

**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 (c) プロトコル無依存リンク多重化技術)**  
**(Protocol-independent link-multiplexing 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  
**研究開発期間** 平成 24 年度～平成 26 年度

**【Abstract】**

A port expander using protocol-independent link-multiplexing technologies for distributed large-scale data-center networks was proposed and evaluated. These technologies can accommodate multiple link-layer protocols with various data rates to form distributed large-scale data centers. They also reduce processing latency of data-center networks, compared with conventional data center networks (which require multi-stage frame processing). A prototype port expander implementing the proposed technologies on field-programmable gate arrays (FPGAs) was constructed and experimentally evaluated. The prototype port expander can multiplex three kinds of different low-speed physical links (i.e., 10GbE, 40GbE, and 100GbE). This implementation demonstrates the feasibility of the proposed protocol-independent link-multiplexing technologies for large-scale data center networks.

## 1 研究開発体制

- **代表研究責任者** 坂本 健一 (日立製作所)
- **研究分担者** 坂本 健一、豊田 英弘、光野 正志、堤 聡、高瀬 誠由 (日立製作所)
- **研究開発期間** 平成 24 年度～平成 26 年度
- **研究開発予算** 総額 220 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)
110 百万円	65 百万円	22 百万円	23 百万円

## 2 研究開発課題の目的および意義

ICT 利活用の増進に伴う通信量及び消費電力の急激な増大に対応するため、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ことを目的とする。

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平成 26 年頃までに確立し、国民生活の利便向上と地球温暖化対策に貢献する。さらに、本技術の国際標準化を推進することにより、我が国の光ネットワーク技術の国際競争力向上に資する。

本研究開発は、現状の 10 倍（毎秒 400 ギガビット級）の高速大容量伝送技術であって、ネットワーク全体としての消費電力量を現状よりも 3 割（約 78 億 kWh）以上削減可能なものを平成 26 年頃までに確立することを目標とする。

### 3 研究開発成果

#### 3. 1 プロトコル無依存リンク多重化技術

複数の加入者ネットワークを収容し、様々なリンク層プロトコル（Ethernet、FibreChannel、InfiniBand 等）が混在する局舎ネットワークにおいて、加入者ネットワークにおける最大 100Gbps 級の伝送を 1 本の大容量リンクに束ねることにより、400Gbps 級の高速大容量伝送を有効活用する技術を開発する。

2 種以上のリンク層プロトコル（Ethernet、FibreChannel、InfiniBand 他）、2 種以上の通信速度（10Gbps/40Gbps/100Gbps Ethernet、8Gbps/16Gbps FC、DDR/QDR IB 等）のリンクを 8 本以上論理多重し、400Gbps（マルチレーン伝送）の大容量リンクに重畳する多重化方式を立案し、多重化処理を 1 マイクロ秒程度の処理遅延で実現する。また本方式を実装した試作機を開発し、上記プロトコルの多重伝送実験を行って動作実証する。

プロトコル無依存リンク多重化技術を確立するため、平成 24 年度及び 25 年度には、以下 3 つの要素技術の研究開発を実施した。本課題では、要素技術・方式の基礎検討、仕様決定を行い、一部機能の試作を実施した。

課題ア) 物理リンク多重化技術

2 種以上のリンク層プロトコル、2 種以上の伝送レートのリンク 8 本以上を、400Gbps 以上の大容量リンクに多重化可能なリンク多重化方式

課題イ) 伝送レート透過・再生技術

5Gbps 帯から 25Gbps 帯の伝送レート（チャンネル毎）、±100ppm の周波数または伝送レート誤差を持つ非同期リンクからのデータを受信し、これを固定レートの伝送を通過した後にも、同等な伝送レートの再生を可能とする伝送レート透過・再生方式

課題ウ) 物理リンク管理技術

低速度の物理リンクと複数本の固定レートの仮想レーンとのマッピング方式、及び受信ポート（多重装置）と送信ポート（分離装置）間でのポートマッピング同期方式

また平成 26 年度には、本方式を実装した試作機（ポートエキスパンダ装置）を開発し（図 1）、多重伝送実験を行い提案方式の有効性を実証した。また他の課題 3 - I (b)「光多値向け高性能信号処理技術」、3 - I (d)「マルチコアファイバ光接続技術」とも連携した合同の実証実験を行った。特に多重化後の

400Gbps 高速リンクとして、課題3-I (b)の 400Gbps 光インタフェースを用い、また課題3-I (d)によるマルチコアファイバを用いたネットワークを用いた連携動作を確認した。

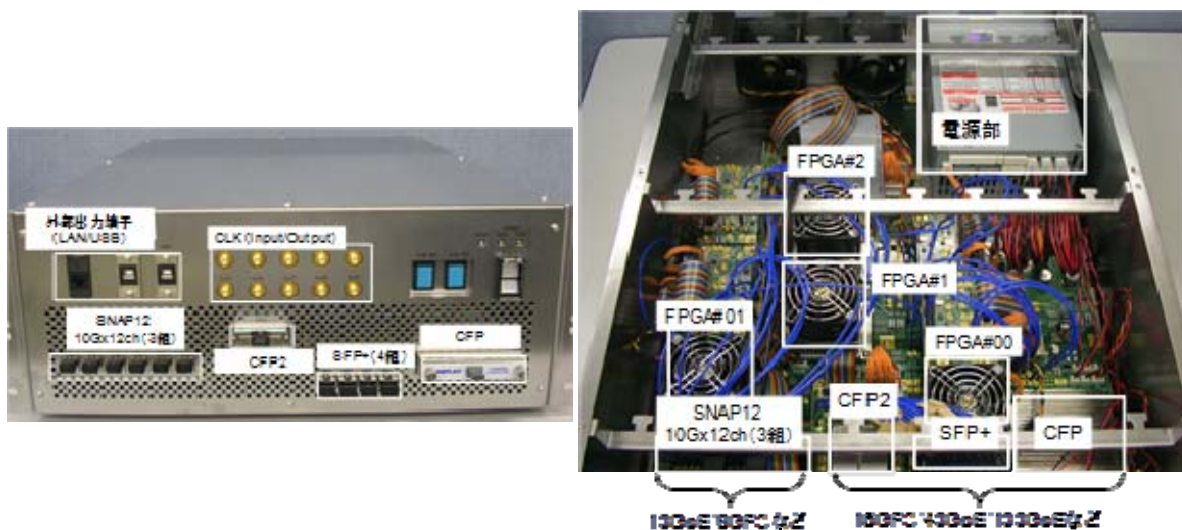


図1： 試作したポートエキスパンダ装置

#### 課題ア) 物理リンク多重化技術

##### 【到達目標】

本サブ課題の到達目標は、2種以上の異なるリンク層プロトコル、2種以上の異なる伝送レートの低速リンク(8本以上)を論理多重し、400Gbpsの大容量リンクに重畳する多重化技術を確立することである。また、多重化処理においては1マイクロ秒以下(数百ナノ秒オーダーを目標)の処理遅延で実現することを目標とする。

##### 【研究開発内容】

本提案方式では、物理リンクで伝送するビットデータをトランスペアレントに多重・分離する手法を用いた。リンク多重化側では、ユーザからの低速度の物理リンク(低速リンク)を收容し、そこで受信したビットデータを一旦固定長のブロックに分割する。この固定長ブロックの一連のフローを仮想レーンとして扱う。仮想レーン1本は固定速度であるため、それを低速リンクの伝送レートを包含する必要本数分束ねることで、様々な伝送レートに対応する。更に、他の低速リンクから生成された仮想レーンを束ね、高速の多重化リンクを構成する。

平成24年度には、課題となる低速リンクから仮想レーンへの変換方法、その際のオーバーヘッド低減方法や、高効率な多重方法、異速度リンクの多重にも対応した仮想レーンへの割当方法の検討を実施し、これらを統合した物理リンク多重化方式仕様を決定することを目標として検討を行った。プロトコル無依存かつ伝送レート無依存であり、またこれら多数の低速リンクを論理多重し、400Gbpsの大容量リンクに重畳する多重化技術の確立という最終目標に向けて、物理リンク多重化方式の基礎検討と仕様決定を行い、一部機能の論理回路試作を実施した。また、検討した方式を実動作で検証するための多重化方式検証機の仕様検討、装置試作を行った。

平成25年度には、平成24年度に検討した詳細仕様を基に、各機能ブロックの機能拡張等を実施した。機能ブロック毎の論理回路記述と、全機能ブロックを結合した論理回路シミュレーションを実施し、設計通りの動作を確認した。また、開発した論理回路をポートエキスパンダ装置内部FPGAへ実装するための機能分割、ブロック配置、論理合成、及び論理回路シミュレーションを行い多重化伝送の遅延時間を

検証した。本シミュレーションにより、多重化処理の遅延時間は  $0.82\mu\text{s}$  となることを確認し、本開発の目標である  $1\mu\text{s}$  以下を達成した (図 2)。

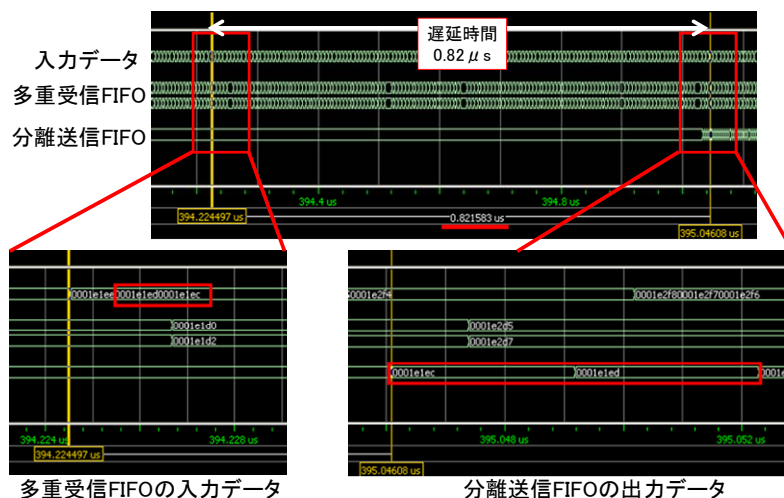


図 2： 多重化処理の論理回路シミュレーション結果

#### 課題イ) 伝送レート透過・再生技術

##### 【到達目標】

本サブ課題の到達目標は、2種以上の異なるリンク層プロトコル、2種以上の異なる伝送レートのリンクの多重化において、非同期の源信を基に生成されたリンクに対応することで、プロトコル無依存、かつ伝送レート無依存を実現するに必要な、伝送レートの透過・再生技術を確認することである。

##### 【研究開発内容】

本方式の手法は、多重化装置の低速リンクで受信した伝送レートと、分離化装置で出力する際の伝送レートを保障する手法である。多重化装置では、低速リンクから受信したビット列データを、一旦固定長のデータブロック (固定長ブロック) に変換する。そして固定長ブロックを、固定レートの仮想レーン (複数本) を伝い、更に多数の仮想レーンが多重化された多重化リンクとなって、分離化装置へと送達する。分離化装置では、多重化リンクから仮想レーン単位に分離された後、仮想レーンの固定長ブロックのフローから、低速リンクの伝送レートに関する周波数情報を抽出する。この周波数情報を基に、低速リンクの送信レートを決定する参照クロックを周波数シンセサイザ及びPLL回路にて再現する。

平成 24 年度には、伝送レートが 5Gbps 帯から 25Gbps 帯、及び  $\pm 100\text{ppm}$  の周波数または伝送レート誤差を持つ非同期の物理リンクからのデータを受信し、これを固定レートの伝送を通過した後も、同等な伝送レートの再生を可能とする「伝送レート透過・再生方式」の基礎検討、仕様決定を行い、一部機能の論理回路試作を実施した。

平成 25 年度は、平成 24 年度に検討した方式を基に、参照クロックにも  $\pm 100\text{ppm}$  以下の周波数誤差非同期クロックを用いた環境にも対応できるように、伝送レート再生方法の安定性を向上する DAC 制御 PLL 方式の検討を行った。また、伝送レート透過・再生方式と、上記の課題ア) 物理リンク多重化方式にて作成した論理回路がポートエキスパンダ装置として連携動作するように結合した実装を行った。実装結果より、搭載規模に問題なきことを確認した。また、開発した DAC 制御 PLL を評価も行った。多重化部で受信した伝送レートから参照クロックを検出し、分離化部では DAC 制御 PLL の出力周波数を設定出来ることを確認できた。また、クロック  $\pm 100\text{ppm}$  以下の周波数誤差非同期クロックにも対応する目標につ

いては、達成値では±400ppm とするなど、上回って達成した(図 3)。これは、対応するプロトコルによって、例えば Ethernet であれば±100ppm の仕様であるが、他の規格はそれ以上の性能が必要であるため、目標仕様を拡大した結果である。

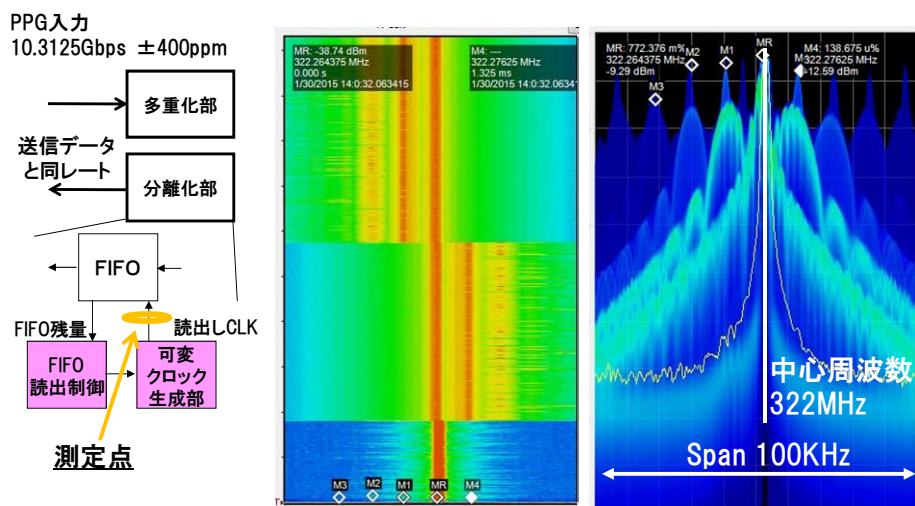


図 3： 非同期源信への追従（±400ppm）

#### 課題ウ) 物理リンク管理技術

##### 【到達目標】

本サブ課題の到達目標は、2種以上の異なるリンク層プロトコル、2種以上の異なる伝送レートのリンクの多重化において、多重装置と分離装置のポート割当の一意性を維持可能な、物理リンク管理技術を確立することである。

##### 【研究開発内容】

本サブ課題では、上位層プロトコルで扱う宛先情報等に依らないリンク管理方法の開発を実施した。本方式では、仮想レーン単位に、多重装置と分離装置のポート割当てを管理し、管理情報を定期的に多重装置-分離装置間でネゴシエーションすることで、ポートマッピング対応の一貫性を維持する。

平成 24 年度は、物理リンク管理技術として、低速度の物理リンクと複数本の固定レートの仮想レーンとのマッピング方式、及び受信ポート（多重装置）と送信ポート（分離装置）間でのポートマッピング同期方式の基礎検討を実施した。

平成 25 年度は、平成 24 年度に検討した基本方式仕様を基に、主要機能の詳細機能ブロックへのブレイクダウン、各機能ブロックの動作詳細化を実施した。また、平成 24 年度にて要素開発したリンク多重化方式論理回路部に対し、物理リンク管理方式機能部位の論理回路を更に結合する論理回路部位の開発を実施した。また開発・製造したポートエキスパンダ装置を用いて、3つのサブ課題による提案方式の連携動作を実証し、評価実験を行った。実機評価及びシミュレーションにより、仕様通りの動作を確認した。

平成 26 年度には、平成 24 年度に検討したプロトコル無依存リンク多重化技術の要素技術と基本方式、及び平成 25 年度に製造したポートエキスパンダ装置を用い、物理リンク多重化方式と伝送レート透過・再生方式を統合した論理回路、及び物理リンク管理方式の一部の論理回路を実装した。また、物理リンク管理方式では、複数台のポートエキスパンダ装置間を接続する際のリンク管理に関する追加機能の開

発を行い、論理回路及びソフトウェアをポートエキスパンダ装置内部のFPGAへ実装した。また同装置を用いた評価実験を実施した(図4)。これにより、到達目標として設定していた数値目標を上回って達成した(表1、2)。

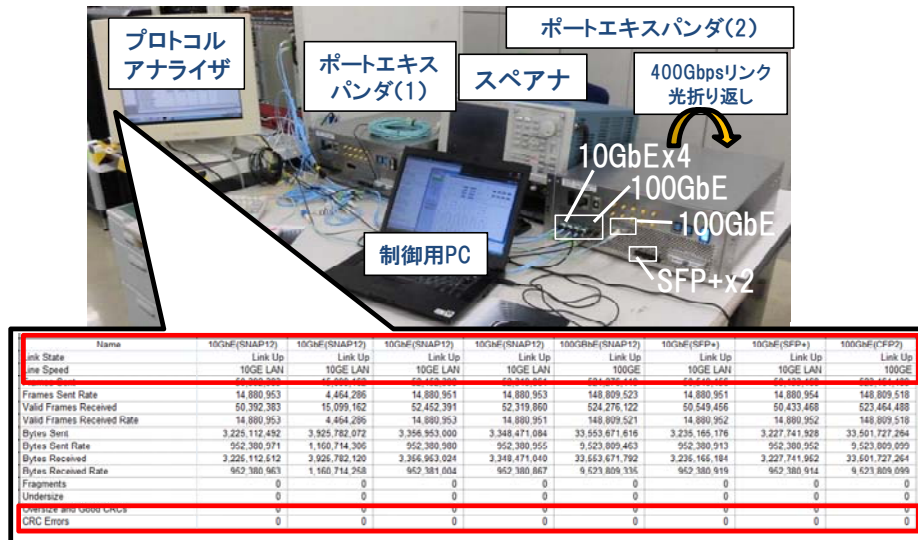


図4： 8ポート同時接続での評価結果

表1： 数値目標に対する目標達成状況

項目	目標性能	予備実験結果	目標達成状況	備考
多重化処理遅延時間	1μ秒以下	0.82μ秒	120 %	シミュレーションにて確認
非同期リンクの多重化	2種類以上の速度	3種類 8.5G/10G/25G	150 %	
	8本以上	8本	100 %	
大容量リンクに多重化	400Gbps以上	400Gbps	100 %	

表 2： 予備実験による目標達成状況

項目	目標性能	予備実験結果	目標達成状況	備考
非同期リンクの多重化	2種以上の速度	3種類 8.5G/10G/25G	◎(150%)	
	2種類以上のプロトコル	3種類 FC/Ethernet/ PRBS <sup>16</sup> ターゲ	◎(150%)	
	同時接続数 3本以上	10GbE×4本 @SNAP <sub>12</sub>	◎(130%)	
エラーフリー動作	BER<10 <sup>-25</sup>	BER<0.1×10 <sup>-25</sup> 相当	○(100%)	
マッピング機能の実証	多重/分離装置間のマッピング(16oVL)	16oVLのマッピングを確認	○(100%)	
非同期リンクの周波数誤差吸収量	±100 ppm以上	±400 ppm	◎400%	PLLの追従動作にて確認

### フィールド実証実験

平成 26 年度には、本研究にて開発したプロトコル無依存リンク多重化方式、及びそれを実装したポートエキスパンダ装置を用いて、事前の予備実験、及び実際にフィールドに敷設された光ファイバでの統合実証実験（本プロジェクトの他課題との連携接続実験を含む）を実施した。統合実証実験では、札幌にある複数のビルを光ファイバで結び、総伝送距離 20km の加入者系光ネットワークを模擬したテストベッドを構築して行った。本実証実験により、多重化リンクの送受信間ネゴシエーションに対する 20 km 長距離伝送の影響、及び伝送経路が災害等により断線した際のリンク瞬断発生時の影響を確認した。これにより、各課題において設定していた個別の数値目標についても上回って達成した（表 2）。

### 研究開発マネジメント

本研究開発の推進においては、3つの段階として、1. 基本技術確立、2. 性能仕様達成、3. システム実証、を設定した（図 5）。初年度の平成 24 年度には、基本技術の確立を目指し、要素技術や基本方式の策定を行い、性能上の課題があればそれを定量化した。2年目の平成 25 年度には、先に定量化された性能上の課題（例えば多重化時の遅延時間）を解決し、また次年度に向けてシステム化する際の課題の定量化を行った。最終年度には、システム統合と実証実験を行い、提案方式の実用性を実証することに努めた。

また、推進体制では最終目標として事業化を意識し、研究を推進する研究者のみならず、事業部の幹部をメンバに追加し、毎月の進捗を報告・管理した。これにより、当初策定した3年計画、及び年度内の詳細計画についても、大きな修正を行うことなく、期限通りにプロジェクトを完遂した。

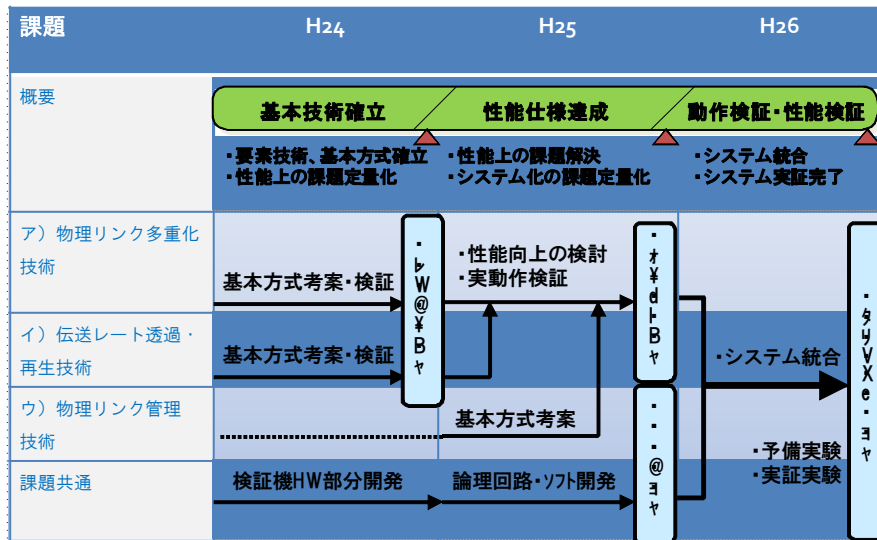


図 5： 全体スケジュール

#### 4 研究開発成果の社会展開のための活動実績

研究開発の進捗に合わせて、国内外において成果発表及び標準化活動等を実施し、本研究成果のアピールを行った(図 6)。標準化活動については、特に物理リンク多重化技術は OIF PLL MLG (Multi-link Gearbox IA 等) の調査、400Gbps の多重化及び符号化技術は IEEE 802.3 400GbE SG (400 Gbps Ethernet Study Group) の調査、及び提案(平成 25 年 7 月)を行った。また IEEE 802.3 400GbE TF (400 Gbps Ethernet Task Force) における標準化状況や検討フェーズ、技術動向に関して調査を行った。特に IEEE 802.3 への提案活動については、実施期間中の検討フェーズが光伝送方式に関する部分にフォーカスされ、多重化技術としての提案が困難であった。そこで本プロジェクトの課題 b「光多値伝送向け高性能信号処理技術」のメンバと協力して提案を行った。

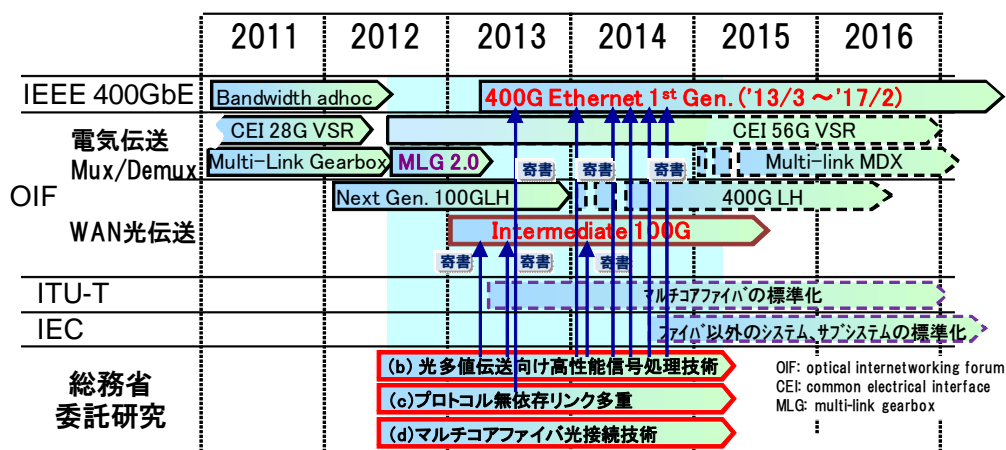


図 6： 標準化対応状況



## 5 研究開発成果の社会展開のための計画

【本章には企業戦略を含むため、非公開とします】

本研究開発に関連した標準化としては、400Gbps の符号化技術については IEEE 802.3bs: 400Gb/s Ethernet Task Force があり、多重化技術については、OIF PLL がある。IEEE 802.3bs は、現状も継続中であり、本プロジェクト終了後も継続して参加、必要に応じて提案活動を実施していく。OIF PLL については、MLG Ver.2.0 が策定された後、平成 27 年以降より「Flex Ethernet」という新たな多重化方式の議論が開始している。Flex Ethernet では、複数の低速 Ethernet を、1 本の高速 Ethernet PHY へ多重することなどが議論されており、本研究の成果適用の一つとして今後検討していく。

実用化に向けた展開としては、IEEE 802.3bs の標準化完了が平成 30 年と予定されており、実用化及び最初の市場展開は平成 30 年以降と推定される（図 7）。現行最速の 100Gbps Ethernet がサーバ市場でも普及し、それをアグリゲーションするネットワークでは次世代高速インタフェースが期待される時期であるため、本研究の実用化による波及効果は大きい。

これに向けて通信装置およびソリューション製品へ、400Gbps Ethernet 及びプロトコル無依存リンク多重化方式の適用を検討していく。具体的には、本プロジェクト終了後の平成 27 年度以降に、本成果の事業化及び製品適用に向けた技術開発を進める（図 8）。

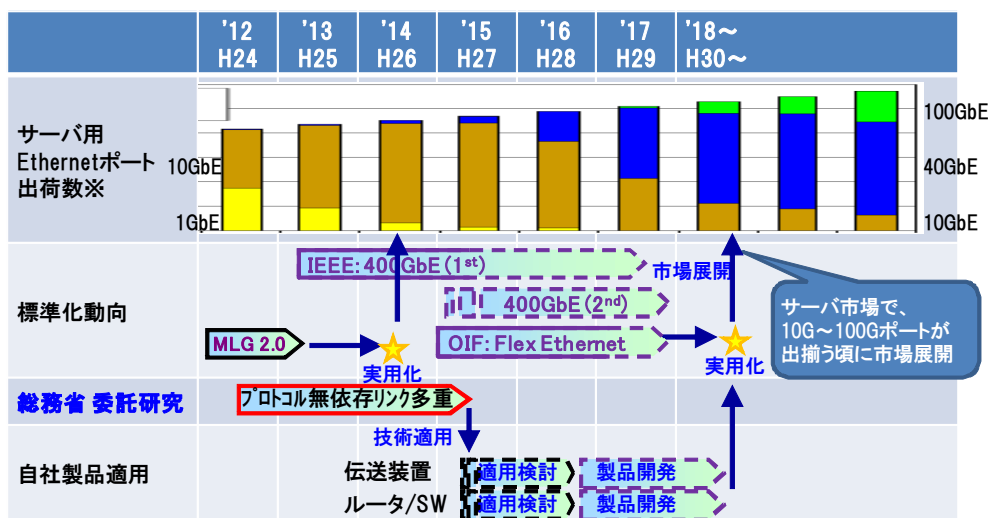


図 7： Ethernet の市場動向と実用化時期

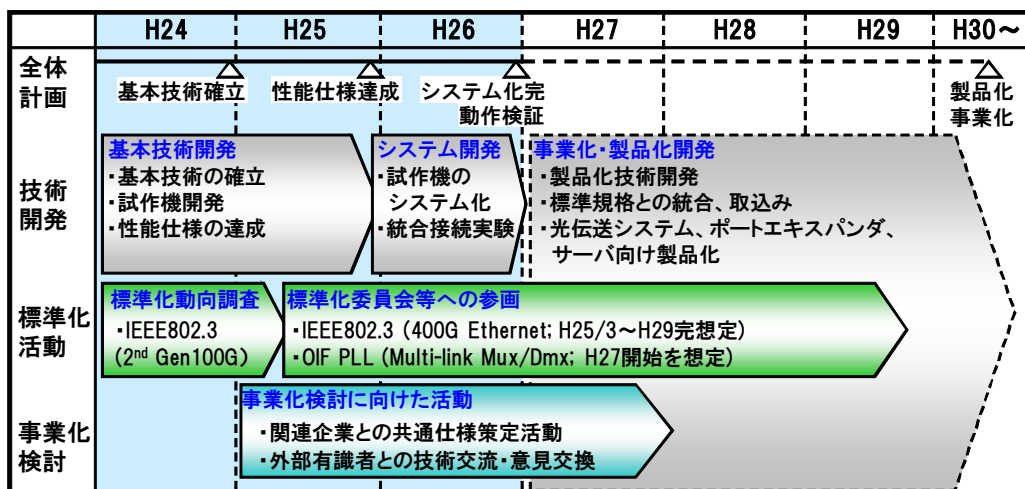


図 8： 実用化に向けたロードマップ

## 6 査読付き誌上発表論文リスト

[1] 光野正志、堤聡、豊田英弘、“プロトコル無依存リンク多重化技術の開発”、電子情報通信学会論文誌 B Vol.J97-B,No.10,pp.973-976 (平成 26 年 10 月 1 日) :

## 7 査読付き口頭発表論文 (印刷物を含む) リスト

[1] 光野正志、堤聡、豊田英弘、“Development of Port Expander Using Protocol-independent Link Aggregation Technologies for Large-Scale Data Center Networks”、APCC2014、T1D-3 (平成 26 年 10 月 2 日) :

## 8 その他の誌上発表リスト

[1] 光野正志、“100Gb/s および 400Gb/s イーサネット標準化動向”、光産業技術振興協会 平成 25 年度技術情報レポート オプトニュース Vol.8, No.6 (平成 26 年 3 月 14 日) :

[2] 豊田英弘、光野正志、菊池信彦、平井理宇、“稼ぐビッグデータ・IoT 技術徹底解説 (書籍) 3.1.5 バックエンドネットワーク処理”、日立製作所×日経エレクトロニクス、日経 BP 社、ISBN978-4-8222-7642-3 (平成 26 年 12 月 25 日) :

## 9 口頭発表リスト

[1] 豊田英弘、光野正志、“超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発 アクセスネットワーク高速大容量化・低消費電力化の研究：プロトコル無依存リンク多重化技術”、フォトニックネットワークシンポジウム 2013 (神奈川県) (平成 25 年 3 月 12 日)

[2] 光野正志、高瀬誠由、豊田英弘、“プロトコル無依存リンク多重化技術の提案 (B-12-24)”、電子情報通信学会総合大会 (岐阜県) (平成 25 年 3 月 22 日)

[3] 光野正志、堤聡、豊田英弘、“次世代イーサネットの標準化動向と日立における最近の研究動向”、電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会 (北海道) (平成 25 年 8 月 8 日)

[4] 光野正志、堤聡、豊田英弘、“IEEE802.3 の高速伝送(400GbE)の標準化動向”、情報通信技術委員会 (TTC) セミナー (東京都) (平成 26 年 3 月 14 日)

[5] 光野正志、堤聡、豊田英弘、“大規模データセンタネットワーク向けプロトコル無依存リンク多重化技術の開発(PN2014-4)”、電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会 (大分県) (平成 26 年 6 月 26 日)

[6] 光野正志、堤聡、豊田英弘、“プロトコル無依存リンク多重化技術の検討と評価(B-12-8)”、電子情報通信学会 2015 年総合大会 (滋賀県) (平成 27 年 3 月 11 日)

## 10 出願特許リスト

[1] 光野正志、豊田英弘、データ伝送システム、受信装置及び送信装置 (P2013-071233)、日本、平成 25 年 3 月 29 日申請

[2] 光野正志、豊田英弘、堤聡、伝送システムおよび伝送方法 (P2013-198574)、日本、平成 25 年 9 月 25 日申請

[3] 光野正志、豊田英弘、データ伝送システム、受信装置及び送信装置 (P14/105614)、米国、平成 25 年 12 月 13 日申請

[4]光野正志、豊田英弘、データ伝送システム、受信装置及び送信装置 (P13197130.1)、EU、平成 25 年 12 月 13 日申請

[5]光野正志、堤聡、豊田英弘、データ伝送装置 (P2014-65043)、日本、平成 26 年 3 月 27 日申請

[6]光野正志、堤聡、豊田英弘、伝送システム及び伝送方法 (P14/477951)、米国、平成 26 年 9 月 5 日申請

[7]光野正志、豊田英弘、スイッチ装置 (P2014-188907)、日本、平成 26 年 9 月 17 日申請

[8]光野正志、堤聡、豊田英弘、データ伝送装置 (P14/640722)、米国、平成 27 年 3 月 6 日申請

## 1 1 取得特許リスト

取得特許なし。

## 1 2 国際標準提案・獲得リスト

[1] IEEE802.3・July 13 Plenary Meeting、「Initial Thought about Modulation Format & FEC for "Long-reach" 400GbE」、提案 平成 25 年 7 月 16 日

## 1 3 参加国際標準会議リスト

[1] IEEE 802.3 Interim Meeting、Geneva/Switzerland、平成 24 年 9 月 24 日

[2] IEEE 802.3 Interim Meeting、Phoenix/USA、平成 25 年 1 月 21 日

[3] IEEE 802 Plenary Meeting, 400 Gb/s Ethernet Call for Interest、Orlando/USA、平成 25 年 3 月 18 日

[4] IEEE 802.3 Interim Meeting, 400 Gb/s Ethernet Study Group、Victoria/Canada、平成 25 年 5 月 17 日

[5] IEEE 802 Plenary Meeting, 400 Gb/s Ethernet Study Group、Dallas/USA、平成 25 年 11 月 12 日

[6] IEEE 802.3 Interim Meeting, 400 Gb/s Ethernet Study Group、Indian Wells/USA、平成 26 年 1 月 20 日

[7] IEEE 802.3 Interim Meeting, 400 Gb/s Ethernet Task Force、Kanata/Canada、平成 26 年 9 月 8 日

## 1 4 受賞リスト

受賞なし

## 1 5 報道発表リスト

(1) 報道発表実績

[1] “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”、発表 平成 27 年 3 月 9 日

(2) 報道掲載実績

[1] “日立、大規模・分散型データセンター向け 400Gb/s 級の伝送技術を開発”、財経新聞、発表 平成 27 年 3 月 9 日

[2] “日立、400Gbps でのデータセンター間通信を実現する伝送技術を開発”、マイナビニュース、発表 平成 27 年 3 月 9 日

[3] “データ通信速度 4 倍に 日立製作所”、日本経済新聞、発表 平成 27 年 3 月 10 日

- [4] “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、発表 平成 27 年 3 月 10 日
- [5] “大規模分散型データセンタ向け 日立が大容量・高信頼伝送技術”、電波新聞、発表 平成 27 年 3 月 10 日
- [6] “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、発表 平成 27 年 3 月 10 日

## 16 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>

「日立は、このたび、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ました。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ました。」(ヒット数は公表不可)

## 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	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	1 件 ( 0 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	1 件 ( 1 件)
その他の誌上発表数	0 件 ( 0 件)	1 件 ( 0 件)	1 件 ( 0 件)
口 頭 発 表 数	2 件 ( 0 件)	2 件 ( 0 件)	2 件 ( 0 件)
特 許 出 願 数	1 件 ( 0 件)	4 件 ( 2 件)	3 件 ( 2 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)	1 件 ( 1 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)	1 件 ( 0 件)
報 道 掲 載 数	0 件 ( 0 件)	0 件 ( 0 件)	6 件 ( 0 件)

	合計
査読付き誌上発表論文数	1 件 ( 0 件)
査読付き口頭発表論文数 (印刷物を含む)	1 件 ( 1 件)
その他の誌上発表数	2 件 ( 0 件)
口 頭 発 表 数	6 件 ( 0 件)
特 許 出 願 数	8 件 ( 4 件)
特 許 取 得 数	0 件 ( 0 件)
国 際 標 準 提 案 数	1 件 ( 1 件)
国 際 標 準 獲 得 数	0 件 ( 0 件)
受 賞 数	0 件 ( 0 件)
報 道 発 表 数	1 件 ( 0 件)
報 道 掲 載 数	6 件 ( 0 件)

注 1 : 各々の件数は国内分と海外分の合計値を記入。(括弧)内は、その内海外分のみを再掲。

注 2 : 「査読付き誌上発表論文数」には、定期的に刊行される論文誌や学会誌等、査読 (peer-review (論文投稿先の学会等で選出された当該分野の専門家である査読員により、当該論文の採録又は入選等の可否が新規性、信頼性、論理性等の観点より判定されたもの)) のある出版物に掲載され

た論文等（Nature、Science、IEEE Transactions、電子情報通信学会論文誌等および査読のある小論文、研究速報、レター等を含む）を計上する。

注3：「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」には、学会の大会や研究会、国際会議等における口頭発表あるいはポスター発表のための査読のある資料集（電子媒体含む）に掲載された論文等（ICC、ECOC、OFC など、Conference、Workshop、Symposium 等での proceedings に掲載された論文形式のものなどとする。ただし、発表用のスライドなどは含まない。）を計上する。なお、口頭発表あるいはポスター発表のための査読のない資料集に掲載された論文等（電子情報通信学会技術研究報告など）は、「口頭発表数」に分類する。

注4：「その他の誌上発表数」には、専門誌、業界誌、機関誌等、査読のない出版物に掲載された記事等（査読の有無に関わらず企業、公的研究機関及び大学等における紀要論文や技報を含む）を計上する。

注5：PCT 国際出願については出願を行った時点で、海外分1件として記入。（何カ国への出願でも1件として計上）。また、国内段階に移行した時点で、移行した国数分を計上。

注6：同一の論文等は複数項目に計上しないこと。例えば、同一の論文等を「査読付き口頭発表論文数（印刷物を含む）」および「口頭発表数」のそれぞれに計上しないこと。ただし、学会の大会や研究会、国際会議等で口頭発表を行ったのち、当該学会より推奨を受ける等により、改めて査読が行われて論文等に掲載された場合は除く。