

# JANOG56 in MATSUE

## 生成AIインフラを構築してわかったケーブルリングの重要性

さくらインターネット株式会社 井上喬視  
株式会社フジクラ 菊地秀夫



1. 自己紹介
2. これまでの取り組みについて
3. 生成AIインフラの構築とケーブリング
4. 課題をどのように解決していったか
5. その他工夫していることと今後の展望、および期待
6. 会場の皆さんとの議論



**名前：** 井上 喬視 (いのうえ たかし)

**配属：** さくらインターネット株式会社  
クラウド事業本部 クラウドサービス部

**経歴：**

2015年5月～ 入社 以降専用サーバーサービスに携わる  
2023年5月～ 高火力 PHYメンバー

**JANOG歴：**

JANOG28 初参加 / 以後だいたい参加  
JANOG54

生成AI向けパブリッククラウドサービスをつくってみた話



**名前：** 菊地 秀夫（きくち ひでお）

**配属：** 株式会社フジクラ  
光コンポーネント営業部

**経歴：** 1992年入社  
光ケーブル／光コンポーネントの営業技術  
光コンポーネントの設計／開発

**JANOG歴：**  
JANOG50より参加

さくらインターネットにおける  
これまでの取り組みについて

- 2011年11月 ● さくらインターネット自社運営の石狩データセンターを開所
- 2016年9月 ● 「さくらの専用サーバ 高火力シリーズ」の提供開始  
現行提供GPU：NVIDIA V100
- 2020年7月 ● 「さくらの専用サーバ PHY」の提供開始
- 2021年10月 ● 「さくらのクラウド 高火力プラン」の提供開始  
現行提供GPU：NVIDIA V100
- 2023年6月 ● 特定重要物資「クラウドプログラム」の供給確保計画に関する経済産業省の認定 (※)
- 2024年1月 ● 生成AI向けクラウドサービス ベアメタルシリーズ「高火力 PHY」の提供開始  
現行提供GPU：NVIDIA H100
- 2025年6月 ● クラウド型のスーパーコンピュータシステム「さくらONE」がTOP500で49位を獲得  
● 「高火力 PHY」にてH200プランを提供開始  
現行提供GPU：NVIDIA H200

(※) AI向けの高度な電子計算機提供に対する、経済産業省による認定及びNEDOからの助成金交付事業

SAKURA internet

サービス ▼ サポート 企業情報

国産GPUクラウドサービス

# 高火力

全サービスNVIDIAのGPUを搭載  
AI・ディープラーニングに最適なGPUサーバー

## JANOG54

- トップページ
- 参加登録
- アンケート
- フォトアルバム
- Newsletter
- プログラム一覧
- プログラム紹介
- ライトニングトーク募集
- BoF
- NOCツアー
- 行動規範 (Code of conduct)
- 現地情報
- 会場Wi-Fi情報
- JANOG Slack
- 若者支援
- ホスト・協賛
- 協賛のご案内
- スタッフリスト
- Language (Google Translate)

### 生成AI向けパブリッククラウドサービスをつくってみた話

#### 概要

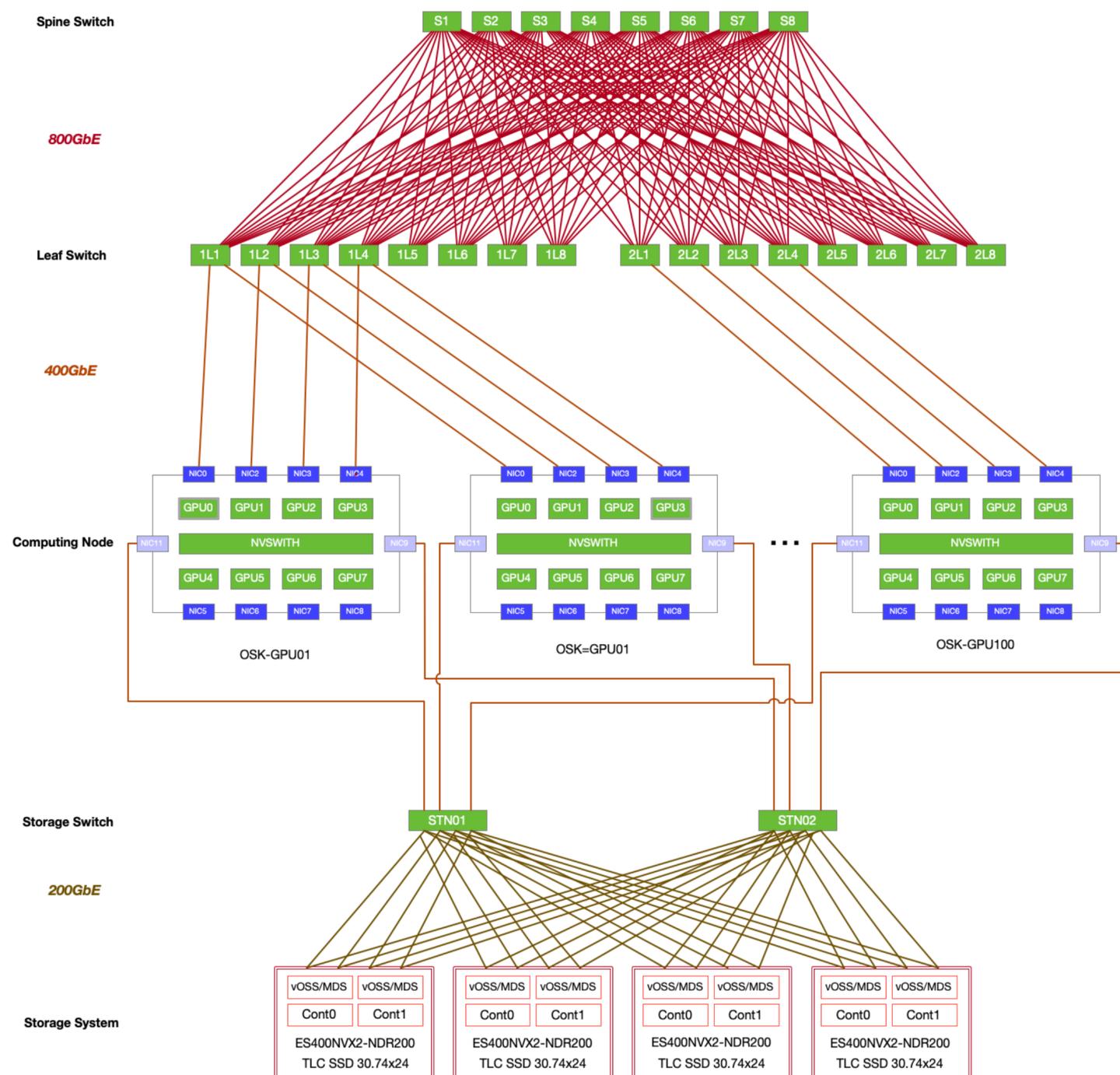
ChatGPTの登場や普及によって生成AIという言葉が広まり、スマホさえあればAIを利用できる時代になってきました。ニーズが高まっている生成AI向けのインフラ基盤のパブリックサービスを提供するために、さくらインターネットではどのように設計構築したこと（そして困りごと）、2024年にリリースしたGPUサービスをどのように運用していること（そして困りごと）を本プログラムで共有し、皆さんと議論したいです。

- 生成AIインフラ基盤のパブリックサービスに取り組んだきっかけ

JANOG54 生成AI向けパブリッククラウドサービスをつくってみた話

<https://www.ianog.gr.jp/meeting/janog54/sakura/>

## 「NVIDIA H100 SXM 80GB」で構成されたLLMの学習に特化したクラウド型のスパコン



### さくらONE

- さくらインターネット研究所とプラナスソリューションズ株式会社との共同構築プロジェクト
- GPU間を接続するネットワークにはBroadcom Tomahawk5 800G 64ポートスイッチ 計24台によるLeaf/Spine構成、ネットワークOSとしてはSONiCを採用
- ISC2025で発表されたTOP500において49位を獲得

SONiC Workshop Japan 2025  
SONiCで構築・運用する生成AI向けパブリッククラウドネットワーク  
<https://sonic.connpass.com/event/345182/>

SAKURAONE: Empowering Transparent and Open AI Platforms through Private-Sector HPC Investment in Japan  
<https://arxiv.org/abs/2507.02124>

さくらインターネット研究所、クラウド型のスーパーコンピュータシステム「さくらONE」が処理性能ランキングTOP500で、世界49位を獲得  
<https://www.sakura.ad.jp/corporate/information/newsreleases/2025/06/11/1968219771/>



## 2025年6月にサービス提供を開始した「高火力PHY」 NVIDIA H200(141GB) 8GPUモデル



### コンテナ型データセンターによる構築

- さくらインターネット石狩データセンターの敷地内にコンテナ型データセンターを建設
- 1コンテナあたり20ラック、合計40ラックをサービス提供中
- 計画から約1年6か月で竣工

### 直接液体冷却方式の導入

- 直接液体冷却方式（Direct Liquid Cooling）を導入し、冷却に必要な消費電力の削減
- NVIDIA H200 GPUを8基搭載した水冷モデルのサーバーを導入、合計約1000基を整備

さくらインターネット、コンテナ型データセンターの稼働を開始  
～ベアメタル型GPUクラウドサービス「高火力 PHY」にて、H200プランを提供開始～  
<https://www.sakura.ad.jp/corporate/information/newsreleases/2025/06/11/1968219778/>

# 生成AIインフラの構築とケーブリング

## シンプルに配線数が多い

- 「高火力 PHY」 では GPUサーバー1台あたり、400Gがサービス当初はNICが4つ、現在は8つに増加
  - よく使われる 400G-SR8 の場合MMF MPO-16、400G-DR4 だとSMF MPO-12
  - ケーブルの余長をきれいに収容するためには余白が必要
  - 本数が多いためタグ付けは大変
- 設置するにはネットワーク装置のラック配置戦略、ケーブルの配線ルートを検討する必要がある
  - とはいえ、だいたいファシリティ要件が先に来る（こういう風に置きたい を先に検討するのは難しい）
  - 制約の中でどうやって設置して配線するか を考える必要がでてくる

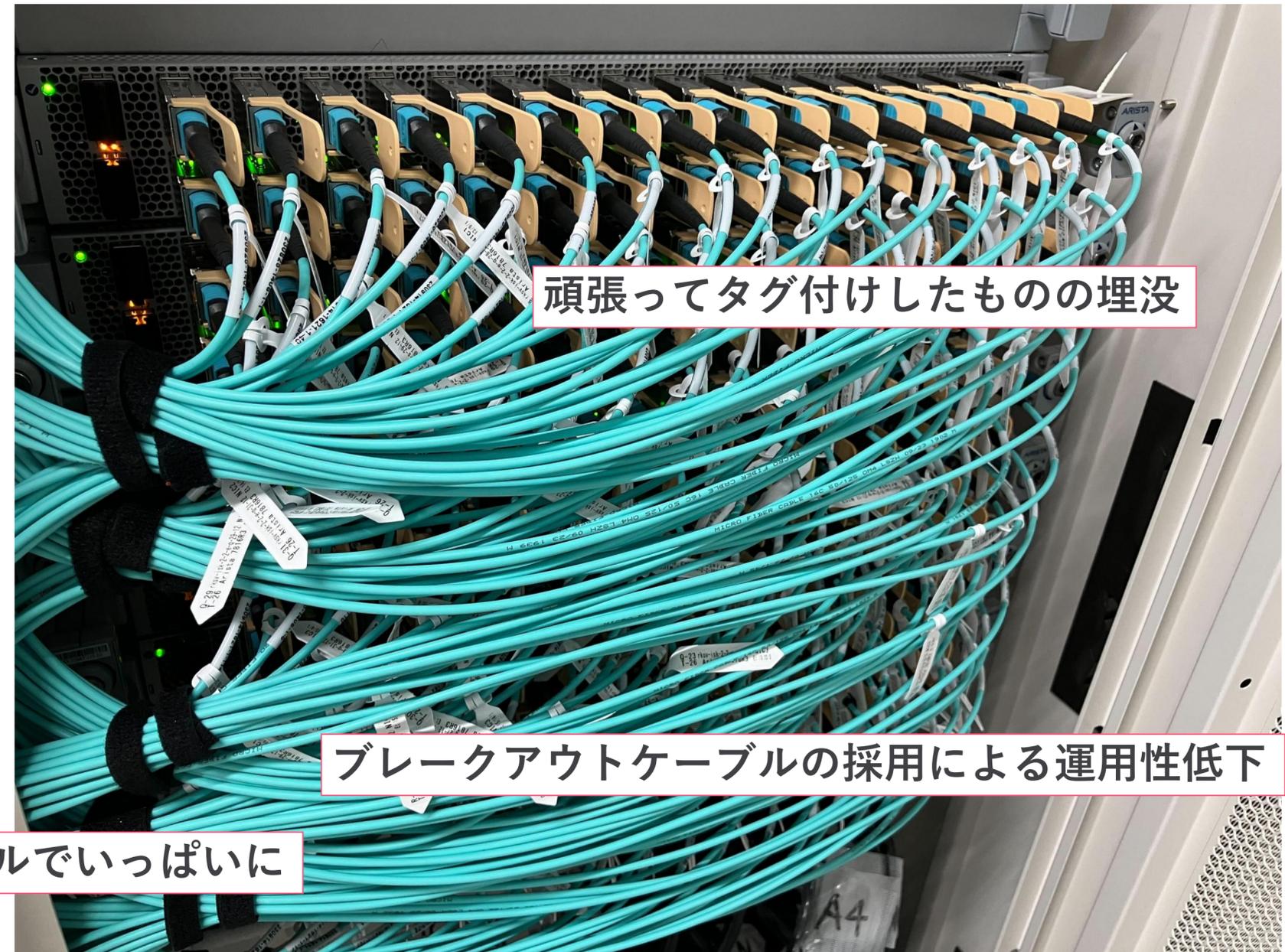
## 通信品質

- マルチモード利用の通信規格はコネクタやケーブル長、パッチパネルの有無などによって損失が起こりやすい
- 高品質なケーブルの採用やAPC研磨が利用可能な光トランシーバーを選定するなど改善
  - JANOG55 400G超通信におけるMPOコネクタの品質について考えよう  
<https://www.janog.gr.jp/meeting/janog55/400g/>

左隣のラックから横に流して配線する方式  
設置したラックが600mm幅のラックだったため余長吸収に苦勞



ラック間の通線孔がケーブルでいっぱい

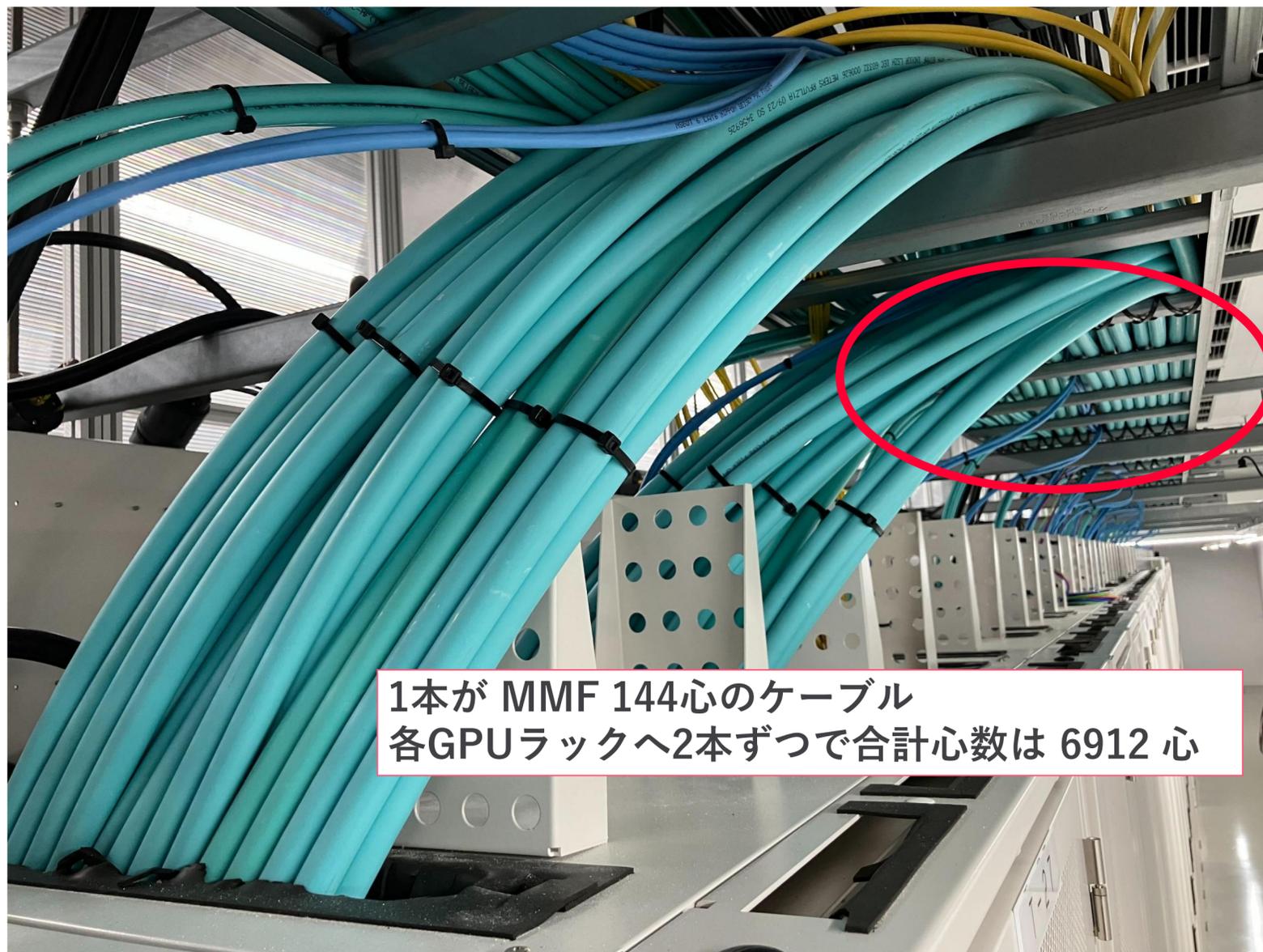


頑張ってタグ付けしたものの埋没

ブレークアウトケーブルの採用による運用性低下

大量のマルチモード配線でケーブルラダーが埋め尽くされた

パッチパネル上部



パッチパネル内部(背面から)



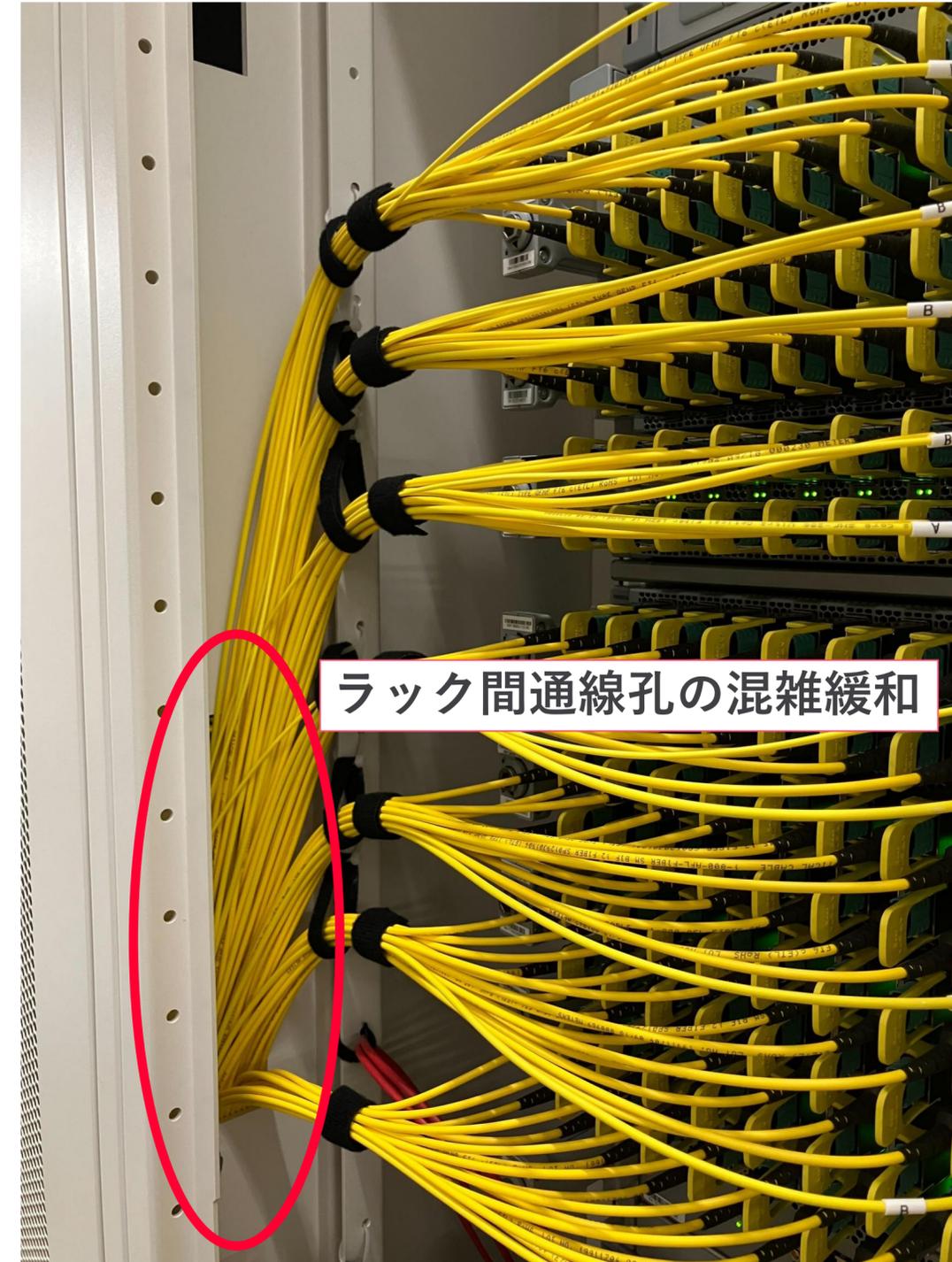
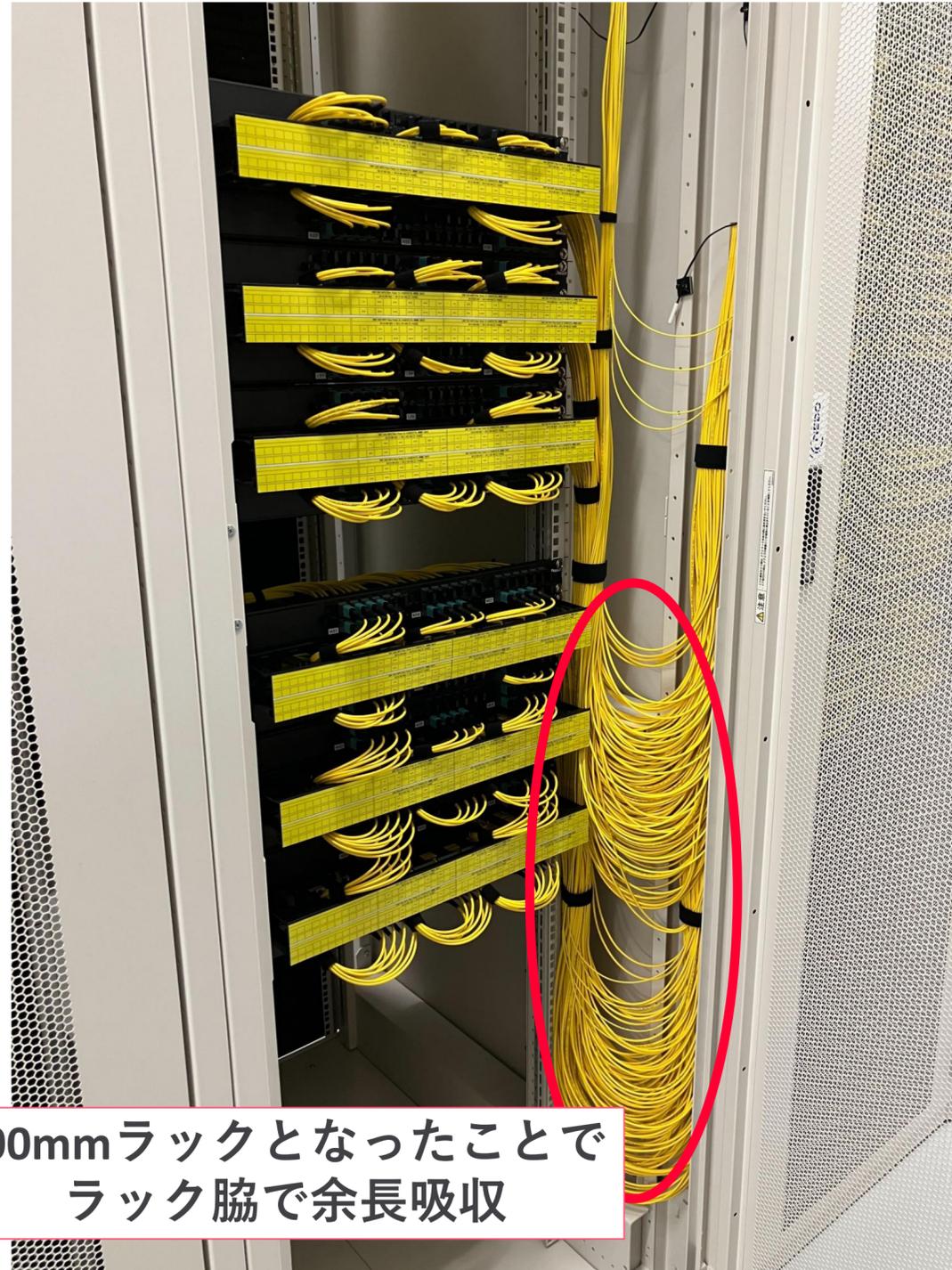


## 「ゆとり」のある設計

- 生成AIインフラの構築で利用することを前提としたサーバールームの使い方ができた
- ラック幅が600mmから700mmに変更
- ケーブルへのタグ付けは実施せず

## スイッチの両脇にパッチパネルを構築

- 両脇に分散させて配線を2ルート化
- シングルモード規格(400G-DR4)に変更
  - 通信品質に起因する問題はほぼ解消

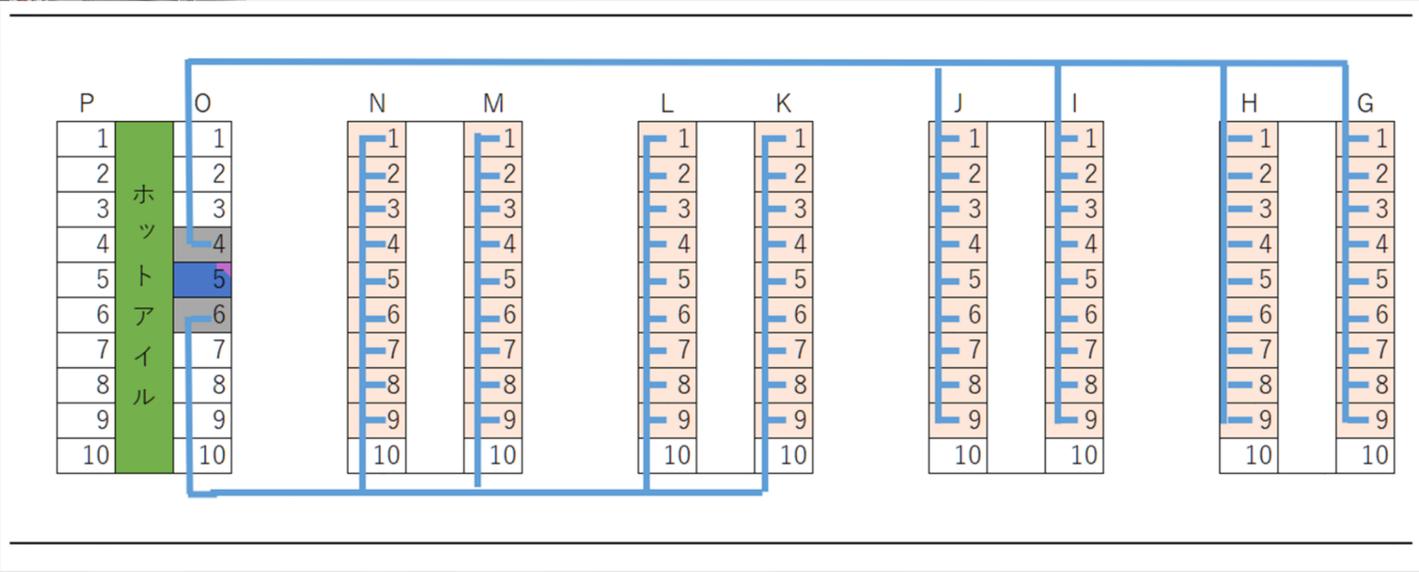




スイッチの両脇2ラックに分散させることで  
ラック当たりのケーブル本数を削減

1本が SMF 144心のケーブル  
各GPUラックへ2本ずつで合計心数は 6912心

配線ルートが被らないように設計



## シンプルに配線数が多い

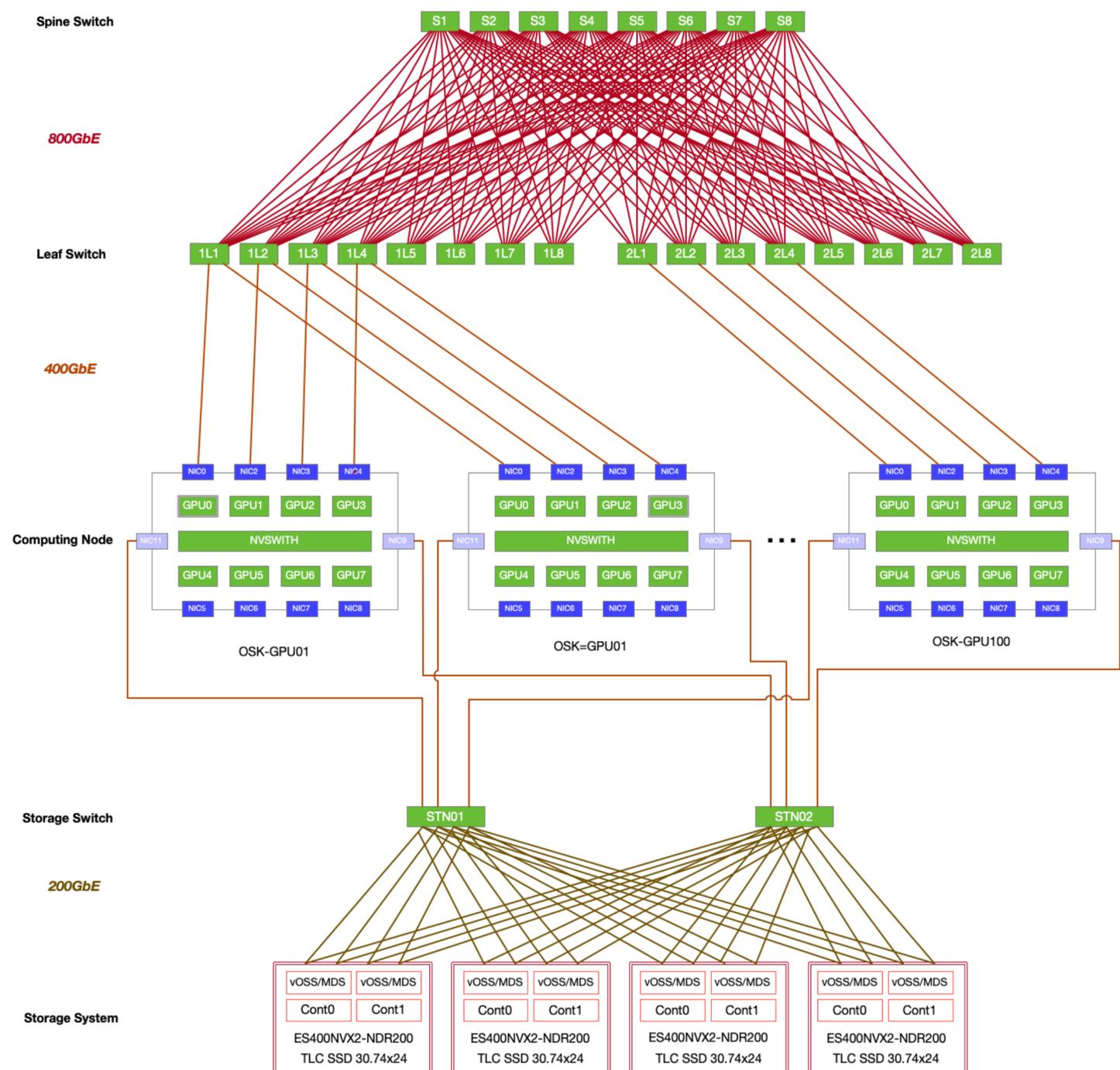
- 「高火力 PHY」 では GPUサーバー1台あたり、400Gがサービス当初は4つ、現在は8つに増加
- よく使われる 400G-SR8 の場合MMF MPO-16、400G-DR4 だとSMF MPO-12
- ケーブルの余長をきれいに収容するためには余白が必要 **ゆとりをもってラックを利用、余白を使った配線に**
- 本数が多いためタグ付けは大変 **1本1本にタグ取り付けると工期に影響してくるため取りやめ  
配線表 + LLDPによる配線確認でカバー**
- 設置するにはネットワーク装置のラック配置戦略、ケーブルの配線ルートを検討する必要がある
  - とはいえ、だいたいファシリティ要件が先に来る（こういう風に置きたい を先に検討するのは難しい）
  - 制約の中でどうやって設置して配線するか を考える必要がでてくる

## 通信品質

- マルチモード利用の通信規格はコネクタやケーブル長、パッチパネルの有無などによって損失が起こりやすい
- 高品質なケーブルの採用やAPC研磨が利用可能な光トランシーバーを選定するなど改善
  - JANOG55 400G超通信におけるMPOコネクタの品質について考えよう  
<https://www.janog.gr.jp/meeting/janog55/400g/>

**パッチパネルで運用性を確保しつつ、  
400G-DR4による配線で通信品質安定化**

## 「NVIDIA H100 SXM 80GB」で構成されたLLMの学習に特化したクラウド型のスパコン



### さくらONE

- さくらインターネット研究所とプラナスソリューションズ株式会社との共同構築プロジェクト
- GPU間を接続するネットワークにはBroadcom Tomahawk5 800G 64ポートスイッチ 計24台によるLeaf/Spine構成、ネットワークOSとしてはSONiCを採用
- ISC2025で発表されたTOP500において**世界49位**を獲得

SONiC Workshop Japan 2025  
SONiCで構築・運用する生成AI向けパブリッククラウドネットワーク  
<https://sonic.connpass.com/event/345182/>

SAKURAONE: Empowering Transparent and Open AI Platforms through Private-Sector HPC Investment in Japan  
<https://arxiv.org/abs/2507.02124>

さくらインターネット研究所、クラウド型のスーパーコンピュータシステム「さくらONE」が処理性能ランキングTOP500で、世界49位を獲得  
<https://www.sakura.ad.jp/corporate/information/newsreleases/2025/06/11/1968219771/>



Leaf-Spine トポロジによる構成で NVIDIA H100 SXM 80GB x 8 サーバー 100台を収容

Spine Switch

S1 S2 S3 S4 S5 S6 S7 S8

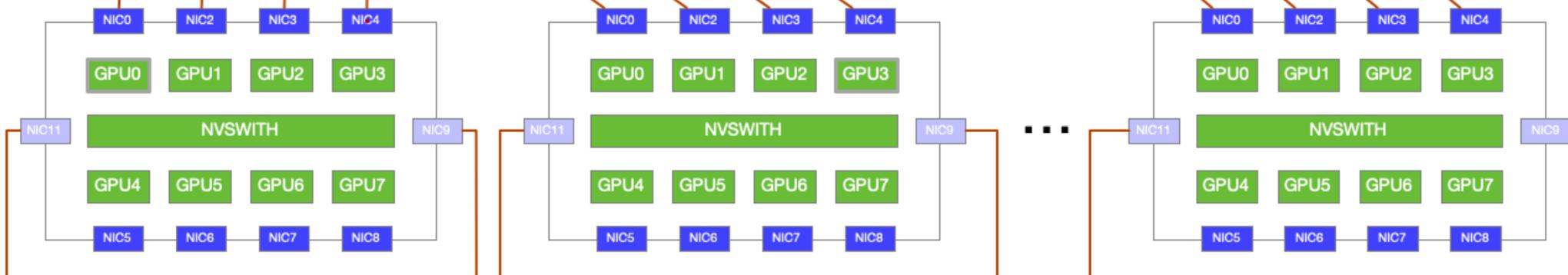
800GbE

Leaf Switch

1L1 1L2 1L3 1L4 1L5 1L6 1L7 1L8 2L1 2L2 2L3 2L4 2L5 2L6 2L7 2L8

400GbE

Computing Node



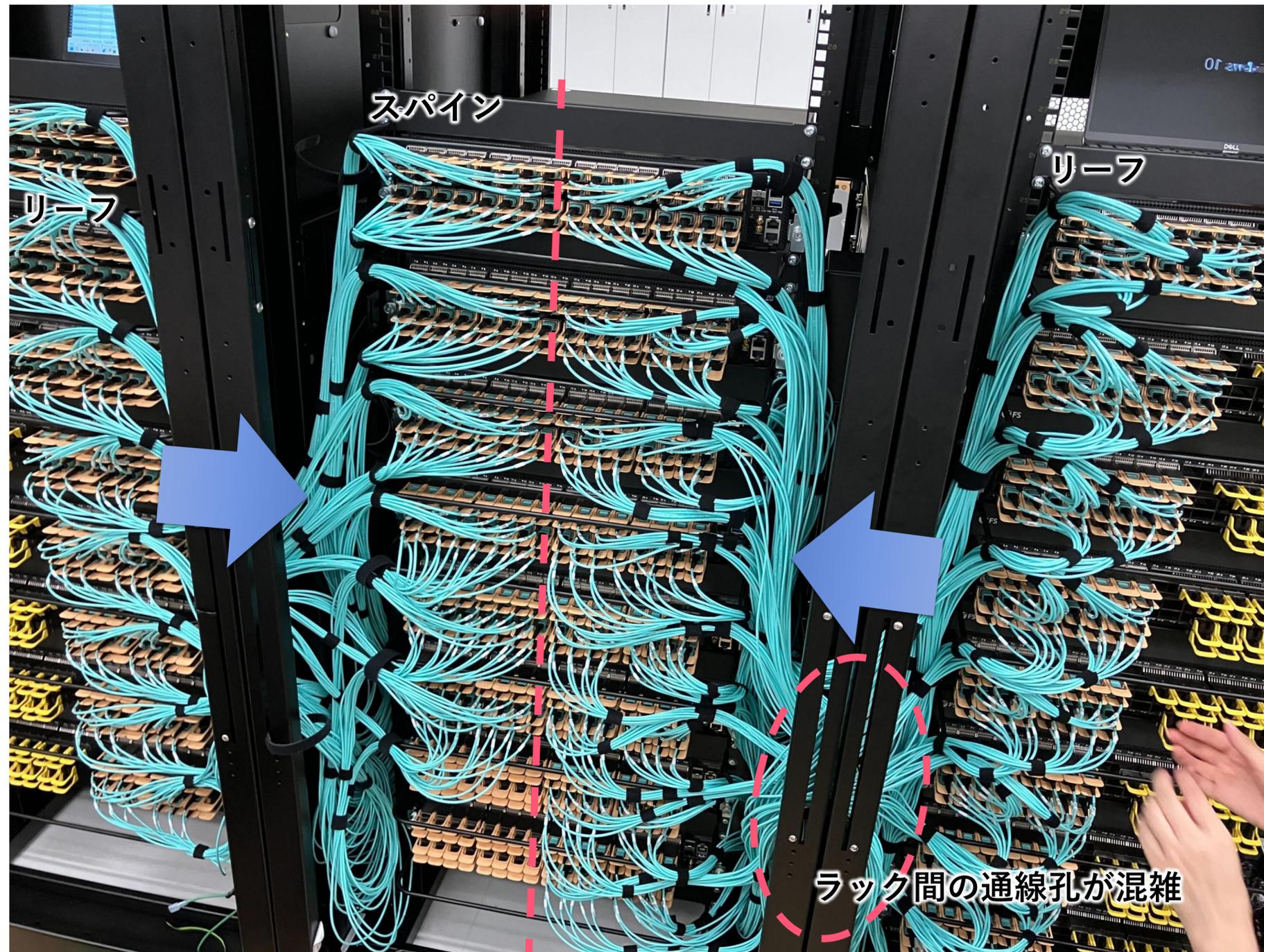
Whitebox 800Gスイッチを採用

- 800G 64ポートスイッチ 計24台によるRail-Optimized構成、ネットワークOSには SONiC を採用
- フルバイセクション

8台のリーフスイッチで50台を収容

- 50台のSUが2つの構成
- サーバー1台あたり 400G-DR4 x 8 を利用
- リーフスパイン間は800G-SR8

## スパインスイッチの両隣ラックにリーフスイッチを配置する設計



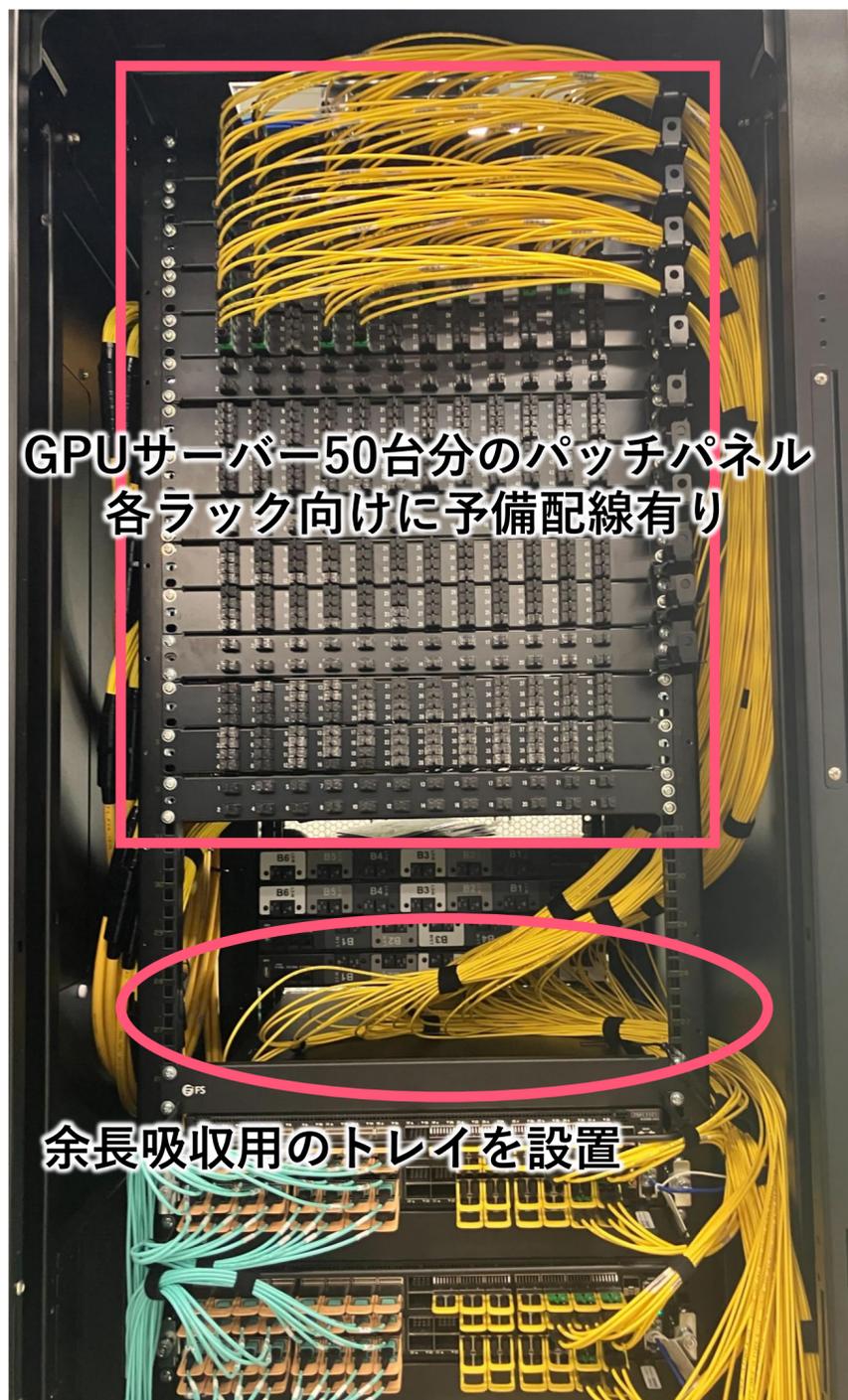
### 800G x 64ポートスイッチの採用

- 800G-SR8の採用による配線本数の削減
- 距離が近いためマルチモード規格を採用
  - MPO16 MMF APC研磨ケーブル 2m~3m

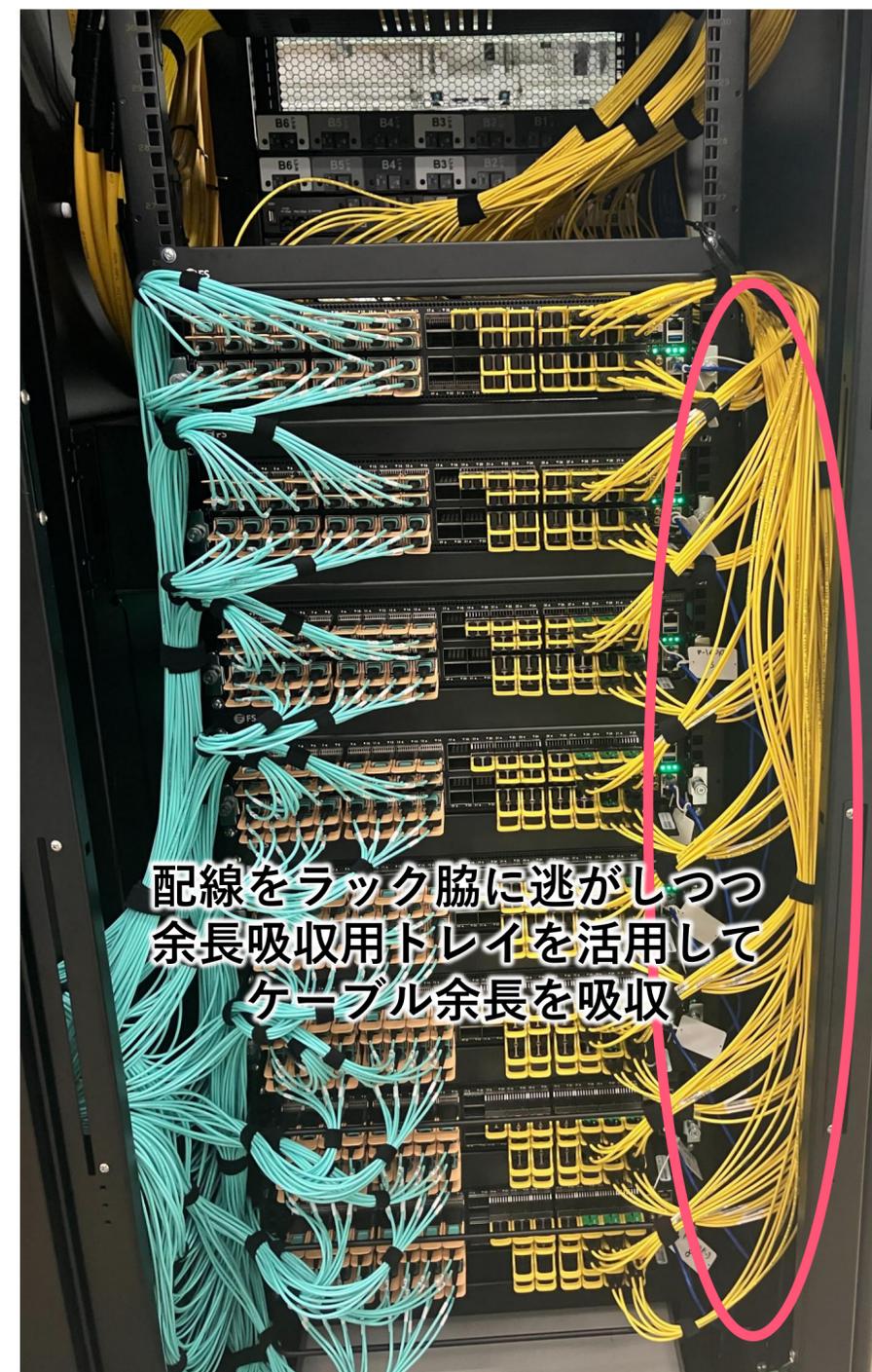
### 配線のしやすさを考慮したポート収容

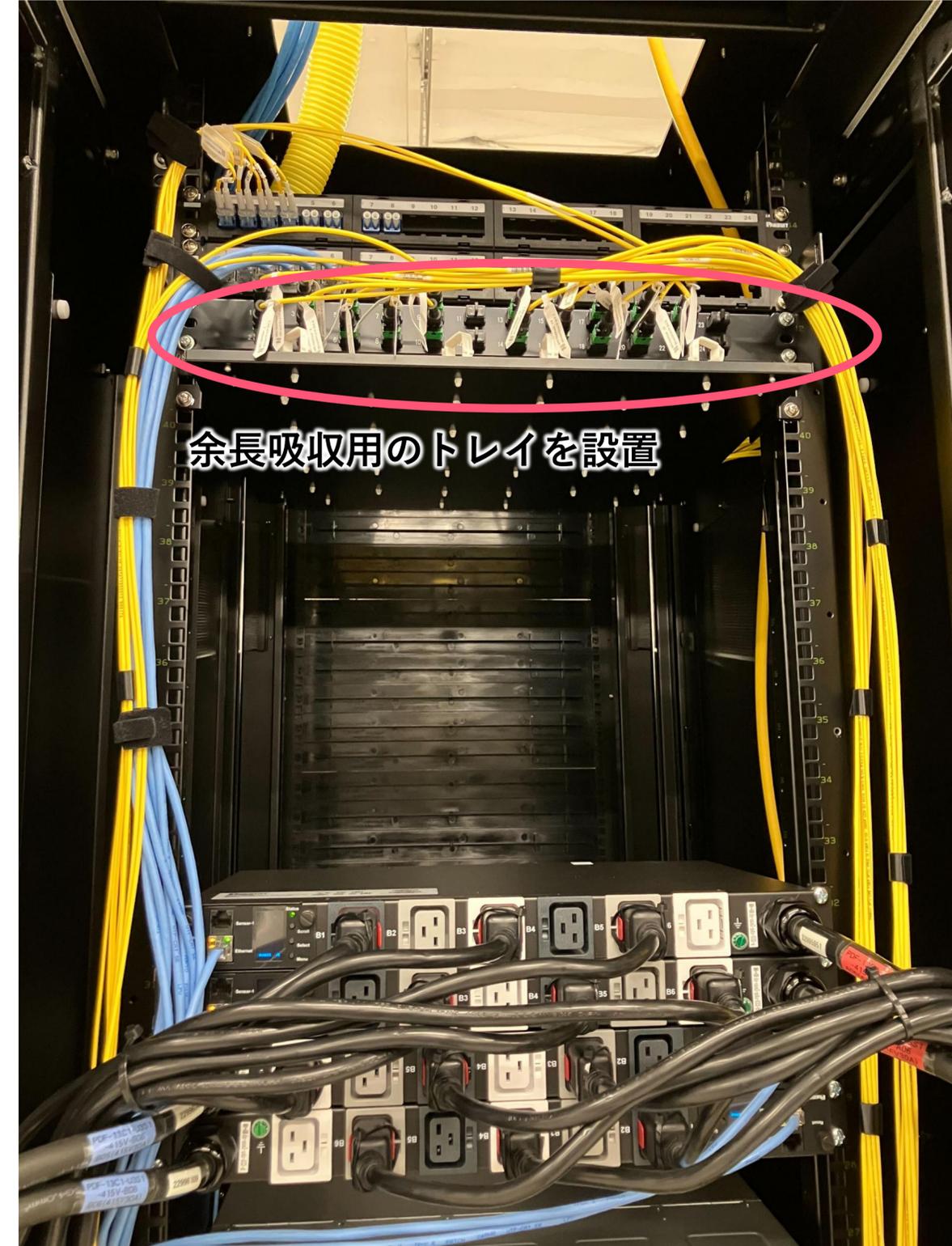
- スパインスイッチのポートを真ん中で分割
  - 右半分は右側の配線用、左半分は左側の配線用
- 一方でケーブル余長の吸収には苦労した
- 通線孔が1か所しかなかった
- ケーブル不良時の交換が大変
  - 不良時は諦めて敷設しなおす前提で

リーフスイッチラックの上部



リーフスイッチラックの下部





ここまで光ケーブルの話しかしてませんが、実はUTPも大変

## UTPは高密度化に限界がある

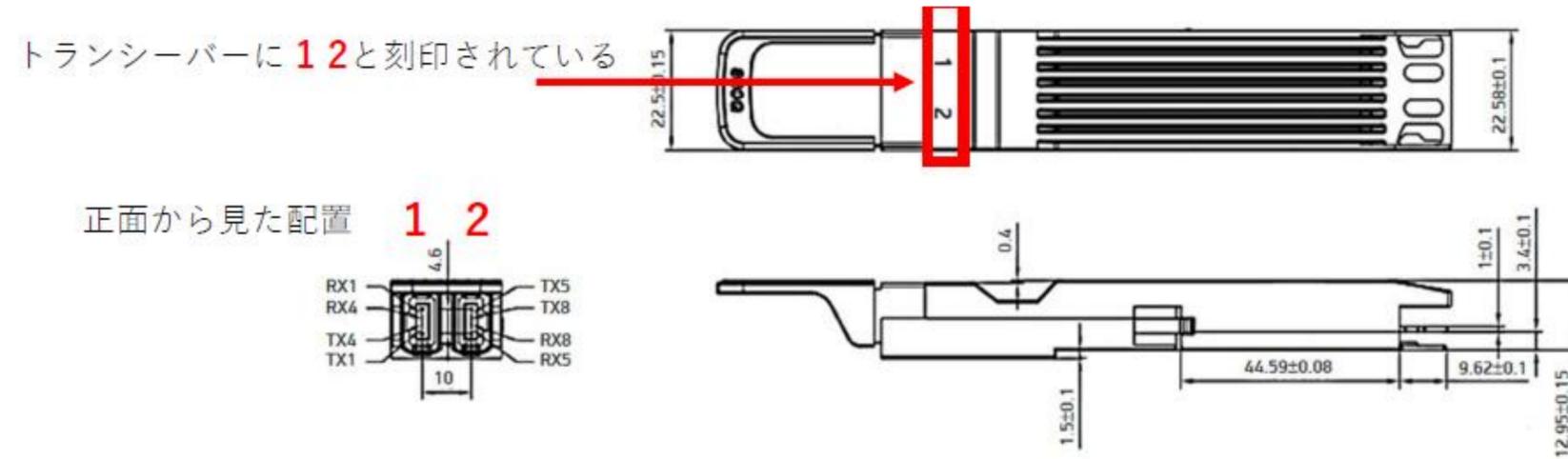
- 集合型のケーブルでも太くなりがち
- パッチコードは細いもので3mm程度
- パッチパネルの密度を増やしにくい
  - 多くても1Uあたり24ポート
- スイッチの管理用ポート、サーバーのBMC、PDUの管理用ポート、コンソール…

管理用NW	
46	
45	UTP 24ポート パッチパネル A-1 ~ A-5
44	UTP 24ポート パッチパネル A-1 ~ A-5
43	UTP 24ポート パッチパネル B-1 ~ B-5
42	UTP 24ポート パッチパネル B-1 ~ B-5
41	UTP 24ポート パッチパネル C-1 ~ C-5
40	UTP 24ポート パッチパネル C-1 ~ C-5
39	UTP 24ポート パッチパネル D-1 ~ D-5
38	UTP 24ポート パッチパネル D-1 ~ D-5
37	UTP 24ポート パッチパネル E-1 ~ E-5
36	UTP 24ポート パッチパネル E-1 ~ E-5
35	
34	48ポート 管理用スイッチ
33	ケーブルマネジメント
32	48ポート 管理用スイッチ
31	ケーブルマネジメント
30	48ポート 管理用スイッチ
29	ケーブルマネジメント
28	48ポート 管理用スイッチ
27	ケーブルマネジメント
26	48ポート 管理用スイッチ
25	ケーブルマネジメント
24	管理用集約スイッチ
23	管理用集約スイッチ
22	ケーブルマネジメント
21	48ポート 管理用スイッチ
20	ケーブルマネジメント
19	48ポート 管理用スイッチ
18	ケーブルマネジメント
17	48ポート 管理用スイッチ
16	ケーブルマネジメント
15	48ポート 管理用スイッチ
14	ケーブルマネジメント
13	48ポート 管理用スイッチ
12	
11	UTP 24ポート パッチパネル A-6 ~ A-10
10	UTP 24ポート パッチパネル A-6 ~ A-10
9	UTP 24ポート パッチパネル B-6 ~ B-10
8	UTP 24ポート パッチパネル B-6 ~ B-10
7	UTP 24ポート パッチパネル C-6 ~ C-10
6	UTP 24ポート パッチパネル C-6 ~ C-10
5	UTP 24ポート パッチパネル D-6 ~ D-10
4	UTP 24ポート パッチパネル D-6 ~ D-10
3	UTP 24ポート パッチパネル E-6 ~ E-10
2	UTP 24ポート パッチパネル E-6 ~ E-10
1	未使用



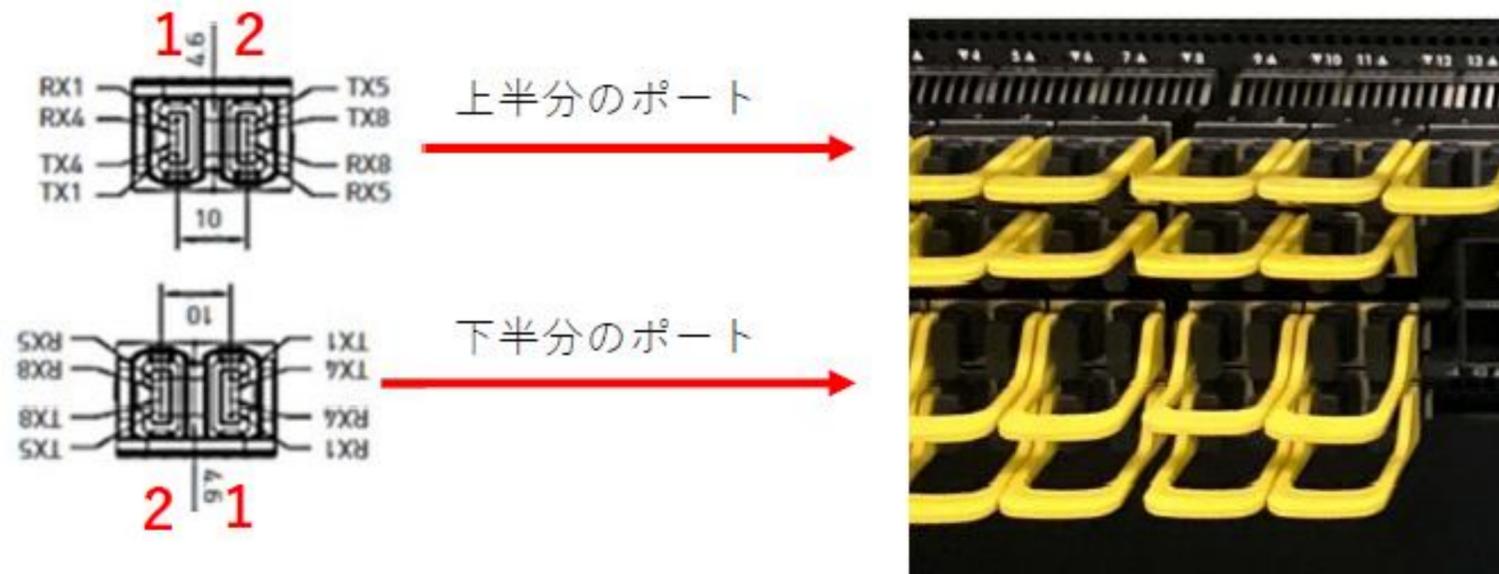
合計400本ぐらいの  
UTPケーブル

## Dual-MPOトランシーバーとポート番号のはなし



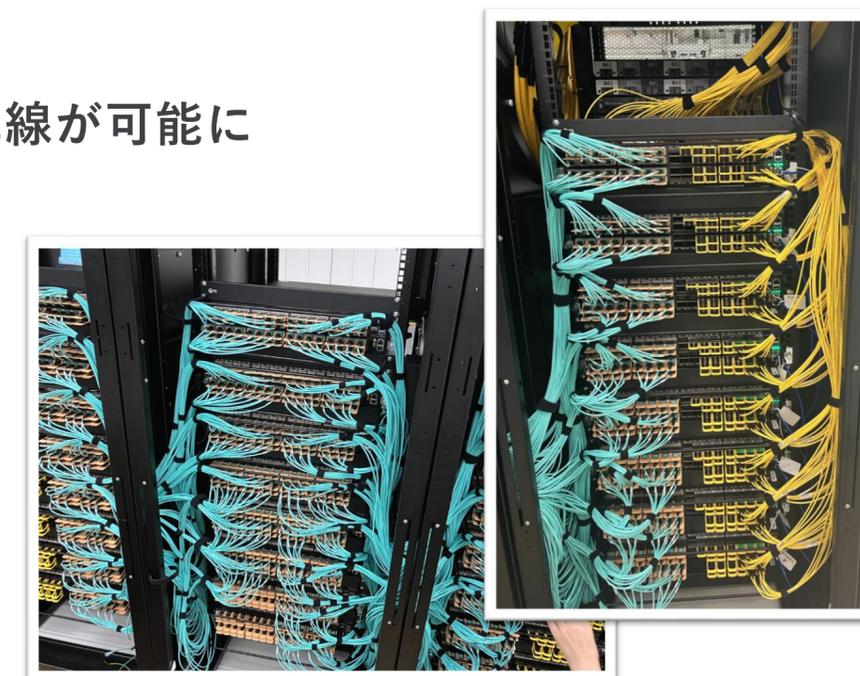
これってポート番号どうなるの…？

- 上半分と下半分は物理的な位置が逆になる
- 接続には気をつけましょう
  - 使われたことのある皆さんどうしてですか…？



## ラック配置の工夫により運用性を維持しつつ品質の高い配線に

- スパインスイッチの両隣ラックにリーフスイッチを配置する設計
  - リーフスイッチ上部にパッチパネルを敷設することで短いパッチコードによる配線が可能に
- マルチモードとシングルモードの使い分けによる配線コストの削減
  - 適材適所で通信規格を選定、大きなトラブルはなく運用フェーズに移行ができた
- 一方でUTPの取り回しは大変
  - 太さがあるため光ケーブルと比べて高密度化には限界がある



## ケーブル余長の吸収が大事

- ケーブルの余長吸収用に専用のトレイを設けることでスムーズな配線ができる
- 一方でラック間通線孔は窮屈になりがち
  - ネットワーク配線に適したラックはあるものの、構築場所によっては設置できるとは限らない

## 2025年6月にサービス提供を開始した「高火力PHY」 NVIDIA H200(141GB) 8GPUモデル



### コンテナ型データセンターによる構築

- さくらインターネット石狩データセンターの敷地内にコンテナ型データセンターを建設
- 1コンテナあたり20ラック、合計40ラックをサービス提供中
- 計画から約1年6か月で竣工

### 直接液体冷却方式の導入

- 直接液体冷却方式（Direct Liquid Cooling）を導入し、冷却に必要な消費電力の削減
- NVIDIA H200 GPUを8基搭載した水冷モデルのサーバーを導入、合計約1000基を整備

さくらインターネット、コンテナ型データセンターの稼働を開始  
～ベアメタル型GPUクラウドサービス「高火力PHY」にて、H200プランを提供開始～  
<https://www.sakura.ad.jp/corporate/information/newsreleases/2025/06/11/1968219778/>

YouTube JP 検索



国産企業で唯一、ガバナメントクラウドの提供事業者として

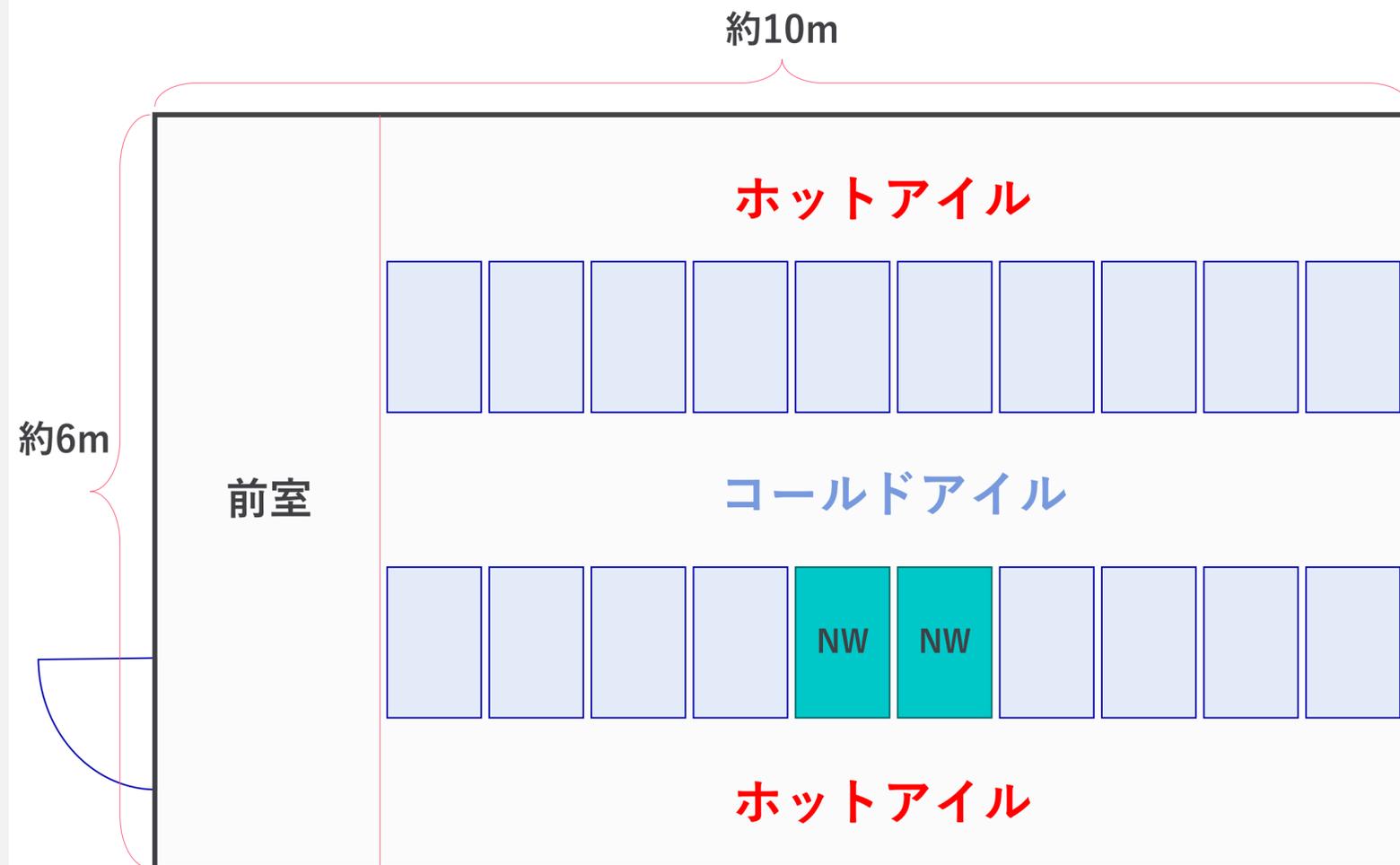
1:48 / 5:34

さくらインターネット株式会社様 コンテナ型データセンターサービス 導入事例

日立システムズブランドチャンネル  
チャンネル登録者数 3150人

チャンネル登録

高評価 共有 保存

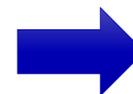


## コンテナ型データセンター 概要

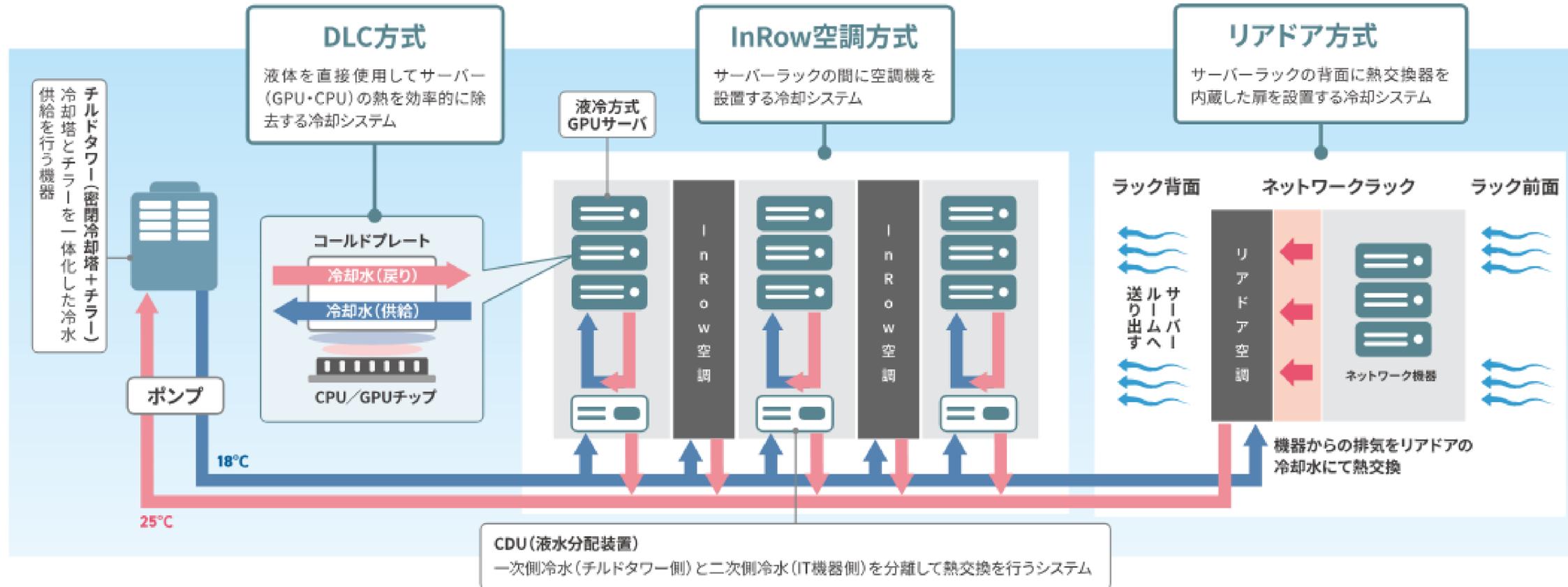
- 全長 約10m、幅 約6m、高さ 約3mのコンテナDC
- アイルコンテインメント方式の空調設備
  - 空調設備にはInRow空調機を利用
- 1コンテナあたり20ラック
  - ネットワークに利用可能なラックは2ラック
- 1ラック当たり4~5台のH200 GPUサーバー
  - 各サーバーあたり 400Gbps×8 の帯域を確保
- 直接液体冷却方式による水冷設備

InRow空調機

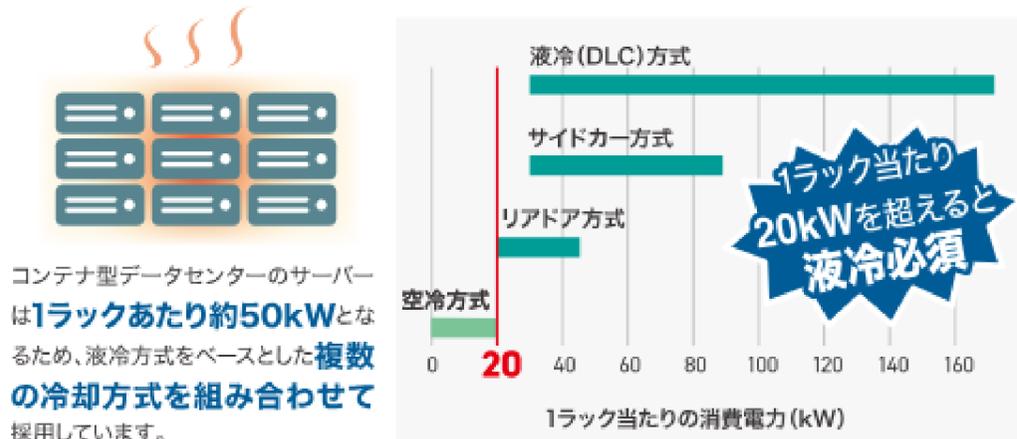
※イメージ



## 冷却方式の種類と構成・導入効果



### コンテナ型データセンターの冷却方式



### 液冷方式の導入による効果

**従来の空冷方式**  
フロア全体を冷やす必要があった。

**水冷による冷却方式**  
冷却水による部分的な冷却でOK!!

消費電力を抑えた省エネ運用を実現!

冷却効率UP

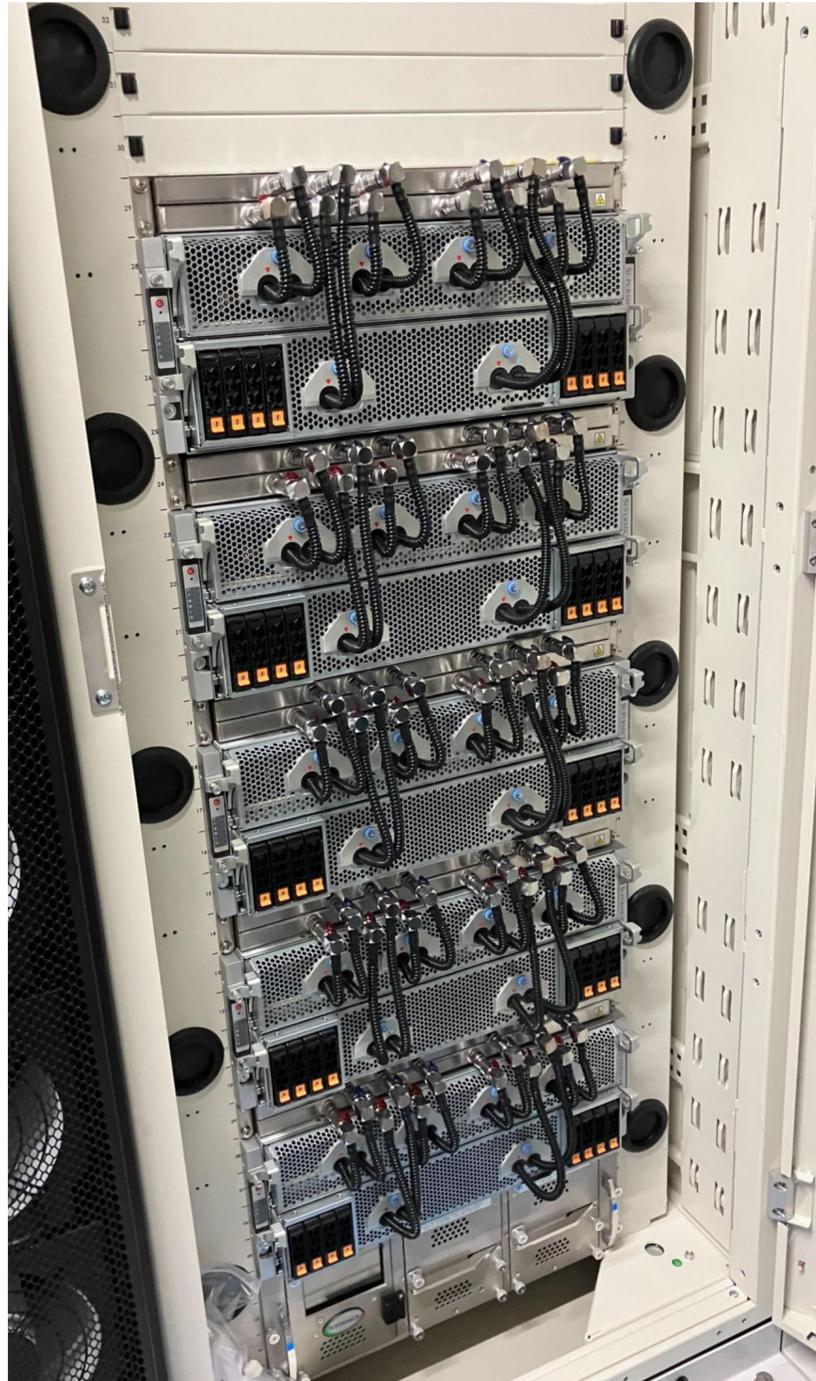
消費電力削減

**従来の空冷方式**  
1ラックあたりの電力供給量および冷却能力の制約により、収容可能なサーバー台数は2台程度に限られていた。

**水冷による冷却方式**  
1ラック5台程収納が可能になり、高密度設置

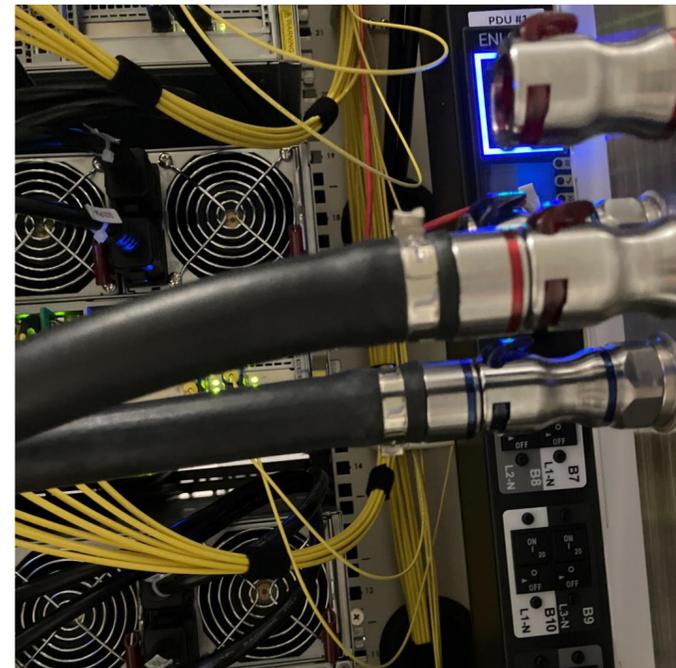
高密度設置

高密度設置による収納効率アップを実現



## ラックスケール設計による水冷GPUサーバーの採用

- Supermicro SuperServer SYS-421GE-TNHR2-LCC
  - Intel Xeon Platinum 8580 2.0GHz (60コア) x 2CPU
  - NVIDIA H200 141GB x 8
  - NVIDIA ConnectX-7 400GbE x 8



ラック背面の水冷用配管

NWラック(リアドア付き) 800mm		NWラック 700mm		
Front		Front		
42		42		
41	余長収納トレイ	41		
40		40	コードケーブル固定金具	
39		39		
38	Arista 7816LR3	38		
37			37	
36			36	
35			35	余長収納トレイ
34			34	
33			33	
32			32	余長収納トレイ
31			31	
30			30	
29			29	余長収納トレイ
28			28	
27			27	
26		26	144心MPO/LC成端ユニット	
25		25	144心MPO/LC成端ユニット	
24		24	144心MPO/LC成端ユニット	
23		23	コンテナ外接続用 光成端ユニット	
22		22		
21		21		
20		20	余長収納トレイ	
19		19		
18		18		
17		17	North-South Switch	
16		16	North-South Switch	
15		15		
14		14	North-South Switch	
13		13	North-South Switch	
12		12		
11		11	管理NW 集約スイッチ	
10		10	管理NW 集約スイッチ	
9		9		
8		8	管理NW スイッチ	
7		7		
6		6		
5	PDU	5	余長収納トレイ	
4	PDU	4		
3		3	管理用サーバー	
2	PDU	2	コンソールサーバー	
1	PDU	1		

## 2ラックで3つのネットワークを構築

- GPUインターコネクト
- North-Southネットワーク
- 管理用ネットワーク

## 42Uラックですこし小さめ

- コンテナ内部の天井高さに起因

## Arista 7816LR3 シャーシスイッチの導入

- 1台で全GPUサーバーを収容可能
- 台数を減らすことでケーブル本数の削減に期待

Arista 7800R3 Series  
Modular Data Center  
Switches



<https://www.arista.com/assets/data/pdf/Datasheets/7800R3-Quick-Look.pdf>

## コンテナ内特有の環境に起因する「狭さ」と「密度」

### 狭さ

#### ネットワークラックが少ない

- あくまでもコンテナ内はGPUサーバーがメイン
- 狭いながらも以下3面のネットワークが必要
  - GPUインターコネクト (GPU間をつなぐための高速NW)
  - North-South ネットワーク
  - 管理用ネットワーク

#### 配線スペースが限られる

- 天井高は一般的なデータセンターより低い
- コンテナ内にはネットワーク、電源配線以外にも水冷設備の配管が張り巡らされており、ラック上のスペースが限られる

### 密度

水冷設備導入により、1ラック当たりのGPUサーバー台数が増加



1ラック当たりの配線本数も増加

空冷環境の場合、1ラック当たり2台程度だったが水冷設備導入により4台から5台に増加

- ☑ 光心数にして約10000心程度が必要
- ☑ 水冷配管などでラック内の密度も上昇

## 課題① 大量の光ケーブルをどのように敷設するか？

- GPUラックからネットワークラックまで、大量の光ファイバーケーブルをどのように敷設すればよいのか

## 課題② 狭いコンテナ環境内でケーブルの余長をどのように吸収するか？

- ケーブルの余長を適切に吸収させることが運用効率の向上に直結する

## 課題③ ラック内スペースが限られる中でどのようにスイッチに接続するか？

- ネットワークで利用できるラック数が限られるため、効率よく配線する必要がある

## 課題④ 大量の配線をどのようにミスなく構築していくか？

- 合計約10000心にもおよぶ配線となるため、できる限りミスがでにくいような作業を実施したい

## 課題⑤ なるべくコストを掛けずに、かつ、短納期で実施するか

- いちはやく構築し、なるべく早くユーザーに提供を開始したい



どのように解決していったか

問題を解決するための配線コンセプトを検討

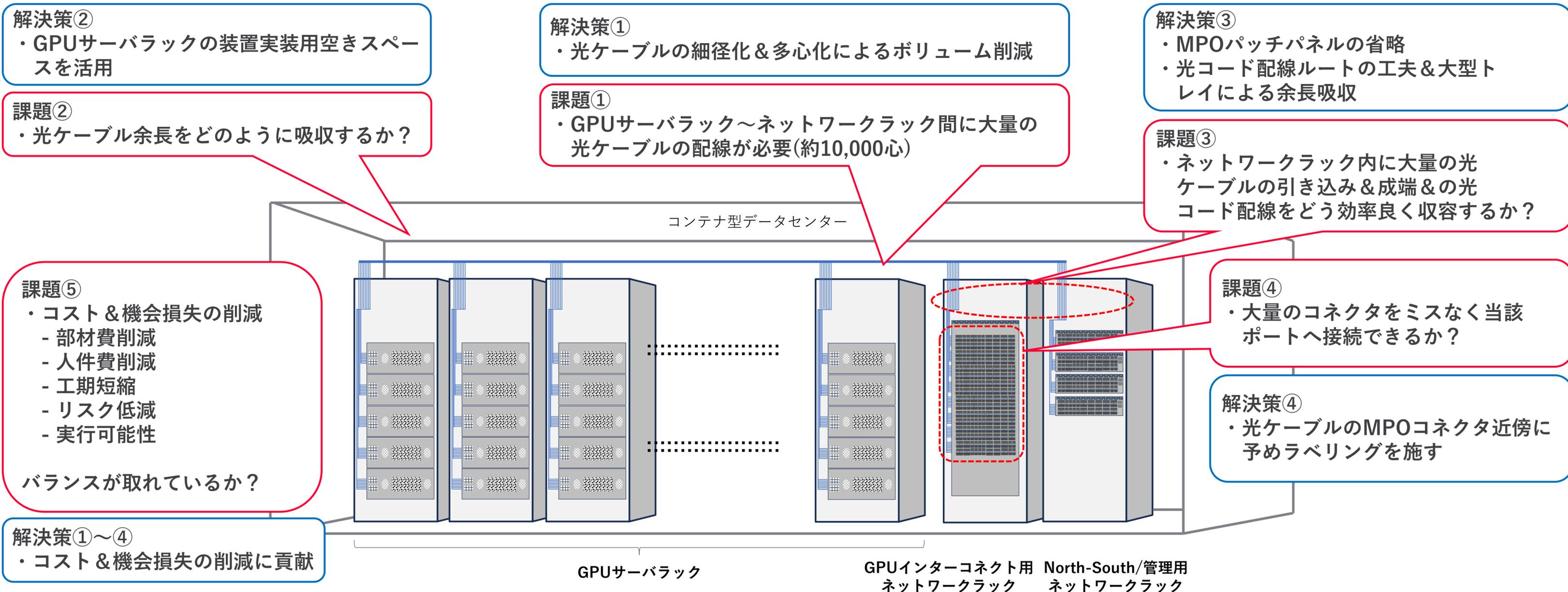
配線コンセプトを検討するにあたり解決策がトレードオフになることもある

部材費、人件費、施工期間、リスク要素、実行可能性（難易性）等の全体のバランスを考慮



JANOGでの縁 (en)

## 配線ボリュームの削減と配線構成のシンプル化によって狭い空間に効率的且つ効果的な高密度配線を実現

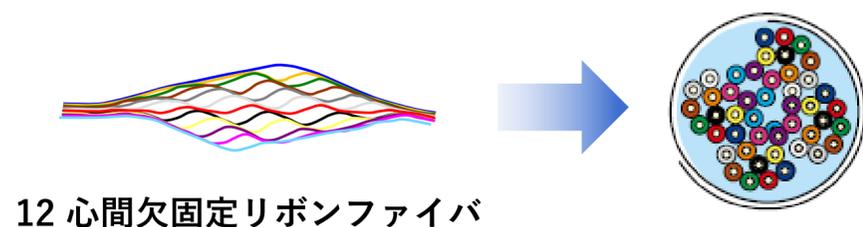


## 光ケーブルの細径化 & 多心化によるボリューム削減

### MPOコネクタ付き細径多心ケーブルの採用

- 従来のトランクケーブルと比較し、細径且つ多心のケーブルの採用
- 同心数と比較して細径且つ軽量のためケーブルの取り扱いやすさを考慮

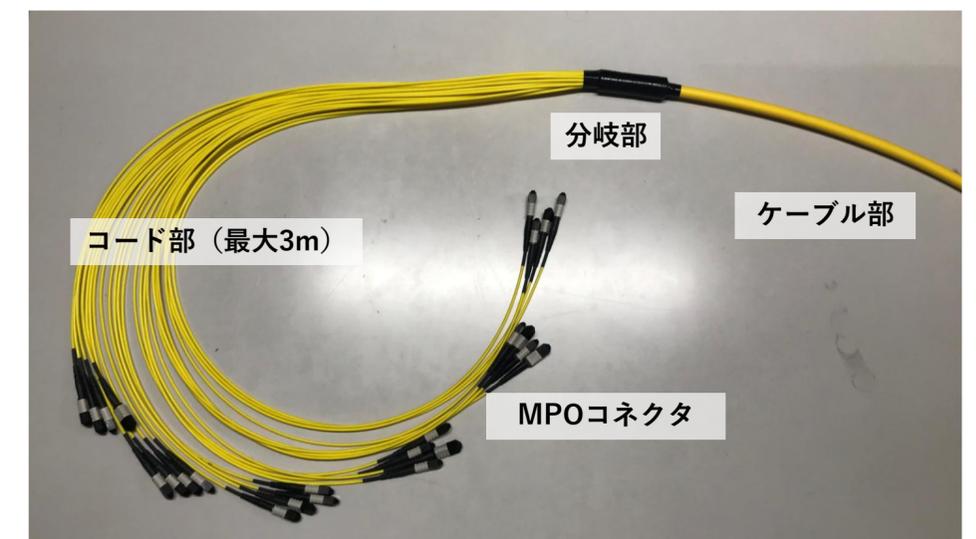
細径 & 多心ケーブル構造



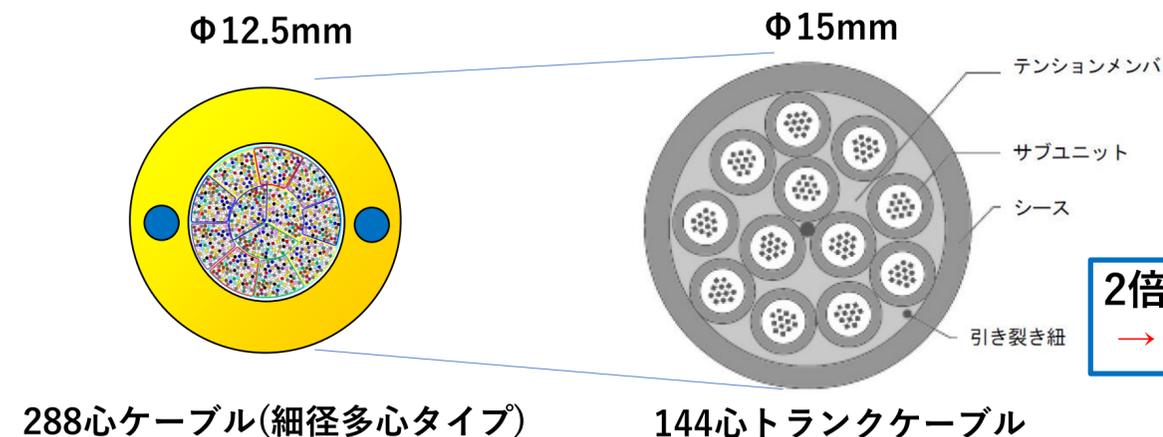
SM 288心ケーブルの仕様

項目	仕様
ファイバ	シングルモードファイバ 200 $\mu$ m
リボン	12心間欠固定(250 $\mu$ mピッチ)
ケーブル外径	12.5mm
ケーブル質量	155kg/km
難燃性	Cca-s1a,d0,a1、UL 1666、UL 1685

MPOコネクタ付き SM288心ケーブルの構造



ケーブルの心数密度比較

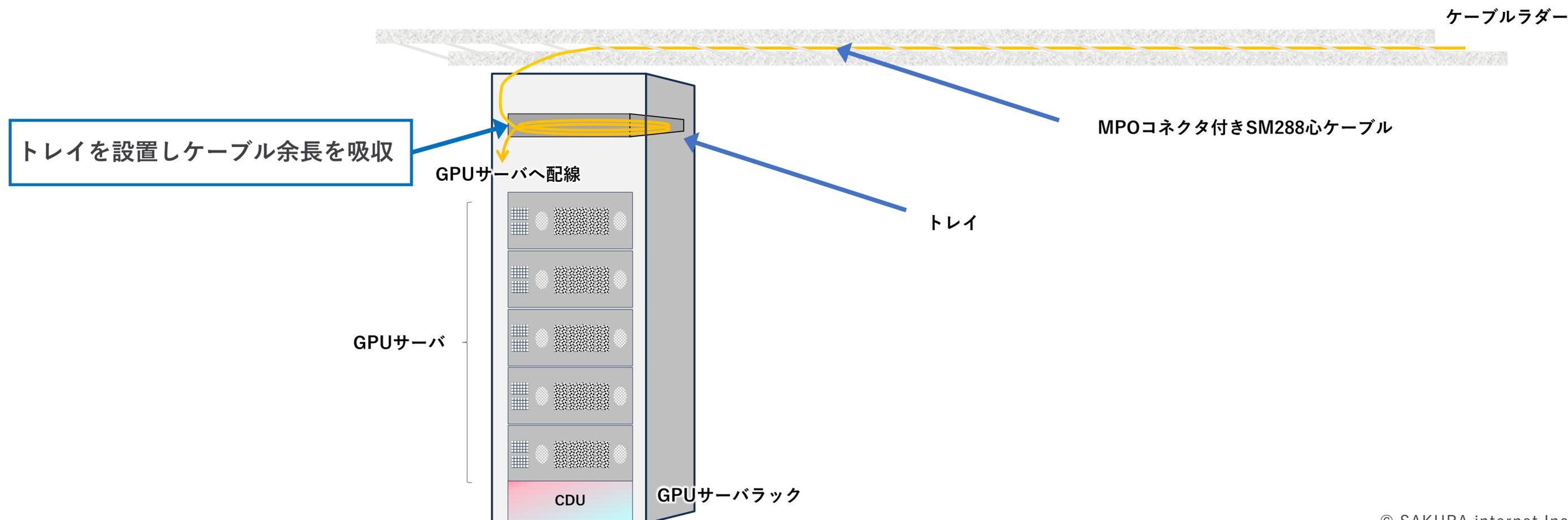


2倍の心数を70%のケーブル断面積で実現  
 → ケーブルボリュームを1/3まで削減

### GPUサーバラック内の空きスペースを活用

#### ケーブルの余長処理をどこで行うか

- ケーブルラダー上はスペースに余裕が無くケーブルの余長処理は難しい
- ケーブルが集中するネットワークラック内では余長吸収が難しいため、反対側のGPUサーバラック内で余長を吸収
- GPUサーバラック上段部にトレイを設置、奥行き方向のスペースを有効に使ってトレイ上にケーブル余長を吸収



## MPOパッチパネルの省略と光コード配線ルート工夫&大型トレイによる余長吸収

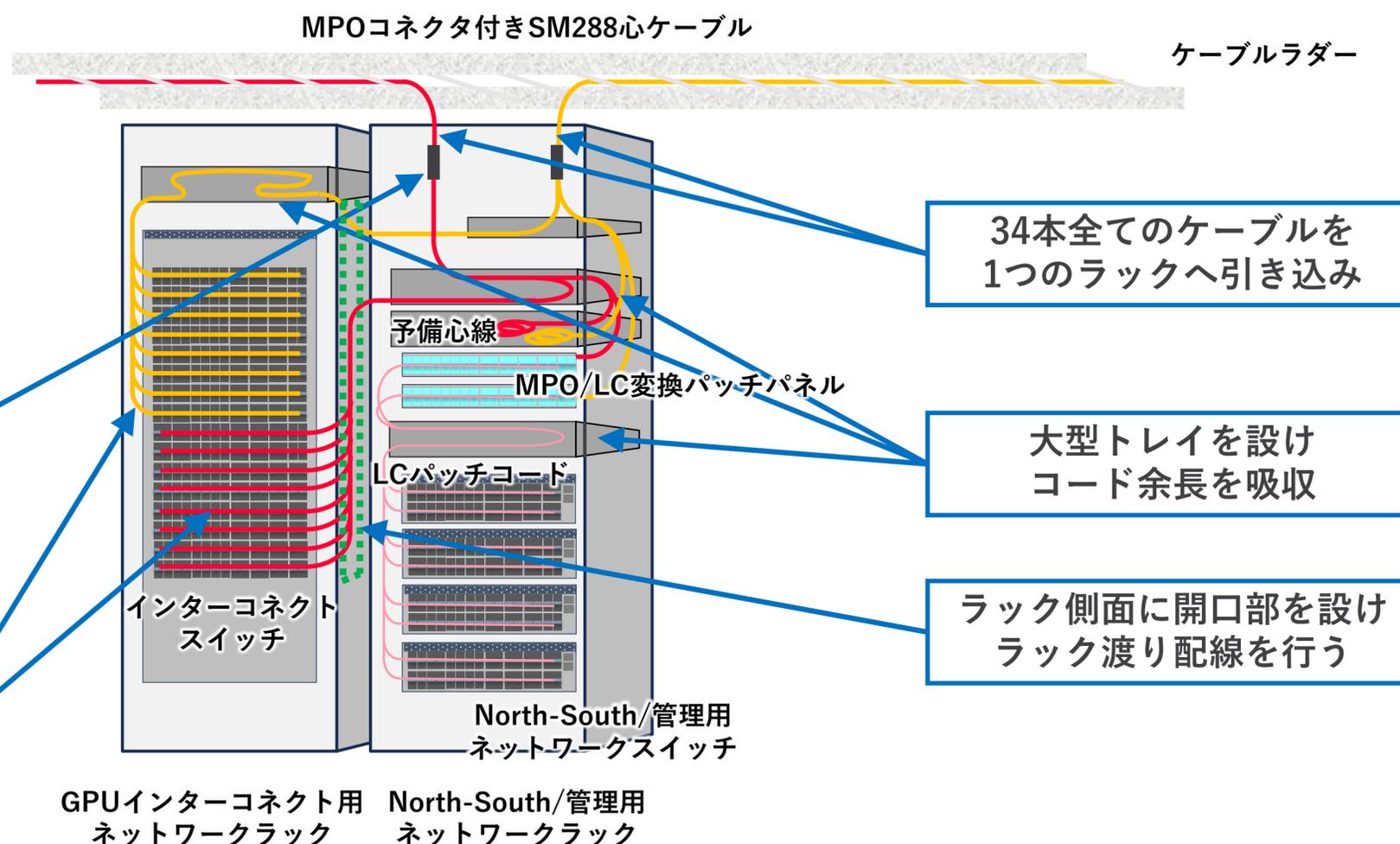
### ネットワークラック内に引き込む光ケーブル、コネクタ成端及び光コード配線をどう効率良く収容するか？

- MPOパッチパネルを省略し、ネットワークラック内の配線スペースを削減  
GPUサーバ～バックエンドスイッチのMPOインターフェース同士の接続においては、MPOパッチパネルを介さずにMPOコネクタ付きSM288心ケーブルでダイレクト接続

- ただし、トレードオフとしてネットワークラック内の配線マネジメントが難しくなる



- 光コード配線ルート工夫&大型トレイによる余長吸収で対応



MPOパッチパネルを省略しケーブルのMPOコネクタを直接バックエンドスイッチへ接続

スイッチの上部と下部で配線ルートに分けることでコード長を均一化

34本全てのケーブルを1つのラックへ引き込み

大型トレイを設けコード余長を吸収

ラック側面に開口部を設けラック渡り配線を行う

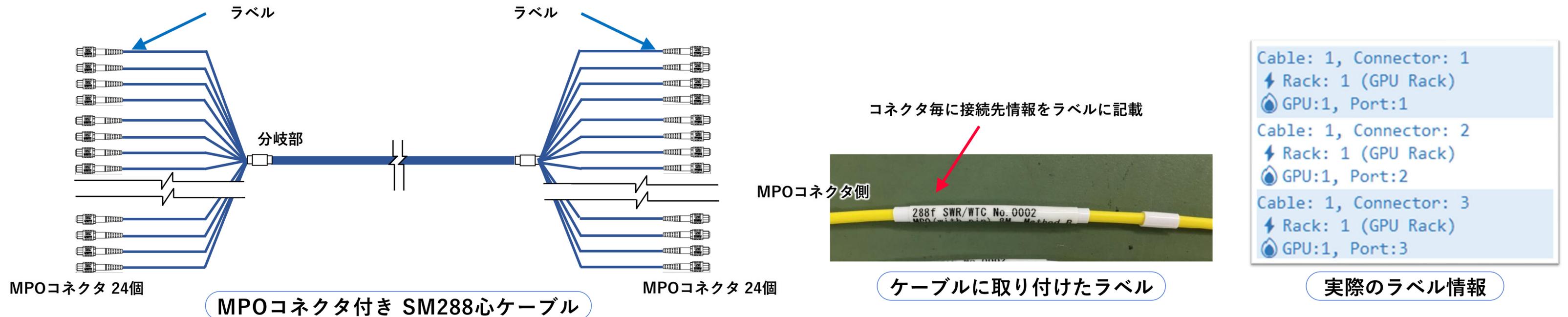
## 光ケーブルのMPOコネクタ近傍に予めラベリングを施す

### 大量のコネクタをミスなく当該ポートへ接続できるか？

- 1600個以上のMPOコネクタをGPUサーバ、インターコネクトスイッチ、MPO/LC変換パッチパネルへ接続しなければならない
- 接続ミスは通信不良やトラブルによる施工期間の長期化に繋がるため、接続ミスのリスクを限りなく減らしたい



- MPOパッチコードを使用せずにケーブルのMPOコネクタを直接GPUサーバやスイッチへ接続する配線構成のため、作業者が分かりやすいように、ケーブルのMPOコネクタ付近に接続先情報を表示したラベルを予め取り付け



各解決策がコスト & 機会損失の削減に繋がっているか？

各解決策があらゆる方向性からみてバランスが取れているかが重要

	解決策① 光ケーブルの細径化 & 多心化による ボリューム削減	解決策② 光ケーブル余長をGPUサーバラックの 装置実装用空きスペースを活用して収容	解決策③ MPOパッチパネルの省略 光コード配線ルートの工夫 & 大型トレイによる余長吸収	解決策④ 光ケーブルのMPOコネクタ近傍に 予めラベリングを施す
部材費削減	○	○	○	▲ 部材費はUP
人件費削減	○	○	○	○
施工期間短縮	○	○	○	○
リスク低減	○	○	△ 一長一短がある	○
実行可能性	○	○	○	○

- 各解決策は効果が期待できるとともにバランスも良く、コスト & 機会損失の削減につながりそう
- ただ、今回のような規模のAIシステムをコンテナ型データセンターへ高密度に実装した事例がない



- 予め検証しておきたい

ネットワークラック & サーバラックの模擬配線モックアップを作製し、配線の事前検証を実施

配線コンセプトの有効性を事前に検証

- 各解決策が機能しているか
- 実行可能性は想定通りか
- リスクの事前洗い出し



配線コンセプトの有効性を確認

模擬配線モックアップ

検証の様子



模擬GPUサーバラック



GPUインターコネクト  
ネットワークラック

North-South/管理用  
ネットワークラック



ネットワークラックメーカを訪問し、19インチラックのサンプルを見ながら開口部の位置とサイズを決定

### ネットワークラックの開口部位置の確認などを実施

- 光ケーブル34本を引き込むための天面の必要最小限の開口部サイズと位置を確認
- ラック側面の渡り配線を行うための側面の必要最小限の開口部サイズと位置を確認

ラック確認の様子

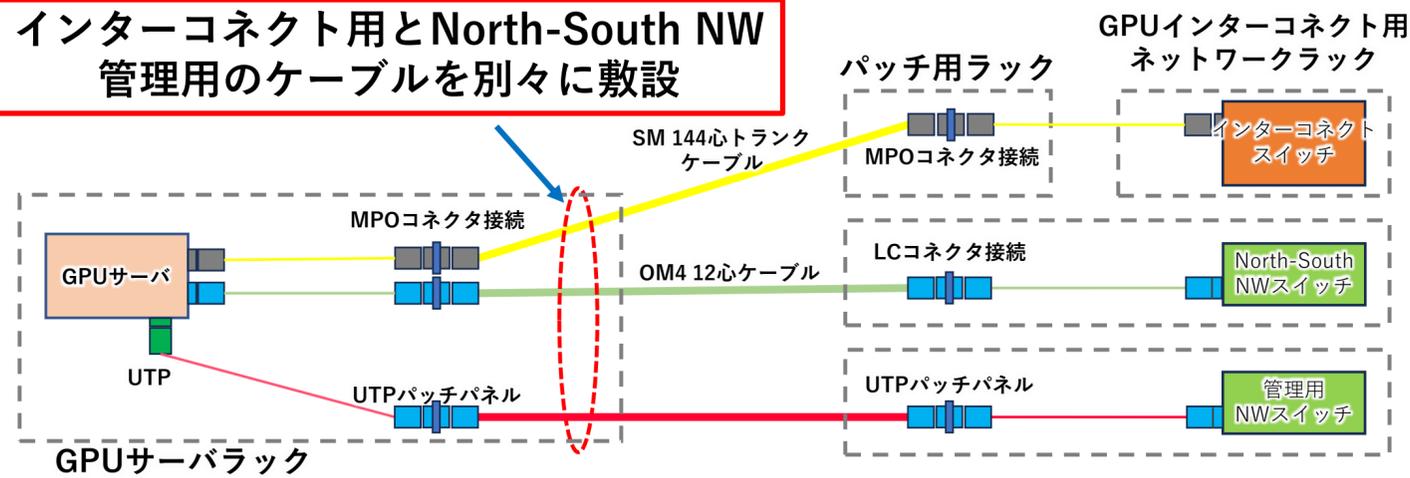


## ラック間の配線本数を削減する工夫

- GPUサーバーラックからの配線をMPOコネクタ付きSM288心ケーブルにすべて乗せることでケーブル配線数を削減

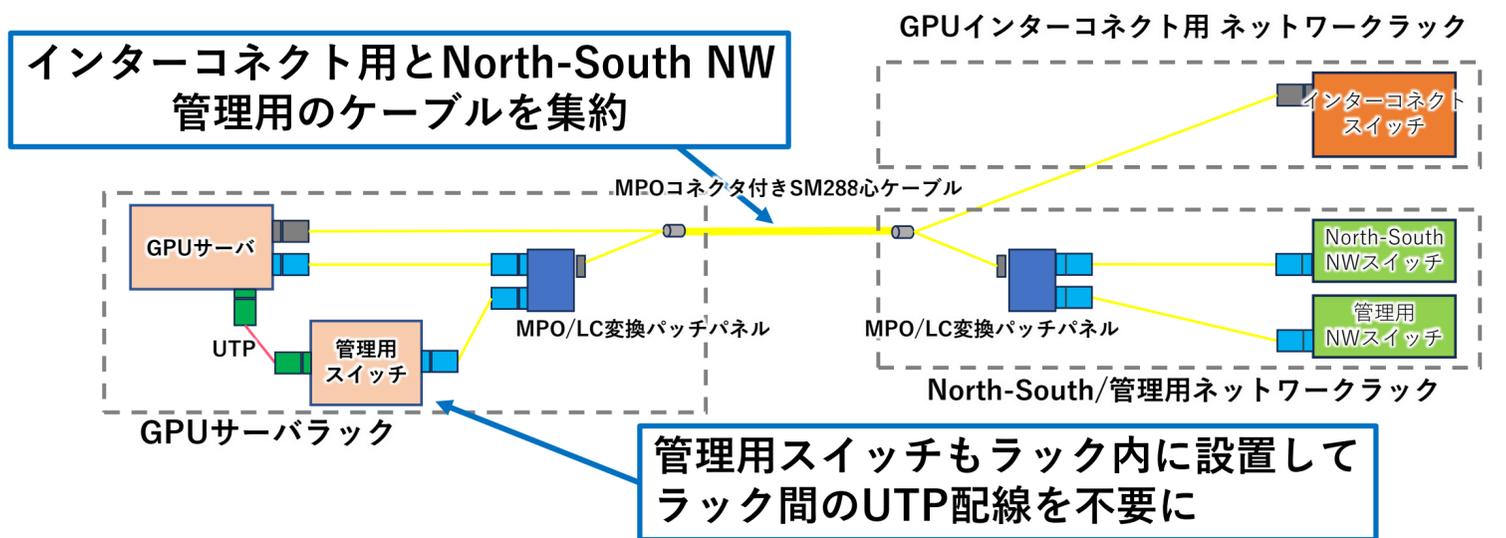
既設システムの構成(一例)

インターコネク用とNorth-South NW  
管理用のケーブルを別々に敷設



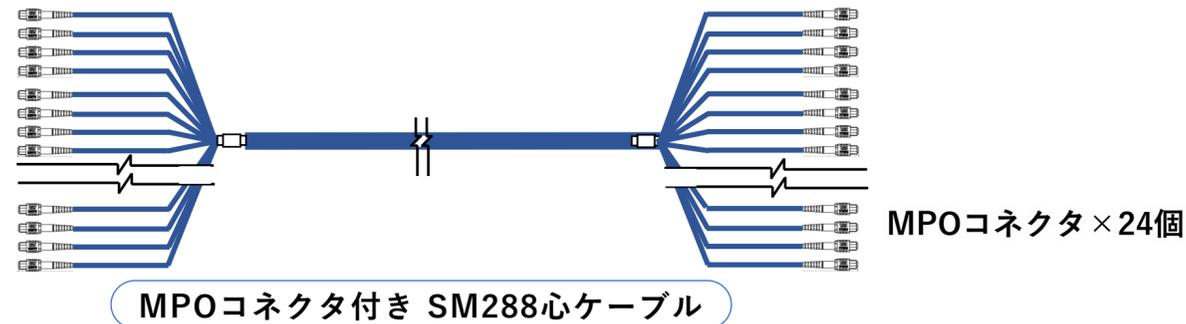
コンテナ内のケーブリング構成

インターコネク用とNorth-South NW  
管理用のケーブルを集約



## いざというときの保守用予備心線を設ける工夫

- 万が一、ケーブル敷設作業中に断線や破損が生じた場合でも予備心線へ切り替えられるようにリスク低減を図った



MPOコネクタの接続先

- No.1 ~ No.16 → GPUサーバ ~ インターコネクトスイッチ
- No.17 → MPO/LC変換パッチパネル ~ MPO/LC変換パッチパネル
- No.18 ~ No.20 → 予備
- No.21 ~ No.24 → GPUサーバ ~ インターコネクトスイッチ

コンテナデータセンター周辺は大雪！



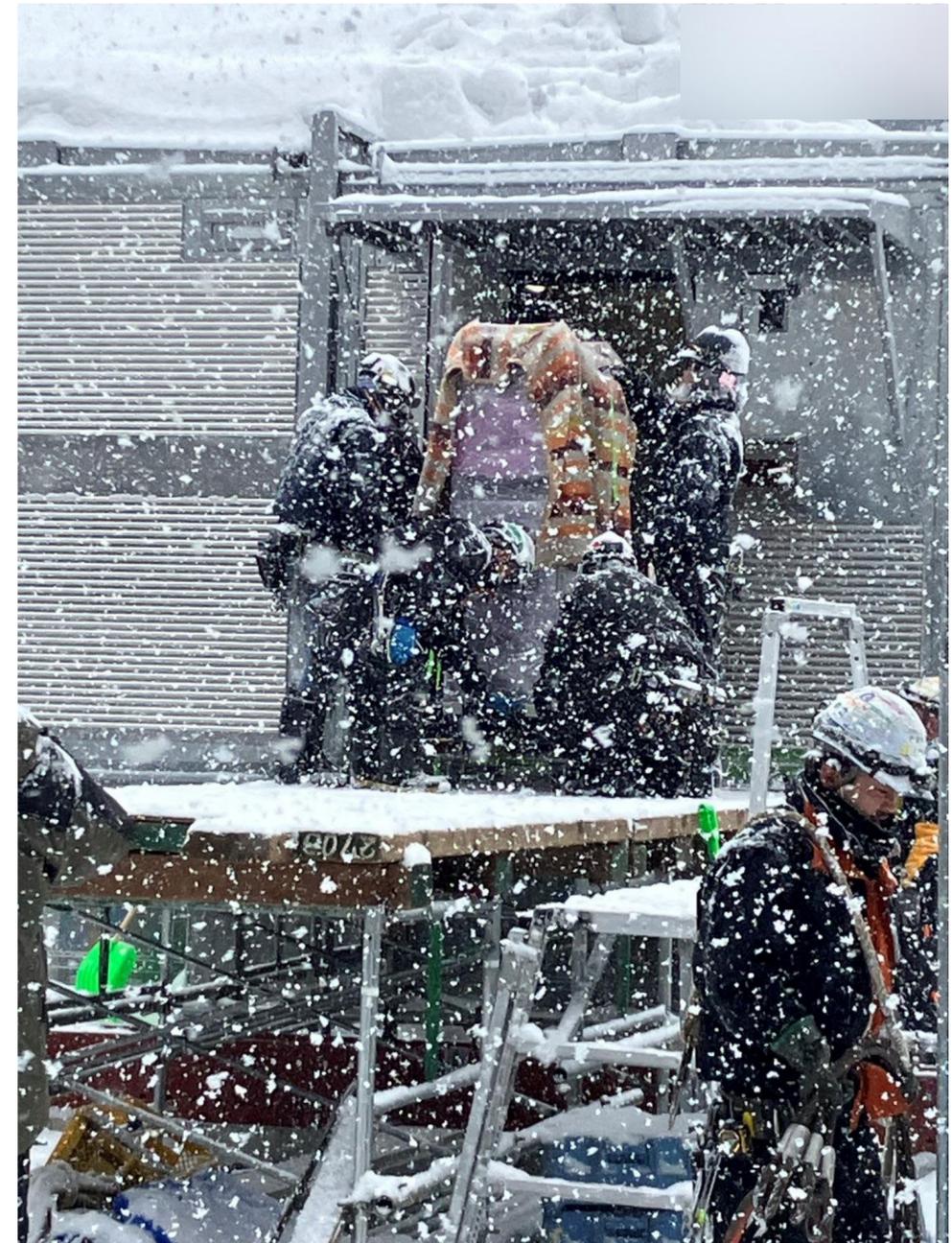
コンテナデータセンター入口周辺 路面が凍結



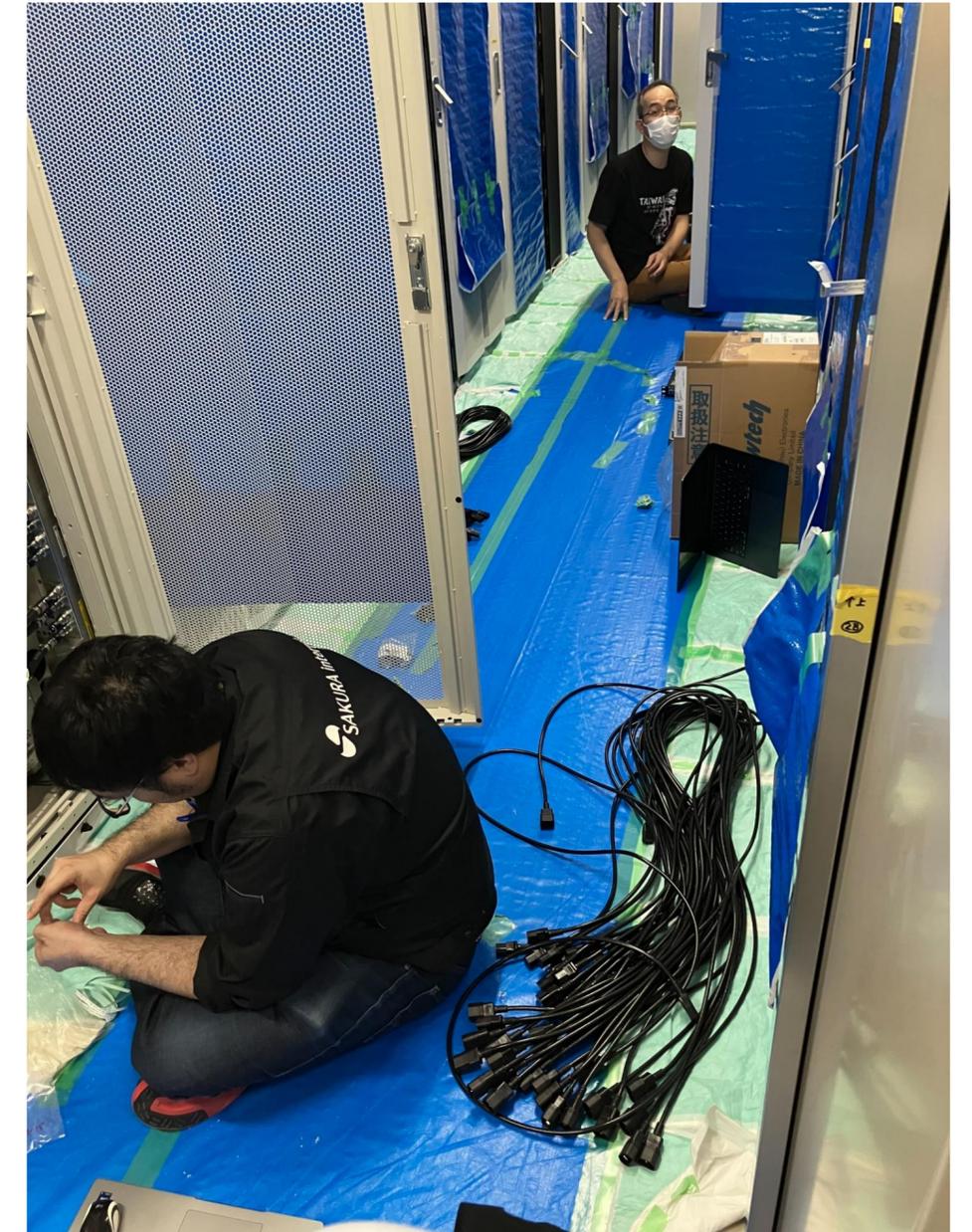
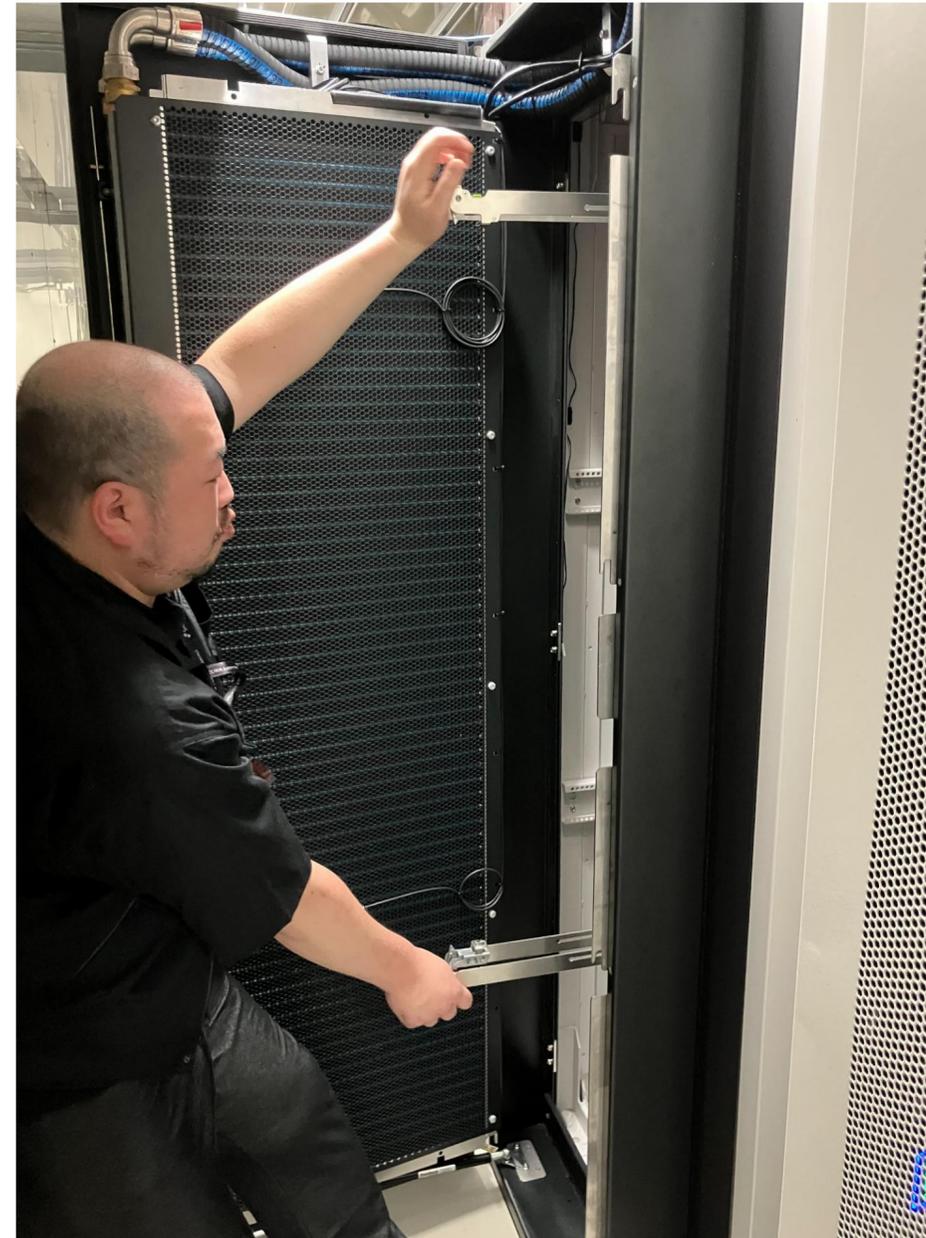
シャーシ型スイッチの搬入作業（搬入準備）



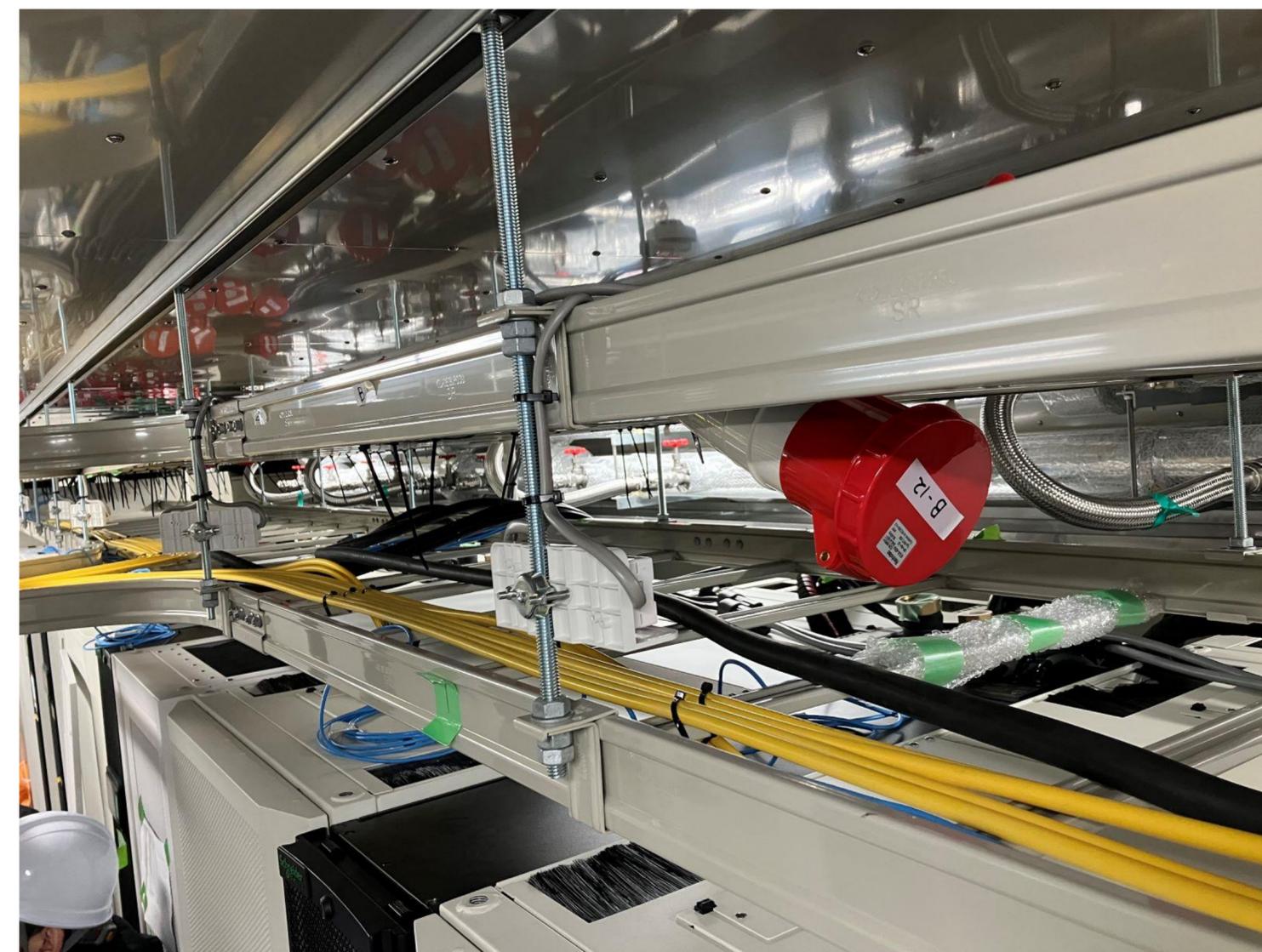
搬入のタイミングで吹雪



さくらインターネット社員による構築でスケジュールに対して柔軟に作業を実施、短納期化に貢献



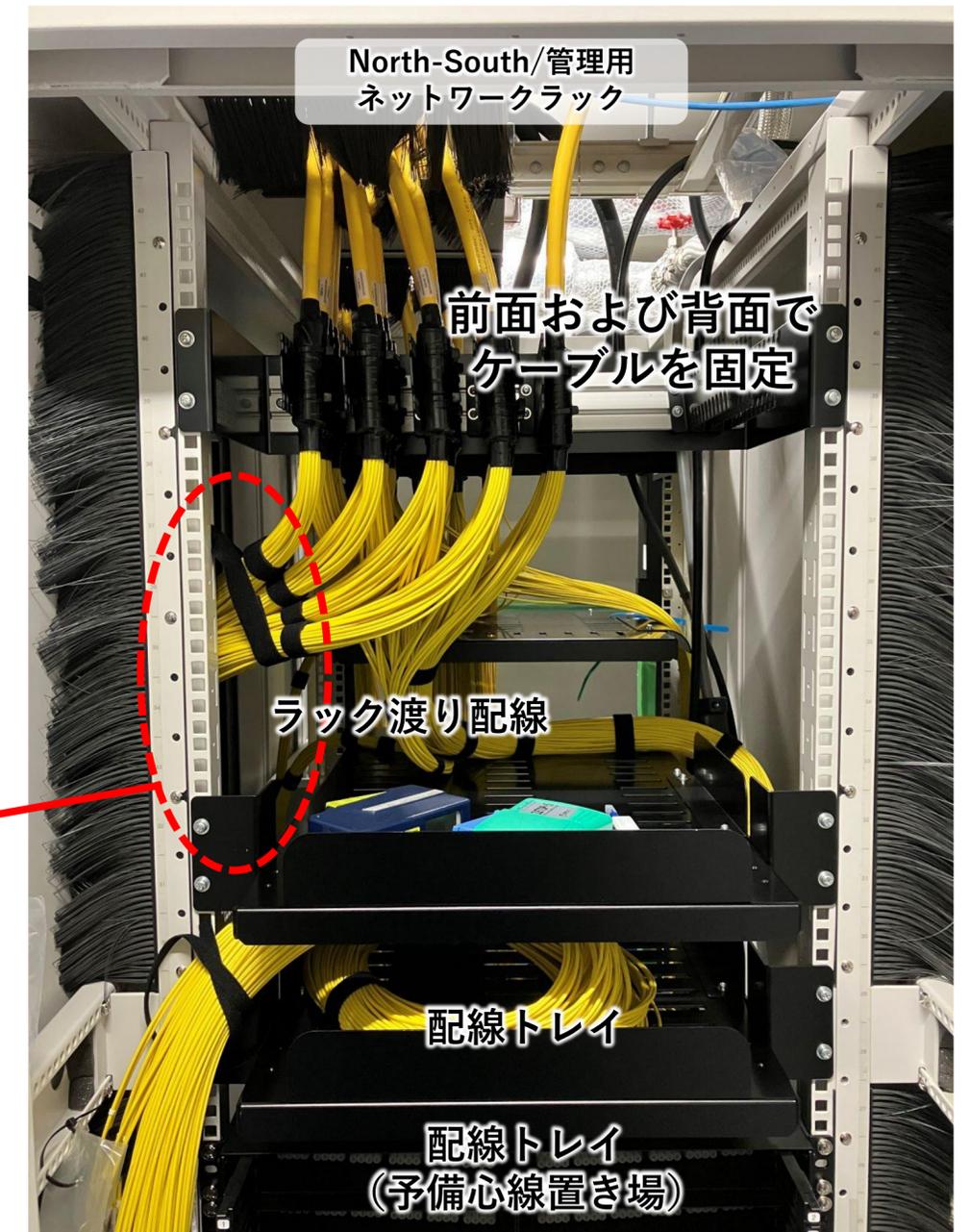
弱電ケーブル用ラダー上のスペースに余裕あり → ケーブルボリューム削減の効果大



ネットワークラックへのケーブル引き込みは非常にスムーズ、ケーブルボリュームも適正範囲内  
→ ケーブルボリューム削減の効果大

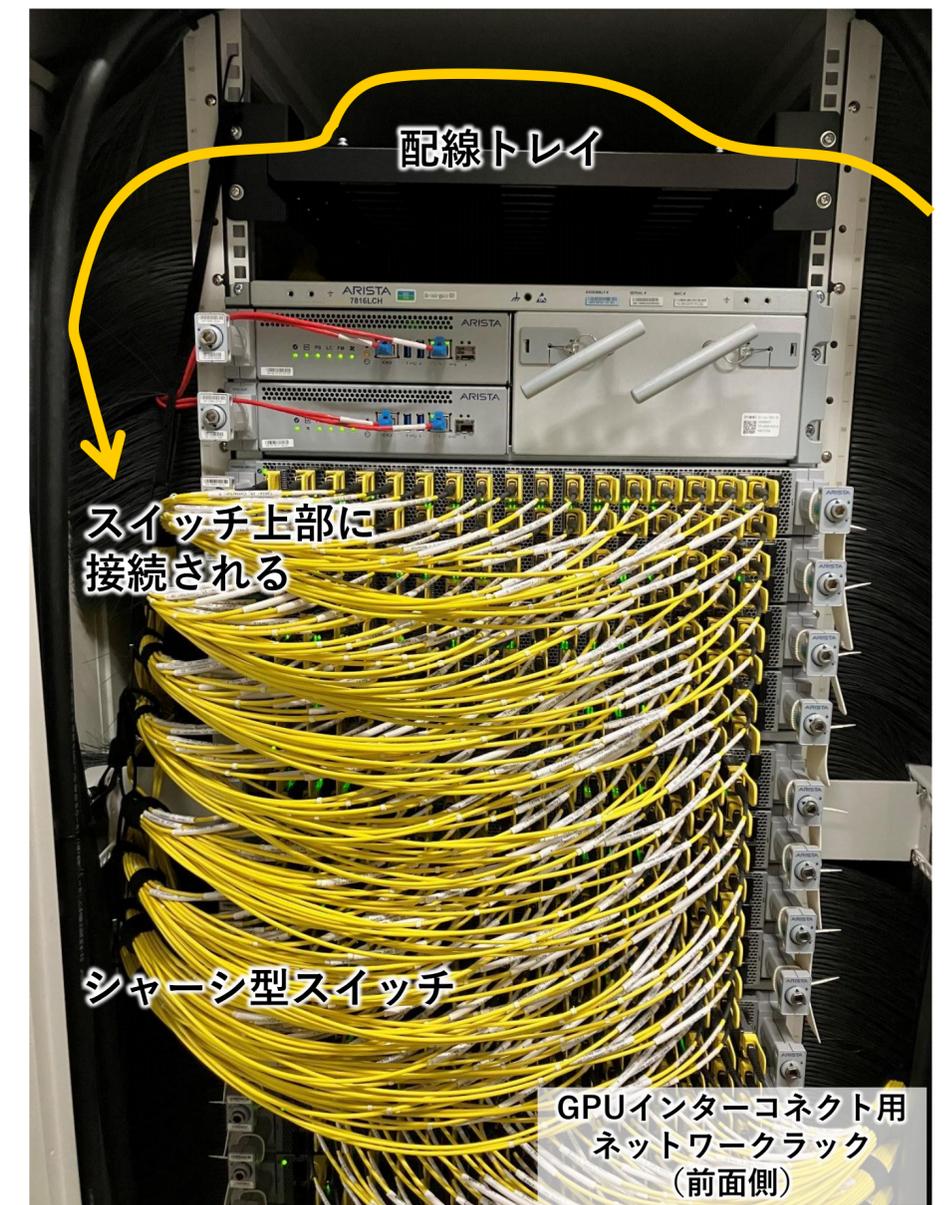
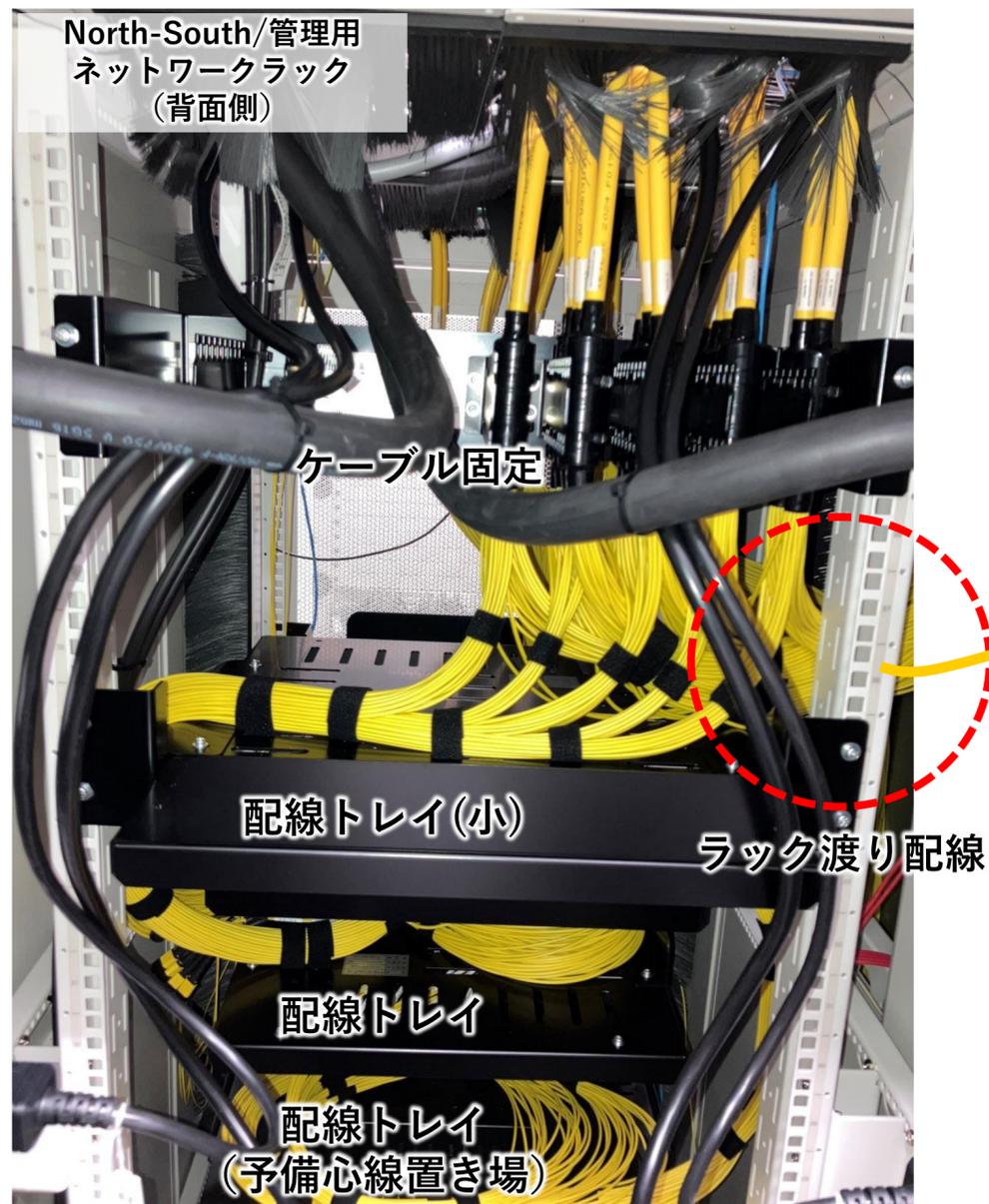


光ケーブルは34本すべてフロントエンド/管理用ネットワークラック内へ引き込み固定  
MPOパッチパネルは省略し、バックエンド側ネットワークラックへ直接配線



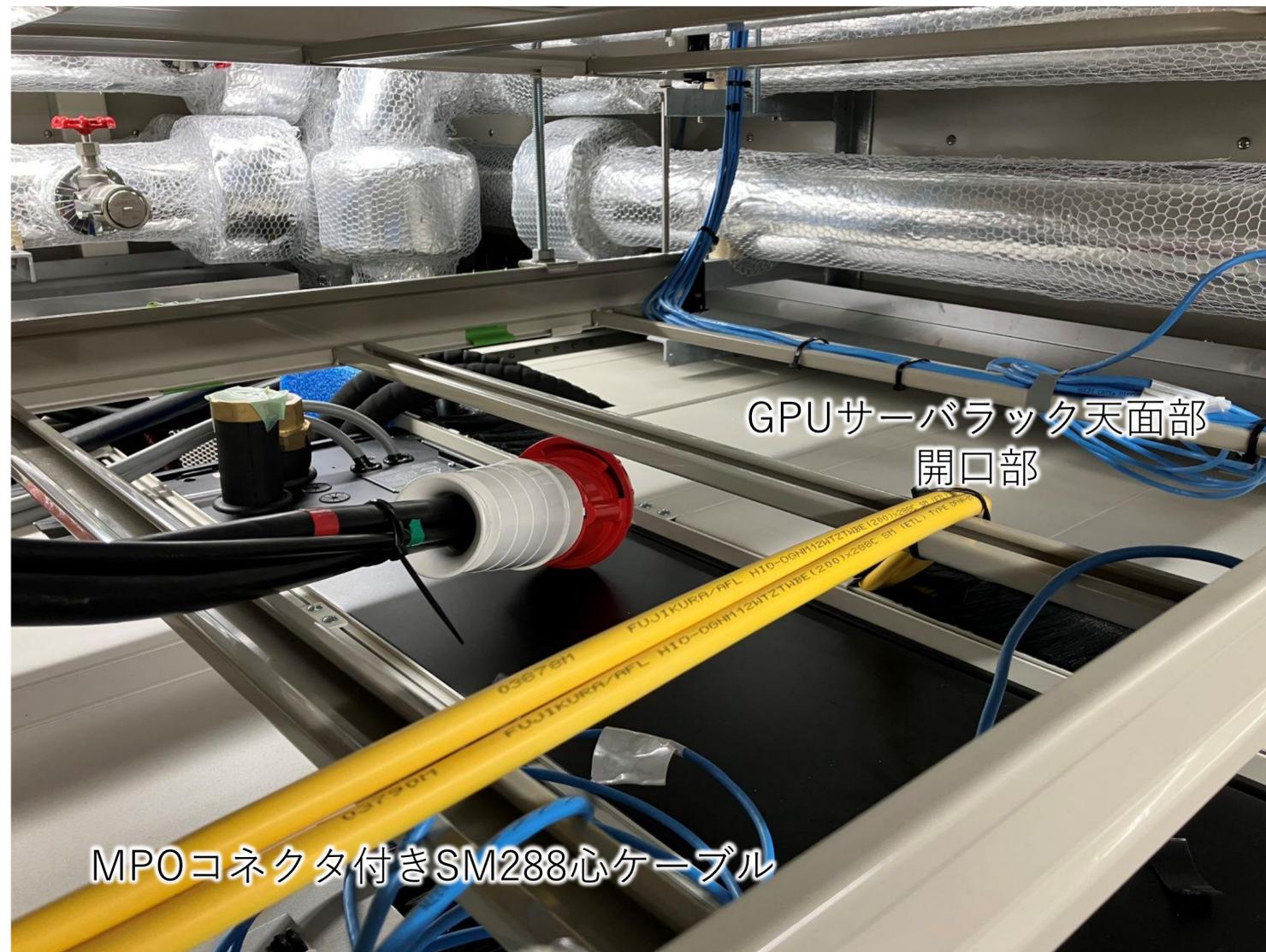
North-South/管理用ラックの上部と下部に分け配線を2ルート化  
また配線トレイとラック側面でコード余長を処理し、スムーズな配線を実現

省スペース化(高密度配線)と回線品質の向上 (リスクの低減) を両立

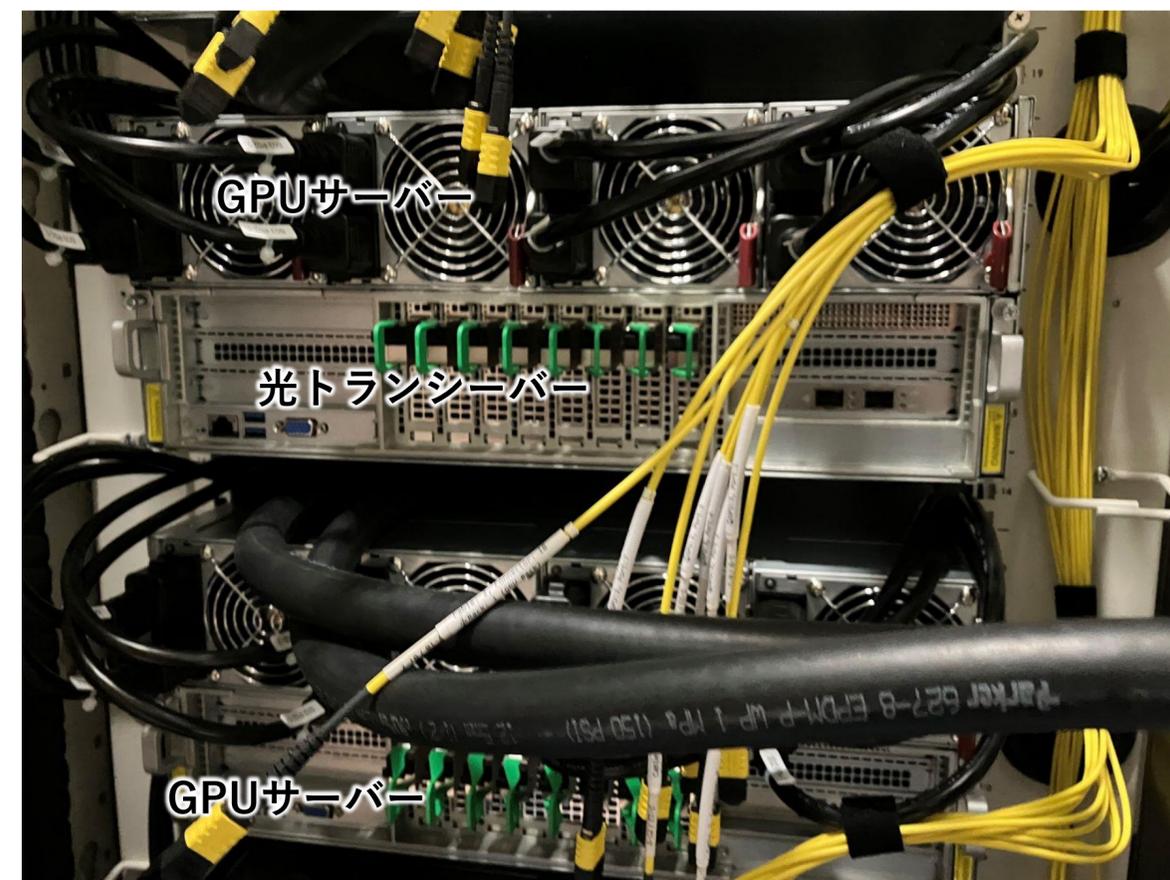
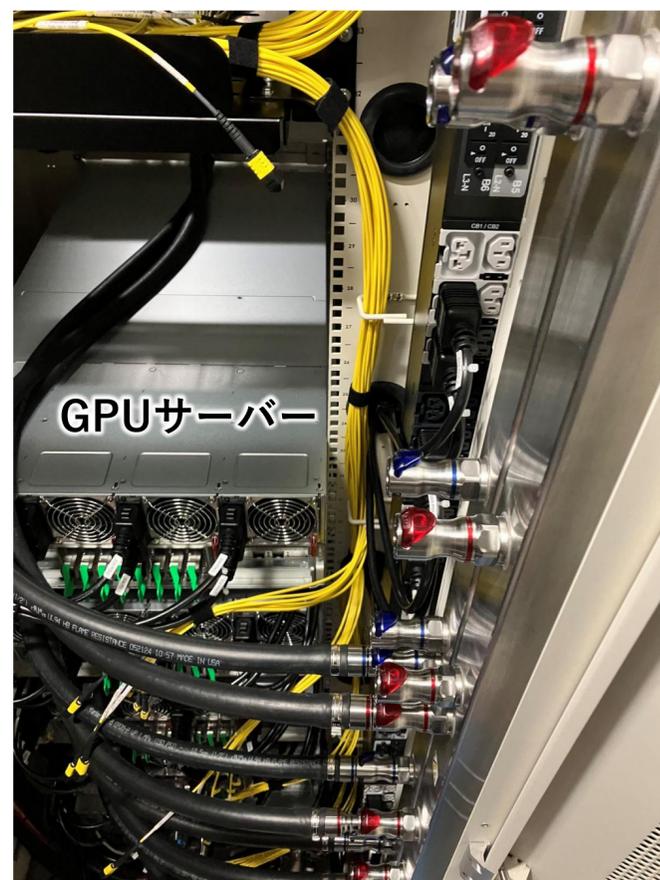


GPUサーバラックの上部に配線トレイを設け、ケーブル余長を吸収

余長スペースを十分に設けることで、ケーブル長の測長にマージンを持たせることが可能（リスク低減）



GPUサーバラックに配線トレイを設け、コード余長を吸収することで無理のないきれいな配線を実現  
→ 回線品質の向上（リスクの低減）



コンテナ入口にはステップと屋根を設置  
コンテナ内にはアイルコインテグレーションを施している

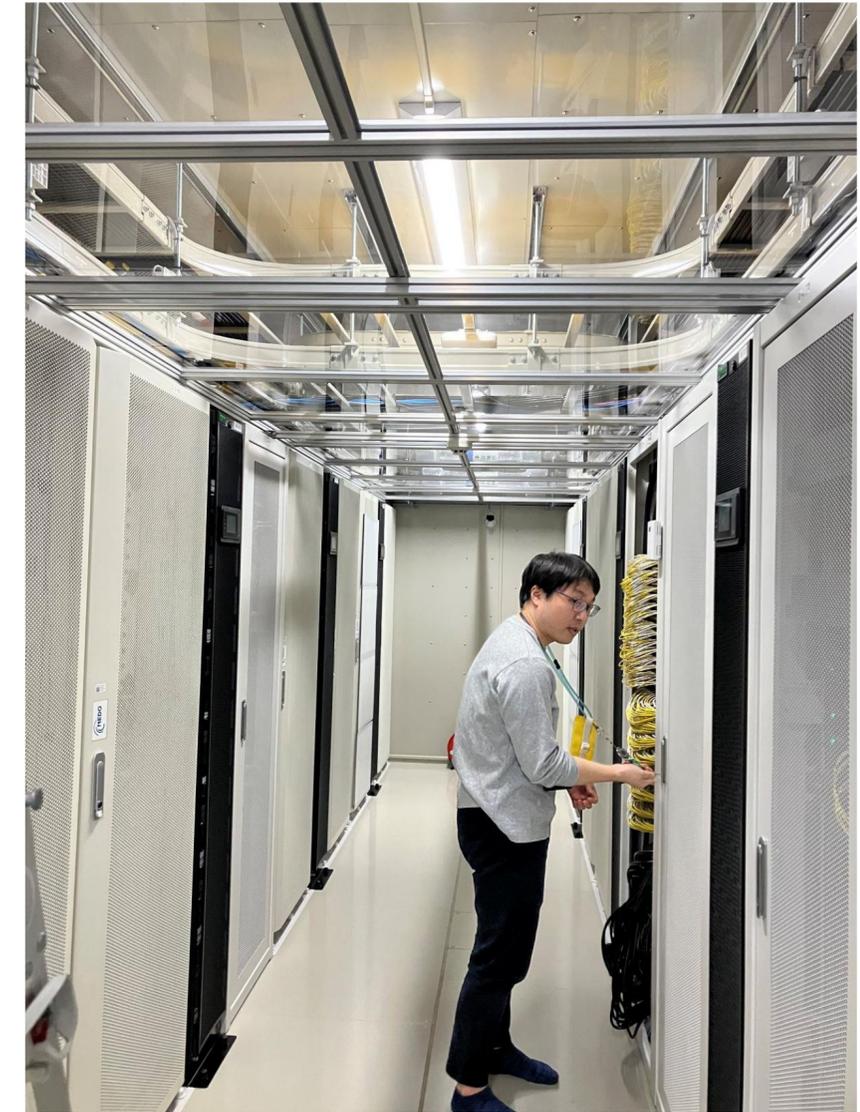
外観



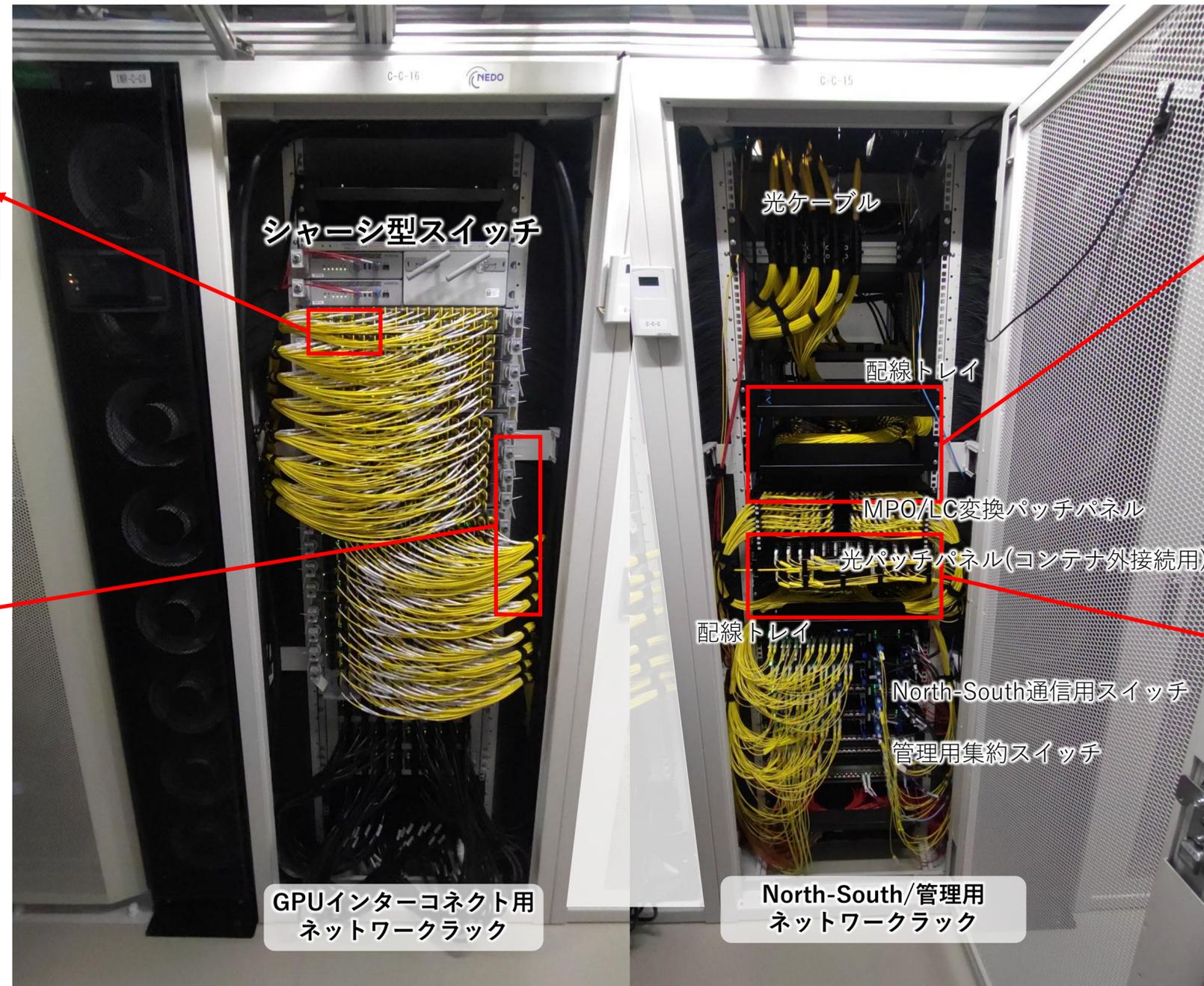
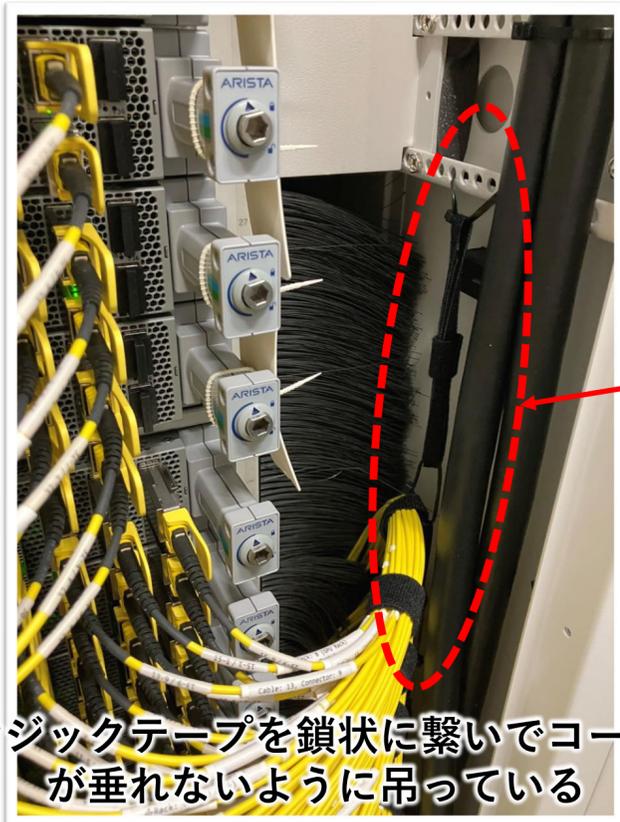
コールドアイル入口



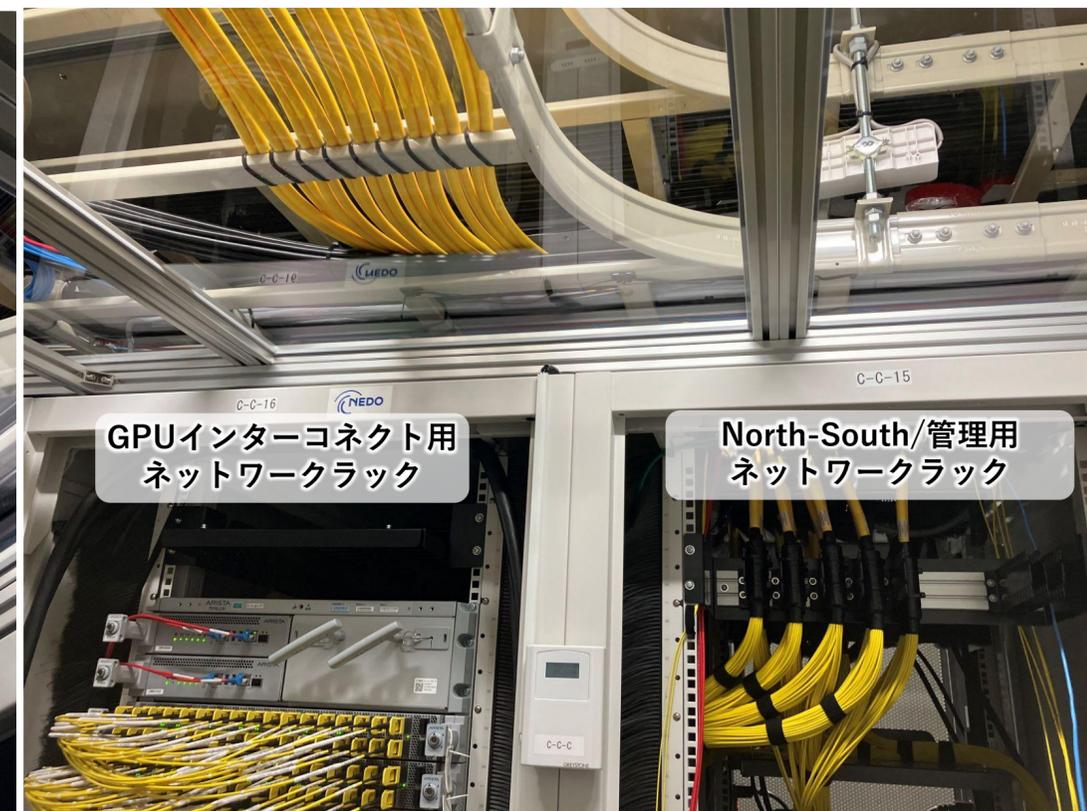
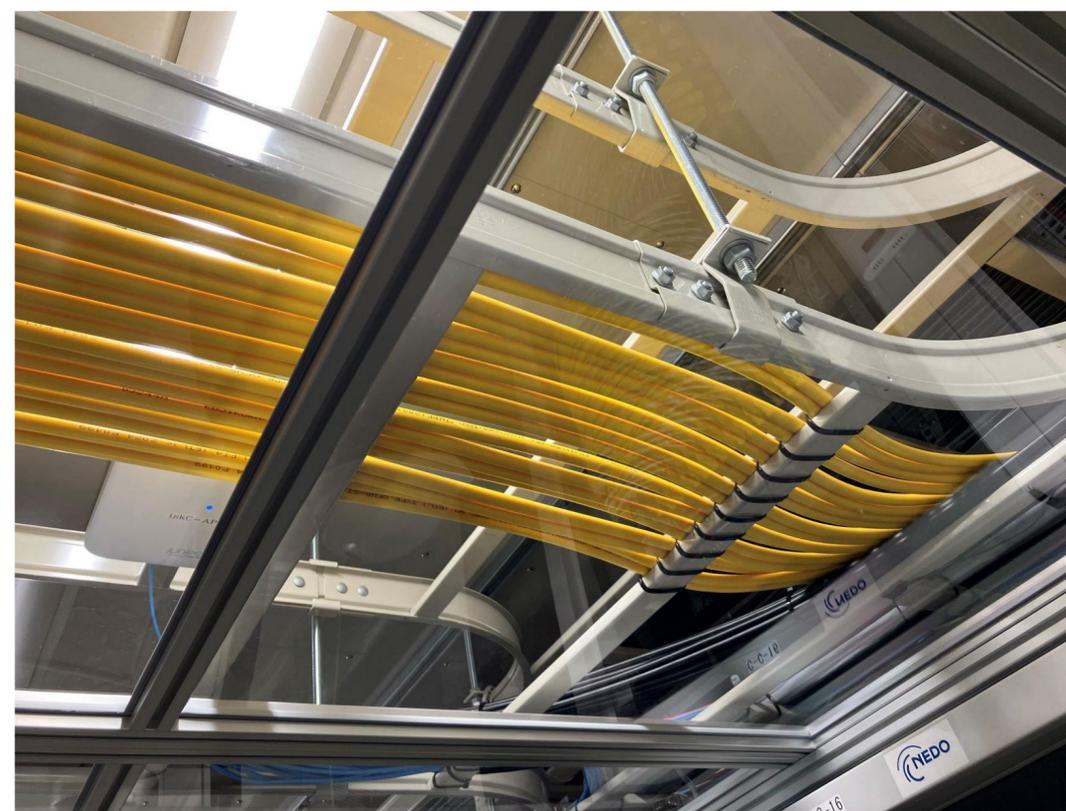
コールドアイル内



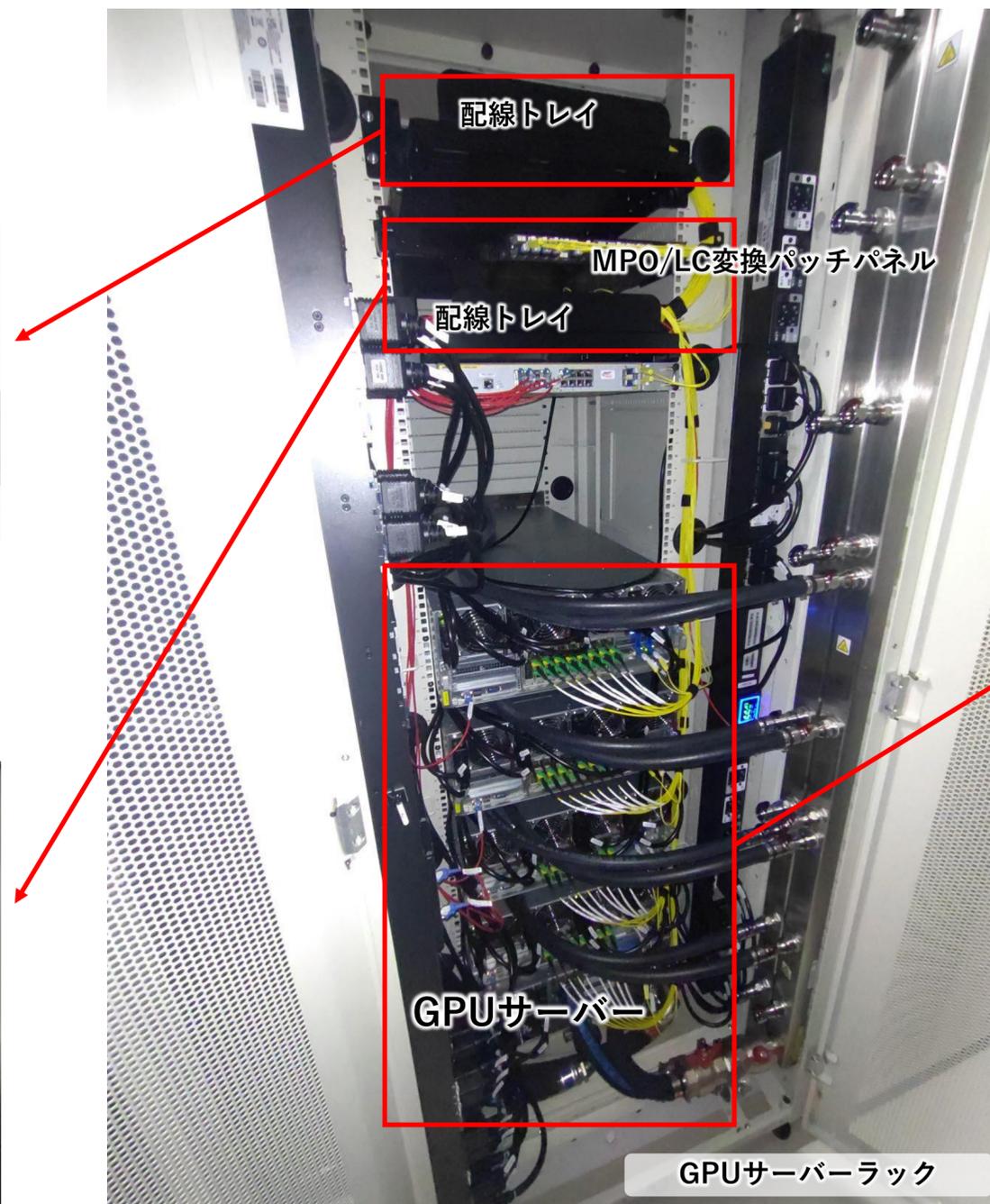
約10,000心規模の大量な配線をコンパクト且つ整線された状態で配線施工が完了  
各所に配線の工夫を凝らしている



ケーブルラダー上にケーブルが整列して配線された状態



### GPUサーバラック内も光配線が整列された状態



## 緻密な設計によって課題の解決に成功

- 机上での検討から検証を経て、実際に構築を行うことでリスクを抑えながら構築を進めることができた
- 無事に工事が完了し、サービスインへ

さくらインターネット、コンテナ型データセンターの稼働を開始  
～ベアメタル型GPUクラウドサービス「高火力 PHY」にて、H200プランを提供開始～  
<https://www.sakura.ad.jp/corporate/information/newsreleases/2025/06/11/1968219778/>

## NVIDIA B200 GPUの整備も進行中

- H200 GPUと同型のコンテナ型データセンターで構築
- ほぼ同じ構成、知見を活かして構築作業を高速化

さくらインターネットは、国内最速のサービス提供を目指して「NVIDIA B200 GPU」の整備を推進しています  
[https://note.com/sakura\\_pr/n/na49bb969e36e](https://note.com/sakura_pr/n/na49bb969e36e)



今後の展望、および期待

## AIシステムの急速な進化

### AIシステムのスケールアップ&スケールアウトが加速

- GPUサーバーの進化、スイッチの進化
- AIクラスタの規模拡大
- GPUサーバー、スイッチ、ストレージのレイアウトの最適化が課題



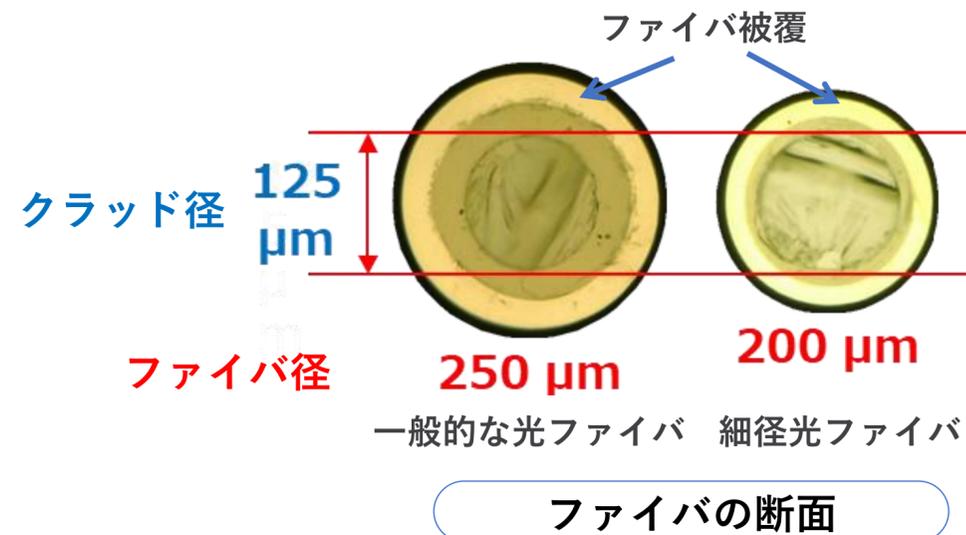
### 常に進化するAIシステムに対応して、光配線の進化も進む

- 光ファイバが更に大量に必要なになる
- 高密度、高効率かつ実現可能な光配線ネットワーク構築とケーブルリング技術の必要性が高まる

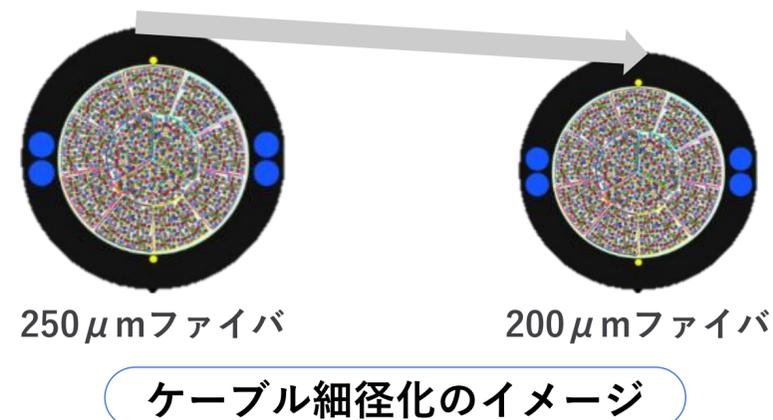
## AIシステムの進化に対応する光配線の多心化 & 高密度実装技術

### ファイバの細径化

- 被覆厚の薄型化によりファイバを細径化

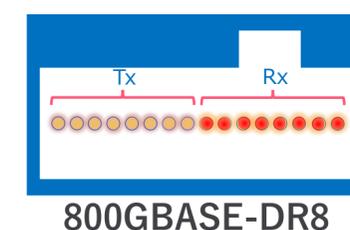
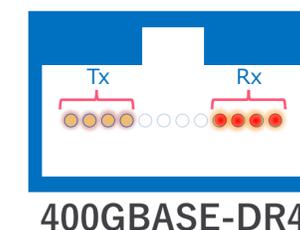
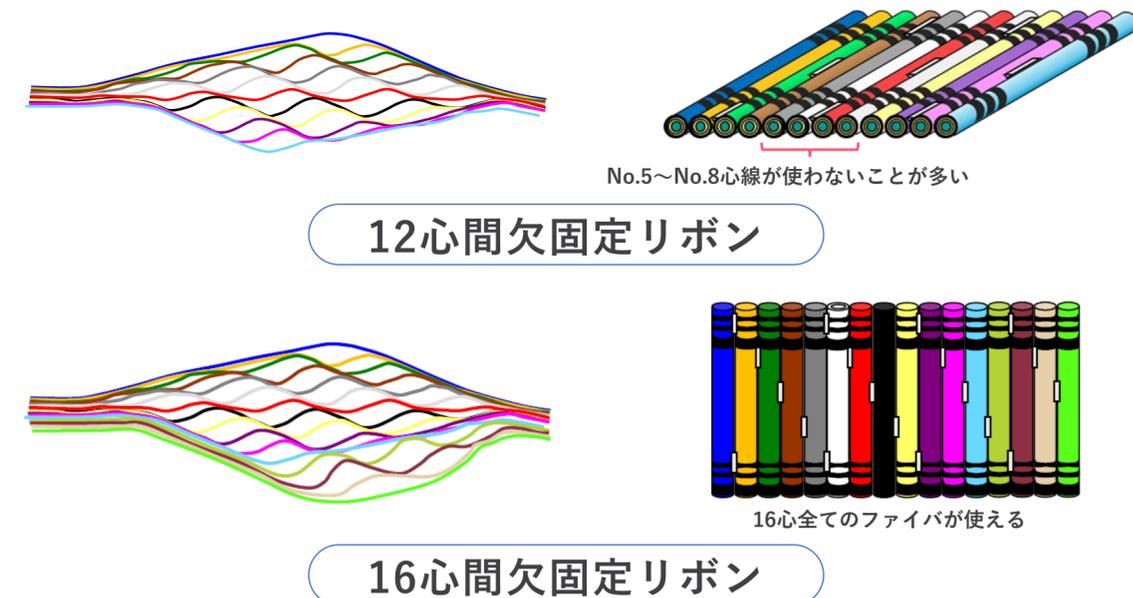


- 細径ファイバを用いてケーブルを細径化



### 16心間欠固定リボンのケーブルへの適用

- 現行の12心間欠固定リボンに対して、400GBASE-DR4や800GBASE-DR8との親和性が高い16心間欠固定リボンケーブルに適用することでファイバ利用を効率化



トランシーバのインターフェースとレーンの割り当て

## AIシステムの進化に対応する光配線の多心化 & 高密度実装技術

### 細径多心光ファイバケーブルの品種拡大

- ケーブルメーカーより細径且つ多心タイプの光ケーブルがリリースされている
- リボンファイバは12心タイプだけでなく16心タイプもラインナップされている



某国内ケーブルメーカーの細径多心ケーブルラインナップ例

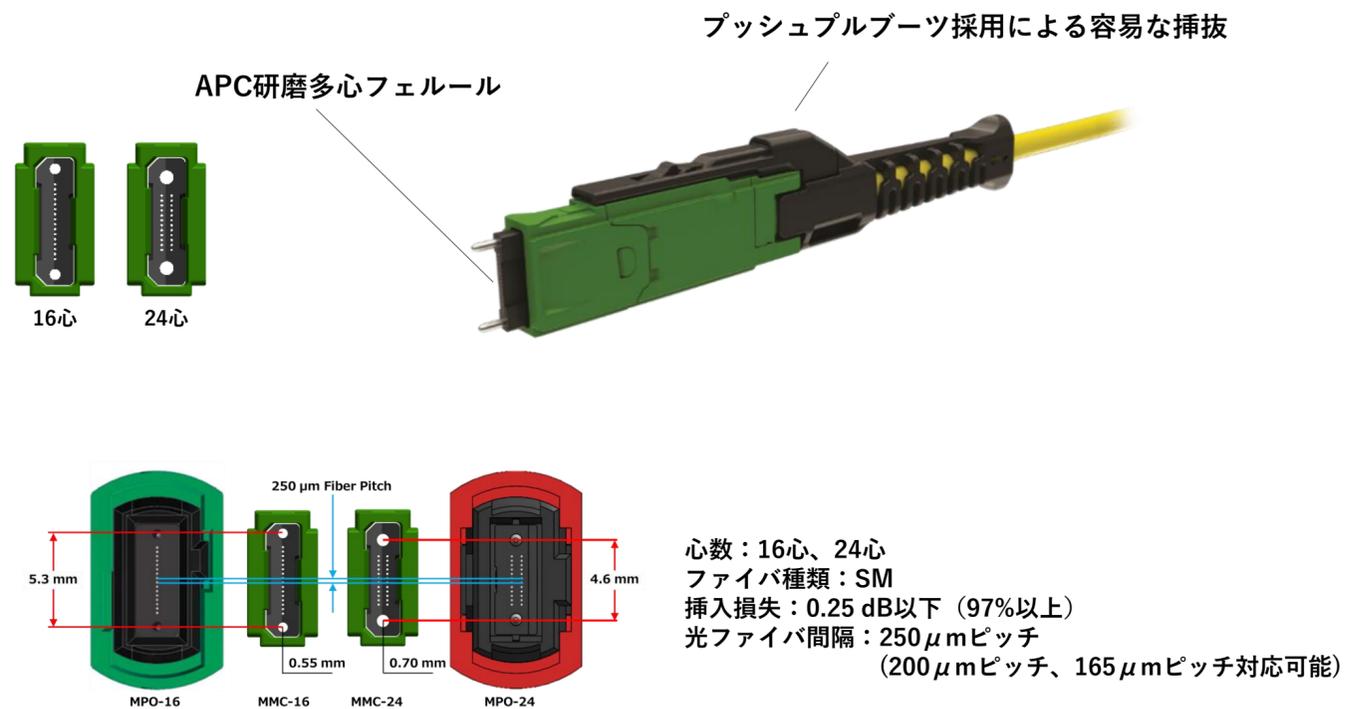
	288f	864f	1728f	3456f	6912f	6912f
リボンファイバタイプ	12心/16心	12心/16心	12心/16心	12心/16心	12心/16心	12心
断面図						
CPR	Cca-s1b,d1,a1				Cca-S2,d0,a1	Cca-s1b,d0,a1
ETL	(Riser) OFNR-ST1, (FT4) OFNR-ST1					
外径(mm) * 参考値	13.0	17.0	21.5	25.5	31.0/32.6	33.5
重量(kg/km) * 参考値	190	290	475	675	960	1,025
最大出荷長(m)	8,450	8,450	6,873	4,661	3,536	2,602

## AIシステムの進化に対応する光配線の技術

### VSFFコネクタ

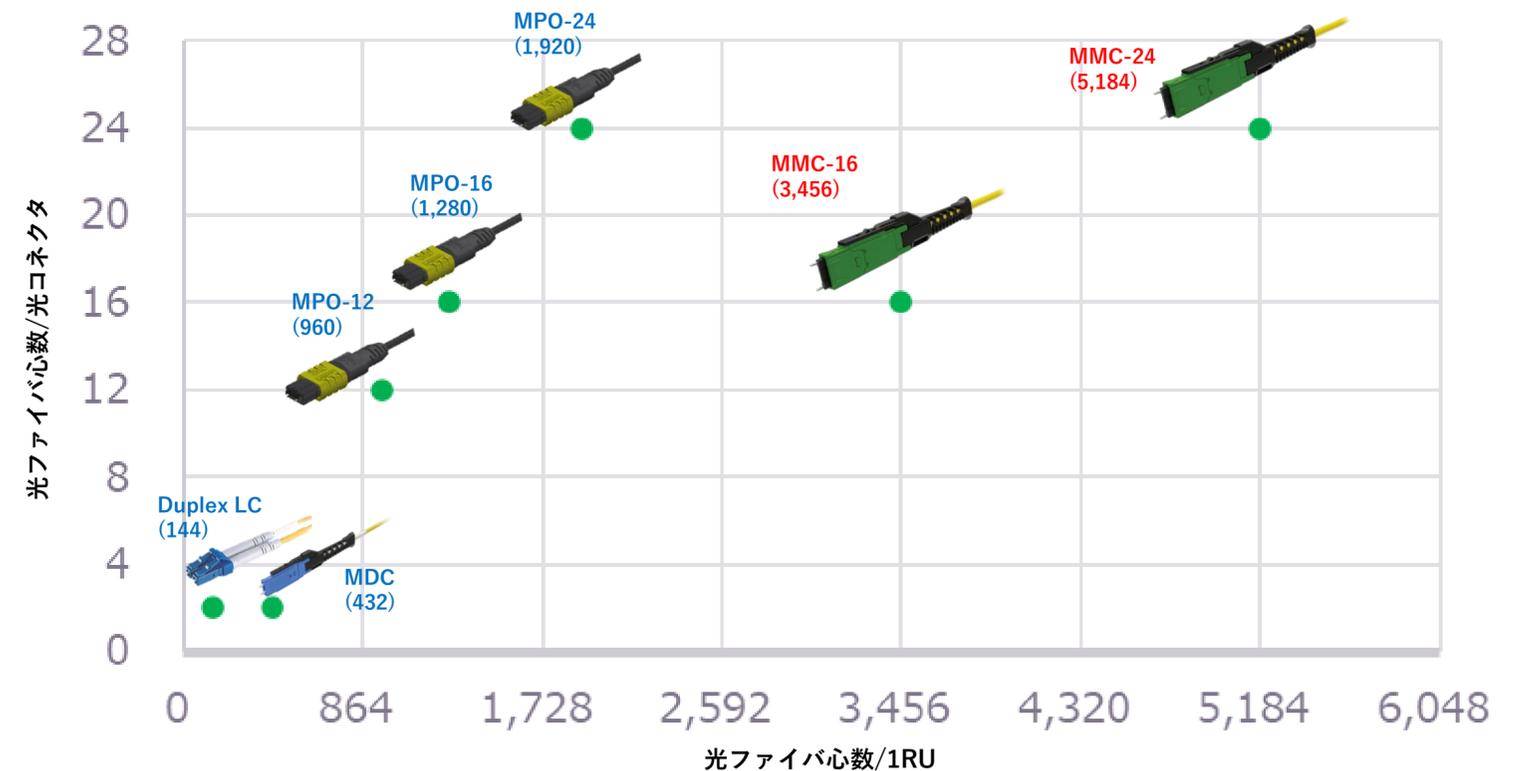
- 次世代型超小型フォームファクタ (VSFF: Very Small Form Factor)
- MPOコネクタの3倍のポート密度を実現
- 大規模AIシステムのインターコネクタ側ネットワークに採用

#### MMCコネクタの構造



既存MPOコネクタと同径同間隔のガイドピンによる嵌合

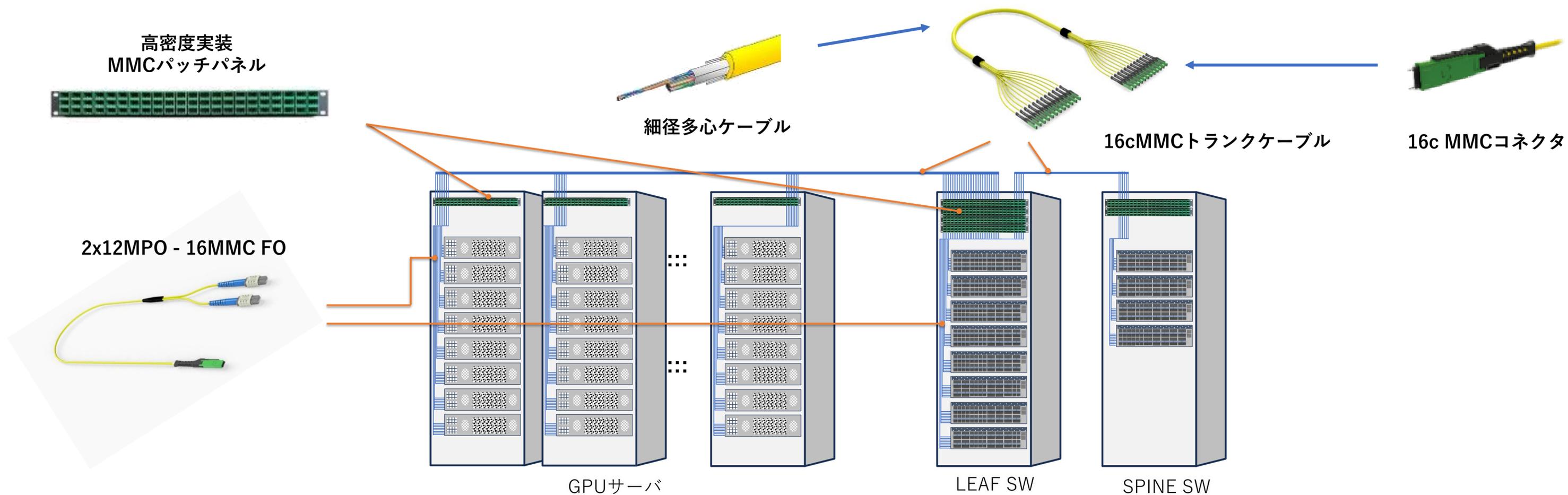
#### 1RUあたりの各種コネクタの実装密度



## AIシステムの進化に対応する光配線の技術

### 次世代AIシステムへの適用例

- AIシステムの膨大な演算処理を大容量かつ低遅延で実行するための超多心光配線
- 細径多心光ケーブル、VSFFの採用により、最高レベルの多心&高密度配線を実現も可能



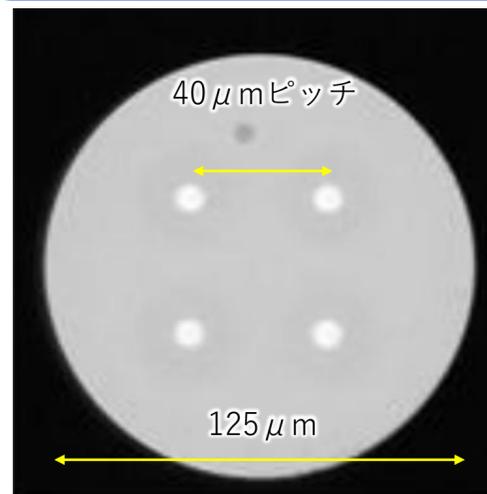
次世代AIシステム用光配線例

## AIシステムの進化に対応する光ファイバの将来技術動向

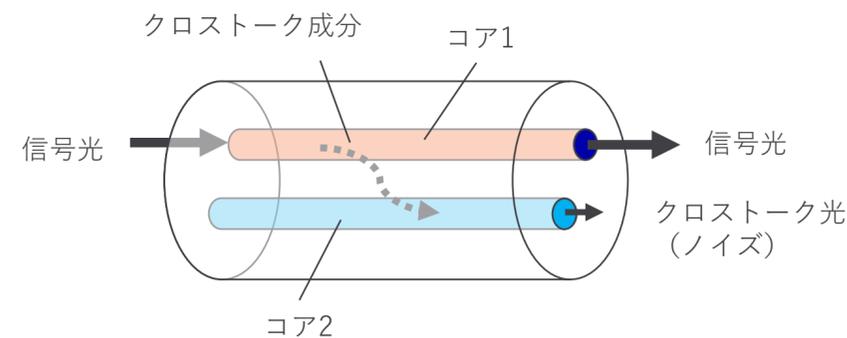
### マルチコアファイバ(MCF)

- 信号処理が容易な弱結合型のMCFが実用化のフェーズ
- 既存装置や治工具との親和性の高い標準クラッド外径(125 $\mu$ m)をもつ

標準クラッド外径4コアMCF



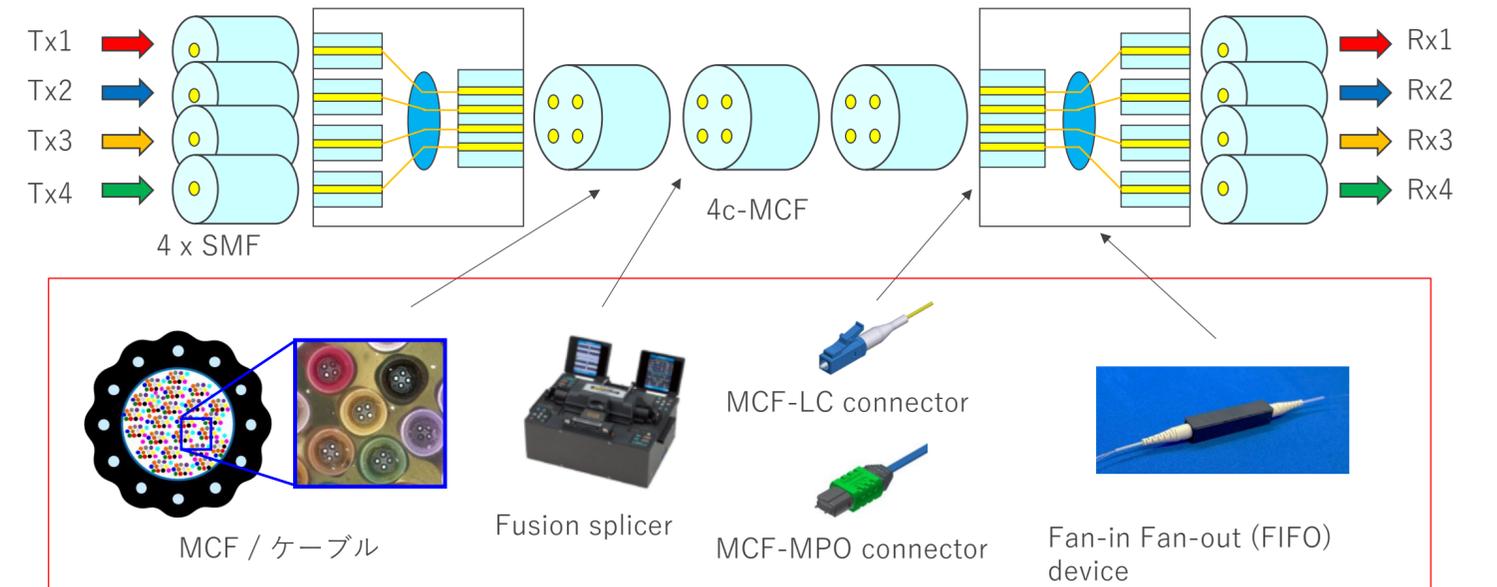
コア間クロストーク



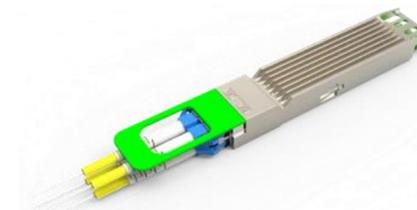
- 既存の光ファイバと同じ細さ
- 細径被覆 (200  $\mu$ m) も適用可
- コア間クロストークを考慮し、4つのコアを正方配置 $\rightarrow$ 4倍の空間利用効率
- 光学特性は汎用SMFとの互換性を維持

- 4コアマルチコアファイバはファイバ4本分を1本のファイバで伝送
- 端末はFan-in Fan-outデバイスで集約および分離を行う

4c-MCFによる伝送の概略



マルチコアファイバ対応の800G光トランシーバ



・ SiPix/Hyper PhotonixがOFC2025でライブデモを実施

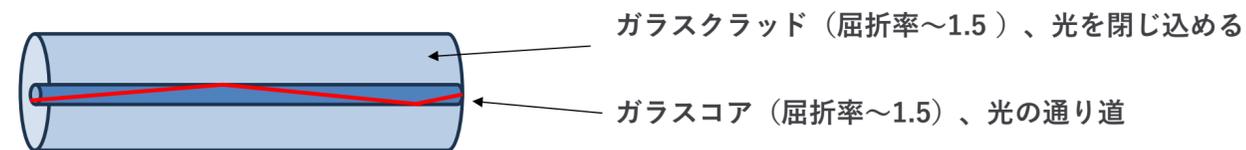
出典: <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000002.000159737.html>

## AIシステムの進化に対応する光ファイバの将来技術動向

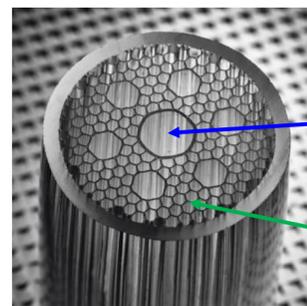
### 中空コアファイバ(HCF)

- 光の伝搬部に空洞をもつ光ファイバ
- ガラスコアと比較して1.5倍速く信号が伝搬するため通常光ファイバより低遅延で伝送が可能

通常の（全個体型）光ファイバは、コアの屈折率をクラッドよりもわずかに高くすることで全反射の原理を利用して光を導波する



中空コアファイバは、中心に位置する空洞の周囲に形成したガラスの周期構造が光の通過を遮断し、光を閉じ込めて導波する  
→ ガラスコアと比べて1.5倍速く信号が伝搬

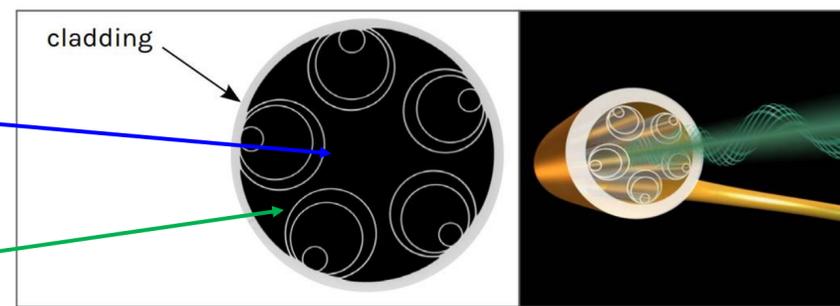


空洞（屈折率～1）  
光の通り道

ガラス（屈折率～1.5）  
光を閉じ込める周期構造

フォトリソバンドギャップ型

出典： <https://www2.ofsoptics.com/accucore-hcf>



NANF(Nested Anti-resonant Nodeless Fiber)型

出典： Lumenicity, white paper

- NANF型の登場により劇的な損失性能改善、SMFを上回る低損失性  
→ 0.11dB/km (2023年)
- 製品化には課題が多い
  - 周辺技術：ケーブル・コネクタ・融着接続など
  - ファイバの生産性

## 「配線」の重要性

- 配線の方法ひとつでネットワークシステムの運用性が大きく変化する
- コンテナのような狭小環境でも配線を工夫することで十分に構築することができる
- 生成AIインフラのような大量の配線を扱うシステムにおいてはより顕著に重要性が増す

## 「配線」はエンジニアリングである

- 物理的な制約を解決するための手段としての「ケーブリング」
- 光ケーブルの技術進歩によって、これまでできなかった配線が可能となることを期待
  - VSFFコネクタ、超多心ケーブル、BASE-8/16システム、MCF、HCFなどの新技術
  - 配線の常識についてもアップデートが必要
    - これまで実現できなかった構成が実現できるようになるかも

## 配線について

- 配線の設計はどのように行っていますか？
- 配線で工夫していることはありますか？
- 配線で困ったことや課題に感じたことはありますか？
- おすすめの整線部材はありますか？
- 気になる技術はありますか？

## 運用について

- ケーブルタグの管理はどのように行っていますか？
- 配線表の管理はどのように行っていますか？
- 正しく配線されているかどうかの確認はどのように行っていますか？



