

# 産業用光データリンク

## Fiberoptic Data Links for Industrial Use

産業用光データリンクに適する数メガビット/秒以下の低速光伝送モジュールと、その光コネクタの製品ラインアップを行った。単方向形モジュールでは10 kmまでの長距離用や多段中継伝送可能なモジュールを新たに開発した。双方向形モジュールは、プラスチックファイバから石英ファイバまで各種ファイバに対応できる。双方向形モジュール用光コネクタは、現地組立が可能で、早期稼動が要求されるFA分野での採用が増えている。

草野正昭\* *Masaaki Kusano*  
 小玉敏郎\* *Toshirō Kodama*  
 長谷川 淳\* *Atsushi Hasegawa*  
 三宅清秀\*\* *Kiyohide Miyake*

### 1 緒 言

公衆通信、計測制御、計算機ネットワークなど比較的情報量の多いシステムを中心に導入された光ファイバ伝送は、OAの分野やデジタルオーディオなどの家電、民生の分野にまで幅広く利用が進んでいる<sup>1)</sup>。産業分野では、電磁ノイズの発生源の多いFA分野で光ファイバの導入が増えている。特にFA化の必須(す)の機器となったPC(プログラマブルコントローラ)での光化が著しい。

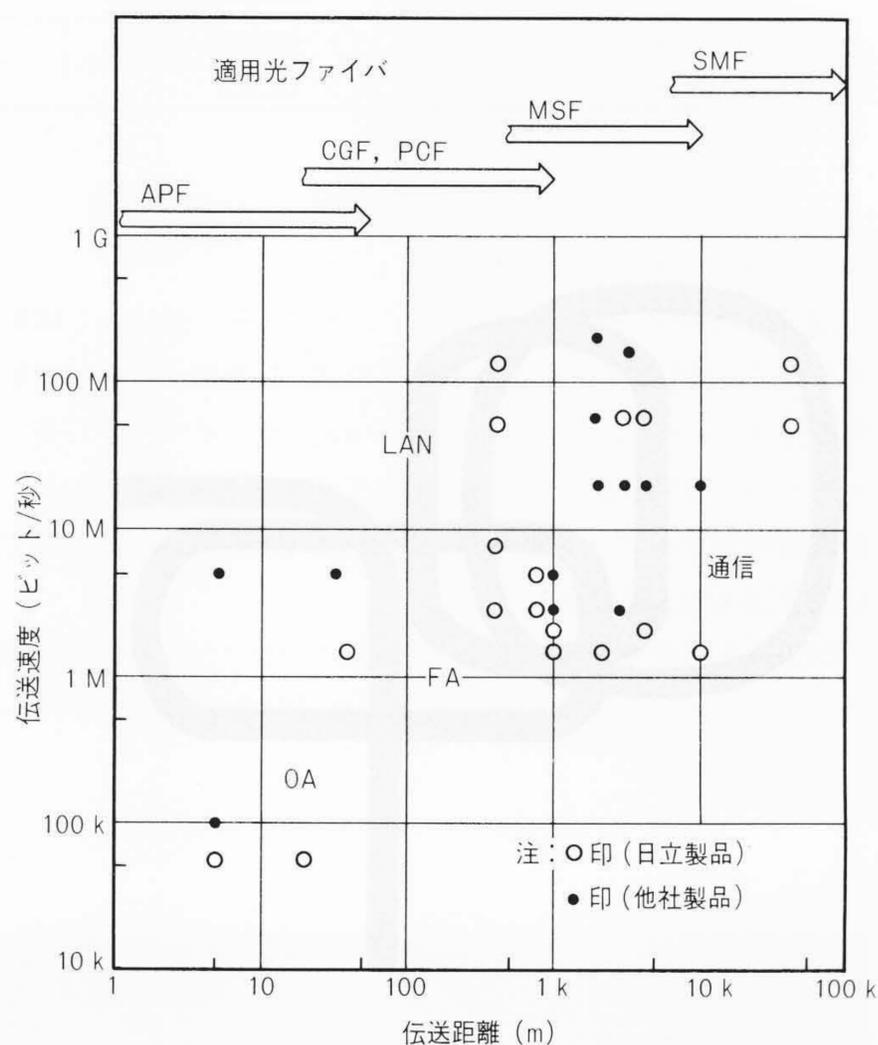
現在国内で売られている光伝送モジュールの代表的なものを、伝送速度と伝送距離を指標として図1に示す。技術的には高速化、大容量化が進んでいる一方で、低速・短距離の低価格品の普及が進んでいる。FA分野を対象としては、伝送距離1 km以下、伝送速度10 Mビット/秒以下の低速・短距離の製品が増えている。この領域で使用する光ファイバは、多成分ガラスファイバやプラスチッククラッド石英ファイバが主流である。50 m以下では、プラスチックファイバ用モジュールも増えている。

FA分野では、送信と受信とを一体化した双方向形が普及している。実装密度が高く、価格的にも安価なためである。日立製作所ではFA分野を中心に、各種のファイバに対応できるように品ぞろえを行っている。

光コネクタは、ねじ締結方式(JISのF01形)が多く使用されているが、1 km以下のFA分野ではプッシュオン形式の光コネクタの使用が増えている。双方向形モジュール用の光コネクタは、プッシュオン形式の採用で着脱が容易のうえ、組立が簡単で、現地組立が伴うFA分野に最適である。

### 2 光伝送モジュールの製品ラインアップ

光伝送モジュールは、その機能で2 R(ReshapingとRegenerating)機能および3 R(2 R+Retiming: タイミング抽出機能)



注:略語説明  
 APF(プラスチックファイバ), CGF(多成分ガラスファイバ)  
 PCF(プラスチッククラッド石英ファイバ), MSF(マルチモード石英ファイバ)  
 SMF(シングルモード石英ファイバ)

図1 光伝送モジュールの性能 高速・長距離化への性能向上の一方で、プラスチックファイバや多成分ガラスファイバ対応の低速・短距離対応のものが増えている。

機能を持つものに、構造で単方向形と双方向形に分類される。単方向形モジュール(D1系)および双方向形モジュール(DC9系)の製品ラインアップを表1に示す。各モジュールの外観を図2

\* 日立製作所 光技術開発推進本部 \*\* 日立製作所 情報通信システム事業部

表1 デジタル光伝送モジュールの製品ラインアップ 単方向形(D1系)は石英ファイバで最大10 kmまで、双方向形(DC9系)は各種ファイバに対応できる。

形名	伝送機能		伝送速度 (Mビット/秒)							伝送距離 (m)					使用ファイバ
	2R	3R	1	2	3	5	10	20	50	1	10	100	1 k	10 k	
									30						
単方向形		○	■												MSF
		○	■												//
		○	■												//
		○	■												//
		○	■												//
D1系	○						■	■	■						//
	○						■	■	■						//
双方向形	○		■	■											APF
	○		■	■											CGF/PCF
	○		■	■											CGF/PCF
	○		■	■											CGF/PCF
DC9系		○	■												CGF/PCF
		○	■												MSF

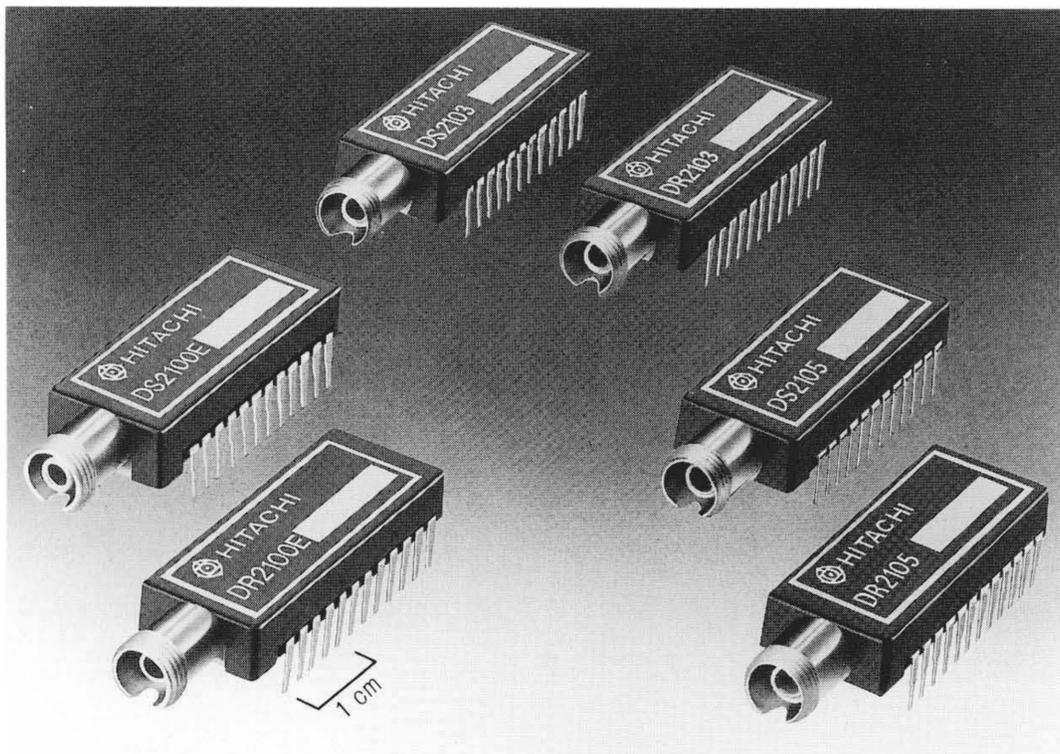
に、使用光コネクタを図3に示す。

D1系単方向形モジュールの光インタフェース部はねじ締結タイプで、JISの光コネクタF01形(FC形)に接続できる。使用する光ファイバは、すべてコア径50 μmのマルチモード石英ファイバ(以下の石英ファイバはすべてマルチモード)である。長波長発光ダイオード使用のモジュール(DS5105/DR5105)では最大10 km伝送できる。

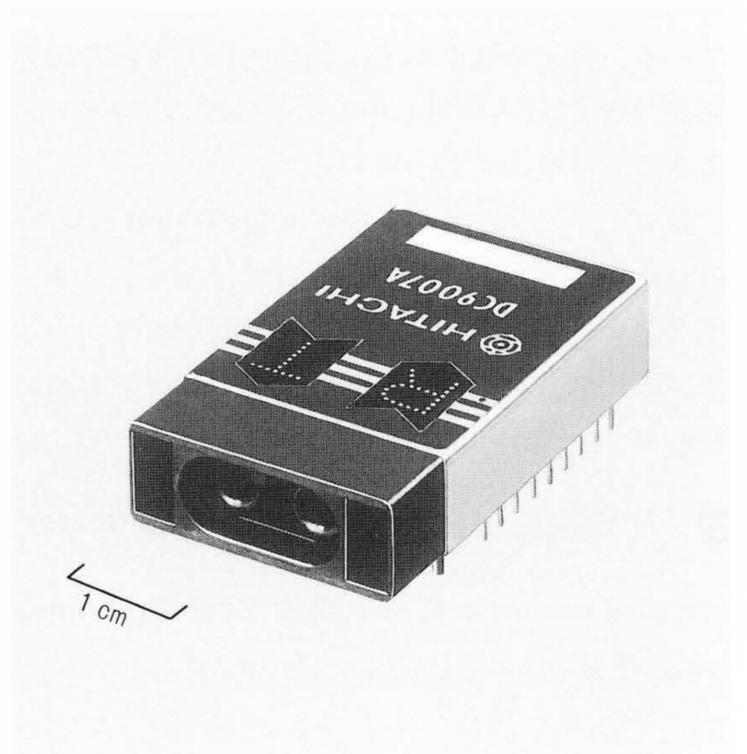
DC9系双方向モジュールは、多成分ガラスファイバ対応を軸に、プラスチックファイバや石英ファイバなど各種ファイバ

に対応可能である。適用光コネクタは、すべてワンタッチで着脱できるプッシュオン形式のCA形光コネクタである。このモジュールは、2心コネクタだけでなく単心コネクタも接続可能で、独立の送信モジュールと受信モジュールとして使用できる。

2R機能モジュールではパルス幅ひずみ特性が重要である。DC9004Lのパルス幅ひずみ特性の一例を図4に示す。デューティ比が $\frac{15}{16}$ (16ビット中15ビットが1)ないし $\frac{1}{16}$ の広範囲にわたってパルス幅ひずみは20 ns以下と十分小さい。双方向モジ

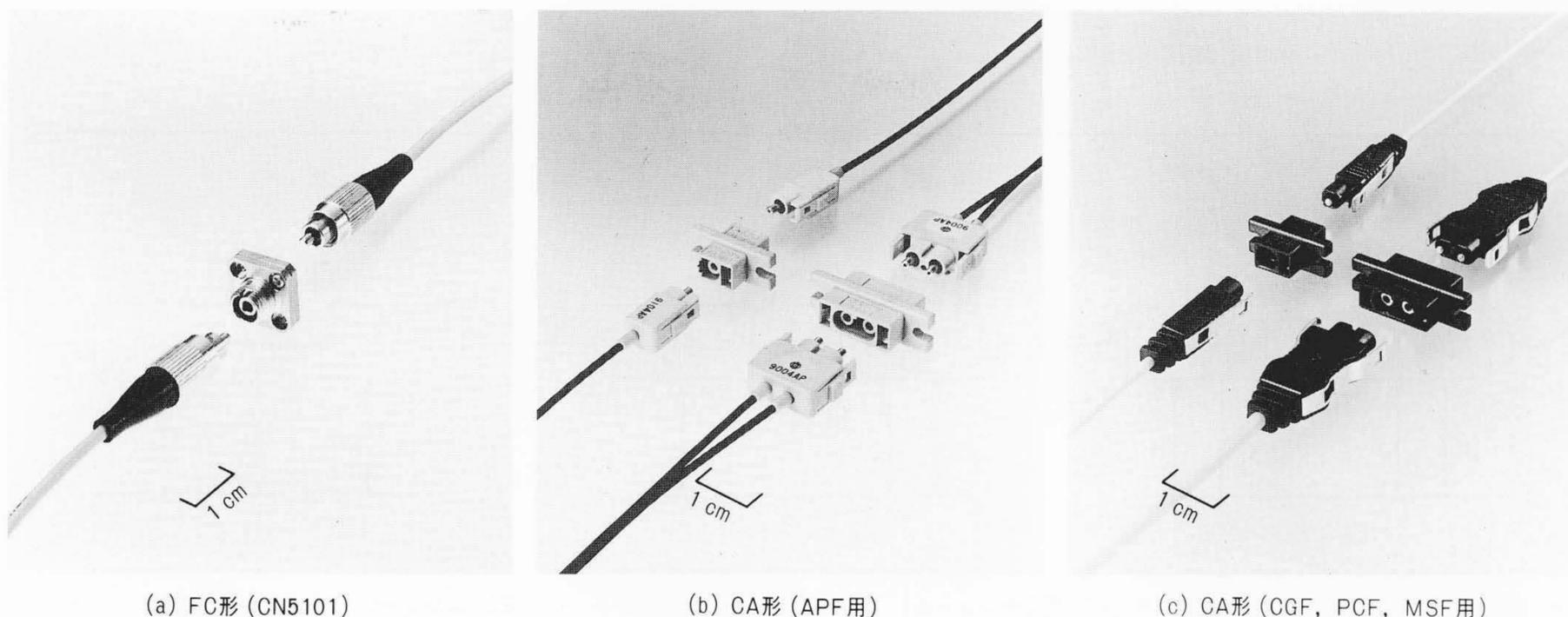


(a) 単方向形 (D1系)



(b) 双方向形 (DC9系 3Rタイプ)

図2 光伝送モジュール 単方向形(D1系)はねじ式のFC形光コネクタで、双方向形(DC9系)はプッシュオン形式のCA形光コネクタで統一している。



(a) FC形 (CN5101)

(b) CA形 (APF用)

(c) CA形 (CGF, PCF, MSF用)

注：略語説明 SI (石英ファイバ)

図3 各種光コネクタ CA形光コネクタは、専用工具を用いて現場組立が可能である。

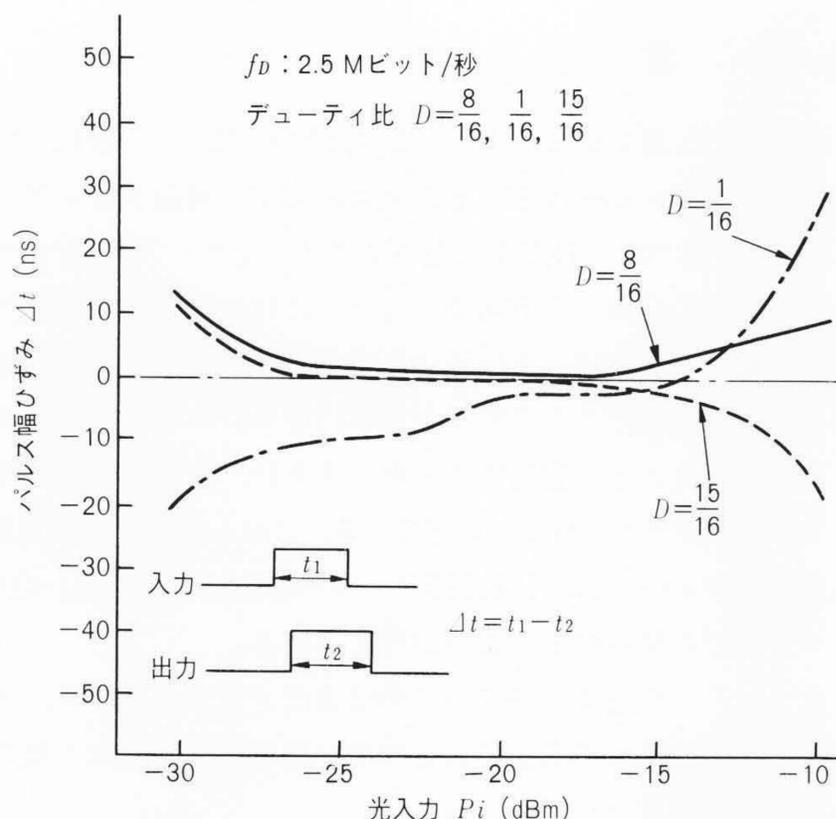
注：略語説明  $f_D$  (データ伝送速度)

図4 DC9004Lのパルス幅ひずみ特性例 デューティが変化しても、パルス幅ひずみの変化は広い光入力の範囲で小さい。

ジュールDC9004Lは最大400 m、中継アダプタ2個所挿入時100 m伝送でき、NC(数値制御)工作機械やPCなどの短距離用として最適である。

3R機能モジュールはクロック出力を持つので、同期伝送を行う場合に最適である。DC9007A, 7Sは3R機能を持つ双方向形モジュールである。送信側にCMI(Coded Mark Inversion)符号化回路、受信側に復号化回路、デジタルPLL(Phase Locked Loop)回路、およびエラー検出回路を内蔵し、タイミングクロックの出力と伝送エラーの検出が可能である。送信側、受信側はそれぞれLSI化してある<sup>3),4)</sup>。

### 3 光コネクタ

長距離・高帯域の必要な公衆通信や高速のLANでは、光ファイバはコア径50  $\mu\text{m}$ の石英ファイバが主流である。使用する光コネクタはほとんどがFC形である。FA分野では、ファイバ長は大半が1 km以下で間に合う。伝送速度も数メガビット/秒以下が多いので、光ファイバの帯域も小さくてよい。使用するファイバは取り扱いの容易なプラスチックファイバ、多成分ファイバ、プラスチッククラッドファイバなど大口径のファイバが主流である。光コネクタは簡易で安価なプッシュオン形が主流である。各光コネクタの外観を図3に示す。

CA形光コネクタは、

- (1) プラスチックファイバ、多成分ファイバ、プラスチッククラッドファイバ、石英ファイバなど各種のファイバに接続できる。
- (2) 単心コネクタと2心コネクタの接続部が同一設計で、ともにDC9系双方向モジュールに接続できる。
- (3) ファイバの固定は接着剤を用いず圧着で行い、端面研磨も不要で組立が容易である。

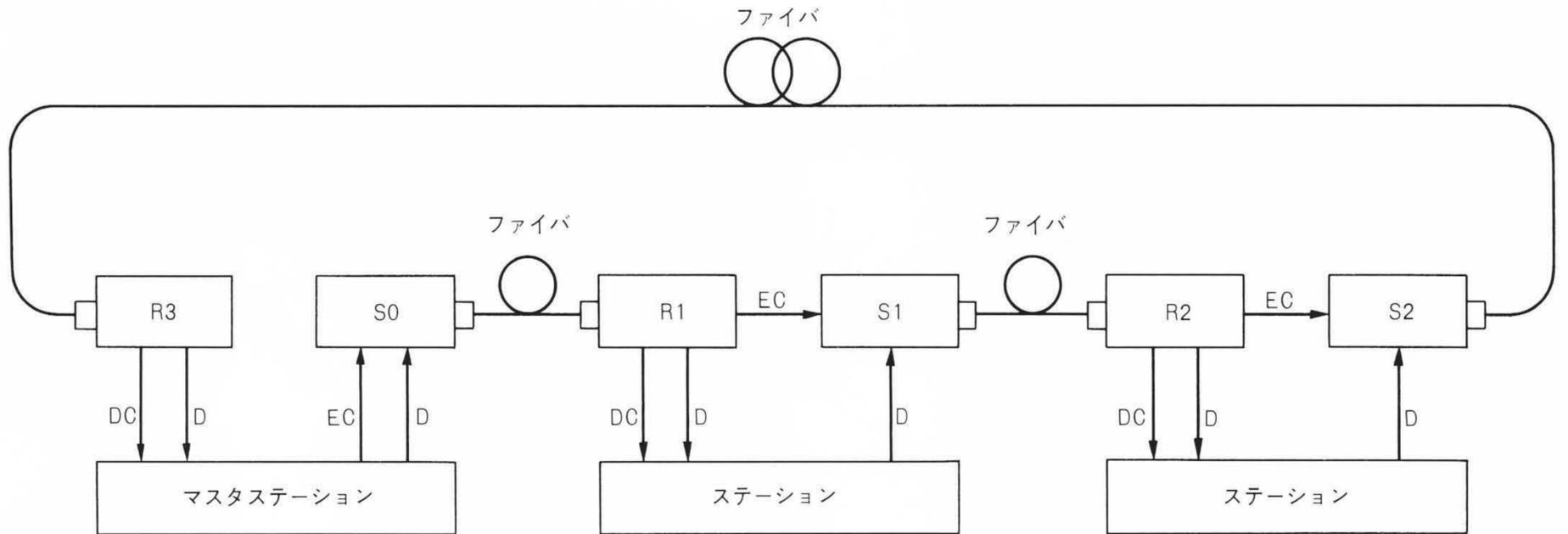
などの特長を持つ。FA分野では、機械の早期稼動のために、ケーブル工事は短期間を要求される。CA形光コネクタではコネクタの部品とその組立工具も用意しているので、光コネクタの組立工事は従来の電気工事業者や工場の設備担当部門でも行うことができる。

なお、プッシュオン形式の光コネクタでは、現在JIS化の動きがあり、本年度中には具体化するものと思われる。

### 4 アプリケーション

3R機能付きモジュールの応用例を図5に示す。

ドロップアンドインサート方式のループ系を構成した例



注：略語説明 S0, S1 (送信モジュール), R1, R2 (受信モジュール), D (データ), DC (データクロック), EC (エンコードクロック)

図5 ドロップアンドインサート方式多段中継伝送例 子局では上流からのデータの取り込みと、新たなデータの挿入を同時にできる。

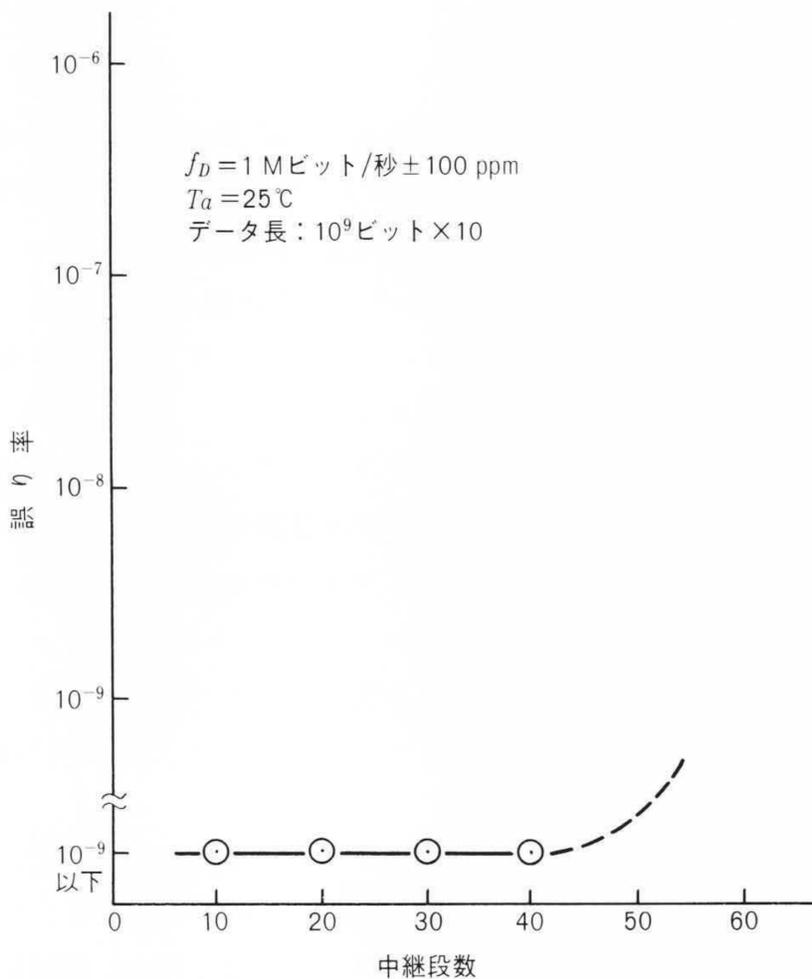


図6 DS/DR2116を使用した多段中継実験例 不感帯付きデジタルPLLを内蔵したDS/DR2116では、30段以上のNRZ(Non-Return to Zero)多段中継ができる。

である。この接続法は上流からのデータの取り込みと子局から新たなデータの挿入とを同時にできるが、一般にジッタが累積するので中継段数を増やせない。表1のDS2116/DR2116はジッタが累積しにくい不感帯付きデジタルPLL回路を搭載した3R機能付きモジュールであるので、多段中継に適している<sup>5)</sup>。このモジュールを用いた多段中継の実験例を図6に示す。伝送速度1Mビット/秒のデータを誤り率 $10^{-9}$ 以下で30段以上中継できる。

### 5 結 言

産業用光伝送モジュールとして主に数メガビット/秒以下の低速光伝送モジュールと、その光コネクタの製品ラインアップについて述べた。DC9系は光コネクタ、光ケーブルなどを含め石英ファイバ系の単方向モジュールに比べ総合的に安価である。光コネクタは、大口径の多成分ガラスファイバを標準品として採用したことで組立が簡単になり、ユーザーで光ファイバを扱うことが容易になった。さらに、石英ファイバやプラスチックファイバにも対応できる。これらを背景にDC9系双方向モジュールは、FA機器メーカーに広く採用され、OAメーカーでも採用するところが増えている。

光ファイバや光コネクタの価格はまだメタルケーブル、電気コネクタに比べて高価であるので、低価格化と組立工法のいっそうの簡易化が課題である。

### 参考文献

- 1) 詰めに入ったデジタル・オーディオ・インターフェースの標準化, 日経エレクトロニクス, 1987. 6-1, 109~118
- 2) オプトエレクトロニクスの日本工業規格(JIS)化に関する調査研究III, 75~256, (財)光産業技術振興協会年度報告1-004-1
- 3) 草野, 外: 双方向同期伝送用に3R機能を付けた光ファイバ送受信モジュール, 日経エレクトロニクス, 1984. 7-16, 203~218
- 4) 古寺, 外: 光伝送モジュール, 日立評論, 65, 10, 729~734(昭58-10)
- 5) 野田, 外: DPLLを用いた多中継光システムの同期化特性の検討, 昭和62年度電子情報通信学会総合全国大会, 講演番号2417