討を完了する

【成果】性能を最適化しつつ消費電力を低減するための基本検討方針を決定し、アルゴリズム、回路アーキテクチャ、回路構成検討を実施した。また、アルゴリズム、回路アーキテクチャ、回路構成の検討を完了し、来年度予定の機能モデル設計に着手した。（**達成度110%**）

研究開発項目2　小型波長変換・フォーマット変換用フロントエンド技術の研究開発

研究開発項目2-a　小型波長変換用フロントエンド向け光送受信回路技術（日本電信電話株式会社）

【目標】小型・低電力化に向けて、波長変換用フロントエンド向け光送受信回路に必要となる、光回路・アナログ電子回路の構成方法を明示する。また構成要素となる各回路に求められる性能を明らかにし、課題抽出および実現方針を策定することで基本検討を完了する。

【成果】シリコンフォトニクス技術によるフロントエンド構成部品の小型集積化検討を進め、800Gbps級の高速化と波長変換機能の追加を両立する光回路についてビット当たり1/10の小型化の実現性を確認した。アナログ電子回路について、送信側の変調器ドライバに関する性能シミュレーションを実施し、800Gbps級の高速化の実現可能性を確認した。また、受信側のトランスインピーダンスアンプについても性能シミュレーションを実施し、高速化の実現可能性を確認した。（**達成度100%**）

研究開発項目2-b　小型波長変換用フロントエンド向け二波長波長可変光源技術（日本電気株式会社）

【目標】小型・低電力の二波長波長可変光源を実現するための要件や構成を検討し、具体的な設計に必要な課題抽出を行うと共に、基本的な光回路、制御回路の基本検討を完了する。

【成果】シリコンフォトニクス光回路について課題候補の選定、課題評価のための設計を完了し、試作を完了。また、光半導体チップについて集積光増幅器の設計を行い、チップ試作を完了。二波長の独立波長制御について、波長可変フィルタ方式とモード変換方式を選定・設計して、試作を完了した。さらに、各試作品の基本評価を実施し、シリコンフォトニクス光回路および光半導体チップの課題抽出および制御基本動作の確認を完了、二波長波長可変光源実現のための回路構成検討に着手した。（**達成度 100%**）

4. 特許出願、論文発表等、及びトピックス

国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	標準化提案・採択	プレスリリース 報道	展示会	受賞・表彰
3 (3)	5 (5)	0 (0)	5 (5)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)

※成果数は累計件数、( )内は当該年度の件数です。

(1)学会発表

・石井健二 他, "マルチレベル符号化システムにおける誤り訂正前性能確定の一検討", 2023年 電子情報通信学会, 2023年3月
・中村俊文 他, "Optical-Analog-Optical方式によるC-C/C-L波長変換装置の特性", 電子情報通信学会, 2023年3月
・大宮達則 他, "波長変換装置で生じる信号劣化要因の数値解析", 電子情報通信学会, 2023年3月
・立野翔真 他, "波長変換光伝送における位相共役と最適波長分散補償による簡易中継DSPを用いた非線形低減", 電子情報通信学会, 2023年3月
・中島久雄 他, "デジタルコヒーレント光送受信機の低電力適応等化フィルタ制御", 2023年 電子情報通信学会, 2023年3月

(2)特許

・日本電信電話株式会社, "光伝送システム受信器等化回路", PCT/JP2023/ 12815
・三菱電機株式会社, "誤り訂正装置、制御回路、記憶媒体および誤り訂正方法", 特願PCT/JP2023/006766
・日本電気株式会社, "光ネットワークシステム、制御方法、制御プログラム、制御装置、光中継装置", 特願2022-204160
・日本電気株式会社, "光中継装置、光中継方法、プログラム", JP2023/005447
・日本電気株式会社, "波長モニタ装置、波長モニタ方法及び波長ロッカ", 特願2023-037233
・日本電気株式会社, "光中継装置、波長変換装置、光通信システム、及び光中継方法", JP2023/011243
・日本電気株式会社, "光中継装置、光伝送システム及び光中継方法", JP2023/011868
・富士通株式会社, "分散スループモニタおよびデジタルコヒーレント光送受信機", 特願2023-057784

5. 今後の研究開発計画

- 研究開発項目1:2023年度は、方式・アルゴリズムを決定。機能モデルの設計完了。性能・電力評価用回路実装モデルの設計を開始する。2024年度は、回路実装モデルの設計完了し、800Gbps以上の大容量波長チャネルの波長・フォーマット変換を実現するデジタル信号処理回路の回路実装サンプル試作を試作する。2025年度は800 Gbps回路実装サンプル試作用いて性能・電力評価を完了する。
- 研究開発項目2:2023年度は、それぞれの技術においてテストサンプルの試作を行い、評価を通じた実現方式技術の設計を完了させる。2024年度は、光送受信回路技術と二波長波長可変光源技術のそれぞれの技術において、サンプル試作を通じた動作検証を完了させる。2025年度は、実機評価を行い、小型波長変換用フロントエンドにおける動作を検証するとともに、性能評価を完了する。そのうえで、2026年度には、研究開発項目１で試作したデジタル信号処理回路の実装サンプルと、研究開発項目２の光小型波長変換用フロントエンド回路サンプルとを組み合わせて波長チャネル毎の柔軟な波長変換およびフォーマット変換を実証する。また、電力1/10かつサイズ1/10での800 Gbps以上の波長変換動作を実証する。
- 更に、1Tbps超級の大容量波長チャネル毎に柔軟な波長変換および変調方式、ボーレート等を制御するフォーマット変換を小型かつ低電力で実現するデジタル信号処理技術および小型波長変換用フロントエンド技術の研究開発を実施する。そのために、2025年度には、800Gbps以上の回路実装サンプルを用いた性能・電力評価を踏まえて、1Tbps超級の実現に向けた課題抽出を実施する。そのうえで、2026年度には、1Tbps超級の機能設計の基本検討を完了する。