低炭素社会の実現に向けて
加速するグリーンIT

（独）産業技術総合研究所
情報技術研究部門長
関口智嗣
(sekiguchi@m.aist.go.jp)

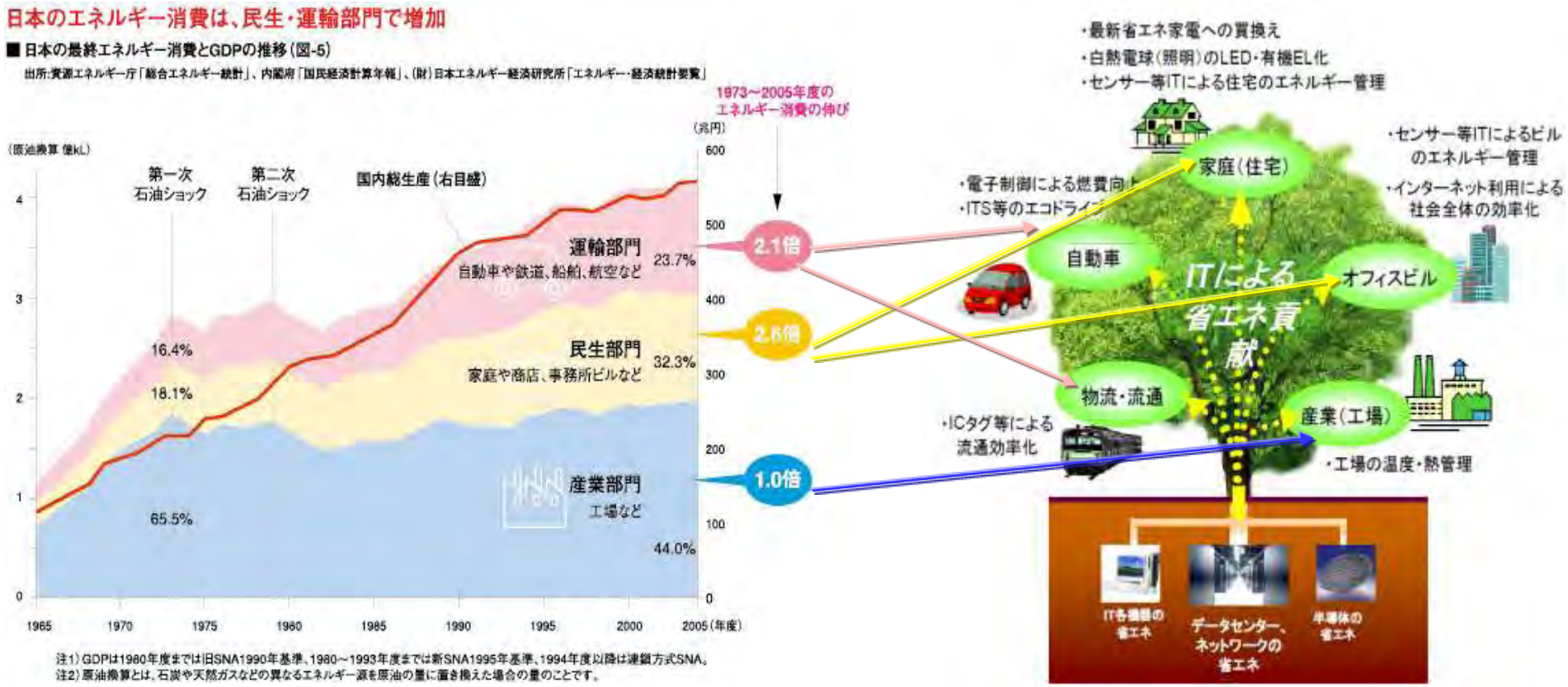
内容

1. 経済的合理性からクラウド化が加速

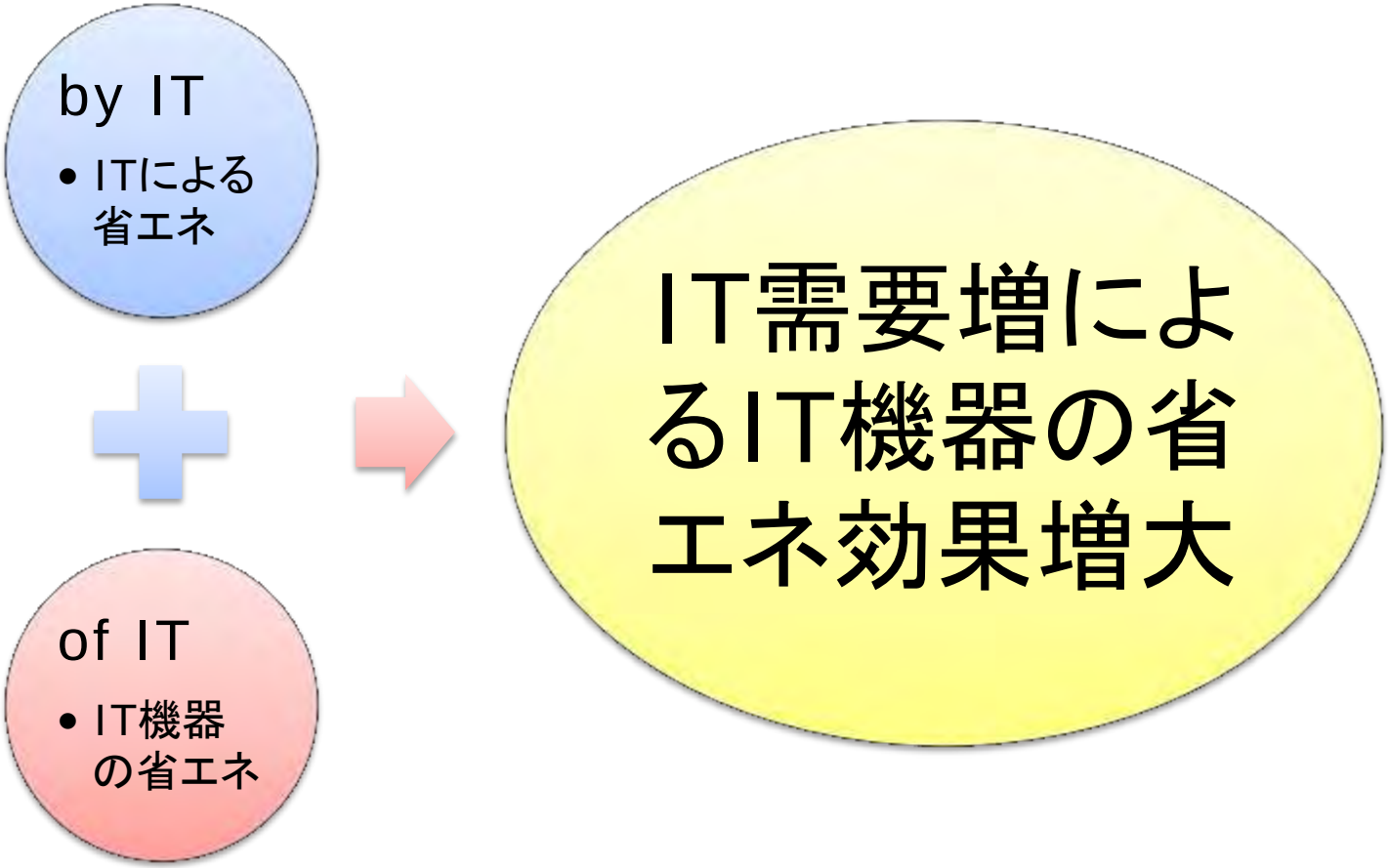
2. クラウドにおける消費電力削減のモデル

3. みどりウェアの開発

低炭素社会におけるITの役割（最終消費）



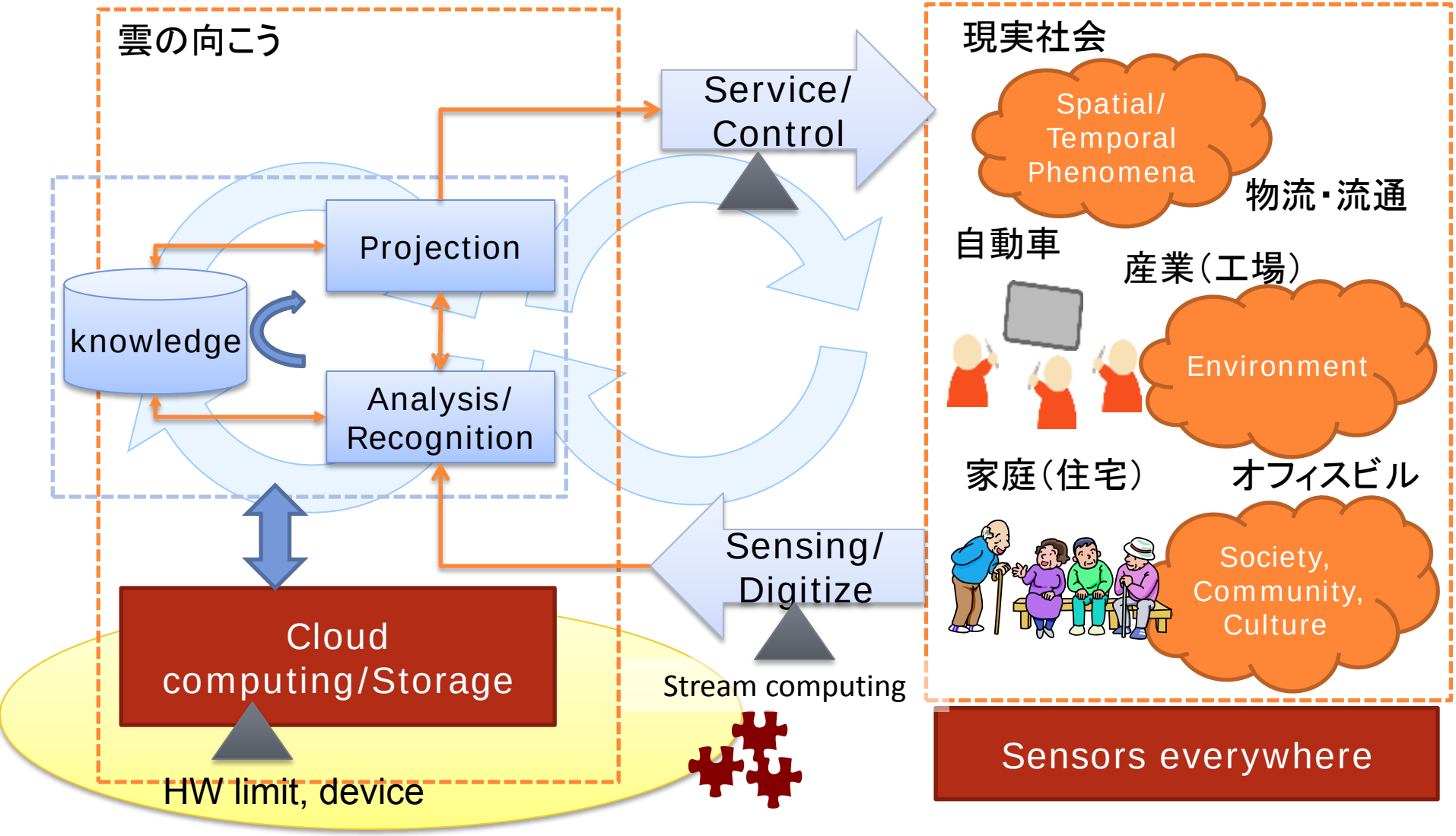
グリーンITのCO2削減効果



1990年 約10億トン 6%-25%削減

ITによる社会の省エネ	＋	IT機器・システムの省エネ	＝	グリーンITによるCO2削減総量
1．1億トンCO2／年		0．2億トンCO2／年		1．3億トンCO2／年（2030年）

低炭素化を目指したデータ処理



ITの動向における超集中化と超分散化

超集中化

- Single Point of Access
  - ≠地理的集中
- 経済的合理性
  - Scale merit

超分散化

- Ubiquitous Sensor network
- mobile, PDA, net Book
- user/community oriented

矢野経済研究所は2009年12月21日、クラウドコンピューティング市場に関する調査結果を発表した。同発表によると、同市場規模は2009年時点で1,406億円だが、2012年には約3倍の4,106億円、2015年には5倍以上となる7,438億円に達するという。
http://journal.mycom.co.jp/news/2009/12/21/011/index.html

クラウドの本質

所有から使用への
コンセプトの変化をITにおいて
実現（する|した）

ビジネスコンセプト

PAY-per-USE

Asset を Expense に

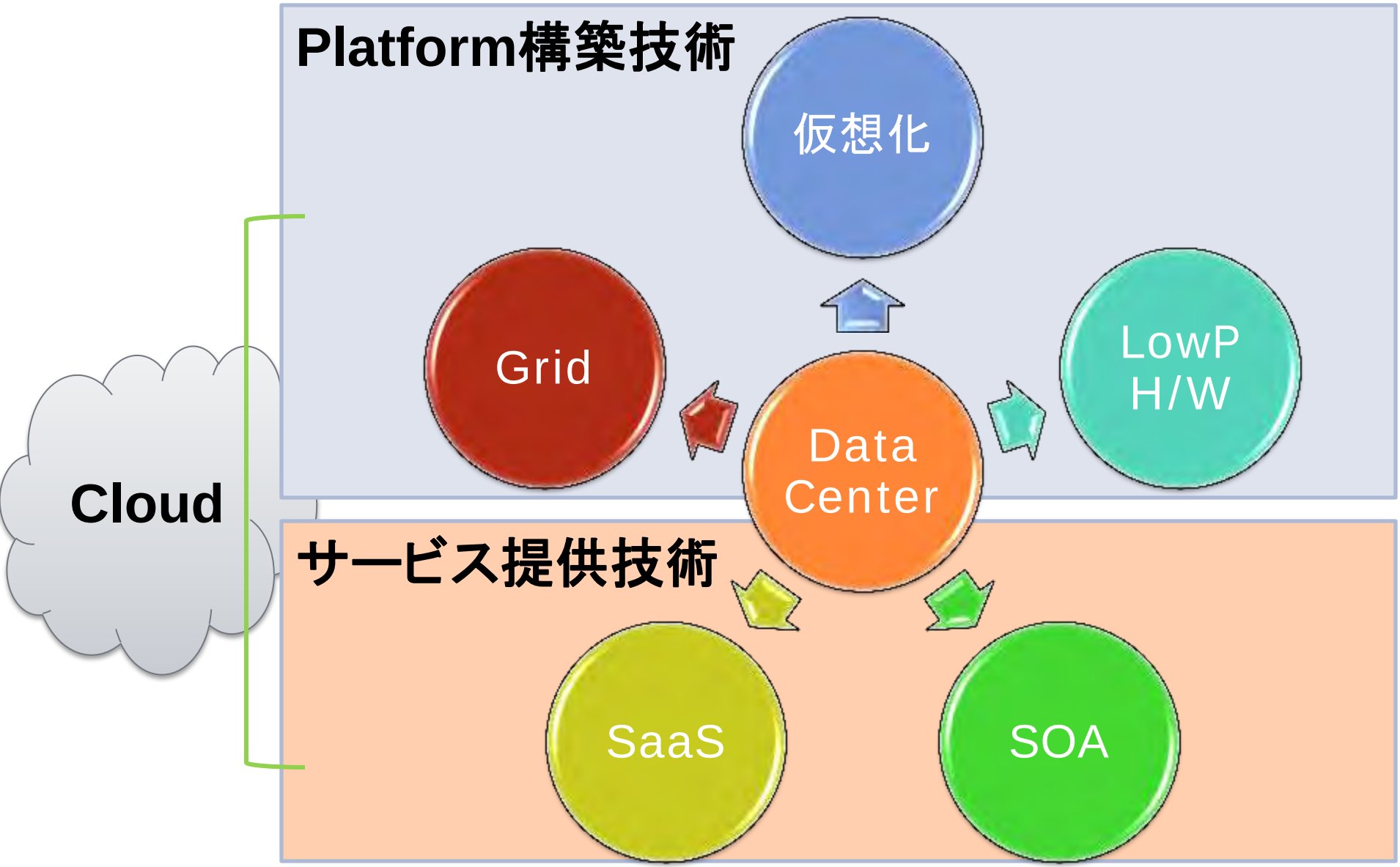
顧客にとってのバリュー

コンプライアンスのための高い信頼性

情報システムのTCO削減

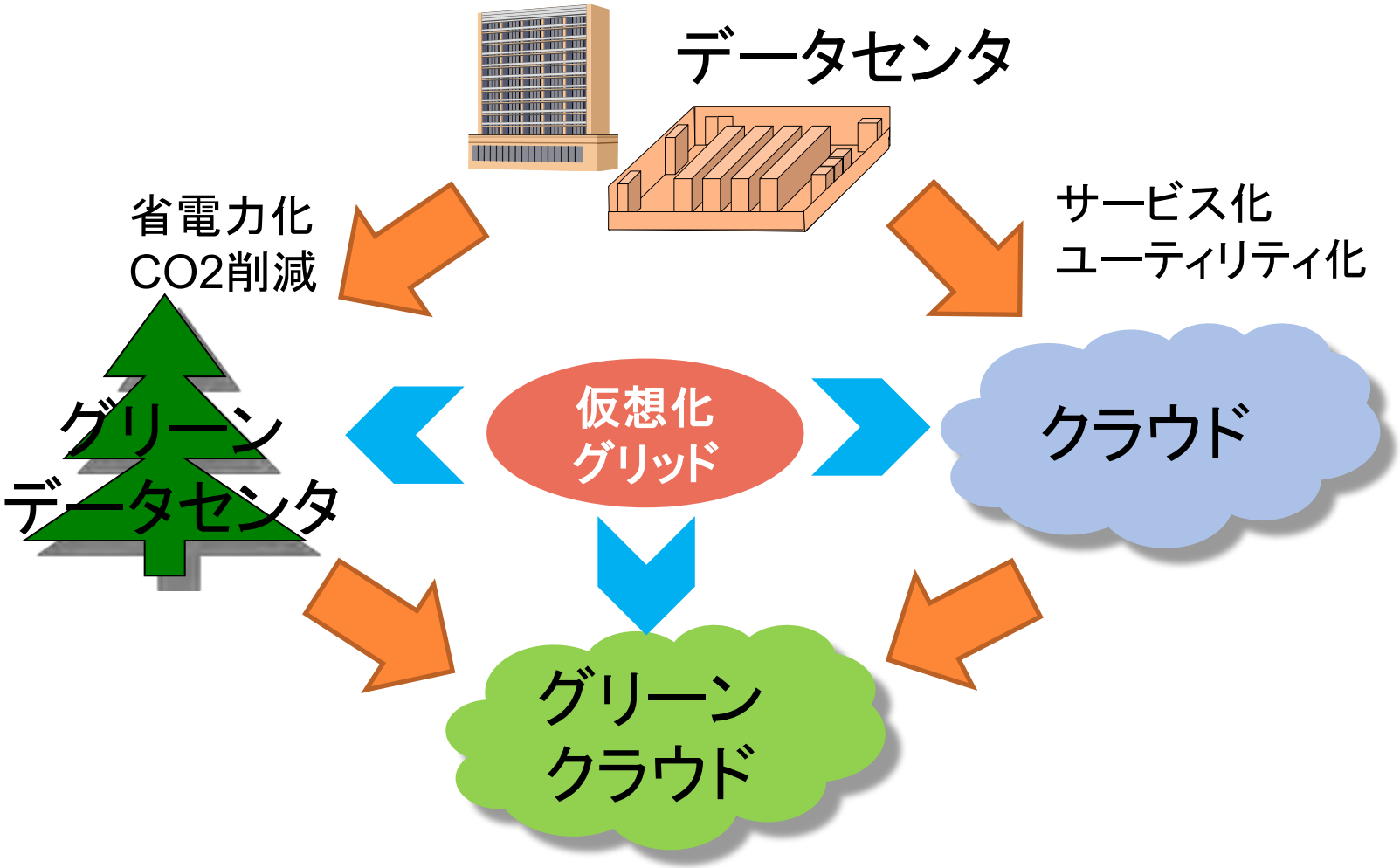
戦略部門強化のための迅速なシステム構築

データセンターの大規模化を可能とする Cloud



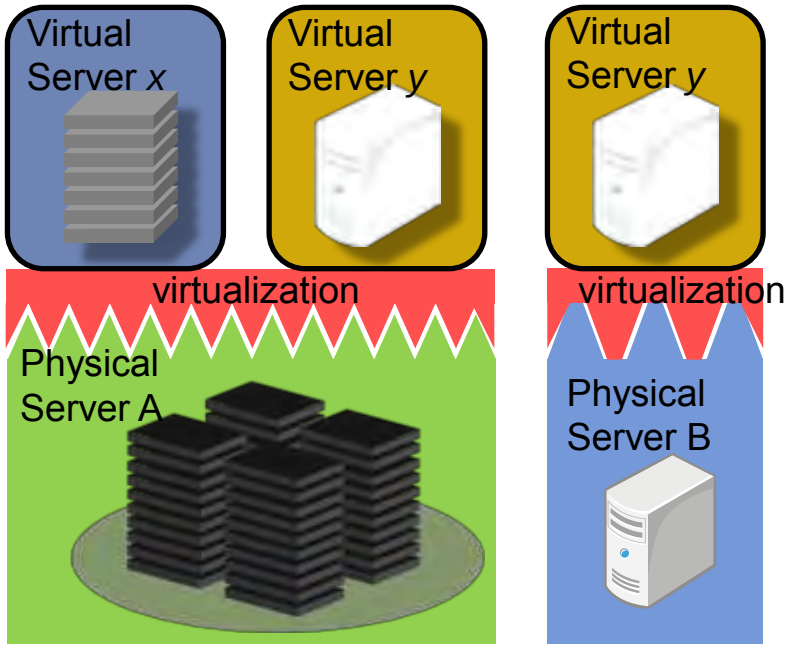
グリーンクラウド

- プロバイダにもユーザにもメリットのあるビジネス形態
- 仮想化、グリッドが実現に不可欠な主要な技術



仮想化 Virtualization

- 抽象化、または二つの層の分離
- 仮想化の対象
  - サーバ、ストレージ、ネットワーク、アプリケーション
- サーバ仮想化
  - VMware, Xen, KVM (kernel-based Virtual Machine) など
  - 異なる仮想サーバを一つの物理サーバ上に構築可能
  - 同じ仮想サーバを異なるプラットフォーム上に構築可能



仮想化の効用

- TCO削減
  - 一台のサーバを複数台として利用
  - 余剰能力の活用、追加投資の低減、
- 可用性向上
  - 異なるハードウェアに同じ環境をソフトウェアで構築できる
  - 動作アプリケーションをハードウェアに固定しない

⇩

- 選択の自由度が拡大　＝　別の基準で選択可能
  - 例）　性能

    高速なHDDを持っているが、ディスクアクセスがほとんどなく
    CPU処理だけ
  - 例）　電力消費量

    高性能なCPUで実行すると早く結果が得られるが電力消費が大きい。

省電力を目指した仮想化の活用

内容

1. 経済的合理性からクラウド化が加速

2. クラウドにおける消費電力削減のモデル

3. みどりウェアの開発

お客様はPUE*で
データセンターを選ぶでしょうか？

PUE: Power Usage Effectiveness

業種別に見た「最も重要なデータセンター」の3大選択理由

	●流通業（回答数155） ●サービス業（金融／証券／保険業、情報処理を除く、回答数166）	●製造業（回答数444） ●金融／証券／保険業（回答数54）	●政府・自治体・公共（回答数108）
1位	月額料金が安い	災害対策に強い	月額料金が安い
2位	災害対策に強い	月額料金が安い（製造業） ネットセキュリティが強固（金融／証券／保険業）	ネットセキュリティが強固
3位	ネットセキュリティが強固	データ・センターを統合できる	災害対策に強い

※1番目の理由を選択肢から選んでもらった（単一回答）

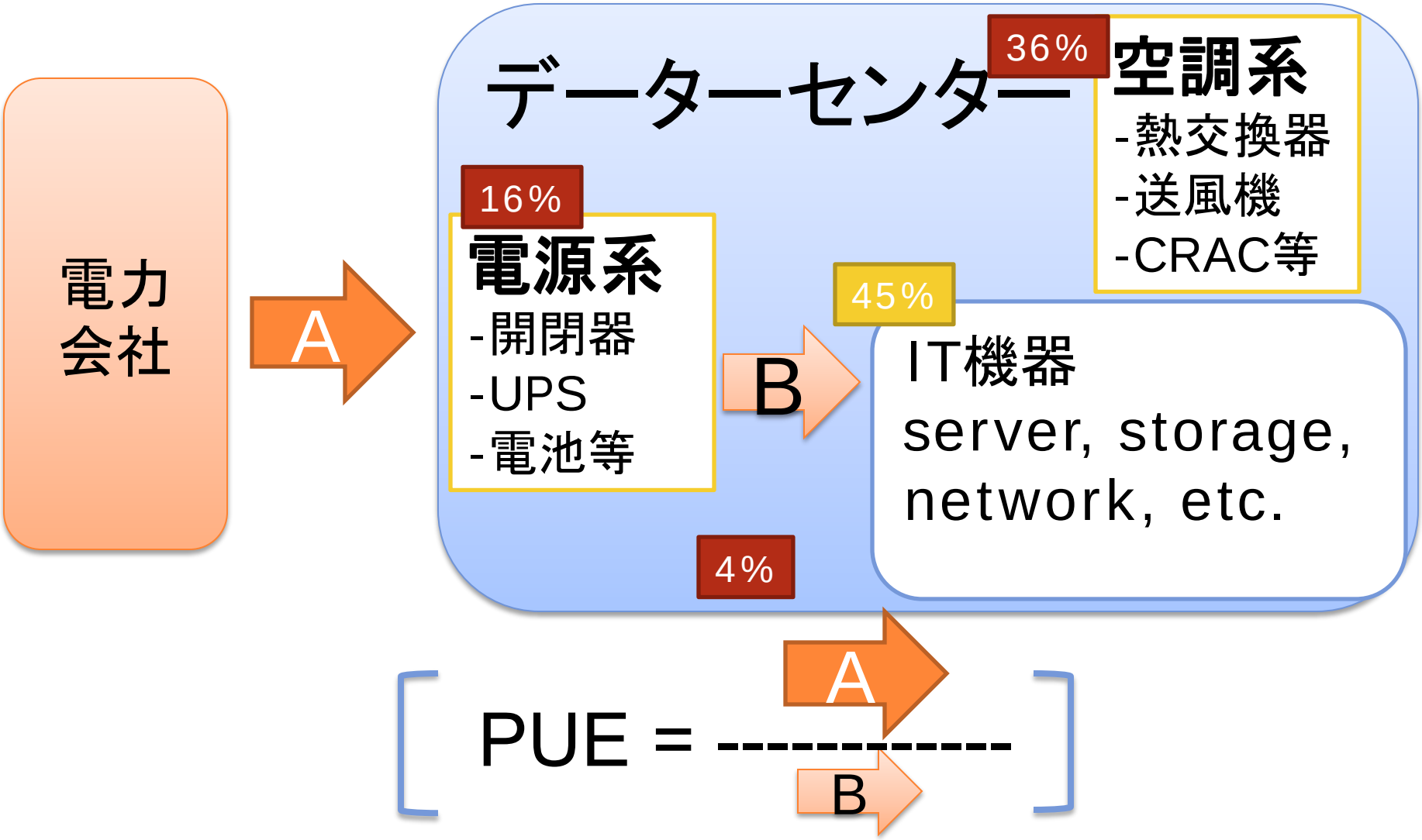
答えは NO ！

出典：日経マーケットアクセス「データ・センター利用実態調査2008」

建前（環境）と本音（コスト）のギャップを埋めていくためには？

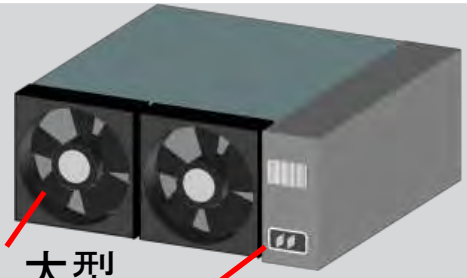
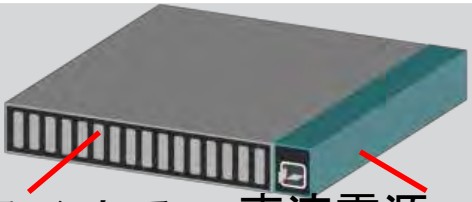
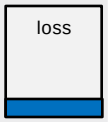
PUE: Power Usage Effectiveness

(The Green Grid White Paper #6)



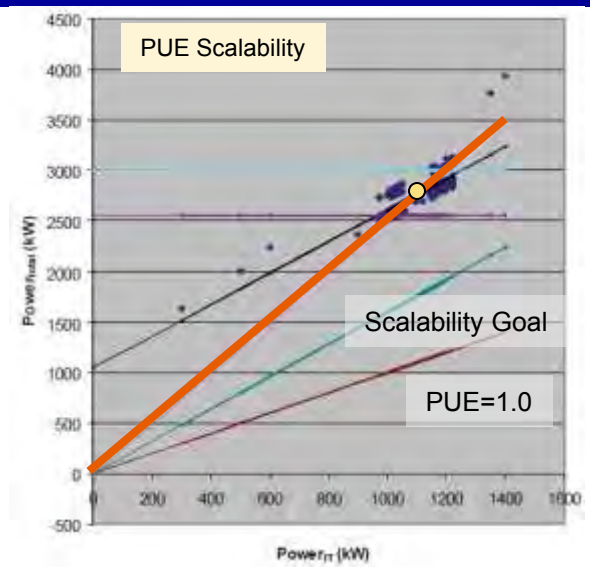
PUEに潜む落とし穴

- どちらのデータセンタ／サーバがよりグリーンか？

	データセンタ A	データセンタ B
搭載サーバ	 大型ファン UPS付きPSU	 ファンレス 直流電源 AC/DC変換なし UPSなし
Performance	50GFlops	50GFlops
Performance / Watt (GFlops / W)	0.2	0.3
電力設備	交流による給電 全体のUPSはなし 	直流による給電 UPSあり
空調設備	冷たい空気の供給 風量は抑えめ	空調機による風の流れで抜熱
年間の全電力消費量	30GWh	30GWh
PUE	1.2	1.8

PUEに対する批判と拡張

- PUE Scalability
  - IT機器の負荷に応じた上昇率を評価
  - X軸にIT機器の消費電力
  - Y軸にデータセンター全体の消費電力
- PUE x,y
  - PUEの測定条件を指標に併記「例1.8PUE-L2-WC」
  - xが電力測定ポイントの厳密性
  - yが測定期間と測定頻度
- DCeP（Data Center Energy Productivity）
  - データセンターの生産性を示す指標
  - データセンターによる「役に立つ仕事」の量
  - 仕事を生み出すために費やしたエネルギー総量
  - 「役に立つ仕事量」に8つの代案 (The Green Grid White Paper #17)

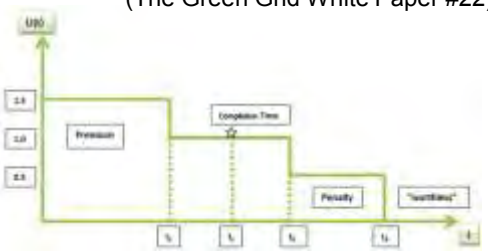


(The Green Grid White Paper #20)

TABLE 3: DCIE MEASUREMENT SAMPLING LEVELS

	Level 1 (L1) (Basic)	Level 2 (L2) (Intermediate)	Level 3 (L3) (Advanced)
IT Equipment Power	UPS	PDU	Server,...
Total Facility Power Where	Data Center input power	Data Center input power less shared HVAC	Data Center input power less shared HVAC plus building lighting, security
Minimum Measurement Interval	Monthly / Weekly/	Daily	Continuous (XX min)

(The Green Grid White Paper #22)



EQUATION 1

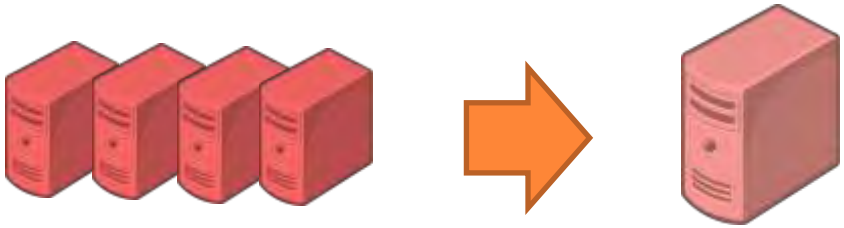
$$\text{Useful Work} = \sum_{i=1}^{M} V_i * U_i(t,T) * T_i$$

(The Green Grid White Paper #13)

サーバのリプレース

- サーバ4台を使って動かしていたものが、4年後のリプレースでは1台で運用

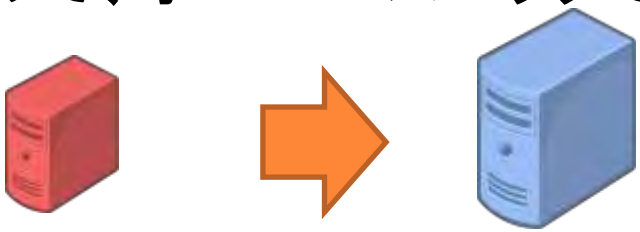
稼働率80%



稼働率80%

- サーバ1台を使って動かしていたものは？
- ハードは安くなったので、オーバースペックでも気にせず使う

稼働率80%



稼働率20%

- 稼働率が極めて低くなる
- しかし、問題は別なところに生じる

サーバ稼動率に関するバックデータ

データセンター

CISCO

ソリューション

JAPAN
ソリューション
企業・官公庁
アーキテクチャ&テク
TECHWISE TV ブロ
データセンター
データセンターとエ
率化

アウトソーシング利用...

http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/0903/30/news093.html

アウトソーシング利用も

データセンターの
Symantec調べ

データセンターの運用で企業が直面する
た。

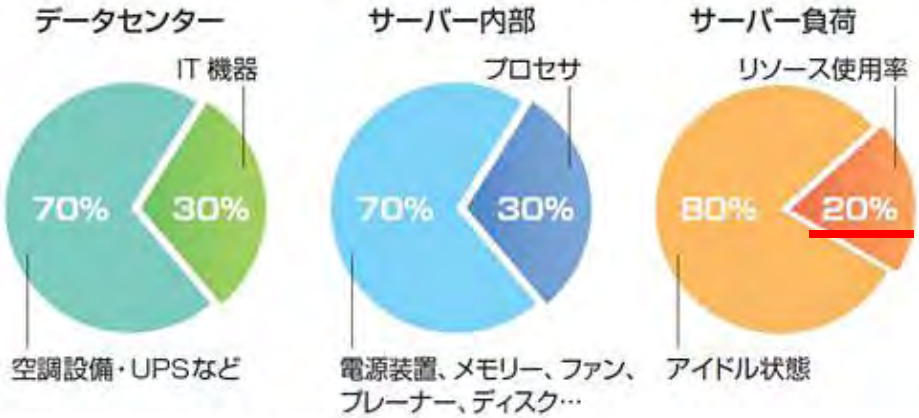
2009年03月30日 18時10分 更新

PR 特集：東京都温室効果ガス排出総量規制に迫る－環
PR Microsoft SQL Server なら仮想化や分析、レポート機

シマンテックは3月30日、世界のデータセンタ
State of the Data Center」を発表した。直面
用を挙げている。

データセンターの稼働状況では、サーバの稼働率が53%、ストレージの稼働率が50%だった。システム効率化への取り組みでは、サーバ統合（80%）やサーバ仮想化（77%）、ストレージ仮想化（76%）、継続的なデータ保護（71%）、ストレージリソース管理（71%）となった。

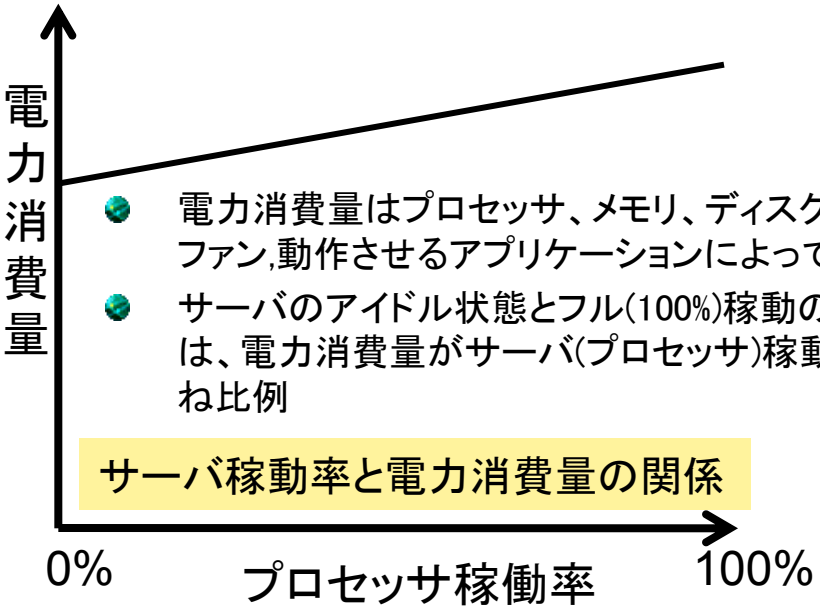
図2　典型的なITシステム／インフラの電力消費内訳



出典：APC ホワイトペーパー　#113、114

デジタル世代の置き土産とでも呼ぼうか。省エネルギーが世界的な潮流になる中、データセンターは大きなお荷物になりつつある。ご存知だろうか。世の多くの物理サーバは稼働率 10-15% 程度で運用されているにもかかわらず、その電力消費は稼働率 100% のときとさほど変わらないのだ。加えて、この電力消費とほぼ同量の電力が冷却のために追加消費されている。さらには、現在アメリカ国内の低稼働率サーバによる総 CO2 排出量は、タイ一国全体の CO2 排出量に匹敵するのだ。

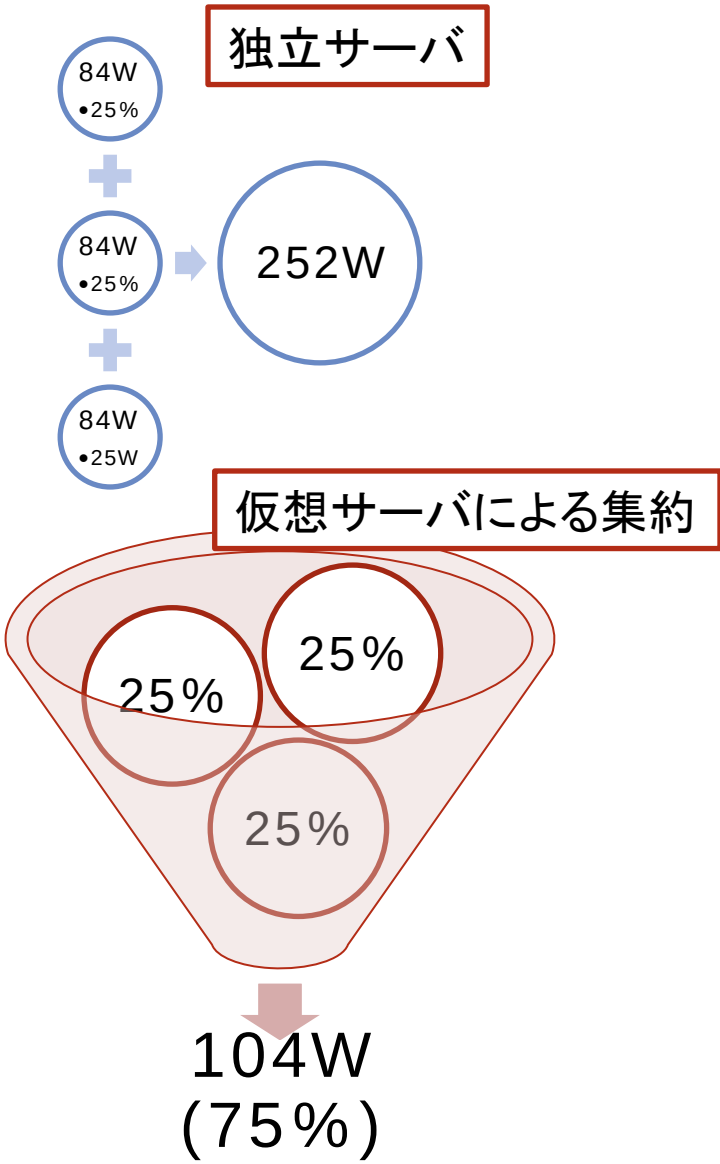
サーバ稼動率と電力消費量の関係(例)



- 電力消費量はプロセッサ、メモリ、ディスク、電源、ファン,動作させるアプリケーションによって変化
- サーバのアイドル状態とフル(100%)稼動の状態では、電力消費量がサーバ(プロセッサ)稼動率に概ね比例

サーバ稼動率と電力消費量の関係

サーバ稼動率	電力(W)	25%稼動状態に対する増加率
0	74	
25	84	1.00
50	94	1.11
75	104	1.23
100	114	1.36



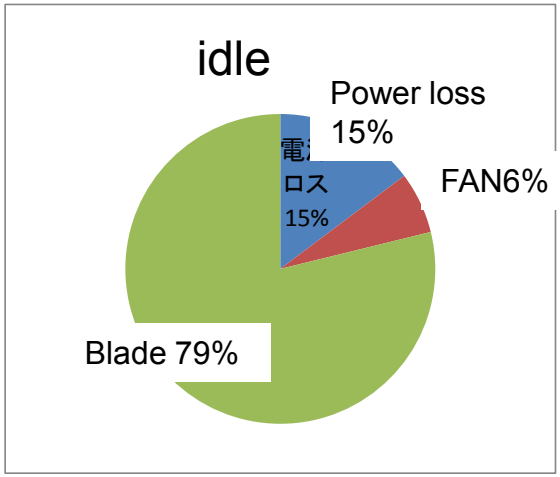
ブレードサーバの電力　例）HP BladeSystem c7000

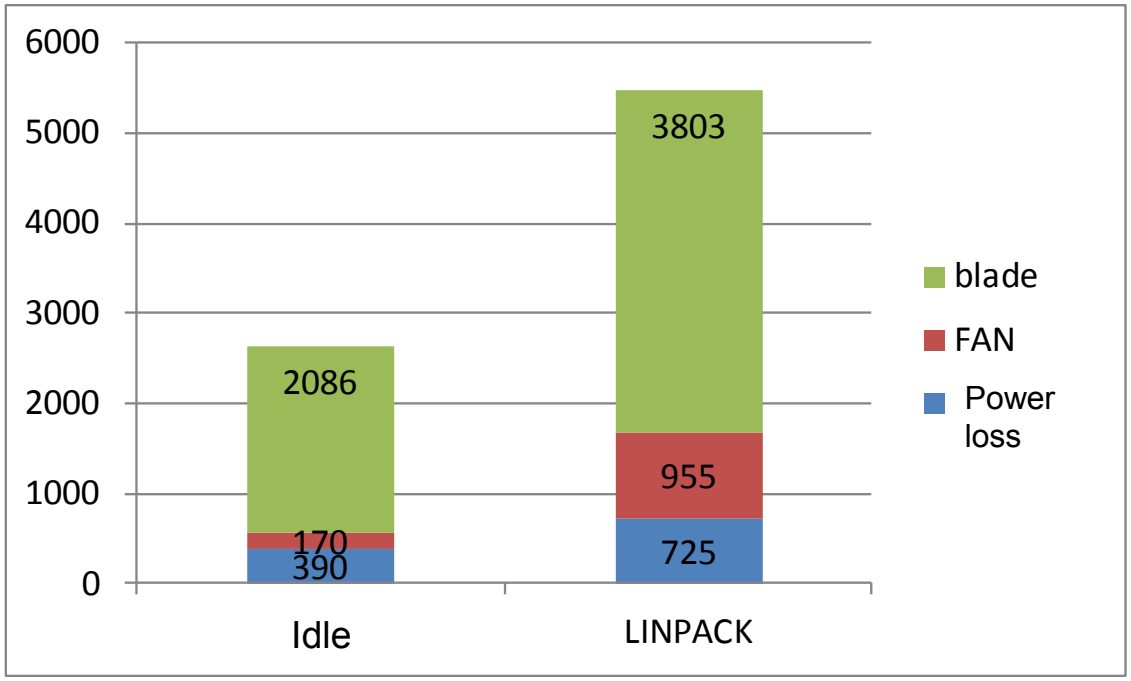
- エンクロージャに含まれるもの
  - 10個のファンと6個のPSU
  - ネットワークカード、Onboard Administrator
- エンクロージャとIPMIから以下の情報が取得可能
  - 現在の入力電力(Input AC): 2626 W
  - 現在の出力電力(Output DC): 2236 W
  - ファンの電力消費量: 83 W
  - ファン回転数: 12000 rpm
  - ブレード毎の電力: 225W

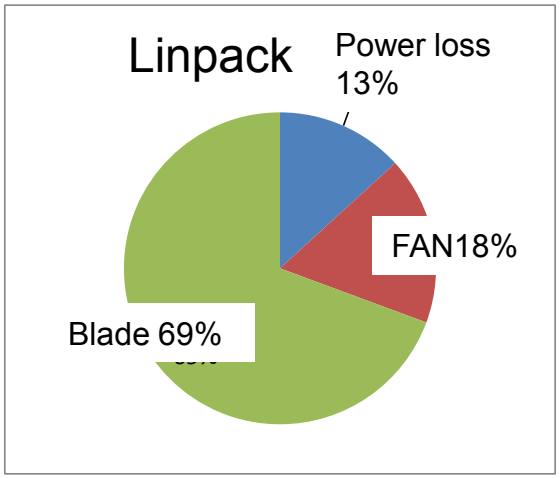
数値は取得例

HP BladeSystem c7000 の電力内訳

- ブレード部分は、アイドル状態でもLINPACK時の半分以上消費
- ファン電力は全体の20％近くにも到達







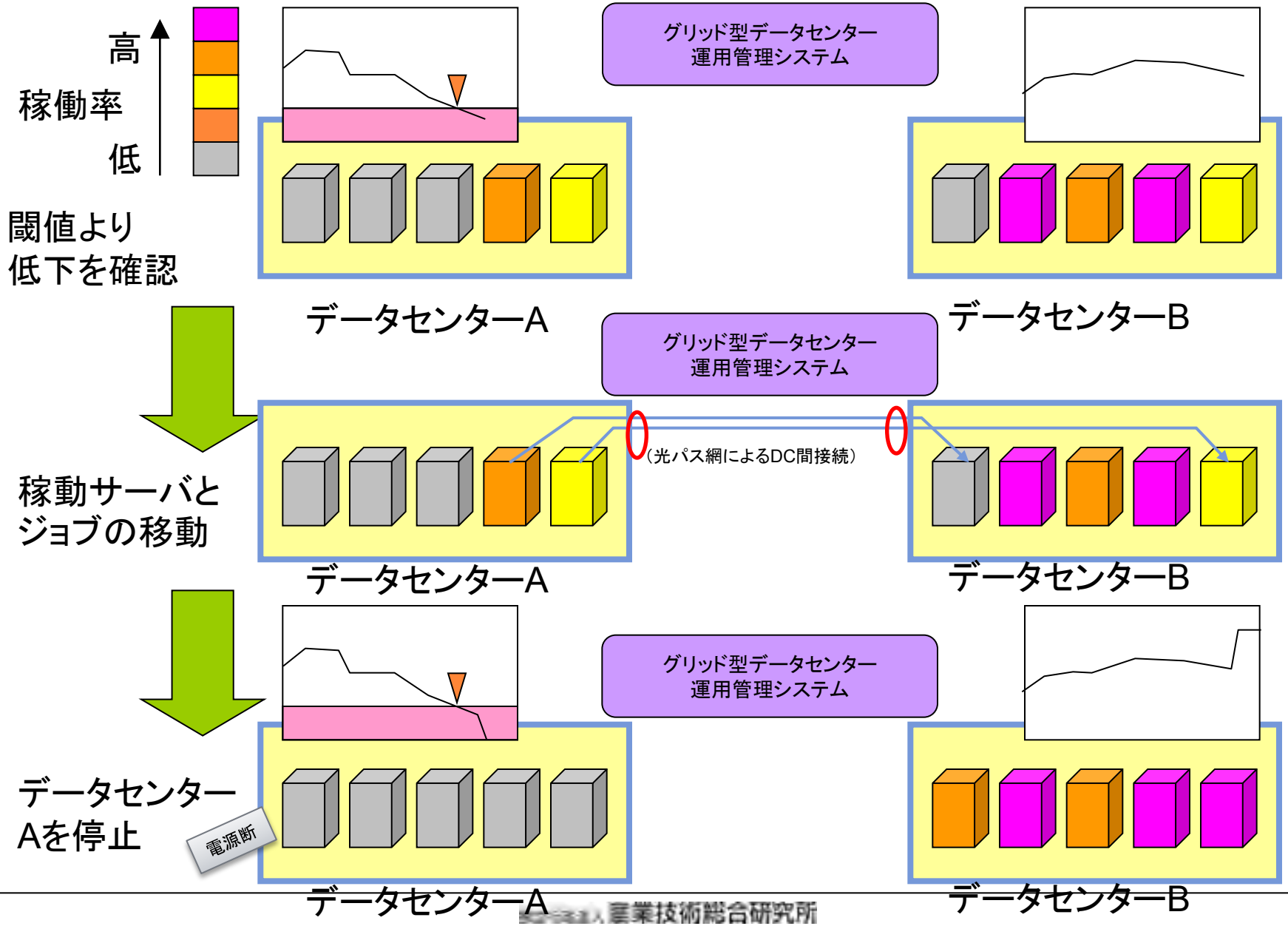
内容

1. 経済的合理性からクラウド化が加速

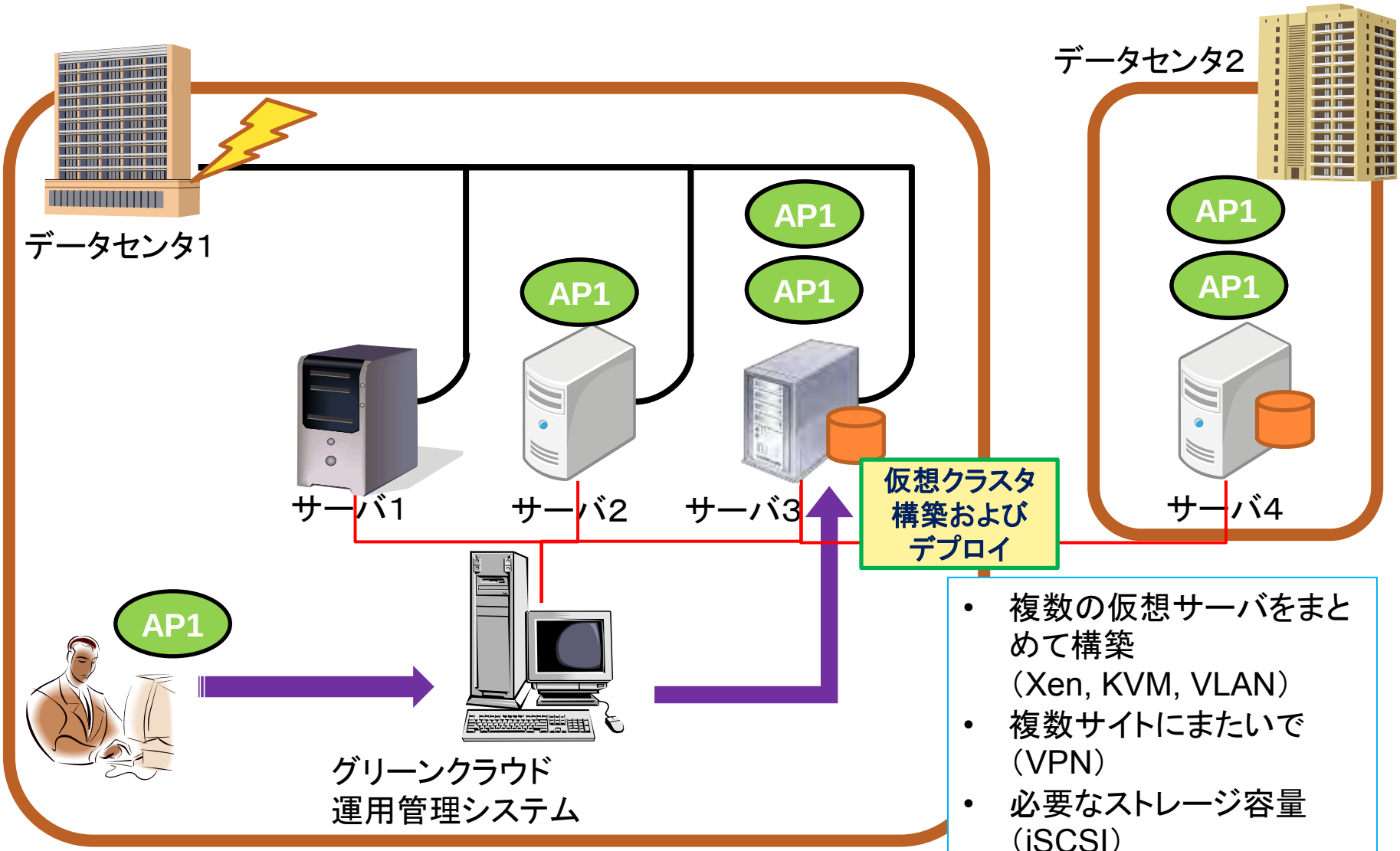
2. クラウドにおける消費電力削減のモデル

3. みどりウェアの開発

ソフトウエアの介入による省電力化の例

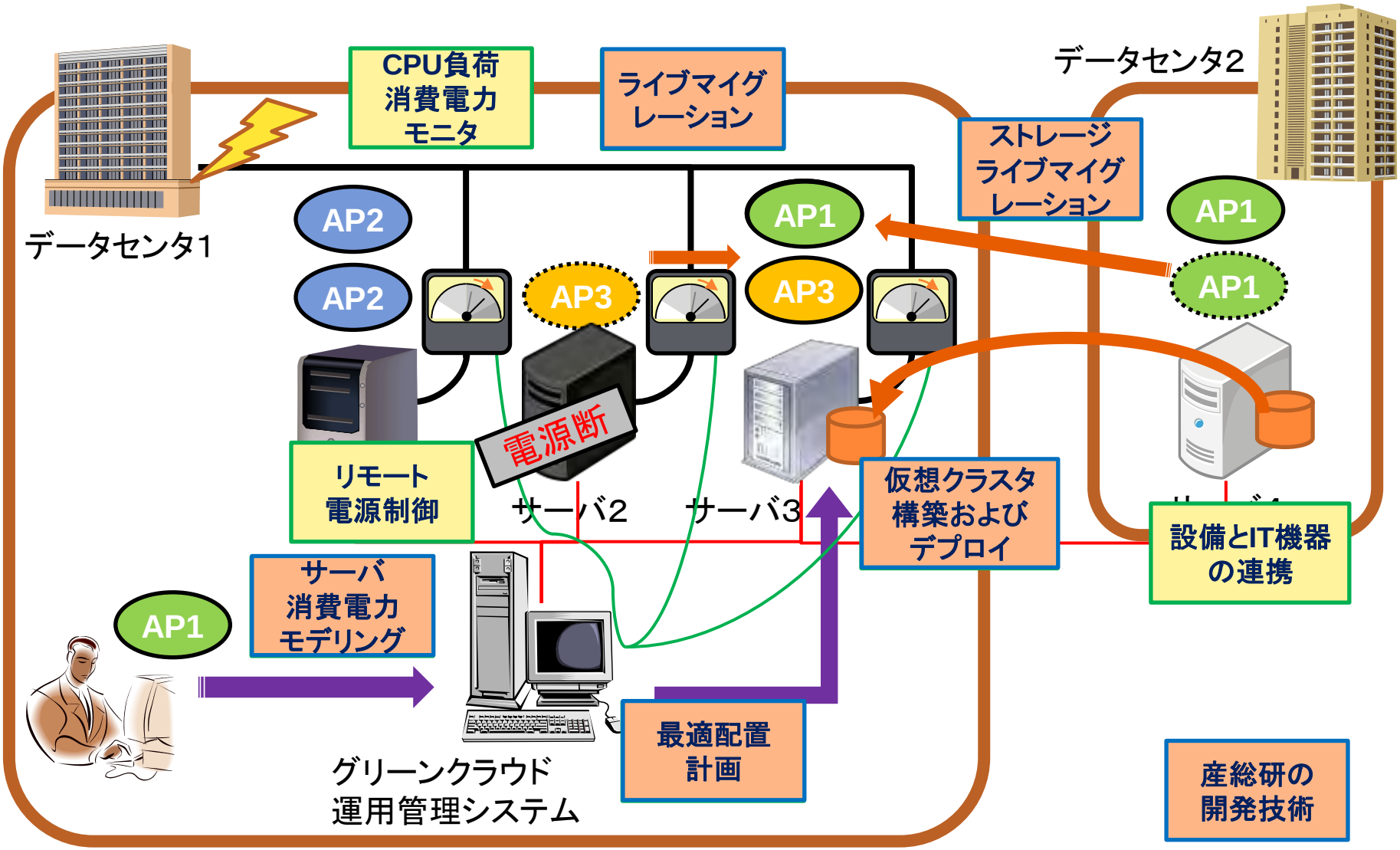


グリーンなクラウドを支える技術

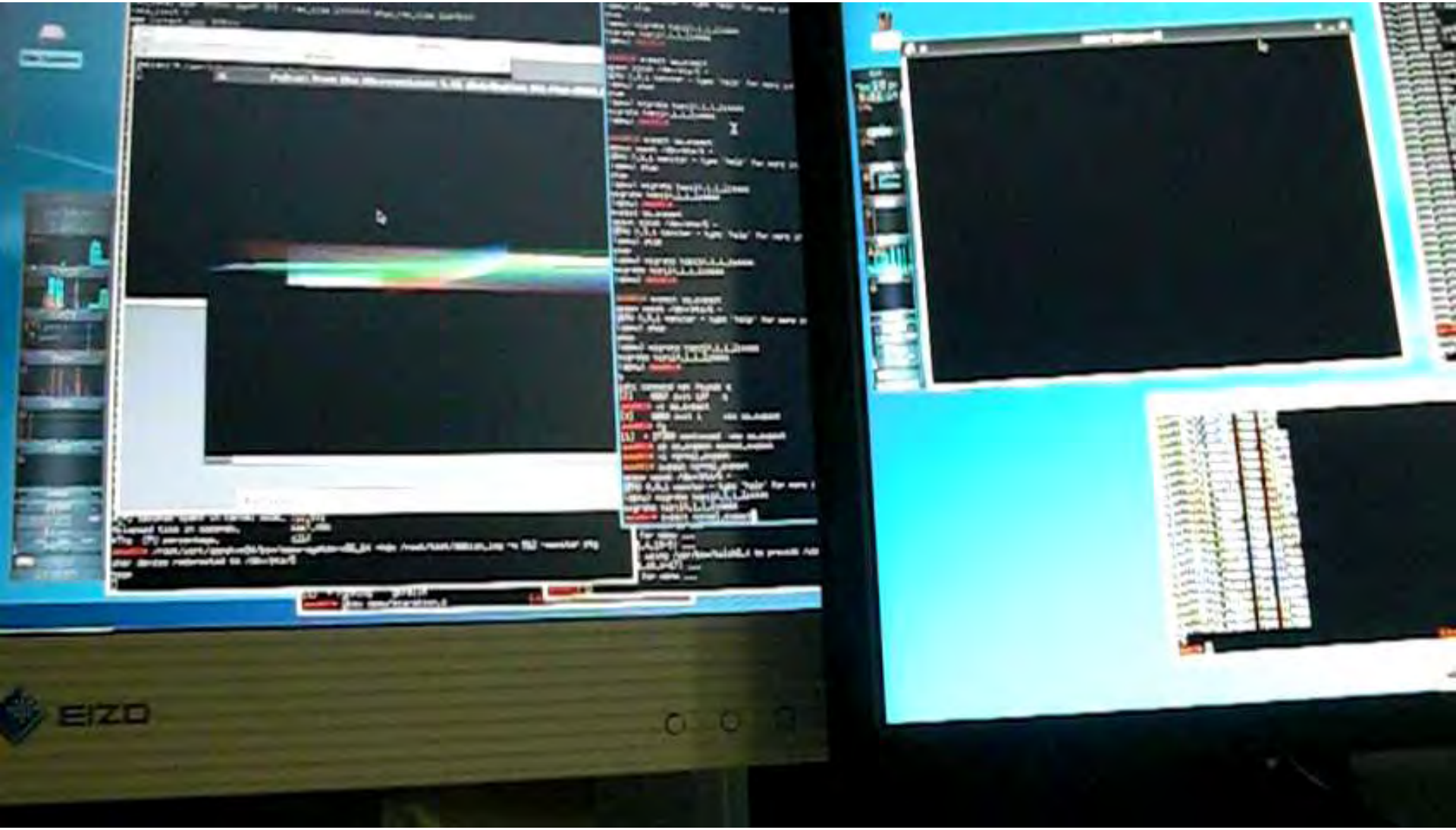


- 複数の仮想サーバをまとめて構築（Xen, KVM, VLAN）
- 複数サイトにまたいで（VPN）
- 必要なストレージ容量（iSCSI）

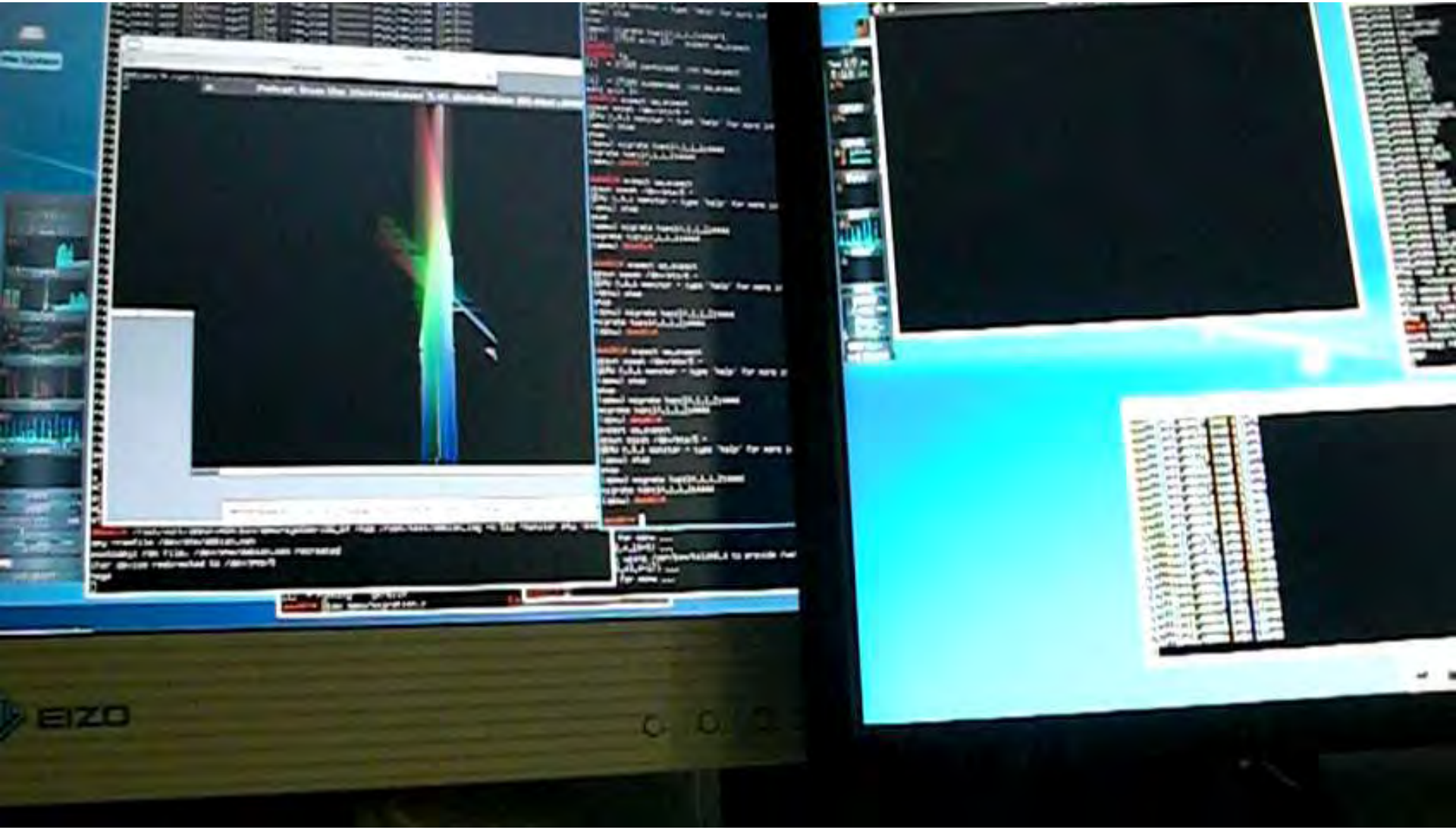
グリーンなクラウドを支える技術



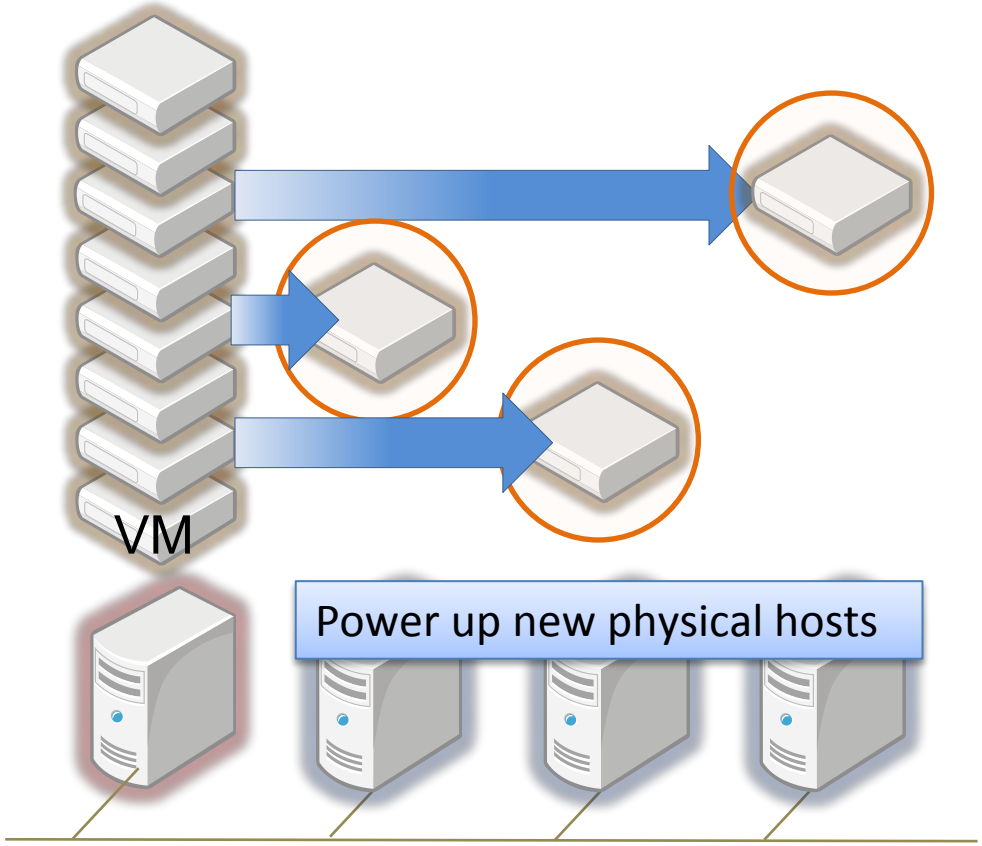
デモビデオ：従来のライブマイグレーション



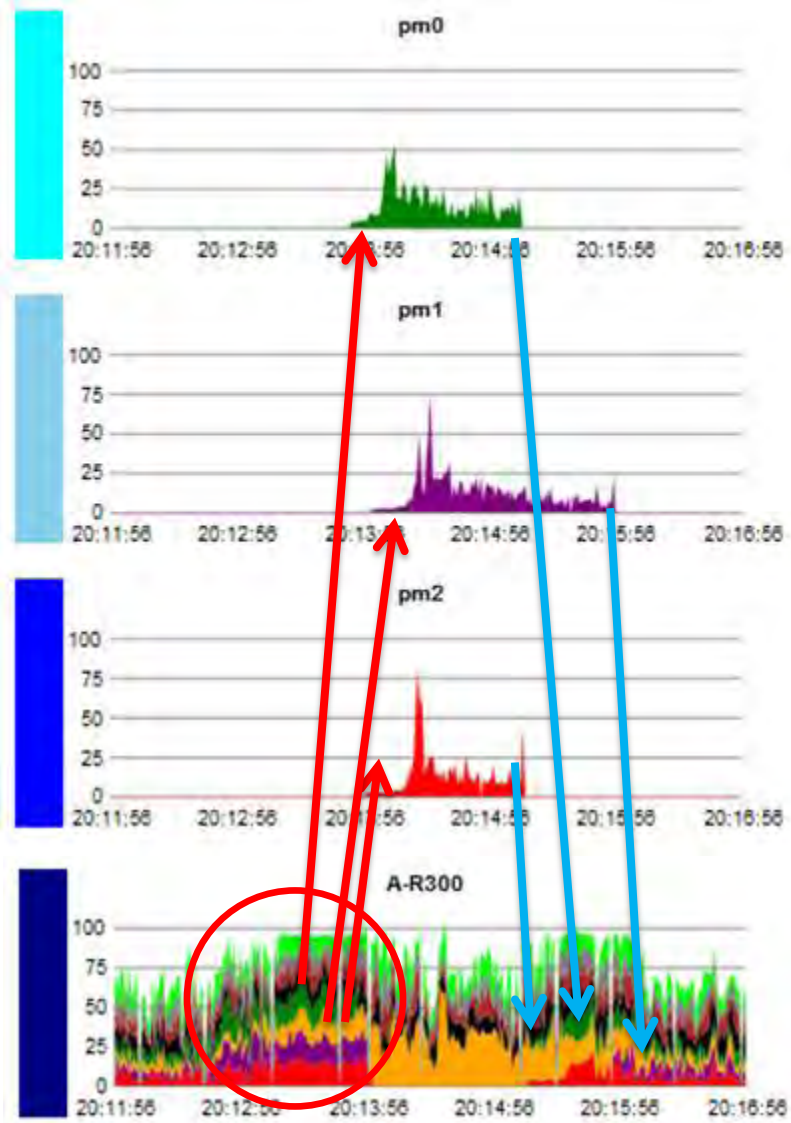
デモビデオ：超高速ライブマイグレーション



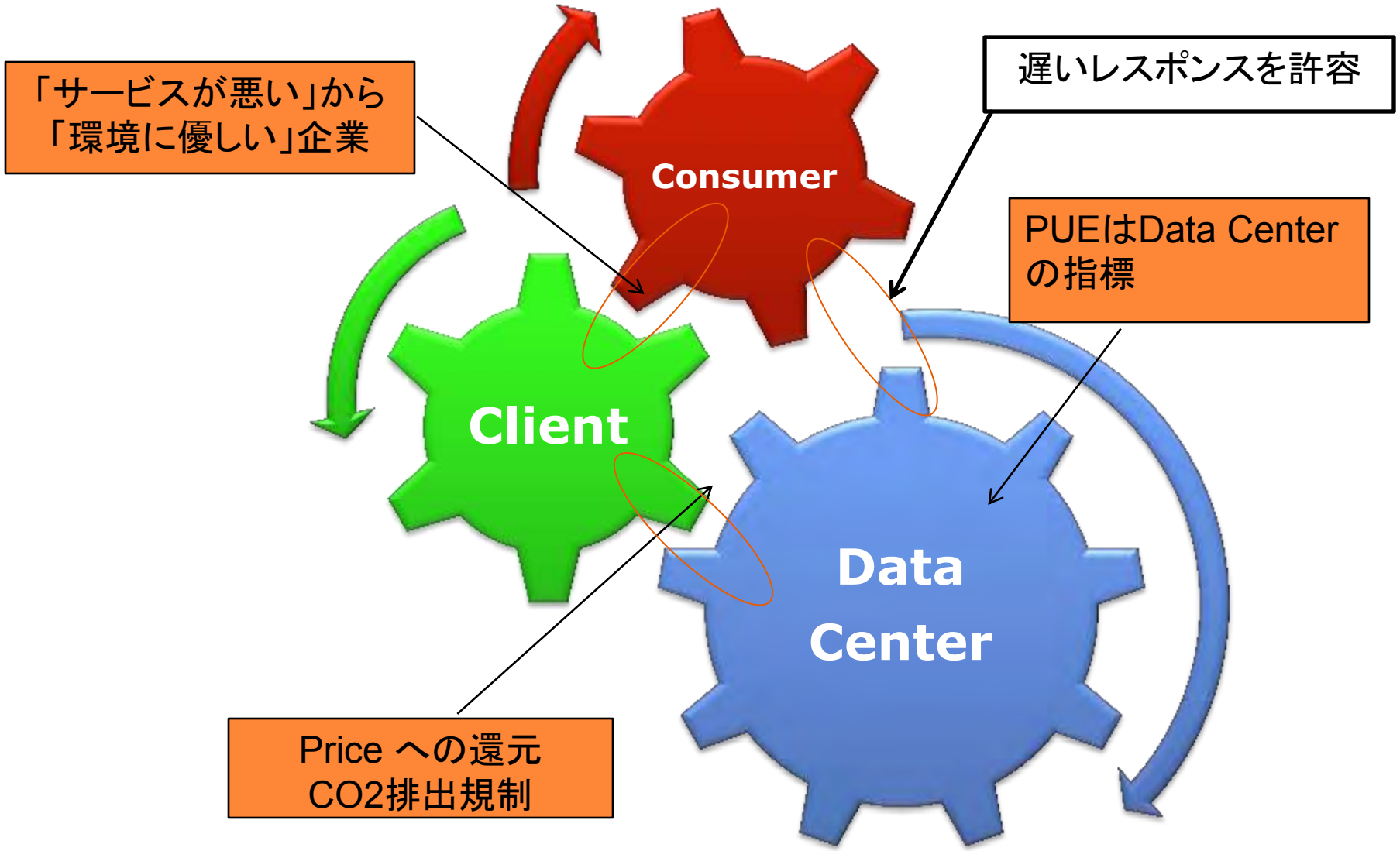
- Warehouse nodeの負荷に応じVMをWorker nodeへ分散



Physical Machines (CPU Usage)



データセンター事業 – エコシステムの構築



より aggressive な省エネ化のためには Best Effort in Performance から Best Effort in Energy Efficiency を許容する SLA へ

消費行動の判断を与える「見える化」