

光ファイバーネットワークBoF 400G超の光トランシーバについて

Janog56 BoF

2025/7/31

マクニカクラビスカンパニー

阿部野一郎

このBoFは・・・

7月30日に発表されたプログラム

「"さらに"400G超通信におけるMPOコネクタの品質について考えよう」

の延長戦です

発表者紹介



阿部野 一郎

株式会社マクニカ
クラビスカンパニー

略歴：

2003年よりマクニカにてワイヤレス系製品のFAEとして活動
2020年くらいから光通信の分野にも活動の範囲を拡げています

Special Thanks to ...



藤原 稔
NTTアドバンステク
ノロジ株式会社



東 常行
さくらインターネッ
ト株式会社



平田 大祐
さくらインターネッ
ト株式会社

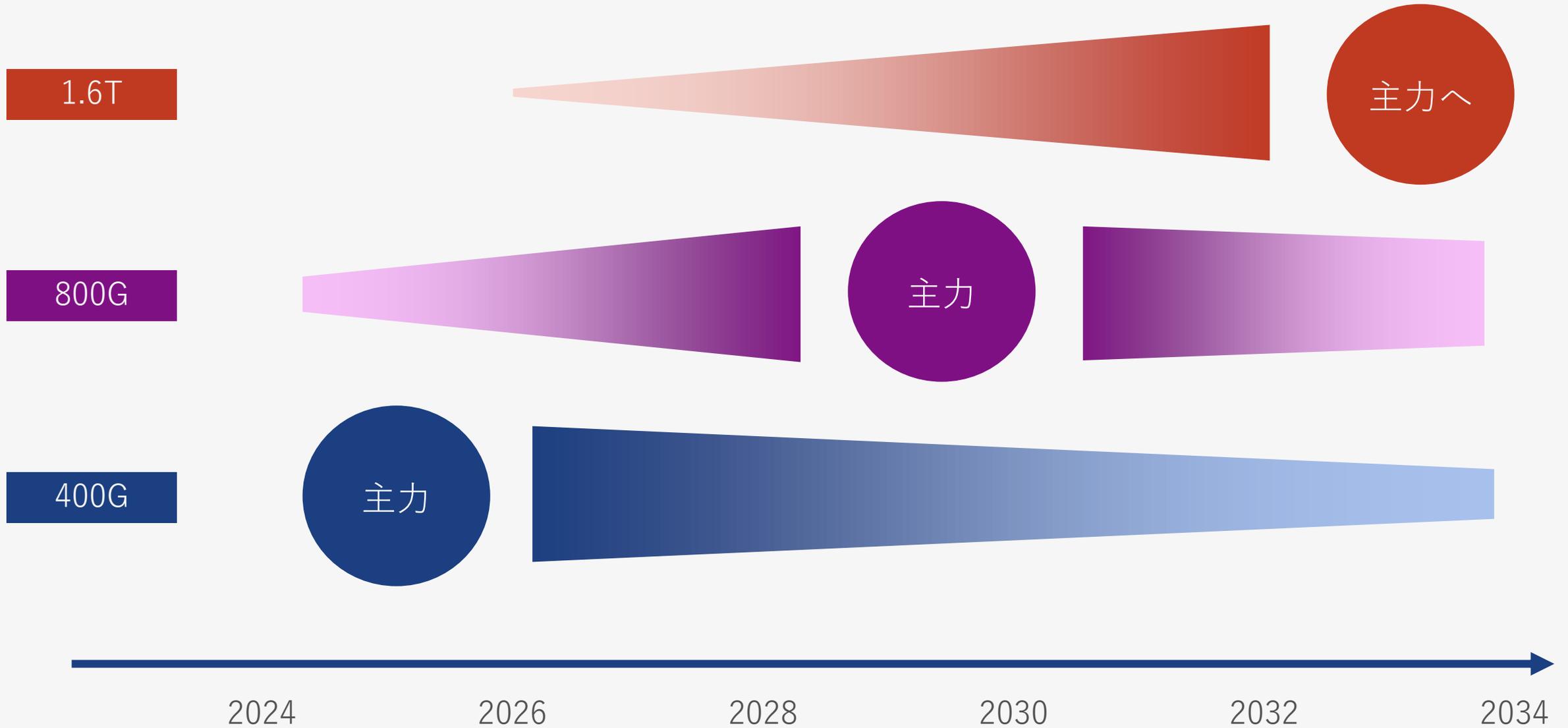


村上 雅之
NTTアドバンステク
ノロジ株式会社



三田村 友也
株式会社マクニカ
クラビスカンパニー

光トランシーバ シェア変遷のイメージ



400G (50Gλ → 100Gλ)

メディア側伝送規格	光コネクタ/ファイバー		最大伝送距離		メディア側構成
SR8	MPO 16	MMF	100m	50Gλ	8x25GBd PAM4
DR4	MPO 12	SMF	500m	100Gλ	4x50GBd PAM4
FR4	Duplex LC	SMF	2km		4x50GBd PAM4

電気側
8x25GBd PAM4
(50Gbps/lane)



50Gλ

光側
8x25GBd PAM4
(50Gbps/lane)



SR8: MMF、リボン、MPO
PC(直角)/APC(斜め)

電気側
8x25GBd PAM4
(50Gbps/lane)



100Gλ

光側
4x50GBd PAM4
(100Gbps/lane)



DR4: SMF、リボン、MPO APC(斜め)
FR4: SMF、単芯、LC、CWDM4

800G (100Gλ → 200Gλ)

メディア側伝送規格	光コネクタ/ファイバー		最大伝送距離	メディア側構成
SR8	MPO 16	MMF	100m	8x50GBd PAM4
2xSR4	Dual MPO 12	MMF	100m	2x(4x50GBd PAM4)
DR8	MPO16	SMF	500m	8x50GBd PAM4
2xDR4	Dual MPO 12	SMF	500m	2x(4x50GBd PAM4)
FR8	Duplex LC	SMF	2km	8x50GBd PAM4
2xFR4	Dual Duplex LC	SMF	2km	2x(4x50GBd PAM4)
FR4	Duplex LC	SMF	2km	4x100GBd PAM4

100Gλ (SR8, 2xSR4, DR8, 2xDR4, FR8, 2xFR4)

200Gλ (FR4)

800G (100G λ → 200G λ)

電気側
50Gb/s PAM4 x 8
(100Gbps/lane)



100G λ

光側
50Gb/s PAM4 x 8
(100Gbps/lane)



SR8: MMF、リボン、MPO
DR8: SMF、リボン、MPO
FR8: SMF、単芯、LC、CWDM8

電気側
(50Gb/s PAM4 x 4) x 2
(100Gbps/lane)



100G λ

光側
(50Gb/s PAM4 x 4) x 2
(100Gbps/lane)



2xSR4: MMF、リボン、Dual MPO
2xDR8: SMF、リボン、Dual MPO
2xFR8: SMF、単芯、Dual LC、2xCWDM4

電気側
50Gb/s PAM4 x 4
(100Gbps/lane)



200G λ

光側
100Gb/s PAM4 x 4
(200Gbps/lane)



FR4: SMF、単芯、LC、CWDM4

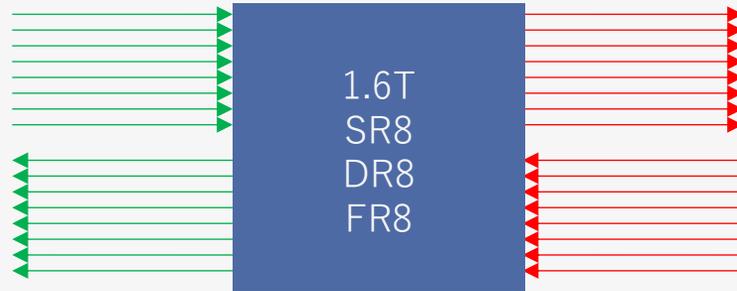
1.6T (200Gλ)

メディア側伝送規格	光コネクタ/ファイバー		最大伝送距離	メディア側構成
SR8	MPO 16	MMF	30m	8x100GBd PAM4
2xSR4	Dual MPO 12	MMF	30m	2x(4x100GBd PAM4)
DR8	MPO16	SMF	500m	8x100GBd PAM4
2xDR4	Dual MPO 12	SMF	500m	2x(4x100GBd PAM4)
FR8	Duplex LC	SMF	2km	8x100GBd PAM4
2xFR4	Dual Duplex LC	SMF	2km	2x(4x100GBd PAM4)

200Gλ

1.6T (200G λ)

電気側
100GBd PAM4 x 8
(200Gbps/lane)



200G λ

光側
100GBd PAM4 x 8
(200Gbps/lane)



SR8: MMF、リボン、MPO
DR8: SMF、リボン、MPO
FR8: SMF、単芯、LC、CWDM8

電気側
(100GBd PAM4 x 4) x 2
(200Gbps/lane)



200G λ

光側
(100GBd PAM4 x 4) x 2
(200Gbps/lane)

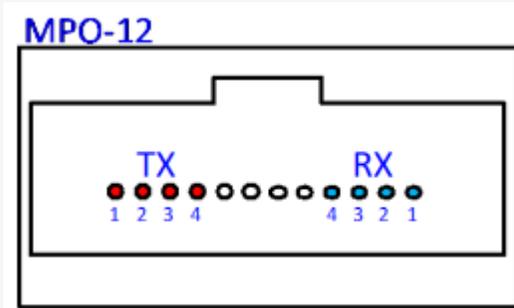


2xSR4: MMF、リボン、Dual MPO
2xDR8: SMF、リボン、Dual MPO
2xFR8: SMF、単芯、Dual LC、2xCWDM4

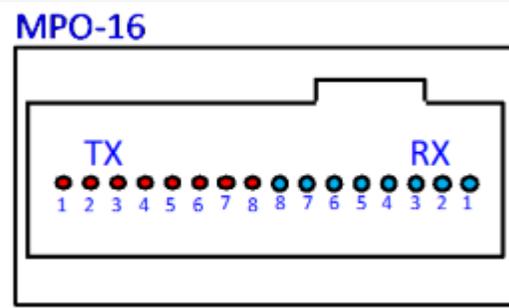
200G λ 対応のASICの例：

<https://ip.broadcom.com/products/ethernet-connectivity/switching/strataxgs/bcm78910-series>

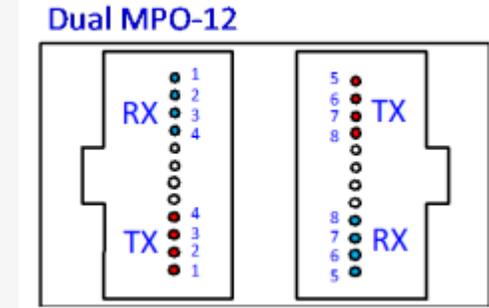
QSFP-DD MSAに見るメディア側の構成



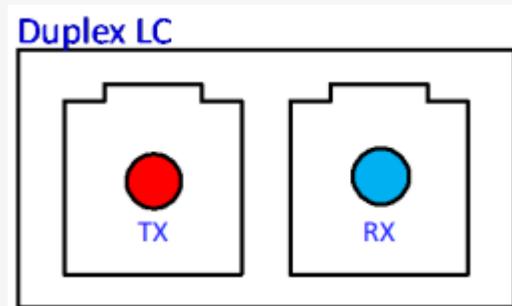
SR4, DR4



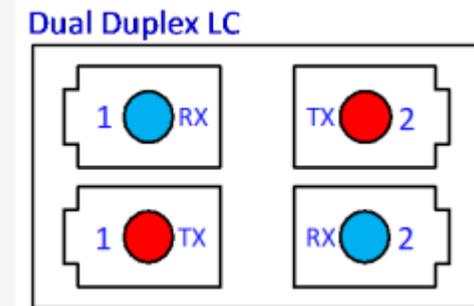
SR8, DR8



2xSR8, 2xDR8



FR4, FR8



2xFR4

出典：QSFP-DD MSA

<http://www.qsfp-dd.com/wp-content/uploads/2024/07/QSFP-DD-Hardware-Rev7.1.pdf>

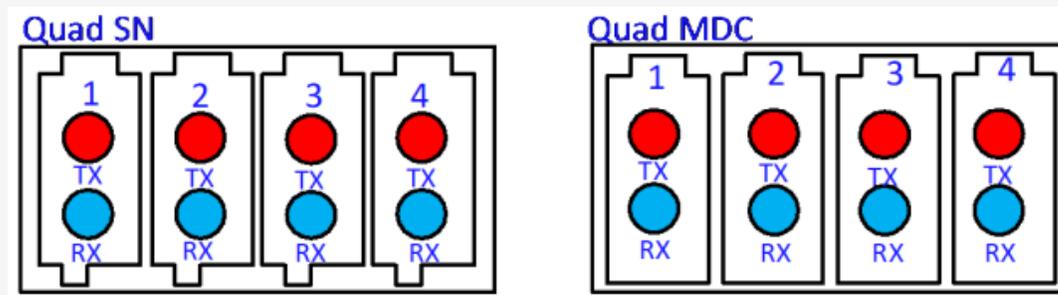
この先は . . .

レーン数 → 16レーン？

シンボル数 → PAM8？

シンボルレート → 200GBd？

単芯で16レーン



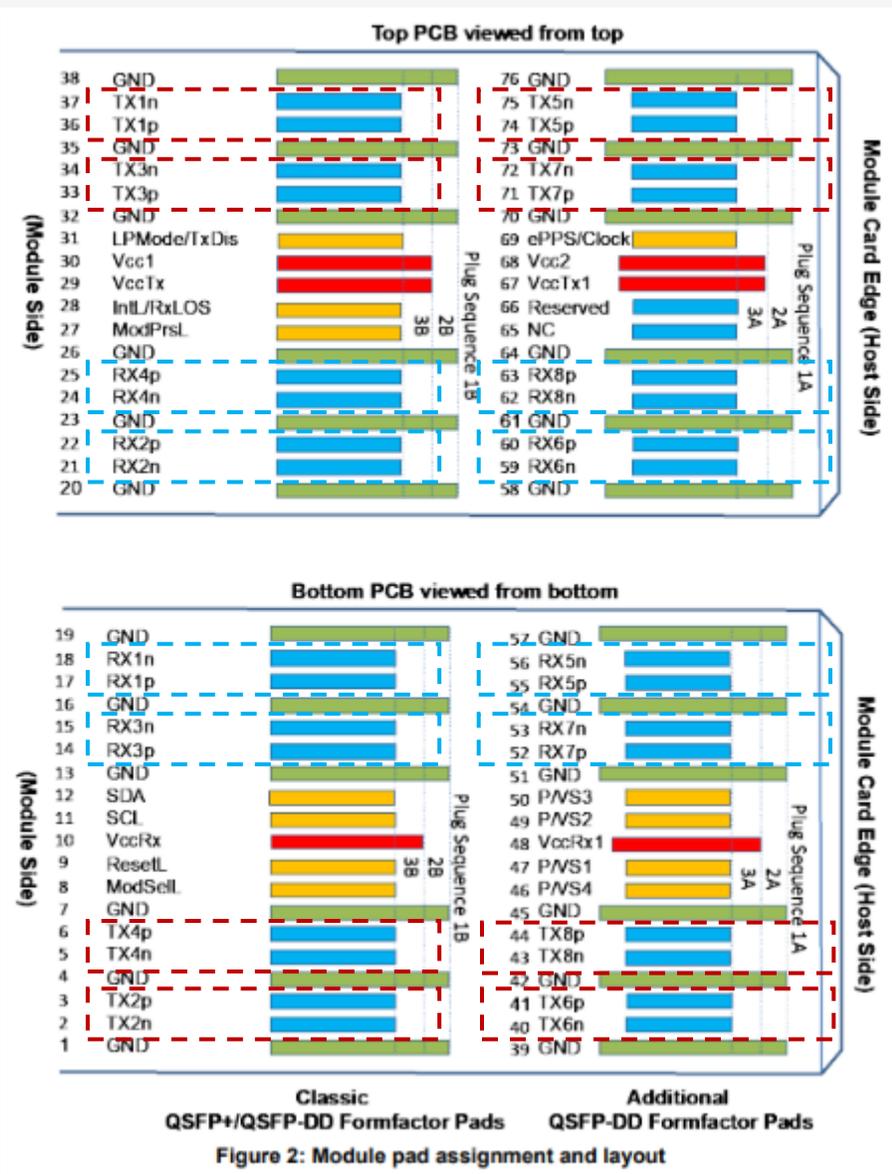
出典：QSFP-DD MSA

<http://www.qsfp-dd.com/wp-content/uploads/2024/07/QSFP-DD-Hardware-Rev7.1.pdf>

電気側もたいへん

送信8レーン

受信8レーン



制御信号、電源

- 両面使う
- レーンの間にGND
- TxとRxの間に制御信号
- 挿入時：GND→電源→信号の順
- OSFPはほぼ同じ
- OSFP-XDはこの倍

消費電力

ざっくりこんな感じでしょうか・・・



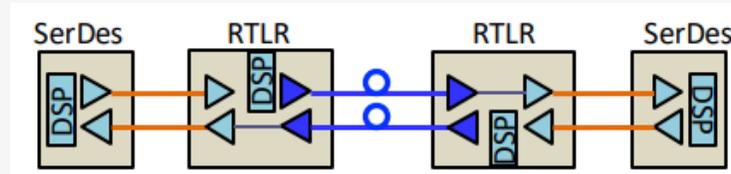
電力供給できる・できない
冷やせる・冷やせない・ポートによる

LPO

- FRO Full Retimed Optics Tx/Rx共にDSP
- RTLR Re-timed Tx Linear Rx TxのみDSP
- LPO Linear Pluggable Optics DSPなし

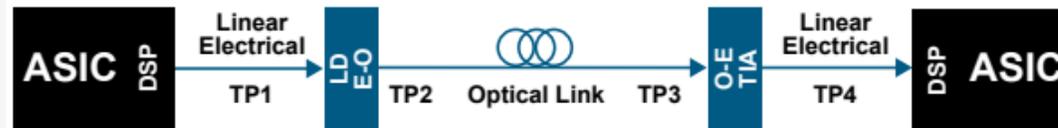
消費電力大
-30%くらい?
-50%くらい?

RTLR



出典 : OI https://www.oiforum.com/wp-content/uploads/OIF_EEI_Interop_Demo_OFC25.pdf

LPO



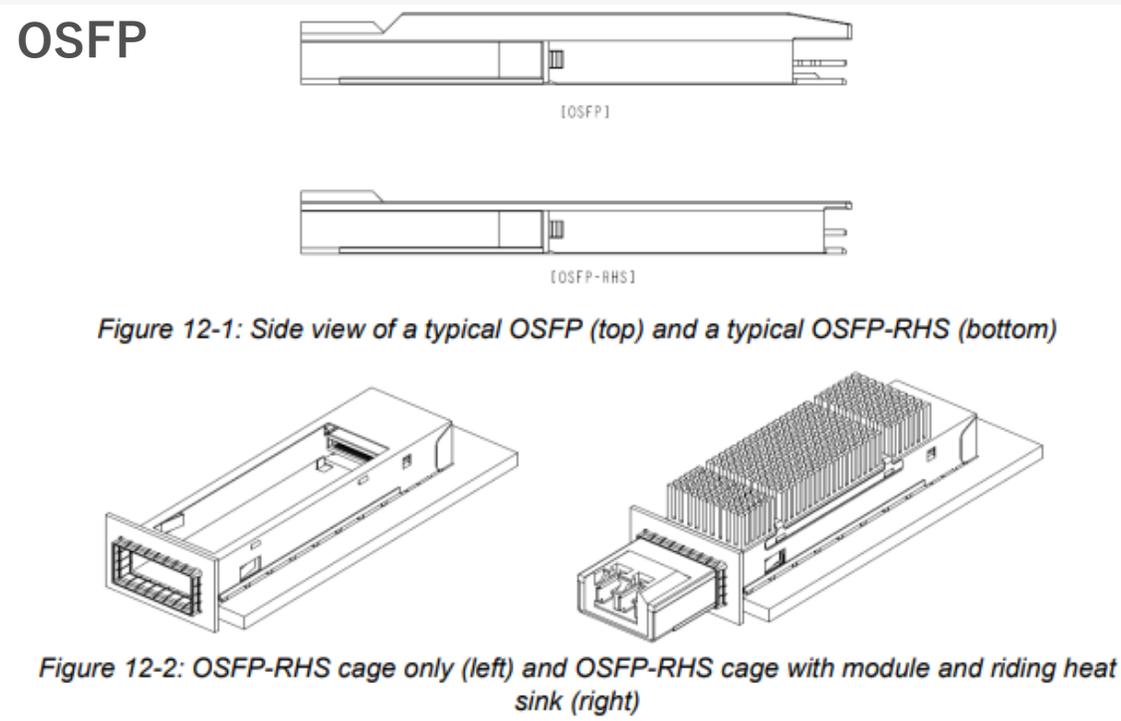
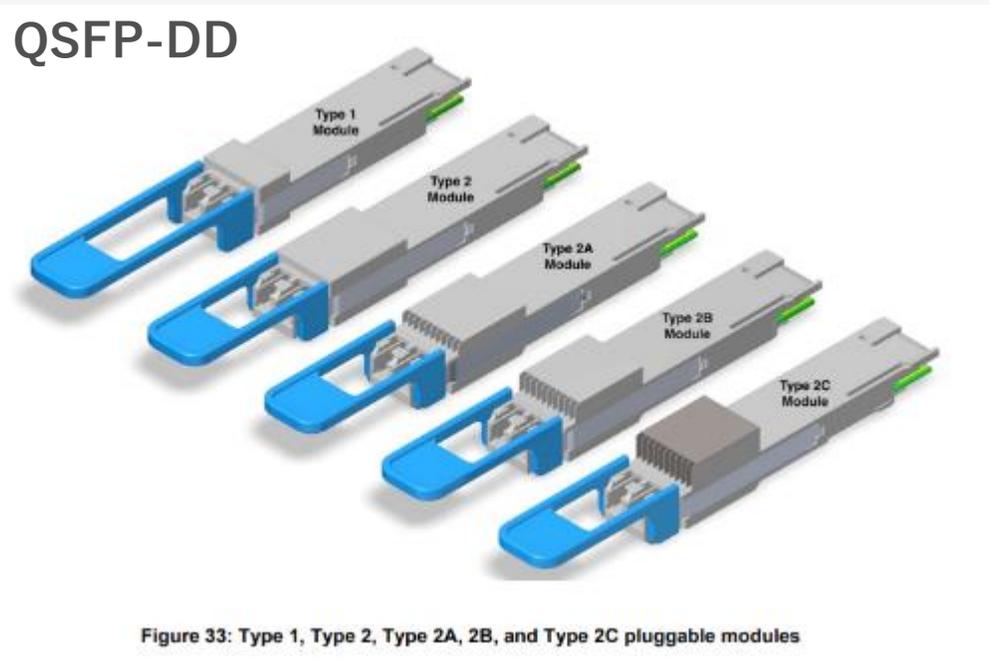
出典 : LPO MSA https://www.lpo-msa.org/files/live/sites/lpomsa/files/specs/LPO%20White%20Paper_091824.pdf

LPO

- 100G λ はLPO MSAにて規格化されている
https://www.lpo-msa.org/files/live/sites/lpomsa/files/specs/LPO_MSA_Specification_v1p01.pdf
- リリースされているトランシーバあり、OSFP 800G DR8
<https://www.juniper.net/jp/ja/company/press-releases/2025/pr-2025-06-19-00-00.html>

RTLR別名
Linear Receive Optics: LRO
Transmit Retimed Optics: TRO
Analog Receive Optics: ARO
Half Linear Optics : HALO

QSFP-DDとOSFP



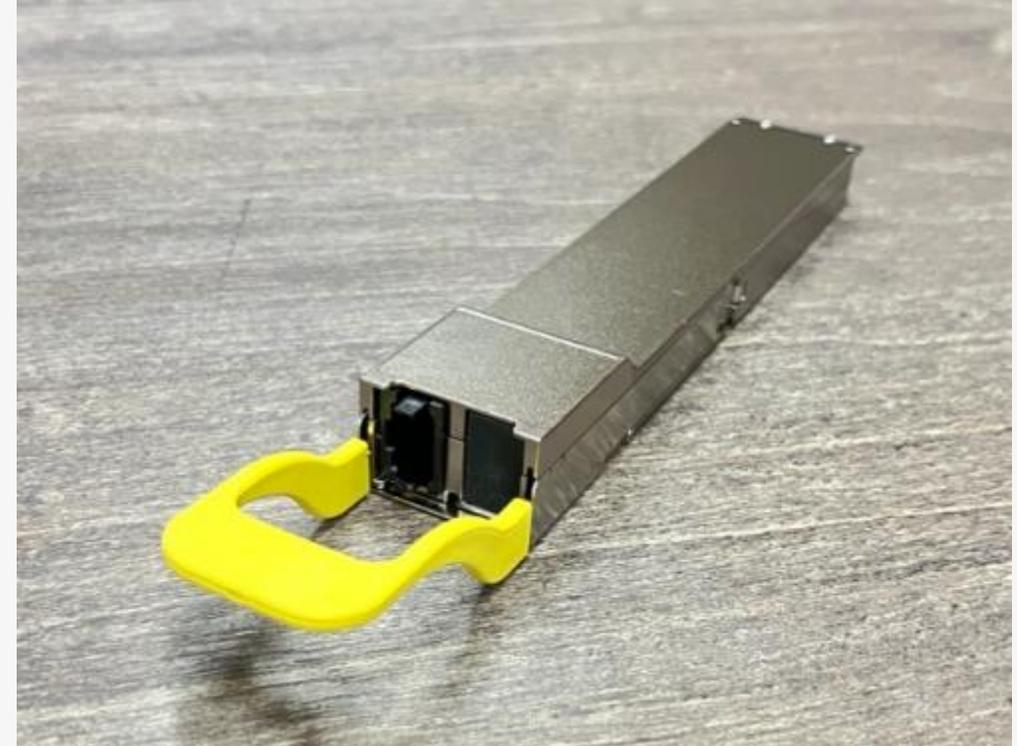
「ヒートシンクあり・なし」がある！

出典：

QSFP-DD MSA <http://www.qsfp-dd.com/wp-content/uploads/2024/07/QSFP-DD-Hardware-Rev7.1.pdf>

OSFP MSA https://osfpmsa.org/assets/pdf/OSFP_Module_Specification_Rev5_21.pdf

フィンがないOSFP-RHS



OSFP-XD

OSFP-XD

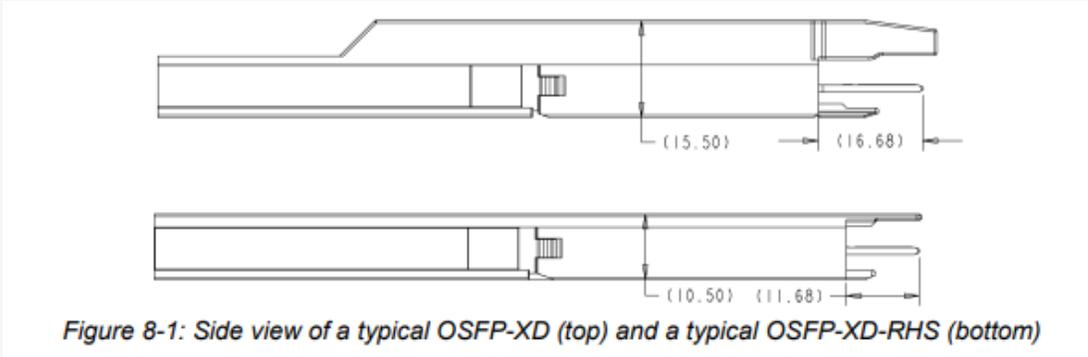


Figure 8-1: Side view of a typical OSFP-XD (top) and a typical OSFP-XD-RHS (bottom)

XDにも「ヒートシンクあり・なし」がある！

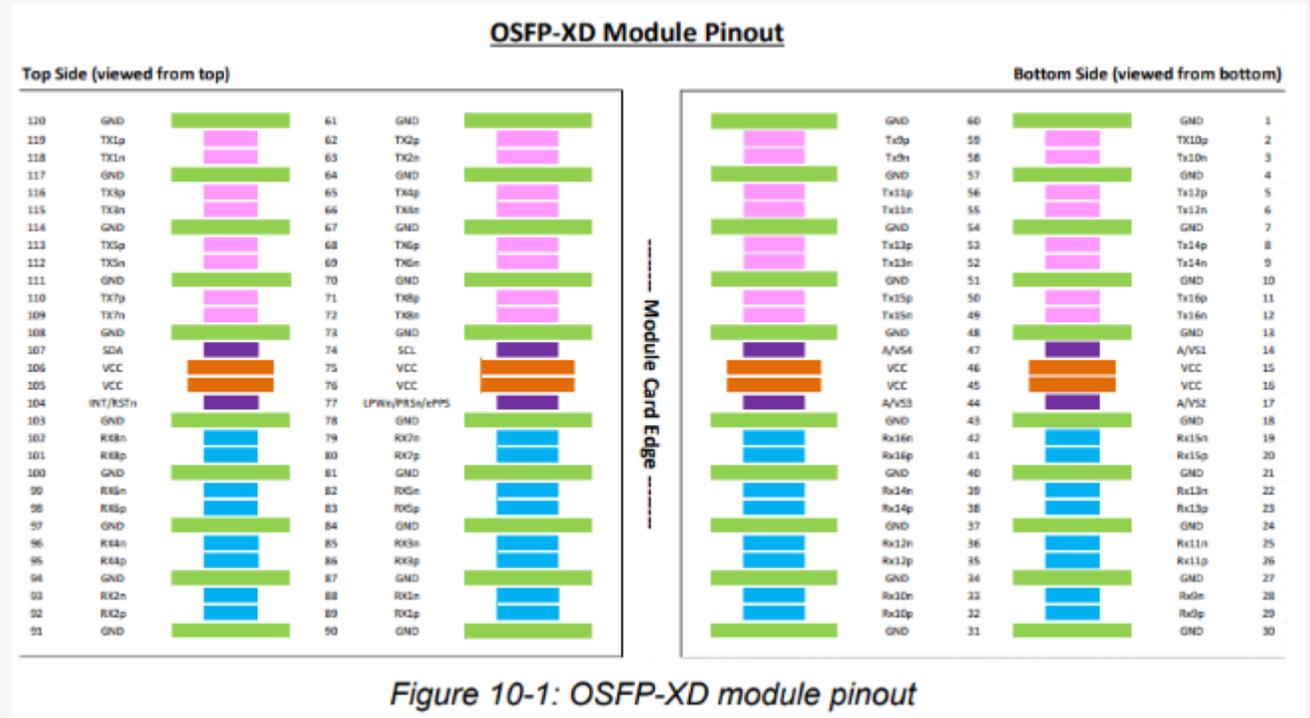


Figure 10-1: OSFP-XD module pinout

電気側が16レーンまでである！
QSFP-DDやOSFPの倍

出典：
OSFP-XD MSA https://osfpmsa.org/assets/pdf/OSFP-XD_Specification_Rev1.1.pdf

DCO

- 長距離大容量通信でよく聞く デジタルコヒーレント方式について考えてみるBoF
 - Janog 54 BoF https://www.janog.gr.jp/meeting/janog54/wp-content/uploads/2024/07/digital_coherent_bof-1.pdf
- IP over DWDMについて考えるBoF
 - Janog 56BoF
 - 明後日 8月1日(金) 13:30~15:00@601大会議室

メディア側伝送規格	光コネクタ/ファイバー		最大伝送距離	メディア側構成
400G ZR/ZR+	Duplex LC	SMF	1100km (ZR+, CD耐力)	50GBd DP-16QAM
800G ZR/ZR+	Duplex LC	SMF	1100km (ZR+, CD耐力)	100GBd DP-16QAM

キーワードでまとめ

- 50G λ、100G λ、200G λ
- 4レーン、8レーン
- PAM4 (2bit/symbol)、PAM8 (3bit/symbol)
- QSFP-DD、OSFP、OSFP-XD
- FRO、RTLRL、LPO
- DCO、16QAM (4bit/symbol)



- ・本資料に記載されている会社名、商品またはサービス名等は各社の商標または登録商標です。なお、本資料中では、「™」、「®」は明記していません。
- ・本資料のすべての著作権は、第三者または株式会社マクニカに属しており、(著作権法で許諾される範囲を超えて) 無断で本資料の全部または一部を複製・転載等することを禁じます。
- ・本資料は作成日現在における情報を元に作成されておりますが、その正確性、完全性を保証するものではありません。