



PROFINET

設計ガイドライン

Version 1.14

2014年12月

注文番号 : 8.062

PROFINET 注文番号 : 8.062 (英語版オーダー番号)

**本書は、PROFIBUS User Organization の「設置ガイド」 (CB/PG3) ワーキンググループ
によって作成されました。**

発行者 :

**PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO)
Haid-und-Neu-Str.7
76131 Karlsruhe
Germany**

電話 : +49 721 / 96 58 590

Fax : +49 721 / 96 58 589

info@profibus.com

www.profinet.com

**発行者は、本書の抜粋および全体の再印刷、再製 (写真複写、マイクロフィルム)、データ
処理システムへの保存、および翻訳を含むすべての権利を有しています。**

本ガイドラインは

**PROFINET Design Guideline
Version 1.14
December 2014
Order No.: 8.062**

**を特定非営利活動法人 日本プロフィバス協会にて、日本語に翻訳したものです。
日本語版と原本の間に相違があるときは原本を正とします。**

2017 年 11 月発行

改訂履歴

版	改定日	変更内容／履歴
1.04	2010年11月18日	最終版
1.05	2013年6月11日	内部版、非公開
1.06 ~ 1.10	---	内部版、非公開
1.11	2014年8月5日	PoE および4対ケーブル。パフォーマンスの検討の拡充。 レイアウトをDIN A4に変更
1.12	2014年11月16日	A.V.による英語版の修正およびコメントの追加内部版、 非公開
1.13	2014年11月20日	WG議長によるレビュー・コメントの反映
1.14	2014年12月30日	諮問委員会によるレビュー・コメントの追加

目次

1	はじめに	12
1.1	序文.....	13
1.2	免責.....	14
1.3	PNO 文書.....	15
1.4	参考規格.....	16
1.5	記号とその意味.....	18
1.5.1	テキストを構造化する記号.....	18
1.5.2	部品の記号.....	19
1.5.3	PROFINET ケーブルの記号.....	21
1.5.4	区域の記号.....	22
1.6	設計プロセスの文書化のテンプレート.....	23
1.7	このガイドラインの構造について.....	24
1.8	ガイドラインの目的.....	26
2	解析および予備考察	27
2.1	オートメーション・コンセプトの決定.....	29
2.2	デバイスの選択.....	33
2.2.1	PROFINET の適合クラス.....	34
2.2.2	特別なタイミング要件.....	36
2.2.3	さらなるデバイスの選択基準.....	39
2.3	デバイス・タイプの定義.....	46
2.4	結果の文書化.....	48
3	ネットワーク・トポロジー	49
3.1	PROFINET のトポロジー.....	51
3.2	使用できる伝送媒体.....	55

3.2.1	PROFINET 銅線	57
3.2.2	PROFINET 光ファイバ・ケーブル	64
3.2.3	必要なコネクタの選択	71
3.3	プライマリ・インフラストラクチャの推奨デバイス	74
3.4	ネットワーク・トポロジーの定義	75
3.5	トポロジーの確認と調整	80
3.6	トポロジーの文書化	81
4	特別な設計事項	83
4.1	「高速起動」の使用	85
4.2	既存のケーブル設備の利用	86
4.3	上位ネットワーク（企業ネットワーク）への接続	87
4.4	ファームウェア・レビジョン・レベルの決定	89
4.5	ネットワーク診断用アクセス・ポイントの計画	90
4.6	4対ケーブルの使用	92
4.7	ネットワーク・トポロジーの修正の文書化	93
5	パフォーマンスの検討	94
5.1	PROFINET の転送サイクル	96
5.1.1	PROFINET パケットおよびスイッチング技術の優先度	96
5.1.2	更新時間	97
5.1.3	ネットワーク負荷	100
5.1.4	処理チェーンの応答時間	102
5.2	IOサイクルの計画	106
5.2.1	更新時間の計画	106
5.2.2	PROFINET 通信の監視の定義	108
5.3	計画のネットワーク・トポロジーのパフォーマンスの確認	111
5.3.1	ライン深度の確認	111

5.3.2	周期的なリアルタイムのネットワーク負荷の確認.....	115
5.3.3	非リアルタイムのネットワーク負荷の確認.....	119
5.4	設定の文書化.....	123
6	追加機能の計画.....	124
6.1	可用性の向上.....	126
6.2	ワイヤレス伝送技術.....	132
6.3	POWER OVER ETHERNET.....	135
7	デバイスのパラメータの定義.....	136
7.1	名前の割り当て.....	138
7.2	IPアドレスのプランニング.....	140
7.3	PROFINET プラントの例.....	143
8	まとめ.....	151
9	付録.....	153
9.1	アドレス.....	154
9.2	用語集.....	154
9.3	PROFINET 銅線の詳細.....	155
9.4	PROFINET 光ファイバの詳細.....	167
9.5	コネクタの選択.....	172
9.6	配線の例.....	186
9.7	スイッチの選択.....	193
9.8	電源.....	199
9.9	ネットワーク負荷計算ツール.....	206
10	索引.....	212

図一覧

図 1-1 : 設計構造	24
図 2-1 : コンポーネントを事前配置したプラントの平面図	30
図 2-2 : 特別な割り当てを含むプラントの配置図の例.....	31
図 2-3 : 適合クラスの分類と内容.....	35
図 2-4 : 通信のタイミング要件の範囲.....	38
図 2-5 : PROFINET による PROFIsafe の使用	42
図 2-6 : 一体型スイッチと独立したスイッチの違い	43
図 2-7 : デバイスの予備選択によるプラントの配置の例.....	46
図 3-1 : スター型トポロジー	52
図 3-2 : ツリー型トポロジー	53
図 3-3 : スwitchを内蔵したライン型トポロジー.....	54
図 3-4 : EMI 環境での光ファイバ技術の適用.....	64
図 3-5 : トポロジーの例	74
図 3-6 : ファクトリー・オートメーションの例	77
図 3-7 : マシン・オートメーションの例	78
図 3-8 : プロセス・オートメーション・プラントの例.....	79
図 3-9 : 暫定的なトポロジーのプラントの例.....	82
図 4-1 : PROFINET による「高速起動」の実装	85
図 4-2 : 企業ネットワークに接続するプラントの例	87
図 4-3 : TAP を介したデータ・ストリームの読み取り.....	90
図 5-1 : PROFINET でのリアルタイム通信の優先度	96
図 5-2 : PROFINET の転送サイクル	97
図 5-3 : 転送サイクル 4 ms、コントローラの転送クロック 1 ms のときのネットワーク 負荷.....	98
図 5-4 : 転送サイクル 4 ms、コントローラの転送クロック 4 ms のときのネットワーク 負荷.....	98
図 5-5 : 転送サイクル中のネットワーク負荷の発生の例.....	100

図 5-6 : 処理チェーンのサイクル	102
図 5-7 : 処理チェーンにおけるサイクルの例、最短応答時間	102
図 5-8 : 処理チェーンにおけるサイクルの例、最長応答時間	103
図 5-9 : 更新時間およびネットワーク・ノード数の関数としての周期的な PROFINET ネットワークの負荷 (一般的な PROFINET パケット)	106
図 5-10 : エラーしきい値が 3 の場合の通信の問題	108
図 5-11 : 低いしきい値 (3、左) と高いしきい値 (10、右) の比較	109
図 5-12 : ライン深度の例	111
図 5-13 : ライン深度を縮小した例	113
図 5-14 : コントローラが 1 台の場合のネットワークの負荷分散の例	115
図 5-15 : コントローラが複数台の場合のネットワークの負荷分散の例	116
図 5-16 : 標準 Ethernet ノードを含むトポロジーの例	119
図 5-17 : 標準 Ethernet ノードの統合	121
図 5-18 : ネットワーク負荷が軽減され、最適化されたトポロジー	122
図 6-1 : ライン型トポロジーにおけるデバイスの交換	126
図 6-2 : スター構成またはツリー構成でのデバイスの交換	127
図 6-3 : ライン型トポロジーのリング構成へのアップグレード	127
図 6-4 : 高可用性プラント・ネットワーク	129
図 6-5 : ワイヤレス伝送技術の使用	132
図 6-6 : Power over Ethernet によるトポロジーの制限	135
図 7-1 : PROFINET IO デバイス (出荷時の状態)	138
図 7-2 : PROFINET IO デバイス (アドレスの割り当て)	140
図 7-3 : プラント例の全体構造	143
図 9-1 : PROFINET ケーブル・タイプ A	161
図 9-2 : PROFINET PE ケーブル	162
図 9-3 : PROFINET 接地ケーブル	163
図 9-4 : 巻取ケーブル	164
図 9-5 : フェスツー用ケーブル	165
図 9-6 : PROFINET 光ファイバ・ケーブル	170

図 9-7 : PROFINET FO 巻取ケーブル.....	171
図 9-8 : 一般的な IP65 定格の RJ45 プッシュプル・コネクタ	175
図 9-9 : 一般的な IP20 定格の RJ45 プッシュプル・コネクタ	175
図 9-10 : 一般的な D コード M12 コネクタ.....	176
図 9-11 : 一般的な M12 TypeX コネクタ	176
図 9-12 : 一般的な IP20 定格の SCRJ プッシュプル・コネクタ	178
図 9-13 : 一般的な IP65 定格の SCRJ プッシュプル・コネクタ	179
図 9-14 : 一般的な M12 ハイブリッド・コネクタ	179
図 9-15 : IP20 環境での トップ・ハット・レール取り付け用 RJ45 分配モジュール.....	182
図 9-16 : IP65 / IP67 環境用 RJ45 接続ソケット	182
図 9-17 : キャビネットで使用するための RJ45 プッシュプル・バルクヘッド・ コネクタ	184
図 9-18 : キャビネットで使用するための M12 バルクヘッド・コネクタ.....	185
図 9-19 : 銅線による配線の例	186
図 9-20 : FO 配線の例	188
図 9-21 : シングルモード光ファイバ・ケーブルの減衰バランスの図.....	190
図 9-22 : POF FO リンクの減衰バランスの図	191
図 9-23 : フローチャート : 接地方法の選択.....	202
図 9-24 : システム・グラウンドの複数接地.....	204
図 9-25 : システム接地のゼロ電位を監視する計測装置.....	204
図 9-26 : ネットワーク負荷計算ツールのユーザ・インタフェース	206
図 9-27 : 平均値を使用したネットワーク負荷の計算	208

表一覧

表 1-1 : テキストを構造化する記号	18
表 1-2 : 部品の記号.....	19
表 1-3 : PROFINET ケーブルの記号	21
表 1-4 : 区域の記号.....	22
表 2-1 : PROFINET のデータ・チャネル	36
表 2-2 : アプリケーションと通信の違い	37
表 2-3 : PROFINET デバイスの接続技術	41
表 2-4 : 2つのスイッチ接続オプションの利点	44
表 3-1 : PROFINET ケーブルの最小限必要な分離距離.....	61
表 3-2 : 各種ファイバの固有減衰	65
表 3-3 : 各種光ファイバで実現できる伝送リンク	66
表 3-4 : PROFINET エンドツーエンド・リンクの最大許容減衰	67
表 3-5 : スプライスとコネクタ・ペアの減衰	68
表 3-6 : 異なる種類のファイバの使用.....	69
表 3-7 : 伝送リンクの長さとはコネクタ・ペア (銅)	72
表 3-8 : 伝送リンクの長さとはコネクタ・ペア (FO)	73
表 5-1 : 「ストア・アンド・フォワード」スイッチの最大ライン深度	112
表 5-2 : 「カットスルー」スイッチの最大ライン深度.....	112
表 5-3 : 周期的なリアルタイムのネットワークで発生する負荷 (一般的な PROFINET の packetsize である 60 バイトのペイロード・データ、100 Mbps)	117
表 5-4 : 周期的なリアルタイムのネットワーク負荷の制限値.....	118
表 7-1 : プライベート IPv4 アドレスの範囲.....	141
表 7-2 : PROFINET ネットワーク・ノード数の概要	145
表 7-3 : オートメーション・プラント 1 のアドレス選択.....	149
表 9-1 : PROFINET タイプ A 銅線のケーブル・パラメータ	155
表 9-2 : PROFINET タイプ B 銅線のケーブル・パラメータ	156
表 9-3 : PROFINET タイプ C 銅線のケーブル・パラメータ	156

表 9-4 : PROFINET 8 芯タイプ A 銅線のケーブル・パラメータ	157
表 9-5 : PROFINET 8 芯タイプ B 銅線のケーブル・パラメータ	157
表 9-6 : PROFINET 8 芯タイプ C 銅線のケーブル・パラメータ	158
表 9-7 : PROFINET 銅線の機械的特性	159
表 9-8 : シングル/マルチモード FO の機械的特性	167
表 9-9 : POF 光ファイバの機械的特性	168
表 9-10 : PCF 光ファイバの機械的特性	168
表 9-11 : FO ケーブルの種類	170
表 9-12 : 銅線による配線の部品表	187
表 9-13 : FO による配線の部品表	189
表 9-14 : シングルモード・ファイバのリンク全体の減衰の計算	191
表 9-15 : 高分子ファイバ・リンク全体の減衰の計算	192

1 はじめに

1.1 序文

この PROFINET 設計ガイドラインの目的は、PROFINET オートメーション・システムを設計するエンジニアを支援し、工場の設計を容易にし、工場の段階的な設計に役立つ手引きとして利用していただくことです。

情報は、できるだけ簡潔に分かりやすい方法で提供されています。ただし、利用者が PROFINET 技術、電子工学、ネットワーク技術の基礎知識を持っていることを前提としています。

このガイドラインは、PROFINET の概説書ではありません。PROFINET に関する詳細が必要な場合は、PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.が発行する文書などの技術文献を参照してください。PROFINET の設置およびコミッショニングについては、このガイドラインでは説明しません。詳細は PROFINET Installation Guideline（注文番号：8.072）および PROFINET Commissioning Guideline（注文番号：8.082）を参照してください。

この設計ガイドラインは以前の文書に置き換わるものではありません。用途を中心に他のガイドラインを補足するためのものです。よって、以前の PNO 文書は引き続き有効です。

1.2 免責

PROFIBUS User Organization は、本書の作成に細心の注意を払い、知識の及ぶ限り、すべての情報を取りまとめています。ただし、本書は現在の知識に基づいており、情報提供の特性を持ち、免責で提供されています。よって、本書は、将来言及なしに変更、拡充または修正される可能性があります。PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.は、欠陥の保証、特定の使用特性の保証を含む、本書のあらゆる契約上または法的責任を明示的に拒否します。PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.は、いかなる場合も、本書の不備、誤りまたは記載漏れに起因する、またはその結果生じる損失または損害に対する責任を負いません。

1.3 PNO 文書

PROFINET Installation Guideline (PROFINET 設置ガイドライン)

注文番号 : 8.072、Version 1.0、2009 年 1 月

PROFINET Commissioning Guideline (PROFINET コミッショニング・ガイドライン)

注文番号 : 8.082、Version 1.35、2014 年 11 月

PROFINET Security Guideline (PROFINET セキュリティ・ガイドライン)

注文番号 : 7.002、Version 2.0、2013 年 11 月

PROFINET System Description (PROFINET システム解説)

注文番号 : 4.132、Version、2011 年 6 月

PROFIBUS and PROFINET Glossary (PROFIBUS/PROFINET 用語集)

注文番号 : 4.300、Version 0.92、2007 年 1 月

Conformance Class A Cabling Guideline (適合クラス A 配線ガイドライン)

注文番号 : 7.072、Version 1.0、2008 年 7 月

PROFINET Cabling and Interconnection Technology (PROFINET 配線および相互接続技術)

注文番号 : 2.252、Version 3.1、2014 年 3 月

Physical Layer Medium Dependent Sublayer on 650 nm Fiber Optics (650nm 光ファイバ上の物理層媒体依存サブレイヤ)

Technical Specification for PROFINET (PROFINET 技術仕様)

注文番号 : 2.432、Version 1.0、2008 年 1 月

1.4 参考規格

IEC 11801 (2013)

情報技術 - 顧客構内の一般的な配線

IEC 24702 (2006)

情報技術 - 一般的な構内配線 - 産業敷地

IEC 60364-4-41 (2005)

建物の電気設備 - 第 4-41 部 : 安全保護 - 感電保護

IEC 60364-5-54 (2011) / VDE 0100-540

電気機器の選定および据付 - 接地装置、保護導体および保護接続導体

IEC 60529 (2010)

エンクロージャによる保護等級 (IP コード)

EN 50174-3 (2013)

設置技術 - ケーブル設置 - 第 3 部 : 建物外における設置計画および実施

IEC 61140 (2014)

感電保護 - 設備および機器の共通事項

IEC 61300-3-4 (2001)

光ファイバ接続デバイスおよび光受動部品 - 基本試験および測定手順 - 第 3-4 部 : 検査および測定 - 減衰

IEC 61158-2 (2013)

産業用通信ネットワーク - フィールドバス仕様 - 第 2 部 : 物理層仕様およびサービス定義

IEC 61918 (2010)

産業用通信ネットワーク - 産業用構内の通信ネットワークの設置

IEC 61784-5-3 (2013)

産業用通信ネットワーク - プロファイル - 第 5-3 部 : フィールドバスの設置 - CPF 3 の設置
プロファイル

EN 50310 (2011)

情報技術機器を備えた建物内への等電位ボンディングの適用

EN 50174-2 (2011)

設置技術 - ケーブル設置 - 第 2 部 : 建物内における設置計画および実施

1.5 記号とその意味

このガイドラインで使用する図は、文章をよりよく理解するためのものです。さらに、テキストの構造化のためにも記号を使用します。これらの記号は、重要な文章を強調表示したり、特定の段落をまとめるために使用します。

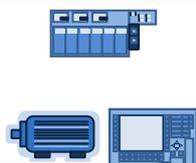
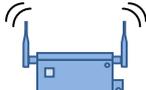
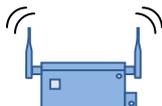
1.5.1 テキストを構造化する記号

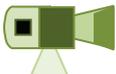
表 1-1：テキストを構造化する記号

記号	名前	意味
	ヒント	現在のトピックに関する推奨事項または要約を示すのに使用されます。
	重要	従わない場合、運転中に異常が生じる可能性がある情報に使用されます。
	指示	直接的な指示に使用されます。
	危険！	生命および健康に対する危険を示すのに使用されます。この記号がある指示に従うことは極めて重要です。

1.5.2 部品の記号

表 1-2 : 部品の記号

記号	名前	意味
	オペレータ・ コンソール	コマンド・アンド・コントロール・ステーション
	IO スーパーバイザ	PROFINET IO のコミッションングおよび診断機能を搭載したエンジニアリング・ステーションまたは PC
	IO コントローラ	IO データ・トラフィックを開始するデバイス（通常は制御ユニット）
	ルータ	異なるサブネットワーク間のデータ・トラフィックを相互接続するネットワーク・コンポーネント
	スイッチ	複数の PROFINET デバイスの相互接続用デバイス
	IO デバイス	PROFINET IO コントローラに割り当てられている、ローカルに割り当てられたフィールド・デバイス
	WLAN アクセス・ ポイント	有線通信から無線通信への切り替えが可能なデバイス
	WLAN 搭載 IO デバイス	WLAN を搭載したローカル・フィールド・デバイス
	ワイヤレス・アク セス・ポイント	有線伝送から無線伝送への切り替えを行うデバイス

	<p>メディア・コンバータ</p>	<p>物理媒体を別の物理媒体に変換するコンバータ</p>
	<p>TAP</p>	<p>「Test Access Point (テスト・アクセス・ポイント)」の省略形 影響を及ぼさずにネットワーク・トラフィックを読み取るためのデバイス</p>
	<p>ビデオ・カメラ</p>	<p>画像で監視するためのデバイス</p>
	<p>制御ステーション</p>	<p>制御機能が搭載された標準的な PC</p>
	<p>サーバ</p>	<p>バックアップ・タスクなどに使用されるサーバ・コンピュータ</p>

1.5.3 PROFINET ケーブルの記号

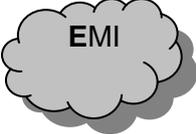
表 1-3 : PROFINET ケーブルの記号

記号	名前	意味
	標準Ethernet	PROFINET プロトコルとは無関係な標準的な Ethernet 接続
	PROFINET銅線	銅線を使用した PROFINET 産業用 Ethernet ケーブル 外装色：緑 点線は、決定論的要件が高い※1 接続を示します。
	FO	光ファイバ・ケーブル 外装色：緑 注：銅線と光ファイバ・ケーブルを区別しやすいように、外装は一般的には緑ですが、このガイドラインでは光ファイバ・ケーブルをオレンジ色で表示しています。 先ほどと同じく、点線は、決定論的要件が高い※1 接続を示します。
	導電リンク	導電性を持つリンク

※1 訳注) 決定論的要件が高い (determinism requirements) とはメッセージが決められた時間に到達する要求度が高いことを示します。

1.5.4 区域の記号

表 1-4 : 区域の記号

記号	名前	意味
	EMI	電磁干渉（EMI）の発生が予想される領域

1.6 設計プロセスの文書化のテンプレート

一般的に、設計プロセス全体を文書化します。そのために、社内基準に基づく内部の文書化ツールを使用できます。

また、オートメーション・プラントの設計の文書化のためにその他の機能が複数のエンジニアリング・ツールやプランニング・ツールで提供されています。



オートメーション・プラントの文書化により、設置とコミッショニングが正しく行われるようにします。設計プロセスでは、将来、運転が正しく行われるように、すべての変更を文書化してください。

1.7 このガイドラインの構造について

このガイドラインの構造は、設計プロセスに対応しています。このプロセスは段階的に行われ、後続のプロセスでの変更は、それまでの段階に影響を及ぼす可能性があります。設計プロセスの構造を図 1-1 に示します。

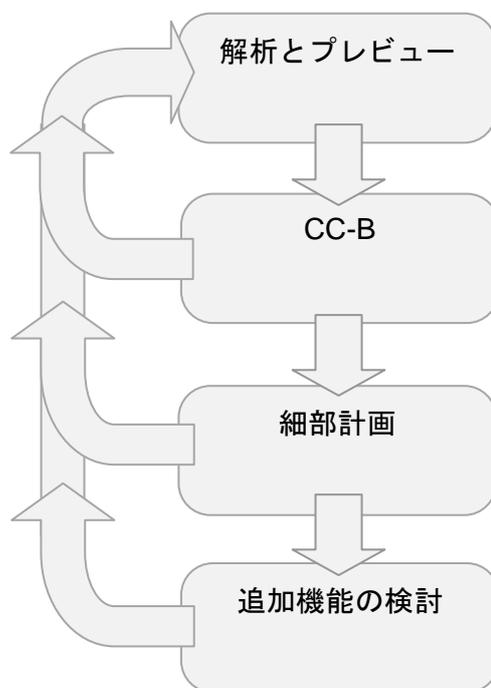


図 1-1 : 設計構造

この設計文書の章は、以下の手順に従っています。第 1 章は序文ですが、以降の章では、設計プロセスの一般的な問題から詳細まで幅広く取り扱います。各章で取り上げる問題は以下の通りです。

第 2 章 : 始めに、自動化するプロセスのプレビューおよび解析を取り上げます。オートメーション・コンポーネントの特性および配置について説明します。

第 3 章 : 第 2 章で得られた知見に基づくオートメーション・プラントのトポロジーの定義が記載されています。

第 4 章 : 既存の基本設計を、一般的には PROFINET の一部ではない事例で拡張します。

第 5 章 : PROFINET ネットワークのパフォーマンスを確保するため、先の章に基づいて、パフォーマンスに関する PROFINET の設計事項について検討します。

第 6 章 : PROFINET ではさまざまな追加機能の適用が可能ですが、特別な考慮が必要です。この章では、これらの機能の概要を示します。

第 7 章 : 名前とアドレスの割り当ての綿密な計画について説明します。

第 8 章 : 設計結果の要約を示します。

また、本書の付録（第 9 章）では、PROFINET ネットワークで使用するさまざまなコンポーネントとその特性に関する追加情報を提供します。この情報には、ケーブルのパラメータ、ケーブル設計の適用例などが含まれます。

第 10 章には、ガイドラインのテーマに関連した情報の検索を容易にするために索引があります。

1.8 ガイドラインの目的

このガイドラインの主な目的は、PROFINET システムのデバイスおよびネットワーキング・コンポーネントの選択、システム的设计およびレイアウトを手助けし、信頼できるパフォーマンスを提供し、容易な設置、コミッショニング、保守を可能にすることです。

設計プロセスの完了後、以下の情報を利用または生成することができます。

- プラント設計
- トポロジー
- コンポーネントの選択
- 伝送媒体の選択
- コネクタの選択
- 通信関係
- 伝送するデータ量の見積もり



情報が見つからない場合は、適切な場所から設計プロセスを再開する必要があります。

2 解析および予備考察

プランニングを開始する前に

まず、プロジェクトの概要を知る必要があります。たとえば、物理的なレイアウト、プラントの図面、プラントの結線図などが含まれます。

この情報により、設計する PROFINET ネットワークのおおよその規模が分かります。

次のセクションの目的は、自動化するプロセスを解析し、記述することです。

個々のオートメーション・コンポーネントの特性および配置を定義します。さらに、コンポーネントの選択時に考慮すべき事項に関する情報も提供します。



原則として、PROFINET の設計は、段階的に行われ、かつ反復されるプロセスであることを留意してください。必要に応じて、プロセスを複数回繰り返します。

2.1 オートメーション・コンセプトの決定

以下の手順で、プラント・オートメーションのコンポーネントを決定します。最初に、プラント設計に関する情報や建物の平面図に基づいて、各コンポーネントを適切に配置する必要があります。

例：

コントローラの配置をプロセスとは別のスイッチ・キャビネット内に置くか、またはプロセスに近い他の PROFINET デバイスと一緒に置くか、リモート I/O をプロセスに近い場所に置くか、または離れた場所にあるキャビネット内に置くか、制御用表示パネルをプロセスに近い場所に置くか、または監視対象から地理的に離れた場所に置くかなど。

次に、必要なコンポーネントをオートメーション・プラントの配置図に追加します。その後、コンポーネントをグループに分け、地理的、機能的なコンポーネントの割り当てを行うことができるようにします。

地理的な割り当ては通常、配置図における地理的な近接性を考慮して行われます。機能的な割り当ては、制御と周辺間のデータ交換から判断することができる共通の制御タスクをもとに決定します。また、適合クラスに従って機能グループを作成することも合理的です（次の章を参照）。

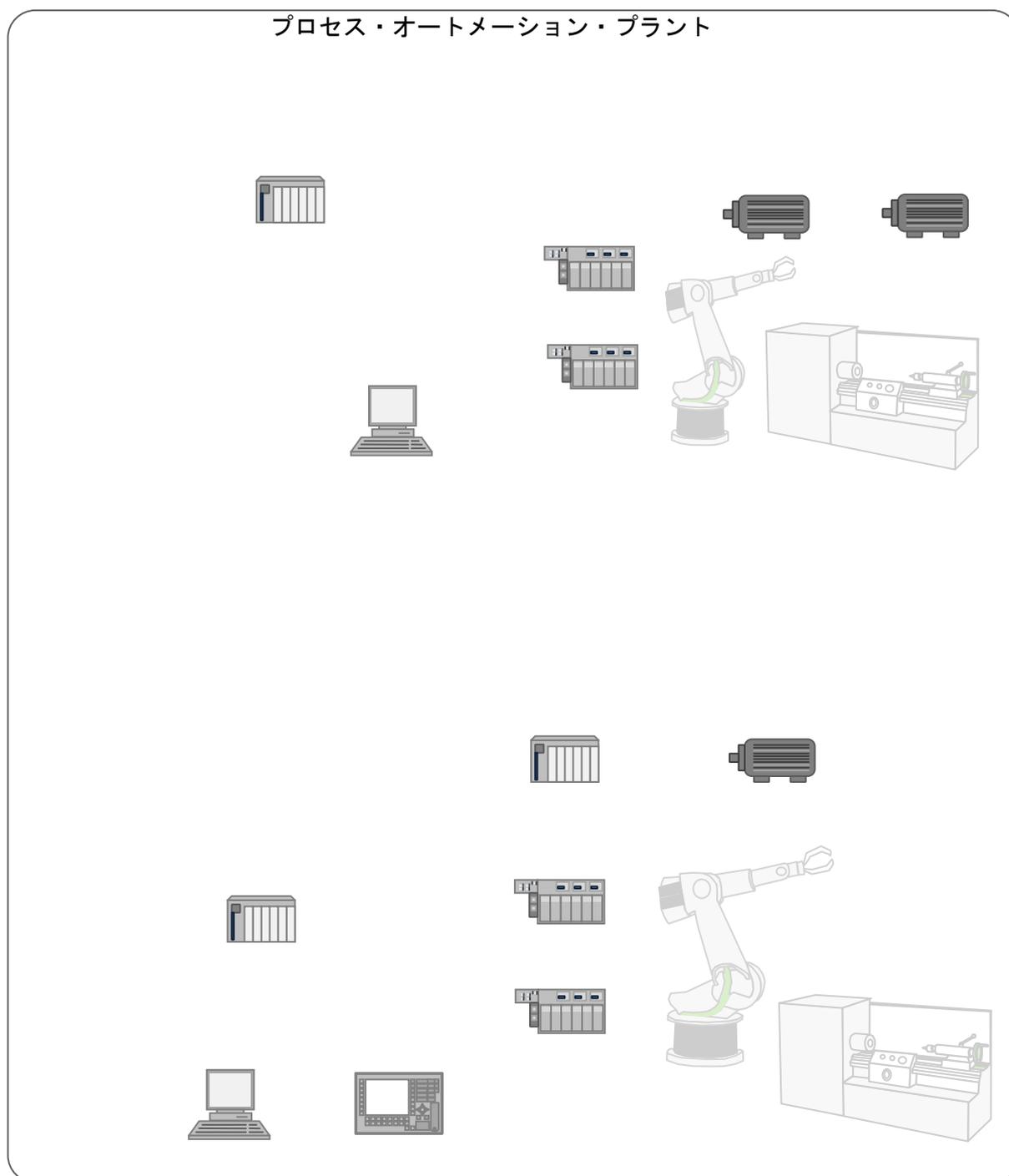


図 2-1 : コンポーネントを事前配置したプラントの平面図

図 2-1 は、オートメーション・コンポーネントの初期配置を示しており、オートメーション・プラントのタスクに従って PROFINET デバイスが配置されています。

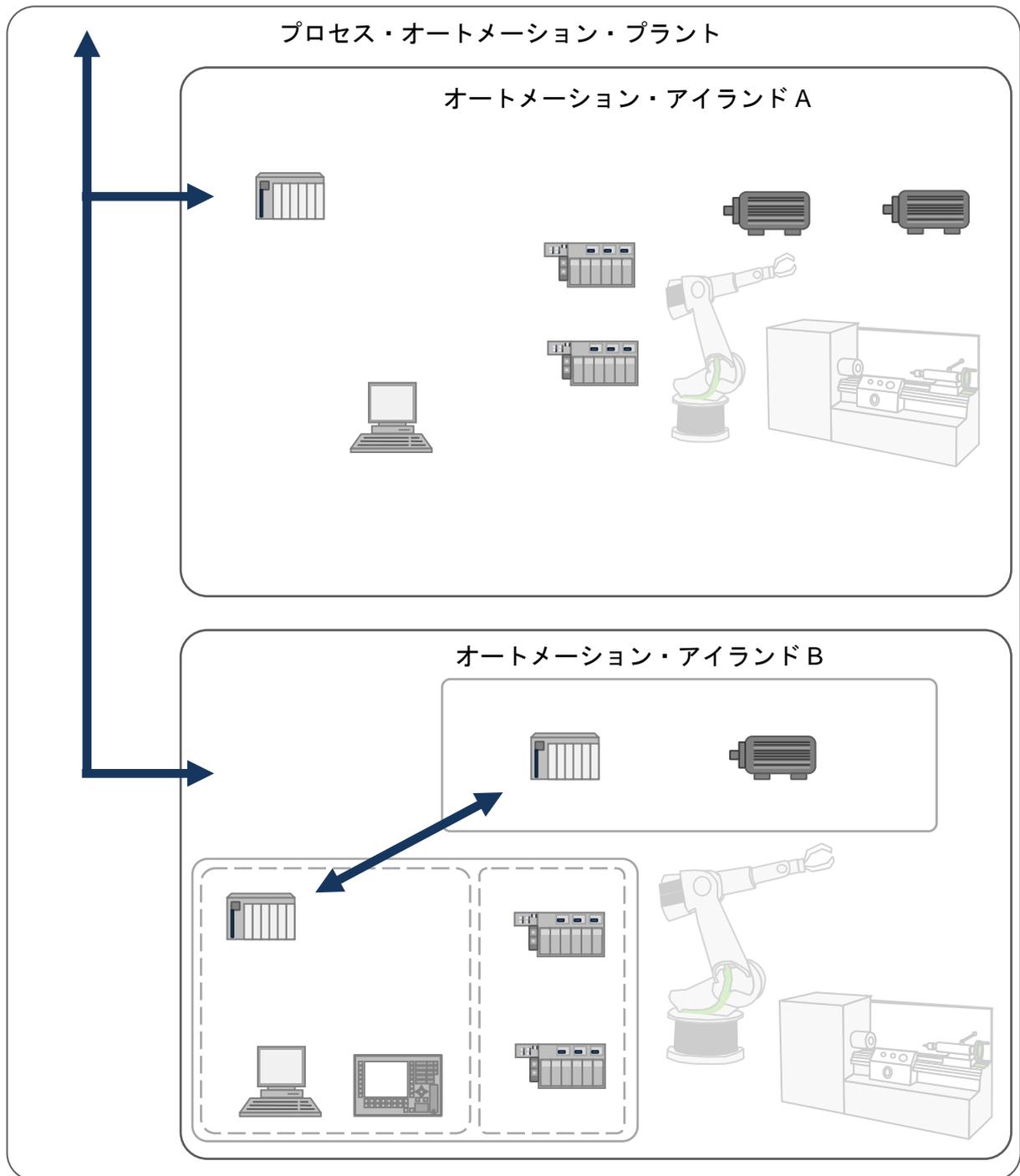


図 2-2 : 特別な割り当てを含むプラントの配置図の例

コンポーネントの地理的、機能的な割り当てを図 2-2 に示します。この例では、オートメーション・プラントは2つのアイランドに分かれています。選択する配置は、発生する可能性のある局所的な状況、このケースではプラントの区域によって異なります。

オートメーション・アイランド B のコントローラ間の関係では、オートメーション・アイランド B に追加したグレーの枠線が示すように、地理的区別も機能的区別も必要ありません。

さらに、プラントのその部分内には共通のタスクがあるが、部分ごとにそれぞれ異なる要件を満たさなければならない例もあります。

また、PROFINET IO デバイスは他とは別個に配置する必要があるため、オートメーション・アイランド B の第 2 のプラント部分内には地理的な分離も追加してあります。

さらに、制御システム間で必要な通信関係を識別する必要があります。これらの関係は、この例では矢印で示されています。後続の設計段階では、選択されたデバイスで必要な通信関係が実現可能かどうかを確認する必要があります。そうでない場合は、ハードウェア・コンポーネントの追加を予想する必要があります。

アイランド B 内では制御システム間の直接通信が必要ですが、これらのコントローラは、アイランド A 内の制御システムとも通信する必要があります。



この時点では、コンポーネントは相互接続されておらず、オートメーション・プラントに配置され、異なる機能を持つグループに結合されています。



設計中にそれぞれ考慮することができるように、決定論的要件などの要件が高い区域をマークしてください。

2.2 デバイスの選択

プラント内のオートメーション・コンポーネントの必要な位置によって、PROFINET デバイスを選択できます。この章では、PROFINET ネットワーク・ノードの予備選択とその特性について説明します。

一般的に、以下の基準に従います。

- 適合クラス
- 時間の要求
- デバイス機能の検討
- 必要な通信関係の実現可能性
- PROFINET デバイスの接続のタイプ（銅線または FO と適切な接続技術）
- デバイスの保護クラス
- その他の仕様



以下の基準に従ってデバイスの予備選択を行うことにより、コンポーネントがオートメーション・タスクを実行できるようにします。また、選択したデバイスの制限や要件についてはメーカーのデータを確認してください。

2.2.1 PROFINET の適合クラス

PROFINET のコンポーネントの機能は、アプリケーション・クラス、すなわちいわゆる適合クラス (CC : *conformance class*) に分類されています。これらのカテゴリの目的は、PROFINET のコンポーネントを使用するときにプラント・オペレータの判断基準を絞り込むことができるように適切な機能を定義することです。



個々の適合クラスの詳細については、PROFIBUS User Organization から提供されている文書「PROFINET Conformance Classes (PROFINET の適合クラス)」(注文番号 : 7.041) を参照してください。

アプリケーションを CC に割り当てたら、定義された最低要件を満たすコンポーネントを選択できます。すべての CC には基本的な機能があります。たとえば、以下が含まれます。

- 周期データ・トラフィック
- 非周期データ・トラフィック
- 識別および保守機能
- データ・トラフィックの優先付け
- 近隣のスクリーニング、デバイスのスワップの基本的なメカニズム

これらの基本機能にさらに別の等級が追加されました。このように、適合クラス (CC-A、CC-B、CC-C) ごとに異なる機能が定義されています。

一般的に、これらのクラスは以下の内容に対応しています。

- 通信のタイプ (TCP/IP、リアルタイム通信)
- 使用する**伝送媒体** (銅、FO、ワイヤレス)
- 同期通信
- 冗長動作

適合クラスの構造と一部の機能を図 2-3 に示します。

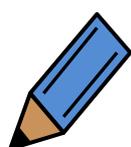
同期通信 ネットワーク・コンポーネントの認定とハードウェア・サポート		適合クラス C
認定ネットワーク・コンポーネント SNMP の使用 デバイスの簡単な交換		
認定デバイスとコントローラ 診断とアラーム 周期および非周期データ交換 標準 Ethernet 通信 標準 Ethernet 診断オプション	適合クラス A	

図 2-3 : 適合クラス分類と内容

図から分かるように、CC-B には CC-A の機能が含まれます。同様に、CC-C の機能には、CC-B と CC-A の機能が含まれます。



設計段階では、各デバイスの適合クラスを定義します。PROFINET デバイスで必要な機能を確保するためです。



特別な要件の対象となるプラントの部分をマークしてください。定義した適合クラスが実際にこの要件プロファイルに対応しているかどうか確認し、必要に応じて PROFINET デバイスの選択を調整します。

2.2.2 特別なタイミング要件

通信の概要

プロセス・データの周期伝送にはリアルタイム・チャンネルを使用しますが、PROFINET は、パラメータ設定や診断といった非周期サービスには標準 Ethernet 通信（標準チャンネル）による追加チャンネルを提供しています。これら 2 つの通信チャンネルの基本的な違いを表 2-1 に示します。

表 2-1 : PROFINET のデータ・チャンネル

標準チャンネル	リアルタイム・チャンネル
診断データの読み取り	周期データ交換
非周期データ交換	同期データ交換
デバイスのパラメータ設定	アラーム

また、PROFINET では、無制限のオープンな TCP/IP データ・トラフィック（非リアルタイム・データ・トラフィック）が可能ですが、非リアルタイム通信よりもリアルタイム通信に高い優先度が与えられます。

前述の用語に加えて、PROFINET 伝送技術に関する以下の用語が定められています。

IRT : Isochronous Real-Time（アイソクロナス・リアルタイム）、同期アプリケーションの基礎になる周期データ伝送。

RT : Real-Time（リアルタイム）、周期データ伝送。

NRT : Non Real-Time（非リアルタイム）、非周期データ伝送（TCP / IP、UDP / IP など）。



通信の構造およびデータ・チャンネルの特性に関する詳細は、該当文献を参照してください。

タイミング要件の定義

PROFINET デバイスのタイミング要件は、ターゲット・グループによって異なります。一般的に、オートメーション・プラントのアプリケーションと PROFINET の通信のタイミングを区別しています。

表 2-2 : アプリケーションと通信の違い

通信	アプリケーション
リアルタイム (RT)	非同期アプリケーション
アイソクロナス・リアルタイム (IRT)	非同期または同期アプリケーション

通信とアプリケーションは互いに適合する必要があります。

同期アプリケーションは、アイソクロナス通信によってのみ、実現できます。

PROFINET デバイスの選択を容易にするため、簡単な標準 Ethernet 伝送の CC-A から同期伝送の CC-C まで、各種適合クラスには適切な通信要求プロファイル^{※2}が含まれています。

※2 訳注) 要求プロファイルとはアプリケーションにより求められる通信の仕様 (例 : PROFIdrive、PROFIsafe 他)。

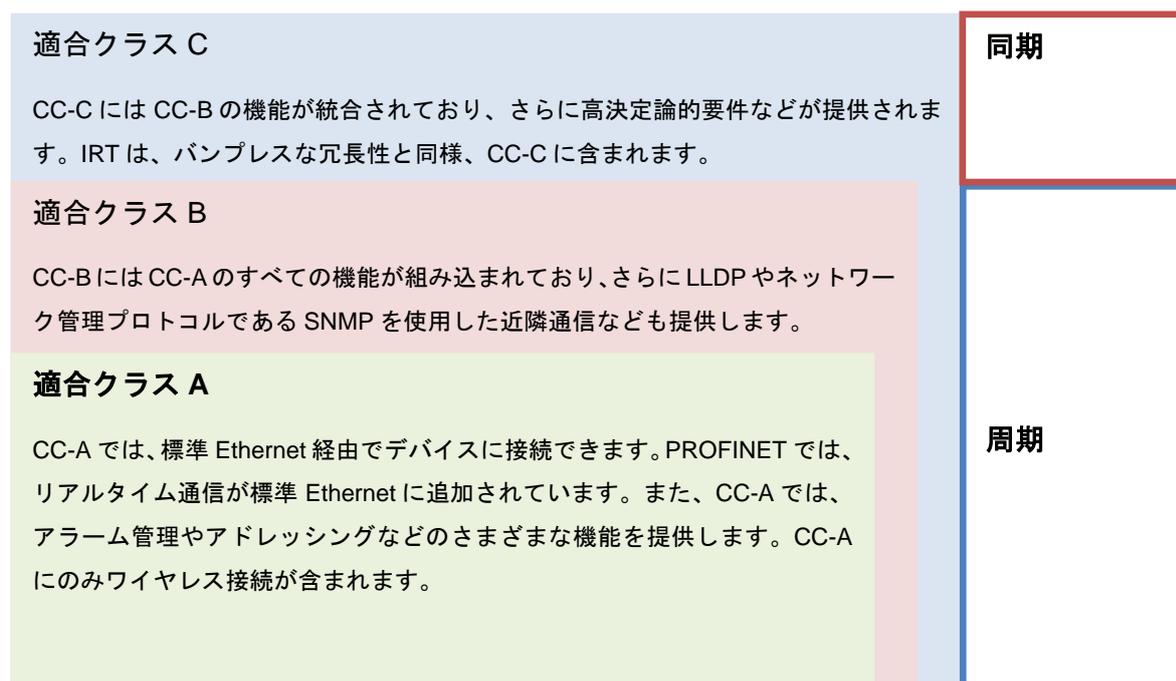


図 2-4 : 通信のタイミング要件の範囲

上位の CC には下位の CC の機能が含まれるため、上位の CC は拡張通信機能 (LLDP、SNMP など) を提供します。PROFINET デバイスがこれらの要件プロファイルを満たすように、デバイス・メーカーは認定テストを受ける必要があります。



必ず、適切な要件プロファイルを持つ認定 PROFINET デバイスを使用してください。これによって、これらのデバイスを関連するオートメーション・タスクに合わせて確実に設定することができます。ご使用の PROFINET デバイスが満たすべき要件プロファイルを決定してください。

2.2.3 さらにデバイスの選択基準

以降のページでは、さらに重要なデバイスの選択基準について詳しく説明します。これには以下のような項目が含まれます。

- エンドユーザ仕様
- 環境要件
- PROFINET デバイスの接続
- PROFIsafe
- スイッチャー体型 PROFINET デバイス

デバイスの選択に関わるエンドユーザ仕様

多くの場合、オートメーション・プラントの要件プロファイルは事前に決定されています。この場合、エンドユーザから提供されたいわゆる承認リストを使用して、デバイスの設計や選択を行うのが一般的です。これらのリストには、エンドユーザが承認したコンポーネントが記載されています。承認リストの目的は以下の通りです。

- 選択プロセスの時間と労力を低減する。
- プラント全体で同一のコンポーネントを使用する。
- 常に同じ要求プロファイルを提供する。

必ず、エンドユーザから提供されたデバイスの選択に関する仕様に従ってください。また、承認リストが適合クラスの仕様に対応していることも重要です。



承認リストの最新版が提供されているか確認してください。

PROFINET の環境要件

また、オートメーション・プラントのプランニングで PROFINET デバイスを選択する際は、環境面も考慮する必要があります。デバイスの場所に関して、基本的には、キャビネット内への設置とプラント環境内に保護されていない状態で設置する場合を区別します。

環境によって、PROFINET ネットワークのノードの要件があります。

- 異物や液体の浸入（IP 保護クラス）
- 振動、衝撃などの機械的要件
- 温度の影響
- 電磁界の影響



デバイスの選択を最適化するため、設置する PROFINET デバイスの特別な要件が発生するプラントの区域をマークしてください。



デバイスの選択では、外部からの影響の可能性を考慮してください。メーカーの情報に従ってデバイスを選択します。

PROFINET デバイスの接続のタイプ

PROFINET は、さまざまなネットワークへの接続のタイプをサポートしています。通常、PROFINET デバイスの接続には銅線を使用します。また、光ファイバやワイヤレス通信も使用可能です。

有線伝送媒体を使用する場合は、複数の接続技術を利用できます。これらの接続技術は、表 2-3 に示すように、伝送媒体に従って分類できます。

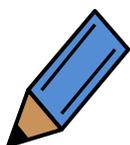
表 2-3 : PROFINET デバイスの接続技術

銅線接続	光ファイバ接続
M12	M12
RJ45 (IP20)	SCRJ (IP20)
Push-Pull-RJ45 (IP65)	SCRJ Push-Pull (IP65)



接続技術は、選択した PROFINET デバイスによって決まります。後続の設計段階で、トポロジーや環境要件によっては追加のメディア・コンバータが必要になることがあります。

すべてのコネクタとケーブルは、PROFINET コンポーネントであり、PROFINET 規格への準拠に関するメーカーの宣言が必要です。



後で調整が必要になる場合があるため、選択したデバイスの接続技術を記録しておいてください。

PROFINET による PROFIsafe

PROFIsafe は、安全に関連する通信規格です。オートメーション・プラントの運転中に人や機械が損傷を受けないようにします。PROFINET ネットワーク内では、PROFIsafe 対応機器と PROFIsafe 非対応機器を併用できます。PROFINET ネットワークでの PROFIsafe 機器の使用例を図 2-5 に示します。

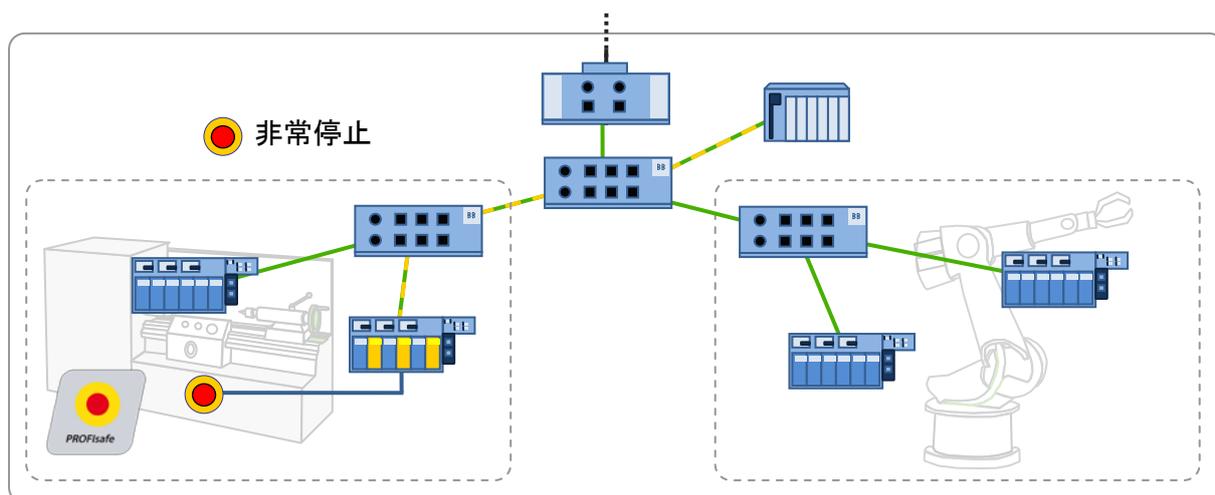


図 2-5 : PROFINET による PROFIsafe の使用

安全に関連する PROFIsafe 通信（黄）は、標準的な PROFINET 通信と同じネットワークで伝送されます。安全関連通信のすべてのノードは、IEC 61010 に従って認定されている必要があります（機器の CE ラベル）。



デバイスの選択では、運転中の人身事故や機械の損傷を回避するために、安全面を考慮してください。PROFIsafe デバイスは、PROFINET と PROFIsafe の両方の認定を受けている必要があります。



PROFIsafe に関する詳細は、IEC 61784-3-3 および www.PROFIsafe.net を参照してください。

スイッチまたは一体型スイッチの使用

PROFINET デバイスは、スイッチを経由してネットワークに接続します。スイッチにより、PROFINET データ・トラフィックがネットワークに送られます。一体型スイッチの機能を持つデバイスも多くあります。^{※3}一体型スイッチ経由の接続と独立したスイッチ経由の接続の違いを図 2-6 に示します。

※3 訳注) “一体型スイッチ” とは PROFINET 機器内で持つスイッチの機能です。

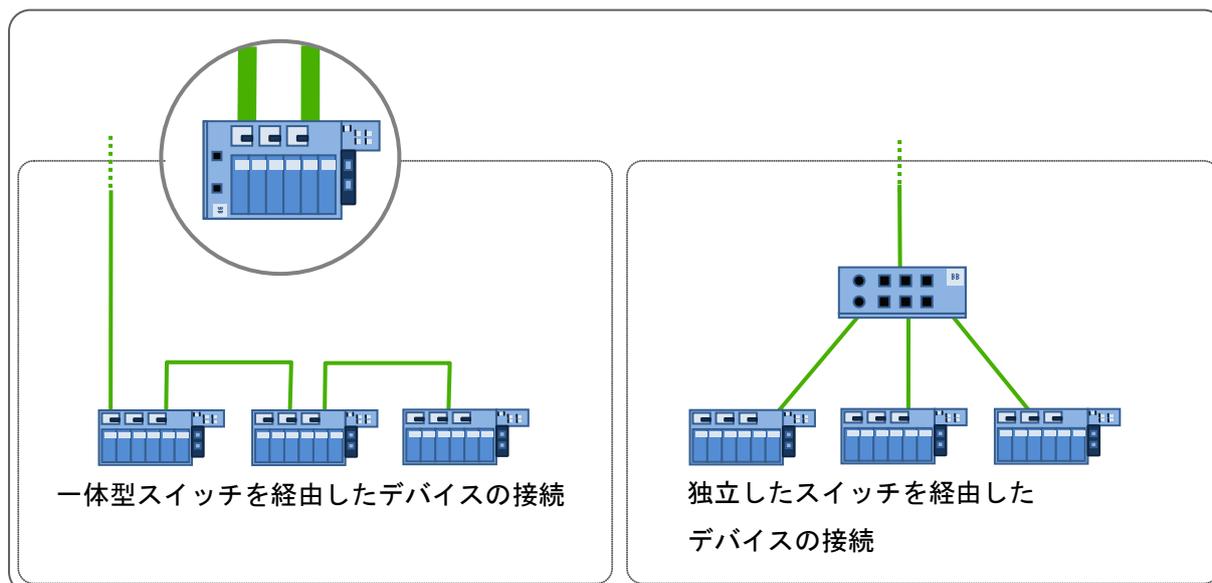


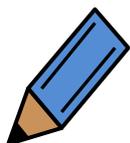
図 2-6 : 一体型スイッチと独立したスイッチの違い

一体型スイッチ・ベースのシステムではルーティングに追加コンポーネントは不要ですが、一体型スイッチが搭載されていないデバイスの場合、独立したスイッチを追加する必要があります。

ライン構造で一体型スイッチを使用するときは、デバイスの異常や交換により、下流にあるすべてのデバイスも正常に機能しなくなる場合があることに注意してください。一般的に、独立したスイッチを使用するスター構成やツリー構成のほうがデバイスの異常や交換時の可用性が向上します。



スイッチ一体型 PROFINET デバイスは、ポートの数が異なります。



図面をチェックして、追加スイッチが必要か確認してください。

プラントが独立した複数のプラント部分で構成されているか確認してください。プラントの複数の部分をスター構成またはツリー構成でリンクします。

スイッチ接続オプションの利点を表 2-4 に示します。

表 2-4 : 2つのスイッチ接続オプションの利点

独立したスイッチの利点	一体型スイッチの利点
スター型およびツリー型のトポロジーでは、障害のあるネットワーク・ノードの交換を他の通信を中断せずに行うことが可能。	追加スイッチが不要なことによるコスト削減。 リング冗長性を持つライン構成では、障害のあるネットワーク・ノードの交換を他の通信を中断せずに行うことが可能。

PROFINET デバイスに一体型スイッチが搭載されていない場合やプラント内のネットワーク・ノードが分散していて必要な場合には、独立したスイッチが必要です。



多くの場合、デバイス障害時や交換時のシステム可用性の要件により、一体型スイッチと独立したスイッチのどちらを使用すべきかが決まります。



また、独立したスイッチの場合は、デバイスの特性、環境要件に関する PROFINET ネットワーク・ノードの選択基準を決めておく必要があります。

将来のネットワーク構成を定義する場合に追加の独立したスイッチの適正な数を定義しておいてください。



適合クラス B の要件を適用する場合、スイッチは PROFINET の IO デバイス特性を持ちます。つまり、PROFINET デバイス名を持ち、診断データを提供できるものとします。独立したスイッチが適合クラス B に準拠する必要がある場合は、本書の付録に詳細がありますので参照してください。

2.3 デバイス・タイプの定義

プラントや環境条件、オートメーション・タスクの要件に関する情報に基づいてデバイスを
選択できます。

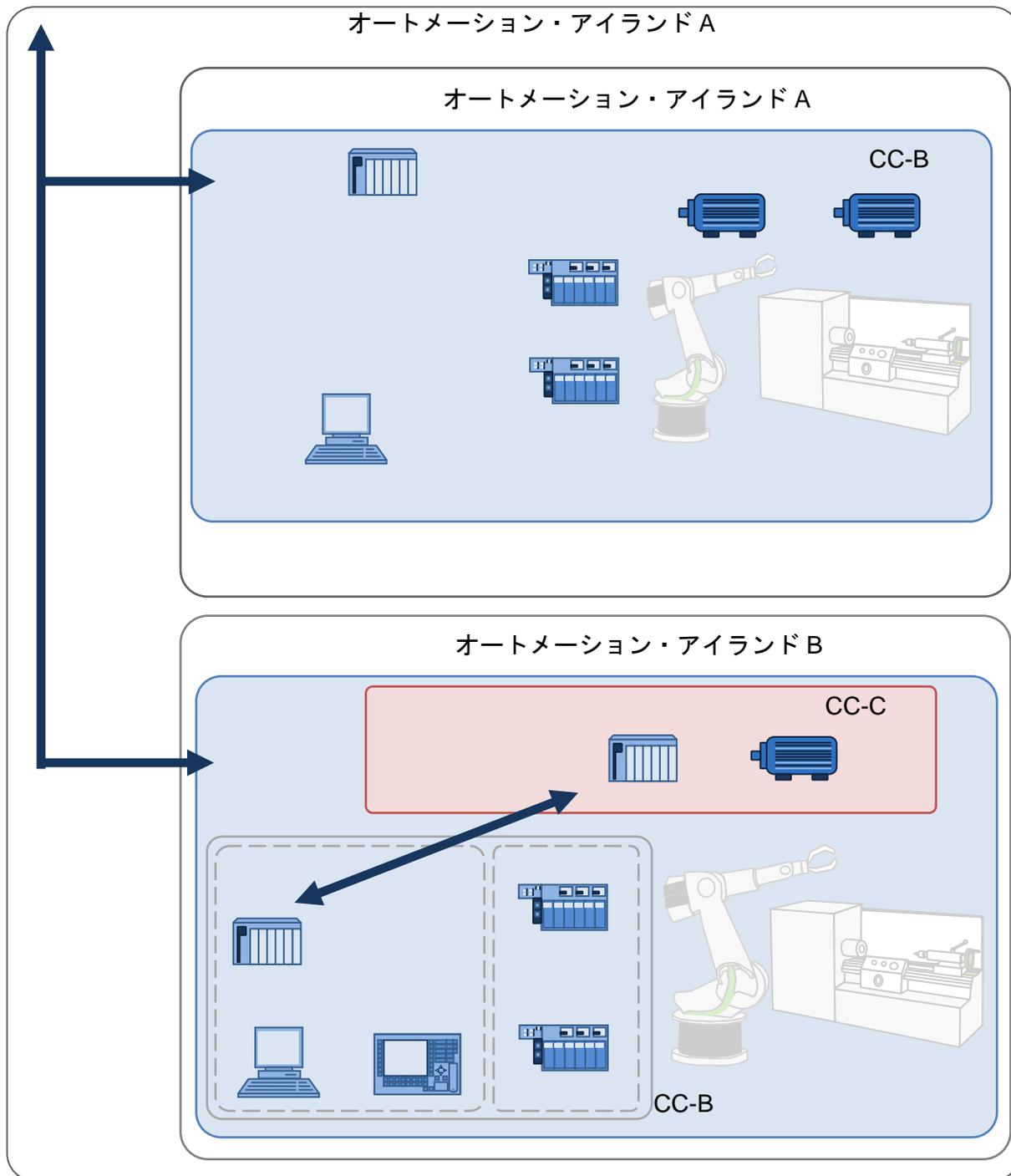


図 2-7 : デバイスの予備選択によるプラントの配置の例

予備選択したデバイスを配置したプラントの例を図 2-7 に示します。また、異なる適合クラスへの割り当てとタイミング要件も示します。詳細な解析によれば、いくつかのデバイスには一体型スイッチが搭載されています。

この例では、オートメーション・アイランド A は CC-B の要件に割り当てられています。また、アイランド B もこれらの要件の対象になります。ただし、この例では、プラント区域は決定論的な性格が強いタイミング要件の対象になります。したがって、この区域は適合クラス C に分類されます。



接続技術や伝送媒体を要件に合わせて調整するため、予め選択したデバイスを後で修正しなければならないことがあります。



位置決めおよびデバイスの全要件が満たされていることを確認してください。



設計では、接地およびネットワーク・ノードの等電位ボンディングを考慮してください。本書の付録には、PROFINET システムのネットワーク・ノードの電源および接地に関する情報が記載されています。

2.4 結果の文書化

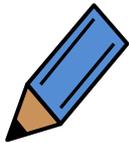
オートメーション・タスクの解析とプレビューを完了すると、デバイスの選択に関するすべての情報がそろいます。これには以下のようなデバイスの情報が含まれます。

- デバイスの接続または伝送媒体（銅、POF、HCS、光ファイバ（モノモード、単一モード）またはワイヤレス）
- PROFINET デバイスの一体型スイッチのポートの数
- 適合クラスの要件



オートメーション・タスクでは、高リアルタイム要件の対象になる PROFINET デバイスと関連アプリケーションをマークしてください。設計プロセスでは、これらのデバイスをそれぞれに考慮する必要があります。

デバイスの特性、オプション、パラメータの詳細な計画を立てる必要は現時点ではありません。これについては後で説明します。



この段階では、選択した PROFINET デバイスおよびネットワーク・コンポーネントのすべての関連情報を収集し、文書化します。選択したデバイスとその特性のリストを作成してください。

3 ネットワーク・トポロジー

前の章では、オートメーション・タスクの解析と、プラントで使用されるコンポーネントの選択について説明しました。

次の手順は、ネットワーク・トポロジーの作成です。最初に一般的なトポロジーの例について説明し、次に使用できる伝送媒体とその最も重要な特性の概要を示します。

さらに、オートメーション・プラントの一般的なネットワーク・トポロジーの具体例を紹介します。

トポロジーと必要な伝送媒体を定義した後、選択したデバイスが選択した伝送媒体に適していることを確認する必要があります。

最後に、トポロジー設計を文書化します。



ここで検討する伝送媒体やコネクタに関する情報は、最も重要なデータの概要にすぎません。

詳細については、適切な情報源（メーカーなど）をご利用ください。

3.1 PROFINET のトポロジー

ネットワーク設計と配置の柔軟性が PROFINET の主な特徴です。すべての標準 Ethernet トポロジーを使用しているため、PROFINET はほぼ無数の組み合わせオプションに対応します。

ネットワーク・トポロジーは主に以下のような基準によって決まります。

- コンポーネントの場所
- 送信する距離
- EMC 要件
- 電気絶縁要件
- 適合クラスの要件
- 高可用性の要件
- ネットワーク負荷の検討



将来の PROFINET オートメーション・プラントの設計には、正しいトポロジーの選択が重要です。後続の設計段階で、このトポロジーの調整が必要になることがあります。



トポロジーを作成するために追加のスイッチが必要になることがあります。

このセクションの以降のページでは、基本的な PROFINET トポロジーを紹介します。

スター型トポロジー

スター型トポロジーは、地理的な拡大が制限されている区域に適しています。複数の通信ノードを1つの共通のスイッチに接続する場合、スター型トポロジーが自動的に作成されます。

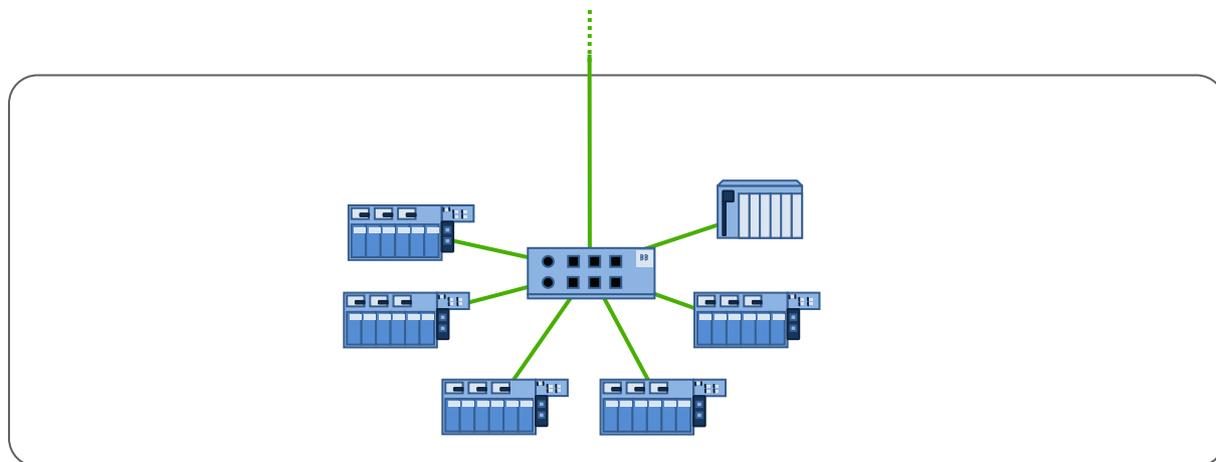


図 3-1 : スター型トポロジー

1 つの PROFINET ノードが正常に機能しないか、または取り外した場合でも、他の PROFINET ノードは引き続き動作します。ただし、中央のスイッチが正常に機能しなくなると、すべての接続ノードへの通信が中断します。

ツリー型トポロジー

ツリー型トポロジーは、複数のスター型ネットワークを組み合わせることで1つのネットワークを構築することにより、作成できます。1つの機能ユニットを形成する複数のプラント部分がスター・ポイントに結合されています。これらは、隣接スイッチ経由で相互接続します。

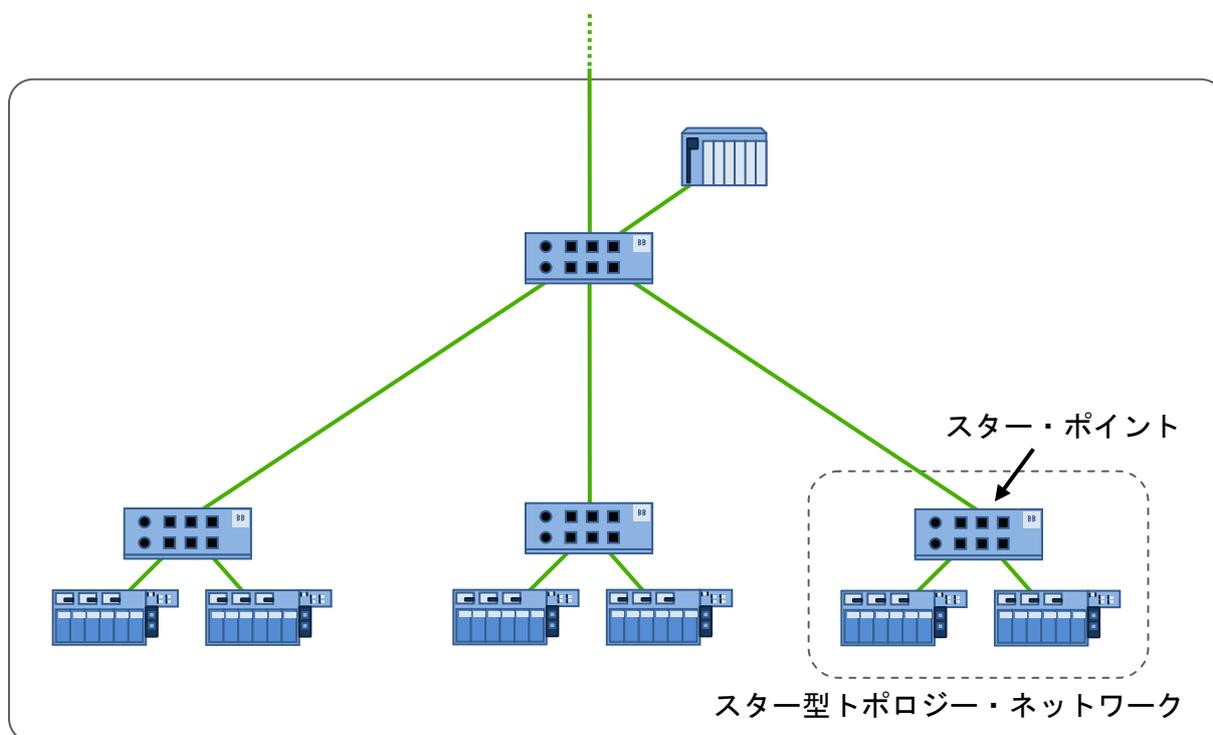


図 3-2 : ツリー型トポロジー

1つのスイッチは、スター・ポイントの信号分配装置として動作します。スイッチはアドレスに基づいてメッセージを送るため、隣接する分配装置には、この分配装置で必要とされるメッセージのみが届けられます。



ツリー型トポロジーは、さまざまな製造アイランドにグループ分けされているオートメーション・プラントの代表的な例です。

ライン型トポロジー

ラインは、オートメーションで使用されているよく知られたトポロジーです。コンベヤ・ベルトなどの広範なオートメーション・プラントのアプリケーションに加え、小型機械アプリケーションにも使用されます。スイッチ一体型 PROFINET デバイスにより、ライン型トポロジーを容易に実現できます。

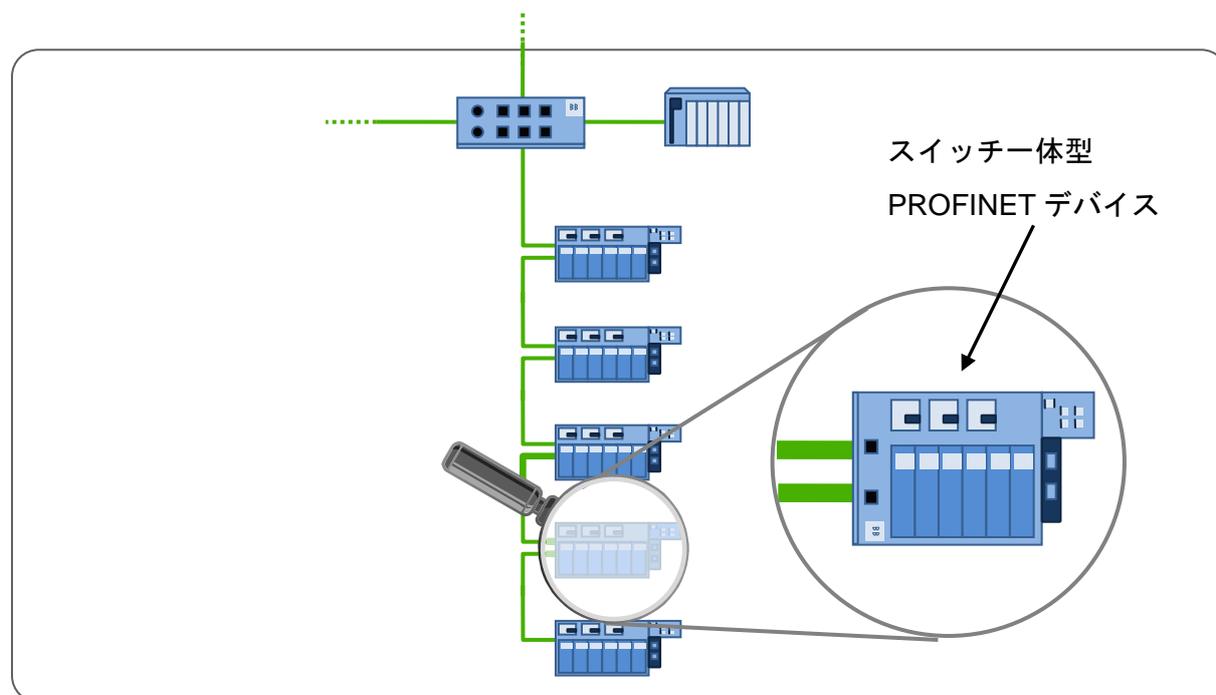


図 3-3 : スイッチを内蔵したライン型トポロジー

このように、追加スイッチを使用せずに PROFINET デバイスの配線が可能です。



ライン型トポロジーを使用する場合は、ラインの中断（デバイスの機能停止など）が発生した場合、異常が発生したデバイス以降に配置されたデバイスにアクセスできなくなることに注意してください。冗長性プロトコルを使用してラインを延長してリング構成にすることにより、これを回避できます。

3.2 使用できる伝送媒体

ネットワーク・ノードの有線接続には、銅線や光ファイバが使用可能です。使用するケーブルは、計画のオートメーション・プロジェクトの要件を満たす必要があります。そのために、ケーブル・メーカーは、用途や特性が異なる幅広い PROFINET ケーブルを提供しています。

以下のセクションでは、PROFINET の銅線と光ファイバ・ケーブルを選択する際の主な考慮事項について説明します。銅線に比べ、光ファイバ・ケーブルには、減衰や使用波長などの追加の典型的なパラメータがあり、これによって主として伝送リンクの長さが制限されます。

本書の付録には、一般的なケーブル特性の概要に加えて、伝送媒体およびその適用範囲、バージョンに関する説明が記載されています。



伝送媒体を選択する場合は、使用区域において考えられる影響（化学、電気、機械的影響など）に注意してください。



ケーブル・コンポーネントの選定に関する例を付録に示します。また、組立済みケーブル、現場組立ケーブルについても説明しています。



設計では、PROFINET ケーブルの正しい設置を考慮する必要があります。電源ケーブルとデータ・ケーブルの許容距離を超えていないことを確認してください。詳細は、PROFINET Installation Guideline（注文番号：8.071）を参照してください。



2台のデバイス間の PROFINET 接続は、ケーブルの端に2つのコネクタがあることから「エンドツーエンド・リンク」と呼ばれます。チャンネルは、ケーブルの端にある2つのコネクタ以外の接続です。

チャンネルは、銅線、光ファイバ・ケーブルなど、さまざまな伝送媒体で構成できます。

3.2.1 PROFINET 銅線

一般的な PROFINET 銅線は、4 芯のシールド付き銅線（星形カッド）です。高伝送速度（1000 Mbps）では、8 芯線が指定されています。ケーブルはタイプによって以下が異なります。

- ワイヤの構造（ソリッド・コア／固定用撚り線／フレキシブル撚り線）
- ジャケットの材質および構造

芯は色分けされています。4 芯線では、撚り線 1 は黄とオレンジ、撚り線 2 は白と青です。それぞれの撚り線の芯は、ケーブル内で正反対の位置に配置されています。8 芯 PROFINET 銅線は、緑、青、オレンジ、茶のワイヤと対応する白のワイヤの 4 本の撚り線で構成されています。

標準 Ethernet アプリケーションと同様、銅線を使用した場合の通信の終端の最大距離は 100 m に制限されています。この伝送リンクは、PROFINET エンドツーエンド・リンクと定義されています。



オートメーション・プラントでは、PROFINET ケーブルのみを使用できません。

PROFINET ケーブルに関するケーブルメーカーの宣言書が入手できます。



適合クラス A に相当するネットワーク領域では、アプリケーションに依存しないケーブル（既存の建物の配線など）のみを使用できます（オートメーション・アイランドの相互接続など）。

ただし、より上位の適合クラスの要件を満たすなどの用途では、PROFINET ケーブルの使用を推奨します。



電源ケーブルと通信用銅線を一緒に設置することは、通信回線に対する電源ケーブルの電磁界の影響を最小限に抑えるための考慮が必要です。ただし、光ファイバはこれらの電磁界の影響を受けません（第 3.2.2 章を参照）。

ケーブルの配線の設計では、電源ケーブルと PROFINET 銅線を一緒に設置する場合の規制に従う必要があります。

PROFINET Installation Guideline（注文番号：8.072）の指示に従ってください。

ケーブルの種類

PROFINET 銅線は、主に用途によってさまざまな種類に分類されます。

タイプ A ケーブルは、固定設置用です。このケーブル・タイプは設置後に動かすことができません。

タイプ B ケーブルは、フレキシブル設置用です。このケーブル・タイプは、たまに移動したり振動したりしても問題ありません。

タイプ C ケーブルは、特殊用途向けです（設置後のケーブルの継続的な移動など）。巻取チェーンやフェスツーンなどの用途が含まれます。



巻取チェーンでの使用や難燃性材料を使用した建造物のための柔軟性など、銅線の種類によって、銅線の最大長さが 100 m 未満まで短くなることがあります。

メーカーのケーブルおよびコネクタのデータに従ってください。



本書の付録には、PROFINET 銅線の特性に加えて、各ケーブル・タイプに関する詳細なデータが記載されています。

PROFINET 銅線の種類

多くの特殊なタイプのケーブルが PROFINET 用に提供されています。最も一般的に使用されている PROFINET ケーブルの種類とその用途は以下の通りです。

- **PE ケーブル** : PE ケーブルは、一定の湿度が予想される領域での設置に適しています。
- **埋設ケーブル**
- **難燃性、非腐食性ケーブル (FRNC ケーブル)** : 公会堂など、特別な防火規制に従う必要がある領域での設置に適しています。
- **巻取ケーブル** : 可動機械部品への設置用。
- **フェスツーン・ケーブル**
- **船舶配線ケーブル (造船用に承認)** : 船舶およびオフショア・ユニットへの設置用。



メーカーが PROFINET ケーブルと指定したケーブルのみを使用してください。ネットワークの無故障運転を実現できるのは PROFINET ケーブルのみです。

ケーブル・メーカーから提供された資料に従ってください。



銅線の設置および接地に関する詳細は、PROFINET Installation Guideline (注文番号 : 8.072) を参照してください。

ケーブル間の分離距離

PROFINET ケーブルを敷設する際は、表 3-1 に規定された最小限必要な分離距離に従ってください。値は EN 50174-2 規格からの引用です。

表 3-1 : PROFINET ケーブルの最小限必要な分離距離

	情報技術ケーブルおよび主電源ケーブルに使用するコンジット		
電磁バリアなしでの分離	裸金属製 コンジット a	有孔金属製 コンジット b、c	ソリッド金属製 コンジット d
10 mm	8 mm	5 mm	0 mm
<p>^a 50 mm×100 mm のメッシュを持つ溶接メッシュ・スチール・バスケットに相当するシールド効果 (0 MHz~100 MHz)。壁厚 1.0 mm 未満および/または表面に均一に穴が開けられた (20%以上) スチール製ケーブル・トレイ (ケーブル束、カバーなし) を使用して、同じシールド効果を実現できます。</p> <p>^b 最小壁厚 1.0 mm で、表面に均一に穴が開けられた (20%未満) スチール製ケーブル・トレイ (ケーブル束、カバーなし) に相当するシールド効果 (0 MHz~100 MHz)。このシールド効果は、脚注 d に規定された機能を提供しないシールド付き電源ケーブルでも実現できます。</p> <p>^c 設置したケーブルの上面からバリアの上面までの距離は 10 mm 以上にする必要があります。</p> <p>^d 壁厚 1.5 mm のスチール製設置パイプに相当するシールド効果 (0 MHz~100 MHz)。仕切り/バリアで要求される分離距離に加えて、規定の分離距離を考慮に入れる必要があります。</p>			



最小分離距離に関する詳細は、IEC 61784-5-3 または EN 50174-2 規格を参照してください。

銅線の接地と等電位ボンディング

PROFINET 銅線を設置する際は、ケーブルの設置と等電位ボンディングを正しく行う必要があります。これは、光ファイバには適用されません。

各ケーブルの両端、すなわち接続した各ネットワーク・ノードでケーブル・シールドを適切に接地する必要があります。通常、PROFINET デバイス内の継座金はその通りに接地されています。デバイスのケーブル・シールドの広い面積での接地が確認できない場合は、デバイス付近のケーブル・シールドを接地してください。さらに、等電位ボンディングを使用して、大きな接地電流がケーブルの被覆に流れるのを防ぐ必要があります。これにより、接地電流が等電位ボンディング・ケーブルに流れるようになり、PROFINET 銅線のシールドから放電されなくなります。

通常、各終端のケーブル・シールドの接地では、ケーブル・シールドからローカル・デバイスの接地までコネクタによって低抵抗路を作ります。ただし、各デバイスを適切に接地することも非常に重要です。



本書の付録および PROFINET Installation Guideline（注文番号：8.072）の組み立ておよび接地、等電位ボンディングに関する情報を参照してください。



一般的に、デバイス・メーカーのガイドラインには、デバイスをローカルの接地に接続する推奨方法が示されています。そのような指示がある場合はこれに従ってください。特に指示がない場合は、デバイスの接地からローカルの接地まで低インピーダンスの経路を確保してください。なお、接地線をコイル状に巻くと、接地ケーブルに大きなインピーダンスが発生する可能性があります。接地ケーブルを巻かないでください。

適切な接地と等電位ボンディングにより、PROFINET ネットワークは電気干渉を受けにくくなります。



PROFINET シールドやネットワーク・ノードの接地は、等電位ボンディングやシステムの共通接地を同じ接地システムで実現できるように設計できます。



不十分な接地は、PROFINET システムの問題のよくある原因です。また、不適切な接地や電氣的な障害のリスクにより、オートメーション・システムでエラーが発生し、人身事故や機械の損傷が生じる可能性があります。

3.2.2 PROFINET 光ファイバ・ケーブル

電磁干渉が存在する可能性がある領域や、大地電位の差が大きいと予想される領域では、光ファイバ（FO）による接続を推奨します。光ファイバ接続により、電磁干渉（EMI）や銅線の被覆を流れる接地等化電流による問題を完全に解消できます。

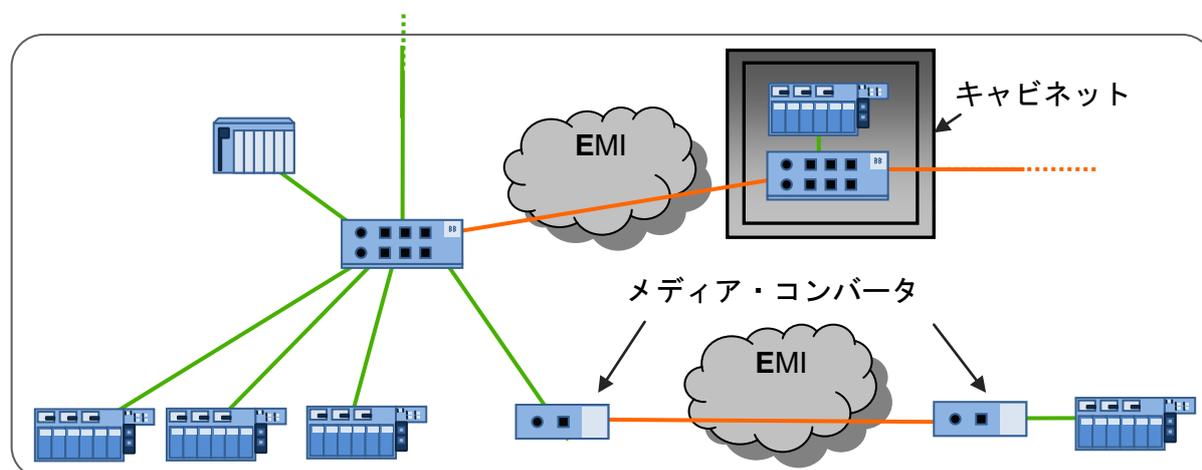


図 3-4 : EMI 環境での光ファイバ技術の適用

電磁干渉がある領域での光ファイバ技術を利用したネットワーク・ノード、スイッチ・キャビネットの接続を図 3-4 に示します。銅線に対する光ファイバの利点は以下の通りです。

- 通常、光ファイバ・ケーブルは銅線よりも長い距離に対応できます。
- FO ケーブルはプラントの区域間を完全に電気絶縁します。
- FO ケーブルは電磁干渉（EMI）の影響を受けません。

以下では、PROFINET ネットワークの設計に使用できるさまざまなファイバの種類について説明します。

光ファイバの種類

PROFINET に光ファイバ (FO) を使用する場合、4 つのファイバの種類を使用できます。ファイバの種類は、計画のオートメーション・プロジェクトの要件に従って選択する必要があります。

以下の種類のファイバが使用可能です。

- プラスチック光ファイバ (POF)
- ガラス・ファイバ (マルチモード)
- ガラス・ファイバ (シングルモード)
- プラスチック・ジャケット付きガラス・ファイバ (ハードクラッド・シリカ・ファイバ (HCF) またはプラスチック・クラッド・ファイバ (PCF))

光ファイバの主なパラメータを以下に示します。

ファイバの固有減衰

ファイバの固有減衰は、動作波長によって異なり、dB/km で表します。IEC 61784-5-3 に基づく各種ファイバの最大値を表 3-2 に示します。

表 3-2 : 各種ファイバの固有減衰

ファイバの種類	最大減衰	波長
POF	≤ 230 dB/km	650 nm (LED 励起)
マルチモード	≤ 1.5 dB/km	1300 nm
シングルモード	≤ 0.5 dB/km	1310 nm
HCF / PCF	≤ 10 dB/km	650 nm

最大 FO 伝送経路

FO ケーブルの最大長は、ファイバ内の光信号の減衰によって制限されます。また、使用する光波長も影響します。

表 3-3 : 各種光ファイバで実現できる伝送リンク

ファイバの種類	コア径	シース径	伝送経路 (標準値)
POF	980 μm	1,000 μm	最大 50 m
HCF / PCF	200 μm	230 μm	最大 100 m
マルチモード	50 または 62.5 μm	125 μm	最大 2,000 m
シングルモード	9~10 μm	125 μm	最大 14,000 m



最大伝送リンクは、光ファイバ・リンクの設計を決める判断基準の 1 つです。ただし、最も重要なのは光ファイバ・リンクの PROFINET エンドツーエンド・リンクの最大減衰です。

PROFINET エンドツーエンド・リンクの最大許容減衰

光伝送リンクの IEC 61784-5-3 および IEC 61300-3-4 規格に基づく最大許容減衰の値を表 3-4 に示します。

表 3-4 : PROFINET エンドツーエンド・リンクの最大許容減衰

ファイバの種類	PROFINET エンドツーエンド・リンクの最大減衰	波長
POF	12.5 dB	650 nm (LED 励起)
マルチモード光ファイバ	62.5/125 μm : 11.3 dB 50/125 μm : 6.3 dB	1,300 nm
シングルモード 光ファイバ	10.3 dB	1,300 nm
HCF / PCF	4.75 dB	650 nm



光ファイバ・リンクを使用する際は、IEC 61300-3-4 に基づく PROFINET エンドツーエンド・リンクの最大許容減衰を順守してください。

これらの制限値には、減衰の余裕が含まれています。

光ケーブルの追加接合部

リンクに接合部（スプライスやプラグ接続）が追加されると、伝送される光信号の減衰も増大します。プラスチック光ファイバ（POF）やハードクラッド・シリカは、多くの場合、簡単な工具を使用して現場で組み立てます。このようにするのは、その接合部で減衰が高くなるためです。標準値を表 3-5 に示します。

表 3-5：スプライスとコネクタ・ペアの減衰

接続	ファイバの種類	プラスチック光ファイバ/ ハードクラッド・シリカ/PCF
	光ファイバ	
熱スプライス接合部 1 か所	0.3 dB	不可
コネクタ・ペア 1 か所	0.75 dB	1.5 dB

異なる種類のファイバの使用

1 つのプラントで異なる種類のファイバを使用すると、多くの場合、追加の材料や工具が必要になるため、コストが増加します。さまざまな種類のファイバを同じプラントで使用することは可能ですが、これは例外的な場合とします。

表 3-6 : 異なる種類のファイバの使用

異なる種類のファイバの使用が理にかなっていない場合 :	異なる種類のファイバの使用を避けるべき場合 :
1 つのプラント内で複数のリンクをプラスチック・ファイバを使用して実現できるが、長さが必要なため、ガラス・ファイバを使用しなければならないリンクが 1 つだけある場合。この場合、すべてのリンクにガラス・ファイバを使用すると、全体のコストが高くなります。	ほとんどのリンクはガラス・ファイバで構成する必要があり、プラスチック・ファイバを使用できるリンクがわずかしかない場合。プラスチック・ファイバの処理が増えるため、コスト（工具、材料）が高くなります。

光ファイバ・リンクの減衰

光ファイバ伝送システムが確実に動作するには、受信器に届く光信号が十分な信号強度を持っている必要があります。PROFINET エンドツーエンド・リンクの減衰は、最大許容減衰の値を超えてはなりません。

以下のパラメータが影響を及ぼす可能性があります。

- ファイバの固有減衰
- 光ケーブルの追加接合部

光ファイバで高信頼性通信を実現するために、以下の条件を確認してください。

$$\text{送信パワー} - \text{総減衰量} \geq \text{受信器の感度}$$

短い伝送リンクでは、受信器の最大許容感度を確認する必要があります。必要に応じて、送信器の送信パワーを低減してください。



光ファイバ・リンクの設計では、規定限界値は伝送リンクの最大長を表しています。また、簡単な減衰の計算により、リンクを確認してください。



本書の付録には、光ファイバ・リンクのケーブル・コンポーネントを選ぶための例が記載されています。また、減衰のバランスの計算例も記載されています。

ただし、これは単なる確認のためのものであり、検収時の測定値に代わるものではありません。

3.2.3 必要なコネクタの選択

PROFINET ケーブルの両端にはコネクタが付いています。ケーブルとソケットのコネクタの組み合わせをコネクタ・ペアと呼びます。



また、ケーブルの両端のコネクタを含める必要があります。これらはそれぞれ、端末装置のソケットとペアを形成します。

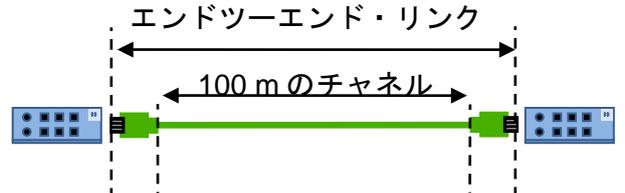
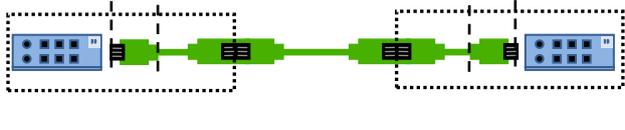


また、隔壁コネクタを含む脱着接続と遷移点も、ケーブル／コネクタ・システムの一部です。これらの品目の簡単な説明が付録に記載されています。

銅線のコネクタ

PROFINET ネットワークの設計では、エンドツーエンド・リンク内の脱着リンクの数が制限されていることに注意してください。

表 3-7 : 伝送リンクの長さとおコネクタ・ペア (銅)

2つのネットワーク・コンポーネントの配線例	コネクタ・ペアの数	最大距離
	2	100 m
	3	100 m
	4	100 m
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px;">IP20 環境</div> <div style="text-align: center;">  コネクタ </div> <div style="text-align: center;">  連結器 </div> </div>		



規定されたケーブルを規定されたコネクタと組み合わせて使用する場合、最大4つのコネクタ・ペアを使用してケーブルの最大長である100mを実現できます。プラグ接続は妨害源となるため、できるだけ少ない数のプラグ接続にしてください。



5つ以上のコネクタ・ペアが必要な場合は、リンク全体の減衰値を順守していることを確認する必要があります。(チャンネル・クラスDの値)

光ファイバ・リンクのコネクタ

銅線のチャンネルと同様、光ファイバのチャンネルの脱着接続の最大数は制限されています。

表 3-8 : 伝送リンクの長さとおネクタ・ペア (FO)

2つのネットワーク・コンポーネントの配線例	コネクタ・ペアの数	最大距離		
		POF	HCF /PCF	光ファイバ
				MM / SM
	2	50 m	100 m	2,000 m / 14,000 m
	3	42.5 m	100 m	2,000 m / 14,000 m
	4	37 m	100 m	2,000 m / 14,000 m



POF ファイバの減衰は比較的大きく、複数のコネクタを同時に使用することもあって、POF 接続の最大長に大きな影響があります。ネットワークで POF ファイバを使用する場合は、このことを考慮する必要があります。

3.3 プライマリ・インフラストラクチャの推奨デバイス

周期的なリアルタイム通信と比較して、PROFINET ネットワークのデータ交換は主にコントローラとデバイスの間で発生します。そのため、負荷が大きい通信リンクには PROFINET 認定スイッチを使用してください。

一般的に、任意の PROFINET デバイスと一体型スイッチをライン構成で使用することにより、リンクを確立できます。ただし、用途によっては、サブネットワークやライン型トポロジーを接続できるプライマリ通信リンクを使用することを推奨します。また、こうすることで、後日のプラントの拡張が簡単になります。

適合クラス B の要件では、マネージド・スイッチが必須になります。また、このスイッチには、適合クラス A に準拠したプラントの診断機能が向上するなど、さまざまな利点があります。そのため、常にマネージド・スイッチを使用することを推奨します。

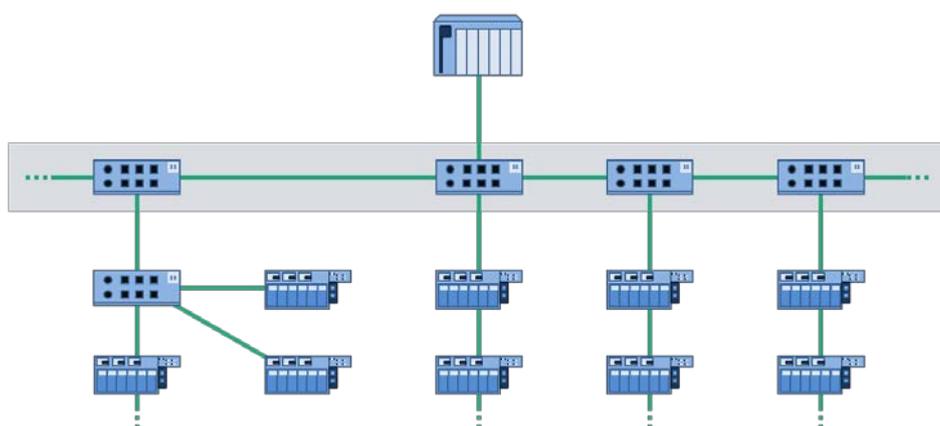


図 3-5 : トポロジーの例

プライマリ通信リンクの例を図 3-5 に示します（グレーの枠内）。また、このリンクは可用性を高めるために冗長構成にすることもできます。



可能な場合は、PROFINET 認定のマネージド・スイッチを使用して、プライマリ通信リンクを設計してください。

3.4 ネットワーク・トポロジーの定義

入手した情報に基づいて、計画のオートメーション・プロジェクトのトポロジーを定義できます。

推奨できる体系的な方法は以下の通りです。

手順 1 : オートメーション・プラントのすべてのネットワーク・ノードの位置を決定します。一箇所にまとめて設置する必要があるネットワーク・ノードを決定します。この配置に基づいて、トポロジーを定義します。

さらに、個々のコンポーネントを接続します。PROFINET デバイスにスイッチが搭載されているか確認してください。

手順 2 : この手順では、決定論的なタイミングや同期化が必要になる PROFINET デバイスを考慮します。トポロジーの定義では、決定論的なタイミングが必要な機器のつながりを考慮する必要があります。



IRTに対応するすべてのPROFINETデバイスをIRTに対応するスイッチに接続する必要があります。IRTに対応しないデバイスやスイッチもネットワークに接続できますが、そのためにIRT通信が劣化しないようにトポロジーを配置する必要があります。



運転中にデバイスを交換すると、既存のライン構成が中断されることに留意してください。可用性を確保するため、追加スイッチを使用するか、ラインを延長してリング構成にすることを検討してください。

手順 3 : 次に、伝送媒体を選択します。光ファイバ、銅線接続のどちらでリンクを設計するか決定します。

ネットワーク・ノードがこの伝送媒体に対応しているか確認します。必要に応じて、追加のメディア・コンバータを伝送リンクに設置します (3.5 章を参照)。



配線が環境条件に対応していることを確認します。

また、リンク内のコネクタ・ペアが最大許容数を超えていないことも確認します。

付録には、PROFINET で現在使用可能なコネクタに関する説明が記載されています。以降のページでは、プラントの例とそのトポロジーについて説明します。これらの例では、PROFINET トポロジーの概要のみを示します。

例 1：ファクトリー・オートメーション

ファクトリー・オートメーションのためのオートメーション・プラントのトポロジーで可能な構造は以下の通りです。

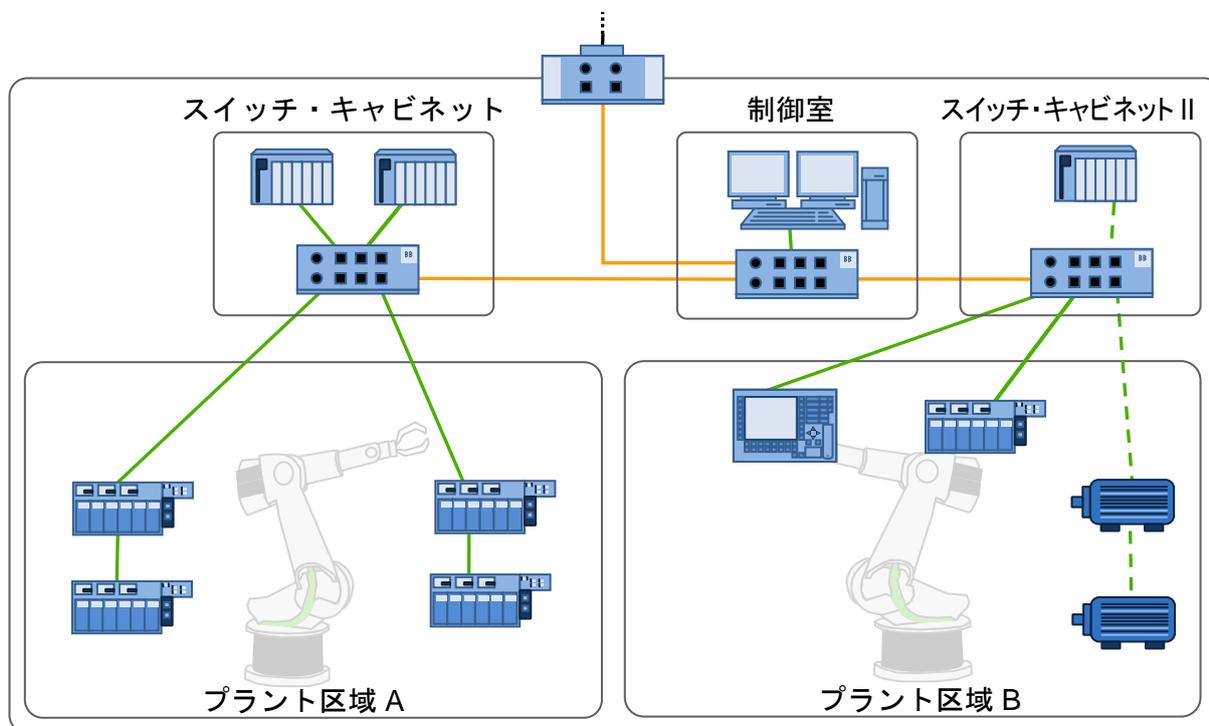


図 3-6：ファクトリー・オートメーションの例

この例では、コントローラとスイッチが生産ラインの隣にある別々のスイッチ・キャビネットに設置されています。すべてのコントローラは、互いに制限なしに通信できます。プラントの2つの区域がかなり離れているため、スイッチ間のリンクは光ファイバにより実装されます。

プラント区域 A では、IO デバイスは製造工程付近に配置され、ライン構成で接続されています。一方、プラント区域 B では、ドライブの同期接続に加えて、追加の PROFINET デバイスが IO デバイスや IO パネルと周期的に通信します。



この例では、異なるトポロジーの組み合わせが明確に示されています。

例 2：マシンの自動化

マシンの自動化を以下の例に示します。この例では、プラントは異なる機能を持つ複数の区域に分割されています。一般的に、このプラントの応答時間は非常に短くなります。

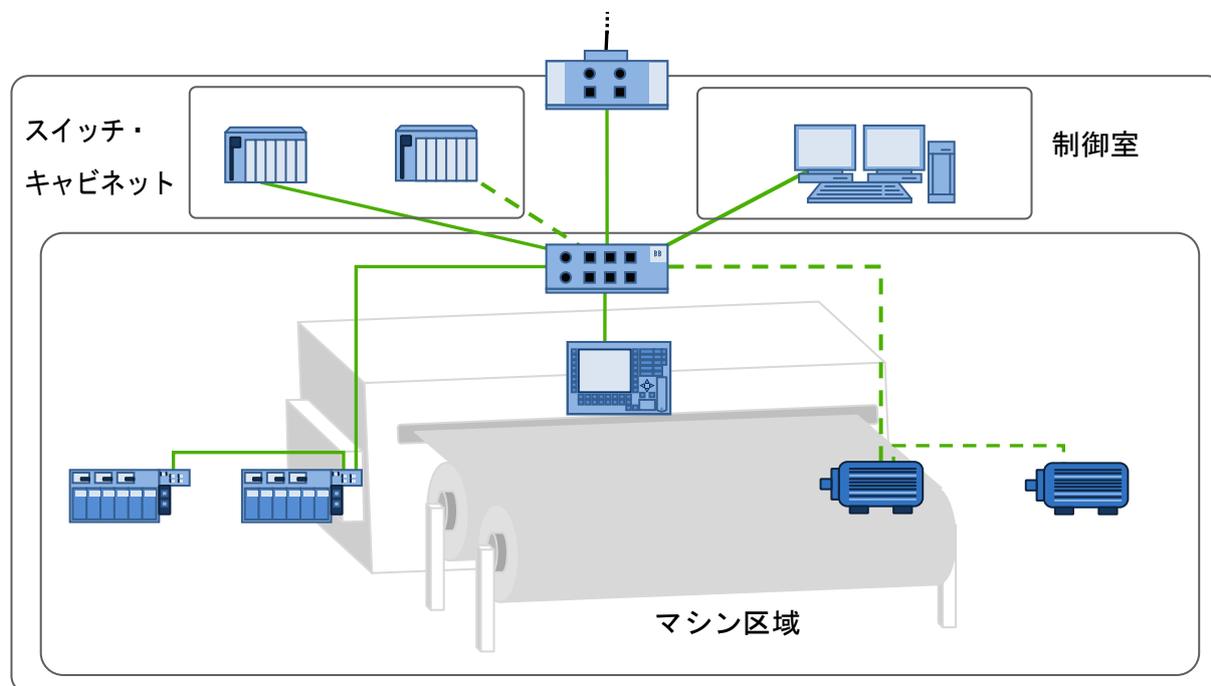


図 3-7：マシン・オートメーションの例

操作盤は制御室内、マシン区域外の IO コントローラはスイッチ・キャビネット内に設置されていますが、IO デバイスと IO パネルはマシン区域内に配置されています。

同期接続が不要な PROFINET デバイスを最初に設置し、スイッチに接続します。また、決定論に関する特別な要件（位置制御軸など）により、ドライブを IRT に対応するスイッチに同期接続します。また、IRT に対応しない PROFINET デバイスを IRT トラフィックと一緒に IRT スイッチ経由で配線できます。

例 3：プロセス・オートメーション

プロセス・オートメーションは主に、化学産業で使用されます。通常、以下のリンクにネットワーク構造を使用します。

- 化学反応器
- 発電所
- 化学プラント

一般的に、プロセス・オートメーションでは応答時間に関する要件が製造やマシン・オートメーションの場合よりも低くなります。

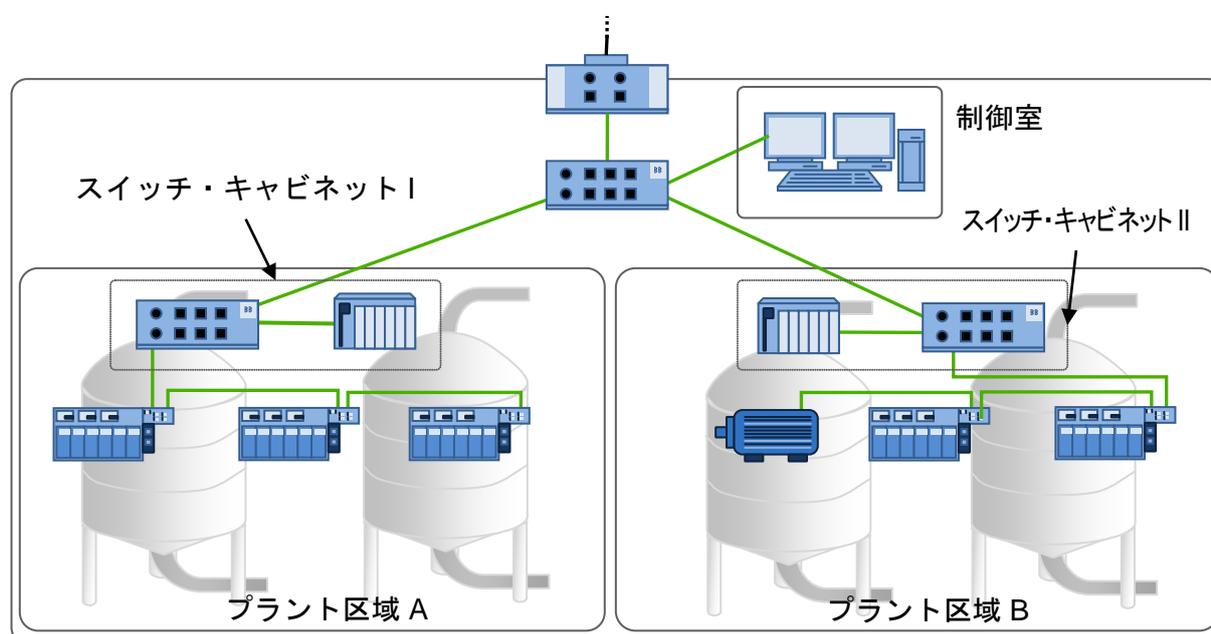


図 3-8：プロセス・オートメーション・プラントの例

制御室では、プラント区域 A と B に分割された 2 つのプロセスを監視します。2 つのプラント区域には、スイッチと IO コントローラを備えたローカル・スイッチ・キャビネットがあります。

このプラントでは距離が離れているため、ネットワーク・ノードはライン構成でリンクしています。これにより、必要な配線の量が減ります。

3.5 トポロジーの確認と調整

トポロジーと個々のリンクに配備する伝送媒体を定義した後、選択した PROFINET デバイスが選択した媒体に対応しているか確認する必要があります。

できれば、必要な伝送媒体に対応したデバイスを選択します。できない場合は、異なる媒体に対応した追加のメディア・コンバータまたはスイッチが必要です。



スイッチやメディア・コンバータの設置には追加のスペースが必要になることに留意してください。



計画のオートメーション・プロジェクトのプレビューおよび解析の変更を文書化し、ネットワーク・トポロジーを再度調整する必要があるか確認してください。

3.6 トポロジーの文書化

ネットワーク・トポロジーの定義の最後に、以下の選択に関するすべての情報を文書化します。

- 伝送媒体
- コネクタ

オートメーション・プロジェクトの事前定義済みのプラント概要を使用します。必要に応じて、PROFINET ネットワーク・ノードや伝送リンクを使用して拡張できます。エンジニアリング・ツール、設計ソフトウェアの中には、文書を作成できる追加機能が搭載されているものもあります。



以降の章で説明するネットワーク・パフォーマンスの検討、追加のネットワーク・ノードの統合により、ネットワーク・トポロジーの調整を行います。

次のページの図 3-9 に、2.3 章のプラントの例にあるネットワーク・トポロジーの最初の案を示します。

プラントは複数のスイッチを経由してネットワーク化されています。最初の手順では、同意に従って、ネットワークのすべてのノードをネットワークに接続します。追加のスイッチにより、ネットワークを拡張します。次の手順では、決定論的要件が高い区域を考慮します。その結果、適切な PROFINET デバイスをネットワークに統合することができます。

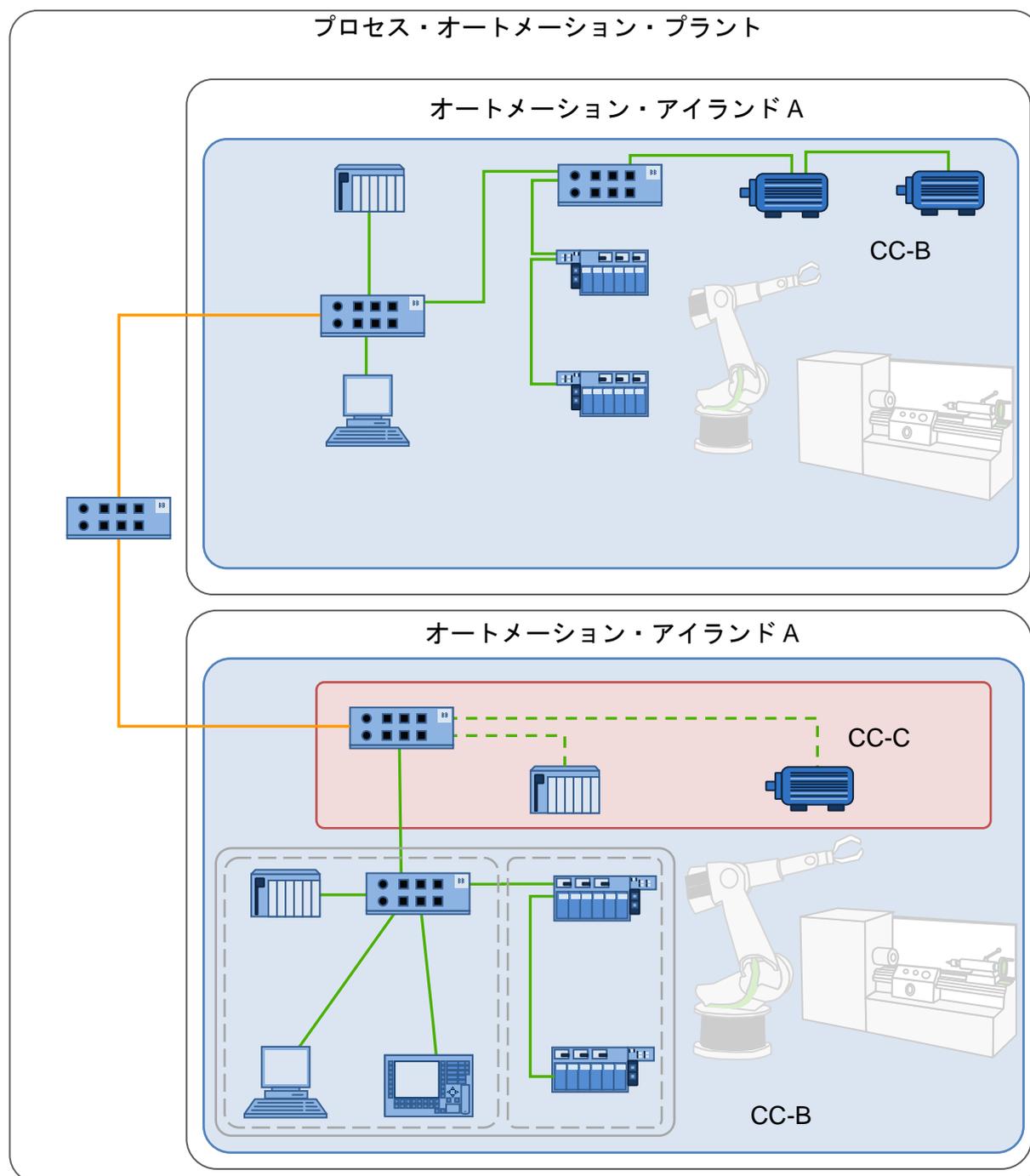


図 3-9 : 暫定的なトポロジーのプラントの例

さまざまな追加機能により、PROFINET オートメーション・プラントを拡張できます。これには、標準 Ethernet デバイスの統合、上位ネットワークへの接続などがあります。次の章では、これらの特別な設計事項について説明します。

4 特別な設計事項

このセクションでは以下について説明します。

- 高速起動（FSU）
- 上位ネットワークへの接続
- 既存のケーブル設備の利用
- ファームウェア・レビジョン・レベルの決定
- ネットワーク診断用アクセス・ポイントの計画



特別な設計事項では、トポロジーの設計に関して決めた内容を調整しなければならないことがあります。

4.1 「高速起動」の使用

アプリケーションによっては、電源 ON 後、PROFINET デバイスを短時間で運転可能な状態にする必要があります。たとえば、ロボットのツールを変更した後などです。起動時間を最小限にするため、PROFINET には「高速起動」（FSU）プロトコル機能があります。この機能は、高速起動に対応するデバイスを設定する際に有効にすることができます。

500 ms 未満の起動時間にするには、ネットワーク・ノードの関連スイッチでオートネゴシエーションとオートクロスオーバ機能を無効にする必要があります。オートクロスオーバが有効でない場合は、クロスオーバ・ケーブルまたは内部でクロス接続しているスイッチが必要です。クロスオーバ・ケーブルを使用した実装を図 4-1 に示します。

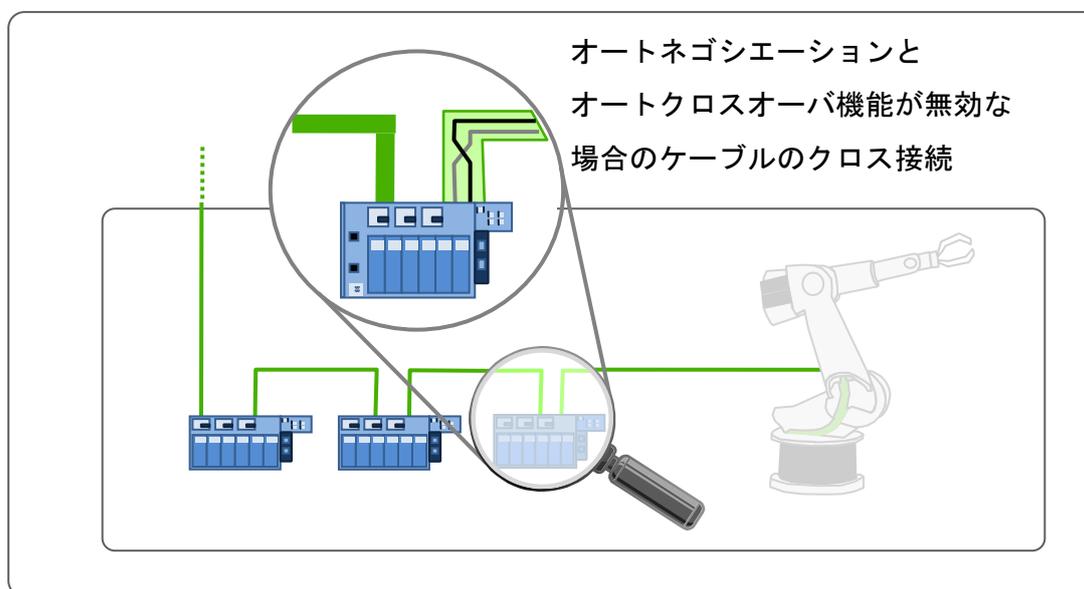


図 4-1 : PROFINET による「高速起動」の実装



FSU 機能および関連するネットワーク・ノードの接続に関する詳細は、メーカーの文書を参照してください。

4.2 既存のケーブル設備の利用

既存のケーブル設備を将来 PROFINET に使用できます。ただし、ケーブル設備が PROFINET 伝送に適している場合に限られます。

つまり、ケーブルが、標準 Ethernet 伝送用の 4 芯の撚り対線のシールド付き銅線で構成されている場合です。

PROFINET を使用する場合、産業環境の標準 Ethernet でよく使用されているアプリケーションに依存しないケーブルを適合クラスおよびアプリケーションに分類し、その分類に従って使用します。



PROFINET プラントに既存の配線を使用して設計する場合は、www.profinet.com、Conformance Class A Cabling Guideline（注文番号：7.072）の関連情報を参照してください。

既存の配線を使用する場合は、既存の設備に基づいて設計を行います。既存のケーブル設備を必要な伝送リンクで拡張する必要があります。これは、前の章で説明した暫定的なトポロジーの定義に対応します。

既存の設備で標準スイッチを使用する場合は、スイッチが VLAN に適しており、変更せずに、PROFINET データ・パケットの優先度情報を中継できることを確認してください。

4.3 上位ネットワーク（企業ネットワーク）への接続

多くの場合、オートメーション・プラントは運転制御レベルに接続する必要があります。PROFINET の上位ネットワークへの接続は、通常は標準 Ethernet をベースに行われますが、IT 部門と調整する必要があります。

多くの場合、他のネットワークへの接続にはルータを使用します。セキュリティ上の理由から、これらのルータはファイアウォール機能を備えている必要があります。

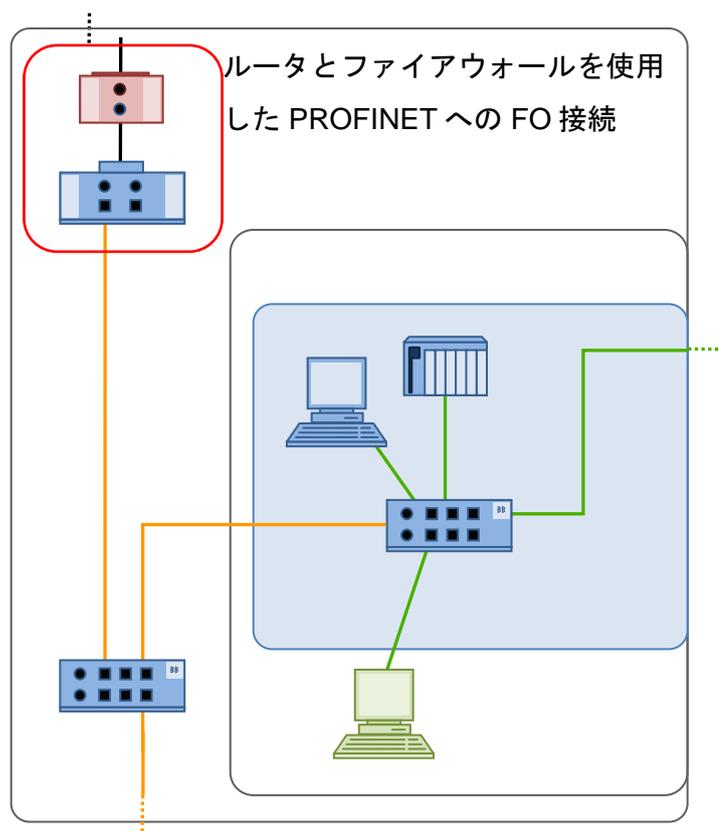


図 4-2 : 企業ネットワークに接続するプラントの例

ファイアウォールを経由して接続を行うことにより、外部からのプラントへの不正アクセスを防ぎます。

特殊なブロードキャスト・パケット（いわゆる「ブロードキャスト」または「マルチキャスト」）はルータが中継しないため、データ・トラフィックが1つのネットワーク領域に制限されます。これにより、ネットワークの中の中継されるデータ量が最小限に抑えられます。

ルータは、ネットワークを複数の領域に区分する障壁の役割を果たし、許可されたデータを接続されたサブネットワークに中継します。



上位ネットワークの PROFINET ソリューションへの接続に関しては、PROFINET Security Guideline（注文番号：7.002）の注記を参照してください。



PROFINET RT および IRT 通信はルータを経由できないことに留意してください。



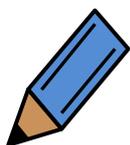
ルータは設定なしでは接続されたデバイス間のトラフィックのネゴシエーションを行うことができないことに注意してください。つまり、ルータを適切に設定しておかなければ、データ・トラフィックはルータを通過できません。

ルータの設定については、会社の IT 部門と調整してから行ってください。

4.4 ファームウェア・レビジョン・レベルの決定

一般的に、機能の拡張がソフトウェアで行われている場合、使用されている PROFINET デバイスにはさまざまなファームウェア・レビジョンがあります。

それでも、プラントの設計段階で企業のファームウェア・レビジョン・レベルを確認し、コミッショニング前にすべての PROFINET デバイスのファームウェア・レビジョン・レベルを同じにするとよいでしょう。これにより、デバイスの挙動とプロジェクト計画の一貫性を確保できます。最新のファームウェア・レビジョン・レベルをデバイス・ベンダに確認し、そのレベルを使用する各デバイス・タイプの標準にしてください。同じデバイスのタイプで異なるファームウェア・レビジョン・レベルを使用することは避けたほうがよいでしょう。



デバイスのタイプごとに共通のファームウェア・レビジョン・レベルを決定してください。

また、共通のハードウェア・レビジョン・レベルを決めるのもよいでしょう。

コミッショニング前に、ファームウェア・バージョンが古いすべての PROFINET デバイスを定められたファームウェア・レビジョン・レベルに更新してください。

4.5 ネットワーク診断用アクセス・ポイントの計画

コミッショニング段階や保守では、ネットワーク・トラフィックの解析やデバイスのデータの読み取りなどのため、ネットワーク・アクセス・ポイントが必要になります。また、アクセス・ポイントは、トラブルシューティングやネットワーク状態の長期的な診断にも役立ちます。

プラントの通常運転を中断せずに診断装置を接続するためには、ネットワーク・アクセス・ポイントを用意する必要があります。



診断用にプラント全体に分散した容易にアクセスできるポートを確保してください。

いずれにせよ、直接コントローラに配置するなど、通信ノードに診断ポートのあるスイッチを用意してください。

対応するスイッチがポート・ミラーリングに対応している場合は、空きポートを使用して、ネットワーク・トラフィックの最初のおおざっぱな解析を行うことができます。

正確なデータ・トラフィック診断には、TAP（テスト・アクセス・ポイント）を使用して、データ・ストリーミングを解析します。図 4-3 に示すように、TAP は通信リンクに直接実装します。

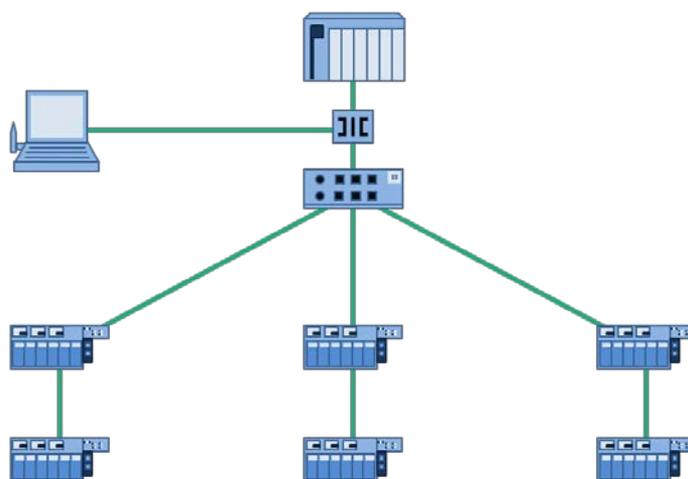


図 4-3 : TAP を介したデータ・ストリームの読み取り

データ・ストリームの評価には PC を使用できます。また、TAP がある診断装置も市販されています。

TAP を設置または削除するには、通信リンクを開く必要があります。プラント設計の重要なポイントに TAP を用意するとよいでしょう。

TAP は、ネットワークの追加コンポーネントであり、ネットワークの可用性に影響を及ぼす可能性があります。ただし、受動的で反応しない TAP を使用した場合はこの影響は無視できます。



コントローラに直接配置するなど、重要なポイントに TAP を用意するのが賢明です。

PROFINET 通信に影響しない受動的な TAP のみを使用することを推奨します。

4.6 4対ケーブルの使用

4対ケーブルを使用して、PROFINETおよび標準ITの一貫したケーブル設備を実装できます。対応するコネクタについては、9.5章を参照してください。これにより、一貫した配線を使用して、他のネットワークのシステムをPROFINETネットワークに統合できます。



4対ケーブルを使用する場合、PROFINET デバイスは現在、100 Mbps の伝送速度のみの動作になることに注意してください。M12 コネクタでは、ギガビット・スイッチから PROFINET デバイスへの適切な伝送コネクタの使用が必要になることがあります。

4.7 ネットワーク・トポロジーの修正の文書化

文書を更新し、特殊な事項を考慮して得られた結果を記載してください。



エンジニアリング・ツール、社内文書化ツール、設計ソフトウェアの中には、設計文書を作成できる追加機能が搭載されているものもあります。

5 パフォーマンスの検討

次に、ネットワークのパフォーマンスを考慮する必要があります。この章では、設計プランの解析の手順について説明し、主にネットワーク・パフォーマンスに関して考慮すべき点を示します。このセクションでは以下の内容を扱います。

- PROFINET IO サイクルの説明
- ネットワークのパフォーマンスに関連するデバイスのパラメータの定義
- PROFINET デバイスや標準 Ethernet デバイスによって生じる周期的負荷と非周期的負荷を特に重視した PROFINET ネットワーク・トポロジー



確実にタイムリーな通信を確保するために、ネットワークのトポロジーを調整しなければならないことがあります。

アイソクロナス・リアルタイム通信（IRT）、安全性およびセキュリティ・コンセプトの影響については、この章では扱いません。



以下の 5.1 章では、一般的な Ethernet 機能および性能に関連する PROFINET の機能の概要を示します。すでにこれらのトピックに精通している場合は、この章を省略して、5.2 章に進むことができます。

5.1 PROFINET の転送サイクル

この章では、パフォーマンスに関連する PROFINET の機能について説明します。これまでにを行った設計プランを解析するための適切な基盤となります。

5.1.1 PROFINET パケットおよびスイッチング技術の優先度

PROFINET ネットワークでは、リアルタイム通信（RT）と非リアルタイム通信（NRT）の2つのタイプの通信を使用します。

優先されるのはリアルタイム通信です。図 5-1 の例に示すように、VLAN タグでは標準 Ethernet を優先するメカニズムを使用しています。RT パケットが NRT パケットよりも高い優先度があることがわかります。

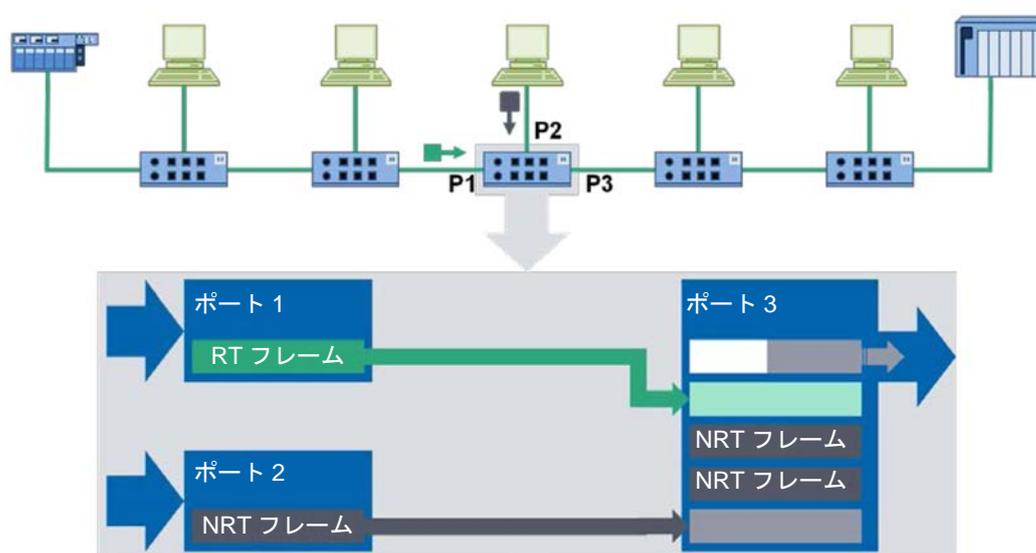


図 5-1 : PROFINET でのリアルタイム通信の優先度

その結果、NRT 通信は、RT 通信がない期間のみ実行されます。通常、以下のスイッチング技術を適用します。

- 「ストア・アンド・フォワード」スイッチ：パケットをまとめて受け取り、エラーがないか確認した後、転送するか、無効なパケットの場合はドロップします。
- 「カットスルー」スイッチ：転送プロセスに必要なパケット部分（アドレス情報）のみを読み取り、遅延なしに直接転送します。

どのスイッチング技術を使用するかは、特にライン深度（コントローラとデバイスの間のスイッチ台数）、つまりトポロジーの設計プランにおいてたいへん重要です。このトピックに関する詳細は、5.3.1 章を参照してください。

5.1.2 更新時間

PROFINET デバイスは、プロセスの要件や使用するハードウェアによって、さまざまな間隔で更新できます。更新時間は、同じプラント内にある PROFINET デバイスによって異なります。すべての PROFINET デバイスが少なくとも 1 回データを受信または送信する転送サイクルの長さは、更新速度が最も遅い PROFINET デバイスによって決まります(図 5-2 を参照)。

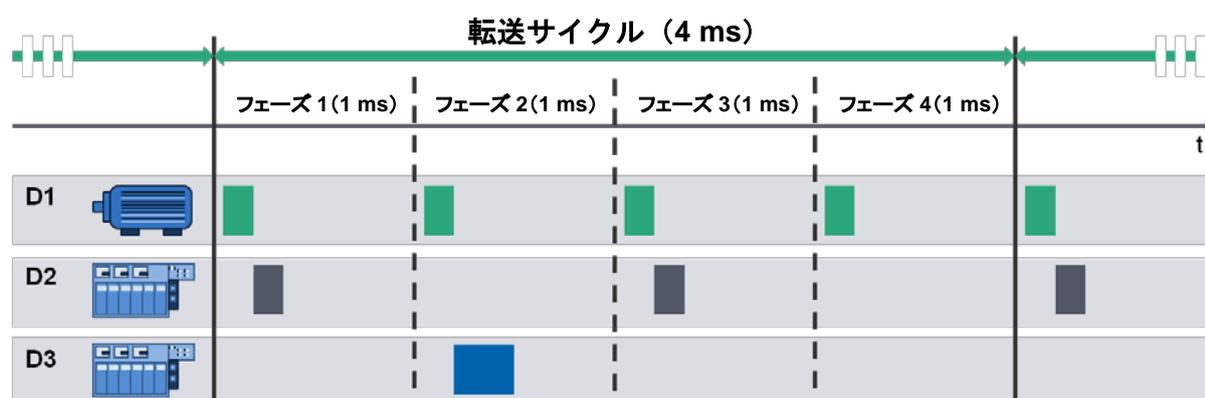


図 5-2 : PROFINET の転送サイクル

短い更新時間では、転送サイクルを複数のフェーズに分割します。フェーズ時間 T_p は常に、式(5.1)に示すように、PROFINET の基本クロックである $31.25 \mu\text{s}$ の倍数になります。この倍数は *SendClockFactor* と呼ばれます。

$$T_p = \text{SendClockFactor} \cdot 31.25 \mu\text{s} \quad (5.1)$$

最小転送クロック以外の更新時間 T_a は、式(5.2)に示すように、*ReductionRatio* を使用して計算します。

$$T_a = \text{ReductionRatio} \cdot \text{SendClockFactor} \cdot 31.25 \mu\text{s} \quad (5.2)$$

図 5-2 の例では、IO デバイス D1 では、更新時間が 1 ms になる最小転送クロックが必要です。IO デバイス D2 に割り当てられる *ReductionRatio* は 2、IO デバイス D3 に割り当てられる *ReductionRatio* は 4 で、転送サイクルは 4 ms になります。

パケットの転送の最小クロックを定義する転送クロックは、IO コントローラで設定できます。さらに、パケットの転送の最小クロックを定義する転送クロックを追加して設定することもできます。一般的に、選択されたコントローラの転送クロックは、デバイスに割り当てられた最短更新時間に対応します。

一般的なアプリケーションのタイミングの選択を以下の例に示します。なお、この例では、原理を説明するために任意で選択した値を使用しています。

例 コントローラのデータは、4 ms の更新時間で 4 台のデバイスに転送されます。

コントローラの転送クロックとして 1 ms が選択されている場合、データ・パケットは 1 ミリ秒ごとに転送されます。

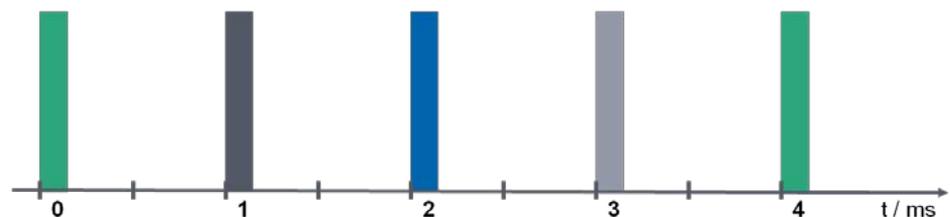


図 5-3 : 転送サイクル 4 ms、コントローラの転送クロック 1 ms のときのネットワーク負荷

ただし、コントローラの転送クロックとして 4 ms が選択されている場合は、データ・パケットは 4 ミリ秒ごとに転送されます。

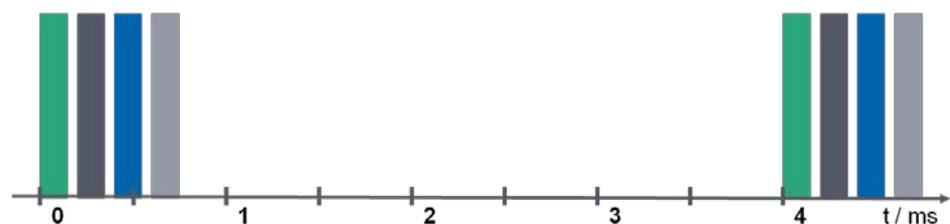


図 5-4 : 転送サイクル 4 ms、コントローラの転送クロック 4 ms のときのネットワーク負荷

最初のケースでは、負荷が転送サイクル内に均等に分散していますが、2 番目のケースでは、パケットの転送が 1 つかたまり、バス上の負荷は一様ではありません。

例に示されているように、デバイスの更新時間が遅い場合でも、コントローラの転送クロックを短くすることを推奨します。このようにすると、発生するネットワーク負荷を適正に分散させることができます。そのため、デバイスの更新時間を変更する際は、コントローラの転送クロックではなく、*ReductionRatio* を修正してください。



通常、これらの計算はエンジニアリング・ツールで行われます。更新時間のみに、ユーザが事前設定する必要があります。

更新時間を定義すると、PROFINET デバイスはその更新時間で定められた間隔でデータを自動的に転送します。PROFINET RT 通信では、正確な時間ではなく、データ・パケットが送信される時間間隔のみを定義します。

事前設定した更新時間は、転送するデータ量、すなわちネットワーク負荷に大きな影響を及ぼします。これについては、次の章で詳しく説明します。

5.1.3 ネットワーク負荷

使用帯域幅と最大使用可能帯域幅の比率はネットワーク負荷と呼ばれます。対象とする時間帯の負荷分散はランダムとみなすことができます。

対象とする時間帯は、ネットワーク負荷の定義に重要です。なぜなら、転送サイクルを例として使用した図 5-5 に示すように、転送プロセス中はネットワーク帯域幅全体の 100%が一定時間占有されるからです。例では、108 バイト（緑、灰）と 300 バイト（青）の長さの異なるパケットが、転送中にすべての帯域幅を使用しています。

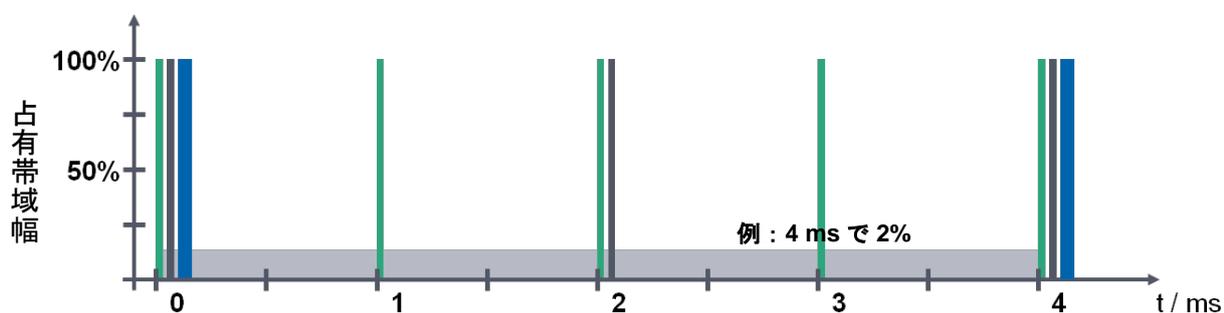


図 5-5 : 転送サイクル中のネットワーク負荷の発生の例

値は常に平均化されるため、対象とする時間帯におけるネットワーク負荷の分散を直接求めることはできません。対象とする時間帯が長ければ長いほど、平均化の影響は大きくなり、短いネットワーク負荷のピークは不鮮明になります。図 5-5 の例では、4 ms でのネットワーク負荷は 2%です。

PROFINET では、通常、データを全二重モードで転送し、データの送信と受信を同時に行います。そのため、通信方向をそれぞれ分けて考慮できます。



使用帯域幅と最大使用可能帯域幅の比率はネットワーク負荷と呼ばれます。

RT 通信に必要な帯域幅は、送信するデータ量と事前設定した更新時間によって異なります。
さらに、NRT 通信に使用可能な帯域幅もそれに従って変わります。

5.1.4 処理チェーンの応答時間

各 PROFINET デバイスは、それぞれのプログラムを特定のサイクル時間内に順次実行します。入力は各サイクルの始めに読み取られ、出力は各サイクルの終わりに設定されます。これらのサイクルの相互のタイミング（図 5-6 を参照）は、処理チェーンの応答時間に影響を及ぼします。

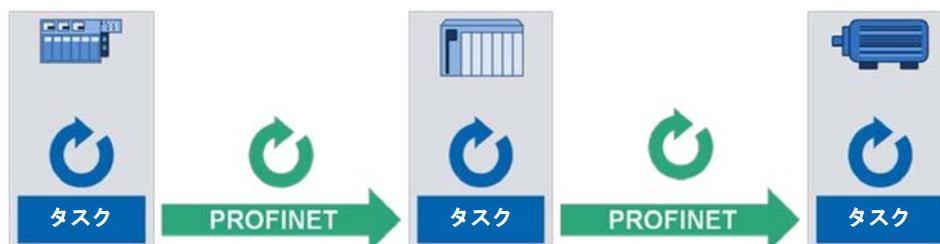


図 5-6 : 処理チェーンのサイクル

イベントの処理例を図 5-7 に示します。たとえば、このイベントには、モータの停止コマンドの入力があります。

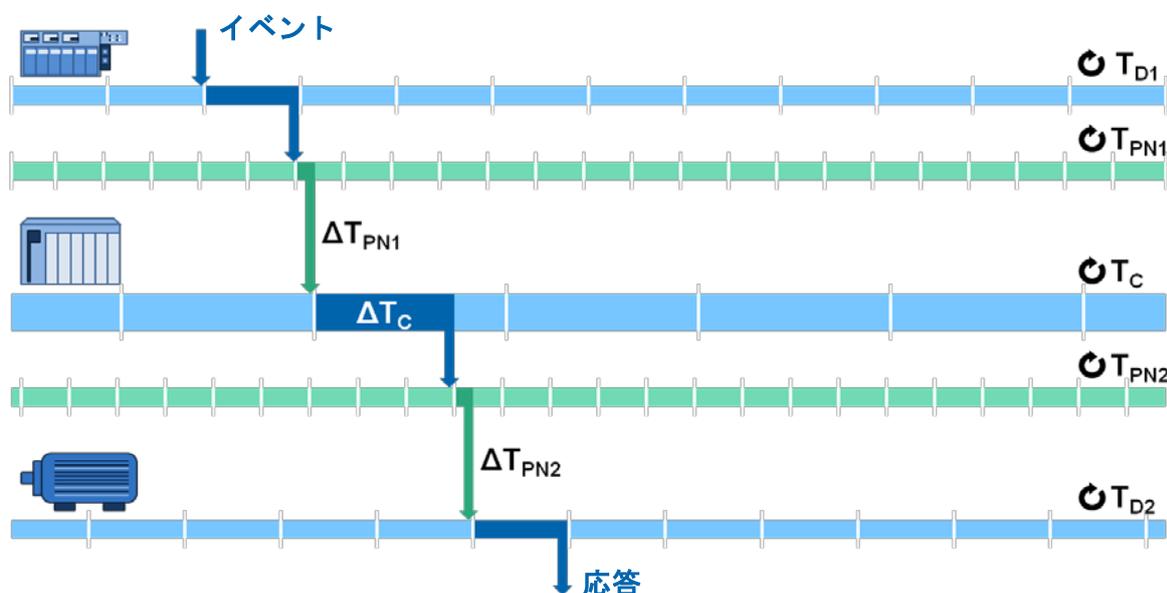


図 5-7 : 処理チェーンにおけるサイクルの例、最短応答時間

実行時間は以下によって決まります。

- コントローラのサイクル時間 T_c
- コントローラの処理時間 ΔT_c
- デバイス T_{D1} および T_{D2} のサイクル時間
- デバイス T_{PN1} および T_{PN2} のサイクル時間／更新時間
- ネットワーク ΔT_{PN1} および ΔT_{PN2} のデータの転送時間

この例では、コントローラで PLC タスクを周期的に実行すると仮定します（IEC 61131-3 システムなど）。また、PLC タスクの処理時間 ΔT_c はタスクのサイクル時間 T_c よりも短いと仮定します。周期的にコントローラでタスクを実行する場合（「PLC モード」）、コントローラのサイクル時間 T_c はコントローラの処理時間 ΔT_c に対応します。

ベストケースでは、データは次のサイクルの開始直前に「ぎりぎり間に合って」受信され、直ちに処理できます。追加の遅延は発生しません。

ワーストケースは、処理ステップごとにサイクル全体が終わり、評価と応答が再び可能になるまで実行を待機する必要があります（図 5-8 を参照）。この考察は、周期的な処理でイベントが「ぎりぎり間に合わず」、次のサイクルが開始されるまで処理が不能になるという仮定に基づいています。

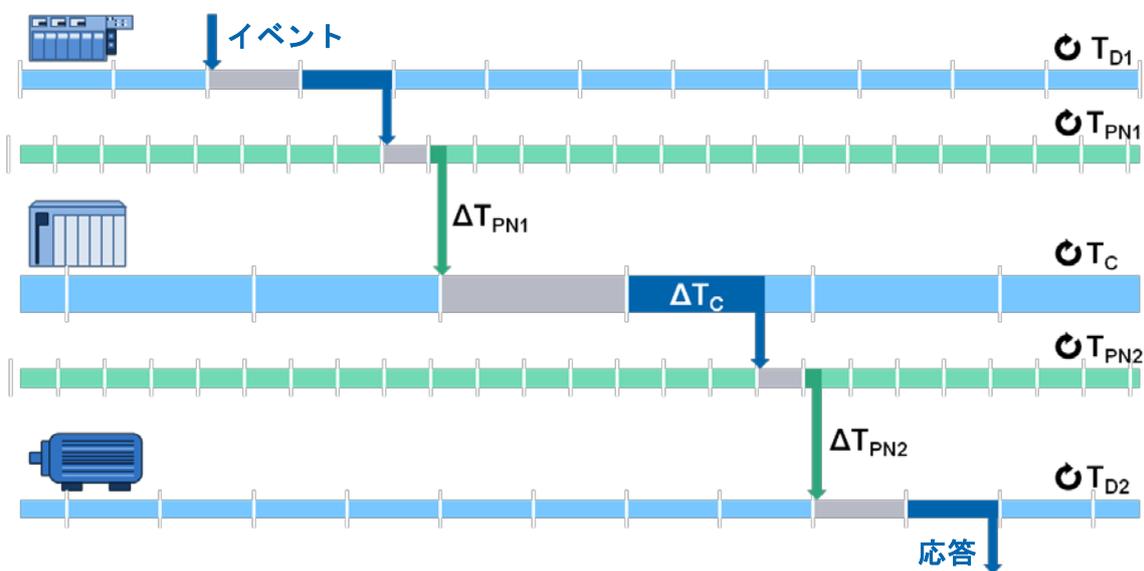


図 5-8 : 処理チェーンにおけるサイクルの例、最長応答時間

システムのコンポーネントのサイクルは互いに同期していないため、応答時間の差異が予想されます。

以下の例に示すように、ワーストケースでは、処理チェーンの応答時間はベストケースで必要な時間の倍になる可能性があります。

例

仮定

$$T_C = 15 \text{ ms}$$

$$\Delta T_C = 10 \text{ ms}$$

$$T_{D1} = T_{D2} = 3 \text{ ms}$$

$$T_{PN1} = T_{PN2} = 2 \text{ ms}$$

$$\Delta T_{PN1} = \Delta T_{PN2} = 100 \text{ } \mu\text{s}$$

応答時間

最短

$$T_{D1} + \Delta T_{PN1} + \Delta T_C + \Delta T_{PN2} + T_{D2} = \mathbf{16.2 \text{ ms}}$$

最長

$$2 \cdot T_{D1} + T_{PN1} + \Delta T_{PN1} + T_C + \Delta T_C + T_{PN2} + \Delta T_{PN2} + 2 \cdot T_{D2} = \mathbf{41.2 \text{ ms}}$$

上記の例では、以下に示すように、PROFINETの更新時間の影響はかなり小さくなります。

例 先の例で使用した仮定を維持したまま、応答時間 T_{PN1} および T_{PN2} を 2 ms から 1 ms に短縮した場合、最短応答時間は 16.2 ms、最長応答時間は 39.2 ms になります。

この場合、更新時間とコントローラのサイクル時間の比率は 1:15 です。

上記の例では、コントローラのサイクル時間を短くすると、応答時間にかなり影響があります。

例 最初の例の他の仮定を維持したまま、コントローラのサイクル時間 T_C を 15 ms から 10 ms に短縮し、コントローラの処理時間 ΔT_C を 5 ms にした場合、最短応答時間は 11.2 ms、最長応答時間は 31.2 ms になります。

この場合、更新時間とコントローラのサイクル時間の比率は 1:5 です。

更新時間とコントローラのサイクル時間の比率が変わると、応答時間も変わります。



コントロール・システムの応答時間がアプリケーションに対して十分に速いことを確認してください。

5.2 IO サイクルの計画

以下のセクションでは、デバイス設定の定義について説明します。これに関連して、PROFINET の更新時間と監視機能を考察します。

5.2.1 更新時間の計画

コントローラは、指定された更新時間で周期的に動作します。他のすべての PROFINET デバイスの更新時間は、コントローラのサイクル時間の関数として定義する必要があります。マルチコントローラ・アプリケーションでは、対応するコントローラに割り当てられたデバイスを考慮する必要があります。

短い更新時間では、データは短い間隔で更新されます。その結果、より迅速な処理が可能になります。ただし、時間内に転送するデータ量が増え、ネットワーク負荷も高くなります。一般的な PROFINET のパケット・サイズである 108 バイト（60 バイトのペイロード・データ）を例に使用して、ネットワーク負荷が更新時間とネットワーク・ノード数の関数として増加する様子を図 5-9 に示します。

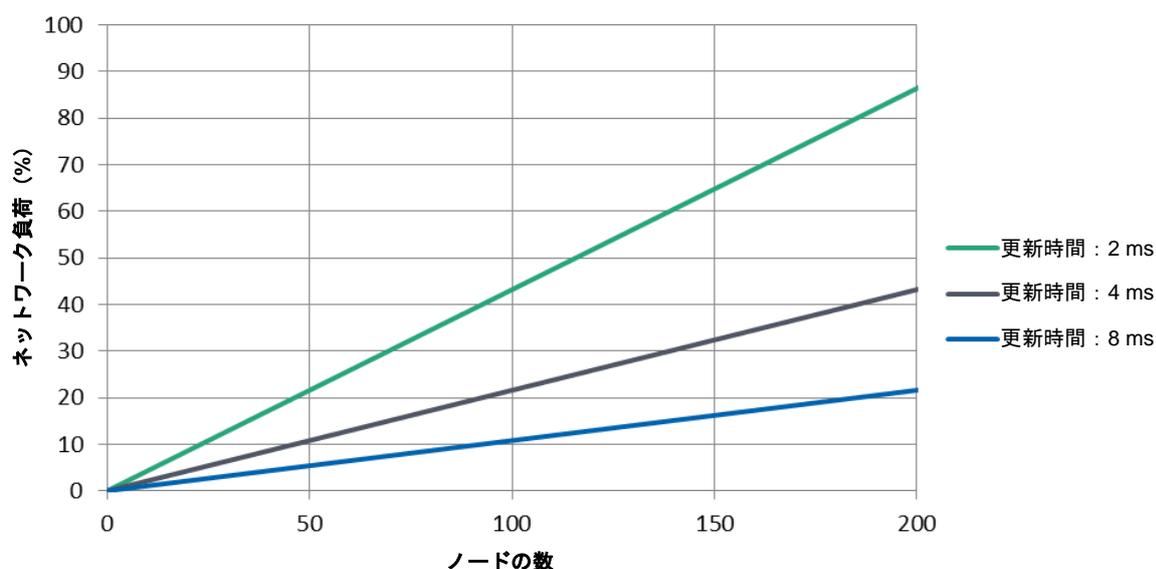


図 5-9 : 更新時間およびネットワーク・ノード数の関数としての周期的な PROFINET ネットワークの負荷 (一般的な PROFINET パケット)

ネットワーク負荷が周期的なリアルタイム通信によって増加すると、他の通信に利用可能な帯域幅が減少します。ネットワーク負荷については、5.3.2 章で詳しく説明します。



更新時間が短くなればなるほど、周期的なリアルタイム通信が占有する帯域幅が増えます。

更新時間が長くなれば、応答時間も長くなります。

したがって、PROFINET デバイスの更新時間を必要最小限の長さとし、許される範囲で応答時間を長くすることを推奨します。



5.3.1 章のライン深度および更新時間の仕様に従ってください。



- すべてのデバイスの更新時間を定義してください。
- ワイヤレス伝送技術を使用する場合は、それに合わせて更新時間を定める必要があることに留意してください。
- これによるシステム全体の応答時間を確認してください。
- これらの仕様を文書化してください。

5.2.2 PROFINET 通信の監視の定義

ネットワークでは、データ伝送エラーが発生する可能性があります。そのため、通信の監視にはある程度の耐故障性が必要です。一方、通信障害が発生した場合には、できるだけ早急にエラーを検出し、出力を定義された状態に設定するなどの対応ができるようにする必要があります。目標は、通信を監視し、必要に応じて調整できるようにすることです。

PROFINET ネットワークの通信監視機能は、有効なデータが受信されたかどうかを確認します。事前設定した時間または通信サイクル数内に有効なデータを受信できない場合、エラーが発生していると推測します。

以下の説明では、エラーの発生を推測するまでの有効なデータが受信されない通信サイクル数をしきい値と呼びます。



通信監視設定の名称はメーカーによって異なります。たとえば、以下のような名称があります。

- 「IO データが欠損している許容更新サイクル数」
- 「IO データがない更新サイクル数」
- 「通信を終了するまでの異常テレグラム数」

標準しきい値を 3 に設定するプロセスを図 5-10 に示します。

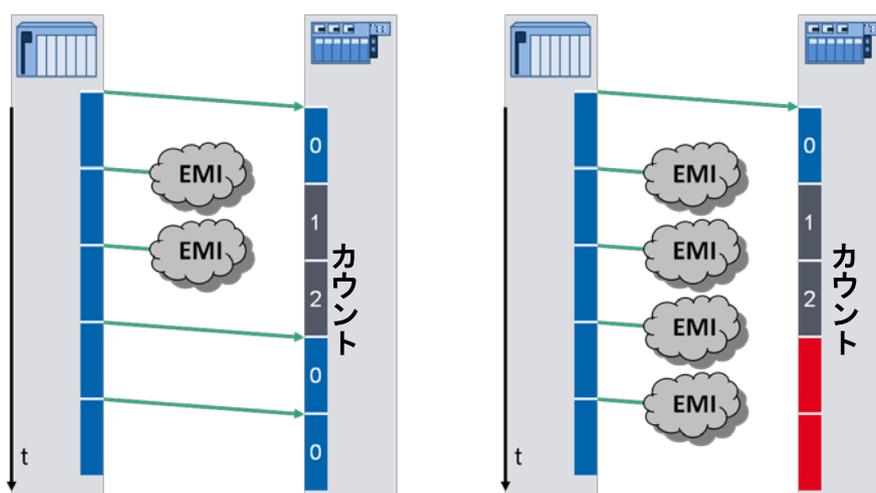


図 5-10 : エラーしきい値が 3 の場合の通信の問題

最初のケース（図の左側）では、たとえば電磁干渉（EMI）により、2つのサイクルで通信が妨害されています。しきい値に達していないため、通信の回復時にカウンタがリセットされ、通常の通信を続けます。

問題がもっと長時間続いた場合（図の右側）、通信エラーと推測し、通信を終了します。

しきい値により、データが欠落してからエラーとみなされるまでの時間が決まります。

しきい値が大きければ大きいほど、通信エラーが認識される時間は遅くなります。標準しきい値3としきい値10を例に使用した、継続的な通信エラーの状況を図5-11に示します。

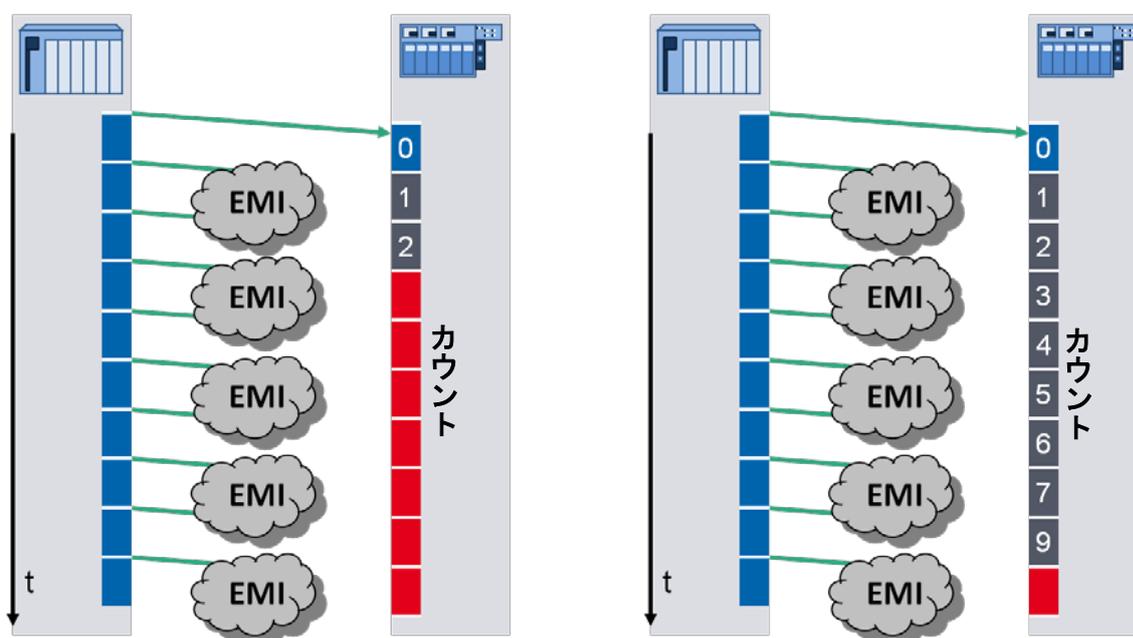


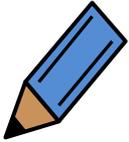
図 5-11：低いしきい値（3、左）と高いしきい値（10、右）の比較

エラーが認識されるまでの時間は、通信サイクル時間としきい値によって決まります。つまり、標準しきい値が3で、更新時間が2msの場合、エラーは6ms後に検出されますが、更新時間が4msの場合、エラー検出時間は12ms後になります。



しきい値が高いと、問題発生時の耐障害性は高くなりますが、エラーの検出が遅くなります。

標準しきい値 3 の設定を維持することを推奨します。別のしきい値を選択した場合は、エラー発生時の応答時間が十分に短いか確認する必要があります。



監視機能のしきい値を定義し、設定を文書化してください。

5.3 計画のネットワーク・トポロジーのパフォーマンスの確認

更新時間と監視機能を定義したら、計画しているトポロジーで予想されるパフォーマンスを確認してください。

5.3.1 ライン深度の確認

デバイスとそのコントローラの上に配置する各スイッチによってデータ転送の遅延が生じます。コントローラとデバイス間のスイッチの台数はライン深度と呼ばれます。トポロジーを提案するときはライン深度を考慮する必要があります。ライン型トポロジーでは、デバイス内の一体型スイッチによりライン深度が大きくなります。ライン深度が大きい場合は、トポロジーの計画時に遅延を考慮する必要があります。ライン深度が9の例を図 5-12 に示します。

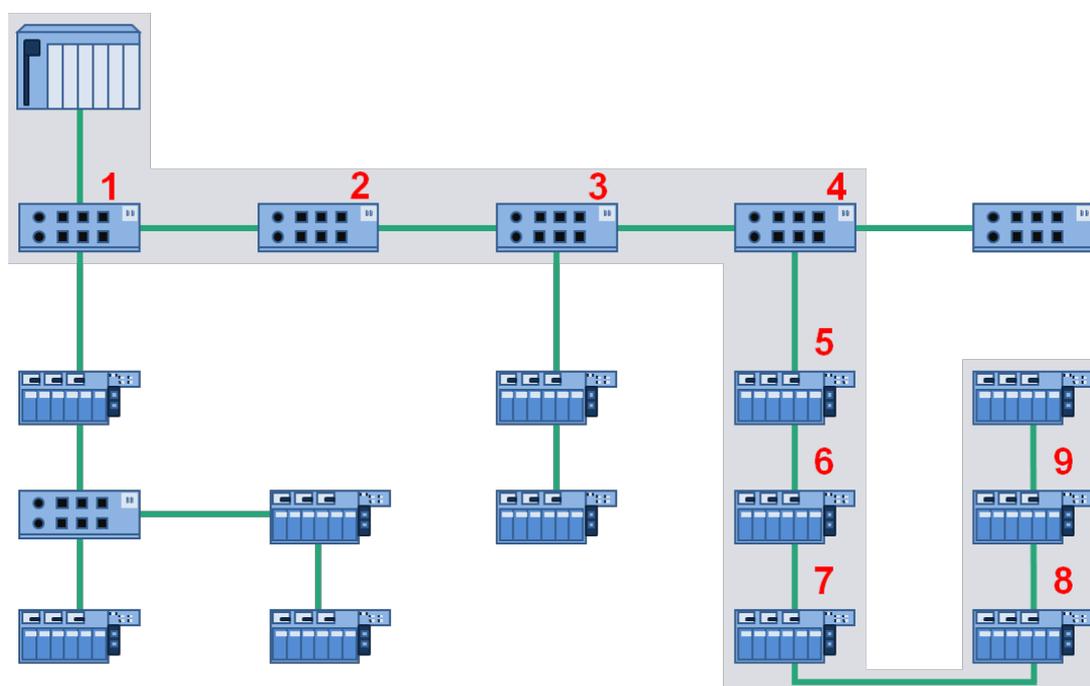
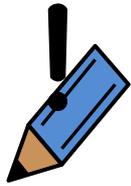


図 5-12 : ライン深度の例

通常、制御ではデバイスとコントローラ間の通信が重要です。複数のコントローラを使用する場合、各コントローラに割り当てられたデバイスを考慮する必要があります。

ライン深度が大きくなればなるほど、データ転送の遅延も大きくなります。その結果、データが宛先に届くときにはある程度の時間が経過しています。時間が重要なアプリケーションでは、過度のライン深度は避けてください。



大きなライン深度は応答時間に影響を及ぼす可能性があります。ネットワークに使用するスイッチの種類（「ストア・アンド・フォワード」または「カットスルー」）を確認してください。ストア・アンド・フォワード・スイッチはカットスルー・スルーよりも遅延が大きくなります。使用するスイッチの種類が不明な場合は、念のために「ストア・アンド・フォワード」スイッチを想定してください。

表 5-1 に示す最大ライン深度は、「ストア・アンド・フォワード」スイッチの場合です。

表 5-1：「ストア・アンド・フォワード」スイッチの最大ライン深度

最大ライン深度と更新時間			
1 ms	2 ms	4 ms	8 ms
7	14	28	58

ワーストケースのシナリオでは、ライン型トポロジーのこれらのライン深度の処理時間は、更新時間と同じになります。

表 5-2 に示す最大ライン深度は、「カットスルー」スイッチの場合です。

表 5-2：「カットスルー」スイッチの最大ライン深度

最大ライン深度と更新時間			
1 ms	2 ms	4 ms	8 ms
64	100	100	100



高可用性と診断の容易さという利点が得られるため、最大ライン深度を 45 で計画することを推奨します。

また、これにより、将来、メディア冗長性（MRP）を使用した拡張が可能に

なります。



「ストア・アンド・フォワード」スイッチと「カットスルー」スイッチを組み合わせることができます。この場合、「ストア・アンド・フォワード」スイッチの制限値を前提にするか、処理時間を明確に計算することを推奨します。

表 5-1 および表 5-2 の値に従うことができない場合は、ネットワークの構成を再設計してください。たとえば、図 5-13 に示すように、ライン型トポロジーを分割して、複数の短いラインで構成することができます。

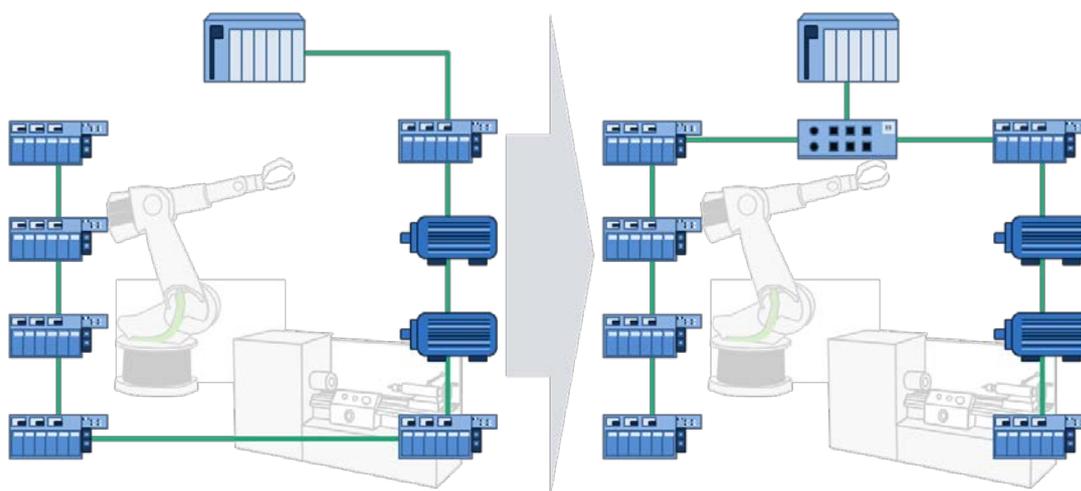


図 5-13 : ライン深度を縮小した例

再構成の選択肢は、個々のプラントの構造によって異なります。追加スイッチやケーブルの支出は、プラントの可用性の向上やプラントの応答時間の短縮で相殺することができます。



プラントのライン深度を確認してください。必要に応じてトポロジーを変更します。表 5-1 および表 5-2 の仕様を考慮してください。

5.3.2 周期的なリアルタイムのネットワーク負荷の確認



先の手順では、PROFINET デバイスの更新時間を定義しました。

5.2.1 章で述べたように、各 PROFINET デバイスは、更新時間毎に周期的なネットワーク負荷を発生させます。この章では、周期的なリアルタイムのネットワーク負荷（RT ネットワーク負荷）を解析、評価します。

例として、1 台のコントローラと複数のデバイスを含む PROFINET ネットワークを図 5-14 に示します。説明のため、例では各デバイスから生じる周期的なリアルタイムのネットワーク負荷を 1%と仮定します。この値は説明のためにのみ使用します。実際のプラントでは、通常はこれよりも小さい値になります。実際にはデータは両方向で送信されますが、例では IO デバイスからコントローラへの方向のみを考えます。

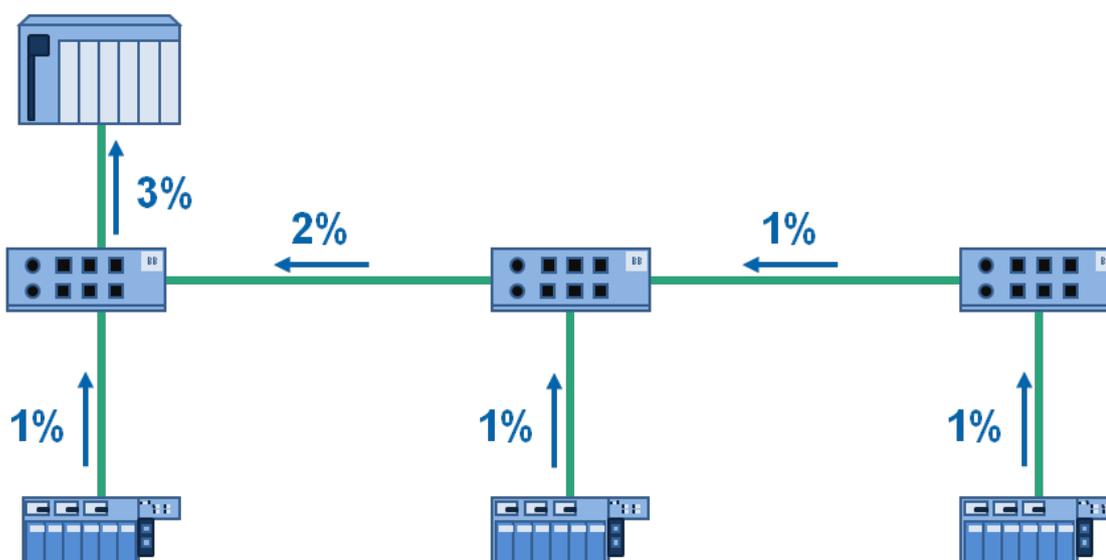


図 5-14 : コントローラが 1 台の場合のネットワークの負荷分散の例

この例に示すように、同じ方向のデータ・ストリームを合算します。最も高いネットワーク負荷、すなわち発生するネットワーク負荷すべての合計は、スイッチとコントローラとのリンクで生じます。

複数のコントローラがあるアプリケーションでも同様です。例として、図 5-15 に示すように、この構成をもう 1 台のコントローラと 3 台の割り当てられたデバイスで拡張します。赤で強調表示した場所では、異なるコントローラのネットワーク負荷が合算されます。

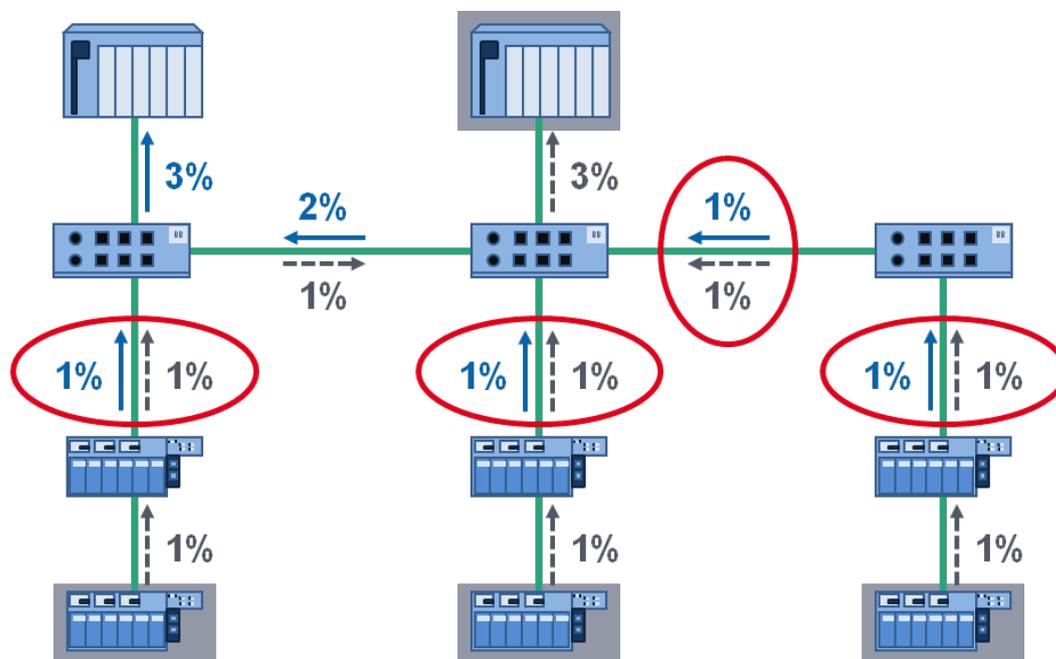


図 5-15 : コントローラが複数台の場合のネットワークの負荷分散の例

計画では、トポロジーの重要な場所、すなわちネットワーク負荷が最大になる場所を特定することが重要です。この例では、2 台のコントローラへのリンクです。



重要な場所とは、ネットワーク負荷が最大になる場所です。

通信は、送信方向と受信方向で同時に行われます。実際には、負荷の大きい方向のみを解析すれば十分です。

重要な場所を特定するには、各 PROFINET デバイスから生じる周期的なリアルタイムのネットワーク負荷を把握する必要があります。この負荷は、更新時間とデータ量によって異なります。

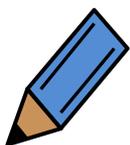
表 5-3 は、更新時間が異なる PROFINET デバイスで発生する周期的なリアルタイムのネットワーク負荷の例で、ネットワーク帯域幅が 100 Mbps であると仮定します。一般的な PROFINET のパケット・サイズである 108 バイト (60 バイトのペイロード・データ) を考慮します。データ量はアプリケーションによって異なるため、この表に示されているのは目

安となる値です。個々のアプリケーションで発生するネットワーク負荷を計算することを推奨します。

表 5-3：周期的なリアルタイムのネットワークで発生する負荷（一般的な PROFINET のパケット・サイズである 60 バイトのペイロード・データ、100 Mbps）

更新時間	PROFINET デバイスごとに生じる周期的なリアルタイムのネットワーク負荷
1 ms	0.86 %
2 ms	0.43 %
4 ms	0.22 %
8 ms	0.11 %

規定値には Preamble、StartFrameDelimiter、InterFrameGap があります。



プラントのネットワーク負荷を確認し、重要な場所を特定してください。

ネットワーク負荷の計算ツールは、以下から無料でダウンロードできます。

www.profinet.com

Download > Installation Guide > PROFINET Installation Guide

ユーザ・インタフェースの概要および簡単な説明が付録に記載されています。

また、ネットワーク負荷の計算プログラムはさまざまなベンダから提供されています。通常、制御システムのエンジニアリング・ツールにもこのオプションが用意されています。

概要については、表 5-3 を参照してください。

将来の拡張、特に NRT 通信用に十分な予備を確保するため、PROFINET ネットワークを設計する際は表 5-4 の規定された制限値に従うことを推奨します。

表 5-4 : 周期的なりアルタイムのネットワーク負荷の制限値

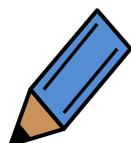
ネットワーク負荷	推奨
<20% :	何もする必要はありません。
20~50% :	計画しているネットワークの負荷の確認を推奨します。
>50% :	ネットワーク負荷を減らすため、適切な措置を講じてください。

さまざまな選択肢がありますが、最初に以下を検討してください。

- **更新時間を大きくする** (5.2.1 章を参照)。

その他の選択肢 :

- **コントローラが複数台の場合** : 対応するコントローラに割り当てられた PROFINET デバイスを異なるネットワーク経路に分割して、図 5-15 に示すように、並列のデータ・トラフィックによりリンクの負荷を減らします。
- **コントローラ内の追加のネットワーク・アダプタによってサブネットを接続する。**
- **負荷分散のため、追加のコントローラを使用する** : 重要な場所でのネットワーク負荷を実際に減らすには、コントローラを別の経路を経由してネットワークに接続します。



必要に応じてトポロジーを変更し、その変更を文書化します。

5.3.3 非リアルタイムのネットワーク負荷の確認

PROFINET では、ビデオ・カメラ、PC、HMI ステーションなど、標準 Ethernet ノードをプラント・ネットワークに直接統合できます。

これらのデバイスによるリアルタイム通信のパフォーマンスに対する影響を考慮する必要があります。PROFINET データ・トラフィックと標準 Ethernet データ・トラフィックは干渉することがあります。標準 Ethernet ノードは、状況によって、大量のデータをやり取りする場合があります。

以下のシナリオが可能です。

定期的な NRT 通信：カメラから評価用 PC へのビデオ・ストリームなど。追加のネットワーク負荷が恒久的に発生します。

一時的な NRT 通信：アーカイブ・サーバへのデータのバックアップ、オペレータ・ステーションの処理グラフィックの呼び出しなど、時折しか発生しないデータ・ストリーム。

アーカイブ・サーバ（一時的な NRT 通信）と、定期的に NRT 通信（ビデオ・ストリーム）を行う標準 Ethernet ノードであるビデオ・カメラ、オペレータ・ステーションを含むトポロジーの例を図 5-16 に示します。

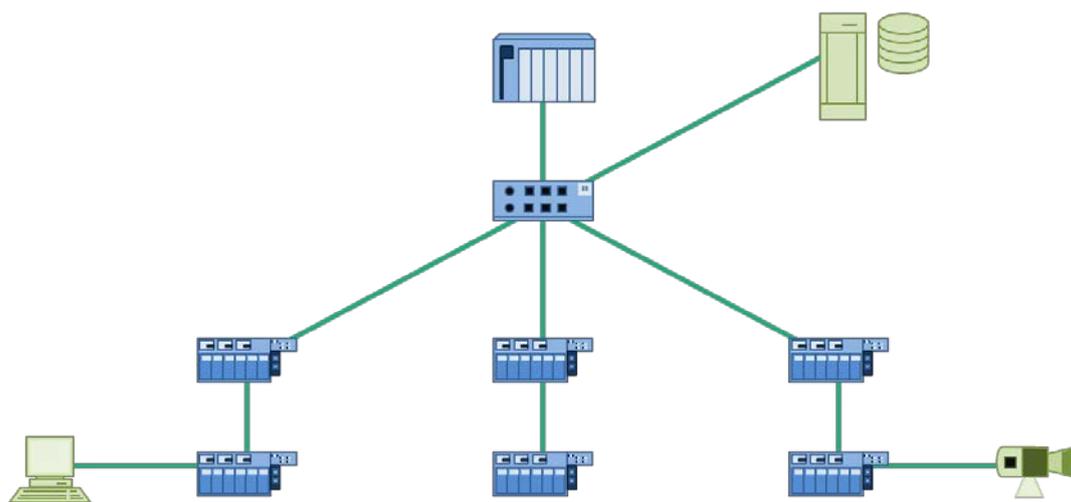


図 5-16 : 標準 Ethernet ノードを含むトポロジーの例

追加で発生しているネットワーク負荷を正確に把握するのは非常に難しく、不可能な場合すらあります。把握することができれば、ネットワーク全体の負荷を評価するのに役立ちます。



可能な場合は、**定期的な** NRT ネットワーク負荷を確認してください。

この負荷を 5.3.2 章で説明した周期的なリアルタイムのネットワーク負荷に追加します。必要に応じて、トポロジーの重要な場所を再度特定し、5.3.2 章の規定されたネットワーク負荷の制限値に従っているか確認してください。

一時的な NRT 通信では、多くの場合、実際に通信がいつ発生するのか特定できません。



また、標準 Ethernet ノードによっては自分のノードのデータ・パケットを優先させることもあります。その結果、PROFINET パケットとの優先度の競合が発生し、他の優先的なパケットよりも高い優先度を得ることができなくなります。

これは特に、画像（カメラ）や音声（VoIP）データ・ストリームに当てはまります。

したがって、画像や音声データ・ストリームを生成するすべてのネットワーク・ノードについて、メッセージの優先度を確認してください。優先度が存在する場合、可能であれば無効化します。ただし、この優先度を無効化できない場合や、これらのデバイスが優先度を指定したデータ伝送を行っているか判断できない場合は、そのデータ・ストリームを分離することを推奨します。



必要に応じて、自分のメッセージを優先させるネットワーク・ノードを分離してください。

必要に応じてトポロジーを変更し、その変更を文書化します。

通信関係は、コントローラとデバイスの間にも存在するわけではありません。デバイスも互いに通信できます。このタイプの通信は、多くの場合、標準 Ethernet ノード間で発生します。

標準 Ethernet ノード間の通信の一般的な例を図 5-17 に示します。大量のデータがカメラからオペレータ・ステーションに伝送されています。

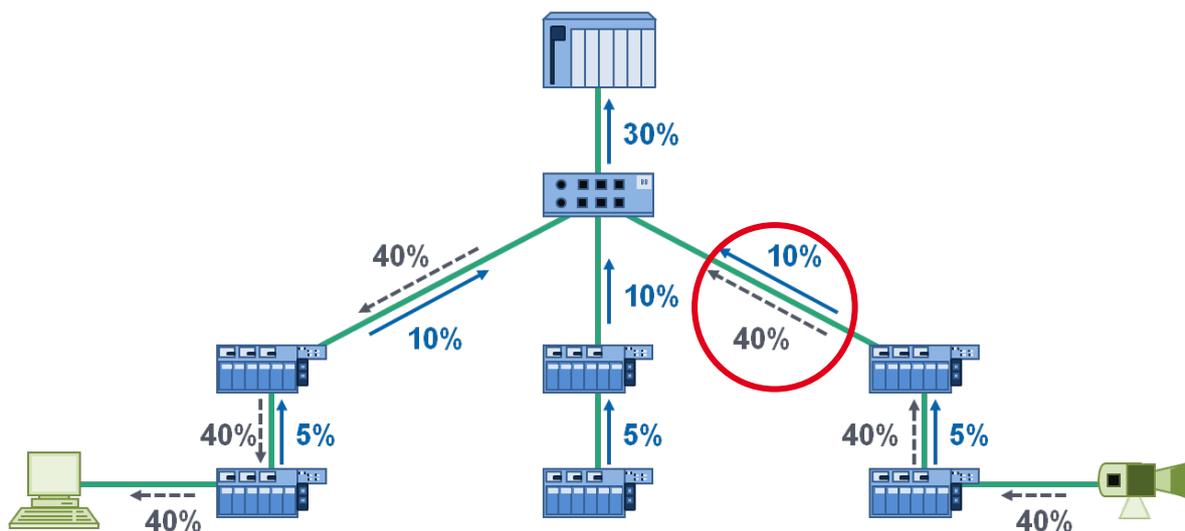


図 5-17 : 標準 Ethernet ノードの統合

図 5-17 の例に示すように、トポロジーがよくないと、データ・ストリームがプラント・ネットワーク全体を回り、周期的なリアルタイム通信を行う部分に追加の負荷が発生します。この例では、通信量が追加されるため、場所によってはネットワーク負荷が 50% になります (図 5-17、赤い円)。

この問題を解決するには、トポロジーを変更する必要があります。この例では、カメラと PC をスイッチに直接接続します。これにより、大量のデータ・ストリームによって、ネットワークの他の部分にまで大きな負荷がかかることはありません。図 5-18 を参照してください。

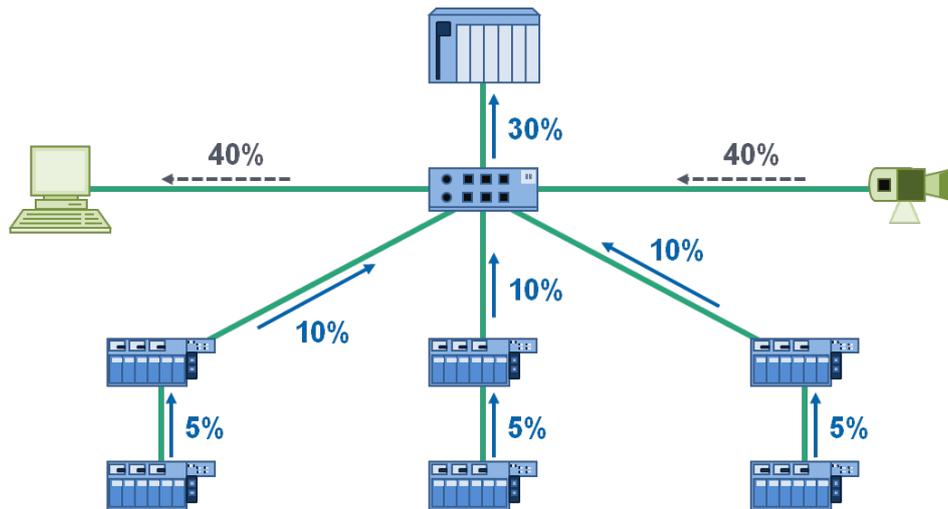
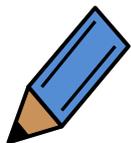


図 5-18 : ネットワーク負荷が軽減され、最適化されたトポロジー

通常、スイッチ内部には十分な帯域幅があるため、データ・ストリームの「交差」があっても互いに影響を及ぼすことはありません。



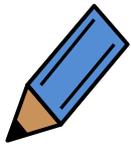
データ・ストリームを分離する必要があるか確認してください。

必要に応じてトポロジーを変更し、その変更を文書化します。

5.4 設定の文書化

上記の手順で説明したすべての設定を設計に取り入れたら、文書に反映します。文書化する設定には以下が含まれます。

- ネットワーク・トポロジーの変更
- 更新時間の設定
- 監視機能の設定



すべての設定と変更を文書に反映し、最新の状態に維持することが重要です。必要に応じて、漏れた項目を追加します。

6 追加機能の計画

PROFINET は、いままで説明した機能に加えて多くの追加機能を提供できます。これについてもネットワークの設計時に考慮する必要があります。

たとえば、以下の機能があります。

- プラントの可用性の最適化
- ワイヤレス接続の使用
- エンジニアリングのコミッショニングおよびサービスへのアクセス

次のセクションでは、これらの機能の要約を示します。

6.1 可用性の向上

オートメーション・プラントでは、可用性の向上が求められる場合があります。いくつかの方法が PROFINET システムには存在します。ここでは、プラントの可用性を高めるネットワーク構成について説明します。

さらに、冗長構造の特性を考察します。バンプレスな切り替えと非バンプレスの切り替えを区別します。

ネットワーク設備の調整

デバイスを交換するプラントの部分のライン型トポロジーを図 6-1 に示します。

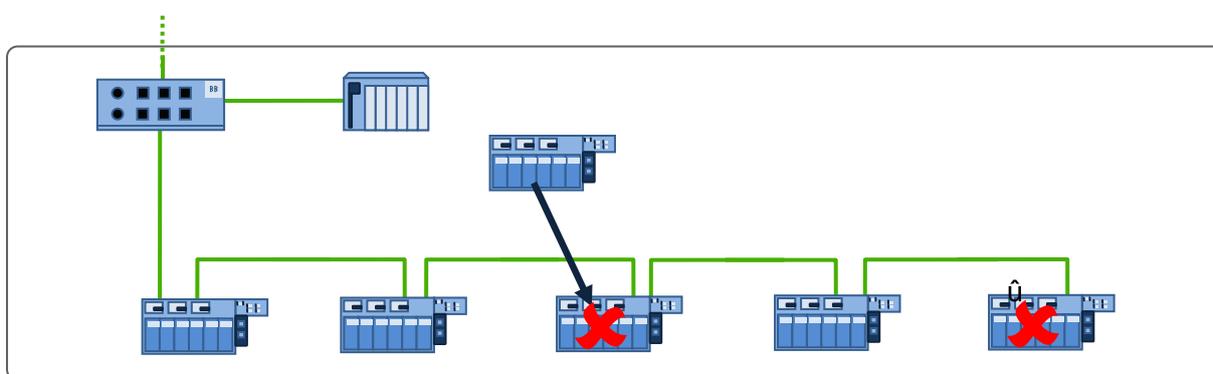


図 6-1 : ライン型トポロジーにおけるデバイスの交換

PROFINET デバイスをライン構成から取り外すと、下流側のデバイスの通信が中断されます。



デバイスの交換やリンクの機能停止により、下流側の通信が中断されます。

リンクの中断も同じ影響を及ぼします。可用性を高め、ライン型トポロジーでの通信の中断を減らす主な解決策は、スター構成またはツリー構成を使用することです。

スター構成またはツリー構成で 2 台のデバイスを交換するシナリオを図 6-2 に示します。

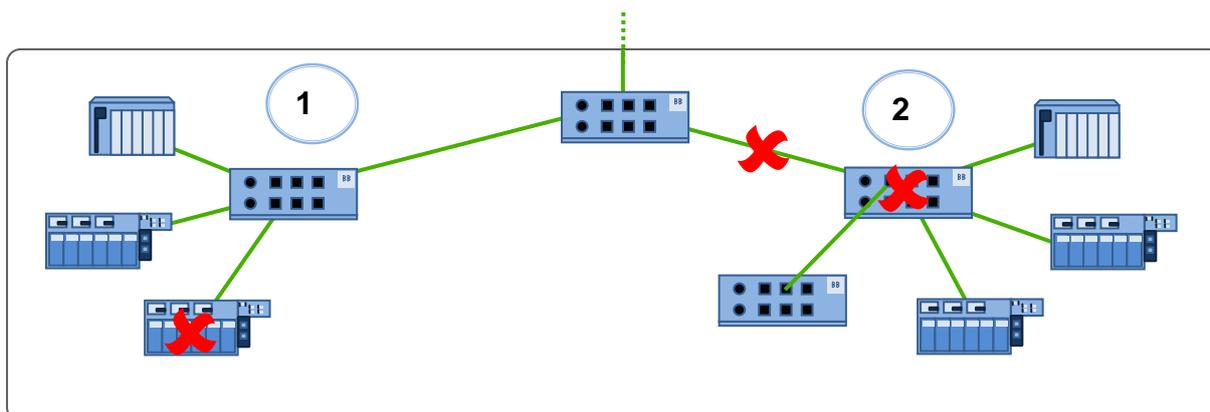


図 6-2 : スター構成またはツリー構成でのデバイスの交換

シナリオ 1 では、このトポロジーのプロセス関連の PROFINET デバイスは互いに通信しないため、デバイスの交換は他のネットワーク・ノードの通信に影響を及ぼしません。つまり、通信に影響を及ぼすことなく、すべての PROFINET デバイスを交換できることになります。

シナリオ 2 では、中央スイッチの機能停止または変更、リンクの中断により、同じ分岐にある他のノードの通信が中断されます。これは、図 6-3 に示すように、リング構成を使用することにより回避できます。

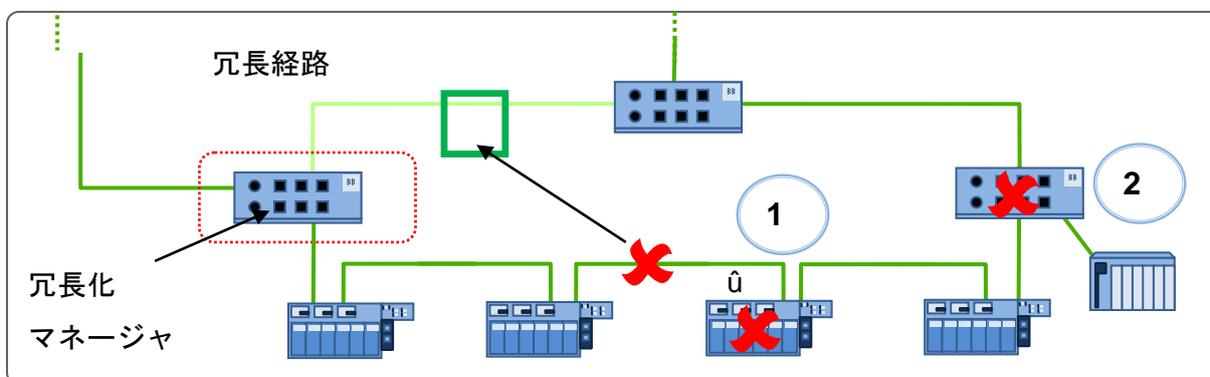


図 6-3 : ライン型トポロジーのリング構成へのアップグレード

リング構成はスイッチを使用して構築できます。別個のスイッチ、または PROFINET ノードに統合されたスイッチを使用できます。PROFINET プラントでリング構成を使用するには、リング内のすべての PROFINET ノードが「Media Redundancy Protocol」(MRP) に対応している必要があります。PROFINET ノードは、機能によって、MRP マネージャまたは MRP クライアントに区別されます。リング内の PROFINET ノードの 1 つが MRP マネージャの機能を担います。MRP マネージャは、リング内の接続されているすべての PROFINET ノード

へのリンクを監視します。リング内のその他すべての PROFINET ノードは、MRP クライアントとして機能します。

MRP マネージャは、リングを監視するだけでなく、データ・トラフィックを制御します。エラーが発生していない場合、冗長化マネージャは、1 つの経路のみを使用して、データを送信します。このように、MRP マネージャは、リング内の他の PROFINET ノードとリンクを形成します。このラインにより、不要なネットワーク負荷の原因となるリング内のデータ・テレグラムの無制限な循環を防ぎます。

リング構成が中断された場合でも（図 6-3 のケース 1）、データは冗長経路を経由して送信されます。MRP マネージャには 2 つのリング・ポートがあり、リング内の PROFINET ノードのサブセットと 2 本のラインでつながっています。MRP クライアントは、データの受信器としてのみ動作します。

また、適合クラス C の PROFINET ネットワークでは、「Media Redundancy with Planned Duplication of frames」（MRPD）を使用できます。MRPD を使用するには、リング内のすべての PROFINET ノードが MRP と MRPD の両方に対応している必要があります。

MRPD は、エラーが発生していない場合でも、MRPD マネージャからの特定の PROFINET リアルタイム・テレグラムのみ、冗長経路を経由して配信します。そのため、エラーが発生していない場合、MRPD クライアントは同じ情報を含む 2 つのテレグラムを受信します。この場合、MRPD クライアントが最初に受信したテレグラムのデータを使用します。もう 1 つのテレグラムは使用せずに破棄されます。リングが中断された場合でも、PROFINET ノードは、冗長経路を経由して中断なしにデータを受け取り続けます。図 6-3 のケース 2 では、スイッチの機能停止により、リング構成にもかかわらず、このスイッチに接続された制御システムが機能停止します。プラントの可用性をさらに高めるには、可用性の高いプラント・ネットワークを設計することができます。可用性の高いプラント・ネットワークについては、以降のページで説明します。

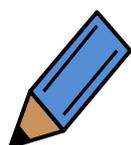


リング構成により、リング内の PROFINET ノードの交換など、単純なネットワークの機能停止によるダウンタイムが最小限に抑えられます。



冗長リング構成を計画する際は、リング内のすべての PROFINET ノードが Media Redundancy Protocol (MRP) に対応している必要があります。同時に、PROFINET ノードの 1 つが冗長化マネージャの機能に対応しており、これを冗長化マネージャとして定義する必要があります。

ネットワーク・コンポーネントが 1 つもこの機能を持たないと、冗長接続したリンクによって通信の問題やネットワークの機能停止が発生する可能性があります。PROFINET ノードは、ウェブベースのインターフェースまたはベンダ依存のソフトウェアを使用して設定できます。



両方の伝送経路が同じ原因で機能停止するリスクをなくすため、リングを閉じる戻り経路は別のケーブル・トレイに設置してください。ケーブルに関する文書を適宜手直ししてください。

高可用性プラント・ネットワークに基づくネットワークの構成を図 6-4 に示します。

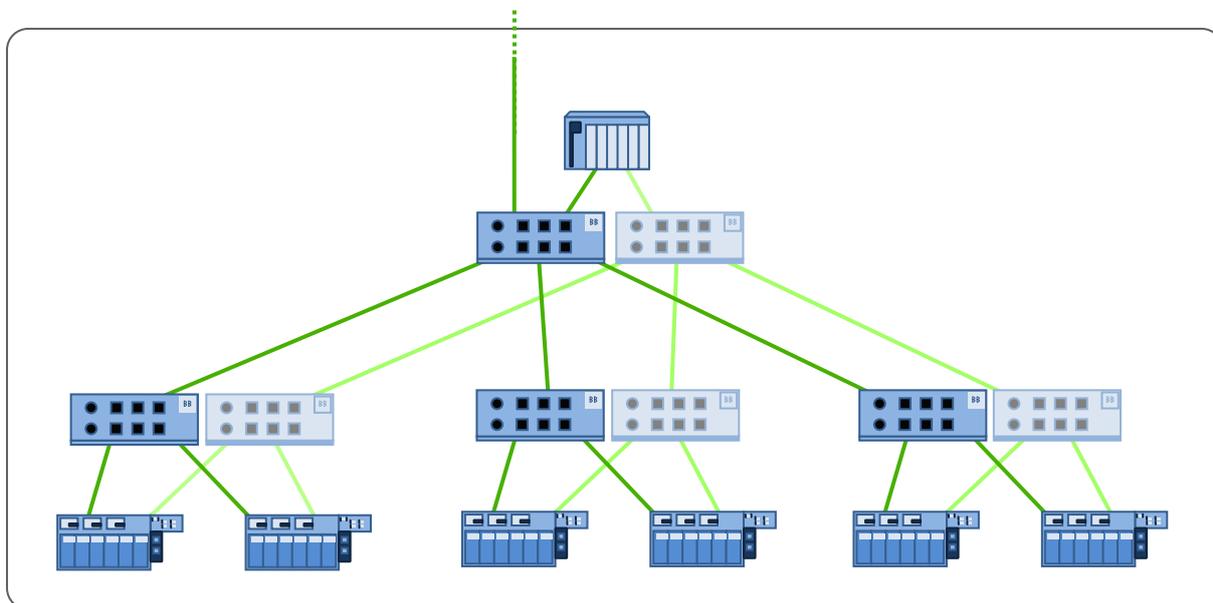


図 6-4 : 高可用性プラント・ネットワーク

冗長ネットワーク構造が存在することが明確にわかります。各ネットワーク・ノードには、ネットワークへの接続用ポートが 2 つあります。それぞれのポートが異なるバス・システムを経由して接続されています。それぞれのシステム的一方がアクティブ状態にあります。



高可用性プラント・ネットワークには、相当な計画が必要で、多額のコストを伴います。

したがって、このようなシステムは、プラントの可用性やアプリケーションに関する要件が極めて高いプロセス技術など、特殊な場合にのみ使用されます。

ここでは、デバイスの交換は他のネットワーク・ノードの通信に影響を及ぼさず、何の変化も生じません。

切り替え時間

冗長システムでは常に、中断を検出し、冗長経路に切り替えるための時間が必要です。2つのタイプの冗長切り替えを使用できます。

- バンプレスな切り替え - 中断やデバイスの交換中にデータが失われないように、冗長切り替えがあります。
- 非バンプレスの切り替え - 逆に、切り替え中に何らかのデータが失われます。



リング構成では、PROFINET は Media Redundancy Protocol および Media Redundancy for Planned Duplication Protocol (MRP、MRPD) を使用します。さらに、PROFINET ネットワークは、標準 Ethernet 冗長性プロトコルに対応します。

パフォーマンスの範囲、さまざまなプロトコルの特性に関する情報を収集してください。



特に、使用する冗長性プロトコルの切り替え時間がプラントのアプリケーションに適応していることを確認してください。特に再設定時間に注意してください。

6.2 ワイヤレス伝送技術

PROFINETでは、ワイヤレス伝送システムの使用が可能です。ケーブルを使用するリンクと異なり、ワイヤレス技術では伝送媒体として自由空間を使用します。オートメーション技術では、一般的に使用されるこの媒体は通常、中央アクセス・ポイントを持つ設備ネットワークとして設計されます。中央アクセス・ポイントを持たない無計画に生成されたネットワークが使用されることはほとんどありません。

ワイヤレス技術を使用するには、有線伝送技術での接続にはない要因を考慮する必要があります。これには以下のような条件が含まれます。

- 視認時の自由場の減衰（自由場減衰）
- 電波の障害物からの反射
- 同一周波数を持つ信号源を相互に妨害する干渉
- 他の信号源からの干渉
- 表面および障壁による信号の散乱、回折、吸収

これらのすべてが、ワイヤレス・システムの信号強度と品質に影響を及ぼします。図 6-5 にワイヤレス伝送技術に影響するさまざまな要因を示します。

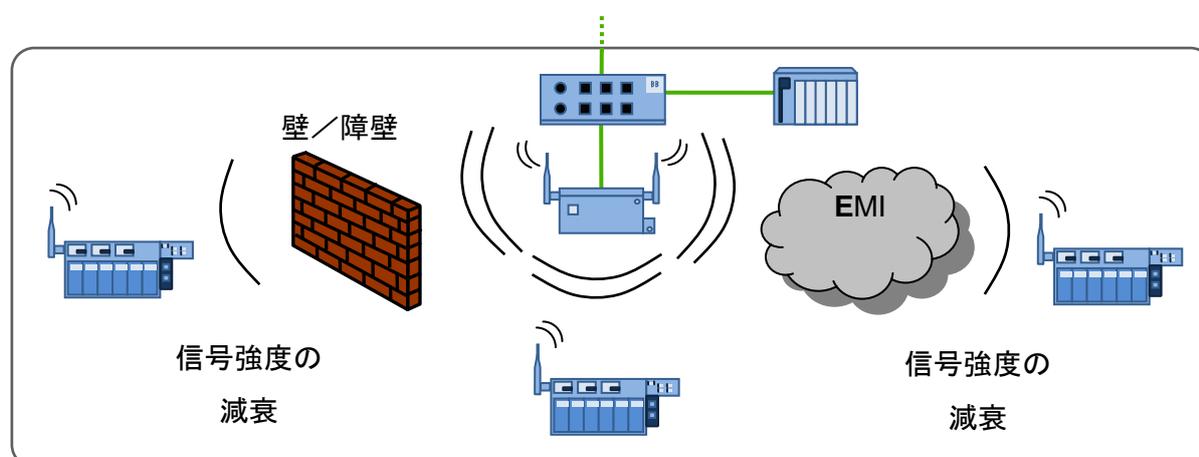


図 6-5 : ワイヤレス伝送技術の使用

信号を送る範囲全体を確実に網羅するには、適切な無線フィールドの計画と実地調査を行う必要があります。無線フィールドの計画によって、無線波の伝搬および挙動への影響を確認します。特殊な条件、すなわち部屋の寸法、壁厚、壁材、金属物体などの要因を考慮します。

これらの要因は、現場での測定や、建物およびプラント図面のチェックにより、確認できます。同様に、シミュレーション・ツールを使用して、無線フィールドをモデル化し、建物の図面をもとに信号伝搬を予測し、適切な計画を立てることができます。

また、設置の完了後、プラント内の信号の品質を測定してください。詳細は PROFINET Commissioning Guideline（注文番号：8.081）を参照してください。



ワイヤレス・アクセス・ポイントには空きスイッチ・ポートが必要になることに注意してください。

ワイヤレス・システムはさまざまなデータ速度に対応しているため、ワイヤレス PROFINET ネットワーク・ノードの数や更新速度が左右されます。したがって、ワイヤレス・ネットワーク・ノードに適した更新時間を選択してください。



ワイヤレス・アクセス・ポイントで対応する総データ速度または純データ速度を確認し、ネットワーク負荷計算ツールを使用してワイヤレス伝送システムを設計してください。



通常、ワイヤレス・ネットワークの伝送速度は有線設備よりも低いため、ワイヤレス PROFINET ネットワークの更新速度は遅くなります。

また、アクセス・ポイントごとのクライアントの最大数も少なくなります。



有線システムを使用できない場合や使用が困難な場合、またワイヤレス伝送技術を使用することで必要な移動性と柔軟性が得られる場合には、ワイヤレス伝送の使用が合理的です。

ワイヤレス伝送の対象には、無人搬送車、広範な運搬システムが含まれます。

す。また、ワイヤレスは短距離センサ・ネットワークにも使用できます。



ワイヤレス・ネットワークは、外部からの不正アクセスに対して保護する必要があります。ワイヤレス・ネットワークを保護するために適切な措置を講じてください。

この章で述べたことは、概要にすぎません。ワイヤレス伝送技術を使用する場合は、もっと包括的な設計段階が必要になります（地理的な範囲、周波数計画など）。この作業については、この設計ガイドラインでは扱いません。

6.3 Power over Ethernet

Power over Ethernet (PoE、IEEE 802.3 Clause 33)により、PROFINET ケーブル上で直接、低消費電力デバイスに給電できます。別途電源を用意する必要はありません。これにより、設置コストを削減できます。Ethernet 上で給電可能な一般的なデバイスは以下の通りです。

- アクセス・ポイント（ワイヤレス）
- IP カメラ
- HMI、制御ステーション
- バーコード・リーダー

PoE 機能は、供給側のデバイス（スイッチ、別個のインジェクタなど）と給電を受けるデバイスの両方が対応している必要があります。

PROFINET ケーブルと並んで電力ケーブルを設置することを避ける場合は、PoE を使用することを推奨します。

Power over Ethernet を使用する場合、ネットワーク・トポロジーに関する制限が生じることに注意してください。供給側のデバイスと給電を受けるデバイスの間を直接リンクする必要があります（図 6-6 を参照）。

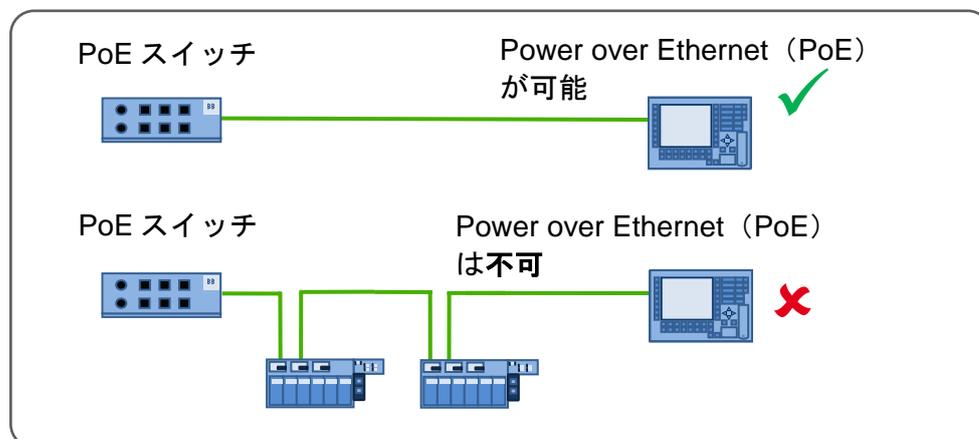


図 6-6 : Power over Ethernet によるトポロジーの制限

7 デバイスのパラメータの定義

ネットワーク・ノードおよびネットワーク設備の計画を完了した後、適切なパラメータを各ネットワーク・ノードに割り当てる必要があります。これには以下が含まれます。

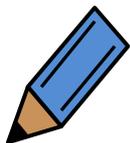
- デバイス名（名前）
- IP アドレス

この章では、名前と IP アドレスを割り当てる体系的な方法について説明します。すべての PROFINET デバイスに一意的なデバイス名と一意の IP アドレスが必要です。スイッチなど、他のネットワーク・コンポーネントについては、適合クラスに依存します。



適合クラス B のすべての PROFINET デバイスに一意的なデバイス名と一意の IP アドレスが必要です。したがって、適合クラス B のスイッチも、デバイス名と IP アドレスを持つ PROFINET デバイスとみなすことができます。

通常、ネットワーク・ノードがすでに決まっている場合は、PROFINET デバイスの計画中に両方のアドレス・パラメータを割り当てることができます。



デバイスの選択時に文書に記載していない場合は、デバイスのアドレス・パラメータをここで文書化してください。

7.1 名前の割り当て

PROFINET IO デバイスが PROFINET IO コントローラと通信するためには、デバイス名をデバイスとコントローラの両方に設定する必要があります。

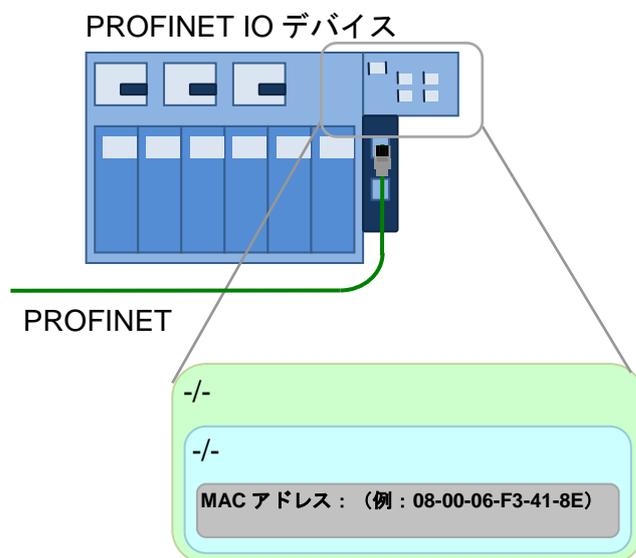


図 7-1 : PROFINET IO デバイス (出荷時の状態)

PROFINET では、IP アドレスより名前の方が分かりやすいため、この手順を選択しています。出荷時の状態では、PROFINET IO デバイスにはデバイス名はなく、MAC アドレスのみ付与されています。MAC アドレスは PROFINET デバイスに格納されており、グローバルに一意で、通常は変更できません。PROFINET デバイスの MAC アドレスは、多くの場合ハウジングまたは銘板に印字されています。

PROFINET IO コントローラが PROFINET IO デバイスにアクセスできるのは、デバイス名を IO デバイスに割り当てた後のみです。つまり、デバイス名は IO デバイスに格納する必要があります。一部の PROFINET IO デバイスでは、記憶媒体 (SD カードなど) に直接書き込むことも可能です。この場合、記憶媒体を PROFINET IO デバイスに差し込むと、デバイス名が PROFINET IO デバイスによって読み取られます。



分かりやすい名前を割り当てることで、コミッショニングを行うプラントの概要をより良く理解でき、診断が容易になります。このため、関連するプラントの部品を簡単に識別できるように、個々の通信相手にすぐに分かる名前を使用してください。



PROFINET は、デバイス名の割り当てに使用するすべての文字セットに対応しているわけではないことに留意してください。0~9の数字、a~zの小文字、ハイフン (-)、ピリオド (.) のみ使用できます。最大 127 文字を使用できますが、それぞれの名前の構成要素（ピリオドまたはハイフン間）の長さは 63 未満の文字または数字にしてください。スペースは使用できません。

デバイス名を選択する際は、以下を考慮してください。

デバイス名にデバイスのタイプの表記を含めるようにします。たとえば、リモート IO デバイスの名前には「remote-io」という表記を含めます。また、ドライブには「drive」という単語を含めます。

ユニットの場所と機能に関する情報として保守技術者の役に立つようにデバイスの命名規則をよく考えて決めることを推奨します。

7.2 IP アドレスのプランニング

自動アドレス設定

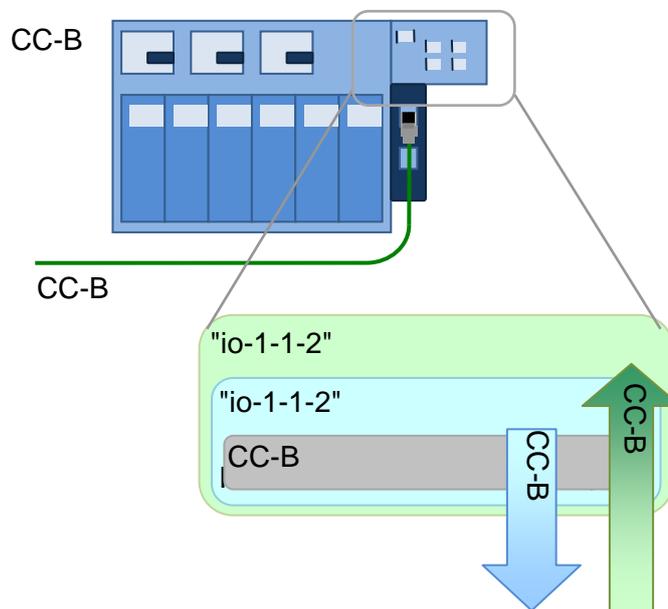


図 7-2 : PROFINET IO デバイス (アドレスの割り当て)

IP アドレスは、PROFINET プロジェクトの設定時に決定されます。通常、これは自動で行われます。割り当てられた IP アドレスは、PROFINET IO コントローラの起動時に PROFINET IO デバイスに転送されます。通常、IP アドレスのデバイス名への割り当ては固定です。また、IP アドレスを恒久的に格納することも可能です。全体として、PROFINET IO デバイスのアドレッシングには以下が含まれます。

MAC アドレス : PROFINET デバイスで事前に定義されており、通常は変更できません。

デバイス名 : 柔軟に選択できますが、全体を把握しやすいように、関連するプラントの部品に従って選択してください。

IP アドレス : 名前と同様、アドレスの割り当てについて、しっかりした計画を立てて決めてください。これにより、デバイスのタイプを容易に参照できるようになります。

アドレス設定について

PROFINET ネットワークで使用する IPv4 アドレスの表記は、4 つの十進数で構成されており、それぞれ 0～255 の範囲で、点で区切られています（例：192.168.2.10）。

デバイス名、変更不能な MAC アドレスに加えて、ネットワーク・ノードを明確に識別するための IP アドレスが必要です。インターネットなどのパブリック・ネットワークで使用される IP アドレスに加えて、予約済みのアドレス範囲がプライベート（非公開）領域に割り当てられています。プライベート・アドレスの範囲を表 7-1 に示します。太字はネットワークを表しており、それ以下の領域は一意に割り当てられ、ネットワーク・ノードを明確に識別します。

表 7-1：プライベート IPv4 アドレスの範囲

ネットワーク数	クラス	アドレス範囲	ネットワーク・マスク	ネットワークのノード数
1	クラス A	10.0.0.0 ～ 10.255.255.255	255.0.0.0	1,680 万
16	クラス B	172.160.0 ～ 172.31.255.255	255.255.0.0	65534
256	クラス C	192.168.0.0 ～ 192.168.255.255	255.255.255.0	254

ネットワーク・マスク（サブネット・マスクとも呼ばれます）は、IP アドレスと一緒に割り当てられます。IP アドレスとネット・マスクは対になります。ネット・マスクの表記は IP アドレスに対応します。



プライベート IP アドレスの使用を推奨します。パブリック IP アドレスの使用は、プラント運営者の責任となります。

基本的に、割り当ての際は以下の点を順守してください。

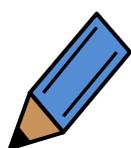
- あらかじめ検討した結果に基づき、ネットワークのノード数を考慮して、適切なサイズのアドレス範囲を選択します。
- アドレス・テーブルを定義します。PROFINET ネットワーク・ノードをクラスに分類します。各クラスのアドレス範囲を定義します。
- IP アドレスを重複して使用することはできません。同じ IP アドレスを使用した場合、関連するネットワーク・ノードで通信の問題が発生します。



ほとんどの場合、クラス C のプライベート・アドレスの範囲のアドレッシングで十分です。254 のアドレス（クラス C）を超えるアドレス範囲が必要な場合は、クラス B またはクラス A のプライベート・ネットワークに切り替えることができます。



なお、大企業では通常、IP アドレスは企業ネットワークの担当部署が割り当てます。



IP アドレスと IO デバイス名の割り当てを文書化してください。

7.3 PROFINET プラントの例

ここでは、本書で先に使用したプラントの例を使用して、PROFINET オートメーション・プラントの IP アドレスの割り当てについて説明します。

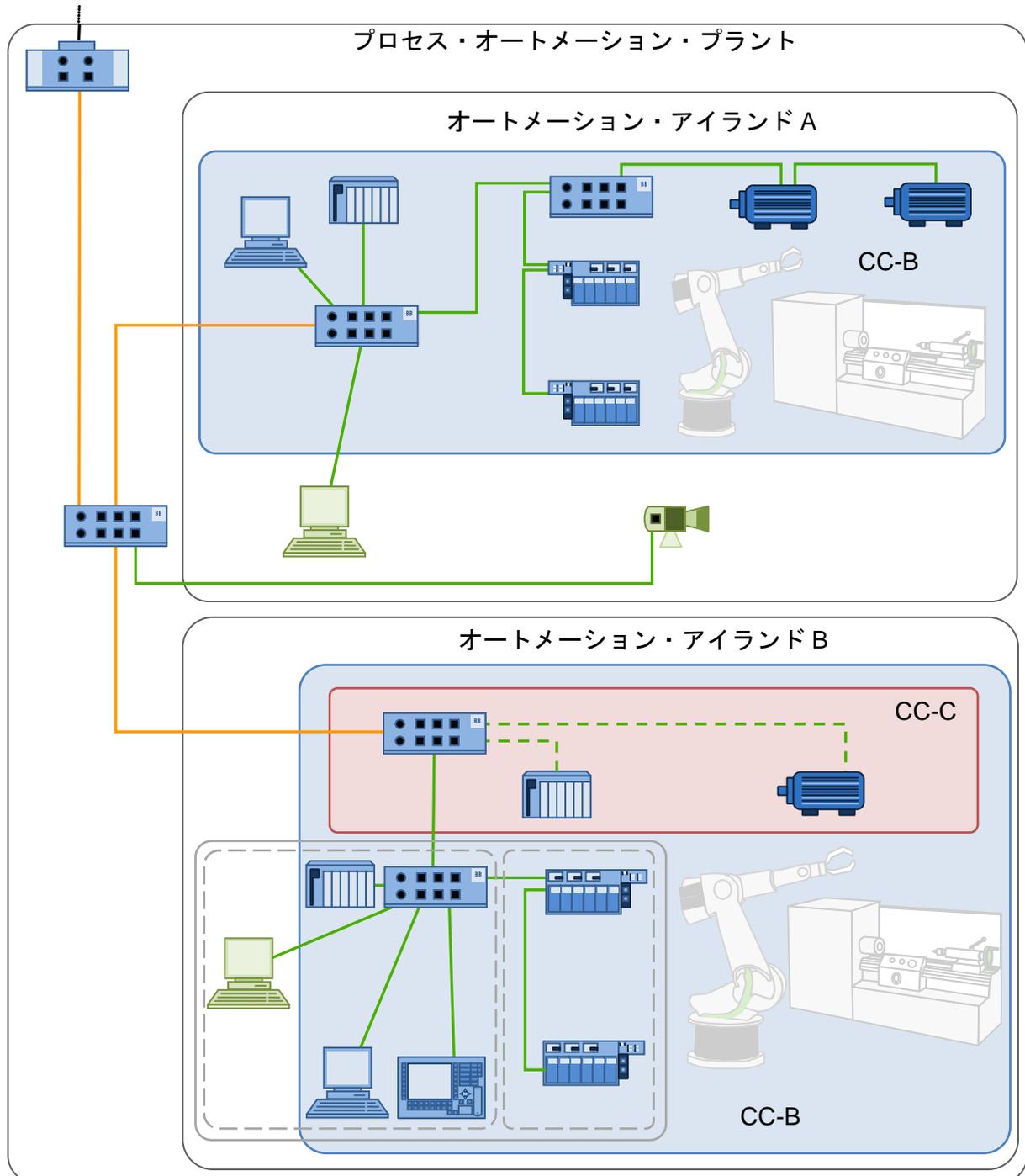


図 7-3 : プラント例の全体構造

プラントの概要

プラントのトポロジーと PROFINET IO デバイスの数は設計時に定義しました。この設計の結果、以下のようになります。

オートメーション・アイランド A

- PROFINET IO デバイスの数 : 4
- ツリー型トポロジーにライン型トポロジーを接続
- 2 台のスイッチ、1 台のコントローラ
- IO スーパーバイザ、操作端末、カメラ

オートメーション・アイランド B

- PROFINET IO デバイスの数 : 4
- ツリー型トポロジーにライン型トポロジーを接続
- 2 台のスイッチ（1 台のスイッチは IRT 機能を搭載）、2 台のコントローラ
- IO スーパーバイザ、操作端末

上位接続／制御ステーション

- スター型またはツリー型トポロジー
- 光ファイバ接続
- 1 台のスイッチ、1 台のルータ

要件をまとめると、プラント例の IP アドレスの数は以下のようになります。

表 7-2 : PROFINET ネットワーク・ノード数の概要

プロセス・オートメーション・プラント							
オートメーション・アイランド A							
スイッチ 台数	2	デバイス 台数	4	IO コントローラ/ IO スーパーバイザ	1 / 1	その他	2
オートメーション・アイランド B							
スイッチ 台数	2	デバイス 台数	4	IO コントローラ/ IO スーパーバイザ	2 / 1	その他	1
上位接続/制御ステーション							
スイッチ 台数	1 (+ruler タ 1 台)	デバイス 台数	0	IO コントローラ/ IO スーパーバイザ	0 / 0	その他	0

アドレス選択

大規模プラントのコミッショニングを行う場合は、アドレス・テーブルを作成し、PROFINET ノードに関する最も重要な情報を入力します。これにより、後で簡単に異常な PROFINET ノードを検索し、PROFINET ノードを交換できます。

これらのアドレスを使用して、個々のプラント部品にアドレスを割り当てることができます。プラント領域ごとにブロックでアドレスを割り当てるとよいでしょう。また、スイッチ、ドライブ、リモート IO など、デバイスのタイプごとにアドレス範囲を割り当てる方法もあります。将来の拡張のため、各ブロックで一部のアドレスを予備として確保してください。

このプラントの例でのアドレスの割り当て方法としては以下が可能です。

IP アドレスの選択

1. プラントのデバイスのタイプごとに異なるアドレス範囲を割り当てます。(例を参照)

例	コントローラ／ルータ :	192.168.2.1～192.168.2.19
	スイッチ :	192.168.2.20～192.168.2.49
	PN IO デバイス :	192.168.2.50～192.168.2.199
	I/O :	192.168.2.50～192.168.2.99
	ドライブ :	192.168.2.100～192.168.2.149
	IO パネル :	192.168.2.150～192.168.2.199
	追加機能／予備 :	192.168.2.200～192.168.2.254

表のネット・マスクは、標準的なクラス C のアドレス範囲に対応しています (サブネット・マスク「255.255.255.0」)。



選択したアドレス範囲が小さすぎる場合、同様の構造を他のプライベート IPv4 アドレスの範囲 (クラス A / クラス B) にも適用することができます。

2. 各オートメーション・プラントにアドレス範囲を割り当てます。

例	上位接続 :	192.168.1.xxx
	オートメーション・プラント 1 :	192.168.2.xxx
	オートメーション・プラント 2 :	192.168.3.xxx など



通常、オートメーション・プラントではクラス C のネットワークのみ使用します。異なるアドレス範囲を持つオートメーション・プラント間の通信には、ルータを使用して接続できます（IP ベースの通信のみ）。

デバイス名の選択

7.1 章の構造に従い、PROFINET デバイスの名前はたとえば次のようになります。

1. デバイス名にはタイプの指定が含まれます。

例：	I/O デバイス	「io」	スイッチ	「swi」
	ドライブ	「drv」	IO パネル	「hmi」

2. デバイスのタイプに加えて、プラント内のデバイスの位置を示す連番や位置識別子をデバイス名に含めます。

例： オートメーション・プラント 1 のオートメーション・アイランド 2 の 2 番目の IO デバイスの名前は以下のようになります。

「io-1-2-2」

この例で、「swi-1-0-1」には数字の「0」が含まれていますが、このスイッチはオートメーション・プラント 1 に割り当てられていますが、このプラントの特定のアイランドには割り当てられていないことを示しています。このスイッチはアイランド同士を接続し、それらを上位のルータに接続します。

アドレス選択

この表記を使用して、以下のアドレスの割り当てをこのプラントの例に使用できます。

表 7-3 : オートメーション・プラント 1 のアドレス選択

タイプ	計画に従った名前	デバイス名	IP アドレス :
ルータ	ROUT_V1	-/-	192.168.2.1
-/-	-/-	-/-	-/-
PN IO コントローラ	CPU-123-AB	cpu-1-1-1	192.168.2.2
PN IO コントローラ	CPU-345-CD	cpu-1-2-1	192.168.2.3
PN IO コントローラ	CPU-678-EF	cpu-1-2-2	192.168.2.4
スイッチ	Switch-AB1	swi-1-0-1	192.168.2.20
スイッチ	Switch-CD2	swi-1-1-1	192.168.2.21
スイッチ	Switch-EF3	swi-1-1-2	192.168.2.22
スイッチ	Switch-GH3	swi-1-2-3	192.168.2.23
スイッチ	Switch-IJ4	swi-1-2-4	192.168.2.24
PN IO デバイス	I/O device V3	io-1-1-1	192.168.2.50
PN IO デバイス	I/O device V2	io-1-1-2	192.168.2.51
PN IO デバイス	I/O device V6	io-1-2-1	192.168.2.52
PN IO デバイス	I/O device-98	io-1-2-2	192.168.2.53
PN IO デバイス	DRIVE_IRT	drv-1-1-1	192.168.2.100
PN IO デバイス	DRIVE_V2	drv-1-1-2	192.168.2.101
PN IO デバイス	DRIVE_V4	drv-1-2-1	192.168.2.102
PN IO デバイス	IO_PANEL_1	hmi-1-2-1	192.168.2.150

ビデオ・カメラ	CAM_V1	-/-	192.168.2.200
制御ステーション	STAT_1	-/-	192.168.2.201
制御ステーション	STAT_2	-/-	192.168.2.202
PN IO スーパーバイザ	IO_SUP_1	-/-	192.168.2.203
PN IO スーパーバイザ	IO_SUP_2	-/-	192.168.2.204

表により、プラントの全体像が分かりやすくなり、必要な作業が減り、時間を節約できます。



この例では、スイッチはデバイス名と IP アドレスを受け取ります。適合クラス B のスイッチにはこの 2 つが必要であり、そのためにこの例でも選択されています。

8 まとめ

PROFINET の設計を完了すると、PROFINET オートメーション・プラント全体に関するすべての情報がそろえることになります。これには以下のような情報が含まれます。

通信関係 伝送するデータ量、すべての PROFINET デバイスの地理的および機能的な割り当て。

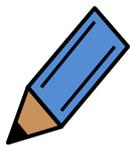
コンポーネントの選択 PROFINET コンポーネント手法に従い、適合クラスに対応した PROFINET デバイス、スイッチ、伝送媒体、コネクタなどの選択。

これには、通信およびアプリケーションの要件も含まれます。

オートメーション・プラントのネットワーク・トポロジー 伝送するデータ量、プラント部分の通信関係を考慮します。標準 Ethernet デバイスなどの拡張や潜在的なネットワーク負荷をトポロジー構造に統合しています。

パフォーマンスの検討 標準 Ethernet デバイスおよび PROFINET デバイスのよくあるネットワーク負荷や更新時間をトポロジーの検討に追加して反映します。

デバイス・パラメータ IP アドレス、デバイス名など。



これに関連して、PROFINET オートメーション・プラントのすべての設計情報がそろっているか確認してください。

9 付録

9.1 アドレス

PROFINET 技術センター

PROFINET で問題が発生した場合は、PROFINET 技術センターに問い合わせることができます。PROFINET 技術センターには、問題の解決を手助けできる専門家がいます。また、PROFINET 技術センターでは研修も実施しています。



PROFINET 技術センターの最新の連絡先は、以下を参照してください。

www.profinet.com

Support 領域

9.2 用語集



PROFINET に関する重要な定義については、以下の PI 用語集を参照してください。

www.profinet.com

「Glossary」を検索します。

9.3 PROFINET 銅線の詳細

付録のこのセクションでは、PROFINET 銅線に関する詳細を説明します。

PROFINET 銅線の特性

ケーブルの種類ごとのパラメータ

表 9-1 : PROFINET タイプ A 銅線のケーブル・パラメータ

パラメータ	規定制限範囲
インピーダンス	100 Ω \pm 15 Ω
ループ抵抗	< 115 Ω /km
伝送速度	100 Mbps
最大ケーブル長	100 m
ワイヤの数	4
線径	0.64 mm
ワイヤ CSA	0.32 mm ² (AWG 22/1)
外装色	緑
絶縁の色	白、青、黄、オレンジ

表 9-2 : PROFINET タイプ B 銅線のケーブル・パラメータ

パラメータ	規定制限範囲
インピーダンス	100 Ω ±15 Ω
ループ抵抗	<115 Ω/km
伝送速度	100 Mbps
最大ケーブル長	100 m
ワイヤの数	4
線径	0.75 mm
ワイヤ CSA	0.36 mm ² (AWG 22/7)
外装色	緑
絶縁の色	白、青、黄、オレンジ

表 9-3 : PROFINET タイプ C 銅線のケーブル・パラメータ

パラメータ	規定制限範囲
インピーダンス	100 Ω ±15 Ω
ループ抵抗	<115 Ω/km
伝送速度	100 Mbps
最大ケーブル長	100 m
ワイヤの数	4
線径	0.13 mm
ワイヤ CSA	AWG 22/7 または 22/19
外装色	緑
絶縁の色	白、青、黄、オレンジ

表 9-4 : PROFINET 8 芯タイプ A 銅線のケーブル・パラメータ

パラメータ	規定制限範囲
インピーダンス	100 Ω \pm 15 Ω
ループ抵抗	< 85 Ω /km (AWG 23/1)
伝送速度	1000 Mbps
最大ケーブル長	100 m
ワイヤの数	8
線径	\geq 0.546 mm (AWG 23/1)
外装色	緑
絶縁の色	白/オレンジ、白/緑、白/青、 白/茶

表 9-5 : PROFINET 8 芯タイプ B 銅線のケーブル・パラメータ

パラメータ	規定制限範囲
インピーダンス	100 Ω \pm 15 Ω
ループ抵抗	< 85 Ω /km (AWG 23/7)
伝送速度	1000 Mbps
最大ケーブル長	100 m
ワイヤの数	8
ワイヤ CSA	\geq 0.254 mm ² (AWG 23/7)
外装色	緑
絶縁の色	白/オレンジ、白/緑、白/青、 白/茶

表 9-6 : PROFINET 8 芯タイプ C 銅線のケーブル・パラメータ

パラメータ	規定制限範囲
インピーダンス	100 Ω ±15 Ω
ループ抵抗	<95 Ω/km (AWG 24)
伝送速度	1000 Mbps
最大ケーブル長	100 m
ワイヤの数	8
線径	アプリケーション固有
ワイヤ CSA	アプリケーション固有
外装色	アプリケーション固有
絶縁の色	白／オレンジ、白／緑、白／青、 白／茶

機械的特性

ケーブル・メーカーは、物理データ（直径、導体材料など）に加えて、ケーブルの適用範囲、設置オプションに関する情報となるケーブルの機械的特性を規定しています。一般的なメーカーの仕様は以下の通りです。

- 曲げ半径
- 曲げ頻度
- 引張強度

曲げ半径と曲げ頻度は主にワイヤの設計（固定／フレキシブル）によりますが、アラミド繊維などをケーブルに追加することで、引張強度が高まります。

表 9-7 に記載されている制限値は IEC 61784-5-3 規格からの引用です。

表 9-7 : PROFINET 銅線の機械的特性

パラメータ	規定制限範囲
最小曲げ半径、1 回曲げ	20～65 mm
曲げ半径、複数曲げ	50～100 mm
引張力	<150 N
永久引張荷重	<50 N
最大せん断力	--
設置時の温度範囲	-20～+60℃



制限仕様はケーブルのタイプによって異なります。詳細は、メーカーの仕様を参照してください。

化学的特性

環境の影響から保護するためにさまざまな外装材を使用した PROFINET 銅線があります。

ケーブル・メーカーは、特性や特定の材料の有無（ハロゲン、シリコンなど）をケーブルのデータシートで規定しています。一般的なメーカーの仕様は以下の通りです。

- UV 耐性
- シリコンフリー
- 鉱油およびグリースに対する耐性
- 許容温度範囲

ケーブルの燃焼性については、特に注意が必要です。以下の特性については、関連するデータは通常ケーブル・メーカーから別途提供されています。

- ハロゲンフリー
- 難燃性
- ばい煙密度



ばい煙密度はハロゲンフリーに密接に関係しており、すべてのメーカーが規定しているわけではありません。このため、FRNC（難燃性、非腐食性）などのその他の仕様にも特に注意してください。FRNC の頭字語は、ケーブルがハロゲンフリーで、難燃性であることを表しています。



火災時に有毒ガスや煙により人命が危険にさらされる領域では、ハロゲンフリーで難燃性のケーブルしか使用できません。

銅線のタイプ

PROFINET ケーブル

このセクションでは、2本の撚り線を含む PROFINET ケーブルについて説明します。4対ケーブルの仕様も同様です。

PROFINET ケーブルの外装の最も一般的な材料は、PVC (ポリ塩化ビニル) です。一般的に、PVC には UV 耐性があり、化学的に反応しません。水、塩類溶液、アルコール、軽腐食剤／酸／油に対して耐性があります。ただし、PVC は、炭化水素や有機溶剤には適さず、温度範囲が制限されています (-30 °C ~ +70 °C)。

通常、タイプ A の PROFINET ケーブルはオートメーション・プロジェクトのほとんどの要件を満たしているため、最も頻繁に使用されているケーブルの種類です。丸形ケーブルとして、4本のワイヤで構成され、半径方向に対称です。ワイヤはより合わされ、いわゆる星形カッドを形成します。

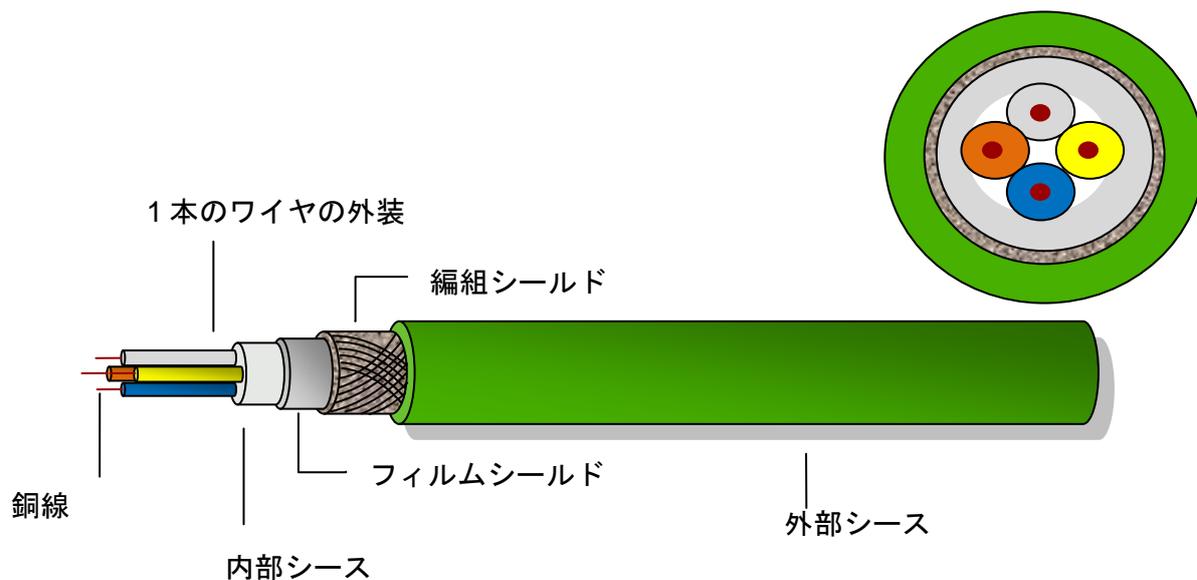


図 9-1 : PROFINET ケーブル・タイプ A



PROFINET ケーブル・タイプ A は、ケーブル・トレイなどの固定的な設置向けです。

PROFINET PE ケーブル

PE（ポリエチレン）外装は、PVC よりも電気的特性が優れています。耐湿性が高い PE ケーブルは、直埋や高湿環境に適しています。さらに、黒い外装の PE ケーブルには UV 耐性もあります。タイプ A 銅線との違いは、外装色と外装材だけです。

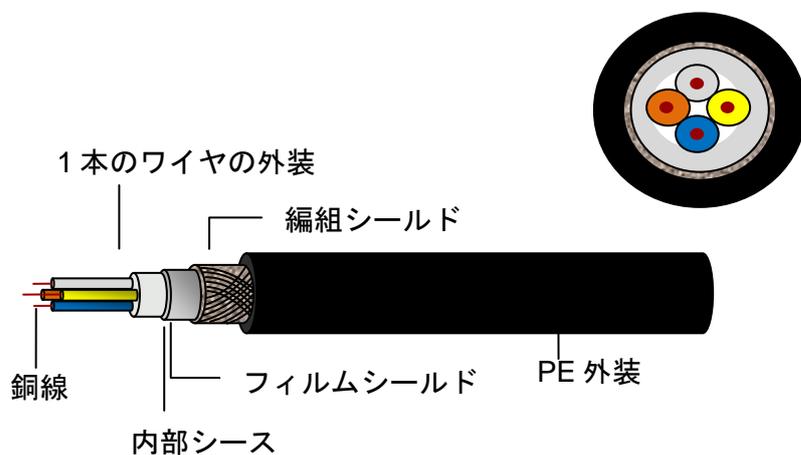


図 9-2 : PROFINET PE ケーブル



PE ケーブルは、一定の湿度が予想される領域での設置に適しています。難燃性添加剤を使用していない PE 外装のケーブルは、可燃性です。

PROFINET 接地ケーブル

PROFINET 接地ケーブルには、PE 製の堅牢な黒い外部シースが使用されています。多くの場合、追加の外装として PROFINET ケーブルに使われています。外装を取り外したむき出しの PROFINET ケーブルは、通常通りに使用、組み立てが可能です。

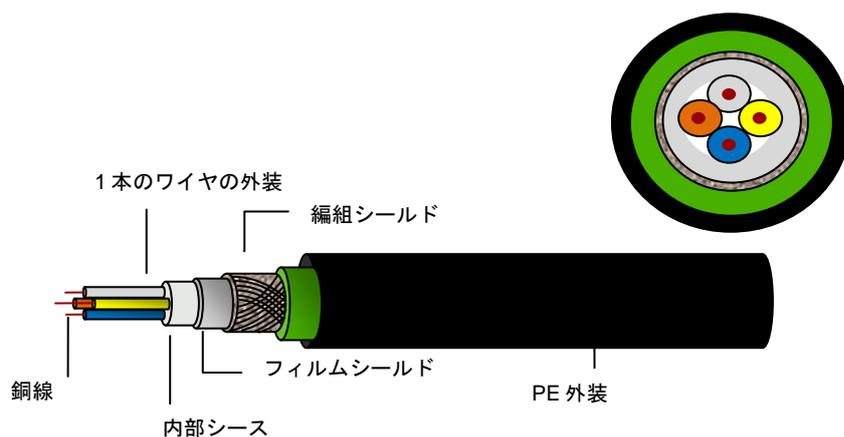


図 9-3 : PROFINET 接地ケーブル



屋外の設置や地中の設置に適しています。



また、げっ歯類対策が装備されたケーブルも利用可能です。これには、追加の金属網または繊維網が使用されています。メーカーの情報を確認してください。

巻取ケーブル

このケーブル・タイプのワイヤは、細線の編組で構成されており、可動機械部分に使用できます。星形カッドの4線構造により、圧縮や踏み付けに強い性質があります。通常、このケーブル・タイプの外装はハロゲンフリーで、鉱油およびグリースに対する耐性があります。

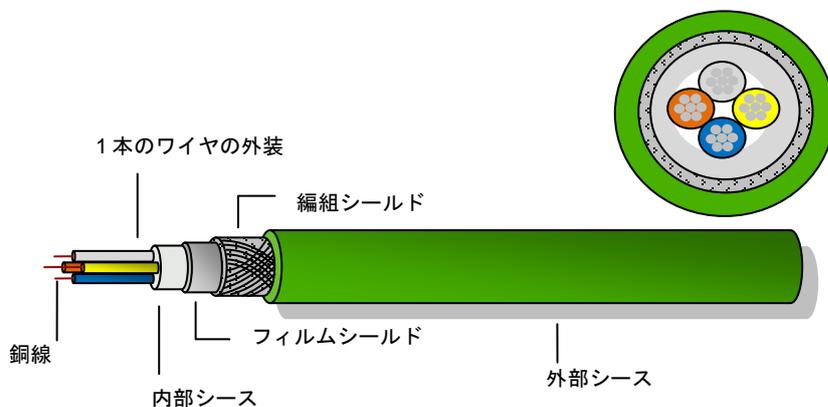


図 9-4 : 巻取ケーブル



可動機械部品など、ケーブルを頻繁に曲げたり動かしたりすることがある場合には、専用のケーブルを使用してください。また、巻取チェーン専用のケーブルも利用可能です。

フェスツーン・ケーブル

このタイプのケーブルのワイヤは（巻取ケーブルと同様に）細線の編組で構成されており、フェスツーン用途に使用可能です。星形カッドの4線構造により、圧縮や踏み付けに強い性質があります。通常、このケーブル・バージョンの外装はハロゲンフリーで、鉱油およびグリースに対する耐性があります。

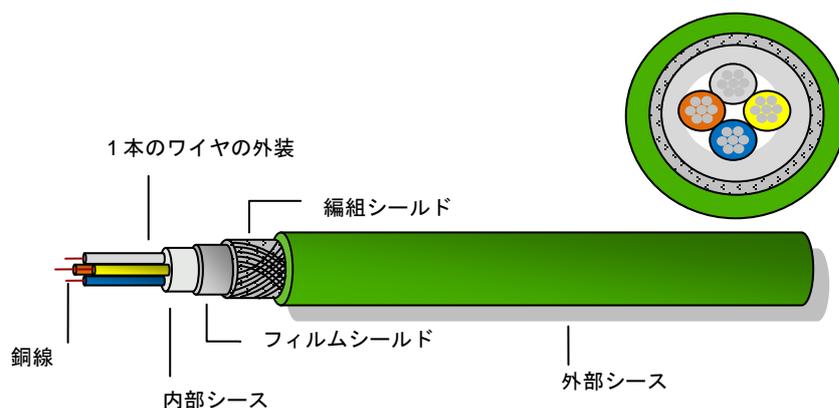


図 9-5 : フェスツーン用ケーブル



可動機械部品、巻上機、クレーンなど、ケーブルが恒常的に動かされる場合には、専用のフェスツーン・ケーブルを使用してください。また、ねじれの動きに対応する特殊なケーブルも利用可能です。

難燃性、非腐食性ケーブル（FRNC ケーブル）

FRNC（難燃性、非腐食性）ケーブルは、ハロゲンフリー材料の外装で作られており、可燃性材を使用できない場合に使います。一般的に、FRNC ケーブルの外装色は緑です。



火災時のケーブルの防火特性が厳しい領域で使う場合は、ハロゲンフリーのケーブルを使用してください。たとえば、住宅や病院で使用する場合があります。

9.4 PROFINET 光ファイバの詳細

付録のこのセクションでは、PROFINET 光ファイバに関する詳細を説明します。

PROFINET 光ファイバの特性

機械的特性

ケーブルの機械的特性から、どのような用途や設置が可能か判断することができます。概要として、光ファイバの一般的な機械的特性の詳細な値を以下の表に示します。表は、使用するファイバの種類によって異なります。

表 9-8、表 9-9 に記載されている制限値は IEC 61784-5-3 規格からの引用です。

表 9-8 : シングル/マルチモード FO の機械的特性

パラメータ	規定制限範囲
最小曲げ半径、1 回曲げ	50~200 mm
最小曲げ半径、複数曲げ	30~200 mm
最大引張力	500~800 N
最大永久引張荷重	500~800 N
最大せん断力	300~500 N/cm
設置時の温度範囲	-5~+50 °C

表 9-9 : POF 光ファイバの機械的特性

パラメータ	規定制限範囲
最小曲げ半径、1 回曲げ	30~100 N
最小曲げ半径、複数曲げ	50~150 N
最大引張力	50~100 N
最大永久引張荷重	不可
最大せん断力	35~100 N/cm
設置時の温度範囲	0~+50 °C

表 9-10 に記載されている制限値は IEC 61784-5-3 規格からの引用です。

表 9-10 : PCF 光ファイバの機械的特性

パラメータ	規定制限範囲
最小曲げ半径、1 回曲げ	75~200 mm
最小曲げ半径、複数曲げ	75~200 mm
最大引張力	100~800 N
最大永久引張荷重	<100 N
最大せん断力	75~300 N/cm
設置時の温度範囲	-5~+60 °C



制限仕様はケーブルのタイプによって異なります。詳細は、メーカーの仕様を参照してください。

上記の表のケーブルの特性は、一般的な産業用途の要件を満たしています。巻取ケーブル、フェスツー、ねじれなどの特殊用途では、特性を拡張したケーブル設計が必要です。

化学的特性

FO ケーブルでは、前述の銅線と同様、それぞれ特性が異なるさまざまな外装材が使用されています。

一般的なメーカーの仕様は以下の通りです。

- UV 耐性
- シリコンフリー
- 鉱油およびグリースに対する耐性
- 許容温度

FO ケーブルについても、ケーブルの防火特性には特に注意が必要です。メーカーのデータには以下の情報が含まれています。

- ハロゲンフリー
- 難燃性
- ばい煙密度



火災時に有毒ガスや煙により人命が危険にさらされる領域では、ハロゲンフリーで難燃性のケーブルしか使用できません。

FO ケーブルのタイプ

PROFINET で最も一般的に使用されるケーブルの種類とその用途を表 9-11 に示します。記載しているケーブル・タイプはすべて、3.2.2 項に示したどの種類のファイバでも使用できます。げっ歯類対策などの追加の対策が装備されたものや、地上設置用の専用ケーブルも利用可能です。

表 9-11 : FO ケーブルの種類

ケーブルのバージョン	用途
PROFINET FO ケーブル	2 台の PROFINET デバイス間のシンプルなポイントツーポイント接続用。
PROFINET FO 巻取ケーブル	可動機械部品の設置用。

PROFINET FO ケーブル

PROFINET FO ケーブルの一般的な構造を図 9-6 に示します。ケーブルは 2 本の平行なワイヤで構成されています。ワイヤはコネクタの直接組み立てに適しています。オレンジのワイヤには、送信および受信用の接続に対してワイヤの割り当てを簡単に行えるように、方向を示す矢印が印刷されています。

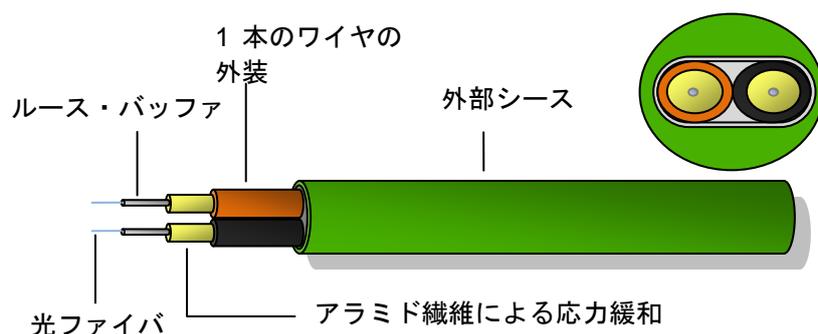


図 9-6 : PROFINET 光ファイバ・ケーブル

PROFINET FO 巻取ケーブル

FO 巻取ケーブル（図 9-7）には、不織布のラッピング、応力緩和要素、支持要素が追加されています。通常、このケーブル・タイプの外装はハロゲンフリーで、鉱油およびグリースに対する耐性があります。



可動機械部品で使用する場合など、ケーブルを頻繁に動かす場合には、専用のケーブルを使用してください。すべての一般的な種類のファイバに PROFINET FO 巻取ケーブルがあります。



通常、巻取チェーンで使用するケーブルはフェスツーンとして使用できません。

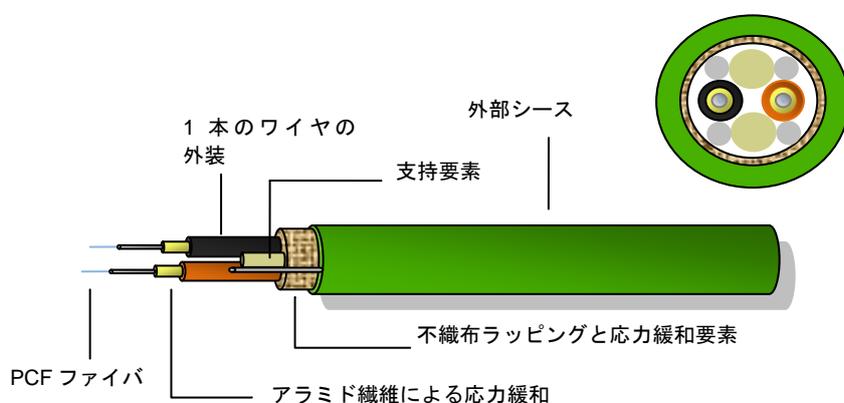


図 9-7 : PROFINET FO 巻取ケーブル

9.5 コネクタの選択

この章では、これらの要件について詳細に説明し、計画する用途に必要な適切な接続技術によって計画策定を完成できるようにします。

この章では以下について説明します。

- 組立済みケーブルと現場組立用ケーブルの違いの説明
- 利用可能な接続システムの紹介
- 必要なコネクタの選択

組立済みケーブルと現場組立用ケーブルの違い

組立済みケーブル

組立済みケーブルは、ケーブルの両端にコネクタを取り付けた状態で納品されます。組立済みケーブルは、個々のネットワーク・コンポーネントの間の正確な距離が分かっている場合のみ使用できます（ケーブルの配線図に従う場合）。

組立済みケーブルの利点：

- ケーブルの組み立てが不要なため、設置時間を短縮できます。
- 組み立て時のミスを回避できます。
- 設置作業員はPROFINETケーブルの組み立て方法を習得しておく必要がありません。
- 専用の組立工具が不要です。
- 特に配線キャビネットに適しています。

組立済みケーブルの欠点：

- 取り付けられたコネクタがケーブル設置の邪魔になったり、破損したりする可能性があります。
- ケーブルの注文時にケーブルの長さを指定する必要があります。
- 組立済みケーブルが長すぎた場合、余った長さを適切に收容する必要があります。

現場組立用ケーブル

現場組立用ケーブルは、コネクタなしのバルク材としてメーカーが提供しており、設置作業員が現地で組み立てる必要があります。

現場組立用ケーブルの利点：

- ケーブルの注文時にケーブルの長さを指定する必要はありません。
- コネクタが取り付けられていないので、ケーブルの設置が楽にできます。

現場組立用ケーブルの欠点：

- 現場で組み立てる時間が必要です。
- 専用工具が必要になります。
- 設置作業員は PROFINET ケーブルの組み立てを習得している必要があります。
- エラーの発生源になる可能性があります（検収時の測定を推奨）。



必要な組立工具について、ケーブルのメーカーまたは設置に必要な接続システムのメーカーに問い合わせてください。



コネクタおよびケーブルの組み立てに関する詳細は、PROFINET Installation Guideline（注文番号：8.072）を参照してください。

銅線の接続システム

この章では、図を使用して、さまざまな保護タイプの銅線の接続システムについて説明します。



以下の図（図 9-8 および図 9-9）に示すコネクタは、市販の一般的なモデルに基づいています。実際の設計はメーカーによって異なります。

コネクタ

RJ45 コネクタ

RJ45 コネクタは、端末装置やネットワーク・コンポーネントに適しています。コネクタ使用の主な基準は、現場での管理のしやすさです。キャビネット内では、IP20 バージョンの RJ45 コネクタを使用します。キャビネット外では、厳しい環境条件を考慮する必要があります。この場合、IP65 または IP67 バージョンの RJ45 プッシュプル・コネクタを使用できます。RJ45 コネクタのもう 1 つの利点は、エンジニアリング・ツールやラップトップなどの接続によく使用されているので、サービスの際にすばやく簡単に接続できることです。

図 9-8 と図 9-9 に、保護クラスの異なる 2 つのバージョンの RJ45 コネクタを示します。

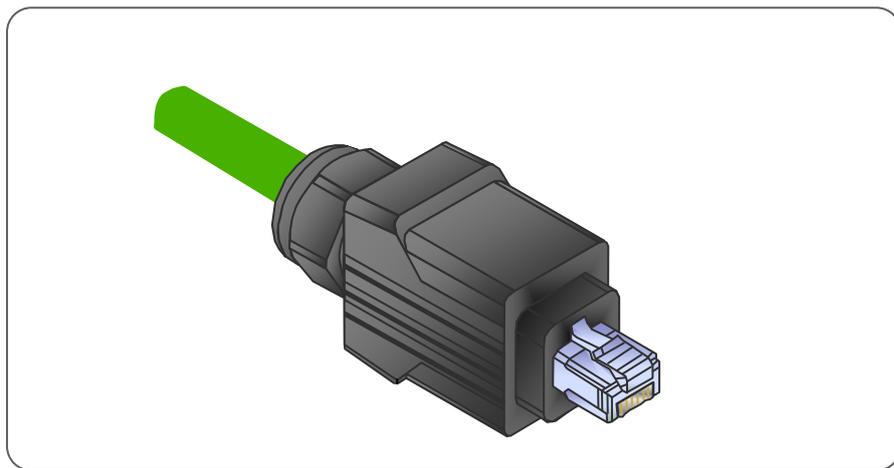


図 9-8 : 一般的な IP65 定格の RJ45 プッシュプル・コネクタ

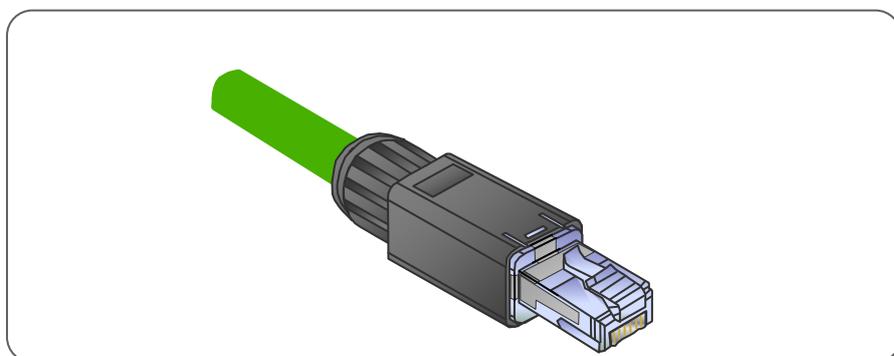


図 9-9 : 一般的な IP20 定格の RJ45 プッシュプル・コネクタ

M12 D コード・コネクタ

IP67 保護クラスの厳しい産業環境での用途の場合、PNO はセンサやアクタの安全な接続が可能な M12 コネクタを指定しています。M12 D コード・コネクタは、IEC 61076-2-101 で標準化されています。

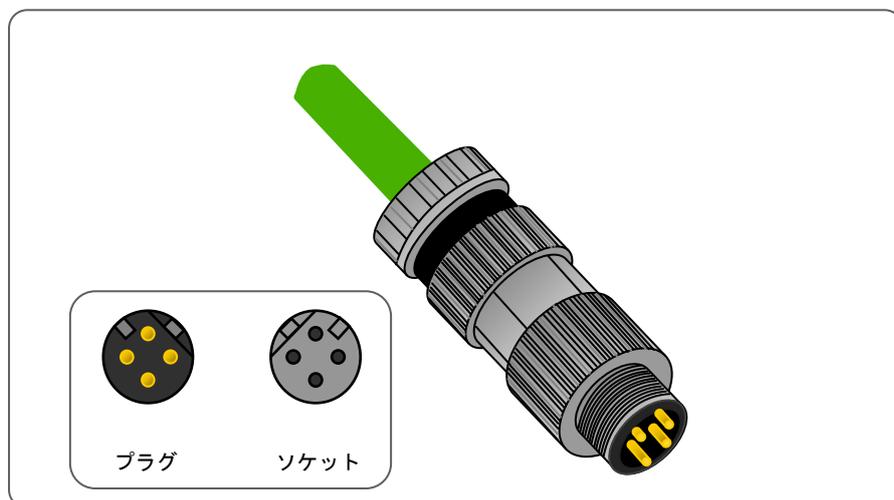


図 9-10 : 一般的な D コード M12 コネクタ

M12 TypeX コネクタ

M12 TypeX コネクタは、高伝送速度の厳しい産業環境での用途に適しています。M12 Type X コネクタは、IEC 61076-2-109 で標準化されています。

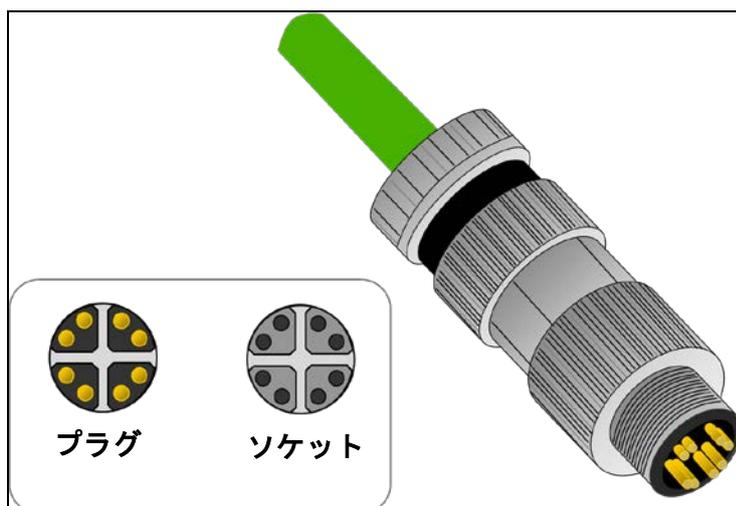


図 9-11 : 一般的な M12 TypeX コネクタ

光ファイバの接続システム

PROFINET デバイスの光インタフェースは、マルチモード・ファイバ (IEC 9314-3) およびシングルモード・ファイバ (IEC 9314-4) の仕様に適合する必要があります。PROFINET FO コネクタは、非常時接続と常時接続の区別があります。コネクタは、研修を受けた作業員が適切な専用工具を使用して組み立てる必要があります。



FO コネクタおよびケーブルの組み立てに関する詳細は、PROFINET Installation Guideline (注文番号 : 8.072) を参照してください。



必要な組立工具について、ケーブルのメーカーまたは設置に必要な発注済み接続システムのメーカーに問い合わせてください。

FO の常時接続は常に、いわゆるスプライス接合により行われます。スプライス接合は主に、FO ケーブルを延長したり、破損したファイバを修理するときに行われます。

コネクタ



以下の図（図 9-12 および図 9-13）に示すコネクタは、市販の一般的なモデルに基づいています。実際の設計はメーカーによって異なります。

SCRJ コネクタ

SCRJ は、FO による PROFINET データ伝送に使用します。このコネクタの基本的なバージョンは、スイッチ・キャビネットで使用するために開発されました（IP20 保護クラス）。SCRJ プッシュプル・コネクタ（図 9-13）は、厳しい環境または IP65 / IP67 要件があるときに使用します。



図 9-12 : 一般的な IP20 定格の SCRJ プッシュプル・コネクタ

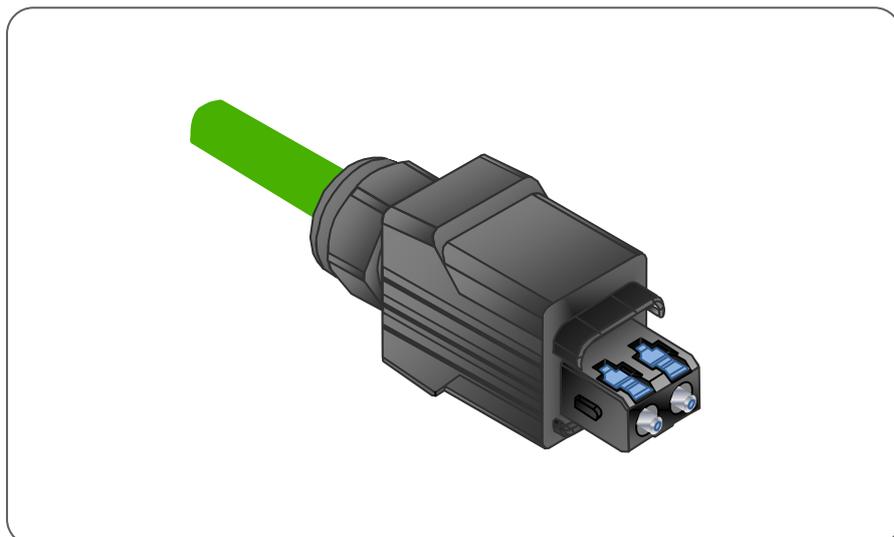


図 9-13 : 一般的な IP65 定格の SCRJ プッシュプル・コネクタ

M12 ハイブリッド・コネクタ

M12 ハイブリッド・コネクタ（図 9-14）は、データ伝送用の 2 つの光接続と 2 つの光電気接続が可能です。通常、PROFINET の用途では電気的接続は使用しません。このコネクタは、マルチモード、シングルモード、POF および PCF ファイバに使用できます。

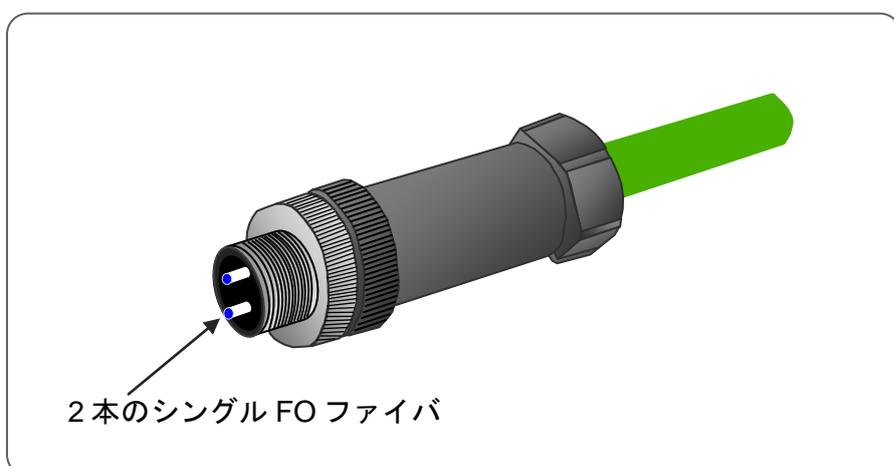


図 9-14 : 一般的な M12 ハイブリッド・コネクタ

コネクタ・タイプ BFOC および SC



コネクタ・タイプ BFOC / 2,5 (IEC 60874-10) および SC プラグ・システム (IEC 60874-14) は、新しいオートメーション・プラントには推奨できません。

遷移点

遷移点は、PROFINET ケーブルを接続して分配先を増やすことができるポイントです。厳しい環境での使用には保護クラス IP65 / IP67 のコネクタがあり、スイッチ・キャビネットや分電キャビネットでの使用には保護クラス IP20 のモジュールがあります。

分配器やソケットには、以下の点が異なるさまざまな製品があります。

- ポートの数およびタイプ（銅または FO）
- 最大抜き差し回数
- 接続技術（専用工具が必要な場合あり）
- 保護クラス



必要な遷移点の技術的特性に関する詳細は、メーカーのデータを参照してください。

市販の一般的なモデルに基づく、保護クラスが異なる 2 つの RJ45 分配器の例を図 9-15 および図 9-16 に示します。

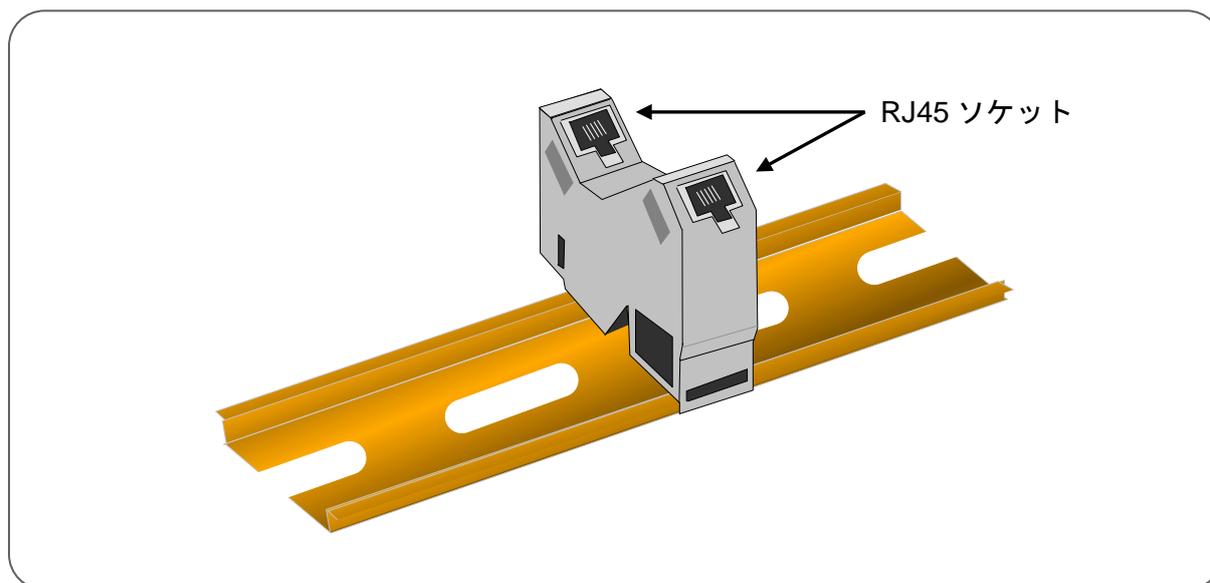


図 9-15 : IP20 環境でのトップ・ハット・レール取り付け用 RJ45 分配モジュール

一般的に使用されているあらゆる FO および銅コネクタに対応する、適切なソケットを備えた IP20 環境向け分配モジュールがあります。



トップ・ハット・レール取り付け分配モジュールは、パッチ・ケーブルまたはアダプタ・ケーブルによる固定配線からキャビネット内部の配線への遷移に使用します。

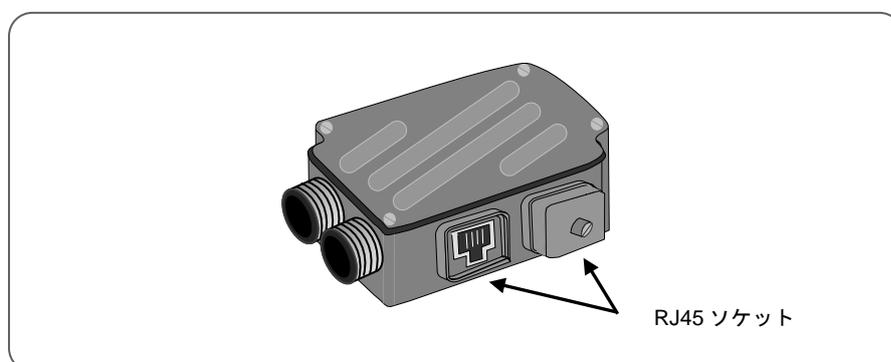


図 9-16 : IP65 / IP67 環境用 RJ45 接続ソケット

適切なポートとソケットを備えた、一般的に使用されているあらゆる FO および銅コネクタ用の接続ソケットが多くのメーカーから販売されています。



現場での固定配線からフレキシブル配線への遷移には、接続ソケットを使用してください。巻取チェーンの接続を簡単に交換できるようになります。

バルクヘッド・コネクタ

バルクヘッド・コネクタは、外部の PROFINET 銅線または光ファイバを安全にキャビネット内に引き込むときに使用できます。これらのコネクタは、IP65 / IP67 外部環境から IP20 内部環境への遷移を実現します。



必要なバルクヘッド・コネクタの技術的特性に関する詳細は、メーカーのデータを参照してください。

図 9-17 に RJ45 プッシュプル・ウォール・ダクト、図 9-18 に M12 ウォール・ダクトを示します。これらのウォール・ダクトは、市販の一般的なモデルに基づいています。

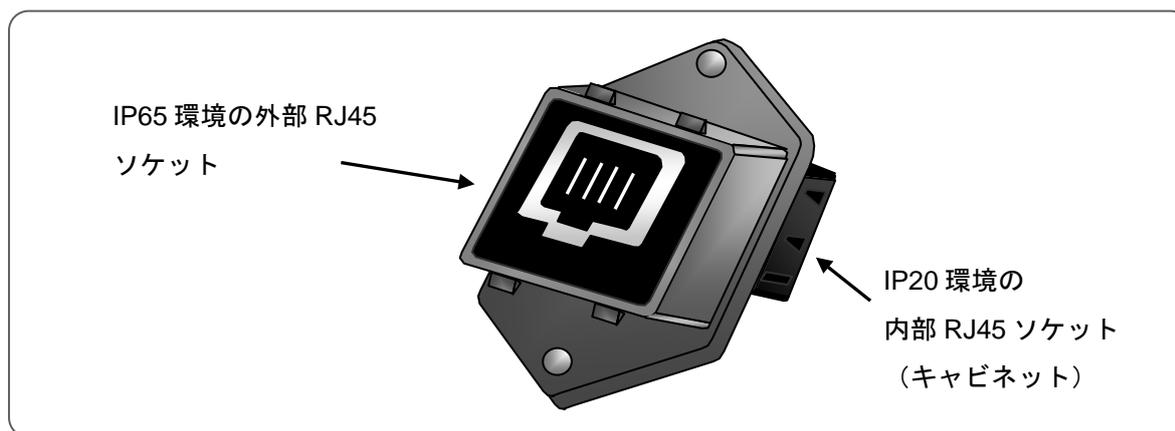


図 9-17 : キャビネットで使用するための RJ45 プッシュプル・バルクヘッド・コネクタ

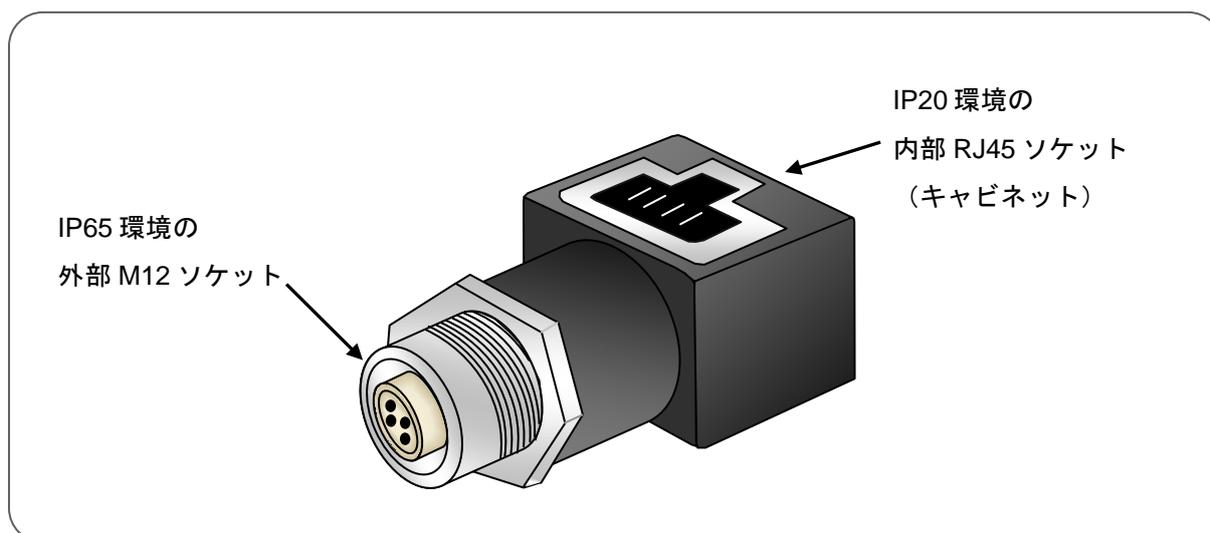


図 9-18 : キャビネットで使用するための M12 バルクヘッド・コネクタ

9.6 配線の例

FO および銅線のコンポーネントの選択の 2 つの例を以下に示します。また、減衰のバランスの計算例も提示します。

銅線の例

図 9-19 に示す銅線によるスター型トポロジーの配線によって、必要なコンポーネントをどのように選ぶかを示します。

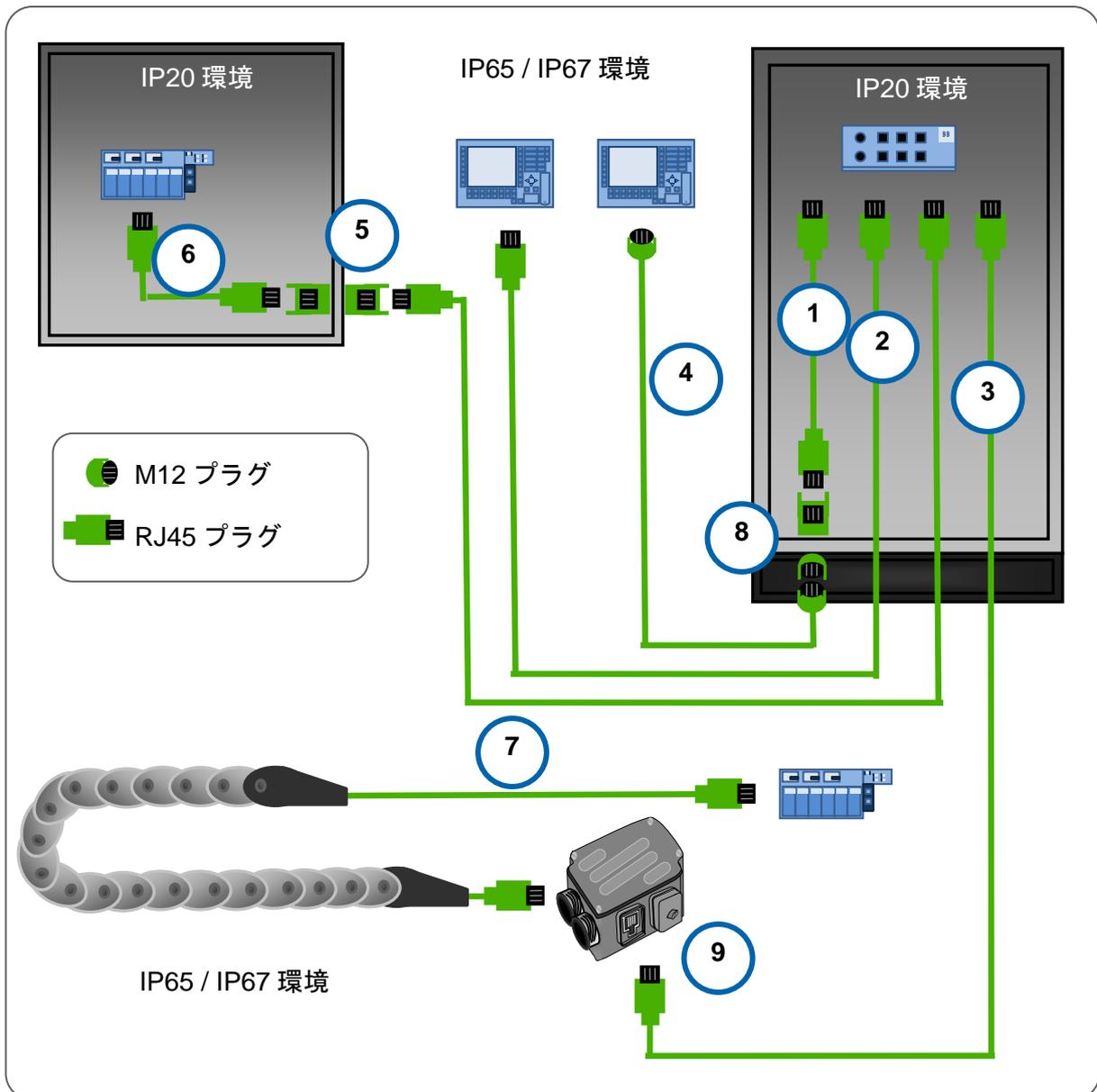


図 9-19 : 銅線による配線の例

前のページで説明した銅線による配線の部品表を表 9-12 に示します。

表 9-12 : 銅線による配線の部品表

番号	名前
①	IP20 環境の RJ45 コネクタ付き組立済み PROFINET ケーブル
②	IP65 / IP67 環境の RJ45 コネクタ付き組立済み PROFINET ケーブル
③	現場組立用 PROFINET ケーブル IP65 / IP67 環境の RJ45 コネクタおよび IP20 環境の RJ45 コネクタによる固定的な設置向け
④	IP65 / IP67 環境用の M12 コネクタ付き組立済み PROFINET ケーブル
⑤	バルクヘッド・コネクタ RJ45 IP65 / IP67 から RJ45 IP20 へ
⑥	組立済み PROFINET ケーブル、IP20 環境の RJ45 コネクタによる固定設置向け
⑦	現場組立用 PROFINET ケーブル、巻取チェーン向け、IP65 / IP67 環境の RJ45 コネクタ付き
⑧	バルクヘッド・コネクタ M12 IP65 / IP67 から RJ45 IP20 へ
⑨	IP65 / IP67 環境用 RJ45 接続ソケット

FO 配線の例

図 9-20 に示す FO を使用したスター型トポロジーの配線によって、必要なコンポーネントをどのように選ぶかを示します。

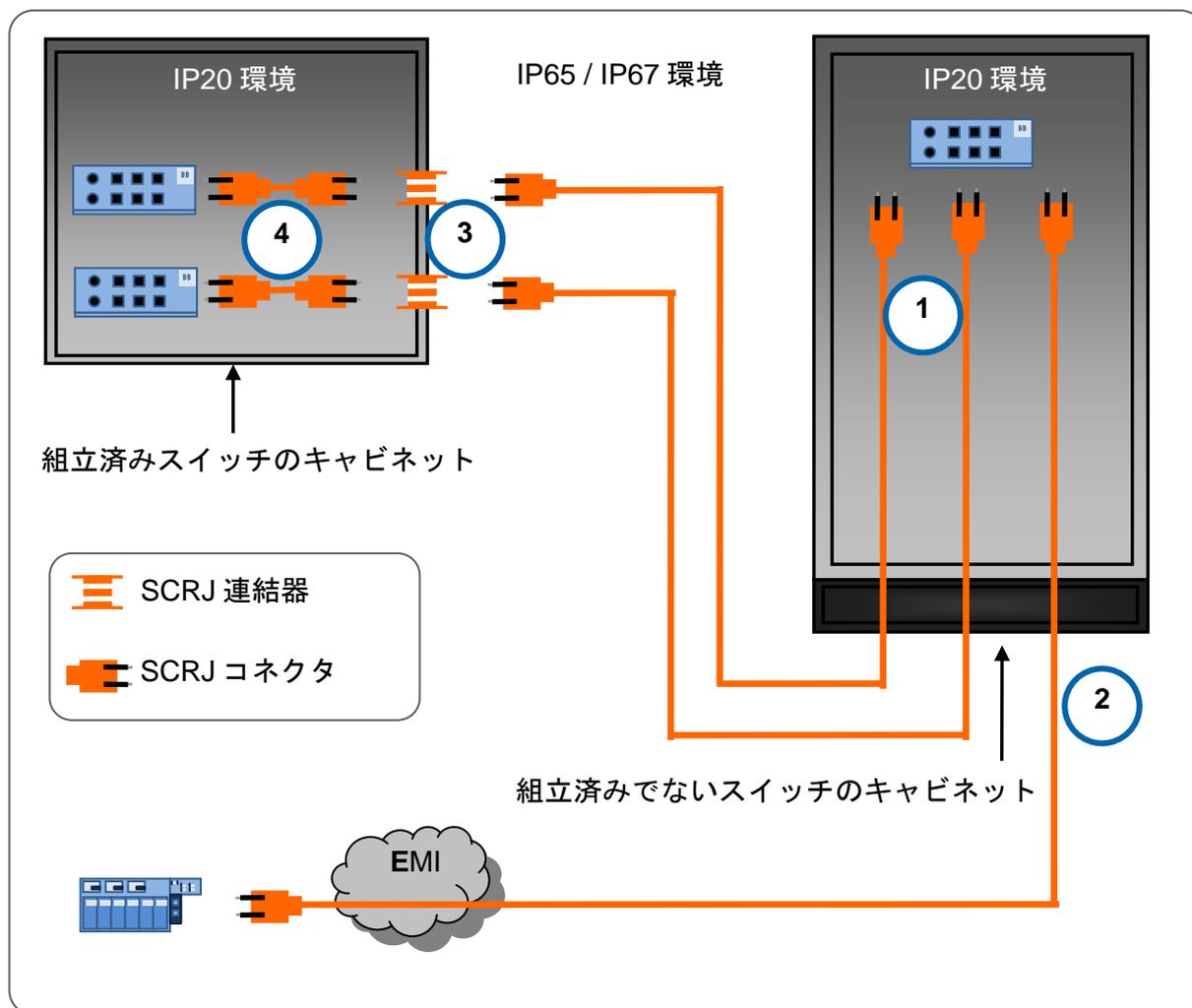


図 9-20 : FO 配線の例



バルクヘッド・コネクタ、接続ソケットなどの受動連結器により、信号の減衰が大きくなり、使用可能なケーブルが短くなります。

たとえば、POF ケーブルに受動連結器を使用することで、ケーブルの最大長が 6.5 m 短くなります。このため、2 つの受動連結器を使用する場合、POF ケーブルの最大長は 50 m から $50 \text{ m} - 2 \times 6.5 \text{ m} = 37 \text{ m}$ に減ります。

前のページで説明した FO による配線の部品表を表 9-13 に示します。

表 9-13 : FO による配線の部品表

番号	名前
①	組立済み FO ケーブル、両端に IP65 / IP67 および IP20 環境の SCRJ コネクタ付き
②	組立済み POF ケーブル、両端に IP65 / IP67 および IP20 環境の SCRJ コネクタ付き
③	IP65 / IP67 から IP20 環境への SCRJ バルクヘッド・コネクタ
④	IP20 環境の SCRJ コネクタ付き組立済みアダプタ・ケーブル



さまざまな環境、用途に対応する複数のバージョンの連結器とコネクタが多く、多くのメーカーから販売されています。メーカーの情報を参照して、用途に適した接続技術を選択してください。



選択した接続技術を文書化してください。

計算の例

ここでは、減衰および電力量の計算を説明するために2つの例を考えてみましょう。

シングルモード光ファイバ・ケーブルを使用した簡単な例を図 9-21 に示します。

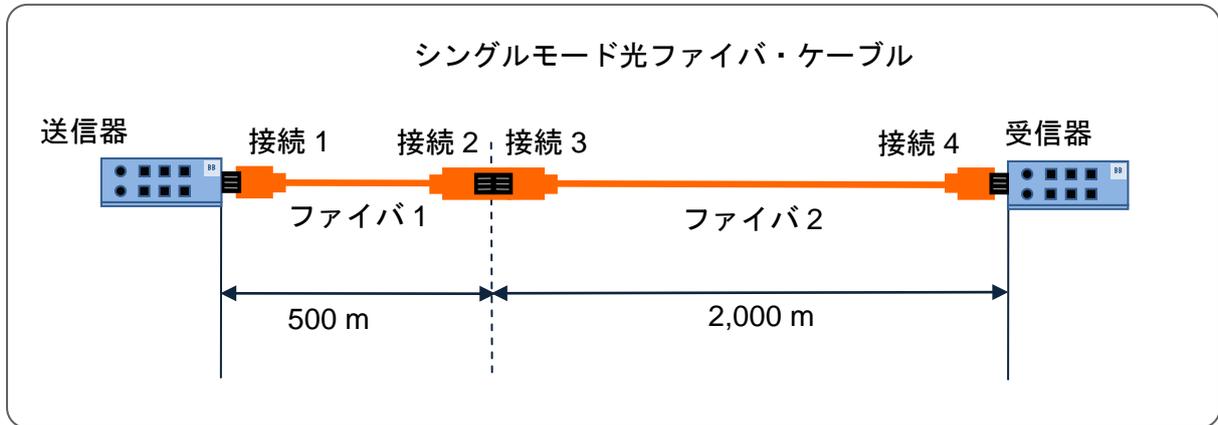


図 9-21 : シングルモード光ファイバ・ケーブルの減衰バランスの図



コネクタの数ではなく、使用する接続の総数を考えることが重要です。

図 9-21 の例の個々の受動部品、それらの部品による減衰、全減衰を表 9-14 に示します。ファイバの減衰は 0.5 dB/km に基づいており、接続による減衰はそれぞれ 0.75 dB です。表 3-4 によれば、PROFINET リンク全体の最大許容減衰は 10.3 dB です。

減衰バランス :

表 9-14 : シングルモード・ファイバのリンク全体の減衰の計算

ファイバ 1 500 m	接続 (接続 1+2/3+4)	ファイバ 2 2,000 m	全減衰 ✓
0.25 dB	3 × 0.75 dB	1 dB	= 3.5 dB
最大許容減衰は 10.3 dB			

高分子ファイバ・リンク (POF) による減衰の計算を図 9-22 に示します。

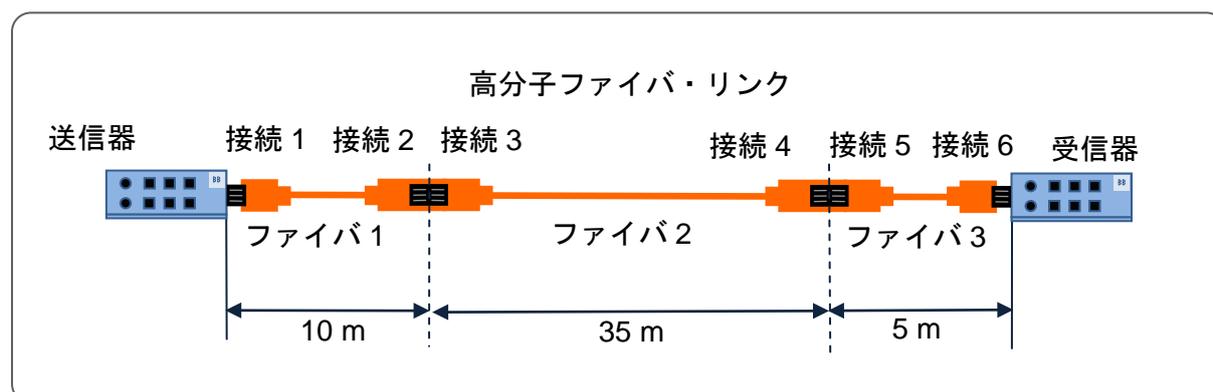


図 9-22 : POF FO リンクの減衰バランスの図

図 9-22 の例の個々の受動部品、それらの部品による減衰、全減衰を表 9-15 に示します。表 3-4 によれば、PROFINET リンク全体の最大許容減衰は 11.5 dB です。

減衰バランス :

表 9-15 : 高分子ファイバ・リンク全体の減衰の計算

ファイバ1	接続	ファイバ2	ファイバ3	全減衰
10 m	(接続 1+2/3+4/5+6)	35 m	5 m	X
2.3 dB	4 × 1.5 dB	8.05 dB	1.15 dB	=17.5 dB
最大許容減衰は 11.5 dB				

ご覧のように、この例の PROFINET リンク全体の減衰は最大許容値を超えています。値を 11.5 dB 以下にするには、伝送リンクか受動連結器のいずれかを減らす必要があります。



減衰バランスの計算と、可能な場合はグラフ表示から、計画している FO リンクが伝送要件を満たしているかどうか分かります。

9.7 スイッチの選択

PROFINETに適したスイッチは、ファスト・イーサネット（100Mbps、IEEE 802.3u）、全二重伝送用です。全二重通信では、スイッチがデータを同時にポートで送受信します。競合はありません。

トップ・ハット・レール設置用の IP20 バージョン、現地設置用の IP65/67 バージョンのスイッチが利用可能です。以下のセクションでは、選定の対象となるスイッチの機能について説明します。スイッチはまず、以下の2つの種類に分類されます。

- アンマネージド・スイッチ
- マネージド・スイッチ（追加の PROFINET 機能を搭載）



PROFINET の利点は、PROFINET データ・トラフィックを優先することです。ただし、この機能は、「サービス品質」（QoS）に対応したスイッチを使用する場合があります（IEEE 802.1q/p）。

アンマネージド・スイッチ

アンマネージド・スイッチでは、アドレス・テーブル／ポート割り当て表に基づいてデータ・トラフィック全体の送受信を行います。ユーザが手動で介入することはできません。これは低価格のスイッチです。



アンマネージド・スイッチにはウェブ・インタフェースがなく、診断機能を使用できません。

このタイプのスイッチは、適合クラス A のネットワークで使用します。

マネージド・スイッチ

マネージド・スイッチには、アンマネージド・スイッチに比べ複数の利点があります。たとえば、ウェブ・インタフェースによるオプションの選択や診断機能などがあります。管理ソフトウェアの機能は、冗長性制御からネットワークのデータ・トラフィックの統計解析まで、スイッチの種類によって異なります。



マネージド・スイッチは診断機能に対応します。ウェブベースのインタフェースまたは適切なエンジニアリング・ツールによってスイッチ機能を制御し、読み取ります。

PROFINET デバイスとして識別されるには、スイッチが PROFINET IO サービスに対応している必要があります。適合クラス B のネットワークでは、スイッチが PROFINET デバイスとして識別されることが前提となっています。



マネージド・スイッチは適合クラス B および C のネットワークで使用してください。

また、「カットスルー」スイッチや「ストア・アンド・フォワード」スイッチの選択も可能です。

カットスルー・スイッチ

カットスルー・スイッチでは、ストア・アンド・フォワード・スイッチよりも遅延がわずかです。これは、宛先アドレスの決定後、ただちにフレームを転送するためです。スイッチは、アドレス・テーブルまたはポート割り当て表の解析に必要なバイト数だけデータ・パケットをバッファします。その後、データ・パケットのすべての受信バイトをバッファなしで関連するポートに直接送信します。このため、転送の遅延はフレームのサイズに依存しません。

ストア・アンド・フォワード・スイッチ

ストア・アンド・フォワード・スイッチは、受信ポートのデータ・パケット全体を読み取り、バッファします。スイッチは、フレーム全体のエラーを確認し、エラーがないと、関連するポートに送信します。そのため、カットスルー技術を使用したスイッチよりも遅延時間が長くなります。遅延は、伝送されるデータ・パケットのテレグラムのサイズによって異なります。

オートセンシング／オートネゴシエーション

オートセンシングとは、信号の伝送速度を自動的に識別するデバイスの機能です。

さらに、オートネゴシエーションにより、関連するデバイスが交渉し、伝送速度を取り決めてから初めてデータ伝送を開始します。



高速起動を使用しているポートがある場合は、起動時間を最適化するためオートネゴシエーションを無効にしてください。

オートクロスオーバ

オートクロスオーバは、ポート・インタフェースで送受信線の自動入れ替えを行います。この機能が無効な場合、クロスオーバ・ケーブルまたは接続の入れ替えが可能なポート配線を備えたスイッチが必要になります。



高速起動を使用するポートがある場合は、起動時間を最適化するためにオートクロスオーバを無効にしてください。

冗長性の対応

冗長性に対応していると、障害リンクから冗長リンクへのバンプレスまたは非バンプレスの切り替えが可能になります。



PROFINET IO の冗長性の実装は、適切な Media Redundancy Protocol (MRP) に対応し、エンジニアリング・ツールまたはウェブベースのサービスによって設定するマネージド・スイッチでのみ可能です。

ポート・ミラーリング

ポート・ミラーリングは、ネットワークの診断に役立つ機能です。データ・フレームを解析するため、すべての送受信データをスイッチの一方のポート（ミラード・ポート）からもう一方のポート（ミラー・ポート）にコピーします。ポート・ミラーリング機能のあるほとんどのスイッチは、スイッチ内のミラード・ポートおよびミラー・ポートの選択と設定をウェブページから行うことができます。



一般的に、ポート・ミラーリングはマネージド・スイッチでのみ使用可能です。また、ポート・ミラーリングに対応していないマネージド・スイッチも多数あります。必要な場合は常に、選択したスイッチがポート・ミラーリングに対応していることを確認してください。



診断オプションに関する詳細は、PROFINET Commissioning Guideline（注
文番号：8.081）を参照してください。

Power over Ethernet

Power over Ethernet (PoE) により、対応しているデバイスに Ethernet ケーブルから給電できます。PoE インジェクタを備えたスイッチが必要です。



PoE 機能を備えたスイッチには、さまざまな最大電力仕様の各種製品があります。供給されるコンポーネントの数に従って適切な種類の製品を選択してください。

Gigabit Ethernet

伝送速度が 1,000Mbps の PROFINET ネットワークを実装する場合、スイッチもこれに対応している必要があります。ギガビット伝送に対応する必要な数のポートを備えたモデルを選択してください。

関連する適合クラスの対応

前述の通り、スイッチは適合クラスの要件も満たす必要があります。



メーカーは、スイッチの適合クラスを表示する必要があります。PI で認定されたスイッチのみ使用してください。

9.8 電源

この章では、電源プランに関係する問題について説明します。

この章の内容は以下の通りです。

- さまざまな種類のネットワーク
- 接地
- 感電対策

さまざまなタイプのネットワーク

電源コンセプトの実装は、電気系統の基本計画の一部であり、このガイドラインでは詳しく説明しません。計画策定では、PE および N 導体の使用に関するコンセプトの基本的な違いが重要です。

TN-C

TN-C システムは別個の PE 導体と N 導体（4 線システム）ではなく、複合型の PEN 導体を使用します。

TN-S

このコンセプトは、別個の PE 導体と N 導体（5 線システム）に基づいています。PROFINET オートメーション・プラントの実装には、このタイプのネットワークを使用します。

等電位ボンディング

配線点と接地点の接地電位差により、ケーブル被覆に電流が流れ、システムで干渉が発生する可能性があります。シールド付きケーブル・システムでは特に注意が必要です。計画段階で適用する設置ガイドラインに従って、適切な接地とシールドを予想しておくことが重要です。

計画策定では、以下の点を考慮してください。

- 必要な場合は、建物やオートメーション・プラントの所有者と協力して、既存の接地システムがどのように行われているかチェックし、接地接続の抵抗を確認してください。
- 接地抵抗は 0.6Ω 以下であることが望ましく、 1Ω を下回っている必要があります。接地抵抗は、ネットワーク・コンポーネントまたはケーブル・シールドが接地されている 2 点で測定できます。
- すべてのネットワーク・コンポーネントは、共通の接続を介して接地してください。この接続は高アンペア容量とする必要があります。

長期的に接地の信頼性を確保できるように、接触点の腐食を防ぐ適切な対策を計画してください。

接地方法

2 つの適切な接地方法が使用可能です。

網状接地

接地点とネットワーク・コンポーネントまたはシールド間の接続を一点のみにする必要がある場合は、網状接地を使用します。

スター型接地

建物の接地システムへの接続点を 1 つだけにする場合は、スター型接地を計画してください。

既存の接地が、現在の接地ガイドラインの要件を満たしている場合は、PROFINET ネットワークの接地と組み合わせた接地システムとして実現できます。接地サブシステムを設ける必要ありません。

要件を満たしていない場合は、複数の接地サブシステムに区分してください。



各接地サブシステムは、該当する接地プロファイルに従い、接地および等電位ボンディングの実証済みの方法を使用して実現できます。設置時のミスを防ぐため、PROFINET ネットワーク全体について選択した接地システムを文書化してください。

機器の正しい接地の技術的な実装方法に関する詳細は、適切な接地ガイドラインおよび PROFINET Installation Guideline（注文番号：8.072）を参照してください。

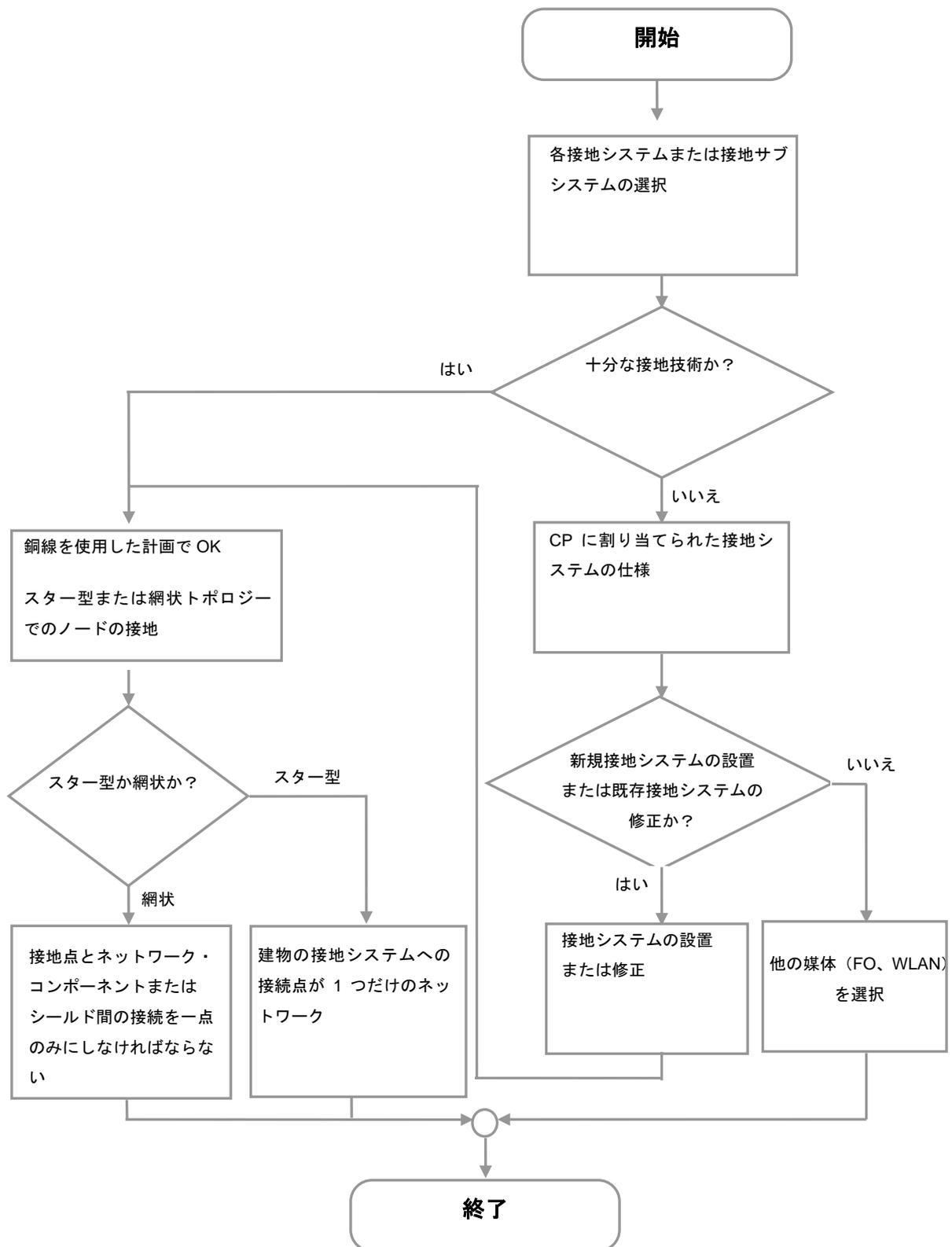


図 9-23 : フローチャート : 接地方法の選択

複数の接地の回避

オートメーション・プラントでは、絶縁が破れて漏電したために予期しない切り替えが発生することがないように、システム・グラウンド（プラントの基準電位）を接地します。異なるプロバイダからの機器を含む広範なオートメーション・プラントでは、システム接地に関する包括的な接地コンセプトを策定します。高電圧システムなど、他の接地された電気システムとの相互作用により、障害やシステム停止が発生する可能性があります。

システム接地については、接地を一点接続として計画する必要があります。システムのライフ・サイクルでは、計画された接地接続に加えて、複数の接続が行われることがよくあります。明確なコンセプトがない場合、接地やシールドの処理、接地への接続、過電圧対策などが不明なため、「念のために」他の接地接続を追加することがよくあります。このようにシステム接地をいくつも設けると、主要システムに電流が流れ、装置が停止する可能性があります。



複数の接地を検出するため、設置時に絶縁を測定してください。PROFINET Commissioning Guideline（注文番号：8.082）に従ってください。



計画時には、システムのグラウンドが一点のみで接地していることを確認してください。

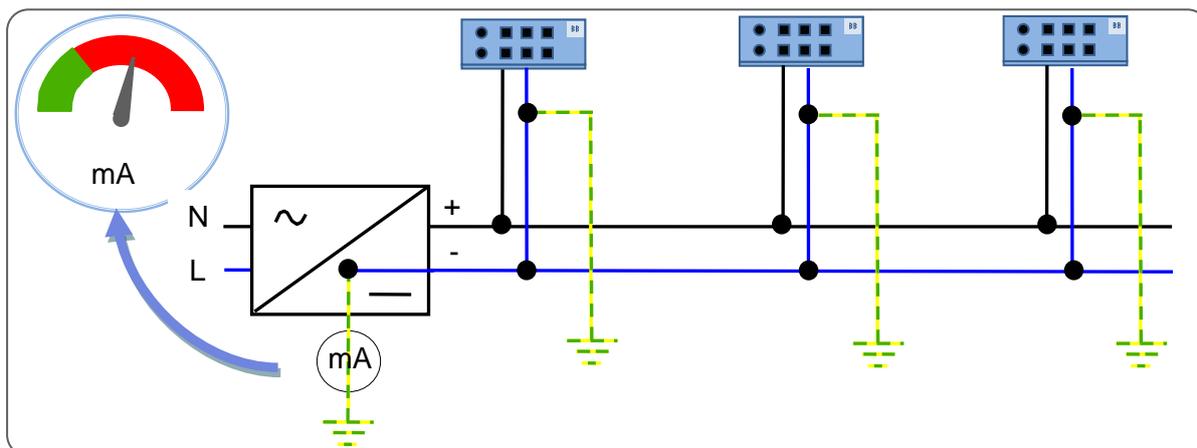


図 9-24 : システム・グラウンドの複数接地

基本的なシステム接地の構造を図 9-24 に示します。24 V システムにソースを介して電力が供給され、3 つの物理的に分離したスイッチに電気が流れます。電源および 3 つのスイッチでマイナス端子を直接接地する必要があります。このような複数の接地が行われると、不要な電流が主要システムに流れます。一般的なエラーは、最大許容電気強度を超えたことによるスイッチの停止です。このような故障により、システム全体が停止する可能性があります。不適切な接地接続をできるだけ早く検出して取り除くため、新しい設置を計画する際は、主要な接地接続（図 9-25）に電流が流れていないか常時監視する測定システムを検討します。既存のオートメーション・プラントも適宜に近代化できます。

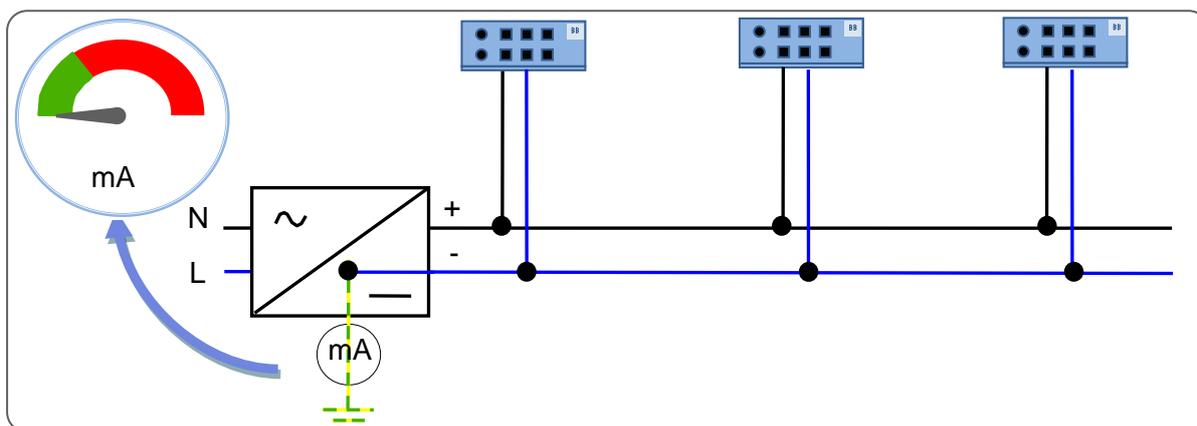


図 9-25 : システム接地のゼロ電位を監視する計測装置



システム主要部の接地に関する包括的なコンセプトを計画してください。必要な主要部の接地接続は一点のみで行います。この接続のゼロ電位を常時監視してください。

感電対策



IEC 60364 では、感電対策の一般的な要件が定義されています（建物の電気設備 - 第 4-41 部：注意：感電対策）。すべての PROFINET デバイスでこれらの要件を満たす必要があります。また、IEC 60204（機械の安全 - 機械の電気機器）に記載されている要件も順守してください。

また、この規格では、SELV（Safety Extra Low Voltage）、PELV（Protective Extra Low Voltage）による低電圧供給も定義されています。PROFINET システムの計画時には、SELV または PELV 出力電圧を生成する電源のみを使用してください。

9.9 ネットワーク負荷計算ツール

Microsoft Excel のネットワーク負荷計算ツールのユーザ・インタフェースを図 9-26 に示します。ネットワーク負荷計算ツールの目的は、ネットワーク負荷をユーザが簡単に計算できるようにすることにあります。

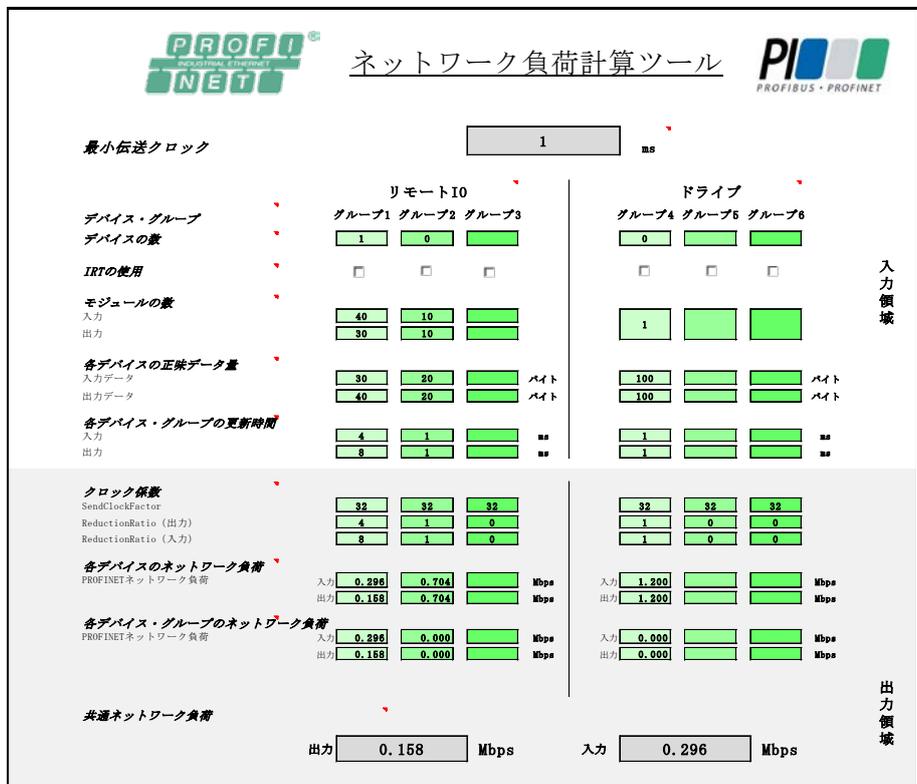


図 9-26 : ネットワーク負荷計算ツールのユーザ・インタフェース

図 9-26 で白で強調表示されている上部の領域が入力領域となります。ここに値を入力することにより、デバイスを設定できます。濃い灰色で強調表示されている部分は出力領域で、計算結果が表示されます。

リンクの利用可能な帯域幅に関連した「ネットワーク負荷率」は、ユーザが計算する必要があります（以下に記述する例を参照）。入力と出力の方向ごとにネットワーク負荷を考慮してください。



ネットワーク負荷計算ツールでは簡単な Excel の数式が使用されていますが、これらの数式はツールの使用時には表示されません。Excel ワークシートの保護を無効にし、これらの数式の非表示の領域を表示することにより、数式を編集できます。



ネットワーク負荷の計算の詳細な説明は、ネットワーク負荷計算ツールの「Description」および「Program flowchart」ワークシートに記載されています。また、以下のページで示すユーザ・マニュアルも計算ツールの「User manual」ワークシートで参照できます。



すべての入力について矛盾がないかチェックされます。また、入力に誤りがある場合は、エラー・メッセージが表示されます。入力は入力フィールドでのみ可能です。それ以外のフィールドへの入力はブロックされています。

ユーザ・マニュアル

図 9-27 に、計算の基礎データの入力、デバイスのグループごとに分けられた出力フィールドのセクションを示します。

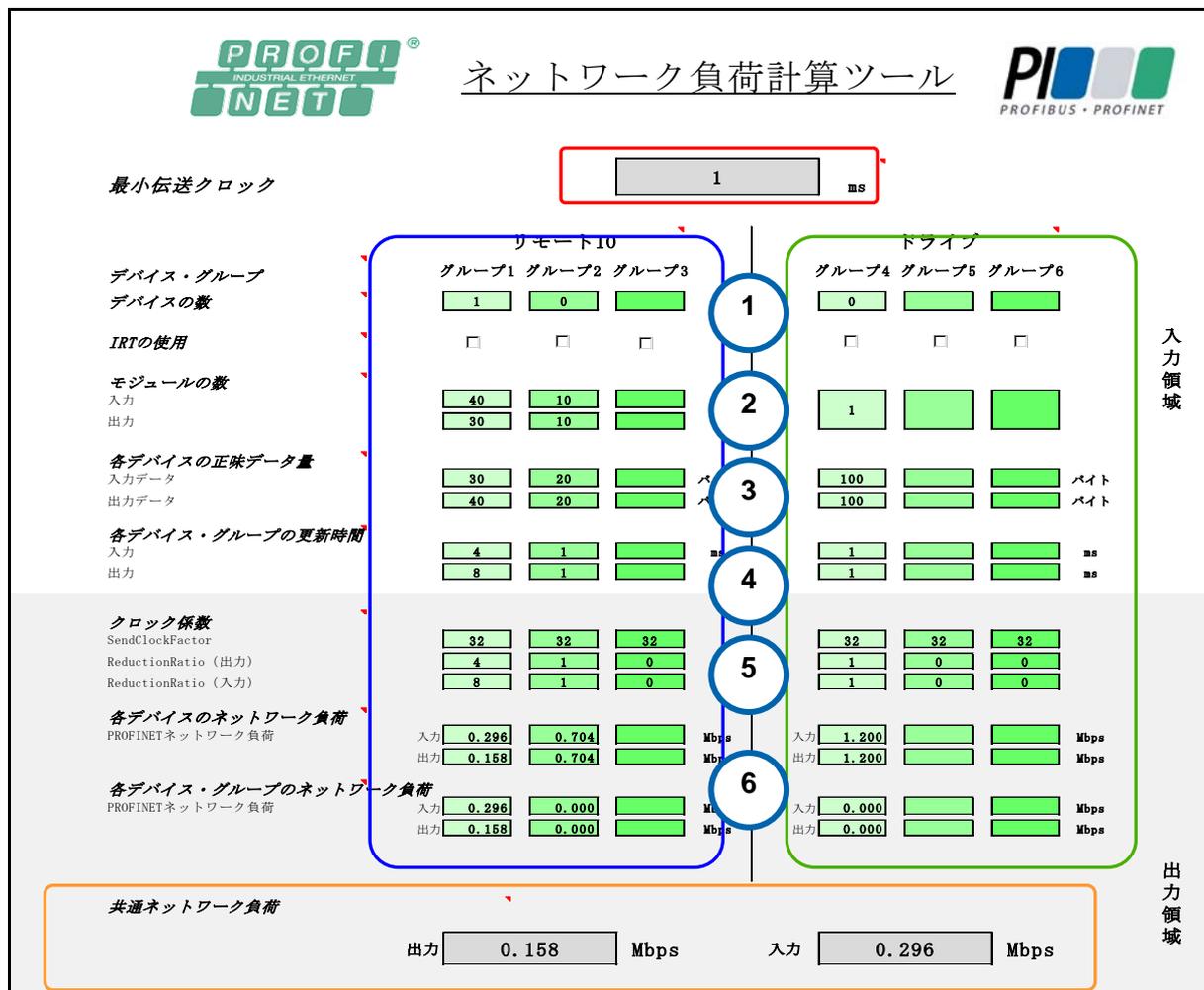


図 9-27 : 平均値を使用したネットワーク負荷の計算

上部の赤い枠内で、ドロップダウン・メニューから最小伝送クロックを選択します。手入力も可能ですが、PROFINET 伝送システムに適用するときに入力値が適切かチェックされます。通常、最小伝送クロックは高速 PROFINET デバイスによって事前に決定されています。この情報は主に、PROFINET 伝送システムのクロック係数を決めるために使用します。

入カマスクの左側では、リモート IO などのデバイスのデータと入出力のモジュール数をそれぞれ入力します。入カマスクの右側では、デバイスのデータと入出力のモジュール数（同数）を入力します（ドライブなど）。

それぞれの側で、3 つのデバイス・グループの入力値を指定できます。各デバイス・グループの下に入力します。入力に矛盾がないかチェックされ確認します。**整数のみ入力できます。**また、いくつかの入カフィールドではドロップダウンの選択オプションが用意されています。

PROFINET では全二重技術を使用します。このため、データは伝送方向ごとに入力します各入力および表示領域は以下の通りです。

- ① 各グループの PROFINET デバイスの台数の入力およびアイソクロナス接続（IRT：アイソクロナス・リアルタイム）の有無の選択。
- ② 各 PROFINET デバイスのモジュール数の入力。この入力は伝送方向ごとに行います（デバイス・グループ 4~6 を除く）。
- ③ 伝送方向ごとの PROFINET デバイスのユーザ・データ（正味データ量）をバイト単位で入力。
- ④ 伝送方向ごとの伝送クロック（ms）の入力。伝送クロックは両方向で異なる場合があります。
- ⑤ 伝送の設定に必要なクロック係数の表示。通常、クロック係数はエンジニアリング・ツールにより決定されるため、ここでは情報として表示されます。
- ⑥ デバイス・グループによって生じるネットワーク負荷に加えて、個々の PROFINET デバイスによるネットワーク負荷もここに表示されます。デバイス・グループの値は、各デバイスにグループ内の PROFINET デバイスの台数を掛けた値です。

すべての PROFINET デバイス・グループのネットワーク負荷の合計を結果として表示します（オレンジの枠内）。結果は伝送方向別に表示されます。計算したネットワーク負荷を使用して、PROFINET ネットワークのネットワーク負荷率を確認できます。

次の例に、ネットワーク負荷率の評価方法を示します。

例：デバイスの設定と更新時間の入力後、ネットワーク負荷計算ツールが以下のネットワーク全体の負荷を計算します。

3.086 Mbps：出力方向

7.538 Mbps：入力方向

ネットワーク負荷率

100 Mbps の伝送リンクを使用するネットワークの場合、ネットワーク負荷率は以下のようになります。

3,086 %：出力方向

7,538 %：入力方向

前述の通り、ネットワーク全体の負荷は、複数のデータ・ストリームが合流する通信ノードでのみ発生します。PROFINET によるネットワーク負荷は、これらのノードで 50% の制限を超えてはなりません。入カマスクの個々のデバイス・グループに基づいて、ネットワーク負荷が大きいグループを解析できます。



この例では、いくつかのデバイス・グループが空欄になっています。この例で示すように、これらのグループは伝送方向ごとに個別に設定できます。



ネットワーク負荷は複数の要因によって異なります。ネットワーク負荷計算ツールは、これらの要因を推計して表示します。

入カマスクの個々のデバイス・グループおよびデバイスの種類に基づいて、ネットワーク負荷が大きいグループを解析できます。必要に応じてこれを修正できます。

10 索引

- Gigabit Ethernet 197
- IO コントローラ 19
- IO スーパーバイザ 19
- IP アドレス 138, 140
- MAC アドレス 138
- PELV 205
- PoE 196
- Power over Ethernet 135, 196
- PROFINET FO ケーブル 21
- PROFINET IO デバイス 19
- PROFINET 銅線 21
- PROFINET 銅線 57, 155
- PROFINET 光ファイバ 167
- PROFINET 光ファイバ・ケーブル 64
- PROFIsafe 42
- ReductionRatio 97
- SELV 205
- SendClockFactor 97
- WLAN アクセス・ポイント 19
- アドレス選択 145
- アドレッシング手法 145
- アプリケーションに依存しないケーブル 86
- 応答時間 102
- オートクロスオーバ 195
- オペレータ・コンソール 19
- カットスルー・スイッチ 194
- 可用性の向上 126
- 環境要件 40
- 感電対策 205
- 記号の意味 18
- 機能的な割り当て 30
- 切り替え時間 131
- ケーブルの配線 57
- 減衰 69
- 高可用性プラント・ネットワーク 129
- 更新時間 97, 106
- コネクタ 71, 172
 - FOC 177
 - 銅 174
- コントローラの転送クロック 97
- 時間の要求 37
- 承認リスト 39
- スイッチ 19, 43, 193
- ストア・アンド・フォワード・スイッチ 195
- 制御ステーション 20
- 接続技術 41
- 接地 63, 203
 - システム主要部 203

- 等電位ボンディング 200
- ネットワークのタイプ 199
- 地理的な割り当て 29
- 通信関係 32
- 通信の監視 108
- 適合クラス 34
- デバイスの交換 126
- デバイスの選択 33
- デバイスのパラメータ 137
- デバイス名 148
- 電磁干渉 (EMI) 22
- 伝送媒体 55
 - 銅 57
 - 光ファイバ・ケーブル 64
- 等電位ボンディング 63
- トポロジー 51
 - スター 52
 - ツリー 53
 - ライン 54
- ネットワーク診断 90
- ネットワーク負荷 100, 115
- バンプレスな切り替え 131
- 非バンプレスの切り替え 131
- ファームウェア 89
- プラント例
 - 製造の自動化 77
 - プロセス・オートメーション 79
 - マシン・オートメーション 78
- ポート・ミラーリング 196
- マネージド・スイッチ 194
- メディア・コンバータ 20
- ライン深度 111
- リング構成 128
- ルータ 19

© Copyright by

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V.
Haid-und-Neu-Str.7
76131 Karlsruhe
Germany

電話 : +49 721 / 96 58 590

Fax : +49 721 / 96 58 589

info@profibus.com

www.profinet.com

特定非営利活動法人 日本プロフィバス協会
info@profibus.jp
www.profibus.jp

KHN