

公益財団法人 立松財団 御中
様式 2021A1,A2,B

2025 年 6 月 1 日

所属:名古屋大学/豊田工業大学

氏名:森 洋二郎



2023 年度 助成
研究 経過 ・ 終了 報告書

※ゴシック文字で記入下さい。

研究テーマ	超大規模光スイッチを用いたデータセンタ通信基盤の研究
研究の結果	AI や機械学習の急速な進展に伴い、社会全体の情報流通量は年々増加の一途をたどっており、その中心を担うデータセンタの重要性はますます高まっている。特に今後、5G や 6G といった次世代通信技術の普及により、データセンタが処理すべき情報量は飛躍的に拡大すると見込まれている。一方、こうした情報処理基盤の成長は、膨大な電力消費を伴うことから、現在のエネルギー供給体制との両立が大きな課題となっている。持続可能な情報社会を実現するためには、データセンタの省電力化が喫緊の課題であり、その実現に資する新技術の開発が強く求められている。このような背景のもと、本研究では、低消費電力かつ高効率な通信基盤として注目される光回路スイッチ (Optical Circuit Switch: OCS) に着目し、その構成の高度化とスケラビリティの向上を目指した。従来の OCS は、波長ルーティングスイッチと空間スイッチからなる 2 段構成が主流であったが、この方式ではポート数の増加に伴ってスイッチ素子の性能限界や光損失が顕在化し、大規模化に対する制約となっていた。そこで本研究では、3 段階のスイッチング構造を採用した新たなアーキテクチャを提案し、次世代データセンタの要求に応える高ポート数構成の実現を試みた。提案アーキテクチャでは、中間段を含む階層的な接続構造により、拡張性と設計柔軟性を確保しつつ、全体の消費電力およびコストの抑制を両立させることを意図している。具体的には、8 通りの実装方式を設計し、それぞれについてコンピュータシミュレーションによる性能評価を実施した。評価では、伝送効率、信号劣化、部品点数、コスト指標といった観点を総合的に検討し、現実的な設計条件下での適用可能性を明らかにした。その結果、提案アーキテクチャが大規模構成においても十分な性能を発揮することが実証されたといえる。 以上の成果は、今後のデータセンタにおける超大規模通信の実現に資する技術的知見を提供するものであり、情報インフラの持続可能性を支える一助となる。今後は、制御系との統合設計、動的経路制御の導入、さらには光波長多重技術との融合による性能拡張などを通じて、提案技術の実運用環境への適用可能性をさらに高めていく予定である。
研究発表 (実績)	国内学会 [1] 佐竹 風人, 森 洋二郎, 白木 隆太, 長谷川 浩, “デジタルサブキャリア多重信号の伝送特性解析,” 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, J4-4, 2024 年 8 月. [2] 關塚 太成, 久野 拓真, 樋口 怜治, 白木 隆太, 森 洋二郎, 長谷川 浩, “デュアルパイロットキャリアを用いた局発レーザ位相の分離手法およびその応用,” 電子情報通信学会 フォトニックネットワーク研究会, PN2024-25, 北海道, 2024 年 8 月. [3] 關塚 太成, 久野 拓真, 樋口 怜治, 落合 拓郎, 森 洋二郎, 長谷川 浩, “送信器内信号劣化耐力を備えたデジタルコヒーレント受信器の実証実験,” 電子情報通信学会 フォトニックネットワーク研究会, PN2024-7, 長崎, 2024 年 6 月. [4] 關塚 太成, 久野 拓真, 樋口 怜治, 落合 拓郎, 森 洋二郎, 長谷川 浩, “送信器内信号劣化耐力を備えたデジタルコヒーレント受信器,” 電子情報通信学会 フォトニックネットワーク研究会, 学生ワークショップ, pn2024-stws-2, 鹿児島, 2024 年 3 月. [5] 久野 拓真, 森 洋二郎, 長谷川 浩, “ナイキスト WDM システムにおける波長多重分離法,” 電子情報通信学会 フォトニックネットワーク研究会, PN2023-44, 愛媛, 2023 年 11 月. [6] 落合 匠郎, 樋口 怜治, 久野 拓真, 白木 隆太, 森 洋二郎, 長谷川 浩, “Neural Network に基づくデジタル信号処理—大容量光ファイバ通信システムの実現に向けて—,” 電子情報通信学会 RISING 研究会, 51, 北海道, 2023 年 10 月. [7] 佐竹 風人, 森 洋二郎, 白木 隆太, 長谷川 浩, “デジタルサブキャリア多重信号の伝送特性解析,” 電子情報通信学会 PN 研 20 周年記念シンポジウム, PN2023-S11, 2023 年 8 月. [8] 佐竹 風人, 森 洋二郎, 白木 隆太, 長谷川 浩, “デジタルサブキャリア伝送方式におけるレーザ位相雑音と波長分散の相互作用評価,” PN 研 8 月 PN2023-33, 2023 年 8 月.

国際学会

- [1] Takuma Kuno, Reiji Higuchi, Kazato Satake, Hayato Yuasa, Yojiro Mori, Hiroshi Hasegawa, "Intra-datacenter Optical Circuit Switch Architecture with Multi-band Transmission Technologies," Optica Optical Fiber Communication Conference, paper M2G.3, San Diego, USA, March 2024.
- [2] Kazato Satake, Ryuta Shiraki, Yojiro Mori, Hiroshi Hasegawa, "Robustness of Digital Subcarrier Multiplexing Systems to Laser Phase Noise and Chromatic Dispersion," SPIE Photonics West, paper 12894-4, San Francisco, USA, January 2024.
- [3] Takuro Ochiai, Reiji Higuchi, Takuma Kuno, Ryuta Shiraki, Yojiro Mori, Hiroshi Hasegawa, "Transceiver-impairment Mitigation Enabled by Adaptive Symbol Decision with Neural Networks," Photonics in Switching and Computing, paper Fr2B.2, Mantova, Italy, September 2023.

学術論文誌

- [1] Takumi Mitsuya, Reiji Higuchi, Takuma Kuno, Takuro Ochiai, Hayato Yuasa, Yojiro Mori, Hiroshi Hasegawa, "Three-Stage Optical Circuit Switch Architectures for Intra-Datacenter Networking," IEEE/Optica Journal of Lightwave Technology, vol. 43, no. 2, pp. 400-407, January 2025.
- [2] Takuma Kuno, Yojiro Mori, Hiroshi Hasegawa, "Digital Coherent Receiver Enabling Nyquist Wavelength Demultiplexing Under Frequency Offset and Receiver-Side IQ Impairments," IEEE/Optica Journal of Lightwave technology, vol. 42, no. 5, pp. 1409-1422, March 2024.

受賞

- [1] 關塚 太成, 電子情報通信学会 フォトニックネットワーク研究会 学生ワークショップ プレゼンテーション賞, 2024 年 3 月.
- [2] 佐竹風人, Best Student Paper Award, SPIE Photonics West, 2024 年 1 月.
- [3] 落合匠郎, 電子情報通信学会 RISING 研究会 優秀ポスター発表賞, 2023 年 10 月.

提出期限：研究期間終了後、すみやかに助成金の「必要経費使途明細書」「領収書」と合わせて提出下さい。
年度をまたぐ場合は毎年3月末日までに、途中経過をご記入の上、報告願います。