

オープン化対応 PIO の概要

橋本 親 (はしもと しん)

黒江 潤一 (くろえ じゅんいち)

池戸 弘泰 (いけど ひろやす)

① まえがき

プラント制御システムを取り巻く環境は、従来に比べてよりグローバル化してきている。その基幹をなす情報・制御システムにおいてもパソコンなどの汎用製品やオープンネットワーク技術などを取り込んだオープン化の流れと最新の半導体技術、実装技術によるダウンサイジング化が加速しており、今後より一層の国際的な競争力の強化が求められる。情報・制御システムのオープン化の波はまず上位コンピュータやそのネットワークへの波及から始まり、今や情報・制御システムの中核をなす制御機器や、フィールド機器にまで及んでいる。また、海外専門メーカーによるオープンネットワーク対応のプロセス入出力装置（PIO：Process Input-Output Device）の市場投入も始まり、今後オープン化の流れは一層進展すると予想される。

PIO は、プラントのなかで温度、流量、圧力を計測するさまざまなセンサやバルブ、モータなどのアクチュエータと上位の制御装置やコンピュータとの間で信号をやり取りする装置である。一般的に、プラントのなかで制御システムのハードウェア全体に占める PIO の割合は金額ベースで約 30 % であり、機器の点数の割合は他の監視装置、制御装置に比べてはるかに多い。したがって、PIO はプラントの TCO (Total Cost of Ownership) の削減（工事費の低減、建設費の低減、運用・保守経費の低減など）およびプラント稼働率・安全性の向上（危険分散、地域分散）を担う重要なコンポーネントであるといえる。一方、技術的には小型化、高性能化、耐環境性、低コスト対応など多くの課題を有し、オープンネットワーク対応とともにエンジニアリングのしやすさも今後より重要になる。

富士電機と横河電機(株)はこれら PIO の動向をいち早くとらえ、100 Mbps のオープンネットワークに対応し、かつ二重化を標準装備としたコンパクトなオープン化対応の PIO（富士電機の製品名：PROGRESSIO）を共同で開発した。われわれは顧客利益と市場発展のため、このオープン化対応の PIO（以下、オープン PIO と略す）を業界標準の PIO として普及すべく仕様を一般に公開し、多方

面への利用を促進している。

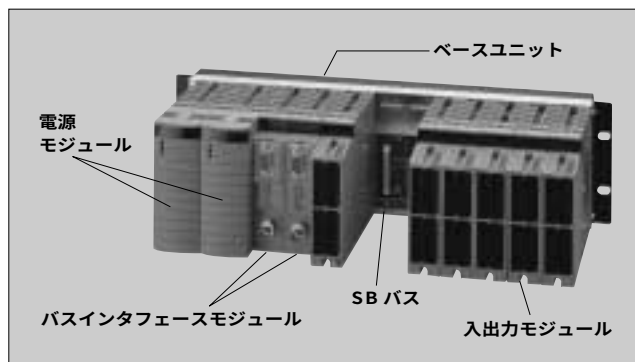
② オープン PIO の概要

オープン PIO は、小型・高速・高信頼性を狙った PIO である。オープン PIO と上位システムとのインタフェースである IO バスには LAN として全世界で最も普及している Ethernet^{〔注1〕}を採用し、通信のリアルタイム性を確保するためのオリジナルなプロトコル「EPAP (Ethernet Precision Access Protocol)」を開発し搭載している。富士電機では、この PIO をオープン統合化分散監視制御システム「MICREX-AX」の標準 PIO として採用するとともに、ユーザー、メーカーを問わずコンポーネント販売も行っている。この PIO の採用でフレキシビリティに富んだシステムを低コストで構築することができる。すなわち、パソコンと PIO を組み合わせ、SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) やソフトウェア PLC (ソフトウェアロジック) を使用したデータロガー、監視制御システム用の PIO あるいはコンピュータ、ワークステーション用の PIO としても広く使用することができる。

オープン PIO の構成を図 1 に示す。オープン PIO は、ベースユニットと呼ばれる取付けボードの前面に、電源モ

〔注1〕 Ethernet：米国 Xerox Corp. の登録商標

図 1 オープン PIO の構成



橋本 親

情報制御システムの企画、開発、設計に従事。現在、東京システム製作所ソリューションサービス部長。電気学会会員。



黒江 潤一

計装制御システムのエンジニアリング業務などに従事。現在、電機システムカンパニー環境システム事業部営業企画部担当部長。



池戸 弘泰

情報制御システムの PIO 装置の開発設計に従事。現在、東京システム製作所開発設計部担当課長。電気学会会員。

ジュール、バスインタフェースモジュール、入出力モジュールを実装して構成され、これらの集合体をノードと呼んでいる。各モジュールは、ベースユニット上の二重化されたバックプレーンバス〔SBバス（Serial Back-Plane Bus）〕により相互に接続されている。

各構成要素の内容を以下に述べる。

(1) ベースユニット

各モジュールを実装するための筐体（きょうたい）である。DIN レール取付けタイプまたは19インチラック取付けタイプがある。

(2) SBバス

各入出力モジュールとバスインタフェースモジュールをつなぐ 128 Mbps の二重化されたベースユニット内部の高速バックプレーンバスである。

(3) 電源モジュール

DC 電源または AC 電源を選択でき、二重化構成が可能である。

(4) バスインタフェースモジュール

伝送速度 10 Mbps または 100 Mbps の Ethernet インタフェースであり、二重化構成が可能である。UDP/IP（User Datagram Protocol/Internet Protocol）上で動作するリアルタイム通信プロトコル EPAP を搭載している〔詳しくは、本特集号の別稿（ネットワークプロトコル「EPAP」）を参照いただきたい〕。EPAP は Ethernet 上での通信の衝突を回避し、入出力データや RAS 情報のデータ交換をリアルタイムにかつ効率よく行う。また、メンテナンス用として RS-232C ポートも備えている。

(5) 入出力モジュール

アナログ入出力、ディジタル入出力などの各種のプロセス入出力信号の取り合いを行い、二重化構成や活線着脱が可能である。入出力モジュールの二重化時には、端子ブロックだけ切り離し、故障した入出力モジュールの交換も可能である。

③ オープン PIO のコンセプト

オープン PIO はオープン化技術の採用と特長ある技術の情報公開（技術のオープン化）をコンセプトとする新世代の PIO である。以下に、その内容を述べる。

3.1 オープンかつ柔軟な接続性

オープン PIO は、ホストシステムとのデータ交換をする IO バスにオープンな LAN である Ethernet（10 Mbps または 100 Mbps）を採用している。Ethernet は将来の技術進歩が期待でき、大容量化するフィールドデータ通信に対応している。近年、各メーカーの制御機器も Ethernet のインタフェースを持つものが多く開発され、Ethernet は管理レベルの LAN から制御用 LAN としても普及が始まっている。今後はフィールドレベルの LAN として採用も加速するものと思われる。

Ethernet は LAN として最も普及している汎用性の高い

技術であるため、オープン PIO は DCS（Distributed Control System）だけでなくパソコン、UNIX^{〔注2〕} サーバなどさまざまな環境に容易かつ柔軟に対応できる。

3.2 インタフェースの公開によるオープン化、業界標準化の推進

富士電機はオープン PIO を自社 DCS だけでなく多くのメーカー、SI（System Integrator）やユーザーのシステムに採用してもらえるようにインタフェースの公開を積極的に進めている。オープン PIO に採用した Ethernet 上の通信プロトコル（EPAP）とバックプレーンバス（SBバス）を公開し、他のメーカーやエンドユーザーが自由にシステムを構築できる情報を提供している。また、アプリケーションに対応した入出力モジュールを開発できる情報を提供し、技術的なサポートをすることも可能である。製品仕様に関するより詳細な情報は、富士電機のインターネットページ（<http://www.fujielectric.co.jp/pio/>）に掲載している。

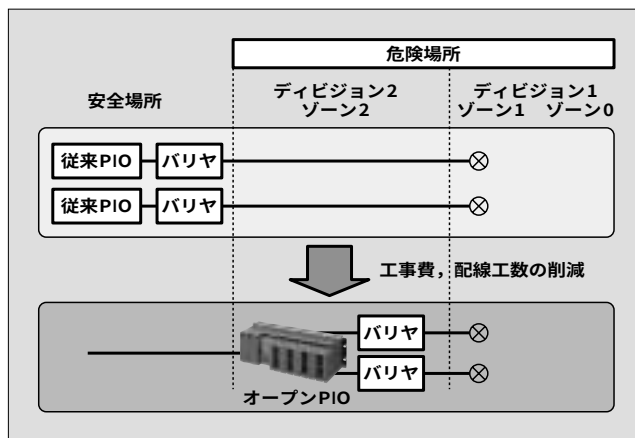
3.3 フィールド設置にも強い耐環境性を実現

プラントではフィールドに入出力機器が多く存在し、入出力信号を計器室まで配線するよりも、入出力装置をフィールドに設置してフィールドで信号を取り込んだ方が安価にシステムを構築できることが多い。オープン PIO は、耐環境性の向上によりいろいろなフィールドへの設置が可能であり、広範囲の使用温度、危険場所、腐食性のガスなどフィールドを取り巻く厳しい環境にも対応している。これにより、従来よりもフィールドに近い場所に設置することができる。工事費用を抑えることはもとより、エンジニアリングの自由度が高まり、TCO の削減に大きく貢献できる。危険場所への適用の考え方を図 2 に示す。

オープン PIO は海外で要求される各種規制、規格にも対応している。EU（欧州連合）エリアで義務づけられる

〔注2〕 UNIX：X/Open Company Ltd. がライセンスしている米国ならびに他の国における登録商標

図 2 オープン PIO の危険場所への適用



CE マーキング、各国で強まる EMC (Electromagnetic Compatibility) 規制、欧州、北米における防爆、腐食性ガス規格にも適合しており、ワールドワイドに使用できる。

3.4 プラント稼働率の向上にこたえる高い信頼性

オープン PIO は、連続運転の要求されるプラントへも安心して使用できる高い信頼性を実現している。万が一故障が発生しても運転に支障を来さないように継続して操業できる二重化構成が可能である。図 3 に示すように、オープン PIO を構成する IO バス、電源モジュール、バスインタフェースモジュール、バックプレーンバスおよび入出力モジュールはすべて二重化することができ、故障時には稼働系から待機系に高速に切り換わりプラントの運転を継続できる。従来、二重化が困難とされていたデジタル入出力も二重化することができる。したがって、従来より部分的に二重化がとられている DCS のなかにオープン PIO を配置することにより、監視制御システム全体を包含した完全二重化システムが構築できる。また、二重化された入出力モジュール故障時の保守性を考慮し、図 4 に示すように故障したモジュールの交換が活線で行えるように工夫されている。

オープン PIO は自己診断機能、予防保全機能も充実している。使用環境の温度や、メンテナンスの目安となる累

積通電時間などの情報をリモートで読み取ることができる。このため、設置環境、設置条件に応じたメンテナンスが可能となりメンテナンス費の削減が期待できる。

3.5 小型、高密度実装による省スペース化の実現

この PIO は富士電機の従来品に比べ体積比 (アナログ 1 点あたり) で約 37 % と飛躍的に小型化、高密度化されている。小型化の技術として、システム ASIC (CPU 組込みタイプのカスタム LSI) による小型プリント板の開発、高効率放熱構造による高密度部品実装の実現、前面接続のヨーロッパ端子ブロックによるコンパクト化した機構などを採用した。通常、PIO は制御盤などのなかに実装されて使用される。このため、小型化により実装スペースあたりの入出力点数を高めることができ制御盤の省スペース化、低価格化に貢献している。

3.6 高速応答による適用範囲の拡大

通信効率を高めた Ethernet 上の独自のプロトコルを採用した IO バス、高速なバックプレーンバスにより、入出力信号の送受信が高速に行える。Ethernet 通信では、同一の Ethernet 回線上に接続されている複数の機器が同時に通信を開始した場合、通信の衝突が発生する。これは通信効率の低下要因となる。今回開発した通信プロトコル EPAP は通信の衝突を回避し、通信効率を向上させている。また、各モジュール間のデータ交換を 128 Mbps (32 Mbps シリアル伝送 × 4 本) の二重化された高速バックプレーンバスにて行っているため、入出力信号の送受信を高速、リアルタイムに行える。ノードあたりの最大実装点数 (アナログ 128 点 = 512 バイト) の応答時間は 2.8 ms であり、上位側の装置からオープン PIO を 10 ms 以下のスキャン時間でアクセス可能である。また、IO バス 1 回線あたりの最大構成時 (富士電機の MICREX-AX の場合: アナログ 1,024 点、デジタル 4,096 点) においても信号リフレッシュ周期は約 50 ms を確保している。したがって、システムが必要とする入出力点数に応じて、スケーラブルに

図 3 完全二重化構成の考え方

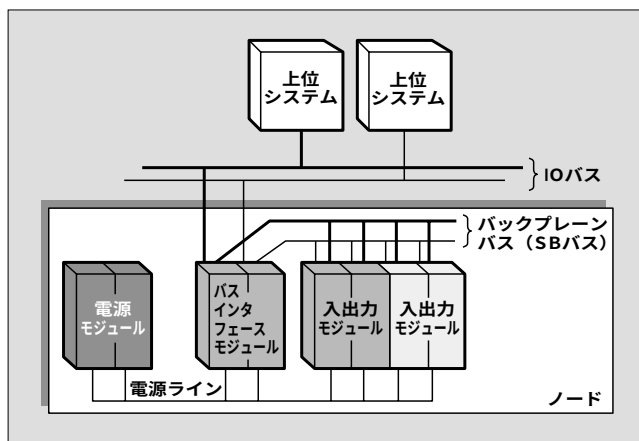


図 4 二重化入出力モジュールの活線交換

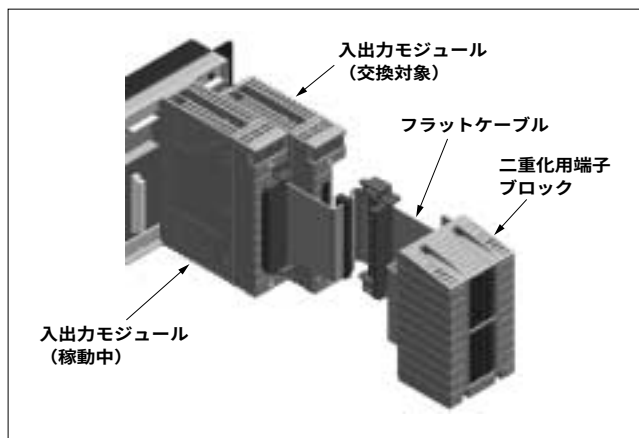
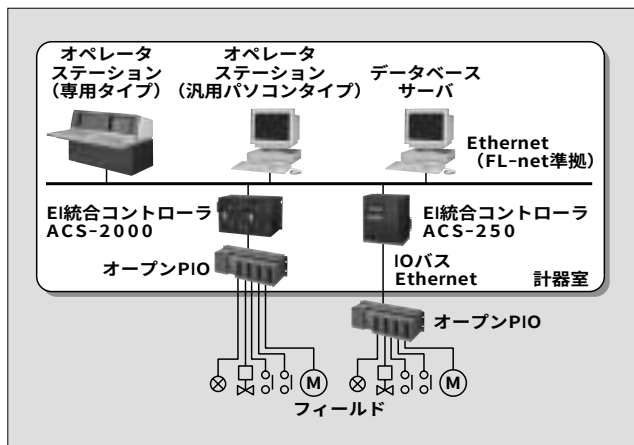


図 5 DCS の入出力装置として使用する場合 (富士電機の MICREX-AX の例) のシステム構成例



性能を確保することができるため、プロセス制御分野から FA 分野まで幅広い適用が可能となった。

(1) DCS の PIO として使用する用途 (図 5)

(2) パソコン、ワークステーションの PIO として使用する用途 (図 6)

4 システム構成

オープン PIO はさまざまなメーカーの制御機器やコンピュータに接続して使われることを前提に開発されている。オープン PIO は上位の制御機器やコンピュータの指示に応じて動作するが、どのように動作させるかはユーザーやメーカーによって考え方に違いが生じる。このため、柔軟に設計が行えるように自由度を持たせている。

オープン PIO を使用したシステム構成は大別して、

図 6 パソコンの入出力装置として使用する場合のシステム構成例

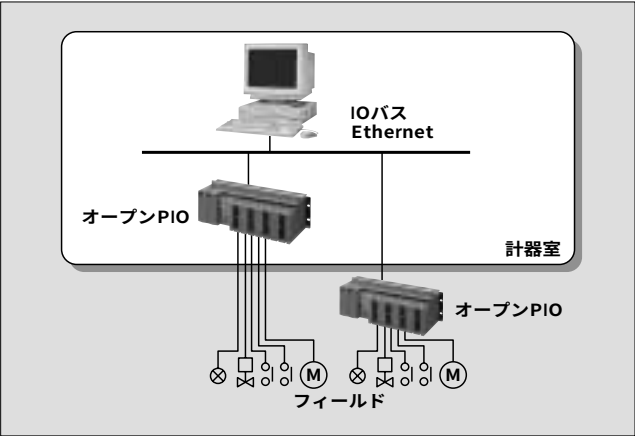


表 1 オープン PIO のシステム仕様

項 目	仕 様
外形寸法	440×131×162 (mm) (ベースボードに電源、バスインタフェースモジュール各2台、入出力モジュール8台を実装にて)
取付け	19インチラックあるいは DIN レール
電 源	AC100 V, AC200 V, DC110 V, DC24 V
周囲温度	0～+60℃ (オプション：-20～+70℃)
周囲湿度	5～95%RH (結露なきこと)
腐食性ガス	ISA S71.04 Class G2 (オプション：G3)
安全規格 (予定)	EN61010-1, CSA C222.2 No.1010.1
EMC 規格 (予定) ^(注)	EN55011 Class A Groups 1, EN50082-2 (CE マーキング対応)
防爆規格	Class 1 Div.2 Groups A, B, C and D T4
IO バス	Ethernet 10BASE2, 100BASE-T
ノード数/IO バス	論理上の最大接続数：255ノード (富士電機の MICREX-AX システムでは8ノードに制約)
信号点数/ノード	アナログ：最大128点, デジタル：最大512点
コンフィグレーション	Ethernet またはバスインタフェースモジュール/RS-232C を経由して専用コンフィグレータ (ソフトウェア) を使用
国際保護等級	IP20
モールド材質	ポリカーボネート

〈注〉入出力モジュールを EMC 規格に適合させるため、汎用のサージアブソーバを取り付けるか、専用の端子ブロック (サージアブソーバ付き) を使用する。

表 2 オープン PIO のモジュール仕様

項 目		仕 様	
ベースユニット		電源：40 W 用または80 W 用， 取付け：DIN レールまたは19インチラック	
電源モジュール		40 W出力：AC100 V, AC200 V, DC110 V, DC24 V (フィールド用 DC24 V が別途必要) 80 W出力：AC100 V, AC200 V	
バスインタフェースモジュール		Ethernet 10BASE2, 100BASE-T	
入出力モジュール	AI	電圧 (1～5 V, ±10 V)	非絶縁差動 (1～5 V)，非絶縁シングルエンド (±10 V) 入力抵抗1 MΩ
		電流入力 (4～20 mA)	HART通信対応，入力抵抗250 Ω 伝送器電源供給機能 (要外部電源)
	AIO	電流入力 (4～20 mA) /電流出力 (4～20 mA) 電圧入力 (1～5 V) /電流出力 (4～20 mA)	制御入出力用，HART通信対応， 入力抵抗1 MΩ/250 Ω， 伝送器電源供給機能 (要外部電源)， 許容負荷抵抗0～750 Ω
	AO	出力 (±10 V)	非絶縁シングルエンド，許容負荷抵抗10 kΩ以上
	AIS	センサ入力 熱電対，mV，測温抵抗体，ポテンショメータ	一括絶縁 熱電対：R, J, K, E, T, B, S, N mV：-100～150 mV RTD：Pt100, JPt100 ポテンショメータ：0～2,000 Ω
	DI	接 点	DC24 V, 2.5 mA, パルス入力，エッジ機能オプション対応
		接 点	AC100～120 V, パルス入力，エッジ機能オプション対応
		接 点	AC220～240 V, パルス入力，エッジ機能オプション対応
	DO	トランジスタ	DC24 V, 0.1 A, パルス列/幅出力オプション対応
		リレー出力	DC24 V, AC100～240 V, パルス列/幅出力オプション対応
	PI	パルス入力	パルス数カウント，0～10 kHz

がある。前者はメーカー独自の DCS 構築の考え方に対して、上位のコントローラとオープン PIO の協調をとることができる。後者はデータロガーから SCADA を用いた監視制御システムまで幅広い用途があり、これらに対して上位系の IO バスアクセスドライバの組込みにより容易に対応できる。

⑤ オープン PIO の仕様

オープン PIO のシステム仕様を表 1 に、モジュール仕様を表 2 に示す。

⑥ あとがき

環境保全、省エネルギーを代表とするゼロエミッションへの対応が世の中の大きな流れとして注目を浴びている。プラント制御システムが「監視」と「制御」の両面を取り扱うのに比べ、これらの分野ではフィールド情報をパソコ

ンなどに取り込むだけ、すなわち「監視」のみを取り扱うケースが多く、このような用途は今後ますます増えるものとする。

オープン PIO はオープンネットワークへの対応を特長とする新時代の PIO であり、監視制御システムへの適用だけでなく、今後の成長が期待される「監視」を主体とした用途にもパソコンとの連携を取りながら容易に適用できる。さらにインタフェース仕様の公開といった情報のオープン化を踏まえ、オープン PIO は新しい応用分野でデファクトスタンダードとなり得るものと考えている。

最後に、オープン PIO の開発を共同で遂行した横河電機(株)の関係各位に対して感謝の意を表するものである。

参考文献

(1) ARC：Ethernet-based Control Network Strategies. Automation Strategies. October (1997)
(2) 赤松和彦ほか：オープン統合化分散監視制御システム，富士時報，Vol.72，No.9，p.476-481（1999）

技術論文社外公表一覧

標 題	所 属	氏 名	発 表 機 関	
高濃度高効率オゾン発生技術と水処理	環境システム事業部	高橋龍太郎	省エネルギー，52，9（2000）	省エネルギーセンター
燃料電池の排熱回収	事業開発室 〃 〃	大内 崇 中島 憲之 小松 正	クリーンエネルギー，9月号（2000）	日本工業出版
無線ネットワーク技術	事業開発室	畠内 孝明	JTT，9月号（2000）	NTTアドバンストテクノロジー
磁気記録装置のランプロードイン動作に対する媒体評価手法の検討	富士電機総合研究所 〃 技術企画室	片野 智紀 小林 光男 渡辺 武	日本機械学会2000年度年次総会（2000-8）	
ネットワークディスクアレイ NR1000 導入事例	三重工場	後藤 俊彦	富士通オープン・ストレージセミナー（2000-8）	
企業における環境への取り組み～製品の開発・設計から製造・使用・廃棄まで～	事業開発室	細田 直樹	テクノシステム主催「環境影響統合評価法」セミナー（2000-8）	
固体絶縁物表面における油中沿面放電の進展（11）	富士電機総合研究所 〃	宮本 昌広 仲伸 芳武	第18回電気設備学会全国大会（2000-8）	
電動機のチューニングレス制御	環境システム事業部 〃 〃	宮下 勉 西田 英幸 伊藤 伸一	電気学会金属産業研究会（2000-9）	