

ビー・ビー・バックボーンを考える 400ZR/ZR+モジュール活用案

BB Backbone Corporation
Janog 51 Meeting 2023/01/27

先ず初めに自己紹介

1.氏名 佐藤 靖彦(Yasuhiko Sato)

2.職歴



日本テレコム



SoftBank Telecom



SoftBank

担当業務は伝送と専用線の開発・設計構築

2020年4月～



3.所属 プロダクト技術開発部

- ・ 光伝送サービスの開発・設計構築
- ・ ダークファイバーのサービス設計

ここにお集まりの皆さんは

- Ethernetリンクの広帯域化推移

はご存じと思います。



そこで今回、
Etherリンクの広帯域化に役立てる

“400G ZR/ZR+の活用案”

をテーマにあげさせて頂きました。



- ・ 400GbEリンク構成パターンの違い
- ・ 400G ZR/ZR+と波長貸しの構成
- ・ フィールド検証内容と結果

の3つについて今年度新卒で
学びながら検証メンバーとして
参加した加藤大貴くん
紹介してもらおうと思います。



About me

- 加藤大貴(かとう ひろき)
- 2022年4月入社の新卒
- 光伝送の設計/構築を担当
- 最後に光について学んだのは中学1年生の理科?
→10Gまでしか知らなかった素人が400G伝送検証に。



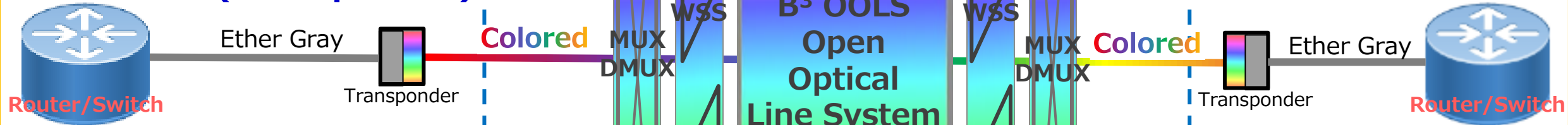
WDM...?
波長分散...?
OSNR...?
LR,ER,ZR...?
400G...!?!?

BBBが考える400GbEネットワークの構成例

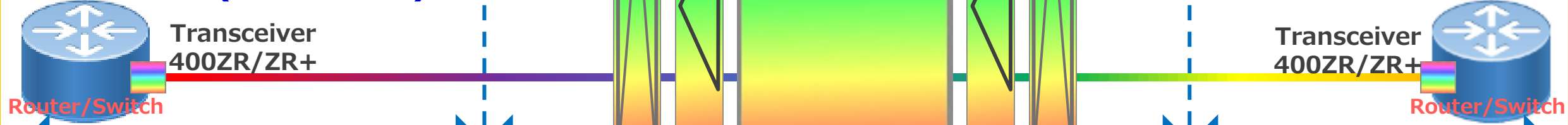
1. 超広帯域専用線



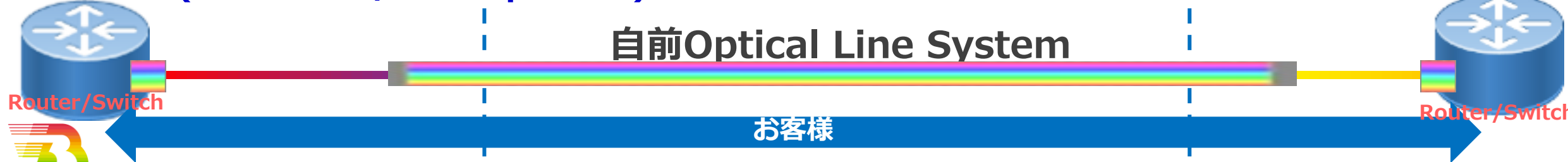
2-1. 波長貸し(Transponder)



2-2. 波長貸し(IPoDWDM)



3. 芯線貸し(IPoDWDM/ Transponder)



お客様

B³ Spectrum

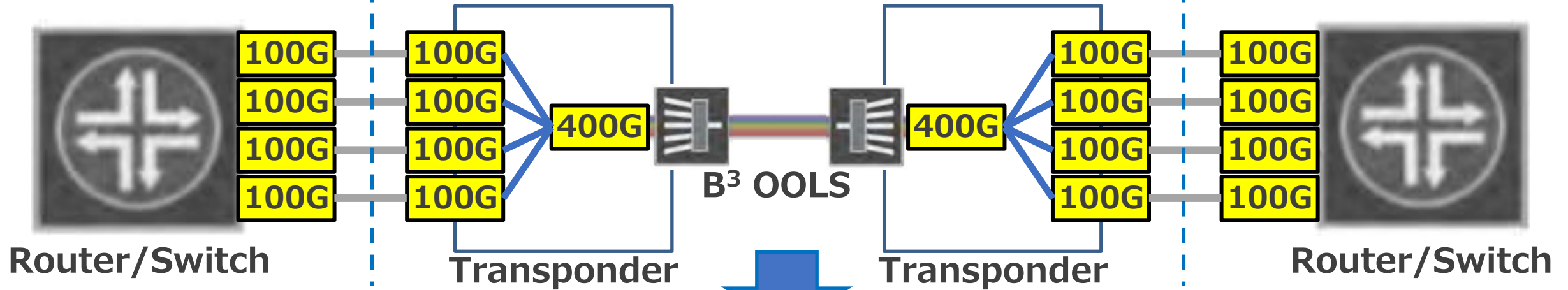
お客様

お客様

IPoDWDM構成のメリット

Transponderあり

トランスポンダにてEther/Optical(LAN/WAN)変換が必要



Transponderなし

OLSのMUX部へ直接接続可能

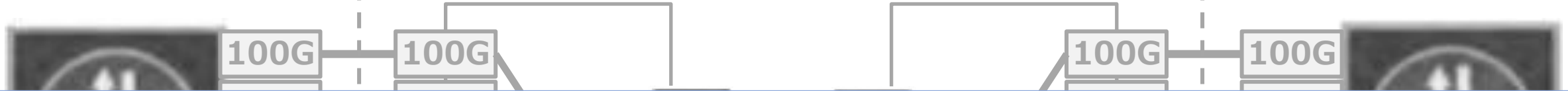


トランスポンダ機能の集約による省スペース/省電力/コスト削減

IPoDWDM構成のメリット

Transponderあり

トランスポンダにてEther/Optical(LAN/WAN)変換が必要



400ZR/ZR+の活用方法として、
“波長貸し(IPoDWDM)”の構成で検証することに。



トランスポンダ機能の集約による省スペース/省電力/コスト削減

検証の前段として課題アリ？

1. 知識の問題

知識もない中のどのように取り組もうか？そもそも構成を理解するのもにも時間がかかる上、各規格値が何を表しているのかわからない。

2. 機器構成の問題

ZR/ZR+の最小送信パワーは、Router/Switchに直接実装可能なように消費電力の観点から-10dBmで規格化されている。そのためB³ OOLSの入力レベル範囲に満たない。

→解決策:OOLS前で光を増幅するアンプを加えた構成に。

3. 到達性の問題

そもそも到達するのか？実測した規格値は規格範囲内に収まるのか？



やってみないとわからない。とにかくやってみよう

ZR/ZR+の規格値は？

400ZR/ZR+	規格値範囲	
項目	OIF規格値(400ZR)	OpenZR+ 規格値(400ZR+)
CD(Chromatic Dispersion)(波長分散)	<2400[Ps/nm]	<20000[Ps/nm]
DGD(Differential Group Delay) (群速度遅延差)	<28[Ps]	<50[Ps]
PDL(Polarization Dependent Loss) (偏光依存損失)	<2[dB]	<2[dB]
OSNR(光信号対雑音比)	>26[dB]	>24[dB]
SOP ROC (State of Polarization Rate of Change:偏波変動)	<50[krad/s]	<50[krad/s]
Tx Power(送信電力)	-10~-6[dBm]	-10~-6 [dBm]
Rx Singnal Power(受信信号電力)	-12~0[dBm]	-12~0[dBm]
Pre-FEC-BER	<1.25E-02	<2.00E-02
Post-FEC-BER	<1.00E-15	<1.00E-15

ZR/ZR+の規格値は？

400ZR/ZR+	規格値範囲	
	項目	OIF規格値(400ZR)
CD(Chromatic Dispersion)(波長分散)	<2400[Ps/nm]	<20000[Ps/nm]

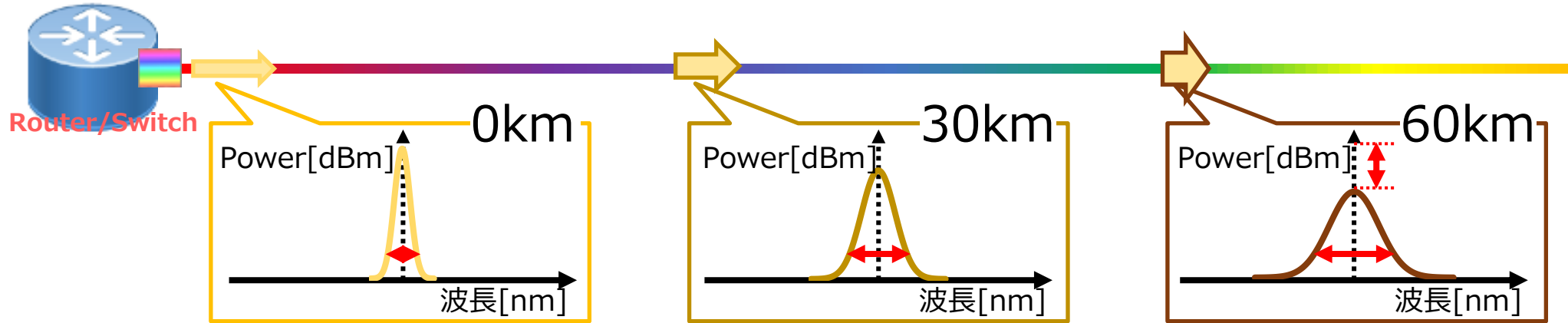
規格値が意味することは何なのか？
一つずつ読み解いていくことに。

Pre-FEC-BER	<1.25E-02	<2.00E-02
Post-FEC-BER	<1.00E-15	<1.00E-15

各規格値が意味することは？

4分類

- 単純な机上計算で求めることが可能な値
 - CD(波長分散)
波長が異なると伝搬速度も異なるため光パルスの幅が広がる現象のこと
その量は距離に依存するため、距離がわかればおおよその値がわかる



- ファイバの環境によって変化する値
 - SOP ROC(偏波変動)
ファイバ中の偏波状態(SOP)の瞬間変動値のこと
 - OSNR(光信号対雑音比)
光レイヤにおける光スペクトルの信号強度と雑音強度の比のこと

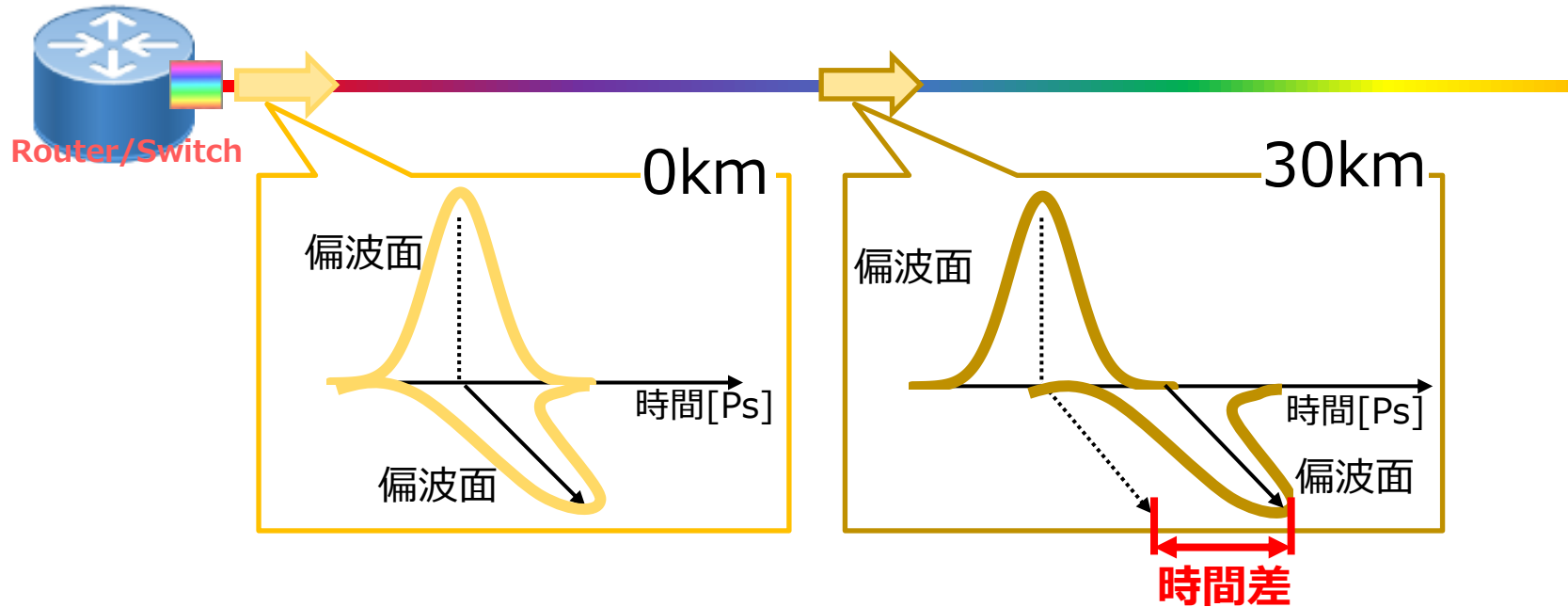
各規格値が意味することは？

4分類

- ファイバの環境によって変化する値

➤ DGD(群速度遅延差)

偏波面(垂直,水平)がズレて伝搬される現象においてズレた偏波の時間差のこと



➤ PDL(偏光依存損失)

コアに入射される全ての偏光パターンから得られる最大/最小の接続損失差のこと

各規格値が意味することは？

4分類

- 光レベルに関係する値
 - TxPower(送信電力)
トランシーバから出力される光レベルのこと
 - RxSignalPower(信号受信電力)
トランシーバに入力された光のうち自チャネルスペクトルの光レベルのこと
 - ビットエラーに関係する値
 - Pre-FEC BER
FEC前のビットエラーレートのこと。小さいほど良い
 - Post-FEC BER
FEC後のビットエラーレートのこと。基本は0が良い
- (参考)ZRとZR+ではFECに違いがあり、ZR:CFEC、ZR+:OFECで、FEC機能としてOFECの方が強い

各規格値が意味することは？

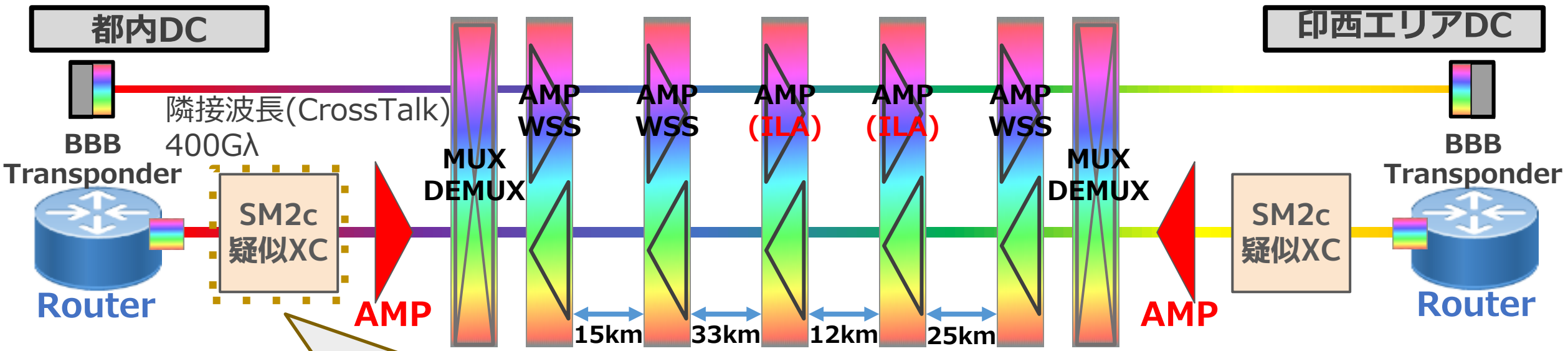
4分類

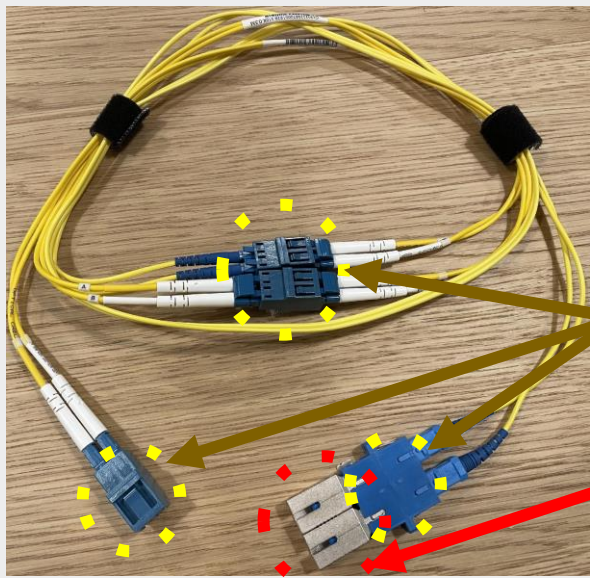
- 光レベルに関係する値
 - TxPower(送信電力)
トランシーバから出力される光レベルのこと

各規格値が意味することが大体わかった。
フィールド検証ではどんな値が出てくるのか？
実際にやってみた。

(シカ)ZRCZRTではFECに違ひがある、ZRT、OFEC、ZRT、OFEC、
FEC機能としてOFECの方が強い

400ZR+到達性検証構成(区間:85km)





疑似XCとは？

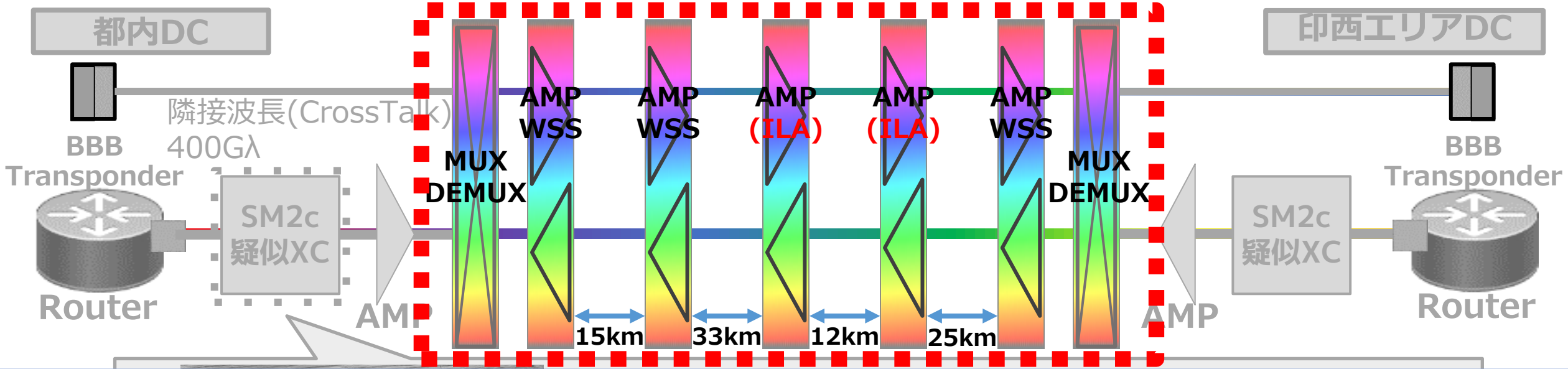
B³ OOLSとお客様Router(ZR/ZR+)を接続するために構内配線(XC:クロスコネクタ)を利用する。

XCは多段コネクタ構成の場合があるため、疑似的に多段コネクタを作り、接続損失が最大4dBとなる状況を模することで実環境を再現。

LC型
コネクタ

SC型
アッテネータ

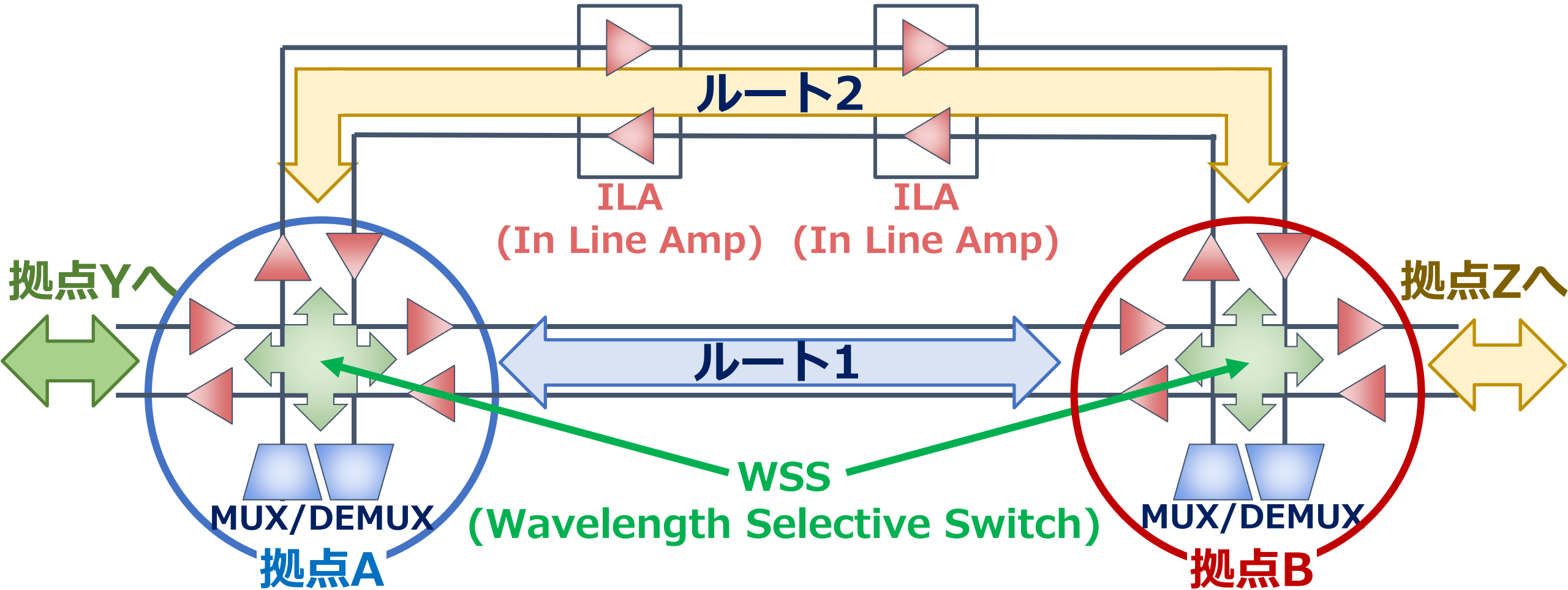
400ZR+到達性検証構成(区間:85km)



**WSS?、AMP?、AMP(ILA)?、
実際のDWDM網ってどうなってるの?**

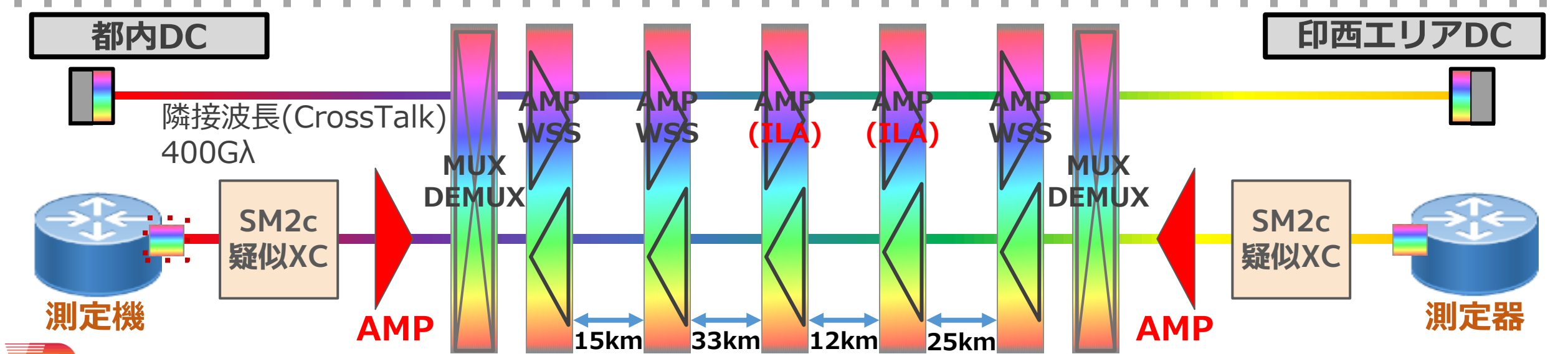
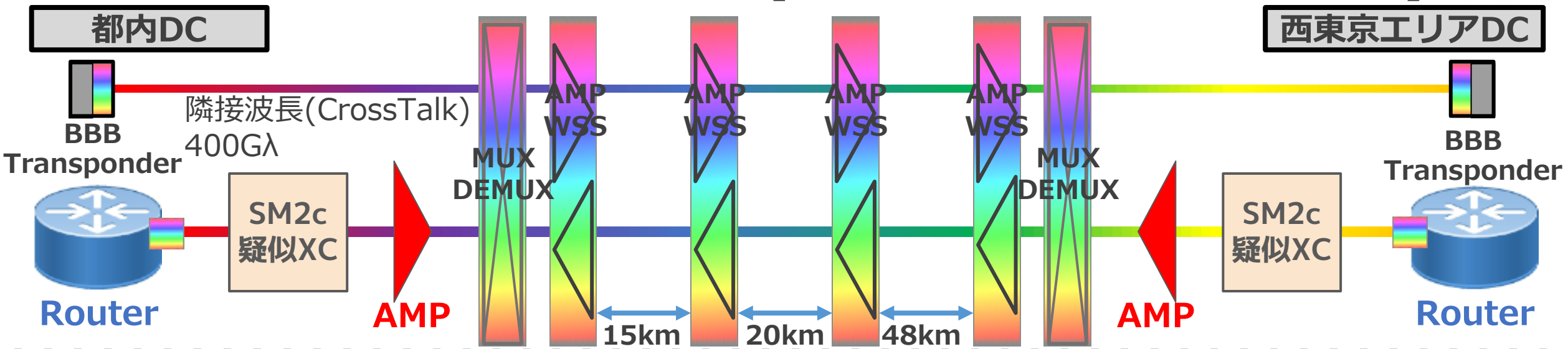


実際のDWDM商用ネットワーク構成は？



ファイバー1本で繋がるのではなくWSSとAMPが多段に入る構成
WSSによって様々な拠点に信号を伝送可能にする！

400ZR到達性検証構成(区間:83km/85km)



検証から得られたZRの実測値を比較

400ZR規格		検証区間1		検証区間2	
項目	OIF 規格値	西東京→都内	都内→西東京	印西→都内	都内→印西
CD(Chromatic Dispersion)(波長分散)	<2400[Ps/nm]	<u>OK</u>		<u>OK</u>	
DGD(Differential Group Delay) (群速度遅延差)	<28[Ps]	<u>OK</u>		<u>OK</u>	
PDL(Polarization Dependent Loss) (偏光依存損失)	<2[dB]	<u>OK</u>		<u>OK</u>	
OSNR(光信号対雑音比)	<26[dB]	<u>OK</u>		<u>OK</u>	
SOP ROC (State of Polarization Rate of Change:偏波変動)	<50[krad/s]	<u>OK</u>		<u>OK??</u>	
Tx Power(送信電力)	-10~-6[dBm]	<u>OK</u>		<u>OK</u>	
Rx Singnal Power(受信信号電力)	-12~0[dBm]	<u>OK</u>	<u>OK</u>	<u>OK</u>	<u>OK</u>
Pre-FEC-BER	<1.25E-02	<u>OK</u>	<u>OK</u>	<u>OK</u>	<u>OK</u>
Post-FEC-BER	<1.00E-15	<u>OK</u>	<u>OK</u>	<u>OK</u>	<u>OK</u>

検証から得られたZR+の実測値を比較

400ZR+規格		検証区間	
項目	OpenZR+ 規格値	印西→都内	都内→印西
CD(Chromatic Dispersion)(波長分散)	<20000[Ps/nm]	<u>OK</u>	
DGD(Differential Group Delay) (群速度遅延差)	<50[Ps]	<u>OK</u>	
PDL(Polarization Dependent Loss) (偏光依存損失)	<2[dB]	<u>OK</u>	
OSNR(光信号対雑音比)	<24[dB]	<u>OK</u>	
SOP ROC (State of Polarization Rate of Change:偏波変動)	<50[krad/s]	<u>OK</u>	<u>OK</u>
Tx Power(送信電力)	-10[dBm]~	<u>OK</u>	<u>OK</u>
Rx Singnal Power(受信信号電力)	-12~0[dBm]	<u>OK</u>	<u>OK</u>
Pre-FEC-BER	<2.00E-02	<u>OK</u>	<u>OK</u>
Post-FEC-BER	<1.00E-15	<u>OK</u>	<u>OK</u>

**ZR/ZR+とともに全ての計測値が規格値範囲内にあり、
到達性に問題がないことを確認**

検証を通してわかったこと

- 測定機を使ったことで時間軸上の連続した値を取得した。
→瞬時の変動量が視覚化できた。



アンリツ 400G テスタ
MT1040A

- OSNRがある程度変動していた。
受信した光レベルもある程度変動していた。
OSNRは光レベルに影響されることから変動した？
- SOPはある瞬間大きく変動した。
大きな幅で変動したが、
Pre-FEC BERには変動は見られなかった。

SOP ROC (State of Polarization Rate of Change) (偏波変動)	<50[krad/s]	OK	OK??
---	-------------	----	------

変動要因として考えられることは？

- ・ トランシーバの測定誤差
- ・ フィールドによる実変動

検証を通してわかったこと

- 測定機を使ったことで時間軸上の連続した値を取得した。

ベンダ様ご協力のもと、
切り分け用の測定回路を構成し、検証した結果...

フィールドにて値の変動が起きていたことが分かった。
→ファイバ環境による振動や揺れで変動した？

- フィールドによる実変動

今後の課題は？

「回線品質の善し悪しは結局どう判断するのが良い？」

- 前提として、全てのZR/ZR+規格値が範囲内に入っていること。それに加え、PreFECやPostFECなどのエラー耐力値 + OSNRにマージンがある程度取れていれば良いと言えるのか？



実運用性に重点を置き、値の変動含めて
どの程度マージンを取るのが最適か？
今後の課題として検討中。

課題にあった知識不足、新卒の成長は？



知識面の成長

1. 回線品質に対する理解

- ある規格値の値が悪くなると他の値に影響することがあり、特に光の変動は通信の品質に影響するところが多い。
- 伝送は、ファイバ環境や機器構成によって到達性が変わる。

2. 実運用に対する理解/考え方

- 規格値ギリギリではなくある程度のマージンを設けて設計し運用することの重要性。
- 時間軸上で連続した値を取得して変動量を見える化することの大切さ。
→Routerなどからショットで値を取得するだけでは気づけない。

課題にあった知識不足、新卒の成長は？



知識面の成長

**「光伝送素人→光伝送エンジニア」
第一歩目が商用網400G伝送の新卒はレア経験。
「良い伝送品質/ネットワーク」を模索していきたい。**

- 時間軸上で連続した値を取得して変動量を知る化することの大切で。
→変動はRouterなどからコマンドで値を取得するだけでは気づけない。

最後になりますが...

400GbEリンクの構成検討において 【コスト面】 × 【運用面】 が重要

今回のZR/ZR+と波長貸しの組み合わせは、

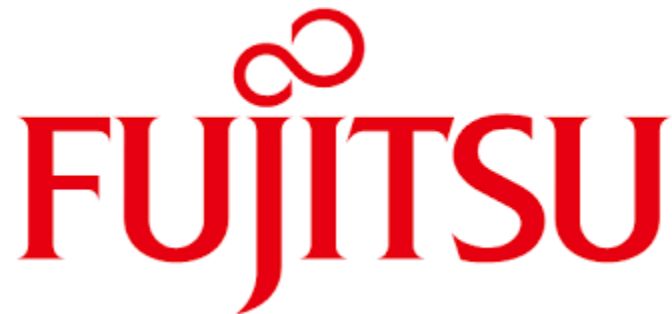
- ・ 従来のコヒーレントより共通規格化された製品により大幅なコストダウンがみこめる。
- ・ 運用面もTransponderの運用が不要で従来のRouter運用で可能。

という**新たな選択枠**として追加できるものと思います。

まとめ

- ・ 実運用における変動値やリスク対策のシステムマージンをどのように考えるか？
- ・ 構成面ではZR/ZR+モジュールにおいて、ハイパワーTypeもリリースされてきている
- ・ その他、導入にあたっての課題等

皆さんと意見交換しナレッジ共有を
できればと思います。

 富士通オプティカルコンポーネンツ

ご協力ありがとうございました。