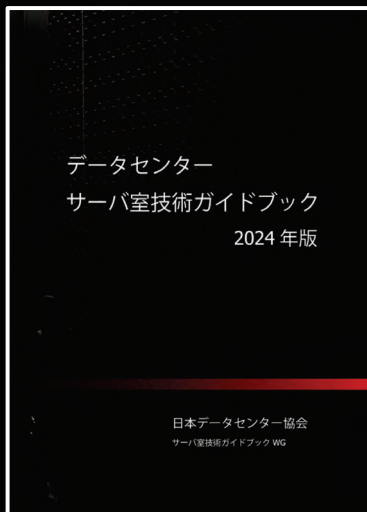


MTDC, HSDC & AIDC

～ サーバ室技術ガイドブック 2024年版 改訂の背景～

2024年8月21日
株式会社 KOCHIジャパン
尾西 弘之
info@kochithesuper.com

JDCC/GUTP サーバ室技術ガイドブック



- JDCC/GUTP サーバ室技術ガイドブックWG
【主査】 東京大学大学院 教授 江崎 浩
【WGリーダー】 KOCHIジャパン 尾西 弘之
- 2024年版
 - ・ 2024. 6.7 JDCC総会に併せ、出版
 - ・ 全496頁
- 2024年版での主な改訂内容
 - ・ ハイパースケールDC、エッジコンピューティング用センター
 - ・ DCIMの最新動向
 - ・ EHS（環境・安全衛生）
 - ・ ネットワーク関連
 - ・ AI向け（高発熱密度）センター
- 印刷書籍 ¥11,000(税込)
 - ・ アマゾンPOD（プリントオンデマンド）
<https://www.amazon.co.jp/dp/4295019127/>
- 電子ブック ¥50,000(税込)
 - ・ JDCCサイトでPDFファイルをダウンロード直販

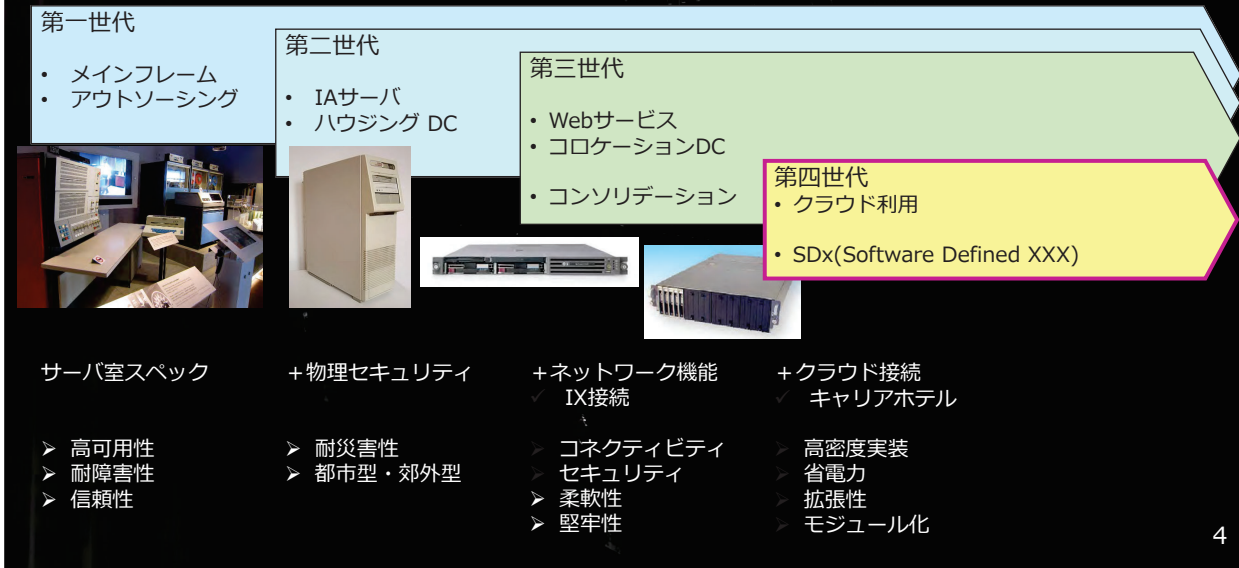
1

あらためて、データセンター

- コンピューティング需要の急拡大による、基幹インフラとしての重要性の高まり
 - ・ 産業分野でのDX（デジタル・トランスフォーメーション）の進展
 - ・ ポストコロナのデジタル・オンライン社会
 - ・ ABC（AI/GAI向け、Big Data、Cloud）
 - ・ グローバル化の進展、コネクティビティの強化
 - ・ 経済安全保障、データ主権【Sovereignty】；国境を越えるデータ流通を規制するデータレジデンシ
- さまざまな構成要素・技術で構成
 - ・ 敷地、建物・区画（Core & Shell）
 - ・ 電力・空調などの設備（Fit out、Power & Cooling）
 - ・ サーバ室設備
 - ・ ICT機器
 - ・ O&M
- 「収容するICT機器の稼働環境並びに提供されるサービス」を安全・安心に提供
 - ・ データセンター内のICT機器が「良好」に稼働する
 - ・ 施設・運用の高効率化
 - ・ セキュリティ
- データセンターでのエネルギー消費の量と密度も急増し、「ESG」に対する配慮が必要
 - ・ GX（グリーントランスフォーメーション）
 - ・ SX（サステナビリティトランスフォーメーション）

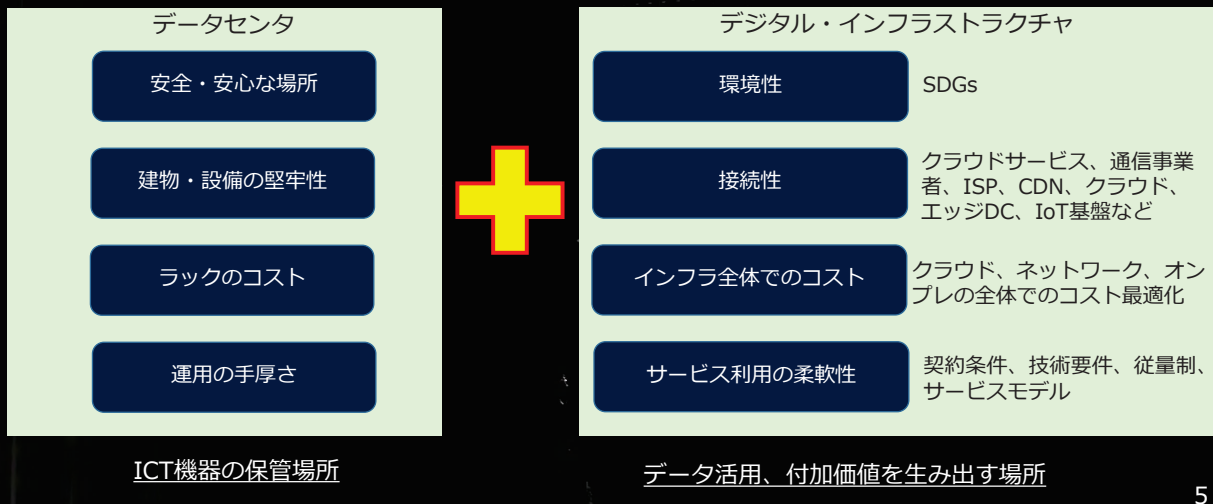
- 2023年の国内市場規模（推測）
 - ・ 2.5兆円程度 全世界40兆円程度
 - ・ IT負荷 2 GW程度 全世界30GW程度
 - ・ 年10%～15%の市場成長率

2



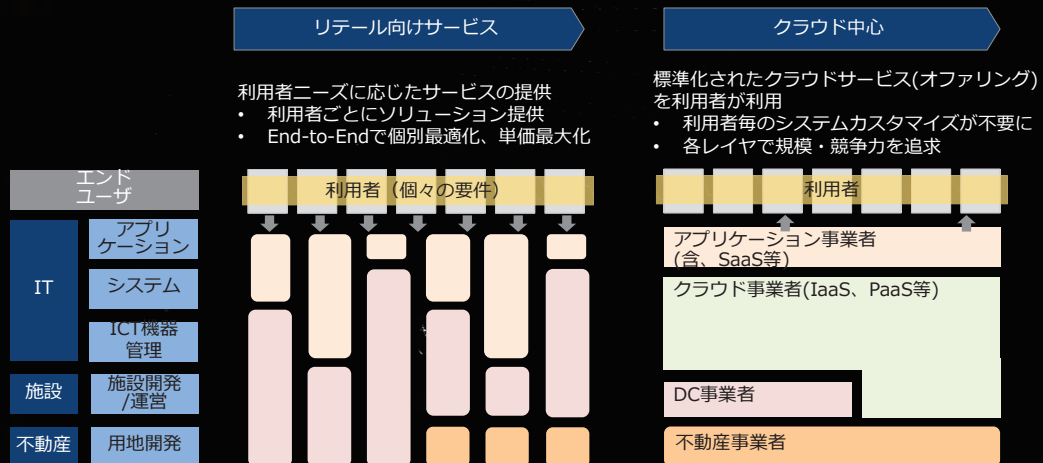
デジタル インフラストラクチャ

デジタル化の進展により、DCは「安全安心なICT機器の保管場所」から「デジタル・インフラストラクチャ」に変化



産業構造の変化

- リテール向けMTDCの垂直統合に対し、ハイパースケーラらの台頭による水平分業の産業構造に変化
 - SIer系事業者はクラウド利用の進展により、自社運営DCの意味が薄れ、DCinDCでの提供にシフト
 - ハイパースケーラは、コアサイト+エッジ、ICT機器、ネットワーク（含、海底線ケーブル）の統合化を進める



HSDC 投資・DC事業者・テナント

DC建設への投資判断実施は、
 ・ MTDCの場合にはDC事業者であったが、利用形態の変化、大規模投資化により
 ・ DC事業者、クラウド事業者、不動産開発、投資家などの利害関係者に変化



市場の変化
 ・ クラウドファースト
 ・ マルチテナントからBTS
 ・ 産業構造の変化

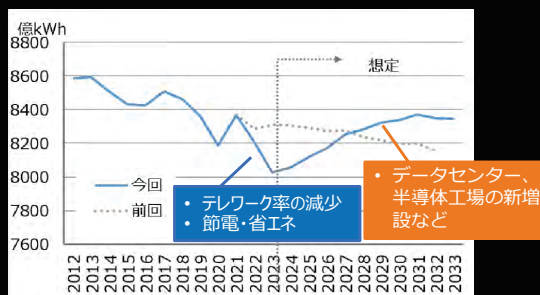
DC建設の変化
 ・ テナント側専門家による要件規定
 ・ ゼネコン大手から分割発注へ
 ・ 設備のグローバル発注化

不動産証券化
 ・ オフバランス化

グローバル・国内 社会的要請

- ESG; CO₂排出量削減
- ・ 省エネルギー
 - ① エネルギー、水資源の効率的利用
 - シンプルな構成 (冗長性の見直し、モジュール化)
 - IT機器の環境条件の緩和
 - DCIMの改善
 - 水の再利用 (処理水の利用)
 - 廃熱の再利用
 - 地域住民との関係
 - ② IT機器の性能向上 (対電力消費)
 - 低消費電力機器 (SSD、コールドストレージなど) の利用
 - フォトニクス (光スイッチ) の利用
- ・ 再生可能エネルギー
 - 追加性 (実利用)、PPA
 - 地産地消
 - 発電機 (内燃機関) によるバックアップ電源の見直し
- ・ 低温室効果ガス (CO₂) 資材の利用
 - セメント代替材の模索
- 経済安全保障
- ・ データ主権 (ソプリクラウド)
- ビジネス
- ・ コスト効率の更なる向上 (10年で建設コストは凡そ1/3に)
 - 運用コストの低減 (自動化、ロボット化など)

■ 「エネルギーの使用の合理化及び非化石エネルギーへの転換等に関する法律」 (改正省エネ法)
 ・ 2022年度より石炭火力供給業、データセンター業と圧縮ガス・液化ガス製造業がベンチマーク制度の対象業種に追加となり、年1回の定期報告が求められる



「電力広域的運営推進機関」
 ・ 国内の電力需要は、人口の減少や省エネの浸透などを背景に2007年度をピークに減少傾向にあった
 ・ 2024年度からは増加に転じる

人工知能 (AI) への関心の高まり

【米国市場規模予測】
 2022年予測；15GW(2021年)が、HSDC需要により2030年に2倍(30GW)に
 2024年予測；50GW~80GWに修正

ChatGPT などの生成 AI (GenAI) アプリケーションは、2025年までに約75%??

【国内市場規模予測】
 2024年予測；2GW(2023年末)からには3.5GW(2028年末)に

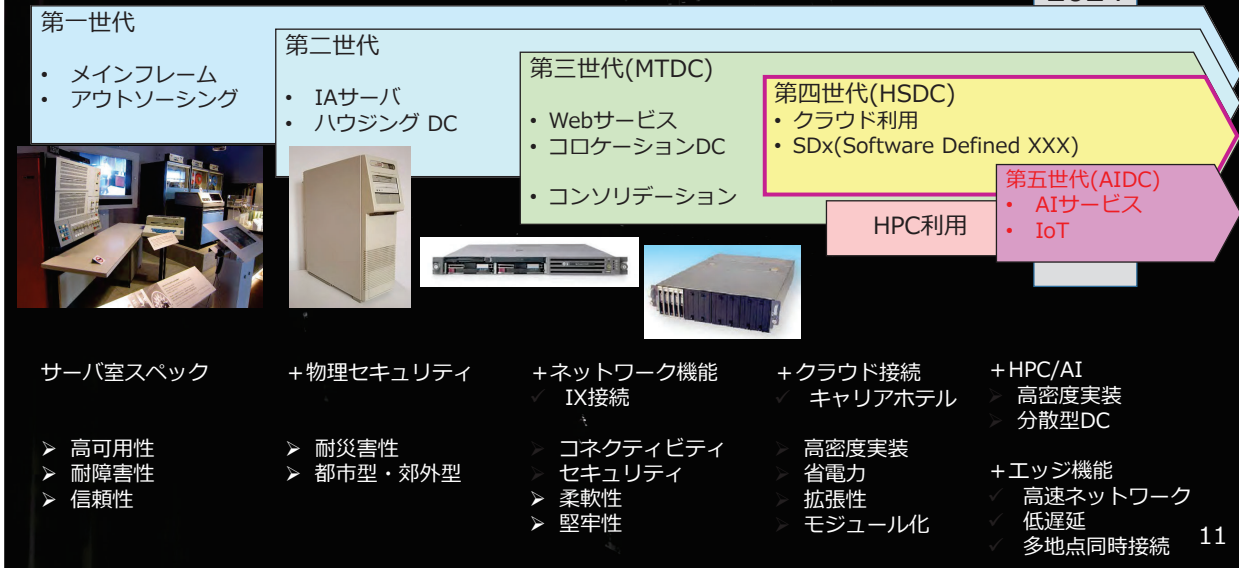
AIの投資利益率 (ROI) (2022)

- ・ 企業平均が5.9%
- ・ トップクラスの企業は13%

- 2023年、生成AIの利用に関心が高まり、AI向けサーバの導入
 - ・ 膨大なデータの学習が必要で、運用時にも文章や画像を生成するには大規模な計算能力が必要
- AI向けサーバは汎用サーバよりも消費電力が大きく、DCの電力容量も大容量化
 - ・ ソフトウェアによるAIから、アクセラレータ(GPUなど)が追加
 - ・ 国際エネルギー機関 (IEA) は26年の消費電力量が22年の最大2.3倍になると試算



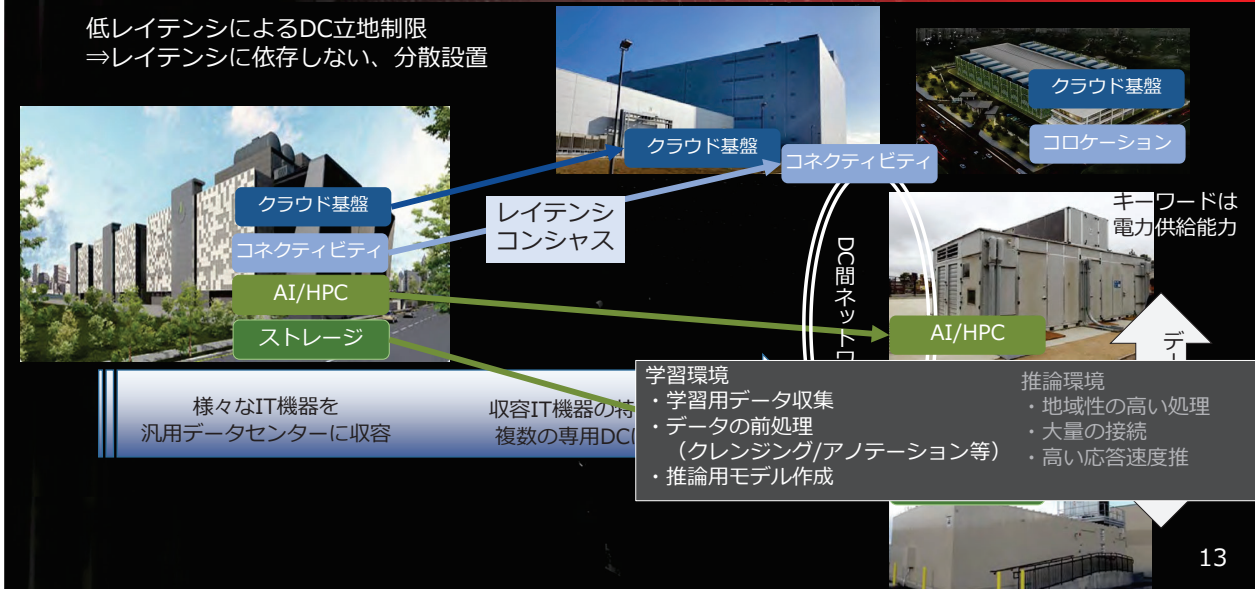
<https://www.structureresearch.net/product/2024-global-data-centre-colocation-interconnection-report/>



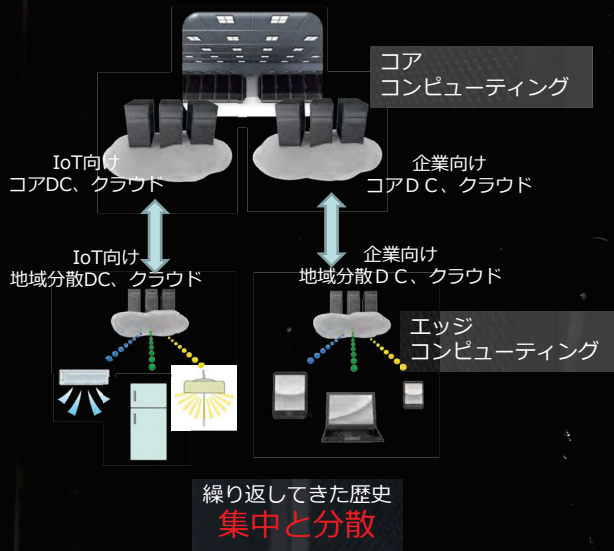
コネクティビティ(HSDC)の次は、電力(AIDC)

世代	第三世代 (MTDC)	第四世代 (HSDC)	第五世代 (AIDC)
主なサービス	ハウジング	クラウド	AI (学習)、HPC用
主なユーザ	マルチテナント	ハイパースケーラ	AIユーザ
4大リソース	個別	ネットワーク分散	Cloud併設
	用地	都市型、郊外型 ・ ユーザ近傍 ・ バックアップサイト	郊外 ・ 電力供給
	電力	数MW	数10MW
	ネットワーク (冷却) 水	低遅延	低遅延
電力密度	~4kW/rack	~10kW/rack	~数10kW/rack
空調方式	パッケージ空調	室内機	リアドア 液体冷却 液浸冷却
		熱源	CRAH ファンウォール モジュールチラー ターボ冷凍機 冷却塔
拡張形態		スケールアウト	スケールアップ

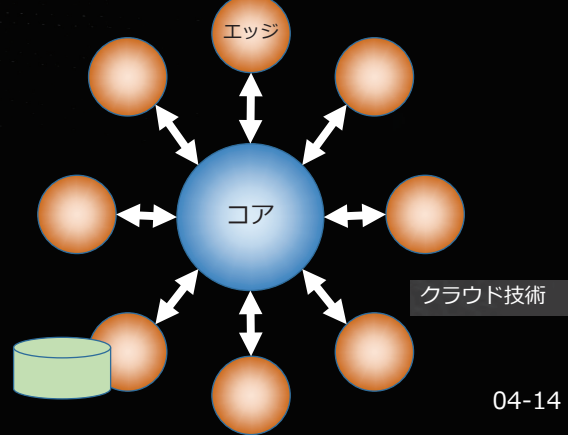
汎用データセンターから専用型の地域分散へ



コアセンターとエッジセンター



- コアセンター**
- ・ サーバとストレージを収容する大規模センター
 - ・ 地域単位に設置
- エッジセンター**
- ・ サーバとストレージを収容する小規模センター
 - ・ 情報発生源あるいは消費先の近傍



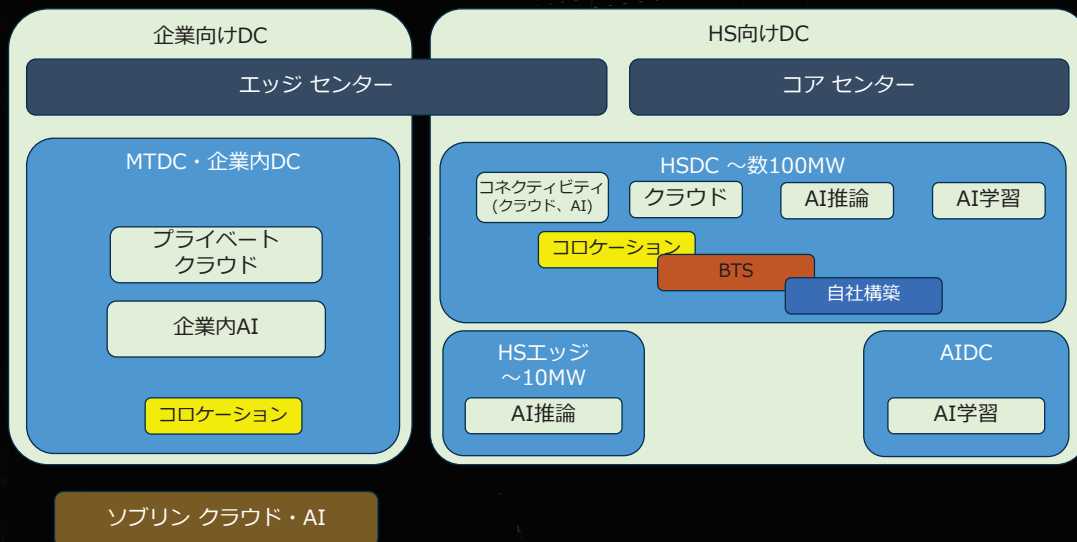
04-14

データ主権

- 「2025年の崖」の克服
- グローバリズムより自国ファーストによる経済安全保障
 - ・ 2015年に中国は「中国製造2025」を掲げ、先進国の製造立国になる流れをつくった
 - ・ 英国の国民投票でのEU（欧州連合）離脱（ブレグジット）
 - ・ トランプ米大統領候補（当時）は「グローバリズムより自国ファースト」
- ✓ グローバリズムは安全保障の障壁が下がる
- ✓ 自国ファーストにより安全保障を意識
 - ・ 軍事だけが安全保障ではなく、経済や文化、歴史、情報、すべてが安全保障の鍵
 - ・ 新技術や経済に関わる経済安全保障が大きくクローズアップ
- ✓ 国内では、経済安全保障推進法に基づく特定重要物資「クラウドプログラム」
- 生成AIの利用による独自主権
 - ✓ 自国の歴史と未来を文書化するために必要なデータを保有できるよう、独自の主権人工知能システムを持つ

15

データセンターの分類

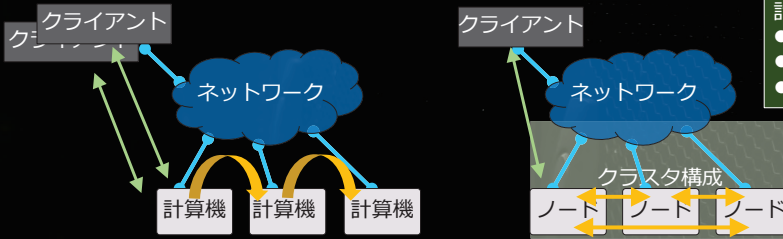


16

AI/ML計算基盤

【一般的基盤】1つひとつの計算機内で完結した処理を隣の計算機やクライアントとの間でやり取りする

【AI/ML基盤】1つの計算機ではまかないきれないほど大量のデータを扱うため、1つの処理を複数ノードに分散し、常に同期を取りつつ並列処理を行う



- 計算基盤の構成
- GPU搭載計算ノード
 - 高性能・高信頼ストレージシステム
 - 高速インターコネクト

AIの進歩はデータセンター インフラストラクチャへの依存度が高まる

- DCインフラへの要件
- ⇒冷却能力の確保
 - ⇒エネルギー消費の抑制
 - ⇒サーバへの給電品質の確保

- 一般的なサービス（サービスチェイニング）
- マルチユーザ、マルチタスク

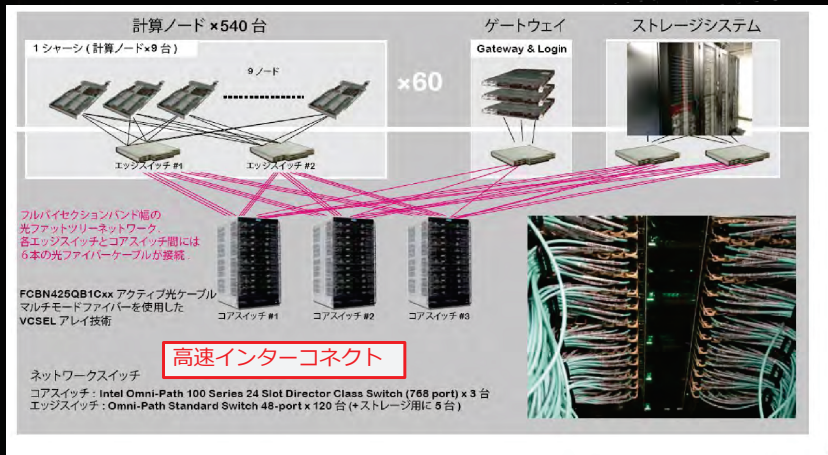
- クラスタによる分散処理
- RDMA、ロスレスNW、負荷分散

- GPUサーバは高価で、取り合いの状況
 - GPUはできるだけフル稼働させる
- 「GPUを遊ばせずに使い倒す」ことで、コスト効率を最大化

ICT機器の構成

GPU搭載計算ノード

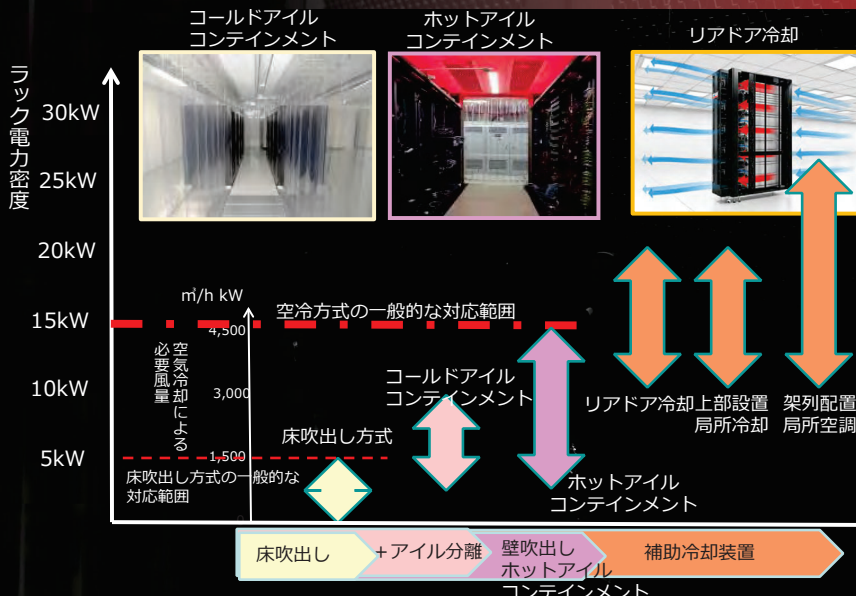
高性能・高信頼ストレージシステム



- GPUクラスタ専用のネットワーク
- 広帯域、低遅延、ロスレス
- AIネットワーキングは、一般的なイーサネットとは性能要件が桁違いに高い
- ✓ AIネットワーキングを分離せざるを得ない理由は「GPUがあまりに高価」
- ✓ 従来は、単一のインフラに様々なサービス/用途の通信を統合することでコスト効率を高めてきた
- ✓ Nvidia社はPascal (2016年) より、Chipビジネスからプラットフォームビジネスへの変革を目指した

高い電力効率を実現する冷却システム

冷却能力の確保



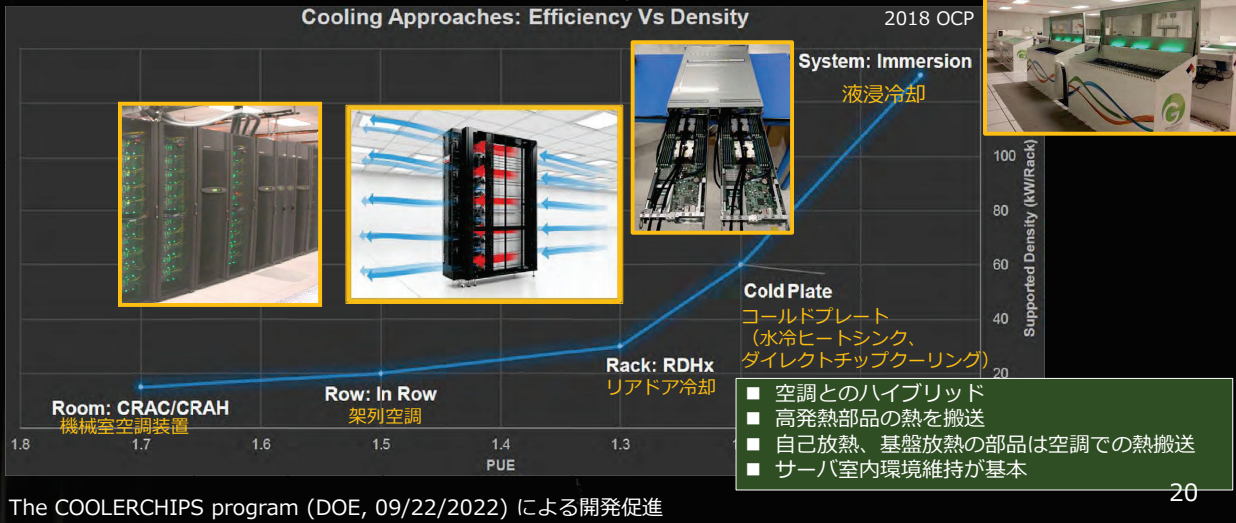
- HSDCは、コスト優先
- 運用的、技術的に優位性のある空冷 (+ 補助冷却)
- ラックあたり10kW台
- AIアプリケーションは処理計算能力の増加により、多くの熱が発生
- ◆ データセンター運営者にとって冷却能力確保が重大な課題

送風による熱の搬送能力
1kWの発熱に対し、1時間当たり約300m³の風量 (給排気温度差 10℃の場合)

$$F = \frac{Q}{C_p \times \rho \times \Delta T \times \frac{1}{60 \times 60}}$$

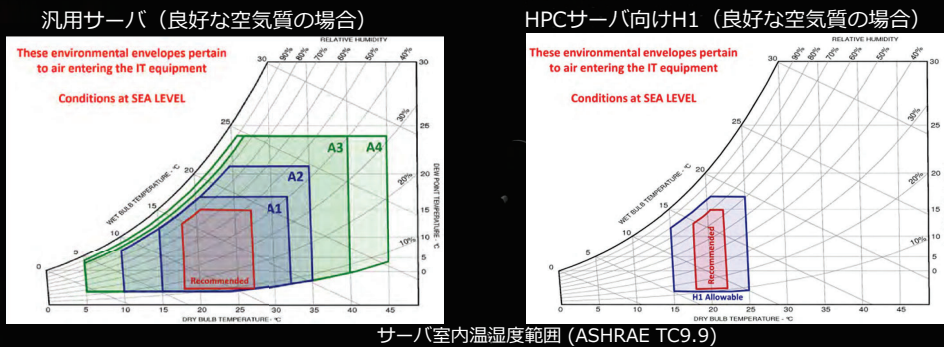
補助冷却、液体冷却

- スーパーコンピュータなどで利用されている、ラックあたり数10kWの能力が期待できる液体冷却などの大容量、効率的な冷却ソリューションの採用



室内環境（温湿度、エアフローなど）の異常発生を未然防止

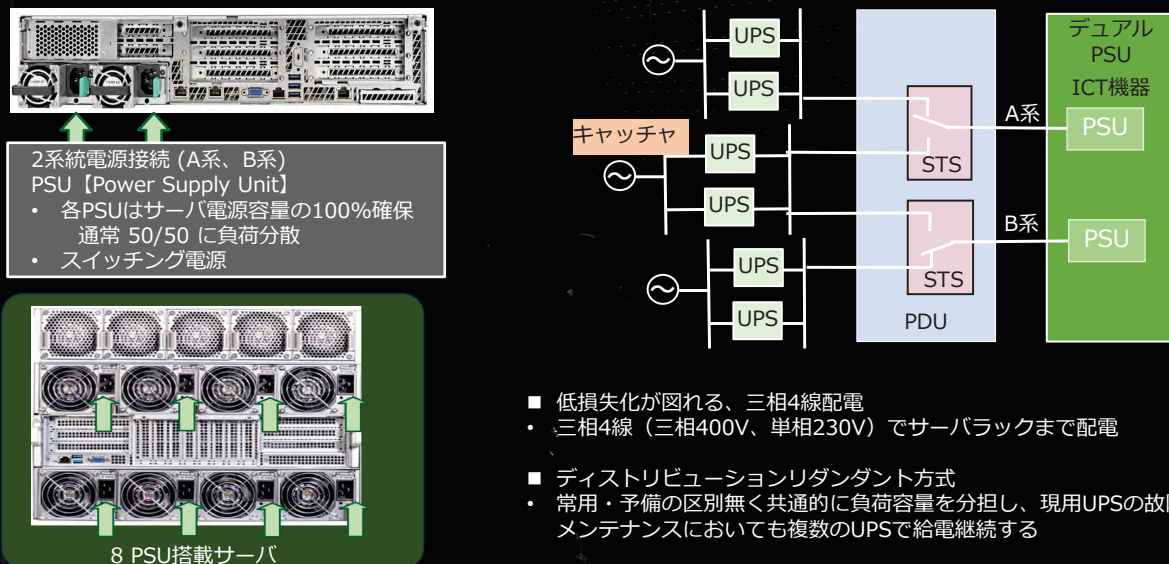
- サーバ室内環境、装置稼働状況の定量的把握、傾向分析
- ・ HPCサーバでは、空調機の装置、運用の異常を想定した、汎用サーバと比較し、安全寄りの温湿度範囲（右図）
- ・ 液冷サーバでは、発熱量の多くはコールドプレートでの熱搬送によるため、一般サーバと同等（左図）



- Uptime社の2023年調査では、サイトの計画外停止の13%が冷却系異常（44%は電源系異常）
 - ・ 空調停電時の温度上昇率；ラック当たり4kWで約0.16℃/秒（約10℃/分）、10kWで約0.5℃/秒（約30℃/分）
 - ・ サーバ室内のエアフロー/冷媒管理/温湿度管理（モニタリング、DCIM）は必須
- 計画外停止の1分あたりのコストは、平均9,000USD(2016年統計)で上昇傾向

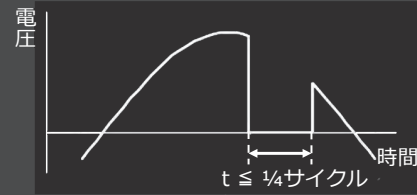
21

ICT機器への給電



電源品質の担保

- データセンターとして電源品質の担保
 - 不具合発生の未然防止
 - ✓ 電源供給状況、電源装置稼働状況の定量的把握、傾向分析
 - 不具合発生時のデータセンター側とテナント間で責任所在の明確化
 - ✓ 負荷側との原因切り分け
 - ✓ ICT機器の不具合が発生した際に、UPSなどの電源供給機器の電源品質の健全性の担保
- Last 1mのインテリジェントPDUの役割増加
 - UPSの測定・波形記録等：故障時、切替時にのみ波形記録（常時の監視・測定はしていない）



ライドスルー耐量

- ICT機器の瞬断許容：「ライドスルー（運転継続）耐量」
 - 交流入力電源の瞬時的な中断に対して、PSUがどれだけの時間、正常な電圧を供給できるか
 - 高負荷状態では、よりシビアに
- UPS：ICT機器の瞬断許容を補償
 - SAG（電圧降下）、SWELL（電圧上昇）などはUPSで補償

Digital Twin (DCIMツール)

	建築情報		IT情報
「見える化」機能	<input type="checkbox"/> 建物形状 <input type="checkbox"/> レイアウト <input type="checkbox"/> 荷重 <input type="checkbox"/> 冷却能力（空調機）	<input type="checkbox"/> ラック配置 <input type="checkbox"/> ラック資産情報 <input type="checkbox"/> 分電盤	<input type="checkbox"/> IT機器配置 <input type="checkbox"/> IT機器資産情報 <input type="checkbox"/> IT機器結線（弱電）情報 <input type="checkbox"/> IT機器結線（強電）情報
集計（統合）機能	<input type="checkbox"/> キャパシティ集計情報 <input type="checkbox"/> PUE算出	<input type="checkbox"/> ブレーカ容量 <input type="checkbox"/> 変更履歴	<input type="checkbox"/> IT機器死活 <input type="checkbox"/> インシデント状況
モニタリング機能	<input type="checkbox"/> 電流値／電圧値	<input type="checkbox"/> 消費電力（電流値） <input type="checkbox"/> 温湿度 <input type="checkbox"/> 圧力 <input type="checkbox"/> ラックドア開閉	<input type="checkbox"/> 異常検知 <input type="checkbox"/> IT稼働負荷
制御機能	<input type="checkbox"/> 空調機	+ 「見える化」できるダッシュボード機能	

AIの活用

- デジタルツインを前提
- 運用プロセスの自動化による効率向上
 - Googleは、DeepMind AIにより、冷却コストを40%削減
 - Metaは、全体コストを2/3に削減
 - MSFTは、FollowTheSunを実現
 - Gartner；2025年までに半数のHSDCに、AI、機械学習（ML）機能による自動化が導入され、運用効率が30%向上と予測
- 運用ロボットの利用

carbon-intelligent computing platform



クリーンエネルギーが得られる場所でコンピューティング

制御方法
 メカトロニクス
 ⇒エレクトロニクス
 ⇒ソフトウェア、AI

- 第4世代DC (HSDC) ; 2013年首都圏でのMTDC (第3世代)供給過多問題に対し、ハイパースケーラの参入
 - 「安全安心なICT機器の保管場所」から「デジタル・インフラストラクチャ」に
 - ネットワーク接続 (レイテンシ) の重視 ; 首都圏、関西圏に集中
 - パーティカルからホライゾンタルな産業構造に変化
 - 不動産投資の対象として重視
 - 大量のエネルギー消費とESG重視
 - ・ ベンチマーク制度 (改正省エネ法)
 - クラウド事業者のコストセンター (BTS、コスト抑制、省エネルギー、再生可能エネルギー利用、。。。)
 - ・ ラックあたり最大10kW程度の高密度化
 - ・ 運用プロセスの自動化による効率向上
- 第五世代DC (AIDC) ; 2023年に自然言語ツールの利用環境が揃い、人工知能 (AI) への関心と利用の拡がり
 - 処理計算能力の増大による、エネルギー消費の増大
 - ・ 高密度対応冷却 (ラックあたり数10kW) の採用
 - 室内環境の異常発生を未然防止
 - ・ 電源品質の担保
 - 大容量給電能力・品質向上
 - ・ SDxの進展、AIによる制御
 - 地方分散
 - データ主権 [Sovereignty]

ご清聴ありがとうございました

株式会社 KOCHIジャパン
尾西 弘之
info@kochithesuper.com