

# オープン PIO の適用方法と事例

中村 貴之 (なかむら たかゆき)

中野 正人 (なかの まさと)

松平 竹央 (まつだいら たけおう)

## 1 まえがき

PA (Process Automation), FA (Factory Automation) システムのオープン化は、ネットワーク分野において顕著である。例えば、Profibus, DeviceNet, Foundation Fieldbus<sup>〔注1〕</sup>などにみられるようにフィールドレベルでは各オートメーション分野に適したオープンな LAN が使われている。一方、OA (Office Automation) を中心とした情報分野で普及している Ethernet<sup>〔注2〕</sup> を情報レベルだけでなく、FL-net のように制御レベルの LAN として積極的に採用する動きがある。

一方、これまでメーカーの独自仕様であった分散形制御システム (DCS) やプログラマブルコントローラ (PLC) のリモート IO バスは、システム構成の多様化 (オープン化, フラット化など) により、異なるメーカー、機種同士の接続やパソコンとの直接接続などの要求が強まってきている。

今回開発したオープン化対応プロセス入出力装置 (PIO) は、IO バスとして、最も普及している Ethernet を採用することにより接続環境をオープンにした。また、UDP/IP (User Datagram Protocol/Internet Protocol) 上のアプリケーション層に EPAP (Ethernet Precision Access Protocol) を搭載し、通信の高速性とリアルタイム性を実現している。このようにオープンな環境を持つ PIO の採用により、システム構築において次のようなメリットを享受できる。

- (1) システム構築期間の短縮 (整備された開発・設計環境が利用できる)
- (2) エンジニアリングコストの削減 (汎用技術の組合せ, 使い慣れた技術による効率向上)
- (3) システム製品コストの削減 (安価な市販製品の活用)

本稿では、オープン化対応 PIO (以下、オープン PIO と略す) の適用環境を紹介する。また、オープン PIO の

〔注1〕 Foundation Fieldbus : フィールドバス協会の登録商標

〔注2〕 Ethernet : 米国 Xerox Corp. の登録商標

容易な接続性を説明し、パソコンと接続した適用事例を紹介する。

## 2 オープン PIO の適用環境

オープン PIO は、Ethernet によるオープンなインタフェースを備えている。したがって、その適用環境は従来の DCS, PLC などにとどまらず、ネットワーク接続が容易なパソコン、UNIX<sup>〔注3〕</sup> コンピュータをはじめとした汎用機器にも広げられる。以下にその適用環境を述べる。

### 2.1 コントローラへの適用

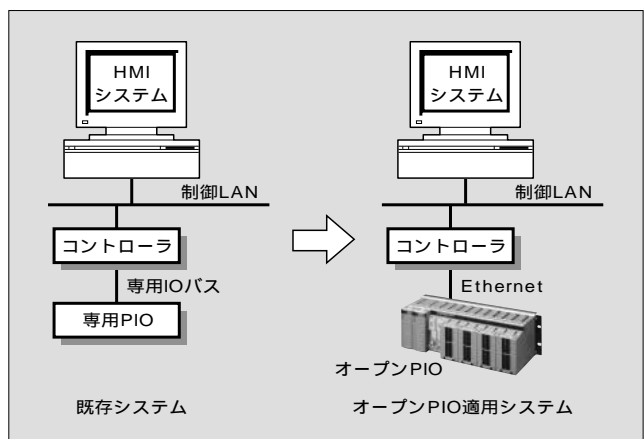
DCS を代表とする監視制御システムにおけるコントローラとオープン PIO の接続構成を図 1 に示す。オープン PIO をこのようなシステムに使用することによって、従来に増して以下のようなメリットがある。

#### 〔1〕 開発効率の向上

監視制御システムでは情報系および制御系の LAN に Ethernet を使用するシステムが一般化している。したがって

〔注3〕 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 1 コントローラとオープン PIO の接続構成



中村 貴之

計測・制御機器、システムの開発企画業務に従事。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。



中野 正人

分散形制御システムの統合エンジニアリングシステムの開発設計に従事。現在、東京システム製作所開発設計部主任。



松平 竹央

計測・制御機器、システムの開発企画業務に従事。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課長補佐。

て、既存の Ethernet のハードウェア資産を活用し新規のハードウェアを開発することなく、ソフトウェアの対応のみでオープン PIO をコントローラに接続できる。このため開発効率の向上を図ることができる。

〔2〕 IO バス性能の向上

Ethernet 技術は情報分野の核となる技術であり、日々成長している。既存の制御システムではコントローラと専用 PIO を専用 IO バスで接続し、性能を確保していた。今回開発したオープン PIO は、IO バスに求められている性能と信頼性を Ethernet 技術のうえで確保したことにより、Ethernet の将来的な技術進歩に対応して IO バスの性能を向上することができる。

2.2 パソコンへの適用

パソコンとオープン PIO の接続構成を図 2 に示す。これまでパソコンに接続できる PIO は通信速度やコストの面で必ずしも満足できるものではなかった。一方、SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) を代表とする監視、制御ソフトウェアはパソコンの発達とともに今や制御分野のオープン化技術の代表格となりつつある。しかしながら、これらのシステムで唯一オープン化が遅れていた部分は PIO である。オープン PIO はこの課題を解決できるコンポーネントとして、SCADA のみならず、VB/VC (Visual Basic / Visual C++) アプリケーションを用いたパソコンシステムに最適な素材である。

オープン PIO はパソコンとの接続を Ethernet を使って高速かつ安価に実現できる。また、通信インタフェースが公開されるのでシステム開発者の裁量によってシステムパフォーマンスが最適となるデータアクセス構造が選択できることになり、アプリケーションに適したソフトウェアを構築することが可能になる。

2.3 UNIX コンピュータへの適用

従来、UNIX コンピュータがプロセスデータをアクセス

するにはコンピュータ専用の PIO を使用していた。この場合、PIO はコンピュータの CPU のバスと直結されているため、CPU の負荷は大きかった。

図 3 に示すように、オープン PIO を採用することにより、PIO をネットワーク機器として取り扱うことができ、CPU の負荷軽減とともに設置環境のバリエーションを広げることができる。さらに、UNIX コンピュータエンジニアにとっても使い慣れた Ethernet 環境でのエンジニアリングは、ローカルな技術の習得の必要がなく、システム構築のための開発期間の短縮とコストの軽減が図れる。

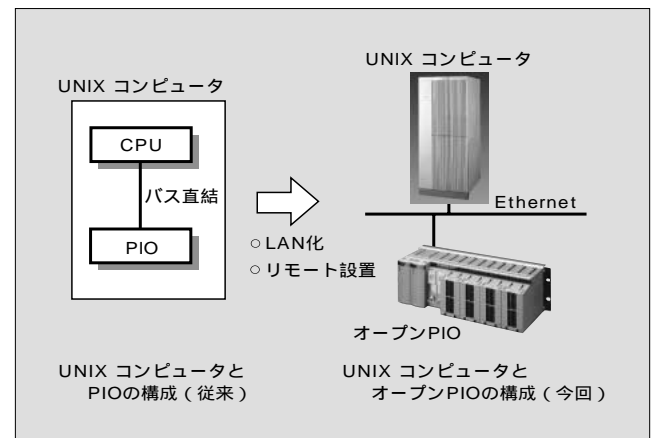
〔3〕 パソコンとオープン PIO のシステム概要

オープン PIO は上位に接続される機器 (以下、上位機器と略す) を限定しない。ここではパソコンとオープン PIO を組み合わせたシステムについて紹介する。図 4 にパソコンとオープン PIO からなるシステム構成を示し、そのシステム仕様を表 1 にまとめる。

〔1〕 HMI (Human Machine Interface)

HMI は、汎用パソコンと Windows <sup>〔注6〕</sup> をベースとして構成

図 3 UNIX コンピュータとオープン PIO の接続構成



〔注4〕 Visual Basic : 米国 Microsoft Corp. の登録商標

〔注5〕 Visual C++ : 米国 Microsoft Corp. の登録商標

図 2 パソコンとオープン PIO の接続構成

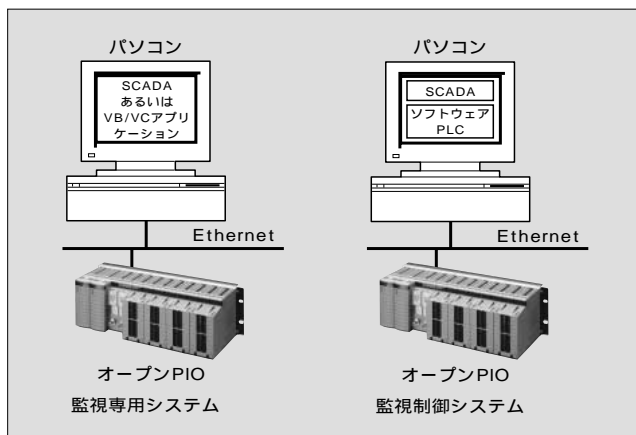


図 4 パソコンとオープン PIO のシステム構成

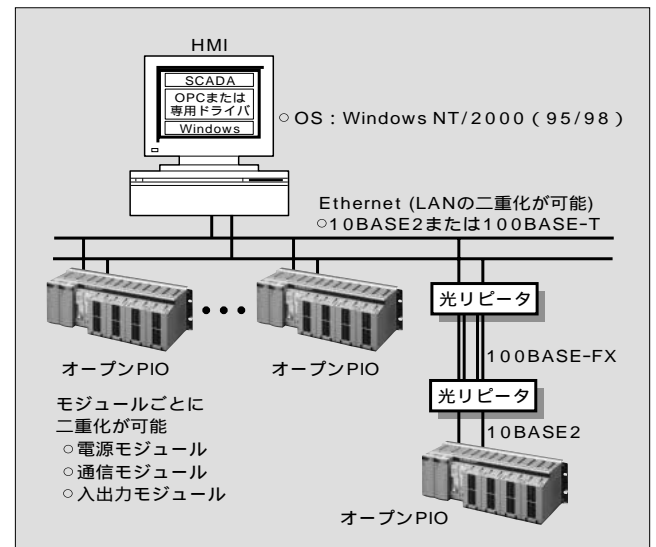


表1 パソコンとオープン PIO のシステム仕様

項目	仕様	備考
パソコン	OS : Windows NT/2000 ( 95/98 )	表示性能はパソコンの仕様に依存する ( CPU 周波数366 MHz 以上を推奨 )。
オープン PIO の接続ノード数	( 最大 ) 30 ノード / 1 セグメント ( 10BASE2 ) ( 最大 ) HUB に依存 / 1 セグメント ( 100BASE-T )	マスタ機器の仕様、データリフレッシュ周期などの条件により決定される。富士電機製 DCS の MICREX-AX では、オープン PIO の接続ノード数は、標準で最大 8 ノード / 1 セグメントである。
入出力点数	アナログ ( 最大 ) 128 点 / 1 ノード デジタル ( 最大 ) 512 点 / 1 ノード	オープン PIO の接続ノード数に依存する。
LAN	10BASE2 100BASE-T	10 Mbps / 100 Mbps に対応。
ケーブル長	( 最大 ) 185 m / ( 10BASE2 ) ( 最大 ) 100 m / ( 100BASE-T )	100BASE-FX ( 光ケーブル ) を使用するとケーブル長は最大 2 km となる。
冗長化	○ IO バス   ○ 電源モジュール   ○ 通信モジュール ○ 入出力モジュール	各モジュールごとに二重化できる。
データリフレッシュ周期	約 10 ms	パソコン + オープン PIO × 1 ノードの場合。

されている。VB/VC で作成したユーザーアプリケーションおよび市販 SCADA により監視制御が行える。

(2) パソコンとオープン PIO のハードウェア接続

オープン PIO は、10BASE2 と 100BASE-T の両方の通信モジュールを製品化しているので、パソコンには Ethernet カードを実装するだけでオープン PIO に接続できる。また、ネットワークに 10BASE2 を採用した場合は、市販の HUB を利用することにより、簡単に 10BASE-T に変換できるのでノートパソコンなども接続できる。

(3) 伝送路 ( IO バス )

伝送路は 10BASE2 ( 同軸ケーブル ) と 100BASE-T ( ツイストペアケーブル ) が使用でき、必要に応じて伝送路 ( IO バス ) を二重化できる。10BASE2 ケーブルは最大 185 m のケーブル長が使用できる。ケーブルの延長が必要な場合は、10BASE5 ケーブルに変換することにより最大約 500 m まで延長できる。接続も変換コネクタの結合だけなので、現場で容易にケーブルの延長ができる。それ以上の距離を必要とする場合は光リピータを使って最大 2 km まで延長することができる。

(4) 冗長化

オープン PIO は入出力モジュールの二重化を同一モジュールを 2 台並べて実装するだけで実現できる。アナログ入出力信号 ( AIO ) だけでなく、デジタル入出力信号 ( DIO ) も二重化できる。さらに、オープン PIO を構成している電源モジュール、通信モジュールもモジュール単位で二重化することができるので、プロセスの重要度に応じた冗長化の構築が可能であり、信頼性の高いシステムを構築できる。

④ オープン PIO の接続方法

オープン PIO は、上位機器における通信機能の組み込みの容易性と入出力モジュールの動作 ( PIO 動作 ) のカスタマイズの柔軟性により、さまざまな機器との接続が可能な

仕組みを持っている。

本章では、これらの仕組みについて述べる。また、パソコンとの通信機能を実現する通信ドライバ、および PIO 動作をカスタマイズするコンフィグレーションツール ( コンフィグレータ ) を製品化したので紹介する。

4.1 通信機能の組み込みの容易性

オープン PIO の通信プロトコル ( EPAP ) には以下の特長があり、上位機器の開発設計者はシステムごとに異なる入出力制御方式に対して自由度の高いシステム設計ができる。また、普及している Ethernet 接続のための開発ツールを利用することにより、最適なシステム開発環境が構築できる。

- ① 上位機器はオープン PIO へコマンドフレームを送信し、そのレスポンスフレームを受信するだけでオープン PIO の入出力データをリード/ライトできる ( コマンド / レスポンス方式 )。
- ② オープン PIO は上位機器からコマンドを受けた場合のみ応答する。このため、上位機器は任意のタイミング ( スケジュール ) でリアルタイムに入出力データの送受信ができる ( マスタ / スレーブ方式 )。
- ③ 入出力データの送受信フレームには入出力モジュールの状態制御データ ( モジュール起動、二重化時の稼動 / 待機指定など ) と状態監視データ ( モジュール故障、チャンネル故障など ) を含み、入出力データの送受信と入出力モジュールの状態制御 / 監視を同時に効率的に行える。
- ④ 1 ノード内の複数入出力モジュールに対して入出力データの送受信を同時に高速に行える。図 5 に入出力データ送受信フレームの論理構造を、表 2 に応答時間の測定結果を示す。

4.2 PIO 動作のカスタマイズの柔軟性

オープン PIO にはスタートアップ時、異常発生時の PIO 動作を指定する各種の設定情報を用意している。ユーザーおよび SI ( System Integrator ) はこれらの設定情報をフィールド機器および上位機器とのインタフェースに応

<注6> Windows : 米国 Microsoft Corp. の登録商標

じて柔軟にカスタマイズすることにより、最適な機器を組み合わせてシステムを構築できる。

以下に、設定情報の例を記す。

- 1) 入出力データのデータ配列、形式（インテル系/モトローラ系、バイナリー/浮動小数点）
- 2) 重故障、軽故障要因指定
- 3) 入出力レンジ/スケーリング設定(1 ~ 5 V/0 ~ 10,000) など

設定情報は後述するコンフィグレータで容易に設定変更できる。このため上位接続機器の開発設計者は接続機能の開発に集中でき、システム開発期間を短縮できる。

### 4.3 通信ドライバ

通信ドライバは、オープン PIO の通信プロトコル (EPAP) を使って、パソコンで動作する Windows アプリケーションを容易に開発するための通信関数ライブラリ (EPAP.DLL) である。リモート IO バス (Ethernet) とメンテナンスポート (RS-232C) の通信インタフェースをサポートする。

EPAP を完全に隠ぺいせず、アプリケーション開発者の設計する入出力制御方式に合わせて利用できる機能を持つ。このため、SCADA/ソフトウェア PLC 用のパフォーマンスの高い専用 IO ドライバの開発が短期間で可能になる。また、通信ドライバはパソコン以外の機器 (コントローラ、UNIX コンピュータなど) と接続する場合においても入出力制御方式および性能をパソコン上で評価するために利用できる。この通信ドライバを使って図 6 のように VB/VC で作成したユーザーアプリケーション、表計算などのオフィス用ソフトウェア、SCADA/ソフトウェア PLC などの産

図 5 入出力データ送受信フレームの論理構造

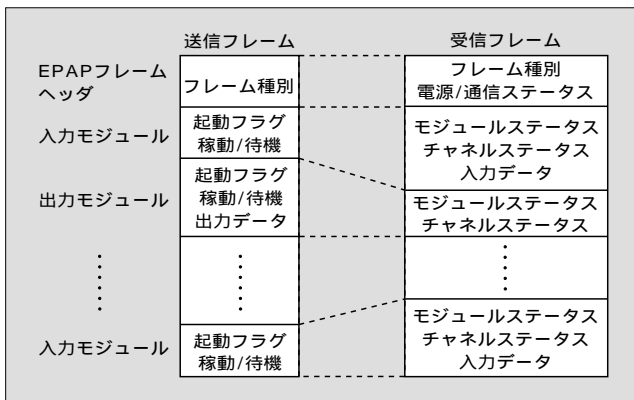


表 2 応答時間の測定結果

項目	応答時間 (ms)	送信フレーム長 (バイト)	受信フレーム長 (バイト)
8モジュールを1回で通信	7.5	716	1,036
1モジュールごとに8回で通信	39.6	100	140

構成：パソコン (Pentium : 366 MHz, Windows NT4.0)  
アナログ入力64点, アナログ出力64点の場合

業用ソフトウェアを自由に組み合わせることができる。

### 4.4 コンフィグレータ

コンフィグレータは、Excel (対応 OS : Windows) を使用したオープン PIO のシステム構築ツールである。ユーザーおよび SI によるオープン PIO 適用システムを構築するための標準端末として開発した。図 7 にコンフィグレータの画面例を示す。以下の機能により、システム設計から現地調整、保守において継続的な運用を可能としている。

- 1) リモート IO バスのネットワーク構築 (通信モジュールおよびルータの IP アドレスなどの設定)
- 2) 入出力モジュールの動作設定 (入出力レンジ, フィルタリングなどのパラメータ設定)
- 3) ケーブル配線後のフィールド機器との入出力信号チェック
- 4) 外線ケーブルの入カインピーダンス影響時のアナログ入出力精度調整
- 5) メンテナンスおよび機器故障時の診断情報・稼働情報の収集

上記に加えて次に述べる特長により、作業効率のよいシステム構築環境を提供する。

〈注7〉 Excel : 米国 Microsoft Corp. の製品名

図 6 通信ドライバ (EPAP.DLL)

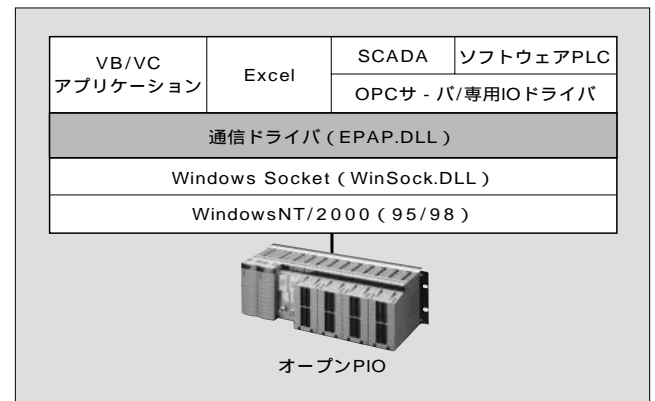
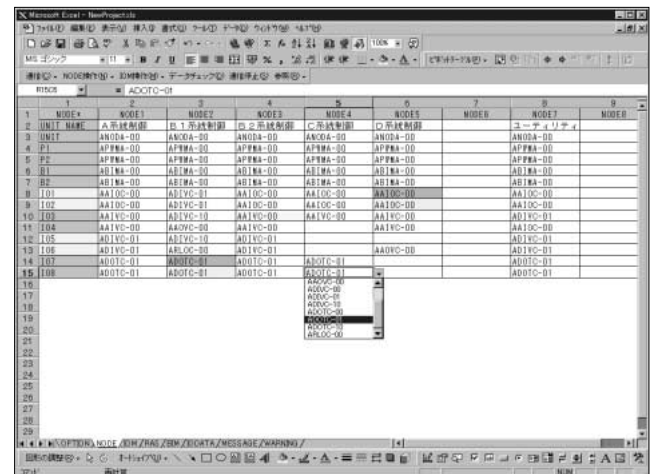


図 7 コンフィグレータの画面例



- (1) オープン PIO とのアップロード/ダウンロード通信機能によるシステム構築データの保存と再生（オフライン機能/オンライン機能）
- (2) リモート IO バス（Ethernet）およびメンテナンスポート（RS-232C）への接続による中央または現場でのメンテナンス（リモート接続/ローカル接続）
- (3) Excel ドキュメントファイルによるシステム構築データの共有、編集、印刷、管理

⑤ オープン PIO の適用事例

オープン PIO を適用した濁度計サンプリング用パソコンとオープン PIO を組み合わせた事例を紹介する。図 8 にそのシステム構成を示す。

パソコンの汎用ソフトウェアには SCADA として CITECT<sup>〔注8〕</sup> およびプロセスデータを処理するための表計算ソフトウェア Excel を採用し、CITECT のロジック機能により対象プラントの監視制御機能を容易に実現している。

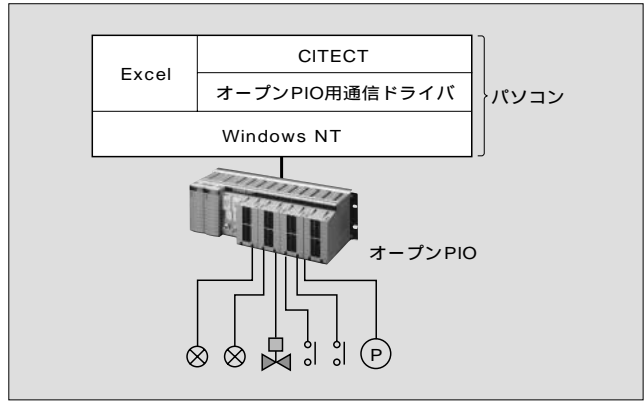
適用した設備は 3 台の並列設置された水処理装置の処理水をサンプリングシステムの切換により 1 台の高感度濁度計で測定している。また、サンプリングポンプ（3 台）の起動・停止やサンプリング用切換弁の開閉制御を行っている。濁度計のアナログ信号やサンプリングポンプおよび切換弁のデジタル信号をオープン PIO に取り込み、パソコンとリアルタイムにデータ通信を行った。

今回のような小規模の監視あるいは監視・制御システムには SCADA ソフトウェアによる「パソコン + オープン PIO」システムのコストパフォーマンスが優れている。

SCADA ソフトウェアとのインタフェースには専用ドライバを採用しており、各種の SCADA ソフトウェアとは

〔注8〕 CITECT : オーストラリア CI Technologies Pty Ltd. の登録商標

図 8 オープン PIO の適用事例（システム構成）



専用ドライバ方式（開発中）あるいは OPC〔OLE（Object Linking and Embedding）for Process Control〕サーバ方式（開発中）で容易に接続できる。したがって、SI やユーザーは最適な SCADA によりマルチベンダーシステムを実現できる。

⑥ あとがき

本稿では、オープン PIO が、高い通信パフォーマンスと適用システムにフィットできるフレキシビリティを持ち、さまざまな機器と容易に接続ができることを紹介した。

富士電機では、オープン PIO を制御システムだけでなく幅広い用途に使用し、成長・進化させていく製品として考えており、次世代のシステム環境におけるキーコンポーネントとして多様なシステムへの適用を図っている。

オープン PIO を普及させるため、自社だけでなく他社へのコンポーネント販売や EPAP, SB バス（Serial Back-Plane Bus）のインタフェース仕様の公開を計画している。

今後ともユーザーニーズを吸収し、さらに進化するシステム環境に柔軟に対応できるよう努めていく所存である。