



We keep your industry alive

知りたい、聞きたい!
FAの基礎と
産業用ネットワーク
の世界!!

alive BY  **LAPP**

[目次]

1 基礎編	4
1.1 ファクトリーオートメーション (FA) とは	
1.2 入出力 (IO) とは	
1.3 入出力モデル	
1.4 コントローラーとレギュレーターの違いとは	
1.5 オートメーションピラミッド	
1.6 オートメーションシステムの種類	
1.7 IP 保護等級	
2 システム構成編	13
2.1 システム構成	
2.2 センサー	
2.3 アクチュエータ	
2.4 PLC(コントローラー)	
3 ネットワークトポロジー編	19
3.1 ポイント・ツー・ポイント型	
3.2 ライン/バス型	
3.3 リング型	
3.4 スター型	
3.5 ツリー型	
4 フィールドバスとイーサネット編	21
4.1 フィールドバス	
4.2 イーサネット	
4.3 分散型 I/O システム	
5 フィールドバスシステム編	23
5.1 フィールドバスの特徴	
5.2 フィールドバスの校正	
5.3 プロパティに基づくフィールドバス分類	
5.4 フィールドバスケーブル選定	
5.5 PROFIBUS	
5.6 CANopen	
5.7 CC-LINK	
5.8 AS-i	
5.9 IO-LINK	

6	産業用イーサネット編	31
6.1	イーサネットとフィールドバスの比較	
6.2	動作原理	
6.3	MAC アドレスとは	
6.4	ネットワークコンポーネント	
6.5	インターネットプロトコル(IP)とルーター	
7	通信ネットワーク編	36
7.1	通信ネットワーク	
7.2	ネットワークケーブル	
7.3	M12 コネクタ	
8	伝送媒体編	42
8.1	銅ケーブル	
8.2	コネクタ	
8.3	PoE	
8.4	光ファイバー	
8.5	ワイヤレス	

[免責事項]

※お客様を支援するための参考情報になります。弊社では、熟考の上発行しておりますが、本技術情報に起因する損害等については、その責任を負うものではありません。ダウンロード可能なレターを除き、第三者による各種コンテンツの取得、引用にかかるあらゆる損害に関しても一切責任を負うものではありません。また、本技術資料の情報閲覧、使用がなされない事による損害も一切責任を負うものではありません。

1. 基礎編

[目次]

- 1.1 ファクトリーオートメーション (FA) とは
- 1.2 入出力 (IO) とは
- 1.3 入出力モデル
- 1.4 コントローラーとレギュレーターの違いとは
- 1.5 オートメーションピラミッド
- 1.6 オートメーションシステムの種類
- 1.7 IP 保護等級

ファクトリーオートメーションとは、主に産業界の工場を自動化することによって、生産性、品質、費用対効果などを向上させる自動化システムです。この基礎編では、ファクトリーオートメーションにおける、ベーシック、かつ押さえるべきポイントを解説していきます。

1.1 ファクトリーオートメーションとは

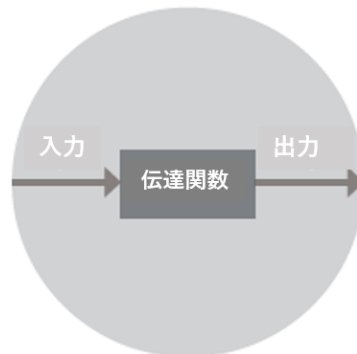
まず初めに、ファクトリーオートメーション(FA=Factory Automation)とは、生産性の向上とコスト削減を究極の目的として、製造工程を自動化する技術とシステムを導入することです。自動化のレベルは、単一作業の自動化から、人間が関与しないエンド・ツー・エンドの自動化までさまざまです。ファクトリーオートメーションは、材料の数量管理から生産、組み立て、そして最終的には梱包や発送に至るまで、製造工程のどの時点でも導入することができます。

<<ファクトリーオートメーションのアドバンテージ>>

- 製造サイクルの加速
- 製品品質の向上
- 作業時間削減、人件費削減
- 効率的なリソースの運用により、環境への影響を軽減
(例: 材料及びエネルギー消費の削減)
- 柔軟性の向上
- 精度向上及びエラー回避
- ヒューマンエラーの回避

1.2 入出力(IO)とは

入出力とは、すべての自動化作業の基礎であり、入力信号(入力/インプット)、コントロールユニット(伝達関数)、出力信号(出力/アウトプット)で構成されます。



[入力]

入力とは、自動化システムにおいて、通常、適切なセンサーや測定によって取得される物理量です。

[伝達関数]

伝達関数とは、入出力の関係や、システムの応答に影響を与えます。入力に対して出力するために変換する関数です。

[出力]

出力とは、シンプルなケースでは、関数又はコントローラーの出力を使用して表示灯をオンする事です。一般的に、これは出力を介して作動するアクチュエータと呼びます。例えば、モーターやバルブ、ファンなどが挙げられます。



1.3 入出力モデル

ここでは、シンプルなコンベアで解説していきます。以下のようなコンベアアプリケーションにて、2 系統の近接センサーがあり、ON と OFF の切り替え可能なドライブモーターがあります。近接センサーは、コンベアの始点と終点にあります。コンベアの始点にワークピースを配置すると、近接センサーの光軸が遮光され、コンベアが作動します。ワークピースがコンベアの終点に到達すると、2 本目近接センサーの光軸が遮光され、コンベアをオフします。



[入出力モデル]

コンベアは、入出力モデルによるオートメーションシステムで構成されています。入力には近接センサー光軸の遮光によって、信号をコントローラーに提供し、コントローラーは入力信号を処理し、再度、信号形式で出力を供給して、ドライブモーターを ON/OFF します。

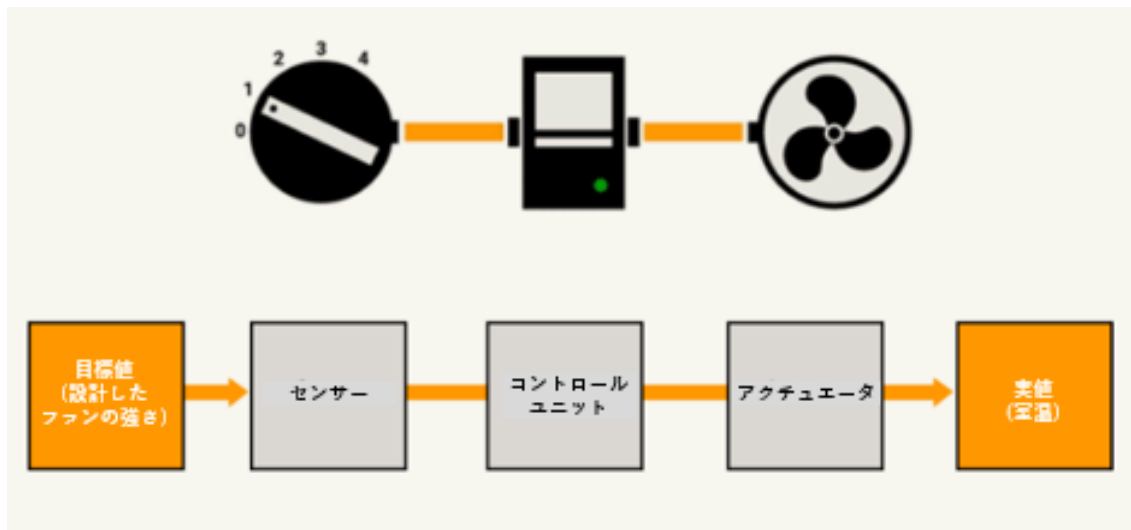


1.4 コントローラーとレギュレーターの違いとは

ここでは、例にファンを運転するモデルで説明します。

[コントローラー]

ファンの速度は、切替えスイッチを介して設定され、コントロールユニットは設定レベルをファンの出力信号に変換します。



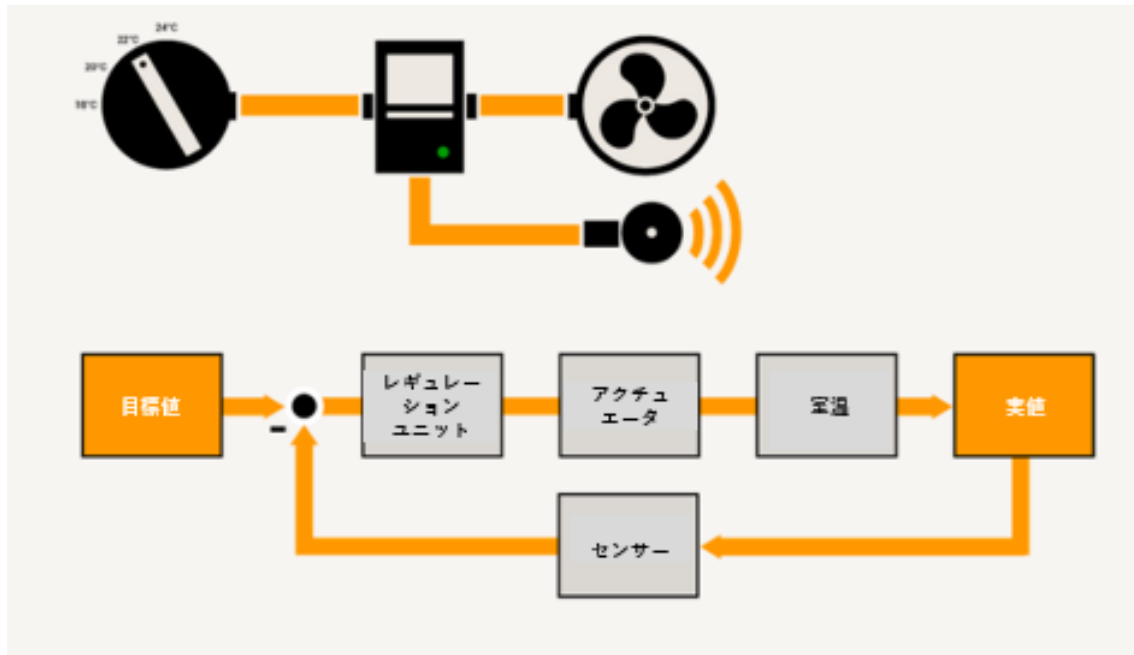
この制御方法は、室温によるファン速度の自動調整などフィードバックは行われません。

これは、**開ループ制御**または**オープンループ制御**と呼ばれます。



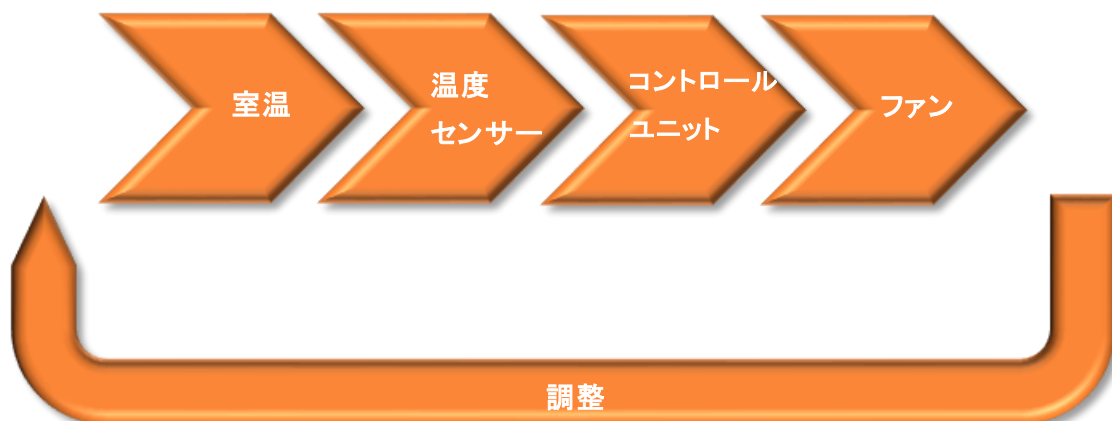
[レギュレーター]

制御の原理は、温度設定をするための切替えスイッチ、温度センサー、コントロールユニット及びファンで構成されるファン制御によって説明できます。



- 希望の温度(設定値)は切替えスイッチで設定
- 室温(実値)は温度センサーで測定
- コントロールユニットは、切替えスイッチや温度センサーからの入力情報を処理
- コントロールユニットが希望の温度(設定値)を室温と比較
- 出力信号に必要な調整
- ファンに出力

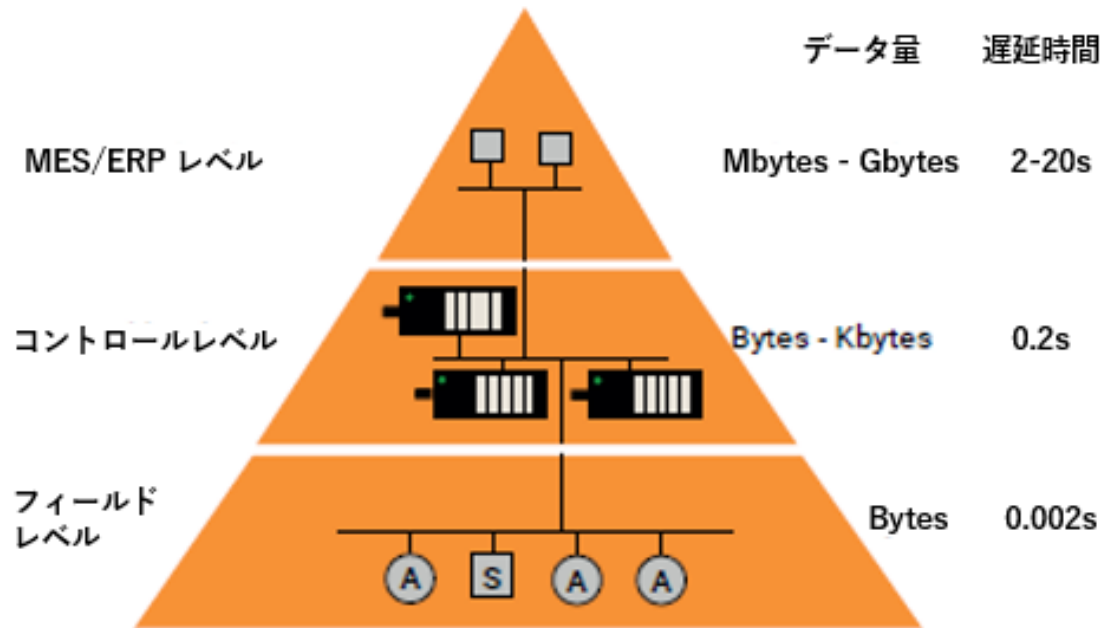
レギュレーション(調整)機能は、閉ループ制御です。



1.5 オートメーションピラミッド

FA 界などでは、下図の通り、少なくとも3つレベルを持つオートメーションピラミッドで表す事ができます。

各レベルは、すべて情報技術の観点から相互にリンクされ、データも縦横無尽に情報交換を行います。



- 同レベル内での情報交換は水平通信
- レベル間は垂直通信

オートメーションピラミッドでは、特にレイテンシ(遅延時間)が重要です。

レイテンシ(遅延時間)とは、データ伝送してから、受信側で情報を使用できるようになるまでの遅延時間を指します。

[フィールドレベル]

フィールドレベルとは、最下位レベルで、機械・装置/ プラントや製造ラインのすべてのセンサー(入力)及びアクチュエーター(出力)が含まれます。

ここでは、アクチュエータを制御したり、センサー信号を受信したりするレベルで、プロセスを正しく、スピーディー、さらに機能的に処理するために、少量データ量で、レイテンシを最大限に抑える必要があります。

- データ量: 一度に数バイトのみの送信
- レイテンシ: 数ミリ秒以内の送信

[コントロールレベル]

コントロールレベルとは、プロセスを制御するすべての自動化コンピューターシステム(例:PLC)が含まれます。

PLC を例にすると、PLC はフィールドレベルのセンサー / アクチュエータに接続され、それぞれシステムの一部を制御します。PLC 同士も相互接続されており、上位レベルにも接続されています。

-データ量:数バイト~数キロバイト

-レイテンシ:1秒未満

[MES / ERP レベル]

製造実行システム(MES:Manufacturing Execution System)レベルは、コントロールレベルに直接接続されているため、生産量などの生産データが PLC などから読み取られ、現在の機械の稼働状況に基づいて調整されます。エンタープライズリソースプランニング(ERP:Enterprise Resource Planning)レベルでは、資材所要量計画(MRP:Material Requirements Planning)など、企業のリソースを管理・計画できます。

-データ量:数メガバイト~ギガバイト

-レイテンシ:数秒

1.6 オートメーションシステムの種類

産業オートメーション技術では、生産とプロセスの自動化が区別されます。

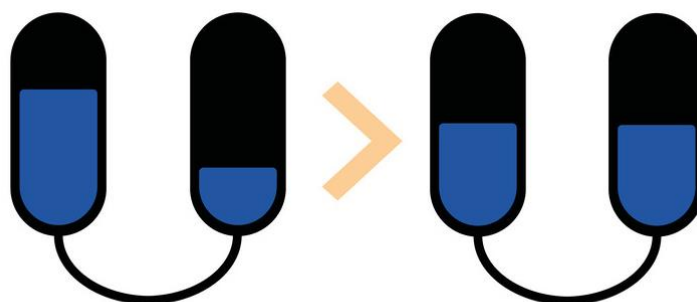
[生産の自動化]

- 目的:制御プロセス
- PLC(プログラマブル・ロジック・コントロール)ベースの制御
- 10~100 ミリ秒ごとにセンサーデータをキャプチャ
- 連続生産と個別生産に細分化
- 最終生産される製品は、多数の原材料、材料、外部調達部品から作成
- 多くの場合、多数の製造や組み立てプロセスが必要
- 生産プロセスは、作業スケジュール(生産段階及び組立段階の仕様)と部品リスト(製品を構成する各部品を示す)から成り立つ



[プロセスの自動化]

- 目的:調整プロセス
- 従来は完全に PCS(プロセス制御システム)ベースでしたが、現在は小～中レベルの複雑なプロセスは、PLC ベースで行う場合もあります。
- 通常は非常に分散化された構造であるため、分散制御システム(DCS:Distributed Control Systems)と呼ばれています。
- 100 ミリ秒～数秒ごとにセンサーデータをキャプチャ
- 基本的に、プロセス関連の操作と、混合・加熱・分離・合成などの化学反応プロセスオートメーションの自動化



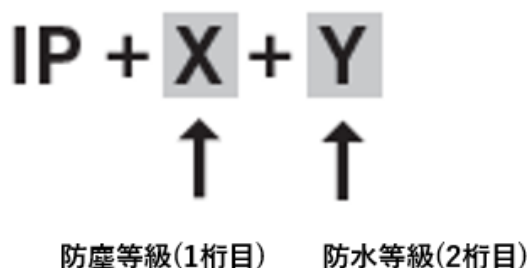
7. IP 保護等級

ファクトリーオートメーション界では、一つ重要な要件があります。それは、IP 保護等級(Ingress Protection)です。効率的な自動化を確保するには、電気部品を埃・塵・湿気・水などの外部要因から保護し、スムーズかつ安全に稼働する必要があります。

IP 保護等級は、電気部品が使用される様々な環境条件に対して規定されています。DIN EN 60529 で定義されており、通常は **IP**”**X**””**Y**“ の形式で指定されます。

-1 桁目(X) = 接触及び塵微粒子に対する保護度

-2 桁目(Y) = 湿気及び水に対する保護度を示します。



[1 桁目—防塵等級(X)]

塵微粒子の侵入に対する保護等級は0から6です。最も低い保護クラス1は、50 mm を超える塵微粒子の侵入を防ぎます。例えば自動車修理工場にはめ齒齒車が落下するのを防ぎます。

最上級の保護等級は6です。保護等級6では、例えば製造で使用される研削盤など、ケーシングやプラグへの埃の侵入に対する保護も提供されます。

水の同時侵入がない場合は、上記はIP1Y・IP6Yとして表記されることもあります。

[2 桁目—防水等級]

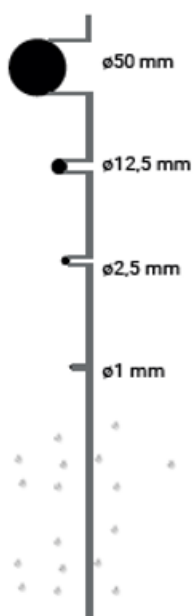
液体の侵入に対する保護等級は0から9です。最も低い保護クラス1は、機器内の結露水など、滴下する水の侵入を防ぎます。

最上級の保護等級は9です。保護等級9では、例えば工業用洗浄で使用される高圧洗浄機から噴出する水に対する保護も提供します。

塵微粒子の同時侵入がない場合は、上記はIPX1・IPX9として指定されることもあります。

<X>

10の位	説明
0	保護等級なし
1	塵微粒子からの保護 (直径50mm以上)
2	塵微粒子からの保護 (直径12.5mm以上)
3	塵微粒子からの保護 (直径2.5mm以上)
4	塵微粒子からの保護 (直径1.0mm以上)
5	粉塵の侵入は可能、 操作に影響を与えることはない
6	粉塵はすべて排除される



<<Y>>

1の位	説明
0	保護等級なし
1	滴下する水に対する保護
2	15度傾斜した時落下する水 に対する保護
3	噴霧水に対する保護
4	飛沫に対する保護
5	弱い波浪に対する保護
6	強い波浪に対する保護
7	水中への一時的な浸漬 に対する保護 $t << \infty$
8	水中への連続的な浸漬 に対する保護 $t = \infty$
9	高圧水中下に対する保護



2. システム構成編

[目次]

2.1 システム構成

2.2 センサー

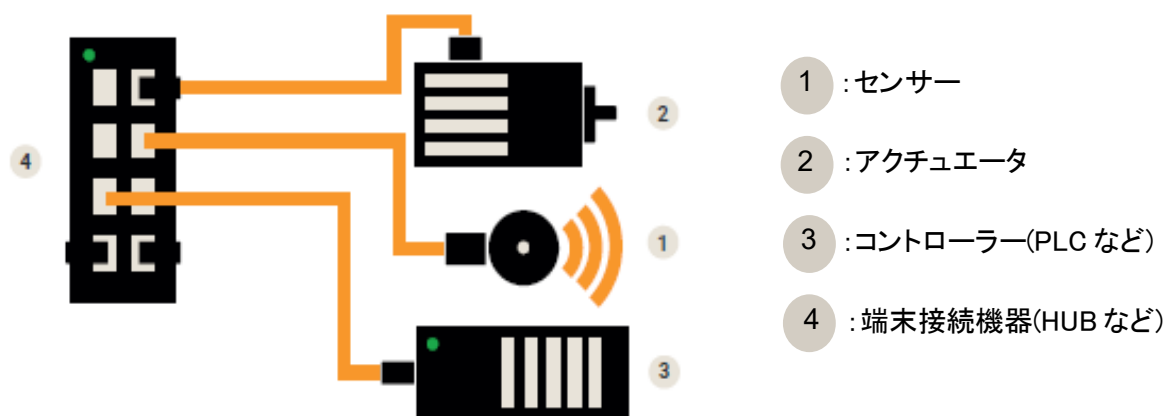
2.3 アクチュエータ

2.4 PLC(コントローラー)

ファクトリーオートメーションでは、スムーズな自動化を実現するためにシステムを構築するという事が前提です。ここでは、ファクトリーオートメーションにおいて重要なシステム構成について紹介しています。

2.1 システム構成

ファクトリーオートメーションのシンプルなシステムコンフィグレーション(システム構成)は、下図に示すように、センサー、アクチュエータ、コントローラー、端末接続機器で構成されます。



2.2 センサー

センサーとは、アナログ(機械的、化学的、熱的、磁氣的、又は光学的)の物理量をキャプチャし、それをアナログ及びデジタルの電気信号(アナログ信号/デジタル信号)に変換する測定デバイスです。センサーは、信号の種類、測定原理、目的、測定量によって使い分けします。

センサーの特性

- 信号種類: アナログ信号/デジタル信号
- 測定原理: 光学、静電容量、熱など

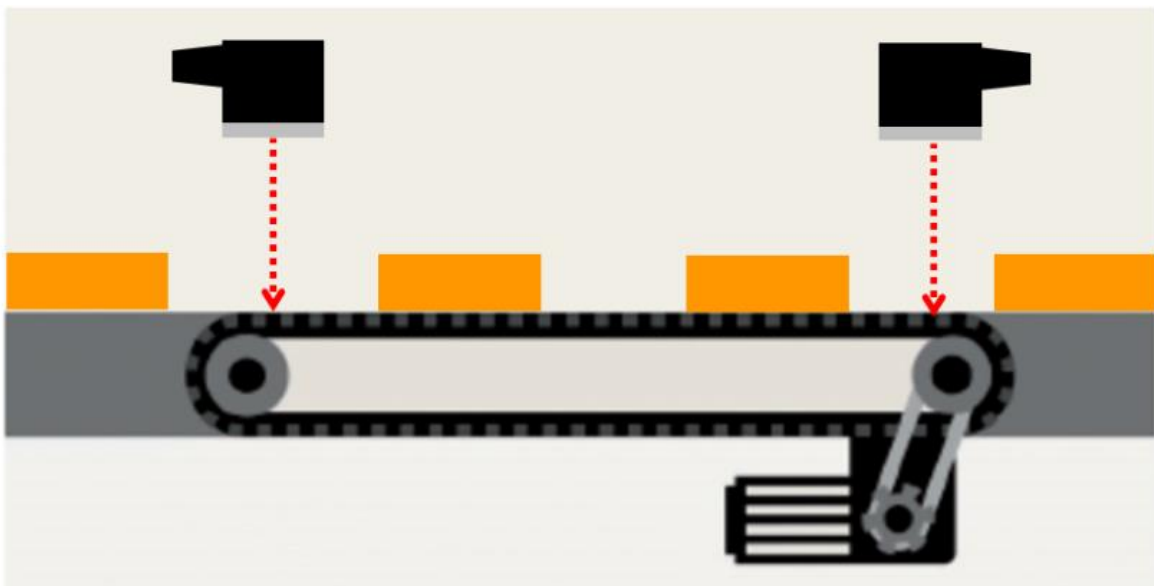


[シンプルなセンサーの仕組み]

ここでは、反射型の光電センサーが取り付けられたシンプルなコンベアで解説します。センサーは反射により、ワークピースがコンベアの適切な場所にあるか検出します。

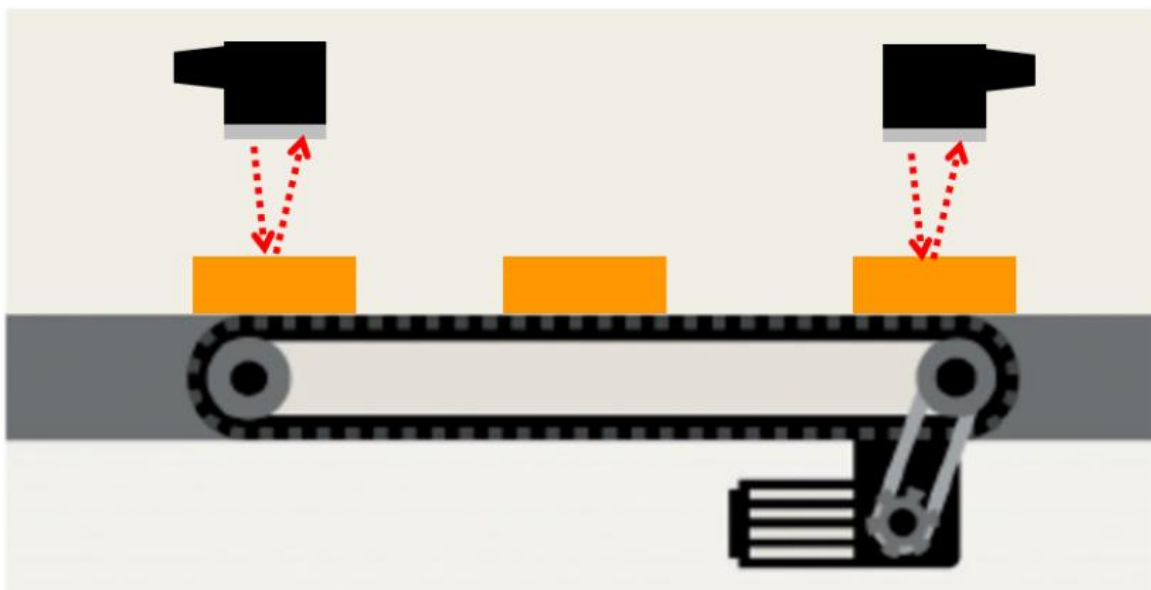
光電センサーの下にワークピースがない場合、センサーの光軸が反射しません。

→センサーは、「ワークピースはない」という電気信号を上位に送信



一方、光軸センサーの下にワークピースがある場合(センサー下を通過した場合)、センサーの光軸がワークピースの上部で反射します。

→センサーは「ワークピースはある」という電気信号を上位に送信



[シンプルなセンサーとスマートセンサー]

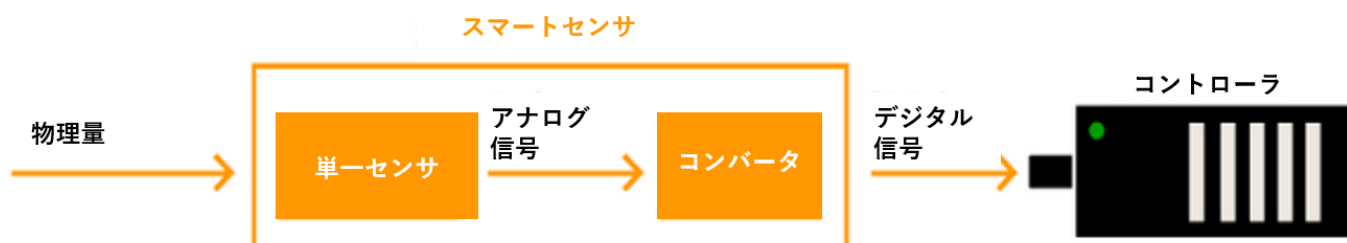
[シンプルなセンサー]

物理量からアナログ測定信号を生成します。次に、この信号をコンバーターで準備し、コントローラー(PLC など)で更に処理する必要があります。



[スマートセンサー](インテリジェントセンサー)

スマートセンサーは、測定量を記録するだけでなく、事前定義された機能に従い準備・処理し、デジタル情報として出力できるという利点があります。「スマート」なセンサーは、コントローラーと直接通信できます。



2.3 アクチュエータ

アクチュエータとは、動作原理がセンサーとは逆で、コントローラーからの電気信号を物理量に変換する駆動装置です。アクチュエータに入力される電気信号は、圧力、音、温度、動作、などに変換されます。



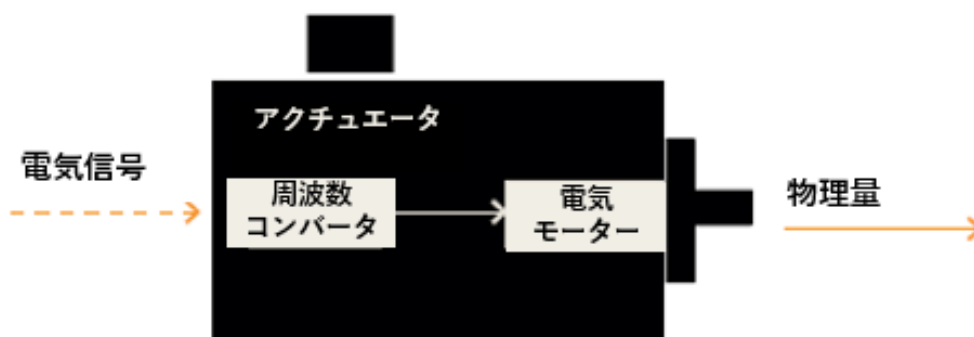
センサーと同様に、アクチュエータも様々なタイプに区別されます。アクチュエータは、使用される変換プロセスに応じて、電気機械式、電磁式、空気圧式、油圧式、又はその他の形式に分類されます。

(例：モーター、空気圧バルブ、油圧/エアシリンダ、電磁バルブなど)

ここでは、いくつかの例で解説します。

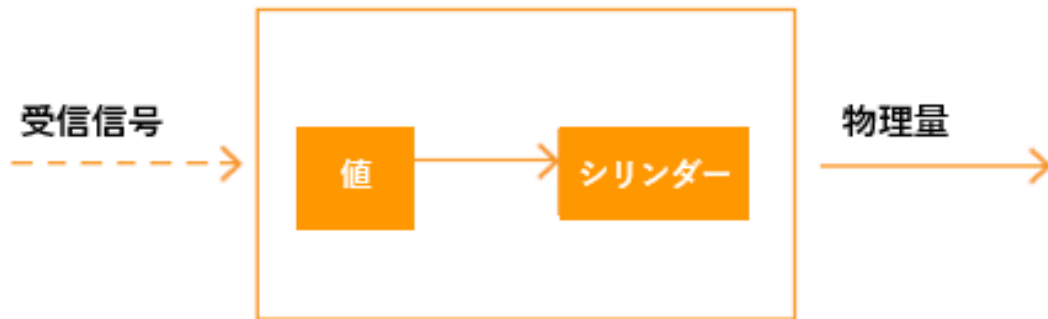
[モーター(電気機械式アクチュエータ)]

電気機械式アクチュエータ、いわゆるモーターでは、電気信号はドライブ/コントローラーによって周波数変換器に送信されます。信号には、回転速度の目標値が含まれています。周波数変換器は信号を受信し、電気モーターに必要な電流を供給します。



[空気圧式アクチュエータ]

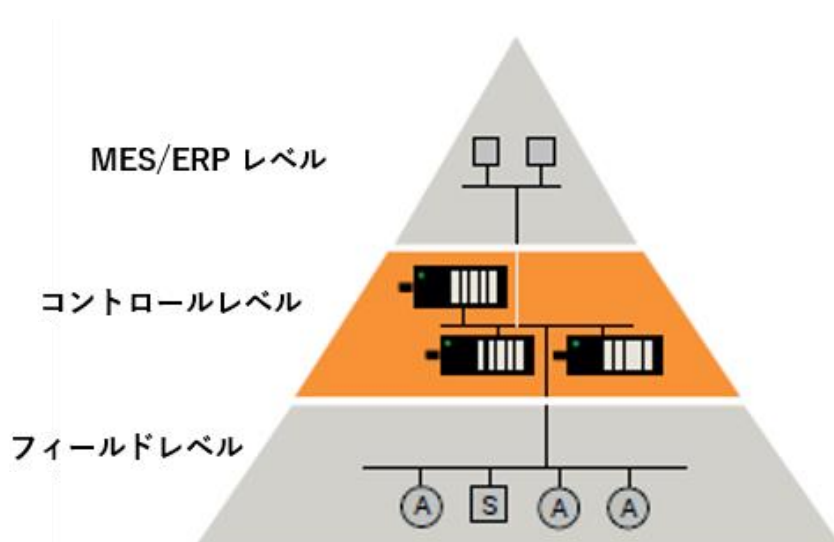
空圧アクチュエータ、いわゆるエアシリンダでは、電気信号はコントローラーによってシリンダバルブに送信されます。バルブは、任意の電圧に応じて開閉するソレノイドによって機能します。バルブを開くと、圧縮空気がシリンダを通して流れ、シリンダが伸びます。バルブを閉じると、シリンダ内の空気が逃げ、シリンダが再び収縮します。自動ブレーキがこの仕組みを用いています。ブレーキは、圧縮空気がある場合にのみ開きます。それ以外の場合は、ブレーキ操作は自動的に実行されます。



2.4 PLC(コントローラー)

PLC(プログラマブル・ロジック・コントローラー)の機能は、生産ラインのプロセスやサブプロセスを制御することです。そのため、可能な限りプロセスに近い位置に配置されます。センサー / アクチュエータが PLC に隣接して配置される場合、PLC に直接接続されます。コントローラーと距離のあるセンサー / アクチュエータは、通常、リモート IO、フィールドバスを介して PLC に接続されます。複数のサブプロセスがある大規模な生産ラインシステムなどでは、サブプロセス毎に個別の PLC が使用され、相互にネットワーク化されます。

下図のオートメーションピラミッドに示されるように、コントロールレベルは、フィールドレベルと MES / ERP レベルの間に位置しています。

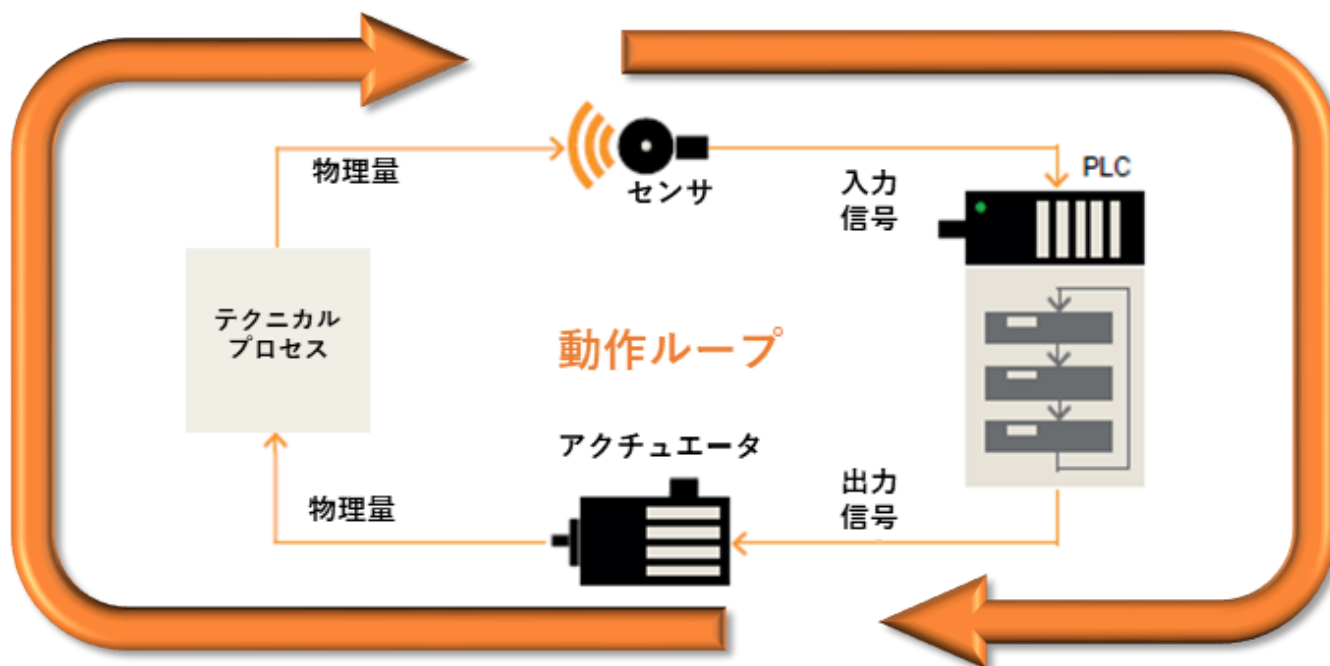


PLC(コントローラー)は、上記中間位置にあることで、以下の役割を担っています。

- フィールドレベルでセンサー及びアクチュエータを使用したプロセス又はサブプロセスの制御
- 資材管理、生産量管理における、MES / ERP レベルとの調整。
- 機械の注文処理状況や再び利用可能になる時間の予測などの判断

[PLC の構造]

PLC のタイプに応じて、入力・出力数、処理ユニットが異なります。従来の PLC はサイクルベースです。つまり、シーケンスは内部で絶えず繰り返され、システムは、入力—関数—出力モデルに従って動作します。下図に一般的な動作ループを開示します。



- PLC は、センサーから入力信号を受信します。
- 受信した信号は、関数により事前定義されたロジック(PLC ラダープログラム)により処理されます。
- ロジックに基づき、PLC(コントローラ)はアクチュエータごとに適切な信号を出力します。
- プロセス伝達の後、処理は初めから繰り返されます(PLC はセンサーから入力信号を受信します)。

PLC は、次のような多くのアプリケーション分野で使用されます。

- ・産業機械(工作機械、射出成型機、木工機械など)
- ・プラントの自動化(自動車生産における組立ラインなど、多数 PLC の使用)
- ・移動型(式)オートメーション(農業機械、建設機械、船舶など)
- ・エネルギー生産(風力発電所、太陽光発電所など)
- ・ビルディングオートメーション

3. ネットワークトポロジー編

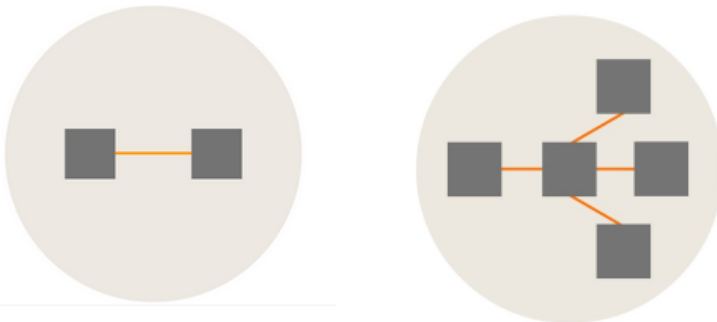
目次:

- 3.1 ポイント・ツー・ポイント型
- 3.2 ライン/バス型
- 3.3 リング型
- 3.4 スター型
- 3.5 ツリー型

ネットワークトポロジーとは、デバイスが互いにどのようにネットワーク化されているかを表現したものです。産業用ネットワークでは、様々なトポロジータイプがあります。ここでは、基本的なトポロジーについて紹介しています。

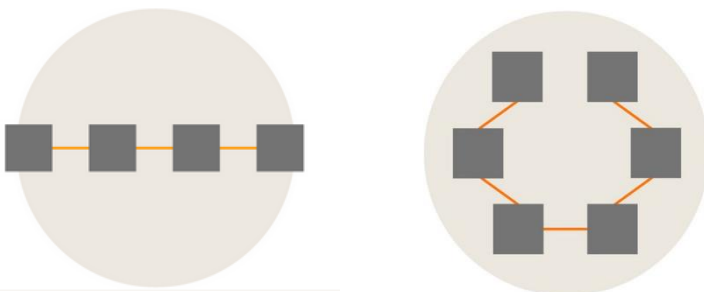
3.1 ポイント・ツー・ポイント型

最も単純な接続方法は、2つのデバイス間の Point-to-Point (ポイント・ツーポイント) 接続です。例えば PLC と PC の間の接続などが挙げられます。Point-to-Point の欠点の1つは、デバイスが他の複数のデバイスと通信する必要がある場合、それぞれ個別の接続を確立する必要があることです。ポイント・ツー・マルチポイントもあり、これは複数のデバイスが中央システムを通じて供給される。システム内の各デバイスは、通信において共通の分岐点を持ちます。



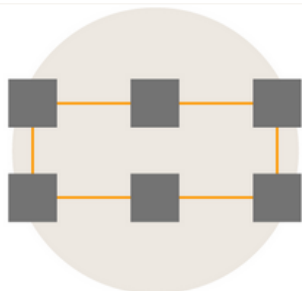
3.2 ライン型/バス型

ライン型またはバス型のトポロジーでは、デバイスを直列に接続します。デバイスはすべて1つの伝送媒体に接続されています。CC-LINK や PROFIBUS などのフィールドバスシステムは、このタイプのトポロジーを使用しています。



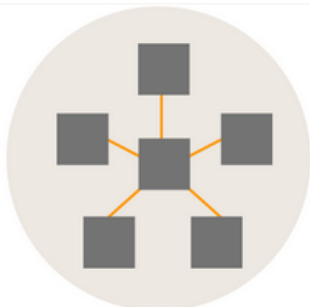
3.3 リング型

リング型で接続されている場合、デバイスはすべて、基本的に 2 つのチャンネル(時計回り、反時計回り)を介して他の全デバイスと通信可能です。これがリング型トポロジーの主な利点です。ネットワークの一部が中断された場合でも、デバイス間の通信は維持されます。リング型トポロジーの冗長リング型構造は、EtherCat で実装できます。



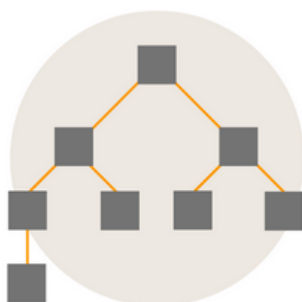
3.4 スター型

スター型トポロジーでは、中央にネットワーク・コンポーネントがあります。これは通常、分配機能を担うハブやスイッチになります。各デバイスはケーブルで接続されています。



3.5 ツリー型

ツリー型には、サイズに応じて複数の中心となる通信機器が必要であるため、「拡張」スター型ともみなされます。ツリー型の例では、スイッチを分散用通信機器として使用する一般的なタイプの Ethernet オフィスネットワークが挙げられます。



4. フィールドバスとイーサネット編

目次:

4.1 フィールドバス

4.2 イーサネット

4.3 分散型 I/O システム

フィールドバス、またはイーサネットに基づく通信ネットワークは、各トポロジーに応じてネットワーク配線を行い、データネットワークを構築しています。理論上では、ネットワークポロジはどのような型(タイプ)でも可能ですが、各ネットワーク技術には、使用できるトポロジーにおける特定プロパティと制限があります。

ここではフィールドバスとイーサネットの特長を紹介しています。

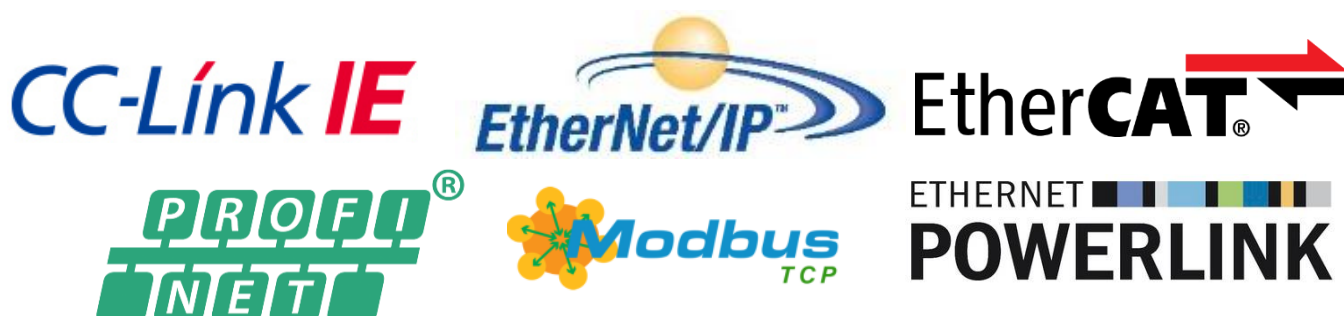
4.1 フィールドバス

フィールドバスとは、センサー、アクチュエータ及びコントローラ(PLC など)間の接続を確立します。複数のデバイスをフィールドバスケーブルで接続し、1本のケーブルでデータの送受信ができます。この場合、どのデバイスがいつ情報交換できるか指定する必要があります。世界各国のPLCシステムのプロバイダーは独自のシステム設計をしています。このため、それぞれ異なる技術が数多くあります。例えば、最大ケーブル長、データレート、機能範囲など。



4.2 イーサネット

イーサネットは、元々オフィス通信用に開発されました。つまり、PC ベースのローカルエリアネットワーク(LAN)でデータ交換が目的です。多数のソフトウェア及びハードウェア部品で構成されています。現在、イーサネットは、最大 400 ギガビット/秒で、高転送速度が実現可能です。多くの PLC システムのプロバイダーは、様々な産業要件を満たすため、基本的なイーサネット技術を拡張してきました。そのため、メーカー固有のイーサネットシステムが多数誕生しました。例としては、リアルタイム機能やトポロジーがあります。



4.3 分散型 I / O システム

分散型 I / O システムは、ディストリビューションボックスなどとも呼ばれ、フィールドバスまたはイーサネットを介して、PLC に接続された 1 つ以上のネットワークコンポーネントで構成され、様々なセンサーやアクチュエータを直接接続できます。分散型 I / O システムの利点は、センサーとアクチュエータを PLC に配線する必要がなく、省配線化ができることです。これにより、配線工数を大幅に削減できます。



分散型 I / O システムは、M12 コネクタなどやパッチコード、I / O モジュールで構成されています。ケーブルは、例えばフィールドバス経由などで、コントロールユニット(PLC)への接続を確立します。個々のセンサー及びアクチュエータは I / O システムのモジュールに接続されています。



5. フィールドバスシステム編

目次:

- 5.1 フィールドバスの特徴
- 5.2 フィールドバスの校正
- 5.3 プロパティに基づくフィールドバス分類
- 5.4 フィールドバスケーブル選定
- 5.5 PROFIBUS
- 5.6 CANopen
- 5.7 CC-LINK
- 5.8 AS-i
- 5.9 IO-LINK

フィールドバスとは、工場等のライン・測定・計測・制御等の情報のやり取りのために、センサ・アクチュエータ・その他制御機器等とPLC(コントローラ)との間で通信するネットワークシステムです。

すべてのセンサ・アクチュエータ・その他制御機器等が干渉なく情報をやり取りできるように、各メーカーが独自のフィールドバス用通信プロトコルを設計しています。フィールドバスは、基本的には、いわゆるマスタースレーブ(主従システム)に基づいています。

5.1 フィールドバスの特長

[メリット]

- 省配線化: ケーブル配線の削減、コンパクトな盤設計
- トラブル発生時の対応の削減
- デジタル/バイナリ及びアナログ信号用の1本のケーブルで対応可能
- アナログ値との干渉に対する保護
- 各機器類の自己診断
- 拡張のしやすさ、センサ・アクチュエータの追加など

[デメリット]

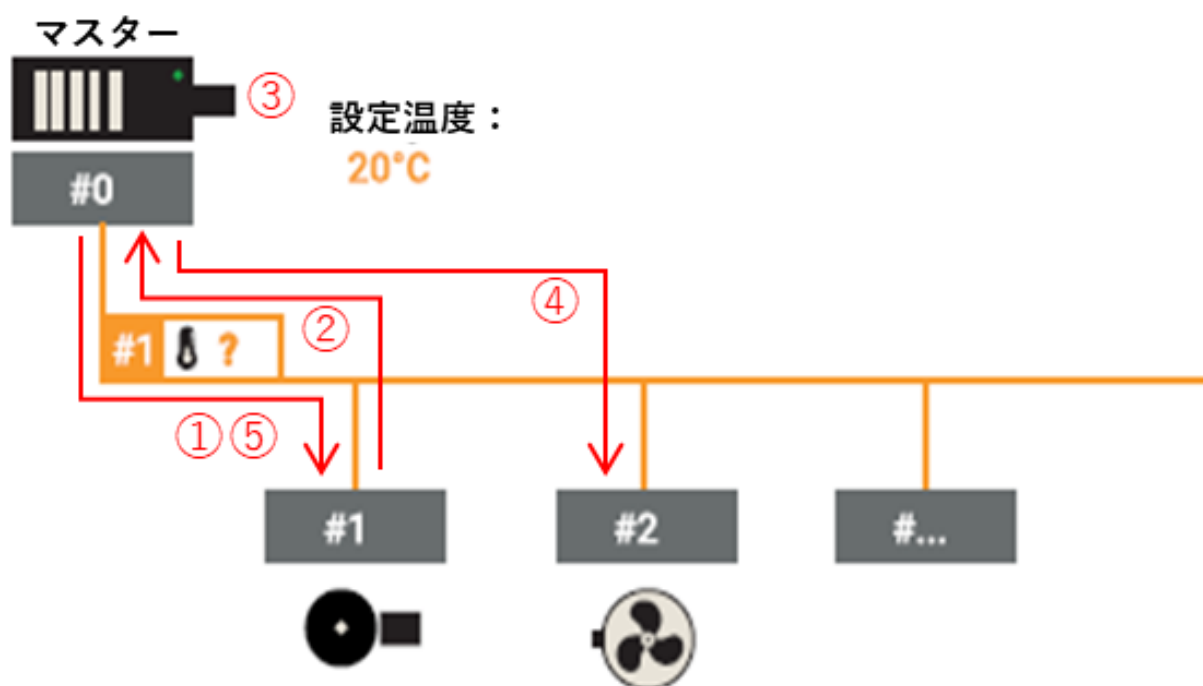
- 複雑な制御のため、運用及び保守には、専門知識が必要
- スレーブへのシーケンシャルアクセス(順次アクセス方式)により、応答時間が長くなる(フィールドバスによって異なる)
- バスシステムの障害は、すべての通信機器間の通信障害を引き起こす

5.2 フィールドバスの構成

センサ・アクチュエータはスレーブとして指定されており、固有アドレスを保持しています。マスター自体は通常、PLC(コントローラ)に含まれています。

ここでは、ファンの温度制御を例に構成を解説します。

- ① #0 マスターはまず、#1 の温度センサーに現在の温度を問い合わせします。
- ② 次に、#1 温度センサーは現在の温度値を#0 マスターに報告します。
- ③ その後値は PLC(コントローラ)で設定温度 20°Cになるよう演算処理されます。
- ④ 次に、#0 マスターは演算結果をもとにファン速度値を含むメッセージを#2 アクチュエータに送信します。
- ⑤ フィールドバスは PLC のように周期的に動作するため、#0 マスターは#1 センサーへ問い合わせを再開します。



5.3 プロパティに基づくフィールドバス分類

フィールドバスは、部品数や構成オプションにおける制限プロパティに基づいて、2つのグループに細分化できます。

[グループ 1]

ロボットコントローラなどのフィールド及びコントロールレベルで複雑なデバイスのネットワークグループ

[グループ 2]

単純なアクチュエータと、温度センサーやリミットスイッチ、押し釦などを接続するネットワークグループ

こうした「フィールドバスタイプ」は、組み合わせて使用されるケースがほとんどです。

5.4 フィールドバスケーブル選定

アプリケーション環境やご使用機器のネットワークにより、バスシステムはそれぞれ異なるため、LAPP では幅広いプロトコルに対応したフィールドバス製品や光ファイバーケーブルを展開しています。選定に関してのポイントは以下の通りです。

＜＜ケーブルの選定基準＞＞

- システムメーカー： フィールドバスのプロトコル、メーカーは？
- 最大コンポーネント数： システムが対応可能なコンポーネント数は？
- トポロジー： フィールドバスの構造、個々のコンポーネントはどのような相互接続されているか
- 伝送媒体： どのタイプのケーブルを使用する必要があるか（シールド有無、心数）、場合によっては、光ファイバーケーブル(FO)を使用することも可能。
- コネクタ： どのタイプのコネクタが使用可能か
- バスを介した動力供給： フィールドバスを使用し、動力及びデータ送信用に同時に使用できるか

＜フィールドバスケーブル選定はこちらから👉＞



5.5 PROFIBUS

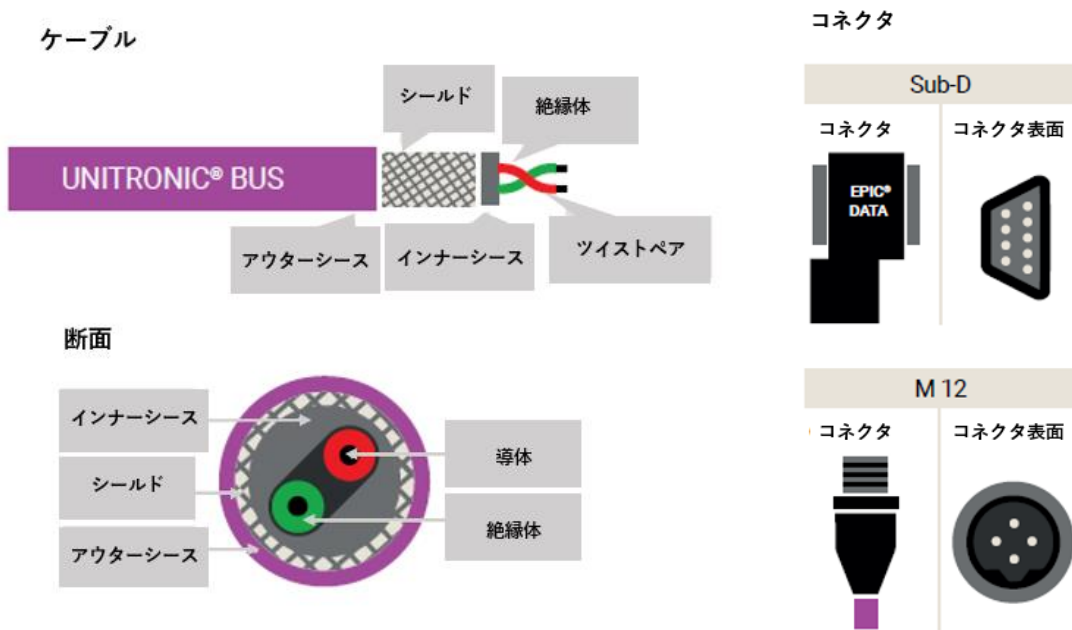
Profibus という名称は、「PROcess Field BUS」の略です。

PROFIBUS は PROFIBUS User Organization (PNO) 又は PROFIBUS&PROFINET International (PI) によって 1987 年に開発されています。Profibus の開発は、現在、いくつかのフィールドバスバリア

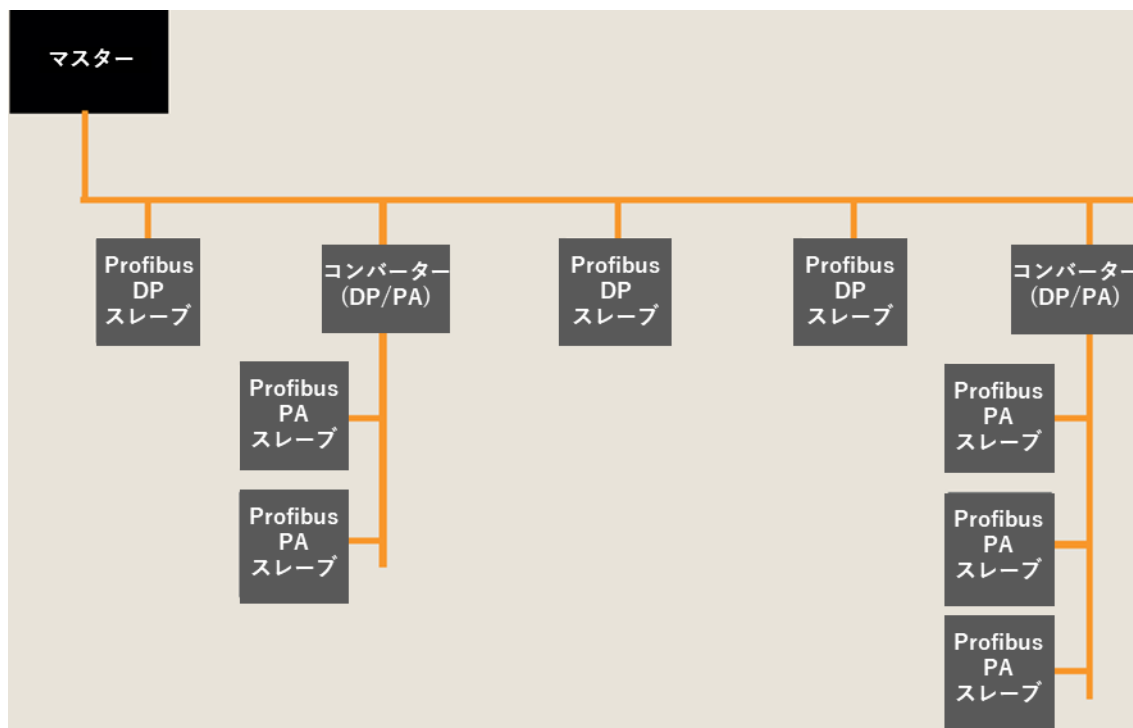
ントがあります。Siemens は PLC(コントローラー)の中央バスとして Profibus を使用しています。Siemens はヨーロッパで非常に大きな市場シェアがあり、普及しています。また製造及び加工産業、エネルギー生産/配電の分野で使用されています。製造及びプロセスオートメーションのために、Profibus の 2 つのバリエーションが開発されました。Profibus DP(分散型周辺機器)と Profibus PA (プロセスオートメーション)です。Profibus DP と Profibus PA はケーブル、プラグ構成、インターフェースの点で異なります。



[PROFIBUS ケーブルとコネクタ仕様例]



[PROFIBUS トポロジー例]



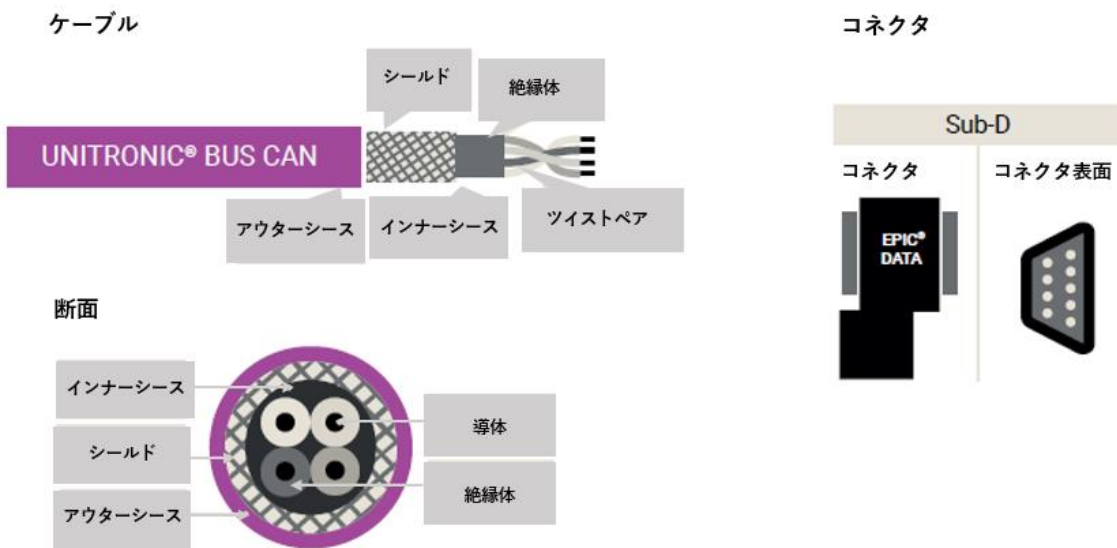
5.6 CANopen

CAN は Controller Area Network の略です。CAN は元々、自動車分野向けに開発されました。CAN は ISO 11898 規格で定義されており、規格にはネットワークトポロジー、データリンク層、またケーブル及びコネクタに関するガイドラインが含まれています。

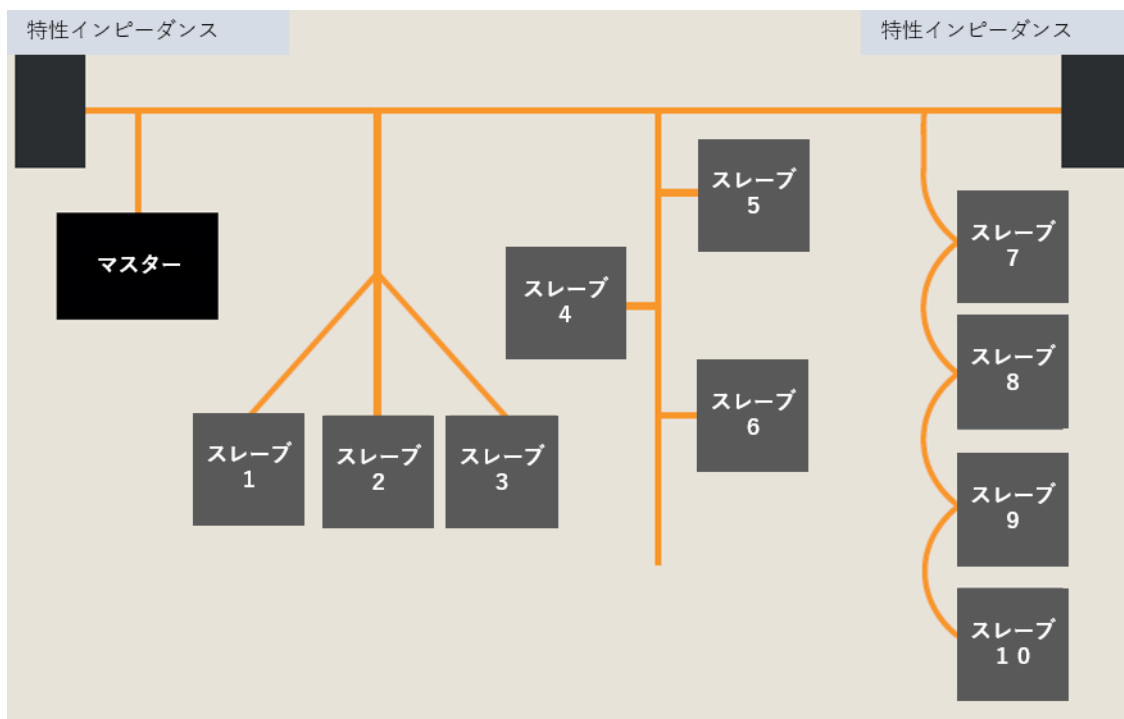


CAN は、製造オートメーション、モバイル機械、及び制御システムの構築にも使用されます。様々なメーカー / 組織が、産業での使用を可能にするために拡張をしてきました。例えば、ロックウェル・オートメーションの DeviceNet は、CAN に Common Industrial Protocol (CIP) を適用する DeviceNet を開発しました。Rockwell は米国のメーカーのため、DeviceNet は主に米国で使用されています。

[CANopen ケーブルとコネクタ仕様例]



[CANopen トポロジー例]



5.7 CC-LINK

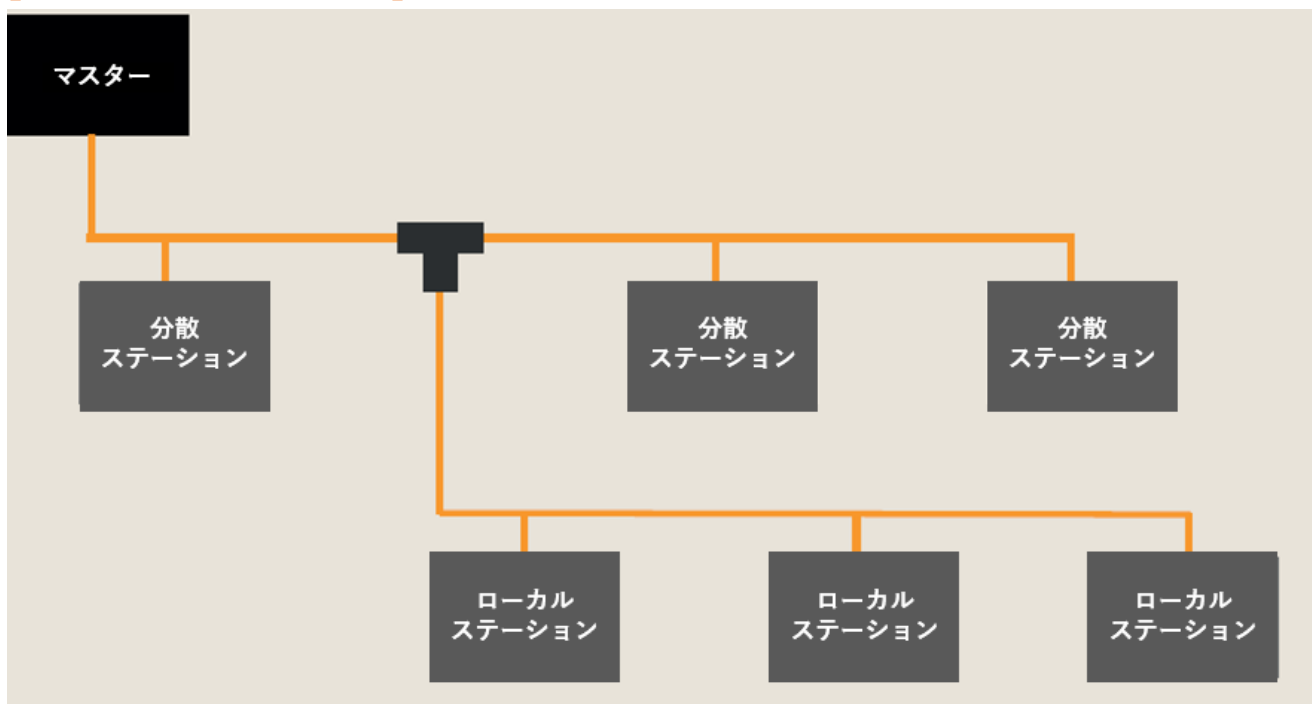
CC-Link とは、Control and Communication Link の略です。CC-Link は、1996 年に三菱が社内フィールドバスとして開発し、これによりプラント・オートメーション分野でメーカーが自社製品をネットワーク化できるようになりました。適用分野には、各機械、製造ライン、生産設備、工場全体、倉庫及び輸送システム、ビルディング オートメーションの制御などが挙げられます。特にアジアでは、CC-Link は一般的です。CC-Link は、開発国の日本に加え、中国や韓国などの近隣諸国を中心に利用が拡大しています。



[CC-LINK ケーブルとコネクタ仕様例]



[CC-LINK トポロジー例]



5.8 AS-i

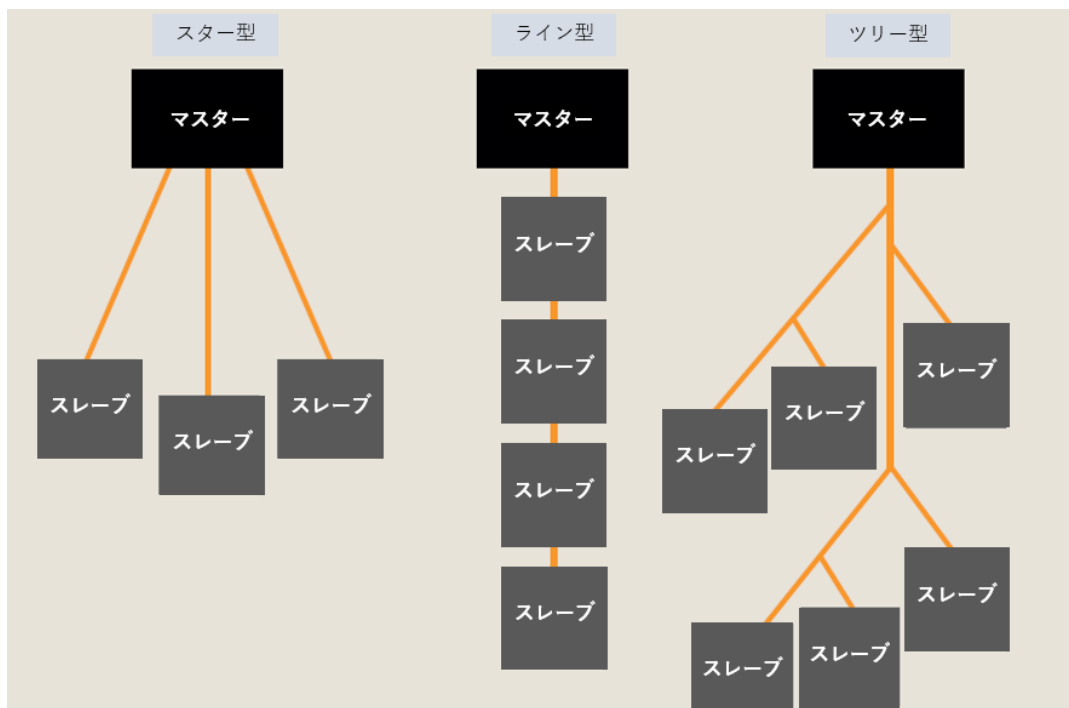
AS-i はアクチュエーターセンサーインターフェースの略です。AS-i は 1990 年に、Balluff、Festo、Sick、Siemens を含む 11 のドイツのメーカーによって開始されました。ビット信号を必要又は供給する単純なアクチュエータとセンサーを使用して、それらを上位のフィールドバス・レベルに接続するために、可能な限りシンプルなフィールドバスを開発することが目的でした。AS-i は AS-International Association によって管理されています。AS-Interface は非常に安価で、純粋なバイナリ I/O 信号に最適です。AS-i では、アウターシース及び電線絶縁体を貫通するピアスニードルを使用し、迅速に接続できます。これにより、設置中にケーブルの線剥きや被覆剥ぎの必要がありません。



[AS-i ケーブルとコネクタ仕様例]



[AS-i トポロジー例]



5.9 IO-Link

商標名 IO-Link は、センサーとアクチュエータを接続する通信システムを指します。AS-iと同様に、IO-Link は、上位フィールドバスにセンサー / アクチュエータを簡単に接続できます。IO-Link は、Single-Drop Digital Communication Interface for small Sensors and Actors (SDCI) という名称で標準化されており、ここで紹介する他のすべてのフィールドバスとは異なり、バス システムではなく、ポイント・ツー・ポイント通信の形式です。IO-Link は IO-Link コンソシアムによって開発され、Profibus User Organization (PNO) に統合されています。IO-Link はヨーロッパで更に普及しつつあります。

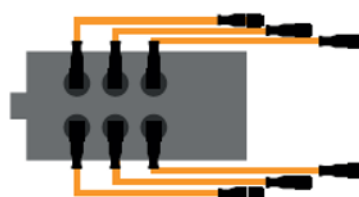


[IO-Linkケーブルとコネクタ仕様例]

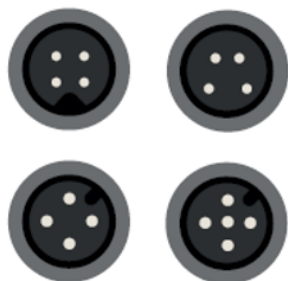
ケーブル



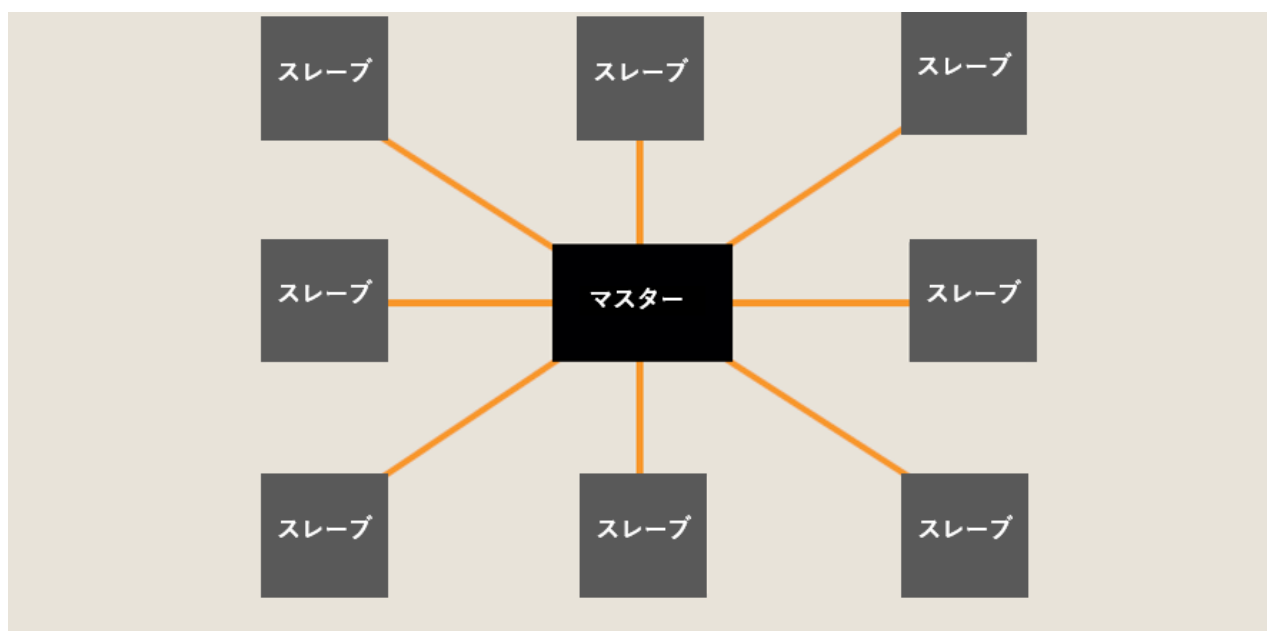
コネクタ



コネクタ断面



[IO-Linkトポロジー例]



6. 産業用イーサネット編

目次

- 6.1 イーサネットとフィールドバスの比較
- 6.2 動作原理
- 6.3 MAC アドレスとは
- 6.4 ネットワークコンポーネント
- 6.5 インターネットプロトコル(IP)とルーター

ここでは、イーサネットとフィールドバスの違いや、イーサネットの動作原理、MAC アドレス、ネットワークコンポーネント(HUB、スイッチ、ルーター)について紹介しています。

6.1 イーサネットとフィールドバスの比較

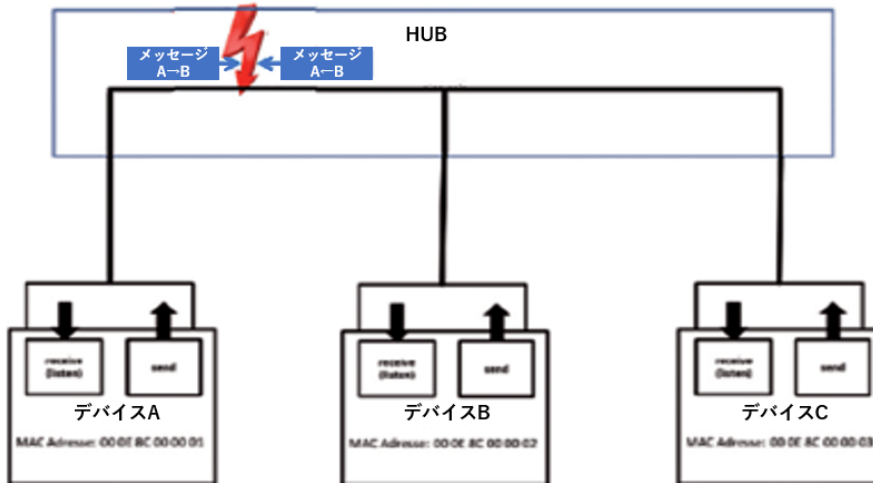
フィールドバスに対して、イーサネット固有の特性は次の通りです。

- ポイント・ツー・ポイント接続のみのため、終端抵抗が不要
- コンポーネント用に、非常に大きなアドレス空間を保持(約 2,810 億の個別 MAC アドレス)
- 各コンポーネント(スイッチやルーターなど)が信号を更新するため、ネットワーク内で長距離が可能
- 高速通信速度により、大容量のデータを高速に伝送可能
(例: PROFIBUS の 12 Mbit/s と比較して 10 Gbit/s)

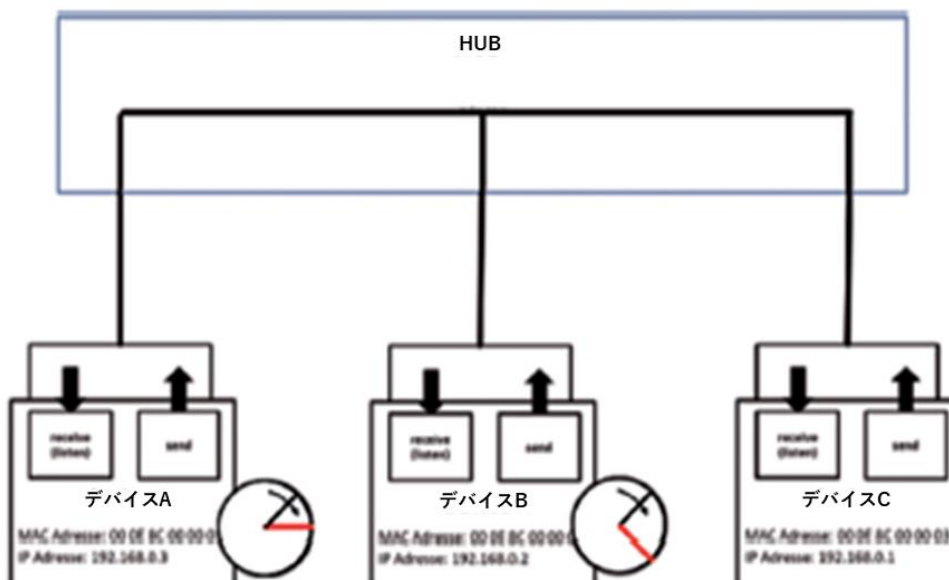


6.2 動作原理

フィールドバスで使われるマスター・スレーブ方式とは異なり、イーサネットの構成要素はすべて平等です。そのため、メッセージ交換時にネットワーク内で衝突が発生する可能性があります。各デバイスの「リスニング・メカニズム」は、他のデバイスがメッセージを送信しているかどうかを検出し、それに応じて待機します。しかし、たまたま2つのデバイスが同時に送信した場合、送信側のコンポーネントは衝突を検出し、送信プロセスを停止します。イーサネットは、回線が空いているかどうかを確認するために「リスニング」するランダムな待機時間の後、各コンポーネントは再びメッセージを送信しようとします。IEEE 規格によれば、イーサネット通信はランダムであり、時間確定性はありません。そのため、産業での使用方法に影響します。



イーサネットにおけるメッセージの衝突



異なるランダムな待機時間により、衝突が新たに発生するのを回避します。

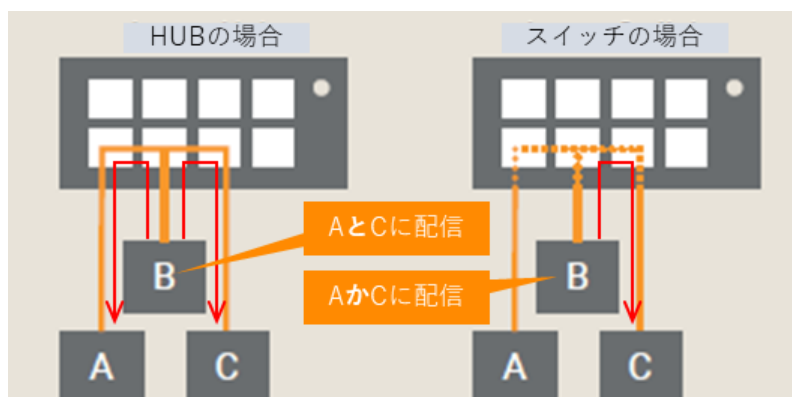
6.3 MAC アドレスとは

デバイスのネットワークカードやネットワーク接続はすべて、ユーザーが変更できない固有の MAC アドレスがあります。MAC とは、メディアアクセス制御(Media Access Control)の事で、MAC アドレスとは、製品 ID とネットワークカード番号で構成されます。例えば、MAC アドレスが[7C:F9:5C:A8:18:83]である場合、「7C:F9:5C」は 製品 ID、[A8:18:83]は特定のデバイスが持つコードとなります。各送信元、受信先の MAC アドレスは、すべてのイーサネットメッセージに含まれているため、受信者はそのメッセージが自分宛のものかどうか、また誰が送信したか、誰に返信すべきかを認識することができます。また、MAC アドレスは一つとして同じアドレスが存在する事はありません。



6.4 ネットワークコンポーネント

ローカルイーサネットネットワークでは、HUB とスイッチを使用してコンポーネントを相互接続します。各ネットワークコンポーネントでは、接続されているポート数が異なります。次の図では、HUB とスイッチのネットワークが示されています。



[HUB の場合]

独自の「知能」はなく、1つのポートで受信したメッセージをすべて、他のすべてのポートに配信します。受け取り手は自分のデータでなければ廃棄します。

[スイッチの場合]

接続されているコンポーネントの MAC アドレスを記憶し、イーサネットメッセージから宛先が接続されているポートを識別できます。スイッチは、メッセージを宛先のポートのみに送信します。そのため、スイッチに接続されているコンポーネントが多数ある場合は、同時に多くの接続が使用可能です。つまり、スイッチでは、ハブとは違い、必要のない送信や衝突を回避できます。

マネージドスイッチには、追加の機能で設定が可能です。例えば、個々のポートを非アクティブ化したり、特定のポートのみを相互接続する事が可能です。(いわゆる VLAN)

＜イーサネットスイッチ選定はこちらから👉＞



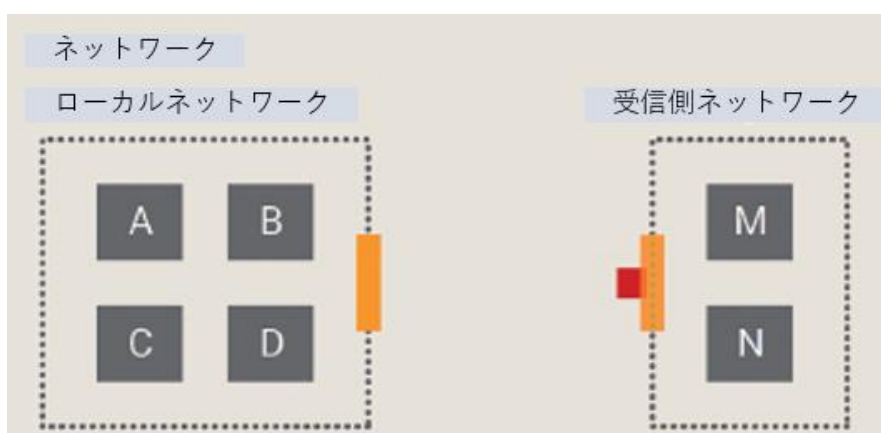
6.5 インターネットプロトコル(IP)とルーター

MAC アドレスは、ローカルネットワークでの通信には十分です。

MAC アドレスは、コンポーネントの明確な説明を提供していますが、それが配置されているネットワークは提供していません。

この機能は IP アドレスによって実行され、コンポーネントをローカルネットワークに帰属させることができます。メッセージの受信者がローカルネットワークの一部でない場合、送信者は IP アドレスを使ってローカルネットワークの外にメッセージを送信します。ローカルネットワークからの退出は、ルーターと呼ばれるデバイスによって可能になります。

ルーターは、ローカルネットワークから出ていくメッセージを受信し、宛先のアドレスを読み取って、宛先のネットワークにメッセージを転送します。



現在、インターネットプロトコル(IP)には、2つの標準があります。IPv4 とその後継 IPv6 です。プロトコルの各バージョンには、独自のアドレス形式があります(図を参照)。



[IPv4]

IPV4 アドレスは、

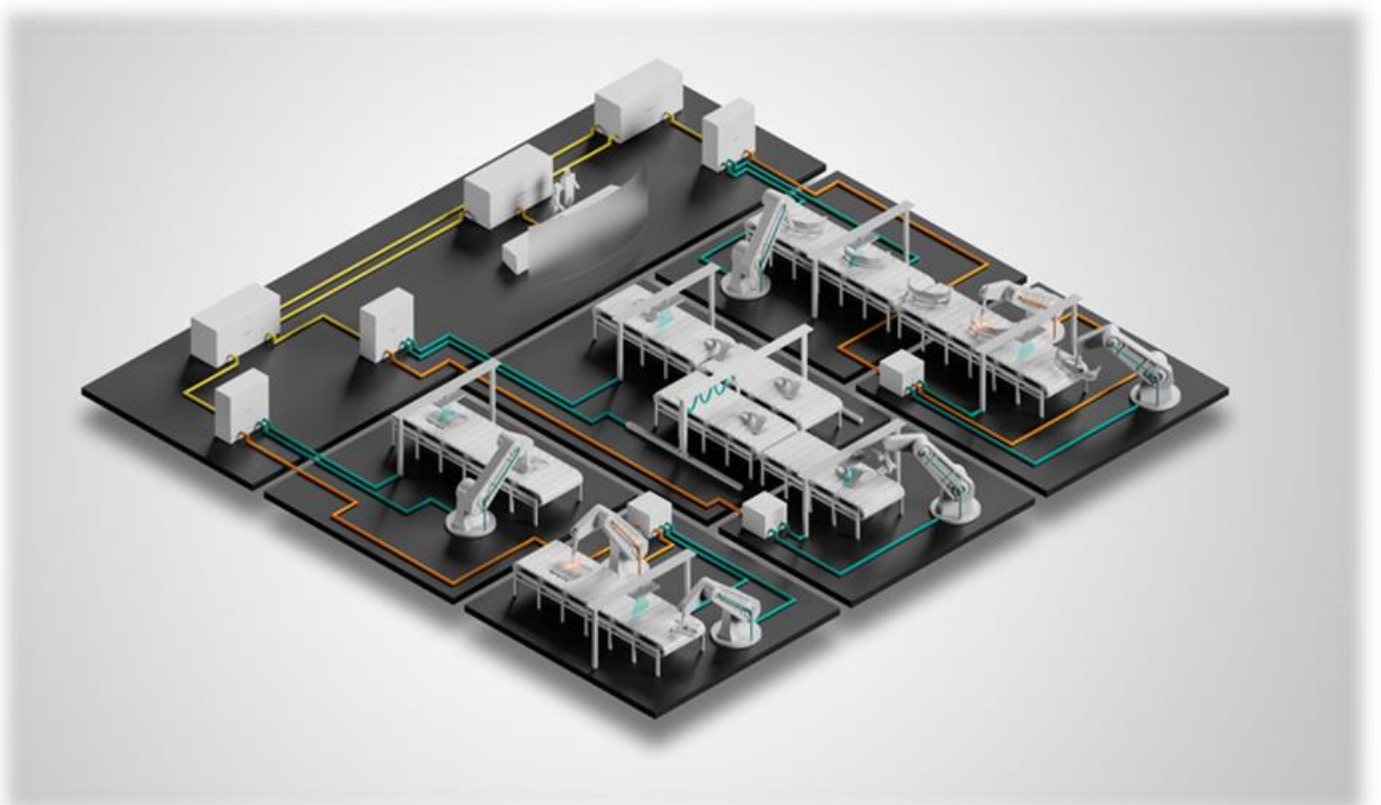
- ・数字の間にピリオドが付いた4つの10進数(0~255)で表示
- ・最大232通りのアドレス(43億)を保有
- ・通信速度が低下する事がある

[IPv6]

IPv6 アドレスは、

- ・コロンで区切られた 8 つのブロックに分割
- ・各ブロックには 0~65535 の番号を含む
- ・16 進形式 (0-9,A-F) で表示
- ・最大 2128 個のアドレス(約 340 澗= 3.4×10^{38})を保有

IPv6 が誕生した背景には、アドレス需要の急増があります。世界で最後の IPv4 アドレスは、2012 年に割り当てられました。2020 年までに 500 億台のデバイスがインターネットに直接接続されると予想されていました。



7. 通信ネットワーク編

目次

- 7.1 通信ネットワーク
- 7.2 ネットワークケーブル
- 7.3 M12コネクタ

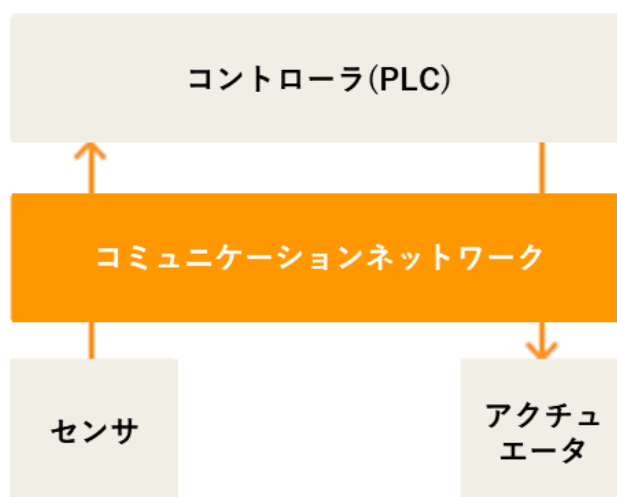
ファクトリーオートメーションで、重要な要素の一つ、通信ネットワークは、安全にかつ正確に設備を稼働する上で確実な構築が求められ、また、ケーブルや接続コネクタ構成も合わせて最適な選定が必要です。ここでは、ファクトリーオートメーションのネットワーク構成要素とケーブルやコネクタの選定ポイントを紹介しています。

7.1 通信ネットワーク

センサー、アクチュエータ、PLC(コントローラ)等で、機械システムや工場システムを構築するには、こうした構成要素すべてをまとめる通信ネットワークが必要です。

産業用通信ネットワークにおける重要な要素は次の通りです。

- アプリケーション依存のケーブルタイプ(可動用、耐熱用、屋外、ロボット用など)
- コネクタ(形状、IP性能、堅牢性など)
- ネットワークポロジ
- 伝送方式の分類:フィールドバス、またはイーサネット
- スイッチやI/Oモジュールなどのネットワーク構成要素



7.2 ネットワークケーブル

[ネットワークケーブルの構造]

一般的な、通信ネットワークのケーブルの構造は、以下図のように、大きく4区別されています。特にファクトリーオートメーション(FA)では、外的なメカストレスや環境、またノイズの影響を最大限に抑え、データを安全かつ安定して伝送できる、いわゆるタフな仕様である必要があります。ここでは、ファクトリーオートメーション(FA)で使用される一般的な通信ネットワークケーブルについて解説しています。



- ① 銅導体 電気を通す媒体
- ② 絶縁体 導体を保護し、電気性能を最大限に発揮させる役目
- ③ シールド 電磁干渉(EMC 対策)を担う役目
- ④ シース 電線を外的なメカストレスや環境から保護する役目

① 銅導体

銅導体(心線)は、電気エネルギーを伝送(電力供給)するか、電気インパルスを送信、いわゆるデータ通信する媒体です。

一般的に、導体は、高電気伝導率、伝導率の低温特性、高熱伝導率、高機械的強度がある銅やアルミニウムでできています。またスズ、金、銀、ニッケル製などのメッキコーティングもありますが、その役目は、多くの場合、金属面を腐食から保護する事を目的としています。そして、ネットワークケーブルの柔軟性は、以下表の導体の構造によって決まります。

アプリケーション	固定配線	移動配線	可動配線
配線例	ケーブルラック/建屋配線	パッチコード/盤内	ケーブルキャリア/ロボット
撚り線本数	/1	/7	/19
心線構造	単芯	7本撚り線	19本撚り線
断面図			

通信ネットワーク導体の最も単純な構造は単芯です。

単芯構造は、一定の外径があるため、断面が大きく高剛性があり、撚線構造より高柔軟性です。それぞれメリットデメリットがあるため、使用するアプリケーションによって導体構成も考慮する事も重要です。

単芯 → メリット： 高速で安定した伝送
 デメリット： ソリッド線の為、固定配線で使用

撚線 → メリット： 撚線の為、柔軟な取り回しが容易
 デメリット： 配線距離が長い場合、伝送が不安定

② 絶縁体

絶縁体とは、導体の保護/ショート(短絡)の回避、導体が電気信号を送るのを最大限にサポートする役割です。絶縁用のプラスチックは、電気伝導率がごくわずかで、吸水能力も低く、また高耐熱性、高耐摩耗性です。よく使用される絶縁体は、PVC、PE、XLPE、PP、PTFE、TPE です。

③ シールド

高周波では、ケーブル内の電線はアンテナのように機能します。つまり、ケーブルの周辺、例えば近くのケーブルに電磁界を放出し、また逆に電磁界を吸収します。そういった電磁界(ノイズ)からデータ伝送機能を保護するため、**シールド**が施され、EMC 対策を考慮しています。一般的なシールドと材質には、銅線(主に錫メッキ)で作られた編組シールドと、アルミニウム又は銅で作られたホイルシールドがあります。編組シールドは主に低周波干渉に対する保護、ホイルシールドは高周波干渉に対する保護を目的とします。

④ シース

ケーブルのシース(アウターシース/ジャケット/被覆)は、内部ケーブル構造を外的ストレスから保護する事を目的としています。耐油性、耐薬品性(酸、アルカリ)、メカニカルストレス(摩耗、捻じれ)、耐環境性(UV、オゾン)から保護します。ケーブルの耐久性には、シース材の適切な選択が重要です。一般的には、TPE、PUR、PVC などのプラスチックが挙げられます。



ケーブルは、動作条件やアプリケーション、周囲環境に適したものを選定する必要があります。選定には、次の基準を考慮する必要があります。

- 使用目的： ケーブルは電力供給用？または信号伝送用？
- 使用先： 必須規格、認証、通信速度は？
- 使用温度： 使用温度範囲？(電気伝導率、動作伝導率)
- アプリケーション： ケーブルは固定配線？または可動配線？
- 配線方法： 敷設方法、柔軟性、接続方法は？
- 使用環境： 耐油性、耐薬品性、耐湿性、非可燃性、耐 UV 性等

<ネットワーク(イーサネット/LAN)ケーブル選定はこちらから👉>



<https://e.lapp.com/jp/etherline-search>

7.3 M12 コネクタ

コネクタとは、取外し可能な接触域により、2つの伝送部品を互いに電氣的接続する電気部品です。電気接続が取外し可能であれば、機械及びプラントの設置、アプリケーションの柔軟性、移動時や設備の解体・組立、システム構成要素の修理とサービス、また取り扱いが簡単になるため、非常に重要です。

昨今、ネットワーク用途では、M12も多用されています。



[コネクタの構造]

コネクタは、インサート・ピン及びインサート・ソケットの2部分から構成され、ハウジングによって組み立てられます。

[コンタクト(接触域)]

取外し可能な接触域、つまりコンタクト(ピン・ソケット)の主な要件には、高導電性、高耐食性、高耐摩耗性が挙げられます。銅または銅合金は、導電性があるため、主に接触用に使用されます。腐食防止機能用に銀メッキや金メッキが施されたコンタクトが主流です。

[ハウジング]

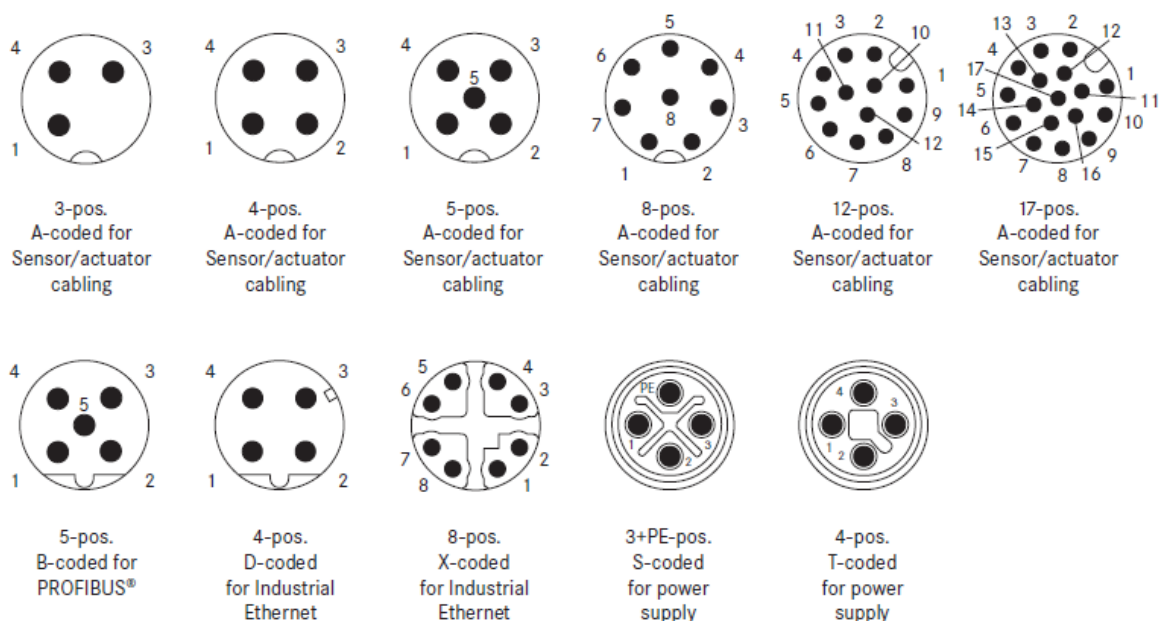
ハウジング(フード、カプラー、パネルマウントなど)の主な機能には、コネクタの機械的安定性の確保、電気接続の保護、電気シールド機能や環境適合性の確保などが挙げられます。ハウジングは、プラスチックまたはアルミ合金などの金属合金から成り立ちます。

[勘合面]

コネクタの接続面の形状は、勘合面と呼ばれ、丸型や角型の勘合面があります。コネクタのご挿入を防ぐために、key 溝コーディングを使用する事が一般的です。コーディングは、ピン数(極数)や断面形状など、ハウジングの形状によって適用されます。

[極数]

プラグのコンタクトの配置及び性質は、極数と呼ばれます。極数の定義は、同じシステムのコネクタのみを相互結合するために使用します。M12 コネクタ局数とコード表を以下に示します。



[電線接続方法]

はんだ付け

はんだ付けは、単芯と撚線の両方に使用できます。比較的安価で接続できますが、人のスキルに作用され、工数がかさむというデメリットもあります。

ネジ接続

ネジ接続とは、単芯及び撚線の両方の接続に使用でき、電線の取外し可能な接続方法です。ネジ接続では、特殊工具が不要で、手軽に出来る最も容易な接続方法です。

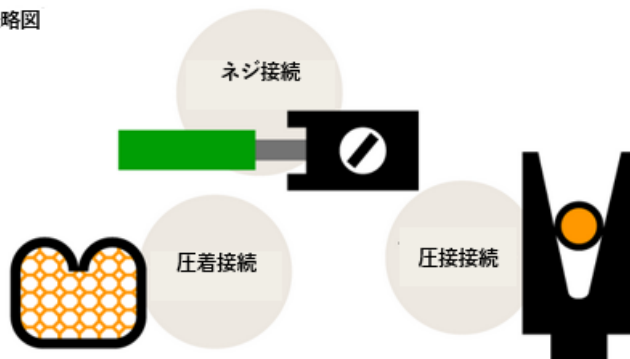
圧着

圧着コンタクトは、ケーブル導体及びコネクタの圧着接続部分の間を圧力嵌めする接続方法です。圧着は専用工具を使用します。

圧接

圧接では、電線の絶縁体を剥かず、単芯及び撚線の両方を接続できます。電線がコネクタの刃の隙間に押し込まれると、ケーブルの絶縁体が裂かれ、導体との接触圧力も確保されます。

概略図



<ネットワーク(イーサネット/LAN)コネクタ選定はこちらから👉>



<https://e.lapp.com/jp/c/connectors/data-connectors/ethernet-connectors?p=2>

8. 伝送媒体編

[目次]

- 8.1 銅ケーブル
- 8.2 コネクタ
- 8.3 PoE
- 8.4 光ファイバー
- 8.5 ワイヤレス

ファクトリーオートメーションのイーサネット環境で使用される伝送媒体、ケーブル、コネクタについて紹介しています。産業で使用される場合、ケーブルやコネクタについては、環境面も考慮が必要です。昨今使用頻度が増加傾向のワイヤレスについても解説しています。

8.1 銅ケーブル

主要なイーサネット伝送媒体は銅線です。銅線は光ファイバーと比較して、2つの利点があります。

- ケーブル加工(コネクタアッシー、端末処理)が容易
- 接続されたデバイスへ同時に電力供給が可能

ISO / IEC 11801-1 規格では、コンポーネント要件(ケーブル及びコネクタ)が指定されており、カテゴリとしてグループ化されています。(いわゆる Cat.) カテゴリの主な違いは、データ送信に使用できる周波数帯域と、周波数によって左右される伝送速度です。

規格	通信速度	電線ペア	距離	Cat. (通信速度カテゴリ)				
				5	6	6 A	7	8,1
100BASE-TX	100 Mbit/s	2	100 m	●	●	●	●	●
100BASE-T	1,000 Mbit/s	4	100 m	●	●	●	●	●
10GBASE-T	10Gbit/s	4	55 m		●	●	●	●
10GBASE-T	10Gbit/s	4	100 m			●	●	●
40GBASE-T	40Gbit/s	4	30 m				●	●

例): 40GBASE-T 規格の場合、要件を満たすことができるのは、カテゴリ CAT 8.1 のケーブル及びコネクタのみになります。(表を参照)。

[クロスセパレーター(十字介在)]

イーサネットケーブルは、フィールドバスよりも高い周波数(最大 2 GHz)で動作し、より高品質のシールドと、配線に関しても最大ケーブル長など考慮が必要です。黒ストーク等、ペア線同士が影響し合わないように、可動アプリケーションなどでは、プラスチック製のクロスセパレーター(十字介在)が使われる事もあります。



これにより、電線間に隙間を作ることができます。フィールドバスの場合、特性インピーダンスは非常に重要な電気特性であり、バスネットワーク上の特性インピーダンスは統一する必要があります。一方、銅ベースのイーサネットケーブルの場合は常に **100Ω オーム**であり、**通常は+/- 15%の許容誤差**です。



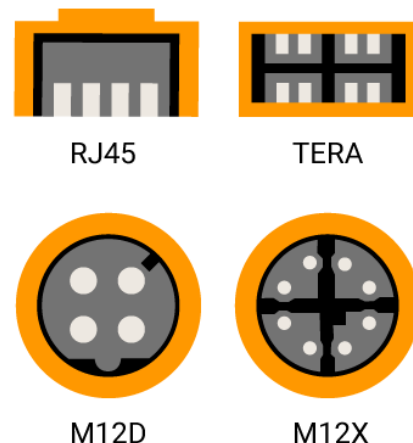
8.2 コネクタ

コネクタに関しては、RJ45 コネクタが標準として確立されています。

しかし、設計上、**RJ45 コネクタはカテゴリ 7、7A、8.2 には適していません。**

それは、コンタクト同士が非常に近く配置されているため、相互干渉が発生する可能性があるからです。カテゴリ 8.1 の制限値は、RJ45 が満たせるように意図的に定義されています。

いわゆるチャンバープラグなどの他のコネクタでは、干渉を最小限に抑えるため、個々のツイストペアを束ねることで、カテゴリ 7、7A、8.2 の厳しい制限値を満たすことができます。代表的なものでは、TERA や GG45 コネクタが挙げられます。GG45 コネクタは、コストが高く、互換性のある端末装置がないため、まだ広く市場浸透していません。これらのコネクタはすべて、保護等級 IP20 です。こうした中、比較的環境の悪い産業界でイーサネットを使用するためには、フィールドバスでも多用される **M12 コネクタを使用します**。通常、D コード(2 ペア(4 心))や X コード(4 ペア(8 心))が使用されます。



Power over Ethernet (PoE)

PoE (Power over Ethernet) とは、**データに加え、電力を同時に提供する技術**です。PoE は、基本的に 2 つの異なる方法で実現できます。電力は、データ送信に使用されているツイストペアに加えて、未使用のツイストペアで送信されます。

電力損失を最小限に抑えるために、電線の断面積は可能な限り大きい必要があります。またコネクタのコンタクトは、アーク放電に対する保護のために特別な設計にする必要があります。アーク放電は通電中にケーブルを引き抜いた場合などに発生する可能性があります。保護されていない場合、アーク放電によりコンタクトが損傷して、データ伝送に障害が発生するリスクがあります。

Power over Ethernet	規格	リリース	出力	アンペア数/ツイストペア
PoE	IEEE 802.3af	2003	15,4 W	350 mA
PoE+	IEEE 802.3at	2009	25,5 W	600 mA
4PPoE (bzw. „PPoE++“) A	IEEE 802.3bt	2018	51 W (71 W)	600 mA (960 mA)

(15.4W→25.5W→51W)。4PPoE では、ツイストペアすべてが給電に使用されます。

8.3 光ファイバー

[光ファイバーケーブルとは]

石英ガラスやプラスチックのコア(芯)を持ち、ベースバンド方式に対するブロードバンド方式で、信号を光キャリアに載せて長距離まで伝送できるケーブルです。ただし、銅線を使う電線・ケーブルに比べ、ガラスをコア(芯)にする分、メカストレスに弱いので、介在や各種耐性のあるシース、補強材などを入れて、強度のあるケーブルに仕上げている場合が多くあります。

[光ファイバーケーブルの特長]

産業界やインフラストラクチャー、一般家庭にまで使用される光ファイバーは、信号を伝送する上で、銅線を通信媒体にする電線・ケーブルに比べ、決定的な特長があります。

[特長]

- ・信号の減衰が少ない
- ・ノイズの影響を受けない
- ・長距離、大容量伝送が可能
- ・接続デバイスとの電氣的絶縁
- ・軽量
- ・爆発危険区域でも配線可能

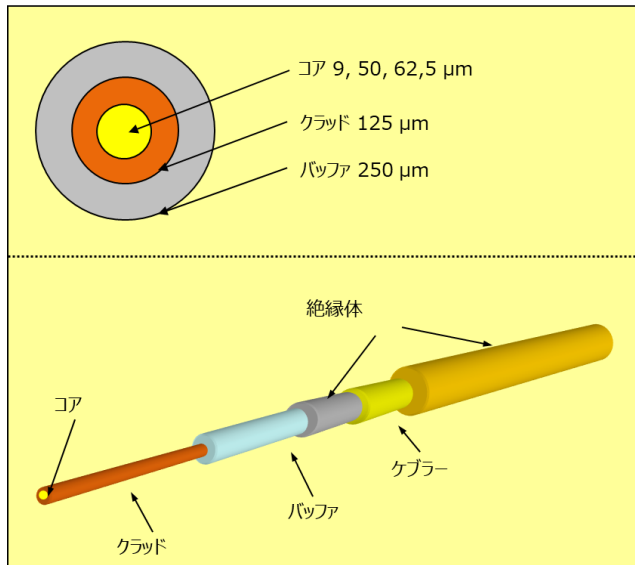


[光ファイバーケーブルの種類]

光ファイバーケーブルには3種類の構造があります。伝送速度や、伝送距離によって選定が異なります。ここでは、3種類、GOF,POF,PCF の解説をします。

GOF(Glass-Optical-Fiber)

耐久性のある石英ガラスを使用した光ファイバーケーブルです。屋内、屋外及び産業向けに SIMPLEX・DUPLEX 共にラインナップし、マルチモードでは OM1～OM4、シングルモードでは OS2 がご利用いただけます。さらに産業用途で、屈曲、可動用ケーブルも設計されています。



コア:
• 50μm、62,5μm → マルチモード
• 9μm → シングルモード

クラッド:
• 125 μm
• 全反射マルチモード (step index)
• 反射マルチモード (graded index)
• wave conductor SM (step index)

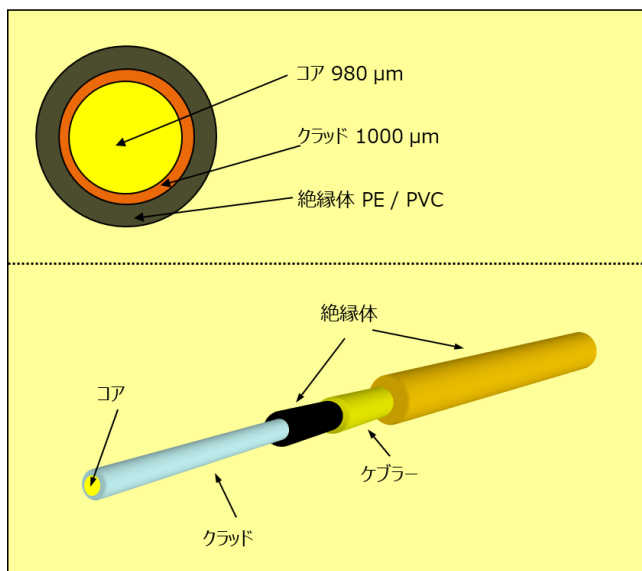
バッファ:
• 250 μm
• ダメージ保護

ケブラー:
• アラミド繊維
• ストレインリリーフ

絶縁体:
• メカストレス保護

POF(Plastic-Optical-Fiber)

低速、近距離向けにプラスチック製のコアを使用した、光ファイバーケーブルです。コア自体もプラスチックな為、柔軟性に優れ、機械周りの可動部での使用などに好適です。SIMPLEX 及び DUPLEX の両方をラインナップしています。



コア:
• 980 μm
• アクリル樹脂 (PMMA)

クラッド:
• 1000 μm
• フッ素ポリマー

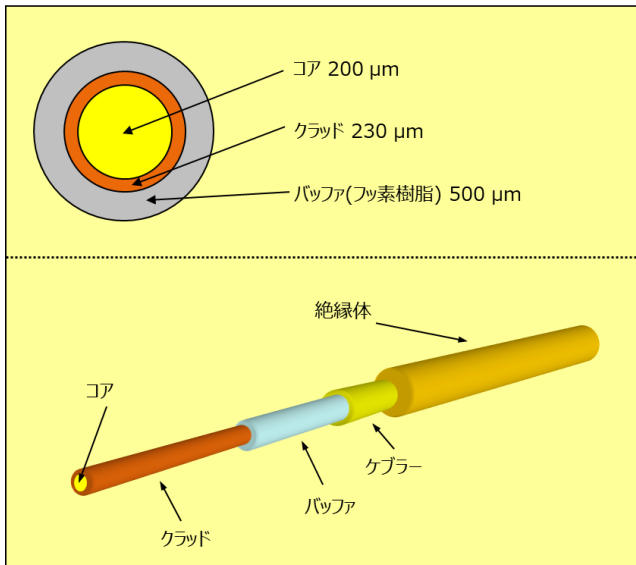
絶縁体:
• ダメージ保護
• PE / PVC

ケブラー:
• アラミド繊維
• ストレインリリーフ

絶縁体:
• メカストレス保護

PCF(Plastic-Cladded-Fiber)

中速、中距離向けに石英ガラス製のコアに、フッ素樹脂をクラッドに使用した、光ファイバーケーブルです。コアが石英ガラスの為、POF に比べ、伝送損失も少なく、最大 70m の伝送距離に使用可能です。また、機械周りの可動部用に PE バッファチューブ付での使用などに好適です。SIMPLEX 及び DUPLEX の両方をラインアップしています。



コア:
• 200 μm
• 石英ガラス

クラッド:
• 230 μm
• プラスチック

バッファ(テフロン):
• 500 μm
• フッ素樹脂
• ダメージ保護

ケブラー:
• アラミド繊維
• ストレインリリーフ

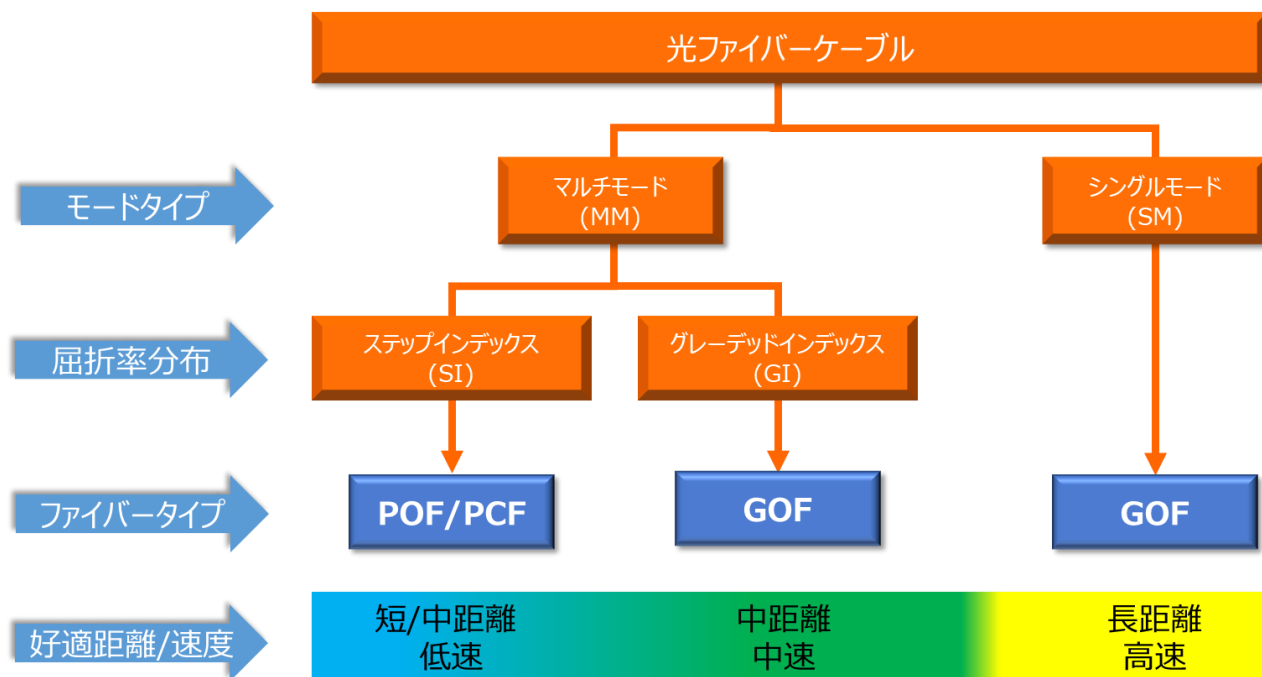
絶縁体:
• メカストレス保護

<光ファイバーケーブル選定はこちらから👉>



光ファイバーケーブルの分類

光ファイバーケーブルといっても、アプリケーションや通信距離によって、選定するケーブルが異なります。LAPPの光ファイバーケーブル分類としては、以下のようなツリーで表すことができます。



[モードタイプ]

[マルチモード(Multi-Mode)]

光の屈曲を利用して進めるモードで、短距離から中距離伝送に好適です。

[シングルモード(Single-Mode)]

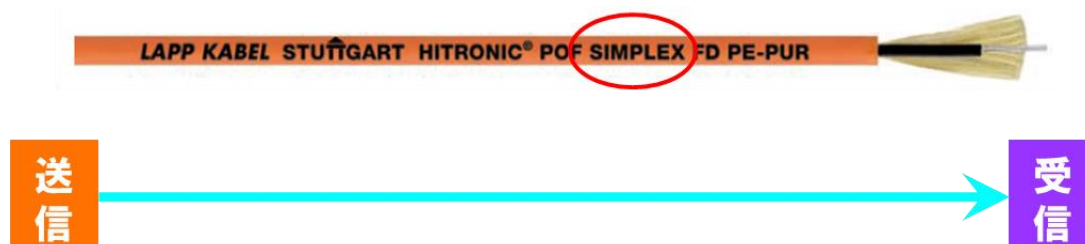
光を直線的に進めるモードで、長距離伝送に好適です。

[データ伝送タイプ]

[シンプレックス(SIMPLEX)]

データ伝送 1 方向(単方向)タイプ:送信側はデータ伝送のみで、データ受信は出来ません。

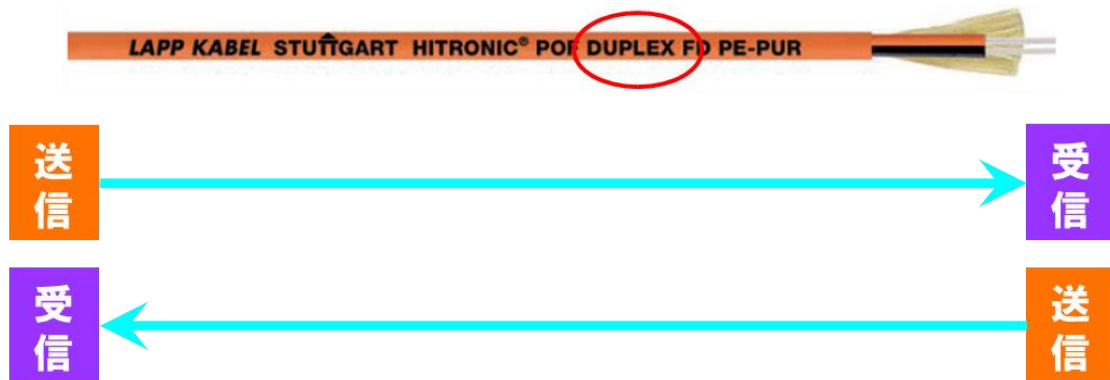
例)テレビ配信、センサー出力



[デュプレックス(DUPLEX)]

データ伝送双方タイプ: 送信側も受信側も同時にデータ送受信が出来ます。

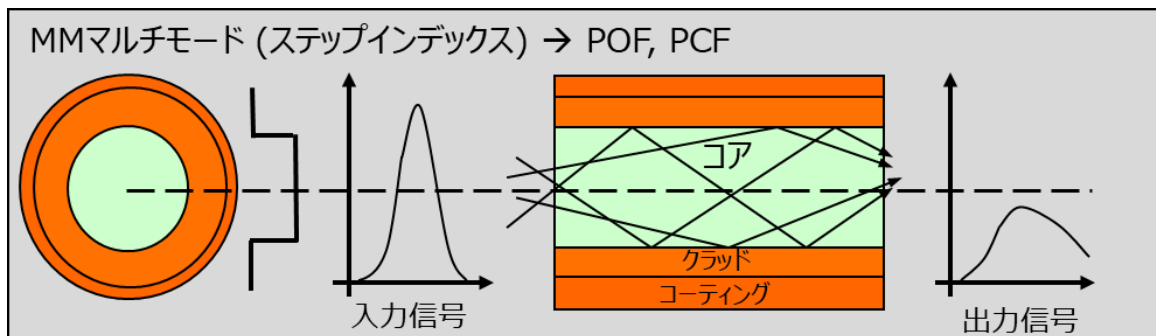
例) イーサネットスイッチ、サーバー



[屈折率分布]

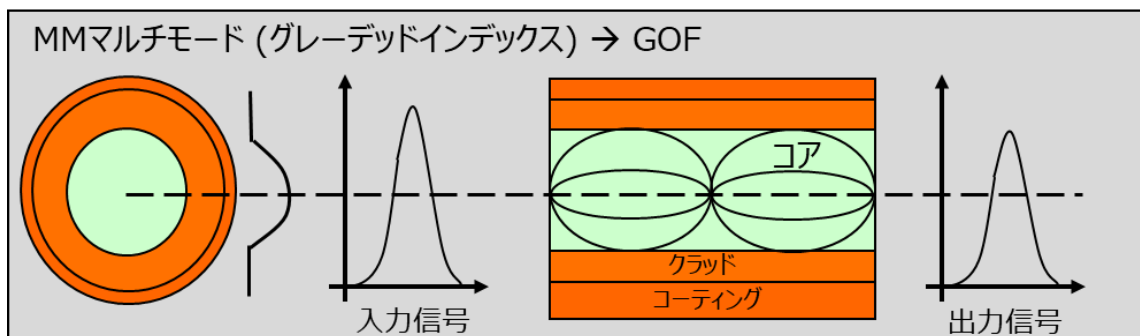
[ステップインデックス(Step-Index)-マルチモード]

光の屈折率の高いコア(芯)を進む光は、光の屈折率の低いクラッドと呼ばれるガラスに反射されながら進みます。そして、光の入射角度によって光の進み方が変わり、ジグザグに伝搬します。入射波は、同時に同じ速度で、進みますが、鋭角や鈍角で入射した光は伝搬に差異ができ、出力到達の時間が異なりモーダル分散と呼ばれる時間分散が発生します。その結果、符号間干渉発生や、ビット誤り率が増加するため、短距離、低速(8MB/s 以下)の通信システムで使用されることが多くなります。



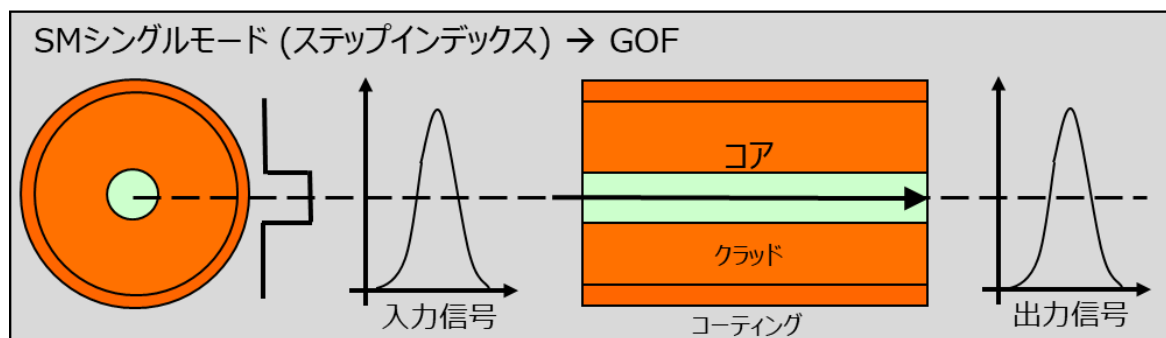
[グレーデッドインデックス(Graded-Index)-マルチモード]

グレーデッドインデックスは、ステップインデックスのような伝搬信号の歪みを改善し、大幅な帯域幅を確保しています。屈折率が緩やかになり、屈折率は中心から徐々に減少し、クラッドと同じ値に減少します。光は正弦波振動で進みます。通常、中距離及び、比較的高速(34~140MB/s)のアプリケーションに好適です。



[ステップインデックス(Step-Index)－シングルモード]

ファイバのコア(芯)径を細くし、モードをシングルにする事によって、高帯域幅に対応した長距離通信(1km[~])に最適な光ファイバです。パルスの広がりや、マルチモード分散の制限がありません。



光ファイバーケーブルの伝送距離と速度

以下表は、各光ファイバーケーブルの種類によって伝送距離と速度を以下表に示します。

光ファイバー種類			最大減衰量(dB/km)				最大伝送距離(m)			
			650nm	850nm	1300nm	1550nm	650nm	850nm	1300nm	1550nm
POF	SIMPLEX/DUPLEX	980μm	160	—	—	—	100Mbit/s: 50	—	—	—
PCF	PCF	200μm	10	8	—	—	100Mbit/s: 100	—	—	—
GOF	MMマルチモード	OM1(62.5μm)	—	3.5(3.0)	1.5(0.7)	—	—	100Mbit/s: 550 1Gbit/s: 275 10Gbit/s: 33	100Mbit/s: 2,000 1Gbit/s: 550 10Gbit/s: 300	—
		OM2(50μm)	—	3.5(2.5)	1.5(0.7)	—	—	100Mbit/s: 550 1Gbit/s: 550 10Gbit/s: 82	100Mbit/s: 2,000 1Gbit/s: 550 10Gbit/s: 300	—
		OM3(50μm)	—	3.5(2.5)	1.5(0.7)	—	—	1Gbit/s: 1,000 10Gbit/s: 300 40Gbit/s: 100 100Gbit/s: 100	1Gbit/s: 550 10Gbit/s: 300	—
		OM4(50μm)	—	3.5(2.5)	1.5(0.7)	—	—	1Gbit/s: 1,100 10Gbit/s: 550 40Gbit/s: 150 100Gbit/s: 150	1Gbit/s: 550 10Gbit/s: 300	—

光ファイバーコネクタ

光ファイバー回線は、通信方向に対して1本の導体を使用します(シンプレックス)。このため、2本の回線を組み合わせてペアを形成し、データを送受信できるようにします(各方向に1回線でデュプレックスになります)。最も一般的なコネクタはLCコネクタ(ランパートコネクタ)です。サイズが小さいため、SCコネクタ(Subscriber connector)に取って代わりました。

側面図



LC コネクタ

上面図



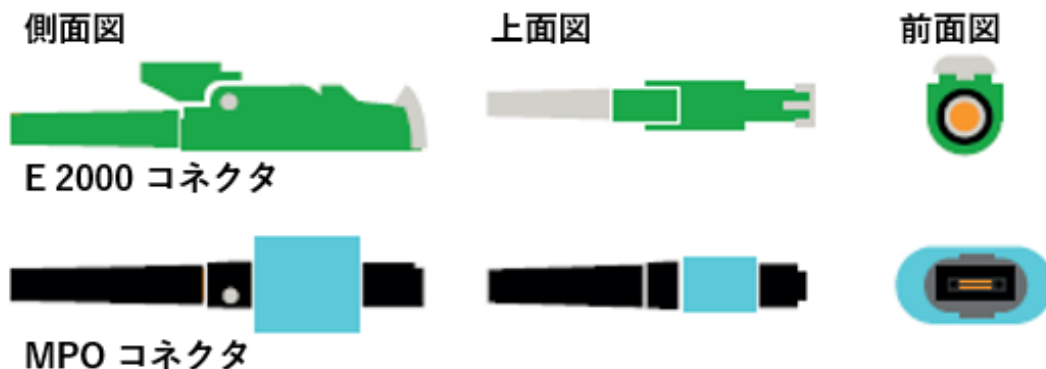
前面図



SC コネクタ



E2000 というコネクタには、リリースタブと、コネクタを接続すると自動的に開く保護キャップがあります。シングルモードとマルチモードの両方に使用できます。MPO コネクタ(マルチファイバー プッシュオン、英: Multiple-Fiber Push-on)は最大 32 ファイバーをまとめることができ、主にデュプレックスパッチケーブルの代替として、また光ファイバー回線がグループ化されるアプリケーションに使用されます。



8.4 ワイヤレス

データはケーブル(銅ケーブルや光ファイバーケーブルなど)を介して送信する必要は必ずしもありません。Bluetooth、LTE、WLAN などを使用して、空気を介して伝送することも可能です。

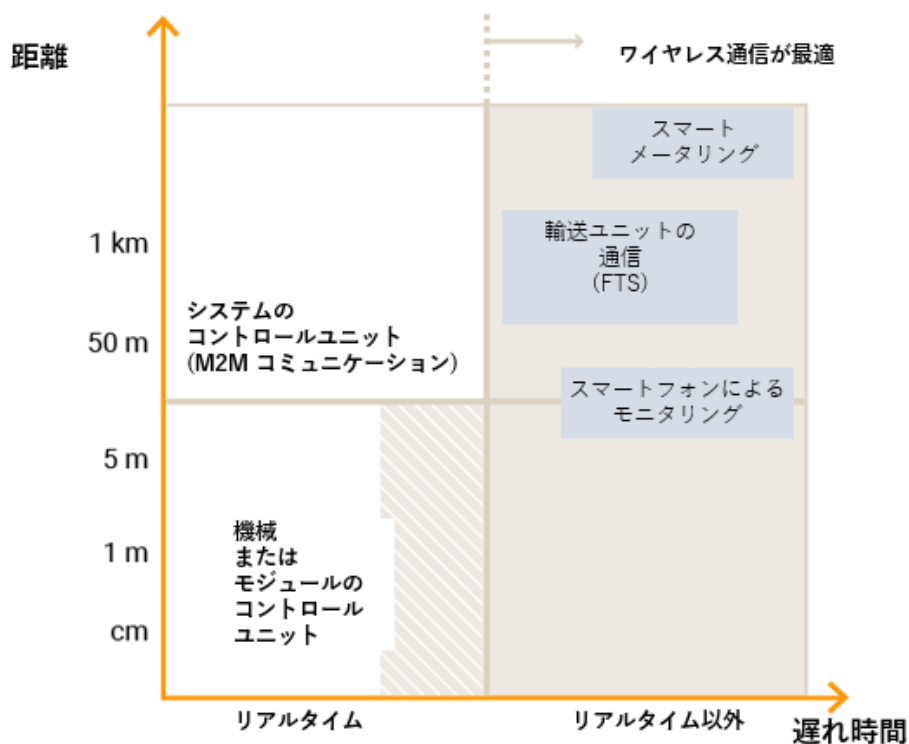
[ワイヤレス伝送の制限]

空気は一般的に共有媒体として認識されています。つまり、ハブなどと同様に、複数のデバイスによりワイヤレス通信に衝突が発生する可能性を否認しません。ユーザー数が増えると、各ユーザーが利用できる伝送容量が減少することになります。他のタイプの無線伝送(軍用・警察無線など)への干渉を回避するために、民間用には特定の無線周波数が定義されています。2.4GHz と 5GHz の周波数範囲が、世界中の無線 LAN に使用されています。日本をはじめ、米国やヨーロッパなど様々な国で上記の周波数範囲に制限が適用されます。伝送はいわゆるチャネルを介して行われます。最近の規格では、高通信速度を実現するために、複数のチャネルをバンドルできます。

[ケーブル伝送とワイヤレス通信の違いとは]

ワイヤレス通信は、柔軟性とモビリティが重要な場合に適しています。しかし、将来、ワイヤレスデータ伝送がケーブルに完全に取って代わるわけではありません。長距離、信頼性の高いデータ伝送、エネルギー効率、リアルタイム機能が必要な場合、ケーブルを介した通信はワイヤレス通信と比べ、非常に優れています。また、一般的にケーブルは故意の干渉を受けにくい傾向があります。これは、5G などの新しいワイヤレス規格でも変わりません。

ワイヤレス通信はケーブルベースのシステムに置き換わることはありませんが、特別な要件がある場合にはケーブルベースのシステムを補完できます。



[イーサネットワイヤレス規格]

イーサネット規格を担う IEEE ワーキンググループ (WG) 802 も、100BASE-T 規格 (IEEE 802.3 の一部) とほぼ同時に無線 LAN 規格 (IEEE 802.11) を承認しました。それ以来、技術が進歩した結果、多くの新しい無線 LAN 規格が誕生しました。表には、重要な標準を示されています。

規格	周波数	チャンネルバンドリング	最大範囲	最大伝送速度
802.11a	5 Ghz	1 チャンネル (20 Mhz)	120 m (屋外)	54 Mbit/s
802.11g	2.4 Ghz	1 チャンネル (20 Mhz)	140 m (屋外)	54 Mbit/s
802.11n	2.4 Ghz/5 Ghz	2 チャンネル (40 Mhz)	250 m (屋外)	600 Mbit/s
802.11ac	5 Ghz	8 チャンネル (160 Mhz)	35 m (屋内)	3,466 Mbit/s
802.11ad	60 Ghz	108 チャンネル (2160Mhz)	3,3 m (屋内)	6,757 Mbit/s

※:本資料は、2023年8月時点での参考情報であり、最新情報、変更点等は都度専門機関にお問い合わせください

LAPPは、ドイツに本社を置く、産業用ケーブルメーカーです。あらゆる海外規格やアプリケーション規格に対応したドイツ製の電線・ケーブル・ケーブルグランド・各種コネクタが総数約4万点をラインナップしています。

日本法人LAPP JAPAN株式会社では、グローバルネットワークを生かして、ケーブルやコネクタ、ケーブルグランドに関する単品の販売とサービス、またパッチケーブル・ハーネスまでアプリケーション毎に最適なトータルソリューションを提供しています。

お問い合わせ:

☎:03-4520-6245

✉:sales.jp.ljp@lapp.com

詳しくはLAPPウェブサイト
をご覧ください。

www.lapp.co.jp

