



PROFIBUS

Technology and Application
日本語版 Japanese version

System Description

Open Solutions for the World of Automation



コミットメント

私たちは現在、そして未来においても世界の産業用オートメーションのデジタルネットワーク分野をリードする団体でありつづけます。そして、私たちの顧客、メンバー、報道機関に最良のソリューション、利益、そして情報を提供します。

私たちはオートメーションとプロセス市場において、オープンな通信技術の確立と保持に貢献します。

はじめに

オートメーション分野では常に変革が行われています。つい最近まで、この変革というのは生産現場を対象としてきました。生産現場において、フィールドバス技術は革新的な改革とみなされています。つまり、集中型オートメーションから分散型オートメーションへの統合です。そしてこれが 10 年以上にわたる PROFIBUS の成果でした。

ここ 10 年の間、PROFIBUS はフィールドバス技術の世界でのマーケット・リーダーでした。このような成功を収めながらも、さらに PROFIBUS はその技術を発展させています。当初は通信技術に主眼をおいていましたが、現在はシステム統合、エンジニアリング、そし

て、特にアプリケーション・プロファイルを重視しています。実際 PROFIBUS はファクトリー・オートメーションとプロセス・オートメーションをカバーする唯一のフィールドバスです。

最近のオートメーションの世界では IT 技術がますます重要になってきています。近年のフィールドバスはその中に IT の考えを取り込み、生産現場だけでなく、全社管理レベルまでその範囲を広げています。ある意味では、産業用オートメーションはオフィス世界のトレンドの後追いをしているともいえます。オフィスの世界では IT は急速にインフラ、システム、そしてプロセスを変化させていきました。オー

トメーションの世界に IT 技術を取り込むことで、オートメーションシステムの間で全社情報がやり取りされるという、新しい期待が出てきます。この期待に応えて、PROFIBUS は Ethernet ベースの通信標準 PROFINET を開発し、その世界を広げています。

オープンな標準仕様の採用は、各ベンダーの独自仕様と比較して、より長期の寿命、互換性、そして拡張性を保証します。そして、これはユーザーの現在の資産保護につながります。PROFIBUS ユーザ協会はこの重要性を認識しています。私たちは PROFIBUS 技術を常に発展させると同時に、将来への方向を常に提示してきました。

目次

1. オートメーションにおける通信	3	5. 特定アプリケーションプロファイル	21
1.1 産業用通信	3	5.1 PROFIdrive	21
1.2 フィールドバス技術用語	3	5.2 PA デバイス	22
1.3 国際標準規格	5	5.3 フルードパワー	23
2. PROFIBUS 概説	6	5.4 SEMI デバイス	24
2.1 歴史	6	5.5 ID システム	24
2.2 マーケットでの位置	6	5.6 PA 用リモート I/O	24
2.3 組織	6	6. システムプロファイル	25
2.4 PROFIBUS “ツールボックス”	7	7. デバイス管理	27
2.4.1 伝送技術	7	7.1 GSD	27
2.4.2 通信プロトコル	7	7.2 EDD	28
2.4.3 プロファイル	8	7.3 FDT/DTM コンセプト	29
2.5 PROFIBUS – 成功の鍵	8	8. 品質保証	30
3. PROFIBUS 伝送と通信	9	8.1 テスト方法	30
3.1 伝送技術	9	8.2 認証	30
3.1.1 RS485 伝送技術	9	9. 開発・実装	31
3.1.2 MBP に対応した伝送	10	9.1 標準コンポーネント	31
3.1.3 光ファイバー伝送技術	11	9.2 インタフェースの開発	32
3.1.4 FISCO モデル	12	10. PROFINet	33
3.2 DP 通信プロトコル	12	10.1 PROFINet エンジニアリングモデル	33
3.2.1 基本機能 DP-V0	13	10.2 PROFINet 通信モデル	34
3.2.2 DP-V1 バージョン	16	10.3 PROFINet 統合モデル	34
3.2.3 DP-V2 バージョン	16	10.4 XML	34
3.2.4 スロット・インデックスを伴うアドレス	17	10.5 OPC と OPC DX	34
4. 汎用アプリケーションプロファイル	19	11. プロフィバス協会	35
4.1 PROFIsafe	19		
4.2 PROFIBUS DP と HART	19		
4.3 タイムスタンプ	20		
4.4 スレーブの冗長化	20		

内容

この資料は 2002 年末現在での PROFIBUS の基本となる事項について解説します。つまり、世界で最も普及しているフィールドバスの 1 つである PROFIBUS について、技術の詳細な点にとらわれず、分かりやすく解説することが目的です。

この資料は、フィールドバスについて基礎的な知識を持っている人、または全体像に興味を持っている人に十分な情報を提供するだけでなく、技術のエキスパートである人にもより広範囲な知識を紹介できるように作られています。この資料自身は十分考慮の上、作成されて

いるのですが、協会のインターネット上で提供される技術情報が最も正確な情報であることをご理解ください。以下に各章の説明をします。

1 章と 2 章では、フィールドバス技術の基本と、PROFIBUS がどのように対応するかを説明します。

3 章から 6 章では、PROFIBUS のコア技術に触れます。2 章で取り上げた事項をより詳しく説明します。

各章は PROFIBUS のモジュール構造、通信技術からアプリケーション及びシステムプロファイルに対応しています。

7 章から 9 章は理論より実際的な問題を説明します。つまり、機器管理、開発、認証などがこれにあたります。

10 章は、PROFINet の説明です。

11 章では、プロフィバス国際協会 (PROFIBUS International) の組織を解説します。

1. オートメーションにおける通信

各種機器とサブシステムの通信能力、そして統合された情報をいかに用いるかは、オートメーションの将来を考えると、非常に重要な要素となります。通信はフィールドレベルで水平方向に行われるだけでなく、同時にいくつかの階層に対し垂直方向にも行われます。PROFIBUS では、下位レベルに AS インタフェース、上位レベル(Profinet より上位)に Ethernet が対応しています。この階層構成はあらゆる生産システムにおける透過的なネットワークの実現に理想的条件を示しています。

1.1 産業用通信

センサー・レベルにおいては、センサー・操作器レベルのオンオフ信号はセンサー・アクチュエータバスで通信されます。ここでは簡単で低価格の通信が要求されます。AS インタフェースはこのレベルのアプリケーションに適したバスです。

フィールドレベルでは、現場機器(リモート I/O、伝送器、ドライブ・ユニット、分析計、バルブ、現場監視機器等)とコントロール機器との通信は強力なリアルタイム性を重視した通信システムが求められます。現場データは周期的に通信することになりますが、機器設定情報、診断情報などの付加情報は非周期で通信されることが要求されます。PROFIBUS はこの要求

をみたしています。そして、組み立て産業用オートメーション(FA)とプロセス・オートメーション(PA)の両方に対応しています。

セルレベルでは、PLC とか産業用 PC の相互通信と同時に、オフィス環境の IT システムとも通信します。この通信は通常 Ethernet, TCP/IP, イントラネット、インターネットで行われ、大きなデータパケットとさまざまな通信機能が求められます。

フィールドバスでの PROFIBUS と同様に、Ethernet での Profinet はこの目的のために最新のソリューションを提供します。

この章以降、PROFIBUS はオートメーションにおける情報伝達のための技術として、詳しく説明されます。AS インタフェースについては、他の資料を参照してください。さらに Profinet については 10 章で簡単に紹介されます。

フィールドバスは媒体として銅線、光ファイバー、無線を用い、現場に設置された機器(センサー、操作機器、ドライブ、伝送器等)のデータをシリアル通信でコントローラまたは管理システムにつなぐ、産業用通信システムです。フィールドバス技術は、従来広く用いられていたアナログ信号伝送システム(4-20 mA- or +/- 10V)をデジタル通信システムに置き換えるため、1980 年代に開発されました。さまざまな産業による異なった仕様要求、またはベンダーの自己システムへの肩入れなどがあり、マーケットに多数のバスシステムが乱立しました。今日、重要なバス技術は

最近改定された国際規格 IEC 61158 と IEC 61784 で認定されています。PROFIBUS はこれらの規格にて含まれています。

最近、Ethernet ベースの通信システムが、産業用オートメーションの世界で話題となっています。この技術は異なるレベルの産業用オートメーションとオフィス環境をつなぐ通信として、幅広い要求に対応しています。Profinet はこのような Ethernet ベース通信の 1 つの例です。

フィールドバスを協力して開発すること、その普及を促進するため、ベンダー、ユーザ、研究所等からなるさまざまなフィールドバス団体がマーケットに登場しました。PROFIBUS、Profinet については、the PROFIBUS User Organization (PNO) とその上部組織である PROFIBUS International (PI) がこれにあたります。

ユーザの利益はフィールドバス技術の開発とその発展の原動力です。つまり、フィールドバスにより、TCO(total cost of ownership)の低減、工場のスタートアップ、操業時の効率化と品質の向上がもたらされます。この利益はプログラム構築、ケーブル布設、エンジニアリング、ドキュメント作成、組み立て、スタートアップそして生産時と全てのフェーズで可能です。さらに簡単な変更、常時診断による機器の稼働時間延長、予防保全、簡単なパラメータ設定、時間一致が保証されるデータ、機器管理などのメリットも達成されます。

フィールドバスは従来の技術と比較して、オートメーション・プロセスの生産性と柔軟性を向上させます。そして分散型オートメーションシステムを構築するための基本的条件を提供します。

今日、PROFIBUS はオートメーションのあらゆる分野で用いられています。組み立て産業、プロセス産業だけでなく、交通、電力、配電などの分野もカバーしています。

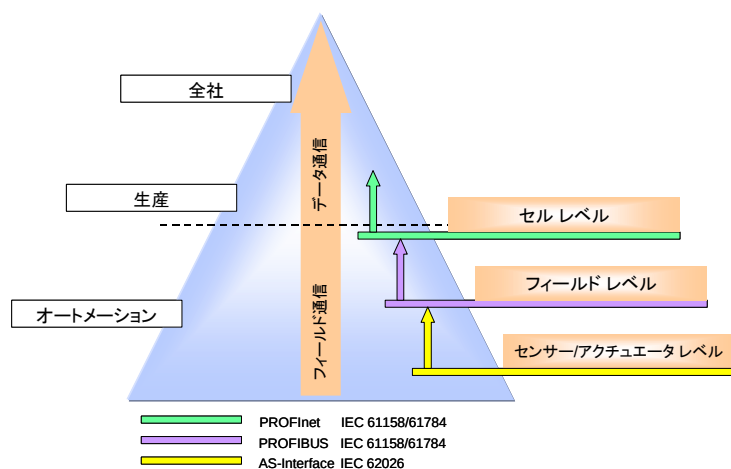


Fig. 1: オートメーション世界の通信

1.2 フィールドバス技術用語

Sender	Receiver	各層の名称と役割	
7	7	アプリケーション層	アプリケーション志向のコマンド(read,write)も用いてアプリケーションプログラムへのインタフェース
6	6	プレゼンテーション層	解析のためのデータコーディングと次のレイヤーへの翻訳
5	5	セッション層	暫定的なステーション結合の確立と解消、通信プロセスの同期
4	4	トランスポート層	第5層のためのデータ伝送制御(伝送エラー、パケットの破壊)
3	3	ネットワーク層	ネットワークの渋滞を避け、コネクションの確立と解消
2	2	データリンク層	データのセキュリティを含めて、バスアクセスプロトコル(Medium Access Control, MAC)の記述
1	1	物理層	メディア(ハードウェア)、コーディング、伝送速度の定義
伝送メディア			

Fig. 2: OSI 参照モデル

ISO/OSI 参照モデルはステーション間通信モデルについて記述しています。通信を効率的に実行するために、通信プロトコルのルールとインタフェースが定義されていなければなりません。このため、1983年にthe International Organization for Standardization (ISO)はthe OSI reference model ("Open Systems Interconnection Reference Model")を発表しました。このプロトコルは通信に求められる要素、構造、そして役割を定義し、それらを7階層のレイヤに割り振りました。(Fig. 2)。おのおののレイヤは通信プロセス内の決められた機能を満足しなければなりません。もし、通信システムがこれらの機能のうちいくつかを必要としないのであれば、相当するレイヤは特に必要ではなく、バイパスされます。**PROFIBUS**では、レイヤ1、2と7を使用します。

通信プロトコルは2個以上のステーションがどのようにデータ(フレーム)のやり取りを行うかを定義します。1つのデータフレームはメッセージと制御情報の異なるフィールドで構成されます。実際のデータフィールドは、ヘッダー情報(発信及び受信アドレス、次のメッセージの詳細情報)とデータセキュリティ部(伝送の正確さのチェック、エラーの判定)の間に位置します。

フィールドバスの特長は少量でも、実時間性が求められるデータを簡単な通信プロトコルで実現できるようにすることです。

バス・アクセス・コントロール (MAC, Medium Access Control)はステーションがどのポイントでデータを送出できるかを示す方法です。アクティブ(能動)ステーションがデータの交換(通信)可能な時、パッシブ(受動)ステーションはアクティブ(能動)ステーションに指定された時だけ、通信を始めることができます。

実時間性が要求される決定論的な方法(**PROFIBUS**のマスター・スレーブ)とランダムな非決定論的方法(**Ethernet**の**CSMA/CD**)ではコントロールに違いがあります。

アドレスはステーションを特定するために必要です。ステーションのアドレスはスイッチを使うハード的方法、またはパラメータセット時に行うソフト的方法で指定されます。

通信サービスとは、一定周期または非周期的にデータ通信を行うことで、ステーションの通信タスクを実行することです。どのようなタイプのサービスがどれだけ提供されるかは、通信プロトコルのアプリケーションエリアで決定されます。コネクション確立が必要なサ

ービス(たとえば、ハンドシェイクのあとに通信開始)とコネクション確立が必要でないサービスとでは違いがあります。後者には、特定のグループに一斉通信するマルチキャスト通信と、全てのステーションに一斉通信するブロードキャスト通信が含まれます。

プロファイル(Profile)はオートメーションの技術では、あるデバイス、同じ種類のデバイス、または全システムの特定の性質または挙動を定義します。フィールドバスでは、ベンダーに依存しないプロファイルを使用しているデバイスまたはシステムのみが、相互運用性(interoperability)を提供します。このオープン性がフィールドバスの素晴らしい点の1つです。

アプリケーション プロファイルはデバイス(現場機器、コントローラ、ツールなど)の特性に関連し、ある特定バスのデバイス仕様で決まります。決められたプロファイルに基づく機器を開発することは、オープンな機器を開発することです。システムプロファイルは機能、プログラム I/F、ツールを含むシステムのクラスを記述します。

IEC 61158 ドキュメント	内容	OSI layer
IEC 61158-1	イントロダクション	
IEC 61158-2	物理層仕様とサービス定義	1
IEC 61158-3	データリンク サービス定義	2
IEC 61158-4	データリンク プロトコル仕様	2
IEC 61158-5	アプリケーション層 サービス定義	7
IEC 61158-6	アプリケーション層 プロトコル定義	7

Table 1: IEC 61158 の内訳

プロファイル セット	データリンク	物理層	実装
Profile 3/1	IEC 61158 サブセット; 非周期伝送	RS485 Plastic fiber Glass fiber PCF fiber	PROFIBUS
Profile 3/2	IEC 61158 サブセット; 周期伝送	MBP	PROFIBUS
Profile 3/3	ISO/IEC8802-3 TCP/UDP/IP/Ethernet	ISO/IEC 8802-3	PROFINet

Table 2: Communication Profile Family CPF 3(PROFIBUS のプロパティ)

1.3 国際標準規格

フィールドバスシステムの**世界標準規格**はフィールドバスの認知、確立、そして自身の利益のためにも必要です。PROFIBUS は 1991 年と 1993 年にドイツ・DIN19245 Part1-3、1996 年にはヨーロッパ規格・EN50170 に認定されました。

PROFIBUS は他のいくつかのフィールドバスと共に 1999 年以降、IEC61158 となっています。2002 年には IEC61158 の改訂が予定されていますが、最新の PROFIBUS と PROFINet の開発結果はこの活動の中に含まれています。

IEC 61158 のタイトルは "Digital Data Communication for Measurement and Control – Fieldbus for

Use in Industrial Control Systems" であり、6 章に分かれています。1 章は紹介となっていますが、その後の章は ISO OSI 階層(レイヤ 1,2 と 7)に対応するよう記述されています。(表 1 参照)。

IEC 61158 のさまざまな部分では、特定のフィールドバスシステムを構築するための、非常に多くの通信サービスとかプロトコルが定義されています。

マーケットにさまざまなフィールドバスが共存していることは、IEC61158 でも認められ、実際 Type 1 から Type10 まで 10 種類のフィールドバスのプロトコルタイプが定義されています。.

PROFIBUS は Type 3 であり、PROFINet は Type 10 です。

IEC 61158 では、通信は同じプロトコルタイプに属しているデバイス間でのみ可能であると定義されています。

IEC 61784 のタイトルは“産業用コントロールシステムでのフィールドバス利用に関する連続・非連続製造のためのプロファイルセット”です。IEC61158 との分担は以下の序文で定められています。“この国際規格 (i.e. IEC 61784) は IEC61158 をベースとしたプロトコルに特化した通信プロファイルを規定する。この規格は FA と PA の通信に含まれる機器について用いられる”

IEC 61784 は IEC61158(または他の規格)で定義されている“サービス”と“プロトコル”の利用可能なトータルなセットのどのサブセットが特定のフィールドバスで使われているかを示します。この方法で決定されるフィールドバス特有の“通信プロファイル”は、個々のフィールドバスシステムでの実行により、“Communication Profile Families (CPF)”としてまとめられます。

PROFIBUS に関するプロファイルのセットは 3/1, 3/2 と 3/3 に分かれる“Family 3”にまとめられています。Table 2 は PROFIBUS と PROFINet の関連を示します。

2. PROFIBUS 概説

PROFIBUS は主に FA(ファクトリー・オートメーション)と PA(プロセス・オートメーション)の幅広いアプリケーションに対応するオープンなデジタル通信システムです。PROFIBUS は、厳しい実時間性と複雑な通信の双方の要求に対応できます。

PROFIBUS は国際規格 IEC 61158 と IEC 61784 で規定されています。アプリケーションとエンジニアリングについては、プロフィバス協会が提供するガイドラインを参照してください。PROFIBUS によりさまざまなベンダーから提供された機器間でデータ交換をする、オープンな通信が可能になります。

2.1 歴史

PROFIBUS は 1987 年にドイツ政府よりサポートを受けたベンチャー・プロジェクトがその始まりです。このプロジェクトには 21 もの会社と研究所が参加しました。プロジェクトの目的はビット・シリアル伝送のフィールドバスの実現であり、そのために現場機器のインタフェースを標準化することでした。目的実現のため、ZVEI (電機業界の中心的協会)のメンバーが、FA と PA のための中立的な技術コンセプトをサポートすることで合

意に達しました。

複雑な通信要求に対応する技術として PROFIBUS FMS (Fieldbus Message Specification), が最初に開発されました。その後 1993 年に、より簡単でより高速なフィールドバスとして PROFIBUS DP (Decentralized Periphery)の仕様が完成しました。PROFIBUS DP の仕様はその後拡張され、現在では DP-V0, DP-V1 そして DP-V2 の 3 個のバージョンがサポートされています。

2.2 マーケットでの位置

アプリケーションに特化したさまざまなプロファイルが規定されたこと、そしてプロフィバス対応のデバイスの数が市場の中で急速に増えていったため、当初 PROFIBUS は FA の分野で普及していききました。そして 1995 年以降は PA の領域もカバーしています。今日、PROFIBUS はフィールドバス市場で 20%以上のシェアを占めるマーケットリーダーです。約 50 万のプロジェクトに採用され、500 万以上の機器が設置されています。そして幅広いレンジをカバーする 2000 種類以上の製品が、市場に登場しています。.

2.3 組織

PROFIBUS の成功の要因として、技術面での先進性と PROFIBUS ユーザ協会の存在が上げられます。PROFIBUS ユーザ協会は 1989 年にベンダーとユーザが共同で立ち上げ、今では全世界 22 カ国に拡大しました。この上部組織として 1995 年に PROFIBUS 国際協会(PI)が発足しました。会員は 1100 以上にのぼります。協会の目的は PROFIBUS の技術開発をさらに進めること、そして世界の中での認知をより確実なものにすることです。

PI の役割は、技術開発と認知だけでなく、全世界のユーザとベンダー会員へのアドバイス、最新情報の提供、品質保証方法の提示、そして国際規格標準化活動なども含まれます。

PI は世界最大のフィールドバス団体であり、将来まで続く役割と責任をコミットしています。役割とは、ユーザに対して常に世界をリードする技術を提供することであり、責任とは、PROFIBUS のオープン性と資産保護を同時に成り立たせる努力を怠らないことです。このコミット(宣言)は本書の最初にも掲げられ、協会の活動全ての元になる原則です。

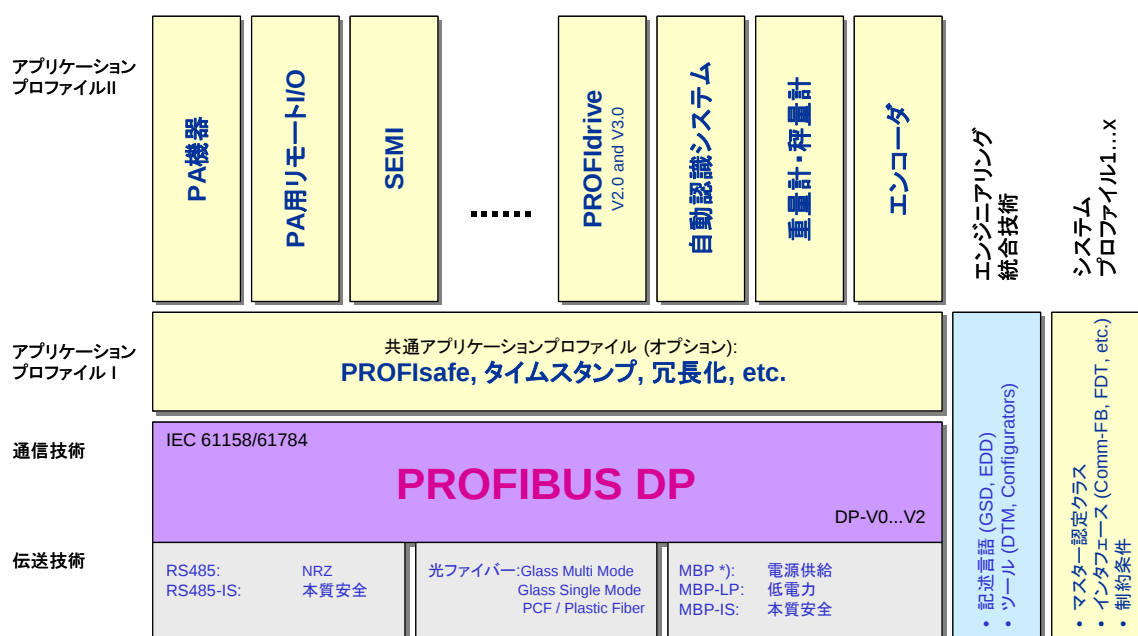


Fig. 3: PROFIBUS の技術システム構造

2.4 PROFIBUS

"ツールボックス"

PROFIBUS はモジュールデザインの形をとり、さまざまな通信技術、たくさんのアプリケーションとプロファイル、そしてデバイス管理ツールを提供しています。つまり、**PROFIBUS** は FA から PA 分野まで、異なった、アプリケーション特有の要求もカバーしています。**PROFIBUS** の世界での設置台数が、その技術の認知度の高さを証明しています。

技術的側面から見ると、**PROFIBUS** の構造の下位部部分は前に述べた ISO/OSI 参照モデルに基づいています。(Fig.3 参照)ここでは、特に詳細な技術説明にこだわらず、通信の大きな説明をするよう考えています。Fig. 3 は **PROFIBUS** と OSI model (1, 2, 3 層)との対応を示し、各層がそれぞれどのように規定されるかを説明しています。

ベンダーとユーザ間で決められた特定のデバイスの通信仕様に関しては、レイヤ 7 より上位のアプリケーション・プロファイル I と II に示されています。

Fig.3 の中で、いくつかのレイヤにまたがっている項目は以下の章を参照してください。

- デバイス記述と統合のための機能とツールは 7 章を参照してください。
- さまざまな標準規格(インタフェース、マスタープロファイル; 組織; システムプロファイル)は統一された標準システムの構築に必要です。6 章を参照ください。

ユーザから見ると、**PROFIBUS** はそれぞれ異なったアプリケーションを前面に示す形で表現されると思います。これらは特別に定義されたわけではなく、実際のアプリケーションに数多く使用された実績です。それぞれの特徴はモジュール化された要素—"伝送技術"、"通信プロトコル"、"アプリケーション・プロファイル"の組み合わせでできています。次の例は良く知られている **PROFIBUS** のバージョンを

使って、この考え方を説明します (Fig. 4)。

PROFIBUS DP は FA(ファクトリー・オートメーション)用のフィールドバスです。RS485 伝送技術、DP 通信バージョンの内の 1 つ、FA 用のアプリケーション・プロファイル(例; ID システム、ロボット/NC など)を使用します。

PROFIBUS PA は PA(プロセス・オートメーション)用のフィールドバスです。一般的に MBP-IS 伝送技術、DP-V1 の通信バージョン、アプリケーション・プロファイルとして PA デバイスを使用します。

PROFIBUS を使ったモーションコントロールはドライブ技術に特化しています。RS485 伝送技術、DP-V2 通信バージョン、そしてアプリケーション・プロファイルとして PROFIdrive を使用します。

PROFIsafe は安全関係アプリケーションとして、ほとんど全ての業種で使用できます。RS485 または MBP-IS 伝送技術、DP 通信バージョンの内の 1 つ、アプリケーション・プロファイルとして PROFIsafe が使用されます。

2.4.1 伝送技術

PROFIBUS は広範囲の伝送技術をサポートしています。

RS485 は伝送技術として最も一般的に使われます。シールド付ツイストペアケーブルを用い、12 Mbit/sec までのスピードが可能です。

RS485-IS は爆発危険エリアの EEx-I 防爆のため、新しい 4 線伝送

仕様です。安全レベルを保つため最大の電圧、電流レベルが決められ、システム内の各機器と結合個所でこれを超えることはできません。**FISCO** モデル(3.1.2 章)は、単一の本質安全の電源が条件ですが、ここでは全てのステーションがアクティブな電源を持つことになります。

MBP 伝送技術(*Manchester Coded, Bus Powered*, 以前は"IEC 1158-2 - 物理層", Chapter 3.1 参照)により、プロセス・オートメーションの 2 線式伝送と本質安全防爆が可能になります。**FISCO** モデル"Fieldbus Intrinsically Safe Concept" (3.1.2 章参照)を使い、本質安全機器の設計と設置が簡単にできるようになります。

光ファイバーは、電磁干渉が強い場所または、ネットワーク間の距離が長い場所に使用されます。(3.1.3 章参照)。

2.4.2 通信プロトコル

PROFIBUS は DP-V0 から DP-V2 というプロトコルで、異なるアプリケーションに対応するさまざまな通信機能を提供できます。ただ、**PROFIBUS** としての最初の通信プロトコルは FMS です。

FMS (Fieldbus Message Specification)は、PLC または PC 間通信のためのセルレベルの通信プロトコルとして設計されました。これが **PROFIBUS DP** の前身です。

DP(Decentralized Periphery) はバス・マスターとスレーブ間を簡単で、早く、周期的に、そしてエラーなくデータ交換できるよう設計されています。最初のバージョンは DP-V0 ですが、その後、非周

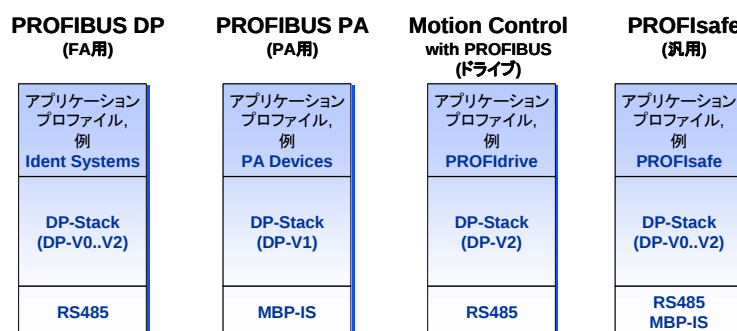


Fig. 4: **PROFIBUS** の典型的なアプリケーション別特性

期データの伝送もサポートする DP-V1 が開発されています。そして、DP-V2 ではアイソクロノス技術と共に、スレーブ間通信もサポートされています。

Bus Access Protocol, レイヤ 2 またはデータリンクレイヤーはマスター・スレーブプロトコルと複数マスターがバス上に存在したときのトークンパッシング方法を定義します。(Fig. 5). ここではデータセキュリティ、データフレームのハンドリングも担当します。

Application Layer, レイヤ 7(アプリケーションレイヤー)はアプリケーションプログラムとのインターフェースを形成します。周期及び非周期伝送に対し、サービスを提供します。

2.4.3 プロファイル

プロファイルはベンダーとユーザにより定義された、あるデバイスとシステムの特定のプロパティ、機能、動作の仕様になります。プロファイルの仕様は各機器のパラメータと動作を定義し、プロファイルに属するシステムはプロファイル仕様に沿って開発されます。これによりバス上の相互接続性とさらに相互交換性を促進します。PROFIBUS ではアプリケーションと機器特有の仕様だけでなく、コントロールと統合方法(エンジニアリング)も考慮されています。プロファイルという言葉は簡単な機器仕様から特定産業の複雑なアプリケーション仕様まで幅広く使われます。一般的には、全てのプロファイルはアプリケーション・プロファイルと考えるべきです。

実際には異なるアプリケーションで共通に採用される**共通アプリケーション・プロファイル**(たとえば、PROFIsafe, 冗長性, タイムスタンプなど)と、アプリケーション特有の**特定アプリケーション・プロファイル**(たとえば、PROFIdrive, SEMI または PA 機器など)と、特定システムが現場機器に対するパフォーマンスを記述する**システムとマスタープロファイル**には違いがあります。

PROFIBUS はこのようなアプリケーション・プロファイルを幅広いレンジで提供しますので、それぞれのアプリケーションに適した導入ができます。

2.5 PROFIBUS - 成功の鍵

PROFIBUS の成功, PROFIBUS の世界市場における成功にはさまざまな理由があります:

- **PROFIBUS** はプラントの製造者と操業者に対し、さまざまな業種に対応する、世界で共通のオープンな技術を提供しています。
- **PROFIBUS** は、機械およびプラントエンジニアリングにて、大幅なコスト削減を実現するキーファクターです。
- **PROFIBUS** は、いろいろなアプリケーションの要求を取り入れながら、矛盾なく、論理的に拡張されてきました。ですから、業種特有のアプリケーションにも最適な解を提供します。
- **PROFIBUS** は、広い分野で受け入れられており、ユーザに対し、オートメーションとエンジニアリングシステムの最適統合を約束します。
- **PROFIBUS** は、通信基盤の安定性と幅広い認知、より多くのアプリケーション・プロファイルの開発、そして産業用

オートメーションを企業管理用 IT ワールドと接続するなど、常に新しい課題とその解決を追求してきました。

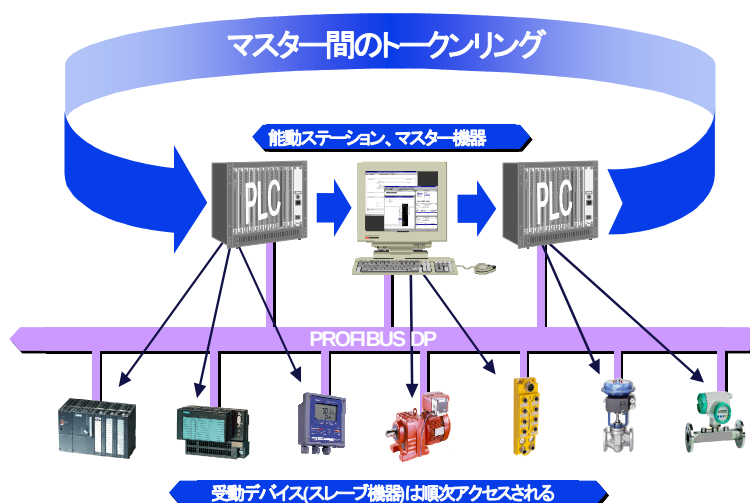


Fig. 5: PROFIBUS システム構成 マスターとスレーブ

3. PROFIBUS 伝送と通信

3.1 伝送技術

ISO/OSI 参照モデルにおいて、レイヤ 1 は"物理的な"データ伝送の方法を定義しています。(電氣的、機械的) この中には **RS485** のエンコーディングや伝送標準も含まれています。レイヤ 1 は物理レイヤと呼ばれます。

PROFIBUS は、伝送技術として、レイヤ 1 にてさまざまな方法を提供しています。(Table 4 参照). 全ての方法は世界規格 **IEC 61158** と **IEC 61784** に準拠しています。

伝送速度 [KBit/s]	セグメント当 たりの最大長 [m]
9.6; 19.2; 45.45; 93.75	1200
187.5	1000
500	400
1500	200
3000; 6000; 12000	100
以上の値はケーブル タイプ A(特性は以下の通り)によるものです:	
抵抗	135 to 165 Ω
容量	30 pF/m
ループ抵抗	110 Ω/km
線径	> 0.64 mm
断面積	> 0.34 mm ²

Table 3: ケーブル タイプ A の
伝送速度と最大長

3.1.1 RS485 伝送技術

RS485 伝送技術は簡単で、低コストというメリットに加え、早いスピードでの伝送に使用することができます。シールド付きツイストペア銅線の 2 線式ケーブルが使用されます。

RS485 伝送技術は使いやすい技術です。ケーブルの設置に特別な知識は必要ありません。ステーションの追加や撤去、システムの段階的なチェックなどが、他のステーションに影響を与えることなく実施できます。運転開始後のシステ

ムの拡張も、仕様範囲内なら既存システムに影響を与えず行うことができます。

新たに **RS485** は、本安場所で使用できるようになりました。(RS485-IS, このセクションの終わりを参照してください)。

RS485 の特性

9.6 Kbit/s から 12 Mbit/s までのさまざまな通信速度を選択できます。ただし、1 つのシステム上では、全てのデバイスに対し同じレートスピードとなります。通信スピードにより、伝送の最大長が異なります。(Table 4 参照)

RS485 設置について

トポロジー

全てのデバイスは、バス構成で接続されます。マスターとスレーブを含め、32 ステーション以下で 1 つのセグメントを構築します。各セグメントの両端にはアクティブなバスターミネータを取り付けます。(Fig. 6). バスターミネータには常に電圧をかけなくてはなりません。バスターミネータは一般にデバイスまたはコネクタ内にあります。もし 32 ステーション以上が必要であったり、またネットワークを拡張したりする場合は、リピータを使って、新しいセグメントを接続しなければなりません。

ケーブルとコネクタ

異なるアプリケーションに使われるタイプ A から D までの異なるタイプのケーブルが市場にあり、デバイス間の接続、デバイスとネットワークエレメント(セグメントカプラー、リンク及びリピータ)との接続に使われます。**RS485** 伝送では、PI はタイプ A のケーブルを推奨します。(Table 3 参照)。

"PROFIBUS" ケーブルは非常に多くの会社で販売されています。PI は特に"the fast-connect system"を推奨します。専用工具を使い、手早く信頼性があり、そしてきわめて簡単にケーブル加工ができます。

ステーション接続時、データラインの極性が逆にならないよう常に注意してください。電磁放射による干渉を防ぐため、必ずシールド付きケーブルを用いてください。(タイプ A はシールド付きです) 出来るならシールドは両端で接地してください。また良好な導電性を保つため、large-area shield clamps を使ってください。データラインは、電力ラインとは別に、単独で布設してください。1.5 Mbit/s 以上の伝送速度では、spur lines(訳注：幹線から分かれた支線)を決して使わないで下さい。

1 つのコネクタで、入力側と出力側ケーブルを直結できるコネクタが入手可能です。これにより spur line が不要になると同時に、データ通信に影響を与えることなくコネクタの着脱ができます。**RS485** 伝送技術に対応するコネクタは保護等級によりさまざまなものがあります。9 ピン D-Sub コネクタはもっとも使われており、保護等級は IP20 です。IP65 または 67 では、次の 3 種類のコネクタが一般的です。

- M12 サーキュラコネクタ(IEC 947-5-2 に対応)
- DESINA が推薦する Han-Brid コネクタ
- シーメンスのハイブリッドコネクタ

ハイブリッドコネクタ システムでは光ファイバーを使ったり、ケーブル内の銅線を使って 24V の電源を供給するようなデータ伝送のバージョンも用意されています。

PROFIBUS ネットワークでデータ伝送に問題が発生するときは、大体間違った接続方法や設置によることが多いようです。このような問題はバスのテストデバイスで解決できます。稼動前でもテストデバイスにより多くの典型的な接続エラーを発見できます。

ここで述べた各種コネクタ、ケーブル、リピータ、テストデバイスのサプライヤについては、PROFIBUS の Web 上のオンラインカタログを参照してください。(www.profibus.com)。

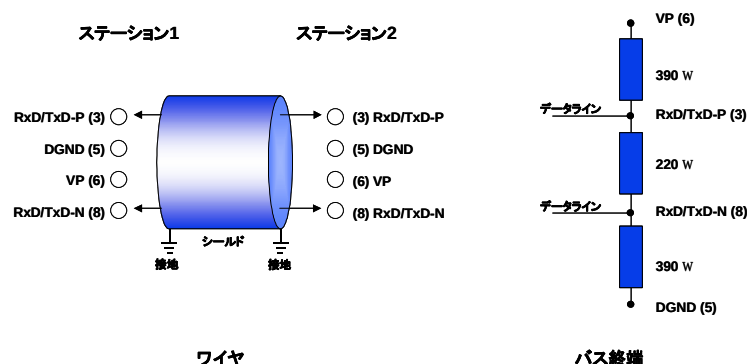


Fig. 6: RS485 伝送技術の配線とバス終端

RS485-IS

ユーザサイドからは本質安全防爆地域でも、高速の RS-485 伝送を使いたいと要求が長らくありました。

プロフィバス協会はこの課題に取り組み、本質安全用 RS485(しかも簡単に機器交換できる)のガイドラインを発表しました。

稼働中の安全を保障するため、インタフェース仕様では全てのステーションに対する電流と電圧のレベルが詳細に決められています。電気回路ではある電圧レベルでは最大電流が許されます。能動的な

機器を接続したとき、全ステーションの電流の合計は最大許容電流を超えてはいけません。

FISCO モデルでは 1 つの本質安全電源供給機器しか許されませんが、RS485-IS では全てのステーションが能動的機器となれる点が最大の特長です。さらなる研究の結果、将来的には最大 32 個のステーションが本質安全バスに接続できるようになると予想されています。

3.1.2 MBP に対応した伝送

MBP という言葉は次の用語の略称です。

- "Manchester Coding (M) : マンチェスター コーディング"
- "Bus Powered", (BP) : バス電源供給。

この MBP は以前、本質安全防爆伝送として使われていた "IEC 61158-2 に対応した物理層", "1158-2", などの言葉に置き換わるものです。というのは、IEC 61158-2 (物理層) では、正確にいうと、MBP を含むいくつかの異なった伝送方法が記述されているためです。

MBP は 31.25 Kbit/s の伝送レートとマンチェスター コーディングを使用した同期伝送です。この方式により化学業種、石油化学業種で要求される本質安全防爆と 2 線式電源供給が可能になるため、プロセス・オートメーションの分野でよく使われます。この伝送方式の特長は表 4 にまとめられています。PROFIBUS は爆発の危険性があるエリアにも、また本質安全にも使用できることがお分かりいただけると幸いです。

	MBP	RS485	RS485-IS	光ファイバー
データ伝送	デジタル、ビット同期、マンチェスターコーディング	デジタル、RS485 に対応する差動信号、NRZ	デジタル、RS485 に対応する差動信号、NRZ	光、デジタル、NRZ
伝送速度	31.25 KBit/s	9.6 to 12,000 KBit/s	9.6 to 1,500 KBit/s	9.6 to 12,000 KBit/s
データセキュリティ	ブリアンブル、エラー保護 start/end デリミタ	HD=4, パリティ, start/end デリミタ	HD=4, パリティ, start/end デリミタ	HD=4, パリティ, start/end デリミタ
ケーブル	シールド付ツイストワイヤ銅線	シールド付ツイストワイヤ銅線 cable type A	シールド付ツイストワイヤ 4-wire, cable type A	マルチ/シングルモードガラスファイバー、PCF, plastic
電源供給	信号線上にて可能	追加ラインにて可能	追加ラインにて可能	ハイブリッドラインにて可能
保護タイプ	本質安全 (EEx ia/ib)	None	本質安全 (EEx ib)	None
トポロジー	ラインとツリー(終端付)、またはその複合	ライン(終端付)	ライン(終端付)	スターとリング(通常)、ライン(可能)
ステーション数	最大 32 ステーション/セグメント; 総計 最大 126 ステーション/ネットワーク	最大 32 ステーション/セグメント(リピータなし)、最大 126 ステーション(リピータあり)	最大 32 ステーション/セグメント、最大 126 ステーション(リピータあり)	最大 126 ステーション/ネットワーク
リピータ数	最大 4 リピータ	最大 9 リピータ(増幅機能付)	最大 9 リピータ(増幅機能付)	制限なし

Table 4: PROFIBUS の伝送技術(物理層)

MBP の設置説明

接続技術

本質安全伝送技術 MBP はプラントの特定のセグメント(危険エリアのフィールド機器) に対して使われます。このセグメントはセグメントカプラまたはリンクを介して、RS485 セグメント(計器室内の制御システム、エンジニアリングデバイス)に接続されます。(Fig. 7).

セグメントカプラは、RS485 信号と MBP 信号レベルとの変換を担当します。RS485 での信号と MBP での信号では、プロトコルレベルで透過的(同様)です。

それとは逆にリンクは独自のインテリジェンスを持ちます。リンクは MBP セグメントにつながっている全てのフィールド機器を RS485 セグメントの 1 つのスレーブ機器にマッピングします。リンクを使ったとき、RS485 セグメントの伝送速度の制限はないため、MBP 接続のフィールド機器を使っても、より高速のネットワークを使うことができます。

MBP ネットワークトポロジー

ツリーまたはライン(およびその混合)が、PROFIBUS でサポートする MBP 伝送のネットワークトポロジーです。

ライン構成上、ステーションはティアダプタを使って、トランクケーブルに接続されます。T 型接続が以前の機器接続方式の代替となります。多芯ケーブルが 2 線式のケーブルに変わります。ディストリビュータは現場機器接続と終

端抵抗チェックを行います。T 型接続では、セグメント内の全ての現場機器はディストリビュータに並列接続されます。通信距離を計算するとき、spur line の最大長を常に考慮しなければなりません。本質安全防爆では、spur line の最大長は 30m です。

伝送の媒体

シールド付 2 線式ケーブルが伝送媒体として使われます(Fig.6 参照)。終端にはパッシブな端末が置かれます。ここでは $R = 100 \Omega$ 、 $C = 2 \mu F$ の RC 回路が組み込まれています。バスの端末はセグメントカプラまたはリンクに組み込まれています。MBP 技術では、極性を逆に接続してもバスの機能に影響を与えることはありません。現場機器には通常、自動極性検知の機能が備わっています。

ステーション数とライン長

セグメントに接続できる最大ステーション数は 32 です。しかし、ステーション数は保護等級やバスへの電源供給によって変わります。

本質安全防爆では、最大供給電圧と最大供給電流が決められています。また、非防爆ネットワークでも、電源供給の最大値は制限されています。

最大ライン長を決定する経験則によると、接続される現場機器の消費電力を求め、電源供給機器を選択すれば、使用するケーブルタイプのライン長を計算できるということが分かっています。要求される電流値($=\Sigma$ 電力の総計)は、セグメント内に接続される現場機器の

基本電流の合計と、FDE (Fault Disconnection Electronics) を行うためにセグメントあたり 9mA の電流を加えて求めます。FDE は、故障した機器がバス上の障害となることを防ぎます。

電源供給される機器と外部電源供給機器との混在も可能です。ただし、外部電源供給機器もバスの端末にかける基本電流を消費することに注意してください。これは最大供給可能な電流を計算するときに考慮されなければなりません。

FISCO モデルを使用すると、爆発危険場所で PROFIBUS ネットワークの設計、設置、増設を非常に簡単に行うことができます。(chapter 3.1.4 参照)。

3.1.3 光ファイバー伝送技術

フィールドバスのアプリケーションでは電線ケーブルが使えないものがあります。たとえば、非常に強い電磁界領域での使用、または特に広域範囲をカバーするアプリケーションです。光ファイバーはこのようなアプリケーションに最適です。光ファイバーについての PROFIBUS ガイドライン(2.022)はこの技術を説明しています。当然ながら通常の PROFIBUS デバイスが光ファイバーのネットワーク内に存在しても、PROFIBUS(レイヤ 1)のプロトコルを変更する必要なく、また問題なく共存ができるよう十分に考慮されています。つまり、現存の PROFIBUS 設置方法に対し、バックワード・コンパチビリティを保証しているともいえます。

どのような光ファイバーが使用できるかは表 5 を参照してください。伝送仕様は、スター、リング構成だけでなく、ライン構成もサポートしています。

簡単なケースでは光ファイバーネットワークには電気/光交換機を使います。これは機器に直結され、RS485 と光ファイバーの変換を行うものです。このような方法を採用すると、プラント内で、その環境によって、RS485 と光の選択を自由に行うことができます。

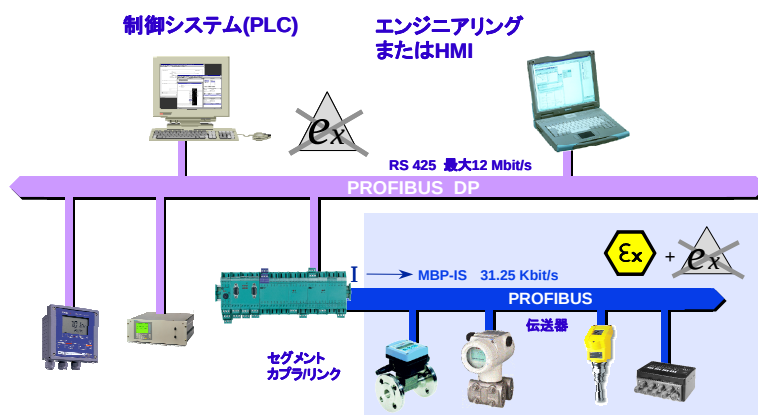


Fig. 7: MBP 伝送技術を使ったシステム構成と現場機器への電源供給

3.1.4 FISCO モデル

FISCO モデル(Fieldbus Intrinsically Safe Concept)を使うことで、爆発危険場所の PROFIBUS ネットワークの設計、設置、拡張を非常に楽に行うことができます。

このモデルはドイツの PTB (Physikalisch Technische Bundesanstalt - German Federal Technical Institute)により開発され、爆発危険場所のフィールドバス運用の基本モデルとして世界的に認知されています。

このモデルを使うと、本質安全防爆において、関連する 4 つのバスコンポーネント(現場機器、ケーブル、セグメントカブラ、バスターミネータ)が電圧、電流、出力、インダクタンス、キャパシタンスの定められた範囲内なら、個々の本質安全の計算は必要なくなります。PTB (Germany) や UL (USA)などの認定団体によって機器の認証が行われます。

FISCO に認証されたデバイスでは、複数の機器が 1 本のバスラインで稼動できるだけでなく、時間のかかる計算をしたり、システムの認証を取ることなく、運転中に他のベンダーのデバイスと交換したり、ラインを拡張することができます。つまり危険場所でも簡単に plug & play ができます！ 電源、ライン長、バスターミネータを選択する時に、単に前に述べたルールに("Installation instructions for MBP")に従えばいいだけです。

MBP と FISCO モデルに関する伝送は次の原則に基づいています。

- ステーションが送信中の時に電源供給は行われない
- 各セグメントは 1 つの電源供給ユニットを持つ
- 各フィールド機器は定常状態において、少なくとも 10mA

光ファイバーの種類	線径 [μm]	最大長
マルチモード・ガラス	62.5/125	2-3 km
シングルモード・ガラス	9/125	> 15 km
プラスチック	980/1000	< 80 m
HCS®	200/230	約 500 m

Table 5: 光ファイバーの特性

FISCO を適用するための条件

- 各セグメントに電源供給ユニットは 1 つ
- 全てのステーションは FISCO に対応していること
- 最大ケーブル長は 1000 m (防爆保護クラス i, カテゴリー a)/ 1900 m (防爆保護クラス i, カテゴリー b)
- ケーブルの仕様:
 $R' = 15 \dots 150 \Omega/\text{km}$
 $L' = 0.4 \dots 1\text{mH}/\text{km}$
 $C' = 80 \dots 200 \text{nF}/\text{km}$
- 電源供給ユニットと現場機器のあらゆる組み合わせで以下の点を満足すること。つまり、故障の時でも、どの現場機器の許容入力範囲 (U_i, I_i, P_i)が対応する電源供給ユニットの最大可能そして許容された出力(電源供給ユニットの U_0, I_0, P_0 ; $V_{\text{max}}, I_{\text{max}}$ そして P_{max} の時)より大きいこと。

FISCO を使うメリット

- 危険地区でも Plug & Play が可能
- システムの認証が必要なし
- 難しい計算をしなくても、デバイスの相互交換とプラントの拡張に対応
- 接続可能なデバイスを数を最大にできる

のベース電流を消費する

- 現場機器は受動的な(電源を供給しない)機器として動作する。
- バスラインの両端には、受動的なライン端末が設置される
- ネットワークではライン、ツリー、スターのトポロジーがサポートされる

電源供給では、各現場機器当たり最小 10mA のパワーが機器の供給されます。通信信号は各送信機器で生成され、この範囲は基本電流の $\pm 9 \text{mA}$ となります。

3.2 DP 通信プロトコル

DP(Decentralized Peripherals) 通信プロトコルは、フィールドレベルにおける高速データ交換を目的に設計されました。ここでは PLC, PC またはプロセスコントロールシステムが分散したフィールド機器、つまりリモート I/O、ドライブ、バルブ、伝送器、分析計などとシリアル接続で通信することが想定されています。分散機器とのデータ交換はほとんどが周期的です。このための通信機能は DP 基本機能 (version DP-V0) として定義されています。さまざまなアプリケーション分野からの要求により、DP 基本機能はその機能をステップ・バイ・ステップに拡張してきました。現在 DP として DP-V0, DP-V1、DP-V2 の 3 つのバージョンがあり、それぞれ特長を持っています(Fig.8 参照)。バージョンの区別はアプリケーションサイドからの要求により、検討が行われた順番によっています。バージョン V0 と V1 は“特性(実行に関する)”とオプションを含みますが、バージョン V2 は単にオプションのみになります。

3つのバージョンの主な特長は以下のとおりです:

DP-V0 は DP の基本です。周期的なデータ交換とステーション診断、モジュール診断、そしてチャンネル診断の機能があります。

DP-V1 はプロセス・オートメーション用に機能拡張を行ったものです。つまり周期的なデータ交換と同時に、インテリジェントを持つ機器のパラメータ設定、運転、監視、アラーム処理ができるようになっています。エンジニアリングツールを使つてのステーションのアクセスも可能になります。さらに **DP-V1** ではアラームの定義も行います。異なったタイプのアラームの例として、ステータスアラーム、更新アラーム、ベンダー特有のアラームがあります。

DP-V2 はさらに拡張機能を含み、主にドライブ(回転機)アプリケーションに使われます。アイソクロノス・スレーブモード、スレーブ間通信 (DXB, Data eXchange Broadcast)などが追加されており、**DP-V2** は回転機の高速制御にも用いることができます。

DP のさまざまな機能の詳細は IEC 61158 の中で説明されています。ここでは、主要な機能を説明します。

3.2.1 基本機能 DP-V0

中央のコントローラ(master)の役割は以下のとおりです。

- 周期的にスレーブから入力情報を読み込む
- 周期的にスレーブに出力上布を書き込む

多くのアプリケーションではコントローラのプログラム周期は 10ms 以内です。通信のバスサイクル時間はこれより短くなくてはなりません。ただし、データ交換が高速というだけではフィールドバスを問題なく利用することはできません。簡単な取り扱い、良好な診断機能、アクセス制御も重要な技術です。DP はこれらの機能を最適に実現します。(表 6 参照)。



Fig. 8: PROFIBUS DP のバージョンと特長

通信スピード

32 個のステーションに、512 ビット入力、512 ビット出力を 12 Mbit/s のスピードで通信すると、DP では約 1ms しかかかりません。Fig.9 はステーション数と、通信速度による典型的な DP の通信時間を示しています。DP では入力データと出力データは 1 回のメッセージサイクルで通信されます。DP では、ユーザデータはレイヤ 2 の **SRD Services (Send and Receive Data Service)** を使用します。

診断機能

DP の診断機能によりどこでエラーが起きたかすぐに分かります。診断メッセージはバスを経由し、マスターに収集されます。これらのメッセージは 3 つのレベルに分けることができます:

デバイス固有の診断

“過熱”、“低電圧”または“インタフェース不明”というようなステーションの運転のための読み込みメッセージです。

モジュール関連の診断

このメッセージは、診断がステーションの特定の I/O ドメインにあることを示します。(例: 8 ビット出力モジュール)。

チャンネル関連の診断

このメッセージは故障の原因が特定の入出力ビット(チャンネル)であることを示します。(例: “出力短絡”)。

システム構成とデバイスタイプ

DP はシングルマスターとマルチ(複数)マスターシステムの両方に対応します。これによりシステム構成が非常に柔軟になります。最大 126 個のデバイス(マスターまたはスレーブ)が 1 本のバスに接続できます。システム構成の仕様として、以下のものが定義されます:

- ステーション数
- I/O アドレスに対するステーションアドレスの定義
- 入出力データの連続性
- 診断メッセージのフォーマット
- バスパラメータ。

デバイスタイプ

DP システムでは 3 つの異なるデバイスタイプが存在します。

DP マスター クラス 1 (DPM1)

指定されたメッセージのフォーマットを使い、周期的に分散されたステーション(スレーブ)と通信を行う中央のコントローラです。典型的な DPM1 のデバイスは PLC (programmable logic controller) とか PC です。DPM1 はバスを自発的にアクセスし、現場機器の測定データ(入力)を読み込み、操作器にセットポイント(出力)を書き込みます。このサイクルを繰り返し実行することが、オートメーション機能の基本です。

DP マスター クラス 2 (DPM2)

エンジニアリング、コンフィギュレーション、運転チェック用デバイスです。これらはコミッショニング時、または保守、診断時に使われ、デバイスを接続したり、測定データやパラメータのチェックをしたり、デバイスのステータスを要求したりします。DPM2 は常にバスに接続していなくてもかまいません。DPM2 も自動的にバスをアクセスします。

スレーブ

スレーブは分散機器(I/O デバイス、ドライブ、HMI、バルブ、伝送器、分析機器)であり、プロセス情報を読み込んだり、プロセスを操作するため出力情報を使ったりします。入力情報または出力情報に特化しているデバイスもあります。通信上で考えると、スレーブは受動的なデバイスで、問いかけに答えるだけです。動作は簡単で、開発も楽に行えます。(DP-V0 では、この機能はすでに完全にハードウェアに含まれます)。

シングルマスターシステムではバスシステムが稼動中はただ 1 つのマスターがアクティブです。Fig.10 はこの場合のシステム構成です。PLC は中央のコントローラです。スレーブは媒体を介して、PLC に分散接続されています。この構成ではバスサイクル時間が最も高速になります。

マルチマスター運転では、複数のマスターがバスに接続されます。マスターはそれぞれ独自のサブシステムを構成します。つまり、DPM1 とスレーブ、または付加的なコンフィギュレーション、診断デバイスです。入力と出力の情報は全ての DP マスターで読むことができますが、1 つの DP マスター(エンジニアリングで設定された DPM1)からのみ、出力の書き込みができます。

システムの動作

同じような機器の交換を容易にするために、DP のシステム動作は標準化されています。この動作は主に DPM1 の運転ステータスによって決定されます。

この動作はシステム内またはコンフィギュレーション機器で制御で

バスアクセス	- マスター間のトークンパッシング手順およびマスターとスレーブ間のデータ交換手順 - モノマスターとマルチマスタ(オプション) - マスターとスレーブで 1 つのバスに最大 126 ステーション
通信	- ピア・トゥ・ピア (ユーザデータ通信) またはマルチキャスト通信 (制御コマンド) - マスター・スレーブ間で周期データ通信
動作ステータス	- 動作(Operate) 入出力データの周期伝送 - クリア(Clear) 入力は読み取り,出力は安全なステータスを保持 - 停止(Stop) 診断およびパラメータ設定。ユーザデータは送信不可
同期	- 制御コマンドにより入出力間の同期をとることが可能 - 同期(Sync)モード 出力が同期される - 固定(Freeze)モード 入力が同期される
機能	- DP マスターとスレーブ間のユーザデータの周期伝送 - 個々のスレーブの動的に駆動、停止/ スレーブのコンフィギュレーション・チェック - 強力な診断機能 3 階層の診断メッセージ - 入力または出力(あるいはその両方)の同期 - オプションとしてバスを介したスレーブのアドレス割り当てが可能 - 各スレーブごとに最大 244 バイトのデータ入出力が可能
保護機能	- ハミング距離 HD=4 でメッセージ送信 - DP スレーブのウォッチドッグ機能によりマスターの障害検出 - スレーブ出力に対するアクセス保護 - マスター内の可変監視タイマーによるユーザデータ通信の監視 r
デバイスのタイプ	- DP マスタクラス 1 (DPM1) : 例、PLC や PC などの中央プログラマブルコントローラ - DP マスタクラス(DPM2) : 例、エンジニアリングまたは診断ツール DP スレーブ : 例、デジタルまたはアナログ入出力デバイス、ドライブ、バルブ

Table 6:DP-V0 の基本機能

きます。主に 3 つのステータスがあります:

Stop

DPM1 とスレーブ間でデータ通信が行われていません。

Clear

DPM1 はスレーブの入力情報を読み、スレーブの出力をフェールセーフ ("0"出力)に保持します。

Operate

DPM1 はデータ通信を実行します。周期データ通信では、スレーブから入力が読み込まれ、出力情報がスレーブに書き込まれます。

DPM1 はマルチキャストコマンドを使って、自分のステータスをあらかじめ設定された周期ごとに全てのスレーブに伝達します。

スレーブの故障などが DPM1 のデータ交換時に発生した時、故障にシステムがどのように対応するか

は"auto clear" パラメータにより定義されます。

このパラメータが正(True)ならば、DPM1 はスレーブが通信の準備ができていないということで、アサインされたスレーブの出力をフェールセーフ状態にします。DPM1 はその後 Clear ステータスに移行します。

もしパラメータが負(False)ならば、DPM1 は故障が起きても運転ステータスを保持し、ユーザはシステムをコントロールできます。

DPM1 とスレーブ間での周期データ通信

DPM1 は自分とアサインされたスレーブ間でのデータ通信を決められたとおり、自動的に繰り返し実行します。(Fig.11 参照)。ユーザはバスシステム構築時にスレーブとDPM1 の関係を定義します。さらにどのスレーブが周期データ通信の対象となるかも定義します。

DPM1 とスレーブのデータ通信には次の 3 つのフェーズがあります。それらはパラメータ化、コンフィギュレーション、データ通信です。マスターがあるスレーブを通信対象とする前に、設定されたデータが実際のデバイスのデータと一致するか、パラメータ化とコンフィギュレーションにてチェックします。この時、デバイスタイプ、フォーマットとデータ長、入出力数も一致しなければなりません。このチェックによりパラメータエラーが発見できます。DPM1 により自動的に実行されるデータ通信中に、ユーザは新しいパラメータ設定をスレーブに送ることもできます。

sync と freeze モード

DPM1 によりステーション間のデータ通信は自動的に実行されますが、マスターはそれと同時に全てのスレーブまたはスレーブのグループに制御コマンドを送ることができます。このコマンドはマルチキャストコマンドとして通信され、スレーブのイベント制御同期をす

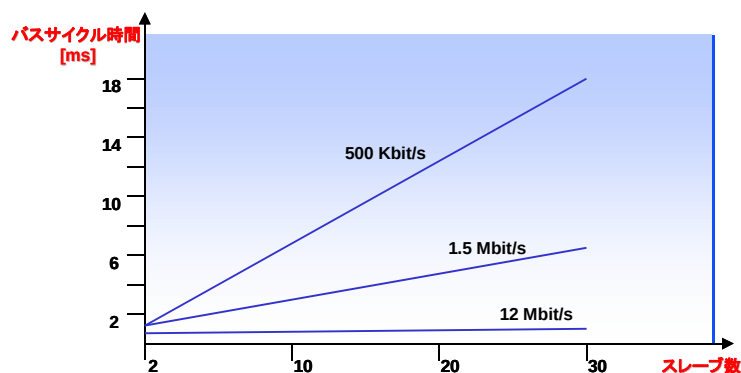


Fig. 9: DP モノマスターシステムでのバスサイクル時間:
条件: 各スレーブ毎に 2 バイトの入出力データ

るため sync と freeze モードを設定できます。

スレーブは設定されたマスターから sync コマンドを受け取り、sync モードをスタートします。スレーブの出力は現在の状態に固定されます。次のユーザデータ通信時、出力データはスレーブに設定されますが、出力状態は変わりません。設定された出力は次の sync コマンドが来るまで、出力部に送られません。Sync モードは "unsync" コマンドで終了します。

同様に、freeze コマンドはスレーブを freeze モードにします。このモードでは、入力値が現在値に固定されます。入力データはマスターが次の freeze コマンドを送るまで、更新されません。Freeze モードは "unfreeze" コマンドで終了します。

保護メカニズム

間違ったパラメータ設定や通信機器の故障に対し、保護機能を持つことは安全上、必要です。このため、DP マスターとスレーブはタイ

マーを使用したモニタリングメカニズムを持っています。モニタリングの周期はコンフィギュレーション時に定義します。

DP マスターの場合

DPM1 は Data_Control_Timer をスレーブとのデータ通信モニターに使用します。スレーブごとに別々のタイマーが使われます。モニターの時間内に正しいユーザデータの通信が実行されなかった場合、タイマーはトリップし、ユーザに通知されます。もし、自動エラー処理が ON なら(Auto_Clear = True)、DPM1 は operate ステータスを抜け、指定されたスレーブの出力をフェールセーフ状態にし、clear モードとなります。

スレーブの場合

スレーブはマスターや伝送のエラーを検知するウォッチドッグコントロールを使います。ウォッチドッグのインターバル内にマスターとのデータ通信が実行されないなら、スレーブは自動的に自分の出力をフェールセーフサイドにします。

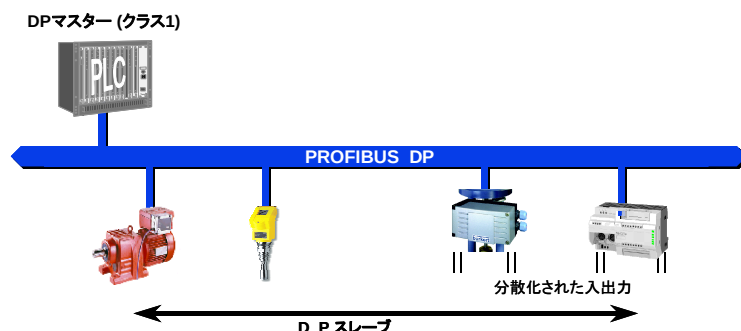


Fig. 10: PROFIBUS DP モノマスターシステム

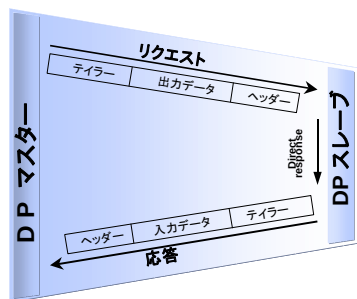


Fig. 11: DP の周期データ伝送

さらに、マルチマスターシステムのスレーブ出力についてもアクセス保護が求められます。つまり、1 個のマスターだけが出力を変更できます。他のマスターは入出力イメージを見ることはできますが、変更することはできません。

3.2.2 DP-V1 バージョン

非周期データ通信

DP-V1 の重要な点は、非周期データ通信への機能拡張です。これにより運転中もバスを介して現場機器のパラメータ設定、校正、および標準的なアラームメッセージの導入が可能になりました。非周期データの伝送は周期データの伝送と同時に、しかし低いプライオリティで実行されます。Fig.13 で例を示します。マスタークラス 1 はトークンを持ち、スレーブ 1 にデータを送ったり、またデータを受け取ったりすることができます。その後通信はスレーブ 2 そしてリスト(MS0 チャンネル)の最後のスレーブまで決まった順番で実行されます；次にトークンはマスタークラス 2 に渡されます。このマスターは決められたサイクルの残り時間 ("gap") 内に、あるスレーブ (Fig.13 ではスレーブ 3) とデータ交換(MS2 channel)できる非周期接続をセットアップします；サイクルタイムの最後に、トークンはマスタークラス 1 に戻ります。非周期通信は数スキャンまたは数 "gap" 続き、最後にマスタークラス 2 は接続を解消します。同様に、マスタークラス 1 もスレーブと(MS1 channel)、非周期通信を実行できます。

その他の機能については表 7 を見てください。

拡張診断機能

さらに DP-V1 のデバイス固有診断機能は拡張されており、アラームとステータスメッセージに分類されます。(Fig.12 参照)

3.2.3 DP-V2 バージョン

スレーブ間通信 (DXB)

ブロードキャスト通信を使い、マスターを経由することなく、スレーブ間で直接、通信を行えます。この場合、スレーブは "パブリッシャー：publisher" として動作します。つまり、スレーブからの回答はマスターに行くのではなく、"サブスクライバ：subscribers" と呼ばれるほかのスレーブに順番に行くこととなります (Fig.15 参照)。これによりスレーブは他のスレーブからのデータを直接読み込み、入力データとして使用できます。この機能は全く新しいアプリケーションに適用できます。なぜなら、これにより応答時間が最大 90% 短縮できるからです。

アイソクロノス モード

バスの負荷状態にかかわらず、マスターとスレーブ間のクロック同期を実現します。この機能は 1 マイクロ秒以下の偏差が要求される高精度位置制御に使われます。"global control" ブロードキャスト通信を使うことにより、全てのデバイスはバスマスターの周期と同

期します。特別な連続番号により同期の監視ができます。Fig.14 ではデータ交換時間(DX, 緑)、マスタークラス 2 の通信(黄色)、リザーブ時間(白)を示します。赤い矢印はデータ収集 (T_1) から制御 (R_x) して設定データ出力 (T_0) までのルートを示します。これは大体、2 バスサイクル以上かかります。

クロック制御

マスターが MS3 という新しいサービスを經由して、全てのスレーブにタイムスタンプを送ることで、1 ミリ秒以下の偏差で時間同期を実現できます。正確なイベントトラッキングに使用します。複数マスターが存在するネットワークでの時間の同期に有用です。発生順にイベントを並べ、故障診断を容易にすることもできます。

アップロード、ダウンロード (Load Region)

現場機器のデータを数個のコマンドでロードできます。たとえば、人間が行うのではなく、自動的にプログラムのアップロード、デバイスの交換などができるようになります。

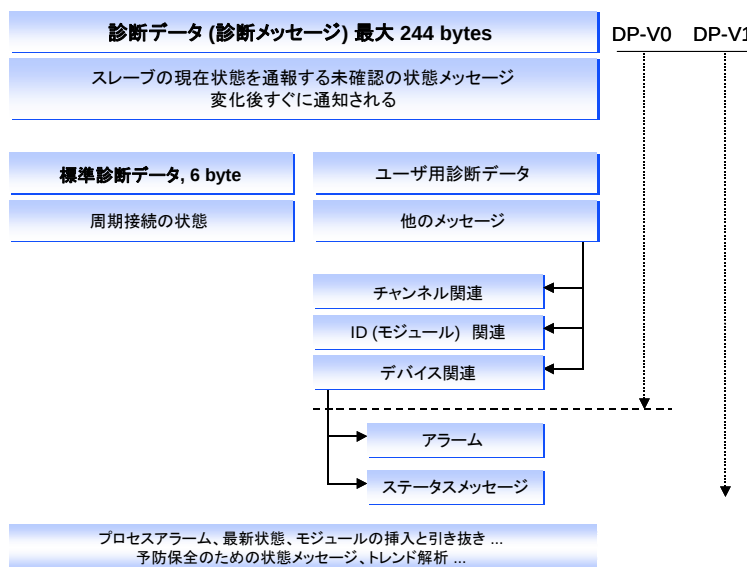


Fig. 12: 診断メッセージの構成 (DP-V0 and DP-V1)

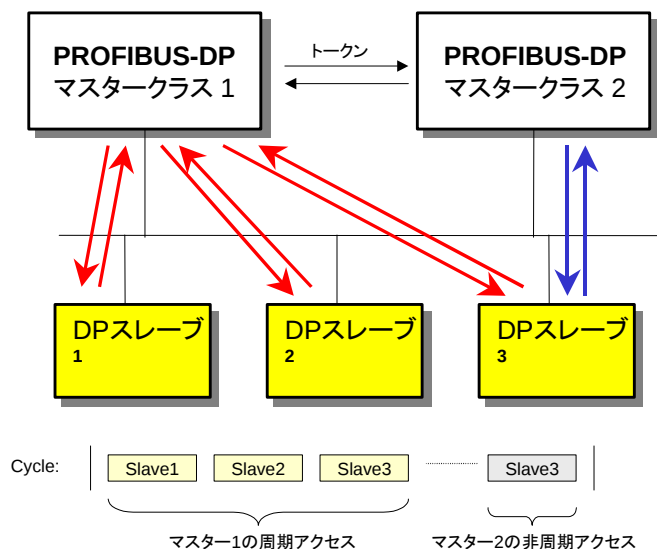


Fig. 13: DP-V1 の周期及び非周期通信

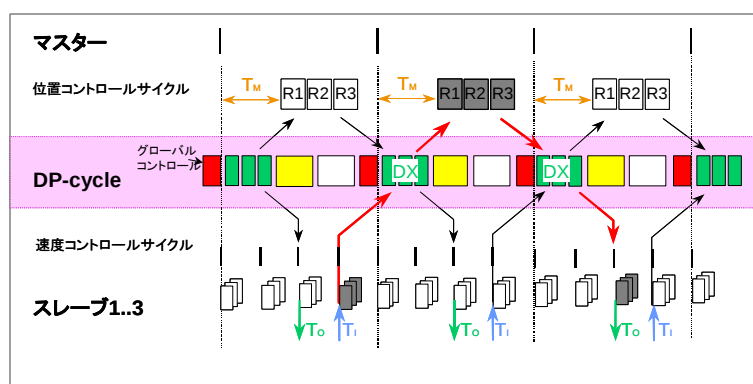


Fig. 14: アイソクロノスモード

機能要求

機能要求サービスはスレーブ内のプログラム制御(start, stop, return, re-start)、またはデータ収集などの機能コールを行います。

3.2.4 スロット・インデックスを伴うアドレス

アドレス指定について、PROFIBUS はスレーブが物理的にモジュール構成をとっているか、または論理的なモジュールで内部が構成されていると仮定します。この仮定は周期伝送の基本 DP 機能でも使われ、そこでは各モジュールはユーザデータ電文内の決められた位置に一定の入出力バイトを占有します。アドレス指定の基本はモジュールのタイプを入力、出力または両者の混じったものとして認識することから始まります。

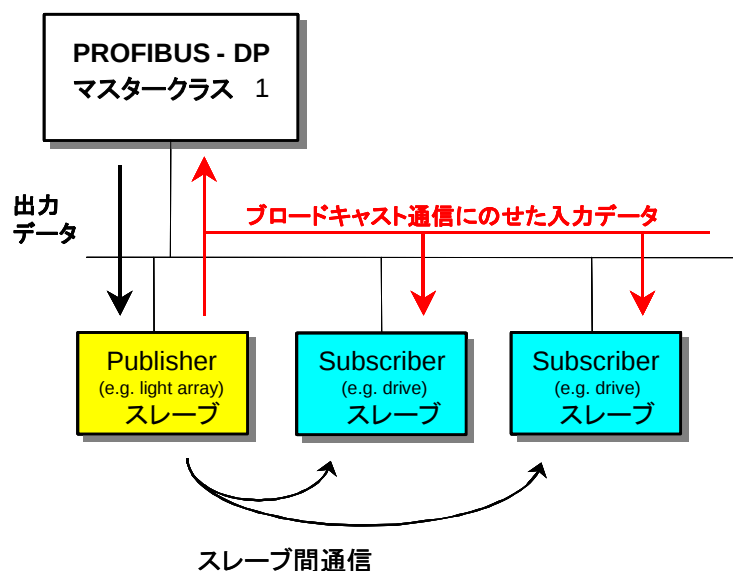


Fig. 15: スレーブ間通信

これによりシステムスタートアップ時に DPM1 によってチェックされるスレーブの構成が決定します。

非周期データ通信についても同じモデルが適用されます。読み書きのアクセスができる全てのデータブロックは、モジュールにアサインされているとみなされ、スロット番号とインデックスを使ってアドレス指定が行われます。スロット番号はモジュールの番号で、インデックスはモジュール内のデータブロック番号です。各データブロックの最大値は 244 バイトです (Fig.16 参照)。モジュール構成のデバイスでは、スロット番号がモジュールに対応します。モジュールの番号は 1 から始まり、連続的に増加します。スロット番号の 0 はデバイス自身の番号です。

コンパクトなデバイスは仮想的なユニットとみなされます。この場合もアドレスは、スロット番号とインデックスで指定されます。

読み書き要求のデータ長指定をすることで、データブロックの一部を読みまたは書くことが可能になります。データブロックのアクセスに問題がない場合、スレーブは正しい(ポジティブな)読み書きの返答を行います。そうでない時には、ネガティブな返答を行い、問題を明確にします。

DPM1 とスレーブ間の周期データ通信サービス	
Read	マスターはスレーブからデータブロックを読む
Write	マスターはスレーブにデータブロックを書き込む
Alarm	アラームはスレーブからマスターに伝達され、確認をされます。スレーブは確認終了後のみ、新しいアラームを送ることができます。これによりアラームの上書きが防止できます。
Alarm_Acknowledge	アラームの受信確認をマスターはスレーブに送ります。
Status	状態メッセージはスレーブからマスターに送られます。確認は不要です。
データ伝送は MS1 のコネクションを通して実行されます。この接続は DPM1 によりセットされ、周期データ伝送のため、密な結合としてリンクされます。この結合はマスターによって指定されたスレーブとの間で使われます。	

DPM2 とスレーブ間の非周期データ通信サービス	
Initiate Abort	DPM2 とスレーブ間の非周期データ通信のセットアップと終了
Read	マスターはスレーブからデータブロックを読む
Write	マスターはスレーブにデータブロックを書き込む
Data_Transport	マスターは(プロファイルで規定された)アプリケーション特有のデータをスレーブに非周期に書き込みます。また同じサイクルでデータを読み込むことも可能です。
データ伝送は MS2 コネクションを使用します。これは Initiate サービスを使い、DPM2 により周期データ伝送がスタートする前にセットアップされます。Read, Write そして Data_Transport のサービスが利用できます。同様に接続は終了されます。1 つのスレーブが同時に複数の MS2 接続を持つこともできます。しかし、コネクションの数は対応するスレーブのリソースに制限されます。	

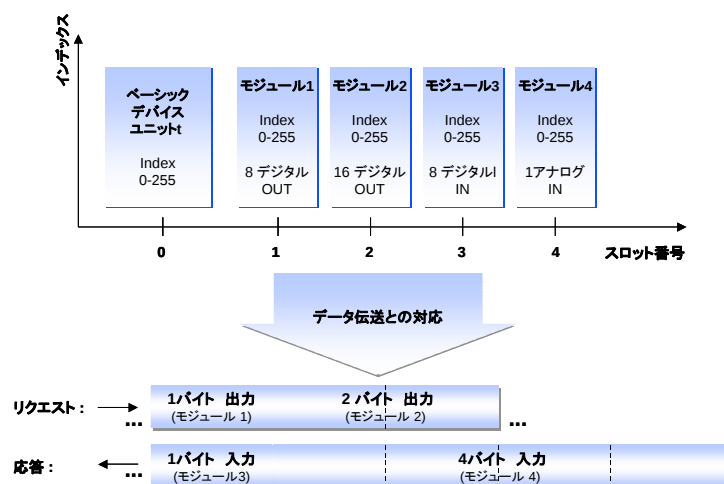


Fig. 16: スロットとインデックスを伴うアドレスのつけ方

4. 汎用アプリケーション・プロファイル

汎用アプリケーション・プロファイルは 1 つ以上のアプリケーションに対する機能と仕様を定義します。これらは特定アプリケーション・プロファイルとともに使用されることもあります。

4.1 PROFIsafe

今まで、FA または PA で使われるフィールドバスには、ある制限事項がありました。つまり、安全信号については、従来の第 2 層の技術を使うか、または安全専用バスを使うかです。PROFIsafe を使えば、PROFIBUS はほとんどの安全の課題に適用でき、安全関連アプリケーションに対応する統括的でオープンなソリューションを提供できます。

PROFIsafe はフェールセーフ機器(緊急停止ボタン、光格子、overfill cutouts, 等)が PROFIBUS を介してフェールセーフ制御機器とどのように安全に通信できるかを定義したものです。EN954, AK6 または SIL3 (Safety Integrity Level) に基づく KAT4 の安全関連自動タスクに使うことができます。PROFIsafe ユーザデータのフォーマット、プロトコルを取り決めるプロファイルにより安全通信を実現します。

この仕様はベンダー、ユーザ、標準化団体、および安全団体(TÜV, BIA)の共同作業により作成されました。関連する標準、特に IEC 61508 をベースにしています。(これは特にソフトウェア作成のためのものです)

PROFIsafe は遅れ、データの消失・繰り返し、不正な順序やアドレス、または衝突など、シリアルバス通信で起こりうるエラーを考慮しています。

これらに対する修正および対応の方法が PROFIsafe では用意されています:

- 安全電文の連続ナンバリング
- 入力メッセージフレームとその認証に対するタイムアウト

- 送り手と受け手間の ID 番号 (パスワード)
- データセキュリティの追加 (Cyclic Redundancy Check, CRC).

これらのチェック機能と、特許をとった"SIL モニター" (不良メッセージの周期を観測) を使い、PROFIsafe は安全クラスとして最大 SIL 3 以上に対応できます。

PROFIsafe はシングルチャネルの安全ソリューションであり、デバイスの第 7 層上の追加レイヤで実行されます (Fig.17 参照); 配線、ASIC、プロトコルなど標準の PROFIBUS コンポーネントはそのまま使います。つまり冗長化も可能であり、既設設備に追加することも可能です。

PROFIsafe のデバイスは標準の PROFIBUS 機器と同一ケーブル上で、共存および動作できます。

PROFIsafe は非周期通信を使い、RS485、光ファイバー、MBP 伝送技術を使います。ですから、FA で必要な高速のレスポンスと PA で必要な本質安全防爆の両方に対応できます。

PA で使う場合、フェールセーフまたは標準運転で使うため 1 個の標準デバイスを準備すればいいことになります。なぜなら、フェールセーフ機能はアプリケーションの中で走ることになるからです。(運転の信頼性として SIL2)

一般的なソフトウェアのドライバとして、PROFIsafe は広いレンジの開発、およびランタイム環境で用いることができます。PROFIsafe の仕様はドキュメント "PROFIsafe, Profile for Safety Technology", Order No. 3.092 をご

覧ください。

4.2 PROFIBUS DP と HART

HART デバイスは非常に多くの設置台数を持っているため、既設または新規の PROFIBUS システムと HART の統合は多くのユーザにとって、非常に興味があると思います。

PROFIBUS— "HART"仕様はこの課題にオープンな解決策を提供します。これにより、PROFIBUS のプロトコルとサービス、つまり PDUs (Protocol Data Units)とか状態マシンそして機能などを変更することなく、PROFIBUS の通信機能のメリットを享受できます。

この仕様ではマスターとスレーブのレイヤ 7 以上で動作する PROFIBUS のプロファイルを定義します。ここでは PROFIBUS 上に HART の client-master-server モデルをマッピングします。HART 協会との共同作業により、仕様は HART 仕様に完全に準拠しています。

HART のクライアントアプリケーションは PROFIBUS のマスターに統合され、HART のマスターは PROFIBUS のスレーブに統合されます (Fig.19 参照)。ここで PROFIBUS スレーブはマルチプレクサーとして動作し、HART デバイスとの通信を担当します。

HART メッセージの伝送に対し、MS1 と MS2 とは独立に通信チャンネルが定義されます。HMD (HART Master Device)は複数のクライアントをサポートし、その数はプロジェクトによります。

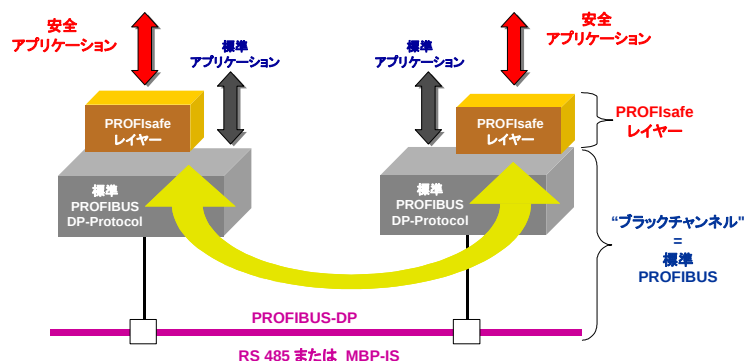


Fig. 17: PROFIsafe を使った安全モード

HART デバイスは HMD を使用することで、PROFIBUS に接続することができます。(PROFIBUS Guideline "PROFIBUS Profile for HART" Order No. 3.102).

4.3 タイムスタンプ

ネットワーク上の診断や故障位置を記録するとき、イベントやアクションに正確なタイムスタンプを付加できることは有用です。

PROFIBUS はタイムスタンププロファイルを持っています。これは MS3 サービス上のクロックマスターによるスレーブのクロック制御機能を用います。イベントは正確なタイムスタンプを付加された後、読み込まれます。メッセージはグレードにより分類されます。"Alerts"と分類されたメッセージは

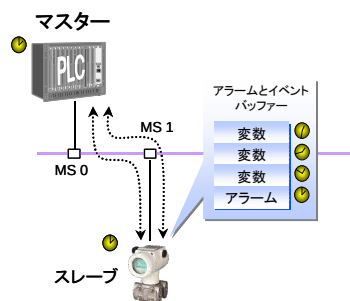


Fig. 18: タイムスタンプとアラーム

高いプライオリティの"アラーム"で診断メッセージです。低いプライオリティは"イベント"となります。いずれの場合も、マスターは(MS1 サービスを経由し)非周期で現場機器のアラーム・イベントバッファから、タイムスタンプされたプロセス値とアラームメッセージを読み込みます(Fig.18 参照)。詳しくは以下の資料を参照してください。the PROFIBUS Guideline "Time Stamp", Order No. 2.192.

4.4 スレーブの冗長化

フィールド機器との通信を冗長化することは多くのアプリケーションで要求されています。PROFIBUS は *slave-redundancy mechanism* 仕様を定義しました。Fig.20 をご覧ください:

- スレーブはプライマリとバックアップの 2 つの異なる

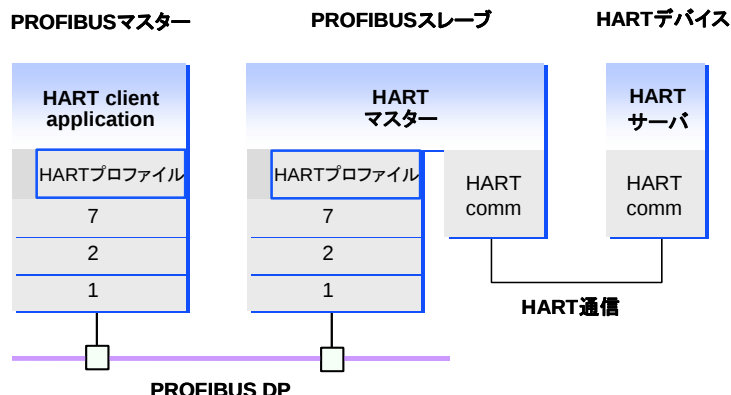


Fig. 19: HART デバイスを PROFIBUS DP に統合

- PROFIBUS インタフェースを持ちます。これは 1 つのデバイス内でもいいですし、2 つのデバイスを使っても構いません。
- デバイスは冗長化の拡張仕様を持った 2 つの独立したプロトコルスタックを持ちます。
- 冗長化通信(RedCom) は(1 つのデバイス内または 2 つのデバイス間の)プロトコルスタック間で動作します。冗長化通信は PROFIBUS の通信とは独立で、パフォーマンスは冗長の移行時間に大きく影響されます。
- バックアップスレーブのためのプログラミングが不要。複雑なツールが必要ない。
- スレーブの 2 つの部分の挙動監視が可能。
- スレーブがバスの負荷と PROFIBUS の応答に影響しない。

PROFIBUS のスレーブ冗長化は応用性が高く、移行時間が短く、データ消失のない故障に強い方式です。以下の資料を参照してください。PROFIBUS Guideline "Specification Slave Redundancy", Order No. 2.212.

通常の場合、プライマリ側が通信を担当します。：プライマリ側しかない場合、ここでバックアップ側の診断データも送ります。プライマリ側が故障し、故障が検知された時、マスターからの指示により、バックアップ側が機能を受け取ります。さらに、マスターは全てのスレーブを監視し、バックアップ側も故障し、冗長の機能が失われたとき、その診断メッセージを送ります。

冗長化スレーブは 1 本の PROFIBUS ケーブルでも動きますが、ケーブルの冗長化も求められるとき、2 本の PROFIBUS ケーブルに接続することもできます。ユーザにとっての冗長化のメリットは以下のとおりです。：

- 異なった冗長化構成でも 1 つのバージョンで対応できること。
- マスター、バス、そしてスレーブのそれぞれの冗長化が独立に可能。

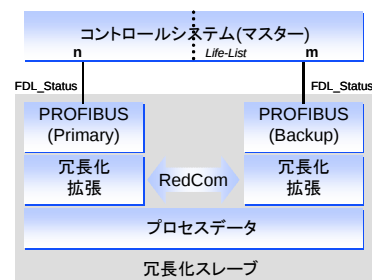


Fig. 20: PROFIBUS のスレーブ冗長化

5. 特定アプリケーション プロファイル

他のフィールドバスと比較して、PROFIBUS は非常に幅広いアプリケーションに対応していることが特長です。ですから、今まで、PROFIBUS は新しいアプリケーションに応じて標準を作ってきました。しかし、これは単にある業種特有のユーザからの要求を考慮してプロファイルを開発するだけではありません。PROFIBUS は従来のシステムをそのまま生かした形で、標準でオープンなフィールドバスシステム内に全てのアプリケーションの重要項目を統合することに成功しています。

表 8 は作成中も含めた全ての PROFIBUS の特定アプリケーション・プロファイルです。

5.1 PROFIdrive

PROFIdrive は単純な周波数コンバータから高精度サーボ制御まで、PROFIBUS 上のドライブの動作と

データアクセス方式を定義したものです。

オートメーションでドライブの統合はその種類により異なります。このため、PROFIdrive は 6 つのアプリケーションクラスを設け、その中でほとんど全てのアプリケーションをカバーしています。

標準ドライブ(class 1)はメインの設定値(例；比率スピード)で制御されます。スピード制御はドライブコントローラ内で実行されます。

内部演算付標準ドライブ(class 2)では制御ロジックがいくつかのサブプロセスに分担され、そのうちいくつかは中央のコントローラからドライブコントローラに移行されています。PROFIBUS はこの場合、技術的インタフェースとして動作します。

ここでは個々のドライブコントローラ間でスレーブ間通信が必要になります。

位置決め制御付ドライブ(class 3)は位置決めコントローラを内部に持ち、幅広いアプリケーションを

カバーします(例；ボトルキャップの ON/OFF)。位置決め制御は PROFIBUS を通しドライブコントローラに移行されます。

中央モーション制御(class 4 と 5)複数ドライブの制御を行います。制御は主に中央数値コントローラ(CNC)により実行されます。PROFIBUS は位置制御ループをできるだけクロックに同期させるよう動きます (Fig.21)。この位置制御のやり方(Dynamic Servo Control)は、非常に高度なリニアモータのアプリケーションにも用いられます。

クロックとシャフトによる**分散制御(class 6)**は、スレーブ間通信とアイソクロノススレーブを用いて実行されます。このアプリケーションとして“電気ギア”、“カーブディスク”、“角度同期プロセス”などがあります。

PROFIdrive は内部で関連し合い、動作し、ドライブシステムのインテリジェンスを示す機能モジュールとして、デバイスモデルを定義します。このモジュールはプロフ

対象	プロファイルの内容	PNO guideline との対応
PROFIdrive	PROFIBUS 上の可変電気ドライブの特性とデータのアクセス手順を規定	V2 3.072 V3 3.172
PA devices	PROFIBUS を使用したプロセスオートメーションのプロセス機器特性を規定	V3.0 3.042
Robots/NC	搬送と組み立て用ロボットが PROFIBUS 上でどのようにコントロールされるかを規定	V1.0 3.052
Panel devices	簡単な HMI(machine interface devices)から高度なオートメーションコンポーネントまでのインタフェースを規定	V1.0D 3.082
Encoders	ロータリ、アングル、リニアエンコーダ(single-turn または multi-turn resolution)のインタフェースを規定	V1.1 3.062
Fluid power	VDMA の協力により、油圧、空圧機器の制御を記述	V1.5 3.112
SEMI	半導体製造機器の PROFIBUS の特性を記述(SEMI standard)。	3.152
Low-voltage switchgear	低電圧機器(遮断機、モータスタータなど)の PROFIBUS DP でのデータ交換の方法を記述	3.122
Dosing/weighing	PROFIBUS DP による重量計、秤量計システムの実装を記述	3.162
Ident systems	自動認識機器(バーコード、応答機など)の通信を記述	3.142
Liquid pumps	VDA の協力により、PROFIBUS DP での液体 T ポンプの動作を定義	3.172
Remote I/O for PA devices	その特殊性により、リモート I/O は他の PROFIBUS PA 機器と違う異なったデバイスモデルとデータタイプを使用	3.132

Table 8: PROFIBUS のアプリケーションプロファイル仕様

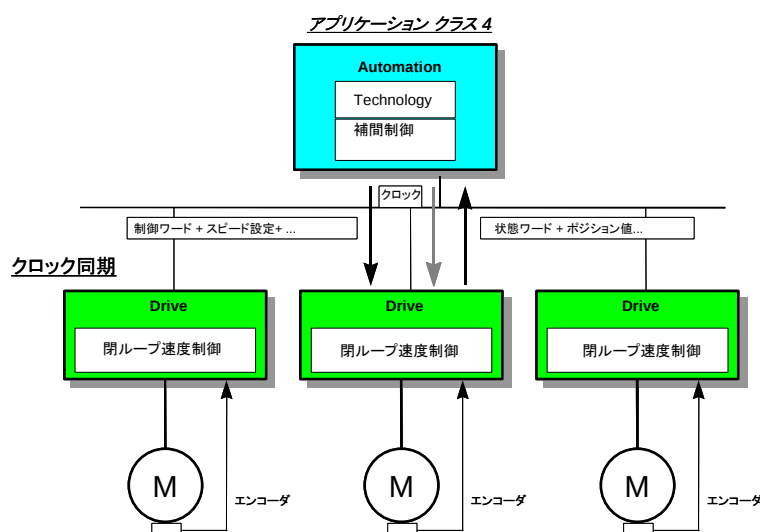


Fig. 21: PROFIdrive, 中央の補間と位置制御によるポジショニング

ファイル内で記述され、その機能はオブジェクトで定義されます。1つのドライブの全機能はこのパラメータの総計で記述されます。

他のドライブプロファイルと異なり、PROFIdrive は単にパラメータと約 30 のプロファイルパラメータ (フォルトバッファ、ドライブコントローラ、デバイス ID 等) のサブセットへのアクセス方法を定義します。

他の全てのパラメータ (複雑なデバイスでは 1000 以上になりますが) は、ベンダーが決定します。これは制御機能をベンダーが自由に決められることを示します。パラメータの要素は DP-V1 のチャンネルを使い非周期でアクセスされます。

PROFIdrive V3 では DP-V2 のスレーブ間通信やアイソクロノモードを、通信のプロトコルとして採用しています。(3.2 章参照)

V2 と V3 の両方のプロファイルはインターネットで手に入れることができます。"Profiles for variable speed drives", V2, Order-No.: 3.072; "PROFIdrive Profile Drive Technology", V3, Order-No.: 3.172.

5.2 PA デバイス

最近のプロセス機器は本質的にインテリジェント機器であり、オートメーションの情報システムの一部または全てに関与しています。PA 機器プロファイルはプロセス機器の全ての機能とパラメータを定

義します。この典型的な範囲はプロセスのセンサーの信号から測定値ステータスと共に制御システムに読み込まれる前処理後測定値までです。情報を処理するさまざまなステップとステータスを付加する方法は Fig. 25 に示されています。

PA デバイスプロファイルの全てのデバイスに対する規定は一般要求パートに記述されており、特定のデバイスへの規定はデバイスデータシートに記載されています。PA デバイスプロファイルは現在バージョン 3.0 で以下のデバイスデータシートが含まれます：

- 圧力と差圧
- レベル、温度、流量
- アナログとデジタル入出力
- バルブと操作器
- 分析計

ブロックモデル

PA のエンジニアリングでは、あるコントロールのポイントにおける測定端や操作端の仕様を記述したり、アプリケーションを表現したりするためにブロックを用いることがよくあります。PA 機器の仕様では機能のつながりを示すため、関数ブロックモデルを使用します。(Fig.22 参照)。

以下の 3 つのブロックモデルが使われます：

物理ブロック (PB)

PB には機器名、ベンダー名、バージョン、シリアルナンバーなどの

機器データが含まれます。各デバイスには 1 つの PB が存在します。

トランスデューサブロック (TB)

TB にはセンサーからの生データを関数ブロックに送るときに必要な信号処理のデータが含まれます。信号処理が不要な場合、TB は使われない場合もあります。

複数のセンサーからの信号を取り込む多機能デバイスではそれに相当する数の TB が存在します。

関数ブロック (FB)

FB は測定信号をコントロールシステムに送出する前の最後の信号処理と、その反対に操作端に送る前の最終信号処理のデータが含まれます。

次の関数ブロックが使用可能です：

アナログ入力ブロック (AI)

AI はセンサー/TB からの測定値をコントロールシステムに送ります。

アナログ出力ブロック (AO)

AO はコントロールシステムからのデータをデバイスに送ります。

デジタル入力 (DI)

DI はデバイスからのデジタル値をコントロールシステムに送ります。

デジタル出力 (DO)

DO はコントロールシステムからのデジタルデータをデバイスに送ります。

ブロックは現場機器の中でソフトウェアとして動きます。また、このブロックにより機器の仕様があらわれます。通常、1 つのアプリケーションの中で複数のブロックが同時に動作します。Fig.22 を見てください。ここでは、多機能現場機器の簡易化されたブロック構成を示しています。

1 つの信号の流れについて、2 つのサブプロセスで定義をすることになります：

最初の定義はトランスデューサブロック内の“測定/設定原理”(Fig.25—校正、線形化、スケールリング)です。二つめは関数ブロック内の“前処理設定、後処理設定”です。(Fig.21—フィルター、警報

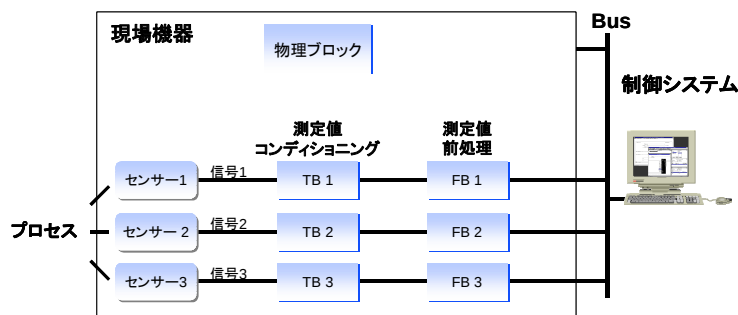


Fig. 22: 現場機器のブロック構造(多機能機器)

値、フェールセーフ動作、オペレーションモード選択)

PA デバイスプロファイルの仕様

ここでは、仕様のうち、いくつかだけを紹介します。より詳しい仕様については、以下の文献などを参照してください。例：“PROFIBUS PA” (Ch. Diedrich/ Th. Bangemann, Oldenbourg-Industrie-verlag)。

信号のつながり

PA デバイスプロファイルでは、Fig.25 で示されるような信号のつながりにおける各ステップでの機能とパラメータを規定します。たとえば、Fig.23 と表 9 は“校正”機能の詳細を示します。また Fig.24 は“リミットチェック”機能を示します。

パラメータのアドレス

ブロックはスタートアドレスとそのブロック内の相対インデックスによるパラメータにより決定されます。これらはデバイスベンダーが自由に決定できます。パラメータをアクセスするため(たとえば、監視機器から)、デバイス特有のブロック構成がデバイスのディレクトリーに格納されています。

バッチパラメータセット

バッチプロセスではいくつかのパラメータセットを準備しておくことができます。運転中にバッチのパラメータを変更できます。

モジュールデバイス

PROFIBUS では、コンパクトデバイスとモジュールデバイスとの違いがあり、関数ブロックはモジュールとみなせます。PA デバイスプロファイルはこのため、関数ブロッ

クの選択ができます。モジュールが変更できるデバイスは多変数デバイスと呼ばれます。

複数測定値を持つデバイス

複数センサーを使ったり、変数の加工をして、複数のプロセス変数を持つデバイスが増えています。この変数はトランスデューサブロック内で **Primary Value (PV)**と **Secondary Value (SV)**とされます。

リミット値チェック

リミット値チェックはデバイス内で実行されます。PA デバイスは上下限の注意・警報チェックを行います。(Fig.24 参照)。

バリューステータス

測定値の信頼性を示すため、バリューステータスが使われます。不良(*bad*),不定(*uncertain*)、良(*good*)の3つのレベルがあります。それ以上の詳しい情報はサブステータスで示されます。

フェールセーフ動作

PA デバイスプロファイルはフェール時の動作も規定します。測定時に故障が発生したときは、デバイスの出力はユーザが定義した値にセットされます。この値は3つのタイプから選択できます。

以下の資料を参照ください。the PROFIBUS Guideline "Profile for Process Control Devices", Order No. 3.042.

5.3 フルードパワー

本プロファイルは比例バルブ、油圧ポンプ、ドライブなどのデータ交換フォーマットとパラメータを規定します。仕様は PROFIdrive をベースとしています。デバイスのパラメータ設定に DP-V0 または非周期通信 DP-V1 が使われます。以下の資料を参照下さい。the PROFIBUS Guideline "Profile Fluid Power Technology", Order No. 3.112.

パラメータ	説明
LEVEL_HI	レベル測定のレンジ
LEVEL_LO	
CAL_POINT_HI	レベルのレンジがマップされたセンサーの測定レンジ範囲
CAL_POINT_LO	

Table 9: 校正機能のパラメータ

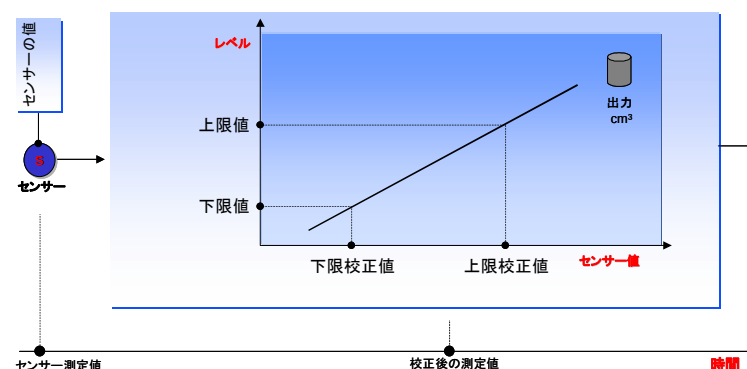


Fig. 23: 校正機能の仕様

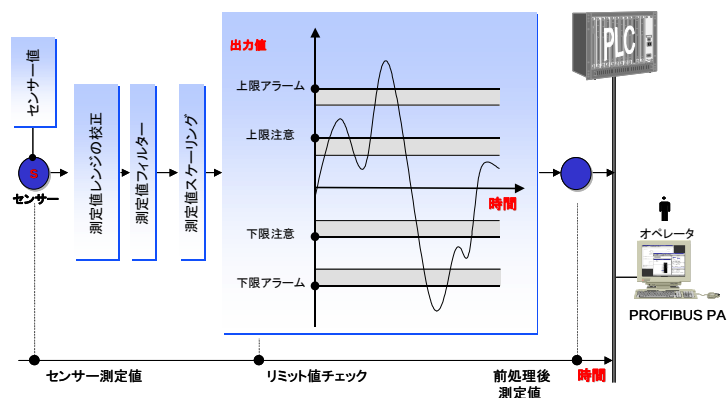


Fig. 24: リミット値チェックの仕様

5.4 SEMI デバイス

真空ポンプとか、流量計とかのあ

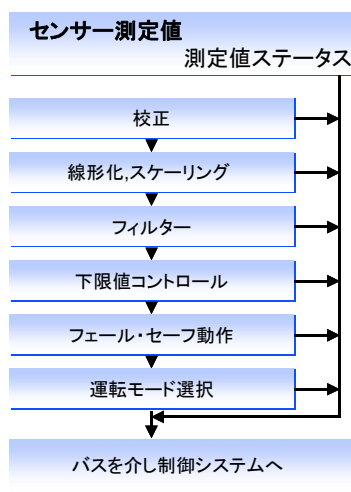


Fig. 25: PA 機器プロファイルでの信号の流れ

る種のプロセス機器は半導体産業でも使用されています。

半導体の協会 "Semiconductor Equipment and Materials International" は、既に SECS (Semiconductor Equipment Communication Standard) という標準仕様を定めており、これは PROFIBUS のアプリケーション・プロファイル SEMI とコンパチです。

SEMI は以下の 4 つのパートに分かれています。(一般定義、質量流量コントローラ、真空圧力ゲージ、真空ポンプ)

5.5 ID システム

ID システムはバーコード機器とか自動応答システムのプロファイルです。主に DP-V1 の機能拡張とし

て用意されます。周期伝送がステータスとかコントロールデータなど小容量のデータ伝送に使われる一方、非周期伝送は大容量のデータ伝送、つまりバーコードとか自動応答機などの通信に適しています。標準機能ブロックを適用することで、これらのシステムを簡単に用いることができます。また、国際規格 ISO/IEC 15962 と ISO/IEC18000 のオープンなアプリケーションへの応用を可能にします。

5.6 PA 用リモート I/O

モジュール構成に大きく依存することもあり、リモート I/O は一般の PA デバイスと一緒に論ずることは難しいのが実情です。このため、リモート I/O は分散型プロセス・オートメーション機器の中で特殊な位置をしめてきました。これに加え、経済的な理由でデバイスの構成(モジュール、ブロック)、リソース(メモリ、記録)、そして機能(たとえば非周期アクセス)などの制限も出てきます。以上の理由により、簡易化された機器モデル定義されました。ここではかなり制限があるのも事実です。ただし、この定義の目的は、周期データ伝送のフォーマットをベースとし、最大限これを生かすことです。

6. システムプロファイル

オートメーション技術における**プロファイル**はデバイスとシステムに対する特定の仕様、動作を定義したものです。プロファイルは(クラスまたはファミリーに)分類され、ベンダーに依存しませんので、バス上のデバイスの相互運転性、相互交換性がサポートされます。

PROFIBUS マスタープロファイルはコントローラのクラスを記述します。それぞれのクラスでは以下のようなマスター機能の特定“サブセット”をサポートします。

- 周期通信
- 非周期通信
- 診断とアラーム通知
- クロック制御
- スレーブ間通信、アイソクロノスモード
- 安全

PROFIBUS システムプロファイルはさらに一歩進み、システムのクラスを記述します。その中にマスター機能、標準プログラム I/F 機能(IEC 61131-3 に対応する FB, 安全レイヤ、FDT)、統合オプション(GSD, EDD and DTM)が含まれます。Fig.26 は現在の標準プラットフォームを示します。

PROFIBUS のマスターとシステムプロファイルはアプリケーション・プロファイルと対になり構成されます。(Fig.27):

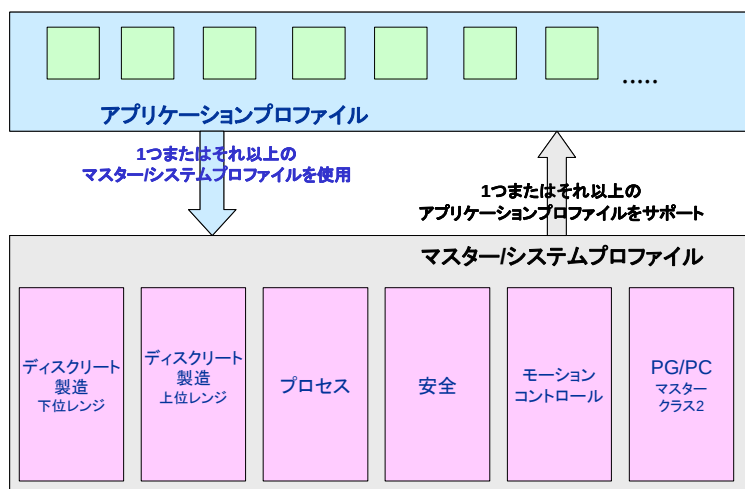


Fig. 26: PROFIBUS のマスター/システムプロファイル

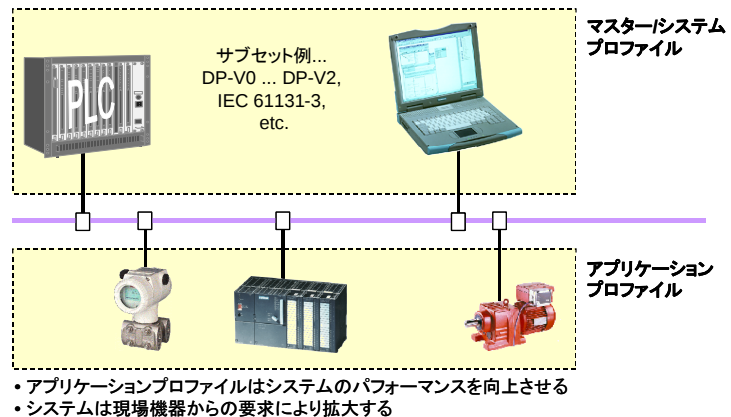


Fig. 27: システムとアプリケーションプロファイルの相互関係

- マスターとシステムプロファイルは現場機器で実現される特定システムのパラメータを記述します。
- アプリケーション・プロファイルはその特性を簡易化するため、特定のシステムパラメータを要求します。

プロファイルのメリットは、機器開発者は特定のプロファイルに特化し、システム開発者はこれらのデバイスアプリケーションプロファイルに求められるプラットフォームを提供すればいいことです。

PROFIBUS は実際のアプリケーションに対するさまざまなシステムプロファイルを実現させています(Fig.26 参照)。これらは近い将来仕様として定義され、更なる要求に応え、より進んだプロファイルとなります。

標準関数ブロック (通信関数ブロック)

ベンダーに依存しないシステムプロファイルを実現するため、現在ある通信プラットフォームに加え、標準関数ブロックを使った API(Application Programmer's Interface : Fig.27)を規定する必要があります。

過去において、アプリケーションで周期データ通信(MS0)のみ使うなら、非周期データアクセスのプログラム I/F は必要ありませんでした。ただし、異なるコントロールシステムのアプリケーションプログラムにて、特殊な通信ノウハウなしに多様な現場機器を統合させるため、多くのベンダーから標準仕様が求められています。このため、プロフィバス協会はガイドライン "Communication and Proxy Function Blocks according to IEC 61138-3" を作りました。ここでは国際規格 IEC 61131-3 (プログラム言語)と IEC61158(PROFIBUS が定義されている通信サービス)をベースとし、“標準の結合” 関数ブロックが決められています。

ガイドラインはマスタークラス 1 と 2、スレーブそして補助機能の通信ブロックを定義しています。現場機器の技術的機能は全てのブロックで連続的に使われる簡単な ID で示されます。また全てのブロックは IEC61158-6 に対応するコードでエラー表示を行います。

このシステムクラス/プロファイルを使う PLC ベンダーは PLC の “IEC ライブラリ” 内に標準通信ブロック (“Comm-FBs”)を提供します。現場機器ベンダーは全てのコントロールシステムで利用できる

プロキシ関数ブロックを 1 つ作ればいいことになります。

API(Application Programmer's Interface)

通信サービスを使うアプリケーションの作成をできるだけ簡単にするため、標準プログラム言語ライブラリからブロックとか機能呼び出すことができます。FDT と共に、PROFIBUS の"Comm-FBs"は Fig.28 のように API を拡張します。

プロキシ関数ブロック

プロキシ関数ブロックはブロックインタフェースにて、全ての必要な入出力パラメータを提供する技術デバイス関数です。これらのプロキシ関数ブロックは通常現場機器ベンダーによって作られ、特別な変更を加えることなく、相当するシステムクラス/プロファイルを使うコントロールシステム内で用いられます。(Fig.29 参照).

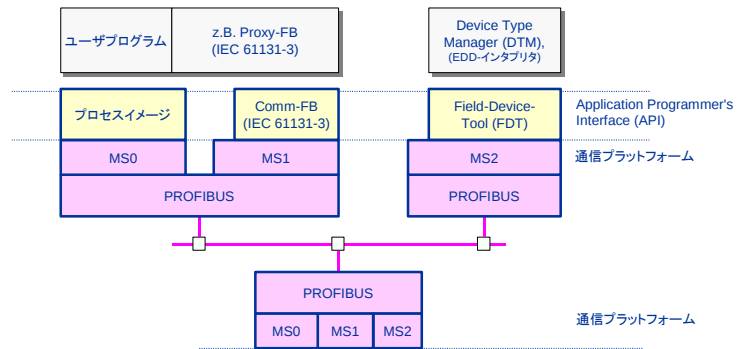


Fig. 28: アプリケーションプログラム インタフェース
Application Programmer's Interface, API

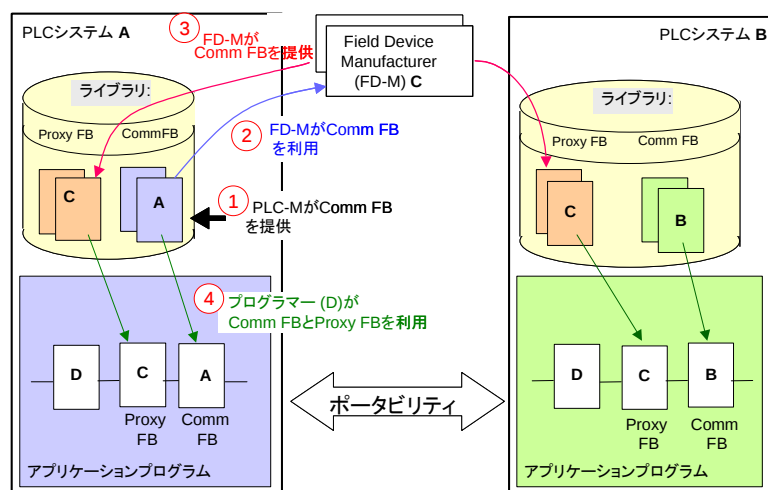


Fig. 29: ポータブル関数ブロック

7. デバイス管理

最近の現場機器はさまざまな情報を持ち、以前は PLC とかコントローラで実行していた機能もその中に取り込んでいます。そのため、コミショニング、保守、エンジニアリング、パラメータ設定のツールはデバイスのデータと機能について正確で完全な記述が必要です。つまり、アプリケーション機能のタイプ、設定パラメータ、データのレンジ、工業単位、デフォルト値、リミット値、ID などです。コントロールシステムも同様に、現場機器とエラーなく通信するために、デバイス特有のパラメータ、データフォーマットを知っておく必要があります。

PROFIBUS はデバイス管理の標準化のためのデバイス記述の方法とかツールをいくつか開発してきました(統合技術)。これらのツールの機能は、求められる範囲と要求により異なり、スケーラブルなデバイス統合を実現できます。そのため、ツールは 1 つの仕様書内の 3 部構成で説明されています。

FA においては、今まで、そして今日も GSD が多く使われていますが、FDT もだんだんと使用されてきています。PA ではアプリケーションによって、EDD と FDT が使われています。(Fig.30 参照)。

デバイス記述の方法:

PROFIBUS デバイスの通信機能は通信機能リスト(GSD)の中に決められたデータフォーマットで記述

されます; GSD は簡単なアプリケーションに適しています。GSD はデバイスベンダーにより作成され、デバイスと共に納入されます。

PROFIBUS 機器のアプリケーション機能(デバイス仕様)は国際的に認知されている EDDL(Electronic Device Description Language)で記述されます。EDD ファイルは同じくデバイスベンダーが作ります。EDD を元にしたインタプリタは中程度の複雑なシステムでよく使われています。

複雑なアプリケーションのためパラメータ、診断等、全てのデバイス特有な機能をマッピングする機能を提供するソフトウェアコンポーネント DTM(Device Type Manager)が用意されています。DTM はエンジニアリングツールまたはコントロールシステムに実装される標準 FDT インタフェースに対し、“ドライバ”として動作します。

7.1 GSD

GSD は ASCII テキストファイルであり、一般としてデバイス特有の通信仕様を含みます。この記載事項でデバイスがサポートしている機能を示します。GSD ファイルから定義された言葉によって、設定ツールはデバイスを設定するためのデバイス ID、修正パラメータ、対応データタイプ、リミット値を読み取ります。いくつかの定義ワードは必須です。たとえば、Vendor_Name です。その他は必要に応じて使います。たとえば Sync_Mode_supported です。GSD

は今まで使用された説明書に代わり、エンジニアリング中でも入力エラーやデータの連続性のチェックを自動的に行います。

GSD の構造

GSD は 3 つの部分に分かれます。

一般仕様

以下の情報が含まれます。ベンダー、デバイス名、ハードとソフトのリリースバージョン、適応スピード、監視の可能なインターバル時間、コネクタのバス仕様などです。

マスター仕様

マスターに関連するパラメータが含まれます。たとえば、接続できる最大スレーブ数、アップロードとダウンロードオプションなどです。この部分はスレーブデバイスでは不要です。

スレーブ仕様

全てのスレーブに関するパラメータが含まれます。たとえば、I/O チャンネルの数とタイプ、診断テキストの仕様、モジュールデバイスでは接続可能モジュール情報などです。

デバイスの絵をビットマップとして添付することも可能です。GSD は非常に柔軟に設計されています。GSD にはデバイスがサポートする通信速度、接続可能なデバイス情報などが含まれます。テキストデータは診断にも使われます。

GSD を使うのに 2 つ方法があります:

- コンパクトデバイス用の GSD ではブロック構成は出荷時にすでに決まっています。この場合デバイスベンダーが完全な GSD を作ります。
- モジュールデバイス用の GSD では最終的なブロック構成は出荷時には決まっていません。この場合、実際のモジュールの構成と適合させるようユーザが構成ツールを使って GSD を作成します。

GSD を構成ツール(PROFIBUS コンフィギュレータ)に読み込ませ、ユーザはデバイスの特別な通信機能を活用できます。

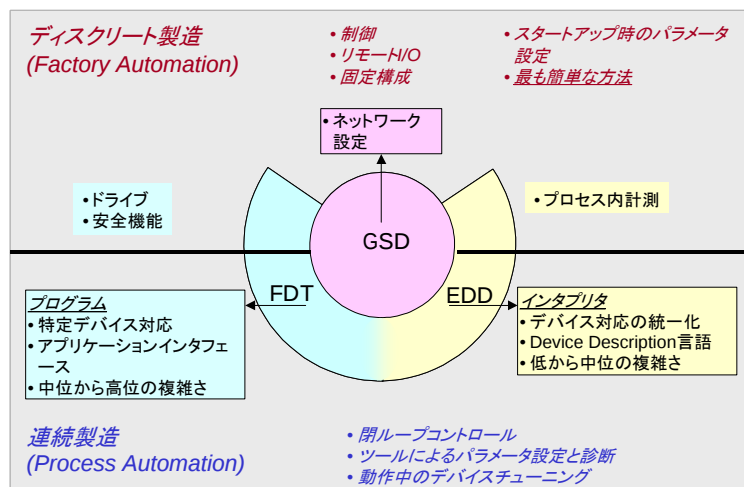


Fig. 30: PROFIBUS の統合技術

GSD の認定

機器ベンダーはその機器に対し正確な GSD を提供しなければなりません。GSD プロファイルの提供(デバイスファミリプロファイルからの情報を含む)や、デバイス特有の個々機器の GSD はデバイス認証の基本です。

プロフィバス協会のサポート

デバイスベンダーをサポートするため、プロフィバス協会は GSD エディター/チェッカーをインターネットサイトからダウンロードできるようにしています。

GSD ファイルの仕様は以下を参照してください。PROFIBUS guideline GSD, order No. 2.122.

新しい開発について

PROFIBUS の新しい通信機能も GSD で記述できるようになっています。従って、DP-V1 のキーワードは GSD Rev. 3 に含まれ、DP-V2 のそれは GSD Rev.4 に含まれています。

製造者 ID

全ての PROFIBUS スレーブとマスタークラス 1 には ID 番号が割り振られています。これはマスターが接続されたデバイスを容易に判別するためです。マスターは接続されたデバイスの ID 番号とコンフィギュレーションツールで指定された ID 番号を比較します。正しいステーションアドレスに正しいタイプのデバイスが接続されるまで通信はスタートしません。これが設定エラーを防止することになります。

デバイスベンダーは 1 つの機器に 1 つの ID をプロフィバス協会に対し申請しなければなりません。協会は ID の管理をします。申請書類は各国協会または PROFIBUS のインターネットサイトで取得できます。

プロファイル ID

特別な ID 番号がプロセス・オートメーション用のフィールド機器のために用意されています。番号は 9700h - 977Fh または 3A00h - 3AFFh です。PROFIBUS PA デバイス version3 以上、または PROFIdrive の version3 に対応する全ての機器はこの特別に決められ

た ID 番号を使用します。これらのプロファイル ID 番号を使うことによって、デバイス間の相互交換性がさらに改善されます。ある機器の ID 番号の決定は色々な要素によります。たとえば PA 機器ならその種類とか機能ブロックの数などによります。ID 番号の 9760H はいくつかの異なった機能ブロックを持つ PA 機器(多変数デバイス)のため、リザーブされています。これらの PA 機器では GSD ファイルの指定により、特別な変換が行われます。これについては PA デバイスのプロファイルに説明されています。

PROFIdrive のため最初にリザーブされているプロファイル ID は 3A00h です。これはマスターとスレーブが同じプロファイルを使っているという確認を DP-V1 通信で行うときに使われます。この ID を認識するスレーブは PROFIdrive プロファイルで説明されている DP-V1 パラメータチャンネルをサポートします。他のプロファイル ID はベンダーに依存しない GSD ファイルを識別するため使用されます。これにより、新規にバスの定義をしなくても、異なるベンダーでの機器の相互交換性が増します。たとえば、化学産業用 PROFIdrive プロファイルのコンポーネントとして、ベンダーによらない PROFIdrive の GSD を持つ VIK-NAMUR モードが決められています。

7.2 EDD

GSD は現場機器のアプリケーションに関するパラメータとか機能を記述するには適していません。(たとえば、構成パラメータ、レンジ、工業単位、デフォルト値等) より強力な記述言語が必要であり、それは国際的に認知されている EDDL (Electronic Device Description Language) として開発されました。特に、EDDL は現場機器の機能を記述できるのが特長です。そして次の機能も含んでいます。

- デバイス記述内に既存のプロファイル記述を統合する
- 既存のオブジェクトを参照でき、追加機能も記述できる
- 標準ライブラリにアクセス可

- 機器のデバイス記述の指定が可能

EDDL を使って、機器ベンダーはその機器における EDD ファイルを作成できます。EDD は GSD と同じく、デバイスの情報をエンジニアリングツール、そしてコントロールシステムに提供します。

EDD アプリケーション

EDD はたくさんの情報を含んでいます。たとえば、

- エンジニアリング
- コミッショニング
- ランタイム
- 機器管理
- 書類と電子取引

EDD のメリット

EDD は、ユーザとデバイスベンダー共にメリットをもたらします。

統一された運転のインタフェースにより、ユーザは以下のメリットを期待できます。

- トレーニングコスト削減
- 信頼できる運転
- 1つのツールで全アプリケーションに対応
- 入力値の評価

デバイスベンダーにとっても、EDD は簡単に開発でき、コスト削減に貢献します。

- デバイスベンダーで特殊な知識は必要ありません
- 現在ある EDD やテキスト記述を使用できます
- 簡単なデバイスから複雑なものまで、世界的に対応します

EDD は OS に依存しませんし、拡張が容易ですので、ユーザとベンダー共に開発した資産を以後も使用できることになります。

新しい開発について

GSD と同様に、EDDL もデバイス技術が進化するに伴い、その内容を改善させていく予定です。現在、動的体系(dynamic semantics)とモジュール構成ハード(スレーブ)について作業が進められています。

EDDL の仕様は国際規格 IEC 61804 の必須部分です。それは PROFIBUS guideline 2.152 にも含まれています。

7.3 FDT/DTM コンセプト

現在の記述言語でシステム定義、パラメータ設定を行うには限界があります。たとえば次のような場合です。

- インテリジェントなデバイスの診断機能など、複雑で標準でない機能がプラントのオペレータに提供されている場合
- “資産の最適化”のため、予防保全とか保全方法がその中でサポートされている場合
- デバイスの運転がソフトウェア内でカプセル化されている場合(安全技術、校正等)

これらの複雑な機能を実現するため、デバイスベンダーが現場機器の拡張機能、特殊機能を標準フォーマットで提供できるような“追加ツール”が必要になります。これにより、オートメーションシステムのベンダーは標準のインタフェースを介して、現場機器の機能をコントロールシステムの中に取り込むことができるようになります。

この要求を満足するのが、どのフィールドバスにも適応できるインタフェースのコンセプト **FDT/DTM** です(Fig.31 参照)。FDT/DTM はプロフィバス協会と ZVEI (Central Association for the Electrical Industry)により開発され、一般に公開されています。

FDT インタフェース

あらゆるものに対応できるインタフェースを定義することで、オートメーションシステムの全てのエンジニアリング、または統合プラットフォーム上に最適なソフトウェアコンポーネントを生成できます。このようなインタフェースが **FDT (Field Device Tool)** です。

FDT の仕様は現在バージョン 1.2 となっています。FDT の仕様は PROFIBUS guideline 2.162 に含まれています。

ソフトウェアコンポーネントとしてのデバイス記述

パラメータ設定、構成定義、診断情報、保全、そしてユーザインタフェースにわたるまで、現場機器の特有機能とダイアログはソフトウェアコンポーネント内にマッピング

されています。このコンポーネントは **DTM (Device Type Manager)** と呼ばれ、FDT インタフェースを介して、エンジニアリングツールとかコントロールシステムに統合されます。

DTM は階層化システムを越えて通信するため、エンジニアリングのルーティング機能を使います。さらに DTM はバージョンによるプロジェクトデータ管理ができます。DTM はプリンタ製造者が提供し、PC にインストールする“ドライバ”のように動作します。DTM はデバイスベンダーにより生成され、デバイスの出荷時に添付されます。

DTM の生成

DTM を生成するのにいくつかの方法があります。

- 高級プログラム言語によるプログラミング
- 既存のコンポーネントやツールをカプセル化し DTM として再利用する
- コンパイラやインタプリタを使って既存のデバイス記述から生成。
- MS VisualBasic の DTM ツールキットを利用。

DTM を使えば、中央のワークステーションから全ての現場機器を設計、診断、保全のためアクセスできます。DTM はそれだけで動くツールではありませんが、ActiveX インタフェースを持ちます。

FDT/DTM のユーザメリット

FDT/DTM コンセプトはプロトコルを選びません。またソフトウェアコンポーネント内のデバイス機能をマップすれば、新しい可能性を開発できます。

このコンセプトは統合という考え方を示し、それはとても有用です。特にエンジニアリング、診断、サービス、機器管理がさまざまなフィールドバスの特定の技術、オートメーションシステムのエンジニアリング環境に依存せず実行できることに一番メリットがあります。

FDT 標準は現場からエンジニアリングツール、そして会社経営までの統合の基礎を提供します。

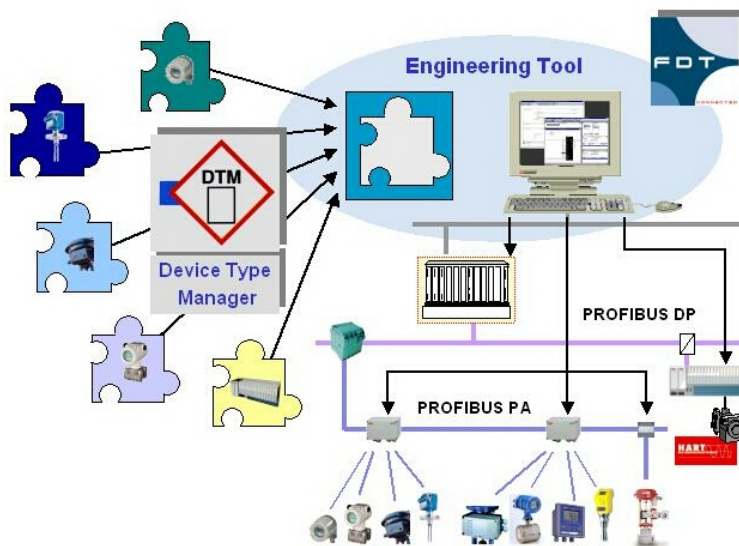


Fig. 31: FDT/DTM のコンセプト

8. 品質保証

さまざまなタイプのさまざまなベンダーから提供される PROFIBUS 機器がオートメーションの現場で正しく動作するために、バス上の情報がエラーなく流れることが基本です。そのため、機器ベンダーは通信プロトコルとアプリケーション・プロファイルを規格に基づき実装することが要求されます。

この要求に応えるため、プロフィバス協会は **品質保証手順** を定めました。ここで、認証テストに合格したデバイスには認定書が発行されると決められています。

認定の目的は異なるベンダーのデバイスを接続して、運転を行うとき、エラーのない通信が可能であるとの確認をユーザに提供することです。目的を満足させるため、独立したテストラボにて厳しい実テストが行われます。これにより、ベンダーが機器を開発する際の規格に対する誤解を避けることができ、実地で使用される前に間違いを修正できます。認定を既に受けた他の機器と相互接続テストもこの試験の一部です。認証テストの合格した後、ベンダーはデバイスの認定を申請できます。

認定方法の基本 (Fig.32 参照) は EN45000 規格に基づいています。プロフィバス協会はこの規格の仕様に従い、ベンダーから独立したテストラボを承認しています。これらのテストラボだけが、認定のためのデバイステストを実施できます。

認証テストの方法と進め方は以下のガイドラインに記載されています。No. 2.032 (DP slaves)、No. 2.062 (PA field devices)、No. 2.072 (DP master)。

8.1 テスト方法

テストを受ける条件として、ID 番号の取得、そして GSD ファイルまたは EDD を用意することが必要です。

テスト方法は各テストラボで共通です。テストはいくつかの部分に分かれています。:

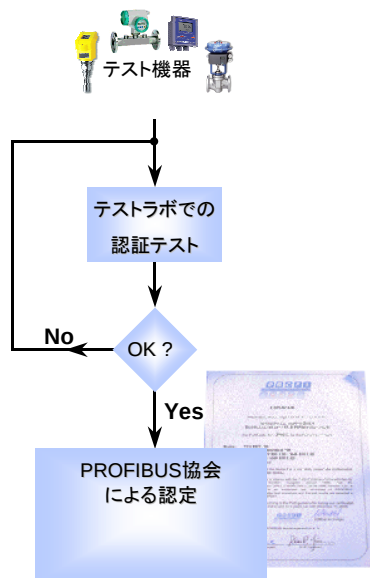


Fig. 32: デバイス認定の流れ

GSD/EDD チェックではデバイス記述が仕様にあっているかが確認されます。

ハードウェア試験では、機器の PROFIBUS インタフェースが仕様に適合しているかをテストします。たとえば、端末抵抗、実装されたドライバとかモジュールの適性、そしてライン電圧等の品質などです。

機能試験ではデバイスのバスアクセス、伝送プロトコル、そして機能がチェックされます。GSD はパラメータ設定とテストシステムへの適合に使われます。テストではブラックボックス方式が使われます。つまり、テスト機器の内部構成について何も知らなくても良いということです。テスト機器の反応とその時間がバスモニターにて記録されます。必要であれば、テスト機器の出力も監視、記録されます。

確認テストは、テストの主要な部分です。プロトコルが規格に準拠しているかチェックするのが目的です。基本的には以下のテストがあります:

状態遷移: PROFIBUS のプロトコルは状態遷移の形で定義されます。外部から見られる全ての状態遷移がテストされます。基準の動きはあらかじめ決められており、実際の機器の動きが、基準の動きと比較された上で、分析されます。結果はプロトコルファイルに記載されます。

フォルト時の動作, ここでは中断、ラインの短絡、停電などのバスエラーがシミュレートされます。

アドレス設定: テスト機器はそのアドレス範囲のなかで、ランダムな 3 つのアドレスを設定され、エラーが発生しないかチェックされます。

診断データ: 診断データは GSD 内の記述と規格に準拠していなければなりません。これにより外部機器での診断が可能になります。

混在運転: FMS 及び DP マスターと共にスレーブを組み合わせ正しい動作で動くかチェックします。

相互接続性試験: テスト機器はマルチベンダー環境で他のベンダーの PROFIBUS 機器と相互運転が可能かチェックされます。テスト機器がシステムに加わっても、システムの機能に問題が生じないことが確認されます。異なるマスター機器を使つての運転もテストされます。

各テストの結果は注意深く記録されます。テスト結果はテスト機器のベンダーとプロフィバス協会のみが見ることができます。このテストに合格することで、認証を得ることができます。

8.2 認証

テスト機器が全ての試験に合格したら、ベンダーはプロフィバス協会本部に認証の申請ができます。認証された機器は認証番号を与えられます。認証は 3 年間有効ですが、さらにテストを受けて、期間を延長することができます。

テストラボの所在地については PROFIBUS の Web サイトを参照ください。

9. 開発・実装

この章ではオートメーション・現場機器に通信プロトコルとインタフェースをいかに実装するかを説明します。

PROFIBUS プロトコルに則ったデバイス開発を容易に、かつ低コストで進められるように、さまざまな標準コンポーネント、開発ツール (例: **PROFIBUS ASIC**, **PROFIBUS スタック**、モニター、検査ツール等) やサービスが提供されています。これらのリストはプロフィバス協会の Web サイト (www.profibus.com/productguide.htm) で参照できます。さらに詳しい、かつ技術的な質問については、**PROFIBUS** 技術センターに照会してください。

PROFIBUS インタフェースを開発するとき、認証はデバイスの機能の全てを対象としていることに注意してください。つまり、標準コンポーネントを使っても、それだけで最終製品が規格に準拠していることはイコールではありません。とはいえ、標準コンポーネントの品質がデバイスの認証を得やすくしていることも事実です。

9.1 標準コンポーネント

インタフェースモジュール

デバイスの生産数が少ないとき、完全な **PROFIBUS** インタフェースモジュールを使うのは良い考えです。モジュールはカードサイズで全てのプロトコルを実装しています。追加モジュールとして、デバイスのマスターボードに付加できます。

プロトコルチップ

デバイスの生産数が多いなら、市場で手に入る **PROFIBUS** の基礎技術コンポーネントを使用したほうが良いと思います。たとえば:

- **シングルチップ**, 全てのプロトコルが含まれ、コントローラが不要です。
- **通信チップ**, 通信プロトコルのある部分はカバーし、追加のコントローラが必要です。

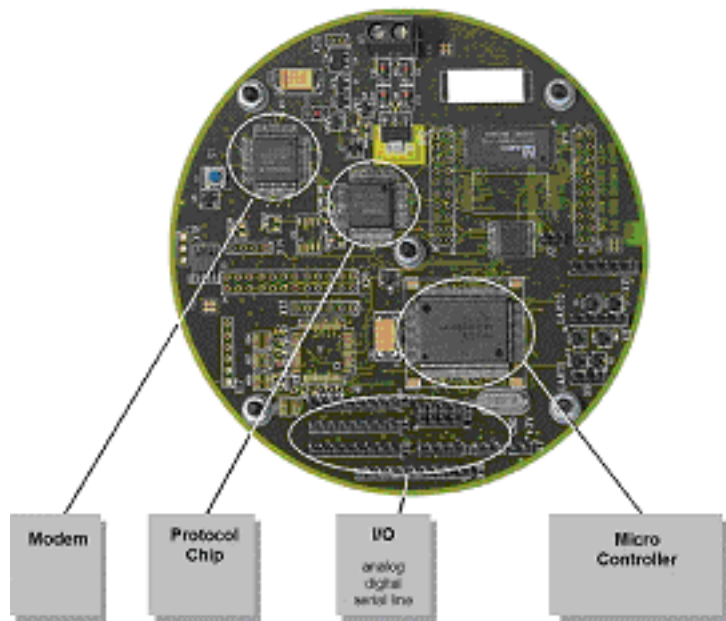


Fig. 33: **PROFIBUS** スレーブ 基板の例

- **プロトコルチップ** マイクロコントローラを含みます。

どのチップを選ぶかは、現場機器に求められる通信の複雑さ、処理能力、機能により変わります。以下に、いくつかの例を示します。

簡単なスレーブの場合

簡単な I/O デバイスなどではシングルチップ **ASIC** を使うのが良いでしょう。全てのプロトコルは **ASIC** に実装されています。マイクロプロセッサやソフトウェアは不要です。バス I/F ドライバ、クロック、電源のみが外部コンポーネントとして必要です。

インテリジェントスレーブの場合

この場合、**PROFIBUS** プロトコルのレイヤ 2 がチップに内蔵され、残りの部位はマイクロプロセッサ上のソフトとして実行されます。市場にある **ASIC** のほとんどが実時間性を重視する周期プロトコルをサポートしています。

一方で、**Interpret** タイプのコントローラで動くチップも使われます。ここでは通信データの実時間性はあまり求められません。

これらの **ASIC** では、一般のマイクロプロセッサとのインタフェースが提供されています。もう 1 つの方法は、**PROFIBUS** 機能を内蔵

したマイクロプロセッサを使うことです。

複雑なマスターの場合

このケースでは、実時間性を要求される **PROFIBUS** プロトコルはチップで、そして残りの部分はマイクロコントローラ上のソフトでの実行となります。複雑なマスター機器を開発するためのチップはさまざまなベンダーから提供されています。これらは多くの一般的なマイクロプロセッサと一緒に動作できます。

プロトコルチップの情報は、**PROFIBUS** の Web サイトで参照できます。より詳しい情報はチップの販売者に確認してください。

PROFIBUS スタック

チップとそれに対応するプロトコルソフトウェア(**PROFIBUS** スタック)は数多くのサプライヤから手に入れることができます。市場でバラエティに富んだソリューションを手に入れることができるわけです。

ですから、技術的に最適でコストメリットのある製品が開発できます。そしてその製品はアプリケーションからの要求を満たしているわけです。この事実はプロフィバス協会のコミットメントが事実であると証明しています。つまり、**PROFIBUS** のオープン性、マルチ

ベンダー性が規格だけでなく、実際の製品開発まで及んでいることがお分かりいただけると思います。

完全にソフトウェアのみで PROFIBUS を開発するケースは多くありません。コストパフォーマンスを考えると、チップを使った開発のほうが優れている場合が多いからです。通常、ソフトのみというのは、特定のアプリケーションだけに使われることになります。

市場で手に入れることのできる PROFIBUS のスタックについては PROFIBUS の Web サイトで見ることができます。より詳しい情報は、製品の販売業者とコンタクトしてください。

9.2 インタフェースの開発

MBP 伝送技術

MBP 伝送技術を使って、電源供給を受ける現場機器を開発するときは、特に電力の消費量が少なくなるように注意する必要があります。

一般に、10-15mA の電力消費量がこれらの機器で使用できます。これはバスインタフェース、測定用電気を含めた値です。

この要求を満たすため、特別なモデムチップが使用できます。これらのモデムは MBP バス接続からデバイス全体の運転パワーを取得し、デバイスの他の電気部品に電圧を供給します。同時に、プロトコルチップからのデジタル信号は MBP 接続からのバス信号へと変換されます。例として円形の基板での実装を Fig.33 に示します。

MBP 伝送技術を使って、現場機器のバス接続をどのように行うか、さらに詳しい情報は technical PNO guideline No. 2.092 を参照してください。

RS485 伝送技術

バスを介しての電源供給ができない機器では、標準的な RS485 インタフェースを使用します。これには PROFIBUS DP のセグメントにカップラやリンクなしに接続できますので、柔軟な開発ができます。

RS485 技術の大きな利点は、低コストと頑丈なことです。データ速度は 9.6 Kbit/s から 12 Mbit/s までサポートされています。

更なる拡張として、RS485 IS が開発されています。これは RS485 の本質安全防爆版です。

RS485 モジュールは多数のベンダーから手に入れることができ、数百万のアプリケーションで使用、証明されています。

10. PROFINet

PROFINet はオートメーションのモジュール化、再利用化と、プロセスの分散インテリジェンス化の方向に対応する包括的なオートメーションのコンセプトです。その包括デザイン(エンジニアリング、ランタイムの統一モデル、PROFIBUS とか OPC との統合構成など)により、PROFINet はオートメーション技術に対する以下の要求を満たしています。

- フィールドレベルから全社管理レベルまで Ethernet を用いた一貫した通信,
- オートメーションの分野でベンダーに依存しないプラント全体に対応するエンジニアリングモデル,
- あらゆるシステムへのオープン性,
- IT 標準との共存
- 追加変更なく PROFIBUS セグメントを統合する能力.

PROFINet の仕様と OS に依存しないソースソフトは公開されています。仕様ではオブジェクト、コンポーネントモデル、ランタイム、プロキシコンセプト、エンジニアリングなど PROFINet の全てが記載されています。PROFINet のソフトはランタイム通信に対応します。仕様とソースコードでソフトが提供されていますので、PROFINet をさまざまなさまざまなデバイスの OS で走らすことは容易であり、かつ効率的です。いくつかの OS に対応した例が用意されており、これを使えば、さらに PROFINet 製品を簡単に開発できます。このような方法をとる事で、相互接続性に関する問題をきわめて少なくできます。

10.1 PROFINet エンジニアリングモデル

ユーザが自由に使いやすいようにベンダーに依存しないエンジニアリングのコンセプトが定義されています。つまり、オブジェクトモデルの採用で、エンジニアリングツールの開発と共に、ベンダーの独自機能の付加が可能になっています。

PROFINet コンポーネント

PROFINet の基本的なアプローチは、すでにソフトウェアの世界ですでにテストされているオブジェクトモデルをオートメーションの技術として採用することです。このため、機械類、プラント、そしてその各部分は技術モジュールに分類されます。それぞれの技術モジュールは機械的、電氣的、ソフト的な部分で構成されます。技術モジュールの機能は PROFINet コンポーネントにカプセル化されます。この PROFINet コンポーネントは一般に定義されているインタフェースを介してアクセスされます。複数のコンポーネントは、モジュールをベースとしたインタフェースを介して結びつき、アプリケーションと接続されます。

ここで“コンポーネント”とはカプセル化された再利用できるユニットを意味します。コンポーネントモデルを開発するにあたり、PROFINet は PC 世界で最も使われているマイクロソフト社の COM(Component Object Model)と DCOM を使用しました。これによりシステム内の全てのオブジェクトが等価で、外から同じように見えます。

このタイプの分散型オートメーションシステムでは、プラントと機械のモジュール化が可能であり、パーツの再利用ができるようになっていきます。

PROFINet エンジニアリングモデルでは各工程の制御プログラムと全工程をまたがる通信設定を明確に区分しています。

従来は、各機器のプログラミング、構成定義、パラメータ設定などはベンダーが提供する独自のツールが使われてきました。PROFINet ではこれらのツールで生成されたプログラムはブラックボックス化され、PROFINet コンポーネントという形にまとめられます。コンポーネントエディター/I/F は PROFINet 仕様で決められている形で、コンポーネントの構成、内容を XML ファイル形式で生成します。

PROFINet コンポーネント間の通信を定義、記述するため、PROFINet エンジニアリングツール(構築エディター)を使います。PROFINet コ

ンポーネントは XML ファイルをツールに読み込ませて、生成し、通信相手の設定はラインをグラフィック上で結ぶことで完了です。つまり、(異なるベンダーの)分散したアプリケーションをプラント全体にわたるトータルなアプリケーションに統合できます(Fig.34 参照)。通信設定にはもうプログラミングは必要ないと、すぐにお分かりになるでしょう。プログラムの代わりにコンポーネント間の通信の設定はインターコネクションと呼ばれるラインで定義されます。

接続情報はマウスをワンクリックするとデバイスダウンロードされます。これにより各々のデバイスは通信相手、関係、そしてどのような情報を通信するかが分かるわけです。

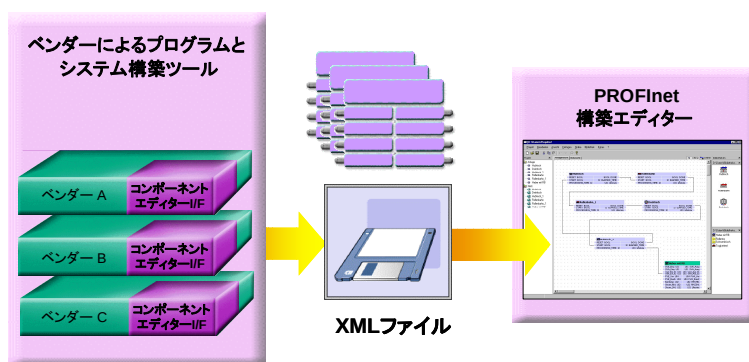


Fig. 34: コンポーネントの生成と接続

10.2 PROFINet 通信モデル

PROFINet 通信モデルは Ethernet 上の規格(ランタイム通信)に対し、ベンダーに依存しない通信標準を定義します。ここでは TCP/IP と COM/DCOM という PC 世界での標準を使用します。これによりオフィスの世界とオートメーションレベルのダイレクトな相互アクセスが可能になります。(垂直統合)

PROFINet では、DCOM プロトコルは先ほど示した標準規格と共に Ethernet 上の異なるベンダーのコンポーネント間でのデータ交換のため使われます。それと同時に非常にリアルタイム性が要求されるアプリケーションのため、別の最適化された通信方法も用意されています。

Ethernet 上で動作するデバイスには PROFINet 標準に対応した通信機能が実装されていなければなりません(Fig.35 参照)。Ethernet の接続として、保護クラス IP20 または IP65/67 を使用できます。

10.3 PROFINet 統合モデル

プロキシを使って、PROFIBUS セグメントを PROFINet に統合できます(Fig.36 参照)。これは PROFIBUS につながるあらゆるデバイスで可能です。つまり、プラントの更新、拡張のとき、PROFIdrive とか PROFIsafe を含めてトータルな PROFIBUS の構成は変える必要がないということです。これにより今までのエンジニアリング資産を最大限使うことができます。プロキシ機能はまた他のフ

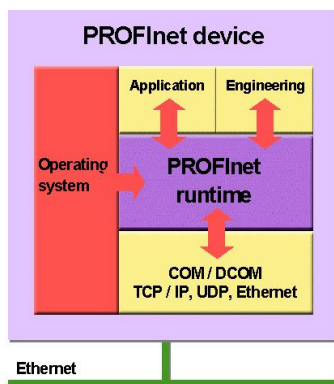


Fig. 35: PROFINet のデバイス構成

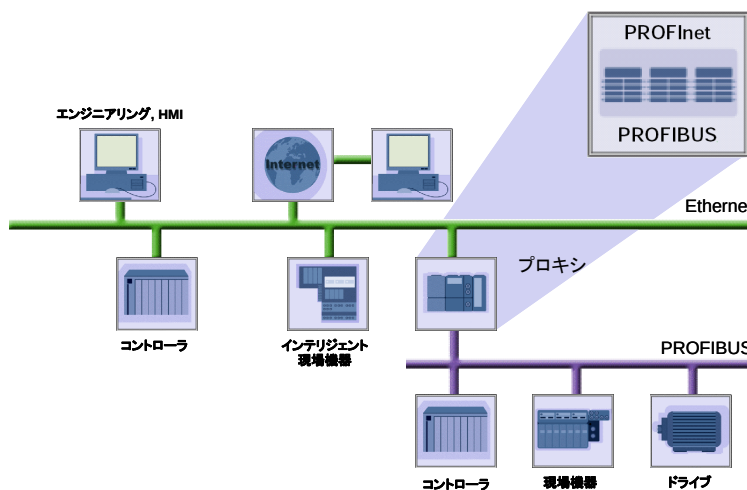


Fig. 36: PROFINet 統合モデル

ィールドバスシステムを統合する時にも使われます。

10.4 XML

XML (EXtensible Markup Language)は ASCII コードを使った柔軟なデータ記述言語です。XML の書類はたとえば FDC、E メール、そして TCP/IP とかインターネット上の HTTP などさまざまな方法でやり取りできます。

XML はオートメーション技術として重要です。たとえば、FDT 技術にてエンジニアリングツール内でパラメータ記述の取り扱いをする時、またはオペレーティングシステムによらずシステムの垂直統合のためデータ交換をするときなどにも使われます。

10.5 OPC と OPC DX

OPC はオートメーションの世界では 1996 年に Window ベースのアプリケーション間の標準インタフェースとして登場しました。OPC を採用すると、プログラムを組む必要がなく、その上柔軟で、どのベンダーにも依存しないくてよいことになります。OPC へ現在、マイクロソフト社の DCOM モデルをベースとしています。

2000 年以降、OPC data と OPC サービスは XML にマップされています。これにより、OPC のデータは XML を使い、非マイクロソフト系プラットフォームでも交換できるようになりました。

OPC DX (Data EXchange) は OPC 協会のフレームワーク内で開発され、実時間性を問題としないデータを異なるベンダーとか、その機器(PLC、DCS、PC)間で交換できるプロトコルを目指しています。

OPC DX のベースは既存の OPC DA (Data Access)です。同時に接続システムの設定をするエンジニアリングインタフェースも定義されました。PROFINet とは異なり、OPC DX はオブジェクトベースでなく、タグベースです。つまり、オートメーションのオブジェクトは COM オブジェクトとして存在するのではなく、名前(タグ)として存在します。

OPC DX を使い、プラントの Ethernet レベルで、異なるオートメーションシステムを結合できます。しかしながら、現場レベルのデータまではアクセスできません。ですから、この面で既存のフィールドバスや PROFINet とは性格が異なるわけです。

11. プロフィバス協会

規格のメンテナンス、開発、マーケットへの浸透のため、オープン技術は特定の会社に依存しない第三者団体が必要です。このため、1989年に、PROFIBUS技術を普及する団体として**PROFIBUS User Organization e.V. (PNO)**が非営利団体(nonprofit trade body)として発足しました。1995年に**PROFIBUS International (PI)**が創設され、PNOはその一員となりました。PIは現在、世界23ヶ国に**RPA (Regional PROFIBUS Associations, RPA)**を持ち、アメリカ、中国、日本などの産業用通信の分野で世界を代表する企業が1100社以上参加しています。(Fig.38).

RPAは展示会、セミナーなどを開催するだけでなく、将来の開発に結びつく新しい市場からの要望にも対応しています。

仕事

PIの主な仕事は以下のとおりです:

- PROFIBUS技術の保守と開発
- 世界におけるPROFIBUS技術の認知とその普及
- 標準化活動を通してユーザとベンダーの開発資産保護
- 標準化団体に対するメンバーの代表
- 技術センターを通して世界中に技術サポート
- 認証活動による品質維持活動

組織

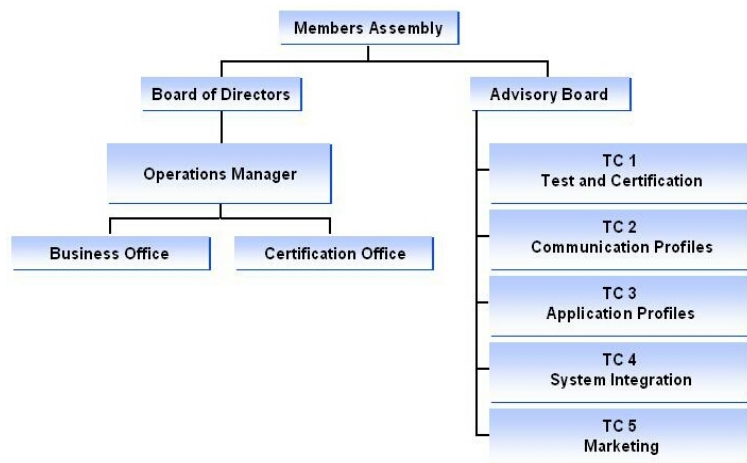


Fig. 37: PROFIBUS 協会の組織



PIはドイツのPNOに対して、PROFIBUS技術の開発を委託しています。PNOのアドバイザリー委員会が開発計画の管理をしています。開発チームは5つの**Technical Committees (TCs)**で35の**Working Groups (WGs)**がいつも活動をしています。これに加え、ある期間の間に特定の課題について担当する**暫定WG**がいくつかあります。WGには総計300人以上のエキスパートが所属し、新しい規格やプロファイルの制定、品質保証と標準化の担当、標準委員会での活動、PROFIBUS技術を普及させるための効果的なマーケティング活動(展示会、プレゼンテーション)などに従事しています。PIサポートセンターはこれら全てのイベントのコーディネートを担当します。

会員

PROFIBUS技術の開発や普及について、前向きな全ての会社、協会、研究所、そして個人は誰でもプロフィバス協会の会員になれます。会員はしばしば異なった、そして幅広い産業分野から参加するため、(特にWGでは)お互いの偏りのない活動が、相乗効果を発揮し、重要な情報のやり取りを助けることになります。このことが革新的なソリューションを生み、リソースの効果的活用につながり、そしてそれだけではないのですが、非常に大きなマーケットでのメリットに

つながります。

ワーキンググループ(WG)

300人もの素晴らしいメンバーが所属するWGはPROFIBUSの成功の鍵です。Fig.37に5つのTCとその組織を示します。ここでさらに35以上のWGがあり、特定の技術または産業に焦点をあてた開発を可能にしています。

プロフィバス協会の会員全てがWGに参加できます。つまり、将来の開発について、前向きな検討がせれます。全ての新しい規格等は、これら会員のコメントをヒアリングした後にアドバイザリー委員会に提出されます。

技術センター

PIは世界で22ヶ所の技術センターと7ヶ所の認証用テストラボを認定しています。これらの機関ではユーザとベンダーに対する助言とサポート、そしてデバイスの認証テストを実施します。PIの1部門として、これらの機関は規則に則った会社から左右されない立場から業務を行います。

技術センターとテストラボはその仕事に準拠した認証の手続きを定期的実施し、また検査されます。これらの機関のリストについてはPIのWebページを参照してください。

ドキュメント

更なるサポートとして、PNOはユーザそしてベンダーに対し、さまざまなドキュメントを提供しています。これらは英語で提供され、次のカテゴリーに分類されます。

PROFIBUS Standardには、基本的なPROFIBUSの仕様と他のドキュメントの選択が記載されます。

PROFIBUS Guidelinesは開発、テスト方法、設置、記述言語の仕様とタイムスタンプとかPROFInetのようにアプリケーションに特化した仕様について記載します。

PROFIBUS profilesは全ての認定されたプロファイル仕様を記載します。

技術一覧とカタログ

PROFIBUSのキーとなるテーマはマーケティングの立場から数え切

れないほどの技術一覧に紹介されています。PROFIBUS の製品カタログは 2000 以上の製品とサービスを紹介しており、PROFIBUS をサポートするメンバー会社の層の厚さと、質の高さを理解することができます

これらのドキュメントは PROFIBUS の Web サイトから PDF 形式でダウンロードできます。また、CD-ROM として購入することも可能です。

提供可能なドキュメントの一覧は PROFIBUS の Web サイトをご覧ください。

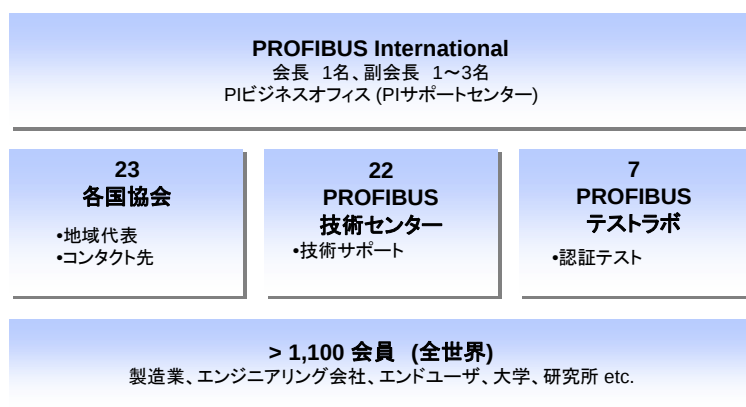


Fig. 38: PI の組織

A

AS-Interface.....3

C

Comm-FB24

CPF.....5

D

DP8

DP-V0.....13

DP-V1.....13

DP-V2.....13

DPM

DPM113, 14

DPM214

DTM.....27

E

EDD27, 28

F

FDT/DTM concept29

FISCO モデル12

FMS8

G

GSD.....27

H

HART19

I

ID システム24

IEC

IEC 611585

IEC 617845

ISO/OSI 参照モデル4

M

MBP.....10

MBP 設置説明.....11

O

OPC.....34

OPC DX.....34

P

PA デバイス22

PROFIBUS6

PROFIBUS DP12

PROFIBUS 国際協会(PI).....6

PROFIBUS User Organization.....35

PROFIdrive.....21

PROFINet5, 33

PROFINet 通信モデル.....34

PROFINet エンジニアリングモデル.....33

PROFINet 統合モデル.....34

PROFIsafe19

R

RPA.....35

RS485

RS485.....7

RS485-IS7, 9

S

SEMI24

SIL モニター19

Sync と freeze モード.....15

X

XML.....34

ア

アップロード、ダウンロード.....17

アドレス.....4

インタフェースモジュール.....31

カ

開発と実装.....31

技術センター35

クロック同期13

サ

システム

システムの動作14

システムプロファイル.....25

周期データ通信.....15

診断機能.....14

スレーブ

スレーブ14

スレーブ間通信16

スレーブの冗長化.....20

スロットとインデックスを伴うアドレス17

成功の鍵.....8

製造者 ID.....28

セグメントカップラ.....11

セルレベル.....3

センサ/アクチュエータレベル.....3

ソフトウェアコンポーネント29

タ

タイムスタンプ.....20

通信		非周期データ通信	16
オートメーションにおける通信.....	3	フィールドレベル	3
通信プロトコル	12	物理ブロック (PB)	22
データフレーム	4	フルードパワー	23
デバイス管理	27	ブロックモデル	23
デバイスタイプ	13	ブロードキャスト	4
伝送技術	9	プロトコルチップ	29
ドキュメント	35	プロファイル	4, 8
特定アプリケーションプロファイル	21	プロファイル ID	28
トランスデューサブロック (TB)	22		
ナ		マ	
認証テスト	30	モジュールデバイス	23
認定	30	ヤ	
ハ		ユーザの利益	3
バスアクセスコントロール	4	ラ	
バージョン		リモート I/O	24
DP-V1 バージョン	16	リピータ	9
DP-V2 バージョン	16	リンク	11
汎用アプリケーションプロファイル	19		
光ファイバー	12		

本カタログは

PROFIBUS

System Description

Version October 2002

を日本プロフィバス協会が日本語に翻訳したものです。
日本語と原本の間に相違のあるときは原本を正とします。

特定非営利活動法人 日本プロフィバス協会

〒135-8072 東京都江東区有明 3-1 TFT ビル西館 9F

電話 (03)3570-3034 ファックス (03)3570-3063

URL: <http://www.profibus.jp> E-mail: info@profibus.jp

2003 年 10 月発行

PROFIBUS

System Description

Version Oktober 2002

Order Number 4.002

Publisher

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. PNO

Haid-und-Neu-Str. 7

76313 Karlsruhe

Deutschland

Tel.: ++49 (0) 721 / 96 58 590

Fax: ++49 (0) 721 / 96 58 589

germany@profibus.com

PROFIBUS Trade Organization PTO

16101 N. 82nd Street, Suite 3B

AZ 85260 Scottsdale

USA

Tel.: ++1 480 483 2456

Fax: ++1 480 483 7202

usa@profibus.com

Liability Exclusion

PNO / PTO has elaborated the contents of this brochure carefully. Nevertheless, errors can not be excluded. Liability of PNO / PTO is excluded, regardless of its reason. The data in this brochure is checked periodically, however. Necessary corrections will be contained in subsequent versions. We gratefully accept suggestions for improvement.

Terms used in this brochure may be trade marks, their use by third parties for any purposes may violate the rights of the owner.

This brochure is not a substitute for standards IEC 61158 and IEC 61784 and the PROFIBUS guidelines and profiles. In case of doubt, IEC 61158 and IEC 61784 take precedence.

©Copyright by PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. 2002. All rights reserved