



情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響 データセンターについて

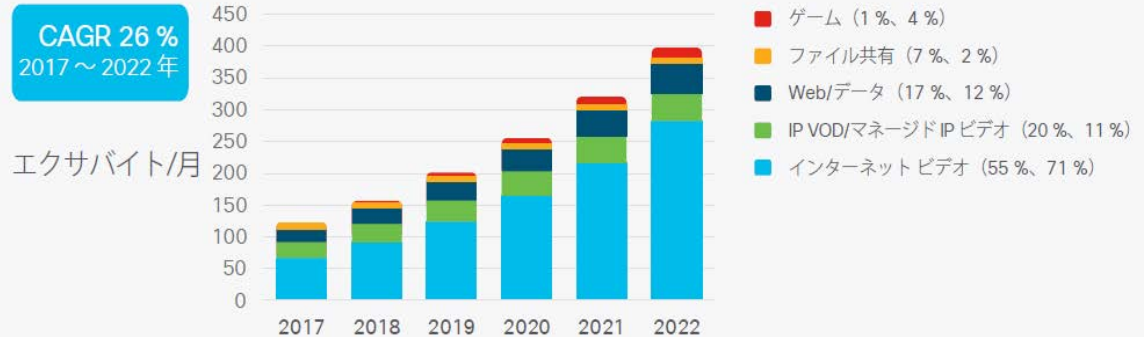
科学技術振興機構低炭素社会戦略センター
上席研究員
三枝 邦夫

情報化社会の進展（データ処理増大）

情報量
26%/年増加

利用
動画
ゲーム
金融
テレワーク
リモート教育

更なる進展
IoT
自動運転
AI



* カッコ内の数値は、それぞれ2017年と2022年のそのトラフィックのシェアを示します。

出典：Cisco VNIによる世界のIPトラフィック予測、2017～2022年



データ処理増大

2022/06/24

研究の背景・目的・方法

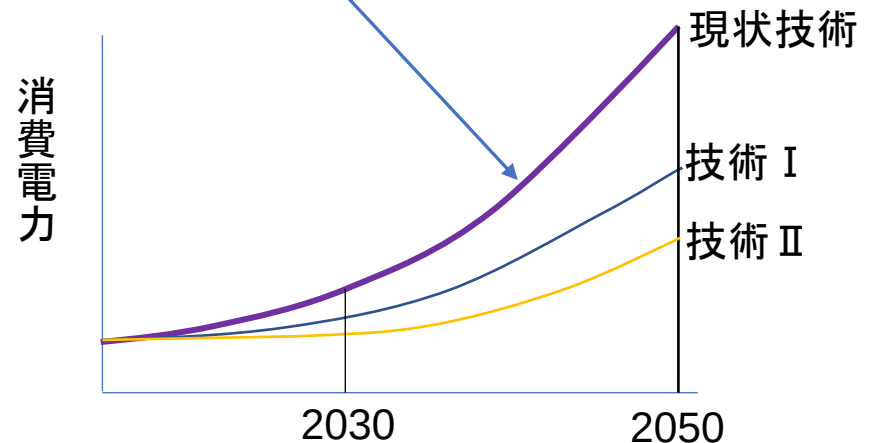


背景：動画、自動運転、AIなどによる情報量爆発 → ICTのエネルギー消費増加

目的：エネルギー消費の推定とその将来予測（ベースラインの作成 現状技術）と研究効果の定量的予測

具体的検討方法
モデルによる検討
将来データ量はCiscoデータを外挿
現状技術水準、慎重、楽観予測

未来予測：
不確実→前提条件を明確化
ハードウェアを対象



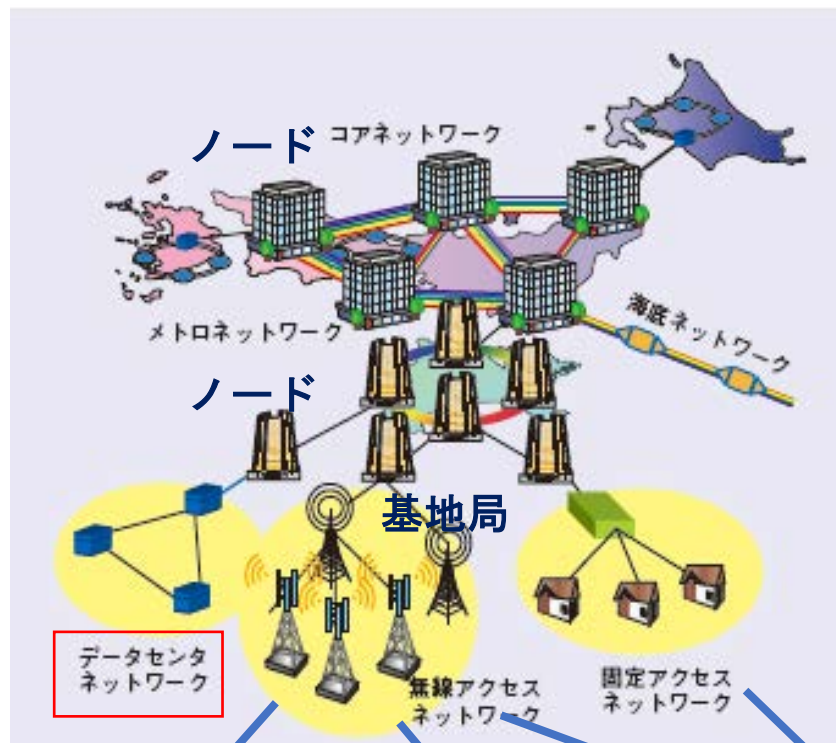
	2015	2020	CAGR
データセンターからユーザ	744 EB/年	2,183 EB/年	24%
データセンター間	346	1,381	32%
データセンター内	3,587	11,770	27%
合計	4,678	15,335	27%

Cisco, “Cisco Global Cloud Index：予測と方法論、2015～2020年”，2016.

データ量増大



情報通信システムモデル



消費セクタを
3分類

インフラ
データセンター
+
ネットワーク

宮本他、“将来の大容量通信インフラを支える超高速通信技術”、
NTT技術ジャーナル 2019.3 P10-15

自動運転

ロボット

動画・ゲーム

エンドユーザー

データセンターの構成

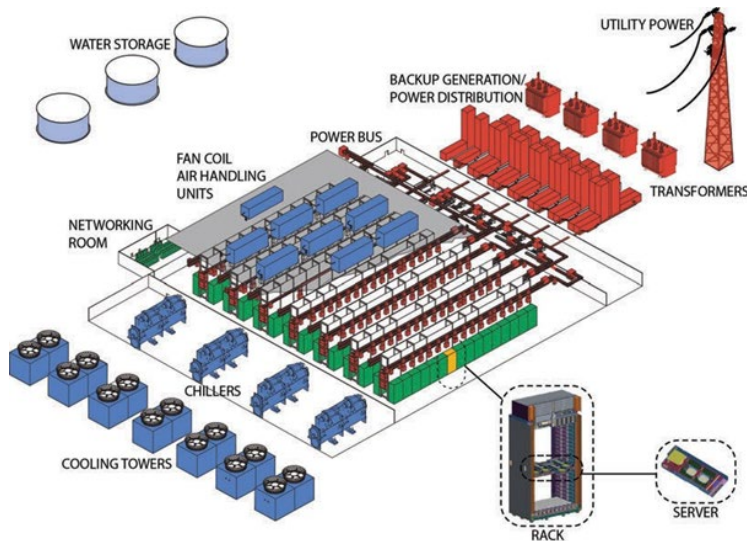


データセンター内部

巨大データセンター：100MW/center

構成機器

- 1 サーバ (**CPU**、**メモリ**、電源)
- 2 ストレージ (**HDD**、磁気テープ)
- 3 ネットワークスイッチ
- 4 電源 + 無停電電源 + 冷却設備

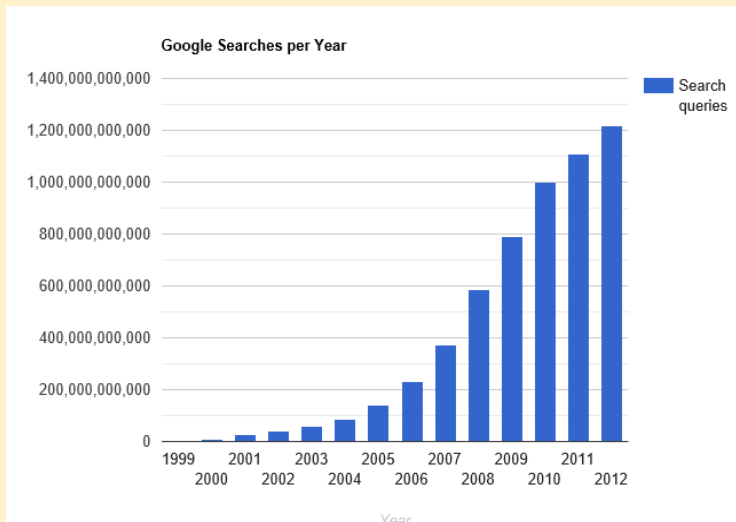


データセンターの構成

データセンター業務を2分：著しい伸び

ベース業務

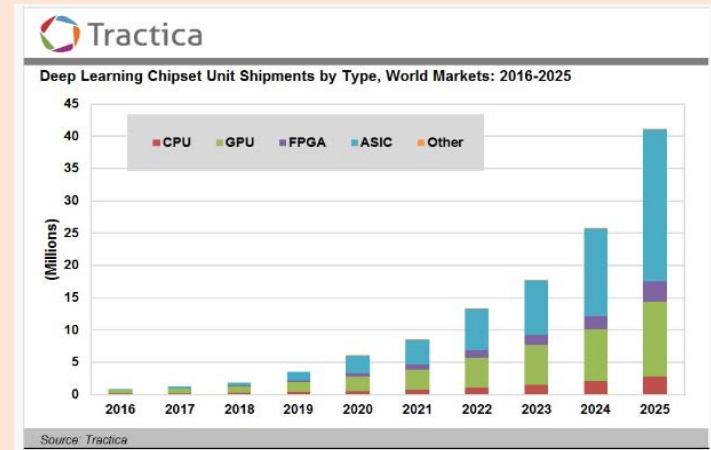
検索
メール
動画配信
ショッピング



Google 年間サーチ数
2 兆件/年(2018)

AI 業務

自動運転
ロボット
画像認識
ビッグデータ



深層学習チップセット出荷
台数

Tractica, "Deep Learning Chipset Unit Shipments by Type, World Markets: 2016-2025" (2017)

<https://tractica.ondia.com/newsroom/press-releases/deep-learning-chipset-shipments-to-reach-41-2-million-units-annually-by-2025/>



消費電力推定方法

データセンターベース業務

サーバ能力とデータセンターデータ処理量との関連付け

総演算回数：
サーバ台数*サーバ能力

= δ *

総データ処理量：
データセンタートラフィック

δ : データ演算量定数

	サーバ数	CPU能力	データ処理	δ
Google Datacenter(2007)	90万	12Gflops	20 PB/D	50000
2018 世界	4500万	300Gflops	11 ZB/Y	40000
2030 世界	21300万	1000Gflops	170 ZB/Y	40000

- Googleデータセンタ (2007) : $\delta = 50000$ (flop/B)
1 Byteのデータセンター入力に対して50000回の演算
- 2018年 : 世界 $\delta = 40000$ (flop/B)



データセンターの消費電力（ベース）

- ・ AI業務や計算量の増加→サーバ消費電力が増加
- ・ 特に**CPU**、**GPU**、ついで**メモリ**、電源の省電力化が重要。

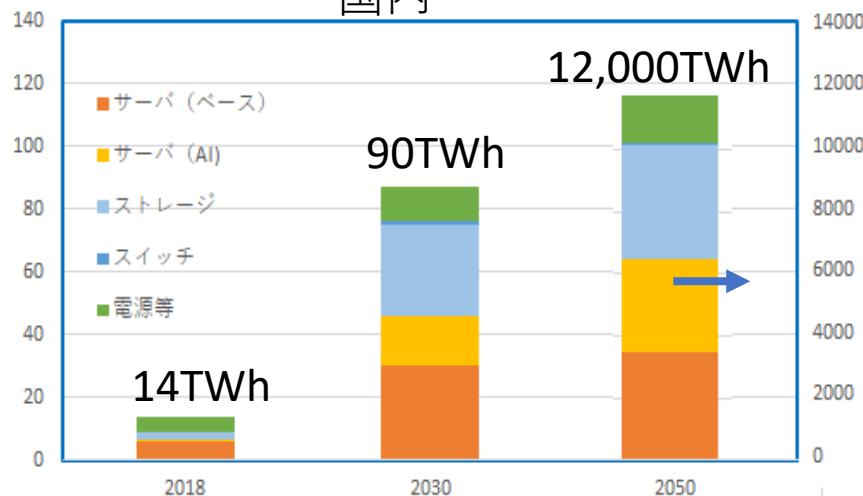
消費電力の将来推定（下図）現在の増加率を固定して延長

現在入手可能な最新機器 将来の技術進歩は織り込まない

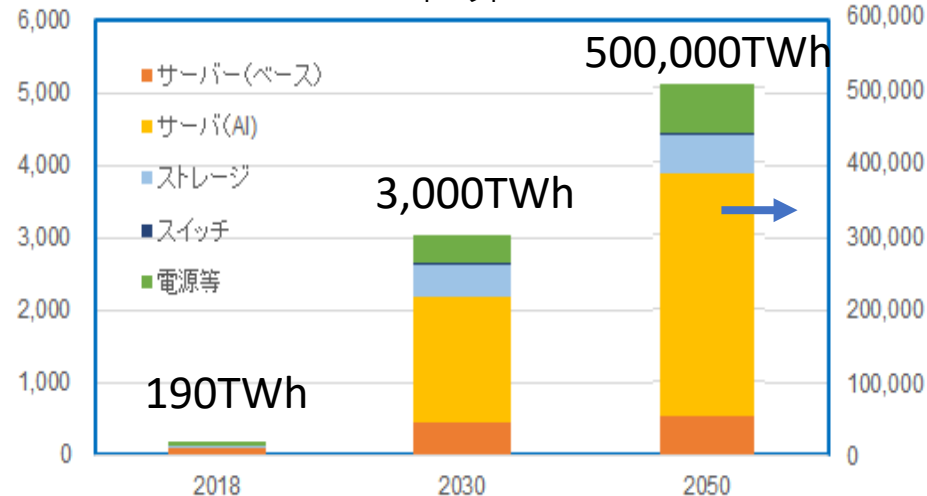
$\delta=40000(\text{flop/B})$ CPU能力:6.7Gflops/W, GPU能力54Gflops/W

消費電力 (TWh/Y)

国内



世界



CPUの進化（インテル）

クロック数は2005年
頃から停滞(3GHz)

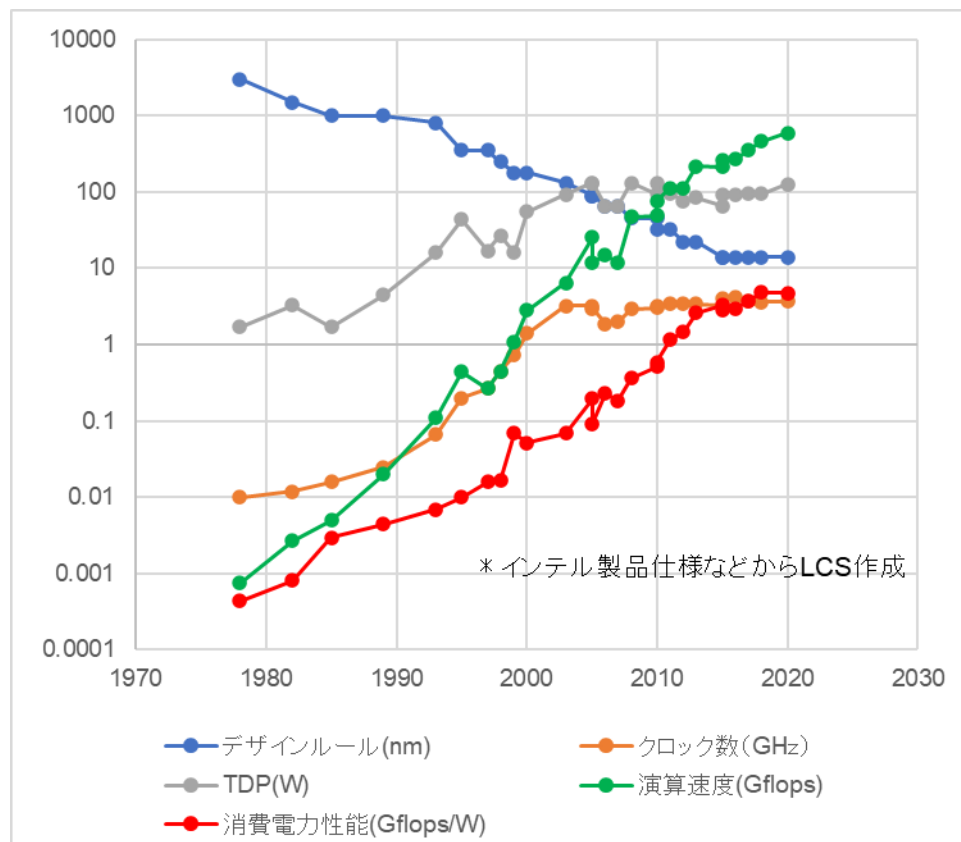
TDP（消費電力）も
2005年ごろから一定

原因はCPU動作温度の
上昇（冷却）

消費電力性能（Gflops/W）
向上率も鈍化

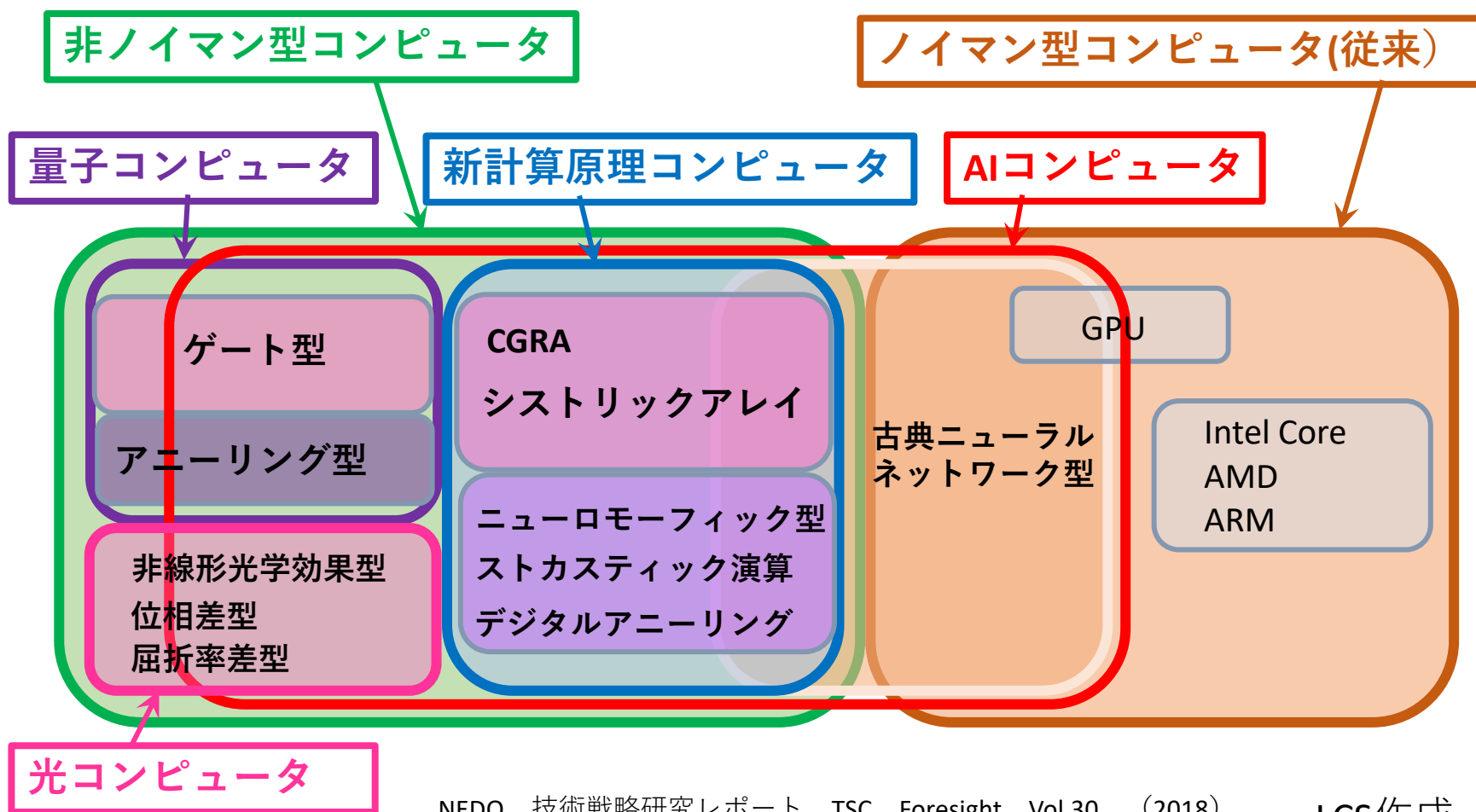
デザインルールは2015年
から14nmで6年間停滞
限界に近付いているか？

対策：コアの増加
による並列計算
3次元化
チップセット



LCS作成

新しいコンピュータ

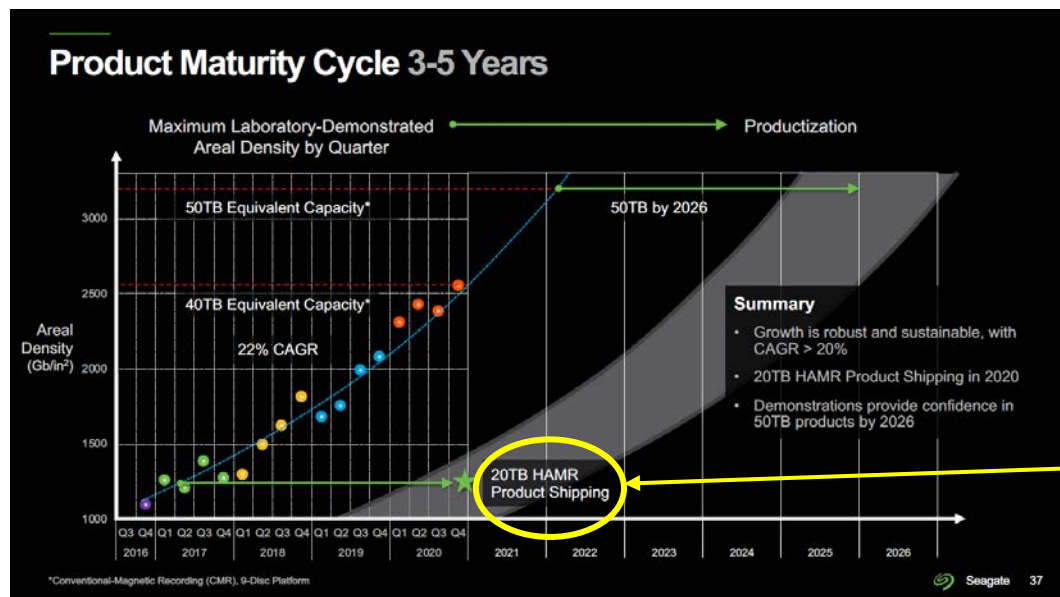
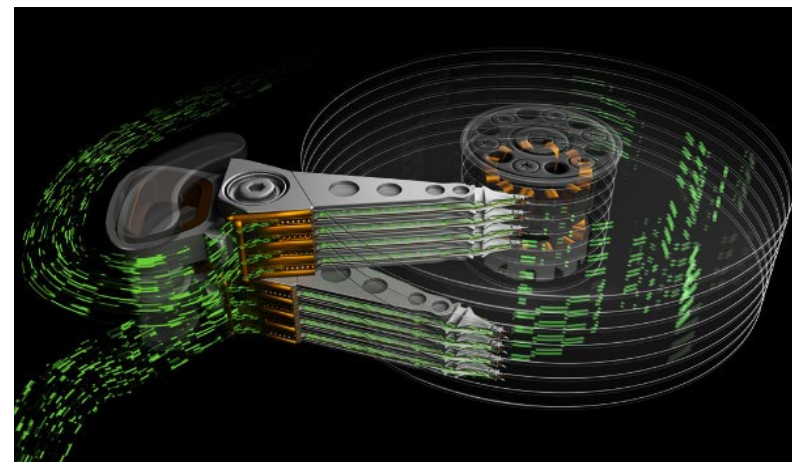
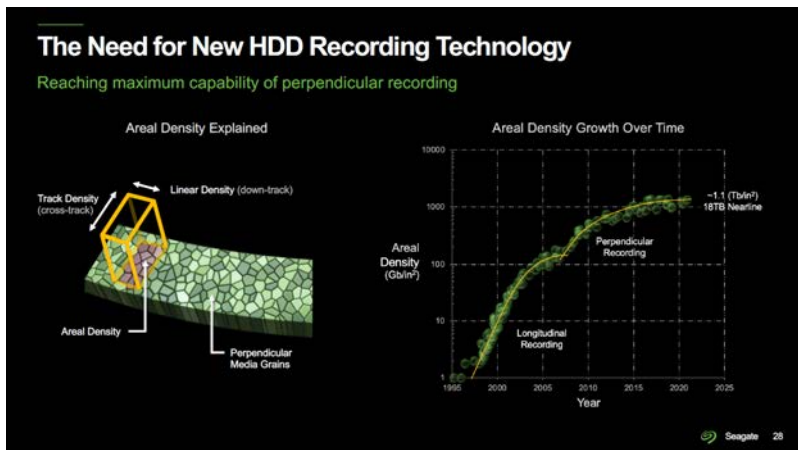




ストレージ：HDDの進歩

高密度化

多層化



空気抵抗対策
He封入

8 w/基 → 5 w/基

加熱による
反転磁化の低減

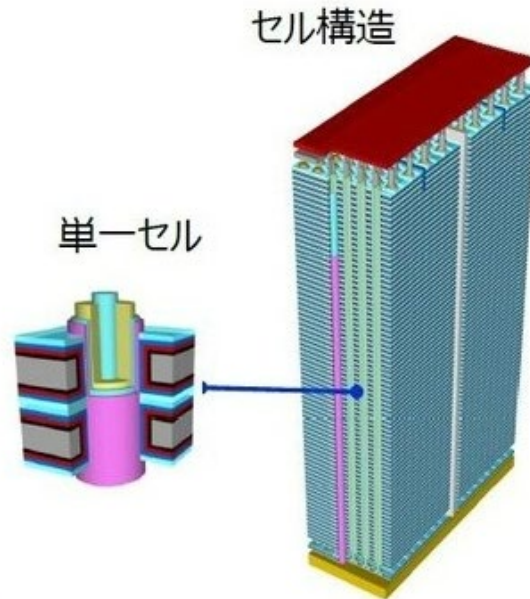


ストレージ：SSDは立体化

3次元技術(64層BiCS FLASH™)によるイノベーション

微細加工技術

直径**100nm**、深さ**4.5μm**の孔をウエハ上に
1.7兆個同時形成が出来る超微細加工技術



アスペクト比にするとスカイツリー®
5棟相当の深穴加工が必要

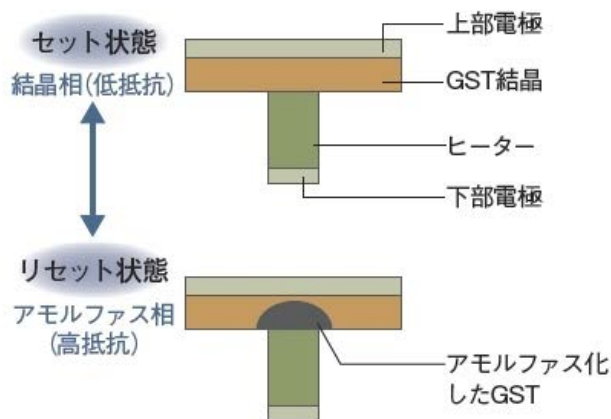




新原理の次世代メモリ

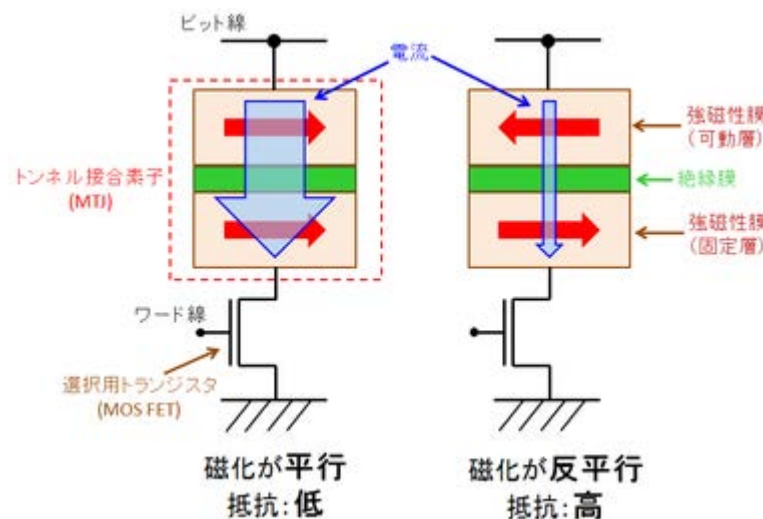
新材料・新原理

相変化メモリ



- ▶ 不揮発性で1ビット単位の書き換えが可能
- ▶ 読み出し速度がDRAM並みに高速
- ▶ 原理的に5nm世代まで微細化が可能

磁気メモリ



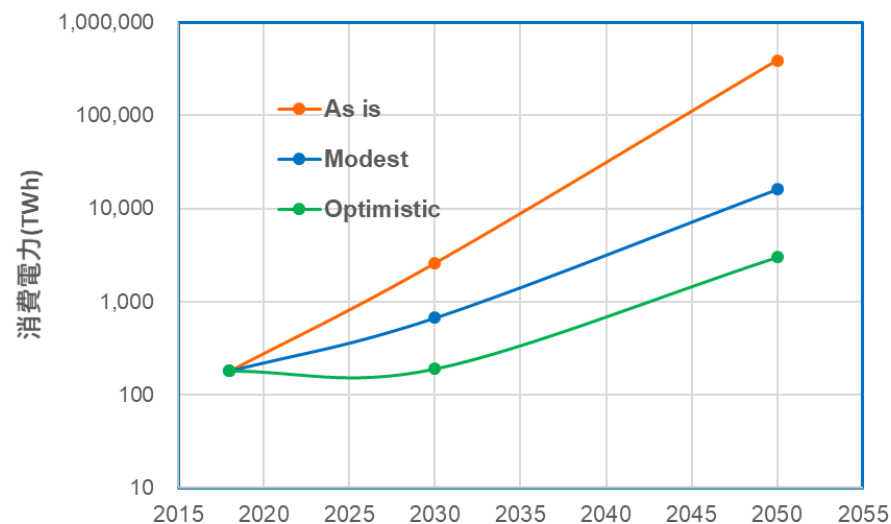
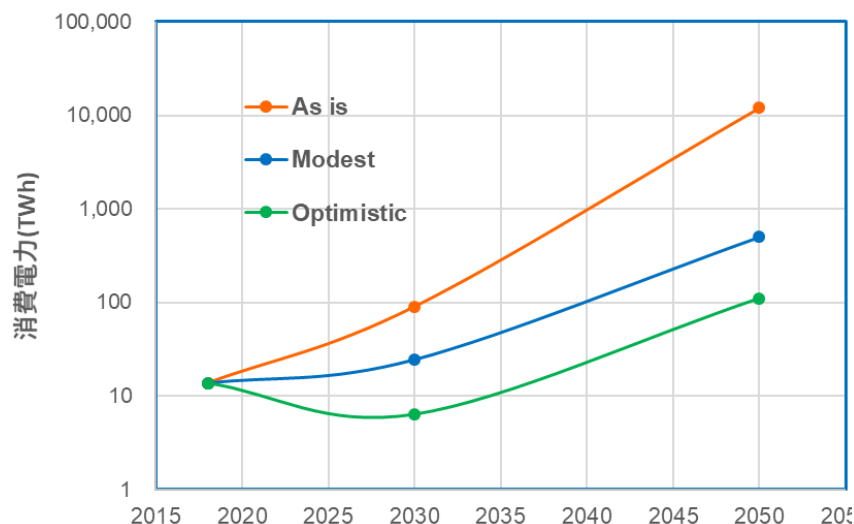
日経クロステック 相変化メモリ

<https://xtech.nikkei.com/dm/article/WORD/20060306/114202/>

Wikipedia スピン注入メモリ

	3DXPoint	MRAM	ReRAM	FRAM	DRAM	NANDFlash
サイクル寿命	2*10 ⁵	10 ⁹	10 ⁶	10 ¹⁸	10 ¹⁵	10 ⁵
記憶容量	128Gb	256Mb	4Mb	64Kb	16Gb	1Tb
書込み速度	10-100ns	10ns	100ns	16ns	10ns	100000ns
書込みエネルギー	Medium	Medium	Medium	Medium	Low	High
記録保持時間	300年間			10年間	0	
2018年価格	\$0.5/Gb	\$10-100/Gb	\$100-1000/Gb		\$1/Gb	\$0.03/Gb
参考文献	[56,57]	[56,57]	[56,57]	[58]	[53,54]	[53,54]

結論：データセンター消費電力推定



国内データセンター消費電力推定(TWh) 世界データセンター消費電力推定(TWh)

消費電力効率：2018年を1とする

2030

2050

	慎重	楽観	慎重	楽観
CPU	0.5	0.1	0.13	0.05
アクセラレータ	0.2	0.05	0.01	0.001
メモリ	0.5	0.2	0.13	0.01
ストレージ	0.1	0.03	0.03	0.01
スイッチ	0.5	0.2	0.13	0.01



まとめと今後の課題

- データセンター消費電力低減可能性（不確実性大）

IT機器エネルギー効率は2018年を基準として

慎重（現行技術） 楽観（新技術）

2030年 1 / 4 ~ 1 / 2 0 程度

2050年 1 / 1 0 ~ 1 / 1 0 0

○計算機能とメモリの省エネ技術が特に重要

○2050年までには革新的新技術の実用化が必要。

- 課題：将来の情報データ量は現在の延長か？

詳細は低炭素社会戦略センター政策提案書

情報化社会の進展がエネルギー消費に与える影響（Vol.1-Vol.4）

2022/06/24