



光イーサネットの変化とオーバー100G対応

2018年11月28日 ver.2

株式会社ブロードバンドタワー 佐伯尊子

会社紹介



■ 会社名:株式会社ブロードバンドタワー

● 代表者 代表取締役 会長兼社長CEO 藤原洋

米国Dell Technologies Inc.より「Partner Services Quality (PSQ) Award」を
“2年連続受賞”

米国Dell Technologies Inc.より
「Partner Services Quality (PSQ) Award」を“アジア圏唯一の受賞”

Scality社製品「Scality RING」販売代理店契約締結、販売開始
連結子会社エーアイスクエアグローバルIoTテクノロジーベンチャー設立

アイシロン・システムズ社(現EMC社)製品「Isilon」
販売代理店契約締結、販売開始

大証ヘラクレス上場(現・JASDAQ 証券コード3776)
第3サイト(渋谷)オープン

株式会社ブロードバンドタワーに社名変更

グローバルセンター・ジャパン株式会社(現ブロードバンドタワー)設立
第1サイト(大手町)オープン

2018

“新大手町サイト”オープン(9月)

2017

株式会社IoTスクエア 分社化、
ジャパンケーブルキャスト株式会社 連結子会社化

2016

第5サイト(門前仲町)オープン

2015

Microsoft Azure「CSP(Cloud Solution Provider)プログラム」加入
クラウドセキュリティ認証制度「STAR認証」を国内企業として初の取得

2014

2013

2009

2008

2007

マネージドホスティングサービス「FlexHosting」(現 c9 Flex)サービスの提供開始、
西梅田(関西)サイトオープン

2006

2005

2004

2003

2002

2001

2000

- 光イーサネットの変化
- 光イーサネットの標準規格とMSA規格
- DCIと光イーサネット
- まとめ

光イーサネットの変化



■ 過去

- IEEE802.3の規格を利用
- ツイストペアによるLANとの共生
- 主な利用距離:100m, 10km
- 光信号の送受:NRZ
- リンクアップ
 - 物理層は、以下を注意することで、ほぼリンクアップ

- ① 利用規格=速度
(1000BASE-SX)等
- ② コネクタ形状 (LC/SC)
- ③ 光ファイバ種類 (MMF/SMF)
- ④ 極性 (TX側とRX側)

■ 今~これから

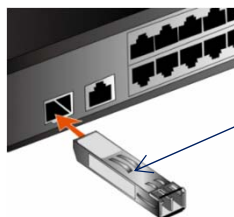
- IEEE802.3の規格+MSA規格を利用
- ツイストペアとは独立して、より高速化
- 利用距離の細分化:1m, 500m, 2km, 10km等
- 光信号の送受:NRZとPAM4
- リンクアップ
 - 左記注意事項以外にも必要なことが増える。

- ⑤ 同一速度でも異規格
- ⑥ 光モジュール形状
- ⑦ 芯数
- ⑧ 両端異速度の場合もある↓例
(40GBASE-SR8=10GBASE-SR×4)

注意するところ(過去)

■ 代表例

スイッチ



光モジュール



スイッチ



①利用規格=速度
SFP:1000BASE-SX

②コネクタ形状

DLC/LC
DSC/SC



③光ファイバ種類

MMF (OM2/OM3/OM4)
SMF (OS1/OS2)

④極性

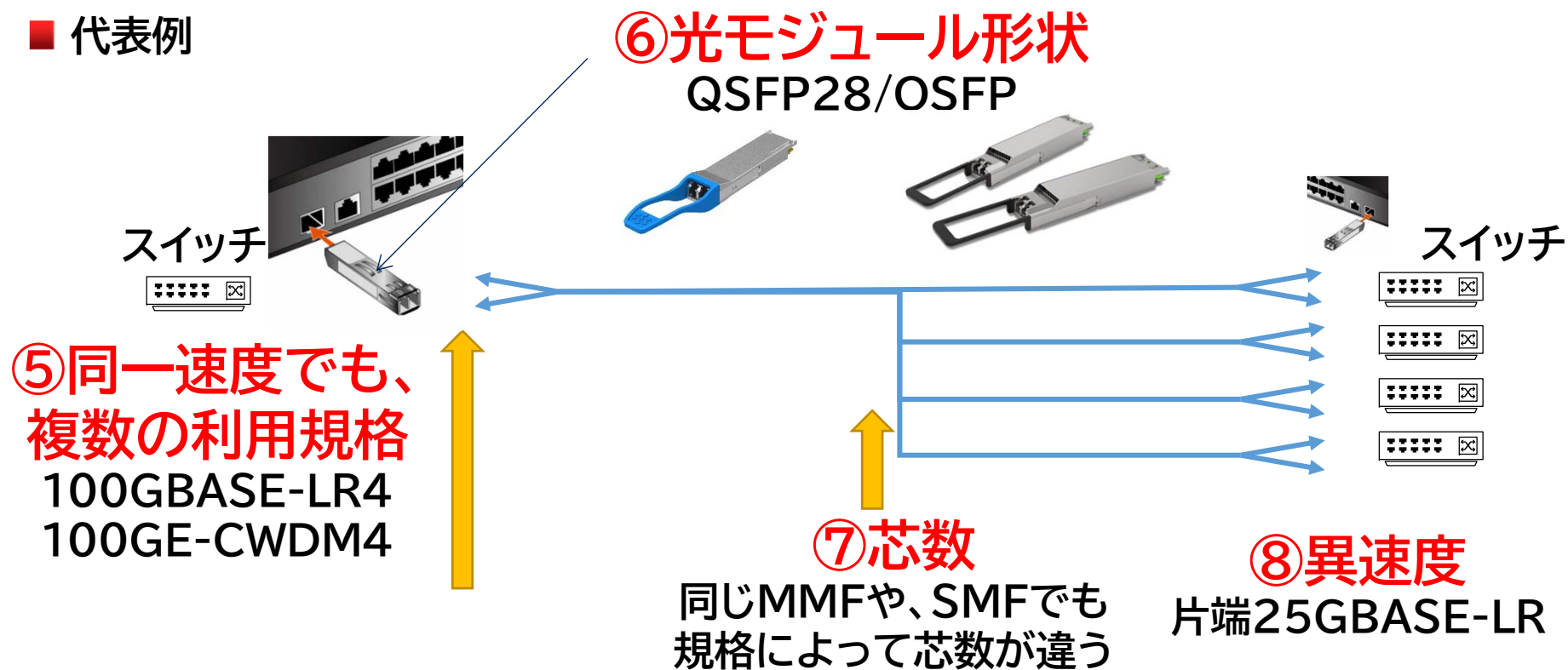
TX(送信側)/RX(受信側)

突起を上にして
左がTX右がRX



注意するところ(今~これから)

■ 代表例



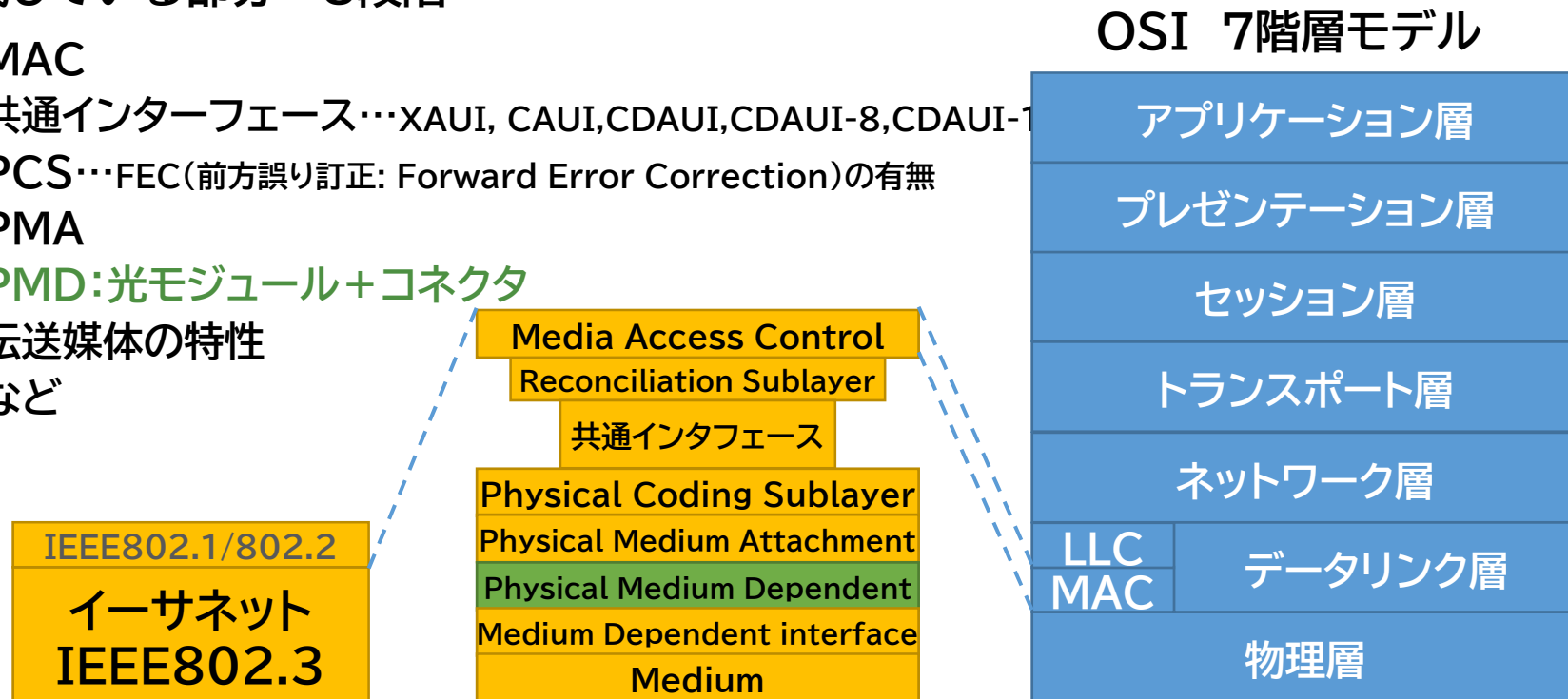
- IEEE…Institute of Electrical and Electronics Engineers 米国電気電子学会
 - 人類社会の有益な技術革新に貢献する世界最大の専門家組織（本部アメリカ）
 - 世界160カ国以上、会員数42万人以上
- IEEE802委員会…
 - 可変サイズの packets を伝送するネットワークの動作に関するとりきめ
 - Ethernetの上位層の規格…IEEE802.1, IEEE802.2
 - 他に無線LANの規格…IEEE802.11
- IEEE project 802.3 LAN/MAN Standards Committee 小委員会
 - Ethernetの規格…IEEE802.3
- Ethernet Alliance…
 - IEEEの公式組織
 - イーサネットエコシステムの拡大
 - イーサネット標準開発のサポート
 - 既存及び新規市場でイーサネットを推進



イーサネットが定義している部分

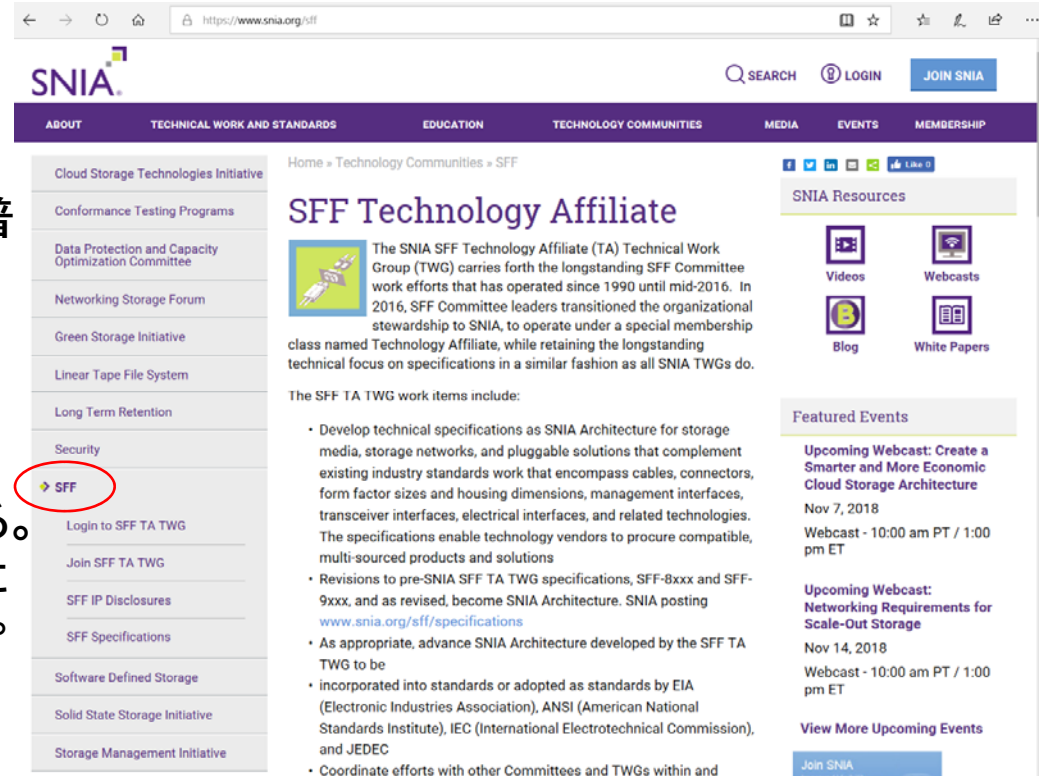
■ 定義している部分…8段階

- MAC
- 共通インターフェース…XAUI, CAUI, CDAUI, CDAUI-8, CDAUI-1
- PCS…FEC(前方誤り訂正: Forward Error Correction)の有無
- PMA
- **PMD:光モジュール+コネクタ**
- 伝送媒体の特性
- など



■ SNIA (Storage Networking Industry Association)

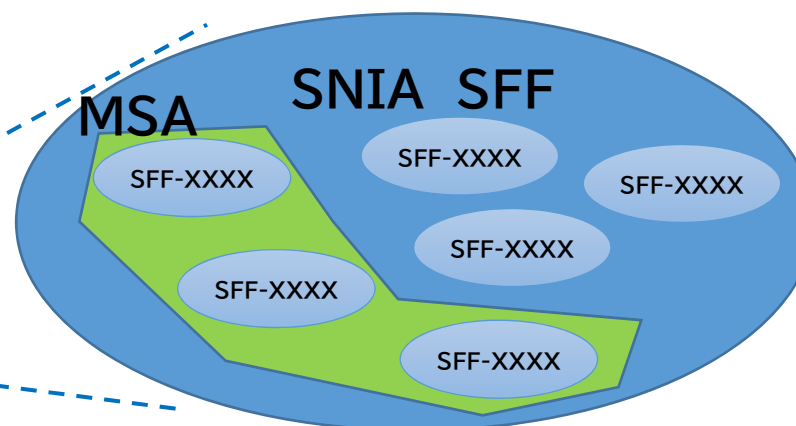
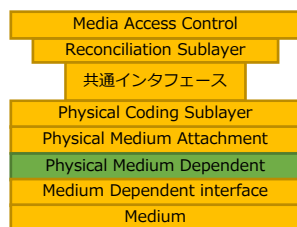
- ストレージネットワーキング技術の普及促進に向けた情報交換、討論を行う非営利団体
- Small Form Factor に関する規格化
- イーサネット用の他、FC、Infiniband、OTN向けなどがある。
 - 通信プロトコルと速度に対応するには、更にMSAの規格を必要とする。



The screenshot shows the SNIA website at <https://www.snia.org/sff>. The page is titled "SFF Technology Affiliate" and is part of the "Technology Communities" section. The left navigation menu includes items like "Cloud Storage Technologies Initiative", "Conformance Testing Programs", "Data Protection and Capacity Optimization Committee", "Networking Storage Forum", "Green Storage Initiative", "Linear Tape File System", "Long Term Retention", "Security", "SFF" (circled in red), "Login to SFF TA TWG", "Join SFF TA TWG", "SFF IP Disclosures", "SFF Specifications", "Software Defined Storage", "Solid State Storage Initiative", and "Storage Management Initiative". The main content area discusses the SFF Technology Affiliate (TA) Technical Work Group (TWG) and lists work items such as developing technical specifications, revising pre-SNIA SFF TA TWG specifications, and incorporating standards into EIA, ANSI, IEC, and JEDEC standards.

MSA (Multi Source Agreement)

- MSAによって詳細が決定
- アイディアに賛同した企業単位で合意形成
- 光モジュールの形状と、送受信に必要な光源や受光素子の個数や、発光波長、受光レベルを規定。



■ 形状を取り決め

- ◆ CFP
- ◆ QSFP-DD
 - QSFP28, QSFP56
- ◆ OSFP
- ◆ SFP-DD
 - SFP+, SFP28,
- ◆ COBO

■ 送受信方式を取り決め

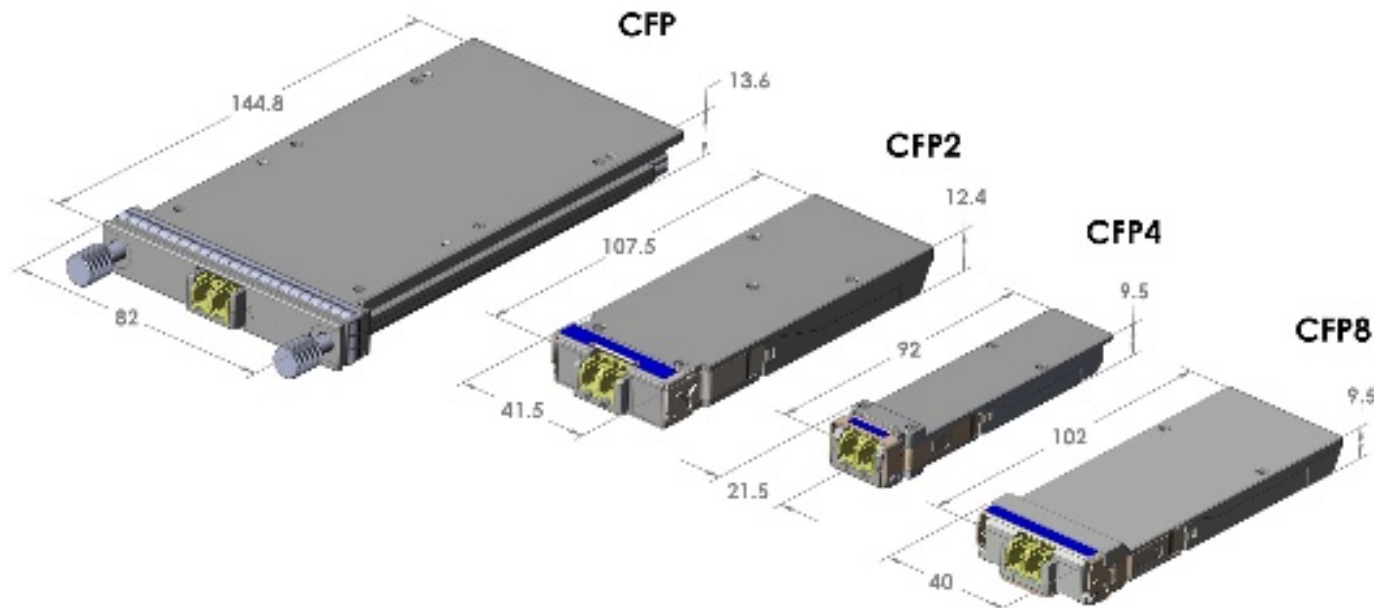
- ◆ CWDM4, CWDM8
- ◆ 4WDM
- ◆ SWDM (SWDM4)
- ◆ 400G BiDi

MSA① CFP



■ CFP...www.cfp-msa.org

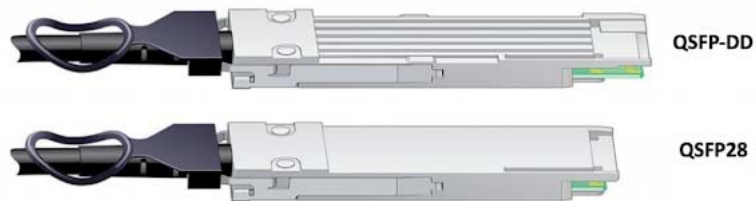
- ◆ CFP/CFP2/CFP4/CFP8
- ◆ フェーズアプローチを取り、サイズや消費電力の小型化を図る



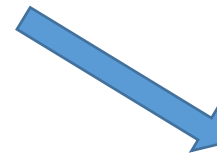
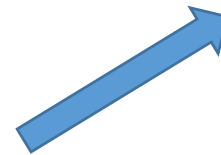
■ QSFP-DD...www.qsfp-dd.com/

- ◆ QSFP+
- ◆ QSFP28
- ◆ QSFP56

メス側は、QSFP28も利用可能



Type1
 $48.2+20=68.2$



Type2
 $48.2+35=73.2$

QSFP-DD

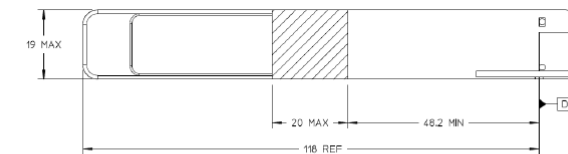


Figure 41: Informative overall module length with handle for Type 1 module

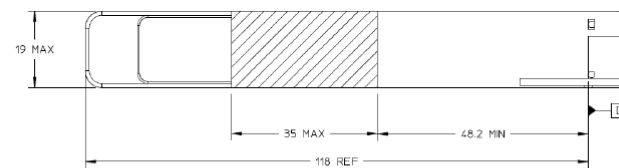


Figure 42: Informative overall module length with handle for Type 2 module

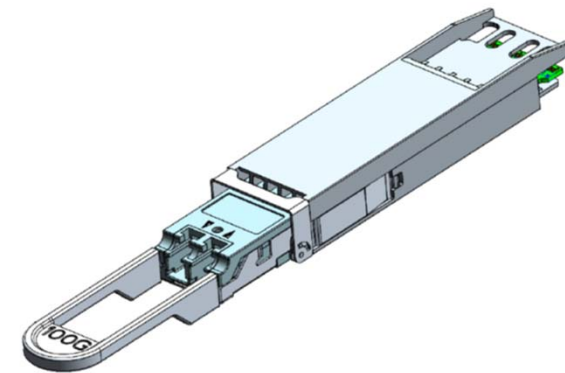
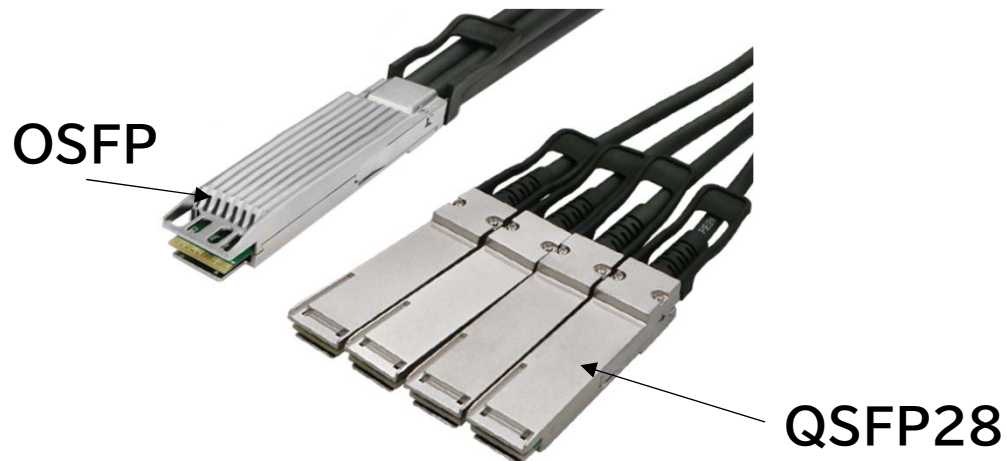
MSA③ OSFP

■ OSFP…www.osfpmsa.org

- ◆ QSFP28よりも幅や高さがある(ヒートシンク内蔵)



OSFP to QSFP Adapter

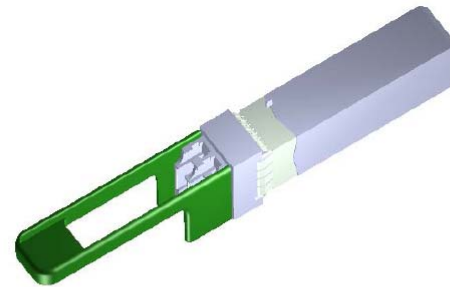


■ SFP-DD...www.sfp-dd.com

- ◆ SFP+の後継
- ◆ SFP+...14Gbaud
- ◆ SFP28...28Gbaud
- ◆ SFP56...56Gbaud

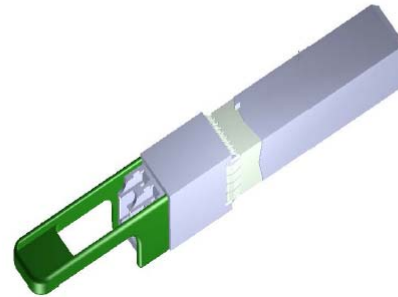
SFP-DD

Type1



Type 1 module

Type2



Type 2 module

■ COBO (Consortium for On-Board Optics)

<https://onboardoptics.org/>

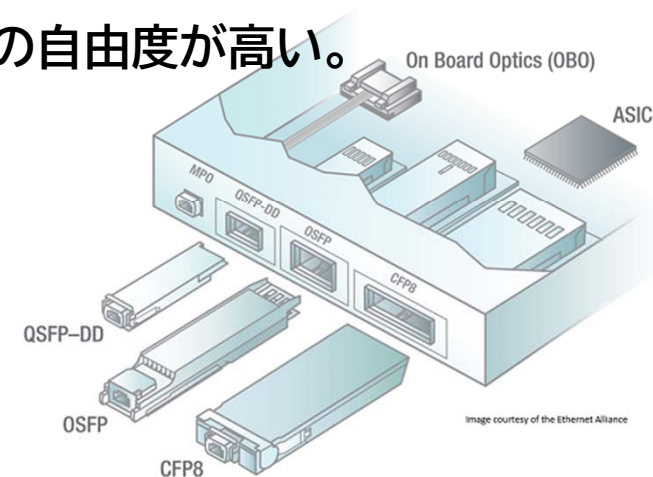
- ラインカードに直接接続する光モジュール

■ ラインカード側に光モジュールの大きさの穴が不要なため、実装密度を高くしたり、機器内エアフローの設計の自由度が高い。

■ 通信配線の省力化



出典: Samtec社資料より



■ CDFP...www.cdfp-msa.org



[CDFP Multi-Source Agreement](#) > [IPR Statement](#)

IPR Statement

Molex hereby provides notice that it believes it has several patents that include one or more necessary claims directed toward features of the CDFP connector design. These patents include US Pat. Nos. 7,281,937; 7,736,171 and 8,382,506 as well as their foreign counterparts on the plug side. Additional patents include US Pat. Nos. 7,422,483; 7,534,142 and 7,649,146 as well as their foreign counterparts on the receptacle side. Molex hereby agrees that if any of above patents and/or patent applications (or any other patents Molex owns) have necessary claims then Molex will grant a license on reasonable and non-discriminatory terms to companies requesting such a license. Please note that Molex reserves the right to increase the cost for a licensee that refuses to take a license and forces Molex to use legal action in order to enforce Molex's rights.

[Register for more information](#)

[Frequently Asked Questions](#)



[Available Documents](#)

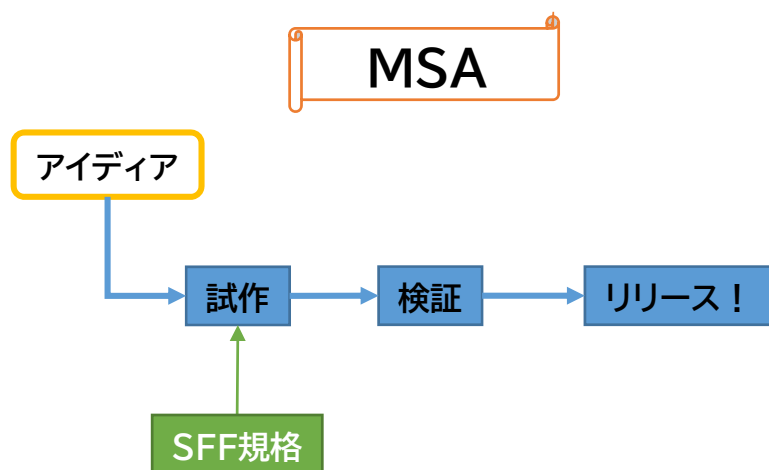
[PROMOTERS](#)

- IPR Statement
 - CDFP MSA Releases Rev. 3.0 Specifications for 400 Gbps Interoperable Hot Pluggable Modules
 - Specification: Specification Rev 3.0 - March 20, 2015
 - Press Release: CDFP MSA Releases Specifications for 400 Gbps Interoperable
- Avago Technologies
- Brocade Communications Systems, Inc.
- IBM
- JDS Uniphase Corporation
- Juniper Networks

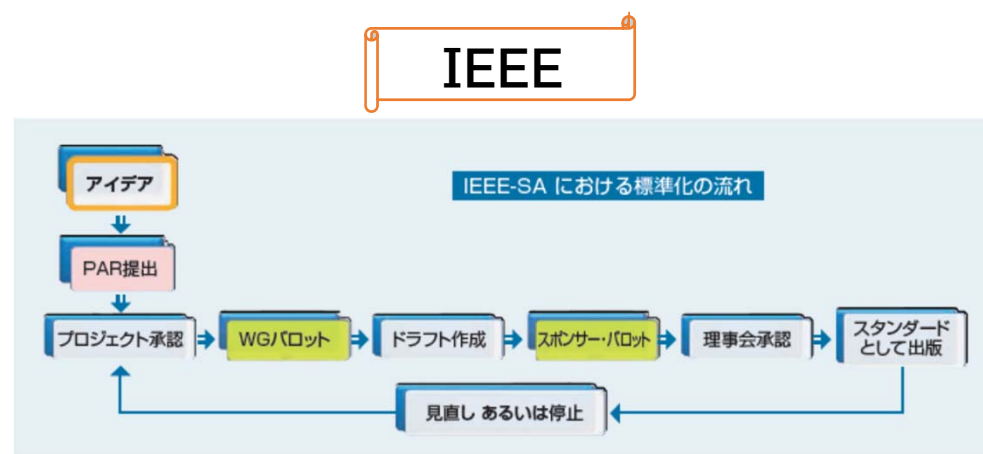
MSAが沢山出来るわけ

■ 作りたい人たちが集まって作る

- ◆ 意思決定が早い



寸法, ピン配置, フットプリントが規定されている。



出典:IEEEジャパン webより
https://jp.ieee.org/activities/files/About_IEEE-SA_July2015.pdf



光イーサネットの標準規格とMSA規格

イーサネットの棲み分け



■ The 2018 Ethernet Roadmap

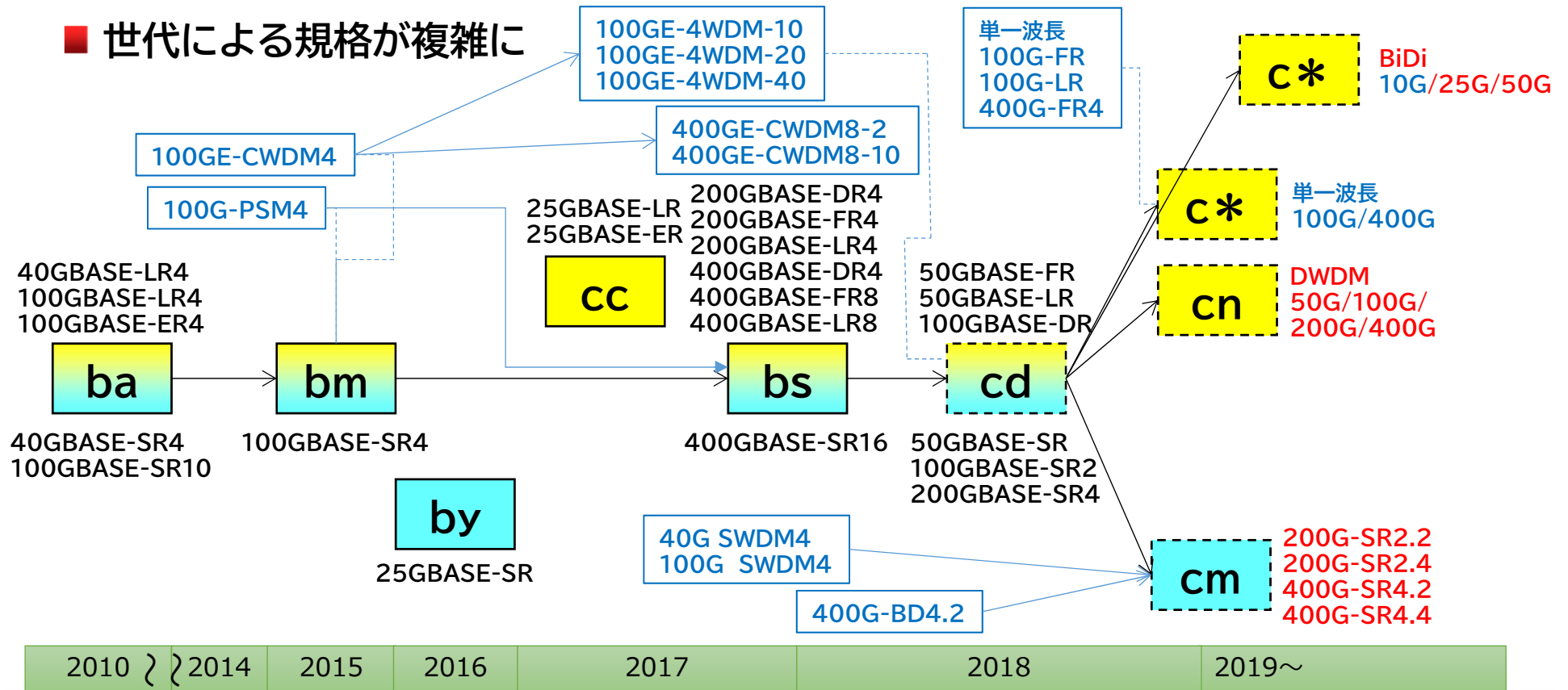
◆ Ethernet Alliance
によるまとめ

	SR	DR	FR	LR	ER	ZR
	MMF	500m PSM4	2km SMF	10km SMF	40km SMF	80km SMF
25GBASE-	SR			LR	ER	
40GBASE-	SR4 / eSR4	PSM4		LR4	ER4	
50GBASE-			FR			
50GBASE-	SR		FR	LR	ER	
100GBASE-	SR10		10X10			
100GBASE-	SR4	PSM4	CWDM4 CLR4	LR4 4WDM-10	ER4 4WDM-40	
100GBASE-	SR2					
200GBASE-		DR	100G-FR	100G-LR		"ZR"?
200GBASE-	SR4	DR4	FR4	LR4	ER4	
400GBASE-	SR16					
400GBASE-	SR8 / SR4.2		FR8	LR8	ER8	
400GBASE-		DR4	400G-FR4			"ZR"?

Black Text IEEE Standard
Red Text In Standardization
Blue Text Non-IEEE standard but complies to IEEE electrical interfaces

100G以降の規格の流れ

■ 世代による規格が複雑に



制定済規格 10Gbps～40Gbps



代表的な光モジュール	対応速度	対応規格名称	最大距離	チャネル損失 [dB]	対応規格
SFP+	10Gbps	10GBASE-SR	400m*	2.9*	IEEE802.3ae
		10GBASE-LR	10km	6.2	
		10GBASE-ER	40km	10.9	
SFP28	25Gbps	25GBASE-SR	100m*	1.9*	IEEE802.3by
		25GBASE-LR	10km	6.3	IEEE802.3cc
		25GBASE-ER	40km	18	
CFP2, QSFP+	40Gbps	40GBASE-SR8	150m*	1.5*	IEEE802.3ba
		40GBASE-LR4	10km	6.3	IEEE802.3ba
		40GBASE-ER4	40km	18	IEEE802.3ba
QSFP+		40GBASE-SR4	100m*	1.5*	IEEE802.3bm
	40GBASE-SWDM4	350m*	2.5～2.8*	SWDM MSA	

*OM4利用時の値

制定済規格 100Gbps



代表的な光モジュール	対応速度	対応規格名称	最大距離	チャネル損失[dB]	対応規格
CFP, CFP2	100Gbps	100GBASE-SR10	150m*	1.5*	IEEE802.3ba
		100GBASE-LR4	10km	6.3	
		100GBASE-ER4	40km	18	
QSFP28 CFP4		100GBASE-SR4	100m*	1.9*	IEEE802.3bm
		100G-SWDM4	100m*	1.8~1.9*	SWDM MSA
		100G-PSM4	500m	3.26	bm準拠 PSA4 MSA
		100GE-CWDM4	2km	5	bm準拠 CWDM4 MSA
		100GE-4WDM4-10	10km	6.5	cd準拠 4WDM MSA
		100GE-4WDM4-20	20km	10.2	
		100GE-4WDM4-40	40km	10~18	
		100G-FR	2km	4	cd準拠
100G-LR	10km	6.3	LambdaMSA		

制定済規格 200Gbps, 400Gbps



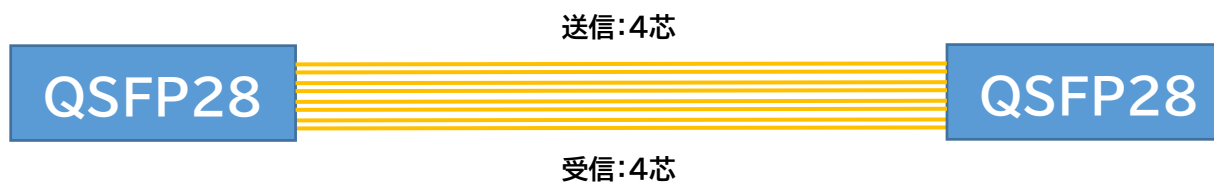
代表的な光モジュール	対応速度	対応規格名称	最大距離	チャネル損失[dB]	対応規格	
QSFP-DD OSFP CFP8 COBO	200Gbps	200GBASE-DR4	500m	3	IEEE802.3bs	
		200GBASE-FR4	2km	4		
		200GBASE-LR4	10km	6.3		
	400Gbps	400GBASE-SR16	100m*	1.9*		
		400GBASE-DR4	500m	3		
		400GBASE-FR8	2km	5		
		400GBASE-LR8	10km	6.3		
		400GE-CWDM8-2	2km	4		bs準拠 CWDM8 MSA
		400GE-CWDM8-10	10km	6.3		
		400G-FR4	2km	4		Lambda MSA
400G-BD4.2	100m	1.9	BiDi 400G MSA			

MSA規格① PSM4

■ 100G-PSM4…WWW.PSM4.ORG/…NRZ

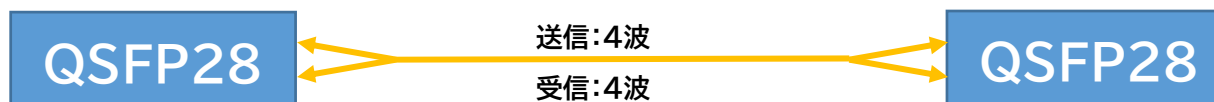
- ◆ 1レーン25Gbpsとし、4芯で100Gbps伝送する。
- ◆ 波長は1310nm
- ◆ 最大距離500m/損失3.26dB
- ◆ 8芯1回線で、SMFのMPOを用いる。
- ◆ コネクタの反射減衰量は-35dB以上
- ◆ QSFP28もしくはCFP4を用いる。

ロゴなし





- 100GE-CWDM4…www.cwdm4-msa.org/…NRZ
 - 1レーン25Gbpsとし、4波で100Gbps伝送する。
 - 機器側にFECを必須とする旨記載あり
 - 2芯1回線で、DLCを用いる。
 - 最大距離は2km/損失5dB
 - 利用波長は、1271nm/1291nm/1311nm/1331nm

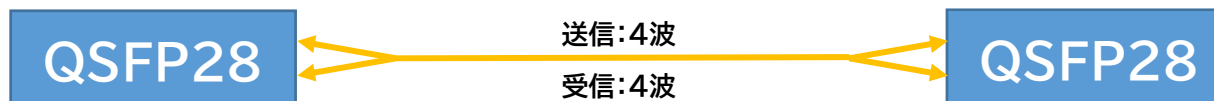


MSA規格③ 4WDM



■ 4WDM...4wdm-msa.org/...NRZ

- 1レーン25Gbpsとし、4波で100Gbps伝送する。
- 機器側にFECを必須とする旨記載あり
- 最大距離は、10km・20km・40km/損失6.2dB、10dB、18dB
- 2芯1回線で、DLCを用いる。
- コネクタの反射減衰量は-26dB以上
- 利用する長さによって、利用波長が変わる
 - 100G 4WDM-10... $\lambda = 1271\text{nm}/1291\text{nm}/1311\text{nm}/1331\text{nm}$
 - 100G 4WDM-20... $\lambda = 1295.56\text{nm}/1300.05\text{nm}/1304.58\text{nm}/1309.14\text{nm}$
 - 100G 4WDM-40... $\lambda = 1295.56\text{nm}/1300.05\text{nm}/1304.58\text{nm}/1309.14\text{nm}$

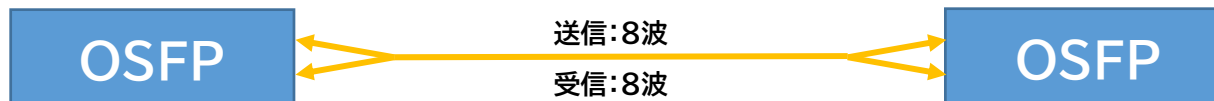


MSA規格④ CWDM8



■ CWDM8…www.cwdm8-msa.org/…NRZ

- 1レーン50Gbpsとし、8波で400Gbps伝送する。
- 機器側にFECを必須とする旨記載あり
- 最大距離と損失は以下
 - 400GE-CWDM8-2 2km/4dB
 - 400GE-CWDM8-10 10km/6.3dB
- 2芯1回線で、DLC等を用いる。
- 利用波長は、1271 nm/1291 nm/1311 nm/1331 nm/1351 nm/1371 nm/1391 nm/1411 nmの8波



MSA規格⑤ 100G Lambda→(802.3c*?)



■ 100G lambda...100glambda.com/...PAM4

- 1レーン50GbpsをPAM4で100Gbpsとし、1波で100Gbps伝送する。
- 1波100Gbpsで4波で400Gbps伝送する。
- 機器側にFECを必須とする旨記載あり
- 2芯1回線で、DLC等を用いる。
- 利用波長：
 - 100G 1310nm 1波長
 - 400G 1271nm/1291nm/1311nm/1331nmの4波
- コネクタの反射減衰量は接続数によって細かく決められている
 - 100G-FR 2km
 - 100G-LR 10km
 - 400G-FR4 2km

100G Lambda
MULTI-SOURCE AGREEMENT



MSA規格⑥ SWDM (SWDM4)

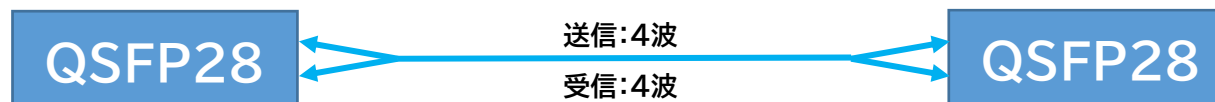


Alliance

■ SWDM…www.swdm.org/…NRX

- MMF(OM3/OM4/OM5)のみの規格
- 4波長850nm/880nm/910nm/940nm
- 40G-SWDM/100G-SWDM
 - 10Gbpsを4波使って40G bps伝送
 - 25Gbpsを4波使って100Gbps伝送
- 光モジュールの形状はQSFP28

	40G SWDM	100G SWDM4	100G eSWDM4
OM3	250m	75m	200m
OM4	350m	100m	300m
OM5	440m	150m	400m



MSA規格⑦ 400G BiDi→(802.3c*?)

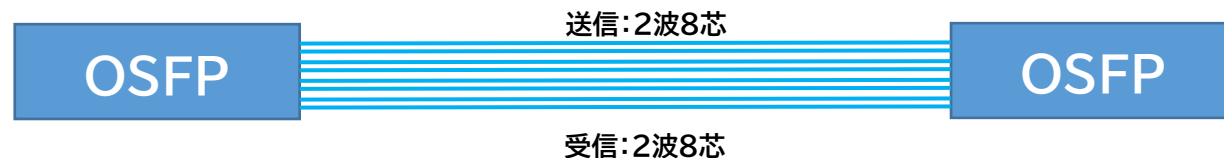


- 400G BiDi…www.400gbidi-msa.org/…PAM4
- マルチモードファイバ1芯に2×25Gbpsを2波(送信/受信)×8芯で400Gとする。
 - ◆ $\lambda 1 = 850\text{nm}$ 近傍、 $\lambda 2 = 910\text{nm}$ 近傍それぞれに
- 光モジュールはQSFP-DDもしくはOSFP
 - ◆ 400G-BD4.2

Table 2-1: 400G-BD4.2 Required Optical Link Distance Operating Range

PMD Type	OM3 Operating Range	OM4 Operating Range	OM5 Operating Range
400G-BD4.2	0.5 m to 70 m	0.5 m to 100 m	0.5 m to 150 m

- ◆ チャネル損失
OM3:1.8dB
OM4:1.9dB
OM5:2.0dB



MMFの多芯利用ごとの規格の名称

■ SR#. # IEEE considering WDM for 200G and 400G

Technical options for next-gen MMF PMDs

Technology (per fiber)	1 fiber pair	2 fiber pairs	4 fiber pairs	8 fiber pairs	16 fiber pairs
25G-λ NRZ	25G-SR		100G-SR4		400G-SR16
50G-λ PAM4	50G-SR	100G-SR2	200G-SR4	400G-SR8	
2x50G-λ PAM4	100G-SR1.2	200G-SR2.2	400G-SR4.2	Technology options for 200 & 400 Gb/s links over fewer MMF fiber pairs	
4x25G-λ NRZ	100G-SR1.4	200G-SR2.4	400G-SR4.4		
4x50G-λ PAM4	200G-SR1.4	400G-SR2.4	800G-SR4.4		



Existing IEEE standard
In progress in 802.3bs, cd

Multi-Wavelength Nomenclature
SRm.n m = # fiber pairs
 n = # wavelengths

出典: Commscope資料より

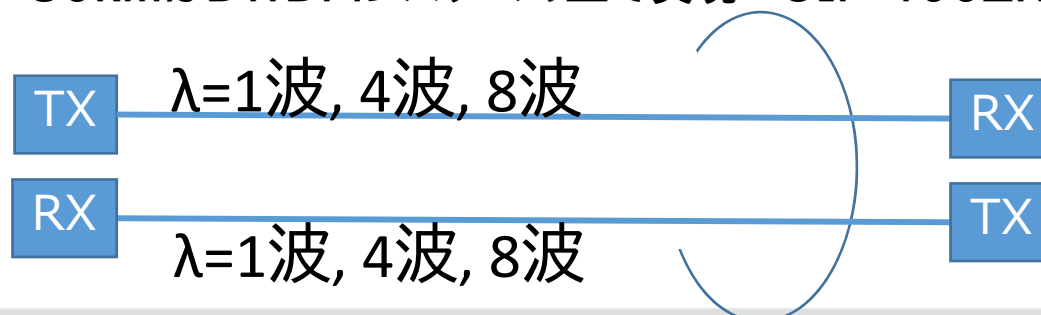
DWDM方式 (IEEE 802.3cn)

■ DWDMによる実現

OTNのサポートのための規格？

■ 2地点接続のみ考慮。

- ◆ 50G…40km
- ◆ 100G…DWDMシステムの上で1波長で実現
- ◆ 200G…DWDMシステムの上で4波長で実現
- ◆ 400G…8波長で40kmを実現、
80kmはDWDMシステムの上で実現…OIF-400ZR対応



速度	距離
50G	40km
100G	80km
200G	40km
400G	40km
	80km

■ 従来の伝送方式

- NRZ (non-return to zero) の利用
(光強度変調)

規格例

- 1000BASE-*X
- 10GBASE-*R/10GBASE-*W
- 40GBASE-*R*
- 100GBASE-*R*
- 400GBASE-SR16

■ 従来に追加された伝送方式

- PAM4 (4-level Pulse Amplitude Modulation) の利用
(4段階パルス幅振幅変調)

利用している規格

- 25Gの一部
- 100Gの一部
- 200Gの一部
- 400GBASE-*R*

伝送方式の違い

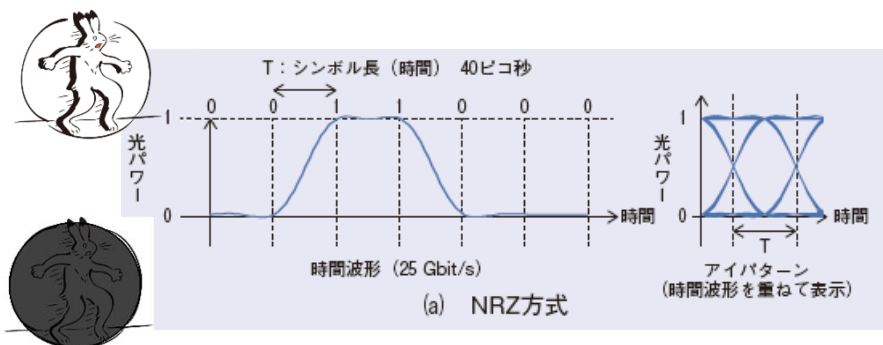
■ NRZ

- 光の強度(ON/OFF)で信号を伝える。

光源

光ファイバ

受光



■ PAM4

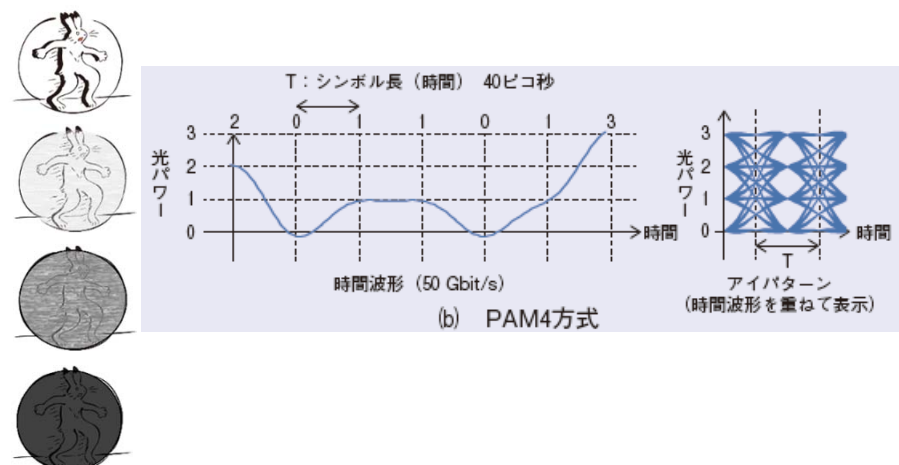
- 光のパルス幅変調?

NRZの2倍の伝送量

光源

光ファイバ

受光



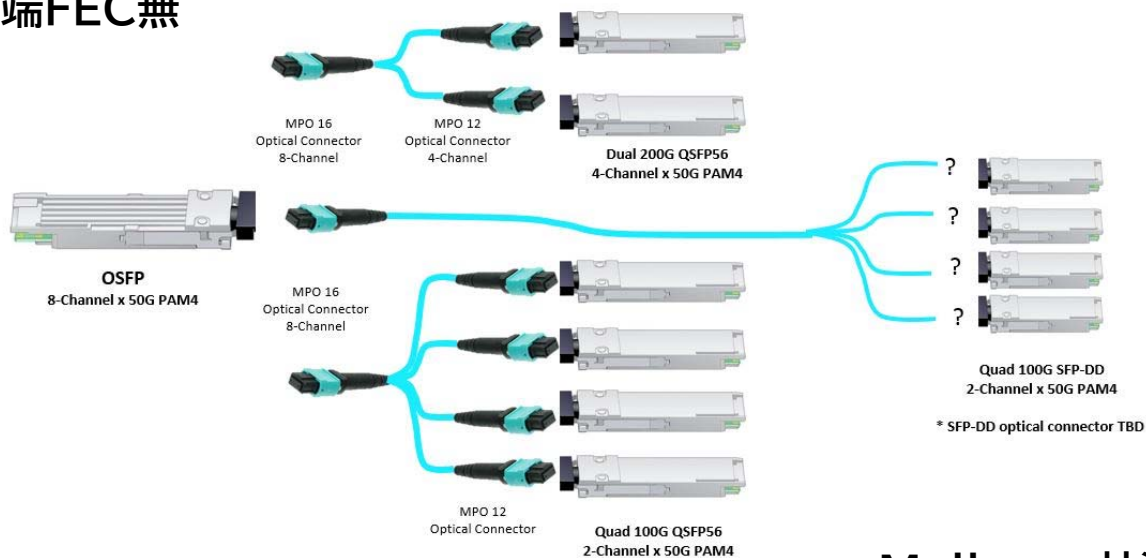
出典: NTT技術ジャーナル「アバランシェフォトダイオードを用いた400ギガビットイーサネット用高感度受信モジュール」2016.7

■ 自由度高い分岐を想定、しかし…

- 両端の波長が同じかどうか？
- 片端NRZ/片端PAM4
- 片端FEC付/片端FEC無



機器選定を慎重に！



Mellanox社資料より

どの規格を採用すれば良いか？

■ 利用する機器がサポートしている仕様であること

- ルーター
- ファイヤーウォール機器
- ロードバランサー
- スイッチ
- サーバー
- その他

■ 光ファイバの芯数が十分にあること

■ 規格長に頼らず、利用する光ファイバの特性値を測定をすること

- チャネル損失値
- 反射減衰量



同じQSFP28でも…



光モジュールの見分け方

■ 形状の確認

- ◆ SFP/SFP-DD/QSFP/QSFP-DD/OSFP
- ◆ コネクタ形状の確認

■ 表面印刷の確認

- ◆ 規格名
- ◆ シリアル番号

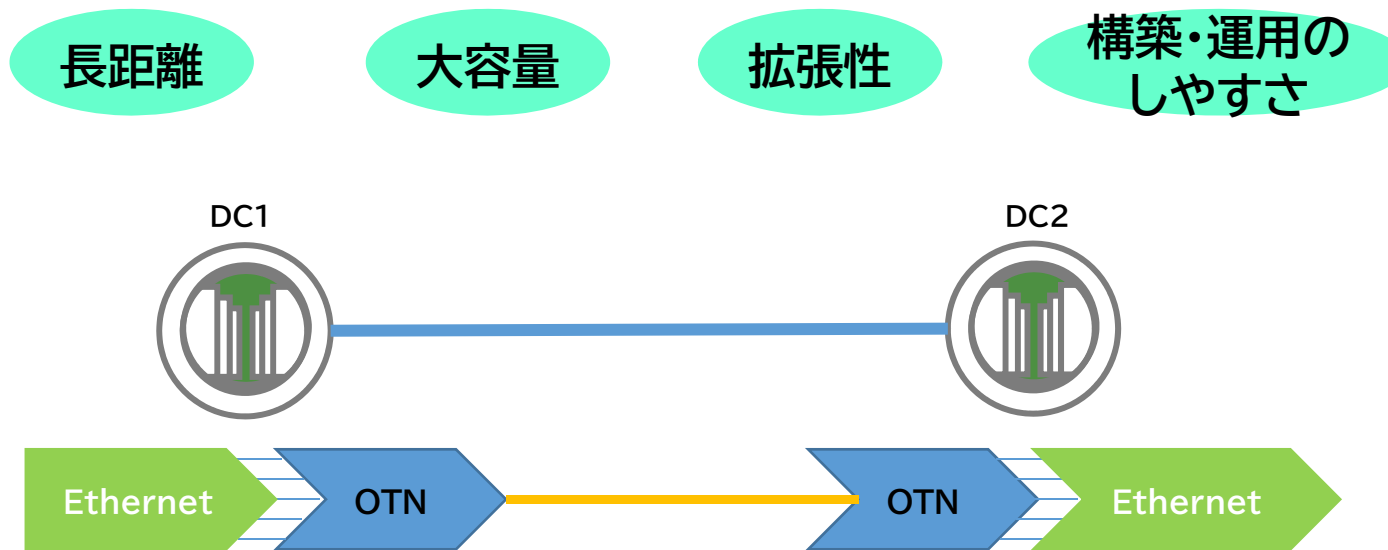


DCIと光イーサネット

DCIとは？

■ DCI (data Center Interconnect)

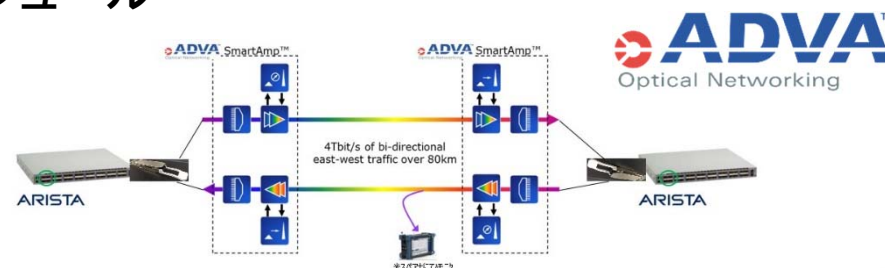
- ◆ データセンター間相互接続
- ◆ ポイント



ライン側伝送（DF利用など）

- 伝送装置を使って離れている地点間を1対1で通信する
- 伝送装置…1芯を大切に細かい波長を区切って利用 ← DWDMの利用
- 伝送装置で使う光モジュール

- ◆ CFP2-ACO
- ◆ CFP2-DCO

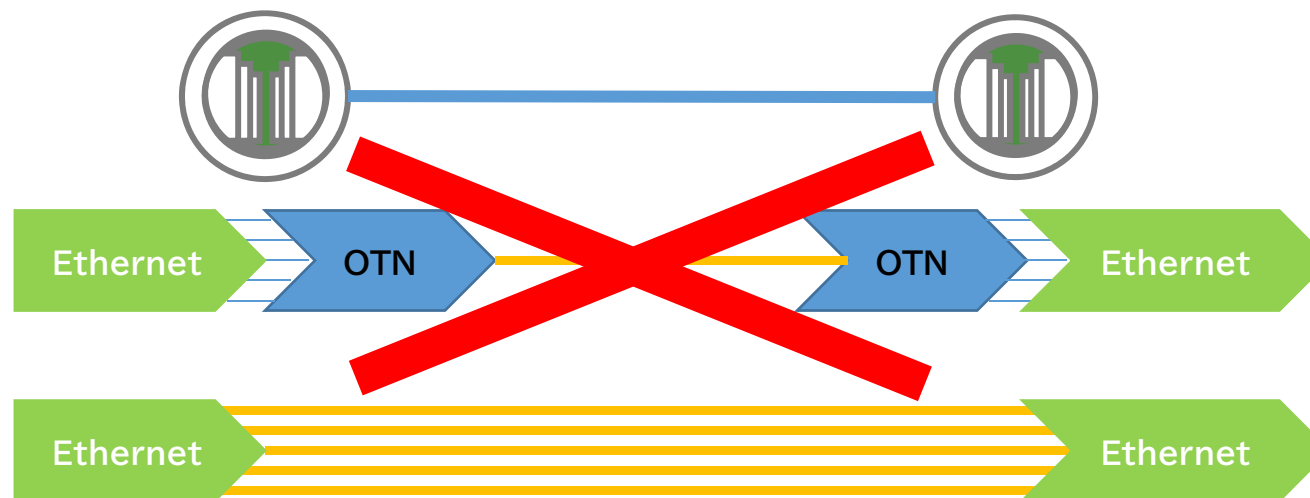


ciena
Experience. Outcomes.



例) クラウド事業者の要望

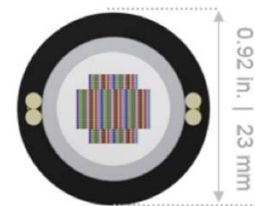
- プロトコルの違いと、イーサネットへのマッピングの複雑性を回避したい
- そもそも伝送装置を挟むことで、機器不良個所が増える
- イーサネットだけで更に長距離通信を行いたい。



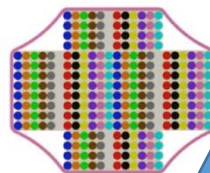
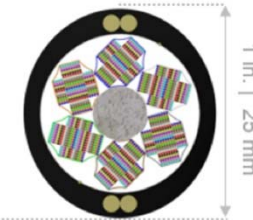
超多芯ケーブルの必要性

■ 1000芯を越えるケーブルの需要増

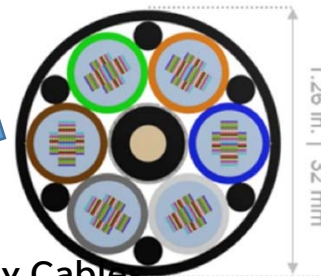
Largest Central Tube
864 Fibers



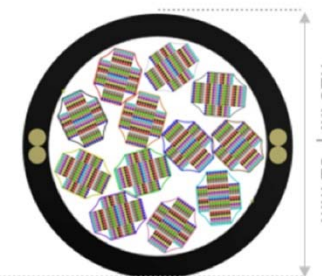
RocketRibbon Cable
1,728 Fibers



Largest Stranded Tube
1,728 Fibers



RocketRibbon Cable
3,456 Fibers


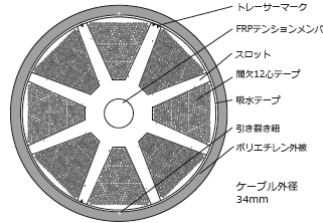
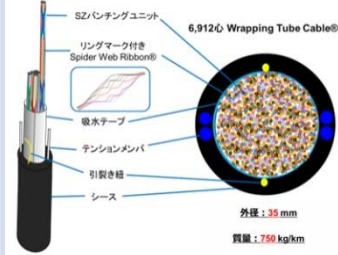
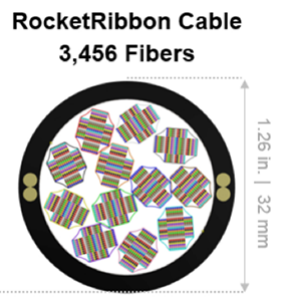


出典: Corning Optical Cable RocketRibbon™ Extreme Density Cables
<https://www.corning.com/worldwide/en/products/communication-networks/products/fiber-optic-cable/outdoor-cables/ribbon/rocket-ribbon.html>

超多芯ケーブル化の流れ

■ 各社超多芯ケーブル例

● NTT従来品:1000芯で外径23mm程度

メーカー	古河電気工業	住友電気工業	フジクラ	コーニング
最多芯数	6912芯	3456芯	6912芯	3456芯
ケーブル外径	29mm	34mm	35mm	32mm
概観				

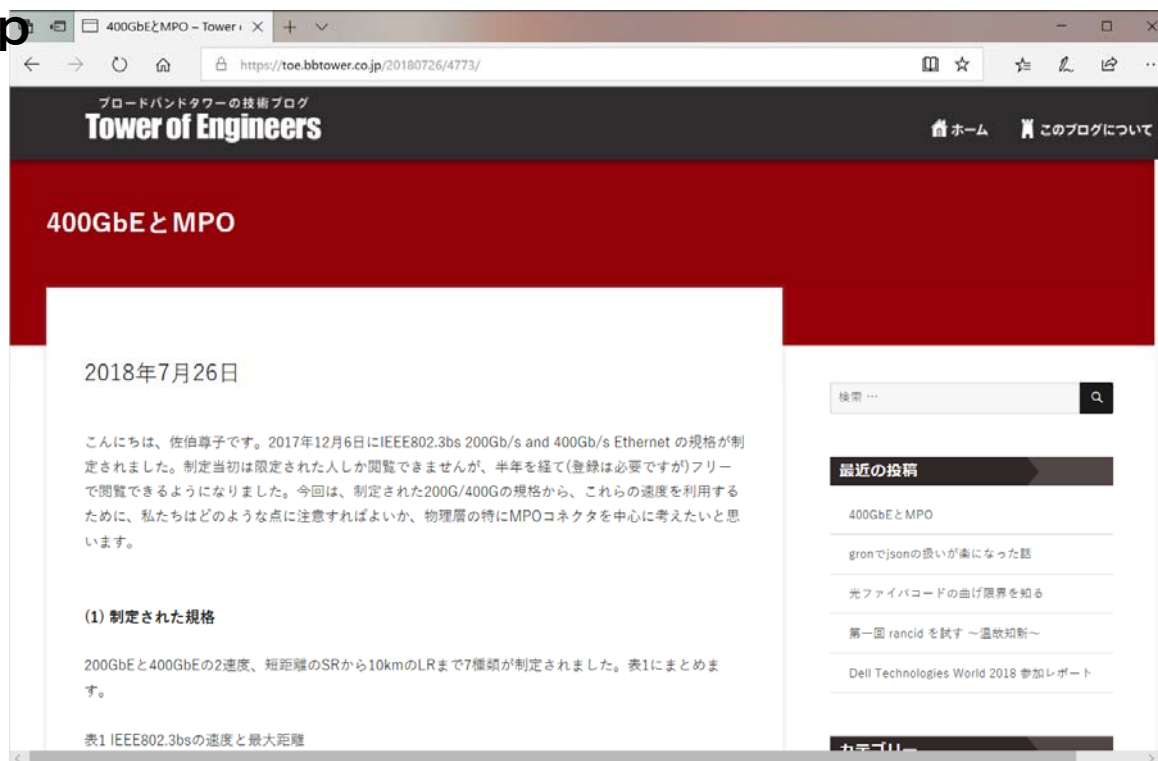
まとめ



- 光イーサネットは、1対1接続から、1対多接続など複雑になってきた。
 - 利用する光ファイバ種類、芯数、コネクタ形状、極性
- IEEE802.3で規格化されたもの以外にもMSAで沢山の規格がある
 - 光モジュールの形状もQSFP28、OSFPなどがある。
 - 通信距離も種類が増えた
 - 802.3を含め、まだまだ規格が増える方向
- DCIと光イーサネット
 - 同じCFP2でも、イーサネットで利用するCFP2とDCIで使うCFP2は違う
 - データセンター間を接続する光ファイバの芯数が、拡大している。

■ 弊社技術Blog

www.toe.bbtower.co.jp



ありがとうございました。



5G Innovations