

(4) 研究開発予算（契約額）

令和4年度から令和5年度までの総額5,050百万円（令和5年度1,750百万円）

※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 光ネットワークのコントローラ技術

研究開発項目1-a) API機能・機能部間IF仕様及び評価環境の研究開発

(日本電信電話株式会社)

研究開発項目1-b) オールフォトニクス・ネットワーク管理機能の研究開発

(富士通株式会社)

研究開発項目1-c) オールフォトニクス・ネットワークにおける各種ワークフロー機能の研究開発

(日本電気株式会社)

(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	6	6
	外国出願	12	9
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	15	11
	標準化提案・採択	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	0	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と最終成果

研究開発項目1 オールフォトニクス・ネットワークのコントローラ技術

研究開発項目1-a) API機能・機能部間IF仕様及び評価環境の研究開発

1-a-1) 目標である将来の光ネットワークのコントローラ機能、ワークフロー機能、API実現にあたり、1-a)、b)、c)横通して検討すべき技術的課題の抽出、関係者間共有、具体化を図り、検討体制を構築した。

1-a-2) 上記で明確化した技術課題に対する年度毎の取り組みを2022年度、2023年度それぞれマイルストーンとして設定した。

1-a-3) 技術課題、マイルストーンに対し1-a)の検討体制を確立。事務局を設置し初期検討、物品調達調整、検証環境整備、定例打合せなどの検討スキーム設定を完了した。

1-a-4) NTT 武蔵野研究開発センタにおけるリモートでセキュアなアクセス可能なHMI環境、開発・検証環境整備を完了し、維持管理体制に移行。各社実験室環境をリモートから相互接続可能とするNW環境を構築した。また、各社実験室環境をリモートから相互接続可能とする環境を構築し、関係拠点の検証環境間NW接続を完了し運営を開始した。

1-a-5) All Photonics Network (APN) のサービスユースケースを設定。各社で別途検討しているユースケースから、APNによるData Center間接続を初期ターゲットとして合意した。

1-a-6) 将来の光ネットワークコントローラにとっての外部条件を設定し合意。具体的には管理ドメイン定義、EMS有無、マルチベンダ装置構成、関連システムについて外部条件を設定した。

1-a-7) 評価対象として、海外ベンダを中心に市中コントローラ(EMS、NMS)製品を選定した。また、光ネットワーク装置やネットワークを模擬するシミュレーションツール作成に用いる市中の開発製品やOSSの有無を確認した。その他、市中コントローラ製品のオープンIFで他システムと接続する市中API-GW製品(ETL機能)を選定した。

- 1-a-8) NW キャリア観点から、コントローラやワークフロー機能部に対する機能要件、非機能要件を整理し、1-b)、1-c) の機能検討、基本設計にインプットした。
- 1-a-9) NW キャリアによる運用を想定した業務モデルを設定した。また、NW キャリアによる EMS/NMS 製品の利用形態を調査し共有した。
- 1-a-10) API を通じた制御対象となるパス管理モデルを検討。既存標準規格を反映した案を提示し関係者間で合意した。新しい管理対象パスとして、冗長パス（レストレーション）、波長帯変換パスについて管理モデルを提案し、集中検討会で議論した結果を課題 1-b) に展開。コントローラの初版実装に反映した。
- 1-a-11) 光伝送関連技術の標準動向や市中製品調査については、既存技術の到達点、光伝送技術全般に関する標準動向、標準規格における管理モデル、市中コントローラ製品の機能や IF、市中エミュレータ・エミュレータの調査結果をドキュメントに取りまとめた。
- 1-a-12) 標準動向や製品ドキュメント調査結果を踏まえ、市中製品の実機検証による機能や IF の詳細確認、実装差分を確認。目的が異なる複数の検証計画を立案。1. 市中コントローラ製品の具備機能、具備 API、差分の評価、2. 市中コントローラ製品が具備する IF を用いた SBI 接続容易性の評価を実施した。
- 1-a-13) TAPI 対応状況の調査、市中コントローラのベンダ間の接続性検証、市中コントローラの運用自動化機能に関する調査を完了しドキュメントに取りまとめた。また OpenROADM v13.0 調査内容を共有し、v13.1 対応のインパクトを確認した。
- 1-a-14) 調査結果をベースに APN コントローラの NBI、SBI 仕様を定義し、TAPI および OpenROADM 標準規格をベースとしたドキュメントをリリース。T-API ver2.3.1 をベースとした NBI・SBI 仕様を検討していたが、2022 年末に T-API の ver.2.4.0 がリリースされたことから、2.4.0 の調査を追加で実施し、API 仕様ドキュメントに反映。2022 年度に TAPI 標準規格をベースとした API 仕様案（標準規格に存在する範囲の NBI および SBI）を策定完了。更に、2023 年度に SBI 仕様として OpenROADM 標準規格をベースとした API 仕様案を追加。2023 年度に標準規格ベースに加えこれまでの検討から一部拡張 API を仕様書に追加した。
- 1-a-15) NBI/SBI を通じ（準）リアルタイムで同期する方式を整理。コントローラとワークフローの両システム間の IF、情報同期方式について実装の方向性を合意した。
- 1-a-16) コントローラに API で接続することを前提とした光リソース管理 APL について、市中製品の調査を実施。パス計算を行う外部の高度化 APL を収容する IF 要件及び、TAPI (ver.2.4.0) を用いた実装時の課題を調査。APL の基本機能としてパス開通（オフライン系）機能に着目し、「高度化 APL 要件定義書」を作成。
- 1-a-17) 市中伝送装置コントローラのパス計算機能および、パス計算機能に関するマイクロサービス間の内部 IF およびシステム間 IF を調査し、波長変換機能の情報モデル・パス計算への影響を確認し、ドキュメントにとりまとめた。
- 1-a-18) OSS 調査を行ったうえでシミュレーションツール（初版）を作成し、大規模ネットワークを模擬する上でのシステムアーキテクチャやソフトウェアアーキテクチャについて要件整理した。また、作成したシミュレーションツール（初版）を活用し、アーキテクチャと実現上の課題、実現方式を評価した。

研究開発項目 1-b) オールフォトニクス・ネットワーク管理機能の研究開発

- 1-b-1) 光ネットワークコントローラにおけるプラットフォームとして、スケーラブルでかつオープンなプラットフォーム上で実行させるためのアーキテクチャを検討した。また、スケーラブルな分散システム環境で実現させるためのデータベース、メッセージング方式検討を実施した。コントローラアプリケーションをマイクロサービスプラットフォーム上で動作させるために必要な OSS 候補の抽出を完了し、プラットフォーム IF 仕様を策定した。
- 1-b-2) 光ネットワークコントローラの基本設計を行うにあたり、機能実現に必要なパス管理モデルの検討、シングルドメインからマルチドメイン間における End-to-End 光ネットワークのサービス構成・EMS 構成の検討、コントローラで実現する機能要件及びインタフェースの抽出を実施した。オンデマンド制御方式において、100 万パスを実現するネットワ

ーク構成、およびパス経路計算 10 秒をネットワーク構成の検討を行い実現性の確認を完了した。

また、光ネットワークコントローラにおける光到達性確認のための GNPY の適用方法及び大容量のヒストリカル PM データ収集方式の調査・検討、第一版におけるボトムアップ/トッパダウンでのパス設定手順、波長変換方式、既存 ROADM ならびに OpenROADM の装置警報と適用する TAPI モデルの仕様調査を行い、装置警報の TAPI データモデルへのマッピングの検討を実施し、外部要件定義書への反映を完了した。

1-b-3) コントローラ内部管理モデルの決定や各種オープン API モデルへの変換ポイントの検討を実施した上で、NBI/SBI それぞれに対しオープン API の実装を完了した。

オールフォトニクス・ネットワークにおいて複数の波長帯に対応したマルチバンド(C-band + L-band)ROADM およびトランスポンダ(TRPN)を適用することを想定し、これら NE の監視・制御を行う光ネットワークコントローラの試作を実施した。

1-b-4) 母体コントローラソフトウェアとネットワーク装置を接続した検証環境を構築し、母体コントローラソフトウェアの基本動作検証を完了した。また、光ネットワークコントローラの試作第一版を接続し、試作ソフトウェアで実装された TAPI-NBI V2.4.1 と OpenROADM MSA V12.0、既存 ROADM と OpenROADM の統合管理の動作確認可能な検証環境の構築を完了した。

1-b-5) 光ネットワークコントローラの検証環境を構築し、光ネットワークコントローラの試作第一版を適用して、TAPI V2.4.1 及び OpenROADM MSA V12.0 のソフト検証を実施した。

研究開発項目 1-c) オールフォトニクス・ネットワークにおける各種ワークフロー機能の研究開発

1-c-1) 自動制御シナリオにおける自動化対象業務の整理、自動化を実現する上での課題および要件の抽出を行い、機能実現に向けたアーキテクチャの検討を完了した。また、データ収集および変換に関する Awareness 処理に関する課題の深堀検討を実施し、今後の研究のベースソフトとなる WF 機能ソフトウェア 1 版を試作し、WF 単体評価を完了した。

1-c-2) APN はマルチベンダの光伝送装置で構成されるため、収集データにはベンダが異なることによる差分が含まれる。自動制御シナリオの分析機能の実現に向け、ベンダ間のデータ差分を含む各種データをどのように扱うか、また、どのような分析が可能か検討を実施し完了した。

1-c-3) 光伝送装置から得られる光伝送データを分析可能な AI/機械学習技術に関して、市中の機械学習技術から代表的な方式を選定し評価を実施した。また、長い期間 AI エンジンの運用を続けたときに発生する AI エンジンの推論精度悪化への対策として、学習済みの AI エンジンを最新のデータに適応させるドメイン適応タスクの評価を実施した。

1-c-4) ユーザーアクセス権限制御 API に関するサービスイメージ、ユースケースの検討を行い、機能実現に向けたアーキテクチャの検討を実施した。また、公開サービスのリソースのうち、テナントに決められた範囲のアクセスを認可するリソース管理方式を検討し、WF 機能ソフトウェア 1 版を試作し、WF 単体評価を完了した。

1-c-5) 研究開発に用いる WF ソフトウェアの検証効率化のための、ワークフロー単体検証環境の構築を完了した。

(8) 研究開発成果の展開・普及等に向けた計画・展望

本研究開発は 2024 年度以降、「社会実装・海外展開志向型戦略的プログラム」による助成事業に移行し、引き続き最終目標達成を目指す。

2024 年度は、前年度に策定した現状の ROADM ネットワークで利用されているベンダ独自機能、将来のオールフォトニクス・ネットワークで必要となる機能およびマルチドメイン環境に関する API 機能について、光ネットワークコントローラの開発を行う。また、自動制御について、障害特定や予兆検出に関するデータ分析・判断機能について、前年度に策定したワークフロー機能向け

API仕様を用いて開発する。また、将来のオールフォトニクス・ネットワークで必要となる機能について継続的に検討を実施し、追加機能に関してAPI機能を策定する。

2025年度は、前年度に策定したオールフォトニクス・ネットワークで必要となる追加機能に加え、オンデマンドで光波長パスを設定する機能に関して、光ネットワークコントローラの開発を行う。また、自動制御について、回避処理の実行機能の開発を行う。

2026年度は、前年度までに開発した機能の接続を行い、マルチドメイン、マルチベンダで構成される大規模なネットワーク構成の環境において、オンデマンドでの光波長パス設定の実現、自動制御機能による制御の実現を行う。あわせて、これまで策定した機能や、API機能・機能部間IF仕様のまとめを行い、標準化提案を策定の上で標準化団体に提案を実施する。

研究開発成果の展開として、本研究開発で開発したソフトウェアはオープンなシステムアーキテクチャやインタフェース規定に沿った形でオープンソースとして公開し、これらの営みは、OpenROADM MSA、IOWN Global Forum等の場を活用して情報発信を行う。

オープン化するソフトウェアは、研究実施者をはじめとしてシステムベンダが自社製品に組み込み活用されるようマイクロサービス化された形で開発を行う。また、市場への普及を加速するために、オープンアーキテクチャに基づいて、オープン化されたソフトウェアを活用した相互接続実験等をIOWN Global Forum等を活用して行うことで、研究実施者以外のシステムベンダの開発促進や通信キャリアの導入促進を行う。

具体的な製品化計画としては、オープン化したソフトウェアの開発ノウハウを活かし、2027年度に自社製品もしくは、自社で活用するシステムに組み込み商用化開発を開始する。商用化開発の過程においても、部分的な機能や性能を限定した形でPoC等の取り組みによる普及展開を加速し、2030年以降にB5G商用ネットワークでの稼働を開始する。