

**超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発**  
**(課題 I (d) マルチコアファイバ光接続技術)**  
**(Multi-core fiber optical connection technology)**

**代表研究責任者** 坂本 健一 株式会社日立製作所 研究開発グループ  
情報通信イノベーションセンタ  
**研究開発期間** 平成 24 年度～平成 26 年度

**【Abstract】**

Due to the ongoing exponential increase in data traffic, driven by expansion of broadband application services, the demand for large-capacity data transmission is rapidly growing. High reliability of the network is getting more important as the data traffic is increasing. For example, communication failure, caused by fiber break due to disaster such as earthquake, becomes a serious issue. So, a high-capacity and high-reliability network is necessary. Multi-core fiber (MCF) has been paid attention as an attractive technology for a high-capacity network. In addition, MCFs can provide protection lines for redundancy as well as primary signal lines; they can thus create networks with high reliability. So, we proposed a novel network system, consisting of protection optical switch units (POSUs) connected by MCFs. To incarnate the system, POSUs and MCF connection devices including fan-in/-out (FI/FO) devices and MCF connectors were developed. Insertion loss of FI/FO devices and MCF connectors is less than 0.5 dB and its variation achieved less than 0.2dB under a temperature-cycle reliability test of 300 cycles (1250 hrs). Configuring an MCF ring network using the POSUs, MCFs, FI/FO devices and MCF connectors, automatic impairment-aware optical-path switching was experimentally demonstrated on fiber failures. Its recovery time was less than 50 msec.

**1 研究開発体制**

- **代表研究責任者** 坂本健一 (株式会社日立製作所 研究開発グループ 情報通信イノベーションセンタ)
- **研究分担者** 李英根 (株式会社日立製作所 研究開発グループ エレクトロニクスイノベーションセンタ)  
野本悦子 (株式会社日立製作所 研究開発グループ 東京社会イノベーション協創センタ)  
田中健一 (株式会社日立製作所 研究開発グループ エレクトロニクスイノベーションセンタ)  
小田克矢 (株式会社日立製作所 研究開発グループ 基礎研究ンセンタ)
- **研究開発期間** 平成 24 年度～平成 26 年度
- **研究開発予算** 総額 500 百万円  
(内訳)

平成 24 年度	平成 25 年度 (平成 24 年度補正分)	平成 25 年度	平成 26 年度 (平成 25 年度補正分)
250 百万円	150 百万円	17 百万円	83 百万円

## 2 研究開発課題の目的および意義

我が国のインターネット通信量は大幅な伸びを続けており、今後も大幅な増加が予想されている。同時に、これまでの通信機器を単純に高速化した場合、伝送する情報量の増加に比例して通信機器の消費電力も大幅に増加することとなる。そのため、大量の情報を高速かつ低消費電力で伝送できる通信方式や通信機器が求められている。また、災害時等におけるネットワークの途絶といった通信環境の激変に対しても、必要な通信を維持できるネットワークの構築が必要である。これらの課題を解消するため、伝送方式の高性能化や新型ファイバの導入等により、ネットワーク全体の超高速化、低消費電力化、耐災害性の強化を同時に実現する技術を確立し、国民生活の利便向上と地球温暖化対策に貢献する。特に、本研究開発課題では、膨大な情報が常時流れるデータセンタ間、及びデータセンタ内におけるサーバ間などを複数の物理的な通信経路を有するマルチコアファイバで集約して接続し、且つ膨大な情報をマルチコアファイバの各通信経路に割り振る多重・分散化により、高速大容量化を実現する技術を開発する。さらに、マルチコアファイバの余剰コアを冗長経路として確保することで、災害時に迅速な復旧が可能なネットワークの構築を可能となる技術を開発する。

## 3 研究開発成果

### 3. 1 マルチコア多重分離・冗長化技術

2本以上の7コアファイバを用い、ファイバの障害（ファイバの断裂等）を感知して、障害ファイバに割り当てていたリンクまたはレーンを、残りのマルチコアファイバの余剰コアに分配するマルチコア多重分離・冗長化方式を立案する。最適には50ミリ秒以下でコア間接続を切替えてリンクの接続状態を復旧するマルチコア多重分離・冗長化方式、及び試作機を開発し、原理を実証する。

本研究では、ファイバの障害に対する高信頼化を実現する高機能切替制御方式として、複数のマルチコアファイバの障害時に自動で信号回復が可能な冗長化経路切替アルゴリズムを開発し、光経路切替装置にそのアルゴリズムを搭載し、経路切替機能を検証した。具体的には、六つのノードの各ノードに光経路切替装置を配置し、各光経路切替装置をマルチコアファイバで接続して、マルチコアファイバリングネットワークを構築した。そして、複数（最大4本）のマルチコアファイバを断線させ、信号が50ミリ秒以下で回復することを実証した。

本研究で提案している大容量かつ高信頼な光通信ネットワークの基本構造（P-to-P光ネットワーク）を図1に示す。P-to-Pネットワークの送信部と受信部の各ノードに光経路切替装置を配置する。この光経路切替装置では、マルチコアファイバへの信号の多重分離機能に加え、伝送路に障害が生じた場合、内蔵の光スイッチにより正常な伝送路へ経路を自動的に切替える。マルチコアファイバは、複数のコア（伝送路）を有するため、信号線のほかに余剰コアを冗長用に割り当てることが可能となる。

本ネットワークを構築するためには、光経路切替装置の他に、複数の信号をマルチコアファイバに多重する、またはマルチコアファイバから分離するために必要なファンイン・ファンアウトデバイスが必要である。さらに、マルチコアファイバ同士を接続するためのマルチコアファイバコネクタが必要である。これらマルチコアファイバ接続デバイスの開発については、3.2のマルチコアファイバ光接続小型実装技術で説明する。

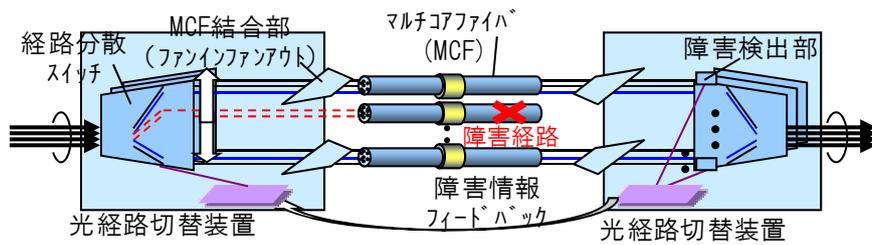


図1 提案したマルチコアファイバを利用した大容量・高信頼光ネットワークシステム。

試作した光経路切替装置を図2に示す。本装置は、主に、伝送路の障害検出部、光経路切替部、信号線の多重・分離部（ファンイン・ファンアウトデバイス）、冗長化経路切替アルゴリズムを搭載した部分から構成される。サイズは、データセンタで標準の19インチラックに収まる大きさである（3U相当）。



図2 試作した光経路切替装置。

最終年度で評価したネットワークは、冗長化に有利なリングネットワークである。今回は、図3に示す2重リングのネットワークを用いて、伝送障害時における信号回復実験を行った。構成は、6つの各ノードに光経路切替装置を配置し、その装置間を7コアのマルチコアファイバで接続した。本リングネットワークのように複数のノードを有するため、クラスター（図3のUnitZ）が伝送路の監視をする方式を採用した。各ノードの光経路切替装置から、常時伝送路の状態をクラスターに非同期で送信する。クラスターは、その伝送路の情報を基に、伝送路の切替が必要かどうかの判断をし、必要であれば、各光経路切替装置へ経路切替えの命令信号を送信し、信号を回復させる。非同期でクラスターとノード間で情報のやり取りを行うことで、ネットワークの拡張は容易にできる。

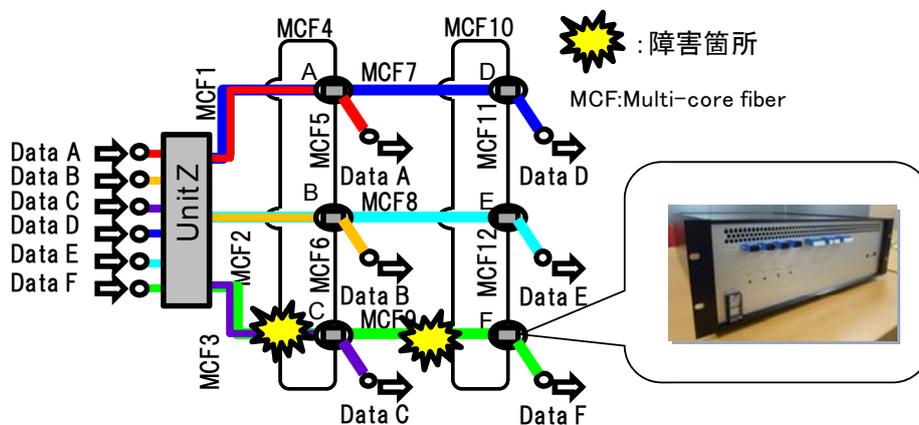


図3 2重リングマルチコアファイバネットワーク(3×2)。

図 3 の系を用いて行った伝送路の障害時における信号回復実験結果を図 4(a),(b)に示す。図 4(a)は、伝送路の 2 箇所伝送障害（ファイバ断）が生じた場合の自動的に信号が回復している様子を示している。この場合、1 障害当りの回復時間は約 10msec 以下であった。また、10 Gbps の高速信号を用いて、光経路切替前後での信号の品質を評価した。図 4(b)に、信号のアイ波形とビットエラーレートの測定結果を示す。光経路切替前後で、信号の品質が保持されていることが分かる。

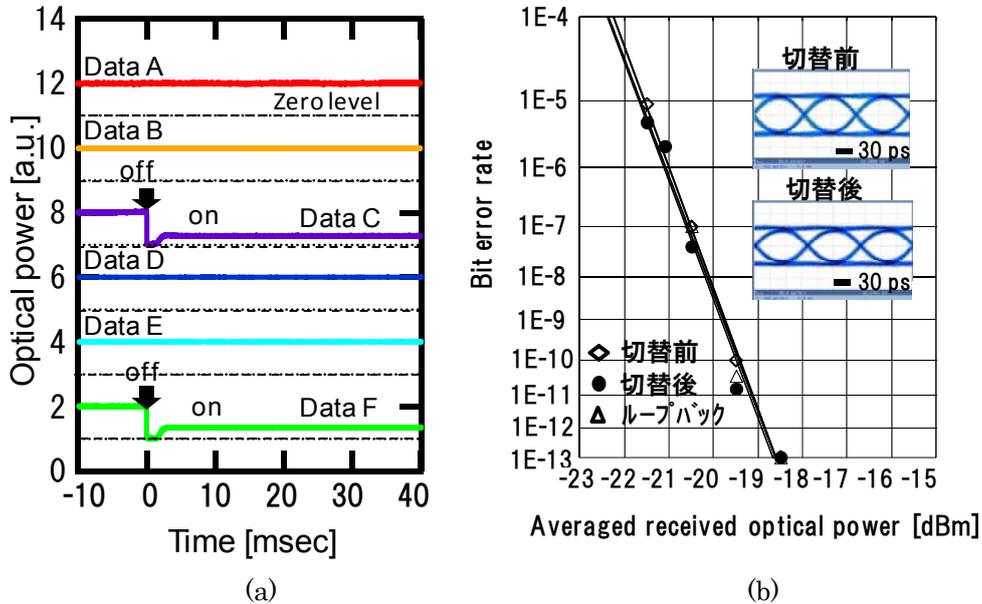


図 4 (a) 伝送障害時における光経路切替動作 (b) 光経路切替前後における信号のアイ波形とビットエラーレート。

本課題で試作した光経路切替装置と課題 I (b)と(c)の試作装置の性能や接続性を実使用に近い環境で評価するフィールド実証試験を北海道札幌市で実施した (図 5)。

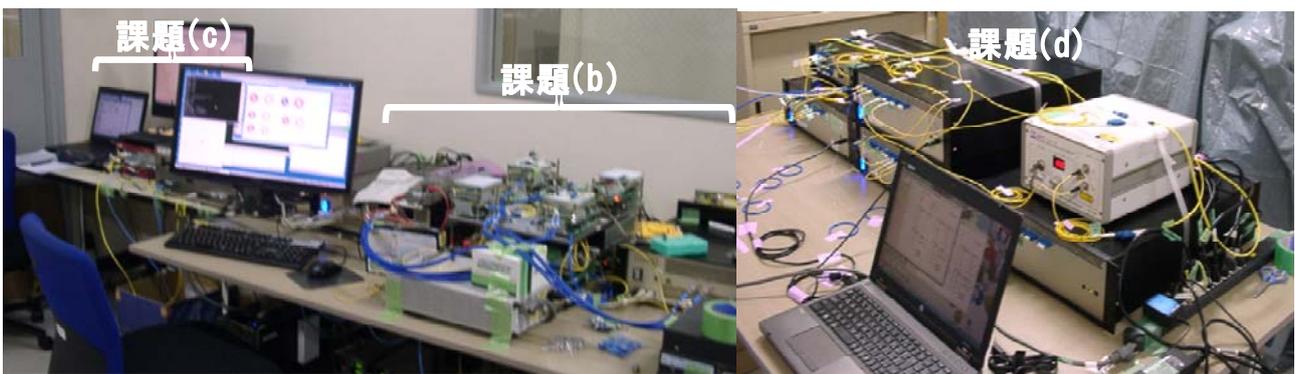


図 5 課題間連携フィールド試験現場

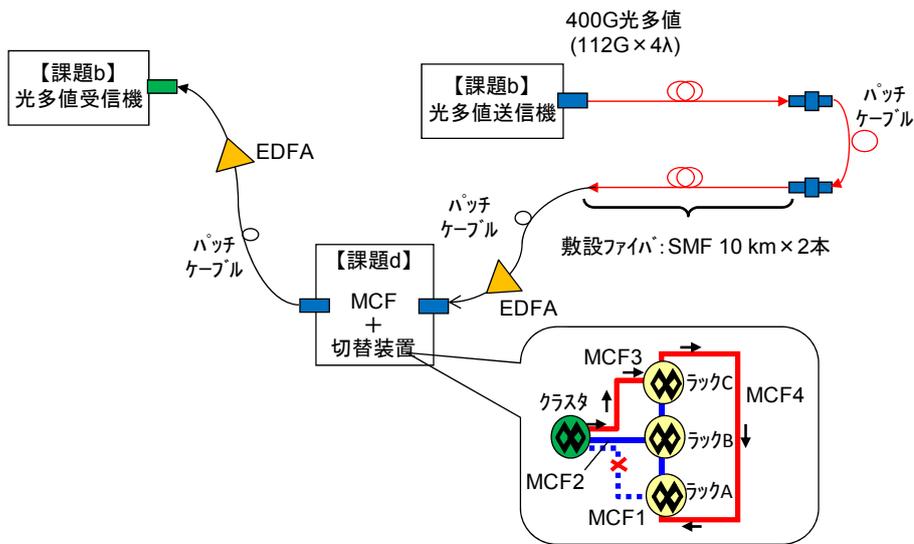


図 6 課題(b)と(d)の連携実験系

図 6 に課題(b)と(d)の連携実験系を示す。400 ギガビット/秒の光多値送信器から 1 波長 112 ギガビット/秒 (ボーレート: 28 ギガビット/秒, 多値数: 16 値で 28 ギガビット×4=112 ギガビット/秒) の信号を 4 波長多重し, 20 km の敷設光ファイバで伝送する。その後, 経路切替装置を通して光多値送信器で受信し, 誤り率, 16 値 APSK 波形を測定した。経路切替は MCF1 を光断した単発障害である。図 7 に単発障害による経路切替前後の 16 値 ASPK 波形を示す。経路切替前後で大きな変化は見られなかった。また, 経路切替前後の受信器の平均パワーは, それぞれ, -2 dBm と -8.9 dBm であった。また, 経路切替前後誤り率は, それぞれ,  $2.77\text{E-}3$  と  $3.3\text{E-}3$  であった。経路切替後の誤り率は, 経路切替前と比較して多少劣化しているものの, 誤り訂正回路によって修正可能な誤り率の閾値の  $4\text{E-}3$  以上である。この結果より, 通信障害時に経路が切替った際でも, エラーフリーで伝送可能であることを実証した。

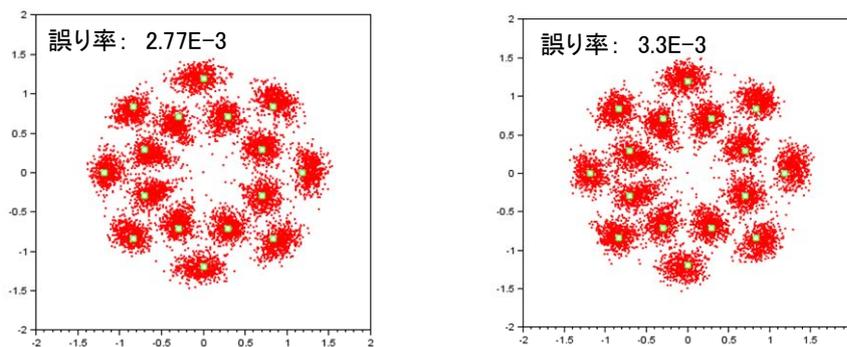


図 7 経路切替前後の 16APSK 波形の測定結果 (a)経路切替前 (誤り率: $2.77\text{E-}3$ ), (b)経路切替後 (誤り率: $3.3\text{E-}3$ )。

課題(c)と(d)間連携の実験系を図 8 に示す。IXIA から出た 10 ギガビット/秒のデータ信号を EDFA で増幅した後, 経路切替装置, 敷設光ファイバ 20 km を通して, IXIA で受信してエラー数を測定した。本実験は, 通信障害による一時データ不通の装置(c)のリンク多重機能への影響を評価するために行った。経路切替は MCF1 を光断した単発障害である。

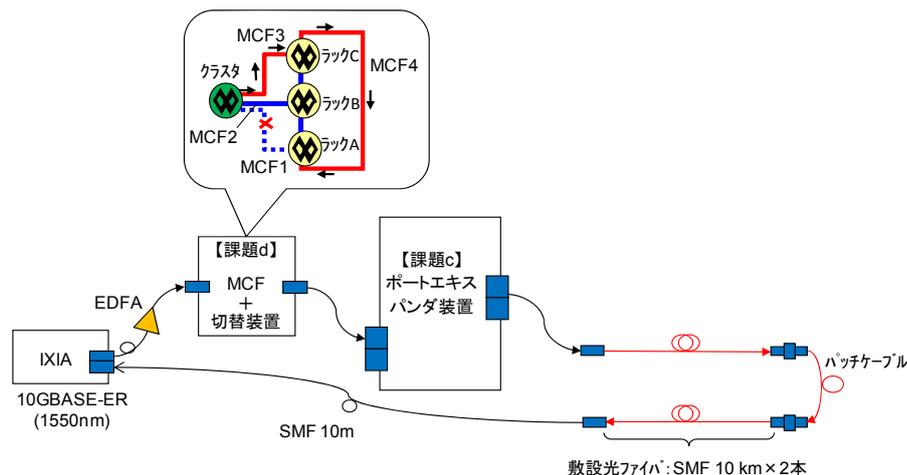


図 8 連携実験：課題(c)、(d)の順で接続した場合の単発障害時の信号回復実験系

図 9 に IXIA の受信信号における積算誤り数の時間変化を示す (図 9(b))。比較のために 10 m 伝送に対する結果 (図 9(a)) も示す。通信中断時 (経路切替え中) でエラーが 4 つまで増え、通信の回復後 (経路切替え後) ではエラー数の増加は見られなかった。通信障害により通信が一時中断しても、その回復後迅速にリンク多重機能が動作していることが分かる。また、通信中断中でのエラーの増加数は 10 m 伝送場合と 20 km 伝送の場合で大きな差は見られなかった。

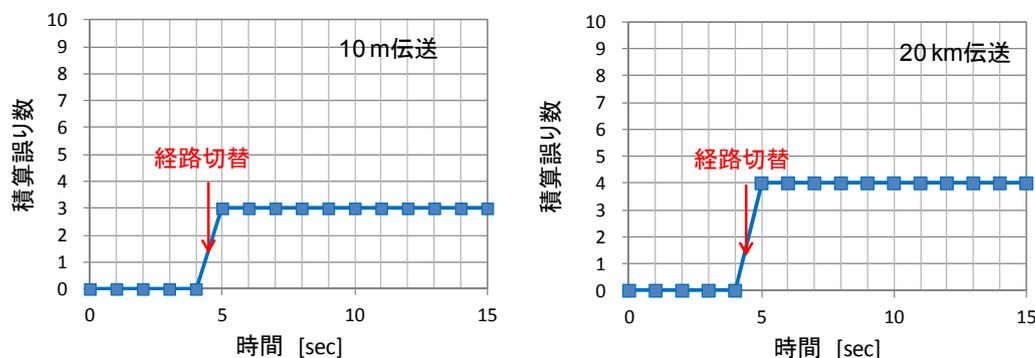


図 9 IXIA の受信信号における積算誤り数の時間変化の測定結果：(a)10 m 伝送，(b)20 km 伝送。

### 3. 2 マルチコア光接続小型実装技術

7 コアファイバを用い、使用環境下において光結合 (接続) 損失 1.0dB 以下を達成し、既存の 1 コアファイバで用いられている SC コネクタと同等寸法の小型ファンイン・ファンアウトデバイス、及びコネクタを実現する光接続方式を立案する。また、試作開発により実使用に耐えうる取扱い、及び取り回し性を有することを確認し、データセンタ機器配線において保守点検員が特別な技能、及び工具を必要とせず使用できることを実証する。さらに簡易な環境試験を実施することにより長期安定性の確認を行うことで製品寿命を検証し、標準化提案に対しての仕様準拠を実証する。

7 コアを有するマルチコアファイバを用いて、ファンイン・ファンアウトデバイスと SC 型コネクタを設計ならびに試作し、各々の光結合 (接続) 損失が 0.5dB 以下であることを確認した。信頼性に関しては、ファンイン・ファンアウトデバイスと SC 型コネクタ共に、温度サイクル (0~65 度) の長期試験 (300 サイ

クル、1250 時間) を行い、接続損失変動が目標の 0.2dB 以下であることを実証した。さらに、コネクタに関しては、SC 型より小型でかつデータセンタで広く用いられている LC 型コネクタの開発も行い、本課題で開発した SC 型コネクタと同等の特性 (接続損失 0.5dB 以下など) が得られることを確認した。

詳細は下記に示す。まず、ファンアウト・ファンイン(FI/FO)デバイスに関して説明する。FI/FO デバイスの基本構造図と試作した 7 コアマルチコアファイバ用 FI/FO デバイスをそれぞれ図 10(a),(b)に示す。

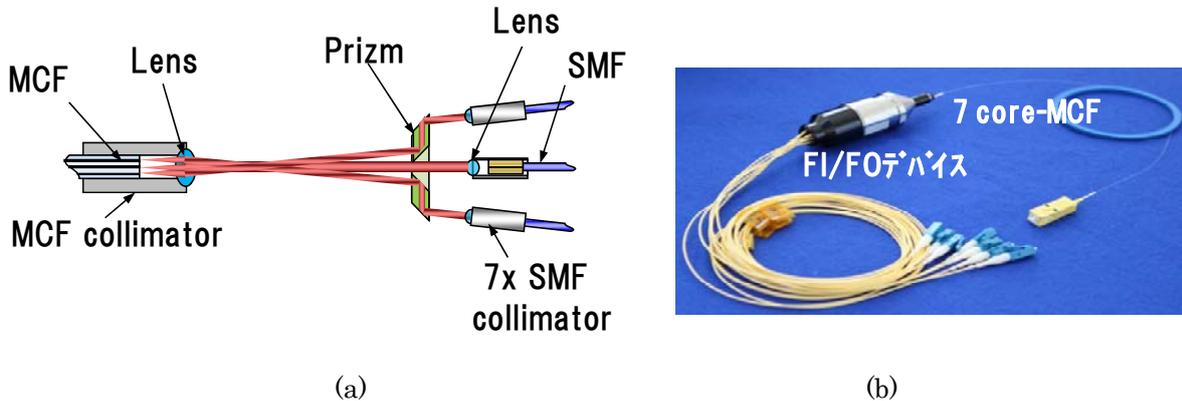


図 10 (a) FI/FO デバイスの基本構造と(b)試作した FI/FO デバイス (7 コアマルチコアファイバ用)。

FI/FO デバイスの基本構造は空間光学型である。本方式は下記のようなメリットを有するため、採用した。

- 1) 広い波長帯域で動作可能である。
- 2) マルチコアファイバの任意のコア数、コア配置に対応でき、デザインにフレキシブル性が高い。
- 3) アイソレータなどの他の素子を容易に集積できるため、機能を拡張できる。

図 11 に FI/FO デバイスの挿入損失測定結果 (青) を示す。各チャンネルで目標値に 0,5dB 以下を達成した。

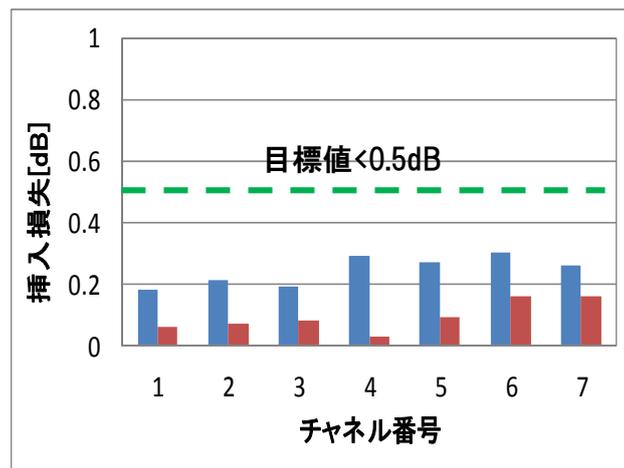


図 11 FI/FO デバイスの挿入損失測定結果 (青) と SC 型マルチコアファイバコネクタの挿入損失 (赤)。

図 12(a),(b)には、波長 1.31  $\mu\text{m}$  と 1.55  $\mu\text{m}$  に対する上から挿入損失、損失の偏波依存性(PDL)、クロストークの測定結果を示す。測定したサンプル数は 22 個である。本結果では、挿入損失は 0.7dB 以下、PDL は 0.1dB 以下、クロストークは 50dB 以下であった。挿入損失が 0.5dB 以上になっている理由は、マルチコアファイバコネクタの損失も含まれているためである。各特性において、サンプル間で均一な特性が得られ

た。

図 13 に試作したマルチコアファイバコネクタを示す。現在、世の中で最も広く使用されている SC 型コネクタをベースに試作した。マルチコアファイバの回転を抑制するため、金属の板バネを SC 型コネクタに加工して取り付けた。この方式により、位置合せに必要なフローティング機構を維持しつつ、回転抑圧機能を追加することができる。本コネクタの挿入損失の測定結果を図 11 に示す (赤)。目標値の 0.5dB 以下を達成した。図 14(a),(b)には、波長 1.31  $\mu\text{m}$  と 1.55  $\mu\text{m}$  に対する上から挿入損失、損失の偏波依存性(PDL)、着脱再現性の測定結果を示す。測定したサンプル数は 32 個である。本結果では、挿入損失は 0.5dB 以下、PDL は 0.1dB 以下、着脱再現性は 0.4dB 以下であった。各特性において、サンプル間で均一な特性が得られた。

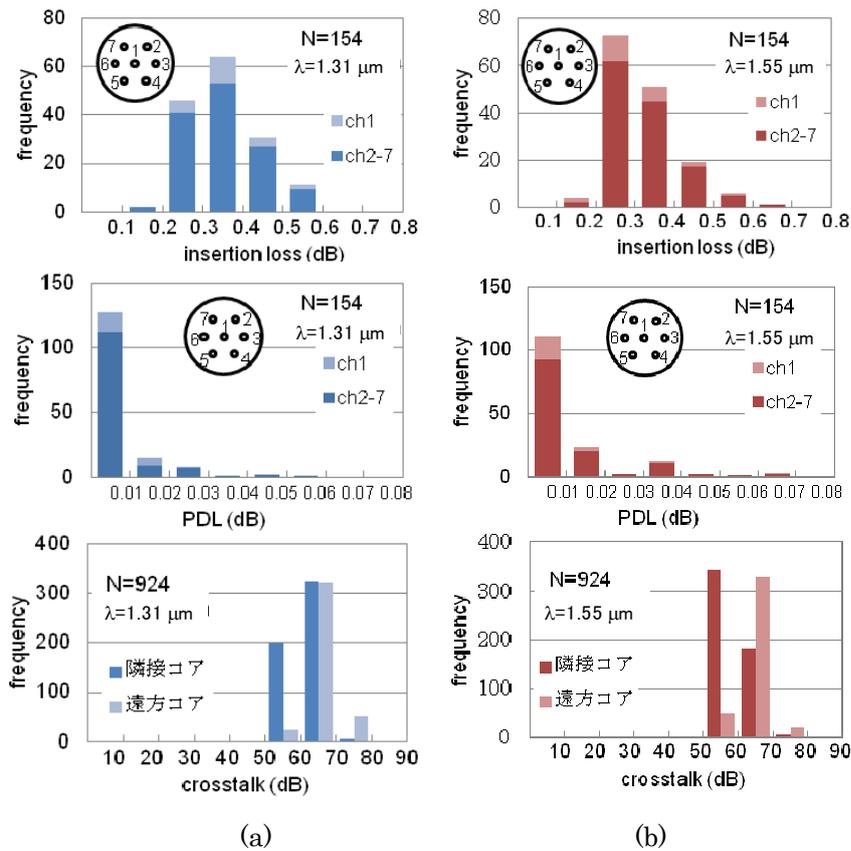


図 12(a) 波長 1.31  $\mu\text{m}$  に対する上から挿入損失、損失の偏波依存性(PDL)、クロストークの測定結果。(b) 波長 1.55  $\mu\text{m}$  に対する上から挿入損失、損失の偏波依存性(PDL)、クロストークの測定結果。



図 13 SC 型マルチコアファイバコネクタ。

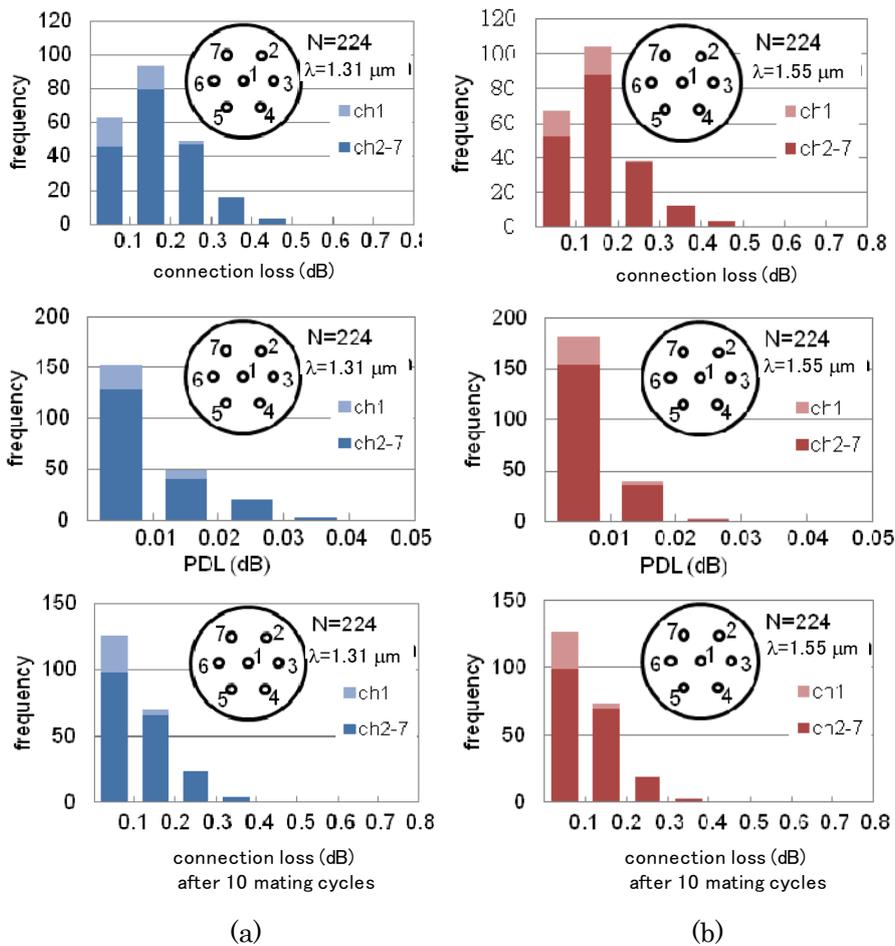


図 14(a) 波長 1.31  $\mu\text{m}$  に対する上から挿入損失、損失の偏波依存性(PDL)、着脱再現性の測定結果。(b) 波長 1.55  $\mu\text{m}$  に対する上から挿入損失、損失の偏波依存性(PDL)、着脱再現性の測定結果。

図 15 に FI/FO デバイスとマルチコアファイバコネクタの長期温度サイクル試験結果を示す。試験条件は、0 度から 65 度の温度サイクル試験を 11 サンプルに対して行い、300 サイクル (1250 時間相当) で目標の挿入損失変動 0.2dB 以下であることを確認した。

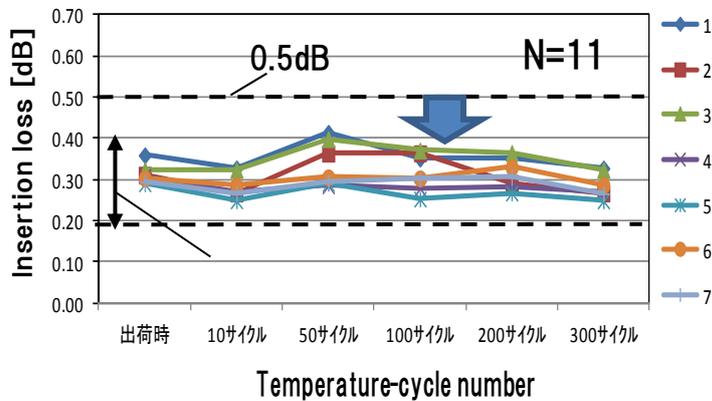
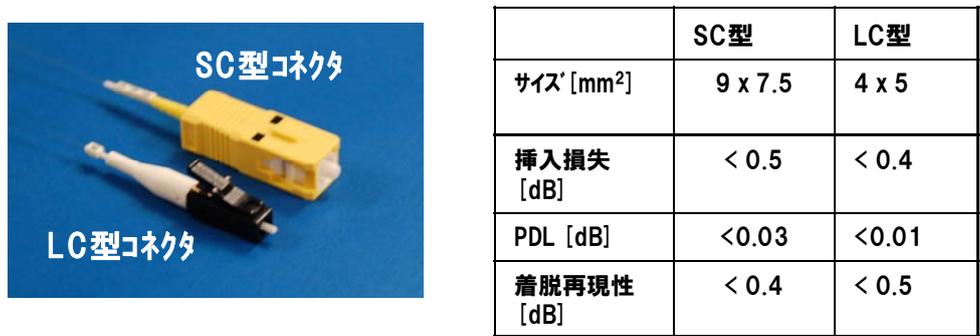


図 15 FI/FO デバイスとマルチコアファイバコネクタの長期温度サイクル試験結果。

本研究内容に加えて、追加成果として、LC型マルチコアファイバコネクタを試作した。LC型コネクタは、データセンタで最も用いられているコネクタであり、SC型コネクタより小型である。図16(a)に試作したLC型マルチコアファイバコネクタを示す。図16(b)に試作したLC型コネクタとその性能を示す。比較のために、SC型コネクタとその性能も示す。構造は、SC型コネクタと同様に、金属板バネ方式を採用した。挿入損失、PDL、着脱再現性共に、SC型コネクタと遜色のない性能が得られた。



(a) (b)  
図16 (a) L型マルチコアファイバコネクタと(b)その性能表

便宜のため、本研究全体の成果のまとめを表1に示す。

表1 本研究全体の成果のまとめ

項目	目標性能	予備実験結果	目標達成状況	備考
経路切替時間 (1障害当り)	< 50ms	< 10ms	>100%	ITU-T G.841 (Telcom)
経路切替装置 サイズ	19インチラック収容可	19インチラック収容可 (3U相当)	100%	DC標準: 19インチラック収容
対応ノード数	>3	6	>100%	リング構成
障害の多重数	2重障害以上	最大4重障害	>100%	4重同時障害回復可
FI/FO, MCF コネクタ接続損失	FI/FO: < 0.5dB MCFコネクタ: < 0.5dB	FI/FO: < 0.5dB MCFコネクタ: < 0.5dB	100%	従来ファイバ用コネクタに準拠
FI/FO, MCF コネクタ信頼性 (温度サイクル)	接続損失変動: < 0.2dB @ 0~65°C , > 1000時間	< 0.1dB @ 0~65°C (N=11), 1250時間 (300サイクル)	100%	< 0.5dB

本章の最後に、「研究マネジメント上の工夫」や「費用対効果」について以下に記載する。本研究課題を進める上で、費用削減のため、前年度に試作した部品の再利用、または異なる課題のために試作した部品の転用を行った。図17は研究開発スケジュールの線表である。①部品再利用では、一次試作の経路切替装置で用いた部品（光トランシーバ、光カプラー、フォトダイオードなど）ならびに筐体部材を二次試作の一部（7台中の4台）に適用した。また、②部品の転用では、試作したファンイン・ファンアウトデバイス、SC型コ

ネクタの改良版で簡易信頼性試験をかけて、特性の劣化が見られなかったものを、二次試作の経路切替装置に用いた。

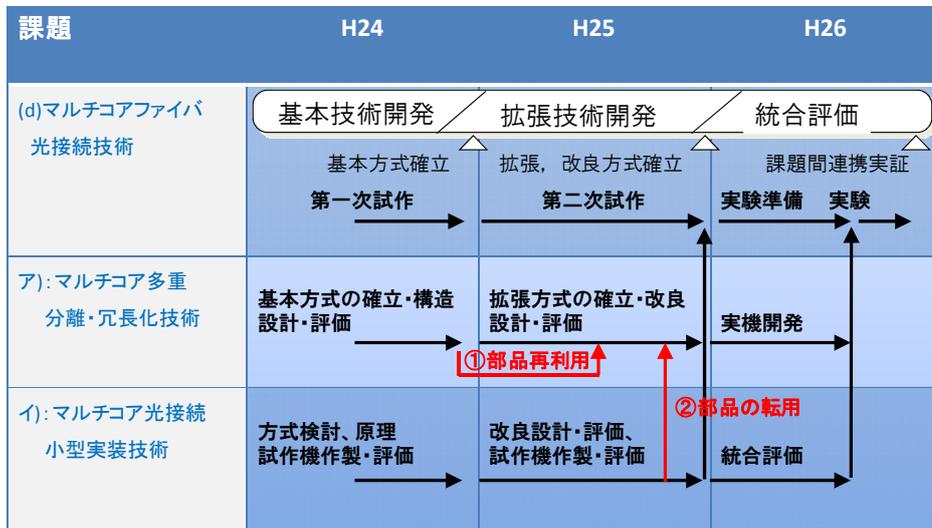


図 17 研究開発スケジュール

#### 4 研究開発成果の社会展開のための活動実績

本課題では研究開発成果の普及促進に向けて、学会発表、フィールド試験、新聞発表、などの活動を行った。

学会発表に関しては、国内外の招待講演 5 件を含む計 10 件の発表を行い、積極的に本研究の成果の発信を行った。この中で、H25 光ネットワーク産業・技術研究会（招待講演）では、データセンタに関する著名な発表者と共にパネルディスカッションのパネラーとして参加し、マルチコアファイバ技術のデータセンタへの適用の可能性に関してインプットできたことは大きい。また、EXAT の研究会にも招待され、NICT の別のプロジェクトで進められている他のマルチコアファイバ研究グループへ、直接成果をアピールできたことは、お互いの技術の発展に有意義であった。発表のみでなく、海外の論文誌への投稿も積極的に行い、IEEE の著名な論文誌である IEEE Photonics Technology Letters と IEEE Journal of Lightwave Technology に計 3 件すでに掲載されたことは、世の中に早く、広く本研究成果を発信する点で大きな成果と考える。因みに、IEEE Photonics Technology Letters に掲載した論文は、査読者から、世の中のマルチコアファイバ技術中でトップクラスの成果であるとの高い評価を得た。

フィールド試験に関しては、実用化をアピールするため、課題 I(b)と(c)と連携実験を北海道札幌市の敷設ファイバを用いて実験を行った。その結果を弊社ニュースリリース（日立製作所、「大規模・分散型データセンター向け大容量・高信頼伝送技術を開発」、平成 26 年 3 月 9 日）として発表した。さらに、本発表の内容は 3 月 10 日付けで日経新聞、日経産業新聞、化学工業日報、電波新聞の 4 紙に掲載されるなど広い反響があり、本研究開発の成果を広くアピールすることができた。課題(d)への反響の 1 つとして、ファイバメーカーから打合せを設けて今後の計画などについて質問された。

## 5 研究開発成果の社会展開のための計画

今年度から、社内の伝送装置事業部と連携し、これまで開発したマルチコアファイバ接続技術を活用して、次世代のデータセンタ向け大容量伝送装置に適用可能な高密度光配線技術の開発を行うことを予定している。装置内または装置間における光配線において、今後、配線数の増大が予想され、高密度配線技術の必要性が高まってきている。そこで、高密度配線に適したマルチコアファイバ技術の必要性が認識されつつある。本研究で培ったマルチコアファイバ技術を基に、装置内または装置間の光配線の高密度配線技術の適用性の検討を事業部と一体となって開始し、製品展開を加速する。予想される波及効果として、これまで、マルチコアファイバ技術は長距離光伝送応用を主要なターゲットとして開発が進められてきたが、新たに短距離光伝送応用も加わることで、マルチコアファイバ技術の開発がさらに活性化されると予想される。将来本格的に始まると予想される標準化を有利に進めるために、これからの成果を外に発信することで、仲間作りを行っていく。

本研究成果である光経路切替装置ならびにマルチコアファイバ接続デバイス（ファンイン・ファンアウトデバイス）とマルチコアファイバコネクタに関しては、内外問わず、適用先を継続して探索していく。

## 6 査読付き誌上発表論文リスト

- [1] Y. Lee, K. Tanaka, K. Hiruma, E. Nomoto, T. Sugawara, and H. Arimoto, “Experimental Demonstration of a Highly Reliable Multicore-Fiber-Based Optical Network”, *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 26, No. 6, pp. 538-540 (2014).
- [2] K. Tanaka, Y. Lee, E. Nomoto, T. Sugawara, and H. Arimoto, “Experimental Evaluation of Recovery from Multiple Failures in Multicore Fiber Links Using FPGA-based Optical Switch Units”, *IEEE Journal of Lightwave Technology*, Vol. 33, No. 1, pp. 201-211, January 1, (2015).
- [3] K. Tanaka, Y. Lee, E. Nomoto, T. Sugawara, and H. Arimoto, “Automatic Impairment-aware Optical Path Switching in Multicore Fiber Link Based on Multiring Structure”, To be published to *IEEE Journal of Lightwave Technology*, Vol. 33, (2015). JLT2424441

## 7 査読付き口頭発表論文（印刷物を含む）リスト

- [1] K. Hiruma, T. Sugawara, K. Tanaka, E. Nomoto, and Y. Lee, “Proposal of High-capacity and High-reliability Optical Switch Equipment with Multicore Fibers”, The 10th Conference on Lasers and Electronics Pacific Rim, and The 18th OptoElectronics and Communications Conference/Photonics in Switching 2013 (CLEO-PR&OECC/PS 2013), paper ThT1-2, Kyoto, July (2013). (2013/7/4)
- [2] Y. Lee, K. Tanaka, K. Hiruma, E. Nomoto, and H. Arimoto, “A Prototype Multicore-fiber Optical Switch Unit for a Large-capacity and High-Reliability Network”, 39th European Conference on Optical Communication (ECOC2013), P.2.6, (2013). (2013/9/24)
- [3] E. Nomoto, Y. Lee, K. Tanaka, K. Hiruma, T. Sugawara, and H. Arimoto, “Highly Reliable Multicore-Fiber Optical Switch Unit with Redundant Paths”, Extremely Advanced Optical Transmission Technologies (EXAT) 2013 Symposium, P01, (2013). (2013/11/7)
- [4] Y. Lee, K. Tanaka, K. Hiruma, E. Nomoto, and H. Arimoto, “IMPROVEMENT OF PROTECTION OPTICAL SWITCH UNIT FOR HIGHLY RELIABLE MULTICORE-FIBER-BASED OPTICAL NETWORK”, Optoelectronics and Communications Conference/Australian Conference on Optical Fiber Technology 2014 (OECC-ACOFT2014), TUPS1, (2014). (2014/7/8)
- [5] Y. Lee, K. Tanaka, E. Nomoto, T. Sugawara, and H. Arimoto, “Multi-core fiber technology for optical access and short range links”, The 12th International Conference on Optical Internet (COIN2014), TB2-4, (2014). (2014/8/28) (Invited)
- [6] K. Tanaka, Y. Lee, E. Nomoto, T. Sugawara, and H. Arimoto, “Multi-core fiber technology for highly reliable optical network in access areas”, SPIE (the international society for optics and photonics) Photonics West, 9390-9, (2015). (2015/2/11) (Invited)

## 8 その他の誌上発表リスト

なし。

## 9 口頭発表リスト

- [1] 李、“マルチコア光接続技術”、フォトニックネットワークシンポジウム(2013) (横須賀)、2013年3月12日
- [2] 菅原、田中、比留間、野本、李、“マルチコアファイバを用いた大容量・高信頼光切替装置の提案”、電子情報通信学会総合大会 (2013) (岐阜大学) B-10-28、2013年3月19日
- [3] 野本、田中、菅原、比留間、李、“マルチコアファイバを用いた大容量・高信頼光切替装置”、電子情報通信学会OCS研究会 (福島)、2013年6月20日
- [4] 李、田中、野本、比留間、菅原、有本、“マルチコアファイバ大容量・高信頼光ネットワーク向けプロトタイプ光切替装置の基本動作実証”、電子情報通信学会ソサイエティ大会 (2013) (福岡工業大学) B-10-77、2013年9月17日
- [5] 李、“マルチコアファイバ大容量・高信頼光ネットワーク向け光切替装置の動作実証” H25 光ネットワーク産業・技術研究会 (招待講演)、2014年1月24日
- [6] 李、田中、野本、菅原、有本、“データセンタ向けマルチコアファイバ技術”、Extremely Advanced Optical Transmission Technologies (EXAT) 2013-9 (沖縄)、2014年2月27日 (招待講演)
- [7] 李、田中、野本、菅原、有本、“モニタ信号監視機能を用いた高信頼マルチコアファイバ光ネットワーク向け光切替装置の動作実証”、電子情報通信学会総合大会 (2014) (新潟大学) B-10-4、2014年3月18日
- [8] 田中、野本、李、菅原、有本、“高信頼アクセス系 NW 向け MCF 多重リング接続 I (提案)”、電子情報通信学会ソサイエティ大会 (2014) (徳島大学) B-10-6、2014年9月24日
- [9] 野本、田中、李、菅原、有本、“高信頼アクセス系 NW 向け MCF 多重リング接続 II (動作実証)”、電子情報通信学会ソサイエティ大会 (2014) (徳島大学) B-10-7、2014年9月24日
- [10] 李、田中、野本、菅原、有本、“マルチコアファイバを用いた大容量・高信頼光切替技術”、レーザー学会第35回年次学会 (2015) (東海大学) 11a VI-4、2015年1月12日 (招待講演)

## 10 出願特許リスト

- [1] 菅原俊樹、豊田英弘、田中健一、大容量ファイバ光切替装置、日本、2013/02/22
- [2] 田中健一、菅原俊樹、切替装置およびそれを用いた伝送システム、日本、2013/03/11
- [3] 比留間健之、菅原俊樹、マルチコアファイバ接続用ファンイン・ファンアウトデバイス、日本、2013/03/15
- [4] 田中健一、李英根、山岡雅直、光伝送システム、日本、2013/12/03
- [5] 菅原俊樹、豊田英弘、田中健一、大容量ファイバ光切替装置、米国、2014/02/20
- [6] 菅原俊樹、豊田英弘、田中健一、大容量ファイバ光切替装置、EPO、2014/02/20
- [7] 李英根、野本悦子、田中健一、マルチコアファイバ用接続器ならびにそれらを用いた伝送装置、日本、2014/3/11
- [8] 李英根、田中健一、野本悦子、光経路切替装置及びマルチコアファイバネットワークシステム、日本、2014/12/04
- [9] 田中健一、李英根、山岡雅直、光伝送システム、米国、2014/12/03
- [10] 野本悦子、李英根、田中健一、マルチコアファイバ接続装置およびシステム、日本、2015/1/15

## 1 1 取得特許リスト

なし。

## 1 2 国際標準提案・獲得リスト

なし。

## 1 3 参加国際標準会議リスト

なし。

## 1 4 受賞リスト

なし。

## 1 5 報道発表リスト

### (1) 報道発表実績

なし。

### (2) 報道掲載実績

- [1] “大規模・分散型データセンター向け 日立が大容量・高信頼伝送技術”、電波新聞、2015/3/10
- [2] “データ通信速度4倍に”、日経新聞、2015/3/10
- [3] “毎秒400ギガビット高速通信技術 日立、データセンタ向け”、日経産業新聞、2015/3/10
- [4] “DC内・間を高速光伝送日立 従来比4倍、高信頼性”、化学工業日報、2015/3/10

## 1 6 ホームページによる情報提供

URL : <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2015/03/0309.html>

掲載情報の概要:

多拠点に分散したデータセンター間の通信や大規模データセンター内のネットワークを対象とした大容量・高信頼ネットワーク技術を開発した。開発した技術は、(1) データセンター内のデータ回線を低遅延で省電力に集約する技術、(2) 400ギガビット/秒級でデータセンター間の通信を実現する光多値伝送向け送受信技術、(3) 複数の伝達路を持つマルチコア光ファイバを用いたデータセンター内の装置伝送経路の冗長化技術である。実際のフィールドに敷設した20kmの光ファイバを用いた試験用プラットフォームにて、データセンターのネットワークを想定した光伝送およびシステムの連携実験を行い、その実用性を確認した。

### 研究開発による成果数

	平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度
査読付き誌上発表論文数	1 件 ( 1 件)	0 件 ( 0 件)	2 件 ( 2 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 ( 0 件)	3 件 ( 3 件)	3 件 ( 3 件)
その他の誌上発表数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
口 頭 発 表 数	2 件 ( 0 件)	5 件 ( 0 件)	3 件 ( 0 件)
特 許 出 願 数	3 件 ( 0 件)	4 件 ( 2 件)	3 件 ( 1 件)
特 許 取 得 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
受 賞 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
報 道 発 表 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)
報 道 掲 載 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	4 件 ( 0 件)

	合計
査読付き誌上発表論文数	3 件 ( 3 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	6 件 ( 6 件)
その他の誌上発表数	0 件 ( 0 件)
口 頭 発 表 数	1 0 件 ( 0 件)
特 許 出 願 数	1 0 件 ( 3 件)
特 許 取 得 数	0 件 ( 0 件)
国 際 標 準 提 案 数	0 件 ( 0 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 ( 0 件)
受 賞 数	0 件 ( 0 件)
報 道 発 表 数	0 件 ( 0 件)
報 道 掲 載 数	4 件 ( 0 件)