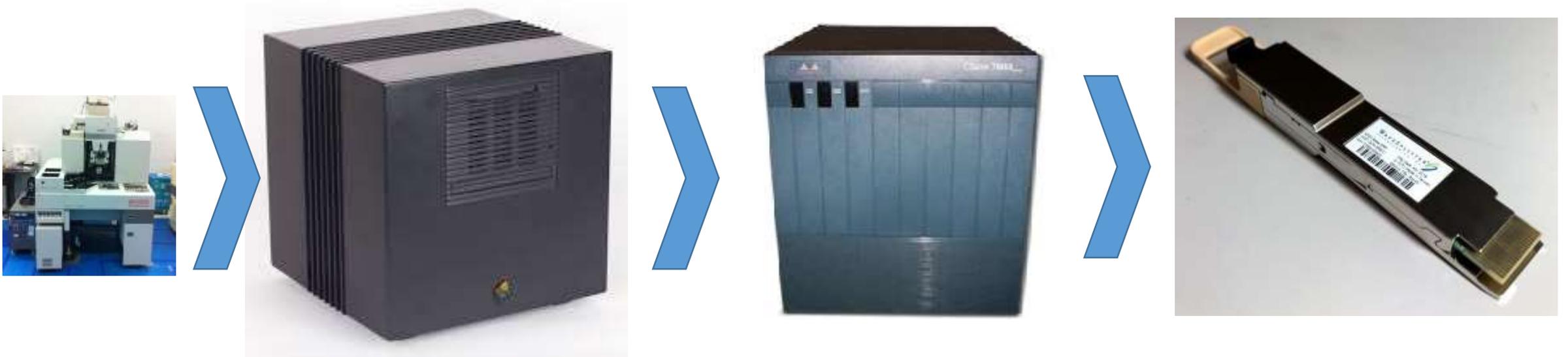




JANOG44 DCIの基礎

morikawa@wavesplitter.jp

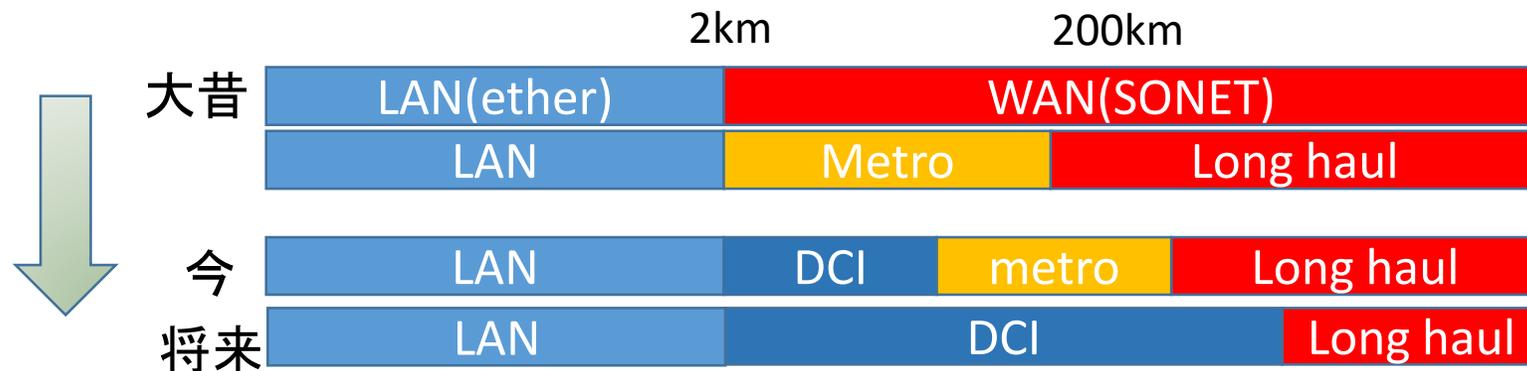
自己紹介



- だんだんと低いlayerに

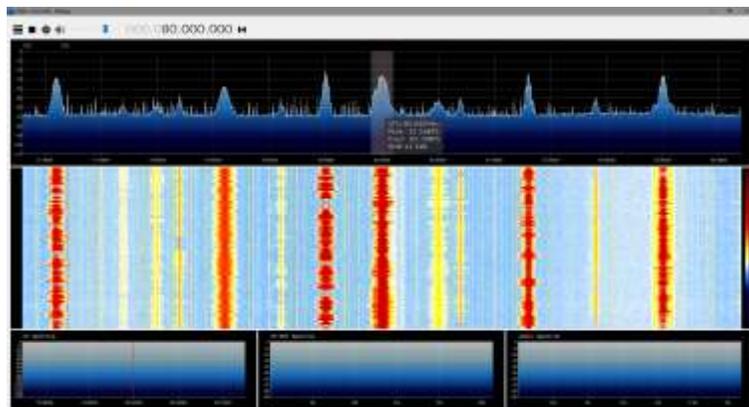
Data Center Interconnect

- 建物間の距離で2km-50km、ケーブル距離で10k-80k程度
- 途中に増幅アンプを必要としない構成
- 建物内のバックボーンにほぼ近い帯域が欲しい
- ダークファイバー活用法とも言える
- データセンター間でも東京-大阪とか大阪-札幌とかは別

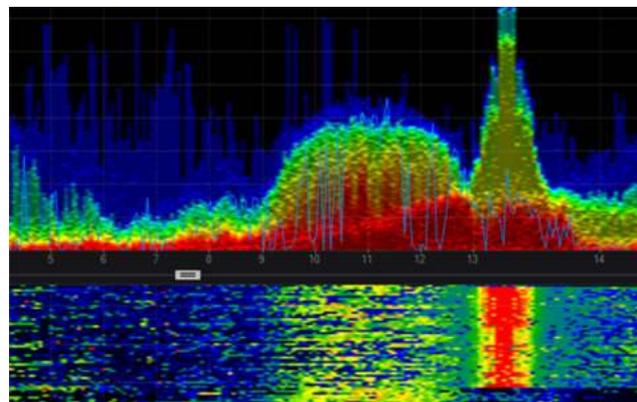


波長多重の必要性

- 建物間のファイバーは勝手に工事できない
- 一对の光ファイバーで複数のパスを確保する
- 電波によるラジオ放送と同じ、wifiと同じ



FMラジオ76-108Mhz

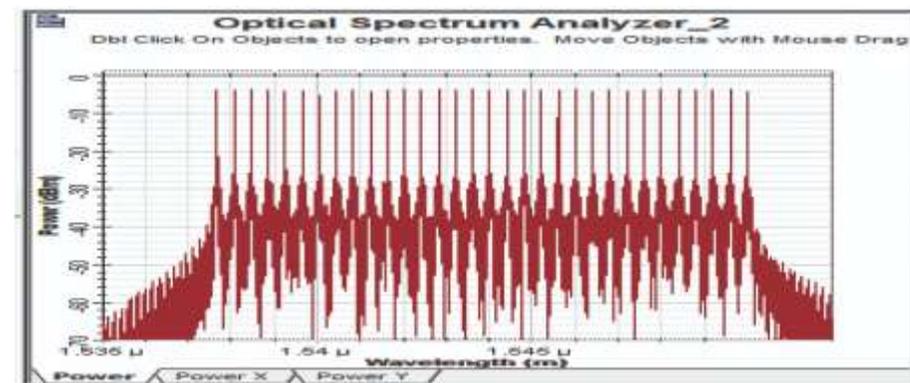


WiFi 2.4Ghz

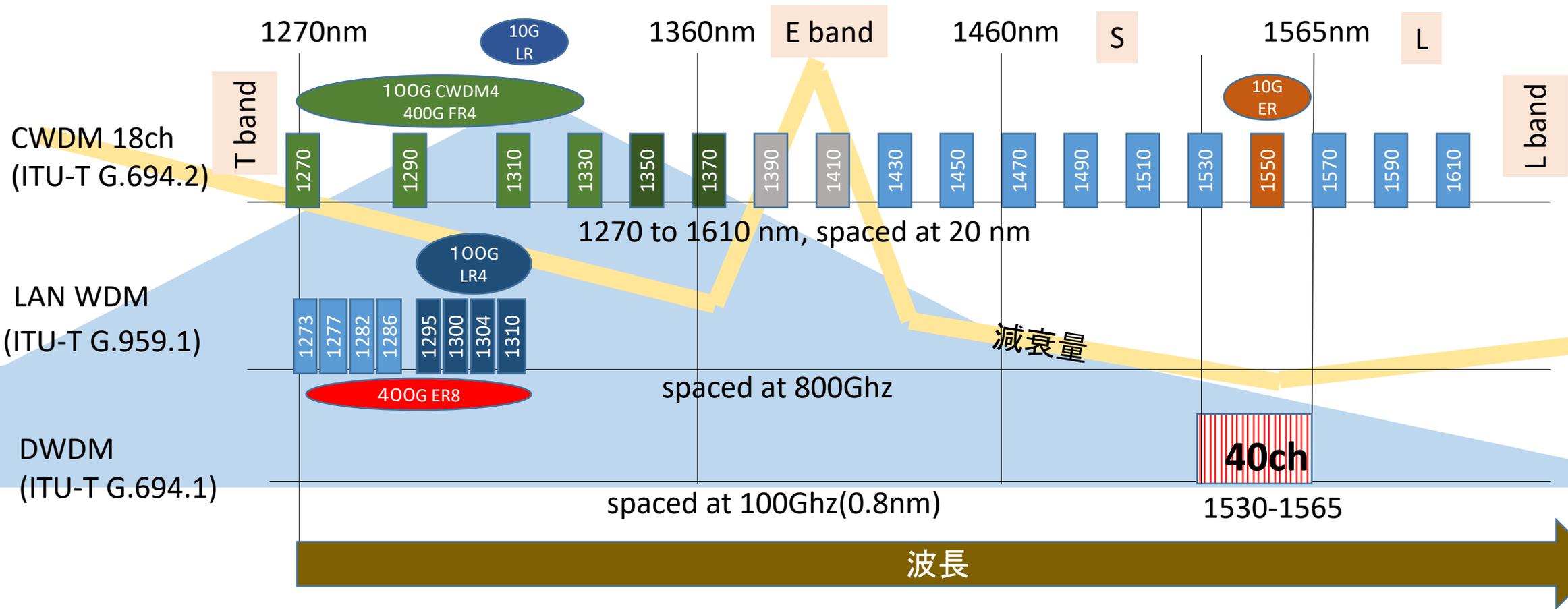
周波数



193.1Thz



波長多重の標準規格



- 波長定義と周波数定義の違い、チャンネル番号が逆になる

DWDM波長グリッド(ITU-T G.694.1)

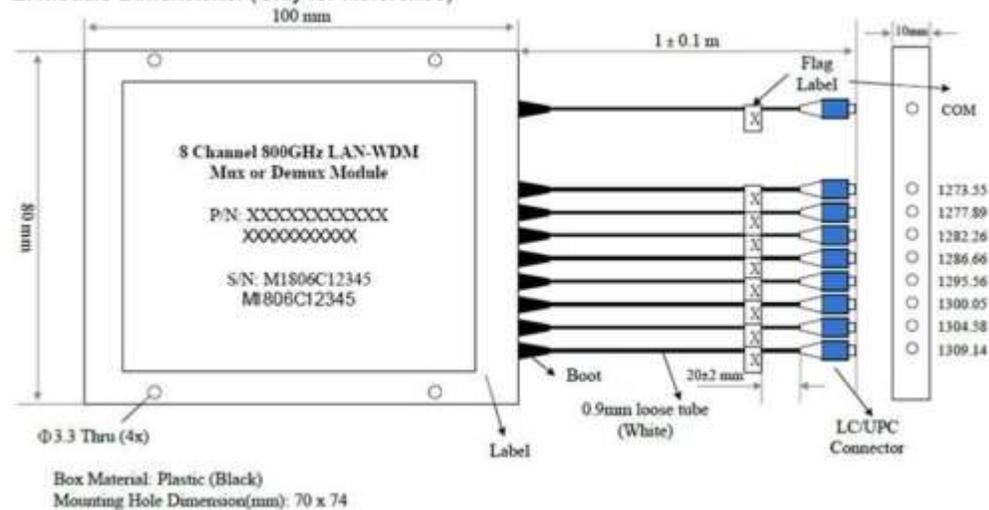
- 12.5Ghz x n間隔
- 100G gridの定義は193.1Thz +- 100Ghz x n
 - 190.0Thz + 100GHz x ch
 - 40ch(20-59)
- 伝送装置では2002年頃対応製品が登場
- Ch番号はITU定義ではないので波長で表現する製品が多い
- 波長= 3E8(光速) / 周波数

ch	THz	nm
17	191.7	1563.86
18	191.8	1563.05
19	191.9	1562.23
20	192.0	1561.41
59	195.9	1530.33
60	196.0	1540.56
61	196.1	1528.77

光MUX/DEMUX

- 複数の波長を一つのファイバーに乗せる:MUX
- 一本のファイバーから特定の波長を取り出す:DEMUX

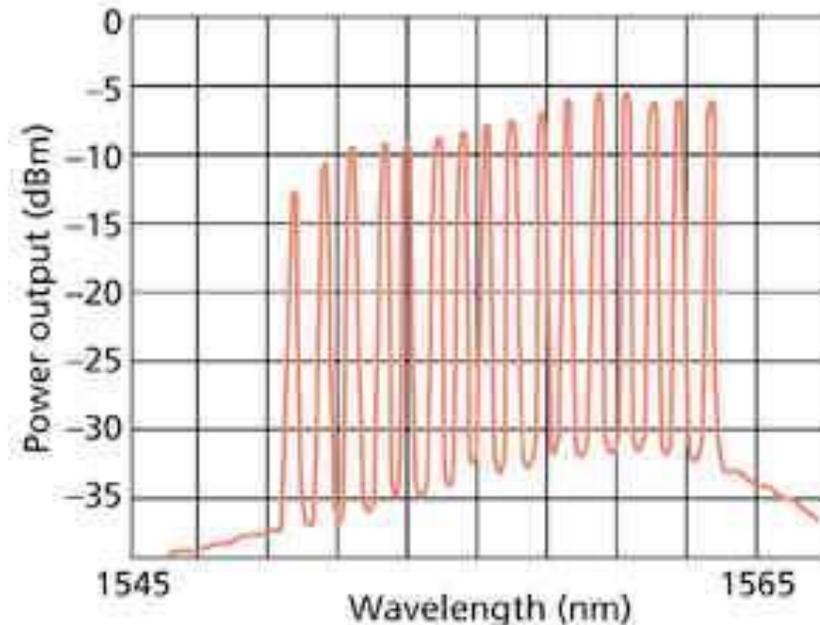
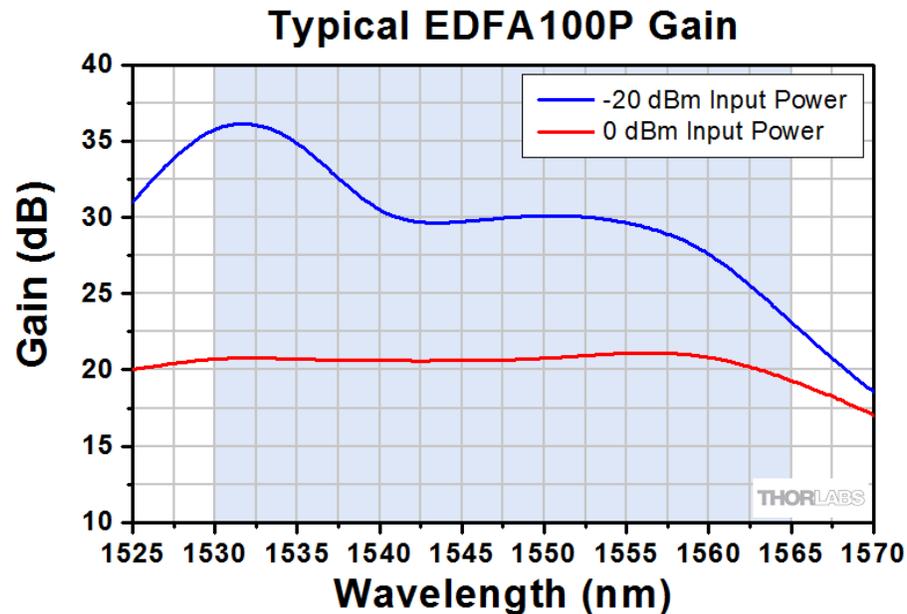
2. Module Dimensions: (Only for Reference)



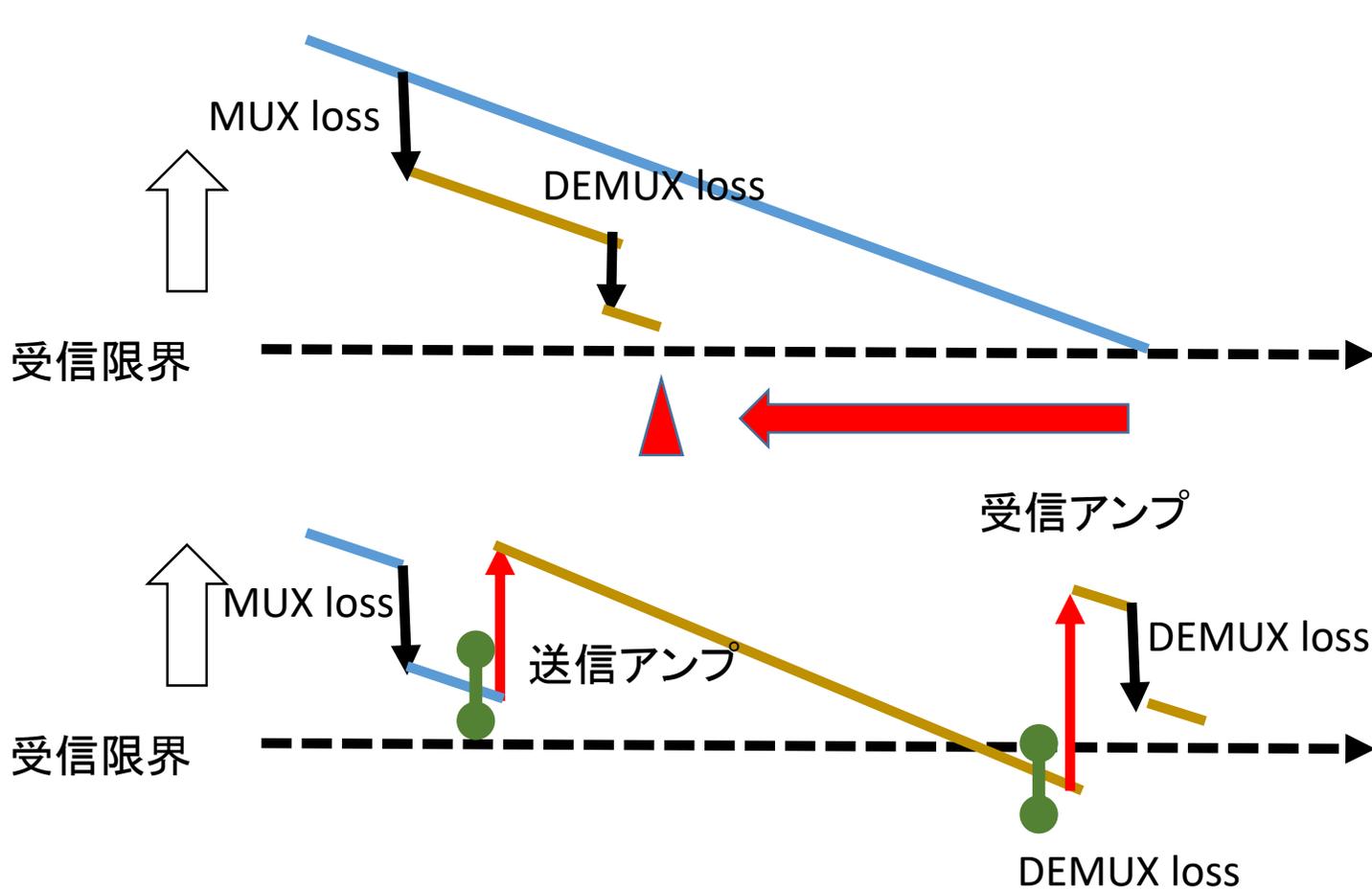
- 波長数が多いほど減衰が大きい
 - 波長グリッドが狭いほど減衰が大きい
- 一般にDWDM用のMUX/DEMUXは減衰を補うアンプと併用
4ch CWDMだとアンプ無しでも使える

光アンプの性質

- 光アンプはある幅全体を増幅するので多重した信号の増幅が簡単
- 多重した後で増幅すればアンプは一つで済む
- 多重数が多くても消費電力は変わらない

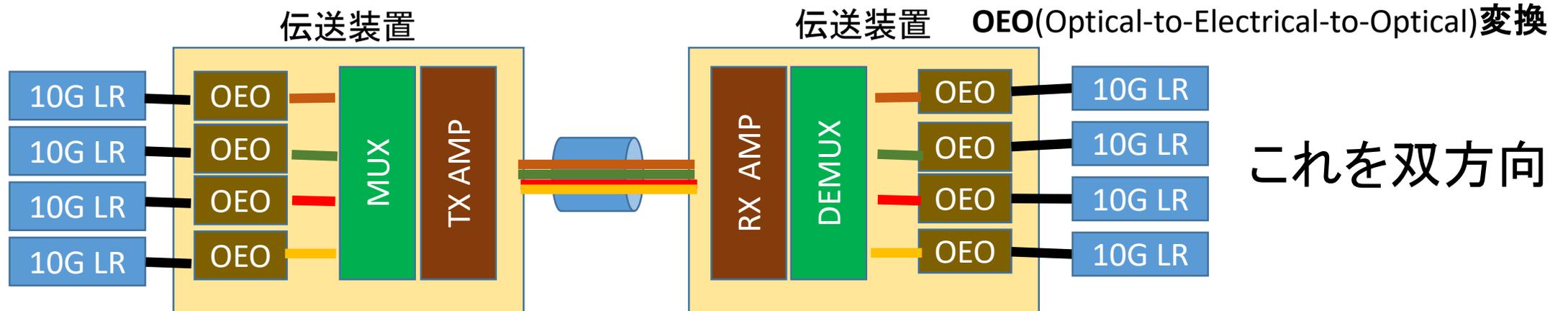


MUX/DEMUXによる波長多重

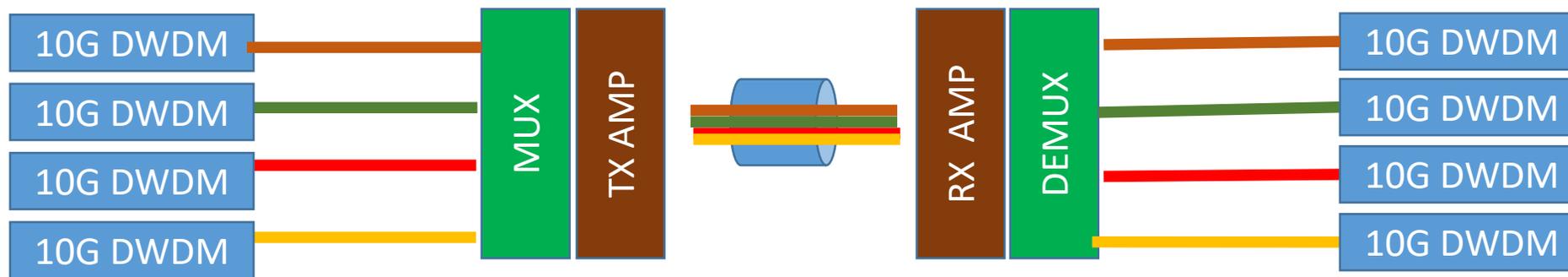


- MUX/DEMUXで減衰した分を補わないと到達距離が著しく短くなる。
- 光アンプは入力レベルの管理が重要
- 経路全体での減衰量と増幅量の設計が必要
- 多重時の信号強度のバラツキも最小限に

DWDM伝送装置の中身



- C band対応の波長指定ができるトランシーバーを使うとDWDM伝送装置の主要な部分が必要なくなる。



光信号処理部分では伝送速度にあまり関係ないので、トランシーバー次第で実効レートを上げられる
短距離なら光アンプも要らない

tunable vs 固定波長

- 波長がconfigで指定できるタイプ
 - 対応している機器が必要
- 波長が固定されているタイプ
 - 工場出荷時に調整され製品型番に記載
 - LAN用の機器でも使用可能
- 波長が特殊なツールで設定できるタイプ
 - 内部の不揮発性メモリーに設定を書き込む
 - LAN用の機器でも使用可能
 - 在庫管理が容易だが高価



CWDM固定波長タイプ

波長多重のコスト vs ファイバー芯数のコスト

- 従来は、波長多重を行う装置は高価でありその管理の手間もかかることから、長距離区間に向いているとされていた。
- しかし、現在では波長多重装置のコストは大幅に下がり建物の縦方向などもっと短距離でも利用するメリットがある。

- で、西野さんへ

100G/400G高速化への道

伝送の基礎その1：光ファイバーの特性



10G ER 1550nm

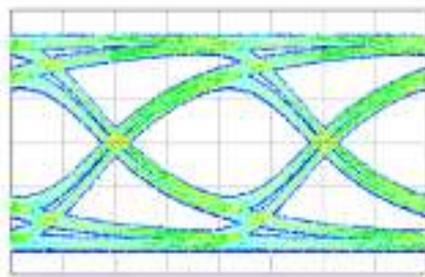
25G ER 1310nm

	マルチモード	シングルモード O band	シングルモード C band
波長	850nm	1310nm	1550nm
距離減衰	大(3.0dB/km)	中(0.4dB/km)	小(0.3dB/km)
変調速度	中(25G+)	大(50G+)	小(10G+)

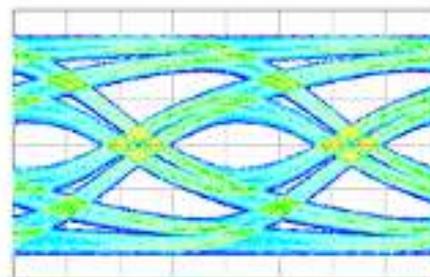
伝送の基礎その2：変調速度

$$\text{データ帯域} = \text{変調速度} \times \text{符号密度}$$

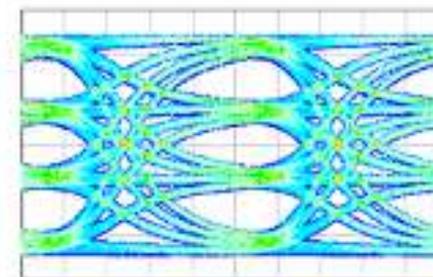
- 変調速度を上げるのは物理的な限界との戦い
- 符号速度を上げるのは消費電力との戦い
 - DSPによる複雑な処理が必要



10G NRZ



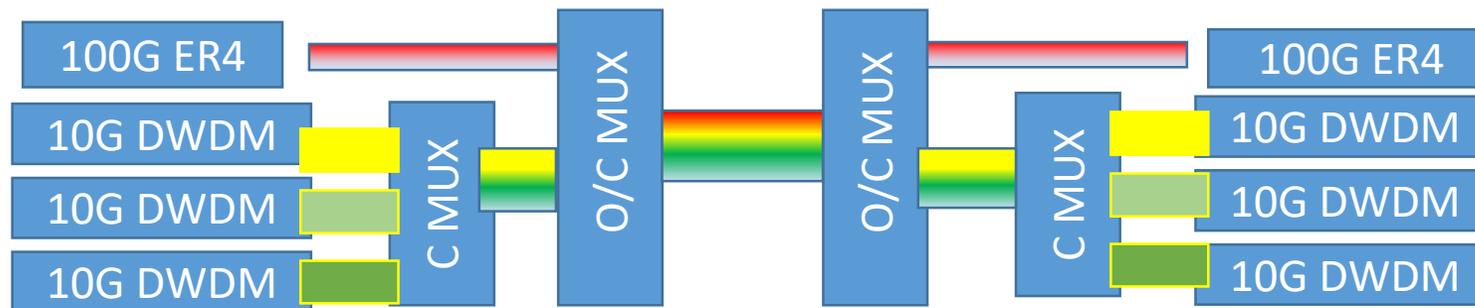
25G NRZ



56G PAM-4

多重しないなら

	伝送方式	入手時期	コスト	Loss budget(O band)	想定距離
100G ER4lite	25G x 4波	今	片側100万円	18dB	40km
100G ER	50G x 2 bit	ちょっと先	片側200万円	18dB	40km
400G LR4	50G x 2 bit x 4波	そろそろ？	片側800万円？	8.4dB	10km
400G ER8	25G x 2 bit x 8波	ちょっと先	片側二千万円？	21.9dB	40km



O bandで100G/400G C band で10G DWDMのハイブリッド

多重するなら

- コヒーレントラインカードを使う (CFP2 coherent トランシーバー)
- ColorZ の様な C band 50G bps x 2 の トランシーバーを使う
- 400G ZR を待つ、2021 年になるんじゃないかと
 - 64G baud DP-16QAM (64G x 2 x 4 = 512Gbps)
- 400G 対応の変調装置を使う
 - 200G x 2 のタイプは既に販売されている
 - 400G x 1 の製品も登場する

