

インフラエンジニアのための最新光通信規格講座 ～より良いNTW構築のヒント～

株式会社マクニカ
クラビスカンパニー 技術統括部
磯野 健二

2019/3/28

本セミナーの内容

昨今、100ギガビットイーサネットの普及に伴い、光トランシーバーベンダーを中心に伝送方式、伝送距離、メディアタイプなど物理層における多様な伝送規格の提案がなされています。

サードパーティ製光トランシーバーの導入にあたり、適切な伝送規格を選択することにより、効率的なネットワーク構築ならびに導入コストの低減が期待できます。

本セミナーでは、現在100ギガビットイーサネットで提案されている様々な伝送規格を整理してご紹介いたします。

また、200ギガ／400ギガイーサネットの最新動向についてもあわせてご紹介いたします。

話者の紹介



- ◆ 磯野 健二 (いその けんじ)
- ◆ 1997年 株式会社マクニカ入社
FAEとして超高速通信向け半導体ベンチャー企業であるデンマークGiGa社、米国Maker Communications社、 Velio Communications社、ならびに波長可変レーザーのBandwidth9社、半導体光アンプのGenoa社、光変調器のT-Networks社などを担当
- ◆ 2003年に光トランシーバーメーカーの米国Finisar社を取り扱い開始して以来、様々なお客様にてFinisar社製光トランシーバーの導入を支援
- ◆ 2017年のFinisar World Wide Sales Conferenceにて “Best Individual Sales Award”を受賞



100ギガイーサネット光伝送規格まとめ

		多芯光ファイバー (MPOコネクタ)	2芯光ファイバー (LCコネクタ)
MMF (Multi Mode Fiber)	100m	100GBASE-SR10 (IEEE802.3ba) – CFP/CFP2 100GBASE-SR4 (IEEE802.3bm) – CFP4/QSFP28 100GBASE-SR2 (IEEE802.3cd) – SFP-DD	100G SWDM4 (SWDM Alliance) – QSFP28 100G SRBD (Cisco, ARISTA) – QSFP28 → SFP-DD
	300m	100G-eSR4 (各社独自) – QSP28	
SMF (Single Mode Fiber)	500m	100G PSM4 (100G PSM4 MSA) QSFP28	100G CWDM4 Lite (各社独自) – QSFP28 100GBASE-DR (IEEE802.3cd) – SFP-DD
	2km	 http://www.ieee802.org/3/  http://www.swdm.org/	100G LR4 Lite (各社独自) – QSFP28 100G CWDM4 (CWDM4 MSA) – QSFP28 100G FR (100G Lambda MSA) – SFP-DD
	10km	 http://4wdm-msa.org/  http://www.cwdm4-msa.org/	100GBASE-LR4 (IEEE802.3bm) – CFP4/QSFP28 100G eCWDM4 / 4WDM-10 (4WDM MSA) – QSFP28 100G LR (100G Lambda MSA) – SFP-DD
	20km	 http://4wdm-msa.org/	100G eLR4 / 4WDM-20 (4WDM MSA) – QSFP28
	40km	 http://100glambda.com/  https://www.opencompute.org/	100GBASE-ER4 (IEEE802.3bm) – CFP2 100G ER4f / 4WDM-40 (4WDM MSA) – QSFP28
	80km	 http://100glambda.com/	100G DCO (各社独自) – CFP2 → QSFP28 100G COLORZ (Inphi) – QSFP28



CFP



CFP2



QSFP28



SFP-DD

写真提供 : Finisar社

100ギガイーサネット光伝送規格（初期）

		多芯光ファイバー (MPOコネクタ)	2芯光ファイバー (LCコネクタ)
MMF (Multi Mode Fiber)	100m	100GBASE-SR10 (IEEE802.3ba) - CFP/CFP2 100GBASE-SR4 (IEEE802.3bm) - CFP4/QSFP28	
	300m		
SMF (Single Mode Fiber)	500m		
	2km		
	10km		100GBASE-LR4 (IEEE802.3bm) - CFP2/CFP4/QSFP28
	20km		
	40km		100GBASE-ER4 (IEEE802.3bm) - CFP/CFP2
	80km		



CFP 100G SR10



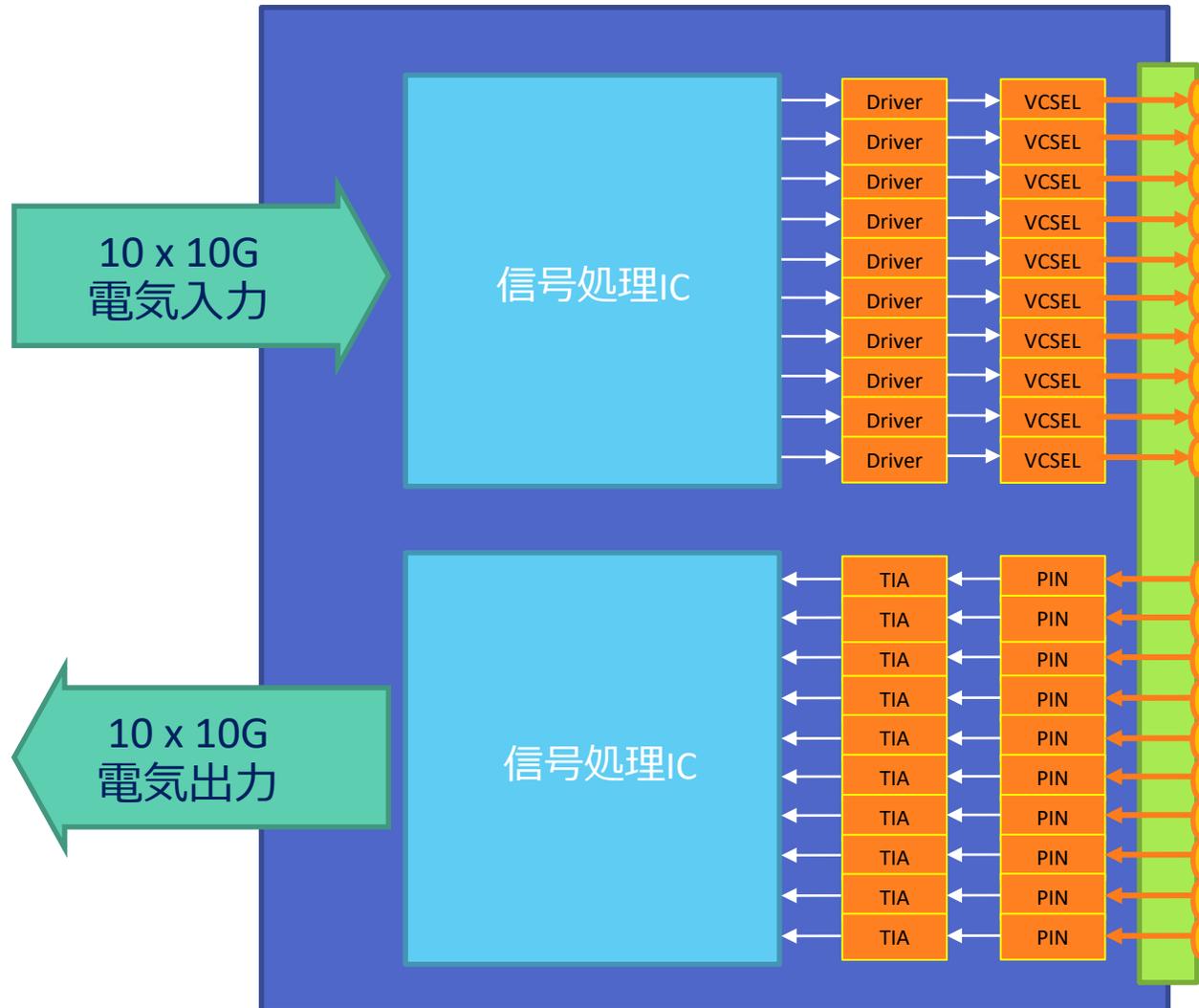
CFP2 100G SR10

写真提供：Finisar社

CFP/CFP2 100GBASE-SR10

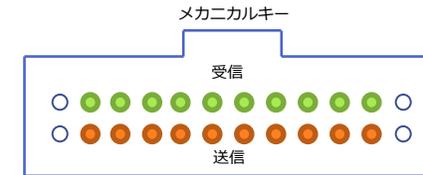


<http://www.ieee802.org/3/>



MPO24
コネクタ

10 x 10G
光信号出力



MPO24コネクタ

10 x 10G
光信号入力



CFP 100G SR10



CFP2 100G SR10

写真提供 : Finisar社

100ギガイーサネット光伝送規格（初期）

		多芯光ファイバー（MPOコネクタ）	2芯光ファイバー（LCコネクタ）
MMF (Multi Mode Fiber)	100m	100GBASE-SR10 (IEEE802.3ba) - CFP/CFP2 100GBASE-SR4 (IEEE802.3bm) - CFP4/QSFP28	
	300m		
SMF (Single Mode Fiber)	500m		
	2km		
	10km		100GBASE-LR4 (IEEE802.3bm) - CFP4/QSFP28
	20km		
	40km		100GBASE-ER4 (IEEE802.3bm) - CFP/CFP2
	80km		



写真提供：Finisar社

CFP4 100G SR4



写真提供：Finisar社

QSFP28 100G SR4

CFP4/QSFP28 100GBASE-SR4



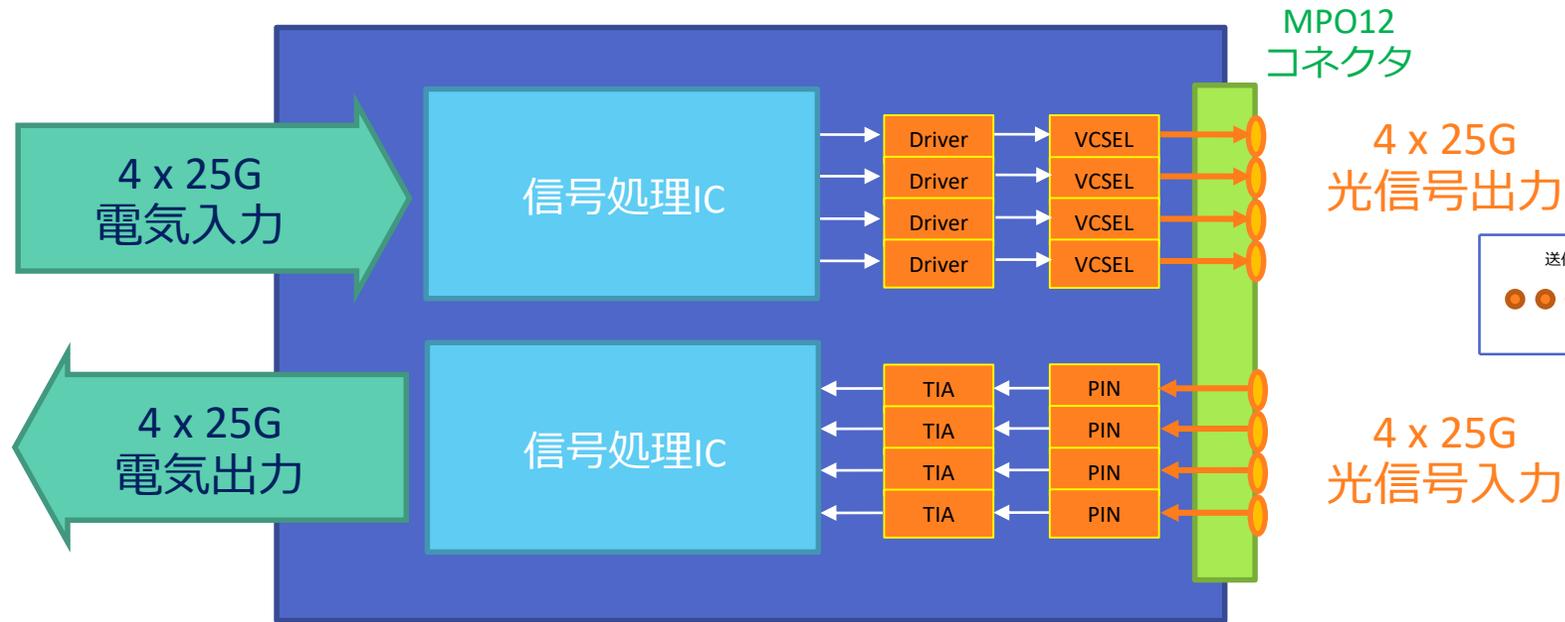
<http://www.ieee802.org/3/>

8芯 MMF, 100m, MPO12コネクタ, FEC使用



写真提供: Finisar社

CFP4 100G SR4



MPO12コネクタ



写真提供: Finisar社

QSFP28 100G SR4

- SR4の伝送距離を300mに拡張したのがeSR4
- eSR4もSR4と同様に12芯のリボンファイバーとFECを使用するため相互に接続可能

100ギガイーサネット光伝送規格（初期）

		多芯光ファイバー (MPOコネクタ)	2芯光ファイバー (LCコネクタ)
MMF (Multi Mode Fiber)	100m	100GBASE-SR10 (IEEE802.3ba) - CFP 100GBASE-SR4 (IEEE802.3bm) - CFP2 	
	300m		
SMF (Single Mode Fiber)	500m		
	2km		
	10km		100GBASE-LR4 (IEEE802.3bm) - CFP4/QSFP28
	20km		
	40km		100GBASE-ER4 (IEEE802.3bm) - CFP/CFP2
	80km		



写真提供：Finisar社

CFP4 100G LR4



写真提供：Finisar社

QSFP28 100G LR4

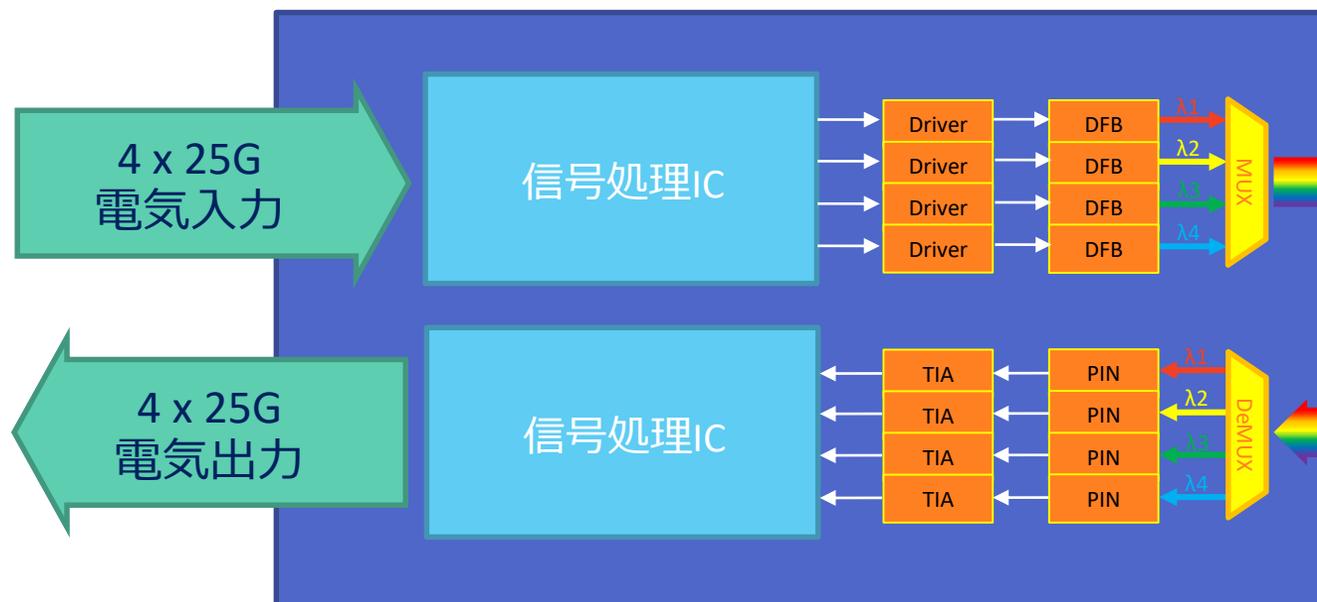
写真提供：Finisar社

CFP4/QSFP28 100GBASE-LR4



<http://www.ieee802.org/3/>

2芯 SMF, 10km, LCコネクタ, LAN-WDMグリッド, **FECなし**



送信波長

λ_1 : 1295.56nm

λ_2 : 1300.05nm

λ_3 : 1304.58nm

λ_4 : 1309.14nm

受信波長

λ_1 : 1295.56nm

λ_2 : 1300.05nm

λ_3 : 1304.58nm

λ_4 : 1309.14nm



写真提供: Finisar社

CFP4 100G LR4



LCコネクタ



写真提供: Finisar社

QSFP28 100G LR4

- LR4より規格を緩めて伝送距離を2kmとしたのが**LR4 Lite**
- LR4にFECを適用して伝送距離を20kmに伸ばしたのが**eLR4 (4WDM-20)**



<http://4wdm-msa.org/>

100ギガイーサネット光伝送規格（初期）

		多芯光ファイバー（MPOコネクタ）	2芯光ファイバー（LCコネクタ）
MMF (Multi Mode Fiber)	100m	100GBASE-SR10 (IEEE802.3ba) - CFP 100GBASE-SR4 (IEEE802.3bm) - CFP2 	
	300m		
SMF (Single Mode Fiber)	500m		
	2km		
	10km		100GBASE-LR4 (IEEE802.3bm) - CFP4/QSFP28
	20km		
	40km		100GBASE-ER4 (IEEE802.3bm) - CFP/CFP2
	80km		



写真提供：Finisar社

CFP 100G ER4



写真提供：Finisar社

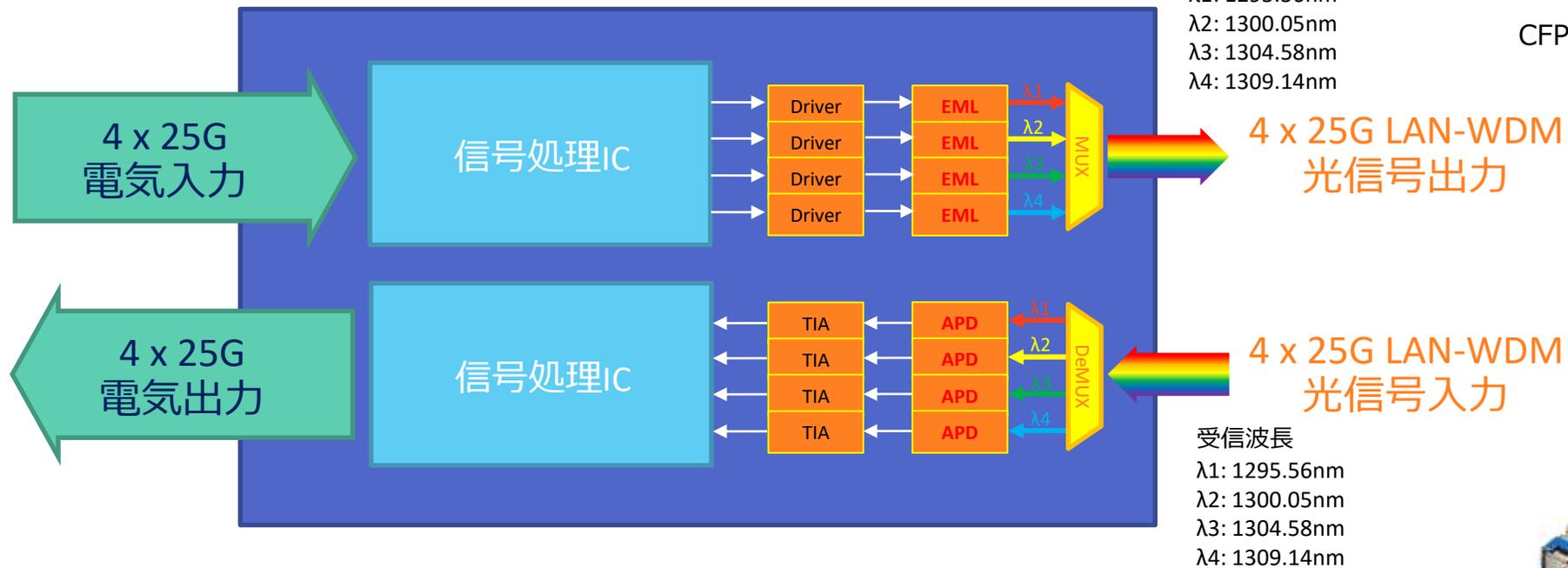
CFP2 100G ER4

CFP/CFP2 100GBASE-ER4



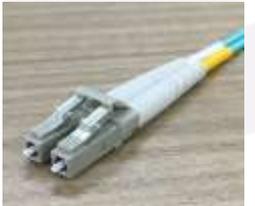
<http://www.ieee802.org/3/>

2芯 SMF, 40km, LCコネクタ, LAN-WDMグリッド, **FECなし**



写真提供: Finisar社

CFP 100G ER4



LCコネクタ



写真提供: Finisar社

CFP2 100G ER4

- ER4にFECを適用して小型化・低コスト化したのが **ER4f (4WDM-40)**
- ER4とER4fは相互接続不可です



<http://4wdm-msa.org/>

100ギガイーサネット光伝送規格（現在）

		多芯光ファイバー (MPOコネクタ)	2芯光ファイバー (LCコネクタ)
MMF (Multi Mode Fiber)	100m	100GBASE-SR10 (IEEE802.3ba) - CFP 100GBASE-SR4 (IEEE802.3bm) - QSFP28 <i>小型化</i>	2芯ファイバーを使用することで光ファイバーを含めた全体コスト低減 100G SWDM4 (SWDM Alliance) - QSFP28 100G SRBD (Cisco, ARISTA) - QSFP28
	300m	100G-eSR4 (各社独自) - QSP28	
SMF (Single Mode Fiber)	500m	2芯ファイバーを使用することで光ファイバーを含めた全体コスト低減 100G PSM4 (100G PSM4 MSA) - QSFP28	100G CWDM4 Lite (OCP) - QSFP28
	2km	<i>伝送距離を制限して低コスト化</i>	100G LR4 Lite (各社独自) - QSFP28 100G CWDM4 (CWDM4 MSA) - QSFP28
	10km		100GBASE-LR4 (IEEE802.3bm) - QSFP28 100G eCWDM4/4WDM-10 (4WDM MSA) - QSFP28 <i>CWDMグリッド、FEC使用で低コスト化</i>
	20km		100G eLR4/4WDM-20 (4WDM MSA) - QSFP28 <i>FEC使用で長距離化</i>
	40km		100GBASE-ER4 (IEEE802.3bm) - CFP2 100G ER4f/4WDM-40 (4WDM MSA) - QSFP28 <i>FEC使用で小型化 & 低コスト化</i>
	80km		100G DCO (各社独自) - CFP2 100G COLORZ (Inphi) - QSFP28



CFP2



QSFP28

写真提供：Finisar社

QSFP28 100G SWDM4



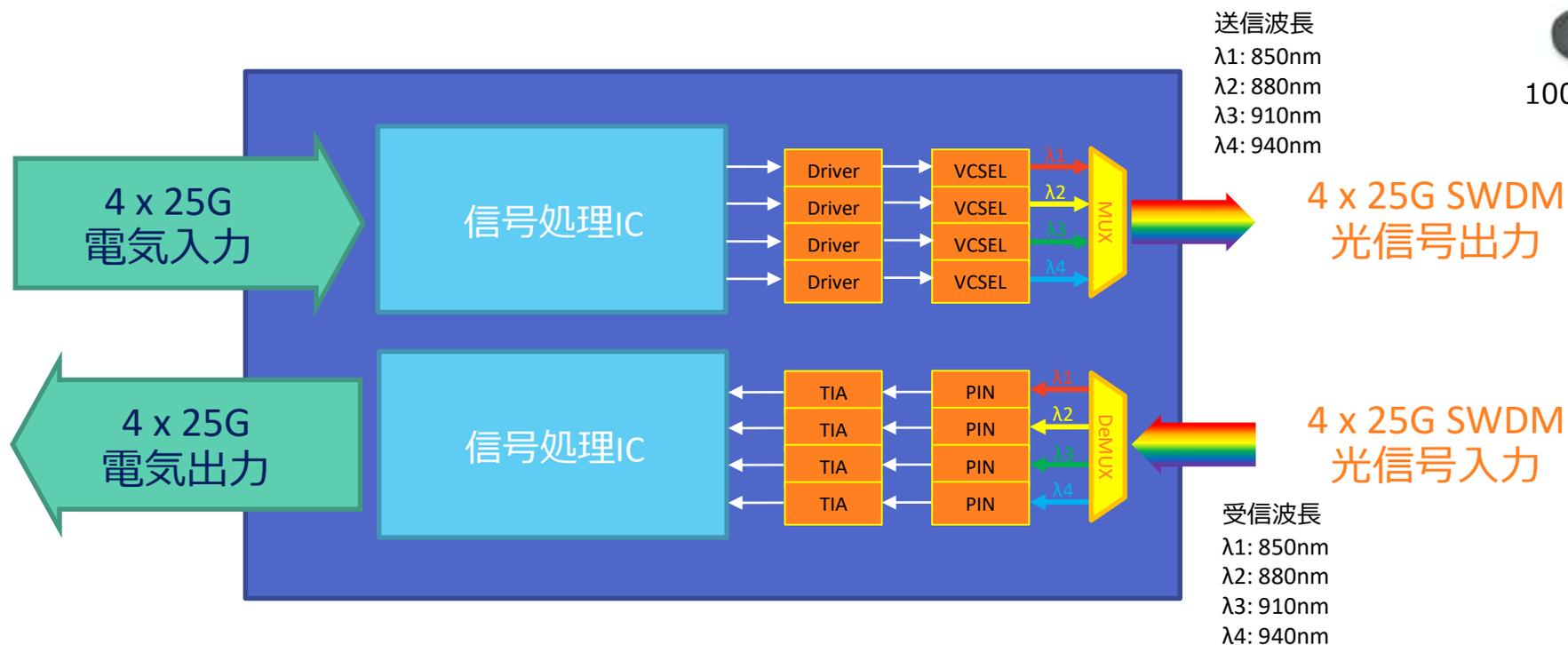
<http://www.swdm.org/>

2芯 MMF, 100m, LCコネクタ, SWDMグリッド, FEC使用



写真提供: Finisar社

100G QSFP28-SWDM4

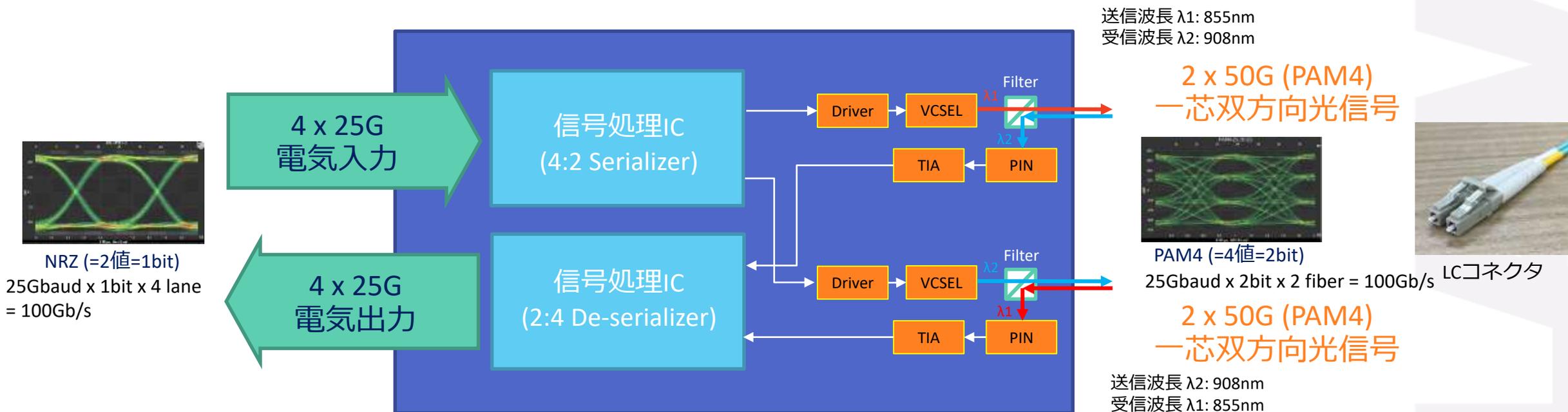


LCコネクタ

- これまで長波長帯の技術だったWDMを短波長帯に適用
- Arista, Dell, Extreme Networks, H3C, Huaweiなど装置ベンダー各社で採用実績

QSFP28 100G SRBD

2芯 MMF, 100m, LCコネクタ, FEC使用



- SWDM4が片方の光ファイバーで25G x 4波長送信、もう片方の光ファイバーで25G x 4波長受信しているのに対して、SRBDは1本のファイバーで50G x 1波長送信、同時に50G x 1波長受信し、2本のファイバーで合計100G 送信、100G 受信している。送信と受信で波長が異なるため混信しない。

100ギガイーサネット光伝送規格（現在）

		多芯光ファイバー (MPOコネクタ)	2芯光ファイバー (LCコネクタ)
MMF (Multi Mode Fiber)	100m	100GBASE-SR10 (IEEE802.3ba) - CFP 100GBASE-SR4 (IEEE802.3bm) - QSFP28 <i>小型化</i>	2芯ファイバーを使用することで光ファイバーを含めた全体コスト低減 100G SWDM4 (SWDM Alliance) - QSFP28 100G SRBD (Cisco, ARISTA) - QSFP28
	300m	100G-eSR4 (各社独自) - QSP28	
SMF (Single Mode Fiber)	500m	2芯ファイバーを使用することで光ファイバーを含めた全体コスト低減 100G PSM4 (100G PSM4 MSA) - QSFP28	100G CWDM4 Lite (OCP) - QSFP28
	2km		100G LR4 Lite (各社独自) - QSFP28 100G CWDM4 (CWDM4 MSA) - QSFP28 <i>伝送距離を制限して低コスト化</i>
	10km		100GBASE-LR4 (IEEE802.3bm) - QSFP28 100G eCWDM4/4WDM-10 (4WDM MSA) - QSFP28 <i>CWDMグリッド、FEC使用で低コスト化</i>
	20km		100G eLR4/4WDM-20 (4WDM MSA) - QSFP28 <i>FEC使用で長距離化</i>
	40km		100GBASE-ER4 (IEEE802.3bm) - CFP2 100G ER4f/4WDM-40 (4WDM MSA) - QSFP28 <i>FEC使用で小型化 & 低コスト化</i>
	80km		100G DCO (各社独自) - CFP2 100G COLORZ (Inphi) - QSFP28



CFP2



QSFP28

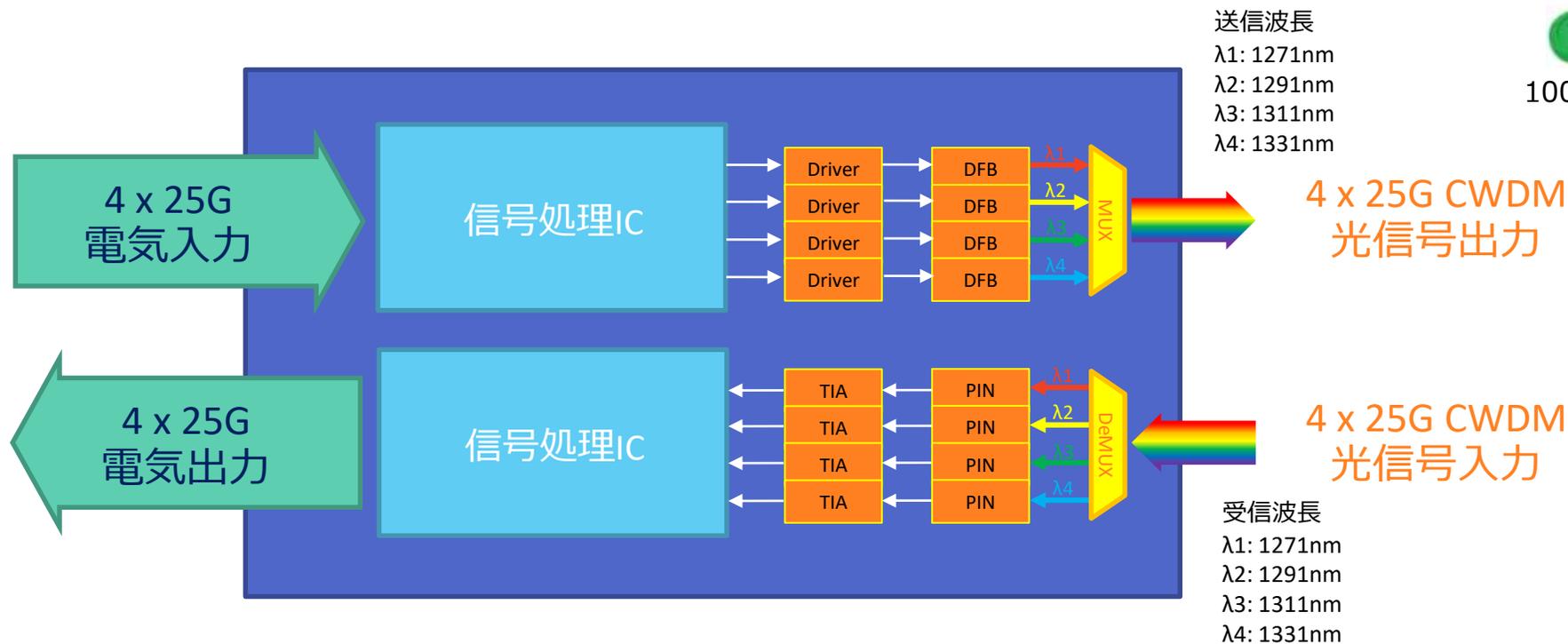
写真提供：Finisar社

QSFP28 100G CWDM4



<http://www.cwdm4-msa.org/>

2芯 SMF, 2km, LCコネクタ, CWDMグリッド, FEC使用



写真提供: Finisar社

100G QSFP28 CWDM4



LCコネクタ

- CWDM4の伝送距離を10kmに拡張したのが**eCWDM4 (4WDM-10)**
- 反対に伝送距離を500mに制限して廉価にしたのが**CWDM4 Lite (CWDM4-OCP)**
- いずれも光波長が同じCWDMグリッドであるため相互に接続可能



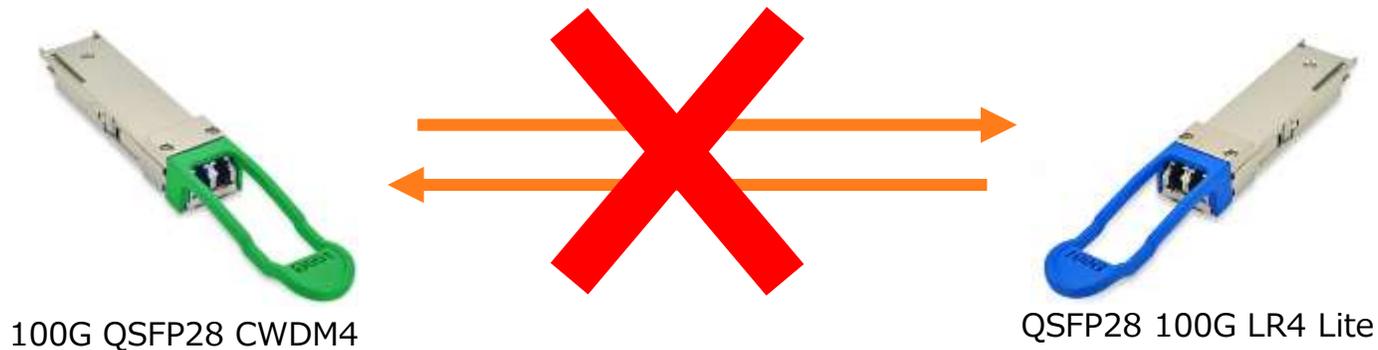
<http://4wdm-msa.org/>



<https://www.opencompute.org/>

CWDM4 (2km) vs LR4 Lite (2km)

- ◆ CWDM4はCWDMグリッド、 LR4 LiteはLAN-WDMグリッドで使用する波長が異なる
- ◆ CWDM4はFECを使用するが、LR4 LiteはFECなし
- ◆ 従って同じ2kmの伝送規格なのに**相互接続できない**
- ◆ eCWDM4 (10km, CWDM, FECあり) vs LR4(10km, LAN-WDM, FECなし) についても同じ



写真提供 : Finisar社

LR4 (10km) vs LR4 Lite (2km)

- ◆ LR4もLR4 Liteも同じLAN-WDMグリッド
- ◆ LR4もLR4 LiteもFECなし
- ◆ 従って**相互接続が可能**
- ◆ 対向側がLR4と決まってしまうにしても、伝送距離が2km以下なら自分側にはLR4 Liteを使ってコストダウンすることができる



写真提供 : Finisar社

100ギガイーサネット光伝送規格（現在）

		多芯光ファイバー (MPOコネクタ)	2芯光ファイバー (LCコネクタ)
MMF (Multi Mode Fiber)	100m	100GBASE-SR10 (IEEE802.3ba) - CFP 100GBASE-SR4 (IEEE802.3bm) - QSFP28 <i>小型化</i>	2芯ファイバーを使用することで光ファイバーを含めた全体コスト低減 100G SWDM4 (SWDM Alliance) - QSFP28 100G SRBD (Cisco, ARISTA) - QSFP28
	300m	100G-eSR4 (各社独自) - QSP28	
SMF (Single Mode Fiber)	500m	2芯ファイバーを使用することで光ファイバーを含めた全体コスト低減 100G PSM4 (100G PSM4 MSA) - QSFP28	100G CWDM4 Lite (OCP) - QSFP28
	2km	<i>伝送距離を制限して低コスト化</i>	100G LR4 Lite (各社独自) - QSFP28 100G CWDM4 (CWDM4 MSA) - QSFP28
	10km		100GBASE-LR4 (IEEE802.3bm) - QSFP28 100G eCWDM4/4WDM-10 (4WDM MSA) - QSFP28 <i>CWDMグリッド、FEC使用で低コスト化</i>
	20km		100G eLR4/4WDM-20 (4WDM MSA) - QSFP28 <i>FEC使用で長距離化</i>
	40km		100GBASE-ER4 (IEEE802.3bm) - CFP2 100G ER4f/4WDM-40 (4WDM MSA) - QSFP28 <i>FEC使用で小型化 & 低コスト化</i>
	80km		100G DCO (各社独自) - CFP2 100G COLORZ (Inphi) - QSFP28



CFP2



QSFP28

写真提供：Finisar社

100G 80km, CFP2-DCO vs QSFP28 COLORZ

	100G CFP2-DCO	100G QSFP28 "COLORZ"
変復調方式	1λ x 28Gbaud DP-QPSK + Coherent Detection (構成が複雑で高コスト) 	2λ x 28Gbaud PAM4 + Direct Detection (構成がシンプルで低コスト) 
波長間隔	50GHz DWDM (80チャンネル多重可能) 	100GHz DWDM (40チャンネル多重可能) 
ロスバジェット	大きい (単チャンネルなら80kmまで光アンプ不要) 	マイナス (リンクに光アンプが必須) 
波長分散耐力	非常に大きい (80kmなら気にしなくてOK) 	小さい (リンクに分散補償器が必須) 
OSNR耐力	非常に大きい (80kmなら気にしなくてOK) 	小さい (光アンプのゲインと雑音指数など慎重に調整して必要なOSNRを確保しないといけない) 
形状	大きい (CFP2) 	小さい (QSFP28) 
消費電力	大きい (15~20W) 	小さい (4.5W) 

- 現行のCFP2-DCOは100G 80km伝送にはオーバースペック
- 小型化・低コスト化されたQSFP28-DCOが期待されるが、低消費電力のDSP待ちの状況
- COLORZはリンクの波長分散やOSNR、受信端での入力パワーなど高度な調整が必要

100ギガイーサネット光伝送規格 (近い将来)

		多芯光ファイバー (MPOコネクタ)	2芯光ファイバー (LCコネクタ)
MMF (Multi Mode Fiber)	100m	100GBASE-SR10 (IEEE802.3ba) - CFP 100GBASE-SR4 (IEEE802.3bm) - QSFP28 100GBASE-SR2 (IEEE802.3cd) - SFP-DD	100G SWDM2?? (SWDM Alliance) - SFP-DD 100G SRBD (Cisco, ARISTA) - SFP-DD??
	300m	100G-eSR4 (各社独自) - SFP-DD	100G eSWDM2?? (SWDM Alliance ??) - SFP-DD
SMF (Single Mode Fiber)	500m	100G PSM4 (100G PSM4 MSA) QSFP28	100G CWDM4 Lite (OCP) - QSFP28 100GBASE-DR (IEEE802.3cd) - SFP-DD
	2km		100G LR4 Lite (各社独自) - QSFP28 100G CWDM4 (CWDM4 MSA) - QSFP28 100G FR (100G Lambda MSA) - SFP-DD
	10km		100GBASE-LR4 (IEEE802.3bm) - QSFP28 100G eCWDM4/4WDM-10 (4WDM MSA) - QSFP28 100G LR (100G Lambda MSA) - SFP-DD
	20km		100G eLR4/4WDM-20 (4WDM MSA) - QSFP28
	40km		100GBASE-ER4 (IEEE802.3bm) - CFP2 100G ER4f/4WDM-40 (4WDM MSA) - QSFP28
	>40km		100GBASE-ZR? (IEEE?) - QSFP28 100G COLORZ (Inphi) - QSFP28



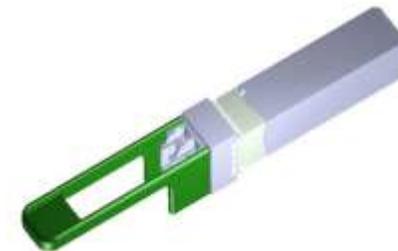
QSFP28



SFP-DD

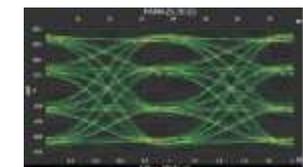
写真提供 : Finisar社

SFP-DD 100G DR/FR/LR

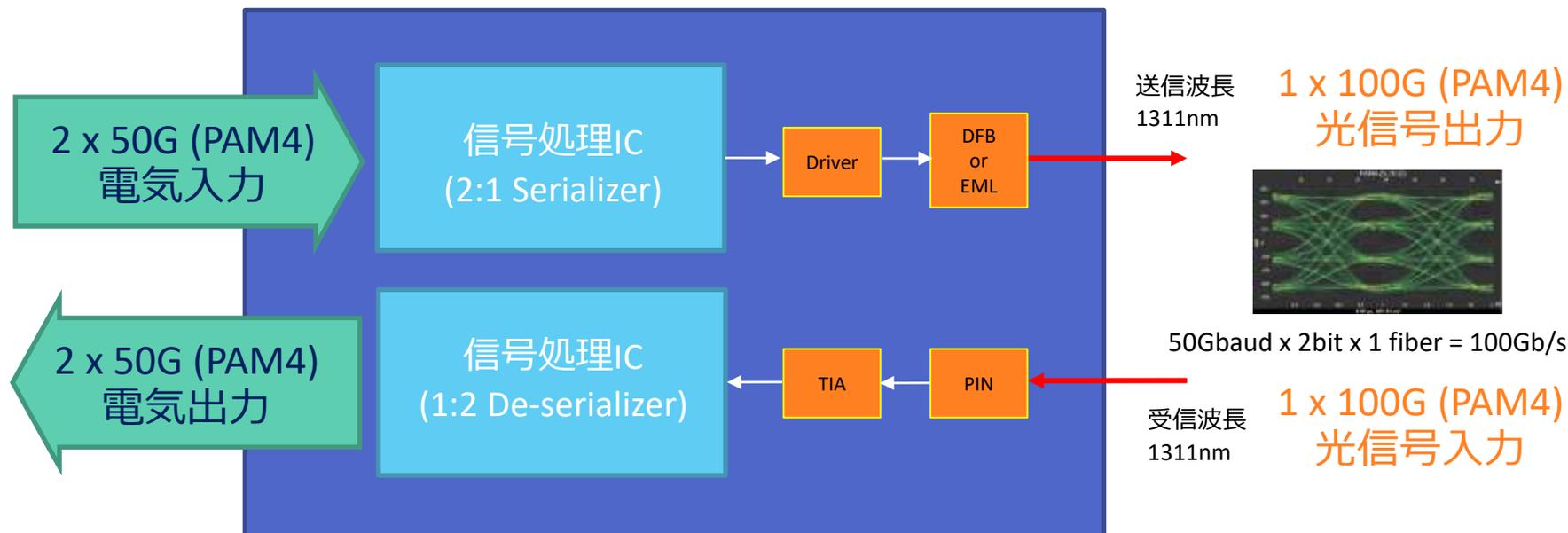


出典: SFP-DD MSA

2芯 SMF, 500m(DR)/2km(FR)/10km(LR), LCコネクタ, FEC使用



25Gbaud x 2bit x 2 lane
= 100Gb/s



LCコネクタ

- 100GBASE-DR(はIEEE802.3cdで標準化中)
- 100G FR/100G LRは100G Lambda MSAで規定
- いずれの規格も光信号は100G PAM4の1波長(1311nm)



<http://www.ieee802.org/3/>

100G Lambda
MULTI-SOURCE AGREEMENT

<http://100glambda.com/>

200ギガイーサネット光伝送規格まとめ

Interface	Standard	Possible Form Factor	Link Distance	Media Type	Optics Technology
200GBASE-SR4	IEEE802.3cd	QSFP56	100m	8 fiber parallel MMF	850nm 4f x 50G PAM4
200GBASE-DR4	IEEE802.3bs		500m	8 fiber parallel SMF	1310nm 4f x 50G PAM4
200GBASE-FR4			2km	2 fiber duplex SMF	4λ(CWDM) x 50G PAM4
200GBASE-LR4			10km	2 fiber duplex SMF	4λ(LAN-WDM) x 50G PAM4
200GBASE-ER4	IEEE802.3cn		40km	2 fiber duplex SMF	4λ(LAN-WDM) x 50G PAM4 ?

- IEEE802.3bs/cd/cnで標準化されている200GbEの光伝送規格は 100m/500m/2km/10km/40km の5種類
- 光信号はいずれも50G PAM4信号を4レーンで伝送
- 200GbEの光トランシーバーの形状はおそらくQSFP56だが、OSFPに2個の200GbEを入れる手もある
実際にOFC2019のEthernet AllianceブースのデモでFinisar社製の2x200GE-FR4 OSFPが動いていた
- 200GbEの光トランシーバーを搭載している装置ベンダーをあまり聞かない
CiscoとAristaは400GbE x 32 port搭載のスイッチを発表しているし・・・

400ギガイーサネット光伝送規格まとめ

Interface	Standard	Possible Form Factor	Link Distance	Media Type	Technology
400GBASE-SR16	IEEE802.3bs	CFP8	100m	32 fiber parallel MMF	850nm 16f x 25G NRZ
400GBASE-DR4		QSFP-DD	500m	8 fiber parallel SMF	1310nm 4f x 100G PAM4
400GBASE-FR8			2km	2 fiber duplex SMF	8λ(LAN-WDM) x 50G PAM4
400GBASE-LR8			10km	2 fiber duplex SMF	8λ(LAN-WDM) x 50G PAM4
400GBASE-SR8	IEEE802.3cm Task Force		or	100m	16 fiber parallel MMF
400GBASE-SR4.2	400G BiDi MSA	OSFP	100m	8 fiber parallel MMF	4f x 2λ(SWDM) x 50G PAM4
400GBASE-BD4.2			100m	8 fiber parallel MMF	8f(bi-directional) x 50G PAM4
400G-FR4			2km	2 fiber duplex SMF	4λ(CWDM) x 100G PAM4
400GBASE-ER8	IEEE802.3cn Task Force	OSFP ?	40km	2 fiber duplex SMF	8λ(LAN-WDM) x 50G PAM4 ?
400GBASE-ZR			80km	2 fiber duplex SMF	C-band 64Gbaud DP-16QAM ?

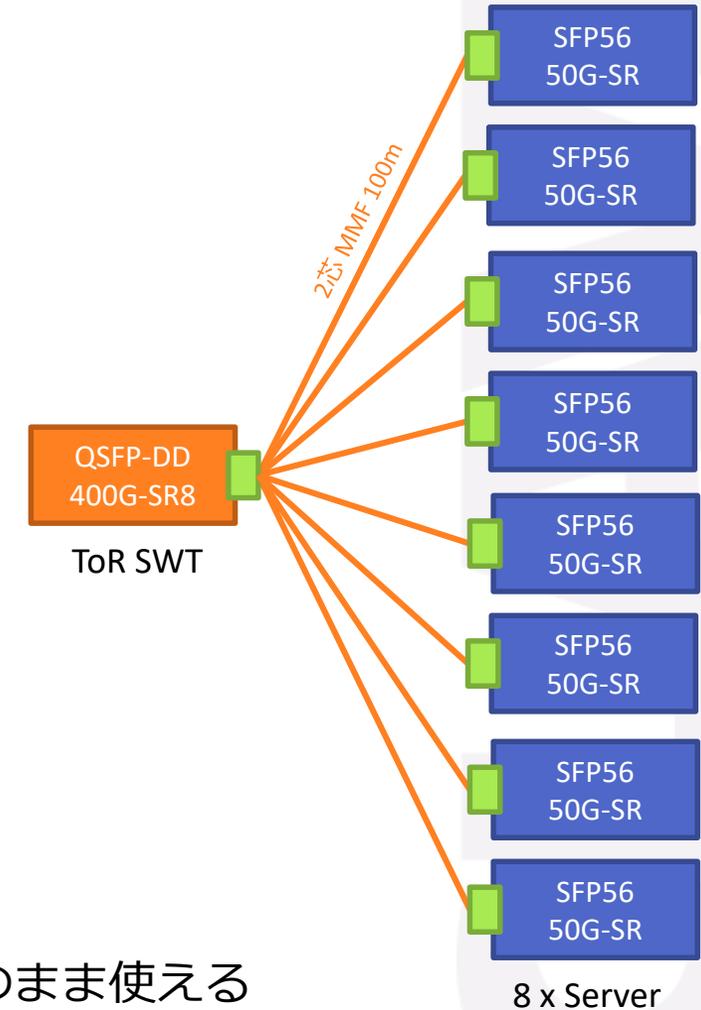
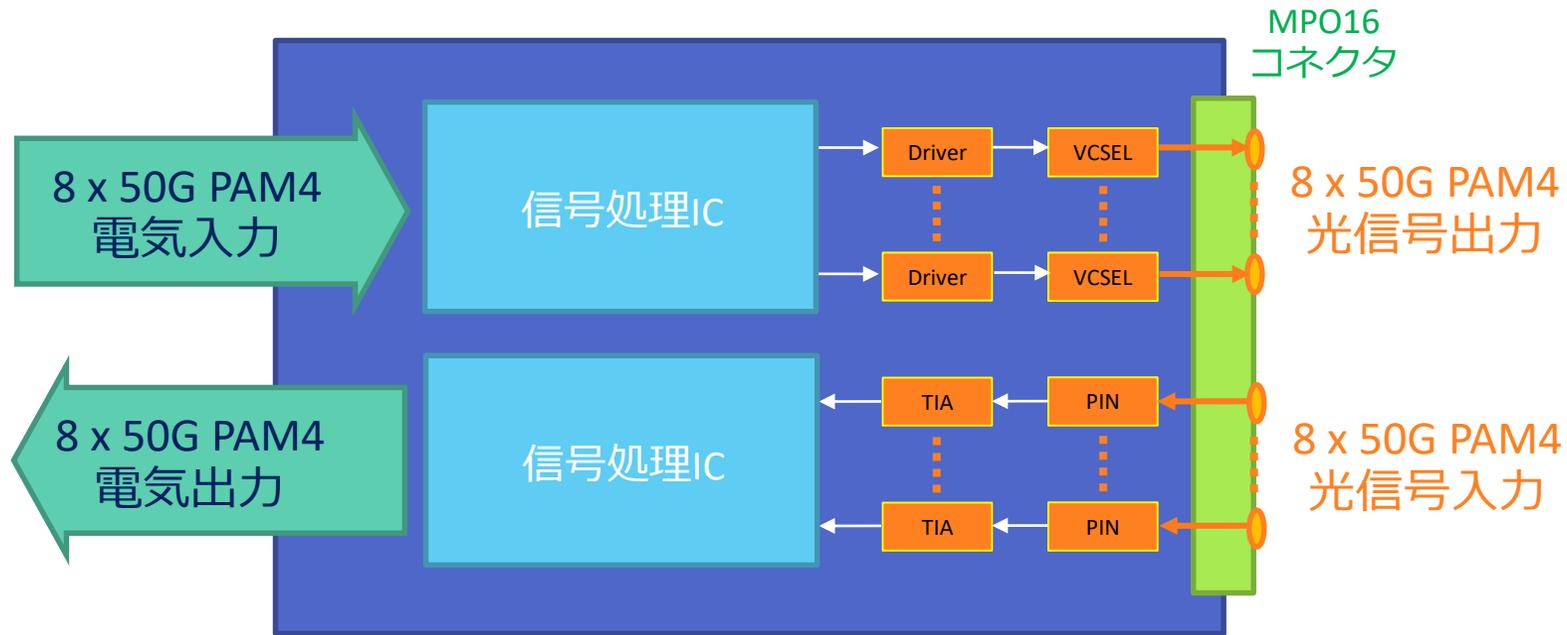
- 2019年はHyper Scale Data Centerを中心に400G光トランシーバーの導入が進む
- まだまだ様々な光伝送規格が議論中。今後MSAも入り乱れて現在の100Gみたいな状況になりそう・・・

QSFP-DD/OSFP 400GBASE-SR8



<http://www.ieee802.org/3/>

16芯 MMF, 100m, MPO24コネクタ, FEC使用



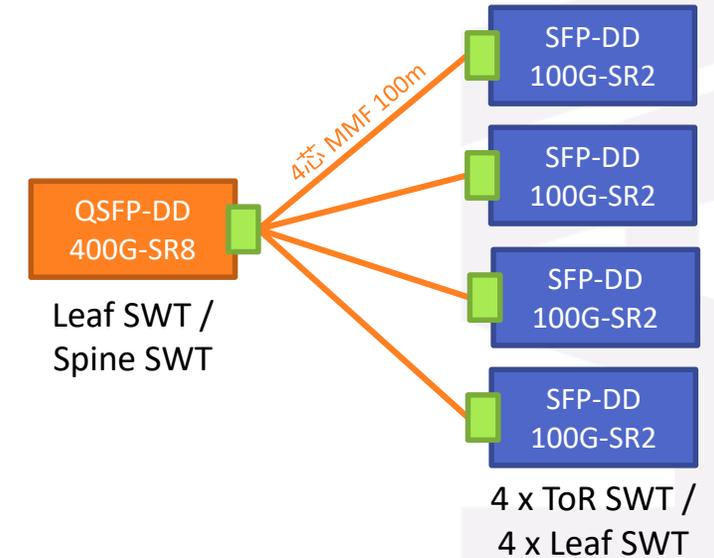
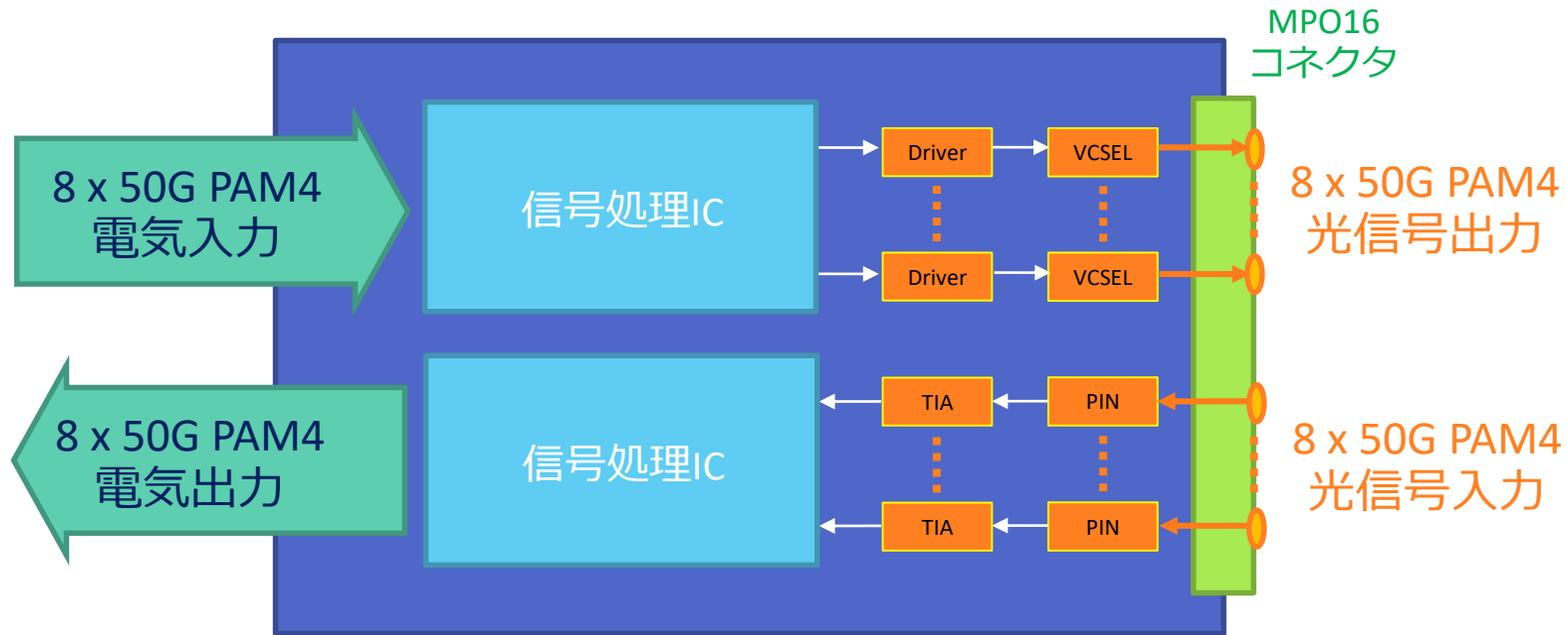
- 光ファイバーをブレイクアウトして8 x 50GBASE-SRを収容可能
- 400G-SR4.2や400G-BD4.2よりも低コスト
ただし、400G-SR4.2や400G-BD4.2は100G-SR4で使用している8芯MMFをそのまま使える

QSFP-DD/OSFP 400GBASE-SR8



<http://www.ieee802.org/3/>

16芯 MMF, 100m, MPO24コネクタ, FEC使用



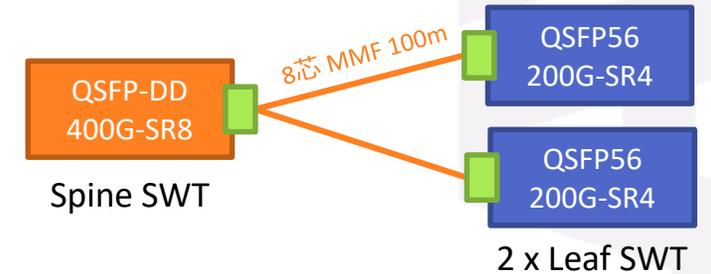
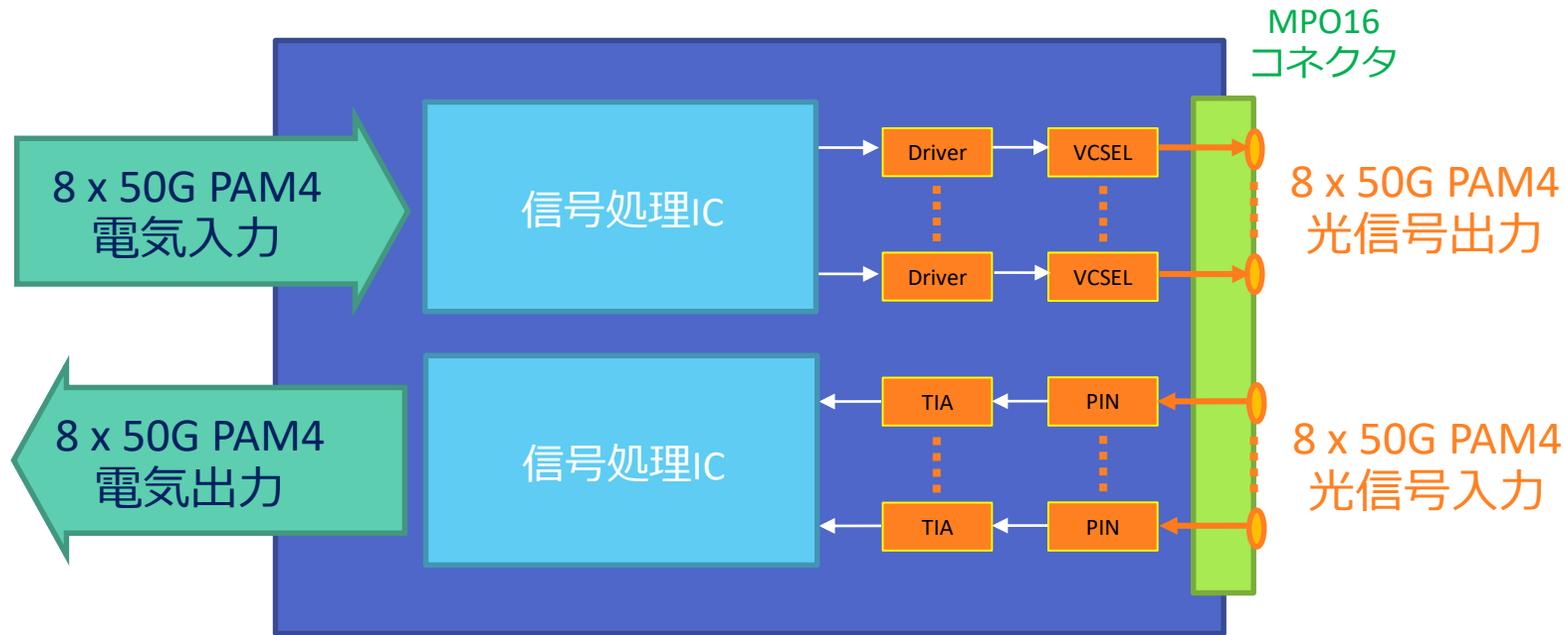
- 光ファイバーをブレイクアウトして4 x 100GBASE-SR2を収容可能

QSFP-DD/OSFP 400GBASE-SR8



<http://www.ieee802.org/3/>

16芯 MMF, 100m, MPO24コネクタ, FEC使用



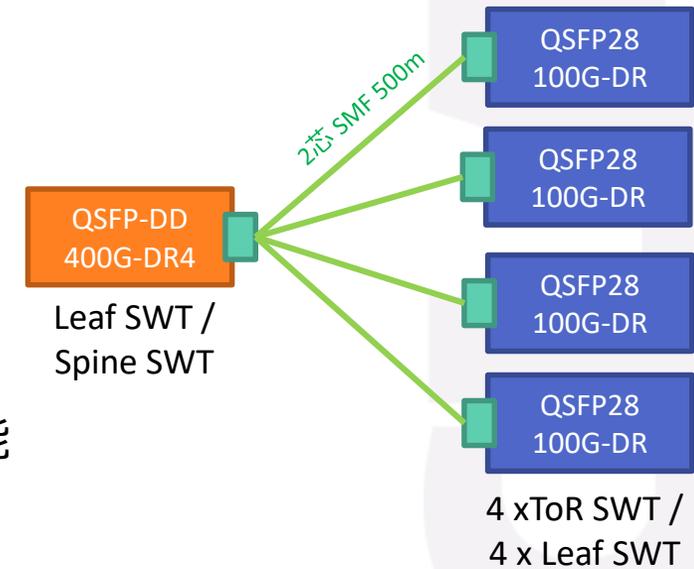
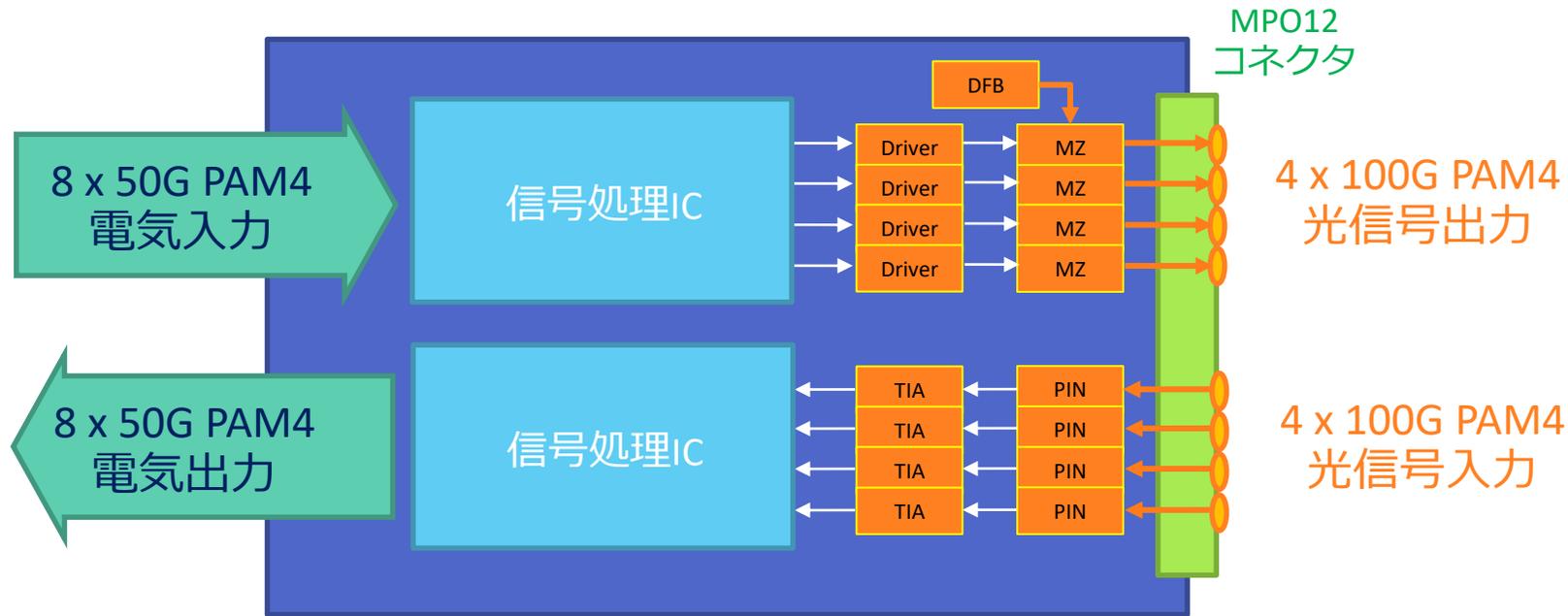
- 光ファイバーをブレイクアウトして2 x 200GBASE-SR4を収容可能

QSFP-DD/OSFP 400GBASE-DR4



<http://www.ieee802.org/3/>

8芯 SMF, 500m, MPO12コネクタ, FEC使用



- 100G-PSM4を使用しているリンクはそのまま400G-DR4にアップグレード可能
- 光ファイバーをブレイクアウトして4 x 100GBASE-DRを収容可能

QSFP-DD/OSFP 400GBASE-FR8/LR8

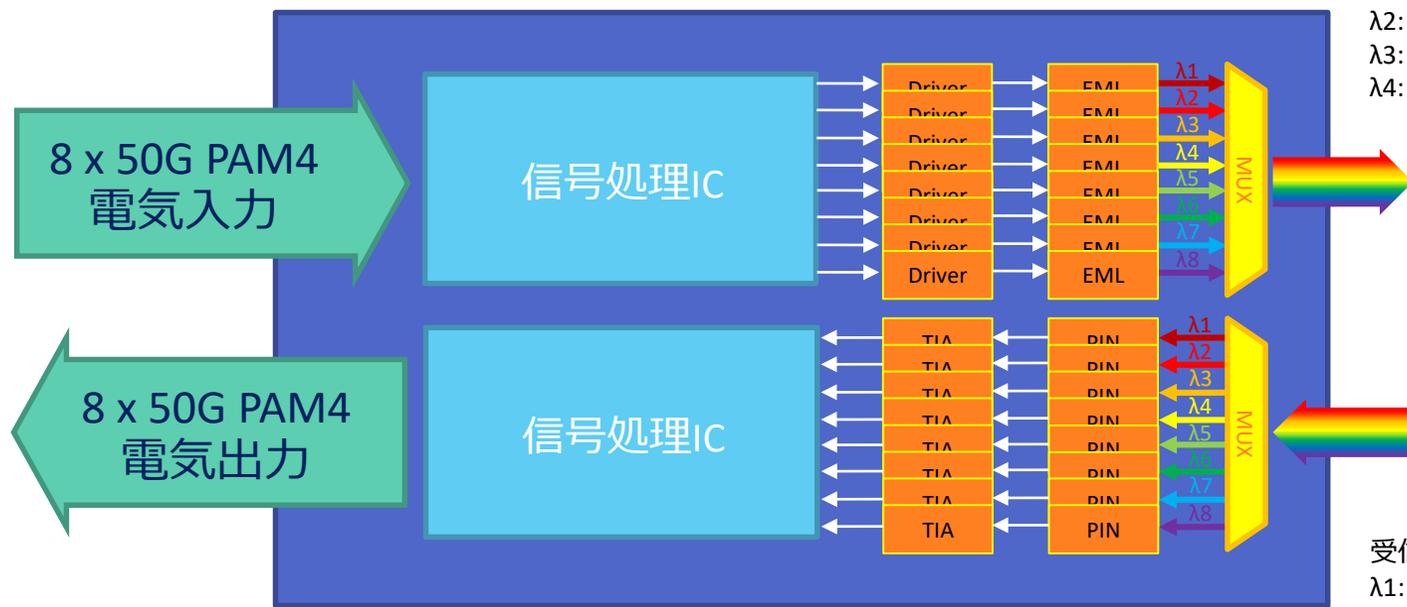


<http://www.ieee802.org/3/>

2芯 SMF, 2km(FR8)/10km(LR8), LCコネクタ, LAN-WDMグリッド, FEC使用

送信波長

λ1: 1273.55nm λ5: 1295.56nm
 λ2: 1277.89nm λ6: 1300.05nm
 λ3: 1282.26nm λ7: 1304.58nm
 λ4: 1286.66nm λ8: 1309.14nm

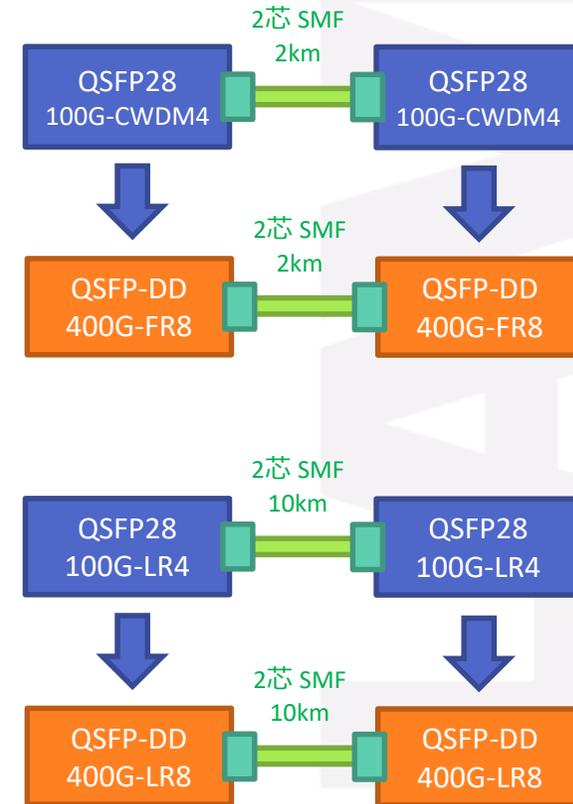


8 x 50G PAM4
LAN-WDM
光信号出力

8 x 50G PAM4
LAN-WDM
光信号入力

受信波長

λ1: 1273.55nm λ5: 1295.56nm
 λ2: 1277.89nm λ6: 1300.05nm
 λ3: 1282.26nm λ7: 1304.58nm
 λ4: 1286.66nm λ8: 1309.14nm

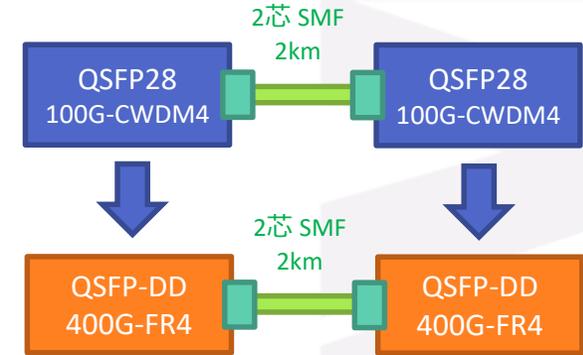
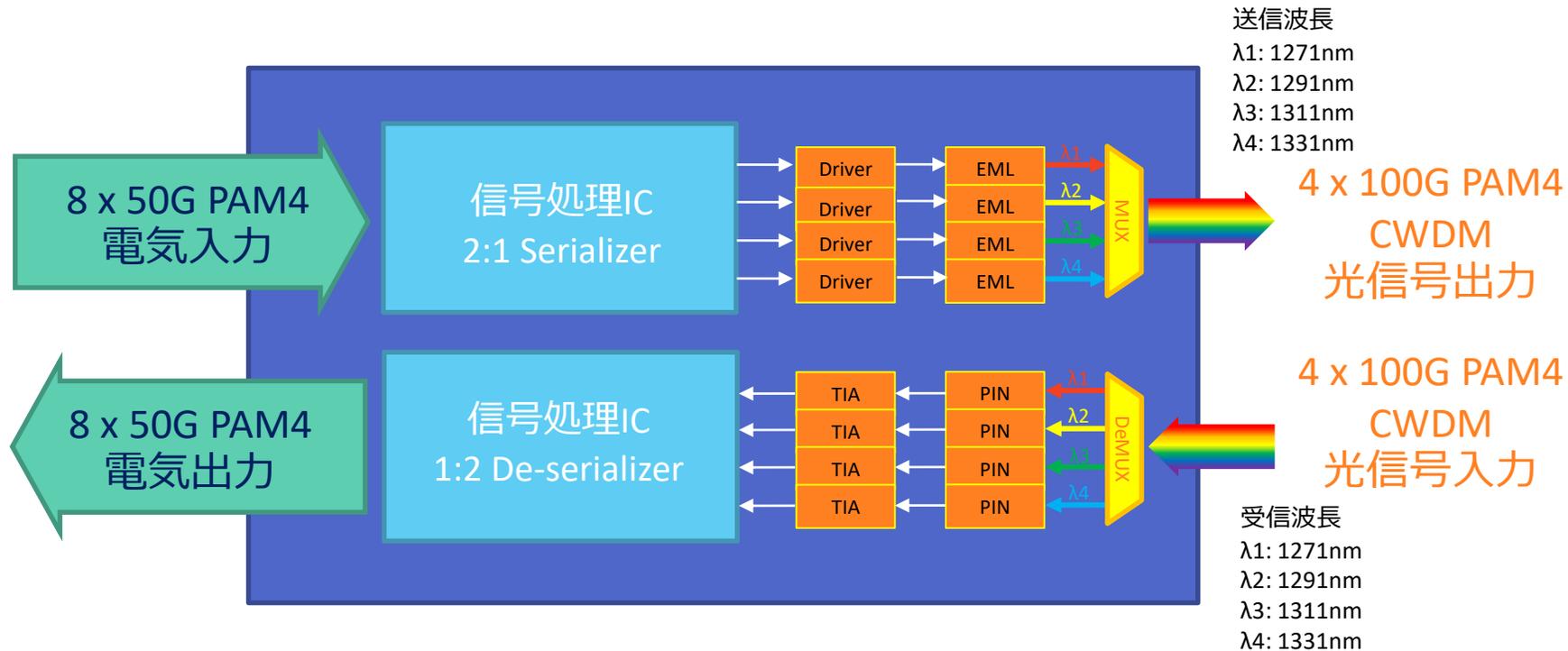


- FR8もLR8もEMLレーザーを8個！使用
- DR4とは違い2芯 SMFを使えるので100G-CWDM4からそのまま400G-FR8にアップグレード可能

QSFP-DD/OSFP 400G FR4



2芯 SMF, 2km, LCコネクタ, CWDMグリッド, FEC使用



- FR8より使用するレーザーが8個から4個に減り、波長グリッドがLAN-WDMからCWDMになった
- 50G LAN-WDM対応レーザー8個と100G CWDM対応レーザー4個+ギアボックスのどちらが安い？

Thank you

CLAVIS