

まえがき

本事業は、2018 年 9 月より国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）から委託を受け 2023 年 3 月までの 5 年間のプロジェクトとして実施された。

本事業は、一般財団法人光産業技術振興協会において、2015-17 年度に実施された NEDO「エネルギー・環境新技術先導プログラム/データセンタ向け低消費電力・超多ポート高速光スイッチシステムの研究開発」の成果をもとに行われたものである。

(1) 本事業の目的

IoT、人工知能（AI）/深層学習、ビッグデータ処理等の進展にともなって、膨大なデータを処理する必要がでてきている。全世界の情報量は年率 30%で増加しており、2025 年には 163ZB となり、2015 年の約 14 倍にも達する見込みである。その後も同じ年率で情報量が増加した場合、2033 年以降の情報量は 2015 年の約 100 倍以上となる。

次世代データセンタでは、この膨大なデータ量に対応する処理能力が必要であり、プロセッサとメモリを機能分離するディスタグリゲーション型アーキテクチャが検討されている。これら機能分離されたプロセッサとメモリを結ぶ超広帯域ネットワークは、現状の 100 倍の性能を 100 倍の電力効率で実現することが要求されており、ポート数 1000 以上、伝送速度 1Tbps 以上の低消費電力スイッチを用いた高速データ伝送システムが必須となる。

この高速データ伝送システムを電気スイッチのみで実現しようとする場合、多段接続により、スイッチ容量を増大させる必要がある。多段接続構成では、必要なスイッチ数は、ポート数の $3/2$ 乗に比例するため、1000 ポート×1Tbps の電気スイッチの電力消費量は爆発的に増大し、省電力化を支えてきた半導体プロセス技術の微細化が限界に近づいていることもあり、高速での切替には対応できないものの、電気スイッチ技術のみでは、次世代コンピューティングに必要なネットワーク性能を消費電力の観点で実現できない。

一方、現在のデータセンタでも光伝送を用いているため、電気スイッチの代わりに光スイッチを用いることも想定される。光スイッチは、消費電力が伝送速度に依存せず、電気スイッチと比べて極めて小さい特徴を有するものの、現在実用化されている光スイッチの切替速度は、10～500ms 程度であり、電気スイッチの切替速度と比較して 10 桁以上も遅い。また、実用化されている最大ポート数は、320 ポート程度である。次世代データセンタに必要とされるポート数と切替速度の両方を満たす光スイッチは存在せず、電気スイッチの代替として既存の光スイッチを高速低電力データ伝送システムにそのまま適用することはできない。

本研究開発では、上記の電気スイッチ・光スイッチの特質を勘案し、ディスタグリゲーション型次世代データセンタに求められる超広帯域ネットワーク実現に向けて、ポート数 1000 以上、伝送速度 1Tbps 以上を実現する、新たな光スイッチと電気スイッチを組み合わせた光電ハイブリッドスイッチを用いた高速低電力データ伝送システム（以下光電ハイブリッドスイッチシステムと呼称する）を開発した。

本研究開発の成果により、ディスタグリゲーション型次世代データセンタを活用した次世代コンピューティング実現に寄与し、高度化する情報社会における基盤を築く。また、本研究で開発する光電ハイブリッドスイッチシステムの主要部品である光波長送受信器、バースト多値プロセッサ、空間光スイッチのコンポーネントは、ディスタグリゲーション型次世代データセンタに適用されるだけでなく、データセンタがネットワークで結ばれる“分散型データセンタ”におけるデータセンタ間コネ

クト用部品としても有用である。さらに、次世代アクセスシステム（Beyond 5G）及びコネクティッド・カーのためのネットワークシステムなどのエッジ部分にも波長多重ネットワークが大量に導入され開発コンポーネントが大量に活用されることも想定され、Connected Industries の基盤となる要素コンポーネントとして Society 5.0 の実現に貢献する。

(2) 事業概要

本事業の 5 年の開発期間中に、以下の各項目を実施した。

①光電ハイブリッドスイッチシステムの制御システムとアーキテクチャの研究開発

トラフィックをフローの長さに応じてそれぞれのスイッチに振り分ける光電ハイブリッドスイッチ制御アルゴリズムを検討し、光電ハイブリッドスイッチシステム制御技術の研究開発を行い、さらに、光スイッチネットワークアーキテクチャの最適化の研究開発を行った。

②光トポロジック(ToR)スイッチの研究開発

データセンタにおけるラック内の各ユニットからの信号をコントローラからの制御信号を元に光コアスイッチ、電気コアスイッチを介して各ラック間を接続する光 ToR スwitchの研究開発を行った。

具体的には、下記の開発を行った。

②-1 光波長送受信器の研究開発

②-2 バースト多値プロセッサの研究開発

③ポート数の拡張性を有する光コアスイッチの研究開発

導波路型光スイッチモジュールを適用し、ポート数の拡張性を有する光コアスイッチの研究開発を行った。

④国際競争力を確保するための国際標準化推進

⑤光電ハイブリッドスイッチシステムの実機試作と検証

開発した要素部品、システム制御技術を用いて光電ハイブリッドスイッチシステムを実際に試作し、フロー振分け機能などの実証を行い、システムが目標通りの機能を有することを確認した。

本事業における研究開発計画を図 1 に示す。2020 年度までに、要素部品技術、システム制御技術を開発し、2021、2022 年度に開発した技術をベースにスイッチシステムの開発を進め、実証システムを構築した。

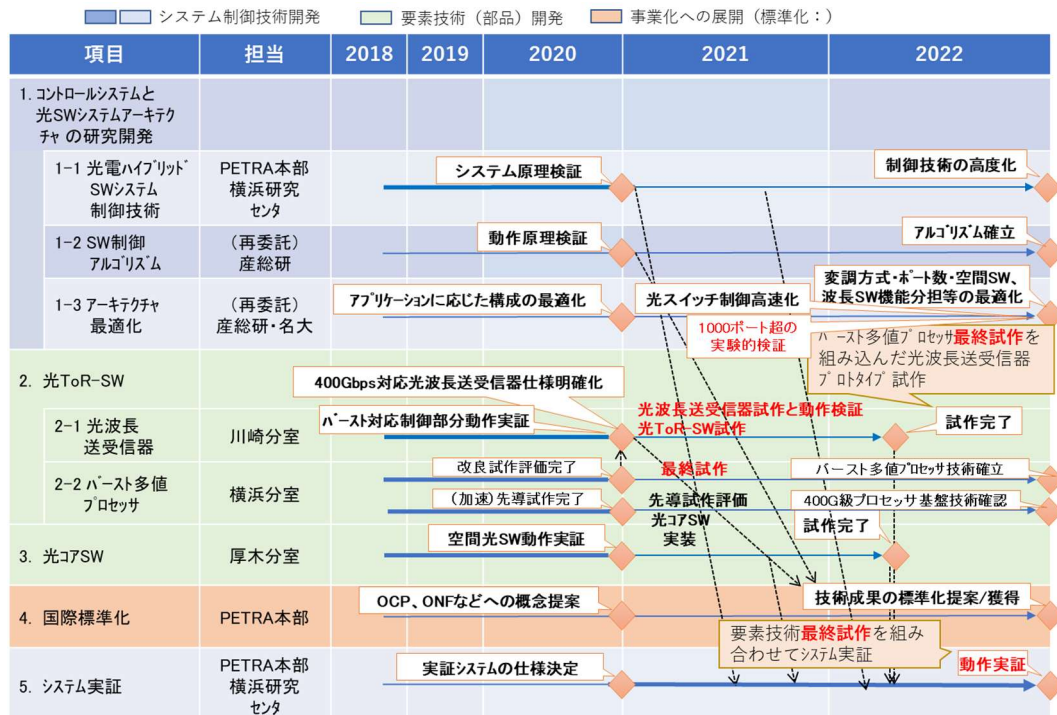


図1 本事業における研究開発計画

本事業は、技術研究組合光電子融合基盤技術研究所(PETRA)（参画企業/組織：日本電信電話、富士通オプティカルコンポーネンツ、NTT エレクトロニクス、光産業技術振興協会）が NEDO より受託し、産業技術総合研究所、名古屋大学（国立大学法人東海国立大学機構）を再委託先として実施された。図2に本事業の実施体制を示す。

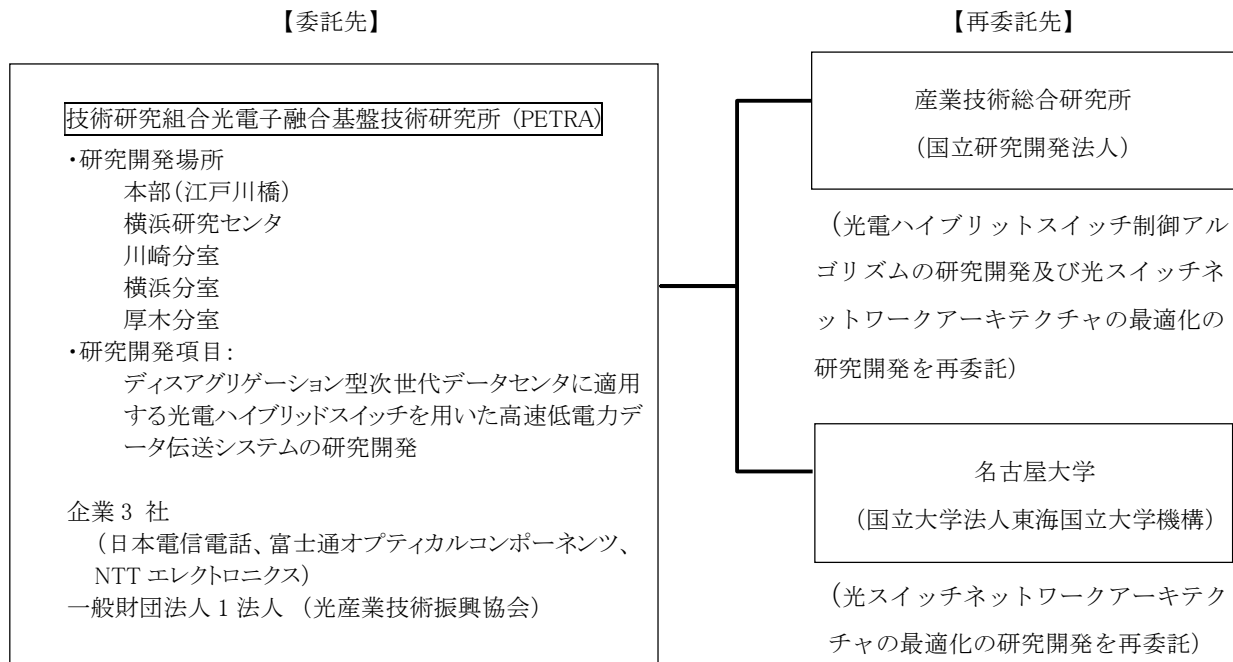


図2 本事業の実施体制

本成果報告書では、本事業の5年間の成果を報告する。