

情報配線の試験要領書 ～ 作成の手引き ～

LAN 配線システムの新規構築あるいは移設、増設、変更を
予定されている方が知っておきたい規格と正しい測定に関する
必須事項をわかりやすく解説します。

Rev. D 2019 年 7 月改訂

目次

1. はじめに	2
2. 施工後の試験	2
3. LAN 配線工事とその試験仕様書	2
4. 試験後に敷設業者から受領すべき文章/ 敷設業者が提出すべき文書	5
5. 校正の重要性	5
6. ツイスト・ベアー・ケーブル配線で認証試験を行った測定結果例	6
7. 試験成績書に記載される測定項目と JIS X5150 規格値例	7
8. LAN 配線に関する規格について	9
9. 設計・施工の指針となる情報配線システム規格	10
10. 情報配線システム規格に基づく配線の構成 (JIS X 5150 の場合)	11
11. 情報配線システムの構成と測定範囲	12
12. ツイスト・ベアー・ケーブル配線による 10 Gbps の伝送	13
13. ツイスト・ベアー・ケーブルによる配線の認証試験	15
14. 産業用イーサネット配線の試験	16
15. 今後、測定の必要性が高まると考えられる測定項目	17
16. 光ファイバー配線の配線規格	18
17. 光ファイバー配線の測定規格 JIS X5151	20
18. 光ファイバー配線測定レポートの見方 (LSPM & OTDR)	21
19. 光ファイバー配線における損失の測定方法	22
20. OTDR による、より詳細な配線品質の管理	26
21. 光ファイバー配線における問題の主要因	28
22. MPO 光ファイバー・ケーブル	30

1. はじめに

私たちの身の回りには網の目のように LAN 配線^{※1} が張り巡らされています。ただ単に PC とネットワークを結ぶだけに見えるこの配線には、物理層における確実な信号伝送を保证するための電氣的・機械的な性能要件が様々な規格によって決められています。そして、これらの規格に基づいて施工された配線は、最終的に当該規格を満たしているか試験（測定）を行わなければなりません。

本書では、これらの規格の概要^{※2} や施工後の試験方法についてご紹介し、LAN 配線システムの構築を検討される方のために、工事仕様書作成に必要な試験項目の把握と、その仕様書作成の手助けとなる情報を提供します。また、実際に試験に携わる方のために試験の実施に必要な情報についても解説します。

注記1: 規格等の正式な呼称は情報配線システムですが、本書では LAN 配線と簡略化して記載します。
注記2: 本書で紹介している規格の中には技術の進展などに伴い、本書発行後、追補版や改訂版が発行されている場合があります。したがって、本書で引用しております規格につきましては最新版を参照されることをお勧めします。

2. 施工後の試験

通常、ケーブルやコネクタのような配線部材は規格に基づいて設計・製造されており、それらを組み合わせて配線を構築すれば必要な性能が得られるようになっていきます。しかし実際には、コネクタのケーブルへの取り付け、ケーブルの引き回し等によって最終的な配線の性能は変化していきます（通常は、性能が悪くなる方向に変化します）。

こうした性能の変化は、配線の施工を行う作業者の技量や施工環境等で左右され、最悪の場合、規格で定められた性能を下回ってしまうこともあります。このような問題を回避するため、施工後には規格に準じた測定を行い、施工した配線が規格で定められた性能を満足できているか試験します。こうした、規格に準じた試験の事を「認証試験」と呼んでいます。認証試験は、官公庁の LAN 配線工事では必須で、民間の LAN 配線工事でも幅広く実施されています。

認証試験では最後に測定結果を試験成績書としてまとめて、お客様に提出しますが、これは工事をする側・LAN 配線のユーザー側の双方に以下のようなメリットがあります。

- 施工側：適切な部材を用いて、適切な施工を行ったことが証明できる。
- 配線のユーザー側： 施工が正しく仕様通りになされ、情報配線システム規格を満たしていることが確認できる。また、将来の配線システムのアップグレードに際して参考にできるだけでなく、ネットワークに問題が発生した場合のトラブルシューティングにも役立つ。



3. LAN 配線工事とその試験仕様書

構築する LAN 配線が、ユーザーの使用目的に合致し、しかも、ローコストで必要な性能を満足するためには、予めどのような部材を使ってネットワークを構築し、そのネットワークがどのような規格性能に適合しなければならないのかを仕様化する必要があります。

公共機関の建築工事に関する仕様書を作成する際には、多くの場合、国土交通省による公共建築工事標準仕様書がベースにされており、そしてその構築システムの特殊性に応じて内容を修正・加筆するという方法が取られています。また、この公共建築工事標準仕様書では、JIS においてすでに決められている仕様があれば、JIS の内容にしたがうことを基本としています。そのため、LAN の配線規格については JIS X5150 構内情報配線システム規格が仕様書の中で多く用いられています（詳細は、「10. 情報配線システム規格に基づく配線の構成」参照）。

3.1 LAN 配線の工事仕様書に記載すべき試験に関する推奨事項

公共建築工事標準仕様書（平成 31 年版）および JIS X 5150 2016 年版に基づいた LAN 配線工事後の試験に関する仕様書に掲載すべき項目の参考記載事例です。

3.1.1 ツイスト・ペアー・ケーブルによる配線（1 Gbps まで）の試験に関する仕様例

どのような規格を用いて LAN 配線システムを構築するのか、そして、どのような測定を行うのかを定めます（具体的な測定項目については表 3.1.3 を参照）。

表 3.1.1 工事仕様書に記載する項目の例

試験仕様書の項目		参照ページ
①	フロア配線盤から通信アウトレットまでのリンク性能は、JIS X 5150 「構内情報配線システム」の指定した配線性能クラス ^{※1} のパーマナント・リンク性能を満たすものとする。測定項目は表 3.1.3 による。	9、10、11 ページ
②	リンク性能は JIS X 5150 におけるパーマナント・リンク、クラス D 以上によるものとする。測定項目は表 3.1.3 による。	9、10、11 ページ
③	試験に用いる測定器は、測定結果の保存機能を有し専用のソフトウェアにて試験成績書を作成できるものとする。	5, 6 ページ
④	試験に用いる測定器は、レベル IV ^{※2} 以上の性能を有するものとする	5 ページ
⑤	本試験に使用する測定器は校正証明を受けたもの、かつ有効期限内であるものを使用すること。	5 ページ

※1 注記：「9.4 ISO (JIS) 規格と TIA 規格の違いに関する注意点」を参照
※2 注記：「5.2 測定器の測定確度」を参照

3.1.2 ツイスト・ペアー・ケーブルによる配線（10 Gbps）の試験に関する仕様例

国土交通省による公共建築工事標準仕様書の平成 25 年版から、10 Gbps の信号伝送をサポートする 10GBASE-T に対応した情報配線施工のために、新たに JIS X5150 2016 年版に基づくクラス E_A 配線を採用しています。クラス E_A 配線では、クラス D で要求される測定項目すべてと エイリアン・クロストークの測定が必要です（具体的な測定項目については 表 3.1.3 を参照）。

表 3.1.2 工事仕様書に記載する項目の例

試験仕様書の項目		参照ページ
①	フロア配線盤から通信アウトレットまでのリンク性能は、JIS X 5150 「構内情報配線システム」の指定した配線性能クラスのパーマナント・リンク性能を満たすものとする。測定項目は表 3.1.3 による。	9、10、11 ページ
②	リンク性能は JIS X 5150 におけるパーマナント・リンク、クラス E _A 以上によるものとする。測定項目は表 3.1.3 による。	9 ページ
③	10GBASE-T に対応した配線の試験は JIS X5150 のクラス E _A 規格による。	9 ページ
④	エイリアン・クロストーク*の測定は、全数検査ではなくサンプリングによるものとする。	13 ページ
⑤	試験に用いる測定器は、測定結果の保存機能を有し専用のソフトウェアにて試験成績書を作成できるものとする。	5, 6 ページ
⑥	試験に用いる測定器は、レベル IV 以上の性能を有するものとする	5 ページ
⑦	本試験に使用する測定器は校正証明を受けたもの、かつ有効期間内であるものを使用すること。	5 ページ

※1 注記：エイリアン・クロストークについての詳しい説明は、「12. ツイスト・ペアー・ケーブル配線による 10Gbps の伝送」を参照

3.1.3 試験項目の詳細（ツイスト・ペアー・ケーブル）

JIS X5150 において指定されている試験項目は以下のとおりです。

表 3.1.3 試験項目の詳細

試験の種類	細目	試験項目※1	試験内容		試験数量
			(1Gbps まで)	(10 Gbpsまで)	
ツイスト・ペアー・ケーブルによる LAN 配線の試験	反射減衰量		測定器により、JIS X 5150 クラス D 以上のパーマナント・リンク性能に適合することを確認する。	測定器により、JIS X5150 のクラス E _A のパーマナント・リンク性能に適合していることを確認する。	全数
	挿入損失 (減衰量)				
	近端漏話減衰量 (NEXT)				
	電力和近端漏話減衰量 (PSNEXT)				
	減衰対漏話比 (ACR-N)				
	電力和減衰対漏話比 (PS ACR)				
	等レベル遠端漏話減衰量 (ACR-F)				
	電力和等レベル遠端漏話減衰量 (PS ACR-F)				
	直流ループ抵抗				
	伝搬遅延				
	伝搬遅延時間差				
	ワイヤーマップ				
	長さ		測定器により、パーマナント・リンクを測定し、敷設長が 90 m 以内であることを確認する。		抽出による
	PSANEXT				
	PSANEXT avg				
	PSAACR-F				
	PSAACR-F avg				

※注記 1：用語の詳細は「7. 試験成績書に記載される測定項目と JIS X5150 規格値例」を参照。

※注記 2：直流ループ抵抗の測定は TIA 規格では要求されていない。TIA 規格と JIS 規格の違いについては、「9.3 TIA 規格」および「9.4 ISO (JIS) 規格と TIA 規格の違いに関する注意点」を参照。

3.1.4 光ケーブルによる配線の試験に関する仕様例

光ファイバーを用いた情報配線システムでは、配線全体の光損失だけではなく、コネクタ接続箇所における光の反射率の評価を求められる場合があります(具体的な測定項目については表 3.1.5 を参照)。

表 3.1.4 工事仕様書に記載する項目の例

仕様書の項目		参照ページ
①	施工区間の伝送損失が、所定の規格値以下で施工されたかを測定する。 規格値の計算式は以下のとおり。 伝送損失 (dB) ≤ 3.5L + 0.75m + 0.3n (850 nm) 伝送損失 (dB) ≤ 1.5L + 0.75m + 0.3n (1300 nm) 伝送損失 (dB) ≤ 1.0L + 0.75m + 0.3n (1310 nm) : OS1 を用いた場合 伝送損失 (dB) ≤ 1.0L + 0.75m + 0.3n (1550 nm) : OS1 を用いた場合 伝送損失 (dB) ≤ 1.0L + 0.75m + 0.3n (1310 nm) : OS2 を用いた場合 伝送損失 (dB) ≤ 1.0L + 0.75m + 0.3n (1550 nm) : OS2 を用いた場合 L : リンク長 (km) m : コネクタ数 n : 融着接続の数	19 ページ
②	上記の条件を満たし、かつシステムを構成する機器の許容伝送損失以下である事を確認する。	19 ページ
③	接続損失は融着接続の場合 0.3 dB/箇所以下、コネクタ接続の場合は 0.75 dB/箇所以下とする。	19 ページ
④	コネクタによる接続箇所の光反射率が規定以下であること。	27 ページ

※注記: 上記の数値は JIS X 5150 に基づきます。TIA 規格の場合には異なった計算式が適用されます。
また、接続される伝送機器の仕様などにより、さらに厳しい値を採用する場合があります。

3.1.5 試験項目の詳細 (光ファイバー)

JIS X5150 において規定されている試験項目は以下のとおりです。

表 3.1.5 試験項目の詳細

試験の種類 \ 細目	試験項目	試験内容	試験数量
ロス・テスターによる伝送損失の試験	全損失	施工区間における全損失および全長の測定を行い、配線規格および伝送規格※ に適合していることを確認する。	全数
	全長		
OTDR による光反射率の試験	コネクタによる接続箇所の光反射率	OTDR 試験により、コネクタ接続における損失および光反射率を測定し、規定以下であることを確認する。	

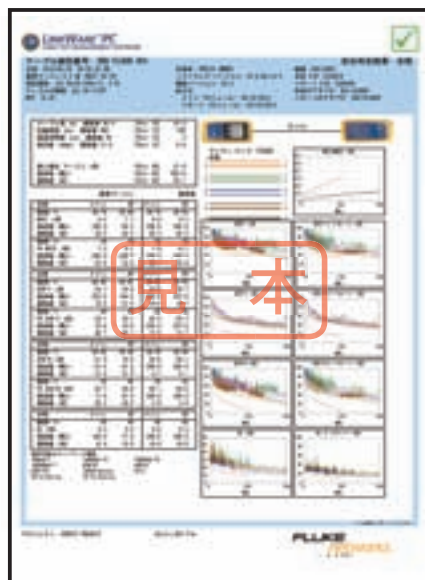
※注記: 伝送規格はアプリケーション規格ともいう。詳細は「8.1 伝送規格と情報配線システム規格」を参照

4. 試験後に敷設業者から受領すべき文書 / 敷設業者が提出すべき文書

＜認証試験が適正に実施されたことの証となる重要な 3 つの文書＞

前項の「3. LAN 配線工事とその試験仕様書」の説明にあるとおり、LAN 配線工事は情報配線システム規格に基づいて実施されます。敷設業者は、この規格に基づき情報配線の施工を行った後、性能測定を行い、その結果を合否判定レポートとして提出し、その配線性能が規格に適合した性能を持っていることを証明しなければなりません。この一連の測定とレポート作成を一般に「認証試験」と呼びます。そして敷設業者は、ツイスト・ペアー・ケーブルおよび光ケーブルの配線工事完了後に、この認証試験を行い、結果を試験成績書として提出しなければなりません。また、試験成績書だけではなく、試験に用いた測定器の校正証明書、およびトレーサビリティ・チャートを添付してもらうことで、正確に測定が行える測定器を用いて試験が実施された証明となり、その試験結果の信頼性も高まります。

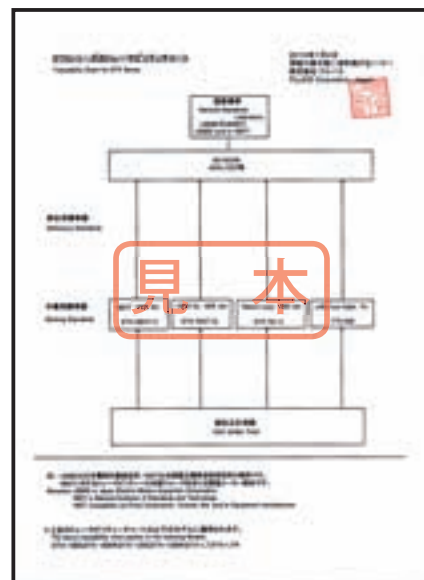
図 4 試験後に受領および提出する書類



試験成績書



校正証明書



トレーサビリティ・チャート

4.1 試験成績書

3.1.3 試験項目の詳細 (ツイスト・ペアー・ケーブル) (3 ページ) で示された試験項目の結果レポートです。試験成績書自体のフォーマットは決まられていませんが、記載すべき内容は規格において定められています。通常は測定器に付属するソフトウェアを使うことで、規格に沿った試験成績書が自動的に作成されます。ツイスト・ペアー・ケーブル配線の試験成績書例の見方については、次ページ「6. ツイスト・ペアー・ケーブル配線で認証試験を行った測定結果例」をご覧ください。

4.2 校正証明書

校正証明書は、測定に用いられた測定器の確度が、いかに規定の範囲内にあるかを保証する書類です。これにより、お使いの測定器の測定結果が規定の確かさを有することが保証されます。

4.3 トレーサビリティ・チャート

測定器の校正作業に用いた標準器自体も校正されている必要があります。校正作業に用いられている作業用標準器自体もその上位にある標準器によって校正されており、その校正のつながりをたどっていくと、最終的にはその国で最も正確な標準器である国家標準に到達します。この一連の校正の系列を現した書類がトレーサビリティ・チャートであり、校正作業に用いた標準器が適切なものであることを示す証となります。

5. 校正の重要性

5.1 校正について

LAN 配線の性能に詳細な規定があるように、配線を測定する測定器についても許容される“測定誤差”の範囲が、LAN 配線の測定規格 (「8.2 情報配線システム規格とフィールド試験規格」参照) の中で規定されています。作業現場などで使われる測定器は使用環境が極めて厳しいこともあり、常に測定が正確に行われるためには、定期的に校正を行う必要があります。この校正作業は一般に測定器メーカーに依頼し、その測定器の測定結果が規定の“測定誤差”の範囲内に入っているかどうかを確認します。もしも、範囲内からはずれていれば、調整/修理を行い規定の誤差範囲内に入るようにします。

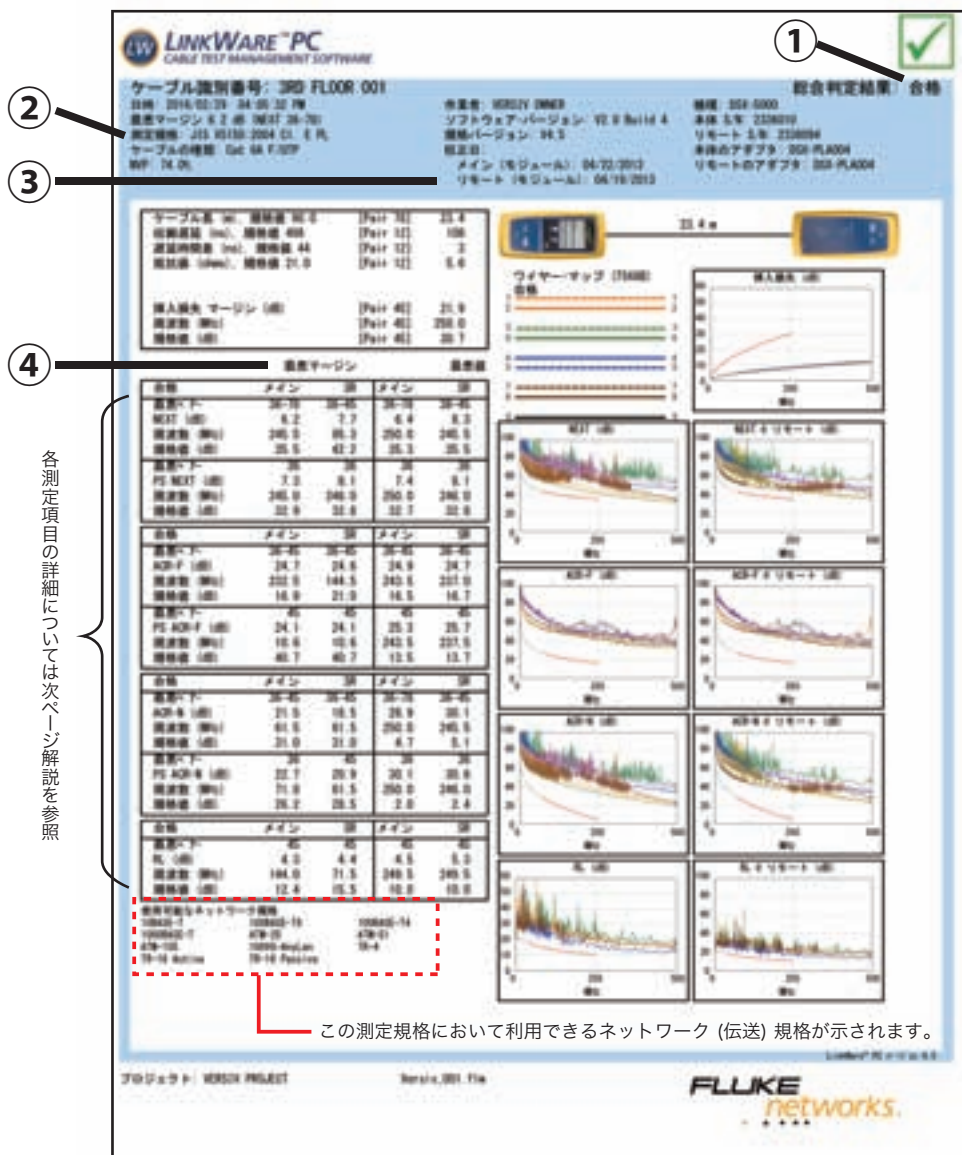
5.2 測定器の測定確度

測定機には、ある一定の測定誤差が許容されています。一般に、周波数の変化に対応した物理量を測定する測定器は、その測定する周波数が高くなるほどこの誤差の幅が大きくなります。この幅の広さを確度レベルと呼び、現在レベル IIe から IV まで規定されています。また、それぞれの確度レベルには、その周波数帯域が定められており、レベル III に対応した測定器は 250 MHz まで、さらに 10GBASE-T をサポートするクラス E_A およびカテゴリ 6A の測定には、確度レベル IV に対応した 500 MHz まで対応した測定器が必要となります。

6.ツイスト・ペアー・ケーブル配線で認証試験を行った測定結果例

測定結果を記録した試験成績書の一例を以下に示します。最低限チェックが必要な項目は数字で示した 4 項目です。

図 6.1 試験成績書の例



測定結果のチェックポイント

- ① 合格判定: すべての測定結果において合格でなければなりません。ただし、結果が合格でも、④ で示すように最悪マージンが小さい場合には、一般的に不合格として扱います。
- ② 測定規格: 施工した配線に適合した規格が正しく選択されているかを確認します。またチャンネル/パーマネント・リンクの別もチェックします。
- ③ 校正日: 校正の有効期限が切れている測定機を用いると、合格判定の信頼性が低下する可能性があります。認証試験用の LAN ケーブル・テスターの推奨校正周期は一般に 1 年です。
- ④ 最悪マージン: 性能評価を行う上で最も重要な指標です。この数値は、実測した値がどれくらい規格値に対して余裕 (マージン) があるかを示しており、数値が大きいほど電気的性能に余裕があることになります。数値の横に*印 (アスタリスク) が付いている場合は、マージンが小さく実測値が規格値に極めて近い場合を示し、合格判定の信頼性は低いものとなります。一般に総合判定結果が合格でも、*印が付いた場合には不合格と同等とみなし、施工方法や部材の品質チェックを行います。

アスタリスク付き合格の例

規格値に対して 1.1 dB しか余裕 (マージン) がありません。合格判定の信頼性が低いだけではなく、経年劣化により性能が低下した場合に、不安が残ります。

合格	メイン	SR	メイン	SR
最悪ペアー	45	45	45	36
RL (dB)	1.1*	1.1*	7.2	9.8
周波数	8.5	8.5	527.0	484.0
規格値 (dB)	19.0	19.0	8.0	8.0

最悪マージンの考え方

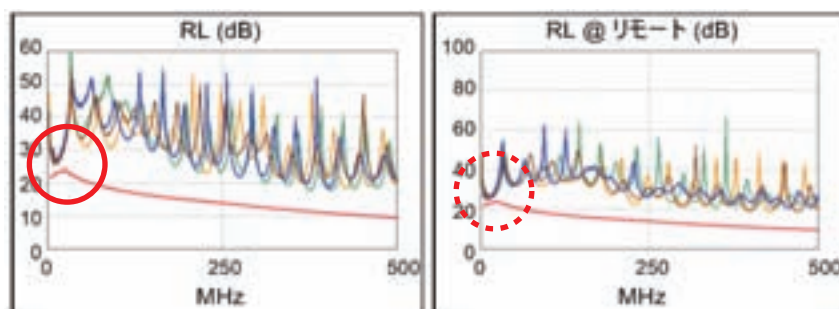
定結果の見方の基本的な考え方は実測値の数値の大小ではなく、実測値が規格値に対して、どれくらい余裕があるかを確認するという点にあります。ほとんどの測定項目では、配線の両側から測定を行います。このため、メイン (テスター本体) 側からの測定結果と、SR (子機) 側からの測定結果が表示されます。

図 6.2 試験成績書における最悪マージンの表示

	最悪マージン		最悪値	
合格	メイン	SR	メイン	SR
最悪ペアー	78	78	36	12
RL (dB)	2.7	2.4	6.4	8.4
周波数	14.4	14.1	375.0	430.0
規格値 (dB)	23.3	23.3	11.4	10.5

右記の図の見方 (メイン部分)

1. 最悪マージンは、14.4 MHz で発生している。
2. この周波数において、実測値は規格値に対し 2.7 dB のマージンがある。
3. 14.4 MHz における RL (リターン・ロス) の規格値は 23.3 dB である。
4. したがって、実測値は 26.0 dB となる。



7. 試験成績書に記載される測定項目と JIS X5150 規格値例

前項の試験成績書例および表 7.3.1「JIS X 5150 クラス D パーマネント・リンクの規格値」(次ページ) に示されているように、数多くの測定項目が定義されています。これらのうち、最も重要な項目が NEXT (ネクスト：近端漏話減衰量) と RL (リターン・ロス：反射減衰量) です。この 2 つの測定項目は現場での認証試験で不合格となる可能性が高い項目です。

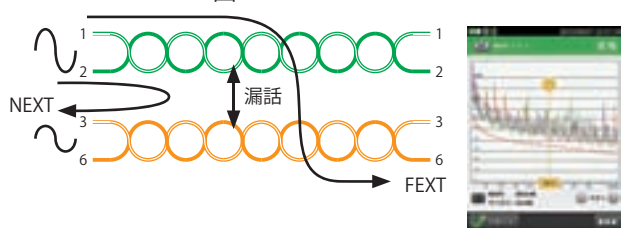
7.1 測定項目

● NEXT (ネクスト：近端漏話減衰量) および FEXT (フェクスト：遠端漏話減衰量)

注記：FEXT は測定の実験項目ではありません。

ツイスト・ペア・ケーブル内での 2 ペア間での電磁誘導や浮遊容量による漏話。下図は 2 ペア間での漏話の例です。一般的に、パッチパネルや通信アウトレットなどコネクター部分で多く発生します。NEXT は近端側で測定された漏話、FEXT は遠端側で測定された漏話です。これらはデシベルで示される測定結果の値が大きいほど漏話が少ないことを意味します。

図 7.1.1 NEXT と FEXT



● ワイヤーマップ

配線両端間の結線状態を表します。各種配線および測定規格では、一般的にストレート結線での配線・測定を前提としています。

● 直流抵抗

各ペアのループ抵抗値です。挿入損失の測定で置き換えることができるため、TIA のように測定を要求しない規格もあります。

● 長さ

各ペアの物理長です。4 ペアのツイスト・ペア・ケーブルにおいては、最も短いペアで合否判定を行います。NVP (Nominal Velocity of Propagation : 公称伝搬速度。ケーブルに信号が伝送される実際の速度と光の速度との比) のばらつきを考慮し、10 % の測定誤差が許されています。そのため、チャンネルの場合であれば 110 m まで合格となります (注記：110 m までの配線を許容している訳ではありません)。

● インピーダンス

主に芯線の太さ、芯線間の距離などの形状的な要因により左右されます。ツイスト・ペア・ケーブルの場合は通常 100 Ω です。この値から離れるほどリターン・ロスが大きくなります。なお、インピーダンスの変動はリターン・ロスの悪化として現れるため、測定項目としては要求されません。

● 伝搬遅延

近端から送信した測定信号が遠端に到達するまでの時間です。各ペアの物理長は異なるため通常、伝搬遅延時間もペア毎で異なります。合否判定は最も短いペアで行います。

● 遅延時間差

最も速く信号が到達したペアと残りの 3 ペアとの伝搬遅延時間の差です。この差が大きいと信号が正常に再生されなくなります。

● 挿入損失

減衰量の同義語です。現在では、挿入損失という呼び方が一般的になっています。挿入損失が小さいほど信号レベルが減衰することなく信号が受信側に到達できます。

● ACR - N (エー・シー・アール・エヌ)

NEXT の dB 値から挿入損失の dB 値を差し引いて算出した数値ですので NEXT と損失の割合になります。NEXT をノイズ、挿入損失を信号レベルと考えると信号の S/N 比と見ることもできます。値が大きいほど S/N 比がよいことを意味します (図 7.1.3 参照)。以前は、ACR と表記されていました。

※注記：S/N 比は、必要な信号に対していかに不要なノイズ成分あるかを示す数値です。大きな値ほどノイズの影響が少なくなります。

● ACR - F (エー・シー・アール・エフ)

ACR - N は NEXT と挿入損失の比ですが、ACR - F は FEXT と挿入損失の比です。意味合いは ACR - N と同じです。以前は、ELFEXT と表記されていました。

● RL (リターン・ロス：反射減衰量)

送信信号の一部が配線のインピーダンス変動により、伝送途中で反射して送信側に戻る現象です。反射した信号は反対側から送出された信号と同様に、送信信号側に接続されている受信器に入力されるため、これがノイズとして作用する場合があります。したがって、反射は、挿入損失、漏話と同様、極力低く抑える必要があります。

図 7.1.2 RL (リターン・ロス：反射減衰量)

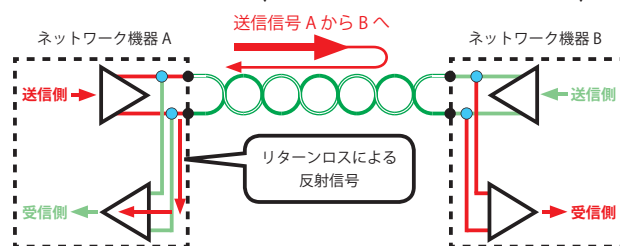
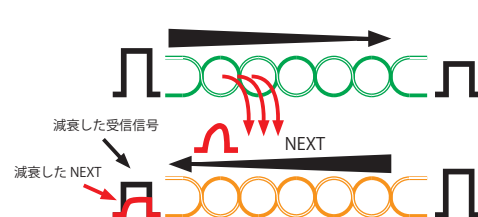


図 7.1.3 ACR - N



● PSNEXT (ピー・エス・ネクスト)

PS は PowerSum (電力和) の略。100 Mbps までの LAN では、通常 1, 2 - 3, 6 の 2 ペアーのみを利用して通信していたため、実質的にはこの 2 ペアー間の NEXT や FEXT のみが通信に影響をおよぼしていました。しかし、ギガビット・イーサネットでは 4 ペアーを利用するため、全てのペア間の組み合わせで発生する漏話を考慮しなければいけません。図 7.1.4 の様に、他の 3 ペアーからの NEXT の総和 (パワーサム) が PSNEXT です。



● PSACR-N (ピー・エス・エー・シー・アール・エヌ)

前出の ACN-N における NEXT を PSNEXT としたものです。受信端における S/N 比という考え方は ACN と変わりません。以前は、PSACR と表記されていました。

● PSACR-F (ピー・エス・エー・シー・アール・エフ)

前出の ACN-N における NEXT を PSNEXT としたものです。受信端における S/N 比という考え方は ACN と変わりません。以前は、PSACR と表記されていました。

7.2 今後、重要性が高まると考えられる測定項目

● 直流抵抗

PoE の大電力化により 1 芯あたりを流れる電流が大きくなっています。配線の抵抗値が大きいとケーブル自体が発熱したり、必要な電力が供給できなくなる場合があります。また、芯線ごとの抵抗値のばらつきが大きいと、信号伝送自体にも悪影響がおよぶ場合があります。詳しくは「15. 今後、測定の重要性が高まると考えられる測定項目」を参照してください。

● 平衡度

配線や配線部材の電気的なバランスを示す数値です。平衡度が良ければ漏話や外来ノイズをキャンセルしやすくなります。このため、電磁環境が良くない産業用イーサネットなどの配線では重要な測定項目になってきます。詳しくは「15. 今後、測定の重要性が高まると考えられる測定項目」を参照してください。

7.3 JIS X 5150 クラス D、E_A パーマネント・リンクの規格値

下記の規格値にもとづき合否判定が測定器によって行われます。

表 7.3.1 JIS X 5150 クラス D パーマネント・リンクの規格値

ワイヤーマップ Wire Map	直流ループ 抵抗 Res.	長さ Length	伝搬遅延 Prop. Delay	伝搬遅延 時間差 Delay Skew	周波数 Freq.	挿入損失 Insertion Loss	近端漏話 減衰量 NEXT	反射減衰量 RL	減衰対 漏話比 ACR- N	等レベル 遠端漏話 減衰量 ACR- F	電力和 近端漏話 減衰量 PS NEXT	電力和 減衰対 漏話比 PS ACR- N	電力和 等レベル 遠端漏話 減衰量 PS ACR- F
12345678 12345678	Ω	Max.	nS	nS	MHz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
12345678S 12345678S	21	90	498	44	1	4	60.0	19.0	56.0	58.6	57.0	53.0	55.6
					4	4	54.8	19.0	50.8	46.6	51.8	47.8	43.6
					8	5.4	50.0	19.0	44.6	40.6	47.0	41.6	37.6
					10	6.1	48.5	19.0	42.4	38.6	45.5	39.4	35.6
					16	7.7	45.2	19.0	37.5	34.5	42.2	34.5	31.5
					20	8.7	43.7	19.0	35.0	32.6	40.7	32.0	29.6
					25	9.7	42.1	18.0	32.4	30.7	39.1	29.4	27.7
					31.25	10.9	40.5	17.1	29.6	28.7	37.5	26.6	25.7
					62.5	15.8	35.7	14.0	19.8	22.7	32.7	16.8	19.7
					100	20.4	32.3	12.0	11.9	18.6	29.3	8.9	15.6

表 7.3.2 JIS X 5150 クラス E_A パーマネント・リンクの規格値

ワイヤーマップ Wire Map	直流ループ 抵抗 Res.	長さ Length	伝搬遅延 Prop. Delay	伝搬遅延 時間差 Delay Skew	周波数 Freq.	挿入損失 Insertion Loss	近端漏話 減衰量 NEXT	反射減衰量 RL	減衰対 漏話比 ACR- N	等レベル 遠端漏話 減衰量 ACR- F	電力和 近端漏話 減衰量 PS NEXT	電力和 減衰対 漏話比 PS ACR- N	電力和 等レベル 遠端漏話 減衰量 PS ACR- F
12345678 12345678	Ω	Max.	nS	nS	MHz	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
12345678S 12345678S	20.6	90	496	43	1	4	65.0	21.0	61.0	65.2	62.0	58.0	62.2
					4	4	64.1	21.0	60.1	53.2	61.8	57.8	50.2
					8	4.9	59.4	21.0	54.5	47.2	57.0	52.1	44.2
					10	5.5	57.8	21.0	52.4	45.2	55.5	50.0	42.2
					16	6.9	54.6	20.0	47.7	41.2	52.2	45.3	38.2
					20	7.7	53.1	19.5	45.3	39.2	50.7	43.0	36.2
					25	8.6	51.5	19.0	42.9	37.3	49.1	40.5	34.3
					31.25	9.7	50.0	18.5	40.3	35.3	47.5	37.9	32.3
					62.5	13.8	45.1	16.0	31.3	29.3	42.7	28.8	26.3
					100	17.6	41.8	14.0	24.2	25.2	39.3	21.7	22.2
					200	25.4	36.9	11.0	11.5	19.2	34.3	8.9	16.2
					250	28.6	35.3	10.0	6.7	17.3	32.7	4.1	14.3
					350	34.3	32.6	8.6	-1.7	14.4	29.9	-4.4	11.4
					450	39.3	30.2	8.0	-9.1	12.2	27.4	-11.9	9.2
					500	41.6	29.2	8.0	-12.4	11.3	26.4	-15.3	8.3

その他の測定規格値は下記サイトの DSX CableAnalyzer リミット・ラインの PDF ファイルにてご覧頂けます。
<https://jp.flukenetworks.com/support/downloads/>

8. LAN 配線に関する規格について

8.1 伝送規格と情報配線システム規格

「LAN 配線の規格」と一口に言っても、それに関連する規格には様々なものがありますが出発点は IEEE※ によるイーサネット規格 (伝送規格) です。この規格では、主にネットワーク機器間の信号の送受信の仕組みについて規格化しています。

一方、JIS、ISO※、TIA※ 等により規格化されている情報配線システム規格では、イーサネット規格 (伝送規格) による通信性能要件を満たすための配線部材※ を含めた配線性能要件が定められています (伝送規格と情報配線システム規格の関係は図 8.1 を参照)。そして、この配線の性能については、情報配線規格の中で詳細に定義されています。

図 8.1 規格の関係 — 伝送規格と情報配線システム規格

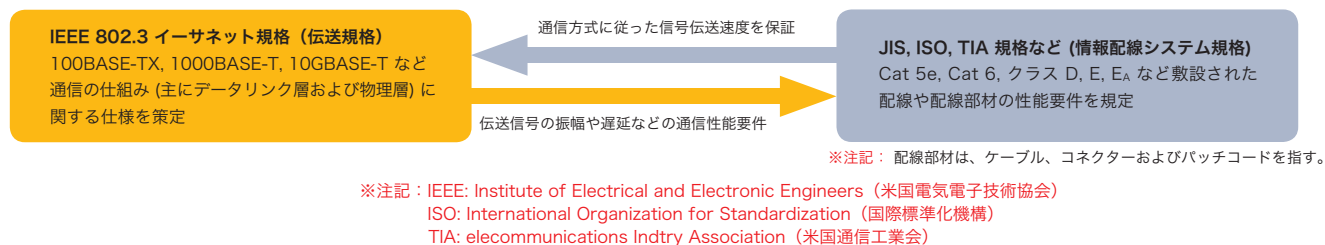


表 8.1 伝送規格と情報配線規格のサポート対応表

イーサネット・ネットワークの速度	対応する伝送規格	情報配線システム規格のカテゴリ
10 Mbps	10BASE-T	クラス C, Cat 3 以上
100 Mbps	100BASE-T	Cat 5 以上
1 Gbps	1000BASE-T	クラス D, Cat 5e 以上
10 Gbps	10GBASE-T	クラス EA, Cat 6A 以上
25/40 Gbps	25/40GBASE-T	クラス I/II, Cat 8

8.2 情報配線システム規格とフィールド試験規格

前述のように、LAN 配線の性能に言及した規格として伝送規格と情報配線システム規格の 2 つがありますが、通常、配線施工の現場では設計および電気的配線性能要件を規定した、情報配線システム規格に基づいて設計・施工を行います。そして、敷設後に実際その性能が正しく配線性能要件を満足しているかの確認を行うフィールド試験* 方法についても規定があり、情報配線システム規格とは別に定められています。

※注記：フィールド試験とは現場用の測定器を利用して、実際の施工現場で測定を行う事を言う。

8.2.1 情報配線システム規格と認証試験について

情報配線システム規格とは、名前のとおり情報配線システム自体について規定した規格です。最近では、光ファイバーを利用した LAN で、数十 km におよぶ長距離伝送も登場していますが、通常は「構内情報配線システム」規格という呼び方で一つの敷地内に敷設された LAN 配線のみを対象としています。

敷設された配線性能の定義だけでなく、配線を構成するケーブルやコネクタ、さらにケーブルの両端にプラグを接続したパッチコード単体の性能も規定しています。

工事の発注者は、一般に情報配線システム規格を指定すれば、施工業者に当該規格に準じた配線敷設を行ってもらうことができます。これにより、一定以上の配線性能および品質を確保できます。そして敷設後に、施工業者は実際に配線性能が規格に適合した性能を持っているかどうかの確認と、その結果のレポートしなければなりません。この一連の測定 (試験) を「認証試験」と呼び、配線の導通の良、不良のチェックのみを行う「検査」とは区別しています。

図 8.2.1 認証試験用測定器と検査用測定器の例



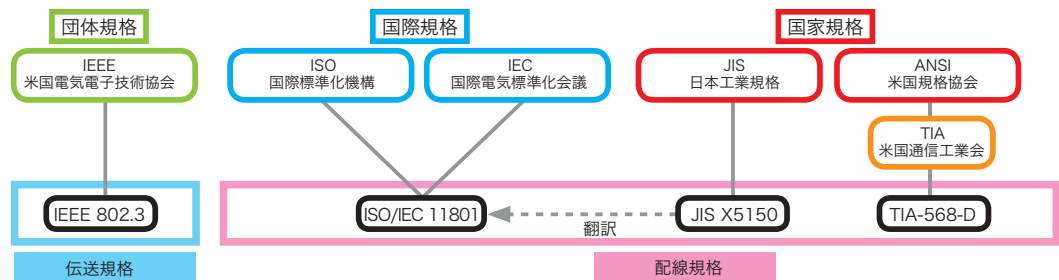
8.2.2 測定 (フィールド試験) 規格について

前述のように、いったん敷設された配線は、情報配線システム規格に定義されている電気的性能要件を満たしていることを確認しなければなりません。そのための規格として、情報配線システム規格とは別にフィールド試験の方法や測定項目、測定器の機能・性能、試験成績書の内容を規定している測定規格があります。この測定規格に適合した認証試験用測定器を用いて、実際に敷設済み配線が規定の試験項目の性能以内に入っていることを確認します。なお、実際のフィールドでの認証試験では、専用の測定器を用いることで自動的に規格に準じた合否判定が行われます。また、不合格になった場合でも、このような測定器には配線のどこにどのような問題があるのかを検出する機能も備えられています。

9. 設計・施工の指針となる情報配線システム規格

他の国々と同様、日本国内で用いられている情報配線システム規格は、その他の工業規格などと同じように、ISO 規格を基に制定されており、これを含めて以下の 3 つの規格が主に利用されています。

図 9 標準規格化団体の体系図



9.1 ISO 規格

ISO/IEC 11801 は、構内情報配線システム の国際規格であり、オフィスだけでなく工場・住宅・データセンターなど非常に適用範囲が広く、平衡メタル配線※と光ファイバー配線の両方に対応しています。

表 9.1 ISO 規格の特徴と利用分野

名称	ISO/IEC 11801
特徴	関連する規格が多く、ツイスト・ペアー・ケーブル配線の測定 / 光ファイバー配線の測定 / 配線の管理 / 配線の設計と施工の規格などのように、情報配線の全般にわたり細かく規格が規定されています。
主な利用分野	国際規格としての位置づけから、公的機関や欧州系企業で多く使われています。

9.2 JIS 規格

※注記：メタル配線 — LAN では一般的にツイスト・ペアー・ケーブル（平衡対撚線）による配線のことを指します。

情報配線システムの国際規格である ISO/IEC 11801 を翻訳し、技術的内容および規格書の様式を変更することなく作成した日本工業規格です。1996 年に JIS X 5150 として発行され、その後 2004 年版が長らく使われてきましたが、2016 年 2 月に改訂されました。

表 9.2 JIS 規格の特徴と利用分野

名称	JIS X 5150
特徴	現在、情報配線システム規格のみが JIS 化されており、測定に関しては 2 つの規格、すなわちメタル配線の場合は IEC61935-1、光ファイバー配線の場合は ISO/IEC 14763-3 が引用されており、それらの規格に準じて測定を実施することが規定されています (ISO/IEC 14763-3 は、2018 年に JIS X5151 として JIS 規格化されています)。
主な利用分野	国内規格ということから官公庁や自治体などで幅広く採用されており、国土交通省による公共建築工事標準仕様書には JIS X 5150 のパーマネント・リンクにしたがって情報配線の構築をすることが指定されています。なお本規格は、JISC（日本工業標準調査会）のホームページで閲覧のみ可能となっています。



9.3 TIA 規格

現在の商用ビルの情報配線システム規格の先駆けとして 1991 年に初めて制定された米国標準規格 ANSI/TIA/EIA-568 が元になっており、100 Mbps に対応するため 1995 年に ANSI/TIA/EIA-568-A に改定され、さらに 2000 年から 2001 年にかけて 1 Gbps に対応する ANSI/TIA/EIA-568-B.1、B.2、B.3 の 3 分冊となる規格書が発行されました。そして IEEE 規格の高速化（10 Gbps 以上）に合わせ 2008 年から 2009 年にかけて ANSI/TIA-568-C としてまとめられましたが、現在は、ANSI/TIA-568 D シリーズへ移行しています。

表 9.3 TIA 規格の特徴と利用分野

名称	ANSI/TIA-568 D シリーズ
特徴	米国で策定された規格ですが、日本で製造・販売されている配線部材のほとんどが、この規格に基づいています。5 分冊で構成され、ISO と同様に情報配線および配線部材について詳細に規定しています。なお、この規格はオフィス・ビルでの利用を前提としており、データセンター向けの配線規格として、別途 ANSI/TIA-942 が定められています。
主な利用分野	民間企業の施工案件を中心に採用されており、日本では LAN の構内配線システムが登場した当初から最も広く利用されている規格です。

9.4 ISO (JIS) 規格と TIA 規格の違いに関する注意点

情報配線システム規格においては、配線性能のレベルを示す用語として「クラス」や「カテゴリー」という用語を用いています（表 9.4 参照）。この表の右側ほど高速なネットワークに対応しており、規定対象項目のうち「配線の性能」の行では構築された配線自体の性能レベルを示しています。また、「配線部材の性能」の行はケーブルやコネクタ、パッチコードなどの配線部材の性能レベルを示しています。例えば、TIA 規格に準じてカテゴリー 6 の配線を構築する場合には、カテゴリー 6 の性能レベルをもつ部材を使って施工することになります。

なお、カテゴリー 7 という言い方は ISO による配線部材としての定義しかなく、600 MHz という高い周波数を扱うため、通常使われているコネクタ（RJ 45）とは異なるタイプのコネクタが仕様化されています。また、カテゴリー 7、7A は TIA 規格にはありません。

表 9.4 規格とクラスおよびカテゴリー対応一覧

規定対象	周波数(MHz)	~ 0.1	~ 1	~ 16	~ 100	~ 250	~ 500	~ 600	~ 1000	~ 2000
配線の性能	ISO (JIS) 規格	クラス A	クラス B	クラス C	クラス D	クラス E	クラス E _A	クラス F	クラス F _A	クラス I / II
	TIA 規格			カテゴリー 3	カテゴリー 5e	カテゴリー 6	カテゴリー 6A			カテゴリー 8
配線部材の性能	ISO (JIS) 規格				カテゴリー 5	カテゴリー 6	カテゴリー 6A	カテゴリー 7	カテゴリー 7A	カテゴリー 8
	TIA 規格			カテゴリー 3	カテゴリー 5e	カテゴリー 6	カテゴリー 6A			カテゴリー 8

10. 情報配線システム規格に基づく配線の構成（JIS X 5150 の場合）

情報配線は単にネットワーク機器と端末機器が電氣的につながっていれば良いというものではありません。JIS X 5150 などの情報配線システム規格では、図 10.1 のように配線の構成を定義しています。CD※、BD※、FD※と書かれているところには配線盤（ジャックなどで配線を終端する盤）が設置されており、通常は配線盤等を収容するための専用の小部屋やラックとなっています。配線盤には通常、パッチパネルが設置され、配線の行き先を簡単に切り替えられるようになっています。

最大長が 100 m となるメタル配線の場合は、通常、FD においてネットワーク機器を経由して幹線に接続されますが、光ファイバーの場合にはパッチパネルだけを経由し、1 本の連なる光伝送路として幹線に接続しても構いません。なお、実際の情報配線に関する敷設計画、文書化と管理および検査方法については、JIS X 5150 に引用規格として ISO/IEC 14763-2 があげられており、この規格は現在 JIS 規格化が進められています。

図 10.1 JIS X 5150 で規定されている配線構成

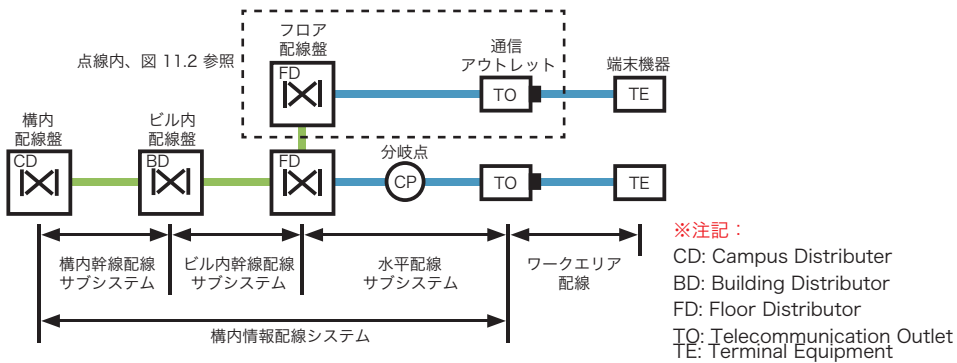


写真 10. FD の例



図 10.2 フロア配線盤から通信アウトレットまで（図 10.1 で示した点線の範囲）

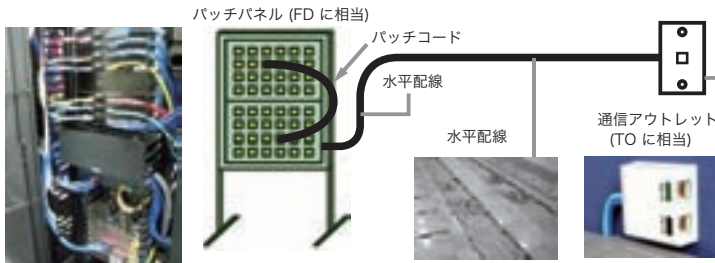
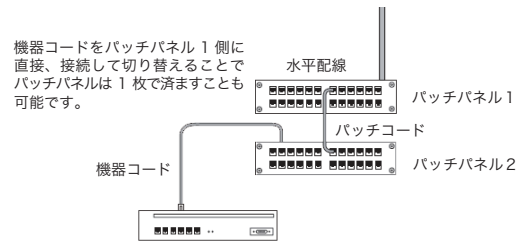


図 10.3 パッチパネルの利用例



10.1 パッチパネル利用のメリット

情報配線システムにおいては、配線盤（パッチパネル）を用いることになっています。これは、配線盤を用いることで以下のような配線管理上のメリットがあるためです。

- 配線盤のパッチパネルにより、配線の行き先の変更が容易になり、フロアのレイアウト変更にも柔軟に対応できる。
- 接続したくないネットワークを物理的に切り離すなどの管理が容易にできるため、セキュリティ対策としても有効である。
- あらかじめネットワークの高速化を見越して、幹線部分だけ光ファイバーなどの高速配線を導入していた場合にも、後々、水平配線部分のみのアップグレードをするだけで、ネットワーク機器の高速化対応にも容易に対応ができる。そのため配線変更時のコストが低く抑えられる。特に賃貸ビルの場合は、テナントの要求に応じて低速から高速ネットワークまで柔軟に対応できる。
- 配線自体の不具合発生時に問題箇所の切り分けが容易になり、配線交換時にも一部の工事だけで済む。
- 予備回線の敷設・管理が容易になり、配線に不具合が発生した時にも迅速に他の配線に切り替えることができる。

写真 10.1 配線盤（パッチパネル）の例



10.2 情報配線システムの施工・確認のための参照文書

基本的な施工方法やその注意点については、前出の公共建築工事標準仕様書が日本語によるものとしては最も詳細な解説がなされています。そのため、この仕様書は国の公共施設だけではなく地方自治体等の情報配線システム施工時にも幅広く利用されています（この仕様書は国土交通省のホームページから無償でダウンロードできます）。

10.3 情報配線システム施工後の確認

配線工事は施工者の熟練度によりその作業品質も異なるため、せっかく、規格に適合した配線部材を用いてもコネクタへの成端の仕方、あるいは配線の取り回し方法などにより、部材メーカーが保証する製品出荷時の性能を 100 % 出せるとはかぎりません。したがって、施工後に必ずその配線システムが 情報配線システム規格に適合しているかどうかを確認しなければなりません。また、そうすることで、万一、配線部材に粗悪品が使われていた場合にも性能面からの検査が可能です。

公共建築工事標準仕様書の「第 6 編 第 2 章 第 28 節 施工の立会い及び試験」では「測定器により、JIS X 5150 のパーマナント・リンク性能に適合していることを確認する。」としています。

11. 情報配線システムの構成と測定範囲

情報配線システム規格では、以下のように配線システムの構成として、チャンネルとパーマナント・リンクの 2 つの定義を行い、それぞれについて電気的な性能の規格値を定義しています。

11.1 パーマナント・リンクとチャンネル

新規の LAN 配線施工の場合、配線施工業者は配線室 / 機器室内にラックおよびパッチパネルを設置し、水平配線部分のケーブルの引き回しを行い、通信アウトレットの取り付けを行って作業完了とする場合があります。この時、施工業者は自らが敷設したパッチパネルのジャックから通信アウトレットのジャックまでの性能だけを試験する必要があります。この配線および試験区間は長期的に固定使用されるということから、パーマナント・リンクという呼び方をしています。

このパーマナント・リンクを試験する場合、配線施工業者は自らが敷設したパーマナント・リンク部分のみの性能だけを保証すればよいので、写真 11.1.1 のように測定器から出ている測定用コードの先にプラグがついたテスト・アダプターを用いて、測定を行います (図 11.1.2 参照) が、テスト・アダプターの特性が測定結果に影響しては、パーマナント・リンク試験の意味がありません。したがって、テスト・アダプターの品質には十分注意を払う必要があります。

一方、チャンネルは置き換えの可能性がある機器コード*、パッチコード、およびワークエリア・コード* をパーマナント・リンクに加えたエンド・エンド間の配線を指します。チャンネルの注意点は、その範囲の定義内に両端のプラグ部分は含めないということです (図 11.1.3 参照)。

両端のプラグをチャンネルの範囲に含めない理由は色々ありますが、パーマナント・リンクの両端に接続される機器コードとワークエリア・コードがパッチコードの規格を満たしたものであれば、この規格に拠り、すでにパッチコード両端のプラグの特性は確認できているので、両端を測定範囲に含めなくても問題は無いという考え方があります。

***注記:** 規格上は、接続される部分によって機器コード / ワークエリア・コードと名前が付けられているが、ケーブルの両端にプラグが成端された、いわゆるパッチコードである。厳密に言うとパッチコードとは、例えばパッチパネルの 1 次側と 2 次側を結ぶコードを指す。

写真 11.1.1 パーマナント・リンク測定例



図 11.1.1 情報配線システムの構成

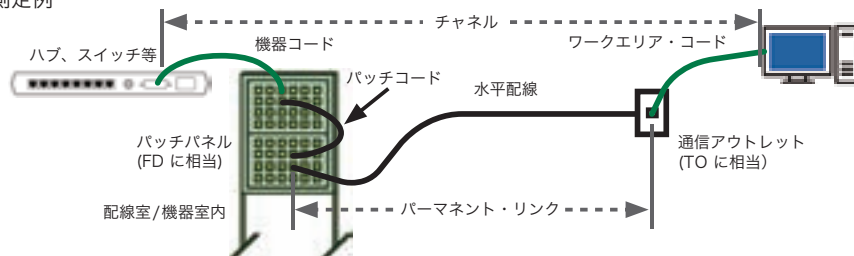


写真 11.1.2 パーマナント・リンク用テスト・アダプター



図 11.1.2 パーマナント・リンク構成

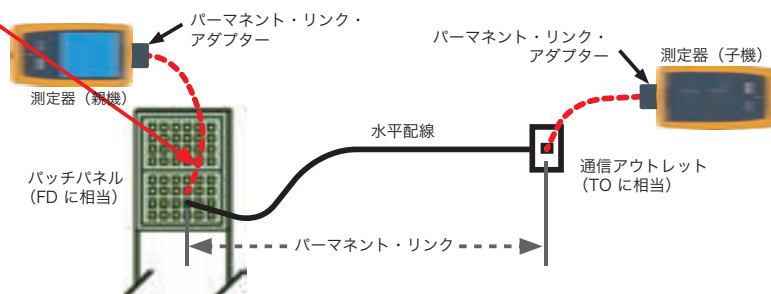


写真 11.1.3 チャンネル測定例



図 11.1.3 チャンネル構成

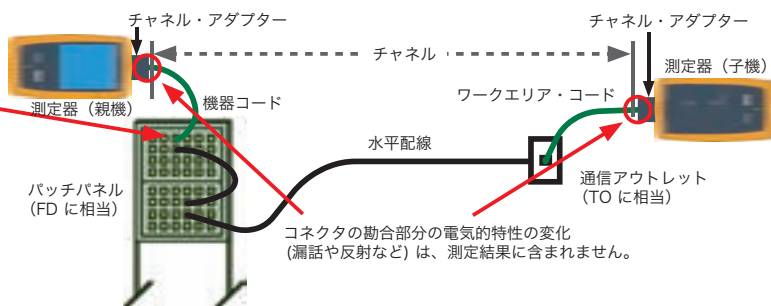


写真 11.1.4 チャンネル・アダプター



11.2 パーマネント・リンク、チャネル以外の配線構成

ここまでの説明のとおり、近年まで配線の構成としてはパーマネント・リンクとチャネルの 2 つしかありませんでした。しかし、LAN がオフィスだけではなく工場など様々な環境で使われるようになると、2 つの配線構成だけでは LAN 配線に対する要望をカバーしきれない状況が出てきました。

図 11.2.1 のような配線の構成は、今まで正式には認められていませんでしたが、ISO/IEC TR 11801-9902 において End to End (E2E) リンク※ として文書化されています。このような配線の場合には、現場でプラグを成端する事になりますが、この場合、成端の品質を確認するために両端のプラグ部分も含めて配線の性能を考える必要があります。E2E リンクの主旨は、このような両端のプラグを現場で成端するような配線についても性能の規定をし、両端のプラグ部分も含めて測定が出来るようにしようとするものです (図では、2 つのプラグの間に接続点がありませんが、接続点があっても構いません)。特に、現場の環境条件から、パッチパネルを設けにくい工場内の LAN 配線を念頭に作られた考え方です。なお、規格名中の TR は Technical Reference の略で、これは、飽くまでも技術的な参考情報として提供されている事を意味しますので、その点を注意して利用する必要があります。

注記： E2E リンクは産業用イーサネットなど、工場内の LAN 配線で用いる事を前提としたもので、オフィスやデータセンターなどでは 10 章で説明した構成のみが配線として認められています。

図 11.2.2 のような配線も、今までは正式に認められていませんでした。近年の IoT の普及などにより、ワークエリア・コード側に PC などの端末ではなく、センサーやネットワーク・カメラが接続されることも増えてきました。既存の配線規格では情報コンセントからワークエリア・コードを介して、こうした機器を接続する必要がありましたが、誤ってワークエリア・コードを抜いてしまうと様々な問題が発生します。このため、情報コンセントを廃してプラグを直接機器に接続できるようにしたのが MPTL (Modular Plug Terminated Link) です。こちらは、TIA 規格で正式に採用されています。

どちらの場合にも、現場でプラグを成端するため、測定の際にはプラグの部分の特性も測定範囲に含まれている必要がありますが、そのためにはプラグ側にはチャネル・アダプターではなくパッチコード・アダプターを使用する必要があります。

図 11.2.1 End to End (E2E) リンク

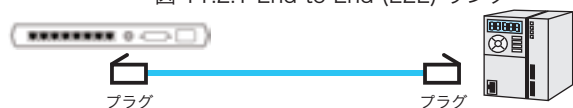


図 11.2.2 MPTL 配線



11.3 パッチコード測定の必要性について

チャネルとパーマネント・リンクの規格値がそれぞれ異なる事は本章の始めで説明しましたが、試験に合格したパーマネント・リンクに、パッチコード規格を満たしたパッチコードを接続すると、自動的にチャネルの規格値を満たすことができます。したがって、いくら品質が良いパーマネント・リンクを敷設してもパッチコードの特性が悪ければ正常な通信は保証されません。

市販されているパッチコードの中には、規格を満足していないものも一部に存在します。試験済みのパッチコードを購入することが望ましいですが、敷設現場あるいは工事完了後にエンド・ユーザーがパッチコードを自作したり取り替える場合にはパッチコードの認証試験を行うことが重要です。パッチコードの試験は両端のプラグが測定範囲に含まれないチャネル・アダプターでは行う事ができません。パッチコードの測定に用いられるジャックの特性は規格で決められており、そのようなジャックを利用した専用のパッチコード・アダプターを使用する必要があります。

また、上記で説明した E2E リンクや MPTL の測定にもパッチコード・アダプターが必要になります (MPTL の場合、パッチパネル側にはパーマネント・リンク・アダプターを用いる)。なお、調査によれば、海外製のパッチコードの不良率が 85 % 余りになるという結果も報告されています。*

注記： 詳細につきましては、次の右記サイトをご覧ください。 <https://jp.flukenetworks.com/request/dsx>

写真 11.3 パッチコード測定用アダプター



12. ツイスト・ペアー・ケーブル配線による10Gbpsの伝送

12.1 10GBASE-T をサポートする Class E_A および Cat 6A

2006 年 6 月に IEEE によって 10GBASE-T の規格 IEEE 802.3an が制定されました。10GBASE-T をサポートする情報配線システム規格は、いくつかの変遷がありましたが、現在では、TIA 規格の場合 Cat 6A 以上、ISO/JIS 規格では Class E_A 以上でサポートしています。

12.2 エイリアン・クロストークとは

10GBASE-Tでは、1000BASE-Tの 10 倍の伝送速度を実現するためさらに新たな通信方式が採用されました。これにより受信機側で判断すべき信号電圧のレベルも小さくなりノイズに対する信号の大きさを表す性能要件である S/N (信号対ノイズ) 比がさらに重要になりました。このため、新たな S/N 比の概念としてエイリアン・クロストークが登場しました。これは 10GBASE-Tの伝送性能にもっとも影響を与える伝送パラメーターで、敷設時にエンド・ユーザーおよび工事業者により注意深く評価されなければならないものです。

従来のクロストーク (漏話) の考え方は、1 本のケーブル内に収められている 4 つのペアー間で相互に発生するクロストークのみを考慮していました。そして、S/N 比という観点からみた場合このクロストークはノイズに当たるわけですが、エコー・キャンセルというデジタル処理技術によりある程度低減が可能でした (図 12.2.1)。しかしながら、10GBASE-T で問題となるエイリアン・クロストークは、主に隣接するケーブルからケーブル外被を越えてランダムなタイミングで侵入してくる配線ケーブル間のノイズであるため、同一ケーブル内で生ずるクロストーク、すなわち NEXT とは異なり、既存の信号処理技術を駆使した除去ができません (図 12.2.2)。



図 12.2.1 クロストークの発生例

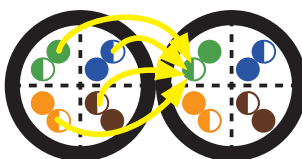


図 12.2.2 エイリアン・クロストークの発生例

右側のケーブル内の残り 3 ペアーについても、同様に他の対からのエイリアン・クロストークの影響を受けます。

エイリアン・クロストークを少なくするためには、ケーブル同士の離隔距離を大きくすることです。そうすることで、配線の見た目の整然さが欠けることもありますが、できるだけケーブル間の離隔距離をとったり、パッチパネル上のケーブル接続配置にも注意を払ったりすることがエイリアン・クロストークを減らし確実な 10 G 伝送を行うための重要なポイントとなります。また、シールドされた配線部材の利用も有効です。

12.3 エイリアン・クロストークの測定パラメーター

誘導されたエイリアン・クロストークで、近端側（信号源と同じ端）に戻るものを ANEXT（エイリアン・ネクスト）と呼び（図 12.3.1）、遠端側（信号源と反対側）に向かうものを AFEXT（エイリアン・フェクスト）と呼びます（図 12.3.2）。ISO、JIS、TIA 規格のいずれも 10GBASE-T に対応した配線については、一部を除きエイリアン・クロストークの測定を例外なく求めています。エイリアン・クロストークの測定項目としては、PSANEXT と PSAACR-F（「3.1.3. 試験項目の詳細」を参照）の 2 つが要求されています。

図 12.3.1 エイリアン・クロストークの測定例 (ANEXT)

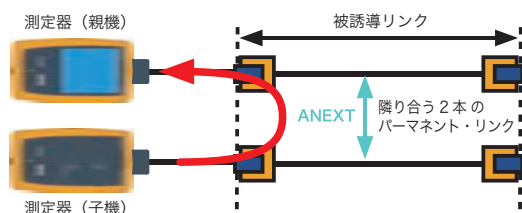
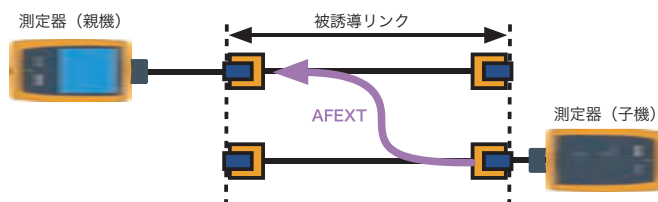


図12.3.2 エイリアン・クロストークの測定例 (AFEXT)



12.4 エイリアン・クロストークの測定方法

実際のエイリアン・クロストークの測定では、2 つのフェーズあります。まず最初のフェーズ（フェーズ 1）で測定対象となる配線のすべてのリンクに対して、Class E_A または Cat 6A の通常の試験を行います。その後、2 番目のフェーズで最初に取得した データを基にエイリアン・クロストークの測定対象となるリンクを全体の配線の中から選択します。実際には、それらの組み合わせの中から最もエイリアン・クロストークが発生しやすいリンクを選択し、その部分だけを測定するサンプリングの手法が用いられています。ただし、フェーズ 1 の試験においては、すべてのリンクが合格することが必要です。

サンプリングを行う場合にはいくつかの指針がありますが、まず、エイリアン・クロストークの影響を受ける配線（被誘導リンク）を決め、それに隣接する配線をエイリアン・クロストークを発生させるリンク（誘導リンク）とし、この 2 つのリンク間で発生するエイリアン・クロストークを測定します。

この選択方法については TIA には規定はありませんが、ISO/IEC 14763-2 および ISO/IEC 61935-1 に規定されており、表 12.4 のとおり敷設リンク数に対するサンプル・リンク数を決めています。そして ISO/IEC 61935-1 では、全てのリンクをリンク長が長いグループ、中位のグループ、短いグループの 3 組に分け、各グループの中から測定が必要とされる被誘導リンクのサンプル数の 3 分の 1 の本数を実測する対象として割り当てます。これらの被誘導リンクに対する誘導リンクを決定した後、PSANEXT と PSAACR-F の実測を行います。この 2 つのパラメーターについて 5 dB 以上のマージンが得られたリンクが、すべてのグループで 3 本出れば合格とし、試験を終了できます。

仮に Cat 6A ケーブルの 100 本のリンクがある場合、表 12.4 により 33 本が被誘導リンクとなりますが、これを 3 分の 1 にして長さが最も長いものから順に 11 本、中位のものを 11 本、最も短いものから 11 本を実測する被誘導リンクとして抽出します。この長さによるリンクの選択は、通常フェーズ 1 で測定したデータを専用のソフトウェア (LinkWare PC) でソーティングすることで簡単に見極めができます。

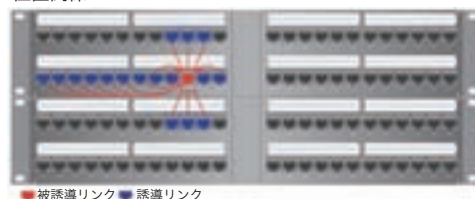
なお、異なるバンドルあるいは配管経路内のケーブル間のエイリアン・クロストークは、比較的少ないことが知られています。実際には、図 12.4 に示すように、ケーブルの終端されるパッチパネルにおいて、互いに隣接するポート間でエイリアン・クロストークが発生しやすいことがわかっています。

図 12.4 に示される赤いポートは、被誘導リンクが接続されているポートで、そのポートに隣接するリンクが潜在的なエイリアン・クロストークの発生源である誘導リンクとなる可能性を持っています。したがって、実際の敷設時にエイリアン・クロストークの測定を行う場合は、このようにパッチパネルで隣接するポートを試験対象とすることが推奨されています。

表 12.4 抽出する被誘導リンクの本数

敷設本数	サンプル数
3-150 本	3 または敷設本数 × 0.1 のいずれか大きい方
151-3,200 本	33 本
3,201-35,000 本	126 本
35,001-150,000 本	201 本
150,001-500,000 本	315 本

図 12.4 エイリアン・クロストークの発生しやすい、パッチパネルでの誘導リンクと被誘導リンクの物理的位置関係



12.5 エイリアン・クロストークの測定の実際

実際の測定手順は以下のとおりです。

1. Cat 5e や Cat 6 のケーブル試験と同様に、1 本ずつ配線の認証試験を行います。
2. 測定結果を PC に保存し、データ管理を行う専用ソフトウェア (LinkWare PC) 上で、長さ順にソーティングを行い選択指針にしたがった被誘導リンクの選別を行います。
3. 被誘導リンクとパッチパネル上、あるいは配線上で隣接する誘導リンクを選別します（図 12.4 参照）。
4. 専用のソフトウェア (AxTalk Analyzer) を用いて被誘導リンクと誘導リンク間の ANEXT および AFEXT 測定を行います（写真 12.5）。
5. 測定した結果から PSANEXT および PSAACR-F が自動的に算出されます。

図 12.5 専用ソフトウェアによる PSANEXT の測定例

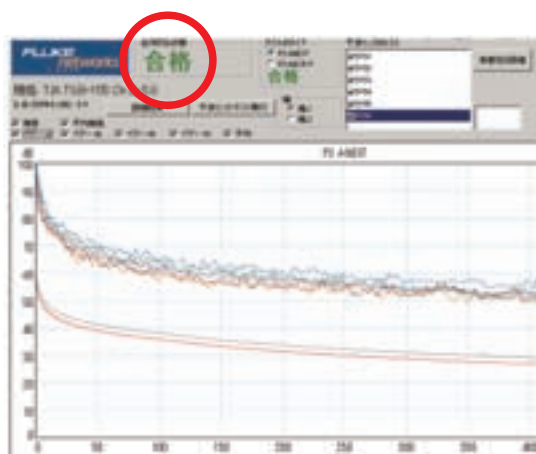


写真 12.5

ANEXT 測定の様子を示しています。USB ケーブルで接続された測定器と専用ソフトウェアがインストールされた PC により測定が行われます。測定結果は PC 上で必要な計算処理の後、規格値に対する合否判定がなされます（図 12.5）。

13. ツイスト・ペアー・ケーブルによる配線の認証試験

情報配線システムの測定には専用の測定器を用います。これは、一般的に LAN ケーブル・テスター、LAN ケーブル・アナライザーと呼ばれます。前述したように測定規格に準じて測定を行い、最終的に測定レポートを作成するまでの流れを認証試験と呼びますが、この用途に使用されるタイプのテスターには、チャンネル測定用のアダプターとパーマネント・リンク測定用のアダプターが付属しています。

13.1 パーマネント・リンクおよびチャンネル・アダプターを使った測定手順

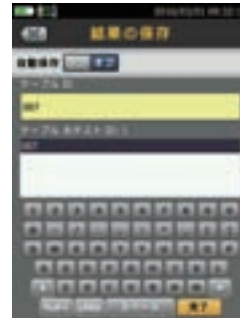
測定の一般的な手順は以下の通りです。

1. 測定する対象に合わせて、チャンネルまたはパーマネント・リンク・アダプターをテスターに装着します。
4. 測定した結果は測定器内部のメモリーに名前を付けて保存します。

図 13.1.1 ケーブル・テスターと測定用アダプター

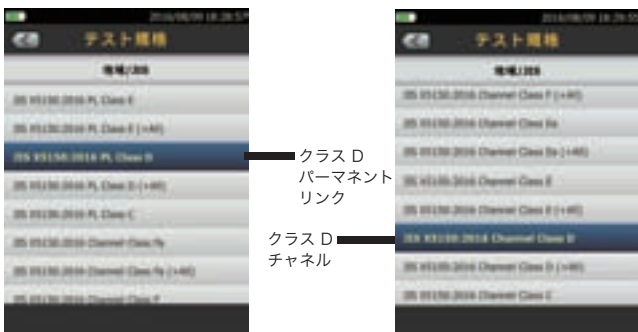


図 13.1.4 結果保存の ID 番号入力画面例



2. セットアップ画面で測定規格 (テスト規格と表示) を選択します。規格自体にもチャンネルとパーマネント・リンクの区別があります。

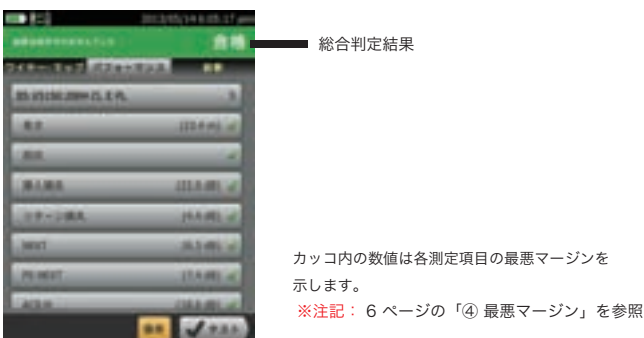
図 13.1.2 テスト規格選択画面



注意： 測定器に取り付けられているアダプターの種類と、測定規格のチャンネル/パーマネント・リンクの選択が同じでなければいけません。

3. 測定を実行。テスターが自動的に実測値と選択した配線規格の規格値の比較を行い合否結果をレポートします。

図 13.1.3 試験結果の例



5. 保存した結果はレポート作成のために、USB ケーブル等で PC に転送します。

図 13.1.5 結果転送の例



6. 測定器に付属する専用ソフトを用いてレポートを作成します。通常は、測定規格に基づいた内容で自動的にレポートが作成されます。

図 13.1.6 専用ソフトおよびレポートの例

専用ソフトウェア表示画面



14. 産業用イーサネット配線の試験

工場などで使われるフィールド・ネットワークもイーサネットをベースとしたものが増えてきており、近年では半数以上がイーサネット・ベースであるとの調査結果もあります。イーサネット・ベースのフィールド・ネットワークは社内の情報系ネットワークともシームレスにつながり、生産計画や管理が行いやすくなります。また、メタル配線であれば 10Gbps まで対応できるため、大量の映像データなどでも帯域を気にすることなく伝送する事も可能になります。

14.1 情報系ネットワークと産業用イーサネットにおける信号伝送方式の違い

普段、我々がオフィスなどで使っている情報系ネットワークと産業用イーサネットでは信号伝送の仕組みに何か違いがあるのでしょうか。右の図は OSI 7 階層と呼ばれるもので、大まかに言えば画像や文書などのデジタル・データを、どのように処理して伝送媒体（ケーブルや電波）に送り込むのかを段階であらわしたもので、アプリケーション層から順に処理され物理層で電気や光信号に変換されケーブルに送り込まれます。

産業用イーサネットにおいては、リアルタイム性を確保するために上位層が情報系のネットワークと異なる場合がありますが、物理層の部分は全ての産業用イーサネットと情報系ネットワークは共通です。つまり、配線周りの仕様に関してはオフィスも工場も同じという事になります。

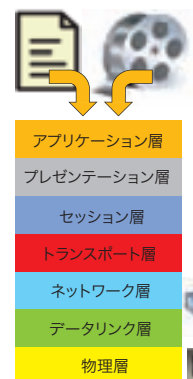


図 14.1 OSI モデル

14.2 産業用イーサネットに関連する配線規格

産業用イーサネットの普及に伴い、既存の情報配線システム規格でも産業用イーサネットに対応できるようにする動きが加速しています。ただし、オートメーション・アイランドとも呼ばれる一つのシステムとして構成されている生産設備などの中にある配線については IEC 61588-2 の中で定められているので、既存の情報配線システム規格は、オートメーション・アイランドどうしの接続あるいはオートメーション・アイランドと情報系ネットワークとの接続部分の配線をターゲットにしています。

前述したように、すでに国際規格としては ISO/IEC 11801-3 があり、米国規格では TIA-1005A があります。これらの規格では、工場など生産現場の環境を考慮した配線の構築について規定しています。配線の電気的な性能については、それぞれ、ISO/IEC 11801-1 および ANSI/TIA-568 D を参照する事としており、この点は情報配線システム規格と同じです。

今後、シングル・ペア・イーサネットの普及も期待されていることから、産業用イーサネット配線規格の拡大が進むものと考えられます。

14.3 MICE

情報系のネットワーク配線と大きく違うのは、生産の現場はオフィスよりも環境が厳しいことから、MICE という考え方が採用されている点です。右記のように、環境に関する項目の頭文字を取ったもので、それぞれ 1 ～ 3 までグレード分けされており、最も厳しい環境が M₃ I₃ C₃ E₃ という事になります。

MICE の評価をケーブル・テスターで行う事はできませんが、ノイズへの耐性を評価する測定項目として平衡度があり、これは産業用イーサネット配線を対象とした E2E リンクで規格値が設定されています。フルーク・ネットワークスのケーブル・テスターでは平衡度の評価を行う事ができます。平衡度の詳細については次章を参考にして下さい。

- M: Mechanical (衝撃、振動、まげ、ねじれ等)
- I: Ingress (ほこりなどの微粒子の侵入等)
- C: Climatic and chemical (温度、湿度、日光の照射、汚染物質等)
- E: Electromagnetic (電磁的環境)

14.4 産業用イーサネット配線の試験

ここまで説明したように、信号伝送の仕組み自体は情報系ネットワークと同じなので、配線の試験方法は測定項目として平衡度が追加されているだけで情報系ネットワークと変わりませんが、測定対象物に合わせた測定アダプターを用意する必要があります（具体的な操作は 13 章を参照して下さい）。

なお、M12 および IX コネクター用アダプターは、いずれも、チャンネル／パッチコード試験兼用となっています。



図 14.4.1 産業用イーサネット例



写真 14.4.1 M12 コネクター用アダプター

写真 14.4.2 IX コネクター用アダプター

15. 今後、測定の必要性が高まると考えられる測定項目

現在のところ、施工現場での測定において要求されている項目ではありませんが、ネットワークの高速化、PoE による供給電力の増加などに伴い、以下のような測定項目の必要性も高まってくるものと考えられます。情報配線システムに必要とされる信頼性のレベルによって、これらの測定項目を追加することも考慮する必要があります。

15.1 ペアを構成する 2 芯間の直流抵抗値の差

PoE による電力供給の方法としては、100BASE-TX のように信号伝送に用いられていない 4,5 - 7,8 ペアを利用して電力を供給する方法と、データ信号に直流電流を重畳させる方法の 2 通りがありますが、1 Gbps 以上の信号伝送では 4 ペア全てを使うために、後者が主流になっています。

PoE 電力は図 15.1.1 のように、モジュラー・ジャックに接続される入出力トランスの中間タップから供給されます。この時、各芯線の抵抗値（コネクター部分の抵抗も含む）が同じであれば同じ大きさの電流が流れます。これにより、右上のトランスの両端には電圧が掛ることになりますが、両端に流入する電流は同じため、中間タップに対して ± 逆の同電圧が発生することになります。その結果、電圧は相殺されトランスに電圧が掛っていないことと同じになり、直流電流を流してもトランスには何も影響を及ぼしません。そのため、データ信号と直流電流を重畳させても問題は発生しません。

しかし、芯線どうしの抵抗値が異なると流れる電流値は異なり、その結果、トランスの両端には電圧が現れます。これによりデータ信号には直流バイアスが掛り、その分、データ信号のピーク電圧はアップします。一定以上の直流電流が流れるとトランスは磁気飽和という現象が発生しますが、これは、トランスを通過するデータ信号の波形を歪ませる原因となります。

図 15.1.1

芯線どうしの抵抗値が等しいペア

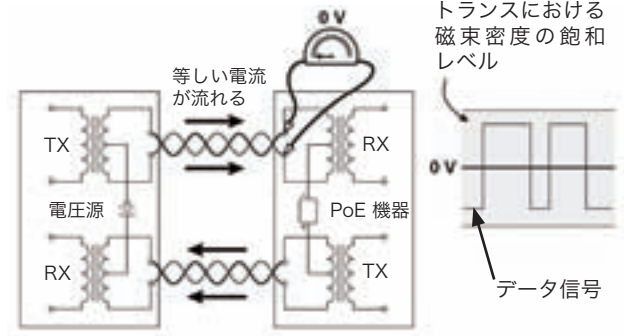
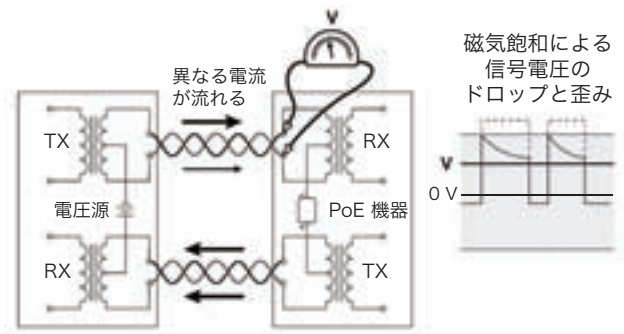


図 15.1.2

芯線どうしの抵抗値が異なるペア



15.2 配線の電氣的特性のバランスを示す平衡度

ツイストペア・ケーブルによる信号伝送では、図 15.2.1 のように振幅が等しい逆相の信号を送信し、受信側ではこの 2 つを合成します。この場合、2 本の芯線ではお互いに逆方向の電界が発生しますが芯線のインピーダンスが同じであれば、その影響は相殺され、その結果、ケーブルからの漏話の発生が抑えられます。こうした方式の信号伝送を差動モード伝送と呼びます。

また、外来ノイズの誘導があったとしても、2 本の芯線が近接し、かつインピーダンスが同じであれば芯線に現れるノイズ電圧は同じになります。図 15.2.1 では + 0.5 V のノイズが各芯線に誘導され、その結果、ノイズ分を含めた信号の電圧はそれぞれ + 1.5 V、- 0.5 V となりますが、両者を合成すると + 2.0 V となり、外来ノイズの影響はキャンセルされています。

しかし、各芯線のインピーダンスが異なると図 15.2.2 のように、芯線に現れるノイズの振幅の大きさに差が発生します。図 15.2.2 ではノイズ・レベルの差分である + 0.5 V がデータ信号に重畳されています。また、データ信号にノイズが乗ってしまうだけではなく、各芯線を通る電流による電界の大きさにも差が発生するので、その差分がノイズやクロストークとしてケーブルから放射されてしまいます。

このように、芯線どうしのインピーダンスのバランスが取れていると外来ノイズやクロストークの影響を受けにくくなり、また、そうしたものの放射も抑えられますので、信号伝送の品質にとっては非常に重要な考え方になります。そして、この電氣的なバランスのことを「平衡度」と呼んでいます。今の所、フィールド試験では平衡度の測定は要求されていませんが、今後展開される高速配線システムでは有用な測定項目として現在各規格委員会で議論が進んでいます。

図 15.2.1 外来ノイズの相殺

平衡度が良いペア

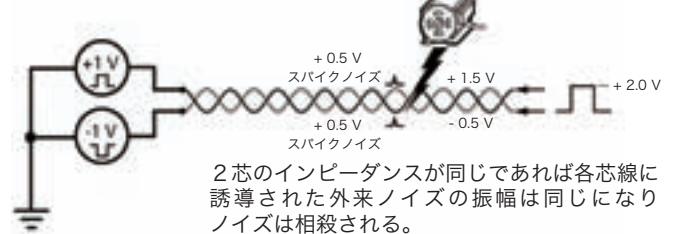


図 15.2.2 外来ノイズが相殺されず、ノイズとして信号に重複

平衡度が悪いペア

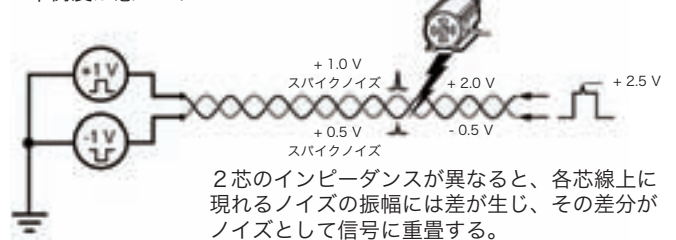
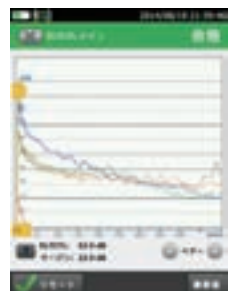
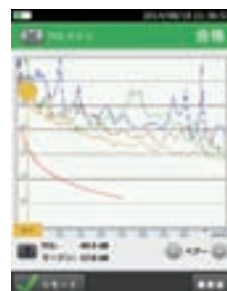


図 15.2.3 TCL の測定例

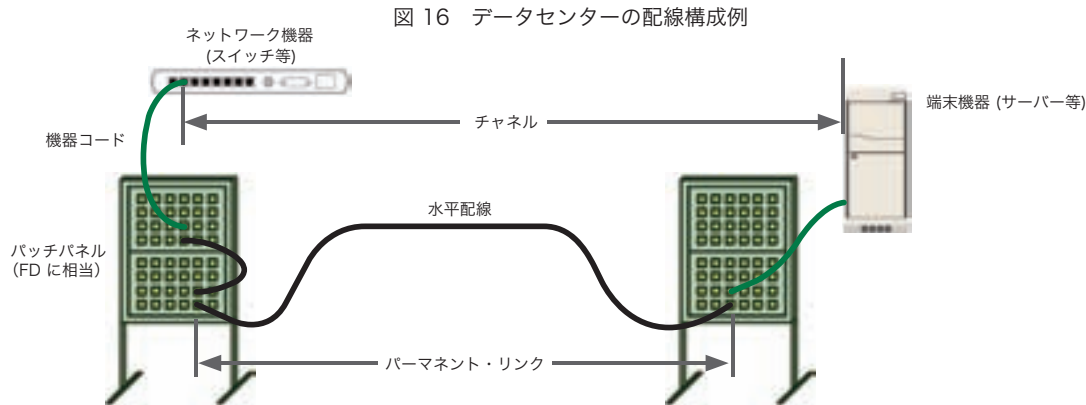
図 15.2.4 ELTCL の測定例



16. 光ファイバー配線の配線規格

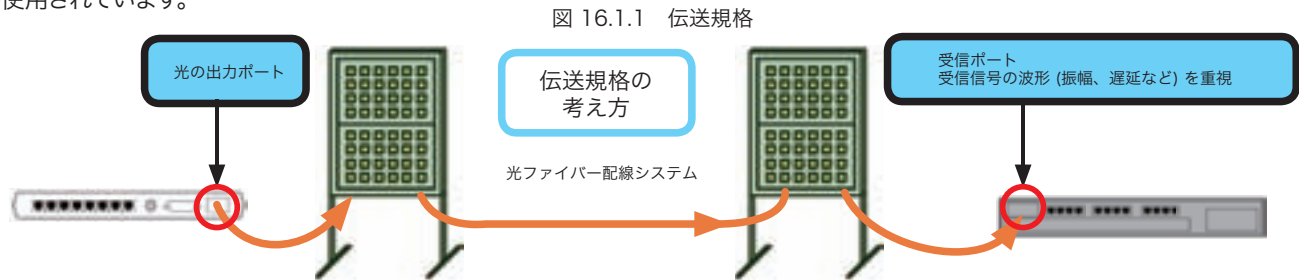
11 ページの図 10.1 および 10.2 で説明されている配線の構成は、ツイスト・ペア・ケーブルによる配線だけだと思われがちですが、規格上は光ファイバー配線においても同じような構成を取らなければなりません。しかし、光ファイバー配線の普及が進んでいるとはいえ、実際には壁や机上の通信アウトレット (情報コンセント) まで光がきているような場合は多くありませんので、図 16 のように通信アウトレットが光のパッチパネルに置き換わった形で配線を構築することになります。

このような場合でも、配線規格で定義されているチャンネル、パーマネント・リンクの考え方は、そのまま適用されます。



16.1 光ファイバー配線で用いられている規格

メタル配線の場合と異なり、光ファイバー配線では、IEEE による伝送規格および ISO や TIA などの情報配線システム規格の両方の規格が使用されています。



伝送規格は主に物理層部分の規定を中心に定義しており、基本的に必要最小限の光のパワーが受信ポートに到達していれば良いという考え方です。したがって配線の構造や接続箇所の個数等に関係なく用いるファイバーの種類によって、一律に最大許容損失と最大敷設長のみが決められています。

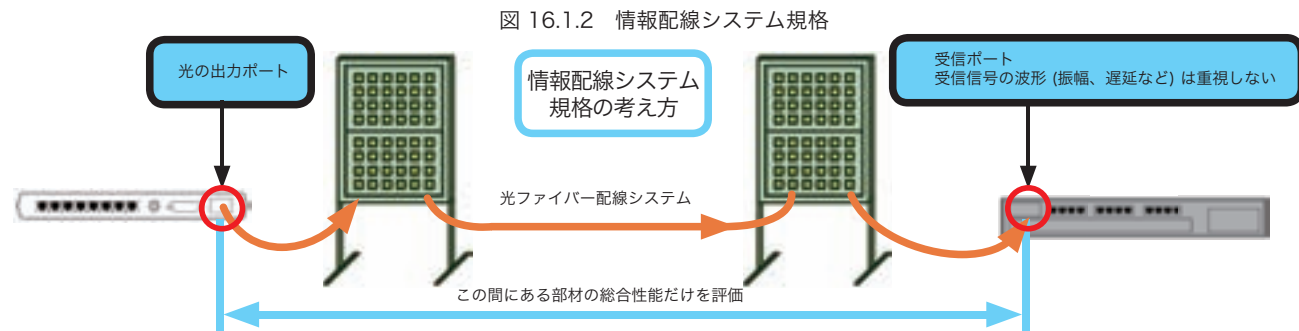
主に、配線に接続されるネットワーク機器の光インターフェース仕様が決まっており、それに対する配線の適合性を確認したいような場合に適していますが、配線に接続される機器を別の仕様のものに交換する場合は、改めて、その機器の光インターフェースが配線の性能に適合しているか確認する必要があります。

IEEE 規格 (伝送規格) の例: 10GBASE-SR

表 16.1.1 IEEE 規格の例

ケーブル・タイプ	アダプター 損失 dB	融着損失 dB	850 nm 固定損失 dB	1300 nm 固定損失 dB	1310 nm 固定損失 dB	1550 nm 固定損失 dB	850 nm 損失/km dB	1300 nm 損失/km dB	1310 nm 損失/km dB	1550 nm 損失/km dB	長さ m
OM1 160			2.6								26
OM1			2.4								33
OM2 400			2.2								66
OM2			2.3								82
OM3			2.6								300
OM4			2.9								400

※注記：一般的に 10 Gbps の配線では OM3 と呼ばれる光ファイバーを用いますが、最近では、さらに広帯域な OM4 が登場し 10 G で 400 m の伝送も可能になっています。



情報配線システム規格は伝送規格とは異なり、コネクタ接続や融着箇所の損失および光ファイバー自体の損失が一定の値以下であることを求めています。これにより、配線部材や接続作業品質が一定のレベルを満たしていることが確認できます。一方で、通信できるかどうかについては、伝送規格に基づいて判断する必要があります。

TIA 規格 (情報配線システム規格) の例:

ANSI/TIA-568.3-D マルチモード

ケーブル・タイプ	アダプター損失*	融着損失	850 nm 固定損失	1300 nm 固定損失	1310 nm 固定損失	1550 nm 固定損失	850 nm 損失/km	1300 nm 損失/km	1310 nm 損失/km	1550 nm 損失/km	長さ
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	m
OM1, OM1 160, OM2 OM2 400, OM3, OM4	0.75	0.3					3	1.5			2,000

※ 表 16.1.5 参照

表 16.1.2 TIA マルチモード規格の例

ANSI/TIA-568.3-D シングルモード

ケーブル・タイプ	アダプター損失*	融着損失	850 nm 固定損失	1300 nm 固定損失	1310 nm 固定損失	1550 nm 固定損失	850 nm 損失/km	1300 nm 損失/km	1310 nm 損失/km	1550 nm 損失/km	長さ
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	m
OS1, OS2	0.75	0.3							1	1	40,000

※ 表 16.1.5 参照

表 16.1.3 TIA シングルモード ISP (屋内用) 規格の例

ANSI/TIA-568.3-D シングルモード

ケーブル・タイプ	アダプター損失*	融着損失	850 nm 固定損失	1300 nm 固定損失	1310 nm 固定損失	1550 nm 固定損失	850 nm 損失/km	1300 nm 損失/km	1310 nm 損失/km	1550 nm 損失/km	長さ
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	m
OS1	0.75	0.3							0.5	0.5	40,000
OS2	0.75	0.3							0.4	0.4	40,000

※ 表 16.1.5 参照

表 16.1.4 TIA シングルモード OSP (屋外用) 規格の例

表 16.1.5 測定コード対測定対象物の勘合損失の許容値

対となるアダプター終端の組み合わせ	マルチモード (dB/接続)	シングルモード (dB/接続)
リファレンス品質 (測定コード) と スタンダード品質 (測定対象物)	0.5 ¹	0.5 ²
スタンダード品質 (測定コード) と スタンダード品質 (測定対象物)	0.75	0.75

注記 1 - この値は ANSI/TIA-526-14B, 表 F.1. から得ています。
注記 2 - この値は ANSI/TIA-526-7, 表 G.1. から得ています。

ISO 規格 (情報配線システム規格) の例:

ISO/IEC 11801-2002 Fiber Link

ケーブル・タイプ	アダプター損失	融着損失	850 nm 固定損失	1300 nm 固定損失	1310 nm 固定損失	1550 nm 固定損失	850 nm 損失/km	1300 nm 損失/km	1310 nm 損失/km	1550 nm 損失/km	長さ
	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	m
OM1, OM1 160, OM2 OM2 400, OM3, OM4	0.75	0.3					3.5	1.5			2,000
OS1	0.75	0.3							1	1	5,000
OS2	0.75	0.3							0.4	0.4	5,000

表 16.1.6 ISO 規格の例

JIS 規格 (情報配線システム規格) の例:

JIS X5151-2016 Fiber Link

ケーブル・タイプ	アダプター損失		融着損失	850 nm 固定損失	1300 nm 固定損失	1310 nm 固定損失	1550 nm 固定損失	850 nm 損失/km	1300 nm 損失/km	1310 nm 損失/km	1550 nm 損失/km	長さ
	dB	最初と最後										
		dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	m
OM1, OM1 160, OM2 OM2 400, OM3, OM4	0.75	0.5	0.3					3.5	1.5			2,000
OS1	0.75	0.75	0.3							1	1	5,000
OS2	0.75	0.75	0.3							0.4	0.4	5,000

表 16.1.7 JIS 規格の例

16.2 TIA 規格に基づく最大許容損失の算出例

規格の中には、上記の TIA や ISO 規格のように配線を構成する各部の最大許容損失だけを規定しているものもあります。しかし、このような規格に基づいて各部の損失のみを測定することは、光源と光パワーメーターを組み合わせたロス・テスター (以降、LSPM※ と呼びます) では不可能です。一方で、OTDR もデッドゾーンの問題により、全ての接続点を認識することはできません。そのため代替的な方法として、測定対象物中の各部の許容損失を全て合算した値 (測定対象物全体の許容損失となる) と、LSPM での全損失の測定値とを比較し合否判定を行います。なお、ISO 規格では計算式が TIA 規格とは異なります。

例: リンク長 500 m、アダプターによる接続・融着箇所がそれぞれ 2 個のマルチモード配線の場合

最大許容値 (850 nm)

$$0.75 \times 2 + 0.3 \times 2 + 500/1000 \times 3.0 = 3.6 \text{ (dB)}$$

最大許容値 (1300 nm)

$$0.75 \times 2 + 0.3 \times 2 + 500/1000 \times 1.5 = 2.85 \text{ (dB)}$$

* 測定コードがリファレンス品質の場合は、式中の 0.75 が 0.5 に代わります。

※ 注記: LSPM とは Light Source & Power Meter の略。現在、光ファイバー配線の JIS 規格である JIS X5151 でも、この言葉を用いています。

17 光ファイバー配線の測定規格 JIS X5151

前述したように、配線の規格と測定の規格は別々にあり、これは光ファイバー配線においても同様です。

TIA の場合は、ANSI/TIA-526- 14B (マルチモード)、ANSI/TIA-526-7 (シングルモード) があり、ISO 規格では ISO/IEC 14763-3 があります。このうち、ISO/IEC 14763-3 は 2018 年に JIS 規格化され JIS X5151 として発行されています。

本書でも後述するように光ファイバー配線の測定の考え方は複雑で、測定対象物に応じて適切な測定方法を選択しなければなりません。また、測定コードの品質やコネクタ端面の状態によっても測定結果は大きく左右されるので、正しい手順で測定器を扱わないと正確な測定結果は得られません。光ファイバー配線のフィールド試験について詳しく説明した JIS X5151 は測定の大きな手助けとなります。主な内容は以下のとおりです。

5 章：一般要件

5.3.2 検査及びコネクタの清掃

IEC 61300-3-35 にしたがった、コネクタ端面の検査について規定しています。また、この検査によって問題があった場合のコネクタ端面のクリーニング方法について説明しています。

5.3.3 試験装置の使用

LSPM や OTDR の取り扱いの注意点について記載しています。

5.4 文書

試験成績書に記載されるべき項目が詳細にあげられています。

6 章：試験装置

6.1 光源およびパワーメータ

LSPM を構成する光源とパワーメータに求められる性能について記載しています。

6.2 OTDR

ランチ・コード、テイル・コードを用いた OTDR 試験について記載しています。

6.3 試験コードおよび光アダプタ

測定に用いる試験コードやアダプターに求められる性能について記載しています。

6.4 マルチモード光ファイバ入射モード分布 (LMD)

測定対象物に入射される光の状態 (エンサークルド・フラックス) について記載しています。

7 章：検査装置

IEC 61300-3-35 にしたがってコネクタ端面を検査する顕微鏡に求められる性能について記載しています。

8 章：被測定配線 – チャネルおよびパーマネント・リンク

チャネル / パーマネント・リンクの測定基準面、測定波長、測定方向について記載しています。

9 章：敷設配線の試験

9.1.1.2 敷設チャネルのエンハンスド 3 試験コード減衰量試験法

LSPM を用いたチャネルの区間の損失測定方法について説明しています。

9.1.1.3 1 試験コード基準法によるリンクの試験法

LSPM を用いたパーマネント・リンクの区間の損失測定方法について説明しています。

9.1.1.7 チャネル試験結果の取り扱い

9.1.1.8 パーマネント・リンク試験結果の取り扱い

チャネル、パーマネント・リンクそれぞれの規格値の算出方法について説明しています。

9.1.2 OTDR

OTDR による、チャネルおよびパーマネント・リンクの区間の損失測定方法について説明しています。

以上のように、LSPM / OTDR を用いた測定について詳細に説明しています。本規格を含めてすべての JIS 規格は JISC のサイトで閲覧できますので、測定の参考にして下さい。

18. 光ファイバー配線測定レポートの見方 (LSPM & OTDR)

18.1. LSPM※ による試験成績書の見方

LSPM は光源とパワーメーターの組み合わせによって光ファイバー配線全体の損失を試験するもので、一般に以下の内容がレポートされます。

※注記：「16.2. TIA 規格に基づく最大許容損失の算出例」(19 ページ) 参照

図 18.1 損失試験の試験成績書例



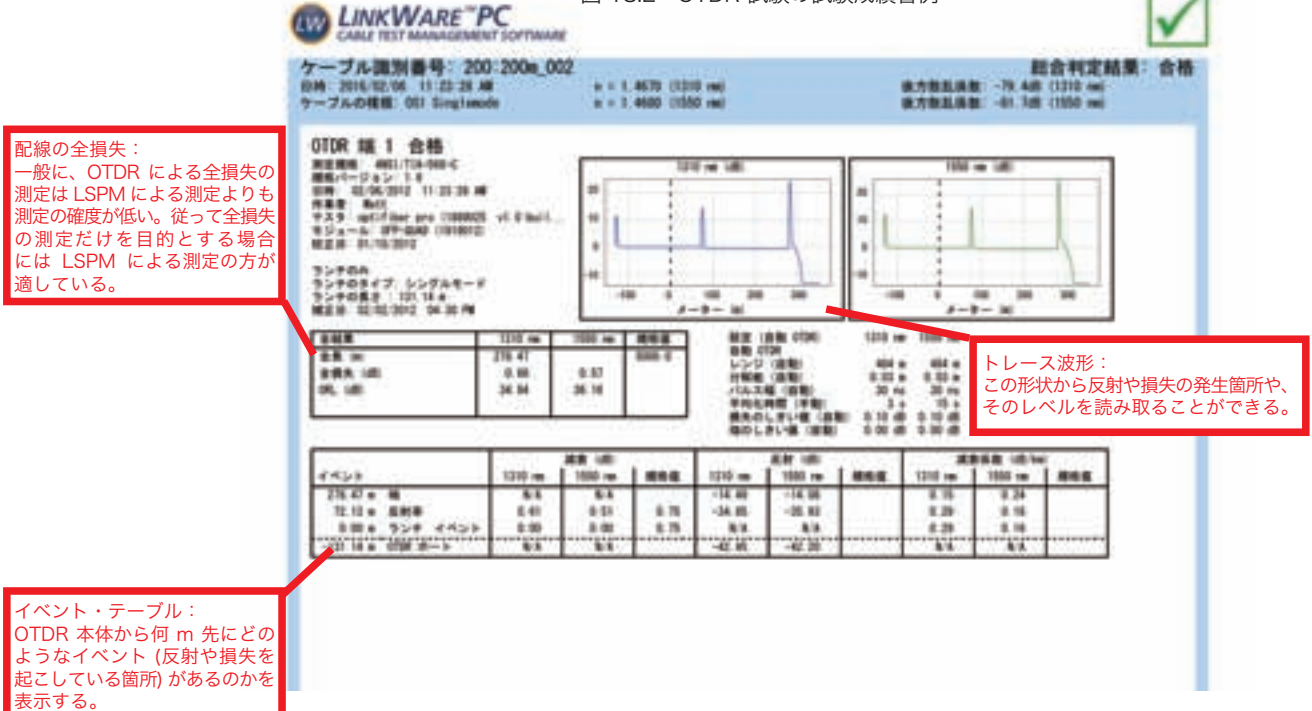
*上記は TIA-568.3-D 規格を用い、1 芯あたり双方向での損失試験を行った結果。

18.2. OTDR※ による試験成績書の見方

OTDR は光ファイバー内の反射光を測定して光ファイバー内の損失や欠陥個所の検証を行うもので、一般に以下のようなトレース図やイベント・テーブルがレポートされます。

※注記：「20. OTDR による、より詳細な配線品質の管理」(26 ページ) 参照

図 18.2 OTDR 試験の試験成績書例



19. 光ファイバー配線における損失の測定方法

光ファイバー配線では、施工品質によって損失値が大きく変化することがあるため、施工後の損失測定は特に重要です。これには、測定用の光を発生させる光源と光パワーメーター (LSPM) を用いて行います。測定前には必ず基準値を取る (「リファレンスを取る」、「ゼロを取る」などともいいます) ことが必要です。これは、フィールド試験機レベルの光源の場合、電源を入れるたびにわずかに光源出力が変動するためです。基本的な測定手順は以下の通りです。

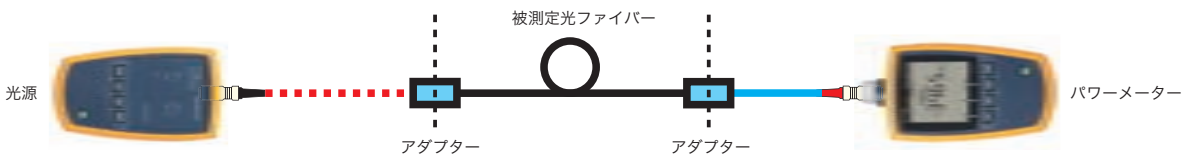
- 1. 光源とパワーメーター同士を測定用の光ファイバーで接続し、光源の出力値をパワーメーターに記憶させる (基準値を取る)。

図 19.1 基準値の設定



- 2. 測定用の光ファイバーとパワーメーター同士の接続をはずし、測定対象物に接続します。

図 19.2 損失の測定



- 3. 手順 2 においてパワーメーターで測定されたパワーと、手順 1 で記憶させた基準値とを減算した結果の表示を読み取ります。
例: 基準値が -20.0 dBm で、測定対象物への接続後に読み取られた値が -23.0 dBm の場合では、3.0 dB が損失値となります。

19.1 基準値の取り方

以下の 2 通りの方法があります。

どの方法を用いるかによって得られる測定結果も変わりますので適切な方法を選択することが重要です。なお、ISO (JIS) や TIA などいずれの規格も、どの方法を用いて基準値を取ったのかを測定結果のテスト・レポートに記載するよう定めています。

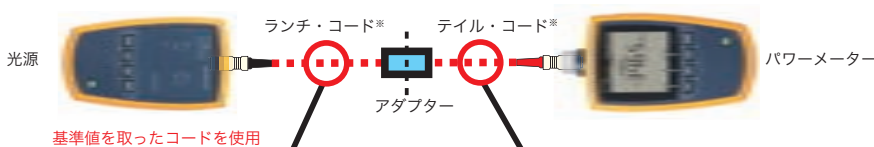
※ ISO (JIS) 規格では 3 ジャンパー法も規定していますが、本書では説明を省略します。

(1) 2 テスト・ジャンパー法

アダプターを経由し、2 本の測定用コードを接続して基準値を取る方法です。測定器のコネクターと測定対象物のコネクターとの種類が異なっても、2 本の測定用コードで変換すればよいので、どのようなコネクターにも対応できるメリットがあります。しかしその一方で、間に入るアダプターを着脱する際のコアの芯ずれにより測定誤差が発生します。ほとんどの場合、本来よりも良い数値が得られる方向に誤差が発生するので、測定対象物の損失が小さい場合には「マイナス・ロス」の原因にもなります。この方法は、今でも測定現場で用いられる場合が見受けられますが、情報配線システムに関係する測定規格では一部の例外を除いてこの方法を認めていません。

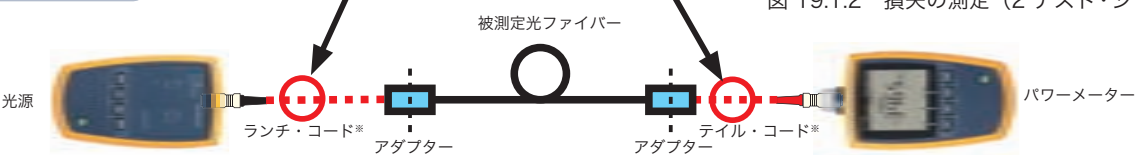
基準値の取得

図 19.1.1 基準値の設定 (2 テスト・ジャンパー法)



パーマナント・リンクの測定

図 19.1.2 損失の測定 (2 テスト・ジャンパー法)



※注意： ISO 規格では、光源側の測定用コードをランチ・コード、パワーメーター側の測定用コードをテイル・コードと呼んでいます。

(2) 1 テスト・ジャンパー法

測定用コード 1 本で基準値を取る方法です。2 テスト・ジャンパー法と異なり、アダプターなど測定結果に悪影響をおよぼす要因がないため誤差の少ない安定した測定結果が得られます。しかし、パワーメーターのコネクターと測定対象物のコネクターの種類が一致している必要があります。このためパワーメーターは、コネクター部分のみを交換可能とし、様々なタイプのコネクターに対応できるようにした製品が主流です。

測定時には、テイル・コードを追加しなければなりません。パワーメーターとの勘合部分では構造上損失が発生しない事と、テイル・コードの光ファイバー芯線自体の損失は極めて小さいことから、テイル・コードの追加による損失の増加は無視できるレベルです。TIA 規格では、この方法を推奨しており、ISO (JIS) 規格ではパーマナント・リンクの試験で認めている方法です。

基準値の取得

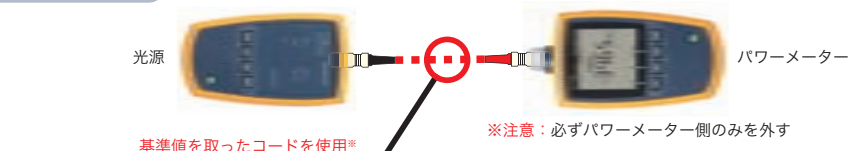


図 19.1.3 基準値の設定 (1テスト・ジャンパー法)

パーマナント・リンクの測定

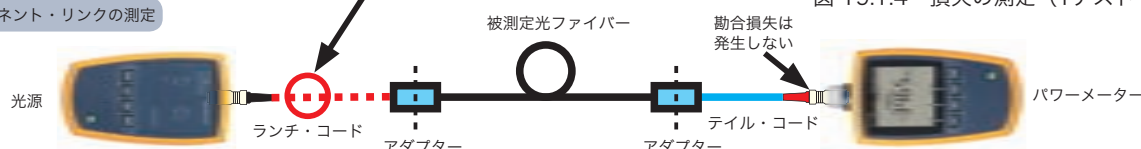


図 19.1.4 損失の測定 (1テスト・ジャンパー法)

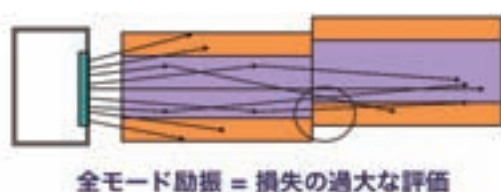
19.2 エンサークルド・フラックス (EF)

LSPM による損失の測定において、もっとも大きな課題は測定結果のバラツキを抑えることです。特にマルチモード光ファイバーの場合、測定手順だけではなく測定器の機種により測定結果に差異が生じる場合があります。これは、光源に用いられている発光素子から、どのような状態で光が出力されているかによって、その測定結果が変動するからです。

図 19.2.1、19.2.2 は、マルチモード光ファイバーから測定光が出力されている状態を現した模式図です。図 19.2.1 では、光の分布がコアの外縁にも分布しているので、コネクター接続などによるコアのわずかな軸ずれによっても損失が過大に発生します。一方、図 19.2.2 ではコアの中心部分に光が分布しているので軸ずれの影響は受けにくく、損失を過小評価する可能性があります。こうした問題を解消するために、光源からの光のパワー分布を定めたエンサークルド・フラックス (Encircled Flux : EF) が IEC 61280-4-1 で定義されています (図 19.2.3)。

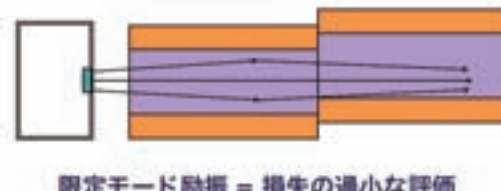
エンサークルド・フラックスが登場する以前は、同様の観点で MPD (Modal Power Distribution) という定義がありました。これは、測定コードを定まった太さの芯に巻き付け (マンドレルと呼ぶ)、一定の半径で曲げる事で余分なコア外縁に分布する光 (高次モードの光) をコアの外に逃がし、損失の過大な評価を避ける方法ですが、高次モードの光を均一にコントロールすることが難しいため、現在はエンサークルド・フラックスの考え方に置き換えられています。

図 19.2.1 光のパワーがコア全体に分布



全モード励振 = 損失の過大な評価

図 19.2.2 光のパワーがコア中心に分布



限定モード励振 = 損失の過小な評価

図 19.2.3 エンサークルド・フラックスの規定

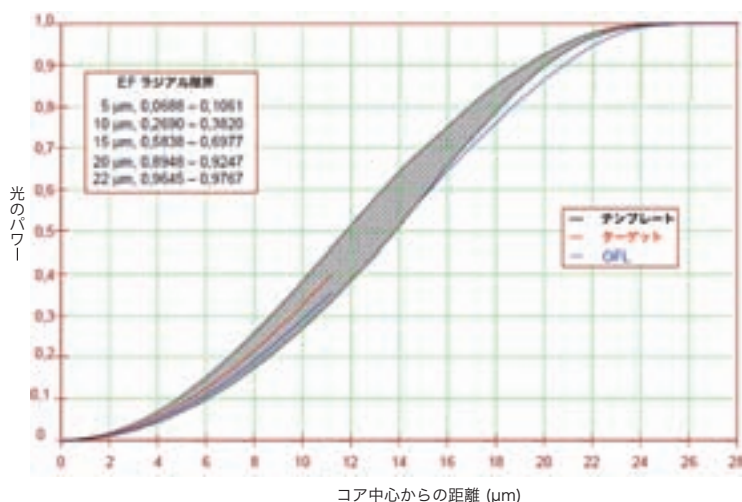


写真 19.2 EF 変換コードの例



エンサークルド・フラックスの定義は、測定コードと測定対象物の接続点において満たされていなければならないので、専用の変換ケーブル (写真 19.2) を光源側に接続し、規定に収まる光に変換する方法が用いられています。今後、信頼性の高い安定した測定を行う上からも、EF 規格を満たす変換コードの普及が見込まれます。

19.3 光ファイバー LAN 配線の認証試験

「表 3.1.5. 試験項目の詳細」(4 ページ) および「16.1. 光ファイバー配線で用いられている規格」(18 ページ) に準拠した形で試験を行う場合、「16.2. TIA 規格に基づく最大許容損失の算出例」(19 ページ) にあるように、合否判定値を、リンクの全長およびアダプターによる接続や融着箇所の数から算出します。このことから、合否判定値(規格値)を求めるためには、測定対象物の全長を知る必要があります。

LAN で使用される光ファイバー配線は通常 2 芯で一組となりますので、以下のような、親機・子機にそれぞれ光源とパワーメーターを備えた測定器を用いると、長さの測定から合否判定値の算出まで全て自動で行えるため、煩雑な計算による人為的ミスもなくなり確実な測定が行えます。測定対象の光ファイバーが 2 芯になった以外、手順は前述の LSPM と全く同じです。以下の図 19.3.1 は 1 ジャンパー法による基準値の設定の状態を示しています。基準値の取得後、図 19.3.2 のようにパワーメーター側の接続をはずし被測定光ファイバーの片側に接続します。ランチ・コードを接続した反対側とパワーメーターとの接続には、別途、その性能が確認済みの高品質な測定用コード(テイル・コード)を接続します。

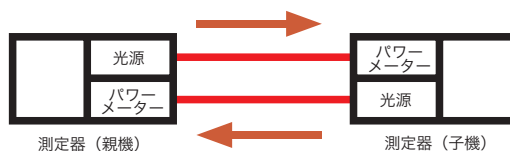


図 19.3.1 基準値の取得

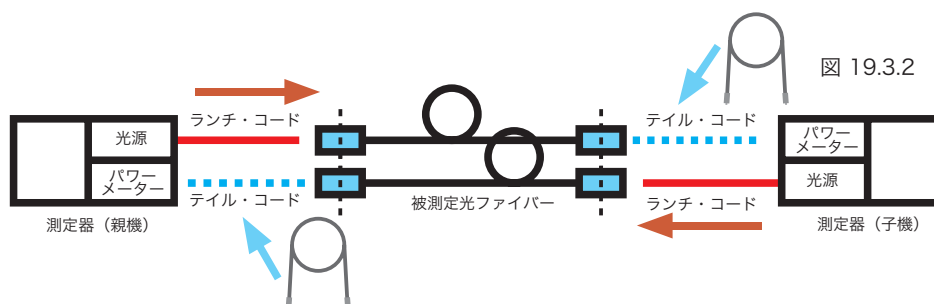


図 19.3.2 被測定光ファイバーへの接続

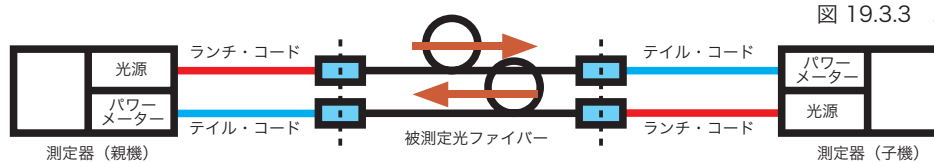


図 19.3.3 2 芯光ファイバーの測定

写真 19.3 2 芯光ファイバーの測定例



19.4 双方向 (両方向)* での認証試験

* 注記: JIS 規格では両方向と記載していますが、以降は双方向で統一します。

19.3 章では、1 芯あたり片方向での損失測定について説明しました。しかし、光ファイバー配線では上り方向と下り方向とで損失を測定した場合、両者の損失値が異なる場合があります。これは特に、同じコア径であっても異なる型番の光ファイバーどうしを接続した場合、それぞれの後方散乱係数が異なったり、コア径にわずかな差があったりすることでこのような差異が発生します。そのため、一部の測定規格では差異が発生しないようにするため、“測定用コードに使う光ファイバーは測定対象物と同じ特性のものを使うべきである。” とするものがありますが、これは、実際には実現困難です。

片方向での損失測定だけで良いのか、双方向での損失測定をしなければいけないのかと言う点については、規格によって多少見方が異なります。TIA 規格では、ネットワーク機器に近い配線は片方向での損失測定だけでよいとしています。これは、ラックのパッチパネル上のコネクタ配置をみれば、どのポートが上りでどのポートが下りなのか判断が付くため、その方向でのみ損失の測定をすれば良いという考え方を取っているためと考えられます。一方、幹線部分に近くなるほど双方向での測定を推奨していますが、これは、配線の構成が見えにくい事や長期間にわたって利用されるため、将来的な配線構成の変更にも対応できるようにするためと考えられます。

他方、ISO (JIS) 規格では前述したように、コネクタや融着点を介して特性の異なる光ファイバーが接続されている場合に双方向の試験を推奨しています。

ISO や TIA 規格で共通しているのは「極性」の考え方です。これは、何らかの方法によって 2 芯あるうちのどちらが下りでどちらが上りであるのかを明確にしておくということです。そして、極性が明確になっているのであれば、実際に光信号が送信される方向のみで損失を測定すれば良いという考え方が基本になっています。しかし、施工の段階で極性を明確にしておくことは一般的ではありませんし、もし仮にそれが出来たとしても、将来の配線変更において上り下りが逆転してしまうかもしれません。したがって、エンド・ユーザーがどのような配線の使い方をしても問題がないように、双方向での損失測定をしておくことが理想的です。

親機・子機それぞれに光源とパワーメーターがある LSPM であれば、下記のように両側で測定コードをクロスさせるだけで双方向の損失測定ができるので、光源とパワーメーターの位置を入れ替えることなく双方向での損失測定を行うことができます。なお、測定コードをクロスさせる場合は、必ず測定対象物側でクロスさせます。

図 19.4.1 双方向での損失試験
(測定コードをストレート接続)

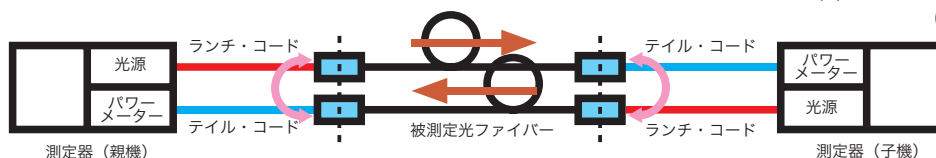


図 19.4.2 双方向での損失試験
(測定コードをクロス接続)

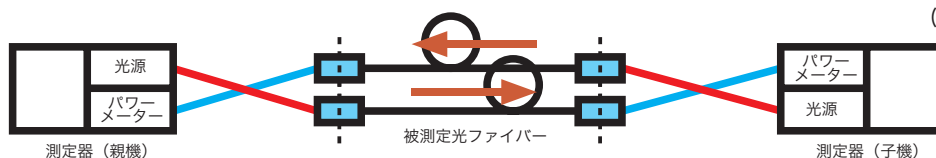
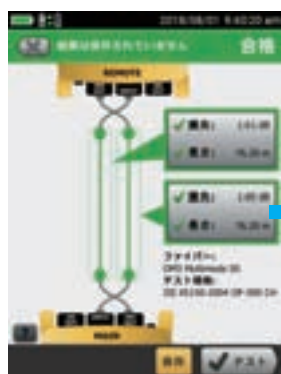
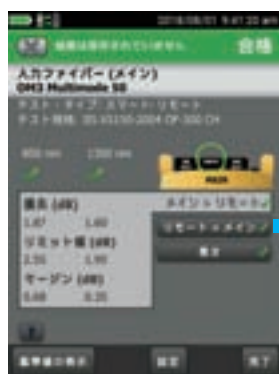


図 19.4.3 双方向での損失試験の結果例



双方向試験の概要結果



20. OTDR による、より高品質な配線の管理

従来から用いられている光パワーメーターでは、配線全体の損失は測定できても各接続箇所一つ一つの損失を知ることはできません。そこで必要となるのが OTDR です。OTDR を用いることで、接続箇所それぞれの性能を確認することができるため、より確実な配線の品質管理が可能となります。

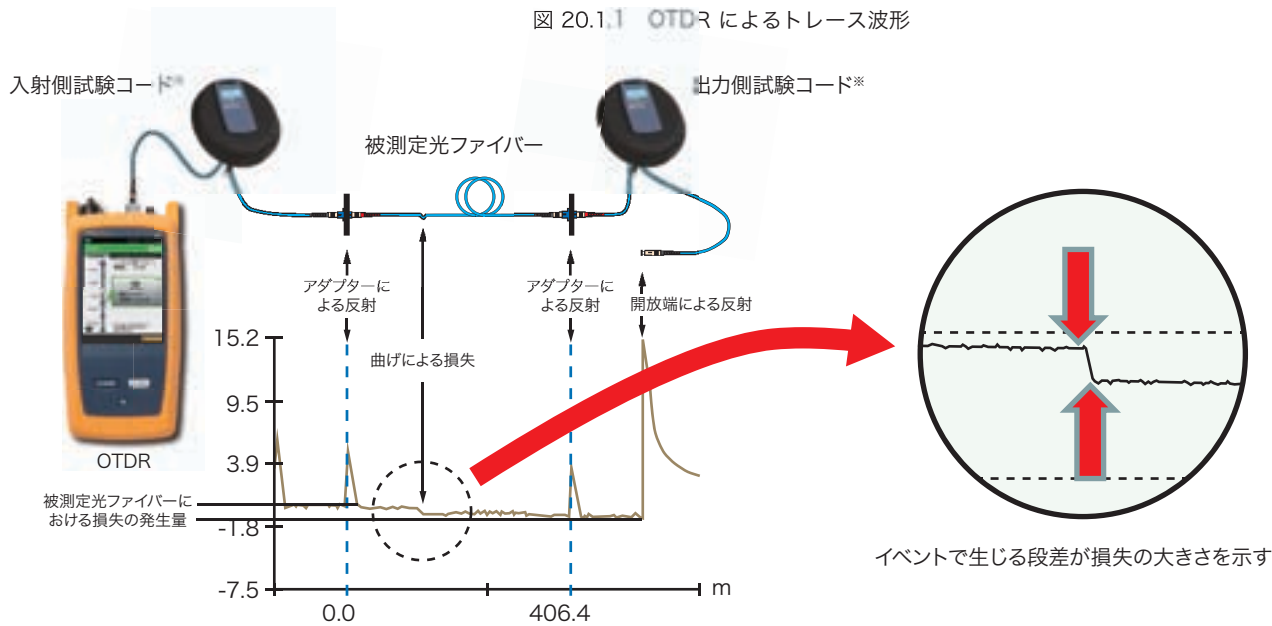
20.1 OTDR について

OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) は光パルス試験機とも呼ばれます。これを用いることで光の反射や損失発生箇所 (これらを総称してイベントと呼びます) をピンポイントで特定できるため、光ファイバーが利用され始めた当初から、配線の不具合箇所の発見のために広く利用されてきた測定器です。

OTDR は本体から測定用のパルス光を出力し、光ファイバー配線中にあるコネクタや融着による接続点あるいは断線箇所を含む開放端からの反射光を測定し、その情報から図 20.1.1 のようなトレース波形 (OTDR 波形) と呼ばれる図形を描画します。縦方向のピークは光の反射が発生していることを示し、ピークが高いほど大きな反射光が発生しています。

OTDR は前述のとおり、障害箇所の探索を主な目的とした測定器ですので、比較的距離が短く目の届きやすい LAN 配線で用いられることは、従来あまりありませんでした。しかし、LSPM による全損失測定と異なり、各接続箇所の損失や反射率を個別に知ることができるため、障害箇所の特定を迅速に行いたい場合や、光ファイバー配線の品質をしっかりと管理したい場合には有用な測定器です。

LAN 配線における光ファイバー配線の重要性が増す中で、ANSI/TIA-568.3-D や光ファイバー LAN 配線の測定規格である ISO/IEC 14763-3 および JIS X5151 では OTDR による LAN 配線の品質管理について詳しく説明しています。



注記: JIS X5151 では測定対象物の両端にダミー・ファイバー (JIS 規格ではこのように呼ばず、入射側試験コード/出射側試験コードと呼ぶ) を使う事を要求している。入射側試験コード/出射側試験コードを用いる事で配線両端の接続損失が測定でき、上図のように、パーマメントリンク区間の全損失が測定できる。

20.2 OTDR による測定について記述した規格

LAN 配線の現場で OTDR が用いられる事は、現時点ではまだ多くはありませんが、OTDR 測定について規定した規格には以下のようなものがあります。

- **JIS X5151**
JIS X5150 に基づいて構築された光ファイバー配線の測定方法を規定しています。LSPM による損失試験、OTDR による測定について詳細に解説。LSPM による試験は表 20.2.1 のとおり基本試験群、OTDR による試験は拡張試験群として基本試験群が不合格の場合に問題箇所を特定するために行うとしています。
- **TIA-568.3-D**
LSPM による損失測定を Tier 1、OTDR による測定を Tier 1 に追加し Tier 2 として、2 つの測定レベルに分類しています。Tier 2 は、より高品質な配線を実現するための設定だが、現時点ではオプション扱いです。

表 20.2.1 基本試験群と拡張試験群

第 1 段階検査および試験	配線に用いる部材の施工前の試験
第 2 段階試験	基本試験群: LSPM によるチャネル・パーマメントリンクの損失/伝搬遅延/長さの測定
	拡張試験群: OTDR による接続部等の損失/反射減衰量測定

20.3 OTDR による反射率の測定

コネクタ接続の部分のように、機械的に光ファイバーどうしが接続されている所では比較的大きな光の反射が発生します。これをフレネル反射（以降、反射と省略）と言います。どのようなコネクタ接続でも一定の反射が発生しますが、コネクタ端面の汚れや勘合精度の不良によってさらに増大します。したがって、反射率の大きさを見る事で、コネクタ部分の勘合品質を確認することができます。

反射は接続点のそれぞれで発生しますが、これらの反射の総和をチャネルの両端で測定したものを ORL (Over all Return Loss) と呼びます。これは光信号の送受信品質自体に悪影響を及ぼすため、IEEE 規格で最大値が決められており、1000BASE-S/LX および 10GBASE-S/LX においては -12 dB 以下であることを求めています。これはビット・エラー・レート 10^{-12} を実現する一つの要因でもあります。

また、コネクタ部分の反射率は、ISO や TIA 規格などで規定されており、表 20.3 では規格値の一例を示します。ただし、これらの数値はあくまでもコネクタ単体の評価を行うための数字であり、実際に配線の中に存在するコネクタ接続の品質を評価するための数字ではありません。

このように、OTDR を用いて反射率を測定する事でコネクタ勘合部分の品質や信号の伝送品質を確認することができますので、LSPM によるロス測定だけでなく、OTDR による反射率の測定を規定した情報配線規格も登場しています。

表 20.3 コネクタ反射率の規格値

	ISO 規格	TIA 規格
マルチモード	-20 dB	-20 dB
シングルモード	-35 dB	-35 dB
シングルモード CATV 用	無し	-55 dB

20.4 OTDR の主要な機能

近年の OTDR は操作の自動化が進み、非常に扱いやすい測定器になっています。主な機能には前述したトレース波形 (OTDR 波形) と、イベント・テーブルがあります。

トレース波形は、一目でイベントの位置や個数、反射率や損失の大きさが感覚的に分かりますが、具体的な数値は分かりません。一方、イベント・テーブルはイベントの具体的な位置と反射率や損失の大きさが数値として分かります。しかし、配線全体のイメージが掴みづらいといった欠点があります。

しかし、図 20.4.2 のように試験成績書としてお客様に提出した場合に、提供した配線の品質を具体的に数字で示せる事で、配線を利用するユーザーが配線の構成を理解する一助になるというメリットもあります。

図 20.4.1 トレース波形 (左) とイベント・テーブル (右)



図 20.4.2 試験成績書のイベント・テーブル表示例

全結果	850 nm	1300 nm	規格値	設定 (自動 OTDR)	850 nm	1300 nm
全長 (m)	263.68		2000.0	自動 OTDR	313 m	312 m
全損失 (dB)	2.49	1.59		レンジ (自動)	0.03 m	0.03 m
ORL (dB)	37.52	41.22		分解能 (自動)	3 ns	3 ns
				パルス幅 (自動)	1 s	7 s
				平均化時間 (自動)	0.10 dB	0.10 dB
				損失のしきい値 (自動)	0.00 dB	0.00 dB
				端のしきい値 (自動)		

イベント	850 nm	1300 nm	規格値	850 nm	1300 nm	規格値	850 nm	1300 nm	規格値
263.68 m 端	N/A	N/A		-15.14	-16.37		3.66	0.54	
212.08 m 反射率	0.35	0.22	0.75	-52.81	-52.55		2.53	0.54	
206.84 m 反射率	-0.02	0.10	0.75	-47.61	-51.41		2.27	0.54	
155.21 m 減衰	1.07 F	0.86 F	0.30	N/A	N/A		3.09	0.41	
103.55 m 反射率	0.32	0.29	0.75	-55.21	-58.82		2.81	0.46	
0.00 m OTDRポート	N/A	N/A		-50.55	-50.02		N/A	N/A	

反射が伴わないイベントなので、融着点かきつく曲げられたところと考えられる。融着点の最大許容損失である 0.3 dB をオーバーしているので不合格 (F) となっている。

反射が 3 か所で生じているので、コネクタ接続が 3 か所あると考えられる。いずれも反射率が極めて低く、良好な接続点であることが分かる。

20.5 デッド・ゾーン

OTDR は接続点個々の損失や反射率が分かるというメリットがあるが、2 つのイベント同士が近接しあっている場合には、2 つのイベントを別個のものとして分離して認識する事ができなかったり、個々のイベントの損失が分からない場合があります。このような限界をデッドゾーンと呼び、以下のとおり 2 種類のデッドゾーンがある。OTDR を選択する際には、このデッドゾーンがなるべく小さいものを選ぶ必要があります。

イベント・デッドゾーン

近接する 2 つのイベントが別個のイベントとして認識できる最短距離。

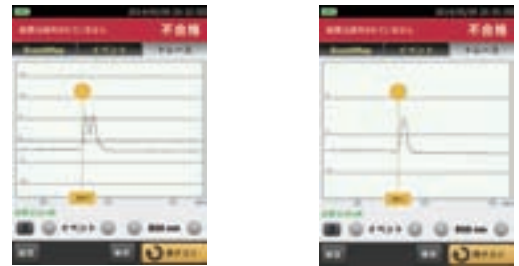
図 20.5.1 はイベント・デッドゾーンが 0.5 m の OTDR を用いた測定例で、間隔が 1.0 m の場合は 2 つのイベントが認識できるが、0.3 m では 1 つのイベントとしてしか認識できません。

アッテネーション (減衰) デッドゾーン

近接する 2 つのイベントの個々の損失が分かる最短間隔。ある程度 2 つのイベントの間隔が開いて、イベント間に平面の部分ができないと個々の損失が分からないので、イベント・デッドゾーンよりも長くなります。

図 20.5.2 はアッテネーション・デッドゾーン 2.0 m の OTDR を用いた測定例で、間隔が 5.0 m の場合は 2 つのイベント間に平面ができるので、個々の損失が認識できます。

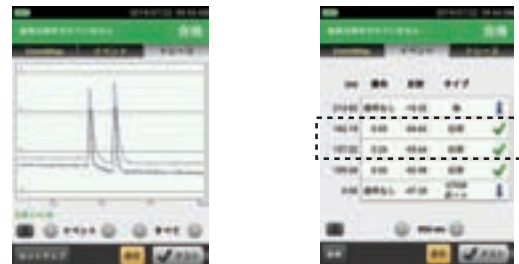
図 20.5.1 イベント・デッドゾーン



間隔 1.0 m

間隔 0.3 m

図 20.5.2 アッテネーション (減衰) デッドゾーン



間隔 5.0 m

157.02 m 地点と
162.19 m 地点で
損失が確認できて
いる。

21. 光ファイバー配線における問題の主要因

損失の測定で想定よりも損失が大きい、あるいは運用中の光ファイバー配線に問題が発生している場合、その原因のほとんどは光ファイバー・コネクタのフェルル端面に付着した汚れが原因です。したがって光ファイバー配線を扱う場合は次に説明する細心の注意が必要です。

21.1 光パッチコード取扱いの注意点

光ファイバーを取り扱うときの注意事項を次に列挙します。

- コネクタのキャップを脱着する際に光ファイバー端面を指で触わない。
- キャップをしないまま光ファイバー・パッチコードをラックからぶら下げたままにしない。
- アダプターに接続する際に、フェルル端面を強くぶつけて傷つけないよう注意深く取り扱うこと。
- ほこりだらけの工具箱等に保管していた光ファイバーのキャップは、汚れている場合があるので清掃してから使用する。
- フェルル端面の汚れのある光ファイバーを清掃しないまま他のポートへの脱着をすることは避ける。

わずか一瞬でも、人の肌がフェルル端面に接触すれば皮脂が付きます。しかし程度にもよりますが、一般的に皮脂だけでは大きな損失は通常発生しません。

問題は、こうした皮脂に空気中のほこり等が付着することによる損失の増加です。特にデータセンターのような大規模なネットワークでは、室内も乾燥し空気が対流しているために、常に細かなほこりが舞い上げられています。

フェルル端面にキャップをしておかないと、ほこり等が皮脂にからめとられて付着し、仮に、そのパッチコードをそのままポートに接続すれば、大きな損失発生の原因となります。

写真 21.2.3 では、汚れが層状に付着しており大きな損失を発生させる原因となっています。また、こうした汚れは肉眼では全く見えません。したがって各種の光ファイバー用顕微鏡を用いて端面の汚れの有無を確認します。一般に現場用途として写真 21.2 の様な CCD カメラによるフェルル端面の検査ツールが使われています。

写真 21.1 フェルル端面 (SC コネクタの場合)



写真 21.2 フェルル端面検査用スコープ



写真 21.3 使用例：パッチパネル側の端面検査



21.2 フェルール端面における汚れの例

以下の写真はフェルール端面の代表的な観察例です。写真 21.2.1 は汚れがほとんど無い正常な状態を示しています。コアもはっきりと見えており、損失はほとんど発生しないものと考えられます。写真 21.2.2 は、皮脂が付着した状態ですが、付着した直後なので通常は専用の不織布を用いるだけで汚れをふき取ることができます。写真 21.2.3 は、汚れが長期に渡って付着し層状になっている状態を示しています。このような場合には、純度の高いアルコールを用いて汚れを溶かし、清掃を行う必要があります。

光ファイバーの測定器に用いられる測定コードは様々なところに接続されるため、測定対象物であるネットワーク・ユーザーのポートに汚れを移すことのないよう、特にこのような汚れに対する注意が必要です。

写真 21.2.1 正常な状態



写真 21.2.2 皮脂が付着した状態

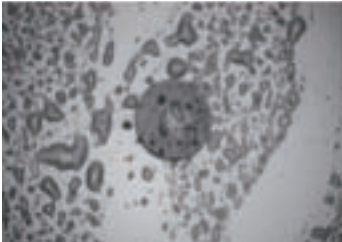
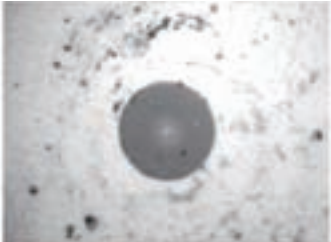


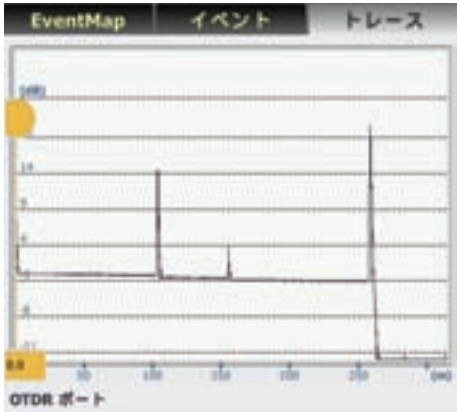
写真 21.2.3 汚れが付着した状態



21.3 端面の汚れが反射率におよぼす影響

端面の汚れは、反射率の増加をもたらします。右のトレース波形ではフレネル反射による 2 つのピークが立っていますが（一番右のピークは開放端によるもの）、右側（150 m 地点）は検査スコープを用いて完全にクリーニングしたコネクター接続による反射、左側（100 m 地点）は写真 21.2.2 の状態の接続点です。このように OTDR と検査スコープを組み合わせることで、高品質な光ファイバー配線を維持することができます。

図 21.3 端面の汚れによる反射の増加



21.4 IEC 61300-3-35によるフェルール端面の規定

図 21.4.1 マルチモードの例



表 21.4.1 マルチモード規格

IEC 61300-3-35 ED.1 MM		
領域名	傷	欠け
A: コア	3 μm 以下 3 μm より大きい：不可	5 μm 以下：4 箇所まで 5 μm より大きい：不可
B: クラッド	5 μm 以下：制限なし 5 μm より大きい：不可	2 μm 以下：制限なし 2 μm ～ 5 μm：5 箇所まで 5 μm より大きい：不可
C: 接着部	制限なし	制限なし
D: コンタクト	制限なし	10 μm 以上：不可

光ファイバー端面の汚れ度合いは IEC 61300-3-35 規格により規定されています。

最新のフェルール端面検査用スコープは、これらの検査を自動的に画像処理し、合否判定をしてくれるものもあります。

図 21.4.2 シングルモードの例

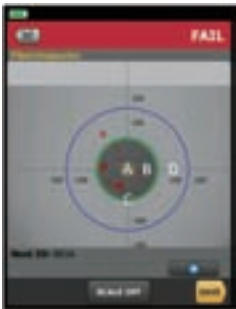


表 21.4.2 シングルモード規格

領域名	IEC 61300-3-35 ED.1 RL >= 45 dB		IEC 61300-3-35 ED.1 RL >= 26 dB		IEC 61300-3-35 ED.1 SM APC	
	傷	欠け	傷	欠け	傷	欠け
A: コア	不可	不可	3 μm 以下：2 箇所まで 3 μm より大きい：不可	3 μm 以下：2 箇所まで 3 μm より大きい：不可	4 箇所未満	不可
B: クラッド	3 μm 以下：制限なし 3 μm より大きい：不可	2 μm 以下：制限なし 2 μm ～ 5 μm：5 箇所まで 5 μm 以上：不可	3 μm 以下：制限なし 3 μm より大きい：不可	2 μm 以下：制限なし 2 μm ～ 5 μm：5 箇所まで 5 μm 以上：不可	制限なし	2 μm 以下：制限なし 2 μm ～ 5 μm：5 箇所まで 5 μm 以上：不可
C: 接着部	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし	制限なし
D: コンタクト	制限なし	10 μm 以上：不可	制限なし	10 μm 以上：不可	制限なし	10 μm 以上：不可

22. MPO 光ファイバー・ケーブル

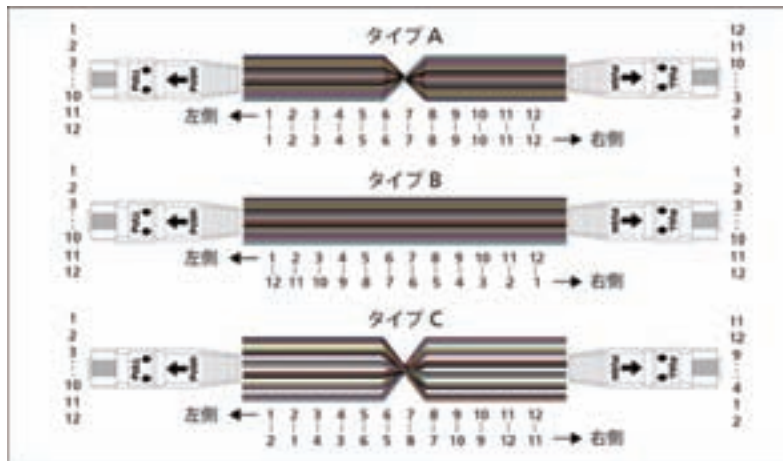
MPO (マルチ・ファイバー・プッシュオン) 光ファイバー・トランクは、業界で最も急速に成長している、10 Gbps、40 Gbps、100 Gbps の高速データセンターのバックボーン配線です。現在、一般に出回っている製品には 12 芯タイプと 24 芯タイプがあります。構造上は、一本のケーブル内に 12 芯または 24 芯の光ファイバーが入っており、規格化された MPO コネクタで両端が加工されています。コネクタの種類としては、ピンありとピンなしの 2 タイプに分かれています。また、最近では 48 芯のタイプも登場しております。

さらに光ケーブルの配線方法として、メタル配線で使用されているクロス・タイプとストレート・タイプのような A タイプ、B タイプ、C タイプの 3 種類の配線方法が用意されています。

図 22.1 MPO コネクタの例



図 22.2 MPO ケーブルのタイプ



これらの MPO 配線を行うことで、高密度化が可能となり、さらに配線回りがすっきりと整頓されるため、空気の流れが通りやすくなり、熱対策においても優位に働きます。今後の成長が著しく見込まれる高速データ用の光配線方法です。

図 22.3 ファンアウト・コード



従来は、図 22.3 のようなファンアウト・コードを使用して 1 本ずつ光損失の測定をしていたため、非常に時間を要し、またファンアウト・コードの使用により測定時の接続点が増えるため、安定した測定が難しいという問題もありました。図 22.4 のような MPO コネクタを直接接続できるタイプの LSPM は、12 芯を一度に測定することができるので、迅速な測定と安定した測定を可能にします。コネクタ端面の汚れに関しても図 22.5 のような専用クリーナーを使用することで、簡単にクリーニングすることができます。

図 22.4 MPO 対応テスター



図 22.5 MPO コネクタ用クリーナー



クリーナーの先端

22.1 MPO 端面検査方法

MPO コネクタを用いた 40/100GBASE-T 配線の最大許容損失は 1.5 dB あるいは 1.9 dB と非常に厳しい値が設定されています。そのため、コネクタ端面のわずかな汚れで、合否が左右される場合があります。このため、端面のクリーニングが単芯ファイバー以上に重要になります。

フィールドにおいては、図 22.5 のような細いテープ状の不織布を用いたクリーナーで清掃しますが、幅があるために端面の端から端までを完全にクリーニング出来ない場合があります。また、コネクタ端面における各芯線の突出し量が図 22.1.1 のようにバラツキがあるため、突出し量が少ない芯線はクリーニング出来ていない場合も出てきます。

したがって、端面のクリーニング後は端面検査用のスコープによる確認が重要になります。MPO 用の端面検査用スコープとしては、図 22.1.2 のような 1 芯ずつ見るタイプのものが使われてきましたが、近年では図 22.1.3 のように一度にすべての芯線が確認できるスコープも出てきております。このようなスコープでは、前者のタイプよりもより大きく画像を拡大できたり、端面の状態の自動合否判定が搭載されていたりするものもあります。

図 22.1.1 各芯線の突出し

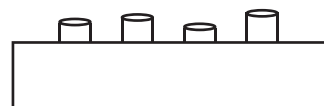


図 22.1.2 単芯ずつ確認するタイプのスコープ

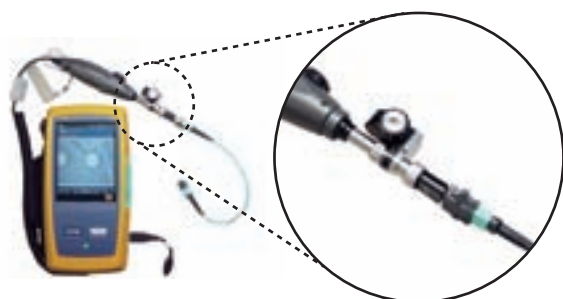


図 22.1.3 一度に全ての芯線が確認できるタイプのスコープ



フルーク・ネットワークス

本社：〒108-6106

東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティB 棟6 階

TEL: 03-6714-3117 FAX: 03-6714-3118

E-mail: infoj@fluke.com

<https://jp.flukenetworks.com>

All rights reserved.

Printed in Japan 7/2019 030. Rev. D

※記載された会社名ならびに商品名は各社の商標ならびに登録商標です。

※製品の仕様は予告なく変更になることがあります。予めご了承ください。