

平成26年度「高機能光電子融合型パケットルータ基盤技術の研究開発」の研究開発目標・成果と今後の研究計画

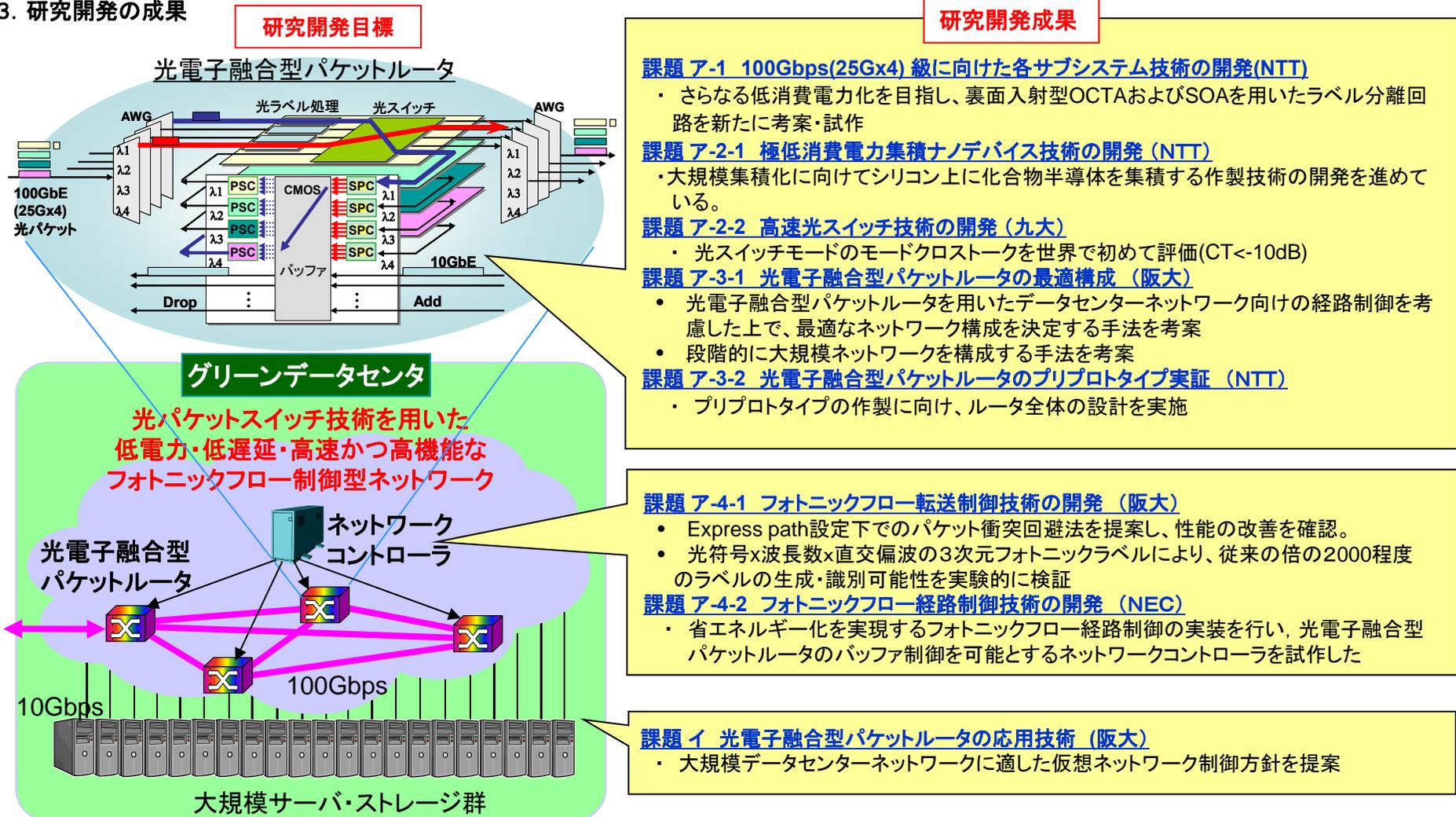
1. 実施機関・研究開発期間・研究開発費

- ◆実施機関 日本電信電話株式会社(幹事者), 大阪大学, 九州大学, 日本電気株式会社
- ◆研究開発期間 平成23年度から平成27年度(5年間)
- ◆研究開発費 総額1,478百万円(消費税を除く, 平成26年度: 同275百万円)

2. 研究開発の目標

- ・低消費電力・低遅延100Gbps級フロー制御型高機能光パケットルータと、その革新的フォトニックデータセンタへの導入を目指した応用技術の研究開発を行う。

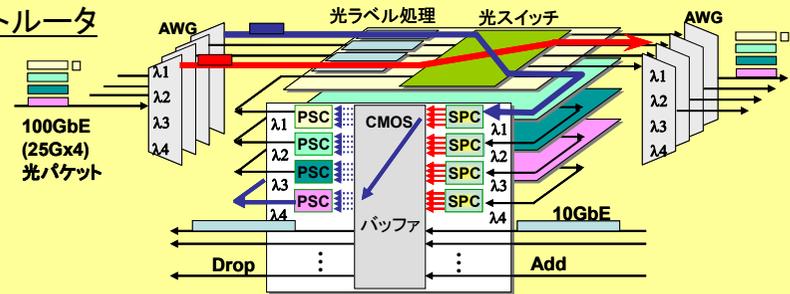
3. 研究開発の成果



① 光電子融合型パケットルータ技術の主な成果 — その1

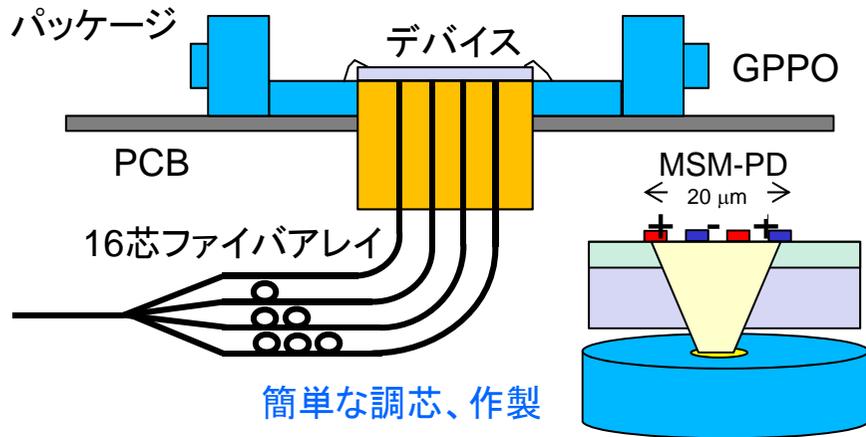
課題ア-1 100Gbps(25Gx4) 級に向けた
各サブシステム技術の開発

光電子融合型パケットルータ



～さらなる低消費電力化を目指し、裏面入射型OCTAおよびSOAを用いたラベル分離回路を新たに考案・試作～

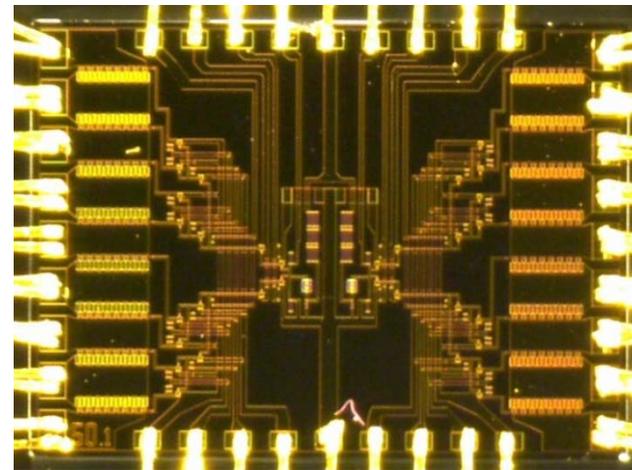
裏面入射型OCTA



従来: 表面入射型
新規: 裏面入射型

➡ 受信感度を2倍向上

低消費電力SOAドライバ



HEMT多段化による大電流パルス発生回路

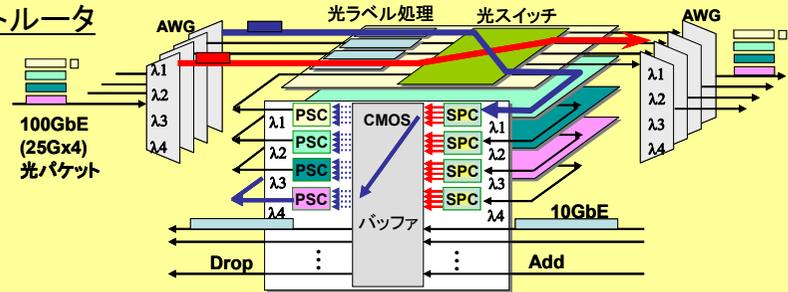
➡ 高速かつ低電力なSOAドライバの実現

② 光電子融合型パケットルータ技術の主な成果 — その2

課題 ア-2-1 極低消費電力集積ナノデバイス技術の開発

課題 ア-2-2 高速光スイッチ技術の開発

光電子融合型パケットルータ



課題 ア-2-1

～フォトニック結晶共振器のSi基板上集積技術を検討～

- 高性能なフォトニック結晶デバイスを作製するためには埋め込み再成長が必須
- 再成長に伴い、表面に~10 nm程度の凹凸が発生し、直接接合ができないという問題が発生
- CMPにより表面を平坦化後にSi基板に直接接合に成功

埋込みヘテロ構造



1. SiO₂膜を堆積



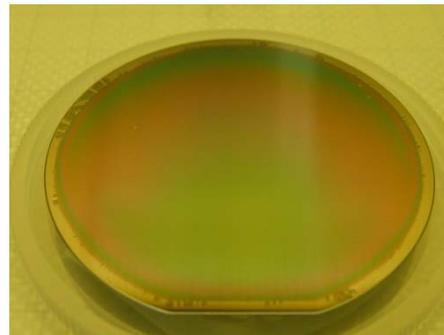
2. CMPによりSiO₂を平坦化



3. Si基板と直接接合



4. InP基板を除去後に残されたSi上のSiO₂膜

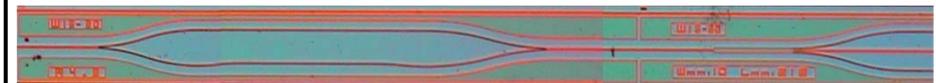


ポイド等のない均一な直接接合を確認

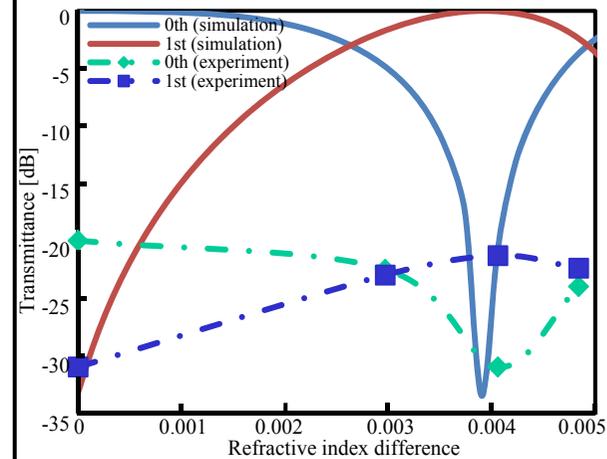
課題 ア-2-2

～高集積化に向けて新しい光スイッチ原理(光モードスイッチ)を提案～

- 導波路型での高集積可能な構造として、過剰損なく合分岐波が可能なモードを利用した光スイッチを提案。モードクロストークを初めて評価。



光モードスイッチ(本体) モードクロストーク評価用モードフィルタ



光モードスイッチ特性を評価

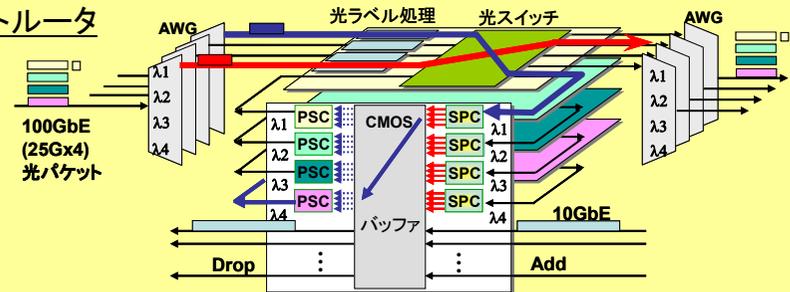
XT, 結合損失の改善を目指す

③ 光電子融合型パケットルータ技術の主な成果 — その3

光電子融合型パケットルータ

課題 ア-3-1 光電子融合型パケットルータの最適構成

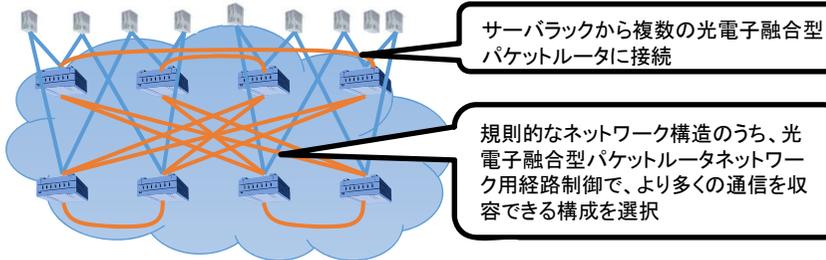
課題 ア-3-2 光電子融合型パケットルータのプリプロトタイプ実証



課題 ア-3-1

～サーバー間を低遅延で接続する光電子融合型パケットルータを用いたデータセンターネットワーク構造の段階的構築手法を提案～

- 光電子融合型パケットルータを用いたデータセンターネットワーク向けの経路制御を考慮した上で、最適なネットワーク構成を決定する手法を考案
- 段階的に大規模ネットワークを構成する手法を考案



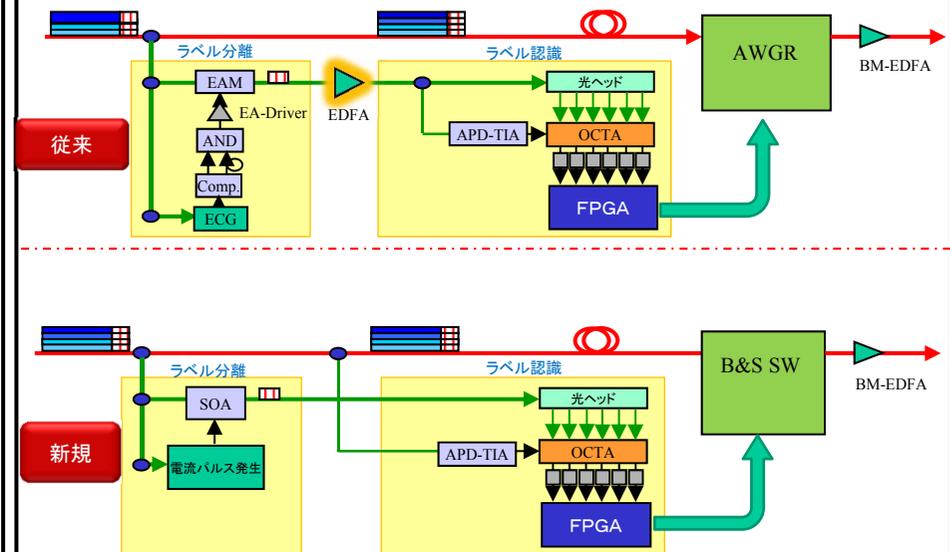
段階的なネットワーク構成法

- 想定される最大規模のサーバ数を収容するのに適したネットワークを計算
- 1で計算されたネットワーク構成のサブネットワークのうち以下の条件を満たし、より多くの通信を収容できる構成を選択し構築
 - 現在のネットワーク構成を切断せずに構成可能
 - 現在追加したい数の機器を収容できる
- 光電子融合型パケットルータ、ラックスイッチの空きポートを接続

課題 ア-3-2

～プリプロトタイプ の作製に向け、ルータ全体の設計を実施～

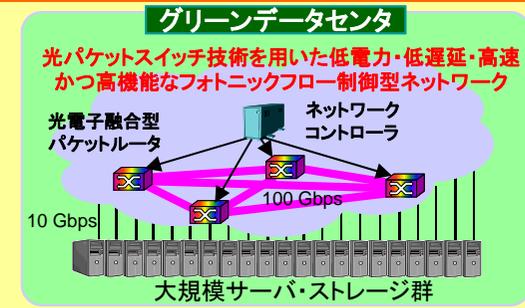
- さらなる低消費電力化と低遅延化に向け、新たに考案したSOA型ラベル分離回路と裏面入射型OCTAを用いて、光ラベル処理サブシステムを大幅に改良
- 100 Gbps(25 Gbps×4)光パケットを用いて、光ラベル処理と光スイッチサブシステムの連携動作を評価



④ グリーンデータセンタ技術の主な成果 — その1

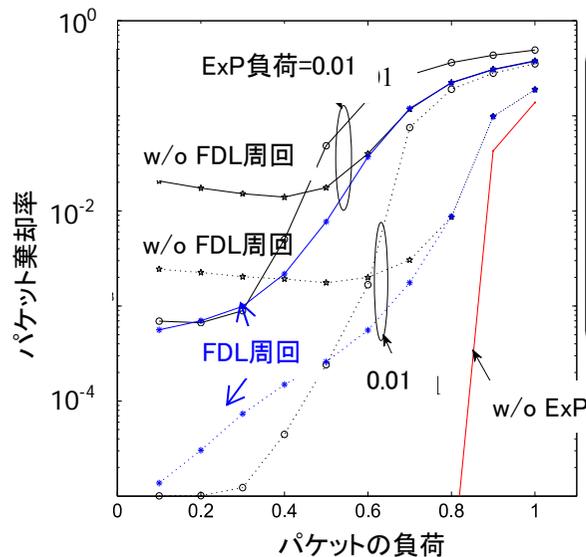
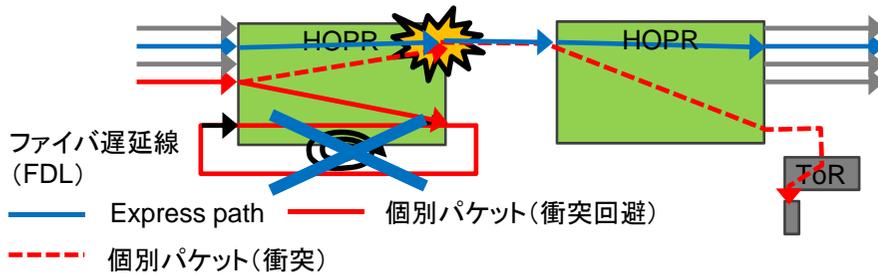
課題 ア-4-1 フォトニックフロー転送制御技術の開発

課題 ア-4-2 フォトニックフロー経路制御技術の開発



課題 ア-4-1

～ Express path導入によりフローとパケットのバランスを実現～

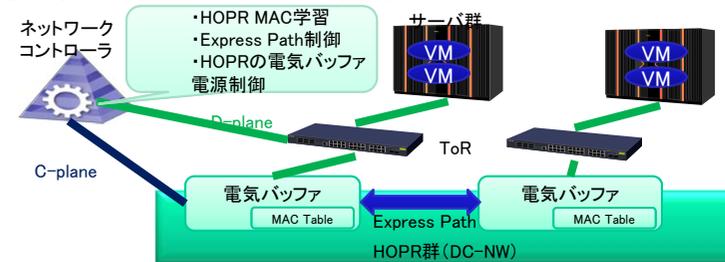


- Express path設定下でのパケット衝突回避法を提案し、シミュレーションによって性能が改善されることを明らかにした。

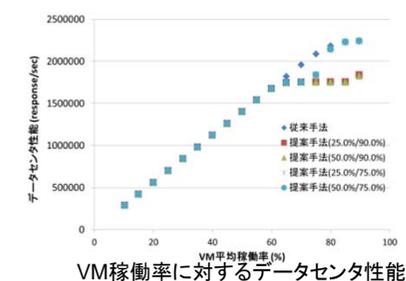
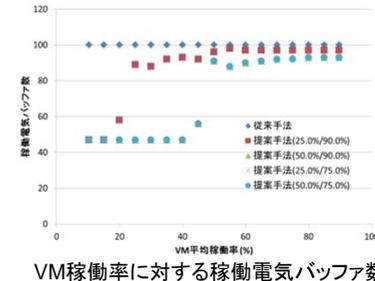
課題 ア-4-2

～ データセンタネットワークの省電力化を可能とするネットワークコントローラを試作～

- ネットワークコントローラ試作
 消費電力が大きい電気バッファの電力制御をDC-NWのトラフィックに応じて動的に行うネットワークコントローラを試作

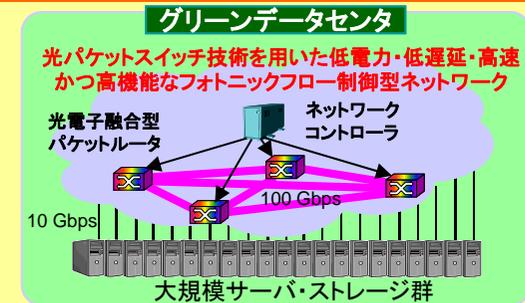


- HOPRの電気バッファ電源制御がDC性能に与える影響を検証
 - VMの集約・分散基準の違いによるDC内のVM稼働率に対するDC-NW消費電力(稼働電気バッファ)、データセンタ性能を算出
 - VMの稼働率が低い場合は、VMを集約、VMの稼働率が高い場合は、VMを分散すると消費電力を低減しつつ、データセンタ性能を維持することが可能



⑤ グリーンデータセンタ技術の主な成果 — その2

課題 イ 光電子融合型パケットルータの応用技術



～ 大規模データセンターネットワークに適した仮想ネットワーク制御方針を提案 ～

- 仮想マシン・光パケットスイッチからなる仮想クラスタを各アプリケーションに対して構築
- サーバの追加・離脱の管理を仮想クラスタ内のみで行うことにより、大規模ネットワークにおいても頻繁に発生する環境変動への対応が可能

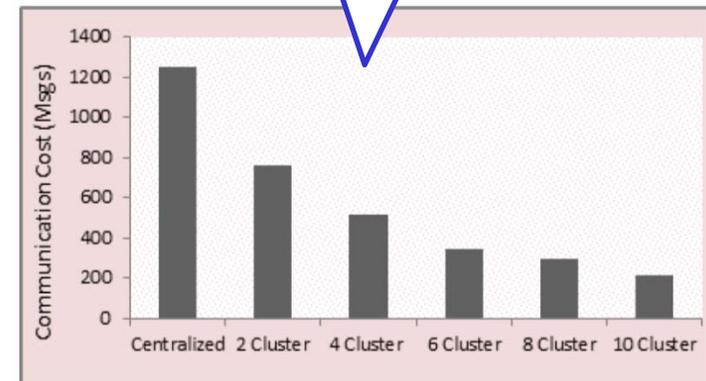
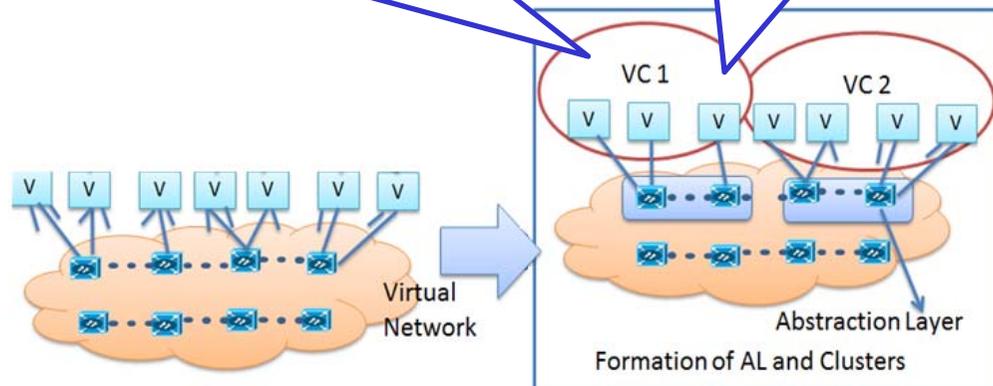
アプリケーションの種類に応じて、仮想クラスタを構成

各クラスタは以下で構成

- 光スイッチ
- 仮想マシン(あるいはサーバ)

環境変動は、仮想クラスタ内で吸収

仮想クラスタの導入により、故障の対応にかかる通信コストを削減



サーバ故障時の復旧にかかる通信コスト

4. これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

	国内出願	外国出願	研究論文	その他研究発表	プレスリリース	展示会	標準化提案
高機能光電子融合型パケットルータ基盤技術の研究開発	24 (1)	4 (1)	16 (5)	108 (26)	1 (0)	9 (2)	0 (0)

※成果数は累計件数(上段)と、()内の当該年度件数(下段)です。

トピックス

- (1) 国際会議ECIO-MOC 2014およびAPC/PS 2014にて、相次いで光モードスイッチの招待講演を行った。[課題ア-2-2]
- (2) NEC主催の展示会iEXPO2014においてネットワークコントローラ試作機および制御インターフェースの動態展示を実施[課題ア-4-2]
- (3) NICTフォトニックネットワークシンポジウム2015にて課題全体のブース出展を行い、本プロジェクトの意義を効果的にPRLした。[全課題]
- (4) ECOG、OFC、JLTなどの著名な国際会議や論文誌で多数の招待講演・論文を受け高い評価を得るとともに、多くの学会等で国内外に成果をアピールした。[課題ア-1、課題ア-3]

5. 今後の研究開発計画

- 課題ア-1: 各サブシステムの更なる低電力化・小型化・安定動作化を推進するとともに、小型な筐体に効率よく収納して装置化する。
- 課題ア-2-1: シリコン基板上のナノ共振器アレイデバイスを作製するための基盤技術を確立する
- 課題ア-2-2: 将来の高速・高集積化構造に向けた基本技術を確立する
- 課題ア-3-1: 段階的に構築された大規模データセンターネットワークの評価
- 課題ア-3-2: 100Gbps(25Gbps×4)光パケットの6x6転送(3次元トラス対応)が可能な光電子融合型パケットルータプリプロトタイプ
の完成を目指すとともに、光パケット交換/光回線交換/仮想光回線方式を用いた柔軟なデータセンターネットワークの
優位性実証を目指す。
- 課題ア-4-1: 新たにバーチャル光パススイッチング(VOCS)を光パケットスイッチング(OPS)ネットワークに導入し、更なる性能向上を
図る。
- 課題ア-4-2: 平成27年度は、平成26年度で試作したネットワークコントローラをベースに、光電子融合型パケットルータを接続した
データセンターネットワークにおいて最終実証実験を行い、データセンターネットワークにおいて様々な通信フローを柔軟に収
容しながら低消費電力化を行うフォトニックフロー経路制御を実現する。
- 課題イ: 大規模データセンターネットワークにおける制御手法の評価