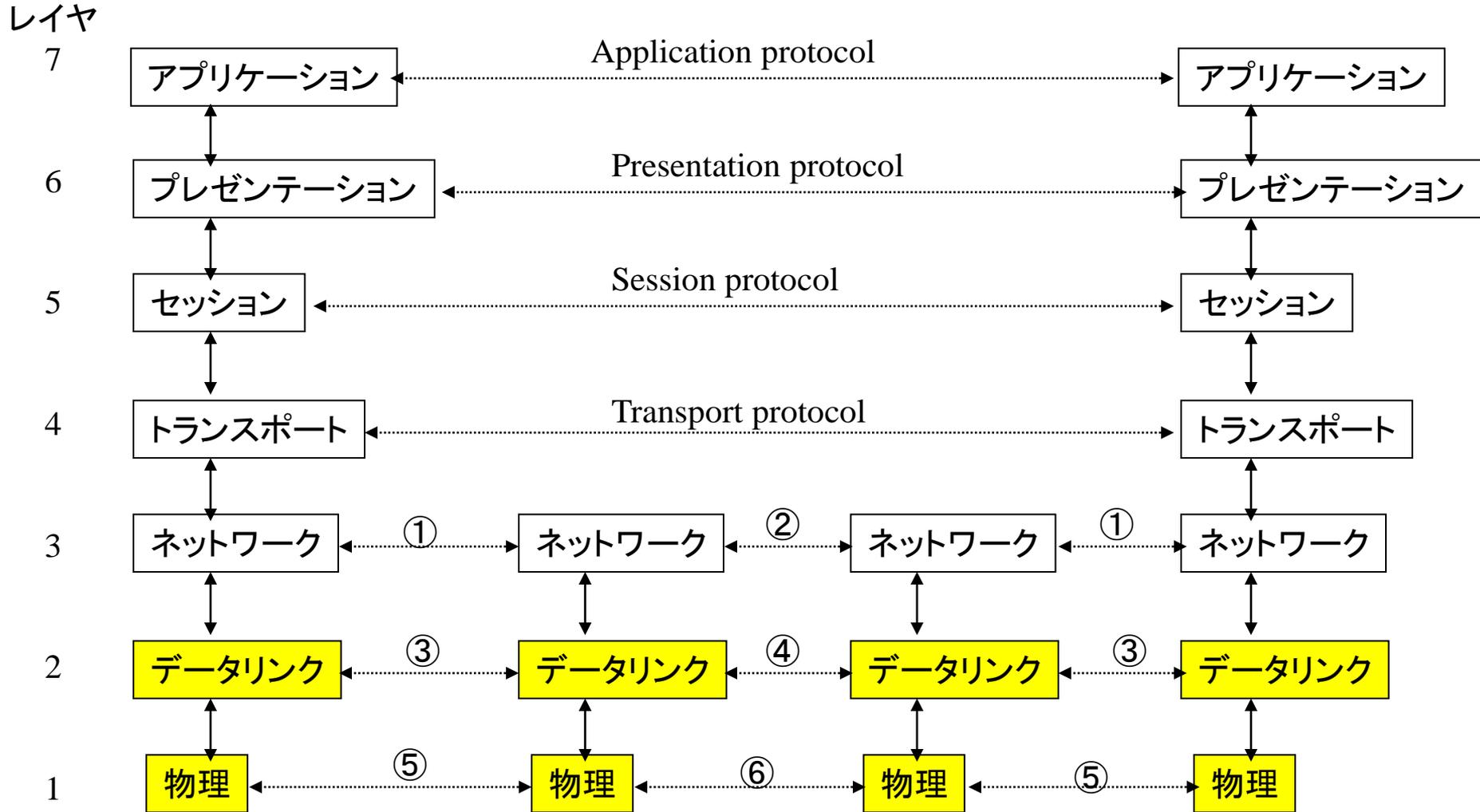


物理/データリンク層

ここでは、「通信」に関する話を中心。
コンピュータに関してもたくさんの
話がありますが、、、

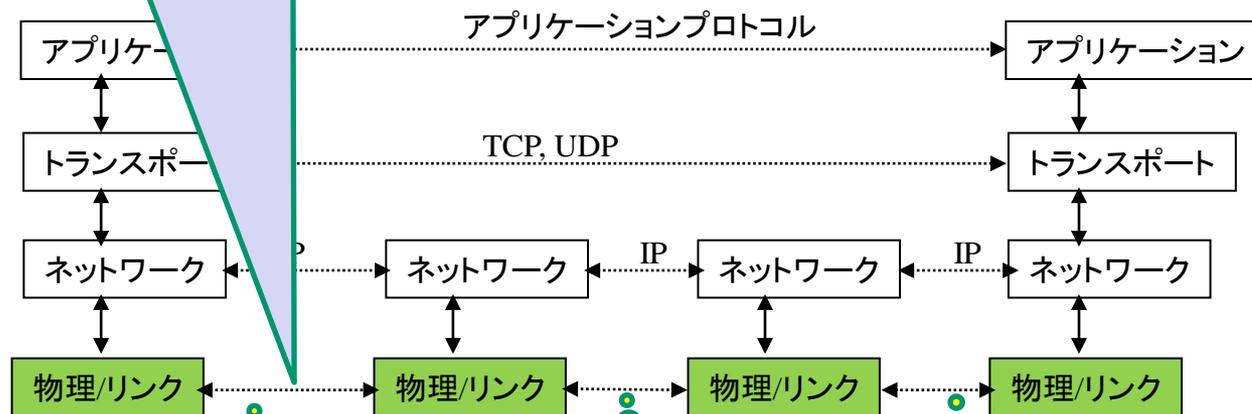
OSIの7層モデル



- ① : Network Layer Host-Router Protocol (e.g., ES-IS)
- ②, ④, ⑥ : サブネットプロトコル (e.g., IS-IS, NNI)
- ③ : Data link Layer Host-Router Protocol (e.g., UNI)
- ⑤ : Physical Layer Host-Router Protocol (e.g., UNI)

直接 接続されている 隣接ノード
との間での
データ小包(Datagram)の転送

新しい技術を
導入しやすいところ



WiFi でも
ケーブルでも

ガラスでも
無線でも

ガラスでも
プラスチックでも

図1-12

モデル

パケットの転送方法

- 輸送システムに例えると -

- L4: アプリケーションデータ == 輸送したいもの
- L3: IPパケット == 人
- L2: データリンクフレーム == 車、電車、飛行機
- L1: 物理層 == 道路、線路、空/滑走路

必要になるもの；

- (1) レイヤ間でのインターフェース
e.g., 電車への乗り方、道路の走り方
- (2) 乗換場所、交差点
- (3) レイヤの統一規格

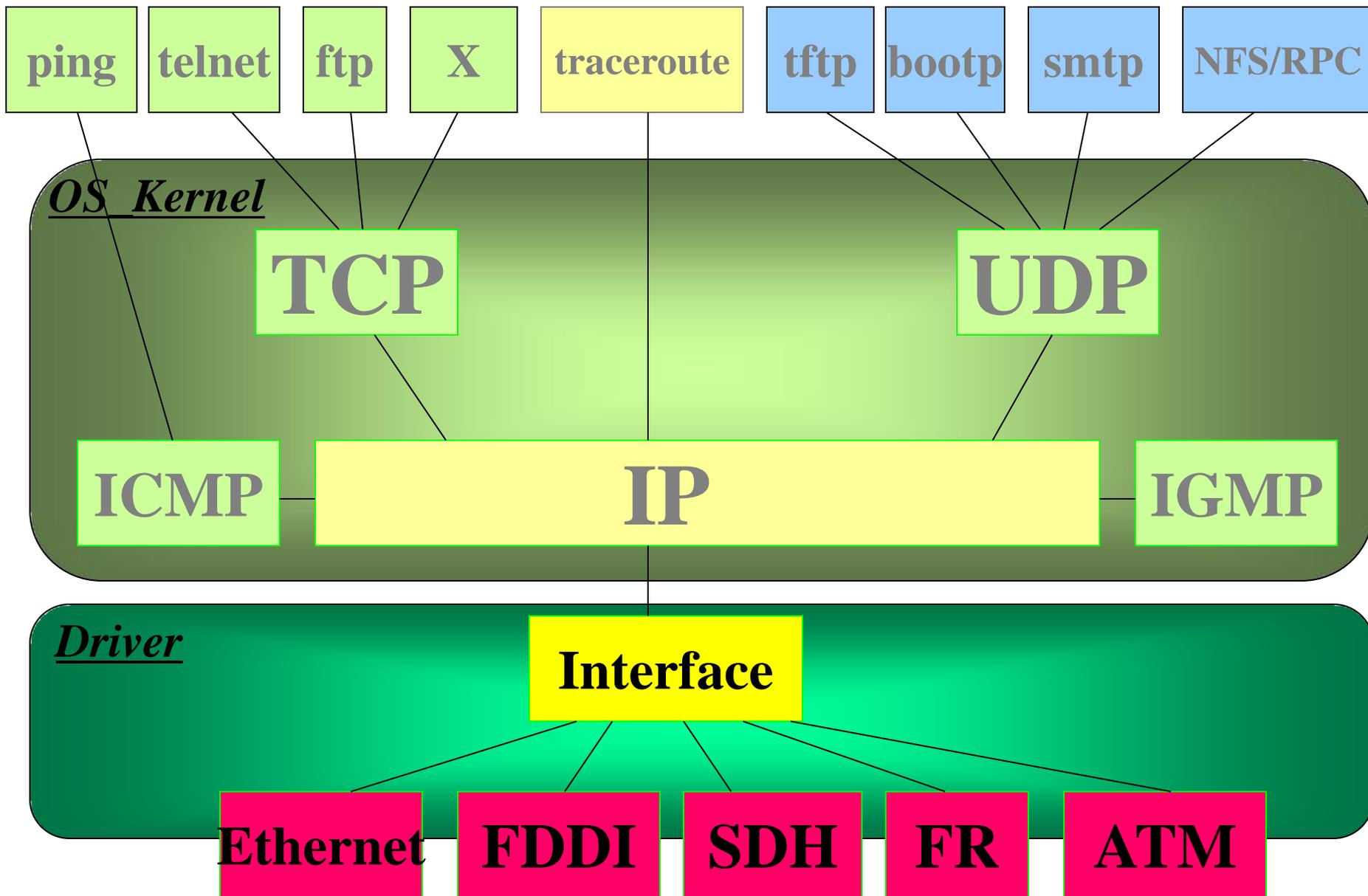
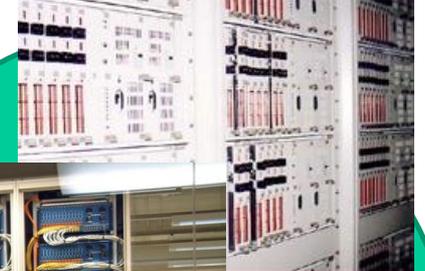
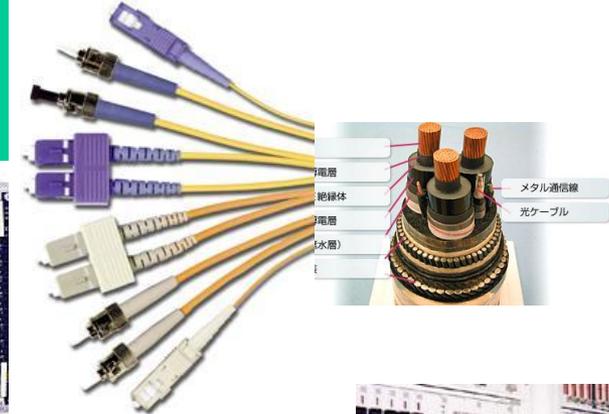


図1-20. インターネットシステムにおけるソフトウェア構造の例

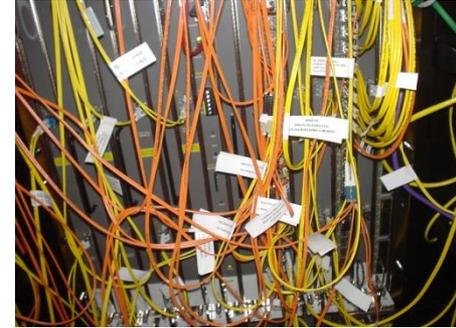
電話局



自宅



データセンター



データセンターで何が起こっている？

1. 大規模化が加速
 - ✓ MW以下、数十MW、数百MW：“異なる解”
2. オープン化 と “PULL” ビジネス構造化
3. 持続継続・加速する質量増加の中での『爆縮』現象
 - ✓ 継続：ムーアの法則
 - 増加：密度(回路・電力・熱)
 - 不変：伝搬速度、(冷却・搬送)媒体密度

冷やすというより、
熱を移動させる
に！

総合格闘技

Innovations in Data Center architecture

1. Open & Transparent , i.e., white xx

- ✓ HW : Chip, board, server, switch, router, Electric power, HVAC
- ✓ SW: Operating system, Middleware , Application

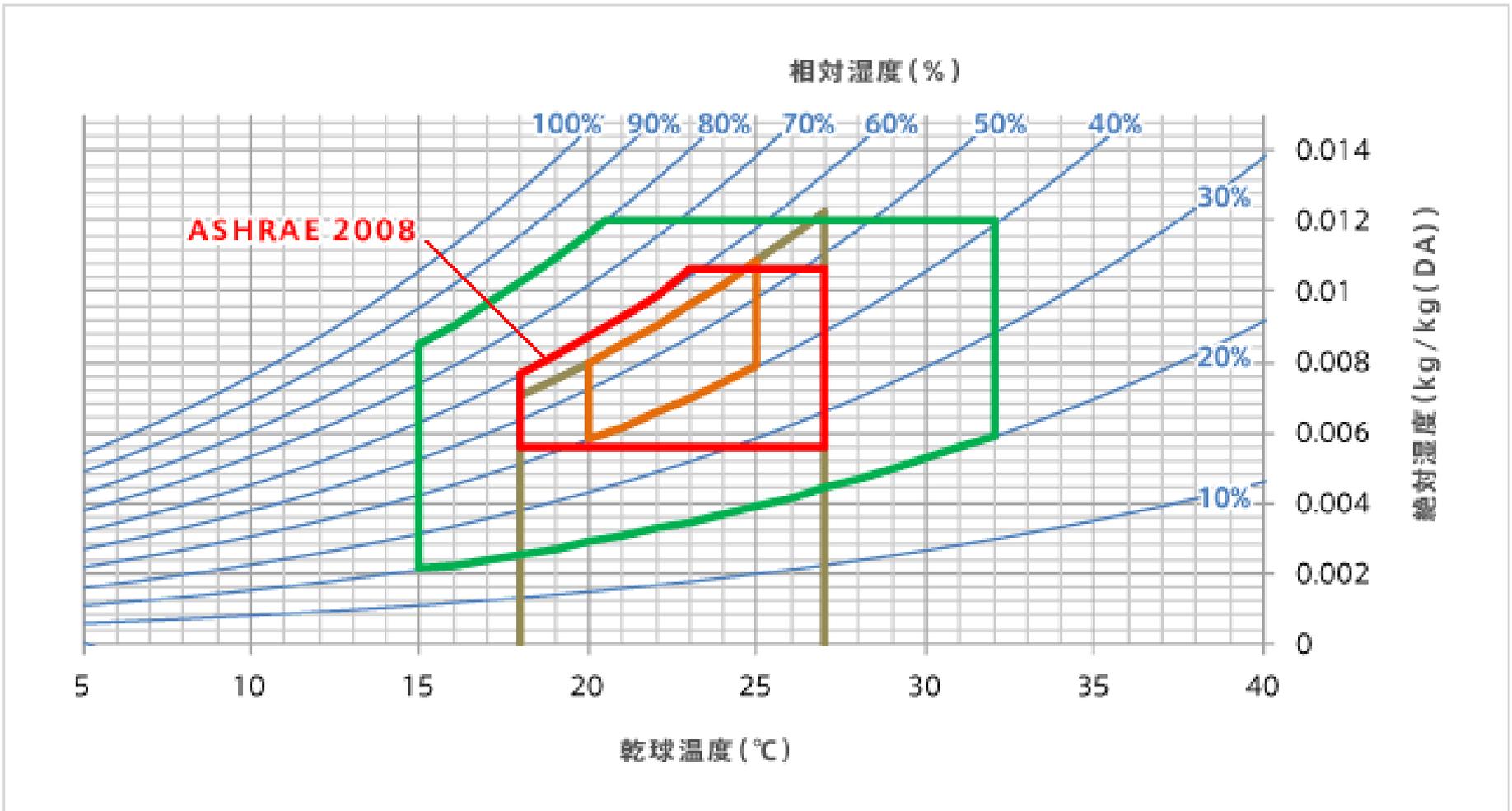
Innovations in Data Center architecture

1. Open & Transparent , i.e., white xx

- ✓ HW : Chip, board, server, switch, router, Electric power, HVAC
- ✓ SW: Operating system, Middleware , Application

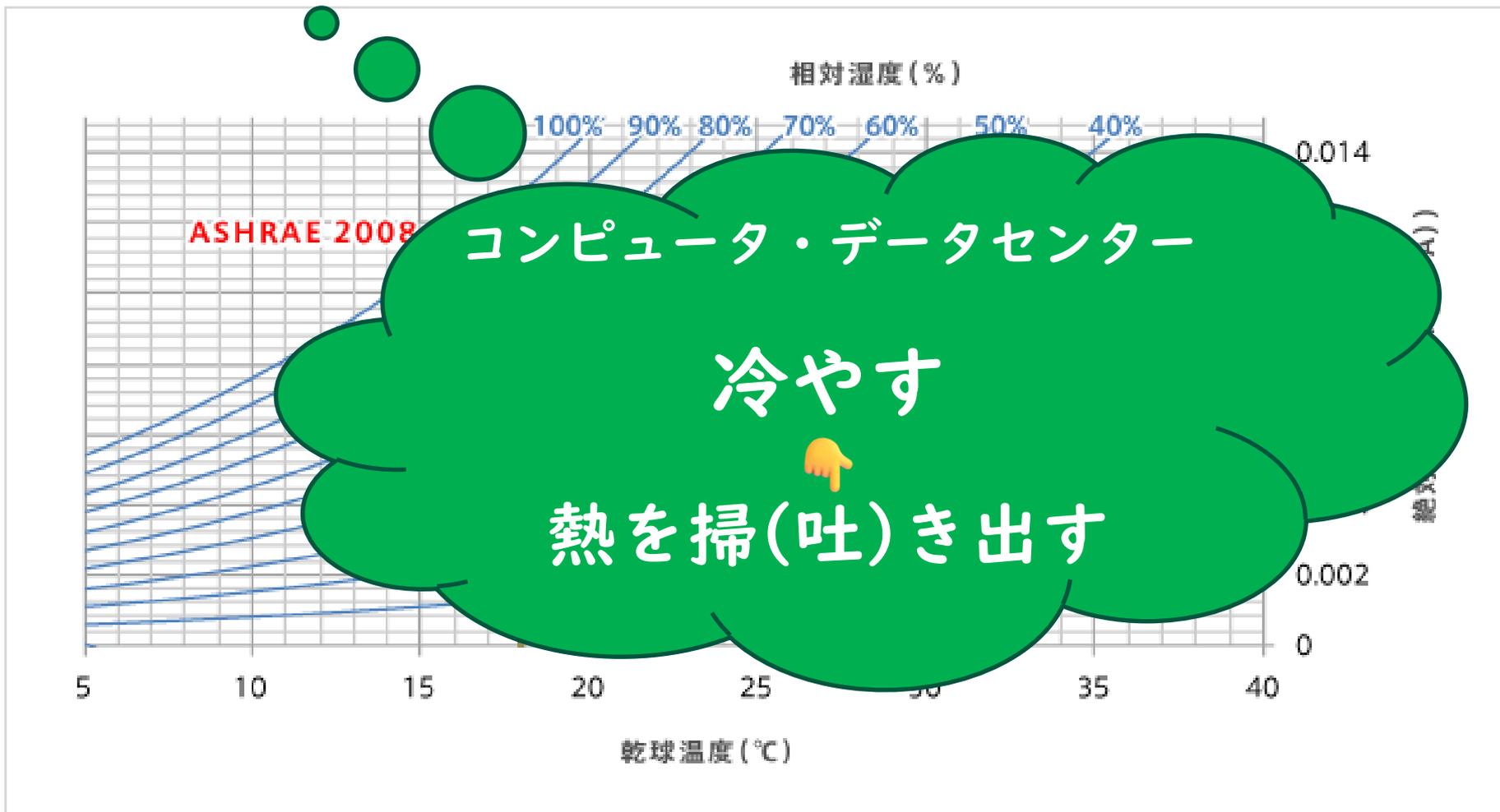
**Open & Transparent
Not only for
server/switch/router,
but also for
“facilities”, with DCIM**

動作条件の緩和(by ASHRAE)



ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (米国暖房冷凍空)

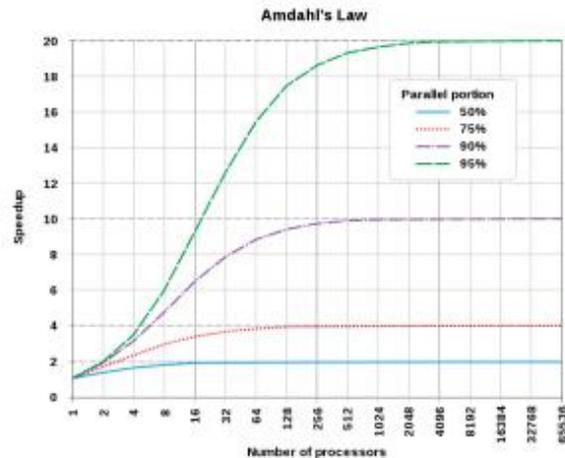
動作条件の緩和(by ASHRAE)



ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (米国暖房冷凍空)

Moore's Law, What's Driving IT Power and Heat, and What We Can Do About It

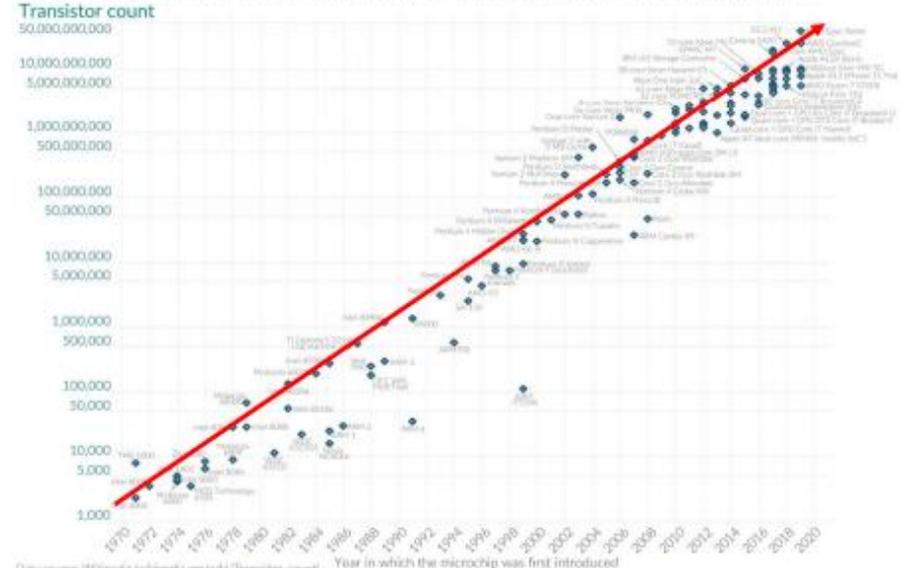
- Moore's Law shows that the number of transistors in a chip continues to grow as expected
- Increases in transistor count does increase power consumed and heat generation
- Increasing number of cores per chip alleviates some growth in power but is subject to Amdahl's Law concerning parallelism
- Without the ability to continue increasing chip core count, chip manufacturers can only increase chip clock frequency to continue performance gains



Moore's Law: The number of transistors on microchips doubles every two years

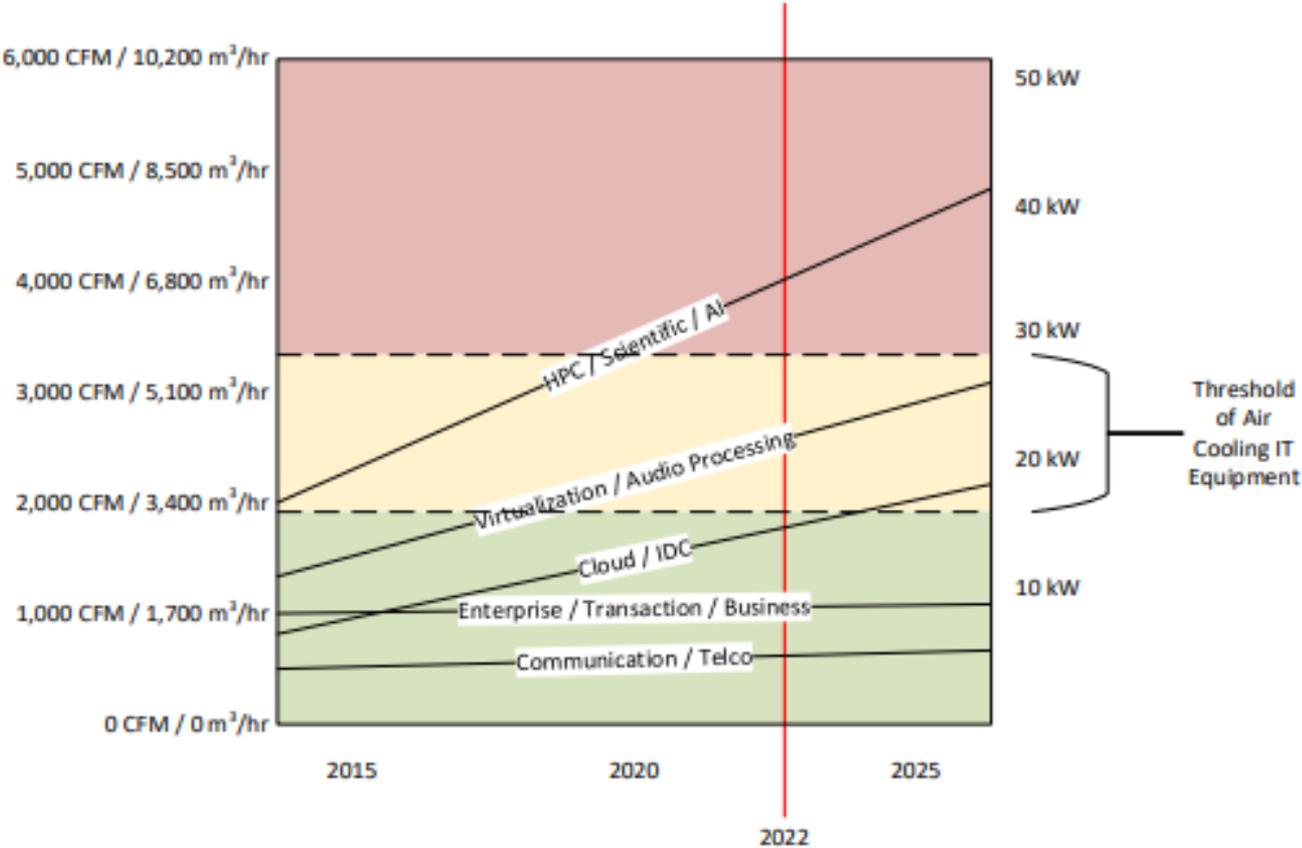
Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.

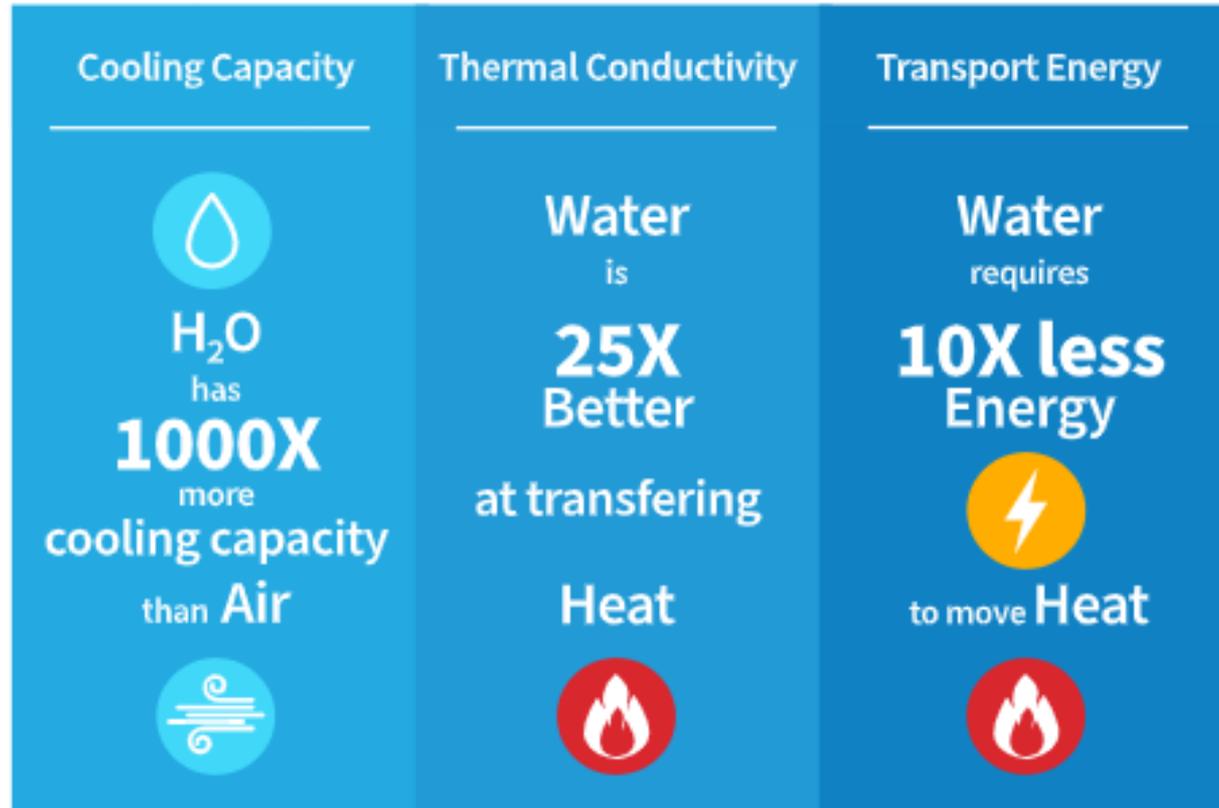
Our World in Data



Data source: Wikipedia (wikipedia.org/wiki/Transistor_count), OurWorldInData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems. Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.

Rack Airflow Threshold





<https://www.supermicro.com/ja/solutions/liquid-cooling> より引用

Innovations in Data Center architecture

1. Open & Transparent , i.e., white xx

- ✓ HW : Chip, board, server, switch, router, Electric power, HVAC
- ✓ SW: Operating system, Middleware , Application

2. Data (Storage) Centric

- ✓ Big Data collection and analysis
 - Explosion of amount of data
 - Cross domain data integration
- ✓ **Processor/CPU centric → Data/Storage centric**
 - **Migration overhead: data >> processing image**
 - (*) **Contribution of**
 1. **VM (Software-Defined North Bridge) technology**
 2. **Software-Defined Storage technology**

要は、、何が起きているの？

- モジュール構成の 再定義・再設計
 - 昔からの課題
 - パフォーマンス(具体的には、Bandwidth & Latency)
CPU >> メモリネットワーク >> ストレージ
 - 新しい(けれども昔からの)課題
 - 『物理的距離』
 - 『熱』
 - 『電力使用量・使用料金』

AI新時代：ファンデーション（基盤）モデル

従来AI技術からの不連続な進化



機械学習
2000年代



深層学習
2010年代

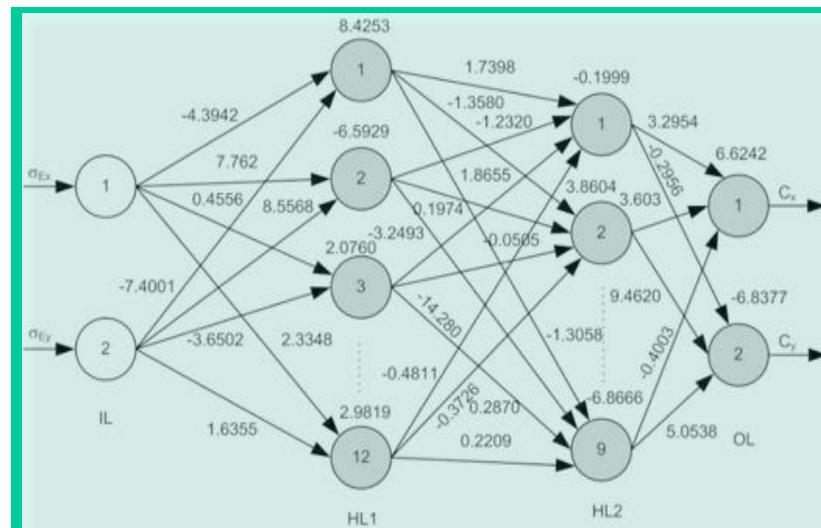


基盤モデル
2020年代

資料：SambaNova社

現代AIはデータフローの問題

```
37 #include <iostream>
38 using namespace std;
39
40 int _tmain (int argc, _TCHAR* argv[])
41 {
42
43     int iVal1 = 0, iVal2 = 0, iVal3 = 0;
44
45     printf("Enter three numbers:");
46     scanf("%d %d %d", &iVal1, &iVal2, &iVal3);
47
48     if (iVal1 >= iVal2)
49     {
50         if(iVal1 >= iVal3)
51             printf("Largest number = %.2d", iVal1);
52         else
53             printf("Largest number = %.2d", iVal3);
54     }
55     else
56     {
57         if(iVal2 >= iVal3)
58             printf("Largest number = %.2d", iVal2);
59         else
60             printf("Largest number = %.2d", iVal3);
61     }
62
63     getchar ();
64     return 0;
65 }
```



ソフトウェア 1.0

- コードで書かれている (C++, ...)
- ドメインの専門知識が必要

現代AIはデータフロー (ソフトウェア2.0)

- コードではなくデータがモデルを鍛える
- ニューラルネットワークの重みで記述

資料: SambaNova社

AI半導体の概況

最近のAI演算におけるCPU/GPUの課題はスパース性への対応と消費電力

- 演算性能とメモリ性能の乖離
 - メモリの階層構造によりデータの遅延を隠蔽
 - キャッシュヒット率に依存
 - DENSEなGEMM（密行列計算）には最適な構造
 - **スパース（疎行列）では性能ギャップが露呈**
- 現代半導体においては、演算に必要な電力消費より、データの移動に必要な電力消費の方が遥かに大きい
 - **いかにデータを近くに配置し、データの移動距離を短くして演算出来るかが重要**

多くのスタートアップが従来方式に代わる「AI半導体」を提案している。

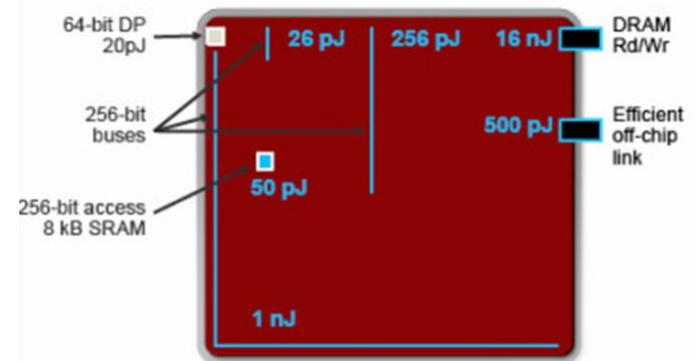
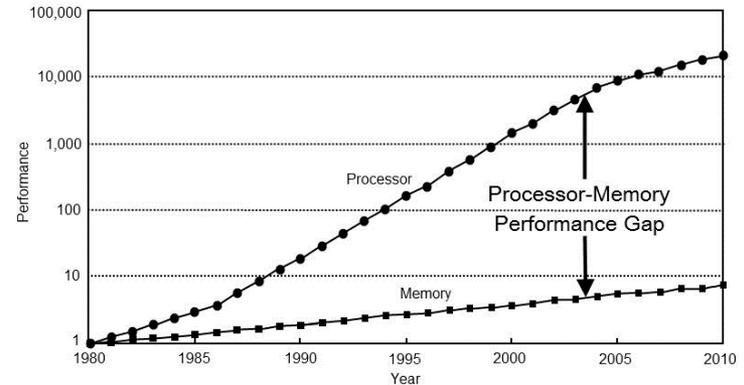
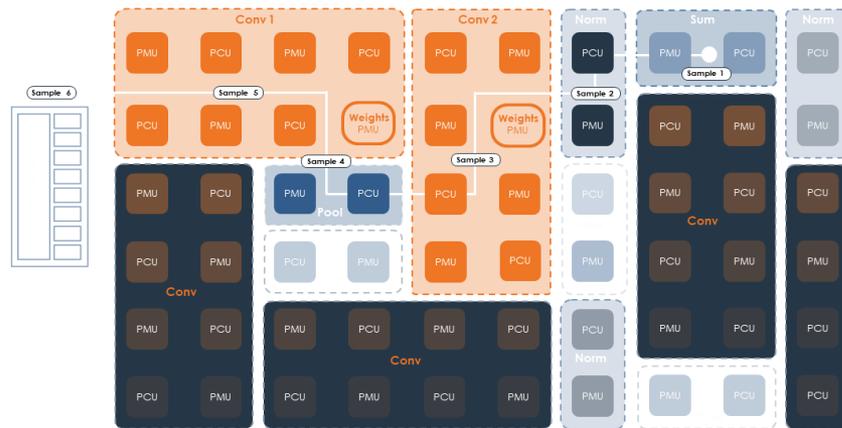
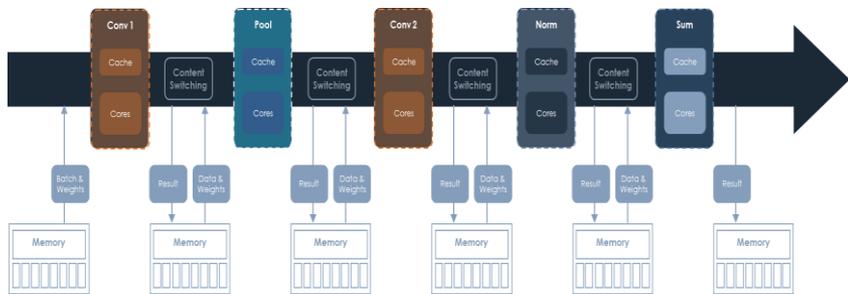
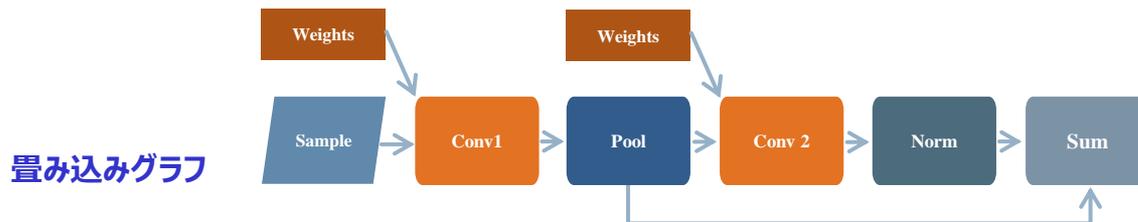


Figure: Computation cost is significantly lower than communication cost in 28nm NVIDIA chips (Source: Bill Dally)

従来手法とデータフローの違い

データフローアーキテクチャは局所性と並列性を活用



計算カーネル毎にメモリアクセスが必要なため、高速メモリを演算器の近くに配置する必要

→ **高速メモリは容量が小さい**

外部メモリアクセスが最小化できるので、高速メモリが不要 → **メモリ大容量化可能**
データが移動しなければ演算が発生しない

→ **スパース性にも強い**

What happened in Data Center and Servers

Missing piece.....

→ Energy productivity of Software(code)
(*) challenging with USP



■ Bad code

- ① A lot of wasted operations
- ② Less flexibility

□ Good code

- ① Small wasted operation
- ② Good flexibility



Reduction of

- ① Operational Power
- ② Total System Resource,
i.e., embodied carbon

Hybrid and diverse of DC profiles

Python vs. Unicage by TUCD



work	Unicage by USP	Python
Count number of rows in 20GB file	1	16.7
Sort 5GB file	1	48.89
Pick corresponding rows in 20GB file	1	More than 140 (not completed)
Transform to CSV format file from 10GB file	1	53.22

OCP (Open Compute Project)に代表される、DevOps型の設計・実装

汎用品・技術によるカスタマイズ化

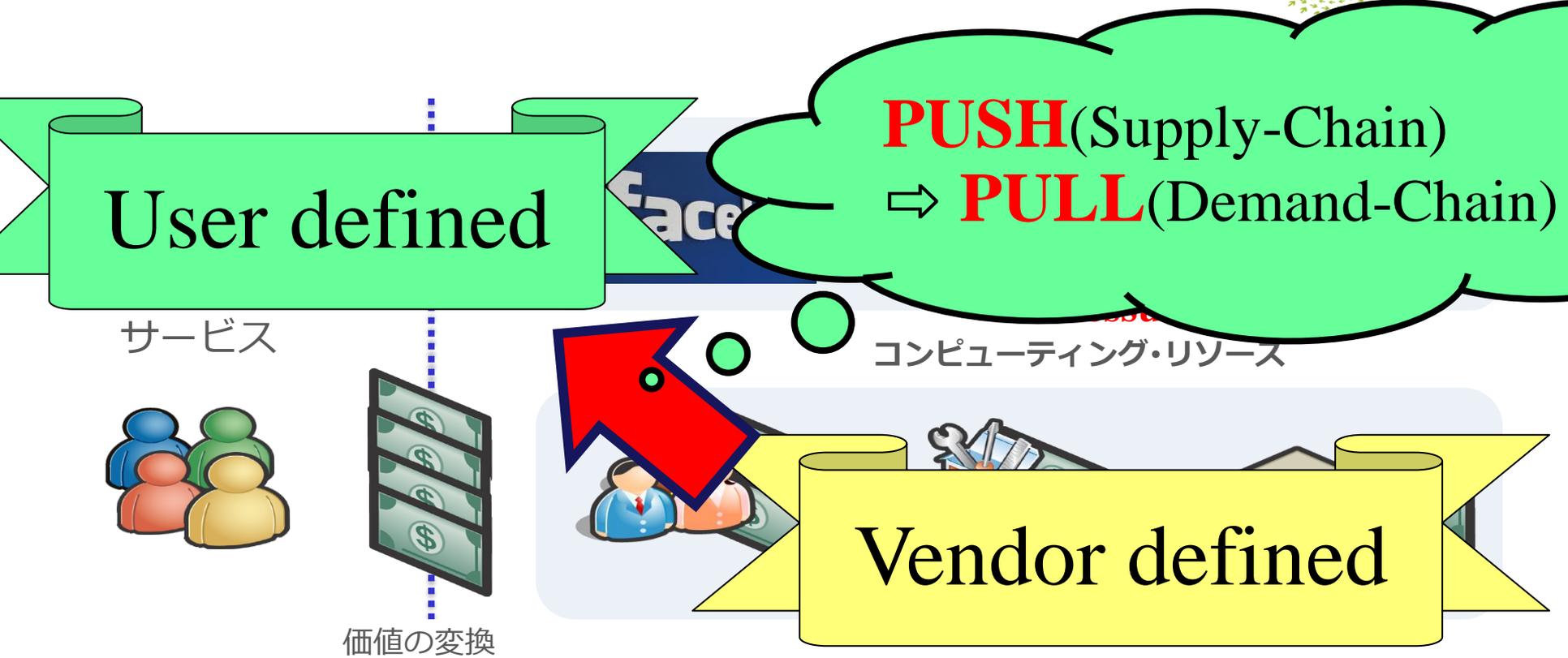
(e.g., マイクロ・ファブ化)

Driven by GAFA+M+BAT

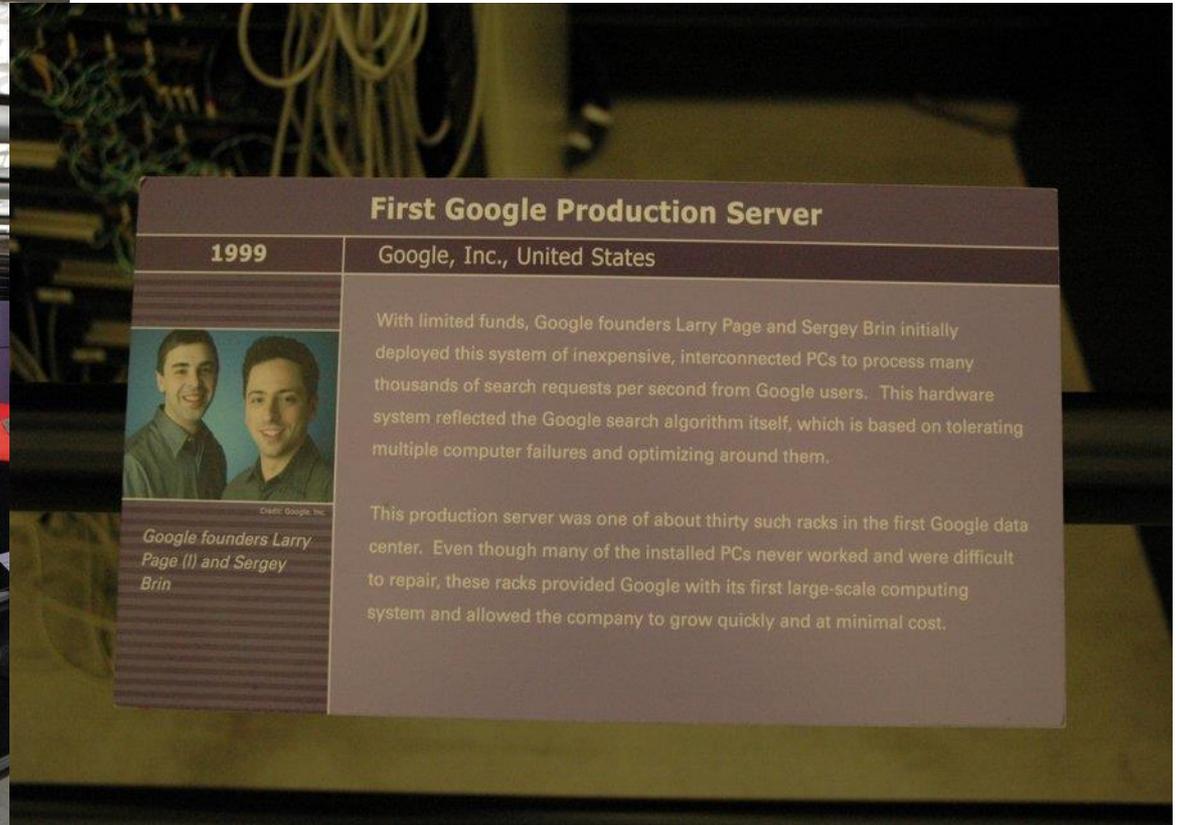
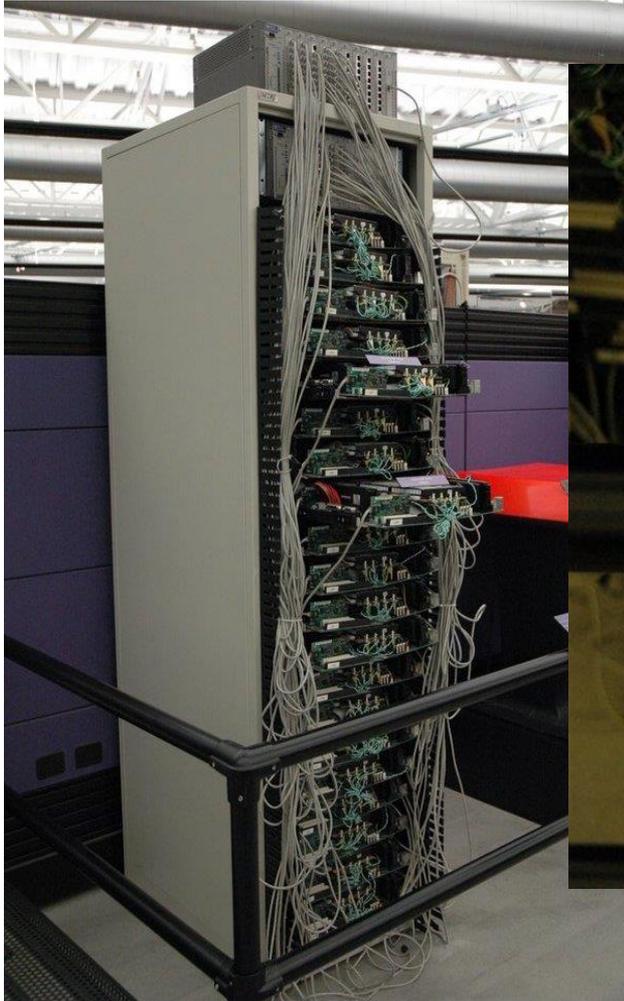
USA: Google, Amazon, Facebook, Apple, MS

China: Baidu, Alibaba, Tencent(WeChat)

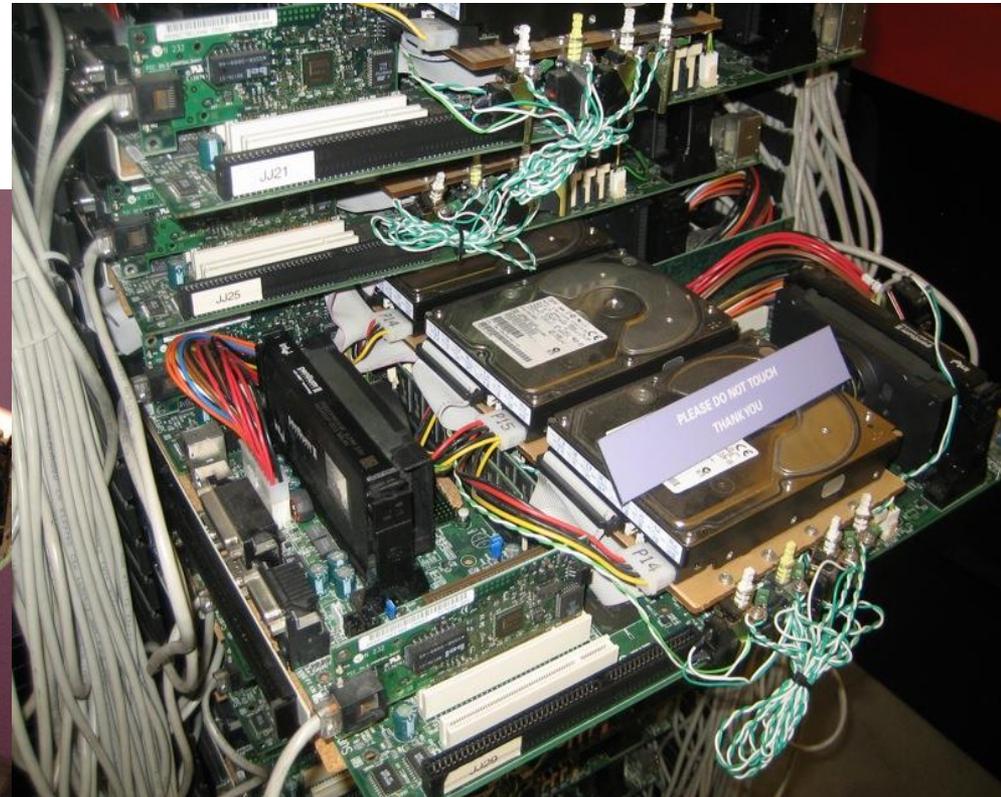
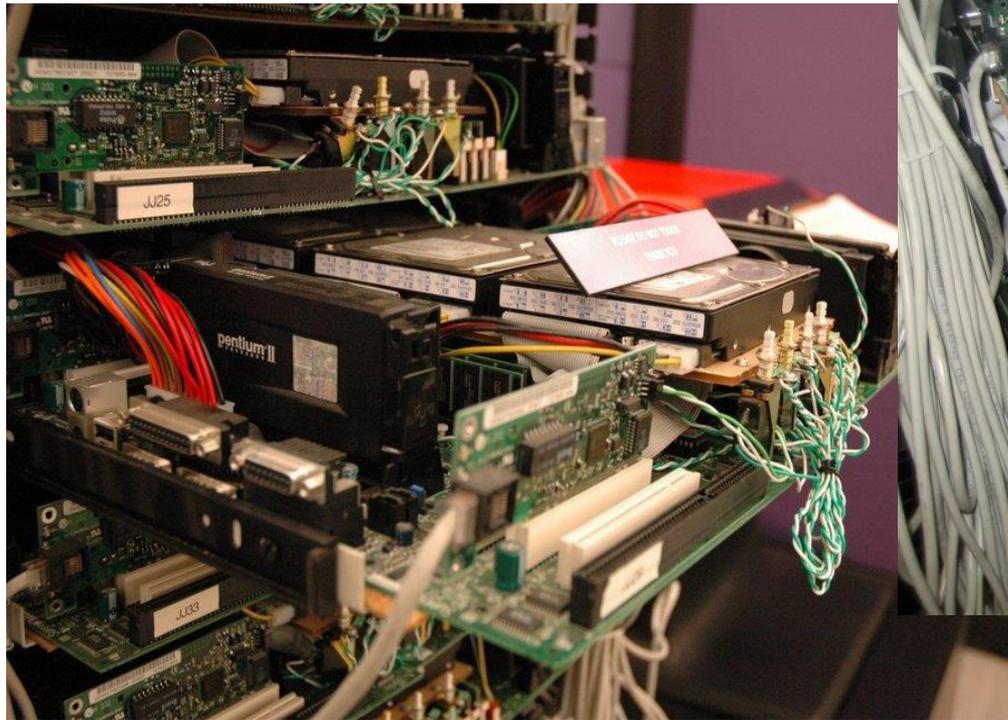
DevOps: Eco-System New Supply-Chain



Google の最初のサーバ (Computer Museum in California)



Google の最初のサーバ (Computer Museum in California)



OpenPOWER

成長を続けるオープンな開発コミュニティ

Implementation / HPC / Research

Software

System / Integration

I/O / Storage / Acceleration

Boards / Systems

Chip / SOC

Open COMPUTE SERVER



2U4ノード22インチ幅
Open Compute Project仕様
Quanta社製

12U24ノード 19インチ幅
Microsoft
Open Compute Project仕様
Gig



2U3ノード 22インチ幅
Open Compute Project仕様
Quanta社製



Microsoft OCP & Cloud Server

12U Shared Chassis
EIA Rack Mountable

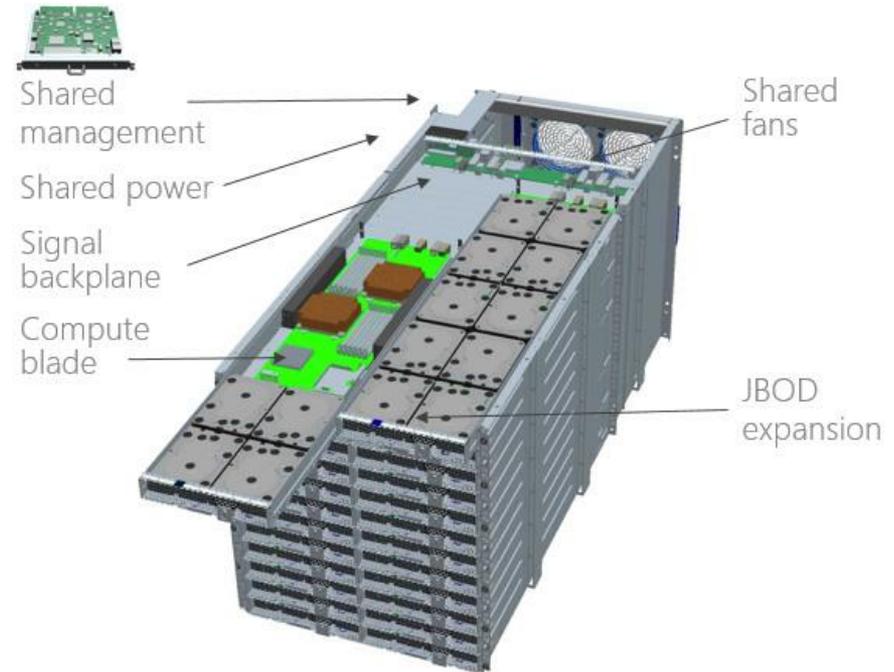


Diagram: Microsoft cloud server specification

Microsoft OCPにコントリビュート

chassis v1.0

Blade v1.0

JBOD v1.0

Chassis Management v1.0

Network Mezzanine v1.0

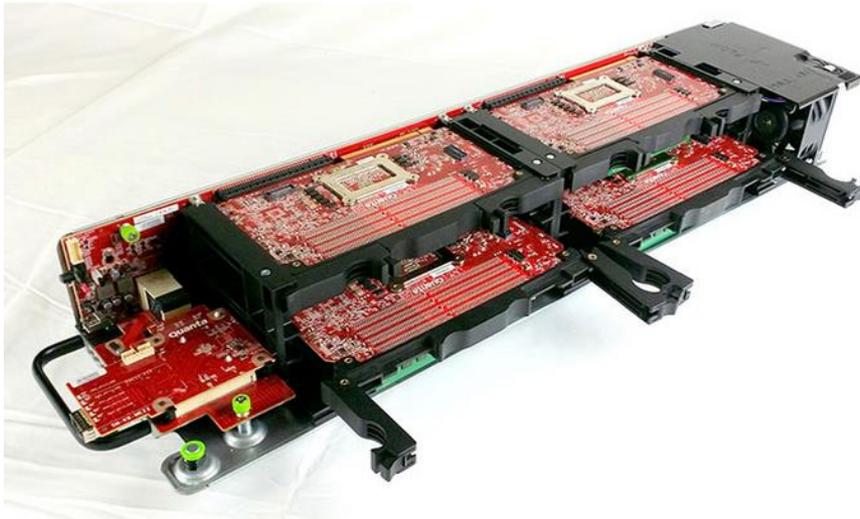
SAS Mezzanine v1.0

Chassis Management Software source code

出典: <https://gigaom.com/2014/01/27/microsoft-the-software-king-wants-to-tell-the-world-how-to-build-servers/>

資料: OCP Japan 座長 藤田龍太郎 氏

Yosemite / 1S Server



Intel Xeon D-1500 SoC
HighPowered-SoC Micro
Server 210 × 110mm M.2 SSD
10GbE 65W



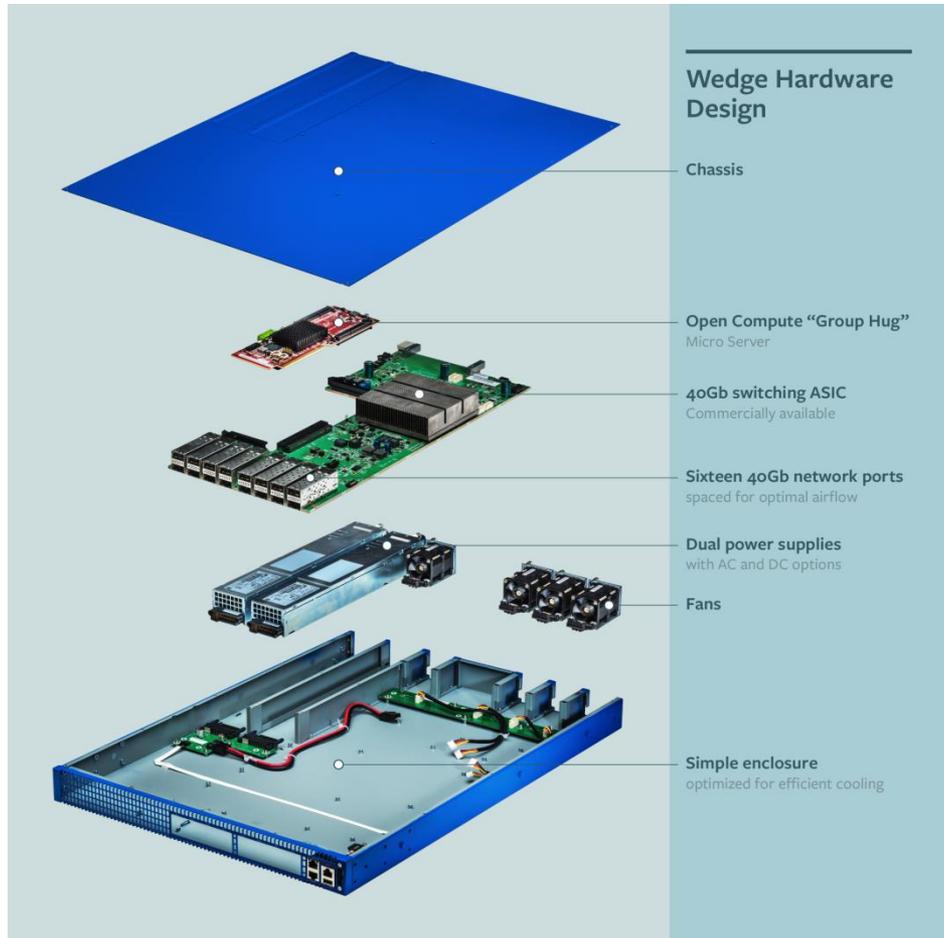
OpenRackV2 192 SoC servers
PCI-Express x16 mechanical slots
X86 (ARM, Power)
40GbE Mellanox C-4 hybrid mezzanine
card 400W

intel created with Xeon D processor and worked with Quanta to design the board
and to get the microserver manufactured.

Facebook and Quanta designed the sideplane and the hybrid mezzanine card along with Mellanox.

資料：OCP Japan 座長 藤田龍太郎 氏

TOR SW Wedge



Merchant Silicon

Trident II
1.28TbpsASIC
40Gbps × 16

X86 Micro Server

OCP Group Hug

Software

FBOSS(Facebook)
ONIE
Open Network Linux

Baseboard Management Controller

OpenBMC

標準的なLinuxベースのOSで
スイッチをプロビジョニング

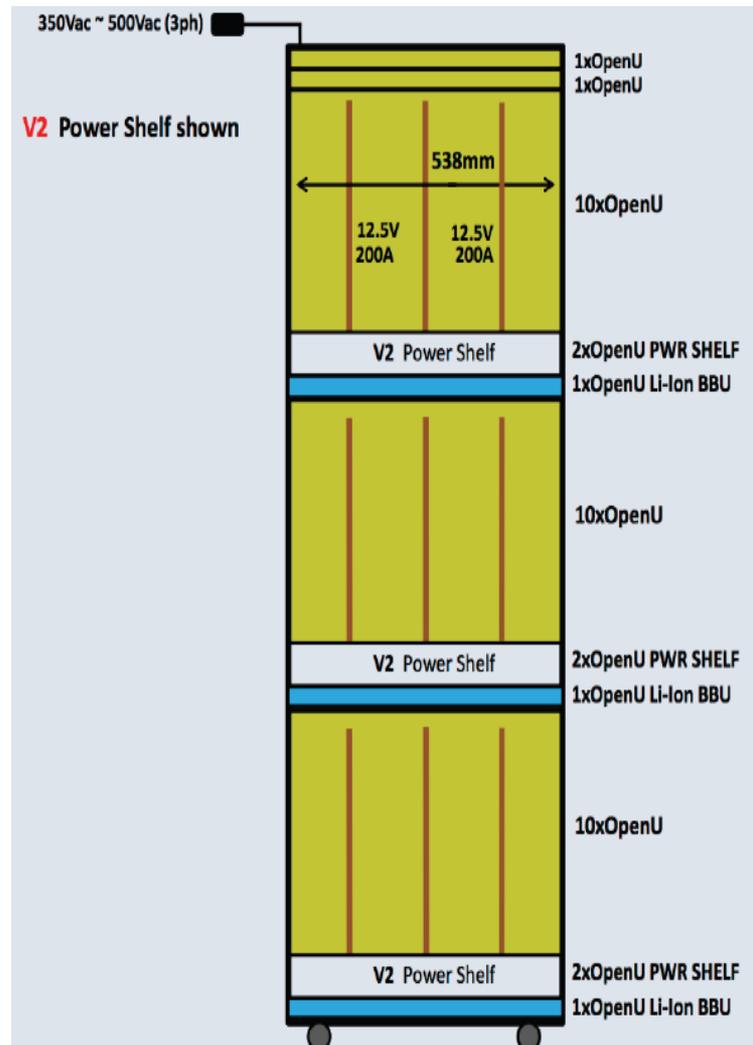
With “FBOSS,” all our
infrastructure

software engineers instantly

資料: OCP Japan 座長 藤田龍太郎 氏

OpenRack外観

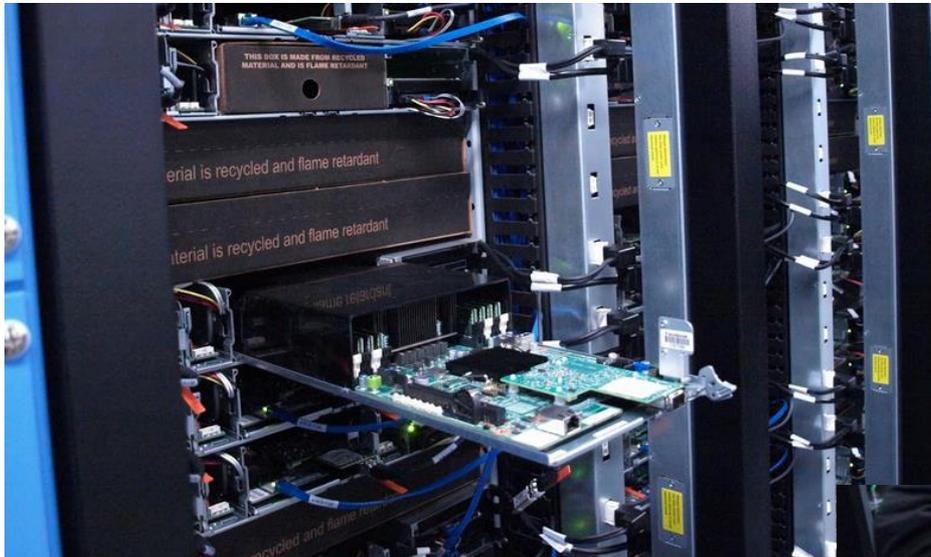
パワーゾーン単位に分割



Knox (Open Vault) Cold Storage用サーバ



OCP のサーバーとラック



ネジを1本も使わずに
キッティング

フタもなければ、
フロントパネルもない



出典: <http://wp.me/pwo1E-2Ku>

資料: OCP Japan 座長 藤田龍

Power shelf

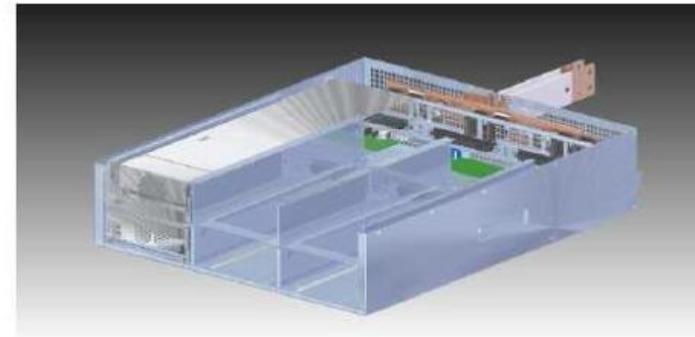
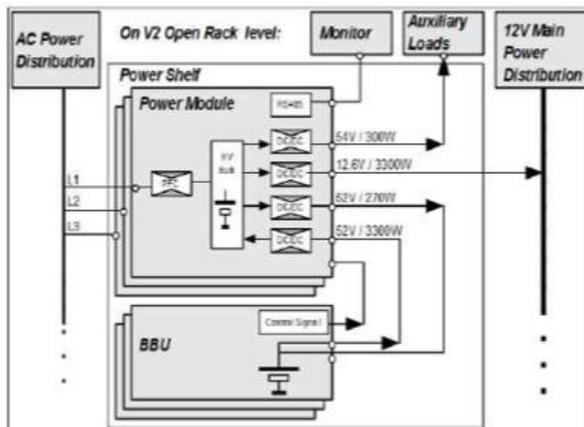
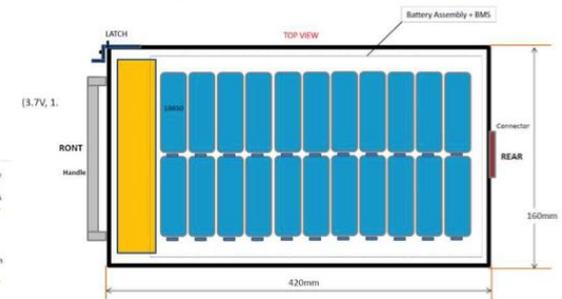
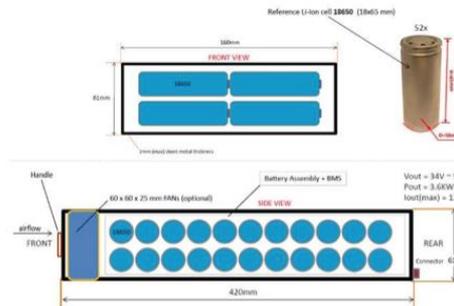
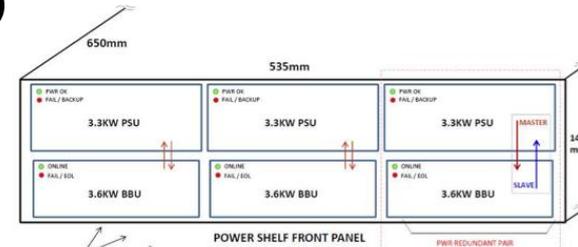
Power modules and Li-ON batteries in the same shelf

Single 12V Busbar output(535A)

Three-phase input

2+1 Redundancy + batteries

534mm x 612mm x 19mm



Rack Disaggregation

Evolution of Rack Disaggregation

Today

Physical Aggregation



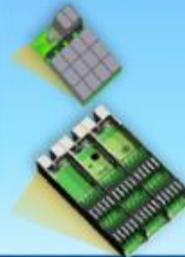
- Shared Power
- Shared Cooling
- Rack Mgmt

Emerging

Fabric Integration

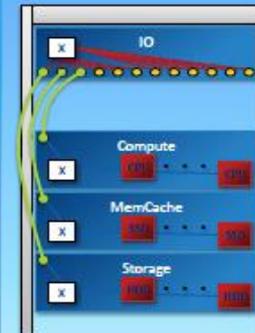


- Rack Fabric
- Optical Interconnects
- Modular refresh



Future

Subsystem Aggregation Storage, Compute, Memory

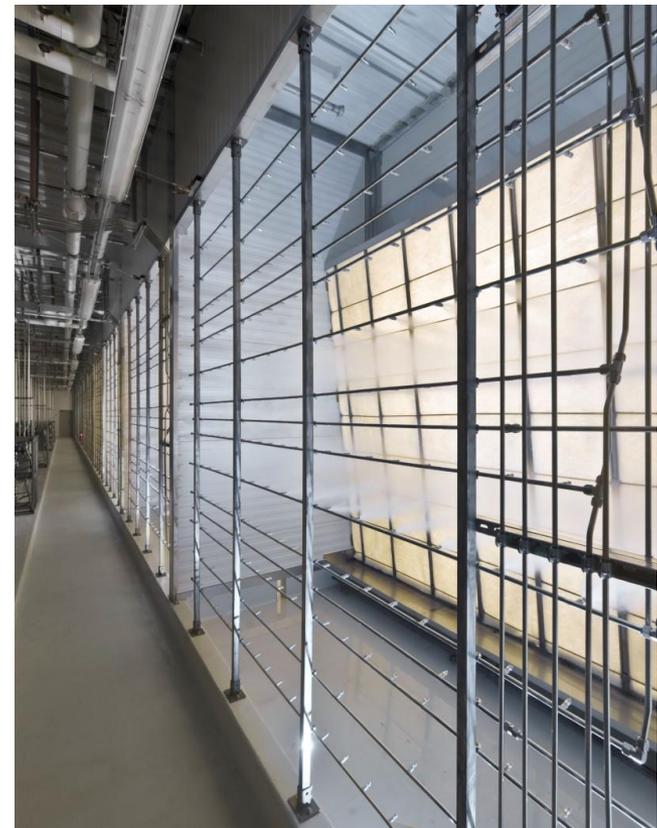


- Aggregation of compute, memory.
- Pooled Storage
- Shared boot
- Shared BIOS
- Pooled memory

➤ Platform Flexibility > Higher Density > Higher Utilization

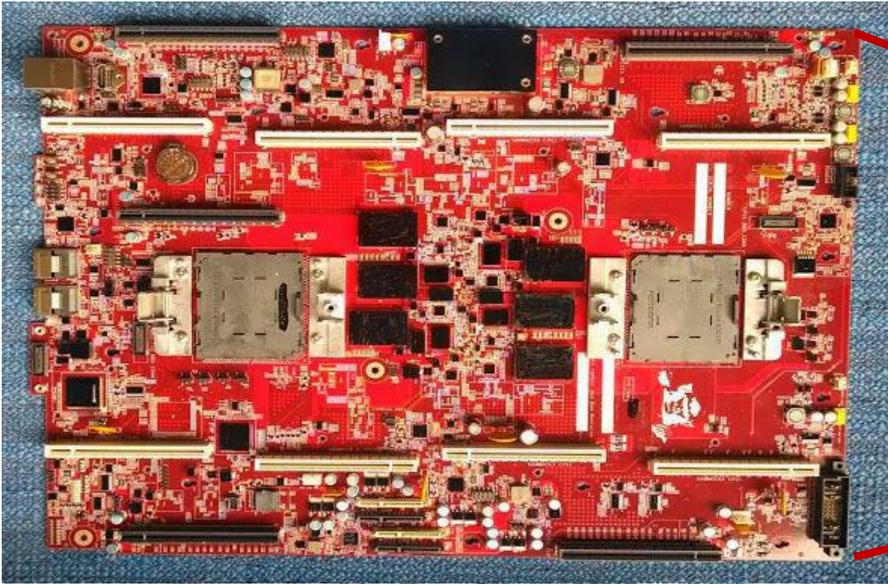
Oregon PRN 1 の冷却システム

人工ミストによる気化熱を利用



出典: <http://wp.me/pwo1E-2Ku>

資料: OCP Japan 座長 藤田龍太郎 氏



な開発

mit-b

rzg

UNIVERSITY OF ARKANSAS

Ubuntu

Supported by Canonical

American Megatrends

redislabs

Novus Cloud Oriental

AVNET

BUL

Cirruscale

inspur 浪潮

OCF

ONE STOP SYSTEMS

rikor

IBRTDS

STACK

UNISOURCE

ZTE 中兴

- System / Integration
- Storage / Access
- Boards / Systems
- Chip / SOC



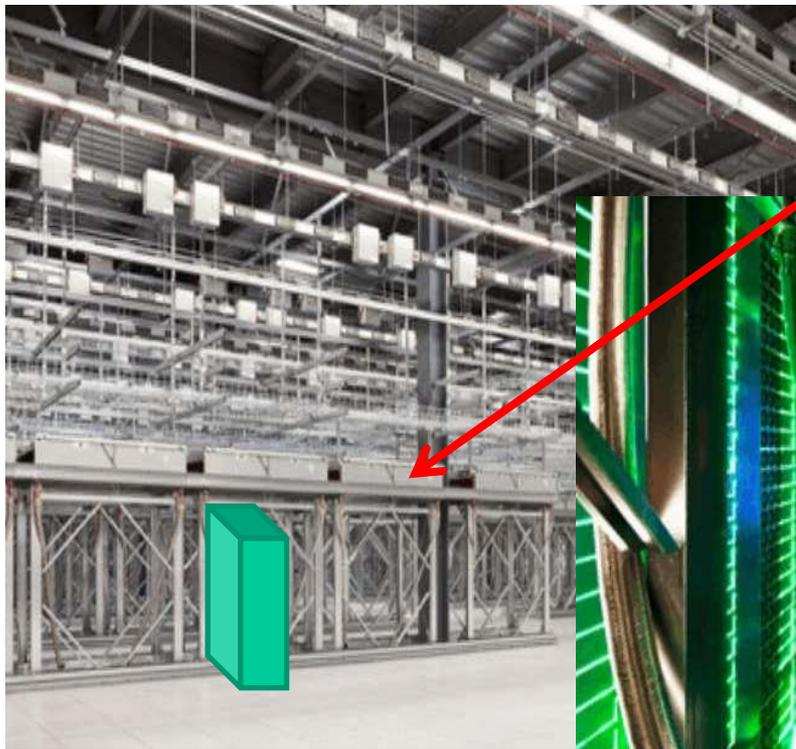
ABLAZE

tron

XILINX.

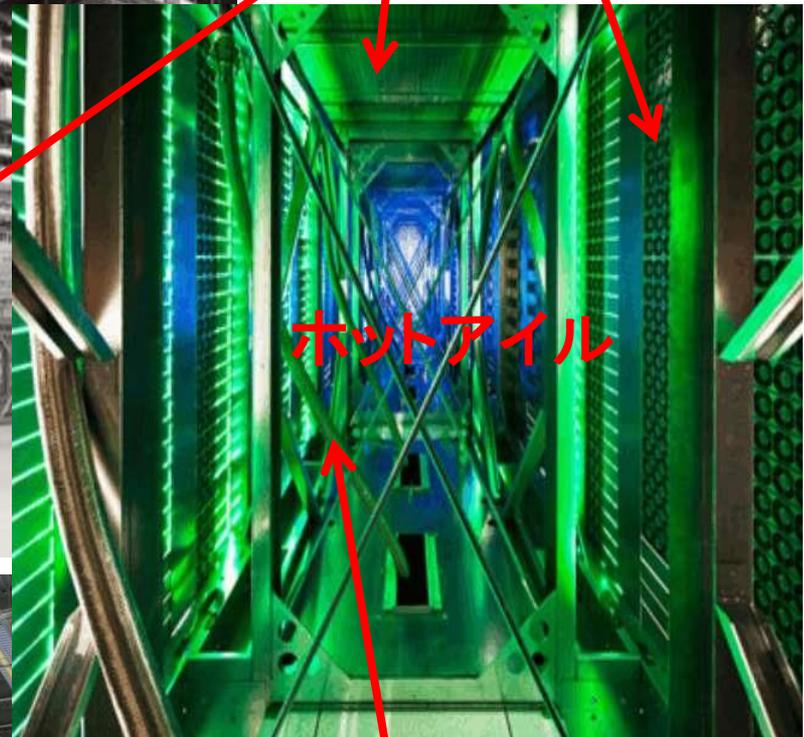
tron

Google



熱交換コイル

ラック背後のファン群



ホットアイル

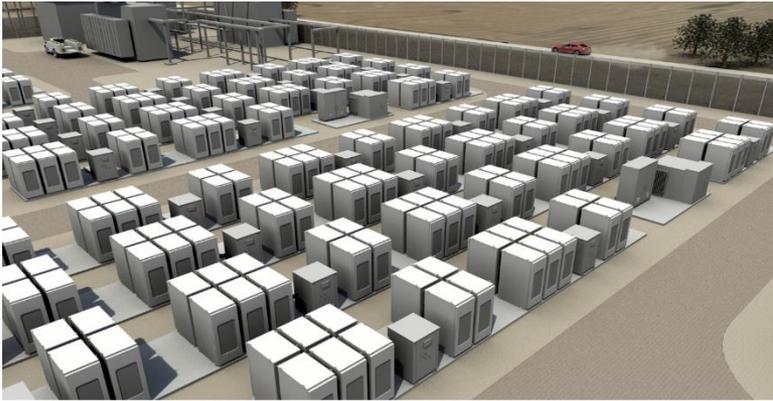


床下から冷却水

隙間が空いている

3ラックで1クラスタを構成？

Amzon Web Service向け Tesla リチウムイオン蓄電池センター 4.8MWh



Above: Tesla's utility storage.

Image Credit: Tesla



テスラ家庭向け蓄電装置
2.5KWh10KWh
来年約40万円で発売予定

出所 : Tesla Energy <http://www.teslamotors.com/presskit/teslaenergy>
出所 : http://www.gizmodo.jp/2015/05/power_wallpower_packgigafactor.html

米国APPLEデータセンタは、再生可能エネルギーで稼働



Katie Fehrenbacher/Gigaom

メイデン、ノースカロライナ州のデータセンターの隣にあるアップル社の燃料電池ファーム



伊藤の投稿: Appleのソーラーファームは、年間約100,000世帯に相当する量のクリーンエネルギーを生み出しています。



Katie Fehrenbacher/Gigaom

メイデン、ノースカロライナ州のデータセンターの隣にあるアップル社の太陽農場

燃料電池と太陽光発電(計 20 MW)

2012年以降、すべてのAppleのデータセンターに供給される電力は、再生可能エネルギー資源で100パーセントまかなわれています。



Katie Fehrenbacher/Gigaom

ノースカロライナ州のデータセンターから15マイル程度、Appleの第二の太陽農場

出所: DataCenterKnowledge

APPLEと環境

<http://www.apple.com/jp/environment/renewable-energy/>

Google

デジタル化による炭素排出量大幅削減

- ・ 企業や自治体がオンプレミスからGoogle Appsに移行することで**最大85%の省エネ効果を達成できる**と、グーグルが試算している。
- ・ グーグルは2021年6月27日、企業や自治体がオンプレミスからGoogle Appsに移行することで最大85%の省エネ効果を達成できるとする試算結果をブログで紹介した。「クラウドサービスの利用で作業効率の向上に加え、エネルギー消費量や二酸化炭素の排出量の減少とコスト削減につながる」としている。
- ・ 試算によれば、**企業や自治体がメールシステムをオンプレミスからGmailに移行することで、最大80倍のエネルギー効率を得られるという。**さらにオフィスアプリケーションを含めてオンプレミスからGoogle Appsに移行すれば、省エネ効果は65～85%に達するとした。
- ・ 同社によると、1万7000人の「Google Apps for Government」ユーザーがいる**米国一般調達局（GSA）ではオンプレミスからの移行で二酸化炭素排出量が85%削減され、年間想定では28万5000ドルのコスト削減効果につながった**としている。

2021年4月
23日

Google

米Googleは同社における「脱炭素」の進捗状況を2021年4月20日（米国時間）に発表した。2030年までにデータセンター（DC）やオフィスなどを二酸化炭素（CO2）を排出しないカーボン・フリー・エネルギーで24時間365日運営する目標を掲げており、**既に5カ所のDCでその目標をほぼ達成**したとする。

進捗状況はスティーブ・ピチャイ最高経営責任者（CEO）名義のブログで発表した。Googleは脱炭素の取り組みを3つのステップに分類している。

- ① 第1ステップは自社が排出するCO2に相当する**カーボンオフセット（CO2排出権）を購入**する「カーボンニュートラル」で、Googleは07年になし遂げた。
- ② 第2ステップは同社の年間電力使用量に相当する**再生可能エネルギーを購入**する「100%リニューアブル（再生可能エネルギー）」で17年に達成した。

【クラウド型データセンターが都会から疎開可能になった!!】

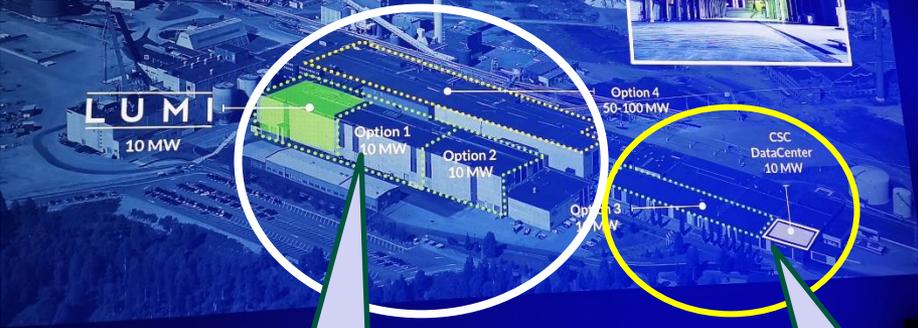
→ DataCenter-Go-to-RenewalEnergyPowerPlant(REPP)

- ③ そして第3ステップとしてDCやオフィスが**消費する電力を常時クリーンエネルギーでまかなう**「24/7 カーボンフリー（24時間365日脱炭素）」を30年までに達成する。

Taylorable LUMI concept



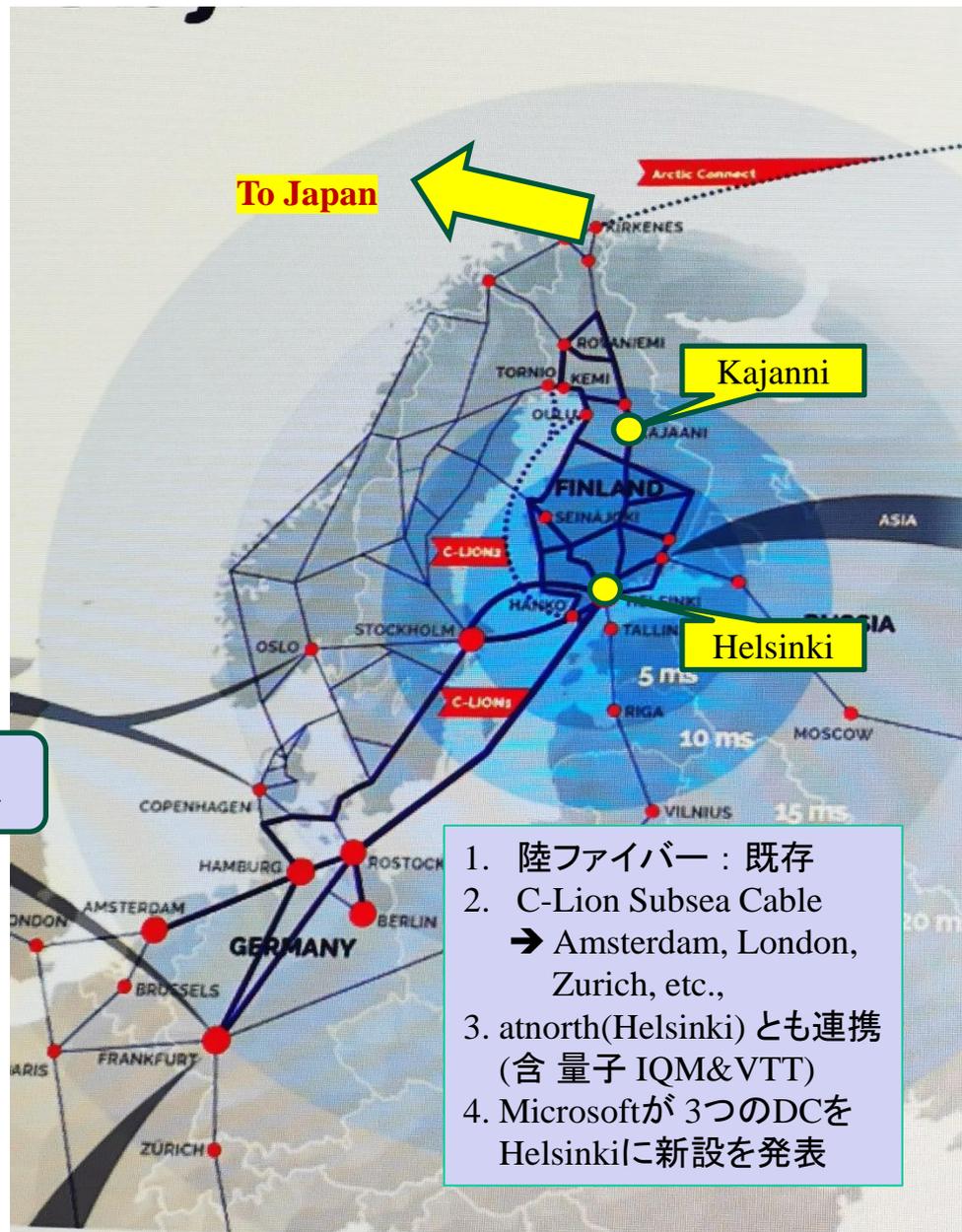
- LUMI Concept:**
- Targeted project size > 1 MW
 - Concept enables CO₂ negative operations
 - 10 MW time to market 18 months
 - Designed PUE value of 1.04 and 1.24



外部用
スパコン

政府
スパコン

- 100% 水冷
- 非常用自家発電機は無し (データバックアップは有り)
- 場所・電力の拡張性 有り



1. 陸ファイバー：既存
2. C-Lion Subsea Cable → Amsterdam, London, Zurich, etc.,
3. atnorth(Helsinki) とも連携 (含 量子 IQM&VTT)
4. Microsoftが3つのDCを Helsinkiに新設を発表

Helsinki Frankfurt Hamburg Amsterdam London

visited September 20(Wed), 2023

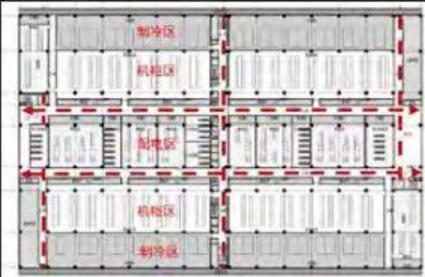
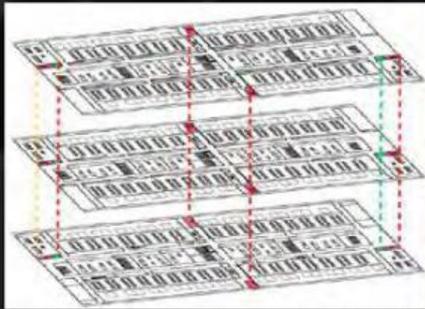
- 100%水冷 (← HPCに特化)
- 簡易な施設構成(UPC,自家発)
- 電気代: **1/5 ~ 1/7 !!!**
 - ✓ 30 € MWh (5-7円/kWh) from PPA
 - ✓ 日本 35円/kWh
 - ✓ Carbon “**Negative**” も発生
- **製紙工場の跡地を再利用**
 - ✓ 工場の躯体をそのまま利用
 - ✓ 250MWの(既存)電力引き込み
 - ✓ **100% 再生可能エネルギー電力**
- 地域冷暖房システムへの 熱供給
 - ✓ 夏季も販売可能(病院や宿泊施設等)
 - ✓ 大きな **税制優遇(22 € → 0.6 €/MWh)**
 - ✓ 拡大予定



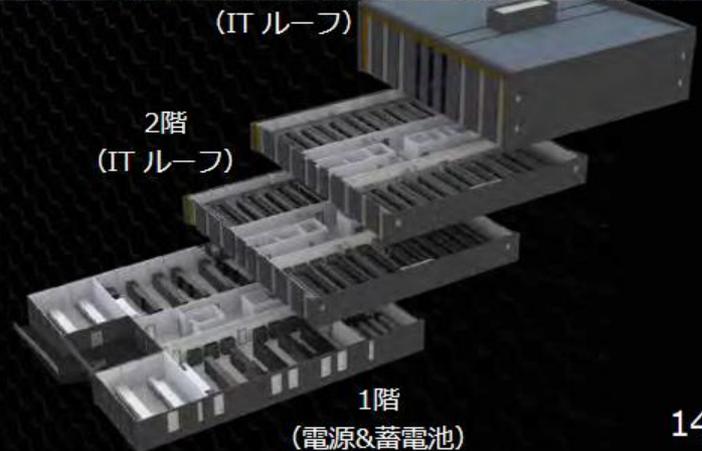


多層プレハブDC

- アーキテクチャの標準化
 - 電気：N+Rデザイン
 - 空調：間接蒸発AHU+Fan Wall
- レイアウトと建物の標準化（モジュール、プレハブ）



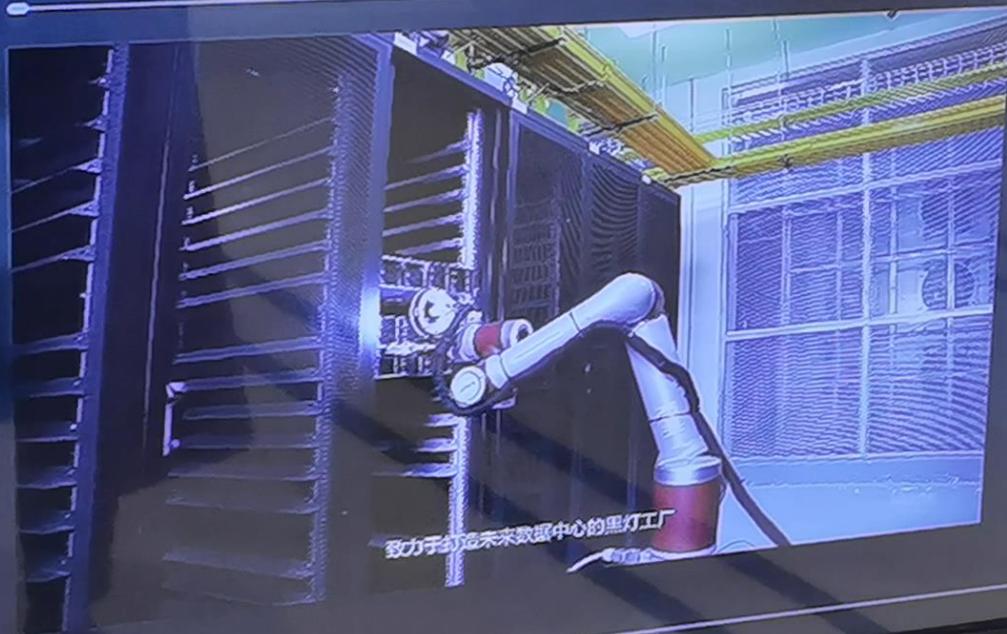
(IT ルーフ)





▶ 机器人助手

巡检机器人 维护机器人



致力于打造未来数据中心的黑灯工厂

過去&現在の Google の戦略

1. Follow the Moon
 - ✓ 夜は温度が下がるね
2. Go to North
 - ✓ 北は温度が低いよね
3. Follow the Sun with stable Wind, Water
 - ✓ 再生可能エネルギーの場所に移動しよう！
4. Generate, terminate and migrate over the globe
 - ✓ 電力需給に協力いたしましょうか？

すべては、仮想化技術のおかげ！

ビジネスケース

ドイツの会社 (BMW)

以前



ドイツ

100%
of IT Load
Tier III

IT負荷
5 MW

価格

200万ユーロ

総額

200万ユーロ

現在



ドイツ

20%
of IT Load
Tier III

IT負荷
1MW

40万€



アイスランド

50%
of IT Load
New standard

IT負荷
2.5 MW

50万€



スウェーデン

30%
of IT Load
New standard

IT負荷
1.5 MW

20万€

大事で速い
仕事は
近い場所の
{dark-sideの}DC

Non-Criticalな仕事は、
遠いけども、
安い(Cheep)
Green & Cleanな DC

Transfer DCs to energy clean sites (Iceland & Sweden)

✓ 100% Renewal Energy (Hydro & Geothermal)



1. Gentle & contribute to Earth

- ✓ by use of renewal energy (RE-100)
- ✓ by use of cool air (EP-100)

2. Cost 🖐️ & Productivity 🖐️ (EP-x000)

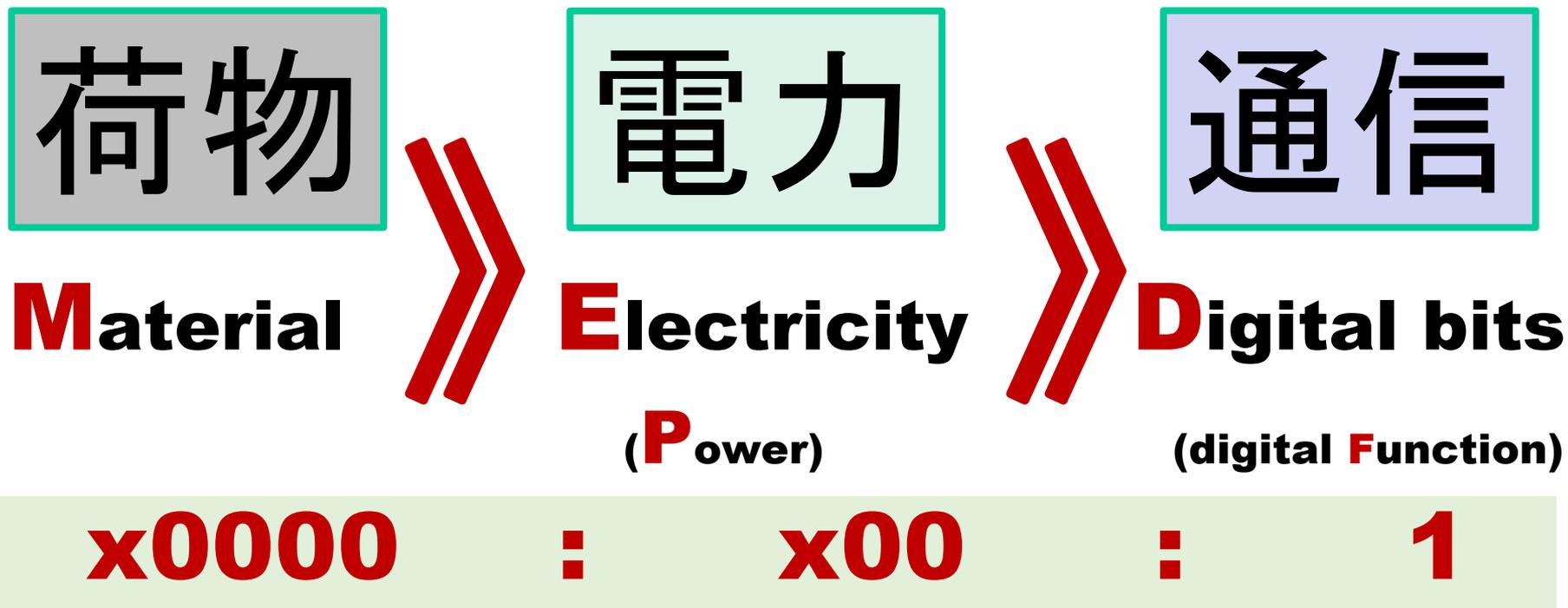
Replacing power cable (copper)

to

tele-communication cable (glass)



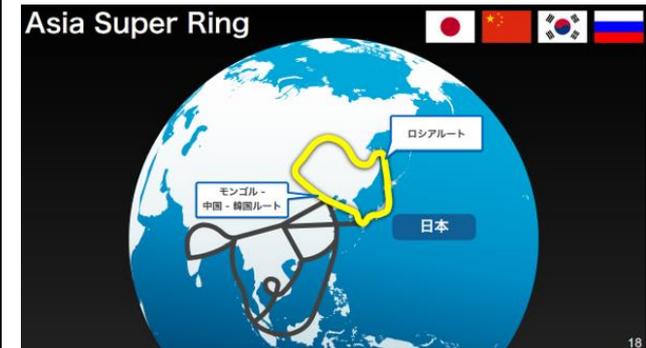
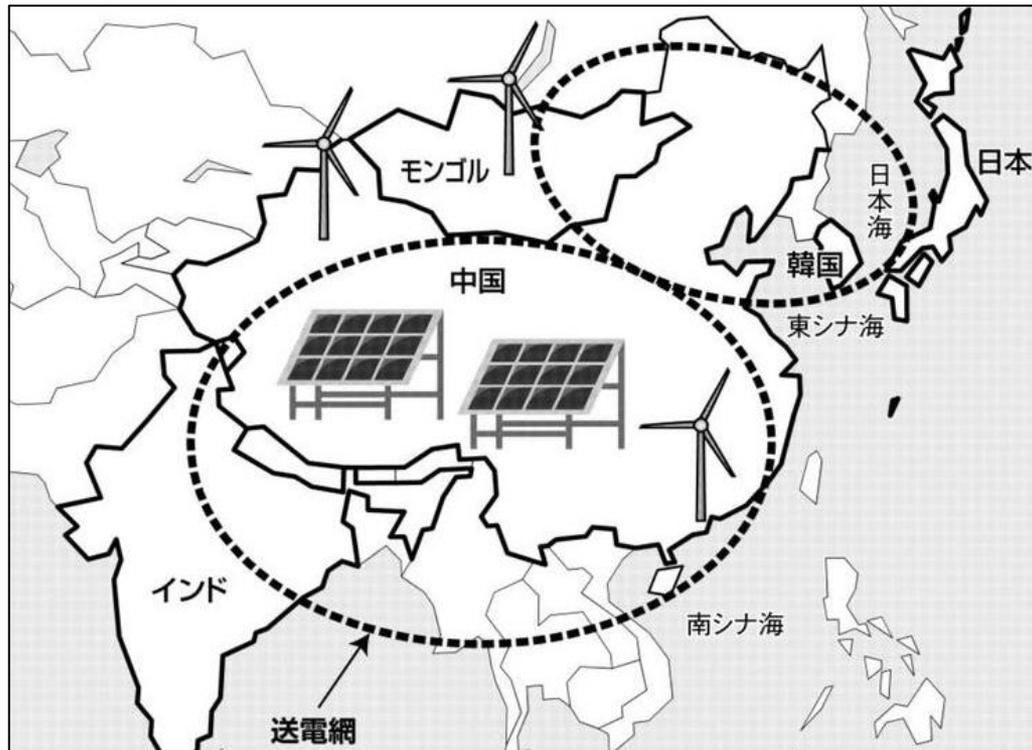
移動に必要なエネルギー = Energy Productivity



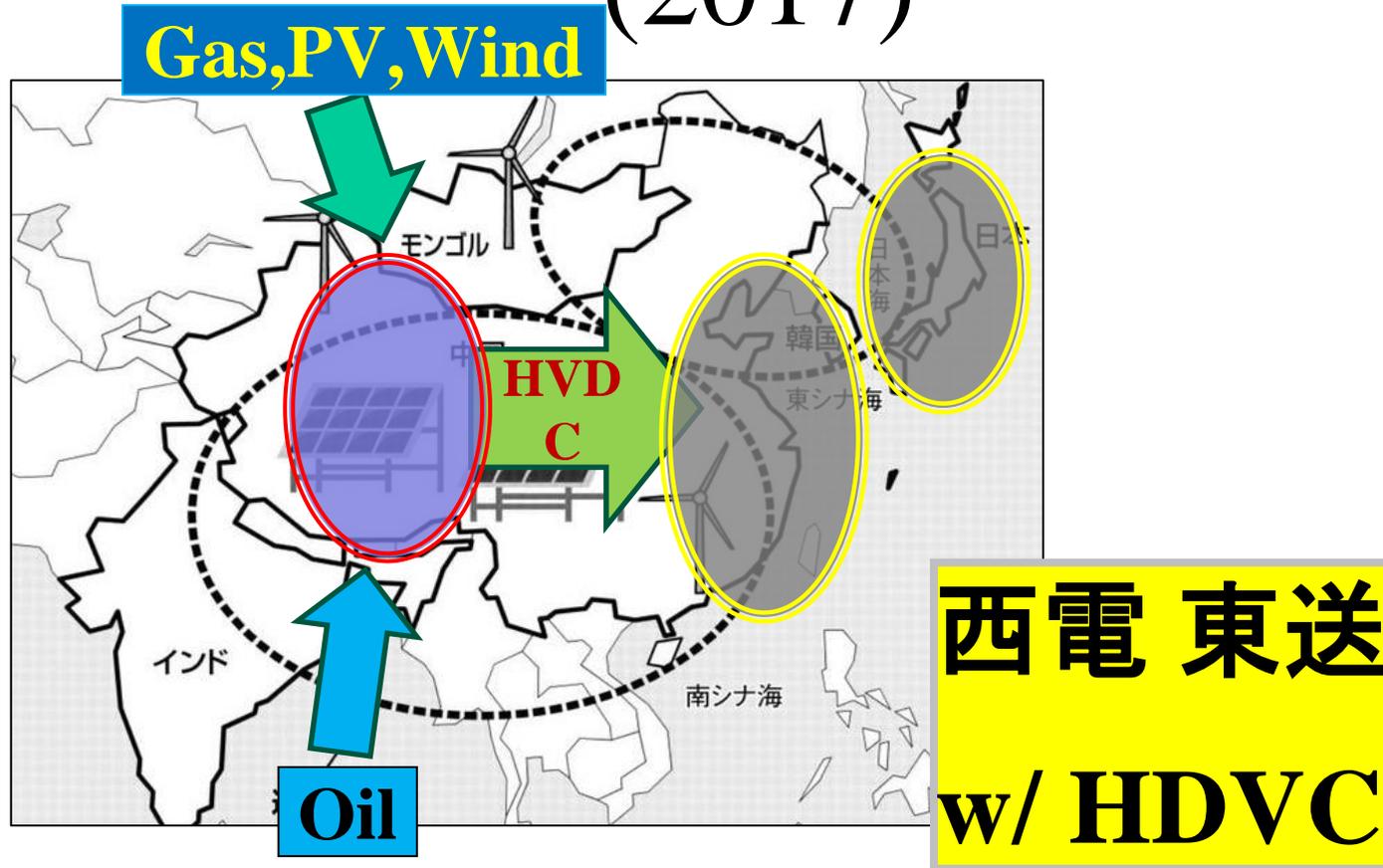
	質量(g)	質量比
陽子/中性子	1.673×10^{-24}	1,840 (= 1.8×10^{-3})
電子	9.109×10^{-28}	1
光子	$0 < m < 2 \times 10^{-51}$	$> 2.198 \times 10^{-24}$

	速度 (Km/h)	速度 (m/sec)	速度比
モノ	36	10	1
電流	30万(= 3×10^5)	3×10^8	3,000万
(電子)	0.0075 mm/sec	7.5×10^{-5}	1/750万
電磁波(光子)	30万(= 3×10^5)	3×10^8	3,000万
(ガラス中)	20万(= 2×10^5)	2×10^8	2,000万

Asian Super Power Grid Plan (2017)



Asian Super Power Grid Plan (2017)



東数 西算(2021 第13期全人代)

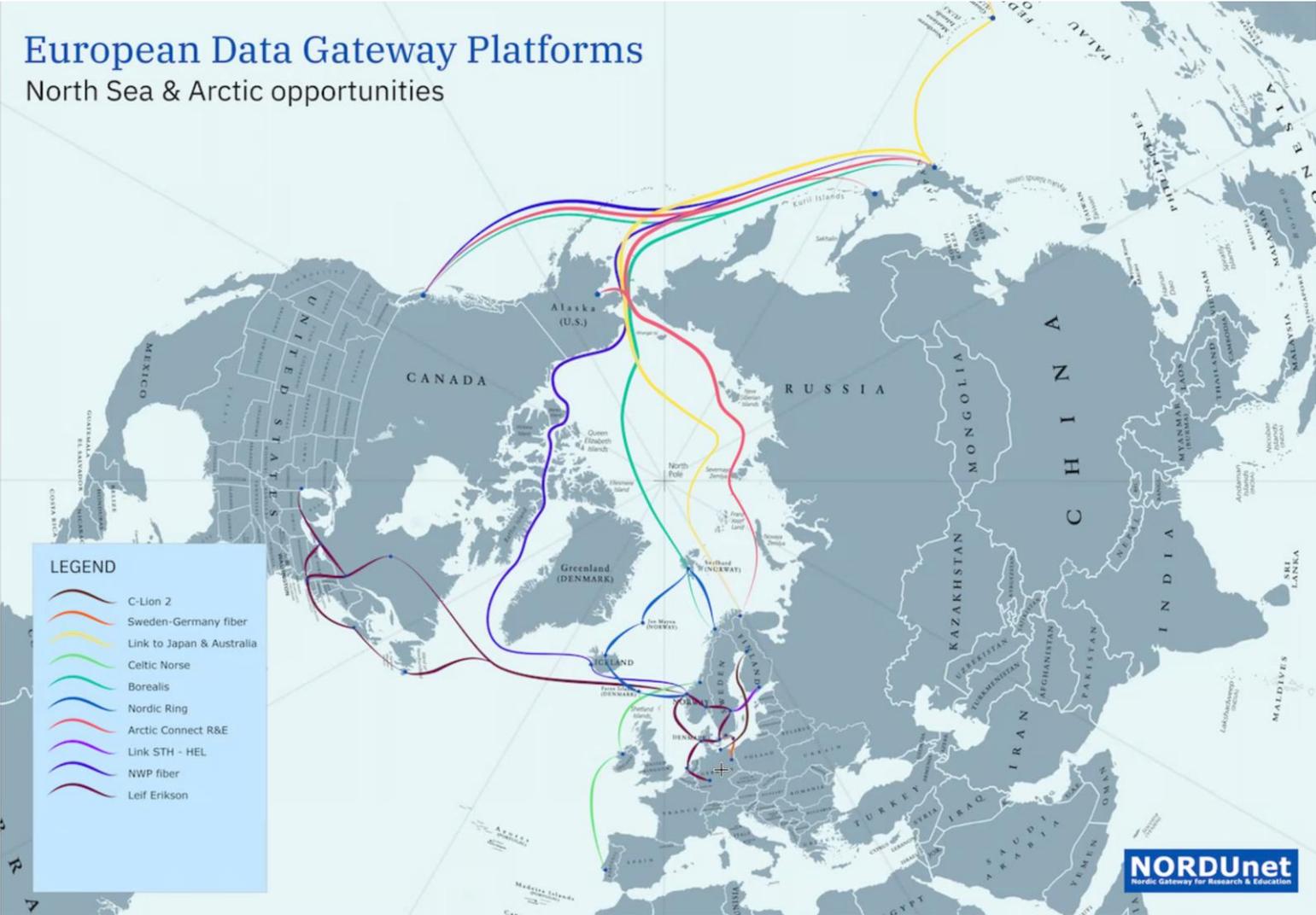


European Data Gateway Platforms

North Sea & Arctic opportunities

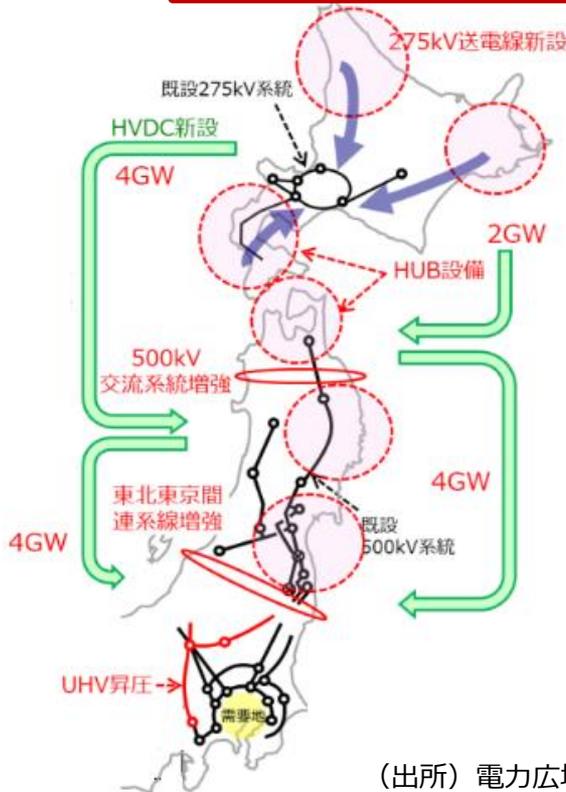
LEGEND

- C-Lion 2
- Sweden-Germany fiber
- Link to Japan & Australia
- Celtic Norse
- Borealis
- Nordic Ring
- Arctic Connect R&E
- Link STH - HEL
- NWP fiber
- Leif Erikson

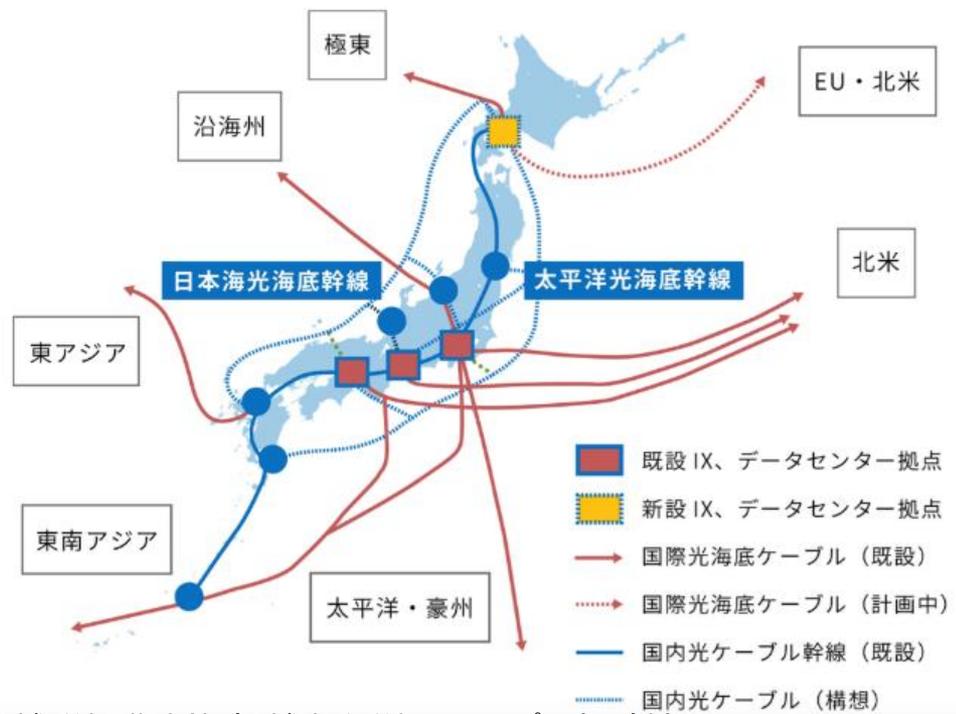


As a デジタル田園都市国家構想(Digital Garden City Initiative)

Electric Power



Information



- 既設IX、データセンター拠点
- 新設IX、データセンター拠点
- 国際光海底ケーブル (既設)
- 国際光海底ケーブル (計画中)
- 国内光ケーブル幹線 (既設)
- 国内光ケーブル (構想)

(出所) 電力広域的運営推進機関：広域系統長期方針（広域連系システムのマスタープラン）（案）（2023.3）
 北海道ニュートピアデータセンター研究会提言書：「北海道をデータセンターのパラダイスに」（2022.4）

As a デジタル田園都市国家構想(Digital Garden City Initiative)

Electric Power

Information

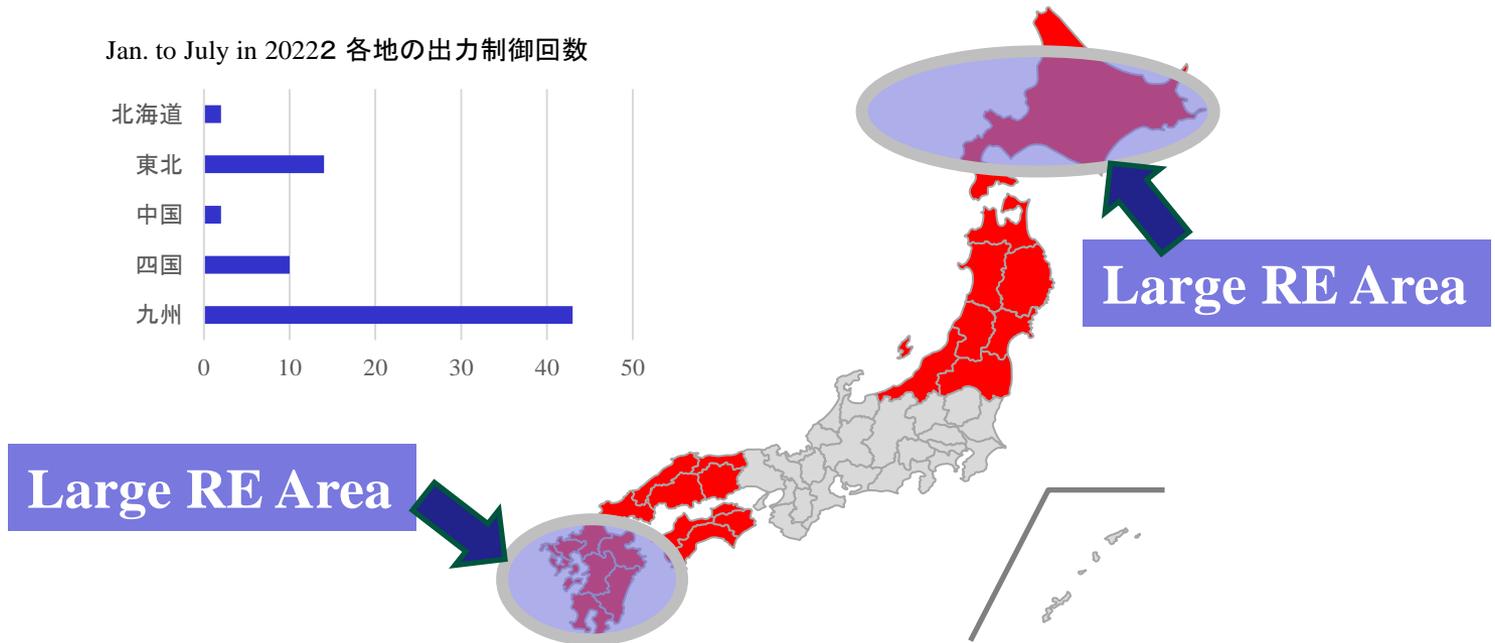
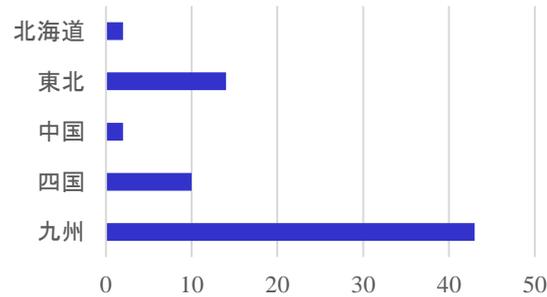


(出所) 電力広域的運営推進機関：広域系統長期方針（広域連系系統のマスタープラン）（案）(2023.3)
 北海道ニュートピアデータセンター研究会提言書：「北海道をデータセンターのパラダイスに」(2022.4)

Electrical Power shortage in spring and winter in Japan

- 2022年再エネ出力制御は四国・中国・東北・北海道電力管内に拡大

Jan. to July in 2022 各地の出力制御回数

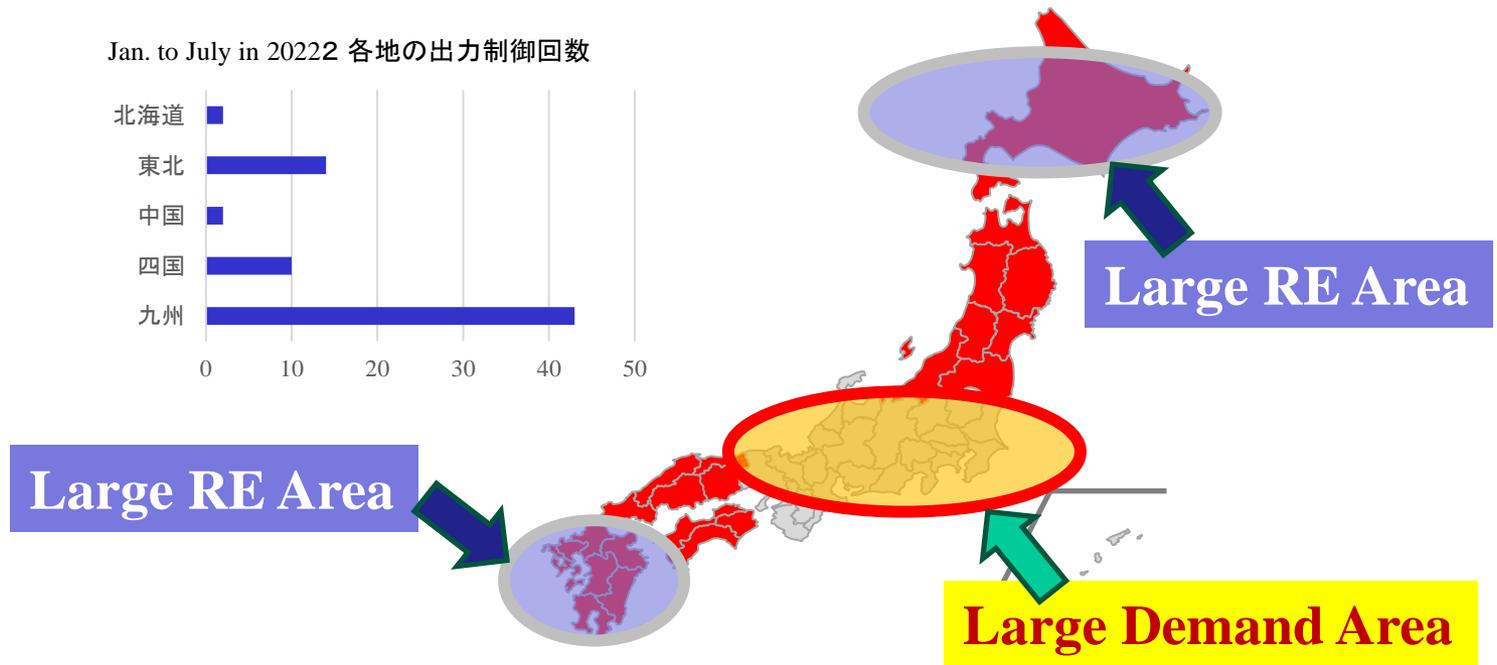
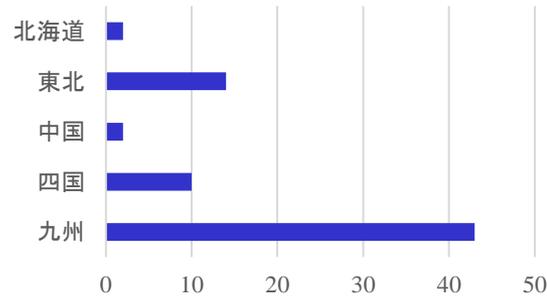


【資料】 ビットメディア 代表取締役社長 高野 雅晴 氏
第4回イベント (2022年9月28日)
「データセンターの地域エネルギー貢献」

Electrical Power shortage in spring and winter in Japan

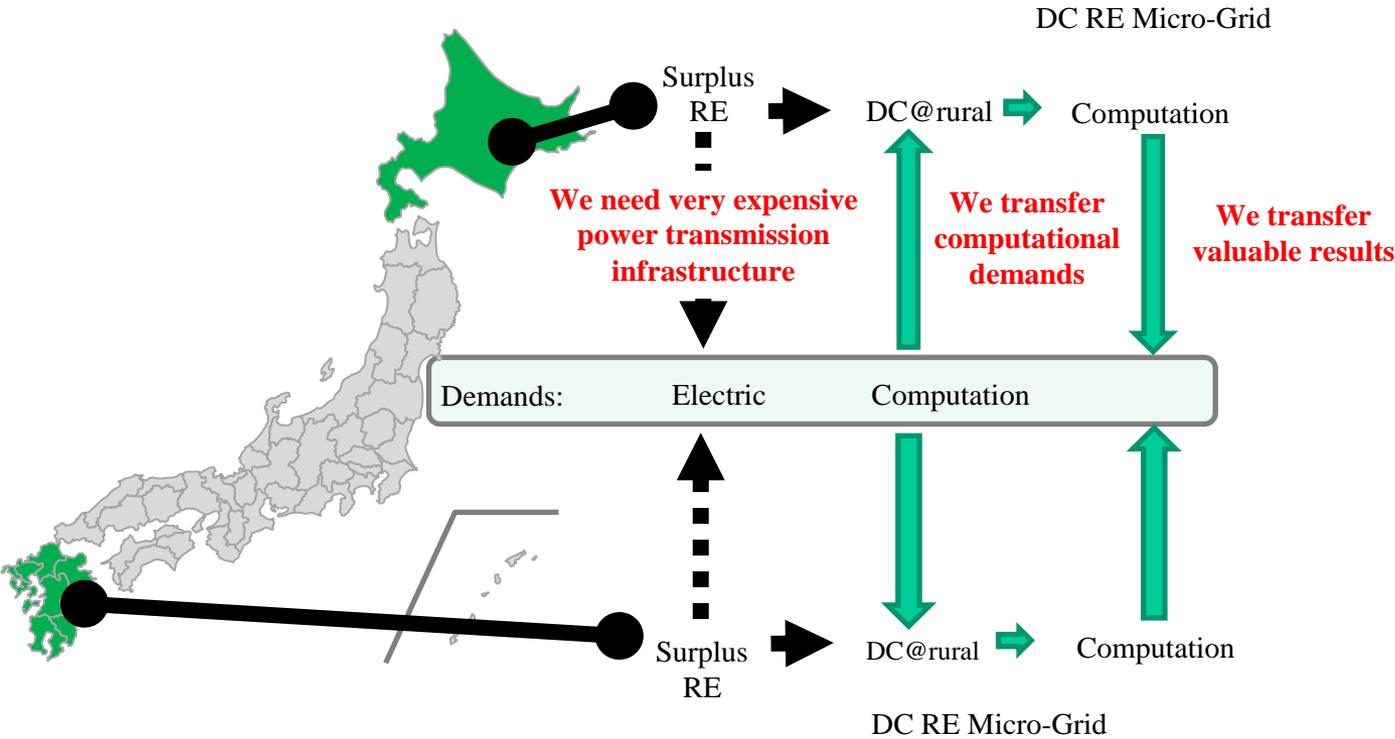
- 2022年再エネ出力制御は四国・中国・東北・北海道電力管内に拡大

Jan. to July in 2022 各地の出力制御回数

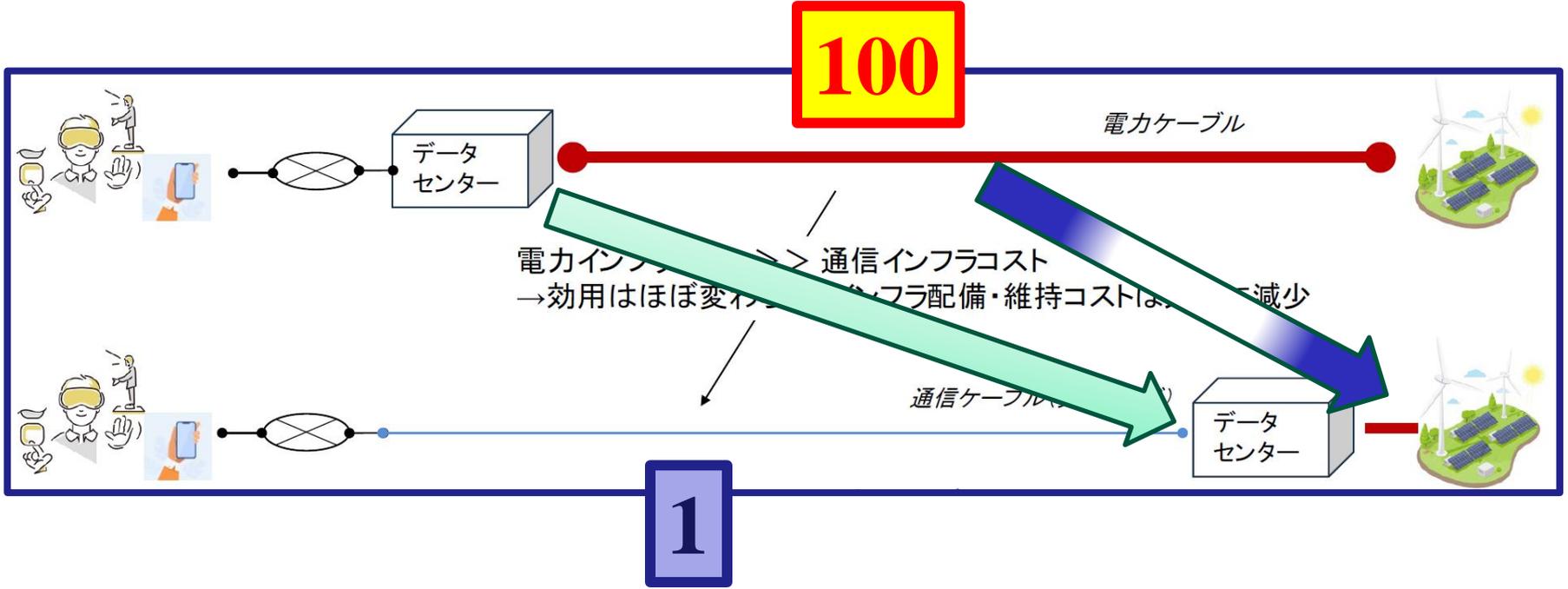


【資料】 ビットメディア 代表取締役社長 高野 雅晴 氏
第4回イベント (2022年9月28日)
「データセンターの地域エネルギー貢献」

Data Center in rural area can help !!!



【資料】 ビットメディア 代表取締役社長 高野 雅晴 氏
第4回イベント (2022年9月28日)
「データセンターの地域エネルギー貢献」



Energy x Digital

EV as new component
for new markets

【Operating rate】

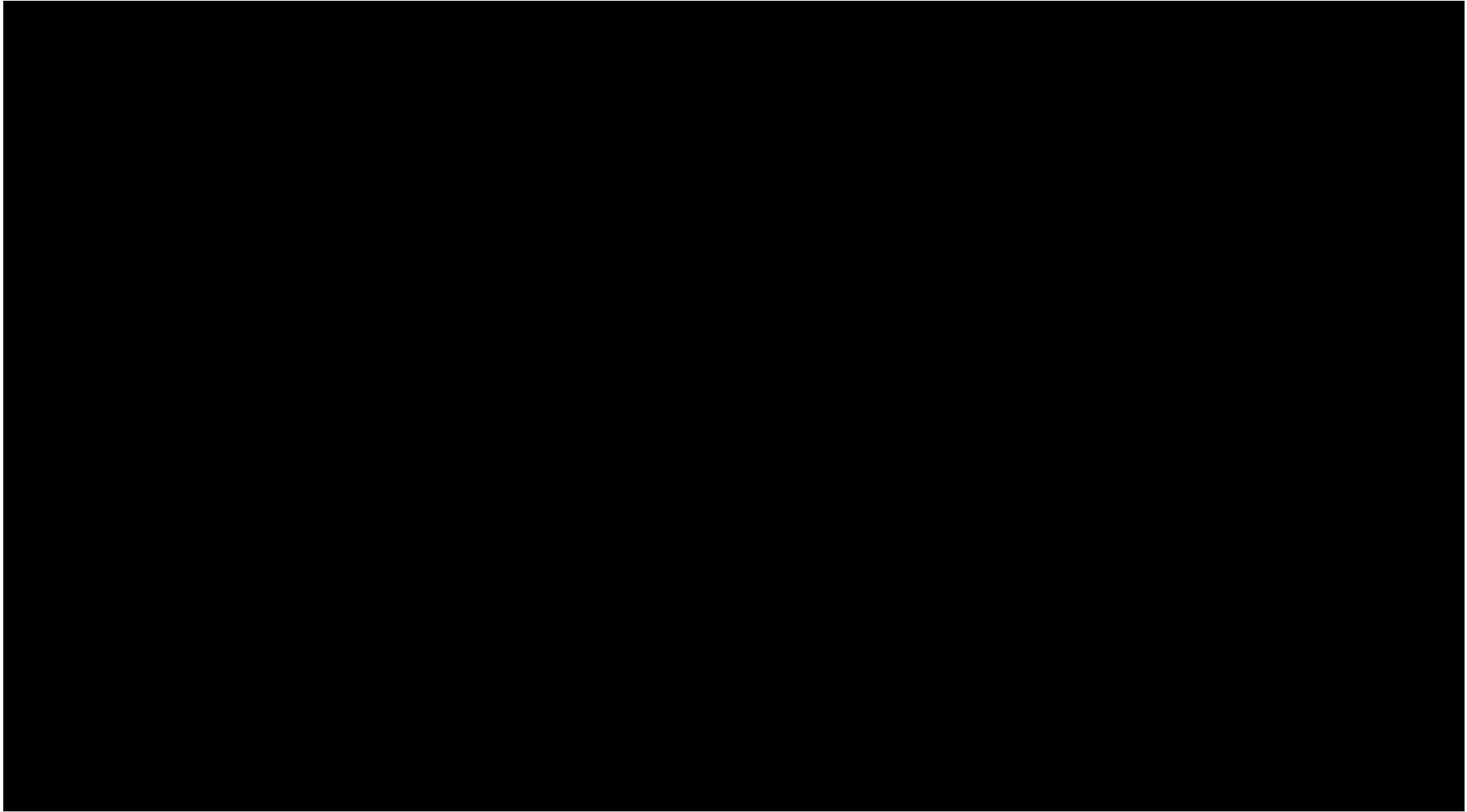
- Private : 4~5%
- Commercial : 24%

1. Battery

a. Emergency

b. DR (Demand Response)

2. Computation



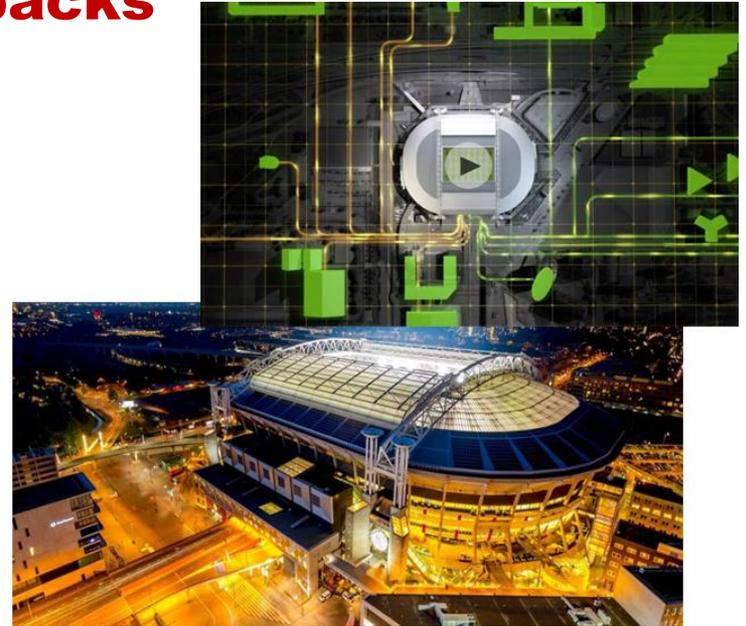
Reuse of used EV battery at Amsterdam stadium

■ {Electric} Power distribution base

Capacity of EV's **used battery packs**

- ✓ **3MWh only with 148 EVs**
- ✓ **100KW in peak per EV**
- ✓ **20KW in average per EV**

- 1. Normal situation;**
Power DR (Demand Response)
- 2. Emergency case;**
Local self power supply



体積当たりのエネルギー密度



キャ
最



400V & 12V DC System

100 KW in Peak
30 KW for continuous



30 Houses
by 50cm x 50 cm x 50cm



Nuclear	Legacy	300~500 MW
	Now	1.0 ~ 1.5 GW
Hydrogen (Kurobe)		335 MW
Hydrogen		500MW ~ 1.0 GW

Nissan Leaf	Ave.	225 MW
	Peak	750 MW



HONDA FCV
30 kW (Ave.)
100 kW (Peak)



Macro
Parking
Lots

Nissan Leaf: Ave. 30 KWh / car

Total No. of Leafs: 350,000(Worldwide)

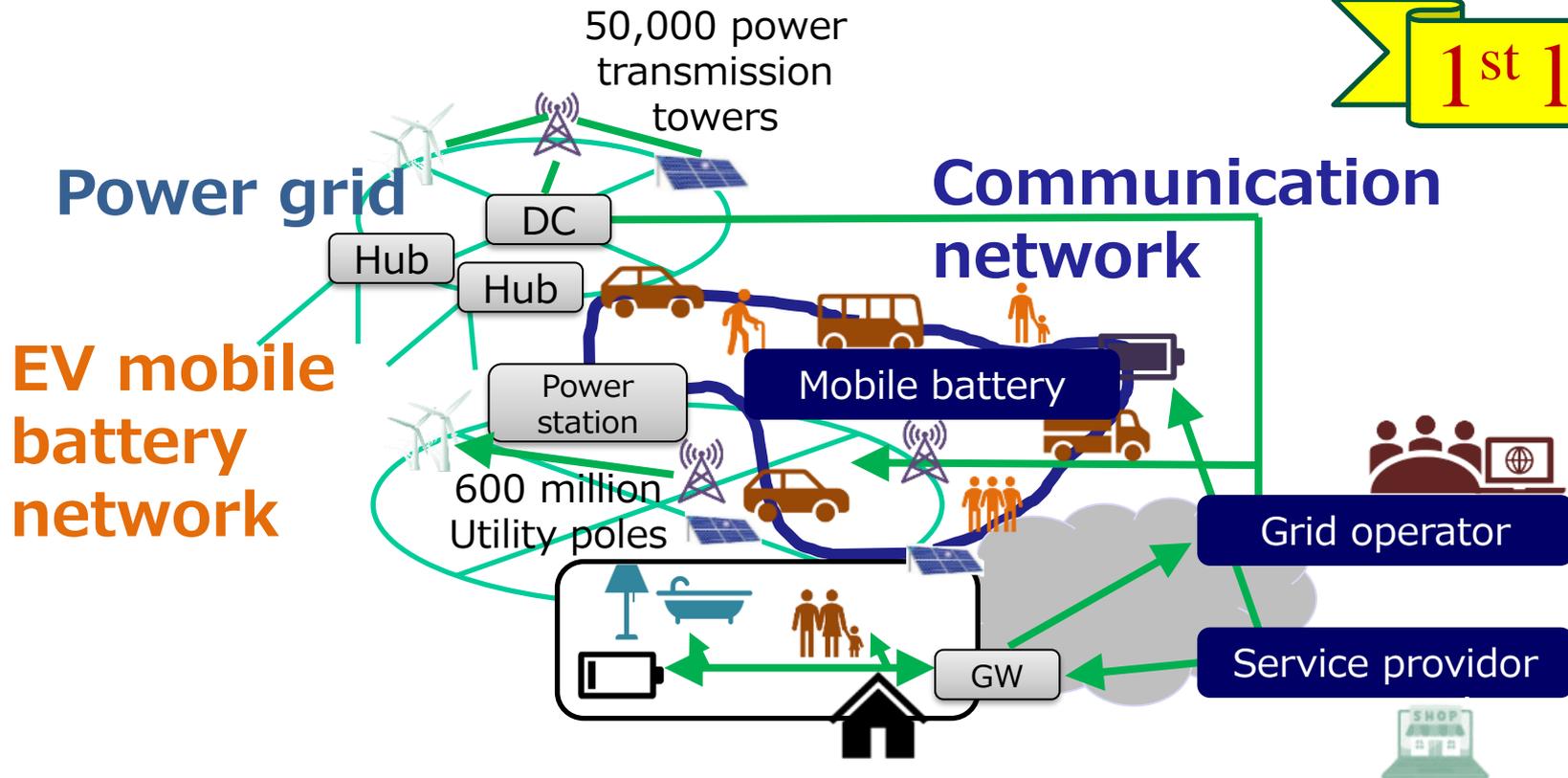
75,000 (in Japan)

(*) as of Sept.2016.

Nissan Leaf (100 cars)	Ave.	3 MW
	Peak	10 MW

① Battery x ② Computation x ③ Mobility

1st life



(出所) 岡本(2021)「GRIDで理解する電力システム」、電気新聞出版

① Battery x ② Computation x ③ Mobility

50,000 power

1st life

◆ Nissan EV : 30kW(Ave.), {100kW(Peak)}, 100kWh



1. 10^6 (1 millions) : 30GW(Ave.), 100 GWh(Peak)

- Pumped storage power in TEPCO (=9GWh) x 10
- Kurobe Dam@Japan (=335MW) x 10

2. 100 EVs : 3MW(Ave.), {30MW(Peak)}

- Eng.No.2 Bldg (12F) : 700kW (\doteq 35 EVs)
- Hongo Campus(No.2 in Tokyo) : 30MW (\doteq 1 k EVs)

(出所) 岡本(2021)「GRIDで理解する電力システム」、電気新聞出版

① Battery x ② Computation x ③ Mobility

50,000 power

1st life

◆ Tesla (by AMD@CES2023) : **10 TFLOPS** (10^{13})
<https://car.watch.impress.co.jp/docs/news/1469629.html>

◆ 富岳 (No.3 Super Computer) : **1,000 PFLOPS** (10^{18})

- **3 TFLOPS/node**
- **158,976 nodes** (1.5×10^5)

<https://www.fujitsu.com/jp/about/businesspolicy/tech/fugaku/specifications/>



$100k (= 10^5)$ Tesla \div 富岳 (No.3 Super Computer)

(出所) 岡本(2021)「GRIDで理解する電力システム」、電気新聞出版

金銭コスト
温室効果ガス排出量

鉄道、道路 (列車) (自動車)	vs	空港、港湾 (飛行機) (船舶)	vs	{不要}
光ファイバ網	vs	携帯無線網	vs	衛星&WiFi網
同期型送配電網 (日本型) (EV【電】力網)	vs	地域電力網 (米国型) 【{固定}点】	vs	移動型電力源 【{移動}点】

敷設・維持・変更コストの減少
=地球温暖化ガス排出量の削減

移動能力の変化/進化

【コンピュータ(計算)】

1950-1990	1990～	2000～
メインフレーム/WS	ノートブック	VM(Virtual Machine)
地面への恒久的拘束	地面からのHWの解放	SWのHWからの解放

【UPS/バッテリー/蓄電】

1800～	2000～	2025～
自家発	設置	自走
化石燃料とのバンドル(拘束)	(化石燃料)発電設備からの解放	地面への拘束からの解放



High capacity
mobile battery
packages

as 2nd life



Respon



High capacity
mobile battery
packages

as 2nd life

Recycling
market for used
battery packages in
EVs

as the 2nd life !!!!



**Transfer cost
= Energy Productivity...**

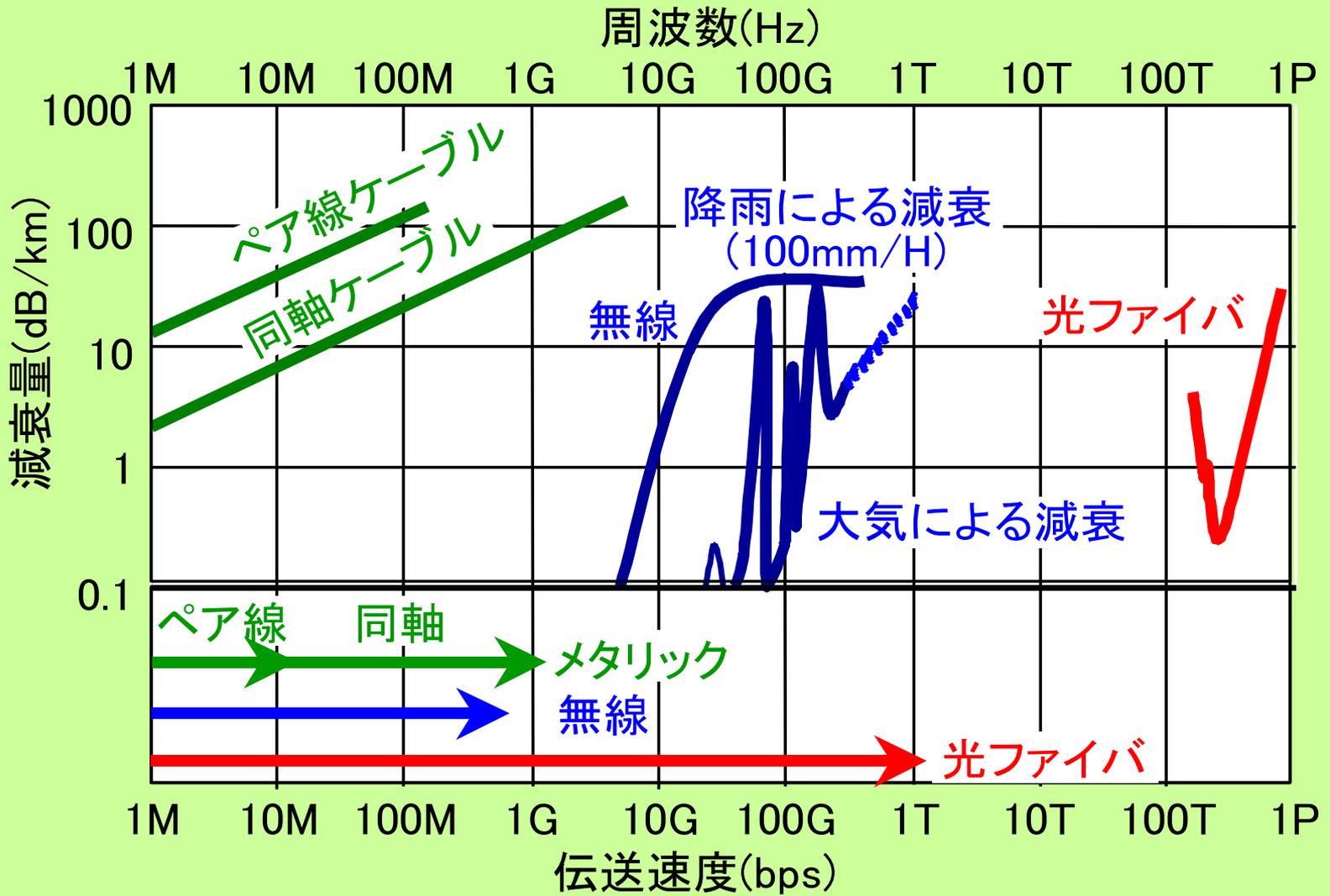
Electricity >> Digital bits

x00

:

1

1. 物理伝送媒体



通信速度
(bit/s)

100M

10M

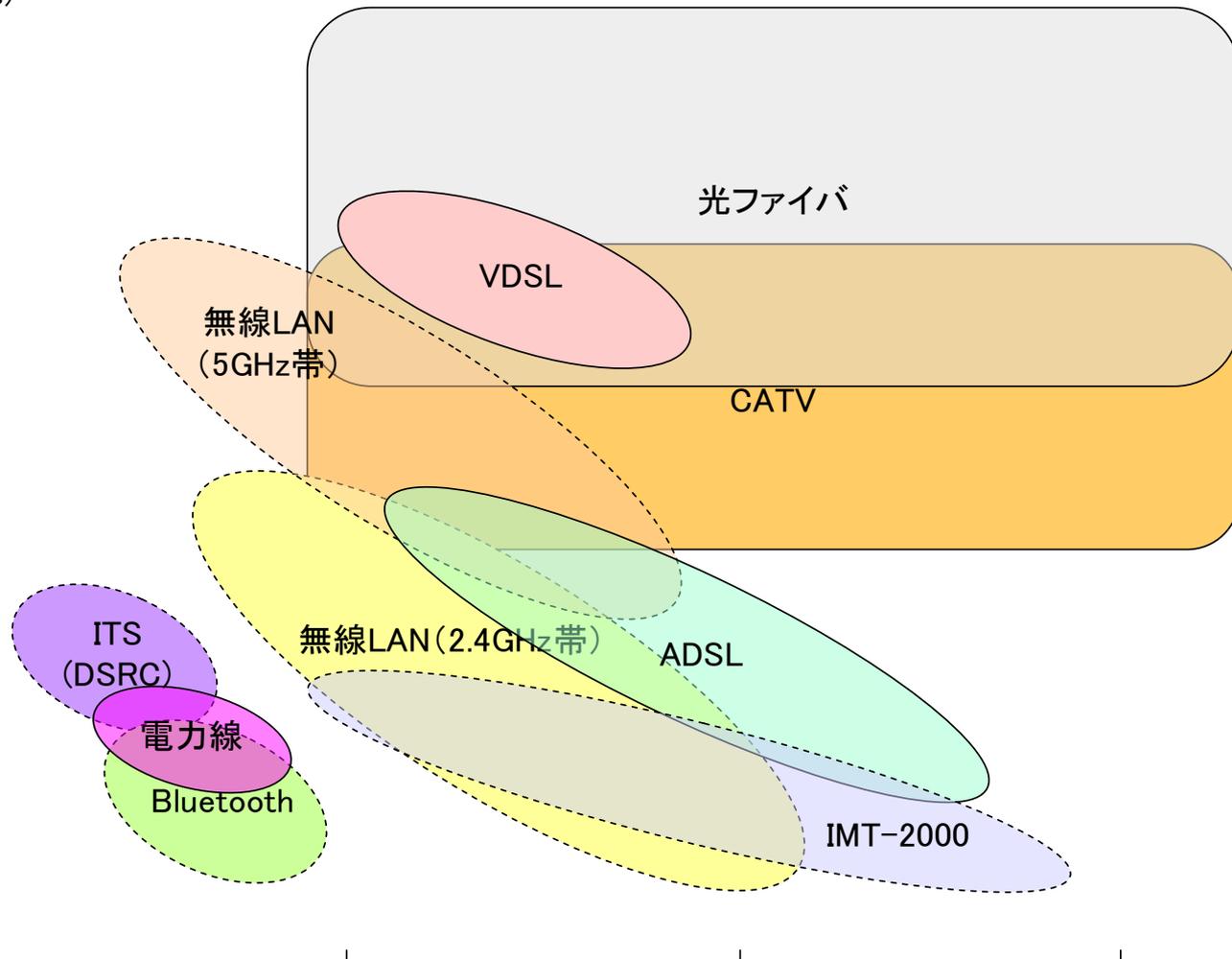
1M

100m

1km

10km

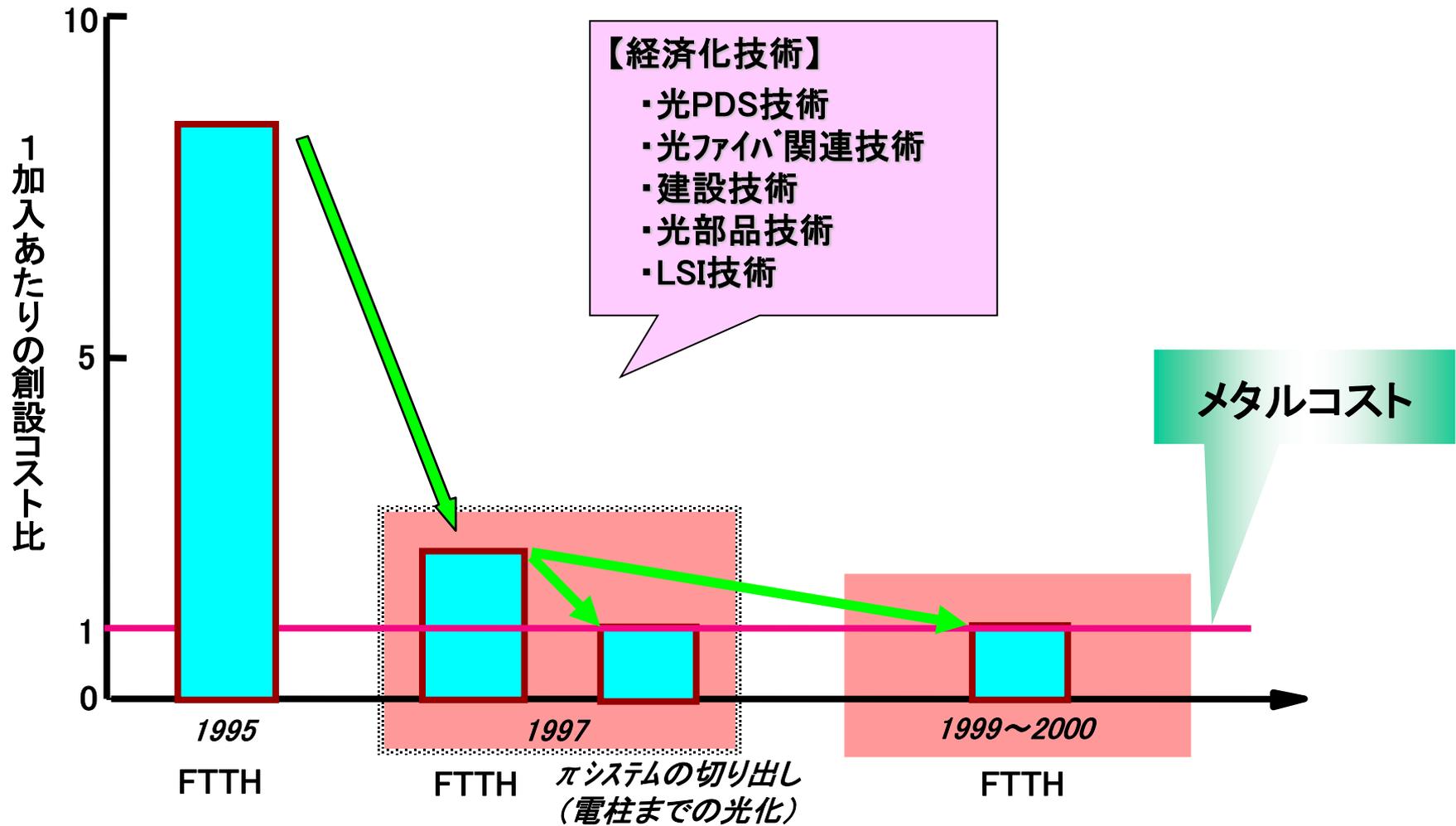
距離



Optical Networking at Double Moore's Law

- Moore's Law says that computer speed=2x every 18 months, and the cost = 50%
- John Roth, president and chief executive officer, says that Nortel Networks is moving at twice the speed of Moore's Law, doubling the capacity of its fiber-optic systems and halving the cost *every nine months*.
- Networks: 3 years=16x capacity, 6% cost
 - Computers: 3 years=4x speed, 25% cost
- Networks: 6 years=256x capacity, >1/2% cost
 - Computers: 6 years=16x speed, 6% cost

FTTHの経済化



2. 信号伝送方式

2.1 伝送方式

(1) ベースバンド方式

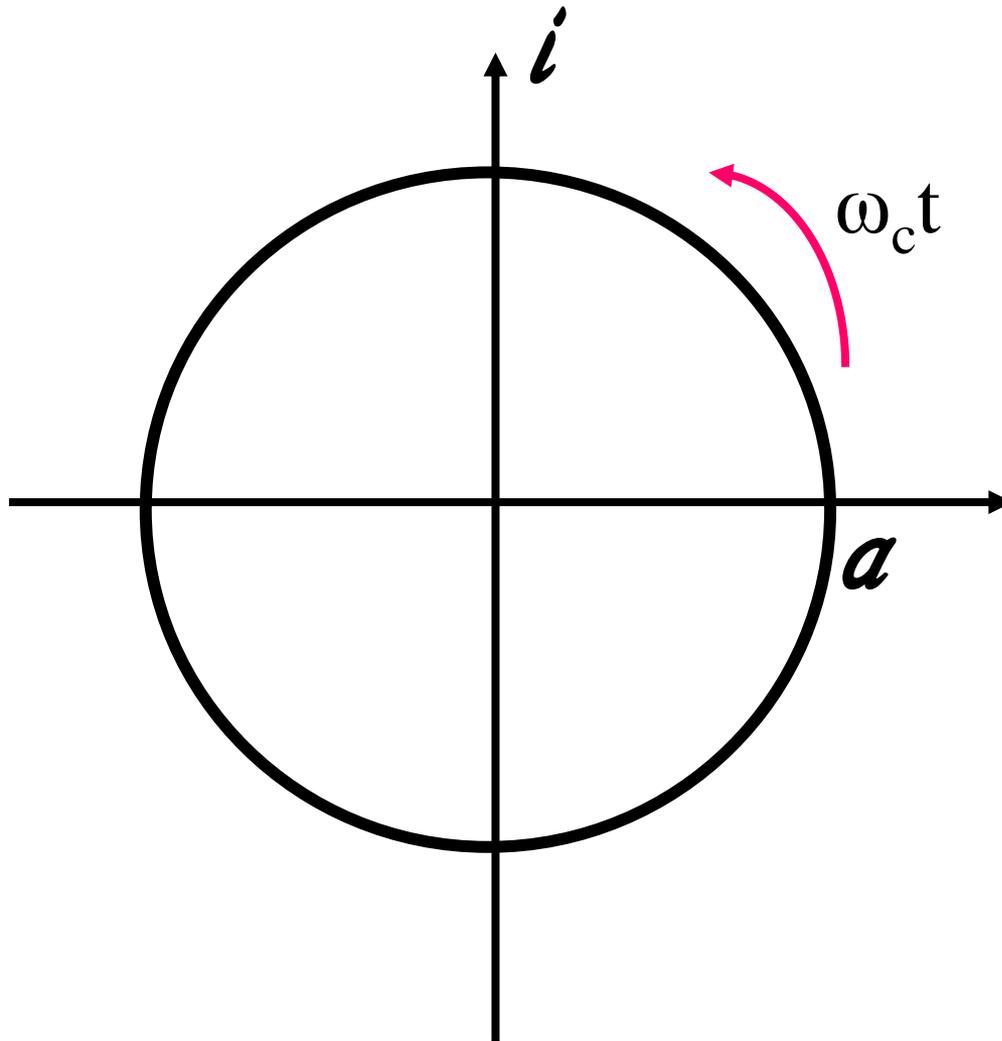
データを電圧パルスの情報に符号化して転送

(2) 帯域(変調)方式

ある周波数の正弦波(搬送波)を、伝送したい
データを用いて変化させる(変調)方式。

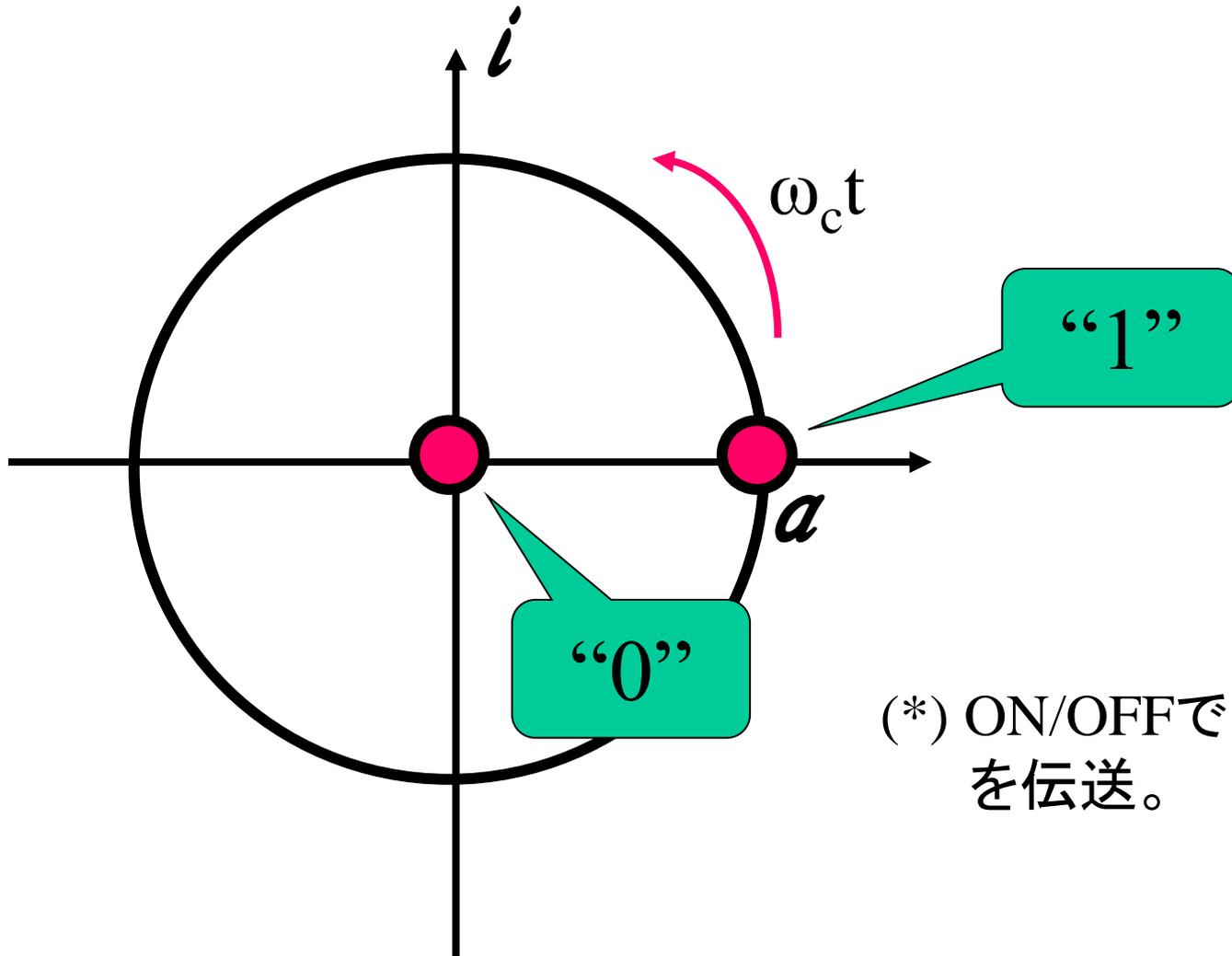
- 搬送波の振幅を変調 : ASK (Amplitude Shift Keying)
- 搬送波の位相を変調 : PSK (Phase Shift Keying)
- PSK + ASK : QAM(Quadrature Amplitude Modulation)

複素空間で考えると。

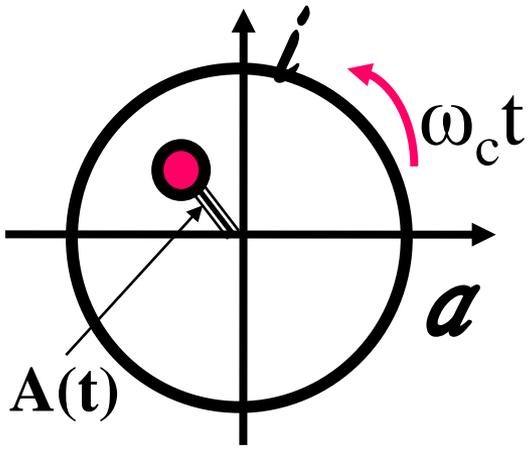


$$S_c(t) = a \sin(\omega_c t)$$

複素空間で考えると。



(*) ON/OFFで、“0”と“1”
を伝送。

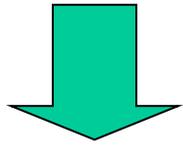


$A(t) = a \sin(\omega_c t)$ の正弦波を変調伝送すると

$$\begin{aligned}
 S_o(t) &= A(t) \sin(\omega_c t) \\
 &= a \sin(\omega_o t) \cdot \sin(\omega_c t) \\
 &= a \{ \cos(\omega_o + \omega_c) t - \cos(\omega_o - \omega_c) t \}
 \end{aligned}$$

搬送波:

$$S_c(t) = a \sin(\omega_c t)$$



$\omega_o + \omega_c$ と $\omega_o - \omega_c$ の周波数

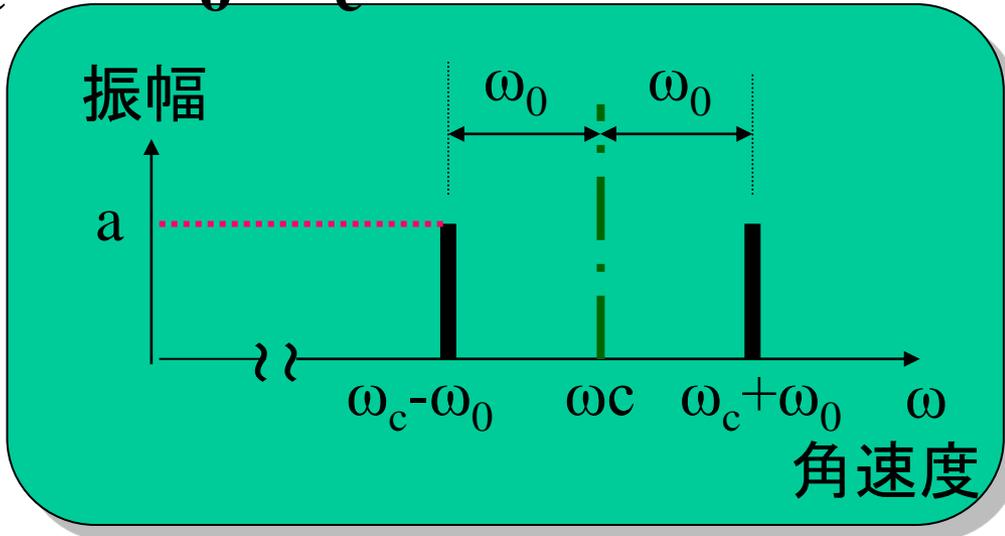
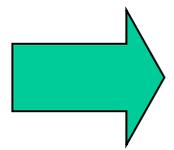
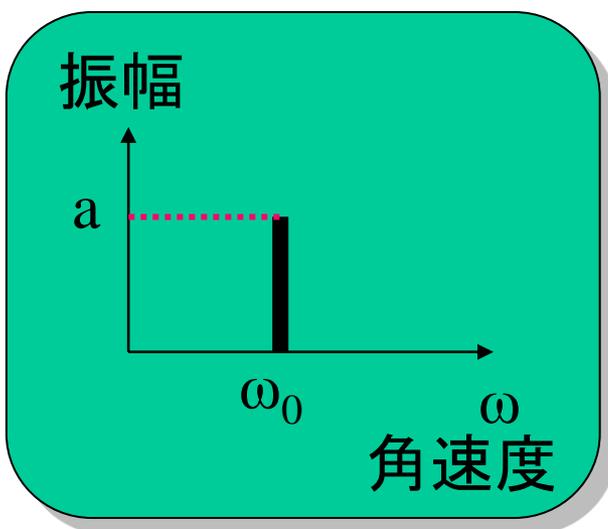
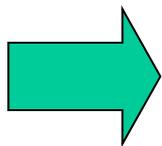
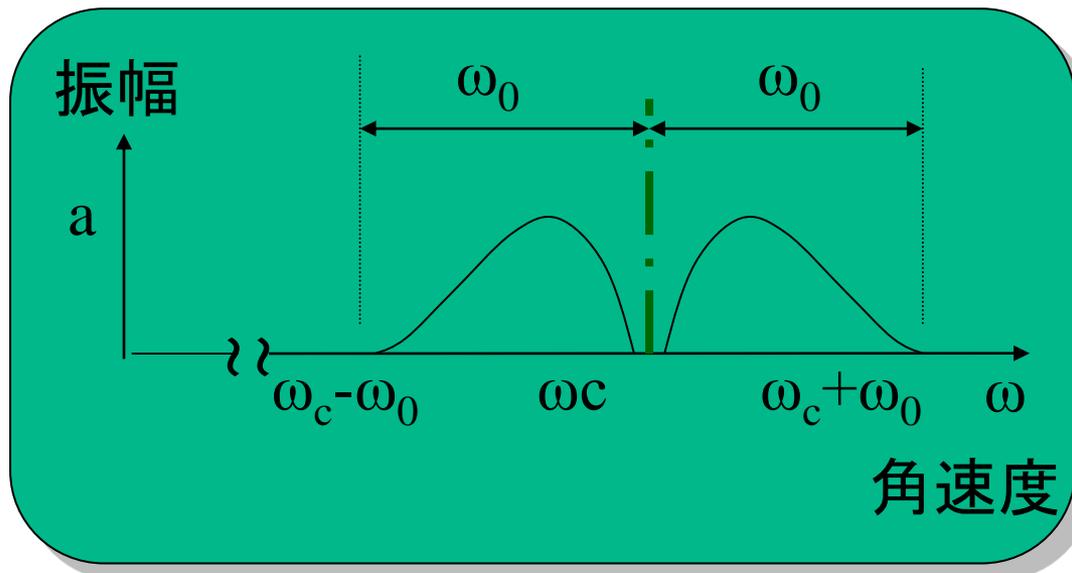
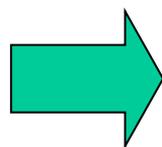
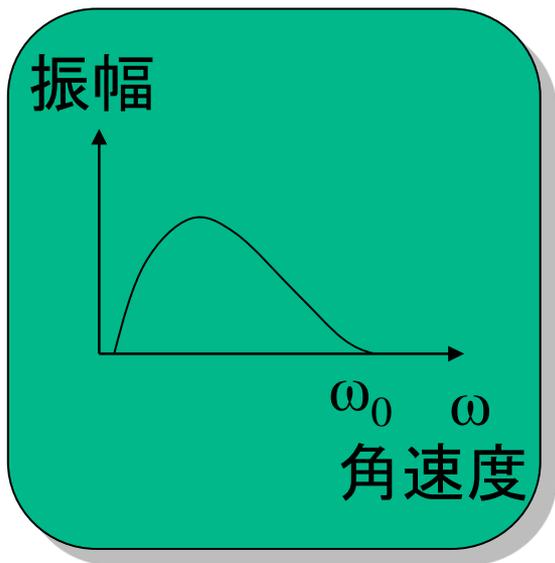


図6-1. 振幅変調方式(アナログ正弦波の伝送例)

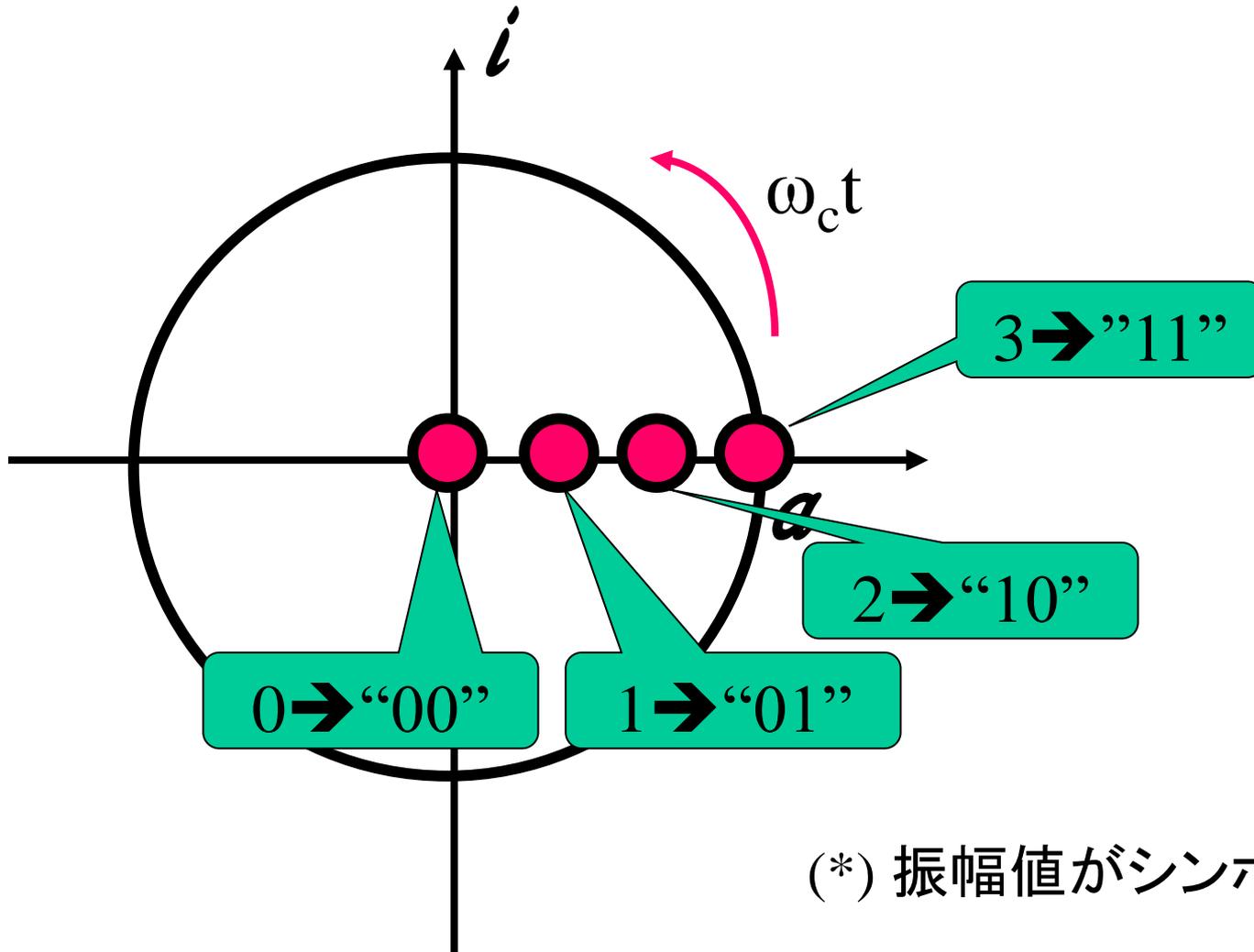
$$\begin{aligned}
 S_c(t) &= A(t) \sin(\omega_c t) \quad \cdot \cdot \quad \{ \text{if } A(t) = a \sin \omega_0 t \} \\
 &= a \sin(\omega_0 t) \cdot \sin(\omega_c t) \\
 &= a \{ \cos(\omega_0 + \omega_c) t - \cos(\omega_0 - \omega_c) t \}
 \end{aligned}$$



$\omega_0 + \omega_c$ と $\omega_0 - \omega_c$ の周波数

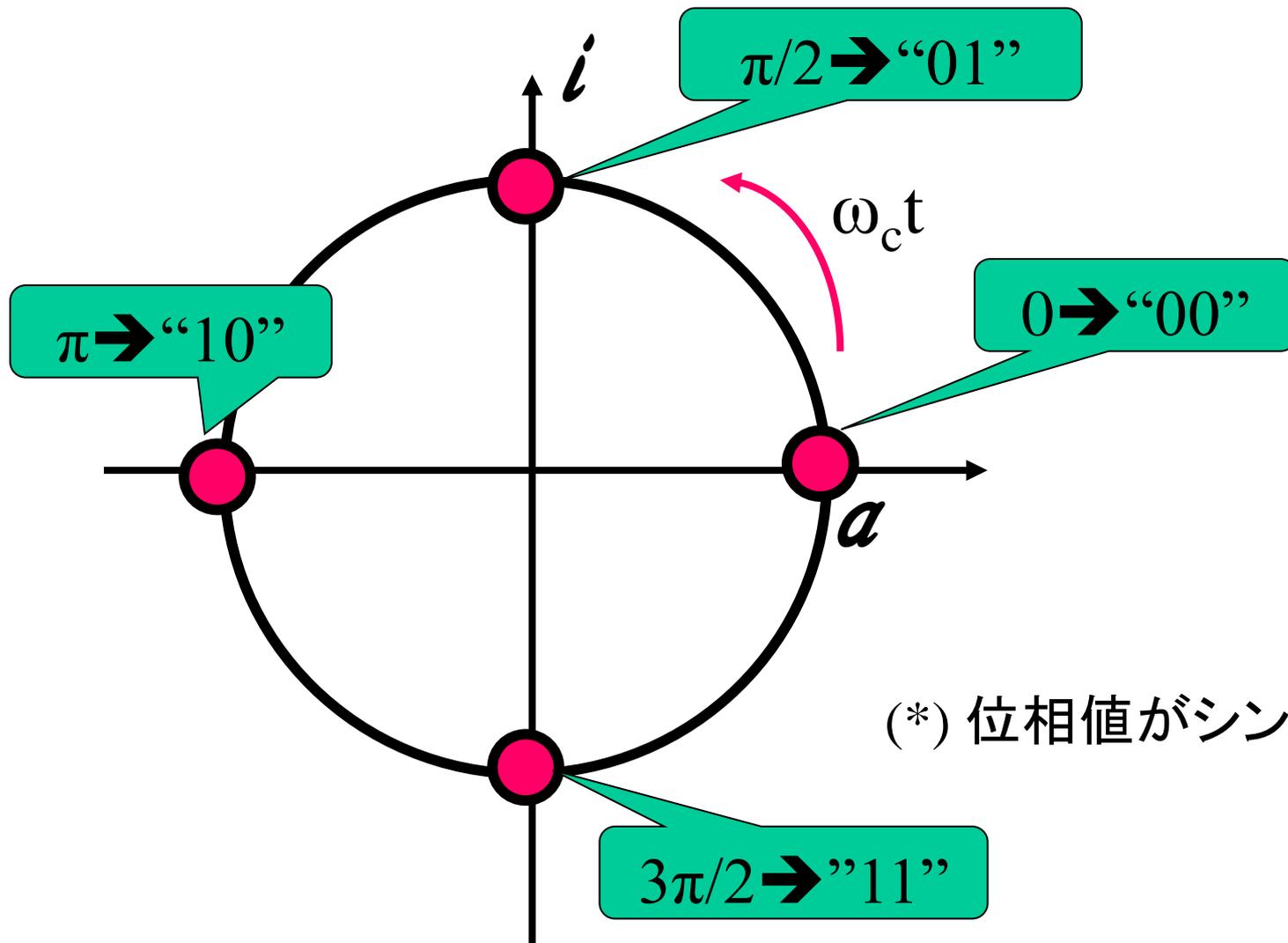


複素空間で考えると。



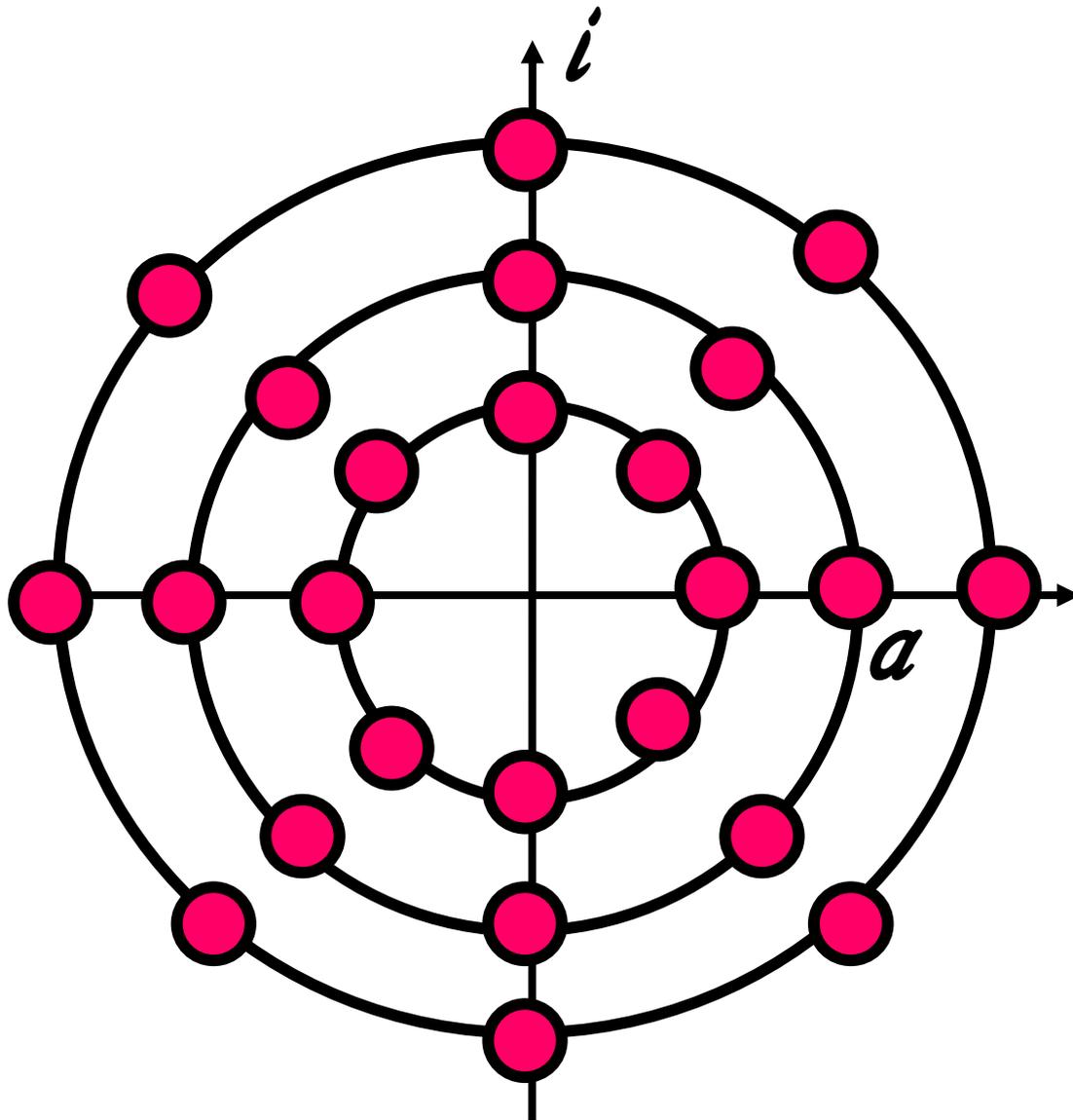
(* 振幅値がシンボルに対応

複素空間で考えると。

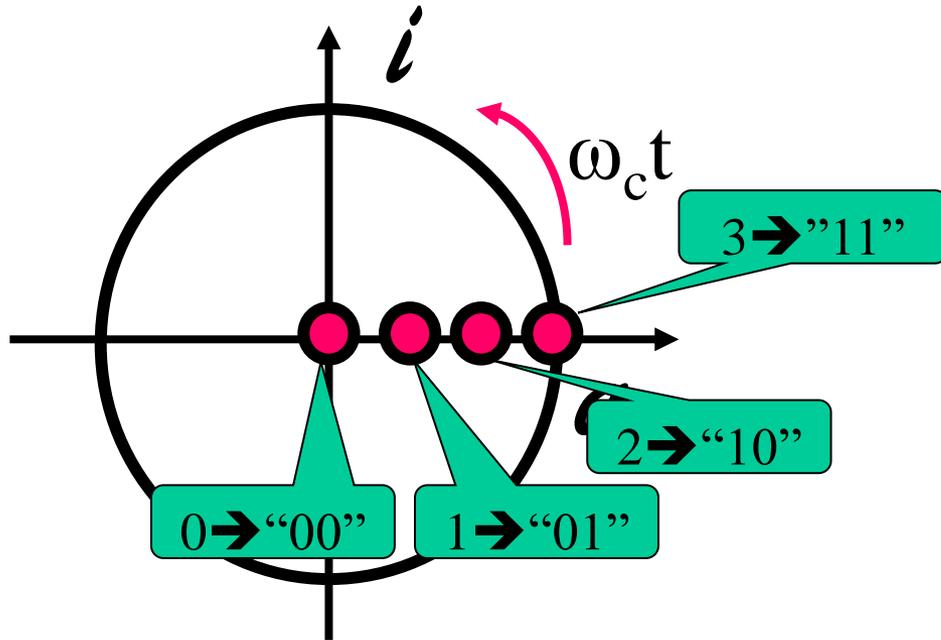


(*) 位相値がシンボルに対応

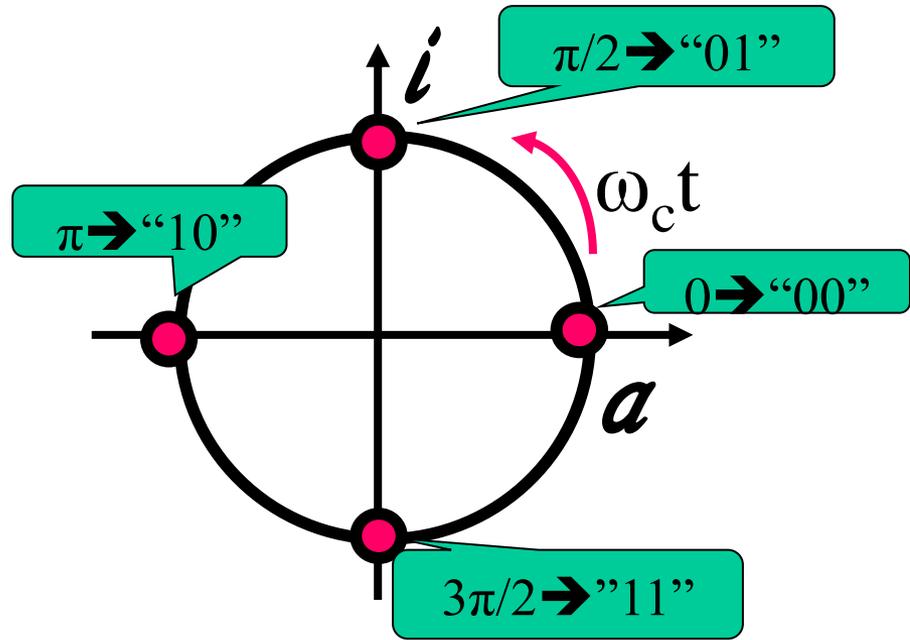
複素空間で考えると。



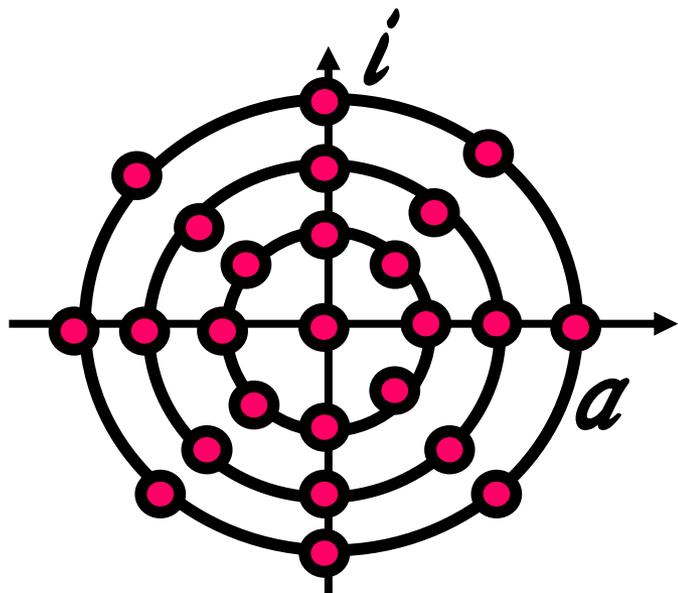
(*) 位相値×振幅値が
シンボルに対応



(a) 振幅値がシンボルに対応



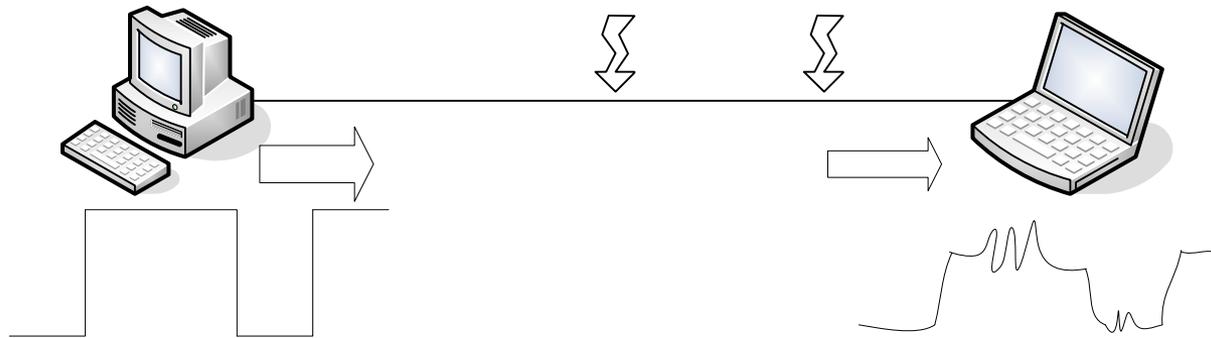
(b) 位相値がシンボルに対応



(c) 位相値×振幅値がシンボルに対応

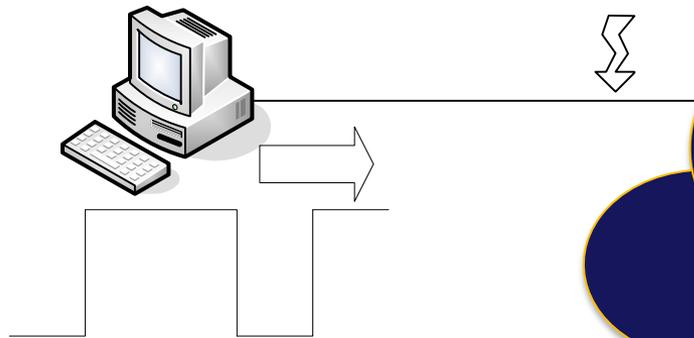
図6-4. モデム伝送 (振幅×位相)

どれだけ情報を送ることができるか？



- 通信資源を占有しても
 1. 伝送中に信号が減衰する
 2. 周波数によって減衰量が異なるため波形が歪む
 3. 周囲からの雑音が入る
- 広い周波数帯域を使えば速く送れる

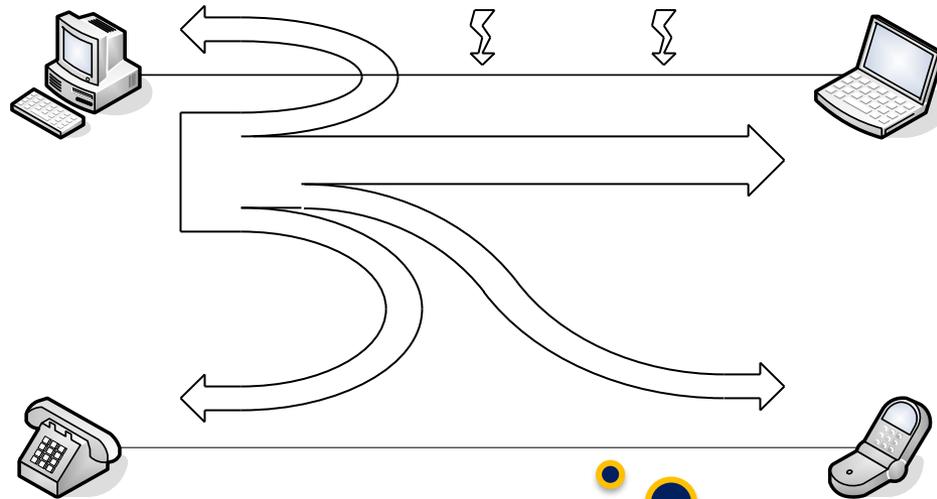
どれだけ情報を送ることができるか？



1. 周波数が大きくなると、粒子性が出てくる。遠くに飛ばしにくくなる。
2. 周波数が低いと、波の性質で、障害物があっても回り込める。

- 通信資源を占有しても
 1. 伝送中に信号が減衰する
 2. 周波数によって減衰量が異なるため波形が歪む
 3. 周囲からの雑音が入る
- 広い周波数帯域を使えば速く送れる

雑音

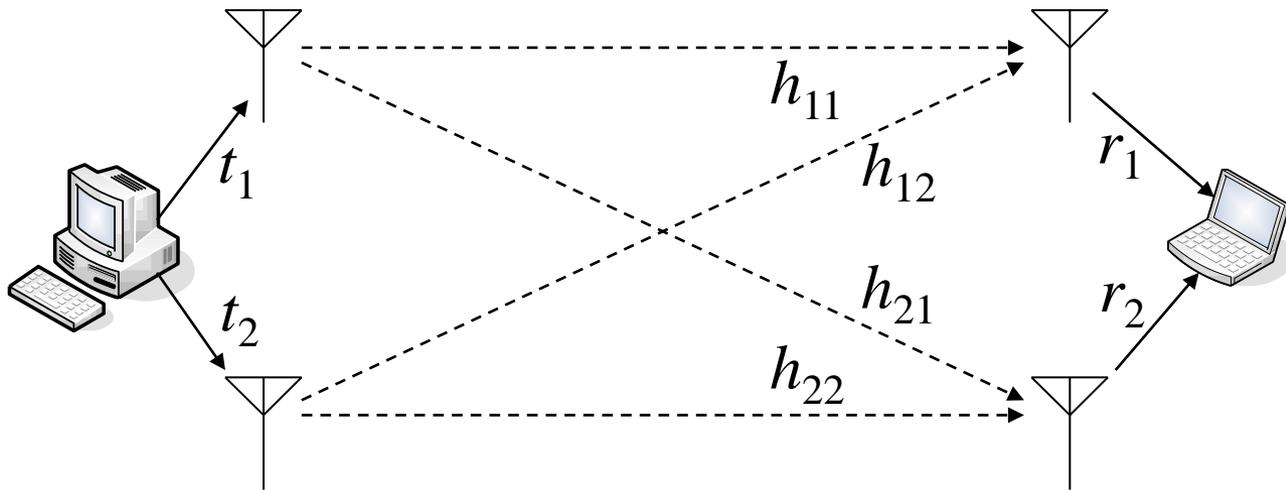


- 歪み・エコー
 - きちんと計算すれば除去可能
- 近端漏話・遠端漏話
 - チャンネルを分けることで対策可能
- 周囲からの雑音
 - 一旦混入すると除去困難 ← アナログ

1. 有線が無線より優位
2. 5GではMIMOとアンテナ技術で指向性を持たせる

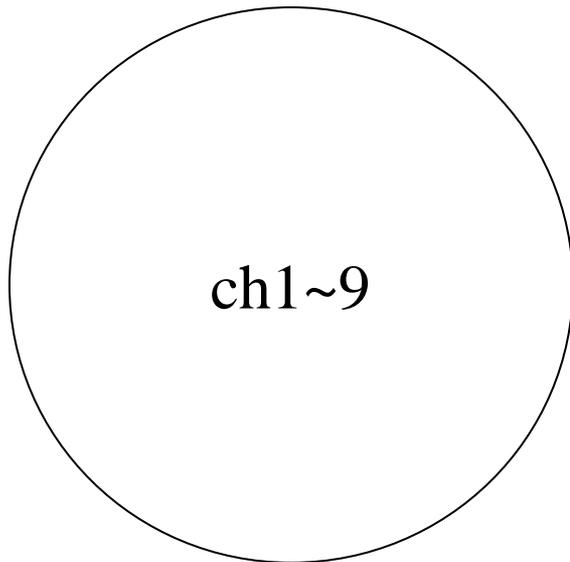
MIMO

(Multiple Input Multiple Output)

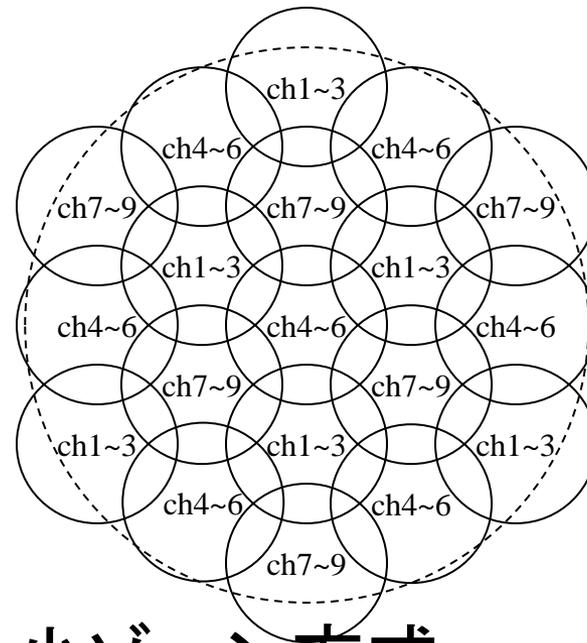


$$\begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} t_1 \\ t_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \end{pmatrix}$$

小ゾーン方式



- 大ゾーン方式
9人までサービス可能

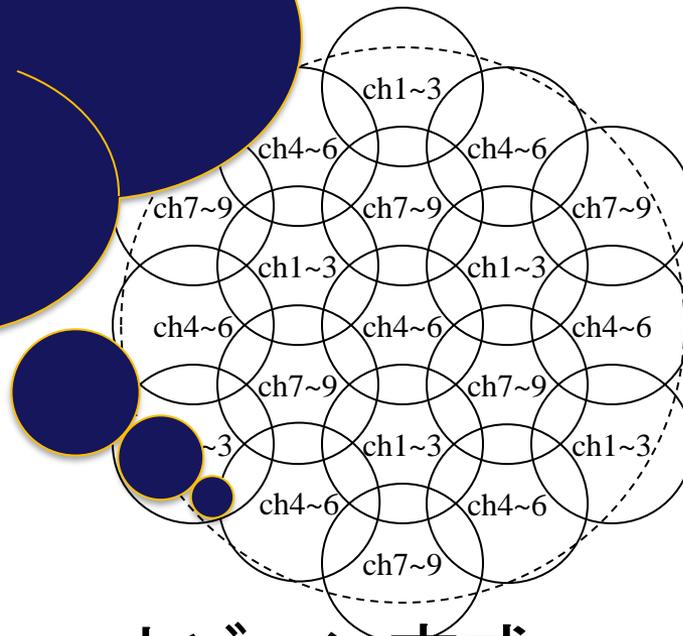


- 小ゾーン方式
57人までサービス可能

なので、5G は大変なんです。

1. たくさんの基地局
2. 粒子に近い電波(28GHz帯)
負：減衰(見通じゃないと)
正：反射を利用
3. 電気もたくさん消費。。

式



- 大ゾーン方式

9人までサービス可能

- 小ゾーン方式

57人までサービス可能

無線

- 携帯電話

- PDC: 28800bps、数km
- PHS: 128kbps、数百m
- 3G: 最大数Mbps、数km

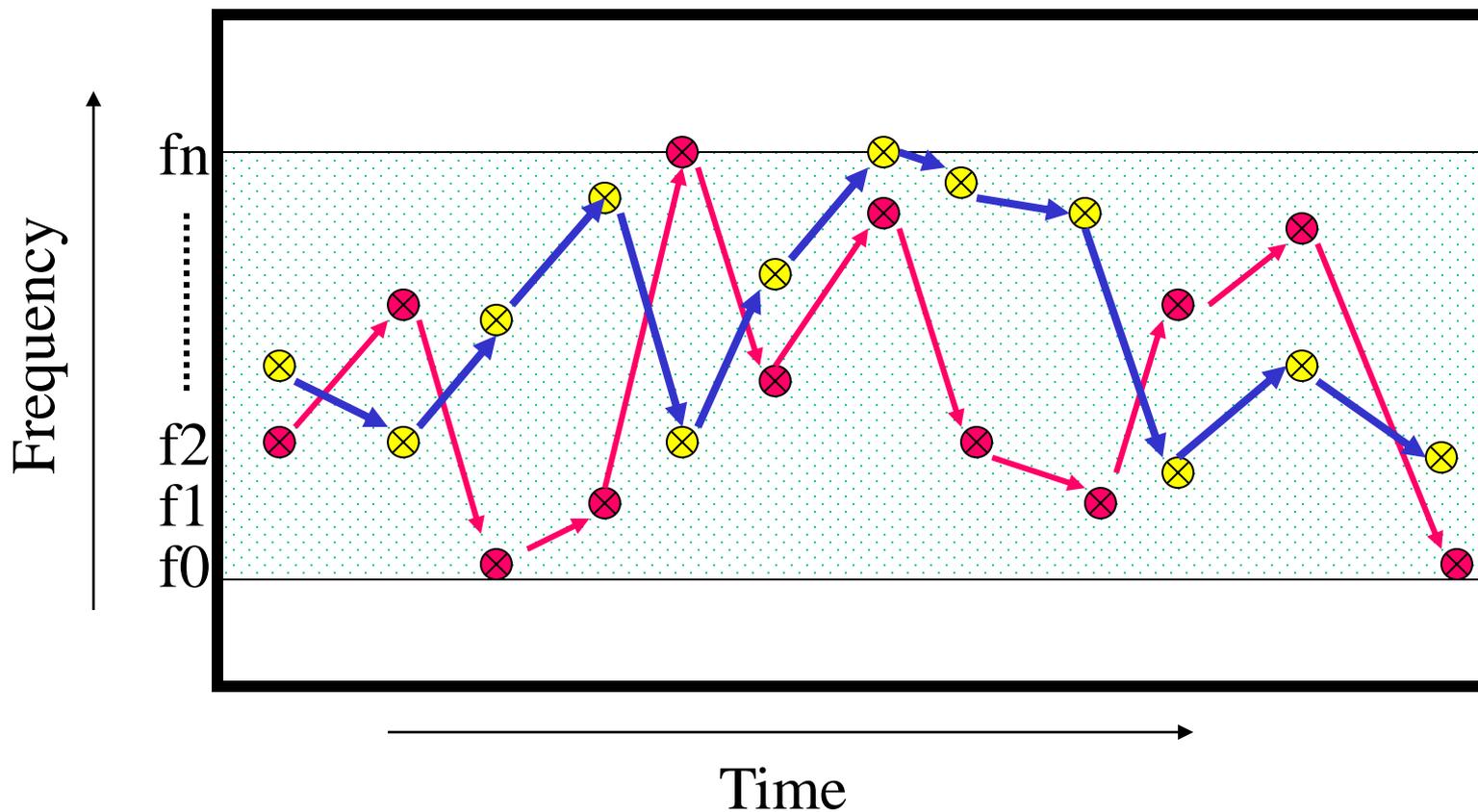
- 無線LAN

- IEEE 802.11b: 2.4GHz帯、11Mbps、数十m
- IEEE 802.11a: 5GHz帯、54Mbps、屋内のみ
- IEEE 802.11g: 2.4GHz帯、54Mbps、屋外可
- IEEE 802.11n: 130～600Mbps、MIMO(Multiple Input Multiple Output)

1. 2.4GHz帯は、他の機器(e.g., 電子レンジ)も使っている。

2. 同じ周波数帯を使っても知恵を絞れば。

IEEE802.11 FHSS方式



2.2 同期方式

(1) ビット同期

ビット単位での同期を確立する。

(2) ブロック同期

キャラクターなどの伝送単位での同期を確立する。

(a) Synchronous 転送

送受信が、同一のクロック(同期したクロック)を持つ

(b) Asynchronous 同期

送受信は、同一なクロックを持たない。

3. 多重化方式

多重化:

複数の信号のフローが一つの資源を共有しながら、混信せずに転送される

1. 空間
2. 時間
3. 周波数
4. 符号

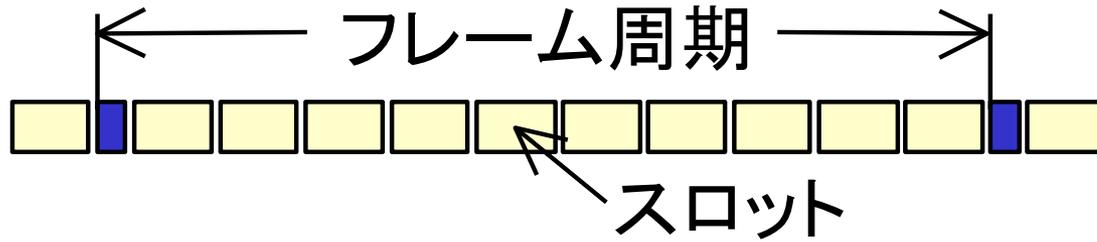


**【重要な点】
直行する空間**

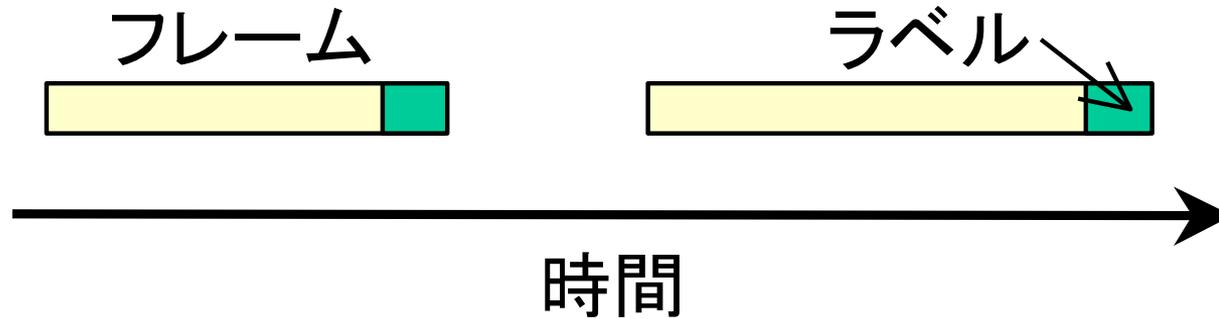


直行空間でない場合には、
干渉が起こって、信号誤りが
発生

(a)同期形多重方式



(b)フレーム多重方式



(1)時分割多重方式

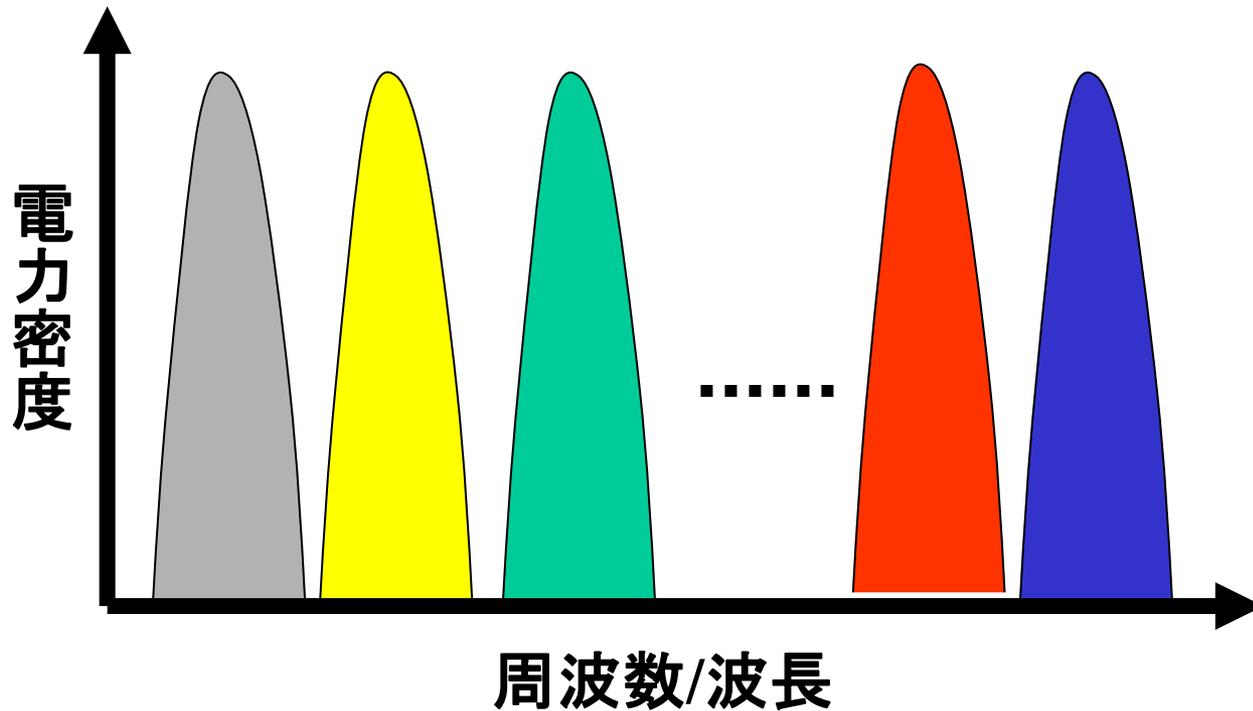


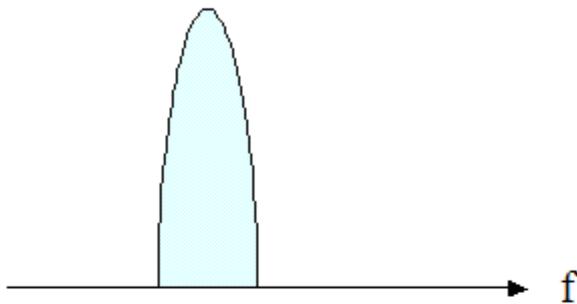
図6-6. 周波数/波長多重

(FDM; Frequency Division Multiplexing)

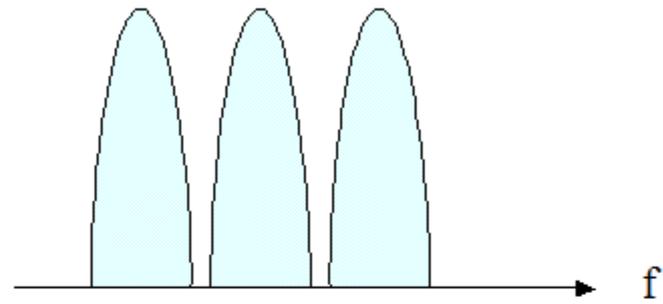
(WDM; Wave Length Division Multiplexing)

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)

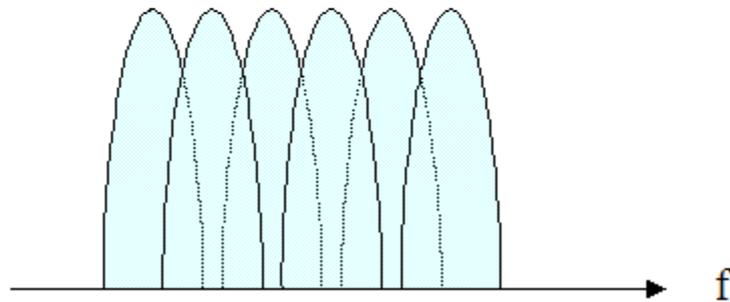
方式の概要



単一キャリア

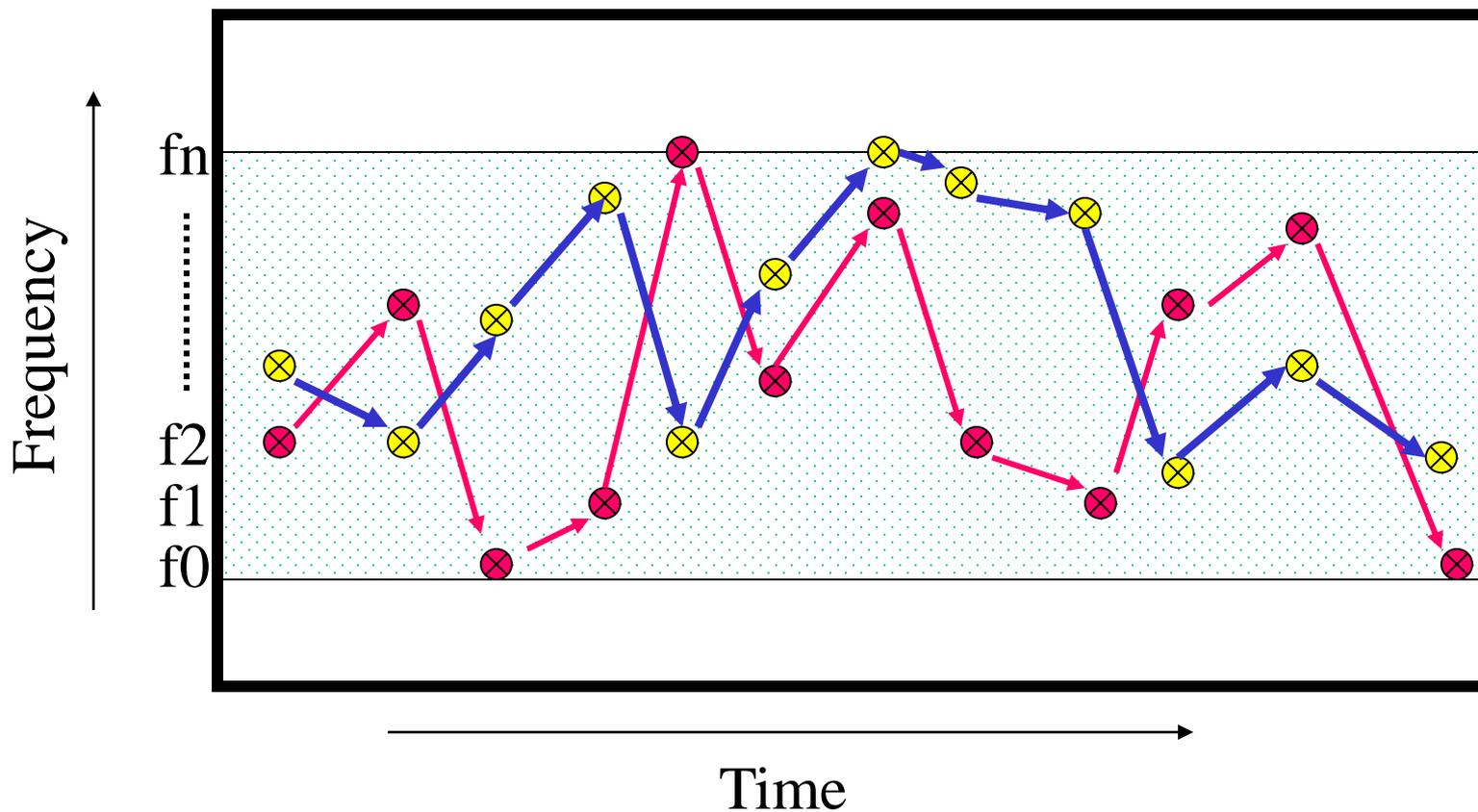


FDM (Frequency Division Multiplexing)



OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)

IEEE802.11 FHSS方式



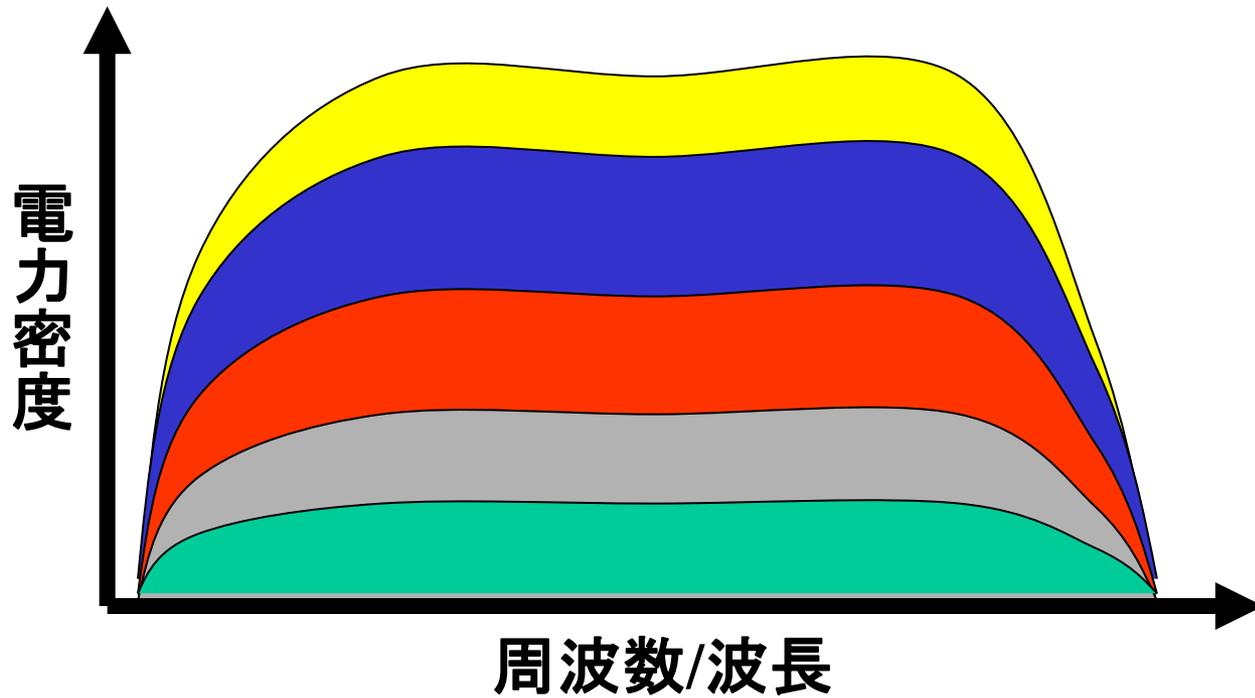
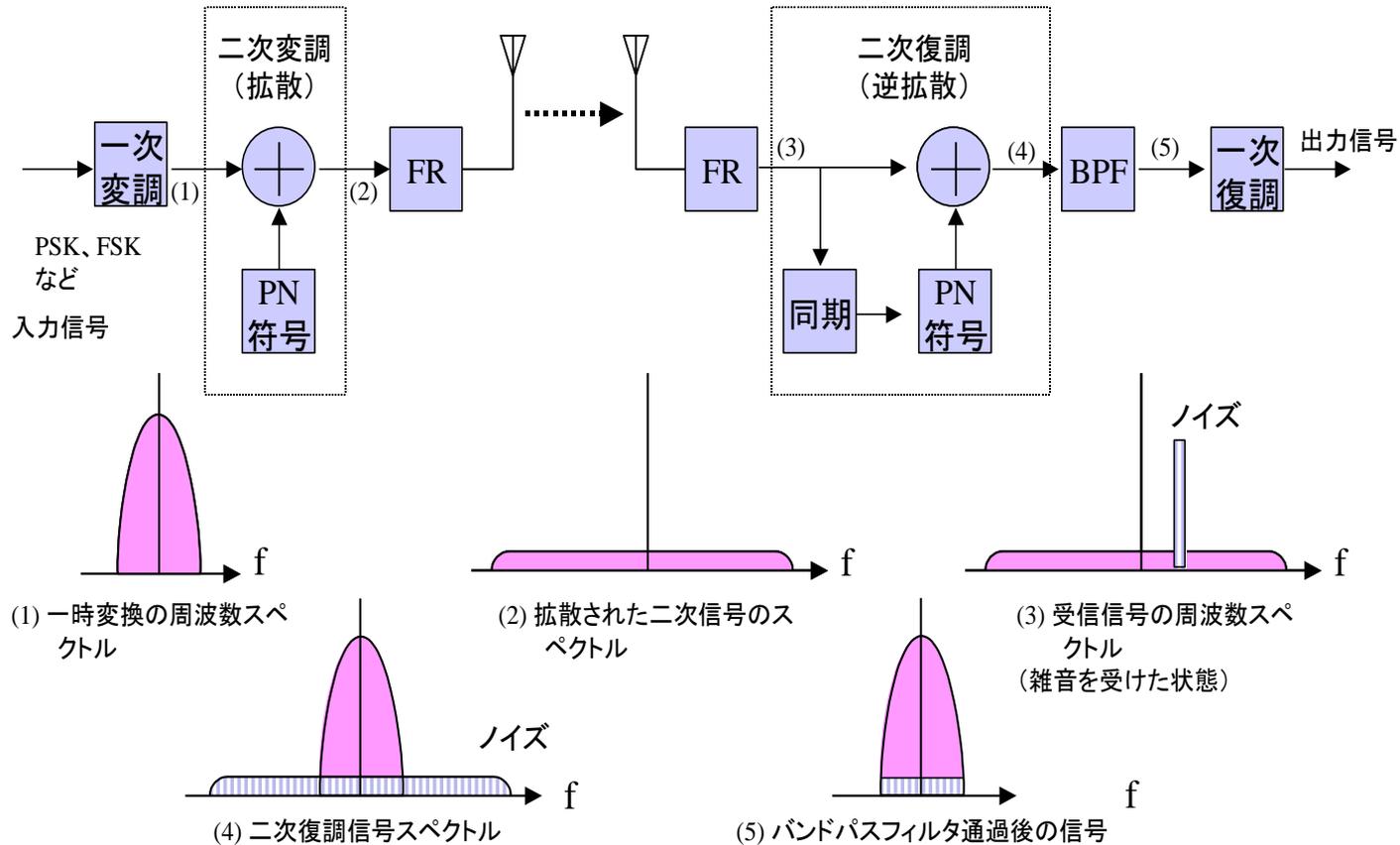


图6-7. 符号多重(CDM: Code Division Multiplexing)

DS-SS方式の概要



PSK: Phase Shift Keying
FSK: Frequency Shift Keying

伝送速度が上がると。。。!!

◆ Shannon の Sampling Theory

- 信号の周波数帯域幅の 2 倍の周波数で サンプリングすれば、元波形を完全に再現可能。



伝送したいアナログ信号を デジタル化(AD変換)、IPパケットにデジタルビットを収納して伝送、DA変換を行い元波形を再生可能。

= PHY over IP が実現可能

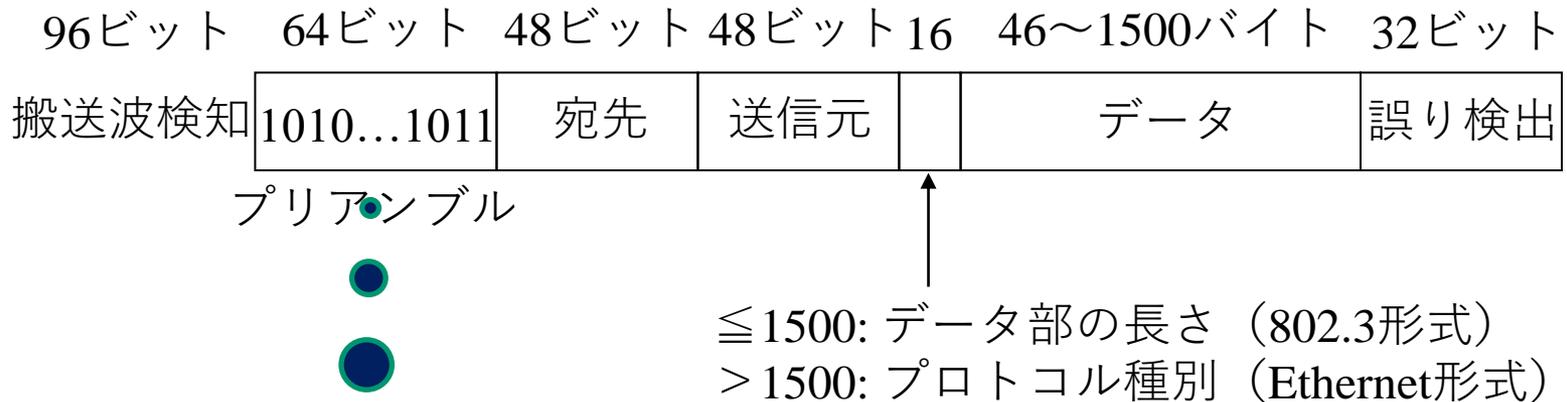
4. メディアアクセス制御方式 ～共有資源を複数で共有～

- 固定スロット割り当て方式
- コンテンション方式
 - CSMA/CD : Carrier Sense Multiple Access with Contention Detection
- トークン方式

データリンクの形態

- P2P Link (Point-to-Point Link)
 - デジタル専用線、糸電話
- NBMA(Non Broadcast Multiple Access)
 - 電話リンク
- BMA(Broadcast Multiple Access)
 - イーサネット、FDDI

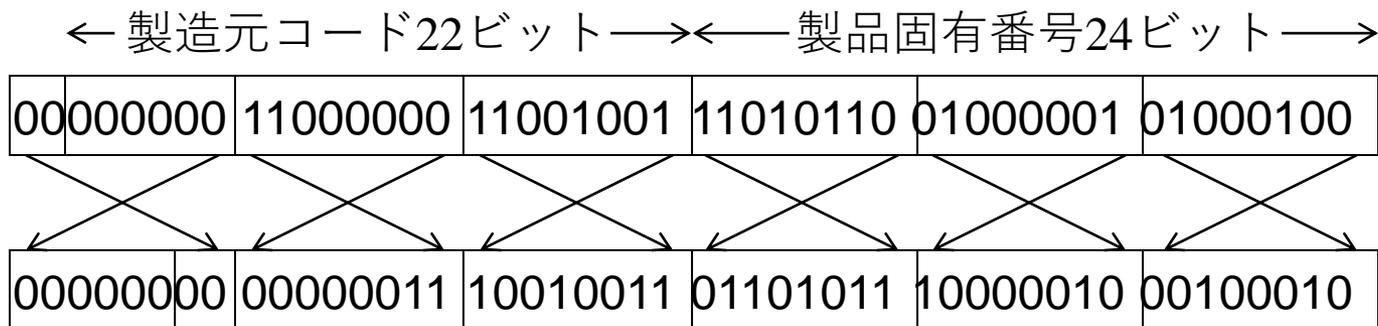
フレーム構成



クロック同期！
いつも大変な問題

MACアドレス

ネットワーク中での伝送順



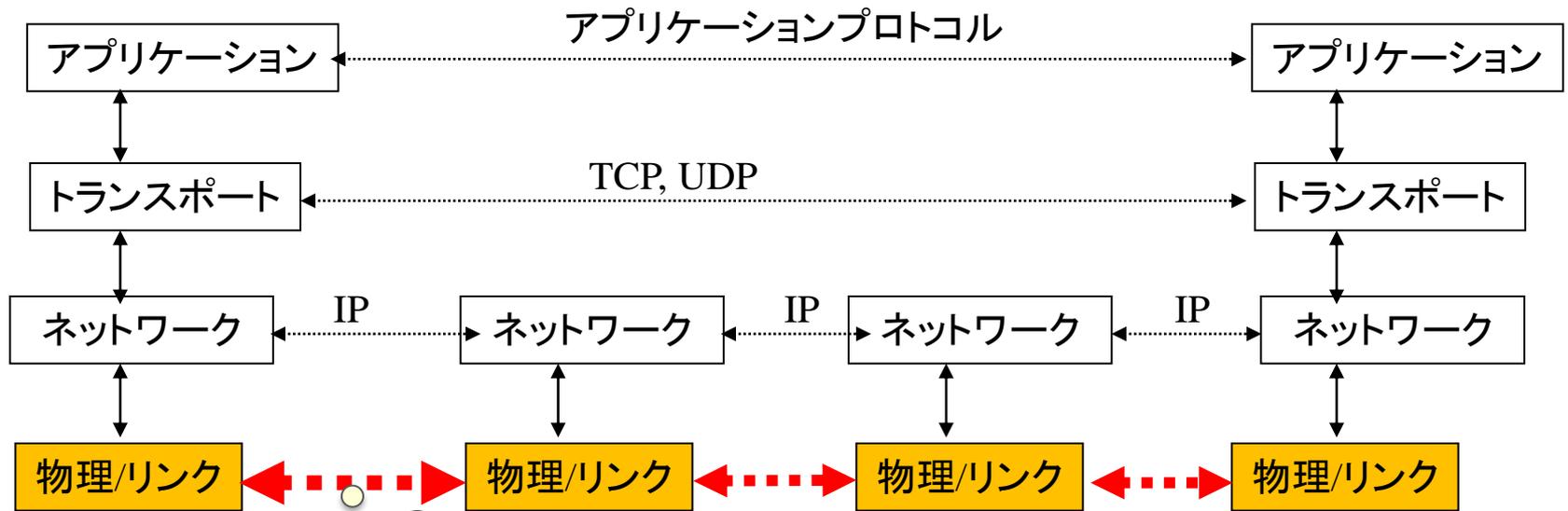
表記法 00:03:93:6b:82:22 または 00-03-93-6b-82-22

マルチキャストアドレス

1	プロトコル	マルチキャストグループ
---	-------	-------------

ブロードキャストアドレス

11111111	11111111	11111111	11111111	11111111	11111111
----------	----------	----------	----------	----------	----------



**MACアドレスの利用は、
ローカルのみだけど、
グローバルユニークな値
(*最近は non-global unique**

ネットワークレイヤ

- IP (Internet Protocol) -

- (1) IP (Internet Protocol)
- (2) Addressing
- (3) ARP(IPv4), ND(IPv6)
- (4) Routing
- (5) Address Discovery (e.g., DHCP)
- (6) ICMP/IGMP

経路表には、転送先のIPアドレスの情報がある。
実際の送信には、物理/リンクレイヤのアドレスが必要。

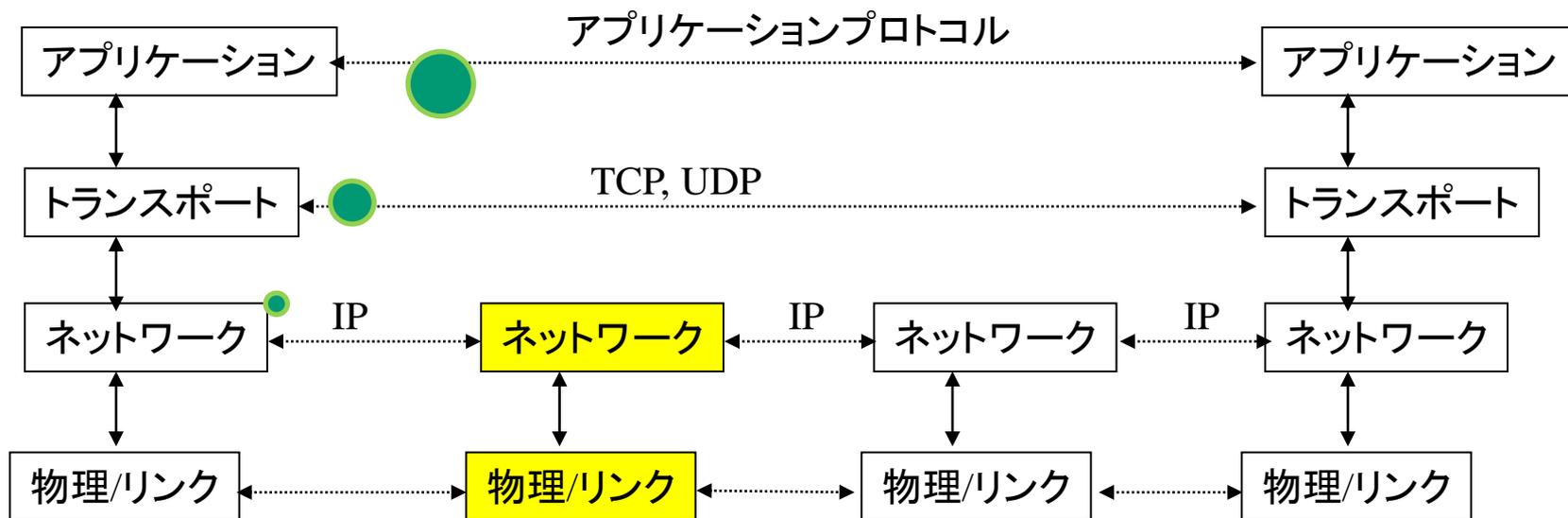
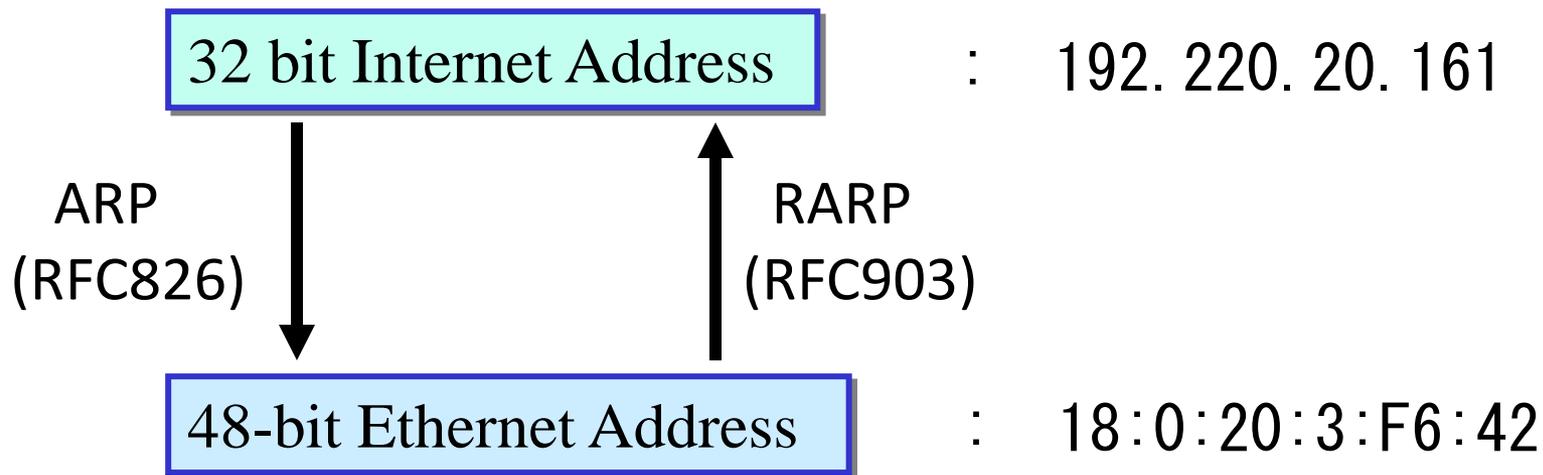


図1-12 TCP/IPの4レイヤモデル

ARP(Address Resolution Protocol)

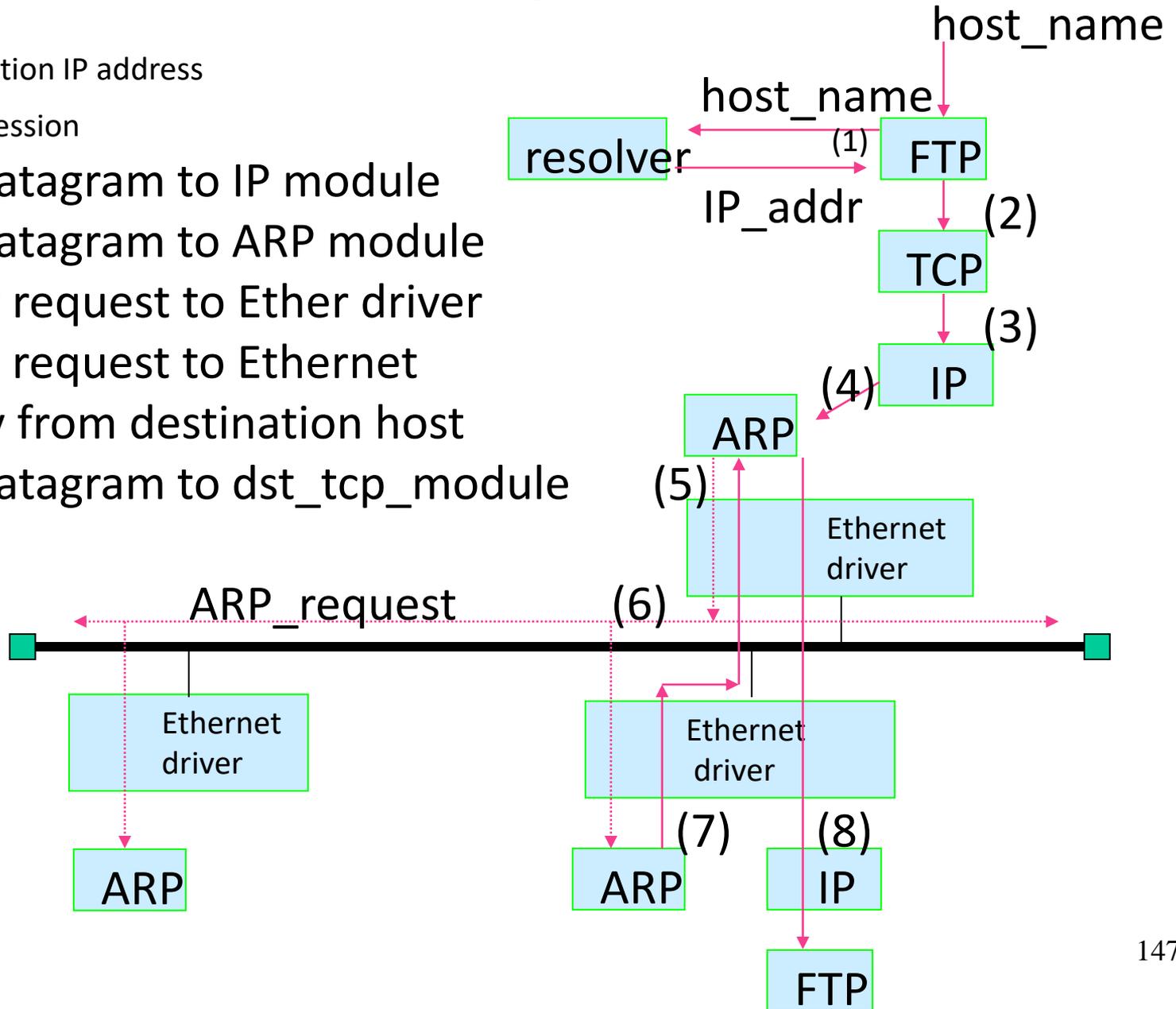
RARP(Reverse ARP)



(*) IPv6 では、Neighbor Discovery Protocol が提供

ARP when we use ftp

- (1) resolve destination IP address
- (2) establish TCP session
- (3) send IP datagram to IP module
- (4) send IP datagram to ARP module
- (5) send ARP request to Ether driver
- (6) send ARP request to Ethernet
- (7) ARP reply from destination host
- (8) send IP datagram to dst_tcp_module



IDの解決

1. Words \Leftrightarrow URL(Uniform Resource Locator)
 - 検索エンジン
 - (*) URL \supset FQDN
2. ドメイン名(domain名) \Leftrightarrow ネットワーク(IP address)
 - DNS(Domain Name Service)
 - (*) FQDN(Fully Qualified Domain Name)
3. ネットワーク(IP address) \Leftrightarrow リンク(MAC address)
 - IPv4 by ARP (Address Resolution Protocol)
 - IPv6 by ND(Neighbor Discovery)

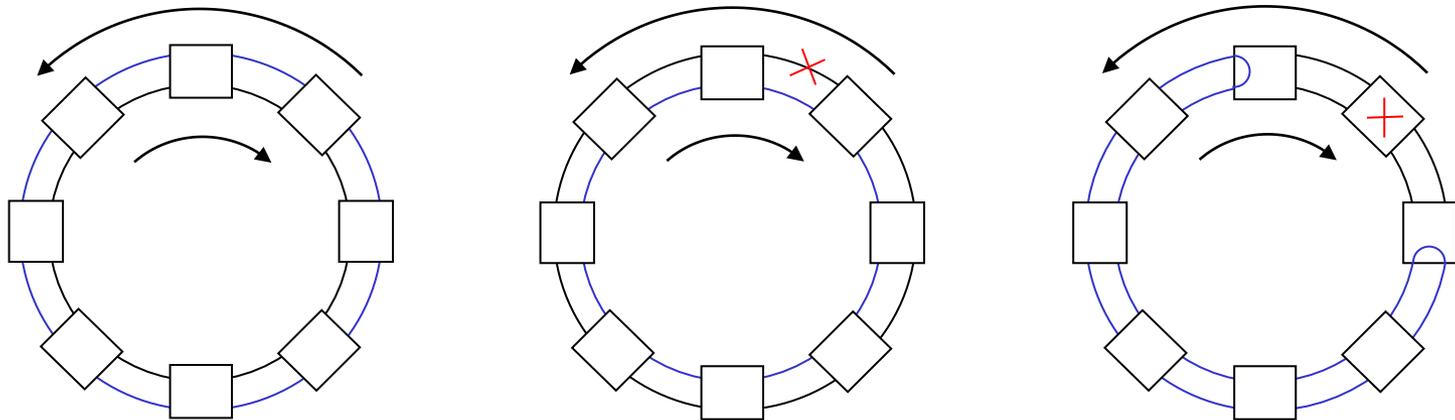
4. メディアアクセス制御方式

- 固定スロット割り当て方式
- コンテンション方式
 - CSMA/CD : Carrier Sense Multiple Access with Contention Detection
- トークン方式

FDDI

(Fiber Distributed Data Interface)

- デュアルリング
- $1.3\mu\text{m}$ 帯62.5 / $125\mu\text{m}$ 光ファイバ、ノード間2km



トークンパッシング

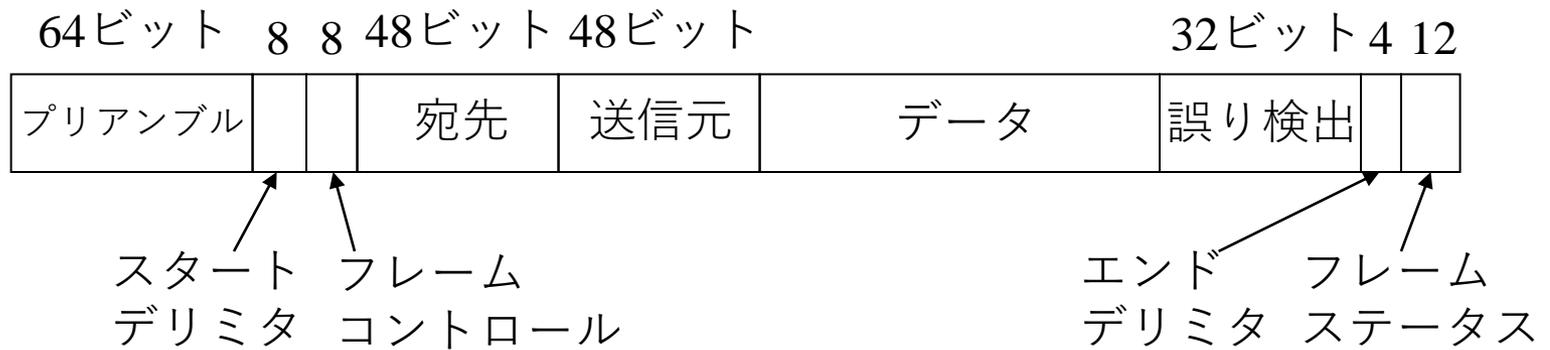
- トークン: 送信権を表す特殊なパケット
 - トークンを獲得したステーションはトークン保持時間(=トークン周回目標時間 - トークン周回時間)の間送信できる
- データを受け取ったステーションはフレームステータスを設定する
 - E: エラー
 - A: 自分宛であることを認識
 - C: 受信確認

トークンパッシング(続き)

- データを送り終わったらトークンを送出(アーリーリリース)
- 送信データが1周して戻ってきたら取り除く
- 同期伝送: あらかじめ予約した時間だけ送信権を得る(リアルタイムデータ用)

フレーム構成

- 4B5B符号化 → データに現れないパターンを制御信号に使用
- MSB First (アドレスだけはLSBから)
- 最大長4500バイト



5. 誤り訂正方式

- ARQ (Automatic Repeat reQuest)
 - 再送による誤り回復
 - CRC(Cyclic Redundancy Check)による判定
- FEC (Forward Error Correction)
 - ハミング距離(シンボル間の距離)が大きいほど訂正能力が大きい

ハミング距離

- 2進符号語間のハミング距離: 対応するビットが何箇所異なっているか

符号語1: 1 0 1 1 0 1 1 0

符号語2: 0 1 1 1 0 0 1 1

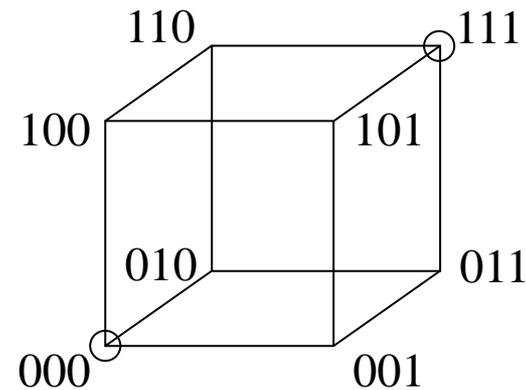
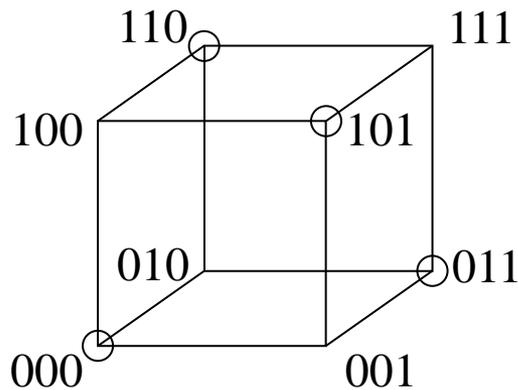
1 1 0 0 0 1 0 1 → ハミング距離 4

- 符号全体のハミング距離: 符号語間のハミング距離の最小値

誤り検出符号、誤り訂正符号

- m データビット + r 冗長ビット = n ビット
- d ビットの誤り検出 → 距離 $d+1$ が必要
- d ビットの誤り訂正 → 距離 $2d+1$ が必要

ex. $m+r=3, d=1$



Cyclic Redundancy Check

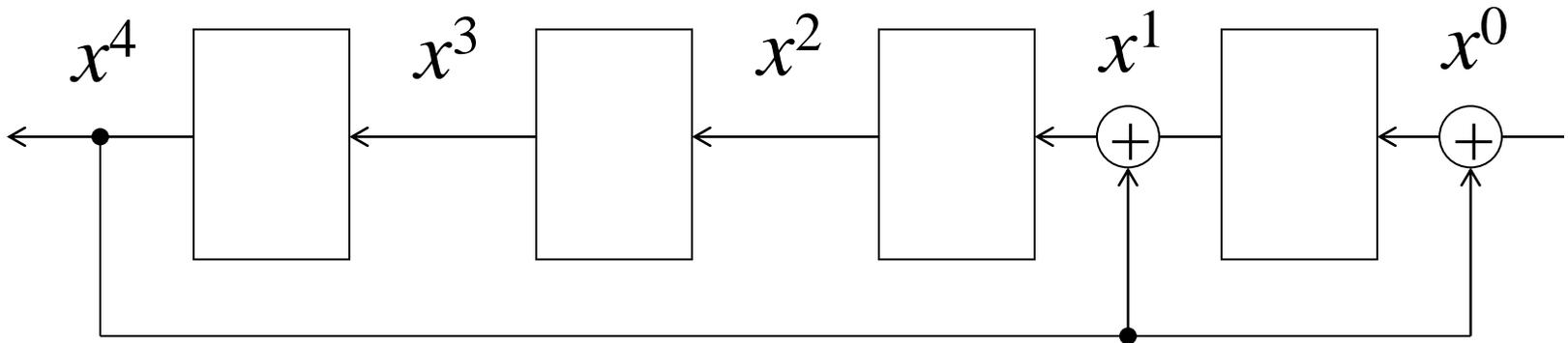
- 偶数パリティ: 偶3進数に対応
 - $10110001 = 3^7 + 3^5 + 3^4 + 1 = 2512$
- n ビットの符号語を $n-1$ 次式と見なす
 - $a_1x^{n-1} + a_2x^{n-2} + \dots + a_{n-1}x + a_n$
- 符号語が r 次の生成多項式 $G(x)$ で「割り切れる」ようにする
 - $x^rM(x)$ を $G(x)$ で割った余りを $x^rM(x)$ から引く

Cyclic Redundancy Check

- 誤り $E(x)$ が $G(x)$ で割り切れなければ検出可能
 - $G(x)=(x+1)Q(x)$ なら全ての奇数ビット誤りを検出可能
 - 長さ $\leq r$ の全てのバースト誤りを検出可能
 - $x^i(x^{k-1}+\dots+1)$
- $G(x)$ の例
 - $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$

ハードウェア

- $G(x)=x^4+x+1$ の例



6.有線系データリンク

データ中継装置

- リピータ：信号の増幅のみを行う
- ブリッジ；リンクフレームの単純なリレー
 - IEEE802 スパニングツリー
- ルータ；IPパケットの転送
- ゲートウェイ；TCPヘッダ以上の情報で転送
- スイッチ；ポートからポートへの転送

データリンクの種類(1)

- LANリンク
 - Ethernet / IEEE802.3
 - トークンバス (IEEE802.4)
 - トークンリング (IEEE802.5 by IBM)
 - FDDI (by ANSI)
 - ファイバチャネル (by ANSI)
 - HSSI (by Cisco)
 - IEEE1394 (i.e., i-Link、Firewire)
 - USB
 - BlueTooth

Parallel versus Serial
クロックが高速になると serialへ

ストレージ

i. Hot Storage

① CMOS

② SSD (Solid State Storage)

(1) 揮発性

(2) 不揮発性

③ HDD (Hard Disk Storage)

・・・アクセスがない時は止まる(→ cold)

ii. Cold Storage

→ Cold Storage だけの データセンターも登場。

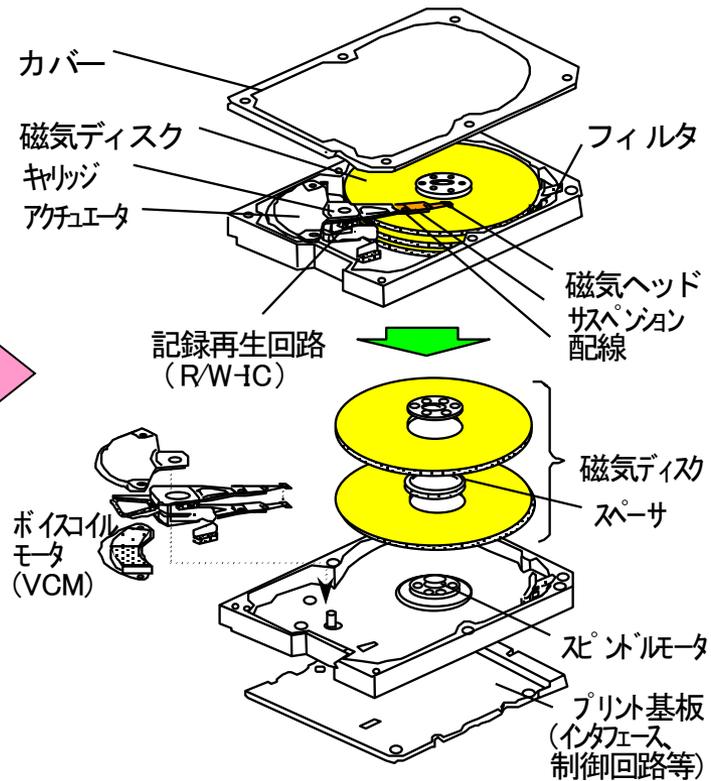
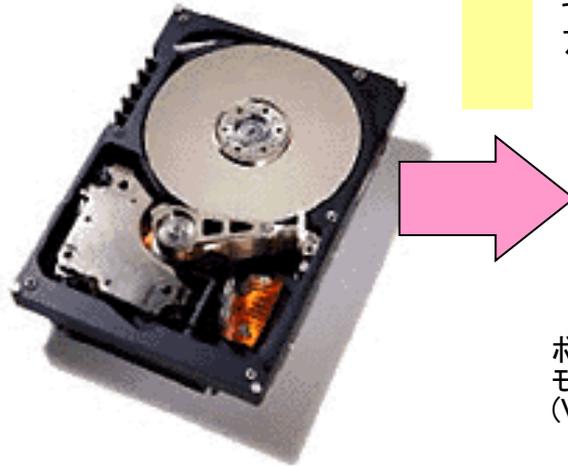
① ディスク

② テープ

2. ストレージの仕組み

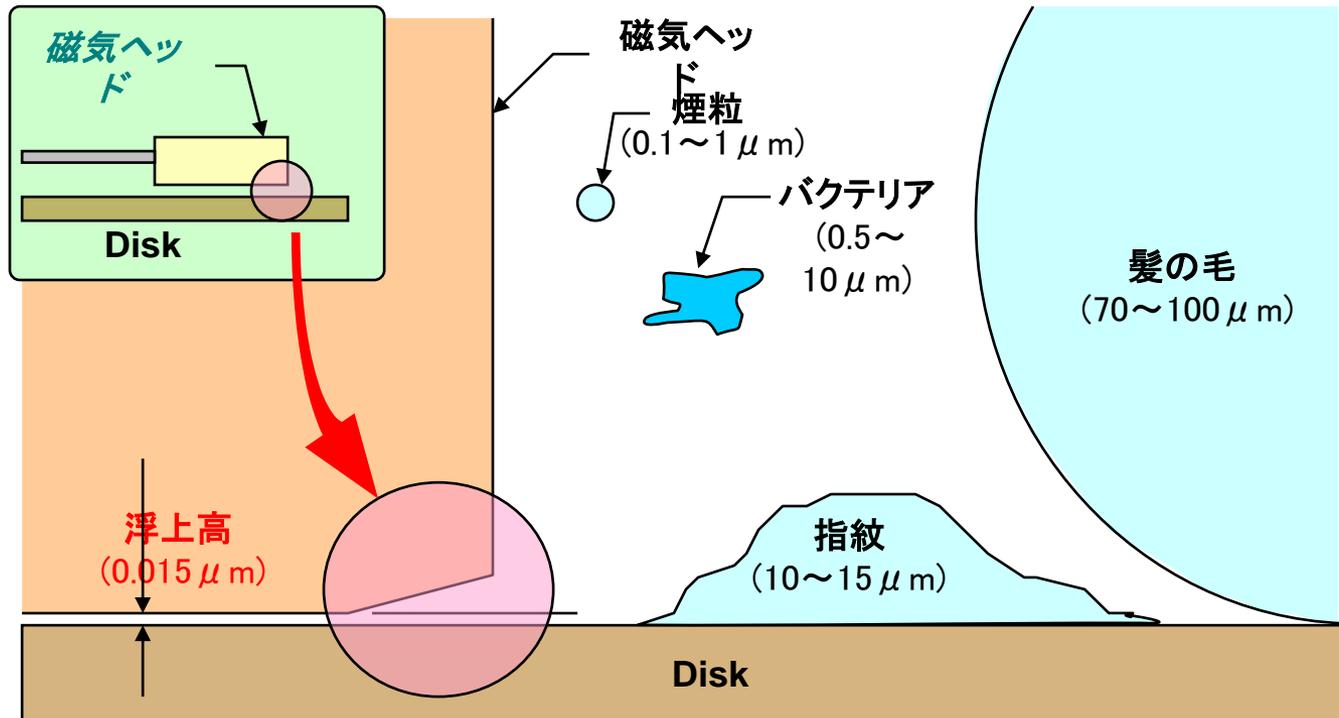
2.1 磁気ディスク装置(HDD)とは

HDDは、ヘッド、メディア、機構系等から構成され、材料、電気、機械、制御最先



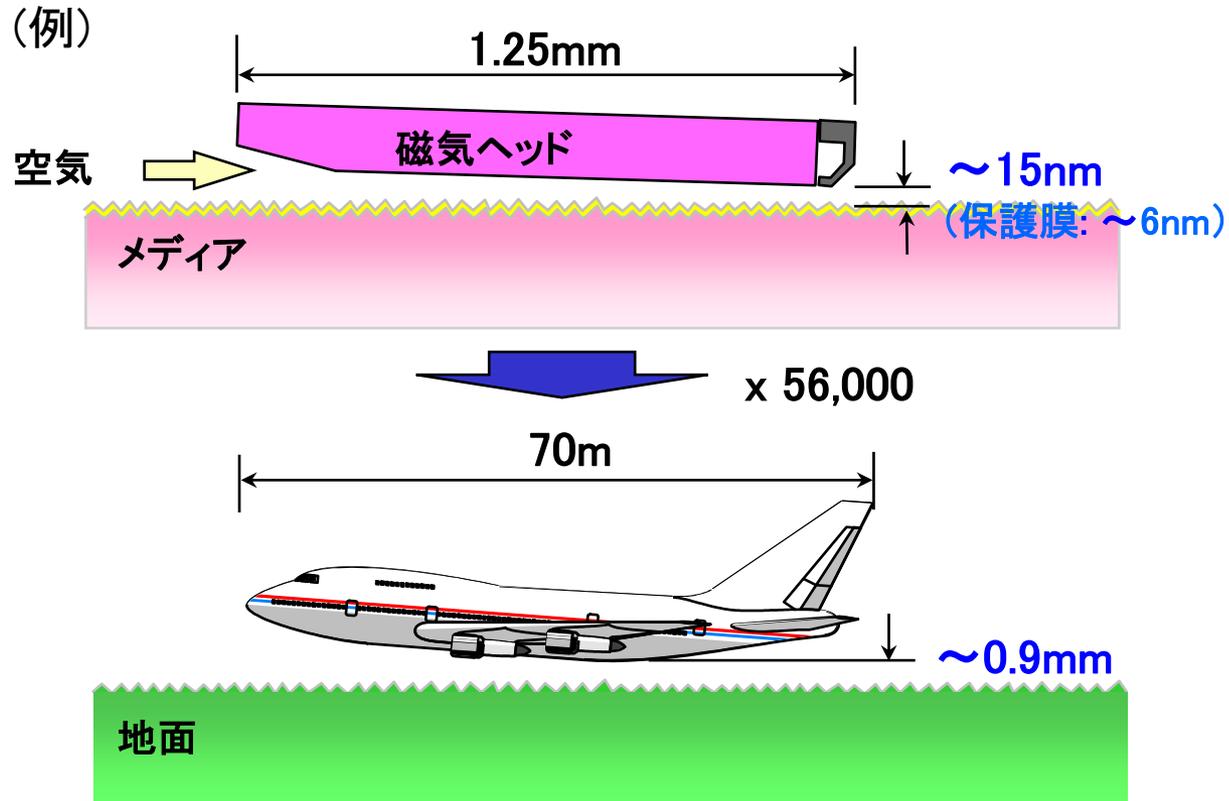
2. ストレージの仕組み

(1)HDD技術：ヘッドと円板のすきま



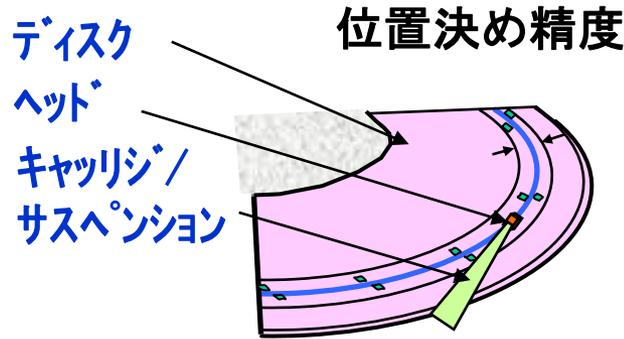
2. ストレージの仕組み

(2)HDD技術：低浮上技術のイメージ

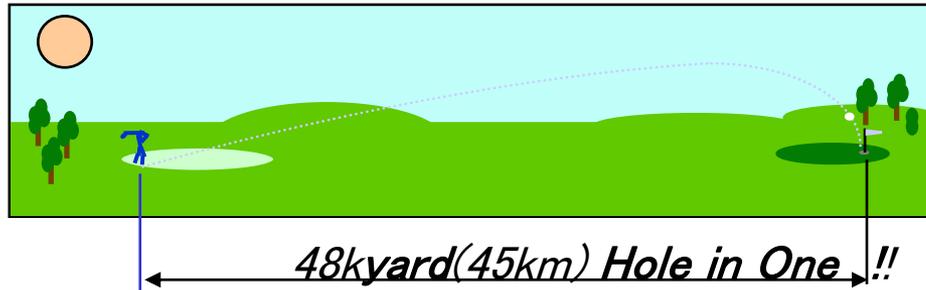


2. ストレージの仕組み

(3)HDD技術：位置決め技術のイメージ
— ナノメカニクス制御の世界 —



(例)50Gb/in²の場合 $\times 1,100,000$



データリンクの種類(2)

- MAN/WANリンク
 - ISDN
 - Ethernet
 - xDSL
 - DOCSIS(Data over Cable Service Interface Specification)
 - SDH/SONET
 - Frame Relay
 - ATM

無線系データリンク

移動体通信の発展方向

モビリティ

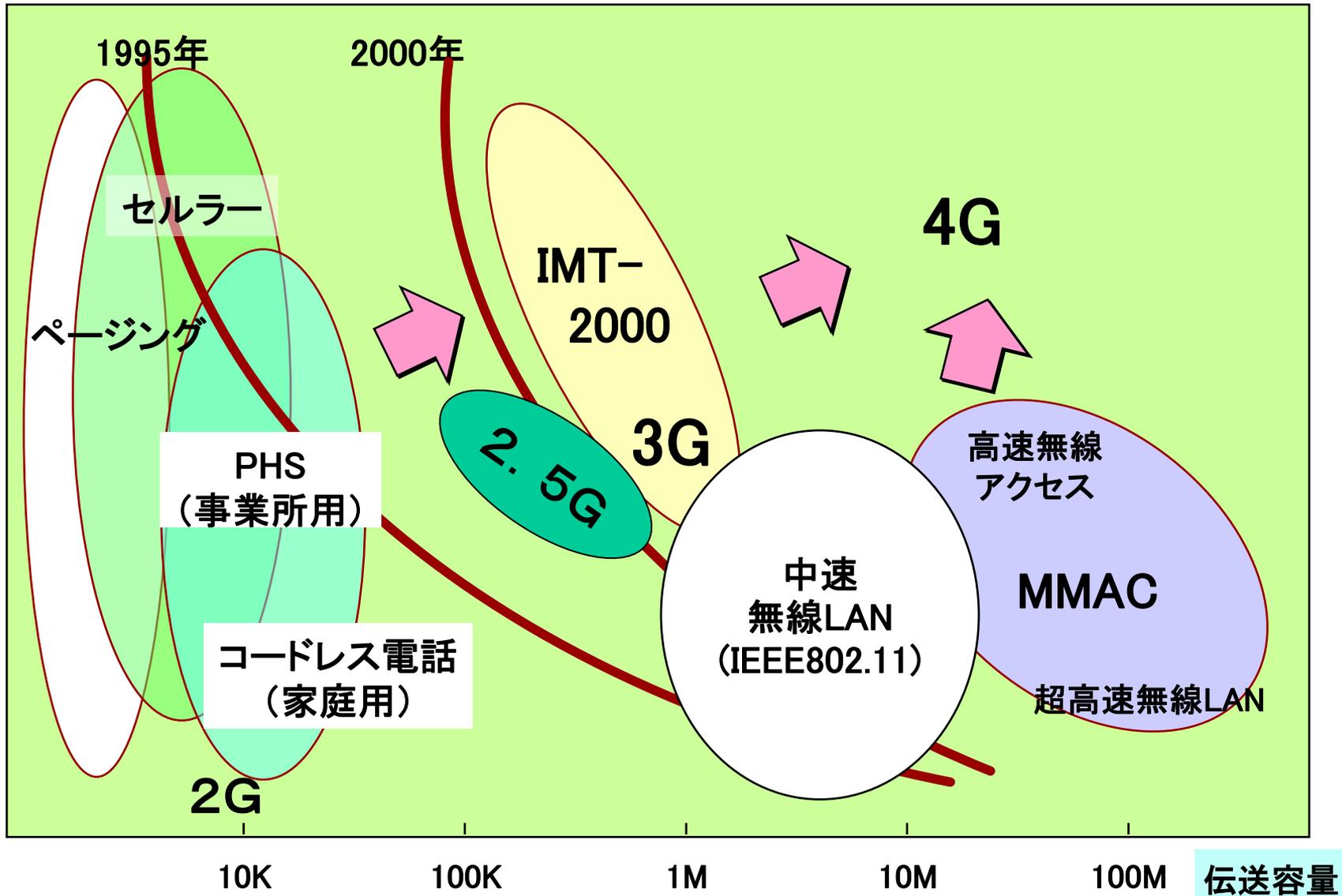
屋外

屋内

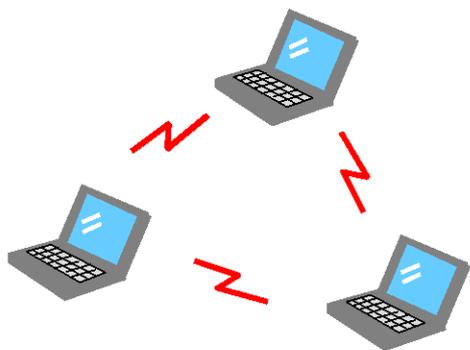
高速

走行

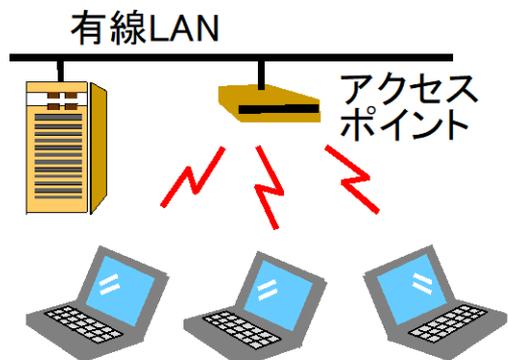
静止



無線LANの動作モード



(a) アドホック・モード



(b) インフラストラクチャ・モード



(c) 対向モード

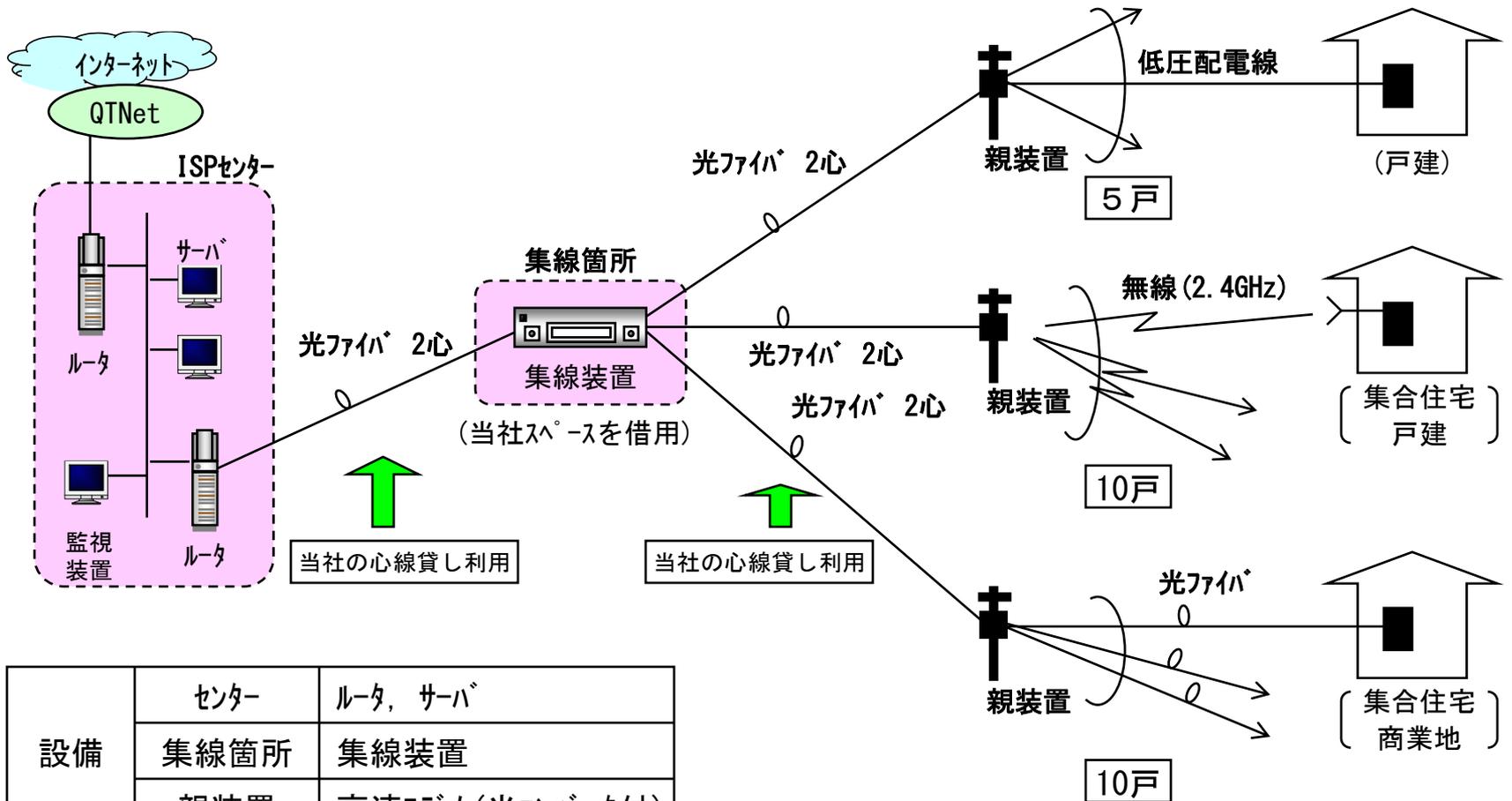
5G: 現実と可能性

- ◆ 超高速、低遅延、超多数 …… **じゃない！！**
 - 超多数の無線基地局。。。。
 - アーキテクチャが、電話網からインターネットへ

(*)例えば、、、インターネットへの出口は、最初に接続された時に固定される。→ 電源を入れなおせ！
- ◆ ハードウェアのソフトウェア化 → Agile & Cheap
 - アンバンドル化
 - シェリング エコノミー化
 - さらに、オープンソースの利用
- ◆ プライベート&ローカル 周波数獲得権 → 地域創生
 - 垂直統合ビジネスの可能性
 - テナント型ビジネスの可能性
- ◆ データ収集と解析 → e.g., 自動化
 - 「考えるネットワーク」

アクセスネットワーク技術

高速インターネットの事業化モデル



設備	センター	ルータ, サーバ
	集線箇所	集線装置
	親装置	高速モデム(光コンバータ付)
費用	センター上位系	高速回線
	センター下位系	光ファイバ心線使用料
その他	お客さま宅	高速モデム(リース)

- ・ 低圧配電線：戸建
- ・ 無線：戸建, 集合住宅
- ・ 光ファイバ：集合住宅, 商業地

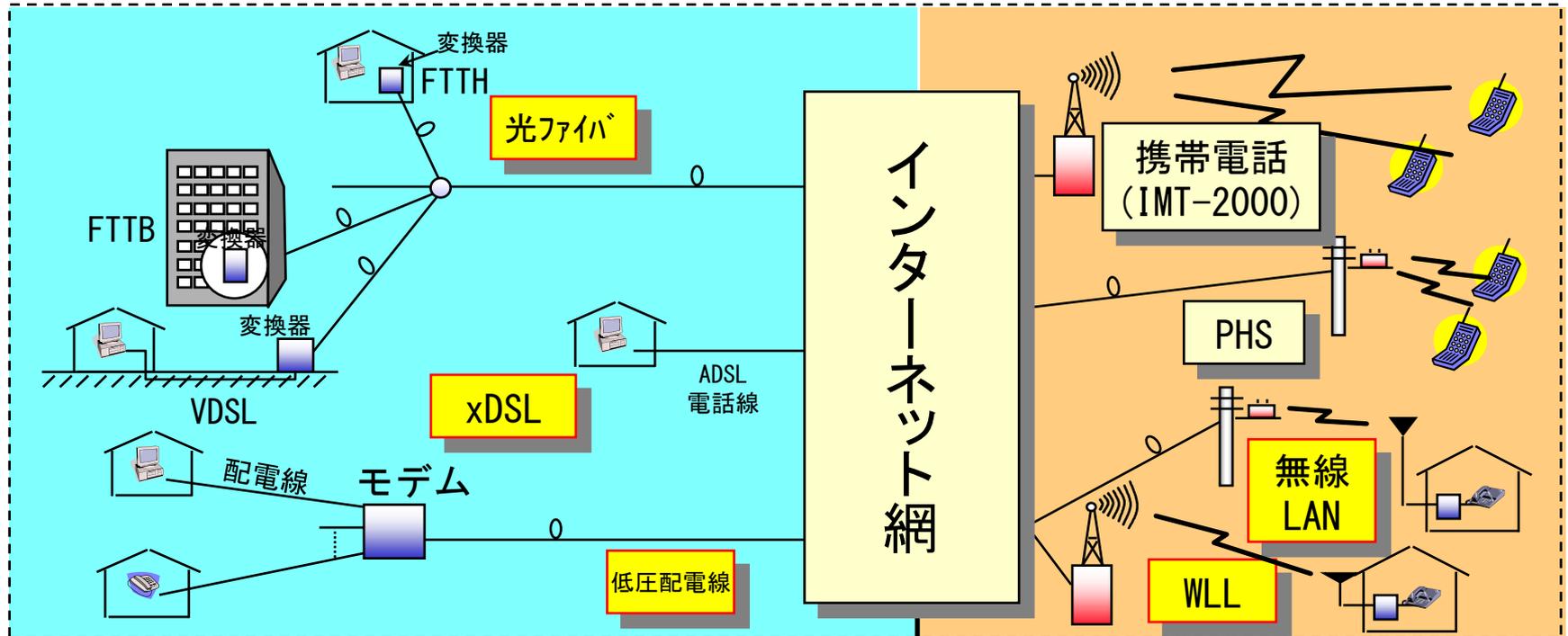
アクセス系通信方式(ラストワンマイル)

■ 高速 (500kb/s以上)

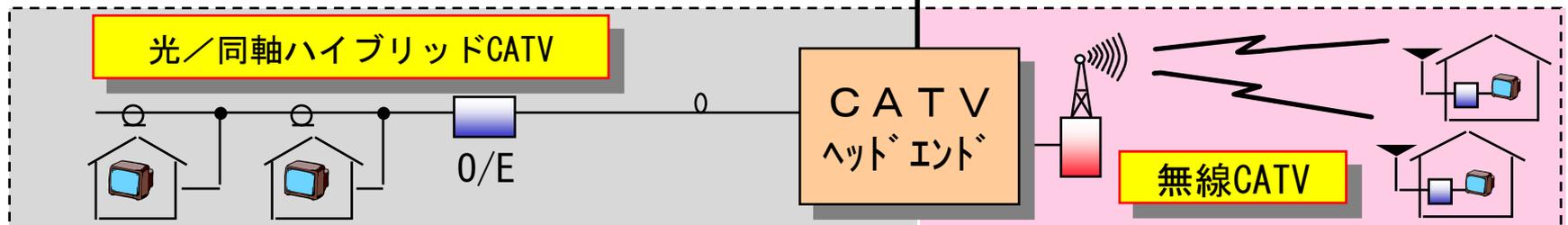
光・有線系

ワイヤレス系

通
信
系



放
送
系

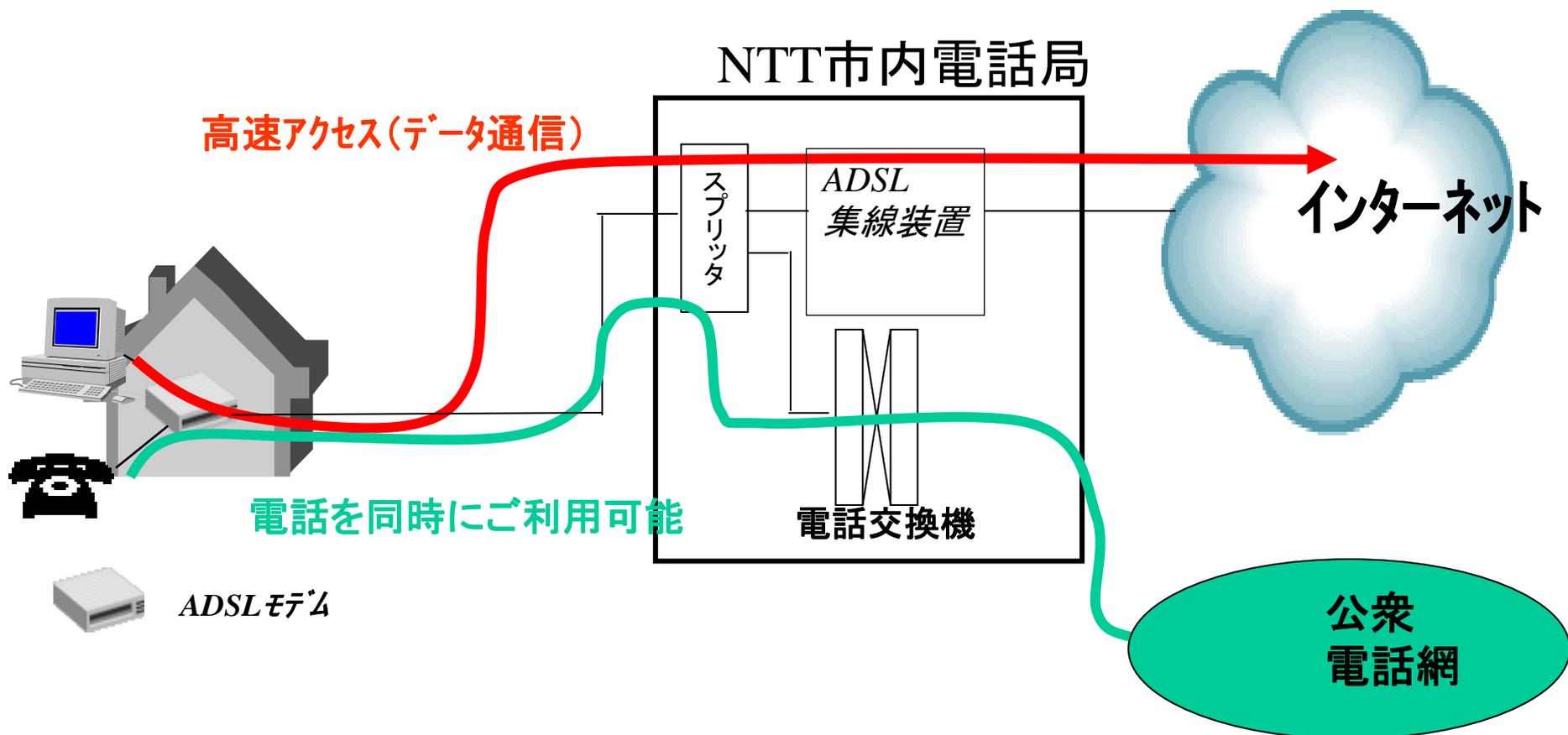


DSL技術

ブロードバンド & 常時接続 (Broadband & Always-On)

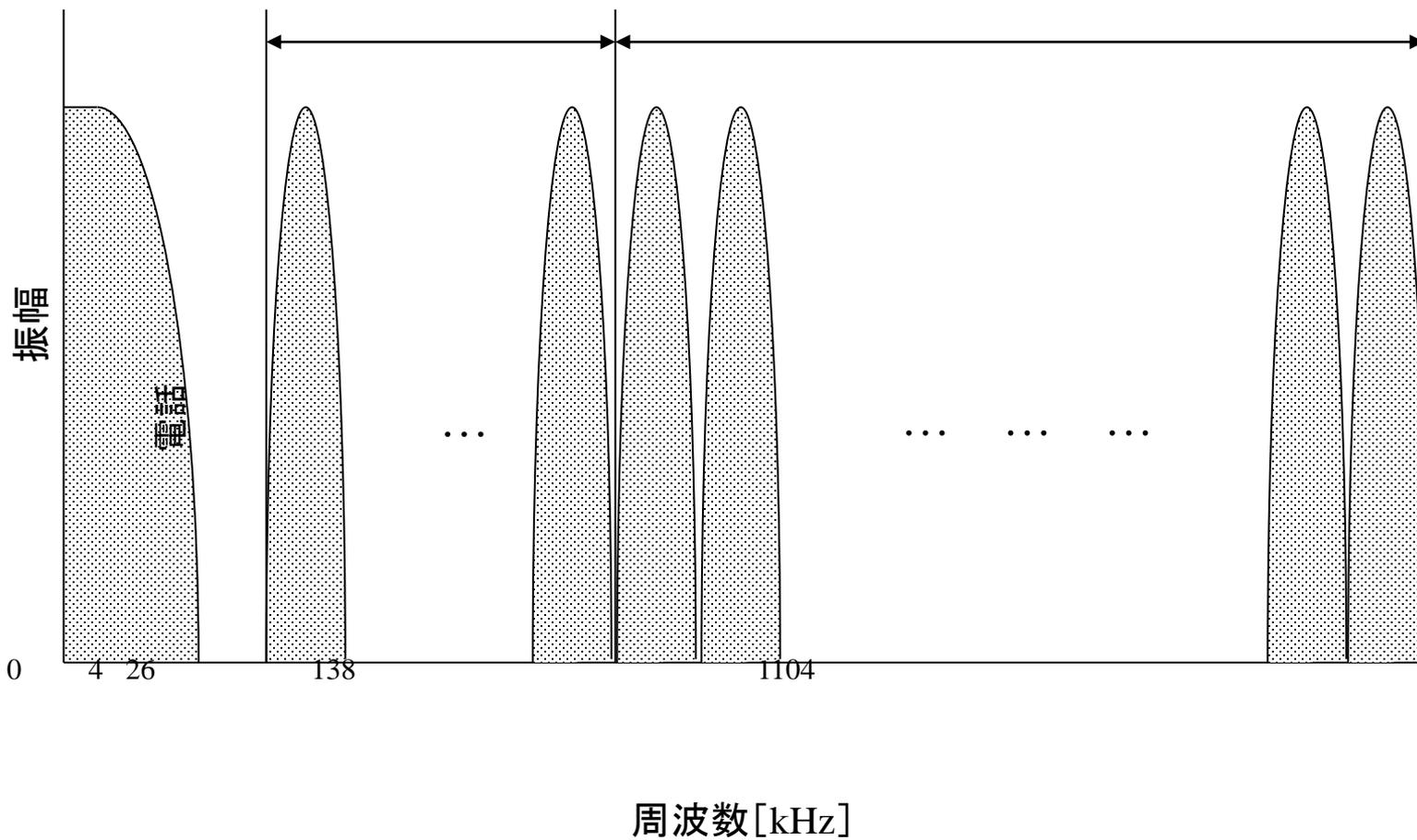
•DSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

- 既存の電話回線でサービス提供。
- 実効速度：下り512Kbps～1.5Mbps, 上り128Kbps～256Kbps
- ポイントポイントリンク (ケーブルインターネットとの決定的違い)

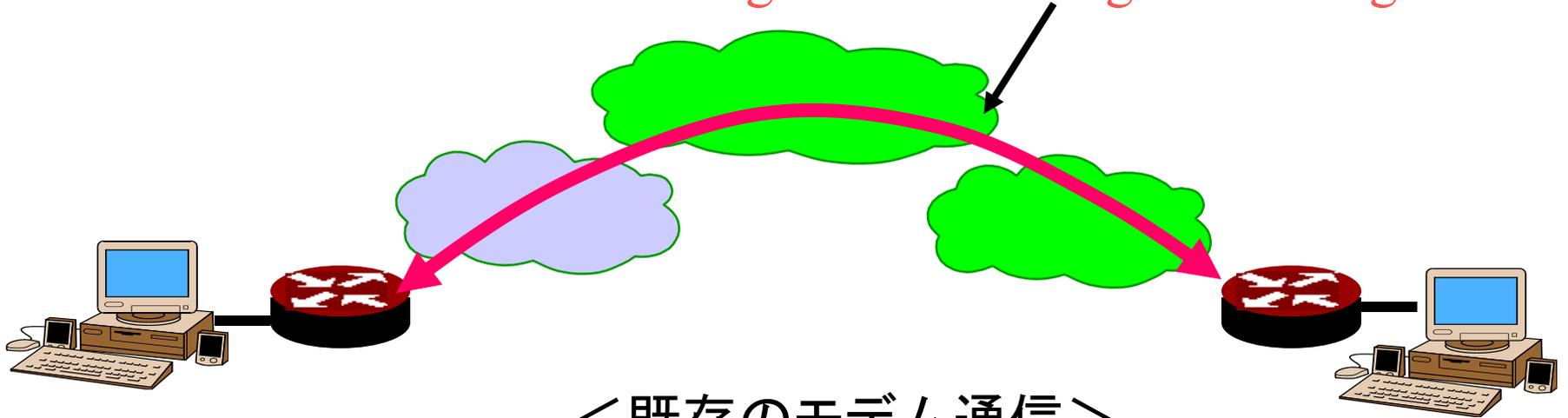


上り信号
32個のキャリア

下り信号
256個のキャリア

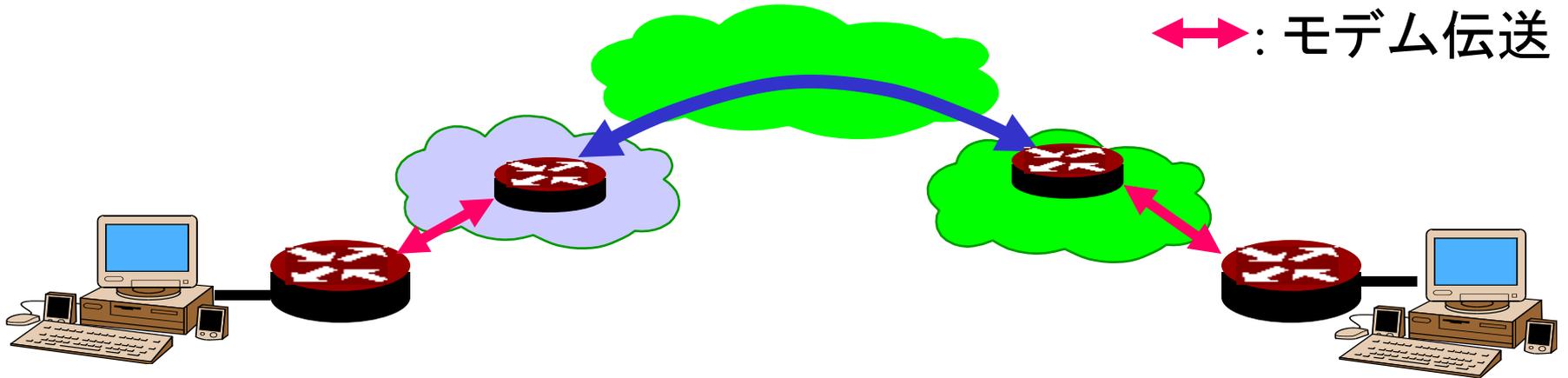


“Digital over Analogue over Digital.....”



＜既存のモデム通信＞

↔ : デジタル伝送
↔ : モデム伝送



＜xDSLシステムにおけるデータ転送＞

インフラ：有線 VS 無線

- とても 難しい質問：
 - いったい、どっちが、“いざとき“に 丈夫なんだろう？
- 電力会社のネットワーク
 - {地上}無線が最後の生命線 との認識
- 通信会社のネットワーク
 - 9.11(2001年)：インターネット(vs 電話回線)
 - 東日本大震災(2011年)：衛星通信
 - 胆振地震：船から{地上}無線
 - さて、、、衛星の打ち上げコストが劇的に低下 !!!

最近は、、、さらに、、、

1. エネルギー消費量増加の問題

- a. 地球温暖化対策 ……さらに、カーボンニュートラル
- b. 電源供給線インフラ

(*)再生可能エネルギーは過疎地に存在している。。。。



2. 物理レイヤの資源を流用できないか?

- a. 道路 …… au/KDDI
- b. 線路 …… ソフトバンク
- c. 管路 …… NTT
- d. 日本郵便 (JP) …… 楽天
- e. 上下水道 / 都市ガス …… ??

大阪中央卸売市場 (2018年6月大阪府北部地震)

6/18(月)7:58 大阪府北部 M6.1 地震発生 (震源は大阪府市場より約1km)



<https://tenki.jp/forecaster/deskpart/2018/06/18/986.html>



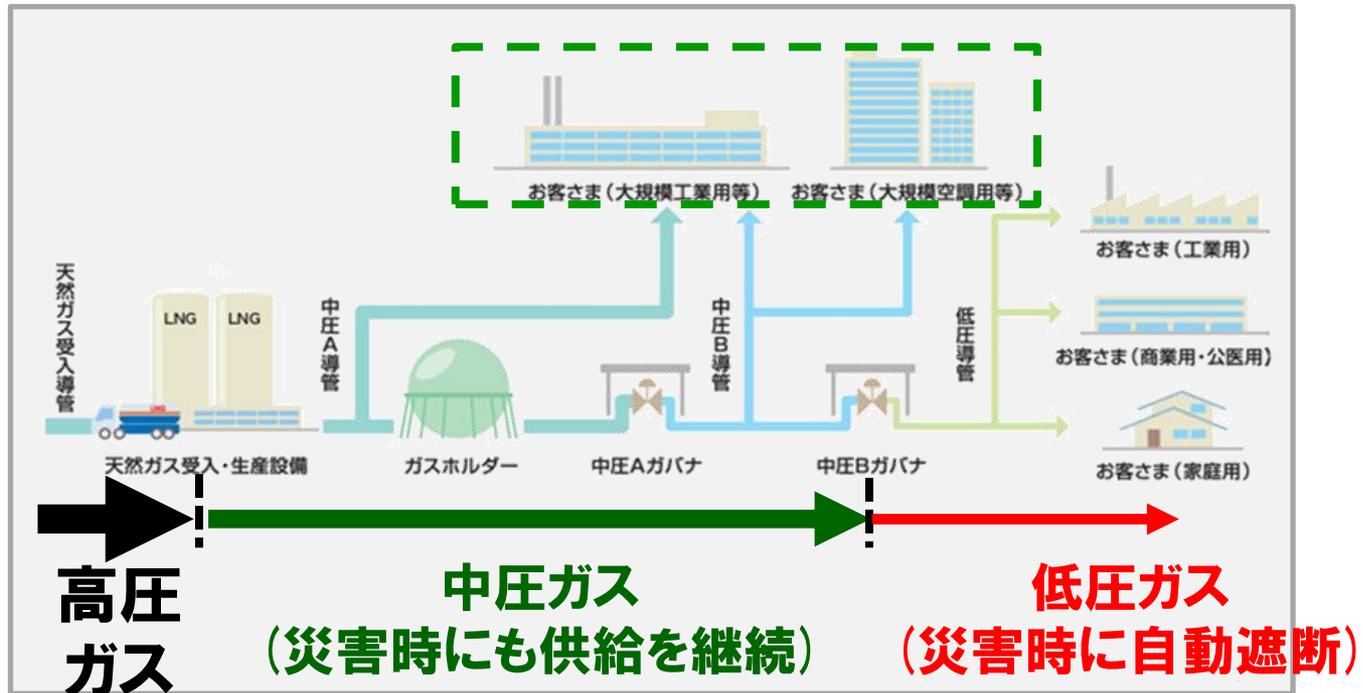
Google マップより作成

【大阪府市場】一部天井落下、配管破損など

→ Bloom Energy Serverは稼働に支障なく、冷蔵・冷凍設備に給電を継続

【中圧ガス管】中圧ガスの供給継続

高い信頼性 - ガス配管システム



家庭用の低圧ガスとは異なり、
中圧ガス管は災害時にも供給を継続