

# 挿入損失バジェットの計算



### はじめに

挿入損失/リンクロスバジェットの計算は、新しいトピックではありません。とはいえ、デー タ伝送速度が何年にもわたって上昇してきたため、挿入損失 (IL) の許容値および最大 減衰許容値の重要性は増してきました。これらの値はすべて規格を基にしており、性 能およびテスト要件については ANSI/TIA-568-C.0、ファイバーとコネクタについては ANSI/TIA-568-C.3 という規格があります。

たとえば、OM4 で運用されるデータセンターの 10 Gb/s ファイバーリンクは、少数の嵌 合ペア (コネクタとパッチパネル、コネクタとカセット、さらにはスプライスが含まれ、ファ イバータイプ (MMF 等)、直径 (µm)、波長 (nm)、最大減衰 (dB/km)、およびモード 帯域 (MHz-km) のパラメータ別に定義される) だけで簡単に 400m に達します。

ほとんどのデータセンターは背面に 10 Gb/s のアップリンクがあり、急速に 40 Gb/s を 超えつつあります。100 Gb/s や 400 Gb/s に達するのは時間の問題です。そうした状 況では、データ伝送速度が「もっと低かった」時代にあったような距離および性能面で のエラーを許容する余地は少なくなります。加えて、データセンターの物理的な規模が拡 大し、リーフ&スパイン型ネットワークが不規則な広がりを見せ、ストレージサービスでロ スレス伝送が要求されているため、リンクチャネルの設計は今や必須条件です。ファイバー ケーブルプラントの平均耐用年数は約 20 年です。速度が 400 Gb/s、800 Gb/s、さら にはそれ以上に近づいている状況で、今 40 Gb/s レベルでの IL/減衰許容値を少し増 やしておけば、将来ファイバーアプリケーションでの伝送距離において極めて大きな違い となって表れるでしょう。 - ネットワーク接続の活用 💻 💵



# 規格に基づいてリンクをテストする

#### ANSI/TIA-568-C-0 では、以下のようにリンクの減衰許容値を計算します。

リンク減衰許容値 (dB) = ケーブル減衰許容値 (dB) + コネクタ挿入損失許容値 (dB) + スプライス挿入損失許容値 (dB)

ケーブル減衰許容値 (dB) = 最大ケーブル減衰係数 (dB/km) × 長さ (km) コネクタ挿入損失許容値 (dB) = コネクタペアの数 × コネクタ損失許容値 (dB) スプライス挿入損失許容値 (dB) = スプライスの数 × スプライス損失許容値 (dB)

#### 以下に例を示します。(200 m のトランクケーブルに 2 つの低損失力セットがある場合)

- ケーブル減衰許容値 = 3.5 dB/Km (850 nm の場合) x 長さ (0.2 Km の場合) = 0.7 dB
- コネクタ挿入損失許容値 = 0.5 dB x 2 (低損失力セットが 2 つの場合) = 1.0 dB
- リンク減衰許容値 = 0.7 dB (ケーブル減衰許容値) + 1.0 dB (コネクタ挿入損失許容値) = 1.7 dB

注意: この例は、ANSI/TIA-568-C-0 規格に基づく値による「最悪のケース」と考えられます。多くの請負業者/施工業者は、 目的のアプリケーションでの距離と性能を保証するために、これを利用して設計を行います。現実には、パンドウイットを含 むほとんどのメーカーのコンポーネントが、目的の性能カテゴリの IL 値よりも優れた数値を示します。



### アプリケーション要件 vs 規格に基づくテスト

フィールドテストでの問題は、テスト値では「合格/不合格」の確認しかできないことです。この結果は、実際に目的のアプリケー ションでエンドツーエンドのデータ配信を行うために必要な到達距離を実現できることの保証にはなりません。下の図は、損失 バジェットと距離の関係を計算した例です。OM4 を使用する 16 Gb/s ファイバーチャネルは、1.0 dB のコネクタ損失で到達 距離 150 m を期待でき、2.4 dB の損失ではそれが約 50 m になります。規格に基づく損失バジェットへの適合で「合格」を 確認できたとしても、1.0 dB の損失で 150 m を超える到達距離が期待される場合は、高パフォーマンスオプションへの移行 (た とえば、標準損失から低損失または超低損失性能への移行) によってコネクタ損失を減らすことが、これを達成する唯一の方法 です。

	距離 (III)/損天ハノエリト (UD)				
		接続損失			
ファイバータイプ	3.0dB	2.4dB	2.0dB	1.5dB	1.0dB
M5F (OM4)		50/2.58	100/2.36	125/1.95	150/1.54
M5E (OM3)	NA	40/2.54	75/2.27	100/1.86	120/1.43
M5 (OM2)		NA	25/2.09	35/1.63	40/1.14

#### 距離 (m)/損失バジェット (dB)

### 将来への対応

徹底的な設計によって、自力で確実に将来に備える必要があります。標準挿入損失/標準性能のコンポーネントであれば今日簡 単に入手できますが、それらが今後 15 ~ 20 年間使用する配線の基礎となることを忘れてはいけません。サーバーやスイッチ は入れ替えられますが、ケーブルプラントはそうはいかないからです。では、どのように計算するのでしょうか?

距離に基づいて値を再計算する必要があるのと同様に、ILは、ファイバーその他のチャネルコンポーネントの性能レベルによって変化します。さらに、コネクタを追加すると、計算が大幅に複雑化します。

注意: 上に述べたように、各アプリケーションでの到達距離は規格に基づいていますが、現実の施工の世界では、クリーニング、 曲げ半径、OTDR テストなどすべての施工規格が遵守されていることを想定して、さらに優れた距離や性能が期待されます。

# パンドウイットのリンクロス計算ツール

パンドウイットは、挿入損失/リンクロスの計算処理を 実行してネットワーク設計を支援する、ファイバーリン クロス計算ツールを開発しました。

この計算ツールには、ネットワーク設計段階でアプリ ケーションに応じた適切なファイバー製品を選択でき るように支援する目的があります。ユーザーは、最新 のアプリケーションだけでなく、ネットワークニーズの 変化に伴う将来のアップグレードにも耐える適切なコ ンポーネントを、ファイバーとコンポーネント両方の 性能レベルを簡単に切り替えながら確実に選択してい くことができます。

これは部品表のジェネレーターではなく、目的の チャネルコンポーネントをレビューする際に使用しま す。計算ツールは、リンクロスに関する IEEE および ANSI 規格に合わせて設計されています。この計算 ツールを使用することで、ユーザーはより良い性能や 距離を期待でき、目的のアプリケーションで規格の損 失ガイドラインを確実に満たすように設計できます。 これは保証するうえで重要です。



### 計算ツールのヘルプ

- このリンクロス計算ツールでは、選択されたファイバーメディアおよびチャネルに配備されたコネクタシステムのタイプ (「Link Diagram (リンク概念図)」)に基づいて、複数のトランシーバテクノロジーのアプリケーション別の到達距離を計算 します。
- 2. 計算結果は、ページ内の以下の2つのエリアに示されます。
  - a. 左下の [Total Loss (Worst-case)] には、チャネル内のすべてのコネクタ嵌合ペアにおける最も悪い数値の損失に、 チャネルの長さに応じたファイバー減衰を加えた合計値が表示されます。
  - b. ページ右上の [Max Reach by Application] には、現在の設計 (適用可能なトランシーバおよび選択されたファイバー/ コネクタ) に基づいて到達可能な距離が表示されます。このエリアの各トランシーバの到達距離結果は、「緑」または「赤」 で強調表示されます (赤は、選択された設計に基づくチャネルは、どんな長さでも実現不可能であることを示します)。
- 3. ページ左上隅の [Channel Type] を選択すると、目的の伝送タイプ (シリアルデュプレックス、パラレルまたはハイブリッ ドシリアルデュプレックス/パラレルで分岐用途に対応) に合わせて適用可能なトランシーバの選択肢が限定されます。 [Link Diagram] のトランシーバの画像は、選択されたチャネルタイプに応じて変化します。
- 4. [Media] を選択すると、リンクに配備するファイバーを、広く市販されているマルチモードファイバーおよび汎用の「OS1/ OS2」ファイバーから選択できるようになります。
- 5. [Target Length] に入力すると、チャネルの全長に基づいて現在の設計を検証する独立モードで計算ツールを使用できます (横にあるボックスで単位をメートルかフィートに指定できます)。
- 6. [Connectivity Details] セクションでは、配備するコネクタのタイプ ([Interface] ドロップダウンメニュー) および性能レベ ル ([Standard]、[Optimized]、または [Ultra]) を選択できます。
- 7. [Link Diagram] に複数のコネクタを配備する場合、すべて同じ性能レベルが選択されることに注意してください (コネクタ グレードの混在とマッチングは不可)。
- 8. 各コネクタのシステム性能レベルと関連する挿入損失値については、パンドウイットのコネクタ仕様書を参照してください (ファイバータイプとコネクタのスタイルによってさまざまな値があり、かつ変更されることがあります)。
- 9. [Interface] ドロップダウンメニューから、[Link Diagram] に配備できるコネクタファミリを選択します。ドロップダウンメ ニューの右側に各ファミリのコネクタのタイプが画像で示されます。
- 10. [Link Details] と [Connectivity Details] の入力が終わったら、コネクタの画像を選択し (ポインタを合わせ)、それをリン ク概念図で向かい合っている 2 つのトランシーバの間までドラッグすると、チャネルが構築されます。
  - a. コネクタの画像はコネクタの嵌合ペア (およびそれと関連する挿入損失) を表しています。言い換えれば、[Fiber Connectors] メニューの下にある 1 個のコネクタの画像は、**コネクタの嵌合ペア** (コネクタ、アダプターおよびコネクタ) を表しています。コネクタを 2 つ選択してリンク概念図にドラッグする必要はありません。同様に、MPO カセットなど のプラグアンドプレイモジュールを選択する場合、該当するメニュー項目は、カセット前面にある LC デュプレックスコ ネクタの嵌合ペアとカセット背面にある MPO コネクタの嵌合ペアの両方を表しています。
- 11. ページの上中央にある赤の [Clear All] ボタンを押すと、選択したすべてのコネクタを [Link Diagram] から消去できます。 リンク内のコネクタ画像の赤い [X] をクリックして、そのコンポーネントだけを概念図から削除することもできます。
- 12. [Link Diagram] の画像を、チャネル内に実際に配備した場合のコネクタコンポーネントの向きに忠実にするために、概念 図に配備したコンポーネント画像の左下にある回転アイコンをクリックして、左右の向きを切り替えられます。



ファイバーリンクロス計算ツール www.panduit.com/fiberlinkloss



# リンクロス計算ツールを使った設計の例

次に示すのは、10 GBASE-SR および 16 G ファイバーチャネルを 90 m の OMx ファイバーでサポートする必要のある、クロ スコネクトのプラグアンドプレイシステムの設計例です。このシステムは、チャネルの両端でスイッチ EDA にカセットを配備する 4 MPO カセットシステムであり、ポートレプリケーションによって中間地点でクロスコネクトが構成されます。90 m のファイバーで、 パッチコードを含むチャネルの全ファイバー長における最も低い値の合計値が示されます。



### リンクロス計算ツールを使った設計の例 (続き)

- このプロセスを繰り返して、4 個の [MPO to LC] カセットを [Link Diagram] のトランシーバ間に配置します
- チャネル内のコネクタの方向に合わせて、下のようにモジュールの向きを整えます

#### Link Diagram



\*注意: 画像の下にある回転アイコンをクリックすると、画像の向きが切り替わります

#### Max Reach by Application

10GBASE-SR	8G Fibre Channel
255 m	35 m
32G Fibre Channel	Cisco 40G BiDi
15 m	30 m
Cisco 100G BiDi	40G SWDM4
2 m	50 m
100G SWDM4	64G Fibre Channel
15 m	30 m
25GBASE-SR	25GBASE-CSR
64 m	100 m
50GBASE-SR	
5 m	

[Max Reach by Application] で分かるのは、 10 GBASE-SR アプリケーションはサポートされているが、例えば 16 G ファイバーチャネルア プリケーションが要件の場合は、サポートされていないことがわかります。

これを解決する通常のアプローチは (可能な場合)、コネクタの性能レベルまたは選択したマル チモードファイバーのグレード (もしくはその両 方) が上がるように、モデルの入力値を変更する ことです。

選択したアプリケーション接続方法でサポートさ れているアプリケーションが表示されますが、サ ポートされる距離が目標到達距離 (この例では 90 m) に達しない場合は、背景色が赤になりま す。

例: Cisco 40 G BiDi の 30 m はサポートされ るアプリケーションですが、「最も低い数値の IL」 に基づけば 30 m が最大で [Target Length] に 入力した 90 m のアプリケーションでの到達距離 より短いので、赤で表示されます。

注意: サポートされる距離がゼロのアプリケー ションは表示されません。16 G ファイバーチャ ネルが表示されないのはそのためです。



# リンクロス計算ツールを使った設計の例 (続き)

性能レベルを変更して到達距離を延ばせるかどうかを確認するには、[Performance Level] ドロップダウンメニューで [Standard] から [Optimized] に変更します。異なる性能レベルを混在させることはできない、という旨のメッセージが表示されます。[Clear] を選択し、[Optimized] 性能レベルを選択して、[Link Diagram] を再作成します。

#### **Confirm Diagram Clear**

Since connectors of differing performance levels cannot exist, the diagram must be cleared. Are you sure you want to proceed? (性能レベルが異なる複数のコネクタは共存できないので、概念図を消去する必要があります。続行しますか?)



#### Link Loss Design Calculator



#### **Optimized Reach by Application**

10GBASE-SR	8G Fibre Channel	
285 m	125 m	
16G Fibre Channel	32G Fibre Channel	
75 m	60 m	
Cisco 40G BiDi	Cisco 100G BiDi	
85 m	50 m	
40G SWDM4	100G SWDM4	
210 m	60 m	
64G Fibre Channel	25GBASE-SR	
60 m	84 m	
25GBASE-CSR	50GBASE-SR	
240 m	50 m	

コネクタの性能レベルを標準損失から低損失 ([**Optimized**]) に変更 (最大 IL 0.5 dB 対 0.75 dB) するだけでは、到達距離は 75 m になり、 必要な 90 m には到達しません。次の戦略は、 マルチモードファイバーメディアの性能レベルを、 拡張したコネクタ性能に合わせてアップグレード することです。

これを行うと、16 G ファイバーチャネルで到達距 離 100 m を達成でき、90 m チャネルという最 初の要件に適合します。



# リンクロス計算ツールを使った設計の例 (続き)

次の画像では、上で [Performance Level] を [Optimized] に変更したことに加えて、[Media] タイプを [OM3] から [OM4] に 変更しています。これを行うと、16 G ファイバーチャネルで到達距離 100 m を達成でき、90 m チャネルという最初の要件に適 合します。

#### Link Loss Design Calculator



注意: [Summary] フィールドの [Total Loss (Worst-Case)] の値は、ファイバー減衰損失 (km あたりの距離) の合計と、規格に 基づいたコンポーネントの挿入損失を加えて算出されます。この値が標準規格損失を表し、多くの場合、OTDR ベースのテスト を実施して得られる測定値よりも高くなります。







企業のビジネス目標と市場での成功を結び付けるうえで、1955年以来、パンドウイットが独自の有意義な役割を 果たせてきた理由は、問題解決に対する好奇心と情熱という企業文化にあります。 パンドウイットは、データセンターから電気通信室、デスクトップからプラントフロアに至るエンタープライズ全体の 環境に対応する、最先端の物理、電気、およびネットワークインフラストラクチャソリューションを創り出します。 米国イリノイ州ティンリーパークに本社を置き、世界112カ所の拠点で活動するパンドウイットは、 品質と技術リーダーシップに関する確固とした評価を得ており、その強固なパートナーエコシステムと 力を合わせながら、「つながる世界」におけるビジネスの成長をサポートし、維持し、強化する役割を果たし続けます。

詳しい情報は

#### https://www.panduit.co.jp/ にお問い合わせください。

カスタマーサービスのメールアドレス: jpn-toiawase@panduit.com 電話番号: 03-6863-6060

本稿は、技術的スキルを持つ作業者が自分の判断と責任においてガイドとして使用することを前提に作成されています。パンドウイットのいかなる製品についても、購入者には、使用前に当該製品が目的の用 途に適合することを確認する責任があります。また購入者は、それに伴うあらゆるリスクおよび責任を負うものとします。パンドウイットは、この文書に記載された、または記載されていないいかなる情報から 生じるいかなる責任も負いません。

パンドウイットのすべての製品には、当該時点で最新の限定製品保証の利用条件および制限事項が適用されます。詳しくは、www.panduit.com/warranty. をご覧ください。

\*本書に記載されたすべての商標、サービスマーク、商号、製品名、およびロゴの所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

PANDUIT CANADA オンタリオ州、マーカム cs-cdn@panduit.com 電話: 800.777.3300 PANDUIT EUROPE LTD. 英国、ロンドン cs-emea@panduit.com 電話: 44.20.8601.7200 PANDUIT SINGAPORE PTE.LTD. シンガポール共和国 cs-ap@panduit.com 電話: 65.6305.7575 PANDUIT JAPAN 日本、東京 cs-japan@panduit.com 電話: 81.3.6863.6000 PANDUIT LATIN AMERICA メキシコ、グアダラハラ cs-la@panduit.com 電話: 52.33.3777.6000 PANDUIT AUSTRALIA PTY.LTD. オーストラリア、ビクトリア cs-aus@panduit.com 電話: 61.3.9794.9020