

3.4 World Wide Web

もともとは、完全な分散システムだった。
成功が始まると、集中化してビジネス化された。
再び、分散化が起こりつつある。

WWWの生い立ち

- 1989 CERN (European Center for Nuclear Research) で文書管理のために考案
 - 他の文書へのリンクを含むテキスト (HyperText)
 - HTML
- 1993 Mosaic
 - クリックするだけでリンク先にアクセスすることのできるグラフィカルユーザインタフェース
- 1994 World Wide Web Consortium
- Netscape Navigator vs. Internet Explorer

URL (Uniform Resource Locator)

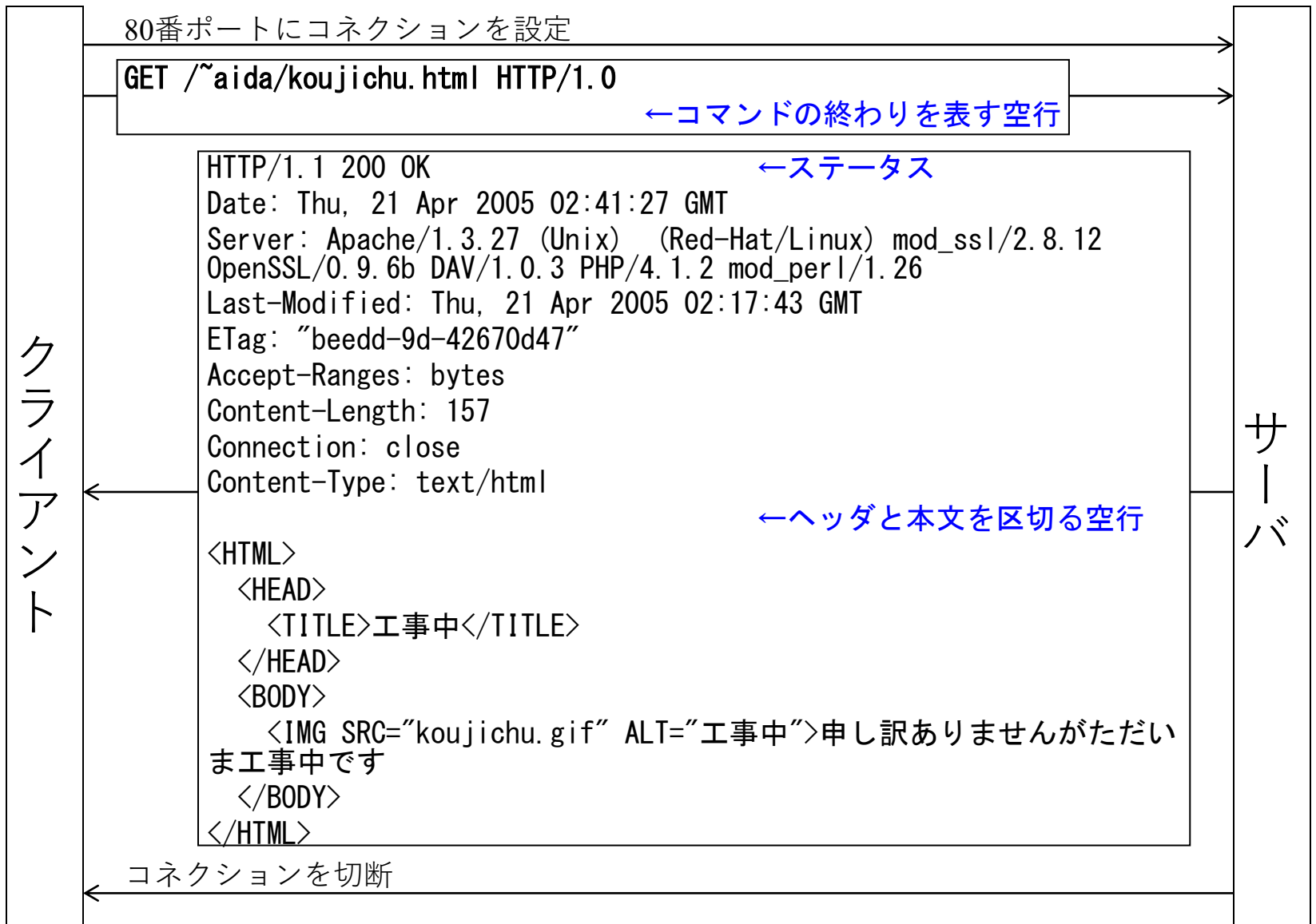
スキーム名://ドメイン名:ポート番号/ファイル名

例: `http://www.aida.k.u-tokyo.ac.jp:8080/index.html`

- 「:ポート番号」、「/ファイル名」は省略可能
- 「:ポート番号」を省略した場合にはスキームごとの既定値が使用される

スキームの例

| スキーム名 | プロトコル | ポート番号 |
|--------|----------------|-------|
| http | HTTP | 80 |
| https | 暗号化されたHTTP | 443 |
| file | そのコンピュータ上のファイル | - |
| ftp | ファイル転送プロトコル | 21 |
| mailto | 電子メール | 25 |

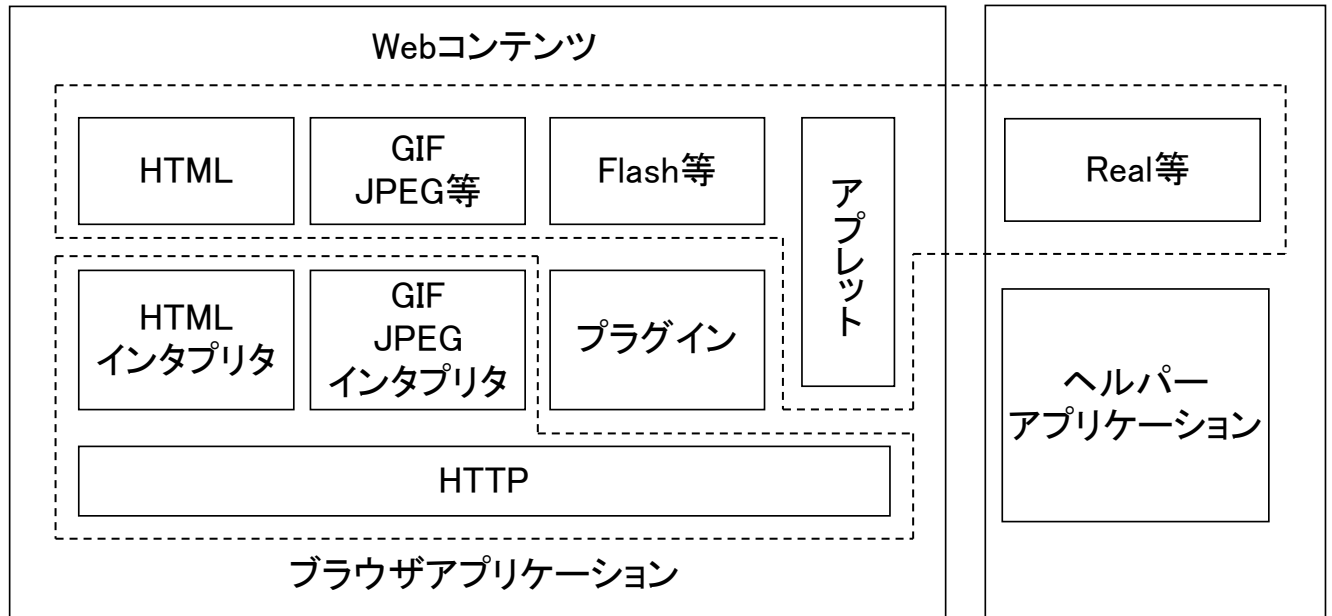


ブラウザの構造

- 第1世代: 全てのコンテンツをブラウザ自身が処理
- ヘルパーアプリケーション
 - 別ウィンドウで動作
- プラグイン
 - ブラウザウィンドウ内で動作
- アプレット
 - 実行可能なプログラムをコンテンツとしてダウンロード

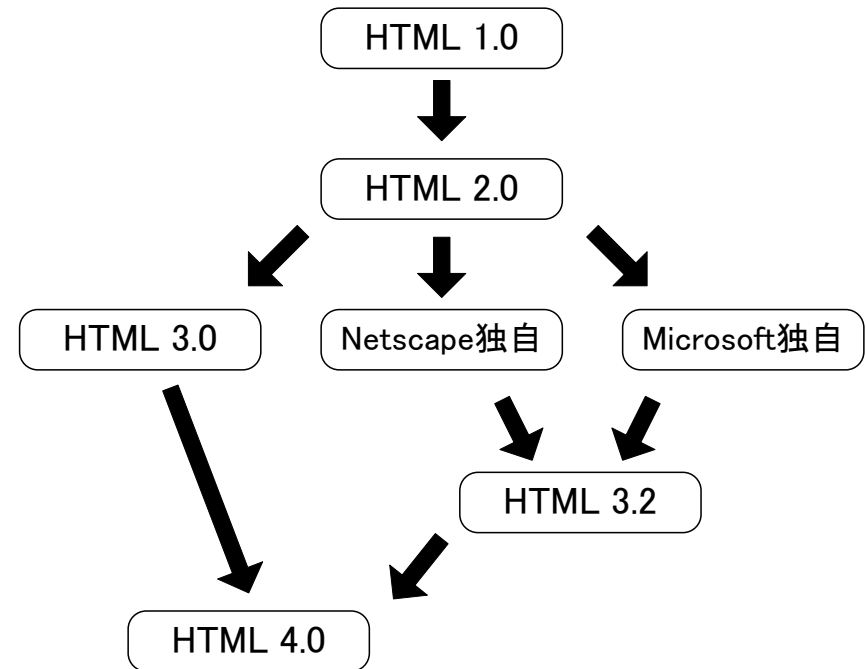
ブラウザの構造

ユーザインタフェース



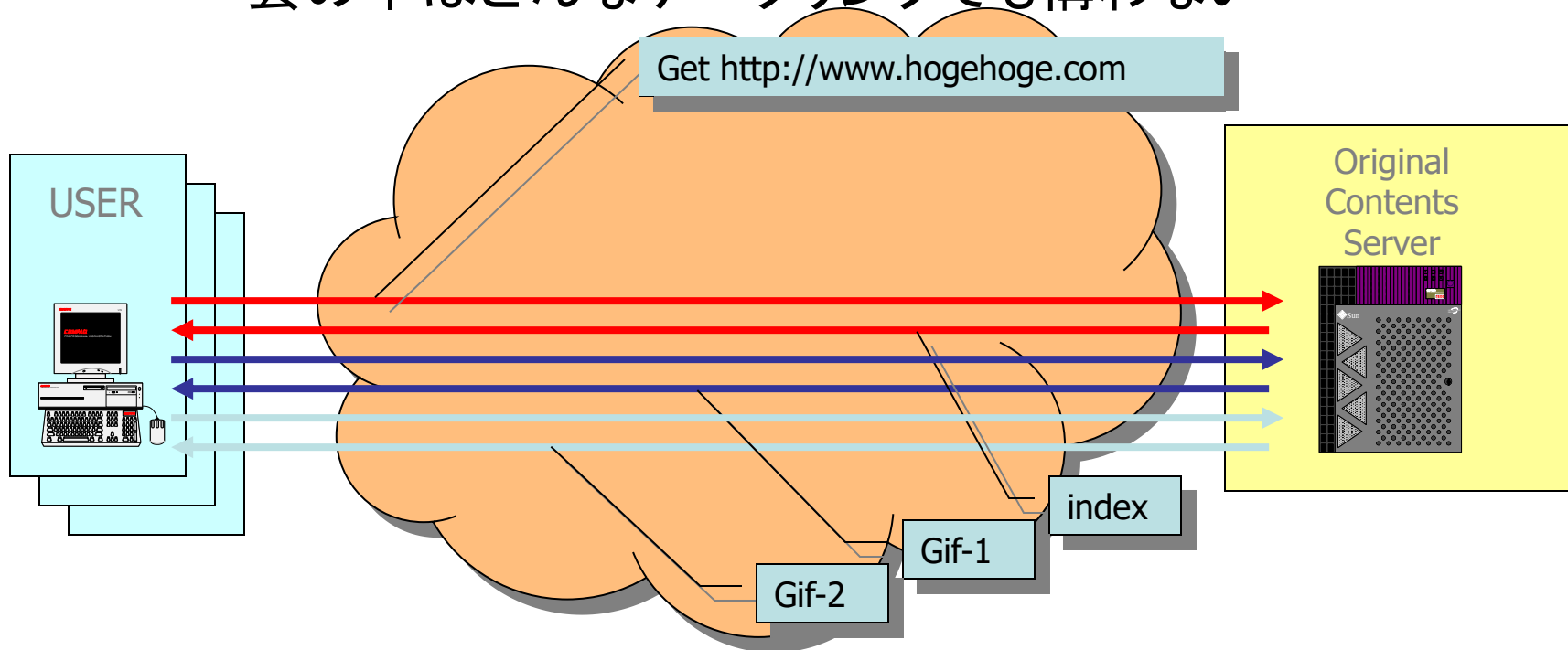
HTML (HyperText Markup Language)

- 文書構造を記述するためのSGML (Standard Generalized Markup Language)をハイパーテキスト記述に応用
- HTML5 へ



通常のWEBコンテンツの流れ

“雲の中はどんなデータリンクでも構わない”



一度のhttpリクエストに際し、ファイル形状ごとにそれぞれTCPセッションの確立から始めなければならないため、アクセス数の増加に対しサーバの負荷が指数関数的に増加する

要は、大変たくさんの TCP コネクション

タグ

<タグ名 属性名=“属性値”>文字列</タグ名>
←開始タグ→ ←終了タグ→

- タグ名、属性名の大文字／小文字は区別しない
- 終了タグは省略されることもある

基本的なタグ

| タグ名 | 意味 | 属性など |
|-------|--------|---|
| H1～H6 | 見出し | 数字の小さい方が大きな見出し |
| P | 段落 | align=“right”など |
| BR | 改行 | 終了タグなし |
| I | イタリック | |
| B | ボールド | |
| FONT | フォント | size, face, colorなど |
| IMG | 画像埋め込み | src=“ファイル名” alt=“代替文字列” width, height、終了タグなし |

記述例

<H1>レベル1の見出し</H1>

<H2>レベル2の見出し</H2>

<H3>レベル3の見出し</H3>

入力本文中で改行しても画面上では改行されない
ので画面上で改行したい場合には<P>や
を
使う必要があります。

<P>

とで囲まれた部分はボールドで表示され
ます。

<I>と</I>で囲まれた部分は<I>イタリック</I>で表示されます。

<U>と</U>で囲まれた部分は<U>下線付き</U>で表示され
ます。



戻る



検索



お気に入り



リンク



アドレス(D)

C:\sample1.htm



移動

レベル1の見出し

レベル2の見出し

レベル3の見出し

入力本文中で改行しても画面上では改行されないの画面で改行したい場合には<P>や
を使う必要があります。

とで囲まれた部分は**ボールド**で表示されます。

<I>と</I>で囲まれた部分は*イタリック*で表示されます。

<U>と</U>で囲まれた部分は下線付きで表示されます。



ページが表示されました



マイ コンピュータ

ハイパーリンク(アンカー)

- `文字列`
- `文字列`
- 多くのブラウザでは文字列の部分の色を変えてアンダーラインを引くことでハイパーリンクの存在を意識させる

HTML文書の全体構造

<HTML>

<HEAD>

<TITLE>タイトル</TITLE>

</HEAD>

<BODY>

文書本体

</BODY>

</HTML>

リスト、表

| タグ名 | 意味 | 属性など |
|-------|-----------------|---|
| UL | Unnumbered List | type=“disc”/”circle”/”square” |
| OL | Orderd List | type, startなど |
| LI | List Item | リストの項目 |
| TABLE | Table | borderなど |
| TR | Table Row | rowspan(行をまたがる)など |
| TD | Table Data | align, valign, rowspan, colspan, nowrapなど |
| TH | Table Header | ボードでセンタリング |

とで囲まれた部分はボールドで表示されます。

<I>と</I>で囲まれた部分は<I>イタリック</I>で表示されます。

<U>と</U>で囲まれた部分は<U>下線付き</U>で表示されます。

<TABLE BORDER>

<TR><TH>タグ名<TH>意味<TH>属性など

<TR><TD>TABLE<TD>Table<TD>borderなど

<TR><TD>TR<TD>Table Row<TD>rowspan(行をまたがる)など

<TR><TD>TD<TD>Table Data<TD>align, valign, rowspan, colspan, nowrapなど

<TR><TD>TH<TD>Table Header<TD>ボールドでセンタリング

</TABLE>



戻る



検索



お気に入り



リンク



アドレス(D)

C:\sample2.htm



移動

- とで囲まれた部分は**ボールド**で表示されます。
- <I>と</I>で囲まれた部分は*イタリック*で表示されます。
- <U>と</U>で囲まれた部分は下線付きで表示されます。

| タグ名 | 意味 | 属性など |
|-------|--------------|---|
| TABLE | Table | border ^{など} |
| TR | Table Row | rowspan(行をまたがる)など |
| TD | Table Data | align, valign, rowspan, colspan, nowrap ^{など} |
| TH | Table Header | ボールドでセンタリング |



ページが表示されました

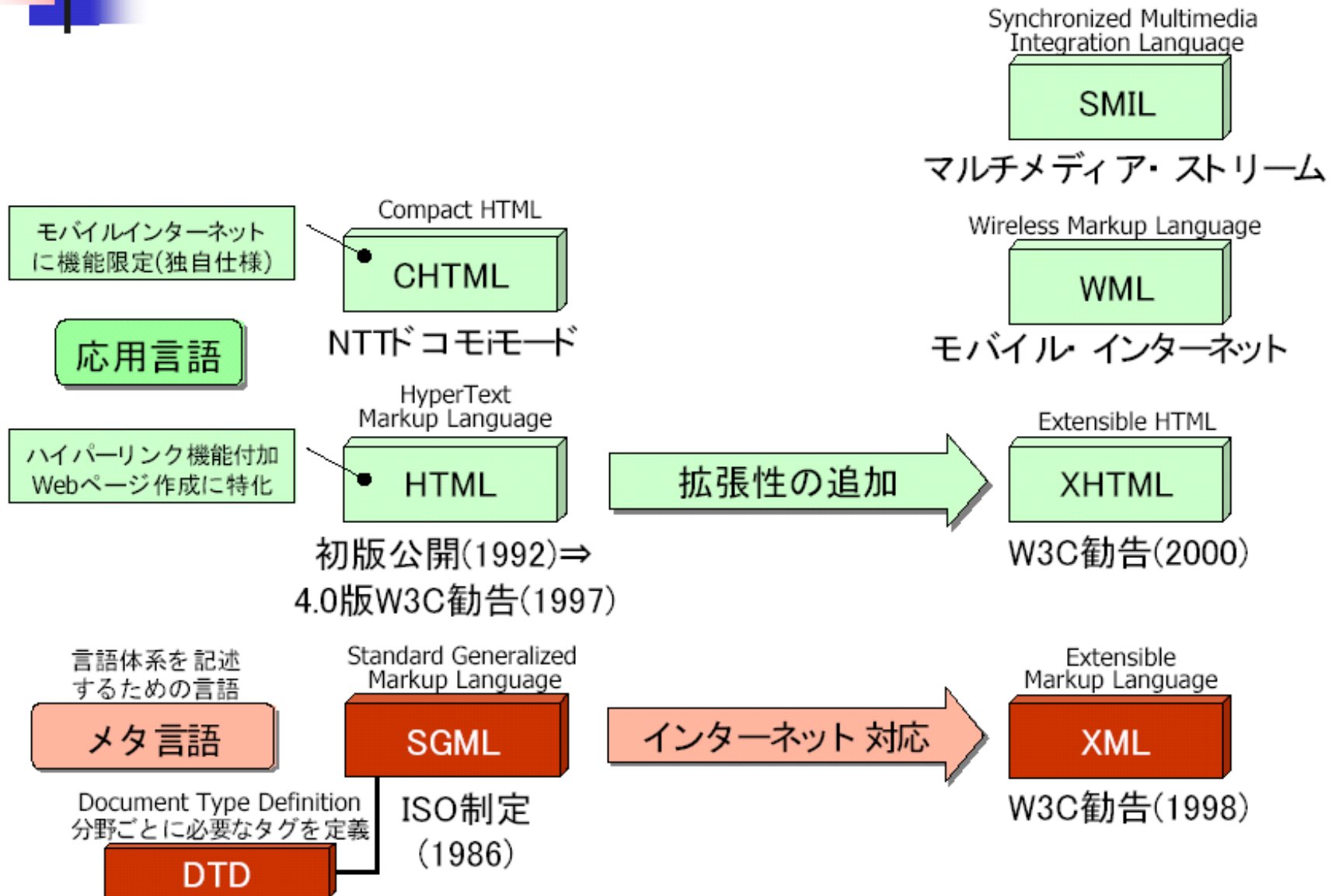


マイ コンピュータ

XML (eXtensible Markup Language)

- 見かけではなく項目の意味づけを記述
 - 利用者が新たなタグを定義
 - 企業間でのデータ交換など多目的に利用可
- ブラウザに表示するためには見かけをXSL (eXtensible Stylesheet Language) によるスタイルシートで記述

マークアップ言語の発展



XMLによるコンテンツ記述例

```
<?xml version="1.0" ?>
```

```
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="book_list.xsl"?>
```

```
<book_list>
```

```
<book> <title> Computer Networks, 4/e </title> <author> Andrew S.  
Tanenbaum </author> <year> 2003 </year> </book>
```

```
<book> <title> Modern Operating Systems, 2/e </title> <author> Andrew  
S. Tanenbaum </author> <year> 2001 </year> </book>
```

```
<book> <title> Structured Computer Organization, 4/e </title> <author>  
Andrew S. Tanenbaum </author> <year> 1999 </year> </book>
```

```
</book_list>
```

XSLによるスタイルシート

```
<?xml version='1.0'?>
<xsl:stylesheet xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform"
  version="1.0">
<xsl:template match="/">
<html>
<body>
<table border="2">
  <tr>
    <th> Title</th>
    <th> Author</th>
    <th> Year </th>
  </tr>
```

XSLによるスタイルシート(続き)

```
<xsl:for-each select="book_list/book">
  <tr>
    <td> <xsl:value-of select="title"/> </td>
    <td> <xsl:value-of select="author"/> </td>
    <td> <xsl:value-of select="year"/> </td>
  </tr>
</xsl:for-each>
</table>
</body>
</html>
</xsl:template>
</xsl:stylesheet>
```

C:\book_list.xml - Microsoft Internet Explorer

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H)

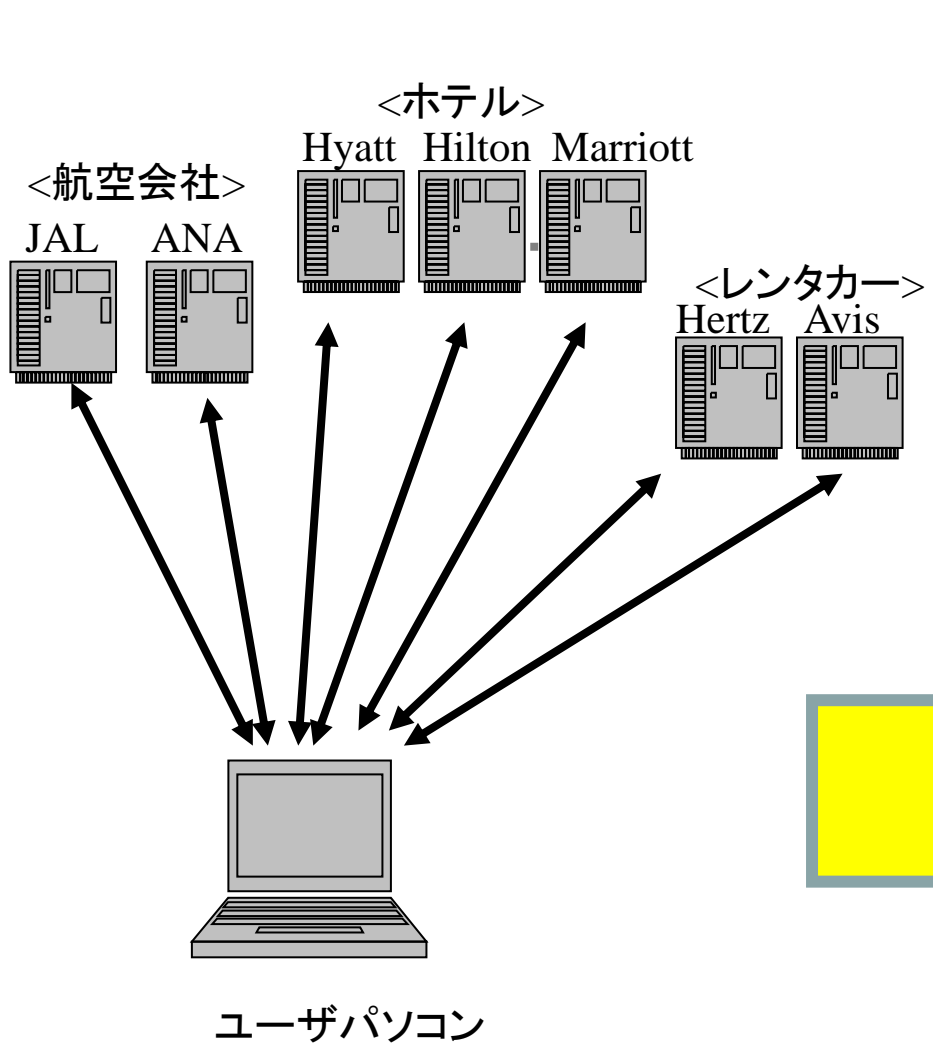
戻る 検索 お気に入り リンク

アドレス(D) C:\book_list.xml 移動

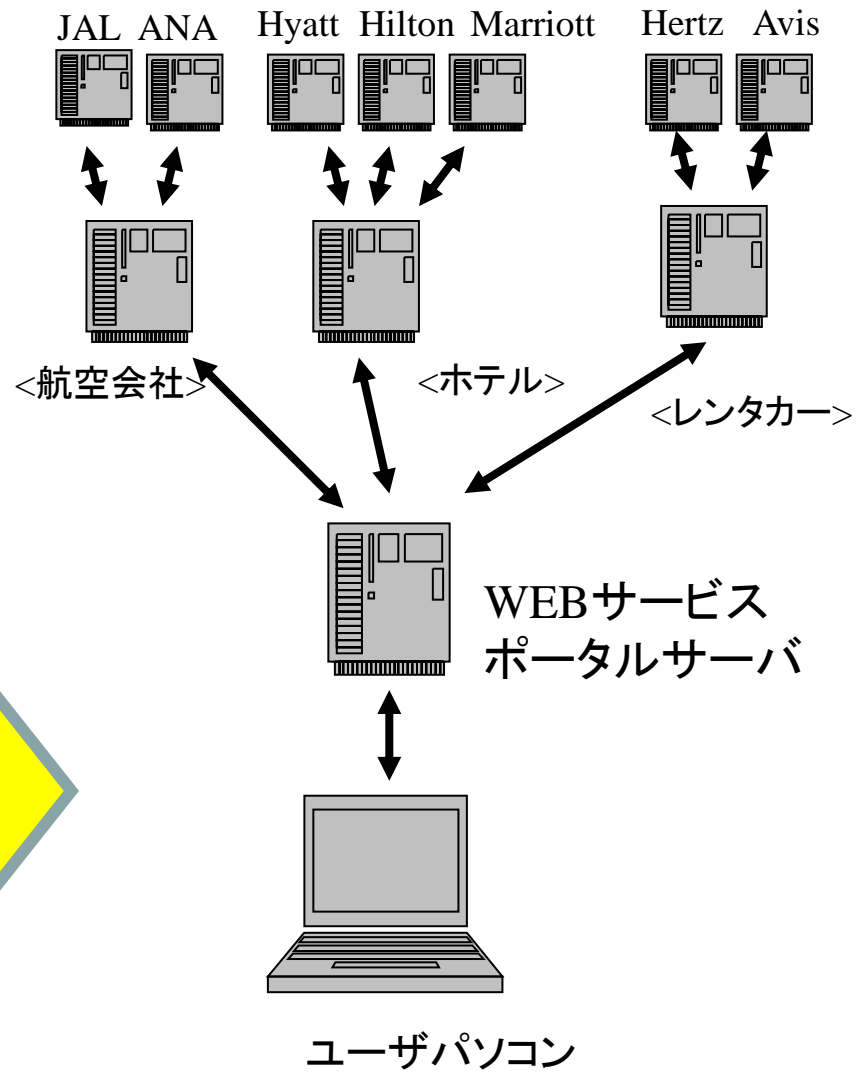
| Title | Author | Year |
|---------------------------------------|---------------------|------|
| Computer Networks, 4/e | Andrew S. Tanenbaum | 2003 |
| Modern Operating Systems, 2/e | Andrew S. Tanenbaum | 2001 |
| Structured Computer Organization, 4/e | Andrew S. Tanenbaum | 1999 |

ページが表示されました

マイ コンピュータ



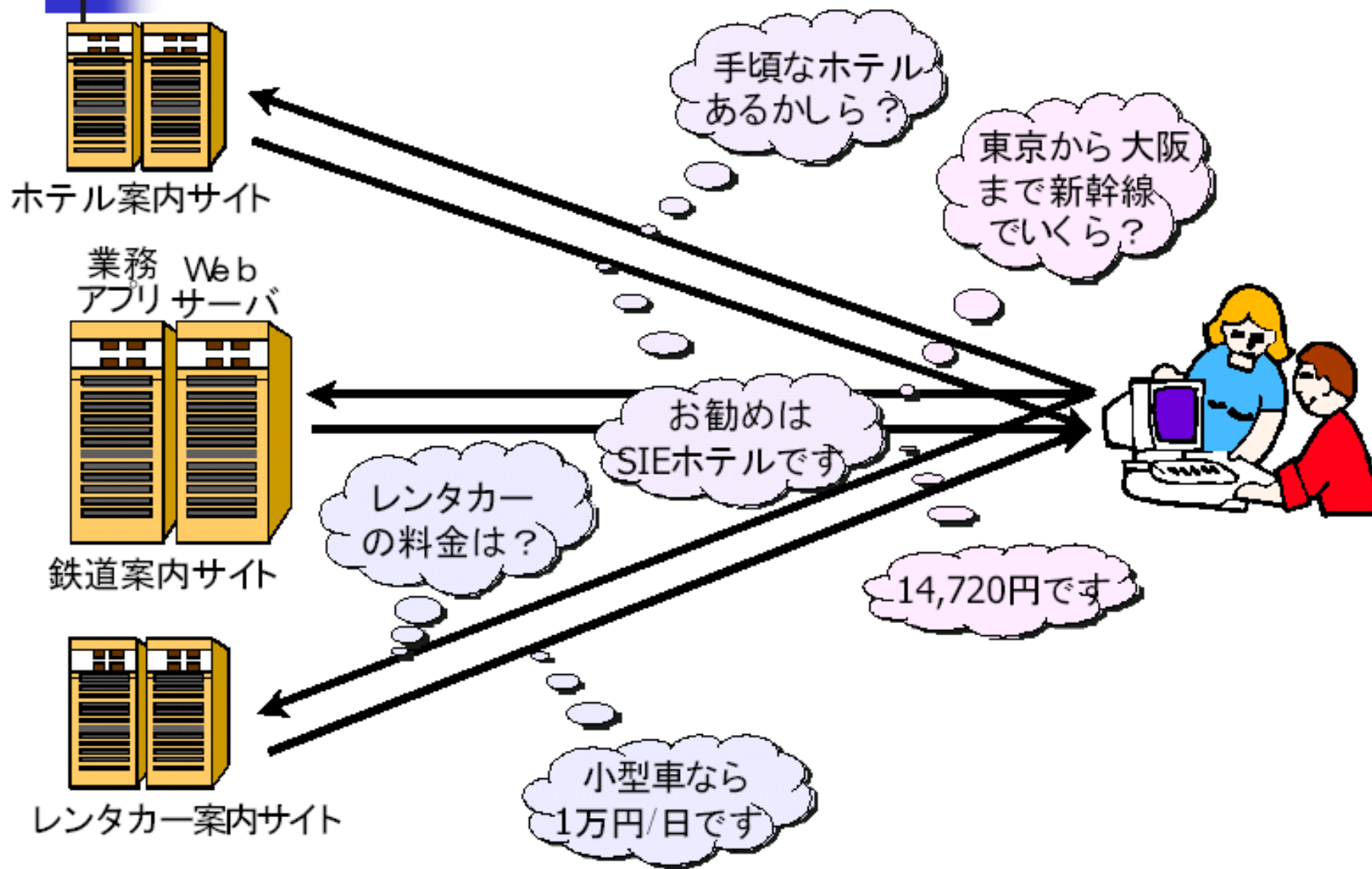
(a) 既存サービス



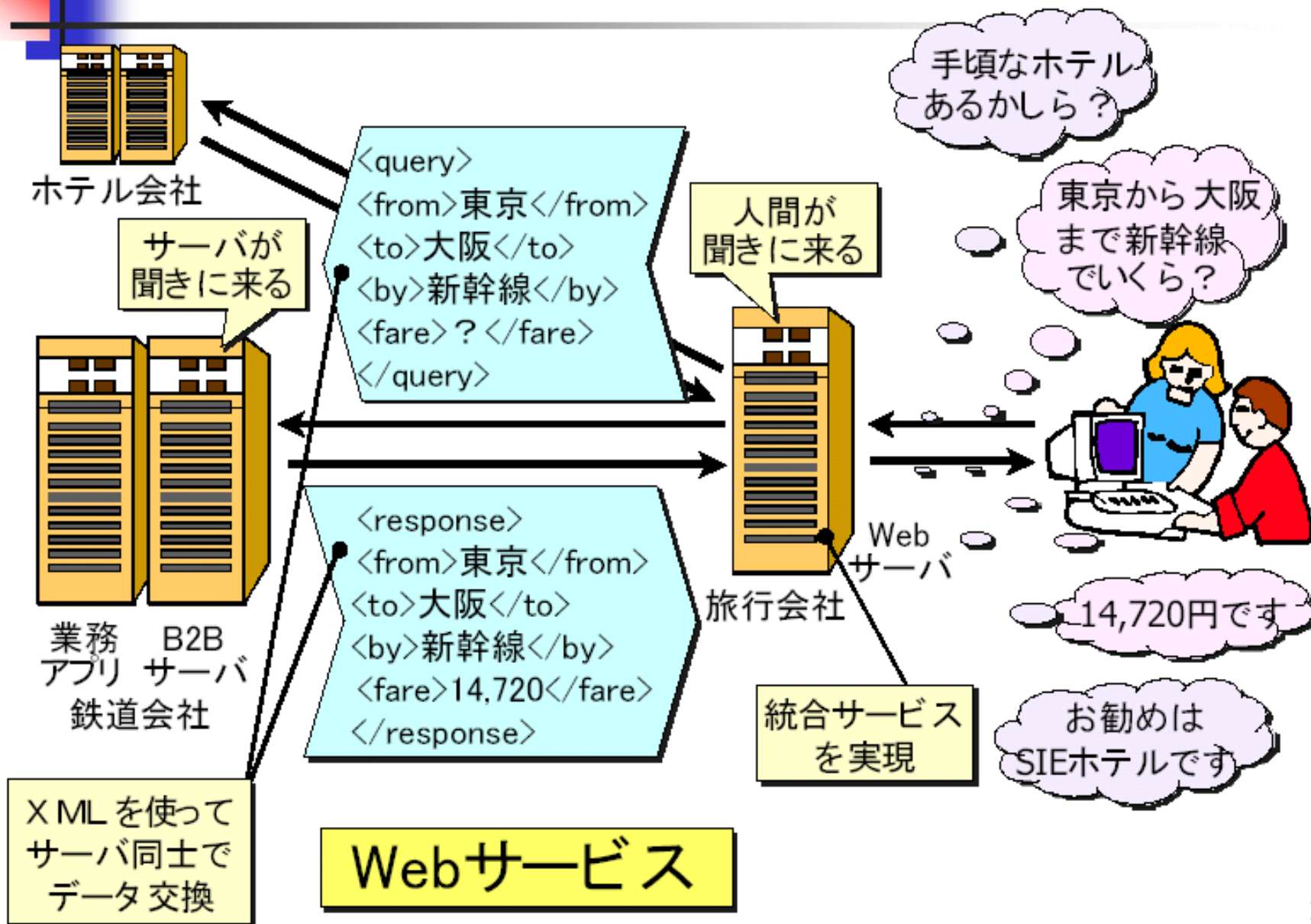
(b) WEBサービス

WEBサービスの基本概念(2000年初頭)

従来のWebサイトへのアクセス



Webサービスの概念



大規模 (WEB) サーバ

最近の 傾向・方法

1. マルチプロセッサ型の計算機アーキテクチャの導入
分散処理(機能分散、地理的分散)
2. キャッシュ技術の導入
CDN、P2Pなど
3. DMA(Direct Memory Access)技術の導入
P2P技術
4. 仮想化技術の導入
Virtualization、Overlayネットワーク

処理負荷の分散手法

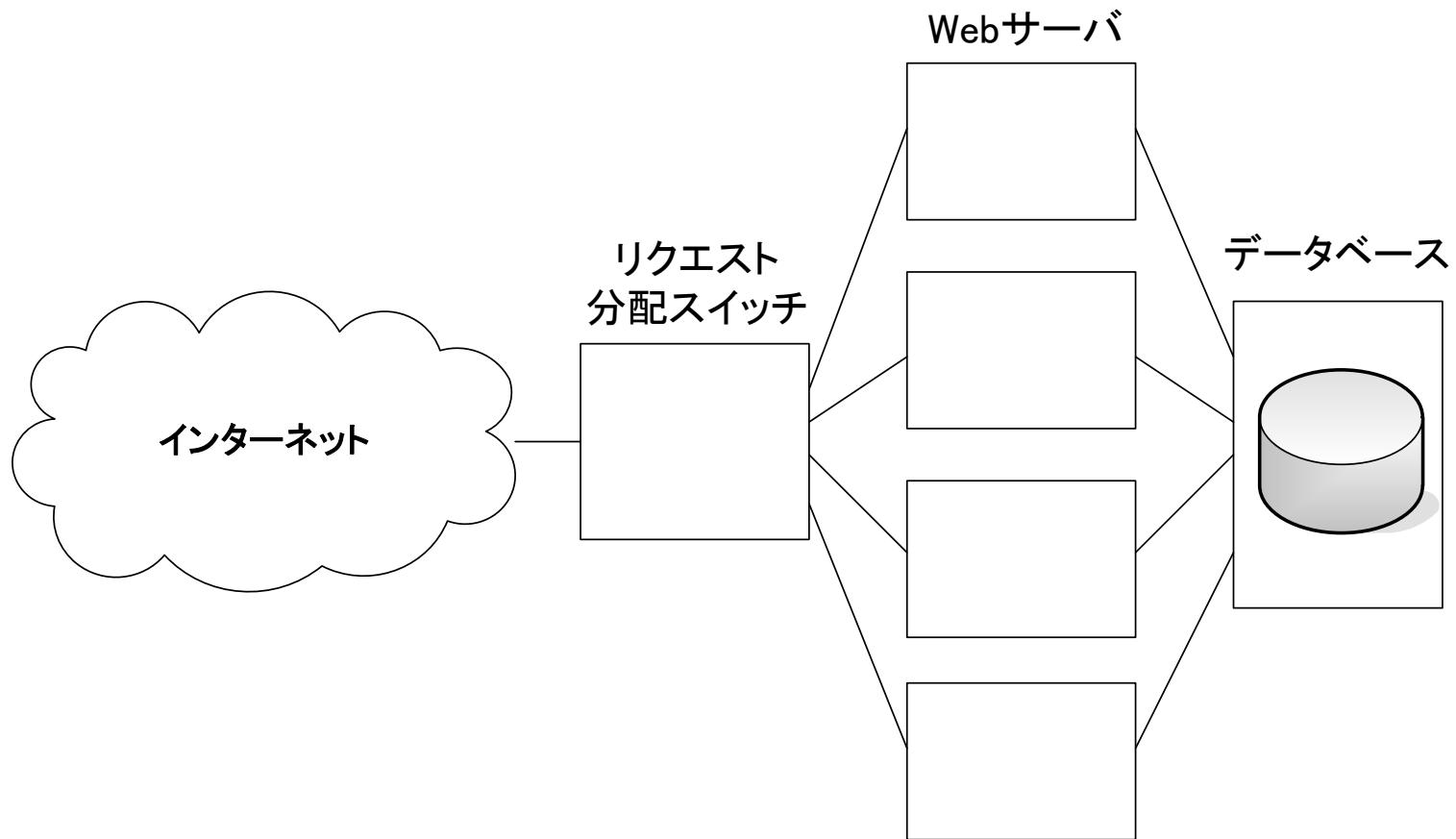
1. 水平分散

- 複数のサーバに並列的に処理を実行させる。
- 特定の機能ごとに、専門化したサーバを用意し、適切に Dispatch する。

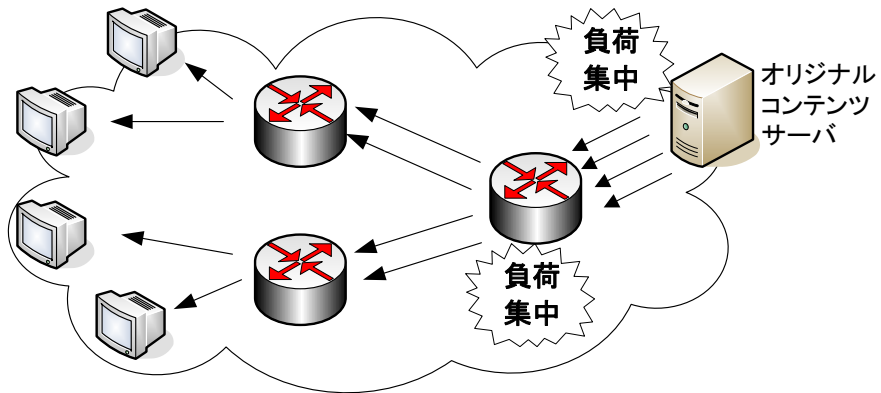
2. 垂直分散

- Proxy機能や Cache機能を提供し、クライアントに近い仮想ノード/分身ノードが、データ処理を分担する。
- データの変更時の Consistency の維持が課題となる。

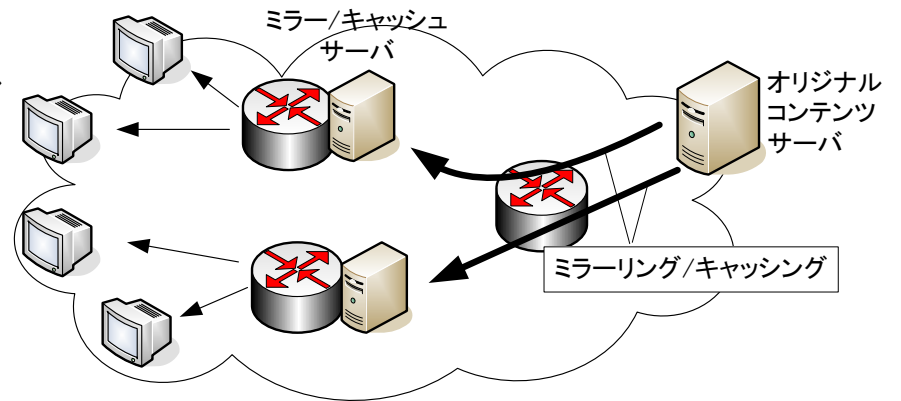
負荷分散



Content Delivery Network



従来のWebサーバシステム



コンテンツ配信システム

CDS/CDNとは？

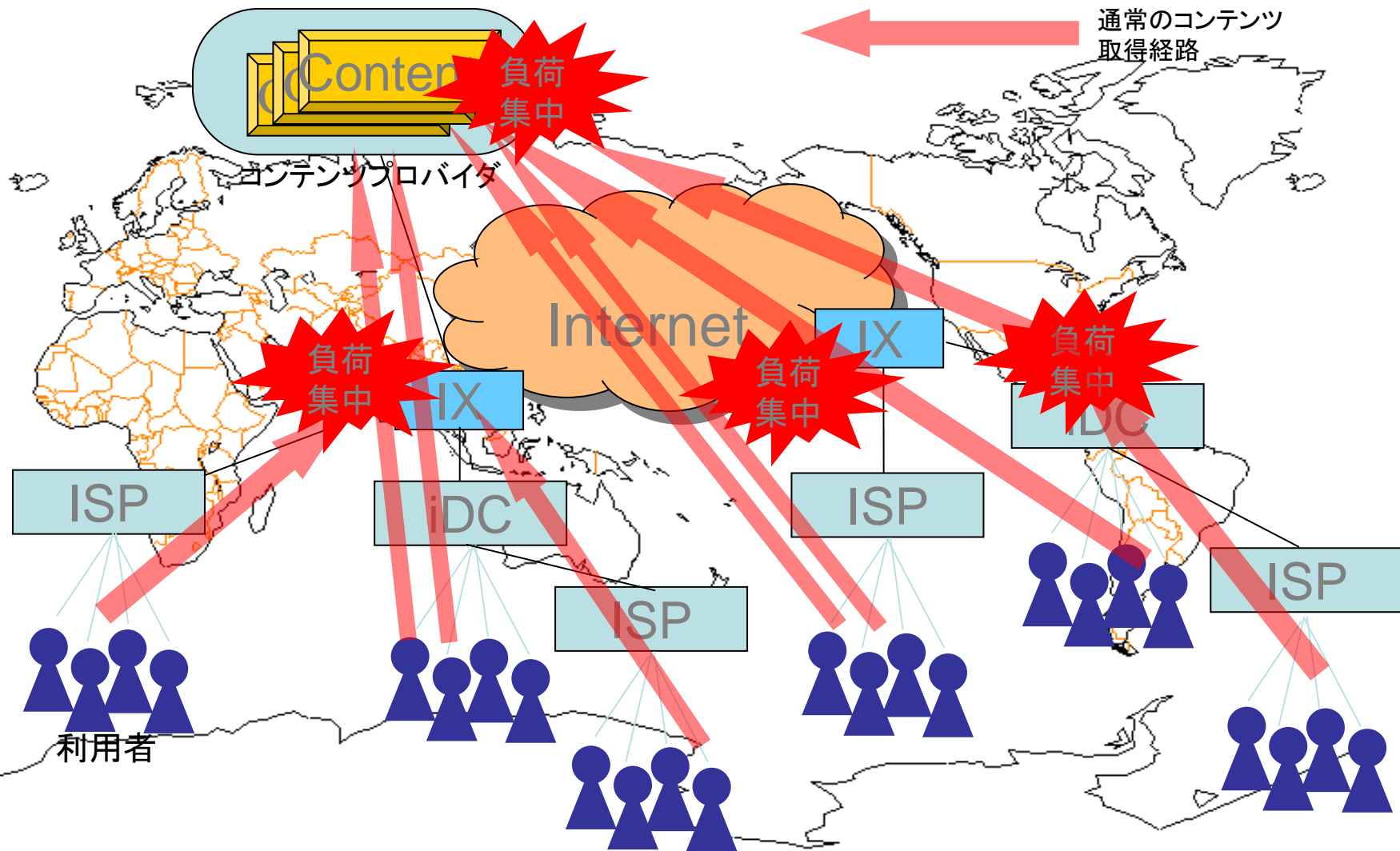
• CDS

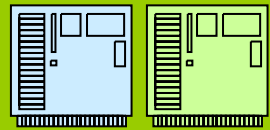
- Content(s) Delivery Service/System
- Content(s) Distribution Service/System
- Web/Streamingなどのrich contentsに対してキャッシュやミラーを積極的に用いた負荷分散システム(サービス)
 - リバースキャッシュ技術
 - キャッシュ管理技術
 - リクエストナビゲーション技術

• CDN

- Content(s) Distribution Network
 - CDSの基盤ネットワーク
- CDS間のコンテンツピアリングを行う単位
 - 例： A社の α というコンテンツをB社のCDSへ提供する

Webサービスの構造上の問題（負荷の集中）





中継ノード

1. キャッシング
2. リバースキャッシュ

オリジナルコンテンツを持つサーバ

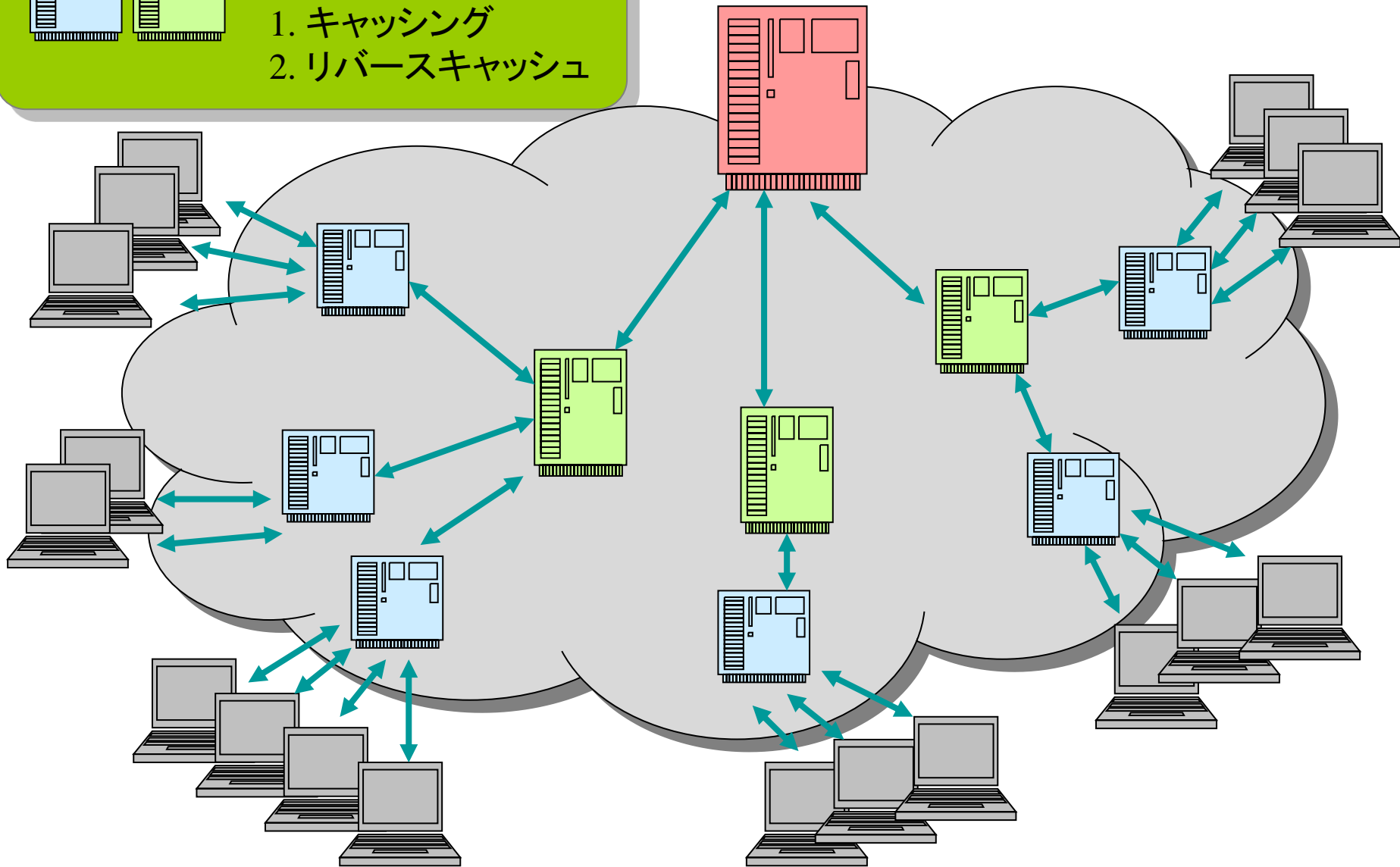
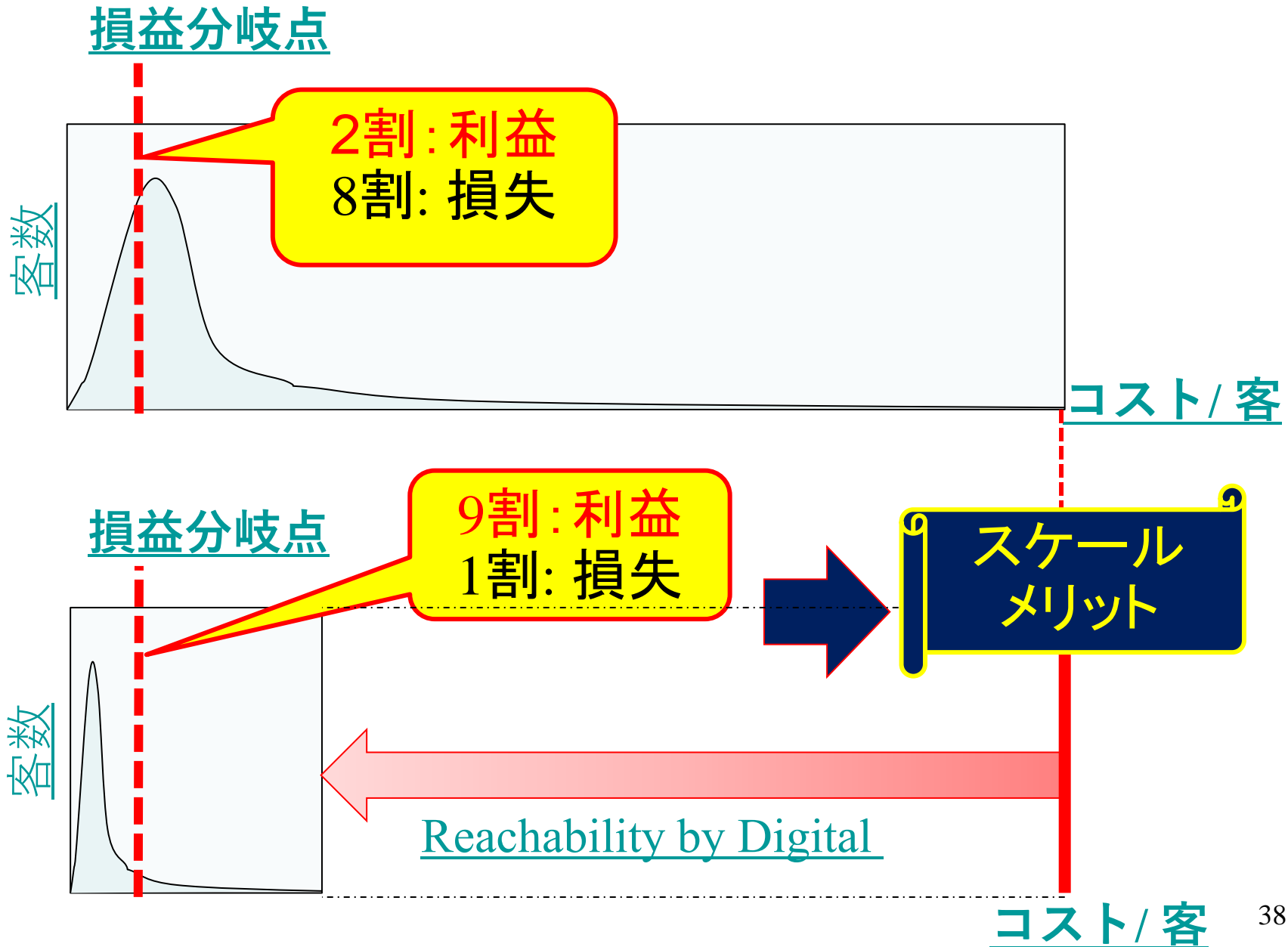


図8-12 CDNの全体構造概念図

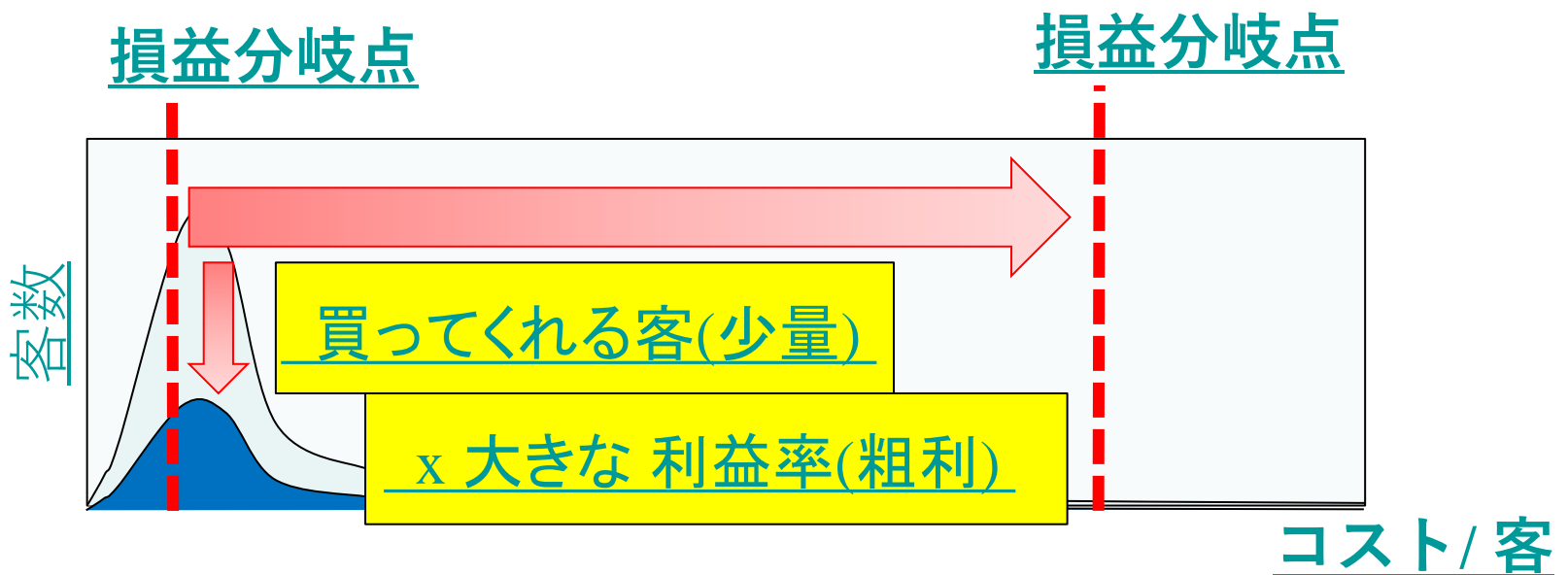
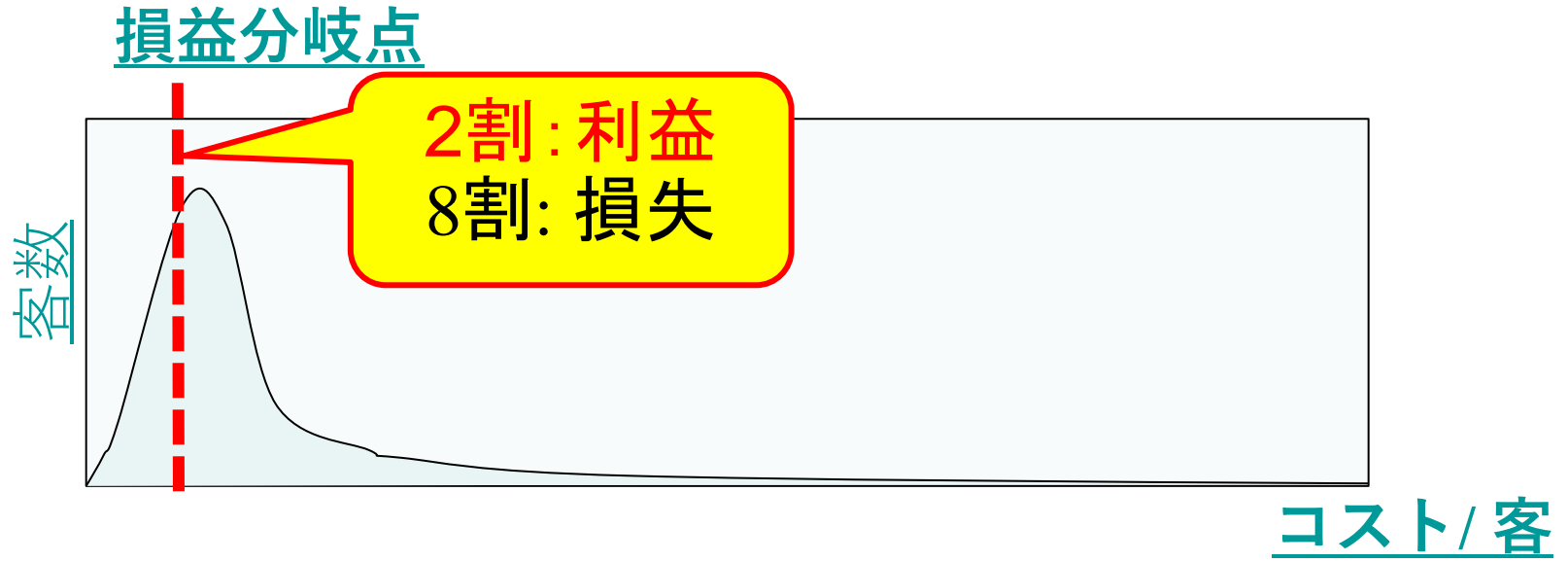
ロングテール

- 20:80の法則 (パレートの法則)
 - 20%の商品から80%の売り上げ
 - 20%の社員から80%の成果 etc.
- 実店舗では20%に注力
- アマゾン・ドット・コムでは230万品目中13万位以下の売り上げが57%

パレートの法則 vs Long-Tail Business



パレートの法則 vs Long-Tail Business



Peer-to-Peer System

What is P2P

- Apply the technical frameworks, that is applied to inside a computer so as to improve the processing performance, are applied to the distributed computer network environment.
- In particular, the followings are key components for P2P system;
 1. Cache (and mirroring)
 2. Redirection of data flow, e.g., DMA
 3. Abstraction of objects, to handle by unique and single method.
- P2P does not include computation

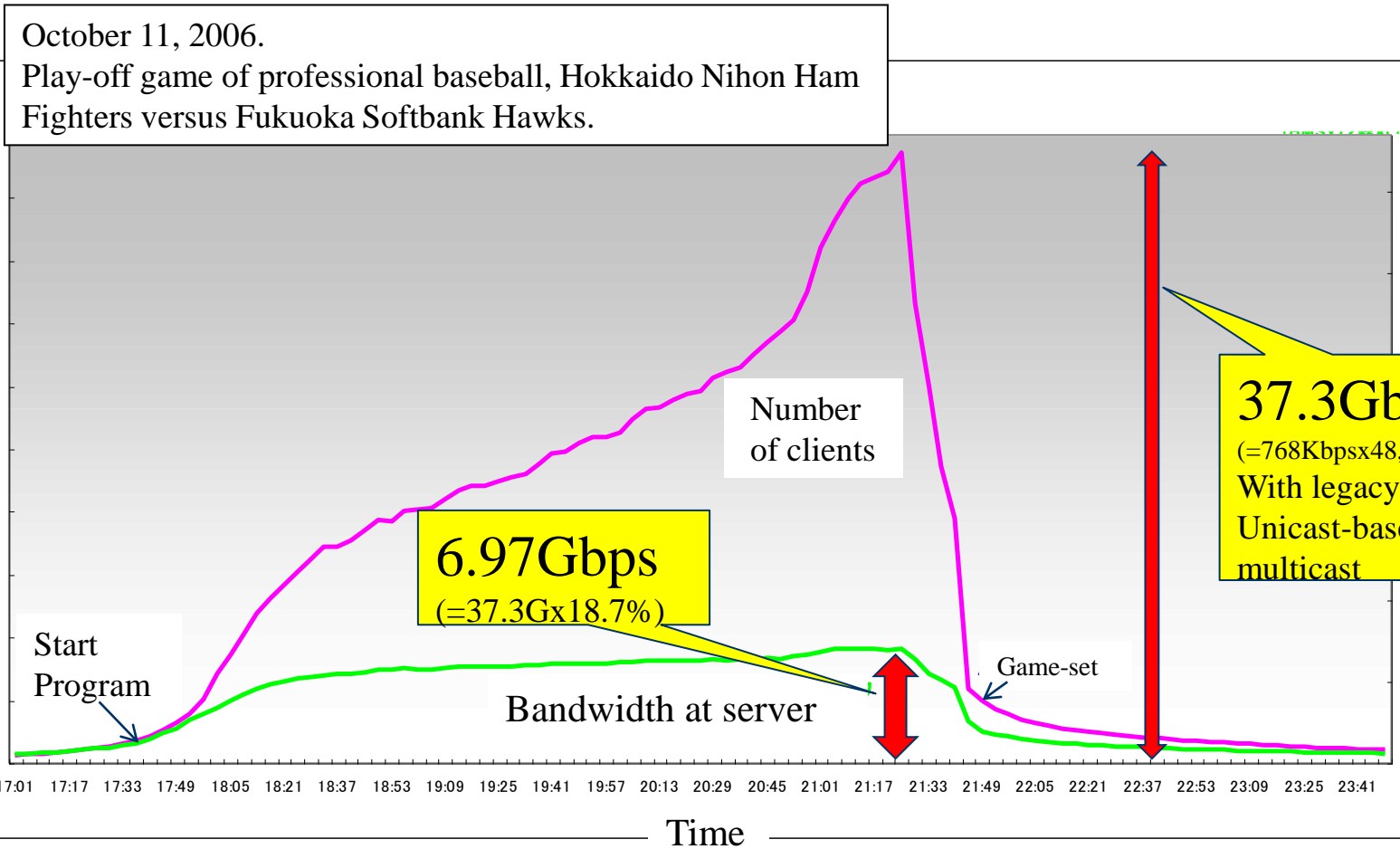
Something new in the Internet

1. Multi-processor computer architecture for distributed processing, aka functional distribution, geographical distribution
2. Cache and Proxy
CDN(Content Delivery Network)
3. Virtualization
Overlay networking

Background of P2P; Unaware technical evolution ?

- Two of drastic cost down in ICT
 - Copying
 - Recording and saving
- However, logistics of information may not be aware of this evolution.....
 - Have BitTorrent or Joost been awared ?
 - BB-TV! by SoftBank YBB has operated, silently...

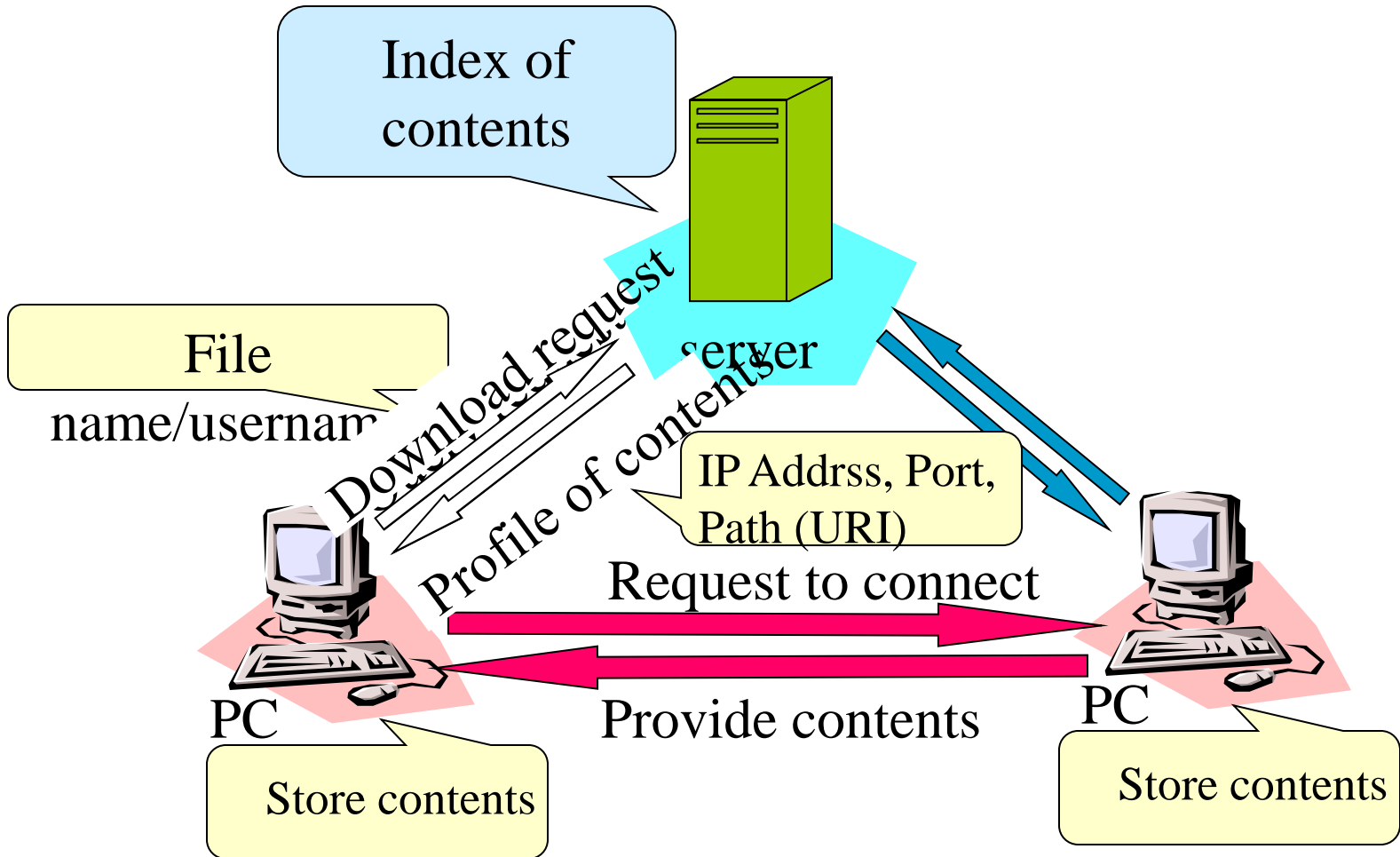
Peer-to-Peer overlay multicasting service by professional ISP, BB-TV! by SoftBank over ADSL network



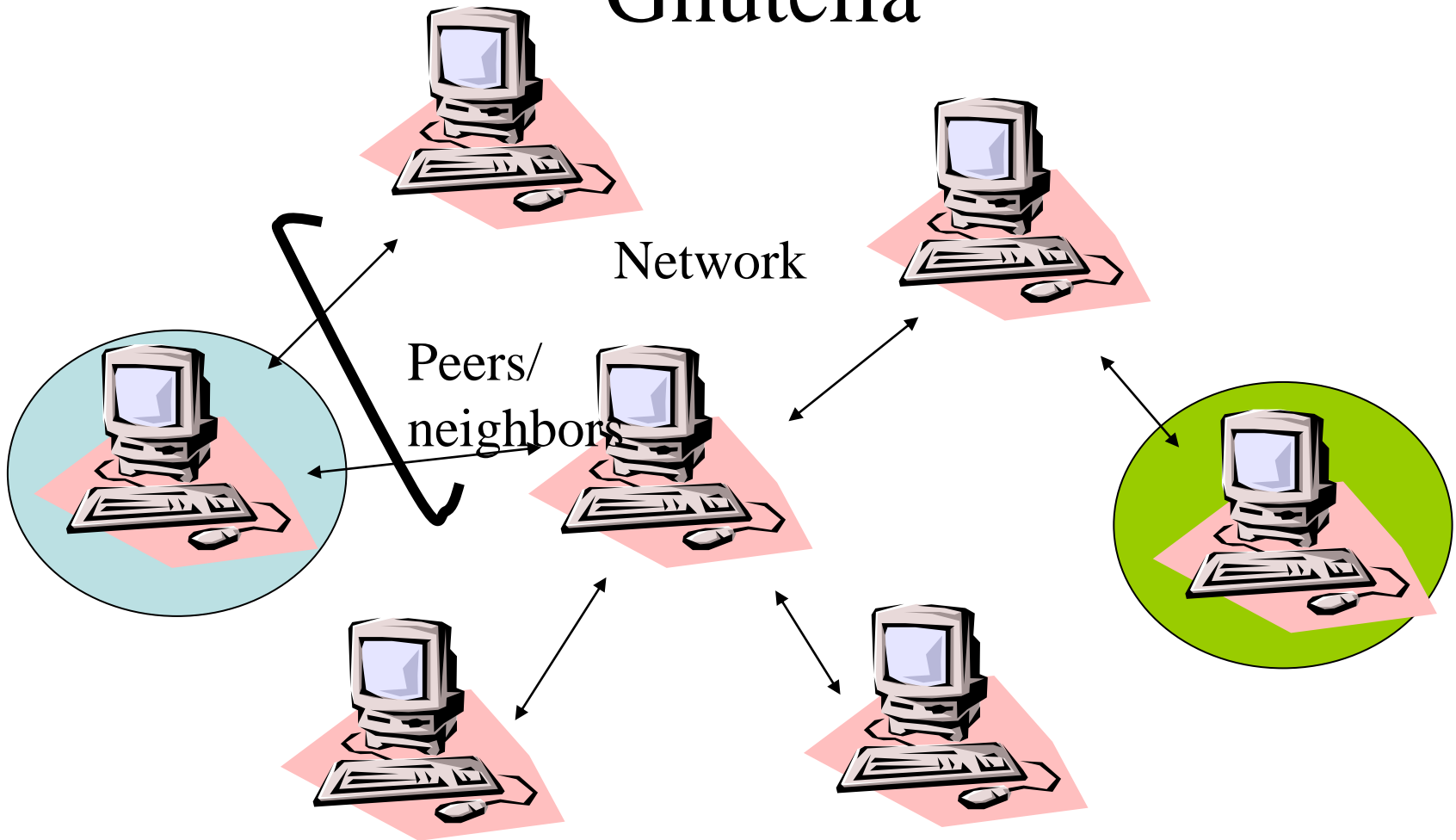
Peer-to-Peer Overlay Networking

- First generation
 - Napstar, WinMX
 - ➔ directory server + Peer-to-Peer connection
 - (*) similar to SIP and NGN
- Second generation
 - Gnutella
 - ➔ Server-less pure peer-to-peer
 - (*) have a scaling problem.....
- Third generation
 - Freenet, Winny
 - ➔ introduction of network cache for scalability

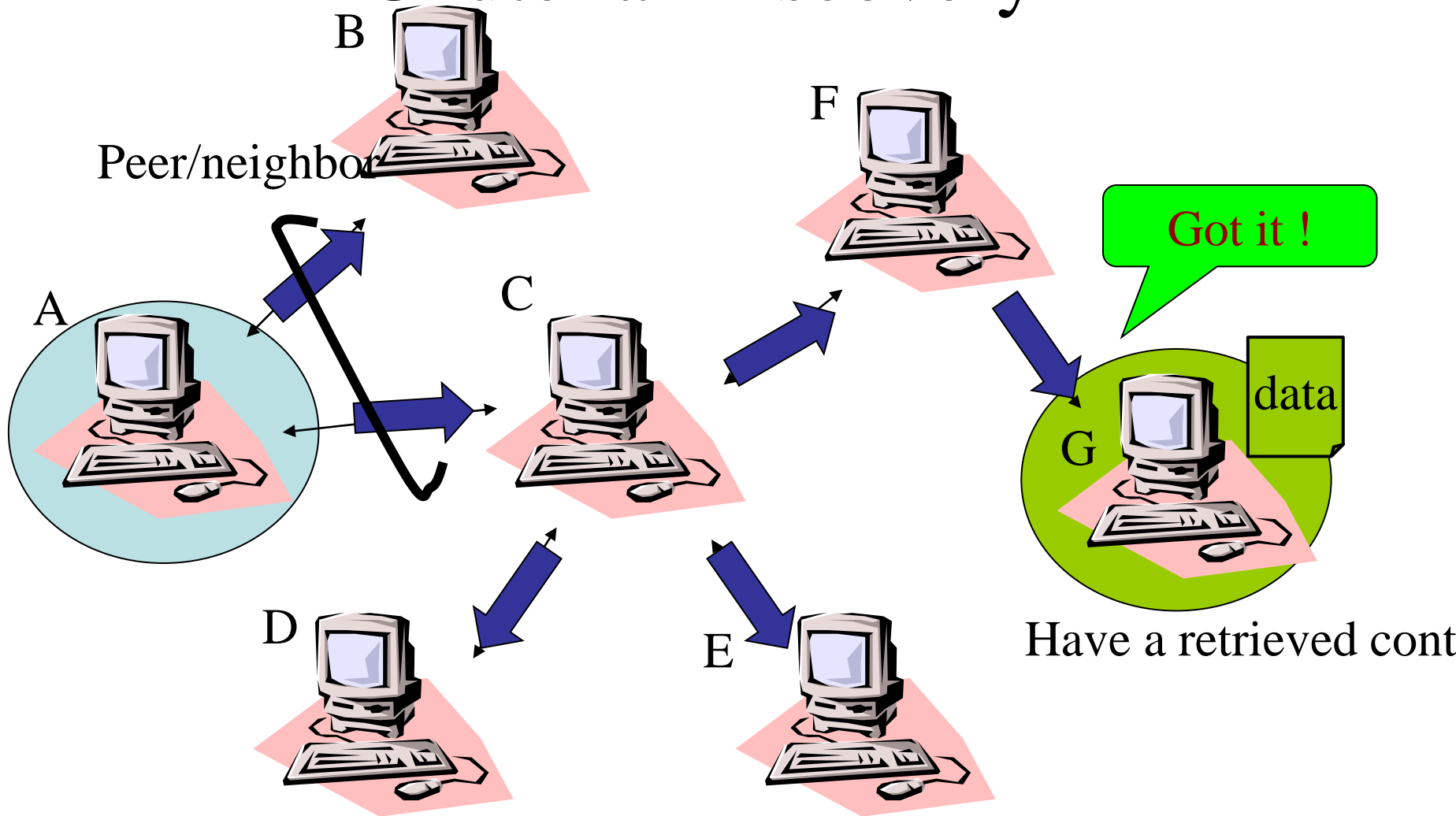
Napster



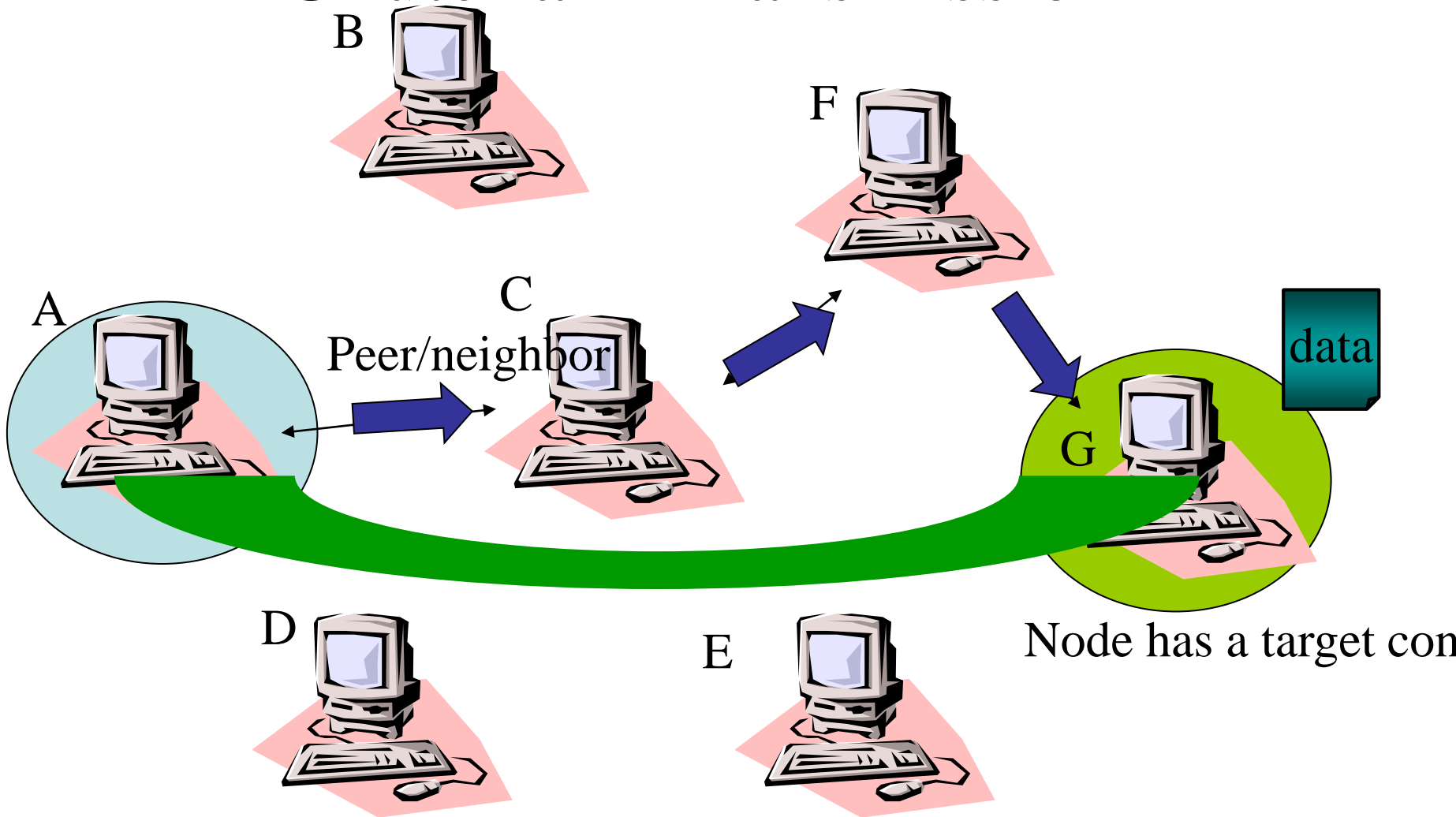
Gnutella



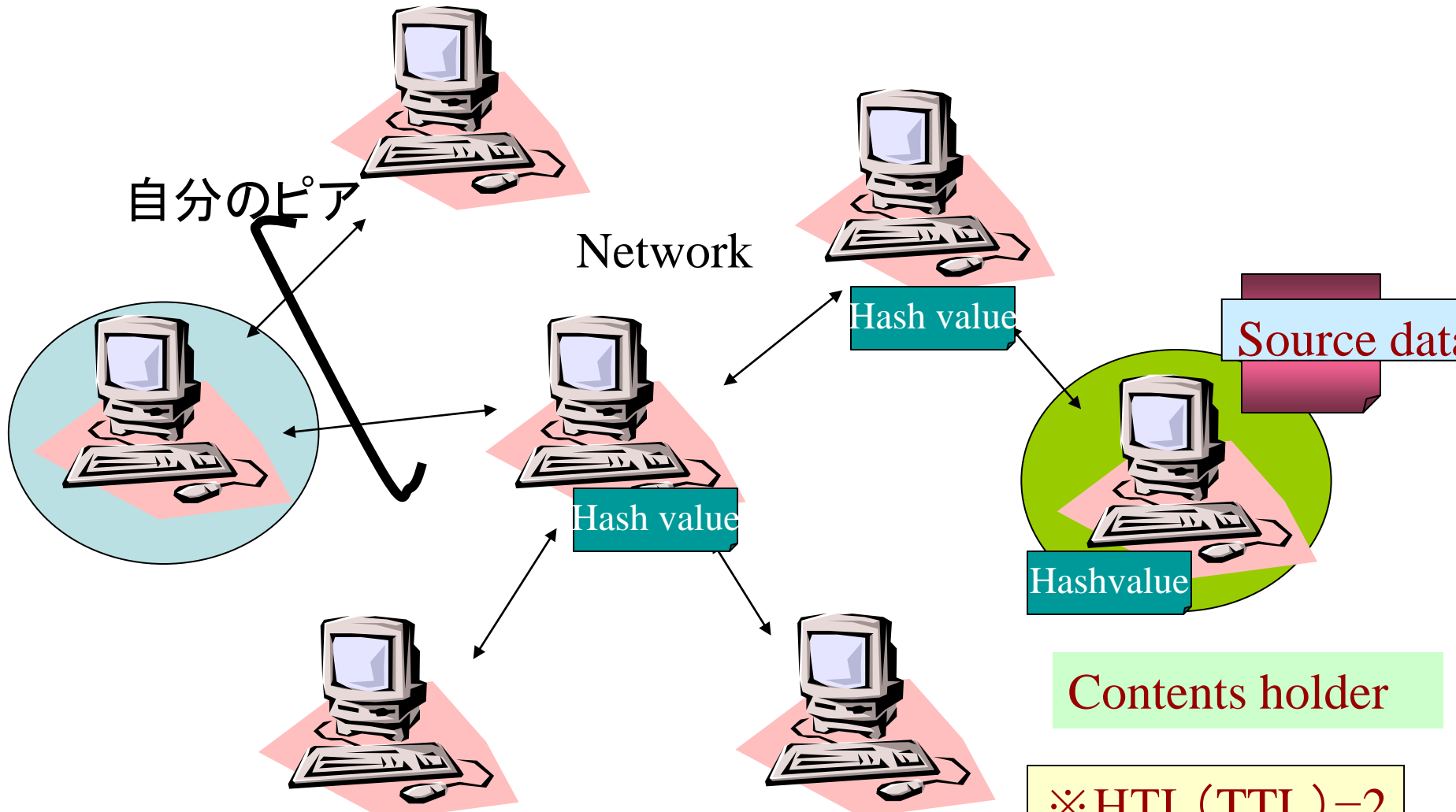
Gnutella: Discovery



Gnutella: Transmission

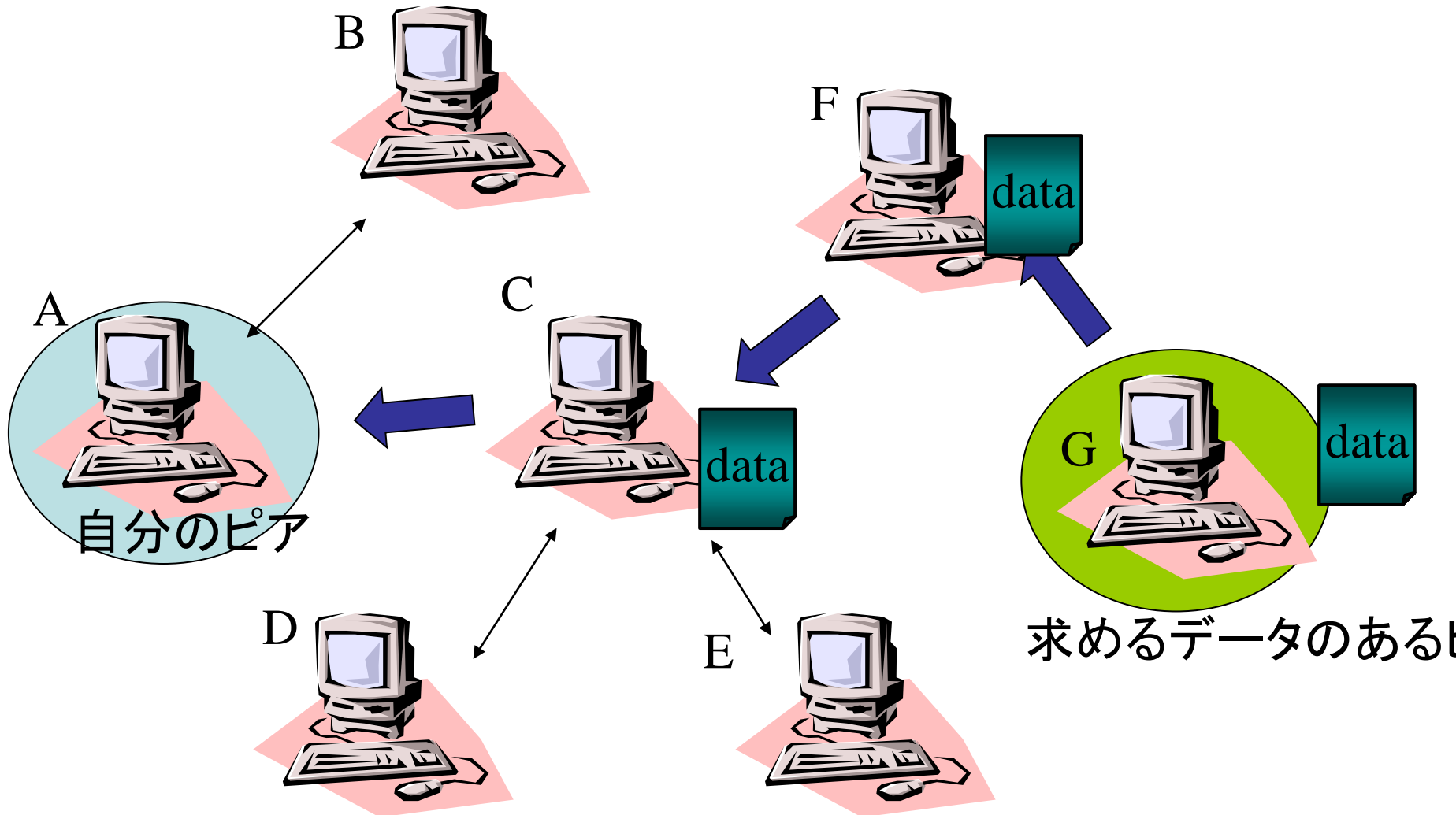


Freenet : put a file



- GUID key is broadcast

Freenet; file transfer



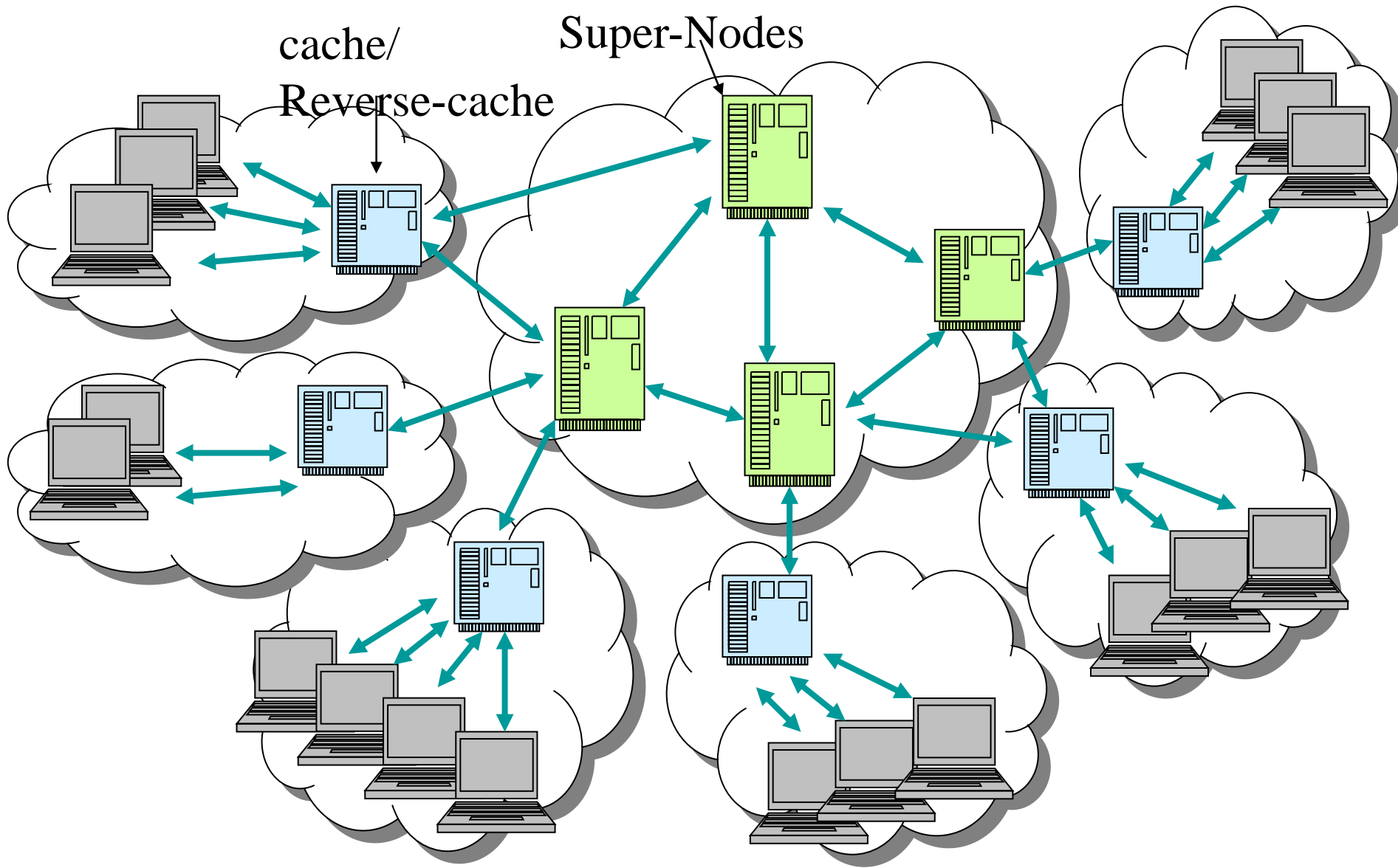


図9-5 Winny/SKYPEにおける階層的トポロジー構造の概念図

Distributed file storage in P2P system

- Napster
 - Separate Index and Storage
 - DMA operation by the introduction of out-band signaling
 - Reducing the copy overhead using the pointer
- Freenet/Winny
 - Separate file name and it's location information
 - Operation like virtual memory system
 - Anonymity of file profile
 - Introduction of network cache
 - Paging, cache, reverse-cache, etc.,

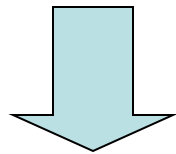
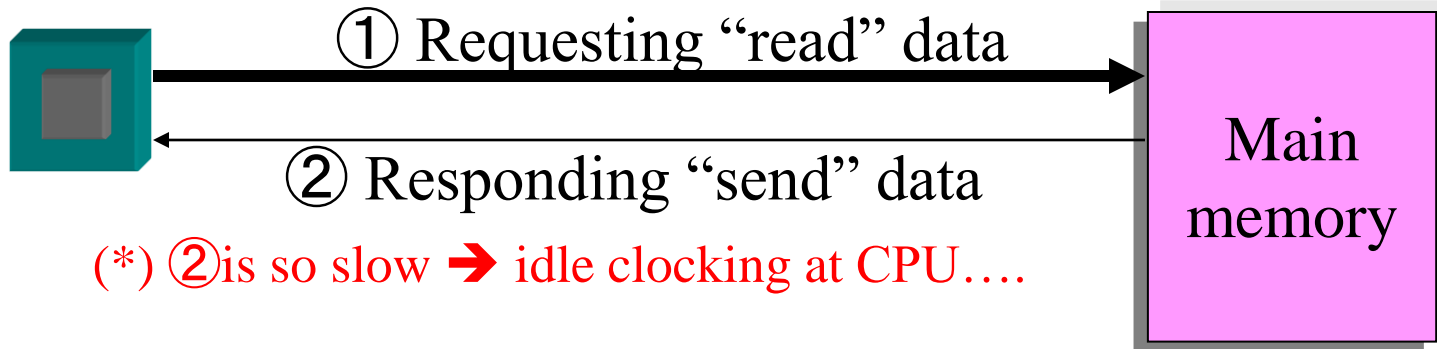
What has Peer-to-Peer introduced ?

1. {networked} Cache and Proxy
2. {networked} DMA (Direct Memory Access)
3. {networked} Virtual memory system (by DHT)
 - Separate contents handler(identifier) and real storing address
 - Access heterogeneous and multiple device with single {virtual} interface
4. Abstraction of contents by number (by DHT)
concealing {file name, file descriptor, etc.}

Cache memory in computer

High speed processing

Lower speed processing

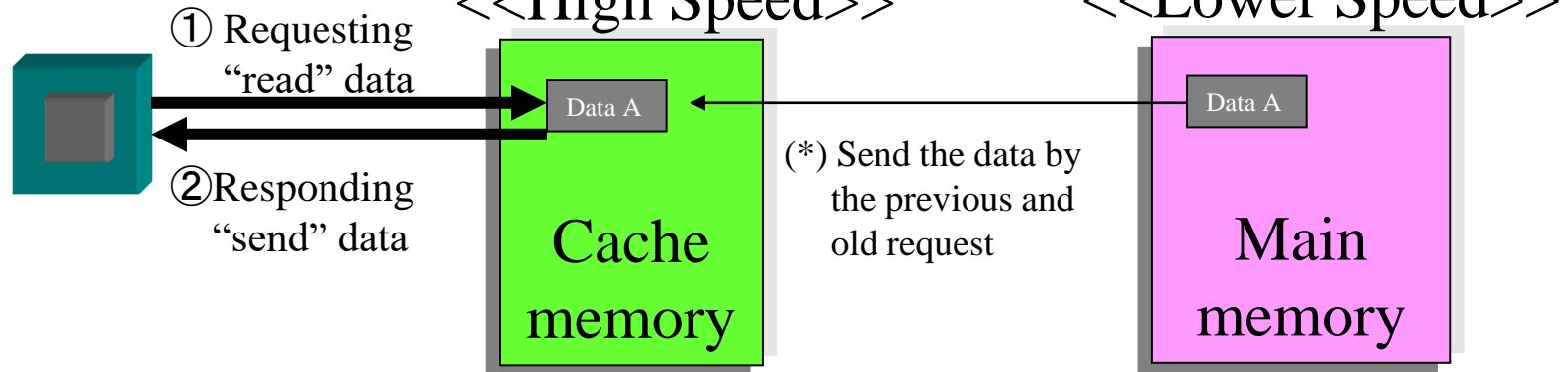


Introduction of cache memory system

<<High Speed>>

<<High Speed>>

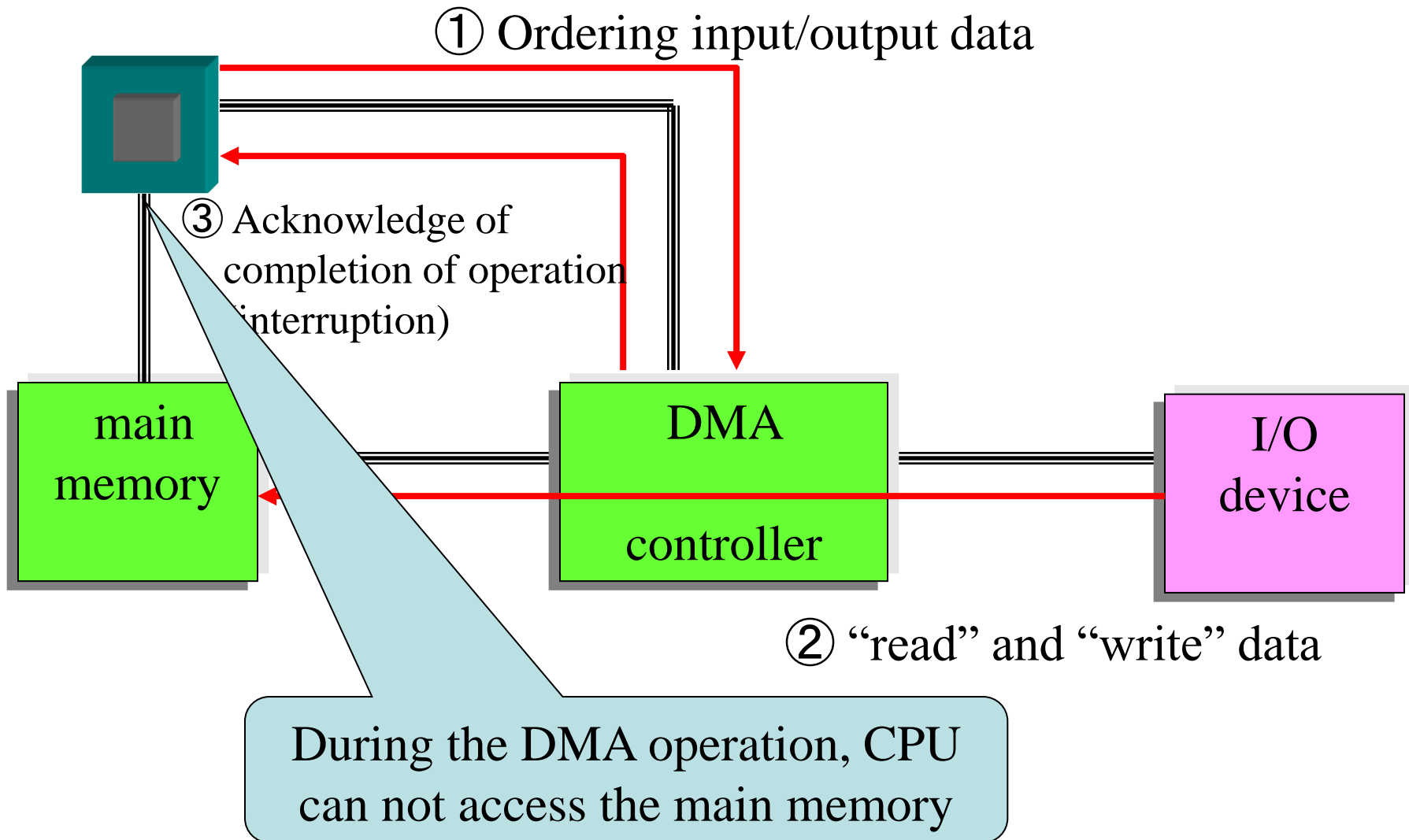
<<Lower Speed>>



What has Peer-to-Peer introduced ?

1. {networked} Cache and Proxy
2. {networked} DMA (Direct Memory Access)
3. {networked} Virtual memory system (by DHT)
 - Separate contents handler(identifier) and real storing address
 - Access heterogeneous and multiple device with single {virtual} interface
4. Abstraction of contents by number (by DHT)
concealing {file name, file descriptor, etc.}

DMA; Direct Memory Access

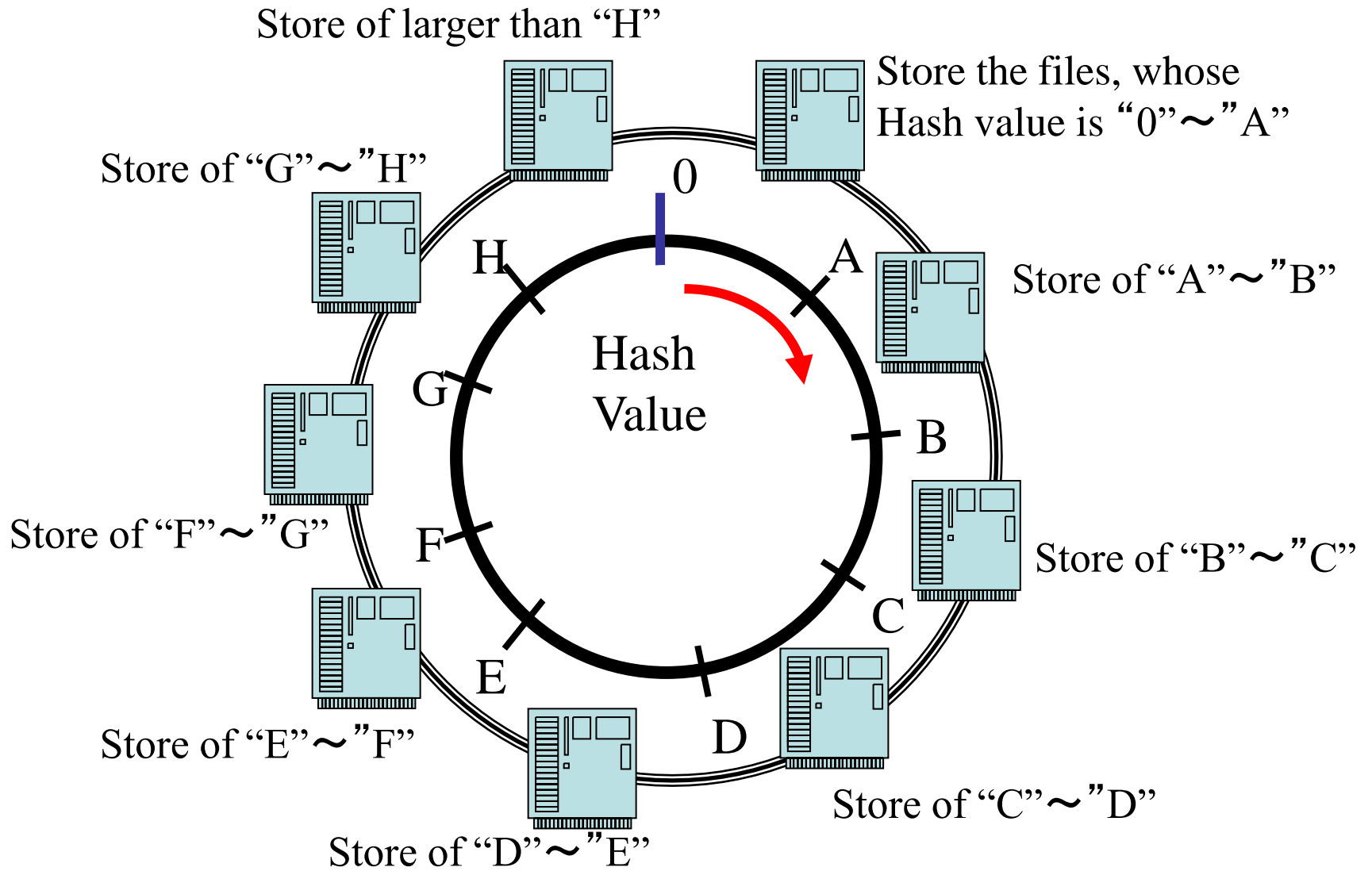


Signaling system

- Out-band signaling
 - Separate the Data-Plane and Control-Plane)
 - Example; Telephone, MP3 player, TV broadcasting
- In-band signaling
 - Share and use the same resource by Data-Plane and by Control-Plane
 - Example; internet

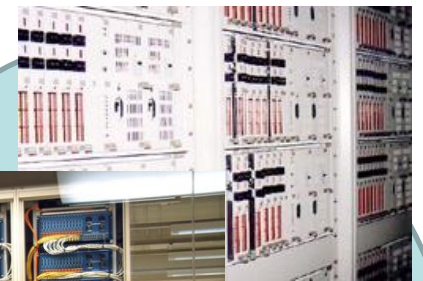
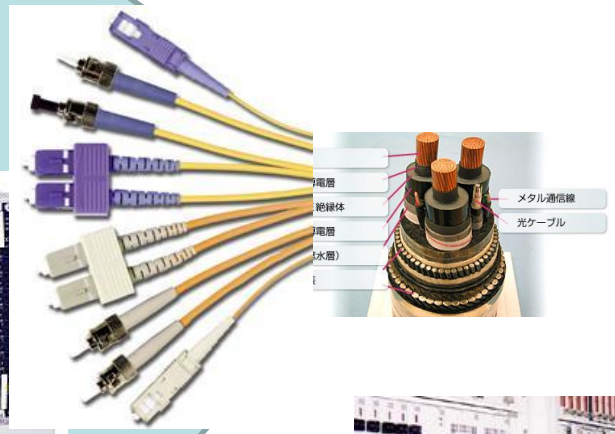
What has Peer-to-Peer introduced ?

1. {networked} Cache and Proxy
2. {networked} DMA (Direct Memory Access)
3. {networked} Virtual memory system (by DHT)
 - Separate contents handler(identifier) and real storeing address
 - Access heterogeneous and multiple device with single {virtual} interface
4. Abstraction of contents by number (by DHT)
concealing {file name, file descriptor, etc.}



Distributed file storage image in DHT system

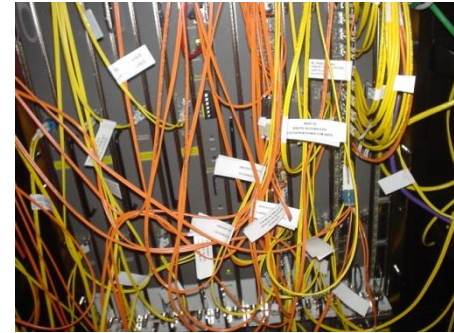
電話局



自宅



データセンタ



https://www.nytimes.com/interactive/2019/03/10/technology/internet-cables-oceans.html?utm_source=elevate&utm_campaign=LinkedIn&utm_medium=social&utm_term=0_597bc2b578-0e31f613ae-56581769&_lsrc=e6ed9c97-dc44-49f1-a6fc-6888803fb85b&fbclid=IwAR3tk1YDKjonsPctO6nM-u6TMX0Z5Vnw1qmEVg1rS4rqEYQAT7YQBn5fMbE

The screenshot shows a web browser window displaying a New York Times article. The browser's address bar shows the URL: https://www.nytimes.com/interactive/2019/03/10/technology/internet-cables-oceans.html?utm_source=elevate&utm_campaign=LinkedIn&utm_medium=social&utm_term=0_597bc2b578-0e31f613ae-56581769&_lsrc=e6ed9c97-dc44-49f1-a6fc-6888803fb85b&fbclid=IwAR3tk1YDKjonsPctO6nM-u6TMX0Z5Vnw1qmEVg1rS4rqEYQAT7YQBn5fMbE. The page header includes 'The New York Times' logo and the 'TECHNOLOGY' section. A quote at the top reads: 'People think that data is in the cloud, but it's not. It's in the ocean.' Below the quote is a world map with a network of lines representing internet cables. A legend in the bottom-left corner of the map area states: 'Internet cables in service by 2021' and lists 'Undersea cables owned by Amazon, Facebook, Google or Microsoft' (represented by yellow lines) and 'Other undersea cables' (represented by blue lines). The footer of the page shows '4 ARTICLES REMAINING', a 'Subscribe to The New York Times.' prompt, and buttons for 'SEE MY OPTIONS' and 'Subscriber login'.

Facebook 東大グリーンICTプロ How the Inter JNSAインターンシップ VANTIQ Japan 3E+S | 用語集

https://www.nytimes.com/interactive/2019/03/10/technology/internet-cables-oceans.html?utm_source=elevate&utm_campaign=LinkedIn&utm_medium=social&utm_term=0_597bc2b578-0e31f613ae-56581769&_lsrc=e6ed9c97-dc44-49f1-a6fc-6888803fb85b&fbclid=IwAR3tk1YDKjonsPctO6nM-u6TMX0Z5Vnw1qmEVg1rS4rqEYQAT7YQBn5fMbE

The New York Times TECHNOLOGY Share 22

'People think that data is in the cloud, but it's not. It's in the ocean.'

Internet cables in service by 2021

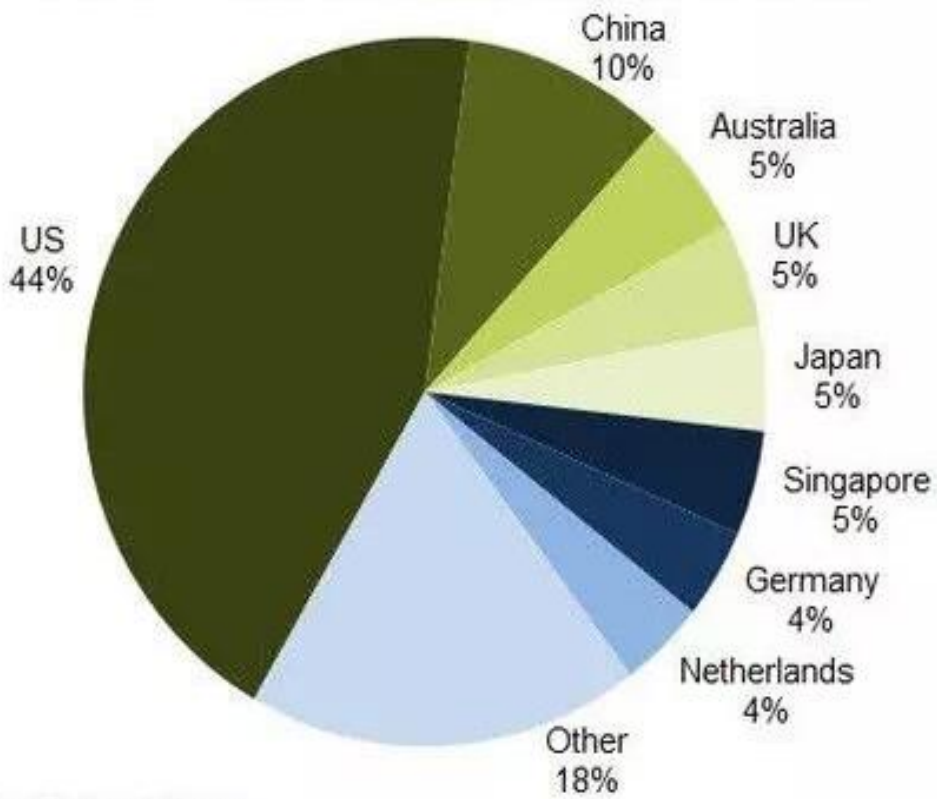
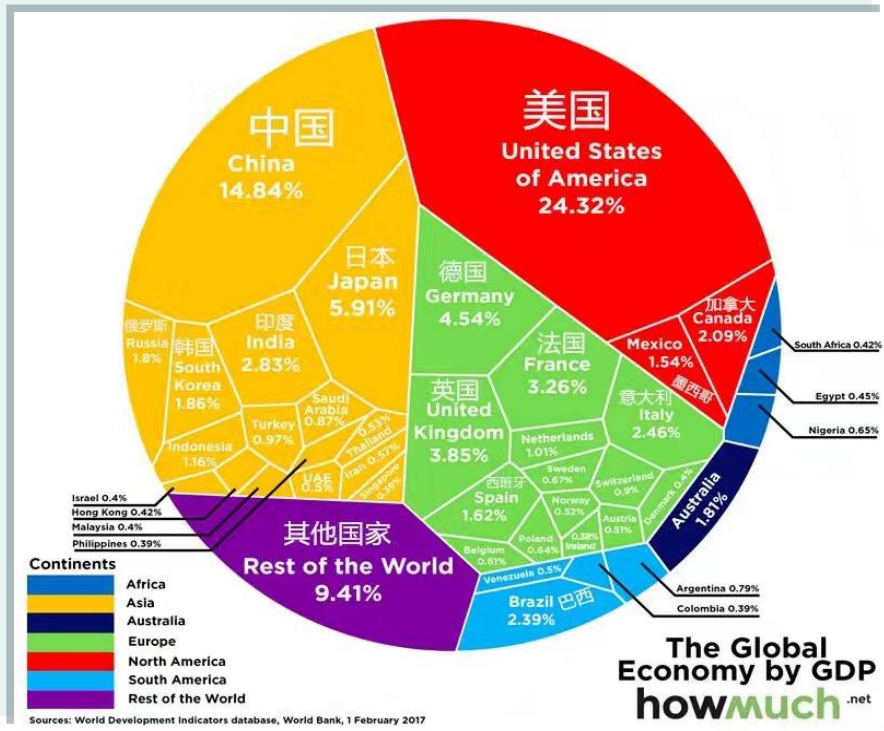
- Undersea cables owned by Amazon, Facebook, Google or Microsoft
- Other undersea cables

4 ARTICLES REMAINING

Subscribe to The New York Times.

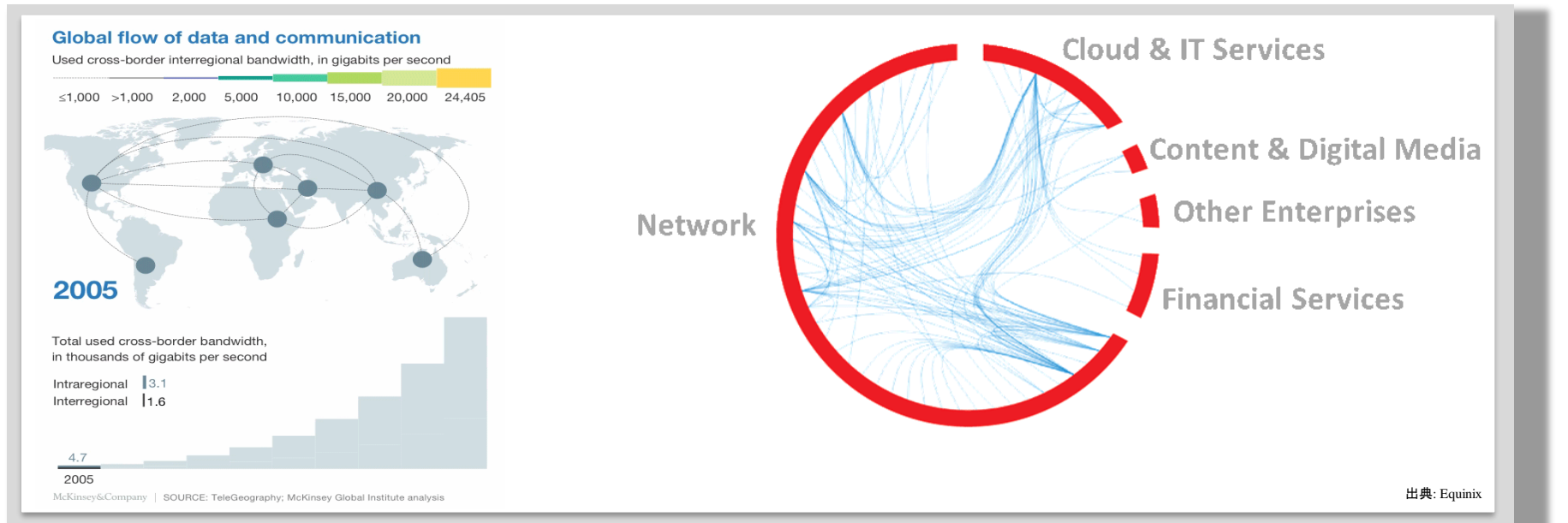
SEE MY OPTIONS Subscriber login

2019年頃 米国:中国:日本 = 9 : 3 : 1



2016年世界各国GDP占比

グローバルな通信トラフィック vs デジタル密度の中心



2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014

資料: EQUINIX社 古田敬 社長

データセンターで何が起きている？

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) & 速度
 - 不変：伝搬速度、(冷却・搬送)媒体密度

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

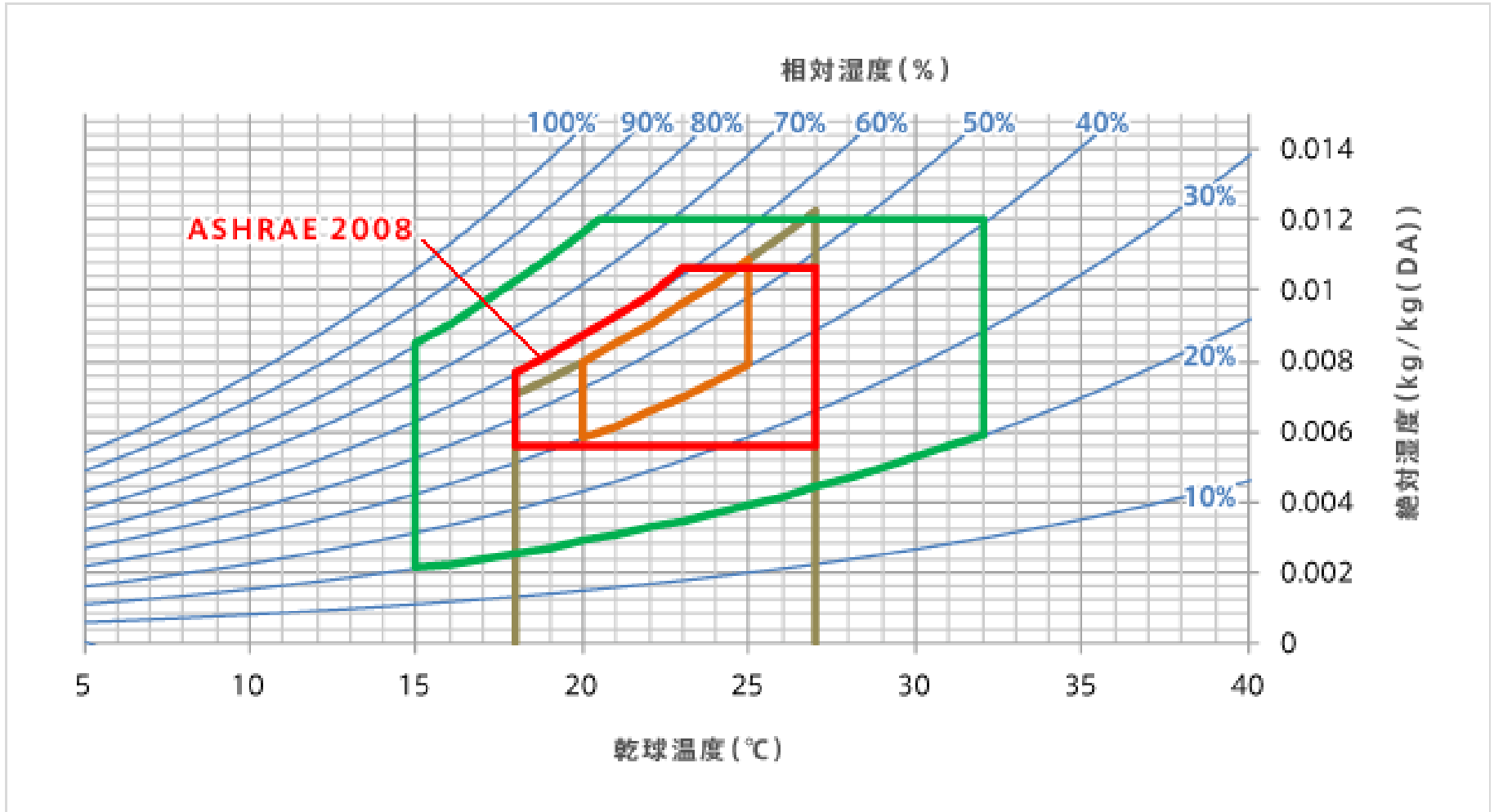
Innovations in Data Center architecture

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

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

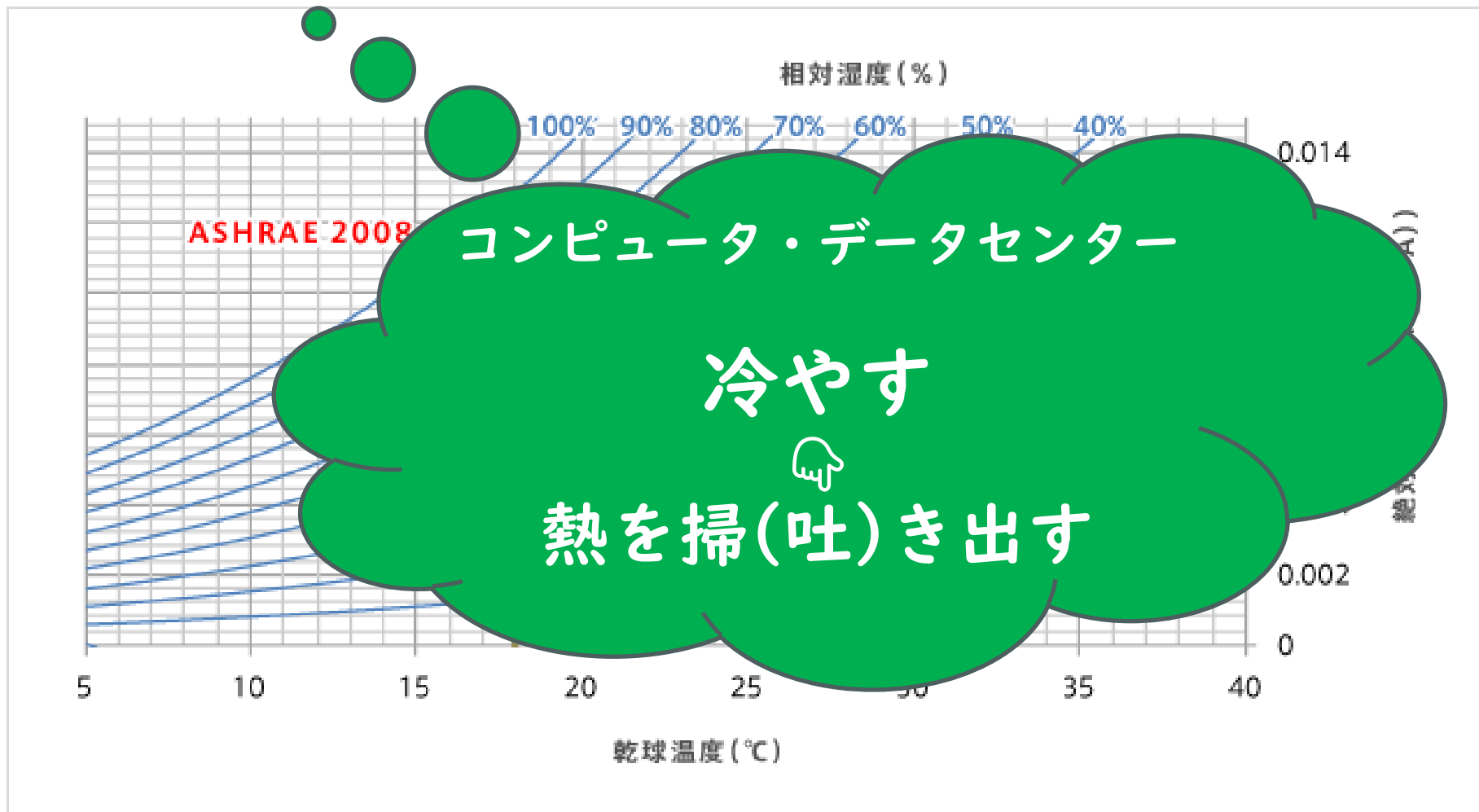
**Open & Transparent
Not only for
server/switch/router,
but also for
“facilities”, with DCIM**

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)

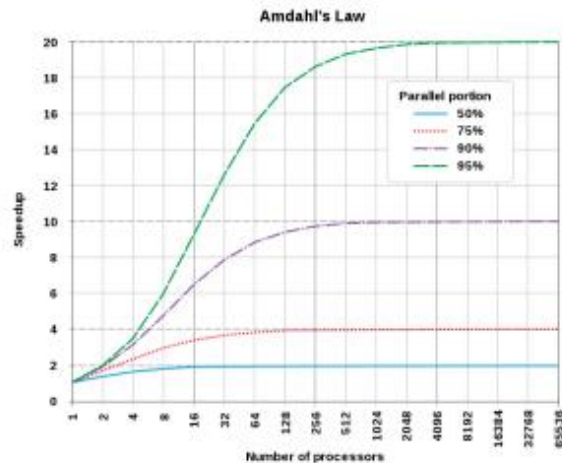
動作条件の緩和(by ASHRAE)



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

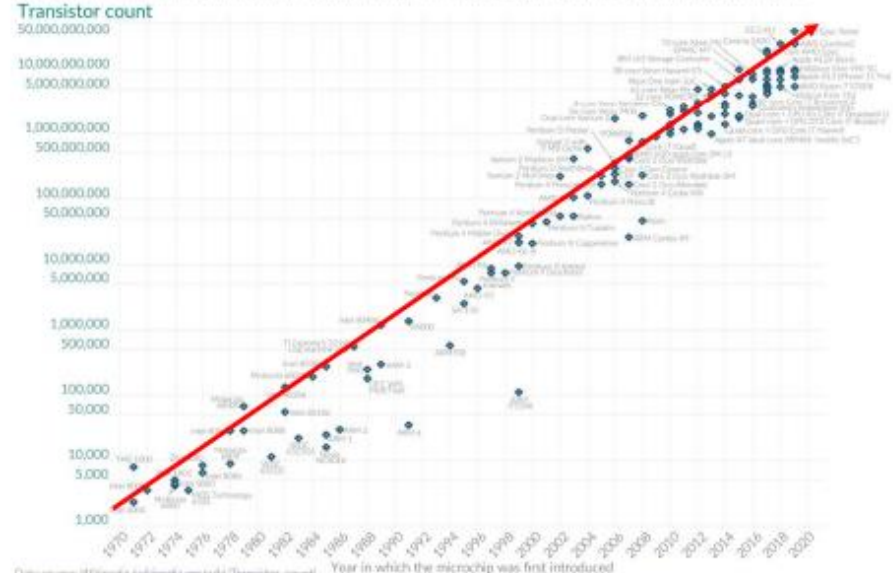
- Moore's Law shows that the number of transistors in a chip continues to grow as expected
- Increases in transistor count does increase power consumed and heat generation
- Increasing number of cores per chip alleviates some growth in power but is subject to Amdahl's Law concerning parallelism
- Without 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

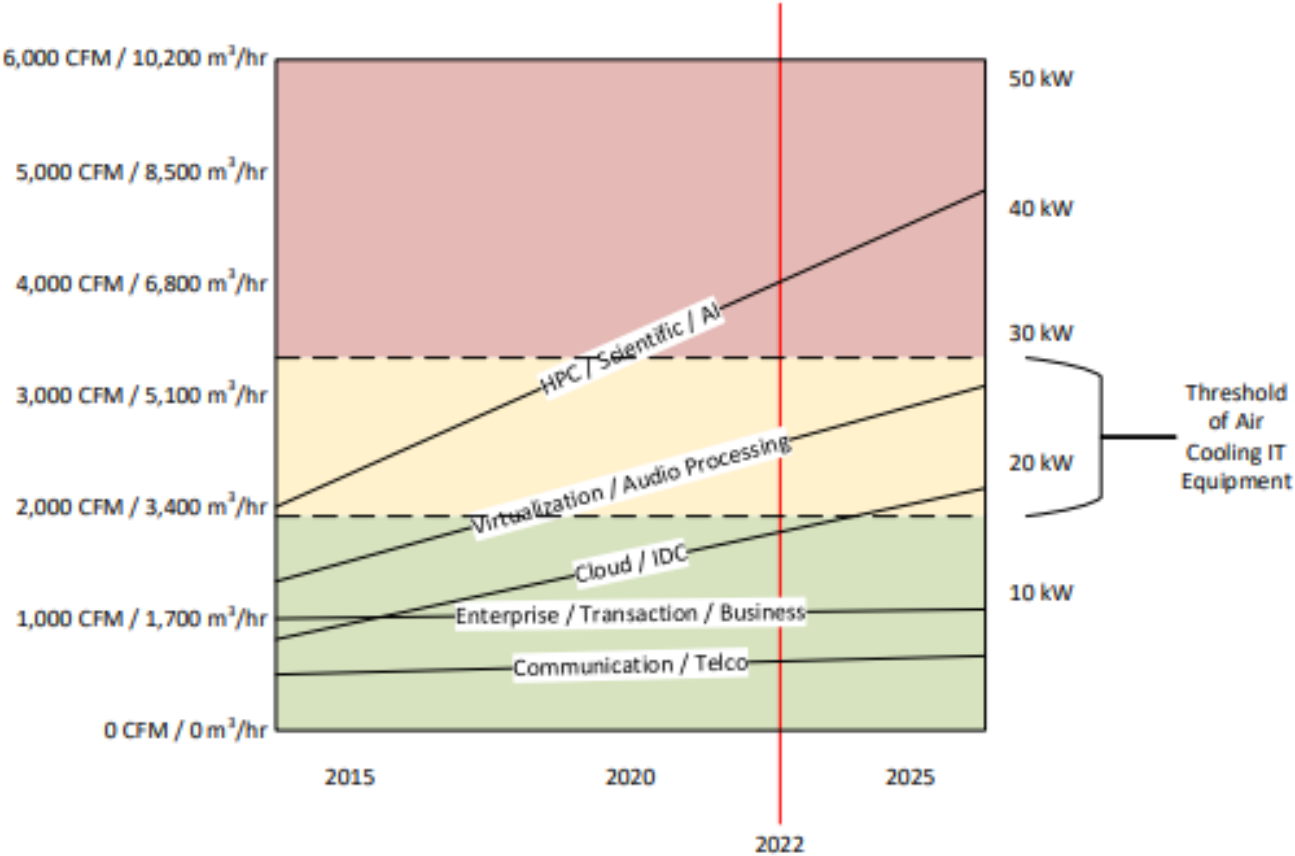
Our World in Data

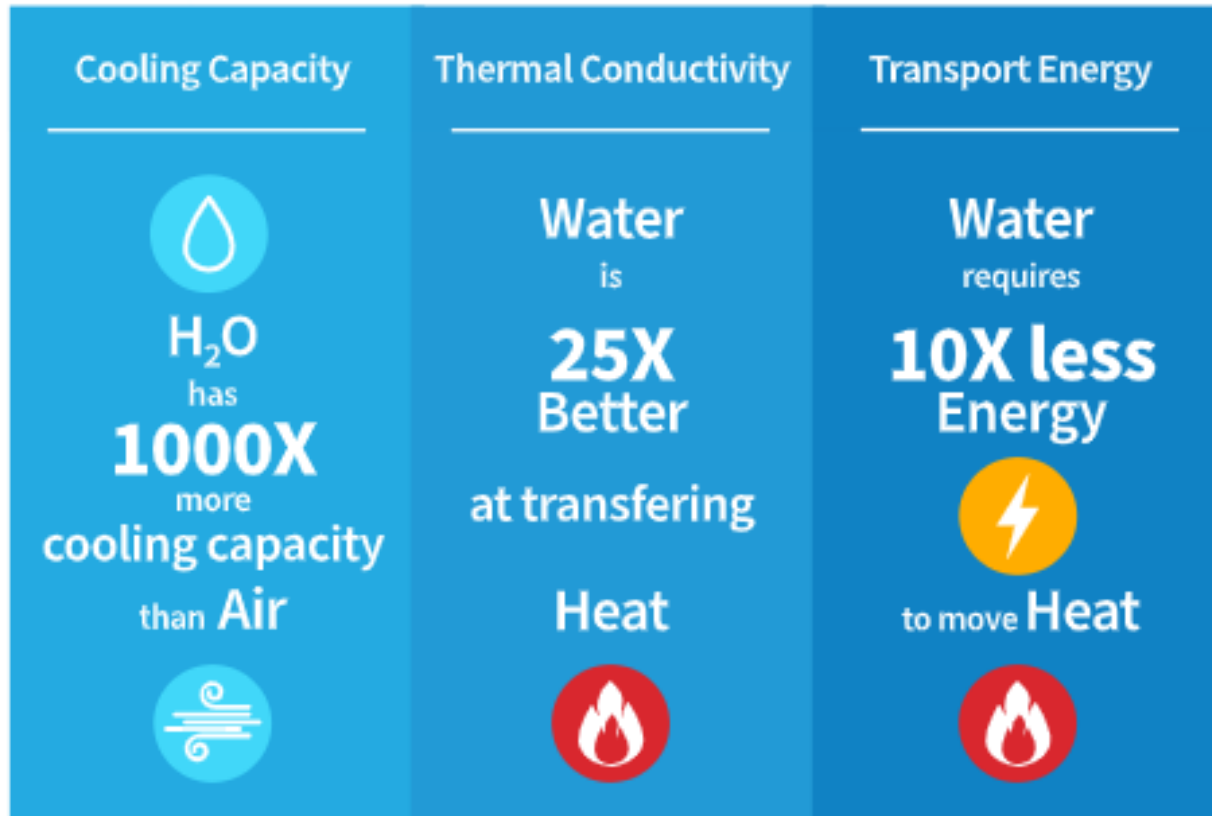
Moore's law describes the empirical regularity that the number of transistors on integrated circuits doubles approximately every two years. This advancement is important for other aspects of technological progress in computing – such as processing speed or the price of computers.



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

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』

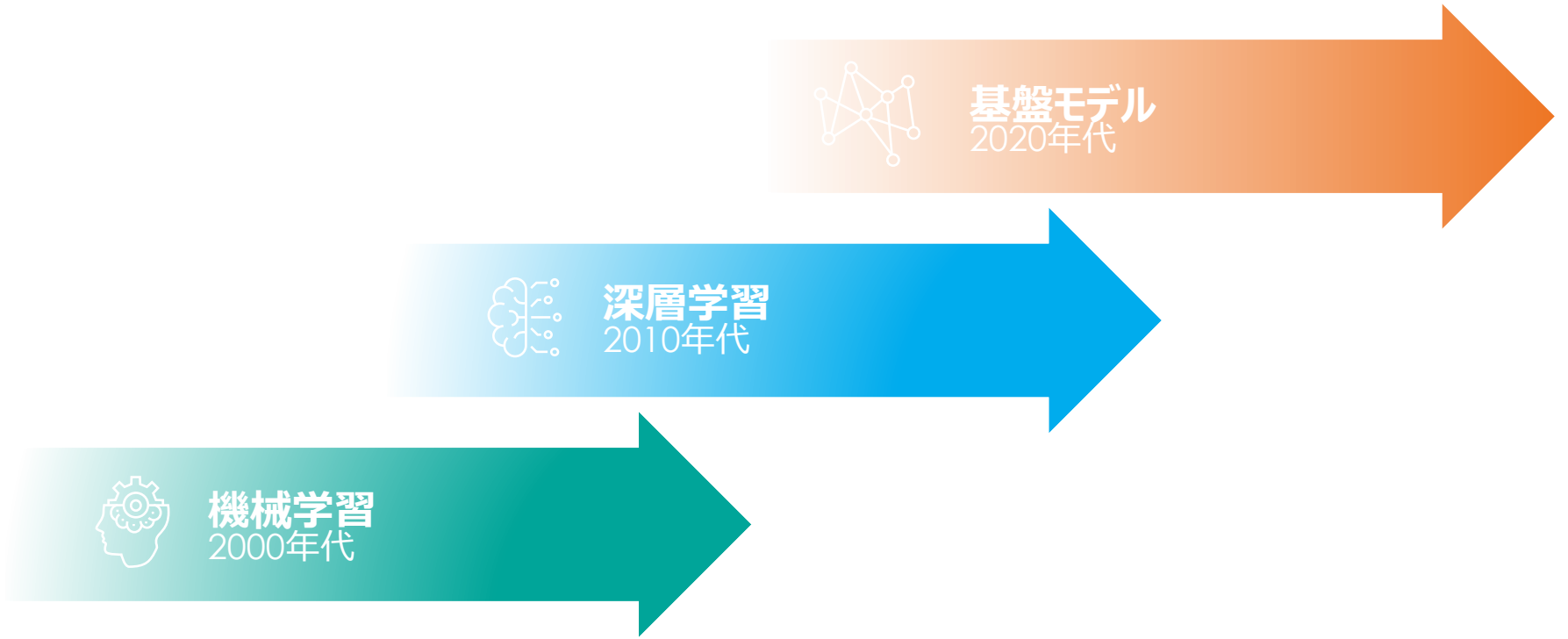
Innovations in Data Center architecture

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

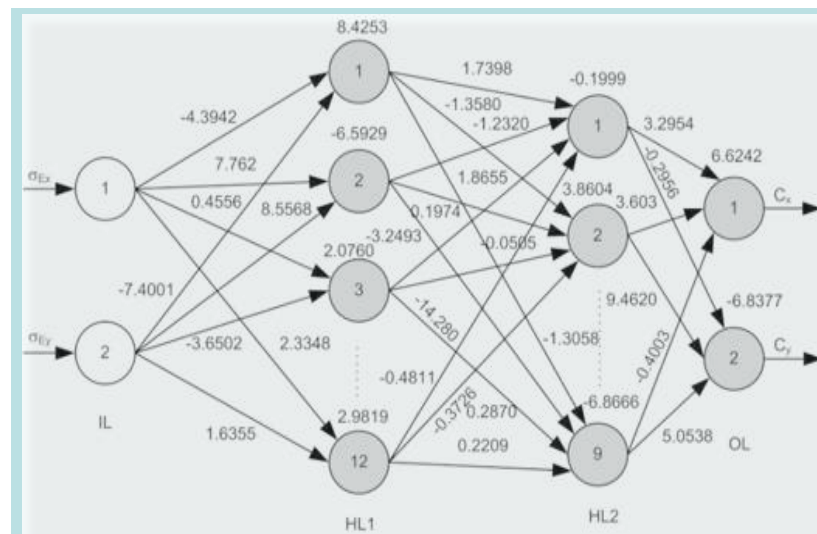
- ✓ Big Data collection and analysis
 - Explosion of amount of data
 - Cross domain data integration
- ✓ **Processor/CPU centric → Data/Storage centric**
 - **Migration overhead: data >> processing image**
 - (*) **Contribution of**
 1. **VM (Software-Defined North Bridge) technology**
 2. **Software-Defined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



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
ペ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**

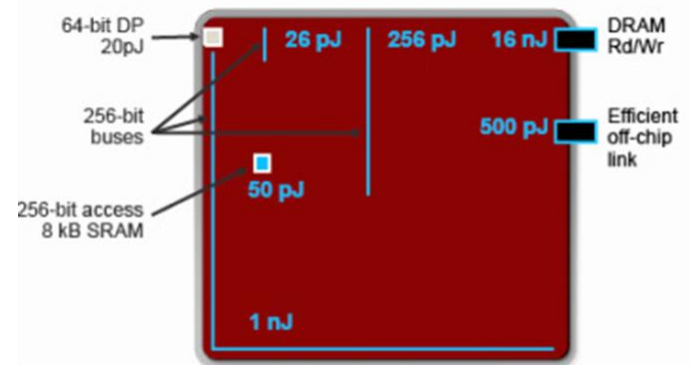
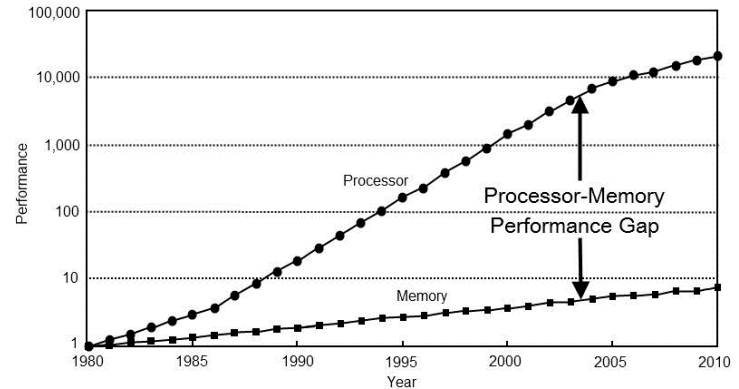
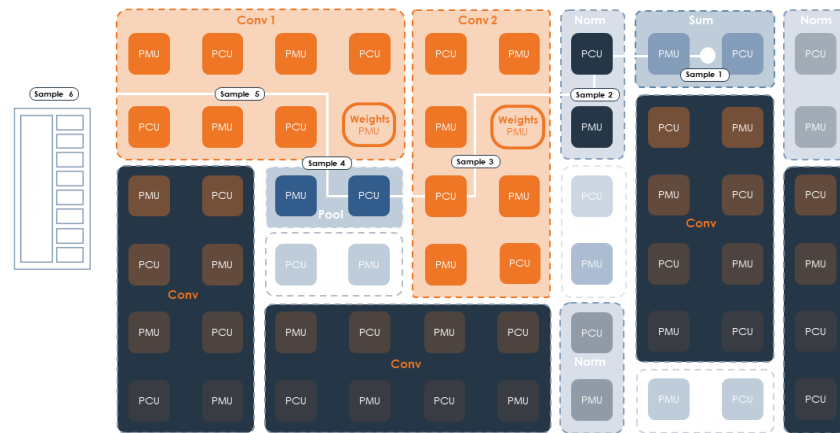
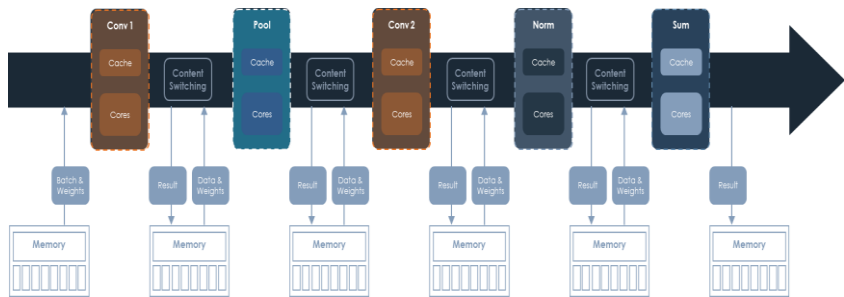
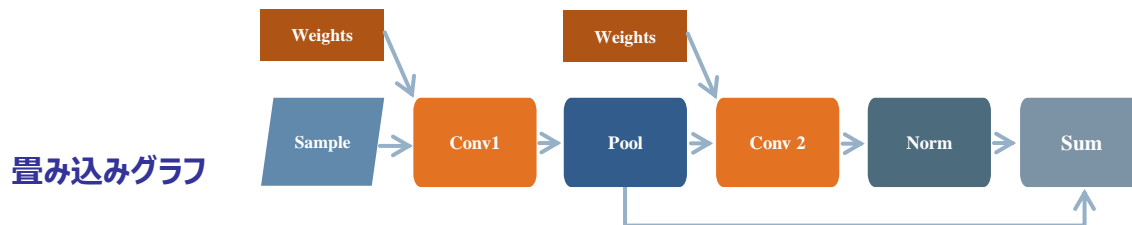


Figure: Computation cost is significantly lower than communication cost in 28nm NVIDIA chips (Source: Bill Dally)

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。

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

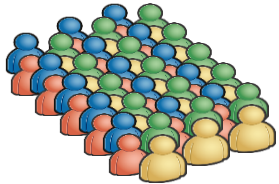
→ 高速メモリは容量が小さい

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

DevOps: Eco-System New Supply-Chain

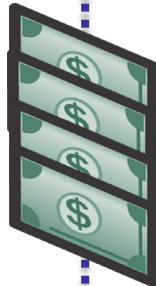
User defined



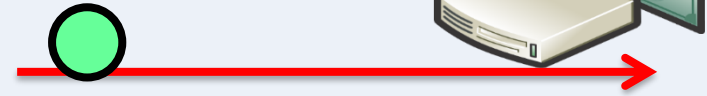
サービス



価値の変換

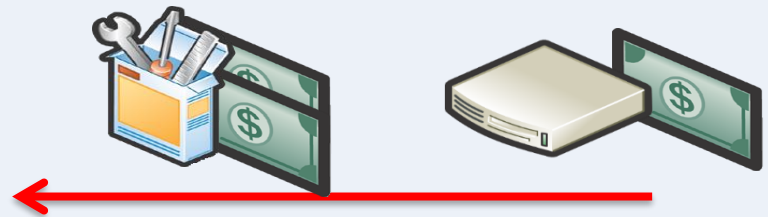
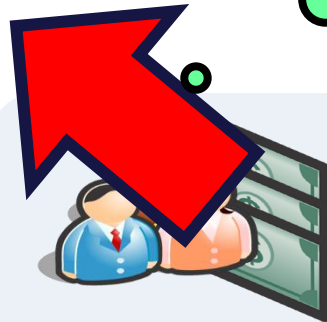


PUSH(Supply-Chain)
⇒ **PULL**(Demand-Chain)



Pressure

コンピューティング・リソース



Pressure

Vendor defined

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

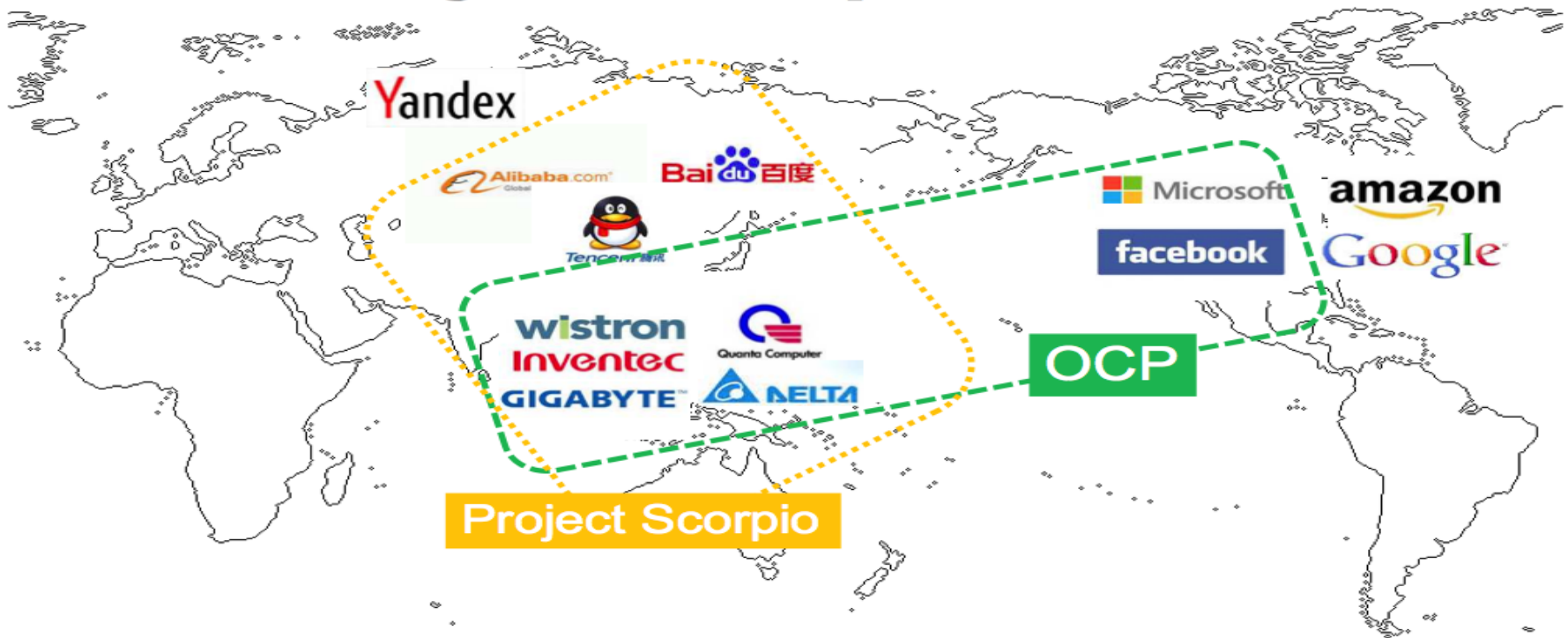
(e.g., マイクロ・ファブ化)

Driven by GAFA+M, BAT

USA: Google, Amazon, Facebook, Apple, Microsoft

China: Baidu, Alibaba, Tencent(WeChat)

OCPとProject Scorpio



資料：OCP Japan 座長 藤田龍太郎 氏

Googleのデータセンター (Google)

● GoogleのPUE低減方策 負荷の移動

データセンターに冷却機を設置せず、暑い日には他のデータセンターに負荷を移動



▶ ベルギーのデータセンター
冷却機は設置されていない。

▶ 世界各地にあるGoogleデータセンター
ベルギーデータセンターで冷却機が必要になるような暑い日(年間7日程度発生)には、電源を落とし、他の地域のデータセンターに負荷を移動する。

▶ Follow the moom

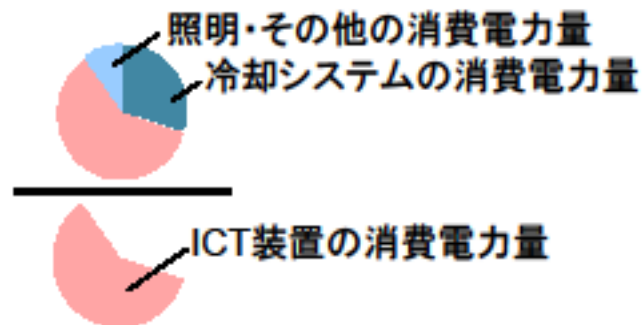
世界各地でデータセンターを運営する事業者が、その負荷を、電力料金が安く気温が低い夜間の地域に移動させる方法アイデアは提唱されているが、実装できるのはGoogleなど超大手企業に限られる可能性が高い。

データセンターのエネルギー効率を示す指標PUEと向上策

● PUE (Power Usage Effectiveness 電力使用効率)

$$\text{PUE} = \frac{\text{DC全体のエネルギー消費量}}{\text{ICT装置のエネルギー消費量}}$$

PUEが小さいほど省エネルギー



●PUEの向上策

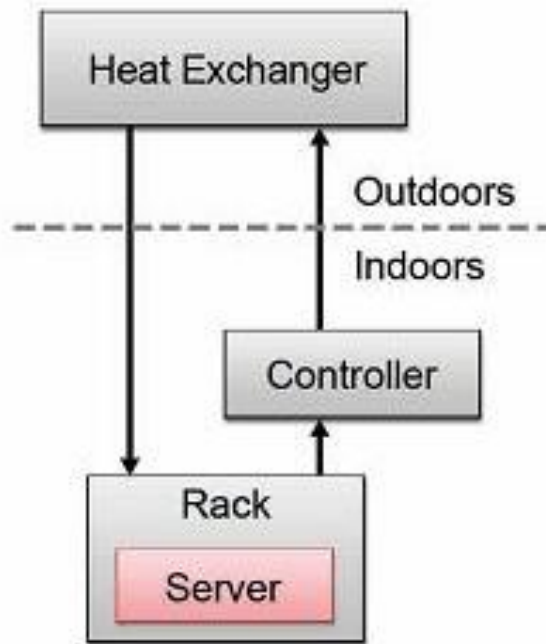
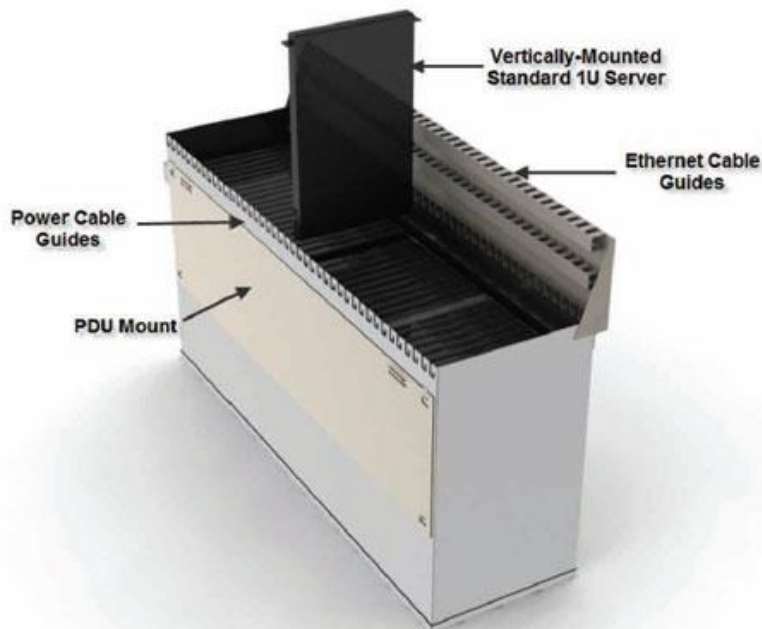
- ・IT装置の低消費電力化 → 効果大
- ・空調システムの効率向上、容量適正化 → 効果大
- ・電力供給システムの効率向上、容量適正化 → 効果中～大
- ・照明や施設サポート部分の省エネルギー → 効果小

サーバをオイルに浸して冷却 (Green Revolution Cooling)

- サーバをオイルの冷却液 (GreenDEF Coolant) に完全に浸すことで冷却するシステム。



データセンターの消費電力を45%削減。



▶サーバを冷却液に完全に浸す ▶全体構成

サーバの消費電力を5~25%削減できる
サーバ内部のファンが不要になるため。

ラックと屋外の熱交換機との間で冷却液を循環させる。
消費電力は、サーバの消費電力100Wあたり、5W。

山中のデータセンター (The Mountain Data Center)

- 米国ミズーリ州オザーク高原 (Ozark Mountains) の地中、30万平方メートルの施設 The Mountain Complex の中にあるデータセンター。



断熱性の高い岩盤が地熱冷却のための理想的なヒートシンクとなる



▶ オザーク高原の風景



▶ 岩盤をくりぬいたデータセンター

地下データセンター (Bahnhof)

冷涼な地下環境(15°C)を活用



▶ 改装前の核シェルター

地下データセンター (Bahnhof)



▶ データセンターの入り口

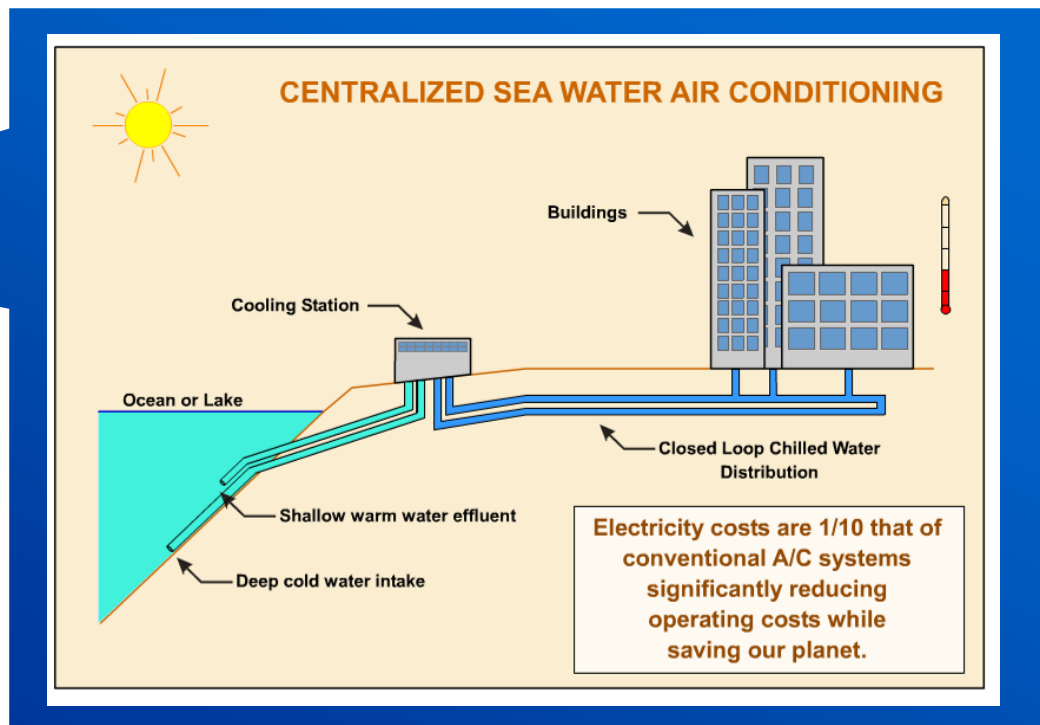
海水空調データセンター(モーリシャス)

- モーリシャスは世界初の、海水空調(SWAC: Sea Water Air Conditioning)をビルトインした1万平米のデータセンターを建設中。2010年12月にオープン予定。
- 海水空調は米国やカナダでも使用中。冷房コストを9割程度削減。既に実用化済みの省エネ技術をデータセンターに適用。



▶ モーリシャス

アフリカ、アジア、オーストラリアの中間に位置し、地震帯から離れており、政治的・社会的にも安定しており、ネットワーク接続環境もよいことから、アフリカ、アジア、中東の情報ハブとなることを目指している。



▶ 海水空調システム

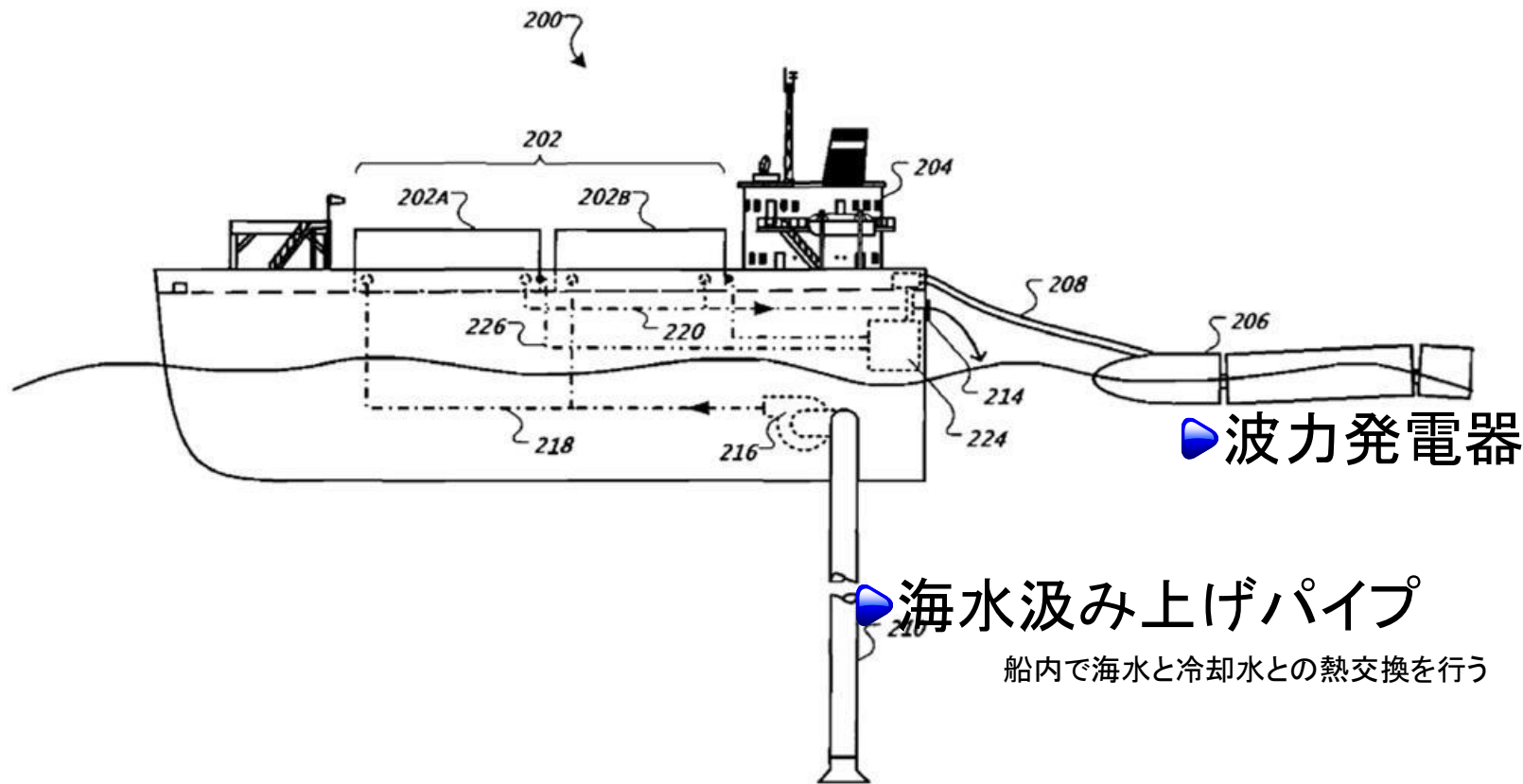
2マイル沖、水深1000mの深海から、5℃以下の海水を汲み上げ、データセンターの冷却水との熱交換を行う。

洋上のデータセンター (Google)

- Googleが2007年2月に特許を出願。2009年4月には特許が成立した。



土地不要で固定資産税がかからない。データセンターの消費電力は、**波力発電**で賄う。
海水をくみ上げて冷却に使用する。

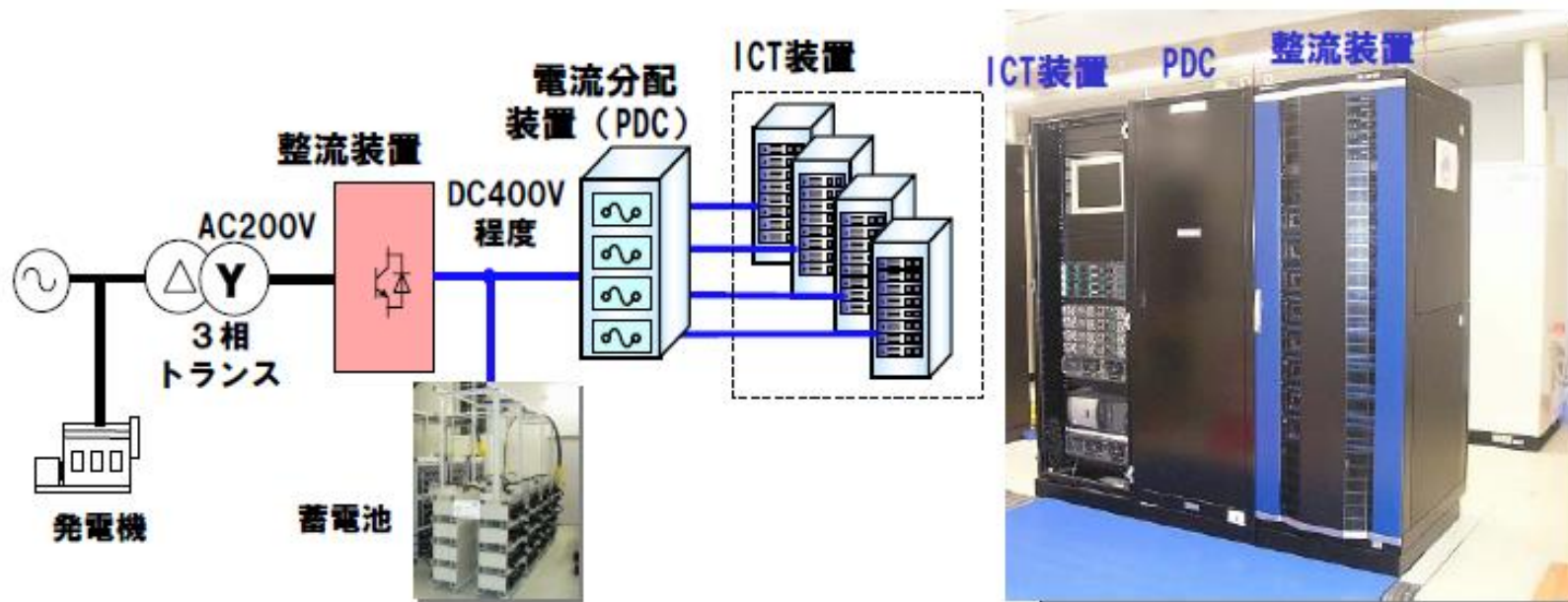


高電圧直流給電(NTTなど)

- 2008年より高効率高信頼な48V給電を高電圧化する高電圧直流給電の開発を実施。
- 2009年にNTTデータ三鷹ビルで実証試験を実施：**グリーンITアワード 2009 経済産業大臣賞受賞**

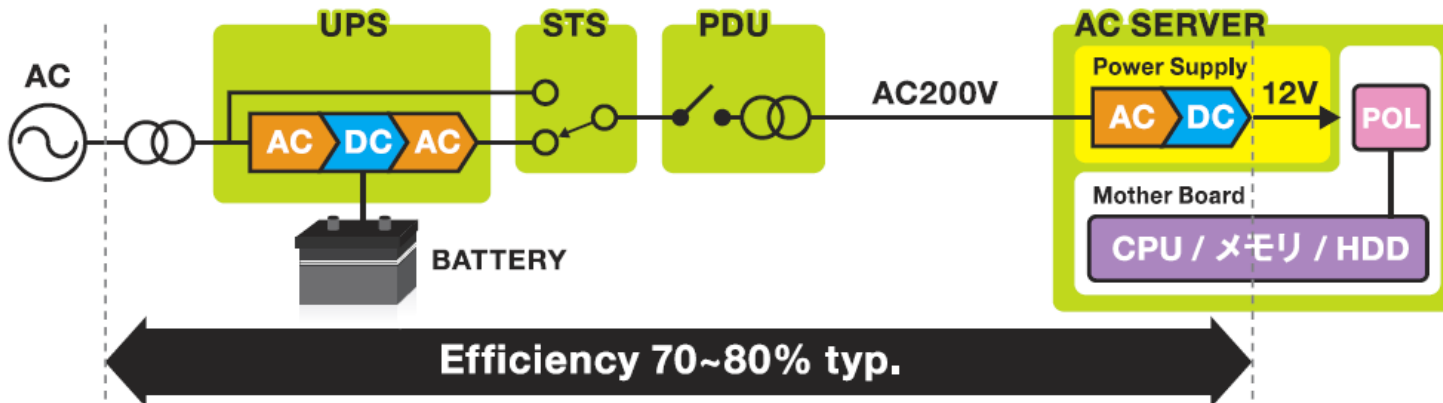


高電圧直流給電化で、AC UPSと比較して、**最大18%の省エネ**を達成。



A Typical AC(UPS) method

一般的な交流(UPS)方式



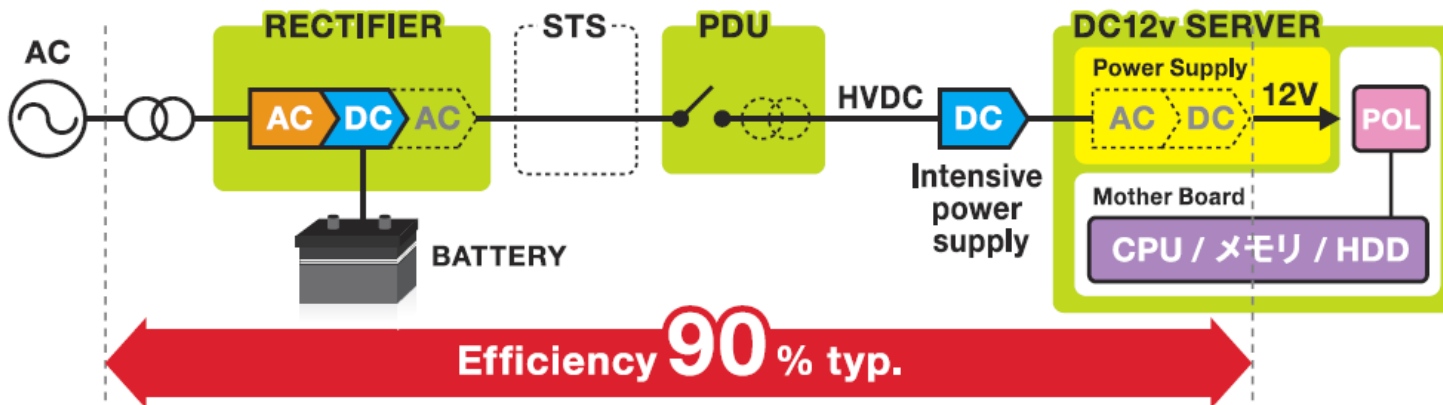
Approximately 10-20% electric energy reduction

約10~20%の電力量削減

HVDC



SERVER RACK SYSTEM
DC12V TYPE



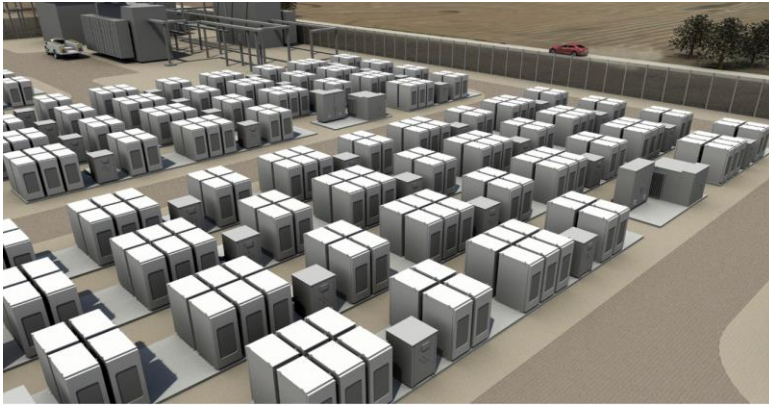
さくらインターネット 高電圧直流給電＋太陽光発電



コンテナ型データセンター



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



中国の紅原州にあるAppleのソーラーファームは、中国の緑地1,000平方マイルに相当する量のクリーンエネルギーを生み出す予定です。



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 2 0 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。

出所: DataCenterKnowledge

APPLEと環境

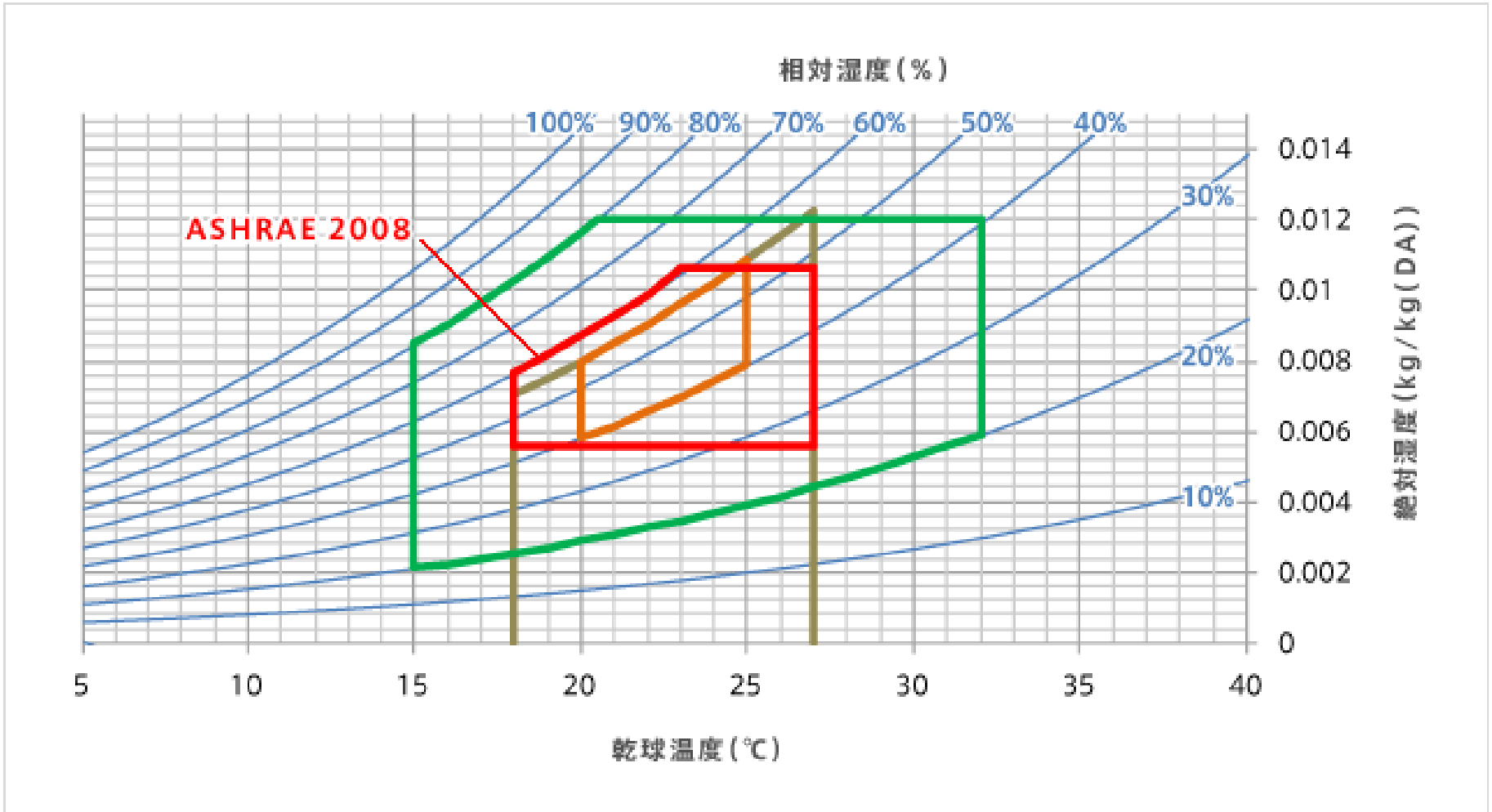
<http://www.apple.com/jp/environment/renewable-energy/>



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

動作条件の緩和(hv ASHRAE)



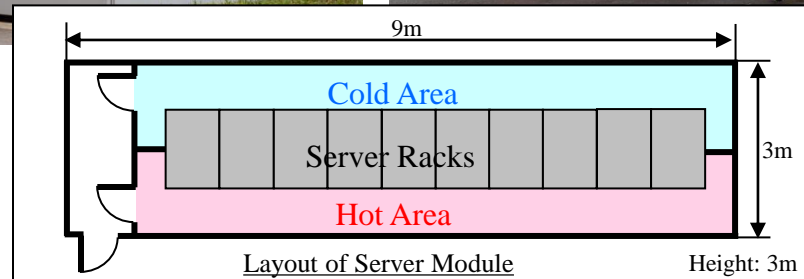
ASHRAE : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (米国暖房冷凍空)

Container Moduled Outdoor Air Cooling in Tropical Weather Environment, run by iDA, NTU and TOSHIBA

TOSHIBA
Leading Innovation >>>



Only with
4 parking lots



Server Module

Facebookデータセンター

北米東西海岸と欧州に
巨大DCを構築

PUE = 1.1未満



Prineville, Oregon
Apr 2011

Forest City, North Carolina
Lulea, Sweden



Open COMPUTE SERVER



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

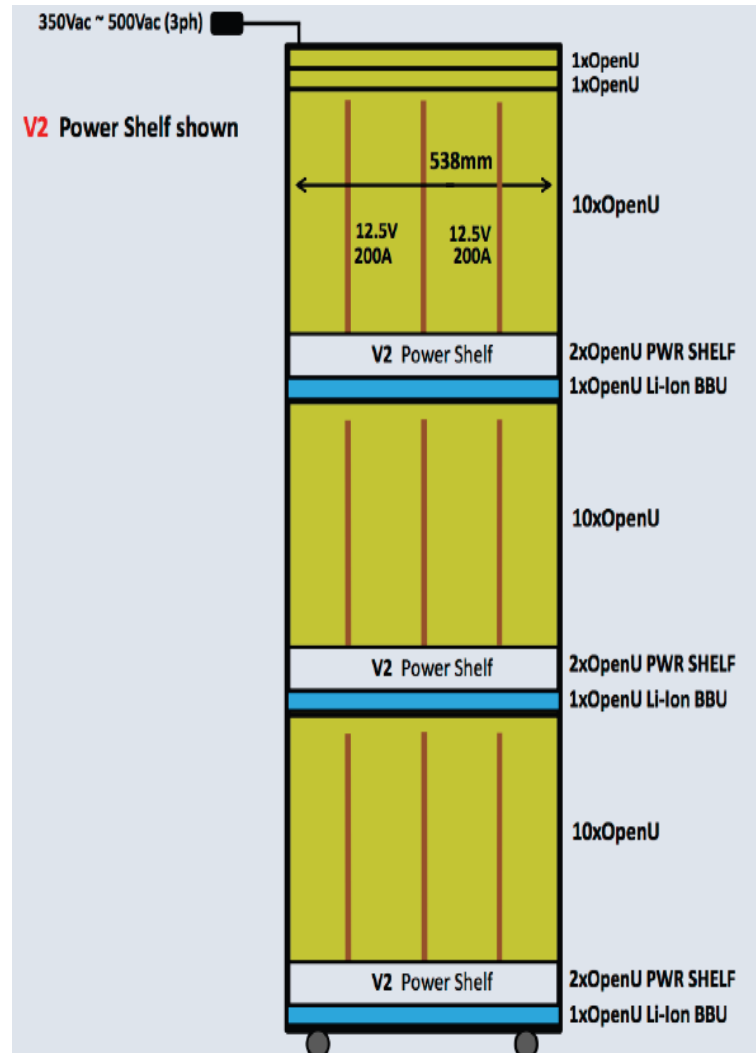
2U4ノード22インチ幅
Open Compute Project仕様
Quanta社製

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



OpenRack外観

パワーゾーン単位に分割

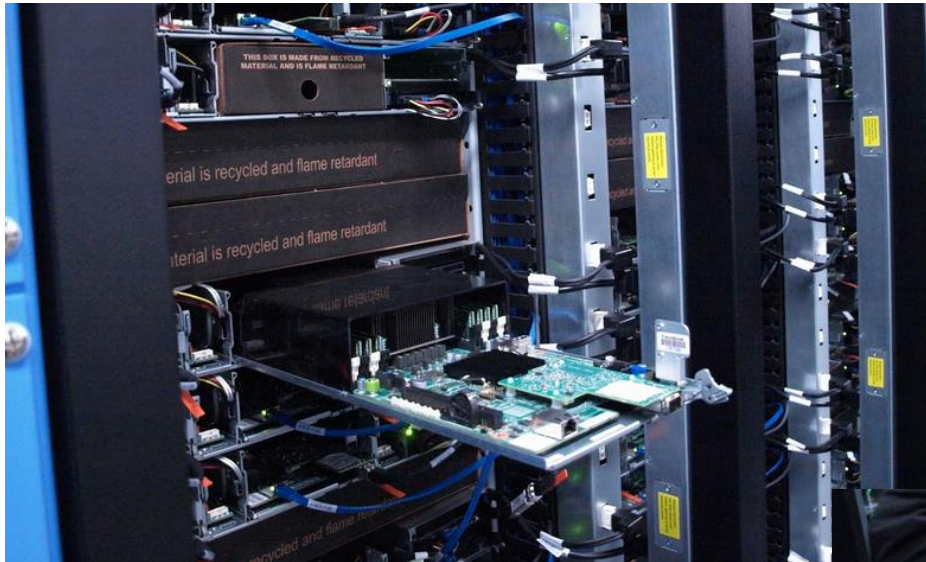


Knox (Open Vault)

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

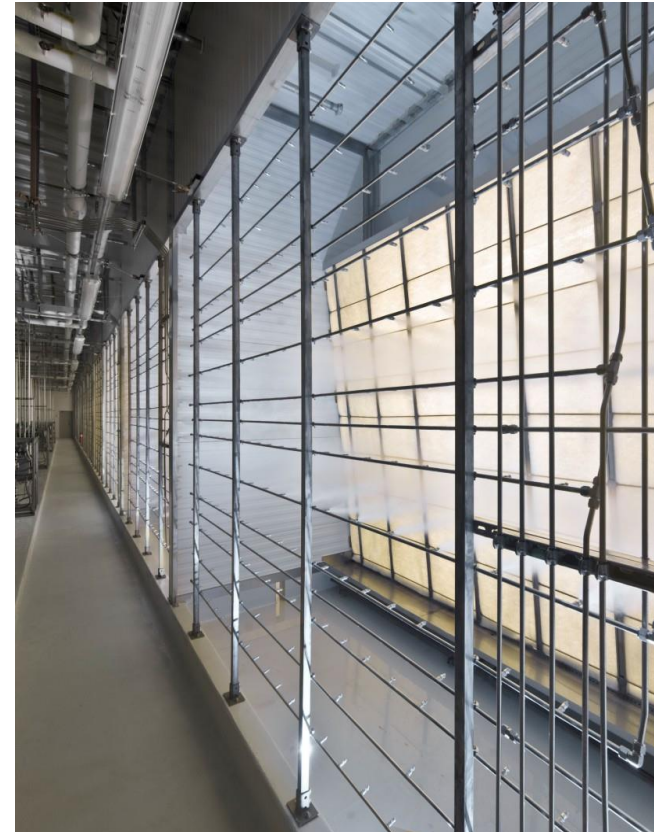


出典: <http://wp.me/pwo1E-2Ku>

資料: OCP Japan 座長 藤田龍

Oregon PRN 1 の冷却システム

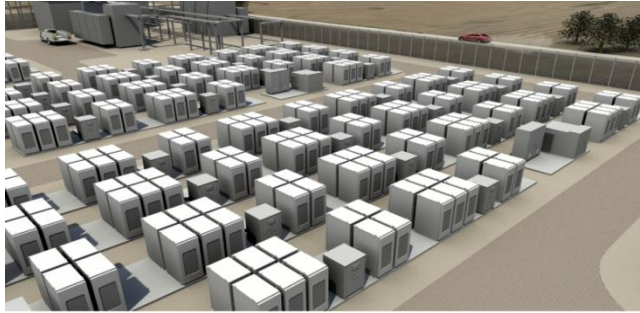
人工ミストによる気化熱を利用



出典: <http://wp.me/pwo1E-2Ku>

資料: OCP Japan 座長 藤田龍太郎 氏

Amazon 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
13.5KWh
来年約70万円で発売予定

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



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20MW)

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/>



大容量・高密度
モバイル蓄電池



| | | |
|-------------|----|----------------|
| 原子力発電 | 旧式 | 300~500 MW |
| | 現在 | 1.0 ~ 1.5 GW |
| 火力発電 (黒部ダム) | | 335 MW |
| 水力発電 | | 500MW ~ 1.0 GW |



HONDA FCV
30 kW (持続)
100 kW (ピーク)



| | | |
|-------|-----|--------|
| 日産リーフ | 常時 | 225 MW |
| | ピーク | 750 MW |

マクロ
↑
駐車場
↓

日産リーフ: 常時 30 KWh / 台
累計販売台数: 35万台(Worldwide)
75,000 台(国内)
(*) as of Sept.2016.

| | | |
|-----------------|-----|-------|
| 日産リーフ (100台) | 常時 | 3 MW |
| | ピーク | 10 MW |

Microsoft OCP & Cloud Server

12U Shared Chassis
EIA Rack Mountable

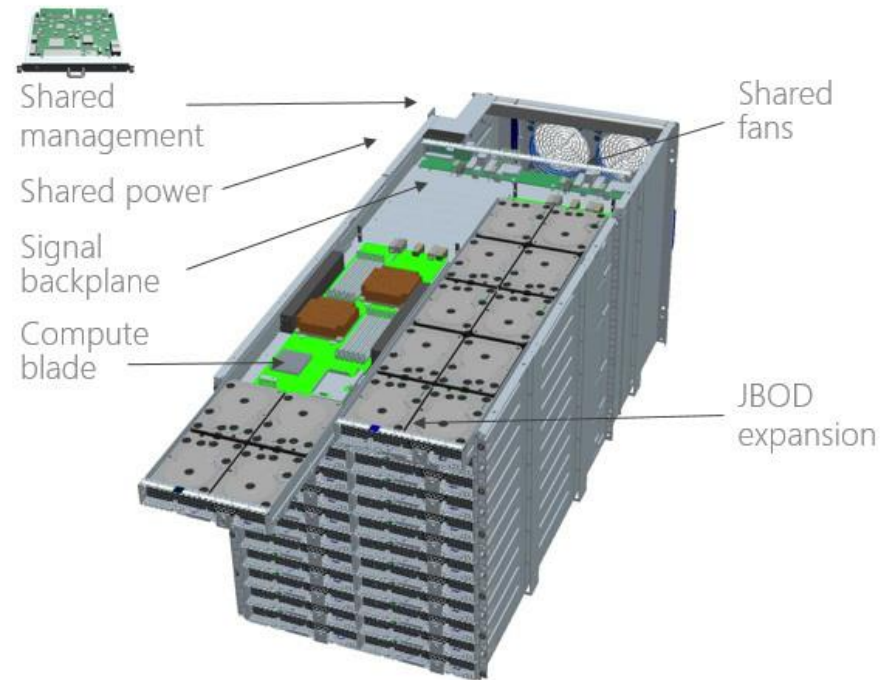


Diagram: Microsoft cloud server specification

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

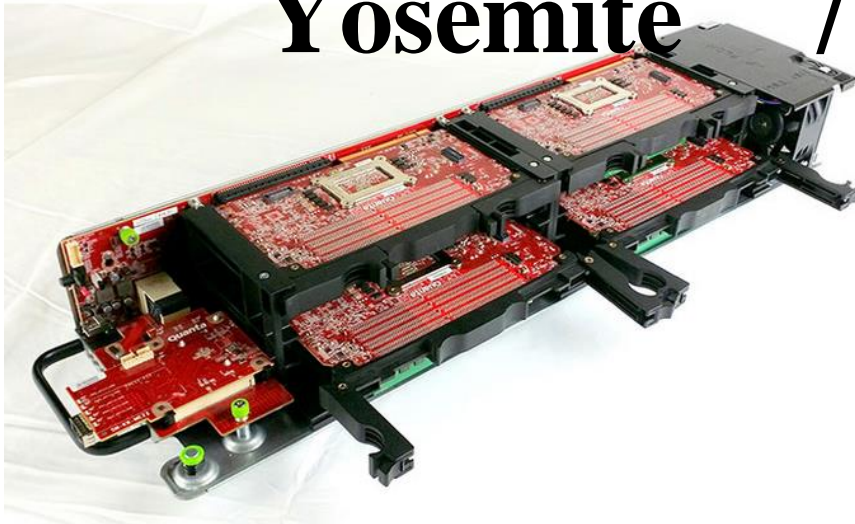
SAS Mezzanine v1.0

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 /



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.

出典: <https://code.facebook.com/posts/1616052405274961/introducing-yosemite-the-first-open-source-modular-chassis-for-high-powered-microservers/>

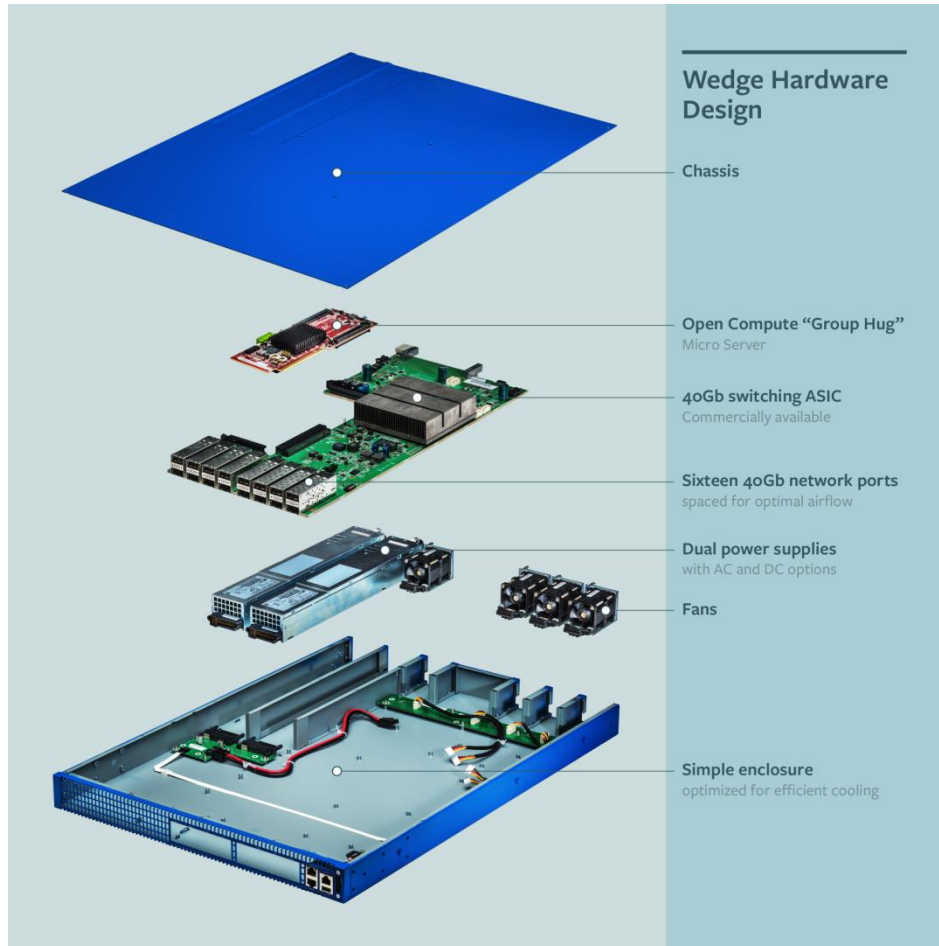
1S Server

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



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 become network engineers.

出典: <https://code.facebook.com/posts/681382905244727/introducing-wedge-and-fboss-the-next-steps-toward-a-disaggregated-network/>

資料: OCP Japan 座長 藤田龍太郎 氏

Power shelf

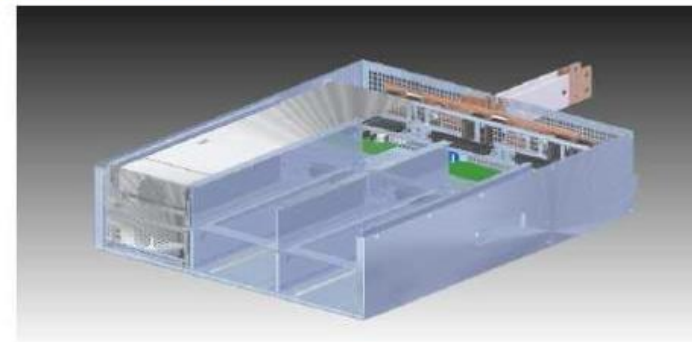
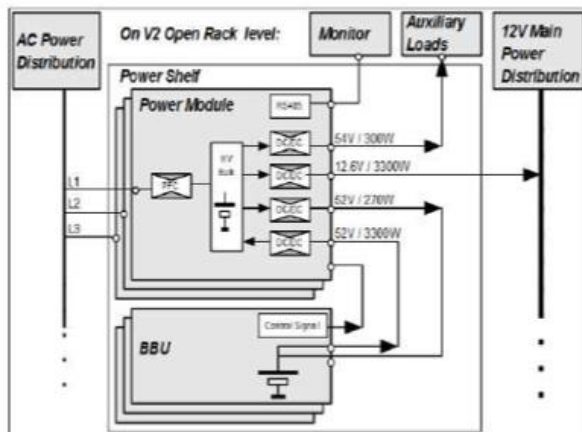
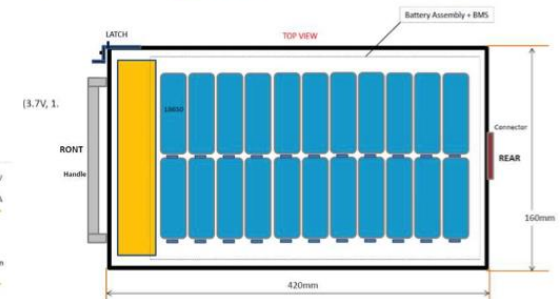
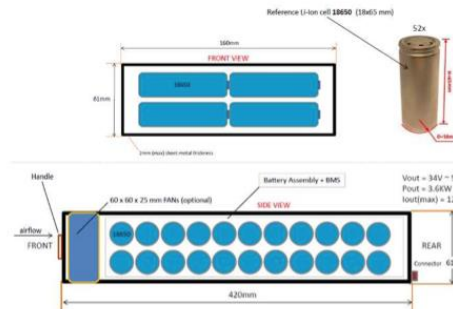
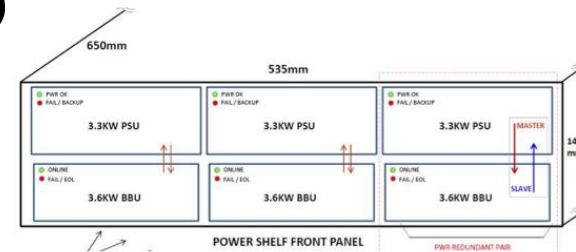
Power modules and Li-ON batteries in the same shelf

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

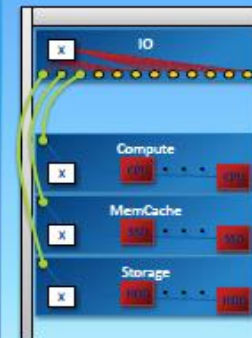


- Rack Fabric
- Optical Interconnects
- Modular refresh



Future

Subsystem Aggregation Storage, Compute, Memory



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

➤ Platform Flexibility > Higher Density > Higher Utilization

OpenPOWER

成長を続けるオープンな開発コミュニティ

Implementation / HPC / Research

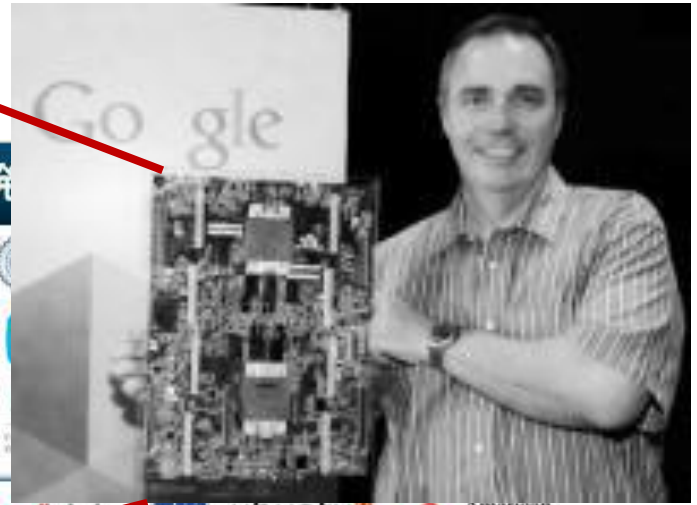
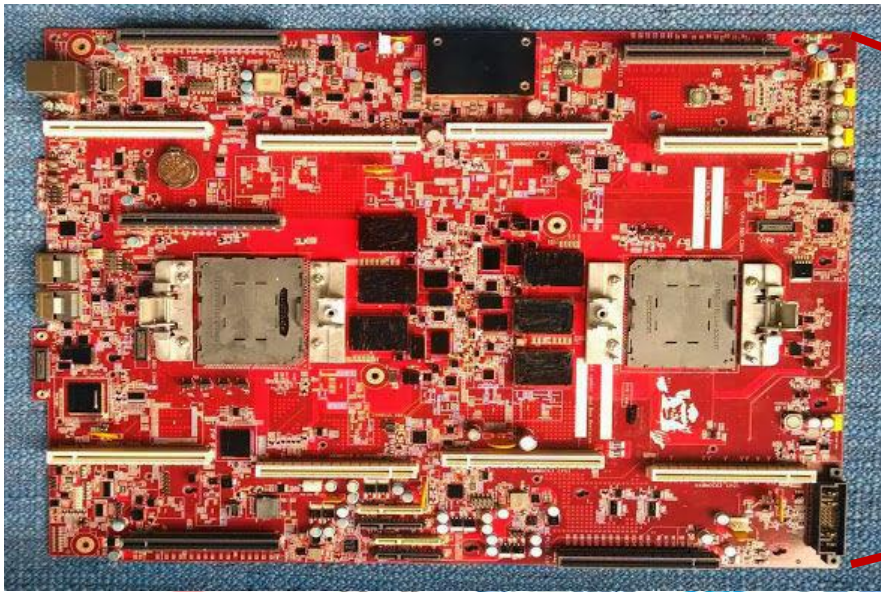
Software

System / Integration

I/O / Storage / Acceleration

Boards / Systems

Chip / SOC



な開発

mit-b

rzg

UNIVERSITY OF ARKANSAS

New Cloud Oriental

redislabs

ubuntu
Supported by Canonical

American Megatrends

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



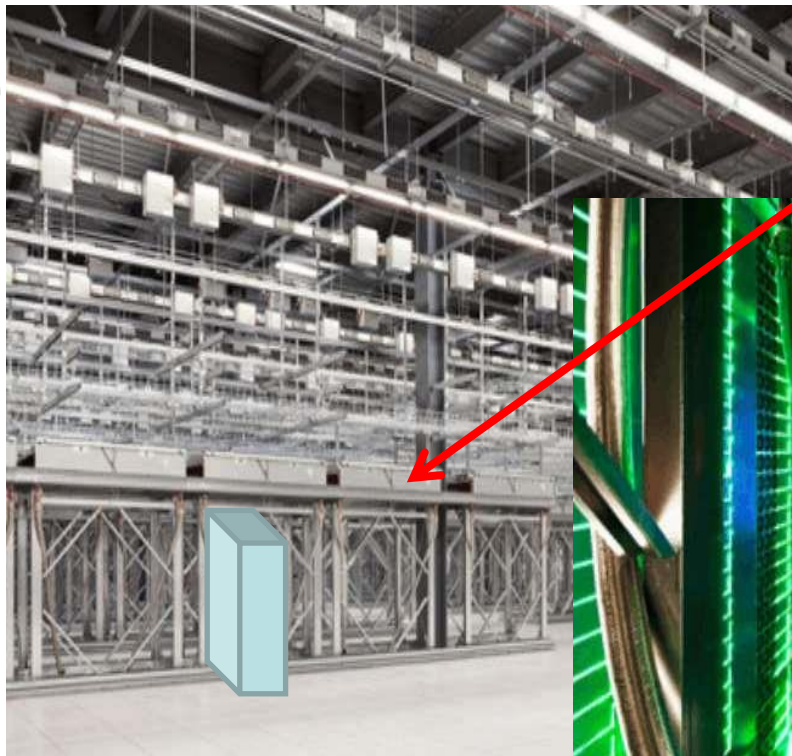
ABLAZE

tron

XILINX.

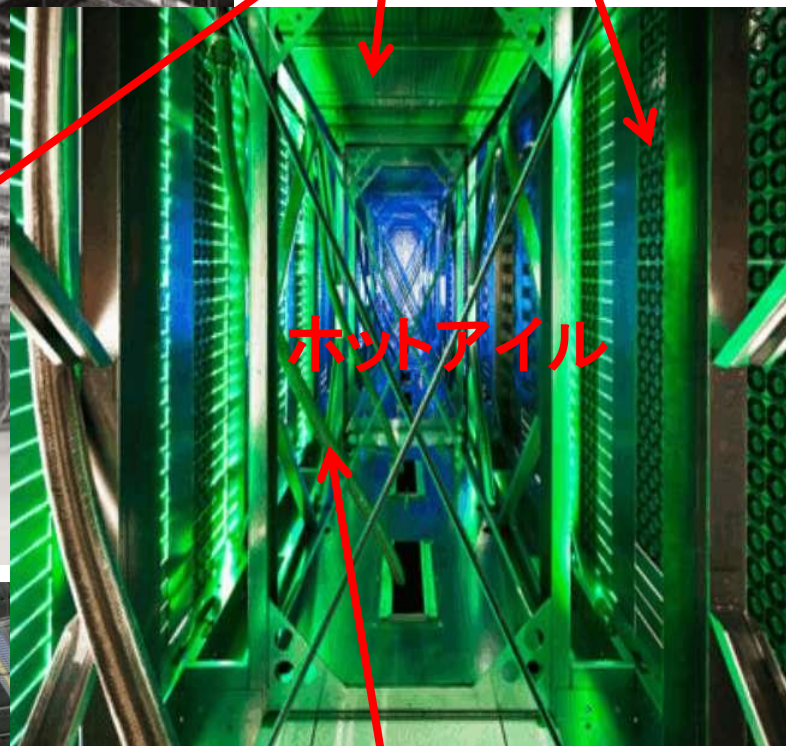
tron

Google

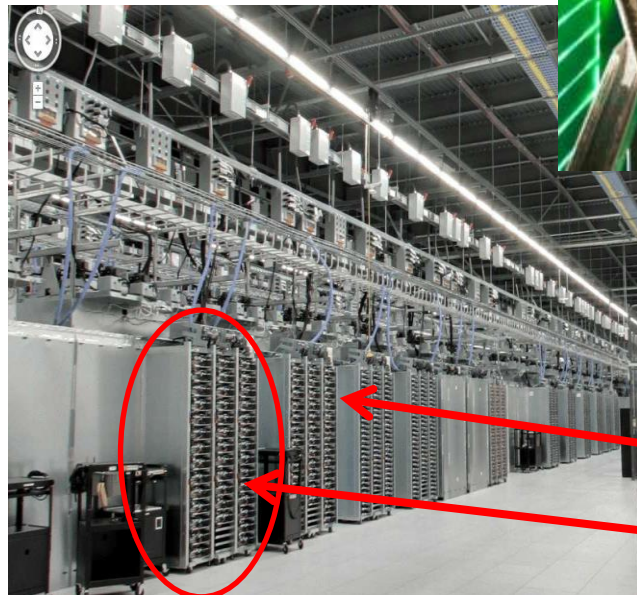


熱交換コイル

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？



「再生可能エネルギーとデータセンター」 ～ DCが担う地域DXの役割 ～

日本データセンター協会(JDCC) 副理事長・運営委員長
北海道ニュートピアデータセンター研究会 副代表
東京大学 大学院 情報理工学系研究科 教授
WIDEプロジェクト 代表
東大グリーンICTプロジェクト 代表
江崎 浩 (Hiroshi ESAKI)

Carbon

Positive (大都市圏) vs. Negative(地域)

1. 成長する

①データセンター業界と②再生可能エネルギー業界

2. 再生可能エネルギーは、{電力}調整力が小さい。

→ 需要側との①足りない時、②余る時の相互協力関係へ

調整力としてのデータセンター

3. 電力伝送コストは非常に大きい(対情報伝送)

→ ①大容量伝送(Wide area)、②大容量配送(Local area)

4. **安全な場所**にデータを保存したい・・・**地政学**

5. 人(=Remote Work)もコンピュータも移動可能に!!!

RE



DC

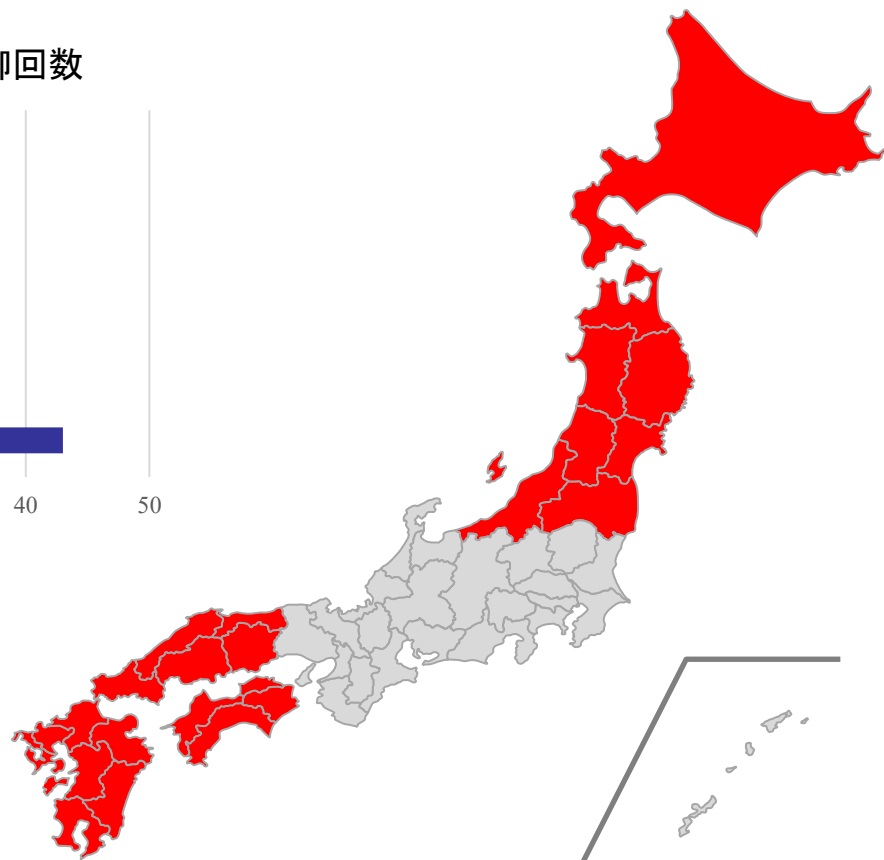
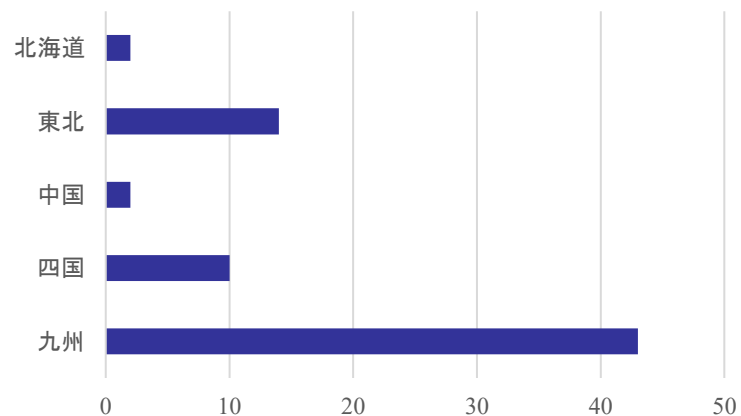


需要家

背景課題①: 電力需要の小さい春・秋には再エネ余剰が発生(2)

- 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

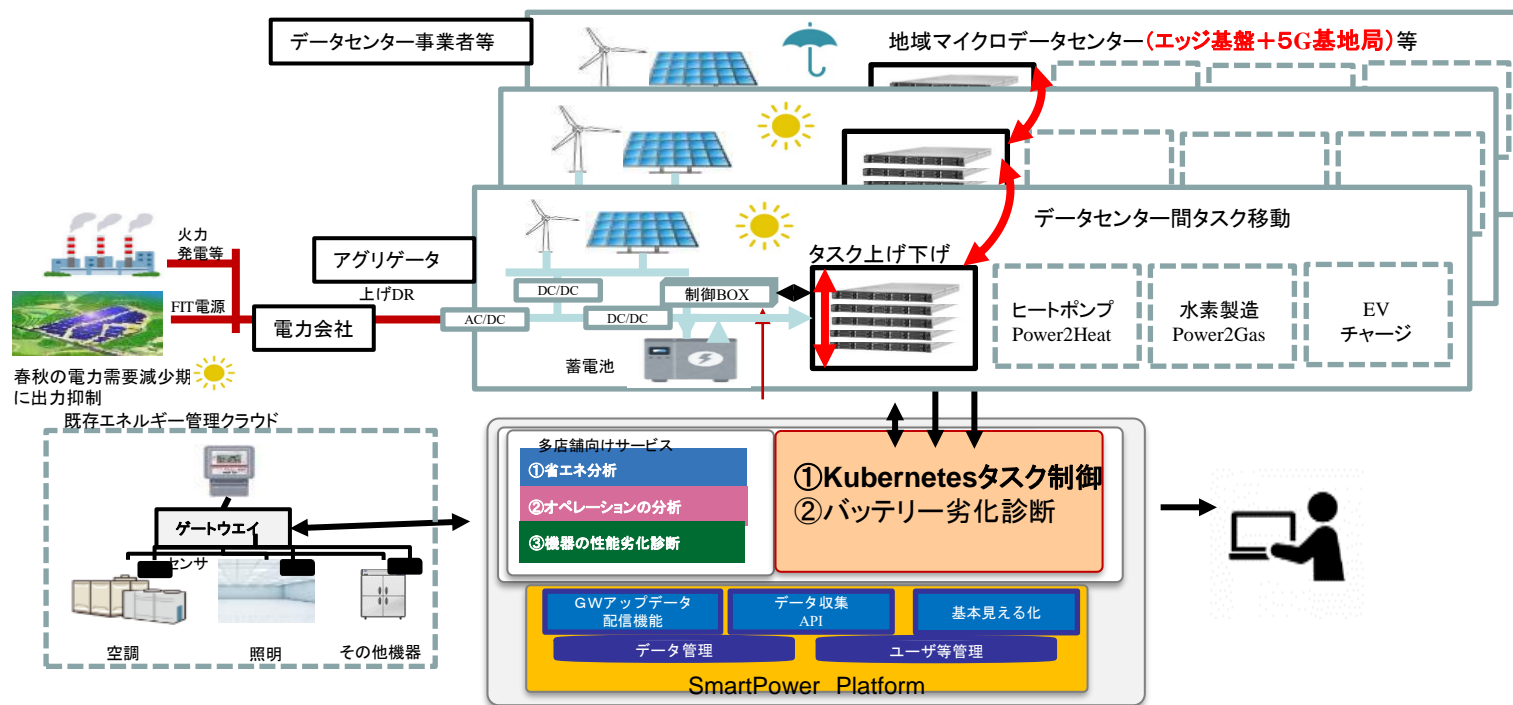
2022年1月～7月の各地の出力制御回数



【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」

SmartPowerプラットフォームの構成

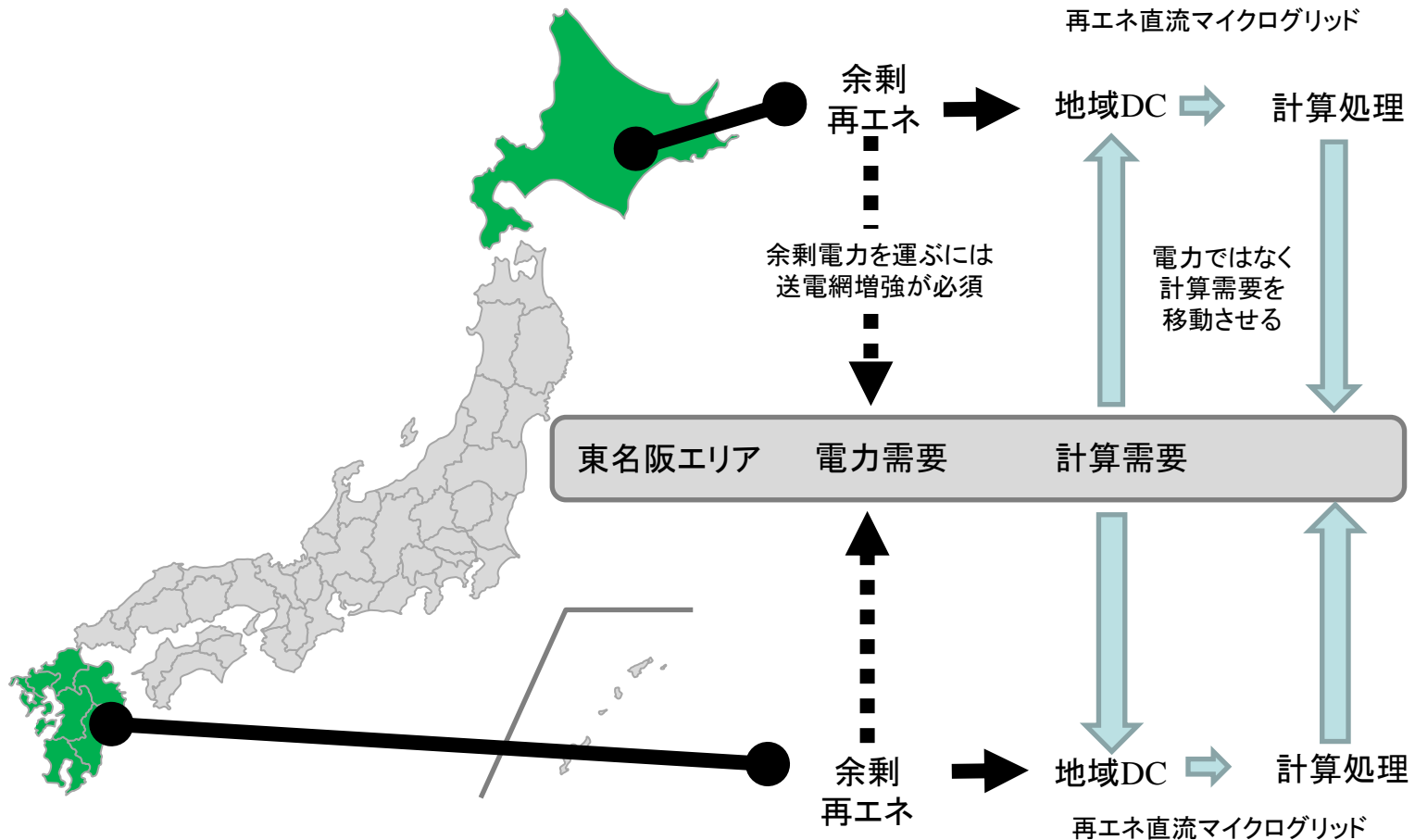
- クラウド管理型のKubernetesベースの計算タスク制御機能とバッテリー劣化診断機能で構成
- 電力会社と連携してサービス提供している弊社エネルギー管理クラウドの追加機能として開発
- 想定する提供先は通信会社を含むデータセンター事業者、電力会社/アグリゲーターなど
- 地域マイクロデータセンター（エッジ基盤+5G基地局）への展開等を想定



「この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の助成事業の結果得られたものです。」

【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」

地域DC連携による再エネ活用・燃料節約・情報基盤のレジリエンス



【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」

超データ社会の新たな方程式

デジタル経済力



Computing Power

Memory Power

Network Power

算力 × **存力** × **運力**



中国の“東数西算”全国一体化コンピューティングインフラ基盤



“東数西算”プロジェクト 東部のビッグデータを西部で計算

- 西部グリーンエネルギー利用、東部莫大な算力需要緩和、全体カーボン排出削減、コスト削減
- 東西データ流動による東西DX不均衡の解消、西部産業変革と雇用拡大を推進
- 東西データ分散による多地点ディザスタリカバリ



中国DCのトレンド： 低炭素化、一体化を推進するハブ型データセンターの建設

大型ハブDCのレイアウト

五年計画 - 8つのDCハブ地域

500+万ラック

1標準ラック=2.5 kW計算

2021~2023 (フェーズ1)

東数西存

2024~2025 (フェーズ2)

東数西算

内モンゴルDCハブ
和林格爾DCクラスター
PUE<1.25、サーバ設置率≥65%

寧夏DCハブ
中衛DCクラスター
PUE<1.15、サーバ設置率≥85%

甘肅DCハブ
慶陽DCクラスター
PUE<1.2、サーバ設置率≥85%

貴州国家ハブノード
貴安DCクラスター
PUE<1.2、サーバ設置率≥65%

京津冀DCハブ
張家口DCクラスター
PUE<1.25、設置率≥65%

長三角国家ハブノード
長三角DCクラスター
蕪湖DCクラスター
PUE<1.25、サーバ設置率≥65%

成渝DCハブノード
天府DCクラスター
重慶DCクラスター
PUE<1.25、サーバ設置率≥65%

広東・香港・マカオ湾区DCハブ
韶關DCクラスター
PUE<1.25、サーバ設置率≥65%

建設要求

省エネ

全国ハブDC PUE<1.25
通常のデータセンターPUE<1.3
(現在の業界PUE>1.6)

集約

東部290万キャビネット
西部285万キャビネット

高密度

クラウドDC: 既存2.5~6 kW
新規 8~20 kW
HPC&AI: 30~50 kW

Source:『全国一体化ビッグデータセンター協同革新システムコンピューティングハブ実施方案』、『新しいデータセンターの開発に関する3年間のアクションプラン(2021-2023年)』

2011年東日本大震災の頃； “Computer-Go-To-DataCenter” データセンターに関する東京都 環境局 との関係

1. 2008年：大量の電力を消費するので、悪魔のような邪悪な存在だ。
(*）東京都から出て行け ← 優良産業を失ってしまうこと気づいていなかった
2. 2010年：トータルには電力消費量の削減に寄与する良い奴なんだあ。
(*）{おまけ}：オンライン会計で、脱税も減らして税収の増加に寄与するのかな。

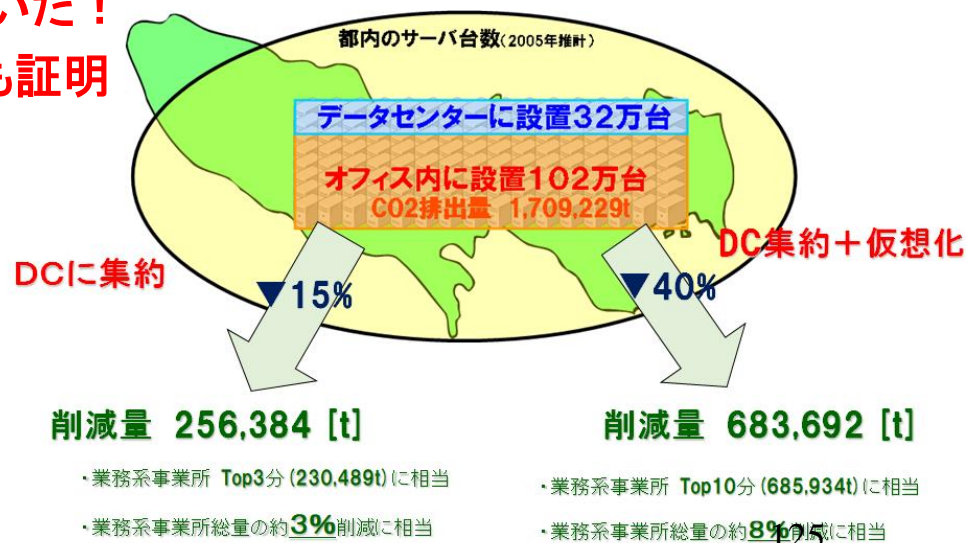
3. 2012年頃

① DCが 3.11での 日本経済の崩壊を防いだ！

(*）日本品質の建築・設備の耐震性も証明

②地球温暖化ガス(CO₂) 環境条例で、
データセンターに例外規定を適用。

③事業所の電力使用量の削減に、
データセンター(15%削減)と
クラウドサービス(40%削減)
を使うことを推奨。



“Cloud-by-Default” for **multiple pay off**

(June 2018 by Japanese gov.)

1. サイロ構造の各省庁のシステムを共有のインフラとして相互接続させ、省庁の壁を越えたデータの自由な利用を実現する。
2. 基盤のサイバーセキュリティ対策は、専門家に任せる。
(* オンプレ施設担当人事の 固定費削減 も兼ねる。
3. CAPEXとOPEX, {人件費を含む,} を削減する。
(* ハード・ソフト・人: 所有(BS) から 利用(PL)
4. 自然災害&サイバー攻撃に対するBCPを拡充する。
5. 地球温暖化への貢献として、省エネを実現する。

“Cloud-by-Default” for **multiple pay off**

(June 2018 by Japanese gov.)

1. サイロ構造の各々を
させ、省庁の

2. 基盤の
(* オンプレミス)

3. CAPEXと
(* ハード・ソフトウェア)

4. 自然災害&サイバー攻撃に対するBCPを拡充する。

5. 地球温暖化への貢献として、省エネを実現する。

次のステップは、

Cloud Nativeへ

i.e., No more Lift&Shift

with IaaS

接続

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。

~We should Think about the Earth~

① Speed of light is **not fast**...

Inter-Continent: 200-300 msec.

Domestic: 30- 50 msec.

Intra-facility: 2- 3 msec.

② Mal-distribution of Energy

Far North/South Cold!!

rural area Carbon Negative

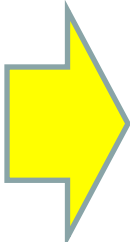
Business case

BMW in Germany


Before


Germany
100%
of IT Load
Tier III

5 MW
200万ユーロ
200万ユーロ



After


Germany
20%
of IT Load
Tier III

1MW


Iceland
50%
of IT Load
New standard

2.5 MW


Sweden
30%
of IT Load
New standard

1.5 MW

**Small latency
&
Critical data
at {dark-side}DC**

**Allowing large latency
&
Non-Critical data
at cheap and green DC**

110

<https://highreso.jp/gpu/consulting>

人工知能・ビッグデータに特化すると、、、違う解も？

1. HCI/GPU 専用サービス

→ 緩い PKIs

- ① 遅延特性
- ② サービス停止頻度・時間

2. {北陸}電力会社との連携

→ DR: Demand Response

- ① ΔkW (=緊急対応)
- ② kWh (=定常計画対

応)



Transfer DCs to clean sites (Iceland & Sweden)

- ✓ 100% Renewal Energy (Hydrogen & Geothermal)
- ✓ There are a lot of non-real time processes



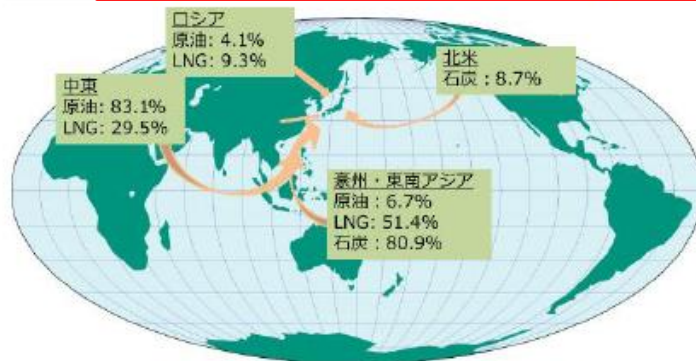
1. Gentle to Earth

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

2. Cost reduction (EP-x000)

- ✓ Replacing power cable (copper) to communication cable (glass)

- 我が国の経済は諸外国からの化石燃料消費に大きく依存しているが、カーボンニュートラル化は一次エネルギーの輸入依存度を減少しエネルギー安全保障を向上
- しかし国内で不足するCO₂フリーエネルギーを国外に依存することになるため、その際に光ファイバー、電力、グリーン水素・アンモニアのグローバルネットワークを全体最適化する視点が重要
 - ✓ 電力ケーブルは大容量光ファイバーケーブルの数10～100倍程度の重量があり、敷設コストも重量に比例(電力広域的運営推進機関の調査では海底電力ケーブル200万kW・1000km送電で3,600～5,000億円)
 - ✓ 電力ケーブルによる長距離国際連系は難しく、現状存在する構想も近接国との連系のみ。欧州・北米・東南アジア等との直接連携が可能な光ファイバーを活用し、増大する国内電算需要の一部をカーボンフリー電源の豊富な北欧、北米など国外にシフトすることが効果的である可能性
 - ✓ サイバースペースでつながっていれば、電力ケーブルなしに等価的に電力融通が可能であることを示唆



2011年度時点の一次エネルギー輸入



2050年カーボンニュートラル達成時

(出所) 岡本：「将来のエネルギー需給と国際連系」、自然エネルギー財団シンポジウム(2016.9)



CIGRE's Digital Magazine
ELECTRA No.328, June 2023

The Fourth Industrial Revolution Empowered by End-to-End Electric Power System

by Dr.Hiroshi Okamoto, Ph.D.,
Chief Technical Officer, TEPCO Power Grid

Keep in mind that high-capacity fiber optic cables are about 1/100th the weight and installation cost of HVDC power cables. Shifting computational loads between remote data centers can instantly move where power is consumed.

<https://electra.cigre.org/328-june-2023/global-connections/the-fourth-industrial-revolution-empowered-by-end-to-end-electric-power-system.html>



Transfer cost
= Energy Productivity...

Electricity >> **D**igital bits

x00

:

1

面の整備が必要なインフラ
VS
点の整備で整備可能なインフラ

鉄道、道路 VS 空港、港湾 VS {不要}
(列車) (自動車) (飛行機) (船舶) (ドローン)

光ファイバ網 VS 携帯無線網 VS 衛星&WiFi
網

同期型送配電網 VS 地域電力網 VS 移動型電力源
(日本型) (米国型) (EV電力網)

◆ 最後に残るのは、下水道インフラ。

Transfer cost
= Energy Productivity...

Electricity >> **D**igital bits

x00

:

1

European Data Gateway Platforms

North Sea & Arctic opportunities

