

JANOG53

光トランシーバの接続・清掃方法など取扱いについて考えるBoF

2024年 1月 19日

NTTアドバンステクノロジー株式会社 藤原 稔 (jin.fujiwara@ntt-at.co.jp)

NTTアドバンステクノロジー株式会社 荒井 健汰 (kenta.arai@ntt-at.co.jp)

株式会社マクニカ 阿部野 一郎 (abeno-i@macnica.co.jp)

株式会社マクニカ 三田村 友也 (mitamura-y@macnica.co.jp)

自己紹介



藤原 稔

NTTアドバステクノロジ株式会社
光プロダクツビジネスユニット

東京生まれの東京育ちで、東京ヤクルトスワローズのファン歴38年。

光ネットワークにおける様々な課題を解決し、光ネットワーク社会の効率化や安全に貢献することが目標。



荒井 健汰

NTTアドバステクノロジ株式会社
光プロダクツビジネスユニット

浦和出身・Jリーグの浦和レッズを応援しています。

光コネクタクリーナの開発に従事しており、光ネットワークの物理層のトラブル撲滅に向けて取り組んでおります。



阿部野 一郎

株式会社マクニカ
クラビスカンパニー 技術統括部

マクニカでは、ワイヤレス関連製品の技術サポートを長くやってきました。最近では、光計測機器や光トランシーバーなど、光通信分野にも活動分野を広げています。



三田村 友也

株式会社マクニカ
クラビスカンパニー 技術統括部

光トランシーバー・光計測機器のFAEとして技術サポートに従事しております。
JANOG初参加・初登壇です！

1. 内部構造と清掃の必要性
2. 清掃ツールと清掃方法
3. 内部確認方法と注意点
4. 運用・取扱い全般
5. 清掃&端面検査ハンズオン
6. まとめ

1. 内部構造と清掃の必要性



光ファイバネットワーク保全に関する定番の質問、それは・・・

光トランシーバのコネクタ
挿入口って清掃していいの？

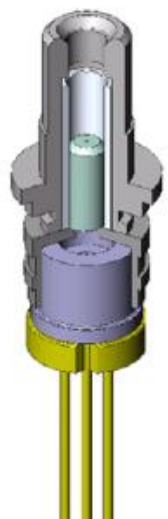




今回あらめて、この疑問に詳しくお答えします！

光トランシーバの内部構造やその確認の仕方を紹介。
さらに、光トランシーバや各種ツールを持ち込んでハンズオン環境も用意！

◆光トランシーバの内部構造により、光コネクタ用クリーナで**清掃OK**なものと**NG**なものがある。

表 B.1 レセプタクル形光トランシーバの光コネクタプラグとの接続構造

スタブタイプ	レンズタイプ	プレート接触タイプ
スタブ (フェルルール) と光コネクタプラグが接続する	レンズによる収束ビーム系により光学的に接続する	光学的接続はレンズタイプと同様であるが、光コネクタプラグのフェルルールはプレートと接触する
直接接続	空間接続	
		
清掃OK	清掃NG	清掃NG

内部構造の確認方法

- ・メーカー(販売店)に問い合わせ
- ・端面が見えるか否か

メーカー(販売店)に聞いても、「明確な回答が得られない」とのご意見多数。

…なので、今回は光コネクタ端面検査機による**確認の仕方**や**ポイント**を解説します。

◆光トランシーバタイプの内部構造

ファイバ種類	MMF		SMF		
トランシーバタイプ (LCコネクタに限る)	Tx	Rx	Tx	Rx	
				単一波長	WDM
内部構造	レンズ/プレート接触 タイプ	レンズ/プレート接触 タイプ	スタブタイプ	レンズ/プレート接触 タイプ	スタブタイプ

◆内部構造に関する推測

①MMFの場合

Tx側：コア径が大きい(50 μ m)ので光コネクタに光を入射させることが容易。

Rx側：受光素子に直接光コネクタからの出射光を入力。

⇒いずれも精密なアライメントが不要となり、空間接続となるレンズ/プレート接触タイプを採用。

②SMFの場合

Tx側：コア径が小さい(9 μ m)ので、Tx側は光コネクタに光を入射させることが困難。

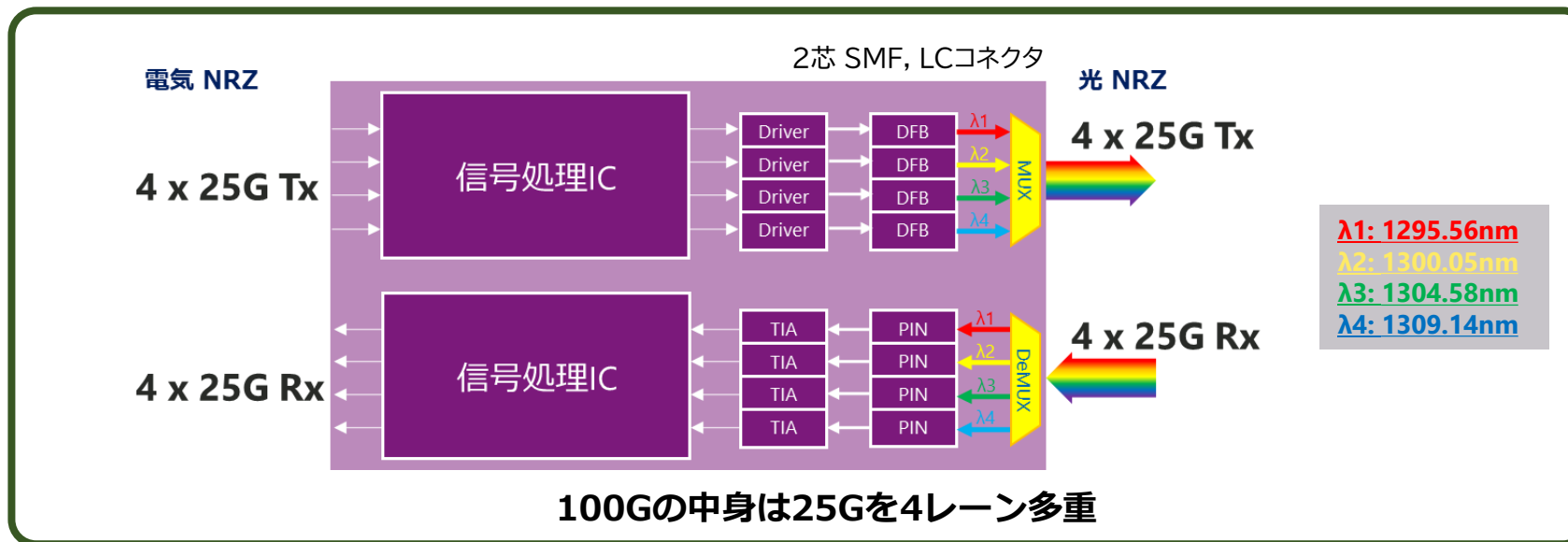
⇒精密なアライメントが必要なので直接接続となるスタブタイプを採用。

※スタブであれば、事前に位置が決まるのでアライメントできる。

Rx側：受光素子に直接光を入力するのか、WDMで分波させる必要があるのかによって構造が変わる。

内部構造は通信光の“精密なアライメント”要否次第。

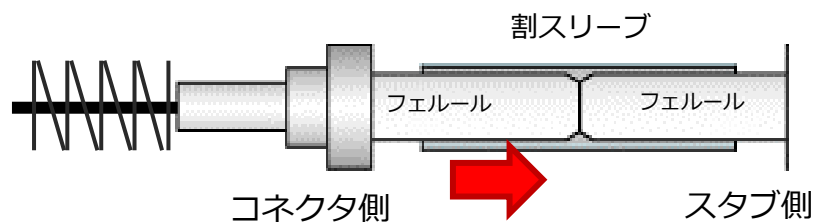
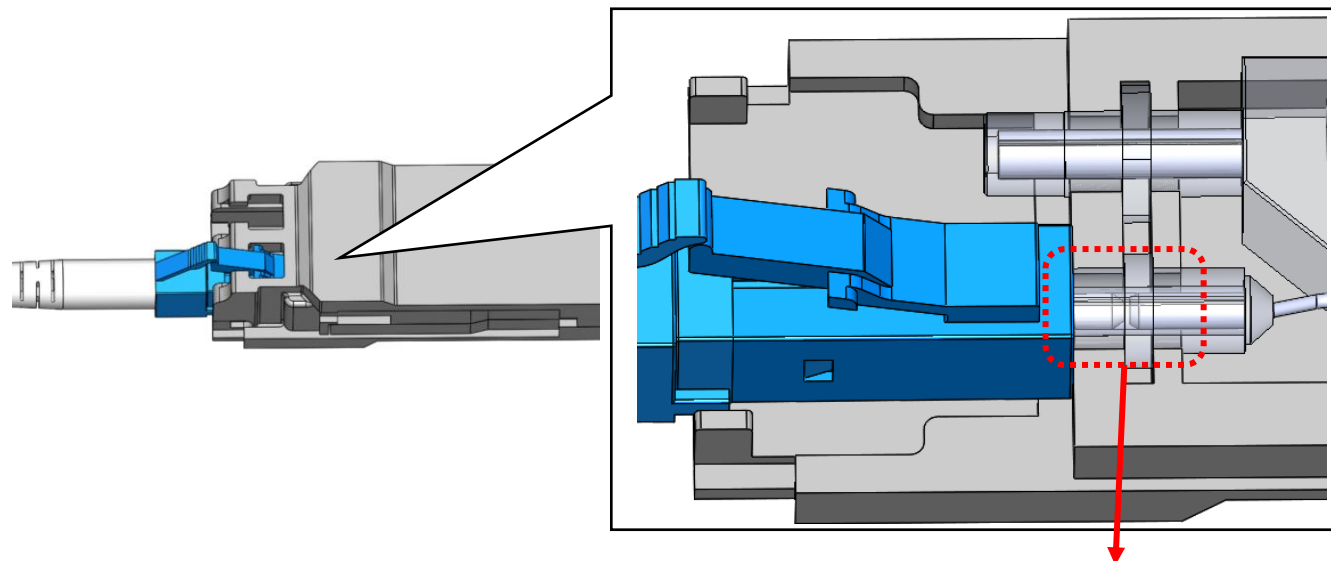
◆QSFP28 100G LR4のしくみ



DeMuxで光信号を受けるには精密なアライメントが必要⇒スタブタイプを採用。

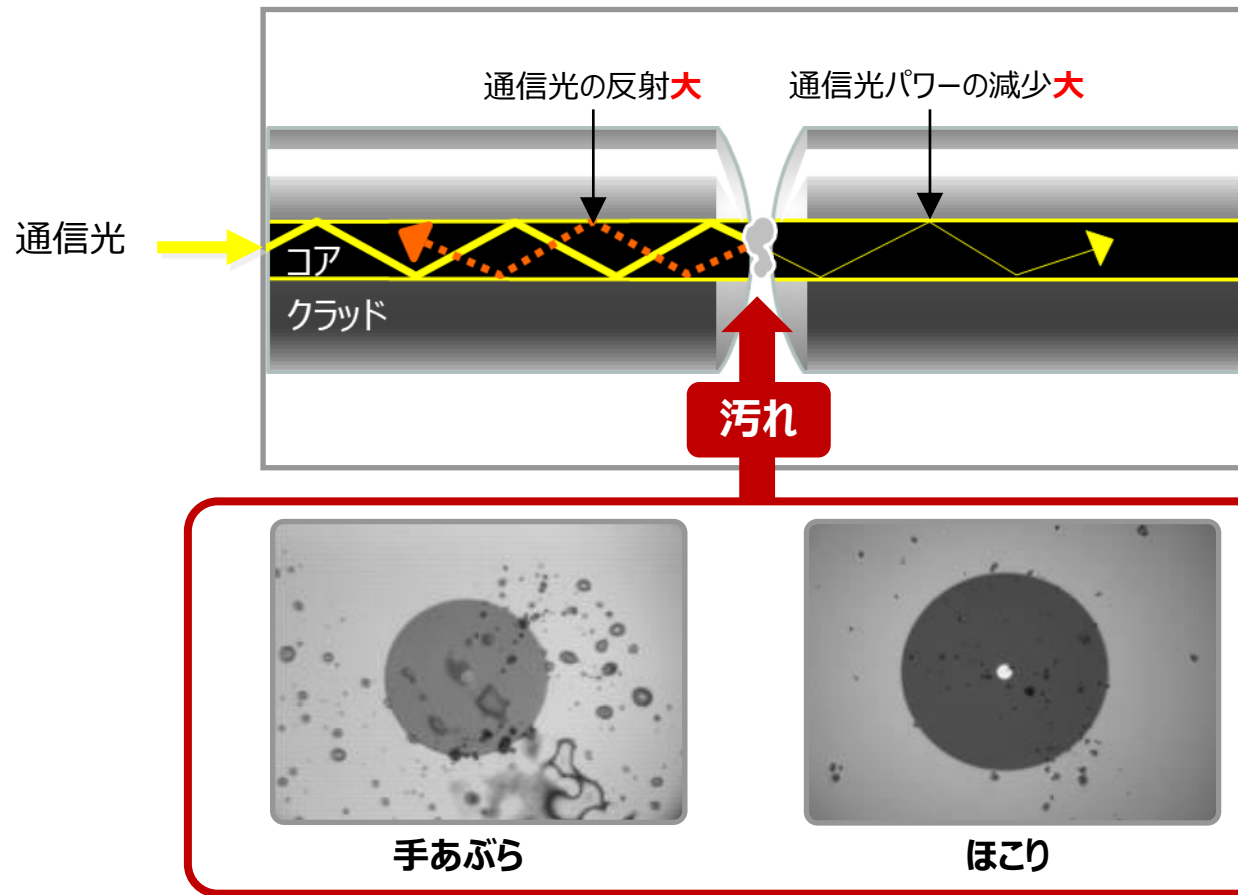
高速化/長距離化するには光トランシーバ内で多重する方式が増える。
⇒今後もスタブタイプは増加傾向

スタブタイプにおける光コネクタ接続のしくみ



精密フェルールを割スリーブで軸合わせし、コネクタ側のスプリングにより**フィジカルコンタクト**
(フェルールとファイバの**弾性変形**による密着)

スタブタイプは、**光コネクタ同士と同じ接続機構。**



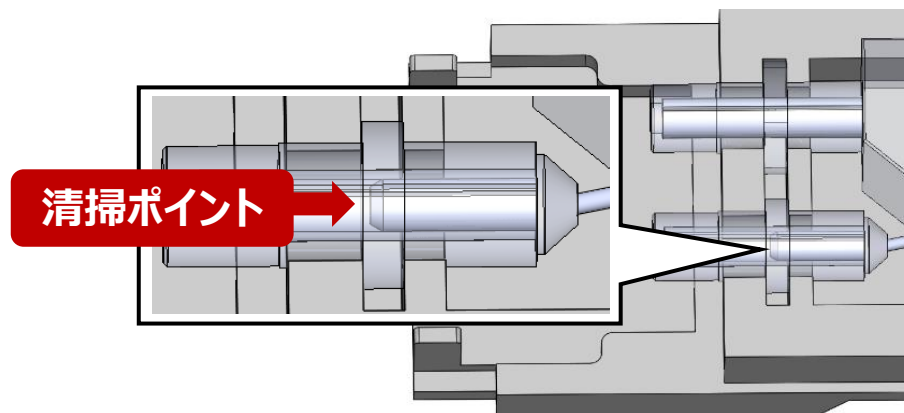
光コネクタと同じ接続機構なので、汚れが付着した時の影響も同様。
⇒スタブタイプはコネクタ端面と同じように清掃が必須。

当日の現地投影のみ

当日の現地投影のみ

2.清掃ツールと清掃方法

◆光コネクタのアダプタ(レセプタクル)側に対応した清掃ツールを使用



ペンタイプクリーナ



清掃糸を端面に押し付けながら汚れを絡めとって除去。

- スキルレス
- △清掃範囲は中心のみ

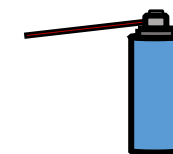
スティックタイプクリーナ



先端の清掃布や粘着体を端面に押し付けて汚れを除去。

- 清掃範囲が広い
- ×力量さが出てしまう

エアダスター

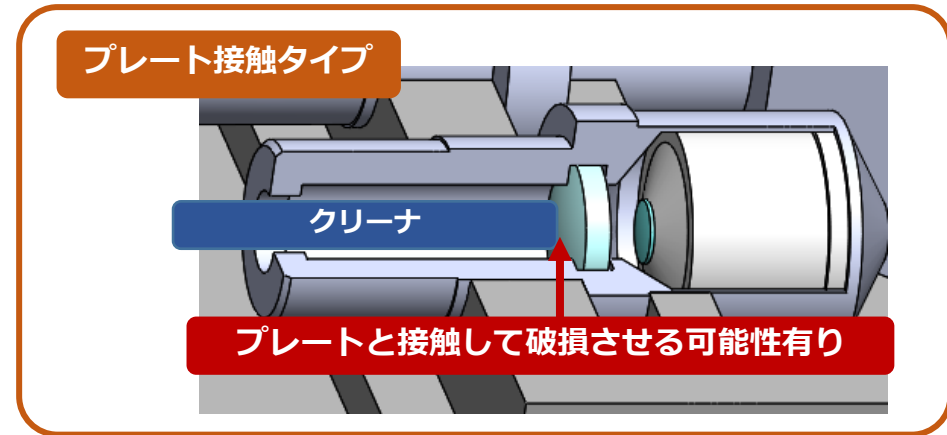
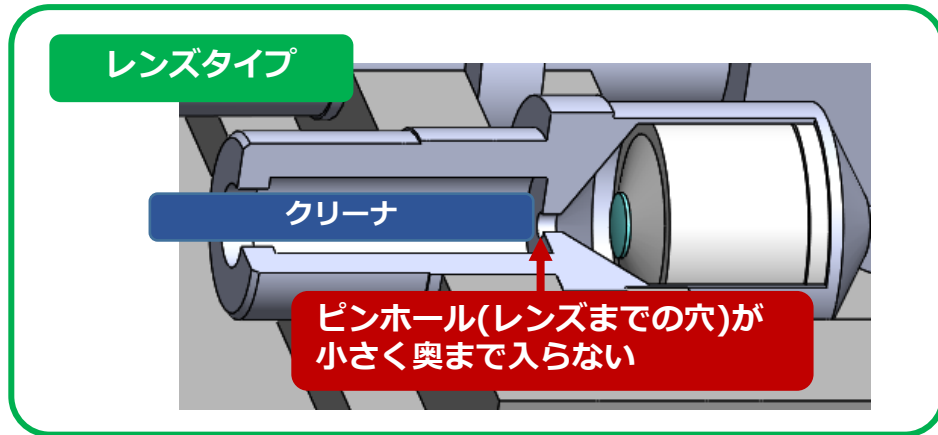


風圧で端面の汚れを吹き飛ばす。

- スキルレス
- ×埃以外の汚れに無力
- ×汚れ(埃)は移動するだけ


スキルレスで扱えるペンタイプクリーナが主流。

[参考] クリーナで清掃NGな構造について



ペンタイプやスティックタイプの専用クリーナは、レンズタイプは内部構造的に奥まで届かず、プレート接触タイプではクリーナもしくはトランシーバを破損させる恐れがあるため**使用不可!**



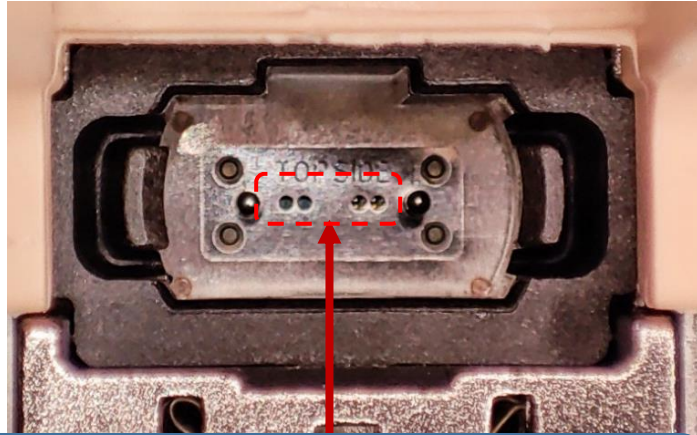
残る方法はエアダスター 

・・・しかし、汚れ(埃)は**移動するだけで除去はできない。**

[参考] MPOコネクタ用光トランシーバの清掃要否

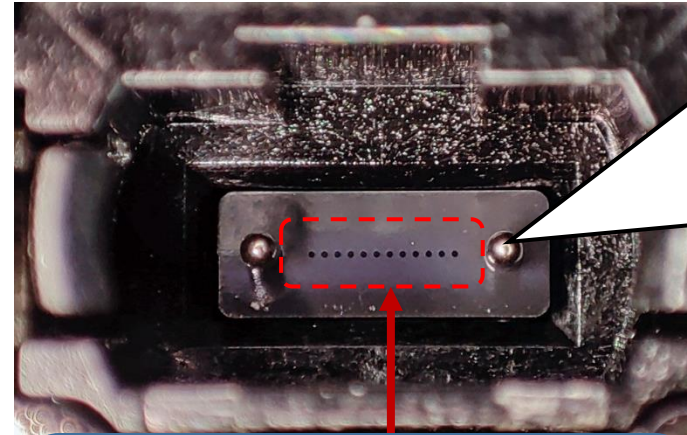
◆MPO光トランシーバのコネクタ接続ポート拡大写真

マルチモード用(100G SR4)

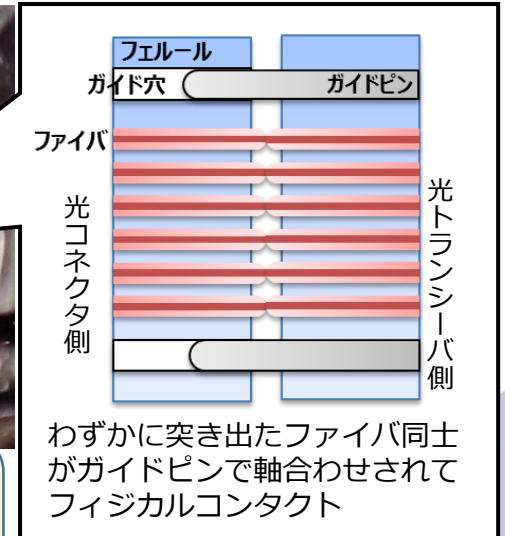


スリットの奥に送受信部が存在する構造
⇒空間接続で清掃不可

シングルモード用(400G DR4)



ガイドピンの間にファイバが並び、
コネクタ側のファイバとフィジカル
コンタクトする構造
⇒直接接続で清掃必要



MPO用ペンタイプクリーナ

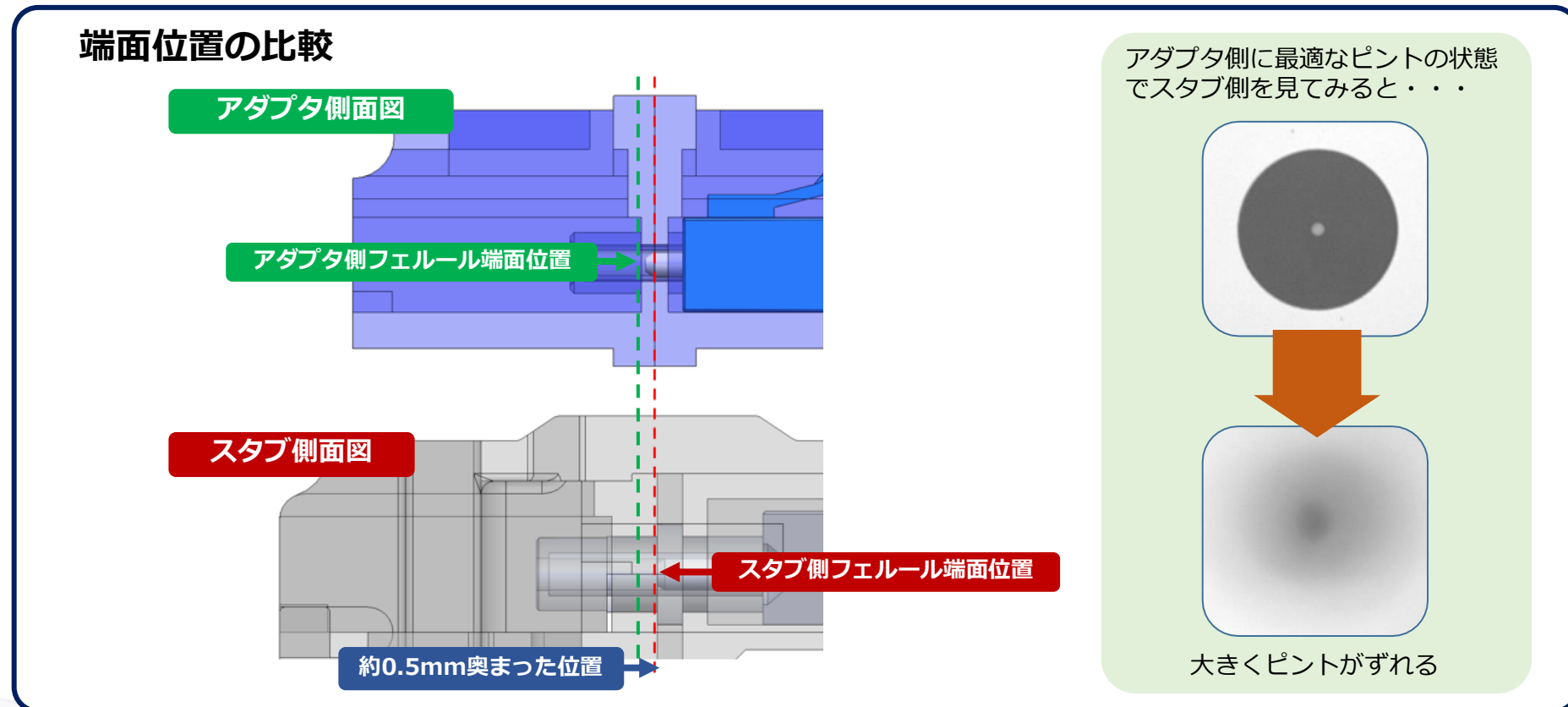


○スキルレス

現状だと、清掃が必要となるMPO用光トランシーバは
シングルモード用のみ。
清掃する場合は、単心用と同じくペンタイプクリーナが
主流。

ペンタイプクリーナによる清掃評価

- ◆スタブは端面が“押下がった状態”で固定されている。
⇒コネクタアダプタ側と比べて、約0.5mm奥まった位置にある。

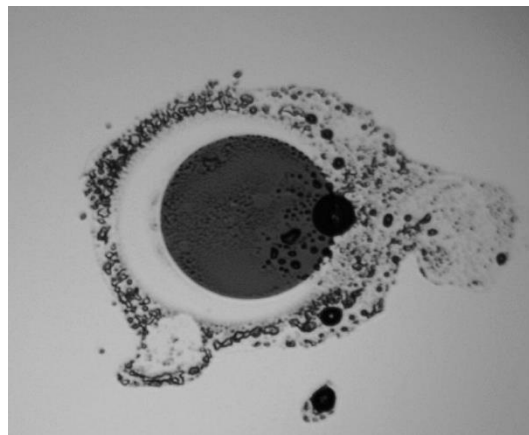


奥まった位置にあることで、ペンタイプクリーナを押し込んだ際にかかる荷重はやや低減する。
⇒この影響があっても問題無く清掃できる！？

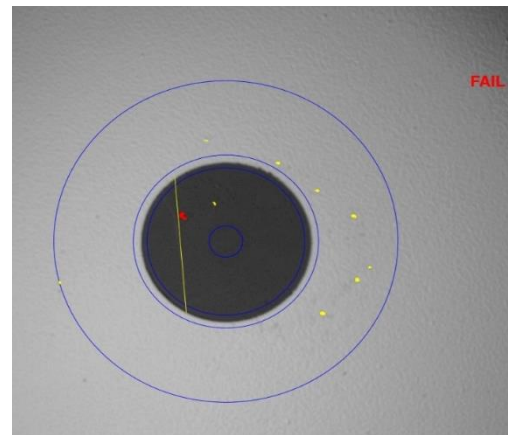
ペンタイプクリーナによる清掃評価結果

◆ペンタイプクリーナによるスタブ端面転写汚れの清掃評価。

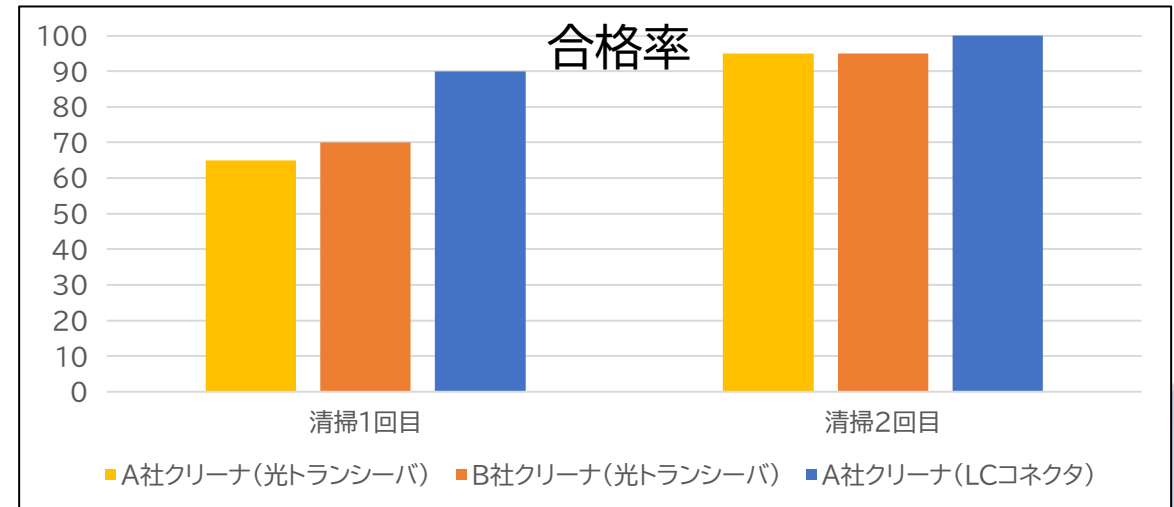
複数メーカーのトランシーバで転写汚れに対する清掃試験を行ったところ、1回の清掃では拭き残りが発生することを確認。



転写汚れ



1回清掃



ただし、端面位置が押し下がったことによる圧力差は、クリーナの設計上では誤差の範疇

⇒原因は圧力差とは別にある！？要追加調査

光トランシーバのスタブ端面をペンタイプクリーナで清掃する場合、**清掃は2回実施**することを推奨。

3.内部確認方法と注意点



◆選定ポイント

- ✓ 価格(予算)
- ✓ オートフォーカスの有無
- ✓ 端面の汚れや傷の状態の自動判定
- ✓ パワーメーター機能
- ✓ ワイヤレス/有線
- ✓ レポート機能
- ✓ 重量
- ✓ OTDRとの接続

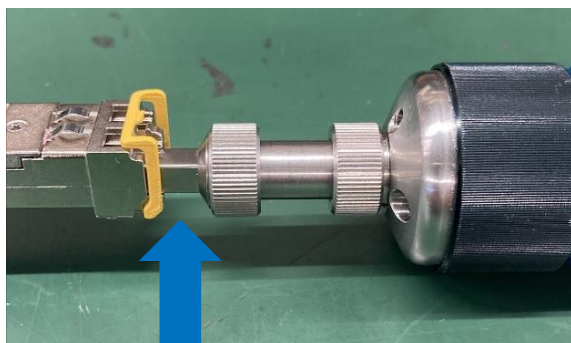
・・・etc

光コネクタの**アダプタ(レセプタクル)**側に
対応したチップがあれば、基本なんでもOK。

光コネクタ端面検査機使用時の注意点

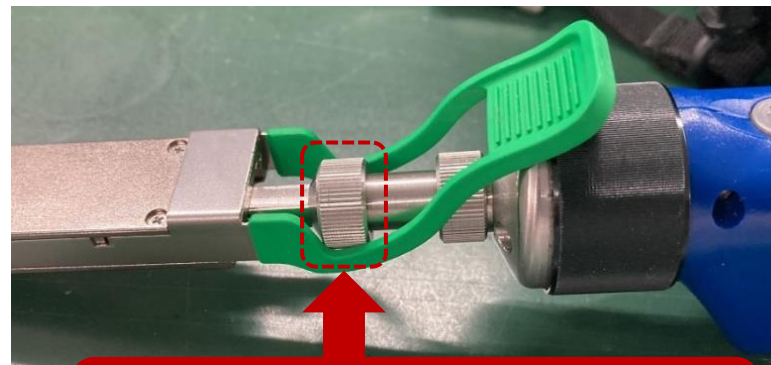
どのメーカー/機種でも、アダプタ側に挿入できるチップがあれば光トランシーバの内部確認が可能。
ただし、光トランシーバ側の引き抜き用レバー形状によってはチップを挿入できないケースも・・・

OKパターン



奥までしっかり挿入

NGパターン



引き抜き用のレバーが邪魔して、チップが奥まで刺さらない

引き抜き用レバー(プルタブ)は**大きいタイプが主流**のため、端面検査機のチップが干渉するケースは増加傾向。

光トランシーバにチップを挿入できない場合の対処

◆特殊なアダプタ側検査用チップを使用



継ぎ目の一回り太い部分が干渉する。



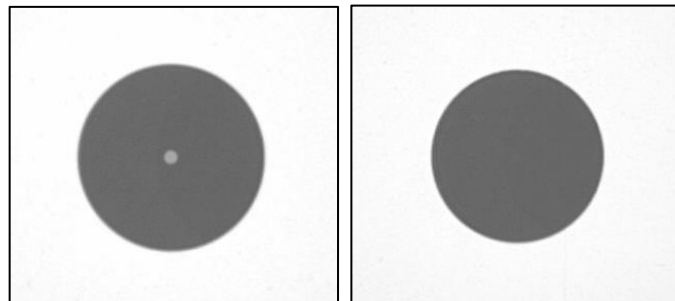
斜め挿入のため干渉しない。



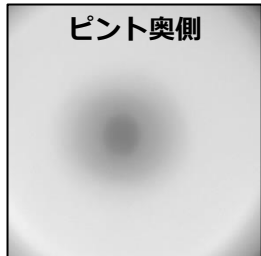
継ぎ目の部分が無いので干渉しない。

干渉度合いは、引き抜き用レバー(プルタブ)のサイズやチップ形状によって大きく異なるので個別に要確認。
チップの名称やラインナップも、メーカー/機種によって異なるのでこちらも個別に要確認。

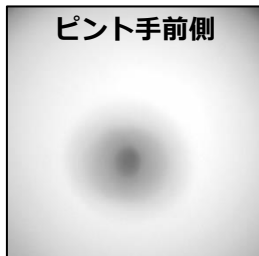
スタブタイプ



ピント奥側

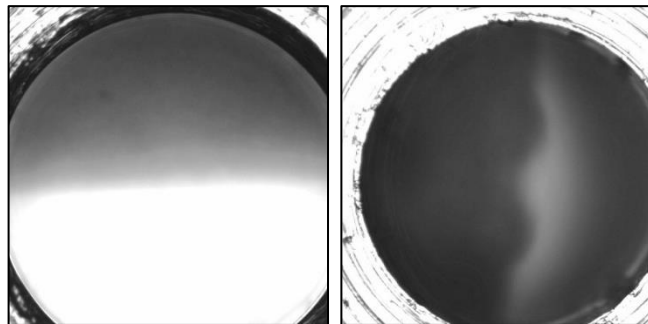


ピント手前側



光コネクタ端面と同じ見え方。
ピントが奥側/手前側にあっても奥も同じように見える。
ファイバコアが光って見える時もあれば、見えない時もある。(理由は後ほど解説)

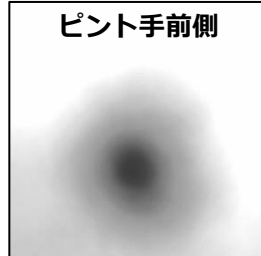
レンズタイプ



ピント奥側

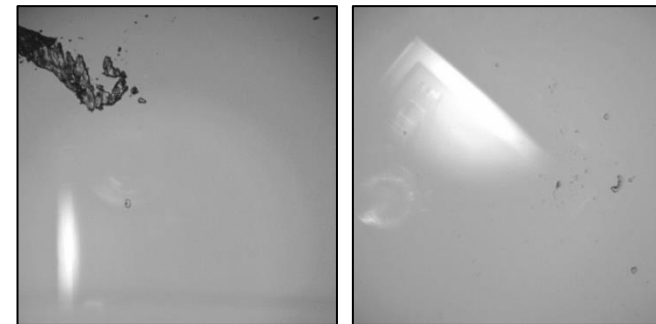


ピント手前側



ピンホールの穴淵は見えるが、最奥は何か反射(拡散)して戻光が少なく、黒くモヤのかかったような状態でよく見えない。
ピント手前側はスタブのように見えるため、混同しないように注意。

プレート接触タイプ



ピント奥側



ピント手前側



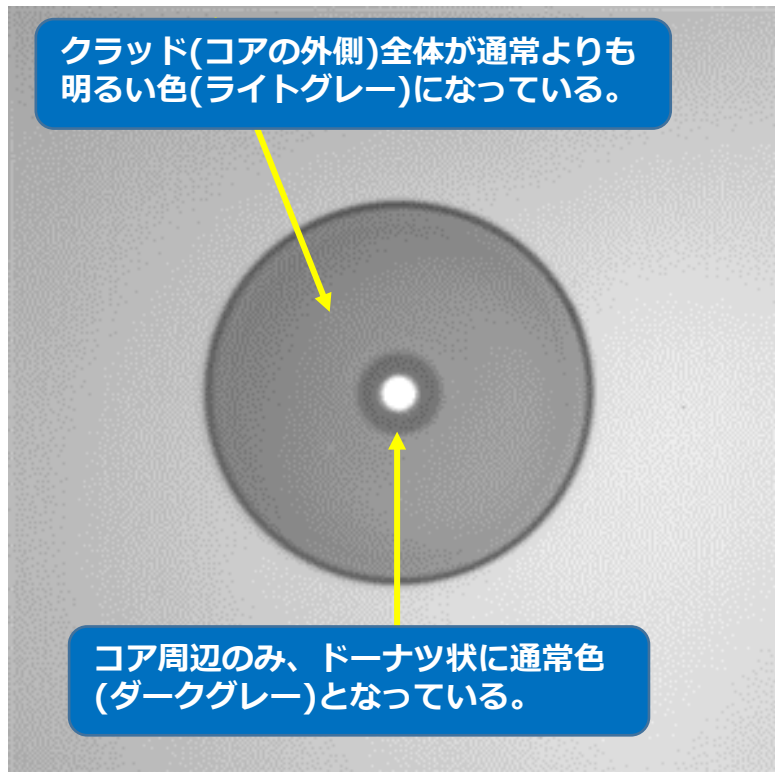
奥で何か光っていることは見えるが、それ以外は基本的になにも見えない。
手前のプレートに付着している汚れやゴミは見える。

スタブタイプであるかどうかの判別は**一目瞭然**だが、ある程度のピントあわせは必要。

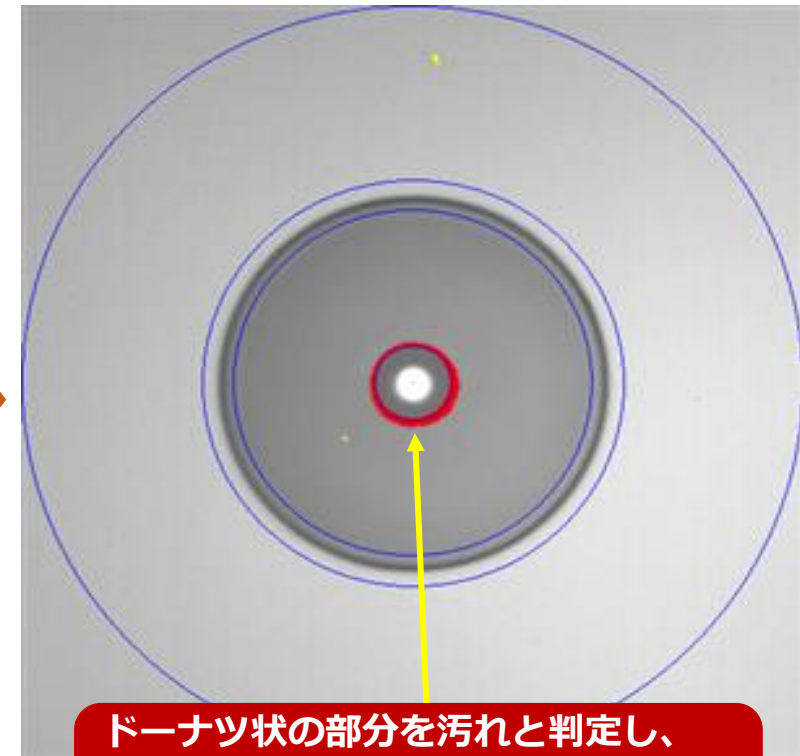
レンズタイプやプレート接触タイプを観察する際、オートフォーカス機能を使うとタイムアウトするまで延々ピント調整してしまうので注意。

特殊な見え方をする端面①

◆クラッド部分が光っている端面



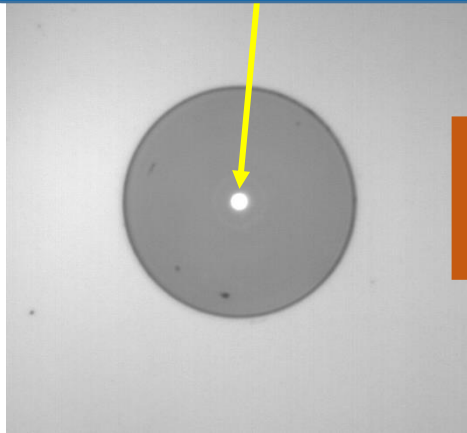
自動検査
すると・・・



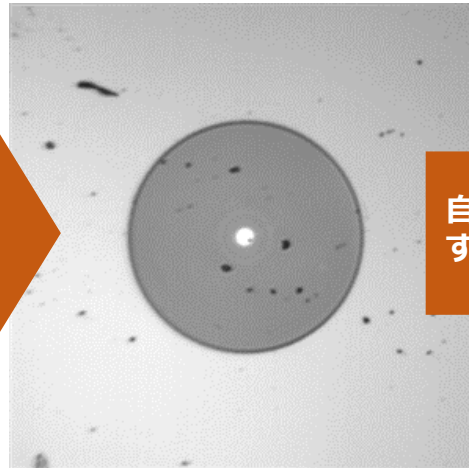
特殊な見え方をする端面②

◆コアが光っている端面

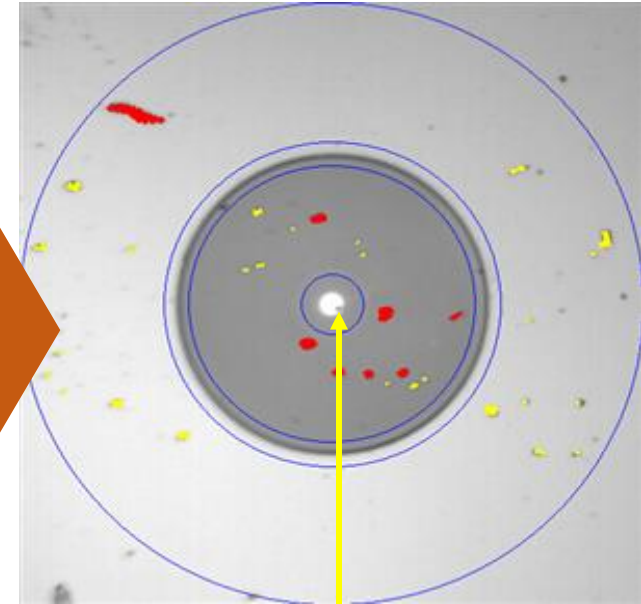
コアが通常よりかなり明るく白色で強調されている。



汚れを塗布



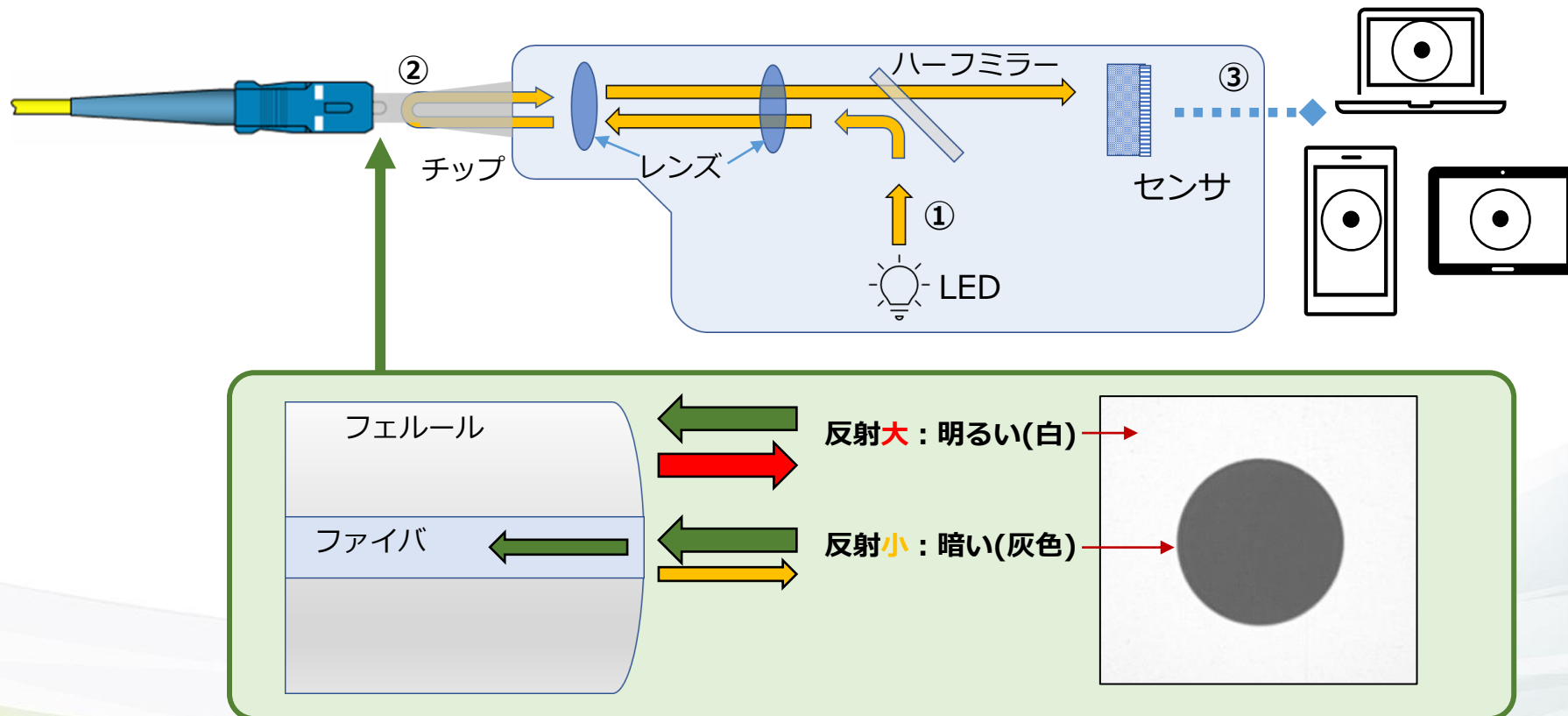
自動検査
すると・・・



コアに汚れが付着していても、コアが明るいことで周囲とのコントラスト差が少なく異物として判定されない。

◆光コネクタ端面検査機のしくみ

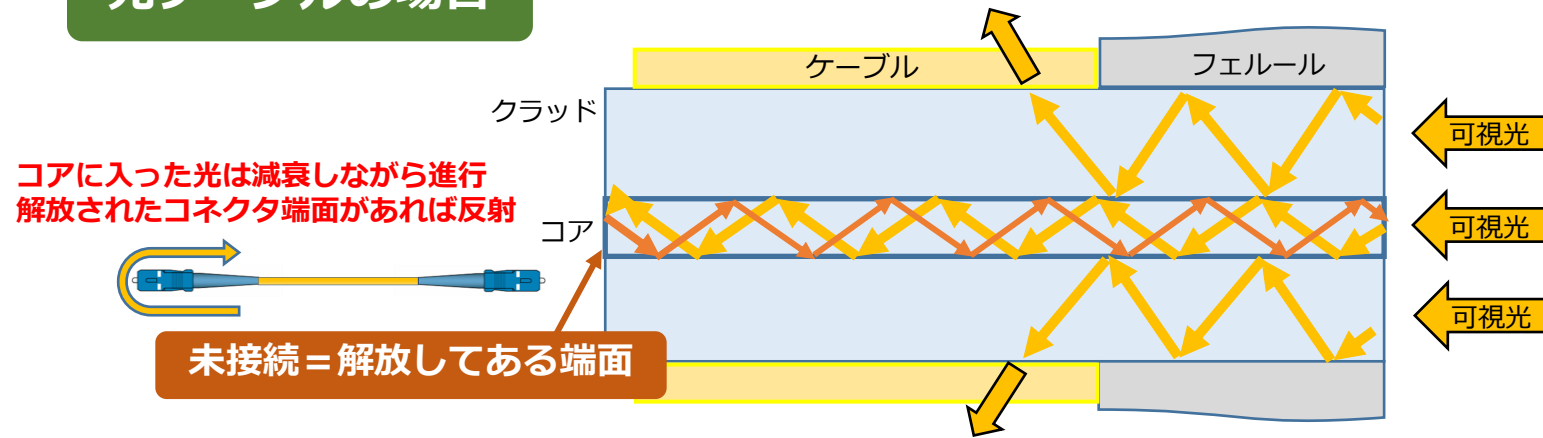
- ①機器内のLEDからの光がハーフミラーを経由して光コネクタ端面側へ到達。
- ②光コネクタ端面で反射した光がセンサ側へ到達。
- ③光コネクタ端面の画像が各デバイスに表示。



コア及びその周辺が明るく見える原因

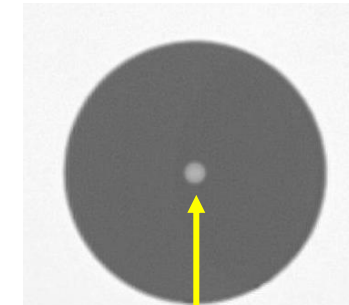
光ケーブルの場合

クラッドに入った光はケーブルの部分で反射せず漏れる



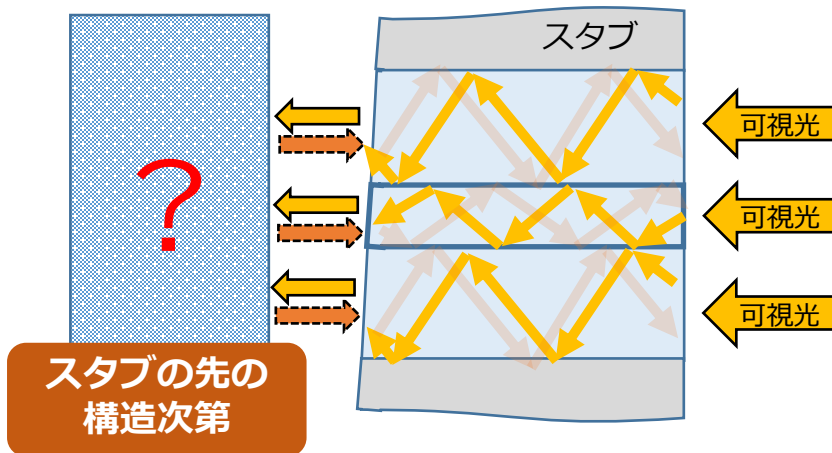
コアに入った光は減衰しながら進行
解放されたコネクタ端面があれば反射

未接続 = 解放してある端面

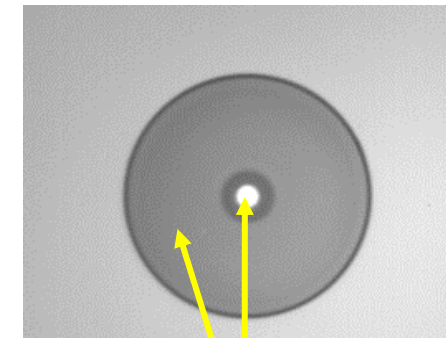


わずかにコアが明るく見えるのは、対向の端面からの反射光。

スタブの場合



スタブの先の
構造次第



スタブの先が反射する構造だと、戻り光によりコアだけでなくクラッドも明るく見えると推測。

結論：画像による二次元的な検査では、正常に判定することは現状不可能！



そもそも、端面検査機の自動判定は**必ずしも正確ではない!** (測定機ではないので・・・)

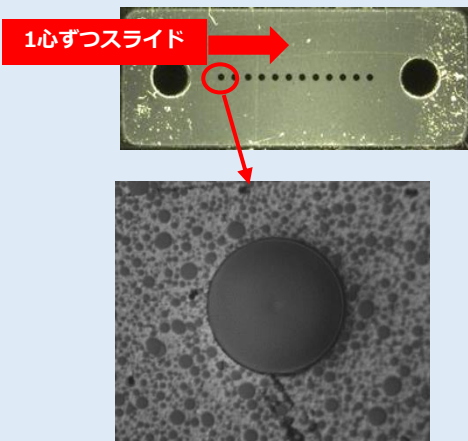
- ・ メーカー/機種毎に異なる判定アルゴリズムの差。
- ・ 同じメーカー/機種であっても、LED部品の摩耗具合(光量)による差。
- ・ ・ ・ etc

上記のような環境次第となるので、同じコネクタ端面であっても異なる判定結果になることは少なくない。

端面検査機の自動判定を**過信せず**、特殊な見え方をするケースがあることを踏まえて判断する必要あり。

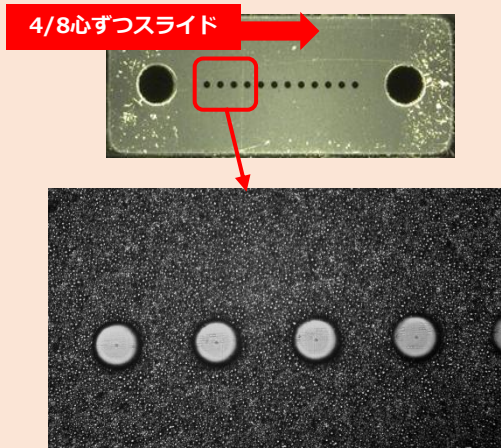
[参考]MPOコネクタ用光トランシーバの端面検査について

初期
1心ずつ手動視点切替&ピント調整



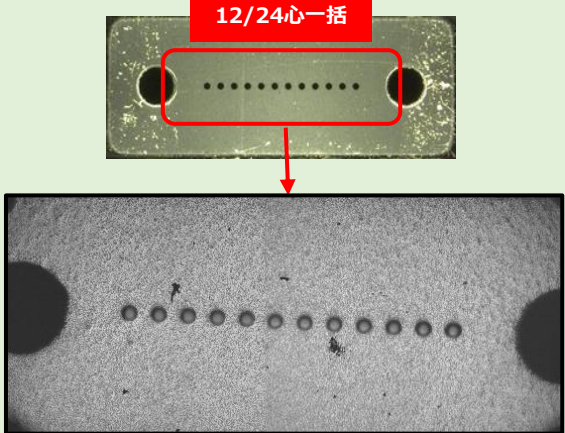
測定速度	12心 120~180秒 24心 240~360秒
特徴	◎既存の単心光コネクタ用の検査機にオプションチップの追加で対応可能。(初期投資が少なくて済む) ×1心ずつ視点切替&ピント調整が必要な為、検査にひたすら時間がかかる。

中期
4/8心ずつ手動視点切替&ピント調整



測定速度	12/24心 30~40秒
特徴	◎視点切替&ピント調整は3回で済むので、1心ずつと比べると大幅に作業時間が短縮。 ×視点切替方法が機種によって異なり、作業者のスキル差によって検査結果の差が生まれやすい。

後期(現在)
全心を一括で自動検査



測定速度	12/24心 10~15秒
特徴	◎コネクタを装着してボタンを押すだけの簡易化操作で、作業時間も大幅に短縮。視野範囲が広いので、ガイドピンの周りまで確認可能。 ×ファイバ高さのバラつきにより(特に両端)ピントずれが生じて正常に検査できない場合がある。

MPO用端面検査機はまだまだ過渡期。
各機種の特徴やクセをよく理解して、使い手側がカバーする必要あり。

4. 運用・取扱い全般



- ◆光トランシーバ規格書にESDに関する内容が記載。

光トランシーバの規格書に静電耐圧についての記載がある

5.7 ESD

Where ESD performance is not otherwise specified, e.g. in the InfiniBand specification, the module shall meet ESD requirements given in EN61000-4-2, criterion B test specification when installed in a properly grounded cage and chassis. The units are subjected to 15 kV air discharges during operation and 8 kV direct contact discharges to the case.

筐体への大気放電

筐体への直接放電

The module and host shall withstand 1000 V electrostatic discharge based on Human Body Model per JEDEC JESD22-A114-B for all pins.

電極部への放電

- 筐体は大気放電にて15kVまで、直接放電にて8kVまでの放電に耐える試験を実施
- 電極部は1 kVまでの放電に耐える試験を実施
⇒電極部の静電気対策には特に注意を払う必要があると分かる。

出典 : SFF-8679 Specification for QSFP+ 4X Hardware and Electrical Specification Revision 1.8より抜粋

◆取り扱い方法・注意点

⇒電極に直接触れない



可能であれば・・・

- ・ 静電対策された作業服を着用して作業する
- ・ 静電靴を履いて作業する
- ・ アースバンドを付けて作業する

静電対策された作業服



静電靴

当日の現地投影のみ

当日の現地投影のみ

- ◆ データシートに保管・動作環境温度、湿度の条件が記載

条件を満たす環境で保管・運用を行う必要あり

II. Absolute Maximum Ratings

Module performance is not guaranteed beyond the operating range (see Section VI).
Exceeding the limits below may damage the transceiver module permanently.

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Ref.
Maximum Supply Voltage	V _{cc}	-0.5		4.0	V	
Storage Temperature	T _S	-40		+85	°C	
Case Operating Temperature	T _{OP}	0		+70	°C	c-temp
		20		+60		limited temp
Relative Humidity	RH	15		85	%	1
Receiver Damage Threshold, per Lane	P _{Rdmg}	5			dBm	

Notes:

1. Non-condensing.

出典：Coherent社製光トランシーバー（型式 FTCD4543E2PxM）のデータシートより抜粋

最大光送信パワーと最大光受信パワーについて

- ◆ データシートに光送信パワーと光受信パワーが記載

光受信パワーが最大値を超えないことを確認する

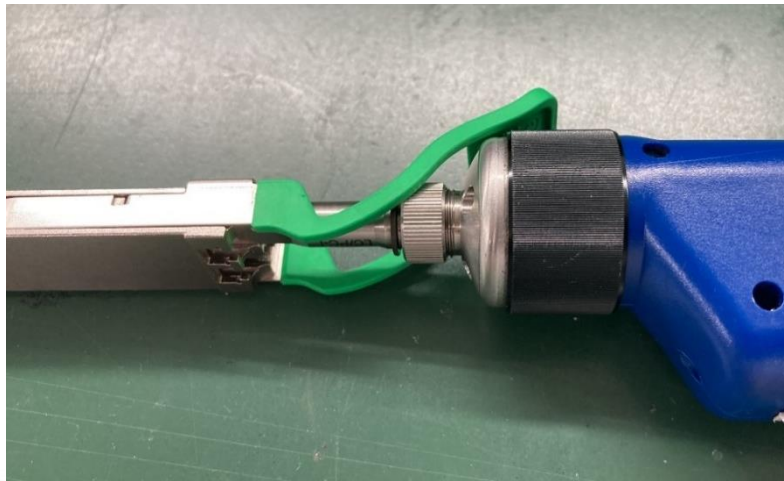
Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Ref.
Transmitter						
Optical Modulation Amplitude (OMA)	P _{OMA}	-5.2			dBm	
Average Launch Power	P _{AVE}	-8.2		+0.5	dBm	1
Optical Wavelength	λ	1260		1355	nm	
Side-Mode Suppression Ratio	SMSR	30			dB	
Optical Extinction Ratio	ER	3.5			dB	
Transmitter and Dispersion Penalty	TDP			3.2	dB	
Average Launch power of OFF transmitter	P _{OFF}			-30	dBm	
Tx Jitter	Tx _j	Per 802.3ae requirements				
Relative Intensity Noise	RIN			-128	dB/Hz	
Receiver						
Receiver Sensitivity (OMA) @ 10.3Gb/s	R _{SENS1}			-12.6	dBm	2
Stressed Receiver Sensitivity (OMA) @ 10.3Gb/s	R _{SENS2}			-10.3	dBm	3
Average Receive Power	P _{AVE}	-14.4		+0.5	dBm	1
Optical Center Wavelength	λ_C	1260		1600	nm	
Receiver Reflectance	R _{rx}			-12	dB	
LOS De-Assert	LOS _D			-17	dBm	
LOS Assert	LOS _A	-30			dBm	
LOS Hysteresis		0.5			dB	

最大光送信パワー

最大光受信パワー

5. 清掃&端面検査ハンズオン

実際に、光トランシーバの内部構造を端面検査機で確認し、清掃を試してみましよう。

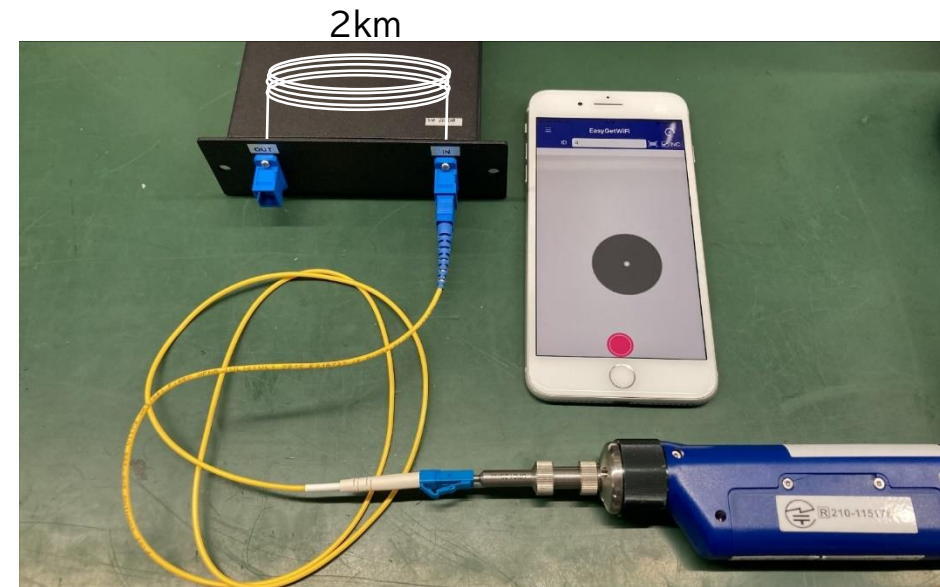
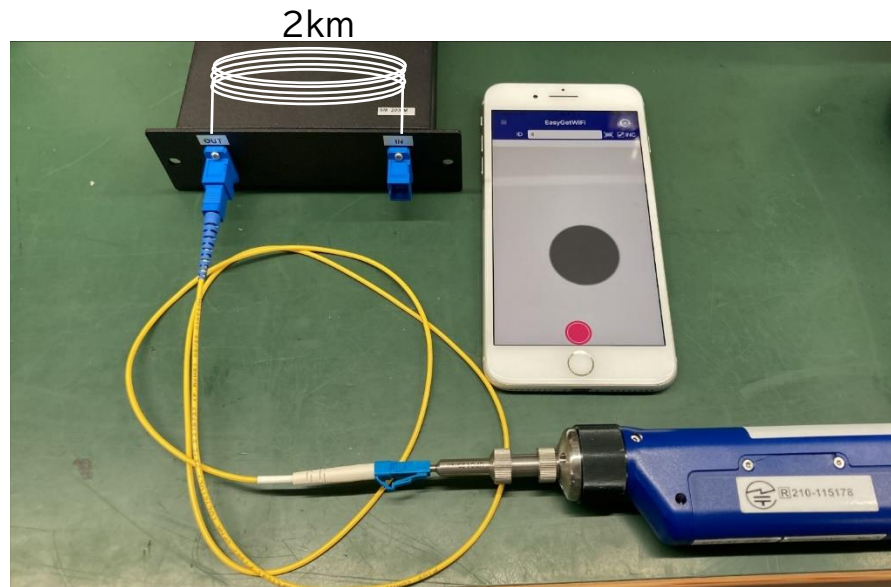


おまけ



[おまけ] LCコネクタ用光トランシーバ 接続ポートの外観

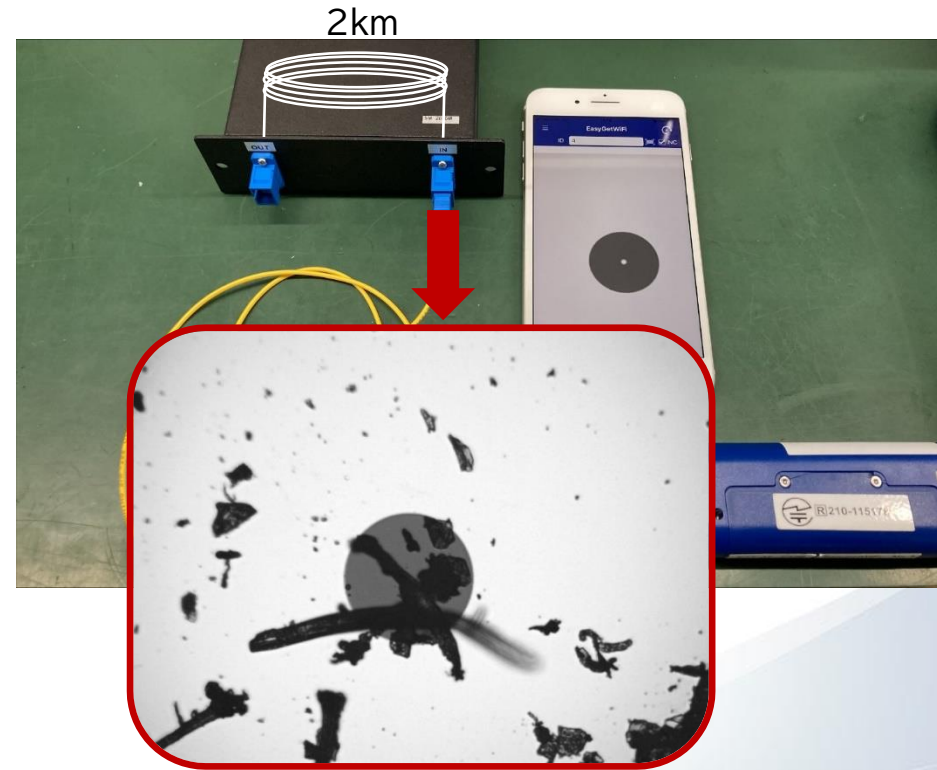
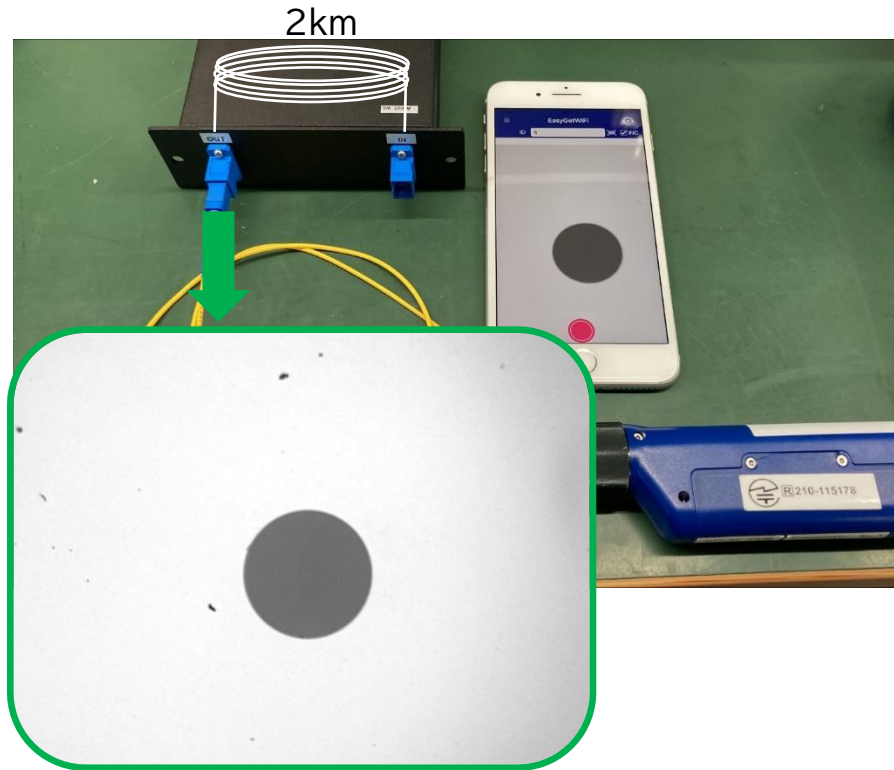
当日の現地投影のみ



答えは・・・

- ①接続されているポート
- ②検査しているコネクタ端面コアの見え方(右図は光っている)

◆それぞれのコネクタの端面状態



コネクタの汚れにより可視光が大きく反射してしまっていた。
⇒端面検査時にコアが光っていないことは、**反射が無く接続出来ている一つの目安。**

6. まとめ

- ◆光トランシーバの内部構造は、清掃が必要なスタブタイプが増加傾向。
→高速化/長距離化は要求される光学特性が厳しくなる。光コネクタ接続前には必ず清掃を。
- ◆光コネクタ端面検査機による光トランシーバ内部構造やスタブ端面状態の確認には注意点がある。
→端面検査機の自動判定を過信せず、特殊な見え方をするケースがあることを踏まえて判断を。
- ◆MPOコネクタ採用の光トランシーバは、MM用は清掃不要、SM用は清掃必須。
→現時点では対応ファイバの種類で清掃要否を判別できるので、内部構造の確認までは不要。
- ◆光トランシーバに静電対策は必須。
→高額な光トランシーバを取り扱う際には、可能な範囲で静電対策を実施することを推奨。
特に電極を触ることは厳禁。
- ◆光受信パワーが最大値を超えないことの確認必須。
→データシートは必ず確認して正しい運用を。

macnica

