



ICT技術を用いた オープン環境・省エネ技術 ～『グリーン東大工学部プロジェクト』～



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 ボードメンバー
江崎 浩 (Hiroshi ESAKI)



Back ground

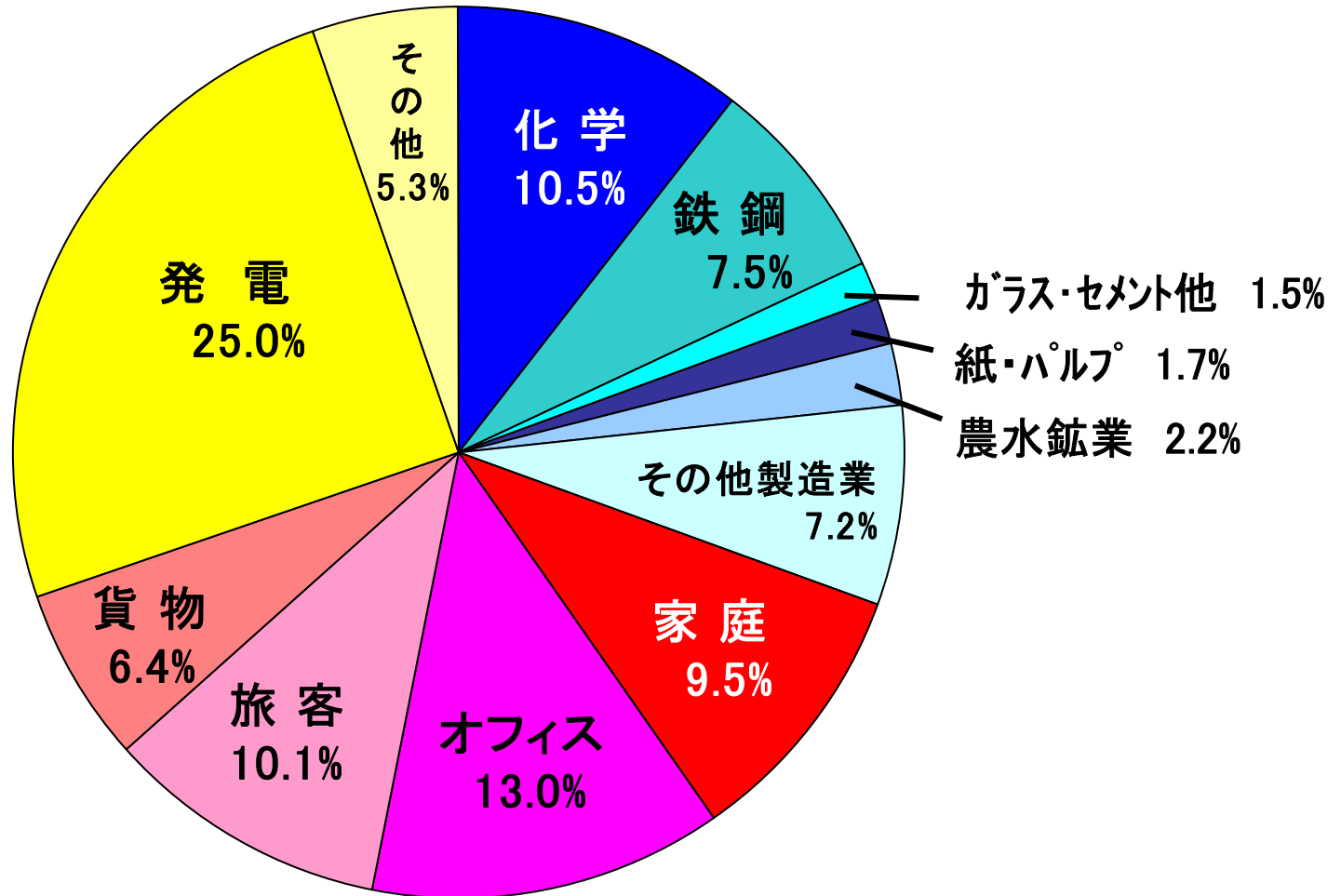
- Proprietary technologies in Facility Networks
 - More than 200K monitoring and controlling points in a large complex
 - Each systems use different technologies, sometimes proprietary technologies
- They tend to adopt IP and XML technology
 - But, still, there are many non-IP systems, due to various reasons



Interop東京2009での話題

- 『Smarter Planet』 by 基調講演(日本IBM)
 - すべての、施設と活動の Smart 化
 - e.g. 開発環境のクラウド化、実時間データを使ったPDCA
- IT自体の消費は数% 程度
 - 建物(50%)、輸送交通(25%)、産業・生産(25%)
 - 例: ちっとも工業化されていない工場
 - 建物: 25%が電子機器、75%が設備管理系
- “Eco-System” という方向性
 - 持続性(sustainability)と進化性(mutation)

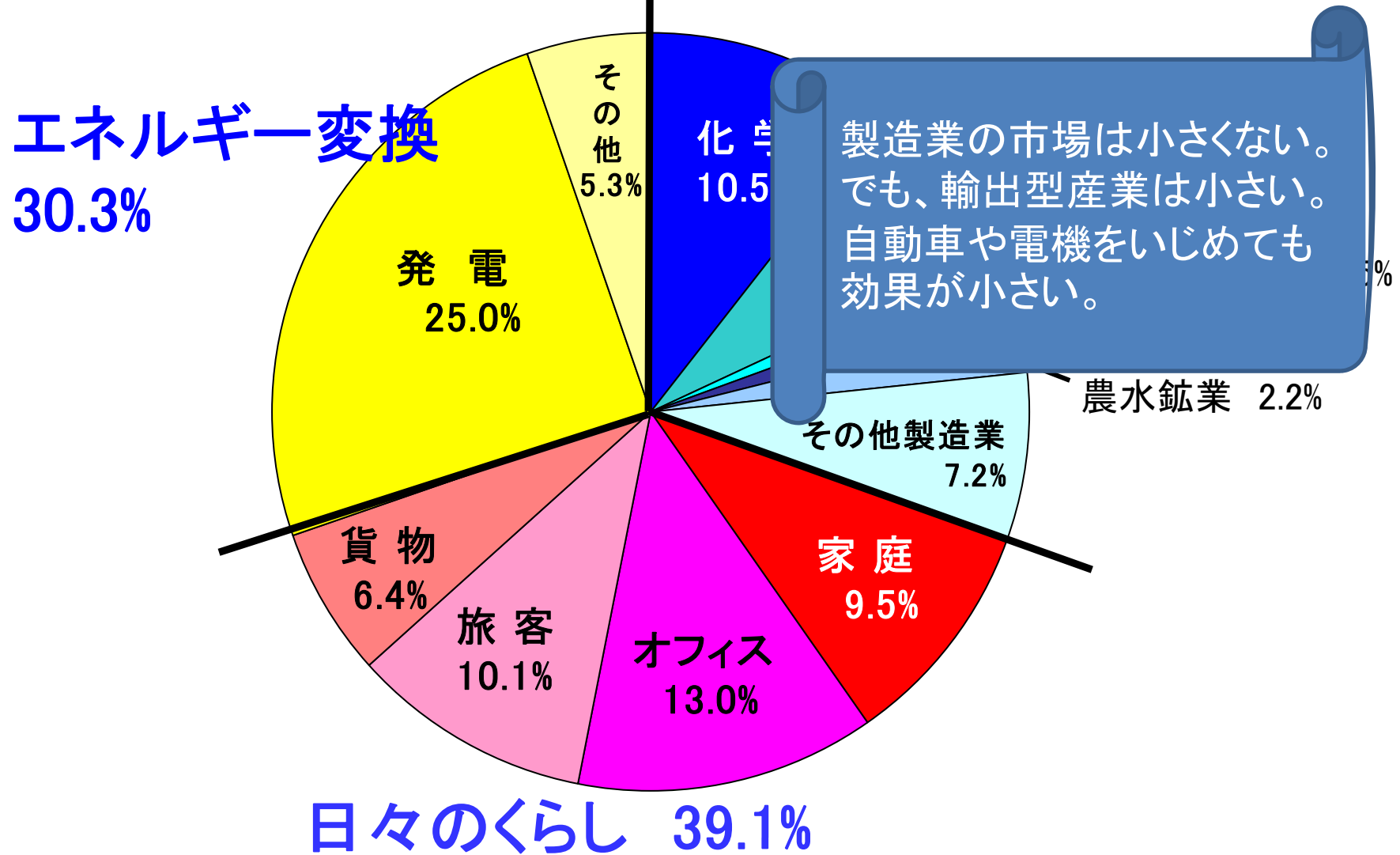
日本のエネルギー消費



総合エネルギー統計2007年版（データは2005年）

注：エネルギー変換部門での消費は発電所で電気にならなかった部分や自家消費された部分である。

知の構造化：日本のエネルギー消費



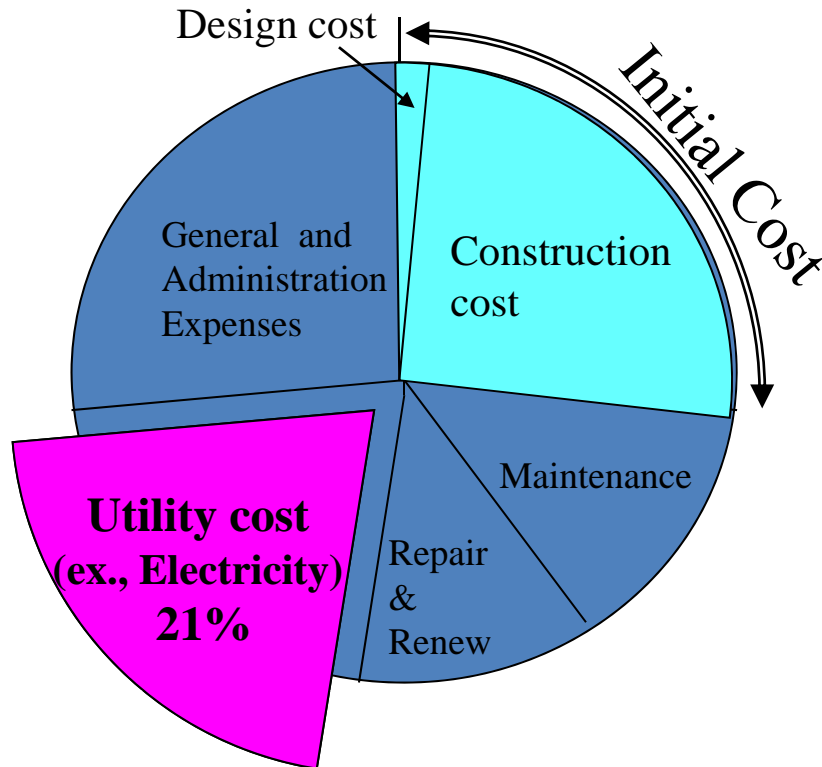
製造業の市場は小さい。でも、輸出型産業は小さい。自動車や電機をいじめても効果が小さい。

総合エネルギー統計2007年版（データは2005年）

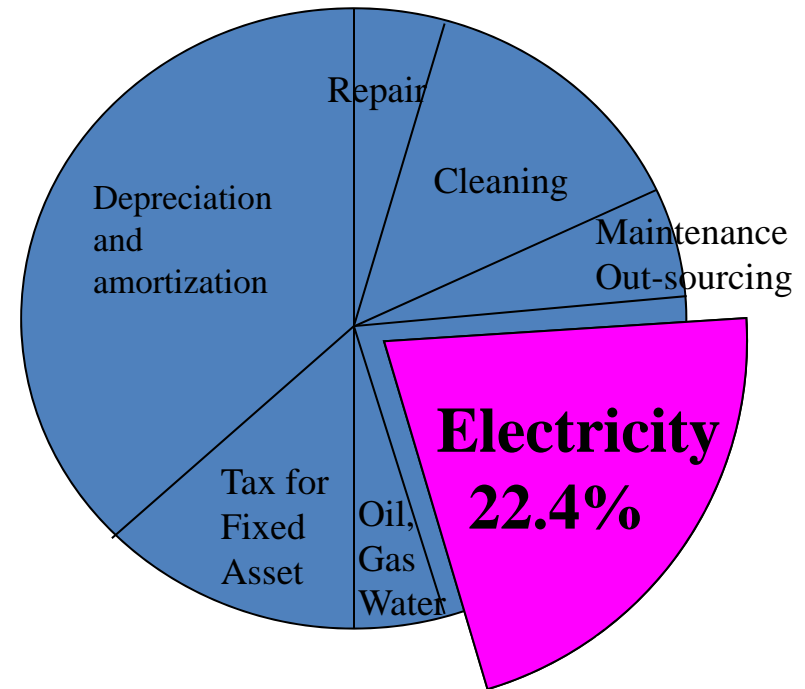
注：エネルギー変換部門での消費は発電所で電気にならなかった部分や自家消費された部分である。

建物のライフタイムコスト分析

ライフタイム
(オフィスビルの事例)



各年
(オフィスビルの事例)



Source : <http://www.satobenec.co.jp/products/lcc/energy/concept/concept.html>

活動の方針・戦略(1)

1. 快適で効率的な環境を構築することで、結果的に省エネを実現する。
2. 新しい利用法とビジネス、産業を創成する。
3. 東大工学部2号館は、Flag-ship Testbedではあるは、One of Testbeds である。
4. グローバル標準を目指す。
5. “Eco-System” としての省エネ・環境保全システムを目指す。

活動の方針・戦略(2)

- 『**道徳を忘れた経済は罪悪、
経済を忘れた道徳は寝言だ**』
(二宮尊徳)

(*) 前東京大 総長 小

- ①本質を捉える知
- ②先頭に立つ勇氣
- ③他者を感じる力

理論(俯瞰と細部)に基づいたビジョンと
経済的インセンティブ

グリーン東大工学部プロジェクトのゴール

● “未来”のゴール

企業・社会活動の収縮ではなく、

活動の “拡大と高機能化” を
より少ないエネルギーで

(=効率化&Innovation → 競争力)

— 新ビジネスへの創造と展開

— 「民(産学)」による推進 (「官」からの独立性)

グリーン東大工学部 プロジェクト

- 本郷キャンパス 工学部(新) 2号館
 - 地上12階、地下1階の 総合研究教育棟
 - 2005年10月竣工、2006年3月実質稼動開始
 - 講義室、事務室、研究室、実験室 などが混在
 - 『省エネ』以上の 活動を展開
 - 共同研究開発コンソーシアムの形成
 - 新ビジネスの創成



Green
university of **Tokyo**
グリーン東大工学部プロジェクト
Project



参加組織

- 旭化成エレクトロニクス株式会社
- 伊藤忠商事株式会社
- 株式会社 ウィルコム (WILCOM)
- 株式会社 NTTファシリティーズ
- オムロン 株式会社
- 鹿島建設 株式会社
- 株式会社 関東コーワ
- コクヨ 株式会社
- 清水建設株式会社
- Cisco Systems Japan
- CiTRIX SYSTEMS JAPAN 株式会社
- シムックス 株式会社
- ダイキン工業 株式会社
- 株式会社 竹中工務店
- 株式会社 デジタル
- 株式会社 ディー・エス・アイ
- 株式会社 東芝
- 株式会社 日本アジルテック
- 日本電信電話 株式会社 (NTT)
- 日本電気 株式会社
- パナソニック 株式会社
- パナソニック電工 株式会社
- 富士通 株式会社



グリーン 東大工学部 プロジェクト

- 三井情報 株式会社
- 三菱商事 株式会社
- 株式会社 三菱総合研究所
- 富士ゼロックス 株式会社
- 株式会社 山武
- 株式会社 ユビテック
- 横河電機 株式会社
- 渡辺電機工業 株式会社

- LONMARK JAPAN
- 東京都環境科学研究所
- 岡山IPv6コンソーシアム
- FNICコンソーシアム
- 社団法人電気学会
- 社団法人電気設備学会
- グリーンIT推進協議会
- WIDEプロジェクト
- IPv6普及高度化推進協議会
- 名古屋大学
- 立命館大学
- 慶應義塾大学
- 東京大学

参加組織

グリーン 東大工学部 プロジェクト

- 旭化成エレクトロニクス株式会社
- 伊藤忠商事株式会社
- 株式会社 ウィルコム (WILCOM)

- 三井情報 株式会社
- 三菱商事 株式会社
- 株式会社 三菱総合研究所

44 組織
31 企業、13 団体等

- 株式会社 システムズジャパン
- CITRIX SYSTEMS JAPAN 株式会社
- シムックス 株式会社
- ダイキン工業 株式会社
- 株式会社 竹中工務店
- 株式会社 デジタル
- 株式会社 ディー・エス・アイ
- 株式会社 東芝
- 株式会社 日本アジルテック
- 日本電信電話 株式会社 (NTT)
- 日本電気 株式会社
- パナソニック 株式会社
- パナソニック電工 株式会社
- 富士通 株式会社

- 東京都環境科学研究所
- 岡山IPv6コンソーシアム
- FNICコンソーシアム
- 社団法人電気学会
- 社団法人電気設備学会
- グリーンIT推進協議会
- WIDEプロジェクト
- IPv6普及高度化推進協議会
- 名古屋大学
- 立命館大学
- 慶應義塾大学
- 東京大学

共同研究コンソーシアム

ステークホルダー
という概念

- 主幹：東京大学
- 協力組織
 - グリーンIT推進協議会、
 - 東京都
- 参加企業：
 - 建物オーナー/デベロッパー
 - ゼネコン(e.g., 清水、鹿島、竹中)
 - 設計事務所
 - システムインテグレータ
 - 機器ベンダー
 - NPO組織(学会,協議会,協会)



本プロジェクトのゴール(趣意書より抜粋)

1. 全学目標への具体的な貢献
 - 2012年(△15%), 2030年(△50%削減)
2. 「グリーンIT」の実現
 - データセンターに代表されるIT化機器の電力消費の増大防止
 - IT活用による地球環境問題の克服とエネルギーと情報をもとにした新しい都市設計手法の確立
3. 東京大学を実フィールドとした実証モデルの構築と検証
4. 新たなファシリティマネジメント手法の確立
 - 協調型都市経営あるいは地域経営手法の実現
 - 新たな付加価値ビジネスの創成・育成
5. ファシリティー関連機器相互接続仕様の作成
6. キャンパス向け省エネ設備調達(参照)仕様書の作成
7. 省エネ効果ベンチマーク仕様書の作成

本プロジェクトのゴール(趣意書より抜粋)

1. 全学目標への具体的な貢献

- 2012年(△15%), 2030年(△50%削減)

2. 「グリーンIT」の実現

- データセンターに代表されるIT化機器の電力消費の増大防止
- IT活用による地球環境問題の克服とエネルギーと情報をもとにした新しい都市設計手法の確立

3. 東京大学を中核としたスマートキャンパスの構築と検証

4. 新たなファシリティ

- 協調型都市
- 新たな付加価値への創成・育成

経済産業省系 協議会の設立
自治体(e.g., 東京都との連携)

5. ファシリティー関連機器相互接続仕様の作成

6. キャンパス向け省エネ設備調達(参照)仕様書の作成

7. 省エネ効果ベンチマーク仕様書の作成

実施内容

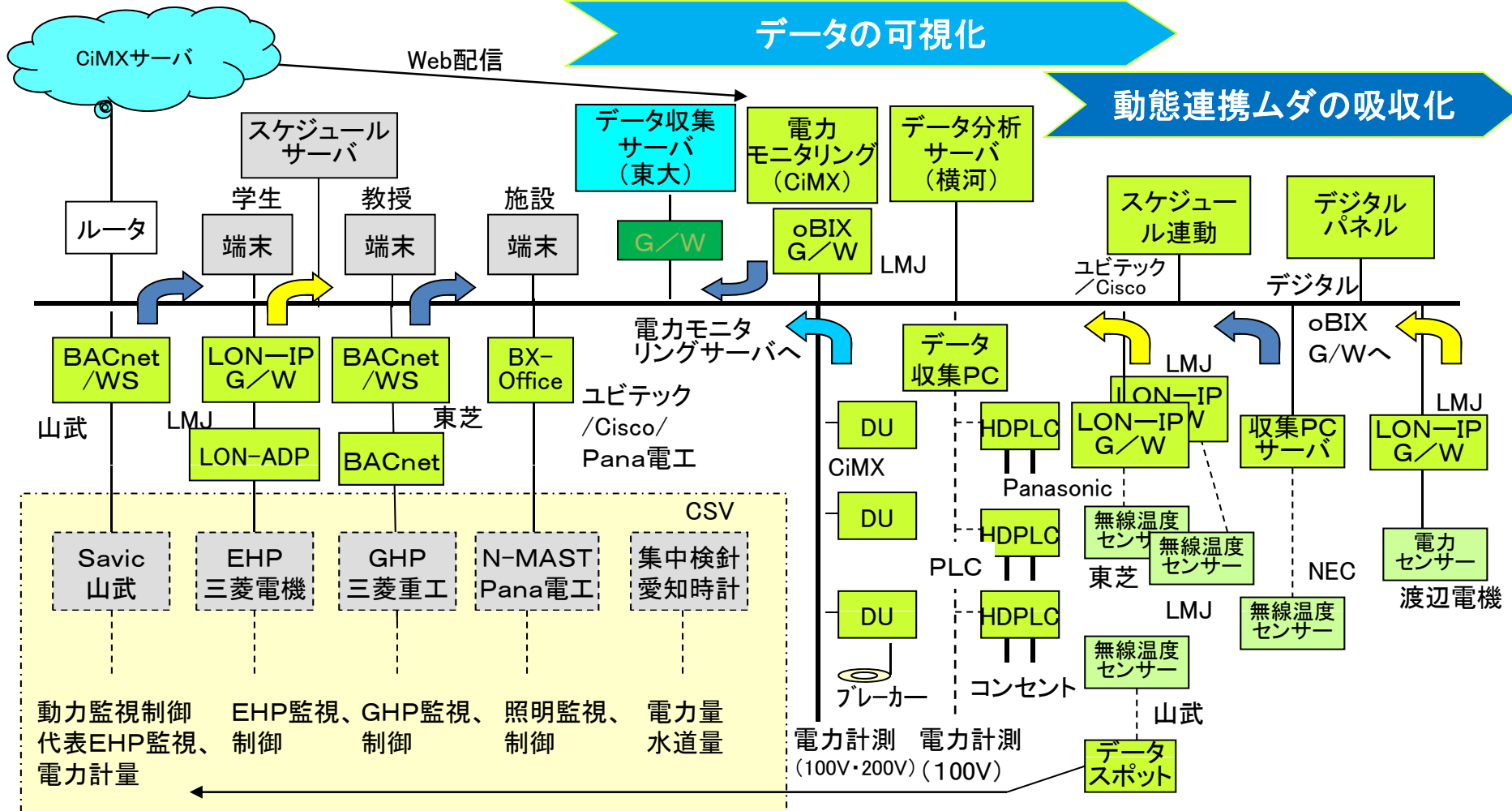
- センシング系
 - － エネルギー計測
 - 2号館全体を対象
 - 細かな負荷設備まで対象
 - PLC, 無線応用
 - － 動態
 - 在不在、在室人数
 - 行動パターン
- 管理系
 - － 情報提供手段
 - － 大学施設での実証データ獲得
 - － エコポイント付加
- 対策
 - － 高効率機器採用
 - － 新方式・プロセス改善
 - － 設備連携
 - － 供給と消費のサプライマネジメント
- その他
 - － サーバシステム
 - － データセンター
 - － 相互接続のための通信プロトコル
 - － (広域)エリア管理
 - 都立高校など

GUT 工学部 2号館 システム構成図

既存システムのデータ統合化

データの可視化

動態連携ムダの吸収化



既存システム+統合化I/F追加

追加システム

GUT 工学部 2号館 システム構成図

既存システムの
データ統合化

データの可視化

動態連携
ムダの吸収化

既存システム

Savic
山武

EHP
三菱電機

GHP
三菱重工

N-MAST
Pana電工

集中検針
愛知時計

既存システム+統合化I/F追加

新システムの追加

GUT 工学部 2号館 システム構成図

1. Sub-systems have never cooperated to each other.....
2. Enough stupid to deny the cooperation and coordination.....
3. Isolated and proprietary sub-systems.....

→ Expensive and Stupid System
i.e., 烏合衆

既存システム＋統合化I/F追加

追加システム

(100V・200V) (100V)

スポット

GUT 共通DBに集まっているデータ

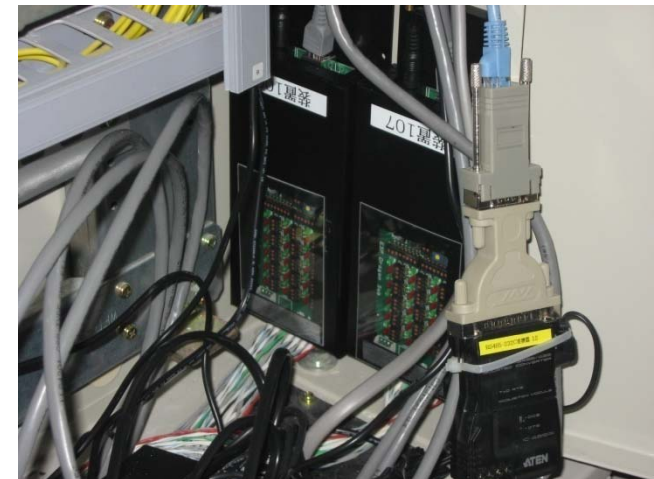
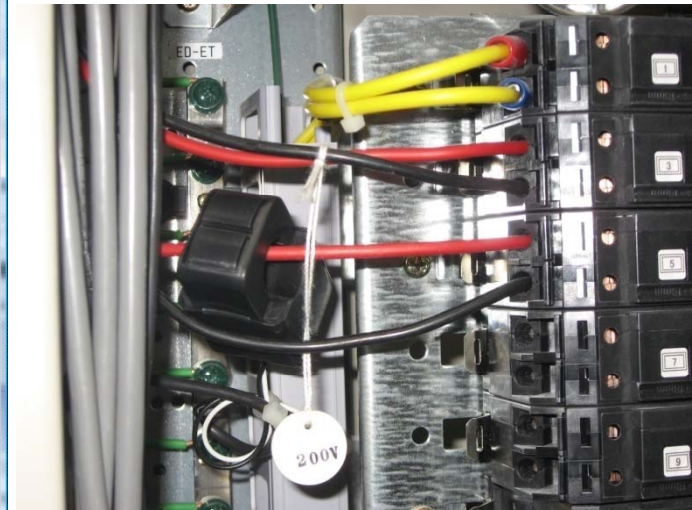
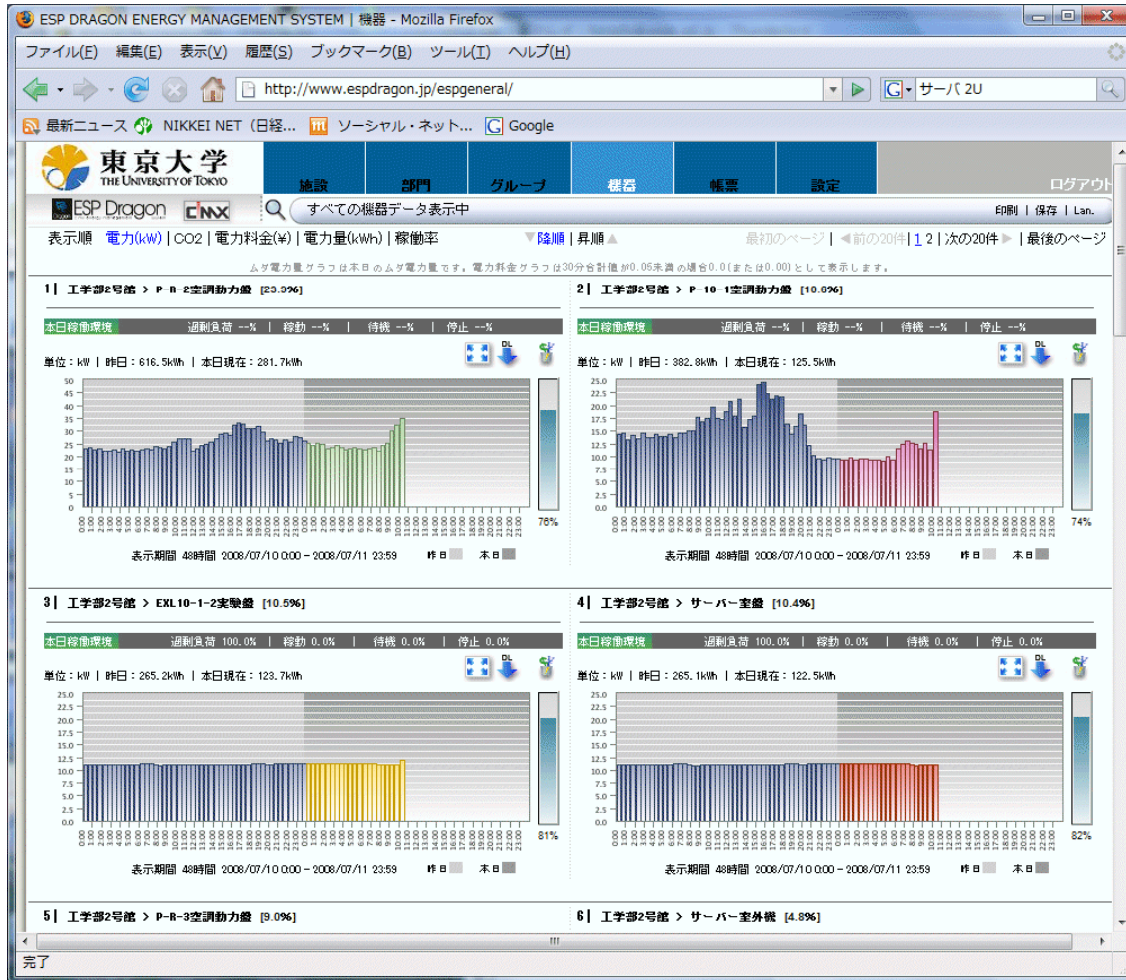
種類別ポイント数

	種類名	箇所	種類	データ
1	電気(kWh他)	135		869
2	ガス(m ³)	5		5
3	水(m ³)	12		12
4	温度(°C)	28		28
5	湿度(RH)	28		28
6	制御 (ステータス、モード、コマンド)	122		674
		330		1616

メーカー別ポイント数

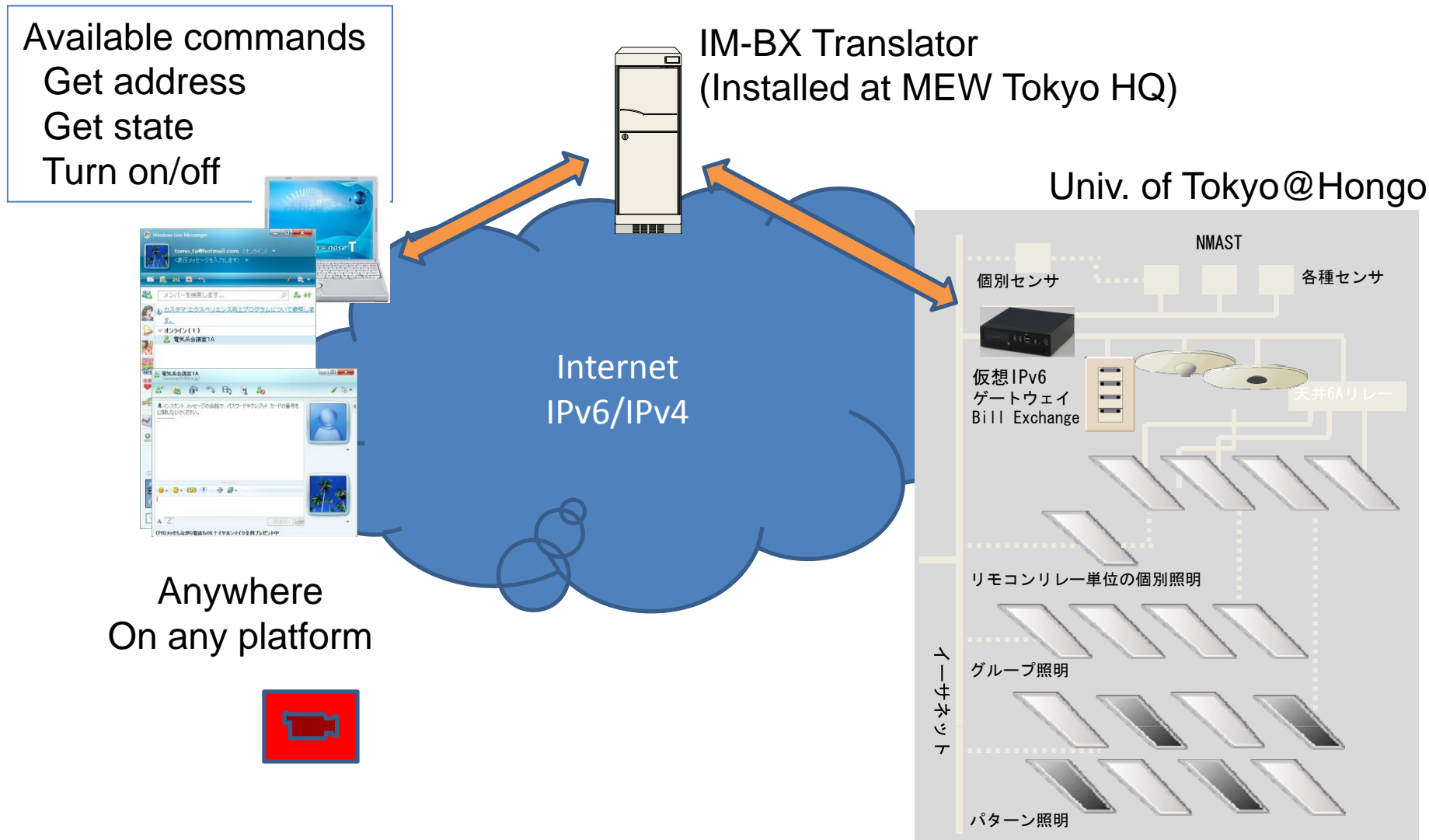
	会社名	箇所	種類	データ
1	シムックス(電力、ブレーカー)	97	8	776
2	山武(電力、気温、湿度)	36	1	36
3	パナソニック(電力コンセント)	5	1	5
4	PEW(パナ電工)	14	1	14
5	ユビテック(照明・人感センサ)	40	1	40
6	東芝(制御信号)	25	14	350
7	LMJ(ロスナイ)	43	5	215
	LMJ(EHP)	11	6	66
	LMJ(電力)	11	6	66
	LMJ(気温、湿度)	42	1	42
	LMJ(屋上電力)	6	1	6
		330		1616

(注)LMJ=LONMARK JAPAN



電力使用量リアルタイムモニタリング (with CIMX社)

Lights Control and Monitoring by MS Instant Messenger



PLCによる電力計測システム試行(100V系)

HD-PLC

冷蔵庫



ポット



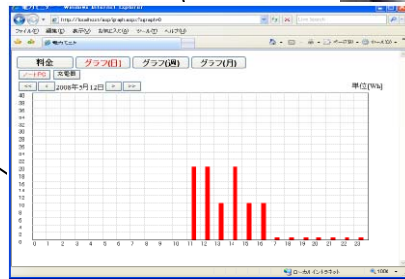
ノートPC



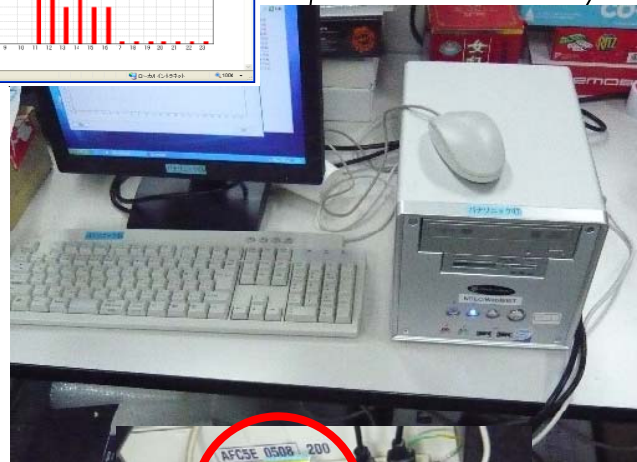
デスクトップPC



表示例



計測サーバ



テーブルタップ電力線



PLC子機
(試作機)

子機とメータ
を繋ぐ線

ワットメータ
SHW3A

* 現在1分間隔で計測



テレビ

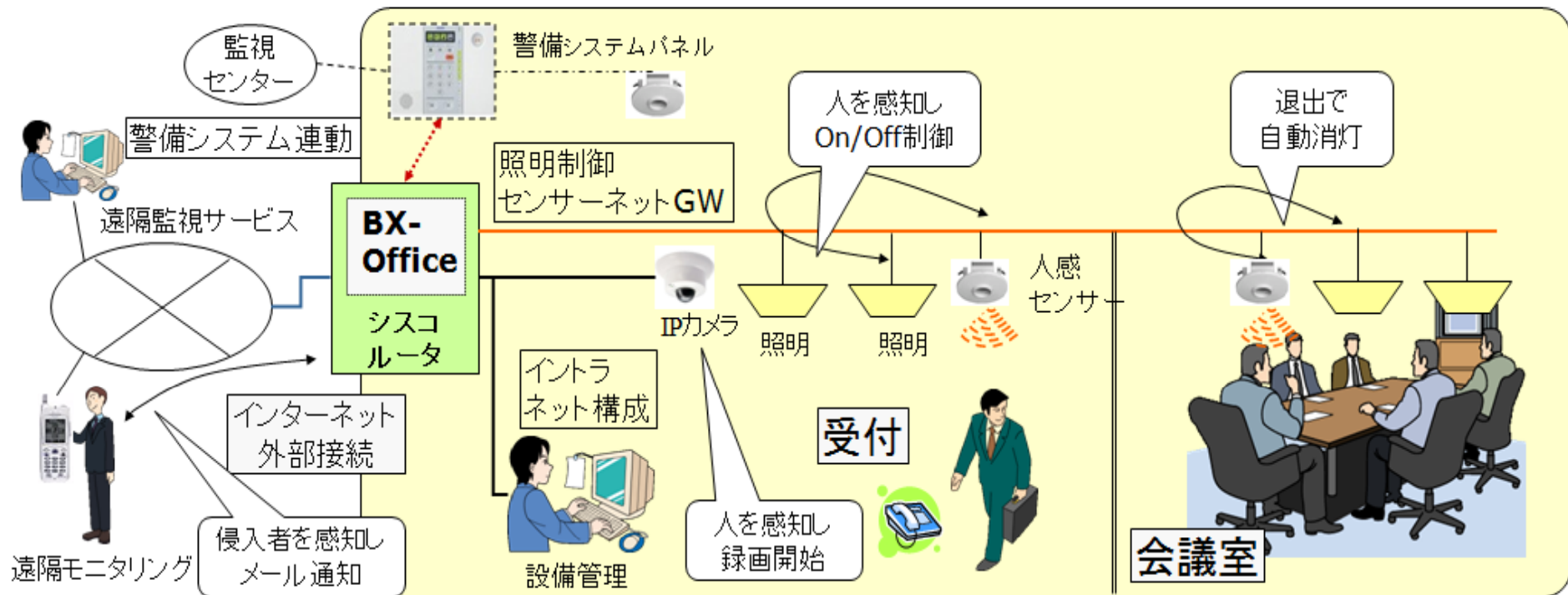
On Going R&D

1. VM migration based on Xen platform in Esaki-Lab PCs (30+ PCs) {with NEC & CiTRIX}
- 2. Integration of local field-bus's into UBITEQ box**
 - **BACnet, LonWorks, PanasonicEW-light, Yamatake**
 - **Cisco System (Japan) has joined**
3. Integration with Live E! system (=Sensor Network)
4. PC activity management and control with Big-FIX
5. Collaboration with
 - a. Chunghwa Telecom at Taiwan
 - b. ADB(Asian Development Bank) HQ in Manila
 - c. EU's project
6. Challenge to do;
 - Standardization → NIST@USA , ASHRE, IETF(with Cisco)

Experimental operation

UBITEQ, Panasonic EW, Cisco Systems, {Yamatake}

◆システム構成



In operation
since Nov.15,2008



UBITEQ
UBIQUITOUS TECHNOLOGY

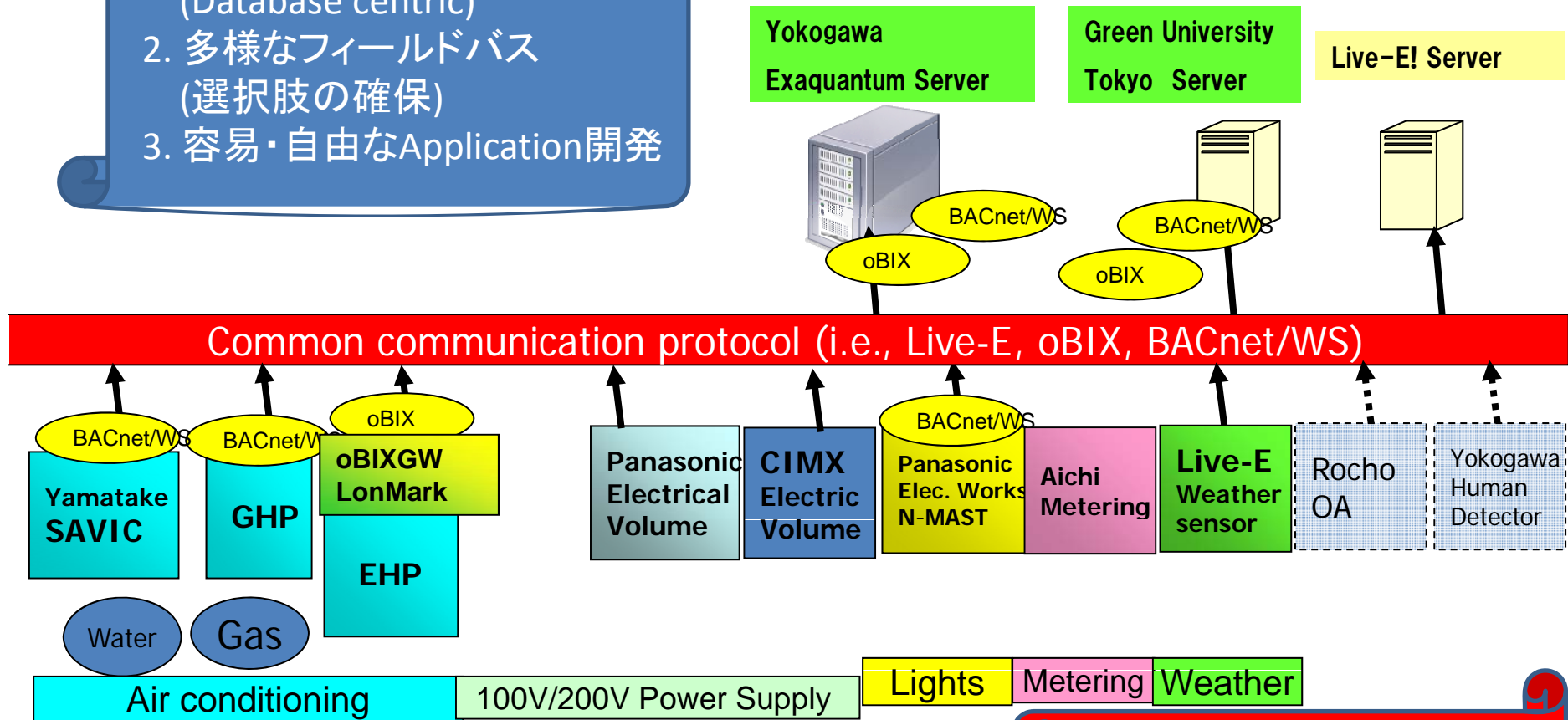
Yet, Another On Going R&D

- Green IT Project Led by METI Japan
 - Green Data Center (with IBM Japan)
 - Japan Data Center Forum (with IT Frontier)(*) as a flagship facility

標準化に向けての活動

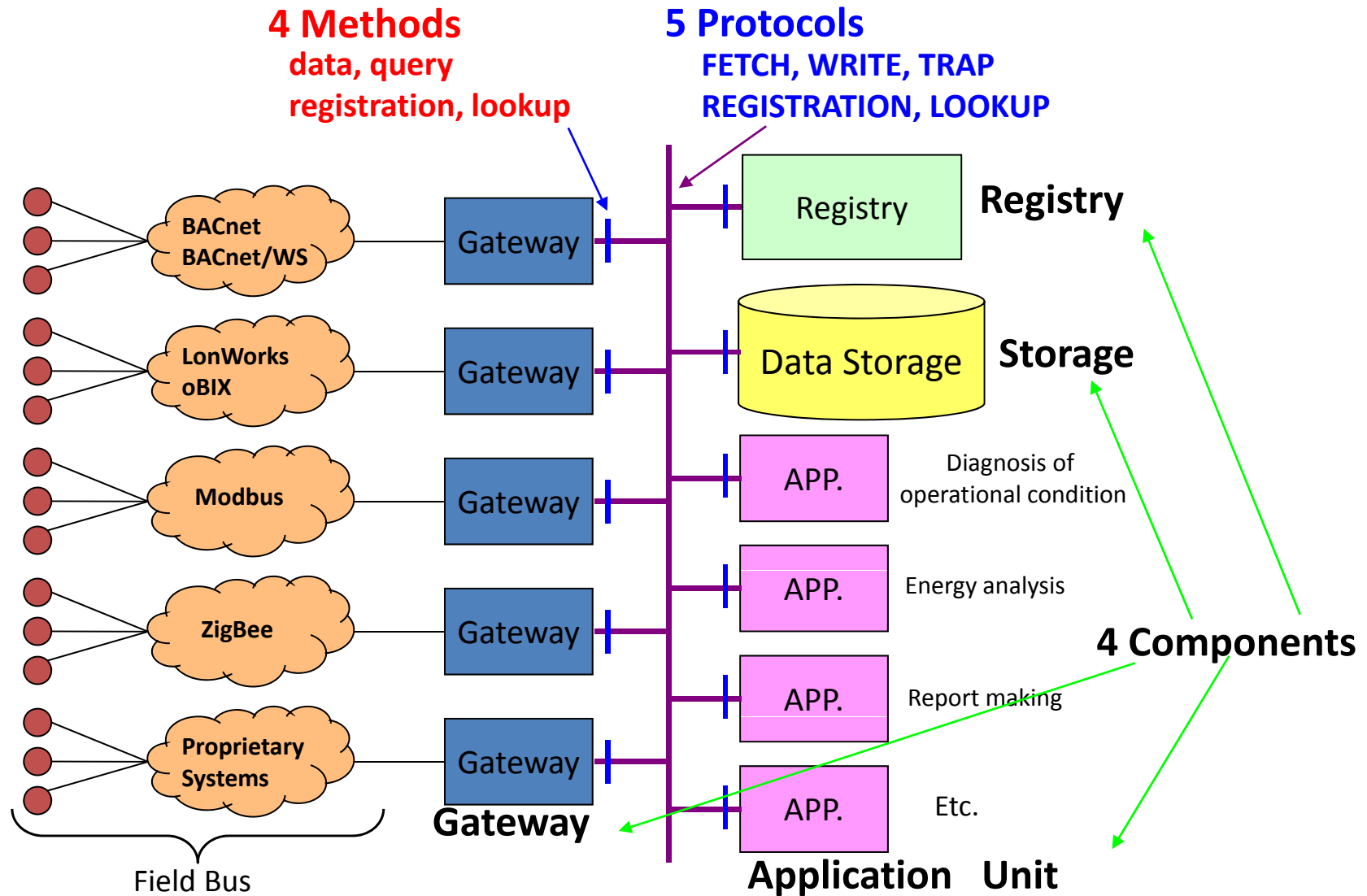
設計思想

1. 共有データベース
(Database centric)
2. 多様なフィールドバス
(選択肢の確保)
3. 容易・自由なApplication開発



Connecting Fragmented Nets.
Routing;
Global = XML Routing
Local = IP and others
(*) Similar to DTN

FIAP : Facility Information Access Protocol



FIAP Architecture for multi-frameworks

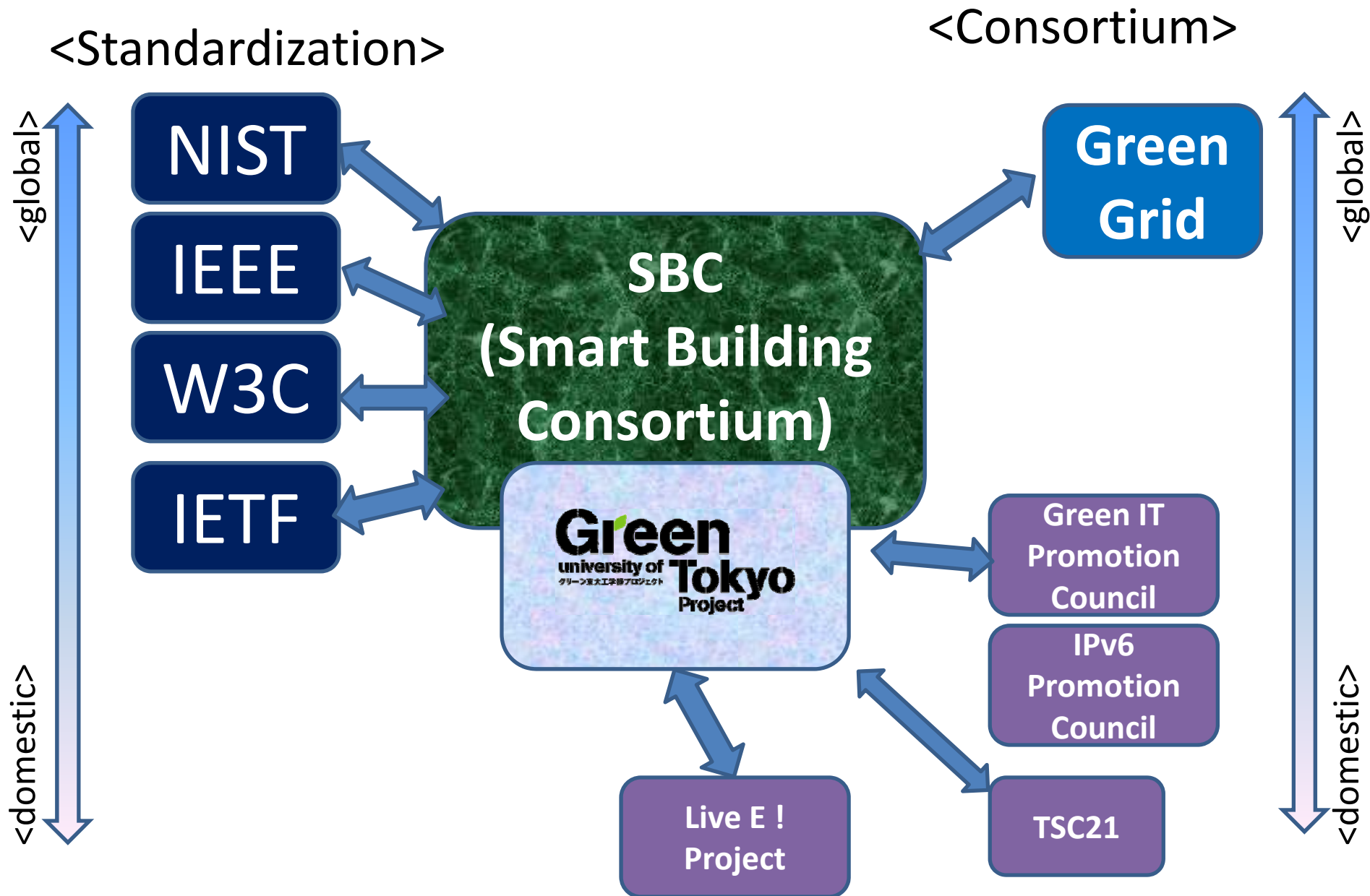


Technical Overview of FIPA



http://jo2lxq.hongo.wide.ad.jp/FIAP_Ver08_20091106.pdf

- XML over IP (IPv6/IPv4) as a common protocol
 - XML schema and API among subsystem, data-base and application
 - 4 methods, 5 protocols and 4 compoments
- Inter-network of non-IP and some IP-based sub-systems (e.g., BACnet/WS, oBIX, SNMP)
- Future Work;
 - DTN framework, e.g., Pub/Sub, routing, for sensor networks and for mobile objects
 - System configuration using XML, e.g., NetConf



まとめと結論

都市設計のパラダイムシフト

過去:

- ・農業(水路)
- ・工業(搬送路=水路&道路)

今後:

「エネルギーと情報 をもとにした都市設計」
Control of “Energy and information flow” with ubiquitous energy sources
→ SCM of energy flow



データセンター = “脳”

ヒト		都市	
脳 + 頭骸骨		サーバ + データセンタ	
	頭骸骨、血管		データセンタ
	神経		サーバ、(クラウド)
神経		インターネット	
各器官		センサー・アクチュエータ	
	骨等		構造体
	センシング器官		センサー
	筋肉		アクチュエータ

データセンター = “脳”

ヒト

都市

世界新記録を出すアスリート

**強靱な筋肉だけでは世界新記録は出せない。
強靱な筋力群が協働・協調するインテリジェンスが
世界新記録への必要条件**

センシング器官

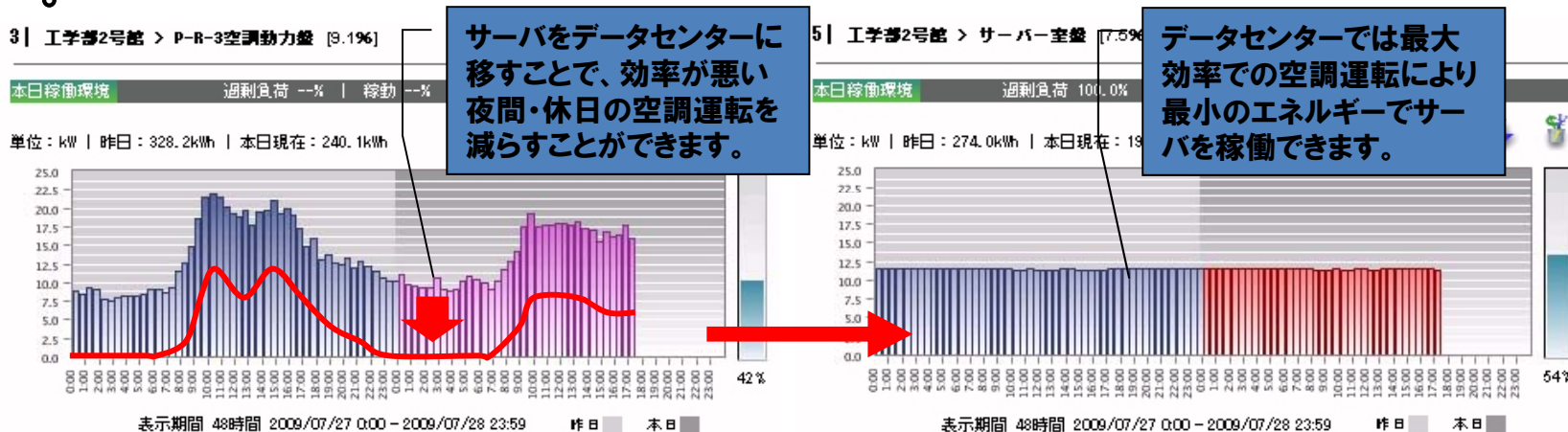
筋肉

センサー

アクチュエータ

専用建物の利用による効率化

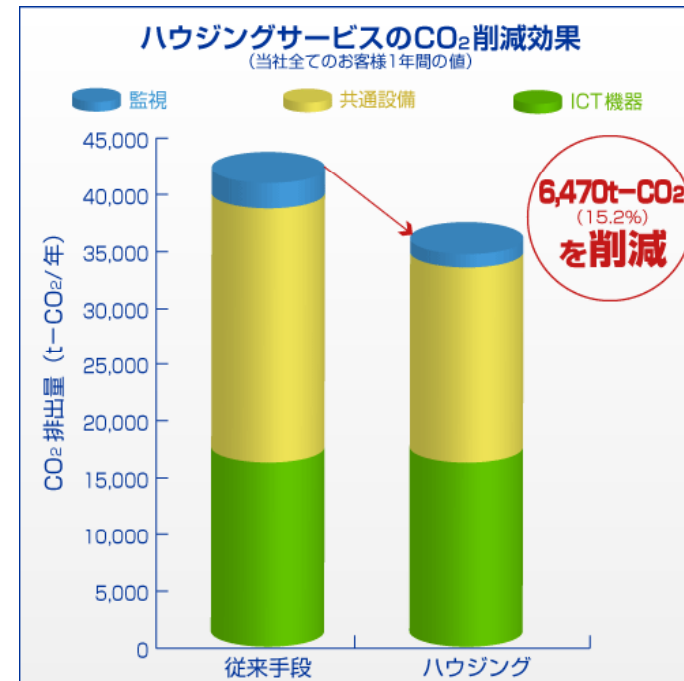
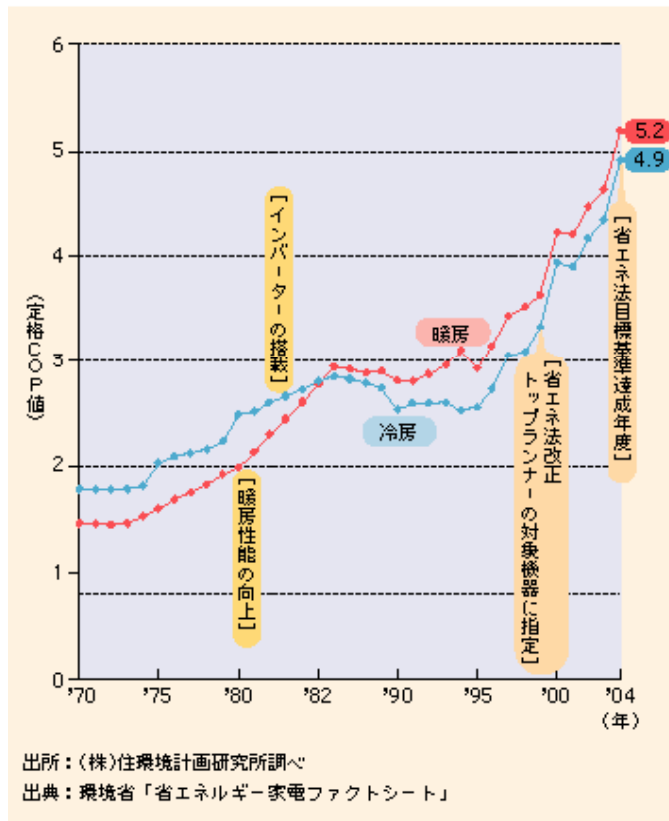
- オフィスでは、夜間や休日など室内に人がいない時でも、室内のサーバの冷却のため、空調を行っているところがあります。
- このため、夜間や休日には、効率が悪い低稼働率領域で空調機器を運転しています。
- オフィスでは、室内全体を冷やすため、送風経路が長くなる、窓からの日射など建物外から侵入する熱が大きい、室内で冷風がサーバに届く前にサーバの排気熱と混ざってしまうなどの問題があります。
- サーバを収容する専用の建物であるデータセンターは、こうした問題を解決して設計されており、最も少ないエネルギーでサーバを稼働できる施設です。



専用設備の利用による効率化

- 旧式の設備で空調効率の悪いオフィスからサーバを、最新の空調設備・電源設備を備えたデータセンターに移設することで、空調や電源による電力消費を大幅に削減することができます。

図3-4-7 エアコンの冷暖房COP推移(販売ベース)



NTTビズリンクHP

http://www.nttbiz.com/eco_act/housing.html

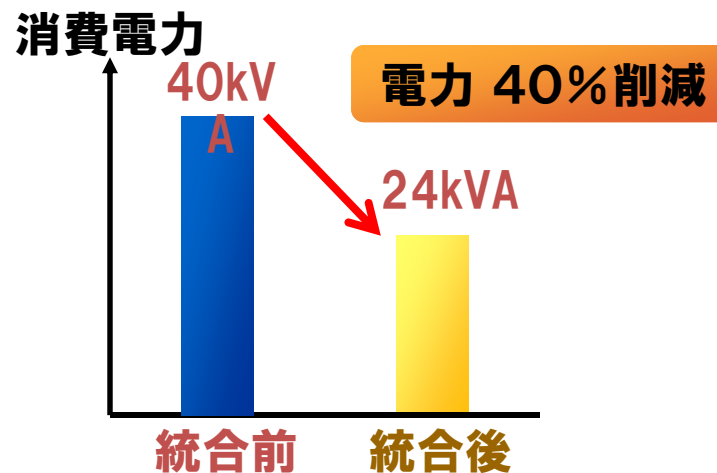
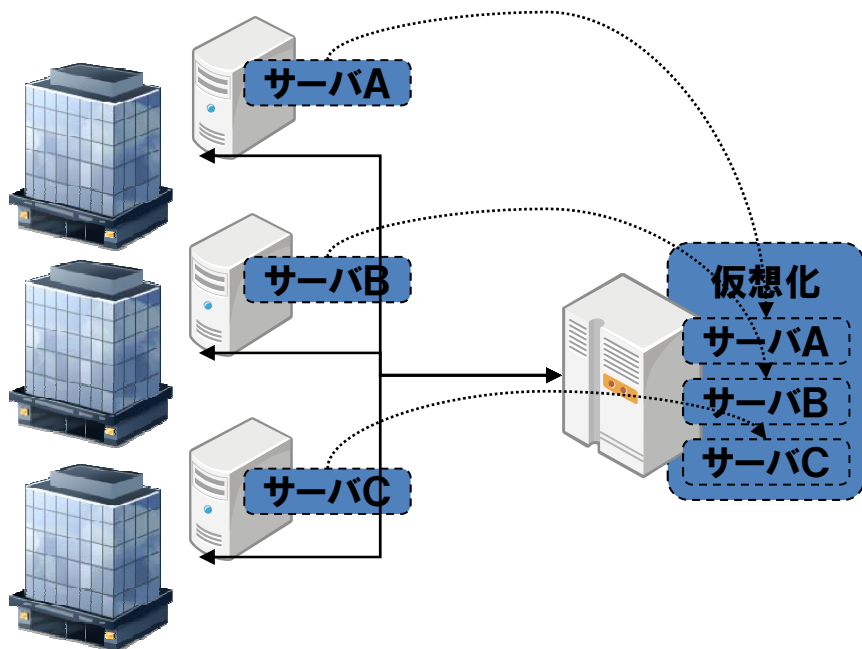
共有化による効率化

- オフィスにあるサーバを、データセンターに集約することで、例えば仮想化サーバの利用などにより、これまで個々の企業が個別に所有していた、サーバの共同利用を推進することができます。
- サーバの共同利用により、大幅な電力削減が期待できます。

排出量100

排出量60

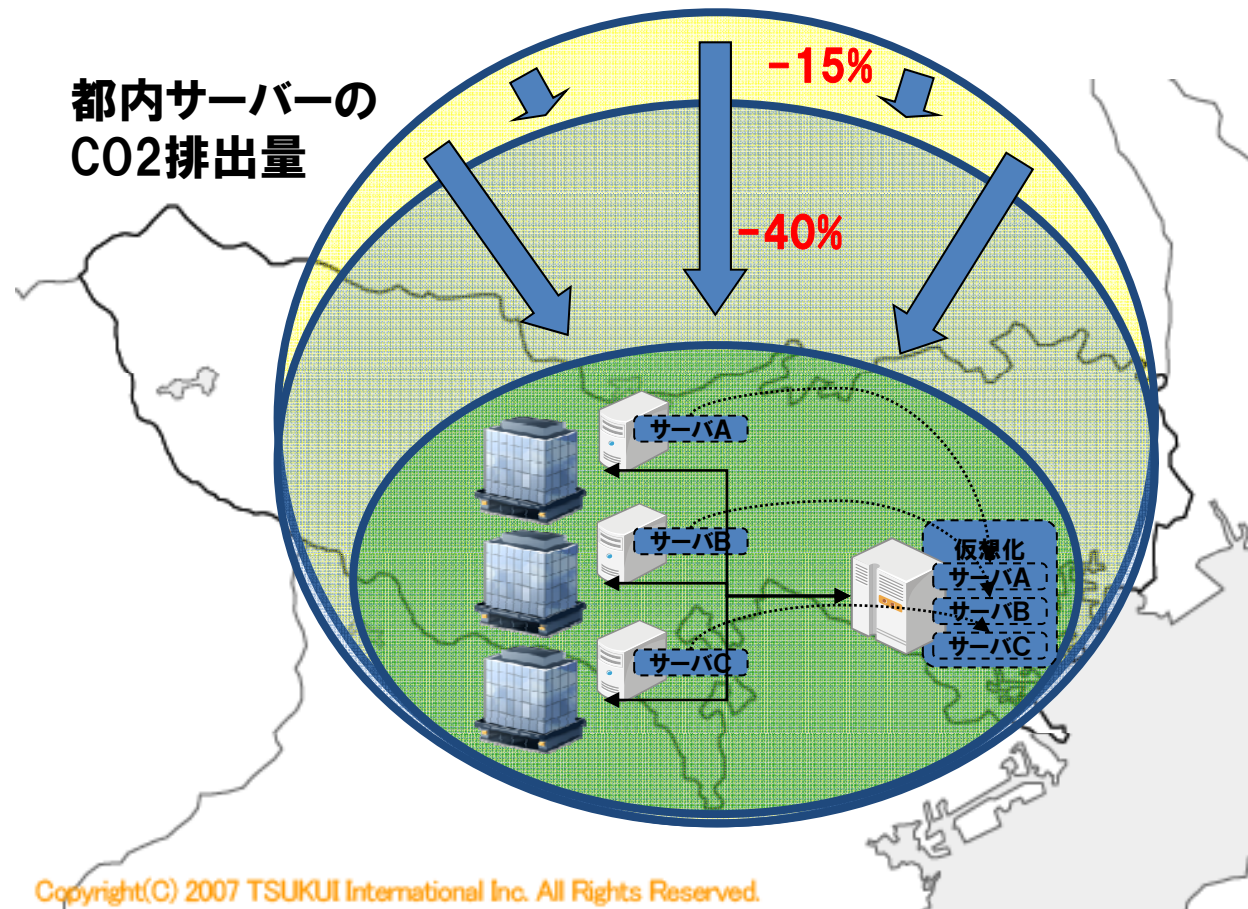
データセンターへのサーバ移設と
仮想化による集約と共同利用



日本電信電話(株)資料

東京都市空間内における削減効果

- これまでも既に、オフィスに分散しているサーバーをデータセンターに集約させることで、15%以上の削減効果を実現させている
- また、今後もオフィスにあるサーバをデータセンターに集約、そしてクラウドコンピューティングによる仮想化することで、約40%の削減効果が可能



Metropolitan designing; Real-Space Internet with IPv6

Source: Panasonic Electric Works

