
マルチコアファイバ光接続技術 (超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発)

2015/10/07

株式会社 日立製作所 研究開発グループ

研究代表者 坂本 健一

研究分担者 李 英根

Contents

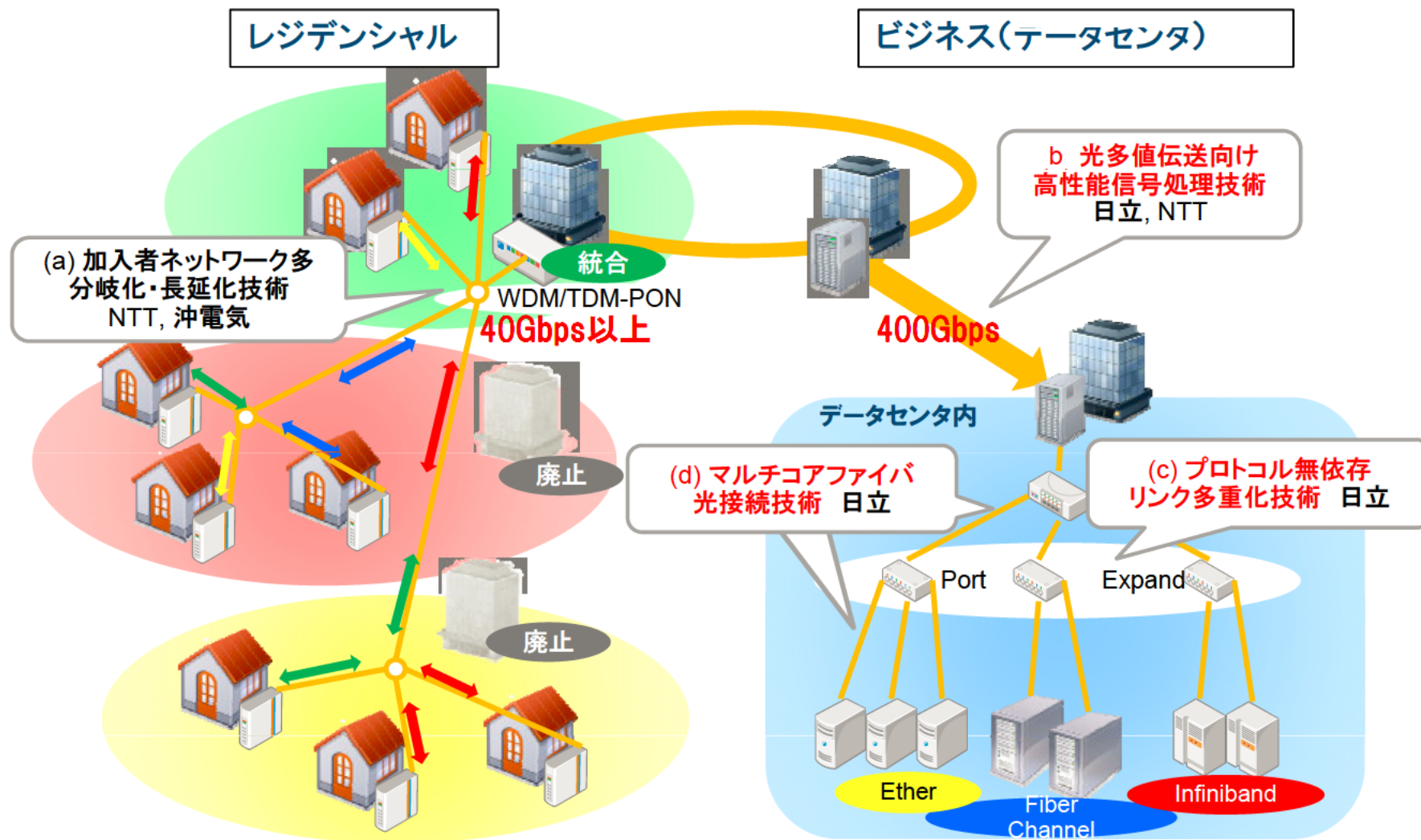
- 1. 研究開発内容:背景と目的**
- 2. 研究成果:大容量・高信頼マルチコアファイバネットワーク方式の提案**
- 3. 研究成果:マルチコアファイバ接続技術の開発**
- 4. 研究成果:マルチコアファイバ対応光経路切替装置とその動作実証**
- 5. 今後の研究開発成果の展開と及び波及効果創出への取り組み**
- 6. まとめ**

1. 背景・研究目的

1-1 総務省PJ:「アクセスネットワーク高速大容量化・低消費電力化 HITACHI 技術の研究開発('12-'14)」

Inspire the Next

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。アクセスネットワークに関する課題は、レジデンシャル/ビジネス(データセンタ)各々のエリアで下図の通り。



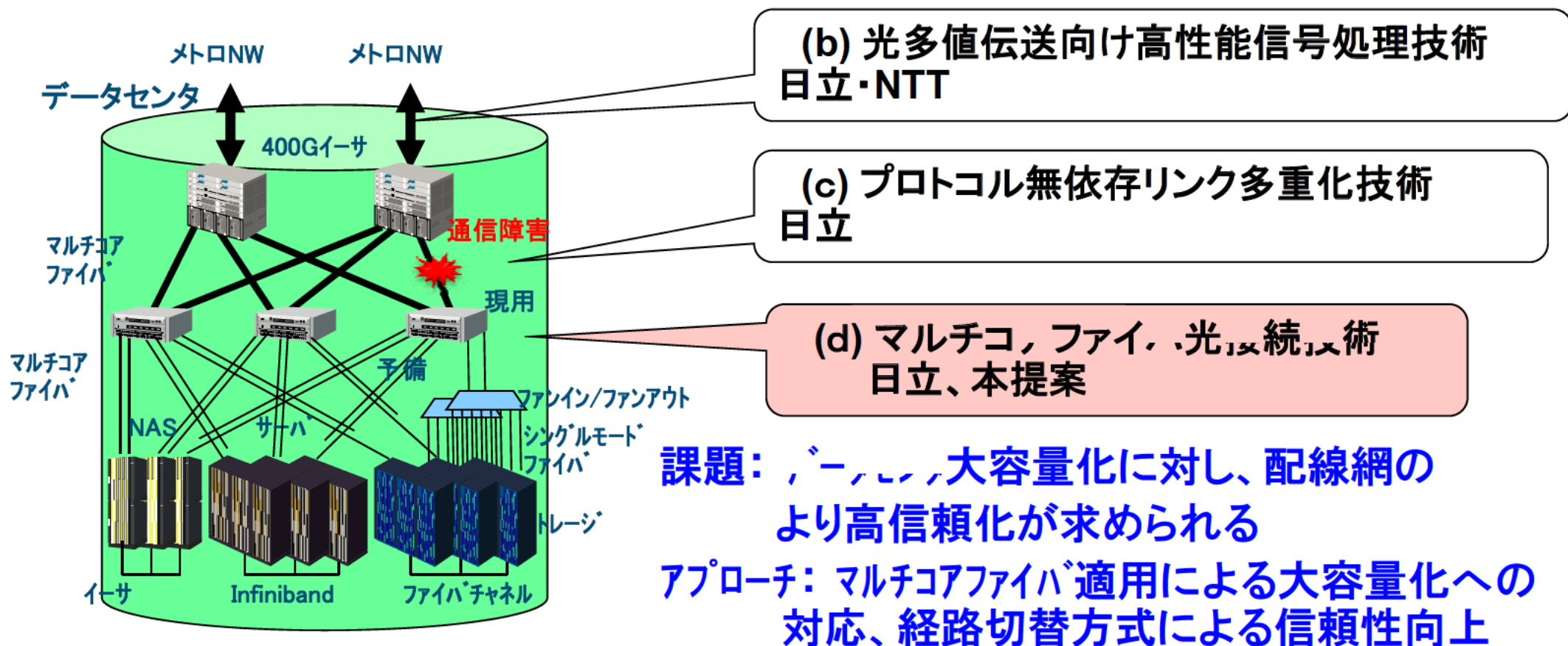


図1 研究開発の適用イメージ

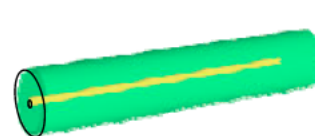


図2 シングルコアファイバ(SCF)

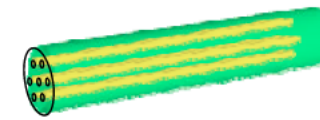


図3 マルチコアファイバ(MCF)

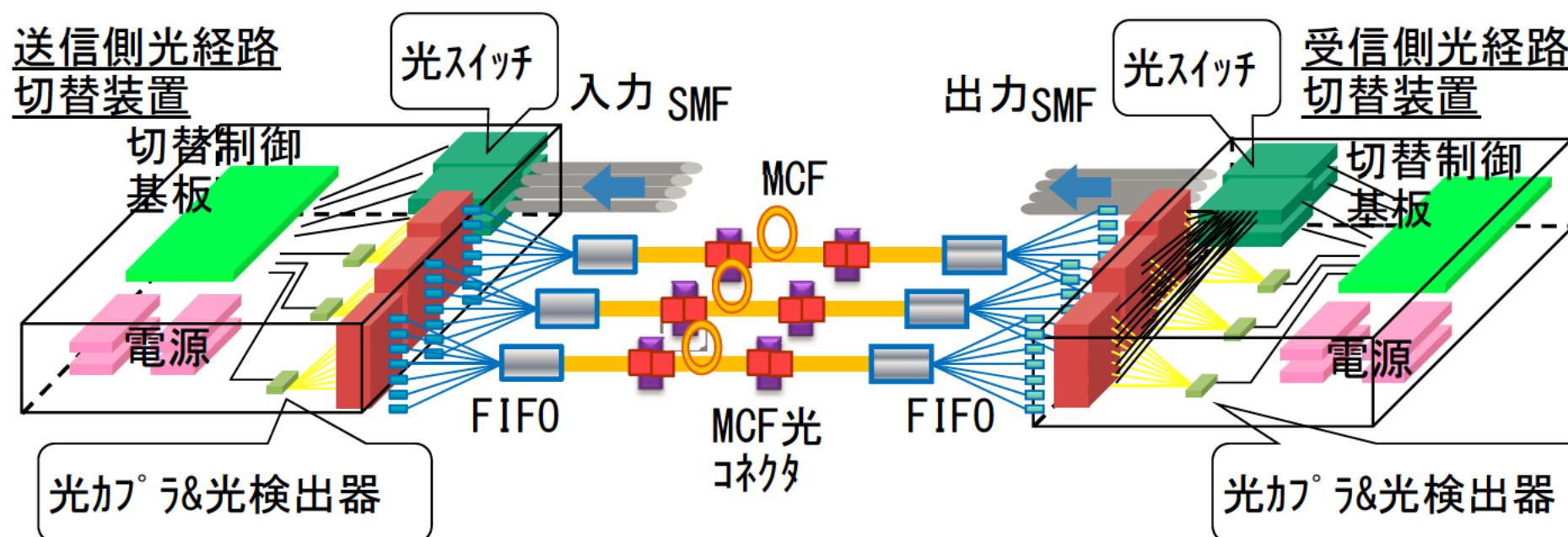
目標

- ・マルチコアファイバ間もしくはマルチコアファイバと汎用ファイバを接続するコネクタを開発
- ・大容量性と冗長性を両立するマルチコアファイバを用いた経路切替方式を確立し、試作機を開発

2. 大容量・高信頼マルチコアファイバネットワーク方式 の提案

開発する光経路切替装置試作機の特徴

- 1)送信, 受信切替装置間でMCFの一つのコアに制御信号を割り当て, 双方向伝送し, 高速切替制御を実現
- 2)主信号の他に「二」信号光を設け, 装置内/伝送路障害の診断個所を増やし, より確実な切替動作を実現
- 3)現用系/予備系に割り当てるコア数を用途別にフレキシブルに変更可能な構成を実現



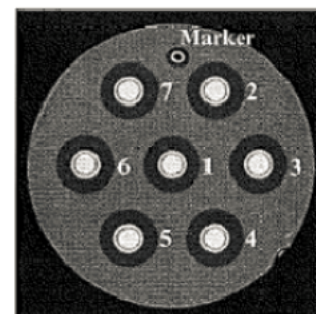
3. マルチコアファイバ接続技術の開発

3. 1 ファンイン・ファンアウト(FI/FO)モジュール

3. 2 マルチコアファイバコネクタ

3. 1-1 1.3 μm-カットオフ マルチコアファイバ

- カットオフ波長: < 1.29 μm
- コア間クロストーク: > 30dB/10 km



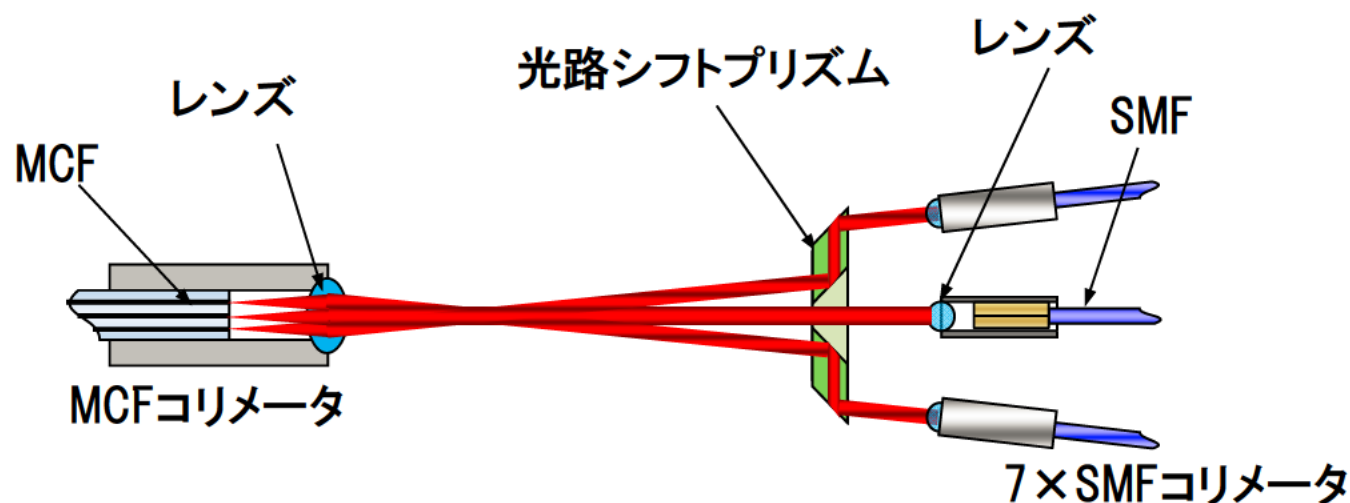
MCF cross-section

Measured results

items	spec.	ch. of cores						
		#①	#②	#③	#④	#⑤	#⑥	#⑦
number of cores	7	7						
core pitch	30~50 μm	avg. 40.1 μm						
pitch error	+/- 1.5 μm	< +/- 1.5 μm						
clad diameter: d	< 150 μm	avg. 148 μm						
tolerance of d	+/- 5 μm	< +/- 5 μm						
coating diameter	< 300 μm	avg. 247 μm						
noncircularity	< 1%	< 1%						
transmission loss @ λ=1.55 μm	< 0.5dB/km	0.19	0.25	0.19	0.20	0.26	0.19	0.19
crosstalk @ λ=1.55 μm	< - 30dB	#1 - #5 core: -31dB #4 - #5 core: -34dB						
MFD @1.55 μm	8~10 μm	8.6	8.8	8.7	8.6	8.7	8.7	8.7
cut-off wavelength	< 1.3 μm	1.12	1.14	1.12	1.12	1.14	1.12	1.11

□空間結合方式のメリット

- ・広帯域化 (1.3 ~1.55 μm)
- ・コア数、コア配置に柔軟に対応可
- ・他の機能付加が容易 (アイソレータ 挿入etc.)



空間結合方式FI/FOモジュール 基本構成 (cf. オプトクエスト社)

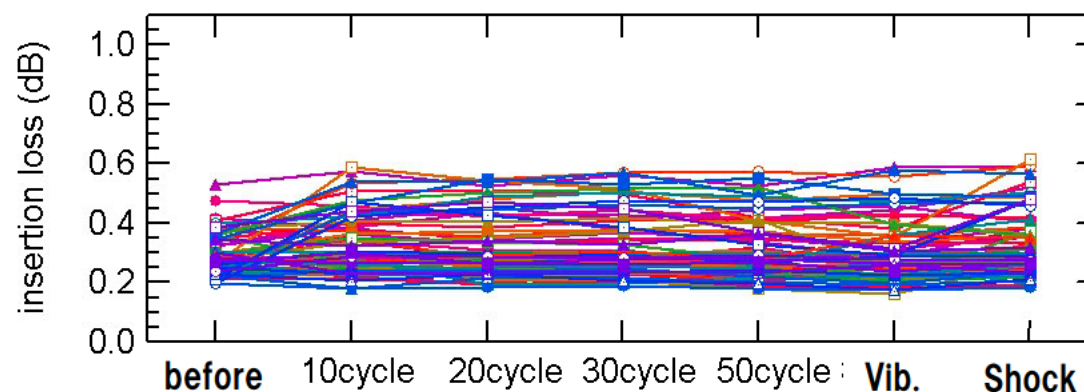
□実用化に向けての開発を重視

- ・信頼性試験(温度、衝撃、振動)による改良
- ・組立工程の簡素化
- ・実績のある光学部品を使用

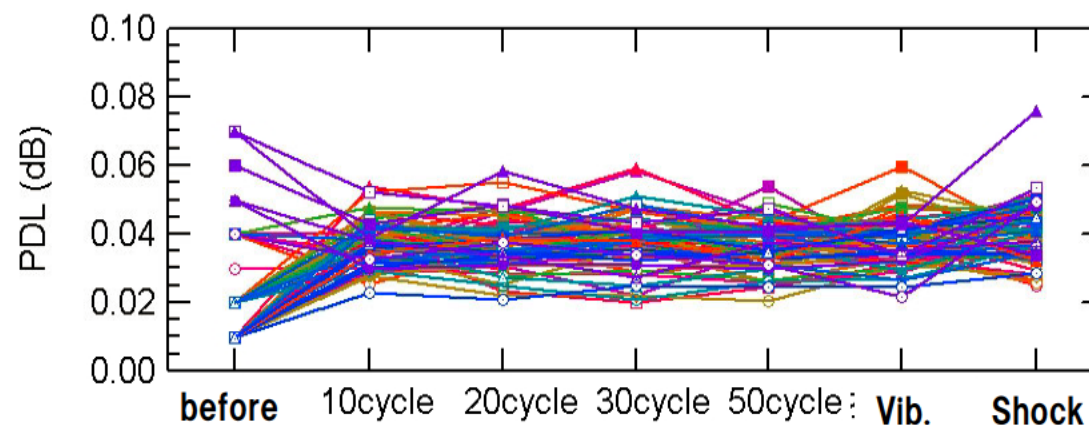
3. 1-4 FI/F0 モジュール信頼性試験（短期）

- 温度サイクル試験
(0~65°C, 50cycles)
- 振動試験
(20⇔2000Hz, 20G, 4cycles
for x,y,z-direction)
- 衝撃試験
(500G, 1ms time duration
for x,y,z-direction)

Insertion loss



PDL



(*) PDL: Polarization dependent loss

3. 1-3 FI/F0 モジュール特性

- 低挿入損失 (<0.7dB), 低 PDL (<0.1dB), 低クロストーク (<50dB)
@ 1.31 and 1.55 μm

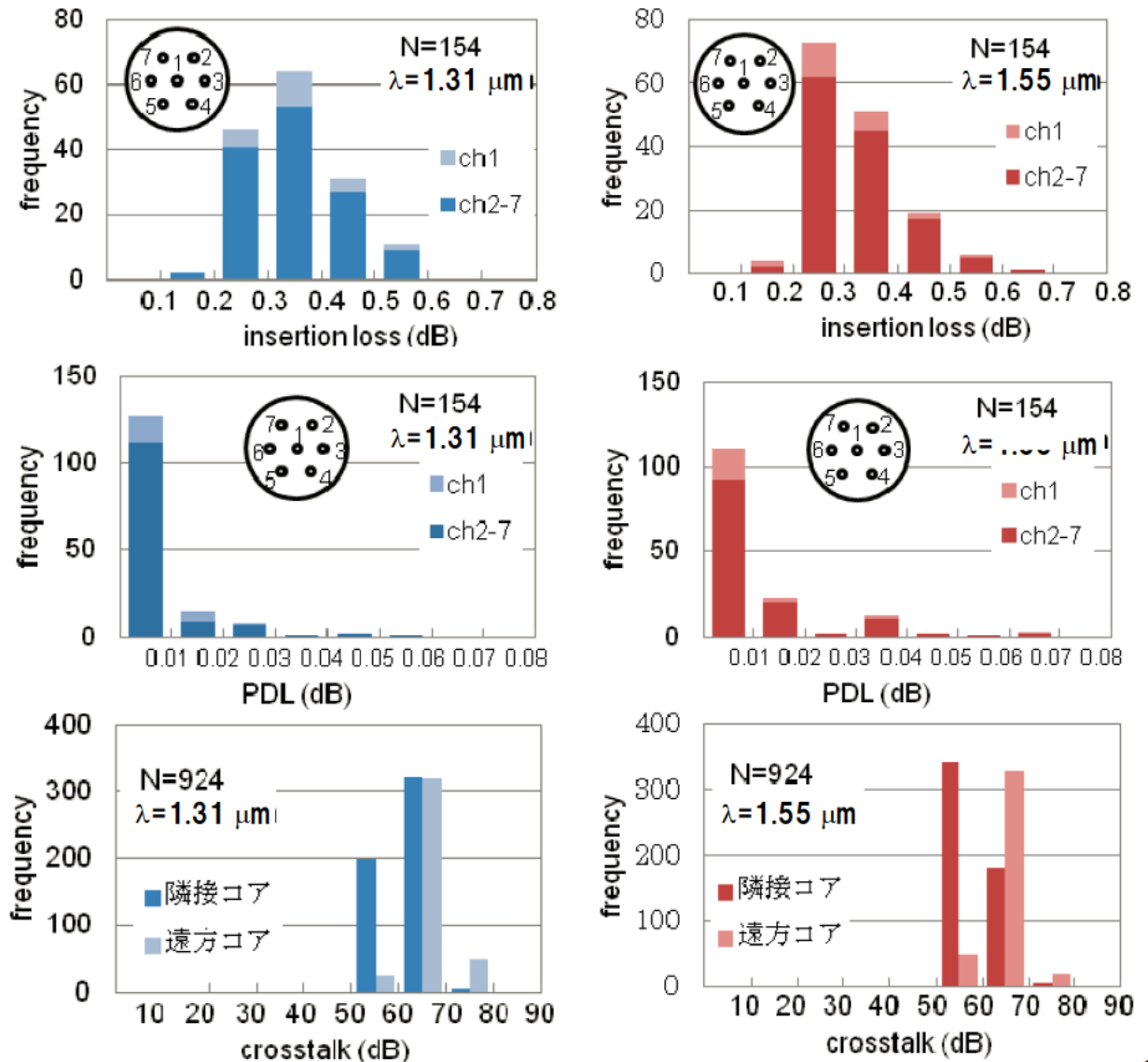
- 均一な特性

(*) PDL: Polarization dependent loss



FI/F0 モジュール

Insertion loss, PDL, Crosstalk loss



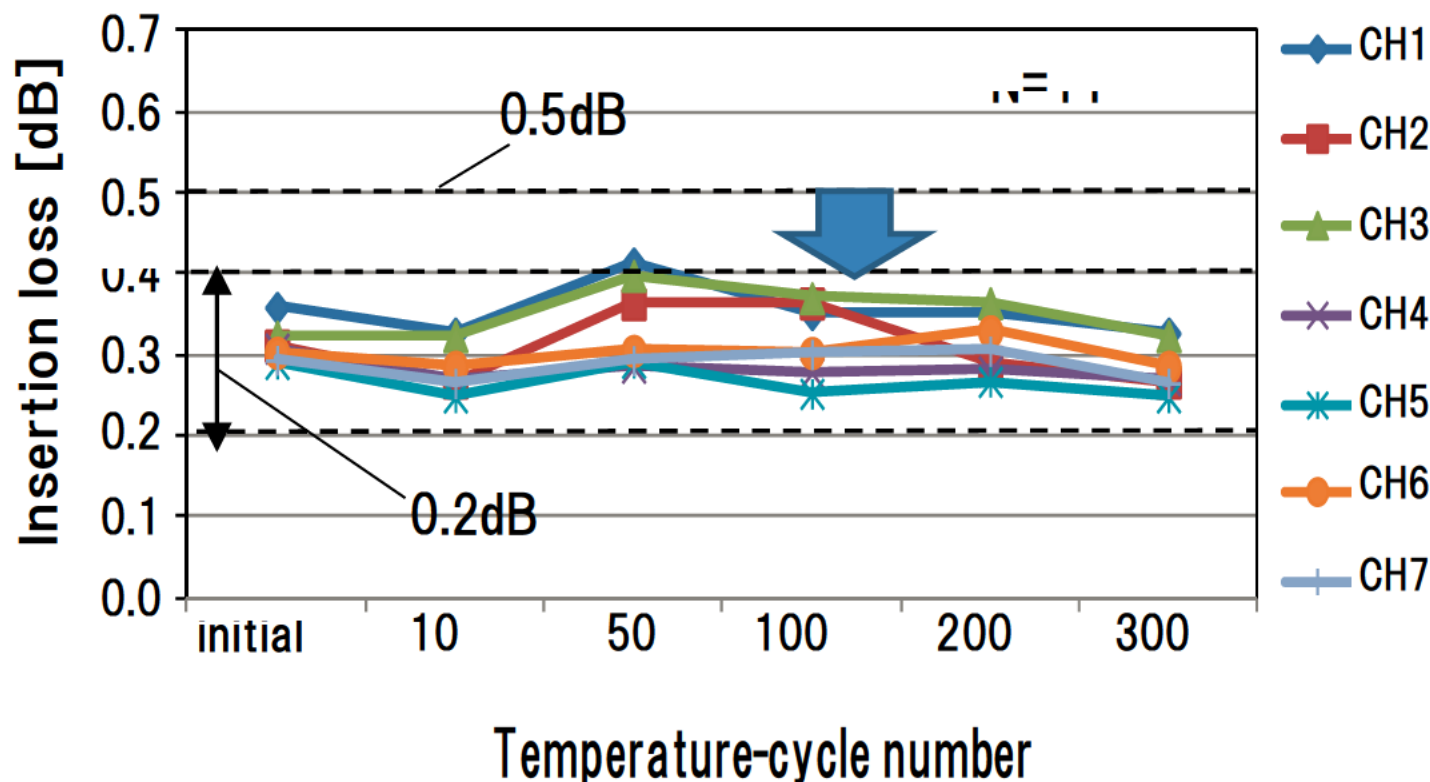
3. 1-5 FI/F0 モジュール信頼性試験（長期）

・長期信頼性試験（温度サイクル: 0-65°C）:

サイクル数: 300

時間 : 1250時間

損失変動目標: 0.2dB以下を達成



3. マルチコアファイバ接続技術の開発

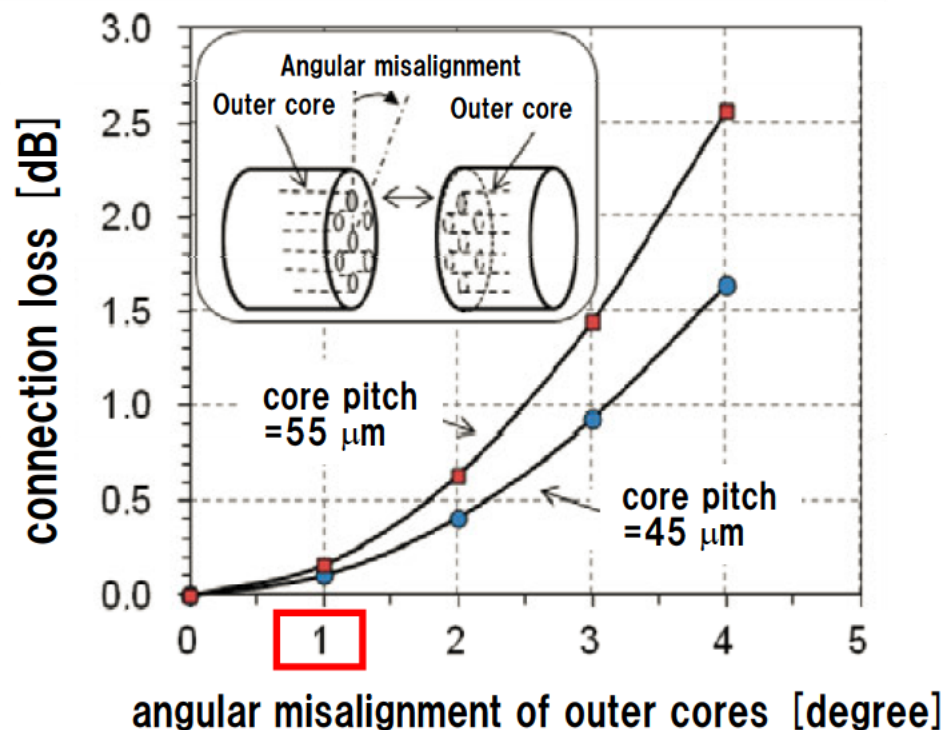
3. 1 ファンイン・ファンアウトモジュール

3. 2 マルチコアファイバコネクタ

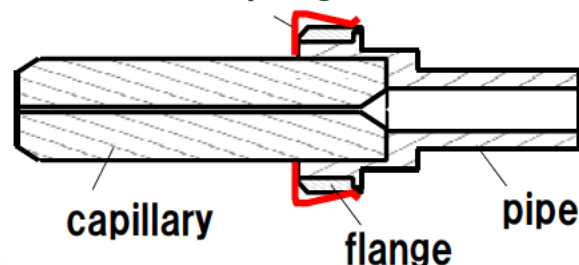
3. 2-1 SC型 マルチコアファイバコネクタ

- 普及数が最も多いSC型コネクタ（フィジカルコンタクト構造）
- フェルールのフローティングと回転抑制機構を同時に実現
- 回転角ずれ：1度以下

➡ 接続損失：0.5 dB以下



pressurization spring

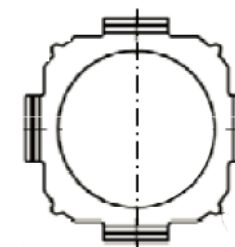


capillary

flange

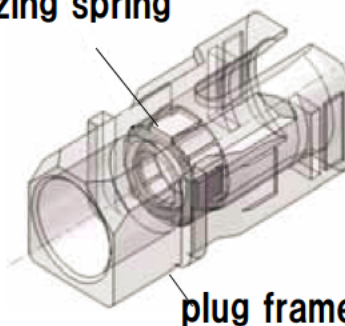
pipe

Ferrule



Pressurizing spring

pressurizing spring



plug frame

capillary

flange

pipe

hole for adhesive

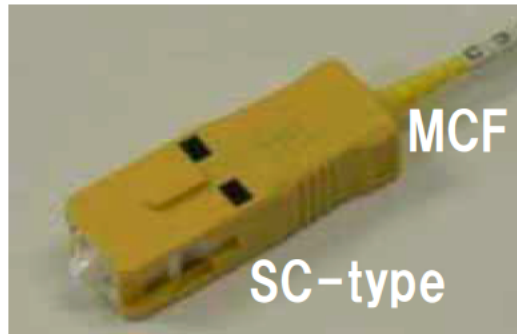
pipe

pressurizing spring

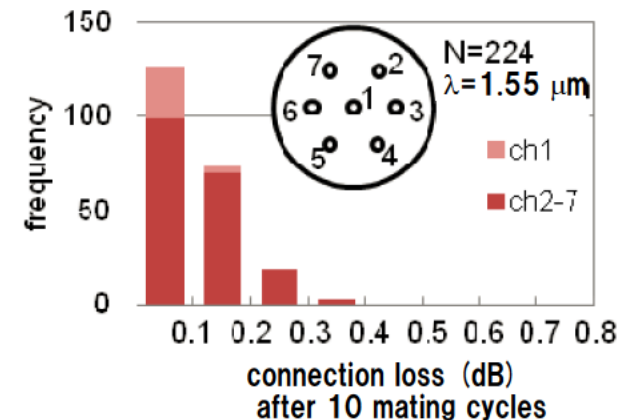
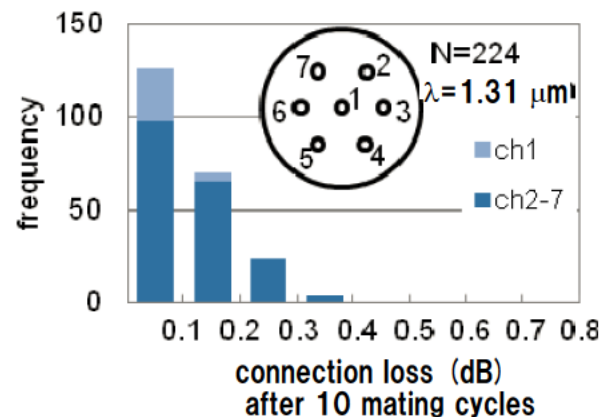
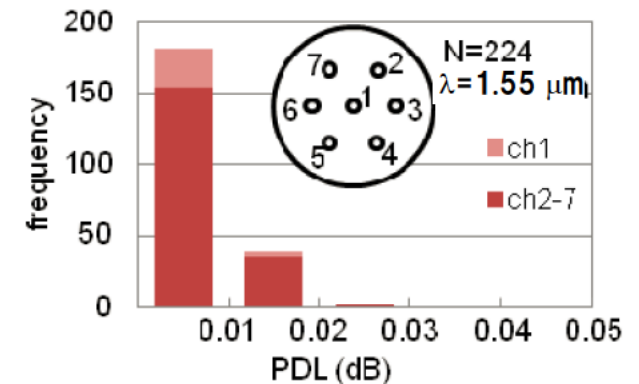
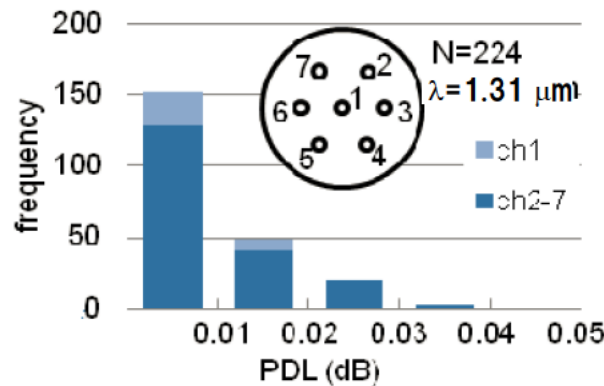
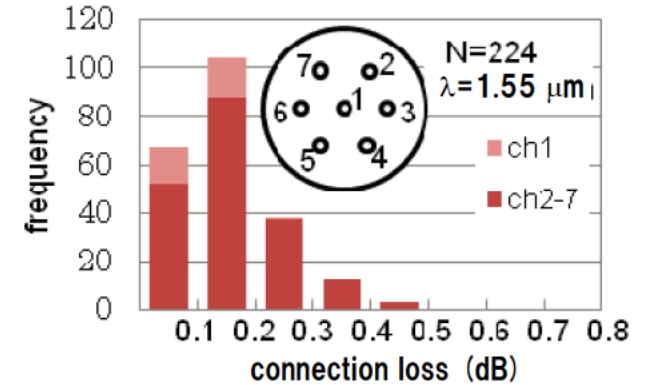
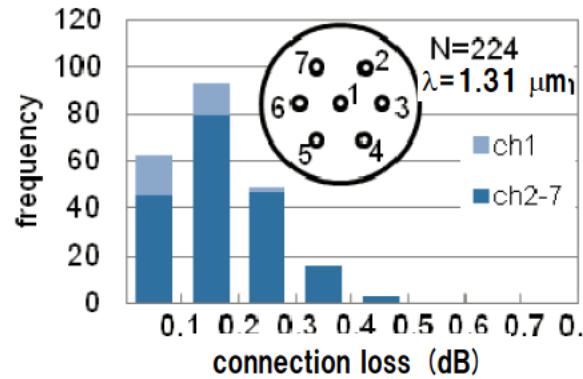
Image of MCF connector

3. 2-2 SC型 マルチコアファイバコネクタの特性

- 低接続損失: 0.5 dB以下
(for 32個)
- 均一な特性
- 実用的に使用可レベル



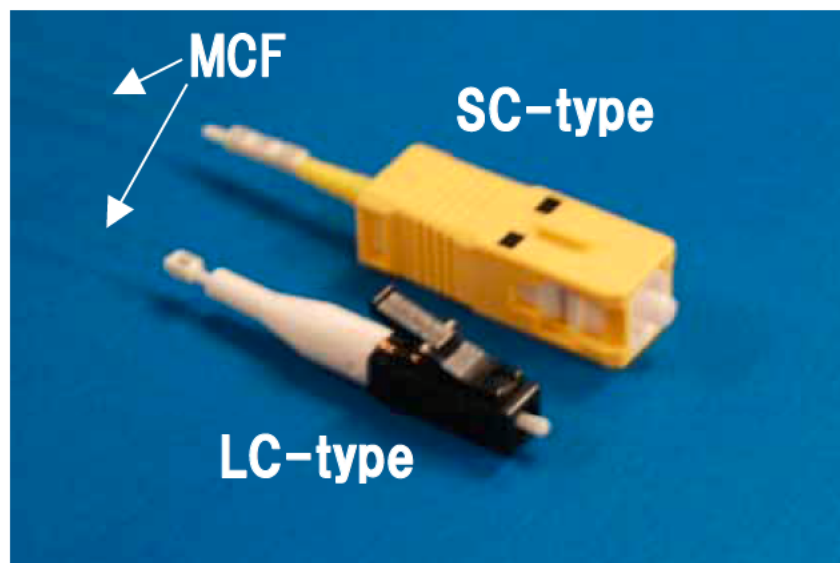
SC-type MCF connector



3. 2-3 LC型 マルチコアファイバコネクタ

- SC型コネクタより小型（面積比：1/3）
- 標準規格、多く使用（DC standard TIA-942）
- SC型コネクタと同等の特性

Comparison of characteristics between SC and LC



Fabricated LC-type MCF connector

	SC-type	LC-type
Size of cross section [mm ²]	9 x 7.5	4 x 5
Insertion loss [dB]	< 0.5	< 0.4
PDL [dB]	<0.03	<0.01
Connection loss after 10 mating cycles [dB]	< 0.4	< 0.5

4. マルチコアファイバ対応光切替装置とその動作実証

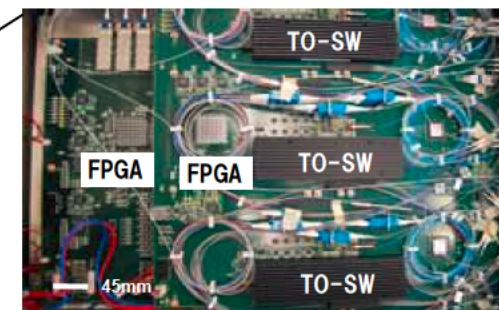
4.1 P-to-P ネットワーク対応

4.2 マルチリングネットワーク対応

4. 1-1 マルチコアファイバ対応光経路切替装置

- ・ パスマネージメントデータベースに基づくFPGA制御の自動光経路切替
- ・ 冗長用経路のモニタリング → 高速切替とより高い信頼性を実現
- ・ 高速光経路切替時間: 50 ms 以下 (ITU-T G.841; Telephone system)

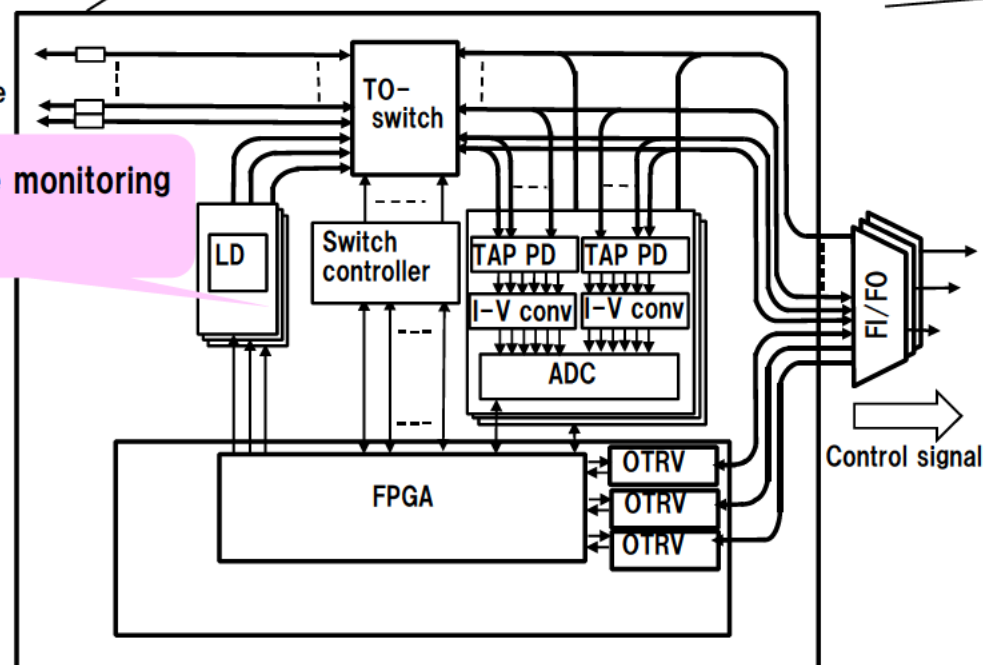
Optical switch unit (OSU)



Size: 3U of
19 inch rack



Standby-line monitoring
light source

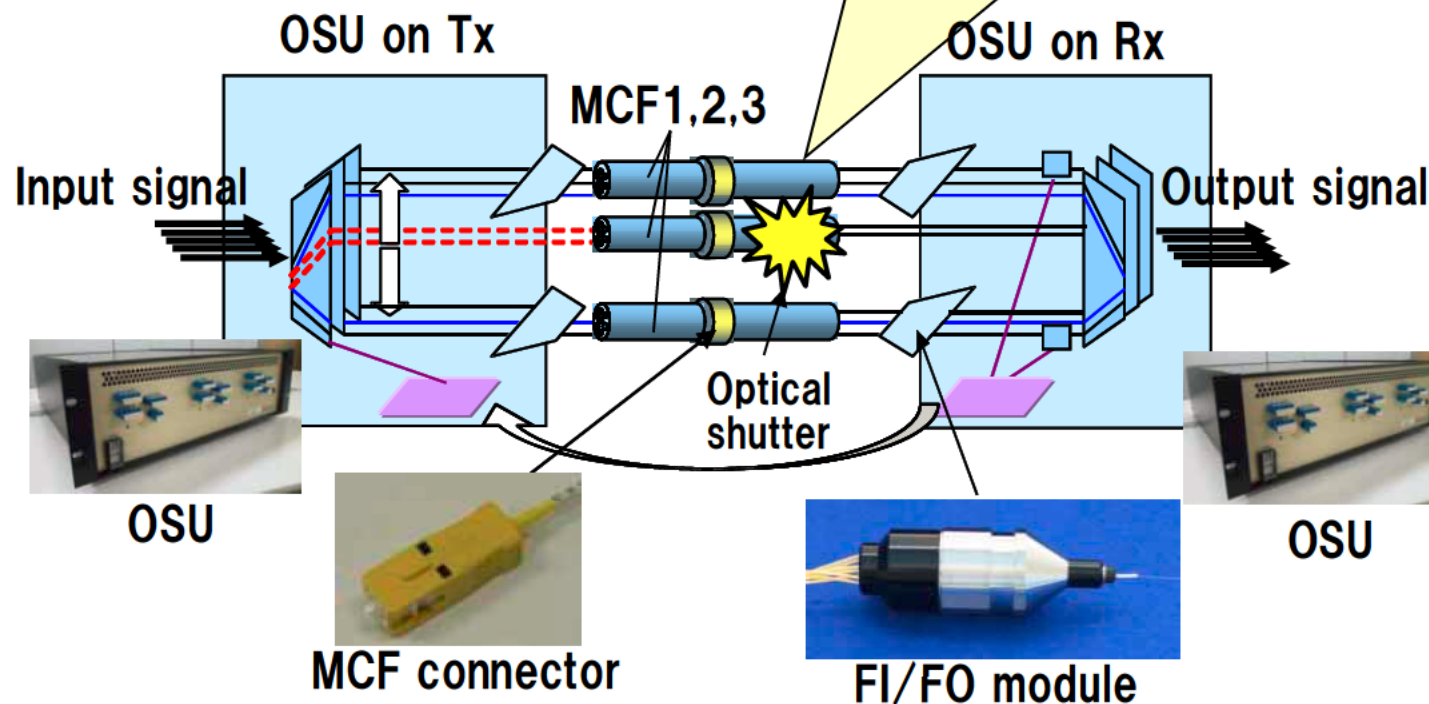


Hardware configuration of OSU

4. 1-2 P-to-P ネットワーク構成

Line allocation in MCF

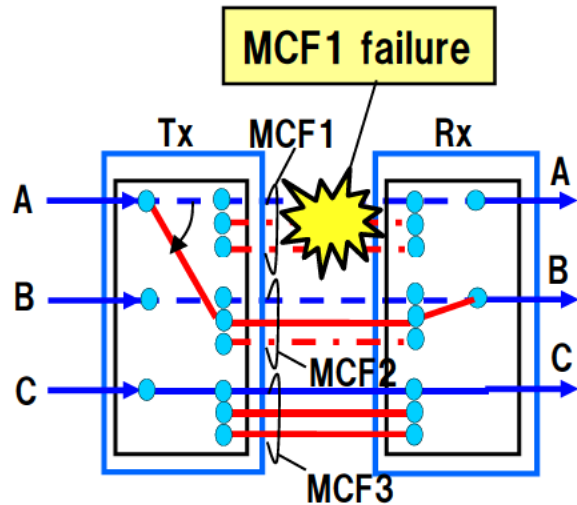
No.	Line name	Core Allocation	MCF cross-section
MCF1/ MCF2/ MCF3	Signal line	Core 2,3 ●	
	Standby line	Core 4,5,6,7 ●	
	Control line	Core 1 ●	



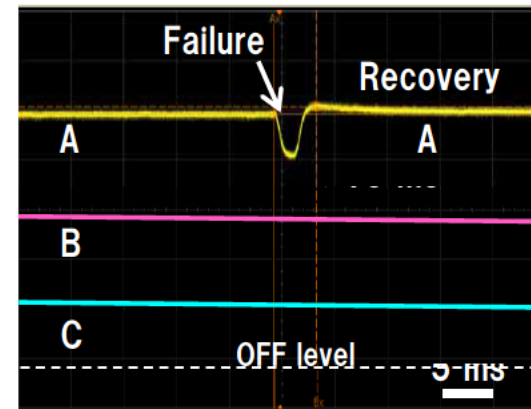
Experimental setup

4. 1-3 故障時における光経路回復実験

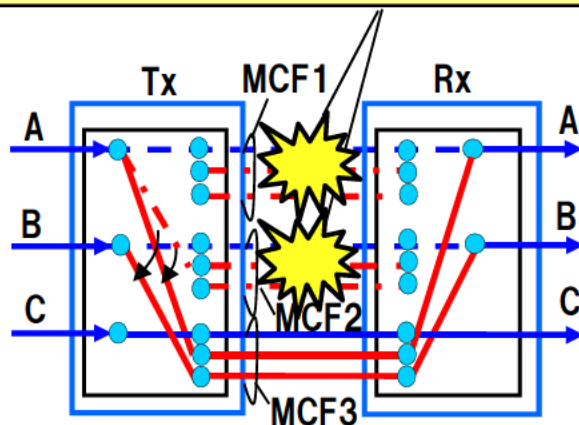
- 単発障害、2重連続障害、2重同時障害における、自動光経路切替による信号回復動作を確認（切替時間：10 ms以下）。



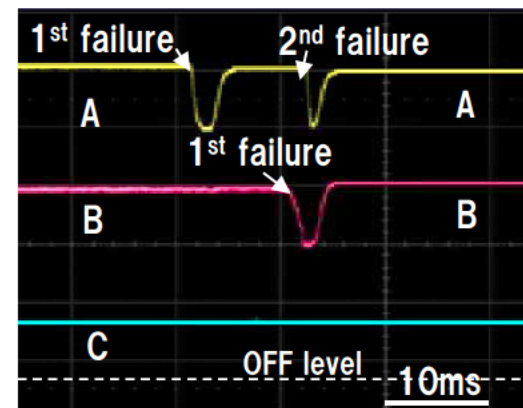
Single failure



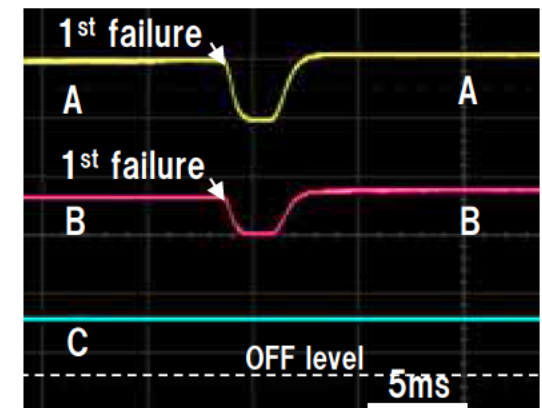
MCF1 failure → MCF2 failure



two consecutive failure



Simultaneous failure



4. マルチコアファイバ対応光切替装置とその動作実証

4. 1 P-to-P ネットワーク対応

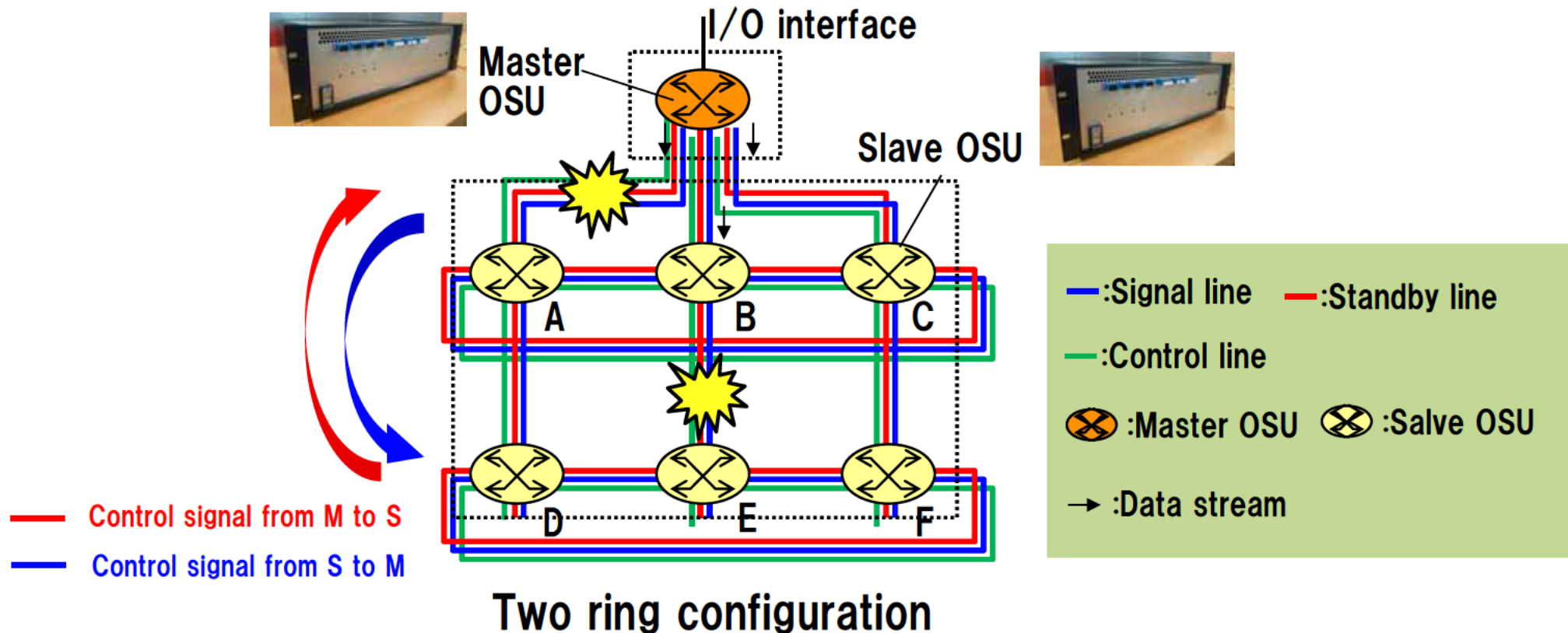
4. 2 マルチリングネットワーク対応

4. 2-1 マルチリングネットワーク構成

- マルチリングMCFネットワークへ拡張
- マスター・スレーブ方式

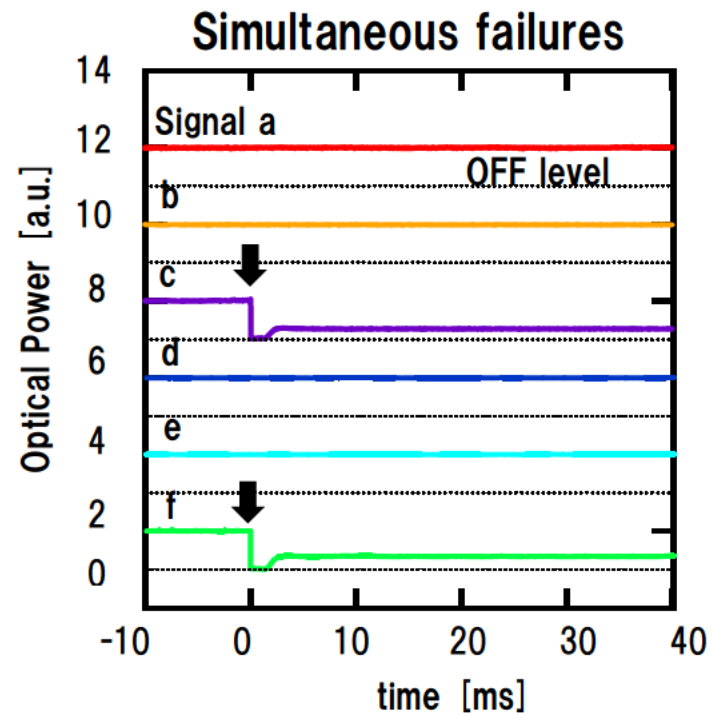
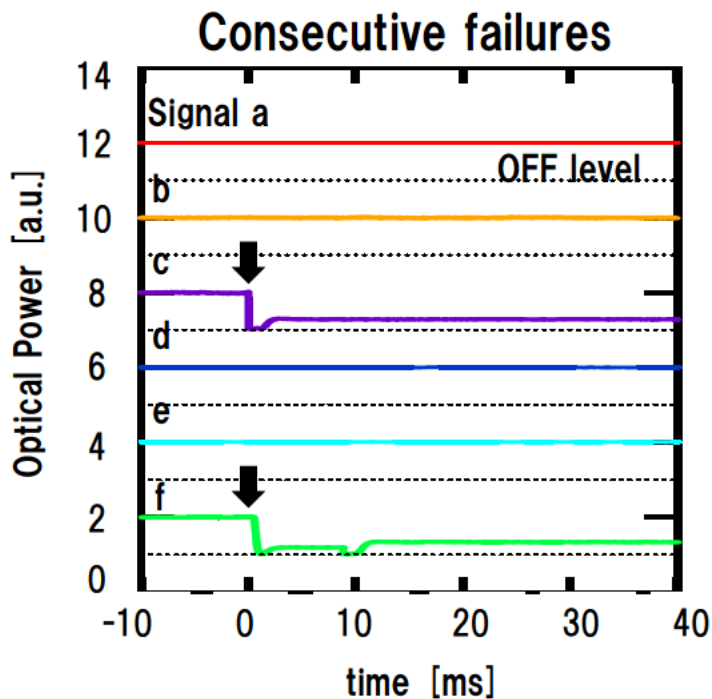
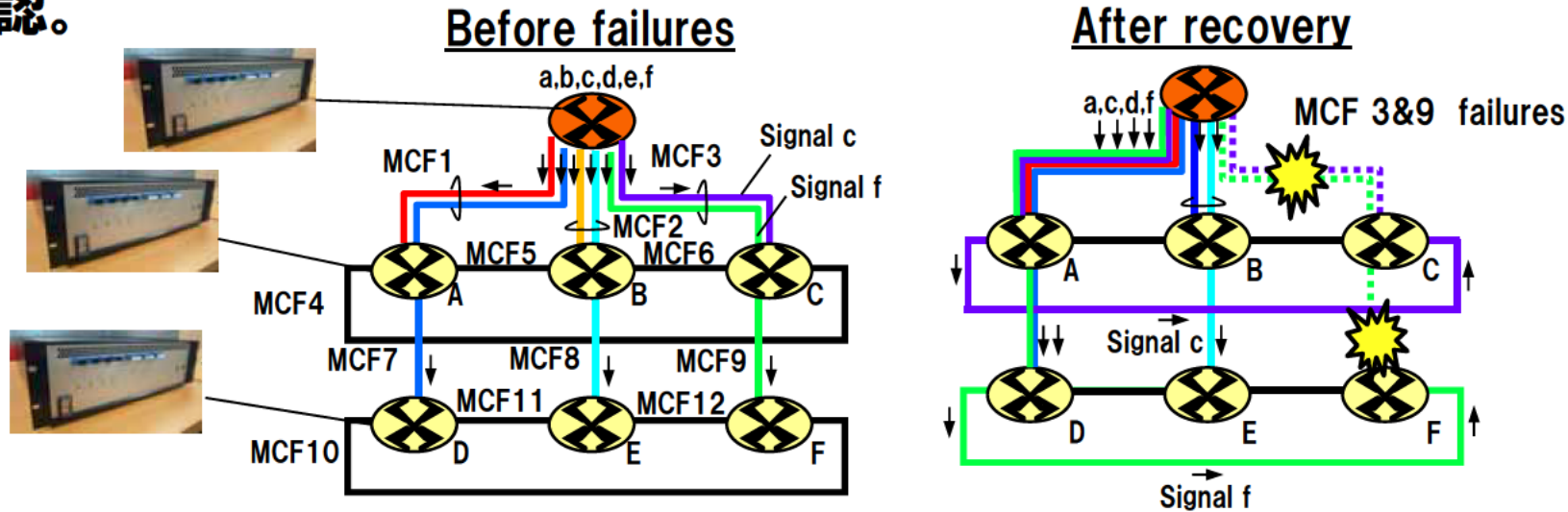
スレーブ OSU : マスターOSUへ、各ファイバ状態の情報を送る。

マスタ OSU : 各スレーブOSUから来る情報を基にファイバの状態を把握し、必要であれば、光経路切替を命令。



4. 2-2 故障時における光経路回復実験

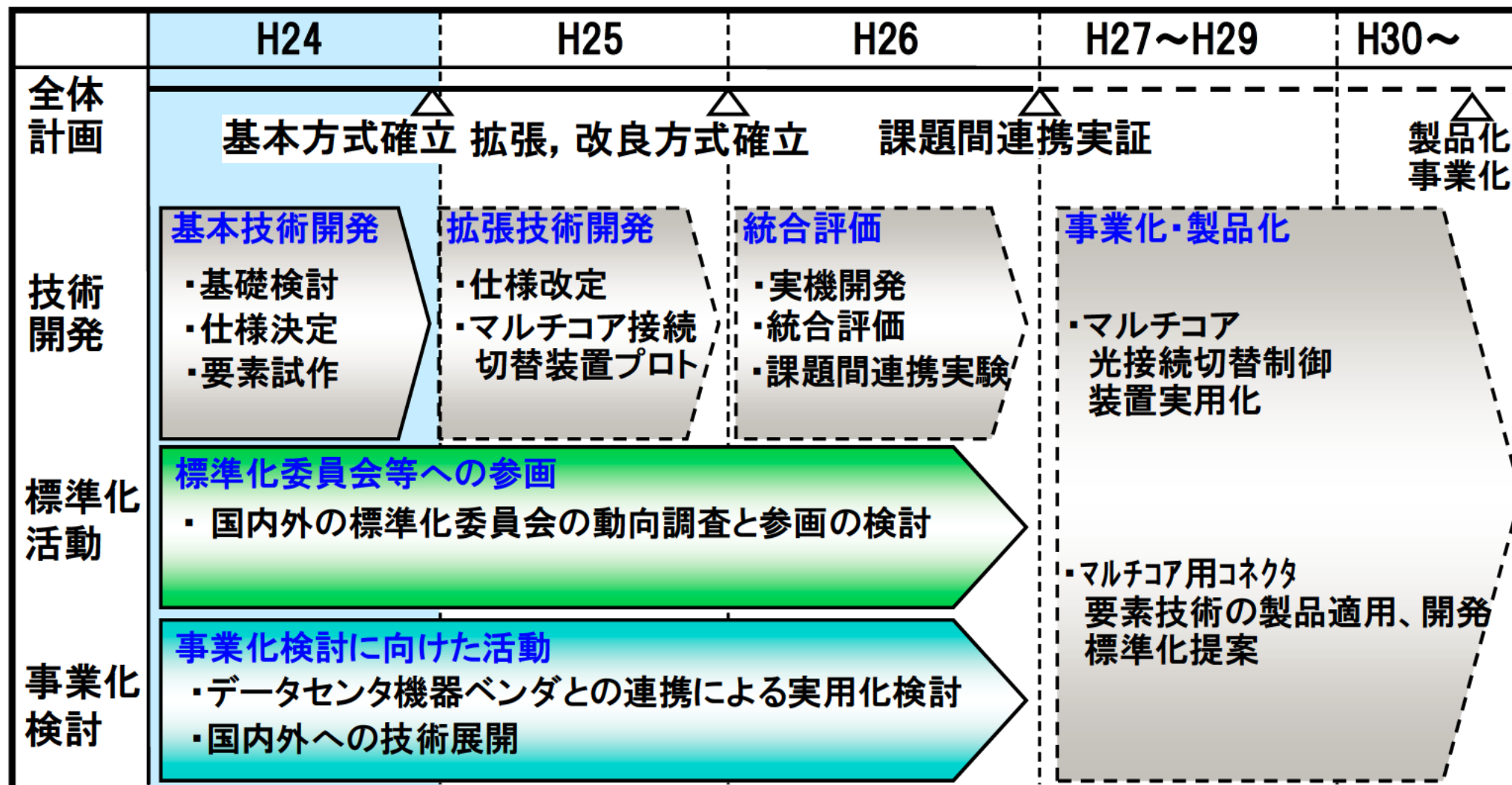
- 2重リングMCFネットワークにおいて、2重障害時における自動信号回復動作を確認。



5. 今後の研究開発成果の展開と及び波及効果創出への取り組み

5. 1 今後の方針

- 平成24～26年度:基本方式の確立と要素試作評価による課題抽出
- 平成27～29年度:要素技術の自社製品適用を検討
- 平成30年度以降:標準化や市場状況を判断しつつ事業化を推進



【自社製品への適用】

「統合型ITプラットフォーム・ソリューション」

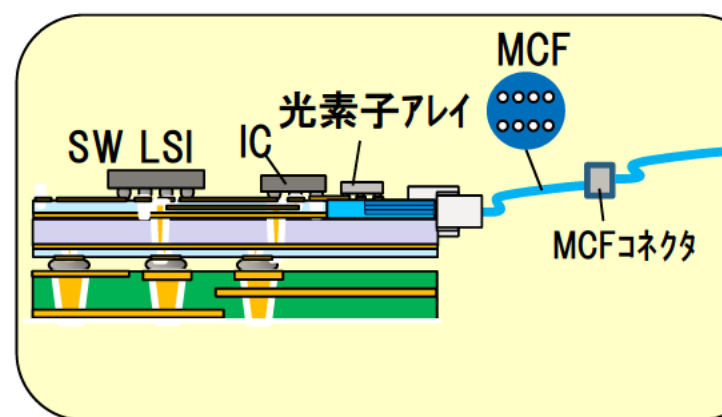
- ・データセンタを使用する高スループットアプリ(DB、NFV等)の需要増
- ・ITプラットフォームは、従来型(サーバ/ストレージ装置単体)から、1ラックにシステム化・大容量化された統合型の市場が拡大
- ・統合型ITプラットフォームでは、~20Tbps@'20以降が必要。

➡ ファイバの密度限界 (>1000本)と 光コネクタ密度の限界

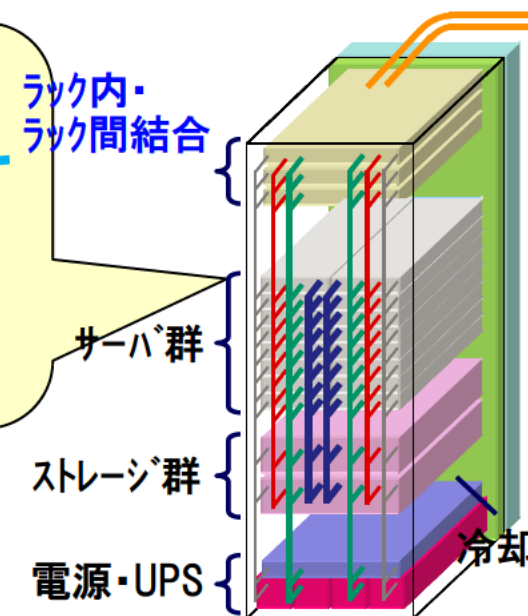
- ・マルチコアファイバ(MCF)を用いた光インターコネクション向け高密度光配線技術を事業部と連携で開発('15-'20)。

装置間:光アクティブケーブル(AOC)

装置内:ボード搭載用光I/O PKG (EOM)



MCF搭載光I/Oパッケージ



統合型ITプラットフォーム

- ・上記光送受信器と本PJで開発したMCF接続技術の伝送装置、ITプラットフォームへの適用を検討('15-'20)。

- ☑大容量・高信頼なネットワークを実現する、MCFと光スイッチ冗長系による高信頼・高速光切替方式を提案。
- ☑提案した切替方式実証のため、MCF接続部品（FI/F0デバイスとMCFコネクタ）ならびに光経路切替装置を開発。
- ☑P-to-P/マルチリングネットワークにおける通信障害時の自動信号回復動作を実証。回復時間は50 ms以下。
- 今後は、マルチコアファイバ技術の自社製品適用を中心に展開予定。マルチコアファイバ普及に貢献。

本研究は、総務省の委託研究「超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発」の研究成果である。

END

**マルチコアファイバ光接続技術
(超高速・低消費電力光ネットワーク技術の研究開発)**

2015/10/07

株式会社 日立製作所 研究開発グループ

研究代表者 坂本 健一

研究分担者 李 英根

HITACHI
Inspire the Next 