

COMMSCOPE®

データセンターの次なる課題

# 2023年の注目トレンド

# 目次

紹介	3
著者について	4
<b>第1章</b> ：データセンターで増加する芯数への対応	7
<b>第2章</b> ：OM5の背景にある費用対効果分析	14
<b>第3章</b> ：データセンターでの400G：光トランシーバのオプション	19
<b>第4章</b> ：データセンターでの400G：高密度化と構内アーキテクチャ	22
<b>第5章</b> ：今だけではなく、800Gの到来も視野に	26
<b>第6章</b> ：ネットワークエッジでのMTDC	30
<b>第7章</b> ：5G対応の世界で進化するデータセンターの役割	33
<b>第8章</b> ：構内を越えてクラウドへ：何がMTDC接続を促進しているのか？	38
<b>第9章</b> ：1.6Tへの道は、今始まる	44
結論	49



# これからの1年を見据えて： データセンターに影響を 与えるものは何か？

データセンターに「通常通りの業務」はあり得ず、2023年を見据えた場合も同じことが予想されます。接続性に対する需要がさらに高まる中、データセンターに流入するデータ量は増加の一途をたどっており、ネットワークプランナーはどうすればこれら変化の一步先を行くことができるかを再考しています。

2014年に、25Gイーサネットコンソーシアム（25G Ethernet Consortium）がシングルレーン25Gbpsとデュアルレーン50Gbpsの規格をサポートするイーサネットを提唱したことで、業界のロードマップに大きな分岐点が生まれ、ビットあたりのコストが下がり、50G、100G、そしてそれ以上への移行が容易になりました。

2020年には、100Gが市場に大挙して登場し、芯数の増加がさらに進んで、大規模なハイパースケールやクラウドベースのデータセンターでは、400Gへの飛躍が避けられない状況に直面しています。スイッチやサーバーに400Gおよび800Gの接続が必要となることが確実にしているため、ネットワーク容量の継続的な最適化を可能にするには、物理層もより高いパフォーマンスで貢献する必要があります。

データセンターの物理層インフラを進化させる能力は、加入者が求める低レイテンシ、高帯域幅、信頼性の高い接続の需要に対応する最終的な鍵となります。データセンター管理者が800Gと、5Gがもたらすデータの急増に向けて計画を立てる際に注目すべきトピックトレンドをご覧ください。

# 著者について



## Matt Baldassano

Matt Baldassanoは、データセンター接続を専門とするエンタープライズソリューション技術ディレクターとして、CommScopeの北東地域をサポートしています。CommScopeのデータセンター事業部で、ビジネス開発マネージャーとテクニカルマーケティングエンジニアを務めた経験があります。

また、ニューヨークとテキサス州ダラスでEMC2社のアカウントエンジニアとして、有線データセンターと屋内ワイヤレスシステムの両方に携わった経験があり、ワイヤレスセキュリティ関連のトピックで執筆しています。Mattはセントジョンズ大学（St John's University）でコンピューターサイエンスの理学士号を、アドバンスングテクノロジー大学（University of Advancing Technology）で技術の修士号を取得しています。



## Jason Bautista

ハイパースケールおよびマルチテナントデータセンターのソリューションアーキテクトとして、JasonはCommScopeでのデータセンター市場開発を担当しています。データセンター市場の動向を監視し、ハイパースケールおよびマルチテナントデータセンターの顧客向けの製品ロードマップ戦略、ソリューション、プログラムを推進しています。

Jasonはネットワーク業界において19年以上の経験を有し、世界中の多様なネットワークおよび顧客の製品開発、マーケティング、サポートなど、顧客対応の職務を歴任してきました。

# 著者について



**Ken Hall**

Ken Hallは、CommScopeの北米担当データセンターアーキテクトで、グローバル規模および関連データセンターの光インフラ計画だけでなく、テクノロジーおよびソートリーダーシップも担当しています。この役割において、データセンター事業者のネットワーク移行を効率的に実現する、高速かつ超低損失光ファイバーソリューションの開発とリリースに尽力してきました。

それ以前は、TE Connectivity、Tyco Electronics、AMPでさまざまな職務に就いていました。グローバルなネットワークOEMとデータセンターのプログラム管理および戦略、プロジェクト管理、マーケティング、業界標準、技術営業管理などの経験を擁しています。また、ネットワークエレクトロニクスOEM向けに、銅およびファイバーの小型コネクタと高密度インターフェースの業界標準化および普及の責任者でもありました。

光ファイバーコネクタおよびインフラ管理システムに関して、現在までに9件の特許を取得しています。

Kenは、シッペンズバーグ大学（Shippensburg University）で理学士号を取得しています。また、RCDD（Registered Communications Distribution Designer、音声・データ・ビデオの配線設計に関する国際的技術認定資格）およびNTS（ネットワーク技術システム）設計者の資格を有しています。



**Hans-Jürgen Niethammer**

Hans-Jürgenは、1994年7月にCommScopeのケーブル配線部門に入社し、EMEA担当プログラム管理ディレクター、EMEA担当マーケティングディレクター、EMEA担当技術サービス・セールスオペレーションディレクターなど、製品管理、技術サービス、マーケティングにおいて重要な職位を歴任しています。

2013年1月からは、CommScopeのEMEAにおけるデータセンター市場の開発責任者として、CommScopeのソリューションにより、お客様が現在、そして未来もこのダイナミックな市場セグメントにおいて要件を満たすことができる俊敏性、柔軟性、拡張性を備えたデータセンターインフラを実現できるように確約しています。

Hans-Jürgenは、データセンター、光ファイバー、AIMシステムの国際的な専門家であり、ISO/IECおよびCENELECの標準化委員会のメンバー、ならびに複数の国際規格の編集者でもあります。

Hans-Jürgenは、電子工学の公認技術者（chartered engineer）の学位を有し、州公認ビジネスエコノミストの資格も擁しています。

# 著者について



**Alastair Waite**

Alastair Waiteは、2003年9月にCommScopeのエンタープライズ光ファイバー部門のプロダクトマネージャーとして入社し、以来EMEAのエンタープライズ製品管理責任者、EMEAの市場管理責任者およびデータセンター事業リーダーなど、事業における多くの重要な役割を担っています。

2016年1月からは、CommScopeのデータセンターソリューションの設計を担当し、このダイナミックな市場セグメントにおける運用ニーズの拡大に合わせて、お客様のインフラが成長できる体制を整えられるよう支援しています。

CommScopeに入社する以前は、Conexant Semiconductorのオプティカルシリコン担当シニアプロダクトラインマネージャーとして、同社のすべての光インターフェース製品に対しグローバルな責任を担っていました。

Alastairはウェールズ大学（University of Wales）で電子工学の理学士号を取得しています。



**James Young**

Jamesは、CommScopeのエンタープライズデータセンター部門ディレクターとして、戦略を監督し、グローバルに製品チームとフィールドチームにリーダーシップを提供しています。これまでに、Tyco Electronics/AMP、Anixter、カナダのCanadian PacificおよびTTSで通信ソリューションの営業、マーケティング、オペレーションを含むさまざまな職務に携わってきました。Jamesは、直接および間接的なチャネル販売環境を通じた、OEM製品、ネットワークソリューション、付加価値サービスの販売において豊富な経験を積んできました。

Jamesは、ウェスタンオンタリオ大学（University of Western Ontario）で理学士号を取得しています。また、RCDD（Registered Communications Distribution Designer、音声・データ・ビデオの配線設計に関する国際的技術認定資格）およびCDCP（Certified Data Center Design Professional、データセンター施設の設計に関する国際的技術認定資格）を有しています。



1/  
データセンターで増加する芯数への対応

データセンターに流入するデジタルトラフィック量は増加の一途をたどっています。その一方で、5G、AI、マシン・ツー・マシン通信などの進歩によって発展している新世代のアプリケーションでは、レイテンシ要件が1ミリ秒台にまで引き上げられています。これらおよびその他のトレンドがデータセンターのインフラに集中しており、ネットワーク管理者はどうすれば変化の一步先を行くことができるかを再考する必要に迫られています。

従来ネットワークには、低レイテンシとトラフィック増加に対する需要の高まりに対応するための主要な手段が4つありました。

- リンクでの信号損失を低減する
- リンク距離を短くする
- 信号速度を高める
- パイプのサイズを大きくする

データセンターでは、これら4つのアプローチすべてを一定程度使用していますが、特にハイパースケールレベルでは、現在ファイバーを増やすことに重点が置かれています。過去、コアネットワークのケーブル配線には24芯、72芯、144芯、288芯のファイバーが使用されていました。これらのレベルでは、データセンターでバックボーンとスイッチまたはサーバー間に個別のファイバーを管理可能に敷設し、ケーブルアセンブリを使用してそれらをブレイクアウトすることで、効率的に設置することが可能でした。今日ファイバーケーブルは、ケーブル1本あたり1,728芯、3,456芯または6,912芯の範囲で、20倍にも達するファイバー素線を使用して展開されています。

芯数の増加と、コンパクトなケーブル構造の組み合わせは、データセンターの相互接続において特に役立ちます。3,000芯以上のファイバーを使用したデータセンター相互接続（DCI）トランクケーブルは、2つのハイパースケール施設の接続時に一般的であり、事業者は近い将来この設計容量を2倍にすることを計画しています。データセンター内で問題となるのは、ハイエンドのコアスイッチ間やミートミールームからキャビネット列のスパインスイッチまで敷設されるバックボーントランクケーブルです。

データセンターの構成がポイント・ツー・ポイントまたはスイッチ間の接続を必要とするか否かにかかわらず、芯数の増加は必要な場所により高い帯域幅と容量を提供するという点で、データセンターに大きな課題をもたらします。

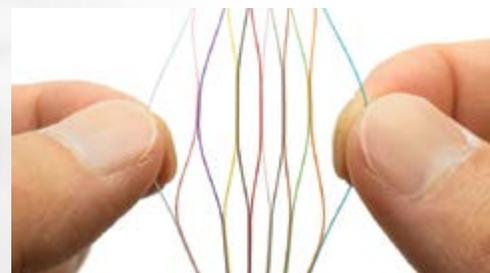
どのように最速かつ最も効率的な方法でファイバーを導入するのか、また、どのようにスプールにファイバーを取り付け、スプールからファイバーを取り外すのか、さらに、ファイバーをポイント間やパスウェイにどのように敷設するのが、第一の課題となります。

そして、設置後、どのようにファイバーをブレイクアウトしてスイッチやサーバーラックで管理するのが、第二の課題となります。



## ローラブルリボンファイバーケーブル

ファイバーおよび光ネットワークの進歩は、より高速でより太いデータパイプのニーズへの継続的な対応でした。これらのニーズが高まるにつれ、ファイバーの設計とケーブル内でパッケージングする方法が進化し、データセンターでは必ずしもケーブル配線のフットプリントを増やす必要なく、ケーブル構造の中で芯数を増やすことが可能になりました。ローラブルリボンファイバーケーブルは、このイノベーションの連鎖におけるより新しいつながりの1つです。



ローラブルリボンファイバーは間欠的に点で接着されている。出典：ISE Magazine

ローラブルリボンファイバーケーブルの一部は、より早期に開発されたセントラルチューブリボンケーブルをベースにしています。1990年代半ばに登場したセントラルチューブリボンケーブルは、主にOSPネットワーク向けで、1本のセントラルバッファチューブ内に最大864芯におよぶりボンスタックを備えています。ファイバーはグループ分けされ、ケーブルの長さに沿って連続的に接着されているため、ケーブルの剛性が高くなります。これは、データセンターのOSPアプリケーションでケーブルを展開する場合にはほとんど影響がありませんが、剛性の高いケーブルには限られた配線上の制約が必要とされるため、好ましくありません。

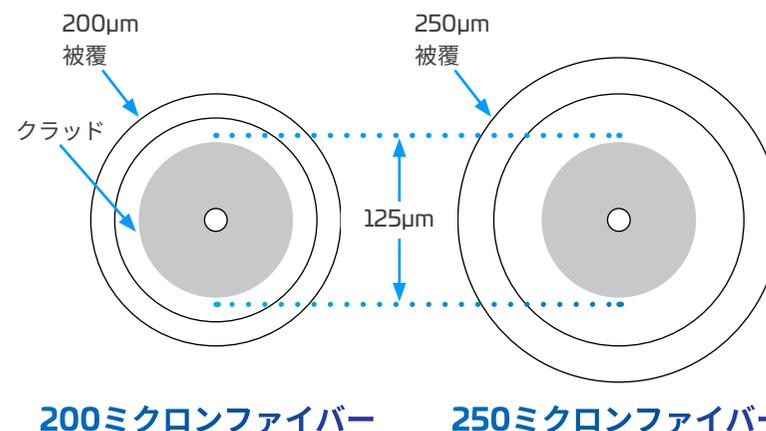
ローラブルリボンファイバーケーブルでは、光ファイバーが間欠的に接着され、緩い網状を形成します。この構成によってリボンがより柔軟になり、1本の2インチ径ダクトに3,456本のファイバーを搭載することができます。これは、従来のパッケージされたファイバーの2倍の密度に相当します。この構造で曲げ半径が小さくなり、データセンターのより狭い場所での取り扱いが容易になります。

ケーブル内部で間欠的に接着されたファイバーは、屈曲しやすいという緩いファイバーの物理的特性をもっているため、狭い空間での管理が容易になります。さらに、ローラブルリボンファイバーケーブルは、完全ゲルフリー設計を採用しているため、スプライシングの準備に必要な時間を短縮し、人件費を削減できます。間欠的な接着でも、一般的な一括融着リボン接続に必要なファイバーの整列を維持することができます。

## ケーブル外径の縮小

何十年にもわたって、ほぼすべての通信用光ファイバーの公称被覆直径は250ミクロンでした。ケーブルの小型化に対する需要の高まりに伴い、変化が始まっています。多くのケーブル設計において、標準ファイバーでの細径化は実用限界に達しています。しかし、ファイバーを小さくすることで、さらなる細径化が可能になります。現在では、200ミクロンの被覆されたファイバーがローラブルリボンファイバーやマイクロダクトケーブルに使用されています。

強調しておくべき重要な点は、バッファコーティングが唯一このファイバーで変更された部分であるということです。200ミクロンのファイバーは、接続作業における互換性を保つため、従来型ファイバーの125ミクロンのコア/クラッド径を保持しています。バッファコーティングを剥がした後、200ミクロンのファイバーの接続手順は、250ミクロンのファイバーの接続手順と同じです。



光学性能と接続互換性のため、200ミクロンのファイバーは250ミクロンのものと同じ125ミクロンのコア/クラッドを採用している。出典：ISE Magazine

## 新しいチップセットが課題をさらに複雑化

一列に並んだすべてのサーバーが、所定の接続速度をサポートするようにプロビジョニングされています。しかし、今日のハイパーコンバインドファブリックネットワークでは、一列に並んだすべてのサーバーが同時に最大回線速度で動作する必要があることは極めて稀です。サーバーに必要なアップストリーム帯域幅と、プロビジョニングされたダウンストリーム帯域幅との差は、「オーバーサブスクリプション」（競合比）と呼ばれています。スイッチ間リンク（ISL）などネットワークの一部の領域では、オーバーサブスクリプション比が7：1、または10：1にもなることがあります。スイッチのコストを削減するためにオーバーサブスクリプション比を高くすることは魅力的ですが、最新のクラウドおよびハイパースケールデータセンターのネットワーク設計では、ワールドクラスのネットワークパフォーマンスを実現するために、3:1以下を目標としています。

オーバーサブスクリプションは、大規模なサーバネットワークを構築する際により重要となります。スイッチ間の帯域幅容量が増加すると、スイッチ接続が減少します。そのため、必要なサーバー接続数に到達するためには、複数のリーフスパイン型ネットワーク層を組み合わせ、スイッチ間の各リンクがネットワーク全体のオーバーサブスクリプションに貢献する必要があります。しかし、各スイッチ層がコスト、電力、およびレイテンシを増加させます。スイッチングテクノロジーはこの問題に着目し、マーチャントシリコンスイッチングASICの急速な進化を推進してきました。2019年12月9日、Broadcom社は最新のStrataXGS Tomahawk 4（TH4）スイッチの出荷を開始しました。この製品は、単一のASICで25.6Tbpsのイーサネットスイッチング容量を実現しています。



1デバイスあたり12.8Tbpsの速度を達成した、Tomahawk 3 (TH3) の発売から2年も経たないうちの発売となりました。

これらASICはレーン速度を向上させただけでなく、搭載ポート数も増加しています。データセンターでは、オーバーサブスクリプションの比率を抑えることができます。単一のTH3 ASICで構築されたスイッチは、32個の400Gポートをサポートしています。各ポートは、サーバーに接続するために8つの50GEポートに分割することができます。ポートをグループ化して、100G、200G、または400G接続を形成することができます。各スイッチポートは、同じQSFPフットプリント内において、1対、2対、4対、または8対のファイバー間で移行できます。

これは複雑に見えますが、オーバーサブスクリプションの解消に非常に役立ちます。これらの新しいスイッチは、3:1の競合比と8つのリーフスパイン型接続用400Gポートを維持しながら、最大192台のサーバーを接続することができます。このスイッチで、前世代のスイッチ6台を置き換えることができます。

新しいTH4スイッチには32個の800Gbポートが搭載されています。ASICレーンの速度は100Gに向上されています。100Gレーンに対応するために、新しい電気的および光学的仕様が開発されています。新しい100Gエコシステムは、機械学習 (ML) や人工知能 (AI) などの新しいワークロードの要求により適している、最適化されたインフラを提供します。

## 進化するケーブルプロバイダーの役割

この動的でより複雑な環境においては、ケーブルサプライヤーの役割が新たな重要性を増しています。ファイバーケーブル

配線は、かつて技術的なソリューションというよりも単なるコモディティ製品と捉えられていたかもしれませんが、もはやそうではありません。多くのことがわかり、多くの課題に直面するようになるにつれ、サプライヤーはシステムインテグレーターや設計者と同様に、データセンターの成功にとって重要なテクノロジーパートナーへと変化しています。

データセンターの所有者や事業者は、ファイバー終端、トランシーバの性能、接続機およびテスト装置などの専門知識をもつケーブル配線パートナーにますます依存するようになっていきます。この役割の増加によって、ケーブル配線パートナーは、インフラのエコシステム関係者および標準化団体と、より緊密な協力関係を構築する必要があります。

業界標準とマルチソースアグリーメント (MSA) の数が増加し、レーン速度の加速が実現するにつれ、データセンターの技術ロードマップを可能にする上で、ケーブル配線パートナーの果たす役割が大きくなっています。現在、100G/400Gおよび進化している800Gに関する規格には、さまざまな選択肢があります。各選択肢の中には、二重化、並列化、波長分割多重化など、複数のデータ転送方式があり、それぞれが特定の最適化されたアプリケーションを念頭に置いています。ケーブル配線インフラの設計は、その寿命全体を通じて、できるだけ多くのこうした転送手段をサポートできるように設計される必要があります。

## 重要なのはバランス

芯数の増加に伴い、データセンター内の利用可能なスペースは縮小の一途をたどっており、データセンターの利用可能なスペースは必ずしもこの増加に対処していません。サーバーやキャビネットといったその他のコンポーネントも、より小さなフットプリントでより多くの機能を提供できることが期待されています。

最大化すべき変数はスペースだけではありません。小さくなったケーブルサイズと高度な変調技術を備えたローラブルリボンファイバーケーブルのような新しいファイバー構成を組み合わせることで、ネットワーク管理者とそのケーブル配線パートナーは、より多くの自由に使えるツールを手に入れることができます。彼らにはそれらすべてが必要となるでしょう。

加速する技術の速さがこの先にあることを示唆するものであるなら、特にハイパースケールクラウドレベルのデータセンターは、万全の準備をしておく必要があります。帯域幅需要とサービス提供が増加し、エンドユーザー／マシンにとってレイテンシがより重要になるにつれて、より多くのファイバーがネットワークの奥深くまで押し込まれるようになります。

ハイパースケールおよびクラウドベースの設備は、増加するユーザー、デバイス、アプリケーションに極めて信頼性の高い接続性を提供しなければならないという圧力にさらされています。これらのニーズに応えるためには、これまで以上の芯数を導入し、管理する能力が不可欠です。

適切な機器に適切な芯数を提供することでバランスを取りながら、優れたメンテナンスと管理を可能にし、将来的な成長をサポートすることが目標です。そのためには、コースを定め、CommScopeのような信頼できるナビゲーターをチームに迎える必要があります。



A photograph of two women in a modern office environment, looking at a tablet together. The image is overlaid with a blue tint. The woman on the left is pointing at the screen, while the woman on the right looks on attentively.

2 /

## OM5の背景にある費用対効果分析

イーサネットの標準化委員会であるIEEEでは、ネットワークの高速化に対する要求の高まりに対応するため、次の3つのキーテクノロジーを適用してイーサネットの帯域幅を拡大しています。

■ 伝送用ファイバーの本数を増やすことで、データストリーム（レーン）数を増加させます。従来は1つのデータレーンに2本の光ファイバーを使用していましたが、現在のイーサネットアプリケーションでは8本、16本、あるいは32本の光ファイバーが使用されています。ケーブル配線の観点からは、アプリケーションごとに増加する光ファイバーは、マルチファイバーコネクタ（MPO）によって処理されます。

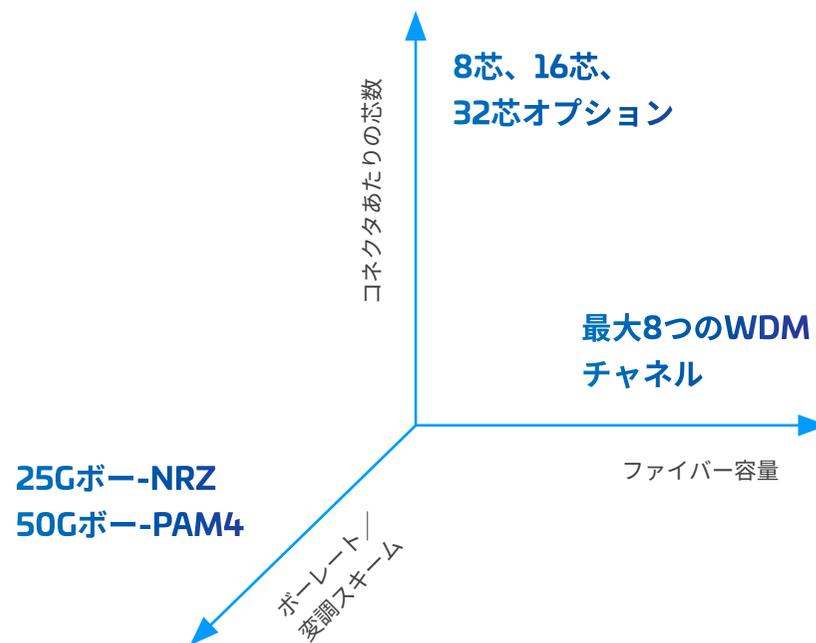
■ ボーレート変調を大きくします。具体的には、25ボーのNRZスキームから50ボーのPAM4スキームに移行します。当然、PAM4では速度が2倍になるため、信号品質やトランシーバコストなどの面でトレードオフの関係があります。

■ ファイバーあたりの容量をアップグレードします。WDMテクノロジーでは、ファイバーコアごとに異なる波長を使用して複数のデータストリームを伝送でき、ネットワーク管理者は光ファイバーあたり最大8つのWDMチャンネルをサポートすることができます。

多くのアプリケーションでは、上述のいずれか1つの技術を適用して高速化していますが、2つ以上の技術を適用しているアプリケーションもあります。例えば、400GBase-SR4.2は、より多くのパラレル光ファイバー（8芯）と短波長分割

多重方式（SWDM、主にBi-Di技術として採用）の利点を組み合わせています。

データセンターネットワーク管理者にとっての課題は、この先にどんな紆余曲折が待ち受けており、400GBase-SR4.2と同様に、3つの道がどこでどう交差するのか分からないまま、400G/800G以降に向けた道程を描くことです。ここでその価値を発揮するのがOM5マルチモード光ファイバーです。これは、1本のファイバーコアで複数の波長をサポートするために設計および標準化された、新しいマルチモード光ファイバーです。



イーサネット高速化への3つの道

## OM5マルチモードファイバー

2016年に登場したOM5は、初めて承認されたWBMMF（広帯域マルチモードファイバー）です。OM5は、1本のファイバーに複数の波長を使用する（Bi-Di）高速データセンターアプリケーションに対応できるように最適化されています。次のようなOM5テクノロジーの技術的な詳細と運用上の利点は、広く知られています。

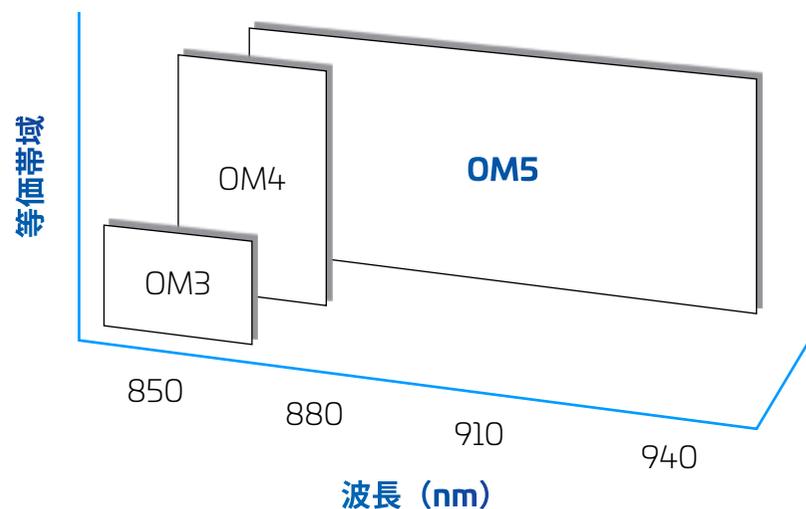
- パラレルファイバー数の削減
- ケーブルファイバーの減衰を低減
- より広い有効モード帯域幅（EMB）を実現
- OM4よりも50%長い到達距離

OM5は、OM3およびOM4と寸法形状が同じ（コア50 $\mu$ m、クラッド125 $\mu$ m）であるため、これらの光ファイバーと完全に下位互換性を有しています。

## OM5とOM4の比較：費用対効果分析に基づく詳細な考察

OM5とOM4を比較すると、OM5はOM4よりも技術的および性能的に明らかな優位性を備えています。

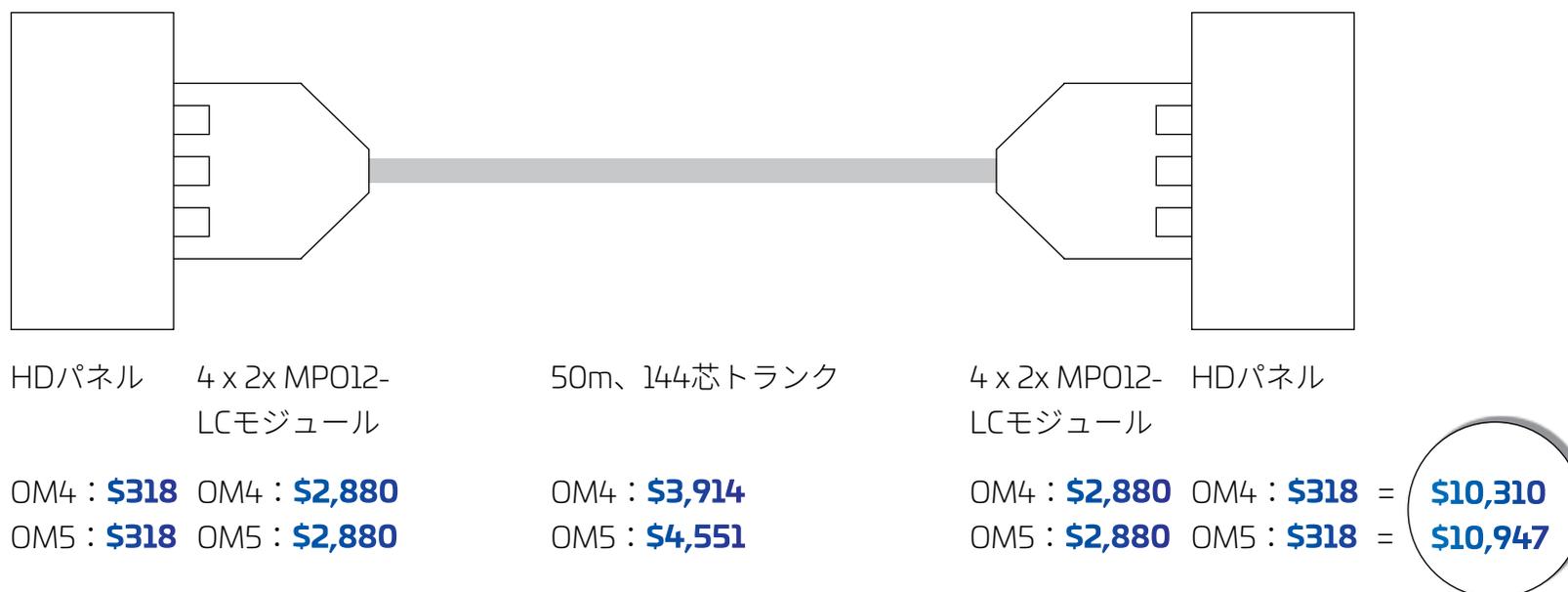
しかし、OM5にはそうした利点があるにもかかわらず、一部のデータセンター事業者はその採用に抵抗を示しています（OM4が登場したときにデータセンターがOM3からの置き換えに時間を要したのと同じ）。OM5への移行をためらう理由の1つとして考えられるのは、その価格の高さです。ただし、OM5とOM4の費用対効果分析に基づいて詳細に考察してみると、全く別の話が示唆されます。



有効モード帯域幅の違い

## 費用

OM5光ファイバーの反対派は、OM4光ファイバーに比べて購入価格が50～60%高いことをよく指摘します。しかし、光ファイバーの価格だけに目を向けると、データセンター管理者が対応しなければならない大局的な状況を見逃すことになってしまいます。第一に、光ファイバーをファイバートランクケーブルに入れることで、OM5ファイバーケーブルの価格は、OM4ファイバーケーブルに比べて約16%高いだけに留まります。そして第二に、トランクケーブル両端のパッチパネルとカセットのコストを追加する時点で、当初の50～60%という光ファイバーの価格差は大幅に縮小します。実際のところ、同じ構成のリンクで、OM4とOM5の総コストを比較すると、OM5はOM4よりも約6.2%高いだけです。



## シナリオ例

144芯、50メートルのトランクケーブルが、4つの2xMPO12-LCモジュールと、両端に各1つの高密度1Uパネルに接続されている実世界のケースを想定します。各コンポーネントについておおよそのコストが示されています。OM4とOM5の総コストは、パネルとカセットでは同じですが、トランクケーブルでOM4とOM5間に約16%の差があることに注目してください。

各エンドツーエンドリンクの全体のコスト（OM4が10,310ドル、OM5が10,947ドル）を計算すると、637ドルのコスト差があり、これは6.2%の上昇に相当します。

さらに、構内配線は、データセンターの設備投資全体（建設、電源や冷却、UPSなどのサポートインフラ、およびスイッチ、ストレージ、サーバーなどのすべてのIT機器を含む）の約4%に過ぎないことも念頭に置いておく必要があります。したがって、OM5に切り替えると、データセンター全体の設備投資は0.24%増加します。これは、1%の4分の1以下です。絶対額でいえば、データセンターの設備投資100万ドルごとに2,400ドル増加することになります。

## 利点

データセンター管理者にとっての問題は、OM5によるコスト増がその利点を上回るかどうかです。以下は、直接のおよび間接的な利点のほんの一部です。

OM5は、ファイバーあたりの容量が大きいため、Bi-Diアプリケーションでは、芯数が少なくなり、到達距離が長くなります。100Gおよび400GのBi-Diアプリケーションにおける到達距離は、OM4よりも50%長く、使用するファイバーの本数も50%少なくなります。OM5では、わずか2本のファイバーで100G（800Gや1.6TのBi-Diではそれ以上）をサポートすることができます。さらに、到達距離はOM4が100メートルであるのに対し、OM5は150メートルに及ぶため、ケーブル配線アーキテクチャの進化に合わせ、より高い設計の柔軟性を提供することができます。

OM5は、必要なパラレルファイバーの本数を減らすことで、既存のファイバー経路を有効に活用することができ、ファイバーを追加する必要がある場合でもスペースを確保することができます。

## OM5：不確実性に対するヘッジとなるか

おそらく最も重要なことは、OM5が将来利用可能になるテクノロジーを活用する自由を提供することです。400G/800Gおよびその先への道筋が、コネクタあたりの芯数の増加、ファイバーあたりの波長の増加、より高い変調スキームの採用のどれであっても、OM5は必要なアプリケーションサポート、ならびに拡張された帯域幅および長さを提供します。

急速に進化する環境の中で、より高速な移行という継続的な課題に対処するためには、選択肢を広げておくことが非常に重要です。OM5が提供する利点のすべてを必要とすることはないかもしれませんが、将来的にそれらが極めて重要なものになるかもしれません。先のことは分かりません。それがポイントです。OM5は、最小限のリスクで備えることができます。これがCommScopeの見解です。お客様のご意見をお聞かせください。

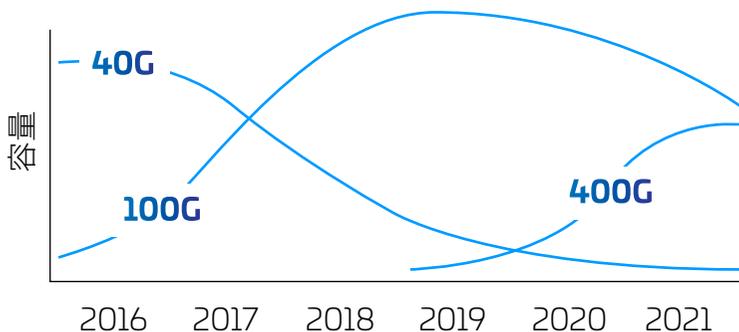


3 /  
データセンターでの400G：  
光トランシーバのオプション

組織の成功を可能にする第一の手段は、環境の変化に適応する能力です。それをサバイバル能力と呼びます。新たな現状への対応ができなければ、顧客は去っていきます。

クラウドスケールのデータセンターでは、帯域幅、容量、低レイテンシに対する需要の高まりに伴い、より高速なネットワーク速度への移行が加速しているため、適応能力とサバイバル能力が毎年試されています。過去数年間で、データセンター全体のネットワークファブリックリンク速度は25G/100Gから100G/400Gへと上昇しています。さらなる高速化を実現するたびに、短い安定期が続いた後、データセンター管理者は次の飛躍に備え準備をする必要があります。

現在、データセンターは400Gへの飛躍を目指しています。重要な検討事項は、どの光学技術が最適かということです。ここでは、いくつかの検討事項とオプションについて詳しく見ていきます。



400Gのポート数には、8x50Gと4x100Gの両方の実装が含まれている。  
出典：NextPlatform 2018

## 400G光トランシーバ

OEMがデータセンターの旨味のある領域に照準を合わせようとしているため、400Gの光トランシーバ市場はコストとパフォーマンスに牽引されています。

2017年、CFP8はコアルータやDWDMトランスポートクライアントインターフェースで使用される、第1世代400Gモジュールのフォームファクタとなりました。モジュールの寸法はCFP2よりも若干小さく、CDAUI-16 (16x25G NRZ) またはCDAUI-8 (8x50G PAM4) のいずれかの電氣的I/Oをサポートしています。最近では、このモジュール技術よりも、第2世代の小型化された400GEフォームファクタモジュールである、QSFP-DDとOSFPに注目が集まっています。

高ポート密度のデータセンタースイッチ向けに開発された、これら親指サイズのモジュールは、32 x 400Gポートを介して1RUで12.8Tbpsを実現します。これらのモジュールは、CDAUI-8 (8x50G PAM4) の電氣的I/Oのみをサポートしていることに注意が必要です。

CFP8、QSFP-DD、OSFPはいずれもホットプラグ可能ですが、すべての400Gトランシーバモジュールがそうであるわけではありません。一部のモジュールは、ホストのプリント基板 (PCB) に直接マウントされています。PCBのトレースが非常に短いこれらの組み込みトランシーバは、低消費電力と高いポート密度を実現します。

組み込みトランシーバのより高い帯域幅密度とチャンネルあたりの速度にもかかわらず、イーサネット業界では400G向けにプラガブルな光トランシーバが引き続き好まれています。これらのトランシーバにより、成長に応じたコスト効率性の維持および提供が容易となるためです。

## 最終目的を念頭に置くことから始める

業界のエキスパートにとって400Gへの飛躍とは、データセンターの進化の道筋に沿った1つの通過点にすぎません。すでにMSAグループや標準化委員会が、8 x 100Gトランシーバを使用した800Gに取り組んでいます。800G MSAグループの一員であるCommScopeは、その他のIEEEメンバーと協力し、マルチモードファイバーを使用して波長あたり100Gのサーバー接続をサポートするソリューションを模索しています。これらの開発は2021年に市場に投入し、その後、おそらく2024年となる1.6Tスキームを目指しています。

さらなる高速化への移行に伴う詳細な作業は容易ではありませんが、プロセスの見通しを立てるのに役立ちます。データセンターのサービスが進化するにつれ、ストレージやサーバーの速度の向上も必要となります。これらの高速化をサポートするためには、それに適した伝送媒体が必要です。

ネットワークのニーズに最適な光モジュールの選択では、まず最終目的を念頭に置くことから始めます。必要なサービスと、そのサービスを提供するために必要なトポロジをより正確に予測できるほど、ネットワークは新しい未来のアプリケーションをより適切にサポートすることが可能になります。

4 /

データセンターでの400G：  
高密度化と構内アーキテクチャ

## 400Gがケーブル工場に新たな需要をもたらす

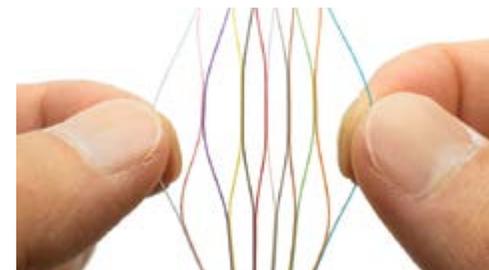
より高い帯域幅と容量の需要によって、芯数は増加しています。15年前には、データセンターのほとんどのファイバーバックボーンは、多様な冗長ルーティングのカバレッジを含めて、96芯以下しか使用していませんでした。

現在の芯数は144、288、864が標準となりつつあり、相互接続ケーブルやハイパースケールおよびクラウドスケールのデータセンターで使用されるものは、3,456芯へと移行しています。現在、いくつかのファイバーケーブルメーカーが6,912芯のケーブルを提供しているほか、将来に向け、さらに多くのファイバーコア数が検討されています。

## 新しいファイバーパッケージと設計による高密度化

芯数の多いケーブルは、レースウェイ内で貴重なスペースを占有し、その直径が大きいため曲げ半径が限られ、パフォーマンス上の課題があります。これらの課題に対処するために、ファイバーケーブルメーカーは250ミクロンまたは200ミクロンのバッファリングを持つローラブルリボン構造へと移行しています。

従来のリボンファイバーがケーブルの全長にわたって12本の芯線を接着しているのに対し、ローラブルリボンファイバーは間欠的に接着されているため、ファイバーを平らに配置するのではなく、巻いて使用することができます。平均して、このタイプの設計では2インチのダクトに3,456芯のファイ



ローラブルリボンファイバーは間欠的に点で接着されている。出典：ISE Magazine

バーケーブル2本を収容できますが、フラット設計では、同じスペースに1,728芯のファイバーケーブル1本しか収容できません（ダクト最大充填率70%の場合）。

200ミクロンのファイバーは標準125ミクロンのクラッドを維持しており、現在および新興の光学系と完全な下位互換性があります。その違いは、一般的な250ミクロンの被覆が200ミクロンに縮小されていることです。ローラブルリボンファイバーと組み合わせると、ファイバー径の減少によって、ケーブルメーカーは同じケーブルサイズを維持しながら、従来の250ミクロンのフラットリボンケーブルと比較して芯数を2倍にすることができます。

ローラブルリボンや200ミクロンファイバーのような技術は、データセンター間の接続性に対する需要の高まりをサポートするため、ハイパースケールデータセンターで導入されています。リーフからサーバーまでの接続距離が非常に短く、かつ密度が非常に高いデータセンターでは、光モジュールの資本コストと運用コストが主に考慮されます。

このため、多くのデータセンターでは、マルチモードファイバーによってサポートされている、より低コストの垂直共振器面発光レーザー（VCSEL）トランシーバを採用しています。また、マルチモードがサーバーをTier 1リーフスイッチに接続する一方で、上位メッシュネットワーク層ではシングルモードを使用する、ハイブリッドアプローチを採用しているところもあります。400Gを採用する施設が増えるにつれ、サーバーへの50Gおよび100Gの光接続が一般的になるため、ネットワーク管理者はこれらのオプションでコストとパフォーマンスのバランスを取ることが必要となります。

## 80kmのDCI空間：コヒーレントと直接検出

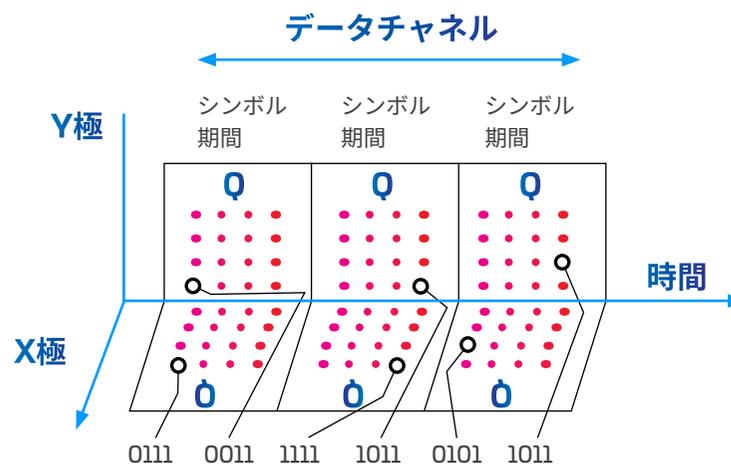
地域のデータセンターのクラスター化が進む中、大容量かつ低コストのDCIリンクの必要性がますます高まっています。新しいIEEE規格が登場し、プラグアンドプレイでポイント・ツー・ポイントの実装が可能な、低コストの多様なオプションが提供されるようになっていきます。

直接検出用の従来の4レベルパルス振幅変調（PAM4）をベースにしたトランシーバは、最近の400Gデータセンタースイッチと直接互換性をもちながら、最大40kmのリンクを提供できるようになります。その他にも、従来のDWDMトランスポート接続向けに類似の機能をターゲットにした開発が進められています。

接続距離が40kmを超えて80km、さらにはそれ以上になると、長距離転送のサポートを強化したコヒーレントシステムが、高速市場の大部分を獲得することになるでしょう。

コヒーレント光トランシーバは、色分散および偏波分散などの制約を克服しており、より長距離の接続に理想的な技術的選択肢となります。従来、コヒーレント光トランシーバは高度にカスタマイズされており（かつ高価で）、プラグアンドプレイの光モジュールとは対照的に、カスタムの「モデム」が必要でした。

技術の進歩に伴い、コヒーレントソリューションは小型化と低コスト化が進むでしょう。最終的に相対的なコスト差が減少し、より短距離の接続がこの技術の恩恵を受けるようになるかもしれません。



出典：[www.cablelabs.com/point-to-point-coherent-optics-specifications](http://www.cablelabs.com/point-to-point-coherent-optics-specifications)

## 継続的な高速化に向けた総合的なアプローチを取る

データセンターにおける高速化への継続的な取り組みは、段階的なプロセスです。アプリケーションやサービスが進化するにつれ、ストレージやサーバーの速度の向上も必要となります。体系的なアプローチを採用して繰り返される定期的なアップグレードを処理することで、変更の計画とその実施に必要な時間とコストを削減できます。CommScopeは、スイッチ、光トランシーバ、ファイバーケーブルが単一の協調した伝送路として動作する総合的なアプローチを推奨しています。

最終的に、これらすべてのコンポーネントがどのように連携するかによって、新しい未来のアプリケーションを確実にかつ効率的にサポートするネットワークの能力が決まります。今日の課題は400Gです。明日には800G、または1.6Tになるでしょう。ネットワーク技術が変化し続けていても、高品質のファイバーインフラに対する基本要件は不変です。



5 /

今だけではなく、800Gの到来も視野に

100G光トランシーバが大量に市場に投入されており、来年には400Gの登場が見込まれています。とはいえ、データトラフィックは増加の一途をたどっており、データセンターへの圧力は増すばかりです。

## 三本足の台のバランスをとる

データセンターにおいて、容量はサーバー、スイッチ、接続性の間の抑制と均衡の問題です。それぞれが互いに高速化とコスト削減を強要しています。長年にわたり、スイッチ技術が主な原動力となっていました。BroadcomのStrataXGS Tomahawk 3の導入により、データセンター管理者は現在、スイッチングとルーティングの速度を12.8Tbpsまで向上させ、ポートあたりのコストを75%削減することが可能になっています。では、現在の制限要因はCPUでしょうか？そうではありません。今年の初めに、NVIDIAはサーバー向けの新しいAmpereチップを発表しました。ゲーミングで使用されるプロセッサは、AIやMLに必要なトレーニングと推論ベースの処理を取り扱うのに最適であることがわかりました。

## ボトルネックはネットワークにシフト

スイッチやサーバーが400Gと800Gをサポートする予定であるため、ネットワークのバランスを保つための圧力は物理層にシフトしています。2017年に承認されたIEEE 802.3bsにより、200Gと400Gイーサネットへの道が開かれました。しかしIEEEは、800G以降に関する帯域幅の評価を最近完了したばかりです。新しい規格の開発と採用に必要な時間を考慮すると、すでに遅れをとっている可能性があります。

そのため、ケーブル配線や光トランシーバのメーカーは、業界が400Gから800G、1.6Tb、そしてそれ以降への継続的な移行をサポートしようとしているため、勢いを維持するべく邁進しています。ここで、トレンドと開発の見通しをいくつか紹介します。

## スイッチの移動

第一に、サーバー列の構成とケーブル配線アーキテクチャは進化しています。アグリゲーションスイッチは、ラック上部（TOR）から列中央（MOR）に移動し、構内配線パッチパネルを介してスイッチファブリックに接続されています。これで、高速化への移行は、長いスイッチ間リンクの代わりに、サーバーのパッチケーブルを交換するだけで済みます。この設計により、スイッチとサーバー間に192本のアクティブ光ケーブル（AOC）を設置して管理する必要もなくなります（それぞれがアプリケーション特有、つまり速度特有）。

## 変化しているトランシーバのフォームファクタ

400G対応のQSFP-DDやOSFPに代表されるように、プラグブル光モジュールの新しい設計は、ネットワーク設計者に新たなツールを提供しています。どちらのフォームファクタも8つのレーンの特徴とし、光モジュールは8つの50G PAM4を提供します。32ポート構成で展開した場合、QSFP-DDおよびOSFPモジュールは、1RUデバイスで12.8Tbpsを実現します。OSFPおよびQSFP-DDフォームファクタは、現行の400G光モジュールと次世代の800G光モジュールをサポートしています。800G光トランシーバを使用することで、スイッチは1Uあたり25.6Tbpsを達成できます。

## 新しい400GBASE規格

400G短距離MMFモジュールをサポートするためのコネクタも選択肢が増えています。400GBASE-SR8規格では、24芯MPOコネクタ（16芯を使用するレガシーアプリケーションで好まれる）または1列16芯MPOコネクタを使用できます。初期のクラウドスケールサーバー接続では単一列のMPO16がよく使用されています。もう1つのオプションである400GBASE-SR4.2は、双方向信号を備えた単一列のMPO 12を使用しており、スイッチ間接続に役立ちます。IEEE802.3 400GbaseSR4.2は、MMFで双方向信号を利用した初のIEEE規格であり、OM5マルチモードケーブルを導入しています。OM5ファイバーは、BiDiなどのアプリケーション向けに多波長サポートを拡張し、ネットワーク設計者にOM4よりも5割増の距離を提供します。

## しかし、このスピードで間に合うのか

業界の予測では、今後2年以内に800G光トランシーバが必要になると見込まれています。そこで2019年9月に、60～100mスパンの低コスト8x100G SRマルチモードモジュールを含む、新しいアプリケーション開発のために、800GプラガブルMSAが結成されました。データセンターが低コストのサーバーアプリケーションをサポートすることを可能にする、早期市場向けの低コストな800G SR8ソリューションの提供を目指しています。800Gプラガブルは、スイッチのRadix（ポート数）増加とラックあたりのサーバー数減少をサポートします。

一方、IEEE 802.3dbタスクフォースは、100G/波長の低コストVCSELソリューションに取り組んでおり、OM4 MMFでの到達距離100メートルの実現可能性を実証しています。成功すれば、この作業はサーバー接続をラック内DACからMOR/EORの高基数スイッチに転換することができます。これは、低コストの光接続を提供し、レガシーMMFケーブル配線の長期的なアプリケーションサポートを延長することになります。

企業のデータセンターにおける容量拡大への要求は高まり続けており、マルチモードファイバー（MMF）ケーブル配線インフラの大規模なインストールベースの速度を拡張するための、新しい戦略が必要となっています。これまで、MMFに複数の波長を追加することで、ネットワークの高速化に成功してきました。

40G BiDiの成功に基づき、テラビット双方向（BiDi）マルチソースアグリーメント（MSA）グループが結成され、パラレルMMFのための、相互運用可能な800Gbpsおよび1.6Tbps光インターフェース仕様が開発されました。CommScopeは、このBiDi MSAグループの設立メンバーとして、このMSAが提案するような、複数の波長を使用するアプリケーションをサポートするために最適化された、マルチモードファイバーOM5の導入を主導しています。

MMFは、ネットワークハードウェアの設備投資を削減し、（必要電力が低いため）運用費を削減することを目的とした短距離高速リンクのサポートにより、データセンター事業者非常に好評です。OM5は、BiDiアプリケーションの距離サポートを延長することで、MMFの価値をさらに高めています。IEEE 802.3400G BASE4.2の場合、OM5はOM4ケーブル配線に比べて50%長い到達距離を実現します。将来、800Gや1.6T BiDiへの次のステップが導入されれば、OM5の利点はさらに劇的なものになるでしょう。

IEEE802.3.dbおよびIEEE802.3.cmで開発された技術を使用し、この新しいBiDi MSAは、1芯の100G BiDi、200G BiDiをサポートする2芯ファイバー、さらには進化するQSFP-DDおよびOSFP-XD MSA（それぞれ8レーンと16レーン）に基づいた800Gおよび1.6Tを実現するためのその他ファイバーをも実現する、規格ベースのネットワークを提供します。

2022年2月28日、このMSAは次のように述べています。

「4対平行MMFリンクの大規模なインストールベースを活用し、このMSAは、平行MMFベースの400Gb/s BiDiから800Gb/sおよび1.6Tb/sへのアップグレードパスを実現します。BiDi技術は、40Gb/sから100Gb/sへの2芯MMFリンクのアップグレードパスを提供する方法として、すでに成功実績があります。テラビットBiDi MSA仕様は、現代のデータセンターにおけるスイッチ間、およびサーバーとスイッチ間の相互接続において重要な大容量リンクのアプリケーションに対応するものです」。

「このMSAの結果、同じ平行ファイバーインフラで、40Gb/sから最大1.6Tb/sまでのデータレートに対応できるようになります。MSAの参加企業は、BiDiマルチモードテクノロジーが提供できる800Gb/sおよび1.6Tb/sフォームファクタの低コストかつ低消費電力のソリューションに対する業界のニーズに応えています。Terabit BiDi MSAの詳細については、[terabit-bidi-msa.com](http://terabit-bidi-msa.com)をご覧ください」

出典：terabit.bidi.msa.com

## では、今の進捗状況は？

物事は急速に進んでいますが、驚くことに、これからもっと速く進もうとしています。よい知らせとしては、標準化団体と業界の間で、データセンターを400Gおよび800Gにするための重要かつ有望な開発が進んでいるということです。しかし、技術的な障害をクリアすることは課題の半分にすぎません。もう1つはタイミングです。2~3年ごとのリフレッシュサイクルに加え、新しいテクノロジーが加速度的に生まれているため、事業者にとって移行のタイミングを適切に計ることが難しくなり、うまくいかなかった場合のコストも高くなっています。

たくさんのもので変化しています。CommScopeをはじめとするテクノロジーパートナーは、変化する状況をナビゲートし、長期的な利益のために最善の決断を下すお手伝いをすることができます。

A blue-tinted photograph of a man and a woman in business attire walking on a modern office hallway. The man is holding a folder and looking at it, while the woman is holding a coffee cup and a tablet. The background shows a large glass-walled building.

# 6 / ネットワークエッジでのMTDC

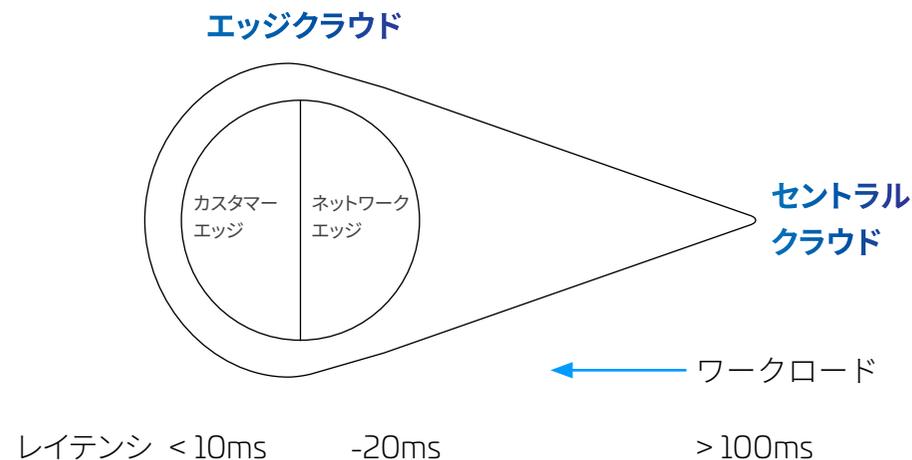
「エッジコンピューティング」や「エッジデータセンター」は、近年IT業界で一般的になってきた用語です。マルチテナントデータセンター（MTDC）は、ネットワーク上での場所を活かしてエッジで活用されるようになってきています。その方法と理由を理解するためには、まず「エッジ」を定義する必要があります。

## 「エッジ」とは何か？そしてそれはどこにあるのか？

「エッジ」という言葉は、名前から想像されるよりもネットワークのコアに近い位置にある場合もあるため、やや誤解を招きやすいですが、具体的なエッジの定義は1つではなく、2つあります。

1つ目の定義は、超低レイテンシのアプリケーションをサポートするために顧客の構内に配置されたカスタマーエッジです。例としては、5Gによって実現された完全自動化ロボティクスをサポートするためにネットワークが必要な製造工場が挙げられます。

2つ目の定義は、ネットワークコアに向かって配置されたネットワークエッジです。このパラダイムは、クラウド型運転支援や高解像度ゲーミングなどのアプリケーションに必要とされる低レイテンシをサポートするために役立ちます。MTDCが活躍するのはネットワークエッジです。



## 柔軟な対応能力

顧客の多様な構成に柔軟に対応できるMTDCは、ネットワークのエッジという場所と、人口密集エリアへの近接という利点を十分に生かすことができます。一部のMTDC顧客は、自社の要件を理解したうえで、自社設備を配備します。その他オフプレミスからMTDCに運用を移行する顧客は、アプリケーション支援に関して専門家のガイダンスが必要となります。成功するMTDCは、両方のシナリオに対応する準備が整っている必要があります。

運用の柔軟性が必要とされるのは、最初の立ち上げだけではありません。MTDC内の接続性は、最初だけでなく、それ以降も柔軟である必要があります。この柔軟性を可能にするには、基盤、つまり構内配線を考慮する必要があります。顧客ケージ内での柔軟性のために推奨されるアーキテクチャは、リーフ／スパイン型アーキテクチャに基づいています。24芯または16芯MPOなどの芯数の多いトランクケーブルを使用する場合、リーフ／スパイン型スイッチ間のバックボーンケーブル配線は固定したままにすることができます。これは、将来のネットワーク速度をサポートするために十分な数のファイバーがあるためです。

例えば、イーサネット光トランシーバがデュプレックスポートからパラレルポートへ、またその逆へと変化しても、スパインまたはリーフキャビネットに出入りするモジュールと光ファイバーの体裁を変える必要があるだけです。これにより、トランクケーブル配線の撤去と交換の必要がなくなります。

リーフ／スパイン型アーキテクチャを導入した後、MTDCがケージへの、およびケージ内での将来の速度と帯域幅の需要に容易に対応できるようにするために、さらに考慮すべきことがあります。これを実現するためには、サーバーキャビネットとそのコンポーネントに目を向け、これらのラックへのケーブル配線経路が、特に新しいサービスや顧客の導入といった、将来の移動、追加、変更に対応できる十分なスペースを備えているかどうかを判断する必要があります。また、追加や変更はシンプルかつ迅速に行う必要があります。場合によっては遠隔地から行われることも念頭に置いておく必要があります。このような場合、自動インフラ管理システムは、ネットワーク全体のパッシブ接続について監視、マッピング、文書化を行うことができます。より多くのアプリケーションやサービスが市場に導入されるに従い、手動によるケーブル配線ネットワークの監視・管理は、近い将来実用的ではなくなるでしょう。



MTDCがどのようにエッジでの活用のために最適化できるかについての詳細は、CommScopeの最近のホワイトペーパー、「**ネットワークエッジでMTDCを待ち受ける新たな課題と機会**」をご覧ください。

A blue-tinted photograph of a server room aisle. The aisle is lined with server racks on both sides, receding into the distance. A person is standing in the middle of the aisle, looking down at a device or document. The ceiling has circular light fixtures. The overall scene is clean and professional, representing a data center environment.

7 /

# 5G対応の世界で進化する データセンターの役割

数十年の間、データセンターはネットワークの中心、あるいはその近くに位置していました。企業、通信事業者、ケーブル事業者、そして最近ではGoogleやFacebookなどのサービスプロバイダーにとって、データセンターはITの心臓部であり、筋肉でした。

クラウドの出現によって、現代のデータセンターの中心的な重要性が強調されています。しかし、耳を澄ませば、変化の音が聞こえてきます。

5GおよびIoTへのネットワーク移行が計画される中で、IT管理者はエッジに重点を置くようになっており、より多くの容量と処理能力をエンドユーザーの近くに配置する必要性が高まっています。それに伴い、データセンターの役割も再評価されています。

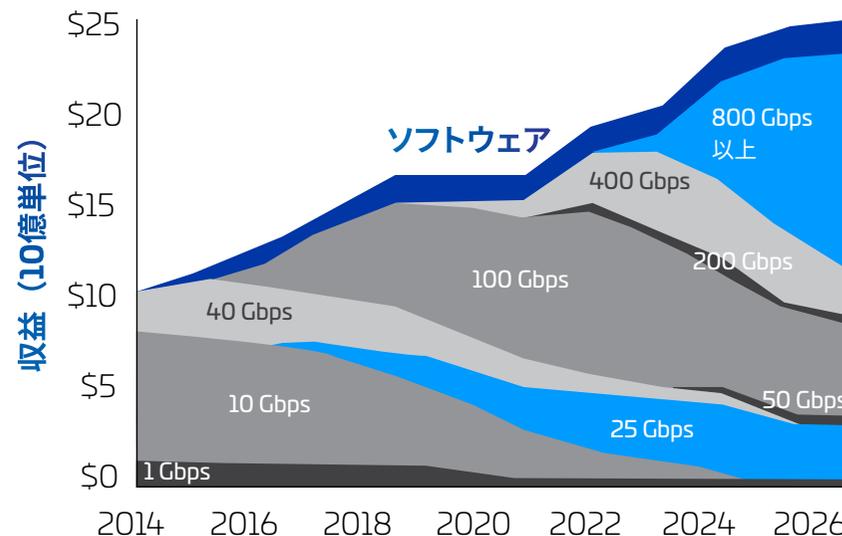
ガートナー<sup>1</sup>によると、2025年までに企業が生成したデータの75%がエッジで作成および処理されるようになると予測されています（2018年はわずか10%）。

同時に、データ量はさらにギアを上げようとしています。自律走行車1台が1時間走行すると平均で4Tのデータが生成されます。

<sup>1</sup>What Edge Computing Means for Infrastructure and Operations Leaders（インフラと運用のリーダーたちにとってエッジコンピューティングとは何を意味するか）、Smarter with Gartner、2018年10月3日

ネットワークは現在、既存のデータセンターへの投資を犠牲にすることなく、エッジベースのトラフィック量の大規模な増加とシングルデジタルレイテンシ性能の要求に対応する最善の方法を模索しています。

East-Westのネットワーク接続やピアツーピア冗長ノードへの多額の投資は、データが作成される場所でより多くの処理能力を構築することと同様に、答えの一部となっています。しかし、データセンターはどうでしょうか。データセンターはどのような役割を果たすのでしょうか。



出典：650 Group、Market Intelligence Report December 2020（マーケットインテリジェンスレポート2020年12月）

## AI/MLのフィードバックループ

ハイパースケールおよびクラウドスケールデータセンターの将来的なビジネスケースは、その巨大な処理能力とストレージ容量にあります。エッジでのアクティビティが加熱するにつれ、データの処理を可能にするアルゴリズムを作成するデータセンターの力が必要になってきます。IoTを活用する世界で、AIとMLの重要性を過小評価することはできません。それを実現するデータセンターの役割も同様です。

AIやMLを推進するために必要なアルゴリズムの生成には、膨大な量のデータ処理が求められます。コアデータセンターでは、より大きなCPUと、テンソルプロセッシングユニット（TPU）やその他の特殊ハードウェアを組み合わせたデプロイメントが始まっています。さらにこの試みには、高度なスイッチレイヤがサーバーの列にフィードする非常に高速で大容量のネットワークが必要です。これらすべてが同じ問題に取り組んでいます。AIモデルとMLモデルは、この集中的な取り組みの成果です。

プロセスのもう一方で、AIモデルとMLモデルは、ビジネスに最大のインパクトを与えることができる場所に配置される必要があります。例えば、顔認識などのエンタープライズAIアプリケーションの場合、超低レイテンシの要件があるため、コアではなくローカルに展開する必要があります。しかし、モデルは定期的に調整する必要があり、アルゴリズムの更新および改良のために、エッジで収集されたデータはデータセンターにフィードバックされます。

## サンドボックスで実行するか、自社所有するか

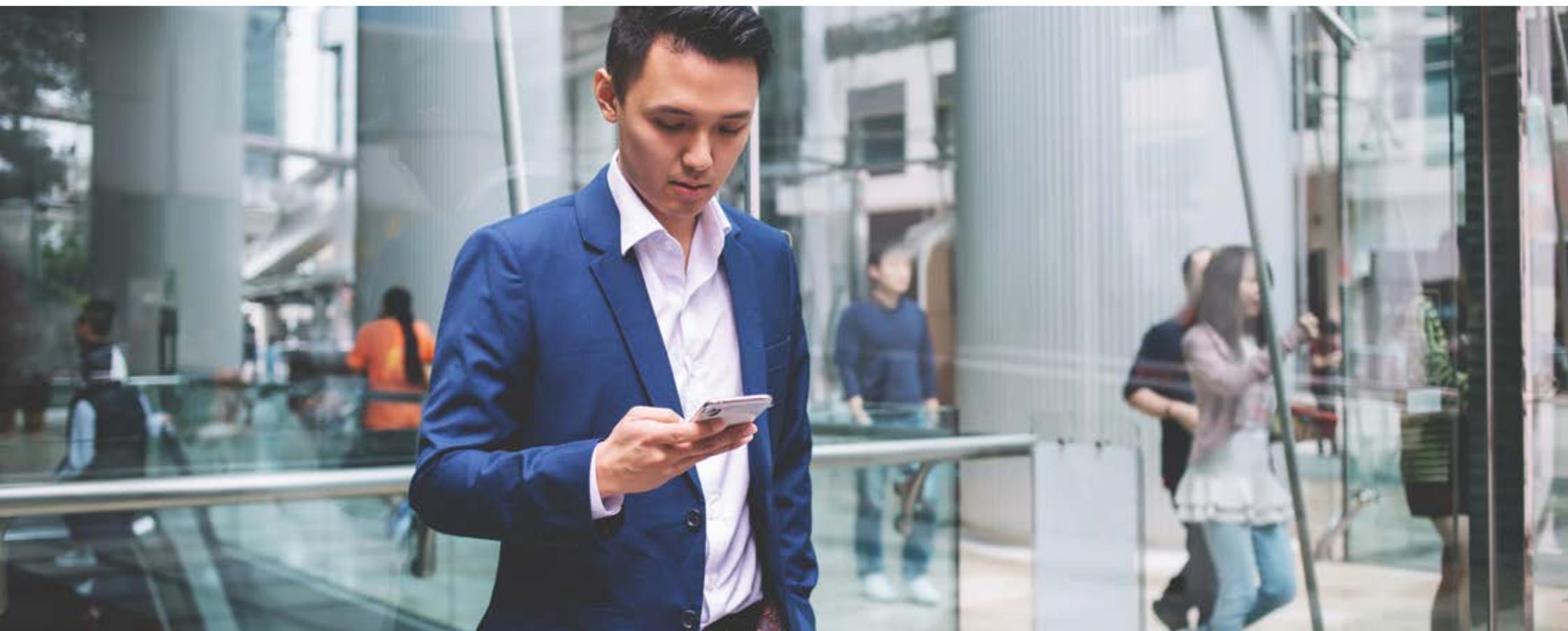
AI/MLのフィードバックループは、データセンターがどのように、より広範で多様なネットワークエコシステムを（支配するのではなく）サポートする必要があるのかを示す一例です。ハイパースケールデータセンターの最大手企業にとって、より分散化された、コラボレーティブな環境への適応は容易ではありません。彼らのプラットフォーム上にて、ユーザーはAIやMLを実行したり、エッジにアクセスしたりしますが、それが必ずしも自社の施設内である必要はないことを確認したいと考えています。

AWS、Microsoft、Googleなどのプロバイダーは現在、プライベートデータセンターや本社、企業内のオンプレミスといった顧客のロケーションに大量のキャパシティを押し込もうとしています。これにより、顧客はプロバイダーのプラットフォームを使用して、自社の施設からクラウドベースのアプリケーションを構築し、実行することが可能になります。これらのプラットフォームは多くの通信事業者のシステムにも組み込まれているため、顧客は通信事業者が存在する場所であればどこでもアプリケーションを実行することができます。このモデルはまだ黎明期にありますが、顧客により高い柔軟性を提供する一方で、プロバイダーはエッジでのコントロールと所有権主張が可能になります。

一方、その他のモデルはよりオープンでインクルーシブなアプローチをうかがわせています。エッジデータセンターメーカーは、標準化されたコンピューティング、ストレージ、ネットワークリソースを備えたホスト型データセンターを設計しています。ゲーム会社などの小規模な顧客は、仮想マシンを借りて顧客をホストすることができ、データセンター事業者はレベニューシェアモデルで課金します。エッジへのアクセスを競う中小企業にとって、これは魅力的なモデルです（彼らにとっては唯一の競争手段であるかもしれません）。

## 基礎的な課題

次世代ネットワークの展望が見えてきたら、業界は実装の課題に立ち向かう必要があります。データセンターでは、それがどのようなものになるかがわかっています。サーバー接続はレーンあたり50Gから100Gになり、スイッチング帯域幅は25.6Tbに増加し、100Gbテクノロジーへの移行によって、800Gのプラガブルモジュールが登場することになります。



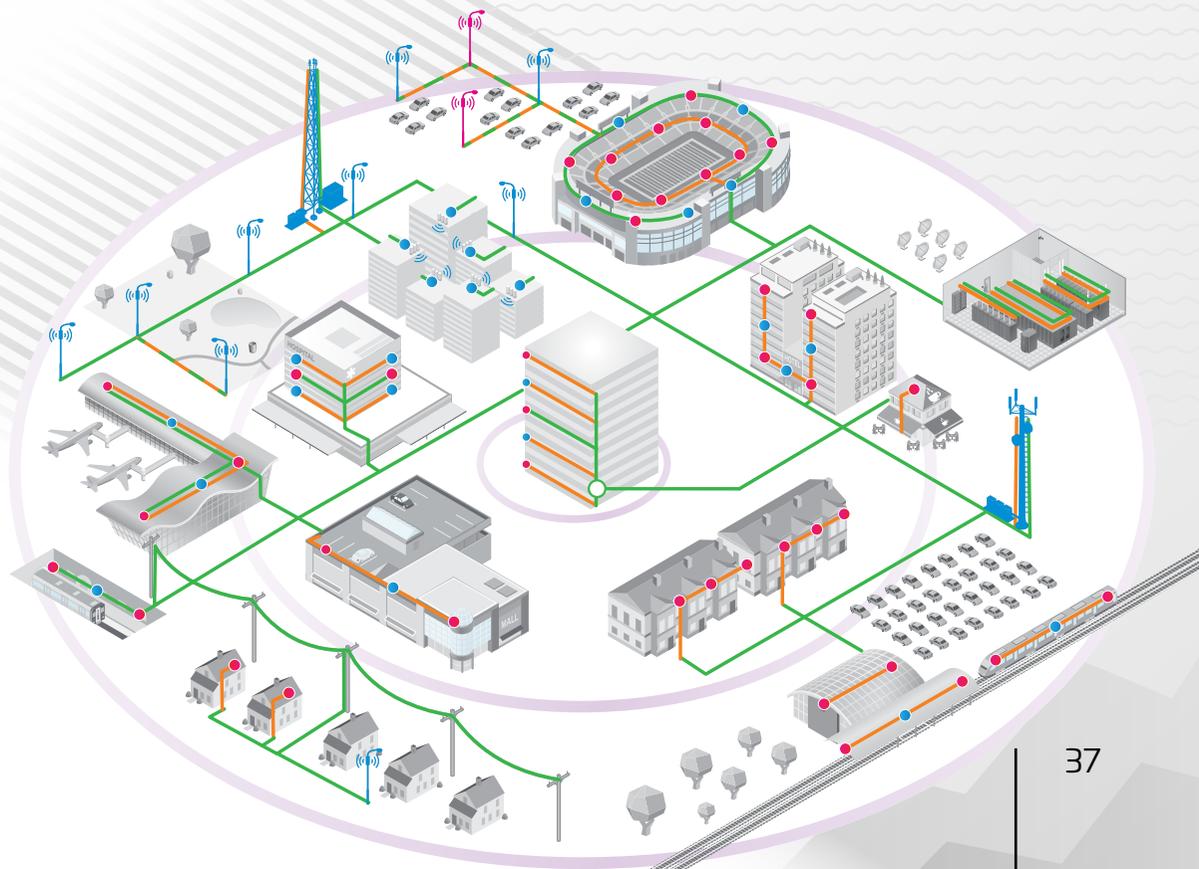
あまり明確でないのは、コアからエッジまでのインフラをどのように設計するかです。具体的には、DCIアーキテクチャとメトロおよび長距離接続をどのように実行し、高冗長性のピアツーピアエッジノードをサポートするかです。もう1つの課題は、膨大な量のトラフィックの管理とルーティングに必要なオーケストレーションとオートメーション機能を開発することです。業界が5G/IoT対応ネットワークに向けて動き出している中で、これらの問題は最重要課題となっています。

## 共同でそこに到達

確実にわかっていることは、次世代ネットワークの構築と実装には協調した取り組みが必要であるということです。

エッジでは複製できない低コストかつ大容量のコンピューティングとストレージを提供するデータセンターには、果たすべき役割が確かにあります。しかし、ネットワーク内での任務がより分散化されるようになると、データセンターの仕事はより大きなエコシステムのそれに従属するようになります。

それらすべてを結びつけるのが、コアから始まってネットワークの最も遠いエッジまで広がった、より高速で信頼性の高い物理層です。従来のイーサネット光テクノロジーおよびコヒーレント処理テクノロジーを搭載した、このケーブル配線と接続プラットフォームが、容量を増大させます。コパッケージドオプティクスとシリコンフォトニクスを備えた新しいスイッチが、ネットワークの効率性をさらに高めます。そしてもちろん、超多芯のコンパクトなケーブル配線にパッケージされた、さらに多くのファイバーが、あらゆる場所でネットワークパフォーマンスの進化を支えるでしょう。





8 /  
構内を越えてクラウドへ：  
何がMTDC接続を促進しているのか？

データセンター、特にマルチテナントデータセンター（MTDC）で作業をするという、信じられないような時代になりました。最近では機械、電気、冷却の設計において多くの進歩が見られます。これからは、テナントがクラウドプラットフォームとの間で迅速かつ容易に拡張・縮小が可能となる、物理層の接続性に焦点が移っていきます。

MTDCの内部では、顧客ネットワークが急速にフラット化し、データ主導型の需要の増加に対応するために東西へと広がっています。かつての異種、ケージ、スイート、フロアが今では相互接続され、IoT管理、拡張現実クラスタ、AIプロセッサなどのアプリケーションに対応できるようになっています。しかし、これらのデータセンター内への接続、およびデータセンター内部での接続は遅れています。

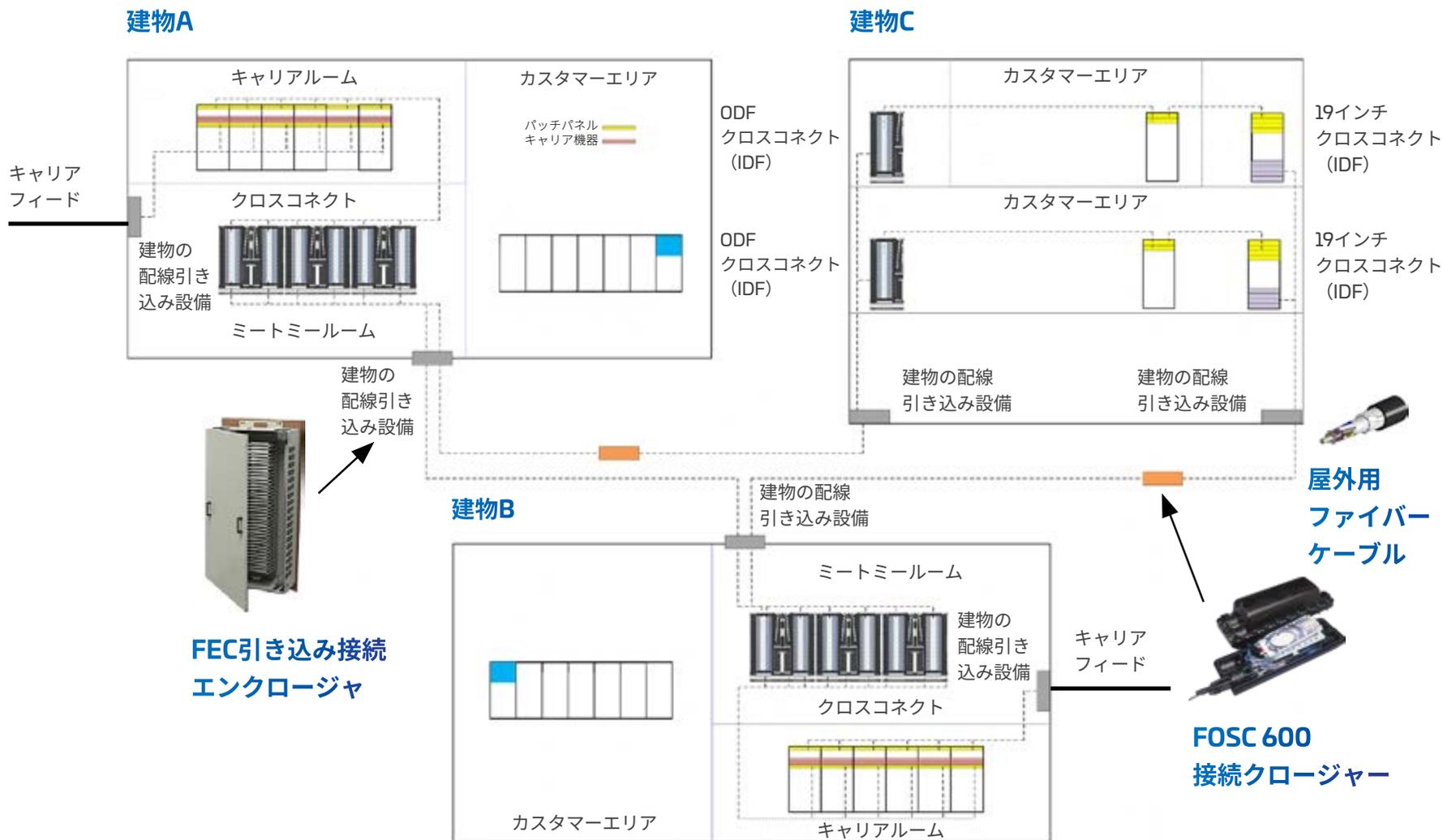
このような接続におけるギャップに対処するため、MTDCプロバイダーは仮想ネットワークをクラウドオンランプ（Cloud on-Ramp）として使用しています。パブリック、プライベート、およびハイブリッドクラウドネットワーク内とその間を接続するケーブル配線アーキテクチャの設計は困難です。以下で、MTDCがクラウド相互接続へのスケーラブルなアプローチの形成に使用している多くのトレンドと戦略のほんの一部を紹介します。



## MTDC構内の接続

クラウド接続の課題は、屋外施設から始まります。芯数の多いケーブル配線と多様なルーティングを使用することで、現在の建物と将来の建物間におけるメッシュが可能になります。施設に入る前に、これらの屋外施設（OSP）のケーブルは、データホール内で接続クローザーを使用して

内部／外部ケーブルに接続し、分配することができます。これは、配線引き込み設備のパネルやフレームが、あらかじめ光ファイバーケーブルの終端処理済みである場合に適用されます。または、芯数の多い光ファイバー引き込みキャビネット（FEC）を使用して、各建物の配線引き込み設備（EF）内にすばやくOSPを接続することもできます。



構内に追加の建物が建設されると、それらの建物はデータセンター1から供給を受けます。その結果、あらゆる建物内における任意の2つのレイヤー間のネットワークトラフィックを構内で簡単にリダイレクトすることができ、可用性を高め、ネットワークダウンタイムの可能性を低減することができます。

これら建物の相互接続では、高密度のローラブルリボンファイバーケーブルの使用が増えています。固有のクモの巣状の構成により、ケーブル全体の構造をより小さく、より柔軟にすることができ、既存の内部ダクトに3,456芯以上のファイバーを入れたり、この目的のために新しく作成された、より大型の集合ダクトを最大限まで利用したりすることが可能になります。ローラブルリボンケーブルは、従来のパッケージされたファイバーの2倍の密度を提供します。その他にも、以下のような利点があります。

- より小さく、軽いケーブルで取り扱い、設置、およびサブユニットのブレイクアウトが簡素化される
- 曲げ方向性がなく、設置ミスリスクが軽減される
- 容易な分離と識別可能なマーキングで、準備/スプライス、コネクタ化が容易
- より細いケーブルがクロージャー、パネル、ハンドホールによりタイトな曲げ半径を提供する

## 配線引き込み設備の接続性を向上

数千のOSPファイバーが集約され、ISPファイバーに接続されるEF内部では、管理性を重視したことで、FECやODF（光配線盤）が大幅に改善されています。

ODFは、ファイバー設備の戦略的な管理ポイントとして見落とされがちです。しかし、滞っている容量を正確に特定して確保し、再利用できるかどうかは、構内全体の接続性向上が数日で済むか、または数ヶ月を要するかの違いとなる可能性があります。

CommScopeが提供するFECのオプションには、10,000芯以上のファイバーに拡張可能な、床設置型、壁掛け型、ラックマウント型の設計があります。その他の利点として、以下のようなものがあります。

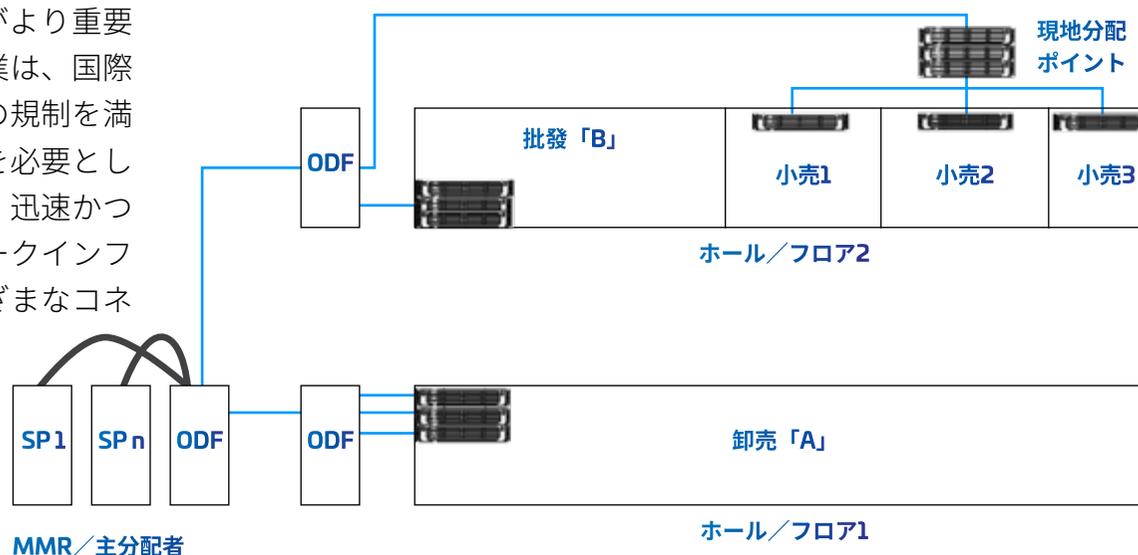
- 大量融着接続のための高いトレイ密度
- OSPからISPケーブルへの混乱のない移行
- 芯数の多いケーブルをより小さなケーブル数に分割する能力

ODFは、最新のミートミールーム（MMR）の円滑な運用に不可欠であり、また、最初に通信・放送ネットワーク用に開発されて以来、長い道のりを歩んできました。例えば、直感的なルーティング機能を内蔵したODFは、一列に並べて配置し、パッチコード1本の長さで5万芯以上のファイバーをサポートすることができます。機械的にも、ODFは前面パッチコードの管理に優れており、在庫管理および設置業者による設置作業の両方を簡素化することができます。

シングルエンドコネクタケーブル配線への需要が拡大し続ける中、芯数の多い終端処理済みケーブルを接続する機能がアセンブリに組み込まれています。

## MTDC内でのクラウド接続をサポート

ITアプリケーションがオフプレミスからパブリッククラウドおよびプライベートクラウドの領域に移行するのに伴い、MTDC構内のクラウドプロバイダーへのアクセスがより重要性を増しています。クラウドプロバイダーや大企業は、国際的に事業を展開しているため、各地域における国の規制を満たすために、さまざまなケーブル構造や耐火等級を必要とします。また、設置業者のスキルセットに関係なく、迅速かつ一貫性のある拡張を可能にする、自社のネットワークインフラストラクチャアーキテクチャに合わせた、さまざまなコネクタの種類や芯数を要求します。



当然、クラウド接続の要件は、テナントの種類によって異なります。例えば、プライベートクラウドやハイブリッドクラウドを使用する従来型の企業では、ケージ（またはスイート）へ、またはそれら内部での接続の低密度化が求められる場合があります。

MMRからケージ／スイートを接続するために、MTDCは現在、標準として、初日から12および24SMFの増分でファイバーを展開しています。テナントが退去した後、ケーブルの撤去にケーブル取り出しの重作業は求められません。MTDCは、再構成された空き空間に敷設された「最後の接続」部分の配線を巻いておき、別のケージまたは区分の場所に再配置するだけで再利用できます。これらケージ内の構内配線（通常100キャビネット以下、ただしこれに限定されない）は、民間および公共プロバイダーへの拡張可能な接続性を実現します。

一方で、クラウドサービスプロバイダーは、広範囲で非常に変動しやすい接続の要件を有します。これらケースへの芯数は一般に企業よりもはるかに多く、ケースを構内全体で直接接続することもあります。これらのプロバイダーは、年に複数回新しい物理インフラケーブル配線を導入し、設備投資を考慮した設計を常に評価・改良しています。

これには、光トランシーバからAOC、ファイバータイプ、終端処理済みコンポーネントまで、あらゆるものの費用対効果を精査することが含まれます。

通常、MTDCへのクラウドプロバイダーのケーブル接続は、より芯数の多い多様なケーブルルーティングと組み合わせて使用し、障害点をより少なくします。最終的な目標は、多様な密度とフットプリントで予測可能なビルディングブロックを提供することです。均一性を達成することは困難な場合があります。なぜなら、トランシーバがより特殊化するにつれ、光トランシーバとコネクタの最適な組み合わせを見つけることがより容易になるのではなく、困難になることが多いからです。

例えば、今日のトランシーバには、コネクタタイプやロスバジェットに関してさまざまな要件があります。もはやデュプレックスSCおよびLCコネクタが、すべての光トランシーバオプションをサポートしているわけではありません。SNコネクタのような、新しいより高密度でアプリケーションに特化したコネクタが、クラウドスケールのネットワークで導入されるようになってきました。そのため、コネクタのフットプリントと芯数の中で最も相互運用性の高いトランシーバを選択することが、最も理にかなっています。

## つながりを維持し、最新情報を取得

MTDC構内全体にわたって、さまざまな建物を相互接続し、小売業や卸売業の顧客の成功に不可欠なクラウドベースの接続性を提供する必要性により、内外のネットワークアーキテクチャで変化が促されています。この将来的な展望は、複雑さを増して広がっていくトピックの表面をなぞったものに過ぎません。

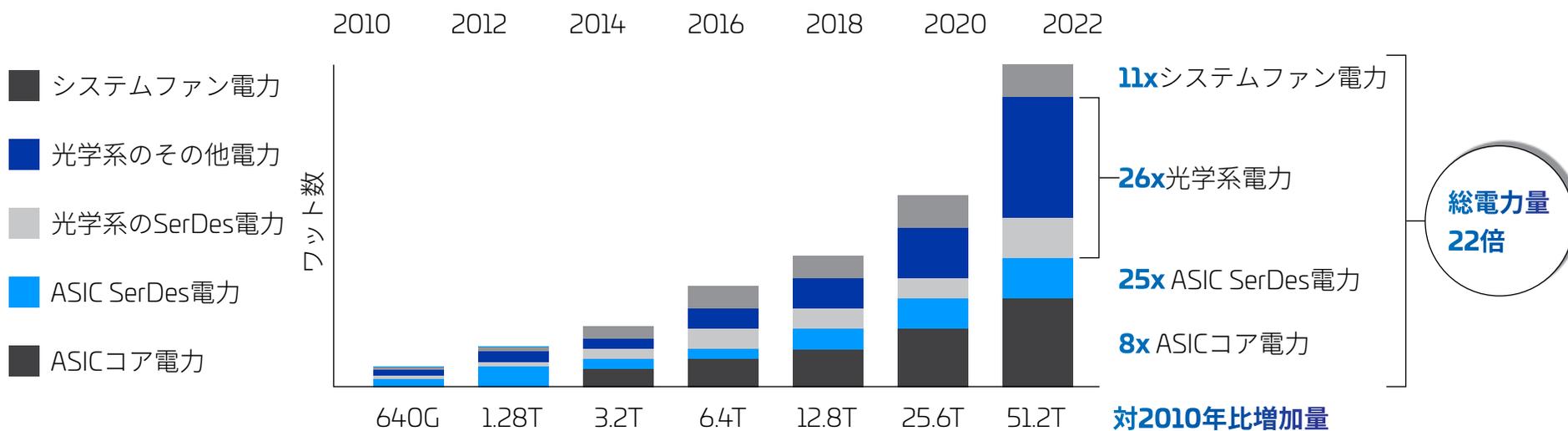
トレンドについての詳しい情報を知り、目まぐるしく変化する展開に遅れを取らないよう、ぜひCommScopeを頼ってください。次に何が起こるのかを知ることがCommScopeの仕事です。



9 /  
1.6Tへの道は、今始まる

急激な成長に向け計画を立てる際の課題は、変化が常に予想以上に頻繁で、破壊的であることです。ハイパースケールやマルチテナントのデータセンター管理者は、身をもってこれを体験しています。400Gや800Gのデータ速度への移行は始まったばかりですが、そのハードルはすでに1.6Tに引き上げられています。競争は激化していますが、データセンター事業者がアプリケーションの容量を増やし、サービスコストを削減することに成功すれば、誰でも勝利することができます。そうすることで、エンドユーザーのコストを下げながら、インターネットのエネルギー効率を高めることができます。しかし、どんな飛躍があっても、あらゆる成功は新たな課題を生み出す源となります。容量が増えれば、より多くのデータを要求し、電力を消費する新しいアプリケーションが生まれ、さらに容量が必要となります。そして、そのサイクルが繰り返されます。

Google、Amazon、Meta（旧Facebook）などが主導する、クラウドサービス、分散型クラウドアーキテクチャ、人工知能、動画、モバイルアプリケーションによるワークロードの爆発的増加は、400G/800Gネットワークの能力をあっという間に上回ることが予想されます。問題は帯域幅容量だけではなく、運用効率も重要です。データネットワークの経費は、配信コスト全体の中でますます大きな割合を占めるようになってきました。そして、そうしたコストは消費電力によって左右されるため、次世代の設計目標につながります。最終的な目標は、ビットあたりの電力を削減し、この驚異的で爆発的な成長を持続可能なものにすることです。



出典：www.ethernetalliance.org/wp-content/uploads/2021/02/TEF21.Day1\_Keynote.RChopra.pdf、2021年1月25日、Rakesh Chopra、Mark Nowell、Cisco Systems

## 電力とネットワークを考える

現代のネットワークスイッチでネットワーク容量を拡大することは、電力要件が対応できなくなることを意味します（この問題は、企業のあらゆる意思決定が、環境の持続可能性を背景に吟味される時代に展開されていることを念頭に置いています）。

ネットワークは、（最も一般的な効率指標である）ビットあたりの消費電力比の削減を迫られており、最終的には5pJ/ビットにまで削減することが目標とされています。ネットワークスイッチの密度（基数）を高めることが、この問題を解決する方法として示されています。その結果が、スイッチの容量と効率の大幅な改善です。

大まかに言えば、スイッチ全体の消費電力に対する懸念が高まっています。2021年のTechnology Exploration Forumにおける基調講演では、スイッチの消費電力が2010年から2022年にかけて22倍に増加していることが示されています。より詳しく見てみると、電力増加の主な要因は、ASICと光トランスミッタ/レシーバ間の電気信号と関連しています。スイッチング速度が上がると電気効率が低下するため、スイッチング速度は電気的速度によって制限されます。現在、その実用的な限界は100Gです。

低消費電力化への道筋は、スイッチング素子の大型化、高効率化、信号速度の高速化、高密度化のトレンドを継続することにあります。理論的に、この道筋は最終的に102.4Tにつながりますが、現在のスイッチ設計から予測すると、この目標は非常に困難であると思われる。そのため、ポイントソ

リューションに基づく戦略を主張する人もいます。これは、電気信号の課題（Flyoverケーブル対PWB）を解決し、プラガブル光学系の継続使用を可能にします。信号速度を200Gに上げることも選択肢の1つであり、レーン数を2倍にする（OSFP-SD）ことも提案されています。さらに、業界を長期的な解決に向かわせるため、プラットフォームアプローチを提唱している別のグループもあります。密度を劇的に高め、ビットあたりの電力を削減する、より体系的なアプローチとして、コパッケージドオプティクス（CPO）があります。

## コパッケージドオプティクスとニアパッケージドオプティクス(CPO/NPO)の役割

CPOとニアパッケージドオプティクス（NPO）の支持者は、1.6Tと3.2Tのスイッチに必要なビットあたりの電力目標を達成するには新しいアーキテクチャが必要であり、CPO/NPOはその目的に適うと主張しています。CPOテクノロジーは、電気信号の到達距離を非常に短く制限するため、リタイマーを排除し、FECスキームを最適化することができるという点で、説得力があります。これらの新技術を大規模に市場に投入するには、ネットワーキングエコシステムを改革する業界全体の取り組みが必要です。新しい標準は、この業界の変革を大きく後押しします。

CPOの課題の1つは、フィールドサービスが可能な光学系がなく、非常に低い故障率（FIT）が要求されることです。これは、フィールドサービスが可能なプラガブル光学系と比較したときに、CPOが達成しなければならないものです。重要なのは、CPOは成熟するまでに時間がかかるということです。

業界では新しい相互運用性の標準が必要となり、サプライチェーンもCPOをサポートするために進化する必要があります。CPOのリスク要因を考慮すると、1.6Tまではプラガブルモジュールが理にかなっているようだとする意見が多くなっています。

スイッチの設計者やメーカーも1.6T（100Gまたは200Gの電気SERDES速度に基づく）向けのプラガブル光学系を提案しています。この道筋では、抜本的な変更を必要としないため、この選択肢のリスクが低くなり、市場投入までの時間を短縮することができます。リスクがない道筋とは言いきれませんが、CPOの道筋よりもはるかに課題が少ないと推進派は主張しています。

## 200G電気信号

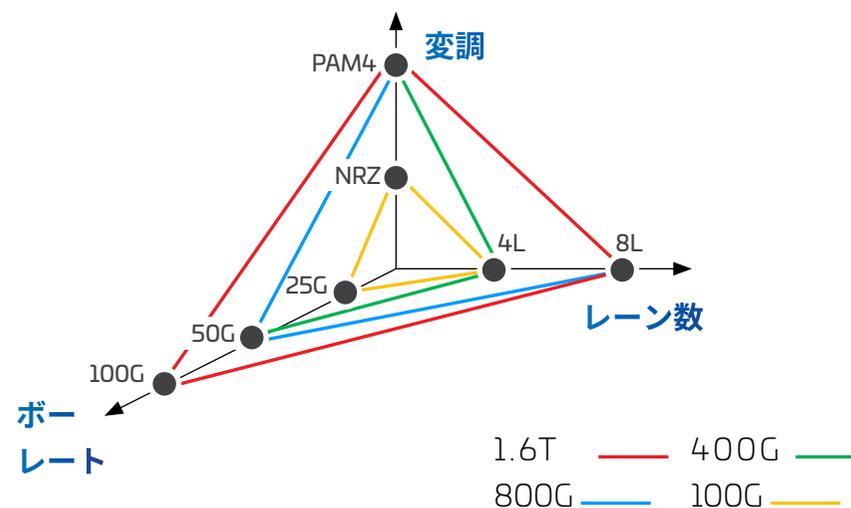
次のスイッチングノード（容量の倍増）への到達は、より多くのI/Oポートまたはより高い信号速度で実現することができます。各選択肢のアプリケーションおよびシステムレベルの要因は、帯域幅がどのように使用されるかに基づいています。より多くのI/Oは、スイッチがサポートするデバイスの数を増やすために使用することができます。一方で、より広い総帯域幅の組み合わせは、より長い到達距離のアプリケーションに使用することができ、より広い帯域幅をサポートするために必要なファイバーの数を削減することができます。

1 OSFP-XD MSAは、合計32本のSMFまたはMMFファイバーをサポートする2つのMP016コネクタのオプションを含む

2 The right path to 1.6T PAM4 optics: 8x200G or 16x100G（1.6T PAM4光学系への正しい道筋：8x200Gまたは16x100G）、Light Counting、2021年12月

2021年12月、4x400G MSAは、16x100または8x200Gの電気レーンオプションと、16レーンのOSFP-XDフォームファクタを介してマッピングされたさまざまな光学系オプションを有する1.6Tモジュールを提案しました。高Radix（ポート数）のアプリケーションでは、100G（おそらくSR/DR 32）で16のデュプレックス接続（32芯）<sup>1</sup>が必要である一方、より到達距離の長いオプションは、200G/400Gで前世代と同じになります。

サプライヤーは200Gレーンの実行可能性を実証していますが、顧客はコストを下げるために十分な200G光学系を製造する能力が業界にあるかどうかを懸念しています。また、100Gの信頼性を再現することや、チップの認定に要する時間の長さも潜在的な問題です。<sup>2</sup>



200Gレーンへの考えられる道筋。出典：Marvell

最終的に、1.6Tへのどの移行ルートでも、より多くのファイバーが必要になります。MPO16は、非常に低い損失と高い信頼性で広いレーンを提供するため、重要な役割を果たすと思われます。また、より高基数のアプリケーションをサポートするための容量と柔軟性も備えています。一方、データセンター内のリンクが短くなるにつれて、低価格の光学系、向上されたレイテンシ、低い消費電力およびビットあたりの電力のパフォーマンスを実現する、マルチモードファイバに諸要素は傾いていきます。

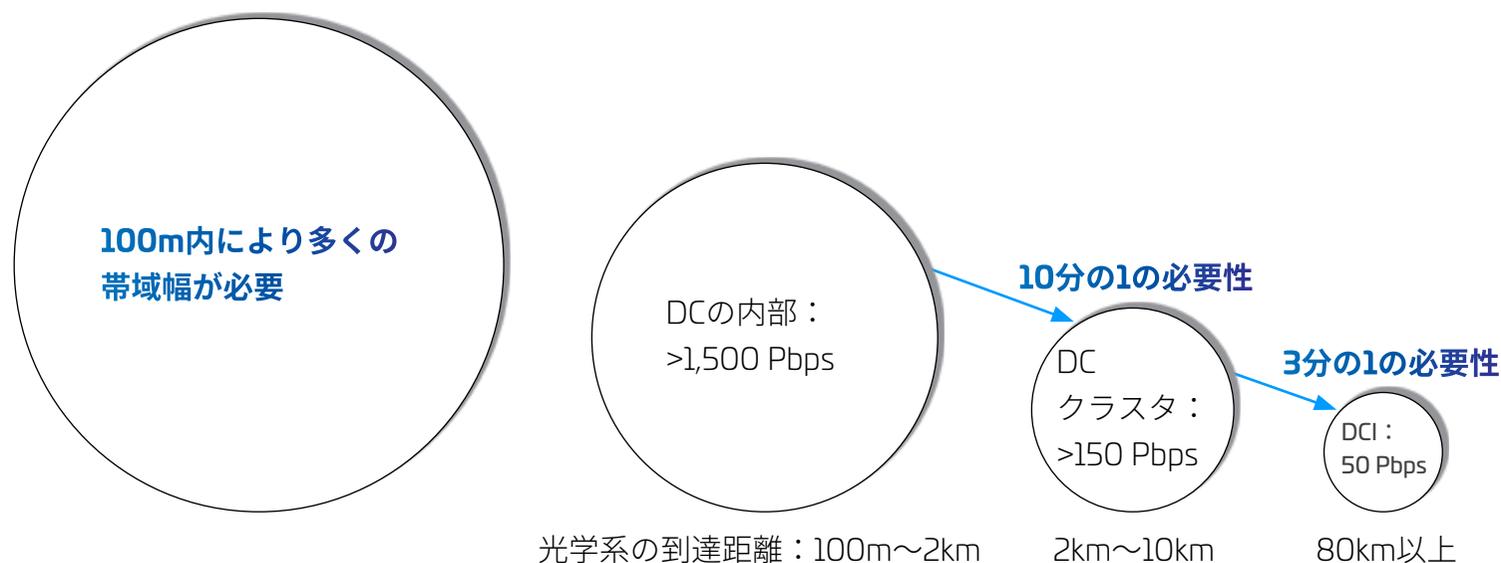
では、長い間予想されていた銅の廃止についてはどうでしょうか。このような高速の場合、ビットあたりの電力と距離の合理的なバランスを達成することが不可能であるため、銅線によるI/Oは非常に限定的になることが予想されます。これ

は、最終的に光学システムが主流になるであろう、短い到達距離のアプリケーションにおいても同様です。

## わかっていること

これらのことから、1.6Tへの最善の道筋は不確定ですが、その各側面は明らかになりつつあります。数年後には、より高い容量、より高い速度、そして効率の大幅な向上が確実に必要とされるでしょう。これら新技術のスケールアップに備えるには、今日から設計と計画を開始する必要があります。

ファイバーインフラをこの未来に対応させるために今すぐ実行できるステップの詳細は、[ja.commscope.com](http://ja.commscope.com)をご覧ください。



AOCとSRの光学系は、100G、400G、およびそれ以上のデータレートでToR、EoR、MoRを占有することになる。  
出典：LightCounting Mega Datacenter Optics Report (LightCountingによるメガデータセンターの光学系に関するレポート)

# そして次は？

物事は急速に進んでおり、その速度は増す一方です。2021年と2022年は誰にとっても予測不能な年でしたが、予期せぬ課題に直面して、データセンターは接続需要の高まりに対応するために、新たなレベルの拡張と成長を経験してきました。そして、2023年以降を見据えたとき、この成長はさらに大きくなることが予想されます。

5GやAIなどのテクノロジーの出現は、データセンター拡張の軌道に沿った重要なステップであり、それが800G、1.6Tスキームなどの基盤を築くこととなります。ネットワークが5GやIoTへのサポートを強化する中、IT管理者はエッジと、より多くの容量を配置する必要性の高まりに全力を注いでいます。ローラブルリボンファイバーケーブルから400G光トランシーバまで、ネットワークプロバイダーは、あらゆるタッチポイントでシームレスなエンドツーエンドの接続を実現するという未来への道をリードし、将来を見据えるソリューションを開発しています。

業界が成長を続けているため、エッジに特化した企業やハイパースケーラー、マルチテナントプロバイダー、システムインテグレーターなどを問わず、誰もが力を発揮できる余地は十分にあります。CommScopeは、常に進化し続けるデータセンター環境で、次に何が起こるのか、何が最前線にあるのかを見据えています。高速化への移行を準備する際のオプションについてご相談があれば、CommScopeにご連絡ください。

# COMMSCOPE®

## ja.commscope.com

当社ウェブサイトを開覧するか、最寄りのCommScope  
代理店へ詳細情報をお問合せください。

© 2022、CommScope, Inc. 無断複製・転載を禁じます。™または®で識別されるすべての商標は、米国における商標または登録商標であり、その他の国でも登録されている場合があります。すべての製品名、商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。本文書は計画目的でのみ利用するものとし、CommScope製品やサービスに関連したいかなる仕様や保証を修正または補完するものではありません。CommScopeは業務の倫理性と環境持続性の最高水準を保つことに取り組み続けます。世界中にまたがる多数のCommScope施設が、ISO 9001、TL 9000、ISO 14001を含む国際規格への準拠を認証されています。

CommScopeの取り組みに関する詳細情報は、こちらのサイトをご覧ください：[www.commscope.com/About-Us/Corporate-Responsibility-and-Sustainability](http://www.commscope.com/About-Us/Corporate-Responsibility-and-Sustainability)。

EB-115375.1-JA (07/22)