

TR-1082
シングル・ペア・イーサネット通信及び
直流給電方式についての
実装ガイドライン

Single Pair Ethernet communication and
DC power supply system implementation guideline

第 4.2 版

2024 年 2 月 15 日

一般社団法人

情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE



本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。
内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、
転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目次

〈参考〉	4
1. はじめに	5
1.1 背景.....	5
1.2 本技術レポートの目的.....	6
1.3 IEEE802.3 SPE 関連規格 (bw, bp, bu, cg, ch)	7
1.4 用語の定義と略号.....	9
2. 実装ガイドライン.....	10
2.1 適応範囲.....	10
2.2 実装要件.....	11
2.3 通信・給電仕様.....	12
2.4 ケーブル及びコネクタ仕様.....	16
2.5 環境対策.....	19
2.6 EMC・サージ対策について.....	25
2.7 適応事例.....	25

〈参考〉

1. 国際勧告等との関連

本技術レポートに関する国際勧告は本文中に記載している。

2. 改版履歴

版数	制定日	改版内容
第 1.0 版	2019 年 12 月 3 日	制定
第 2.0 版	2021 年 5 月 11 日	改定：仕様 4 追加、IEC ケーブル・コネクタ規格対応
第 3.0 版	2022 年 12 月 6 日	改定：カテゴリ別仕様への変更 2.5/5/10Gbps 仕様追加、10Mbps P-MP 仕様追加
第 3.1 版	2023 年 1 月 10 日	改定：フォント修正
第 4.0 版	2024 年 1 月 9 日	改訂：カテゴリ別仕様の追加・更新 環境対策追加
第 4.1 版	2024 年 1 月 31 日	改訂：誤記訂正
第 4.2 版	2024 年 2 月 15 日	改訂：誤記訂正

3. 参考文献

IEE802.3 2022 年度版

4. 技術レポート作成部門

IoT エリアネットワーク専門委員会 (WG3600) 通信インタフェース (SWG3604)

5. 本技術レポートの制作体制

本技術レポートは、Single Pair Ethernet Consortium (以下 SPEC) にて原案を作成し、本 IoT エリアネットワーク専門委員会 (WG3600)、通信インタフェース SWG(SWG3604)での審議を経て TTC 技術レポートとしてとして公開するものである。

1. はじめに

本技術レポートは、IoT エリアネットワークにおいて IEEE802.3 及び IEC61156、IEC63171 に基づくツイストされたシングル・ペア・イーサネットを用いた通信法式と直流給電方式を利用するにあたり各装置、ケーブル、コネクタへの技術実装要件を述べたものである。

1.1 背景

ICT の発展が著しい環境の中で、さまざまな装置がネットワークに繋がり、各種サービスが提供されている。そのため、ICT サービスに対する重要性が高まり、各ネットワークの確実性・安定性・信頼性への要望が増大している。

また、センサー・アクチュエータなど従来の ICT 装置以外の装置をネットワークに接続することがこれまで以上に求められ、多くの装置メーカーが新たにネットワークに接続する機能の実装を必要としている。

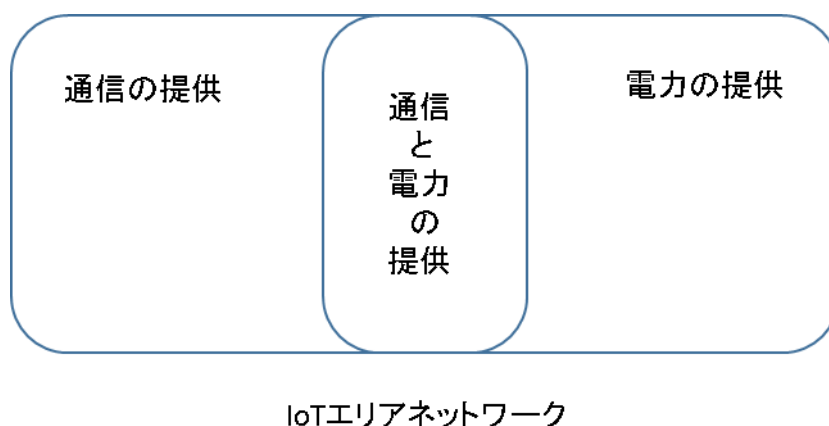
このような状況を踏まえ様々装置をネットワークに接続するにあたり、通信ネットワークの提供と共に電源供給が大きな課題となっている。

そのため、これらの装置をネットワークに接続し、同時に電源供給を提供する為、1 対のツイストされたシングル・ペア・ケーブルを用い通信と電源の両方を同時提供することで確実性・安定性・信頼性を確保し、本課題を解決する方法の一つと考えられる。

これまでも通信と給電の同時提供は検討され、過去に幾つか実現された技術もあるが、メタリックケーブルを用いた通信・給電方式は様々な方式が業界毎に個々に規格化され、また十数年以前に規格化された方式も多く、必ずしも現在のネットワークに適した環境を提供できないため、新たな通信・給電方式が求められている状況である。

さらにこれまで業界毎に規定されていた方式を一つに統合し、今後の各種サービス・アプリケーションに適応する実装ガイドラインとして規定したものである。

また本実装ガイドラインは、環境対策として省資源、廃棄物削減、リユース、リサイクルを目的に、ケーブル・コネクタを含むケーブルシステムとして環境負荷低減に向けた要件を規定する。さらに低電圧低容量電力供給システムとして各種エネルギー供給装置、端末装置への実装を促進する。



1.2 本技術レポートの目的

現在 IEEE802.3 委員会において、ツイストされたシングル・ペア・ケーブルを用いた通信と給電についての規格化が完了、また進行している。これらの IEEE802.3 規格はツイストされたシングル・ペア・ケーブルシステムを用いたイーサネット通信方式・直流給電方式について規定するものである。しかし、これまで策定された本規格は、そのユースケースとして主に自動車向けの車載ネットワークを想定し規定された為、対象とする通信・給電距離は 15m と短く、機器、ケーブルを含めた機能・性能、などは各自動車会社の自動車内ハーネスとして実装されている。

その為、キャリア・パブリック・ファクトリー・エンタープライズ・コンシューマなどのネットワーク市場への適応には幾つか課題がある。これらのネットワーク市場は、複数のメーカーの機器、ケーブル、コネクタ等が組み合わせられネットワークを構成する為、IEEE802.3 規格を元にした各メーカーの機器への実装だけでは、ネットワーク全体としての相互接続性、通信、給電性能が担保できないことも予想され、ネットワーク構成としての確実性・信頼性・安全性が危ぶまれることになり、結果的に利用する ICT サービスにも影響が生じる恐れがある。

ICT サービスとして誰もが安心して利用できる仕組みの提供が不可欠であり、ツイストされたシングル・ペア・イーサネット技術を用いた通信・給電・ケーブル・コネクタの規格をネットワーク構成からの要件を踏まえ実装ガイドラインとして規定することが本技術レポートの目的である。

本ガイドラインは、各規格を元に以下の 4 つのカテゴリに分けてガイドラインを規定する。

短距離型ポイント・ツー・ポイント（1 対 1）で構成される 10/100/1000Mbps までの高速通信と DC 給電を提供するカテゴリ A、10Gbps までの超高速通信に対応するカテゴリ B、長距離型ポイント・ツー・ポイント（1 対 1）の 10Mbps で 1km までの通信と DC 給電に対応するカテゴリ C、そしてポイント・ツー・マルチポイント（1 対多接続）で 10Mbps（半二重）通信と DC 給電に対応するカテゴリ D について規定している。

DC 給電については、供給電力を DC60V/1.5A 以下とし DC48V、DC24V、DC12V の各給電電圧における給電能力、接続機器の消費電力規定を設けることで、各種装置の省電力化への促進につながり環境負荷低減を実現するスマートネットワークの 1 つの基盤となることを目的としている。

また、今後を担う IoT エリアネットワークを実現する新たな通信と給電に関する国際標準規格として、機器メーカー、ケーブル、コネクタメーカー、構築を行うシステムメーカー、敷設工事会社、設置工事会社を含め、ネットワーク全体での相互接続性、安全性と均一な性能を実現するための実装要件を、ガイドラインとして記載したものである。

1.3 IEEE802.3 SPE 関連規格 (bw, bp, bu, cg, ch)

今回の実装ガイドラインの元となる IEEE802.3、IEC61156、IEC63171 規格内のシングル・ペア・ケーブルを用いた通信・給電規格を以下に記載する。

通信方式・給電方式：IEEE802.3 (IEEE Standard for Ethernet 2022)

- IEEE802.3bw :
Physical Layer Specifications and Management Parameters for 100 Mb/s Operation over a Single Balanced Twisted Pair Cable
- IEEE802.3bp :
Physical Layer Specifications and Management Parameters for 1 Gb/s Operation over a Single Balanced Twisted-Pair Copper Cable.
- IEEE802.3bu :
Physical Layer and Management Parameters for Power over Data Lines (PoDL) of Single Balanced Twisted-Pair Ethernet.
- IEEE802.3cg :
Physical Layer Specifications and Management Parameters for 10 Mb/s Operation and Associated Power Delivery over a Single Balanced Pair of Conductors.
- IEEE P802.3ch :
Physical Layer Specifications and Management Parameters for 2.5 Gb/s, 5 Gb/s, and 10 Gb/s Automotive Electrical Ethernet

規格策定中 (今後ガイドラインに追加予定)

- IEEE P802.3dd : Power over Data Line of Single Pair Ethernet (Maintenance)
- IEEE P802.3de : Time Synchronization for Point to Point Single Pair Ethernet
- IEEE P802.3da : 10 Mb/s Single Pair Multi-Drop Segments Enhancement
- IEEE P802.3dg : 100Mb/s Long Reach Single pair Ethernet

本ガイドラインに関連する及び参照するその他の IEEE802.3 規格を以下に記載する。

- IEEE802.3af (Power over Ethernet)
- IEEE802.3at (Power over Ethernet+)
- IEEE802.1ab (Local Link Discovery Protocol)
- IEEE802.1ah (Ethernet OAM)

ケーブル・コネクタ規格：

IEC 61156-11,

Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications –Part 11: Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 1.25 GHz – Horizontal floor wiring – Sectional specification

IEC 61156-12,

Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications –Part 12: Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 600 MHz –work area wiring – Sectional specification

IEC 61156-13, (Draft)

Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications –Part 13: Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 20 MHz –horizontal floor wiring – Sectional specification

IEC 61156-14, (Draft)

Multicore and symmetrical pair/quad cables for digital communications –Part 14: Symmetrical single pair cables with transmission characteristics up to 20 MHz – work area wiring – Sectional specification

IEC 63171-1

Detail specification for two-way, shielded or unshielded, free and fixed connectors –Mechanical mating information, pin assignment and additional requirements for Type 1copper LC style

IEC 63171-6

Detail specification for 2-way and 4-way (data/power), shielded, free and fixed connectors for power and data transmission with frequencies up to 600 MHz

1.4 用語の定義と略号

本ガイドラインで用いる用語と定義を以下に示す。

- IoT エリアネットワーク：特定した同一エリア内の同じセグメントで定義されたネットワーク
- イーサネット (Ethernet)
コンピュータネットワーク規格の 1 つで世界中のオフィスや家庭で一般的に使用されている有線の LAN (Local Area Network) で最も使用されている技術規格 (OSI 参照モデルの物理層とデータリンク層に関して規定)
- セグメント：1 つの論理的な固まりで電氣的に等価であり、データリンク層のフレームを利用した通信が可能
- SPE (Single Pair Ethernet)：1 ペアのツイストされたバランスド・メタリックケーブルを用いた Ethernet 規格
- LVDC：DC60V/1.5A 以下の超低電圧低容量直流給電システムの総称
- P-P：ポイント・ツー・ポイント (1 対 1) 接続方式
- P-MP：ポイント・ツー・マルチポイント (1 対多) 接続方式
- NT：(Network Terminal) ネットワーク端末装置
- PS：(Power Source) DC 電源装置
- CO：SPE センタ装置を示し通信と給電を提供する装置で配下にエリアネットワークを構成
- CPE：SPE 端末装置を示しエリアネットワーク内で CO に接続される各種装置
- GW：異なる方式のネットワーク間を接続する装置
- IoT 端末：IoT エリアネットワークに接続する端末装置
- IoT サーバ：IoT 端末の情報を収集・蓄積・制御するサーバ装置
- T.B.D：to be determined 将来決定する、未定、未確定の略

2. 実装ガイドライン

2.1 適応範囲

適応範囲は以下の図1に示す。CO 装置、CPE 装置で構成された独立した同一セグメント内を適応範囲と定め、このセグメント内にて各 SPE ケーブルで直接接続した通信と給電を対象とする。

同一セグメントとは個々の装置が SPE ケーブルで直接接続され電氣的に等価であり、通信においては物理層、データリンク層を用いて通信信号とデータフレームが相手側に直接到達する範囲とする。給電についても直接電位が到達する範囲とすることが前提である。また通信方式においてはイーサネットと同様に OSI 参照モデルの物理層とデータリンク層が対象である。

また CO 装置および CPE 装置の上位側、下位側には、同じまたは他の方式の通信ネットワーク(NT)及び電源ネットワーク (PS) を構成することができ、それらを組み合わせて多段的なネットワークとして構成することも可能である。

適応範囲の中核となる SPE ケーブルは IEC61156-11 から 14 で規定した 1 対のツイストしたバランスドケーブルを用いることを規定しており、図1に示す 1 対 1 の P-P 構成と 1 対多の P-MP 構成で接続する形態とする。

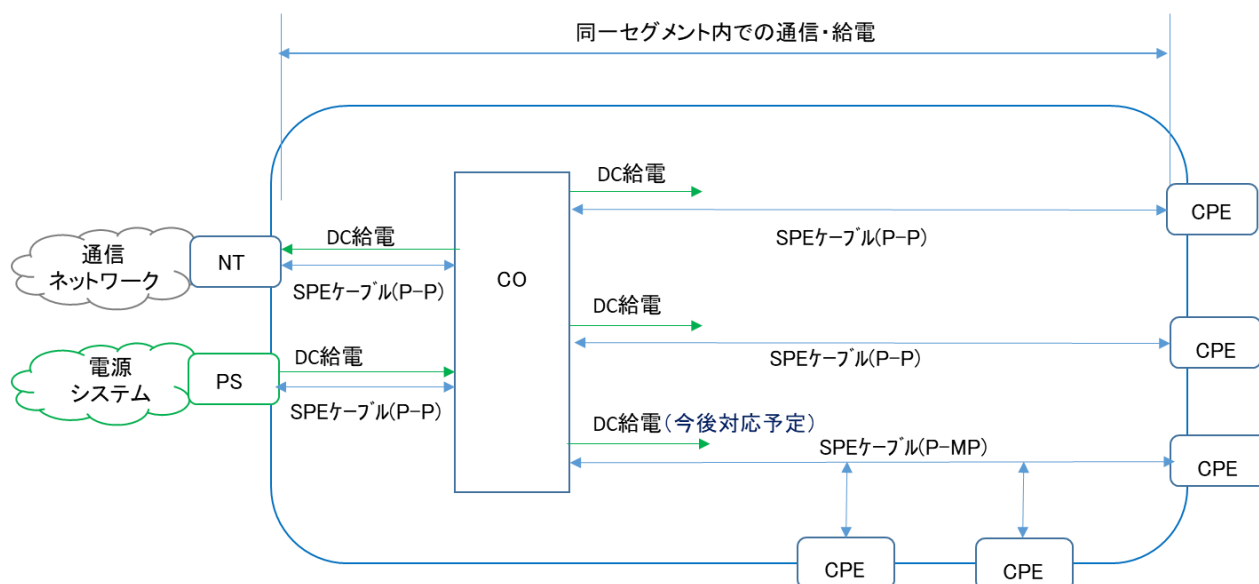


図 1. SPE&DC 給電システム適応範囲

2.2 実装要件

本ガイドラインの実装要件について以下に記載する。

- (1) CO、CPE 装置は、P-P 構成の通信方式とし IEEE802.3bw、bp、ch、cg(L)に準じた規格を用いるものとする。
通信速度は、10Mbps、100Mbps、1Gbps、2.5Gbps、5Gbps、10Gbps の各速度に対応し、既存のイーサネットと同様に全二重通信を実現する。
また、CO、CPE 装置は、P-MP 構成の通信方式として IEEE802.3cg(S)に準じた規格を用いるものとする。
通信速度としては、10Mbps の速度に対応する事とし、既存のイーサネットと同様に半二重通信を実現する。
接続端末数は最大 8 端末に対応する。
- (2) 同通信方式に対応するパラメータに関しては、速度設定、マスター・スレーブ等については自動検出、自動設定及び手動設定等を用いて設定及び変更を実現できるものとする。
- (3) CO 装置、CPE 装置は P-P 構成の DC 給電方式として、IEEE802.3bu、cg(L)に準拠した規格を用いるものとする。
但し、2.5Gbps、5Gbps、10Gbps の速度については、現時点では DC 給電方式の適応対象外とする。
本ガイドラインでは DC 給電電圧は、DC60V 以下の 48V 系、24V 系及び 12V 系の 3つの電圧帯を定義しており、給電能力は 50W を最大電力とし各給電クラス毎の仕様として各給電電圧と電流について規定する。
- (4) 給電制御については、IEEE802.3bu、cg(L)に規定されている給電仕様にに基づき、CO 装置は CPE 装置の検出に基づいた給電動作の実装と、CO 装置は給電の ON/OFF 制御を実現できることとする。また、CO 装置にて PD の電力 Class の検出を行ない給電可否の制御を実現する。また給電電圧値、電流値のモニタ機能を有することを要件とする。
これらの要件は P-P 構成における給電電力量の見える化と、給電制御による省エネルギー化によるメリットを最大限に活かすことが実現できる様に規定したものである。
- (5) ケーブルは、IEC61156 にて規定された AWG16-26 (線径) の STP/UTP ケーブルから、AWG18-24 ケーブル (線径) の範囲で各ケーブルの距離を規定する。
IEEE61156-11、12 ケーブルは、P-P 構成 (1 対 1) の 10/100/1000/2.5G/5G/10GBASE-T1 に対応し、IEC61156-13、14 ケーブルは P-P (1 対 1) 構成、P-MP 構成 (1 対多) の 10BASE-T1(S)、(L) に対応する。
- (6) コネクタは、IEC63171 にて規定された IEC63171-1、IEC63171-6 の 2 種類コネクタを規定する。
但し、今後 IEC にて適応コネクタの追加も想定されている。
- (7) CO、CPE 装置は、これまでイーサネット方式に対応した通信方式に対応可能であり、同一セグメント内に閉じたデータリンク層の制御プロトコル (LLDP、E-OAM、HTIP 等) を利用した機器情報、通信状態、給電状態接続状態の確認機能を実装することを推奨する。
これらを実装することにより、単に通信、給電を提供するだけでなく、その状態を常に取得することで、通信・給電サービスとしての信頼性・安定性を確実に提供するものである。

2.3 通信・給電仕様

本実装ガイドラインは、IEEE802.3 及び IEC 国際標準規格を元に配線構成とケーブル規格・コネクタ規格、通信規格、給電規格から4つのカテゴリを定め、カテゴリ毎に実装に必要な技術要件を規定する。

カテゴリ A：短距離標準型

本カテゴリは、家庭、オフィス、商業、産業施設など幅広い標準的な用途

- ・ケーブル構成：ポイント to ポイント構成（1対1）
- ・ケーブル距離：40m 以上 最大ケーブル段数 4 接続 一部条件を除く
- ・通信規格：IEEE802.3cg,bw,bp 通信速度：10/100/1000Mbps（全二重）
- ・給電規格：DC12/24/48V A1：給電 Class：1,3,5,7,9 A2：給電 Class：0,2,4,8

カテゴリ B：短距離高速型

本カテゴリは、上記標準型の用途ベースに、距離を 15m に限定し高速化用途

- ・ケーブル構成：P-P 構成（1対1）
- ・ケーブル距離：15m 以上 最大ケーブル段数 4 接続
- ・通信規格：IEEC802.3ch 通信速度：2.5/5/10Gbps（全二重）
- ・給電規格：給電無

カテゴリ C：長距離低速型

本カテゴリは、屋外（交通、電力インフラ及び大規模プラント/公共施設）など長距離低速用途

- ・ケーブル構成：P-P 構成（1対1）
- ・ケーブル距離：1000m 以上 最大ケーブル段数 10 接続
- ・通信規格：IEEE802.3cg 通信速度 10Mbps（全二重）
- ・給電規格：DC24/48V 給電 Class 10,11,12,13,14,15

カテゴリ D：短距離低速バス型

本カテゴリは、複数の装置を同一ケーブル上に接続する、低速でのバス型配線用途

- ・ケーブル構成：P-MP 構成（8装置）
- ・ケーブル距離：25m 以上 最大ケーブル接続段数 7 接続
- ・通信規格：IEEE802.3cg 通信速度：10Mbps（半二重）
- ・給電規格：DC24/48V 給電 Class 10,11,12,13,14,15 注）IEEE802.3 規格化時に再検討予定

カテゴリ A : 短距離標準型

P-P 構成 (1 対 1)、距離 40m 速度 10/100/1000Mbps 全二重 給電有 (DC12/24/48V)

カテゴリ A					
通信規格	IEEE802.3cg (10BASE-T1L)		IEEE802.3bw (100BASE-T1)	IEEE802.3bp (1000BASE-T1)	
変調方式	PAM3				
振幅	1.0Vp-p±20%	2.4Vp-p+5%/-15%	2.2Vp-p未満	1.3Vp-p未満	
通信周波数帯域	7.5Mbd	7.5Mbd	66.7Mbd	750Mbd	
通信速度	10Mbps (全二重)	10Mbps (全二重)	100Mbps (全二重)	1000Mbps (全二重)	
ケーブル規格	IEC61156-11, 12, 13, 14				
線径	AWG18-24				
距離	UTP	15m以上 *2			
	STP	40m以上			
コネクタ規格	IEC63171-1、6 (連結数最大4) *1				
	*1 : IEEE802.3cg (10BASE-T1L) に限定し端子台方式追加検討中				
	*2 : 本ガイドラインではSTPケーブル、AWG23以上を推奨する				
カテゴリ A-1 (給電クラス : 1, 3, 5, 7, 9)					
給電規格	IEEE802.3bu (PoDL)				
給電class	1	3	5	7	9
給電電圧範囲	DC+5.77V-18V	DC+14.4V-18V	DC+11.7V-36V	DC+26V-36V	DC+48V-60V
受電電圧 (min)	DC+4.41V	DC+10.6V	DC+8.86V	DC+21.7V	DC+36.7V
消費電流 (max)	227mA	471mA	339mA	461mA	1360mA
供給電力	1W	5W	3W	10W	50W
カテゴリ A-2 (給電クラス : 0, 2, 4, 6, 8)					
給電規格	IEEE802.3bu (PoDL)				
給電class	0	2	4	6	8
給電電圧範囲	DC+5.6V-18V	DC+14.4V-18V	DC+11.7V-18V	DC+26V-36V	DC+48V-60V
受電電圧 (min)	DC+4.94V	DC+12V	DC+10.3V	DC+23.3V	DC+40.8V
消費電流 (max)	101mA	249mA	97mA	215mA	735mA
供給電力	0.5W	3W	1W	5W	30W

表 1. カテゴリ A 仕様一覧表

カテゴリ B : 短距離高速型

P-P 構成 (1 対 1)、距離 : 15m 速度 2.5/5/10Gbps 全二重 給電無

カテゴリ B			
通信規格	IEEE802.3ch (2.5GBASE-T1)	IEEE802.3ch (5GBASE-T1)	IEEE802.3ch (10GBASE-T1)
変調方式	PAM4		
振幅	1.3Vp-p未満		
通信周波数帯域	1406.25Mbd	2812.5Mbd	5625Mbd
通信速度	2.5Gbps (全二重)	5Gbps (全二重)	10Gbps (全二重)
給電	-		
ケーブル規格	IEC61156-11 *1		
線径	AWG18-24 *2		
距離	UTP	-	
	STP	15m以上	
コネクタ規格	IEC63171-1、6 (連結数最大4)		
	*1 : IEC61156-11はSTPケーブルに限定する		
	*2 : 本ガイドラインではAWG23以上を推奨する		

表 2. カテゴリ B 仕様一覧表

カテゴリ C : 長距離低速型

P-P 構成 (1対1) 距離 1000m 速度 10Mbps 全二重 給電有 (DC24/48V)

カテゴリ C			
通信規格		IEEE802.3cg (10BASE-T1L)	IEEE802.3dg (100BASE-T1L)
変調方式		PAM3	T. B. D
振幅		1.0Vp-p±20%	2.4Vp-p+5%/-15%
通信周波数帯域		7.5Mbd	7.5Mbd
通信速度		10Mbps (全二重)	10Mbps (全二重)
ケーブル規格		IEC61156-13.14	T. B. D
線径		AWG16-26 *2	T. B. D
距離	UTP	1000m以上 *3	T. B. D
	STP	1000m以上 *3	T. B. D
コネクタ規格		IEC63171-1、6 (連結数最大10) *1	T. B. D
*1 : IEEE802.3cg (10BASE-T1L) に限定し端子台方式追加検討中			
*2 : 本ガイドラインではSTP/UTPケーブル、AWG24以上を推奨する			
*3 : 参考) 給電距離参照			

カテゴリ C	(給電クラス : 11, 12, 13, 14, 15)					
給電規格	IEEE802.3cg					
給電Class	10	11	12	13	14	15
給電電圧範囲	DC+20V-30V			DC+50V-58V		
受電電圧(min)	DC+14V			DC+35V		
消費電流(max)	92	240	632	231	600	1579
供給電力(max)	1.23	3.2	8.4	7.7	20	52

表 3. カテゴリ C 仕様一覧表

*3 カテゴリ C 参考給電クラス毎ケーブル長/ケーブル径

電圧帯	給電能力		参考ケーブル長/ケーブル径					
	Class10	最小電力(W)	AWG18	AWG20	AWG21	AWG22	AWG23	AWG24
DC24V	10	1.23	1506	948	752	596	473	375
	11	3.2	578	363	288	228	181	143
	12	8.4	219	138	109	86	68	54
DC48V	13	7.7	1500	944	748	594	470	373
	14	20	557	363	288	228	181	143
	15	52	218	138	109	86	68	54

カテゴリD：短距離バス型

P-MP 構成（1対7以上） 距離 25m 速度 10Mbps 半二重 給電有（DC24/48V）

カテゴリD		
通信規格	IEEE802.3cg (10BASE-T1S)	
通信方式	DME	
振幅	1.0Vp-p±20%以下	
通信周波数帯域	12.5Mbd	
通信速度	10Mbps（半二重）	
ケーブル規格	IEC61156-13.14	
線径	AWG16-26 *2	
距離	UTP	25m以上
	STP	25m以上
M-P 接続数	8 接続以上	
コネクタ規格	IEC63171-1、6 *1	
	*1：IEEE802.3cg (10BASE-T1S) に限定し端子台方式追加検討中	
	*2：本ガイドラインではSTP/UTPケーブルAWG24以上を推奨する	

注) カテゴリDの給電仕様は、IEEE802.3規格では現在未定義であるが、P-MPケーブル1システムあたりの給電仕様はカテゴリCと同様とする。(IEEE802.3規格化時再検討予定)

カテゴリD	給電クラス：Class：10, 11, 12, 13, 14, 15					
給電規格	IEEE802.3cg (10BASE-T1S)					
給電Class	10	11	12	13	14	15
給電電圧範囲	DC+20V-30V			DC+50V-58V		
受電電圧(min)	DC+14V			DC+35V		
消費電流(max)	92	240	632	231	600	1579
供給電力(max)	1.23	3.2	8.4	7.7	20	52

表4. カテゴリD 仕様一覧表

2.4 ケーブル及びコネクタ仕様

本実装ガイドラインに適合するための、ケーブル・コネクタに関する接続要件を以下に示す。

IEEE802.3 シングル・ペア・イーサネットの為に、IEC 規格として規定したツイストされたシングル・ペア・ケーブルとコネクタに関する仕様を基に実装要件を示す。

本項では、2.3 項に示した4つのカテゴリ毎の通信・給電仕様について IEEE802.3 にて規定を基に、考慮すべき CO 装置と CPE 装置間を接続する際の接続要件を示す。

1) カテゴリ A : P-P 接続構成短距離標準型

P-P 構成 (1対1)、距離 40m 速度 10/100/1000Mbps 全二重 給電有 (DC12/24/48V)

[Category-A Cable system by IEC61156-11.12 AWG18/24 Shielded cable]

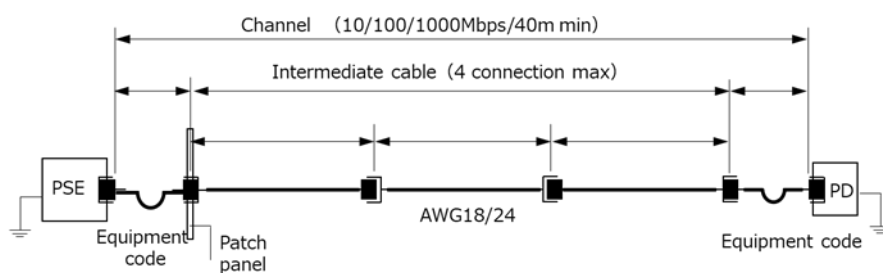


図 2. カテゴリ A : STP ケーブル・コネクタ接続構成図

2) 短距離高速型

P-P 構成 (1対1)、距離 : 15m 速度 2.5/5/10Gbps 全二重 給電無

[Category-B Cable system by IEC61156-11.12 AWG18/24 Shielded cable]

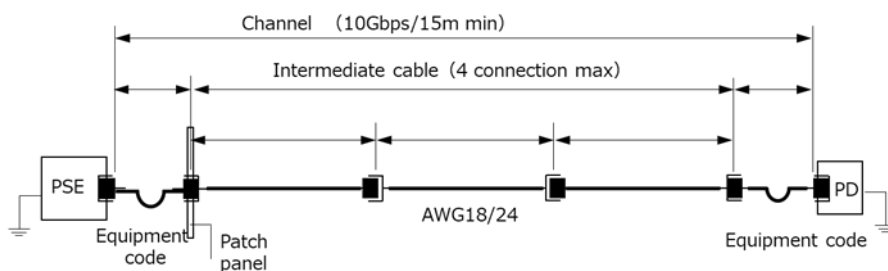


図 3. カテゴリ B : STP ケーブル・コネクタ接続構成図

3) カテゴリ C : 長距離低速型

P-P 構成 (1 対 1) 距離 1000m 速度 10Mbps 全二重 給電有 (DC24/48V)

[Category-C Cable system by IEC61156-13.14 Unshielded cable]

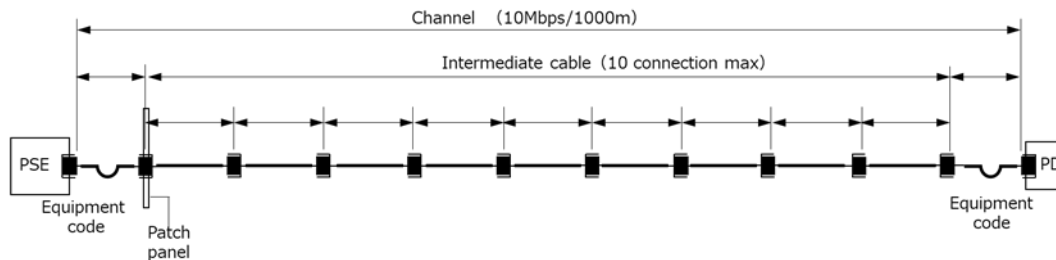


図 4. カテゴリ C : UTP ケーブル・コネクタ接続構成図

4) カテゴリ D : 短距離バス型

P-MP 構成 (1 対 7 以上) 距離 25m 速度 10Mbps 半二重 給電有 (DC24/48V)

[Category-D BUS type Cable system by IEC61156-13.14 Unshielded cable]

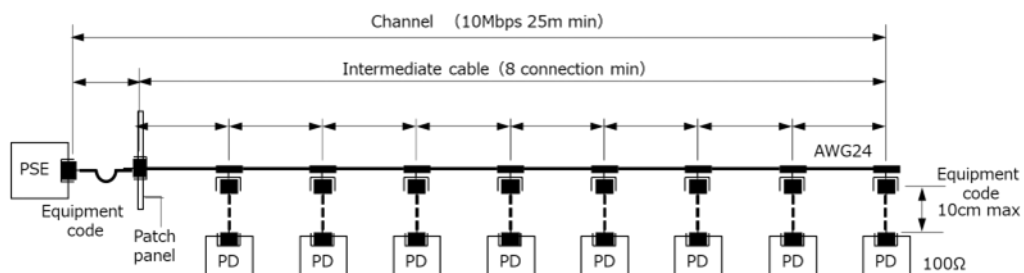


図 5. カテゴリ D UTP ケーブル・コネクタ接続構成図

凡例

	Fixed connector (PCB)	固定形コネクタ (基板)
	Fixed connector	固定形コネクタ (中継)
	Fixed connector(T-split)	固定形コネクタ (分岐)
	Free connector	可動形コネクタ
	Connection	接続部
	Cable	
	Stub	

5) コネクタ仕様：プラグ&ジャック

装置に接続されるコネクタ及び装置に搭載されるプラグ・ジャックは以下に規定する。

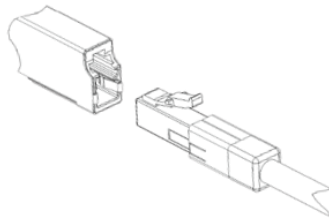
IEC 63171 規格準拠品 (Shielded or unshielded free and fixed connectors for balanced single-pair data 80 transmission with current carrying capacity - General requirements and tests) の規定を満足する製品を適用する。

下記 IEC 63171 の個別規格に準じた製品の使用を推奨する。

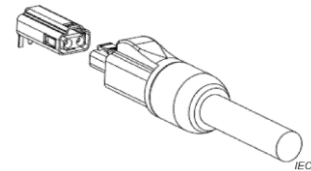
またカテゴリ C、Dにて規定する 10BASE-T1S/L については、IEC で規定されたコネクタ以外に端子台方式の規定についても検討中である。

IEC 63171-1 Detail specification for two-way, shielded or unshielded, free and fixed connectors - Mechanical mating information, pin assignment and additional requirements for Type 1 copper LC style

IEC 63171-6 Detail specification for 2-way and 4-way (data/power), shielded, free and fixed connectors for power and data transmission with frequencies up to 600 MHz



IEC63171-1 コネクタ



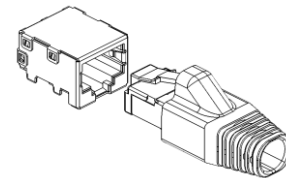
IEC63171-6 コネクタ

6) 既存 LAN ケーブル配線等の利活用について (IEC 60603-7 規格準拠品)

カテゴリ Cにて規定する長距離低速型については、既存の LAN ケーブル、RJ45 コネクタ IEC 60603-7

(Detail specification for 8-way, unshielded, free and fixed connectors) の規定を満足する既存製品を利活用しての使用を利用可能とする。

また、ISDN、電話用配線システム (ケーブル・コネクタ) については、仕様が明確でない場合もあり利活用の判断が難しく既存の事業者との現地毎でのスクリーニング調査が必要である。



IEC60603-7 コネクタ

2.5 環境対策

環境対策として省資源、廃棄物削減、リユース、リサイクルを目的に、ケーブル・コネクタを含むケーブルシステムとしての環境負荷低減に向けた要件を規定する。さらに低電圧低容量電力供給システムとして各種エネルギー供給装置、端末装置の実現を促進する。

1) ケーブルシステムにおけるリソース削減について

図 6-1 に、3 種類の端末装置（以下 Equipment）についてケーブルシステムの接続形態を示す。

Equipment 1 は、電源用と通信用にそれぞれのケーブルとコネクタを接続する。Equipment 2 は電源用のケーブルとコネクタを接続し、無線通信用の無線モジュールを用いて通信をする必要がある。

Equipment 3 は、電源用と通信用のケーブルとコネクタが 1 つに統合され 2 から 1 に削減される。さらにケーブルの細径化・コネクタを含めた装置の小型化を実現し材料資源の削減が可能である。

さらに電源変換アダプタと接続用ケーブルが不要である。

ケーブルシステムが 2 システムから 1 システムに削減されることで敷設工事に必要となる時間、人員、敷設スペース、また敷設以外の運搬、梱包など多岐にわたるあらゆる物、工数が約半減出来る。さらにシンプルな構造による作業ミスなどの低減効果がある。

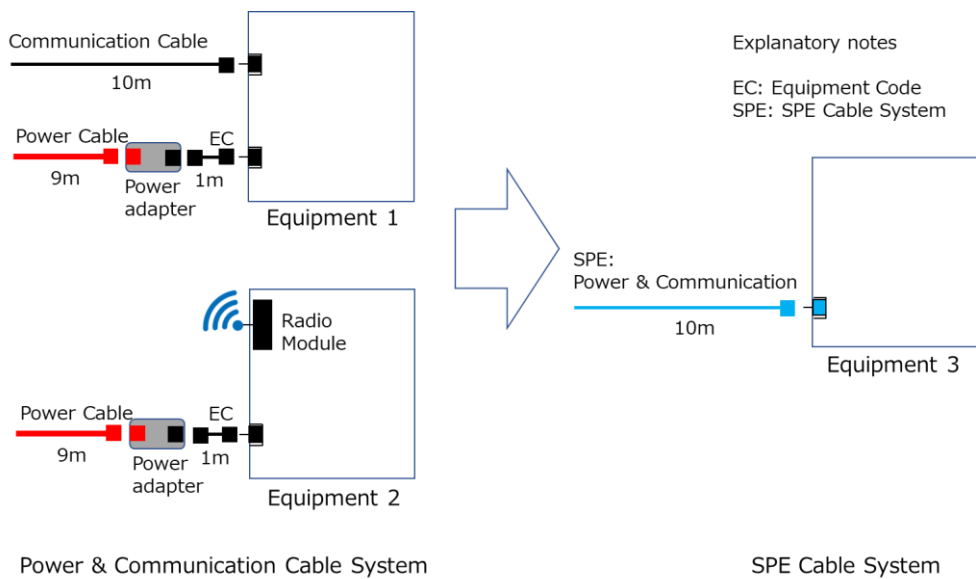


図 6-1. 電源ケーブルと通信ケーブル（または無線モジュール）システムと SPE ケーブルシステムの構成比較

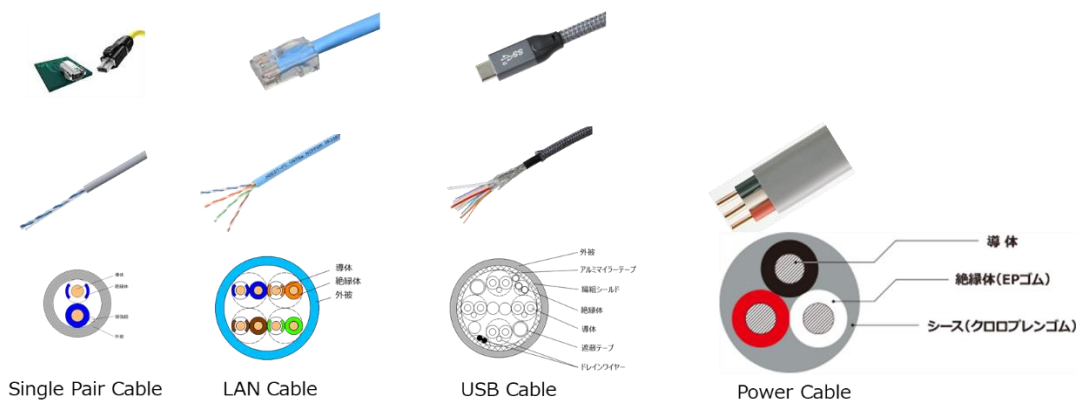


図 6-2. 各種ケーブル一覧

2) 電源ケーブル、通信ケーブル、SPE ケーブルの導体使用量算出方法について

図 6-1 のケーブルシステム構成比較を元に使用する端末 (Equipment 1、2、3) における導体資源量の算出を行う。表 5-1 参照

表 5-2, AWG 導体径あたりの導体重量と電気抵抗率と最大電流量を元に使用するケーブル媒体毎の導体径から導体重量を算出し、使用する距離 (長さ 10m) を積算することでケーブルシステム全体における導体使用量の算出が可能である。

その結果を表 5-1, に示す。

Equipment.1: Power Cable(9m) 126.9g + Equipment Code(1m)26.9g + Com cable(10m)150g=303.8g

Equipment.2: Power Cable(9m) 126.9g + Equipment Code(1m)26.9g=153.8g

Equipment.3: SPE Cable(10m) =37.5g

注) Equipment 1 & 2 は、電源アダプタと無線モジュールを除く

	Power & Communication Cable System					全導体使用量	SPE Cable System
	Power Cable(9m)	Power Adapter	EC(1m)	Radio Module	Com Cable(10m)	Total	SPE Cable(10m)
Equipment 1	レ(126.9g)	レ	レ(26.9g)	—	レ(150g)	303.8g	—
Equipment 2	レ(126.9g)	レ	レ(26.9g)	レ	—	153.8g	—
Equipment 3	—	—	—	—	—	37.5g	レ(37.5g)
ケーブル導体重量	14.1g/m		26.9g/m		15g/m		3.75g/m
()内は、導体長における(銅)使用量を示す							
レ: 必要							
—: 不必要							

表 5-1. 図 3-1,構成毎導体使用量

3) 電源供給量によるケーブル径毎の算出方法について

表 5-2 にケーブル導体系毎の導体重量と、導体径あたりの電気抵抗率と最大電流量を示す。

電力供給量（最大電流量）はケーブルの電気抵抗率から算出することが出来る。既存の交流電源システムのケーブル 1 本あたりの電力供給量は約 2000W（AC90-240V/10A）にて AWG18 クラス以上のケーブルが必要である。SPE では電力供給量を最大 90W（DC60V/1.5A 以下）に制限をすることで細径の AWG16 から 26 までの細径の導体径を選択することが可能である。

結果、本事例で用いる AWG24 は AWG18 より導体使用量で 1/4（25%）に削減が可能である。また同じ AWG24 を 4 ペア用いる LAN ケーブルより導体使用量は 1/4（25%）に削減可能である。

LAN ケーブル（4 対）、USB ケーブル（12 対）と多対のケーブルを使用する場合は、太径ケーブルの選択が難しくケーブル径の選択の幅が狭いことが判る。特に USB ケーブルは線径が非常に細く電気抵抗率が大きくなる為、最大電流量が小さくケーブル長が 1 m 以下に制限される。

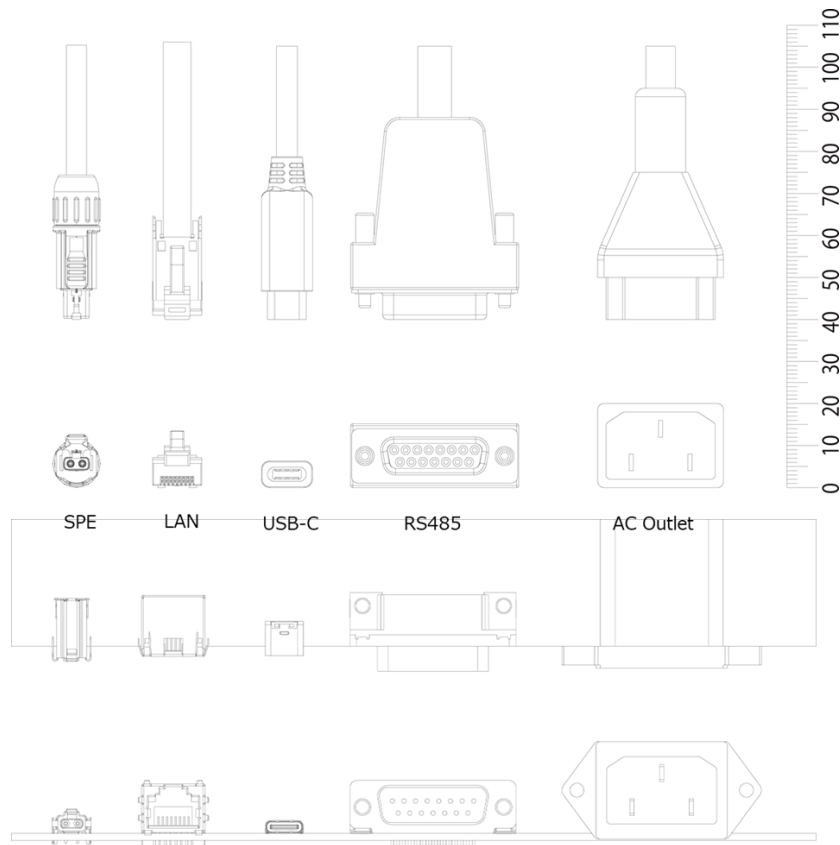
						SPE	LAN	電源	USB
導体（銅）						1pair	4pair	1pair	12pair
UL規格	直径	断面積	重量	電気抵抗率	最大電流量	導体重量			
AWG表示	(mm)	(mm ²)	(g/m)	(Ω/km)	A	(g/m)			
AWG 10	2.588	5.26	47.130	3.277	55			94.259	
AWG 11	2.305	4.17	37.363	4.132	47			74.726	
AWG 12	2.053	3.31	29.658	5.211	41			59.315	
AWG 13	1.828	2.62	23.475	6.571	35			46.950	
AWG 14	1.628	2.08	18.637	8.286	32			37.274	
AWG 15	1.45	1.65	14.784	10.45	28			29.568	
AWG 16	1.291	1.31	11.738	13.17	22	23.475		23.475	
AWG 17	1.15	1.04	9.318	16.61	19	18.637		18.637	
AWG 18	1.024	0.823	7.374	20.95	16	14.748		14.748	
AWG 19	0.912	0.653	5.851	26.42	14	11.702			
AWG 20	0.812	0.518	4.641	33.31	11	9.283			
AWG 21	0.723	0.41	3.674	42	9	7.347			
AWG 22	0.644	0.326	2.921	52.96	7	5.842	23.368		
AWG 23	0.573	0.258	2.312	66.79	4.7	4.623	18.493		
AWG 24	0.511	0.205	1.837	84.22	3.5	3.674	14.694		
AWG 25	0.455	0.162	1.452	106.2	2.7	2.903	11.612		
AWG 26	0.405	0.129	1.156	133.9	2.2	2.312			
AWG 27	0.361	0.102	0.914	168.9	1.7				
AWG 28	0.321	0.081	0.726	212.9	1.4				
AWG 29	0.286	0.064	0.573	268.5	1.2				
AWG 30	0.255	0.051	0.457	338.6	0.86				5.484
AWG 31	0.226	0.040	0.359	339.6	0.7				4.312
AWG 32	0.203	0.032	0.290	340.6	0.53				3.484
注) 本数値は理論値にて実際のケーブルとは異なる場合がある									
SPE : SPEケーブル									
LAN : LAN(Cat5e) ケーブル									
電源 : AC電源用ケーブル									
USB : USB-TypeC (ver. 3.2) ケーブル									

表 5-2. AWG 導体径あたりの導体重量と電気抵抗率と最大電流量

4) コネクタ容積資源比較方法について

1対のツイストペアコネクタは、端子数が2つの為にコネクタのピン配置が単純で小型化、省資源化が可能である。電源ケーブルは同じく端子数が2つであるが、先に述べたように電流供給量が大きくケーブル径の大きさ比例し端子も大きくなりコネクタ自体も大型化する。

また電源と通信を実現する多芯、多端子のコネクタ（LAN、USB-C、RS485）について容積を算出し省資源化への効果を図6-3に示す。



	SPE	LAN	USB	RS485	AC Outlet
Jack	450	2490	210	4900	22100
Plug	2450	1470	1970	21810	14510
単位：	mm ²				

図6-3. 各種コネクタ形状比較（寸法・容積）

5) 1対のツイストペアケーブル・コネクタが実現するリユースとリサイクル

1対のツイストペアケーブル・コネクタは、共に構造がシンプルにてケーブルとコネクタ自身のアセンブリ（接続・分離）が可能である。具体的には長さの調整、コネクタ自体の取換えが可能であり接続構成の変更に対応が可能であり、ケーブルとコネクタの廃棄を無くす、または少なくすることが可能である。

また、使用上の破損、不具合時に部分交換が可能であり長い期間に渡り使用可能である。定量的に算出することは困難であるが、同じ1対ケーブルである電源ケーブル、電話ケーブルが長期間に渡り利用されてきた実績があるのと比較して、多対のLANケーブル、USBケーブルはケーブルとコネクタのアセンブリが難しく、結果一体化された製品が販売されており適応する仕様変更の場合に廃棄されている。

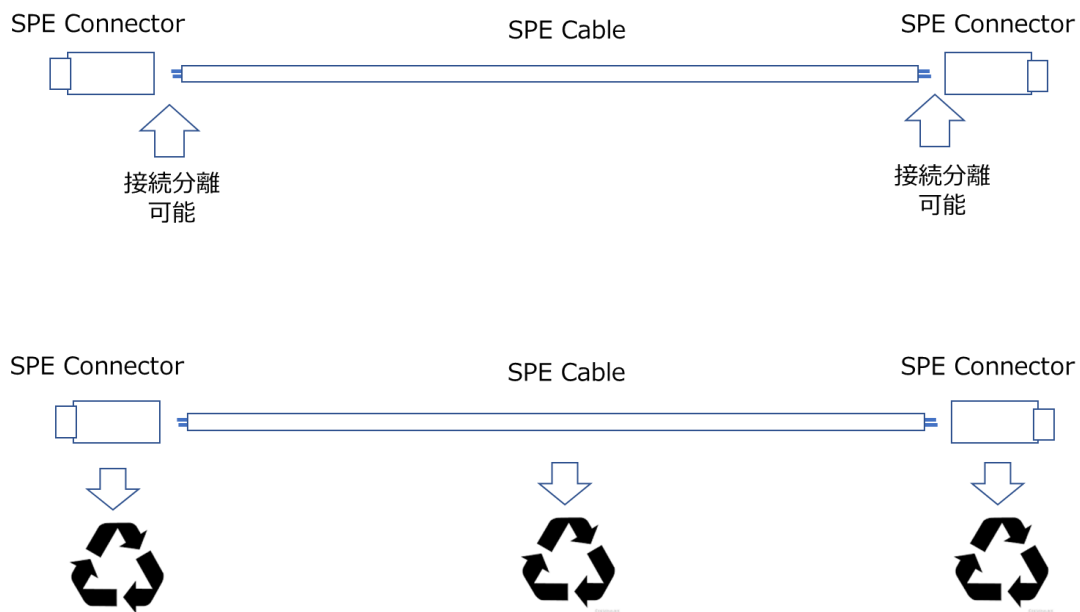


図 6-4. ケーブルとコネクタの分離とリサイクル、リユース

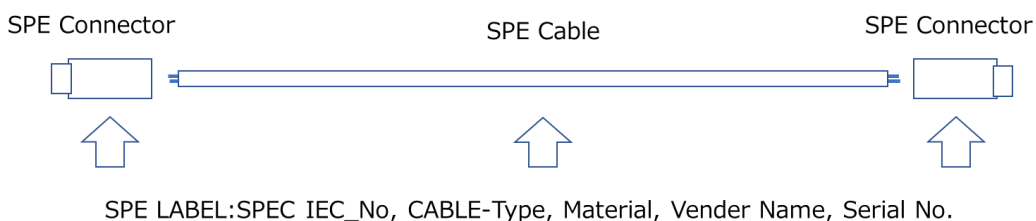
ケーブルとコネクタが分離する為、パーツ毎のリサイクルが可能で、リサイクルコストの低減も可能である。導体材料に使われる銅のリサイクル率は 100%である。残るケーブル外皮とコネクタについてもリサイクルに向けた使用材料を規定することで 100%リサイクルを目指すことが可能である。

6) リユース、リサイクルに向けたケーブルへの記載内容について

ケーブル、コネクタなどに記載する印字内容を共通化し、製造時に印字することで、ケーブルシステムについての規格、性能、年数などを明確し管理する必要がある。

これは2-4章の図2、3、4、5に示す、各ケーブルシステムを設計、敷設する際に、ケーブル、コネクタの規格、性能を確認する為の情報として用いることでケーブル、コネクタを含めたケーブルシステム全体の給電性能と通信性能を特定することが可能である。

また、ケーブル、コネクタなどの各パーツのリユース、リサイクルの可否についての判断を可能とする。そしてリユース、リサイクルにより廃棄物削減に貢献する。特に製造年月は、耐久年数を判断することに有効である。そしてこの共通した記載内容は、リサイクル及び廃棄時のトレーサビリティを実現する。



No	SCS Label	example	
1	IEC No.	61156-13	
2	Cabel Type	U/UTP	
3	Vender name	NEC, etc	
4	Parts No.	12345	
5	Year	202307	

図 6-5. ケーブル、コネクタ記載内容例

2.6 EMC・サージ対策について

以下に示す EMC、サージ規格及び技術基準に適合する。

EMC 規格、技術基準（遵守）

- ・ VCCI 技術基準 VCCI CISPR 32: 2016
- ・ TTC JT-K48 (08/2015) 電気通信装置毎の EMC 要求（第 3 版）
- ・ TTC JT-K43 (11/2004) 通信装置のイミュニティ要求（第 2 版）
- ・ TTC JS-CISPR-35 (05/2020) マルチメディア機器の電磁両立性 –イミュニティ要求事項–
- ・ NTT-TR TR189001 号 3.1 版 通信装置の過電圧耐力に関するテクニカルリクワイヤメント

EMC 規格、技術基準（参照）

- ・ NTT-TR TR550004 号 5.1 版 通信装置から発生する妨害波に関するテクニカルリクワイヤメント
- ・ NTT-TR TR549001 号 3.2 版 通信装置の電磁妨害波耐力(イミュニティ)に関するテクニカルリクワイヤメント
- ・ NTT-TR TR177001 号 3 版 宅内情報通信装置用外部電源の電気安全に関するテクニカルリクワイヤメント
- ・ IEC CISPR 32 Edition 2.1 2019-10 Electromagnetic compatibility of multimedia equipment –Emission requirements
- ・ IEC CISPR 35 Edition 1.0 2016-08 Electromagnetic compatibility of multimedia equipment – Immunity requirements
- ・ ITU-T K.48 (09/06) EMC requirements for telecommunication equipment - Product family Recommendation
- ・ ITU-T K.43 (07/09) Immunity requirements for telecommunication network equipment
- ・ ITU-T K.21 (06/20) Resistibility of telecommunication equipment installed in customer premises to over voltages and over currents
- ・ ITU-T K.44 (10/19) Resistibility tests for telecommunication equipment exposed to over voltages and over currents - Basic Recommendation
- ・ TTC JT-K66 (6/2006) 顧客建物設備の過電圧防護（第 1 版）

2.7 適応事例

本実装ガイドラインを適応する適応事例について以下に示す。

2.7.1 適応事例1：サーバ・通信装置間接続事例

データセンタ及び通信局舎の装置ラックに設置されるサーバ・通信機器間の高速通信（～10Gbps）へ適応
従来のLANケーブルに比べ高品質で小型化が可能

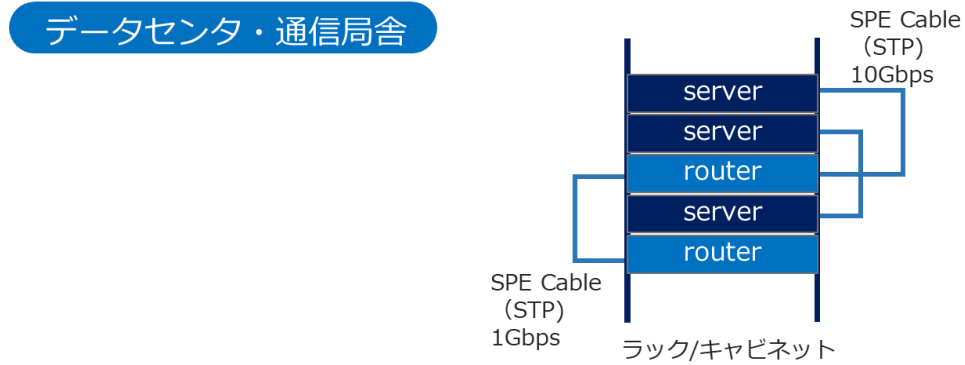


図7. サーバ・通信装置間接続構成例

2.7.2 適応事例2：ONU～HGW/スマートデバイス間接続事例

アクセス回線用ONU（又は無線機）からユーザ設置のHGW又はスマートデバイス間の高速通信（～10Gbps）への適応

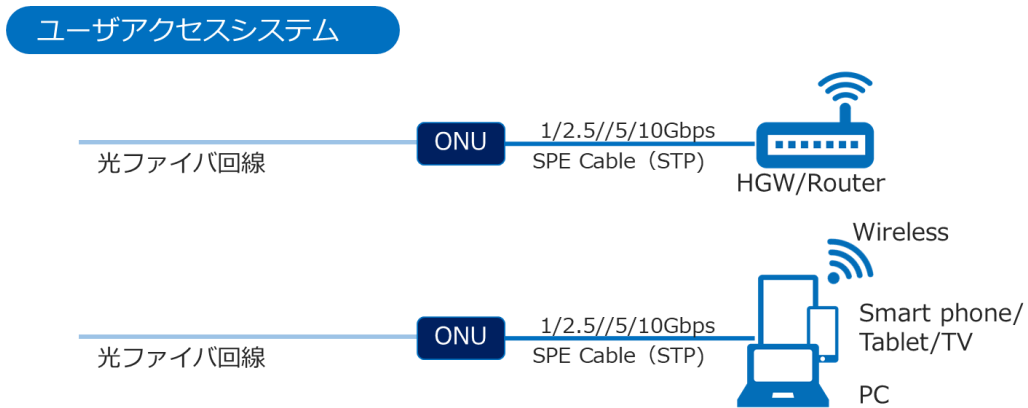


図8. 通信装置・HGW（端末）間接続構成例

2.7.3 適応事例3：既存の通信ケーブルを活用した事例

既存の通信ケーブルを活用し電話、DSL サービスからの移行が可能、またこれまでの通信に加え端末への

リモート給電が可能にてアダプタが不要

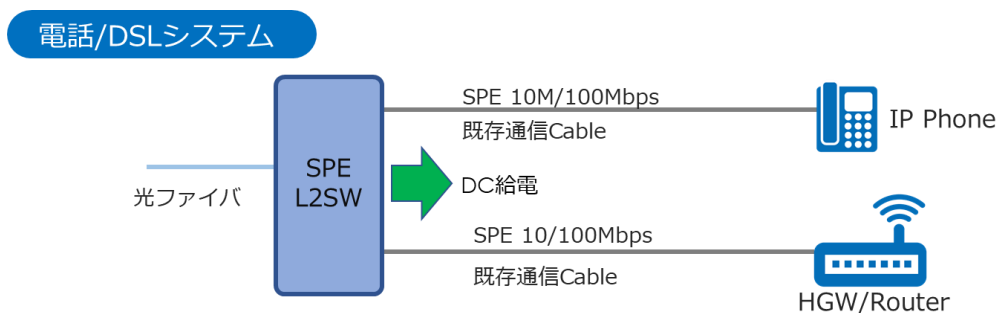


図9. 既存ケーブル活用（電話/DSL移行）接続構成例

2.7.4 適応事例4：監視・制御システム事例

SPEケーブルまたは既存通信ケーブルを活用し、カメラ・センサー・モータ・表示等の各種監視・制御端末の接続する事例。また、同一ケーブル用いたリモート給電にも適応

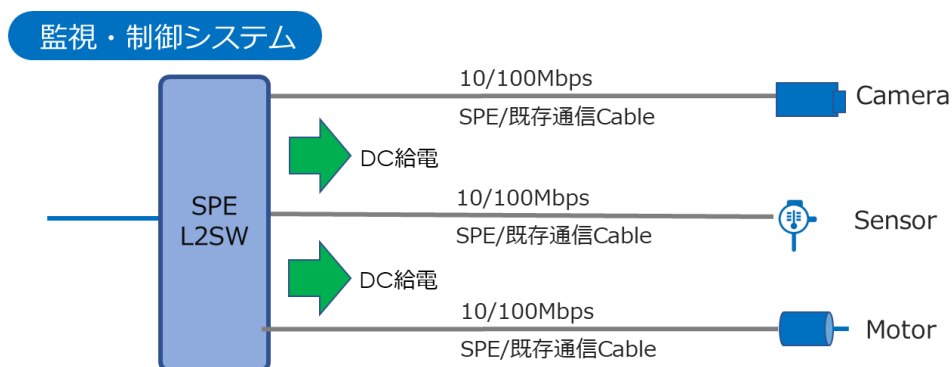


図10. 監視・制御システム接続構成例

2.7.5 適応事例 5 : DC 電源線と通信線を統合した接続事例

DC 電源（蓄電池）使用する通信装置と電源装置間の電源ケーブルと電源制御用通信ケーブルを SPE ケーブルで統合する適応事例

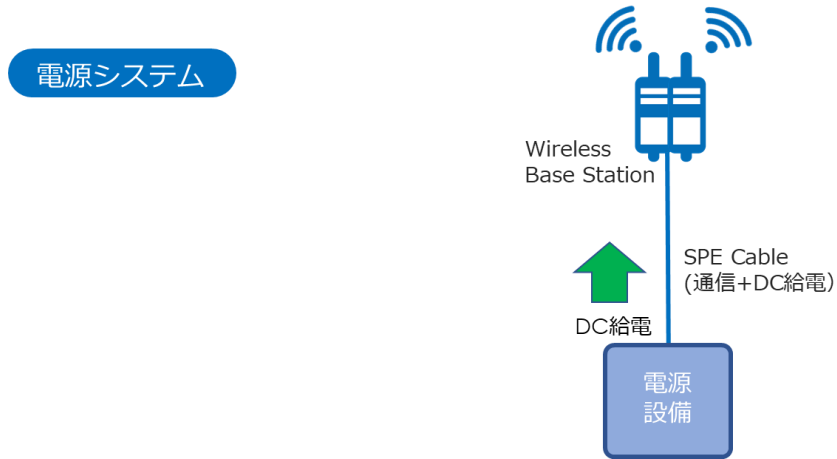


図 11 : DC 電源線と通信線を統合した接続構成例