# メディアプランニングおよび敷設マニュアル

Printed in U.S.A.

PUB000148R0

## 著作権について

© Copyright 2006 ODVA, Inc. 全ての権利は ODVA にて保有されています。
事前に ODVA から書面による許可を取得せずに、本書の一部を何らかの媒体で複製またはコピーしたり、他の言語に翻訳したりすることはできません。

DeviceNet およびそのロゴは ODVA, Inc.の商標です。
EtherNet/IP およびそのロゴは、ODVA のライセンスに基づいて使用される商標です。
ControlNet は ControlNet International の商標です。

**ODVA**
1099 Highland Drive, Suite A
Ann Arbor, Michigan 48108-5002
U.S.A.

TEL：1-734-975-8840
FAX：1-734-922-0027

www.odva.org

# 目次


はじめに 本書について ..... ix
本書の対象者 ..... ix
本書の内容 ..... ix
参考資料 ..... x

第 1 章 EtherNet/IP メディアシステム： クイックスタート ..... 1
環境の理解 ..... 1
ネットワークのプランニング ..... 4
ネットワークメディアの選定とレイアウト ..... 5
どの通信速度を使うか？ ..... 5
チャネル要求条件 ..... 5
ネットワークセキュリティ ..... 5
ネットワークアクセス ..... 5
ハブ ..... 5
スイッチ ..... 6
必要となるポート数 ..... 6
ネットワークコンポーネントの配置場所（メーカの制限事項に適した環境） ..... 6
バルクヘッド接続 ..... 6
パッチパネル ..... 6
環境に合わせたケーブルの選定 ..... 6
シールド付き平衡型ツイストペア（STP/ScTP）またはシールドなしツイストペア（UTP）
ケーブルを使用する場合 ..... 7
シールド付きケーブルの接地 ..... 7
セグメント長および制限の理解 ..... 7
敷設経路のプランニング ..... 7
ケーブルの敷設 ..... 8
ケーブル端の成端処理 ..... 8
ネットワークデバイスの接続 ..... 8
IP65/IP67 防水型コネクタ ..... 8
ネットワークの確認およびトラブルシューティング ..... 8
ネットワークの認証 ..... 8
MICE チュートリアル ..... 9
ユーザのアプリケーションでの MICE コンセプト使用方法 ..... 10
軽減策の例 ..... 11

第 2 章 EtherNet/IP メディアシステムの概要 ..... 13
産業制御システムのアプリケーション ..... 13
情報アプリケーション ..... 13
制御アプリケーション ..... 13
EtherNet/IP 産業制御システムの基本メディアコンポーネント ..... 15
イーサネットバックボーン ..... 15
ルータ ..... 15
ハブ ..... 15
ブリッジ ..... 16
イーサネットスイッチ ..... 16

ゲートウェイ ..... 16
ネットワークセグメント ..... 17
ダイレクトコネクション ..... 17
コネクタ ..... 17
標準 8 極モジュラコネクタ（RJ45） ..... 18
4 極 M12 D コーディングコネクタ ..... 20
コードセット ..... 22
同一チャネル内での 2 対および 4 対ケーブル配線のルール ..... 22
同タイプのコネクタ間で接続を行うコードセット ..... 22
2 つのコネクタタイプ間で接続を行うコードセット ..... 24
クロスオーバー機能のあるコードセット ..... 24
モジュラネットワークの構築 ..... 24
バルクヘッド接続 ..... 24
パッチパネル ..... 24
配線の例 ..... 24
配線盤 ..... 27

第 3 章　EtherNet/IP 銅線ケーブル配線のプランニング ..... 29
システムのプランニング ..... 29
バックボーンまでの接続の決定 ..... 29
ネットワークセキュリティ ..... 30
ポート数および/またはデバイスポート数の決定 ..... 30
知っておくべき用語 ..... 30
銅線コネクタ ..... 31
8 極コネクタのピン配列 ..... 31
4 極 M12D コーディングコネクタ ..... 32
コードセットの組立 ..... 32
8 極モジュラクロスオーバーケーブル ..... 33
異なるコネクタタイプ間での変換 ..... 35
ストレートスルー変換 ..... 35
クロスオーバー変換 ..... 36
銅線チャネルおよびリンクの長さと制限事項 ..... 36
パッチコード ..... 36
EtherNet/IP コンポーネントの用途 ..... 39
シールド付きケーブルの用途 ..... 40
一般的配線ガイドライン ..... 41
ケーブル敷設経路のプランニング ..... 41
導線の分類 ..... 42
配線盤内外での導体のケーブル敷設 ..... 42
配線盤外でのケーブル敷設 ..... 43
配線路レイアウトの検討事項 ..... 44
配線路 ..... 44
配線盤内でのケーブル敷設 ..... 44
ビル配線・接地方法 ..... 45
TN-C 配線・接地方式 ..... 45
TN-S 配線方式 ..... 45
性能向上のための接地およびボンディング ..... 46
スター/マルチスター接地ボンディングシステム ..... 46
等電位ボンディングシステム（高度メッシュ） ..... 47
シールド付きケーブルの接地 ..... 50
アース電流の制御 ..... 50
等電位ボンディングによるシールド接続 ..... 53

接地なし基準電圧による設備設計 ..... 53
接地およびボンディング ..... 54
銅線ケーブルの選定 ..... 55
2 対ケーブルと 4 対ケーブル ..... 56
耐油性および耐化学性被覆 ..... 56
プレナム格ケーブル ..... 56
ライザ格ケーブル ..... 56
耐溶接スプラッタケーブル ..... 56
高可撓性ケーブル ..... 57
延長コード ..... 57
チャネル当たりのコネクション数 ..... 58
IP65/IP67 防水型コネクタ ..... 58
アクティブネットワークコンポーネントの配置 ..... 59
I/O の選定と位置決め ..... 59
バルクヘッド接続およびケーブルグランドの利用 ..... 59
周囲温度 ..... 60
サージ抑制 ..... 61
フェライトビーズおよびコアの利用 ..... 61

第 4 章 EtherNet/IP 光ファイバ配線のプランニング ..... 63
光ファイバコネクタのタイプ ..... 63
ST コネクタ ..... 63
SC コネクタ ..... 63
LC コネクタ ..... 64
光ファイバケーブル ..... 65
ファイバタイプ別の動作波長 ..... 66
ファイバタイプ別の帯域 ..... 66
ファイバタイプ別のコアおよびクラッド径 ..... 66
光ファイバケーブルのタイプ ..... 67
シンプレックスおよび ZIP コード ..... 67
ディストリビューションケーブル ..... 67
ブレークアウトケーブル ..... 67
ルースチューブケーブル ..... 67
外装ケーブル ..... 67
架空ケーブル ..... 68
ケーブルの選定 ..... 68
光ファイバケーブルのプランニングと敷設 ..... 68
コンジットおよびインナーダクト ..... 69
ケーブル設備ハードウェア ..... 69
ブレークアウトキット ..... 70
スプライス盤 ..... 70
スプライスパネル ..... 70
パッチパネル ..... 70
ラックおよびキャビネット ..... 70
光ファイバ敷設ガイダンス ..... 70
水分保護 ..... 70
地域および国内の消防規則 ..... 71
光ファイバケーブルの引き出し ..... 71
引張張力 ..... 71

第 5 章　ネットワーク敷設 ..... 73
水平ケーブルの敷設 ..... 73
曲げ半径 ..... 73
引張強度 ..... 74
固定水平ケーブルの成端 ..... 74
ケーブルのタイプ ..... 74
フィールド成端ケーブル端 ..... 74
8 極モジュラプラグの成端 ..... 75
UTP ケーブルの成端 ..... 75
M12-4 ピンコネクタの成端 ..... 79
ScTP ケーブルの成端 ..... 80
ケーブルの敷設経路 ..... 82
スイッチの設置 ..... 82
バルクヘッド接続の敷設 ..... 82
ケーブルの敷設 ..... 83
確認および保守用機器の接続 ..... 83
光ファイバ配線 ..... 83
パッチコード、機器コード、およびワークエリアコード ..... 84

第 6 章　EtherNet/IP ネットワークの確認 ..... 87
成端したケーブルセグメントの確認 ..... 87
推奨される専用機器のリスト ..... 87
チャネル試験構成 ..... 88
パーマネントリンク試験構成 ..... 88
確認項目 ..... 89
ワイヤマップ試験 ..... 90
ストレートスルーケーブルのワイヤマップ ..... 90
クロスオーバーケーブルのワイヤマップ ..... 90
対反転 ..... 90
対転置または対交差 ..... 91
対分割 ..... 91
誤ったワイヤマッピングの例 ..... 91
物理的長さと電気的長さ ..... 91
長さ ..... 91
パーマネントリンクおよびチャネルの長さ制限 ..... 92

第 7 章　EtherNet/IP ネットワークの トラブルシューティング ..... 93
ネットワーク障害判定ツール ..... 93
試験ツール ..... 93
パッシブテスタ ..... 93
アクティブ試験ツール ..... 94
ネットワーク確認 ..... 94
ネットワーク認証 ..... 94
診断エラーカウンタ ..... 94
ネットワークに障害があるかどうかの判断 ..... 95
簡単なトラブルシューティング手順 ..... 95
詳細なトラブルシューティング手順 ..... 97
障害の一般的兆候/原因 ..... 98

第 8 章　EtherNet/IP ネットワークの認証 ..... 99
認証の実施時期 ..... 99
認証項目 ..... 100
ネットワーク認証に必要なツール ..... 100
電気的試験 ..... 101
成端ケーブルセグメントの認証 ..... 101
100Ω、ツイストペア伝送性能およびフィールド試験の要求条件 ..... 101
試験構成 ..... 102
チャネル試験構成 ..... 102
パーマネントリンク試験構成 ..... 103
物理的長さと電気的長さ ..... 104
挿入損失 ..... 105
ケーブルの反射減衰量 ..... 108

第 9 章　索引 ..... 111

# はじめに
# 本書について

## 本書の対象者

本書は、EtherNet/Industrial Protocol (EtherNet/IP™)を使った産業用制御システムの設計、施工、および保守を担当する制御系エンジニアが使用することを意図して作成されています。本書では、必要となるメディアコンポーネントおよび、ネットワークのプランニング、敷設、確認、トラブルシューティング、認証の方法を解説します。

## 本書の内容

本書は以下の内容を含んでいます。

- クイックスタート
- 制御系アプリケーションにおけるイーサネットメディアの概要
- EtherNet/IP メディアネットワークのプランニングのためのガイドライン
- EtherNet/IP メディアネットワークの確認および認証のためのガイドライン
- EtherNet/IP メディアネットワークのトラブルシューティング手順

# 参考資料

EtherNet/IP ネットワークのプランニングに関する追加情報については、以下の規格書の最新版を参照してください。

- ANSI/TIA/EIA-568 series for generic cabling systems
- Draft ANSI/TIA-1005 Industrial Telecommunications Infrastructure Standard for Manufacturing,Process & Refining
- IEEE 1100 Wiring and Grounding Specification
- ISO/IEC 11801 for generic cabling systems
- Draft ISO/IEC 24702 Information Technology - Generic Cabling - Industrial premises
- Draft IEC 61918 Digital data communication for measurement and control. Profiles covering installation practice for fieldbus communications media within and between automation islands
- IAONA Industrial Ethernet Planning and Installation Guide
- ODVA EtherNet/IP Specification
- CSA C22.1 Canadian Electric Code for Canadian-based systems
- IEEE 518 Guide for the Installation of Electrical Equipment to Minimize Electrical Noise Inputs to Controllers from External Sources
- IEEE 802.3 Telecommunications and information exchange between systems - local and metropolitan networks - Part 3
- NFPA 70 (National Electric Code) U.S.-based systems

# 第 1 章

# EtherNet/IP メディアシステム：クイックスタート

本章は、ネットワークのプランニングと適切なメディアコンポーネントの選定を行うための検討事項を概説します。オートメーション・アイランドの内外で、Common Industrial Protocol (CIP)で定義されたとおりに Control and Information Network（制御情報ネットワーク）を敷設するための指針を記載します。ネットワークを Generic Telecommunications Infrastructure（一般通信基盤）として敷設する必要がある場合、敷設のガイダンスについては BICSI (Building Industry Consulting Services International)および ISO61918 を参考にしてください。

## 環境の理解

ユーザの環境は、4 つの条件（機械、イングレス、気候条件と化学物質、電磁気）に応じて 3 つの環境クラスに類別できます。これらの環境クラスは、表 1.1 および 1.2 の Mechanical Ingress Climatic and EMC (MICE)テーブルに記載されています。ユーザは、MICE テーブルを使って自分の環境クラスを決定することができます。ネットワークの設計、敷設、およびコンポーネントを選定する際には、自分の環境クラス（MICE テーブルで規定される）を考慮する必要があります。

自分の環境クラスを見つけるためには、各カテゴリ（M、I、C、および E）について、どのクラスがもっとも自分の環境に当てはまるかを判断します。環境の要求条件に合わせてシステムを構築するためには、3 つの方法および組み合わせがあります。

1. 環境に直接適用するコンポーネントを選ぶ（環境に合わせて保護を追加する必要がない）
2 .環境の要求条件を完全に満たしていないコンポーネントを選ぶ（追加的な保護、絶縁および/または分離が必要である）
3. 上記の 2 項目を任意に組み合わせてコンポーネントを選定する（小規模な保護、絶縁および/または分離を必要とするだけである）

たとえば、ノイズが MICE E3 (EMC 3)に記載されたのと同一レベルという環境であったとします。ユーザが選択した配線コンポーネントが MICE E1 しかサポートしていない場合、追加的な絶縁および/または分離を行ってノイズ源からのレベルを減衰させる必要があります。この場合、導管が、必要に応じてノイズ源からの分離や減衰を行うための一手段となります。ユーザの設計に MICE コンセプトを適用する場合の詳細な方法については、本章 9 ページの「MICE チュートリアル」を参照してください。

**表 1.1　MICE 環境分類**

| 機械 | $M_1$ | $M_2$ | $M_3$ |
|---|---|---|---|
| 衝撃/緩衝(1) | | | |
| ピーク加速度 | 40 m/s$^2$ | 100 m/s$^2$ | 250 m/s$^2$ |
| 振動 | | | |
| 変位振幅（2-9 Hz） | 1.5 mm | 7.0 mm | 15.0 mm |
| 加速度振幅（9-500 Hz） | 5 m/s$^2$ | 20m/s$^2$ | 50 m/s$^2$ |
| 張力(2) | (2) 参照 | | |
| クラッシュ | 25 mm（リニア）min.以上で 45N | 150 mm（リニア）min.以上で 1100N | 150 mm（リニア）min.以上で 2200N |
| 衝撃 | 1J | 10J | 30J |
| 曲げ、屈曲、ねじり(2) | (2) 参照 | | |
| イングレス（侵入/浸入） | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ |
| 微粒子イングレス（最大直径） | 12.5 μm | 50 μm | 50 μm |
| 浸水 | なし | 間欠液体ジェット<br><=12.5 l/min<br>>=6.3 mm ジェット<br>>2.5 m 距離 | 間欠液体ジェット<br><=12.5 l/min<br>>=6.3 mm ジェット<br>>2.5 m 距離および浸水<br>（<=30 分で<=1 m） |
| 気候および化学物質 | $C_1$ | $C_2$ | $C_3$ |
| 周囲温度 | -10℃～+60℃ | -25℃～+70℃ | -40℃～+70℃ |
| 温度変化率 | 毎分 0.1℃ | 毎分 1.0℃ | 毎分 3.0℃ |
| 湿度 | 5%～85%（結露なし） | 5%～95%（結露） | |
| 太陽放射 | 700 Wm$^{-2}$ | 11200 Wm$^{-2}$ | 1120 Wm$^{-2}$ |
| 液体汚濁(3)汚染物質 | （濃度× 10$^{-6}$） | | |
| 塩化ナトリウム（塩/海水） | 0 | <0.3 | <0.3 |
| 油（乾燥空気濃度）(2) | 0 | <0.005 | <0.05 |
| ステアリン酸ナトリウム（石けん） | なし | 5 × 10^4 水性、非ゲル | >5 × 10^4 水性、ゲル |
| 合成洗剤 | なし | ffs | |
| 溶液中の伝導物質 | なし | 一時的 | 存在 |

| ガス状汚濁汚染物質 | 平均/ピーク<br>（濃度× $10^{-6}$） | 平均/ピーク<br>（濃度× $10^{-6}$） | 平均/ピーク<br>（濃度× $10^{-6}$） |
|---|---|---|---|
| 硫化水素 | <0.003/<0.01 | <0.05/<0.5 | <10/<50 |
| 二酸化硫黄 | <0.01/<0.03 | <0.1/<0.3 | <5/<15 |
| 三酸化硫黄（ffs） | <0.01/<0.03 | <0.1/<0.3 | <5/<15 |
| 湿潤塩素（湿度 <50%） | <0.0005/<0.001 | <0.005/<0.03 | <0.05/<0.3 |
| 乾燥塩素（湿度 >50%） | <0.002/<0.01 | <0.02/<0.1 | <0.2/<0.1 |
| 塩化水素 | -/<0.06 | <0.06/<0.3 | <0.6/<3.0 |
| フッ化水素 | <0.001/<0.005 | <0.01/<0.05 | <0.1/<1.0 |
| アンモニア | <1/<5 | <10/<50 | <50/<250 |
| 窒素酸化物 | <0.05/<0.1 | <0.5/<1 | <5/<10 |
| オゾン | <0.002/<0.005 | <0.025/<0.05 | <0.1/<1 |
| 電磁気 | $E_1$ | $E_2$ | $E_3$ |
| 静電放電－接触 (0.667 μC) | 4 kV | | |
| 静電放電－空気 (0.132 μμC) | 8 kV | | |
| 放射 RF – AM | 3 V/m @ 80-1000 MHz<br>3 V/m @ 1400-2000 MHz<br>1 Vm @ 2000-2700 MHz | | |
| 伝導 RF | 3 V @ 150 kHz – 80 MHz | | 10 V @ 150 kHz – 80 MHz |
| EFT/B | 500 V | 1000 V | |
| サージ（過渡的接地電位差－信号、アース線 | 500 V | 1000 V | |
| 磁場 | 1 $Am^{-1}$ | 3 $Am^{-1}$ | 30 $Am^{-1}$ |
| 磁場 | ffs | | |

(1) 緩衝：チャネルが繰り返し受ける衝撃を考慮しなければなりません。

(2) 環境分類のこの側面は、敷設特有のものであり、IEC61918 および関連コンポーネント仕様との関連で考慮すべきです。

(3) 異なる標準の制限事項を一元化するために一次元特性、すなわち濃度 x $10^{-6}$ を選んでいます。

## ネットワークのプランニング

イーサネットネットワークのプランニングやレイアウトを行う場合、以下のステップを実施する必要があります。

1. アプリケーションのタイプを決定します。
   a. 情報
   b. 制御
2. 情報システムを CIP ネットワークの一部と見なします。
   a. スイッチやデバイス等の主要コンポーネントの配置場所を決定します。スイッチを除いて、デバイスはイーサネットのインタフェースとなります（入出力、HMI、PLC、NIC 等）。
   b. 各デバイスまで配線するのに必要なケーブル長を決定します。エンド to エンドのケーブル配線は「チャネル」と呼ばれ、これには機器コードやパッチコードが含まれています。イーサネットの 100m（328ft.）制限を満足し、デバイスが収容できるようにするためには、スイッチの配置場所の調整が必要となるかもしれません。
   c. MICE テーブル（本章 2 ページの表 1.1）の環境クラスに基づいて、衝撃や振動、温度、イングレス保護要求条件、化学物質および電気ノイズの有無などの稼働環境条件を決定します。
   d. 環境に基づいて資材を選定し発注します。
   e. ネットワークを敷設します。
   f. ネットワークを確認します。
   g. ネットワークを認証します。
3. 制御システムを検討します。
   a. スイッチやデバイス等の主要コンポーネントの配置場所を決定します。
   b. 各デバイスまで配線するのに必要なケーブル長を決定します。イーサネットの 100m（328ft.）制限を満足し、デバイスが収容できるようにするためには、スイッチの配置場所の調整が必要となるかもしれません。
   c. 接地システムを評価します。
   d. MICE テーブル（本章 2 ページの表 1.1）の環境クラスに基づいて、衝撃や振動、温度、イングレス保護要求条件、化学物質および電気ノイズの有無などの稼働環境条件を決定します。
   e. 上記の環境条件に基づいて資材を選定し発注します。
   f. 機械類による損傷から適切に保護するための敷設計画を立てます。
   g. ノイズ発生デバイスから最大限に絶縁/分離するための敷設計画を立てます。
   h. ネットワークを敷設します。
   i. ネットワークを確認します。
   j. ネットワークを認証します。

# ネットワークメディアの選定とレイアウト

適切なメディアを選定し、ネットワークをレイアウトするための主な検討事項の概要を以下に解説します。

## どの通信速度を使うか？

耐ノイズ性を最大にするには、アプリケーションが動作する最低の通信速度（10 Mbps および 100 Mbps）を使います。一般的に光ファイバは、他のケーブル配線オプションより耐ノイズ性が高いことにご留意ください。

## チャネル要求条件

以下のようなコンポーネントの選定は、現在および将来の帯域およびアプリケーションのニーズに基づいて行います。

- 2 対または 4 対ケーブル
- CAT 5, 5e, 6
- 光ファイバ

EtherNet/IP をサポートする最低限のケーブル性能は、ANSI/TIA/EIA-568-B.2 Annex N で規定された「カテゴリ 5」です。どのカテゴリを選ぶかについては、いくつか判断材料があります。一般に、カテゴリが高くなれば、ケーブル性能が向上します。もう 1 つの検討事項はバランスです。カテゴリ 5e、6 および、最も新しいカテゴリで augmented 6 すなわちカテゴリ 6a と呼ばれているものは、1 Gbps および 10 Gbps といった現在のアプリケーションをサポートします。一般的に言えば、ケーブルのカテゴリが高くなれば、EMC 保護の必要性が減少します。使用するケーブルの EMC 保護に関する指針については、ケーブルサプライヤにご相談ください。

## ネットワークセキュリティ

ネットワークセキュリティは、本マニュアルの対象範囲から外れていますが、制御ネットワークはオフィス環境やインターネットから適切に隔離すべきです。セキュリティは、ゲートウェイ、ファイアウォール、ルータおよび/または適切なセキュリティソフトウェアを使うことで確保されます。

## ネットワークアクセス

不正なデバイス接続が制御ネットワークに入り込まないようにするため、アクセスポートの配置場所は慎重に検討すべきです。制御ネットワークを収容するキャビネットは、許可なく人間が立ち入りできないようにすべきです。ケーブルコンポーネントは、機械類による損傷や改竄から保護する必要があります（第 3 章を参照のこと）。

## ハブ

また、ハブについても慎重に検討すべきです。一般にハブは、制御アプリケーションでは推奨されません。ハブにはセキュリティがなく、ネットワークメディアに同時アクセスするデバイス間の信号のコリジョンを発生させます。コリジョンは伝送の再試行またはフレーム脱落の原因となり、制御システムのジッタを増やします。

## スイッチ

スイッチはコリジョンのないコネクションを提供します。リアルタイムのデータアクセスが重要となる制御アプリケーションでは、常にハブの代わりにネットワークスイッチを検討すべきです。全二重、Internet Group Management Protocol (IGMP)スヌーピングに対応するスイッチを選択し、そしてポートミラーリングはトラブルシューティングに有益です。

## 必要となるポート数

ネットワークのプランニングを行う場合、必要となるスイッチ数および、各スイッチシャーシのポート数を決定しなければなりません。各ネットワークデバイスは、ネットワークに接続するために、スイッチポートを必要とします。またスイッチシャーシ当たりのポート数は、物理的なネットワークレイアウトにも依存します。システム増設に備えて、少なくとも 20%の余裕を持たせるようにしてください（第 3 章を参照のこと）。

## ネットワークコンポーネントの配置場所（メーカの制限事項に適した環境）

ネットワークコンポーネントの配置場所は、ケーブル長や周囲環境の影響を最小化するように、慎重に計画する必要があります。ネットワークコンポーネントは、メーカの仕様に従って設置し、MICE テーブル（本章 2 ページの表 1.1）で定義された環境を検討すべきです。

## バルクヘッド接続

筐体の内外を接続する必要がある場合、必ずバルクヘッド接続を使用すべきです。バルクヘッド接続では、筐体の壁面を通してケーブルを通過させます。コネクタアセンブリまたはケーブルグランドが、最も一般的なタイプのバルクヘッド接続です。コネクタまたはケーブルグランドは、液体や塵埃の侵入やケーブル磨耗を最小限にするために、筐体壁面の内側に設置すべきです。性能確保のため、チャネルまたはリンク当たりに許容されるバルクヘッド接続の数については、メーカにお問い合わせください。

コネクタがプラント内での作業によって損傷を受けやすくならないように、取り付け位置のプランを立ててください。

## パッチパネル

制御ネットワーク内でのシステムのフレキシビリティを維持し、頻繁な追加、移動、変更を収容できるようにするためには、パッチパネルを使用すべきです。パッチパネルは追加スペースを必要とし、装置上および/または装置周辺ではこのスペースが十分にとれない可能性があります。パッチパネルおよびチャネル内の追加コネクションは、ネットワークの平均故障間隔（MTBF）にも影響する可能性があります。

## 環境に合わせたケーブルの選定

ケーブルは、プランニングおよび設置ガイド、地方自治体や国内の規制、メーカの仕様に従い、MICE テーブル（本章 2 ページの表 1.1）で規定された環境を考慮した上で選定し設置すべきです。

ケーブルを選定する場合、被覆の構造が環境の温度や汚染物質に対応したものでなければなりません。ケーブル被覆と導線の絶縁は、極端な温度帯で簡単に破壊される可能性があります。化学物質がケーブル被覆やワイヤ絶縁に吸収されると、プラスチックの劣化と性能低下を引き起こします。隔離および/または分離の手法を使って、厳しい環境を相性の良い環境へ転換することができます。

ケーブルの使用温度範囲外での電気的仕様を見過ごしてはなりません。市販のケーブルは、広い温度帯で性能を維持するという産業界の要求条件を満足しない可能性があります。ケーブル被覆と導線の絶縁は、極端な温度範囲で簡単に破壊される可能性があります。MICE テーブル（本章 2 ページの表 1.1）、第 3 章（銅線ケーブル）、および第 4 章のファイバのセクション（ファイバケーブル）を参照のこと。

## シールド付き平衡型ツイストペア（STP/ScTP）またはシールドなしツイストペア（UTP）ケーブルを使用する場合

STP/ScTP ケーブル（Sc=遮蔽付）は、耐ノイズ性を向上させます。高ノイズ環境にケーブルを敷設する場合、シールド付きケーブルまたは光ファイバのような代替メディアを検討すべきです。MICE テーブル（本章 2 ページの表 1.1）および第 3 章を参照のこと。

## シールド付きケーブルの接地

シングルポイント接地は、シールド付き通信ケーブルのアースループを低減または除去するために非常に重要です。第 3 章を参照のこと。

敷設するデバイスの接地要求条件については、各デバイスの敷設データシートを参考にしてください。ほとんどのハブ/スイッチメーカは、機器の接地を要求しています。シールド付き 8 極モジュラコネクタまたはシールド付き M12-4“D”コーディングコネクタ経由で接続する場合、機器の接地によりシールドも接地されることにご注意ください。シングルポイント接地は、チャネルの片側エンドに標準的なシールドなしプラグを取り付けるだけで実施できます。

## セグメント長および制限の理解

セグメント長はケーブルに依存します。チャネルに標準タイプのケーブルを使った場合の最大チャネル/リンク長については、第 2 章および第 3 章を参照してください。

## 敷設経路のプランニング

本マニュアルの第 3 章に記載された通りにケーブルのルーティングを行ってください。

- 高ノイズ環境でのアプリケーションの場合、STP/ScTP ケーブル配線または光ファイバのような代替メディアを使うように計画します。詳細については、本章 9 ページの「MICE チュートリアル」を参照のこと。
- ケーブルセグメントはできるだけ短くします。余剰ケーブルを巻くのは推奨されません。

## ケーブルの敷設

曲げ半径および引張強度については、メーカの要求仕様に合わせてケーブルを敷設します（第 5 章を参照）。UTP ケーブルを金属製導管内に敷設する場合電気的性能に影響を及ぼす可能性がありますので、メーカに相談してください。強い電場または磁場を発生する装置の近くを通らないようにしてください（詳細については第 3 章を参照）。損傷を防ぐために、ケーブルはハンガや配線路を使って適切に支持しなければなりません。また、ケーブルが押しつぶされないようにするため、ケーブル支持具の取付要求仕様を守る必要があります。

## ケーブル端の成端処理

システムの性能はケーブル成端に依存します。ケーブル端を慎重に準備すると、コネクタをケーブル上に敷設するのに役立ちます（第 5 章を参照）。

## ネットワークデバイスの接続

メーカの指示に従ってデバイスをネットワークに接続します。ケーブル上に帯電した静電気（ESD）に注意してください。アクティブ状態のポートに接続する前に、ケーブルをアースで放電すべきです。ケーブルは、接地パッチコードを、接合ラック、接地バスバー、またはビルディングメタルのような低インピーダンスのパスでアースグランドに接続することで接地することができます。接地パッチコードとは、ケーブルの片側エンドにプラグ（または必要であればジャック）が付いたパッチコードであり、クリップまたはつまみを使って全ての導線をグランドに接続します。

## IP65/IP67 防水型コネクタ

使用環境に合わせた適切なコネクタを使います。ケーブルおよびコネクタが液体または塵埃にさらされる場合、IP65/IP67 防水型コネクタ（第 2 章を参照）またはバルクヘッド接続コネクタを使ってください。環境条件に関する詳細については、MICE テーブル（本章 2 ページの表 1.1）および本章 9 ページの「MICE チュートリアル」を参照のこと。

## ネットワークの確認およびトラブルシューティング

ユーザは、各ケーブルセグメントが正しく接続され正しい性能水準に達しているかどうかを確認することを強く求めます。ネットワークの確認には市販のケーブルテスタを使用することができます（第 6 章を参照）。ケーブル配線システムを実稼働させる前に全てのエラー/不良を是正してください（トラブルシューティングの詳細については第 7 章を参照のこと）。

## ネットワークの認証

ユーザは、各ケーブルセグメントが正しく接続され正しい性能水準に達しているかどうかを認証することを強く求めます。市販のケーブルテスタを使用することができます（第 8 章を参照）。ケーブル配線システムを実稼働させる前に全てのエラー/不良を是正してください（トラブルシューティングの詳細については第 7 章を参照のこと）。

# MICE チュートリアル

MICE は、環境レベルや EMI レベルに応じて敷設環境を類別できるという、比較的新しいコンセプトです。本章 2 ページの表 1.1 では、機械（Mechanical）、イングレス（侵入/浸入）（Ingress）、気候（Climatic）、電磁気（Electromagnetic）のレベルに応じて 3 つのクラスを定義しています（これらの頭文字をとって MICE と名付けられています）。これらのレベルは、ほとんどのオフィススペースに適合するローエンド（M1I1C1E1）から始まり、一般的な工業スペースに適合するより高レベル（M3I3C3E3）へと拡張されます。

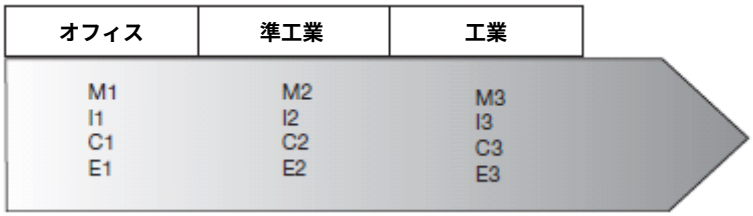



図 1.1　MICE 分類

全てのエリアが 1 つのクラスのみに当てはまるわけではありません。たとえば、あるオートメーション・アイランドでは、150 ms を超える機械的衝撃を受ける可能性があり、したがって M3 環境に分類されます。しかし、この環境には I2 に相当する軽い塵埃しかないことがあります。ケーブルや機器が敷設されているエリアの温度が 65℃だとすれば、このオートメーション・アイランドの気候分類は C2 となります。このオートメーション・アイランドに機械として溶接ロボットがあり、E3 クラスに相当する EMI レベルを放出します。したがって、このような MICE 環境は M3、I2、C2、E3 となります。

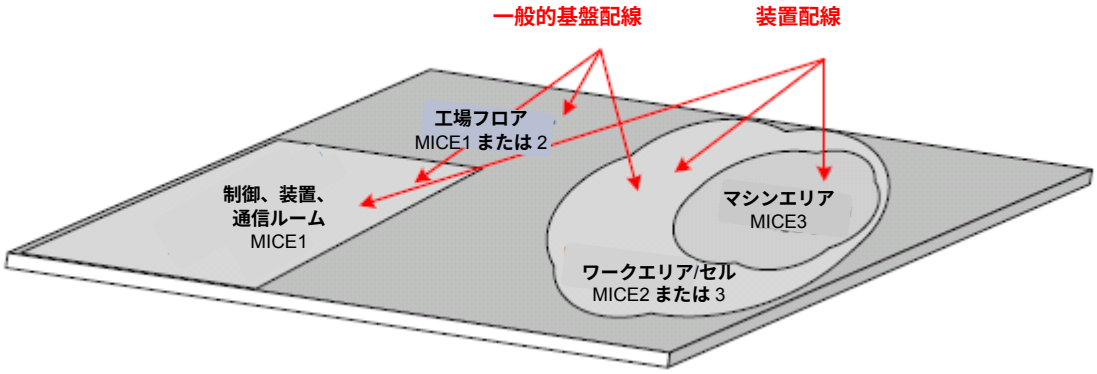



**図 1.2　設備内の典型的 MICE エリア**

## ユーザアプリケーションでの MICE コンセプト使用方法

ネットワーク設計者は、ケーブルや機器を敷設するエリアの環境を意識すべきです。敷設エリアの環境を体系的に分類することにより、コンポーネントの選定や追加的な軽減策の必要性について決定を下すことができます。ケーブル配線システムは、軽減策を必要としない高度なコンポーネントを全部に使って設計することができます。一部のケースでは、これによりフレキシビリティが制限されたり、コストや可用性の問題が発生したりします。このコンセプトにより、設計者は、コンポーネントのコスト（および可用性）とコスト軽減とのバランスをとり、これによって図 1.3 に示すような最も耐久性がありコスト効率の良い配線システムを設計することができます。軽減策は、分離と絶縁の 2 つの形態に分類できます。

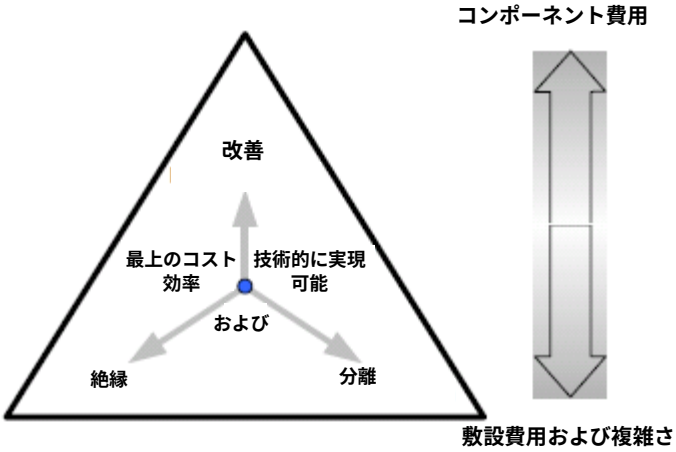



**図** 1.3　**改善、絶縁、分離**

## 軽減策の例

軽減策は、MICE 環境を、敷設するケーブル配線コンポーネントや機器と両立しうる環境に変換するだけです。

### 例 1

提案されたコンポーネントと対象となる敷設エリアは表 1.2 のように分類されています。

**表 1.2　例 1 の MICE 分類**

| コンポーネント | 環境 |
|---|---|
| M1 | M3 |
| I3 | I1 |
| C3 | C2 |
| E2 | E3 |

コンポーネントは環境に直接マッピングできないので、環境を軽減しなければなりません。厳しい M3 環境は、機器を筐体内に緩衝実装することにより、M1 に転換することができます。高い EMI は、金属製の EMI 緩衝実装筐体を使うことで低下させ、これにより図 1.4 に示すとおり M3 および E3 の両方の問題を解決できます。

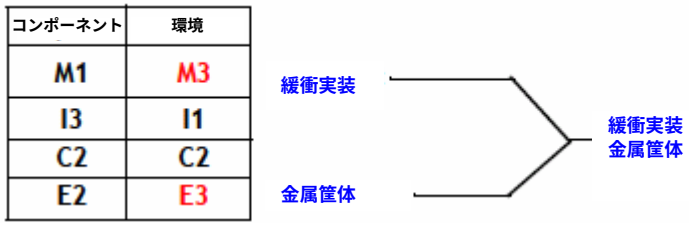



**図 1.4　例 1 の軽減策**

### 例 2

ここでは、表 1.3 に示すとおり、E2 環境に格付けされたケーブルを、E3 の EMI レベルの環境に敷設します。

**表 1.3　例 2 の MICE 分類**

| ケーブル | 環境 |
|---|---|
| M1 | M3 |
| I3 | I1 |
| C3 | C2 |
| E2 | E3 |

選定されたケーブルが EMI 要求条件を満足していないので、何らかの軽減策が必要です。分離および/または絶縁によって軽減の問題が解決可能です。図 1.5 は、配線路を使ってこれをどのように実施するかを示しています。

| コンポーネント | 環境 |
|---|---|
| M1 | M1 |
| I3 | I1 |
| C2 | C2 |
| E2 | E3 |

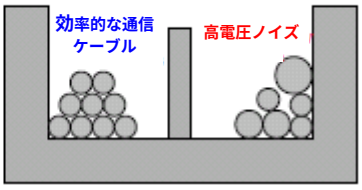



**図** 1.5　**例** 2 **の軽減策**

高い EMI の導線と通信ケーブル配線を物理的に分離することにより、カップリングノイズを減らします。導線間を金属製の壁で仕切って絶縁を行うことで、さらにカップリングノイズを減らすことができます。これらの方法の両方または片方を独立して実施することでカップリングノイズの低減に充分な効果があるかもしれませんし、または両方を組み合わせる必要があるかもしれません。

# 第 2 章
# EtherNet/IP メディアシステムの概要

## 産業制御システムのアプリケーション

イーサネットは、ビジネスの世界において情報アプリケーション用として広く使われています。この技術は広範囲に利用され、親しみやすく、コストメリットがあります。この技術は産業制御システムに使用しても大きな利点があります。しかし、産業情報・制御アプリケーションには他とは異なる独自の性質がありますので、以下のセクションで述べるような要求条件を満足しなければなりません。

### 情報アプリケーション

多くの場合、産業情報アプリケーションは、プログラマブル論理制御装置（PLC）プログラムのダウンロード、プロセスのモニタ、統計データの収集、データの加工、診断結果のレポートに使われます。このようなタイプのアプリケーションにおいて、その性能は制御アプリケーションほど重要ではありません。制御アプリケーションでは、速度、スループット、レスポンスタイム、ダウンタイムが製造プロセスにとって重要となります。

### 制御アプリケーション

産業制御アプリケーションでは、高速のレスポンスタイムと最大限のネットワーク可用性を必要とします。これらの2つの属性は最も重要です。ネットワークへの侵入は、ファイアウォールまたはワイヤレスブリッジを使うことで制限しなければなりません。ネットワークの敷設は、機械的な損傷およびノイズの侵入を防止できるくらい十分な耐久性を持っていなければなりません。これらを防止しないと、ネットワーク性能が低下し、製造プロセスのダウンタイムにつながります。

市販のイーサネット製品の一部は、製造工業プラントで見られるような産業環境に対応できません。市販の既製品を使うことで発生する主な問題は以下の通りです。

- アクティブインタフェースなど、ケーブル配線バランスが悪い
- 温度、湿度による性能の低下
- インピーダンスの許容誤差が±5%を超えるためシステムへの影響が大きい
- 化学薬品に対する耐久性が弱い
- 電気的ノイズを受けやすい
- 振動による故障
- 曲げや収縮による損傷

このような過酷な環境下では、産業用に設計されたコンポーネントが必要です。そうでなければ、慎重にプランニングを行い、追加費用で分離や絶縁、またはその他の回路を追加する必要があるかもしれません。一例として、IP65/IP67 に対応していないケーブルは筐体に入れる必要があるかもしれません。高ノイズ環境用に設計されていないケーブルは、コンジットに敷設するか、または何らかの方法で高いノイズを発生させる導電性デバイスから分離して、絶縁する必要があるかもしれません。

EtherNet/IP 制御システムの一例を図 2.1 に示します。

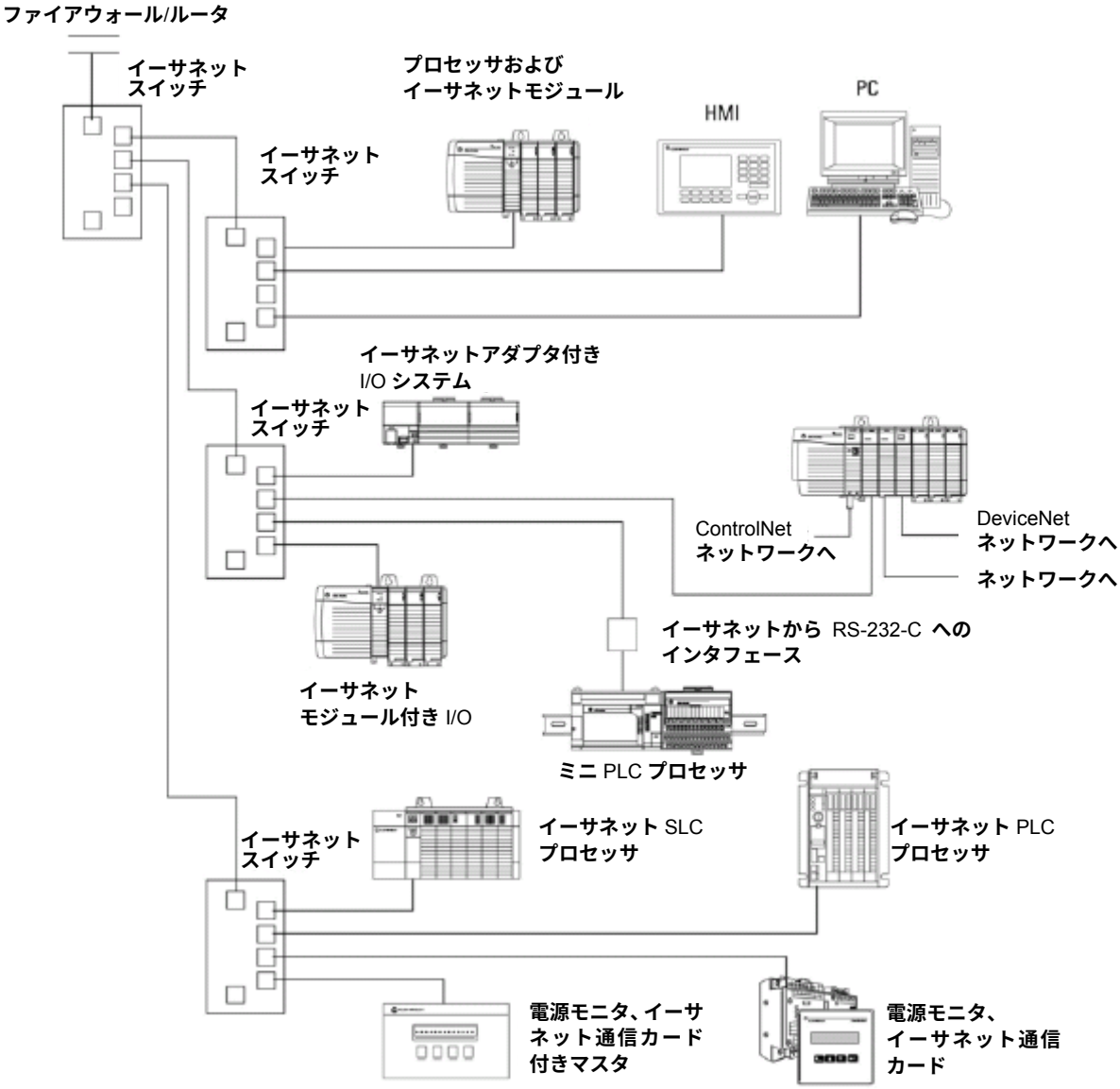



図 2.1　システムダイヤグラム

# EtherNet/IP 産業制御システムの基本メディアコンポーネント

## イーサネットバックボーン

イーサネットバックボーンは、主要なネットワークトラフィックを処理するネットワーク部分です。これは、ネットワークの高速伝送路を使用しており、最長距離に及ぶこともあります。バックボーンは、大規模な地理的エリアにまたがることもできれば、1 つのキャビネットに収容できるくらい小規模にもなります。ネットワーク全体のイーサネットバックボーンには小さなネットワーク（またはサブネット）が接続されます。

***注：***ネットワークトラフィックが情報と制御の両方である場合、バックボーンケーブルは 4 対銅線や光ファイバケーブルにすべきです。ネットワークトラフィックが制御のみである場合、ODVA が認証したメディアが使えます（2 対および 4 対の銅線または光ファイバケーブル）。

## ルータ

ルータは、LAN をセグメント化してワークグループ内のトラフィックのバランスを取るために使われ、セキュリティ確保やポリシー管理のためにトラフィックをフィルタリングする「ファイアウォール」としても使われます。またルータは、ネットワークの端点でリモート区域を接続するのにも使われます。

典型的なアーキテクチャは、Fast Ethernet または Gigabit Ethernet などの高速 LAN トポロジーを使って複数のルータを一緒に接続するというものです。ルータはバックボーンに接続され、これによって社内の全てのネットワークが共同で稼働できます。

ルータは、OSI モデルのネットワーク層以上で動作します。ルータは、Internet Protocol (IP)のようにルーティング可能なプロトコルで伝送されたメッセージだけをルーティングできます。ルータは、プロトコル内のネットワークアドレスを検査しなければならないため、ブリッジまたはスイッチより処理が増えて待ち時間が長くなります（以下のセクションを参照のこと）。この 2 つは、データリンク層（レイヤ 2）で動作します。このような処理オーバーヘッドのため、I/O データはリアルタイムでルータを通過できません。

## ハブ

ハブは、ネットワークの中心的な接続機器です。複数の通信回線をスター状に接続します。またハブは「マルチポートリピータ」とも呼ばれ、信号強度を維持するためにデータビットを再生します。

制御システムを設計する場合、1 つのハブに接続された全てのデバイスがネットワークメディアを獲得するために競合するため、コリジョンあるいはネットワーク帯域の減少が発生するということを理解しておくことが大切です。このため、ハブは、制御ネットワークより情報ネットワークでの使用に適しています。

**重要：** ハブは高いトラフィックのシステムではコリジョンが発生するため、制御アプリケーションには推奨されません。

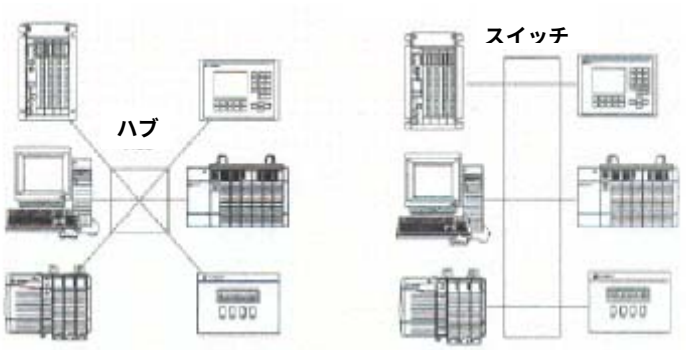
## ブリッジ

ブリッジは、2 つのネットワークセグメントを接続するデバイスです。これらのセグメントは、同類であっても異なっていてもかまいません。ブリッジは「ネットワークをセグメント化する」ためにネットワークに挿入され、トラフィックを各セグメント内に制限することで性能を向上させることができます。

## イーサネットスイッチ

過去 10 年以上、ハブ技術は、スイッチの 2 ポート間のトラフィックを競合させることなく通過可能にする新しい高速スイッチ技術に地位を奪われ続けてきました。スイッチは基本的にマルチポートのブリッジであり、各ポート間でフレームを最大回線速度で同時に通信させることができます。

たとえば、16 ポートの 10BaseT ハブは、1 つの 10 Mbps 帯域を 16 全ての接続ノードで共有します。ハブをスイッチにリプレースすることにより、送信側/受信側の各ポートは 10 Mbps の全容量を持つため、16 ポート全二重 10BaseT スイッチは効率的に 160 Mbps を持つことになり、図 2.2 に示すとおり 8 つのバーチャルコネクションと 8 対をサポートします。1 つのスイッチは 1 つのネットワークを複数の並列専用回線にセグメント化し、競合のないアーキテクチャを実現します。




**すべてのデバイスが媒体で衝突し、帯域を共有する**

**各センダ/レシーバのペアが全ネットワーク帯域を持つ**

**図** 2.2　**ハブとスイッチシステム**

スイッチは、標準的な 10/100 Mbps イーサネットと 1Gbps ギガビットイーサネットの両方で利用できます。リアルタイムのデータアクセスが重要となる制御アプリケーションでは、ハブの代わりにネットワークスイッチが必要となります。

## ゲートウェイ

「ゲートウェイ」という用語は、いくつか異なる意味を持ちます。これは、異なるタイプのネットワーク間またはアプリケーション間でプロトコル変換を実行するデバイスを指すことがあります。このようなゲートウェイは、OSI モデルのトランスポート層以上で機能します。これらは、単に別のプロトコル内で他のプロトコルをサポートするというのではなく、あるプロトコルから別のプロトコルへ完全に変換します。

ルータが、このようなゲートウェイ機能を実現する場合もあります。

またゲートウェイは、同じプロトコルを使う 2 つ以上のネットワークを接続し、橋渡しの役目を果たすデバイスを意味することもあります。この場合、ゲートウェイは、ネットワークの入口/出口ポイントとして機能します。トランスポートプロトコルの変換は不要であっても、ほとんどの場合は何らかの形の処理を実行します。

### ネットワークセグメント

ネットワークセグメントは、一緒に接続された機能的に関連するデバイスのグループであり、ブリッジ、ルータ、またはスイッチによって絶縁されます。ネットワークは、セキュリティのために複数のセグメントに分割し、そのネットワークセグメント宛でないパケットをフィルタでふるい落とすことによってトラフィックフローを改善することができます。

### ダイレクトコネクション（直接接続）

図 2.3 に示すとおり、1 本のイーサネットケーブル経由で、あるデバイスから別のデバイスへ直接接続することができます。ハブ、スイッチ、またはその他の接続デイバスは使いません。デバイスがオート MDIX 機能をサポートしていない場合、適切なクロスオーバーケーブルが必要となります。適切なコネクタ配線については第 3 章を参照してください。

**図 2.3　スイッチのないアプリケーションの例**

## コネクタ

EtherNet/IP は、カプセル化 8 極モジュラコネクタと 4 極 M12”D”コーディングコネクタの 2 つのコネクタタイプを提供します。これらのコネクタは、それぞれ国際規格の IEC 61076-106 (Variant 1)および IEC 61076-2-101 で規定されています。両方のコネクタ設計とも、IEC60529（インターナショナル プロテクション クラス）に準拠した IP65/IP67 の防水性を提供します。

両方のコネクタ設計とも、プラスチック製または金属製の外部ハウジング構造が利用できます。コネクタの外部ハウジング構造の材質は、アプリケーションに依存します。詳細については、MICE テーブル（第 5 章 73 ページの表 5.1）を参照してください。

## 標準 8 極モジュラコネクタ（RJ45）

非保護 8 極モジュラコネクタは、EtherNet/IP 用の IP65/IP67 仕様を満足するように設計されていません。また、バランスが低くなる可能性があり、クロストークについても産業アプリケーション用としては高くなりすぎる可能性があります。さらに、一部の 8 極モジュラコネクタでは振動に対する問題（接触不良、コネクタの破損）が発生しやすくなる場合があります。

### EtherNet/IP 防水型 8 極モジュラコネクタハウジング

防水型 8 極モジュラコネクタは、厳しい環境下で信頼性の高いコネクションを提供するのに重要な役割を果たします。EtherNet/IP は、IEC 61076-3-106 の Variant 1 をサポートします。このコネクタは、情報および制御アプリケーションでの使用に適しています。

表 2.1 に、産業用 EtherNet/IP システム用 8 極モジュラコネクタ（防水型および非防水型）のコネクタパラメータを示します。

**表 2.1　産業用 EtherNet/IP システム用 8 極モジュラコネクタのパラメータ**

| 仕様 | タイプ | |
|---|---|---|
| パラメータ | シールド付き 8 極モジュラコネクタ | 8 極モジュラコネクタ |
| 導線 | 8+1 シールド付き | 8 |
| 接点 LLCR 寿命超過 | <20 mΩ | <20 mΩ |
| 初期 | <2.5 mΩ | <2.5 mΩ |
| 接点寿命 | 最低 750 回の挿入/引き抜き挿抜 | 最低 750 回の挿抜挿入/引き抜き |

防水型 8 極モジュラコネクタは、EtherNet/IP 仕様を満足し、ODVA が選択したカプセル化方式を使わなければなりません。

重要：全ての 8 極モジュラコネクタが厳しい環境に適しているわけではありません。目的とする環境に合わせて慎重に 8 極モジュラコネクタを選んでください。ODVA 産業用 EtherNet/IP 仕様で認証されたコネクタだけを検討してください。

**図 2.4　プラスチックハウジング内の 8 極モジュラ防水型ジャックおよびプラグ**

**図 2.5　金属ハウジング内の 8 極モジュラ防水型ジャックおよびプラグ**

現在、2 つの 8 極モジュラ配線方法があります。T568A と T568B のどちらを使っているかに応じて、対 2 と対 3 が入れ替えられます。同一チャネルに 2 つの配線方法が混在すると、チャネルの性能を阻害する可能性があるため、推奨されません。図 2.6 に、8 極モジュラコネクタの 2 つのピン/対割当を示します。

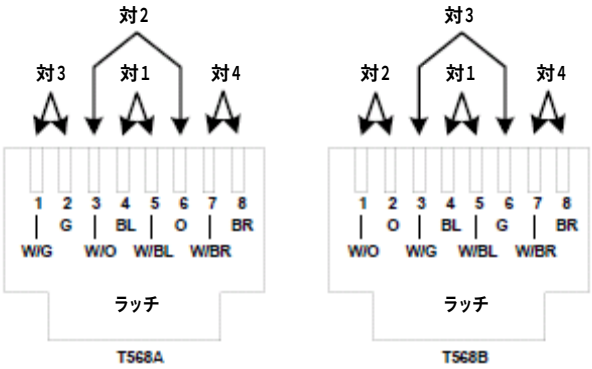



**図 2.6　ピン/対配線割当**

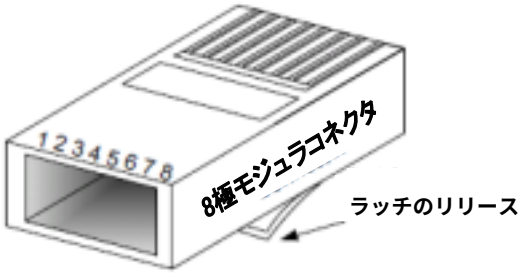



**図** 2.7　8 **極モジュラプラグのピン配列**

TIA T568A は、2 対式電話システムをサポートする必要のある一般的なアプリケーションに使用されます。2 対式電話システムをサポートする必要がない場合、どちらかの配線システム（T568A または T568B）が使えます。選択された配線方式は、リンクまたはチャネル全体に適用されます。

## 4 極 M12 D コーディングコネクタ

4 極 M12 “D”コーディングコネクタは、EtherNet/IP 用 IP65/IP67 仕様に合わせて防水型になっており、厳しい環境下でも IEC 61076-2-101 に準拠して動作するように設計されています。

4 極 M12 “D”コーディングコネクタと一緒に使えるのは、2 対ケーブルだけです。音声、動画、データ（1 Gbps および 10 Gbps イーサネット）のような一般的アプリケーションを全てサポートする必要がある場合、4 対ケーブル、8 極モジュラコネクタおよび互換コンポーネントを使わなければなりません。チャネル内での 2 対と 4 対ケーブル配線規則については第 4 章を参照してください。

表 2.2 は、産業用 EtherNet/IP システムのコネクタパラメータを記載しています。

**表 2.2　産業用 EtherNet/IP システム用 4 極 M12 コネクタのパラメータ**

| 仕様 | タイプ | |
|---|---|---|
| パラメータ | M12 シールド付き | M12 シールドなし |
| 導線 | 4+1 シールド付き | 4 |
| 接点 LLCR 寿命超過 | 最大：寿命超過 5mΩ | |
| 初期接点 LLCR | 定格：<1 mΩ | |
| 接点格付け | 最低 3 アンペア | |
| 接点めっき | 50 マイクロインチのニッケル上に 30 マイクロインチ[1]の金、または 50 ニッケル上の 20 マイクロインチのパラジウムニッケル上に最低 5 マイクロインチの金 | |
| 接点寿命 | 750 回の挿抜 | |

[1]　金は最低 24 カラットでなければなりません。

**図 2.8　M12-4 コネクタ**

4 極の M12 丸型コネクタは、EtherNet/IP 仕様に適合していなければなりません。

**重要：**性能の低下または接触不良を回避するために、メーカが指示する施工要領を守ってください。

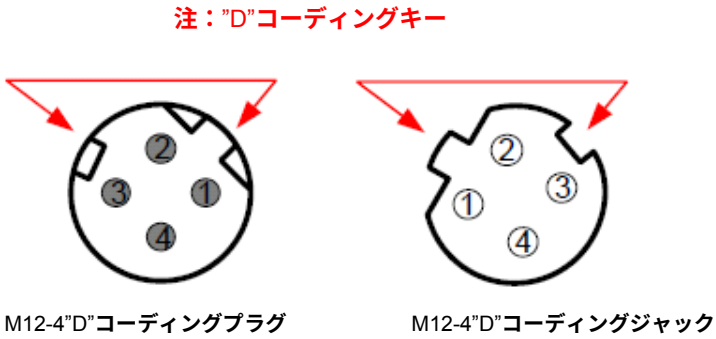



**図 2.9　M12-4 コネクタのキーコーディング**

# コードセット

コードセットは、ケーブルと現場で施工可能なコネクタを使って現場にて組み立てることができます。または、工場で製造したオーバーモールドのコードセットを購入することもできます。プラグ対プラグの構成は、少なくとも 4 つのタイプがあります。

- 非防水型 8 極プラグから 8 極プラグへ
- 防水型 8 極プラグから防水型 8 極プラグへ
- M12-4“D”コーディングプラグから M12-4“D”コーディングプラグへ
- 8 極プラグから M12-4“D”コーディングプラグへ

上記のそれぞれについて、シールド付きまたはシールドなしの場合があります。また、シールド付きタイプのコネクタハウジングは、金属シェルタイプを使うことが可能です。上記の全てのケーブルはクロスオーバーケーブルとしても購入できます。第 5 章では、4 種類のケーブルおよびクロスオーバーケーブルのそれぞれについて、ピン/信号および対の割当が詳細に解説されています。

## 同一チャネル内での 2 対および 4 対ケーブル配線のルール

4 極 M12”D”コーディングコネクタを利用する場合、2 対ケーブル（シールド付きまたはシールドなし）を使ってください。

ケーブル対の間で干渉が発生するため、4 極 M12”D”コーディングコネクタと一緒に 4 対ケーブルは使わないでください。アプリケーションをフルにサポートする必要がある場合や、将来のシステム増設で全て 4 対ケーブルにする必要がある場合を除いて、8 極モジュラコネクタと一緒に 2 対ケーブルを使うことができます。フルサポートが必要な場合、全 4 対をサポートするコネクタだけを検討してください（すなわち、1 Gbps、10 Gbps イーサネット、Power over Ethernet(PoE)等）。

## 同タイプのコネクタ間で接続を行うコードセット

### 8 極モジュラコネクタのコードセット

本セクションで詳細に記載されているとおりに、ストレートの 8 極モジュラコードセットを組み立てます。ケーブル対の組み合わせやカラーコードには特に注意を払ってください。コネクタピンの対が正しい組み合わせになっていることが非常に重要です。また、対 1 を超えて対 2（T568A）または対 3（T568B）が分岐することに留意してください。

8 極モジュラコードセットは、両端にプラグを付けて組み立てます。1 つのプラグおよび 1 つのジャックから延長ケーブルをつなぐこともできます。両方のコネクタともケーブルタイプのコネクタでなければなりません。1 つのチャネル内でのコードセットの最大長については第 3 章を参照してください。

**図** 2.10　8 **極モジュラコネクタ防水型コードセット**

### M12-4“D”**コーディングコネクタのコードセット**

M12-4“D”コーディングコードセットは、プラグを使って組み立てます。一部のケースでは延長ケーブルが必要となりますが、この場合は 1 つのプラグと 1 つのジャックで組み立てます。カラーピンの割当には特に注意を払ってください。コネクタピンの対が正しい組み合わせになっていることが非常に重要です。両方のコネクタともケーブルタイプのコネクタでなければなりません。コードセットは、市販のものを購入することもできますし、現場で組み立てることもできます。1 つのチャネル内でのコードセットの最大長については、第 3 章を参照してください。2 対チャネルには 4 対ケーブルを使うことをお勧めします。1 つのチャネル内で 2 対と 4 対のケーブルを混在しないでください。

**図** 2.11　M12-4 **シールド付フィールド組み立てコードセット**

**図** 2.12　M12-4 **オーバーモールドコードセット**

### 2 つのコネクタタイプ間で接続を行うコードセット

コードセット（現場での組み立てまたは工場でのオーバーモールド）は、1 つのコネクタタイプから別のコネクタタイプへの接続を提供します。EtherNet/IP は、8 極モジュラコネクタと M12-4“D”コーディングコネクタのタイプ間での接続をサポートしています。このケーブルの組み立てには 2 対ケーブルを使うことを強く推奨します。

### クロスオーバー機能のあるコードセット

8 極モジュラクロスオーバーケーブルは、10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps, および 10 Gbps のデータ速度の機能が全てあります。M12 クロスオーバーケーブルは、10 Mbps1 と 100 Mbps のデータ速度（全部 2 対のシステムの場合）だけをサポートします。クロスオーバーケーブルが 10 Mbps と 100 Mbps だけをサポートする場合、対 2 と対 3 だけをクロスする必要があります。対 1 および対 4 はストレートスルーで構成できます。1 つのチャネル内では 1 つのクロスオーバーケーブルだけを使うべきです。他の全てのコネクションはストレートスルーにしなければなりません。

## モジュラネットワークの構築

モジュラシステムを設計するのが望ましいでしょう。モジュラ設計により、ある時点で予備検査およびコンセプトの実証が可能となり、最終時点での分解と再構築が簡単になります。さらに、システムが障害になっても、サブアセンブリを入れ替えることで迅速に修正することができます。ケーブルグランドまたはコンジットの代わりにコネクタを利用しているシステムは、筐体全体を簡単に入れ替えることができますので、障害となった通信ネットワークの平均修理時間（MTTR）およびダウンタイムが減少します。バルクヘッド接続はモジュラ性となっています。

### バルクヘッド接続（バルクヘッド コネクション）

ケーブルが配線盤を貫通しなければならない場合は、バルクヘッド接続、またはケーブルグランドが使用可能です。

### パッチパネル

パッチパネルとは、通信システムの入力回線と出力回線の間の手動交換局として機能するソケットのグループです。産業用制御システムでは、パッチパネルは I/O デバイスとスイッチ間のインタフェース用に使うことができます。パッチパネルは産業用制御分野では不要ですが、より柔軟性を必要とする場合に利用することができます。

### 配線の例

パッチパネルは、柔軟性を向上させ、ネットワーク再構成を簡単にします。多くの制御アプリケーションにおいて、柔軟性および再構成は不要です。パッチパネルはスペースを余分に必要とします。コストが増加し、潜在的な障害発生点となります。以下に、複雑なシステムから単純なパッチコードまでの配線例を示します。

パッチパネルは、産業制御用としては特に必要ないことに注意してください。図 2.13 から 2.16 に示されているとおり、制御装置および I/O デバイスは構成の中で直接接続することができますし、あるいはハブまたはスイッチ経由で接続することができます。

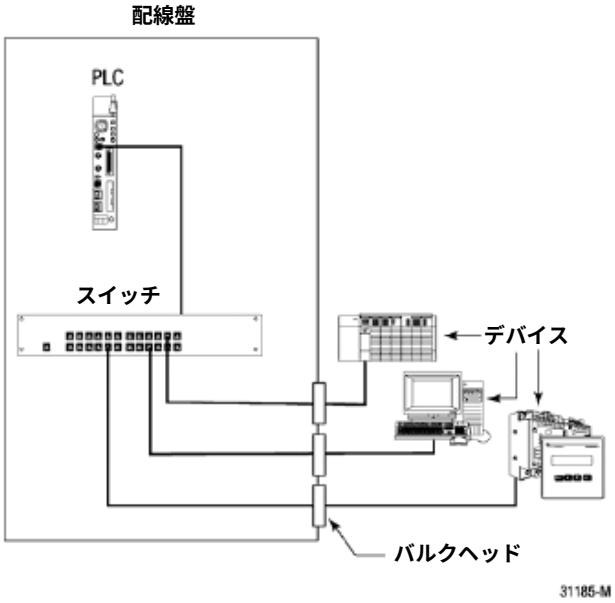



**図 2.13　パッチパネルのない配線**

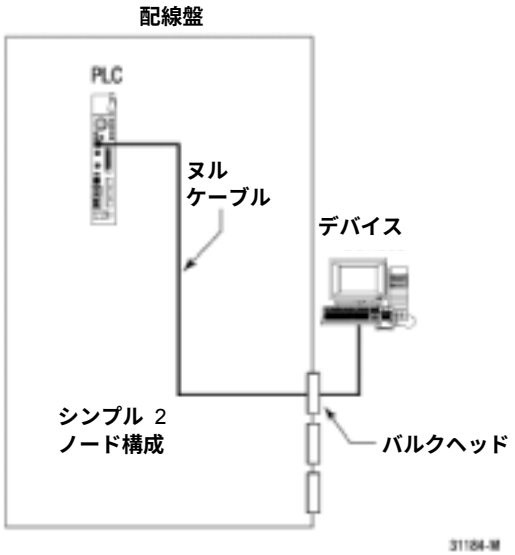



**図 2.14　クロスオーバー（ヌル）ケーブルを使ったダイレクトコネクション**

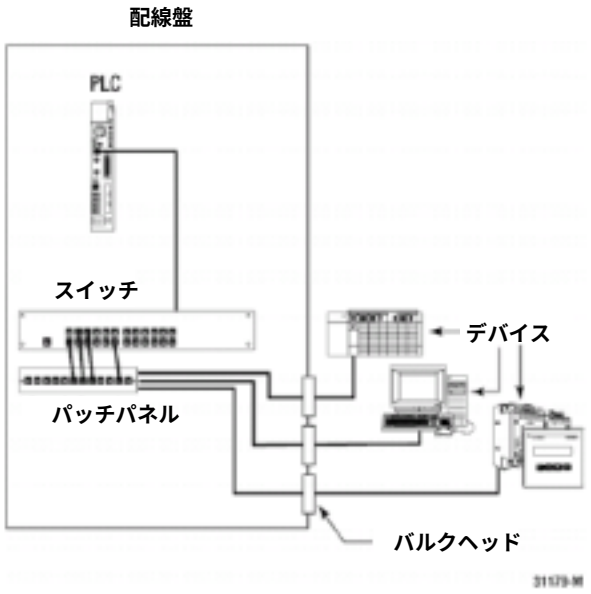



図 2.15　パッチパネルを使ったスター配線

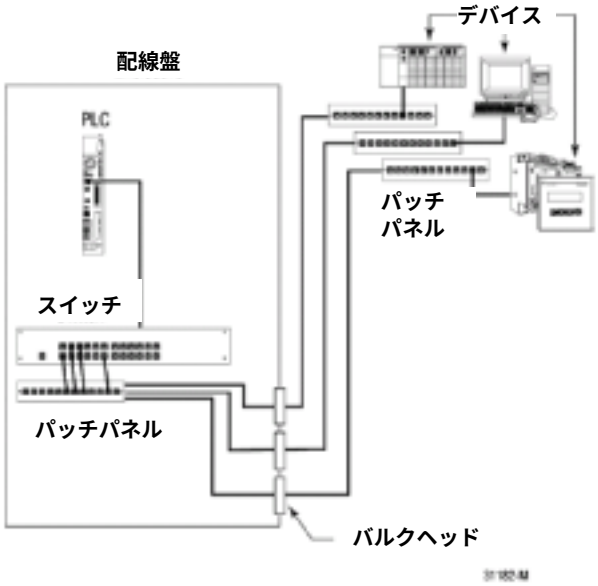



図 2.16　パッチパネルを使った階層型スター配線

## 配線盤

産業分野の環境では、制御装置およびスイッチは、厳しい環境から影響を受けやすい敏感な機器を保護するために、保護筐体（すなわち、IP または NEMA に準拠する筐体）の内部に搭載することがよくあります。バルクヘッドコネクタ、ケーブルグランドまたはコンジットを使えば接続は簡単になります。

# 第 3 章
# EtherNet/IP 銅線ケーブル配線のプランニング

ユーザは、本章を読んだ後、設備の設計図を見て、ネットワークを敷設するのに最適の場所はどこかを調べてみてください。第 2 章では EtherNet/IP 用のコネクタについて詳しく解説しました。本章では、銅線コネクタおよびコードセットの配線およびピン配列について記載しています。また本章は、パッチコードを使ってある銅線から別の銅線へ変換するためのピン配列についても解説しています。

## システムのプランニング

### バックボーンまでの接続の決定

以降のセクションでは、ネットワークを設計し安全を確保するために検討しなければならない事項のいくつかを説明します。

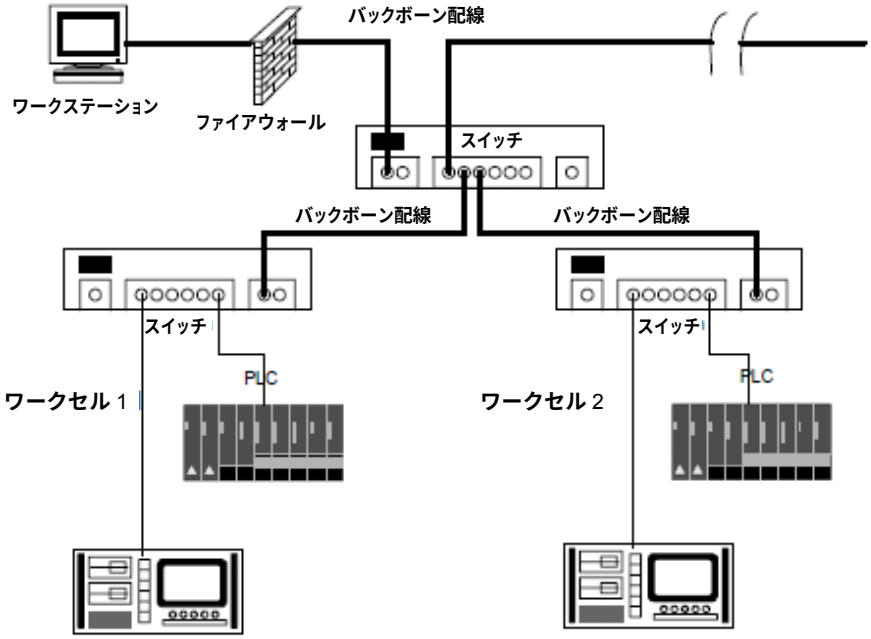



図 3.1　バックボーン接続

## ネットワークセキュリティ

制御アプリケーションでは、いつでも 100%制御ネットワークにアクセス可能であることが必要との前提に立つべきです。他のユーザが制御ネットワークに侵入することが、処理の遅延や制御不能を引き起こす可能性があります。このため、制御ネットワークはオフィス環境やインターネットから隔離しなければなりません。設計者は、フィルタ装置、ゲートウェイ、ファイアウォール、ルータ、および/または適切なセキュリティソフトウェアを使って適切なセキュリティを保つようにすることが強く求められます。設計者および保守要員は、電話モデムのように、ネットワークセキュリティをバイパスする可能性のあるデバイスが制御ネットワークに敷設されることに注意を払ってください。

特にネットワークサポート要員は、システム保守作業や状態監視作業での不注意な侵入、ネットワークのアップグレード、ブロードキャスト・ストームは制御システムを停止させる可能性があることに注意しなければなりません。ネットワークセキュリティの詳細は本書の対象外ですので、設計者は適切な標準を参考にしてください。

## ポート数および/またはデバイスポート数の決定

必要なポート数は、ネットワークに接続予定のデバイス数に依存します。システムの各ノードに 1 つのポートが必要です。後日ノードを追加する予定であれば、最初にネットワークを敷設する時に、追加ノード用のケーブルおよびコネクタを発注し敷設することを考慮すべきです。これにより運転中のネットワーク中断時間が最小化されます。経験的に言えば、設計者は、将来の増設用としてスイッチやパッチパネルを 20%以上余分に見積もってシステムを設計するとよいかもしれません。

ネットワークでいくつのポートを必要とするかを決定する場合、以下の装置の数と位置を検討してください。

- ワークステーション
- I/O ラックおよびモジュール
- HMI
- PLC
- センサ/アクチュエータ（EtherNet/IP ベース）
- 将来の増設

余分なポートは、保守要員に知らせるために、将来増設用の制御ポートという印を付けるべきです。

## 知っておくべき用語

チャネル：アプリケーション特有の機器が接続されている 2 つのポイントを結ぶエンド to エンドの伝送路（TIA/EIA 862）。たとえば、2 つのプラグを結ぶケーブル配線のセグメントはチャネルです。

**リンク**：端末機器、ワークエリアケーブル、および装置ケーブルを含まない、2 つのポイントを結ぶ伝送路（TIA/EIA 862）。たとえば、2 つのジャックを結ぶケーブル配線のセグメントはリンクです。

# 銅線コネクタ

EtherNet/IP 用の 8 極モジュラコネクタには 2 つのスタイルがあります。標準的な保護されていない 8 極モジュラコネクタと防水型 8 極モジュラコネクタです。この 2 つは、同一のピンワイヤ割当になっています。これらは、2 対および 4 対ケーブル配線システムで使うことができます。また EtherNet/IP は、M-12 “D”コーディングコネクタもサポートします。これらは、2 対ケーブル配線システムで使うことができます。未使用の対（1 および 4）を正しく成端しないかぎり、4 対ケーブルを M-12 “D”コーディングコネクタと一緒に使うことは推奨されません。EtherNet/IP コネクタのタイプに関する詳細については、第 2 章を参照のこと。

## 8 極コネクタのピン配列

図 3.2 の 8 極モジュラピン配列は IP20 および防水型に適用されます。

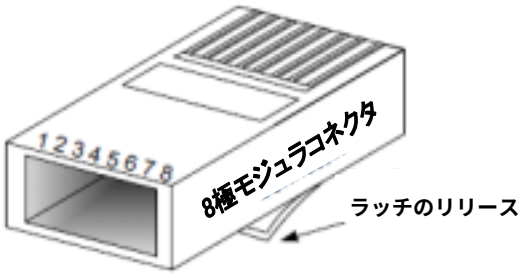



**図 3.2　8 極モジュラコネクタのピン配列**

8 極モジュラコネクタのピン/対割当を図 3.3 に示します。

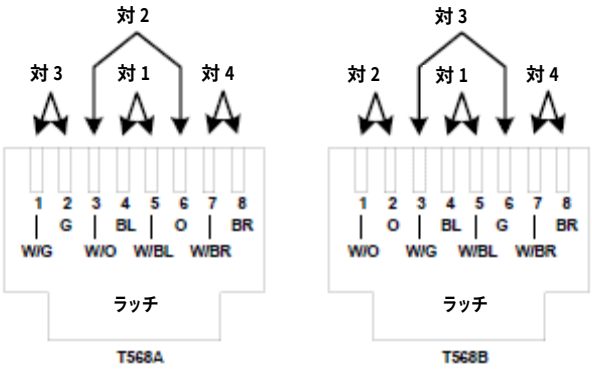
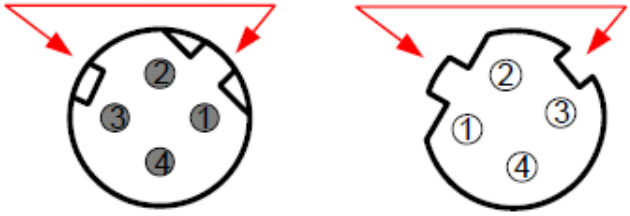



**図 3.8　8 極モジュラピン割当**

***注：***1 つのチャネル内で T568A および T568B の配線を混ぜてはいけません。T568A および T568B の両方のピン/対割当については、本章 32 ページの表 3.1 を参照のこと。

## 4 極 M12”D”コーディングコネクタ

**注：**”D”**コーディングキー**




M12-4”D”**コーディングプラグ**　　M12-4”D”**コーディングジャック**

**図** 3.4　M12-4“D”**コーディングピン配列**

**表** 3.1　M12 **ピンおよび信号割り当て**

| M12 **ポール** | **ワイヤ色** | **名前** | **信号** |
|---|---|---|---|
| 1 | ホワイト・オレンジ | データ送信+ | TX+ |
| 2 | ホワイト・グリーン | データ受信+ | RX+ |
| 3 | オレンジ | データ送信- | TX- |
| 4 | グリーン | データ受信- | RX- |

# コードセットの組立

このセクションは、両端プラグ処理されたコードセット用のピン/対割当を詳細に解説します。コードセットは、工場か現場で組み立てることができます。以下の表および図は、コードセットの組立と確認に使うためのものです。全てのコードセットは、ケーブルタイプおよび環境条件に基づいたチャネルの制限に対応しなければなりません。

図 3.5 に、8 極防水型および非防水型のストレートスルーコードセットのピン/対ケーブル割当を示します。

# 8 極モジュラクロスオーバーケーブル

## 8 極モジュラコネクタ用のコードセット配線

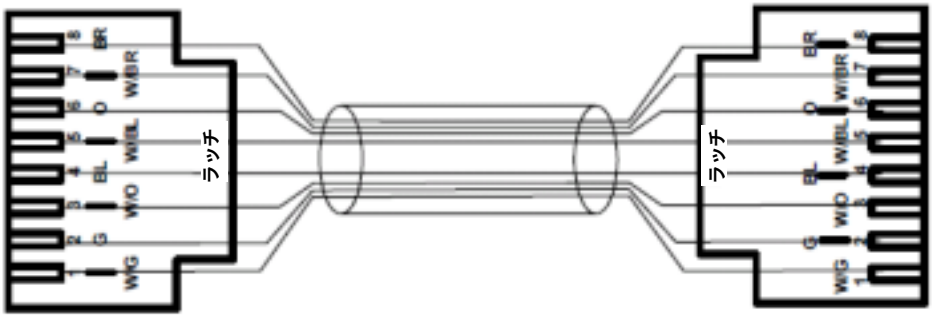



**図** 3.5　8 **極モジュラコネクタ用コードセット配線**

**表** 3.2　8 **極モジュラコネクタのピン/対割当**

| PIN | **信号名** | **ピン** T568A | **対割当** | **ピン** T568B | **対割当** |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | TXD+ | ホワイト・グリーン | 対 3 | ホワイト・オレンジ | 対 2 |
| 2 | TXD- | グリーン | | オレンジ | |
| 3 | RXD+ | ホワイト・オレンジ | 対 2 | ホワイト・グリーン | 対 3 |
| 4 | NA(1) | ブルー | 対 1 | ブルー | 対 1 |
| 5 | NA(1) | ホワイト・ブルー | | ホワイト・ブルー | |
| 6 | RXD- | オレンジ | 対 2 | グリーン | 対 3 |
| 7 | NA(1) | ホワイト・ブラウン | 対 4 | ホワイト・ブラウン | 対 4 |
| 8 | NA(1) | ブラウン | | ブラウン | |

(1)　10 Mbps および 100 Mbps ネットワークには使用されない。

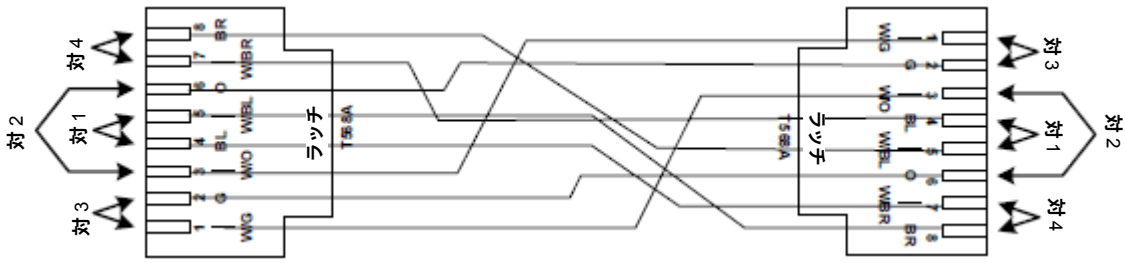



**図** 3.6　8 **極モジュラ完全クロスオーバーケーブル**

表 3.3　8 極モジュラクロスオーバーのピン/対割当

| PIN | 信号名 | ピン | 対割当 | PIN へのルート | ピン | 対割当 | PIN へのルート |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | TXD+ | ホワイト・グリーン | 対 3 | 3 | ホワイト・オレンジ | 対 3 | 3 |
| 2 | TXD- | グリーン | | 6 | オレンジ | | 6 |
| 3 | RXD+ | ホワイト・オレンジ | 対 2 | 1 | ホワイト・グリーン | 対 2 | 1 |
| 4 | NA(1) | ブルー | 対 1 | 7 | ブルー | 対 1 | 7 |
| 5 | NA(1) | ホワイト・ブルー | | 8 | ホワイト・ブルー | | 8 |
| 6 | RXD- | オレンジ | 対 2 | 2 | グリーン | 対 2 | 2 |
| 7 | NA(1) | ホワイト・ブラウン | 対 4 | 4 | ホワイト・ブラウン | 対 4 | 4 |
| 8 | NA(1) | ブラウン | | 5 | ブラウン | | 5 |

(1)　これらのワイヤのクロスオーバーは 10 Mbps および 100 Mbps チャネルには不要です。

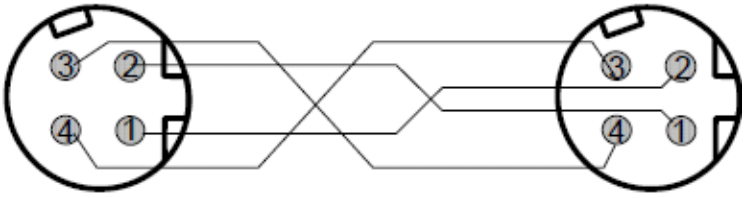
## M12-4“D”コーディングコネクタ用のコードセット配線

図 3.7　M12-4“D”ストレートスルーコードセット

表 3.4　M12-4“D”コーディングピン/対割当

| PIN | 信号名 | ピン T568A | 対割当 |
|---|---|---|---|
| 1 | TXD+ | ホワイト・オレンジ | 対 2 |
| 2 | RXD+ | オレンジ | |
| 3 | TXD- | ホワイト・グリーン | 対 3 |
| 4 | RXD- | グリーン | |

### M12-4“D”コーディングクロスオーバーケーブル用のコードセット配線




M12-4“D”コーディング　　M12-4“D”コーディング

図 3.8　M12-4 クロスオーバーケーブル

表 3.5　M12 から M12 へのクロスオーバーピン/対割当

| M12 ピン | M12 ピン | ワイヤ色 | 名前 | 信号 |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 1 | ホワイト・オレンジ | データ送信＋ | TX+ |
| 1 | 2 | ホワイト・グリーン | データ受信＋ | RX+ |
| 4 | 3 | オレンジ | データ送信－ | TX- |
| 3 | 4 | グリーン | データ受信－ | RX- |

## 異なるコネクタタイプ間での変換

### ストレートスルー変換

8 極モジュラコネクタと 4 極 M12”D”コーディングコネクタ間でクロス接続を行う場合のコードセット（プラグツープラグ）のピン配列情報を以下に示します。図 3.9 に、M12-4“D”コーディングコネクタと 8 極モジュラコネクタを使ったストレートスルー変換ケーブルの配線を示します。

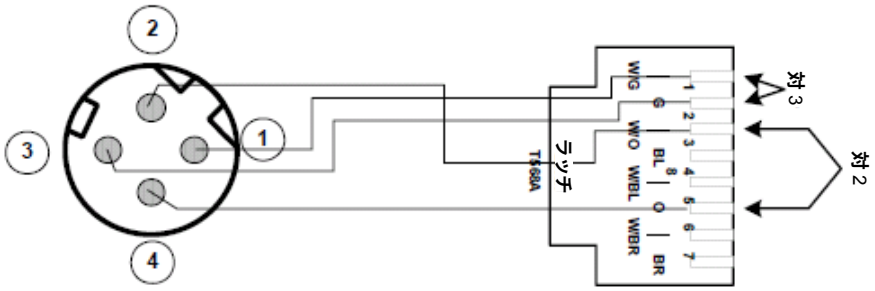



図 3.9　M12-4 から 8 極モジュラコネクタへの変換

表 3.6　接続ピン割当

| 8 極モジュラコネクタ | M12 ピン | ワイヤ色 | 名前 | 信号 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | ホワイト・オレンジ | データ送信＋ | TX+ |
| 3 | 2 | ホワイト・グリーン | データ受信＋ | RX+ |
| 2 | 3 | オレンジ | データ送信－ | TX- |
| 6 | 4 | グリーン | データ受信－ | RX- |

## クロスオーバー変換

図 3.10 に、M12-4“D”コーディングコネクタと 8 極モジュラコネクタを使ったクロスオーバー変換ケーブルの配線を示します。

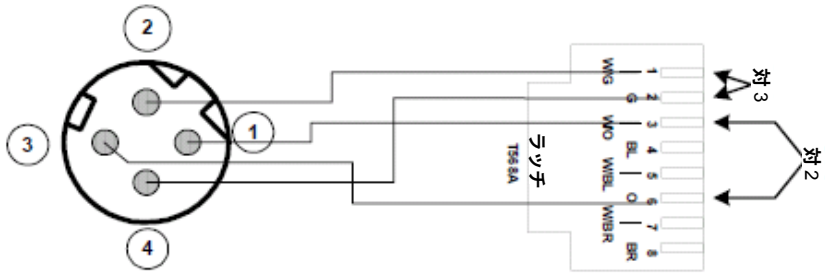



図 3.10　M12-4 から 8 極モジュラコネクタへのクロスオーバーケーブル

表 3.7　M12 から 8 極モジュラへのクロスオーバーピン/対割当

| 8 極モジュラコネクタ | M12 ピン | ワイヤ色 | 名前 | 信号 |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 1 | ホワイト・オレンジ | データ送信＋ | TX+ |
| 1 | 2 | ホワイト・グリーン | データ受信＋ | RX+ |
| 6 | 3 | オレンジ | データ送信－ | TX- |
| 2 | 4 | グリーン | データ受信－ | RX- |

# 銅線チャネルおよびリンクの長さと制限事項

## パッチコード

EtherNet/IP 仕様は、水平配線の各セグメントを 100m に制限しています。また、2 つの 5m パッチコードを使った場合、水平配線を最大 90m に制限しています。一部のアプリケーションでは、これより長いパッチコードを必要とします。これらのアプリケーションでは、水平配線の全長は、各コネクタ対による損失と 10m を超えるパッチコード長の追加分による損失を補正するように調整しなければなりません。

$$C = \frac{(102 - H)}{(1 + D)} \quad (1)$$

ここで：

C=ワークエリアケーブル、機器ケーブル、およびパッチコードを組み合わせた最大長(m)

H=水平ケーブルの長さ(m)（H+C</= 100m）

D=パッチコードタイプの制限要因（24 AWG UTP/24 AWG ScTP では 0.2、26AWG ScTP では 0.5）

W=ワークエリアケーブルの最大長(m)

T=水平、パッチ、および機器コードの全体長

チャネルについての撚り線導体ケーブルの最大長は 85m に制限されています。

**表 3.8　撚り銅線ケーブル制限**

| パッチコードゲージ | D<br>パッチ制限 | H<br>水平長<br>(H+C<=100m) | W<br>5m の機器ケーブル付きパッチコード長 | C<br>パッチコード・機器の全体長 | T<br>パッチコード・機器・水平の全体長 |
|---|---|---|---|---|---|
| 24AWG | 0.2 | 100 | 0 | 0 | 100 |
| 24AWG | 0.2 | 0 | 80 | 85 | 85 |
| 24AWG | 0.2 | 25 | 59 | 64 | 89 |
| 24AWG | 0.2 | 50 | 38 | 43 | 93 |
| 26AWG | 0.5 | 0 | 63 | 68 | 68 |
| 26AWG | 0.5 | 25 | 46 | 51 | 76 |
| 26AWG | 0.5 | 50 | 30 | 35 | 85 |
| 26AWG | 0.5 | 100 | 0 | 0 | 100 |

温度が上昇すると、抵抗が大きくなるため、銅線ケーブルの信号損失が大きくなります。最大チャネル長を決定する場合、銅線ケーブルのタイプに加えて（単線導体の水平配線または撚り線導体パッチコード）、このような損失の追加分も考慮しなければなりません。一般にシールド付き（STP）銅線ケーブルは、20℃から 60℃の間では、1℃温度が上昇するごとに 0.2%の減衰増加となります。一般にシールドなし（UTP）では、カテゴリ 5e ケーブルは、20℃から 60℃の間では、1℃温度が上昇するごとに 0.4%の減衰増加となります。一般にシールドなし（UTP）では、カテゴリ 6 ケーブルは、銅とプラスチックの成分が多いので、20℃から 40℃の間では、1℃温度が上昇するごとに 0.4%の減衰増加となり、40℃から 60℃の間では、1℃温度が上昇するごとに 0.6%の減衰増加となります。60℃を超えた温度での減衰の変化は、製品ごとに異なります。詳細についてはサプライヤにお問い合わせください。

チャネル長と減衰はリニアに関連しています。すなわち、減衰が 12%増加するとチャネル長は 12%短くなります。以下の例では、構成と温度が与えられたときに最大チャネル長をどのように計算するかを示しています。

$A_{Elev.Temp.} = A_{Increase\ Coefficient} * \triangle T$
$L_{Elev.Temp.} = A_{Increase\ Coefficient} * \triangle T$

ここで： $A_{Elev.Temp.}$=温度上昇による減衰
$A_{Increase\ Coefficient}$ =減衰温度係数
△T =温度の変化
$L_{Elev.Temp.}$ =温度上昇による最大長

***注***：計算を単純で確実なものにするために、温度はワーストケースの温度として全体長を扱うべきです。

単線導体、カテゴリ 5e の水平ケーブルを 60℃で使いたいとします。ケーブルタイプにより長さは 100m に制限されます。この距離は、温度上昇を考慮に入れるために制限しなければなりません。60℃は 20℃から 40℃高くなっていますので、40℃に 0.4%をかけて 16%の長さ減少となります。この減少パーセントとケーブルタイプの長さ制限とをかけて、長さの減少分を計算すると、16%×100m=16m、となります。

最大チャネル長は、ケーブルタイプによるチャネル制限から温度上昇による長さ減少分を引いて、100m－16m=84m、となります。60℃における全て単線導体,水平配線のカテゴリ 5e ケーブルの最大チャネル長は 84m になります。

60℃における全ての撚り線導体パッチコードのカテゴリ 5e ケーブルについては、以下のとおりです。

- ケーブルタイプのチャネル制限=85m
- 温度変化=40℃
- 温度係数=0.4%
- 総変化=16%
- 長さ減少=13.6m

60℃における全て撚り線導体パッチコードのカテゴリ 5 の最大チャネル長は 68.7m です。

25m の単線導体,水平配線のカテゴリ 5e ケーブルに、ある程度の長さの#24 AWG 撚り線導体、カテゴリ 5e パッチコードを 40℃で使う場合、以下の通りです。

25m の単線導体,水平配線ケーブルを 40℃で使う場合、ケーブル長が増えれば 8%の損失になります。

- 25 × 1.08 = 27m が実効長
- 27m を基準にすると、パッチコードの実効長=(102-27)/(1+0.2) = 62.5
- 撚り線導体パッチコードの実効最大長=62.5m
- 62.5m の撚り線導体カテゴリ 5e パッチコードは、さらに 8%の損失となるため、20℃における実際の長さ=62.5/1.08 = 57.9m

撚り線導体の実際の最大長=57.9m

チャネル全体長の制限は、単線導体,水平配線ケーブルの実際の最大長制限プラス、撚り線導体、パッチコードの実際の最大長制限であり、25 + 57.9 = 82.9m となる。

25m の単線導体、水平配線のカテゴリ 5e ケーブルの最大チャネル長制限は 40℃で 82.9m となり、撚り線導体のカテゴリ 5e パッチコードは最大 57.9m となります。

## EtherNet/IP コンポーネントの用途

データ速度が高くなればスループットも大きくなります。MICE に記載されているとおり、ノイズが上昇すれば、IEEE 802.3 にしたがって、1x10^-9 ビット誤り率（BER）の誤り率性能が強く求められます。

システムで誤りが増えれば、ネットワークトラフィックが増加します。トラフィックが増加すれば、レスポンスタイムも増加します。ユーザのアプリケーションが短いレスポンスタイムに依存している場合、ノイズやその他のトラフィック増加要因による誤りを最小限にするため、予防手段を講じなければなりません。全二重通信を使えば、コリジョンドメインを取り除くことにより、さらにスループットを引き上げます。システムにおける誤りは、ネットワークコンポーネントおよび/または敷設技法を正しく選ぶことによって減らすことができます。

高速イーサネットの場合、低ノイズ、高性能のケーブルとコネクタが強く推奨されます。ノイズ除去の劣化は、交換デバイスと周辺機器間のチャネル全体の劣化を招きます。EtherNet/IP デバイスを使っている場合、それは高ノイズ除去の特殊設計になっています。ネットワークに非 EtherNet/IP デバイス、ケーブル、またはコネクタのコンポーネントを導入すると、システムのノイズ除去が劣化し、正しく稼働しているネットワークが中断するおそれがあります。低ノイズのケーブル設計は、通常、大きな横変換損失（TCL）値を持っています。

たとえば、標準的ケーブルは約 60-20log(f)[dB]の TCL を持っています。図 3.11 のシェード部分は UTP ケーブルの性能を示しています。

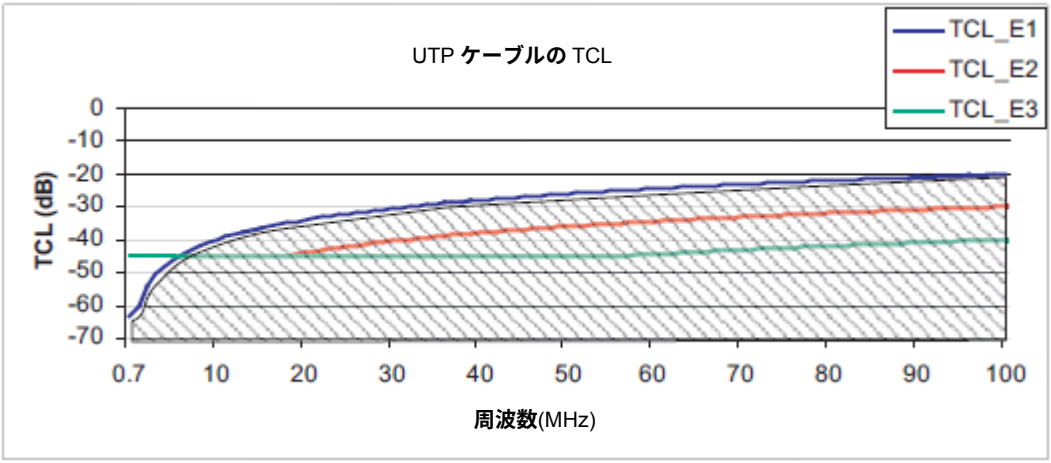



図 3.11　UTP 平衡ケーブルの TCL

## シールド付きケーブルの用途

### 遮蔽およびシールド付きツイストペア

どこにケーブルを敷設するかに応じて、MICE テーブルに基づいた環境に合った正しいケーブルを選択しなければなりません（第 5 章 73 ページの表 5.1）。シールド付きケーブルは、シールドなしケーブルより、EMI が高くノイズの多い環境でより高い性能を示します。しかしシールドは、産業ネットワークにとって致命的になりかねない接地ループを発生させます。したがって、シールド付きケーブルは、建物のグラウンド電位がどこも同電位であるような MICE の E3 環境で使ってください。シールド付きケーブルを使わなければならない場合、シールドの接地は、接地ループを除去するような方法で実行しなければなりません。これは、本章 45 ページの「ビル配線と接地方法」および/または、第 5 章「ネットワーク敷設」のケーブル組立で詳細に解説されたとおりの接地システムにすることで達成可能です。特に、ユーザのアプリケーションが高いノイズの MICE E3 環境で使う場合、またはケーブルをノイズ発生源のすぐ近くに通さなければならない場合、シールド付きケーブルを使うように計画してください。

ユーザのアプリケーションが以下に 1 つ以上当てはまる場合、「導線の分類」（後述）のセクションで定義されているとおり、ネットワークケーブルとノイズ発生源（配線も含む）との分離またはシールド付きケーブルを検討してください。

- 誘導溶接工程
- 高出力 RF 放射の近く
- 静電プロセス
- 大電流デバイス（100A 以上）

## 一般的配線ガイドライン

EtherNet/IP ケーブルを配線する場合、必ず以下のガイドラインにしたがってください。

- ケーブルが電力線と交差しなければならない場合、正しい角度にします。
- 高電圧の配電盤または RF/マイクロ波放射の発生源、誘導加熱機器からは少なくとも 1.5m（5ft.）離して敷設します。
- 導線が金属の配線路またはコンジット内にある場合、配線路またはコンジットの各セクションは、それぞれ隣接するセクションとのボンディングを行い、長さ全体にわたって電気的導通が保てるようにしなければなりません。
- 接地ループとノイズの侵入を減らすために等電位が望ましい。
- ケーブルサプライヤに問い合わせて、UTP ケーブルをコンジットまたは金属配線路に敷設した時に電気的性能が影響を受けないようにします。
- 環境に見合った正しいケーブル配線コンポーネントを使います（MICE テーブル、第 5 章 73 ページの表 5.1 を参照）。
- 偶然および/または意図的な損傷からケーブルおよびコネクタを保護します。

一般的配線ガイドラインの詳細については、IEEE 刊行物の IEEE 1100「配線および接地ガイドライン」および ANSI-J-STD-607-A「接地および接続要求条件」を参照してください。

## ケーブル敷設経路のプランニング

詳細については、電気通信連合の刊行物 ANSI/TIA 569-B「通信配線路およびスペース」を参照してください。

きわめて丹念にケーブルのプランニングを行い、電磁気干渉を生成する機器の近くにケーブルを敷設しないようにしてください。ケーブルを表 3.9 および表 3.10 の回路のようにグループ化してください。

特に、以下の周囲および近辺の敷設に注意してください。

- 照明
- モーター
- ドライブ制御装置
- アーク溶接機
- 誘導電気加熱炉
- RF フィールド（トランスミッタ）
- 上記のどれかに電力を供給している導線

以下のガイドラインは、IEEE 規格 518-1982「外部発生源から制御装置に入る電気的ノイズを最小化するための電気機器の敷設」と一致しています。ケーブルシステムのプランニングを行う場合、アプリケーションに応じて固有の敷設検討事項があります。

IEEE 1100 では導体が 3 つのカテゴリに分類されています。表 3.9 の導線 EMC カテゴリに基づいて、通信回線は高電圧導体からさらにスペースを空ける必要があるかもしれません（表 3.10 参照）。

## 導線の分類

表 3.9 に示すとおり、全てのワイヤおよびケーブルを 3 つの EMC カテゴリに分類してください。

**表 3.9　ノイズに関する回線のグループ化**

| この記述に合致する導線ケーブルをグループ化する | このカテゴリに入れる | 例： |
|---|---|---|
| **制御および AC 出力：カテゴリ 2 導線より電気的ノイズ耐性が高い高電力導線で、隣接導線が拾うノイズがより大きい。**<br>● IEEE **レベル** 3（**低感受性**）**および** 4（**電源**） | EMC1 | ● AC **電源線および** I/O **回路**<br>● **高出力デジタル** I/O<br>● **高出力デジタル** DC I/O<br>● **モーションドライブからモータへの電源コネクション（コネクタ）** |
| **信号および通信：カテゴリ** 1 **導線より電気的ノイズ耐性が低い低電力導線で、隣接導線が拾うノイズが少ない。（比較的** I/O **モジュールに近いセンサおよびアクチュエータに接続）**<br>● IEEE **レベル** 1（**高感受性**）**および** 2（**中感受性**） | EMC2 | ● **アナログ** I/O **およびアナログ回路用** DC **電源線**<br>● **低出力デジタル** AC/DC　I/O **回線**<br>● **低出力デジタル** I/O **回線**<br>● **プロセッサまたは** I/O **アダプタモジュール、プログラミング端末、コンピュータ、およびデータ端末間を接続する通信ケーブル（**EtherNet/IP, DeviceNet™, **および** CtonrolNet™**）** |
| **配線盤内部：盤内のシステムコンポーネントを相互接続する**<br>● IEEE **レベル** 1（**高感受性**）**および** 2（**中感受性**） | EMC3 | ● **低電圧** DC **電源線**<br>● **同一盤内のシステムコンポーネント同士を接続する通信ケーブル** |

## 配線盤内外での導線のケーブル敷設

ワイヤおよびケーブルを配線盤内外に敷設する場合、ある導線から別の導線へのカップリングノイズを防止するために、表 3.10 にある一般的ガイドラインに従ってください。以下を例外として、これらの一般的ガイドラインで与えられた間隔を守ってください。

- あるデバイスの複数接続ポイント（異なる EMC カテゴリの導線用）が全体として指定された間隔より短くなっている。
- アプリケーション特有の構成であり、その特定アプリケーションの解説書に間隔が記載されている。

***注：***これらのガイドラインはノイズ排除性のみを目的にしています。安全要求条件については、国内法規を守ってください。

表 3.10　ノイズ保護用配線敷設経路

| このカテゴリの導線ケーブルを敷設する | 以下のガイドラインに従うこと |
|---|---|
| **EMC1** | これらの導線は、最大 600 VAC（最大 100 HP のデバイスに給電）の装置電源導線を持つ同じケーブルトレイまたは配線管に敷設可能 |
| **EMC2** | ● 給電線とクロスしなければならない場合、正しい角度にすること。<br>● 高電圧配電盤または RF/マイクロウェーブ放射源から少なくとも 1.5 m (5 ft.)離して敷設する。<br>● 導線が金属製の配線溝またはコンジット内にある場合、その配線溝またはコンジットの各セグメントは、1)各隣接セグメントとボンディングして、長さ全体で電気伝導性が保てるようにしなければならない、2)エントリポイントで配線盤にボンディングしなければならない。<br>● EMC-1 導線から離れた配線管内に正しくシールド（該当する場合）および敷設する。<br>● 近接する配線溝または配線管の中の場合、20 A 未満の EMC-1 導線から少なくとも 0.08 m (3 in.)、20 A 以上で最大 100 kVA の AC 電源線から 0.15 m (6 in.)、100 kVA を超える AC 電源線から 0.3 m (1 ft.)離して敷設する。<br>● 近接する配線溝または配線管の中でない場合、20 A 未満の EMC-1 導線から少なくとも 0.15 m (6 in.)、20 A 以上で最大 100 kVA の AC 電源線から 0.3 m (1 ft.)、100 kVA を超える AC 電源線から 0.6 m (2 ft.)離して敷設する。 |
| **EMC3** | 盤内のすべての配線管の外側に導線を敷設する、または、該当する場合、EMC-2 導線に記載されたのと同じスペースを持つ EMC-1 導線から離れた配線管内に敷設する。 |

## 配線盤外でのケーブル敷設

保護筐体外部を通るケーブルは比較的長くなります。近くのケーブルからのクロストークを最小化するために、イーサネットケーブルと潜在的ノイズ運搬導線との間を最大限分離することは良い実務慣行です。表 3.11 のガイドラインに従ってケーブルの敷設を行うべきです。

表 3.11　高電圧導線に関連したスペース

| 電圧レベル | 最低距離 |
|---|---|
| 0-100 V | 8 cm (3in.) |
| 101-200 V | 11 cm (4in.) |
| 201-300 V | 13 cm (5in.) |
| 301-400 V | 16 cm (6in.) |

## 配線路レイアウトの検討事項

以下のガイドラインは、IEEE 規格 518-1982「外部発生源から制御装置に入る電気的ノイズを最小化するための電気機器の敷設」と一致しています。ケーブルシステムのプランニングを行う場合、アプリケーションに応じて固有の敷設検討事項があります。

## 配線路

ケーブルのグループ化に関する地方自治体、州、国内の規定を参考にしてください。表 3.12 の制限より近くでイーサネットケーブルを通してはいけません。

**表 3.12　近接する金属配線路の通信配線敷設経路**

| 少なくともこの距離でケーブルを敷設する | この強さのノイズ源から | これらの電圧を持つケーブルから |
|---|---|---|
| 8.3 cm (3.25in.) | 20 アンペア未満の EMC1 導線 | 24～100 |
| 15 cm (6in.) | 20 アンペア以上 100 kVA 以下の AC 出力線 | 101～200 |
| 30 cm (12in.) | 100 kVA を超える AC 出力線 | 201～400 |

## 配線盤内でのケーブル敷設

保護された配線盤の内部を通るケーブルセクションは比較的短くなります。配線盤外部の配線と同様に、イーサネットケーブルとカテゴリ 1 導線との間を最大限分離しておくべきです。

配線盤内部にケーブルを通す場合

- カテゴリ 1 導線から分離された配線路または同一配線盤内の全配線路の外部に導線を敷設します。
- 同類の導線（すなわち通信、電力、および I/O）との配線路を維持します。

**表 3.13　配線盤内部の導線スペース**

| 少なくともこの距離でケーブルを敷設する | この強さのノイズ源から |
|---|---|
| 0.08 m (3in.) | 20 アンペア未満の EMC1 導線 |
| 0.15 m(8in.) | 20 アンペア以上 100 kVA 以下の AC 出力線 |
| 0.6 m (24in.) | 100 kVA を超える AC 出力線 |

# ビル配線:・接地方法

TN-C と TN-S の 2 つのビル配線方法が使われています。使う方法は、通信システムのノイズ性能に直接的に影響する可能性があります。

## TN-C 配線・接地方式

この配線方式は、通信回路を使った敷設には推奨されません。図 3.12 に、保護接地（PE）線と中性線がどのように 1 つの導線に組み合わせられているかを示します。この結果、負荷（デバイス）から発生するノイズは主に中性線で戻ってきます。PE 接続を持つデバイスは、この導線と接続されます。PE 線と中性線が 1 本の導線になっている場合、接地すなわち PE もノイズを持ちます。各デバイスはこの PE 中性線にそれぞれ自分のノイズを加えるため、ノイズ電流の増加とデバイス間のオフセットが生じます。次にノイズ電圧のオフセット電流はデバイス間を流れます。通信ケーブル配線がシステムの一部となっている場合、特にシールド付き配線の場合、ノイズ電流の一部は通信ケーブル配線で検出されます。電流はコモンモードの形なので、UTP タイプのケーブル配線に対する影響は少なくなります。

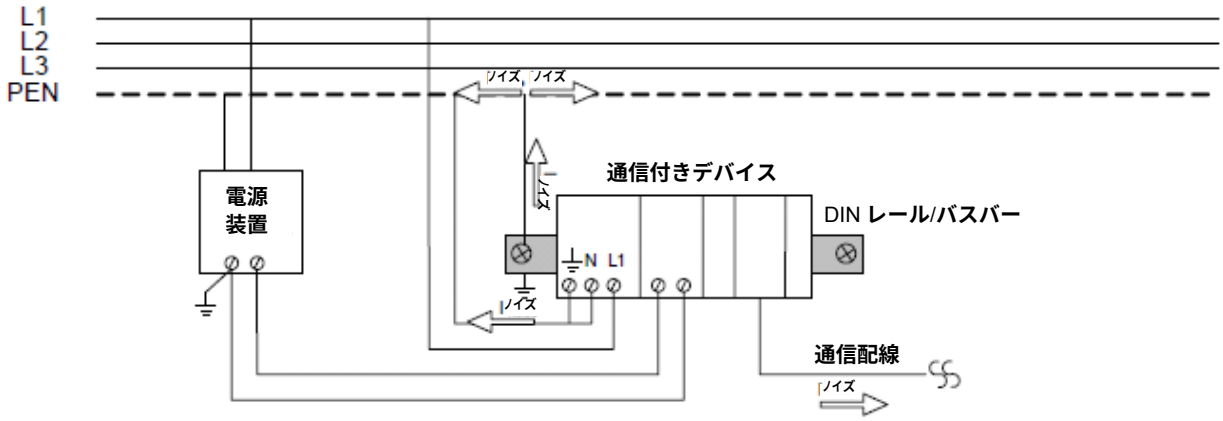



**図 3.12　TN-C 配線および接地図面**

## TN-S 配線方式

TN-S 配線方式（図 3.13）は中性線と PE 線を 2 つの回路に分割することによりノイズを減らします。導線が 1 本必要となりますが、これによって安全性が高くなります。PE 線上の唯一のノイズ電流は、モーターやドライブ制御装置のような、ローカルな接地接続とのカップリング構造を持ったデバイスから来たものです。このシステムを使うことが推奨されます。ただし、どちらのシステムも地域および国内の規定に準拠しなければなりません。

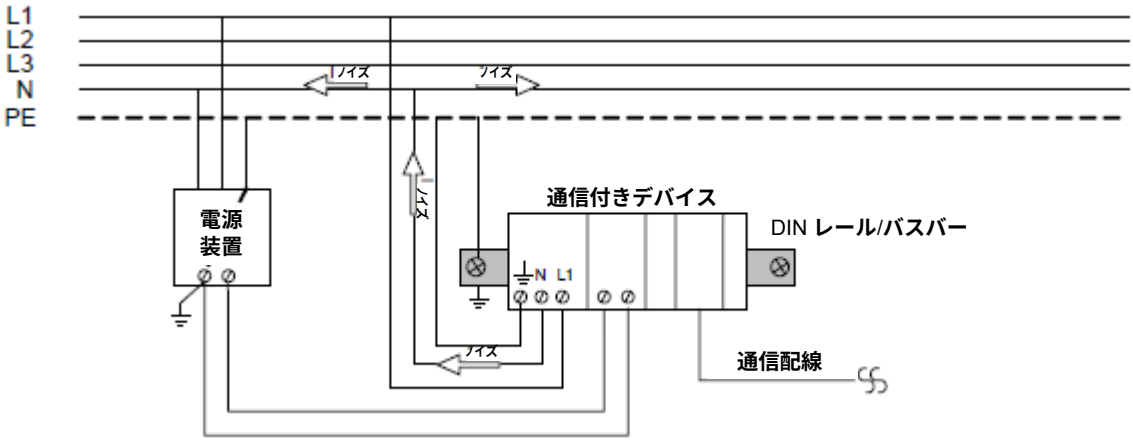



**図 3.13　TN-S 配線および接地図面**

# 性能向上のための接地およびボンディング

機器の設置およびボンディングには主に 2 つの方法があります。本セクションは、通信カバーエリア内での接地端子配分をどのように設計するかを解説します。EtherNet/IP は両方のシステム上で機能するように設計されていますが、ユーザのビル配線および接地システムの条件がわからない場合、スター/マルチスターシステムを使うことを推奨します。どちらのシステムも使わない場合、アース接続のない代替伝送媒体（たとえば光ファイバケーブル）を使います。

以下の 2 つが最も一般的なシステムです。

- スター/マルチスター
- 高度メッシュ（等電位）

## スター/マルチスター接地ボンディングシステム

高電流によって発生した接地パスのノイズ電流は、スター接地システムで信号アース端子と機器アース端子を分離することで制御可能です。これは、機器用と通信機器用の 2 つのスター端子を使うことで実現されます。通信機器用のシールドは信号アース端子だけに接続し、機器は信号アース端子に接続しないようにします。図 3.14 に示されている通り、2 つのシステムのスター端子はビル内の 1 つのポイントに収束しなければなりません。キャビネットからキャビネットへアースをデイジーチェーン接続しないようにします。

等電位化されていない場合、またはビルのアースシステムが低インピーダンスでないかノイズが多すぎる場合、ケーブルシールドの片端のみを終端します。できれば、他端はコネクタ部分でオープンにします。シールドは、デバイスのコネクタまで連続すべきです。

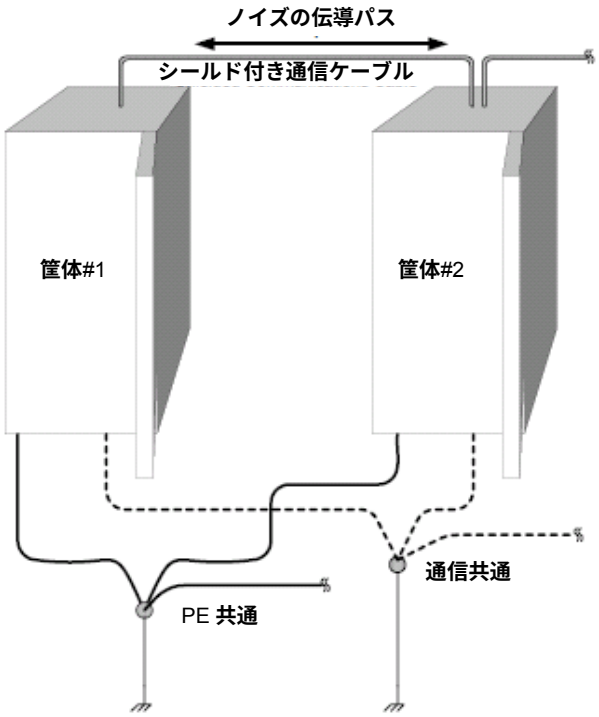



図 3.14　スターアース構成でのアース配線

## 等電位ボンディングシステム（高度メッシュ）

通常の場合、機器は接地済みシステムとして配置します。すなわち、図 3.15 に示されている通り、電力供給のアース端子は、TN-S（図 3.13）を使って、広い面積の上にある機能端子に接続されます。バスケーブルのシールドは、広い面積上で等電位システムに接続され、ここで制御キャビネットに入ります。等電位レールは、各キャビネットで接地され、他の制御キャビネットの等電位レールに接続されます。

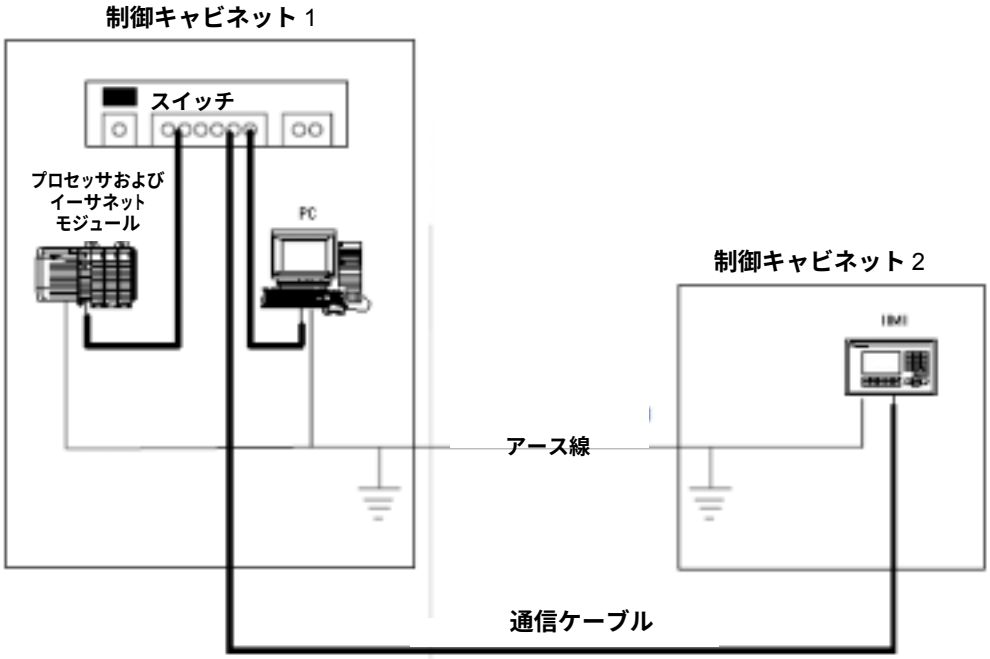



**図 3.15　接地済み基準電圧を持つプラントの EMC 準拠敷設**

情報関連システムのあるビルは、導電性エレメントの密着接合構造を持つ共通ボンディングネットワーク（CBN）を取り付けるべきです。これは、多くのパス上に干渉フローを拡散させます。図 3.16 および図 3.18 に示される通り、等電位ボンディングシステムは常に接地します。

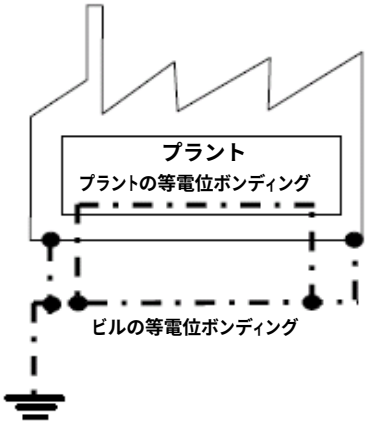



**図 3.16　ビルの等電位ボンディング**

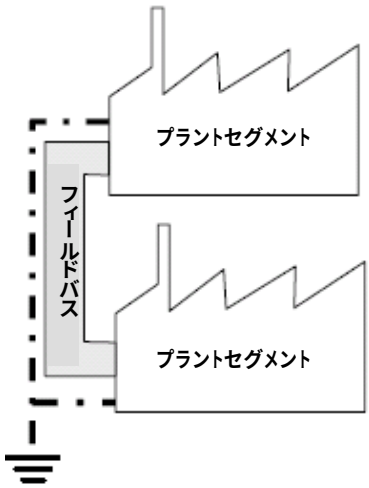



**図** 3.17　**ビル間の等電位ボンディング**

金属製通信ケーブルのシールドは、電気的な設備の接地リード線またはその他の導電性のあるビルの一部と一緒に、導体ループを形成します。環境における電流の流れは（たとえば電気の消費や落雷によって生じたもの）、これらの導体ループに干渉電圧を生じさせます。このようにして生じた電流変化は、等電位ボンディングシステムで制御し、干渉や損傷の可能性を減らさなければなりません。

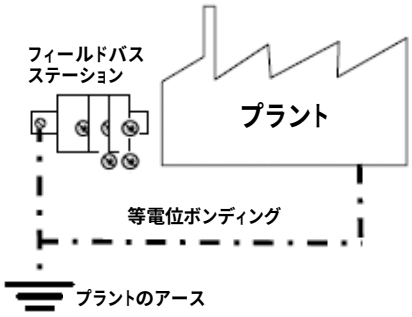



**図** 3.18　**等電位ボンディングおよびアース**

## シールド付きケーブルの接地

シールド付きケーブルには固有の接地要求条件があります。接地ループを除去することは、接地オフセットまたはローカルな接地過渡電流によって生じるノイズ干渉を減らす上で、きわめて大切です。接地オフセットは、あるシステムの 2 つのアース接地ポイント間で電位の違いがある場合に発生します。この電位の違いは、DC または AC または過渡電流です。2 つのポイントを結ぶケーブルは、電流を伝えるための第 2 のパスを形成します。通信ケーブルのシールドを介した電流はカップリングノイズして通信システムの導線に入ります。100m ケーブルの両端間の接地電位で、最大 45 ボルトもの高周波オフセット（過渡電流）が存在できます。このようなオフセットはシールド内にノイズ電流を発生させます。したがって、接地ループを除去するためには、EtherNet/IP ケーブルのシールドをスイッチ側のみで接地すべきです。

## アース電流の制御

ケーブル端点間の接地オフセットは、ケーブル配線システムにノイズを発生させます。このことは、遮蔽付、シールド付きケーブル配線システムには特によく当てはまります。放射され伝導される干渉の影響を減らすためには、接地が重要です。接地電流を制御することは、接地オフセットで生じた干渉を減らす上できわめて大切です。

通信ネットワークの設計者は、施設内の接地方式に関して工作機械のメーカに助言を与え、施設の設置方式にしたがって機械が接地されるようにすべきです。

通信の設計者は、以下に定義した必要接地レベルに到達するための方法を仕様化します。

- 接地抵抗のインピーダンスは 0.6Ω未満および 1Ω未満にすべきです。接地抵抗は、通信デバイスが接地されているか、ケーブルシールドが接地されている 2 つのポイント間で測定します。距離に応じて適切な導体サイズを使う必要があるかもしれません。
- 接地ケーブルから機器またはバスバーへの接続抵抗は 0.005Ω（5mΩ）未満であるべきです。

図 3.19 に示されているとおり、通信ネットワークの設計者は次の事柄を必要とします。

- アース線を接続する前に、アース表面に塗料が付着していれば、拭き取らなければなりません。
- ボルトとアース端およびアース端と地絡板の間に菊座ワッシャーを使わなければなりません。

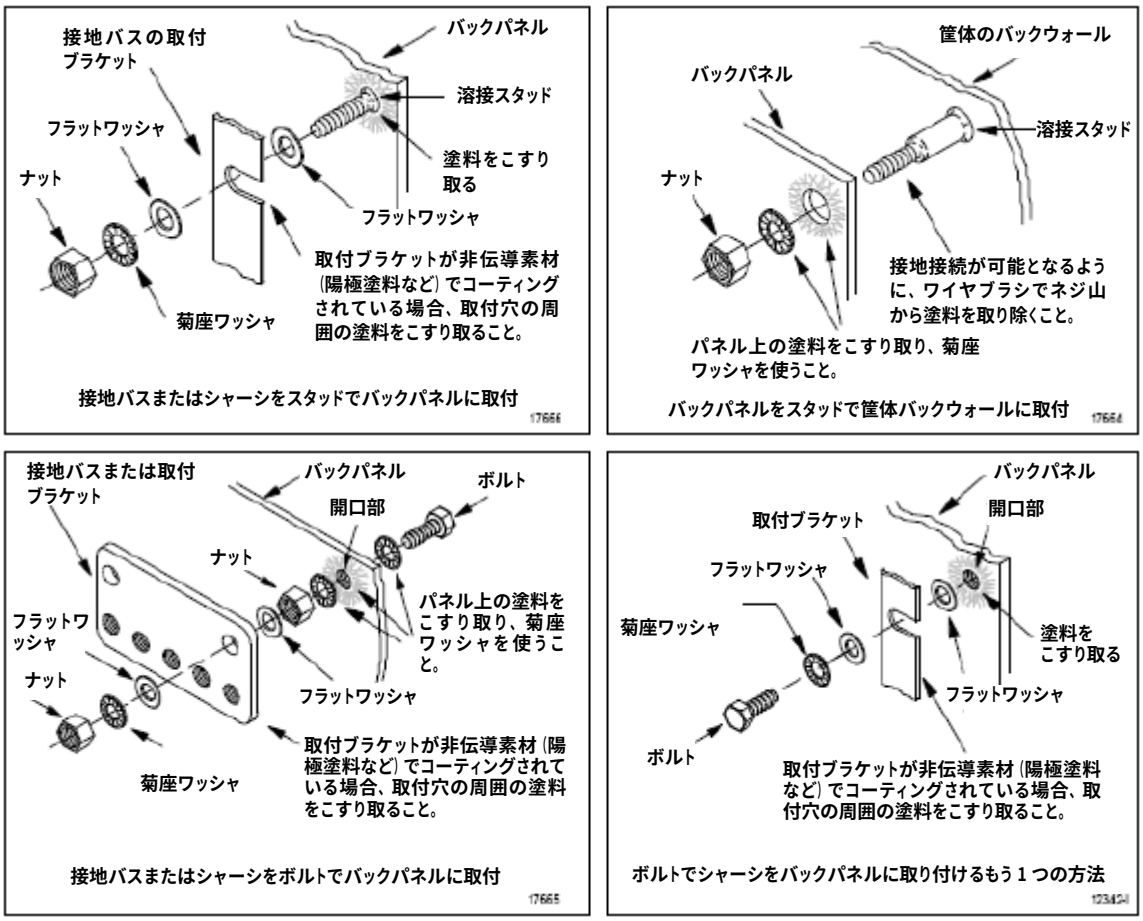



**図** 3.19　**搭載の詳細**

通常の場合、機器は接地済みシステムとして配置します。すなわち、図 3.15 に示されている通り、電力供給のアース端子は、広い面積の上にある機能端子に接続されます。バスケーブルのシールドは、広い面積上で等電位システムに接続され、ここで制御キャビネットに入ります。等電位レールは、各キャビネットで接地され、他の制御キャビネットの等電位レールに接続されます。

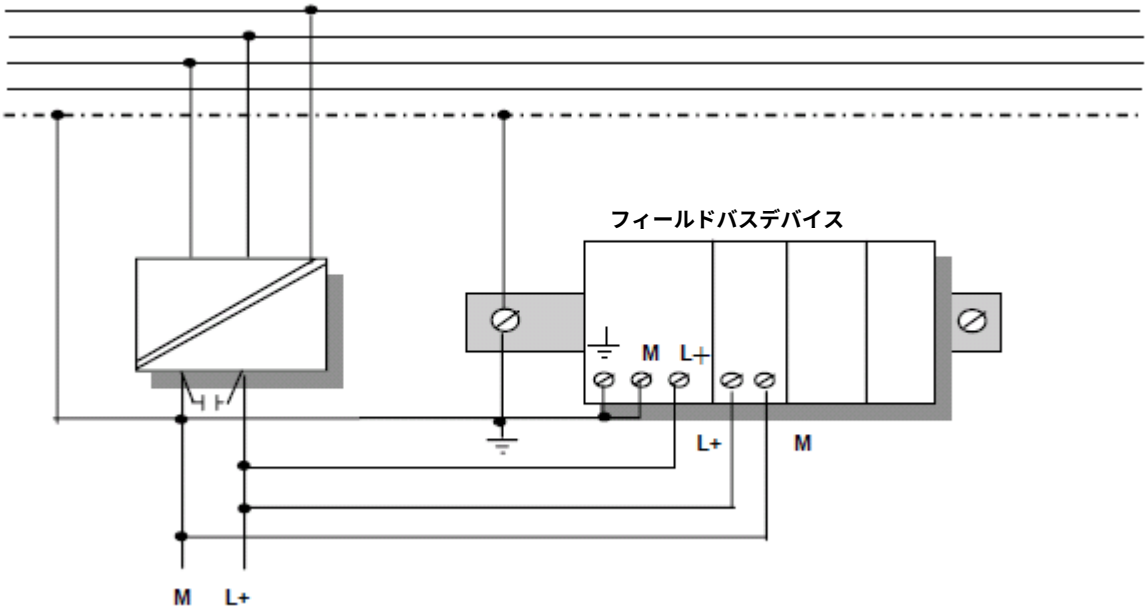



**図 3.20　接地基準電圧を持つプラントの配線図**

干渉によって問題が発生しやすくなる状況として、以下のものが含まれます。

- プラントが広大な面積に拡がっている
- 異なる電源からプラントに電力が供給されている
- ネットワークが複数のビルにまたがっている

これらの状況のどれかが当てはまる場合、EMC に有効な接地・等電位ボンディングシステムにするために、プランニング担当者は以下を遵守し、工事担当者のために仕様化すべきです。

- ビルの全ての金属建築コンポーネントから、低インピーダンスで大電流容量の共通ボンディングネットワーク（CBN）を形成する。
- アース線の長期的な信頼性を確保するために、腐食に対する適切な方策を講じる。
- アース線の導体サイズは、最大許容電流から選ぶ。
- 安全の検討事項については、遵守すべき国内標準が存在する可能性がある。

***注：***安全は常に EMC に優先します。

## 等電位ボンディングによるシールド接続

シールドは、地方自治体および国内標準に従ってボンディングを行わなければなりません。性能と両立しない場合、他のメディアを選ぶべきです。

## 接地なし基準電圧による設備設計

例外的な状況として、機器は接地のないシステムとして配置することができます。高い短絡回路電流が発生する可能性がある場合には、これが必要となります（たとえば、誘導炉などにより）。「接地なし」という用語は、抵抗器・キャパシタ（R/C）並列回路が通信シールドとアースの間に取り付けられている場合にも使われます（図 3.21 を参照）。

干渉排除性を向上させるために、このタイプの R/C 回路が多くのデバイスに取り付けられます。また、非接地での配置は、制御されていない等化電流がネットワークのデバイスを破壊しないように確保できます。関連する安全性規制は順守しなければなりません。ほとんどの EtherNet/IP デバイスは、ジャックシールドとデバイスのアース端子の間に R/C 回路を使って設計されています。

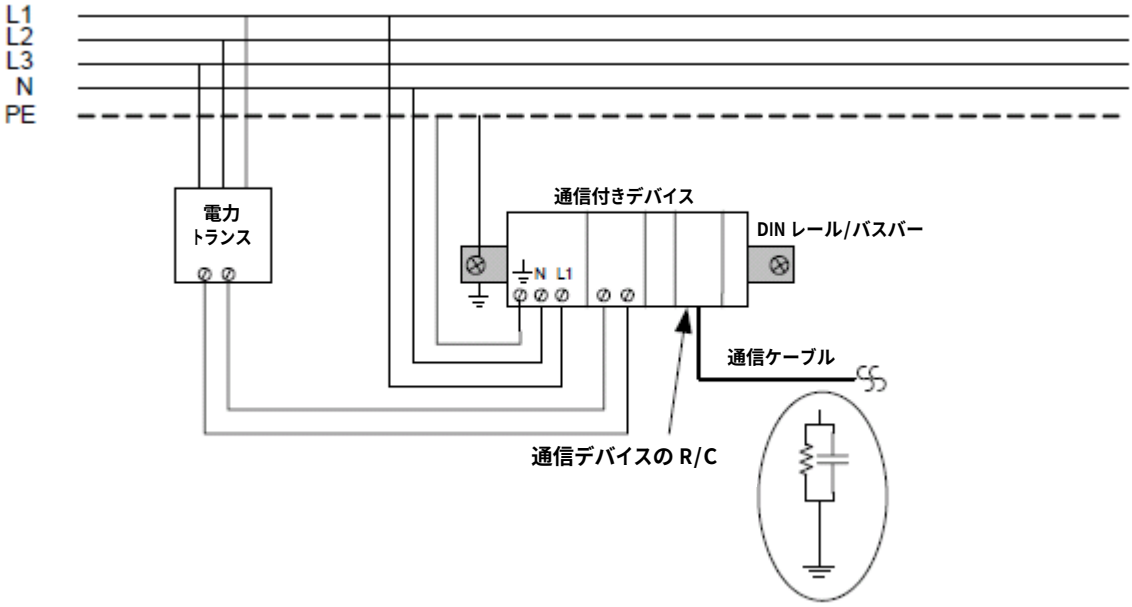



**図 3.21　接地されない基準電圧を持つプラントの配線図**

## 接地およびボンディング

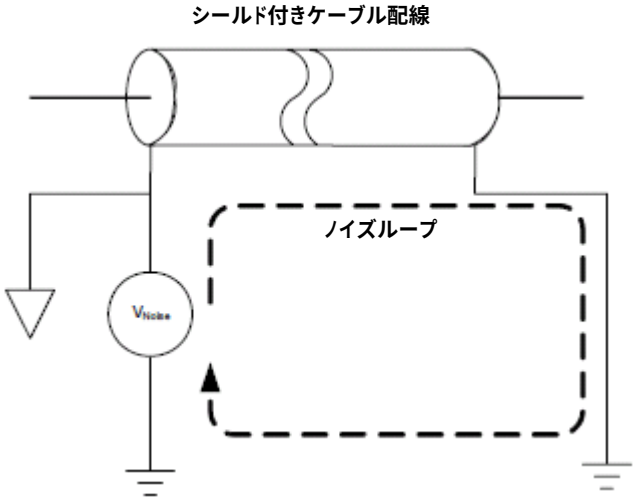



**図** 3.22　**シールド付きケーブルの接地ノイズループ**

デバイスがスイッチ（またはハブ）ではなく、ジャックに低抵抗（500kΩ 未満）のアース端子がある場合、ケーブルのデバイス側エンドでシールドを接続しないでください。単にシールドを除去し、それをコネクタプラグのシェルから絶縁するだけで、接地を遮断できます（図 3.23 および図 3.24 を参照のこと）。

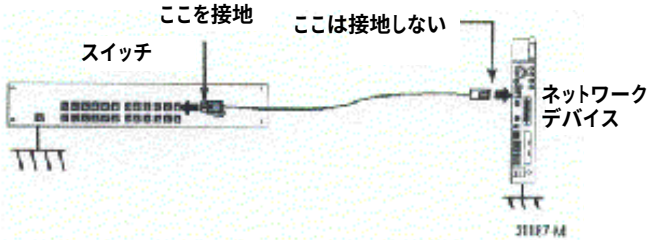



**図** 3.23　**ケーブルシールドの接地**

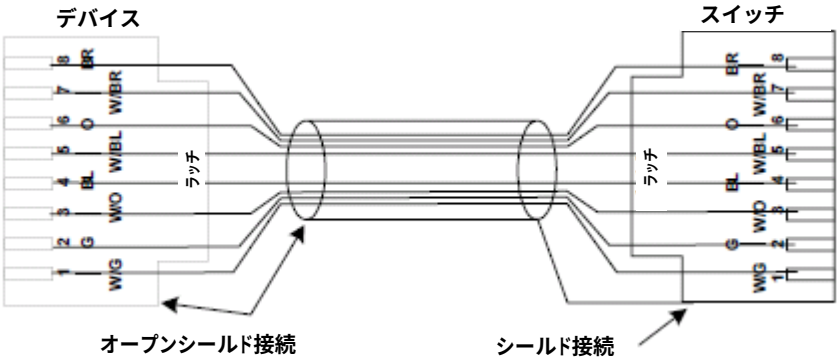



**図** 3.24　**オープンシールドの例**

ネットワークの接地とボンディングの要求条件に関しては、IEEE 1100「配線および接地仕様」、NFPA-70 米国電気工事規程、CSA C22.1 カナダ電気規則、該当する地方自治体、国内の規定、または国際的なその他の規定を参照してください。

ノイズの観点からすれば、どのような接地方法を使うかは重要です。地域、国内の規定、または国際的な規定で要求される接地およびボンディング技法は、EM ノイズを減少、除去するために設計され推奨される敷設実務と矛盾するかもしれません。このような場合、地方自治体、国内、および国際的な規定を順守しなければならず、UTP または光ファイバのような代替ケーブル配線ソリューションを検討すべきです。

## 銅線ケーブルの選定

ケーブルを選定する場合、ケーブルの構造が MICE テーブル（第 5 章 73 ページの表 5.1）に記載された環境に対応したものでなければなりません。多くの市販ケーブルは、産業設備でよく見られるような温度帯において TIA/EIA 規格を満足しない可能性があるため、温度範囲全体にわたるケーブルの電気的性能仕様を見過ごしてはいけません。低い温度帯では、ケーブル被覆は簡単に破損するおそれがあります。環境に適したケーブルを選ぶか、環境の空調、絶縁、分離の技法を使ってケーブル配線仕様に合致するように環境を変換します。本章の最初で解説したケーブル長の制限に関する数式や表を参照してください。

化学物質が被覆およびワイヤ絶縁体に吸収されると、プラスチックの劣化および性能低下が発生します。したがって、特定の化学的環境では、特殊なケーブル構造またはその他の保護方法（絶縁、分離など）が必要となるかもしれません。

ケーブル仕様については、EtherNet/IP 仕様を参照してください。この仕様に合致したケーブルだけを産業用 EtherNet/IP ネットワーク向けに検討すべきです。

***注：***0.8 mm (0.032 in.)から 1.0 mm (0.039 in.)の範囲外にある絶縁導体、6.35 mm (0.25 in.)を超えるシース径のケーブルは、一部のコネクタと互換性がない場合があります。ケーブルの互換性については、コネクタ、ケーブルメーカにお問い合わせください。

M12-4“D”コーディングおよび EtherNet/IP 防水型 8 極モジュラのコネクタケーブルはエントリポイントの直径が変化します。コネクタ、ケーブルのメーカに相談して、ケーブルとコネクタの互換性を確認してください。

## 2 対ケーブルと 4 対ケーブル

2 対ケーブルは、いくつかの点で 4 対ケーブルより有利です。2 対ケーブルは成端が簡単で、クロストークの可能性が低くなります。不利なのは、これは実際上一般的ではないので、全てのアプリケーション（1 Gbps, 10 Gbps および POE）をサポートしているわけではない点です。このため、2 対ケーブルは、将来の増設、その他のサービスをサポートしない可能性があります。一般的なケーブルを敷設して音声、動画、データなどのマルチサービスをサポートするという点で、設備にフレキシビリティが求められている場合、4 対ケーブルを検討すべきです。ケーブル対の数を決める前に、慎重に長期的プランニングを行う必要があります。将来的に高いデータ速度に移行する予定のプランであれば、将来の要求条件をサポートするケーブルおよびコンポーネントを選ぶべきです。たとえば、バックボーンケーブルおよび機材は、高いデータ速度をサポートできるように選定します。

コネクタ回路の数は、常にケーブル導線の数と一致させます。このルールの唯一の例外は、8 極モジュラコネクタです。2 対ケーブルは 8 極モジュラコネクタに成端させることができます。4 対ケーブルは、M12-4“D”コーディングコネクタのような 2 対コネクタと一緒に使ってはいけません。なぜなら、未使用の 2 対を成端させる方法がなく、EMC の問題が発生する可能性があるからです。

## 耐油性および耐化学性被覆

切削油または潤滑剤を使っている機器の制御が必要なアプリケーションの場合、ケーブル被服は耐油性にすべきです。また、アプリケーションで使われる全ての化学物質を考慮に入れる必要があります。一般的な工業化学物質およびその濃度については、MICE テーブル（第 5 章 73 ページの表 5.1）を参照にしてください。

## プレナム格ケーブル

プレナム設備は、ケーブルの構造に特殊な素材化合物を必要とします。プレナムにケーブルを通す必要のあるアプリケーションの場合、プレナム格のケーブルを使ってください。特定の要求条件については、地域の関連機関にお問い合わせください。

## ライザ格ケーブル

ライザ設備は、ケーブルの構造に特殊な素材化合物を必要とします。ライザにケーブルを通す必要のあるアプリケーションの場合、ライザ格のケーブルを使ってください。特定の要求条件については、地域の関連機関にお問い合わせください。

## 耐溶接スプラッタケーブル

溶接機器を制御する必要のあるアプリケーションの場合、溶接スプラッタによる損傷やノイズのイングレスを減らすように、慎重にケーブルの敷設を行う必要があります。全てのケーブルは、溶接およびモーター制御のケーブルを正しい角度で交差するように敷設し、決して制御ケーブルや高電流溶接ケーブルと平行にならないようにします。ケーブルは、保護シースを追加する、または適切な被覆絶縁のあるケーブルを選定することによって溶接スプラッタから保護します。

## 高可撓性ケーブル

典型的なイーサネットケーブルは、22AWG から 26AWG の単線導体から作られています。高可撓性のアプリケーションでは、撚り線導体を使ったケーブルを必要とします。

***注：***溶接スプラッタと高可撓性のアプリケーションは、一緒に使われることが多い。

### パッチコード、ジャンパ、機器コード、およびワークエリアコード

パッチコード、ジャンパ、機器コード、およびワークエリアコードは、一般に短い距離の接続で使われます。しかし、産業用設備では、距離が長くなることもあります。コードの基本的構造として、ケーブルの両端にオス/プラグコネクタがあります。これは、ほとんど全てのコンポーネントがメス/レセプタクルのジャックを装備しているためです。

***注：***作動中のシステムでのショートを防止するため、全てのケーブル端はメス/ジャックにすべきです。

**図** 3.25　**防水型** 8 **極モジュラコードセット**

**図** 3.26　**防水型** M12-4“D”**コーディングセット**

## 延長コード

一部のケースでは、ケーブルを延長する必要があります。この場合、延長コードを使うことができます。延長コードは、片方のエンドがプラグ、反対側のエンドがジャックになっていなければなりません。

## チャネル当たりのコネクション数

1 つのチャネルで許容される接続コネクション数は、必要とされるチャネル性能（カテゴリ）および選定されたコンポーネントの性能水準によって決定します。接続コネクションとは、対応するジャックとプラグで構成された電気的に導通する通信パスと定義されます。プラグからジャックの隔壁は 1 コネクションとしてカウントできます。隔壁同士を背後のジャックで結んだ場合、ジャック間の電気的な距離が 10cm 以下であれば（ODVA 規格で定義されたとおり）、1 つのコネクションとしてカウントできます。ジャックからジャックのケーブルアセンブリで、電気的な距離が 10cm より大きい場合、2 つの接続コネクションとしてカウントしなければなりません。特定の性能特性についてはメーカにお問い合わせください。接続ハードウェア間のケーブル長が 10cm を超えるものは、チャネル/リンクに適した総合的なケーブル長バジェットでカウントしなければなりません。代替構成は、適切な性能を確保するために、現場で試験を行う必要があります。

**表 3.14　チャネルあたりのコネクション数**

| 希望するチャネル性能 | 接続コネクション数 | 必要なカテゴリコネクタ | 必要なカテゴリケーブル |
|---|---|---|---|
| 5E | 4 | 5E | 5E |
| 5E | 6 | 6A | 5E |

### IP65/IP67 防水型コネクタ

ケーブルおよびコネクタが、MICE テーブル（第 5 章 73 ページの表 5.1）に記載された液体、塵埃、空気中汚染物質を受けるようなアプリケーションの場合、適切に評価されたコネクタを使ってください。IP65/IP67 防水型コネクタおよびバルクヘッド接続を利用すべきです。第 2 章を参照のこと。

**重要：**全てのコネクタが厳しい環境に適しているわけではありません。目的とする環境に合わせて慎重にコネクタを選択してください。ODVA 産業用 EtherNet/IP 仕様で認証されたコネクタだけを検討してください。

# アクティブネットワークコンポーネントの配置

アクティブネットワークコンポーネントの仕様化、選定、配置の決定を行う場合、環境を考慮しなければなりません。工業向け特製品は別として、アクティブネットワークコンポーネントは、厳しい環境から保護するために、MICE テーブル（第 5 章 73 ページの表 5.1）にしたがって適切な筐体内に敷設すべきです。筐体は温度が制御されていなかったり緩衝材が取り付けられていない場合があるため、筐体（クローゼット）内部の温度および振動も考慮する必要があります。

***注：***アクティブネットワークコンポーネントは、メーカの勧告にしたがって接地すべきです。

## I/O の選定と位置決め

I/O デバイスを選定し、配置を決める場合、環境を考慮してください。以下に関するメーカの仕様を再検討してください。

- 振動
- 温度
- 湿度
- 電気的ノイズ

厳しい環境下では、I/O デバイスを適切な筐体に入れる必要があるかもしれません。

## バルクヘッド接続およびケーブルグランドの利用

通信筐体は、作業エリアの近くや厳しい環境に配置されることがあります。これらのキャビネットへの出入り（側面、背後、底部、上部の開口部やドア経由）は、乾燥して清潔なキャビネット内部から湿度の高い汚れた外部への移行となるため、すなわち MICE 環境から別の環境へ移るため、アダプタを必要とするかもしれません。コネクタは、液体、塵埃、機械的損傷、および振動の可能性を最小限にするように位置を決めるべきです。筐体の防水性を維持しながらケーブルをキャビネットに出入りさせるためには、バルクヘッドコネクタまたはケーブルグランドを使います。ODVA 産業用 EtherNet/IP 仕様で規定された防水型 IP65/IP67 コネクタは、バルクヘッド接続に利用できます。

設計者は、筐体の壁でケーブルを接続する金属製バルクヘッド接続に注意を払わなければなりません。これは、通信を中断させる恐れのある接地ループを形成することがあります。接地ループが形成される可能性があれば、別の接地導線を敷設して 2 つのポイント間の電位を等しくします。もう 1 つの方法は、バルクヘッド接続と筐体の壁の間に絶縁体を置いて、バルクヘッド接続を絶縁することです。

バルクヘッドケーブルグランドは、固定的に敷設したケーブルが出入り通過できるようにします。

バルクヘッド接続コネクタにより、システムはモジュラ構成で設計および構築できるようになります。この方法は、ユーザ設計およびサービス選択に基づいて検討すべきです。モジュラ性は、迅速な配置を可能とし、実用性に優れています。

バルクヘッドコネクタを使う場合、第 3 章 58 ページの表 3.14 に示されているとおり、1 チャネル内のコネクション数にカウントする必要があります。

認証済み EtherNet/IP バルクヘッド接続用アダプタの例を図 3.27 に示します。

**図 3.27　IP20 から IP67 環境へ移行するための M12-4 から 8 極モジュラの隔壁アダプタ**

取付用の穴空け寸法については、メーカのデータシートを参照してください。バルクヘッドコネクタを選定する場合、ユーザが使っている配線盤のパネル壁の最大および最小厚みを考慮しなければなりません。

## 周囲温度

MICE にしたがって敷設するケーブルおよびコネクタを仕様化する場合、使用環境の周囲温度を考慮すべきです。一部の市販イーサネットケーブルは、産業環境でよくある温度に対応していない可能性があります。温度が上昇すると減衰も増加傾向となり、最大チャネル長を制限します。温度が前述の規定範囲を超えると、ケーブル被覆が破損する恐れがあります。

改良コンポーネント、通路の絶縁、熱源、冷源からの分離は、温度の影響を緩和するためによく使われる技法です。

## サージ抑制

押しボタンまたはセレクタスイッチなど、「ハードコンタクト」によって誘導負荷（リレー、ソレノイド、モータースタータ、モーターなど）が作動されると、過渡的 EMI が発生する可能性があります。本マニュアルでは、ユーザはサージサプレッサを使って、通信回線ではなく発生源で過渡的 EMI を抑止し、過渡的 EMI の影響からシステムを保護していることを前提にしています。

ソリッドステート出力デバイスだけで切り替えられる誘導負荷は、サージ抑制を必要としません。しかし、ハードコンタクトと直列になっている AC 出力モジュールの誘導負荷は、I/O モジュールおよび通信システムをノイズから守るためにサージ抑制が必要です。

## フェライトビーズおよびコアの利用

フェライトは、過渡的 EMI の追加的な抑制となり、カテゴリ 2 およびカテゴリ 3 の導線上に敷設することができます（前述の「ケーブル敷設経路のプランニング」で規定されたとおり）。フェライトビーズ素材は、ノイズ減衰と周波数範囲に影響します。アプリケーションに合わせて適切な素材とコアサイズを選択してください。これらは熱収縮チューブまたはケーブルタイを使って固定できます。ケーブル上で誘導された過渡的 EMI は、ケーブル端の近くにフェライトビーズを置くことで抑制できます。フェライトビーズは、ケーブルエンドに接続された装置に入る前に EMI を抑制します。

***注：***フェライトビーズが UTP と一緒に使われた場合、信号の減衰が増加します。それでもチャネルがチャネル要求条件を満たしていることを確認してください。

# 第 4 章
# EtherNet/IP 光ファイバ配線のプランニング

## 光ファイバコネクタのタイプ

EtherNet/IP 仕様書では、光ファイバコネクタとして、ST、SC、および LC の 3 つを指定しています。

### ST コネクタ

ST は、直径が 2.5mm のフェルールを持つバヨネットト式コネクタです。ほとんどのフェルールはセラミックですが、一部は金属またはプラスチックです。ST は、外部にバネを取り付けたコネクタですので、光ファイバケーブル上で引っ張ると光を切断できます。ST コネクタは、シングルモード（SM）とマルチモード（MM）両方の光ファイバケーブル、硬質クラッドシリカ(HCS)およびプラスチックの光ファイバ（POF）に使うことができます。図 4.1 に ST コネクタを示します。

**図 4.1　ST 光ファイバコネクタ**

### SC コネクタ

SC コネクタは、プラスチックのハウジングと直径が 2.5 mm のプラスチックまたはセラミックのフェルールを持つプッシュ・プル式のコネクタです。SC 式コネクタも SM と MM の両方の光ファイバケーブル、HCS および POF に使うことができます。シンプレックスまたはデュプレックスの構成で使うことができます。
図 4.2 と図 4.3 に、それぞれ SC シンプレックスコネクタと SC デュプレックスコネクタを示します。

**図 4.2　SC シンプレックスコネクタ**

図 4.3　SC デュプレックスコネクタ

## LC コネクタ

LC は、直径が 1.25 mm のプラスチックまたはセラミックのフェルールを使った小型形状のコネクタです。シンプレックスまたはデュプレックスの構成で使うことができます。LC コネクタは IEC 61076-3-106 の Variant 1 および EtherNet/IP 仕様に準拠した防水性ハウジングに入れて使えます。シンプレックス、デュプレックス、および防水型の例を図 4.4～4.6 に示します。

図 4.4　LC シンプレックスコネクタ

図 4.5　LC デュプレックスコネクタ

図 4.6　IP65/IP67 の LC 防水型デュプレックスコネクタ

**表 4.1　ファイバタイプ別のコネクタサポート**

| コネクタタイプ | ファイバタイプ | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | POF 1 mm | HCS 200/230μm | 50/125 μm | 62.5/125 μm | 9/125 μm |
| SC | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ST | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| LC | × | × | ○ | ○ | ○ |

**表 4.2　コネクタ挿入損失**

| コネクタタイプ | 挿入損失 | 反射減衰量 |
|---|---|---|
| SC, ST, LC | 0.75 dB 以下. | シングルモード：26 dB 以上.<br>マルチモード： 20 db 以上. |

多くの光ファイバコネクタの加工方法はメーカ独自のものであり、加工にはメーカが提供する専用ツールを使う必要があります。加工ツールおよびコネクタ加工方法については、メーカにお問い合わせください。

## 光ファイバケーブル

光ファイバ「ケーブル」は、1 つ以上のファイバ、補強材、および外被から構成されたアセンブリです。光ファイバケーブルは、複数の構成からなります。ケーブルの選定にあたっては慎重に検討し、MICE テーブル（第 5 章 73 ページの表 5.1）で規定されたネットワーク環境に対応できるようにしてください。

将来的なネットワークの増設や保守/故障による交換に備えて、設計者は、バックボーン配線用に追加または予備のファイバの仕様化の検討を求められています。

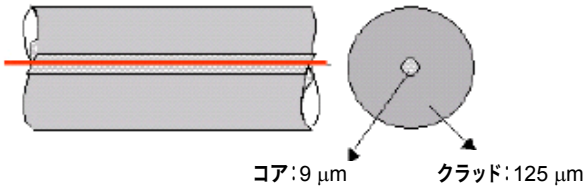



**図 4.7　シングルモードファイバの例**

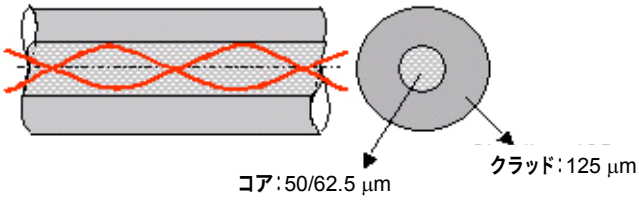



**図 4.8　マルチモードファイバの例**

## ファイバタイプ別の動作波長

表 4.3　ファイバタイプ別の動作波長

| モード | サイズ | 波長 |
|---|---|---|
| GI, MM | 1 mm POF および 200 μm の HCS | 650 nm |
| マルチモード | 50/125 μm, 62.5/125 μm | 850 nm<br>1300 nm |
| シングルモード | 9/125 μm | 1310 nm<br>1550 nm |

## ファイバタイプ別の帯域

表 4.4　ファイバタイプ別の帯域

| ファイバタイプ | 減衰量<br>650 nm（dB）以下 | 減衰量<br>850 nm/ 1300 nm（dB）<br>以下 | 伝送損失<br>850 nm/ 1300 nm（dB） | 伝送帯域<br>850 nm/ 1300 nm（MHz）<br>以上 |
|---|---|---|---|---|
| 50/125 μm | – | 4.0/2.0 | 3.5/1.0 | 500/500 |
| 62.5/125 μm | – | 5.0/3.0 | 4.0/2.0 | 100/300 |
| 62.5/125 μm (FDDI) | – | 4.0/2.0 | 3.5/1.0 | 160/500 |
| 100/140 μm | – | 5.0/2.0 | 4.5/3.5 | 100/100 |
| 9/125 μm | – | – | – | – |
| 1 mm POF | – | – | – | – |
| 200/230 μmHCS | – | 12 @ 6.50 nm | – | 125 |

## ファイバタイプ別のコアおよびクラッド径

表 4.5　タイプ別のファイバサイズ

| ファイバタイプ | コア径（μm） | クラッド径（μm） | 開口数 |
|---|---|---|---|
| 50/125μm | 50 ± 3.0 | 125 ± 3.0 | .200 ± .015 |
| 62.5/125μm | 62.5 ± 3.0 | 125 ± 3.0 | .275 ± .015 |
| 62.5/125μm (FDDI) | 62.5 ± 3.0 | 125 ± 3.0 | .275 ± .015 |
| 100/140μm | 100 ± 4.0 | 140 ± 6.0 | .290 ± .015 |
| 9/125μm | – | – | – |
| 1 mm POF | – | – | – |
| 200/230μm HCS | 200 ± 4.0 | 230 ± 10.0 | – |

# 光ファイバケーブルのタイプ

## シンプレックスおよび ZIP コード

シンプレックスケーブルは、Kevlar™（アラミド繊維）補強材を共にタイトバッファード（一次バッファコーティング上に900ミクロンのバッファでコーティングされる）し、屋内用の被覆をしたファイバです。外被は、直径で 1.6 mm から 3 mm までが可能です。ZIP コードは、これらが 2 つ繋がったものです。ほとんどの場合、これはパッチコードおよびバックプレーンのアプリケーションに使われますが、デスクトップや機器の接続に使うこともできます。

## ディストリビューションケーブル

ディストリビューションケーブルは、900 µm のタイトバッファードファイバ数本と補強材を束ねたもので、ケーブルを強化し、ねじれを予防するためにガラス強化プラスチック（GRP）ロッドを含んでいる場合もあります。これらのケーブルはサイズが小さく、乾燥したコンジット、ライザおよびプレナムのアプリケーションで短い距離に使われます。ファイバは 900 µm バッファ内部にあり、直接成端することはできますが、ファイバは個々に補強されていないため、これらのケーブルはディストリビューションボックス、パッチパネル、または接続ボックスに成端する必要があります。

## ブレークアウトケーブル

ブレークアウトケーブルは、シンプレックスケーブルを数本束ねて作られます。これは強くて頑丈な方法ですが、ディストリビューションケーブルを使うより太くて高価になります。これは、コンジットおよびライザやプレナムのアプリケーションに適しています。各ファイバは個々に補強されているため、コネクタへの直接成端が可能となり、パッチパネルまたは接続ボックスを必要としません。ブレークアウトケーブルは、ファイバ数が少なく距離が短かければもっと経済的になります。

## ルースチューブケーブル

ルースチューブケーブルは、中心の補強材の周囲にプラスチックチューブを施したファイバを数本巻装し被覆されたものであり、小型でファイバ数の多いケーブルです。このタイプのケーブルは、ルースチューブにジェルまたは吸水性パウダを詰めてファイバが水分から影響を受けるのを予防できるため屋外プラントのアプリケーションに理想的です。一般的に、ルースチューブは、管路、インナーダクト、頭上に敷設されるか、または直接埋設されます。

ファイバは薄い保護コーティングしかしてありませんので、取扱いは慎重に行い、損傷を予防するために保護する必要があります。

## 外装ケーブル

外装ケーブルは、通常、屋外プラント環境で使われます。これは、コンジットシステム、直接埋設、架空、および機械的保護を追加する必要のある任意の場所で使うことができます。正しい接地技法を遵守しなければなりません。ほとんどのケーブルタイプ（シンプレックス、ZIP コード、ディストリビューション、ブレークアウトケーブル、ルースチューブケーブル）は外装を使って利用することができます。外装ケーブルが屋内プラント環境に使われる場合、被覆素材は屋内用途向けに正しい安全な評価をしていなければなりません。

### 架空ケーブル

架空ケーブルにはいくつかのタイプがあり、それぞれ異なる機械的サポート部材を持っています。架空ケーブルはポールやビルの柱に取り付けるためのものです。

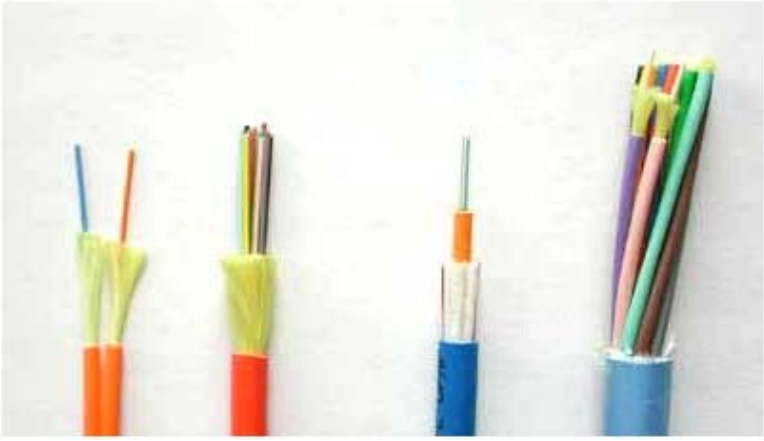


**図** 4.9　**光ファイバケーブルのタイプ（左から順に）：**ZIP **コード、ディストリビューション、ルースチューブ、ブレークアウト**

## ケーブルの選定

メーカに相談して、MICE テーブル（第 5 章 73 ページの表 5.1）で規定された環境やアプリケーションに適したケーブルを選んでください。

## 光ファイバケーブルのプランニングと敷設

光ファイバケーブルは、様々なタイプの経路を使ってルーティングできます。この経路は、ANSI/TIA-569-B に規定された要求条件を満足していなければなりません。経路のタイプには以下のものがあります。

- トレンチダクトやセルラなどの床下システム
- 接続床
- ケーブルトレイ/線路
- J フック、拘束リング、吊革等の非連続経路
- コンジットシステム
- 電柱
- システムユニット家具
- 壁の空洞
- 配線路（金属製または非金属製）

経路は、ルーティングする環境に適したものでなければなりません。プレナムまたは非プレナムのエリアも、地方自治体および国内の規定に適合しなければなりません。

潰れや曲げ等の損傷を予防するために、できればファイバケーブルは銅線ケーブルと分離しておくべきです。マルチチャネル配線路/機材、インナーダクト、または物理的な分離がファイバケーブルの保護に役立ちます。

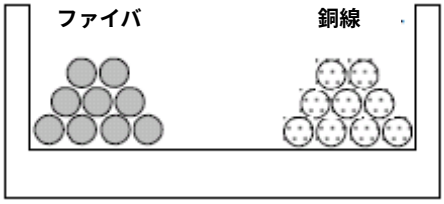



**図 4.10　線路でのファイバと銅線ケーブルの分離**

床下システム（セルラ/トレンチ）またはコンジットシステムでは、長さが 30m（100ft.）を超える場合、または 90 度の曲がりが 2 つ以上ある場合、プルボックスを設置してください。図 4.11 に示されたとおり、ケーブル負荷を減らすには、センタープル、逆送り法が推奨されます。

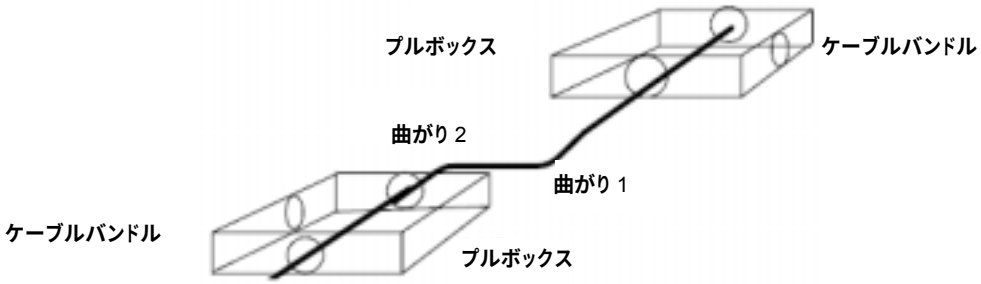



**図 4.11　ケーブル負荷**

## コンジットおよびインナーダクト

ビルのケーブルは、保護なしで敷設したり、適切に評価されたインナーダクト内部に配置したりすることができます。光ファイバケーブルを簡単に識別できるように、このようなインナーダクトは明るいオレンジまたはイエローにすることができます。

## ケーブル設備ハードウェア

接合部や成端部の保護や整理のために、様々な筐体、キャビネット、ラック、またはパネルが使われます。ネットワーク設計者は、導入するネットワークのタイプ、サポートシステム、および敷設経路を知っておくべきです。これにより、接続/接合部分を決定しハードウェアのプランニングを行うことができます。

**図 4.12　ラックおよび壁掛け式ファイバの筐体とブレークアウトキット**

### ブレークアウトキット

ブレークアウトキットは、ルースチューブ光ファイバケーブルに使われ、個々の成端または接合部分の保護や分離を行います。

### スプライス盤

スプライス盤は光ファイバ接合部分を保護するのに使われます。

### スプライスパネル

スプライスパネルは、ケーブルからピッグテールへの個々のファイバを接続するのに使います。

### パッチパネル

パッチパネルは、相互接続、試験およびモニタリングのための中心部となります。

### ラックおよびキャビネット

ラックおよびキャビネットは、パッチパネル、接合パネルを収容するのに使われ、ケーブル管理設備となります。

## 光ファイバ敷設ガイダンス

### 水分保護

屋外プラントや湿度の高い場所用に設計されたケーブルは、多くの場合、水または水蒸気の遮断素材を含んでいます。これらのタイプのケーブルには、それぞれ特殊な取扱の要求条件があるかもしれません。設計者および敷設工事担当者は、取扱および成端の要求条件についてメーカと相談することが強く求められます。

### 地域および国内の消防規則

設計者および敷設工事担当者は、素材、敷設およびケーブルの表示の要求条件について、地域および国内の消防規則を参照することが強く求められます。一部のケーブル構造は、屋内の無防備な敷設には適していないことがあります。ライザ、プレナム、LS0H および PMSHA のようないくつかのケーブル構造が利用可能です。敷設環境でのケーブル選定にあたり、表示の要求条件については地域および国内の規則を参照してください。米国およびカナダにおける敷設では、表示のないケーブルは検査に合格しないので、屋内に敷設すべきではありません。

## 光ファイバケーブルの引き出し

### 引張張力

全ての光ファイバケーブルは、長期（無負荷）と短期（有負荷）の 2 つの許容張力があります。短期は敷設中にケーブルにかかる最大張力であり、長期は稼働中にケーブルにかかる最大張力です。これらの制限を超えてはなりません。設計者および工事担当者は、引張強度の等級についてメーカのデータシートを参照することが強く求められます。

銅線および光ファイバの両方とも、敷設方法および規則は類似しています。敷設工事中は、以下の推奨事項を考慮に入れてください。

- ファイバを引っ張ってはいけません。補強材だけを引っ張ってください。一部のメーカはケーブル用の引き出しグリップを提供しています。
- 潤滑剤が使われている場合、それが敷設するケーブルと互換性をもつことを確認してください。
- 長期的な運用では、プルボックスを設置してケーブルにかかる引張張力を減らしてください。（表 4.6 を参照）
- 張力調整の付いた牽引機を使うことを検討してください。
- 敷設中または固定敷設においてケーブルの曲げ半径を超えてはいけません。これらの制限事項については、メーカのデータシートを参考にしてください。利用できない場合、表 4.6 を指針の参考にしてください。
- 敷設中にケーブルをねじってはいけません。ねじりを防止するために、引けば糸巻き状にケーブルが出てくるようにすべきです。独立した回転台を使って、引っ張ったときのねじりを除去することができます。
- 長さをチェックしてください。ケーブルが、目的とする敷設に見合うだけの長さであることを確認します。接合は最小限にすべきです。
- 多くのファイバコネクタはメーカ独自のものであり、敷設にはメーカ固有のツールを使う必要があります。敷設ツールおよびコネクタの成端方法については、メーカにお問い合わせください。
- 垂直ケーブルは 91cm（36in.）ごとに固定します。水平ケーブルは 120～150cm（48～60in.）ごとに固定します。

表 4.6　光ファイバの曲げ半径および引張強度

| サービス | 最小曲げ半径 | | 最大引張強度 |
|---|---|---|---|
| | 負荷あり | 負荷なし | |
| プラント内部 | | | |
| 水平/集中<br>● 2 心または 4 心ファイバは水平進路を通って引き出される | 50 mm (2 in.) | 25 mm (1 in.) | 222 N (50 lbf) |
| その他すべてのプラント内部ケーブル | 直径 15 倍 | 直径 10 倍 | 222 N (50 lbf) |
| プラント外部 | 直径 20 倍 | 直径 10 倍 | 2670 N (600 lbf) |

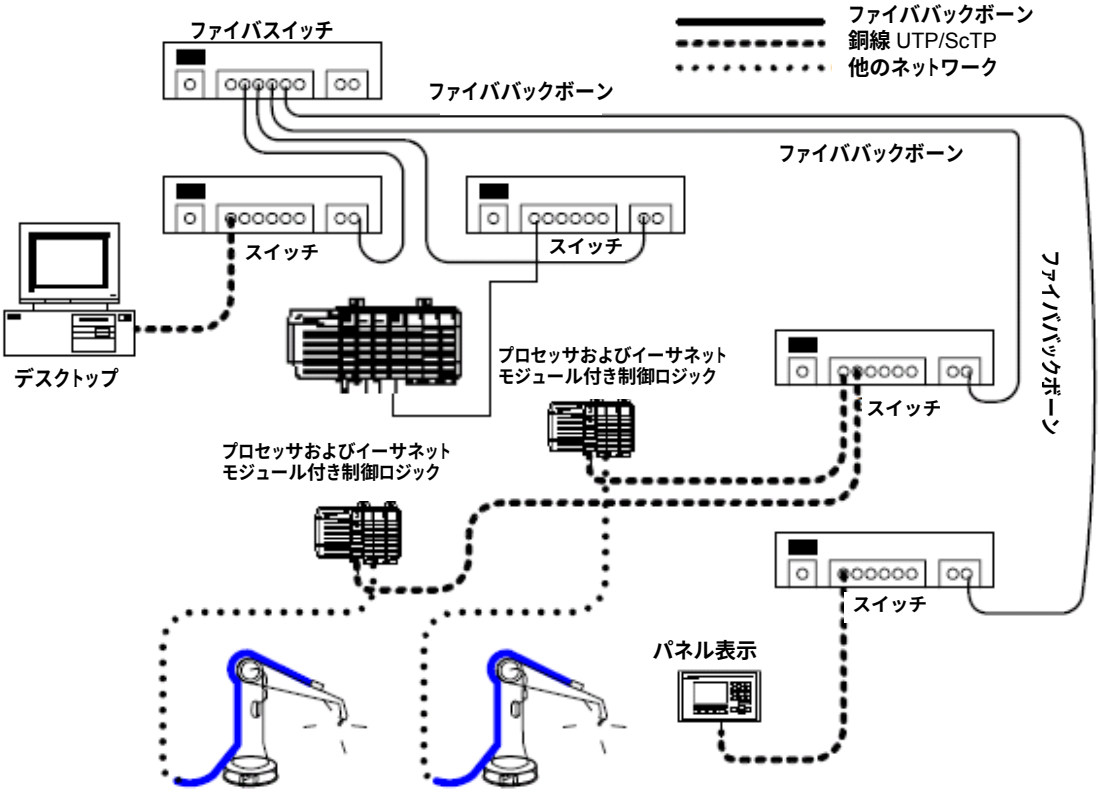



図 4.13　ビル内のファイバケーブル構成

# 第 5 章
# ネットワーク敷設

本章は、銅線およびファイバのケーブルを敷設するためのガイダンスを記載しています。光ファイバコネクタは、それぞれのコネクタメーカが指定する敷設ツールが必要です。敷設に関する助言は、使う予定の光ファイバコネクタのメーカに問い合わせるか、ファイバの専門家に相談してください。

**重要：**ネットワークの敷設を開始する前に第 3 章および第 4 章を熟読してください。

## 水平ケーブルの敷設

ケーブルサプライヤの敷設要領および以下のガイドラインを守り、ポイント to ポイントの水平ケーブルを敷設します。

### 曲げ半径

ケーブルの曲げ半径は、表 5.1 の記載事項を超えないようにします。

**表 5.1　許容可能なケーブル配線の曲げ半径**

| ケーブルタイプ | ケーブル曲げ半径 | |
|---|---|---|
| | 負荷なし | 敷設中負荷あり |
| UTP | 直径の 4 倍 | 直径の 4 倍 |
| ScTP | 直径の 8 倍 | 直径の 8 倍 |
| ハイブリッドバンドルまたはマルチペアケーブル | 直径の 10 倍 | メーカのデータシート参照 |
| 4 心以下のファイバ | 25.4 mm(1in.) | 50.8 mm( 2in.) |
| 4 心越えるファイバ | メーカのデータシート参照：なければ直径の 10 倍 | メーカのデータシート参照：なければ直径の 15 倍 |

### 引張強度

最大引張張力については、メーカのガイドラインよびデータシートを参照してください。メーカのガイドラインが入手できない場合、引張強度は銅線ケーブルで 111N(25 lbs.)、2 心ファイバおよび 4 心ファイバのファイバケーブルで 222N(50 lbs.)、またはメーカの推奨値を超えないようにします。

## 固定水平ケーブルの成端

固定配線の成端にパンチダウンブロックを使用する必要があるかもしれません。この作業には適切なツールが必要となります。パンチダウンツールには、様々なスタイルと品質があります。あるものは単純なプラスチックのツールで、寿命は短く使い捨てです。別のものは長寿命で、ワイヤのパンチダウンとカット/トリムを同時に行います。使うにあたって、ツールメーカの取扱説明書を読み、理解してください。また、どのツールが許容されているか、プロセスに関する推奨事項は、パンチダウンブロックのデータシートを調べてください。

ケーブル対をブロックに挿入する場合、ケーブル性能を劣化させないように慎重に作業してください。対や対の中の銅線の撚りを必要以上にほどいてはいけません。

### ケーブルのタイプ

EtherNet/IP は、未成端のケーブルおよび事前成端済みまたはオーバーモールドのコードセットをサポートしています。未成端ケーブルについては、以下に M12-4“D”コーディングコードセットおよび 8 極モジュラコネクタコードセットを解説します。

### フィールド成端ケーブル端

ユーザのシステム性能はケーブル成端に依存します。正しいコネクタ成端と信号完全性のためには慎重にケーブル端を準備することが不可欠です。導線対の撚りをほどく量について注意を払ってください。（図 5.3 参照）撚りがなるべく成端ポイントに近づくように維持します。図 5.2 に示すとおり、ワイヤのクロスオーバーを行います。導線をコネクタ本体に挿入する前に、導線をなるだけ短くトリムします。被覆長は、コネクタ背後の内部に取り付けられるくらい十分な長さでなければなりません。被覆端を超えた導線の長さは、12.7 mm (0.5in.)を超えないようにすべきです。以下のセクションの手順を参照してください。

**重要：**性能維持のためには、導線を正しく準備してからコネクタに接続することが重要です。

## 8 極モジュラプラグの成端

UTP または STP のイーサネットケーブルのエンドをコネクタに成端させるには、以下の工具が必要となります。

- ODVA が認証したモジュラ 8 極プラグ（防水型または非防水型）
- ケーブル切断・前処理工具
- ケーブル被覆のストリッパ
- クリンプ工具

## UTP ケーブルの成端

UTP ケーブルは以下のように成端します。

1. 図 5.1 に示したのと同じようなストリッパを使って、被覆を 25.4mm(1in.)剥がします。ワイヤの絶縁を切断しないように注意してください。ワイヤ絶縁を損傷してしまった場合、ケーブルの端を切り、もう一度やり直します。

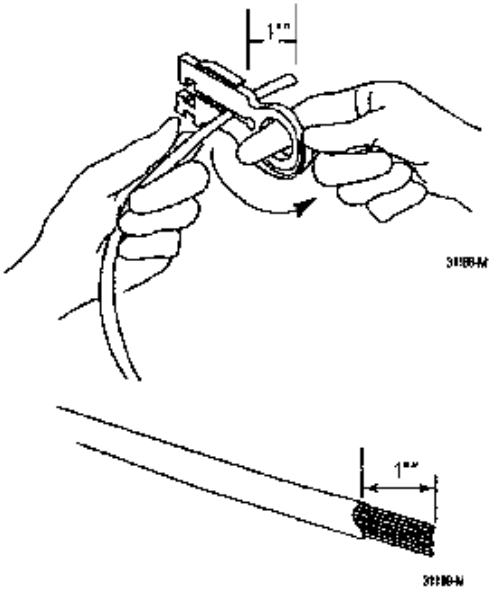


**図 5.1　ケーブル被覆をはがす**

2. 個々のワイヤ対を分離します。被覆の端まで撚りをほどきます。（図 5.3 参照）導線を識別して正しくコネクタ内へ取り付けるためには、表 5.2 に示したとおり T568A または T568B カラーコードおよびペアリングチャートを使ってください。

### T568A または T568B を使う場合

EtherNet/IP は、T568A と T568B の両方のピン/対割当を認識します。T568A 配線方式を使うようにお勧めしますが、必要であれば T568B を使ってもかまいません。T568A 方式は電話システムとの互換性のために存在しています。性能の面では、どちらが有利ということはありませんが、一部の政府機関は T568A 配線を使うように求めてい

ます。クロスオーバーコードを使わないかぎり、システム内に T568A と T568B を混在させてはいけません。

**表 5.2　4 対水平ケーブル用の色コード**

| 導線識別 | 色コード | 略号 |
|---|---|---|
| 対 1 | ホワイト・ブルー<br>ブルー | (W-BL)<br>(BL) |
| 対 2 | ホワイト・オレンジ<br>オレンジ | (W-O)<br>(O) |
| 対 3 | ホワイト・グリーン<br>グリーン | (W-G)<br>(G) |
| 対 4 | ホワイト・ブラウン<br>ブラウン | (W-BR)<br>(BR) |

3.　図 5.2 に示すとおり、ワイヤを色のグループにそろえます。

**重要：**T568A 方式で配線する場合、ホワイト/オレンジとオレンジの対はブルーとホワイト/ブルーの対を超えて分岐します。

T568B 方式で配線する場合、グリーン/ホワイトとグリーンの対はブルーとホワイト/ブルーの対を超えて分岐します。

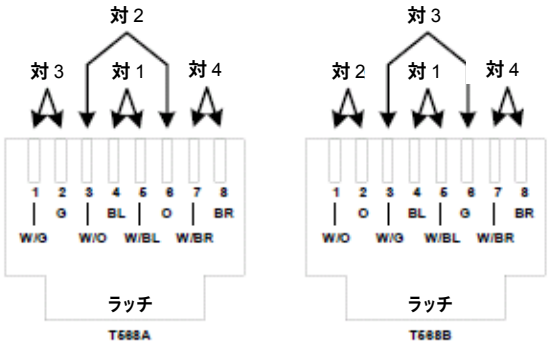



**図 5.2　ピン/対配線**

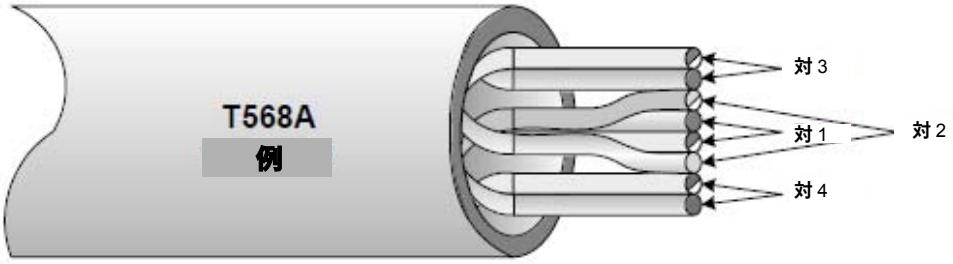



**図** 5.3　T568A **ケーブル準備の例**

4. 以下に箇条書きした重要な指示や警告に注意しながら、導線のトリミングの準備をします。

**重要：**チャネルの性能はこのステップによって決まります。

- ●対の撚りをできるだけ維持するようにしてください。
- ●対 2（T568A）は対 1 を超えて均等に分岐するようにしてください。
- ●導線の長さは切りそろえてください。
- ●導線のトリミングを行う長さはコネクタメーカの指示に従います。

5. 導線を正しい向きにして、余分な長さをニッパで切り落とします。被覆から出た最終的な長さは 12.7mm(0.5in.)未満となります。コネクタメーカの指示を参照してください。

6. 図 5.4 に示されているとおりに導線が正しい向きになっていることを確認してから、導線をコネクタ本体に挿入します。コネクタ本体には各ワイヤ用のスロットが付いていることに注意してください。

**図 5.4　導線の方向**

7. 全てのワイヤがコネクタ本体の端に接触するまで、ケーブルをコネクタ本体に押し込みます。被覆は、ケーブルクランプが被覆を入れ込んでしっかりと留めるまで、十分にコネクタ本体に挿入します。

8. 図 5.5 に示したとおりにコネクタを圧着工具に挿入し、コネクタを圧着します。コネクタがしっかりと圧着ダイの上に乗っていることを確認してください。

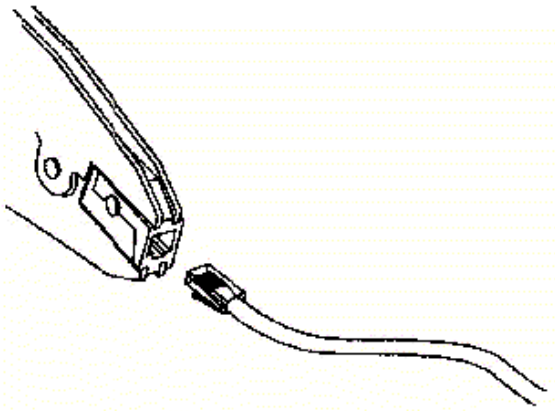


**図 5.5　圧着工具**

9. コネクタを軽く引っ張り、圧着をチェックします。被覆または導線が引っ張り出たら、コネクタを切断して、最初からやり直します。

10. 第 6 章で規定される市販のイーサネット試験ツールなど、適切なテスタを使ってコネクションを電気的に試験します。

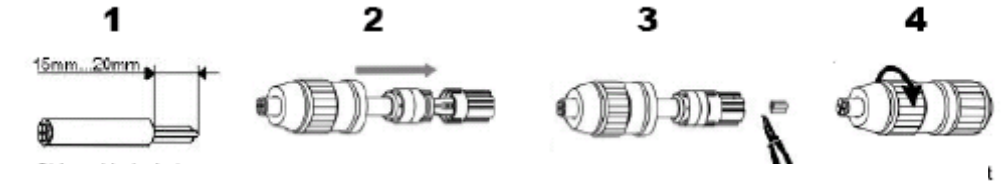
## M12-4 ピンコネクタの成端

M-12 コネクタは、一般に成端工具を使用する必要がありません。要領および必要工具についてはご使用になるコネクタのメーカにお問い合わせください。

***注：***一部のフィールド接続可能な M12-4 “D”コーディングコネクタは、圧接（IDC）技術を利用しており、圧着工具を必要としません。ケーブル外部の被覆を剥き取るためにストリッパだけが必要となります。その他の M12-4“D”コーディングコネクタのタイプには、ねじ式またはハンダ式のオーバーモールドコードセット（組立不要）が含まれています。メーカの組立要領を守り、正しく敷設してください。

代表的な M12-4 ピン IDC 成端技法は以下の手順で行います。

1. 被覆を約 15～20-mm (1/2～3/4 in.)剥き取ります。
2. メーカのデータシートで指示されているとおりにコネクタ部品を組み立てます。
3. メーカのデータシートに従って、コネクタの向きにあわせてワイヤをそろえます。
4. 余分な長さの導線を切り取ります。
5. ハウジングを組み立て、ケーブルグランドを締めて、IDC 接点と張力のがしがかみ合うようにします。
6. チャネルを試験します。




**ケーブル被覆を約 15～20mm 剥ぎ取る。**
(0.75 in)

**図の通りに Harax エレメントを組み立てる。**

**個々の導線を切り取り、ガイドの端で取り除く。**

**手応えがあるまで挿入部のナットを回す。**

**図 5.6　M12-4“D”コーディングコネクタアセンブリ例**

**表 5.3　非クロスオーバーケーブル用の M12-4“D”コーディングコネクタピン割当**

| 対（T568A） | ピン | 信号 |
|---|---|---|
| 対 3 | 1 | TX+ |
| | 3 | TX- |
| 対 2 | 2 | RX+ |
| | 4 | RX- |

## ScTP ケーブルの成端

シールド付きツイストペアケーブルには、いくつかの種類があり、それぞれに異なるレベルのシールド効果になっています。一般に、これらの成端は全て同じ方法で行います。本マニュアルは、これらの全ての種類を ScTP ケーブルと総称します。ケーブルに使われているシールドのタイプに応じて、ケーブルを成端させるための準備プロセスが異なります。正しい成端方法については、ケーブル、コネクタメーカの推奨事項を参照してください。

ScTP ケーブルは、主に次のように成端します。

1. 導線上の全周をシールドでカバーするために、ワイヤのシールド、ドレイン、または絶縁を切らないように注意して、図 5.7 に示すとおりストリッパを使って被覆を 25.4mm(1in.)剥き取ります。シールド、ドレイン、または絶縁が損傷したら、ケーブルの端を切り落として、最初からやり直します。

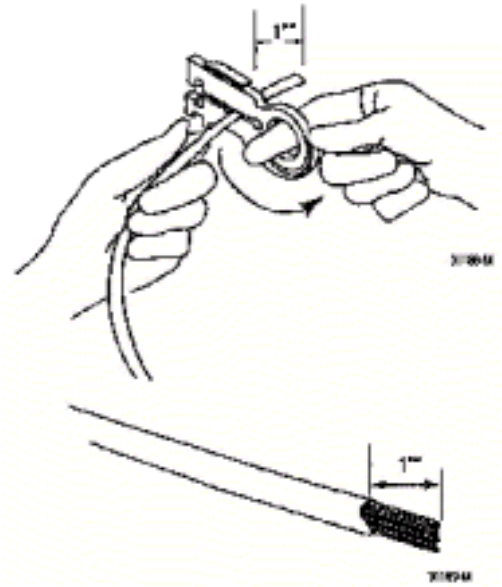


**図 5.7　ScTP ケーブルの剥ぎ取り**

2. 個々のワイヤ対を分離します。図 5.8 に示すとおり、被覆の端まで撚りをほどきます。
3. ドレインワイヤ、シールドを、図 5.8 に示すとおり、ケーブルにそろえて折り曲げます。
4. 図 5.8 に示すとおり、ワイヤを色グループにそろえます。

**重要：**T568A 方式で配線する場合、ホワイト/オレンジとオレンジの対はブルーとホワイト/ブルーの対を超えて分岐します。

T568B 方式で配線する場合、グリーン/ホワイトとグリーンの対はブルーとホワイト/ブルーの対を超えて分岐します。

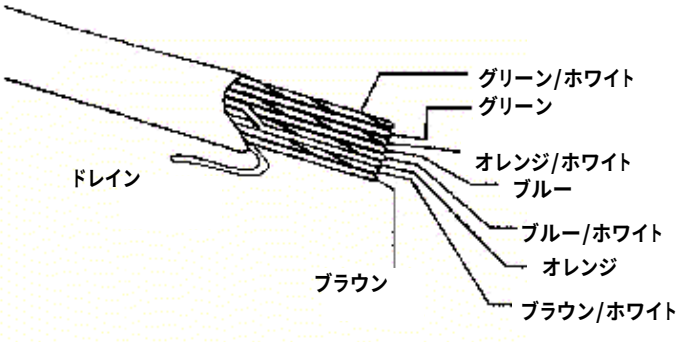



**図** 5.8　**ワイヤ準備**

5. 導線を正しい向きにして、余分な長さを鋭い両刃カッターで切り落とします。被覆から出た最終的な長さは 12.7mm(0.5in.)未満となります。
6. 導線が正しい向きになっていることを確認してから、導線をコネクタ本体に挿入します。コネクタ本体には各ワイヤ用のスロットが付いていることに注意してください。図 5.3 に示されたとおりに、T568A または T568B の配線規則を守ってください。

**図** 5.9　**ワイヤをコネクタ本体に挿入**

7. 全てのワイヤがコネクタ本体の端に接触するまで、ケーブルをコネクタ本体に押し込みます。被覆は、ケーブルクランプがしっかりとつかみ留めるまで、十分にコネクタ本体に挿入します。
8. 図 5.10 に示したとおりにコネクタを圧着工具に挿入します。シールドを接続する予定でなければ、切り落とすかコネクタシェルから絶縁します。コネクタを圧着します。コネクタ上の金属タブがワイヤの周りに圧着されていることを確認してください。

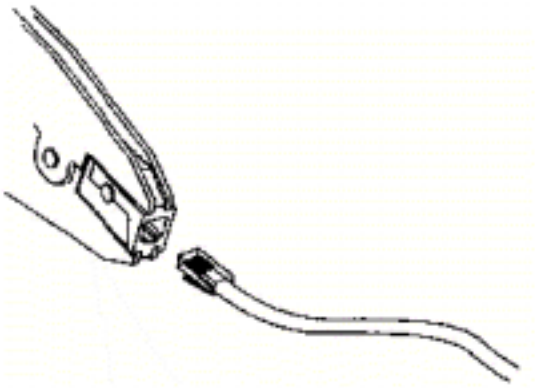


**図** 5.10　**コネクタの圧着**

9. コネクタを軽く引っ張り、圧着をチェックします。被覆または導線が引っ張り出てしまった場合は、コネクタを切断して、最初からやり直します。
10. 市販のイーサネット試験ツールなど、適切な試験ツールを使ってコネクションを電気的に試験します。

## ケーブルの敷設経路

ケーブル敷設の詳細については、第 3 章（銅線）と第 4 章（光ファイバ）を参照のこと。

## スイッチの設置

市販の既製品スイッチを使っている場合、ユーザの環境における敷設の要求条件については、メーカのデータシートを調べてください。MICE 2 または 3 環境を MICE 1 環境に転換するために、スイッチに筐体、緩衝搭載、および温度制御が必要となるかもしれません。アクセスの観点から、スイッチの設置場所は重要です。スイッチは、デバイスまでのケーブル長が最小となるような場所におくべきです。これは、スイッチの環境仕様と矛盾するかもしれません。厳しいアプリケーション用としては、工業的に格付けされたスイッチを使うことを検討してください。

## バルクヘッド接続の敷設

バルクヘッド接続を使う理由は、モジュラ性とサービス性の 2 つがあります。ケーブルを筐体から引き出す必要があれば、内部環境を保護しなければなりません。したがって、外部環境用に評価されたケーブルグランドやバルクヘッド接続を使わなければなりません。これらのデバイスを筐体の上または下または横など、他の機械類から損傷を受けないような場所に常に置いておくことをお勧めします。

## ケーブルの敷設

- ケーブルの敷設を行う場合、第 3 章、第 4 章、第 5 章のガイドラインを参照してください。
- コネクタが損傷を受けないように設置場所のプランニングを行ってください。
- 塵埃、液体、および振動を受けやすいエリアには、盤の外部に防水性コネクタを配置することができます。
- 曲げ半径および引張強度については、メーカの要求条件にしたがってケーブルを敷設してください。詳細については本章 73 ページの表 5.1 および第 4 章 72 ページの表 4.6 を参照してください。

## 確認および保守用機器の接続

診断用および保守用の機器を使う場合、以下の注意事項を守ってください。ネットワークの確認とトラブルシューティングについては、第 6 章を参照してください。

### 光ファイバ配線

ビル内の 2 心および 4 心水平光ファイバケーブルは、無負荷状態での曲げ半径が 25.4 mm (1in.)未満であってはいけません。222 N (50 lbs)の最大引張負荷のもとでは、曲げ半径は 50.8 mm (2 in.)未満であってはいけません。ケーブルの曲げ半径は、本章 73 ページの表 5.1 に記載された値を超えないようにすべきです。

ビル内の光ファイババックボーンケーブルの曲げ半径は、メーカの推奨値を下回ってはいけません。そのような曲げ半径がない場合、適用する曲げ半径は、無負荷状態でのケーブル外部直径の 10 倍未満であってはならず、有負荷状態のケーブルでケーブル外部直径の 15 倍未満であってはいけません。

ビル間の光ファイババックボーンケーブルの曲げ半径は、メーカの推奨値を下回ってはいけません。推奨値が与えられていないか知らない場合、曲げ半径は、無負荷状態でのケーブル外部直径の 10 倍未満であってはならず、通常 2670 N (600 lbs)の最大引張負荷がかかっている状態のケーブルでケーブル外部直径の 20 倍未満であってはいけません。

各ケーブルセグメントは、奇数番号のファイバを片方の位置 A ともう一方の位置 B に敷設し、偶数番号のファイバは片方の位置 B ともう一方の位置 A に敷設します。図 5.11 を参照のこと。

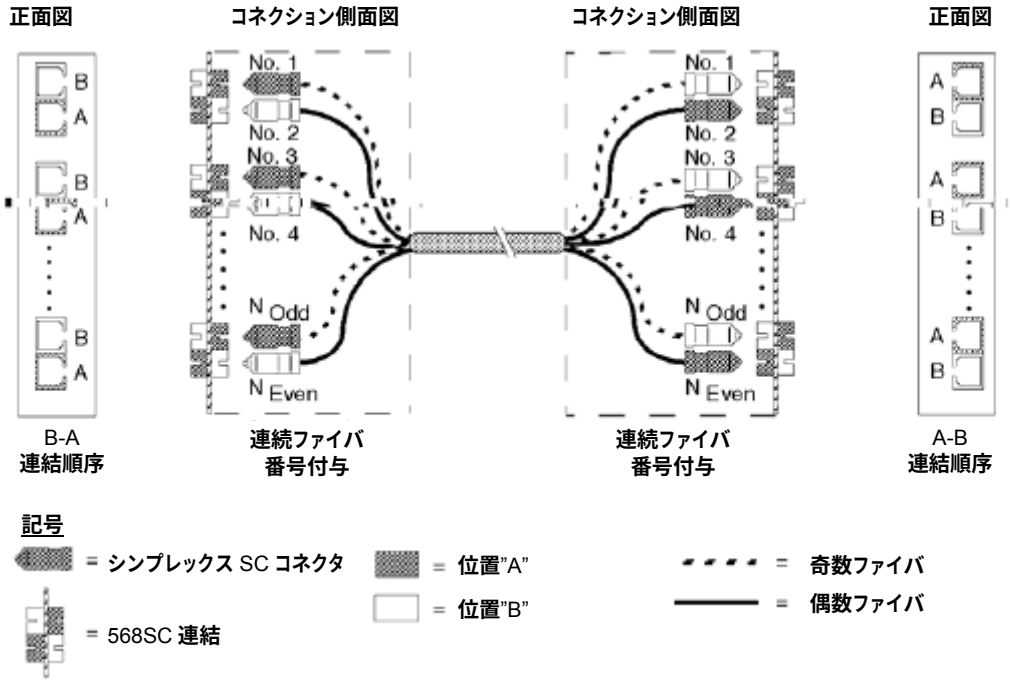



図 5.11　正しい極性に指定された光ファイバ配線

デュプレックス SC 施工は、光ファイバリンクの両端に連続的にファイバ番号を割り当て（すなわち、1,2,3,4….）、デュプレックス SC アダプタはお互いが逆になるように敷設します（すなわち、片側では A-B、A-B…で、もう一方が B-A、B-A…）。

その他のデュプレックスコネクタ方式としては、上記のデュプレックス SC の方法または反転対配置によって極性を実現することができます。反転対配置は、光ファイバリンクの片側では連続ファイバ番号に従ってファイバを敷設し（すなわち、1,2,3,4….）、反対側の光ファイバリンクでは対の逆番号で敷設（すなわち 2,1,4,3…）することで実現できます。

図 5.12 に、クロスコネクトから通信アウトレット/コネクタへの光ファイバシステムの極性が正しくなるようにするために、主クロスコネクト、中間クロスコネクト、水平クロスコネクト、および通信アウトレット/コネクタにおけるデュプレックス SC アダプタの正しい向きを示します。図 5.13 に示されていない光ファイバリンクについては、片側ではデュプレックス SC アダプタが A-B の向きで敷設され、反対側では B-A の向きで敷設されるようにします。

## パッチコード、機器コード、およびワークエリアコード

光ファイバパッチコードは、光ファイバチャネルと同じファイバタイプの 2 線ファイバケーブルから構成し、両エンドをコネクタで成端しなければなりません。パッチコードは、機器コードおよびワークエリアコードとしても使われます。光ファイバパッ

チコードは、A が B に接続し、B が A に接続するという構成にしなければなりません（図 5.13 参照）。

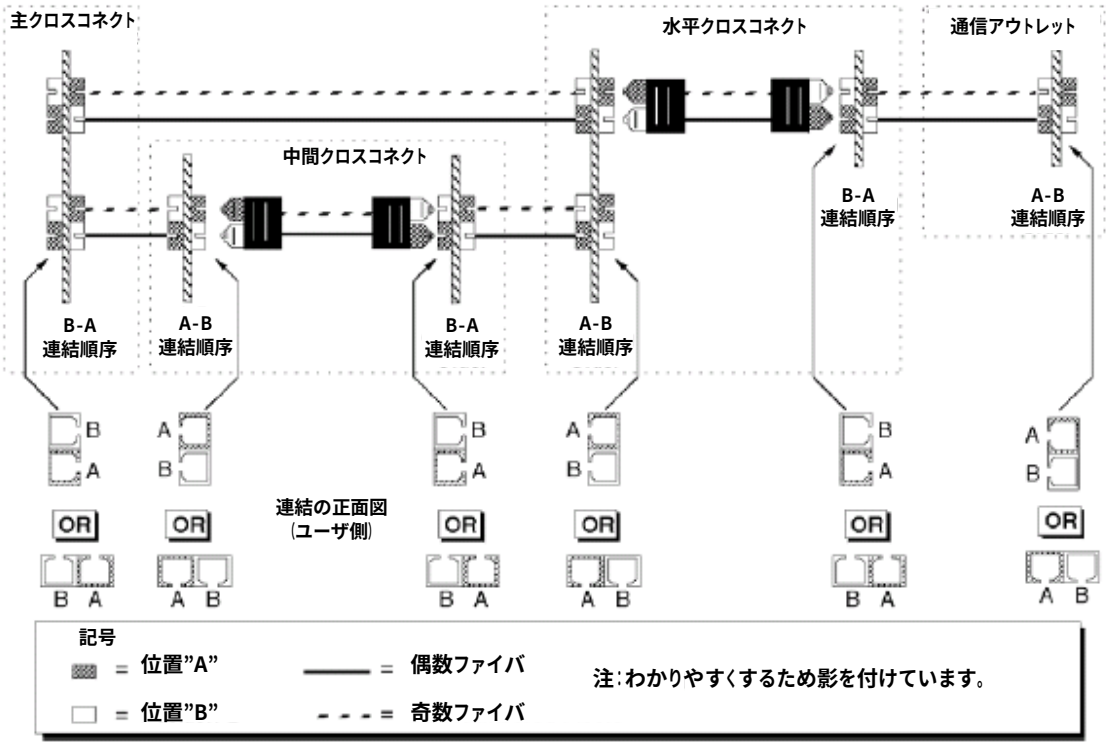



図 5.12　構内配線用の光配線プラン

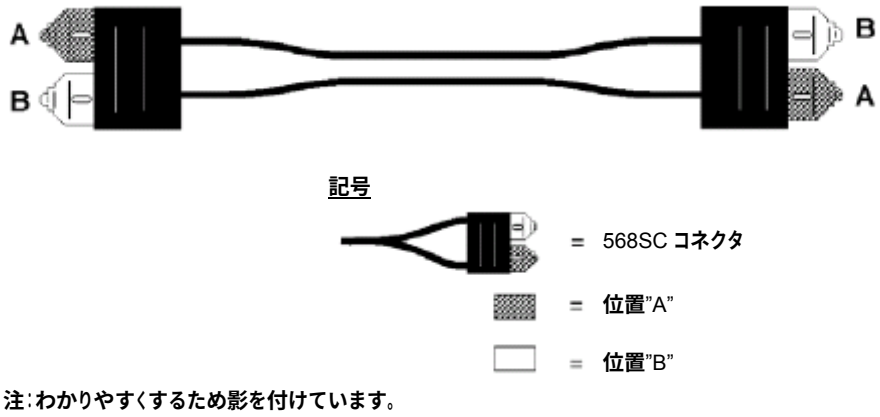



図 5.13　568SC 光ファイバパッチコード

# 第 6 章
# EtherNet/IP ネットワークの確認

EtherNet/IP ケーブル配線システムを確認する場合、本章のガイドラインに従ってください。確認試験は、主にシステムが正しく敷設され配線されていることを確かめるための簡単な試験に限定されています。これは、通常の場合、敷設工事担当者がリンク配線の最終チェックとして実施するものです。必要かつ有効であれば、確認試験に機器およびワークエリアのコード類を含めることができます。この場合、試験はチャネル試験となります。本章では、利用できる市販のイーサネットケーブルテスタなど、適切な診断ツールの使い方を説明しています。確認試験が成功したら、ネットワークの認証を行うことをお勧めします。認証については第 8 章をご覧ください。

## 成端したケーブルセグメントの確認

各ケーブルセグメントは、敷設されコネクタが装着されたら、正しいコネクションになっていることを確認すべきです。ネットワーク上で確認および診断を実行するための試験ツールとして、様々なものがあります。

### 推奨される専用機器のリスト

- マルチメータ（DVM）
- （トラブルシューティング用の）ワイヤマップ、ケーブル長、およびケーブルトレーサの機能を備える確認試験ツール

---

***注：***2 対システムを試験する場合、一部のテスタは最初に「ワイヤマップ」機能を実行します。テスタがプログラミングできないか、または 2 対システムの対 1 および対 4 を無視するようにプログラミングされていない場合、試験は不合格になる可能性があります。これにより、残りのケーブル対パラメータの測定ができなくなるかもしれません。適切な試験機器を選定することが重要です。

---

## チャネル試験構成

チャネル試験の構成は、データ通信システムのシステム設計者およびユーザが全体的なチャネル性能を確認するのに使われます。チャネルには、最大 90m（295ft.）の水平ケーブル、ワークエリア機器コード、通信アウトレット/コネクタ、オプション変換/中継ポイント、通信ルーム内の 2 つのコネクションが含まれます。機器コードを含めた全体長は 100m（328ft.）です。チャネルの各エンドにおける試験機器へのコネクションは、チャネルの電気的定義に含まれていません。チャネルの定義は、水平ケーブルがバックボーンケーブルにクロスコネクトされているような場合には適用されません。（その場合は本マニュアルの対象外となります。）チャネルの配置図については図 6.1 を参照してください。

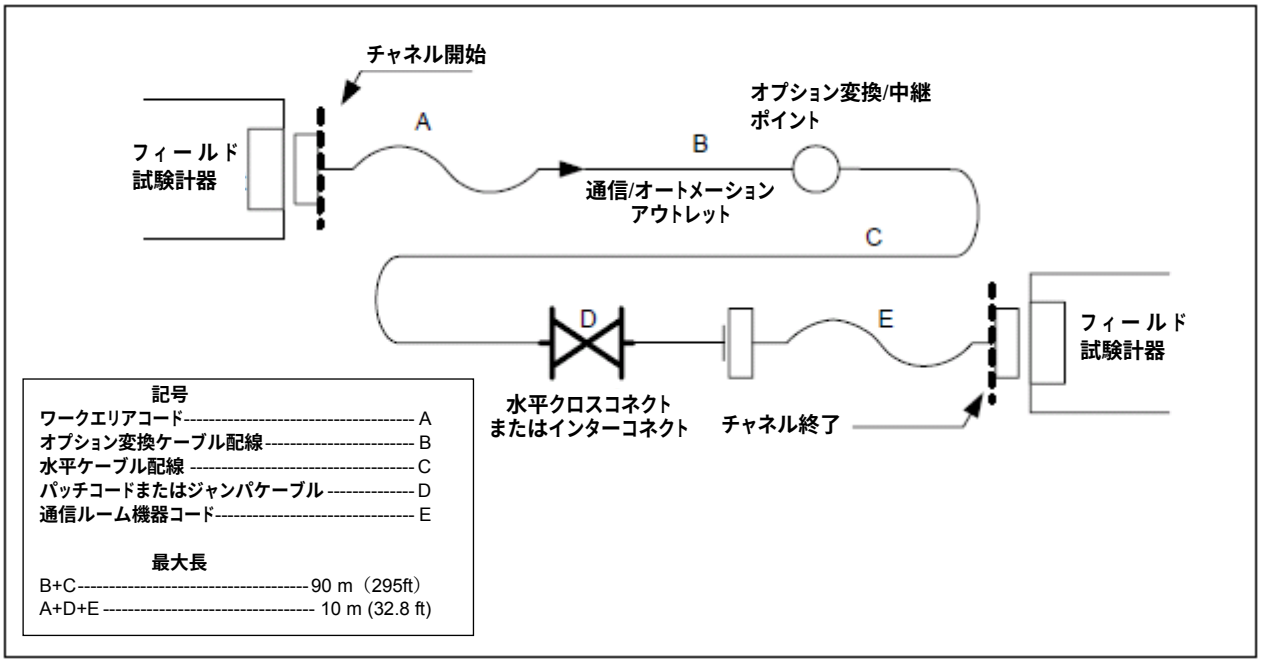



**図 6.1　チャネル試験構成の配置図**

## パーマネントリンク試験構成

パーマネントリンク試験の構成は、データ通信システムの敷設工事担当者およびユーザが固定的に敷設したケーブル配線の性能を確認するのに使われます。図 6.2 にパーマネントリンクの配置図を示します。パーマネントリンクは、最大 90m（295ft.）の水平ケーブルおよび各エンドの 1 コネクションから構成され、オプションで変換/中継ポイントコネクションを含むことができます。フィールド試験計器コードのケーブル部分およびフィールド試験計器へのコネクションは両方とも、パーマネントリンクに含まれません。

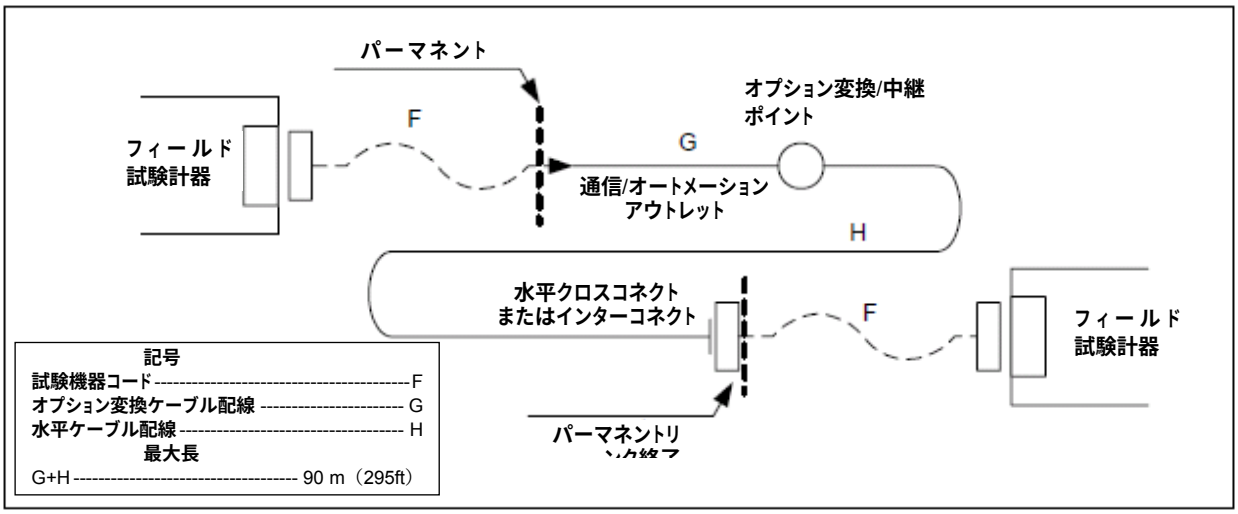



図 6.2　パーマネントリンク構成の配置図

*注：*クロスコネクト接続を使っている場合、チャネル試験を推奨します。

## 確認すべき項目

主な確認パラメータは以下のとおりです。

- ワイヤマップ
- 被覆の長さ
- シールドの流動性（注：シールドは片端で意図的にオープンになっていることがあります。第 3 章 54 ページの図 3.22 を参照してください）
- ケーブルのねじれ
- 摩耗や焦げなど被覆の破損
- 曲げ半径
- コネクタ付きケーブルのダストキャップ
- 未成端ケーブルのケーブル端シール
- 設計文書毎のラベル（アウトレットおよびケーブル）
- EMC 1、2、および 3 の回路に関する、他のケーブルの敷設経路

## ワイヤマップ試験

ワイヤマップ試験は、各エンドにおけるピン to ピンの成端を確認し、敷設接続の誤りがないかどうかをチェックするためのものです。ケーブルの 8 本または 4 本の各導線に対して、ワイヤマップは以下の間違いを明らかにします。

- リモートエンドへの導通性
- 2 つ以上の導線間における短絡
- 対反転
- 対分割
- 対転置（対交差）
- その他の配線ミス

## ストレートスルーケーブルのワイヤマップ

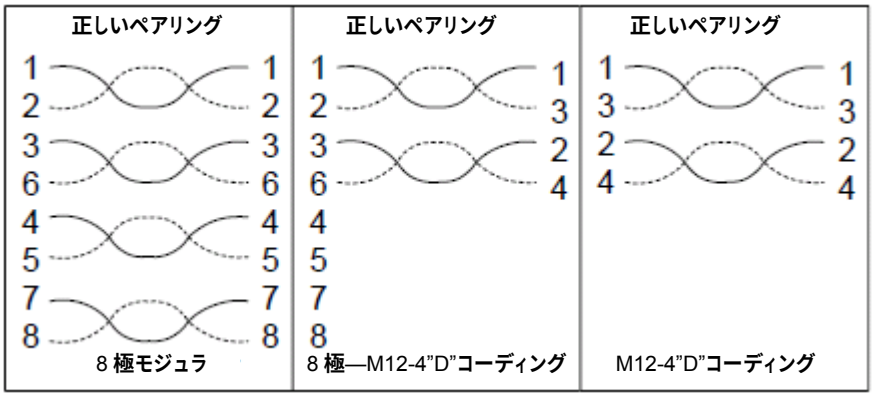



**図 6.3　8 極モジュラおよび 8 極モジュラから M12-4 非クロスオーバーケーブルのワイヤマッピング**

## クロスオーバーケーブルのワイヤマップ

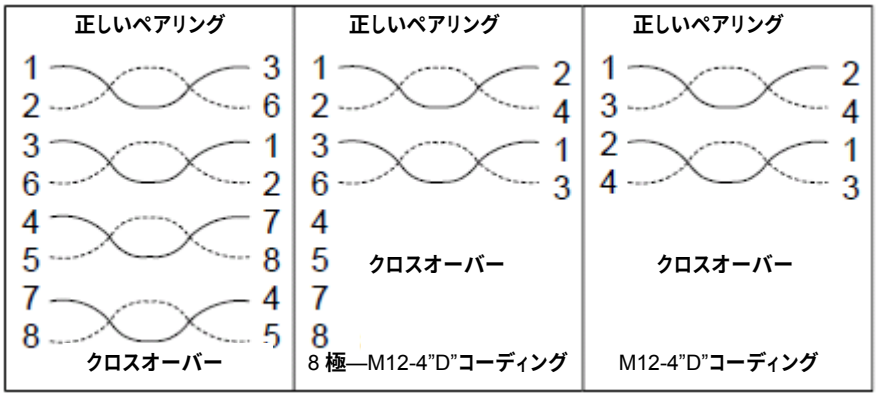



**図 6.4　クロスオーバーケーブルのワイヤマッピング**

## 対反転

対反転は、リンクの一方のエンドでワイヤ対の極性を反転する場合に発生します（「チップ/リング反転」とも呼ばれます）。これらのケーブルを反転したままにしておくことは推奨されません。

### 対転置または対交差

対転置は、ワイヤ対の 2 本の導線が、リモートコネクションの異なる対の位置に接続されている場合に発生します。対の転置は「対交差」と呼ばれることもあります。対転置（対交差）の例については図 6.5 を参照してください。

### 対分割

対分割は、ピン to ピンの導通性は保たれているが、物理的に対が分離している場合に発生します。対分割の例については図 6.5 を参照してください。

確認試験で対分割のエラー条件になった場合、ケーブルを実稼働させる前にケーブルを再度成端して誤りを修正しなければなりません。対分割は、2 つの対において 1 本の導線を 1 つの信号対機能に使うことで生じます。たとえば、オレンジのワイヤとグリーン/ホワイトを TX+と TX‐に使うと対分割になります。対分割の誤りは、テスタにおいて常に 2 つのエラー条件を発生させます。

通信アウトレット/コネクタの正しい導通性は ANSI/TIA/EIA 568 B.2 に定義されており、図 6.3 に図示したとおりです。

### 誤ったワイヤマッピングの例

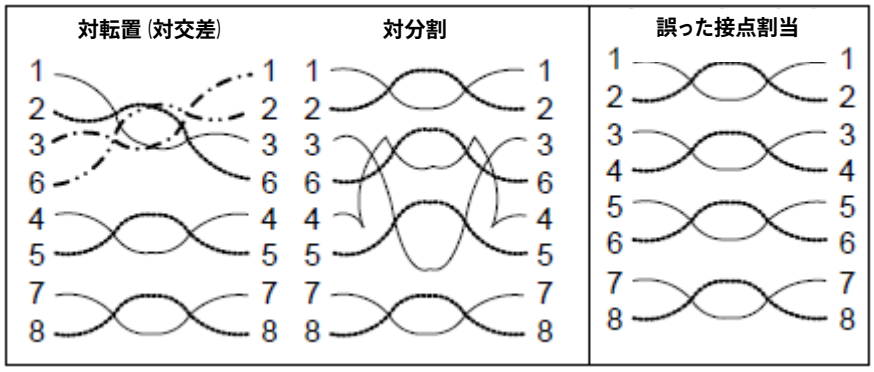



図 6.5　誤った配線例

## 物理的長さと電気的長さ

### 長さ

パーマネントリンク/チャネルの物理的な長さは、2 つのエンドポイント間のケーブルの物理的な長さの合計です。パーマネントリンク/チャネルの物理的な長さは、記載がある場合にはケーブルの長さのマーキングから、もしくはケーブル長を測定することによって決定できます。

## パーマネントリンクおよびチャネルの長さ制限

パーマネントリンクの物理的長さは 90m（295ft.）を超えてはいけません。試験機器コードは、パーマネントリンクモデルから除外されます。チャネルの物理的長さは、機器コードおよびパッチコードも含めて 100m（328ft.）を超えてはいけません。チャネルまたはパーマネントリンクが温度によるケーブル減衰によって制限された場合、総チャネル長は 100m（328ft.）未満となり、パーマネントリンクは 90m（295ft.）未満となります。制限テーブルについては、第 3 章 37 ページの表 3.8 を参照してください。

# 第 7 章
# EtherNet/IP ネットワークのトラブルシューティング

本章では、利用可能な試験ツールに関する情報、および EtherNet/IP ネットワークを迅速に試験し、障害箇所を特定し、修理するための体系的な方法について記述します。以下の本文では、市販のイーサネットケーブルテスタなど、ネットワークの障害箇所を特定するのに役立つ適切な診断ツールの使い方について説明します。

## ネットワーク障害判定ツール

### 試験ツール

ネットワークの診断用として多くの市販試験ツールが利用できます。これらのツールは、パッシブとアクティブの 2 つのタイプに分けることができます。

### パッシブテスタ

パッシブテスタは、ケーブル配線システムおよびコンポーネントの試験用に設計されています。これらはネットワークへのフルアクセスを必要とします。デバイスはネットワークからはずさなければなりません。いくつかの試験では、チャネル/パーマネントリンクの一方のエンドに特殊なターミネータを敷設する必要があります。パッシブテスタは、確認および認証に使うことができます。

確認テスタは、通常は安価なもので、ワイヤマップや長さ等の基本的な情報だけしか出力しません。チャネルまたはパーマネントリンクで開放または短絡したケーブルを特定するためなら、確認タイプのテスタで十分です。掃引周波数試験を実施したり、反射減衰量（インピーダンス）、減衰量、近端漏話（NEXT）、遠端漏話（FEXT）その他たくさんのパーマネントリンク/チャネル性能試験を提供するような、より複雑なテスタも利用可能です。その全部ではないにしろ、ほとんどが確認の機能も持っています。このタイプのテスタは、特定のアプリケーションのニーズに応じてチャネルまたはパーマネントリンクの認証を行うことができます。たとえば、カテゴリ 5e 性能レベルを必要とする EtherNet/IP アプリケーションの場合、認証するテスタはこのレベルまでの合否試験を行います。これらのタイプのテスタは、精度レベルやサポートする帯域が多様です。現在のところ、ほとんどの正確なテスタはレベル IV です。このテスタは高精度測定を行う能力があります。ユーザは、自分のニーズに基づいて適切な（確認用または認証用）テスタを購入すべきです。

### アクティブ試験ツール

アクティブ試験ツールは、主にネットワーク通信を行い、アプリケーション固有となります。たとえば、EtherNet/IP は IEEE 802.3 シグナリングを使ったアプリケーションの 1 つであり、そのため IEEE 802.3 に準拠したツールが必要となります。アクティブ診断ツールは、スイッチやルータ等のアクティブな物理層デバイスおよびケーブル配線を使って、アプリケーション層にエラーを報告します。これらいくつかのツールは、イベントが発生した時にオペレータにアラームを通知することができます。

## ネットワーク確認

ネットワーク確認は、敷設時に行う基本的なチェックだけなので、ネットワークのトラブルシューティングでは限定的な効果しか持っていません。これらのツールは、ほとんどトレーニングなしで、ケーブル配線システムが正しく配線されているかどうか、どこかの損傷により開放または短絡が生じているかどうかを素早く特定するのに効果的です。

## ネットワーク認証

ネットワーク認証には、各チャネルの電気的性能試験が含まれており、診断プロセスに便利です。認証を最初に実施済みであれば、障害後の結果を最初の認証時と比較することができます。これらのタイプのテスタは、一般的により高価で使い方が複雑です。

***注：***多くの市販アクティブテスタは、スイッチへの通信が機能しているかどうかを判断するのに役立ちます。いくつかのテスタは、スイッチ、ルータと通信し、サーバで有効になっているはずの DHCP 経由で IP アドレスを取得しようとします。これに成功したら、チャネルは機能していると判定することができます。これらのデバイスは MAC アドレスを持っており、固定 IP アドレスを割り当てることができます。これらは、診断のために特定アドレスへの PING 送信に使うことができます。

### 診断エラーカウンタ

通信エラーカウンタは、将来の障害を予測するのにきわめて便利です。アラームをエラーカウンタしきい値に設定し、障害の発生が近づいていることをオペレータに警告することができます。誤り率が時間とともに少しずつ増加するのは、ネットワークの劣化の兆候です。これは、コネクタの不良、水分の浸入、または温度上昇でも発生する可能性があります。エラーカウンタが急激に上昇する場合には、ノイズの兆候である可能性があります。これは、ネットワークの設計が不適切、ケーブルがノイズ発生源の機械類に近づきすぎている、または接地端子が不良といったことが原因として考えられます。

## ネットワークに障害があるかどうかの判断

いくつかのケースでは、ネットワーク障害が発生したことが明らかになることがあります。装置が何らかの理由で停止した場合、通常その障害は明確ですが、本節では、障害の理由が明確でない場合について記載します。その例としては、断続的な障害やノイズ関連の障害があります。多くの場合、それは相互に関連しています。ほとんどの制御ネットワークは、デバイス内にエラーを報告する能力を持っています。通信管理ソフトウェアは、エラーを収集し、オペレータに報告する能力を持っています。このようなエラー報告は、初期の警告システムとして、および未解決の障害または発生した障害の原因を特定するための診断ツールとして使うことができます。エラーカウンタのヒストグラムは、オンラインになる動作のようなイベントをエラーに相互に関連づけるのに非常に有用です。

## 簡単なトラブルシューティング手順

トラブルシューティングには体系的な手法を使うべきです。図 7.1 に、基本的トラブルシューティング手順の例を示します。

**図** 7.1　**基本的なトラブルシューティングのフローチャート**

## 詳細なトラブルシューティング手順

この手順は、大半のケーブル配線障害を見つけるのに使うことができます。

ネットワークの目視検査（チャネル/パーマネントリンク）

1. ケーブル配線を観察します。
   a. ケーブル切断または損傷のあるケーブルを修正します。
   b. 損傷を受けたコネクタを修正します。

2. スイッチを含むデバイスのインジケータを観察します。
   a. 片方のエンドの稼働インジケータのみが、ある対のケーブル障害またはデバイス障害を表示していることがあります。
   b. 両方のエンドの稼働インジケータが、片方のデバイス障害または両方のケーブル障害を表示していることがあります。
   c. あるデバイスの全てのインジケータがデバイス障害または電源障害を表示していることがあります。

3. ケーブル配線が疑わしい場合、アクティブデバイスをネットワークから切り離し、チャネルを試験します。ケーブル障害の位置を特定し、それを修正します。
   a. 前のステップで確認ツールを使っており問題が報告されていない場合、チャネル/パーマネントリンクに認証レベルの試験を実施します。
   b. 試験機器から問題が報告されたら、そのコンポーネントを特定し交換します。
   c. 試験機器から問題が報告されなかった場合、メーカの指示にしたがってアクティブデバイスのトラブルシューティングを行います。

4. ケーブル配線システムの障害を修正した後、チャネル/パーマネントリンクの認証試験を行い、該当するネットワーク文書を更新します。

## 障害の一般的兆候/原因

表 7.1 に、トラブルシューティング手順に役立つ障害の一般的な兆候および原因を列挙します。

**表 7.1　ネットワーク障害および主な原因**

| 現象 | 主な原因 | 推奨アクション |
|---|---|---|
| 誤り率が高い | ● ケーブル破損<br>● 近くでの電気的ノイズ<br>● 間違ったケーブル配線を使用 | ● 認証を実施する |
| 通信できない | ● ケーブルの切断<br>● ノードがネットワークに未接続<br>● 間違ったワイヤマップ | ● スイッチおよびデバイスの電源をチェックする<br>● 配線およびコネクションを修正する<br>● ワイヤマップをチェックする |
| リンクインジケータが点灯しない | ● ケーブルの切断<br>● コネクタがネットワークに未接続<br>● デバイス/スイッチの電源断 | ● 切断または外れたケーブル/コネクタを修正する<br>● 不良スイッチ/デバイスを交換する<br>● 電源を修正する |
| 断続的なエラーの表示 | ● ノイズを発生するデバイス<br>● ケーブル配線の品質が良くない<br>● 接地されたシールド | ● 断続的なエラーをバーストノイズに関係づけ、追加で分離を試みる。。適切でない接地をチェックする<br>● ノイズ耐性が低いケーブル配線でないかどうかをチェックする |
| 連続的なエラー<br>（一部のデータは伝達） | ● アプリケーションまたはノイズレベルに対して不適切な配線<br>● ケーブル配線での接地ループ<br>● 間違ったワイヤマップ | ● アプリケーションをサポートしている正しいケーブル配線を使う<br>● ショートしているシールドを見つけ、取り除くか、ノイズ電流に対する追加パスを作る<br>● ワイヤマップを修正する |
| 連続的なエラー<br>（データ伝達なし） | ● ケーブルの切断<br>● リンクインジケータのチェック<br>● ノードがネットワークに未接続 | ● スイッチおよびデバイスの電源をチェックする<br>● 不良スイッチ/デバイスを交換する<br>● 配線およびコネクションを修正する |

# 第 8 章
# EtherNet/IP ネットワークの認証

本章は、EtherNet/IP ネットワークの認証を行うためのガイドラインを解説します。以下の理由により、新しいネットワークを認証することは重要です。

- トラブルシューティングおよび予防保全など、将来の保守のためのベースラインを確立することができる。
- 敷設がアプリケーション要求条件に対応できることを確認することにより、立ち上げ時間を短縮できる。たとえば、10/100 Mbps を必要とするアプリケーションの場合、認証により、ネットワークが TIA および ODVA 標準で規定されたとおりに最小限のカテゴリ 5e チャネルおよびパーマネントリンク制限事項を満足するかどうかを確認することができる。
- 一部のケーブルプロバイダは、認証試験に合格した場合にのみネットワークの保証を提供している。

## 認証の実施時期

一般に、このプロセスは、ネットワークコンポーネントが正しく敷設されたことを工事担当者が確認した後で実施されます。通常、適合確認プロセスは、ネットワーク認証の訓練を受けた専門家が行います。また、このプロセスには、以下のどれかを詳細に述べたレポート作成も含まれます。

- 設計文書の要求条件を満足していないエリア
- チャネル/パーマネントリンクの性能要求
- 全ての項目での合格

ネットワーク認証は以下について行うべきです。

- 新しく敷設されたネットワーク
- 大規模な修理または変更を行ったネットワーク
- 定期的（予防保守のため）

オーナーおよびプロバイダの要求条件に基づいて、ネットワーク認証をいつ行うかを記載した計画書を作成すべきです。この計画書には、レポート要求条件、制限事項、およびネットワークが認証されなかった場合の手順も記載します。

## 認証項目

認証には、以下のようなネットワーク項目が含まれているべきです。

- 以下のような、敷設寿命に影響を与える可能性のある物理的敷設属性
  - 電気的ノイズおよび環境条件に関連したケーブルの位置
  - 仕様で指定されている場合、デバイスおよび機器の接地
  - 敷設経路
  - 曲げ半径
  - ケーブルサポート（ハンガ）
  - ケーブルの負荷および潰れ
  - 成端
  - 環境とつりあった正しいメディア
- アプリケーションのニーズとつりあった電気的性能
  - チャネルおよびパーマネントリンクの電気的および物理的長さ
  - 掃引周波数測定（本章で後述）

## ネットワーク認証に必要なツール

通常、認証に必要とされるネットワーク試験ツールは、確認で使用される合否ツールより複雑です。これらのツールは、チャネルまたはパーマネントリンクのローカルエンドおよびリモートエンドの両方で、DC および周波数掃引の両方を実施するのに必要です。異なる精度レベルの市販試験ツールがいくつかあります。フィールド試験ツールは、レベル II 以上でなければならず、ネットワーク認証にはレベル III または IV のテスタを使うことを強く推奨します。また、テスタにより試験時間と周波数帯は変動します。例えば、チャネルまたはパーマネントリンク毎に 5〜20 秒で実施できるテスタもあれば、カテゴリ 5e の試験だけしかできないテスタもあります。通常、試験ツールは、試験するチャネル、パーマネントリンク、およびパッチコード用に個別の試験ヘッドを必要とします。チャネルの全てのコンポーネントおよびパーツを試験できるテスタを持つことが重要です。

認証プロセスで役に立つ追加的なツールは以下のとおりです。

- デジタルカメラ
- mΩのスケールのデジタルマルチメータ
- レポート作成用の携帯ツールおよびソフトウェア

認証者はコンピュータおよび設計文書にアクセスできることを前提にします。

## 電気的試験

設計文書に従って、以下に列挙した電気試験をネットワーク上で実施すべきです。ケーブル配線システムが目的のアプリケーションをサポートするかを確認するため、最初の敷設後に少なくとも電気測定は実施すべきです。

- 長さ
- 挿入損失
- 近端漏話（NEXT）
- 電力和近端漏話（PSNEXT）
- 等レベル遠端漏話（ELFEXT）
- 電力和等レベル遠端漏話（PSELFEXT）
- 反射減衰量（インピーダンス）
- 伝搬遅延
- 伝播遅延時間差
- 抵抗（オプション）

## 成端ケーブルセグメントの認証

伝送性能は、チャネル特性、接続ハードウェア、パッチコードとクロスコネクトの配線、コネクション総数、敷設および保守時の注意深さに依存します。本セクションは、ODVA 仕様にしたがって設計されたケーブル配線について、敷設後の性能測定のフィールド試験仕様を解説します。

このガイドに含まれた情報は、以下のセクションで規定されるチャネルおよびパーマネントリンクの試験構成と関連しています。本セクションは、フィールド試験計器の仕様、試験方法、および試験結果の解釈などの追加的情報を提供し、フィールド試験に関連する問題点を実用的に解決できるようにします。

### 100Ω、ツイストペア伝送性能およびフィールド試験の要求条件

本セクションは、100Ωのツイストペアケーブル配線に関して、フィールド試験計器の電気特性、試験方法、および最低限の伝送要求条件を規定します。本書で規定されている 100Ωのツイストペアケーブルとコネクティングハードウエアの 2 つのカテゴリに相当する 100Ωのツイストペアケーブルリンクについて伝送性能の要求条件を指定します。この要求条件は、フィールド試験計器を使って、敷設された 100Ω、ツイストペアケーブルリンクのフィールド試験を行うためのものです。正しい精度の測定となるように、カテゴリ 5e について最大 100 MHz の掃引/ステップ周波数測定を行うのに必要なフィールド試験計器の特性を記載しています。周波数ドメインまたは時間ドメインの測定テクニックを使ったその他の方法も、これと同等であることを実証していれば許容されます。

敷設されたケーブル配線を確認するため、フィールド試験方法および合格/不合格の基準となる試験データの解釈について記載しています。本セクションの該当者は、これらの要求条件が特定のネットワーキングアプリケーションに適合しているかどうかを決定するため、アプリケーション標準、機器メーカ、およびシステムインテグレータと相談することをお勧めします。

敷設済みケーブル確認用のこれらの追加的な仕様は、本ガイドの基本的な要求条件の代替または差し替えを意図したものではありません。

## 試験構成

ここで規定する伝送要求条件は、本ガイドで指定する接続ハードウェアとケーブルから構成される非シールドツイストペア（UTP）および遮蔽付ツイストペア（ScTP）ケーブルリンクに適用可能です。100Ω、4 対 UTP および ScTP ケーブルの性能だけに関連しています。本ガイドに適合しているからといって、100Ω以外の公称インピーダンス値を持つケーブルと互換性があるとはかぎりません。

チャネルおよびパーマネントリンクの試験構成を、以降のパラグラフで規定します。他の適合性試験構成は、ODVA 仕様に基づいて計算した制限値を使って試験しなければなりません。

### チャネル試験構成

チャネル試験構成は、システム設計者およびデータ通信システムのユーザが、チャネル全体の性能を確認するために使います。チャネルには、最大 90m（295ft.）の水平ケーブル、ワークエリア機器コード、通信アウトレット/コネクタ、オプションの変換/中継ポイント、通信ルーム内の 2 つのコネクションが含まれます。チャネルの各エンドにおける試験機器へのコネクションは、チャネルの電気的定義に含まれていません。チャネルの定義は、水平ケーブルがバックボーンケーブルにクロスコネクトされているような場合には適用されません。それは本マニュアルの対象外です。チャネルの配置図については図 8.1 を参照してください。

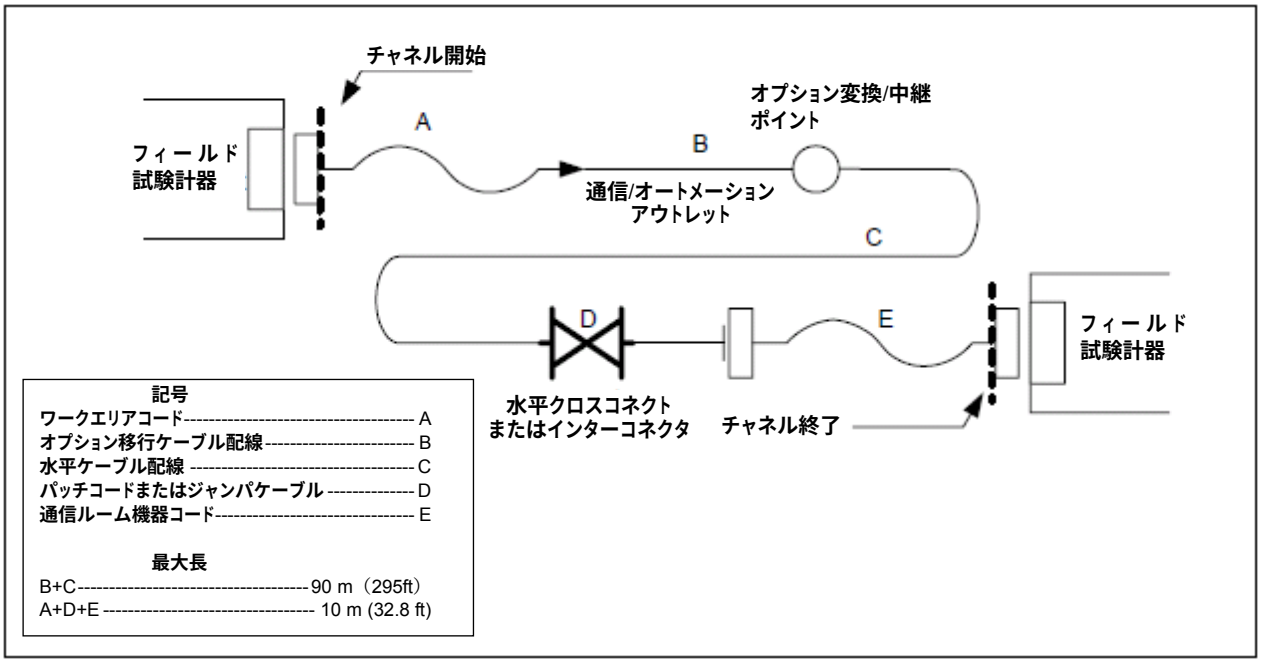



**図** 8.1　**チャネル試験構成**

## パーマネントリンク試験構成

パーマネントリンク試験構成は、敷設したケーブル配線の性能を認証するのに認証技術者が使います。図 8.2 にパーマネントリンクの配置図を示します。パーマネントリンクは、最大 90m（295ft.）の水平ケーブルおよび各エンドの 1 コネクションから構成され、オプションで変換/中継ポイントを含むことができます。フィールド試験計器コードのケーブル部分およびフィールド試験計器へのコネクションは両方とも、パーマネントリンクに含まれません。

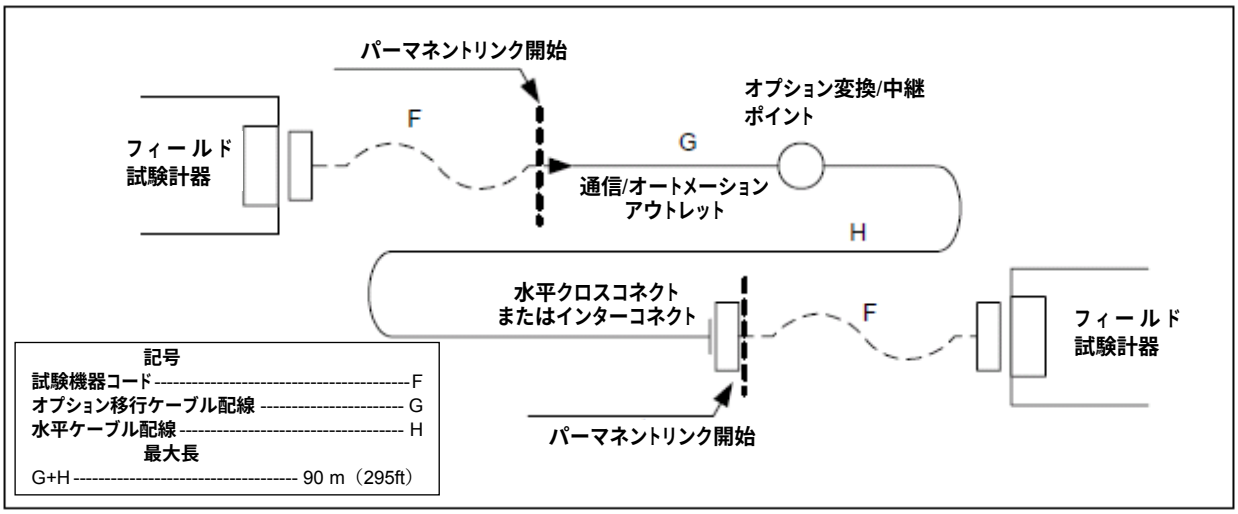



図 8.2　パーマネントリンク試験構成

*注：*

1. クロスコネクトが使われている場合、チャネル試験をお勧めします。
2. 平衡度および同相インピーダンスのようなその他のパラメータは、特定のネットワーキングアプリケーションには重要となる可能性があり、現在調査中です。
3. 2 対システムを試験する場合、一部のテスタは最初に「ワイヤマップ」機能を実行します。テスタが、2 対システムの対 1 および対 4 を無視するようにプログラミング設定をしていないと、試験は不合格となります。ケーブル対パラメータのバランスについての測定ができません。正しい試験機器を選定することが重要です。

挿入損失、近端漏話損失、等レベル遠端漏話、および反射減衰量は、掃引/ステップ周波数測定または等価測定方法から算出します。

## 物理的長さと電気的長さ

パーマネントリンク/チャネルの物理的な長さは、2 つのエンドポイント間のケーブルの物理的な長さの合計です。パーマネントリンク/チャネルの物理的な長さは、ケーブルの長さに関するマーキングがある場合、それを使ってケーブル長を測定できます。または、電気的な長さ測定からケーブル長を推定することもできます。電気的な長さ測定は、信号の伝搬遅延から算出し、ケーブルの構造および素材特性に依存します。（ANSI/TIA/EIA 568 B.2 を参照）

物理的な長さを電気的な長さから決定する場合、電気的遅延が最長の対を使って計算した値を合格/不合格の判定に使わなければなりません。合格/不合格の基準は、第 3 章に記載されたチャネルまたはパーマネントリンクに許容された最大長、および公称伝播速度（NVP）に基づいています。

***注：***NVP の校正は、長さ測定の精度に重要です（ANSI/TIA/EIA 568 B.2.を参照）。

## 挿入損失

挿入損失は、パーマネントリンクまたはチャネルにおける信号損失の尺度です。許容される最大挿入損失とワーストケースの挿入損失の対比をレポートしなければなりません。

チャネル挿入損失は、以下の総和として算出されます。

- 4 つのコネクタの挿入損失
- 10m（33ft.）の 24AWG UTP/ 24AWG ScTP のパッチ、ワークエリア、および機器コード、または 8m（26ft.）の 26AWG ScTP のパッチ、ワークエリア、および機器コードの 20℃における挿入損失
- 90m（295ft.）ケーブルセグメントの 20℃における挿入損失

パーマネントリンク挿入損失は、以下の総和として算出されます。

- 3 つのコネクタの挿入損失
- 90m（295ft.）ケーブルセグメントの 20℃における挿入損失

挿入損失要求条件は、以下の計算式から算出されます。

$$Insertions\ loss_{channel} = insertion\ loss_{4connections} + insertion\ loss_{cable,90m} + insertion\ loss_{cords.10m}$$

$$Insertion\ loss_{permanentlink} = insertion\ loss_{3connections} + insertion\ loss_{cable.90m}$$

機器コードおよびパッチコードに許容された最大挿入損失は、ANSI/TIA/EIA 568 B.2 で規定されたとおり、水平ケーブルより 20%高くなっています。ScTP 機器コードおよびパッチコードに許容された最大挿入損失は、ANSI/TIA/EIA 568 B.2.で規定されたとおり、水平ケーブルより 50%高くなっています。50%の制限を行った場合、パッチコード、機器コード、ワークエリアコードの最大合計長は、チャネルの全体的な挿入損失制限を越えないように、8m（26ft.）でなければなりません。

チャネルとパーマネントリンクの選択した周波数におけるワーストケース挿入損失の例を、それぞれ表 8.1 と表 8.2 に示します。

**表 8.1　チャネル挿入損失**

| 周波数 (MHz) | カテゴリ 5e (dB) |
|---|---|
| 1.0 | 2.2 |
| 4.0 | 4.5 |
| 8.0 | 6.3 |
| 10.0 | 7.1 |
| 16.0 | 9.1 |
| 20.0 | 10.2 |
| 25.0 | 11.4 |
| 31.25 | 12.9 |
| 62.5 | 18.6 |
| 100.0 | 24.0 |

挿入損失は、20℃におけるチャネル試験構成で決定されます。

水平ケーブルの長さは 90m（295ft.）です。

機器コード、パッチコード、およびジャンパの長さは 10m（33ft.）です。

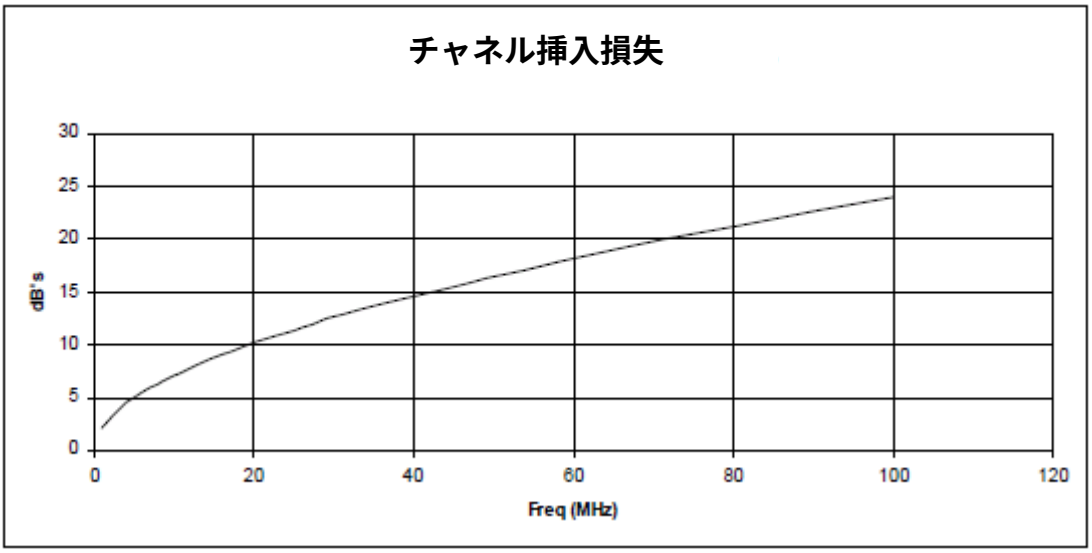



**図 8.3　チャネル挿入損失の限界**

表 8.2　パーマネントリンク挿入損失

| 周波数<br>(MHz) | カテゴリ 5e<br>(dB) |
|---|---|
| 1.0 | 2.1 |
| 4.0 | 3.9 |
| 8.0 | 5.5 |
| 10.0 | 6.2 |
| 16.0 | 7.9 |
| 20.0 | 8.9 |
| 25.0 | 10.0 |
| 31.25 | 11.2 |
| 62.5 | 16.2 |
| 100.0 | 21.0 |

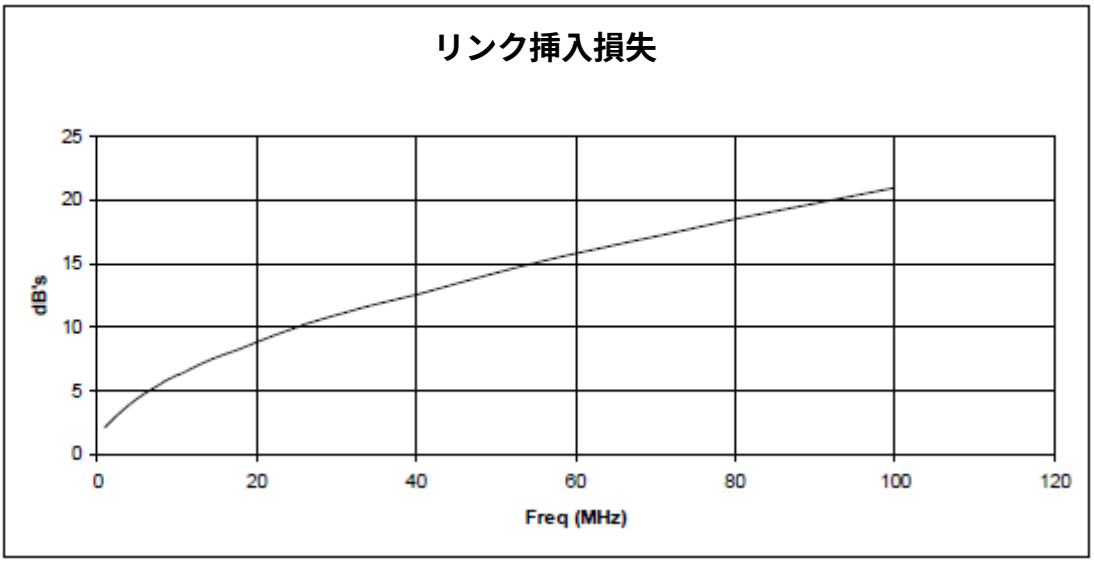



図 8.4　パーマネントリンク挿入損失

水平ケーブルの長さは最大 90m（295ft.）です。挿入損失は温度とともに上昇します。20°C以外の温度でのケーブルセグメントの挿入損失は、カテゴリ 5e ケーブルに関して 1°Cあたり 0.4%という係数を使って推定することができます。温度係数および最大温度は ANSI/TIA/EIA 568 B.2.で規定されています。

**注：**

1. 通常 dB で表される値が何%増減するという場合は、dB の数値そのものにパーセンテージをかけるようにします。
2. 減衰と挿入損失はよく同じ意味で使われますが、減衰の場合は、試験中のデバイスにおける終端インピーダンスがケーブルの特性インピーダンスと同じという条件を含んでいます。

## ケーブルの反射減衰量

反射減衰量は、ケーブル配線システムのインピーダンス変化によって生じる反射エネルギーです。1～100 MHz の全ての周波数で、カテゴリ 5e の最小ケーブル反射減衰量は ANSI/TIA/EIA 568 B.2 に従って測定し、以下に示した数値かそれ以上であってはいけません。

**表 8.3　カテゴリ 5e チャネル反射減衰量**

| 周波数 (MHz) | カテゴリ 5e (dB) |
|---|---|
| $1 \le f < 20$ [1] | 17 |
| $20 \le f \le 100$ | $17 - 10\log(f/20)$ |

[1] f は MHz の周波数

**表 8.4　カテゴリ 5e チャネル反射減衰量**

| 周波数 (MHz) | カテゴリ 5e (dB) |
|---|---|
| 1.0 | 17.0 |
| 4.0 | |
| 8.0 | |
| 10.0 | |
| 16.0 | |
| 20.0 | |
| 25.0 | 16.0 |
| 31.25 | 15.1 |
| 62.5 | 12.1 |
| 100.0 | 10.0 |

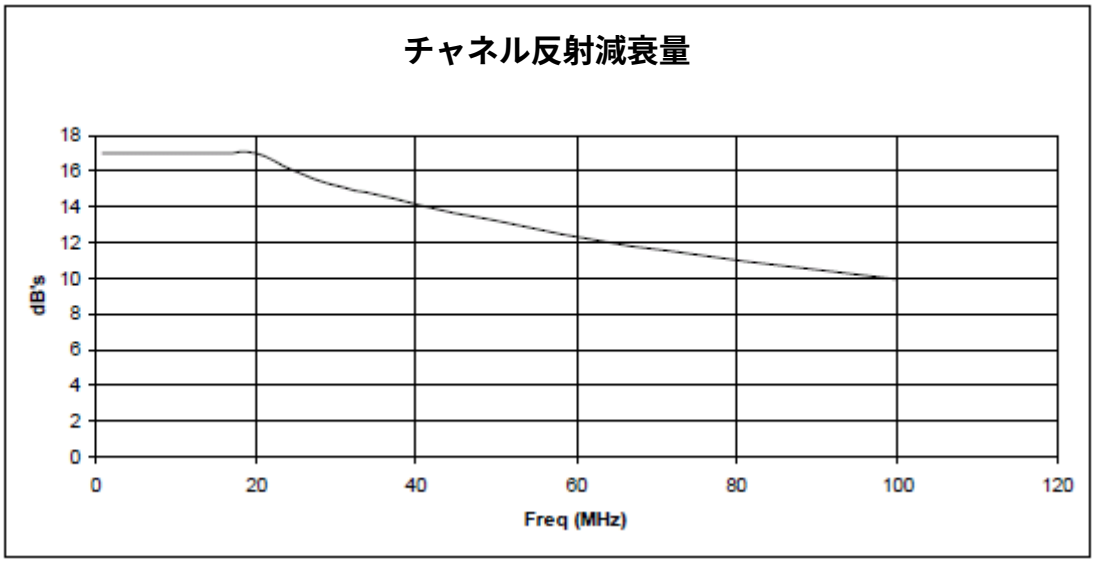



**図** 8.5　**チャネル反射減衰量**

**表** 8.5　**カテゴリ** 5e **パーマネントリンク反射減衰量**

| **周波数** (MHz) | **カテゴリ** 5e (dB) |
|---|---|
| 1≤*f*<20[(1)] | 19 |
| 20≤*f*≤100 | 19 – 10log (*f*/20) |

[(1)] f は MHz の周波数

**表** 8.6　**カテゴリ** 5e **パーマネントリンク反射減衰量**

| **周波数** (MHz) | **カテゴリ** 5e (dB) |
|---|---|
| 1.0 | 19.0 |
| 4.0 | |
| 8.0 | |
| 10.0 | |
| 16.0 | |
| 20.0 | |
| 25.0 | 18.0 |
| 31.25 | 17.1 |
| 62.5 | 14.1 |
| 100.0 | 12.0 |

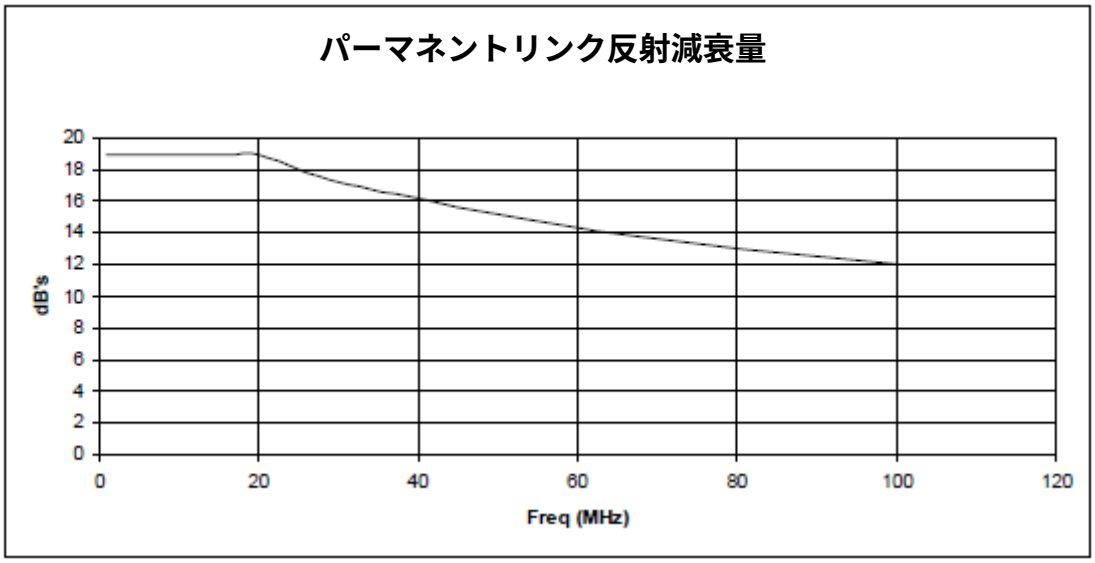



**図** 8.6　**パーマネントリンク反射減衰量**

# 索引


## 1

100Ω、ツイストペア伝送性能, 101

## 2

2 対および 4 対ケーブル配線のルール, 22

## 4

4 極 M12 D コーディングコネクタ, 20

## 8

8 極モジュラ, 22
　プラグ, 75

## E

EtherNet/IP 防水型 8 極モジュラ, 18

## I

I/O の選定, 59
IP65/IP67 防水型コネクタ, 8, 58

## L

LC, 64
　LC コネクタ, 64

## M

M12-4, 23
　”D”コーディングコネクタ, 23
　”D”コード化コーディングコネクタのコードセット, 23
　ピンコネクタ, 79
　ピンコネクタの成端, 79
MICE, 1
　環境分類, 2
　軽減策の例, 11
　コンセプト, 10
　チュートリアル, 9

## R

RJ45, 18

## S

SC, 63
　SC コネクタ, 63
ScTP, 80
　ScTP ケーブル, 80
　ScTP ケーブルの成端, 80
ST, 63
　ST コネクタ, 63

## T

T568A, 75
T568B, 75
TN-C 配線, 45
TN-S 配線, 45

## U

UTP ケーブル, 75

## あ

アース電流の制御, 50
アクティブ試験ツール, 94
アクティブネットワークコンポーネント, 59
アプリケーション
　MICE コンセプト, 10
　情報アプリケーション, 13
　制御アプリケーション, 13

## い

イーサネット, 15
　RJ45, 18
　ゲートウェイ, 16
　コネクタ, 17
　スイッチ, 16
　ダイレクトコネクション, 17
　ネットワークセグメント, 17
　バックボーン, 15
　ハブ, 15
　ブリッジ, 16
　ルータ, 15
インナーダクト, 69

## え

延長コード, 57

## か

確認
　誤ったワイヤマッピングの例, 91
　クロスオーバーケーブル, 90
　推奨される専用機器, 87
　ストレートスルーケーブル, 90
　成端したケーブルセグメント, 87
　対転置または対交差, 91
　対反転, 90
　対分割, 91
　チャネル試験構成, 88
　パラメータ, 89
　リンク試験, 88

ワイヤマップ試験, 90
環境
MICE 環境分類, 2
環境の理解, 1
ケーブルの選定, 6

## き

機器コード, 57, 84

## く

クロスオーバー機能, 24

## け

軽減策の例, 11
ゲートウェイ, 16
ケーブル
2 対および 4 対ケーブル配線のルール, 22
ScTP ケーブルの成端, 80
UTP ケーブルの成端, 75
ケーブルグランド, 59
ケーブル設備ハードウェア, 69
ケーブル端の成端処理, 8
ケーブルのタイプ, 74
ケーブルの敷設, 8, 83
高可撓性ケーブル, 57
固定水平ケーブルの成端, 74
シールド付きケーブルの接地, 7
シールド付きケーブルを使用する場合, 7
シールドなしツイストペア（UTP）ケーブル, 7
遮蔽およびシールド付きツイストペア, 40
水平ケーブルの敷設, 73
成端ケーブルセグメントの認証, 101
成端したケーブルセグメントの確認, 87
耐溶接スプラッタケーブル, 56
光ファイバケーブル, 65
光ファイバケーブルの引き出し, 71
引張強度, 74
フィールド成端ケーブル端, 74
敷設経路のプランニング, 41
プレナム格ケーブル, 56
曲げ半径, 73
ライザ格ケーブル, 56
ケーブル端の成端処理, 8
ケーブルのリターンロス反射減衰量, 108
ケーブル敷設, 42

## こ

コア, 61
高可撓性ケーブル, 57
コードセット, 22
2 つのコネクタタイプ, 24
8 極モジュラ, 22
M12-4 ”D”コーディングコネクタ, 23
クロスオーバー機能, 24
接続, 22
固定水平ケーブルの成端, 74
コネクタ, 17
4 極 M12 D コーディングコネクタ, 20
EtherNet/IP 防水型 8 極方向モジュラ, 18
LC コネクタ, 64
M12-4 ピンコネクタ, 79
RJ45, 18
SC コネクタ, 63
ST コネクタ, 63
光ファイバコネクタ, 63

## さ

サージ抑制, 61
産業
基本メディアコンポーネント, 15
産業制御アプリケーション, 13
バックボーン, 15

## し

シールド
ケーブル, 40
ケーブルを使用する場合, 7
シールド付きケーブルの接地, 50
等電位ボンディングによるシールド接続, 53
シールドなしツイストペア（UTP）ケーブル, 7
試験構成, 102
チャネル, 102
パーマネントリンク, 103
試験ツール, 93
周囲温度, 60
環境の温度, 7
環境の理解, 1
障害の一般的兆候/原因, 98
情報アプリケーション, 13
消防規則, 71
診断エラーカウンタ, 94

## す

スイッチ
イーサネットスイッチ, 16
概要, 6
設置, 82
水分保護, 70
水平ケーブルのタイプ, 74
水平ケーブルの敷設, 73
スター/マルチスター接地ボンディング, 46
スプライスパネル, 70
スプライス盤, 70

## せ

制御アプリケーション, 13
成端
8 極モジュラプラグ, 75
M12-4 ピンコネクタ, 79
ScTP ケーブル, 80
UTP ケーブル, 75
固定水平ケーブル, 74

フィールド成端ケーブル端, 74
成端ケーブルセグメントの認証, 101
セキュリティ, 5
接地, 54
シールド付きケーブルの接地, 50
シールド付きケーブルの接地の概要, 7
接地なし基準電圧による設備設計, 53
接地方法, 45

## そ

挿入損失, 105

## た

対転置または対交差, 91
対反転, 90
対分割, 91
耐油性および耐化学性被覆, 56
耐溶接スプラッタケーブル, 56
ダイレクトコネクション, 17

## ち

チャネル当たりのコネクション数, 58
チャネル試験構成, 88, 102
直接接続, 17

## つ

通信エラー, 94

## て

電気的試験, 101
電気的長さ, 91, 104
伝送性能, 101

## と

動作波長, 66
銅線
2 対ケーブル, 56
4 対, 56
4 対ケーブル, 56
I/O の選定, 59
延長コード, 57
機器コード, 57
ケーブルグランド, 59
高可撓性ケーブル, 57
ジャンパ, 57
耐油性および耐化学性被覆, 56
耐溶接スプラッタケーブル, 56
銅線ケーブルの選定, 55
パッチコード, 57
バルクヘッド接続, 59
プレナム格ケーブル, 56
ライザ格ケーブル, 56
ワークエリアコード, 57
導線
導線の分類, 42
導線のケーブル敷設, 42
等電位
等電位ボンディング, 53
等電位ボンディングシステム, 47
等電位ボンディング, 47
トラブルシューティング手順
一般的な兆候および原因, 98
簡単な, 95
詳細な, 97

## な

長さ
チャネルの長さ制限, 92
電気的長さ, 91
パーマネントリンクの長さ制限, 92
物理的長さ, 91

## に

認証
成端ケーブルセグメントの認証, 101
電気的試験, 101
認証項目, 100
認証の実施時期, 99
認証に必要なツール, 100

## ね

ネットワーク
アクセス, 5
アクティブネットワークコンポーネント, 59
確認, 94
コンポーネントの配置場所, 6
障害があるかどうかの判断, 95
診断エラーカウンタ, 94
スイッチ, 6
セキュリティ, 5
チャネル要求条件, 5
トラブルシューティング手順, 95
認証, 94
ネットワークセグメント, 17
ハブ, 5
プランニング, 4
ポート, 6
メディア, 5
レイアウト, 5
ネットワーク試験ツール, 100
ネットワーク障害
アクティブ試験ツール, 94
試験ツール, 93
パッシブテスタ, 93
判定ツール, 93
ネットワークデバイスの接続, 8

## は

パーマネントリンク
試験構成, 88, 103

長さ制限, 92
配線
TN-C, 45
TN-S, 45
ガイドライン, 41
配線盤外でのケーブル敷設, 43
配線盤内でのケーブル敷設, 44
ビル, 45
例, 24
配線盤, 27
配線路, 44
配線路レイアウトの検討事項, 44
パッシブテスタ, 93
パッチコード, 57, 84
パッチパネル
概要, 6
光ファイバ, 70
モジュラネットワークの構築, 24
ハブ, 15
バルクヘッド接続, 6, 24, 59
バルクヘッド接続の敷設, 82

## ひ

光ファイバ, 70
LC コネクタ, 64
SC コネクタ, 63
ST コネクタ, 63
インナーダクト, 69
確認および保守用機器, 83
キャビネット, 70
ケーブル, 65
ケーブル設備ハードウェア, 69
ケーブルのタイプ, 67
ケーブルの引き出し, 71
コアおよびクラッド径, 66
コネクタ, 63
コンジット, 69
消防規則, 71
水分保護, 70
スプライスパネル, 70
スプライス盤, 70
帯域, 66
動作波長, 66
パッチパネル, 70
プランニング, 68
引張張力, 71
敷設, 68
敷設ガイダンス, 70
ブレークアウトキット, 70
ラック, 70
引張強度, 74
引張張力, 71
標準 8 極モジュラコネクタ, 18
ビル配線, 45

## ふ

フィールド成端ケーブル端, 74
フェライトビーズ, 61
物理的長さ, 91, 104
ブリッジ, 16
ブレークアウトキット, 70
プレナム格ケーブル, 56

## ほ

ポート, 6
保守用機器の接続, 83
ボンディング, 54
スター/マルチスター接地ボンディング, 46
等電位ボンディング, 47

## も

モジュラネットワーク, 24
構築, 24

## ら

ライザ格ケーブル, 56
ラックおよびキャビネット, 70

## る

ルータ, 15

## わ

ワークエリアコード, 57, 84
ワイヤマップ
誤った例, 91
クロスオーバーケーブル, 90
試験, 90
ストレートスルーケーブル, 90