



PROFINET

コミッショニング・ガイドライン

Version 1.36

2014年12月

注文番号 : 8.082

PROFINET 注文番号 : 8.082

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.
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 Comissioning Guideline
Version 1.36
December 2014
Order No.: 8.082**

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。

2019 年 3 月発行

改訂履歴

版	改定日	変更内容／履歴
1.0	2010年5月22日	発行用バージョン
1.01	2010年6月25日	諮問委員会承認後のバージョン
1.10 および 1.20	---	内部版、非公開
1.30~1.32	---	内部版、非公開
1.33	2014年8月5日	ネットワークの受け入れテストおよび診断を追加。 レイアウトを DIN A4 に変更
1.34	2014年10月17日	英語版にコメントと訂正を追加（作成者 A.V.）
1.35	2014年11月21日	WG 議長による独語版と英語版の統合
1.36	2014年12月30日	諮問委員会によるレビュー後にレビュー・コメント を追加

目次

1	はじめに.....	9
1.1	序文.....	10
1.2	安全に関する注意.....	11
1.3	免責.....	12
1.4	PNO 文書.....	13
1.5	引用規格.....	14
1.6	記号とその意味.....	15
1.6.1	テキストを構造化する記号.....	15
1.6.2	部品の記号.....	16
1.6.3	PROFINET ケーブルの記号.....	18
1.6.4	区域の記号.....	19
2	測定および診断ツール.....	20
2.1	銅配線の測定.....	23
2.1.1	ケーブル・テスター.....	23
2.1.2	機能テスター.....	25
2.1.3	受け入れテスター.....	26
2.1.4	まとめ.....	28
2.2	FO ケーブルの測定.....	29
2.2.1	FO ケーブルの減衰測定.....	29
2.2.2	OTDR 測定.....	32
2.3	PROFINET ネットワークの診断.....	35
2.3.1	通信エラーと周辺機器エラー.....	35
2.3.2	エンジニアリング・ツールの診断機能.....	35
2.3.3	PROFINET デバイスの診断.....	37
2.3.4	解析ツールを使用する診断.....	38
3	設備の受け入れ.....	44

3.1	設備受け入れテストの実施.....	45
3.2	受動ネットワーク・コンポーネントの受け入れテスト.....	46
3.2.1	PROFINET ケーブル配線のチェック.....	47
3.2.2	PROFINET 銅線のチェック.....	55
3.2.3	PROFINET 光ファイバのチェック.....	59
3.3	能動ネットワーク・コンポーネントのチェック.....	63
4	PROFINET ネットワークのコミッショニング.....	64
4.1	目視検査と受け入れテスト.....	66
4.2	プランニング/システム設定.....	67
4.2.1	デバイス記述ファイル.....	67
4.2.2	アドレス設定.....	68
4.3	PROFINET デバイスのコミッショニング.....	79
4.3.1	デバイスのスイッチ・オン.....	79
4.3.2	デバイス名の割り当て.....	80
4.3.3	プランニング・データの転送.....	82
4.3.4	ファームウェア改訂レベルのチェック.....	83
4.4	プロジェクトの保存.....	84
5	PROFINET 受け入れテスト.....	85
5.1	PROFINET 受け入れテストのステップ.....	86
5.2	PROFINET 通信監視機能のチェック.....	87
5.3	FO (POF) 使用時のシステム・リザーブのチェック.....	88
5.4	PROFINET ネットワークの受け入れテスト.....	90
5.4.1	トポロジーのチェック.....	91
5.4.2	廃棄パケット.....	93
5.4.3	ネットワーク負荷.....	95
5.4.4	ブロードキャストとマルチキャスト.....	98
5.5	ネットワーク判定のための追加パラメータ.....	102
5.6	受け入れプロトコルの作成.....	103

6	トラブルシューティングのためのヒント	104
6.1	トラブルシューティングの概要	105
6.2	PI の技術センターとトレーニングセンター	107
6.3	ケーブル配線インフラストラクチャのチェック	108
6.4	FO ケーブルの測定	110
6.5	接続のチェック	112
6.6	読み出しレコード（診断データ・セット）	113
7	付録	114
7.1	PROFINET 設備の目視検査チェックリスト	115
7.2	PROFINET FO ケーブル配線の受け入れ用チェックリスト	117
7.3	PN 銅線受け入れ用チェックリスト	118
7.4	受け入れプロトコル	119
7.6	定義	123
7.7	各種連絡先	132
8	索引	133

図一覧

図 2-1 : 単純なケーブル・テストのための基本的なテスト・セットアップ	23
図 2-2 : ケーブル配線の機能テスト	25
図 2-3 : ケーブル配線の拡張受け入れテスト	26
図 2-4 : 減衰測定 of 原理	29
図 2-5 : OTDR の測定原理	32
図 2-6 : OTDR 測定 of 例	33
図 2-7 : OTDR ファイバ of セットアップ	33
図 2-8 : ポート・ミラーリングによるデータ・トラフィック of 読み出し	40
図 2-9 : TAP によるデータ・トラフィック of 読み出し	41
図 3-1 : チャネル / PROFINET エンドツーエンド・リンク	47
図 3-2 : PROFINET エンドツーエンド・リンク	50
図 4-1 : オートメーション・プラント of 「マップ」	69
図 4-2 : PROFINET セグメント A of ケーブル配線	74
図 4-3 : PROFINET IO デバイス (出荷時 of 状態)	76
図 4-4 : PROFINET IO デバイス (アドレス of 割り当て)	77
図 4-5 : PROFINET IO デバイス (デバイス名 of 割り当て)	80
図 5-1 : 最大ライン深度 9 of 例	91
図 5-2 : 高負荷 of 通信リンク of 例	93
図 5-3 : ネットワーク負荷を確認するための重要な場所	95
図 5-4 : 標準 Ethernet ノードで構成されるトポロジィでネットワーク負荷を 確認するとき of 重要な問題	96
図 6-1 : OTDR 測定	110

表一覧

表 1-1 : テキストを構造化する記号.....	15
表 1-2 : 部品の記号.....	16
表 1-3 : PROFINET ケーブルの記号.....	18
表 1-4 : 区域の記号.....	19
表 2-1 : FO ケーブル使用の PROFINET エンドツーエンド・リンクにおける 最大許容減衰値.....	30
表 3-1 : PROFINET 設備の目視検査チェックリスト.....	53
表 3-2 : PROFINET 銅配線テスト用チェックリスト.....	56
表 3-3 : PROFINET FO ケーブル配線の受け入れ用チェックリスト.....	61
表 4-1 : デバイス数の概要（プラント例）.....	70
表 4-2: プライベート IPv4 アドレスの範囲.....	72
表 4-3 : プラント例の IP アドレス割り当て.....	74
表 5-1 : 光ファイバのシステム・リザーブ制限値.....	89
表 5-2 : 「ストア・アンド・フォワード」スイッチの最大ライン深度.....	91
表 5-3 : 「カットスルー」スイッチの最大ライン深度.....	92
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.....	95
表 5-5 : ARP ブロードキャストの手順（ARP 要求）.....	99
表 5-6 : システム起動後の DCP マルチキャスト制限値.....	100
表 5-7 : MRP マルチキャストの制限値.....	101

1 はじめに

1.1 序文

このガイドラインの目的は、PROFINET システムのコミッショニングを支援することにあります。また、PROFINET システムの正しい設置を検証するためのガイダンスも示されています。さらに、コミッショニング・ガイドラインは、エラーの検出と特定にも役立ちます。このため、このガイドラインはコミッショニング・スタッフだけではなく、サービス担当者の業務にも適用することができます。

情報は理解しやすい形で記載されていますが、PROFINET システムのコミッショニングやトラブルシューティングを行う場合は、PROFINET に関してある程度の経験が必要になります。さらに、PROFINET システムのプランニングに関する多少の経験があれば、さらに有効です。認定 PROFINET トレーニングは、正式に認可を受けたトレーニングセンターである PITC によって世界中で実施されています。PROFINET のすべての技術的側面に関わる人々には、このトレーニングを受けることを強く推奨します。

このガイドラインでは、PROFINET のプランニングと設置については扱いません。プランニングと設置についての詳細は、「PROFINET Installation Guideline (PROFINET 設置ガイドライン)」（注文番号：8.072）および「PROFINET Design Guideline (PROFINET 設計ガイドライン)」（注文番号：8.062）を参照してください。また、PROFINET の動作原理も本書の範囲には含まれません。これらについての情報が必要な場合は、PROFIBUS Nutzerorganisation (PROFIBUS User Organization = PROFIBUS 利用者協会) の発行する該当文書、または同様の書籍を参照してください。

このコミッショニング・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 安全に関する注意



PROFINET コミッシュヨニング・ガイドラインの使用にあたっては、有害な物質やツールを取り扱ったり、危険な作業が伴ったりすることがあります。PROFINET の利用範囲は極めて多岐にわたるため、すべての選択肢や安全要件を漏れなく考慮することは不可能です。要求される内容はシステムごとに異なります。

考えられる危険性を適切に判断するには、作業開始前にそれぞれのシステムの安全要件を十分に把握しておかなければなりません。システムを運用する国で適用される法規については特に注意する必要があります。また、システムを設置する企業の一般的な安全衛生要件に従ってください。

さらに、PROFINET コンポーネントのメーカーが提供する文書を考慮する必要があります。

1.3 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、本書の目的はあくまで情報提供にあり、免責を前提に提供されています。また、本書の内容は予告なく変更、拡充、または修正される可能性があります。

PROFIBUS User Organization は、記述の不備に対する保証や特定目的への使用の保証を含め、本書に関するいかなる契約責任も法的責任も負いません。

PROFIBUS User Organization は、本書の不備、誤り、または記載漏れに起因する損失や損害、またはそれらの結果生じる損失や損害、もしくは何者かが本書を使用したり本書に依存したりした結果として生じた損失や損害については、いかなる場合も一切責任を負いません。

1.4 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 Design Guideline (PROFINET 設計ガイドライン)

注文番号 : 8.062、Version 1.13、2014 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、バージョン 0.92、2007 年 1 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

1.5 引用規格

本書には以下の規格が引用されています：

IEC 61918 (2013)

Industrial Communication Networks - Installation of communication networks in industrial premises (産業用通信ネットワーク - 産業用施設内への通信ネットワークの設置)

IEC 61784-5-3 (2010)

Industrial communication networks - Profiles - Part 5-3: Installation of fieldbuses - Installation profiles for CPF 3 (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)

IEC 11801 (2013)

Information technology - General-purpose telecommunication cabling systems, Part 1: General requirements and office applications (情報技術 - 汎用電気通信ケーブル配線システム、第 1 部：一般要件およびオフィス・アプリケーション)

IEC 60793-1-40

Optical fibres - Part 1-40: Measurement methods and test procedures; Attenuation (光ファイバ - 第 1-40 部：測定方法およびテスト手順；減衰)

IEC 61300-3-4

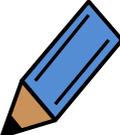
Fiber optic interconnecting devices and passive components - Basic test and measurement procedures - Part 3-4: Examinations and measurements - Attenuation (光ファイバ用接続デバイスおよび受動部品 - 基本試験および測定手順 - 第 3-4 部：検査および測定 - 減衰)

1.6 記号とその意味

本書では、本文の理解を助けるためにさまざまな図が使われています。さらに、本文を適切に構成するために記号が使われています。これらの記号は、本文内の特に重要な部分を示したり、文章を組み合わせて段落にまとめたりする役割を果たしています。

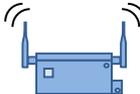
1.6.1 テキストを構造化する記号

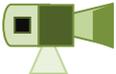
表 1-1 : テキストを構造化する記号

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。

1.6.2 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 のコミッショニ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）
	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/WiFi 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。本書では「WLAN アクセス・ポイント」という表現を使用します。
	診断 PC	診断およびモニタリングに使用する PC

	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
	メディア・ コンバータ	物理媒体を別の物理媒体に変換するコンバータ
	TAP	「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出すためのデバイス
	ビデオ・ カメラ	画像で監視するためのデバイス
	制御ステーション	制御機能が搭載された標準的な PC
	サーバ	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

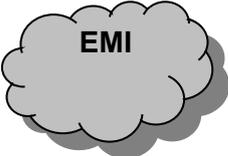
1.6.3 PROFINET ケーブルの記号

表 1-3 : PROFINET ケーブルの記号

記号	名前	意味
	システム・バス	コマンドおよび制御ステーション（オペレータ・ステーション）と PROFINET IO コントローラ間のシステム・バス。通常はメーカーによって異なります。
	PROFINET ケーブル	銅線を使用した PROFINET 産業 Ethernet 用 TP 標準ケーブル 外装色：緑
	FO	光ファイバ（Fiber-Optic）内部ケーブル 外装色：緑 注：通常、ケーブルの外装色は銅線も FO ケーブルも緑ですが、本書では両者の区別を明確にするために FO ケーブルをオレンジで示しています。

1.6.4 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区域
	気象	特に WLAN を使用する場合に、気象の影響を考慮する必要がある区域（屋外）

2 測定および診断ツール



この章ではシンプルな診断ツールをいくつか紹介します。これらのツールを使って、PROFINET 用銅線および光ファイバ (FO) ケーブルの正しい設置と動作をチェックすることができます。また、ワイヤレス LAN の診断も配慮しています。これらのテストは、ケーブル配線の最終検査のために特に重要です。さらに、これらのツールによって動作中に発生する異常を検出することもできます。

銅配線の機能テスト

銅配線の機能テストでは、適切な測定装置を使用してネットワーク・ケーブルをチェックします。使用可能なテスターは多数ありますが、これらはいずれも機能が異なります。一部のテスターは設置状態とケーブル・パラメータをチェックするだけでなく、ネットワークに接続された PROFINET ノードと使用プロトコルの確認も行います。この種のテスターを使用するには、RJ45 コネクタを介して PROFINET 銅線にテスターを接続しなければなりません。さらに、これらの測定装置は、例えば M12 のコネクタ・プラグを使ってケーブルを測定するために、アダプタ・ケーブルを使って接続することができます。

FO ケーブルの測定

FO ケーブルの測定手順の中で最も簡単なのは、減衰の測定です。この方法では、2 つの接続ポイント間の信号減衰を測定することによって FO ケーブルをテストできます。一部の測定装置では、さらに他の測定方法を使用することも可能です。これらの方法は減衰測定よりも複雑ですが、FO ケーブルに関するその他の情報が得られます。銅線と同様に、測定装置のコネクタもさまざまなものがあります。



IEC 61784-5-3によれば、PROFINET ケーブル配線のチェックに必要なのはシンプルな標準の測定デバイスだけです。これらのデバイスを使用するための手順の概要を以下に示します。

WLAN 測定

WLAN 測定によって、WLAN サイトの判定やトラブルシューティングができます。

PROFINET ネットワークの診断

ネットワーク解析は、PROFINET において大きな役割を果たします。ここではさまざまな診断方法について解説し、PROFINET ネットワークの受け入れテストを行うための推奨事項を示します。

接地および接続の診断

このタイプの診断では、オートメーション・プラントの接地および接続装置の判定を行うことができます。

2.1 銅配線の測定

以下では PROFINET 銅線のテスト・オプションを示します。また、これに加えて、異なる機能範囲を持ついくつかの機能テスターについても解説します。まず、以下のテスターの区別を明確にします。

- 単純なケーブル・テスター（確認）
- 機能テスター（認定）
- 受け入れテスター（証明）

2.1.1 ケーブル・テスター

ケーブル・テスターは、Ethernet 設備を簡単にテストできるように設計されています。市販されているテスターは機種によってその機能、機能範囲、動作などが異なりますが、特に動作は大きく異なります。したがって、これらの測定装置の詳細をここで解説することはできません。

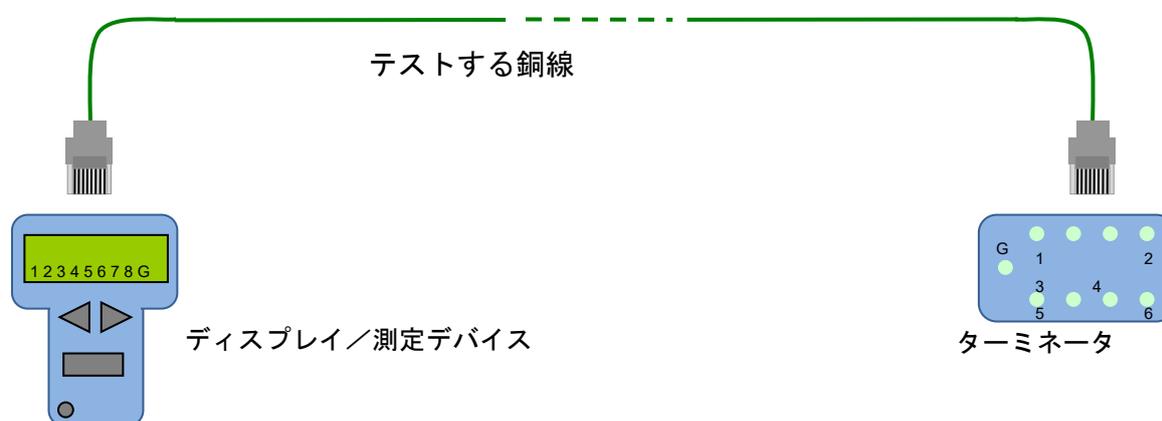


図 2-1：単純なケーブル・テストのための基本的なテスト・セットアップ

PROFINET 銅線の単純なケーブル・テストを行うための基本的なテスト・セットアップを図 2-1 に示します。基本的にこれは電気的なケーブル・テストであり、接続が正しく行われていること、あるいは短絡や許容できないスプリット・ペアの有無を確認するためのテストです。これらのテスターでは、ケーブル・パラメータの確認や、データ・パッケージが伝送さ

れているかどうかの確認はできません。この種のテスターは、設置段階におけるケーブル配線の正しい接続や短絡のチェック、あるいはコネクタのピン割り当てが正しく行われているかどうかのチェックに使用できます。



ここに示すケーブル・テスターは標準的な Ethernet テスターです。特別な PROFINET テスターは使用していません。



PROFINET 銅線（2×2 ワイヤの 100Base-TX）で構成された PROFINET ネットワーク用のケーブル・テスターを使用する場合、単一導線 1、2、3、6、およびシールド導線（G）が正しく接続されているかどうかのみを示します。1000Base-T による PROFINET ネットワークでは、すべてのワイヤとシールドを正しく接続する必要があります。PROFINET の能動ネットワーク・コンポーネントには自動クロスオーバー機能があるため、ワイヤペアをクロスさせる必要はありません。

2.1.2 機能テスター

単純なケーブル・テスターはケーブル配線が電氣的に正しく接続されているかどうかだけをチェックしますが、機能テスターは、実際の Ethernet データ転送という面を考慮しながら配線経路を検証します。

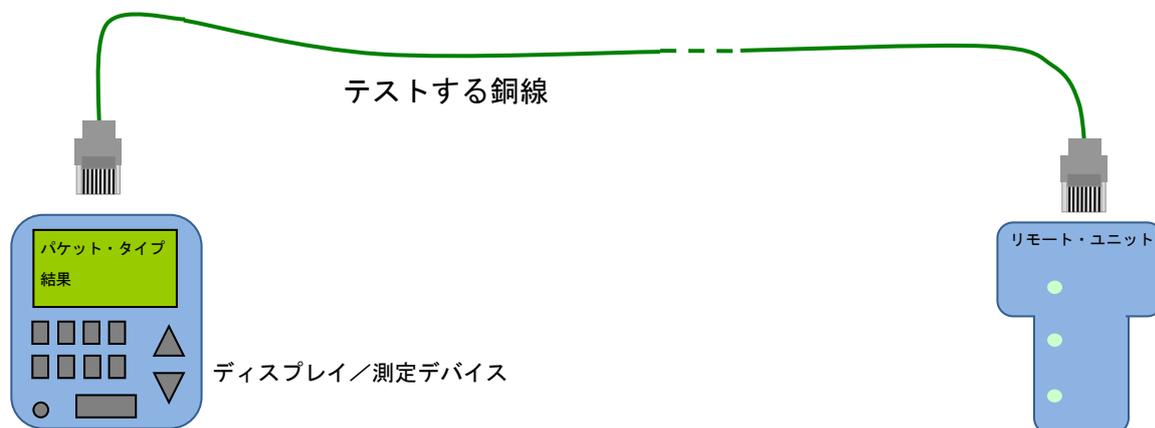


図 2-2 : ケーブル配線の機能テスト

この測定デバイスは、ケーブルを介して既定のデータ・パッケージを送信します。リモート・ユニットは、これらのパッケージに应答する相手側装置として動作します。

あるいは、Fast Ethernet の送信に関する伝送パラメータを時間レベルで直接検証し、タイムアウト時にエラー位置を示すデバイスもあります。

機能テスターはタイプによって、対応する診断ネットワーク・プロトコル（例えば ICMP、6.5 項を参照）を使用して、ネットワーク上のスイッチやネットワーク・ノードといった他の能動デバイスを確認することもできます。

この場合は、得られた測定データから、そのルートを通じて Ethernet データ・パッケージを正しく送信できるかどうかを知ることができます。

2.1.3 受け入れテスター

場合によっては、機能テスターを使用した単純な機能テストだけではなく、ケーブル配線パラメータ（例えばケーブル長、減衰、クロストークなど）の詳細な測定を行わなければならないことがあります。このような測定により、さまざまなケーブル・パラメータを確認して記録することが可能です。こうした測定は、長時間の動作後に問題が発生した場合に特に役に立ち、受け入れテストから得られた記録済みの値を参考値として使用できるようになります。

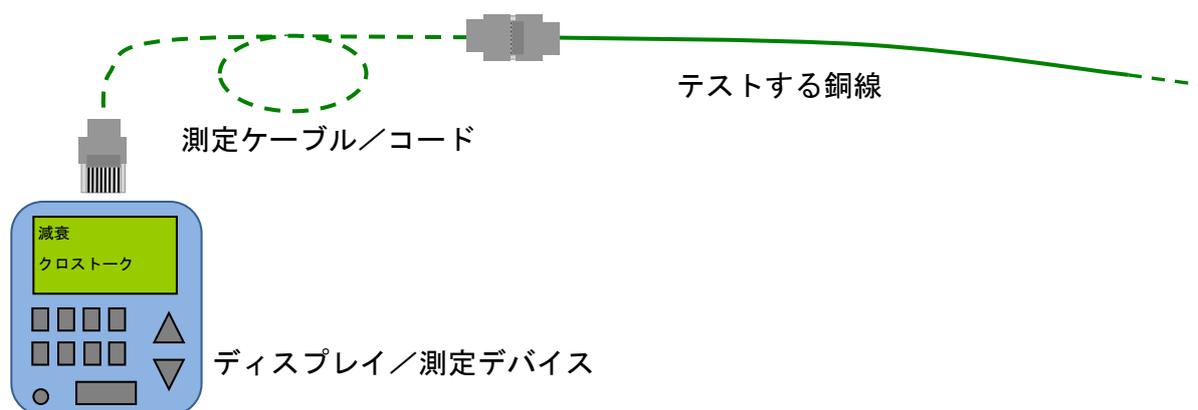


図 2-3 : ケーブル配線の拡張受け入れテスト

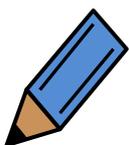
ケーブル・コネクタは適用規格や規則に適合しているため、通常、測定の対象とはしません。しかし、フィールドで設定が可能なコネクタの場合は、接点を含めたコネクタそのものも測定することを推奨します。このような理由から PROFINET 用の特別な測定プロファイルがあり、コネクタを測定（エンド・ツー・エンドのリンク測定）に含めることができます。この測定方法を用いる場合は、測定結果に悪影響が出るのを防ぐために、必要に応じて特別な測定コードやアダプタを使用する必要があります。



PROFINET コンポーネント・アプローチでは、メーカー宣言付きの PROFINET コンポーネントを使用する場合、必ずしもケーブル配線を検証する受け入れテストを行う必要はありません。しかし、希望に応じて、以下を確認する受け入れテストを行うことができます。

- ケーブル長の測定と記録
- 減衰その他の重要ケーブル・パラメータの測定と記録
- Power over Ethernet の機能確認

これによって基準となるデータが得られるため、必要に応じ、後でケーブル検証を行うときにこのデータを使用することができます。



すべての受け入れテスターに PROFINET テスト・プロファイルがあるわけではありません。使用する測定装置が適切な PROFINET テスト・プロファイルに対応しているかどうかを確認してください。



詳細については、測定装置メーカーにお問い合わせください。また、測定装置を使用する場合は、あらかじめメーカーの説明書を読んでおいてください。



測定周波数におけるライン・セグメントの挿入損失が 4dB 未満の場合、近端クロストーク (NEXT) の測定値には参考程度の意味しかありません。これは 4dB ルールとして知られています。特にケーブル長が短い場合、挿入損失は 4dB 未満となるのが普通です。

2.1.4 まとめ



重要なポイントは、Ethernet ネットワークに通常使用する測定装置はその目的に適したものであるということです。



ケーブル・テスト方法の適用

単純な用途（例えば設置段階でのリンク・テスト）には単純なケーブル・テスターで十分です。ただし、受け入れテストには、リンクの特定パラメータ（例えば減衰やクロストークなど）を測定できるだけでなく、測定値の記録も可能なもっと高度な機能を持つ測定装置が必要です。

自分で行うことのできる測定と、外部のサービス業者に依頼する必要のある測定がどれかを見極めるようにしてください。

ますます複雑になる測定装置、高度なトレーニングの必要性、これらの測定装置を使用した経験などを考えると、外部サービスを利用する方がよいことがあります。

2.2 FO ケーブルの測定

この項では、FO ケーブル配線の判定オプションについて解説します。2.1 項に示す PROFINET コンポーネント・アプローチは、この場合も有効です。

2.2.1 FO ケーブルの減衰測定

FO ケーブルの最も重要な測定変数は、ファイバの減衰です。この測定は、挿入損失を測定して行います（図 2-4）。この測定方法は、光ファイバやその接続の損失を調べます。基準ファイバ 2 を介してファイバの一方の端に光を挿入します。テスト対象ファイバのもう一方の端には、基準ファイバ 1 を介して校正済みのレシーバを接続します。このレシーバは受信した光の品質を測定して、発生した損失を調べます。通常、減衰あるいは挿入損失の仕様値は dB で指定されています。基準ファイバ 2（送信側）は、所定の直径のマンドレルに数回巻き付けます。このようにしてモード・ミキサーを形成して基準ファイバ内の光を適度に分散させ、トランスミッタの放射特性が測定結果に影響を与えるのを防ぎます。

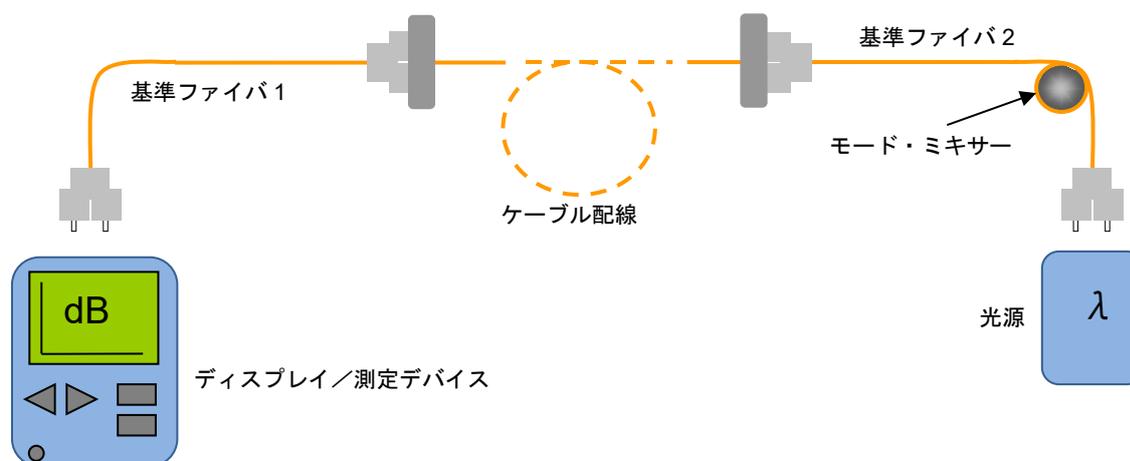


図 2-4 : 減衰測定の実理

FO ケーブルの判定には、以下の基本的な判断基準を適用できます。

- どのファイバ・タイプが使われているか？（シングルモード・ファイバ、マルチモード・ファイバ、ハード・クラッド・シリカ、プラスチック光ファイバ）
- どのコネクタ・タイプが使われているか？
- ケーブル・ルートのおおよその長さはどのくらいか？

個々の PROFINET ファイバがどの程度信号を減衰させるかは、そのファイバのタイプによって決まります。詳細については表 2-1 を参照してください。この表は、許容限度と動作時に使う波長を示しています。

表 2-1 : FO ケーブル使用の PROFINET エンドツーエンド・リンクにおける最大許容減衰値

	シングルモード・ ガラス・ファイバ	マルチモード・ ガラス・ファイバ	PCF ファイバ	POF ファイバ
標準波長	1310nm	1300nm	650nm	650nm
エンドツーエンド・ リンクの 最大許容減衰	10.3dB	62.5/125 μ m : 11.3dB 50/125 μ m : 6.3dB	4.75dB	12.5dB

測定には 2 つのステップがあります。最初のステップで、テスターの測定セットアップを校正します。テスターを校正するには、図 2-4 に示す 2 つの基準ファイバ同士を直接接続して基準測定を行います。レーザーがラインの無減衰の基準値となる受信光のパワーを測定し、保存します。

第 2 のステップで、基準ファイバを外してテスト対象のファイバを挿入します。テスターはテスト対象の実際のファイバの測定を行って受信光のパワーと基準値を比較し、その差をファイバの減衰値として表示します。

コネクタや基準ファイバの不具合は測定結果に影響を与えます。したがって、基準ファイバに使用できるコンポーネントは厳選されたもののみであり、コネクタがほぼ理想的な特性を備えていることが求められます。特に、コネクタ研磨には高い品質が求められます。基準ファイバを使用する基準測定の回数は、最大 500 回とすることを推奨します。この回数を超えた

場合は、コネクタを研磨し直す必要があります。基準ファイバの取り扱いは特に慎重に行い、約 20 回の測定ごとに、ファイバの端面に傷がついていないかどうかをチェックしてください。基準測定の回数が 2000 回に達したらファイバを交換します。メーカーの指示に従ってください。また、その他の詳細と解説については、IEC 60793-1-40 および IEC 61300-3-4 規格を参照してください。



テスト対象ファイバへの接続には、必ず特別な基準ファイバを使用してください。これらは、基準ファイバとしてベンダから購入する必要があります。基準ファイバには基準ファイバであることを示すマーキングを施し、試験プロトコルには使用したファイバを記録することを推奨します。

測定はプラント設備に使用する波長で行い、トランスミッタに対応する測定レシーバを使用する必要があります。トランスミッタ、レシーバ、および FO ケーブルは、すべて互いに適合するものでなければなりません。



仕様に定める最大エンドツーエンド・リンク減衰の限界値には、余裕が含まれています。ただし、測定許容誤差と使用する測定装置の許容誤差を考慮する必要があります。最大許容エンドツーエンド・リンク減衰を考える際には、これらの許容誤差を含める必要があります。



プラスチック光ファイバ (POF) と複数のコネクタを組み合わせると減衰が比較的大きくなり、光ファイバ接続の最大距離が短くなることを考慮してください。

PROFINET プランニング・ガイドライン (PROFINET Planning Guideline - 注文番号 8.062) の指示に従ってください。

2.2.2 OTDR 測定

減衰測定（挿入損失測定）のほかにも、FO ケーブルの測定には OTDR 測定と呼ばれるもう 1 つの方法があります（OTDR = Optical Time Domain Reflectometer : 光パルス試験機）。この方法は、FO ケーブル・リンクの欠陥のある場所を特定するために使用できます。

OTDR は、送信ファイバを使用してファイバに信号を挿入します。ケーブル経路の終端部には受信ケーブルを接続します。また、測定誤差を最小限に抑えるために、送信ケーブルと受信ケーブルは、測定対象の FO ケーブルに対応したものを使う必要があります。

FO ケーブルの接続部や、何らかの欠陥もしくは異常があると、信号の一部を反射します。OTDR を使用すれば、この反射信号の大きさと遅延を測定できます。反射した信号の大きさは反射の重大度または予想される影響を示し、遅延からは反射を発生させた異常の場所を特定することができます。

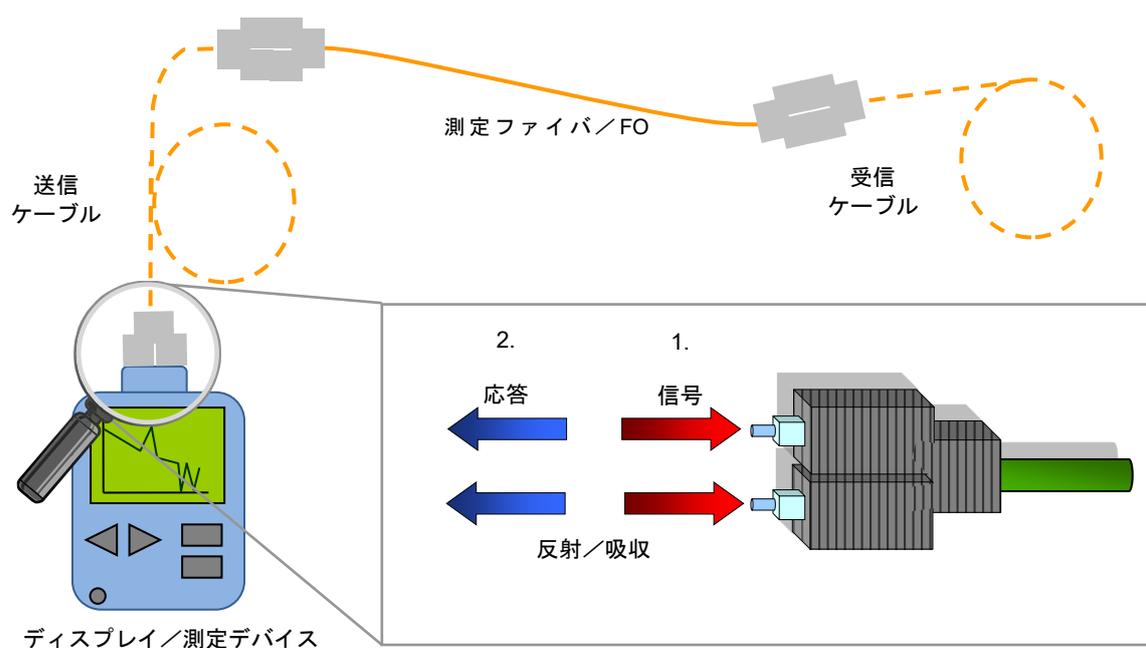


図 2-5 : OTDR の測定原理

測定結果はプレーン・テキストのメッセージで表示されないため、結果を判定するにはある程度の経験が必要です。通常、測定結果はグラフで表示されます。判定すべき測定結果の例を図 2-6 に示します。

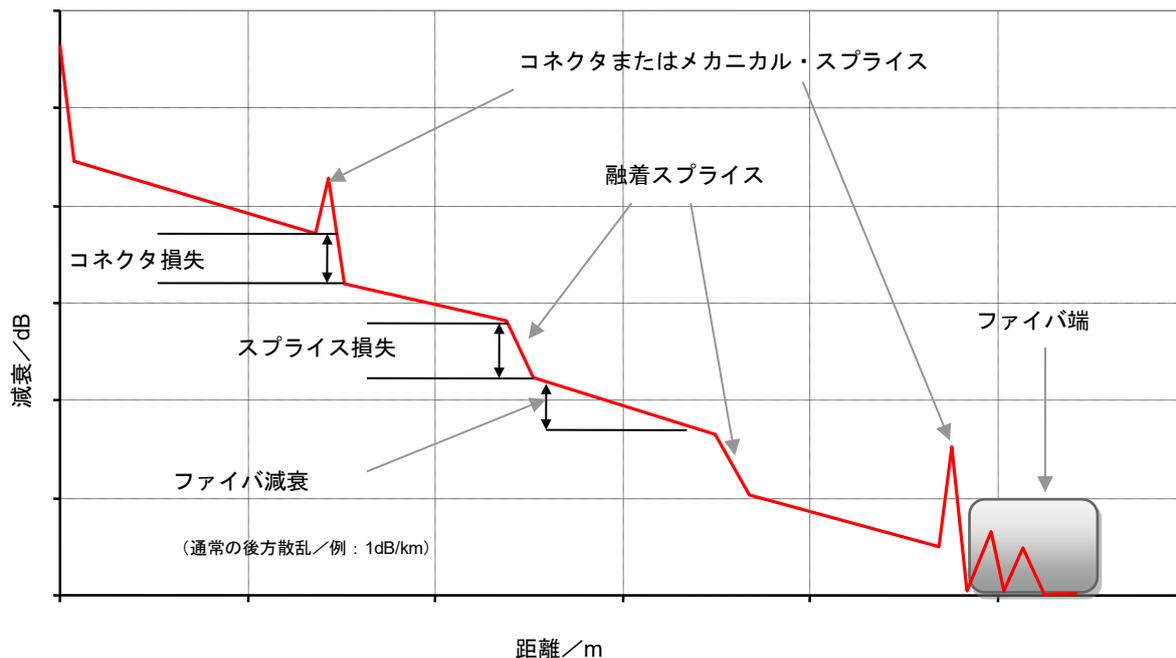


図 2-6 : OTDR 測定の場合

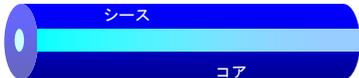
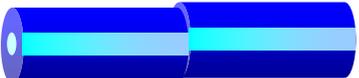
- | | |
|---|--|
| <p>1. 通常の後方散乱</p>  | <p>2. メカニカル・スプライス
またはコネクタ</p>  |
| <p>3. 融着スプライス</p>  | <p>4. ファイバ端</p>  |

図 2-7 : OTDR ファイバのセットアップ

図 2-7 に代表的なファイバ接続とファイバ端を示します。これらの代表的な光ファイバ接続には、伝送挙動に大きな影響を与えることがあるさまざまな障害が伴います。これらの障害に

よって後方散乱が生じたり、減衰が増大することがあります。この種の障害は、スプライス接続や過度の曲げ、破断、あるいはクラックなどによって生じるファイバ自体の直接的損傷から発生すると考えられます。上に挙げた各種の障害にはそれぞれ特徴的な反射特性があるため、OTDR 測定時に直接識別して解析することができます。

2.3 PROFINET ネットワークの診断

PROFINET では、従来のフィールドバスよりも広範なネットワークと柔軟なトポロジーを実現することができます。結果として、ネットワーク・インフラストラクチャの診断とモニタリングがますます重要になっています。

既存の Ethernet 診断機能に加えて、PROFINET では補助的な標準化ネットワーク診断機能を利用することができます。これらの診断機能は、通常はコンポーネントに直接組み込まれているエンジニアリング・ツールやウェブ・サーバを使ってダウンロードすることができます。

2.3.1 通信エラーと周辺機器エラー

PROFINET システム上のエラーは、通信エラーと周辺機器エラーに分類することができます。

通信エラーはネットワークに関するもので、配線またはコネクタの不具合、水の浸入、不適切なトポロジー、デバイス名や IP アドレスの誤り、ネットワークの過負荷などが含まれます。

周辺機器エラーはデバイスの入出力に関わるものです（センサーやアクチュエータ）。周辺機器エラーには、センサーやアクチュエータ配線の不具合、出力パワーの低下などのほか、バルブの噛み付きなどの機械的問題も含まれます。周辺機器エラーが通信に影響することはありません。

PROFINET には標準化された広範な診断機能があり、多くの周辺機器エラーをレポートし、その位置を特定することができます。通常、周辺機器エラーはデバイスによって検出され、PROFINET アラームを使って報告されます。

通信エラーもデバイスから報告できますが、マネージド・スイッチやその他のネットワーク・コンポーネントでも通信エラーを報告できます。

2.3.2 エンジニアリング・ツールの診断機能

さまざまなエンジニアリング・ツールを使用して、特定の項目のチェックができます。

代表的なものとしては以下が挙げられます。

- 周期的な PROFINET ネットワーク負荷の計算。

- トポロジーのチェック（ノードのアクセシビリティ、接続ポート、計画しているトポロジーと現在のトポロジーの適合性）。
- ファームウェアの改訂レベルとコンポーネントの動作状態。

これらの項目は、通信エラー診断の参考になります。



通常は、エンジニアリング・ツールから直接、診断結果を取得し、値を確認することができます。

2.3.3 PROFINET デバイスの診断

PROFINET は、他のツールを用いることなく包括的な診断コンセプトを提供します。各デバイスは、アラーム・メッセージによってエラーや重要イベントを自動的に知らせます。

PROFINET デバイス自体が提供する標準診断情報（アラーム・メッセージ）のほかに、エンジニアリング・ツールの標準化されたメカニズム（SNMP、PDev）を使ってデバイスからデータを読み出していつでもステータス情報を取得することができます。

多くの場合、デバイス・ベンダは、市販ブラウザからデータに直接アクセスするためのウェブ・サーバも提供します。通常、デバイスのウェブ・サーバには、そのデバイスの IP アドレスからアクセスできます。

例 IP アドレスが 192.168.0.2 のデバイスのウェブ・ブラウザにアクセスするには、ウェブ・ブラウザのアドレス行に「192.168.0.2」または「http://192.168.0.2」と入力します。任意のウェブ・ブラウザを使用できます。

デバイス内蔵のスイッチを含め、スイッチ内の特別な統計データは、PROFINET ネットワークの受け入れテストや日常メンテナンスにとって非常に重要です。通常は以下の情報を読み出すことができます。

- 送信されたデータの量
- 拒否されたパケットの数
- スイッチ・ポートの動作状態（送信速度、全二重／半二重）

これらの情報を使用して通信エラー診断ができます。



PROFINET デバイスは標準で診断データを提供します。通常は、デバイスの IP アドレスを入力することによりウェブ・ブラウザで直接読み出すことができます。

2.3.4 解析ツールを使用する診断

デバイス自体に組み込まれた診断機能に対し、解析ツールでは追加的な拡張診断オプションを提供します。

診断機能には以下のようなものがあります。

- ネットワーク負荷の確認
- ネットワーク負荷構成の確認（リアルタイム通信と非リアルタイム通信の比率など）
- 高い時間分解能での PROFINET 通信サイクルの解析
- データ・トラフィックの統計データ
- データ・トラフィックの記録
- 通信に関わる問題の記録と判定
- 設定およびステータスの解析



特別なソフトウェアとハードウェアの診断ツールを使用すれば、詳細なネットワーク解析を掘り下げることができます。

一般的には受動診断方法と能動診断方法に区別されますが、必要であれば両者を組み合わせることも可能です。

受動診断方法では通信に影響を与えることなくデータ・トラフィックの記録と判定を行うことができますが、能動診断方法では、PROFINET デバイスとネットワーク・コンポーネントからデータを読み出すことによってネットワーク解析を行います。能動診断の方が、広範な機能を利用できます。ただし、この方法では通信に与える影響を考慮する必要があります。以下の 2.3.4.1 項と 2.3.4.2 項に示す解説には特に注意してください。

どちらの方法でも、受け入れテストやトラブルシューティングなどの一時的なネットワーク診断だけではなく、恒久的なモニタリングもできます。



恒久的なモニタリングを行えば、通信や設定に関する問題を早期に発見して、システムのダウンタイムを避けることができます。

2.3.4.1 受動診断

受動診断では、ネットワーク内で送信されるデータ・ストリームを適切な位置で収集して解析する必要がありますが、通信への影響はありません。受動診断には2つのオプションがあります。

- ポート・ミラーリング
- テスト・アクセス・ポイント (TAP)

ポート・ミラーリングでは、スイッチによって、選択されたポートのデータ・ストリームをモニタリング・ポートにミラーします。これにより、ミラー・ポートに接続したアナライザを使用してモニタ対象ポートのデータ・ストリームを解析することができます。図 2-8 を参照してください。

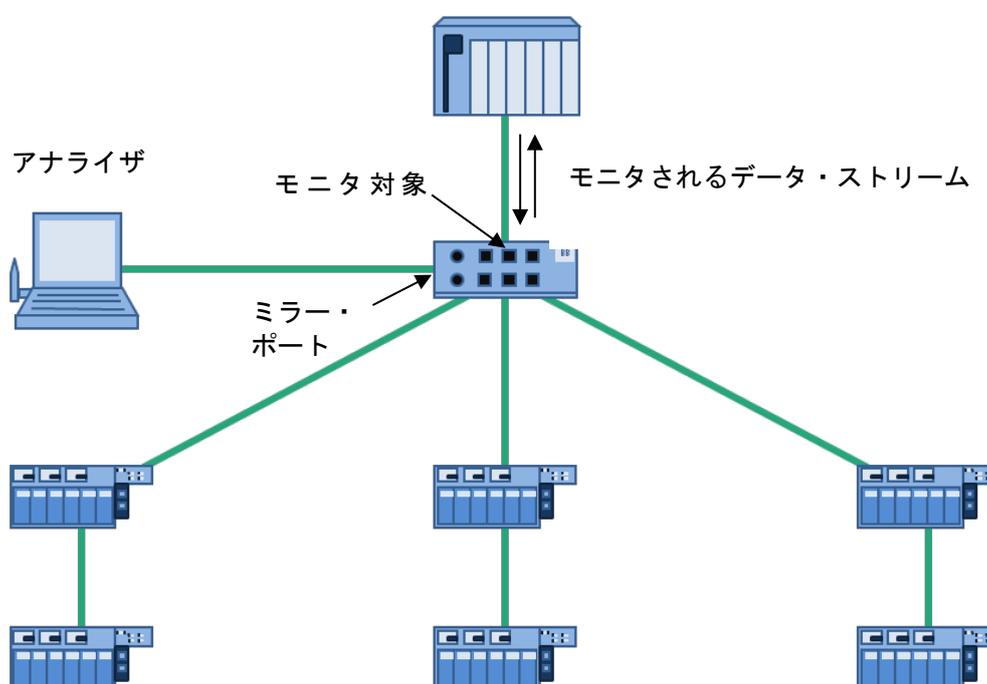


図 2-8 : ポート・ミラーリングによるデータ・トラフィックの読み出し

使用するスイッチは、ポート・ミラーリングに対応している必要があります。モニタ対象のポートの送信データと受信データがミラー・ポートにコピーされます。したがって、解析できるデータ量はミラー・ポートのデータ・レートによって制限されます。送信データと受信データの合計量は、モニタリング・ポートのデータ・レートを超えないようにしなければなりません。通常は、ミラー・ポートにデータを書き込むことはできません。ミラー・ポートはモニタリング・ポートとしてのみ使用可能です。したがって、一部のツールは、スイッチ上の2つのポートに接続する必要があります。1つはモニタリング用のミラー・ポート、もう1つはネットワーク・デバイスにデータを書き込むための通常ポートです。



ポート・ミラーリングは、データ・ストリームを読み出すためのシンプルな方法です。

使用するスイッチは、ポート・ミラーリングに対応している必要があります。また、スイッチ上に使用可能な空きポートがなければなりません。

収集できるデータは、このスイッチを通過するデータに限られます。どのデータ・ストリームを記録できるかは、スイッチの設置位置によります。

モニタリング・ポートのデータ・パケット出力は、その構造（VLAN タグ）と時間割り当てによって初期パケットとは異なる値にすることができます。

TAP（テスト・アクセス・ポイント）を使用すれば、ポート・ミラーリング法に伴うデータ・レートとパケット内容の変化に関する制限なしで、解析するデータ・ストリームを取り出すことができます。図 2-9 に示すように、TAP はネットワーク・リンクに直接挿入します。

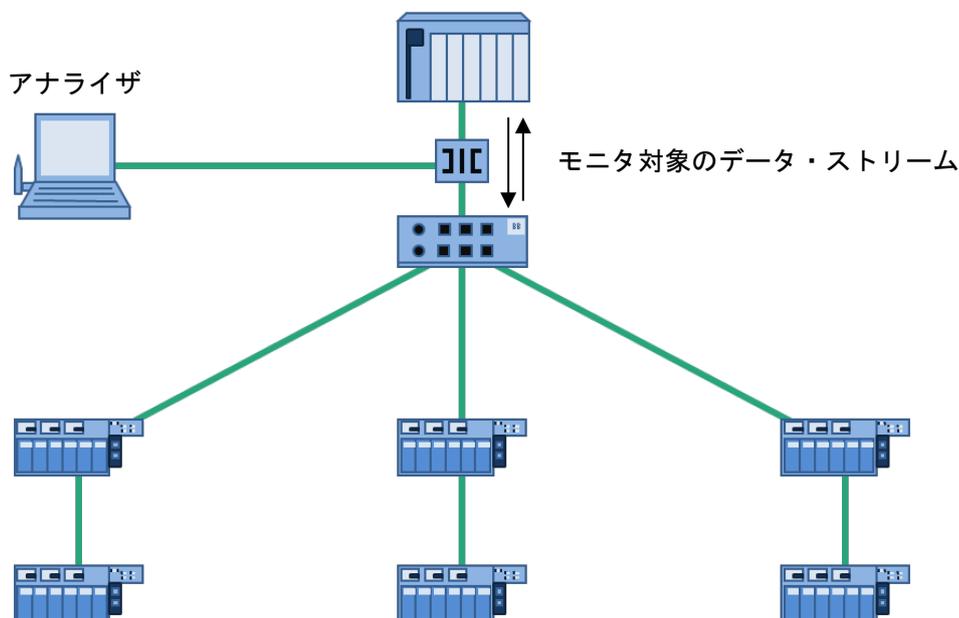


図 2-9 : TAP によるデータ・トラフィックの読み出し



TAP によって、ポート・ミラーリング法に伴うデータ・レートとパケット内容の変化に関する制限なしで、データ・ストリームを読み出すことができます。

ただし、TAP を挿入したり除去したりできるように、ネットワーク・リンクを開く必要があります。

解析できるデータ・ストリームは、TAP を通過するものに限られます。

受動 TAP の場合は障害が発生しても通信リンク全体に障害が及ばないため、できれば受動 TAP を使用することを推奨します。

また、TAP をネットワーク内にそのまま残しておけば、後で再度ネットワーク・リンクを開かなくても診断を行うことができます。

2.3.4.2 能動診断

PROFINET デバイス内の診断データと統計データを解析するには、これらのコンポーネントを能動的にポーリングする必要があります。

例えば、以下を行います。

- スイッチ内の統計データ（2.3.3 項を参照）
- トポロジーを決定するための近隣情報
- ステータス情報（エラー・メモリ、ファームウェアの改訂レベルなど）のポーリング

ただし、コンポーネント・データの能動読み出しは、新たなネットワーク・トラフィックを発生させることとなります。

したがって、能動データ読み出しは、高い時間分解能のデータ・ストリーム解析には適しません。この場合は、前項に示したデータ・ストリーム解析オプション（TAP によるデータ収集）の方が適しています。



エンジニアリング・システムやツールが使用する能動診断方法によって、包括的なネットワーク解析ができます。

ただし、コンポーネントに対して能動的なポーリングを行うと、ネットワーク負荷が増大します。

3 設備の受け入れ

3.1 設備受け入れテストの実施

設備受け入れテストは、設置工事の完了時に実施します。技術者は、規則に従ってプランニングと設置工事が行われたことを、受け入れ証明書によって文書として示すことができます。したがって、設備受け入れの結果は記録しておくことを推奨します。この記録は、コミッション・スタッフに渡すことができます。

この項では、設備の受け入れ方法と受け入れ結果を文書化する方法を説明します。受け入れテストと結果の文書化は、PROFINET のケーブル・セグメントごとに個別に行ってください。付録に文書作成用テンプレートがあります。



また、PROFINET 受け入れテスト時にプランニング段階で指定された周囲環境条件を考慮するという原則にも従う必要があります。

3.2 受動ネットワーク・コンポーネントの受け入れテスト

この項では、受動ネットワーク・コンポーネントの受け入れについて述べます。受動ネットワーク・コンポーネントとは、基本的にネットワーク構造（この場合は PROFINET）には必要でも、ネットワーク上の伝送データの判定や処理を行わない要素を言います。

この項では、特に以下の項目について説明します。

- 接地と等電位ボンディング
- 以下のような伝送媒体：
 - 光ファイバ・ケーブル
 - 銅線
- コネクタ
- ケーブルとコネクタのラベル表示



ネットワーク・コンポーネントには曖昧さのないシンプルな名前を付け、ラベルとして表示することが極めて重要です。

システムのトラブルシューティングが必要になった場合に作業が容易になるように、ラベル表示を適切に行ってください。

以下では、接地の検証方法と PROFINET エンドツーエンド・リンクの定義、さらには PROFINET 用銅線と FO ケーブルの測定と検証の方法について説明します。

3.2.1 PROFINET ケーブル配線のチェック

この項では、PROFINET におけるケーブル配線チェックの最初のステップについて説明します。最初に PROFINET のエンドツーエンド・リンクの定義について述べ、次に PROFINET ケーブル配線の目視検査についての詳細を示します。

3.2.1.1 PROFINET エンドツーエンド・リンク

エンドツーエンド・リンクは、2 つのデバイス（ネットワーク・コンポーネントまたはオートメーション・ユニット）間の固定送信リンクを形成します。これは、2 つの能動 PROFINET コンポーネント間のリンクです。エンドツーエンド・リンク自体は、純粋な受動コンポーネントで構成されます。エンドツーエンド・リンクのセットアップ原理を図 3-1 に示します。

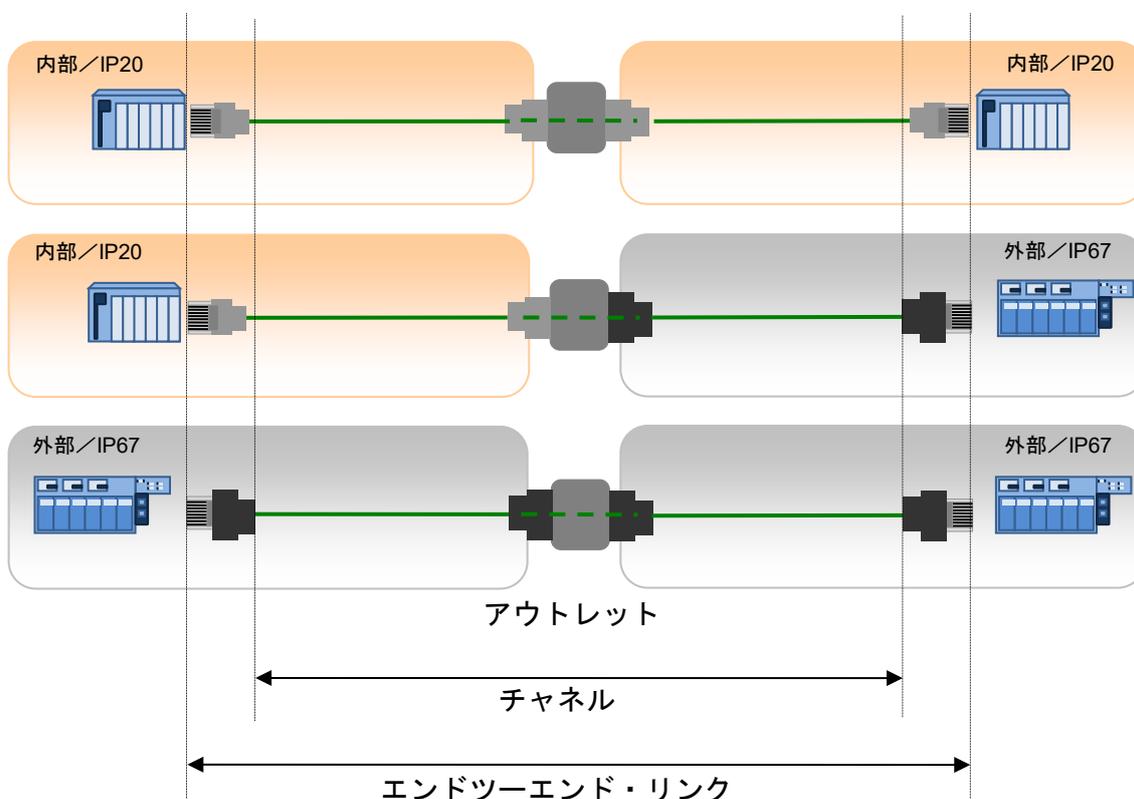


図 3-1 : チャンネル/PROFINET エンドツーエンド・リンク

PROFINET コンポーネント・アプローチに従って受動ネットワーク・コンポーネントを使用すれば、適切な送信のための条件を満たす送信リンクができます。受動 PROFINET コンポーネントは、その機械設定や送信関連の設定が産業の需要を最適な形で満たすように、特に PROFINET に合わせて設計されています。これについては、PROFINET コンポーネント・メーカーの宣言書に明記されています。



PROFINET チャンネルは、エンドツーエンド・リンクとして定義された送信ラインの一部です。さらに、エンドツーエンド・リンクの構成には、チャンネルの他に、そのリンクのすべてのコネクタと接合部も含まれます。

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。

PROFINET コンポーネント・アプローチでは、伝送リンク（PROFINET エンドツーエンド・リンク）内のすべてのコネクタ・プラグの伝送を考慮します。

このコンポーネント・アプローチには、以下に示す銅製 PROFINET ケーブル（PROFINET エンドツーエンド・リンク）のセットアップ規則が含まれます。

- PROFINET ネットワーク・コンポーネントだけを使用すること。
- 1つのエンドツーエンド・リンクに使用するコネクタ・ペア数は最大 4 箇所とすること。これには、ラインの最初と最後のコネクタも含まれます。
- エンドツーエンド・リンクの長さが 100m を超えないようにすること。

これらの規則に従えば、データ伝送に関する PROFINET のエンドツーエンド・リンク要件を満たすことができます。PROFINET コンポーネント・アプローチを使用する場合は、必ずしもエンドツーエンド・リンクまたは PROFINET ケーブル配線の受け入れテストを行う必要はありません。ただし、これは PROFINET コンポーネントだけを使用している場合に限られます。



接続箇所が2つあるバルクヘッドのコネクタとカップリングは、常に2つのコネクタ・ペアとしてカウントします。ただし、ウォール・ダクトやウォール・カップリングで、単一接続として機能することをメーカーが宣言書に明記している場合は例外です。

追加の受け入れテストは、PROFINET ケーブル配線用文書の一部として有効です。

受け入れテストを行う場合でも、PROFINET コンポーネント・アプローチの要求事項を満たす必要があります。その重要な理由は、オートメーション・システムの製品ライフ・サイクル中に個々の PROFINET コンポーネントを交換しなければならない場合でもプラント全体の機能と運用上の信頼性を保証する必要があるためです。

実施すべき受け入れテスト

PROFINET ではパッチ・ケーブルを使用しません。結果として、PROFINET のエンドツーエンド・リンクは柔軟な形でアプリケーションに適合させることができます。

受け入れテスト用の測定装置は、以下の基本的基準を満たしていなければなりません。

- ケーブル配線規格の一般要件（IEC 11801 クラス D）を満たしていること。さらに、ワイヤペア間の遅延時間差測定値が厳しい PROFINET の要求（エンドツーエンド・リンクあたり 20ns）を満たしている必要があります。
- 2 ペアのケーブル配線の測定に適しており、長さ 100m のケーブルの測定に必要な精度を有していること。
- PROFINET コネクタ・プラグの接続に適したものであること。

この特別な測定を行うには、2.1.3 項に示す受け入れテスター（証明用）が必要です。

PROFINET エンドツーエンド・リンクをチェックするための測定手順に関しては、2 つの測定アプローチがあります。

1. 第1のアプローチは、規格に従った「エンドツーエンド・リンク」測定です。特別な計算手順を使用することによってエンドツーエンド・リンクの最初と最後の接続を測定装置内でマスクし、最初と最後のコネクタの性能をエンドツーエンド・リンク測定と並列に個別に評価します。この場合は、PROFINET ケーブルを測定デバイスに直接接続します。
2. 第2のアプローチでは、特別な測定ケーブル／アダプタを使用して最初と最後のコネクタを機能テストに組み込み、PROFINET エンドツーエンド・リンクを測定します。この場合は、ファイバを追加して測定デバイスとファイバを接続します。

この原理の概要を図 3-2 に示します。

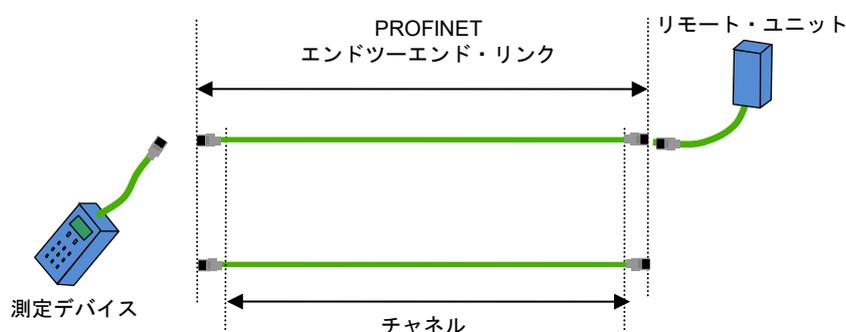


図 3-2 : PROFINET エンドツーエンド・リンク

この2番目の方法では、PROFINET エンドツーエンド・リンクのチェックのためにわずかに高い基準を使用します。

❗ すべての測定装置が PROFINET エンドツーエンド・リンクの受け入れテストに対応しているわけではないため、注意が必要です。

❗ すでに述べたように、使用する測定装置によっては特別な測定アダプタや測定コードが必要になることがあります。詳細については、測定装置メーカーにお問い合わせください。



使用コンポーネントを設置するときは、PROFINET コンポーネント・アプローチへの適合を裏付けるメーカーの宣言書も参照してください。これらのコンポーネントのリストは、PNO のホームページに示されています。

www.profinet.com



エンドツーエンド・リンクの一般的な定義は FO ケーブル配線にもあてはまりますが、いくつかの条件が異なります。この場合、エンドツーエンド・リンクの性能を主にその最大許容減衰値によって確保する必要があります。

これは、FO ケーブルの電気的および機械的特性に依存します。

以下では、測定に関する違いを詳しく説明します。

3.2.1.2 ケーブル配線の目視検査

あらゆるチェックを行う前に、まず目視検査を行う必要があります。目視検査を行うことによって、設置工事が対応設置ガイドラインに従って完了しているかどうかを確認することができます。この段階で以下のような不具合を見つけることができます。

- PROFINET ケーブルの物理的損傷
- 指定された最小曲げ半径よりも小さい半径で屈曲しているケーブル
- 最小間隔の不足
- コネクタの不具合
- コネクタおよびケーブルのラベル不備
- その他の不具合

目視検査によって確認すべき項目を表 3-1 に示します。これらのチェック項目は以下のケーブルに適用されます。

- PROFINET ツイストペア・ケーブル
- PROFINET 光ファイバ・ケーブル

表 3-1 : PROFINET 設備の目視検査チェックリスト

ステップ	内容
1.	ケーブルがプラン通り敷設されているか？
2.	ケーブル・タイプはプランニングに従っているか？
3.	銅線の最大長は 100m になっているか？（ケーブルに印刷された長さをチェックしたり、受け入れ測定を行う）
4.	エンドツーエンド・リンクの最大コネクタ・ペア数を超えていないか？
5.	コネクタはプランニングに従って使われているか？（RJ45、M12 等）
6.	最小ケーブル長を守っているか、あるいは必要に応じて金属製の分離ストリップを挿入しているか？
7.	PROFINET ケーブルに損傷はないか？
8.	曲げ半径は規定通りか？
9.	ケーブル接続部は直角になっているか？
10.	ケーブルウェイに尖った部分がないか、あるいはカバーされているか？
11.	ケーブルが振れていないか？
12.	重要ポイントの機械的損傷に対する予防措置が講じられているか？（例えばバルクヘッド・コネクタ）
13.	応力緩和要素が組み込まれ、固定されているか？
14.	ケーブル・パラメータを確認したか？
15.	コネクタとリンクに保護キャップが取り付けられているか？
16.	適用規則に従って等電位ボンディングが施されているか？
17.	PROFINET ステーションにケーブル・シールドが取り付けられ、等電位ボンディングに接続されているか？
18.	キャビネット入口のケーブル・シールドが等電位ボンディングに接続されているか？
19.	ケーブルウェイが等電位ボンディングに接続されているか？

20.	トポロジーが維持されているか？
21.	リンクにラベルとマークが表示されているか？
22.	診断時の接続に使用できる空き Ethernet ポートがあるか？
23.	分電配線が構造プランに従って行われているか（24V/230V が正しく割り当てられているか）？
PROFIsafe 設備の場合の追加項目	
24	ネットワークに使われているデバイスはすべて IEC 61010 の証明を受けたものか（EU では CE マーク付き）？
25	ネットワークに使われているデバイスがすべて PROFIsafe デバイスで、PROFINET または PROFIsafe の証明を受けているか？

光ファイバ・リンクのチェックでは、ステップ 3、6、9、16、17 を省略できます。

PROFIsafe 要件を満たす必要のあるプラントでは、ステップ 24 と 25 を実施する必要があります。目視検査に使用できるチェックリストについては、付録を参照してください。

3.2.2 PROFINET 銅線のチェック

この段階の設備受け入れでは、PROFINET 銅線の電氣的機能をチェックします。これには標準化されたケーブル・テスターを使用します。できれば、測定結果を自動的に記録する機能があるものを使用してください。

測定装置に自動記録機能がない場合は、目視検査と同じように測定結果を記録してください。設備受け入れプロトコルのテンプレートは付録に収録されています。設備受け入れプロトコルはコミッショニング・スタッフに渡すことができます。



既製品の PROFINET 銅線には受け入れテストの必要はありませんが、受け入れテストの完全性確保と記録のために銅線の測定もテストに含めることを推奨します。記録しておくことで、その後のネットワークのトラブルシューティングや診断で役に立ちます。

一部のケーブル・テスターのメーカーは、テスター用の特別なソフトウェアも提供しています。これによって PC で自動的にテスト・レポートを作成できます。このオプションを使用すれば、作業が大幅に軽減します。

測定すべき項目を示すチェックリストを表 3-2 に示します。



一般に、ケーブル・テスターは防爆区域内のプラントでの使用には適しません。

表 3-2 : PROFINET 銅配線テスト用チェックリスト

1.	ケーブル配線の目視検査
	<ul style="list-style-type: none"> - 3.2.1.2 項による。 - 最大コネクタ数を超えていないか？ - その他
2.	銅配線のケーブル・テスト
<p>!</p>	<p>このテストには、2.1 項に示す単純なライン・テスターを使用します。</p> <p>ケーブル配線判定のための主要な基準は以下の通りです。</p> <ul style="list-style-type: none"> - ワイヤ間の短絡はないか？ - 個々のワイヤとシールド間の短絡はないか？ - ワイヤの断線はないか？ - シールドは完全に接続されているか？ - 分離しているペアはないか？

3.	銅配線の受け入れテスト（オプション）
!	<p>受け入れテスターは 2.1 項に示す要領で使用します。</p> <p>この測定には、通常の単純なライン・テスターにはない拡張機能を備えた測定装置が必要です。これには以下の判定が含まれます。</p> <ul style="list-style-type: none">- ケーブル長（100m 以下か？）- 近端クロストークと遠端クロストーク- 許容減衰値か？- リンク上での反射の可能性

各ステップの説明：

1. ケーブル配線の目視検査

これは主に 3.2.1.2 項に説明した項目で構成され、設置済みの銅線および FO ケーブルの最初の判定に使用できます。その結果が、PROFINET のケーブル配線構造が正しく機能するかどうかを示す最初の指標になります。

2. 銅配線の単純なケーブル・テスト

これらのテストは、ワイヤ、シース、シールドの物理的構造の測定に限られます。

通常、これらのテストは単純なケーブル・テスターを使用して行われます。これらの測定装置の機能範囲は、2.1 項に述べたテスト手順に限られます。このタイプの測定の利点は、低コストのツールで誤差の原因を除外できることです。

3. 銅配線の拡張受け入れテスト

この測定は、単純な PROFINET 銅線テストの拡張と考えることができます。通常、この場合に行うテストは極めて複雑な測定タスクであり、単純なケーブル・テスターではできません。これらのタスクには、例えば反射や減衰の判定があります。



不燃性や現場取り付けコネクタへの対応といった特別な機能が銅配線にある場合は、銅線の最大長が制限されて短くなる可能性があります。

詳細についてはメーカーの提供する情報を参照してください。

3.2.3 PROFINET 光ファイバのチェック

光ファイバが伝送する信号は、コネクタ、スプライス、および光ファイバ自体によって減衰します。これは「信号減衰」とも呼ばれます。信号減衰の大きさは、信号伝送リンクの敷設完了後に測定を行って確認できます。また、この測定によって、敷設工事中に光ファイバが損傷しなかったかどうかをチェックすることもできます。この目的には、2章に示す減衰測定方法を使用できます。

必要な測定装置の正しい取り扱いと測定結果の解釈には、特別な知識が必要です。光ファイバを扱う機会がそれほど多くない場合は、これらの測定スキルを有する外部のサービス業者に測定を委託することを推奨します。しかし、対応する測定装置を購入することにした場合は、その測定装置のメーカーに問い合わせる必要な機器の詳細を確認してください。

3.2.3.1 減衰測定の結果

この測定を外部のサービス業者に委託した場合は、その業者から測定値を受け取ります。その測定値を見れば、伝送リンクの信号がどれだけ減衰しているのかがすぐに分かります。減衰は dB 単位で示します。指定された測定値は、2.2.1 項「FO ケーブルの減衰測定」に示すエンドツーエンド・リンクの最大許容減衰量より小さくなければなりません。

3.2.3.2 OTDR 測定の結果

2.2.2 項に述べたように、OTDR 測定図はラインの全体的な減衰を示すほか、ファイバ、コネクタ、スプライスなどの個々のコンポーネントの減衰判定にも使用できます。この詳細な情報によってエラー診断が容易になります。受け入れ測定時に得られた OTDR 図は保存しておくことを推奨します。後で測定を行った場合は、保存した OTDR 図との比較によって変化を知ることができます。



測定減衰値は、表 2-1 に示す PROFINET FO エンドツーエンド・リンクの最大許容減衰値以下でなければなりません。

3.2.3.3 光ファイバ測定を進め方

この項では、銅線の受け入れに関する項と同様に、測定結果を判定するために最も重要な判断基準を示します。

測定結果は将来トラブルシューティングを行う場合の参考として使用できるため、記録しておくことを推奨します。この場合も、付録に示す設備受け入れプロトコルのテンプレートを 사용할 수 있습니다。この書式に必要な事項を記入すれば、そのままコミッショニング担当者に渡すことができます。



すでに述べたように、既製品の PROFINET FO ケーブルには受け入れテストを行う必要はありません。しかし、ケーブル配線構造を記録しておけば、いくつかの誤差の原因を前もって除外することができるので便利です。さらに、その後の測定においてもこれらの値を基準として使用することができます。

測定すべき項目を示すチェックリストを表 3-3 に示します。

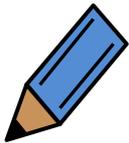
表 3-3 : PROFINET FO ケーブル配線の受け入れ用チェックリスト

1.	<p>ケーブル配線の目視検査</p>
	<p>- 3.2.1.2 項による。</p>
2.	<p>光ファイバの減衰測定</p>
<p>!</p>	<p>このテストでは、2.2.1 項に示すように、単純な測定装置を使用して挿入損失を測定することができます。</p> <p>測定減衰値は、表 2-1 に示す PROFINET FO エンドツーエンド・リンクの最大許容減衰値以下でなければなりません。</p>
3.	<p>FO ケーブル配線の拡張機能テスト (オプション)</p>
<p>!</p>	<p>必須ではありませんが、PROFINET 光ファイバ・リンクの受け入れにいくつかのパラメータを追加してもよいでしょう。</p> <p>追加できるデータには以下のようなものがあります。</p> <ul style="list-style-type: none"> - ケーブル長 - 接合部 (コネクタやスプライス) 間の長さ - ファイバ、コネクタ、スプライスに割り当てられる減衰の比率 - その他

ステップ 1 はすでに説明した目視検査です。中心となるのは目視で確認できる FO リンクの損傷です。

ステップ 2 は、推奨する単純な減衰測定です。比較的低価格のデシベル計または OTDR を使用して実行できます。

ステップ 3 は拡張テストであり、OTDR が必要です。このステップは、主にリンクの詳細な解析が必要な場合に行います。個々の PROFINET ファイバがどの程度信号を減衰させるかは、そのファイバのタイプによって決まります。詳細については表 2-1 を参照してください。この表は、許容限度値と動作時に使う波長を示しています。



使用ファイバの減衰については、メーカーの仕様書を参照してください。



光ファイバ接続の減衰は、その設備の品質によって異なります。すべてのコネクタには必ず減衰が伴い、これによって FO ケーブルの最大許容長は制限されます。この点に留意してください。



プラスチック光ファイバ (POF) と複数のコネクタを組み合わせると減衰が比較的大きくなり、光ファイバ接続の最大距離が短くなります。受け入れテストを行う場合は、この点を考慮する必要があります。

3.3 能動ネットワーク・コンポーネントのチェック

この項では、能動ネットワーク・コンポーネントの受け入れについて述べます。能動ネットワーク・コンポーネントとは、ネットワーク構造に直接組み込まれるコンポーネントです。これらのコンポーネントは、発生するデータ・トラフィックの判定または処理を行います。主にルーターやスイッチなどのデバイスがこれに該当しますが、オペレータ・コンソールやIOコントローラも含まれます。

能動ネットワーク・コンポーネントの目視検査では、以下の項目をチェックします。

- 個々の能動ネットワーク・コンポーネント（スイッチ、ルーター、メディア・コンバータ）は診断機能を備えているか？
- それらのデバイスはプラン通りの機能を備えているか？
- デバイスがガイドラインに従って設置されているか？
- 能動ネットワーク・コンポーネントに必要な電源があること。設置サイトに適した電源ユニットを使用できることを確認してください。
- 能動コンポーネント上で必要なすべてのプロトコルが有効になっているか？（例えばライン・トポロジーにおける近接通信用の LLDP [Link Layer Discovery Protocol] = リンク層検出プロトコル）



PROFINET と PROFI-safe 両方の認定を受けた PROFI-safe デバイスだけが使われていることも確認してください。

4 PROFINET ネットワークのコミッショニング

3章に従って設備受け入れテストを実施した後は、PROFINET ネットワークのコミッショニングを行うことができます。



PROFINET ネットワークのコミッショニングを行うための前提条件は、3章の仕様に従って設備受け入れテストが行われていることです。

対応する文書類とプロトコルを使用できるように用意しておいてください。

4.1 目視検査と受け入れテスト

受け入れテストの完了後は、必要な文書が使用できるようになっていなければなりません。システムのコミッショニングを開始する前に、PROFINET ガイドラインに従って設置工事が完了していることを確認してください。



設備に関する何らかの不具合が見つかった場合や、受け入れテスト関連の文書に不備がある場合は、設置工事業者に連絡してください。これによって、PROFINET のコミッショニング段階で生じる可能性のあるエラー源の数を最小限に抑えることができます。

4.2 プランニング/システム設定

PROFINET デバイスの設定にはエンジニアリング・ツールが必要です。エンジニアリング・ツールの動作はメーカーごとに異なるので、ここではシステム設定に関する詳細な解説は控え、いくつかの基本的な項目についてのみ説明します。

4.2.1 デバイス記述ファイル

PROFINET ノードは、デバイス記述ファイルを使ってプロジェクトに組み込まれます。これは標準化されたタイプのファイルで、PROFINET I/O デバイスの特性を記述します。通常、PROFINET 用のデバイス記述ファイルは「GSD ファイル」という略称で呼ばれます。GSD は「General Station Description（全般的ステーション記述）」を意味し、拡張子 ML は XML を使用していることを示します。

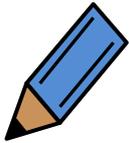
デバイス用の GSD ファイルには、そのデバイスの特性に関する標準化された情報が格納されています。

PROFINET システム内では、正しい GSD ファイルを使うことが重要です。各 PROFINET デバイスには個別のデバイス ID があります。デバイス ID はメーカーによって割り当てられ、PROFIBUS user organization が割り当てるメーカー ID と組み合わせて、各デバイス・タイプごとに世界で 1 つだけの ID になります。GSD ファイルは、設定するデバイスのデバイス ID に対応していなければなりません。デバイス ID は 16 ビットで構成されます。この情報は GSD ファイルから取り出すことができます。GSD ファイルのファイル名は、デバイス・メーカー名、デバイス・ファミリー名、リリース日などの複数の部分で構成されています。

例：

GSD-V2.2-Siemens-ET200S-20040720.xml

異なるメーカーのデバイスを使用する場合は、該当する GSD ファイルをエンジニアリング・ツールにインポートする必要があります。



ご使用のエンジニアリング・ツールの GSD ファイルのインポートに関する説明に従ってください。

使用した PROFINET ノードの GSD ファイルは、メーカーから入手できます。



GSD ファイル使用時は、使用する GSD ファイルが PROFINET ノードのバージョンに一致していることを確認してください。一致していない場合は、一部の機能を使用できないことがあります。

4.2.2 アドレス設定

この項では必要なアドレス設定と従うべき事項について説明し、次項ではアドレス設定と名前設定の詳細な例を示します。



ここでは、アドレスについての理解を深めるために、PROFINET 設計ガイドラインで説明したアドレス設定についても追加的に説明します。

4.2.2.1 オートメーション・プラントにおける名前と IP アドレスの割り当て

この項では、PROFINET オートメーション・プラントに関わる IP アドレスの割り当て例を説明します。ここに示す例は、PROFINET 設計ガイドラインに示すように、3つの PROFINET セグメントを持つオートメーション・プラントに基づくものです。PROFINET IO デバイスのトポロジーと数量は、プランニング段階でアイランドごとに決めます。このプランニングの結果を以下のように仮定します。

- **PROFINET セグメント A**
 - PROFINET IO デバイスの数：6 台、ツリー・トポロジー、プラント部分数 3
- **PROFINET セグメント B**
 - PROFINET IO デバイスの数：6 台、ライン・トポロジー、アプリケーション：コンベヤ
- **PROFINET セグメント C**
 - PROFINET IO デバイスの数：6 台、ツリー・トポロジー、プラント部分数 3
- **オペレータ・ステーション**
 - PROFINET IO デバイスの数：1 (PC)、スター・トポロジー

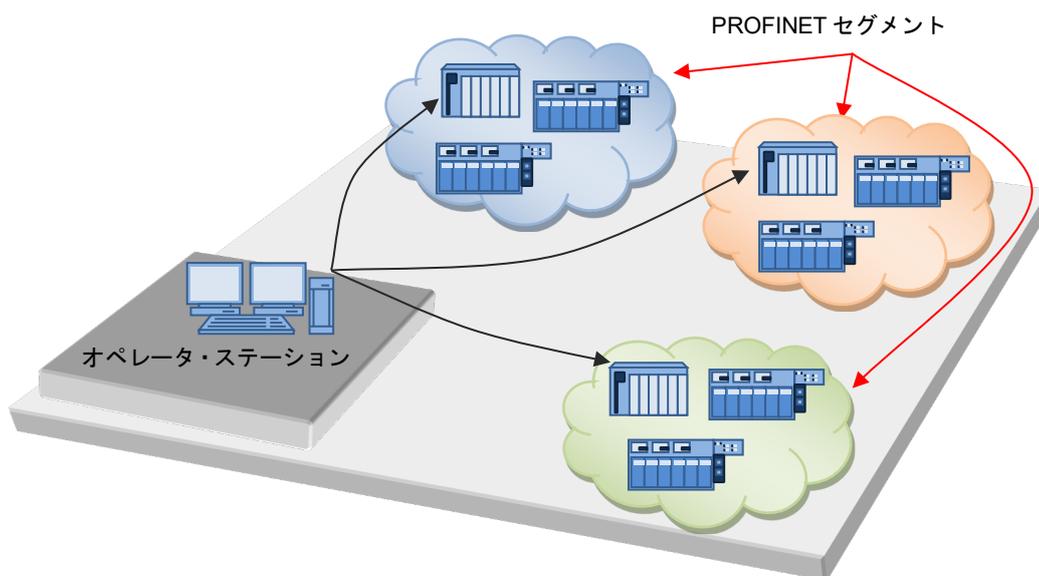


図 4-1：オートメーション・プラントの「マップ」

要求をまとめると、PROFINET セグメントあたりの必要な IP アドレス数は以下のようになります。

表 4-1：デバイス数の概要（プラント例）

オートメーション・プラント例					
PROFINET セグメント A					
スイッチ台数	4	デバイス台数	6	IO コントローラ	1
PROFINET セグメント B					
スイッチ台数	0（ライン構造）	デバイス台数	6	IO コントローラ	1
PROFINET セグメント C					
スイッチ台数	4	デバイス台数	6	IO コントローラ	1
オペレータ・ステーション					
スイッチ台数	1	デバイス台数	1	IO コントローラ	0

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。

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）。

このアドレス、デバイス名、および変更不能な MAC アドレスに基づき、ネットワーク・ノードを明確に識別することができます。インターネットのようなパブリック・ネットワークに使用される IP アドレスに加えて、確実に定義されたプライベート・アドレスあるいは非パブリック・アドレスが予備として確保されています。

アドレスの緑色の部分は使用可能なネットワークの数によって決まり、赤色の部分はネットワーク・ノードの数によって決まります。

表 4-2: 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	アドレス数
1	クラス A	10.0.0.0 ~ 10.255.255.255	255.0.0.0	1×1,680 万
16	クラス B	172.16.0.0~ 172.31.255.255	255.255.0.0	16×65534
256	クラス C	192.168.0.0 ~ 192.168.255.255	255.255.255.0	256×254

IP アドレスに加えて、PROFINET IO デバイスは PROFINET 内で通信を行うためのネットワーク・マスクが必要です。このいわゆるネットワーク・マスクの表記は、IP アドレスの表記と同じです。ネットワークはこのネットワーク・マスクを使って個々の範囲に分割されるため、サブネット・マスクとも呼ばれます。最も一般的なサブネット・マスクは、表 4-2 に示すようにネットワーク・マスクに対応しています。

小さい論理セグメントにネットワークを分割するもう 1 つの方法は「サブネット化」と呼ばれますが、これは、ネットワーク・マスクを特別な手順に従って変更することを意味します。これによって、ネットワーク・ノードが同じ「サブネットワーク」に含まれていない限り、ネットワーク内にあるノード間の直接通信ができなくなります。結果として「サブネットワーク」内にあるネットワーク・ノードの数は減りますが、必要な場合はサブネット・マスクを変更することによってネットワーク・サイズを大きくすることができます。



ほとんどの場合は、クラス C のプライベート・アドレス範囲を使用するアドレッシングで十分です。プライベート・クラス C よりも広いアドレス範囲が必要とされるような場合は、適宜ネットワーク・サブネット・マスクを調整することによって、ネットワーク・ノードの最大数を増やすことができます。その場合は、必ずプランニングの責任者と連携して行う必要があります。



全体像を正確に把握するために、個々のシステム部分をさらに個別の IP アドレス範囲に分割することができます。



大企業では通常、IP アドレスの割り当ては企業ネットワークの担当部署が行うという点に留意してください。

個々のプラント部分へのアドレス割り当てはこれらのアドレスを使用して行われますが、将来の拡張のためにあらかじめ予備アドレスを確保しておく必要があります。上に述べたプラントの場合は、以下のようなアドレス構造が考えられます。

1. 個々のオートメーション・アイランドは、それぞれ以下のアドレス範囲を受信します。

オペレータ・ステーション : 192.168.1.xxx

PROFINET セグメント A : 192.168.2.xxx

PROFINET セグメント B : 192.168.3.xxx など

2. 1つの PROFINET セグメントの個々のデバイス・タイプは、以下のように異なるアドレス範囲に割り当てられます。

PN IO コントローラ / 「セグメント A」 : 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

診断 : 192.168.2.200 ~ 192.168.2.254

ここに示すネット・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。この表記法を使用して、以下のアドレス割り当てを上記プラント例の「PROFINET セグメント A」に使用することができます。

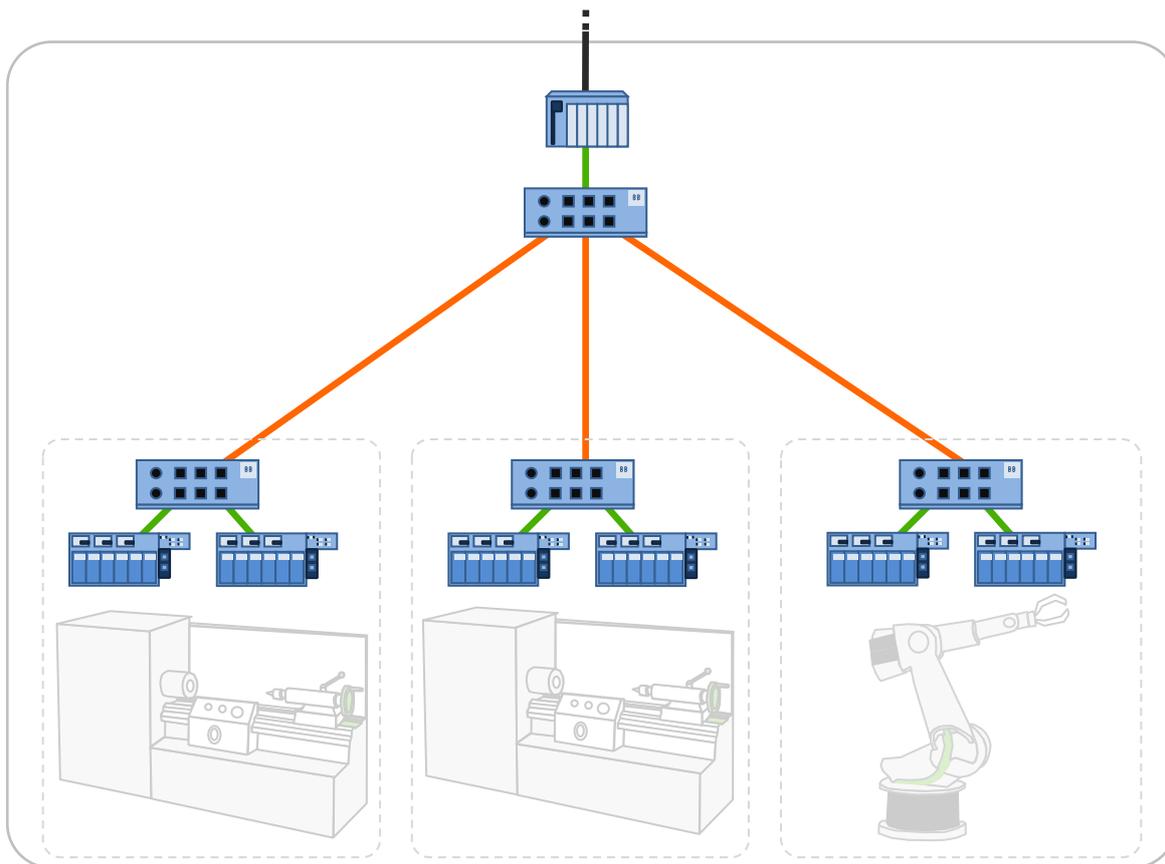


図 4-2 : PROFINET セグメント A のケーブル配線

表 4-3 : プラント例の IP アドレス割り当て

タイプ	名前	MAC アドレス	名前	IP アドレス :
PN IO コントローラ	CPU-123-AB	08-B2-3C-D4-E5-6F	CONTROLLER1	192.168.2.1
スイッチ	Switch-AB1	08-13-AB-3D-A1-E7	SWITCH1	192.168.2.20
スイッチ	Switch-CD2	08-CC-AA-33-FF-D1	SWITCH2	192.168.2.21
スイッチ	Switch-EF3	08-57-AF-9C-A1-44	SWITCH3	192.168.2.22
スイッチ	Switch-GH3	08-28-EA-33-DF-21	SWITCH4	192.168.2.23

PN IO デバイス	I/O device V3	08-D7-66-6D-A6-4B	ISLAND1-DEV1	192.168.2.50
PN IO デバイス	Eco-IO-V3	08-A1-F4-D4-E5-6F	ISLAND1-DEV2	192.168.2.51
PN IO デバイス	K5-700-S	08-AA-33-3D-A6-A4	ISLAND1-DEV3	192.168.2.60
PN IO デバイス	I/O device V6	08-D7-69-6D-C2-4B	ISLAND1-DEV4	192.168.2.61
PN IO デバイス	I/O device-98	08-A1-F5-A8-E5-56	ISLAND1-DEV5	192.168.2.70
PN IO デバイス	K5-750-SE	08-AA-33-3D-A1-F4	ISLAND1-DEV6	192.168.2.71

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。もちろん、表を作成しなくてもかまいません。



この例では、PROFINET IO デバイスと同様に、スイッチにも IP アドレスと PROFINET デバイス名が割り当てられています。PROFINET 構造内でスイッチの使用が予定されている場合にもこれが当てはまります。

IP アドレスや名前が割り当てられないスイッチもあり得ます。

4.2.2.2 デバイス名

PROFINET IO コントローラから PROFINET IO デバイスにアクセスできるようにするには、デバイス名を割り当てる必要があります。

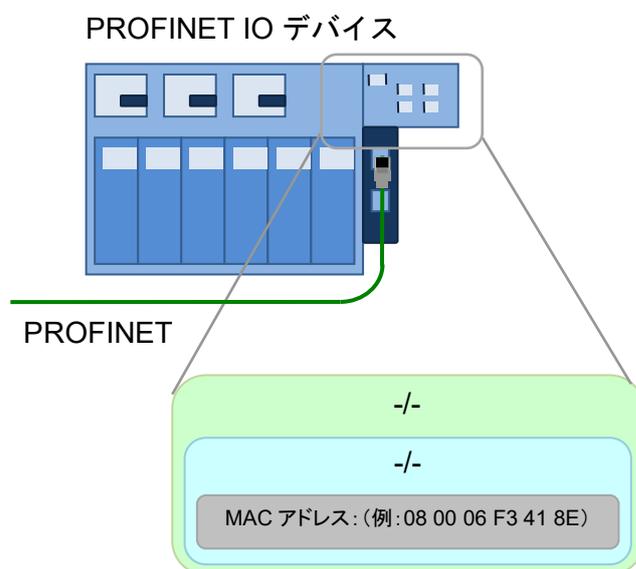


図 4-3 : PROFINET IO デバイス（出荷時の状態）

PROFINET では、複雑な IP アドレスより名前の方が分かりやすいので、この手順が選択されています。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。このアドレスはデバイスに恒久的に格納されますが、世界中に 1 つしか存在しないアドレスで、通常は変更できません。メーカーによっては、デバイスを交換しなければならない場合に備えて、MAC アドレスを変更できる独自のツールを使用しています。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 デバイスは、デバイス名の割り当て後に PROFINET IO コントローラのみが呼び出すことができます。通常は、プランニング・データの非周期的伝送（特に IP アドレス）のため、あるいは PROFINET IO デバイスの起動時に行います。PROFINET IO コントローラと PROFINET IO デバイスが同じサブネット内に存在する場合、データの周期的なやり取りには MAC アドレスが使われます。

デバイス名は、IO デバイス内の不揮発性メモリに格納する必要があります。一部の PROFINET IO デバイスでは、デバイス名を記憶媒体に直接書き込むことも可能です。書込

み後にその記憶媒体を PROFINET IO デバイスに挿入すると、デバイス名がその記憶媒体から PROFINET IO デバイスにコピーされます。

名前を割り当てると、コミッショニングを行うプラントの全体像を把握しやすくなります。したがって個々の PROFINET IO デバイスには、そのデバイスを識別でき、該当するプラント部分も分かるような名前を使用する必要があります。

PROFINET IO デバイスのコミッショニングを行うときは、その PROFINET IO デバイスにデバイス名を転送します。



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。特殊文字については、特に注意が必要です。

4.2.2.3 IP アドレスの割り当て

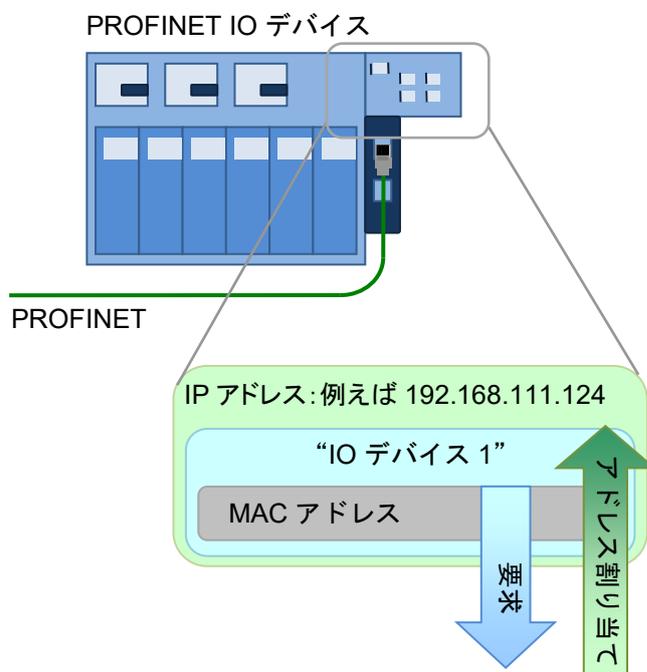


図 4-4 : PROFINET IO デバイス (アドレスの割り当て)

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。IP アドレスは開始アドレスから始まり、デバイスが挿入された順番に昇順で割り当てられます。通常は、プラントのプランニング時にエンジニアリング・ツールで IP アドレスを確定的に割り当てても可能です。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。これはデバイス内の不揮発性メモリに格納できます。

全体として、PROFINET IO デバイスのアドレス割り当てには以下が含まれます。

- **MAC アドレス。**これはデバイス内に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。**これは自由に選択できますが、分かりやすくするために該当するプラント部分を反映したものにする必要があります。
- **IP アドレス。**これも自由に選択できますが、決まった方式に従い、デバイス名同様、割り当てられたプラントに従って選択する必要があります。



2つのデバイスに同じアドレスを割り当てると、PROFINET が正常に機能しなくなります。診断機能は常に使用可能ですが、データ通信を行うことができなくなります。通常、このエラーはオンライン・エンジニアリング・ユーザ・インターフェースに表示されます。



一部のシステム・アプローチでは、PROFINET IO デバイス同士で MAC アドレスをやり取りすることができます。IP アドレスについても同様の方法が適用されます。アドレス割り当ては重複がないように行ってください。

4.3 PROFINET デバイスのコミッショニング

4.3.1 デバイスのスイッチ・オン

PROFINET IO デバイスに関する PROFINET IO コントローラの設定が完了すれば、PROFINET ネットワークのコミッショニングを行うことができます。



通常、PROFINET ノードとその信号出力には別々の電源を使用します。これにより、出力デバイスを作動させることなく PROFINET ネットワークのコミッショニングを行うことができます。安全上の理由から、出力電源は遮断するかスイッチ・オフにして、PROFINET ネットワークのコミッショニング時にアクチュエータが作動しないようにする必要があります。

最初に、すべての PROFINET ノードの電源をチェックします。メーカーの説明書を参照して、関連する PROFINET ノードに必要な電源電圧を確認してください。



これに関連して、他の使用可能なディスプレイ（例えば LED）もすべて確認する必要があります。これらのディスプレイの機能に関する詳細は、メーカーが提供するデバイスの説明書に記載されています。これらのインジケータを使用すれば、デバイスへの電源供給や動作状態、PROFINET ネットワークに接続されているかどうかなどをチェックすることができます。

次のチェックでは、エンジニアリング・ツールを使用して、すべての PROFINET デバイスにアクセス可能かどうかを確認します。スイッチのスペア・ポートを使ってエンジニアリング・ツールを PROFINET ネットワークに接続する必要があります。

通常、エンジニアリング・ツールには、「ライブ・リスト」やトポロジー図などの適切なオプションがあります。これによって、ネットワークに接続されたすべての PROFINET デバイスを表示します。

この時点では、まだ PROFINET デバイスにデバイス名や IP アドレスが割り当てられていないため、対応する PROFINET デバイスの MAC アドレスとデバイス・タイプだけが表示されます。



ここで、必要なプロトコルが有効になっていることもチェックする必要があります。例えば、ライン構造に必要な LLDP（Link Layer Discovery Protocol）などです。

4.3.2 デバイス名の割り当て

次のステップは、PROFINET IO デバイスにデバイス名を割り当てることです。デバイス名は2つの異なる方法で転送できます。名前は、ネットワークに接続しているエンジニアリング・ツールを使用して割り当てることができます。名前を付ける PROFINET IO デバイスを MAC アドレスを使って選択し、PC からその PROFINET IO デバイスにデバイス名を転送します。これは同じサブネット内でのみ可能です。

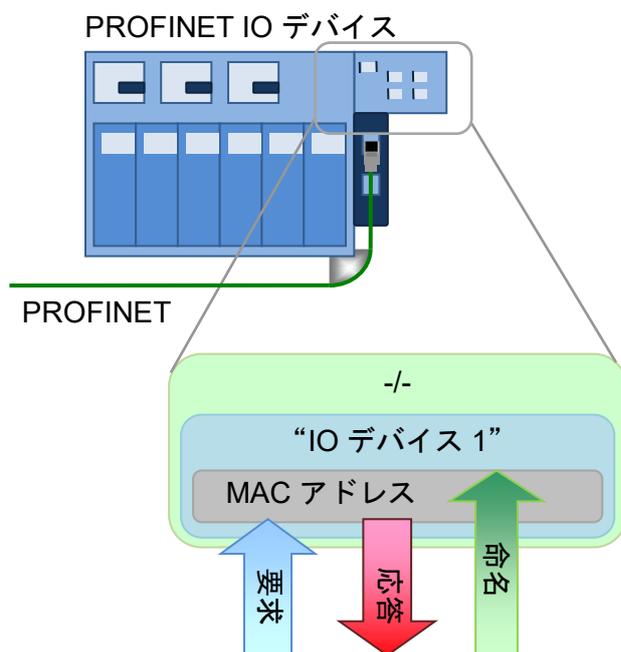


図 4-5 : PROFINET IO デバイス (デバイス名の割り当て)

デバイス名は IO デバイスに恒久的に保存する必要があります。故障デバイスを交換するときは新しいデバイスに改めて名前を割り当てなければなりません。このステップを回避するためにリムーバブル媒体付きのデバイスを提供しているメーカーもあります。このようなデバイスでは、取り外し可能な記憶媒体にデバイス・パラメータが保存されています。コンポーネントが故障した場合は、この記憶媒体を交換コンポーネントに挿入すれば、すぐにそのコンポーネントを使用することができます。



PROFINET IO デバイスの交換時に、そのデバイスのアドレス・データを更新する方法は複数あります。

PROFINET デバイスに名前を割り当てた後は、例えばライブ・リストを使用して、すべての PROFINET デバイスにアクセスできるかどうかをもう一度確認してください。この段階では、MAC アドレスに加えてデバイス名もライブ・リストに含まれているはずですが。



ライブ・リストの更新にはエンジニアリング・ツールを使用できます。更新後のライブ・リストには、アクセス可能なすべての PROFINET デバイスと、各デバイスに割り当てられたデバイス名が表示されています。

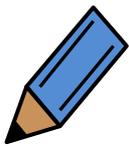
通常、PROFINET IO コントローラにデバイス名を割り当てる必要はありません。コントローラは、設定された内容から直接そのデバイス名を取得します。



一部のオートメーション・システムは、トポロジー・ベースの名前とアドレス割り当てにも対応しています。この場合、手動による設定は必要ありません。デバイスを交換した場合は、交換したデバイスに名前とアドレスが自動的に割り当てられます。

4.3.3 プランニング・データの転送

以上が完了したら、プランニング・ソフトウェアを使用して、エンジニアリング・ツールから IO コントローラへプランニング・データを転送する必要があります。通常、PROFINET IO コントローラには、例えば**停止 (STOP)** や**実行 (RUN)** などの異なる動作モードがあります。



IO コントローラはさまざまなメーカー製のものがあり、それぞれが少しずつ異なっています。したがって、使用にあたってはメーカーの説明書を参照する必要があります。

初期化が完了すると、エラーのない PROFINET IO デバイスは動作準備が完了したことを示す信号を発信します。動作状態は、エンジニアリング・ツールを使用して読み取ることができます。PROFINET ノードの中には、例えば LED によってそのステータスを判断できるものもあります。IO コントローラが**実行 (RUN)** モードになると、PROFINET ノードは通信上の問題を表示しなくなります。

この段階でいずれかのステーションが通信上の問題を示している場合は、例えば以下のようなチェックを追加して行う必要があります。

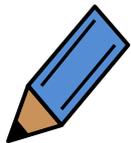
- デバイス・タイプは正しく設定されているか？
- デバイスの設定に問題はないか／デバイス名は正しく設定されているか？



PROFINET ノードのディスプレイの詳しい機能については、メーカーの説明書を参照してください。

4.3.4 ファームウェア改訂レベルのチェック

プランニング段階で、各デバイス・タイプのファームウェア改訂レベルを決めます。使用する PROFINET デバイスについては、定められたファームウェア改訂レベルに適合しているかどうかをチェックする必要があります。



PROFINET デバイスのファームウェア改訂レベルを確認し、記録してください。

プラント内にインストールされたファームウェア改訂が予定と異なる場合は、システムのプランニング担当者に連絡してください。

4.4 プロジェクトの保存

コミッショニング完了後は、適切な記憶媒体（USB スティック、CD-ROM、外部ハード・ディスク、メモリ・チップなど）にプランニング・データを保存してバックアップする必要があります。受け入れ時にはこのコピーを顧客に渡し、さらに別のバックアップ・コピーを安全な場所に保管してください。これにより、例えば将来的に停電やメンテナンスなどでデータが必要になった場合でも、すぐに使用することができます。

5 PROFINET 受け入れテスト

5.1 PROFINET 受け入れテストのステップ

受け入れテストは4つのステップに分けることができます。ステップ1と2は設備受け入れ手順の一部であり、ステップ3はコミショニング段階になります。PROFINET 受け入れテストを行う時点では、ステップ1~3が完了していなければなりません。

1. 目視検査

これは、3章に従って設備受け入れテスト時に行われます。 欠落しているシステム部分がないことを確認してください。

2. ケーブル配線の受け入れ測定

設備の受け入れ時に受け入れ測定が行われている場合は（3章を参照）、対応する測定プロトコルを参照することができます。その場合はプロトコルに不備がないことを確認してください。受け入れ測定が行われていない場合は、その事実を記録します。

3. PROFINET ネットワークのコミショニング

4章に述べたコミショニング時には、PROFINET デバイスの設定とコミショニングが行われています。したがって、すでに以下の情報があります。

- 割り当てられたデバイス名
- 割り当てられた IP アドレス
- ファームウェア改訂レベル

4. ネットワーク受け入れテストの実施

デバイスのコミショニングは完了しているため、この時点でネットワークが正しく動作するかどうかをチェックすることができます。そのために受け入れプロトコルを作成する必要があります。

5.2 PROFINET 通信監視機能のチェック

PROFINET の通信監視機能は、通信エラーを検出するためのものです。設計段階で、通信監視のトリッピング閾値が指定されています。通常は、有効データのない3つの通信サイクルという標準設定をトリッピング閾値として保持します（これは、有効データのない3番目の通信サイクルで通信エラーと判定されることを意味します）。



PROFINET 通信監視のプランニングでこれ以外の内容を指定していない限り、有効データのない3つの通信サイクルをトリッピング閾値として使用してください。



通信監視設定の名称はメーカーによって異なります。例：

- 「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」



例えばエンジニアリング・ツールなどを使用し、デバイス内の PROFINET 通信監視の設定をチェックして、その結果を記録します。

設定がプランニングと異なる場合は、プランニング担当者に連絡して判断を仰いでください。

5.3 FO (POF) 使用時のシステム・リザーブのチェック

ポリマー・ファイバ (POF) 使用時は、すべてのシングル・リンクの光学システム・リザーブ (パワー・バジェット) を決定することができます。システム・リザーブは、トランスミッタとレシーバ間のリンク上で予備として利用できる光出力を表わす指標で、トラブルのない動作を保証するためのものです。通常、診断値として読み出すことができます。システム・リザーブは、ケーブル長、コネクタ、およびデバイスの送受信パワーの関数です。



システム・リザーブの有効測定範囲は 0~6dB です。

値が 2.0dB 未満の場合、対応デバイスはメンテナンスが必要であることを示す「Maintenance required」というアラームを出力します。

また、出力が 0dB の場合は、メンテナンスが必須であることを示す「Maintenance demanded」というアラームが出力されます。

2つのデバイス間を結ぶ POF リンクのケーブル長は、診断値を解釈することにより決定できます。2つのデバイス間のリンク (エンドツーエンド・リンク) に使用するケーブルの最大許容長は 50m です。このケーブル長には、少なくとも 2dB のシステム・リザーブが必要です。

プランニングでシステム・リザーブが明確に指定されていない場合は、表 5-1 に示す制限値を使用してください。

表 5-1 : 光ファイバのシステム・リザーブ制限値

システム・リザーブ	判定
> 6dB	値が測定範囲を超えています。 何もする必要はありません。
> 2dB ~ 6dB	値は有効測定範囲内です。 トラブルなく通信を行うことができます。 追加コネクタなしのケーブル配線の代表的な値： <ul style="list-style-type: none">▪ ケーブル長 30m までの場合は 5dB▪ ケーブル長 30m~40m の場合は 3.5dB▪ ケーブル長 40 m~50m の場合は 2.5dB 指定された値の範囲から外れている場合は、ケーブルをチェックすることを推奨します（追加コネクタの有無や減衰をチェック）。

5.4 PROFINET ネットワークの受け入れテスト

すべてのデバイスのコミッショニングが完了したあと、PROFINET ネットワークが正しく動作することをチェックします。



PROFINET ネットワークの受け入れは、3 章に従って設備の受入が完了していること、4.3 項に従って PROFINET デバイスのコミッショニングが完了していることが条件になります。

関係文書類を用意しておく必要があります。

受け入れテストは以下のステップに分けられます。

5.4.1 トポロジーのチェック

プランニング時のトポロジー仕様が正しく実装されていることをチェックします。

特に、最大ライン深度が守られているかどうか重要です。ライン深度は、PROFINET デバイスとそのコントローラの間にあるフォワーディング・デバイス（スイッチまたはスイッチ内蔵デバイスなどの転送デバイス）の数です。一例として、ライン深度 9 の場合を図 5-1 に示します。

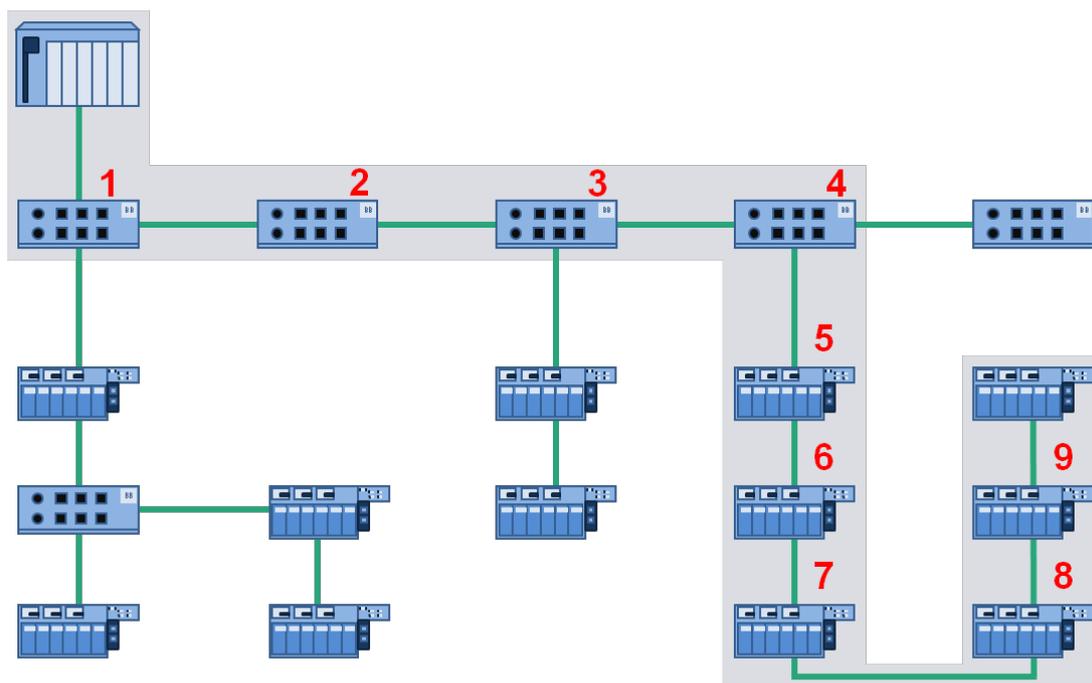


図 5-1 : 最大ライン深度 9 の例

表 5-2 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 5-2 : 「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			
1ms	2ms	4ms	8ms
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が更新時間と同じになります。

表 5-3 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 5-3：「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	2ms	4ms	8ms
64	100	100	100

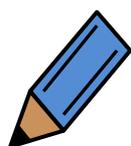


高可用性と診断の容易さという利点が得られるため、最大ライン深度を 45 で計画することを推奨します。

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て使用できます。この場合は、「ストア・アンド・フォワード」の制限値を使用してください。



既存のトポロジーとプランニング時のトポロジーを比較します。表 5-2 と表 5-3 に示す最大ライン深度の制限値が守られているかどうかをチェックしてください。

使われているスイッチのスイッチング技術が不明な場合は、ストア・アンド・フォワード・スイッチと仮定します。

設定がプランニングと異なる場合や制限値を超えている場合は、その旨文書に記録し、プランニング担当者に連絡して判断を仰いでください。

5.4.2 廃棄パケット

スイッチは、例えばトラブル、転送エラー、スイッチ・キュー・オーバーフローなどのために、パケットを廃棄することがあります。

結果は以下によって確認できます。

- 対象期間内における廃棄パケットの数
- 例えば個々の PROFINET デバイスなど、ネットワークの特定セクション内に蓄積された廃棄パケット数

ベストケースのシナリオでは、PROFINET デバイスに組み込まれたスイッチを含むすべてのスイッチ・コンポーネントを読み出す必要があります。少なくとも、ネットワーク負荷が高いと推定されるすべてのデバイスのチェックが必要です。このような通信リンクの例を図 5-2 に示します。

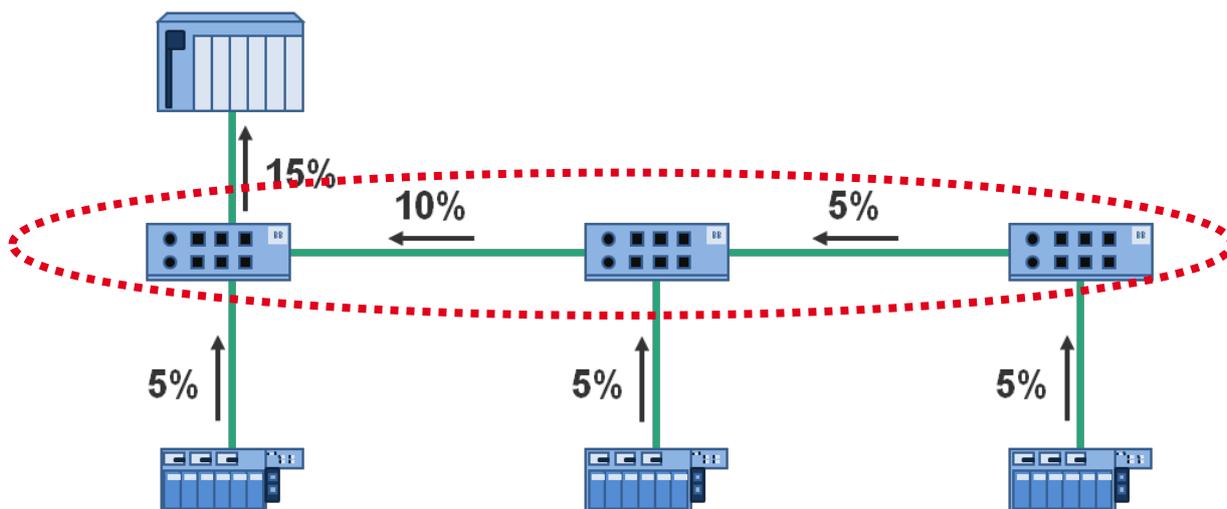


図 5-2 : 高負荷の通信リンクの例

この例では、少なくとも 3 箇所のスイッチ（赤い円内）をチェックする必要があります。



通常、拒否されたパケットの数は、マネージド・スイッチや PROFINET デバイスから読み出すことができます。方法については 2.3 項を参照してください。



ネットワーク内の拒否されたパケットの数を確認します。調べる時間枠は**60 秒**とします。

この時間内で**喪失パケットがゼロ**でなければなりません。これは、銅線または FO ケーブルで構成された転送リンクに当てはまります。

結果を記録し、異常がある場合はプランニング担当者に連絡して判断を仰いでください。

5.4.3 ネットワーク負荷

最後に、ネットワーク稼働中のネットワーク負荷を確認します。

これは、例えばデータ・ストリームの集中が予想される通信ノードなど、ネットワーク内の重要な場所で行う必要があります。通常これは、図 5-3 に示すようにコントローラとネットワークのリンクになります。

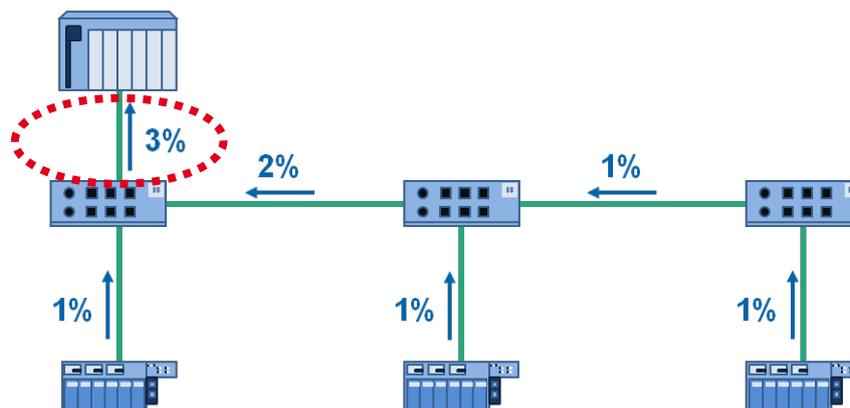


図 5-3 : ネットワーク負荷を確認するための重要な場所

マルチコントローラ・アプリケーションでは、すべてのコントローラ位置で測定を行ってください。

少なくともネットワーク負荷の最大値を文書に記録する必要があります。

周期的なリアルタイム通信における制限値を表 5-4 に示します。これらの値は、PROFINET 設計ガイドラインの仕様に対応しています。

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

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。

設計ガイドラインに指定された最大リアルタイム (RT) ネットワーク負荷に対し、このアプローチでは複合ネットワーク負荷を考慮することができます。これには、非リアルタイム・トラフィック (NRT) を含めることも可能です。そのためには標準 Ethernet ノード間で考え

られる通信を考慮し、その他の重要な問題を明確にする必要があります。図 5-4 に例を示します。ここでは問題を単純化するために、1 つのデータ方向だけを考えます。

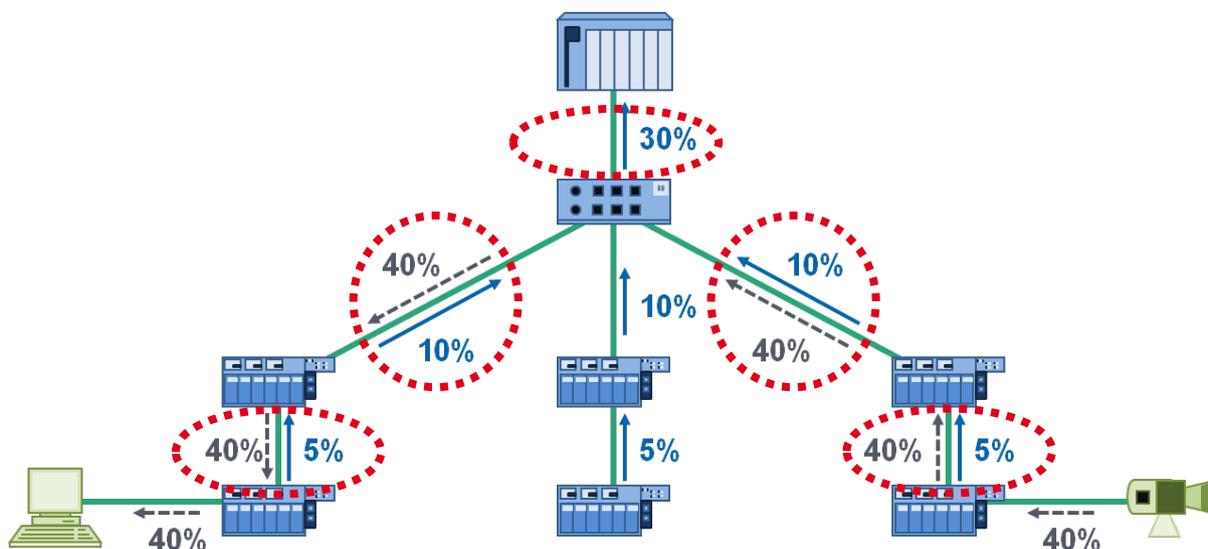


図 5-4 : 標準 Ethernet ノードで構成されるトポロジーでネットワーク負荷を確認するときの重要な問題

ここで特に考慮すべき対象は、RT トラフィックおよび追加的な NRT トラフィックを伴う通信リンクです。

代表的な結果を得るために、また稀にしか発生しないピーク負荷も検出できるように、解析用の時間枠は十分な長さを選択し、通信が行われている間だけ解析を行うようにしてください。また、実動時に予想されるすべての結果を記録できるように、測定時間を十分に長く取る必要があります。



複合ネットワーク負荷がリアルタイム・ネットワーク負荷と大きく異なる場合は、その理由を特定して判定を行う必要があります。



ネットワーク負荷は、2.3.4 項に示す診断方法を使って確認できます。また、多くのマネージド・スイッチからこの情報を直接読み出すことも可能です。この情報は送信方向と受信方向の両方について取り込むことができますが、判定は個別に行う必要があります。



ネットワークの重要な場所における周期的リアルタイム・ネットワーク負荷の最大値を確認して、文書に記録します。表 5-4 に指定する限界値を超えていないことを確認してください。

制限値を超えた場合は、プランニング担当者に連絡して判断を仰いでください。

複合ネットワーク負荷も考慮に入れる必要があります。周期的リアルタイム・ネットワーク負荷との差が大きい場合は、プランニング担当者に連絡して判断を仰いでください。

5.4.4 ブロードキャストとマルチキャスト

場合によっては、コミショニング時やネットワーク稼働時にブロードキャストとマルチキャストによるネットワーク負荷が発生することがあります。これらのネットワーク負荷は、スイッチド・ネットワーク（ブロードキャスト・ドメイン）のすべてのネットワーク・ノードに送信される Ethernet パケットです。代表的な例としては、ネットワーク・ノードの検索要求があります。さまざまな理由からさまざまなノードによって検索要求が実行されます。

代表的な例には以下が含まれます。

- ARP ブロードキャスト。例えば、既存ネットワーク・ノードを確認するために行う AP アドレス範囲全体の IP スキャン（エンジニアリング・システム、サービス・ツール、診断ツール、IT システムなどが行います）。
- DCP マルチキャスト。例えば PROFINET コントローラの起動時などに、プランニングにある PROFINET デバイスを検索するために実行します。
- MRP マルチキャスト。例えばリング冗長性を持つデータ・フローを検証するためのテスト・パケット。

上に挙げた検索要求には共通点が 1 つあります。ブロードキャスト・ドメイン内のすべてのデバイスは、その位置やトポロジーに関わらず、またデバイスからの応答が想定されているかどうかに関わらず、まず対応 Ethernet パケットを受信して判定しなければならないという点です。このためにネットワーク内のすべてのデバイスに通信負荷が追加されるため、要求の頻度によっては極めて重要な要素となります。したがって、ブロードキャストまたはマルチキャスト要求によって生じる追加的な負荷は、最小限に抑える必要があります。詳細については以下の各項を参照してください。



ネットワーク・スイッチは判定対象となるブロードキャスト要求とマルチキャスト要求をすべてのポートに送信するため、スイッチやデバイスの空きポートを含め、ネットワーク内の任意の位置でこの要求を記録できます（モニタリング・ポートや TAP は不要）。

5.4.4.1 ARP ブロードキャスト

ARP 要求は IP ネットワーク・プロトコルの標準機能であり、ネットワーク・ノードが IP 通信の準備のために IP ノードの MAC アドレスを確認するときに使用します。ARP 要求は、ブロードキャストとしてすべてのネットワーク・ノードに送信されます。結果として、ネットワーク内では度々 ARP ブロードキャストが行われます。これは通常の動作状態です。

しかし、ネットワーク内のアクセス可能な IP ノードを検索する場合も同じメカニズムを使用することができます。この場合、ARP 要求は通常、関係するネットワークの IP アドレスに次々と連続的に送信されます（IP スキャン）。この種の IP スキャンは、検索機能を実行するためなどにエンジニアリング・システム、ネットワーク管理システム、サービス・ツール、診断ツールが行います。

受け入れテスト時には、本当に必要な機能とサービスだけが使われているかどうかをチェックする必要があります。

推奨する手順を以下の表に示します。

表 5-5 : ARP ブロードキャストの手順（ARP 要求）

ARP 要求の数	コメント
0	何もする必要はありません。
> 0	<p>個々のノードが検索されているか、全 IP 範囲が周期的にスキャンされているかをチェックします。</p> <p>個々のノードだけが検索されている場合：</p> <ul style="list-style-type: none"> 理由が明らかであれば、何もする必要はありません。 <p>全 IP 範囲がスキャンされている場合：</p> <ul style="list-style-type: none"> プランニング担当者に連絡して、考えられる理由を判断します。

5.4.4.2 DCP マルチキャスト

DCP 要求は、PROFINET デバイスの識別とパラメータ設定に不可欠です。コントローラの起動時に、プランニングされた PROFINET デバイスを検索するために使用し、対応デバイスがすべて応答するまで周期的に要求を繰り返します。コントローラの起動完了後は、PROFINET ネットワークで DCP マルチキャストが行われることはありません。考えられる例外は、例えばツール変更やワイヤレス・リンクに起因して一時的にアクセス可能なデバイスを使用する構成になっている場合です。DCP マルチキャストの回数を最小限に抑えるためにどのような手段を取ることができるか（例えばノードの一時的な登録解除）は、個別に判断する必要があります。



DCP マルチキャストの送信元は、パケットの送信元アドレスを使って識別できます。

推奨する手順を以下の表に示します。

表 5-6 : システム起動後の DCP マルチキャスト制限値

システム起動後にコントローラが検索するデバイスの数	コメント
0	何もする必要はありません。
1~10	理由が明らかな場合や変更できない場合（例えばツール変更や一時的なノードなどによる場合）、何もする必要はありません。
11~20	マルチキャスト負荷が高めです。プランニング担当者に連絡して判断を仰ぎ、取り得る軽減策を検討してください。
> 20	マルチキャスト負荷が高過ぎます。トラブルなしの動作は望めません。

5.4.4.3 MRP マルチキャスト

MRP ベースで動作するリング・トポロジーのネットワーク設備では、リング・マネージャがテスト・フレームを送信してリングが閉じているかどうかをチェックします。

これらの要求はマルチキャストで、リングが正しく構成されている場合は、リングに直接属しているデバイス・ポートにだけ発生します。

しかし、デバイスの構成が正しくない場合は、すべてのデバイスに MRP マルチキャストのテスト・パケットを送信します。さらに、リング外部では MRP テレグラムも発生します。マルチキャストであるため、スイッチまたはデバイスのすべての空きポートで検出できます。このような場合は、その状態に応じて設定を調整する必要があります。

表 5-7 : MRP マルチキャストの制限値

リング外部の MRP パケットの数	コメント
0	何もする必要はありません。
> 0	デバイス構成をチェックするか、プランニング担当者に連絡して判断を仰いでください。

5.5 ネットワーク判定のための追加パラメータ

すでに解説した PROFINET ネットワークの必要な受け入れ基準の他にも、ネットワーク動作や接続デバイスに関して判断するための材料となるパラメータがいくつかあります。

代表的なものとしては以下が挙げられます。

- **ジッタ**

PROFINET 通信におけるジッタは、PROFINET パケット間の時間遅延のばらつきを表します。一部のパケットが他のパケットよりも遅れる場合、ジッタは大きくなります。

ジッタの一部はシステム、特にライン・トポロジーによるものです。その時点のネットワーク負荷に応じて、パケットがスイッチ・ラインを通過する時間の差によってジッタが発生します。

ただし、ジッタがずっと増大を続ける場合は、例えば故障、負荷状況の変化、トポロジーの変化、あるいはデバイスの変更などの理由が存在するかもしれません。

5.6 受け入れプロトコルの作成

最終ステップとして、受け入れプロトコルを作成する必要があります。これは、受け入れが成功したことを文書で示すために使用できます。



コミッショニングおよび受け入れ試験プロトコルのテンプレートについては、付録を参照してください。

6 トラブルシューティングのためのヒント

6.1 トラブルシューティングの概要

このトラブルシューティングの章では、PROFINET のケーブル配線またはその構成に関わる問題を特定する方法を説明します。最初のステップは、すでに 3 章で説明済みです。本章では、単純なネットワーク解析の範囲を超えて、PROFINET ネットワークを詳細に解析するために必要な追加的方法を説明します。



トラブルシューティングに関わる追加情報や PNO が提供するトレーニングについては、下記のサイトを参照してください。

www.profinet.com

以下の手順を推奨します。

- ケーブル配線構造のチェック（ライン・テスター）
- 光ファイバの性能測定
- IO コントローラ／ライブ・リストの記録読み出し診断の開始
- ICMP テレグラムを使用する通信テスト（例えば Ping）

PROFINET 固有のネットワーク診断オプションに加えて、体系的なトラブルシューティングを考える必要があります。ネットワーク解析やトラブルシューティングの正確なタイプは PROFINET ソリューションのメーカーによって大きく異なりますが、多くのメーカーは、オートメーション・プラントの解析に関する無料のオンライン・チュートリアルやドキュメントを提供しています。

一般に、トラブルシューティングを開始するにあたって、関係するコンポーネントやプロトコルの概要を事前に把握しておく必要があります。これによって、エラーの特定が容易になります。

以下の点には常に留意してください。

- 同時に複数の変更を行わないこと。
 - 複数の変更による複合的な影響の判定には、さまざまな問題が伴います。
- 変更の影響を記録すること。
 - 遡及的なトラブルシューティングは変更によって複雑になり、後の段階で行き詰まる恐れがあります。
- したがって、変更はすべて記録し、その変更によって問題を解決できなかったり、直接的な変化がなかったりした場合は直ちに元に戻す必要があります。また、そのことも文書に記録する必要があります。



ネットワークのトラブルシューティングは実践的な作業なので、ある程度の時間がかかります。しかし、これがトラブルのない安全なプラントの動作を保証する唯一の方法です。

トラブルシューティングには、深く詳細なノウハウが必要とされます。すべての実践的な経験は、必要とされる詳細な知識の蓄積につながります。

6.2 PI の技術センターとトレーニングセンター

PI 技術センター (PI Competency Centers: PICC) は、PROFINET システムのトラブルシューティングに関する専門的支援を提供することができます。また、PI トレーニングセンター (PI Training Centers: PITC) は、コミッショニングとトラブルシューティングに関する認定トレーニングを提供します。これらのトレーニングは極めて実践的なもので、実際の PROFINET システムを使用する実地練習が含まれています。PROFINET の設置とコミッショニングに携わる方には、認定 PROFINET トレーニングを受けることを推奨します。

6.3 ケーブル配線インフラストラクチャのチェック

トラブルシューティングの第一歩は、ケーブル配線のインフラストラクチャをチェックすることです。PROFINET 銅線の配線をプラントの設置中に変更した場合は、この部分に誤りが生じやすくなります。この場合、最大セグメント長を超えてしまうことがよくあります。PROFINET 銅線の場合、最大長は **100m** です。



変更やアップグレードが行われた場合は、このガイドラインの 3 章、4 章、5 章のステップを実行してください。

この手順は詳細なトラブルシューティングと同じです。

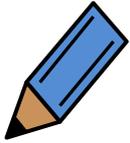
ケーブル配線構造をチェックします。以下の各項目はアップグレード時のチェックを大まかに示したもので、トラブルシューティングにも使用できます。

- プランニング時の許容ケーブル配線構造を守っているか？
- プランニング時の最大許容セグメント長（例えば銅線の場合は最大 **100m**）を守っているか？
- PROFINET ネットワークはプランニングに従って設置されているか？
- プランニングと異なる設備変更が行われたと思われる場合、その内容が文書に記録されているか？

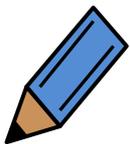
変更がある場合：

- 既存プラントを変更したか？
- 変更実施時のケーブル配線構造は要求に適合しているか？
- 変更箇所でも最大許容セグメント長を守っているか？
- 変更内容は文書に記録されているか？

ネットワーク・ケーブルの配線に加えて、シールド、アース、および等電位ボンディングについてもチェックする必要があります。等電位ボンディングやシールディングに問題があると、通信が不安定になる恐れがあります。



等電位ボンディングの問題は特定が非常に難しいので、すべての等電位ボンディングの接続をチェックする必要があります。



この場合は、最近システムに追加したコンポーネントの電源が適切なものであることもチェックする必要があります。この時点でも追加コンポーネントがエラー源となる可能性（例えば過負荷によって生じるエラー）が排除できないからです。

6.4 FO ケーブルの測定

光ファイバ測定用の2種類の技術については、すでに2章で解説済みです。挿入損失測定は、FO リンクの全体的な減衰が PROFINET の要求に適合しているかどうかを明らかにします。さらに、OTDR 測定 (OTDR = Optical Time Domain Reflectometer : 光パルス試験機) は、トラブルシューティングにおいて特に有効です。この測定結果によって問題の存在が判明するだけでなく、その問題の正確な位置やタイプもわかります。

この場合は、OTDR が光ファイバに信号を送ります。信号の一部は、接合部や不連続部で反射されたり吸収されたりします。ここで測定装置が送信信号のうちの反射または吸収された量を検出します。このとき、信号の送信時と受信時の時間差も測定します。これらの測定結果を使用して、リンク内の不連続部や不具合箇所を特定することができます。スプライス、コネクタ、あるいはリンクのさまざまな特性が図で示されます。



光ファイバ判定のためのさまざまな測定原理について説明した 2.2 項を比較参照してください。

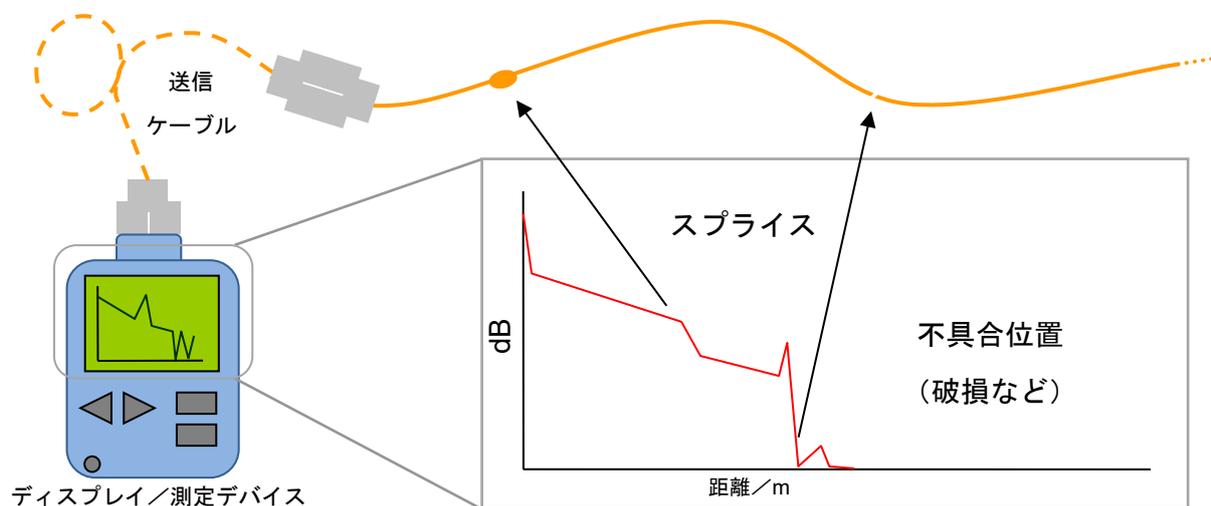


図 6-1 : OTDR 測定

OTDR 測定の結果はグラフで表示されるため、内容の判定はオペレータが行わなければなりません。

6.5 接続のチェック

以上のチェックでエラー源を特定できなかった場合は、ネットワーク上の PROFINET IO デバイスの動作を調べる必要があります。そのために、大部分の PROFINET IO コントローラのメーカーは、対象ネットワーク上の動作をモニタリングするためのインタフェースを提供しています。2.3 項も参照してください。

接続の確立を確認するためのもう 1 つのシンプルなテストが、ICMP (Internet Control Message Protocol: インターネット制御通知プロトコル) テレグラムを使用するテストです。すべての PROFINET デバイスは、デフォルトで ICMP に対応しています。オペレーティング・システムによっては、プログラムを使用してこれらのテレグラムを送信するものもあります (Ping)。送信先デバイスは、テレグラムを受信すると直ちに応答を返します。



このテストによって問題を詳しく特定できるため、プロトコル・レベルの検索が容易になります。Ping はローカル・ネットワーク内で行ってください。

6.6 読み出しレコード（診断データ・セット）

問題が発生する可能性は、PROFINET ネットワークに限定されているわけではありません。電源、IO ケーブル配線、あるいはセンサーやアクチュエータが問題の原因となることも考えられます。PROFINET は、潜在的な問題を特定するために広範な診断機能を備えています。PROFINET IO デバイスの診断情報は、PROFINET IO コントローラに送信されます。したがって、PROFINET IO コントローラは、個々の PROFINET IO デバイスから常に最新の診断情報を受け取っています。

PROFINET IO デバイスの診断情報は、モジュールおよびエンドツーエンド・リンク固有の診断情報で構成されています。

PROFINET IO デバイス固有の診断情報を IO コントローラへ送ることも可能です。

PROFINET は、「読み出しレコード」を介し、最新の診断情報を IO デバイスからデータ・レコードとして直接読み出すこともできます。多くの場合、診断レコードの読み出しにはエンジニアリング・ツールを使用します（オンライン診断）。診断情報をプレーン・テキストとして表示するツールもあります。

データ・レコードは、特別なツールを使って読み出したり、場合によってはコントローラの機能を使って読み出したりすることもできます。この場合は手動で解析する必要があります。データ・レコードのコーディングは、例えば IEC 61158-6-10 などに規定されています。また、一部のメーカーは、必要な情報をハンドブックにまとめて提供しています。

7 付録

7.1 PROFINET 設備の目視検査チェックリスト

ステップ	内容	
1.	ケーブルがプラン通り敷設されているか？	○
2.	ケーブル・タイプはプランニングに従っているか？	○
3.	銅線の最大長が 100m になっているか？（ケーブルに印刷された長さをチェックしたり、受け入れ測定を行う）	○
4.	エンドツーエンド・リンクの最大コネクタ数を超えていないか？	○
5.	コネクタはプランニングに従って使われているか？（RJ45、M12 等）	○
6.	最小ケーブル長は守られているか、あるいは必要に応じて金属製の分離ストリップを挿入しているか？	○
7.	PROFINET ケーブルに損傷はないか？	○
8.	曲げ半径は規定通りか？	○
9.	ケーブル接続部は直角になっているか？	○
10.	ケーブルウェイに尖った部分がないか、あるいはカバーされているか？	○
11.	ケーブルが振れていないか？	○
12.	重要点の機械的損傷に対して予防措置が講じられているか？（例えばウォール・ダクト）	○
13.	応力緩和要素が組み込まれているか？	○
14.	ケーブル・パラメータを確認したか？	○
15.	コネクタとリンクに保護キャップが取り付けられているか？	○
16.	適用規則に従って等電位ボンディングが施されているか？	○
17.	PROFINET ステーションにケーブル・シールドが取り付けられ、等電位ボンディングに接続されているか？	○
18.	キャビネット入口のケーブル・シールドが等電位ボンディングに接続されているか？	○

19.	ケーブルウェイが等電位ボンディングに接続されているか？	○
20.	トポロジーが維持されているか？	○
21.	リンクにラベルとマークが表示されているか？	○
22.	診断時の接続に使用できる空き Ethernet ポートがあるか？	○
23.	分電配線が構造プランに従って行われているか（24V/230V またはその他の主電源電圧が正しく割り当てられているか）？	○
PROFIsafe 設備の場合の追加項目		
24.	ネットワークに使われているデバイスはすべて IEC 61010 の証明を受けたものか（EU では CE マーク付き）？	○
25.	ネットワークに使われているデバイスがすべて PROFIsafe デバイスで、PROFINET または PROFIsafe の証明を受けているか？	○

7.2 PROFINET FO ケーブル配線の受け入れ用チェックリスト

1.	ケーブル配線の目視検査
	- 3.2.1.2 項による。
2.	光ファイバの減衰測定
!	<p>このテストでは、2.2.1 項に示すように、単純な測定装置を使用して挿入損失を測定することができます。</p> <p>測定減衰値は、表 2-1 に示す PROFINET FO エンドツーエンド・リンクの最大許容減衰値以下でなければなりません。</p>
3.	光ファイバの拡張機能測定
!	<p>必須ではありませんが、PROFINET 光ファイバ・リンクの受け入れにいくつかのパラメータを追加してもよいでしょう。</p> <p>追加できるデータには以下のようなものがあります。</p> <ul style="list-style-type: none">- ケーブル長- 接合部（コネクタやスプライス）間の長さ- ファイバ、コネクタ、スプライスに割り当てられる減衰の比率- その他

7.3 PN 銅線受け入れ用チェックリスト

1.	ケーブル配線の目視検査
	<ul style="list-style-type: none"> - 3.2.1.2 項による。 - 最大コネクタ数を超えていないか？ - その他
2.	銅配線の単純な機能測定
	<p>このテストには、2.1 項に示す単純なライン・テスターを使用します。</p> <p>ケーブル配線判定のための主要な基準は以下の通りです。</p> <ul style="list-style-type: none"> - ワイヤ間の短絡はないか？ - 個々のワイヤとシールド間の短絡はないか？ - ワイヤに損傷はないか？ - シールドは正しく取り付けられているか？ - 性能値は要求を満たしているか？ - その他
3.	銅配線の拡張機能テスト（オプション）
	<p>この測定には、通常の単純なライン・テスターにはない拡張機能を備えた測定装置が必要です。これには以下の判定が含まれます。</p> <ul style="list-style-type: none"> - ケーブル長（100m 以下か？） - 近端クロストークと遠端クロストーク - 許容減衰値 - リンク上での反射の可能性

7.4 受け入れプロトコル

以下の項では、PROFINET ネットワークのコミッショニングまたは受け入れプロトコル作成に関する提案をいくつか示します。

PROFINET 受け入れプロトコル（第 1 部）：目視検査		
内容		コメント
使用可能な文書類は最新のものか？	<input type="radio"/>	
設備受け入れテストは完了しているか？	<input type="radio"/>	
設備受け入れプロトコルは用意されているか？	<input type="radio"/>	
正しい電源が使われているか？	<input type="radio"/>	
プランニング内容が実行されているか？	<input type="radio"/>	
プランニングはデータ記憶媒体に保存されているか？	<input type="radio"/>	
すべての PROFINET IO コントローラのコミッショニングが完了しているか（最新のプランニング・データが伝達されているか）？	<input type="radio"/>	
すべての PN IO デバイスのコミッショニングが完了しているか？	<input type="radio"/>	
すべての PROFINET ノードが実際に信号を発信できる状態になっているか？	<input type="radio"/>	

PROFINET 受け入れプロトコル（第 2 部）：診断		
内容		コメント
トポロジーは要求通りか？ 7.5 （例えば最大ライン深度が守られているか）	<input type="radio"/>	
すべての PROFINET ノードにアクセス可能か？	<input type="radio"/>	
IP アドレスがプランニングに従って割り当てられているか？	<input type="radio"/>	
デバイス名はプランニング通りに割り当てられているか？	<input type="radio"/>	
ファームウェアの改訂レベルはプランニングに従っているか？	<input type="radio"/>	
更新時間はプランニング通りか？	<input type="radio"/>	
通信監視はプランニングに従って行われているか？	<input type="radio"/>	値： _____
光ファイバのシステム・リザーブ制限値を守っているか？	<input type="radio"/>	

内容		コメント
拒否パケット数の制限値を守っているか？	○	
ネットワーク負荷の制限値を守っているか？	○	
ARP ブロードキャストの制限値を守っているか？	○	
DCP マルチキャストの制限値を守っているか？	○	
MRP マルチキャストの制限値を守っているか？	○	

7.6 定義

10Base-T

2組のツイスト線を使用する標準 Ethernet です。転送速度が低い場合、伝送ラインに関する複雑な要求が緩和されます。

100Base-T

10Base-T と同様に 2 組のツイスト線を使用しますが、Cat 5 のケーブルが必要です。現在は、100Mbps の転送速度を持つ 100Base-TX が Ethernet の標準実装になっています。

吸収／反射

伝送媒体による信号の一部の吸収または反射を伴う通信技術のプロセスです。

アクセス・ポイント

ワイヤベース技術からワイヤレス技術への移行点となるネットワーク・デバイスの通称です。

EMI

Electromagnetic Interference（電磁干渉）。通常は、強力な送電線やワイヤレス・システムによって引き起こされます。高出力のエンジンや変圧器によってもこのような干渉が生じることもあります。

PROFINET IO コントローラ

PROFINET IO コントローラは、定義された IO サブネットワークの起動や、定期的または非定期的なデータ交換に関わる処理を行います。PROFINET IO コントローラは、割り当てられた IO デバイス間での IO 信号のやり取りを行うとともに、エンジニアリング・ツールが信号にアクセスできるようにします。IO コントローラは Ethernet に直接接続されています。

PROFINET IO スーパーバイザ

プランニング作業を行う場所（プログラミング・デバイス）の名前。

データ

IEC の定義：通信、変換、または自動化のプロセスに適した正式な方法によって、情報を再変換可能な形で表現したもの。

PROFINET IO デバイス

PROFINET IO コントローラによって制御されるフィールド機器。各デバイスは複数のモジュールとサブモジュールで構成されています。

減衰

有線でデータを伝送する際に、信号／データ品質の低下を招く現象。

診断

PROFINET IO デバイスによる正しくない反応や予期せぬ反応を検出し、原因を特定することです。PROFINET では、テキストによる指示やグラフを用いてデジタル情報を人間が利用できる情報に変換するツールを使用できます。

DIN

Deutsches Institut für Normung（ドイツ工業規格）の略（www.din.de）。

EN (European Norm : 欧州規格)

すべての欧州諸国により合意され、適用されている欧州規格。IEC 規格の多くが EN 規格に採用されています。

ハザード

IEC 61508-4 : 危険の潜在的要因。短期間に生じる人間へのハザード（例えば火災や爆発など）と、人間の健康に長期的な影響を及ぼすもの（例えば有毒物質の廃棄など）の両方が含まれています。

ガラス・ファイバ／光ファイバ

ガラスまたはプラスチック製の伝送線で、光の伝送に使用します。電線と異なり、光ファイバは電磁干渉の影響を受けないため、ケーブル長を長くすることができます。

メーカー ID

PNO は、メーカー ID、関連企業名、その他の有益な情報を含む参考情報のリストをインターネット上で提供しています。このリストは、HART 協会の参考情報リストと部分的に整合しています。

ICMP

Internet Control Message Protocol (インターネット制御通知プロトコル)。接続のチェックに使われるプロトコルです。多くの場合、「Ping」(ピン)という語またはプログラムと組み合わせて使用します。このプログラムはネットワーク・デバイスに周期的にパケットを送信し、このパケットを受信したデバイスは直ちに「Pong」(ポン)と呼ばれる応答を返します。

IEC

International Electrotechnical Commission(国際電気標準会議)(本部はスイスのジュネーブ)の略。

コミッショニング

接続されたデバイスや機械／プラントの関連部分を含む PROFINET ネットワークの運用を開始するために使用する体系的プロセスです。PROFINET 診断、システム診断、プログラム監視などのさまざまなシステム・レベルでの構成設定、パラメータ設定、プログラミング、トラブルシューティングのステップが含まれます。各種のプランニング・システムは、これらのステップへのガイドとなります。コミッショニングは、システムがプランおよび顧客の要求通りに動作することが確認され、システム文書をすべて作成した時点で完了します。

IO

Input Output（入力／出力）の略。

IP アドレス

IP アドレス（インターネット・プロトコル・アドレス）は、IP ネットワークに接続されたコンピュータその他のデバイスにアドレスを付与するために使う番号です。技術的には、最新規格の IPv4 を使用する場合は 32 桁の 2 進数になります。IPv6 のリリースによって、IP アドレスは 128 ビットに拡張されました。

ISO

International Organization for Standardization（国際標準化機構）の略。

通信

PROFINET の場合は、2 つのネットワーク・デバイス間でデジタル・データを電子的に転送することを意味します。

LAN

Local Area Network（ローカル・エリア・ネットワーク）の略。PC 間のデータ転送に使われますが、Ethernet ベースのフィールドバス間での転送にも使われます。

MAC アドレス

MAC は Medium Access Control（媒体アクセス制御）の略。MAC アドレスは各ネットワーク・カードのハードウェア・アドレスで、ネットワーク内のデバイスを明確に識別するために使用します。MAC アドレスは OSI モデルの第 2 層（データ・リンク層）に割り当てられます。

MAC アドレスは長さ 6 バイトで、12 桁の 16 進数値によって表され、2 つの部分で構成されています。最初の 6 文字はそのネットワーク・カードのメーカーを表し、残りの 6 文字は連番のシリアル番号を表します。ネットワーク・カードのメーカーには、それぞれ予約された一定の範囲が割り当てられています。このため MAC アドレスは世界で唯一の値となり、重複することがありません。

クロストーク

通信ケーブルまたはデータ・ケーブルでデータを電氣的に伝送するとき、これと平行する電線の伝送に予定外の影響が生じる現象。

オペレータ・コンソール

PROFINET ネットワークの操作パネル。

PROFINET

（略語は PN）。オートメーション技術における工業用 Ethernet の規格です。基本的に 2 種類のバージョンがあります。

PROFINET IO（Input Output：入力／出力）は、中央制御システムによってセンサーやアクチュエータをトリガするための生産技術用規格です。

PROFINET ケーブル

データをデジタル伝送するための媒体で、銅線と光ファイバの 2 種類があります。

PROFINET コンポーネント

PROFINET ネットワーク上のすべてのコンポーネントを意味します（例えばケーブル、コネクタ、PN IO コントローラ/デバイス、スイッチなど）。

PROFIBUS/PROFINET Nutzerorganisation e.V. (PNO、ユーザ組織)

PROFIBUS & PROFINET International は、PROFIBUS Nutzerorganisation e.V (PNO ドイツ) がメーカーに依存しないオープンな PROFIBUS/PROFINET 規格を定義し、維持するために委員会 (C)、ワーキング・グループ (WG)、およびプロジェクト・グループ (PG) を設置することを認めています。PNO は 1989 年に設立されました。PNO はドイツのカールスルーエに本部を置く非営利組織 (NPO) です。PROFIBUS & PROFINET International のメンバーは、PNO の技術委員会とワーキング・グループに参加する資格があります。メンバーは、PROFIBUS/PROFINET の維持と発展に積極的な役割を果たすことができます。このようにして、PROFIBUS/PROFINET 技術はオープンで、メーカーに依存しないものになっています。詳細については <http://www.profibus.com/pi-organization> を参照してください。

PROFINET エンドツーエンド・リンク

PROFINET のエンドツーエンド・リンクは、2 つの能動 PROFINET ネットワーク・ノード間の接続を定義するもので、すべてのコネクタ接続が含まれます。チャンネルは、銅線技術または光ファイバ技術に基づいて構成することができます。

PROFINET ノード

PROFINET ケーブルを介して他のデバイスと通信を行うデバイス（PROFINET IO コントローラ、PROFINET IO デバイス、PROFINET IO スーパーバイザ）。

プログラミング・デバイス/IO スーパーバイザ/エンジニアリング・ワークステーション

プログラマブル・ロジック・コントローラ（PLC）のサイズに合わせて、メーカーが提供しているプログラミング・デバイスやソフトウェアは数多くあります。

シングルコマンド・プログラミング・デバイス：このプログラミング・デバイスは、既存プログラムにわずかな変更を加える場合に便利です。

ラダー・ロジックなど、メーカーが提供する特殊なプログラミング言語のコンピュータ・ハードウェアやソフトウェアには、オートメーション・アプリケーションや工業環境用の特別な機能が含まれています。これらのプログラミング・デバイスはプランニングのために拡張されているため、すべてのコミッショニング・ステップに使用することができます。

標準的な PC やノート PC をプログラミング・デバイスとして使用するために必要な PC 互換ソフトウェア。このシステムを追加してプランニング・ツールを補完するには、例えば PROFINET インタフェースのような特殊なハードウェアが必要です。

専用ソフトウェア

通常は、メーカーが特定の製品用に作成したそのメーカー固有のソフトウェア。

プロトコル・アナライザ

ネットワーク上の個々のデータ・パケットを解析するためのソフトウェア。

インタフェース

ハードウェア、ソフトウェア、およびユーザの間のそれぞれの接続ややり取りを意味する総称ですが、ハードウェアとソフトウェアの間だけに使われることもあります。

SNMP

Simple Network Management Protocol (簡易ネットワーク管理プロトコル) の略。IP ベース・ネットワークの単純な監視と制御に使われるプロトコルです。

スプライス

コネクタを使わずに、単線ファイバ同士の直接接続によって光ファイバ (FO ケーブル) 間の接続を確立するための手順。

スイッチ

ネットワーク内の交換装置として動作する能動ネットワーク・コンポーネント。

サブネット・マスク

サブネット・マスクは、IP アドレスと組み合わせることにより、ネットワークのホスト数とサブネット数を決定する IP ネットワークの属性として機能します。

システム・バス

フィールドバス (この場合は PROFINET) の上位に置かれるネットワークです。オートメーション・プラントのネットワーク接続に使われます。

TAP

TAP は、データ・トラフィック自体に影響を与えることなくデータ・トラフィックを傍受するために使用します。この場合、直送ラインを分離し、データ・トラフィックを記録する特別なハードウェアを介してデータ経路を設定します。最終的に、このハードウェアの他の接続部分を介してデータは通常ラインに戻ります。

ツイストペア

コンピュータ技術において、ツイストペア・ケーブルという語は、2本の導線が撚り合わされたケーブルに対して使われています。電流ループを構成する1本ずつの順方向導線と逆方向導線（ワイヤ・カップル）を撚り合わせることで、伝送されるデータが干渉の影響を受けにくくなります。

ウェブ・インタフェース

ブラウザを介してアクセスできる、ネットワーク・コンポーネントのユーザ・インタフェース。

波長

光にはさまざまなタイプがあり、波長によって区別することができます。波長には、赤外線、可視光線、紫外線まであります。

WiFi (WLAN)

ローカル・エリア・ネットワーク（LAN）を構成または拡張するワイヤレス通信。このネットワークは、一定の領域に拡大したり（「アクセス・ポイント」を参照）、一定の距離をカバーするために指向させたりすることができます（無線通信）。

ワイヤレス伝送システムの受信品質を示す指標は信号強度で、dBm または%で表します。

その他の PROFINET 関連用語については、www.profinet.com の PROFINET 用語集（PROFINET glossary）をご覧ください。

7.7 各種連絡先

PROFINET 技術センター

PROFINET に関する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 技術センターは専門知識を有するスタッフを擁しており、PROFINET に関する問題の解決を支援します。PROFINET 技術センターは、この他にも PROFINET のトレーニングや新製品の開発を行っています。PROFINET 技術センターは、世界各地にあります。



PROFINET 技術センターの最新の連絡先はインターネットに掲載されています。サポート領域の下記のサイトをご覧ください。

www.profinet.com

8 索引

ARP	99	オペレータ・コンソール.....	16
DCP	100	拡張機能テスター	26
FO ケーブルの測定	29	気象の影響	19
GSD / GSDML	67	記号	15
IP アドレス	71, 76	拒否されたパケット	93
MAC アドレス	76	減衰測定	29
MRP	101	ケーブル	
OTDR 測定の原理	32, 110	FO ケーブル.....	18
PN FO ケーブル配線の受け入れ用チェック リスト	61	PROFINET 銅線.....	18
PN 設備の目視検査チェックリスト	54	ケーブル・テスター	23
PN 銅線受け入れ用チェックリスト	57	ケーブル・テスト	23
PROFINET IO コントローラ	16	ケーブル・テスト方法.....	28
PROFINET IO スーパーバイザ	16	ケーブル配線の機能テスト.....	46
PROFINET IO デバイス.....	16	ケーブル配線構造	108
TAP.....	41	故障解析	104
WLAN アクセス・ポイント.....	16	システム・リザーブ	88
WLAN 搭載 IO デバイス.....	17	ジッタ	102
アドレッシング手法	73	受動ネットワーク・コンポーネント	46
引用規格	14	診断	35
受け入れプロトコル	103	診断 PC.....	16
		診断ツール	21

スイッチ	16	トポロジー	91
制御ステーション	17	ネットワーク・マスク	71
接続のチェック	112	ネットワーク負荷	95
設備の受け入れ	45	名前と IP アドレスの割り当て（例）	69
挿入損失測定	29	能動ネットワーク・コンポーネント	63
体系的なトラブルシューティング	106	ブロードキャスト	98
通信の監視	87	マルチキャスト	98
デバイス名	76	メディア・コンバータ	17
電磁干渉（EMI）	19	目視検査	52
銅配線の測定	23		

© 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

電話 : 03-6450-3739