

FFI 光フィールドバスシステム

渡部 好三(わたなべ よしみ)

池田 卓史(いけだ たかし)

1 まえがき

近年、制御システムにおけるネットワークの重要性がますます高まってきている。この傾向は上位のコンピュータネットワークだけでなく、フィールドネットワークと呼ばれる最下層のネットワークにも及んでいる。

従来この分野では、デジタル・アナログ信号を直接伝送する場合が多く、ネットワークとしての機能の高度化があまり進んでいない領域であった。しかしながら、最近のデバイス技術の進歩は、コスト・スペース的にもこの領域の高機能化を可能とした。本稿で紹介する光ファイバ式

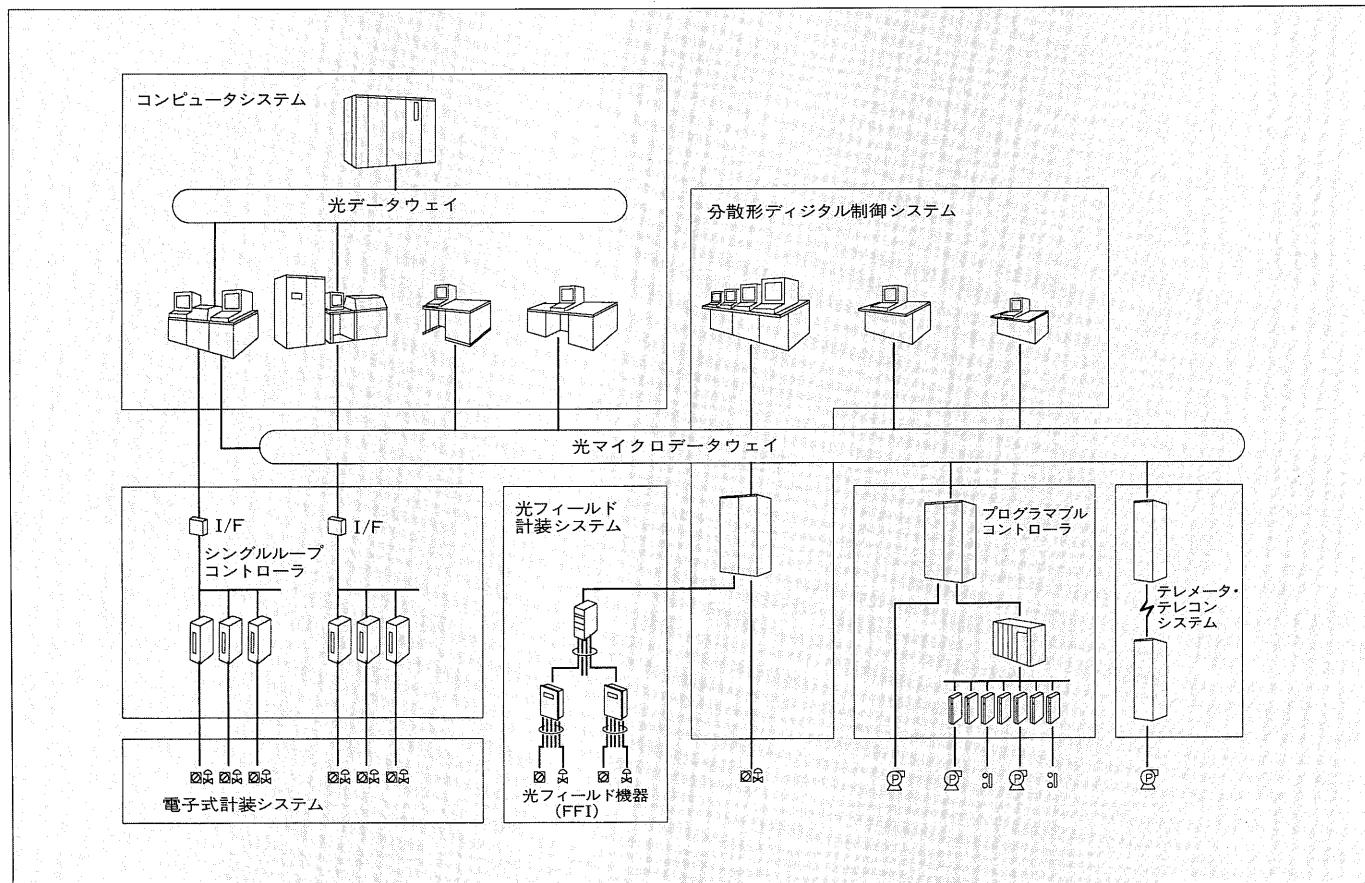
フィールド計装システム (Fiber Optic Field Bus System, 以下 FFI という) は、フィールドネットワークを光ディジタル伝送で構成する画期的なフィールド計装方式として、昭和60年に発売された。以下、この FFI をネットワーク化という観点から解説する。

2 FFI システムの位置づけ

計測制御システムにおける FFI システムの位置づけを図 1 に示す。

制御システムを階層的に考えると、①管理・統括制御を

図 1 計測制御システムにおける FFI システムの位置づけ



渡部 好三



昭和39年入社。計測・制御機器、システムの開発企画業務に従事。
現在、制御システム事業本部技術企画統括部主査。

池田 卓史



昭和59年入社。計測・制御機器、システムの開発企画業務に従事。
現在、制御システム事業本部技術企画統括部。

表1 統合化制御システムのデータウェイ

区分	データウェイ または LAN の種類	形状	伝送媒体	速度 インターフェース	ステーション数または ノード数	接続機器		開発のねらい	統合化制御システム としての位置づけ
						コンピュータ系	コントローラ系		
MICREX	IEEE802.3 TCP/IP	バス	同軸	10Mビット/秒 CSMA/CD	1,024	A ファミリー FASMIC G500/32 FA パソコン	OCS/DBS-1500	実質的な国際標準対応の汎用 LAN。	国際標準対応の汎用 LAN。コンピュータ、マンマシン、コントローラ、他社コンピュータを接続する。
	DPCS-F	ループ	同軸 光ファイバ	10Mビット/秒 トーカンバス	64	A ファミリー FASMIC G500/32	OCS/DBS-1500 PCS/HDC-500 SAS-500	工業用 LAN。 ブロードキャスト、メッセージ伝送、状態変化割込処理を可能とする。	制御システムの中核 LAN。コンピュータ群とコントローラ群を接続する。
MICREX-M	P リンク	バス	同軸 光ファイバ	5Mビット/秒 トーカンバス	16	A ファミリー FASMIC G500/32 FA パソコン	OCS-250 PCS/HDC-500 SAS-500/50 PCS/HDC-250 F 250/120H	コントローラ間の情報通信用リンク。 中下位コンピュータと接続する。	コントローラ間の情報通信用のリンク。 中下位コンピュータと接続する。
	T リンク	バス	同軸 光ファイバ	500k ビット/秒	32	FASMIC G500/32 FA パソコン	PCS/HDC-500 PCS/HDC-250 F 250/120H F 80/50/30	制御機器、設備機器とコントローラ群接続用のリンク。	制御機器、設備機器とコントローラ群接続用のリンク。
	FFI バス (光フィールド バス)	スター	光ファイバ	25k ビット/秒	上位3 下位8	—	PCS-500 PCS-250	計器室とフィールドの光リンク。配線合理化と対ノイズ性向上。	フィールド機器とデータ交換、およびフィールド機器のリモートメンテナンス。

行うコンピュータシステム、②機能別の分散制御を行う分散形制御システム (DCS)、③センサ、アクチュエータから計器室までをカバーするフィールド計装システムの三つに分類できる。この各システムにそれぞれのネットワークがあり、階層に適した形状 (トポロジー)、伝送媒体、伝送速度を採用することにより、全体として効率的な信頼性の高いシステムを構築している (表1)。

FFI システムは、③のフィールド計装システムに適応されるネットワークであり、最大の特長は光ファイバを用いた光デジタル伝送にある。

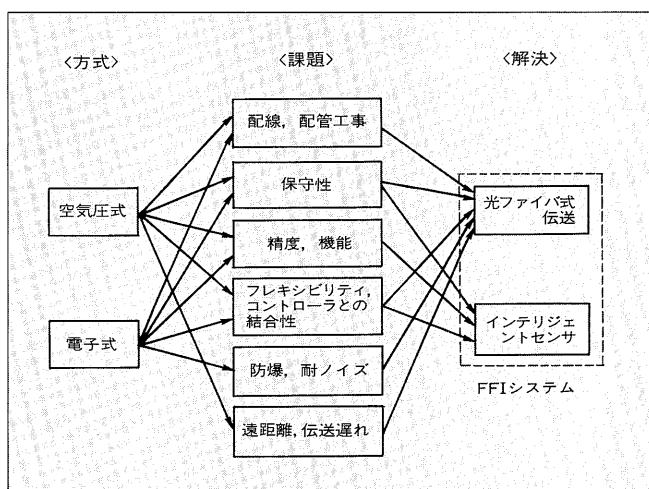
光伝送化という観点で制御システムを考えると、コンピュータシステムのネットワークが最も早く実用化され(1975年ごろ)、次いで分散形制御システム(1980年ごろ)、フィールド計装へと進展してきた。このように、フィールド計装は光伝送化に残された最後の領域であり、この領域を光伝送化することにより、センサから上位のコンピュータまですべてのデータを光デジタル伝送することが可能となる。このことは、変換誤差のない信頼性の高いデータ伝送が可能となるためメリットは大きい。

このような背景を基に、FFI システムを開発し、昭和60年に発売を開始した。現在に至るまでフィールド計装を光伝送化したシステムはほかになく、富士電機の特色あるシステムとなっている。

光伝送化する目的、利点は、コンピュータシステムにおいては、主に高速・大容量伝送であるが、フィールド計装においては、さらに光ファイバの持つ防爆性、耐雷性、耐ノイズ性などの有効性を生かし、石油・化学プラントの危険場所、すなわち防爆エリアや雷害、サージなどのノイズにより、伝送システムそのものが破壊される可能性のある区域において従来の電気式の伝送方式では本質的に解決できなかった問題点を解決していることが大きい。

このように、伝送媒体としての光ファイバは従来の電線

図2 従来計装方式の課題と FFI



に比べ多くのメリットを持つため、データウェイの光化率は高まってゆくものと思われる。

一方、FFI の形状 (トポロジー) はスター形である。上位システムに見られるループ構造ではセンサの数だけ分岐数が増え、結合損も多い。このため FFI ではコネクタ部の数を減らし、結合損を減らすためにこの構造を採用している。

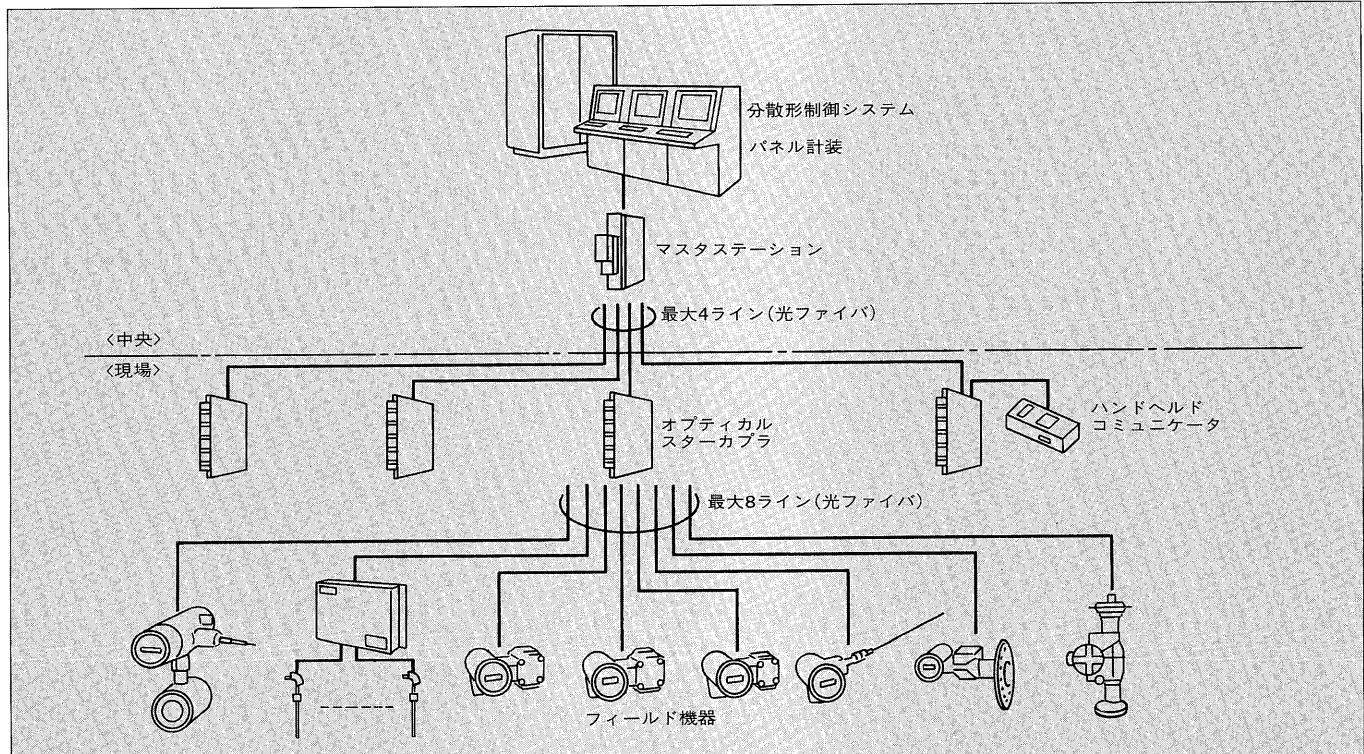
③ FFI システムの特長

FFI システムの登場により、フィールド機器まで含めた真のディジタル制御システムが実現するばかりでなく、光ファイバ式バス伝送とフィールド機器のインテリジェント化により、従来の空気圧式、電子式計装システムの本質的課題とされてきた諸問題を解決した (図2)。

(1) 現地工事の合理化

・光フィールドバス採用、伝送多重化による配線本数、

図3 FFI システムの構成



作業工数の削減

(2) 保守の自動化

- ・フィールド機器のリモートメンテナンスの実現
- ・現場巡回の削減、適正化、保守情報の集中管理

(3) ループ精度の向上

- ・光デジタル伝送による伝送誤差の解消
- ・DCSとの直結結合によるディストリビュータ、マルチプレクサ、A-D変換器不要化、大幅なインターフェースの合理化

(4) 信頼性の向上

- ・光ファイバ採用によるノイズ、雷害、接地、絶縁などトラブルからの解放、本質安全バリヤの不要化
- ・空気圧式計装のみの安全性、高信頼性の実現

4 FFI システムの構成と仕様

4.1 システムの構成

FFI システムの構成を図3に示す。FFI システムはマイクロプロセッサによりインテリジェント化されたフィールド機器、光を分岐集合する光スタークラウド、および上位システムとのインターフェース機能を有するマスタステーションから構成され、これらの機器間は光ファイバ1心により接続される。

フィールド機器と光スタークラウドの間は光ケーブルで1:1に接続され、1台の光スタークラウドに8台までの機器が接続できる。光スタークラウドとマスタステーションの間は、フィールド機器8台分を1心の光ケーブルで多重伝送し、フィールドバスとして機能する。マスタステーションは、1台で4チャネル（4台の光スタークラウド）まで処

理できる。したがって、1台のマスタステーションで合計32台のフィールド機器を接続することができる。フィールド機器とマスタステーションの間の伝送距離は最長1.2km、サンプリングタイムは0.2秒/フィールド機器32台である。伝送距離延長のためには光中継器が用意されており、2台を直列接続することにより最長10kmまで可能である。

光スタークラウドとマスタステーションの間の幹線部は伝送路の二重化が可能である。

光スタークラウドには、ハンドヘルドコミュニケータ（HHC）により、信号のモニタリング、メンテナンスが可能なように接続端子が設けられている。

4.2 システム仕様

FFI システムの主な仕様を以下に記す。

(1) 上位システムのインターフェース

マスタステーションおよびDCSの種類により異なる。

図4にインターフェース系列を示す。

(2) 防爆方式

フィールド機器により異なる。

(3) 伝送

- ・伝送方式：1線式光ファイバによる半二重双方向光伝送方式

マスタスレーブ方式による1:N伝送

- ・伝送信号：無変調ビットシリアルNRZシグナル
- ・伝送サイクル：0.2秒/フィールド機器32台

(4) 伝送データ

- ・プロセスデータ：測定値、操作出力・リモートセッティングデータ：ゼロ/スパン点の校正データ、スパンレンジ、ダンピング時定数、その他のパラメータ

図4 上位システムとのインターフェース系列

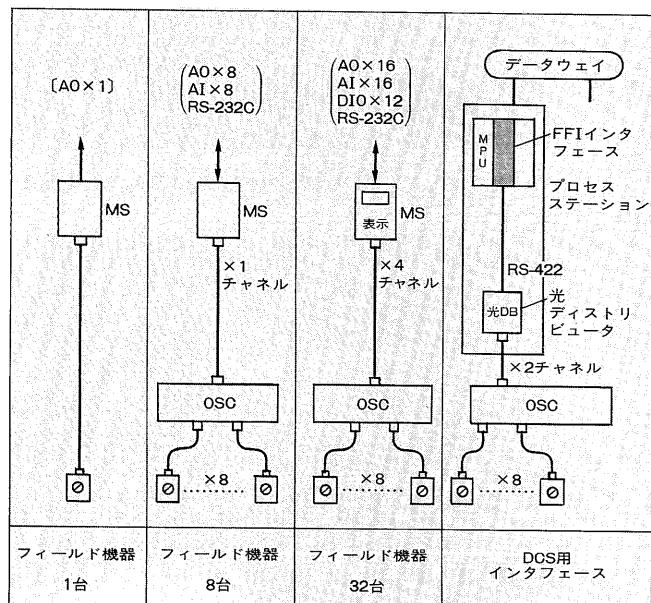


表2 FFI フィールド機器一覧

分類	種類	製品名	主な仕様	給電方式	防爆の種類
センサ	測温抵抗体温度発信器	−50~500°C	A	I	
	熱電対温度発信器	0~300°C	A	I	
	圧力発信器	0~50,000kPa	A	I	
	リモートシール圧力発信器	0~50,000kPa	A	I	
	絶対圧力発信器	0~2,900kPa abs	A	I	
	差圧/流量発信器	0~3,000kPa	A	I	
	リモートシール差圧発信器	0~500kPa	A	I	
	電磁流量計	2.5~150 A	B	D	
	面積式流量計	15~300 A	A	I	
	容積式流量計	10~300 A	A	I	
	タービンメータ	6~600 A	A	I	
	フランジレベル発信器	0~500kPa	A	I	
	投込液面発信器	0~392kPa	A	I	
	液面伝送器	3.5~30kPa	A	I	
	タンクゲージ	0~50m	B	D	
多点タイプ	pH 計	pH 0~14	A	I	
	信号変換器	E-O 変換器	B	D	
	多点温度変換器	最大16点	B	I	
	ガス警報器	可燃性ガス, 8点	B	D	
	光スイッチ信号変換器	光リミット スイッチ 光圧力 スイッチ	最大16点	B	I & D
操作端	接点信号変換器	最大16点	B	D	
	光-空気圧ボジション	19.6~98.1kPa, 39.2~196.1kPa	A	I	
	光-空気圧変換器	19.6~98.1kPa, 39.2~196.1kPa	A	I	
	光電動操作機	バルブアクチュエータ	B	D	
多点タイプ	信号変換器	O-E 変換器	B	D	
	光切換弁用信号変換器	光切換弁用 8 点	A	I	
	接点信号変換器	電磁弁用 8 点	B	D	
その他	現場指示計	LCD 4 けた	A	I	
	光スタークラウ	8:3 分岐, 2:1 分岐	—	—	
	光リピータ	5.2km	B	I & D	

給電方式 A : 内蔵バッテリーによる給電, B : 外部給電

防爆の種類 I : 本質安全防爆, D : 耐圧防爆

フィールド機器の一覧を、主な仕様、給電方式、防爆の種類とともに示す。

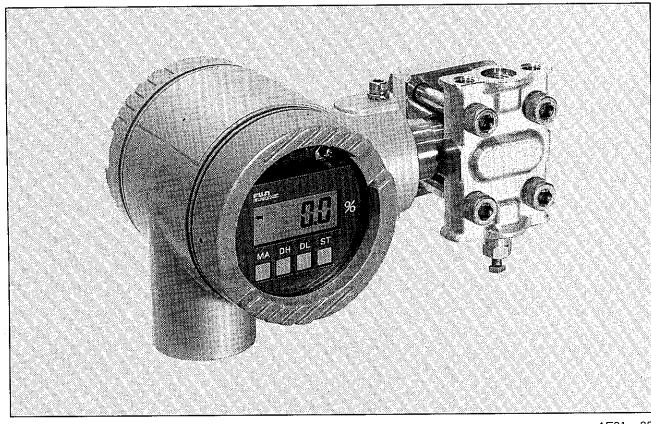
センサからアクチュエータまで多くの品ぞろえが完成している。

一点タイプ機器の多くは CMOS IC を採用するなど、低消費電力化、低電圧化することによって、内蔵リチウム電池だけで駆動している。防爆的には、安全保持器不要の本質安全防爆であり、光ファイバ伝送との組合せにより最

4.4 フィールド機器

FFI フィールド機器は、機器単体で光センサ、光操作端として機能する一点タイプと、複数のセンサ、操作端をスキヤニング回路により多重光伝送、光操作する多点タイプとに分類できる。表2にこのような分類に基づく FFI

図5 光ファイバ式圧力発信器



AF91-98

表3 ケーブル、コネクタの種類と用途

ケーブルの種類			組合せコネクタ	用途
ファイバ	シース径	シース材質		
石英	φ9	PE	専用防水コネクタ	屋外使用可
石英	φ6	PE	FC 互換形 非防水	コンジット配管用
プラスチック	φ6	PE	SMA 非防水	同上

もシンプルな光ファイバ1線式システムを実現している。多点タイプ機器は多点を計測、操作するために、原理上電源を外部から供給する必要があり、防爆上は安全保持器との組合せによる本質安全防爆または耐圧防爆となる。一点タイプ機器（光圧力発信器）の外観を図5に示す。

4.5 光ファイバケーブルとコネクタ

光ファイバケーブルは工事施工条件に応じ、大径、小径、多心ケーブル、防蟻（ぼうぎ）ケーブルなどが選定できる。同様にコネクタも防水、非防水コネクタ、FCコネクタなどが用意されている。表3に基本となるケーブルおよびコネクタの種類を示す。

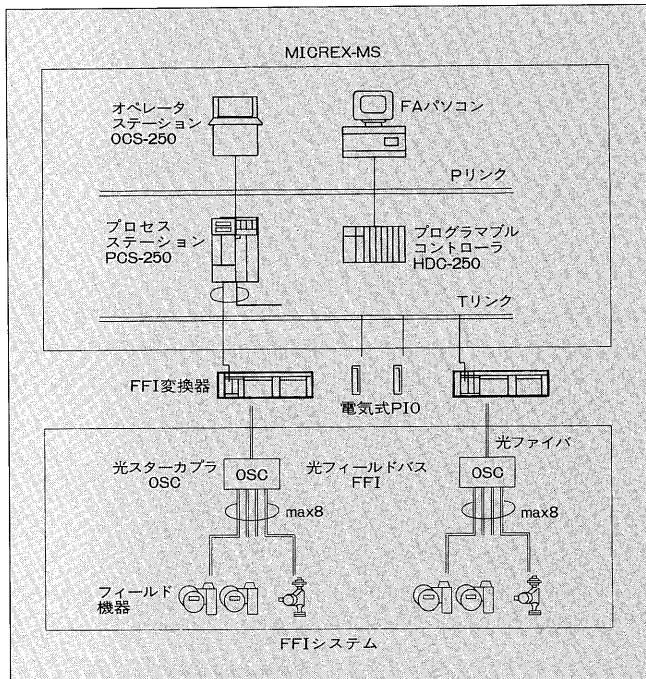
シース径φ9ケーブルは防水コネクタと組み合わされ、屋外での使用が可能である。φ6ケーブルは小形化されたFC互換形コネクタと組み合わされ、主にコンジット配管をする場合に適用される。

なお、ケーブルとコネクタの組立は現地作業を可能としているが、工場で組み立て、プレハブケーブルで納入することも可能である。

5 DCSとの接続

FFI機器をDCSに接続する場合、①DCSのMPUシェルフにボードを直結する方式（MICREX-P III）と、②富士電機のフィールドネットF-NetであるTリンクに直結するFFI変換器を介して、DCSと接続する方式（MICREX-MS）の2種類がある。いずれの方式も、フィール

図6 MICREX-MS/FFIシステム構成



ド機器レベルまでシステムのコンポーネントとしてとらえ、DCSでRAS管理、履歴管理が行えるため、従来のシステムに比べ信頼性が向上している。

①の方式は、FFIフィールド機器を光スタークラスター（OSC）を通して光ファイバケーブルでプロセステーションの光ディストリビュータに接続し、電気信号に変換されて、さらにMPUシェルフに実装されるFFIインターフェースボードに伝送される。

MPUボードは、必要に応じてFFIインターフェースボード内の測定データを読み込み、制御演算、アラームチェックを行う。プロセステーションの演算機能上は、FFIから入力したデータも他の電気式のPIOデータと同様に扱うことができる。DCS/FFIシステムでは、フィールド機器からDCSまで全デジタル化、光伝送化が図られ、高い精度の確保、DCSとの直接光ファイバの結合により変換器、中継端子盤が不要となり、ロッカ面数の削減を含むシステムの大幅な簡素化が図れるなど、FFIとDCSの両者の特長が最大限発揮できるシステムとなる。

一方、②の方式は、マスタステーションとTリンクインターフェースの機能を持つFFI変換器を使用する。このFFI変換器は従来の電気式PIOと同じTリンクに混在することも可能で、上位のDCSでは従来のフィールド機器とFFI機器を同じフォーマットで扱うことができる。このことはコントローラの負荷を軽減するだけでなく、エンジニアリングの省力化のためにも有用である。さらにTリンクや上位のPリンクを光ファイバを使用し、光伝送することにより制御システムのすべてのデータウェイを光伝送化することが可能である。

中小規模システムに適したMICREX-MSとFFIシステム構成を図6に示す。

⑥ あとがき

FFI システムの概要について述べた。

プロセスに最も近接したセンサ、アクチュエータを主体とするフィールド機器を包括する領域は、データの密度も低くかつ信頼性、安全性が強く求められるなどから、長らく単体機器間の個別配線が行われ、システム化が遅れていた。

FFI システムは、防爆性、耐雷性、耐ノイズ性、低損失など光ファイバのもつ利点により、この分野を一新する有効性が認められ、国内外の多くのフィールドで採用され順調に拡大発展している。

現在、IEC で国際規格化を推進しているフィールドバスにおいては、伝送媒体として電気、光、電波の 3 方式が提

案されている。物理層に関しては、電気信号の規格化はドラフトが完成し、まとまりつつある。現在、光、電波方式の規格化作業が進められており、富士電機は FFI 方式を実用化された唯一の光フィールドバスとして提案し、国際会議の場を通して規格化に積極的に貢献している。

FFI システムがさらに多くのユーザーの合理化、安全性、信頼性向上などに寄与するよう期待している。

参考文献

- (1) 富永滋ほか：光ファイバ式フィールド計装システム FFI のファミリ拡大、富士時報、Vol.62, No.9, p.554-557 (1989)
- (2) 生駒雅一ほか：分散形制御システム MICREX の拡大、富士時報、Vol.62, No.9, p.591-595 (1989)
- (3) 渡部好三：光ファイバ式フィールド計装システムの現状、計測技術、Vol.20, No.6, p.54-59 (1992)

技術論文社外公表一覧

標題	所属	氏名	発表機関
ZnO バリスタの特性と評価法	富士電機総合研究所	向江 和郎	日本セラミックス協会関東支部講習会 (1992-7)
産業廃水汚泥の電気浸透脱水	川崎工場 富士電機総合研究所 公共営業本部	川上 一美 今西 浩 福沢 博 山口 駿昌 新井 利孝 松下 博史	日本機械学会環境工学総合シンポジウム (1992-7)
サイフォン式ろ過濃縮装置による下水汚泥の濃縮	川崎工場 富士電機総合研究所 公共営業本部	川上 一美 山田 節夫 山口 駿昌 新井 利孝 山岡 一博	電気学会 B 部門大会 (1992-7)
大規模アナログ型電力系統シミュレータ A PSA による内部型パラメータ共振の発生条件の確認および計測技術の検討	富士電機総合研究所	中西 要祐	電気学会九州支部大会 (1992-7)
パワーエレクトロニクスの最近の動向とその応用	富士電機総合研究所	柳瀬 孝雄	電気学会九州支部大会 (1992-7)
リニアリラクタンスマータの設計データと特性	富士電機総合研究所	渡部 俊春	電気学会リニアドライブ研究会 (1992-7)
フィールドバス向け新信号ドライブ方式	富士電機総合研究所 東京機器製作所 技術企画統括部	浅沼 謙治 美根 宏則 竹添 文彦 垣塚 健 黒岩 重雄	計測自動制御学会学術講演会 (1992-7)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する商標または登録商標である場合があります。