

# 先端テクノロジー研究小委員会 2021年度3Q 活動進捗報告

2021年11月24日  
サステナブルIT推進委員会  
先端テクノロジー小委員会

# 目 次

- I. 開催状況・構成・組織
- II. 2021年度3Q活動内容
- III. データセンタ電力量算定途中経過
- IV. 新小委員会の提案

# I. 開催状況・構成・組織

## <開催状況>

委員会 第5回 9/28

第6回 10/26

第7回 11/30

講演会 9/28 九州大学 原田教授

「省エネルギーを実現する超伝導と量子コンピューター」

RSI 山口委員

「OCPのサステナビリティ」

10/26 産総研 杉田様

「データ処理基盤の変化に対応した省エネルギー技術」

## <構成メンバー:敬称略>

主査 : アイピーコア 品川

参画会社: 富士通 日立製作所 横河電機 NECネットSI RSI 産総研

事務局 : JEITA 渡部

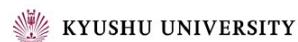
# 省エネルギーを実現する超伝導と量子コンピューター

## 講演内容

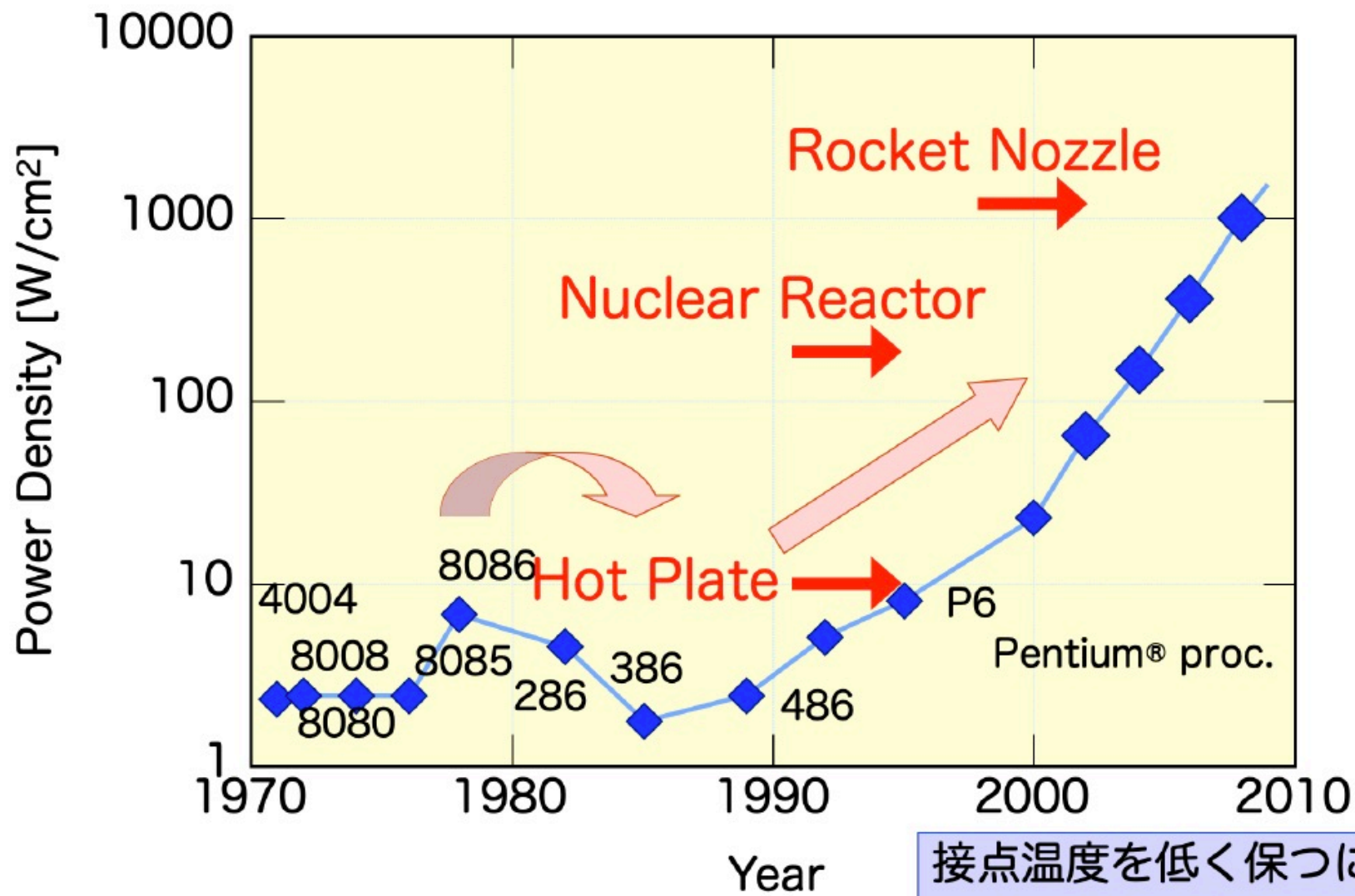
- シングルエレクトロニクス: 省エネルギー情報伝達
- 超伝導デバイス
- 電子工学から量子工学へ
- 超伝導量子ビット (量子ゲート方式)
- 超伝導量子ビットの将来像

原田 裕一  
九州大学グローバルイノベーションセンター

[yharada@gic.kyushu-u.ac.jp](mailto:yharada@gic.kyushu-u.ac.jp)



# チップのエネルギー密度

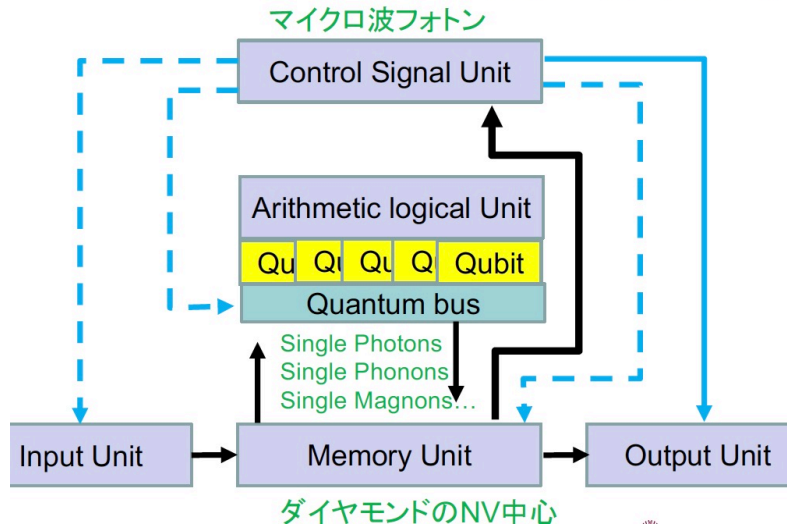


接点温度を低く保つには  
パワー密度が高過ぎる

# 講演内容(抜粋)

## 量子コンピュータの主要要素

NIST, PRA 67 (2003) 050302R.



## 現在の構成から将来像

- ハイブリッドハードシステム
  - ・ 演算
    - 量子コンピューティング
    - +
    - デジタルコンピューティング
  - ・ 記憶装置: 量子
  - ・ 入出力: 古典
- ハイブリッドソフトウェア
  - X 量子OS
  - △ 量子アセンブル
  - 量子ライブラリ

将来

- 量子インターコネクション
- 量子光回路
- +
- 量子電子回路
- 量子通信互換性
- 量子数学基礎論

## 消費エネルギー&動作速度

Temperature T [K]	Voltage V [V]	Energy E [J]	Time t [Sec.]	Wavelength L [m] Frequency f [Hz]
300 K	25.9 mV	$4.14 \times 10^{-21}$	13 fs	0.048 $\mu$ m 6.3 THz
77 K	6.63 mV	$1.06 \times 10^{-21}$	50 fs	0.19 mm 1.6 THz
4.2 K	362 $\mu$ V	$5.80 \times 10^{-23}$	0.9 ps	3.4 mm 88 GHz
1 K	86.2 $\mu$ V	$1.38 \times 10^{-23}$	3.8 ps	14 mm 21 GHz
0.1 K	8.6 $\mu$ V	$1.38 \times 10^{-24}$	38 ps	143 mm 2.1 GHz

## 超伝導量子ビットの将来展望

材料	Al	TiN or NbN	室温超伝導体
動作温度	0.1 K	1- 4.2 K	77K
情報伝達	マイクロ波 フォトン	ミリ波 フォトン	テラヘルツ フォトン
システム構成	直流 古典データ 電子回路	直流 量子・古典ハイ ブリッドデータ 電子/スピン回路	直流 量子データ 電子/光回路

# OCPのサステナビリティ



2009年、Facebookは飛躍的に成長し、新しいサービスを提供し、何百万もの人々に写真やビデオを共有するためのプラットフォームを提供しました。将来を見据えて、同社は、新しい人やデータの大量の流入に対応し、コストとエネルギー消費を制御するために、インフラストラクチャを再考する必要があることに気づきました。

Facebookが世界で最もエネルギー効率の高いデータセンターを設計するプロジェクトを開始したのはそのときで、これは前例のない規模を可能な限り低いコストで処理できるものです。エンジニアの小さなチームは、ソフトウェア、サーバー、ラック、電源、および冷却という1つをゼロから設計および構築するために、次の2年間を費やしました。その結果は現在、オレゴン州プラインビルにあります。

同社の以前の施設よりも、建設のエネルギー効率が38%向上し、運用コストが24%削減され、さらに大きなイノベーションがもたらされました。

# OCPメンバ

● 台湾

● 中国

● ACS

**Platinum**

3M	Alibaba Group	AMI	Ampere Computing
ARISTA	ARM	Asperitas	ASUS
AT&T	Baidu	DELTA	Deutsche Telekom
Cisco	FACEBOOK	Google	Hewlett Packard Enterprise
HUAWEI	hyve solutions	IBM	inspur
intel	ITRENEW	Microsoft	MITAC
NOKIA	NVIDIA	QCT	rackspace
RAGILE	RITTAL	Shell	SIMS UPTIME SERVICES
submer	target	Tencent	UL
VERTIV	wiwynn		

**Gold**

SAMSUNG	SEAGATE	YUDEN	ZT Systems
---------	---------	-------	------------

**Silver**

ByteDance	Celestica	CISCO	INNO LIGHT
Inventec			

## Community (237)

Fujitsu	Sony Interactive
CTC	Taiyo Yuden
Murata	Toshiba
Panasonic	Yahoo! Japan

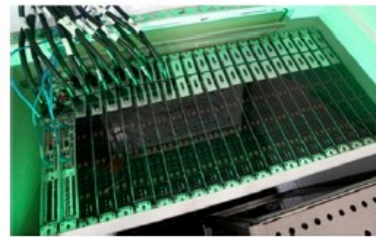
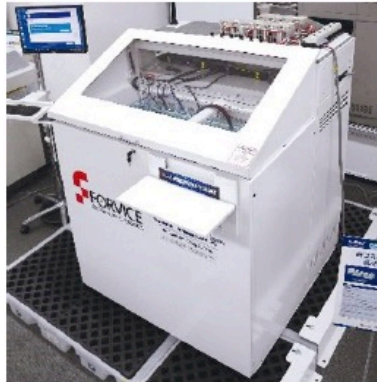


# 主な液浸ベンダー（4社ともOCPメンバ）

Type	メーカー名	Fulid	事例	パートナー
Single Phase	Asperitas 2017~	SHELL	Amsterdam Data Center	NVIDIA, ITRENEW, STEPHYA, Penguin Computing, SHELL, BOSTON, GIGABYTE, Dell
	GRC GREEN REVOLUTION COOLING 2009~	Synthetic ElectroSafe	CGG, DUG, US.AIR, INTEL, TACC他多数	HP, Dell, Supermicro, sgi, Intel, IBM, Western Digital, NVIDIA, Penguin, GIGABYTE, Quanta, 2CRSI, Cisco
	Submer 2015~	Synthetic Fluid		2 CRSI, SYNEX, LITEON, Fujitsu, Hyper tec, INTEL、 INGRAM
2 Phase	LiquidStack 2014~	3M	マイクロソフト +WiWynn	Wiwynn, 3 M, GIGABYTE, Victaulic, Dell, Wieland, Chemours

# 横浜にて液浸冷却の実証実験を実施

KDDI、三菱重工、NECネットエスアイ、液浸冷却装置の活用および小型データセンターの実現に向けた実証実験を開始 2021/6/21~2021/12/未予定



本実証では、KDDI、三菱重工、NECネットエスアイが、業界の枠を超えてそれぞれの強みを持ち寄り、50kVA相当のサーバーと液浸冷却装置を12ftのコンテナに收容し、十分な冷却性能を発揮しながらも、業界最小水準であるPUE1.1以下のエネルギー効率を目指します。これにより、データセンターとしての消費電力は約35%の削減が見込まれ、電力を大量に消費するというデータセンターの課題に応えると同時に、二酸化炭素の排出抑制が期待できます。

- 1.冷却効率の向上
- 2.小型データセンターの実現
- 3.社会実装に向けた課題の洗い出しと解決策の検討

AMD, Inc. GIGABYTE Technology MITAC COMPUTING TECHNOLOGY COR myProduct株式会社  
Super Micro Computer, Inc. Western Digital Corporation Wiwynn Corporation アリスタネットワークスジャパン合同  
会社 エヌビディア合同会社 株式会社DC ASIA 工業技術研究院 (ITRI)  
シスコシステムズ合同会社 デル・テクノロジーズ株式会社 日本フォームサービス株式会社  
日本ヒューレット・パッカード合同会社 パンドウイトコーポレーション日本支社

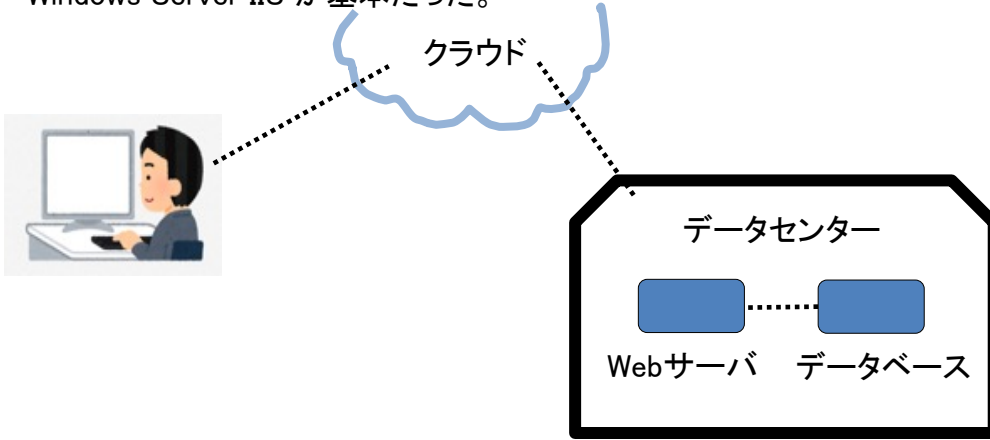
18

本液浸プロジェクト見学会を12月～1月NECネット赤崎殿が企画中

# データ処理基盤の変化に対応した省エネルギー技術

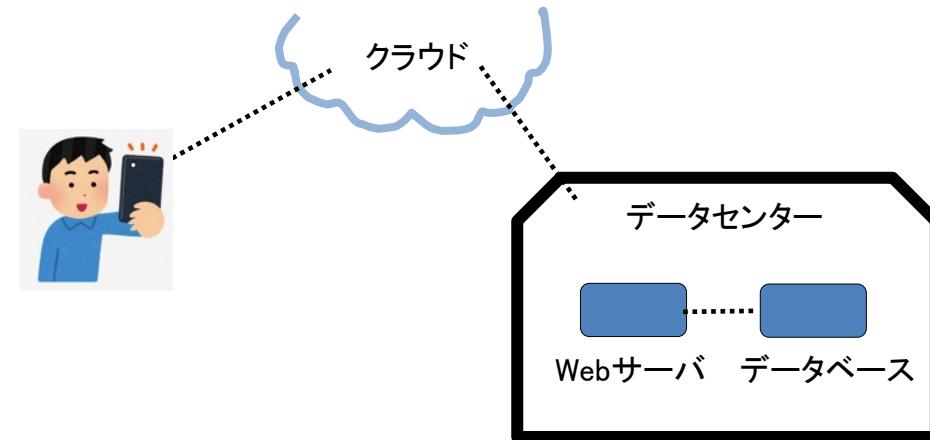
## ①PCが中心時代

Webサーバーは、LAMPサーバー(Linux+Apache+MySQL+PHP)や、Windows Server IIS が基本だった。

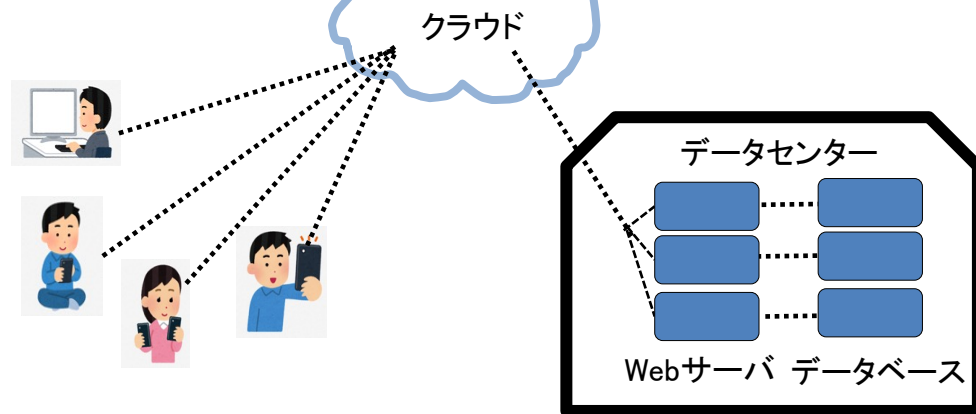


## ②スマホが中心な時代

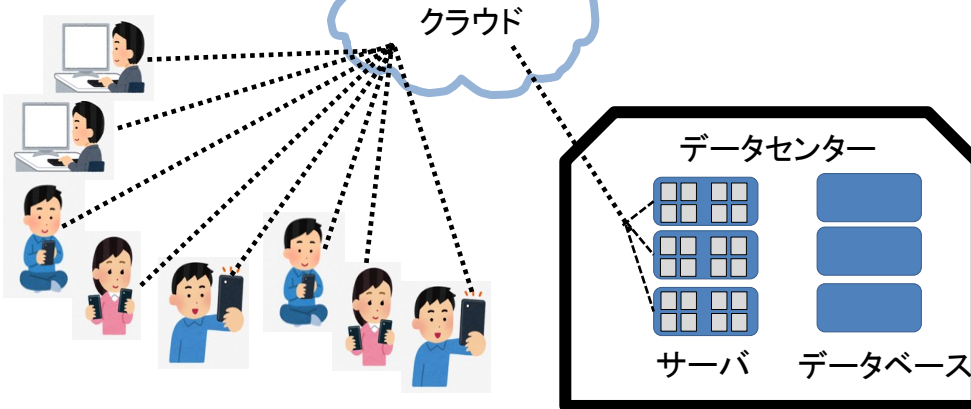
データセンターのデータ処理基盤を使う前提で作られている。



③1台のサーバーに多数のユーザーがアクセスすれば処理は遅くなる。サーバーCPUを高性能化、メモリを増設、ストレージを高速化して対応。データセンターのサーバーが増加する。⇒電力増大



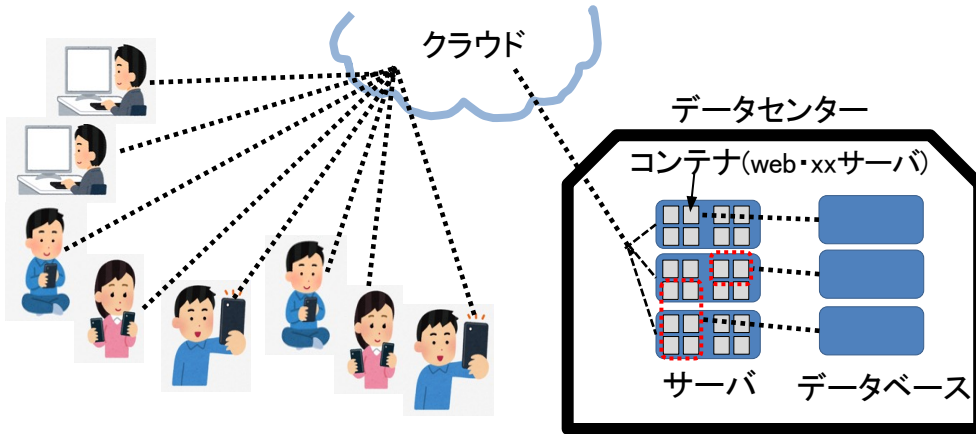
④仮想化技術を導入して1台のサーバーを分割して利用し、サーバー利用率を上げて、サーバー数、電力を節約。しかし、多数のスマホやPCがアクセスすれば処理は遅くなる。1台のサーバをXenやVMWareを使って仮想化すれば遅くなる。



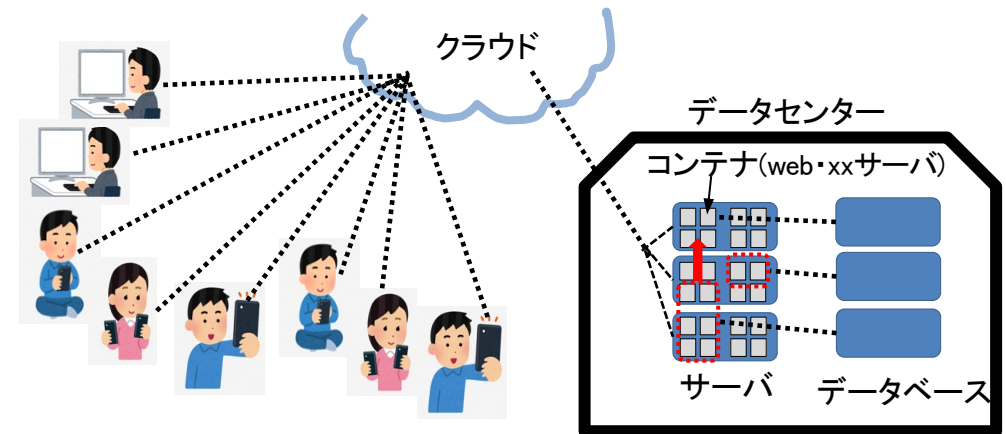
# Dockerとkubernetes

品川加筆

- ⑤ 仮想化技術は負荷が高く多重度を上げられない  
負荷の軽いDockerコンテナ技術に移行する  
更に各コンテナをクラスター（並列）として動作させ  
全体性能を向上する

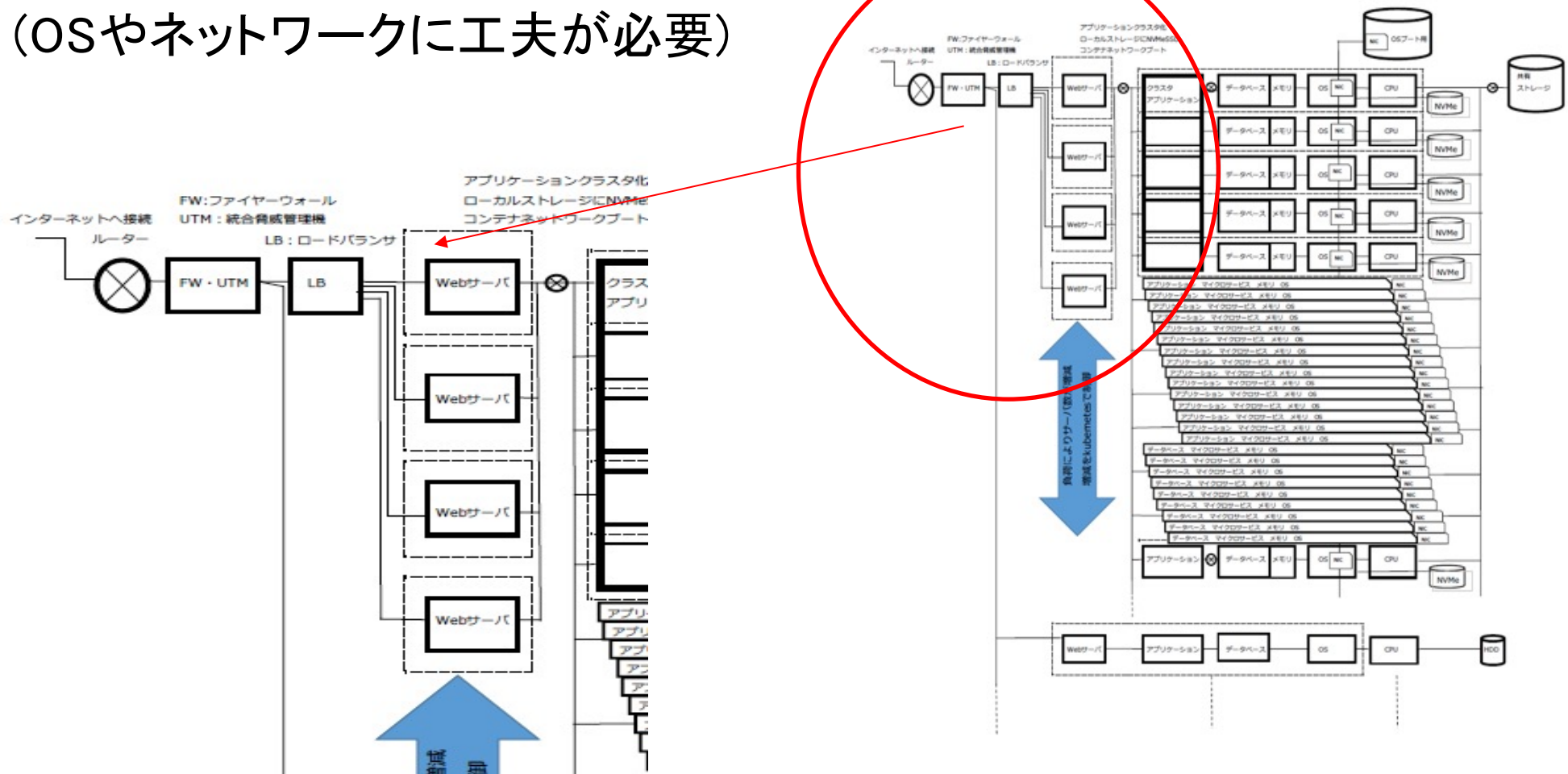


- ⑥ 負荷の軽いコンテナ技術に移行すると仮想サーバ数が膨大に増加  
処理性能が上がるが管理負荷も膨大に増加  
従来のクラスタ技術は事前設定でシステムが固定  
Kubernetesはシステム構築を負荷に合わせて自動増減  
自動的に必要数を立ち上げ不要ならシャットダウンする  
この技術で億台の数量を有するGAFAM仮想サーバーを制御出来た



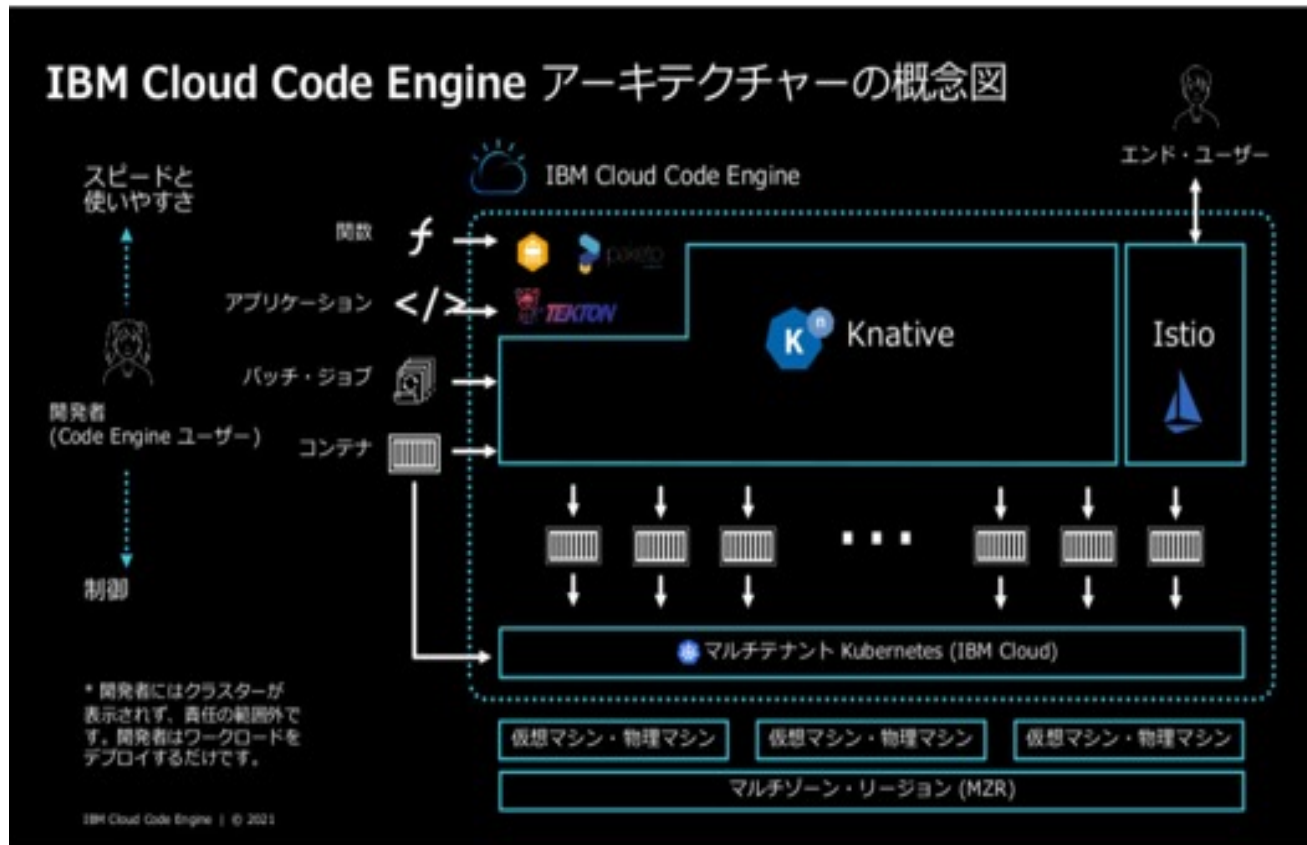
# 負荷により増減するデータ処理基盤kubernetesがスケールを制御

0.5秒以下で1,000コンテナが起動  
(OSやネットワークに工夫が必要)



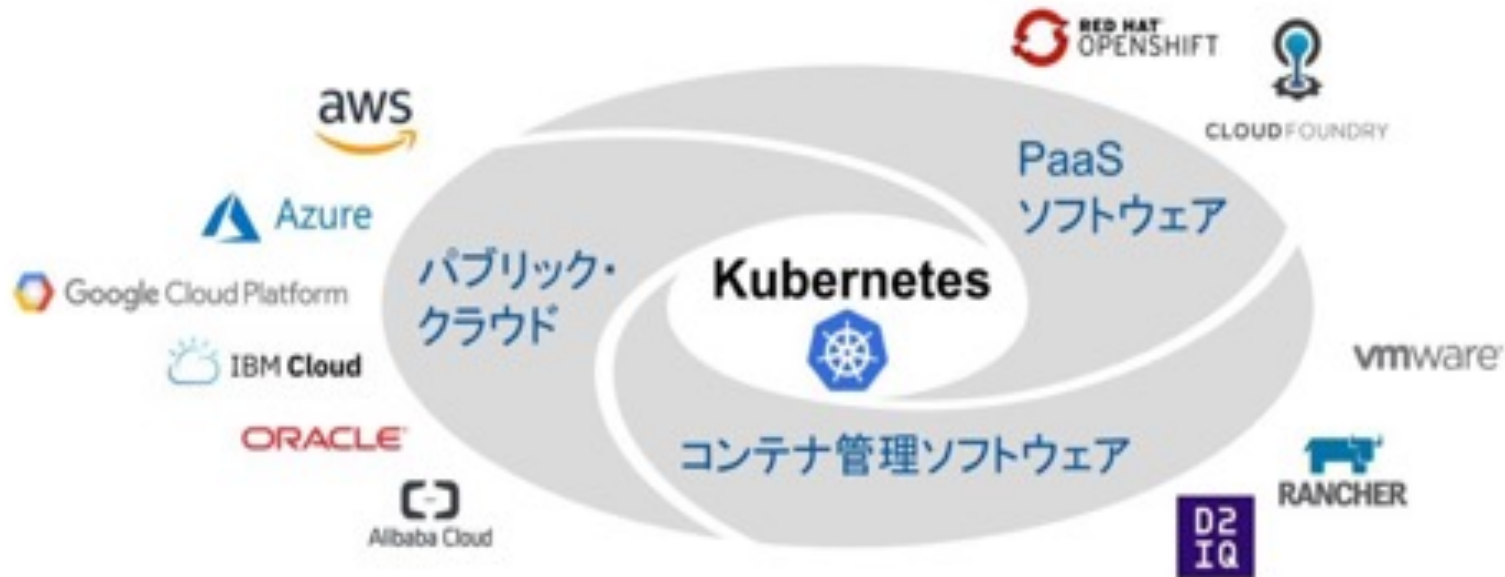
# IBM Cloud Code Engine アーキテクチャ

(出典: 日本IBM)



IBMがkubernetesコンテナオーケストラを使いサービスしているCloud基盤アーキテクチャ。IBM独自のコントローラKnativeや認証ゲートウェイIstioが装備されている。概念説明図であり、物理層ネットワークの特長は省略されている。小さなコンテナをクラスタにて高速化されたアプリケーションで代表的なGoogle検索アプリケーションは0.5秒以下で短時間起動出来るため、アクセスが無くなると短時間(約10分から20分)でシャットダウンして省エネしている。ストレージアプリCloudianや高速データベースSAPなども対応してきている。

# コンテナ・オーケストレーションのデファクト「kubernetes」



企業システムなど一定規模で利用する際にはコンテナ・オーケストレーションが必要になる。  
Kubernetesが**すべての主要ベンダー**に採用され標準となったため、投資をしやすくなった

© 2021 Gartner, Inc. and/or its affiliates. All rights reserved. Gartner is a registered trademark of Gartner, Inc. and its affiliates.

**Gartner.**

引用先: コンテナとK8sの構築手法、ガートナーが勧めるクラウド・ネイティブな組織編成とは  
[https://www.sbbt.jp/article/cont1/66012?fbclid=IwAR3iVc1PVL97glnGCKh1\\_Qu-7r4A0CUkc\\_eaZog2cfHtiNQK0QpxMvlfagY](https://www.sbbt.jp/article/cont1/66012?fbclid=IwAR3iVc1PVL97glnGCKh1_Qu-7r4A0CUkc_eaZog2cfHtiNQK0QpxMvlfagY)

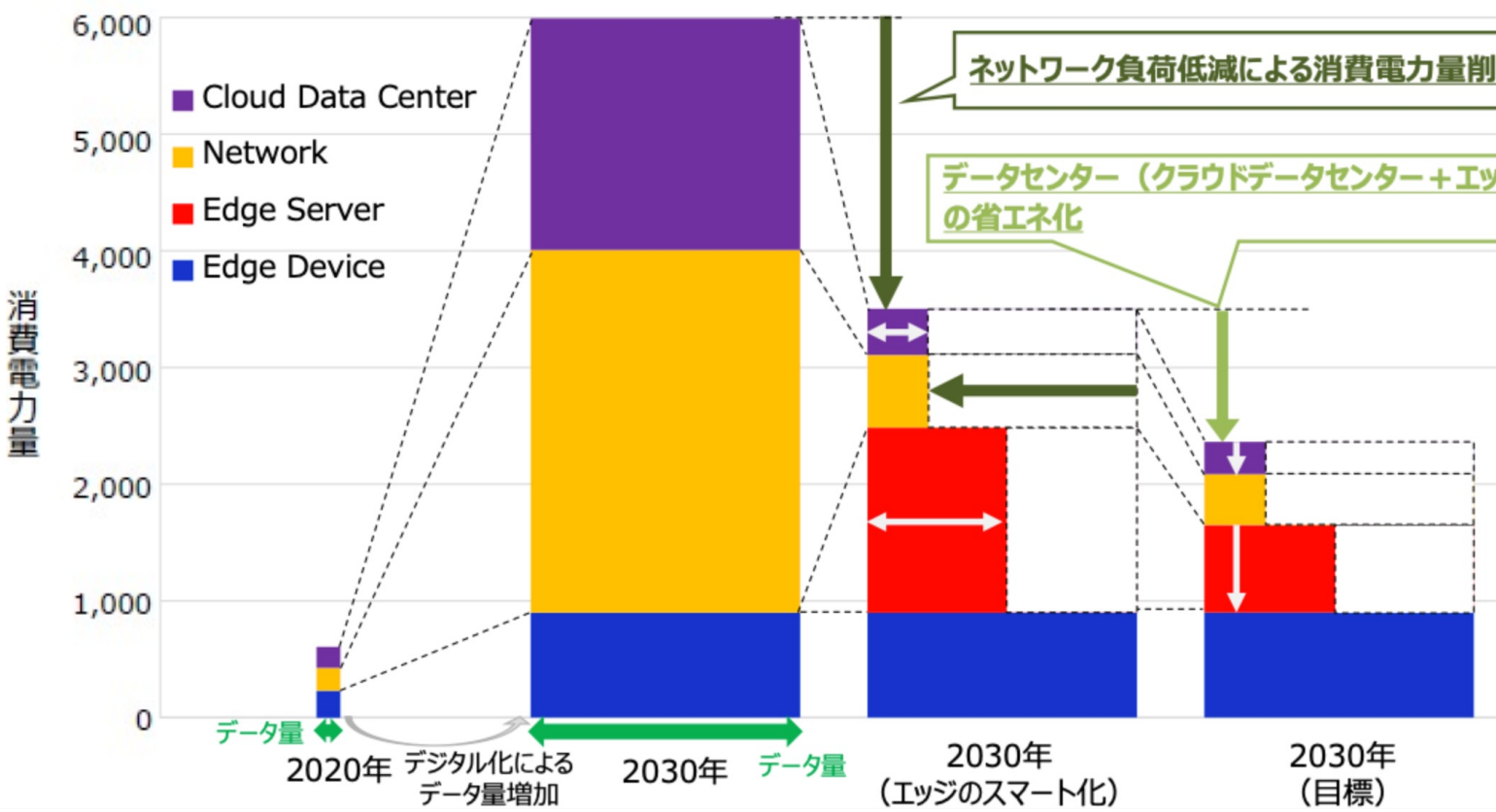
第3図 デファクト標準「Kubernetes」

現在のGAFAM成長を“Web2.0”として予測した調査会社はGartner社だけであり、Kubernetesはすでに“標準”“デファクト”とGartner社は定義している。

# Ⅲ. METIに対し下記算出根拠を問い合わせたところ

## (参考) グリーンデジタルコンピューティング (イメージ)

- データ処理量の大幅な増加に伴い、電力消費量も大幅に増加。
- 現存する技術では、2030年時点で国内において情報処理のために多くの電力が使用される見込み。
- 省エネ技術の開発により、2030年に向けたシステム全体での省エネを目指す。



METIの推計値は、公表していないので、我々は明示的に使うことができない  
 参照 経産省:2021年6月 半導体戦略(概要)

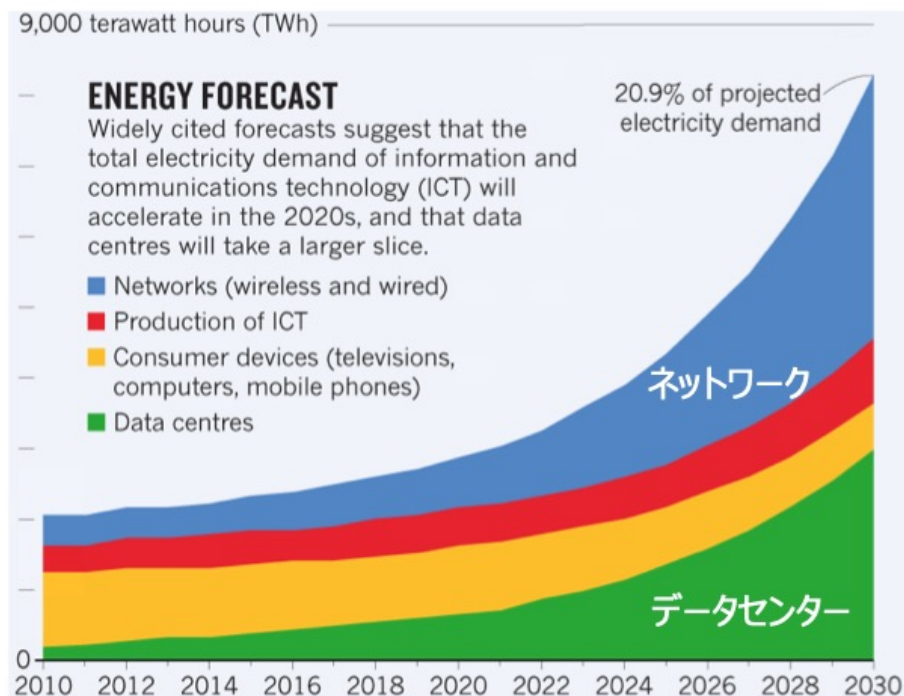


# 参考：METI Natureの引用（増加）

## 社会・経済を支えるデジタルインフラのグリーン化の必要性

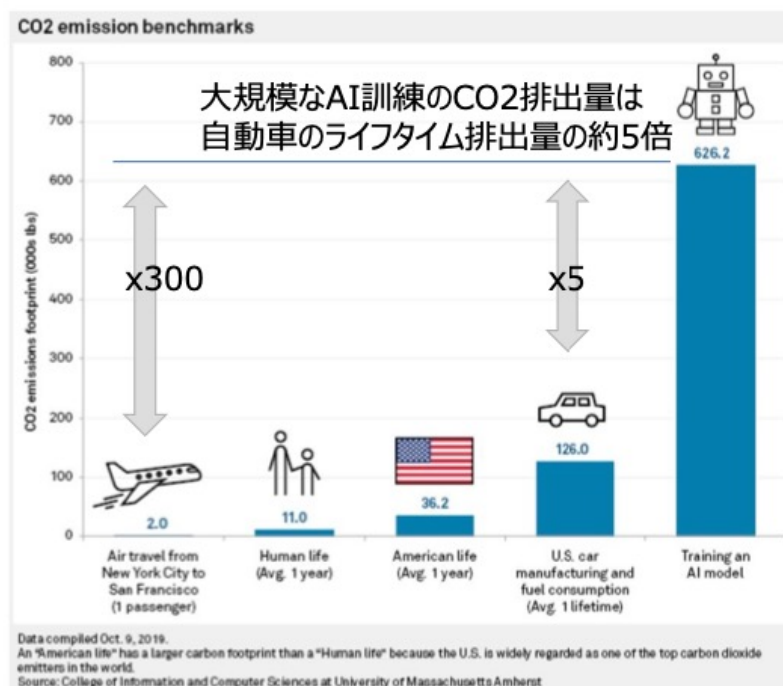
- IoTデバイスやAI需要の爆発的増加に比例して、データ処理に必要な電力消費量も増大する。今後、電力消費量が制約となり、機会損失が増大する恐れ。
- 加えてAIの環境負荷への懸念も増大（グリーンAI）

### デジタルインフラの消費電力量の推移及び予測



(出典) Nature 2018/9

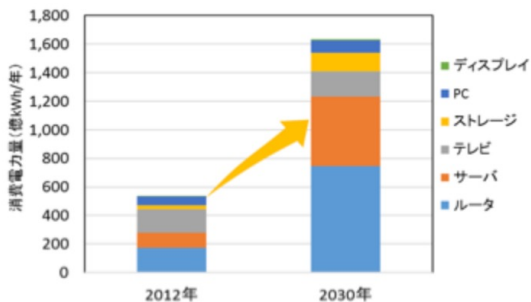
### CO2排出量ベンチマーク



(出典) Forbes 2020/8, 17

## 世界の電力需要の半分以上に 半導体の省エネ効果のポテンシャル有

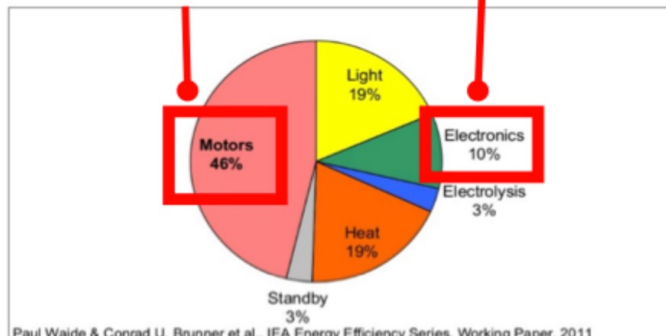
### 我が国の情報通信機器の消費電力量の推計



(出典) 平成26年度エネルギー環境総合戦略調査報告書、平成27年度エネルギー環境総合戦略調査報告書等を基に試算。

### 【国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センターのレポート分析】

今後、世界のデータセンターのデータ通信量が急増（36倍）し、情報通信機器の省エネ化が全く進まない仮定すれば、日本のデジタル関連の電力消費もそれに比例して36倍になるという単純試算。一方、これまでは、データ処理量が大きく増加する中でも、省エネ化・高性能化が進み、IT関連の電力消費は比較的小規模な増加に留まっている。今後もデータ量が急激に増加が見込まれており、電力消費を抑えるよう、サーバや通信機器等の省エネ化・高性能化を進めていく。

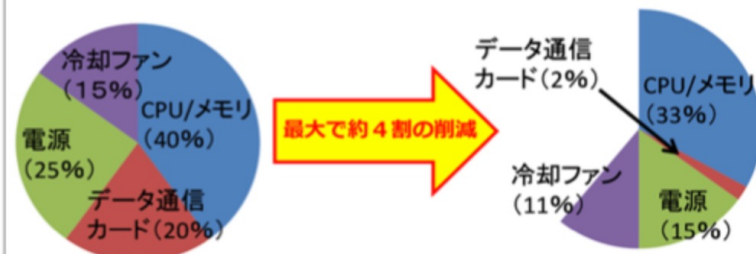


Paul Waide & Conrad U. Brunner et al., IEA Energy Efficiency Series, Working Paper, 2011  
(出典) "Electric Motor Systems: targeting and implementing efficiency improvements", European Copper Institute, 8 October 2015

### 革新素材 (SiC, GaN, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)



### 光配線への置き換えによるサーバの消費電力削減効果

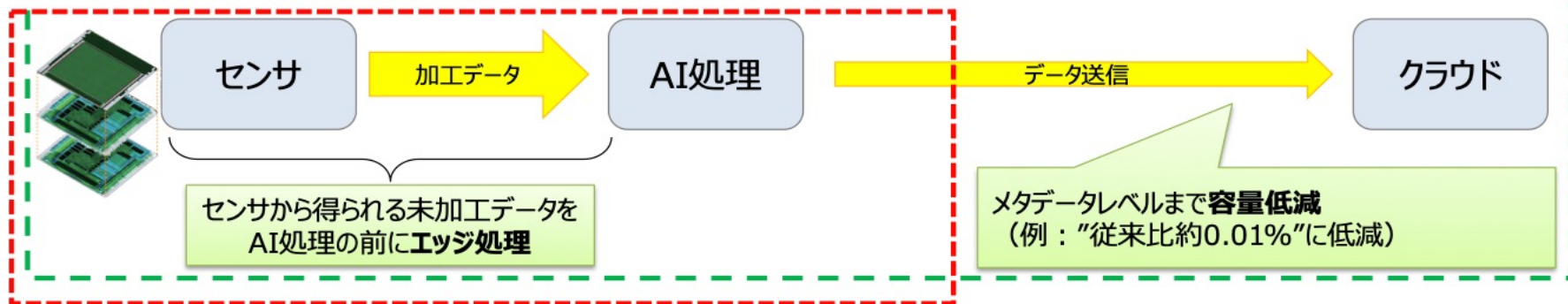


(出典) PETRA等のデータを基に経済産業省作成

### 光エレクトロニクス



### 次世代エッジコンピューティング



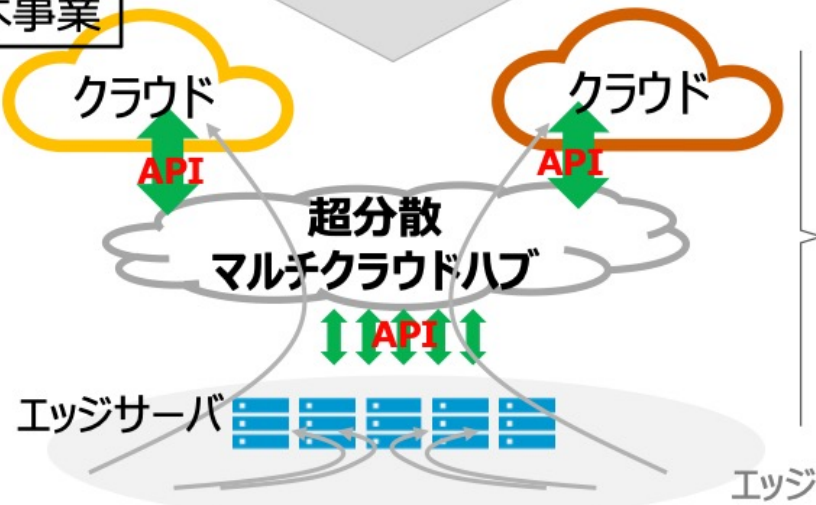
# (参考)超分散グリーンコンピューティング技術開発

- ハイパースケールクラウドデータセンタの機能を分解し、ソフトウェア技術によりクラウドデータセンタとエッジサーバに“最適”に分散させることでネットワーク負荷低減を検討。

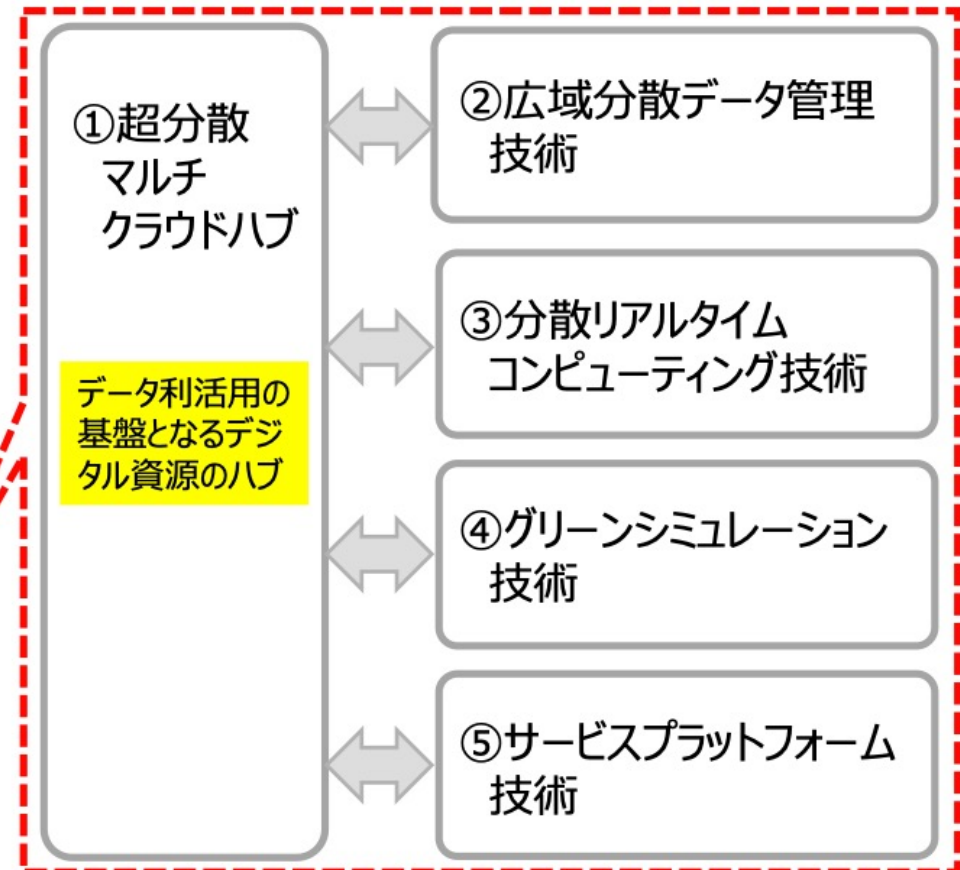
現状



本事業



【研究開発項目】



35

# IV. 新小委員会の提案

1. 新小委員会仮称名 直流によるカーボンニュートラル

2. 背景

CNを実現するKEYに直流技術がある。大きくは超高電圧直流送電、小さくは家庭内直流、小型蓄電池、産業では直流発電と大型蓄電池と直流データセンタ、都市レベルでは直流の地産地消、等の大まかな概念はあるが、具体的実装論に乏しい。

例えば直流動作する空調機は車輛用はあるが家庭、事務所向けは無い) 様々なシーンでの直流機器研究とその活用を検討したい。

直流の最大のメリットは複数の電源(再エネ、買電、蓄電、自家発等)を河川の流れの如く苦勞せずに融合できる。この事は交流では不可能である。

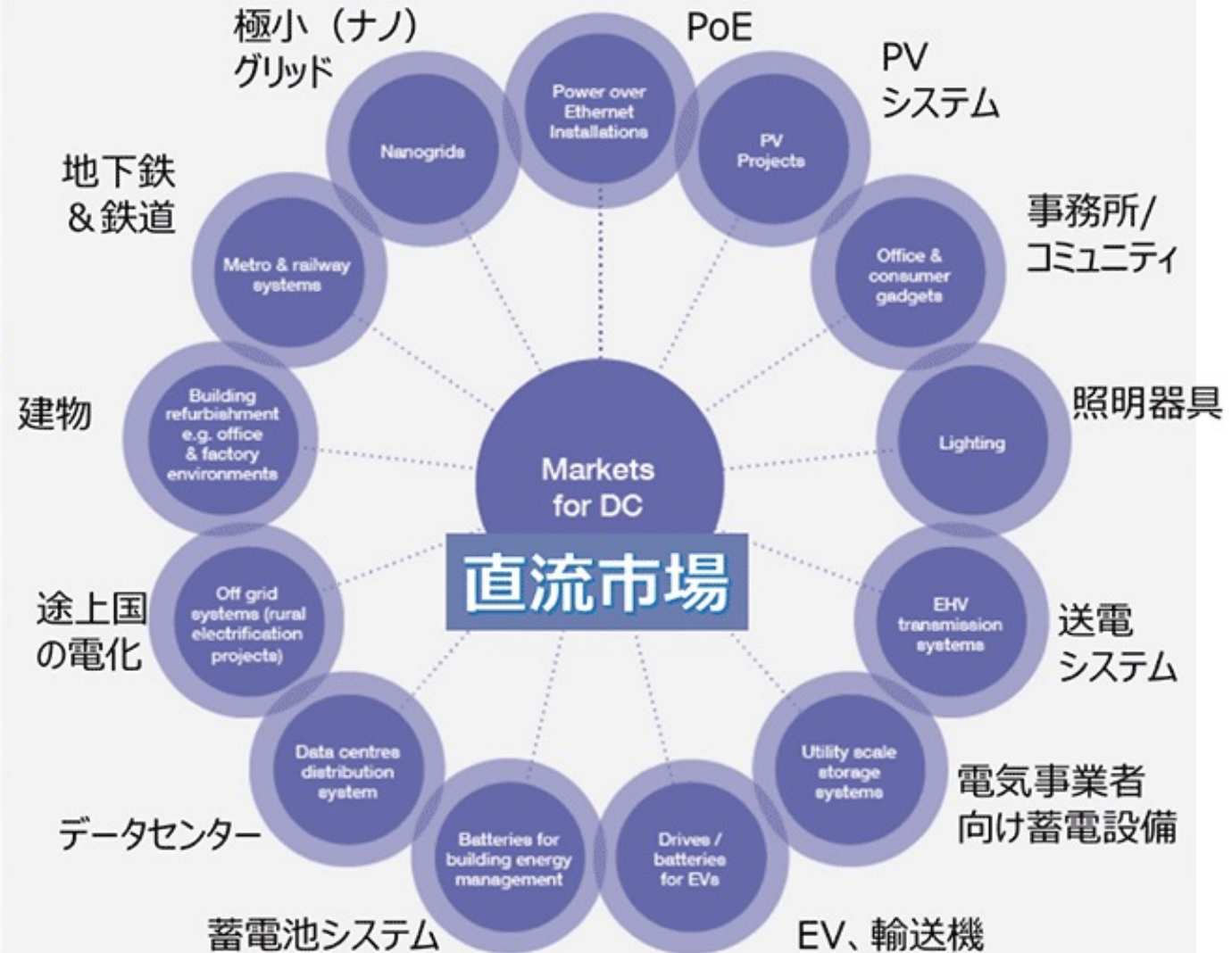
# 直流給電の利用分野と直流市場の展望

## 直流利用の展望 (ARUP)

Five minute guide  
DC Power

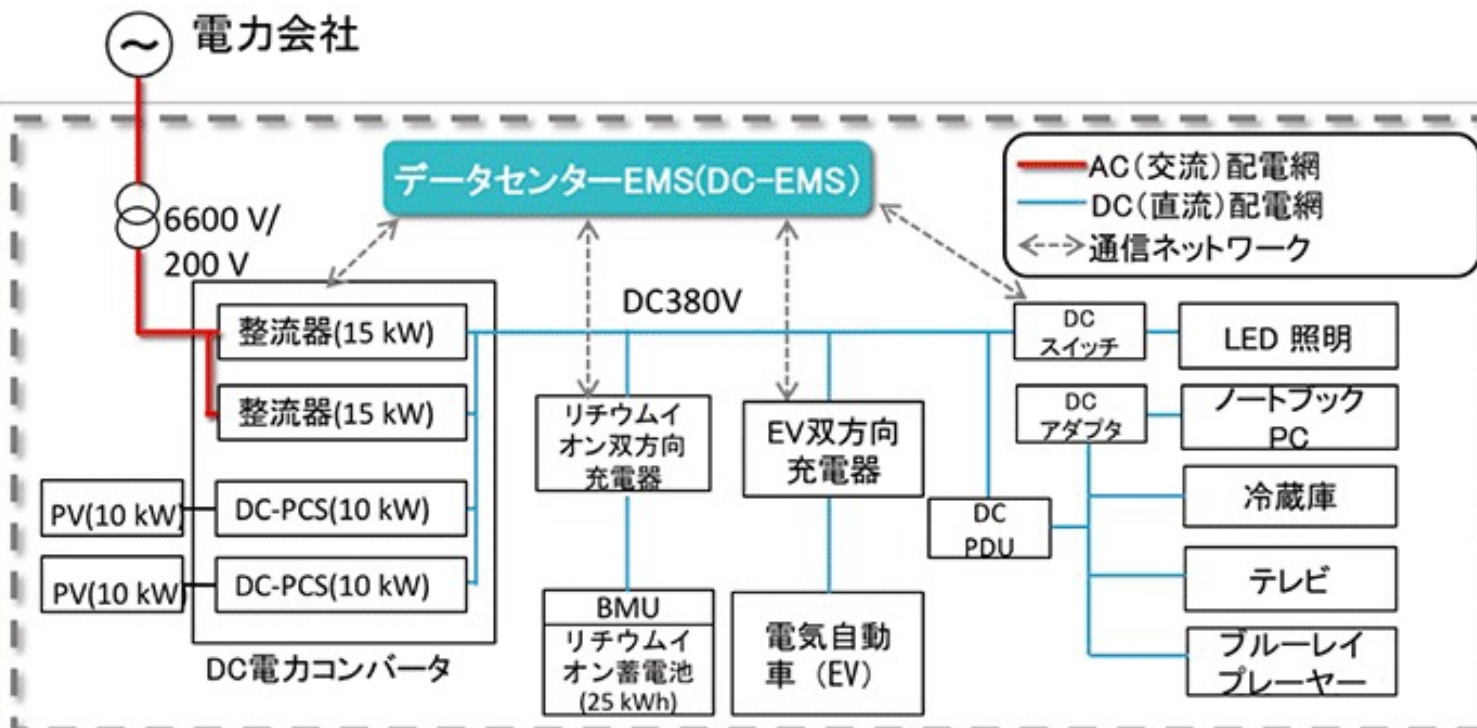
Arup  
Five minute guide  
DC Power  
2017/11/29

ARUP



出所 NTTファシリティーズ廣瀬圭一、「380VDC給電システムと国際標準化の動向」、2018年5月11日

# 帯広市役所(清掃課)での、直流システム構成事例



EMSのサーバ



周辺機器



整流器



リチウムイオン蓄電池



太陽光発電(PV)



電気自動車(EV)



家電機器(DC)