



@Tokyo

データセンター入門（ネットワーク編）

株式会社 アット東京 事業企画部/サービス戦略部

水戸 和

<mito.wataru@attokyo.co.jp>

注意:今回は“ネットワーク編”としてファシリティ“以外”に焦点を当て解説します
(ファシリティについては[IW2024の発表](#)をご参照ください)

データセンターサービスの構成

- 場 → サーバーやNW機器を置く場所(フロア/ラック(nU)、床耐荷重(kg/m²))
×
- 電 → サーバーやNW機器に供給する電力(AC100/200V、DC-48V×n A)
×
- 空(冷) → サーバーやNW機器から排出される熱を適切に取り除く(n kW)
×
- 通信 → サーバーやNW機器に対して、他システム等との接続性を提供する

本プレゼンテーションでは接続性サービスである“構内配線サービス”と“DCIサービス”について、それら“を”支える/それら“が”支える技術と合わせて解説します。

自己紹介

【なまえ】 水戸 和 (みとわたる)

【しよぞく】 株式会社 アット東京

企画本部 事業企画部 兼 サービス戦略部

【おしごと】 企画≡なんでもや

【はまっているもの】 山梨、くさむしり検定(5級)

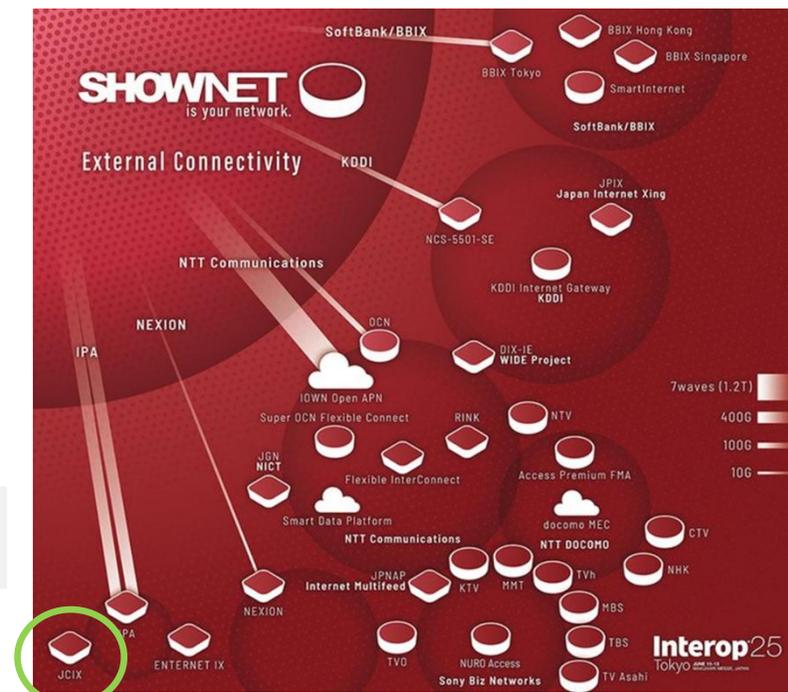
こんなプロジェクト
やっています。

JCIX

Japan Community IX

JCIX

Peers	Connections	Open Peers	Total Speed
25	26	11	767G

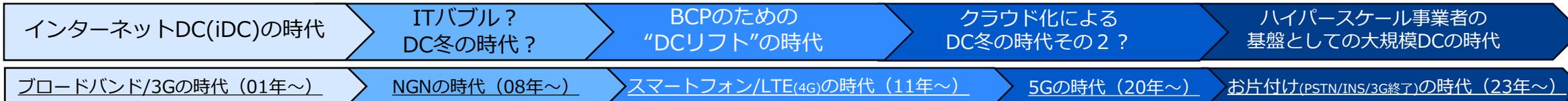


会社紹介:アット東京の歩み

2000

2010

2020



Equinix TY1
アルテリア Comspace1
BBT 第1センター
(2000年)

ほくでんIT H-IX
アット東京 CC1
(2001年)

Colt 塩浜DC
クロスウェイブコミュニケーション
(現NTT-com)横浜/埼玉DC
(2002年)

Equinix TY2
(2007年)

IDCF 北九州
オプテージ 心齋橋DC
アット東京 DC3
(2008年)

さくらインターネット 石狩DC
Colt 印西DC
IIJ 松江DCP
(2011年)

IDCF 白河
CITS 西東京DC 1期棟
オプテージ 梅田北DC
アット東京 CC2
(2012年)

Equinix TY4/OS1
STNet Powerico 第2
MCDR HND11
(2013年)

KDDI 大阪第二
QTnet QD2
SCSK netXDC SI2
(2015年)

エネコム Enewings 広島
(2016年)

MCDR KIX10
IIJ白井DCP
(2017年)

NTT-SMC 北浜
(2018年)

QTnet QD3
HOTnet S.T.E.P札幌
アット東京 KC1/DC12(大阪)
(2019年)

Equinix OS3/OS2x/TY12x
Digital Edge OSA1
MCDR NRT10
NTT-com 大阪第7
アット東京 KDC3(大阪)/QC1(九州)
(2021年)

NTT-SMC 曾根崎
(2022年)

Colt 京阪名
アット東京 CH1(広島)/OK1(沖縄)
(2023年)

Equinix TY15
Stack TKY01
STT-GDC Tokyo1
LL/PDG TY1
ESR OS1
アット東京 CC3/SK1(高松)
(2024年)



インターネットの歴史から見るデータセンター

2000

インターネットDC(iDC)の時代

データセンターなんでもランキングmonthly (2023年11月)
調査：2023年10月31日

クラウド&データセンター完全ガイドでは各事業者アンケート調査を行い、データセンターの基本スペックや提供サービスを更新のうえ、掲載している。そのデータをもとに、データセンター選択の際にポイントとなる、「バックホーン回線容量」、「総床面積」、「ラック料金」、「専有回線料金」のトップ20をランキング形式で紹介するのがこの【データセンターなんでもランキング】である。今回は2023年11月度のランキングを掲載する。

※なお、実際の契約にあたっては、各データセンターご確認ください。

順位	事業者	容量
1	アルテリア・ネットワークス「ComSpace」	5,300Gbps
2	オプテージ「オプテージデータセンター」	4,910Gbps
3	QTnet「QT PROデータセンターサービス」	2,040Gbps
4	エクイニクス・ジャパン	2,039Gbps
5	さくらインターネット「さくらインターネットデータセンターサービス」	1,560Gbps

クラウド&データセンター完全ガイド
データセンターなんでもランキングmonthly

2010

ITバブル?
DC冬の時代?

BCPのための
“DCリフト”の時代

基本スペック	
回線数	：—
接続 (IX, ISP)	： JPIX、JPNAP、BBIX、dix-ie、KINX (韓国) ほか ISP 多数と接続
所在地	： 東京都内 (4ヶ所)
総床面積	： 202,400 m ²
総ラック数	：—
稼働サーバー数	：—
常駐スタッフ数	：—
入退室認証	： IDカード、生体認証、有人対応
セキュリティ認証	： ISO 27001、プライバシーマーク、PCI DSS
顧客例	： 金融、官公庁、一般企業、通信事業者、クラウド事業者、Sier、IX、ISP、コンテンツプロバイダほか

インプレス社刊 クラウド&データセンター完全ガイド
アット東京基本スペック(22年春号以降休刊)

2020

クラウド化による
DC冬の時代その2?

ハイパースケール事業者の
基盤としての大規模DCの時代

TOKYO CARRIER HOTELS - TOP 10 MOST INTERCONNECTED DATA CENTRES							
COMPANY	DC NAME	SR REGION	SR AGGREGATE ECOSYSTEM	CLOUDSCENE		PEERING DB	
				PROVIDERS	NETWORK FABRICS	PEERS (NETWORKS)	IX'S
Equinix	TY2	Central Tokyo	2,650	105	13	103	7
@TOKYO	CC1	Central Tokyo	2,163	46	10	100	7
Equinix	TY4	Central Tokyo	2,113	66	7	54	5
Equinix	TY8 - A	Central Tokyo	1,248	30	6	109	2
Digital Edge	TY02	Central Tokyo	1,217	13	4	26	4
SCSK	SI3 (Ohiba Center 3)	East Tokyo	1,209	-	-	-	2
NTT DATA	Otemachi Building	Central Tokyo	965	-	-	51	5
MC Digital Realty	NRT10	East Tokyo	936	17	6	6	3
Colt DCS	Colt Tokyo Shiohama (TDC1)	Central Tokyo	911	5	4	13	3
@TOKYO	CC2	Central Tokyo	831	14	3	100	1

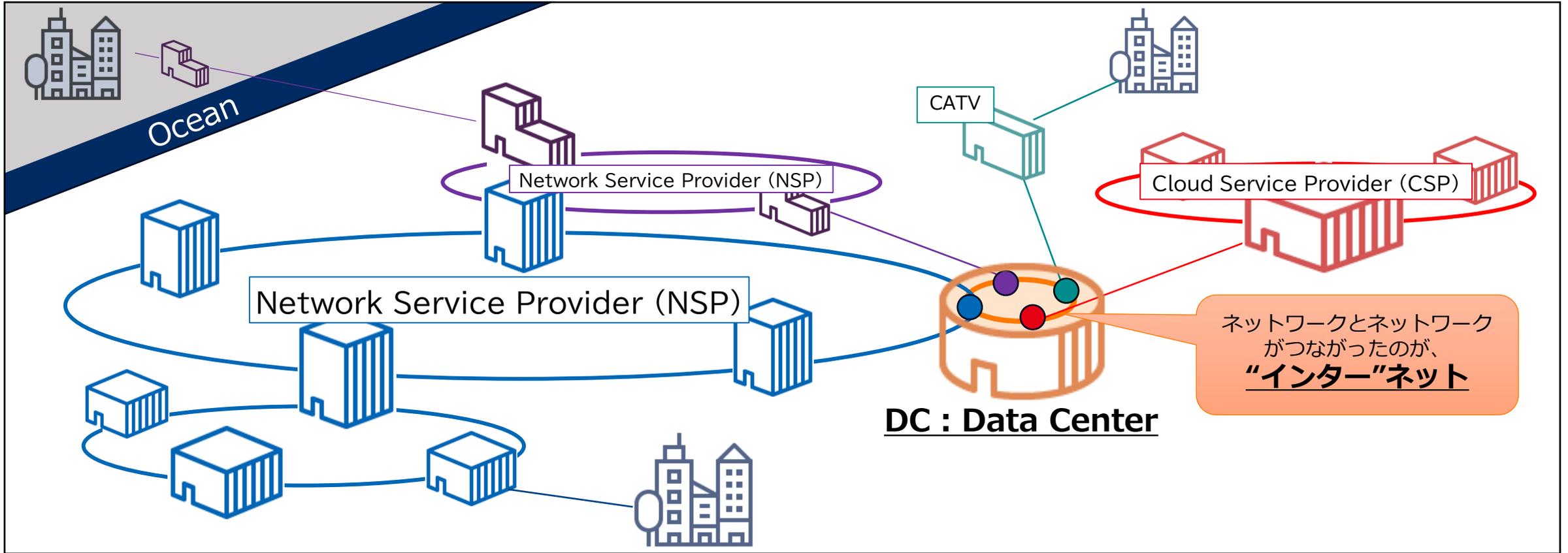
Structure Research DCI Report Series TOKYO+OSAKA Sept.2024 抜粋

インターネットを
“つかえる”データセンター

インターネットを
“えらべる”データセンター

インターネットを
“つくれる”データセンター

通信ネットワークを支える建物・建築物たち(の一つがデータセンター)



様々なネットワークに支えられ、様々なネットワークを支えるのが“データセンター”
(特に後者の役割が強いデータセンターは“コネクティビティデータセンター”、“ネットワークデータセンター”と呼ばれることもあります。)

-第1章-

建物/設備

データセンター どう選ぶ？

-入線設計

-配線設備

-信頼性設計

データセンター(NW目線で) どう選ぶ？

COMPANY	DC NAME	SR REGION	SR AGGREGATE ECOSYSTEM	CLOUDSCENE		PEERING DB	
				PROVIDERS	NETWORK FABRICS	PEERS (NETWORKS)	IX'S
Equinix	TY2	Central Tokyo	2,650	105	13	103	7
@TOKYO	CC1	Central Tokyo	2,163	46	10	100	7
Equinix	TY4	Central Tokyo	2,113	66	7	54	5
Equinix	TY8 - A	Central Tokyo	1,248	30	6	109	2
Digital Edge	TY02	Central Tokyo	1,217	13	4	26	4
SCSK	SI3 (Chiba Center 3)	East Tokyo	1,209	-	-	-	2
NTT DATA	Otemachi Building	Central Tokyo	965	-	-	51	5
MC Digital Realty	NRT10	East Tokyo	936	17	6	6	3
Colt DCS	Colt Tokyo Shiohama (TDC1)	Central Tokyo	911	5	4	13	3
@TOKYO	CC2	Central Tokyo	831	14	3	100	1

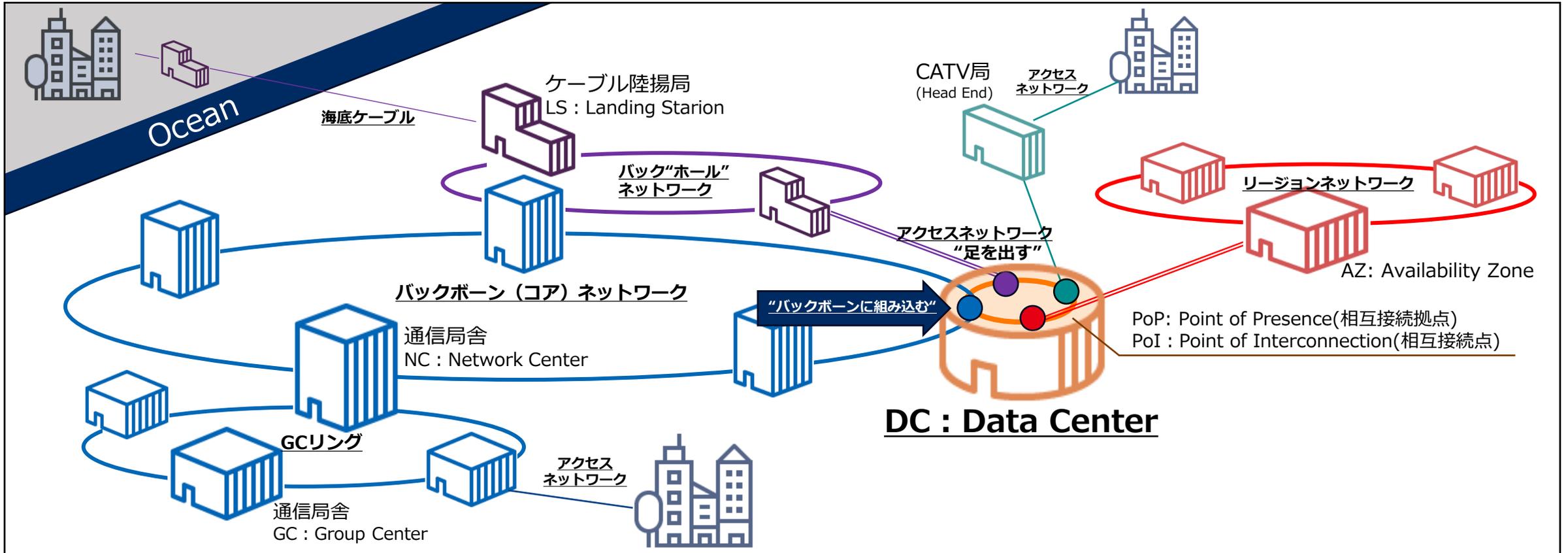
Structure Research DCI Report Series TOKYO+OSAKA Sept.2024 抜粋

SR Aggregate Ecosystem 4つのポイント

- ネットワークプロバイダー(NSP)が集まっていること
- ネットワークファブリックが集まっていること(3章にて解説)
- ASがあつまっていること
- IXがあつまっていること

データセンターオペレータ目線で見ると、接続性のよいデータセンターとは？

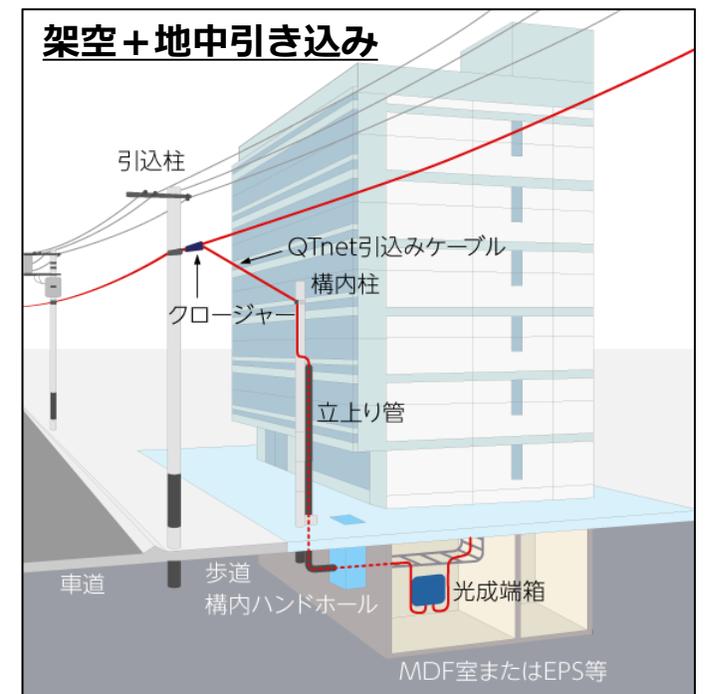
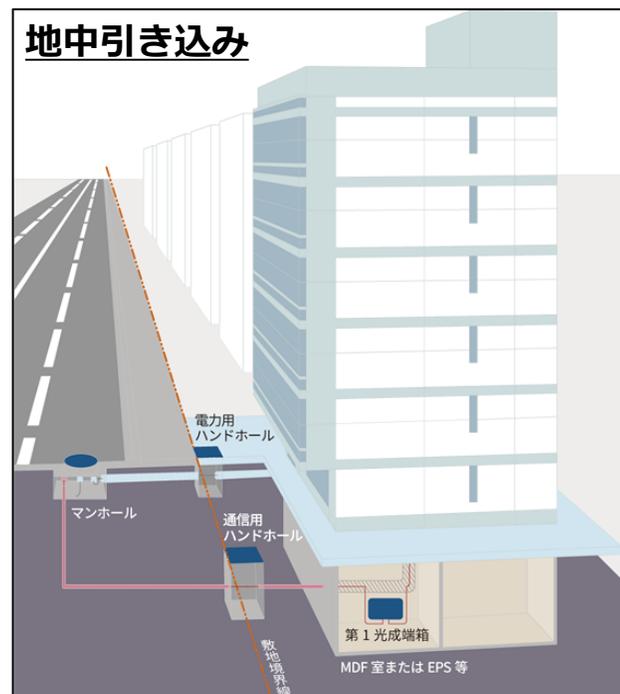
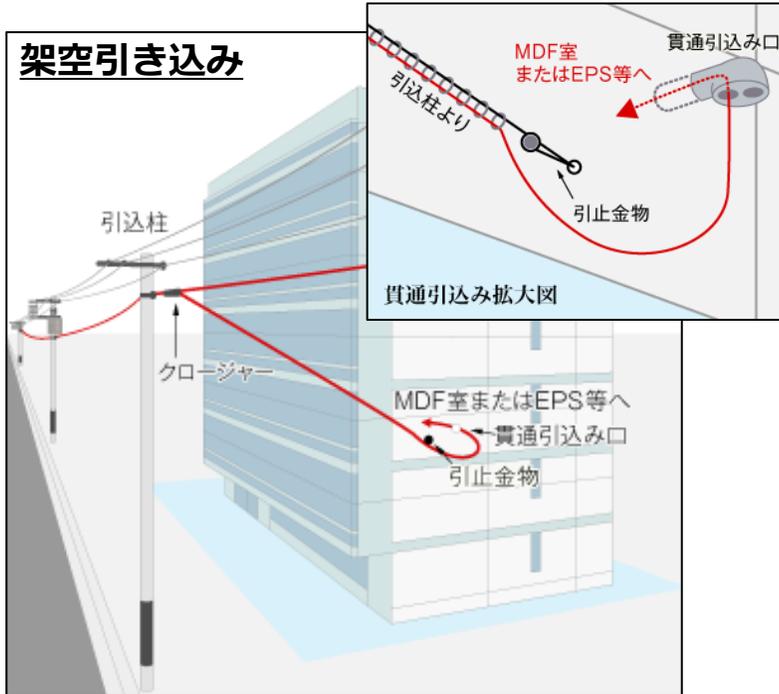
データセンターにつながる様々なネットワーク



様々なネットワークに支えられ、様々なネットワークを支えるのが“データセンター”
(特に後者の役割が強いデータセンターは“コネクティビティデータセンター”、“ネットワークデータセンター”と呼ばれることもあります。)

それを支えるデータセンターに求められるものは？

建物(DC)への通信ケーブルの入線設計



出典 : <https://www.qtpro.jp/faq/technology/apartment/>

これらを複数組み合わせ、複数のルートを通り異なるルート(複数キャリア)で入線されていることが望ましい。

日本データセンター協会が定めるJDCCTierでは Tier1:単一経路 単一キャリア, Tier2 複数経路単一キャリア, Tier3/4 複数経路 複数キャリア

設計によっては、建物を建てた時点でどれだけの通信ケーブルが入線できるか決まってしまうため、入線設計は、データセンターの将来の接続性を決定づける重要な情報。

データセンターの中の配線(構内配線)設備: ~データセンターは小さな街?~

IDM (Integrated Distribution Module)

最大芯数: **4000芯**(MU)

最大加入数: 128,000回線(PON32分岐)

架寸法: **600(d)** x 1,800(h) x 1,800(w) x 2架

電子情報通信学会「知識ベース」5群-2編-1章 所内系設備



MDF/ODF (Main/Optical Distribution Frame)

最大芯数: 24芯(LC) x 132カセット

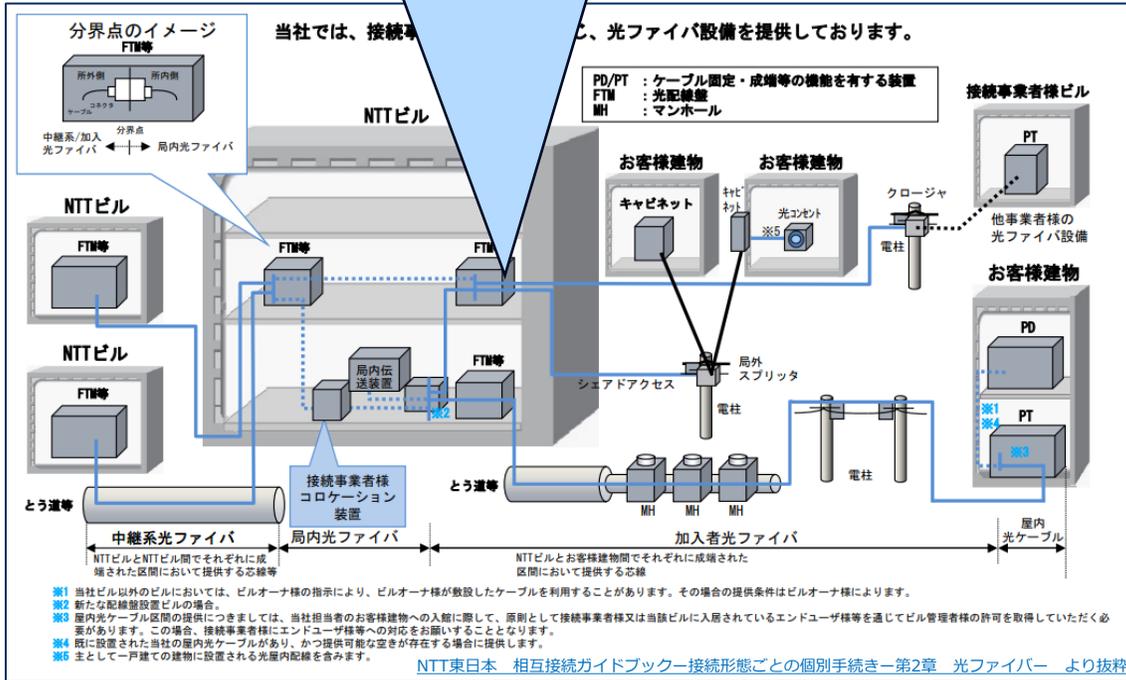
= 3168芯 x 2筐体 = **6336芯**

架寸法: **300(d)** x 2,133(h) x 1,800(w) x 2架

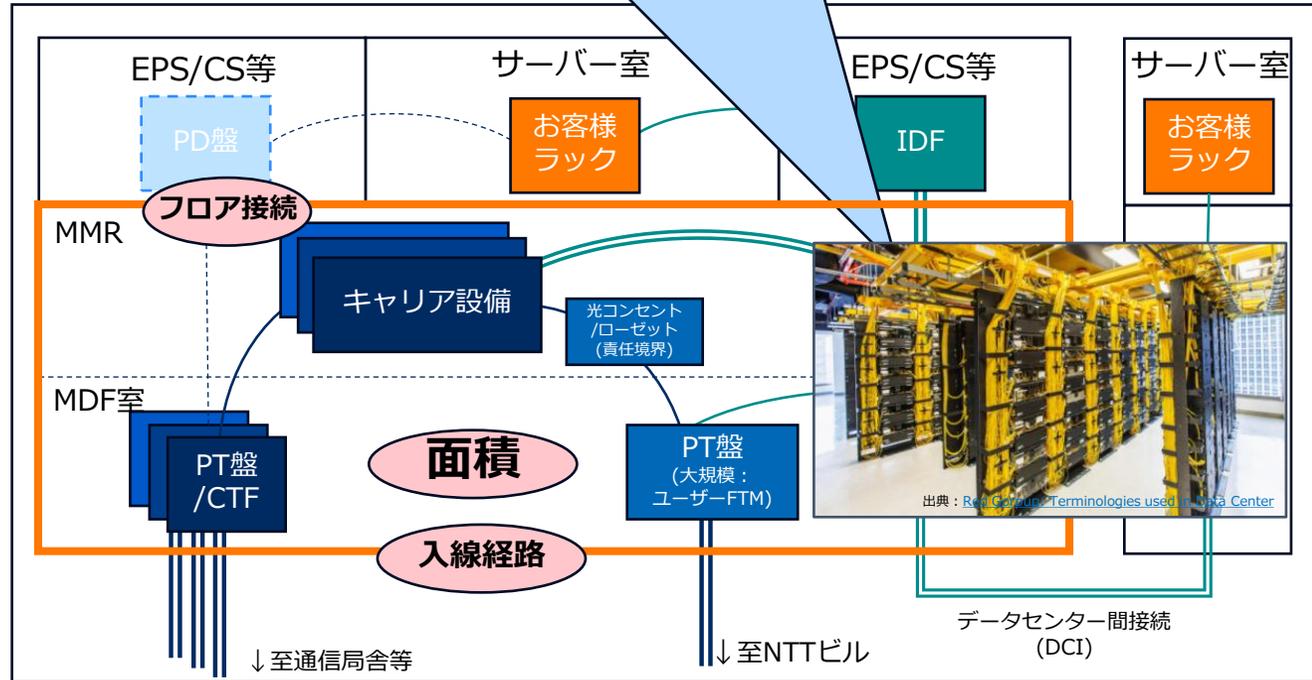
Panduit FlexCore ODF 光ファイバー配線フレーム



NTT局舎の場合



データセンターの場合



内外様々なネットワークが集まるMMR/MDF室は、コネクティビティデータセンターの心臓部!

構内配線設備 用語解説

NTT用語？

MDF (Main Distribution Frame)

FTM (Fiber Termination Module)

IDM (Integrated Distribution Module)

CTF (Cable Termination Frame)

PT/PD盤 (Premise Termination/Distribution)

ユーザーFTM (Fiber Distribution Frame)

メタル線(銅線)用局局内 加入用配線盤

光ファイバー用局内 加入用配線盤

FTMの改良盤(光スプリッタ内蔵)

光ファイバー用局内 中継用配線盤

加入先のケーブル終端盤、第2終端盤

大型のPT盤設備 (モノはFTMと同じ?)

DC事業者用語？

MDF/ODF (Main/Optical Distribution Frame)

IDF (Intermediate Distribution Frame)

PD盤 (Premise Distribution)

構内配線を集約する盤

中間配線盤、MDFと同じモノを使う場合もある

ケーブルの終端盤(階間ケーブルの両端盤など)

某キャリア用語？

CTF (Cable Termination Frame)

FDF (Fiber Distribution Frame)

ケーブル終端盤、光ファイバーの局外中継用配線盤

光配線盤、光ファイバーの局内中継用配線盤

さらに。。

MDF室 : MDF(や、それに類するPT盤) が置いてある部屋のこと

MMR (Meet-Me Room) :

キャリア等の PoP/PoI (Point of Presence/Inter-connection : 相互接続点)が集約されている部屋。

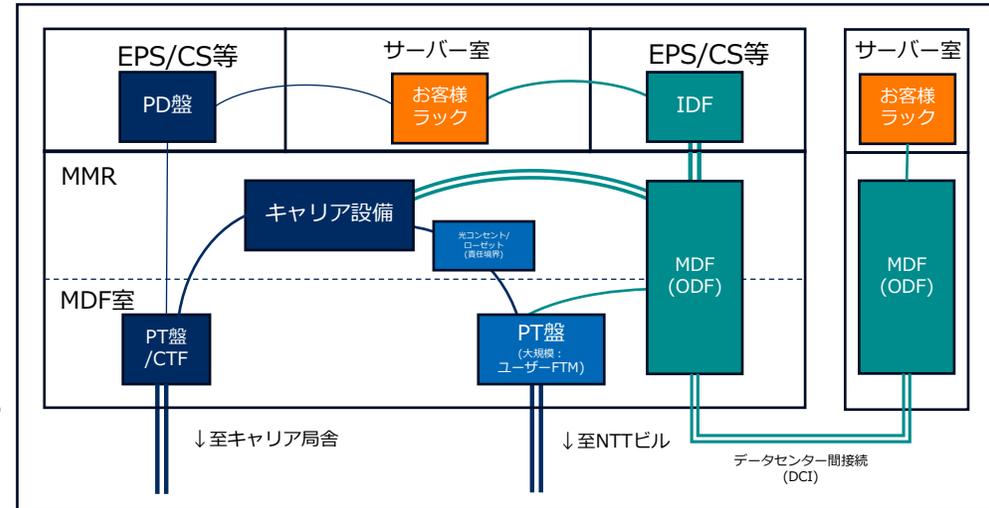
MDF室は配線作業を行う場所なので、基本的にはDC(ビル管理人)の人しか入らない。MMRは必ずしも専用室ではない。

(専用のMMRを設けず、ハウジング/コロケーションスペースをMMRとするDCも多い)。

DCI:データセンター間の芯線接続(サービス)だったり、伝送接続(サービス)だったり

EPS:Electric Pipe Space/Shaft , **CS**:Cable Space / Shaft “Shaft”の場合は階間をつなぐ開口がある

POE (Point of Entry) :引き込み口/突き出し管 **木板**:PT/PD盤をねじ止めするための木の板、海外にもある？



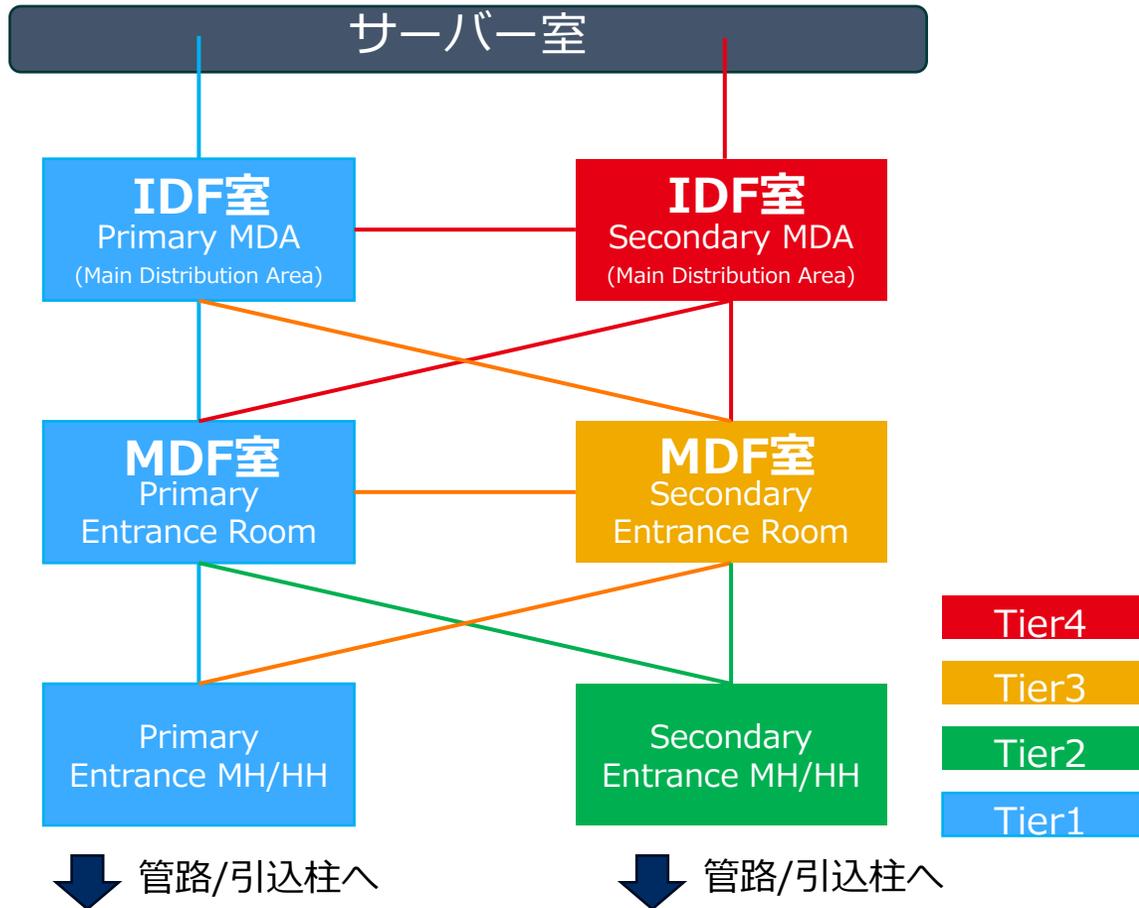
歴史的経緯？から事業者ごとに用語の“ずれ”のある場合も
(逆に言えば、デキる営業さんはお客様の用語に言い換えてくれている、、はず)

用語・設計の指針として

JIS X 5150-5:2025 汎用情報配線設備-第5部:データセンター

という基準が最近出来ました！

構内配線の信頼性:ANSI/TIA-942※ における構内配線システム



Equinix's SP4 data center in São Paulo suffers fire over weekend

Fire started in cage of local dark fiber provider, cause not confirmed

April 02, 2025 By: Dan Swinhoe Have your say



Over the weekend, colocation giant Equinix suffered a fire at its SP4 facility in the São Paulo area of Brazil.

The "small" fire occurred at 12:34pm local time on Sunday (March 30), with the company confirming an "isolated incident" had happened within a customer's electrical equipment. Water was discharged and the fire contained.

An [update](#) on an Equinix status page suggests the fire was in an unnamed dark fiber provider's cage, causing a dark fiber link outage. This incident has impacted the Equinix Fabric circuits and virtual connections (VC) with OCI and GCP, resulting in service downtime.



Equinix's SP4 data center in Tamboré - Google Maps

Equinix said it resolved the issue by switching the affected CSP circuits to another path, restoring services by 20:56 UTC on the same day.

A separate [update](#) on March 31 noted the fiber path between SP1 and SP4 had been restored since 08:20 UTC on March 31, but the dark fiber provider was still working to restore a path between SP2 and SP4.

[Equinix's SP4 data center in São Paulo suffers fire over weekend - DCD](#)

構内配線システムの冗長化設計によっては、ネットワークの信頼性も大きな影響を受ける。

※JDCC Tierでも推奨項目で類似する定義をしています。

-第2章-

配線

データセンターの配線サービス

-接続方法

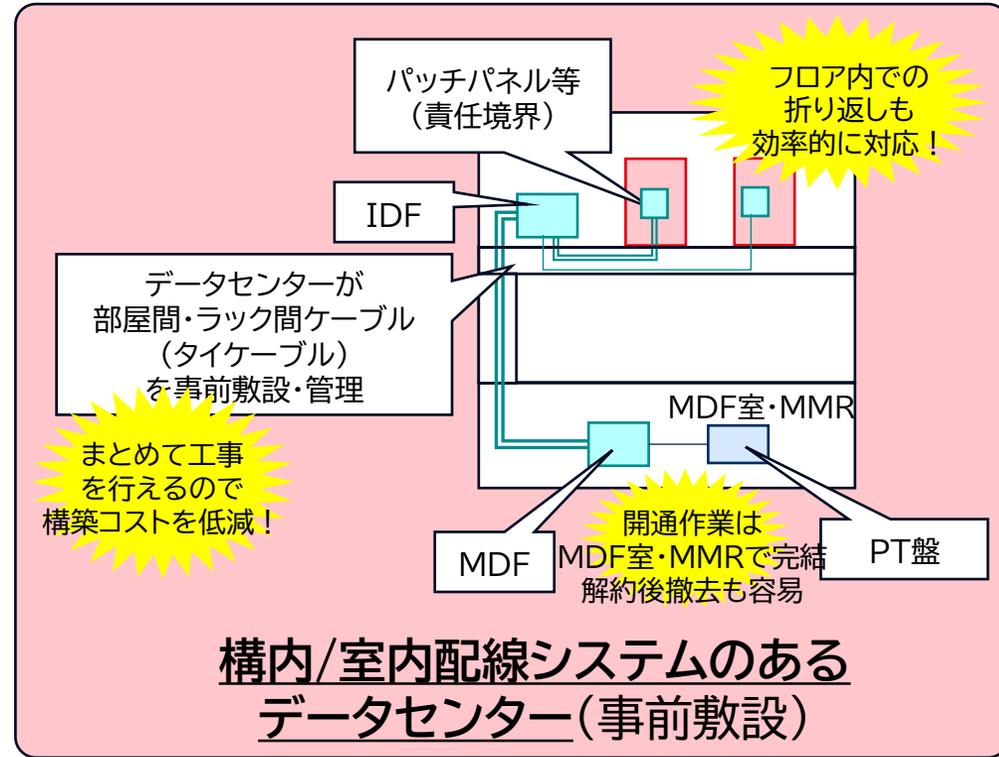
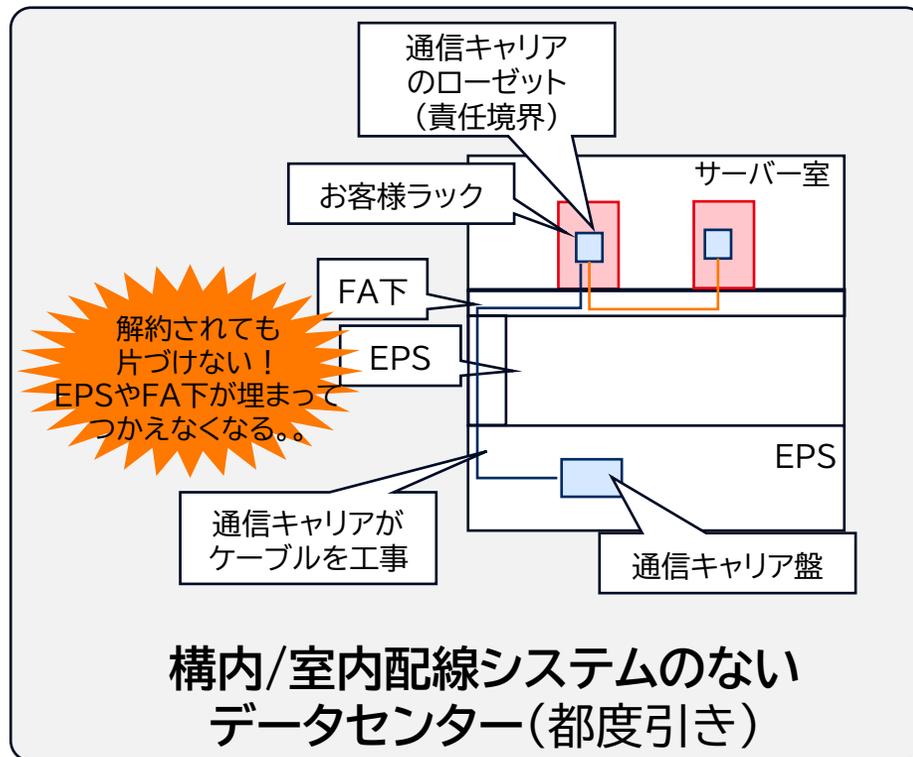
-メタル配線と光配線

-光ファイバーとコネクタ

-ストレート接続とクロス接続

-光ファイバーの性能

データセンターの配線”サービス”について



事前敷設の特徴：納期が短く、一時金が軽減できる。線種が限定。再利用性が高く“心臓を詰まらせない”。
都度引きの特徴：線種が柔軟(MMF、MPO等にも対応できる)。(資産計上?)

データセンターにおけるメタル・光配線の接続方法

<p>メタルケーブル (UTP/STP)</p>	 <p>8P8C(RJ45) モジュラープラグ 8P8C(RJ45) モジュラージャック</p>	 <p>JJ(ジャック-ジャック)アダプター</p>
<p>光ファイバ (MMF/SMF)</p>	 <p>LC コネクター(1/2芯) SC コネクター(1/2芯) MPOコネクター(8/12/16/24/32芯)</p>	 <p>JJ(ジャック-ジャック)アダプター</p>

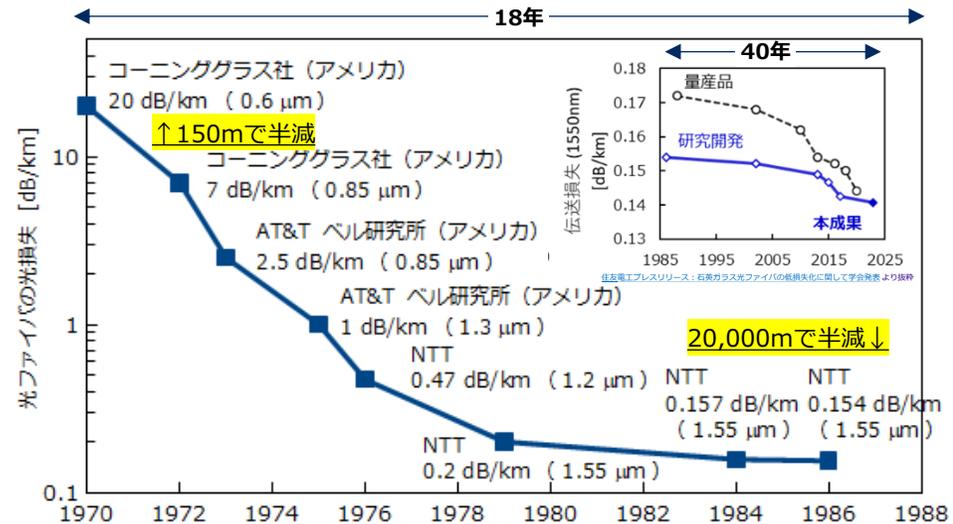
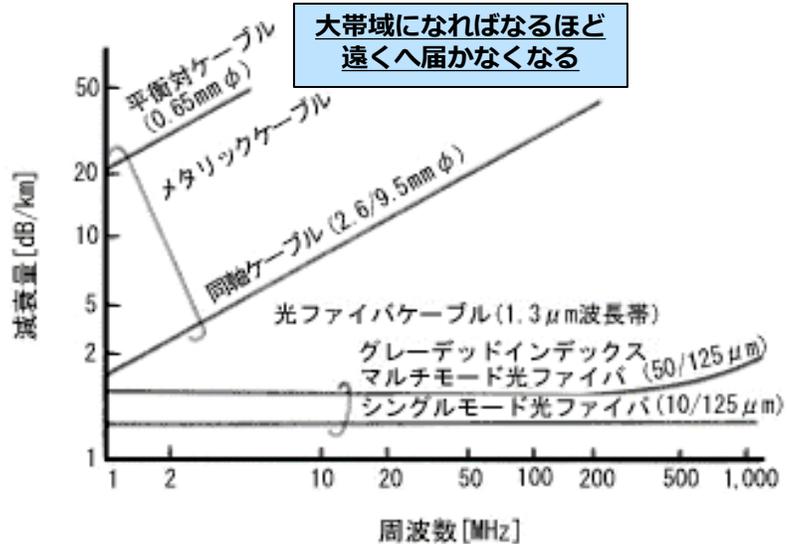


光ローゼット

イメージ出典：[Panduitネットワーク製品総合カタログ](#)

- ・構内配線発注時の確認項目としてはコネクタ種別、配線線種、ストレート/クロス接続、(光ファイバーの場合)1芯/2芯、端面仕様等があります。
- ・コネクタ種別・配線種別に関しては次項以降で詳細に説明しますが、合わせて、パッチパネルやローゼットで渡す“ポート(メス)渡し”とコード/ケーブルで渡す“コネクタ(オス)渡し”の2方式があります。
- ・構内配線サービスをSMFに限定し、他のメディア(UTP/STP,MMF)を望まれる場合はメディアコンバーターの貸し出しで対応する事業者もあります。
- ・基本的に、構内配線の開通時に試験を行うため、両端は解放状態で引き渡されます(=機器のリンクアップ確認はしない)。
(引き渡し後、リモートハンドサービス等として、機材にコネクタを接続/リンクアップを確認するサービスを行っているDC事業者もあります)

メタル配線と光配線



光ファイバー(光信号)による通信はメタルケーブル(電気信号)による通信に比べ
低損失、広帯域、細径・軽量(銅vsガラス)、無誘導/無干渉というメリットがあり、データセンターにおける構内配線の主流となっています。

逆に、メタルケーブルによる通信のメリットとしては

- ①半導体製造プロセスの進歩に合わせて通信の効率化、高速化が可能“だった”
- ②デジタル情報の処理/保存/交換が電気信号で行われてきたため“**光信号への変換がなくシステムがシンプル**”(COAX-DAC等)といった点がありましたが、①は微細化技術の限界、②に関しても一部の光信号処理を半導体製造プロセス作成できるようになり変化を迎えています → **All Photonics Network(APN)の時代に**

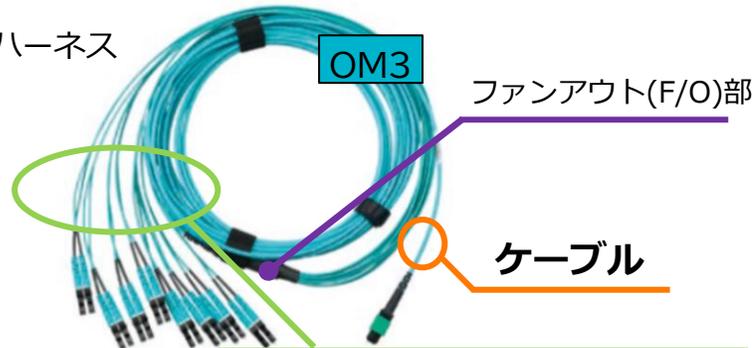
とはいえ光ファイバーも1芯では(光強度やトランシーバー内の変調・スイッチング周波数(電気信号)が)限界になりつつあり。
→MCF(Multi Core Fiber)による**空間多重**やCPO(CoPackage Optics)による効率化等の取り組みが進行しています。

光ファイバー(ケーブル)

素線の種類

光伝搬モード 主用途となる波長		カテゴリ	コア/クラッド径 [μm]	減衰量 [dB/km]	全モード帯域幅 (MHz・km, 850nm波長)
シングル(単一) モード(SM) 1310/1550nm		OS1	9/125	1.0 (1310 /1550nm)	-
		OS2	9/125	0.4 (1310 /1550nm)	-
マルチ(複数) モード(MM) 850nm		OM1	62.5/125	3.5 (850nm)	200
		OM2	50/125	3.5 (850nm)	500
		OM3	50/125	3.0 (850nm)	1500
		OM4	50/125	3.0 (850nm)	3500
		OM5	50/125	3.0 (850/950nm)	4700

集合ハーネス



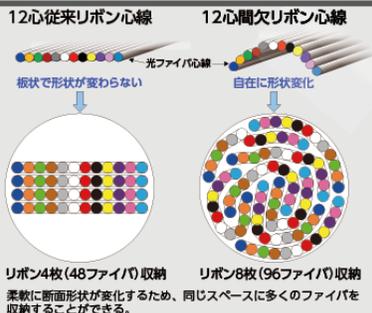
コード (1芯: ラウンドコード、2芯: メガネコード)



サーバー室“内”
で使われる
ケーブル

テープスロット型 ケーブル

DC・サーバー室
“間”で使われる
ケーブル



スロットレス型 ケーブル

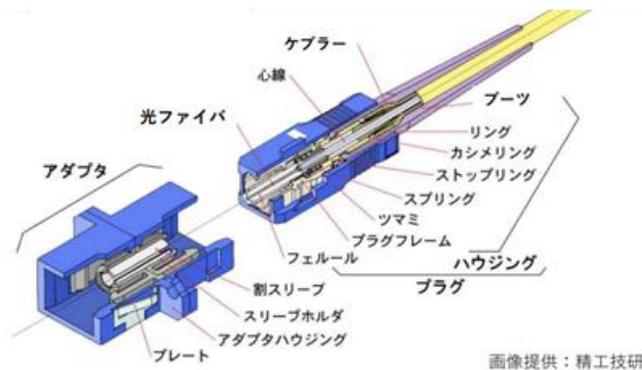


出典: 住友電工

テープ/リボン芯線

まとめて施工(通線/融着)しやすいよう素線をテープ/リボン状に
接着したもの。2芯、4芯、8芯、12芯、16芯等が使われる。

光コネクタ、ストレート接続とクロス接続



画像提供：精工技研

0度 球面研磨		PC研磨 (Physical Contact)	反射減衰量：≧25dB	
		SPC研磨 (Super PC)	反射減衰量：≧40dB	
		UPC研磨 (Ultra PC)	反射減衰量：≧50dB	
斜め8度 球面研磨		APC研磨 (Angled PC) コニカルフェルール (SMF-MPO)	反射減衰量：≧60dB	
		APC研磨 (Angled PC) ステップフェルール (MMF-MPO)		

ストレート接続：

メタルケーブル：T568A(A結線)-T568A(A結線)、T568B(B結線)-T568B(B結線)など、
両側のコネクタの接続がそろっている。

光ファイバー：2芯-Key-Up(爪を上にして)でA芯-B芯の並びが両端でそろってる。

クロス接続：

メタルケーブル：T568A(A結線)-T568B(B結線)と接続が入れ替わっている。

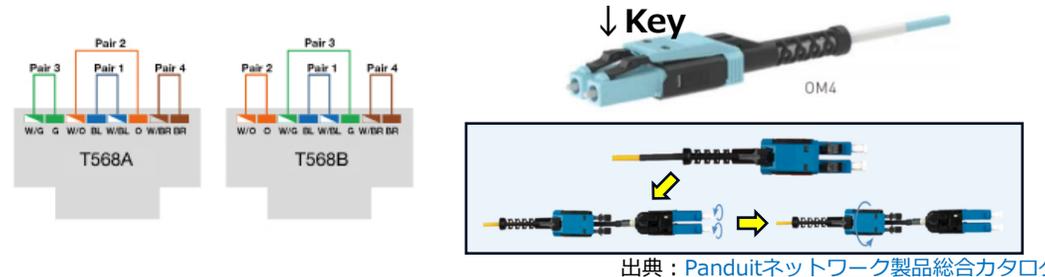
光ファイバー：2芯-Key-UpでA芯-B芯/B芯-A芯が入れ替わっている。

※MPOのクロス接続は大変複雑なため

送受信の極性の対称なMDI(Medium Dependent Interface)、MDI-X(Crossover)の2種類の機器が
定義されていたため、これらの規格をつなぐため2種類のケーブルが必要になった。

メタルケーブルを使った機器ではAuto MDI/MDI-X技術によって自動で電気的に極性を入れ替える仕組みができたが、

光ファイバーを使った機器ではついでには光学的な切替のコストが高いため、自動で極性を入れ替える仕組みは実装されていない。



出典：Panduitネットワーク製品総合カタログ

Cross Connect Cable Configurations					
		Member Patch Cable Wiring Scheme	Equinix Cross Connect Wiring Scheme	MIAx Patch Cable Wiring Scheme	
Member A-side	Option 1: A-side rolled their patch cable	TX Crossover TX RX RX	Straight-thru Straight-thru	TX RX	TX RX
	Option 2: Z-side rolled their patch cable	TX Straight-thru RX RX TX	Straight-thru Straight-thru	RX Crossover TX TX RX	TX RX
	Option 3: Both sides have chosen straight-thru patch cables	RX Straight-thru TX TX RX	Straight-thru Straight-thru	TX RX	TX RX
				MIAx Z-side	

出典：[現場で必要なネットワーク技術入門]

光ファイバーの性能の確認方法

リンク損失+マージン<ロスバジエットの 確認

ロスバジエット(dB) = 送信パワー(dBm) - 受信感度(dBm)

設計リンク損失(dB)の計算例

$$\begin{aligned}
 &= \text{ケーブル損失係数} \times (\text{dB/km}) \times \text{線長} (\text{km}) \\
 &+ \text{コネクタ損失係数} (\text{dB/点}) \times \text{コネクタ接続点数} (\text{点}) \\
 &+ \text{融着損失係数} (\text{dB/点}) \times \text{コネクタ接続点数} (\text{点}) \\
 &+ \text{波形劣化マージン} + \text{保守用マージン等}
 \end{aligned}$$

実リンク損失は、光源とパワーメーターにて測定できる。

波形劣化による受信感度劣化

波形劣化の要因には“反射損失”、“分散(色・偏波・モード)”等がある。

反射による減衰はOTDR(Optical Time Domain Reflectometer)によって測定することができ、

ファイバー端面処理の変更(例:APC化)、研磨によって改善できる。

色分散に関しては、分散シフトファイバー(波長1550nmでゼロ分散になるよう製造されたファイバー/一般的なSMFでは、1310nm帯がゼロ分散に)

分散補償光ファイバ(通常のファイバーと逆方向の分散特性を持ったファイバーを挿入することで分散を修正する)を導入して対策する方法がある。

例: ロスバジエット:

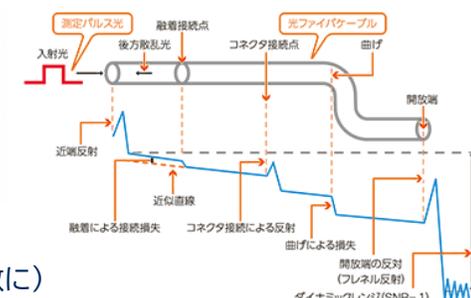
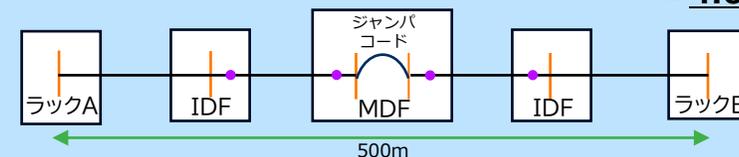
某10GBASE-LRトランシーバー

送信パワー:+0.5(dBm) - 受信感度:-14.4(dBm)

=14.9 (dB)

設計リンク損失:

$$0.5(\text{dB/km}) \times 0.5 + 0.5(\text{dB/点}) \times 6 + 0.2(\text{dB/点}) \times 4 \quad \checkmark \\
 = 4.05(\text{dB})$$



出典: NTT-REC:OTDR 測定のための基礎知識

dB(デシベル)

: 相対値(P_{in}/P_{out} 倍)

$$10 \log_{10} \frac{P_{in}}{P_{out}} \text{ [dB]}$$

dBm(デシベルミリワット)

: 絶対値(N mW)

$$10 \log_{10} N(mW) \text{ [dBm]}$$

なんでこんな表記に？

- ・足し算出来る: $0.5\text{db/km} = 0.944\text{倍/km}$ 2kmだと 0.944×0.944 。。 0.5kmだと $\sqrt{0.944}$ 。。
- ・絶対値の引き算で倍率がわかる: ↑のロスバジエットの計算
- ・桁が増えないので見やすい。

【参考】ラック内の配線処理

•パッチパネル

- モジュージャックやJJ(Jack-Jack)を19インチラックに取り付けられるようにした部材。

(データセンターNWとお客様NWの責任境界となることがある)



-アングル型・揺動型

作業性や整線を容易にするため、配線を左右に振り分けられるように、傾斜をつけたものや、コネクタが揺動することで作業性を改善したもの。



-カセット(モジュール)型

パッチパネルの機能に加え、多芯のファイバーを集合したケーブルを単芯に分割するFan-Out(FO)機能を持ったカセットを利用できるもの。



トレイ/エンクロージャ



カセット

•整線部材(ケーブルマネージャ・オーガナイザー)

再脱着可能なテープでケーブルを固定、ケージ・くし形の部材でケーブルの間隔を作るなどして、保守性と機器冷却のための空間を確保します。



ケーブルオーガナイザー



ハルタ棒



垂直ケーブルマネージャ



水平ケーブルマネージャ

•棚板

ローゼットやメディアコンバーター等のラックマウント非対応機器を設置・固定することで、保守性の確保、コネクタ(通信・電源)や、ボタンへの外力による障害の抑止につながります。



イメージ出典：[Panduitネットワーク製品総合カタログ](#)

-第3章-

伝送

メディアコンバーターについて
Ethernetについて
光トランシーバーについて
符号化方式/多重化方式について
WDMとOTN/OOLS
“遅延”について

データセンターにおけるL2サービス:メディアコンバーター

- 汎用的な配線(基本的にはSMF構内配線)を使って様々な配線を代用できる

→UTP/STP/MMF等

→無線用同軸ケーブル(GPUアンテナ) 等

BiDiタイプ↓



大電 ネットワーク製品機器カタログ



GNSS(GPS)光伝送ユニット

精工技研 GNSS(GPS)光伝送ユニット量産開始のお知らせ

- 責任分界点としての機能

回線(L2リンク)の状態をモニタリングできる(DC事業者が監視するかどうかはサービス仕様に依存)

→光芯線貸しの場合は常時疎通を確認することが困難=障害の検知はお客さまからの告知で対応

- その他のメディアコンバータの機能

→リピーター(受信した物理信号をそのまま再生)とブリッジ(エラーチェック等メディアアクセス制御(MAC)を行う)

の2タイプがある。後者の場合対応するパケットサイズに留意が必要(→ジャンボフレーム対応)

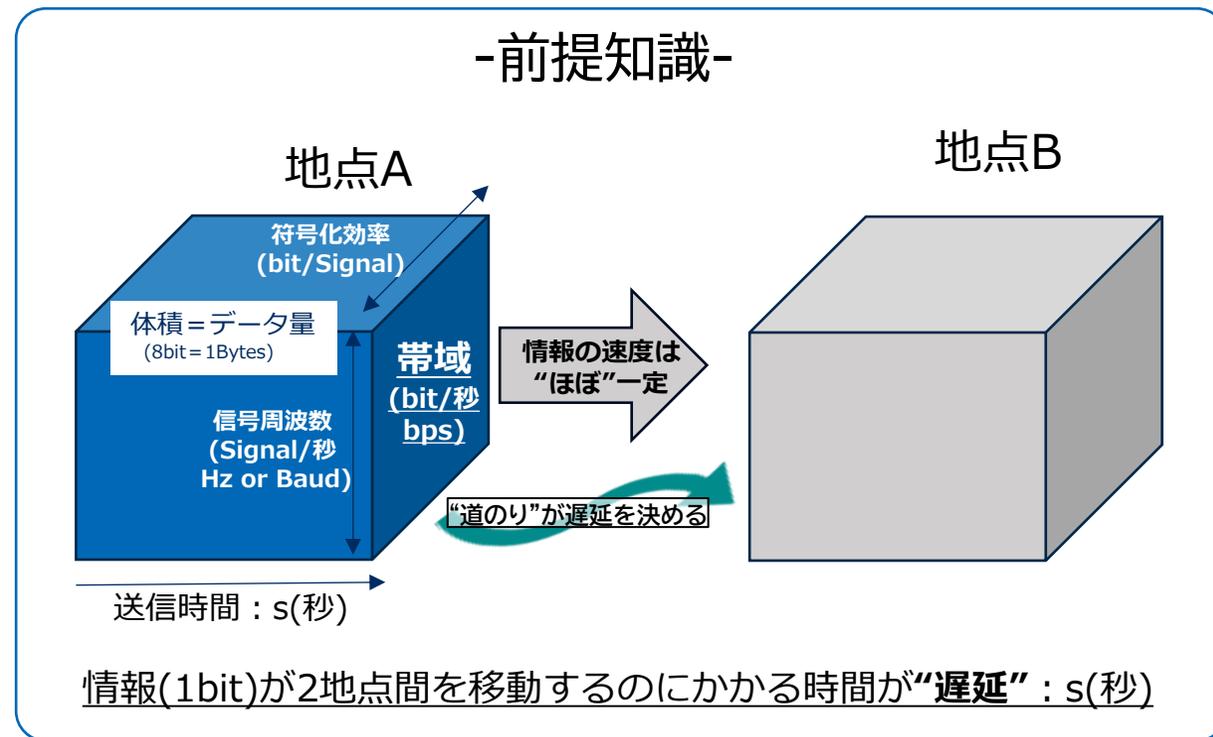
→BiDi: 多芯の通信を1芯を使って伝送(利用芯線数を抑えられる)

→リンク連動機能(LPT(Link Pass Through)/LFS(Link Fault Signaling)透過): 対向側のリンク断を伝える機能

伝送技術について

多くの場合、データセンター構内における通信はデータセンター事業者の提供する構内配線(シングルモードファイバーの場合が多い)を使ってお客様自身が作られます。

(構内)配線でこういった伝送を作ることができるかは、提供される配線の仕様と、お客様が選ぶ伝送技術の組み合わせに依存します。

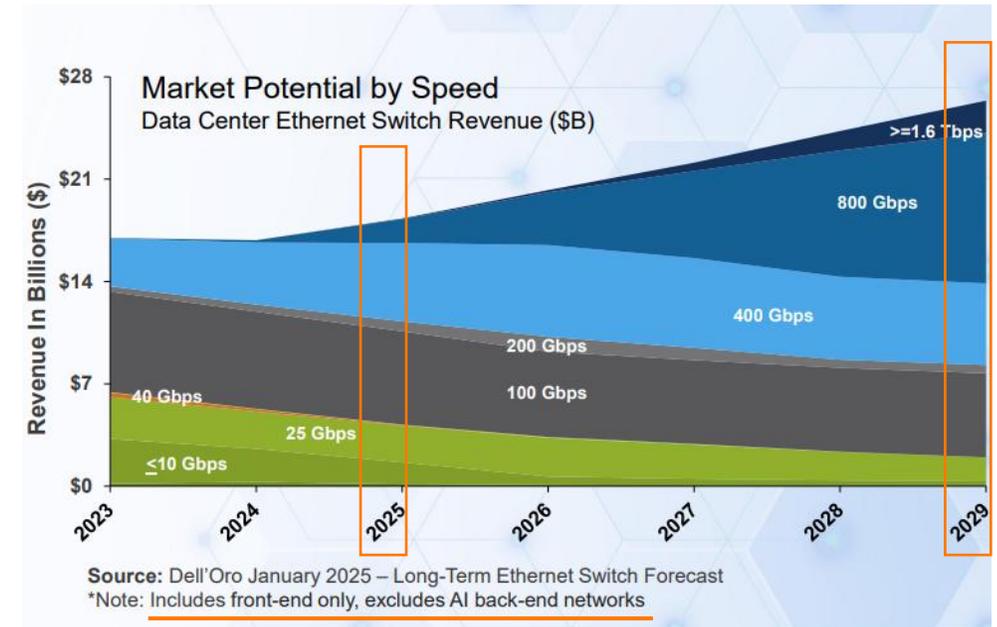


Ethernetについて

	Backplane	Twistax Cable	15-40m(OT) Single Twisted Pair	>100m(OT) Single Twisted Pair	100m(OT) Twisted Pair (2/4 Pair)	MMF	500m S/MF	2km S/MF	10km S/MF	20km S/MF	30 km S/MF	40km S/MF	80km S/MF
10BASE-	T1S		T1S	T1L	T								
100BASE-			T1	T1L	T								
1000BASE-			T1		T								
2.5GBASE-	KX		T1		T								
5GBASE-	KR		T1		T								
10GBASE-			T1		T	SR			LR BR10-D/U	BR20-D/U		ER BR40-D/U	
25GBASE-	KR1 KR2	CR1 CR/CR-S	T1		T (30m)	SR			LR EPON BR10-D/U	EPON BR20-D/U		ER BR40-D/U	
40GBASE-	KR4	CR4			T (30m)	SR4/eSR4	PSM4	FR	LR4			ER4	
50GBASE-	KR2 KR	CR2 CR				SR		FR	LR EPON BR10-D/U	EPON BR20-D/U		ER BR40-D/U	
100GBASE-	KR4 KR2 KR1	CR10 CR4 CR2 CR1				SR10 SR4 SR2 VR1/SR1	PSM4 DR	CWDM4 FR1	LR4/4WDM-10 LR1	4WDM-20 LR1-20	ER1-30	ER4/4WDM-40 ER1-40	ZR
100G-							DR1-LPO						
200GBASE-	KR4 KR2 KR1	CR4 CR2 CR1				SR4 VR2/SR2	DR4 DR1	FR4 DR1-2	LR4			ER4	
200G-							DR2-LPO						
400GBASE-	KR4 KR2	CR4 CR2				SR16 SR8/SR4.2 VR4/SR4	DR4 DR2	FR8 FR4 DR4-2 DR2-2	LR8 LR4-6/LR4-10		ER4-30	ER8	400ZR
400G-							DR4-LPO						
800GBASE-	ETC-KR8/KR8 KR4	ETC-CR8/CR8 CR4				VR8/SR8 VR4.2/SR4.2	DR8 DR4	FR4 DR8-2 DR4-2	LR4 LR1	ER1-20		ER1	800ZR-A 800ZR-B 800ZR-C
800G-							DR8-LPO						
1.6TBASE-	KR8	CR8				VR8.2/SR8.2	DR8	DR8-2					

出典: Ethernet Roadmap

データセンターで使われるEthernetの種類(金額ベース)

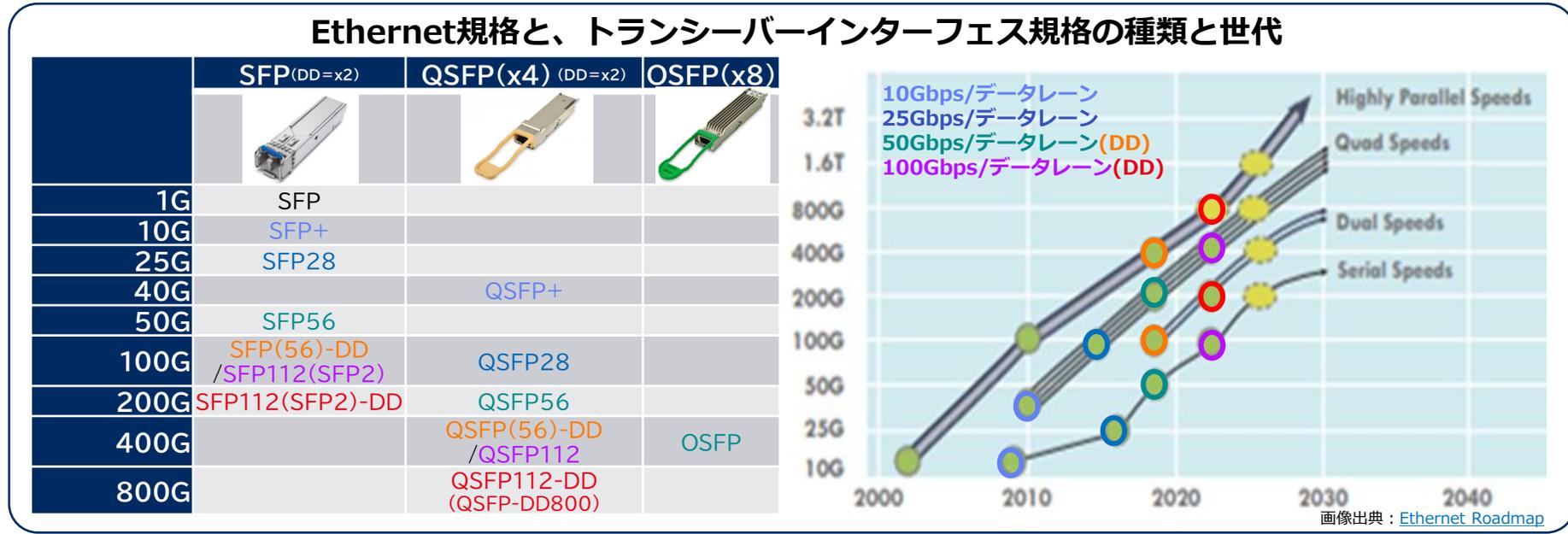
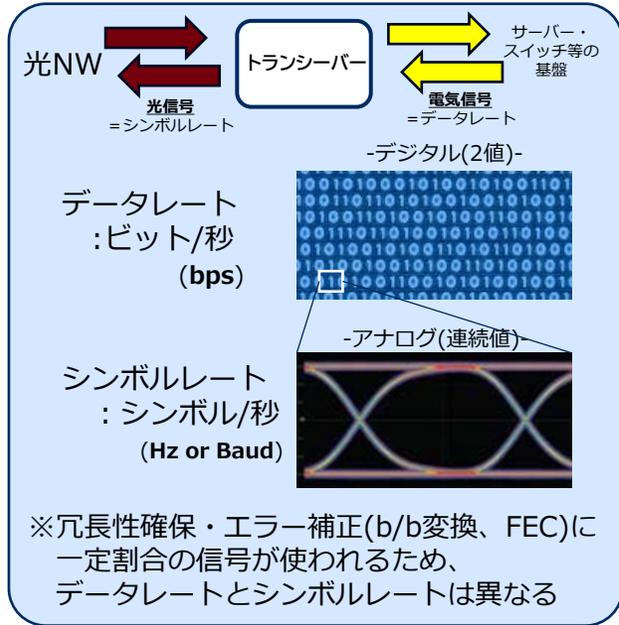


出典: ARISTA Investor Presentation May 2025

イーサネットは有線通信の物理層(符号化・多重化)とデータリンク層に関して規定している通信規格。IEEE802.3規格によって標準化されている。本節では、データセンターの提供する構内配線と直接関係するイーサネットの物理層(符号化・多重化)について解説します。

光トランシーバー(Transceiver)について

電気信号(データ)と光信号(シンボル)を変換する、送信(transmitter)と受信(receiver)する機能が一体になったモジュール。モジュールを交換することで様々な接続環境(芯線種別、芯線数、線長)に対応することができる。



10Gbps/レーンの“+”、25Gbps/レーンの“28”、50Gbps/レーンの“56”、100Gbps/レーンの“112”(数字はシンボルレート※)の世代があり Small Form-factor Pluggable(SFP) をベース(1レーン)として、4レーンを統合したQ(Quad)SFP、8レーンを統合したO(Octet)SFP、レーンを倍の密度(Double Density)にしたSFP/QSFP-DDを組み合わせた命名がされている。

また、100Gbps単位での伝送に対応し主にキャリア伝送設備で使われるCFP(Centum(=100) Form-factor Pluggable)の規格もある。

【参考】Ethernetで使われる符号化方式/多重方式について

○符号化方式(データと信号を変換する方式)

ASK(Amplitude Shift Keying):データを信号振幅に変換する。アナログ信号の場合のAM(Amplitude Modulation)。

FSK(Frequency Shift Keying):データを信号周波数に変換する。アナログ信号の場合のFM(Frequency Modulation)。

PSK(Phase Shift Keying):データを信号位相に変換する。2値を送るB(Binary)PSK、4値を送るQ(Quaternary)PSK等がある。いわゆるFM放送は厳密にはPM(Phase Modulation)

NRZ(Non-Return Zero) : 0/1を信号の有無で表し信号間に0を挟まない方式 = 1信号2値(1ビット)。~25Gbps/レーン世代の符号化方式

PAM4(Pulse-Amplitude Modulation 4Level):ASKの一種。1信号で4値(2ビット)。50Gbps/レーン世代の符号化方式

QAM(Quadrature Amplitude Modulation):直交振幅変調。QPSKとPAM4を組み合わせた方式。1信号で $4 \times 4 = 16$ 値(4ビット)。100Gbps/レーン世代の符号化方式

○多重方式(信号/データレーンをまとめて送る方式)

SDM(Spatial Division Multiplexing):空間分割多重、多芯化で実現。

WDM(Wave-length Division Multiplexing):波長多重。

DP(Dual Polarization):偏波多重

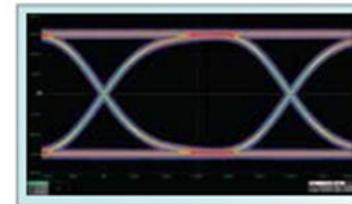
TDM (Time Division Multiplexing) :時分割多重伝送(PON/フレッツで使われる)

CDM(Code Division Multiplexing) : 電波では使われるが、光通信では使われていない?

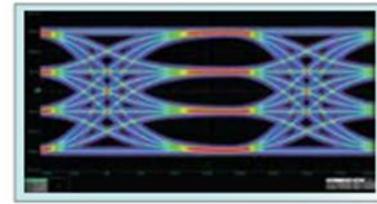
SR8/PSM4(PLR4、LR4-PSM:Parallel Single Modeとも):8芯/4芯でSDMして8倍/4倍のデータレートにする。(PSM4はLR1 x4本にブレイクアウトして使うこともできる)

LR4/CWDM4:4波長でWDMして4倍のデータレートにする。 BiDi(BX):2波長でWDMして、Uplink(送信)-Downlink(受信)を1芯にまとめる。

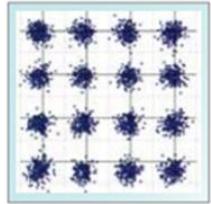
SR4.2:4芯でSDM、2波長でWDMして8倍のデータレートにする。



NRZ



PAM4



Coherent

出典 : [Ethernet Roadmap](#)

【参考】:メタルケーブルEthernetでの符号化/多重化

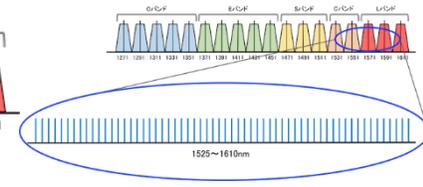
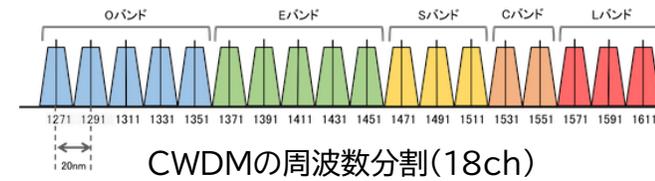
				CAT5	CAT5e	CAT6	CAT6A	CAT7	CAT7A	CAT8.1	CAT8.2										
								 Unshielded Twisted Pair				 Foil Screen Around Unshielded Twisted Pairs				 Braided Screen Around Individual Foiled Twisted Pairs		 Foil Screen Around Individual Foiled Twisted Pairs		 Braided Screen Around Individual Foiled Twisted Pairs	
								100MHz	100MHz	250MHz	500MHz	600MHz	1000MHz	2000MHz	2000MHz						
								ANSI/TIA/EIA-569-A	EIA/TIA-568-B	ANSI/TIA/EIA-568-B.2-1	ANSI/TIA-568-B.2-10	ISO/IEC 11801	ISO/IEC 11801	ANSI/TIA-568.C-2-1		ISO/IEC 11801	ISO/IEC 11801				
10Base-T	2対4線 /マンチェスター符号	10MHz	i	○	○	○	○	○	○	○	○	○									
100Base-TX	2対4線/4B5B /NRZI-MLT3	12.5MHz	u	○	○	○	○	○	○	○	○	○									
1000Base-T	4対8線/8B1Q4 /4D-PAM4	62.5MHz	ab		○	○	○	○	○	○	○	○									
2.5GBase-T	4対8線 /1723B2048B /128DS-QAM	100MHz	bz		○	○	○	○	○	○	○	○									
5GBase-T		200MHz			○	○	○	○	○	○	○	○									
10GBase-T		400MHz	an				○	○	○	○	○	○									
25G Base-T		1GHz	bq								○	○									
40G Base-T		1.6GHz									○	○									

写真出典 : Panduit ツイストペア情報配線の規格と性能(Internet Week ショーケース in Fukuoka)

WDMとOTN/OOLSの関係について

•WDM(Wave-length Division Multiplexing)

- 波長(=色)を使って信号を多重化する技術
- 波長の分割方式からC(Coarse(粗)) WDM、D(Dense(密))WDMがある。
- 波長を合成(合波)するMUX(Multiplexer)、分ける(分波)De-MUXする装置(Add-Drop Multiplexer:ADM)、合波・分波時に生じる減衰を補正するアンプ等から構成される通信装置を使用する。



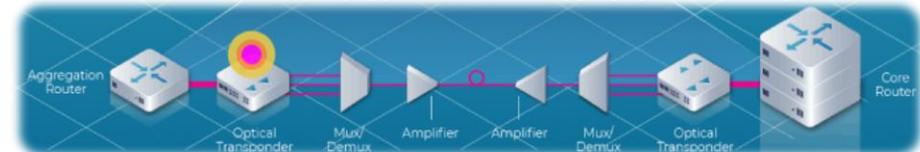
出典：[大電株式会社：WDMとは？](#)

•OTN(Optical Transport Network)

- WDM技術を使ったたトランスポートプロトコル。TU(Optical-channel Transport Unit)、Mux-Ponder (Transceiver(送受信機信器) + Mux(Multiplexer)(合成器))を使って、Ethernet、Fiber Channel、SONET/SDH、SD/HD/3G-SDI 等様々なL2プロトコルを集約して通信する

•Open OLS(Optical Line System)

- 旧来のWDM伝送装置を波長選択(ADM/RO(Reconfigurable Optical)ADM)とトランシーバーに機能分割/オープン化し、より柔軟な構成をとれるようにしたシステム/活動。ネットワーク機器ベンダー主導でのOOLSの実装にIP over WDMという呼称がある。
- TIP-OOTP(Telecom Infra Project - Open Optical & Packet Transport)やOpen ROADMといった団体を通じて標準化が取り組まれている。



出典：[TIP-OOTP](#)

ネットワークにおける“遅延”について

	ケーブル長遅延※	処理遅延	記録遅延(I/O)	伝送・交換遅延	
	2地点間を信号が移動するのに要する時間	入力(命令)から出力までの時間			
10 ⁻⁹ s (ns)	ラック内(1-2m)	CPU/GPU (1クロック/GHz)	レジスタ・キャッシュ (SRAM)	WDM伝送遅延 <small>https://www.fibermail.com/ja/news/what-is-optical-network-delay.htm</small>	
	室内(10-100m)		HBM等		
	DC内(0.1-1km)		メモリ(DRAM)	L2スイッチ(超低遅延)/リピータ <small>https://www.fibermail.com/ja/news/what-is-optical-network-delay.htm</small>	PTPの時刻同期精度
10 ⁻⁶ s (μs)	DCキャンパス内(1-5km)		Infiniband RDMA <small>https://www.fibermail.com/ja/news/what-is-optical-network-delay.htm</small>		TSO Pingで測定できる遅延の単位 (z/OS)
	都市圏内(10-50km)		ストレージ(NVM)	L2/3スイッチ(一般)/FW(ASIC) <small>https://www.fibermail.com/ja/news/what-is-optical-network-delay.htm</small>	IOWN1.0で調整(バッファリング)可能とされる遅延幅(ジッタ)
	都市間(100-500km)		ストレージ(HDD)	OTN <small>https://www.fibermail.com/ja/news/what-is-optical-network-delay.htm</small>	Pingで測定できる遅延の単位 (Linux/Windows)
10 ⁻³ s (ms)	大陸間(5000-10000km)			WAF,ソフトウェアルーター	NTPの時刻同期精度 人が体感できる遅延(10ms)
		検索エンジンのクエリ回答			HFTの定義(4発注/秒)
1sec		チャットAIサービスの回答			

※Nvidia DGX Superpodリファレンスデザイン等では一般的なケーブルリング遅延=5ns/mとしている(中空コアファイバーの遅延は3.3ns/m)

ネットワークの性能を測る近年注目を集めている指標に“遅延(レイテンシ)”がある。

- 大規模ニューラルネット(LLM)の学習処理では、**大量・高頻度**の入出力を行うため計算機間の通信の低遅延化が求められ、RDMAなどの技術が導入されている。
- 証券取引市場では取引が提示されてからいかに高速で発注を行うかで取引が決まる(時間優先原則)ため、低遅延なネットワークが求められている。

-第4章-

データセンター間接続

- L0 DCI
- L2 DCI
- L2 ファブリック

通信/データセンター事業者によるL2/L3接続のサービスについて

データセンターが建物や(電気・空調・通信(配線))設備を共有するビジネスであるのに対して、通信キャリアのビジネスはIP網や伝送、線路網を共有するビジネスであるといえる。このとき、共有の基盤となるネットワークを“アンダーレイ”、ユーザーに提供されるネットワークを“オーバーレイ”と表現することができる。

あるいは、L2接続サービスの上で、グローバルIP網(L3)への接続性(帯域・経路情報(・アドレス))を提供するトランジット/インターネットサービスや、トラフィック交換のための帯域と経路情報交換のためのIP網(L3)を提供するIXサービスが提供されることもある。

アンダーレイ		帯域保証型 L2サービス	帯域確保型 L2サービス	ベストエフォート型 L2サービス	伝送持ち込み (インフラ貸し?)
L3	インターネット			インターネットVPN	
	NGN網			エントリVPN	
	プライベートIP網		IP-VPN		
L2	VLAN/VPLS		イーサネット-VPN (広域イーサネット)		
	VXLAN-EVPN				
	MPLS	イーサネット 専用サービス			
L1	OTN				
L0	WDM	専用線 サービス			波長貸し
	芯線				芯線貸し (DF/IRU)

データセンター間接続サービス(DCI)

DC事業者の現実的な課題:データセンター(cf. CC1)が無限に広がるなら、DCIなんていらなかった。。

キャリアサービスの基本は点と点(住所と住所)を線でつなぐサービス、
→大きな需要が集中するDC間前提で、大容量化・コスト削減・短納期化したい

・L0 DCIサービス:2拠点間をつなぐ光ファイバーを提供するサービス

代表例:Equinix Campus Connect、丸の内ダイレクトアクセス、堂島コネクト(NTT-SMC)、
OBPコネクト(KDDI(Telehouse)/JPIX)、東京港ファイバーサービス(アット東京)

・L2 DCIサービス:2拠点間をつなぐ伝送を提供するサービス

代表例:Equinix Metro Connect/大江戸コネクト、DCIサービス(BBT)、
Cross Linksサービス(Digital Edge)、DCIサービス(アット東京)

・L2 ファブリックサービス:L2(DCI)の接続性を“面”として提供するサービス

代表例:Equinix Fabric/ ATBeX(アット東京)

OCX(BBIX)、フレキシブルポートサービス(JPIX)、Megaport、Packet Fabric、Console Connect、Epsilon

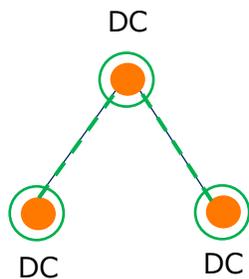
アンダーレイ		帯域保証型 L2サービス	帯域確保型 L2サービス	ベストエフォート型 L2サービス	伝送持ち込み (インフラ貸し?)
L3	インターネット			インターネット VPN	
	NGN網			エントリVPN	
	プライベートIP網			IP-VPN	
L2	VLAN/VPLS			イーサネット-VPN (広域イーサネット)	
	VXLAN-EVPN				
	MPLS	イーサネット 専用サービス			
L1	OTN				
L0	WDM	専用線 サービス			波長貸し
	芯線				芯線貸し (DF/IRU)

2拠点間をつなぐ光ファイバーを提供するサービス

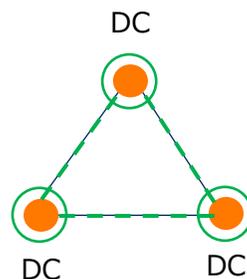
利用者の目線:自前で伝送を作る・運用する手間 vs コストの低さ・自由度の高さ

通信キャリアの目線:基本的にはDF提供しないので競合しない? 相互接続契約・IRUよりも容易に調達可能
コネクタの接続の少ない伝送の基盤が提供される(品質は自社の伝送で担保)。

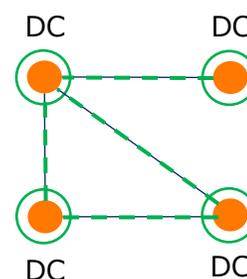
DC事業者の目線:基本的には、構内配線の延長(5km以内?) 線から、面へ。面の構成に各社の工夫。



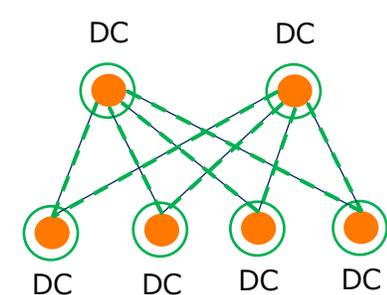
CC1-2間・CC1-3間
(東京港ケーブル・アルテリア/アット東京)、
OBPコネクタ (KDDI(Telehouse)/JPIX)
ツリー構成



大阪なにわRING
(BBB/JRWON)
リング構成



Equinix Campus Connect,
丸の内ダイレクトアクセス、
堂島コネクタ(NTT-SMC)
パーシャルメッシュ構成



JPDC(NTT ME)
ファットツリー構成

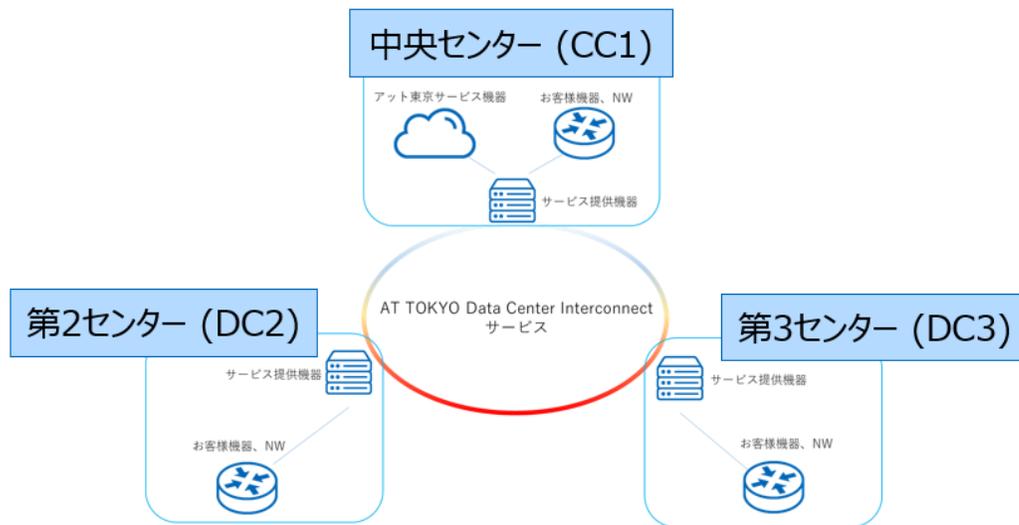
L2 DCIサービス

2拠点間をつなぐ伝送を提供するサービス

利用者の目線: 設備がすでに打ってあって(=構内配線で使える)、入手性の良い伝送サービス

通信キャリアの目線: (再販の場合) 任意の地点と任意の地点をつなぐサービス利用者(両端が同一事業者DCなだけ)

DC事業者の目線: (グロス調達/自営で) コストを削減 / 通信キャリアのいるDCとして差別化



通信キャリアにおいても、設備を置いているデータセンターを“提携DC”などとして、そのメリットを訴求している。

NTT ドコモビジネス UNO 提携DC

“NTTドコモビジネスの通信ビルと同等の伝送設備(ノード装置)をあらかじめ設置したデータセンターです。ノード装置を設置することで、通常シングル構成となるNTTドコモビジネスのビルまでのアクセス区間についてもデュアル構成とすることができ、高信頼な回線をご利用いただけます。”

出典: [提携データセンター用高品質ネットワーク | NTTドコモビジネス 法人のお客さま](#)

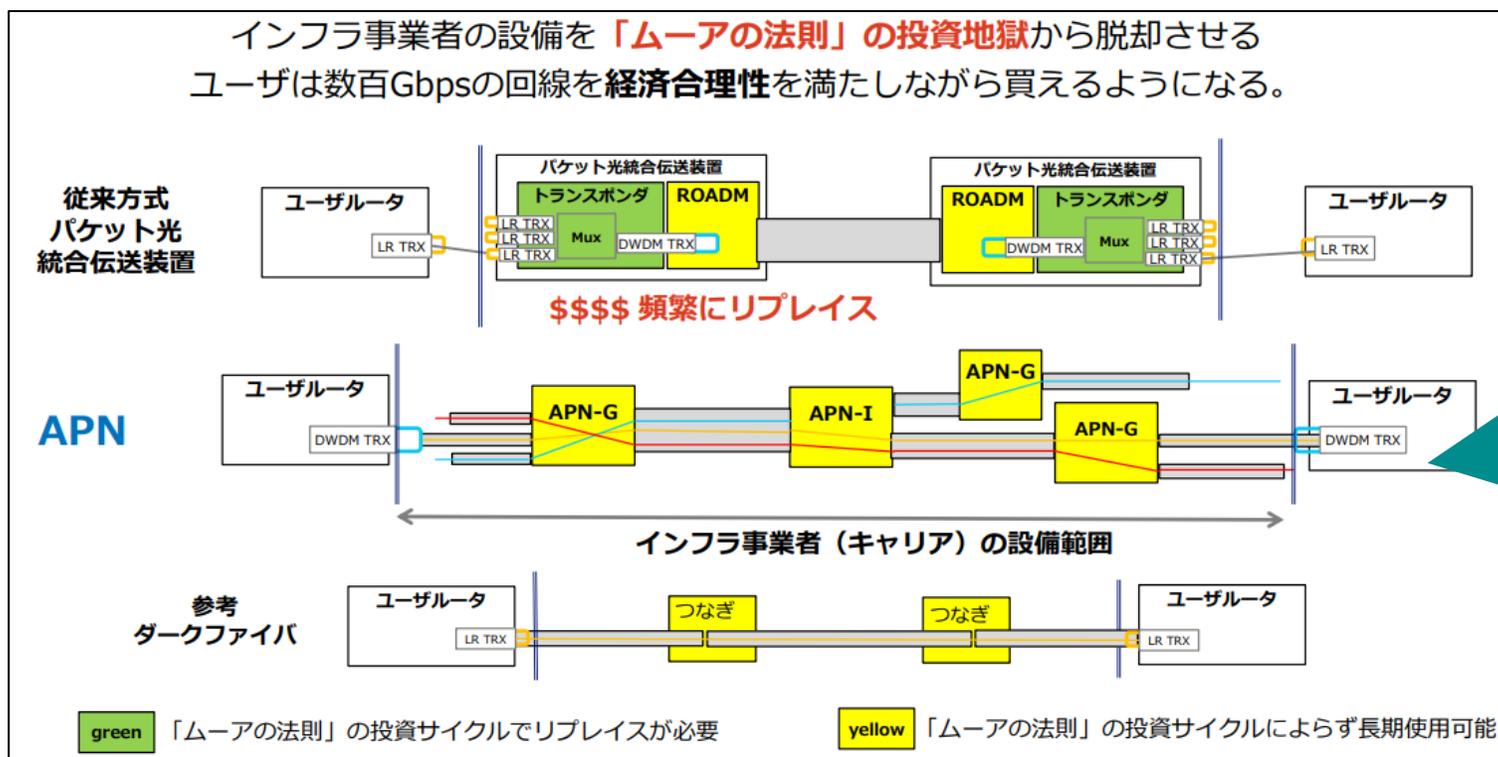
KDDI WVS2 “トラフィックフリー”提携DC

“『トラフィックフリー機能』は、(略)お客さまの契約品目にかかわらず回線終端装置のLANインターフェースの上限値まで通信帯域を拡張し、利用可能な帯域を向上させます。拡張された帯域は網内ですべて確保されるため、コストアップを抑えながら快適な通信をご利用いただけます。”

出典: [KDDI Wide Area Virtual Switch: トラフィックフリー](#)

L0-2 DCIのこれから: 芯線から波長、APNに?

インフラ事業者の設備を「ムーアの法則」の投資地獄から脱却させる
ユーザは数百Gbpsの回線を経済合理性を満たしながら買えるようになる。



- ① WDMによって数十倍の接続確保が可能に、
 - ② これまで、人手によるPP作業で開通していたものを、R(Reconfigurable)OADM装置(APN-G/I)のソフトウェアインターフェイス(API等)を(AI等使って?)統合することで伝送路構築のコストを大幅削減。
- 専用線構築・運用のコストが大幅に削減される

GUTP/JDCC 次世代DC勉強会-NTT IOWN推進室 川島様発表資料より

DCI目線で見るとAPNの未来: 各社のDCI網間の相互接続ができれば、さまざまな可能性が広がる(かも)

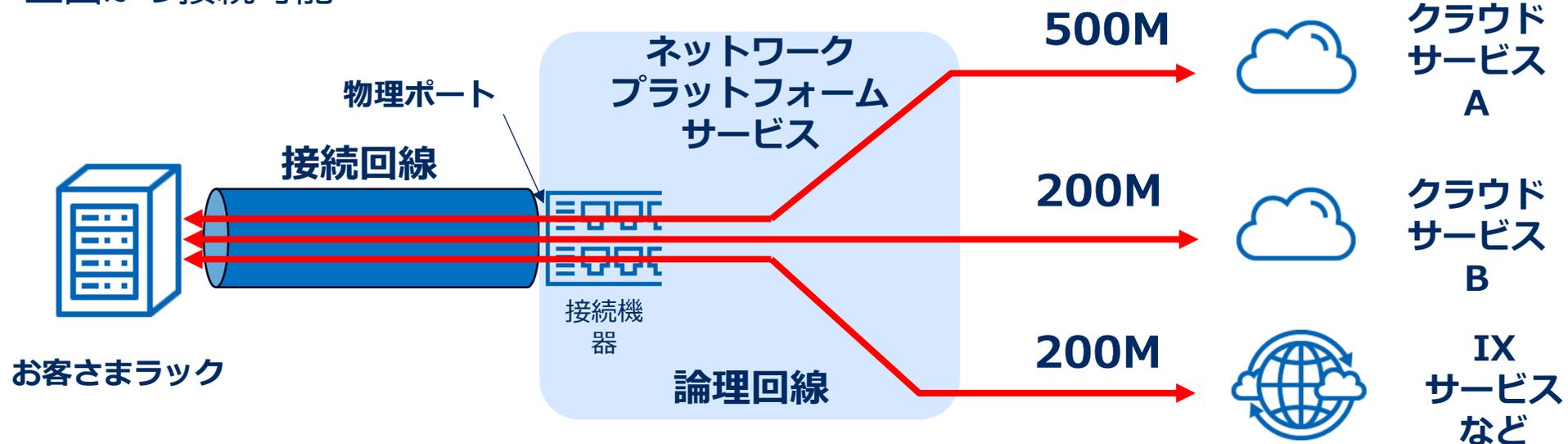
APN時代のDCIサービスでは、オーダーのプログラマブルインターフェース化(Rest API等)、ネットワーク間の制御の統合可能性が求められるようになってくる?

L2 ファブリックサービスとは？

柔軟な、面での伝送を提供するサービス

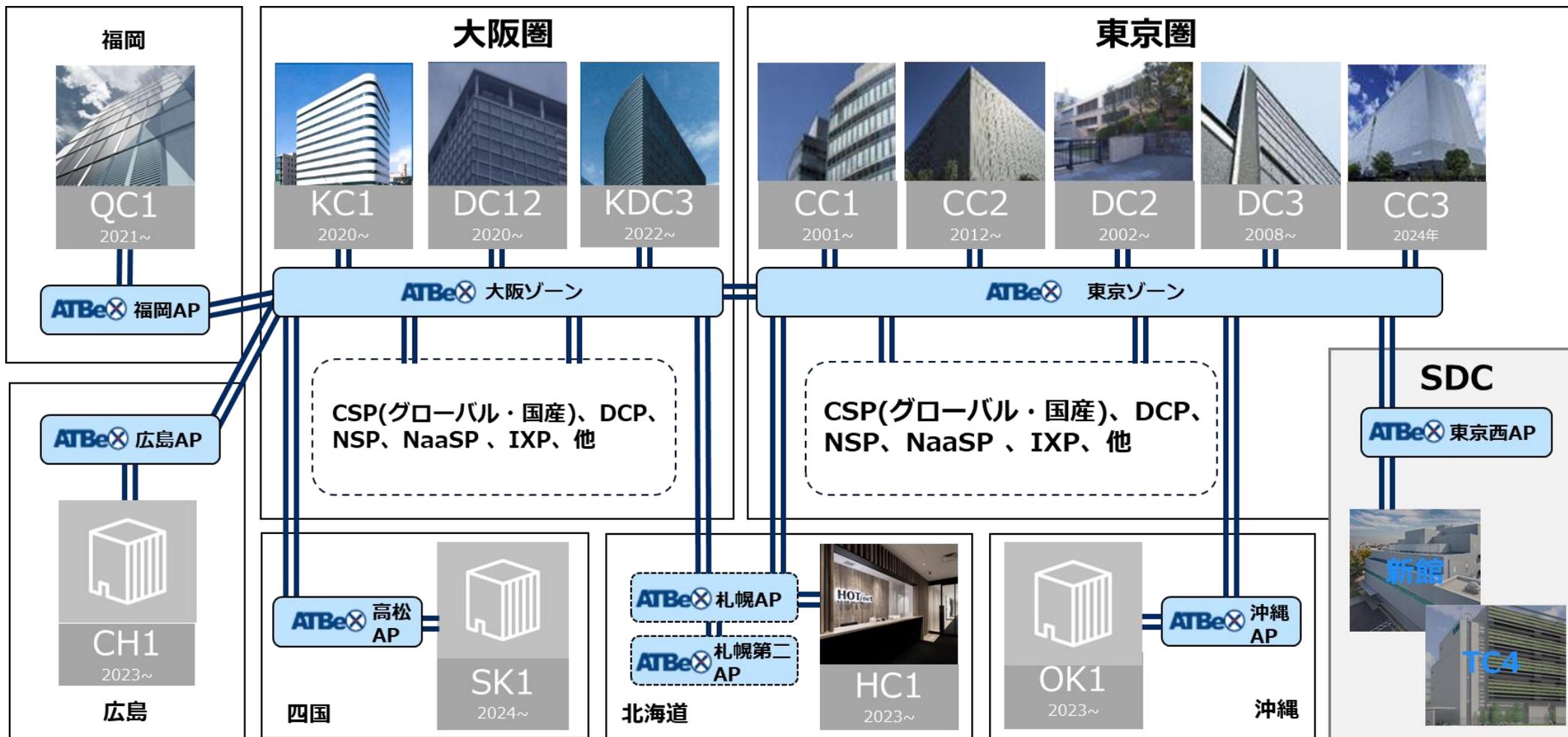
代表例: OCX (BBIX) / Equinix Fabric / ATBeX (アット東京)

- ① 1つの物理的な接続回線の中に複数の論理回線を設定可能
- ② 短期間から利用でき、様々なサービスへ効率的に接続可能
- ③ 全国から接続可能



接続回線 : (物理)帯域/TrunkポートかAccessポートを指定
論理回線 : (論理)帯域/(Trunkポートを使う場合)VLAN IDを指定/その他サービス毎の設定

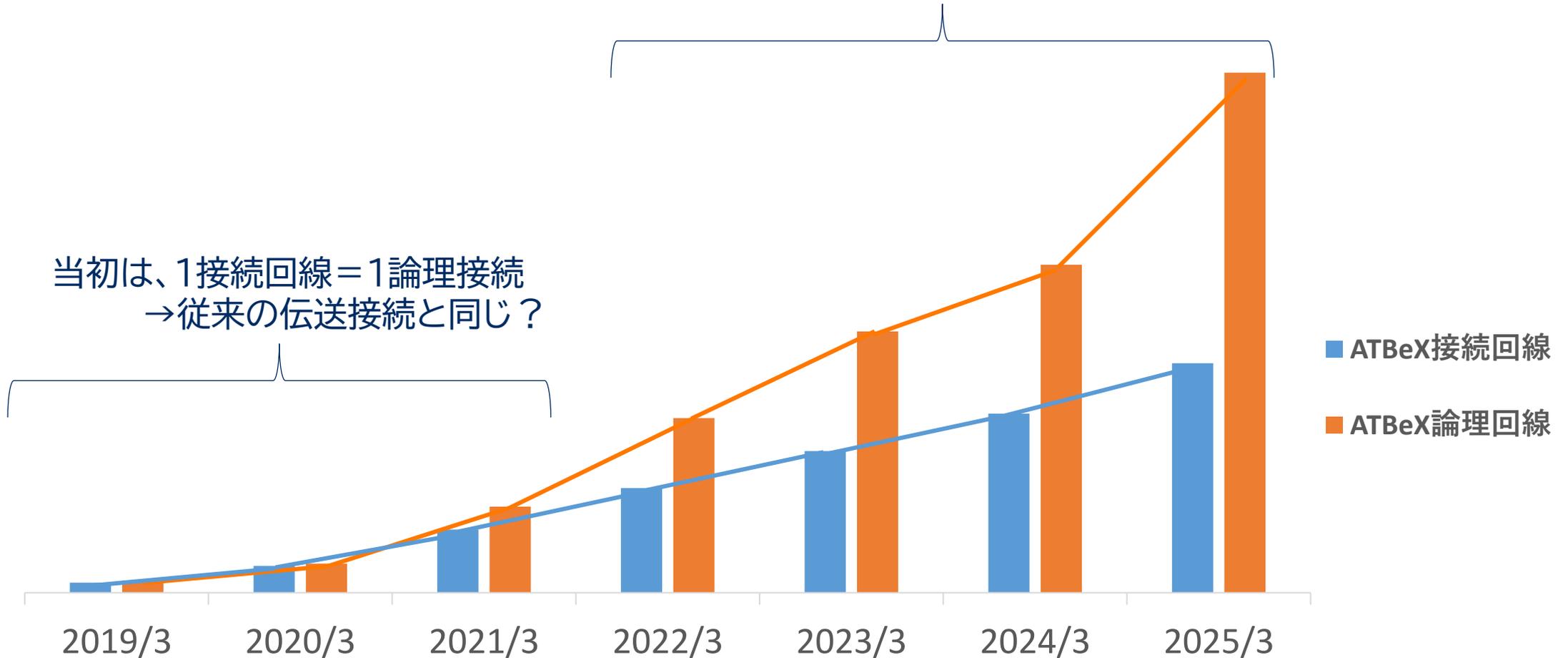
例: ATBeX(AT TOKYO Business eXchange)の“面”



“1つの物理的な接続回線の中に複数の論理回線を設定可能”な例

近年は、接続回線 < 論理接続
→ 複数の“サービス”を1つの接続回線で利用

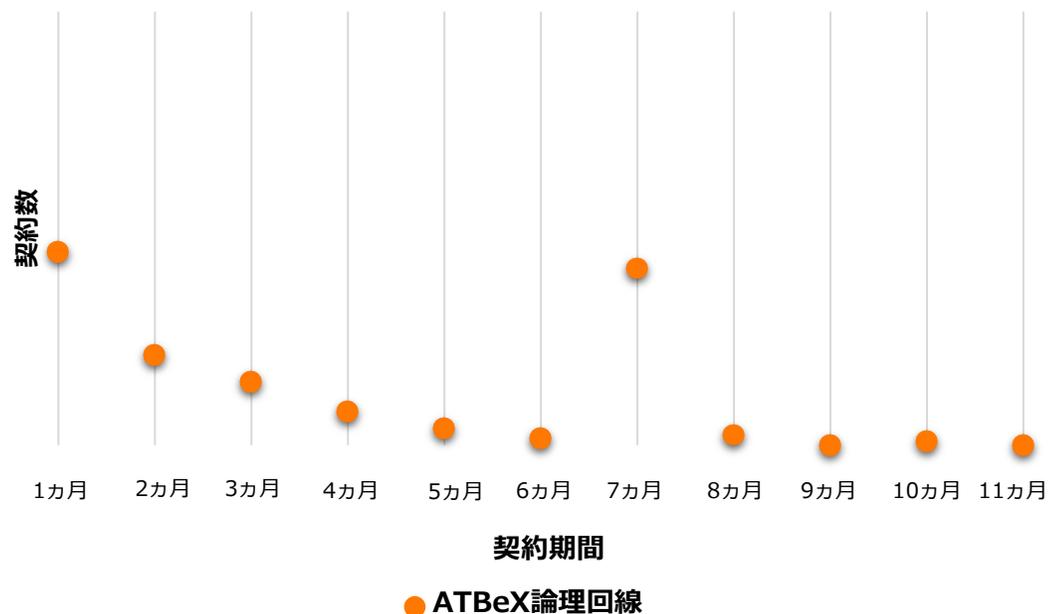
当初は、1接続回線 = 1論理接続
→ 従来の伝送接続と同じ？



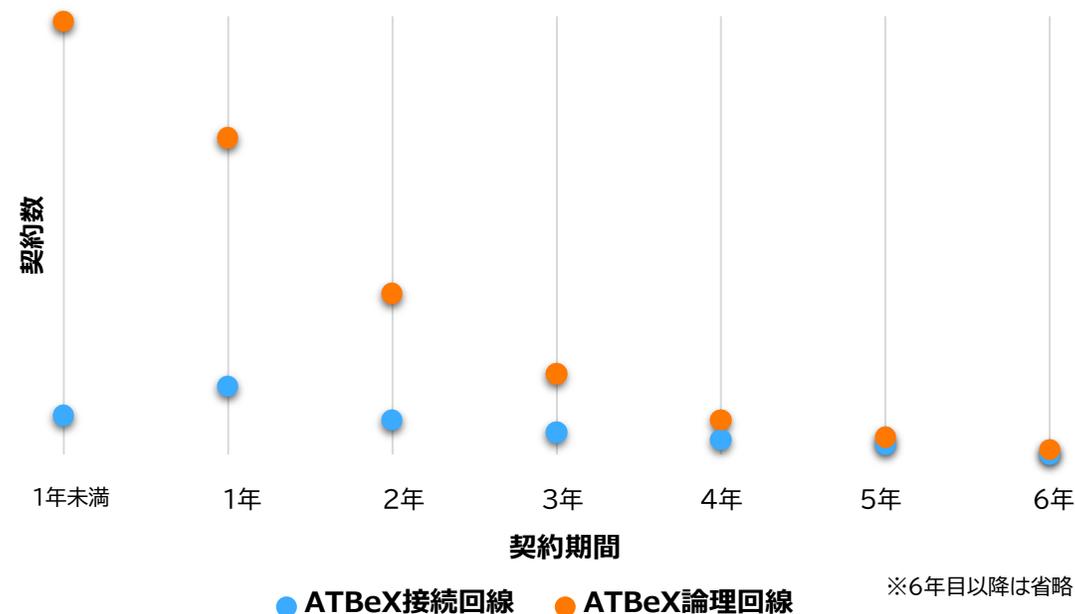
“短期間から利用でき、様々なサービスへ効率的に接続可能”な例

- 通常キャリア回線の契約期間に比べて、論理回線は短い期間での契約が可能
- 1年未満で統計を見ると1ヵ月以下の利用が最多
- (豆知識) 1年未満の統計で2番目に多いのは半年(手続き期間が含まれるため7ヶ月にピーク)

ご契約期間:1年未満(月単位)



ご契約期間:1年以上(年単位)



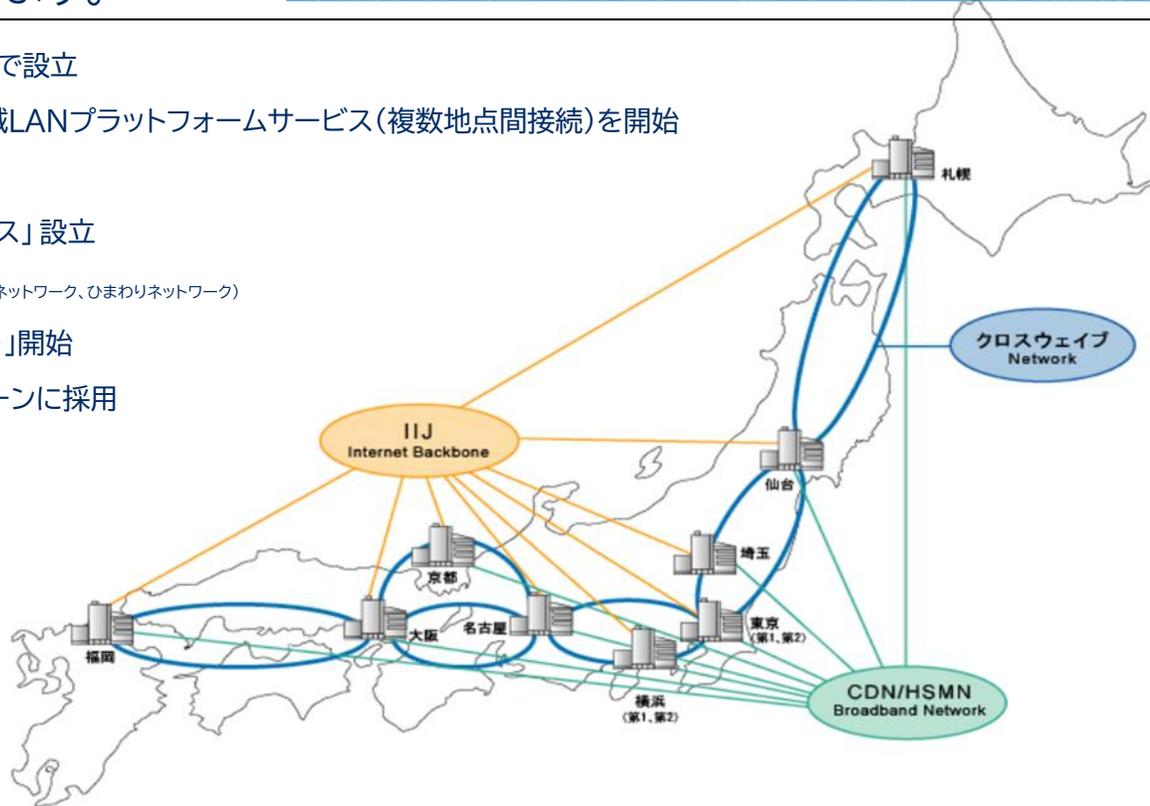
おわりに

CWC(Cross Wave Communications)の挑戦

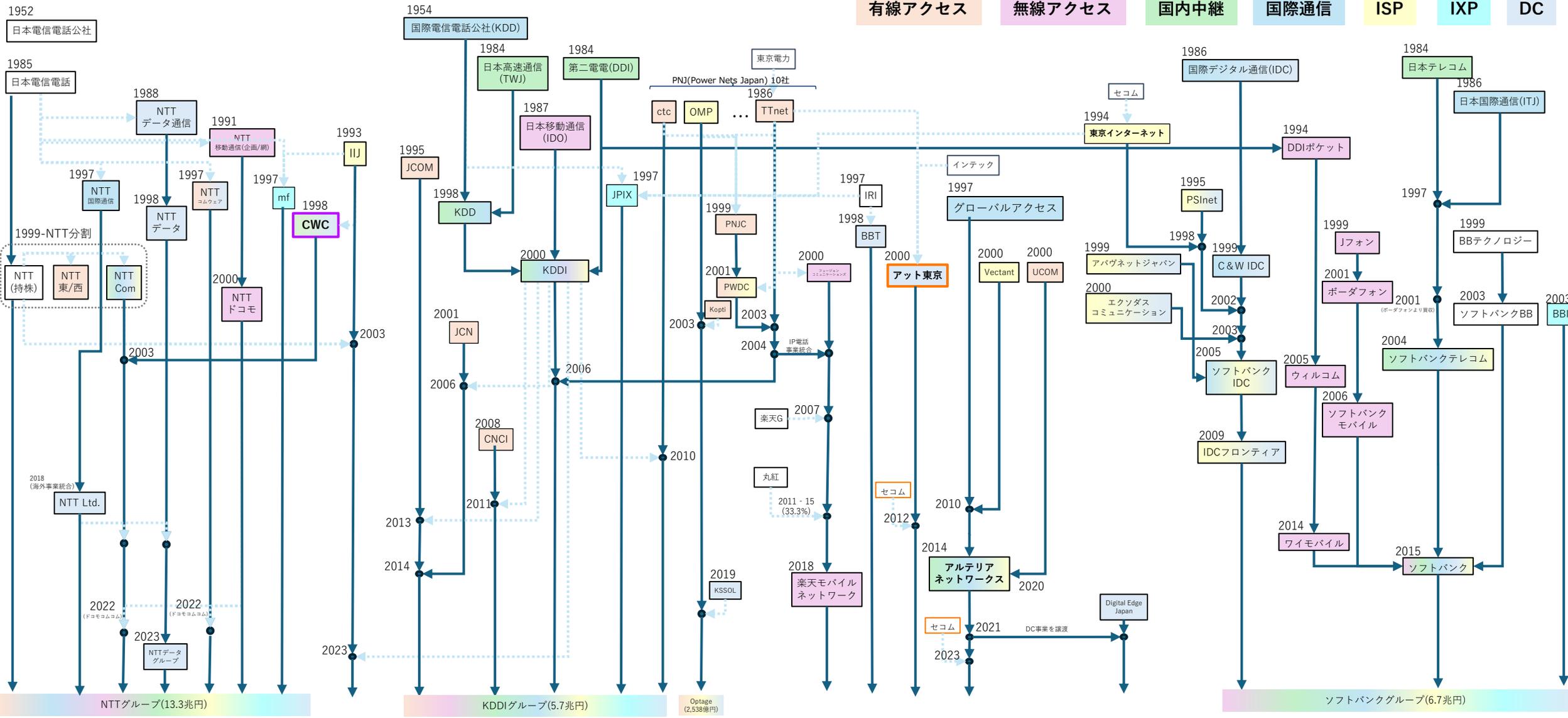
IIJグループでは、ネットワーク・システム資源をオンデマンドで利用できる「リソース・オンデマンド DC サービス」をデータセンター・サービス展開の中核として位置付け、引き続き情報流通ハブとしてのデータセンター利用を促進し、企業の戦略的なネットワーク・システムの利用および運用を積極的に支援してまいります。

IIJプレスリリース：「横浜第1データセンター」「埼玉第1データセンター」、正式に稼働を開始 [より引用](#)

- 1998年10月 インターネットイニシアチブ(IIJ)40%、トヨタ自動車30%、ソニー30%出資で設立
- 1999年4月 DWDM/TWJ(日本高速通信) DFを活用した高速バックボーンサービス/広域LANプラットフォームサービス(複数地点間接続)を開始
- 2000年8月 コンセプチュアルIPO でNASDAQ市場に上場
- 2000年9月 「株式会社クロスウェイブ ファシリティーズ」、「株式会社クロスウェイブ サービス」設立
- 2000年3月 CATV事業者間の相互接続を開始 (東急ケーブルテレビジョン、シーティーワイ、エルシーブイ、近鉄ケーブルネットワーク、ひまわりネットワーク)
- 2000年10月 コンテンツ配信プラットフォーム「ハイスピードメディアネットワーク(HSMN)」開始
- 2001年4月 usenグループ、高速バックボーンサービスをBROAD-GATE01のバックボーンに採用
- 2000年1月 都内にて「メトロウェイブ」を開始 (品川/千代田/中央/江東)
- 2001年8月 電力NCC9社と アクセス回線区間の料金設定権を取得
- 2002年3月 沖縄(OTNet)AP提供開始
- 2002年6月 広域IPプラットフォームサービス(IP-VPNサービス)提供開始
- 2002年8月 広域LANサービスのSLAを強化(往復40ms保証)
- 2003年1月 「横浜第1データセンター」、「埼玉第1データセンター」(2月)稼働開始
- 2003年8月 東京地裁に会社更生手続き申し立て(負債総額684億円)



四半世紀前、CWCはオープン・フレキシブルなバックボーンNW/データセンターを提供し、(今風に言う)企業のデジタルトランスフォーメーションをサポートしようとしていた。



通信サービスとデータセンターサービスは切っても切れない関係。。

※社名については略称を使用しています
 ※出展：[KDDI-テレコム虎の巻](#) 他

本プレゼンテーションではデータセンターの提供する“構内配線サービス”、“データセンター間接続サービス”について、それらのサービス“を”支える技術、サービス“が”支える技術について、データセンター事業者目線で解説させていただきました。

データセンター事業者が様々な通信の“物理層”を担っている様子をご理解いただきましたでしょうか
データセンター/通信サービスはあくまで“インフラ”です。その上で、営まれる文化・技術・経済活動の発展こそが社会にとっての価値・未来です。この発表が、参加者の皆さんとインターネットの実現する価値・未来を一緒に形作っていく何らかのきっかけになれば幸いです。

@Tokyo