

オープン PIO の国際規格対応の構造技術

高橋 潔 (たかはし きよし)

伊藤 信吉 (いとう しんきち)

清水 孝也 (しみず たかや)

1 まえがき

プロセス計測と制御機器に適用されるプロセス入出力装置 (PIO) の構造は、国内においては小型化と使用温度環境の拡大が重要視され、海外においては各種海外規格をクリアするためのプロテクション構造や防爆構造などを要求されている。また、国内外における PIO への共通の要求事項としては、超小型化、高性能化、耐環境性、低コストなど多くの課題があり、オープンな IO バス仕様のみならず、構造としても業界標準の PIO となる仕様を追求してオープン化対応 PIO (以下、オープン PIO と略す) を開発した。

PIO のユニットは、エンクロージャに収納して使用されることが多いため、IEC (国際電気標準会議)、EIA (米国電子機械工業会)、DIN (ドイツ国家規格) の各規格に適合した19インチユニットを基本に国際標準サイズを考慮した外形サイズとすることが可用性を持たせるために必要である。入出力モジュール部は、19インチサイズをビルディングブロック的に分割し、入出力部の外線接続に要求されるケーブル接続構造と、メンテナンス時に要求される端子部の着脱構造、さらに入出力モジュール部の放熱構造を盛り込み、高さ 130 × 幅 33 × 奥行 107.5 (mm) の小型化を実現した。

大気汚染の厳しさのレベルを規定している ISA-S71.04 を耐環境性の指標として、工業計測と制御装置が適正に機能するための厳しさのレベルである G3 (H₂S 50 ppm, SO₂ 300 ppm, Cl₂ 10 ppm, NO_x 1,250 ppm の混合ガス) をクリアできる仕様をオプションで対応できるようにした。

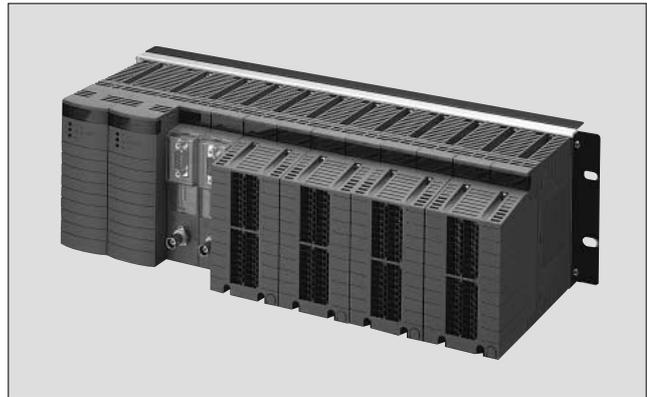
図 1 は、オープン PIO の電源が左にくるタイプの外観である。

2 構造仕様と特徴

2.1 活線着脱方式

1) 活線着脱コネクタ (シーケンス接続構造)

図 1 オープン PIO の外観



プロセス制御に不可欠な活線での保守を実現するため、コネクタの内部構造は 3 段階のシーケンス構造を持ち、第 1 段に電源、第 2 段に信号、第 3 段に脱落監視が接続される構造とした。

コネクタは 80 極の高密度・多極ではあるが、挿抜力は 64 N 以下であり、片手で軽く操作できる。

2) 位置決め固定構造

PAS (Plant Automation System) における保守形態としては、電源が入ったままの活線着脱が要求されている。

この活線着脱に適合するための方式として、2 段階の固定方式を採用している。まず、保守時に外線ケーブルを端子台から取り外さなくても端子部が、入出力モジュールから外れるツープース構造とし、第 2 段として入出力モジュールがベースユニットから取外し可能な構造としている。

図 2 に示すように、新規に接続される入出力モジュールは、ベースユニットに設けられたガイドにより、上下左右の位置決めができる構造としており、モジュールの装着の際に、ベースユニットに配置された接続コネクタに、スムーズに適正な位置に接続される構造を実現している。

2.2 二重化方式

1) 保守手順と構造

二重化は、電源・通信・入出力の各モジュールでそれぞれ



高橋 潔

情報・制御システム用ハードウェア支援、構造関連の研究開発に従事。現在、事業開発室基盤技術部主任。



伊藤 信吉

情報・制御システム用ハードウェア支援、構造関連の研究開発に従事。現在、事業開発室基盤技術部。



清水 孝也

情報・制御システム用ハードウェア支援、構造関連の三次元 CAD 設計に従事。現在、東京システム製作所製造部。

れ実現している。特に、図3に示すように入出力の外線接続に関しては、同じ入出力モジュールをシングルと二重化の両方に対応できる仕掛けとして、端子部にシングルと二重化の2種類の形態が接続可能な方式とし、それぞれ簡単な保守手順で交換可能な構造を実現している。

2.3 ヨーロッパ端子の対応

1) ヨーロッパ端子の特徴（フィンガープロテクション、ロックナット構造）

ヨーロッパ端子台メーカーの規格対応については、発祥がドイツということもあり、VDE規格（ドイツ電気技術者協会）に基づいた設計・製造・品質管理を行っている。また、そのほかの海外の規格についても、各国で規定されている安全規格・検査を考慮しており、特にIECの規格は可能な限り考慮されている。

2) ねじ端子台との比較

日本においては、いまだにねじ端子の文化があり、ヨーロッパタイプの端子台を受け付けない風潮があるが、ヨーロッパ端子はVDE規格などに適合し、感電防止を考慮したフィンガープロテクション構造であり、さらに、ねじ端子が振動により緩むことがあるのに対して、ヨーロッパ端子台はねじロック方式などを採用した緩み防止構造などにより、メンテナンスフリーを実現させている。また、端子部の構造により、ねじ端子では実現不可能な太い電線（2mm²程度）を高密度に接続できることも特徴である。

3) 外線部の誤挿入防止構造

図2 位置決め構造の概要

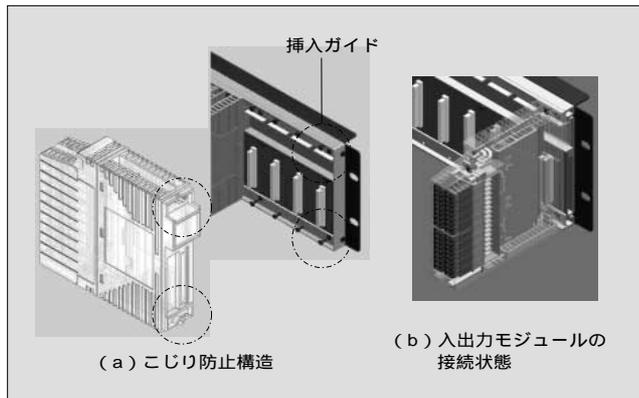
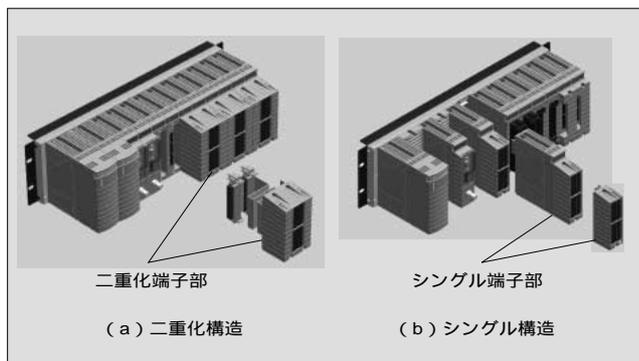


図3 二重化・シングル構造



外部配線されたヨーロッパ端子台は、入出力の仕様に依りて誤挿入防止構造に対応でき、コーディングピンの適切な組合せにより、幅広い仕様の組合せに対して、電氣的な誤接続を防止できる。

2.4 冷却方式

2.4.1 標準構造（IP20，適性発熱量と体積）

基本的に安全規格（EN60529）に適応した、IP20の防じん・防滴クラスのモジュール筐体（きょうたい）設計としている。図4に示すように、モジュールケースには3.2mm以下の通風孔が設けてあるほか、フィンガープロテクションとして、IEC61010-1に規定されている12mmの標準試験フィンガーが直接接触することのない開口部の構造としている。

2.4.2 冷却フィン構造

高発熱入出力モジュールのデバイスの冷却を目的とした、中空アルミの押出成形品を開発した。図5は内部の熱容量を自然空冷で放熱させるための熱冷却構造であり、アルミ成形品を2室の煙突構造とし、モールド筐体により防じん・防滴クラスを維持するとともに、プリント基板に直接取り付けることにより、熱伝導シートを介して高発熱電子部品の熱を効率よく放出し、集中発熱に対応した方式を確立している。

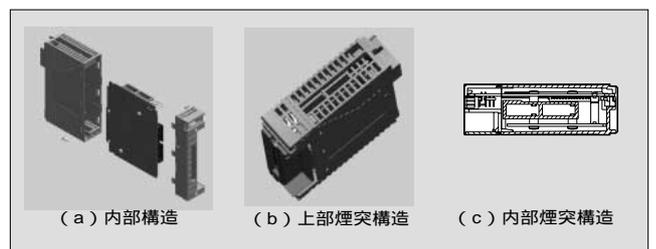
2.4.3 熱解析と実機の比較

PIOは、自然空冷の環境で使用されることを前提としており、周囲環境温度は、キャビネット実装を考慮した0～60℃としている。発熱量の大きい入出力モジュールなど

図4 入出力モジュール上部の通風孔



図5 入出力モジュール冷却構造詳細図



に関してはプリント基板レベルでの電子部品の実装レイアウトと同時に、図 6 a に示す熱シミュレーションを行い、高発熱部品の熱的レイアウトの向上に反映し、図 6 d の検証においても実機により効果を確認できている。今回のオープン PIO の高発熱入出力モジュールでは、自然空冷限界が 10 W/L であるのに対して、12 W/L をめざした発熱密度を実現するため、図 6 b に示すように、入出力モジュールの内部実装基板に中空のアルミヒートシンクを配置した放熱構造を開発した。図 6 c 内部通風ルートの透視図に示すように、入出力モジュールの中心部に煙突構造のアルミヒートシンクを配置し、放熱ルートの最適化を図っている。

2.5 熱電対モジュールの基準接点補償

2.5.1 基準接点補償方式

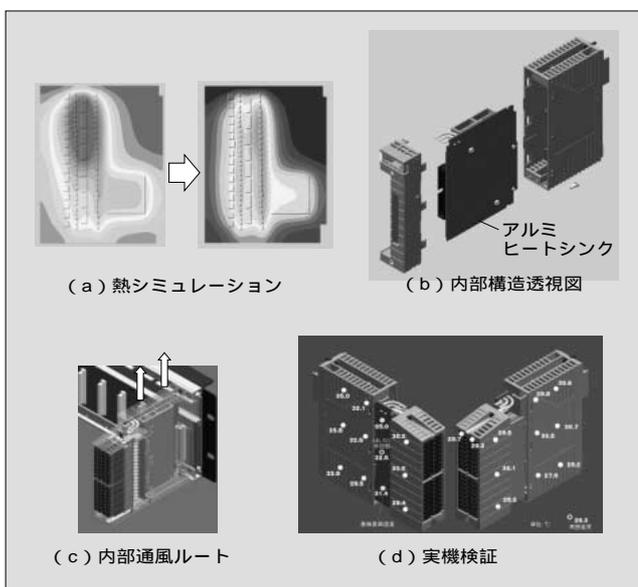
熱電対の基準接点には幾つかの方式があるが、一般的に補償式基準接点はほかの方式に比べ手間と精度の点で最も実用的とされている。また、その補償精度は通常 $\pm 0.5 \sim 1$ 程度が要求される。補償式基準接点のポイントは、接点温度をできるだけ正確に測定することであり、そのため端子接続部は他の熱源からの放射、伝導、対流などによる影響を受けないように、極力均一の熱平衡状態に保つことが重要である。

オープン PIO の熱電対モジュールも補償式基準接点を用いており、端子部の構造を工夫した結果、小型・高密度でありながら補償精度は ± 1 (周囲温度 15 ~ 45) を実現した。図 7 にオープン PIO の基準接点補償の構成図を示す。

補償手順は、熱電対の熱起電力 E_{in} を測定すると同時に、基準接点の温度 T_{rj} を測定し、温度 T_{rj} における熱電対 (測定に用いているものと同じタイプ) の熱起電力 E_{rj} を求める (JIS の規準熱起電力表相当を使用)。

次に、 $E = E_{in} + E_{rj}$ を算出し、熱起電力 E に対応する温度 T を求める (JIS の規準熱起電力表相当を使用)。こ

図 6 熱シミュレーションと実際の温度分布



の温度 T が測定温度である。

2.5.2 熱電対用端子部の構造

熱電対モジュール専用の端子部を開発した。外観はほかのアナログ入出力やデジタル入出力用の端子部と同じとしながらも、基準接点補償をするための機能を組み込んだものになっており、次のような特徴がある。

① サーマスタ組込み端子台

基準接点温度を測定するためのサーミスタを内蔵した端子台を開発した。図 7 b にその断面構造を示す。外形はサーミスタが内蔵されていない通常の端子台と同じ大きさで実現している。温度測定誤差を小さくするため、サーミスタはじかに端子に接触する構造とした。

② サーマスタ組込み位置・個数

端子台の温度分布から、熱電対モジュール全 16 チャンルのうち、特定の 4 チャンルにサーミスタを配置するようにした。サーミスタが配置されていないチャンネルは、ファームウェアで補間処理することにより基準接点温度を割り出している。

③ 端子台の等温化

サーミスタ組込み端子台が実装されたプリント基板の裏側に、アルミ等温板を熱伝導性シリコンゴムシートを介して密着させる構造とした。これにより、端子台温度のばらつきがなくなり、基準接点温度の精度が向上した。

2.6 環境配慮構造

2.6.1 環境配慮型設計

ツールにより分析を行うと同時に、組立性・分解性の改善を考慮した設計としている。

富士電機では、ISO14001 環境管理サポートシステム (ISO14001 を取得するための支援システム) により、分解性評価と、リサイクル性評価を各種製品に適用してきている。

図 8 に示すように、三次元 CAD と分解性評価ツールにより、製品の設計段階に製品の分解しやすさ・分解時間を推定し、設計に反映している。

また、リサイクル性評価ツールによる、リサイクルしやすさも定量的に評価している。

2.6.2 環境構造 (材質, 分解性, レーザ刻印の考慮)

各モジュールは、エンジニアリングプラスチックのポリカーボネートを使用し、図 9 に示すレーザ刻印による印字

図 7 基準接点補償の構成

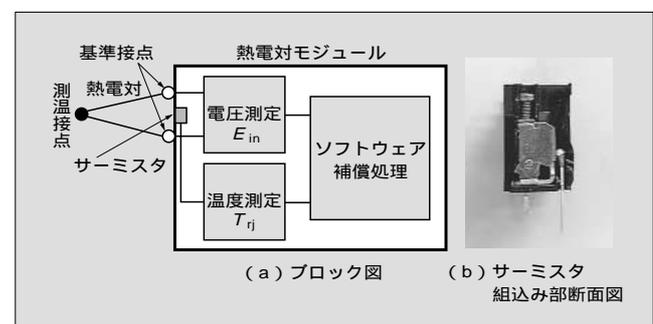
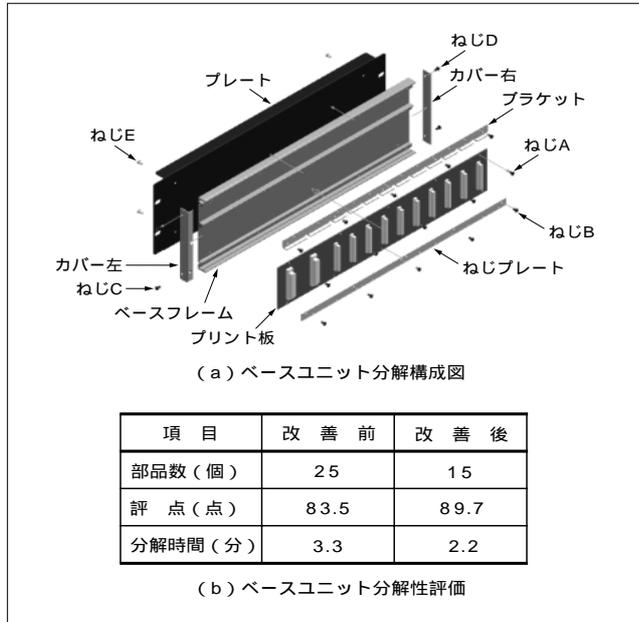


図8 分解性評価結果



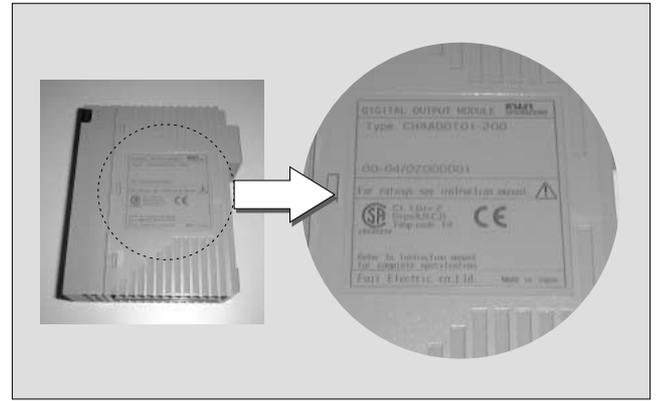
を全面的に採用したことにより、環境に配慮した製品を実現している。

また、分解性に関しても、プラスチックによく見られるインサートナットを廃止し、分解できる組込ナットとすることでリサイクル率を向上させている。

③ あとがき

以上、プロセス計測・制御用 PIO に関する構造技術

図9 レーザ刻印実施例



について紹介した。今後も、海外規格と監視制御やプロセスオートメーションの動向をとらえるとともに、オープン化による計測・制御の枠を越えた IT (Information Technology) 関連機器への取組みと、よりフレキシブルで信頼性のあるシステムを構築するための構造技術基盤を発展させ、市場要求にこたえていく所存である。

参考文献

- [1] 温度計測 100 の FAQ, 日本電気計測器工業会温度計測専門委員会編集・発行 (1999)
- [2] The European Standard EN60529 : 1991 has the status of a British Standard
- [3] 19インチユニットシステム : IEC 297-1/2