

# 40 km伝送XFP光トランシーバ技術

光加入者系システムの普及に向けて、ユーザ端末であるONUの低コスト化だけでなく、光加入者システムのバックボーンを担う10 Gbit/s光トランシーバの低コスト化も求められています。本稿では、10 Gbit/s光トランシーバの中でもっとも低コスト化が期待されるXFP光トランシーバに注目し、その適用領域拡大に向けた高機能化のための技術開発について紹介します。

おおき あきら かんだ あつし  
大木 明 / 神田 淳  
あかつ ゆうじ  
赤津 祐史

NTTフォトニクス研究所

## 10 Gbit/s級光トランシーバの開発動向

ブロードバンドアクセス網の高速・大容量化の急速な進展に伴い、GE-PONに代表される1 Gbit/s級の伝送帯域を持つ光アクセスシステムの事業導入が急速に進行しています。アクセスラインのギガビット化は、アクセスシステムのバックボーンの伝送容量に対しても高速・大容量化を要求しており、小型・低コストな10 Gbit/s級光トランシーバ実現への期待は高まっています。この期待を反映して、10 Gbit/s級の光トランシーバの開発も小型・低コスト化を目指して進められてきました。現在までに、業界標準(MSA: Multi Source Agreement)として開発された10 Gbit/s級光トランシーバの外観とサイズおよび代表的な仕様を表1にまとめて示します。300pin-MSAと呼ばれる光トランシーバは現時点でもっとも普及の進んだ10 Gbit/s光トランシーバですが、サイズと消費電力が大きく、部品点数も多いため低コスト化には向いていません。またプリント板上に多ピンコネクタとネジにより固定する構造であるため、プリント板上での着脱が容易では

ありません。

一方、XENPAK, Xpakと呼ばれる光トランシーバは、300pin-MSAに比べて3～4分の1程度の体積まで小型化されており、コストも抑えられています。またこれらのトランシーバはプリント板の端に接続用端子を形成したカードエッジ型コネクタによりプッシュプル方式の簡易挿抜(プラグブル)が可能であり、故障時や仕様変更した際の交換が容易です。反面、これらのトランシーバはXAUI(ザウイ)と呼ばれるLAN系で普及している10 Gbitイーサネットに特化した電気信号イン

タフェースを有しているため、SONET(Synchronous Optical Network)/SDH(Synchronous Digital Hierarchy)系の電気信号インタフェースを採用している既存の通信ネットワークには対応できない問題を持っています。

最近になって開発競争がもっとも激化しているのが、さらに小型のXFP(10 Gbit/s Small Form Factor Pluggable)と呼ばれるトランシーバです。このトランシーバの特長は、XENPAK, Xpakと同様にプラグブルであり、かつXFI(10 Gbit/s Serial Electrical Interface)と呼ばれる

表1 10 Gbit/s—MSA光トランシーバの概要

外観とサイズ	電気信号インタフェース	伝送距離
 100 mm 300 pin-MSA トランシーバ	OIF-SFI-4 (622 Mbit/s×16)	300 m～80 km
 40 mm XENPAK	XAUI (3.125 Gbit/s×4)	300 m～80 km
 20 mm XFP	XFI (10 Gbit/s×1)	0～300 m

10 Gbitイーサネット, SONET/SDH 双方に対応可能な電気信号インタフェースを採用している点です。見方によっては、1.25 Gbit/sや2.5 Gbit/s級の光トランシーバにおいてもっとも普及したSFP (Small Form Factor Pluggable) 光トランシーバを10 Gbit/s用に拡大・再設計したともいえます。このように、XFP光トランシーバは、小型で低コスト化に適したパッケージングと汎用性の高い電気信号インタフェースを合わせ持ち、10 Gbit/s級の光トランシーバとして、その開発と普及に期待が寄せられています。

### XFP光トランシーバの高機能化

XFP光トランシーバでは、送信部に無温調直接変調DFB-LD (Distributed Feedback-Laser Diode: 単一モード発振するレーザ

ダイオード) を内蔵したTOSA (Transmitter Optical Sub-Assembly) と呼ばれる光送信モジュールを用いることでトランシーバ筐体サイズを小型化しています (図1 (a))。通常、無温調直接変調DFB-LDで、10 Gbit/sの光信号を伝送する場合、LD素子温度や注入電流の変化により、光信号の波長変動が引き起こされ、信号伝送距離の上限は10 km程度となります。そのため、XFP光トランシーバを中・長距離伝送 (40~80 km) やWDM (Wavelength Division Multiplexing) 伝送システム (波長多重分割伝送システム) に適用可能な高機能光トランシーバにするには、波長の安定した光信号の送信が可能な温調機能を内蔵した光送信モジュールをXFP光トランシーバへ搭載する必要があります。

光送信モジュールへの温調機能の追加は、単にモジュールの大型化だけで

なく温調制御用電子部品の追加搭載をもたらすため、部品の高密度実装が必要となります。この高密度実装は、光トランシーバ内部での発熱密度の増大という問題を引き起こします。特に、温調内蔵光送信モジュールでは、温調器の冷却能力以上に周囲温度が上昇すると、温調器が熱暴走して送信モジュールに破壊的なダメージを与えるおそれがあるため、無温調光送信モジュール以上に放熱性に配慮する必要があります。

NTTフォトニクス研究所では、高密度実装と放熱性の向上という相反する技術課題を解決し、WDMシステム対応40 km伝送XFP光トランシーバを開発しました<sup>(1)</sup>。次に、開発したXFP光トランシーバの概要を述べます。

### XFP光トランシーバの構成

XFP光トランシーバの光送信部に温

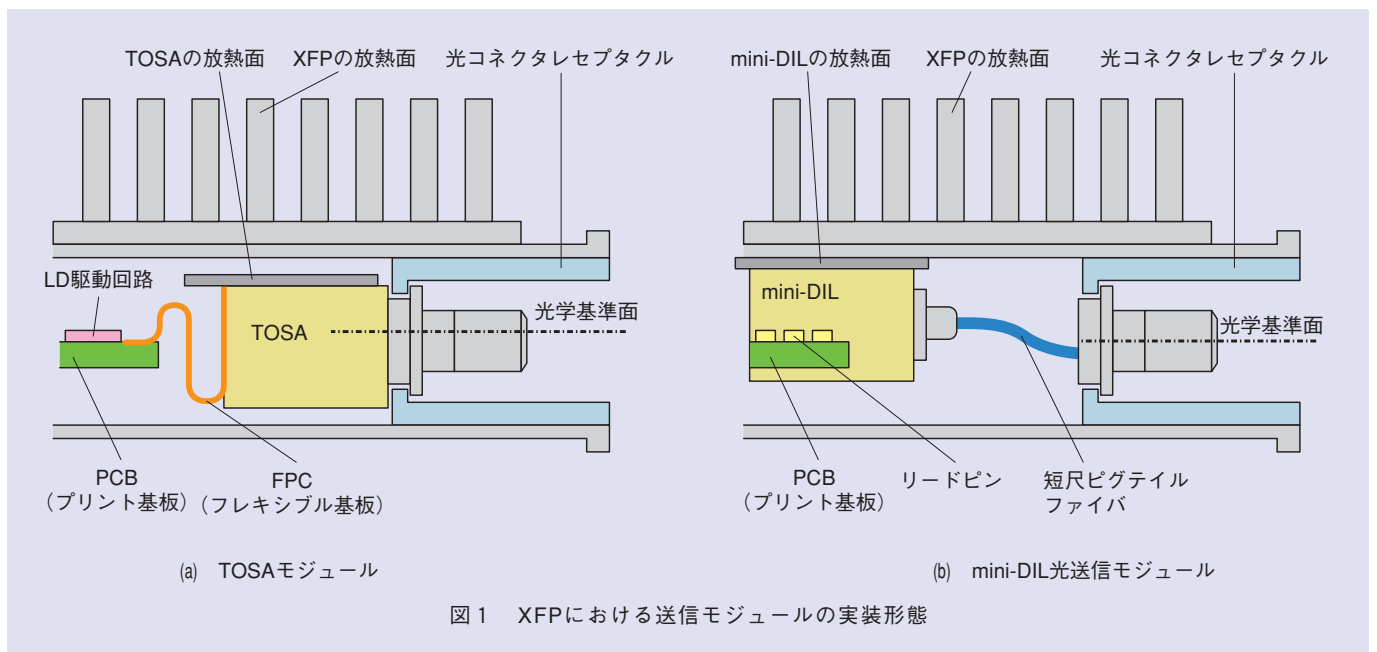


図1 XFPにおける送信モジュールの実装形態

調機能を内蔵して高機能化する方法としては、温調内蔵TOSAモジュールを開発して無温調TOSAを置き換えることがもっとも容易に類推されますが、この方法には放熱性の面で問題があります。具体的には、図1(a)に示すようにTOSAモジュールの放熱面をXFPの放熱面に密着できない点です。これは、TOSAモジュールの高さ方向の位置が、光コネクタレセプタクルにより決まるため、この位置とXFPの放熱面との間隔は、部材の加工精度やTOSAモジュールの製作精度等に依存して分布を持つからです。

NTTフォトニクス研究所では、TOSAモジュールに替わり、図1(b)に示すような短尺ピグテイルファイバ付きの小型送信モジュール〔mini-DIL (Dual In Line) 型送信モジュール〕<sup>(2)</sup>を開発し、この問題を解決しました。ピグテイルファイバのたわみが、部材の加工精度や送信モジュールの作製精度等の分布を吸収し、送信モジュールの放熱面をXFPトランシーバの放熱面へと密着できます。

TOSAモジュールとmini-DIL型モジュールをXFP光トランシーバに搭載した場合の両モジュールの放熱面温度について、熱シミュレーションした結果を図2に示します。このシミュレーションでは、4Wの電力がXFPの回路基板上で均一に消費され、周囲を風速1.5 mの風が吹いている環境を想定し、雰囲気温度を25℃、50℃、70℃に替えた際の放熱面温度を求めています。TOSAモジュールの場合には雰囲気温度70℃の際に、放熱面温度は83℃付

近まで達することが分かります。一方、mini-DILモジュールでは、放熱面温度はXFP筐体の放熱面温度と同等の

75℃程度に抑えられており、XFP放熱面との密着が放熱性向上のキーポイントであると分かります。この放熱性

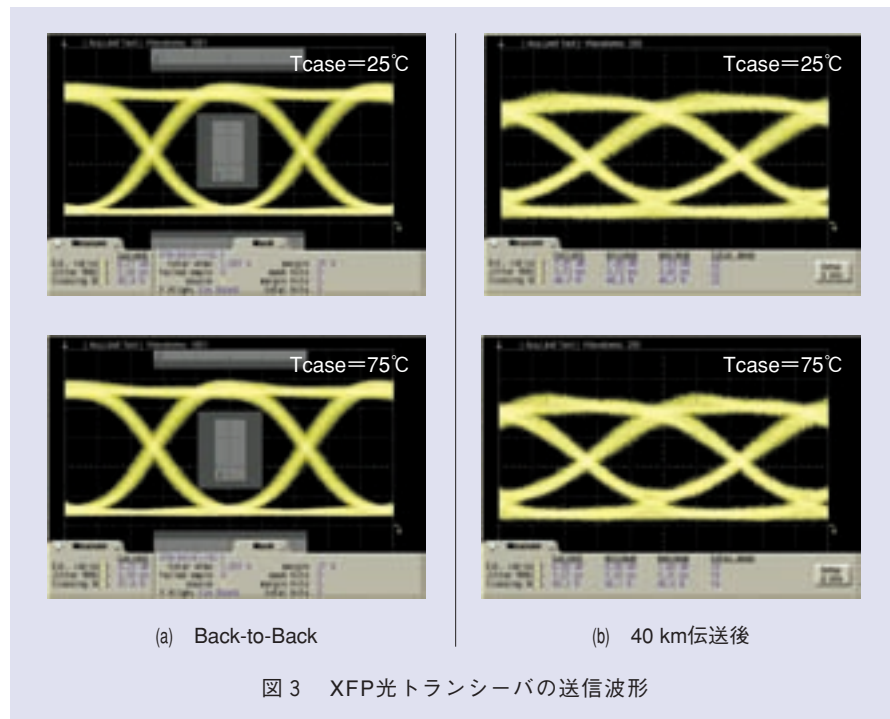
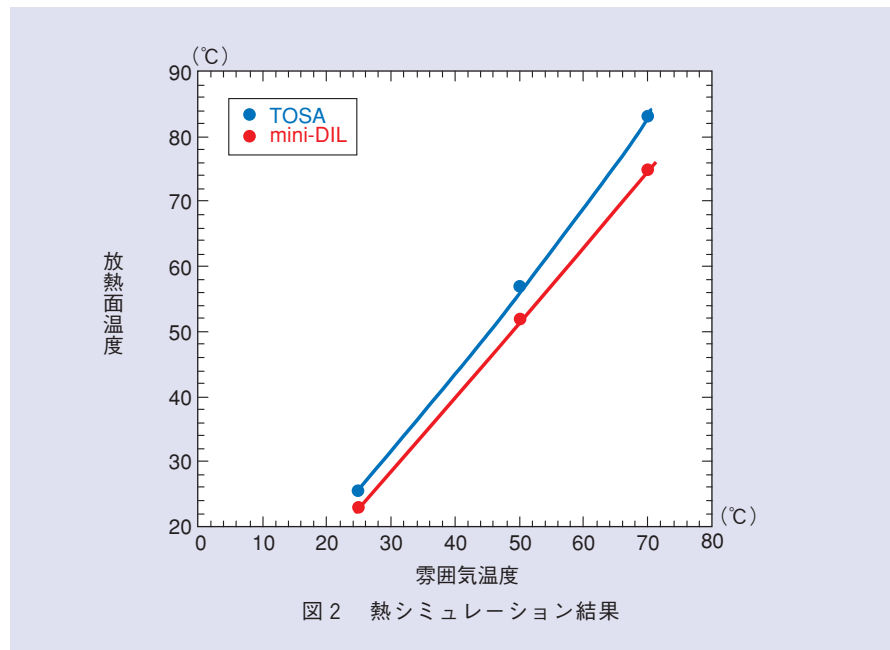


表2 開発したXFPトランシーバの性能まとめ

項目	開発したXFPの特性		ITU-T G691 S-64.2b	10 G Ethernet ER/EW
	Tcase=25°C	Tcase=75°C		
ビットレート	9.95~11.1 Gbit/s		9.95 Gbit/s	9.95~10.3 Gbit/s
伝送距離	>40 km		>40 km	>40 km
送信	平均光出力	+1 ~ 0 dBm		-1 ~ +2 dBm
	マスクマージン	25%	25%	—
	消光比	>10 dB	>10 dB	>8.2 dB
	クロスポイント	50 ± 5 %	50 ± 5 %	—
受信	最小受信感度	-18.6 dBm	-17.6 dBm	<-14 dBm
	伝送ペナルティ	0.8 dB	1.2 dB	—
消費電力	2.4 W	3.2 W	—	—

の向上により、mini-DILモジュール内部に、LD素子の駆動回路とその周辺部品の高密度実装が可能となり、WDM伝送システム対応40 km伝送XFP光トランシーバを実現しました。

### XFP光トランシーバの特性

開発したXFP光トランシーバのケース温度25°Cおよび75°Cでの送信波形を図3に示します。信号は、10 Gbit/s光トランシーバで主流となるSTM-64にFEC（誤り訂正符号ITU-T G.957, RS239/255）を加えた10.7 Gbit/sのNRZ-PRBS 231-1を用いています。ITU-T G.709マスクを用いて、マージンを測定したところ、Back-to-Backではケース温度によらず25%以上のマージンをキープしており、40 km伝送後でも明瞭なアイ開口が確認できています。

最後に、今回開発したXFP光トランシーバの諸特性<sup>(1)・(3)</sup>を10 Gbit/sの代表的な通信規格であるSONET/SDH STM-64-IR-2 (ITU-T G.691) およびLAN規格であ

る10G Ethernet ER/EWと比較して表2に示します。表2より、本光トランシーバの性能が、通信システムおよびLANシステムへの応用に対して充分であることが分かります。また100 GHz間隔のWDM伝送システムに適用可能な波長安定性を有することも確認しています。

### 今後の展開

今回開発したXFP光トランシーバでは、伝送距離40 kmまでの対応を実現しました。今後は、さらに伝送距離を伸ばし、80 km伝送可能なXFP光トランシーバの実現を目指します。

#### 参考文献

- (1) 大木・神田・木村・鈴木：“10 Gb/s級小型EADFB-LDモジュールの開発,” 2005信学総大, C-3-132, 2005.
- (2) 大木・神田・木村・鈴木：“mini-DIL型光送信モジュールを用いた40 km伝送10 Gb/s小型光トランシーバ,” 2002信学ソ大, SC-2-5, 2002.
- (3) A. Kanda, A. Ohki, S. Kimura, and Y. Suzuki：“A Compact Optical Transmitter and Receiver for 10-Gbit/s Transceiver Modules,” 2002 IEEE/LEOS Annual meeting Conf. Proc., Glasgow, Scotland, Vol.2, WEE2, pp.606-607, 2002.



(左から) 神田 淳/ 赤津 祐史/  
大木 明

今後も、光通信システムの小型・低コスト化に役立つ部品の開発を進めたいと思います。

#### ◆問い合わせ先

NTTフォトニクス研究所  
光デバイス研究部  
TEL 046-240-3178  
FAX 046-240-4383  
E-mail ohki@aecl.ntt.co.jp